

第106研究部会

船舶の高度集中制御方式の研究  
報告書

(その5 コンピュータシステム)

昭和46年3月

社団法人

日本造船研究協会

本報告書に記載されている研究成果は、第106研究部会による「船舶の高度集中制御方式の研究の実施に伴い完成された発明等およびノウ・ハウの取扱いに関する取決め」に基づき取扱われることになっておりますので、本報告書の内容の一部または全部の外部発表・転載等については、本会事務局にご連絡の上、本会の事前の承認が必要です。

コンピュータシステム分科会委員名簿（敬称略、順不同）

分科会長	唐沢 康人（石川島播磨重工業）	
委員	綾 日天彦（三井造船）	荒瀬 晃二（三井造船）
	石川 欣央（三菱電機）	井原 広一（日立製作所）
	岡田 高（沖電気工業）	大日方 得二（日本鋼管）
	川口 博（川崎重工業）	菊沢 昭吉（富士電機）
	酒井 敏之（三井造船）	坂野 希（石川島播磨重工業）
	佐伯 庄吾（三井造船）	佐々田 喜正（大阪商船三井船舶）
	下 光郎（北辰電機製作所）	鈴木 尙武（東京芝浦電気）
	関 卓爾（日本鋼管）	高杉 将（東京計器）
	武正 敏孝（住友重機械工業）	千原 義男（航海訓練所）
	鶴ヶ谷 武雄（日本電気）	徳田 迪夫（日本郵船）
	服部 幸英（日本鋼管）	古川 修（日本郵船）
	真砂 宏（大阪商船三井船舶）	町田 運八（光電製作所）
	松岡 宣雄（三菱電機）	松山 辰郎（富士通）
	森下 芳男（日立造船）	山崎 芳嗣（佐世保重工業）
	湯本 恒之（三菱重工業）	米原 令敏（三菱重工業）
	渡辺 幸生（運輸省）	

コンピュータシステム分科会システム設計小委員会委員名簿（敬称略、順不同）

主査 委員	綾 日天彦（三井造船）	
	荒瀬 晃二（三井造船）	石川 欣央（三菱電機）
	井原 広一（日立製作所）	大坪 敬彦（北辰電機製作所）
	大日方 得二（日本鋼管）	笠原 協之（三菱重工業）
	川口 博（川崎重工業）	菊沢 昭吉（富士電機）
	酒井 敏之（三井造船）	坂野 希（石川島播磨重工業）
	佐々田 喜正（大阪商船三井船舶）	佐藤 実（沖電気工業）
	鈴木 尙武（東京芝浦電気）	関 卓爾（日本鋼管）
	高杉 将（東京計器）	武正 敏孝（住友重機械工業）
	鶴ヶ谷 武雄（日本電気）	徳田 迪夫（日本郵船）
	中田 導雄（三井造船）	服部 幸英（日本鋼管）
	松延 寿人（三菱重工業）	松山 辰郎（富士通）
	森下 芳男（日立造船）	山崎 芳嗣（佐世保重工業）
	湯本 恒之（三菱重工業）	米原 令敏（三菱重工業）
	渡辺 幸生（運輸省）	

コンピュータシステム分科会基準作成小委員会委員名簿（敬称略、順不同）

主査 委員	服部 幸英（日本鋼管）	
	綾 日天彦（三井造船）	石橋 剛（富士通）
	井原 広一（日立製作所）	小原 康幸（富士電機）

笠原 協之 (三菱重工業)  
岸本 峯生 (石川島播磨重工業)  
酒井 敏之 (三井造船)  
佐藤 実 (沖電気工業)  
鶴ヶ谷 武雄 (日本電気)  
松岡 宣雄 (三菱電機)  
湯本 恒之 (三菱重工業)  
渡辺 幸生 (運輸省)

川口 博 (川崎重工業)  
児島 毅 (三菱重工業)  
坂野 希 (石川島播磨重工業)  
田村 隆一 (川崎重工業)  
古川 修 (日本郵船)  
山崎 芳嗣 (佐世保重工業)  
若林 喬之 (日立造船)

# 目 次

## ( 5. コンピュータシステム )

### 「コンピュータシステムの開発」

第1編 コンピュータシステムの設計 .....	1
第1章 トータルシステムの基本設計 .....	1
1. コンピュータトータルシステムの基本設計 .....	1
1.1 まえがき .....	1
1.2 コンピュータシステムの基本構想 .....	1
1.3 試設計環境条件の仮定 .....	2
2. 超自動化システムの構成 .....	5
2.1 超自動化システムの概要 .....	5
2.2 コンピュータ制御適用項目の選定 .....	5
3. 集中型システム( CCS )のシステム設計 .....	7
3.1 システムの概要 .....	7
3.2 ソフトウェアの概要 .....	9
3.3 コンピュータシステム .....	12
4. 分散型制御システム( LCS )の設計 .....	17
4.1 分散型システムの概要 .....	17
4.2 階級制御統括用コンピュータ制御システム .....	20
4.3 船位決定および定時情報自動受信システム( LC-1 ) .....	29
4.4 最適航路設定システム( LC-2 ) .....	44
4.5 衝突予防レーダシステム( LC-3 ) .....	56
4.6 荷役制御システム .....	70
4.7 船位保持制御システム .....	81
4.8 機関部各種操作制御システム .....	87
4.9 機関部監視制御システム .....	95
5. 集中型と分散型コンピュータ制御システムの比較 .....	104
6. ミニコンピュータの動向 .....	112
第2章 超自動化システムの適応性の検討 .....	119
まえがき .....	119
1. 標準搭載システムについて .....	119
1.1 航法システム .....	119
1.2 機関システム .....	121
1.3 機装システム .....	123
1.4 関連事項 .....	125
2. 船内労働量軽減効果の定量評価 .....	132
2.1 船員費の実績と予想 .....	132
2.2 作業量からみた船内労働量の分析 .....	134
2.3 労働量軽減効果の評価 .....	162

3. 大型船の海域別海難発生率の期待値	1 6 5
3.1 年間平均海難発生率の期待値	1 6 5
3.2 海域別海難発生率の期待値	1 6 5
4. 損害額期待値算出について	1 7 3
4.1 損害額算出手法	1 7 4
4.2 損害額算出データ	1 8 3
5. 超自動化システムの効果推定	1 9 3
6. 超自動化船の安全性向上効果	2 0 5
6.1 在来船の推定年間損害額	2 0 5
6.2 超自動化船の推定年間安全性向上額	2 0 5
6.3 安全性向上効果に対する超自動化投資可能金額	2 0 7
7. 運航経済性の総合評価	2 1 1
7.1 在来船の運航実績データ	2 1 1
7.2 船価逆算方法	2 1 1
7.3 超自動化船の運航経済性	2 1 8
7.4 安全性を加味した超自動化投資可能額	2 3 6
8. 結論と提言	2 3 8
8.1 結論	2 3 8
8.2 提言	2 3 9
第3章 データ伝送および関連技術の検討	2 4 1
まえがき	2 4 1
1. 一般事項	2 4 2
2. デジタル入力信号	2 4 5
3. アナログ入力信号	2 4 7
3.1 一般事項	2 4 7
3.2 熱電対	2 4 8
3.3 測温抵抗体およびスライドワイヤ	2 5 1
3.4 低レベル電圧	2 5 3
3.5 高レベル電圧	2 5 4
4. デジタル出力信号	2 5 5
5. アナログ出力信号	2 5 7
第4章 超自動化船のシステム分析および乗組員教育訓練用シミュレータシステムの研究	2 5 9
緒言	2 5 9
1. 概要	2 5 9
1.1 内外におけるシミュレータの現状	2 5 9
1.2 シミュレータシステムによる訓練範囲の決定	2 6 2
2. 訓練用シミュレータシステム	2 6 4
2.1 訓練用シミュレータシステムの全体構成	2 6 4
2.2 航法訓練用シミュレータシステムについて	2 6 4
2.3 荷役訓練用シミュレータシステムについて	2 7 2

2.4	機関訓練用シミュレータシステムについて	276
2.5	コンピュータシステムについて	282
3.	今後の課題(シミュレータシステム開発上の問題点)	287
第2編	船用としての基準作成	289
第1章	システム設計基準	289
1.	緒言	289
1.1	システム設計の現状	289
1.2	信頼性と経済性	289
1.3	検討項目	289
2.	信頼性設計について	290
2.1	適用レベルと制御方式	290
2.2	適用レベルにより異なるバックアップ方式	291
2.3	バックアップシステムの設計に対する考え方	291
2.4	信頼性設計としての要点	292
2.5	バックアップシステムの設計に対する基本事項	293
2.6	ソフトウェアに対する信頼性からの考慮	293
2.7	保守対策	294
3.	コンピュータシステムのバックアップについて	294
3.1	考え方	294
3.2	仕事の分担	295
3.3	二重化	295
3.4	フォールバック	295
3.5	CPUの信頼性向上	295
4.	ミニコンピュータによる分散方式について	296
4.1	ミニコンピュータに対する要求仕様	296
4.2	その他	296
5.	ミニコンピュータのリスト	300
5.1	外国製のミニコンピュータ	300
5.2	国産のミニコンピュータ	306

# 第1編 コンピュータシステムの設計

## 第1章 トータルシステムの基本設計

### 1. コンピュータトータルシステムの基本設計

#### 1.1 まえがき

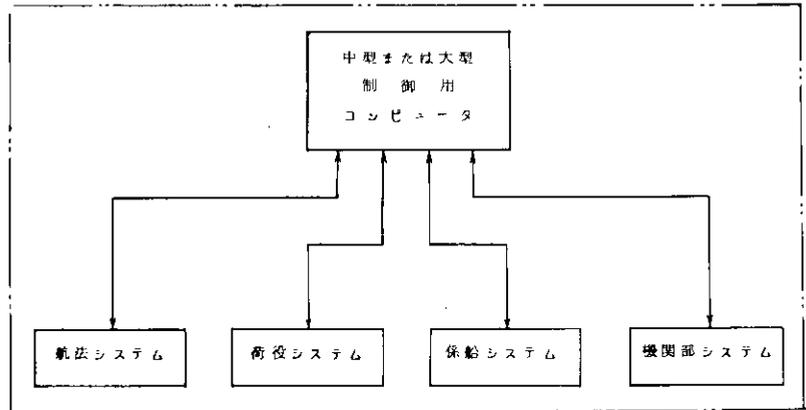
昭和43年および44年度に実施された航法システム分科会、艀装システム分科会、ディーゼルプラント分科会およびタービンプラント分科会において個々のシステムについてのコンピュータ制御方式の検討がなされたが、今回のコンピュータトータルシステムの基本設計においては船舶全体をいわゆる一つのトータルシステムとしてとらえ、特にディーゼルトンカーを対象として、各分科会において検討された各システムを総合的に調整し各サブシステムの機器類、装置等を制御用コンピュータを介して有機的に結合し取纏めた場合、コンピュータシステムが如何なる仕様となるかを検討し、またそれに伴ない提起される種々の問題点についての検討もあわせ行なった。

#### 1.2 コンピュータ・システムの基本構想

コンピュータシステムの規模と構成は、高度集中制御方式の実施範囲とその内容によつて決まってくるもので、一般的な定まつた方式はない。船舶の場合も、コンピュータの利用範囲は非常に広範囲に及ぶ可能性があるが、一般的に考える場合の基本的な構成方式としては次の様な2つの構成方式が考えられる。これらの構成方式のブロックダイアグラム比較図を図1.1に示す。

##### (1) 集中型システム (Centralized Computer System : CCS)

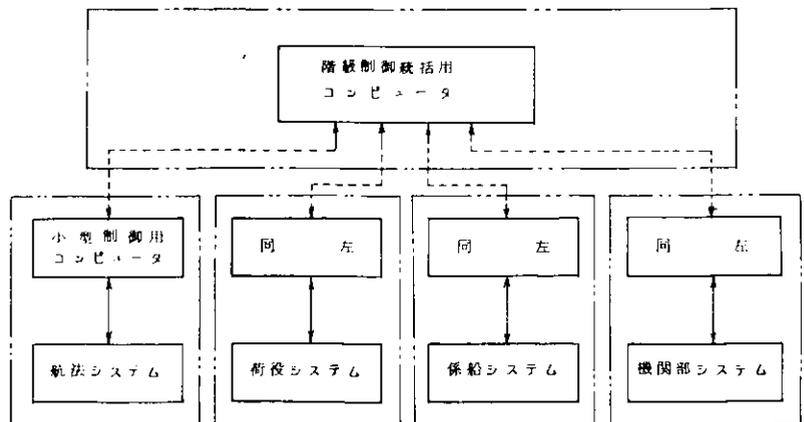
このシステムは一台のコンピュータで、船全体の制御を行なおうとするもので、必然的に中型以上の規模の高性能な制御用コンピュータが必要となることが予想される。しかし、最近の制御用コンピュータは、演算速度が高速であり、処理能力も大きいし、また、船舶の運航作業の特質上から、コンピュータの処理事項間には緊急度にかなりの高低があり、かつ、使用時間帯がかなり分散しているので、このシステムの実施は可能である。



(a) 集中型システム (Centralized Computer System : CCS)

##### (2) 分散型システム (Localized Computer System : LCS)

このシステムは、船舶の運航作業が、航法、艀装、機関といった各独立した機能に大別できることに着目し、各機能毎に独立した専用のコンピュータを必要台数だけ設備する方法である。したがつて、各専用のコンピュータの規



(b) 分散型システム (Localized Computer System : LCS)

図1.1 システム構成方式のブロックダイアグラム比較図

模は割合に小型の制御用コンピュータで十分と考えられる。さらに、船全体としてより高度なレベルの管理制御を実施する必要があるときは、それらの各専用コンピュータを総括管理するコンピュータを設置するシステムの構成が可能である。

本年度の試設計作業においてはこれら2つの構成方式について具体的に仕様決定を行ない、その長短の比較を行なうとともに将来動向等の予測を行なうこととした。

### 1.3 試設計環境条件の仮定

コンピュータ・トータルシステムの試設計をするに当り、2つのコンピュータ制御構成方式の平等な比較を行なうためには両者のよつてたつところの仮定条件を出来る丈そろえておく必要があるので以下試設計を行なつた仮定環境条件を簡単に述べる。

#### 1.3.1 船舶主要目

船種	単螺旋ディーゼル・タンカー	
船型	船尾船橋、平甲板型	
主要航路	日本～(マラッカ海峡)～ベルシャ湾	
主要貨物	原油	
全長(Loa)	約309m	
垂線間長(LPP)	294.0m	
型巾(Bmid)	49.0m	
型深(Dmid)	29.7m	
型吃水(dmid)	20.0m	
載貨重量(DWT)	約200,000LT	
荷油タンク容積	約255,000m <sup>3</sup> (スロップ・タンクを含む)	
専用バラスト・タンク容積	約64,200m <sup>3</sup> (船首尾タンクを含む)	
燃料油タンク容積	約5,300m <sup>3</sup>	
満載航海速度	約16ノット(15%シー・マージン)	
航続距離	約13,500浬	
船級	日本海事協会	2台
揚錨機	電動油圧駆動	16台
係船機	"	
荷油ポンプ	蒸気タービン駆動・立型うず巻式	
	3,500m <sup>3</sup> /h×150m T.H.	4台
専用バラストポンプ	蒸気タービン駆動・立型うず巻式	
	3,500m <sup>3</sup> /h×35m T.H.	1台
ストリップング・エゼクタ	450m <sup>3</sup> /h	2台
ストリップング・ポンプ	蒸気駆動・立型直動式	
	3,500m <sup>3</sup> /h 150m T.H.	1台
主機関	2サイクル単動クロスヘッド式ディーゼル機関	1台
	MR 35,000PS×105rpm	
	Normal 31,500PS×101rpm	
補助ボイラ	二胴水管式	1台

### 1.3.2 乗組員資格および就労体制

#### (1) 乗組員資格

本船の乗組員資格は現在のような甲板部、機関部および事務部（通信関係、医療関係、司厨関係等）のそれぞれの専門家ではなく、在来の例にとらわれずに最も合理的な構想に基づいて教育訓練を受けた広範囲の知識と経験をもつ船乗組員を想定し、いわゆる船舶士構想をとり入れたものとする。

各資格の乗組員に要求される能力としては概略下記の様に想定する。

##### (a) 船長

現在と同様に船舶運航士の総括責任者として乗船するものとする。したがって新構想により教育、訓練等を受けたゼネラル・パーパスの船舶士が行なえる作業と同等の作業に対して知識と経験とをもっていることを必要とする。

##### (b) 船舶士

トータル・システムとしての高度集中制御方式が適用され、甲板部、機関部、事務部等の区別は事実上無くなるので、現在の航海士、機関士、通信士等が行なっている諸作業（作業の内容そのものは現状どおりではなく大巾に軽減される）を行なうことができるように教育、訓練等を受け、また実際に処理できるような能力、知識、経験をもつたものとする。

船舶士はすべて同一の資格とし、特に職務により区分することはしないが、実務経験年数の長短により実務経験年数が長い船舶士は主として運航（機関部門を含む）関係を、また実務経験年数の浅い船舶士は主として保守整備関係、船内事務関係を担当することとする。なお、経験年数の浅い船舶士でも緊急の場合には運航関係業務にも従事するものとする。

##### (c) 船舶員

現在の甲板部員、機関部員および司厨部員が行なっている作業全体を処理できるような能力をもたなければならない。船舶士と同様に特に職務により区分することはせず、供食関係作業にも適宜交替して従事することとするので幅広い知識、経験等を必要とする。

#### (2) 各乗組員の勤務時間

##### (a) 船長

特に勤務時間は限定しない。

狭水道通過時、視界不良時、出入港時、離接岸時に集中制御室で随時操船指揮を行ない、また故障発生時等には応急対策の指示などを行なう。通常航海時には、船内事務の管理、船内各部状況の巡視等を行なう。

##### (b) 船舶士

運航関係業務に従事する船舶士は1日8時間（8時間の1直、4時間宛の2直等適当に選択してよい）の当直に従事する。その他の船舶士は通常航海時は昼間1日8時間勤務とする。なお、出入港時、荷役時等においては、必ずしも昼間に限定せず適宜勤務時間をシフトすることとする。

##### (c) 船舶員

勤務時間は運航関係に従事する船舶士以外の船舶士と同様とする。

#### (3) 乗組員定数

本船の乗組員定数は特に限定せず、従来の機関部夜間無当直で運航されている船舶よりも若干すくなくない程度の乗組員定数で運航されるものと仮定し、各種航海状態におけるマンニングについては特に詳細な検討は行なわないこととした。

### 1.3.3 従来形式の自動・遠隔制御装置の想定

船舶の高度集中制御を行なう場合、コンピュータ制御項目の他に超自動化システムの基礎ともなるべき従来形式の各種自動遠隔制御装置が必要となるが、それらについては次に述べる項目を採用することと仮定した。

- オートパイロット装置
- 荷役の遠隔手動制御装置
- ベントラインの自動呼吸弁の遠隔制御装置
- ダーデイバラストとクリーンバラスト張替作業の遠隔シーケンス制御装置
- タンク洗滌装置の遠隔制御装置
- 油水分離装置の遠隔制御装置
- ガス・フリー装置の遠隔制御装置
- ドツブラソナーおよびドツキング・ディスプレイ装置
- パウスラスターの遠隔制御装置
- 甲板機械の遠隔制御装置
- 船位自動測定装置
- 索張力自動測定装置
- 索張力コロライジング装置
- 火災検知装置
- 自動消火装置
- 通信自動受信装置
- 通信自動送信装置
- 主機関操縦の遠隔制御装置
- 機関部の集中監視装置
- 主機関冷却清水の温度自動調整装置
- 主機関潤滑油の温度自動調整装置
- 発電機冷却清水の温度自動調整装置
- 発電機潤滑油の温度調整装置
- 主機関燃料油の自動粘度調整装置
- 主機関各部への自動潤滑油給油装置
- 発電機の自動・遠隔起動装置
- 発電機の自動同期投入制御
- 発電機の自動負荷分担装置
- ボイラの給水制御装置
- ボイラの自動燃焼制御装置
- ボイラの自動バーナ制御装置
- 各種ポンプ類の自動切換装置
- 冷却清水の自動補給装置
- 燃料油清浄機の自動制御装置
- 潤滑油清浄機の自動制御装置
- 燃料油タンクの油面自動制御装置
- 燃料油系統の自動温度制御装置
- 燃料油移送系統の自動制御装置
- 制御用圧縮空気供給系統の自動制御装置
- 起動用圧縮空気供給系統の自動制御装置
- ビルジ処理系統の自動制御装置
- 造水装置の自動運転制御装置

これら従来形式の各種制御装置を単数または複数の制御用コンピュータによつて有機的に結びつけ総括制御を行ない超自動化システムを形成することとする。

## 2. 超自動化システムの構成

### 2.1 超自動化システムの概要

本船に採用される超自動化システムはコンピュータ制御および従来形式の各種自動・遠隔制御装置が有機的に結合され、最終的に制御用コンピュータによつて船舶全体のトータルシステムとして総括制御を行なわせる高度集中制御方式を導入することとした。

本船の超自動化システムは大きく分けて下記の様に分類される。

- (1) 航法システム
  - (a) 船位推定システム(コンピュータ利用)
  - (b) 船位測定システム(コンピュータ利用)
  - (c) 最適航路設定システム(コンピュータ利用)
  - (d) 自動航法システム(従来形式のオートパイロットのみ)
  - (e) 航海諸計算システム(コンピュータ利用)
  - (f) 座礁予防システム(なし)
  - (g) 衝突予防システム(コンピュータ利用)
  - (h) 緊急制動システム(遠隔制御装置)
  - (i) 航海日誌記録システム(コンピュータ利用)
- (2) 荷役システム
  - (a) 荷役討算システム(コンピュータ利用)
  - (b) 揚荷制御システム(コンピュータ制御)
  - (c) 積荷制御システム(コンピュータ制御)
  - (d) バラスト排水システム(コンピュータ制御)
  - (e) バラスト漲水システム(コンピュータ制御)
  - (f) 船体状態監視システム(コンピュータ制御)
  - (g) 荷役状態記録システム(コンピュータ利用)
- (3) 艙装システム
  - (a) 離接岸制御システム(自動・遠隔制御装置)
  - (b) 船位保持システム(コンピュータ制御)
  - (c) 通雷システム(一部コンピュータ利用)
  - (d) 一般事務計算システム(コンピュータ利用)
  - (e) 医療診断システム(コンピュータ利用)
- (4) 機関部システム
  - (a) 主機関操縦システム(遠隔制御方式および一部コンピュータ制御)
  - (b) 補機運転システム(自動・遠隔制御方式および一部コンピュータ制御)
  - (c) 機関部監視システム(コンピュータ制御)
  - (d) 機関部日誌記録システム(コンピュータ利用)
  - (e) 機関部保守管理システム(コンピュータ利用)

### 2.2 コンピュータ制御適用項目の選定

前に述べた試設計の假定環境条件をもとに船舶トータル・システムの基本設計を行なう場合コンピュータ制御が適用可

能でまたぜひ必要と考えられる項目を下記のような理由で選択し、1台または複数台の制御用コンピュータを導入し、船舶の高度集中制御を行なわせることとした。

なおこのコンピュータ制御適用項目を選択するに当つては昭和43年度および昭和44年度に航法システム、艤装システムおよびディーゼルプラント各分科会において開発されたコンピュータ制御項目の他に、船舶をトータルシステムとしてまとめ上げるにはぜひ必要となれば、あらたにそれらの適用項目を検討し採用することとした。

#### (1) 船位測定システム

本船は日本〜ベルシャ湾間に就航するタンカーであり、その航路の一部であるインド洋はロランおよびデッカ・ナビゲータのサービス・エリア外となつていて完全にカバーされていないこと、また航行衛星システムはすでにシステムが開発され、その利用地域も全世界にわたつて使用可能であるがこれによる船位の測定は現在では約90分に1回しか行なえないので測定間隔が長くなり、その間に船位を知りたい場合もある。

故に現在開発の途上にある（すでに地上局の大半は建設済みでまた受信機も数社で試作完了している）オメガシステムが地域、気象条件および昼夜の別なく船位の測定ができ、最も有効なシステムであると考えられるのでこれを採用することとした。

#### (2) 船位推定システム

電波妨害、発信機の故障等のために一時的に船位の測定ができなくなる場合もあるので、船位測定システムの補助手段として船位推定システムを設ける。本船には近い将来を考えても実用的と思われる対水速力と針路の測定による方法を採用し、対水速力計測用の電磁ログ（または対地速力計測用のドップラソナー）および方位計測用のジャイロコンパスから得られる信号をコンピュータに入力として与えて計算により推定船位を求めることとする。また推定船位と実測船位の差を潮流による変位と考え、潮流計算を行なう事ができる。

#### (3) 航法計算自動化システム

航海計画立案に際し、複雑で手間のかゝる航海計算をコンピュータによりオンラインで処理する。また船位測定システムのデータを基にして現在位置から目的地までの残航距離、所要時間、到達予定日時、現在地までの航走距離、平均速度等をコンピュータにより自動的に計算させ定時記録を作成するシステムである。

#### (4) 最適航路設定システム

従来の船舶が大洋を航行する際は大圏航法または季節別による経験的最適航法によつていたといつても過言ではないが、船舶の安全性および運航経済性を一層向上させるためには、大洋中の波浪等の海象、気象を考慮した最適航路を設定する必要があり、このために海象、気象等の情報の収集解析および最適航路計算を含む最適航路設定システムを開発した。

#### (5) 衝突予防システム

本船の航路にはマラッカ海峡等の狭水道、交通輻輳の場所があることを考慮し、衝突予防システムを設ける。これはレーダよりの信号を情報処理して、目標との距離および方位を求め、そのデータをコンピュータに入れて自船に対する危険の有無を判断し、危険船がある場合にはその表示を行ない、また目標船の速力、針路、自船からの距離、方位、最接近距離および時間等を表示し、危険船に対する自船の最良の避航針路を算出する機能をもつ装置である。

当直者はこれらの情報により操舵を行ない、必要な場合には主機の制御も行なつて衝突を回避する。

#### (6) 荷役計算自動化システム

従来乗組員によつて行なわれていた積（揚）荷計画の諸計算をすべてコンピュータによつて行なえるようにし、任意の積（揚）荷量に対する各荷油およびバラスト・タンクの最適積（揚）荷量および最適バラスト排（注）水量を自動的に決定し、さらに荷役制御上必要な諸種の制御条件を計算させるものである。

#### (7) 積（揚）荷およびバラスト排（注）水システム

荷役作業は荷役開始より終了まで、バラスト注排水およびストリップングの操作を含み、コンピュータにより弁制御、

ポンプ制御等の指令が出され、一貫して自動制御される。

荷役中には、コンピュータによりアウトプットされる諸種の表示の監視、異常発生時の処理等のため荷役制御室内に1名の当直員を置く。また、荷役中に必要とする陸上との諸連絡、漏油の監視等は甲板上を適宜巡回監視する当直員によつて行なわれる。

#### (8) 船位保持システム

係船中は船体を所定の係船位置に対し、その許容範囲内に自動的に保持するシステムで、係船中一定時間ごとに船位の計測および索張力の計測を行なつて、これらのデータをコンピュータにインプットし、船体が許容範囲を超えて移動した場合には、コンピュータからの指示により係船索の張力が最大許容値以下であることを条件として索の繰出しあるいは捲込みを行なわせ、船体を許容範囲内に復帰させるシステムである。

#### (9) 自動受信システム

気象図、ニュース等毎日一定時刻に放送されている諸情報を、自動的に受信記録するシステムで、受信されるべき情報の種類、相手局、受信周波数等は、船位決定システムと連動し、コンピュータにより決定される。

#### (10) ディーゼルプラントの監視、異常原因検知システム

本システムは船舶の推進機関であるディーゼルプラントの運転状態をコンピュータにより常時監視、把握し、その異常発生をできる限り早期に検知するもので、検知された異常信号は適当なコントロール装置と連絡するため、中央コンピュータへ転送される。

従来のデータロガーに代わるものとして、本システムを採用した。

#### (11) ディーゼルプラントの制御システム

本システムは上記・異常原因検知につながるもので、検知された異常信号を受け、コントロール装置を操作することにより機関室の無人化を計ることで必要なものであるので採用した。

一方、スタンバイシーケンス操作のように従来経験ある乗組員によつて行なわれていたものについてもコンピュータによるシーケンス制御を採用することにより乗組員の労力軽減、作業の敏速化および誤操作の防止等、が考えられ無人化につながると思われるので採用した。

#### (12) 性能変化情報システム

機関の保守、整備のための判断資料として、コンピュータにより部品の長期的性能変化のデータを記憶しておいて、所要の時期にプロッタにより表示するのが本システムである。

### 3. 集中形システム ( C C S ) のシステム設計

#### 3.1 システムの概要

本コンピュータ・システムの構成は船舶のトータルシステムの制御を1台の制御用コンピュータに委ねる方式であり、下記のような各アプリケーションプログラムがこのコンピュータで並行時分割処理される。

##### (1) 荷役システム

- (a) 荷役監視プログラム
- (b) 積荷制御プログラム
- (c) 揚荷制御プログラム
- (d) 貨油弁制御プログラム
- (e) 貨油ポンプ制御プログラム
- (f) バラスト排水制御プログラム

- (g) バラスト張水制御プログラム
  - (h) クリーンバラスト排水制御プログラム
  - (i) ダーティーバラスト張水制御プログラム
  - (j) バラスト弁制御プログラム
  - (k) バラストポンプ制御プログラム
  - (l) 荷役計算プログラム
  - (m) 荷油状態定時記録プログラム
  - (n) 荷役状態値デジタル表示プログラム
- (2) 事務システム
- (a) 事務計算プログラム
  - (b) 医療診断プログラム
- (3) 通信システム
- (a) 定時情報自動受信プログラム
- (4) 航海システム
- (a) 船位推定プログラム
  - (b) 船位測定プログラム
  - (c) 最適航路設定プログラム
  - (d) 航海計算プログラム
  - (e) 航海日誌記録プログラム
  - (f) 衝突予防プログラム
- (5) 係船システム
- (a) 船位保持緊急制御プログラム
  - (b) 船位保持急速制御プログラム
  - (c) 船位保持通常制御プログラム
- (6) 機関部システム
- (a) 機関部状態監視プログラム
  - (b) 機関部性能変化情報プロットプログラム
  - (c) 機関部日誌定時記録プログラム
  - (d) 機関部状態値デジタル表示プログラム
  - (e) プラントスタンバイ制御プログラム
  - (f) フィニッシュドウイズエンジン制御プログラム
  - (g) 主機停止制御プログラム
  - (h) 主機減速制御プログラム
  - (i) 発電機切換制御プログラム
  - (j) 発電機並列運転制御プログラム
  - (k) 空機圧縮機制御プログラム
  - (l) ボイラ停止制御プログラム
  - (m) 噴然ポンプ回転数制御プログラム
  - (n) バーナ本数制御プログラム
  - (o) ボイラ始動制御プログラム

各プログラムの内容については分散形システムに詳述することにし、本集中形システムにおいてはコンピュータシステムの概略設計を行なうにとどめた。

### 3.2 ソフトウエアの概要

本コンピュータ制御システムのソフトウエアは大別して6種のシステム(荷役、事務、航海、係船、通信、機関部各システム)からなり各プログラムの内容、性質等は種々さまざまなものが混在している。

これらの多種・多様の各種プログラムを高速時分割処理で並行処理を行なわせる必要があるので、特にオペレーティングシステムの設計、コア上のワーキングエリアの有効利用、各プログラムの優先順位の決定、時分割実行、コアードラム間のメモリ転送等には特に注意を払って設計する必要がある。

集中形コンピュータ・システムのソフトウエア関連図は図3.1に示すとおりである。

船舶を運航する際各プログラムがどのように走らせられているかを船の運航状態ごとに列記すると下記ようになる。

#### (1) 船の運航状態如何にかかわらず常に運転されているもの

- 機関部状態監視プログラム (6秒および5分毎)
- 機関部性能変化情報プログラム(4~12時間毎)
- 機関部日誌定時記録プログラム(4時間毎)
- 機関部状態値デジタル表示プログラム(任意割込要求)
- T/G異常処理制御プログラム(機関部監視プログラムにより任意時にコール)
- 発電機切換制御プログラム(機関部監視プログラムにより任意時にコール)
- 発電機並列運転制御プログラム(機関部監視プログラムにより任意時にコール)
- 空気圧縮機制御プログラム(機関部監視プログラムにより任意時にコール)
- 噴然ポンプ回転数制御プログラム(機関部監視プログラムにより任意時にコール)
- バーナ本数制御プログラム(機関部監視プログラムにより任意時にコール)
- 航海日誌記録プログラム(24時間毎)

#### (2) 入港→停泊時(日本)

- 衝突予防プログラム (30秒~1分毎)
- 船位保持制御プログラム (30秒~10分毎)
- フィニツシユドウイズエンジンプログラム (任意割込要求)
- 主機停止又は減速制御プログラム (任意割込要求)

#### (3) 荷役時(揚荷)

- 荷役監視プログラム (30秒毎)
- 揚荷制御プログラム (3分毎)
- バラスト櫃水制御プログラム (3分毎)
- 貨油弁制御プログラム (3分毎)
- 貨油ポンプ制御プログラム (3分毎)
- バラスト弁制御プログラム (3分毎)
- バランスポンプ制御プログラム (3分毎)
- 荷役状態定時記録プログラム (30分~1時間毎)
- 荷役状態値デジタル表示プログラム (任意割込要求)
- 船位保持制御プログラム (30秒~10分毎)



- (4) 離岸→出港時(日本)
- 衝突予防プログラム (30秒～1分毎)
  - フロントスタンバイプログラム (任意割込要求)
  - 主機停止または主機減速制御プログラム (任意割込要求)
- (5) 往航時(日本→ベルシヤ湾)
- 定時情報自動受信プログラム
  - 荷役計算プログラム (任意割込要求)
  - 船位推定プログラム ( " )
  - 船位測定プログラム ( " )
  - 航海計算プログラム ( " )
  - 航海日誌記録プログラム (24時間毎)
  - 衝突予防プログラム (30秒～1分毎)
  - 主機停止または主機減速制御プログラム (任意割込要求)
  - 最適航路設定プログラム (任意割込要求)
- (6) 入港→停泊時(ベルシヤ湾)
- 荷役監視プログラム (30秒毎)
  - バラスト排水制御プログラム (3分毎)
  - バラスト弁制御プログラム (3分毎)
  - バラストポンプ制御プログラム (3分毎)
  - 荷役状態定時記録プログラム (30分～1時間毎)
  - 荷役状態値デジタル表示プログラム (任意割込要求)
  - 衝突予防プログラム (30秒～1分毎)
  - 船位保持制御プログラム (30秒～10分毎)
  - フィニッシュドウイズエンジンプログラム (任意割込要求)
  - 主機停止又は減速制御プログラム (任意割込要求)
- (7) 荷役時(積荷)
- 荷役監視プログラム (30秒毎)
  - 積荷制御プログラム (3分毎)
  - バラスト排水制御プログラム (3分毎)
  - 貨油弁制御プログラム (3分毎)
  - 貨油ポンプ制御プログラム (3分毎)
  - バラスト弁制御プログラム (3分毎)
  - バラストポンプ制御プログラム (3分毎)
  - 荷役状態定時記録プログラム (30分～1時間毎)
  - 荷役状態値デジタル表示プログラム (任意割込要求)
  - 船位保持制御プログラム (30秒～10分毎)
- (8) 離岸→出港時(ベルシヤ湾)
- 衝突予防プログラム (30秒～1分毎)
  - フロントスタンバイプログラム (任意割込要求)
  - 主機停止または主機減速制御プログラム (任意割込要求)

(9) 復航時(ベルシヤ湾→日本)

定時情報自動受信プログラム	(任意割込要求)
荷役計算プログラム	(任意割込要求)
船位推定プログラム	(任意割込要求)
船位測定プログラム	(任意割込要求)
航海計算プログラム	(任意割込要求)
航海日誌記録プログラム	(24時間毎)
衝突予防プログラム	(30秒～1分毎)
主機停止または主機減速制御プログラム	(任意割込要求)
最適航路設定プログラム	(任意割込要求)

3.3 コンピュータシステム

(1) 中央演算処理装置(CPU)の要目

a) 内部メモリ

メモリの種類	磁気フエライトコア
語長	16ビット+パリティビット
容量	32K語

b) 外部メモリ

メモリの種類	磁気ドラム
容量	256K語

c) 演算装置

ロジック	TTL-IC
演算方式	ストアード、プログラム方式 2進並列、負数は2の補数表示、固定小数点方式
命令方式	単一アドレス
番地方式	直接アドレス、間接アドレス、相対アドレス

d) 外部割込 あり

e) 内部割込 あり

f) 異常検出

電源異常	あり
メモリアリティ	"
インストラクションパリティ	"
ウォッチドックタイマ	"
機内温度上昇	"

(g) 実時間時計 あり

(2) プロセス入出力装置(Process-I/O)の要目

a) プロセス入出力制御装置	1式	
b) アナログ・デジタル変換器		
(積分形)	20～100点/秒	1式
(瞬時形)		1式

- c) プロセス入出力点数
- |                 |      |
|-----------------|------|
| アナログ入力 (低速)     | 307点 |
| アナログ入力 (高速)     | 9点   |
| アナログ出力          | 18点  |
| デジタル入力          | 817点 |
| サイクルスチールデジタル入力  | 18点  |
| デジタル出力 (接点)     | 647点 |
| デジタル出力 (モーメンタリ) | 124点 |
| インタラプト入力        | 36点  |
| パルス入力           | 5点   |
- d) オペレーティングコンソール
- プログラム起動PB
  - “ 停止 ”
  - プログラム状態表示ランプ

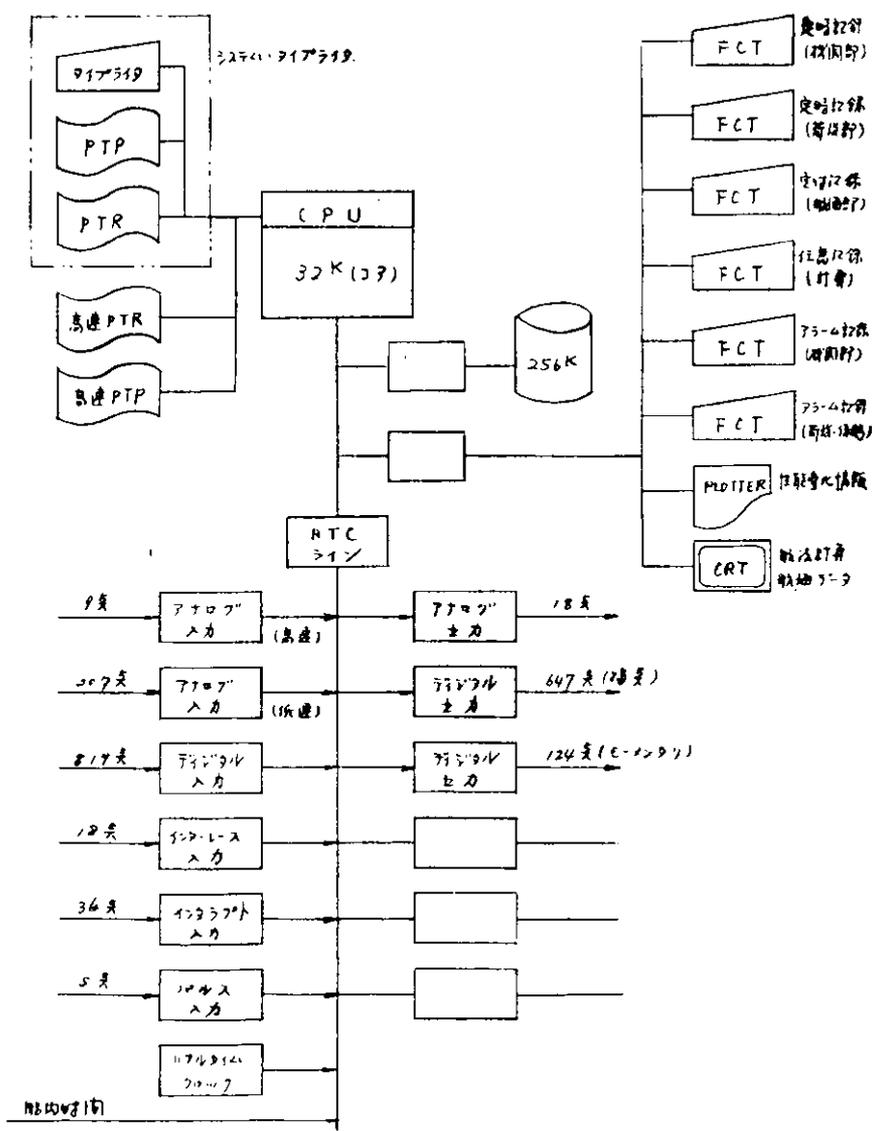


図 3.2 集中型制御用コンピュータ制御システム III/W 構成図

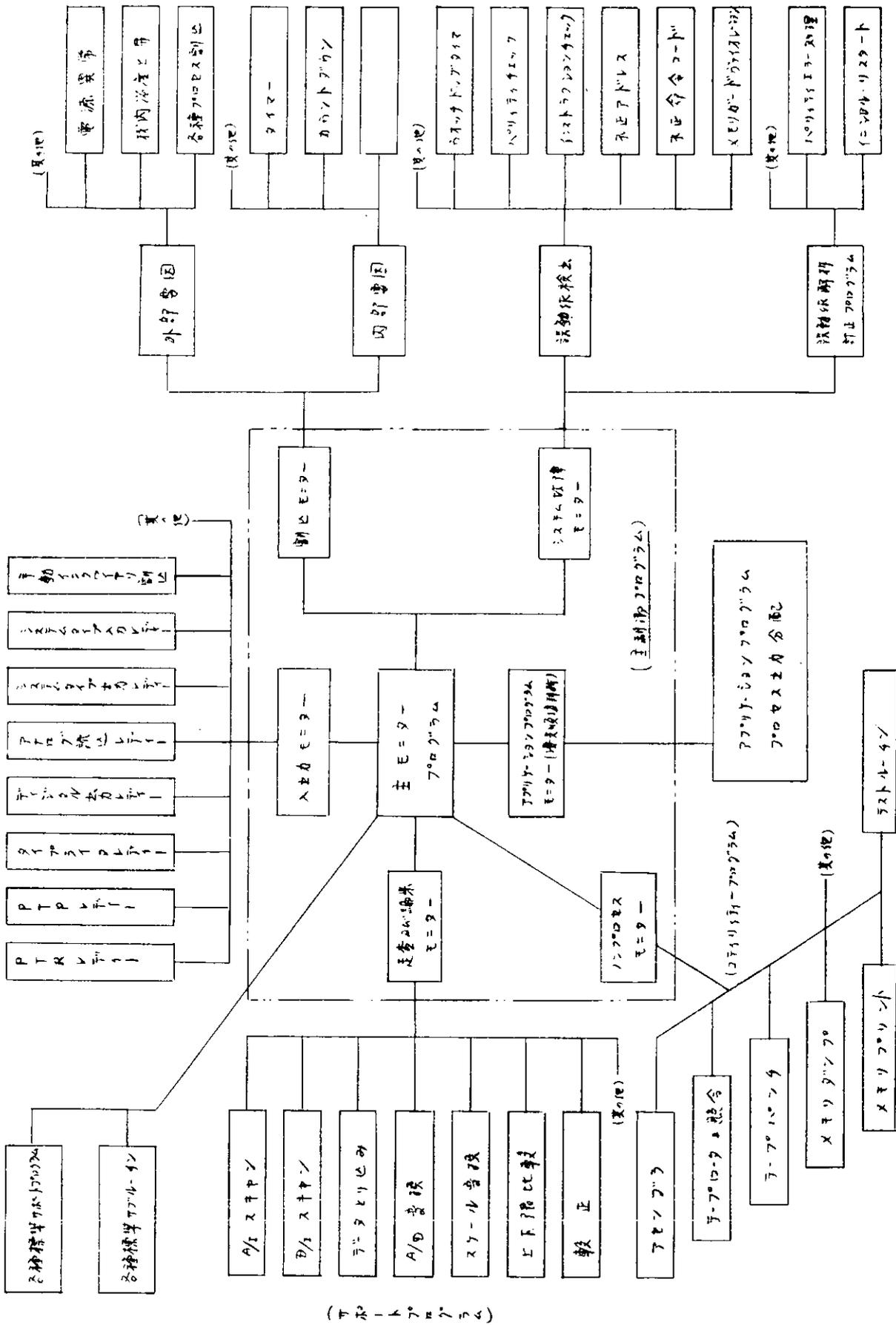


図 3.3 集中型制御用コンピュータ制御システム・オペレーティングシステム・ブロック図

デジタル数値表示

アラーム表示ランプ

e) システムタイプライタ制御装置 1式

入出力タイプライタ 1

ペーパーリーダー(低速) 1

ペーパーパンチ( " ) 1

f) 周辺機器制御装置

高速ペーパーリーダー 1

高速ペーパーパンチ 1

定時記録用タイプライタ(機関部) 1

" (航海部) 1

" (荷役部) 1

任意記録用タイプライタ(各種計算) 1

アラーム記録用タイプライタ(機関部) 1

" (荷役・係船) 1

プロッター(性能変化情報) 1

g) CRT制御装置

CRT表示装置(航法) 1

(3) コンピュータ内部での優先順位

(a) 概要

一台のコンピュータで船全体を制御する場合、種々のプログラムが混在するためプログラムのレベル割付けを考慮しておかなければ、緊急のプログラムが他のプログラムにじやまされ中断する不具合が生ずることはあきらかである。

レベル割付けにはプログラムの重要性、処理時間の長短等を考慮して行なう必要があるが、本報告書には一案として下記の割付けを行なった。

(b) レベル割付け(レベルの高い順)

機関部状態監視プログラム

衝突予防プログラム

荷役監視プログラム

船位保持制御プログラム

荷役各種制御プログラム

局所最適航路設定プログラム

機関部各種操作プログラム

船位推定プログラム

船位測定プログラム

狭域最適航路設定プログラム

定時情報自動受信プログラム

各種計算プログラム

各種記録プログラム

(4) 各種プログラムメモリ数概要

ボイラ始動制御

1.4 K

バーナ本数制御	1.0 K	
噴然ポンプ回転数制御	0.5 K	
ボイラ停止制御	0.8 K	
空気圧縮機制御	0.6 K	
T/G 異常処理制御	2.5 K	
主機減速制御	0.1 K	
主機停止制御	0.1 K	
フィニッシュドウイズエンジン制御	0.4 K	
プラントスタンバイ制御	1.0 K	
性能変化情報プロット	2.0 K	
性能変化情報ファイル	2.0 K	
機関部状態監視	3.0 K	コア常駐
機関部状態統合判断	3.0 K	
船位保持制御管理	0.5 K	
船位保持通常制御	1.0 K	
船位保持急速制御	1.0 K	
船位保持緊急制御	1.0 K	
定時情報自動受信	2.5 K	一部コア常駐
衝突予防	8.0 K	一部コア常駐
船位測定	2.7 K	
船位推定	3.0 K	
最適航路設定	40.0 K	
オンライン計算管理	2.0 K	
航海計算	3.5 K	
事務計算	10.0 K	
医療診断	10.0 K	
荷役計算	5.4 K	
荷役制御装置	3.5 K	
バラストポンプ制御	5.0 K	
バラスト取水制御	3.2 K	
バラスト排水制御	4.4 K	
貸油ポンプ制御	10.0 K	
揚荷制御	5.5 K	
積荷制御	4.3 K	
荷役監視	9.0 K	
共通サブプログラム	20.0 K	一部コア常駐
スーパーバイザプログラム	6.0 K	コア常駐
合計	179.9 K	(コア常駐のもの20K)

## 4. 分散型制御システム ( L C S ) の設計

### 4.1 分散型システムの概要

#### 4.1.1 ま え が き

このシステムはプラントシステムをその目的別、機能別あるいは地域別に分け小型または中型の制御用コンピュータを使用して各ブロックを分担制御させるいわゆる責任分散制御方式である。

さらに船全体を一つのトータルシステムとしてとらえ、より高度なレベルでトータル・システム全体を管理制御する場合には上記の各専用衛星コンピュータを統括管理する階級制御統括コンピュータを設置してその任に当たらせるシステム構成が考えられる。

#### 4.1.2 衛星コンピュータに分割する方法

分散型制御システムを考える場合、まず問題になることは、一つの大きなトータルシステムを適当数の分権システムにどのようにして分割するかということであるが、通常考えられることは次の3つの区分方法である。

- (1) システムを地域別に分類する方法
- (2) システムをコンピュータから眺めた機能別に分類する方法
- (3) システムを利用者側からみた目的別に分類する方法

上記の3つの分類方法のうち船舶のコンピュータ制御システムの場合は何れの分類方法が適切であるかを簡単に検討する。

##### (1) 地域別に分類する方法

トータル・システムを地域的サブシステムに分割する方法は陸上における各種第3次サービスシステム等に見られるように、そのテリトリーが広域にわたる場合に非常に有効で各サブシステムはそれが置かれている地域が異なるだけでその作業内容はほぼ同一の仕事である場合が多く、各システム間のデータ伝送には通信回線が使用される。

船舶の場合はそのトータル・システムのテリトリーがたかだか2～300m程度であり地域的要因によつて特にシステムをサブシステムに分割する必要はまずほとんど考えられない。

##### (2) コンピュータより眺めた機能別に分類する方法

通常制御システムは各種目的別システムから成り立っているが各システムをミクロ的に見れば各システムに共通した機能(例えば機艙部、荷役、航海部等における日誌記録、各システムに含まれているオフライン計算等々)がすくなく存在している。

これを船舶トータル・制御システムについてコンピューターより眺めた共通機能ごとにシステムを分割してみると次のとおりとなる。

##### (a) シーケンス制御的なもの

- 機艙部プラントスタンバイ制御システム
- 機艙部フィニッシュドゥイズエンジン制御システム
- 積荷制御システム
- 揚荷制御システム

##### (b) 周期的に行なうもの

- 機艙部状態監視システム
- 機艙部定時記録システム

##### (c) 高速データを読み込む必要のあるもの

- 衝突予防レーダ情報読み込みシステム
- ディーゼルエンジン筒内圧力計測システム

(d) 計算精度を要求するもの

- 航法計算システム
- 最適航路設定システム
- 船体状態監視システム
- 積荷計算システム
- 各種性能計算システム

(e) 記録用タイプライタを必要とするもの(フォーマット付)

- 機関部日誌記録システム
- 航海日誌記録システム
- スーンリポート記録システム

(f) オフライン・バッチ処理的なもの

- 航法計算システム
- 狭域最適航路設定システム
- 性能計算システム
- 積荷計算システム
- 事務計算システム
- 医療診断システム

このようなコンピュータ機能より見た分類法はコンピュータプロパーのハードウエヤ、ソフトウエヤ等を計画・設計する上から見ると単純・明解でありハードウエヤ・ソフトウエヤにぜい肉がなくなり非常にメリットがあるように考えられる。しかしながらプラント・アプリケーション側からみると一つの目的をもつ制御を実行する場合にも必ず複数台の制御用コンピュータが必要となり、ある程度同一機能の作業をもつたサブシステムの数が多くなれば1台のコンピュータの運転密度が大巾に少さいものとなる恐れがある。

また1つの信号値を複数台のコンピュータでバラに読み込む必要があり、プロセス I/O 関係の総計点数が非常に大きくなる可能性がある。

(3) 利用者側から見た目的別に分類する方法

この方法はトータル・システムを利用者側から見た目的別システムに分類し各サブシステム又は複数システムごとに1台ずつのコンピュータを使用する方法であり次のような分類が考えられる。

- (a) 船位決定システム
- (b) 最適航路設定システム
- (c) 衝突予防システム
- (d) 荷役制御システム
- (e) 船位保持(係船)システム
- (f) 機関部監視システム
- (g) “ ” 制御システム
- (h) 各種計算システム

このようにシステムを分類した場合のメリットとしては、

- (a) 各システムに独立性があるので他のシステムとの関連をあまり考えなくてもよい。
- (b) 1つのコンピュータがダウンしても他のシステムへの影響がすくない。
- (c) 異なつた種類のシステムにも使用出来る汎用性がある。
- (d) 一般に目的別にサブシステム化した場合、それに含まれるコンピュータ側から見た機能別種類は意外とすくない。

- (e) システムの用途、特質に適応したコンピュータを選択的に採用できる。
- (f) 使用条件にあつた使い方がなされているので信頼性が高い。
- (g) システムの独立性があるのでダウンした場合でも補修が簡単である。

#### 4.1.3 分散型システムの構成

以上のごとく分散型制御システムの構成方法には3種類の区分法が考えられるが、本試設計においては船舶のトータルシステム制御に相当と思われる利用者側からみだ目的別システム分類によるシステム分割を行ない分散型制御システムの試設計を行なつた。

##### (1) 分散型制御システム、階級制御統括用コンピュータシステム

- (a) 船舶トータルシステム統括用として各衛星コンピュータを統括するシステム
- (b) 定時記録システム（記録用 F C T 使用システム）
  - （ 機関部定時記録 ）
  - （ 機関部スーンリポート記録 ）
  - （ 航海日誌記録システム ）
  - （ 荷役部定時記録システム ）
- (c) オフライン・バッチ処理計算システム
  - （ 航海計算システム ）
  - （ 狭域最適航路設定システム ）
  - （ 荷役計算システム ）
  - （ 事務計算システム ）
  - （ 医療診断システム ）
- (d) 性能変化情報プロットシステム
- (e) 船内時間管理システム
- (f) デジタルデータ表示システム

##### (2) 船位決定および通信用コンピュータシステム

- (a) 船位推定システム
- (b) 船位測定システム
- (c) 定時情報自動受信システム

##### (3) 最適航路設定システム

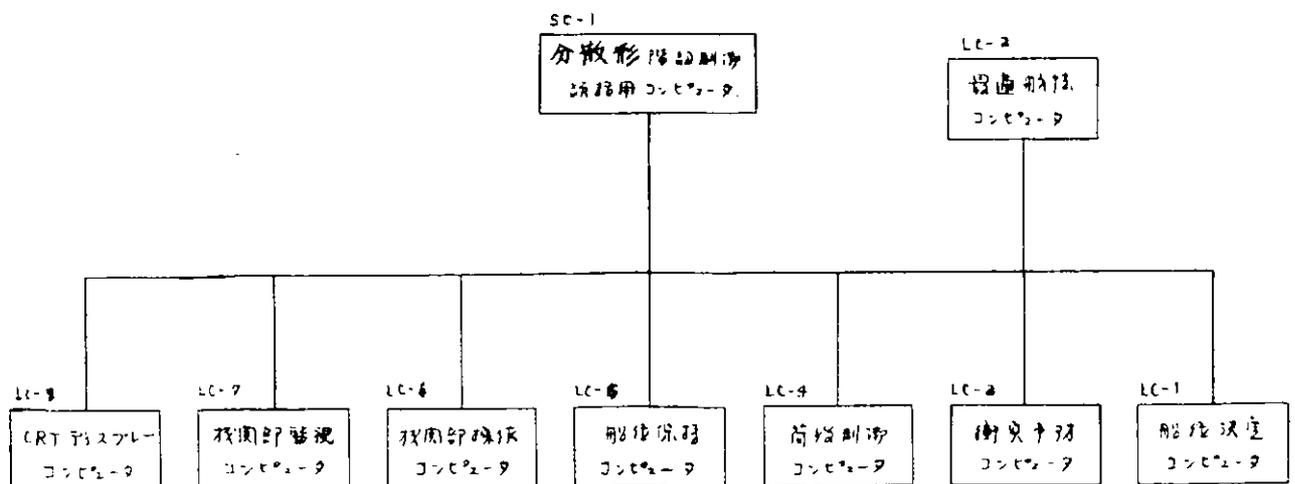


図 4.1.1 分散型制御システムコンピュータ構成図

- (4) 衝突予防レーダコンピュータシステム
  - (a) 衝突予防レーダシステム
- (5) 荷役監視システム
  - (a) 荷役監視システム
  - (b) 積荷制御システム
  - (c) 揚荷 “
  - (d) バラスト機・排水制御システム
  - (e) 貨油およびバラスト弁制御システム
  - (f) 貨油およびバラストポンプ制御システム
  - (g) 荷役状態記録用データファイルシステム
- (6) 船位保持制御コンピュータシステム
  - (a) 船位保持制御システム
- (7) 機関部各種操作コンピュータシステム
  - (a) ブラントスタンバイ制御システム
  - (b) ファイニッシュドウイズエンジン制御システム
  - (c) 主機操作システム
  - (d) ターボ発電機異常処置システム
  - (e) ボイラ制御管理システム
  - (f) 空気圧縮機制御システム
- (8) 機関部状態監視コンピュータシステム
  - (a) 機関部通常監視システム
  - (b) 機関部急速監視システム
  - (c) 機関部定時記録データファイルシステム
  - (d) 機関部性能変化情報ファイルシステム
- (9) CRTディスプレイ用コンピュータシステム
  - (a) 航法計算結果ディスプレイシステム

## 4.2 階級制御統括用コンピュータ制御システム

### 4.2.1 システムの概要

船舶のコンピュータ制御システムを複数台のコンピュータを使用する分散型制御システムとして計画する場合、各衛星コンピュータシステムは一応各システムごとに独立しているように見えるが、船全体を一つのトータル・システムとしてとらえた場合より高度なレベルでこれらの衛星コンピュータシステムを管理統括する階級制御的な統括用コンピュータ制御システムが必要となる。

この統括用コンピュータ制御システムは主として下記のとおりである。

- (1) 各衛星コンピュータの統括制御
  - 各衛星コンピュータ間の情報フラッグ転送の中継
  - 各衛星コンピュータにおけるプログラム運転の管理
  - 各衛星コンピュータに対する船内時間情報の供給
- (2) 定時記録用データ整理
  - 機関部定時記録

60-1

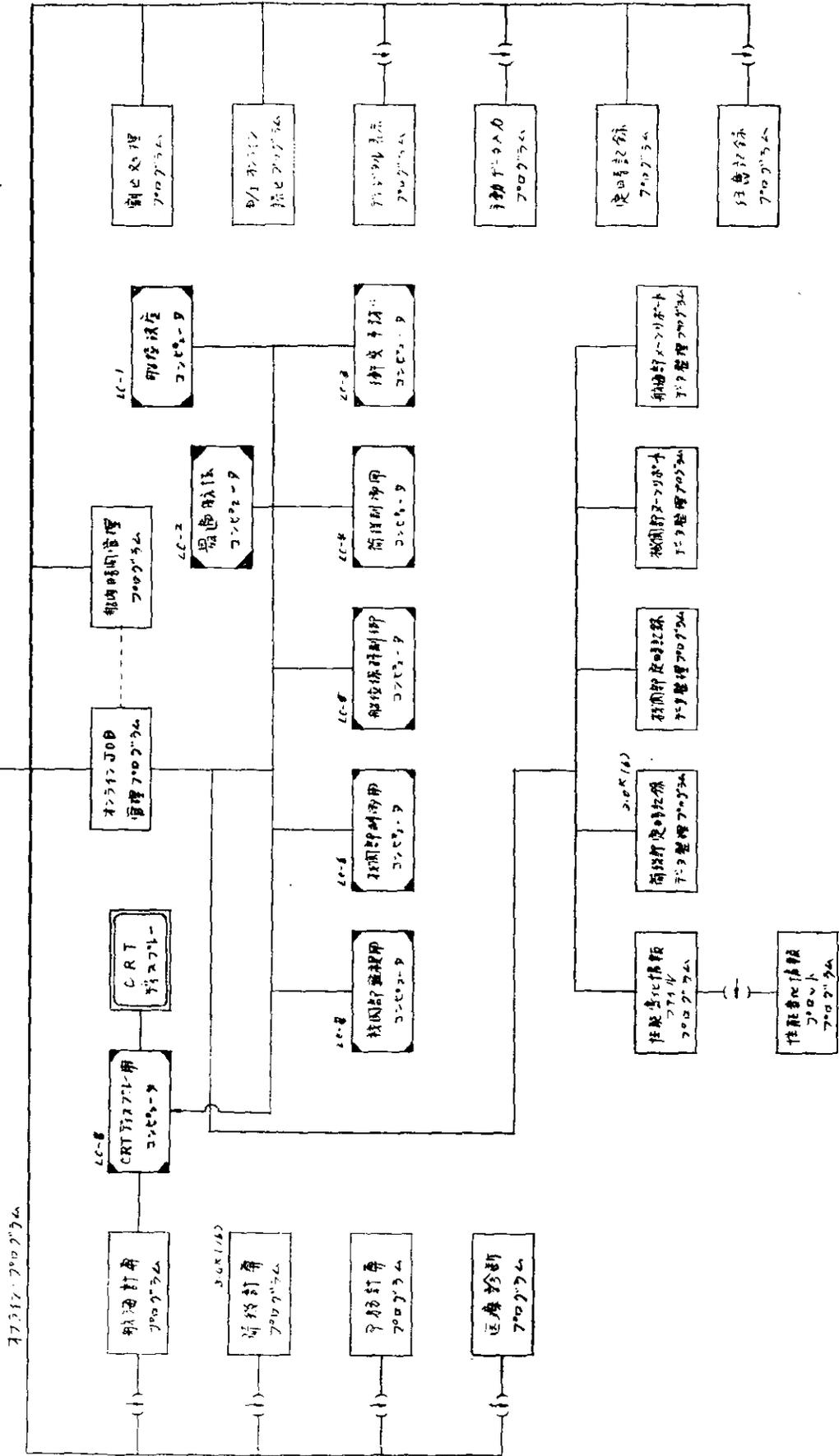


図 4.2.1 階級制御統括用コンピュータ制御システム・S/W 関連図

- 機関部スーリポート記録
  - 荷役状態定時記録
  - 航海日誌記録
- (3) オフライン計算（バッチ計算）
- 航海計算
  - 荷役計算
  - 事務計算
  - 医療診断
- (4) 性能変化情報ファイル
- 性能変化情報ファイル
  - 性能変化情報プロット
- (5) 各種データデジタル表示

本コンピュータ制御システムのソフトウェア関連図は図 4.2.1 のとおりである。

#### 4.2.2 ソフトウェアの概要

##### (1) 各衛星コンピュータ間の情報フラッグ転送

船舶トータル・システムに分散型制御システム採用することにより各サブシステムを分割独立させ、各衛星コンピュータに制御をゆだねさせることにしているが、各サブシステムは一応独立した形になっているとはいえ、トータル・システムとして眺めた場合には各衛星コンピュータ同志で若干の情報データの授受を行なわせ、より良い制御を行なわせた方が好ましい点が考えられる。

例えば、機関部操作システムにおける補機の運転状態の情報等を機関部監視システムに送り、機関部監視システムの場合に応じた適切な監視を行なわせるとか、また逆に機関部監視システムで異常が発見された場合にはその情報を機関部操作システムに転送し、よりよい処置操作を行なわせたりする。

##### (2) 各衛星コンピュータにおけるプログラム運転の管理

各衛星コンピュータシステムには多数のプログラムが含まれているが、これらのプログラムのなかには船内時間に合わせて周期的に運転されるものや他の衛星コンピュータシステムと同時に運転する方が好ましいもの等がある。

これらの各種オンラインジョブを一元的にこの統括用コンピュータシステムで管理するプログラムがこの運転管理プログラムである。

すなわち船舶トータル・システムを一つのコンピュータ制御システムとして眺めた場合いわゆる主モニタプログラム、スケジューラー等と呼ばれているプログラムに相等する。

##### (3) 各衛星コンピュータに対する船内時間情報の供給

船舶トータル・システムの各サブシステムを衛星コンピュータによつて各々独立に制御させる場合、各コンピュータが所有する実際の時間というものは一元的に管理する必要がある。

特に船舶においては、船自体が地球上の一地点にとどまっておらず常に航行移動しているので、これら船の位置に応じて船内標準時間（Ship's Mean Time）が毎日変更されるので、この船内標準時間計算プログラムはこの統括用コンピュータが一元的に管理しその結果を各衛星コンピュータに供給することとする。

##### (4) 各種定時記録データ整理および記録プログラム

各衛星コンピュータ（機関部監視コンピュータ、荷役制御コンピュータ、船位決定コンピュータ）の監視システムまたは計算システムより得られた各種データの転送をうけこのプログラムによつて適当にデータの整理、統合が行なわれ、また適当なフォーマットが与えられて各種記録用タイプライタに定時記録を行なう。

また、定刻以外における記録要求は会話用キーボードにより任意に設定することができる。

(5) 航法計算プログラム

船舶を運航するためには船位決定システムの他の次のような一般の航法計算の結果を勘案して最適航路設定を行なう必要があるがこれら航法計算をこの統括用コンピュータを使用してオフライン的に自動計算させる。

航法計算の対象となる項目は次のとおり。

- (a) 大圏航法計算
- (b) 漸長緯度航法の計算
- (c) 距等圏航法計算
- (d) 中分緯度航法計算
- (e) 現在位置から目的地までの残航距離計算
- (f) 目的地への予定所要時間計算
- (g) 前日正午からの航走距離計算
- (h) 潮流の計算

なおこれらの計算結果は CRT ディスプレー制御用コンピュータにデータが転送され CRT 上に数値としてディスプレイされる。

(6) 荷役計算プログラム

積(揚)荷港が決定し、積(揚)荷量が決定したならば乗組員によつて積(揚)荷をするタンクのグループおよび荷役終了時までの喫水およびトリムが決定され、これらの値をコンピュータにインプットし、また荷油の A.P.I. および油温につき積地より連絡をうけ(揚荷の場合は本船に装備の計器により計測し)さらに海水の比重を計測してこれらの値をマニュアルインプットボードよりコンピュータにインプットする。

これらのデータを基に、要求の諸条件(荷油の量、喫水、トリム)を満足し、かつ船体強度上および荷役制御上最適なように各荷油タンクに対する積(揚)荷量およびバラスト排(扱)水量がコンピュータにより計算される。

またこの計算により積(揚)量-トリム曲線が決定されこのデータが荷役制御用衛星コンピュータにシフトされ、これをベースに荷役制御が実行される。

(7) 事務計算

従来は乗組員の手で行なわれた下記のごとき船内各種事務計算

- a) 給与計算
- b) 備品管理
- c) データ整理
- d) 荷役事務管理
- e) その他の事務計算

等をオフラインジョブとして行なわせる。

(8) 医療診断

このプログラムは最近の船医不足に対処するために考案されたプログラムで、患者の症状を定められた様式に従つてインプットすると、病名、処置方法、必要な検査項目等が打出される。

このプログラムは権限のある陸上の病院で完全にチェックされ、またプログラムのにも完全にデバッグが行なわれた信頼性の高いものであり、これによつて乗組員は常に名医相当の診断を受けれるわけで従来洋上で経験された、病気およびその処置に関する不快感は一掃される。

(9) 性能変化情報プロット

比較的長期にわたつて集取する必要がある性能変化関連データを機関部監視コンピュータシステムによつて読み込みこのコンピュータの一次ファイルに記憶しておき、この一次ファイルがいつばいになった時、統括用コンピュータ

の親ファイル（長期保存用）に転送されファイルされる。

これら親ファイルに保存されているデータは任意の時間にコンソールの押ボタン要求によりプロッターに画きだされる。

性能変化情報プロットの対象となる主な項目は次のとおり。

- (a) 主機関掃気冷却器の冷却効果
- (b) 船体汚れの経年変化
- (c) 各部品の摩耗状況
- (d) 潤滑油系統のフィルタの汚れ
- (e) その他（長期経年変化項目）

#### 4.2.3 コンピュータシステム

##### (1) 中央演算処理装置（CPU）の要目

###### a) 内部メモリ

###### イ) 主メモリ

メモリの種類	磁気フェライトコア
語長	16ビット+パリティビット
容量	8K語

###### ロ) 読出専用メモリ（ROM）

メモリの種類	ROM-IC
語長	16ビット+パリティ
容量	4K語

###### b) 外部メモリ

メモリの種類	磁気ドラム
容量	64K語

###### c) 演算装置

ロジック	TTL-IC
演算方式	ストアード、プログラム方式 2進並列、負数は2の補数表示、固定小数点方式
命令方式	単一アドレス
番地方式	直接アドレス、間接アドレス、相対アドレス

###### d) 外部制込

あり

###### e) 内部制込

あり

###### f) 異常検出

電源異常	あり
メモリーパリティ	“
インストラクションパリティ	“
ウォッチドックタイマ	“
機内温度上昇	“

###### g) 実時間時計

あり

##### (2) プロセス入出力装置（Process - I/O）の要目

###### a) プロセス入出力制御装置

1式

###### b) プロセス入出力点数

デジタル入力	40点
デジタル出力	40点
インタラプト入力	5点
c) オペレーティングコンソール	1式
プログラム起動PB	7
プログラム停止PB	7
プログラム状態表示ランプ	40
デジタル数値表示	3桁および単位
アラーム表示ランプ	各種
d) システムタイプライタ制御装置	1式
入出力タイプライタ	1
ペーパテーブリーダ(低速)	1
ペーパテーブパンチ(低速)	1
e) 周辺機器制御装置	1式
高速ペーパテーブリーダ	1
高速ペーパテーブパンチ	1
定時記録用タイプライタ(機関部)	1
定時記録用タイプライタ(荷役部)	1

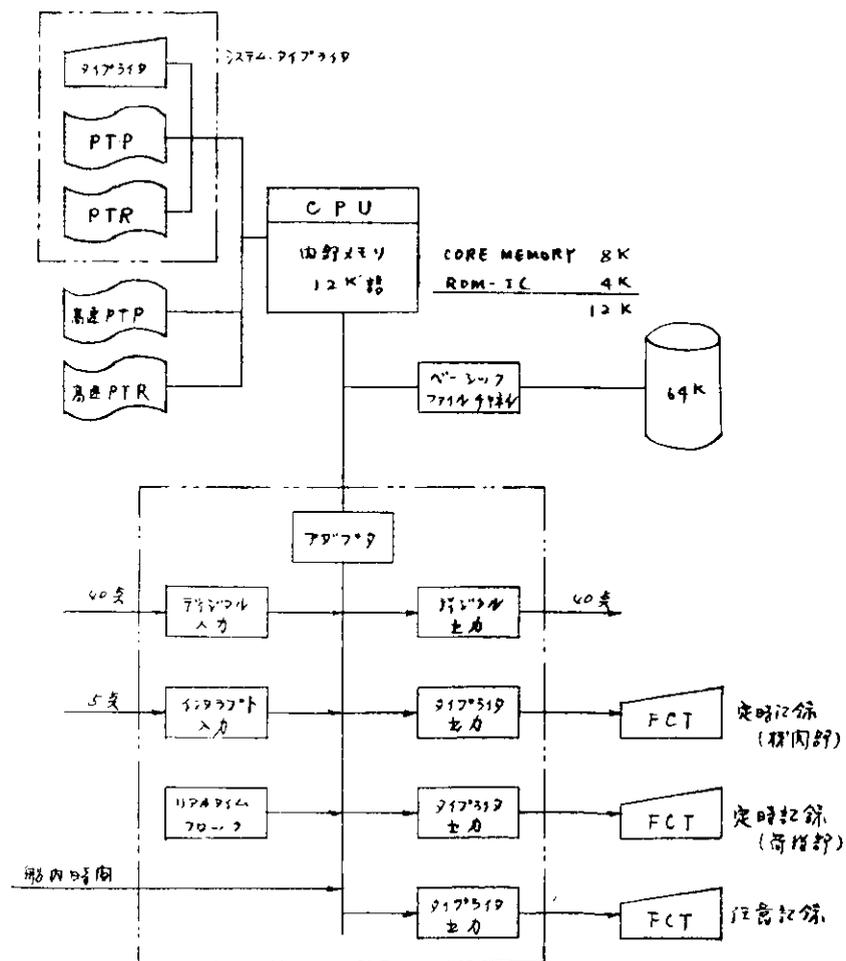


図 4.2.2 階級制御統括用コンピュータ制御システム H/W 構成図

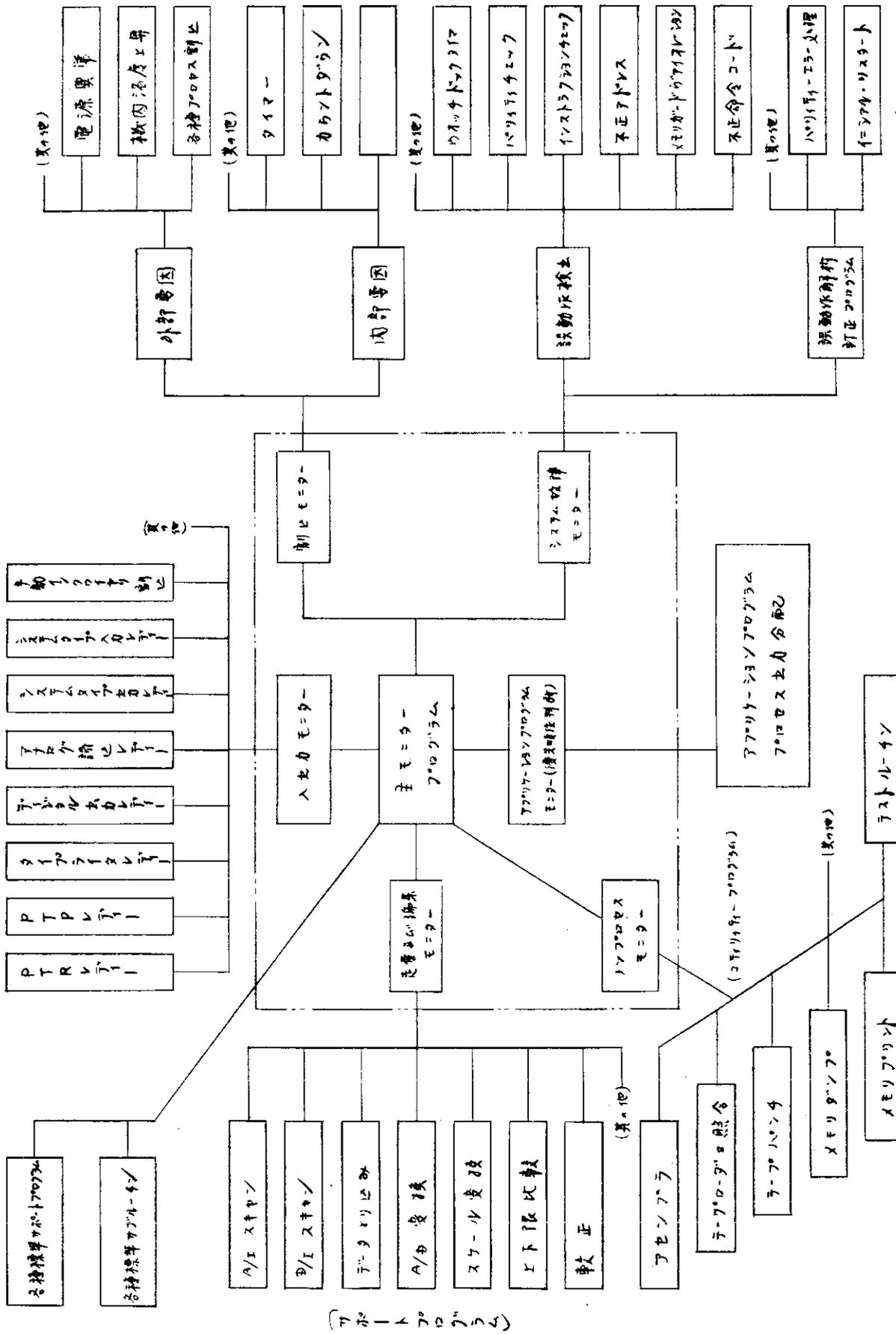


図 4.2.3 階級制御統括用コンピュータ制御システム・オペレーティングシステム・ブロック図

任意記録用タイプライタ

(3) 各衛星コンピュータとの転送データ

(a) 船位決定コンピュータ制御システムへ

転送データ	{	船内時間	(D/O)
		船位自動測定指令	(割込)
		航海記録データ転送指令	( " )
		船内時間変化信号	( " )
受信データ	{	定時情報自動受信指令	( " )
		船位データ	(D/I)
		船の針路データ	( " )
		船速データ	( " )
		航海記録データ	( " )
		CRT表示データ	( " )
		プログラム運転状態	( " )

(b) 最適航路設定用コンピュータ制御システム

転送データ	{	船内時間	(D/O)
		船位データ	( " )
		船の針路データ	( " )
		船速データ	( " )
		船内時間変化信号	(割込)

(c) 衝突予防レーダコンピュータ制御システムへ

転送データ	{	船内時間	(D/O)
		船内時間変化信号	(割込)
		船の針路データ	(D/O)
		船速データ	( " )
受信データ		プログラム運転状態	(D/I)

(d) 荷役制御用コンピュータ制御システムへ

転送データ	{	船内時間	(D/O)
		船内時間変化信号	(割込)
		荷役状態定時記録データ転送指令	( " )
		荷役計算結果データ	(D/O)
受信データ	{	プログラム運転状態	(D/I)
		定時記録データ	( " )

(e) 船位保持制御用コンピュータ制御システムへ

転送データ	{	船内時間	(D/O)
		船内時間変化信号	(割込)
受信データ		プログラム運転状態	(D/I)

(f) 機関部操作コンピュータ制御システムへ

転送データ	{	船内時間	(D/O)
		船内時間変化信号	(割込)

転送データ	機関部監視・異常フラッグ	(D/O)
	プログラムスタート指令	(割込)
受信データ	プログラム運転状態	(D/I)

(g) 機関部監視コンピュータ制御システムへ

転送データ	船内時間	(D/O)
	船内時間変化信号	(割込)
	定時記録データ転送指令	( " )
	ヌーンリポートデータ転送指令	( " )
	性能変化情報プロットデータ転送指令	( " )
受信データ	機関部操作・運転状態	(D/O)
	プログラム運転状態	(D/I)
	定時記録データ	( " )
	ヌーンリポートデータ	( " )
	性能変化情報データ	( " )
	機関部監視異常フラッグ	( " )

(h) CRTディスプレイ用コンピュータ制御システムへ

転送データ	CRT表示データ	(D/O)
受信データ	プログラム運転状態	(D/I)

(4) メモリ概算

	補助メモリ	コア常駐
a) スーパーバイザー	3.0 K	2.0 K
b) 各種ユーティリティ	2.0 K	0.5 K
c) 性能変化情報ファイル	5.0 K	
d) 性能変化情報プロット	2.0 K	
e) 機関部定時記録データ整理	1.0 K	
f) 荷役部定時記録データ整理	3.0 K	
g) ヌーンリポートデータ整理	1.0 K	
h) 航法計算	8.0 K	
i) 荷役計算	6.0 K	
j) 事務計算	10.0 K	
k) 医療診断	5.0 K	
l) 船内時間管理	1.0 K	1.0 K
m) オンラインジョブ管理	2.0 K	1.0 K
n) 共通データ	1.0 K	1.0 K
o) 共通サブルーチン	2.0 K	1.0 K
p) ワーキングエリア		4.5 K
	5.2.0 K	11.0 K

### 4.3 船位決定および定時情報自動受信システム (LC-1)

#### 4.3.1 システム概要

##### (1) システム構成

LC-1コンピュータシステムは、航法システムの中の船位決定システム、積装システムの中の定時情報自動受信システムの2つのシステムより構成される。

- 航法システム — 船位決定システム { 船位測定システム (オメガシステム)
- 船位推定システム (DRPC)
- 積装システム — 定時情報自動受信システム

システム構成図を図4.3.1に示す。

##### (2) ハードウェア概要

###### (a) 中央演算処理装置

- 語長 2進16ビット
- 記憶装置 磁気コア 12K語

###### (b) 周辺装置

- システムタイプライタ (紙テープリーダー、紙テープパンチ内蔵) 1台

###### (c) プロセス入出力装置

- デジタル入力 52点
  - デジタル出力 89点
  - インタラプト入力 6点
- ハードウェア構成図を図4.3.2に示す。

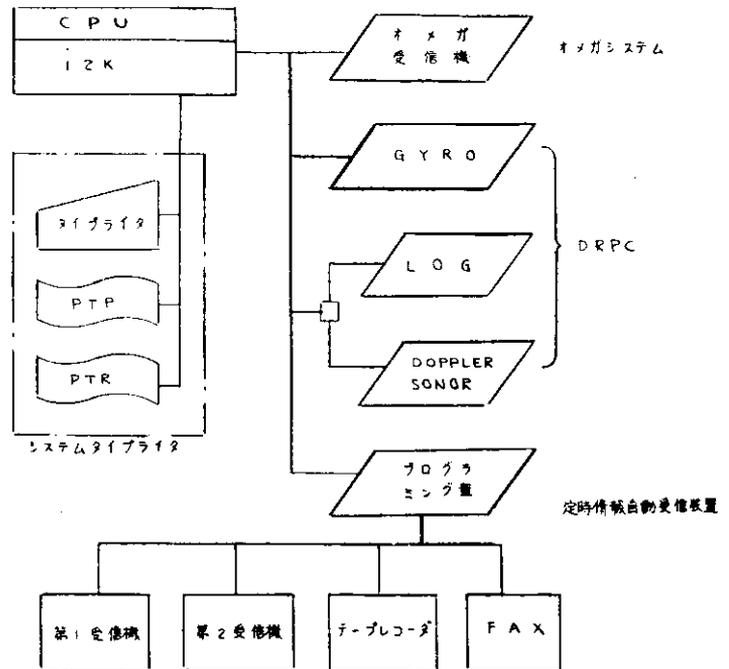


図4.3.1 船位決定および定時情報自動受信システム構成図

##### (3) ソフトウェア概要

LC-1コンピュータ制御システムのソフトウェアは大別すると次の3種類より構成されている。

- 1) 制御プログラム
  - i) 主モニタプログラム
  - ii) ユーティリティプログラム
  - iii) 割込モニタ
  - iv) システム故障モニタ
  - v) 入出力モニタ
  - vi) アプリケーションプログラムモニタ
- 2) サブルーチン
  - i) 三角函数 (倍長精度)
  - ii) 航法計算
  - iii) 各種サポートプログラム
- 3) アプリケーションプログラム
  - i) オメガシステム
  - ii) 船位推定システム
  - iii) Noon Report 作成プログラム
  - iv) 定時情報自動受信システム
  - v) CRT表示用データ転送プログラム

これらの関連を図4.3.3に示す。



#### 4.3.2 オメガシステム

##### (1) 概 要

オメガ航行システムは、原理的には「デッカ方式」に極めて類似しているが、このオメガ航行が現存する「デッカ方式」や「ロラン方式」に比べてすぐれている点、有効範囲がこれらの方式に比べて格段に大きいことで、地球上にわずか8局のオメガ送信局を設置することによつて、地球上のあらゆる地点において、ほぼ均一の精度で位置を決定することが可能である点にある。

現存する電波航行援助方式で最大の利用者をもつ「ロランA方式」について考えて見ても、70局以上のロランA局が北半球のおよそ30パーセントの地球をカバーしているにすぎない。しかも南半球においては、ロランAは全く利用できない状況にある。

オメガ航行方式が実用されると、インド洋・北太平洋等、現在、電波航行方式の恩恵を受けることのできない地域においても、昼間0.5浬、夜間1浬の精度で位置を決定することができる。

全世界わずか8局の設置計画であり、これにて全世界をほぼ同一の精度でカバーすることができる。地球上のどの地点でも、8局のうち4～5局の電波を受信でき、そのうちの任意の2局を選んでその対の局による位置の線を求め位置を決定できる。したがつて、8局のうち1～2局が沈黙するような事があつても、位置決定が不能となることはないのがこのシステムの利点であり、N N S S航海衛星のごとく高度な技術や莫大な費用がかからないところこの

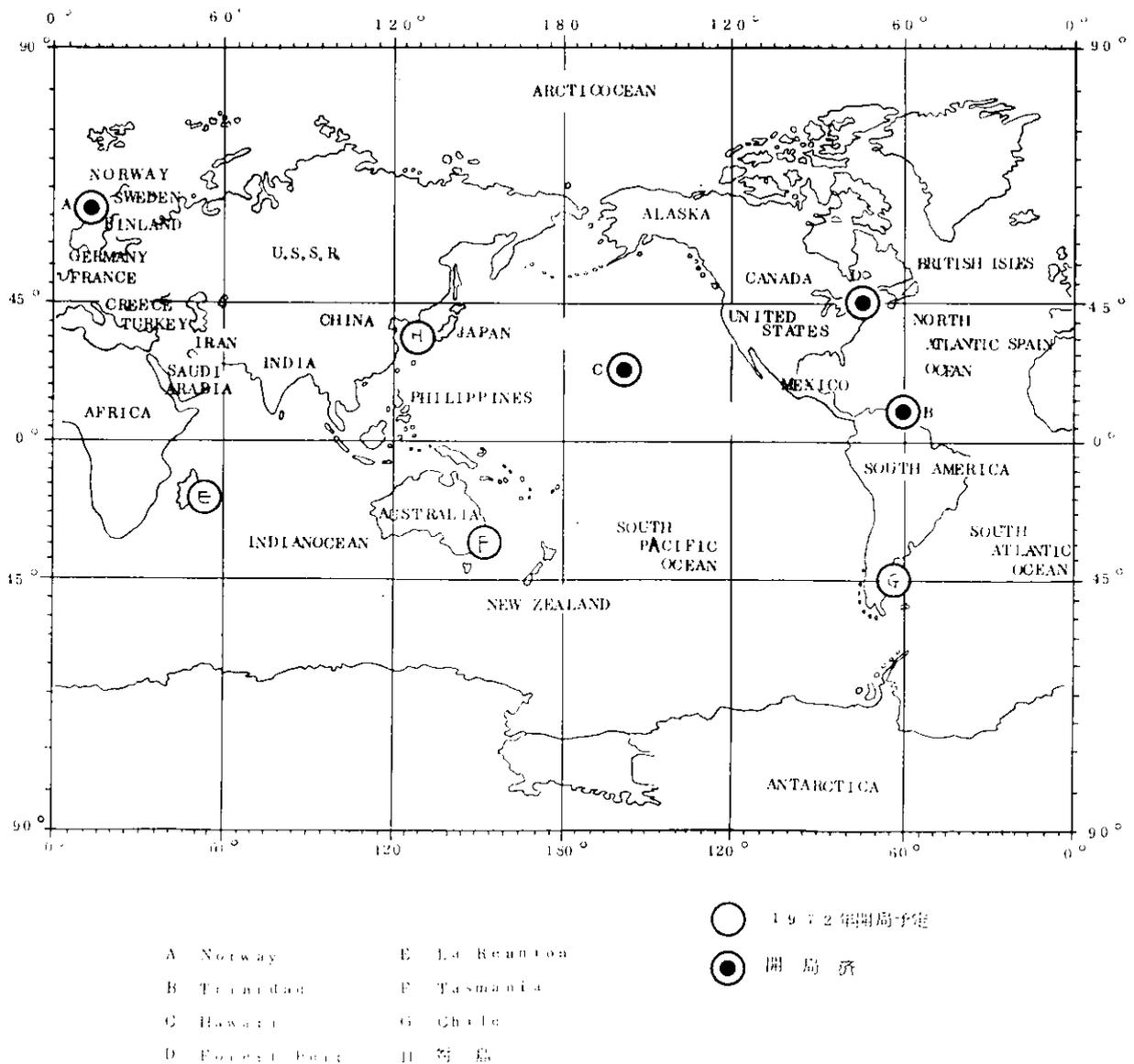


図4.3.4 オメガステーション配置図

システムの長がある。

オメガステーション配置図を図4.3.4に示す。

(2) 機器の要目

(a) 受信表示部

表示範囲	(0~999)レーン+0~99センチレーン
分解能	1センチレーン(基線上で約150m相当)
航法方式	2局に関する双曲線座標値(レーン値)の自動追尾方式
受信周波数	10.2 KHz (レーン追尾用) 13.6 KHz (第1段レーン識別用) 11.33 KHz (第2段レーン識別用)
表示	光点表示管(5桁、1列)
受信感度	0.01 μV
消費電力	100VA

(b) 印字記録部

記録方式、デジタル表示およびアナログ表示

(1分、10分、1時間毎に日、時、分、秒、対局、レーン、センチレーンを印字)

(c) 標準時計部

1.6ヶ月で0.1秒 10秒1回転、オメガ局選別および同期用24時間1回転

(3) ソフトウェア概要

オメガ航法のサービスエリアでは隣接する位置線が局所的にはほぼ平行に近い線になっており、位置の変化に対する位置線の値の変化もゆるやかなので、推定位置の近くでは緯度、経度の微小変化に伴う位置線の値の変化が線形で

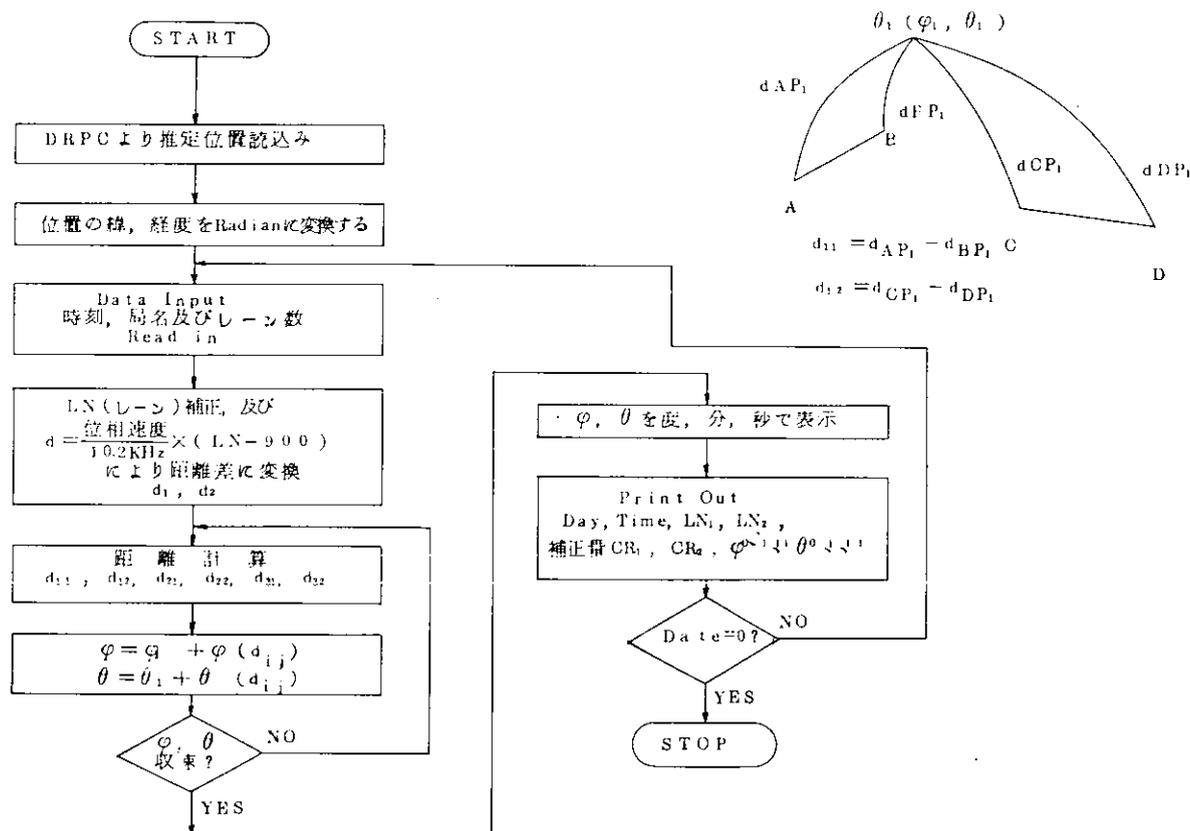


図4.3.5 オメガシステムフローチャート

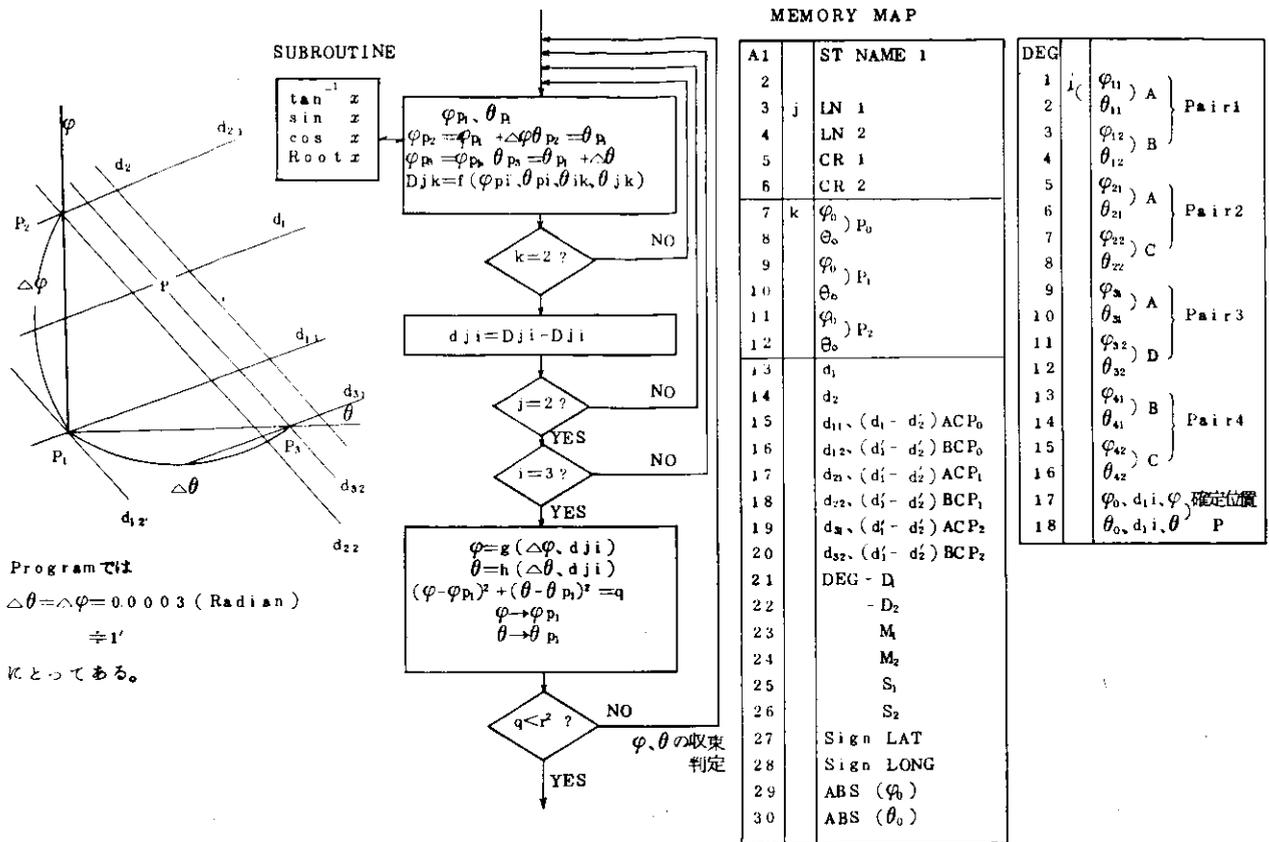


図 4.3.6 オメガによる船位決定計算距離計算フローチャート

距離計算式

$\phi$  : 緯度,  $\theta$  : 経度とする。

A 地点 ( $\phi_1, \theta_1$ ), B 地点 ( $\phi_2, \theta_2$ )

$$\beta_1 = \tan^{-1} \left( \frac{b}{a} \tan \phi_1 \right), \quad \beta_2 = \tan^{-1} \left( \frac{b}{a} \tan \phi_2 \right)$$

$$A = (\sin \beta_1 + \sin \beta_2)^2, \quad \beta = \sin \beta_1 - \sin \beta_2$$

$$\tan \frac{x}{2} = \left\{ \frac{\sin^2 \frac{1}{2} (\beta_1 - \beta_2) + \cos \beta_1 \cos \beta_2 \sin^2 \frac{1}{2} (\theta_1 - \theta_2)}{1 - \sin^2 \frac{1}{2} (\beta_1 - \beta_2) - \cos \beta_1 \cos \beta_2 \sin^2 \frac{1}{2} (\theta_1 - \theta_2)} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$p = \frac{a}{4} \left( \frac{x}{2} + \frac{x}{2} \tan^2 \frac{x}{2} - \tan \frac{x}{2} \right)$$

$$q = \frac{a}{4} \left( \frac{x}{2} + \frac{x}{2} \tan^2 \frac{x}{2} + \tan \frac{x}{2} \right) / \tan^2 \frac{x}{2}$$

$$d = a x - A p - B q$$

$a = 6378.2064 \text{ Km}$  : 地球の長軸の  $\frac{1}{2}$

$b = 6356.5838 \text{ Km}$  : 地球の短軸の  $\frac{1}{2}$

$f = \frac{1}{a} (a - b)$  : 地球の偏平率

$$\theta = \Delta \theta \cdot \frac{(d_1 - d_{11})(d_{22} - d_{12}) - (d_{21} - d_{11})(d_2 - d_{12})}{(d_{31} - d_{11})(d_{22} - d_{12}) - (d_{21} - d_{11})(d_{32} - d_{12})}$$

$$\phi = \Delta \phi \cdot \frac{(d_{31} - d_{11})(d_2 - d_{12}) - (d_1 - d_{11})(d_{32} - d_{12})}{(d_{31} - d_{11})(d_{22} - d_{12}) - (d_{21} - d_{11})(d_{32} - d_{12})}$$

$$d (\text{Km}) = \frac{300574}{10200} \cdot (\text{LANE} - 900)$$

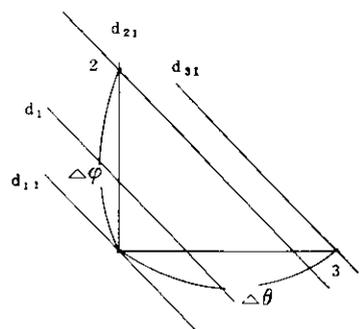


図 4.3.7 オメガによる船位決定計算距離計算式

あると仮定すれば、推定位置3点のレーン値を計算し、実測レーン値との差を1次函数で近似できるものとするれば簡単な計算式で求められる。

具体的な計算方法を図4.3.7に示す。

(4) 位相補正法の検討

VLF電波の位相伝ばん速度が夜間と昼間、海上と陸上とで僅かに違うため、各対局に対する位相差の測定値にある量の補正を施す必要がある。

この補正量は、各対局ごとに推定位置と日時の函数であり、±1.5レーン以下の値になる。

空間波補正を行なうには米国政府から発行されるSky Wave Correction Tableを利用するのが一番手軽で確実な方法ということになる。

この表は、緯度、経度方向共4度ごとに、1時間ごと、15日ごとの補正値を相当広範な地域(例えば、北アメリカ)ごとにまとめて本にしたものである。したがって補正値を3ディジット以下の数とすると、約240個の升目で囲まれた一地区一対局ごとに $3 \times 24 \times 24 = 1728$ ディジットの情報量となり、局所的にしるそれらを全部メモリーしておくことは、中型機以下の計算機では容易でない。

補正値を計算で求める方法もあるが、これをまともに計算させようとすると、かなり大型の計算機でないと処理できない程度の計算になる。

補正表の一例を表4.3.1に示すが、これをグラフにすると次のようになる。

右図から判ることは昼と夜の補正値を記憶しておき日没時の傾斜している部分は、一次直線近似で計算すればわずかの記憶容量で補正値を求めることができる。

計算方法は次のとおり

- (a) 本船の推定位置から4°ごとに区切った補正表のどこにいるか判定し、昼間の補正値(Cd)、夜間の補正値(Cn)、その区画の中心位置(La、 $\lambda_a$ )を求める。

- (b) 区画の中心位置(La、 $\lambda_a$ )およびオメガ局の所在地(Li、 $\lambda_i$ )の時角(H)を求める。時間Hは

$$H = \cos^{-1} (-\tan \lambda \cdot \tan D)$$

$$D = 23.5^\circ \cos 2\pi \left( \frac{K - K_s}{365} \right)$$

K : 年始から当日までの日数

Ks : 年始から夏至までの日数

- (c) La、 $\lambda_a$ およびLi、 $\lambda_i$ の日出時刻(tsr)、日没時刻(tss)、を計算する。

$$tsr = \lambda - H$$

$$tss = \lambda + H$$

$$\lambda = \frac{24 \times L}{360}$$

- (d) 補正値を求めようとする時刻(tが日出没時に該当するか否かチェックする。

該当しなければ昼間か夜間かチェックし、昼間ならCd、夜間ならCnを補正値とする。

日出没時に該当する場合には次の近似式により計算する。

$$C_i = C_n + (C_d - C_n) \frac{tsr - t}{|tsra - tsri|} \quad (\text{日出の場合})$$

tsra : La、 $\lambda_a$ 点の日出時刻

tsri : Li、 $\lambda_i$ 点(オメガ局の所在地)における日出時刻

tsr : tsra、tsriで小さい方の時刻

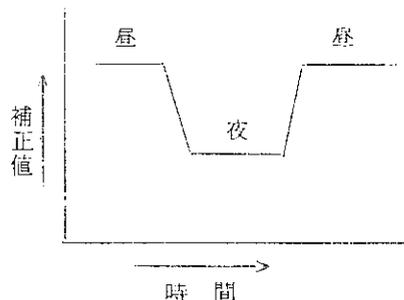


図4.3.8 補正表の近似模型

表 4.3.1

OMEGA SKYWAVE CORRECTIONS FOR 10.2KC-USE WITH 0.9974 TIMES GROUNDWAVE CHARTS																								LOCATION 24.0 N 100.0 W			
												STATION B				TRINIDAD											
DATE	GMT																										
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
1-15 JAN	-54	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-48	-21	-6	-3	-1	0	1	1	0	-1	-4	-6	-20	-44		
16-31 JAN	-50	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-49	-22	-7	-4	-1	0	1	1	0	-1	-4	-7	-16	-50		
1-14 FEB	-45	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-48	-22	-8	-5	-2	0	1	1	0	-2	-4	-8	-15	-46		
15-28 FEB	-43	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-46	-19	-8	-4	-1	1	2	2	1	-1	-4	-7	-13	-43		
1-15 MAR	-41	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-42	-14	-7	-3	0	2	3	3	2	0	-3	-7	-12	-41		
16-31 MAR	-39	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-37	-11	-6	-3	0	2	3	3	2	0	-3	-7	-11	-39		
1-15 APR	-37	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-30	-10	-5	-2	1	3	4	4	3	0	-3	-6	-11	-37		
16-30 APR	-35	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-24	-9	-5	-1	1	3	4	4	3	1	-3	-6	-11	-35		
1-15 MAY	-33	-56	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-19	-8	-4	-1	2	3	4	4	3	1	-2	-6	-10	-33		
16-31 MAY	-31	-54	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-16	-8	-4	-1	2	4	4	4	3	1	-2	-6	-10	-31		
1-15 JUN	-28	-52	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-15	-8	-4	-1	2	3	4	4	3	1	-2	-6	-9	-28		
16-30 JUN	-26	-50	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-16	-8	-4	-1	2	3	4	4	3	1	-2	-5	-9	-26		
1-15 JUL	-21	-48	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-12	-7	-3	-1	1	3	4	4	4	2	1	-1	-4	-21		
16-31 JUL	-22	-50	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-15	-8	-4	-1	1	3	4	4	4	2	1	-1	-4	-22		
1-15 AUG	-25	-53	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-15	-9	-4	-1	1	3	4	4	4	2	1	-2	-4	-25		
16-31 AUG	-30	-56	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-12	-9	-4	-1	1	3	4	4	4	2	0	-2	-4	-30		
1-15 SEP	-37	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-16	-9	-4	-1	1	2	4	4	4	3	2	0	-2	-7	-37	
16-30 SEP	-43	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-16	-9	-4	-2	1	2	3	4	4	3	1	-1	-3	-12	-43	
1-15 OCT	-50	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-16	-9	-4	-2	0	2	3	4	3	2	1	-1	-3	-18	-50	
16-31 OCT	-55	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-16	-9	-4	-2	0	2	3	3	3	2	0	-2	-4	-24	-55	
1-15 NOV	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-16	-9	-4	-2	0	1	2	3	2	1	0	-2	-4	-28	-57	
16-30 NOV	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-16	-9	-4	-3	-1	1	2	2	2	1	0	-2	-4	-30	-57	
1-15 DEC	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-16	-9	-4	-3	-1	0	1	2	2	1	0	-2	-4	-28	-57	
16-31 DEC	-56	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-57	-16	-9	-4	-2	0	1	1	1	1	-1	-3	-5	-25	-56		

OMEGA SKYWAVE CORRECTIONS FOR 10.2KC-USE WITH 0.9974 TIMES GROUNDWAVE CHARTS																								LOCATION 24.0 N 104.0 W			
												STATION B				TRINIDAD											
DATE	GMT																										
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
1-15 JAN	-53	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-52	-27	-6	-3	-1	1	2	2	1	-1	-3	-6	-19	-53		
16-31 JAN	-48	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-54	-28	-7	-4	-1	1	2	2	1	-1	-3	-6	-15	-48		
1-14 FEB	-45	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-53	-28	-9	-5	-2	1	2	2	1	-1	-4	-7	-14	-45		
15-28 FEB	-41	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-51	-25	-9	-4	-1	1	3	3	2	0	-3	-7	-13	-41		
1-15 MAR	-40	-61	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-47	-20	-8	-4	0	2	3	4	3	1	-3	-6	-12	-40		
16-31 MAR	-38	-61	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-42	-15	-7	-3	1	3	4	4	3	1	-2	-6	-11	-38		
1-15 APR	-36	-60	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-36	-11	-6	-2	1	4	5	5	4	1	-2	-6	-11	-36		
16-30 APR	-34	-58	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-30	-10	-5	-1	2	4	5	5	4	1	-2	-6	-10	-34		
1-15 MAY	-32	-56	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-26	-9	-5	-1	2	4	5	5	4	2	-2	-6	-10	-32		
16-31 MAY	-30	-53	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-22	-9	-5	-1	2	4	5	5	4	2	-2	-5	-9	-30		
1-15 JUN	-28	-51	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-19	-9	-5	-1	2	4	5	5	4	2	-1	-5	-9	-28		
16-30 JUN	-26	-49	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-16	-9	-5	-1	2	4	5	5	4	2	-1	-5	-9	-26		
1-15 JUL	-20	-47	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-15	-9	-3	-1	1	3	5	5	5	3	2	-1	-3	-20		
16-31 JUL	-21	-48	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-15	-9	-3	-1	1	3	5	5	5	3	2	-1	-3	-21		
1-15 AUG	-24	-51	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-15	-9	-3	-1	1	3	5	5	5	3	2	-1	-3	-24		
16-31 AUG	-29	-56	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-16	-9	-4	-1	1	3	4	5	5	4	3	1	-1	-4	-29	
1-15 SEP	-35	-60	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-16	-9	-4	-1	1	3	4	5	5	4	3	1	-2	-6	-35	
16-30 SEP	-41	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-16	-9	-4	-1	1	3	4	5	5	4	2	0	-2	-11	-41	
1-15 OCT	-48	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-16	-9	-4	-2	1	3	4	4	4	3	2	0	-3	-17	-48	
16-31 OCT	-54	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-16	-9	-4	-2	0	2	3	4	4	3	1	-1	-3	-22	-54	
1-15 NOV	-58	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-16	-9	-4	-2	0	2	3	3	3	2	1	-1	-4	-26	-58	
16-30 NOV	-59	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-16	-9	-4	-3	-1	1	2	3	3	2	0	-2	-4	-28	-59	
1-15 DEC	-59	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-16	-9	-4	-3	-1	1	2	3	2	2	0	-2	-4	-26	-59	
16-31 DEC	-57	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-16	-9	-4	-2	0	1	2	2	2	1	0	-2	-5	-23	-57	

日没の場合には、 $t_{sr}$ を $t_{ss}$ におきかえれば良い。

(e) 補正值を求める。

$$Ca = C_1 - C_2$$

$$Cb = C_3 - C_4$$

Ca : a対局に対する補正值

Cb : b対局に対する補正值

$C_1, C_2$  : a対局のそれぞれの局に対する補正值(オメガ局のアルファベット名で高順位のものを  $C_1$ とする)

$C_3, C_4$  : b対局のそれぞれの局に対する補正值(オメガ局のアルファベット名で高順位のものを  $C_3$ とする)

今 C (Hawaii)、F (Tasmania)、H (対馬)局を利用したとすれば

$C_1$  : C (Hawaii)局に対する補正值

$C_2, C_3$  : F (Tasmania)局に対する補正值

$C_4$  : H (対馬)局に対する補正值

となる。

以上のフローチャートを図 4.3.9に示す。

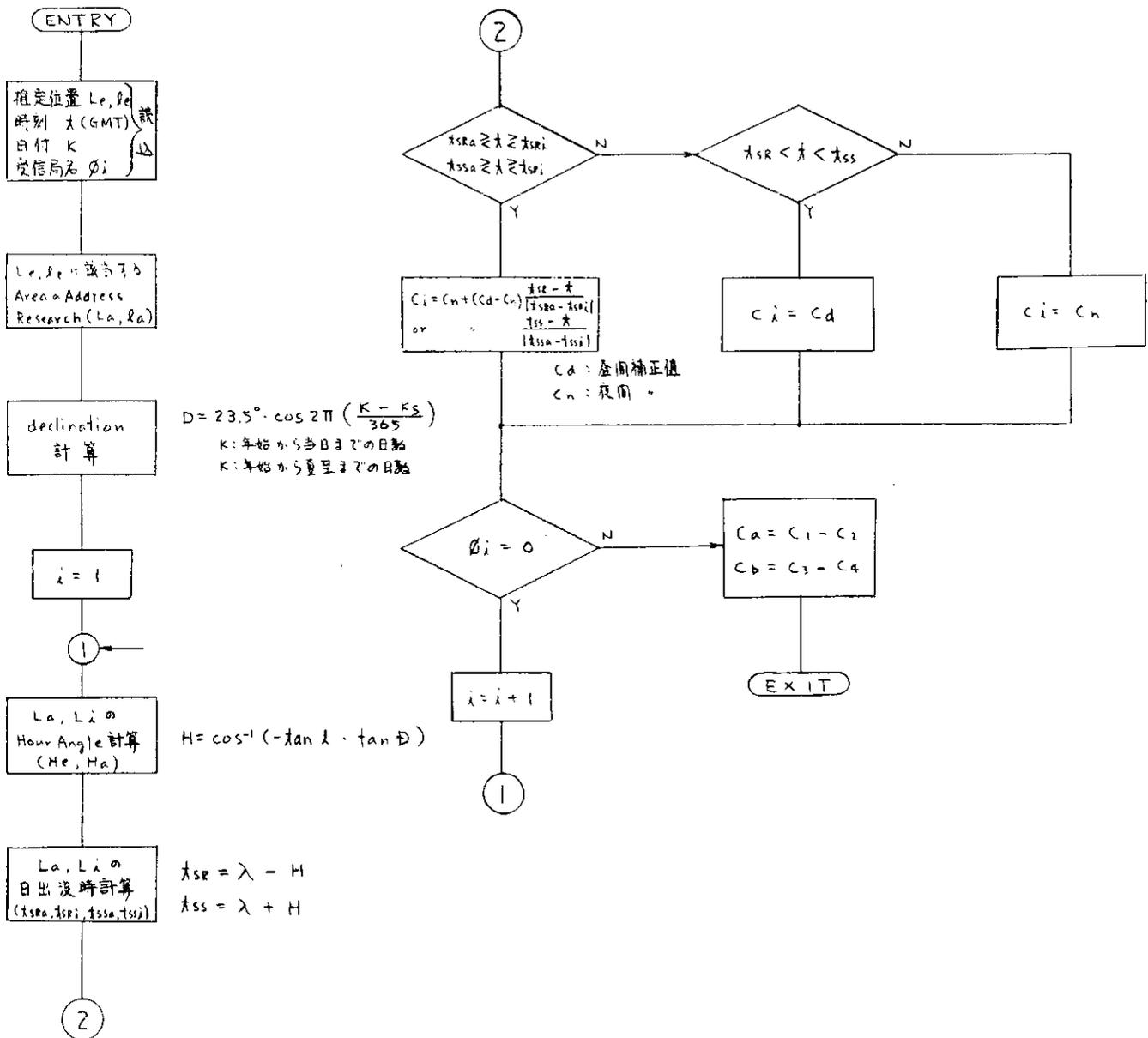


図 4.3.9 空間波補正值計算フローチャート

(5) I/Oリスト

入力信号表

番号	項目	発信器	備考
	オメガ局名	オメガ受信機	
	受信レーン値	"	

出力信号表

番号	項目	発信器	備考
	測定船位 (緯度)	CRT Display	
	" (経度)	"	

制込入力表

番 号	項 目	受 信 器	備 考
	船位測定要求(NCOIN)	CPU 内 部	
	“ ( 概 針 時 )	“	
	“ ( 手 動 )	GRT Display	

4.3.3 船位推定システム (DRPC)

(1) 概 要

本システムはジャイロ ( 針路 ) および電磁ログ ( 対水速力 ) またはドップラソナー ( 対地速力 ) より、推定船位を計算しようとするものである。

即ち、航程 ( Dist ) および針路 ( Co ) より、変緯 ( D. Lat ) および変経 ( D. Long ) を計算し、出発点の経緯度 (  $\lambda_0, L_0$  ) に加算すれば、到達点の推定経緯度 (  $\lambda_1, L_1$  ) が求められる。

(2) 機器の要目

航程発信器 ( Distance A/D Converter )

電磁ログまたはドップラソナーの出力を計算機に Input する為の A/D 変換器  
0.1 mile ごとの pulse 出力とする。

針路発信器 ( Bearing A/D Converter )

Gyro の出力を計算機に Input する為の A/D 変換器  
出力は Digital で 0.1 度単位とする ( 0 ~ 360.0 ) ( 直方位 )  
方位分解能は 0.4 度以内とする。

(3) ソフトウェア概要

時刻  $T_0$  における所在緯度が  $\lambda_0$ 、経度が  $L_0$  であるとし船の前進速力が  $V_{an}$ 、側方速力が  $V_{sn}$  で針路  $Can$  で進むときの時刻  $T_1$  における対水移動距離  $S$  の成分は

$$SX = \int_0^{T_1 - T_0} ( V_{an} \sin Can + V_{sn} \cos Can ) dt \text{ となる}$$

海流 ( 流向  $T_{s-1}$  流速  $Tr$  ) の修正を加えれば対地移動距離  $S$  の成分は

$$SX = \int_0^{T_1 - T_0} ( V_{an} \sin Can + V_{sn} \cos Can + Tr \sin Ts ) dt$$

$$Sy = \int_0^{T_1 - T_0} ( V_{an} \cos Can - V_{sn} \sin Can + Tr \cos Ts ) dt$$

となる。

時刻  $T_1$  のときの緯度  $\lambda_1$  と経度  $L_1$  とは次式で表わすことができる。

$$\lambda_{en} = \lambda_0 + \frac{1}{R} \int_0^{T_1 - T_0} ( V_{an} \cos Can - V_{sn} \sin Can + Tr \cos Ts ) dt$$

$$L_{en} = L_0 + \frac{1}{R} \int_0^{T_1 - T_0} ( V_{an} \sin Can + V_{sn} \cos Can + Tr \sin Ts ) \frac{dt}{\cos \lambda}$$

こゝは  $\lambda$  は  $\lambda_0$  から  $\lambda_{en}$  までの値とする。

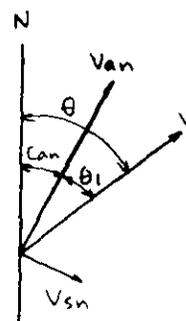
実際の DRP 計算器による計算式および計算プログラムのフローチャートは下記のようになる。

計算式

$$V = \sqrt{ V_{an}^2 + V_{sn}^2 }$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{ V_{sn} }{ V_{an} }$$

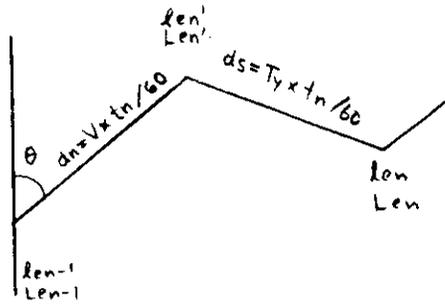
$$\theta = \theta_1 + Can$$



符号変換

①	緯度	0-90°	M ⊕	S ⊖
	経度	0-180°	E ⊕	W ⊖

		cos	tan	(sin)
		sec		
0° ≤ θ < 90°		⊕	⊕	⊕
90° ≤ θ < 180°		⊖	⊖	⊕
180° ≤ θ < 270°		⊖	⊕	⊖
270° ≤ θ < 360°		⊕	⊖	⊖



第1推定位置 {  $len' = len - 1 + dn \cos \theta$   
 $Len' = Len - 1 + md_1 \tan \theta$  又は  $Len - 1 \pm dn \sec len'$

第2推定位置 {  $len = len' + ds \cos Ts$   
 $Len = Len' + md_2 \tan Ts$  又は  $Len' \pm ds \sec len$

ここに {  $md_1 = Mpen' - Mpen - 1$  MP 漸長緯度  
 $md_2 = Mpen - Mpen$

- Van 前後進速力
- Vsn 側方速力
- Can 現針路 (Gyro)
- Ts 設定流向
- Tr 設定流速
- t, Tn(To) 時間と時刻投入時刻
- l 緯度
- L 経度
- len-1 前回の推定緯度
- Len-1 " 経度
- lo 投入実測緯度
- Lo " 経度
- s 移動距離 (対水)
- S " (対地)
- Vx, sx, Sx 速力距離の東西方向成分
- Vy, sy, Sy " 南北 "

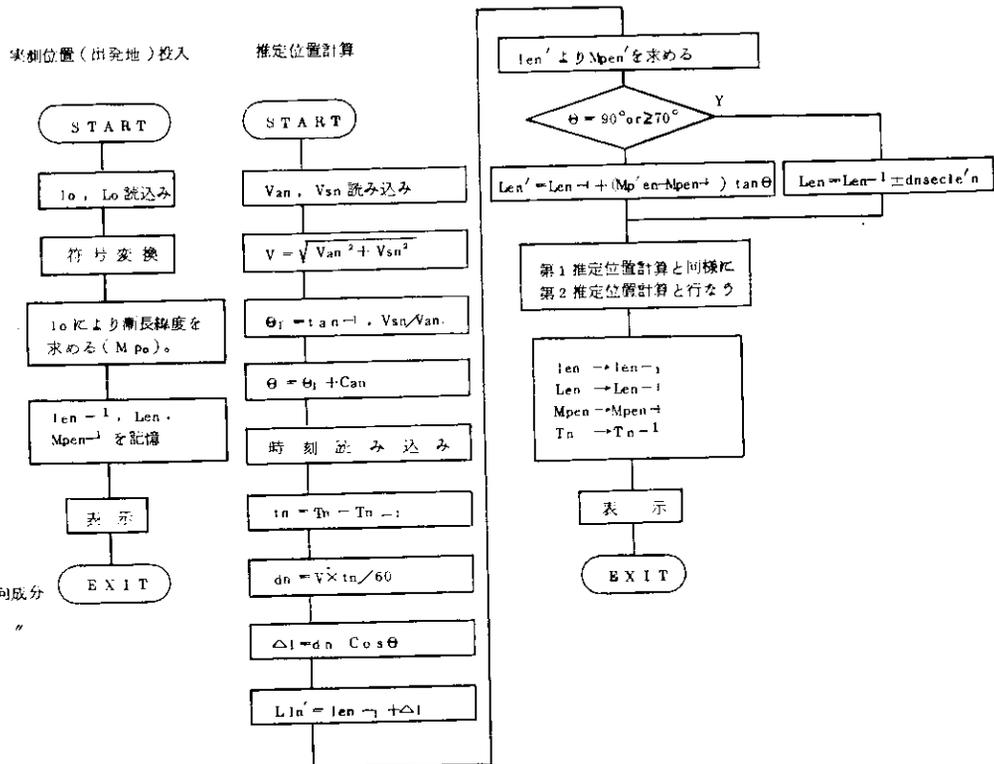


図 4.3.10 DRPC フローチャート

(4) I/O リスト

入力信号表

番号	項目	発信器	備考
	航走針路	Gyro	

出力信号表

番号	項目	発信器	備考
	推定船位(緯度)		
	“ (経度)		

制込入力表

番号	項目	発信器	備考
	船速	電磁ログ	0.1NMごとのパルス

4.3.4 Noon Report 作成プログラム

(1) 概要

毎正午航海日誌の一つとして Noon Report を作成している。その形式は各船会社により若干の相違はあるが、内容は大同小異である。

Noon Report の一例を次に示す。

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 1) Heading (月日)      | 2) Fix Position      |
| 3) Log Position      | 4) Dis Run (Fix)     |
| 5) Dis Run (Log)     | 6) Speed / Day (Fix) |
| 7) Speed / Day (Log) | 8) Speed / Nav (Fix) |
| 9) Speed / Nav (Log) | 10) From (Fix)       |
| 11) From (Log)       | 12) To               |
| 13) ETA              | 14) HUW / Day        |
| 15) HUW / Nav        | 16) HP / Day         |
| 17) HP / Nav         | 18) 1日の時差修正量         |
| 19) 時差残              | 20) 転針時刻             |
| 21) 転針位置             | 22) 汐流               |
| 23) R.P.M.           | 24) Slip             |

注 HUW : Hour under way (航海時間)

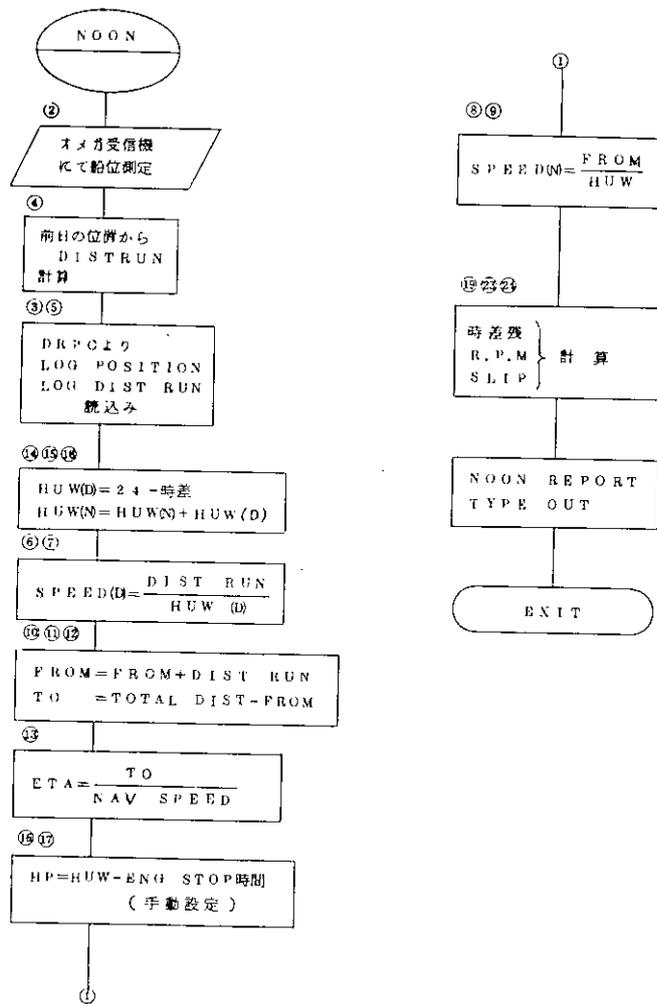
HP : Hour propeller (航進時間)

(2) ソフトウェア概要

各正午、オメガにより船位測定を行ない Fix Position, Fix Dist Run, Fix Speed/day 等を計算により求める。

DRPCにより Log Position, Log Dist Run, Log Speed / Day 等を計算により求める。また Fix Position と Log Position の差を汐流によるものと見做して汐流計算を行なう。途中で転針した場合はその時点でオメガにより船位測定を行ないその時点における汐流計算を行なう。

図 4.3.1.1 にフローチャートを示す。



第 4.3.1 1 図 Noon Report 作成フローチャート

#### 4.3.5 定時情報自動受信システム

##### (1) 概要

船舶の運航に必要な気象其他の情報は定時に送信される。

このような情報の受信は船位に関連した選局と、それぞれの受信に適した周波数の選択を行なうことにより自動受信が可能である。

航法システムと連動して船位の情報を基にして周波数の選択プログラム制御を行ない自動受信をし、これをテレタイプ、テープレコーダー、またはファクシミルに自動的に連動させる。(図 4.3.1 2 参照)。

世界を 87 の地番に分類し(図 4.3.1 3 参照)それぞれについて季節ごとに受信すべき放送局、受信チャンネル番号、Fax 線密度、Fax Speed 受信時間等をコンピュータに記憶させておき、地番、季節を手動設定することにより、自動的に制御するものとする。地番の設定は手動または航法システムと連動して自動選択も可能である。

##### (2) 機器の要目

###### (a) 自動受信機

数 量	2 台
受信電波方式	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub>
受信周波数範囲	90 KHz ~ 24 MHz ( 23 バンド )
受信方式	スポット式
受信チャンネル数	100 波

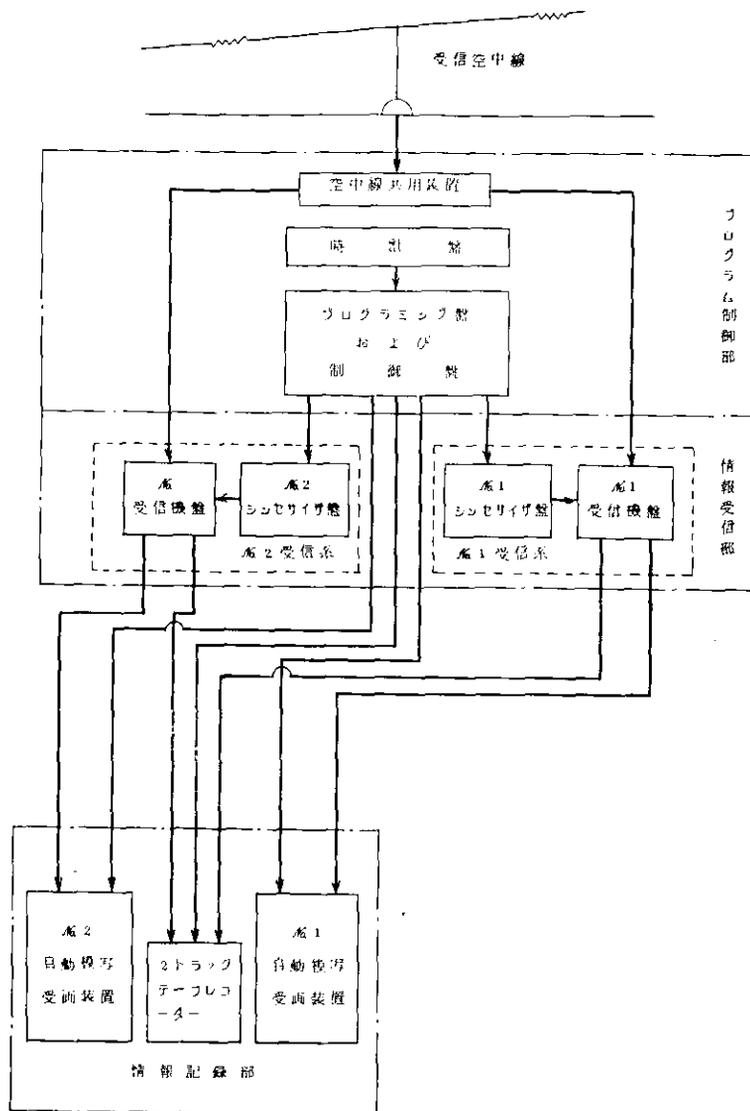


図 4.3.1.2 定時情報自動受信システムブロックダイアグラム

(b) 操作盤(プログラミング盤)

枚 量 1面  
 設定容量 8回路  
 設定内容 第1および第2受信機チャンネル番号、テープレコーダまたは Fax  
 Fax 線密度、Fax 速度、受信開始時刻、受信停止時刻

(c) 手動設定盤

枚 量 1面  
 設定方法 照光式押釦スイッチ  
 設定内容 制御方式(コンピューターorプログラミング盤)  
 季節設定  
 地番設定(10進2桁、47個の押釦による)  
 その他 盤面概略配置を図4.3.1.3に示す。

(d) 時計盤

枚 量 1面  
 仕様 5分ごとに操作盤に信号を送出する。

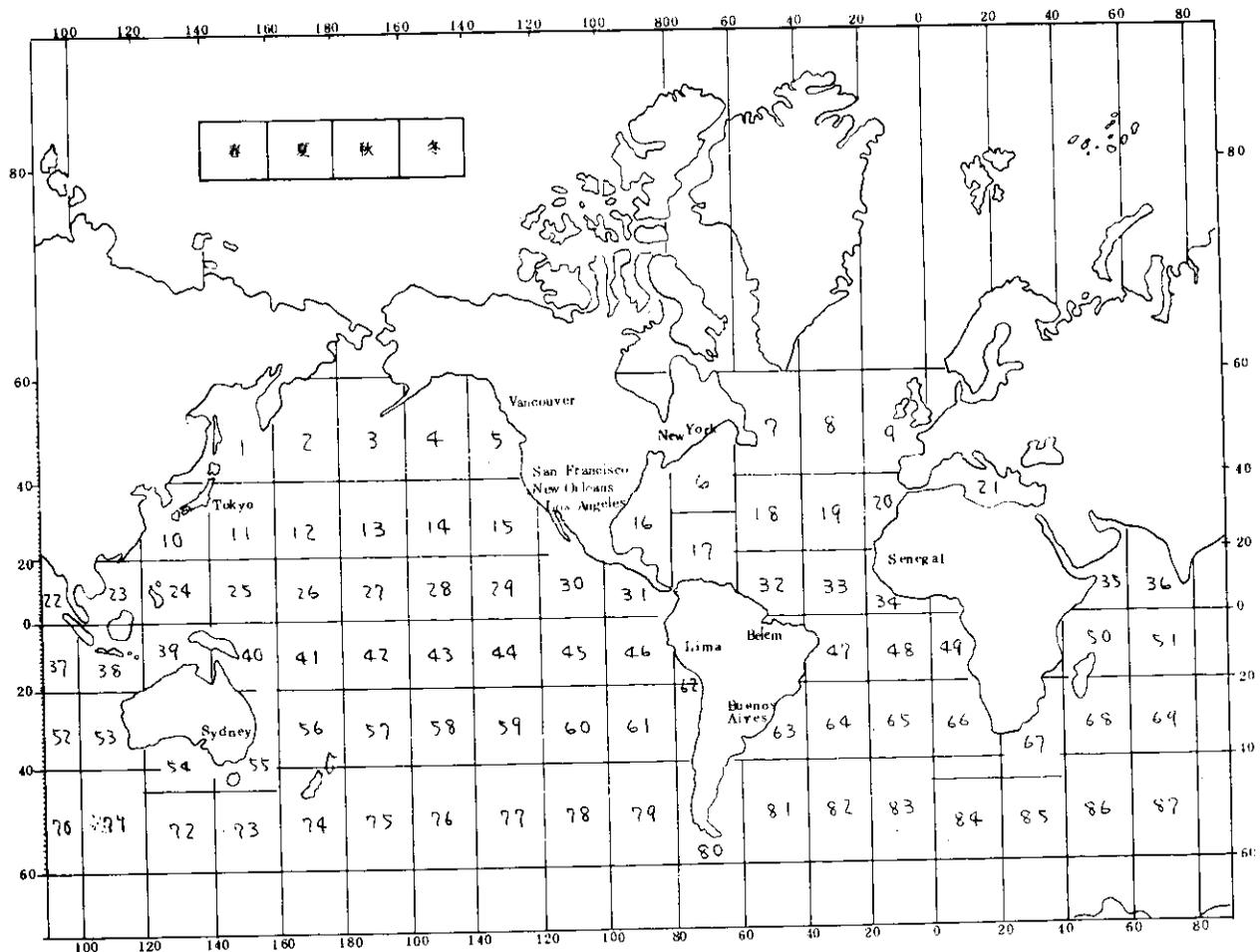


図 4.3.1.3 地番および季節設定盤

(e) FAX

数 量	2台
記録方式	放電記録による平面走査、連続記録方式
記録画面巾	364 mm
ベルト回転数	60, 90, 120 rpm (遠隔切換可能)
走査線密度	5.03本/mm、2.52本/mm (遠隔切換可能)

(f) テープレコーダ

数 量	1台
トラック形式	半幅録音、2トラック式
使用リール	7号
テープ速度	4.75cm/秒
録音可能時間	3時間

(3) ソフトウェア概要

地番(図4.3.1.3参照のこと)が設定されると、その地番内において受信すべき放送局と、放送時間がきまり、これを放送時間順に配列する。

次に季節が設定されると、季節、受信時間より最適受信周波数の選別が行なわれ、CH・ $\mu$ 、放送時間、制御方法等が放送時間の順に配列、格納される。

現在の時間から、次に受信すべき放送時間を取り出し、その放送が特定日放送か否かチェックし、特定日放送でその日は放送されない場合は次の放送時間を取り出し、同様のチェックを行ない、放送される番組を選別し、その時間

を監視し、放送時間がきたら、所定の受信機の動作命令をコンピュータより発令し、放送を自動的に受信する。

そのフローチャートを図 4.3.14 に示す。

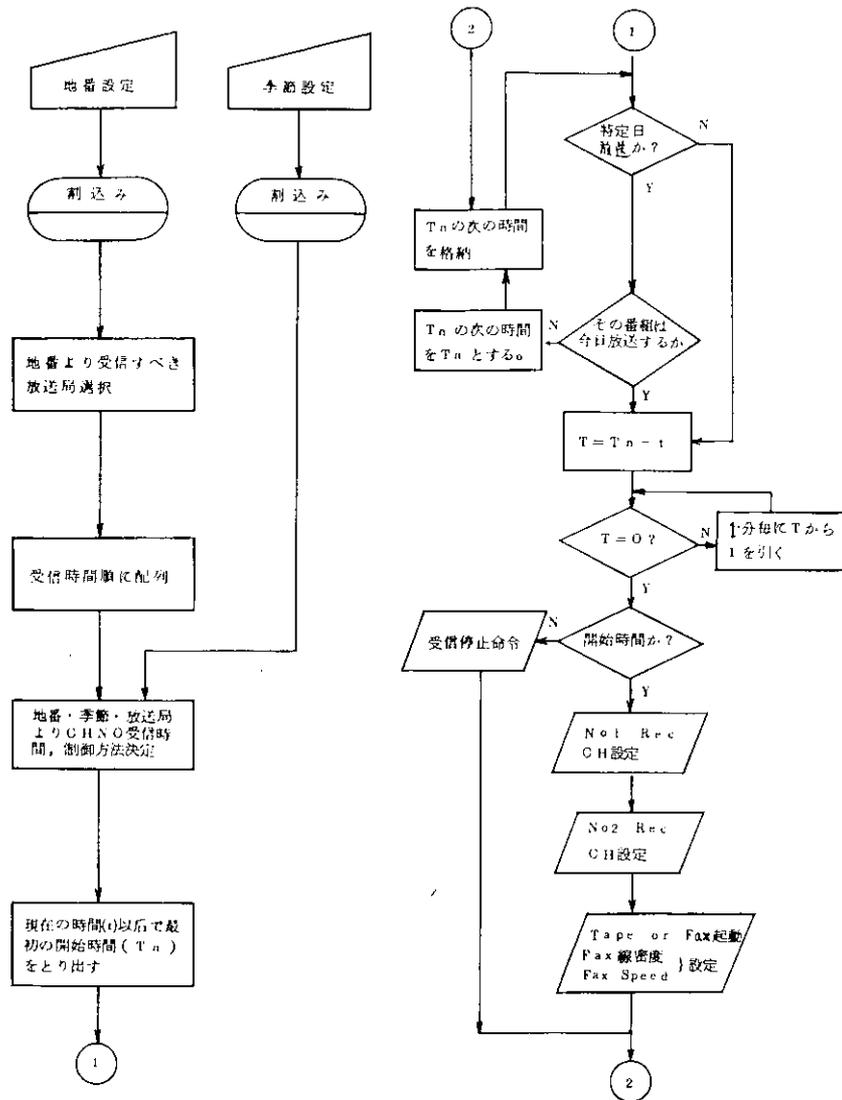


図 4.3.14 定時情報自動受信システムフローチャート

(4) I/Oリスト

入力信号表

番号	項目	発信器	備考
	地番	地番および季節設定盤	
	季節	"	

出力信号表

番号	項目	発信器	備考
	第1受信機CHNO	プログラミング盤	
	第2 " "	"	
	Fax線密度	"	
	Fax Speed	"	
	受信機テープレコーダ電源ON	"	
	Fax " "	"	

割込入力表

番号	項目	発信器	備考
	地番設定	地番および季節設定盤	
	季節設定	"	

4.3.6 データ転送プログラム

(1) CRT表示データ

オメガによる船位測定の結果はCRT Display上に表示される。

CRT DisplayはSupervisory Computer (SC)によりコントロールされているので所要のDataをSC-LC1の間を転送しなければならない。

転送Dataは次のとおりである。

- 1) SC → LC1 船位測定要求 割込 1点
  - 2) LC1 → SC 船位データ D/O 32点(2語)
- (2) LC-3コンピュータシステムへのデータ

衝突予防レーダシステム(LC-3)へ、SC Computer経由で次のデータを転送する。

- 1) LC1 → SC → LC3 針路 D/O 16点(1語)
- 船速 D/O 16点(1語)

4.4 最適航路設定システム(LC-2)

4.4.1 システムの概要

(1) システム構成

最適航路設定システムは、航路設定の範囲の大きさによつて広域、狭域および局所最適航路設定システムに分れる。このうち、LC-2コンピュータ制御システムとして狭域および局所システムを取り上げる。

システム構成図を図4.4.1に示す。

(2) ソフトウェア概要

(a) ソフトウェアの構成

LC-2コンピュータ制御システムのソフトウェアは大別すると次の3種類より構成されている。

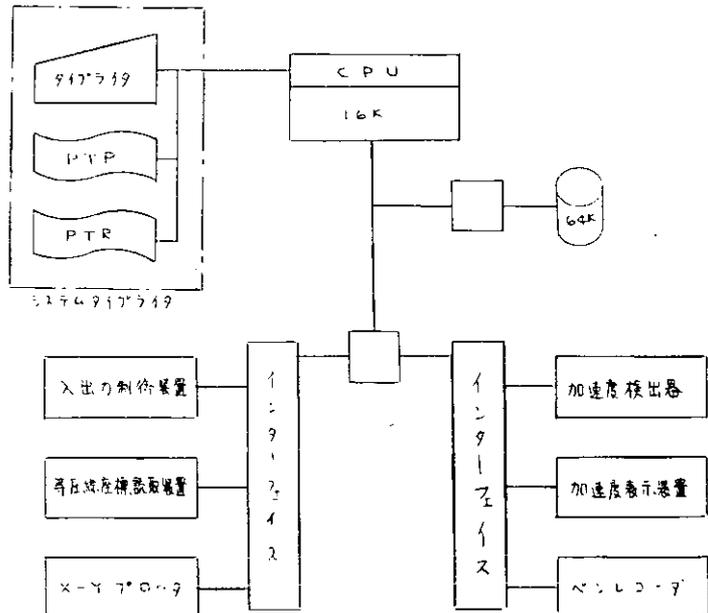
- 1) 制御プログラム
- 2) サブルーチン
- 3) アプリケーションプログラム

これらの関連を図4.4.2に示す。

(b) 制御プログラム

LC-2コンピュータ制御システムの制御プログラムには次のものがある。

- 1) 主モニタプログラム
- 2) ユーティリティプログラム



狭域最適航路設定システム      局所最適航路設定システム

図4.4.1 最適航路設定システム構成図(LC-2)

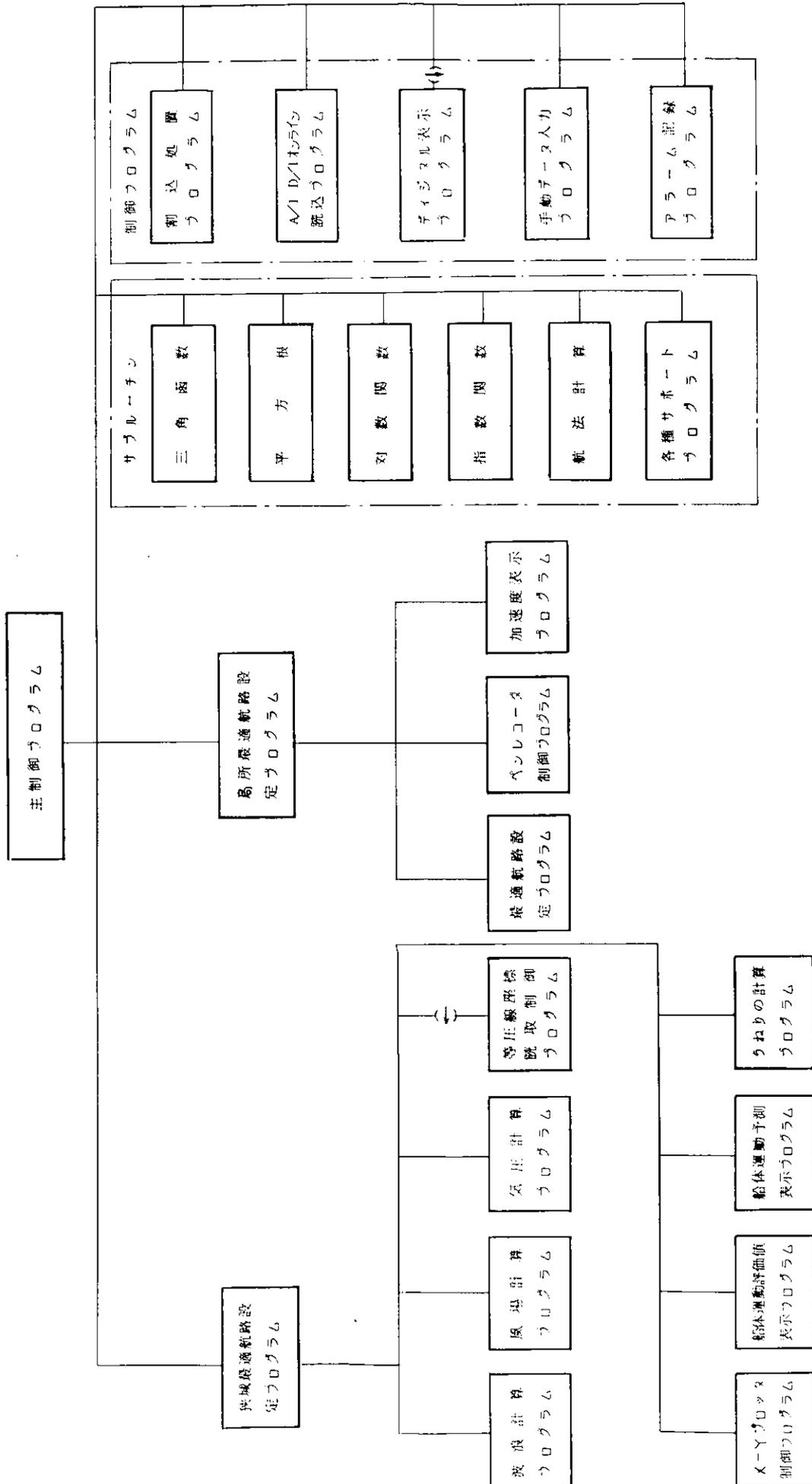


図 4.4.2 最適航路設定システムソフトウェア関連図 ( L O C - 2 )

- 3) 割込モニタ
- 4) システム故障モニタ
- 5) 入出力モニタ
- 6) アプリケーションプログラムモニタ

(c) サブルーチン

LC-2コンピュータ制御システムのサブルーチンとして次のものを有する。

- 1) 三角関数
- 2) 平方根
- 3) 対数関数
- 4) 指数関数
- 5) 航法計算
- 6) 各種サポートプログラム

(d) アプリケーションプログラム

LC-2コンピュータ制御システムのアプリケーションプログラムには次のものがある。

詳細についてはそれぞれの項参照のこと。

- 1) 狭域最適航路設定プログラム
- 2) 局所最適航路設定プログラム

#### 4.4.2 狭域最適航路設定システム

(1) 概要

狭域最適航路設定システムはファクシミリによつて受信された予報天気図から700海里四方の海面上の格子状点における船体運動の激しさを予想し、航路設定上の有力な判断資料を提供するシステムである。

すなわち、対象領域に格子を設け、気圧から風場を計算し、風場から波浪スペクトルを計算し、さらに波浪スペクトルから船体運動の評価値を計算する。ファクシミリ出力を直接コンピュータに読込ませる装置は現在の所開発されていないので、等圧線座標読取装置より手動で読込ませる。

入力装置としては、この等圧線座標読取装置と入出力制御装置があり、また出力装置としてX-Yプロッタがある。このシステム構成図を図4.4.3に示す。

(2) 機器の要目

(a) 入出力制御装置

ある気圧線を追跡し、気圧データを計算機に入力する場合、追跡開始の割込み信号および追跡終了の割込み信号を計算機に送る読取開始終了制御部と、追跡すべき等圧線の値およびその他の各種データに関する制御情報を計算機に入力するファンクション・キーボード部より成る。ファンクション・キーボード部は0~9の数字といくつかのファンクション・キーをもつ。これらのファンクション・キーは次のような機能を持つ。

(i) 取消し機能

等圧線に関する情報を誤つて、入力したことが判明したときその等圧線に関するデータを取消す。

(ii) 原点設定機能

(iii) 演算開始機能

入出力制御装置の外観を図4.4.4に示す。

(b) 等圧線座標読取装置

手動で等圧線を追跡し、縦横に量子化された単位距離のXまたはYのいずれかの方向に追跡機構が移動するたびに、原点からのX、Y座標を計算機に入力する。

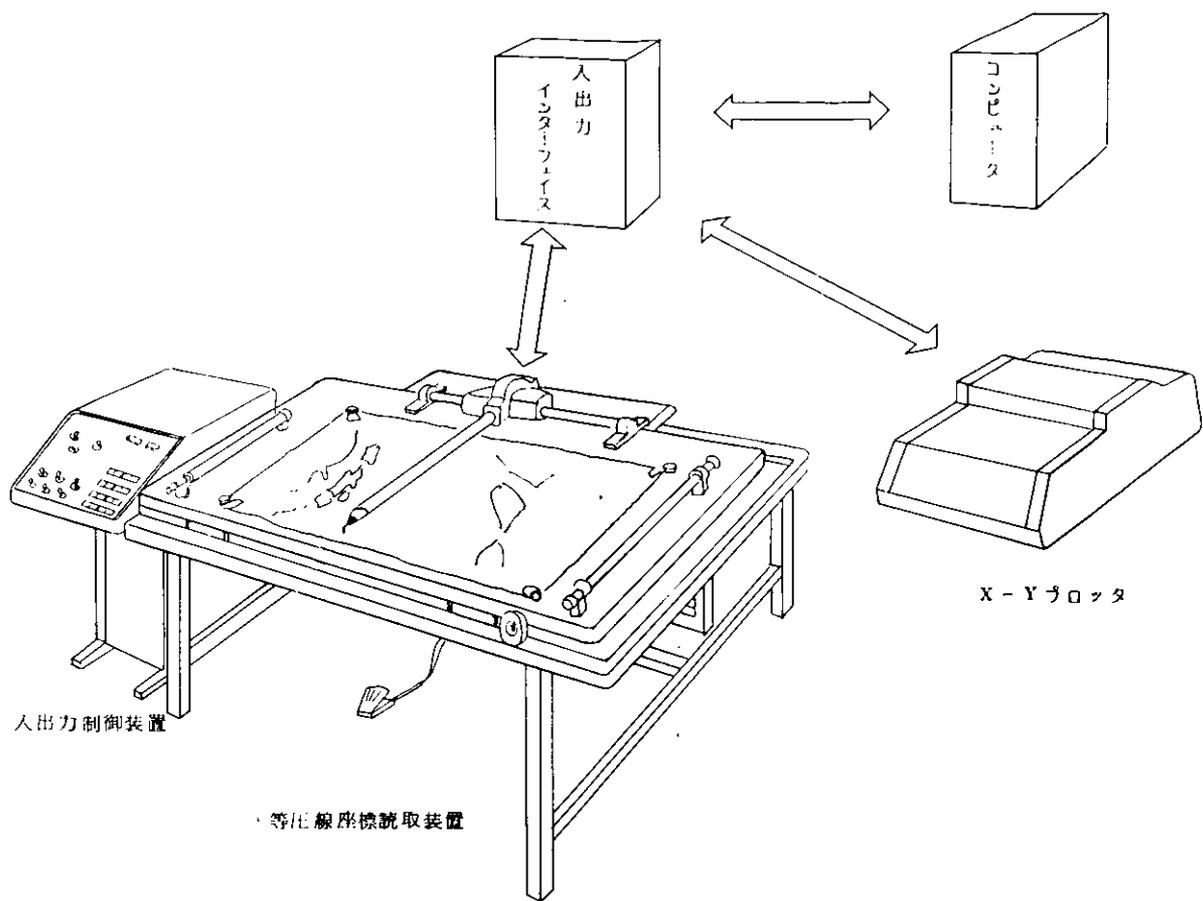


図 4. 4. 3 狭域最適航路設定システム構成図

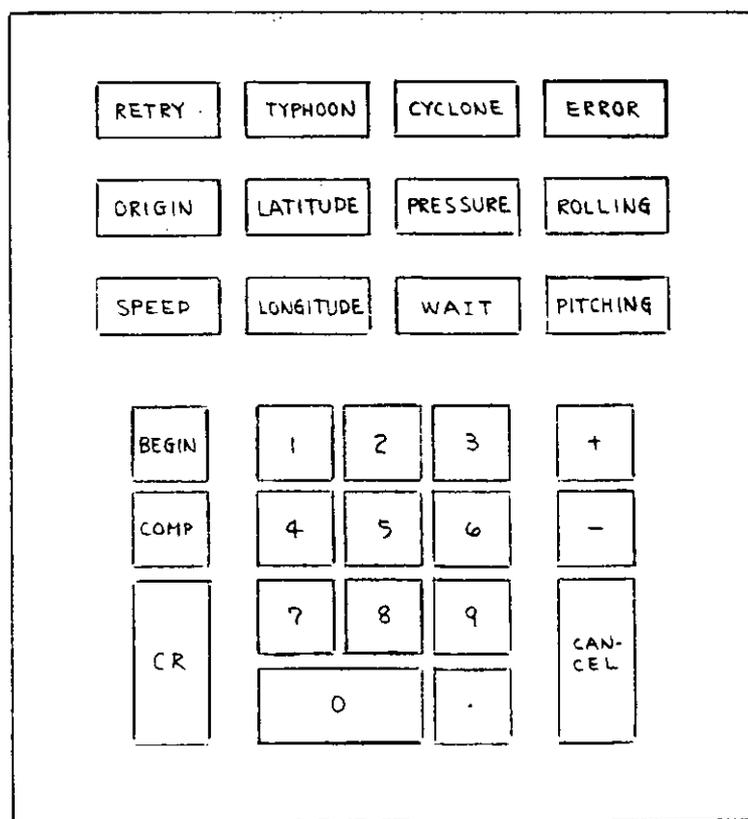


図 4. 4. 4 入出力制御装置

- (イ) 読取図形寸法                    約 4 6 0 mm × 5 6 0 mm
- (ロ) 分解能                            0.2 5 mm
- (ハ) 入力ピッチ                        1 mm
- (ニ) ファンクション・キーの種類
  - 原点指定
  - 取消し
  - 演算開始(全データ読取終了時)
  - 改行制御

本装置で気圧配置のデータを読み取る場合次のような手順で行なう。

- (1) 気圧配置図上の原点を定める。
- (2) 読取り開始の制御信号を送る。
- (3) キーボードで気圧値を入力する。
- (4) 等圧線を追跡する。
- (5) 追跡の終了時 読取り終了 割込み信号を送る。
- (6) すべての等圧線に関するデータを入力し終るまで(1)~(5)操作をくり返す。
- (7) 強低気圧または台風が気圧配置図上に存在する場合、その中心気圧と緯度・経度を入力する。
- (8) 全データの入力が終了したとき、演算開始のファンクション・キーを押す。

(c) X-Yプロッタ

計算結果を図4.4.5例示のごとく表示する。

(3) ソフトウェア概要

(a) 概 要

対象領域に格子を設け、フアクシミリを介して得られる予測気圧図から風場を計算し、風場から波浪スペクトルを計算し、さらに波浪スペクトルから船体運動の評価値を計算するのであるが、波浪スペクトルは狭範囲の時間・空間の情報から決定される風浪スペクトルと広範囲の時間・空間の情報から決定されるうねりスペクトルの和であるので対象領域の寸法、格子間隔を次のように定める。

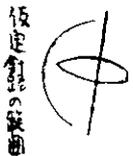
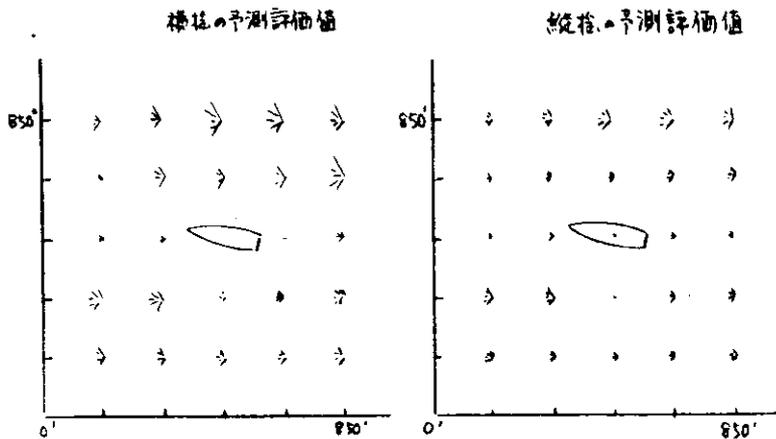


図 4.4.5 X-Yプロッタに依る表示例

ここでは予測気圧図は、24時間ごとに入力され、予測時間は約17時間と仮定しておく。そして、うねりの影響距離は約1,000海里とし、影響時間は48時間とする。ただし、影響領域(後述)外の台風については影響時間を60時間とする。

対象領域の形状は各針路共通のため、また格子設定を容易にするため正方形とし、船体運動の予測評価値を表示すべき領域(以後、表示領域と呼ぶ)の寸法すなわち一边の長さを700海里とし、表示領域へうねりが影響を及ぼす領域(以後、影響領域と呼ぶ)の寸法すなわち一边の長さを3,200海里とする。

そして影響領域の格子間隔は気圧勾配を集計するため約70海里とし、表示領域は影響領域内に含まれるから、表

示領域の格子点は便宜上影響領域の格子点の一部と一致させる。

いま、被予測時点を  $T_0$  とし、その時点の情報を含む影響領域を  $A_0$ 、表示領域を  $B_0$  とし、時点  $T_0$  より 24 時間前の時点を  $T_{-1}$  とし、その時点の情報を含む影響領域を  $A_{-1}$ 、表示領域を  $B_{-1}$  とし、時点  $T_0$  より 48 時間前の時点を  $T_{-2}$  とし、その時点の情報を含む影響領域を  $A_{-2}$ 、表示領域を  $B_{-2}$  とする。

③。格子点の船体運動の予測評価値を計算する手順は次のとおりである。

ここで  $B_0$  格子点の風浪スペクトルは、時点  $T_0$  と  $B_0$  格子点の情報から決定され、そして  $B_0$  格子点のうねりスペクトルは、時点  $T_{-1}$  の  $A_{-1}$  格子点の情報と時点  $T_{-2}$  の  $A_{-2}$  格子点の情報から決定されるものとする。

(イ)  $B_0$  格子点の予測波浪スペクトル

- (i) 時点  $T_0$  の  $B_0$  格子点の風浪スペクトル (ISSC スペクトル) のパラメータ。
- (ii) 時点  $T_{-1}$  の  $A_{-1}$  格子点の風浪の 24 時間伝播のうねりスペクトル。
- (iii) 時点  $T_{-1}$  の  $A_{-1}$  外の台風による風浪の 12 時間～36 時間伝播のうねりスペクトル。
- (iv) 時点  $T_{-2}$  の  $A_{-2}$  格子点の風浪の 24 時間伝播のうねりスペクトル。
- (v) 時点  $T_{-2}$  の  $A_{-2}$  外の台風による風浪の 36 時間～60 時間伝播のうねりスペクトル。
- (vi) 以上の和を  $B_0$  格子点の予測波浪スペクトルとする。

(ロ)  $B_0$  格子点の仮定針路に対する船体運動の予測評価値。

ここでは便宜上風浪に対するものと、うねりに対するものに分けて計算する。

- (i) 風浪スペクトルから横揺の累積スペクトル。
- (ii) うねりスペクトルから横揺の累積スペクトル。
- (iii) (i) と (ii) の和の平方根。
- (iv) 風浪スペクトルから縦揺の累積スペクトル。
- (v) うねりスペクトルから縦揺の累積スペクトル。
- (vi) (iv) と (v) の和の平方根。
- (vii) (iii) と (vi) に評価係数を乗じて、その和を船体運動の予測評価値とする。

以上の手順をフローチャートして図 4.4.6 に示す。

(b) 波浪の予測

(イ) 気圧の計算

気圧図から対象領域の気圧を求めるのに、格子線と等気圧線の交点の座標と気圧から内外挿法により計算する方法をとる。

ここで、格子線と等気圧線の交点の座標は、等気圧線のカーブトレーサによる手動追跡と同期して自動的にコンピュータへ入力される X、Y 座標から格子線を過る時の座標として得られる。

(ロ) 風場の計算

(i) 地衡風近似

波浪予測にあたって最も重要な入力値は風場、すなわち予測しようとする区域の各点の風向、風速である。現在、考えている範囲は約 1 辺 3,200 平方の海域であつて、約 70 埋間隔の格子点を 1 辺につき約 47 ケ。その中、周辺 2 ケづつは風向、風速を求めるために必要なものであつて、予報範囲としては約  $45 \times 45$  の格子点よりなつている。

(ii) 台風域の風速

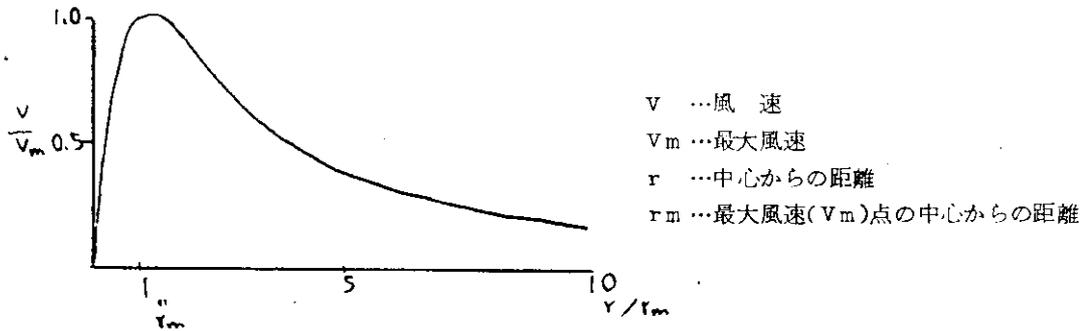
台風および冬期旋風が太平洋北西部では最も船舶の運航に影響をおよぼすことは多くの海難事件より明らかである。そのような気象条件下では地衡風近似よりも、より経験的に合致すると思われる風速を使用した方が実際的である。ここでは、特に曲率半径の小さい台風について、地衡風近似でなく、最大風速は、



$$V_{\text{台風}} = 13.6 \sqrt{1010 - \text{中心気圧 (mb)}} \quad (\text{ノット})$$

を採用した。

本計画の波浪予報は、格子点によつて行なうため、考えている格子点の位置に中心気圧が示されないことが起るので、台風については気象図から自動的に入れるデータとは別に、中心気圧を入力として入れる。台風を中心よりの風速の分布は下記のようになつていゝとして、最大風速より定められるものとした。



上記、風の分布を得るためには、最大風速となる点の中心からの距離が必要となるが、これも現在利用しうる気象図では不明であるので、台風の眼の半径に等しいものと仮定した。台風の眼の半径は25海里外とされているので、その値を採用した。

その他の強い低気圧についても考慮しなければならない点は多々あるが、一応台風についてのみ地衡風とは別に計算することにした。

#### (ハ) 風浪の計算

一般的に風浪は、その場の風で生じた波浪で、うねりは他の地域で発生した波浪が伝播してきて、うねりとして観測されると述べられる。このような定義は非常にあいまいなものであつて、場合によつては風浪とうねりとを明確に区別できないような波も存在するであろう。

しかし本計画における計算は通例の方法に従つて、風浪とうねりとを別々に計算する方法を採用した。

風浪については、Wilson - Walden の三場図を応用して、風速、吹送距離より有義波高、有義周期を計算する。本来吹送時間についても当然考慮が払われるべきであるが、利用しうる気象図が一日一回放送されるのみであるので、吹送時間についての詳細はわからないので、波が成長するに十分な12時間程度はその風が吹いたものとして扱う。

#### (ニ) うねりの計算

##### (1) うねりの存在の可否

予報時刻より2日前までに発見した波について考えることにした。予報しようとする格子点より40ノット以上の風速の風が吹いた格子点までの距離および方位を中分緯度航法によつて求める。そしてその格子点間の距離が考えている周波数帯0.05~0.10 cpsの波が、存在するようない距離かどうか検討する。

すなわち、群速度  $C_g$  を、

$$C_g = 1.515 / \text{周波数 (ノット)}$$

として  $(24 - 12) C_g \leq \text{距離} < (24 + 12) C_g$  1日前のとき

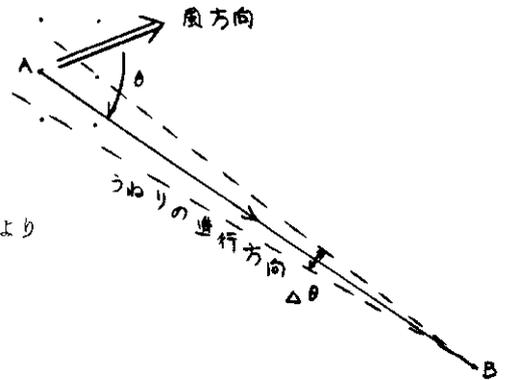
または  $(48 - 12) C_g \leq \text{距離} < (48 + 12) C_g$  2日前のとき

であるかを見る。

もし距離が上の範囲外の場合は、予報しようとする格子点には、その地点で生じたうねりは存在しないことになる。

② 角 伝 播

右図 A 点で 40 ノット以上の風が吹き、その格子点の波のスペクトルの中、予報しようとする格子点 B まで、どれだけのものが到達するかは風向とうねりの進行方向のなす角  $\theta$  および A 点が代表する範囲を B 点から望んだ角  $\Delta\theta$  で決定する。



角伝播は  $2 \cos^2 \theta / \pi$  によつて与えられるものとし、風下方向より  $-\pi/2$  の方向から  $\theta$  までの値、

$$\frac{2}{\pi} \int_{-\pi/2}^{\theta} \cos^2 \theta_a \theta = \left[ \frac{\sin 2\theta}{2\pi} + \frac{\theta}{\pi} + \frac{1}{2} \right]$$

を用いる。

上式中  $\theta$  に  $\theta + \Delta\theta$  を入れたものから  $\theta$  を入れたものを採用してもよいが

$$\frac{2}{\pi} \left[ \int_{-\pi/2}^{\theta + \Delta\theta} - \int_{-\pi/2}^{\theta} \right] = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{\sin 2(\theta + \Delta\theta)}{2} + \Delta\theta - \frac{\sin 2\theta}{2} \right]$$

を採用した。なお A 点よりは B 点を中心に約 70 哩の範囲をみるような  $\Delta\theta$  とした。

たとえば A 点が B 点にうねりを与えるような距離であつても、A 点でその波が出来るとき吹いていた風の風向により、B 点にうねりが来ないことがある。

③ 台風によるうねりの角伝播

風場を予報する約  $4.5 \times 4.5$  の格子点内に台風が入つているときは、風速はともかくとして伝播するうねりの源は台風影響下にある各格子点で、その点の風向によるものとする。

しかし、約  $4.5 \times 4.5$  の格子点の範囲外にあるときの台風は、予報地点より遠距離にあつて、方向による影響の差は大きくないと思われるので、うねりは台風の中心からやつて来るものと仮定する。そして台風の風向は万遍なく  $360^\circ$  全方向に吹いているものとし、それによつて生ずる波、うねりも  $360^\circ$  方向、すなわち予報地点 B へは必ず到達するものと仮定した。B 点からうねりの来る方向幅  $\Delta\theta$  は B 点より A 点で 100 哩の範囲を望む角度としたが、その値については検討の要がある。

(c) 船体運動の予測

ここでは波浪と船体運動の関係は線形であると仮定しておく。線形性、定常性、エルゴート性（時間経過の途中において、この過程を成形しているほとんどすべての時間関数が、いつかは現われてくる）が成立つ不規則波海面における船体運動は、そのスペクトルでもつて表現できる。そして船体運動の大きさを端的に示す量として累積スペクトルの平方根が考えられる。例えば、極大値の  $1/n$  最高期待値等はこの量に比例する。

いま、いろいろの船体運動の内卓越している横揺と縦揺についてのみ考える。

横揺、縦揺の異積スペクトルは波浪スペクトルに、それぞれの周波数応答の振幅比の平方を乗じて周波数変数と方向変数に関して二重積分を行なえば求められる。

船上での計算を簡単にするため、横揺、縦揺の周波数応答の振幅比  $G(f, \theta)$  を  $G(f, \theta) = G_1(f, \theta) \cdot G_2(f, \theta)$  と分離し、 $G_1(f, \theta)$  は流体力学的性質を考慮して船体条件（平均吃水、重心上下位置）から定まる定数とフルード数の平方を係数とする  $f^2$  に関する有理式で近似し、 $G_2(f, \theta)$  は、フルード・クリロフの表現を用いる（ $f$ ：周波数、 $f_0$ ：出会周波数、 $\theta$ ：方向）。ここで船体条件から定まる定数は与えられた船型についてあらかじめ計算された数値を用いて内挿法により求める。

したがつて船体運動の累積スペクトルは、まず船体条件と速力・針路を与えて横揺、縦揺の周波数応答の振幅比を求め、波浪スペクトルを乗じて周波数変数と方向変数に関して二重積分を行なえば求められる。

そして、横揺、縦揺の異積スペクトルの各々の平方根に評価係数を乗じてその和を船体運動の評価値とする。B。格子点の予測波浪スペクトルから求めた船体運動の予測評価値をB。格子点を基点とし、假定針路を偏角とし、船体運動の予測評価値を長さとするスペクトルの形で表示する。

#### 4.4.3 局所最適航路設定システム

##### (1) 概要

荒天遭遇時、船体を受ける動揺、衝撃、甲板上への海水の奔入並びに機関の空転を緩和し、積荷、船体、機関の損傷を防止するとともに荒天遭遇による船舶運航能率の低下を極限するため、操船者は船体と波浪の出合い角度、動揺周期、波高、うねりの高さ等を勘案の上、適宜変針減速して出合い条件の変更をはかり荒天に対している。この場合、動揺や衝撃が船体や積荷に被害を与える程度に大きいか、あるいは現在の針路速力を保持しても支障のない程度のものかの判断は操船者の経験と勘に委ねられている。したがって荒天時に取られる操船法は、時には過度の、また時には過少の減速、変針が行なわれ、さらには減速、変針開始時期についての誤判断があることは十分に考えられる。特に暗夜、または海水の飛沫、雨により視界をさえぎられ、海面の状況を確認しえない時などにはこの傾向は著しい。

よつて操船者が船体に加わる外力と船体運動を量として適確に把握していることが荒天操船時の不可欠の要件となる。

この目的のために操船者の必要とする情報は次のとおりである。

- (イ) 操船中の船舶の積荷および船体を受けている外力は現在の針路速力を変更する必要があるかどうかを知り得るデータ。
- (ロ) 針路速力の変更を要する場合の針路変更方法の良否を示すデータ。

この構成図を図 4.4.7 に示す。

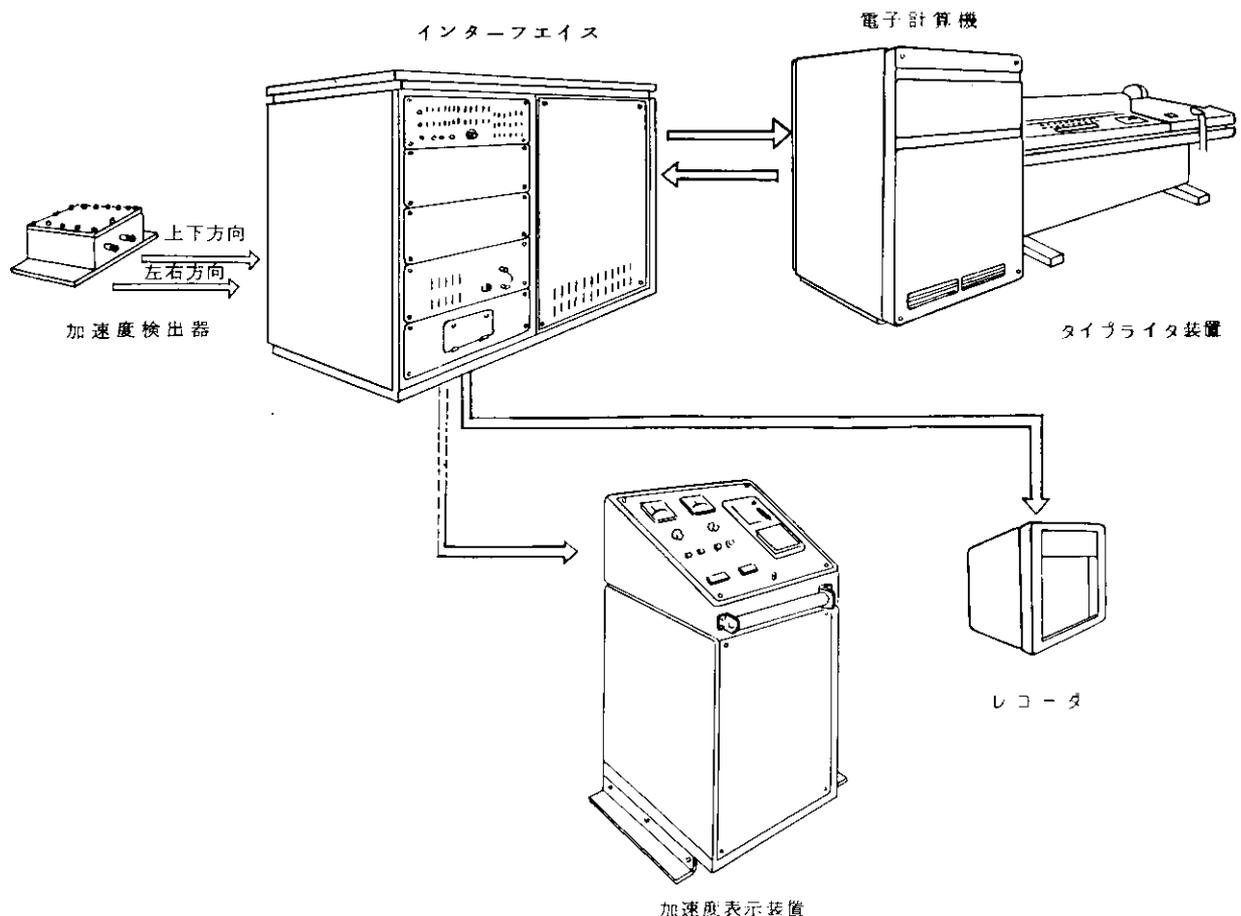


図 4.4.7 局所最適航路設定システム構成図

## (2) 機器の要目

### (a) 加速度検出器

上下、左右の衝撃加速度および動揺加速度を電磁式に検出する機器で、次の性能を有する。

加速度範囲	上下	0 ~ ± 6 G
	左右	0 ~ ± 2 G
周波数範囲		0.01 ~ 5 Hz
精 度		± 5 % 以内
過 負 荷		± 20 G
温度条件		- 20 ~ + 60 °C
そ の 他		水密性、耐蝕性

### (b) インターフェイス

加速度変換器で検出された加速度をコンピュータにインプットする為のインターフェイス、データの入出力を制御する入出力制御装置も含んでいる。

振動条件	0 ~ ± 0.2 G
温 度	0 ~ 40 °C
湿 度	10 ~ 80 % ( 相対湿度 )
電 源	AC 100 V、50 / 60 Hz

### (c) 加速度表示装置

表示加速度範囲	0 ~ ± 6 G ( 上下瞬時 )
	0 ~ ± 2 G ( 左右 " )
	0 ~ 1 G ( 上下・左右平均 )

### (d) レコーダ

加速度表示装置に表示される値を記録する2ペン式レコーダ

## (3) ソフトウェア概要

システムのプロチャートを図4.4.8に示す。

本システムは貨物の損傷防止に重点を置いており、次の機能を有するものとする。

- (イ) 現在遭遇している状態の危険性が増大しつつある傾向にあるかどうかの判断を下し得ること。
- (ロ) 現在の危険性を示す量があらかじめ定めた設定値を越えたかどうかの判断を下し得ること。
- (ハ) 運航経験を定量化するためにデータの蓄積が行ない得ること。

この為本システムでは船体が受けている加速度を検出し、検出値を表示すると共に規定の値を越えている場合には警報を発生し、最適針路判断に必要なデータを表示する。

### 4.4.4 コンピュータシステム

#### (1) 中央演算処理装置の要目

##### (a) 内部メモリ

##### (イ) 主メモリ (RAM)

メモリの種類	磁気フエライトコア
語 長	16ビット + パリティビット
容 量	12K語

##### (ロ) 読出専用メモリ (ROM)

メモリの種類	ROM-IC
--------	--------

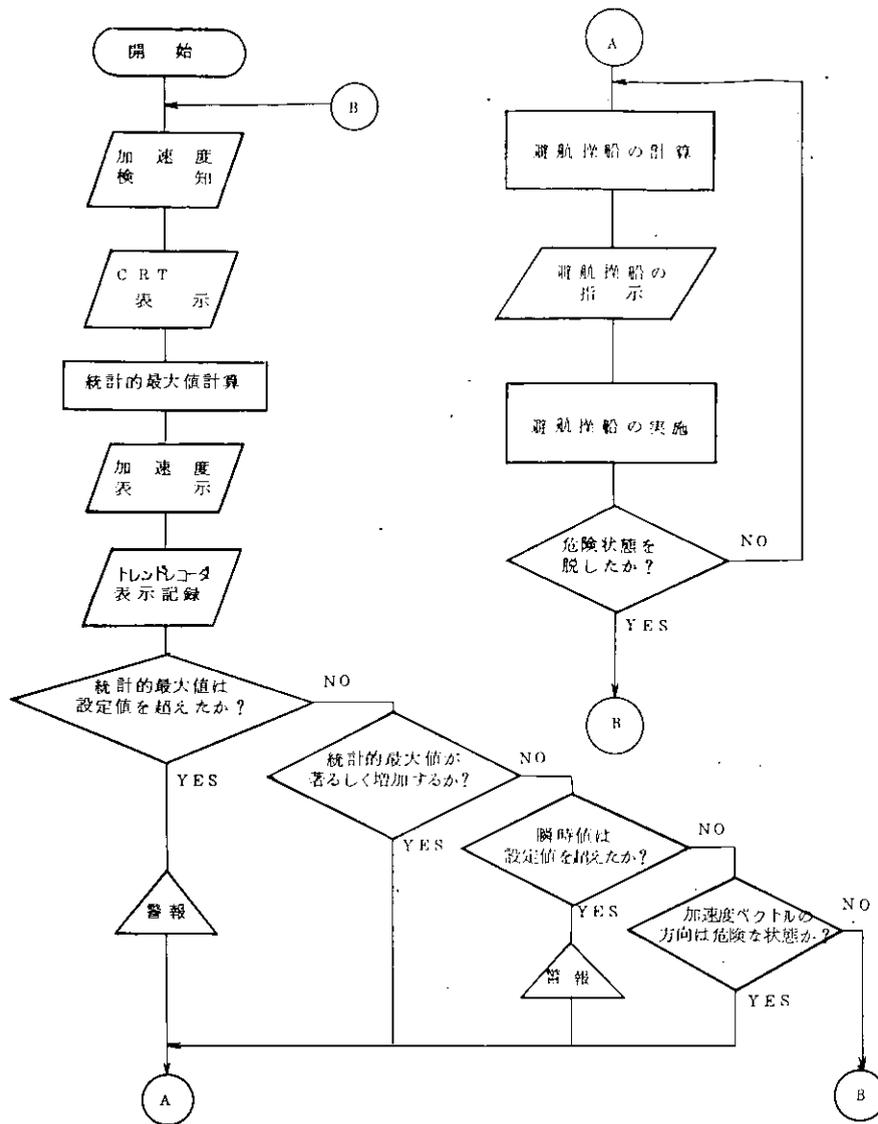


図 4.4.8 局所最適航路設定システムのフローチャート

語 長 16ビット+パリティ

容 量 4K語

(b) 外部メモリ

メモリの種類 磁気ドラム

容 量 64K語

(2) プロセス入出力装置 (Process - I/O) の要目

(a) プロセス入出力制御装置 1 式

(b) アナログ-デジタル変換器

(積分形) 20~50点/秒 1 式

(c) プロセス入出力点数

アナログ入力 2 点

アナログ出力 2 点

デジタル入力 102 点

デジタル出力 37 点

インタラプト入力 5 点

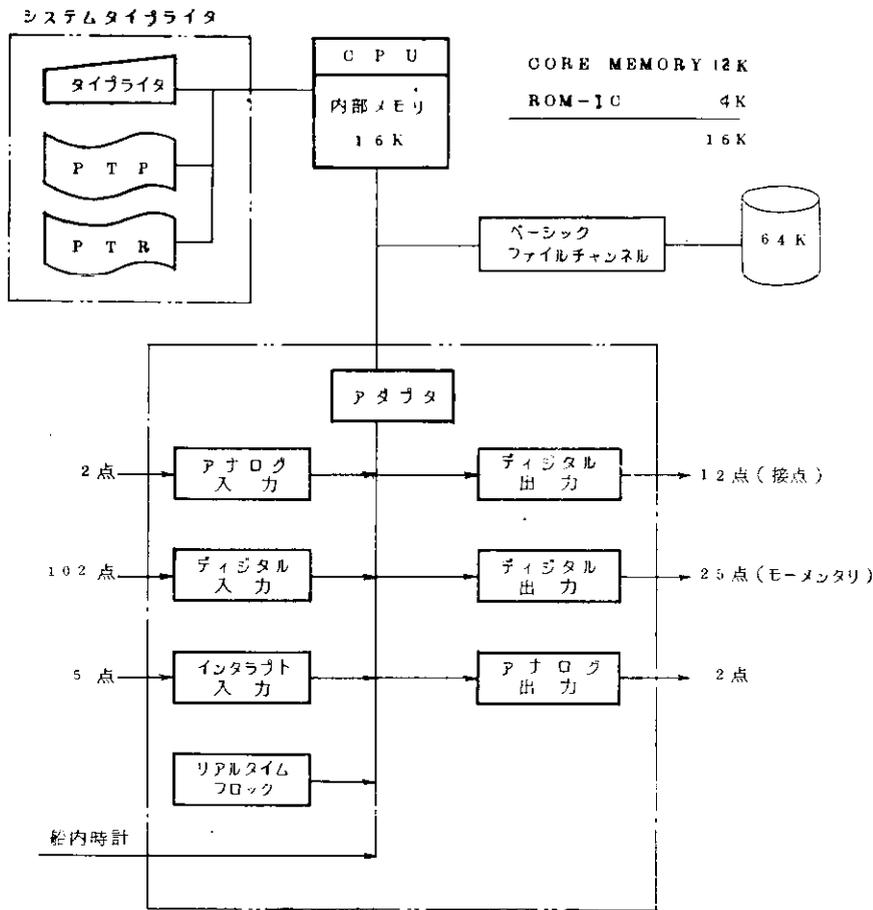


図 4.4.9 最適航路設定システム/ハードウェア構成図

#### 4.5 衝突予防レーダシステム (LC-3)

##### 4.5.1 システムの概要

LC-3 コンピュータシステムは衝突予防レーダシステム専用である。システム構成を図 4.5.1 に示す。

##### (1) システム構成機器の要目

##### (a) レーダ

3 cm波および 10 cmレーダ各 1 台

##### (b) 雑音除去装置

- (i) 雑音除去範囲 距離……… 約 3 マイルから 16 マイル  
方位……… 全 域

注 1) 距離 0 ~ 3 マイルまでは処理しないロービデオ信号を送る。

- (ii) 量子化距離幅 (距離分解能) 約 0.04 マイル

注 2) 衝突予防装置全体の距離精度は 0.1 マイルであり、レーダの送信パルス幅 0.5  $\mu$ sec (約 0.4 マイル) のため、量子化距離は後者としている。

- (iii) S/N 改善度 10 dB 以上

注 3) 雑音は白色雑音、受信信号のスweep繰返し回数

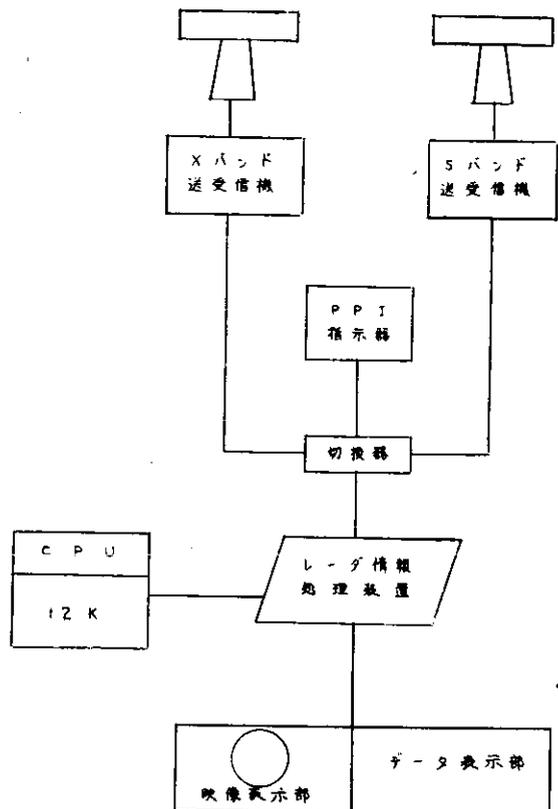


図 4.5.1 衝突予防レーダシステム構成図

20回以上を考えた場合である。

(c) 海面反射除去装置

海面反射除去装置は蓄積管1本を有するビデオ信号のScanごとの積分装置である。蓄積管にはいろいろな種類のものが発表されているが、この装置においては電氣的に書込んで電氣的に読出し出力の得られる信号変換形の蓄積管が使用される。

(d) 目標判別追尾装置

目標判別追尾装置はレーダビームが目標を照射した時受信ビデオ信号をデジタル的に統計処理することにより目標の距離と方位角をデジタルデータとして実時間に出力する装置である。これらのデータは装置の処理分解能を最小単位として純2進数で得られ、計算機に転送され追尾のための基礎データとする。

(e) デイスプレー装置

(i) 走査交換部および映像表示部

受信機および雑音除去装置からのレーダビデオはPPIスイープによつて蓄積管に書き込まれる。書き込まれたレーダビデオ信号はTV走査で読み取られ、ブラウン管上に高輝度表示される。

一方、計算機からの記号発生信号は記号発生管によつてビデオ信号に変換されてブラウン管上に目標が表示される。

(i) 蓄積管一書き込み

まずRaw VideoとProcess Videoはレンジマーク、MIN、CPA等の他の信号とともに混合されて一つのビデオ信号となりアンテナ回転と同期したPPIスイープによつて蓄積管に書き込まれる。

(ii) 走査交換用蓄積管

入力ビデオ信号で輝度変調された書き込みビームはPPIスイープで走査されるため蓄積管には電荷パターンとしてPPI画像が蓄積される。一方反対側からはRF信号で変調された読み取りビームをTVスイープで走査して、コレクタからは映像信号で振幅変調されたRF信号が取り出される。

(iii) 蓄積管一読み取り

同期信号発生器からのTV同期信号を受けて読み取り用TV走査のスイープを発生し、蓄積管およびTVのCRTに加えてTV走査を行なう。一方読み取られたRF信号はRF増巾され、検波されてTV走査のビデオ信号となつて映像増巾部に入る。

(iv) 記号発生

計算機からの目標およびその位置(X、Y)のデジタル信号はメモリーで記憶されて位置X、Yに応じた時間に記号読み取り用のスイープを発生する。

このスイープによつて記号発生管の中の所望の中の文字が読み取られ、入力X、Yの位置に相当する時間に文字(目標)のビデオ信号は増巾器を経てTVのビデオ信号となる。

(v) 映像表示

同期信号発生器よりスキャンコンバータの読み取りスイープと同期したHスイープ・Vスイープを受けてTV走査に変換されたレーダビデオ信号を表示するとともに、その目標位置に目標を表示するものである。

(vi) ライトペン

目標追尾の際のマニュアルイニシエーション、マニュアルプロットイング、目標位置の修正の場合オペレータが手動でブラウン管上の目標を指示する場合に本装置ではライトペンを用いて上記の操作を行なう。

(ii) データ表示部

データ表示部は計算機による衝突予防計算の結果10項目についてのデータを表示するとともに計算に必要なデータの設定を行ない計算の割込指令信号を発生する一方レーダー系統のモード切換も行なう。

(イ) データ表示内容

(a) 相手船のデータ

指定された目標船について計算機からデータをもらつて内蔵のメモリで記憶して数字表示管およびランプで表示するものである。

- (1) 相手船の船名：数字表示管
- (2) " 速度： "
- (3) " 針路： "
- (4) 相手船の距離：数字表示管
- (5) " 方位： "
- (6) Dist of CPA: "
- (7) Time to CPA: "
- (8) 追尾状況 A T、M T、T r i a l のいずれかのランプ表示

(b) Maneuvering

避行操船を行なう場合の計算結果の表示

- (1) New Course : 避行操船の新針路：数字表示管
- (2) Program Course: 原針路復帰指令：ランプ
- (3) No Solution: 避行操船不能：ランプ

(c) 自船の速度、針路

- (1) Speed : 数字表示管
- (2) Course : "

(d) 危険船の判別表示

計算結果 1 0 目標について下記の表示を行ない危険船の有無等を知らせる。

(1) Immediate Maneuvering

既に M I N、C P A 内に入っている目標あるいは C P A が M I N、C P A 以下であり、かつ T C A が M I N、T C P A 以下である目標のランプが点灯する。

(2) Danger

計算結果衝突の危険のある目標についてランプを点灯させる。

(3) Tracking

追尾している目標のランプの点灯、追尾目標が 1 1 隻以上になった場合 Over Flow のランプを点灯する。

(4) Lost Target

追尾ミスが生じた場合、目標ランプを点滅する。

(e) 最適針路の表示

避行操船の場合予め決めておいた左右各々も通りの変針角のうち最適変針角をランプ表示する。

(ロ) 設 定

(a) データの設定

- (1) Min. CPA
- (2) " . TCPA
- (3) Occupy Zone ( 自船の占有巾 )
- (4)  $\Delta T$  ( 測定時間々隔 )

(5) Program Course (計画針路)

(b) Radar Mode の設定

このKey Boardはレーダ系統の切換スイッチで3cm、10cm、Mixのどれを選択するかまたDisplayとPPIのどちらでレーダ系を制御するかを設定するMode選択のスイッチである。

(c) Function Key

このKey Boardは計算機への衝突計算のための制込信号用のFunction Keyでその機能は以下のようになっている。

- (1) AI : 自動追尾開始指令
- (2) Correct : " 修正 "
- (3) Cancel : " 消去 "
- (4) MI : マニュアルイニシエーション指令
- (5) MP : " ブロックテイング "
- (6) Trial : 試行操船指令
- (7) Man : 避行操船指令
- (8) Data : データ表示指令
- (9) Set : データ読み込み指令

(d) Power Control

衝突予防系の電源の制御を行なうものでその機能は次のようになっている。

St - By : 系全体の電源のOn - Off信号

Ope : レーダ送信機の高圧のOn - Off信号

Ant : Ant、ScanのOn - Off信号

St - By Onでレーダ送信機の高圧を除いて他の装置は動作状態になり、Ope OnでRadar Modeで選択された送信機が働く。

#### 4.5.2 ソフトウェアの概要

(1) ソフトウェアの構成

LC-3コンピュータ制御システムのソフトウェアは大別すると次の3種類より構成される。

- 1) 制御プログラム
  - i) 主モニタプログラム
  - ii) ニューティリティプログラム
  - iii) 制込モニタ
  - iv) システム故障モニタ
  - v) 入出力モニタ
  - vi) アプリケーションプログラムモニタ
- 2) サブルーチン
  - i) 三角函数
  - ii) 各種サポートプログラム
  - iii) 座標変換プログラム
  - iv) 危険船判定条件プログラム1
  - v) 危険船判定条件プログラム2
  - vi) 危険船判定プログラム
  - vii) 操船法算出プログラム

### 3) アプリケーションプログラム

これらの関連を図 4.5.2 に示す。

#### (2) 衝突回避航法のプログラム

##### (a) ソフトウェアの概要

衝突予防システムのソフトウェアの概要は次のとおりである。

- (イ) レーダ情報処理装置から出力される目標の距離と方位のデータ ( $R$ 、 $\theta$ ) がコンピュータに入力されると、目標の識別、予測位置の算出、自動追尾等を行なう。
- (ロ) 一定時間 (約 1 分) ごとに衝突危険船の存在の有無を判別し、もし危険のあるときはディスプレイ装置に警報表示 (ランプ点灯) する。
- (ハ) 目標の方位 (Bearinc)、距離 (Distance)、針路 (Course)、最接近距離 (CPA)、最接近時間 (TIME TO CPA) を計算して表示する。
- (ニ) 危険船のあるときは、衝突を避けるべき安全操船法を決定し、表示する。
- (ホ) CRT ディスプレイには、目標の位置に目標番号および相対速度ベクトル (点線) を表示し、また試行操船 (シミュレーション) の結果として、予想航路を 6 分間隔で 5 点 (30 分後までの予想航跡) を表示する。
- (ヘ) ディスプレイ装置からの押ボタンによる種々の指令に対しそれに応じた処理を行なう。
- (ト) 危険船のあるときは、一定時間ごとにタイプライタに目標の情報がタイプアウトされる。
- (チ) 目標数は最大 10 隻である。
- (リ) レーダによる目標の探知距離は最大 16 浬である。

##### (b) Function Key の作用

ディスプレイ装置には各種の押ボタン機能により、プログラムのコントロールができるようになってきている。この押ボタン (Function Key) は、AT、MI、MP、Correct、Cancel、Trial、Maneuver、DATA READ DATA SET がある。これらの作用は次のとおりである。

##### (イ) **AT** : Auto - Tracking

次の 2 個の状態がある。

AT 1 = Automatic Initiation and Automatic Tracking

目標を自動的に発見し、自動追尾を行なう。目標も自動的に付けられる。

AT 2 = Automatic Tracking

人間が指定した目標 (MI で投入) のみにつき、自動追尾を行なう。目標も人間が指定する。

##### (ロ) **MI** : Manual Initiation

指定した目標がトラッキング中 (AT ランプ点灯) のとき、欠番を探してふりあてる。欠番がないときは何もしない。

$R$ 、 $\theta$  に対応する目標を Track File (後述) より探し、なければ新しい目標として登録する。あればトラッキングを続行する。

##### (ハ) **CORRECT** : Correction of Target Position

指定した目標がトラッキング中 (AT ランプ点灯) のときは、Initial Mode で登録する。トラッキング中でないときは何もしない。

##### (ニ) **CANCEL** : Cancel of Target

No 11 以上に欠番があれば、指定した No の目標をそこへ移すトラッキングは続行するが、AT ランプは消える。欠番がなければ、指定した No の目標は抹殺される。

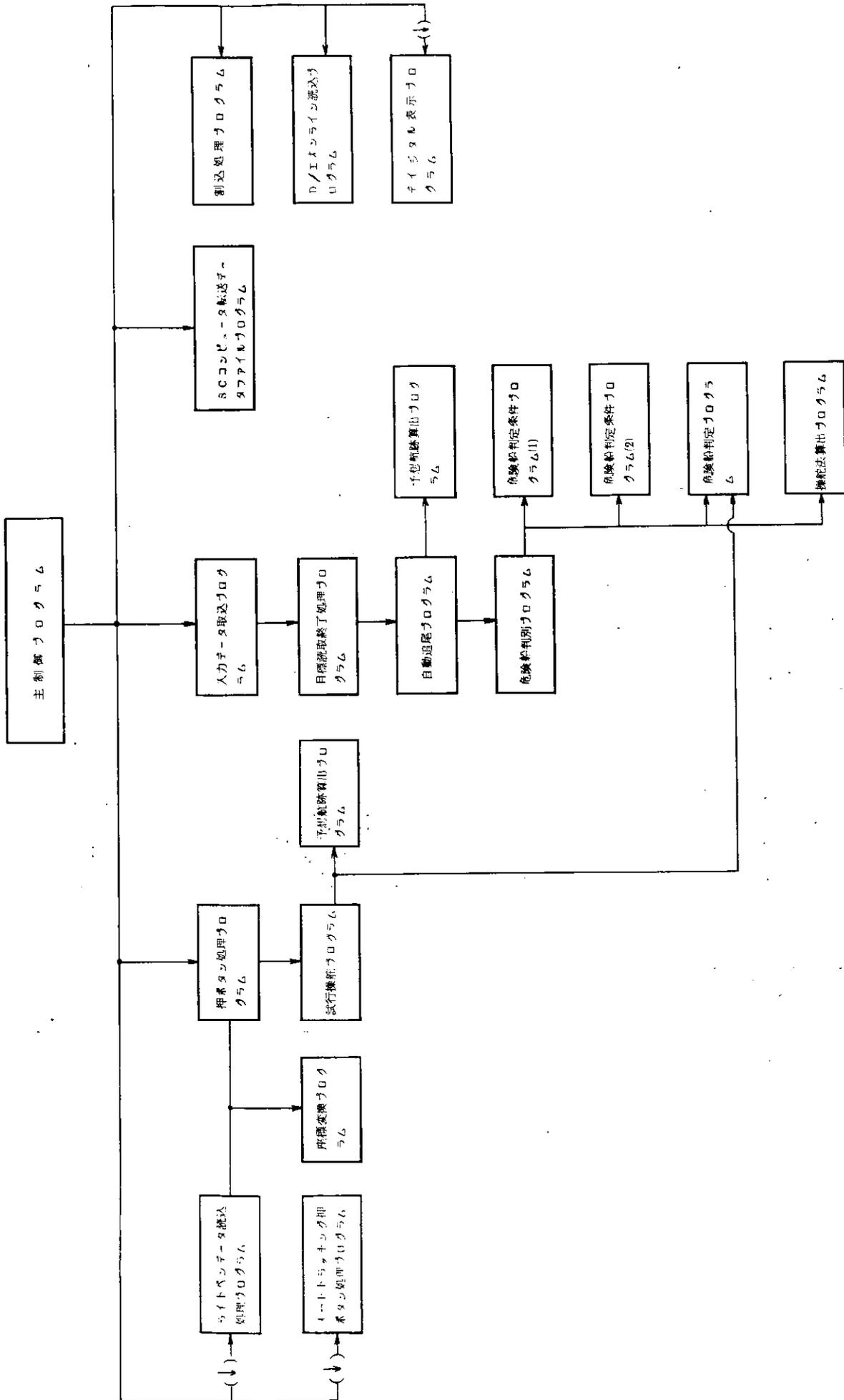


図 4.5.2 衝突予防レーダシステムソフトウェア関連図 ( L O C - 3 )

(ア) **MP** : Manual Plotting

ライトペンをセットし、この押ボタンを押すと第1回目のデータが読込まれ、数分後同じことを行なうと第2回目のデータが読込まれる。

(イ) **TRIAL** : Trial Maneuvering

任意の針路、速力および目標 $R$ を設定した後、この押ボタンを押すと諸データを表示すると共に、CRT上へ予想航跡を表示する。

(ロ) **DATA READ** : Read Target Data

目標船の諸データの呼び出しに使用する。

(ハ) **DATA SET** : Set Parameter

各種設定値 (Min CPA など) の設定を行なう。

(ニ) **MANEUVER** : Maneuvering

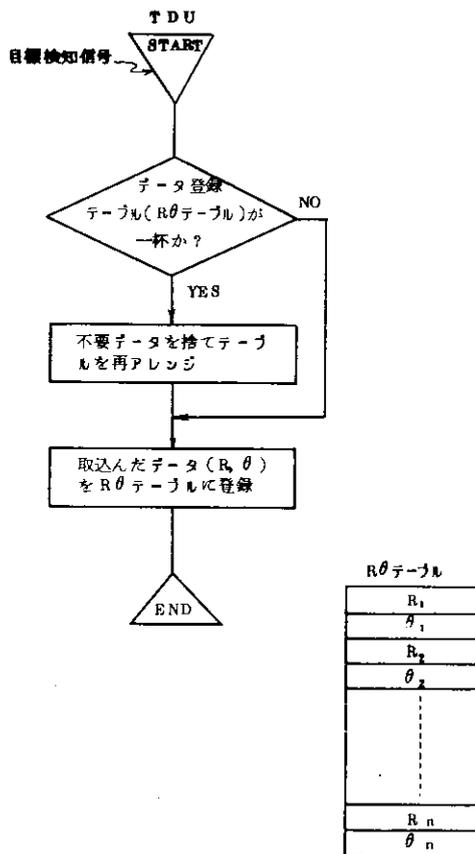
本船が操船中であることをコンピュータへ知らせる。操船中のときは危険船の判別は行なわない。

(c) フローチャートとその説明

衝突予防プログラムのゼネラルフローチャートを図 4.5.3 ~ 1.1 に示す。以下に各プログラムを簡単に説明する。

(イ) 入力データ取込みプログラム (T D U)

目標判別追尾装置からの目標検知信号の割込みによつて実行されるプログラムであり、取込んだデータは  $R$   $\theta$  テーブルに登録される。図 4.5.3 (A) は目標判別追尾装置からの入力データであり、目標検知信号の割込のタイミングは図 4.5.3 (B) に示すとおりである。



(A) 図 入力データ取込みプログラム

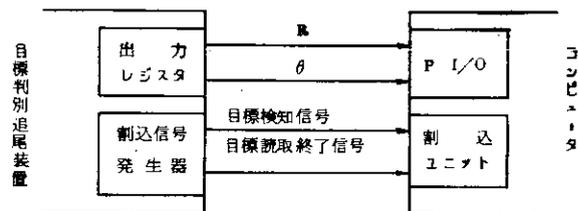
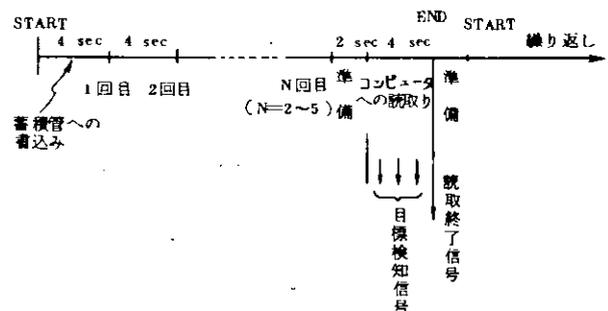


図 3.2.5.1 目標判別追尾装置からの入力データ



(B) 図 タイミングチャート

図 4.5.3 入力データ取込みとタイミング

(ロ) 目標読取終了処理プログラム (T D E)

目標読取終了信号の割込みによつて実行されるプログラムで、自動追尾プログラムの実行要求を行なう。

- (イ) オート・トランキング押ボタン処理プログラム ( A T T )  
ディスプレイ装置の押ボタン A T による割込みによつて実行されるプログラムで、A T 1 か A T 2 の判別を行ない、フラグをセットあるいはリセットする。
- (ロ) ライトペンデータ読み込み処理プログラム ( M I P )  
ディスプレイ装置の押ボタン M I によつて実行されるプログラムで、M I、M P それぞれに応じた処理を行なう。M P の場合には危険船判別プログラムの実行要求を行なう。
- (ハ) 押ボタン処理プログラム ( C A D )  
ディスプレイ装置の押ボタンのうち A T、M I、M P を除く Function Key による割込処理を行なう。Trial のときは試行操船プログラムの実行要求を行なう。
- (ニ) 自動追尾プログラム ( T R K )  
T D E プログラムにより実行要求が出される。取込んだ目標のデータを処理し、目標の自動発見および自動追跡を行なう。  
一定時間ごとに危険船判別プログラムの実行要求を出す。
- (ホ) 危険船判別プログラム ( S a m )  
目標の現在値と過去の値から速度ベクトルを算出し、危険の有無を判別しディスプレイに表示する。また、危険のある場合には避航操船法を算出し表示する。
- (ヘ) 試行操航プログラム ( T r y )  
シミュレーションを実行するプログラムで、ディスプレイ上で設定された針路速力に対する予想航跡を算出し、C R T 上へ表示する。
- (リ) 座標変換プログラム ( X Y R  $\theta$  )  
ライトペンによるデータは X Y 座標で入力される。これを R、 $\theta$  座標に変換する。
- (ス) 危険船判定条件プログラム 1 ( C o n 1 )  
目標の R、 $\theta$  データから針路、速力、C P A、T C P A などの算出を行なう。
- (セ) 危険船判定条件プログラム 2 ( C o n 2 )  
仮定針路および仮定速力に対する C P A、T C P A を算出する。
- (ゾ) 危険船判定プログラム ( D a g )  
目標のデータ ( R、 $\theta$ 、C P A、T C P A など ) から危険船の判定を行なう。
- (ワ) 操船法算出プログラム ( M a n )  
最適避航針路角を決定し、ディスプレイへ表示する。
- (カ) 予想航跡算出プログラム  
目標のデータから未来位置を 5 点算出する。その位置は C R T 上の座標 ( X Y 座標 ) で表わす。

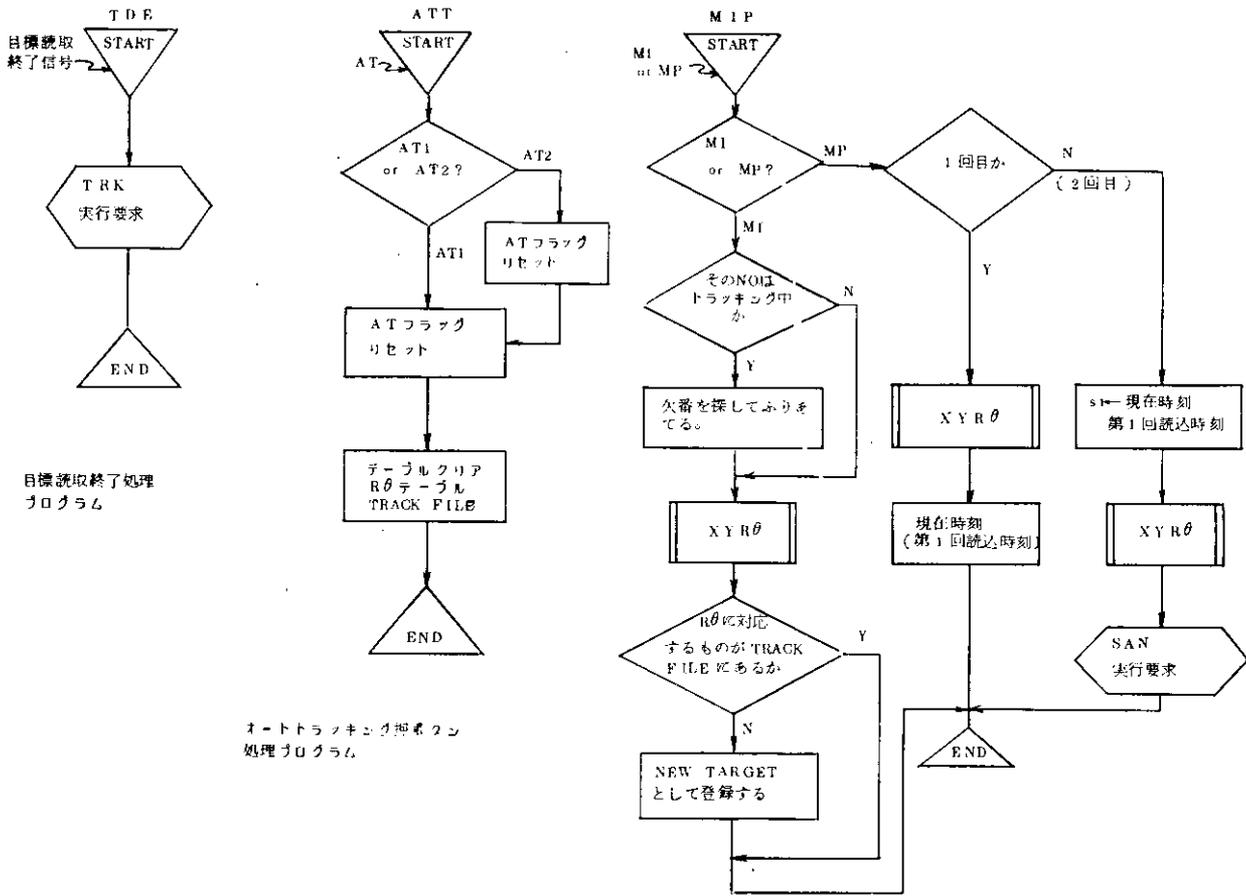


図 4.5.4 ライトペンデータ読み込み処理プログラム

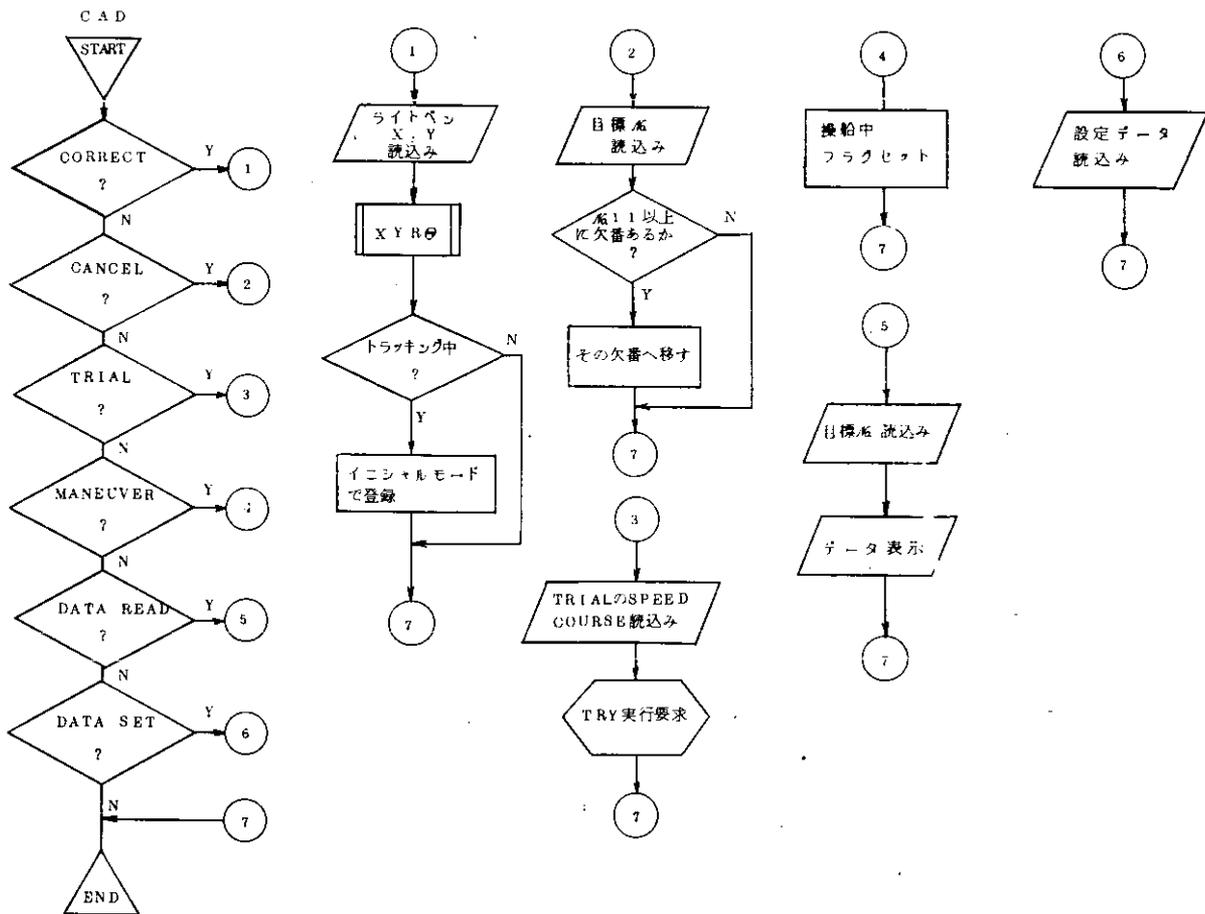


図 4.5.5 押ボタン処理プログラム

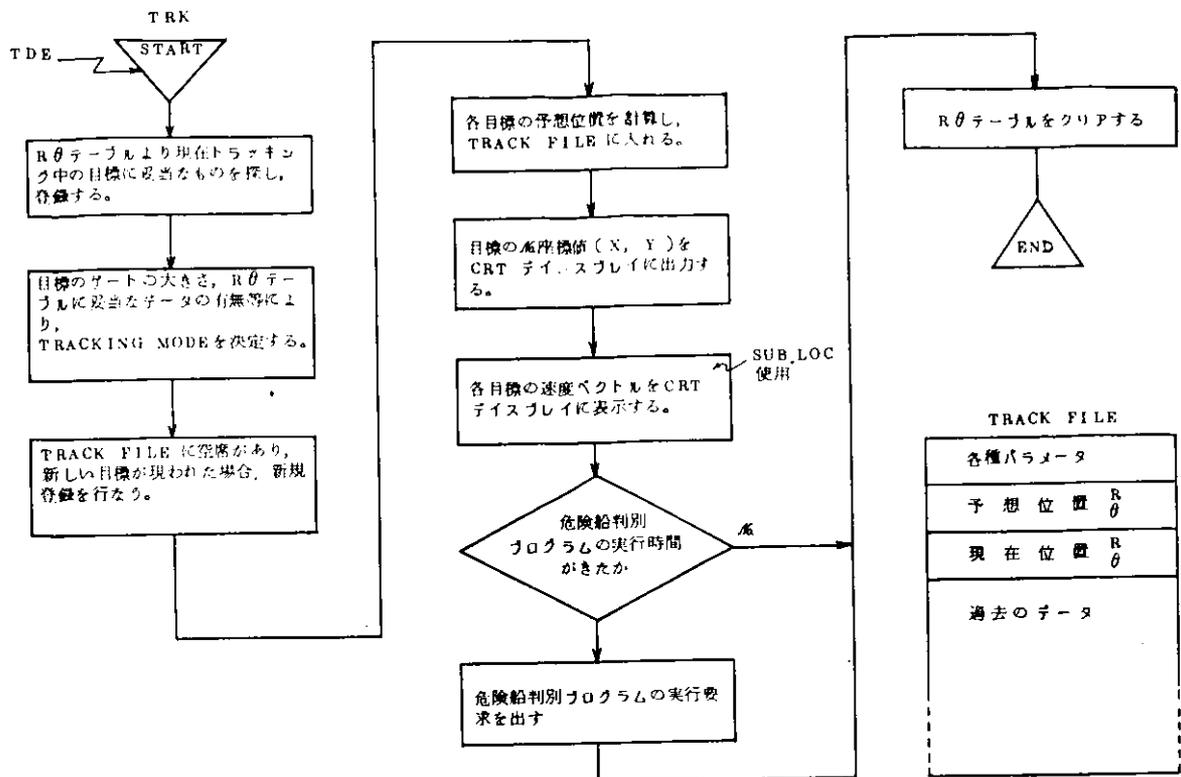


図 4.5.6 自動追尾プログラム

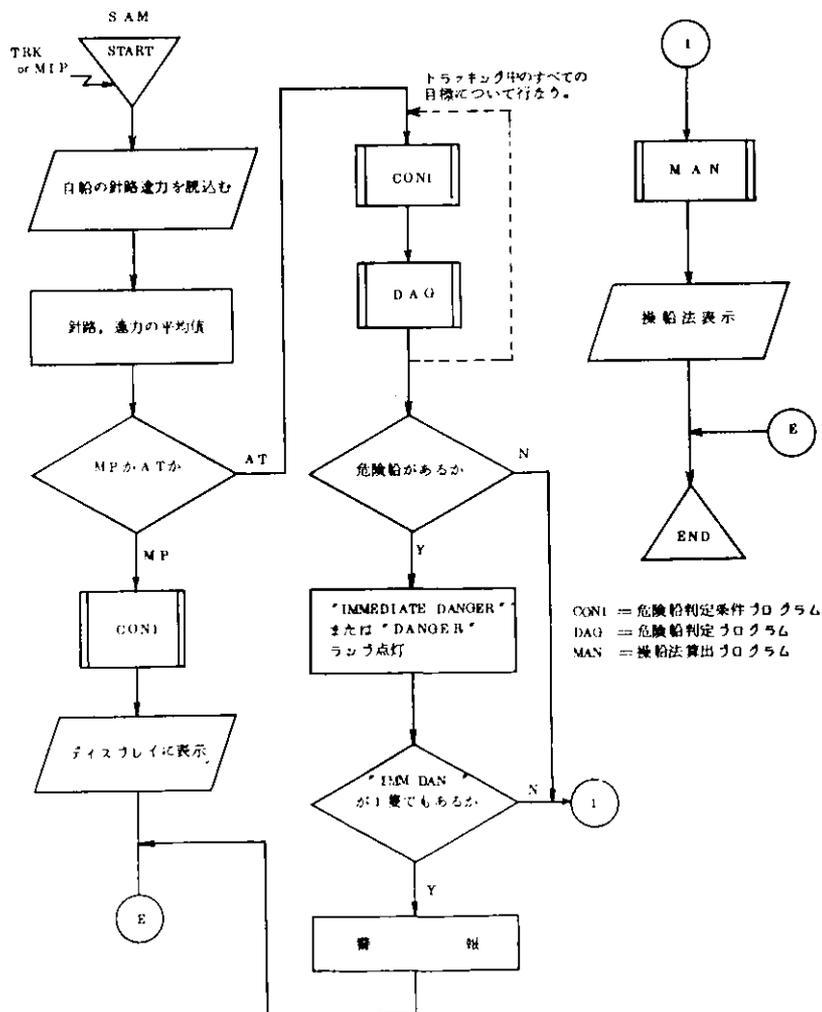
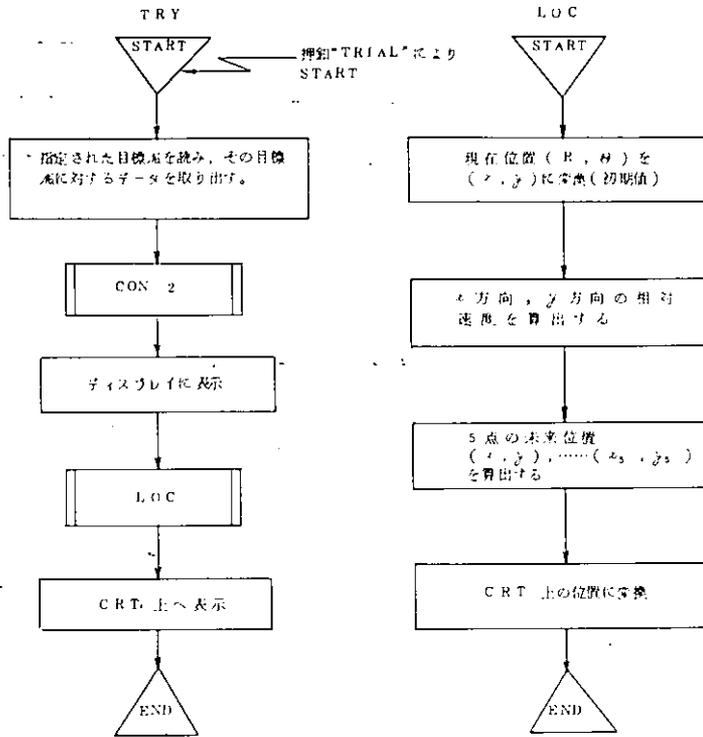


図 4.5.7 危険船判別プログラム



(A) 図 試航操船プログラム (B) 図 予想航跡算出プログラム

図 4.5.8 試航船および予想航跡算出プログラム

目的 : 目標の SPEED, COURSE, CPA, TCPA etc  
の算出を行なう。

入力データ :  $R_1$  - 第1観測時における目標までの距離  
 $R_2$  - 第2 " "  
 $\theta_1$  - 第1観測時におけるN方向からの目標の見通角  
 $\theta_2$  - 第2 " "  
 $\theta_s$  - 目標の針路  
 $V_s$  - 目標の速力

出力データ :  $V_b$  - 目標の速力  
 $\theta_b$  - 目標の針路  
 CPA - 最近距離  
 TCPA - 時間  
 $V_r$  - 相対速力  
 $\theta_r$  - 相対速力の方向

(フローチャート略)

危険船判定条件プログラム (その2) CON2

既定針路および既定速力に対する CPA, TCPA の  
算出を行なう。(フローチャート略)

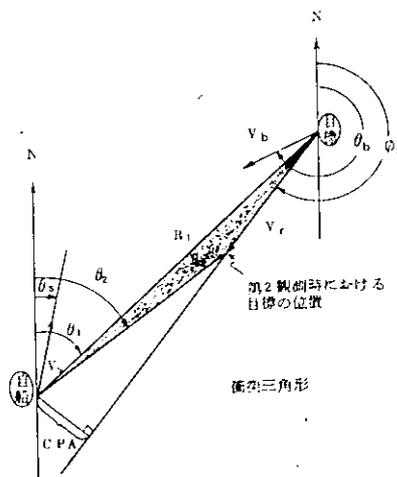


図 4.5.9 危険船判定条件プログラム (その1) CON1

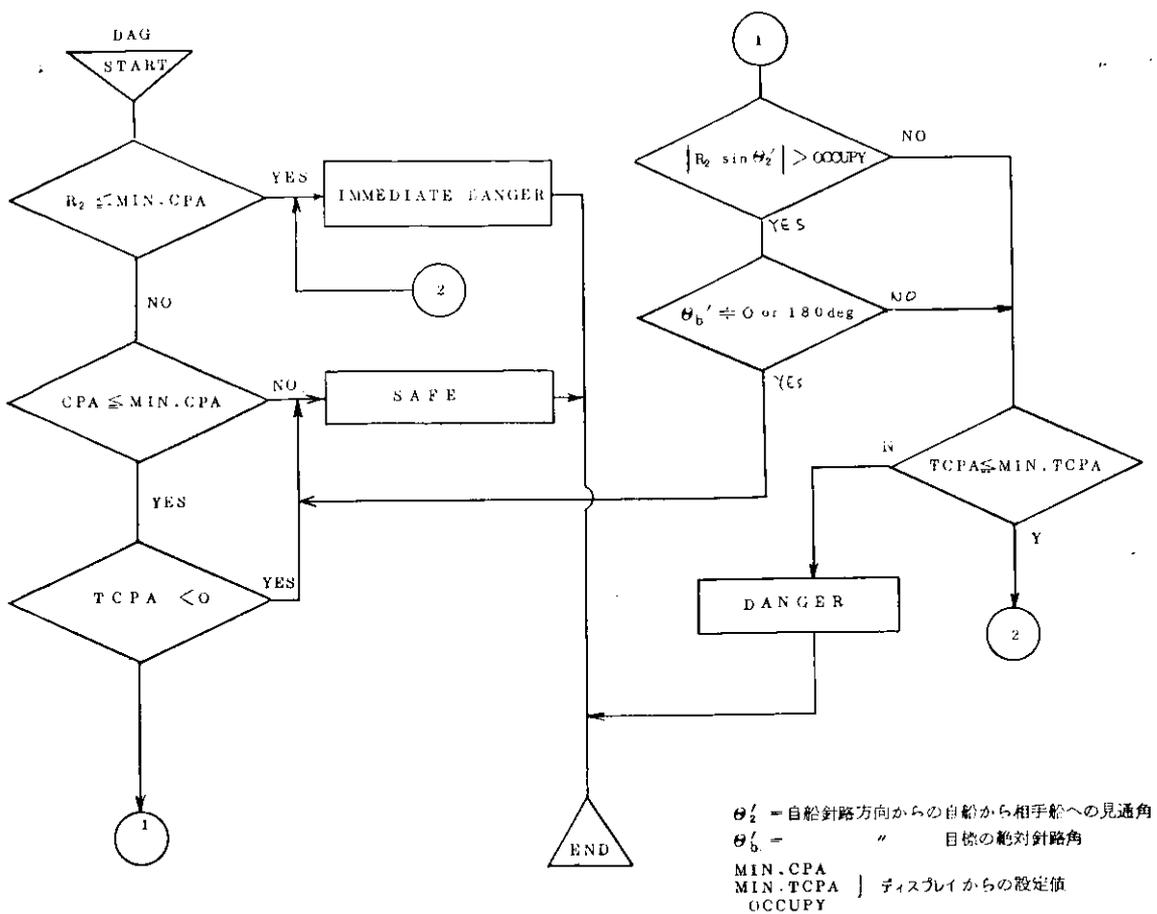


図 4.5.10 危険船判定プログラム (その2)

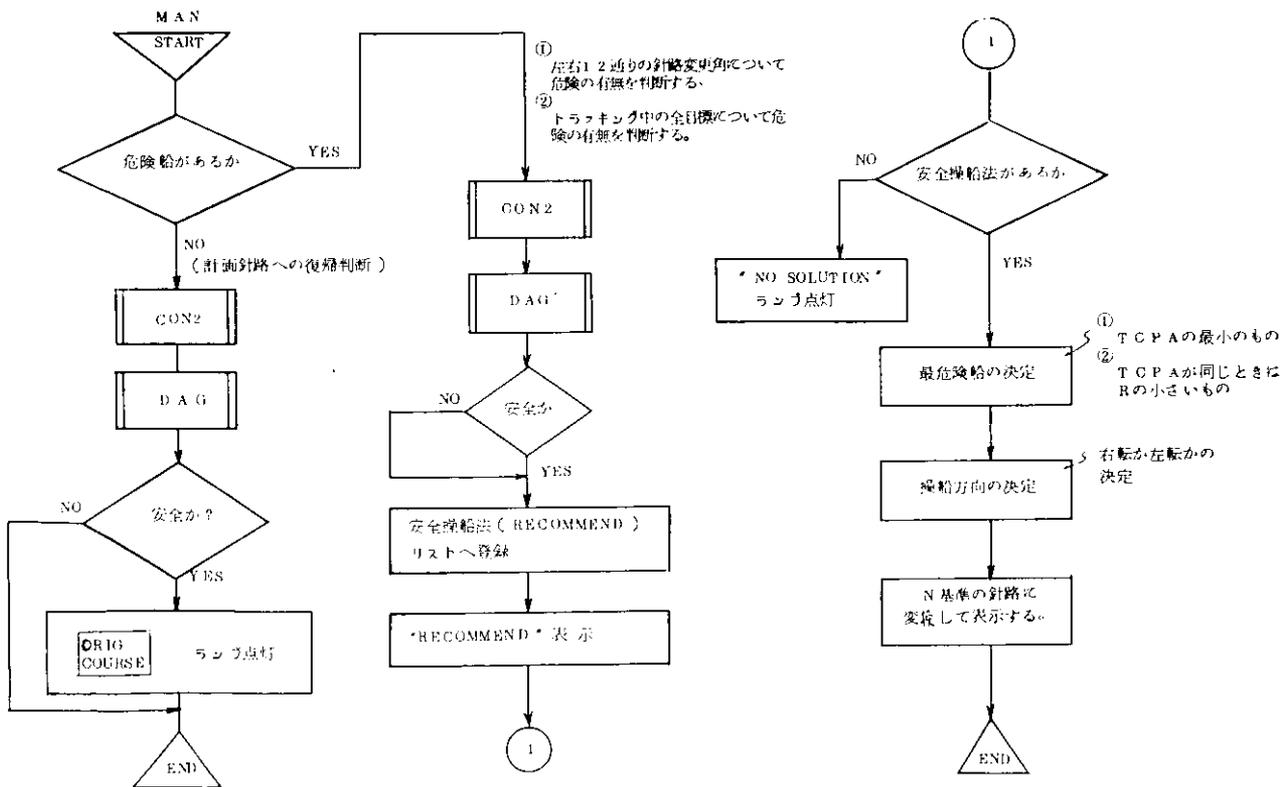


図 4.5.11 操船法算出プログラム

4.5.3 コンピュータシステム

(1) 中央演算処理装置の要目

a) 主メモリ (RAM)

メモリの種類 磁気フエライトコア  
 語 長 16ビット+パリティビット  
 容 量 6K語

b) 読出専用メモリ (ROM)

メモリの種類 ROM-IC  
 語 長 16ビット+パリティビット  
 容 量 6K語

(2) 周辺装置

システムタイプライター (紙テープリーダー、紙テープパンチ内蔵)

(3) プロセス入出力装置

(a) 入力信号表

番号	項目	発信器	備考
DI-1	Trial Speed	衝突予防ディスプレイデジタルスイッチ	
DI-2	Trial Course	"	
DI-3	CPA 設定値	"	
DI-4	TCPA "	"	
DI-5	Time Interval "	"	
DI-6	Occupy Zone "	"	
DI-7	Original Course "	"	
DI-8	Target No "	衝突予防ディスプレイ押ボタン	
DI-9	目標位置 X	ライトペン	
DI-10	" Y	ライトペン	
DI-11	書込回数	海面反射除去装置	
DI-12	目標の方位	目標判別追尾装置	
DI-13	" 距離	"	
DI-14	船 速	電磁ログ (SC経由)	
DI-15	針 路	ジャイロ ( " )	

(b) 出力信号表

番号	項目	発信器	備考
DO-1	目標番号	衝突予防ディスプレイ	
DO-2	目標位置 (X)	"	
DO-3	" (Y)	"	
DO-4	Target No	"	
DO-5	Data Mode	"	
DO-6	Target Data	"	
DO-7	New Course	"	

番号	項目	発信器	備考
DO-8	Maneuvering Lamp	衝突予防ディスプレイ	
DO-9	Immediate Danger Lamp	"	
DO-10	Danger Lamp	"	
DO-11	Auto Tracking Lamp	"	
DO-12	Lost Target Lamp	"	
DO-13	Recommend Lamp	"	
DO-14	Overflow Lamp	"	
DO-15	ベクトル発生用 板 X	"	
DO-16	" Y	"	

(c) 制込入力表

番号	項目	発信器	備考
AI-1	目標検知信号	目標判別追尾装置	
AI-2	目標就込終了信号	"	
AI-3	Auto-Tracking	衝突予防ディスプレイ押ボタン	
AI-4	Manual-Initiation	"	
AI-5	Manual-Plotting	"	
AI-6	Correct	"	
AI-7	Cancel	"	
AI-8	Trial	"	
AI-9	Maneuver	"	
AI-10	Data Read	"	
AI-11	Data Set	"	

システムタイプライタ

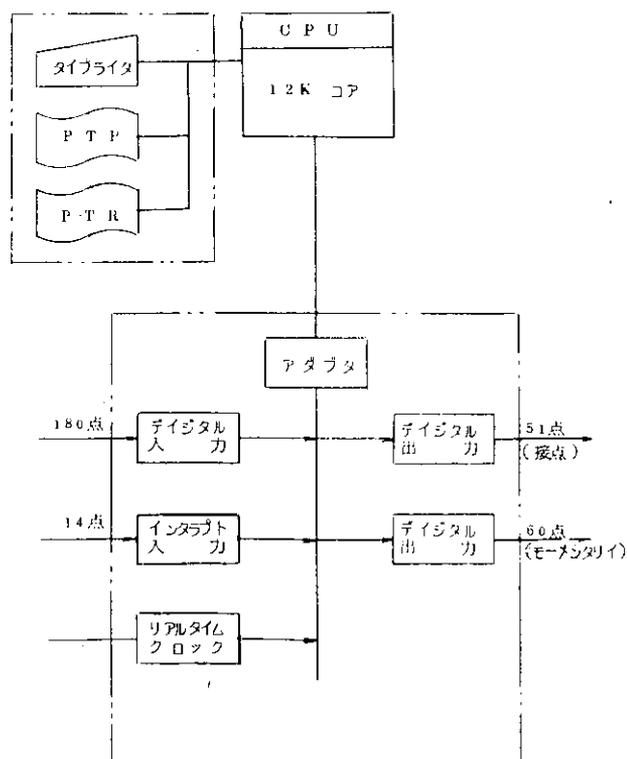


図 4.5.12 衝突予防レーダシステムハードウェア構成図 ( JIC-3 )

## 4.6 荷役制御システム

### 4.6.1 システムの概要

#### (1) システムの概要

荷役制御システムはオイルタンカーの各種荷役作業をコンピュータ制御するものであるがその主な作業項目は下記の通りである。

- カーゴオイル積荷作業
- カーゴオイル揚荷作業
- パーマネントバラスト排水作業
- パーマネントバラスト漲水作業
- クリーンバラスト排水作業
- ダーティーバラスト漲水作業

なお荷役システムには上記作業の他いわゆる荷役準備作業、荷役計算、等があるが、この項目についてはこの荷役制御システムには含めず、中央の総括用コンピュータによつて行なわせる様に計画している。

荷役制御システムのシステム構成図は図 4.6.1 に示す通りである。

#### (2) システム構成機器の要目

##### (a) カーゴポンプタービン発停シーケンス制御装置

- (イ) 方式 トランジスタロジック回路による独立の制御装置
- (ロ) 台数 各ポンプ毎に1組
- (ハ) 運転 コンピュータによる統括制御および手動遠隔制御

##### (b) バラストポンプタービン発停シーケンス制御装置

- (イ) 方式 トランジスタロジック回路による独立の制御装置
- (ロ) 台数 各ポンプ毎に1組
- (ハ) 運転 コンピュータによる統括制御および手動遠隔制御

##### (c) カーゴポンプ回転数制御装置

- (イ) 方式 アナログサブグループによるマイナーループ制御装置
- (ロ) 台数 各ポンプ毎に1組
- (ハ) 運転 コンピュータによるセットポイントコントロールおよびマニュアル設定制御

##### (d) バラストポンプ回転数制御装置

- (イ) } 同上
- (ロ) } 同上
- (ハ) } 同上

##### (e) 弁駆動装置

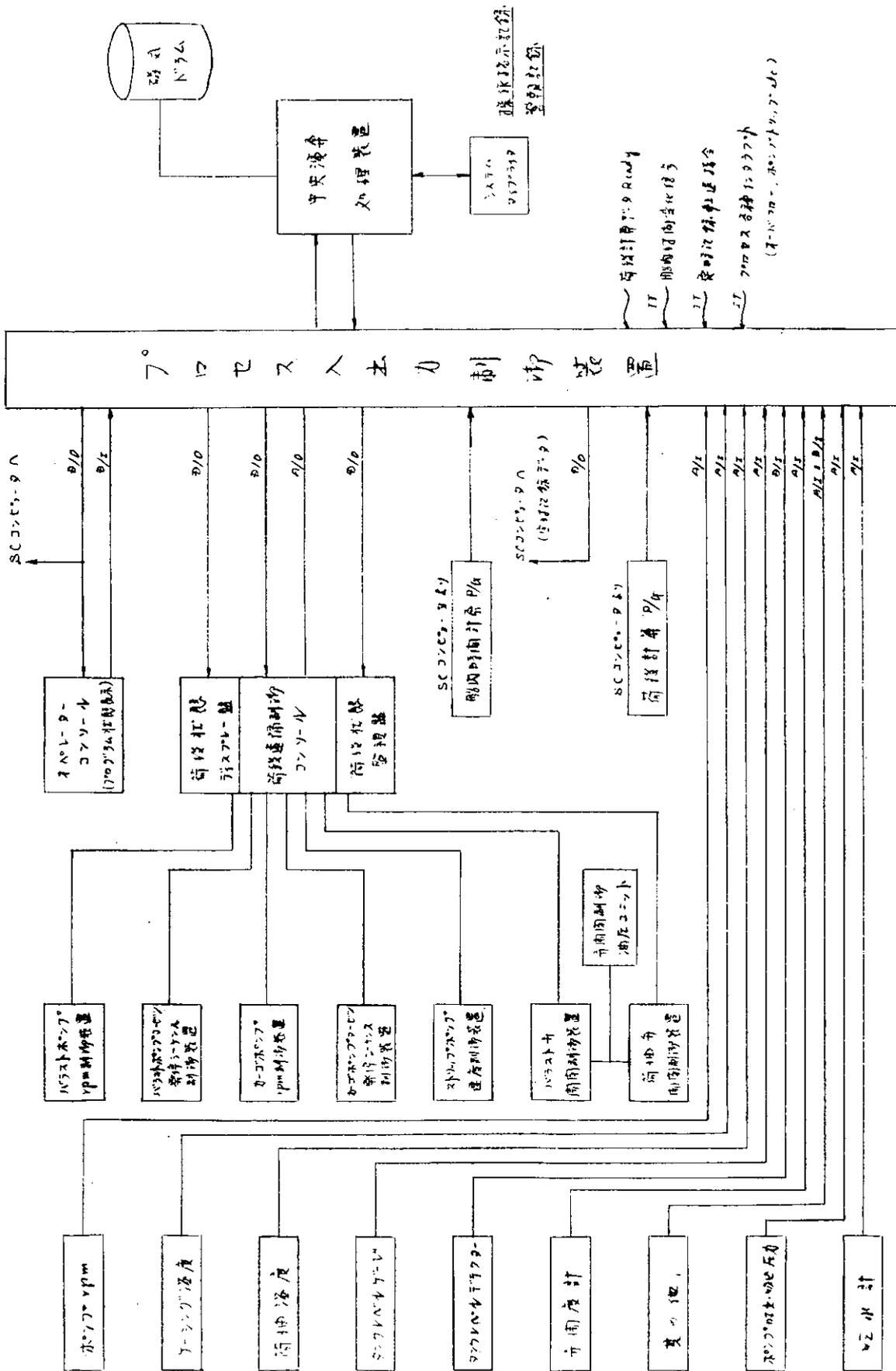
通常荷役中に開閉操作が行なわれる弁類は、すべてコンピュータによる自動制御が行なわれ、全開および全閉のほか数段階の中間開度をとる必要のある弁に対しては弁開度自動設定装置が設けられる。自動制御が行なわれる弁は、すべて弁の開度が荷役制御室に遠隔指示される。また、自動制御装置故障時には、これらの弁はすべて荷役制御室からの遠隔手動制御に切換えられる。

なお、すべての弁は油圧駆動により開閉作業が行なわれる。

##### (f) 計測装置

計測装置としてつぎのものを設ける。

- 吃水計



① 荷役計算機 Ready  
 ② 船内時計向通信機  
 ③ 筒油圧力伝送機  
 ④ プロセス各種入力装置  
 (7-1020, 100, 101, 102, 103)

図 4. 6. 1 荷役制御システムのシステム構成図

- トリム計およびヒール計（トリムおよびヒールは吃水計により算出されるが、その精度を考慮し、また吃水計故障時の補助設備として設ける）
- 液面計およびストリップング終了検知装置
- 弁開度計および弁開閉計
- 温度計（荷油温度、大気温度、ポンプのケーシングおよびベアリング温度等の諸温度計測用）
- 比重計（荷油および海水の比重計測用）
- 圧力計（ポンプの吸引および吐出圧力、ショア・コネクション部の圧力等の計測用）
- 回転計（ポンプの回転数計測用）

#### 4.6.2 ソフトウエアの概要

##### (1) ソフトウエアの概要

荷役制御コンピュータシステムのソフトウェアは大別して荷役監視の二つのシステムとその他のいくつかのサポートシステムよりなっており下記のように分割される。

##### (a) 荷役制御システム

- 積荷制御プログラム
- 揚荷制御プログラム
- パーマネントバラスト排水制御プログラム
- パーマネントバラスト漲水制御プログラム
- クリーンバラスト排水制御プログラム
- ダーティバラスト漲水制御プログラム
- 貨油弁制御プログラム
- バラスト弁制御プログラム
- 貨油ポンプ制御プログラム
- バラストポンプ制御プログラム

##### (b) 荷役監視システム

- 荷役状態監視プログラム
- 荷役状態デジタル表示プログラム
- 荷役状態アラーム記録プログラム
- 荷役状態定時記録データファイルプログラム

この荷役制御システムのソフトウェア関連図は図 4.6.2 に示す通りである。

##### (2) 積荷およびパーマネントバラスト排水の制御

この積荷およびパーマネントバラスト排水制御を行なう場合は上記の各プログラムのうち積荷制御、パーマネント排水制御、貨油弁およびバラスト弁制御、貨油ポンプおよびバラストポンプ制御、監視システム全プログラムを使用する。

これらの制御を行なう場合の概略フローチャートは図 4.6.3 に示す通り。

荷役中は本船のトリムが積量トリム曲線（実際には弁開閉の頻度等が極端に多くならないように、1本の曲線ではなく許容範囲をもつた巾のあるものとする）の許容範囲内に常に入るように、またヒール（船体横傾斜）が許容の範囲を超えないように各種の弁制御、ポンプ制御等が行なわれる。なお積荷終了に近い時期のように吃水が深くなる場合には、積地の水深等により吃水に制限をつけ、さらに揚荷の場合にはチクサン・ローディング・アームの許容圧力等港湾設備上の制限条件があるので、これらの制限範囲を超えないように弁制御、ポンプ制御等が行なわれる。

荷役中は一定時間毎に各荷油およびバラスト・タンク内の液量および全タンクの合計液量が、液面計による計測値

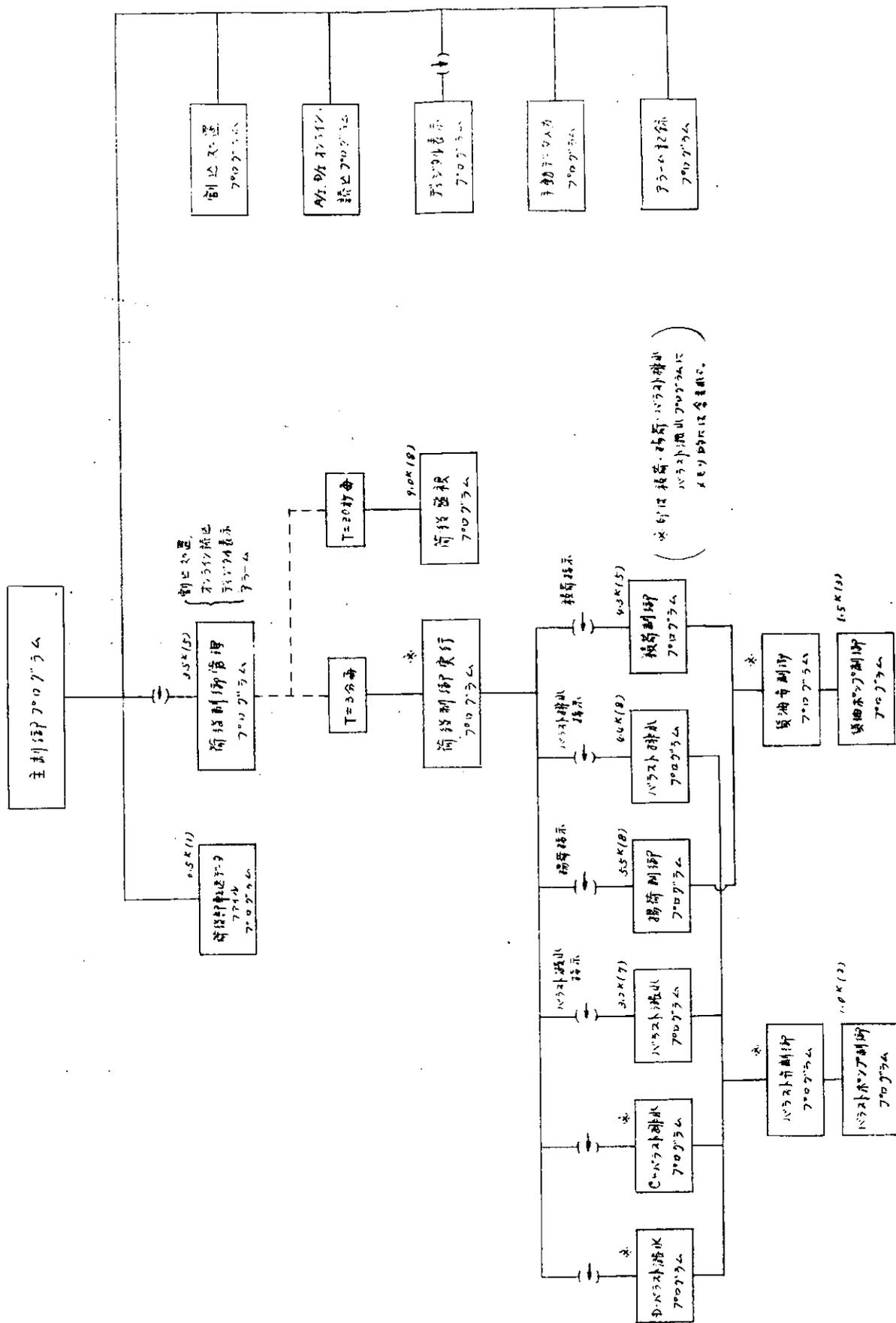


図 4.6.2 荷役制御システム・S/W・関連図

および吃水計、ヒール計による計測値をデータとして、コンピュータにより自動的に計算され、積量トリム曲線に船の状態に沿っているか否かチェックされ、必要な場合には弁制御の指令等が出されて制御が実行される。

液面計測の結果、最終設定液面（あらかじめ統括用コンピュータによって行なわれた荷役計画の諸計算で、各タンクに対して定められた荷役終了時の液量に対応する液面）に達したタンクの弁は自動的に閉鎖される。この場合、最終設定液面に達するまでにストリップングを必要とするときにはバラストタンク内液面が一定の液面高さに達した場合自動的にストリップングに切替えられる。

バラスト・タンクのストリップングは機関室内のポンプより駆動水を供給されるエゼクタにより行なわれる。

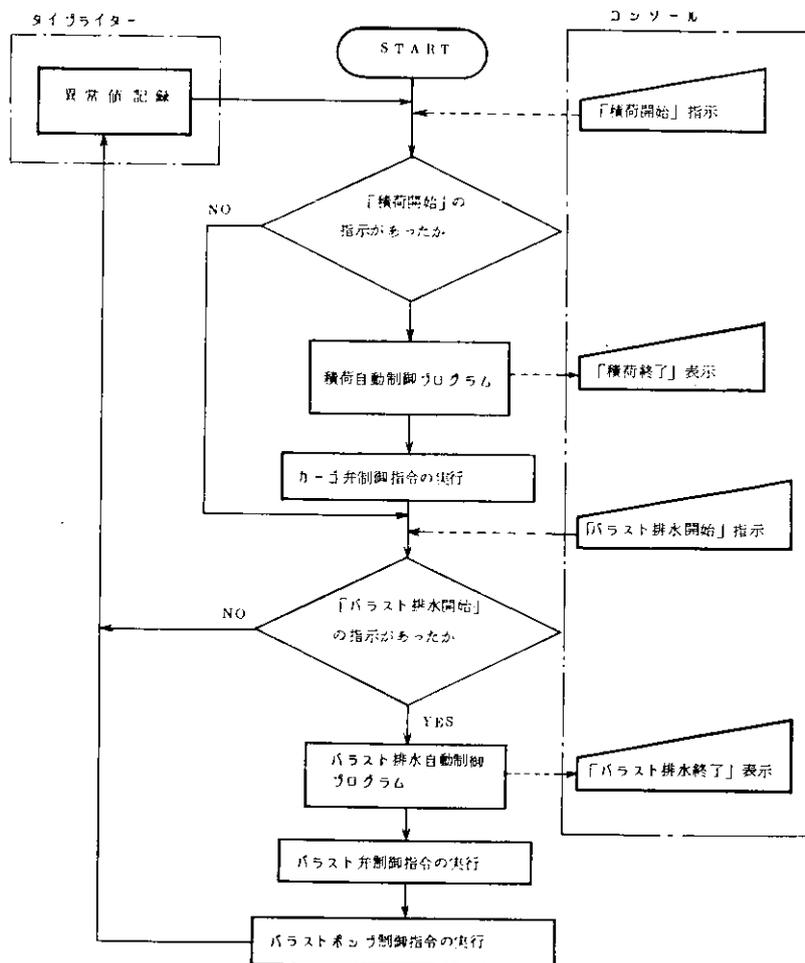


図 4. 6. 3 積荷およびバラスト排水自動制御概略フローチャート

荷役中には各ポンプの回転数設定値制御およびポンプ運転台数の制御がコンピュータにより自動的に行なわれる。

### (3) 揚荷およびパーマナントバラスト漲水の制御

この揚荷およびパーマナントバラスト漲水制御を行なう場合は、上記の各プログラムのうち揚荷制御、パーマナントバラスト漲水制御、貨油弁およびバラスト弁制御、貨油ポンプおよびバラストポンプ制御、監視システム全プログラムを使用する。

これらの制御を行なう場合の概略フローチャートは図 4. 6. 4. に示す通り。

荷役中は本船のトリムが揚量トリム曲線（実際には弁開閉の頻度等が極端に多くならないように、1本の曲線ではなく許容範囲をもつた巾のあるものとする）の許容範囲内に常に入るように、またヒール（船体横傾斜）が許容の範囲を超えないように各種の弁制御、ポンプ制御等が行なわれる。なお揚荷開始に近い時期のように吃水が深くなる場合には、揚地の水深等により吃水に制限をつけ、さらに揚荷の場合にはククサン・ローディング・アームの許容圧力等港湾設備上の制限条件があるので、これらの制限範囲を超えないように弁制御、ポンプ制御等が行なわれる。

荷役中は一定時間毎に各荷油およびバラスト・タンク内の液量および全タンクの合計液量が、液面計による計測値をデータとして、コンピュータにより自動的に計算され、揚量トリム曲線に沿っているか否かチェックされ、必要な場合には弁制御の指令等が出されて制御が実行される。

液面計測の結果、最終設定液面（あらかじめコンピュータによって行なわれた荷役計画の諸計算で、各タンクに対して定められた荷役終了時の液面）に達したタンクの弁は自動的に閉鎖される。この場合、最終設定液面に達するまでにストリップングを必要とするときには荷油タンク内液面が一定の液面高さに達した場合自動的にストリップングに切替えられる。ストリップングは、荷油タンクに対しては、荷油ポンプよりの吐出油により駆動されるエゼクタに

より行なわれるが、このために船体中心線のスロップ・タンクが駆動油タンクとして使用され、このタンク内の液面はストリップング中は常時一定の高さに自動制御される。

揚荷の場合は荷油ポンプが使用されるが、荷油ポンプに対してはキャビテーションの発生を防止するため、後記のキャビテーション発生防止制御が行なわれる。

荷役中には各ポンプの回転数設定値制御およびポンプ運転台数の制御がコンピュータにより自動的に行なわれる。

#### (4) 弁制御

弁制御システムは荷油弁制御システム、バラスト弁制御システムおよびストリップング弁制御システムより構成される。

##### (a) 荷油弁制御システム

タンク内主サクション弁、荷油ポンプ吐出弁、ポンプ室内および上甲板上の荷油管関係の弁

の開度（全開および全閉状態を含む）を、荷役中コンピュータから出される各種の弁制御指令どおりに自動的に制御するシステムである。

- 各タンク内の液面高さを荷役計画による荷役終了時の液面高さとするような弁制御
- 港の水深により吃水に制限がある場合に、船首尾吃水が制限吃水を越えないようにするための弁制御
- 荷役中、常に船のヒールが許容範囲を越えないようにするための弁制御
- ポンプによつて吸引中、タンク内液面高さの低下により主管内に空気を吸込まないように吸引量を制御するための弁制御
- 荷油ポンプのキャビテーション発生を防止するための弁制御
- 揚荷の場合、荷油タンク内液面がストリップング液面に達した場合、主サクション弁を閉にする制御
- 荷油の最終時点における駆動油タンク内の荷油を揚切するための弁制御

##### (b) バラスト弁制御システム

タンク内主サクション弁、ポンプ室内および機関室内バラスト・ポンプ用各種弁、重力による注排水用船外弁等バラスト管関係の各種弁の開度（全開および全閉状態を含む）を、荷役中に行なわれるバラスト注排水に対し、コンピュータから出される各種の弁制御指令どおりに自動的に制御するシステムである。

弁制御の指令はつぎのとおりである。

- 荷油弁制御システムにおける弁制御指令の初めから5番目までと同様の弁制御

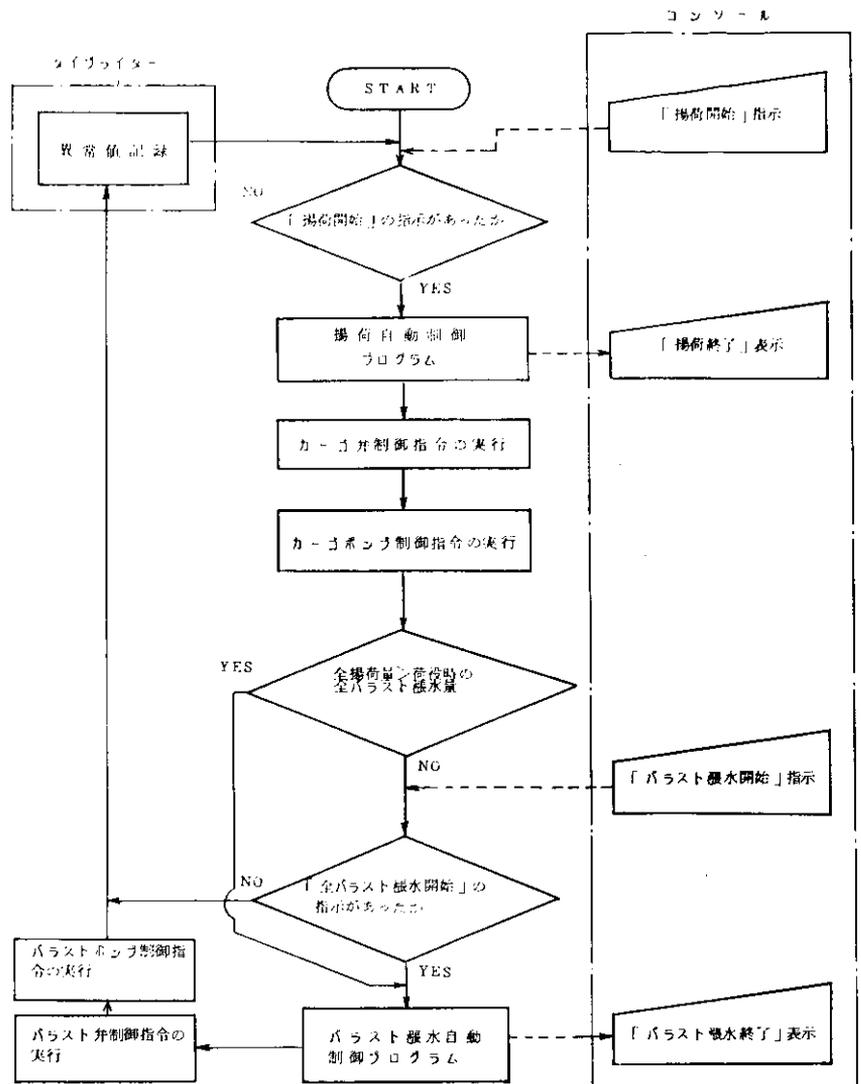


図 4.6.4 揚荷およびバラスト取水自動制御概略フローチャート

- 重力用によるバラスト注排水から、ポンプによるバラスト注排水に切替える場合の弁制御
- ポンプによりバラスト注排水、バラスト・タンク内の弁が諸種の制御要因により、一時的にすべて全開の状態となつた場合、バラスト・ポンプを停止させることなく、バラスト水を循環させるが、このための弁の切替制御

(c) ストリッピング弁制御システム

荷油ストリッピング用タンク内サクシヨン弁、ストリッピング・エゼクタ用弁、駆動油タンク用弁等ストリッピング管関係の各種の弁の開閉を、コンピュータから出される弁制御指令どおりに自動的に制御するシステムである。

- 弁制御指令としてはつぎのようなものがある。
- ストリッピング液面に達したタンクが現われた場合の、ストリッピング・エゼクタ駆動のための弁制御
- 揚荷時、ストリッピング液面に達した荷油タンクのストリッピング・サクシヨン弁を開にする制御
- 駆動油タンク内液面高さを一定範囲内に保持するための弁制御
- ストリッピング終了検知装置によりタンク内の残油の有無を確認し、そのタンク内のストリッピング・サクシヨン弁を開または閉とする制御

(5) ポンプ制御

このシステムはカーゴポンプタービンおよびバラストポンプタービン発停制御システムおよびキャビテーション発生防止制御システムからなる。

(a) 発停制御システム

荷油ポンプおよびポンプ室内のバラスト・ポンプの発停は乗組員または積(揚)荷およびバラスト排(注)水システムから自動制御プログラムにより指令された場合に行なわれる。

コンピュータからは各ポンプの発停シーケンス制御装置(トランジスタロジック回路による独立装置)に発停の指令がだされる。このシーケンス制御装置によつて起動時には暖機弁、ドレン弁、蒸気弁、排気弁、蒸気加減弁、ポンプ吐出弁等がシーケンシャルに制御され、ポンプが予定回転数に達した場合起動完了となる。停止時には起動時に操作された諸弁をシーケンシャルに制御し、ポンプおよび駆動用タービンを完全停止の状態に導く。また一時的な停止指令に対しては、本制御は途中からスタンバイ・システムに移行する。

(b) 荷油ポンプ・キャビテーション発生防止制御システム

荷油ポンプ定常運転中は荷油タンク内の液面低下に伴う吸入圧の減少によるキャビテーション発生を防止するため、吸入圧を計測して、これからの計算される有効NPSHと、コンピュータに記憶されている必要NPSHとをコンピュータ内で比較させ、常にキャビテーションの発生を防止できるような有効NPSHを確保することができるよう荷油ポンプの吐出弁開度を制御する。吐出弁開度がポンプに許容される最小流量に相当する開度に達した場合、またはポンプのケーシング温度が一定以上の上昇を示した場合には吐出弁開度の制御から回転数制御に切替える。回転数制御が限界に達した場合には自動的に停止指令が発せられる。

この回転数制御はアナログサブグループによつて行なわれその設定値がコンピュータにより指示される。

4.6.3. コンピュータシステム

(1) 中央演算処理装置(CPU)の要目

a) 内部メモリ

イ) 主メモリ

メモリの種類	磁気フエライトコア
語長	16ビット+パリティビット
容量	4K語

ロ) 読出専用メモリ(ROM)

メモリの種類	ROM-IC
--------	--------

語 長 16ビットパリティ  
 容 量 4K語

b) 外部メモリ

メモリの種類 磁気ドラム  
 容 量 64K語

c) 演算装置

ロジック TTL-IC  
 演算方式 スタード、プログラム方式、2進並列、負数は2の補数表示、固定小数点方式  
 命令方式 単一アドレス  
 番地方式 直接アドレス、間接アドレス、相対アドレス

d) 外部割込 あり

e) 内部〃 あり

f) 異常検出

電源異常 あり  
 メモリーパリティ 〃  
 インストラクションパリティ 〃  
 ウォッチドックタイマ 〃  
 機内温度上昇 〃

g) 実時間時計 あり

(2) プロセス入出力装置 (Process-I/O) の要目

- a) プロセス入出力制御装置 1式
- b) アナログ-デジタル変換器 (積分形) 20~50点/秒 1式
- c) プロセス入出力点数
  - アナログ入力 110点
  - アナログ出力 5点
  - デジタル入力 278点
  - デジタル出力 144点
  - インタラプト入力 8点
- d) オペレーティングコンソール 1式
  - プログラム起動PB 7
  - 〃 停止 〃 7
  - プログラム状態表示ランプ 7
  - デジタル数値表示 3桁および単位
  - アラーム表示ランプ 各種
- e) システムタイプライタ制御装置 1式
  - 入出力タイプライタ 1
  - ペーパーリーダー (低速) 1

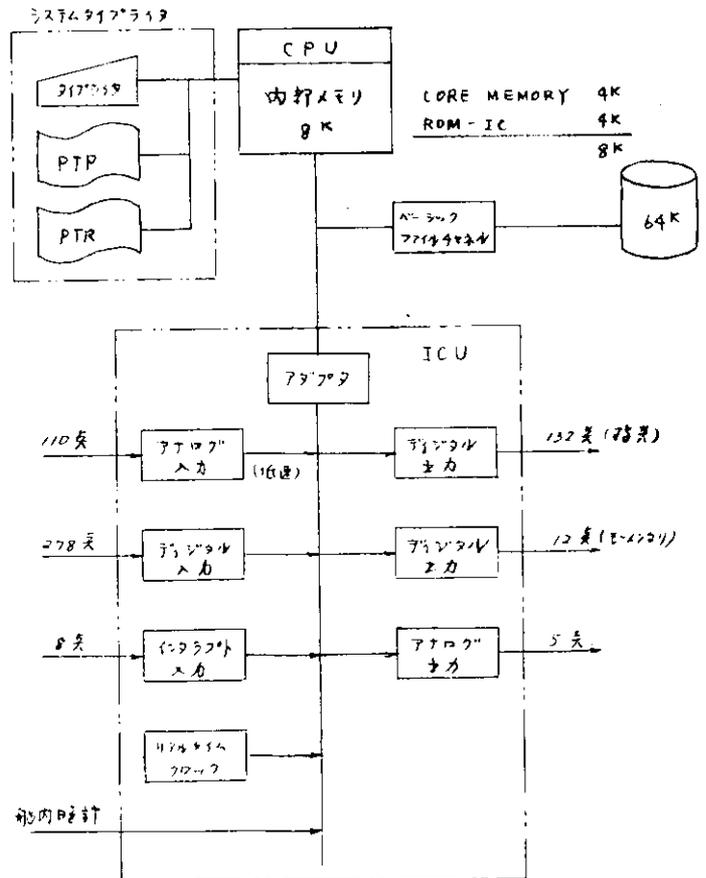


図 4.6.5. 荷役制御システム H/W 構成図

(3) 荷役制御システム・メモリ概算

	補助メモリ	コア常駐
1. スーパーバイザー	4.0 K	3.0 K
2. 各種ユティリティイーター	1.0 K	
3. 荷役制御管理	3.5 K	
4. 荷役制御実行		
イ) 積荷制御	4.3 K	
ロ) バラスト排水	4.4 K	
ハ) 揚荷制御	5.5 K	
ニ) バラスト漲水	3.2 K	
ホ) 貨油ポンプ制御	1.5 K	
ヘ) バラストポンプ制御	1.0 K	
5. 荷役監視	9.0 K	
6. 転送データファイル	0.5 K	
7. 共通データ	1.0 K	1.0 K
8. 共通サブルーチン	1.0 K	1.0 K
9. ワーキングエリア		3.0 K
	39.9 K	8.0 K

(4) オペレーティングシステム概要

荷役制御コンピュータシステムのオペレーティングシステムの概要は図 4.6.6 に示す通りである。

本システムに於いて使用される各種標準サポートプログラム、各種標準サブルーチンおよびユティリティイータープログラムは下記の通りである。

(a) サポートプログラム

アナログ入力スキヤンおよびとりこみプログラム

アナログ変換プログラム

スケール変換プログラム

上下限比較プログラム

校正プログラム

デジタルスキヤンプログラム

アラームプリントプログラム

メッセージプリントプログラム

B C D to B I N コード変換プログラム

B I N to B C D "

ビットオペレーションプログラム

冷接点補償プログラム

(b) サブルーチン

乗除算サブルーチン

浮動小数点サブルーチン



(c) ユーティリティ

- アセンブラプログラム
- テープロード及び照合プログラム
- テープバンチプログラム
- メモリダンププログラム
- メモリプリントプログラム
- 各種テストルーチンプログラム
- ニューメリックロードプログラム
- プログラムランプログラム

(d) ROM使用プログラム

なお上記各プログラムおよびアプリケーションプログラムのうち下記のものについては読み出し専用メモリ (ROM-IC) を使用してソフトウェアのファームウェア化をはかることとする。

- BCD to BIN コード変換プログラム
- BIN to BCD //
- ブーストラップロードプログラム
- 制込処置ルーチン
- 常用サブルーチン
- 定数記憶
- アナログ入力関係プログラム固定プログラム部分
- デジタル表示プログラム
- イニシャライジングプログラム
- リスタートプログラム
- ニューメリックロードプログラム
- メモリプリントプログラム
- スーパーバイザプログラム

(5) 荷役制御システムの入出力点概要

(a) 入力 (A/I)

4 ~ 20 mA	15点
2 ~ 10 mA	15点
0 ~ 10 mA	5点
- 5 ~ 5 V	5点
0 ~ 5 V	70点
<hr/>	
	110点

上記各アナログ入力の検出項目は概略下記の通り

船舶吃水	4点
貨物油タンク液面	16点
バラスタタンク液面	2点
ポンプ吸入・吐出圧力	8点
ポンプ回転数	5点
ポンプケーシング温度	5点

弁 開 度	5 4 点
荷油温度	
シヨアコン部の圧力	1 6 点
其 の 他	
(b) 入力 ( D / I )	
プロセスよりの接点入力	2 3 0 点
船内時間 ( 1 6 ビット )	1 6 点 ( 4 B C D 4 桁の数值 )
マニュアルデータインプット ( 1 6 ビット )	1 6 点 ( 4 B C D 3 桁およびデータ区別ビット )
荷役計算結果データ受付	1 6 点 ( " )
	<hr/> 2 8 7 点
(c) 出力 ( A / O )	4 点
ポンプ回転数設定値	
(d) 出力 ( D / O )	
プロセス出力 ( 接点 )	1 1 0 点
" ( モーメンタリ )	1 0 点
プログラム運転状態 ( 接点 )	7 点
荷役計算データ要求 ( モーメンタリ )	2 点
定時記録データ転送 ( 接点 )	1 6 点 ( 4 B C D 3 桁およびデータ区別ビット )
	<hr/> 1 4 4 点
(e) インタラプト	
プロセスインタラプト	5 点
船内時間変化信号	1 点
定時記録転送指令	1 点
荷役計算データ Ready 信号	1 点
	<hr/> 8 点

#### 4.7 船位保持制御システム

##### 4.7.1 システムの概要

###### (1) システムの概要

船位保持制御システムは船体が入港から係船位置へ移動し、船体係止作業終了後、船体を所定係船位置に係止しておくシステムであり、係船中はこの制御システムによりグループ内係船索張力のイコライジングおよび船位変位の計測を自動的に行なわせ、コンピュータにより係船機を制御し、無人船位保持を行なわせしめる。

このシステムはさらに船位が適正かどうかを判定する船位検出サブシステムと許容範囲を超える変位が発生した時に適正位置へ船位を復帰させる索張力制御サブシステムに分けられる。

船位保持制御システムのシステム構成図は図 4.7.1 に示す通りである。

###### (2) システム構成機器の要目

###### a) 係船ウインチ用張力センサー

- (イ) 方 式      ストレインゲージ方式
- (ロ) 検出箇所      Winch Bracket のストレイン
- (ハ) 計測範囲      0 ~ 8 0 T



(b) 表示装置

4.7.2 ソフトウェアの概要

(1) ソフトウェアの概要

船位保持コンピュータ制御システムの考え方は、係船索の張力および船体位置（変位）を計測し、それらのデータを情報として計算機にインプットする。

計算機内部では船体位置変位の方向、張力をもとに巻込むべき索、繰り出すべき索を求め必要な指令を受けたウィンチは一定量巻込（または油圧の一定変化）を行ない、索の張力を調整する。ここで再びもとえ戻り、前と同じように船体変位、索の張力を再計し、船体変位および索の張力が許容値内になるまで繰返し取れんさせる。

外力が特に大きく係船機の能力以上の場合には船を所定位置に保持することができなくなる。このような場合は、計算機が警報を出し緊急離岸しなければならない。

各係船索はその張られている方向が異り、したがって、張力も一定でない、これらを全部ばらばらにコントロールしたのでは制御が複雑になるので同一方向に張られている索を一つのグループとし、そのグループ内には索が何本あつてもすべて同一の張力となるようイコライジングされていると考え、したがって、船位保持システムの入出力としてあたかも一本の索であるかのように取り扱うことができる。すなわち、係船はヘッドライン、スターンライン各1グループ、プレストライン、スプリングライン各2グループ合計6グループとなる。

この船位保持制御システムのソフトウェア関連図は図4.7.2に示す通りである。

(2) 船位保持システムの入出力概要

a) 入力 (A/I)

- ヘッドラインの張力 1
- スターンラインの張力 1
- プレストライン（船）の張力 2
- （ 艇 ）の張力 2
- スプリングライン（船）の張力 2
- （ 艇 ）の張力 2

b) 入力 (D/I)

- 船の変位 10ビット（4  
—BCD 3桁  
の数值）
- 船の変位の区別 2ビット 船の  
長さ方向、船部  
横方向、艇部横  
方向
- 船内時間 12ビット

c) 出力 (A/O)

係船ウィンチに対する一定量巻込み、繰出し指令（パルス巾）12点

d) 出力 (D/O)

- 船係変位過大（接点） 3
- 索張力過大（ " ） 10

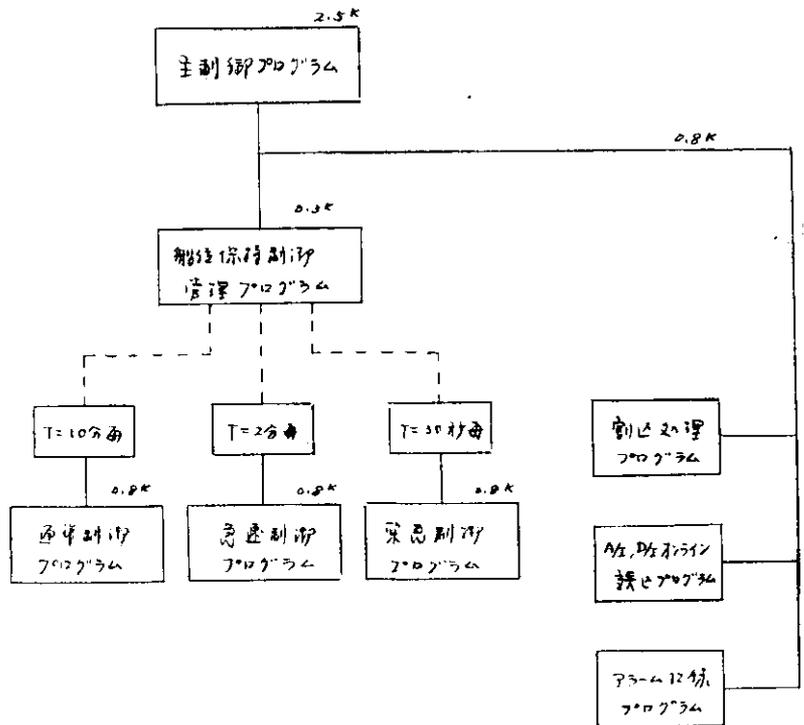


図 4.7.2 船位保持制御システム S/W 関連図



D/I 数値切替信号 (接点)	1	
プログラム運転状態	4	(停止、通常制御、高速制御、緊急制御)
c) インタラプト		
船の変位 D/I 数値 Ready 信号	1	
船内時間変化信号	1	
基準値 $\leq$ 設定値 $\leq$ 許容値 $\leq$ 制御値		(一定) (可変) (一定) (一定)

となる。

(3) コンピュータ内部での計算順序レベル

係船中の船体の変位は比較的ゆつくりした運動であり、計算機内部での計算頻度もそれほど多くは必要としない。ただし、緊急の場合には最優先にくり返し制御を行なう必要があるので次のようなレベルにかわる。

レベル 1: 船位、索張力いずれかが制限値を越えた場合、最優先 (30 秒毎の繰返し)

レベル 2: 船位、索張力いずれかが許容値を越えた場合、計測、制御の繰返しを比較的頻繁に行なう (許容値以下になるまで) (2 分毎の繰返し)

レベル 3: 船位、索張力いずれも許容値以下の場合、10 分程度のインターバルをとり繰返す。

(4) 船位保持制御システムフローチャート (概略) (図 4.7.3)

(a) 記号

T(I)	: 各グループの索張力 (=1~6)
T <sub>0</sub>	: 索張力基準値
T <sub>S</sub> (I) $\pm$ T <sub>S</sub>	: 各グループ索張力設定値 (I = 1~6)
T <sub>a</sub>	: 索張力許容値
T <sub>max</sub>	: 索張力制限値
x	: 長さ方向変位
$\pm x_a$	: " 許容値
$\pm x_m$	: " 制限値
y <sub>f</sub>	: 巾方向変位 (船首垂線にて)
y <sub>a a</sub>	: " (船尾垂線にて)
Y <sub>a</sub>	: " 許容値
Y <sub>m</sub>	: " 制限値

4.7.3 コンピュータシステム

(1) 中央演算処理装置 (CPU) の要目

(a) 内部メモリ

イ) 主メモリ

メモリの種類	磁気フエライトコア
幅	12 ビット + パリティビット
容量	4 K 語

ロ) 読出専用メモリ (ROM)

メモリの種類	ROM-IC
幅	12 ビット + パリティビット
容量	2 K 語

- (b) 外部メモリ                    な し
- (c) 演算装置
  - ロジック                    TTL-IC
  - 演算方式                    スタート・プログラム方式
  - 2進並列、負数はこの補数表示
  - 固定小数点方式
  - 単一アドレス
  - 直接アドレス、間接アドレス、相対アドレス
- (d) 外部割込                    あ り
- (e) 内部 "                        あ り
- (f) 異常検出
  - 電源異常                    あ り
  - メモリバリエイ                あ り
  - インストラクションバリエイ    あ り
  - ウォッチドックタイマ            あ り
  - 機内温度上昇                    あ り
- (g) 実時間時計                    あ り

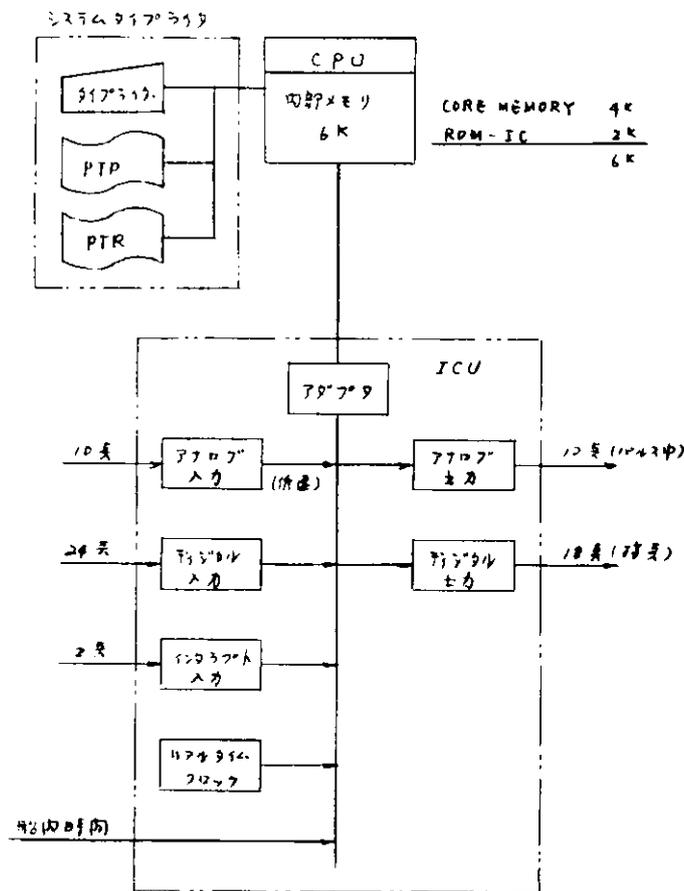


図 4.7.4 船位保持制御システムコンピュータ H/W 構成図

(2) プロセス入出力装置 (Process - I/O) の

要目

- (a) プロセス入出力制御装置                    1 式
- (b) アナログ-デジタル変換器 (積分形) 20~50点/秒                    1 式
- (c) プロセス入出力点数
  - アナログ入力                    10点
  - アナログ出力                    12点
  - デジタル入力                    24点
  - デジタル出力                    18点
  - インタラプト入力                2点
- (d) オペレーティングコンソール                1式
  - プログラム起動PB                1
  - " 停止 "                    1
  - プログラム状態表示ランプ        4
  - アラーム表示ランプ                13
- (e) プロセス割込 (In-hibitable)
  - 1. 船内時間変化信号
  - 2. D/I 数値 Ready 信号
- (f) システムタイプライタ制御装置                1 式
  - 入出力タイプライタ

ペーパーリーダー(低速)

ペーパーパンチ( )

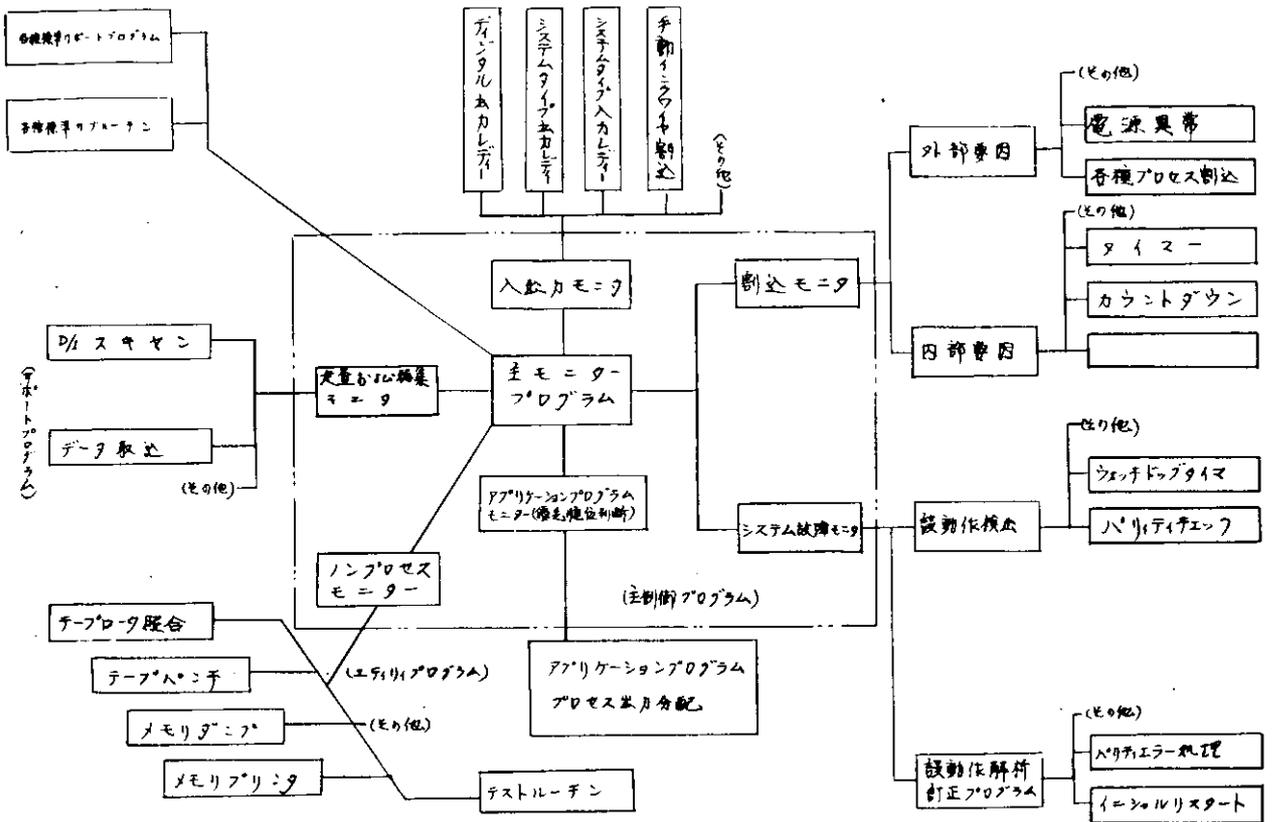


図 4.7.5 船位保持コンピュータ制御オペレーティングシステム・ブロック図

#### 4.8 機関部各種操作制御システム

##### 4.8.1 システムの概要

本システムは、異常監視システムの結果からプラントの操作機構に指令を与えたり、直接コンソールの上の押ボタンによりシーケンシャルな操作を行なわせるもので乗組員の低減に直接つながるものである。

##### (1) ソフトの説明

##### (a) ディーゼル・プラント・スタンバイ・シーケンス制御

本制御は、在来船において主機起動前に船橋よりスタンバイ準備指令が出された時に機関室内で行なわれるスタンバイ準備作業を、集中制御室内の押ボタンによりシーケンシャルに行なわせるもので、大略図 4.8.1 に示すフローとなる。

##### (b) ディーゼル・プラント・フィニッシュド・ウイズ・エンジン制御

集中制御室コンソールに設けられた押ボタンによりスタートし、各種ポンプ類を停止させ、弁の開閉等、必要な操作をシーケンシャルに行ない、推進プラントを停止状態にする。

##### (c) 発電機並列運転制御

各種補機の起動割込みが入ると、その補機の自動発停装置が ON になるときの瞬時電圧降下および全電格消費電力を計算し、過負荷になる可

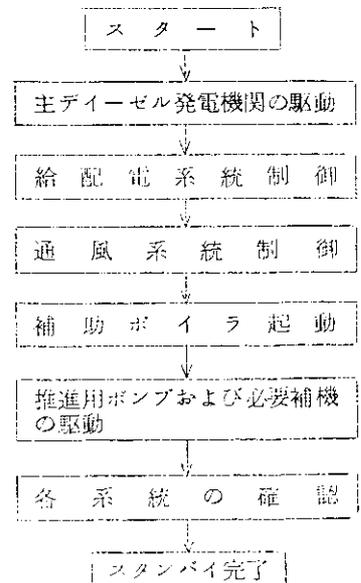
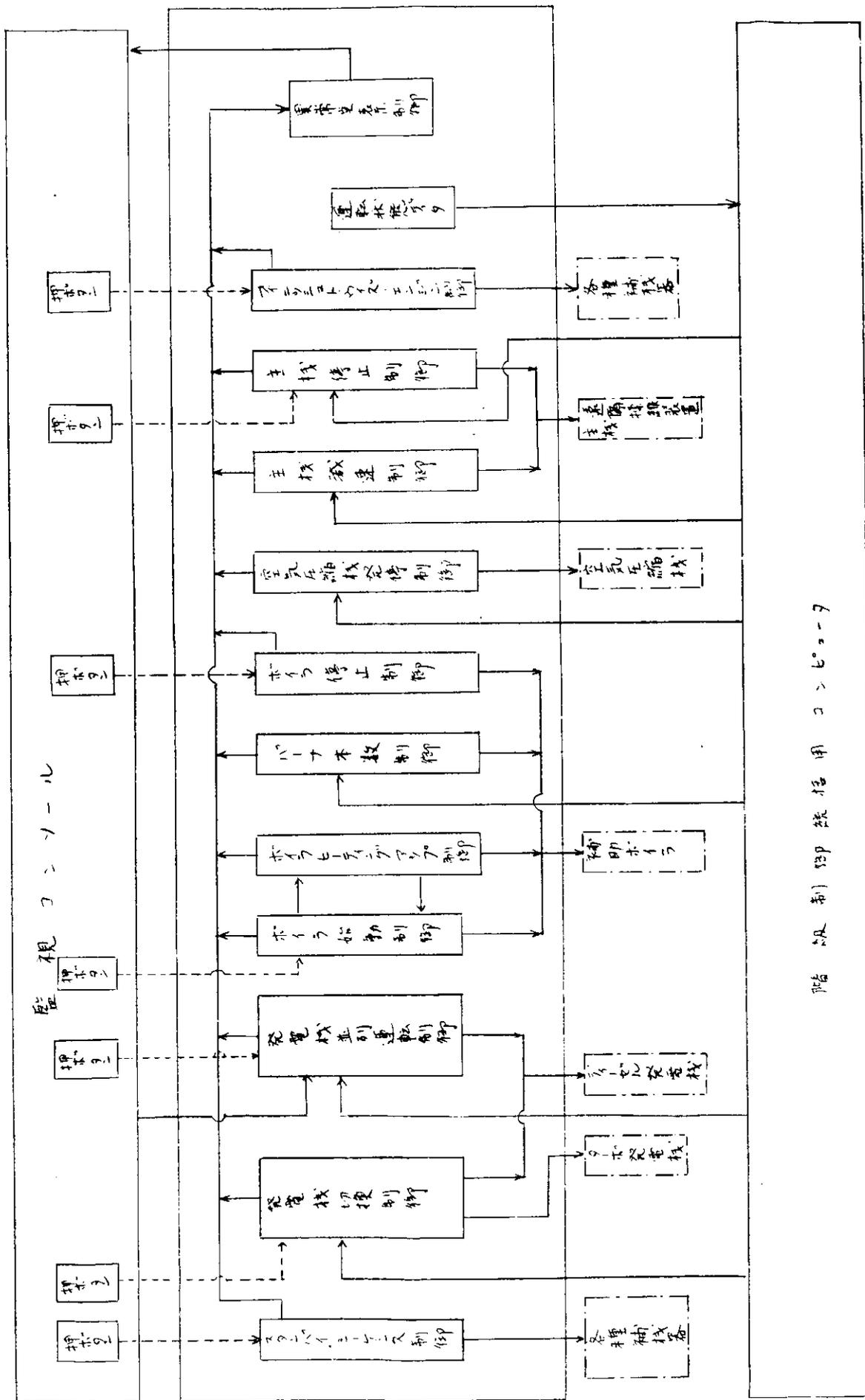


図 4.8.1





機内各種操作用コンソール

階級制御系統用コンソール

図 4.8.3 機関部各種操作システム構成図

連続最大出力	3 5,0 0 0 B P S × 1 0 5 R P M	
常用出力	3 1,5 0 0 B P S × 1 0 1 R P M	
軸 系	1 軸方式	
発 電 機		
ターボ発電機	横型多段蒸気タービン駆動	
	9 0 0 K W	1 台
ディーゼル主発電機	単動4サイクル・ディーゼル駆動	
	1,5 0 0 K W	2 台
補助ボイラ		
型式および台数	2 胴水管自然循環式	1 台
蒸 気 条 件	2 2.5 ata飽和	
蒸 発 量	8 0,0 0 0 K g / h	
排ガスエコノマイザ		
型式および台数	典管式過熱形	
蒸 気 条 件	8.5 / 6.5 K g / c m <sup>2</sup> 飽和 / 2 7 0 ℃	
蒸 発 量	9,0 0 0 / 6,5 0 0 K g / h	

(3) 機関部各種操作システムの入出力概要

a) 入 力 ( D / I )

プロセス入力	2 5 0 点
スタートプログラム名および船内時間 ( 1 2 ビット )	1 2 点
始動、停止補機名称 ( 1 2 ビット )	3 6 点

b) 出 力 ( D / O )

プロセス出力	3 0 0 点
主補機運転状態 ( 1 2 ビット )	1 2 点 ( 階級制御統括用コンピュータへ )
プログラム運転状態 ( 1 2 ビット )	1 2 点 ( " )

c) インタラプト

押ボタンによるプログラムスタート、再スタート指令	2 点
階級制御統括用コンピュータからのプログラムスタート指令および船内時間変化信号	1 点
補機始動、停止信号	3 点
主補機運転状態変化 Ready 信号	1 点

4.8.2 コンピュータシステム

(1) 中央演算処理装置 ( C P U ) の要目

a) 内部メモリ

イ) 主メモリ

メモリの種類	磁気フエライトコア
語 長	1 2 ビット + パリティ
容 量	4 K 語

ロ) 読出専用メモリ ( R O M )

メモリの種類	R O M - I C
--------	-------------

語長	12ビット
容量	8種類

b) 外部メモリ

c) 演算装置

ロジック	TTL-IC
演算方式	ストアード、プログラム方式、2進並列、負数は2の補数表示、固定小数点方式

命令方式	単一アドレス
番地方式	直接アドレス、間接アドレス、相対アドレス

d) 外部割込

あり

e) 内部割込

あり

i) 異常検出

電源異常	あり
メモリアバリティ	"
インストラクションバリティ	"
ウォッチ・ドックタイム	"
機内温度上昇	"

g) 実時間時計

あり

(2) プロセス入出力装置 (Process-I/O) の要目

a) プロセス入出力制御装置

1式

b) プロセス入出力点数

デジタル入力	298点
デジタル出力	324点
インタラプト入力	8点

c) オペレーティングコンソール

プログラム起動PB	7
プログラム再起動PB	5
プログラム状態表示ランプ	10
アラーム表示ランプ	10

d) システムタイプライタ制御装置

1式

入出力タイプライタ	1
ペーパーブリーダー (低速)	1
ペーパーパンチ ( " )	1

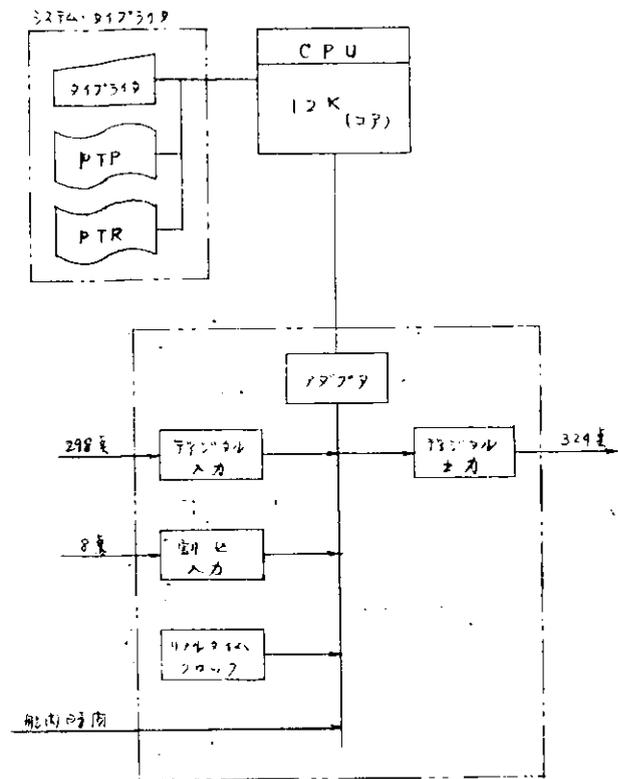


図 4.8.4 機関部各種操作システムハードウェア構成図

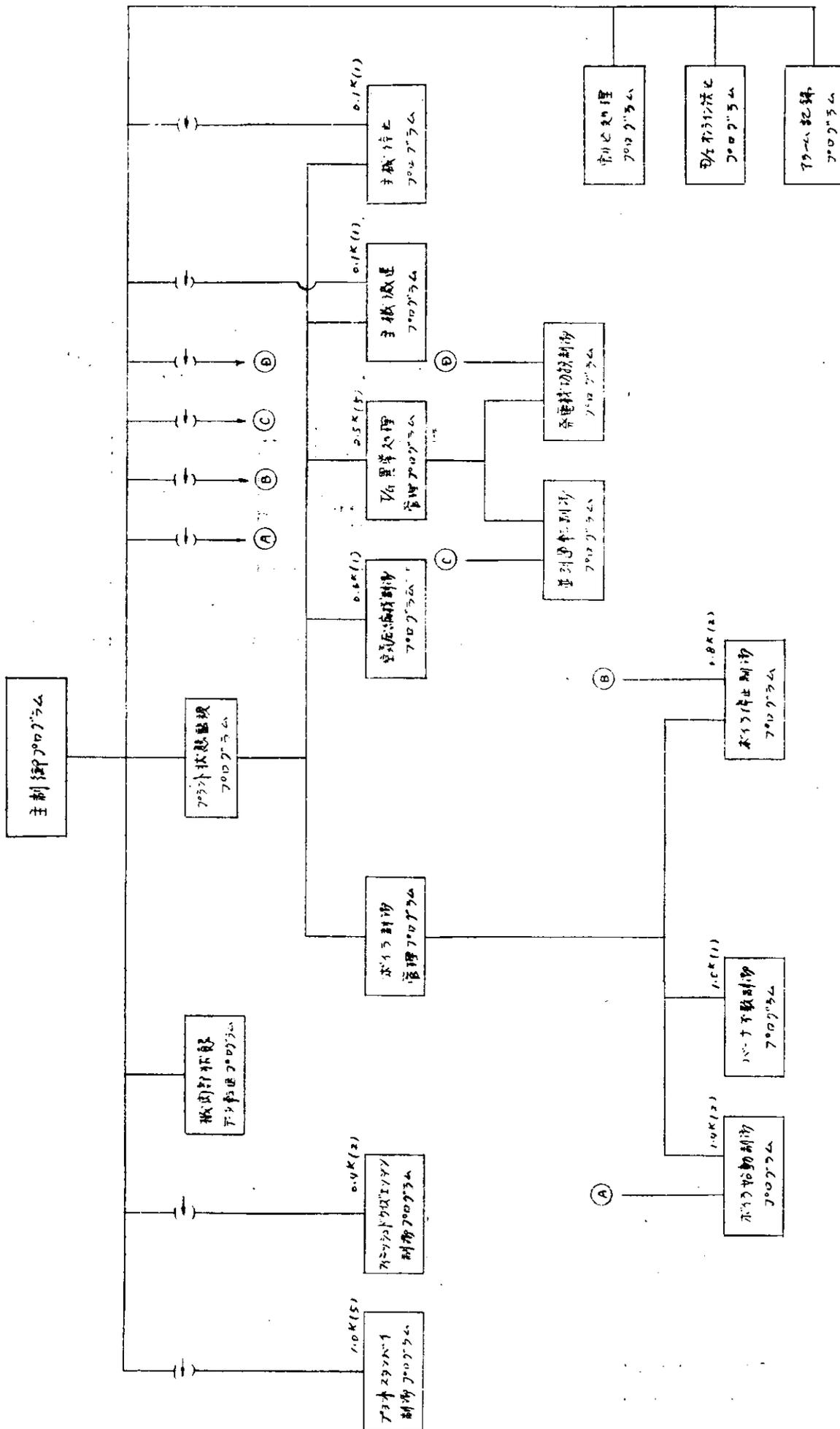


図 4.8.5 機関部各種操作システム・ソフトウェア関連図

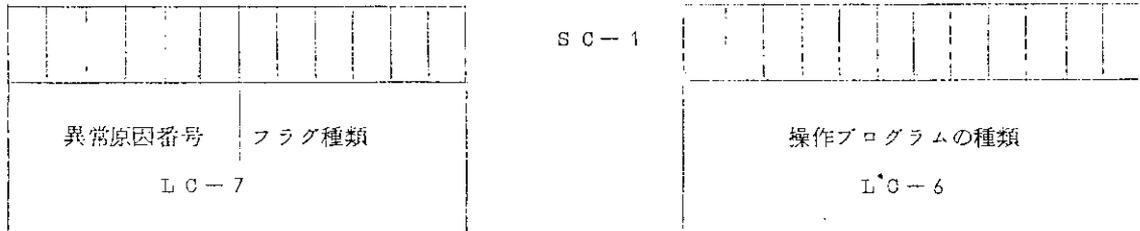


(3) 情報転送の仕方

a) 操作プログラム各受信

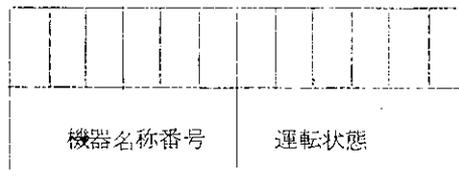
異常診断システムにより出た異常信号のフラグは、操作プログラムを動かす為に、割込みをかけ機関部各種操作  
用コンピュータ (L C - 6) に送り込まれる。

機関部監視制御用コンピュータ (L C - 7) では異常原因番号 + フラグの種類という形で転送されるが、階級制  
御統括用コンピュータ (S C - 1) 内部で、操作プログラムの種類に変換されてL C - 6 に送り込まれる。



b) 運転状態転送

L C - 7 で行なわれる監視システムにおいて監視の項目を決めるのに、運転状態が必要とされる。L C - 6 で検  
知した運転状態を運転状態が変化する毎に、割込みを起しS C - 1 を通してL C - 7 へ転送する。



c) 船内時間受信

S C - 1 より時間が変わる毎に (分単位)、割込みが生じ、12 Bit にて受信する。



操作プログラム各受信と船内時間受信とは、同一インタラプトとし、その区別はロビットのデータの符号 (0 か  
1) により判断する。

(4) Back up の考慮

本システムにおいて、コンピュータ自体にあまり負担をかけない為に、又コンピュータが故障した時の Back up  
として、少なくとも下記の自動制御項目はコンピュータとは別に採用する。

(a) 主機関係

(イ) 主機械遠隔操縦装置

(ロ) 危急停止装置

潤滑油圧力低下、シリンダ油圧ノンフロー、ピストン冷却油ノンフロー、過速度等により主機を危急停止させ  
る。

(ハ) 非常減速装置

排ガス出口温度上昇、ジャケット冷却水入口圧力低下、クランクケースオイルミスト上昇、掃気室内温度上昇  
等により主機を非常減速させる。

(ニ) 自動温度調整

空気式温度調整弁により、潤滑油主機入口温度、ジャケット冷却清水出口温度、燃料弁冷却油主機入口温度、

主機入口燃料温度の制御を行なう。

- (a) 主要ポンプのスタンバイへの自動切換（無電圧方式）
- (b) シリンダ注油器の自動補給
- (c) 差油系統への自動注油
- (d) ディーゼル発電機関係
  - (1) 危急停止装置
    - 機関保護のため、つぎの原因により停止させる。
      - 軸受潤滑油圧力
      - 過速度
    - (2) 自動温度調整
      - 空気式温度調整弁により、潤滑油入口温度、冷却清水入口温度の制御を行なう。
    - (3) 差油系統への自動注油
    - (4) 補助潤滑油ポンプのタイマによる間欠運転（機関停止時）
  - (e) ターボ発電機
    - (1) 潤滑油圧力低下による補助潤滑油ポンプの自動起動
    - (2) 空気式温度調整弁により潤滑油入口温度の自動制御
  - (f) 補助ボイラ
    - (1) 自動燃焼装置
    - (2) 給水加減装置
    - (3) ボイラの自動バーナ制御装置
  - (g) 主要ポンプのスタンバイへの自動切替（無電圧方式）
  - (h) 機関部の集中監視装置
  - (i) エンジンテレグラフロガー
  - (j) 発電機関の自動遠隔起動装置
  - (k) 発電機の自動同期投入装置
  - (l) 発電機の自動負荷分担装置
  - (m) 圧縮空気供給系統の自動制御装置

## 4.9 機関部監視制御システム

### 4.9.1 システムの概要

#### (1) システムの構成

本システムは、人に代つてプラントを監視し、プラントの性能維持のために必要とする情報を即応性のある形で乗組員に渡し、あるいはこれに基づいてプラントを制御する為他のコンピュータで作動するプラント制御の為の指令を与えるものである。

システム構成図は図4.1のごとくになる。

コンピュータによる監視は、スキヤニング方式により行なうものとし、スキヤニング間隔は項目により6秒、あるいは5分とし、原則として前者は圧力関係、後者は温度関係とする。またスキヤニング項目はつぎのもグループに分類し、各グループに対しては、そのグループが作動していない場合には、スキヤニングをバイパスさせるレスト回路を設ける。

(a) 主機グループ

検出項目の異常診断は、つぎの4つの方法によつて行なうものとする。なお、定常時、出入港時あるいは荒天時等主機の状態変化により検出値が変動するものは、設定値をそれらの区別をつけて変更するものとする。

- (イ) 定数値との単純比較によるもの
- (ロ) 各シリンダの平均値との比較によるもの
- (ハ) 温度上昇値に対して比較するもの
- (ニ) その他異常診断

(i) 主軸回転数、燃料ポンプマーク

変動状況のチェックを行なう。

(ii) シリンダ内圧

クランク角度2°毎にシリンダ内圧を計測し、最高圧力、圧縮圧力を求める。

以上検出項目のうちで、主機に損傷を与えるものについては、異常検出後、機関部各種操作用コンピュータ(LC-6)へ主機の危急減速指令を出し減速させ、その他の項目は必要なものについては診断を行ない、その結果を警報する。

(b) ターボ発電機グループ

設定値との単純比較のみによつて監視を行ない、検出項目はつぎの3種類に分類する。

- (イ) 異常発生がタービンの損傷につながる可能性のあるもので異常が検知された場合にはLC-6によりディーゼル発電機を起動のうえ、ターボ発電機を停止させる項目
- (ロ) 異常発生が発電機の過負荷または駆動蒸気の不足によるもので、異常が検知された場合にはLC-6により並列運転を行なう項目
- (ハ) 単に運転保守上の注意を喚起する程度の項目

(c) ディーゼル発電機グループ

設定値との単純比較のみによつて監視を行ない警報するが、異常検知後の処理動作は行なわない。

(d) 補助ボイラグループ

本グループは、設定値との単純比較のみによつて行ない警報を発する。

(e) 一般監視グループ

圧縮空気、復水系統等の監視を設定値との単純比較によつて行ない警報を発する。

(2) ソフトの説明

(a) プログラムの構成

プログラムは大略、次のごとき構成をもっている。

(i) Main グループ

○ Main 0

コールドスタートによつて、補助メモリより、基準値、計算式の係数等のファイルを読み込む。すなわちシステムのイニシャライズを行なう。

○ Main 1.

圧力ピックアップ用の遠隔操作弁の開閉、およびcalibrationを行なう。

○ Main 2.

スキヤニング開始ボタンONによつてタイマ制御グループをスタートさせる。

○ Main 3.

機関状態の定常、非定常の判断を行ない、異常検知範囲を定める。ロギングデータの転送も行なう。

(ロ) タイマグループ (CNTL、CNTH、CNTC)

データ読み込み等、周期的に実行されるプログラムに、実行指示を与える。

(ハ) データ処理 (LSTD)

185点のアナログ量を読み込み物理量に変換し誘導量を算出する。基準値の計算も行なう。

(ニ) 異常検出 (Detec)

LSTDで算出された実測値と、基準値を比較し、もし異常があれば該当個所にフラグをたてる。

(ホ) 診断 (Diagn)

数個の異常の組合せを分析して異常原因に対応してフラグをたてる。

(ヘ) 表示グループ

DETEC、DIAGNによつてフラグをたてられた項目について、タイプライタメッセージ、表示灯、ブザー等の出力指令を行なう。異常原因によつては、危急減速、危急停止等の処置指令をリモコングループに渡す為、階級制御統括用コンピュータ (SC-1) へ情報を送る。

(ト) キーボード会話システム (KCS)

任意の時点において、基準値、係数、入力データの表示およびその変更をキーボード・タイプライタを用いて行なう。

(チ) 転送データファイルシステム

SC-1にて処理する定時ロギング、性能変化情報、ヌーンレポートの為のデータを指定された時間ごとにファイルしておき、必要時にSC-1へ転送する。

(b) 異常検知の概要

プラント異常個所および原因の検知はまず、プラントに存在する異常を検出し、次にその状況を診断するという過程を経て行なわれるので、これに対応して電算機ソフトウェアも異常検出 (DETEC) と診断 (DIAGN) に分解して設計する。すなわち、プラントデータのスキヤニングごとに実行されるデータ処理 (LSTD) が終つた時点で、そこで算出された実測値と基準値とを検出項目ごとに比較することによつて、もし異常があれば、その程度を判別し、これに応じたフラグ (flag) をたてる。これがプログラムDETECの行なう主要な処理である。

次にコントロールがプログラムDIAGNに移り、ここではDETECが出したフラグの組み合わせを分析し、これによつて異常の原因が確定し、コントロールを表示グループに渡す。しかしながら、もしDETECの出すフラグ内容が検知しようとする異常と、1対1に対応しているならば上記のDIAGNの手続きを経なくても診断が行なわれたのと等価であるから、このような対象に対しては、DIAGNをバイパスしてDETECから直接、表示グループにコントロールを渡しても差し支えない。

プラントデータには、その値がプラントの運転状態によつて大きく左右される量が多く、これらの中には運転状態の設定の変化に対応して十分早い速度で追従し得ない量もあるので運転状態の変更を考慮した上で異常検知システムが適切な動作を行なうよう、ソフトウェアの設計がなされる必要がある。それゆえプラントの運転状態と異常検知範囲を明確化するために、次の区分を設けた。

(定常運転)

プロペラ法線上の一定回転数で一定時間以上運転されている場合を定常運転と称し他の状態と区分する。これは通常航海時に対応する状態である。

(非定常運転)

定常運転以外の状態で運転されている場合であつて、例えば負荷変更直後であるとか、プロペラ法線からかけ離れた力率で運転されている状態がこれにあたる。この場合機界の諸量は非常に複雑な定まり方をすることが考えられるので直接事故につながる危険性のある異常を検出するにとどめる。

異常を検出するために、検出項目ごとに設けた基準値は検出項目に応じて大きく次のごとく分類される。

- 機関出力ベースに算出される量
- 掃気圧力をベースに算出される量
- 機関出力に依存しない量

また異常の程度を判別するための偏差基準値については、次のケースがあり得る。

- 実測値の上下限チェックが必要である量
- 実測値と基準値とのへだたりをチェックすべき量

さらに、これらのおおのに対して上限のみ、あるいは下限のみチェックすればよい量があり、以上の組み合わせを図式的に表わすと図 4.9.1 のごとくなる。異常検出 (DETEC) におけるフラグをたてる操作とは、各検出項目について、実測値の基準値と偏差基準値とによつて分けられた領域のどこに属するかを、-2、-1、0、+1、+2 等の記号によつてコア内のある定められたロケーション (Inskel common) 記憶させることである。

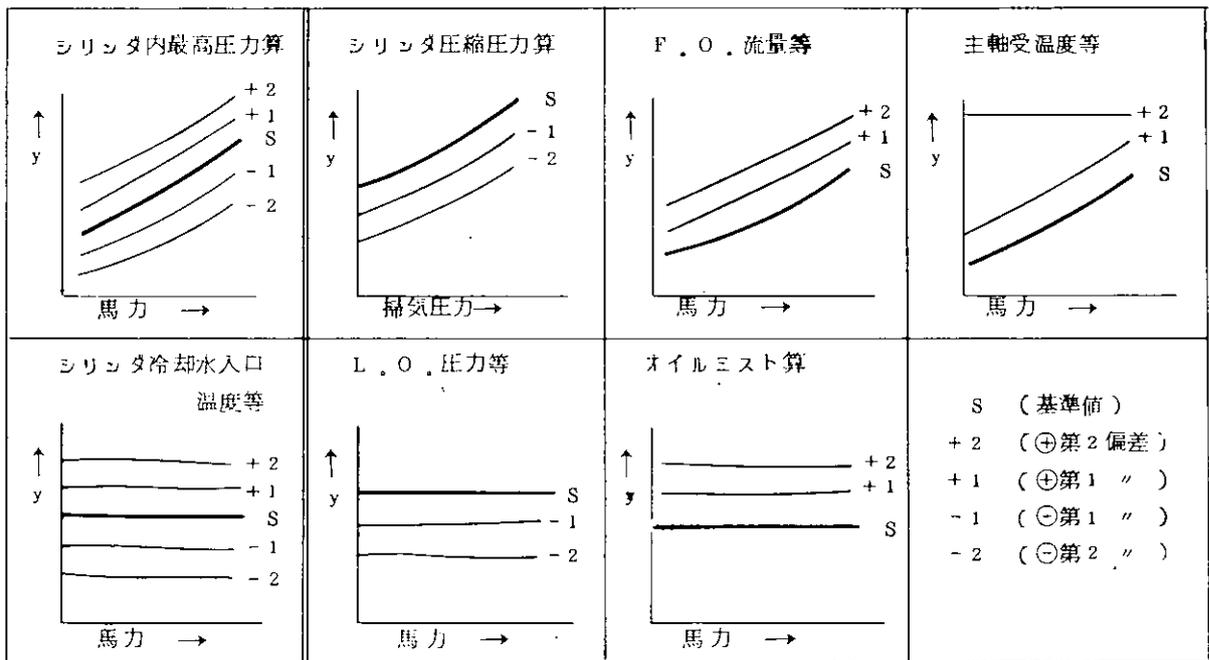


図 4.9.1 基準値および偏差基準値の形式の分類

(3) 機関部監視システムの入出力概要

a) 入力 (A/I 低速)

- 5分周期スキャンング 100
- 6秒周期スキャンング 85

b) 入力 (A/I 高速)

- シリンダ内圧力 9

c) 入力 (D/O)

- スキャンング 14点
- 主補機運転状態および給内時間 (12ビット) 12点

d) 出力 (D/O)

- 警報信号 100点
- フラグ転送 (12ビット) 12点
- 性能変化情報転送 (12ビット) 12点

定時記録転送およびスーンリポートデータ転送 ( 12ビット ) 12点

e) インタラプト

- 性能変緩情報送指令 1点
- 定時記録転送指令およびスーンリポートデータ転送指令 1点
- 押ボタンによりプログラムスタート指令 1点
- データ読み込み指令 1点
- データ転送 Ready 信号 1点
- 船内時間変化および主補機運転状態変化信号 1点

4.9.2 コンピュータシステム

(1) 中央演算処理装置 ( CPU ) の要目

a) 内部メモリ

イ) 主メモリの種類

メモリの種類	磁気フエライトコア
語長	12ビット+パリティ
容量	8K語

ロ) 読出専用メモリ ( ROM )

メモリの種類	ROM-IC
語長	12ビット+パリティ
容量	4K語

b) 外部メモリ

なし

c) 演算装置

ロジック	TTL-IC
演算方式	ストアード、プログラム方式 2進並列、負数はこの補数表示 固定小数点方式
命令方式	単一アドレス
番地方式	直接アドレス・間接アドレス・相対 アドレス

d) 外部割込

あり

e) 内部 "

あり

f) 異常検出電源異常

あり

メモリーパリティ	あり
インストラクションパリティ	"
ウォンチドックタイム	"
機内温度上昇	"
g) 実時間時計	"

(2) プロセス入出力装置 ( Process-I/O ) の要目

a) プロセス入出力制御装置

一式

b) プロセス入出力点数

アナログ入力

194点

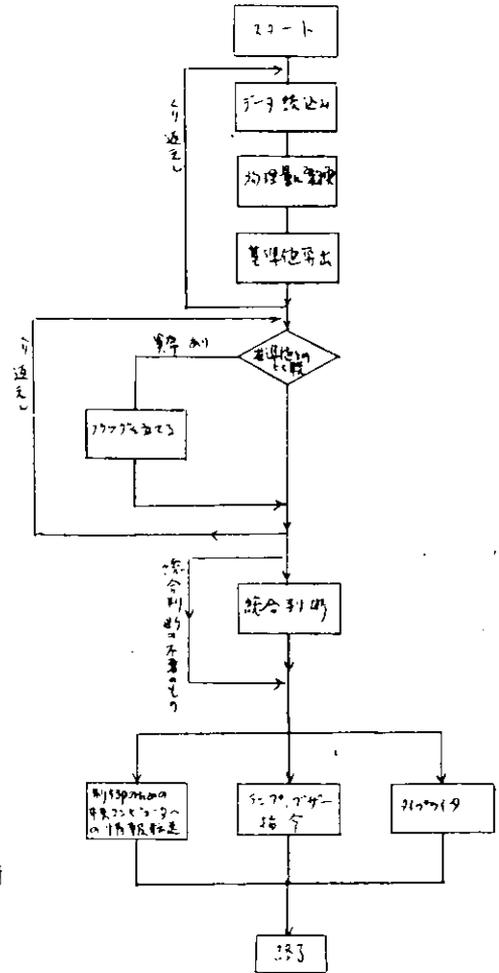


図 4.9.2 機関部監視制御フローチャート

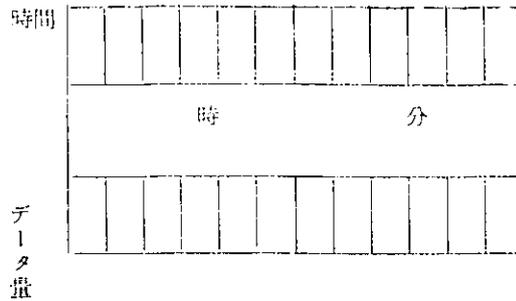






め、監視システムによつて得られた関連データを記憶装置に記憶しておき、適宜判定に用いる。

LC-7に記憶されたデータはある一定量になるとSC-1へ割込みをかけ、全データをSC-1へ転送する。一方性能変化情報データプロットの時点になつたら、SC-1より割込みがかかり、LC-7に残つているデータをすべてSC-1へ送り込む。情報の内容は、データ量および時間でそれぞれ12ビットにて転送する。



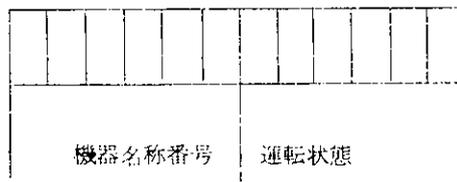
c) 定時記録、ヌーンリポートデータ転送

転送方法は、性能変化情報転送と同様に行なり。

d) 運転状態の受信

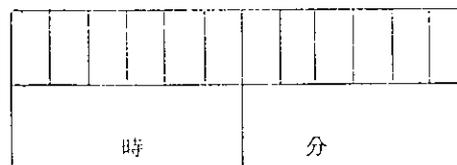
スキヤニングする場合、その項目を決定するには、機器の運転状態が必要になる。

運転状態に変化があつた場合SC-1より割込みがかかり、機器番号と運転状態が12ビットで受信される。



e) 船内時間・受信

SC-1より時間が変わる毎に(分単位)、割込みが生じ12bitにて送り込まれる。



運転状態受信と船内時間受信とは、同一インタラプトとし、その区別は、12ビットのデータの符号(0か1)により判別する。

## 5. 集中型と分散型コンピュータ制御システムの比較

### 5.1 はじめに

第1～2世代のコンピュータが制御システムに導入され始めたころの初期の段階に於いては、コンピュータのハードウェアのイニシャルコストが可成り高くなることもあつて、システムのコストパフォーマンスをよくするために、ある程度以上の大規模なプラントに於いて、1台のコンピュータに多様な仕事をさせ、コンピュータのハードウェアを遊ばせることなしに運転させる様な計画が可能でない限り、コンピュータ制御システムに投資するメリットがないと考えられていた。

しかしながら、いまやコンピュータのハードウェア技術はICの実用化とともに、いわゆる第3世代の全盛期を迎え、信頼性とその性能は飛躍的に上昇し、コンピュータのハードウェアのコストも時代とともに急激に減少してきている。

また極く最近になつて、さらに第4世代(LSIおよび高速化メモリを使用した)と呼ばれる新しいコンピュータの姿も次方に明らかになつてきつつあり、それに伴ない高信頼度、高性能、低価格のコンピュータがぞくぞく生まれつつある。

またコンピュータのハードウェアの技術進歩に伴なりソフトウェアシステムの発展にも著しい進歩がみられる様になつてきた。

これらコンピュータハードウェアとその利用技術の発展は、コンピュータ制御に対するシステムエンジニアリングの考え方についてもすくなく影響を及ぼし、本委員会で検討している。

集中型-分散型コンピュータ制御方式の他にもいろいろな方法が考えられ始めている。

前章までに船舶全体を一つのトータルシステムとしてとらえ、この大規模なシステムに二つの異なる構成方式(集中型と分散型)のコンピュータ制御システムを導入し、簡単なシステム設計を行なつたが、本章ではこれら二つの異なる構成方式についてその長短の比較を行なうとともに、将来動向等の予測を簡単に行なつてみた。

この二つの構成方式の比較検討はいろいろな面から行なうことが可能であるが本章に於いては主として下記項目について重点的にその検討を行なつた。

- 1) コスト
- 2) システムの信頼性
- 3) バックアップの必要性
- 4) 作業の容易さ
- 5) システムの汎用性
- 6) 制御に対する適応性

### 5.2 コスト

1960年の末にミニコンピュータの人氣がこつ然として現れたがそれが社会に受け入れられた要素の一つは、他に種々の要素があつたにはせよ、“一万ドルコンピュータ”という強烈なセールスポイントであつた。さらに最近では“5千ドルコンピュータ”も実際に現れて来ている。

これによつて、今まで“コンピュータは高価で使いにくい”という世間常識が打ち破られすでに多数のミニコンピュータが制御システムにも適用され、着実に普及して来ているのが現状である。

今回のコンピュータ制御システムの試設計作業に於いては、分散型については国内外のコンピュータメーカー数社のミニコンピュータと呼ばれる市販モデルを選んでコスト把握を行ない、また集中型については小型または中型コンピュータの市販モデルを選んでコスト把握を行ない両構成方式の比較検討を行なつた。

その結果、今回計画した船舶のトータルシステムはコンピュータ制御を適用する場合は、必要とする制御機能を1台の中型コンピュータに全て委ねる集中型システムのイニシャルコストと比較して、トータルシステムをいくつかのサブシステムに分割し、各サブシステムをミニコンピュータの制御に委ねる分散型システムのイニシャルコスト(コンピュータの

ハードウェアおよびプロセスI/O関係を含む)は約2倍弱という結果が得られ、現在の段階では必ずしも複数台のミニコンピュータを利用した分散型システムは中型のコンピュータ1台を利用した集中型システムに比較して安いものではないという事が判明した。

現段階で何故分散型システムの方が集中型システムに比較してコスト高になるかを短的に検討してみると、大別して次の様な3つの理由が考えられる。

- 1) ミニコンピュータは最近出現したばかりでまだその開発途上にあり完全に完成された姿にはなつておらず、或る程度改良されつくし、完成の域にあるプロトタイプの中型コンピュータと比較した場合、ミニコンピュータのハードウェアはやや割高かなコストとなつているきらいがある。
- 2) 各サブシステムに分割し、ミニコンピュータを使用して独立に制御させたために、集中型システムの場合は1台のコンピュータで行なつていた、いわゆる一家の主としての機能およびハードウェアを各ミニコンに重複して所有させることになつている。
- 3) 一般に市販されているミニコンピュータをそのままの姿で使用したがそれらのコンピュータはいわゆるCPU部分は或る程度ミニコンピュータに徹した設計思想でまとめられているが、プロセスI/O関係については汎用コンピュータという性格もあつてか、CPUの規模、価格と比較してアンバランスになつているものが多く、これを一家の主として独立したシステムにそのまま適用する場合割高となる。

しかしながら第一項の理由について考えてみると、この集中型と分散型システムのコスト比較を今から数年前の時点にさかのぼつて行なつたと仮定するとその比率は約3倍弱、という結果が得られ、またさらにミニコンピュータに於けるMSIの採用による小型軽量化によるコストダウン、需要の拡大と量産効果によるコストダウンの可能性を考慮に入れれば今後その価格差もだんだん縮まつて行く傾向にあると考えられる。

次に第2項について考えると、一つのシステムをサブシステム化して、その各々にある程度の主権を持たせる場合、どうしてもハードウェアの重複部分は避けられないことであり、この点については各サブシステムの簡素化(ぜい肉をとる)とか、重複部分の限定共用化とかで出来る限りの重複化をさけることを考える必要がある。

第3項については今後の最も大きな問題点であると考えられる。通常ミニコンピュータは基本構成(CPU+主メモリ4K語+システムタイプライタ)だけのコストで5千~1万ドルということと市販されているが、このミニコンピュータを大型コンピュータの端末機器としてではなく、一応独立した一家の主としての機能をもたせ、独立した仕事を行なわせる場合のコンピュータ制御システムのコストはシステムの大きさにもよるが、通常基本機能のコストの3~20倍と可成りの大きさのものとなり、その倍率にもかなりの巾がでてくる。

基本構成価格のコストダウンはメーカーの努力によつて大いに期待できるが、一方この基本構成価格に対するシステムコストの倍率を如何に低くおさえるかは、各アプリケーションにふさわしい、適切なコンピュータモデルを選定し、適正な姿で利用できるかというユーザーの利用技術の如何に左右される事が大きいということ忘れてはならない。

ミニコンピュータのメーカーが各アプリケーションシステムにマッチングできる柔軟性に富んだハードウェアシステムおよびオペレーティングシステムをバリエーションとして供給するのが好ましいが、ミニコンピュータの出現が新しいものであるだけに、その用途はまだ確定しておらず、拡大の一途をたどつており、コンピュータの台数が多量になればなるほどいちいちコンピュータメーカーがエンドユーザーのアプリケーションにまで立ち入つて面倒を見るというわけには行かない。

今後の方向としては、まず汎用性のあるアプリケーションについてはいわゆるOEMがユーザーとメーカーとの中間に存在し、メーカーからCPUを購入し、自社の得意とするところの他の製品と組合せて一つの汎用アプリケーションシステムとして開発し、ミニコンのパッケージドシステムとして量販し、コストを下げることを期待してよいのではなからうか。

またユーザーオリエントの性格が強いアプリケーションについてはユーザーがメーカーからCPU等の基本ハードウェアと基本ソフトウェアを購入し、或る程度はOEM的な考えも持つて、コンピュータメーカーと協同してアプリケー

ションシステムにマッチした最適の割安なコンピュータ制御システムを組み上げ、シンクロ並みにミニコンピュータを使いこなして行く実力をそなえることも必要と考えられる。

### 5.3 システムの信頼性

一般的にシステムの各構成部品の信頼性を同一と仮定した場合システムを構成する部品数が多くなると部品数に反比例して増大する。

集中型と分散型コンピュータ制御システムの各部品数を比較した場合トータルシステムとしてとらえた部品数は、先に述べた様に重複部分が多いだけに分散型システムの方がはるかに多くなり、集中型に比して分散型の方が故障率（故障ひん度）は大きくなり、この点からのみ眺めれば信頼性も一見して低下する様に見えるが、一つの部品の故障がトータルシステムまたは他のサブシステムに及ぼす影響度も含めて考える時は分散型の方が集中型システムに比較して、はるかに高い信頼性を有することになる。すなわち分散型の場合は各サブシステムが（ $n$ 個のサブシステムに分割されていると仮定）完全に独立していると仮定すると一つのサブシステムに於いておきた部品の故障が他のサブシステムに及ぼす影響はほとんど皆無であり、またその事故がコンピュータダウンに直ちにつながる様な致命的なものであつてもその影響は当該サブシステムのダウンに通ずるのみで、トータルシステムに及ぼす影響度も $1/n$ 以下となる。

一方集中型の場合は一つの部品の故障が起きた場合には、多少とも他のサブシステムに影響を及ぼし、また致命的な故障の場合は、トータルシステムのダウンに直ちにつながる可能性も大きい。

### 5.4 バックアップの必要性

バックアップの方法も含めてコスト及びシステムの信頼性を考えれば、上記検討結果にも若干の修正を加える必要はあると思われるがコスト及びシステムの信頼性の検討に於いては比較を簡単にするためにバックアップについての考えは一応除外して論を進めた。

バックアップのやり方如何んではそのシステムの信頼性は大巾に変化し、またその方法によりイニシャルコストへのはねかえりも大きいものと考えられるが、一応ここではバックアップの必要性について個々に比較検討することにとどめた。

#### 1) 集中型の場合

コンピュータに故障が生じた場合のバックアップの必要性について考えてみると、先ず集中型コンピュータ制御システムの場合は、先にも述べた様に一つの構成部品の故障が及ぼす影響が直ちにトータルシステムのダウンに通じる可能性が大きい。故にこれに対するバックアップの考え方としては、このコンピュータシステムのダウンを極力さける様な“並列冗長”の考えをとり入れて重要部分のデュアル化をはかることが最も有効と考えられるが、これを完全に行なりとすればイニシャルコストが約2倍程度に増加することは避けられない。

またコンピュータシステムのダウンは止り得ずとし、“多重モード切換え”の考えをとり入れる場合には、そのほとんどの機能をコンピュータで制御されていたトータルシステムを乗組員の手でマニュアルコントロールする事はまず不可能なので、トータルシステムを限られた乗組員数でコントロールできるようにアナログ機器又はワイヤードロジックによる自動運転装置のバックアップ装置を考案しなければならないが、そのバックアップ範囲は可成り広範囲にわたるものが必要と考えられ、そのためのコストアップはイニシャルコストの50%前後におよぶものと思われる。

#### 2) 分散型の場合

一方分散型の場合は一つの部品の故障が及ぼす影響の範囲が一つのサブシステムにかぎられるため、異常がおこつた場合乗組員の手をそのサブシステムに集中することができる。故に多重モード切換えの考え方をとり入れ、必要なだけの自動運転のバックアップ装置を装備する場合でもその範囲は限られた部分のみでよく、また仕様のグレードを押える場合には、そのサブシステムを乗組員の手でマニュアルコントロールが可能な様に、簡単な手動のバックアップ装置を計画しておくだけでよく、バックアップ装置のためのコストアップはせいぜいイニシャルコストの10%内外ですむと考

えられる。

また分散型の場合は局部のシステムダウンが短い期間ゆめされる場合は、そのあいだに予備品等によつて故障修理等を行なえばぜんぜんバックアップ装置を必要としないようなケースも考ふる。

## 5.5 作業の容易さ

作業の容易さを考ふる場合、いろいろな面からみてその容易さを検討することが出来るが、今回の比較検討は大別してプログラミング(ソフトウェア)、メンテナンス、デバッキングの3つの面から作業の容易さを検討することにした。

### (1) プログラミング(ソフトウェア)の容易さ

集中型の場合は1台のコンピュータで多種多様のタスクを高速時分割処理することになるが、次の様な点に特に注意を払つてプログラミングを行なう必要がある。

#### イ) モニタプログラム(管理プログラム)の複雑性

1台のコンピュータで多種多様のタスクを高速時分割処理する必要があり、コアメモリ上のワーキングエリアの有効利用、各タスクの両分割統合各タスクの優先実行の決定、コアメモリと補助メモリ間のメモリ転送の効率化、各タスクの効率的な時分割実行、等を管理するモニタプログラム(管理プログラム)の複雑性はさげられず、このプログラムの設計の如何んが、集中型コンピュータ制御システムが成功したかどうかの評価の可成りの部分を占めることになる。

#### ロ) 各タスク間の相互干渉

集中型の場合は多種多様のタスクを高速でマルチタスクプロセッシングを行なつてゐるが、それをミクロ的に眺めれば、各タスクの持ち時間の問題、上位レベルのタスクの割込による実行中のタスクの中断、データサンプリング周期のずれとみ、さらには同時にランニングするタスクの事を考へ、或る程度の妥協、制限量も考へたプログラミング実施等、1台のコンピュータでも多数のタスクを実行する場合には或る程度お互いの干渉がおこることはどうしてもさげられずこれによる機能の制限、性能の低下等を最少限に留める様なソフト的な考へ、ハードによる機能のおきかえ等にも注意を払う必要がある。

#### ハ) フェイル・ソフト(Fail-Soft)的な考へ

1台のコンピュータでシステムの全ての制御を行なつてゐる関係上一つの故障発生がシステムダウンにつながる可能性が大きい。一応個々の故障発生はやむなしとした場合でも、その故障の影響を最少限にとどめることを目的としてフェイル・ソフト的な考へで各種障害処理を行なうソフトウェアを充分に組込んで故障対策をたてておく必要がある。

#### ニ) 広範な(特別な)ユティリティサブルーチンの必要性

一般にコンピュータメーカーから支給されるスタンダード・ユティリティがあるが、これは船舶のトータルシステムのコンピュータ制御に於ける様に1台のコンピュータに多種多様タスクを混在させて実行する様なシステムを対象として準備されているものではなく、一般的に各種システム共通な問題を処理する汎用的なものであり集中型システムの場合にはこれだけではものたりない。例えば非常に複雑な条件下で、どの様なふるまいをするかわからぬ、二度と全く同じ状態を再現できないプラント制御のテストを行なう場合、コンピュータがどの様な処理を行なつたかの情報は出来る丈多くシステムエンジニアに提供される必要があり調整、デバック中などには並行して走つてゐる各タスクの干渉状態とかプログラムシーケンスの進行具合等、動的な動きをコピーする様なユティリティなど、複雑なアプリケーションサイドからみれば、特別なユティリティプログラムがあれば便利であるという面もあり、これらは考へに入れたプログラミング作業は大変なものになつてくる。

次に分散型の場合についていえば、その問題点として考へられるものは、おほむね、分散型のコンピュータがほとんどミニコンピュータである事から起因するものが多く、下記の様な問題点が考へられる。

#### イ) ユーザーの利用技術レベル

中型コンピュータの場合、コンピュータメーカーが、コンピュータプロパーのハードウエアに始まり、プロセス I/O 関係、ソフトウェアのすべてにいたるまでいつさの面倒をみても考えられるが、ミニコンピュータの場合は、他のコンピュータの場合とは可成り事情が異なり、ハードウエア、ソフトウェア、とも最低限の機能をもつた汎用のをメーカーが支給するだけで、特にソフトウェアについていえば、基本的なソフトウェア(たとえば、ミニマムローダ、アセンブラ、I/O のテストプログラム、ベシックシステムプログラム)が用意されているだけで、その使用についてはユーザー側のアプリケーションエンジニアにまかせるという線がつよい。

それはミニコンピュータの設計思想が OEM ベースで、すべてアプリケーション・エンジニアに使用をまかせるという所にある。故にそのシステム設計の良否は或る程度ユーザーの利用技術のレベル如何んに左右されることが大きい。

#### ロ) 標準ソフトウェアの質量

逆に上記の件についていえば、ユーザー側から眺めれば標準ソフトウェアの不備という点が、メーカーが支給するソフトウェアについての問題点としてクローズアップされることはない。

ミニコンピュータに於いてはその規模が限られているため、物理的に種々のソフトウェア機能を要求するのは無理としても次の様な点についてはどこのメーカーのミニコンピュータについても基本的なソフトウェアの具備条件としてそなえられている事が好ましい。

- 操作が簡単でコーディングがやさしい事
- アセンブル作業が簡単なこと
- プログラムのデバックが簡単なこと
- 入出力操作およびプログラムのリンケージが容易なこと。
- メインテナンスが簡単なこと

すなわち特別な技術、テクニックを必要とせず誰れでもが気軽にプログラミングできるソフトウェア体系にできるだけ近づくことが好ましい。

#### ハ) 高級なソフトウェア機能の制限

ミニコンピュータでは経済的見地からその規模をできるだけ小さい範囲にとどめ、ハードウエア、ソフトウェアともできるだけぜい肉をとつたような姿で設計してあるので、中型コンピュータでは使用出来る様なソフトウェア上の高級テクニック等はそのまま使用することが出来ず、精度性能的に或る程度妥協した形でデータ処理を行なうべくユーザーが特別な考慮を払わなければならない。

### (2) 調整、デバッグの容易さ

船舶に於けるコンピュータ制御システムはその周囲条件が陸上諸プラントと異なっている。すなわちシステムが完工してしまつたらプラントそのものがメーカーの手がとどきにくい洋上乃至は外国航路へと遠くへ離れてしまうことであり故障が起きた場合メーカーによるサービスが簡単に受けにくく、また部品の供給もままならないという特殊条件下にあるため、建造中に於けるシステムの調整およびデバッグには特に注意を払い、完工前にすべての調整、デバッグを行なつておく必要がある。

この環境条件をベースに集中型および分散型システムについて調整、デバッグの容易さを検討してみる。

#### イ) デバッグ手順

集中型の場合はトータルシステム中に含まれる各サブシステム毎の単体の調整デバッグを行なうだけでは完全なものといえず、総合調整によつて、各タスク間の相互干渉、(動作レベル、割込レベル、レスポンス速度、待ち行列、メモリオーバーレイ等)をチェックしながらトータルシステムとしての調整、デバッグを行ない、さらにこれをフィードバックした各サブシステムの調整、総合調整と数回の繰返しを行なう必要があり作業がはん雑となる。これに比し

て分散型の場合は、特に他のサブシステムの事を気にすることなしに当該サブシステムのみ調整デバッグを行なうだけでシステムの調整は完了し、作業は容易である。

#### ロ) 調整時のバッチ ( PATCH ) の管理

通常プログラム上の修正は、作業の途中においてひとまず部分修正を応急的にしておく ( このことを PATCH という ) 例が多いが、このバッチを行なつた事を忘れてしまうと他のシステムへの影響がでてくる。特に集中型の場合はシステムが大きいだけにこのバッチの管理を厳重にする必要がある。一個所でも、このバッチが管理外になるとシステムに及ぼす影響は大きく、あとになつて見つけ出すのに相当な苦勞を要することとなる。

#### ハ) 調整工程の厳守

集中型システムの場合に於いてもソフトウェア単体のデバッグ期間中は特に各サブシステムの作業の進捗度が問題になる事はすくないが、ハードウェアの船内据付、結線が終り、再現テストと現場機器との結合テストがすむとプログラムをロードしはじめてハードウェアとソフトウェアを含めた最終総合調整デバッグに入ることになるが、プラント側とのテストスケジュールの調整、模擬異常状態の発生方法など、かなり制限された環境のなかでのテストを強いられることとなる。

今までの不具合点のシワよせがすべてこの時点で集中されることになるので、特に1台のコンピュータを使用して調せいを行なう集中型の場合には、各サブシステムの工程の進捗度合の足並みがそろふ事が必要となり、各サブシステムについての調整時間の時分割、相互調整等には多大な努力を要することとなり、プロジェクトの進行状況の完全な把握が特に必要となる。これに対して分散型システムの場合は、トータルシステムの総合スケジュール内で、各サブシステムが自主的に責任をもつて調せい、デバッグを行なえば、他のシステムの工程進捗度をあまり気にすることなくシステムの調整が可能と考えられる。

### (3) メンテナンスの容易さ

メンテナンスの容易さという事はシステムの信頼性を確保するという面に於いて特に重要なことであり、この点についての両者の比較を行なつてみる。

#### イ) 定常メンテナンス

集中型の場合は1台のコンピュータが船舶の碇泊、船海中の如何人を問はず常に運転されており、それに対するメンテナンスの要領も各アプリケーションプログラムをオンラインで走らせながら極力コンピュータシステムを停止することがないよう、特に機械的部品の多い周辺機器類の整備に際しては注意を払う必要がある。また補助記憶装置のメンテナンスなど時間がかかり、ドック入り期間等の制限された期間中にそれが出来ないようなものについては常に余分のスペアを常置しておく事も考慮に入れる必要がある。

それに比して分散型の場合は各サブシステムのコンピュータの使用密度が低く、その休止期間中を利用して定常整備を充分に行なうことができ、特にオンラインでハードウェア等のチェックルーチン等を走らせる必要もない。

#### ロ) 故障修理

集中型の場合は重要な構成部品が故障した場合は全システムを停止させなくては其の修復が不可能な場合が多く不便である。

また多重モード切換え等のバックアップが考慮されている場合でも主記憶装置等がダウンした場合、あらかじめモジュールソフトを検討しておきそのダウンタイムを短かくする様な考慮は払つておかななくてはならない。

分散型の場合は故障したサブシステムのみを一時停止させ、修復する事が可能であり、またモジュールソフトなどの特別な考慮も払う必要はない。

#### ハ) プログラムの変更

船舶の完工、引渡し後、プログラムの改修、追加等を行なう事が考えられるが集中型の場合は他の制御プログラムをオンラインで走らせながら、オンラインエディタを使用してプログラム修正を行なう必要があり、メモ

り保護その他の保護対策を如何に万全にとつてあるとしてもオペレータのミスオペレーションによるミスは100%防止する事は不可能で、特にその操作に対して注意を要する。

## 5.6 システムの汎用性

コンピュータ制御システムを開発するためには、それが集中型システムであるにせよ分散型システムであるにせよ、そのソフトウェア開発には莫大な労力を必要とする。

このソフトウェアに費いやす労力が各プロジェクト毎に毎回続く様な事があつてはコンピュータ制御システムの今後の健全な発展を阻害することにもなりかねない。故に開発されたシステムはその後につづく類似システムに簡単に流用がきくような汎用性をもつことが好ましいこととなる。

、この点から集中型と分散型システムに於いて開発されたコンピュータ制御システムの汎用性について考えてみる。

先ず集中型システムの場合には他の類似システムにそつくりそのままの姿で適用出来る可能性は、現在の開発段階に於いては先ず考えられず、その中に含まれているサブシステムの適当な取捨選択、追加等が行なわれそれとともに特にモニタープログラムの改造はどうしてもさげられなくなつてくると考えられ、また各サブシステムにも多少とも修正を加える必要が出てくるものと思われる。

一方分散型の場合を考えると、他の類似システムがたとえトータルシステムの的には異なつた姿をしていてもそのサブシステムの個々を取り上げてみれば全く、identicalなシステムが散見され、これらのサブシステムに適用されたコンピュータ制御システムはそつくりそのまま他の類似システムに流用可能となる。特に船舶に於ける航法システムの各アプリケーションは機器オリエンテッドの性格が強いため、どの様な船舶に採用しようとも、なんら修正を加えることなしに流用できる。

## 5.7 制御に対する適応性

制御に対する適応性についてはいろいろな面からの比較検討ができるが、とくに“システムの拡張性”および“システムに対する適応性”について集中型と分散型の比較検討を行なつた。

### (1) システムの拡張性

“システム概念”(System Concept)の一つの主要な要素として考えておかななくてはならないことは、システムの設計に於いては、その途中に於いて、その設計変更は避けられないという事である。

これに関連して集中型システムの場合には、一般にその仕様を決定する初期計画段階において、将来必要となるかも知れないシステムの拡張性について充分検討し、初期仕様目標には充分に柔軟性をもたせて計画しておく必要がある。

この段階に於いてシステムのハードウェアの規模は大体固定化されるので、この初期目標範囲内であれば集中型の場合においてもシステムの拡張性はあるがこの枠をはずれるとなると、システムの拡張は非常に難かしくなる。故に初期計画時においてシステムの拡張性をどの程度にねらいをつけておくかが、特に集中型の場合は問題になる。拡張の可能性を大きくとりすぎるとインシヤルコストに影響し、またあまり小さくしすぎるとシステムが固定化して、プロジェクトの進行にともなつて、どうしても必要となる設計変更のために、システム全体をいびつな形にまとめざるを得ないような破目におちいりかねない。

分散型の場合は各サブシステムに対する初期計画段階での作業に於いて、そのシステム規模が小さいだけに初期仕様目標の確度がたてやすくその仕様にあまり柔軟性をもたせる必要性はない。

またさらに分散型の場合は部分的に独立させて、新たなコンピュータ制御化も簡単にできるので、この考え方からゆくとシステムの拡張性は無限大と考えることもできる。

### (2) 有効利用度

集中型の場合は1台のコンピュータで多数のタスクを時分割処理しており、システムに故障がないかぎり、年間を通

じて休むひまなく常に運転状態にありハードウェアの利用率は非常に良好である。(但し、ミクロ的に眺めると、コンピュータのハードウェアの中で利用効率が高い部分はCPU関係、各アプリケーションに共用のコントローラ関係のみであり、他の各アプリケーションに從属しているプロセスI/O関連機器、周辺機器類等については、分散型と同様利用率が低くなっている。)

分散型の場合は各サブシステムのコンピュータは一航海のうちでそのアプリケーションが使用される時のみ運転され、一部のシステムによつては非常に利用率が悪くなっているものもある。

しかし、分散型の場合でもサブシステムによつては利用率が非常に高いものもあり、それらの利用率を簡単に定量化すると下記の通りとなる。(一航海に於ける使用時間率)

イ)	集中型コンピュータ	100%
ロ)	分散型コンピュータ (統括用)	100%
ハ)	" (機関部監視用)	"
ニ)	" ( " 採作用)	"
ホ)	" (CRT表示用)	"
ヘ)	" (船位決定用)	9.0%
ト)	" (最適航法用)	"
チ)	" (衝突予防用)	3.0%
リ)	" (荷役用)	1.5%
ヌ)	" (係船用)	1.0%

この有効利用度については信頼性100%の場合、上記の利用率になるのであつて、故障によりシステムがダウンした場合MTTR等を考慮に入れると、その及ぼす影響が集中型の場合は非常に大きく、分散型、集中型システムの何れのシステム有効度が高いか容易に判断しがたい。

### (3) システムに対する適応性

一般にコンピュータというものは、ストアードプログラム方式であり一応種々のシステムに適用できる汎用性をそなえているとはいうものの、例えば事務用、技術計算用、制御用などの様に機種毎に区別されている様に、制御用の中でも或る程度その性格は、機種によつて定まつており、ハードウェアオリエンテッド的なところ、またソフトウェアの設計思想等の如何んにより、コンピュータのモデルによつて、その得意とする仕事の性質もおのずと異なっている。

集中型の場合はバラエティに富んだ各種機能をそなえた中型コンピュータを使用してシステムの制御を行なう事になるがそこで実行するタスクには多種多様なものがあり、それらが要求する機能を全て満足させるような性能を有したコンピュータというものはすくなく、いくつかのタスクについてはある程度の妥協を強いられることになる。

一方分散型の場合は、数百種に及ぶ多目的特定用途のミニコンピュータの中から、そのアプリケーションに適したモデルを選択し、専用コンピュータとしてそのコンピュータに向けた得意な仕事を実行させることができ、如何なるシステムにも適応した選びかたができる。

## 5.8 総合評価

以上集中型と分散型コンピュータ制御システムについて種々の面から比較検討してきたが、船舶に対するコンピュータ制御の適用は、それが検討され始めてからまだ日も浅く、今回の集中型と分散型のコスト比較では現時点では分散型の方が高いという結果がでたが、その環境条件は上にも述べた様に急速に変化しつつあり、その将来動向は簡単には予測しがたい。

しかしながら船舶に於ける各アプリケーションの性格が多種多様にわたつており、また各システムにあまり相互関連性がなく、独立的なので、これに多目的特定用途(Multi-Purpose-Dedicated Applications)的な性格を有

するミニコンピュータを適用し、制御を行なわせる分散型システムは今後の方向として当を得ている様を感じており今後におけるコンピュータのハード技術、システム技術、周辺技術の進歩を注目することにした。

## 6. ミニコンピュータの動向

前章までに船舶のトータルシステムを1台の中型コンピュータで制御する集中型コンピュータ制御システムと複数台のミニコンピュータを使用して制御する分散型コンピュータ制御システムの比較検討を行なったが、この分散型システムの中核をなし、最近特に脚光をあげ急激に需要の伸びをみせているミニコンピュータについて、特にコンピュータコントロールの分野に焦点をしぼり制御用と呼ばれるグループの動向について展望する。

### 6.1 はじめに

米国に端を発したミニコンピュータブームはわが国にもいち早く到来しいまやGNPとともに自由世界第2位の地歩をきづきつつある。

ミニコンピュータの先進国である米国における需要予測は年々大きく更新され、現在では年間30%の成長率が約束されており、現に1969年度には1.0億ドル1970年度には1.5億ドルのミニコンピュータが実用に供されており、さらに1975年には約6億ドル近い需要があるものと予測される。

米国では、ミニコンのIBM社といわれるDEC社を頂点として、約70~80社がしのぎをけずっており、このうち市場に大きな影響力を持つのは、DEC社、ハネウエル社、ヒュレットパッカード社、バリアン社、ジェネラルオートメーション社、インターデータ社、データジェネラル社などであるといわれている。

わが国でもこの1~2年間にHITAC-10(日立)、FACOM-R(富士通)MACC-7(松下)、OKITAC-4300(沖)、NEAC-M4(日電)、HOC-700(北辰)、MEMOCOM-8、16(安川)、JACC-120(日本無線)、AICOM-C3(アイ電子)、CEC-555(中央電子)などが次々と発表され、さらに最近になつて、性能を一段と向上させたHIDIC-500(日立)、TOSBAC-40(東芝)、OKITAC-4500(沖)などが開発されつつある。

このような成長を可能にした背景には、次のような要因が考えられる。

- イ) 1万ドルコンピュータというセールスポイントにより、一見手軽で親しみやすそうなイメージが新しいコンピュータエイジの新しい手として魅力にあふれ、ミニコンピュータに対する需要を喚起する大きな力となつた。
- ロ) ICの採用による小型・軽量化とコストダウン
- ハ) エレクトロニクス技術の向上による高信頼性
- ニ) コンピュータ人口の増加による需要の拡大と量産

特にIC化、MSI(Medium Scale Integration)の採用、LSI(Large Scale Integration)の出現により、小型・軽量化およびコストダウンが今後とも促進されることは明らかである。そして、新しいミニコンの傾向はより速く、より安くという方向にある。

ミニコンピュータの用途としては、パーソナル・コンピュータとして、階級制御システムの端末プロセッサとして、あるいは従来のコンピュータでは経済性・信頼性などの点で使えなかつたようなシステム・コンポーネント・コンピュータとして、またDDC(Direct Digital Control)用としてなど多種多様である。そして、そこにミニコンピュータの存在を意識させないようなシステムが将来増えるものと想像される。

図6.1に最近のエレクトロニクス・ニュースに掲載された米国に於けるシステム・コンポーネント・コンピュータの需要予測を示した。

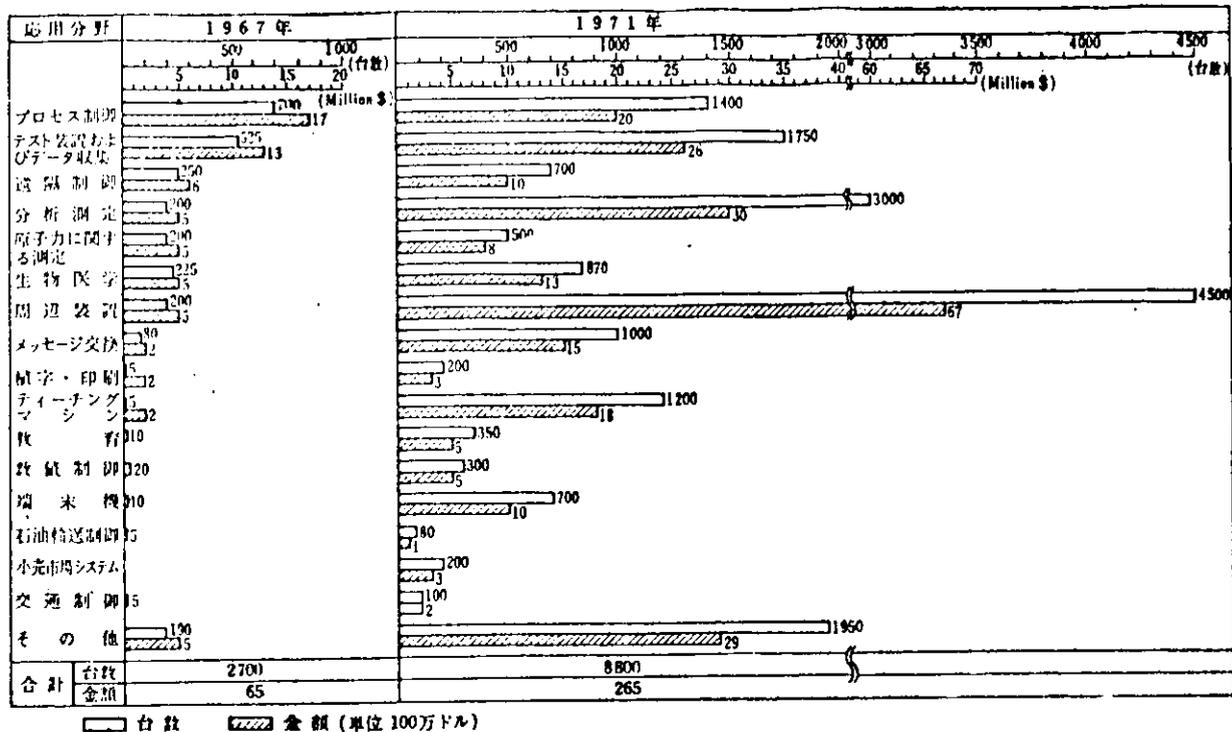


図 6.1 システム・コンポーネント・コンピュータの需用予測

1967年の実績と1971年の予測を見れば現在までの利用から将来の傾向がうかがえる。

### 6.2 ミニコンの性格

ミニコンピュータという言葉に対し、厳密な定義があるわけではないが一般的にいつて次の様な条件をそなえたコンピュータのことを総称しているものと考えられる。

1. 低価格の（基本構成が500万円以下）
2. 短冊長（18ビット以下）
3. ストアードプログラム方式
4. 特定用途に限定されない。（多目的特定用途）
5. 対環境条件が比較的ゆるい。

またその設計思想としては先にも述べた通り、ハードウェア、ソフトウェアともに最少必要限度の機能をもつた汎用のものをユーザーに支給し、その使用についてはアプリケーションエンジニアにまかせる。つまり、一般の計測機器類と同一の取扱いはするという米國でよくいわれるO/RBベース的な考え方でまとめ上げてある。

そのいい例が米國では、ハード、ソフトをO/RBへ供給することを主体にしたメーカーが多いのも一つの特徴といえる。

### 6.3 コ ス ト

コンピュータの価格は先にも述べた様に本邦はソフトウェア、プロセスI/O機器などを含むシステムの価格としてとらえるべきであるが、システム規模により異なるので、ここでは基本構成（コアメモリ4KのCPUとシステムタイプライタ）に絞って考える。図6.2は、ここ数年間に開発された内外のミニコンの価格の推移である。最近は、1万ドルを下まわる5~9千ドルのミニコンと、2~4千ドルのマイクロクラスに移行しているのが注目される。計算機の性能/価格については、マクロ的に次のような見方がある。

- i) CPUの演算能力                      2倍/2~2.5年
- ii) CPUのメモリ容量                    2~4倍/5年

III) 同一価格のCPUは、5年後に性能が5~6倍になる。

IV) 同一性能のCPUは、5年後に価格は1/2~1/2.5になる。

V) I/Oは、機構部が多いため、性能/価格に飛躍的な発展は望めぬが、新しい原理、新しい種類が出現する。

#### 6.4 ミニコンをささえる技術

ミニコンは、中・大型機と比較すると、ハードウェア指向形の色彩が濃く、とりわけIC、コアメモリ、実装技術の進歩によるところが大きい。ICには多くの種類があるが、なかでもプラスチックパッケージのTTLが最も多く使われている。また、最近レジスタ、アダー、コード変換回路などの機能ブロックをMSI化したTTLが次々と発表され、ミニコンにも積極的に使われはじめている( NOVA, HIDIC-500 など )

このため、従来は素子数の節約を目的に、演算速度を多少犠牲にしてレジスタをコアメモリ内に設けたり、演算を直列、あるいは部分並列にしていたのがその必要もなくなり、性能が一段と向上してきた。現在ミニコンの演算速度の限界をおさえているのは、多くの場合コアのサイクルタイムであるが、これもコアサイズ20ミル、サイクルタイム1μ秒以下と高性能のもが使われはじめており、近い将来0.5μ秒程度になると予想される。また、センスアンプをはじめ周辺回路のIC化とともに、2D3Wなど編組、選択方式上の工夫もなされている。今後は、ICメモリも極めて有望と思われる。このほか、多層プリント板の製作技術、層間をメッキにより接続するスルーホール技術、設計、製作、検査の自動化など、生産技術上の進歩が大ききなささえになつている。

#### 6.5 制御用としての特性

一般に制御用計算機は、制御対象のプラントと直結してオンラインで24時間フル稼働する場合が多いので、システムの大小を問わず次のような特性が必要である。

イ) 信頼性があること。

コンピュータの故障は、直接プラントに重大な損害を与える。したがって、MTBFの長いことはもちろん、セルフチェック、システムのフェイルセーフ、フェイルソフト、フォールバックなどの機能を持たせて、稼働率の高いシステムとならなければならない。

ロ) オンライン、リアルタイムの処理機能を持つこと

このためには演算速度、I/Oとの情報伝送速度が早いことはもちろん、多重レベルの優先制込機能を充実させる必要がある。また、ソフトウェアではプロセス制御に適したシステムプログラムの体系(たとえば、各制御用プログラムを管理する実時間モニタなど)が必要となる。

ハ) プロセス用入出力装置を備えていること。

プロセスから入出力信号を制御対象とCPUの間にあつて情報処理(走査、増幅、アナログ-デジタル変換など)するプロセス用入出力装置は、制御用計算機独特のI/Oであり、ハードウェアの規模はアプリケーションにより異なるが、CPUの数倍になることもある。

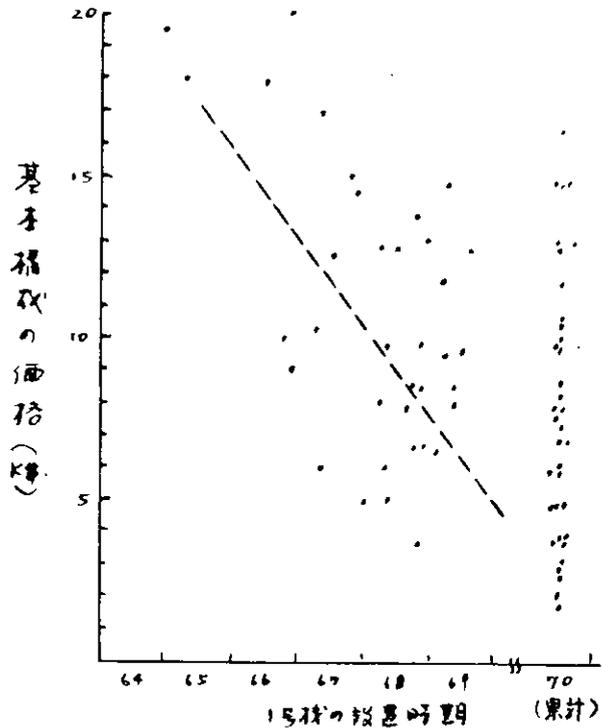


図6.2 ミニコンの価格推移

この装置を如何にコンパクトにしかも安価にまとめ上げるかが特にミニコンに於ける問題となる。

## ニ) 制御システム用のマン・マシンコミュニケーションの手段を備えていること

計算機システムとプラントを総合した制御システム全体を監視、あるいは運転操作するため、表示器、ブラウン管ディスプレイ、操作スイッチなどを備えたオペレータコンソールが必要となる。これはアプリケーション固有のもので、通常はシステムエンジニアリングの結果として仕様が決まり、この設計のよしあしによつてシステムの操作の容易度が決定される重要な点となる。

## ホ) その他制御用としての機能

電源断への保護、停電回復後の自動再スタート、実時間クロック、メモリプロテクションなどの機能をオプションで持つ。

## 6.6 CPUの特長

### (1) 演算速度

CPUの性能は処理スピードに直接的な影響を持っており、その処理スピードはプログラミングの容易さにも関連し、またプログラムの実行に大きな影響をもっている。

ミニコンコンピュータに於いてもコアメモリのサイクルタイムは、1~5  $\mu$ 秒と高速であり、基本命令の実行時間は、中大型機と同程度のものが多い。しかし、低価格にするためレジスタをコアメモリ内に設けたり、多重使用したりして素子をへらす工夫をしているため、総合の処理速度は遅い。たとえばI/Oの転送速度、割込処理、浮動小数点演算などは、ソフトウェアに頼る比率が大きいので、中・大型機にくらべると5~10倍遅いものもある。

現在のほとんど全てのミニコンコンピュータは並列処理方式と修飾可能な単一アドレス方式を採用している。

また、ミニコンは語長が短いので、CPUにはいろいろと工夫がこらされている。

アドレス指定を考えても、1語で指定出来る番地は8ビットで256語、12ビットで4096語にしかない。命令コード部とアドレス部の振分けもむずかしく、1語16ビットの場合でも命令コード部に割りあてられるのは4~6ビットで命令数は16~64に制限される。

8ビット機では通常2語命令が使われており、一部には命令を8ビットで行なうシニアド・コマンドと呼ぶ次のような技術を用いている。すなわち、いくつかの命令群ごとにメモリ中の16語を割りあてておき、命令が読まれるとその下位4ビットから、この16語中の1語読み出し、上位4ビットに続けて、12ビットの命令語とする方法である。

この他、ほとんどの機械が間接アドレス、相対アドレス、インデックス等が出来るようになっており、短語長の欠点を補っている。

### (2) 語長

ミニコンの語長としては1語8、12、16、18ビットのものがあり従来12~16ビットが中心をしめていた。

当初、低価格にするために12ビットのものが多かったが、バイト単位の処理、アドレス指定の容易さ、2語命令のひん度、データの精度などの点で最近16ビットのものが多くなりつつある。

一方ミニコンコンピュータのコストに対し、メモリの占める割合が大きいため、低価格をねらった語長8ビットの計算機も現われている。このような計算機ではメモリ参照命令を8ビットで行なうことは実質不可能であるため、2語長命令にするか、シニアド・コマンドのような特殊な技術が必要になる。この種の計算機は低価格といつても、8K語メモリのものが16ビット4K語より安いというわけではなく、むしろ、やや高価であることに注意しなければならない。その特長は4K語メモリで16ビットの2K語では不可能な計算が充分できるという点にある。

したがって、将来、拡張の考えられる分野に8ビット計算機を使用することは得策ではないが、他方、簡単なモニタリングや通信制御などに、低い性能しか必要とせず、むしろ、低価格が要求される分野が相当あるところが、8ビット計算機出現の背景になつている。また、8ビットはとうぜんバイト処理がまったく直接的に行なえる点で12ビットよ

りはるかに、また、16ビットよりもいくらかつとよい。今後、いわばサブ、ミニ・コンピュータ領域で大いに伸びることは考えられる。

## 6.7 周辺機器

一般に周辺機器は処理装置本体に比べてむしろ高価であり、たとえば磁気テープ装置などは本体の基本価格の2~3倍のものが多い。要するに従来のI/Oは価格的性能的にもミニコンピュータとアンバランスなことが多い。入出力装置とその制御装置がミニコンピュータシステムの性能が大きく左右する。

故にミニコンピュータ用の周辺装置としては次のような要求を満たすものであることが好ましい。

- 高価なものでないこと（ミニコンピュータの価格の数倍もするようなライン・プリンを設けることはできない）
- 比較的高速で、使い易かつ信頼性があること。

ミニコンピュータの入出力装置としてはテレタイプ社の“ASK-33”が最もよく使われており、価格も比較的安い。これは、キーボード入力、プリント出力、紙テープI/Oを備えているが、しかし、プリント出力が低速であり（約10文字/秒）、紙テープ入出力も低速である。

紙テープのかわりとしてパンチ・カードと磁気テープがあるが、両者とも、今のところ紙テープに較べ高価なものになるのになるが、将来、安価なカセット式磁気テープ装置が登場し、いろいろを面で利用価値の高いものとなるであろう。

磁気テープとキーボードおよびCRTディスプレイが結合したような入出力装置が手軽に使えるようになれば、そのシステムは強力なものとなるだろう。この場合、不足しているのはある種のプリンタであるが、これも最近登場してきた高速度の、プリント機構に可動部を持たない静電式プリンタなどの使用により、従来の低速プリント出力の問題が経済的に解決されるものと思う。また、現在、比較的安価で高速度のプリンタも使用されている。静電式プリンタよりは印字速度は劣るが、“ASR-33”の約8倍の速度を有する。

一般的に入出力機器のほかに、プロセス用入出力装置（PI/O）、ディスプレイ装置、XYプロッタなどがある。PI/Oはハードウェア上の処理速度、精度などは中・大型のコンピュータと大差はないが、入出力信号の処理可能点数は小規模である。

## 6.8 割り込み機構

中央処理装置と入出力装置の多重運転を効果的に行ない、コンピュータの稼働率を高めるために必要な機能が割り込みであり、定時間処理の分野においては特に重要である。

ミニコンピュータの割り込み機構に関しては、大型のコンピュータとはほぼ同じ機構を備えているものが多く、割り込み処理速度を上げるために多重割り込みレベルをもつものが比較的多い。割り込みレベルは最小限レベルで足りるが、割り込み処理の速度を十分考慮する必要がある。

## 6.9 データ転送チャンネル

チャンネル方式には、プログラム・チャンネル方式と、DMAチャンネル（Direct Memory Access Channel）方式の2種類があり、ほとんどのミニコンピュータは前者の方式を採用している。また、それらのミニコンピュータの多くは、オプションとして後者の方式を持っている。

プログラム・チャンネル方式とは、CPUの内部レジスタ（アキュムレータ）を通じて入出力機器とデータの授受を行う方式である。この方式では、データ転送処理はプログラムにて行うので、CPUの動作は、入出力操作に従属させられ、多くの入出力操作を行う場合はこの方式は有効でない。しかし、特別なハードウェアを必要としないため経済的であり、入出力操作が少なく、しかも短期間であれば、本方式は有効なものとなる。

DMAチャンネル方式は、コア・メモリと入出力装置の間で直接的にデータの授受を行う方式である。この方式では、チャンネルは制御語によりコア・メモリと入出力機器のデータのブロック転送を高速で行う。補助記憶装置を用いる場合には、この方式は不可欠のものである。

## 6.10 ソフトウェア

最近ミニコンピュータに於いても一般の中型・大型コンピュータと同様にコンピュータメーカーの動きはソフトウェアの価格を分離する方向になつてきている。

一般的にミニコンピュータに於いては、基本ソフトウェア(いわゆるシステムプログラム)をメーカーが無償提供し、それ以外のソフトウェアはオプションとして有償供給されるのが原則とされる。基本ソフトウェアとして、なにが含まれるかは各メーカーによつて異なるが、通常最小限下記のものが含まれている。

- (イ) アセンブラ(基本形)
- (ロ) ミニマムローダ
- (ハ) I/Oテストプログラム
- (ニ) 標準マテリイティ-
- (ホ) 標準ルーチン

上記の様に限られたベシツソフトのみしかコンピュータメーカーが提供しないのは下記の様な理由によるものである。

- (イ) 基本価格が特に低い。
- (ロ) 基本システムの記憶容量が小さい。
- (ハ) ユーザがより非専門家である。
- (ニ) 用途が広いので必然的に応用分野から要求されるソフトウェアが多様になり、メーカーがこれに応じきれない。

なお、上記の基本ソフトウェアのほかさらにマクロアセンブラ、FORTRAN、浮動小数点演算パッケージ、カルキュレータなども無償で提供されることがある。

これらのソフトウェアはミニコンなるが故のいろいろな工夫をこらしているものが多く、たとえば4K語FORTRAN、についていえばこれはコンパイル用プログラム(FORTRAN Compiler)と解釈プログラムInterpreter(FORTRAN Operating System)からなる。前者によつてソースプログラムは中間言語のプログラムに変換され、このプログラムは後者によつて働かされ、所要の計算を実行する。このようにしてコアメモリーに常駐するプログラムステップを小にして、コアメモリー4K語というように小さい容量でFORTRANのような高級な言語による計算を可能にしている。

上記の様にミニコンピュータに於いては非常に工夫のこらされたベシツソフトは支給されることになつているが、種々のアプリケーションエンジニアに責任を転嫁した形で処理される。

なお、システムの構成が高度になると、すなわち、コアメモリーの増設、補助メモリーの設置、入出力装置の追加などがあると、それに伴つて

- (イ) より完備されたFORTRAN
- (ロ) 会話形FORTRAN
- (ハ) BASIC(Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code)
- (ニ) 簡単な入出力制御システム
- (ホ) 補助メモリー用制御システム
- (ヘ) COBOL ALGOL

などが追加され、また、工業データ収集とプロセス制御用に開発されたソフトウェア・パッケージも多くあるが、これらは基本システム以上のハードウェアをかなり必要とするようなプログラムであり、このパッケージを利用した場合のシ

システムは、ミニコンピュータ程度の価格から大きくはみ出すほどに高価なものとなる。

このように、多くのミニコンピュータはソフトウェアに関して満足のいくような体系をとっていない。

特にソフトウェアのうちで大きな問題を有するものは、オペレーティング・システムであり、応用分野によつて大きくかわるものである。今後、各応用分野に適したオペレーション・システムが体系化されていくものと思われるが、ユーザとしても簡単な操作システム程度は自ら開発すべきであり、またミニコンピュータのハードウェア・システムに対する理解を深め、よりよいシステムを設計して行く必要がある。

いずれにしても“ミニ・コンらしさ”を発揮させるためには、従来の計算機の考え方をそのままをもち込むのではなく最近のソフトウェアの研究成果を効果的に吸収したり、ユーザの意見を取り入れる努力がたいせつであろう。

システム・コンポーネント・コンピュータの発達・普及の障害になるのも、またその将来性の課題をにぎっているのもソフトウェアであるといえる。

### 6.1.1 応用分野

ミニコンピュータはその特長である

- イ) 价格的に安価な
- ロ) 物理的には超小型で
- ハ) 環境条件がゆるく
- ニ) 性能的にはいわゆる小型コンピュータに匹敵し
- ホ) プログラムを変えればどんな用途にも適応できる。

という、いわゆる多目的用途という特性を生かしてその応用分野はきわめて広範囲にわたっており、具体的には下記用途に広く使用されてゆくであろう。

- イ) システム・コンポーネント・コンピュータ(システム・マシン)
- ロ) パーソナル・コンピュータ(スタンド・アロン・コンピュータ)
- ハ) ターミナル・コンピュータ(衛星コンピュータ、端末コンピュータ)

いずれにしても、応用分野は広がるばかりであり、そのためにシステム・コンポーネント・コンピュータに課せられる要求も多様化するものと考えられ、あらゆる面でいつそうの努力が必要であろうが、さまざまな困難さも苦勞にならないほど、その将来性は前途洋々といえる。

### 6.1.2 あとがき

制御用ミニコンは、別名システムコンポーネントコンピュータと呼ばれるように、システム中に占めるCPUの比率をいちじるしく小さいものにしてつある。したがつて、今後、ミニコンをいかに有効に利用するかは、システム技術、および周辺技術の進歩にかかっているといふことができる。なかでも次の技術は、重点的に推進する必要がある。

- イ) 価格、寸法の一層のミニ化と性能のマキシ化
- ロ) 小型CRTディスプレイ、電子プリンタ、カセットメモリなど新型I/Oの開発
- ハ) 従来のI/Oに対し、CPUと性能/価格のバランスをとれるような改良
- ニ) ミニコン用語と、パッケージ化したアプリケーションプログラム群のラインアップ
- ホ) 現在のミニコンよりさらに小型のマイクロプロセッサ、あるいはブラックボックスコントローラの開発

## 第2章 超自動化システムの適応性の検討

### まえがき

この検討は、超自動化船を建造する場合、同じ要目の在来型船舶に比べて、経済的にはたして有利なのか、不利なのか、また、どの程度の超自動化投資額ならば回収可能であるかを、汎用性のある手法で解析し、関係者に一つの判断基準を提供することを目的として、昭和44年から開始した。

昭和44年度は、主として妥当な結論を導き出すための解析作業の手法と進め方について、基礎的検討を行ない、45年度はこのうち、1台の中型コンピュータで集中的に船舶の全システムを制御する集中型トータル・システムについての検討を実施した。

本検討開始後、NKのMO規則の制定、計画造船に対する金利、金融条件の変更、大型船に対する海上保険料率の改訂、海洋汚染防止の強化など、結論を導くうえで大きな影響を及ぼす条件の変化があつたので、これらの条件の変化も、できるだけおこむようにした。

検討の詳細、特に使用データとコンピュータのプログラムは膨大な量となつたので、本報告からは除外した。

なお、44年度報告書ですでに検討済みの諸点は、すべて省略した。

### 1. 標準搭載システムについて

超自動化船の経済性に関する総合的な検討を行なうにあつては、想定定員で船舶を運航するために必要な超自動化レベルの設定が前提となる。

いうまでもなく、搭載システムのレベルは高すぎても低すぎても経済性を阻害することになり、また、有効な船内労働量軽減をはかることができない。

よつて、モデル船の標準搭載システムは、主として労働量軽減効果の面から想定定員で運航可能な船とするために必要なシステムを、在来船乗組員が実際に行なっている作業分析結果を検討して決定した。以下、モデル船に採用したシステムについて簡単に説明する。

#### 1.1 航法システム

航法分科会でとり上げられているシステムは、他に比べてよく均衡がとれており、今後改良を加えることによつて、更に高度なシステムとしてまとめることができるものと考えられる。

航法システムは、本質的に全海域をあらゆる条件下でカバーするシステムとして、搭載しなければならぬのが、それとも最小規模にとどめ、陸上からの誘導システムを中心とした航行援助方式の充実をはかるべきかは、常に議論のわかれるところである。前者は現実論であり後者は投資効果から発した理想論ともいえる。われわれは、将来この両者がバランスのとれた状態で互いに補完し合いながら実用化するであろう、という考え方に立つて搭載システムの標準を設定した。

##### 1.1.1 定員20名の場合(表1.1参照)

定員20名の場合の構成は、つぎのとおりと想定した。

船長	1		
航海士	3		
機関長	1	甲板部員	6
機関士	3	機関部員	3
通信士	1	事務部員	2

この定員の場合、航海当直は在来船と全く同様の乗組員配置とすることができる。ただ、タンカー航海中のパタワーク作業中に限り、航海当直は航海士1名としなければならないが、パタワーク作業は大洋航海中の海象条件のよい昼間に限られ、所要日数も4日程度であり、現在の設備でも1名当直が不可能であるとはいえない。したがって船内労働量軽減効果に関する限り、特に新しいシステムを要しない。

安全性の面からは、衝突予防システム、座礁予防システム、急速制動システムなどを採用すれば相当の効果が期待できるが、直接定員数とは結びつかず、むしろ船主のオプションで採否が決まる問題であると思われるので、特に安全性向上について評価の高かつたドブラーソナー・システムのみ標準搭載システムとして採用することにした。

鉱石専用船については、船型と航路などを勘案して、航法システムは含めなかつた。

コンテナ船の場合には船速が速く、航路の大巾なデビエートは許されない。このため、正確な船位情報が必要であり、主として経済性向上の見地から NNSS システムを、標準システムとして採用した。

また、各モデル船とも、船橋の機器配置は前面コンソール型とし、人間工学的配慮のもとに動線の短縮がはかられているものとした。

### 1.1.2 定員15名の場合

定員15名の場合の構成は、つぎのとおりと想定した。

船長	1	通信士	1
航海士	3	船船員	6
機関長	1		
機関士	3		

定員15名は、現行法下で実現できる最少定員であり、部員については一本化をはかっている。この構成は、職部員一本化に至る過渡的なケースと見なすことができる。この場合には、定員数は在来船のほぼ半減であり、在来船と同様の船橋当直配置を維持することはできず、航法システムの採用が不可欠となる。

15名の場合、航海中の条件のよいときには、船橋配置は航海士1名、条件の悪い場合でも（狭水道、狭視界など）航海士1名、船船員1名となる。在来船では部員の当直員が更に1名配置され、主として見張り作業および機器監視作業に従事しているので、この作業にかかわるシステムが必要となる。

タンカーの場合には、DRPC、NNSS 船位決定システム、衝突予防システム、座礁予防システムおよび急速制御システムが必要となる。すなわち、船位決定のための天測の時間観測を行なう人手がないこと、航海中のパタワーク作業などの特殊作業には、部員全員を投入せねばならず、したがって夜間でも航海士1名のみの航海当直を行なわなければならないこと、などの理由による。

鉱石専用船では、タンカーに比べると多少条件が異なり日本/南米航路の場合は、座礁の危険のある海域が少ないので座礁予防システムは優先度が低く、また、航路が太平洋で船位精度は低くても差支えないが、日本/豪州航路の場合は、航路に險礁が多く、座礁予防システムが必要なりえ、船位精度もオメガ船位では不安があるなど、装備システムにも多少の差が出てくる。

コンテナ船の場合は、常に甲板積み貨物を積載しているという特殊条件があるので、航海時間の短縮と船体・貨物損害防止という2つの矛盾した問題を解決し、あわせて天気図解析のための工数削減の見地から、最適航法システムを標準搭載システムに加えた。

### 1.1.3 定員9名の場合（表1.3参照）

定員9名の場合の構成は、つぎのとおり想定した。

船長	1
船船士	6
船船員	2

この定員は最終的な姿として想定したもので、この定員以下の船舶は、現時点では機器の信頼性が理想的な状態にまで向上し、かつ海上交通の環境条件が高度に整備されない限り、実現は望み得ないものと思われる。

この定員でモデル船を運航するには、定員20名と15名の場合には在来船の乗組員の作業実態から搭載システムを選定したのに対して根本的に考え方を改め、船舶運航上乘組員の作業として残るものを検討し、そのなかで超自動化システムではカバーできない作業に必要な労働量を9名の乗組員でこなせるかどうか、という観点から搭載システムを選定した。

航法システムについては、たとえば狭水道や湾内の陸上航行管制システムが既に完備されていて衝突予防システムの不備を補ない、また、マラッカ海峡などの浅所には要所に超音波ブイなどが設置され、座礁予防システムの機能上の問題点がカバーされているものとしている。

この場合、航法システムとして定員15名の場合のモデル船が搭載しているシステムは、すべて採用しているが、このほか、船が独自で収集した操船データと陸上航行管制センターから提供を受けた操船データとを、船舶の制御用コンピュータに入力するシステムが必要となる。これが表1.3の操船データ集中処理システムである。また、船舶の運航上必要な商業関係情報の処理、経済運航と密接に関連する経済速力の計算、海運企業の船舶集中管理センターへの定時送信データの計算などのための、オフ・ライン計算を主としたシステムが必要であり、これが表1.3の航海オフ・ライン計算システムである。

さらに、この時点では、海運界でも全船腹を一元的に集中管理し、最高利潤を追求するためのシステムが一応軌道に乗っていると予想され、通信衛星を利用したデジタル通信が船舶と陸上の船腹集中管理センターとのデータ通信にも開放される見通しもあるので、船舶のコンピュータは船腹集中管理センターの端末機的な性格を帯びてくることになる。このデータ・リンク・システムの役割を演ずる通信制御装置が、表1.3のデジタル衛星データ伝送システムである。なお、この場合、船上のコンピュータ・システムの規模、経済性等を考慮すると、最適航法システムのうち、狭域システムに関しては陸上大型コンピュータで解析した結果をデータ通信により船舶にサービスするシステムに移す方が有利であると考えられるので、9名の場合のコンテナ船には、同システムは採用しないことにしている。

## 1.2 機関システム

機関システムについては、経済性検討のための便宜上、ディーゼル・プラントおよびタービン・プラント・システム分科会が取り上げている開発対象を、機能上からつぎの4つに分類し、超自動化の各段階で必要なシステムを選定した。

- ① シークエンス制御システム
- ② 異常検知システム
- ③ 主機・関連補機 DDC システム
- ④ 主機最適制御システム

船内労働量軽減効果の面から見ると、機関運転がMO化された時点で、すでに機関室内作業は運転および監視を主とする作業から、MO運転の順調な継続をはかるための機関室内機器の保守整備を中心とした作業に重点が移行している。したがって、少数定員で運航可能かどうかは、今後、保守整備作業量を軽減できるシステムの開発と、システム以前の問題である在来機器の信頼性の向上にかかっていると見える。たとえば、現在MO船で乗組員が消化している予防的保守に属する作業は、船舶の機関異常検知システムと密接にリンクした操船管理システムの確立により、大巾に軽減されるものである。

### 1.2.1 定員20名の場合

定員が20名の場合、機器が正常に作動しているときに必要労働量から見て特に問題はなく、従来のMO設備によつて運航可能である。

表5.2でシークエンス制御、主補機DDCを加えたの他、航法、荷役あるいは機関異常検知システムのために、制御

用コンピュータを搭載するのであれば、経済的にもシーケンス制御や自動制御用のアナログ・ループを別個に設備するよりは、コンピュータ制御を行なう方が有利なためである。異常検知システムは、機関の保守整備を担当する乗組員の減少につれて高度化しなければならない性質のもので、その内容や範囲については陸上保船管理体制、乗組員数、陸上サービス体制、航路と寄港地によっても条件は大きく異なってくる。

定員20名の場合に必要な異常検知システムの範囲は、故障時に投入できる労働量を勘案すると、主機および補機に限定して差支えない。ただ、検知する異常については、できるだけ前広に異常を予測し、予防保守に有効に利用できるものが望ましい。機関の航海中の故障が原因で、船舶が不堪航となるような摩耗故障は、タンカーで20日、鉱石専用船で30日、コンテナ船で2週間程度前には前兆を検知できるような異常検知システムが必要である。

以上は各モデル船に共通したシステムであるが、タンカーおよびコンテナ船では、これらのシステムの他にバンカリング集中制御管理システムが必要である。タンカーの場合、停泊中は荷役、機器整備、船用品積込みなどの作業が重なること、コンテナ船の場合は冷凍コンテナ荷役、甲板積みコンテナのラッシングなどの作業により、バンカリング作業のための人員を出すことができないためである。

### 1.2.2 定員15名の場合(表1.2参照)

定員15名となると、船内の就労体制を変更し、少なくとも部員については、従来の縦割り部別を廃止して一本化をはかり、労働力の活用をはからなければならない。職制一本化による労働力の活用をはかるためには、職員の職制一本化の後に部員の一本化を行なうのがより効果的であるが、現行法では職員の職制一本化を行なうことができない。このため職員は現行職制のままとし、部員のみ一本化した職制とした。

この場合、部員については作業量に応じて労働力を投入できる自由度が高いため、機器修理や係留作業のような非常作業を処理する機動力は、従来に比べて高くなる。しかし、投入総労働力は明らかに減少し、航海中は在来船に比べて3名は減少するものと見なければならない。したがって、20名の場合に比べて、所要労働量が異常に大きい重要機器修理作業の大巾な削減を行なうとともに、異常検知システムの範囲を拡大しなければならない。すなわち具体的には、少なくとも主機に関しては異常検知システムと自動保全システムを併用し、異常検知システムでは主として予防保守に関するデータ収集を、自動保全システムでは臨時的保守の自動化を行なわせるようにして、ピーク時所要労働量の削減とピーク発生頻度の低下をはからなければならない。

また、この時点ではコンピュータ・システムと経済性との調和を徹底的に追求しなければならず、航法諸システムとリンクした主機、発電機、ボイラなどについての最適制御システムの導入をはかる必要がある。停泊中も、機器整備などは陸上移行をはかるとしても、荷役に伴う一般的な作業、安全管理作業、船用品積込み、応接などの非定時非定型作業のための労働力を確保しなければならないので、自動給油・給水システムを全モデル船に採用する必要がある。特にコンテナ船では、冷凍コンテナに関する保守および監視作業が非常に大きな作業量となつているので、この保守を集中的に管理するシステムが不可欠である。これが表1.2に示すレフコン集中管理システムである。

### 1.2.3 定員9名の場合(表1.3参照)

定員9名の場合には職・部員はすべて一本化されるので、作業内容に応じて、随時対処できるチームの編成が容易な就労体制となる。

将来、定員9名の船舶が実現するときには、機器故障発生頻度は、大巾に減少するものと思われるが、一方、これらの機器をシステム化した制御系は複雑化する。これら制御系が故障して修理不能となつた場合には、この定員ではもはや手動または遠隔操縦によつて航海を継続することは不可能となることも予想される。

定員20名、15名の場合には、制御系に万一修理不可能な故障が生じて、乗組員が手動または遠隔制御によつて、一応航海を継続できるものとし、制御系の自動保全システムは主機系のみに限定したが、9名の場合にはこれを大巾に拡大し、異常検知システムを含む自動保守整備システムとしなければならない。このシステムには、主要な制御系については完全な2重装備を行なうなど、安全性および運航経済性の低下を招かないような十分なバックアップを含むものと

する。

また、航法システムと関連して、機器の運転データをコード化して、衛星データ通信によつて陸上の船腹集中管理センターに送り、陸上の大型コンピュータを活用して解析診断を行ない、その結果を再び船舶に返送し、返送された結果によつて航海中に限られた乗組員で処置可能な方法を決め得るシステムの確立が必要である。

表 1.3 の自動保守整備システムには、このための機関運転データのコード・デコードの機能および、返送結果の表示などの機能を含むことはもちろん、船上で最良の処置が行なえるよう、乗組員がコンピュータと相談できる対話システムなども含まれることになる。

### 1.3 艀装システム

艀装システム分科会で研究開発されたシステムは、荷役システム、自動通信システム、火災検知消火システム、の 4 システムである。ここでは荷役システムを自動荷役システムと自動バラスト注排水システムに、係船システムを係船索搬出システム、船位検出システム、係船機舷側（船橋）集中制御システム、係船機捲取自動制御システム（イコライジング・システム）、自動着棧システムに、自動通信システムを定時情報自動送受信システムと自動即時通話電話システムに、機能上から細分した。

#### 1.3.1 定員 20 名の場合（表 1.1 参照）

在来船の作業量ピークは係船作業時に発生している。（44 年度報告書参照）モーション・スタディの結果などからみると、係船作業のなかで最も労働密度の高い主体作業は、大径索の舷側への搬出、大型係船機のブレーキ操作およびクラッチ操作である。

また、現在各係船機は機能上汎用性を持たせるため船体中心線寄りに配置され、1 台の係船機から左右いずれの舷にも係船索が出せ、しかもバースの設備によつて、船首尾索、プレスト索、スプリング索のいずれにも使用できるようにしているので、係船機運転員は索の舷外の状況を直接確認できず、運転の合図を行なう乗組員を舷側に配置しなくてはならなくなっている。また、クラッチの操作には最低 2 名の乗組員が必要で、クラッチ操作のつど、舷側で係船機の運転指示を行なっている乗組員が係船機側まで移動している。

定員 20 名の場合には、係船作業に投入できる労働力は 3 名程度減少するので、1 名の乗組員で 1 台の係船機のブレーキ、クラッチの操作および監視が行なえるリモコン化をはからなければならなくなる。

また、大径索を使用するタンカーおよび鉍石専用船では、索を舷側まで搬出する作業の機械化を行なうか、または、係船機を舷側寄りに配置して索搬出作業を大巾に省力する必要がある。後者の場合、着棧舷が積揚地ともかわらず同一舷である場合の他は、必然的に係船機台数の増加を招くので、投資効果上前者の方が有利となる。

荷役については、コンテナ船では、ほとんど全ての作業が陸上に移管されており特に問題はない。鉍石専用船の場合も、荷役作業そのものは、コンテナ船とはほぼ同様の条件であるが、荷役に伴うバラストの注排水作業など、定常的なアテンドを要するものがあり、自動バラスト注排水システムを搭載しなければ、ピーク時作業の円滑な消化ははかれな

い。

この定員では、通信士の定員が 1 名減少するので、定時情報の自動受信システムは必要である。定員の減少とともに、必然的に火災に対する乗組員の監視体制が手薄になり、また消火活動に従事できる労働力も減少するので、火災検知、自動消火システムの搭載が必要である。

#### 1.3.2 定員 15 名の場合

定員が 15 名になると、係船作業に投入できる人員は 5 名程度減少する。20 名の場合には、乗組員 1 名で 1 台の係船機についての索の搬出、係船機の運転、ブレーキ・クラッチの操作、監視の諸作業を行なえば係船作業を消化できたのに対し、15 名の場合には、索の機能別（船首尾索、プレスト索、スプリング索別）にグループ化した故台の係船機についての索の搬出、係船機の運転、ブレーキ・クラッチの操作、監視の諸作業を、グループ索別に舷側の最遠場所で

集中的に行なえるようにする必要がある。これが係船機舷側集中制御システムである。

荷役については、タンカーの場合、自動バラスト注排水およびタンク・クリーニング作業の自動化をはかり、保守整備作業に振り向け得る労働力を確保しなければならない。自動バラスト注排水については、定員20名の場合に表5.2で採用した自動荷役システムを拡張したものと考える。タンク・クリーニング作業の自動化をはかるためには、固定式高圧海水洗滌設備の採用と、この設備を安全に使用するためのイナートガス・システムの採用など、比較的大巾な仕様の高度化が必要で、これを制御するシステムも必要となる。

コンテナ船および鉱石専用船については、荷役作業の省力化に必要なシステムは、20名の場合と同程度のものでよく、特に新しいシステムは必要でない。

一方、定員が15名以下になると、ピーク作業の場合でも、乗組員は船内各所に散在して作業を行なうことになるので、指揮者が乗組員ひとりひとりに適確な作業指令を伝達するとともに、現場の状況を把握するための船内通信システムが必要となる。

この定員では船内通信設備を根本的に見直して、新しいマン・ツー・マン通信システムを開発しなければならないであろう。

さらに、港内作業、荷役作業、整備作業などを効果的かつ安全に遂行するためには、作業現場の状況監視のために、I.T.V.などを導入したシステムが一部の船舶には必要である。たとえば、コンテナ船では常時甲板積みのコンテナがあり船橋から船首尾の作業を視認することができない。

また、大型タンカーの場合は、例外なく船尾船橋であるため、船首までの距離が遠すぎて乗組員の動きが判らない。さらに、常時機関室を無人化している船舶では、主要な機器の状況を目視によりチェックする必要性も生ずる。

定員15名の場合には、機関制御室が廃止され、船橋で機関を全面的に制御することにはならないので、船橋からの操船用および船首尾作業監視用のI.T.V.システムをタンカー、コンテナ船に限り採用した。

### 1.3.3 定員9名の場合(表1.3参照)

定員9名の場合は、船舶の運航を従来の慣習や制度をはなれて、全く新しい立場からとらえ、輸送という目的を遂行するために必要な機能という点から、システムを選定しなければならなくなる。

係船作業の場合は、係船索および係船機の取扱いや制御を、現場で乗組員が行なうという考え方では、9名の定員は実現しないものと思われる。したがって、15名の場合はグループ化した係船機の制御を現場で行なう方式をとつたが、9名の場合には、これをすべて船橋で集中的に一括して、1名の乗組員が制御する方式とし、船首尾ではそれぞれ1名の乗組員が、主として船橋から制御される係船機の作動状況を監視するだけでよいようにしなければならない。

着棧作業の場合も、タグボートの曳索の係止やドブラー・ソナーの監視、サイド・スラスターの翼角制御などの作業に、それぞれ乗組員を振り向ける余裕がない。したがって、たとえばドブラー・ソナーによる着棧速度、ミリ波レーダによる離岸距離、サイド・スラスター翼角を変数入力とし、船体排水量、岸壁設計強度、トリムなどを定数入力として、サイド・スラスターの翼角制御信号などを出力として得る自動着棧システムを開発し、タンカーおよび鉱石専用船にはかならず設備する必要がある。また、サイド・スラスターも、カーゴ・オイル・ポンプを利用したものや、推進機に可変ピッチ・プロペラを採用し、主軸の一部にダクトをつけてサイド・スラスター用可変ピッチ・ブレードを設けるなどの方式によつて、タグボートの使用を極力削減できるシステムとしなければならない。

以上2つのシステムが、表1.3の係船機船橋集中制御システム、および自動着棧システムである。

また今後、船舶運航のトータル・システム化がはかられ、船舶がその一要素としての性格が強まるにつれて、船舶のコンピュータ・システム自体が、端末機としての性格を持つことになるので、必要な通信情報量も漸増することになる。この傾向に対処するには、情報の性質によつて通信システムを使い分け、緊急データは衛星経由高速デジタル通信、不急データは紙テープとして航空機輸送便、高度な情報にはダイヤル式即時通話電話を活用することになるであろう。したがって9名の場合には、船舶から陸上に即時通話が可能なシステムを搭載することにした。

さらに、荷役中の船体移動許容量のきわめて小さいタンカーの場合には、荷役の進行に伴って係船索の張力を小刻みに調整する必要があるが、そのために人員を常時配置することはできないので、停泊中も船位を常時検知するとともに、検出した船位情報にもとずいて係船機の張力を制御するシステムが必要となる。定員15名のときは、船位のずれが設定値以上になつた時に警報がでれば、乗組員がただちに係船機グループを現場で操作することができるが、9名の場合には、この作業は自動化しなければならない。これが表1.3の係船機捲取り自動制御システムである。

#### 1.4 関連事項

定員との関連で、モデル船に搭載する標準システムの選定を進めるにつれて、定員と船舶の持つシステムと運航の背後環境との間には非常に密接な関係があり、船舶のコンピュータ・システムを高度化することによつて定員の減少をはかるには限度があり、また搭乗効果の点でも非常に問題が多いことが判明した。

たとえば、各システムの中で最も多額の投資が必要なのは係船システムであるが、係船システムを有効に使用できるのは、モデルに選んだ専用船の場合には、いづれも20日以上航海の前後数10分間である。また、座礁予防システムにしても、水中超音波伝播上の各種の障害を取り除き、性能を向上するには、更に長期にわたる研究と開発、および投資が必要で、実用機の価格も相当高価なものとなるおそれがあるうえ、有効に使用できるのは、全航程の $\frac{1}{10}$ 程度の海域にすぎない。これらは一例にすぎない。

係船システムの場合には、陸上の岸壁側に係船機を設置し、入港船には係船索の結合部を水面近くまで下げておくようなシステムを採用すれば、投資効果は大巾に向上するとともに、船舶のシステムの簡素化にも極めて有効である。同様に座礁予防システムの場合も、あらかじめ航路測量を十分に行なつた上で、危険水域には超音波航路標識を設置して、付近航行中の船舶に常時無線で、実測水深と位置に関する情報を提供すれば、船舶の設備は簡単な受信機と受信情報のデコーディングを行なうシステムでよく、投資額の低減と投資効果の向上の両面で効果的である。

しかし、更に実現の可能性を検討してみると、たとえば係船設備の陸上側設置と係船作業専門チーム(ポート・クルー)の外地港での共同雇傭ひとつについても、外地配船会社の協調など短期間で解決できる見通しは、ほとんどないのが実情である。また航行援助施設についても、日本沿岸では非常に高度なシステムが仮に確立され、座礁予防システムや衝突予防システムを船舶に搭載する必要がなくなつたとしても、その船舶が就航する航路全域で同レベルのシステムが確立されるまでは、船舶にこれらシステムの搭載が必要であり、かえつて投資効果を阻害することになる。しかもこの問題は、国際協力の面で非常に大きな南北問題、社会問題、経済問題、政治問題に関係があり、一そう解決困難である。

したがつて、近い将来に運航することを目標に掲げるかぎり、船舶の装備面での充実によつて問題の解決をはかるのが妥当であり、可能な範囲で背後環境を超自動化船運航に適したものとしてゆく以外に方法はない。

このような見方で、定員20名、15名、9名の船舶が実現するには、それぞれ時間的なずれがあるものとし、20名船が実現した時点で整備されていなかつた条件も、15名船が実現する時点では、そのうちのあるものは整備されているものとし、9名船の場合も同様に考えて標準システムを選定した。

設定した主な背後環境条件はつぎのとおりである。

##### 1.4.1 定員20名の場合(表1.1参照)

定員20名の場合には、関連事項は船主によつて改善することが可能なもののみとし、既に確立されている技術をベースとした。

- (1) 主要機器の定期点検整備計画の実施
- (2) 船内事務の陸上処理と報告書式のテープ化
- (3) 機器・システムの標準化と部品・予備品の標準化
- (4) 医療管理システムの確立
- (5) 在来船乗組員の再教育、再訓練の実施 (以上全モデル船)

表 1.1 定員20名の場合の所要システムと関連事項

	定員内訳	基本条件の変化	航 海 時			
			通常航海作業	狭水道、狭視界航海作業	バタワース作業	主要機器故障修理作業
タンカー (20万D/W)	<ul style="list-style-type: none"> <li>船長 1</li> <li>航海士 3</li> <li>機関長 1</li> <li>機関士 3</li> <li>通信士 1</li> <li>甲板部員 6</li> <li>機関部員 3</li> <li>事務部員 2</li> <li>計 20</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信士1名減 (自動通信システム)</li> <li>事務部員2名減 (Per Head 7名以内のサービスを基準)</li> <li>船医1名減</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>船橋配置の合理化</li> <li>船橋主機操縦装置の信頼性向上</li> <li>船橋配置 ⊕ 1 ⊖ 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>同 左</li> <li>同 左</li> <li>1航海4日昼間のみ</li> <li>昼間のみ ⊕ 1 夜間 ⊕ 1 ⊖ 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>予防保守システムの一部採用</li> <li>保守作業の陸上移行</li> <li>全員投入体制</li> </ul>
鉱石専用船 (10万D/W)	<ul style="list-style-type: none"> <li>船長 1</li> <li>航海士 3</li> <li>機関長 1</li> <li>機関士 3</li> <li>通信士 1</li> <li>甲板部員 6</li> <li>機関部員 3</li> <li>事務部員 2</li> <li>計 20</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信士1名減 (自動通信システム)</li> <li>事務部員1名減 (Per Head 7名以内サービスを基準)</li> <li>船医1名減</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>船橋配置合理化</li> <li>船橋主機操縦装置の信頼性向上</li> <li>船橋配置 ⊕ 1 ⊖ 2</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>予防保守システムの一部採用</li> <li>保守作業陸上移行</li> <li>全員投入体制</li> </ul>
コンテナ船 (3万D/W)	<ul style="list-style-type: none"> <li>船長 1</li> <li>航海士 3</li> <li>機関長 1</li> <li>機関士 3</li> <li>通信士 1</li> <li>甲板部員 6</li> <li>機関部員 3</li> <li>事務部員 2</li> <li>計 20</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信士1名減 (自動通信システム)</li> <li>事務部員1名減 (Per Head 7名以内サービスを基準)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>船橋配置合理化</li> <li>船橋主機操縦装置の信頼性向上</li> <li>船橋配置 ⊕ 1 ⊖ 2</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>予防保守システムの一部採用</li> <li>保守作業陸上移行</li> <li>全員投入体制</li> </ul>

(在来船定員を標準とする。)

沖 待	停 泊 時			入 出 港 時 係 留 作 業
	通常荷役作業	バンカーリング	修 理 作 業	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 3名相当分の省力要</li> <li>○ ⊕2 ⊖1 体制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 航海中に準ず</li> <li>○ 内地停泊中修理要員派遣制度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 配置：船橋 1 - 1 - 2</li> <li>機室 4 - 1</li> <li>船首 1 - 4</li> <li>船尾 1 - 3</li> <li>その他 2</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ バンカーリング集中管理制御システム</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 索搬出システム</li> <li>○ ブレーキ・クラッチ・リモコン・システム</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 航海中に準ず</li> <li>○ 内地停泊中修理要員派遣制度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 配置：船橋 1 - 1 - 2</li> <li>機室 4 - 1</li> <li>船首 1 - 4</li> <li>船尾 1 - 3</li> <li>その他 2</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 索搬出システム</li> <li>○ ブレーキ・クラッチ・リモコン・システム</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ バンカーリング集中管理制御システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 航海中に準ず</li> <li>○ 内地停泊中修理要員派遣制度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 配置：船橋 1 - 1 - 2</li> <li>機室 4 - 1</li> <li>船首 1 - 4</li> <li>船尾 1 - 3</li> <li>その他 2</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ブレーキ・クラッチ・集中リモコン・システム</li> <li>○ I T V 監視システム</li> </ul>

表 1.2 定員 15 名の場合の所要システムと関連事項

	定員内訳	基本条件の変化	航 海 時			
			通常航海作業	狭水道、狭視界航海作業	バタワース作業	主要機器故障修理作業
タンカー (20万D/W)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○船長 1</li> <li>航海士 3</li> <li>機関長 1</li> <li>機関士 3</li> <li>通信士 1</li> <li>船舶員 6</li> <li>計 15</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○通信士 1 名減 (自動通信システム)</li> <li>○事務部員 3 名減 (Per Head 7 名以内のサービスを基準)</li> <li>○船医 1 名減</li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>○船橋配置 ⊕ 1 (常時) ⊖ 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○高圧海水洗滌設備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○予防保守システムの大巾採用</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>○船位決定システム</li> <li>○ドブラーナビゲータ・システム</li> <li>○座礁予防システム</li> <li>○衝突予防システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○イナートガス・システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○主要機器の自動保全システムの採用</li> </ul>
鉾石専用船 (10万D/W)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○船長 1</li> <li>航海士 3</li> <li>機関長 1</li> <li>機関士 3</li> <li>通信士 1</li> <li>船舶員 6</li> <li>計 15</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○通信士 1 名減 (自動通信システム)</li> <li>○事務部員 2 名減 (Per Head 7 名以内のサービスを基準)</li> <li>○船医 1 名減</li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>○船橋配置 ⊕ 1 (常時) ⊖ 1</li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>○予防保守システムの大巾採用</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>○船位決定システム</li> <li>○ドブラーナビゲータ・システム</li> <li>○座礁予防システム</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○主要機器の自動保全システムの採用</li> </ul>
コンテナ船 (3万D/W)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○船長 1</li> <li>航海士 3</li> <li>機関長 1</li> <li>機関士 3</li> <li>通信士 1</li> <li>船舶員 6</li> <li>計 15</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○通信士 1 名減 (自動通信システム)</li> <li>○事務部員 2 名減 (Per Head 7 名以内のサービスを基準)</li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>○船橋配置 ⊕ 1 (常時) ⊖ 1</li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>○予防保守システムの大巾採用</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>○船位決定システム</li> <li>○ドブラーナビゲータ・システム</li> <li>○衝突予防システム</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○主要機器の自動保全システムの採用</li> <li>○レフコン集中制御異常監視システム</li> </ul>

(定員20名の場合を標準とする。)

沖 待	停 泊 時			入 出 港 時 係 留 作 業
	荷 役 時			
	通常荷役作業	バンカーリング	修 理 作 業	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 荷役配置 士1 員1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 荷役+バンカーリング配置 士2 員2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 航海中に準ず</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 配置：船橋 1-1-1</li> <li>機室 2-1</li> <li>船首 2-2</li> <li>船尾 2-2</li> <li>その他 1</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 自動ポンピングシステム</li> <li>○ 自動バラステイングシステム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 自動バンカーリングシステム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 航海中に準ず</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 船位検出システム</li> <li>○ ウインドラス・ウインチの集中リモコンシステム</li> <li>○ マンツーマン通信システム</li> <li>○ I T V 監視システム</li> <li>○ ドブラー着棧システム</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 荷役配置 士1 員1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 荷役+バンカーリング配置 士2 員2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 航海中に準ず</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 配置：船橋 1-1-1</li> <li>機室 2-1</li> <li>船首 2-2</li> <li>船尾 2-2</li> <li>その他 1</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 自動バラステイングシステム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 自動バンカーリングシステム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 航海中に準ず</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ウインドラス・ウインチ集中リモコンシステム</li> <li>○ マンツーマン通信システム</li> <li>○ I T V 監視システム</li> <li>○ ドブラー着棧システム</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ バンカーリング配置 士2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 航海中に準ず</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 配置：船橋 1-1-1</li> <li>機室 2-1</li> <li>船首 2-2</li> <li>船尾 2-2</li> <li>その他 1</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 自動バンカーリングシステム</li> <li>○ 自動給水システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 航海中に準ず</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ウインドラス・ウインチ集中リモコンシステム</li> <li>○ パウラスターシステム</li> <li>○ ドブラー着棧システム</li> </ul>

表 1.3 定員 9 名の場合の所要システムと関連事項

	定員内訳	基本条件の変化	航 海 時			
			通常航海作業	狭水道、狭視界航海作業	パタワークス作業	主要機器故障修理作業
タンカー (20万D/W)	<ul style="list-style-type: none"> <li>船長 1</li> <li>船舶士 6</li> <li>船舶員 2</li> <li>計 9</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>船医 1名減</li> <li>事務部員 4名減</li> <li>船医 1名減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>船橋通常 1名当直 ⊕</li> <li>通信事務作業の一本化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>船橋配置通常 ⊕1 (場合によつて ⊖1、⊕1 の 2名当直)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕1、⊖2 による作業</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>保守作業の全面陸上移管</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>オフライン計算システム</li> <li>衛星デジタル・データ伝送システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>操船データ集中処理システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>タンク・クリーニング・コントロール・システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機関自動保守整備システム</li> </ul>
鉱石専用船 (10万D/W)	<ul style="list-style-type: none"> <li>船長 1</li> <li>船舶士 6</li> <li>船舶員 2</li> <li>計 9</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>船医 1名減</li> <li>事務部員 3名減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>船橋通常 1名当直 ⊕</li> <li>通信事務作業の一本化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>船橋配置通常 ⊕1 (場合によつては ⊖1、⊕1 の 2名当直)</li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>保守作業の全面陸上移管</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>オフライン計算システム</li> <li>衛星デジタル・データ伝送システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>操船データ集中処理システム</li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>機関自動保守整備システム</li> </ul>
コンテナ船 (3万D/W)	<ul style="list-style-type: none"> <li>船長 1</li> <li>船舶士 6</li> <li>船舶員 2</li> <li>計 9</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>船医 1名減</li> <li>事務部員 3名減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>船橋通常 1名当直 ⊕</li> <li>通信事務作業の一本化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>船橋配置通常 ⊕1 (場合によつては ⊖1、⊕1 の 2名当直)</li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>保守作業の全面陸上移管</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>オフライン計算システム</li> <li>衛星デジタル・データ伝送システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>操船データ集中処理システム</li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>機関自動保守整備システム</li> </ul>

(定員15名の場合を標準とする。)

沖 待	停 泊 時			入 出 港 時 係 留 作 業
	荷 役 時			
	通常荷役作業	バンカーリング	修 理 作 業	
<ul style="list-style-type: none"> <li>対陸通信の完全電話化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>配置 ⊕2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>特別な配置なし (荷役当直者の併行処理)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>航海中に準ずる</li> <li>停泊中乗組員交替制度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>船首尾作業：監視のみ</li> <li>配置：船橋 1-2-1 機室 1-1 船首 1 船尾 1 その他 1</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>自動電話通信システム</li> <li>船位警報システム</li> <li>火災検知消火システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>完全自動荷役システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>完全自動バンカーリング給水システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>航海中に準ずる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>イコライジング・システム</li> <li>自動着棧システム (サイドスラスタ+ドブラーソナー)</li> <li>係船機船橋集中管理システム</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>対陸通信の完全電話化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>配置 ⊕1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>配置 ⊕1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>航海中に準ずる</li> <li>停泊中乗組員交替制度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>船首尾作業：監視のみ</li> <li>配置：船橋 1-2-1 機室 1-1 船首 1 船尾 1 その他 1</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>自動電話通信システム</li> <li>船位警報システム</li> <li>火災検知消火システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>完全自動バラステイング姿勢制御システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>完全自動バンカーリング給水システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>航海中に準ずる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>イコライジング・システム</li> <li>自動着棧システム (サイドスラスタ+ドブラーソナー)</li> <li>係船機船橋集中管理システム</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>対陸通信の完全電話化</li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>配置 ⊕1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>航海中に準ずる</li> <li>停泊中乗組員交替制度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>船首尾作業：監視のみ</li> <li>配置：船橋 1-2-1 機室 1-1 船首 1 船尾 1 その他 1</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>自動電話通信システム</li> <li>船位警報システム</li> <li>火災検知消火システム</li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>完全自動バンカーリング給水システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>航海中に準ずる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>イコライジング・システム</li> <li>自動着棧システム (サイドスラスタ+ドブラーソナー)</li> <li>係船機船橋集中管理システム</li> </ul>

- (6) 安全性向上、タンク・クリーニング作業省力化のためのイナート・ガス・システムの採用(タンカー)
- (7) 入渠航海作業(ガス・フリー、スラッジ・スロップ処理)のシステム化(タンカー)

#### 1.4.2 定員15名の場合(表1.2参照)

定員15名の場合にも、主として船主によつて改善可能なものとしたが、近い将来に実現が予想される技術をもベースに含めた。

- (1) 海運企業内G.P.C.(船舶員)の養成
- (2) 調理済み冷凍食品の採用と積込みの陸上移行
- (3) 内地停泊地での整備作業の完全陸上移行
- (4) 船内居住性能の向上とリクリエーション設備の充実
- (5) 機器換装基準の統一と陸揚げ整備システムの確立
- (6) 荷役事務の陸上移行

#### 1.4.3 定員9名の場合(表1.3参照)

定員9名の場合には、関連事項には船主だけでは改善が困難と思われる環境も含めている。また、現在の技術から見て実現はかなり遅れるものでも、可能性があると思われる技術をベースにしている。

- (1) 海運企業内での在来資格職員の船舶士への再教育、再訓練
- (2) 海員養成教育機関のカリキュラムの変更
- (3) 乗組員業務分担を運航と整備に分けること。
- (4) 運航担当チームと停泊担当チームによる完全交替制度の実施
- (5) 航行援助システムの充実(沿岸衝突予防システム、運航管制システムなどの陸上システムの確立)
- (6) 洋上救助システムの確立
- (7) 精神衛生管理システムの確立

## 2. 船内労働量軽減効果の定量評価

### 2.1 船員費の実績と予想

船舶の自動化による直接的効果として、一般にまず論ぜられるのが定員削減にもなる人件費の減少である。

本検討でも超自動化船の適応性のひとつとして、船内の労働量軽減をとりあげている。

よつて過去の船員費年額と上昇率を調査し、後後の予測を行なつた。

#### 2.1.1 船員費の実績

現在のわが国での船員雇傭型態では、船員費は現実に船舶に乗組み、船舶を運航している乗組員ひとりあたりの賃金、諸手当、船員保険料、退職金引当金、福利厚生費などの年額ではなく、予備員(再教育受講者、傷病休職者、有給休暇中の者、自宅待機中の者など)を含めた全船員に対する企業負担を、ひとりあたりにしたものが船員費となる。

外航労務協会の調査によると、昭和40年より45年までの6年間の、同協会加盟会社船員ひとりあたりの月間船員費は、乗下船平均で表2.1のとおりとなつている。

表2.1より、月額船員費の単純平均年間アップ率は11.6%となる。外労協以外の中小労加盟会社を加えた場合は、総額的には若干低下するが、上昇傾向は同一とみて差支えない。

この表から真の船員費を求めるためには、前述の予備員費を見込まねばならず、予備員費を見込むためには、各船主が雇傭している乗組員数に占める予備員数の比率、すなわち予備員率を決めなくてはならない。予備員率は船主の運航船腹規模、労働協約による有給休暇日数などにより、各船主が適正と考える率に設定しており、逐年上昇する傾向にあ

表 2.1 外労協平均月額船員費

年 度	月間船員費	前年比上昇率	指 数
昭和40年度	93,703円		100
41	105,096	12.15%	112
42	122,079	15.16	130
43	131,548	7.76	140
44	145,787	10.82	156
45	162,111	11.19	173

る。ここでは外労協加盟会社の平均予備員率、職員25%、部員20%を採用することにした。この場合、

$$\text{船員費} = \text{乗船中船員費} + \text{予備員費} \times \text{予備員率}$$

となる。

また、

$$10\text{年間船員費推定額} = \text{月間船員費} \times 12\text{ヶ月} \times \left( \frac{(1 + \text{年間船員費上昇率})^{10} - 1}{\text{年間船員費上昇率}} \right)$$

となる。

2.1.2 船員費の将来予測

船員費の将来予測については意見のわかれるところである。

一般的には、生産性の向上によつて人件費上昇を吸収できる限度に達しており、今後は年平均5%程度の安定上昇となるとする意見と、現今の如く、ほぼ定常的な労働力不足の背景下では、今後数年間は過去と同様年間11%以上の人件費上昇は避けることができないうとする意見とがあり、その何れをとるべきかは決めにくい。

そこで本検討では、人件費の上昇率は45年以降年率5%の場合と、45年以降職員については年率11%、部員については年率12%の場合との2ケースについて、45年度外労協平均船員費をベースとして試算した。

表 2.2 は過去5年間の年間船員費の推移と今後8年間の年間船員費の予測値を各年別に算出したものであり、中央左側は年率5%、中央右側は年率職員11%、部員12%の場合の数値である。各ケースでの10年間のトータル欄は、各年度を初年度とした場合の、その後10年間の船員費を積算した総額を示す。

定員削減を意図した設備投資を行なう場合は、表 2.2 でその船舶の就航年度の10年間トータル欄の数字が、1名あたりの累積船員費を示すので、定員削減に見合う自動化投資額は、ある年度就航予定船定員1名あたり投資額をGとすると、

$$G = \text{船員費初年度額} \times \frac{1 - \left( \frac{1 + \text{船員費年間上昇率}}{1 + \text{年間利率}} \right)^{10}}{\text{年間利率} - \text{船員費年間上昇率}}$$

として計算できる。

図 2.1 は月額船員費の推移および昭和45年以

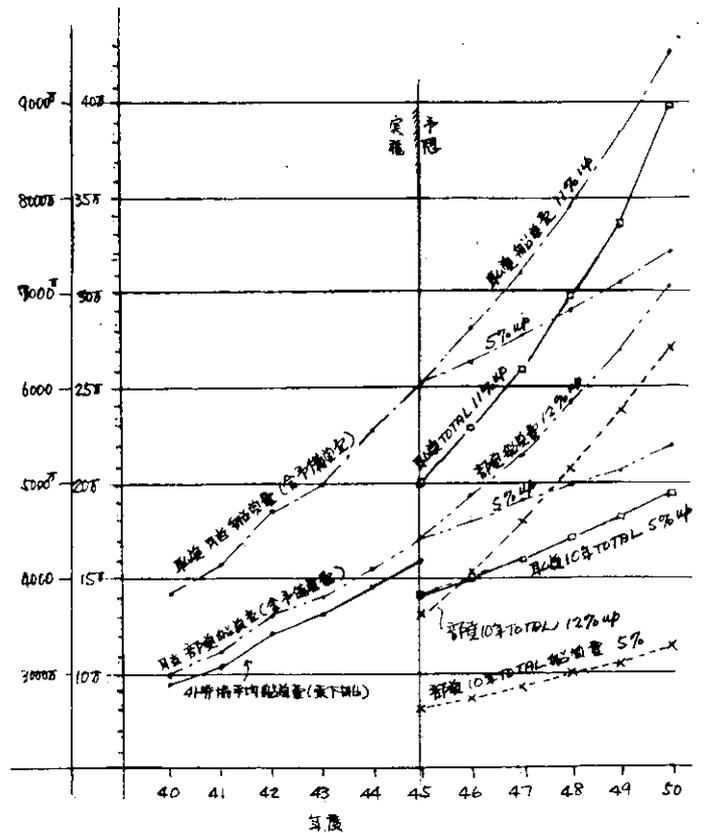


図 2.1 船員費動向

降10年間1名あたり船員費総額の逐年予想を示したものである。図2.1でかりに船員費が過去の実績と同様の上昇率で移行するものとする、昭和52年には、その後10年間の船員費は1名あたり1億円を越えることになる。

表2.2 新造船用船員費

年 度	月間船員費	年間船員費	10年間TOTAL	月間船員費	年間船員費	10年間TOTAL
40	職 141,453 部 99,810	万円 169.7 119.8				
	職 158,652 部 111,946	190.4 134.3				
42	184,289 130,035	221.1 156.0				
	198,584 140,122	238.3 168.1				
44	227,278 155,289	272.7 186.3				
	252,708 172,676	303.2 207.2	万円 3,814.9 2,606.7	円 252,708 172,676	万円 303.2 207.2	万円 5,070.3 3,636.6
46	265,343 181,309	318.4 217.6	4,005.6 2,737.0	280,505 193,397	336.6 232.1	5,628.0 4,072.9
	278,610 190,374	334.3 228.4	4,205.9 2,873.9	311,360 216,604	373.6 259.9	6,247.1 4,561.7
48	292,540 199,897	351.0 239.9	4,416.2 3,017.6	345,609 242,596	414.7 291.1	6,934.2 5,109.0
	307,167 209,890	368.6 251.9	4,637.0 3,168.5	383,625 271,707	460.4 326.0	7,697.0 5,722.1
50	322,525 220,384	387.0 264.5	4,868.8 3,326.9	425,823 304,311	511.0 365.2	8,967.8 6,408.8
	338,651 231,403	406.4 277.7	5,112.3 3,493.2	472,663 340,823	567.2 409.0	9,954.3 7,177.8
52	355,583 242,973	426.7 291.6	5,367.9 3,667.9	524,655 381,727	629.6 458.1	10,526.7 8,039.2
	373,621 255,121	448.3 306.1	5,640.2 3,806.0	582,367 427,534	698.8 513.0	11,684.6 9,003.8
年 度	45年度ベースに5%等比up			45年度ベースに職員11% 部員12%等比up		

## 2.2 作業量からみた船内労働量の分析

モデル船に超自動化システムを搭載した場合、想定定員で運転可能であるかどうかを具体的に検討し、運航の目的をたてておかないと、この種シミュレーションは単なる数字の羅列にとどまるおそれがある。

そこで、定員20名および15名の場合については、船舶の運航のために在来船の乗組員が行なっている主体作業につ

いて、ケース・スタディにより抽出した延労働時間を標準にして、想定定員とした場合には処理できない延労働時間を算出し、考えられる対策を表にとりまとめたものが表2.5～表2.9である。

定員9名の場合は、乗組員の構成、就労体制、海運企業の船舶管理体制などが、現状から相当大巾に変更されることを前提としており、現在の諸環境のもとでは、船種、船型によつて相当相異がある主体作業が、ほとんど各船共通の作業内容に変化するものと推定され、船種別の特種作業は次第にその比重が軽くなると考えられる。

よつて、9名の場合には、最も特殊作業が多い、すなわち荷役作業が乗組員作業として残ると思われるタンカーについて、表2.3～表2.9と同様の方法で検討し、鉱石専用船、コンテナ船についてはタンカーに関する資料から荷役作業を除いたものとみなした。この検討結果を表2.10に示す。

以下表2.3～表2.9につき船種別に簡単に説明する。

### 2.2.1 タンカー

表2.3は定員20名の場合、表2.4は定員15名の場合の船内作業量の分析と予測である。整備作業に要する労働量を節減する画期的なシステムの搭載は行なわないものとしたので、整備作業量は在来船とほとんど同程度残ることになる。

また、タンカーの場合、積揚荷役前後の荷役準備および後片付け作業、たとえばマニホールドのオイルパンに関する作業、リデューサの取付け、取外し作業、フアイヤ・ワイヤの準備後片付け作業、防災に関する作業、などについての作業量も減少を見込むことはできない。

表では、本質的にコンピュータ・システムと関連のない設備についても省力効果の点から検討しているが、すべて一部の船舶では単体として装備しているものである。

また、ここでは除外しているが、船舶の居住性やリクリエーションに関する点についても、世界的な傾向として設備面での向上は不可避であり、定員が20名、15名と減少するにつれて乗組員の精神衛生面からの配慮も設備上に及ぼさなければならないようになる。

定員20名の場合には、作業量的には現在の定員から比較的スムーズに移行できる要素があるが、定員15名、9名と段階が進むにつれて、いろいろな面で従来の既成概念を打破した機能本位の考え方を採用せざるを得なくなる。

たとえば、定員20名の場合には機関制御室は従来どおり機関室内上段に設置し、集中制御場所としては、船橋、機関制御室、荷役制御室の3箇所を別個に設け、万一の場合、主たる現場に当直者が直ちに避けるような配慮が必要であるが、15名の場合には荷役制御室と機関制御室は一室にまとめ、9名の場合には集中制御場所をすべて船橋に集めた。制御場所が現場から独立するため、信頼性向上対策を綿密に検討しなければならない。

### 2.2.2 鉱石専用船

表2.6は定員20名、表2.7は定員15名の場合の船内作業量分析と予測である。基本的な設備条件は、タンカーの場合と同様であるが、荷役に要する労働量がタンカーに比べて少なく、その作業も主として倉口の開閉などの荷役準備、後始末およびバラスト缸排水など、簡単な作業が多い。

また、就航航路が濠州または南米であるため、航行海域内の船舶交通量も、タンカーの場合のマラッカ、シンガポール海峡のように極端に多いところはない。

このため、航海中の労働量ピークである狭水道航海などの発生条件は大巾に緩和され、機器の保守整備に投入できる人員を出し易い。

タンカーの場合とも共通するが、定型的作業が定員の減少に伴つて自動化されるに従い、自動化の対策として技術的に適しない作業、たとえば船ハッチ周辺に散乱する鉱石の掃除作業、陸上 BOARDER の TRAVELING LENGTH と船型の差異による荷役中の船体シフト作業、潮の干満に伴う舷梯の調節作業、船体の傾斜に対する積荷指示のための陸上との連絡作業、気象条件の変化に対応するための係船索の増取り作業など、現状定員で問題となっていない諸作業がピーク作業となる。

表2.3 タンカー 日本～ベルギー湾 20名船  
 (船長1名、航海士3名、機関長1名、機関士3名、通信士1名、甲板部6名、機関部5名、事務2名)

項目	作業名	配置	延時間	現状 余裕%	20名配置	延時間	差	
大洋航海 434.47h (18.1日) 50.0%	当直作業	船橋 2×3	868.92		船橋 2名×3	868.92	0	
		機関 2×3	868.92		機関 0	0	-868.92+α	
		通信 1×2	289.6		通信 1×1	144.8	-144.8	
	非当直作業	調理 2.5	362.0		司厨 2	289.6	-72.4	
		サービス 2.5	362.0		甲 <sup>1</sup> サ <sup>1</sup> キ <sup>1</sup>	289.6	-72.4	
	整備	甲板 6	868.9		甲板 2	289.6	-579.3	
		機関 4	579.3		機関 6	868.9	+289.6	
	事務	甲板 1	20.0		甲板 1	20.0	0	
		機関 1	20.0		機関 1	20.0	0	
		通信 1	20.0		通信 1	20.0	0	
		司厨 1	20.0		司厨 1	20.0	0	
		衛生 1	15.0		衛生 1	15.0	-5.0	
	沿岸航海 273.37h (11.4日) 31.5%	当直作業	船橋 2×3	546.7		船橋 2×3	546.7	0
			機関 2×3	546.7		機関 0		+546.7
通信 1×2			182.4		通信 1×1	91.2	-91.2	
調理 2.5			224.0		調理 2	182.4	-41.6	
サービス 2.5			224.0		サービス 2	182.4	-41.6	
整備		甲板 6	547.2		甲板 2	182.4	-364.8	
		機関 4	364.8		機関 6	547.2	+182.4	
事務		甲板 1	12.0		甲板 1	12.0	0	
		機関 1	12.0		機関 1	12.0	0	
		通信 1	12.0		通信 1	12.0	0	
		司厨 1	12.0		司厨 1	12.0	0	
	衛生 1	9.0		衛生 1	9.0	0		
狭水道航海 88.98h (3.7日) 10.2%	当直	船橋 3×3	266.94		船橋 2×3	178.0	-88.9	
		機関 3×3	266.94		機関 1×3	99.0	-177.9	
		通信 1×2	59.2		通信 1×1	29.6	-29.6	
		調理 2.5	74.0		調理 2	59.2	-14.8	
		サービス 2.5	74.0		サービス 2	59.2	-14.8	
	整備	甲板 3	88.8		甲板 2	59.2	-29.6	
		機関 2	59.2		機関 2	59.2	0	
	港内出入港 5.2h 0.6%	当直	船橋 3+α	19		船橋 3+α	19	0
			船首 6	31		船首 5	26	-5
船尾 5-α			24		船尾 4	19	-5	
機関 6			31		機関 5	26	-5	
通信 1			5		通信 1	5	0	

機器による利得及対策

NSS or OMEGA 3.8h×18.1 = 68.78h	衝突予防 5.2h×18.1×0.1 = 9.4h	73.2hの余裕が出るので DESK WORK も一部当直中にこなせる。
昼間1時間点検、夜間5日1回1時間程度 = 840h		840hセーブ分を整備、予防保守にまわせる。又 DESK WORK もこなせる。
定情受 約6.7hセーブ/day×18.1 = 121.3h		不足分は利用法を簡素化する。電話連絡を多くする。
予備調理(肉、魚)により 1.8h/dayセーブ		約3時間程度の余裕が出るので一部 DESK WORK も可能 積込みは協同
セルフサービス取入れる事により 3h/dayセーブ		2名にて可能
Tank Cleaning, Stop 処理 バラストはり変え自動化	機関部よりヘルプ3名を加えこなせる(昼間は船橋当直部員がヘルプ)	
当直をしない機関士により行なう。		充分こなせる。
} コンピュータ処理50%とすると在来と同程度		
事務処理一部コンピュータ化又は職員に移行(船長)		
コンピュータ診断	投薬業務等は非当直者に移行	
船位 Decca 1.2h×11.4 = 13.7h	衝予 1h×11.4 = 11.4	約25h→2h/dayの余裕が出る。
昼間1時×11.4 + 夜5日1回×2 = 13.4h		533.3hセーブ分を整備にまわす。
定6.7×11.4 = 76.4h		不足分14.8hは利用法で消化する。
		大洋航海と同じ。
		"
	整備作業を簡素化	
	機関士が行なう。	
	} 大洋航海と同一	
船位 Decca 1.2h×3.7 = 4.4h	衝予 16h×3.7 = 59.0	計63h 不足分29hとなるが常時3名の場合かなり余裕(6h/day)があつたのでOK
		信頼性上がれば入直時間は減る(ベースとしては入直不要)
定6.7h×3.7h = 24.8h		不足分は利用法で消化
		} 大洋航海と同一
	入港準備作業、荷役準備作業を行なう。	
	"	
船位 Doppler 0.4h×4h = 1.6h		信号旗、信号がラッパする時は船尾配置より一名help (VHF利用による消化出来る)
○ウインチリモコンとする。 1×5 = 5h		○巻き止めとする。 コイルダウンは入港前に行なう。
○ " 1×5 = 5h		○ " "
○船橋操縦とする。		

項 目	作業名	配 置	延 時 間	余 裕	20名配置	延 時 間	差	
荷役 揚荷	準備作業	甲 8名	8.00		甲 5名	5.00	- 3.00h	
		1.00h	1.00					
	2.6時間	揚荷役	甲 12名	12×4=48		甲 9×2=18	1.8	- 30.00
			甲 4名	4×22=88		甲 3×22=66	6.6	- 22.00
	3時間	後始末作業	甲 12名	12×1=12		甲 9×1=9	9	- 3.00
甲 4名			4×2=8		甲 3×1=3	3	- 5.00	
積荷役 3.00h	準備作業	甲 6名	1.8h		甲 3名	9.00	- 9.00	
	17.00h	積荷役	甲 12名	12×4=48		甲 9名×1h	9×1=900	- 39.00
甲 4名			4×13=52		甲 3名	3×16=48	- 4.00	
1.00h	後始末	甲 12名	12×1=12		甲 9名×1h	9×1=9	- 3.00	
整備作業	機関部	キ 7名	7×16=112		キ 7名	7×16=112	0	
補油作業		キ 4名	4×6=24		キ 3名	3×6=18	- 6.00	
積込み作業		甲3名、キ3名 他3名	9×1=9h		各部1名	4×1=4	- 5.00h	
食料積込み		事 4名	4×2=8h		事2+甲2	4×2=8	0	

機 器 利 得 及 対 策

○ Scupper 閉鎖は入港前に行なう。(4m・h)(東京湾航行中)	銘板取付け式にする。
○ 開口部閉鎖は事務、機関部で一部行なう。(6-3m・h=3m・h)	} 入港前に出来ない場合は入港後甲6名で行なう。 (当直者が help )
○ 消火、流出油準備(1部入港前に行なう)	
○ HOSE 接続は Shore hands で行なう。	
○ プログラムコントロールにより、コントロールルーム監視4h、ONDK 監視1名27h、pump 発停2h	
○ ロギング2.2h、バルブ操作1.5h、バラスト作業2h、ストリップング作業1.2h、計5.2h	
○ pump 操作1.00h、計算1.00h、Sounding 1.00h	
○ バルブ操作 Sounding 1.00h	併行、張水により2時間(net)短縮
○ 準備作業22m・hは湾内航行中にこなせる。入港後開口部閉鎖(5m・h)、流出油準備(2m・h)等行なう。PWBの排水についてはプログラム制御につき手動弁開閉のみとなる。	
○ 積切り時の配置なし 8×3=24h、Shore con 1名 1×17=17h、計算1.00h、pump 準備1.00h	
○ 一対停泊当直も含む。	
○ 計算2.00h、pump 後始末1.00h	
○ F.O. Tank にフロートゲージを付ける 2×5=10h	○ 途中の監視はゲージにより行なう。
○ リスト Check のみ行なう。	○ 積み込みは陸上に移行
○ 荷役準備作業終了後甲板部が help	

表2.4 タンカー 日本～ベルシヤ湾 15名船  
(船長1名、航海士3名、機関長1名、機関士3名、通信士1名、甲板部GPC 6名)

項 目	作業名	配 置	延 時 間	余裕度	15名配置	延 時 間	差	
大洋航海 434.47h (18.1日) 50%	当直作業	船橋 2×3	868.9h		船橋 夜2×3 昼1×2	434.4 217.2	651.6	-177h
		機関 2×3	868.9		機関 0	0	0	+869.2
		通 1×2	289.6		通 1名×1直	144.8	144.8	-144.8
	非当直作業	調 2.5	362.0		調 1.5人	217.2	217.2	-144.8
		サ 2.5	362.0		サ 0.5人	72.4	72.4	-289.6
	整備作業	甲 6	868.9		甲 $3+\alpha$ 1名+3名) 2.5)	160.8	160.8	-708.1
		機 4	579.3		機 4又は3名	506.8	506.8	-72.5
	事務作業	甲 1	20.0		甲 1	20.0	20.0	
		キ 1	20.0		キ 1	20.0	20.0	
		通 1	20.0		通 1	5.0	5.0	
		司 1	20.0		司 1(船首)	20.0	20.0	
衛 1		15.0		衛 1	15.0	15.0	-5.0	
沿岸航海 273.37h (11.4日) 31.5%	当直作業	船橋 2×3	546.7		船橋 2×3	546.7	546.7	0
		機関 2×3	546.7		機関 0	0	0	+546.7
		通 1×2	182.4		通 1×1	91.2	91.2	-91.2
	供食サービス	調 2.5	224.0		調 1.5	136.8	136.8	-87.2
		サ 2.5	224.0		サ 0.5	45.6	45.6	-178.4
	整備	甲 6	546.7		甲 1	91.2	91.2	-455.5
		機 4	364.8		キ 3	273.3	273.3	-91.5
	事務	甲 1	12.0		甲 1	12.0	12.0	
		キ 1	12.0		キ 1	12.0	12.0	
		通 1	12.0		通 1	6.0	6.0	
		司 1	12.0		司 1	12.0	12.0	
衛 1		9.0		衛 1	9.0	9.0		
狭水道航海 88.98h (3.7日) 10.2%	当直	船橋 3×3	267		船橋 2×3	178	178	-89
		機関 3×3	267		機関 0	0	0	+267
		通 1×2	59		通 1×1	30	30	-29
	供食	調 2.5	74		調 1.5	44	44	-30
		サ 2.5	74		サ 0.5	15	15	-59
	整備	甲 3	89		甲 1	30	30	-59
機 2		59		機 3又4	104	104	+45	
港内出入港 5.20h 0.6%	当直	船橋 $3+\alpha$	19		船橋 $3+\alpha$	19	19	0
		キ 6	31		キ 4	21	21	-10
		通 1	5		通 1	5	5	0
		船首 6	31		船首 4	21	21	-11
		船尾 $5-\alpha$	24		船尾 $3-\alpha$	13	13	-11
		調 2.5	13		調 0	0	0	0
サ 2.5	13		サ 0	0	0	0		

機 器 利 得 及 対 策

- 機利得16.5h/day となるので  $16.5 \times 18.1 + 2 + 12 \times 2 = 173h$  Tank cleaning 時 2 日間は夜間も 1 名当直とする。
- 昼間1時間、夜間その他5日に1回 1時間 840h利得 └ ACS は常時連続使用可能の事
- 定情送受信 7.7hセーブ/day  $\times 18.1 = 139.37h$  + 自動SSB 電話によりこなせる。
- 材料予備調理により  $3.2h/day \times 18.1 = 88.7h$  人員減16名分 1日3時間  $\times 18.1 = 54.3h$  よつて計143h
- 全職員食事セルフサービス、使い捨て食券、船室はサロンクラスのみ attend より可能 (1日4hでこなせる)
- Tank cleaning パラストはり変え自動化 — 船橋当直を中止し { 甲板部 3 名 ~ 4 名 }  
機関士 1 名 で行なり。
- 非直機士 3 名及機長により行なり。異常診断をする。

◦ 増加する情報処理として事務は陸上に移す。

- コンピュータ処理及船機長によりこなす。 ◦ マイクロ化・磁気テープ利用の情報交換を取り入れる。
- コンピュータ診断

◦ 約25h 2h/day の余裕出る。

◦ 533.3hセーブ

◦ 大洋航海と同じ。

"

"

◦ 整備作業上必要があれば当直部員の help を受ける (日中のみ) 又は機関士の attend を受ける。

◦ 大洋航海と同じ。

"

- 船位 DECCA  $1.2h \times 3.7日 = 4.4h$ 、衝突予防及座予防  $20h \times 3.7 = 78.4$ 、計82.8h、余裕を考慮すれば OK └ 20名船と同一機能であるが信頼性精度は上がったもの。
- 入直しない。

◦ 大洋航海と同じ。

◦ 入港前の狭水道時は、入港準備作業を行なり。

◦ 20名船設備の外サイドスラスタ DOPPLER SONAR をつける。連絡は Wireless 装置とする。

◦ 20名船設備以外に Tugline 取り及 High speed Winch をつける。

項 目	作業名	配 置	延 時 間	余裕度	15名配置	延 時 間	差	
揚荷役	1h	準 備	甲12名	12h		甲7 <small>職2、部4</small> 司1	7h	- 5
	26h	揚 荷 役	甲12名×4h	48		甲7×2h	14	- 34
			甲4名×22h	88		甲2×24h	48	- 40
	3h	後 始 末	甲12名×1h	12		甲7×1h	7	- 5
			甲4名×2h	8		甲2×2h	4	- 4
積荷役	3h	準 備	甲12名	36		甲7	21	- 15
	17h	積 荷 役	甲12名×4h	48		甲7×2h	14	- 34
			甲4名×13h	52		甲2×15h	30	- 22
1h	後 始 末	甲12名×1h	12		甲7×1h	7	- 5	
整備作業	16h		キ7名	112h		キ5×16h	80	- 32
補油作業	6h		キ4名	24h		キ2×6h	12	- 12
積込み	1h		各部3名	9h		各部3×1h	3	- 3
食料積込み	2h		事務4名	8h		司2÷1	6h	- 2

機 器 利 得 及 対 策

- Scupper 閉鎖は入港前の作業とする(4m・h) 居住区内準備は事務及機関士で行なう。
- OND/K 準備は航海士及当直者作業とする。line 取付けは shore hand, 荷役室の準備は c/o による。
- 荷役当直と停泊当直と兼用し OND/K 当直は1名とする。船内の一般警報装置は荷役室に集める。Line 構成、オイル回し及送油開始時は全員当直、終了時も全員当直とする。
- OND/K 後始末、dirty 注水時等は
- 揚荷と同じ。
- 積切りはフロートゲージによる。
- 内地停泊時は、人員不足分は陸上の attend を受ける。
- 途中の監視はフロートゲージ、積切りもフロートで行ない Sounding は2回のみとする。
- List check のみ。
- List check のみを主体とし、少量の場合は甲板部1名の attend を受ける。

表2.5 タンカー 日本～ベルシヤ湾 9名船  
(船長1名、船舶士6名、船舶員2名)

項 目	作業名	現状延時間	余 裕	対象時間	9名船配置	延 時 間	差	
大洋航海 (434.47h) (18.1日) (50.0%)	当直 { 船橋 キ 通	869	0.4	811	1,217	船制御 1×3	434	-783
		869	0.4					
		290	0.4					
	供食 調 サ	362	0.2 145	579	1	145	-434	
		362						
	整備 甲 キ	869	0.4 347	522	4+α	651	-352	
		579	0.3 174	405				
事務	95	0.2 19	76					
沿岸航海 (273.37h) (11.4日) (31.5%)	当直 船 キ 通	547	0.3 383	893	制 御 1×3	273	-620	
		547						
		182						
	供 調 サ	224	0.2 90	358	1	91	-267	
		224						
	整 甲 キ	547	0.4 218	631	4	365	-266	
365		0.3 109						
事	57	0.2 11						
狭水道航海 (88.98h) (3.7日) (10.2%)	当直 船 キ 通	267	0.15 40	488	制 御 1×3	89	-399	
		267	0.2 53					
		59	0.2 12					
	供食 調 サ	74	0.2 15	138	1	30	-108	
		74	0.2 15					
整備 甲 キ	90	0.4 36	141	4	118	-23		
	59	0.3 32						
港内及出入港 5.2h 0.6%	当直 船橋 キ 通	19	0.10	8	47	制 御 2	21	-26
		31	0.15					
		5	0.20					
	船首	31	0.20 6	25	2	10	-15	
	船尾	24	0.20 5	19	2	10	-9	
	調 サ	13	0.40 10	16	1	5	-11	
13								
揚荷役	1h 準備	12	0.1 1	11	4	4	-7	
	26h 揚荷役	136	0.3 41	95	2×3	52	-43	
	3h 後始末	20	0.1 2	18	4	12	-6	
	3h 準備	36	0.1 3	33	4	12	-21	
	17h 積荷役	100	0.3 30	70	2×3	34	-36	
	1h 後始末	12	0.1 1	11	4	4	-7	
	整備 16h		112	0.2 22	90	1	16	-74
補油 6h		24	0.3 7	17	2	12	-5	
積込み 1h		9	0.2 2	7	1	1	-6	
食料積込み 2h		8	0.2 1	7	1	1	-6	

機器利得及対策

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ NNSSまたはOMEGA ACS ABS A Logging 20h/day</li> <li>○ MO 2×24h/day</li> <li>○ 自動送受信 7h/day</li> </ul>	$75 \times 18.1 = 1357 \text{ m} \cdot \text{h}$	よつて、現状以上の作業余裕を持ち得る。
前回提出資料調整 Ass:IN3、サービス Ass:IN5 とすると、NET 12.2h/day の労働となり現状と同じ余裕を持ち得る。		
○ Ballast 張排水作業、Tank Cleaning 作業は自動化する。(B-1名 TK Clean 3名)		
-24×2日=48 TK Cleaning 24×2=48 Slop 16 計112hの利得		
○ 異常診断・自動運転範囲を広げる。8×18=144 コンピュータ事務処理及診断 2×18=36		
○ 処置の陸上移行 甲4×18=72n キ4×18=72 計144h 合計436hとなり可能		
○ 利得65×11.4=741hとなり120hの余裕が出る。		
○ 大洋航海と同じ。		
○ 大洋航海と同じ。		
○ 機器利得65×3.7=240+24×3.7=89 計329h 航路管制、航路整備必要		
○ 大洋航海と同じ。		
○ 入港準備及荷役準備作業を行なう。		
○ ITV (距離測定のできるもの)		
○ 自動係船システム Doppler 及 Side thruster の連動したもの。		
○ Ass:IN4で1人当現状の21.5% (艀)、30.4% (艀)となるから		
○ 利得は船首で16.8h、船尾で16hということとなり可能		
○ 準備作業の一部を自動化 (Ventilino 消化設備等)		
○ 係船システムによる船位保持を司る。		
○ 故障時の backup を十分する。		
○ 外地停泊のみ attend し、内地停泊時は陸上による。		
○ 補油システム Shore con の監視は業者及 deck 当直による。		
○ Line 取付等は陸上 Hands による。		
○ Dist check もしない。		
○ コンテナによる搬入 外地でもらない。		

表2.6 釧石専用船 日本～南米 20名船

(船長1名、航海士3名、機関長1名、機関士3名、通信士1名、甲板部6名、機関部3名、事務2名)

項目	作業名	配 置	延 時 間	余 裕	20名配置	延 時 間	差	
大洋航海 (1,031.69h) 4.3日 (85.6%)	当 直	船橋 2人×3直	2,064h		船橋 2×3	2,064h	0	
		キ 2×3	2,064h		キ 0	0	+2,064	
		通 1×2	688h		通 1×1	344h	-344	
	供 食	調 2.5	860h		調 2	688	-172	
		サ 2.5	860h		サ <sup>甲1</sup> キ1	2	688	-172
	整 備	甲 5	1,720h		甲 2	688	-1,032	
		キ 3	1,032h		キ 6	2,064	+1,032	
	事 務	甲 1人 0.6h	26h		甲 1	12	-14	
		キ 1	26		キ 1	12	-14	
		通 1	26		通 1	12	-14	
		司 1	26		司 1	12	-14	
		衛 1	26		衛 1	12	-14	
	沿岸航海 (57.83h) 2.4日 (4.8%)	当 直	船橋 2×3	115.2h		船橋 2×3	115	0
			キ 2×3	115.2h		キ 0	0	+115
通 1×2			38.4		通 1×1	19	-19	
供 食		調 2.5	48.0		調 2	38	-10	
		サ 2.5	48.0		サ 2	38	-10	
整 備		甲 5	106.0		甲 2	38	-68	
		キ 3	57.6		キ 6	115	+57	
事 務		甲 1	3.0		甲 1	2	-1	
		キ 1	3.0		キ 1	2	-1	
		通 1	2.0		通 1	1	-1	
		司 1	2.0		司 1	1	-1	
		衛 1	2.0		衛 1	1	-1	
狭水道航海 (20.03h) 0.8日 (1.67%)		当 直	船 3×3	60h		船 2人×3	40	-20
			キ 3×3	60h		キ 1×3	20	-40
	通 1×2		13h		通 1	7	-5	
	供 食	調 2.5	16h		調 2	13	-3	
		サ 2.5	16h		サ 2	13	-3	
	整 備	甲 2	13h		甲 2	13	0	
		キ 0	0		キ 2	13	+13	
港内出入港 5.5h 0.4%		船橋 3+ $\alpha$	20.0		船橋 3+ $\alpha$	20.0	0	
		船首 6	33.0		船首 5	27.5	-5.5	
		船尾 5- $\alpha$	24.5h		船尾 4- $\alpha$	19.0	-5.5	
		キ 6	33		キ 5	27.5	-5.5	
		通1 1	5.5		通 1	5.5	0	
		調 2.5	8h		調 1	5.5	-2.5	
		サ 2.5	8		サ 1	5.5	-2.5	

機 器 利 得 及 対 策

○ 不 要

○ 毎日点検 1.00h、他 max 5 日に 1 回 1.00h を見ると、2,013h の利得、整備保守及 Disk work にまわす。

○ 定情報受 6.7hセーブ/day×43日=288h 電話連絡を多くする。簡素化する。

○ 予備調理 1.8hセーブ/day×43日= 77h 人員減分等による余裕 2.5h/day×43=107h

○ セルフサービスにより可能

○ 塗装、船体整備については陸上移行とする。ハッチカバー等荷役用器及居室内装置のみ行なう。

○ 当直をしない機関士及機関部員にて行なう。

船機長、航海士、機関士により行なう。陸上に移行

○ 大洋航海と同一

○ 船位 DECCA 1.2h、衝予防レーダ(マニュアル input 及ガードリング、CPA計算) 10.8hセーブ、よつて余裕度を考えれば可能

○ 信頼性向上した場合は入当不要(ベースとしては入直不要)

○ 自動定情受信電話利用

○ 大洋航海と同じ。

○ 入出港準備後始末作業を行なう。(ハッチ開閉も一部行なう)

〃

○ 港内航進中は船尾配置より 1 名船橋へ現状通りまわす。

○ ウインチ及ウインドラスリモコン、巻止め方式、索搬出装置で 1 名減可能

〃

○ M.O. Bridge controll

○ 出入港時と重なる時は予備調理品等調理工数の低い物を使用する。

項 目	作業名	配 置	延 時 間	余 裕	20名船配置	延 時 間 時間×人	差	
揚 荷 役	準 備	甲 8名	4.00h		甲 5	2.5h	- 1.5	
	30分							
	35h	揚 荷 役	甲 11名	$11 \times 2 = 22h$		甲 $9 \times 2h$	18	- 4
			甲 3名	$3 \times 33 = 99h$		甲 $2 \times 33h$	66	- 33
	1h	後 始 末	甲 11名	11h		甲 9	9	- 3
	30分	準 備	甲 8名	4		甲 5	2.5	0
40h	積 荷 役	甲 11名	$11 \times 2 = 22h$		甲 $9 \times 2h$	18	- 4	
		甲 3名	$3 \times 38 = 114h$		甲 $2 \times 38$	76	- 38	
	1h	後 始 末	甲 11名	$11 \times 1 = 11h$		甲 $9 \times 1$	9	- 2
整 備 作 業		キ 6名	$6 \times 16 = 96$		キ $6 \times 16$	96	0	
補 油 作 業		キ 4名	$4 \times 6 = 24$		キ $3 \times 6$	18	- 6	
積 込 み		甲 3名			甲 1			
		キ 3名	$9 \times 1 = 9$		キ 1	} $\times 1h$	3h	
		他 3名			他 1			
食 料 積 込 み		事 4名	$4 \times 2 = 8$		事 2+甲 $2 \times 2h$	8h	0	

機 器 利 得 及 対 策

◦ Hatch 開閉は1 hatch について2名で行なえる設備とし、半分以上は出入港前に処理する。

◦ 現状は3～4名で行なっている。1名は Pump Room 又は Draft Saway 準備

◦ Pump の自動発停装備 1h×4回=4h

Ballast Tank 付弁の遠隔操作 float gage による遠隔計測 7h+38h=45hセーブ

甲部員1名は停泊当直を兼任する。

掃除は Hatch cover 囲りのみとする。

揚荷役と同一、ただしバース条件のシビヤ-な港では、揚積荷役中の Ballast 及 deballasting system の必要がある。

◦ 必要な場合は事務部に出ている機関部員1名及甲板部3名(max)が従事し得る。

◦ 途中の監視はフロートゲージにより行なう。

◦ 受渡し check のみとし搬入は陸上作業員により行なう。

◦ 甲板部員により attend し、積込時期は荷役開始時期をさける。

表2.7 鉱石専用船 日本～南米 15名船  
(船長1名、航海士3名、機関長1名、機関士3名、通信士1名、甲板部GPC 6名)

項 目	作業名	配 置	延 時 間	余 裕	15名配置	延 時 間	差	
大洋航海 (1.031.69h) 4.3日 (85.6%)	当 直	船橋 2人×3直	2,064		船橋 $\frac{2 \times 3}{1 \times 2}$ (取)	1,720	-344	
		キ 2×3	2,064		キ 0	0	+2,064	
		通 1×2	688		通 1×1	344	-344	
	供 食	調 2.5人	860		調 1.5	516	-344	
		サ 2.5人	860		サ 0.5	215	-645	
	整 備	甲 5	1,720		甲 2	688	-1,032	
		キ 3	1,032		キ 4	1,376	+344	
	事 務	甲 1人×0.6h	26		甲 1	12	-14	
		キ 1	26		キ 1	12	-14	
		通 1	26		通 1	12	-14	
		事 1	26		事 1	12	-14	
		衛 1	26		衛 1	12	-14	
	沿岸航海 (57.83h) 2.4日 (4.8%)	当 直	船橋 2人×3直	115		船橋 2×3	115	0
			キ 2×3	115		キ 0	0	+115
通 1×2			38		通 1	19	-19	
供 食		調 2.5	48		調 1.5	29	-19	
		サ 2.5	48		サ 0.5	10	-38	
整 備		甲 5	106		甲 1	19	-87	
		キ 3	58		キ 4	77	+19	
事 務		甲 1	3		甲 1	3	0	
		キ 1	3		キ 1	3	0	
		通 1	2		通 1	1	-1	
		司 1	2		司 1	1	-1	
		衛 1	2		衛 1	1	-1	
狭水道航海 (20.03h) 0.8日 (1.67%)		当 直	船 3×3	60		船 2×3	40	-20
			キ 3×3	60		キ 0	0	+60
	通 1×2		13		通 1	7	-6	
	調 2.5		16		調 1.5	10	-6	
	サ 2.5		16		サ 0.5	3	-13	
	甲 2		13		甲 1	7	-6	
	キ 0		0		キ 3	19	+19	
港内出入港 (5.5h) (0.4%)		船橋 3+ $\alpha$	20		船橋 3+ $\alpha$	20	0	
		船首 6	33		船首 4	22	-11	
		船尾 5- $\alpha$	24.5		船尾 3- $\alpha$	13	-11	
		キ 6	33		キ 4	22	-11	
		通 1	5.5		通 1	5.5	0	
		調 2.5	8		調 0	0	-8	
		サ 2.5	8		サ 0	0	-13.8	

機 器 利 得 及 対 策

◦ NNSS or OMRGA 3.8h×43日=163.4h カードリング型衝突予防レーダを計算時動かす 4h×43=172h OK

◦ M.O 設備 20名船と同じ。

◦ 20名船+定情報送信装置

◦ タンカーと同じ(15名船)

◦ 20名船と同じ。

船長、機関長、機関士、航海士により行なう。

コンピュータ処理も一部とり入れる。(医療診断)

◦ 常時2名当直とする。

大洋航海と同じ。

◦ 20名船と同じ。

◦ 入直しないでも良いものとする(M.O 範囲の拡大)。必要あれば入直する。

大洋航海と同じ。

◦ 入港準備作業を行なう。必要あれば非直航海士、機関士の help を受ける。

◦ 船橋に ITV をつける。連絡は wireless 装置とする。

20名船以外に Tug 用 winch 索取り装置をつける。

供食時はずらすか弁当式のものとする。

項 目	作業名	配 置	延 時 間	余 裕	20名船配置	延 時 間	差
揚 荷 役 30分	準 備	甲 8	4		甲 4	2	- 2
	35h	揚荷役NET	甲 11× 2h	22	甲 7× 1	7	- 15
		甲 3×33h	99	甲 2×33	66	- 33	
1h	後 始 末	甲 1 1	11		甲 7	7	- 4
積 荷 30分	準 備	甲 8	4		甲 4	2	- 2
	40h	積 荷 役	甲 11× 2	22	甲 7× 1	7	- 15
		甲 3×38	114	甲 2×38	76	- 38	
1h	後 始 末	甲 1 1	11		甲 7	7	- 4
整備作業 16h		キ 6	96		キ 5 (ENG 4 部 1)	80	- 16
補油作業 6h		キ 4	24		キ 2	12	- 12
積 込 み 1h		甲 3	9		3×1h	3	- 6
		キ 3 } 9名					
		他 3					
食料積込み 2h		司 4	8		3×2	6	- 2

機 器 利 得 及 対 策

Hatch 開閉は 1 hatch 1名で行なえるものとする。

Pump は荷役コントロールルームより遠隔発停できるものとする。

手動弁開閉を行なう。

弁及 Pump の遠隔集中制御 ( DRAFT 計測も含む )

積高計算は手動

港により制限条件のきびしい所では、バラストのプログラム制御を考える。

○ 人員を要する場合は荷役当直部員 3 名を加え得る。内地では陸上の attend を受ける。

○ フロートゲージによる積取りとする ( Over Flow 警報、Tank 付弁の自動化 )。

○ 精測は 2 回のみ / Tank

○ List check のみ。

○ List check を主体とし、甲板当直者の attend を受ける。

表2.8 コンテナ船 日本~欧州 20名船

(船長1名、航海士3名、機関長1名、機関士3名、通信士1名、甲板部6名、機関部3名、事務部2名)

項目	作業名	配置	延時間 人・時間	余裕	20名船配置	延時間	差
大洋航海 831.07h 54.6日 60.7%	当直	船橋 2×3	1,662h		船 2名×3直	1,662	0
		キ 2×3	1,662		キ 0	0	+1,662
		通 1×2	553		通 1×1	277	-276
	供食	調 2	553		調 2	553	0
		サ 2	553		サ <sup>甲</sup> <sub>キ</sub> 1 2	553	0
	整備	甲 2	553		甲 2	553	0
		キ <sup>甲</sup> ヘルプ 4	1,107		キ <sup>十</sup> <sub>部</sub> 4 2 6	1,662	+555
	事務	甲 1	30		甲 1	25	-5
		キ 1	30		キ 1	25	-5
		通 1	25		通 1	10	-15
		司 1	25		司 1	10	-15
		衛 1	20		衛 1	15	-5
	沿岸航海 158.76h 6.6日 11.6%	当直	船橋 2×3	318		船橋 2×3	318
キ 2×3			318		キ 0	0	+318
通 1×2			106		通 1×1	53	-53
供食		調 2	106		調 2	106	0
		サ 2	106		サ 2	106	0
整備		甲 2	106		甲 2	106	0
		キ 4	212		キ 6	318	+106
事務		甲 1	7		甲 1	5	-2
		キ 1	7		キ 1	5	-2
		通 1	6		通 1	3	-3
		司 1	6		司 1	3	-3
		衛 1	5		衛 1	4	-1
狭水道 81.0h 3.4日 5.9%			船 3×3	243		船 2×3	162
		キ 2×3	162		キ 1×3	81	-81
		通 1×2	54		通 1×1	27	-27
		調 2	54		調 2	54	0
		サ 2	54		サ 2	54	0
		甲 0	0		甲 2	54	+54
		キ 3	81		キ 2	54	-27
港内及係離岸 18.78h 0.8日 1.4%	当直	船 3+ $\alpha$	63		船 3+ $\alpha$	63	0
		キ 5	94		キ 5	94	0
		通 1	18		通 1	18	0
		船首 5	94		船首 5	94	0
		船尾 4- $\alpha$	66		船尾 4- $\alpha$	66	0
		調 2	37		調 2	37	0
	サ 2	37		サ 1	18	-19	

機 器 利 得 及 対 策

- 甲板手2名の当直は労務上できないので、NNSS 又は OMEGA による船位検出が必要
- M.O とし、1日1時間5日に1回の attend 1.00h とすると、実際の利得は 1.620h となる。
- 定情受 6.7h×34.6日=232h 他は自動電話利用等で cover
- 現状通り。
- セルフサービス 3h/day により GPC でも可
- 現状通り。
- REF CON の attend も消化できる。

} 事務の一部を陸上移行、船機長により消化

} 大洋航海と同一

- DECCA, 衝突予防レーダ等により、12h/day の利得あるので余裕度を考えれば可能
- 信頼性向上した場合は入直不要(ベースとしては入直不要)
- 定情受及自動電話利用

} 大洋航海と同じ。

- 船橋よりの order があれば、船橋当直に入る。
- 不足作業はできるかぎり大洋及沿岸航海中にまわす。
- 港内航行中は船尾配置より1名現状通りまわす。

- セルフサービス範囲の増加により可能

項 目	作業名	配 置	延 時 間	余 裕	配 置	延 時 間	差
荷 役 8h	準 備	甲 9	72		甲 9	72	0
(227h 9.5日 16.6%)	211h	NET	甲 2×3	422	甲 2×3	422	0
			キ 3	66	キ 2	44	- 22
	8h	後 始 末	甲 9	72	甲 9	72	0
整 備		キ 7名	×6人9日 378		キ 7	378	0
補 油		キ 7名	×16h 112		キ 4	×16 64	- 48
積 込 み		各部 2 6名×2h	24		各部 1名 3名×2	6	- 18
食 料 積 込 み		司 4×4 h	16		司 2+甲 2×4 h	16	0

機 器 利 得 及 対 策

} Terminal の体制を整備する。

◦ REF Con の保守 System を要する。

◦ 不足する場合は事務部に出ている機関部員1名、甲板部3名(max)が従事し得る。

◦ 途中の監視はフロートゲージを使用する。

◦ 受渡し Check のみとし、搬入は陸上作業員にて行なう。

◦ 甲板部員により Attend し、積込時期は荷役開始時をさける。

表2.9 コンテナ船 パナマ経由 日本～欧州 15名船  
(船長1名、航海士3名、機関長1名、機関士3名、通信士1名、甲板部(GPC)6名)

項 目	作業名	配 置	延 時 間	余 裕	配 置	延 時 間	差
大洋航海 (83.107h) (3.46日) (60.7%)	当 直	船 橋 2×3	1,662		船 橋 $\frac{2 \times 3}{1 \times 2}$	1,385	-277
		キ 2×3	1,662		キ 0	0	+1,662
		通 1×2	553		通 1	276	-277
	供 食	調 2	553		調 1.5	415	-138
		サ 2	553		サ 0.5	138	-275
	整 備	甲 2	553		甲 2	553	0
		キ 4	1,107		キ 3+ $\alpha$	967	-140
	事 務	甲 1	30		甲 1	15	-15
		キ 1	30		キ 1	15	-15
		通 1	25		通 1	10	-15
		司 1	25		司 1	10	-15
		衛 1	20		衛 1	10	-10
	沿岸航海 (158.76h) (6.6日) (11.6%)	当 直	船 橋 2×3	318		船 橋 2×3	318
キ 2×3			318		キ 0	0	+318
通 1×2			106		通 1	53	-53
供 食		調 2	106		調 1.5	79	-27
		サ 2	106		サ 0.5	26	-80
整 備		甲 2	106		甲 1	53	-53
		キ 4	212		キ 3+ $\alpha$	185	-27
事 務		甲 1	7		甲 1	4	-3
		キ 1	7		キ 1	4	-3
		通 1	6		通 1	3	-3
		司 1	6		司 1	3	-3
		衛 1	6		衛 1	3	-3
狭水道 (81.0h) (3.4日) (5.9%)		当 直	船 3×3	243		船 2×3	162
	キ 2×3		162		キ 0	0	+162
	通 1×2		54		通 1	27	-27
	調 2		54		調 1.5	41	-13
	サ 2		54		サ 0.5	14	-40
	甲 0		0		甲 1	27	+27
	キ 3		81		キ 3	81	0
港内及係離岸 (18.78h) (0.8日) (1.4%)	当 直	船 3+ $\alpha$	63		船 橋 3+ $\alpha$	63	0
		キ 5	94		キ 4	76	-18
		通 1	18		通 1	18	0
		船 首 5	94		船 首 4	76	-18
		船 尾 4- $\alpha$	66		船 尾 3	51	-15
		調 2	37		調 0	0	-37
		サ 2	37		サ 0	0	-37

機 器 利 得 及 対 策

○ NNSS 又は OMEGA  $3.8h \times 34.6日 = 131h$  衝突レーダ  $16h/day \times 34.6日 + 2 = 276h$  OK

{ タンカー 15 名船と同じ。

{ 同 上

○ 20 名船と同じ。

○ 不足分は異常診断を採用する(機器の自己診断もする)。REF Con は自動とする。異常時は警報を出す。

船機長、機関士、航海士により行なう。

コンピュータ処理を行なう。荷役情報はパンチテープも採用し船上での計算の data とする。医療診断をする。

○ 狭視界時には、DECCA, OMEGA 等により船位を出し、衝突防レーダも使用できるものとする。

○ 他は大洋航海と同一

○ DECCA, 衝突防レーダ  $12h/day$  セーブ 必要あれば甲1の help を受ける。

○ M.O 範囲を広げる。

○ 入港準備をする。

〃

○ 20 名船設備の外 ITV Doppler soner Side thruster をつける。連絡は Wireless とする。

○ 船橋操縦

{ 20 名船設備の外 Tug 取り装置 Highspeed wintch をつける。

{ 重さなる場合はずらす。又は弁当式とする。配置につく時期は必要時のみとする。

項 目	作業名	配 置	延 時 間	余 裕	配 置	延 時 間	差
荷 役 8h	準 備	甲 9	72		甲 6	48	- 24
227h 211h	NET	甲 2×3	422		甲 2×3	422	0
9.5日		キ 3	66		キ 1	22	- 44
16.6% 8h	後 始 末	甲 9	72		甲 6	48	- 24
整備6h/day9日		キ 7名	378		キ 5	270	-108
補 油 16h		キ 7名	112		キ 3	48	- 64
積込み 2h		各部2 6名×2h	24		3×2	6	- 18
食料積込み 4h		司4 4名×4h	16		3×4	12	- 4

機 器 利 得 及 対 策

20名船と同じ。但し、本船 Attend を必要としない(労力的に)ような陸上側 Terminal を整備する。

- 不足時は停泊当直甲板部員3名を加える。
- 内地は陸上の Attend を受ける。
- 積切り迄フロートゲージ使用、Tank の over flow, 弁自動化をする。
- List Check のみ。
- List Check を主体とし、積込み必要時は甲板部員の Attend を受ける。

したがって、コンピュータ制御とは別に、これら作業の省力化をはかる必要性が強くなっていく。

鉱石専用船の場合、定員20名の場合には、荷役関係のバラスト・ポンプ制御のために、特にスペースを設ける必要はなく、集中制御室は機関、船橋の2個所で十分であろう。定員が15名あるいは9名となるにつれて、船橋に集中制御室を設ける必要が生じる。

### 2.2.3 コンテナ船

表2.8は定員20名、表2.9は定員15名の場合の、船内作業分析と予測である。

タンカーおよび鉱石専用船と比べた場合の特徴は、船内作業としての荷役作業が、輸送システム上、すべて陸上に移行していること、および輸送対象が工業製品が主であるため、寄港地は船舶が輻輳する港であり、また就航航路のほとんど大部分が世界主要航路であり、狭水道通過、狭視界時の船橋作業頻度が大きいこと、などが挙げられる。

また、コンテナの種類によつては、たとえば冷凍コンテナなどコンテナ個々に冷凍機が装備されているものがある。この場合は1個あたりのM.T.B.F.は十分長いものであつても、100個、200個とまとまれば、航海中に故障するものが必ずあり、冷凍機が故障すればコンテナの内容物は腐敗変質して全損となるため放置できず、この故障修理に意外に労働力を要する。

また、コンテナ・システムの最大の長所である一括荷役による停泊時間の短縮は、反面、従来比較的的余裕をもつて行なうことができた補油、補水、部品・予備品・消耗品の積込作業などの短時間内処理を求めており、この面から作業密度は高くなり、労働量削減を困難にしている。

これらの面でも省力化をはかるためには、たとえば、船内のコンピュータによる在庫管理および積込時間管理、積込方式の機械化（船用品のコンテナ化）、コンテナ管理保守システムの確立など、船内および陸上の関連作業のシステム化をはかる必要がある。

以上述べた諸点は、すでにモデル船の定員別標準超自動化システムの決定を行なうにあたり、具体的に検討しているの  
で、同項を参照願いたい。

表2.3～表2.9では、作業名には主体作業の種類、配置欄には在来船の主体作業に対する人員配置、延時間欄には1航海に要する工数の実態値を記入した。

20名配置、15名配置、および9名配置欄には、それぞれ想定定員で運航する場合に各主体作業に配置できる人数を、延時間欄には、その配置の場合に必要な1航海工数総計を予想値として記入した。

したがって、想定定員でモデル船を運航しようとする場合には、作業量的には、在来船1航海所要工数の実態値をA、モデル船1航海所要工数の予想値をB、超自動化システムを搭載することによつて得べき労働削減量をCとすると、A、B、Cの間には

$$A - B = C$$

なる関係が成立しなければならないことになる。

この超自動化システムを搭載することによつて得られるべき労働削減量を差欄に工数で記入した。機器利得および対策欄には、この所要労働削減量を、超自動化システムおよび就労体制の変更などによつて行なう場合の、簡単な可否判断およびその根拠を示している。

現実に、これらの定員でモデル船を運航するためには各種の環境条件を満足するよう側面からの配慮が必要であるが、すべての条件が整った時点では、想定定員で運航することも不可能ではないと思われる。

## 2.3 労働量軽減効果の評価

これまでの検討で、超自動化船を想定定員で一応運航できる見通しを得たので、想定定員で運航するものとして、船内労働量軽減分に見合う初期投資額を検討することにする。

労働量削減効果を具体的に算出するためには、比較の対象であるモデル船と同程度の船型の船舶が、同じ航路で、どの

程度の乗組定員で運航され、モデル船の想定定員との差が何名であることを明らかにしなければならない。

現在運航されている在来船の定員は、船令、設備、就航航路、積荷の種類などによつて相当市広く分布しているので、ここでは44年度報告書に述べた在来船定員を在来船標準定員として採用することにした。

定員を20名、15名、および9名とした時のモデル船と在来船との定員差は表2.10のようになる。

表2.10 超自動化による定員削減効果

船種	(A) 在来船定員		(B) モデル船定員		(A)-(B) 定員差	
	職員	部員	職員	部員	職員	部員
タンカー	11	21	9	11	2	10
	11	21	9	6	2	15
	11	21	7	2	4	19
鉱石専用船	10	19	9	11	1	8
	10	19	9	6	1	13
	10	19	7	2	3	17
コンテナ船	10	16	9	11	1	5
	10	16	9	6	1	10
	10	16	7	2	3	14

一方、さきに年間船員費および上昇率を一定とした場合の10年間（船価10年償還として）船員費総額について、1人あたり職員、部員別の予想額を求めたが、ここでは金利および今後の人件費上昇をおり込んだ場合の、定員1名削減あたりの初期投資額を決めなくてはならない。40年～45年までの船員費の平均上昇率は約1.6%であり、将来、船型の大型化により船員費上昇分をカバーする方法が、船型大型化テンポの鈍化とともに困難となるにつれて、船員費上昇のテンポも鈍化するとの見方があり、今後10年間におよび長期間では、現状よりも幾分低目の船員費上昇率を見込んでおく方が試算目的上安全であると思われる。

また、借入金で設備投資を行なうとすると金利8.5%以上となり、これは今後10年間程度の人件費上昇率予想値とほぼ同率となる。したがって、金利と人件費上昇率は相殺するものと見なすことにした。また人件費のベースには昭和45年度労働協約改訂後の実績値を採用すると、表2.2より、

職員平均年間船員費 = 303万2000円

部員平均年間船員費 = 207万2000円

となる。

したがって、乗組員1名あたりの船員費は船価10年償還ベースで初期超自動化投資限度額に引直すと、

職員1名あたり 303.2万円

部員1名あたり 207.2万円

となる。

表2.10の削減定員数および1名あたり投資限度額より、船種別、定員別の船内労働量軽減により得られる総投資額はつぎのようになる。

### 2.3.1 タンカー

想定定員別標準超自動化システムのために投資できる金額はつぎのとおり。

(1) 定員20名の場合

職員減員分投資額 = 2名 × 303.2万円 = 606.4万円

部員減員分投資額 = 10名 × 207.2万円 = 2億720万円

計 2億678.4万円

(2) 定員15名の場合

職員減員分投資額	=	2名×3032万円	=	6064万円
部員減員分投資額	=	15名×2072万円	=	3億1080万円
計				3億7144万円

(3) 定員9名の場合

職員減員分投資額	=	4名×3032万円	=	1億2128万円
部員減員分投資額	=	19名×2072万円	=	3億9368万円
計				5億1496万円

2.3.2 鉱石専用船

想定定員別標準超自動化システムのために投資できる金額はつぎのとおり。

(1) 定員20名の場合

職員減員分投資額	=	1名×3032万円	=	3032万円
部員減員分投資額	=	8名×2072万円	=	1億6576万円
計				1億9608万円

(2) 定員15名の場合

職員減員分投資額	=	1名×3032万円	=	3032万円
部員減員分投資額	=	13名×2072万円	=	2億6936万円
計				2億9968万円

(3) 定員9名の場合

職員減員分投資額	=	3名×3032万円	=	9096万円
部員減員分投資額	=	17名×2072万円	=	3億5224万円
計				4億4320万円

2.3.3 コンテナ船

想定定員別標準超自動化システムのために投資できる金額はつぎのとおり。

(1) 定員20名の場合

職員減員分投資額	=	1名×3032万円	=	3032万円
部員減員分投資額	=	5名×2072万円	=	1億360万円
計				1億3392万円

(2) 定員15名の場合

職員減員分投資額	=	1名×3032万円	=	3032万円
部員減員分投資額	=	10名×2072万円	=	2億720万円
計				2億3752万円

(3) 定員9名の場合

職員減員分投資額	=	3名×3032万円	=	9096万円
部員減員分投資額	=	14名×2072万円	=	2億9008万円
計				3億8104万円

(注：超自動化船の定員構成については、44年度報告書参照)

なお、上記数値は直接人件費に関する実態についてのひとつの目安であり、この研究では更に広く、店費、燃費、保険料、金利、資金調達方法、償還条件などを考慮した総合経済性として評価することにしたので、この総合運航経済性の評価値の中に占める船員費としてのみ意味がある。

### 3. 大型船の海域別海難発生率の期待値

#### 3.1 年間平均海難発生率の期待値

大型船、特に総トン数10万トンをこえるタンカー、専用船は、出現後日が浅く、統計的に海難発生確率を算出するに足りる十分な実績データがない。

現時点で、ある程度信頼するに足りる大型船の海難発生率期待値を求めるには、比較的長期間にわたるデータを利用して、在来船型の実績値をベースにして、船型と海難発生率の実績上の相関を求め、この相関から大型船の海難発生率の期待値を求める以外に方法はない。

ここでは Lloyd's Weekly Casualty Report より1961年から1967年までのタンカーの全海難を抽出し、同じく Lloyd's Register of Shipping Statistical Tables より、同期間の在籍隻数を求めることにより、在来船型の海難発生確率を求めたデータを、大型船の海難発生率の期待値を算出する基礎数値とした。

表3.1はタンカーの全海難トン数階層別海難隻数の一覧表であり、表3.2は表3.1の値をもとに求めた在来船の総トン数階層別の実績海難発生率を千分比であらわしたものである。

大型船の海難発生率の期待値を求めるために、在来船の船型と事故発生率の関係を両対数方眼紙にプロットしたものが、図3.1～図3.4の折線に示すものである。

トン数区分が11区分なので、自由度は10であるが最小自乗法によつて海難種別に回帰直線の回帰係数、定数、相関係数を計算したものが、表3.4に示す数値である。

この回帰直線を海難種別に記入したのが図3.1～図3.4に示す直線である。

この回帰直線群は、いずれもデータを世界在籍タンカーの海難発生率に依存しているので、日本籍船の場合にはどのような傾向を示すかを同時に調べておく必要がある。

同期間の20,000総トン～30,000総トン型の海難について、その国籍別に在籍隻数、重海難発生隻数および重海難発生率について、同じ資料より集計したものが表3.5である。

重海難とは、全損および直ちに入渠を要する結果となつた海難で、船舶が堪航性を失つたと判断される重大事故のみを特に選別したものである。

表3.5から明らかなように、日本国籍船の重海難発生率は、他の諸国に比べて非常に少なく、日本船員の優秀な技術が数値としてあらわれているといえる。

以上の検討により、一応、大型タンカーが1年間に海難事故を起こす確率は、海難種別に表3.4の表値を用いた対数1次関数として、次の数式により計算することができる。

$$\log P = n \cdot \log x + \log a \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、

P : 総トン数xトンの船舶の年間海難発生率

n : 回帰係数

x : 総トン数(G/T)

a : 定数

#### 3.2 海域別海難発生率の期待値

海上保安庁の統計を検討すると、海難事故発生密度と発生位置の距岸距離との間には密接な相関関係があることがわかる。

図3.5は、海上保安庁の「要救助海難の統計」より、昭和41年度動力船の海難事故密度(発生件数/距岸)と発生

表3.1 タンカーの全海難トン数階層別一覧表 — 海難隻数 — 船令20年以下の合計  
(年度 1961~1967)

総トン数別分類		在籍隻数 (延)	1 乗揚	2 衝突	3 機関故障	4 火災	5 推進機故障	6 舵故障
No.	範囲							
1	100~500	6,745	57	67	42	14	9	6
2	500~1,000	2,098	34	65	32	13	4	2
3	1,000~2,000	1,600	29	51	28	8	2	4
4	2,000~4,000	1,052	26	36	14	10	2	2
5	4,000~8,000	678	14	39	15	11	4	3
6	8,000~10,000	1,619	51	86	47	10	4	10
7	10,000~15,000	7,757	291	451	538	65	71	18
8	15,000~20,000	2,233	118	130	130	32	31	12
9	20,000~25,000	2,892	138	156	195	37	35	12
10	25,000~30,000	1,355	52	71	60	7	12	8
11	30,000~	2,047	64	85	97	29	14	7
合計		30,076	874	1,237	758	126	188	84

(註) 在籍隻数は Lloyd's Register of Shipping Statistical Tables による。

表3.2 タンカーの全海難トン数階層別一覧表 — 海難発生率 — 船令20年以下の合計 (%)  
(年度 1961~1967)

No.	総トン数別分類	平均総トン数	乗揚	衝突	機関故障	火災	推進機故障	舵故障
	範囲							
1	100~500	305	9	10	6	2	1	1
2	500~1,000	732	17	31	15	6	2	1
3	1,000~2,000	1,383	18	32	18	5	1	3
4	2,000~4,000	2,924	25	34	13	10	2	2
5	4,000~8,000	6,409	21	58	22	17	6	4
6	8,000~10,000	8,754	32	53	29	6	2	6
7	10,000~15,000	11,957	38	59	70	8	9	2
8	15,000~20,000	17,324	53	59	59	14	14	5
9	20,000~25,000	21,770	48	55	68	13	13	4
10	25,000~30,000	27,303	38	53	44	5	9	6
11	30,000~	39,290	31	42	48	14	7	3
平均発生率			29	41	25	4	6	3

(註) 海難発生率(年間) =  $\frac{\text{海難隻数}}{\text{在籍隻数}} \times 1,000$

7 荒天	8 没水	9 その他	10 全海難	11 乗揚+衝突	12 重海難
11	3	22	231	124	67
3	0	14	167	99	40
5	4	23	154	80	34
2	2	21	115	62	37
7	3	20	116	53	31
11	2	32	253	137	75
138	17	272	1,861	742	478
52	4	104	613	248	167
81	6	113	773	294	205
34	3	39	286	123	89
35	5	78	414	149	147
379	49	738	4,983	2,111	1,370

(Lloyd's Weekly Casualty Report 集計)

荒天	没水	その他	全海難	乗揚+衝突	重海難
2	1	3	35	19	10
1	0	7	80	43	19
3	3	14	97	50	21
2	2	20	110	59	35
10	4	30	172	79	46
7	1	20	156	85	47
18	2	35	241	96	62
23	2	47	276	112	75
28	2	40	271	103	72
25	2	29	211	91	66
17	2	38	202	73	72
13	2	25	166	68	46

(Lloyd's Weekly Casualty Report 集計)

表3.3 タンカーの火災をともなつた海難および油流出をともなつた海難  
(船令は限定せず) (年度 1961~1967)

総トン数別分類		在籍隻数 (延)	平均吨数 (G/T)	火災をともなつた海難		油流出をともなつた海難	
No.	範 囲			隻 数	発生率(%)	隻 数	発生率(%)
1	100~ 500	8,549	305	29	3.4	9	1.1
2	500~ 1,000	3,024	732	29	9.6	4	1.3
3	1,000~ 2,000	2,265	1,383	12	5.3	1	0.4
4	2,000~ 4,000	1,446	2,924	18	12.4	4	2.8
5	4,000~ 8,000	1,209	6,409	16	13.2	5	5.8
6	8,000~ 10,000	1,927	8,754	10	5.2	7	3.4
7	10,000~ 15,000	8,943	11,957	91	10.2	36	4.0
8	15,000~ 20,000	2,310	17,324	35	15.1	4	1.7
9	20,000~ 25,000	2,892	21,770	64	22.1	16	5.5
10	25,000~ 30,000	1,361	27,303	14	10.3	2	1.5
11	30,000~	2,047	39,290	44	21.5	19	9.3
		35,973		362	10.1	107	3.0

表3.4 タンカーの海難発生率と総トン数との相関(最小自乗法による)

海 難 種 別	回帰係数 n	定数 log a	相関係数 v
衝 突	0.259	0.631	0.78
乗 揚	0.300	0.305	0.90
機 関 故 障	0.487	1.612	0.98
火 災	0.347	1.567	0.80
推 進 機 故 障	0.544	2.559	0.89
舵 故 障	0.319	1.256	0.77
荒 天 遭 遇	0.727	2.149	0.92
浸 水	0.168	1.630	0.59
そ の 他	0.474	1.526	0.89
衝 突 + 乗 揚	0.292	0.726	0.89
重 海 難	0.422	0.019	0.95
全 海 難	0.398	0.648	0.95
火災をともなつた海難	0.476	1.211	0.73
油流出をともなつた海難	0.451	2.686	0.69

(註) 相関式は、海難発生率: y、総トン数: x、定数: a とすると、

$$\log y = n \cdot \log x + \log a \quad \text{すなわち } y = ax^n \text{ とする。}$$

表 3.5 (a) 国別重海難発生率表 (1961~1967)  
(20,000~30,000G/T 船令10年以下)

国 籍	在籍隻数(艇)	重海難隻数	重海難発生率
日 本	512	7	2.2
オランダ	152	5	3.8
ノルウェー	507	25	4.9
パナマ	226	8	3.5
イギリス	570	35	6.1
アメリカ	229	27	11.8
ギリシヤ	144	20	13.9
リベリヤ	951	104	11.2

(%)

表 3.5 (b) 海域別海難発生状況  
(昭和41年度)

海域区分	発生件数	発生割合
港 内	268	36.6
3 海 裡 以 内	239	42.1
3 ~ 50 海 裡	106	18.6
50 ~ 100 海 裡	2	0.4
100 ~ 500 海 裡	7	1.2
500 海 裡 以 上	5	0.9
不 明	1	0.2
計	568	100

(%)

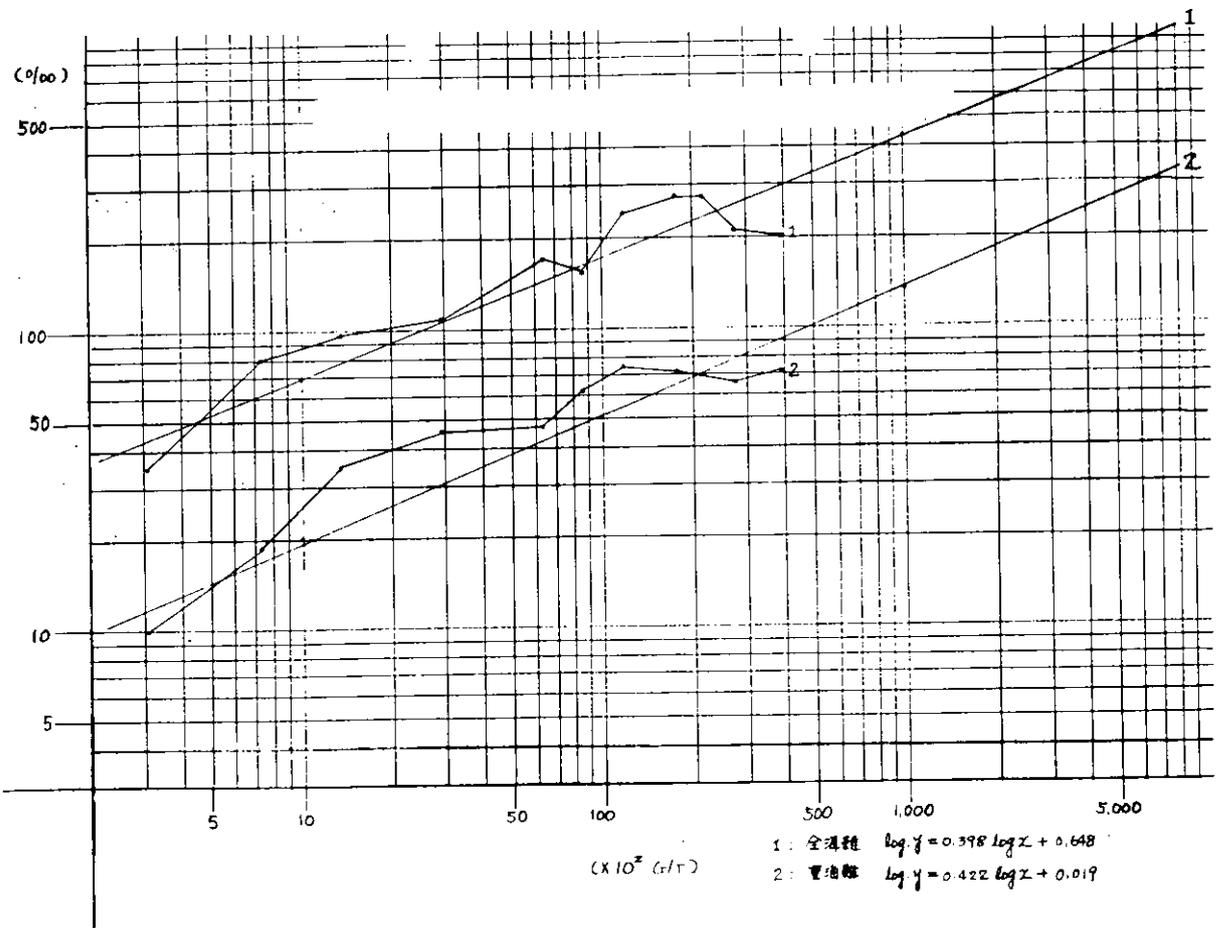


図 3.1 全海難と重海難の船型相関と回帰直線

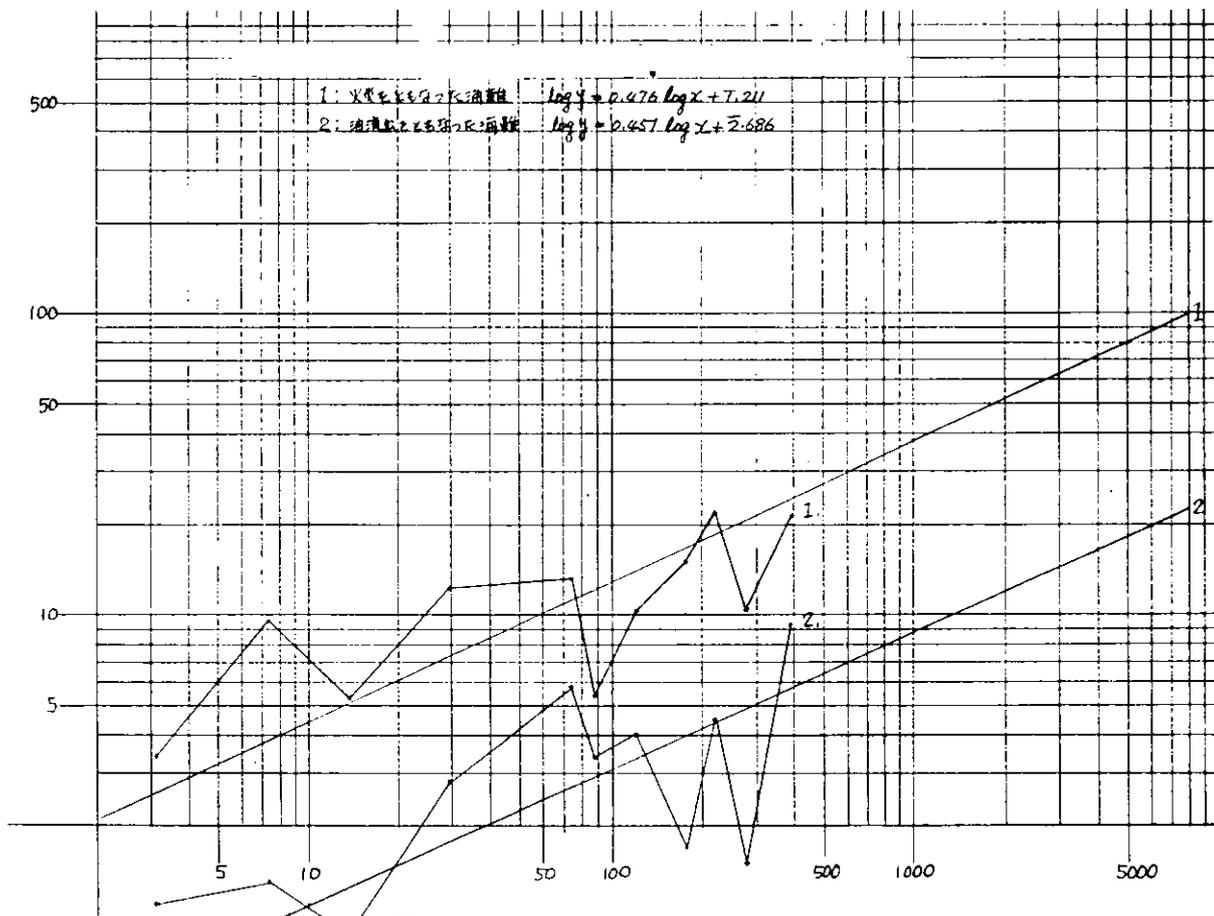


図 3.2 火災、油流出の船型相関と回帰直線

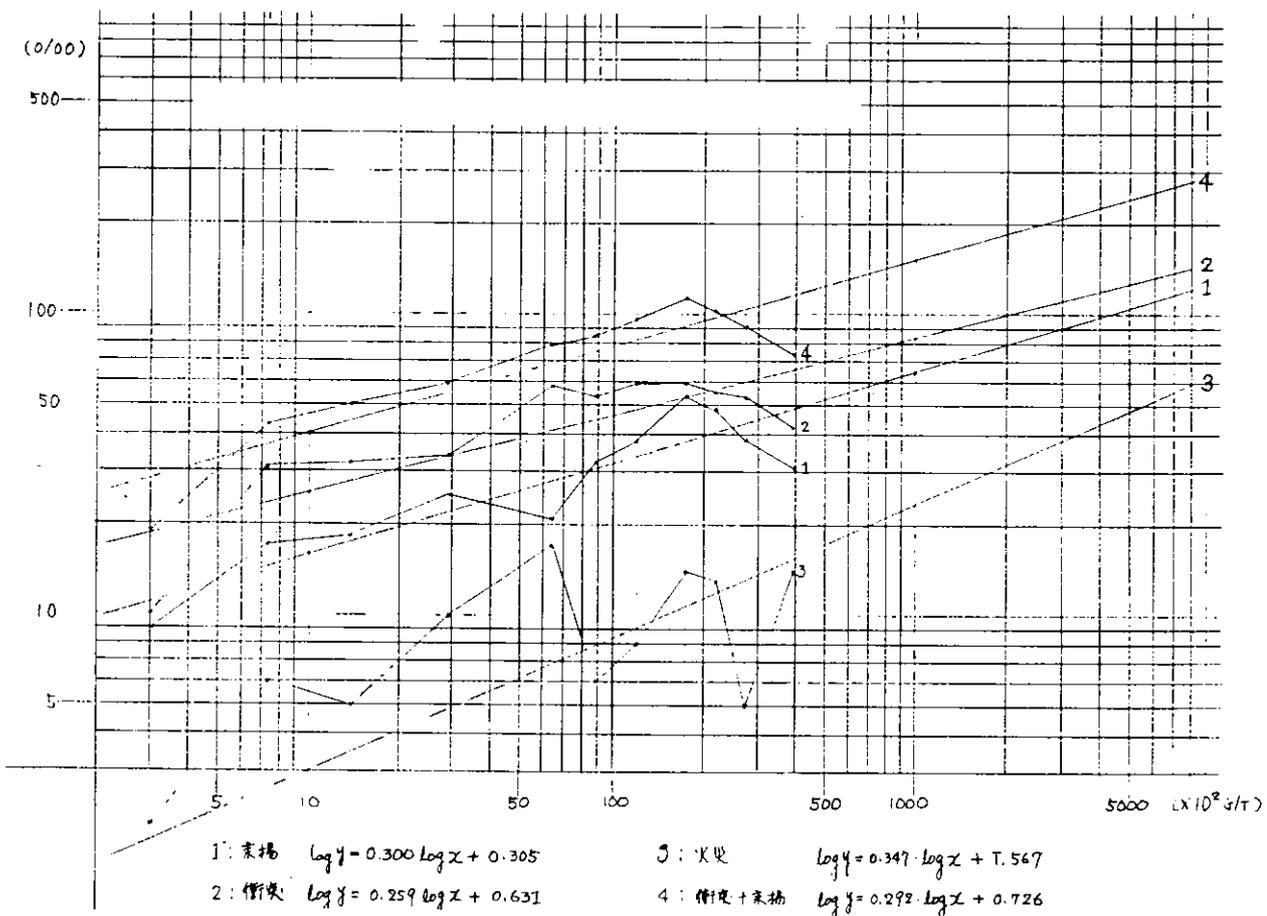


図 3.3 乗揚、衝突、火災の船型相関と回帰直線

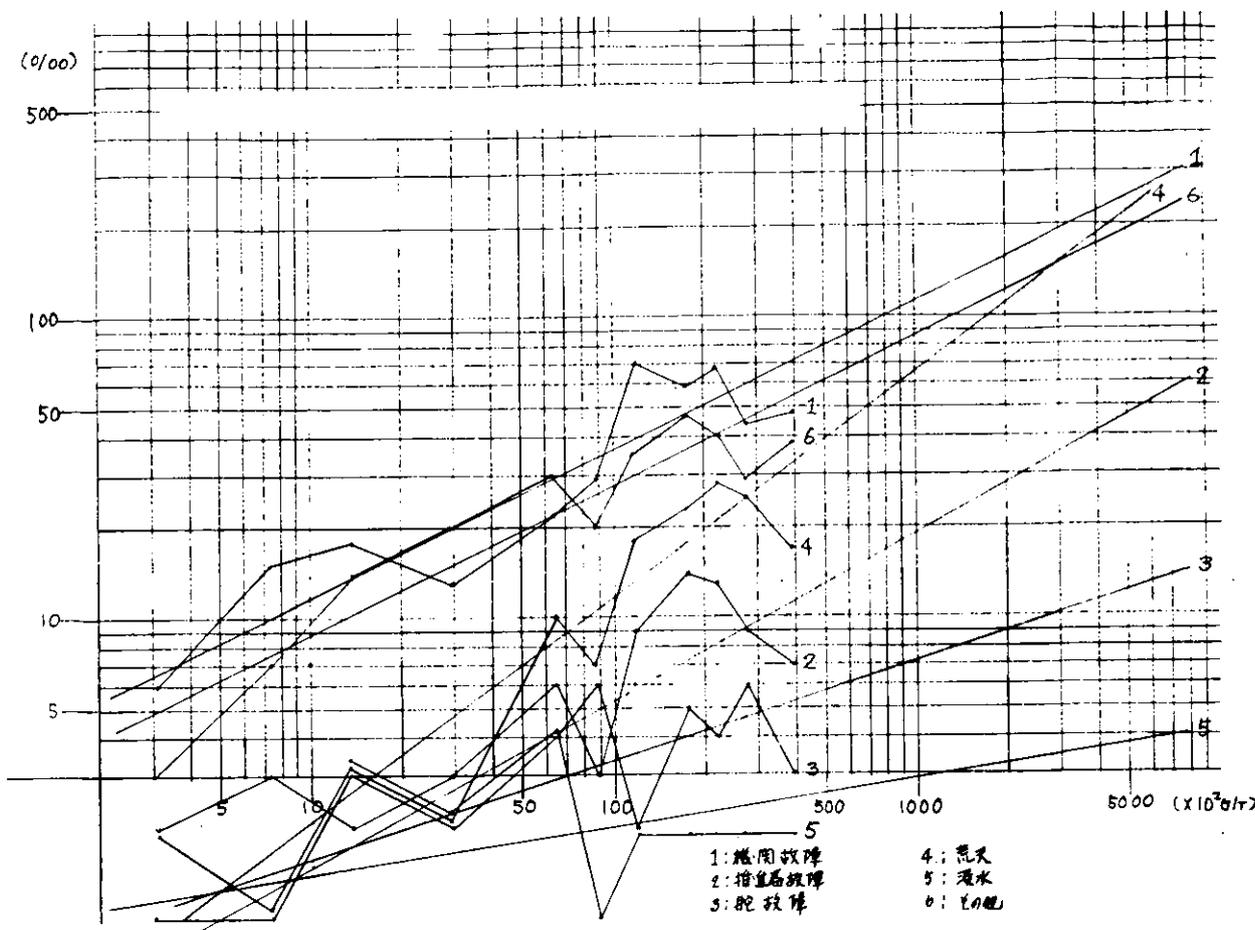


図 3.4 機関故障その他の船型相関と回帰直線

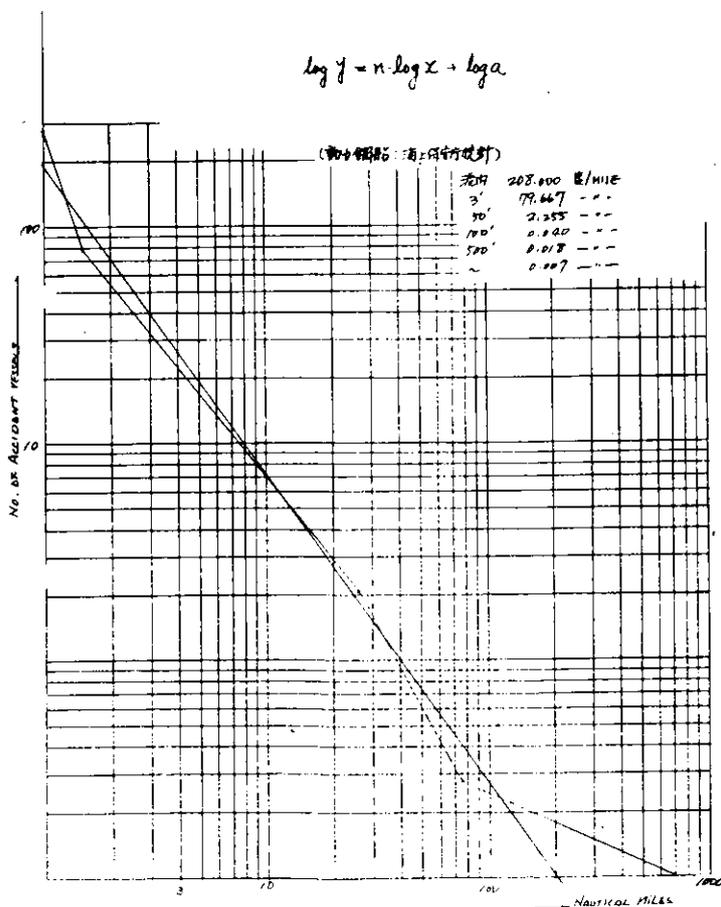


図 3.5 海難発生密度と発生地点距岸の相関

地点との相関を両対数方眼紙にプロットしたものである。

図 3.5 から、海難は一般に陸岸に近い地点ほど、発生頻度が高く、港内、沿岸、狭水道、近海、大洋の順に発生率は指数関数的に低下してゆることがわかる。

大型船の航路には、すべての海域が含まれるが、海域別海難発生率は、当然、陸岸に近い海域ほど高く、また時間軸を中心に考えると、大型船の海域別存在時間は、大洋航海が最も長く、以下近海、沿岸となり、結局ある海域における海難発生率の期待値は、当該海域の距岸と当該海域に当該船舶が存在する時間の関数であると考えられる。

D を距岸、T を距岸 D に船舶が存在する時間とすると、その距岸における海難発生率の期待値  $P_i$  は、

$$P_i = F(D, T) \dots\dots\dots (2)$$

であらわすことができる。

D, T はともに連続量であるが、データ処理上これらをいくつかの区画に分割すると、定数化することができる。

よつて、ここでは距岸をつぎのように分割し、その分割距離ごとの事故発生率およびその距岸範囲に船舶が存在する時間率を定数化することにより、海域別海難発生率の期待値を求めることにした。

- (i) 港内
- (ii) 沿岸 (距岸 3 浬以内および海峡、水道)
- (iii) 近海 (距岸 3 浬以上、50 浬以下)
- (iv) 大洋 (距岸 50 浬以上)

任意の船型の年間平均海難発生率の期待値を(1)により算出したのち、上記 4 海域での海難発生率の期待値  $P_d$  を求める手法を次に説明する。

### 3.2.1 海域別存在時間率

実船航海記録を分析の結果、当該船の年間港内停泊時間率  $T_1$  %、沿岸海域存在時間率  $T_2$  %、近海海域存在時間率  $T_3$  %、大洋海域存在時間率  $T_4$  % であつたとする。

それぞれの海域での年間海難発生率期待値を  $P_1, P_2, P_3, P_4$  とすると、

$$P = \sum_{i=1}^4 P_i \dots\dots\dots (3)$$

でなければならない。よつて  $P_i$  は、

$$P_1 = T_1 \cdot P / 100 \dots\dots\dots (4)$$

$$P_2 = T_2 \cdot P / 100 \dots\dots\dots (5)$$

$$P_3 = T_3 \cdot P / 100 \dots\dots\dots (6)$$

$$P_4 = T_4 \cdot P / 100 \dots\dots\dots (7)$$

となる。ここで  $T_1, T_2, T_3, T_4$  は実績解析により決まる数値であり定数である。

### 3.2.2 距岸別海難発生率

海難発生率は、図 3.5 より距岸の関数であるが、海域区分別海難発生率を、 $P'_1, P'_2, P'_3, P'_4$  とすると、P は  $P'_1, P'_2, P'_3, P'_4$  の平均値である。換言すればある距岸 D を常に航海している場合の年間海難発生率の期待値であるといえる。

距岸 D における海難発生率期待値を P とすると、4 分割の海域区分を採用すれば、統計上

$$P'_1 = 36.6 P / 25.0 \dots\dots\dots (8)$$

$$P'_2 = 42.1 P / 25.0 \dots\dots\dots (9)$$

$$P'_3 = 18.6 P / 25.0 \dots\dots\dots (10)$$

$$P'_4 = 2.7 P / 25.0 \dots\dots\dots (11)$$

と近似的にあらわすことができ、定数項は平均値 P からの偏差を示し、定数分子は海域別発生割合実績値である。

### 3.2.3 年間海域別海難発生率の期待値

各海域別海難発生率の期待値を  $P_{d1}$ ,  $P_{d2}$ ,  $P_{d3}$ ,  $P_{d4}$  とすると、

$$P = \sum_{i=1}^4 P_{di} \quad \dots\dots\dots (12)$$

でなければならない。

12式を満足するようPの係数を定数×重み係数 $\alpha$ であるとして、この重み係数 $\alpha$ を求めると、統計上

$$\alpha = \frac{2500}{36.6 T_1 + 42.1 T_2 + 18.6 T_3 + 2.7 T_4} \quad \dots\dots\dots (13)$$

となる。

かりに、13式の分母をTの関数F(T)と書くと、

$$P_{d1} = 36.6 \cdot T_1 \cdot P / F(T) \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$P_{d2} = 42.1 \cdot T_2 \cdot P / F(T) \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$P_{d3} = 18.6 \cdot T_3 \cdot P / F(T) \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$P_{d4} = 2.7 \cdot T_4 \cdot P / F(T) \quad \dots\dots\dots (17)$$

となる。

この  $P_{d1} \sim P_{d4}$  が求める値である。ここでPは(1)で述べたように当該船の総トン数の関数であるので  $A_i$  を定数とすると、14式～17式は、

$$P_{di} = \frac{A_i \cdot T_i}{F(T)} \cdot K(G/T) \quad \dots\dots\dots (18)$$

であらわすことができる。

よつて、

「ある海域で、ある船舶が1年間に海難をおこす確率の期待値は、その船舶が1年間にその海域に存在する合計時間が1年間の全時間数に占める割合と、その船舶の総トン数の関数であり、この両者が判れば、14式～17式により計算により求められる。」

といえる。

## 4. 損害額期待値算出について

さきに求めた大型船の海域別海難発生率の期待値をもとに、超自動化モデル船と全く同要目の在来型船を、新たに建造し、運航する場合に、運航者が予想しておかなければならない海難事故による損害の程度、換算すればどの程度の損害額支出を見込んだ契約運賃としなければならないかを、具体的に算定することが本章の目的である。

以下、その算出手法および使用データについて、簡単に説明する。

損害額の算出対象となる損害の範囲は、つぎの12種類に限定した。

- (1) 船体損害
- (2) 積荷損害
- (3) 直接不稼働損害
- (4) 間接不稼働損害
- (5) 岸壁不稼働損害
- (6) 岸壁設備損害

- (7) 救助料
- (8) 沿岸施設損害
- (9) 人命損害
- (10) 損害拡大防止費用
- (11) 漁業設備損害
- (12) 漁業不稼働損害

なお、各損害の定義については、44年度報告書を参照願いたい。

#### 4.1 損害額算出手法

上記(1)～(12)の損害額算出の基礎となるのは、モデル船種、船型、航路別の海域別海難発生率の期待値である。

海難の波及範囲がどこまで及ぶかは、海難発生位置と、海難の程度、相手船の有無、更に相船のタンカー、非タンカーの別によつて異なる。したがつて、まずこれらの基本となる確率を計算し、その確率を用いて各損害額を計算した。

##### 4.1.1 海難確率の算出

3章1式および14式～17式で求めたモデル船各船型の海域別海難発生率の期待値を、タンカー $P_T$ 、鉱石専用船 $P_{\phi_1}$ （福山—サンニコラス）、 $P_{\phi_2}$ （和歌山—ポート・ダンピア）、コンテナ船 $P_C$ 、材木船 $P_L$ とする。

海域はA、B、C、Dの4分割とし、各海域での船種別海難発生率は、タンカーなら $P_{TA}$ 、 $P_{TB}$ 、 $P_{TC}$ 、 $P_{TD}$ 、鉱石専用船なら $P_{\phi_1A}$ …… $P_{\phi_1D}$ のようにあらわすものとする。海難種別については、つぎの分類による。

- (1) 衝突
- (2) 乗揚げ
- (3) 機関故障
- (4) 火災
- (5) 推進器故障
- (6) 舵故障
- (7) 荒天遭遇
- (8) 浸水
- (9) その他
- (10) 衝突+乗揚げ
- (11) 重海難
- (12) 全海難
- (13) 火災を伴つた海難
- (14) 油流出を伴つた海難

たとえば、 $P_{TB13}$ のようにあらわされた確率は、モデルタンカーが、B水域（距岸3哩以内の沿岸）で、13の海難（火災をともなつた海難）を1年間におこす確率の期待値を示す。

$T_1 \sim T_4$  は在来船運航実績解析値で、それぞれA～Dの海域内に存在する年間の時間割合を $\alpha$ であらわした値である。

1～9の海難種別のうち、相手船が介在するのは、1および9の一部であり、2～8には相手船は介在しない。相手船の介在する確率は $P(R=S)$ 、相手船が介在しない海難は $P(R=\bar{S})$ とあらわす。 $d$ は海域別の海難確率を示し、

$$P = \sum_{i=1}^9 P_{di}$$

なる関係がある。

モデル船がタンカーの場合は、まず1式の

$$\log P_{Ti} = n_i \log G/T + \log a_i$$

( $i=1, 2, 3, 4$ )

より、 $P_{Ti}$  を算出する。つきに 1.3 式から、実績値  $T_1 \sim T_4$  により、 $F(T)_T$  を求める。

$P_{Ti}$ 、 $F(T)_T$  が求まると 1.4 式～1.7 式により、

$$P_{dAi} = 36.6 T_1 \cdot P_{Ti} / F(T)_T \quad (i = 1, 2, \dots, 14)$$

$$P_{dB1} = 42.1 T_2 \cdot P_{T1} / F(T)_T \quad (i = 1, 2, \dots, 14)$$

$$P_{dCi} = 18.6 T_3 \cdot P_{T1} / F(T)_T \quad (i = 1, 2, \dots, 14)$$

$$P_{dDi} = 2.7 T_4 \cdot P_{T1} / F(T)_T \quad (i = 1, 2, \dots, 14)$$

を求める。この  $P_{dA1} \dots P_{dD1}$  が損害額算出の基礎確率となる。

相手船が介在する確率は、海難種別が衝突の場合、およびその他に属する海難の一部である。このうち、その他に分類された海難のうち何%が相手船の介在する海難であるかは、正確には把握しにくい。しかし大半は人命事故および船舶の行方不明である点、および全海難に占める割合が小さい点を考慮して、その 1/2 は、相手船が介在する海難であると仮定した。

この場合、 $P(R=S)$ 、 $P(R=\bar{S})$  はそれぞれ、

$$P_{dA(R=S)} = P_{dA1} + P_{dA9} / 2$$

$$P_{dB(R=S)} = P_{dB1} + P_{dB9} / 2$$

$$P_{dC(R=S)} = P_{dC1} + P_{dC9} / 2$$

$$P_{dD(R=S)} = P_{dD2} + P_{dD9} / 2$$

および

$$P_{dA(R=\bar{S})} = \sum_{n=2}^8 P_{dAn} + P_{dA9} / 2$$

$$P_{dB(R=\bar{S})} = \sum_{n=2}^8 P_{dBn} + P_{dB9} / 2$$

$$P_{dC(R=\bar{S})} = \sum_{n=2}^8 P_{dCn} + P_{dC9} / 2$$

$$P_{dD(R=\bar{S})} = \sum_{n=2}^8 P_{dDn} + P_{dD9} / 2$$

となる。

$P_{dA(R=S)}$ 、 $P_{dA(R=\bar{S})}$  は、それぞれモデル・タンカーが海域 A (港内) で他船と海難をおこす確率および自船だけが海難をおこす確率である。

鉱石専用船およびコンテナ船、材木船についても、同様にして基礎確率を求めるのであるが、海難発生率は、海難発生条件の存在する海域を通過し、または経験する回数に比例するものと考えられるので、速力の速い船ほど海難発生率が高くなるものと仮定し、各モデル船の速力とタンカー・モデル船の速力比を乗じた補正を行なつて基礎確率を修正した。

#### 4.1.2 船体損害額の算出

船体損害額には

- (1) 相手船が介在しない海難により、自船自体が受けた船体損害額
- (2) 相手船が介在する海難で、自船に過失があつた場合の、自船船体および相手船船体の損害総額の自船過失持分の 2 種類がある。

(1) の場合は、自船損害額のみを算出すればよいのであるが、(2) の場合は、自船および相手船の損害額を算出のうえ、過失割合に応じて双方の持分を算出し、損害額としなければならない。しかし期待金額を求めるような場合には、過失割合は 50 : 50 であると見なす方が合理的である。

ここでは、(2) のケースは、すべて過失割合を 50 : 50 として扱つた。

自船の型は前提条件で与えられているので、 $P(R=S)$  の場合は、海難種別 1 (衝突) の相手船標準船型を求め、

$$\text{損害額} = (\text{自船損害額} + \text{他船損害額}) \times 1/2$$

として損害額を算出すればよいことになる。

自船および他船損害額の計算は、船種、船型別総トンあたりの単価、 $PP_X$  を設定し、標準船型  $G/T_X$  に乗じて総船価をひとまず推算した。この総船価に、船体損害を生ずる海難種別ごとの、1事故あたりの船体損害割合  $RH_1$  を乗じて、平均1事故あたり船体損害額を求めた。

タンカーの場合を例示すると、算出はつぎのようになる。相手船が介在する海難による損害額を  $D'_1$ 、また、相手船が介在しない海難による損害額を  $D''_1$  とすると、

$$D'_1 = \sum_{n=A}^D P_{dn} (R=S) \cdot RH_1 (PP_T \cdot G/T_T + RSR_G \cdot PP_{RSG} \cdot G/T_{RSG} + RSR_T \cdot PP_{RST} \cdot G/T_{RST} + RSR_\phi \cdot PP_{RS\phi} \cdot G/T_{RS\phi} + RSR_L \cdot PP_{RSL} \cdot G/T_{RSL} + RSR_C \cdot PP_{RSC} \cdot G/T_{RSC} + RSR_I \cdot PP_{RSI} \cdot G/T_{RSI}) \cdot 1/2$$

また、

$$D''_1 = \sum_{n=A}^D (P_{dn2} \cdot RH_2 \cdot PP_T \cdot G/T_T + P_{dn4} \cdot RH_4 \cdot PP_T \cdot G/T_T + P_{dn8} \cdot RH_8 \cdot PP_T \cdot G/T_T)$$

となる。

ここで  $RH_k$  は、事故種別により異なる損害割合、 $G/T_T$  は自船総トン数、 $G/T_{RS}$  は相手船の船主別総トン数、 $RSR$  は相手船がそれぞれの船種である確率である。なお、相手船の船種、船型は  $G/T_{RS}$  であらわし、貨物船、タンカー・鉱石専用船、木材専用船、コンテナ船および内航船に5分類した。

1年にモデル船と同型の在来船がおこす海難事故による船体損害額の期待値  $D_1$  は、

$$D_1 = D'_1 + D''_1$$

により求められる。

#### 4.1.3 積荷損害額の算出

積荷損害にも、船体損害と同じように、海難種別によつて、自船積荷のみに損害が生ずる場合と、自船積荷および他船積荷の双方に損害が発生し、双方の過失割合に応じた持分の損害額負担となる場合の2種類がある。

積荷損害は、船体損害が発生した場合に限り発生するものとし、荒天遭遇などによる積荷損害は、金額的には小さいのでこれを無視することとし、海難発生時の積荷条件はすべて半載とした。

$RC$  を、ある海難が発生した場合に損害を受ける積荷量の、全積荷量に占める割合、 $PC$  を船種別積荷の1重量トンあたり FOB 価格とし、それぞれ  $RC$  については海難種別に、 $PC$  については船種別に標準値を設定した。

タンカーの場合を例示すると算出はつぎのようになる。

相手船が介在する海難による損害額を  $D'_2$ 、相手船が介在しない海難による損害額を  $D''_2$  とすると、

$$D'_2 = \sum_{n=A}^D P_{dn} (R=S) \cdot \frac{RC_1}{2} (PC_T \cdot D/W_T + RSR_G \cdot PC_G \cdot D/W_{RSG} + RSR_T \cdot PC_T \cdot D/W_{RST} + RSR_\phi \cdot RC_\phi \cdot D/W_{RS\phi} + RSR_L \cdot PC_L \cdot D/W_{RSL} + RSR_C \cdot RC_C \cdot D/W_{RSC} + RSR_I \cdot PC_I \cdot D/W_{RSI})$$

また、

$$D''_2 = \sum_{n=A}^D \frac{PC_T \cdot D/W_T}{2} (P_{dn2} \cdot RC_2 + P_{dn4} \cdot RC_4 + P_{dn8} \cdot RC_8)$$

となる。ここで  $RSR$  は海難の相手船が、船体損害算出の際に分類した5種類の船種のそれぞれである確率である。

また、 $D/W_{RS}$  は、海難の相手船の標準的な重量トン数である。

鉱石専用船、コンテナ船、木材専用船についても、上式で自船重量トン数および1重量トンあたり FOB 価格  $PC$  と、自船船種に適合する数値によつて同様に算出する。

1年間にモデル船と同型の在来船がおこす海難事故による積荷損害額の期待値  $D_2$  は、

$$D_2 = D'_2 + D''_2$$

により求められる。

#### 4.1.4 直接不稼働損害額の算出

海難事故が発生し、損害が生じた場合、その損害が重大な程度の場合には、自力航行が不可能になり、他の救助を要するし、事故の程度によつて現場での応急修理および、回航後の本修理に要する日数にも大きな差が生ずる。したがつて、海難船が海難によつて不稼働状態になる日数も、海難の程度、および発生地点によつて違つてくる。ここでは海難の結果からみて、

- (1) 結果が重大で、海難現場で船舶が不基航となるもの
  - (2) その他の海難で、自力で最寄りの港まで航行できるもの
- の2種類に分類した。

海難の報に接し、ただちに最寄りの港から救助船が出港し、現場到着後応急処置をほどこし、海難船を曳航して入渠のりえ、本修理を行なうという基本パターンを想定すると、海難発生から本修理完了までの時間、すなわち不稼働日数は、

$$\text{不稼働日数} = \left( \frac{\text{救助船片道距離}}{\text{救助船航海速度}} + \frac{\text{救助船曳航距離}}{\text{救助船曳航速度}} \right) \cdot \frac{1}{24} + \text{現場応急修理日数} + \text{曳航地本修理日数}$$

となる。

上式の各項に適当な数値を与え、不稼働日数を求め、自航の1日あたりの費用を乗ずれば、不稼働による直接損害額は計算できる。1日あたりの費用をデマレッジ・ベースとすると、

$$1 \text{ 海難あたり損害額} = \text{不稼働日数} \times \text{デマレッジ} / \text{日}$$

となる。

結果が不基航となる海難は、海難種別11(重海難)に相当し、その他の海難は、海難種別12(全海難)から11を除いた海難に相当する。

タンカーの場合を例示すると算出はつぎのようになる。

重海難の場合の直接不稼働損害額を  $D_3'$ 、重海難以外の海難の場合の直接不稼働損害額を  $D_3''$  とすると、

$$D_3' = \sum_{n=A}^D P_{dn11} \cdot T_n \cdot DEM_T$$

ただし、 $T_n = \left( \frac{1}{V_O} + \frac{1}{V_H} \right) \cdot \frac{D}{24} + TEMP_{11} + REC_{11}$

また、

$$D_3'' = \sum_{n=A}^D P_{dnEX11} \cdot T_n' \cdot DEM_T$$

ただし、 $T_n' = TEMP_{EX11} + REC_{EX11}$ 、 $P_{dnEX11} = P_{dn12} - P_{dn11}$

となる。

$DEM_T$  はモデル・タンカー1日あたりのデマレッジ、 $D$  は最寄り港からの海難現場までの距離、 $V_O$ 、 $V_H$  は救助船の往、復航速度、 $TEMP_{11}$  は重海難の場合の現場応急修理日数、 $REC_{11}$  は重海難の場合の本修理日数、 $T_n$  は海域別不稼働日数、 $TEMP_{EX11}$  は重海難以外の海難の応急修理日数、 $REC_{EX11}$  は重海難以外の海難の本修理日数である。

鉱石専用船、コンテナ船、木材専用船についても、上式  $P_{dn11}$ 、 $P_{dnEX11}$ 、 $T_n$ 、 $T_n'$ 、 $DEM$  などの数値をモデル別の数値に置き替えることにより、同様に算出する。

1年間にモデル船と同型の在来船が被る海難事故による直接不稼働損害額の期待値  $D_3$  は、

$$D_3 = D_3' + D_3''$$

により求めることができる。

#### 4.1.5 間接不稼働損害額の算出

間接不稼働損害は、海難が港内、沿岸、狭水道で発生し、流出油などのために、一時的な航路封鎖に発展して、海難事故に直接関係のない他の船舶が経済活動を阻害されたために発生する不稼働損害である。

間接不稼働損害が発生するのは自船がタンカーであるか、または相手船がタンカーである場合に限るとの仮定を設けた。

また、この損害は、自船が海域AまたはB（港内および沿岸3浬以内、狭水道）に存在する場合に限り、発生すると考えることができる。

この損害の発生が海域Aの場合には、当該港に在港船のみが影響を受け、海域Bの場合には、発生地点によつて影響を受ける船舶の範囲が複雑に変化するので、海域AおよびBについて別個に算出しなければならない。

海域Aの場合、影響を受ける船舶の総延トン数は、

$$\begin{aligned} \text{総延トン数} &= (\text{在港外航船隻数}) \times (\text{外航船平均総トン数}) \\ &+ (\text{在港内航船隻数}) \times (\text{内航船平均総トン数}) \end{aligned}$$

となる。

海難ケース別影響日数を延トン数に乘じ、1総トンあたりの1日あたり費用を乗ずると、1回の海難事故あたりの間接損害額を算定できる。

海域Bの場合、モデル船の就航する航路に存在する海峡の1日あたり通航隻数に平均トン数を乘じ、延トン数を求め、平均影響日数を、タンカー対タンカー、タンカー、対非タンカー、タンカー対非船舶の海難ケース別に求めれば、海域Aの場合と同様にして、1回の海難事故あたりの間接損害額を算定できる。

海難事故が海域Aで発生する際の間接不稼働損害額の期待値を  $D'_4$  とすると、自船がタンカーの場合、

$$\begin{aligned} D'_4 &= P_{dA14} \cdot P_{RS=T} \cdot AID(R1) \cdot \frac{KD}{2} \cdot (SG/TX_W \cdot SNX_W + SG/TY_W \cdot SNY_W) \\ &+ P_{dA14} \cdot P_{RS=\bar{T}} \cdot AID(R2) \cdot \frac{KD}{2} \cdot (SG/TX_W \cdot SNX_W + SG/TY_W \cdot SNY_W) \end{aligned}$$

となる。自船が非タンカーの場合には、

$$D'_4 = P_{dA14} \cdot P_{RS=T} \cdot AID(R_n) \cdot \frac{KD}{2} \cdot (SG/TX_i \cdot SNX_i + SG/TY_i \cdot SNY_i)$$

となる。

ここで、 $P_{RS=T}$  は海難の相手がタンカーである確率、 $P_{RS=\bar{T}} = 1 - P_{RS=T}$  であり、 $AID(R_n)$  は、 $n=1 \sim 3$  のケースの  $n=1$  の場合は半径1000m、 $n=2$  の場合は半径740m、 $n=3$  の場合は半径660mに危険円が拡大するとした影響日数である。

$KD$  は、間接不稼働損害を受ける船舶1重量トン1日あたりの費用、 $SG/TX$  は、在港外航船の平均船型、 $SNX$  は同じく平均1日あたり隻数、 $SG/TY$  は、在港内航船の平均船型、 $SNY$  は、同じく平均1日あたり隻数である。

海難事故が海域Bで発生する際の間接不稼働損害額期待値を  $D''_4$  とすると、自船がタンカーの場合、

$$\begin{aligned} D''_4 &= P_{dB14} \cdot P_{RS=T} \cdot AID(R1) \cdot \frac{KD}{4} (G/T_1 \cdot N_1 + G/T_6 \cdot N_6 + G/T_7 \cdot N_7 + G/T_{13} \cdot N_{13}) \\ &+ P_{dB14} \cdot AID(R2) \cdot P_{RS=\bar{T}} \cdot \frac{KD}{4} (G/T_1 \cdot N_1 + G/T_6 \cdot N_6 + G/T_7 \cdot N_7 + G/T_{13} \cdot N_{13}) \end{aligned}$$

となる。自船が非タンカーの場合には、

$$D''_4 = P_{dB14} \cdot P_{RS=T} \cdot AID(R_i) \cdot \frac{KD}{k} \sum_{n=1}^k (G/T_n \cdot N_n)$$

となる。

ここで、 $G/T_n$ 、 $N_n$  は、モデル船が航海する13の狭水道のそれぞれの通航標準船型、および1日あたりの平均通航隻数である。

間接不稼働損害額の年間期待値  $D_4$  は、

$$D_4 = D_4' + D_4''$$

により求めることができる。

#### 4.1.6 岸壁不稼働損害額の算出

岸壁不稼働損害額は、デマレッジ・ベースで算出することにしたが、この方法によると、岸壁が不稼働状態になった期間中の損害額は、その岸壁に係留できる最大船型の船舶のデマレッジに等しい。

岸壁不稼働損害は、海難発生海域がAの場合に最大で、Bでは、急速かつ大巾に、その発生が減少するので、B、C、Dの海域ではたとえ海難が発生しても、岸壁不稼働損害は発生しないものとした。

この場合は、危険円内に存在するバース数×平均バース容量で、接岸可能岸壁延トン数を求め、1総トンあたりデマレッジを乗ずることによつて求められる。

タンカの場合、岸壁不稼働損害額を  $D_5$  とすると、

$$D_5 = P_{dA14} \cdot P_{RS=T} \cdot AID(R1) \cdot \frac{KD}{2} (SG/T X_W \cdot SNX_W + SG/T Y_W \cdot SNY_W) \\ + P_{dA14} \cdot P_{RS=\bar{T}} \cdot AID(R2) \cdot \frac{KD}{2} (SG/T X_W \cdot SNX_W + SG/T Y_W \cdot SNY_W)$$

となり、

非タンカーの場合、 $D_5$  は、

$$D_5 = P_{dA14} \cdot P_{RS=T} \cdot AID(R1) \cdot \frac{KD}{n} \sum (SG/T X_n \cdot SNX_n + SG/T Y_n \cdot SNY_n)$$

となる。

ここで、 $SG/T_n$ 、 $SN_n$  は、港内バース最大容量の平均値および、港内バース数である。

#### 4.1.7 岸壁設備損害額の算出

岸壁設備損害額とは、海難が岸壁付近で発生し、当該岸壁およびこれに付属する施設が受ける損害である。

便宜上、計算簡略化をはかるため、損害を受ける施設を、

- (1) 荷役施設
- (2) 上屋、倉庫施設
- (3) 荷役付帯施設
- (4) ヤード施設

の4種類に大別した。さらに、各港湾別に標準値を求め、海難事故別に、損害波及範囲を設定後、その範囲内に含まれる設備数を求めた。

この総損害設備数に、標準的な施設単位あたり価格を乗じて、岸壁設備損害額を算出できる。岸壁設備の損害は、火災の発生によつてはじめて巨額化するるので、火災を伴った海難が港内で発生した時のみ岸壁設備損害が発生するとの仮定を設けた。

岸壁設備損害額を  $D_6$  とすると、自船がタンカーの場合、つぎのようにして計算した。

$$D_6 = P_{dA13} \cdot CD \cdot (NL_W \cdot PL_W + AL_W \cdot PL_W)$$

ただし、上式で  $NL_W$  はタンカー寄港地の荷役設備(チクサン・ジョイント)標準基数、 $PL_W$  は荷役設備1基あたりの設備コスト、 $AL_W$  は付帯設備標準数(タンカーの場合、損害を受けるパイプラインの長さ)、 $PL_W$  は付帯設備単位あたり設備コスト、 $CD$  は1回の海難による設備損害額の、全設備資本に対する割合である。

鉱石専用船、コンテナ船、材木専用船についても、一般に、

$$D_6 = P_{dA13} \cdot P_{RS=T} (NS_i \cdot PL_i + NW_i \cdot PW_i + NA_i \cdot PA_i + NY_i \cdot PY_i)$$

式により、 $N$ および $P$ に適当な値を代入することにより求めることができる。

ただし、自船が非タンカーの場合には、相手船がタンカーである場合にのみ、岸壁設備損害が発生するものとした。

#### 4.1.8 救助料の算出

海難が発生した場合に、海難船を救助するための費用は、海難発生地点と救助船の停泊港との距離の関数であり、救助船停泊港にある船舶修繕施設能力が、海難船の船型以下の場合には、回航地と海難発生地点との距離も重要な要素となる。

また、救助料は、海難の結果が重症であるか、あるいは軽症であるかによっても異なり、重症の場合には救助船の派遣はもちろん、現場での応急処置に要する時間も長く、使用材料も多くなる。

救助料の算出にあたっては、不堪航以上の重海難を重症、それ以外の海難は軽症として、2種類に分類した。

さきに直接不稼働日数を算出するにあたり、(救助日数)+(本修理日数)を $T_n$ として計算しているので、救助日数は(直接不稼働日数)-(本修理日数)として求められる。

一方軽度の海難では、船内で乗組員が処置をして航海を継続できるので、救助料の発生の機会はほとんどないといえるので、2種類に分類した海難のうち、救助料が発生するのは重海難のみであるとした。

救助料は、曳船、資材、人件費、燃料費などはすべて1日あたり料率から計算されるので、事故のケースごとに、所要曳船、所要資材、所要人員などを設定して、標準的な事故別1日あたり費用を求めた。

自船がタンカーの場合の救助料総額の年間期待値を $D_7$ 、救助所要日数を $RET_n$ とすると、

$$D_7 = \sum_{n=A}^D P_{dn11} \cdot RET_n \cdot RESC_T$$

ただし、

$$RET_n = T_n - REC_{11} \quad (n=A, B, C, D)$$

となる。

ここで $RESC_T$ は、自船がタンカーの場合の、1日あたりの救助料である。

鉱石専用船、コンテナ船、材木専用船についても、各数値をそれぞれ船種に応じた標準値に置き替えることによつて算出できる。

#### 4.1.9 沿岸施設損害額の算出

沿岸施設損害額は、沿岸でタンカーの衝突などによる大量の流出油に着火し、海面火災などが発生した際に、海面に隣接する陸上施設が受ける損害である。

沿岸施設損害は油が流出しなければ、発生しないと考えられるので、ここでは自船が港内で港流出をともなう事故をおこしたときに限り生ずるものとした。

港内に限定したのは、油流出が火災に発展する過程で、火種(着火源)の存在は、港内では小型舟艇や家屋の裸火、通行人・港湾労働者の煙草の火などが考えられるが、港外では比較的少ないと思われるからである。

火災が発生した場合、海難地点を中心として、一定の範囲内に存在する資本が損害をうけることになるが、港湾付近に存在する資本(財貨)の集積度は、港湾の種類によつて、各港でそれぞれ異なる。

また、1回の海難によつて損害のおよぶ範囲は、1回の海難による流出油量によつて自ずから異なってくる。

自船がタンカーの場合の沿岸施設損害額の年間期待値を $D_8$ とすると、 $D_8$ は、

$$D_8 = P_{dA14} \cdot PFR (P_{RS=T} \cdot ICTR_1 + P_{RS=\bar{T}} \cdot ICTR_2)$$

となる。

ただし、 $ICTR_1$ は流出油危険円半径1,000mの地域内に存在する総設備資本、 $ICTR_2$ は流出油危険円半径740mの場合の総設備資本額であり、 $PFR$ は油流出事故から、沿岸設備損害が発生するような火災事故に発展する確率である。

自船が非タンカーの場合の $D_8$ は、

$$D_8 = P_{dA14} \cdot PFR \cdot P_{RS=T} \cdot ICTR_1 \quad (i=2 \text{ or } 3)$$

となる。

$ICTR_1$  は、自船船種、流出油量別の単位面積あたりの資本集積度である。

#### 4.1.1.0 人命損害額の算出

人命損害額の基礎となる数値は、海難により喪失すると考えられる人命数および、人命1人あたりの損害金額である。

このうち、海難により喪失する人命数は、過去の統計よりできるが、人命がどの程度の金額に相当するかは、非常に推定しにくい問題である。

ここでは、1名の人命が現在どの程度の経済的価値を有するかを定量的に把握すれば目的を達するので、極めて事務的に算出した。

海難によつて失なわれる人命数は、海難の種類によつて大巾に異なるので、各海難種別に人命損害額の予想値を計算しなければならない。

海難一件あたりの人命損害額は、

$$(\text{海難種別人命喪失数}) \times (\text{1名あたり損害金額})$$

で求められる。

人命損害額の年間期待値を  $D_{10}$  とすると、 $D_{10}$  は、

$$D_{10} = (0.33 \cdot LIP_{\phi} + 0.67 \cdot LIP_C) \cdot \sum_{n=1}^9 P_{Tn} \cdot LIF_n$$

となる。

ここで、 $LIP_{\phi}$  は職員の場合の1人あたり損害金額、 $LIP_C$  は部員の場合の1人あたり損害金額、 $LIF_n$  はある海難1件あたりの喪失人命数予想値である。

鉱石専用船、コンテナ船、材木船の場合は、 $P_{Tn}$  の代わりに、それぞれ  $P_{\phi n}$ 、 $P_{Cn}$ 、 $P_{Ln}$  を用いれば計算できる。

#### 4.1.1.1 損害拡大防止費用の算出

損害拡大防止費用は、海難が発生した場合、損害波及を限定する目的で行なう作業に要する費用で、主として海難により、油流出が発生した場合の拡散防止、薬剤散布による沈降、海面清掃に要する費用である。

この損害には、処理日数に関係なく事故が発生すればかならず発生する費用（たとえばオイル・フェンス損料、流出油処理剤費用）と、処理日数に応じて増加する費用（たとえば、作業船、吸油船傭船料、作業人件費）の2種類の損害項目が含まれる。また、流出油の規模によつて要する費用も異なる。

したがつて、事故を流出油量によつて3段階に分類し、油流出がおこる海難船の船型によつて、この3段階のいずれかに該当するように割りつけたうえで損害額を計算した。

自船がタンカーである場合の損害拡大防止費用は、つぎのようにして計算される。

処理日数に関係なく発生する費用を  $D'_{10}$ 、処理日数に応じて増加する費用を  $D''_{10}$  とすると、

$$D'_{10} = \sum_{i=A}^B P_{d114} \cdot (P_{RS=T} \cdot RCCR_1 + P_{RS=\bar{T}} \cdot RCCR_2)$$
$$D''_{10} = \sum_{i=A}^B P_{d114} \cdot (P_{RS=T} \cdot RVC R_1 \cdot AID(R_1) + P_{RS=\bar{T}} \cdot RVC R_2 \cdot AID(R_2))$$

となる。

ここで、 $RCCR_1$  および  $RCCR_2$  は、流出油量に応じた損害拡大防止固定費、 $RVC R_1$  および  $RVC R_2$  は、処理日数1日あたりの損害拡大防止変動費、また  $AID(R_1)$  および  $AID(R_2)$  は、流出油量に応じた処理日数である。

自船が非タンカーの場合には、海難事故の相手船がタンカーである場合だけ、損害拡大防止費用が発生すると考えられるので、

$$D'_{10} = \sum_{i=A}^B P_{d114} \cdot P_{RS=T} \cdot RCCR_2$$
$$D''_{10} = \sum_{i=A}^B P_{d114} \cdot P_{RS=T} \cdot RVC R_2 \cdot AID(R_2)$$

となる。

$RCCR_k$  ( $k=1\sim 3$ ) は、流出油量に応じた損害拡大防止固定費、 $RVC R_k$  は、処理日数1日あたりの損害拡大防止変動費、 $AID(R_k)$  は、流出油量に応じた処理日数であり、事故船の船型によつて、 $k$  は1から3の値をとる。

損害拡大防止費用の年間期待値  $D_{10}$  は、

$$D_{10} = D'_{10} + D''_{10}$$

により求められる。

#### 4.1.1.2 漁業設備損害額の算出

沿岸または港内で、大規模な油流出または海面火災が発生した場合に、損害を受ける可能性のある漁業設備の主なものとして、停泊中または付近操業中の漁船、および、沿岸定置漁網があげられる。

実際に受ける損害は、漁船の場合は機動性があり、事故で油流出がおこつた場合にも、時間的余裕さえあれば、ある程度危険圏外に脱出することができるが、定置漁網は危険圏内にあれば損害は不可避であり、両者が同じ海難事故から受ける損害割合は異なる。

そこで損害額の算出にあつては、漁船資本が受けるであろう損害と、定置網資本が受けるであろう損害を、個別に算出し、損害額はこの合計額であるとした。

特定の港湾について、統計上の1日あたり入港漁船隻数および平均トン数を求め、トンあたり平均漁船船価を乗じて1日あたり漁船資本集約額とした。ひとたび油流出事故、海面火災事故が発生し、当該港湾が封鎖されると、封鎖解除までは、新たに入港する船舶はないので、事故発生時の隻数以上に、損害隻数が影響日数の増加に伴つて増加することはない。

一方、定置網についても、危険圏内の統数が、事故発生後に増加することはない。

自船がタンカーの場合の漁業設備損害額  $D_{11}$  は、つぎのようになる。

$$D_{11} = P_{dA14} \cdot P_{RS=T} (KFR_1 \cdot FE_{1W} + KN R_1 \cdot NE_{1W}) + P_{dA14} \cdot P_{RS=T} (KFR_2 \cdot FE_{2W} + KN R_2 \cdot NE_{2W})$$

ここで  $KF$ 、 $KN$  は漁船および定置網が、油流出によつて損害を受ける割合、 $FE_{1W}$  は、当該港で1日あたり平均して集積している漁船資本総額ののうち、損害対象となる危険圏内に存在している額、 $NE_{1W}$  は、危険圏内に存在する定置漁網資本額である。

自船が非タンカーの場合には、漁業設備損害額が発生するのは、相手船がタンカーとなる場合に限られるので、

$$D_{11} = P_{dA14} \cdot P_{RS=T} (KFR_i \cdot FE_{i1} + KFR_i \cdot NE_{i1}) \quad (n=1\sim W, i=1\sim 3)$$

となる。

#### 4.1.1.3 漁業不稼働損害額の算出

現実に港湾または沿岸で、たとえ小規模であつても、油流出等の事故が発生した場合に、解決が困難でかつ損害額がかさむのは、漁業補償である。漁業補償には、4.1.2 漁業設備損害も含まれるが、漁業設備損害は、損害を受けた物件が有型で、損害査定も比較的容易であるが、予想水揚高に対する損害補償は、査定データが皆無であるうえ、見舞金的な性格があり、根拠を明確に示すことはできない。しかし、性格上、予想水揚高との間には、相関があるとみなすことができるので、漁業不稼働損害額は、水揚高の関数としてきまるとの仮定を設けて扱うことにした。

損害を受ける対象には、巻網、曳網、一本釣などの一般漁船漁業と、のり、真珠、かき、魚類などの養殖や、定置網などの非漁船漁業の2種類があり、前者の損害割合は後者の損害割合よりも一般的に小さい。

また、同じ型態の漁業からの水揚げについても、油流出事故が発生した海域によつて、被害が非常に異なり、たとえば、距岸数百哩の大洋で油が流出しても、損害はほとんど求償されない程度であるのに対して、湾内では巨額の求償がなされることになる。これらの点について損害額算出の可能性を求めて検討を加えてみたが、結局信頼度の点では大差はないとの結論を得たので、つぎの方法で算出することとした。

油流出により、水揚げに顕著な影響を与えらるゝのは、海難発生地点が、海域A、Bに限るものと仮定した。

自船がタンカーの場合、一般漁船漁業水揚げ損害額を  $D_{12}'$ 、非漁船漁業水揚げ損害額を  $D_{12}''$  とすると、

$$D_{12}' = \sum_{i=A}^B P_{di14} \cdot DR \cdot (FG_{II} \cdot PRS=T + AID(R_1) + FG_{III} \cdot PRS=T \cdot AID(R_2))$$

$$D_{12}'' = \sum_{i=A}^B P_{di14} \cdot (PRS=T \cdot NG_{II} + PRS=T \cdot NG_{III})$$

となる。

式中 DR は油流出により漁船使用漁業水揚げの減少率であり、 $FG_m$  はタンカー航路付近の最寄り漁港の1日あたり水揚げ高、 $AID(R_n)$  は流出油量に応じた水揚げ減少が継続する日数、 $NG_m$  はタンカー航路付近の養殖水揚げの1事故あたりの推定損害金額である。

タンカーの場合の総漁業不稼働損害額の年間期待値  $D_{12}$  は、

$$D_{12} = D_{12}' + D_{12}''$$

として求めることができる。

非タンカーの場合には、海難の相手船がタンカーである場合にのみ、油流出が発生し、その場合にのみ、漁業不稼働損害が発生するとみなすと、

$$D_{12}' = \sum_{i=A}^B P_{di14} \cdot DR \cdot FG_m \cdot PRS=T \cdot AID(R_n)$$

$$D_{12}'' = \sum_{i=A}^B P_{di14} \cdot PRS=T \cdot NG_m$$

$$(m = I \sim IV, n = 1 \sim 3)$$

となる。

#### 4.1.1.4 海難事故による年間損害総額の期待値

海難による損害が4.1.2から4.1.1.3に示した12種類の損害から構成されるものとする、年間発生損害総額の期待値  $D$  は、 $D_1 \sim D_{12}$  の総和となる。

$$D = \sum_{i=1}^{12} D_i$$

この  $D$  が、在来船を運航する場合に予想しなければならない年間損害額であり、このうち、海上保険で填補されるのは、付保の範囲にもよるが、 $D_1$  および  $D_2$  である。

船舶を超自動化することによつて、 $D_1 \sim D_{12}$  の各損害がどの程度減少するかは、各損害額  $D_i$  を算出するベースとなつて各海難種別の防止に、超自動化システムが、どの程度有効であるかの評価を行なつて、超自動化船での損害額推定値  $D_{SA}$  をもとめ、

$$\text{超自動化船の安全性向上効果} = D - D_{SA}$$

として、超自動化船の安全性に寄与する程度を、定量的に評価することができる。

つぎに、上記  $D_1 \sim D_{12}$  を具体的に算出するにあたり使用したデータについて簡単に説明する。

## 4.2 損害額算出データ

前節の損害額算出手法で述べた計算を行なうにあたり、使用したデータについて簡単に説明する。

### 4.2.1 海難確率算出データ

1式および1.4～1.7式の定数  $n_1, a_1, T_1, T_2, T_3, T_4$  の各データにはつぎの数値を用いた。

表4.1  $n_1 - a_1$

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
n	0.259	0.300	0.337	0.347	0.344	0.319	0.227	0.168	0.174	0.292	0.422	0.398	0.476	0.451
a	0.331	0.303	1.612	1.567	2.559	1.256	2.149	1.630	1.523	0.726	0.019	0.648	1.211	2.686

$n_1, a_1$  の算出に用いた数値は、Lloyd's Weekly Casualty Report より 1961~1967 の海難を抽出し、同じく、Lloyd's Register of Shipping Statistical Tables より、同期の世界在籍全隻数を求めて、これらをもとに最小自乗法により求めている。在籍隻数 30,076 隻、海難隻数 4,983 隻によるデータである。

表 4.2 船種・航路別  $T_1, T_2, T_3, T_4$

モデル \ $T_i$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$
タンカー	10.44	9.24	24.42	55.22
鉱石専用船 (1)	12.39	1.36	5.32	60.93
鉱石専用船 (2)	26.37	0.58	19.88	53.16
コンテナ船	19.90	5.87	12.18	62.04
材木船	データ不十分なため削除			

表 4.2 の数値算出にあたっては、モデル船と類似した船型の同航路就航中の在来船の航海日誌により、タンカー 15 ケース、鉱石専用船 12 ケース、コンテナ船 14 ケースを抽出し、大型コンピュータにより解析して求めた。

$T_1, T_2, T_3, T_4$  は、それぞれの航路に就航中の在来船が港内、沿岸、近海、大洋にそれぞれ存在する時間の年間割合を%で示すデータである。

#### 4.2.2 船体損害額算出データ

船体損害を算出する場合に必要な  $G/T, PP, PH, RSR$  の各データには、つぎの数値を用いた。

表 4.3 船種、自船相手船別  $G/T$

船種 \ 自船、他船の別	雑貨船 G	タンカー T	鉱石船 $\phi$	材木船 I	コンテナ船 C	内航船 I
自船 $G/T (\phi S)$	—	120,000	60,000	9,000	18,000	—
他船 $G/T (RS)$	11,000	46,000	36,000	5,000	11,000	500

表 4.3 自船  $G/T$  には、前提条件として想定した数値を採用したが、相手船  $G/T$  には 1960 年 6 月末現在の、Lloyd's 船腹統計値より、在籍 1 隻あたり平均船型を求め、1,000 屯単位に 4 捨 5 入して求めた値を採用した。

したがって、たとえば貨物船 (雑貨船) G のより正確な  $G/T$  は、11,360  $G/T$ 、タンカー T では、45,600  $G/T$  となるが、これを表値のごとく簡単としている。

内航船 I については、運輸省統計を使用した。また総トン数 100 トン以下の船舶は除外している。内航船のみ平均船型が 541  $G/T$  となるので 100 屯単位に 4 捨 5 入した数値を用いることとした。

表 4.4 船種別  $G/T$  あたり PP

船種	G	T	$\phi$	I	C	I
PP	12.0	5.0	4.6	9.2	25.0	9.0

表 4.4 の  $G/T$  あたり船価、PP には、建造後数年を経過した船舶の平均船価を採用した。 $G/T$  の場合と同様、計算桁数をそろえるために、1 万円単位で求めたデータである。

表 4.5 海難種別 RH

海難種別	1	2	4	8
RH	0.10	0.10	0.30	0.05
	$R = S$	$R = \bar{S}$		

表 4.5 の海難種別損害割合 RH は、1 回の海難の種別発生によつて発生した船関係の損害額を、いくつかの事例について求めた平均値を率に引直した数値である。

相手船が関与する海難は 1、相手船の関与しない海難は 2、4、8 の場合にのみ、船体損害が発生するものとした。

表 4.6 船種別 RSR

船種	G	T	φ	L	C	I
RSR	0.1035	0.0189	0.0158	0.0100	0.0010	0.8508

表 4.6 の RSR は、海難が相手船の関与する種別のものである場合に、その相手船の船種が、標準分類のいずれに属するかを示す割合値であり、 $\sum RSR = 1$  である。

データは昭和 44 年度海事産業研究所発表値より、全隻数に対する分類船種隻数の比を求めて作成した。この表値は R = S の場合にのみ使用する。

#### 4.2.3 積荷損害額算出データ

積荷損害を算出する場合に必要な RC, D/W, PC の各データには、つぎの数値を用いた。

表 4.7 海難種別 RC

海難種別	1	2	4	8
RC	0.13	0.13	0.25	0.17
	R = S	R = $\bar{S}$		

表 4.7 の海難種別貨物損害発生割合 RC は、1 回の海難の種別発生によつて、損害を受ける貨物の、全積荷価格に占める割合を示す数値であり、船体損害の RH に相当する。

この損害割合は定量的に過去の実績値から統計的手法で算出することが非常に困難であるので、過去数例の実績、および海難防止協会の「大型タンカーによる災害の防止に関する調査研究完了報告書」および別冊の検討結果を勘案のうえ、妥当と考えられる数値を選んだ。

表 4.8 船種、自船相手船別 D/W

船種	G	T	φ	L	C	I
自船 D/W (φS)	—	200,000	100,000	15,000	30,000	—
相手船 D/W (RS)	19,000	76,000	55,000	9,000	20,000	900

表 4.8 の自船 D/W には、前提条件で想定した数値を採用した。相手船 D/W には、G/T の表 4.3 を作成したのと同じ手法によつて求めた数値を採用した。

表 4.9 船種別 PC

海難種別	G	T	φ	L	C	I
PC	6.30	0.65	0.21	0.50	6.50	1.00

表 4.9 の船種別積荷の 1 トンあたり平均価格 PC は、専用船については 43 年度平均実績値を、雑貨については貨物別平均輸出貨物 FOB 価格を、コンテナ船については雑貨のうちコンテナ運送が適当と思われる貨物を選び出し、その FOB 価格平均値を求めて算出している。

タンカー、専用船については、D/W あたり価格を、定期船、コンテナ船については、主として容積あたり価格をとつた。数値の算出にあつては、主要港輸出入貨物通関実績統計および日本国港務統計を使用した。

#### 4.2.4 直接不稼働損害算出データ

直接不稼働損害を算出する場合に必要な DIST,  $V_0$ ,  $V_H$ , TEMP, REC, DEM の各データには、つぎの数値を用いた。

表 4.10 船種、自船相手船別 DEM

船種	G	T	$\phi$	L	C	I
自船 DEM ( $\phi S$ )	—	294.9	168.8	76.5	400.0	—
相手船 DEM (RS)	97.9	183.5	144.0	50.5	280.0	8.0

表 4.10 の自船および相手船の 1 日あたり費用を算出するにあたり、標準となる船型として、表 4.3 および表 4.8 の数値を用いた。1 日あたり費用は、建造後数年の標準船型と類似の実船の 1 日あたり費用をできるだけ多く調査し、その平均値を求めて算出した。なお、現在、モデル船と同型の船舶が就航していないものについては、現在就航している同船種の 1 日あたり費用の平均値より比例的に算出している。

いずれも、金額に関するデータは、昭和 43 年および 44 年度のものを使用している。表値の単位は万円であり、小数点以下 2 位を 4 捨 5 入した値である。

表 4.11 船種、航路、海域別 DIST

海域 \ 船種	T	$\phi_1$	$\phi_2$	C	L
A	0	0	0	0	0
B	226	60	16	100	52
C	775	241	580	291	176
D	1,228	2,125	1,173	1,544	2,000

表 4.11 は想定モデル船が、前提条件で定めた航路に就航する場合に、各海域内で海難事故を発生し、救助を要する状態になった場合の、救助船の定係港から海難発生地点までの平均距離を求めたもので、単位は浬である。

航路途中の最寄り港に救助船が通常係留されているときには、距離的に有利な範囲では、最寄り港から救助船が出動するものとして計算した。また、救助船の定係港であつても、修繕船設備のない港は、直接不稼働要因を除去する能力がないので除外している。

表 4.12 の海難種別 TEMP は、1 回の海難事故によつて、船舶が現場で行なう応急修理に要する日数である。

海難種別 11 については、今まで報告されている実例をもとに算出した概略の平均値であり、11 以外の海難については、種別により多少の

長短はあるが、自力航行ができる状態にするための応急処置に、平均半日を要するものとした値である。EX 11 の TEMP は、海技者および海難救助関係者から聴取した意見の平均値であり、統計的なデータではない。

表 4.13 の海難種別 REC は、1 回の海難事故によつて、現場で応急修理後、修繕地に回航し、本修理を行なうために要する修理日数である。

海難種別 11 については、今まで報告されている実例をもとに算出した値である。公表事例が少ないため、これも TEMP と同じく概略平均値

であるが、現実値との誤差は、計算精度上、無視できると思われる。11 以外の海難については、海技者および造船技術者から聴取した意見の平均的な値であり、現実には、定期的な入渠工事あるいは、荷役などと併行して行なわれるケースも多く、多少表値よりも減少するものと思われる。

表 4.12 海難種別 TEMP

海難種別	11	EX 11
TEMP	7.0	0.5

表 4.13 海難種別 REC

海難種別	11	EX 11
REC	15	3

表 4.14 救助対象船種別  $V_O, V_H$

船種	T	$\phi$	C	L
$V_H$	6.5	7.1	7.5	10.0
$V_O$	17.2			

表 4.14 の救助船復航速力は、被救助船が不堪航以上の海難に遭遇した場合には、遭遇地点より修繕地点より修繕港まで救助船に曳航されることを前提として算出した。表値は  $EHP = 0.00209 \lambda \cdot S \cdot V_H^{1.83}$  なる理論式より求めた数値が、実績値よりかなり低目になるので、理論値は参考程度にとどめ、実績値をもとに、半減条件として求めた値である。

往航速力、および復航速力の算出のベースとなる救助船には航洋丸を選んだ。

#### 4.2.5 間接不稼働損害額算出データ

間接不稼働損害を算出するために必要な AID, KD, SG/TX, SG/TY, SNX, SNY, G/T, N の各データには、つぎの数値を用いた。

表 4.15 流出油量別 AID

危険円半径	$R_1$	$R_2$	$R_3$
流出油量	30,000	10,000	6,000
AID	10	9	7

表 4.15 の AID は、自船または海難の相手船がタンカーである場合で、しかも海難発生地点が船舶通航量の多い港内または沿岸 3 哩以内である時に限り、海難船以外の付近海域に存在する船舶にも影響が及ぶと仮定した場合の影響日数である。影響日数は流出油量に応じて変化すると考えられるので、流出油量を 6,000 トン、10,000 トン、および 30,000 トンの 3 つのケースに分け、事故船および種類によつて、いずれか 1 つの規模に当てはめることにした。AID の単位は日数であり、 $R_1$  は危険円半径 1,000 m、 $R_2$  は危険円半径 740 m、 $R_3$  は危険円半径 660 m である。AID の算出にあたっては、過去に同種事故が発生した際の実績および海難救助技術者の意見を十分勘案している。

表 4.16 港グループ別、内・外航船別 SG/T, SN

港グループ		I	II	III	IV
X	SG/T	7,13.4	7,556	8,299	78,100
	SN	17.5	4.5	1.0	6.0
Y	SG/T	261	281	227	156
	SN	214.5	99.8	55.7	1.0
グループ内港名		4, 5, 6, 11, 12, 13	3, 7, 14	2, 9, 10	1, 8

港内で発生した油流出を伴う海難によつて、間接不稼働損害を受ける他船の隻数および平均 1 隻あたりのトン数を、類似した港のグループ別に求めたのが表 4.16 SG/T および SN である。港分類およびコード番号はつぎのとおり。

グループ I : 4 (神戸)、5 (東京)、6 (名古屋)、11 (Southampton)、12 (Rotterdam)、13 (Hamburg)

グループ II : 3 (和歌山)、7 (清水)、14 (Longview)

グループ III : 2 (福山)、9 (San Nicolas)、10 (Port Dampier)

グループ IV : 1 (京葉シーバース)、8 (Kharg Island)

それぞれの表値は、上記各港別の年間入港隻数および入港平均総トンを求め、グループの平均値を内・外航別に求めたもので、各港年次報告および日本国港務統計より算出した。表中 X は外航船、Y は内航船のデータを示す。

式中のKDは、船種船型には直接関係しないと見なした場合の1総トン1日あたりの不稼働損害額を示し、 $KD = 0.081$ とした。この値は1総トンあたりのデマレージの平均金額と見なすことができる。

表4.17 海峡別1日あたり通航船N, G/T

海 峡	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N	525.5	531.9	283.7	690.5	306.4	176.8	139.4	41.3	585.9	367.7	815.6	95.9	113.5
G/T	1,104.3	912.9	427.4	287.5	588.4	14900.0	15,200.0	7,300.0	867.3	559.0	1,200.4	910.4	18,846.0
関連船型	T・C	C	φ	φ	L	T	T	C	C	C	C	L	T

表4.17は、海域区分Bの沿岸3哩以内および狭水道のうち、主要海峡・内水の1日あたり通航船隻数および平均総トン数を示す。関連船型は、当該水域を航路に含むモデル船種の種別を示す。海峡コードはつぎのとおり。

- (1) 浦賀水道、東京海湾
- (2) 友ヶ島水道、大阪湾
- (3) 明石海峡
- (4) 内 海
- (5) 伊良湖水道、伊勢湾
- (6) Singapore 海峡
- (7) Malacca 海峡
- (8) Panama 運河
- (9) Mass 河
- (10) Elbe 河
- (11) Dover 海峡
- (12) Colombia 河
- (13) St. Hormuz 水道

浦賀水道、友ヶ島水道、明石海峡、Singapore 海峡、Malacca 海峡など、通航隻数調査結果が各種報告書などに発表されている場所については実績値を用いているが、実績値を把握できない海峡については、海峡内各港貨物取扱高、および仕出港、仕向港別統計より、当該海峡を経由する海上輸送量を求めたりえ、算出している。

また、St. Hormuz 水道の場合は、これら資料がいずれも不備で使用できないので、PG内の全港湾のバース数およびバース能力を集計し、バース稼働率と乗じて、ひとまず1時期にPG内に存在する全商船船腹を求め、これより1日あたり通航船の総トン数と隻数の平均値を推定した値を、データとして用いることにした。

#### 4.2.6 岸壁不稼働損害額算出データ

岸壁不稼働損害は、デマレージ・ベースを採用する限り、間接不稼働損害と同様に算出できる。したがって、ここでは、事故の発生地点が港内である場合のデータを直接使用した。

ただし、仮に全バースに船舶が着棧していない場合があるとすれば、最近の港湾での滞船は世界的傾向であり、各港湾とも空きバースが存在する条件は、ほとんどどの港について、考慮する必要がないと思われるので、無視して計算することにした。

#### 4.2.7 岸壁設備損害額算出データ

岸壁設備損害を算出するために必要なN、P、の各データには、つぎの数値を用いた。

表4.18は、機能、規模の類似した港湾グループ別の港湾設備の標準基数および単位あたり価格表である。

Nは標準数、Pは価格、Lは荷役設備、Wは倉庫施設、Aは倉庫内に貯蔵されている財貨や荷役設備に附属するコンベア、パイプライン、シーバース、ドルフィンなどの設備、Yは造船工場を主とする港湾内工場施設を示す。

表4.18 港グループ別、荷役設備、倉庫設備、附属設備、工場設備 N.P.

港グループ		I	II	III	IV
L	N	(3T) 12	—	(6,000T/H) 2	(16 <sup>m</sup> ×3) 6
	P	1,800	—	8,000	2,000
W	N	( <i>m</i> <sup>3</sup> ) 1,800	—	—	—
	P	15	—	—	—
A	N	(F/T) 3,000	—	(CVY) 2	( <i>m</i> <sup>3</sup> ) 300
	P	6.3	—	5,000	200
Y	N	( <i>m</i> <sup>3</sup> ) 100	100	50	—
	P	5	5	5	—
港コード		4, 5, 6, 11, 12, 13	3, 7, 14	2, 9, 10	1, 8

港グループ I は一般港、II は材木港、III は鉱石港、IV はタンカー港として分類している。

N, Pの算出にあたっては、各港の「港湾建設計画表」、「港湾資金計画表」、「45年建材物価」より単位あたり単価を求め、基数については Benn「Ports of the World」、Philip「Ports Dues Charges and Accomodation」、海上保安庁「港湾事情速報」その他の資料により、モデル船全寄港地について調査のうえ、標準値として、1バースあたり(一般港)、または1港あたり(専用船港)の基数を求めたものである。

#### 4.2.8 救助料算出データ

救助料を算出するために必要な RESC のデータにはつぎの数値を用いた。

表4.19 船種別1日あたり救助料

船種	T	φ	C	L
RESC	212.5	207.9	205.3	202.7

表4.19の船種別1日あたり救助料を算出するにあたっては、救助専門業者のタリフ表を使用した。救助料に含まれる項目は、

- (1) 救助船基本備船料
- (2) 救助船燃料費
- (3) 救助外地割増
- (4) 救助人件費
- (5) 用具貸借料
- (6) 通信費
- (7) 救助船保険料割増

の7項目であり、これら各費目をタリフに従って、被救助船別に計算したのが RESC である。

#### 4.2.9 沿岸施設損害額算出データ

沿岸施設損害を算出するために必要な IC, PFR の各データにはつぎの数値を用いた。

表4.20 船種別、危険円別 IC

危険円径	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
T	608.1 × 10 <sup>4</sup>	332.2 × 10 <sup>4</sup>	265.6 × 10 <sup>4</sup>
φ	314.0 × 10 <sup>4</sup>	172.0 × 10 <sup>4</sup>	135.8 × 10 <sup>4</sup>
C	785.0 × 10 <sup>4</sup>	429.0 × 10 <sup>4</sup>	342.0 × 10 <sup>4</sup>
L	431.3 × 10 <sup>4</sup>	236.4 × 10 <sup>4</sup>	189.2 × 10 <sup>4</sup>

表4.2.0はモデル船が港内で油流出事故を起こした場合、損害が危険円内の財貨に限定しておけると仮定した損害額の推定値である。この推定額を算出した根拠は、まず港湾を寄港する船種によつて大別し、それぞれの港湾付近危険円内に存在する陸上設備を、

- (1) 精油工場
- (2) 貯油槽設備
- (3) 石油化学工場
- (4) 重工業

の4つに分類し、(1)～(4)の割合を港湾図より求めた。そして(1)～(4)の分類別に単位面積(1ヘクタール)あたりの資本集積度を、

- (1) 5億円
- (2) 2億7500万円
- (3) 5億円
- (4) 2億円

として、これにより、危険円の $1/2$ 面積内に集積されている総資本を港のパターン別に求めた。

したがつて、表値はかなり大巾な前提と仮定にもとづく数値であり、また、仮に大火災が発生したとしても、鎮火後、全資本が喪失するとは考えられず、一方、この計算では関連設備の予想利益に対する損害補償も加味していない。この両者は、おおむね相殺するであろうとの、極めて大胆な仮定で求めた数値である。

港内で大漏油事故が発生したとしても、必ず大火災に発展するとは限らない。漏油事故から火災に発展する確率をPFRとした。

PFRは事故時の風向、風速、各種の偶然条件の積み重ねによつて左右され、定数としてとりあつかうことには問題があるが、港内では着火源が存在する要素が多いため、漏油事故の3割程度は火災に発展するものとして、一率に $PFR=0.3$ とした。

#### 4.2.1.0 人命損害額算出データ

人命損害を算出するに必要なLIF, LIPの各データにはつぎの数値を用いた。

表4.2.1 海難種別 LIF (単位 人)

海難種別	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LIF	0.104	0.048	0.002	0.100	0.047	0.049	9.860	0.114	0.272

表4.2.1の海難種別平均喪失人命数LIFは、43年度の海上保安庁「要救助海難の統計」により、1～9の海難種別に死亡および行方不明数を海難件数で除し、1件あたりの平均喪失人命を求めたものである。海難種別コードはつぎによる。

- |          |           |          |
|----------|-----------|----------|
| (1) 衝突   | (4) 火災    | (7) 荒天遭遇 |
| (2) 乗揚げ  | (5) 推進機故障 | (8) 浸水   |
| (3) 機関故障 | (6) 舵故障   | (9) その他  |

表4.2.2 職・部員別 LIP

職・部別	職員(φ)	部員(C)
LIP	1,786.64	1,380.33

表4.2.2の職員、部員別1人あたり人命損失企業負担額LIPの算出にあつては、現行労働協約および船員保険をベースに、職員平均年令33才、部員平均年令34才、扶養家族2.3人とした。この場合、昭和44年度賃金ベースで

は、平均月額報酬は、職員104,000円、部員72,000円となる。この金額を基に、年金、葬祭料、一時金、養育費、の4項目について総金額を求め、現行規定に従つて、その142.5/216が企業負担額であるとしてLIPを求めた。

なお、年金支給年限については、厚生省人口問題研究所統計による44年度わが国平均寿命まで、その配偶者が生存するものとして計算した。

#### 4.2.1.1 損害拡大防止費用算出データ

損害拡大防止費用を算出するために必要なRCC, RVCの各データにはつぎの数値を用いた。

表4.2.3 危険円規模別 RCC

危険円	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
RCC	633,746.0	211,644.5	127,230.8

表4.2.3のRCCは、漏油事故の影響を限定し、損害の波及を防止するために必要な経費のうち、処理日数に関係なく必要な固定費部分である。

損害拡大防止費用の算出は、採用する流出油処理方法によつて大きく異なるので、ここでは、海上保安庁が中心になつて計画している方法によつて処理することにした。この計画は大規模な油流出が発生した場合、まず流出海域にオイル・フェンスを展開して拡大を防止し、流出油の80%は吸引装置によつて回収し、残り20%は化学処理剤によつて処理する方式である。

RCCには、オイル・フェンス損料、化学処理剤費用などが含まれる。算出にあつては、オイル・フェンスは山水A B型80cm巾、1mあたり2,500円、オイル・フェンス損率1/3、化学処理剤ネオス18ℓ1缶3,800円、所要量はカタログどおりですむものとしている。器材、薬品などについては市価を採用している。

表4.2.4 危険円規模別 RVC

危険円	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
RVC	975	325	195

表4.2.4のRVCは、漏油処理日数に比例して発生する費用の1日あたり金額である。RVCは、流出油を吸引回収するタンカーの備船料、化学処理剤散布船の備船料、これら作業に従事する作業員人件費から構成されている。

RVCの算出上最も問題となるのは、吸引船、作業船の所要船腹および隻数である。ここでは、作業船備船料1日あたり10,000円、所要隻数30隻(R<sub>1</sub>)、20隻(R<sub>2</sub>)、6隻(R<sub>3</sub>)、吸引船2,000D/W型タンカー備船料1日あたり300,000円、所要隻数30隻(R<sub>1</sub>)、10隻(R<sub>2</sub>)、6隻(R<sub>3</sub>)、作業員人件費1人1日あたり5,000円、所要員数90人(R<sub>1</sub>)、30人(R<sub>2</sub>)、18人(R<sub>3</sub>)として求めた。これら基本要素の決定にあつては、過去2~3の実例を参考とし、サルベージ・タリフなどより評価した。

#### 4.2.1.2 漁業設備損害額算出データ

漁業設備損害を算出するにあたり、必要なKF, FE, KN, NEの各データにはつぎの数値を用いた。

漁船資本(可動資本)、定置網資本(固定資本)では、損害を受ける割合が異なるが、ここでは漁船については当該港1日あたり入出港漁船資本が、また定置網・養殖設備については当該港常置数が、それぞれ損害対象になるものとして求めた。

表4.2.5 港グループ別 FE, NE

港グループ	I	II	III	IV
FE	162,210.8	10,015.2	120.9	0
NE	5.5	10,175.0	3,200.0	2,300.0

表4.25のFEは漁船資本、NEは定置網・養殖資本が油流出事故1回あたりに影響を受けると推定される金額を示す。表値の算出にあたっては、農林省「漁業養殖業生産統計年報」「漁業就業者に関する統計」を使用し、モデル船が入港するすべての港湾についての漁船船型、隻数については、運輸省「日本国港湾統計年報」を使用した。

漁船資本については、G/Tあたり船価3.2万円（ろかい舟から遠洋漁船までの平均値）として各港別に漁船資本の1日あたりの集積額を求めた。

定置網、養殖資本については各港別統計を抽出し、1統あたり単価を漁業地域平均50万円、非漁業地域平均5万円として各港別集積額を求めた。

これら2種類の集積額より、港グループ別の平均値を求め、外国の港については、各国漁業水揚高とわが国漁業水揚高の比率で修正して求めたのが表値である。

外国諸港の漁業資料については、公表されている統計等が少なく、止むを得ず入手し得る外国統計値を、日本の統計値で修正する手法を用いた。

表4.26 危険円規模別 KF, KN

危険円	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
K F	0.30	0.16	0.13
K N	0.80	0.44	0.35

KF, KNは、それぞれFE, NEで求めた集積資本が、1回の漏油事故によつて損害を受ける割合を示す値で、当然、流出油量によつて左右される。表4.26は、漏油規模別損害割合で、KFは漁船資本、KNは定置網養殖資本がそれぞれ受ける損害割合である。

この数値は、石油ガスの拡散条件、油の海面拡散条件などを考慮すると、港内では漏油事故から60分以内に、流出点から1,000m以上離れた漁船は自力避難が可能であり、1,000m以内の漁船も一部は損害を受けずに避難できるので、平均して損害を受けるのは、在港漁船のほぼ3割であり、一方定置網などはほぼ8割が損害を受けるものとして求めたデータである。

#### 4.2.13 漁業不稼働損害算出データ

漁業不稼働損害を算出するにあたり必要な、FG, NG, DRの各データにはつぎの数値を用いた。

表4.27 危険円規模別 FG, NG

港グループ	I	II	III	IV
F G	92.5	95.6	47.9	2996.3
N G	41200.0	18666.7	15683.3	181516.7

表4.27は、港グループ別の平均1日あたり水揚実績額FGおよび港グループ別1漏油事故あたり定置網、養殖漁業水揚損害額NGを示す。

表値の算出にあたっては、農林省「漁業・養殖業生産統計年報」より、各港別の沿岸漁業水揚げ、定置網水揚、養殖業水揚の金額を抽出し、FGについては、漏油事故で水揚高に損害を及ぼすのは沿岸漁業のみで、近海・遠洋漁業については影響を及ぼさないものとして、1日あたり沿岸漁業水揚金額を求めた。

NGについては、定置網・養殖漁業の対象が広く、対象によつては、1回の漏油によつて、1年分の全水揚額に相当する損害を受けるものや、年間何回も収穫があるので、1回の漏油ではわずかしか損害を受けないものがある。そこで標準化をはかるため、1回の漏油事故により、年間水揚高の $1/3$ に相当する損害が発生するものとした。

外国の港別漁業水揚高については、漁業設備損害算出データを求める時に採用したのと同じ手法を採用し、まず外国港湾所屬国の漁獲高と、わが国漁獲高との比を計算のうえ、同一グループの日本港湾平均水揚高に乗じて外国港湾平均

水揚高を推算した。

#### 4.2.1.4 船種別海難発生率の修正データ

海難発生率の期待値算出に使用した数値の精度は、ヘミベル単位であり、このことからすれば、海難発生確率の船種別速力差による修正をほどこしても積極的意味はないともいえるが、少なくとも現実には、船速が大きくなれば、船が一定期間内に海難発生条件に遭遇する可能性はそれだけ多くなると考えられる。

4.2.1の海難発生率は、船速が諸データに含まれる平均速力である場合に、比較的確からしい値となるので、基礎確率精度の向上をはかる意味で、タンカー以外の船種のモデル船については、つぎの速力修正をした海難発生率を採用することにした。

表4.28 基礎確率修正値  $\rho$

船種	T	$\phi$	C	L
修正係数 $\rho$	1.0000	0.9696	1.5757	0.8484

表4.28の $\rho$ は単にモデル船の速力をタンカー速力に比較した比率であり、タンカー海難発生率期待値に表値を乗じて、各船種別海難発生率の期待値を求めることにした。

以上の諸データを用いて、在来型船舶を運航する場合に、当然予想しておかなければならない損害額がきわめて概略的にはあるが推定できることになる。

したがって、つぎに行なわなければならないことは、この在来船舶のかわりに超自動化船を建造していた場合には、どの程度予想損害額が少なくなるか、換言すれば超自動化船の安全性向上効果はどの程度かを推定する作業である。

## 5. 超自動化システムの効果推定

船舶を超自動化した場合、どの程度総合的な安全性向上を期待できるか、またどの程度海難発生率の期待値が在来船に比べて低くなり、どの程度年間損害額が減少するかを推定するには、いろいろの方法が考えられるが、大別するとつぎの2方法に分類できる。

- (1) システムごとに、どの海難の減少に効果があるかを査定し、各海難の原因を調査して原因別に海難発生率を減少させる効果を推定し、超自動化船の海難発生率の期待値を新しく推定のうえ、損害低減額を計算する方法。
- (2) システムごとに、損害種別にどの程度の低減効果があるかを決定し、直接損害低減額を計算する方法。

上記(1)、(2)のいずれの方法による場合も、超自動化船の運航実績に関するデータは殆んど皆無なので、現時点では推定値を用いざるを得ないことになる。しかし、このシミュレーションでは各超自動化システムの効果の推定が、直接、システムの有用性を左右することになるので、システムの製作を担当したメーカー、造船所に評価を依頼した場合には、シミュレーション結果の信頼性がそこなわれてしまうおそれがある。

そこで、できるだけ客観的な評価を得るため、海上経験10年以上の甲種海技免状所有者をできるだけ多数、無作為に抽出のうえ、各システムについて、十分な説明を前もつて行ない、効果を判断する際に誤解がないよう、各システムの機能を十分熟知してもらつたうえで、これらシステムを個別に採用した場合に、前述12種類の損害のそれぞれが、現状を1.00とした場合に、どの程度低減すると考えられるかを、アンケート方式で記入してもらったこととした。

この方法によると、評価するのは一応システムのユーザーであり、しかも船舶運航に従事する技術者であるため、比較的適確な評価がなされるものと思われる。

もとより、この調査も船舶職員の個々の経験差や、かつて経験した海難事故や航路の特質が微妙な影響を判断結果に及ぼしていることは否定できない。

したがって、できるだけ多数の海上職員の意見を求めるのが、数値の信頼性を得るための決め手となるのであるが、対象が船舶職員であり、海上勤務者が主体となるため、調査技術的にも問題があり結局44名にとどまった。

具体的には、第106研究部会が開発した全システムについて、詳細な内容をアンケートの事前に熟知するまで、報告書などを読むことは、海上勤務中は不可能と思われたので、数回にわけて、アンケート記入者を1ヶ所に集め、本ワーキンググループ・メンバーが適宜出向いて各システムの概要を説明のうえ質問を受け、その場でアンケートに記入してもらう方法をとった。

このアンケート集計結果について問題となるのは、アンケート記入者は、各サブシステムを単独に搭載した場合、安全性向上に寄与すると判断した数値を記入しており、各システムを組合せた総合的な結果、すなわち、各システムが互に有機的に結合された場合に、はじめてあらわれるような効果については推定していない点である。

しかし、一般的にいつて、各サブ・システムを単独に使用するよりはトータル・システムとして採用する方が効果的であるので、各サブ・システムの評価数値をつぎのようにして選択的に使用すれば、ある程度実用上妥当な安全性向上効果評価値が得られると考えられる。

- (1) 類似機能のサブシステムが複数システムある場合には、モデル船にはそのうちの1システムだけを採用する。
- (2) 常識的に投資効果を勘案して、船内労働量軽減、安全性向上、および運航経済性向上のいずれの面からも、特に顕著な効果の期待できないと思われるサブシステムの採用は差し控える。
- (3) すでに、実船における実験結果が解析され、予期した結果が得られなかつたシステム、および効果があることは確認されたが、技術的改良を要し、早急に採用される見通しがないと思われるシステムの採用は差し控える。

以上の原則をもとに、モデル船に採用したシステムは表5.1のとおりである。表5.1は、あくまでも安全性を中心としてみた場合の標準搭載システムである。

装備システムのレベルは、安全性よりはむしろ船内労働量軽減を中心としてみた場合の方が高いので、この両者を勘案したモデル船の標準仕様は表5.2に示すようになる。

アンケートを集計した結果、海技者が各システムの安全性向上に寄与すると考える評価値の平均値は表5.3のようになった。

この表5.3の値を用いて、モデル船が表5.2のような装備を行なった時に、モデル船の総合的な安全性がどの程度向上するかを計算したのが、表5.4.1～表5.4.3に示す値である。

特殊な型式のアンケートであつたため、アンケート記入者の特点を各損害項目につき200点とし、各システムについて説明終了と同時に、かならず配点するようにしてもらった。

表5.3の評価点欄は、各システム別の12種類の損害項目についての損害減少に寄与すると評価された数値を、単に加えただけのものであり、具体的な評価値はむしろこの数値よりも、12種類の在来船年間損害額期待値に、それに対応する表5.3の評価点を乗じた方が実態を示す評価点となる。

順位欄は評価点2000点以上をA、2000点～1000点をB、1000点以下をCとした。安全性より見た実用化促進の目安を与えるものである。ただ、アンケート記入者数が更に十分多い場合には、評価点の大小で、かなり適確な順位づけを行なうこともできると思われるがアンケート集計数が少ないので、この程度の順位づけにとどめた。

表5.4は、想定定員で運航する場合の、安全性に寄与する100分比を12種類の損害項目別、システム別に抜き出したもので、安全性向上評価値は、全搭載システムによる総合安全性向上を現状からどの程度見込み得るかを示す値である。

15名船(自動化率B)は20名船(自動化率A)の搭載システムを採用したうえ更に表5.2に示す各種のシステムを持つことになり、9名船(自動化率C)の場合には、15名船(自動化率B)の全システムを搭載したうえで更にいくつかのシステムを採用するので、安全性向上効果は定員の減少とともに向上することになる。一方、人間が乗船していれば未然に防ぎ得る損害も、対処し得る人間の絶対数が減少するにつれて、次第に防止し得ない損害となるが、この点に対する配慮が不足しているように思える。しかしまた、この種の危険の増加がどの程度のもことになるかは、超自動化船を想定定員で実際

に運航した場合の実績以外には評価の方法がないことを、表値を評価するうえで考慮していただきたい。

表 5.4.2 の鉱石専用船に関する安全性向上評価値欄が、自動化率 B および自動化率 C の場合に 2 欄にわかれているのは、日本/南米航路の場合の船位決定装置をオメガとし、日本/豪州航路の場合には NNSB としたことによる差異である。

このアンケートは、在来定員の船舶に各種のシステムを搭載した場合に予想される安全性の向上効果を調査したものである。

したがって、アンケートの結果を初期投資額算出に使用する場合は、厳密には、超自動化船の定員とは切離して取り扱うべきである。

しかし一方、超自動化船の総合的な経済性を検討するには、乗組員数は無視し得ない要素である。

そこで、本調査では、便宜上このアンケートの結果を用いて推定した安全性向上評価を、乗組員定員数とリンクさせて取り扱うことにした。

実用上は、本調査で得た金額に関する数値について、定員減少によつて安全性が低下するおそれがある点に、十分配慮しなければならない。

以下、自動化率 A は定員 20 名で運航できる設備、システム B は定員 15 名で、C は定員 9 名で運航できる設備、システムを意味する。

表5.1 モデル船搭載システム一覧表  
(安全性のみから見た場合)

モデル	搭載システム	
タンカー 20万 D/W 京葉SB/Kharg Id (ディーゼル (38,000HP×1) (タービン (36,000HP×1)	航法	NNSS 船位決定システム 衝突予防システム 座礁予防システム ドップラー・ソナー・システム 急速制動システム
	機関	(タービン・プラント・システム) (ディーゼル・プラント・システム)
	機装	荷役システム 係船システム 自動消化システム 自動通信システム
鉱石専用船 10万 D/W 福山/San Nicolas (ディーゼル (27,000HP×1)	航法	オメガ船位決定システム 衝突予防システム ドップラー・ソナー・システム 最適航法システム(局所)
	機関	ディーゼル・プラント・システム
	機装	バラスト注排水システム 係船システム 自動通信システム 自動消火システム
鉱石専用船 10万 D/W 和歌山/Port Dampier (ディーゼル (27,000HP×1)	航法	NNSS 船位決定システム 衝突予防システム 座礁予防システム ドップラー・ソナー・システム
	機関	ディーゼル・プラント・システム
	機装	バラスト注排水システム 係船システム 自動通信システム 自動消火システム
コンテナ専用船 3万 D/W 欧州/日本 (ディーゼル (40,000HP×2)	航法	NNSS 船位決定システム 衝突予防システム 最適航法システム(狭域、局所) ドップラー・ソナー・システム
	機関	ディーゼル・プラント・システム
	機装	係船システム 自動消火システム 自動通信システム 自動消火システム
材木専用船 1万5千 D/W 名古屋、清水/Longview (ディーゼル (8,400HP×1)	航法	オメガ船位決定システム 衝突予防システム 最適航法システム(狭域、局所)
	機関	ディーゼル・プラント・システム
	機装	自動通信システム 係船システム 自動消火システム

(注) 本表の作成にあたっては、つぎの考え方によつた。

- 1: 労働量軽減のために船種、船型にかかわらず必要なシステムとして係船システムを採用した。
- 2: 少数精鋭主義で船舶の安全運航をはかるため、自動消火システムを船種、船型にかかわらず採用した。
- 3: 海運システムの情報伝送手段として、通信の重要性はますます増大するので、船種、船型にかかわらず、自動通信システムを採用した。
- 4: DRPC などのあるシステムを運転するのに必要な基本システムは上位システムを搭載したときには必ず採用しているものとした。
- 5: 労働量軽減上必要な、SR106 部会開発項目以外のシステムについては船内労働量軽減効果の項参照
- 6: 評価の内容が異なるのでシステムの分類は部会の分類の枠によらず、更に細分している。たとえば自動航法は、NNSS、オメガ、DRPC、ドップラー・ソナー、急速制動の各システムに分類している。

摘	要
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ マラッカ、シンガポール海峡など吃水制限海域あり、座礁予防システムが有効</li> <li>○ ガランビより黒潮利用のためには NNS 船位が必要</li> <li>○ 操縦性能および狭水道航海時間の長い点より、急速制動システムが必要</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 積荷の性質よりみて火災検知自動消火システムが必要</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 航路の大半が大洋であり船位精度の点よりオメガ船位で十分</li> <li>○ 10万D/W以上の大型船では船種を問わずドップラー・ソナー・システムが必要</li> <li>○ 航海海域より局所最適航法システムが必要</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 蒙州方面航路では浅所多く、航路標識など未整備のため座礁予防システムが有効</li> <li>○ 南洋礁海の安全航海のためには船位精度の点より、NNS システムが必要</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 船型、船速、航路、デツキ積貨物より、最適航法システムが非常に有効</li> <li>○ 欧州諸港ロック式港湾多く、ドップラー・ソナーの必要性大</li> <li>○ 高速船のため、NNS 船位の方が有利</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 低速船であり、かつデマレーシ小額なのでオメガ船位精度で十分</li> <li>○ 高緯度航行船であり、デツキ積が常態なので最適航法システムが有効</li> </ul>	

表5.2 定員別モデル船搭載システム一覧表  
(労働量削減および安全性向上の両面からみた場合)

モデル	自動化率	搭 載 シ ス テ ム	
		航 法 シ ス テ ム	機 関 シ ス テ ム
タン カ i (20万 D/W)	A	ドブラー・ソナー・システム	シークエンス制御システム(タービン、ディーゼル) 異常検知システム(タービン、ディーゼル) パンカリング集中管理制御システム 主補機 DDC システム
	B	NNSS 船位決定システム、急速制動システム 衝突予防システム、座礁予防システム	自動保全システム(タービン、ディーゼル) 最適制御システム(タービン、ディーゼル) 自動給油・給水システム
	C	航海オフライン計算システム 操船データ集中処理システム デジタル衛星データ伝送システム	自動保守、整備システム(タービン、ディーゼル)
鉾 石 専 用 船 (10万 D/W)	A		シークエンス制御システム(ディーゼル) 異常検知システム(ディーゼル) 主補機 DDC システム
	B	オメガ船位決定システム(日本/南米) NNSS 船位決定システム(日本/豪州) ドブラー・ソナー・システム、衝突予防システム 座礁予防システム(日本/豪州)	自動保全システム(ディーゼル) 最適制御システム(ディーゼル) 自動給油・給水システム
	C	航海オフライン計算システム 操船データ集中処理システム デジタル衛星データ伝送システム	自動保守、整備システム(ディーゼル)
コ ン テ ナ 船 (3万 D/W)	A	NNSS 船位決定システム	シークエンス制御システム(ディーゼル) 異常検知システム(ディーゼル) パンカリング集中管理制御システム 主補機 DDC システム
	B	ドブラー・ソナー・システム、衝突予防システム 最適航法システム	自動保全システム(ディーゼル) 最適制御システム(ディーゼル) レフコン集中管理システム 自動給油・給水システム
	C	航海オフライン計算システム 操船データ集中処理システム デジタル衛星データ伝送システム	自動保守、整備システム(ディーゼル)

機 装 シ ス テ ム	関 連 事 項
自動通信システム（定時情報） 火災検知・自動消火システム 自動荷役システム、係船索搬出システム 係船機舷側リモート・コントロール・システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 機器・システムの予防整備、保守システムの確立</li> <li>◦ 安全性向上と省力のためイナートガス・システム採用</li> <li>◦ 船内事務合理化                      ◦ 医療健康管理システム</li> <li>◦ ガスフリー、スラッジ処理システムの確立</li> </ul>
自動バラスト注排水システム 係船機舷側集中制御システム マンツーマン通信指令システム、着棧用 I T V システム 船位検出制御システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 既調理冷凍食品の採用</li> <li>◦ 運航と整備の完全分離</li> <li>◦ 居住性の向上</li> </ul>
自動即時通話電話システム 係船機船橋集中制御システム 自動着棧システム 係船機捲取自動制御システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 運航、整備、航海、停泊の完全分離</li> <li>◦ 航行援助施設の充実</li> <li>◦ 精神衛生上の配慮、洋上救助システムの確立</li> </ul>
自動通信システム（定時情報） 火災検知・自動消火システム 係船索搬出システム 係船索舷側制御システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 機器・システムの予防整備、保守システムの確立</li> <li>◦ 船内事務合理化</li> <li>◦ 医療健康管理システム</li> </ul>
自動バラスト注排水システム 係船機舷側集中制御システム マンツーマン通信指令システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 既調理冷凍食品の採用</li> <li>◦ 運航、整備の完全分離</li> <li>◦ 居住性の向上</li> </ul>
自動即時通話電話システム 係船機船橋集中制御システム 自動着棧システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 運航、整備、航海、停泊の完全分離</li> <li>◦ 航行援助施設の充実</li> <li>◦ 精神衛生上の配慮、洋上救助システムの確立</li> </ul>
自動通信システム（定時情報） 火災検知・自動消火システム 係船機舷側制御システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 機器・システムの予防整備、保守システムの確立</li> <li>◦ 船内事務合理化</li> <li>◦ 医療健康管理システム</li> </ul>
係船機舷側集中制御システム マンツーマン通信指令システム 着棧用 I T V システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 既調理冷凍食品の採用</li> <li>◦ 運航、整備の完全分離</li> <li>◦ 居住性の向上</li> </ul>
自動即時通話電話システム 係船機船橋集中制御システム 自動着棧システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 運航、整備、航海、停泊の完全分離</li> <li>◦ 航行援助施設の充実</li> <li>◦ 精神衛生上の配慮、洋上救助システムの確立</li> </ul>

表 5.3 超自動化システムの安全性向上に関する効果

損 害 種 別		船体損害	積荷損害	直接不稼働損害	間接不稼働損害	岸壁不稼働損害	岸壁設備損害	救助料
サブシステム、機能								
船位決定	N N S S	295	169	210	107	10	0	228
		3.353	1.921	2.387	1.216	0.114	0	2.591
	オ メ ガ	113	37	71	42	-40	-30	92
		1.284	0.421	0.807	0.478	-0.455	-0.341	1.046
船位推定	D R P C	-15	25	28	28	10	20	23
		-0.171	0.284	0.318	0.318	0.114	0.228	0.262
	ド プ ラ ー ソ ナ ー	532.5	252	379.5	275	443.5	544	198
		6.051	2.864	4.313	3.125	5.040	6.182	2.250
航 法	衝突予防システム	472	259	367	174	70	80	203
		5.364	2.943	4.171	1.978	0.796	0.909	2.307
	座礁予防システム	509	364	444	244	75	75	203
		5.784	4.137	5.046	2.773	0.853	0.853	2.307
	急速制動システム	289	363	384	147	157	141	205
		3.284	4.125	4.364	1.671	1.784	1.603	2.330
ディーゼルタービン	異常検知保守システム	232	114	331	197	41	51	66
		2.637	1.637	3.762	2.239	0.466	0.580	0.750
	警報、記録、表示	250	180	250	103	54	81	77
		2.841	2.046	2.841	1.171	0.614	0.921	0.875
自 動 制 御	280	182	416	231	160	160	175	
	3.182	2.068	4.728	2.625	1.818	1.818	1.989	
係 船	索 自 動 搬 出	310	212	209	179	280	291	31
		3.523	2.409	2.375	2.034	3.182	3.307	0.353
	係船機遠隔自動制御	257	202	179	155	222	245	3
		2.921	2.296	2.034	1.762	2.523	2.784	0.034
自 動 着 桟	455	165	351	196	375	411	11	
	5.171	1.875	3.989	2.228	4.262	4.671	0.125	
最適航法	局 所 最 適 航 法	284	185.5	182.5	70	0	0	173
		3.228	2.108	2.074	0.796	0	0	1.966
	狭 域 最 適 航 法	216	141	215	108	50	0	237
		2.455	1.603	2.443	0.568	0.568	0	2.693
荷 役	自 動 揚 積 荷 役	110	402	213	105	190	180	70
		1.250	4.563	2.421	1.193	2.159	2.046	0.796
	自動バラスト注排水	239	261	91	90	115	100	80
		2.716	2.966	1.034	1.023	1.307	1.137	0.909
船体ストレス制御	281	125	97	90	50	50	45	
	3.193	1.421	1.103	1.023	0.568	0.568	0.512	
通 信 火	自 動 通 信	105	42	152	50	0	0	152
		1.693	0.478	1.728	0.568	0	0	1.728
	火災検知装置 自動チェック	102	120	34	22	10.5	12	55
		1.159	1.364	0.387	0.250	0.120	0.137	0.625
自 動 検 知 ・ 消 火	280	255	114	48	22	26.5	100	
	3.182	2.898	1.296	0.546	0.250	0.301	1.137	

上欄 総評価点、 下欄 平均効果(%)

沿岸施設 損害	人命損害	損害拡大 防止費用	漁業設備 損害	漁業不稼 働損害	評価点	順位	備考
131 1.489	196 2.228	125 1.421	68 0.778	57.5 0.654	1.596.5	B	
35 0.396	93 1.057	31 0.353	24 0.273	29.5 3.353	497.5	C	
20 0.228	41 0.466	23 0.262	3 0.034	1 0.012	207	C	NNSB オメガのために必要
181 2.057	145 1.648	160 1.818	221.5 2.517	192.5 2.188	3,524.5	A	
124 1.409	290 3.296	211 2.398	154 1.750	144 1.637	2,548	A	
197 2.239	190 2.159	157 1.784	133 1.512	90 1.023	2,681	A	
131 1.489	336 3.818	128 1.455	124 1.409	106 1.210	2,511	A	
39 0.443	171 1.943	59 0.671	-30 -0.341	-30 -0.341	1,241	B	
80 0.909	98 1.114	71 0.807	80 0.909	80 0.909	1,404	B	
150 1.705	168 1.909	208 2.364	140 1.591	140 1.591	2,410	A	シーケンス制御、DDCを含む
146 1.660	139 1.580	92 1.046	100 1.137	47 0.534	2,036	A	
131 1.489	290 3.296	149 1.693	39 0.443	42 0.478	1,914	B	
176 2.000	97 1.103	118 1.341	32 0.364	47 0.534	2,434	A	
5 0.072	133 1.512	81 0.920	106 1.205	105 1.193	1,325	B	
0 0	177 2.012	51 0.580	1 0.012	0 0	1,196	B	
239 2.716	62 0.705	396 4.500	343 3.898	354 4.023	2,664	A	
95 1.080	80 0.909	219 2.489	213 2.421	203 2.307	1,786	B	
50 0.568	40 0.455	140 1.591	12 0.137	19 0.216	999	C	
0 0	284 3.228	85 0.966	52 0.591	52 0.591	974	C	
61 0.693	192 2.182	180 2.046	13 0.148	13 0.148	814.5	C	
121 1.375	233 2.646	200 2.273	21 0.239	21 0.239	1,441.5	B	

表 5.4.1 タンカー モデル 安全性向上値

自動化率	システム、機能	船体損害	積荷損傷	直接不稼働損害	間接不稼働損害	岸壁不稼働損害	救助料	沿岸施設損害	人命損害	損害拡大防止費用	漁業設備損害	漁業不稼働損害	
A	ドブラーソナー	6.051	2.864	4.313	3.125	5.040	6.182	2.250	2.057	1.818	2.517	2.188	
	機関異常検知保守	2.637	1.637	3.762	2.239	0.466	0.580	0.750	0.443	0.671	-0.341	-0.341	
	警報、記録、表示	2.841	2.046	2.841	1.171	0.614	0.921	0.875	0.909	0.807	0.909	0.909	
	機関自動制御	3.182	2.068	4.728	2.625	1.818	1.818	1.989	1.705	2.364	1.591	1.591	
	自動通信	1.693	0.478	1.728	0.568	0	0	1.728	0	0.966	0.591	0.591	
	火災検知装置自動チェンク	1.159	1.364	0.387	0.250	0.120	0.137	0.625	0.693	2.046	0.148	0.148	
	火災自動検知・消火	3.182	2.898	1.296	0.546	0.250	0.301	1.137	1.375	2.273	0.239	0.239	
	自動揚積荷役	1.250	4.568	2.421	1.193	2.159	2.046	0.796	2.716	4.500	3.898	4.023	
	索自動搬出	3.523	2.409	2.375	2.034	3.182	3.307	0.353	1.660	1.046	1.137	0.534	
	安全性向上評価値	2.5.18	20.332	23.851	13.751	13.649	15.292	10.503	11.558	16.957	16.491	10.689	9.882
B	NNSS	3.353	1.921	2.387	1.216	0.114	0	2.591	1.489	1.421	0.778	0.654	
	衝突予防	5.364	2.943	4.171	1.978	0.796	0.909	2.307	1.409	2.398	1.750	1.637	
	座礁予防	5.784	4.137	5.046	2.773	0.853	0.853	2.307	2.239	1.784	1.512	1.023	
	急速制御	3.284	4.125	4.364	1.671	1.784	1.603	2.330	1.489	1.455	1.409	1.210	
	自動バラスト注排水	2.716	2.966	1.034	1.023	1.307	1.137	0.909	1.080	2.489	2.421	2.307	
	係船機遠隔自動制御	2.921	2.296	2.034	1.762	2.523	2.784	0.034	1.489	1.693	0.443	0.478	
	船体ストレス制御	3.193	1.421	1.103	1.023	0.568	0.568	0.512	0.568	1.591	0.137	0.216	
	DRPC	-0.171	0.284	0.318	0.318	0.114	0.228	0.262	0.228	0.262	0.034	0.012	
	安全性向上評価値	5.1.962	40.425	44.308	25.515	21.708	23.374	21.755	21.549	33.564	29.584	19.173	17.419
	自動着機	5.171	1.875	3.989	2.228	4.262	4.671	0.125	2.000	1.103	1.341	0.364	0.534
安全性向上評価値	57.133	42.300	48.297	27.743	25.970	28.045	21.880	23.549	34.667	30.925	19.537	17.953	

表 5.4.2 鉱石専用船における安全性能向上値

自動化 率	システム、機能	船体損害	積荷損害	直接不稼働損害	間接不稼働損害	岸壁不稼働損害	岸壁設備損害	救助料	沿岸施設損害	人命損害	損害防止費用	漁業設備損害	漁業不稼働損害	
A	機関異常検知保守	2.637	1.657	3.762	2.239	0.466	0.580	0.750	0.443	1.943	0.671	-0.541	-0.341	
	警報、記録、表示	2.841	2.046	2.841	1.171	0.614	0.921	0.875	0.909	1.114	0.807	0.909	0.909	
	機関自動制御	3.182	2.068	4.728	2.625	1.818	1.818	1.989	1.705	1.909	2.364	1.591	1.591	
	自動通信	1.693	0.478	1.728	0.568	0	0	0	1.728	3.228	0.966	0.591	0.591	
	火災検知装置自動チェック	1.159	1.364	0.387	0.250	0.120	0.137	0.625	0.693	2.182	2.046	0.148	0.148	
	火災自動検知・消火	3.182	2.898	1.296	0.546	0.250	0.301	1.137	1.375	2.648	2.273	0.239	0.239	
	索自動搬出	3.523	2.409	2.375	2.034	3.182	3.307	0.353	1.660	1.580	1.046	1.137	1.137	0.534
	安全性向上評価値	18.217	12.900	17.117	9.343	6.450	7.063	7.457	6.785	14.604	10.173	4.274	4.274	3.671
	オメガ (日本/南米)	1.284	0.421	0.807	0.478	-0.455	-0.341	1.046	0.396	1.057	0.353	0.273	0.273	3.553
	NNSS (日本/畿州)	3.553	1.921	2.387	1.216	0.114	0	2.591	1.489	2.228	1.421	1.421	0.778	0.654
B	ドブラーソーナー	6.051	2.864	4.313	3.125	5.040	6.182	2.250	2.057	1.648	1.818	2.517	2.188	
	衝突予防	5.364	2.943	4.171	1.978	0.796	0.909	2.307	1.409	3.296	2.398	1.750	1.637	
	崖礁予防	5.784	4.137	5.046	2.773	0.853	0.853	2.307	2.239	2.159	1.784	1.512	1.023	
	バラスト注排水	2.716	2.996	1.034	1.023	1.307	1.137	0.909	1.080	0.909	2.489	2.421	2.307	
	係船機遠隔自動制御	2.921	2.296	2.034	1.762	2.523	2.784	0.034	1.489	3.296	1.693	0.443	0.478	
	安全性向上評価値	42.337	28.557	34.522	20.482	16.514	18.587	16.310	15.455	26.969	20.708	13.190	13.190	14.657
	安全性向上評価値	44.406	30.057	36.102	21.220	17.083	18.928	17.763	16.548	28.140	21.776	13.695	13.695	11.958
	自動着棧	5.171	1.875	3.989	2.228	4.262	4.671	0.125	2.000	1.103	1.341	0.564	0.564	0.534
	安全性向上評価値	47.508	30.432	38.541	22.710	20.776	23.258	16.435	17.455	28.072	22.049	13.554	13.554	15.191
	安全性向上評価値	49.577	31.932	40.091	23.448	21.345	23.599	17.908	18.548	29.243	23.117	14.059	14.059	12.492

(日本/南米)  
(日本/畿州)

(日本/南米)  
(日本/畿州)

表5.4.3 コンテナ船モデル安全性向上値

自動化率	システム、機能	船体損害	積荷損害	直接不稼働損害	間接不稼働損害	岸壁不稼働損害	岸壁設備損害	救助料	沿岸施設損	人命損害	損害拡大防止費用	漁業設備損	漁業不稼働損害	
A	N N S S	3.353	1.921	2.387	1.216	0.114	0	2.591	1.489	2.228	1.421	0.778	0.654	
	機関異常検知保守	2.637	1.637	3.762	2.239	0.466	0.580	0.750	0.443	1.943	0.671	-0.341	-0.341	
	警報、記録、表示	2.841	2.046	2.841	1.171	0.614	0.921	0.875	0.909	1.114	0.807	0.909	0.909	
	機関自動制御	3.182	2.068	4.728	2.625	1.818	1.818	1.989	1.705	1.909	2.364	1.591	1.591	
	自動通信	1.693	0.478	1.728	0.568	0	0.8	1.728	0	3.228	0.966	0.591	0.591	
	火災検知装置自動チェック	1.159	1.364	0.387	0.250	0.120	0.137	0.625	0.693	2.182	2.046	0.148	0.148	
	火災自動検知・消火	3.182	2.899	1.296	0.546	0.250	0.301	1.137	1.375	2.648	2.273	0.239	0.239	
	安全性向上評価値	18.047	12.412	17.129	8.615	3.382	3.757	9.695	6.614	15.252	10.548	3.915	3.791	
	B	ドブラーソナー	6.051	2.864	4.313	3.125	5.040	6.182	2.250	2.057	1.648	1.818	2.517	2.188
		衝突予防	5.364	2.943	4.171	1.978	0.796	0.909	2.307	1.409	3.296	2.398	1.750	1.637
局所最適航法		3.228	2.108	2.074	0.796	0	0	1.966	0.072	1.512	0.920	1.205	1.193	
狭域最適航法		2.455	1.603	2.443	0.568	0.568	0	2.693	0	2.012	0.580	0.012	0	
係船機速隔自動制御		2.921	2.296	2.034	1.762	2.523	2.784	0.034	0.034	3.296	1.693	0.443	0.478	
安全性評価値		38.066	24.226	32.164	16.844	12.309	13.632	18.945	11.641	27.016	17.957	9.842	9.287	
C	自動着機	5.171	1.875	3.989	2.228	4.262	4.671	0.125	2.000	1.103	1.341	0.364	0.534	
	安全性評価値	43.237	26.101	36.153	19.072	16.571	18.303	19.070	13.641	28.119	19.298	10.206	9.821	

## 6. 超自動化船の安全性向上効果

「大型船の海難発生率の期待値の算出について」および「損害額期待値算出について」で述べた計算手法およびデータによつて算出した、超自動化船の安全性向上効果について、若干の検討を加えつつ説明する。

### 6.1 在来船の推定年間損害額

いま仮に、20万D/Wのタンカー、10万D/Wの鉱石専用船、3万D/Wのコンテナ船を、在来船ベースで建造し、タンカーを京葉シーバース/Kharg Island、鉱石専用船を福山/San Nicolas、および和歌山/Port Dampier、コンテナ船を日本/欧州の航路に就航させた場合に、1年間にそれぞれの船舶がおこすものと考えておかなければならない総損害額は、つぎのようになる。

(船種)	年間損害額
タンカー	約2億5540万円
鉱石専用船(南米)	約 5240万円
鉱石専用船(豪州)	約 5010万円
コンテナ船	約1億2680万円

(損害費目別の詳細については表6.1、各欄上段(1年枠)の数値参照)

この計算結果より、つぎのことがいえる。

- (1) 積荷の性質よりみても、当然のことながら、タンカーの運航危険負担が最も大きく、以下コンテナ船、鉱石専用船の順となる。
- (2) 同一船種の場合、就航航路の差異による運航危険負担の差異は、通常考えられる程大きなものでないことが、鉱石専用船の試算例より推定できる。
- (3) 船種別の運航危険負担は、コンテナ船はタンカーの約50%、鉱石専用船はタンカーの20%である。したがつて、安全性向上のための投資を行なう場合には、タンカーを最優先すべきである。

この計算値には、船体保険、不稼働保険、積荷保険さらにPI保険、TOVALOPなどで填補される損害も含まれるが、一方、現在の各種保険では全く填補されない損害も含まれる。

填補される損害額の大きさは、長期的かつ統計的にみた場合は、年間の各種保険料の総額以下と見なすことが妥当である。今回の試算で各船種とも、年間の損害額期待値が年間保険料を上回る値となつている点は、特に注意しなければならない。

また、この計算値の基礎となる諸データは、できるだけ汎用性を持たせるため、全世界在籍船の統計値を使用した。

したがつて、パナマ、リベリア、ギリシャ等の、乗組員の技術水準が低い船舶の統計的事故隻数が、全体に占める割合は大きい。このため年間損害額期待値が高額となる方向に作用しているものと思われる。したがつて、日本船のみについて同様の検討試算を行なつた場合には、おそらく、年間損害額の期待値も、この計算額よりは低くなることと予想される。

現在、超自動化の対象船種には、主として大型タンカーが選ばれる傾向がある。おそらく定員削減にはタンカーの自動化が有効であるとか、あるいはコンピュータ制御の対象として、バルブ・コントロールが手ごろなものであるとかの理由からかとも思われる。安全性の面からも、最も投資効率の高い船種を選んでいるといふことができる。

### 6.2 超自動化船の推定年間安全性向上額

モデル船型と同型の在来船を運航する場合の、年間損害額の期待値が計算できたので、つぎに、モデル船を超自動化した場合に、この年間損害額の期待値がどの程度低減するかを検討した。

この検討を行なうにあつては、「超自動化システムの効果推定」で行なつたアンケートの集計データを使用した。具

体的には、各サブ・システム別に得た評価値を船種別、定員別標準搭載システムごとに積算し、損害別に得た安全性向上評価値に、さきに求めた損害別在来船損害額期待値総額を乗じて算出した。

安全性向上評価値は、各システムを個々に採用した場合に予想される損害額の軽減がどの程度期待できるかを、在来船損害額を100として、100分率で示す値なので、上の計算値は、超自動化船と在来船との損害額期待値の差額となる。

船種別、自動化率別の計算値はつぎのとおりになる。

### 6.2.1 タンカー

20万D/Wのタンカーが、Kharg Island/京葉シーバース航路に、マラッカ海峡経由で就航する場合、在来装備の船と、標準システムを搭載した船では、年間損害額期待値の差はつぎのようになる。

自動化率Aの標準システムを装備した場合と、在来装備の場合の年間損害額期待値の差額、すなわち自動化率Aの超自動化タンカーの安全性向上効果  $S_1$  は、

$$S_1 = \text{約 } 5154 \text{ 万円}$$

となる。

自動化率Bの標準システムを装備した船と、在来装備の船の場合の年間損害額期待値の差額、すなわち自動化率Bの超自動化タンカーの安全性向上効果  $S_2$  は、

$$S_2 = \text{約 } 1 \text{ 億 } 162 \text{ 万円}$$

となる。

自動化率Cの標準システムを装備した場合と、在来装備の場合の年間損害額期待値の差額、すなわち自動化率Cの超自動化タンカーの安全性向上効果  $S_3$  は、

$$S_3 = \text{約 } 1 \text{ 億 } 1098 \text{ 万円}$$

となる。

### 6.2.2 鉱石専用船(日本/南米)

10万D/Wの鉱石専用船が、南米の San Nicolas/福山航路に就航する場合、在来装備の船と標準システムを搭載した船では、年間損害額期待値の差はつぎのようになる。

自動化率Aの標準システムを装備した場合と、在来装備の場合の年間損害額期待値の差額、すなわち自動化率Aの超自動化鉱石専用船の安全性向上効果  $S_1$  は、

$$S_1 = \text{約 } 875 \text{ 万円}$$

となる。

自動化率Bの標準システムを装備した場合と、在来装備の場合の年間損害額の期待値の差額、すなわち自動化率Bの超自動化鉱石専用船の安全性向上効果  $S_2$  は、

$$S_2 = \text{約 } 1954 \text{ 万円}$$

となる。

自動化率Cの標準システムを装備した場合と、在来装備の場合の年間損害額期待値の差額、すなわち自動化率Cの超自動化鉱石専用船の安全性向上効果  $S_3$  は、

$$S_3 = \text{約 } 2168 \text{ 万円}$$

となる。

### 6.2.3 鉱石専用船(日本/豪州)

10万D/Wの鉱石専用船が、豪州の Port Dampier/和歌山航路に就航する場合、在来装備の船と標準システムを搭載した船では、年間損害額の期待値の差はつぎのようになる。

自動化率Aの標準システムを装備した場合と、在来装備の場合の年間損害額の期待値の差額、すなわち自動化率Aの超自動化船の安全性向上効果  $S_1$  は、

$$S_1 = \text{約 } 868 \text{ 万円}$$

となる。

自動化率Bの標準システムを装備した場合と、在来装備の場合の年間損害額の期待値の差額、すなわち自動化率Bの超自動化船の安全性向上効果  $S_2$  は、

$$S_2 = \text{約 } 2027 \text{ 万円}$$

となる。

自動化率Cの標準システムを装備した場合と、在来装備の場合の年間損害額の期待値の差額、すなわち自動化率Cの超自動化鉍石専用船の安全性向上効果  $S_3$  は、

$$S_3 = \text{約 } 2168 \text{ 万円}$$

となる。

#### 6.2.4 コンテナ船

3万D/Wのコンテナ船が、英国の Southampton、オランダの Rotterdam、西独の Hamburg /神戸、東京航路にパナマ運河経由で就航する場合、在来装備の船と標準システムを搭載した船では、年間損害額期待値の差は、つぎのようになる。

自動化率Aの標準システムを装備した場合と、在来装備の場合の年間損害額の期待値の差額、すなわち自動化率Aの超自動化コンテナ船の安全性向上効果  $S_1$  は、

$$S_1 = \text{約 } 2074 \text{ 万円}$$

となる。

自動化率Bの標準システムを装備した場合と、在来装備の場合の年間損害額の期待値の差額、すなわち自動化率Bの超自動化コンテナ船の安全性向上効果  $S_2$  は、

$$S_2 = \text{約 } 4243 \text{ 万円}$$

となる。

自動化率Cの標準システムを装備した場合と、在来装備の場合の年間損害額の期待値の差額、すなわち自動化率Cの超自動化コンテナ船の安全性向上効果  $S_3$  は、

$$S_3 = \text{約 } 4761 \text{ 万円}$$

となる。

以上各ケースの年間損害額の期待値の差額、損害費目別詳細については、表6.1各欄下段、A、B、C枠の数値のとおりである。

### 6.3 安全性向上効果に対する超自動化投資可能金額

船舶を超自動化するための初期投資可能額を算出するにあたり、従来、とすれば、超自動化した際に実現できる乗組員定員の削減からくる船員費の低減額を、初期投資限度額と見なす場合が多い。しかし、この方法を採用入れた場合、在来船から超自動化船へ移行する過渡的な時点で、採算上、超自動化船実現は不可能であるとの結論がでる可能性がある。

そこで、自動化投資の範囲は、定員削減による船員費低減分のみとする従来の考え方を、根本的に別の角度から見直し、超自動化を行なった場合に概念的に予想される安全性の向上を、定量的に金額として把握し、このうち容認できるメリットは、超自動化投資額に含めることができるのではないかとというのが、安全性向上効果の検討を行なった主たる理由である。

損害額算出の金額データには、直接人件費と見なされる金額と、材料費や物件費、あるいは消費財などの金額との両者を含んでおり、また、修繕費や建造費のようにその両者によつて構成されると見なされる金額も含んでいる。

現時点までの各種統計によつて、人件費の伸びと資本費の伸びを比較すると、前者が後者を上回る傾向がある。

表6.1 在来船損害額年間期待額（上段）  
超自動化システムによる損害軽減期待額（下段）

	自動化率	船体損害	積荷損害	直接不稼働損害	間接不稼働損害	岸壁不稼働損害	岸壁設備損害
タンカ	1年	121,058,000	21,869,000	12,843,430	40,104,920	3,712,330	7,300,800
	A	30,869,790	4,459,67	3,063,158	5,514,426	506,733	1,116,292
	B	62,950,160	8,835,076	5,690,923	10,234,775	805,946	1,706,196
	C	69,124,118	9,250,587	6,203,376	11,125,104	964,092	2,047,874
鉱石専用船 (南米)	1年	33,856,000	3,664,000	5,707,250	22,410	16,980	273,100
	A	6,161,792	462,656	977,081	2,093	1,095	19,289
	B	14,334,630	1,046,438	1,970,142	4,950	2,804	50,761
	C	16,084,985	1,111,730	2,199,574	5,089	3,527	63,517
鉱石専用船 (蒙州)	1年	33,856,000	3,664,000	5,442,930	38,380	38,380	160,900
	A	6,161,792	462,656	931,829	3,854	2,475	11,364
	B	15,035,449	1,101,398	1,878,899	8,144	6,556	30,458
	C	16,785,804	1,169,915	2,182,070	9,000	8,192	37,972
コンテナ船	1年	78,304,000	27,834,000	12,838,240	170,060	107,720	429,300
	A	14,133,872	3,454,199	2,199,190	14,650	4,114	16,128
	B	29,810,332	6,744,178	4,128,777	26,664	13,259	58,522
	C	53,858,649	7,264,674	4,641,023	32,430	17,850	78,574

救 助 科	沿岸施設損害	人 命 損 害	損 害 拡 大 防 止 費 用	漁業設備損害	漁業不稼働損害	計
2,635,200	25,305,000	10,949,900	158,770	25,700	9,455,330	255,418,800
276,775	2,925,258	1,857,103	26,182	2,747	934,425	51,538,856
573,419	5,453,227	3,674,786	46,970	4,927	1,647,205	101,623,610
758,937	5,959,327	3,796,330	49,107	5,021	1,697,321	110,981,194
1,975,710	360,750	6,497,300	2,320	1,100	12,790	52,389,710
147,328	24,476	948,605	236	52	469	8,745,122
322,238	55,717	1,752,321	482	145	1,874	19,542,502
325,004	62,968	1,823,792	511	149	1,942	21,682,788
1,711,010	419,250	6,497,300	3,440	6,200	14,820	50,141,600
127,590	28,446	948,605	349	264	544	8,679,768
304,217	69,377	1,828,340	749	884	1,772	20,266,203
306,441	77,770	1,900,005	795	1,433	1,851	22,481,248
1,666,580	829,260	4,547,700	2,480	16,700	35,740	126,781,780
161,658	54,847	695,798	261	532	1,354	20,736,603
315,816	96,534	1,228,788	445	1,476	3,319	42,429,939
317,816	113,111	1,278,813	478	1,705	3,510	47,608,633

(注、金額は年間期待値)

一般的には、これは生産性の伸びが、人件費の伸びを吸収しているからと解釈されている。

一方、超自動化船に対する安全性向上投資額を計算する場合には、資金調達方法によって予想金利が異なり、また、損害額についても、予想コスト・アップ率のとり方によって、償還年数内の累積額は大きく異なってくる。

金利、人件費・材料費の上昇率を取り上げた場合、金利を最優遇金利として、年率8.5%程度と考えると、人件費上昇率は10~12%、材料費上昇率は6~7%であり、

人件費上昇率 > 金利 > 材料費上昇率

となる。

各損害費目について見れば、人件費要素の大きい費目と、資材費要素の大きい費目とがあり、各費目ごとに上昇率を求めることは、非常に困難でありかつ繁雑となる。

そこで、ここでは、

損害額年間平均上昇率 = 年間金利

と見做して、10年償還ベースの初期投資額は、単に現在の年間安全性向上効果額を10倍して求めることにした。すなわち、金利とコスト・アップは相殺するものとしている。このようにして求めた初期投資可能額は、表6.2のようになる。ただし既存の各種保険についての考え方は、44年度報告書の考え方を踏襲するものとする。

表6.2 安全性向上に対する初期投資限度額  
(標準超自動化システム搭載の場合)

船種	航路	自動化率	安全性投資可能額
タンカー (20万D/W)	ペルシヤ湾 (マラッカ)	A	約 5億1540万円
		B	約 10億1620万円
		C	約 11億 981万円
鉱石専用船 (10万D/W)	南 米	A	約 8750万円
		B	約 1億9540万円
		C	約 2億1680万円
鉱石専用船 (10万D/W)	豪 州	A	約 8680万円
		B	約 2億 270万円
		C	約 2億2480万円
コンテナ船 (3万D/W)	欧 州	A	約 2億 740万円
		B	約 4億2430万円
		C	約 4億7610万円

表6.2からも明らかのように、初期投資限度額はタンカー、コンテナ船、鉱石専用船の順になる。コンテナ船はタンカーの半額、鉱石専用船はタンカーの約2割となり、同じ投資を行なう場合の投資効率はタンカーが最高となる。

この試算を行なうためのベース・データの検討に際して、計算結果が船主に対して安全サイドとなるよう配慮したが、すべての金額は大型船の海難発生率の期待値より算出しており、この期待値は、過去の比較的標準船型が小さい時代の実績値を引き直して使用しているため、計算値の精度としてはヘミベル以下であると考えられる。

表値を標準として、3倍から0.3倍の金額のうち、どの程度を安全性向上によるメリットを見込むかは、超自動化船を建造する船主のポリシーに関連する問題と思われるが、少なくとも、表値の0.3倍程度の金額を定員削減にともなう船員費低減額に上積みしても、採算的には十分安全であるといえる。

## 7. 運航経済性の総合評価

### 7.1 在来船運航実績データ

在来船の運航実績を、船種、航路別に、それぞれ3～5隻の1年間につき解析し、44年度に設定した船種、船型、航路別の対象船を、解析結果に基づく在来船ベースで運航した場合を、モデルとして設定した。

本運航モデルの場合、船速は初年度の値を使用し、経年変化による船速の減少分は、マージンとして見込み、停泊時間には、実績の平均値を使用し、解析から得られた標準偏差分を停泊マージンとした。また、航路の距離については、(平均値) + (標準偏差) 分を採用し、検討結果がやや船主にとって安全値を見込んだものとなるようなモデルとした。

#### 7.1.1 船速

航海日誌から抽出した船速の解析データを表7.1に示す。数値は計画速力を100とした場合の実績平均運航船速である。

表7.1 船速実績データ

船種	航路	計画速力	経年変化	10年平均	初年度速力	大洋速力	沿岸速力
T	ペルシヤ湾	100.0%	-1.2%	94.0%	97.63%	98.63%	98.46%
$\phi_1$	南米	100.0	-1.3%	93.5	97.75	98.80	91.48
$\phi_2$	蒙州	100.0	-1.0%	95.0	101.30	102.40	98.70
C	欧州	100.0	-0.8%	88.7	92.38	98.00	93.08

#### 7.1.2 航走距離

航海日誌から抽出した航走距離の解析データを表7.2に示す。表値は、タンカーは千葉(京葉シーバース)/Kharg Island、鉱石専用船は福山/Port Dampier、川崎/Huasco、コンテナ船は日本/欧州(Panama 経由)の貨物船の実績値を、それぞれモデル航路に対するものになるよう修正したデータである。

表7.2 航走距離実績データ

船種	航路	平均距離	標準偏差	中央誤差	95%誤差	モデル距離
T	ペルシヤ湾	13,400 哩	±11.1 哩	7.48 哩	21.8 哩	13,420 哩
$\phi_1$	南米	18,203	±13.8	9.35	27.2	18,230
$\phi_2$	蒙州	7,185	±8.0	5.40	14.4	7,200
C	欧州	26,854	±24.7	16.70	48.8	26,903

#### 7.1.3 停泊時間

航海日誌から抽出した航走距離の解析データをもとに、モデル船の寄港予定地の平均停泊時間に対する標準偏差をもとめ、マージンとして平均停泊時間に加えた。

各船種別停泊時間は、1寄港あたりつぎのとおりとした。

タンカー (T)	10 時間 / 1 港
鉱石専用船 ( $\phi_1$ ) ( $\phi_2$ )	23 時間 / 1 港
コンテナ船	12 時間 / 1 港

## 7.2 船価逆算方法

### 7.2.1 船価逆算のアルゴリズム

44年度に決定した要目を持つモデル船を在来船ベースで運航した場合の10年償還後の損益を求め、同程度の損益

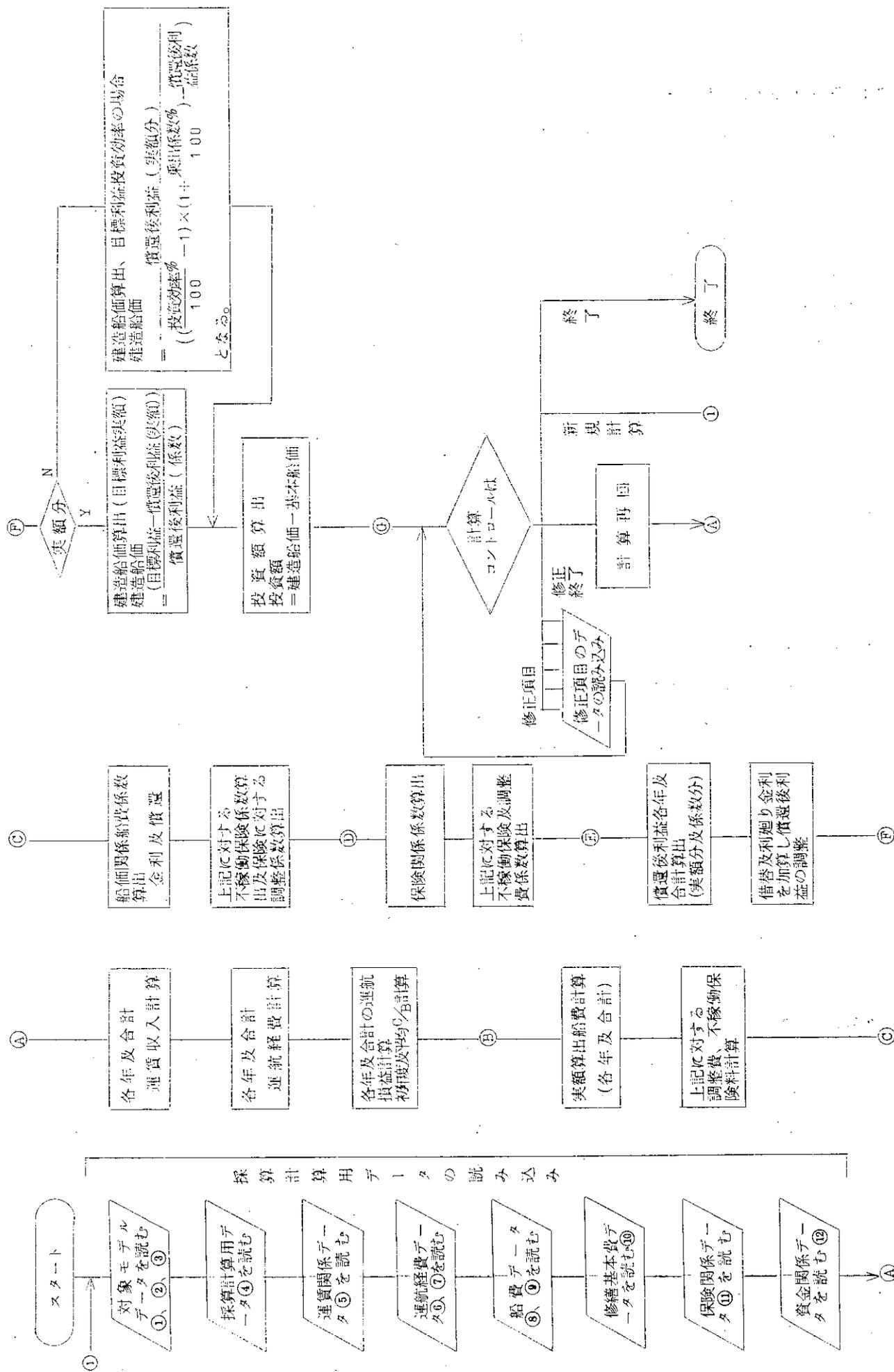


図 7.1 超自動化投資額算出計算フローチャート

超自動化投資額算出計算のインプット・データ

DATA 号	ITEM	SYMBOL	REMARK
①	タイトル	SNAME	船名等 40字
②	マンニング	MANING	マンニング等 40字
③	要 目	S DATA (8)	
	LOA 又は LPP	" (1)	
	B	(2)	
	D	(3)	
	D D	(4)	
	G/T	(5)	
	D・W (LT)	(6)	
	SPD (kt)	(7)	
	HP	(8)	
④	目標利益額	RQPFT	
	投資効率 %	RQIVRT	総船価に対する %
	調整指数 %	AJSTRT	一般には 3%
	借替・利廻り金利 %	RKKRI	同一
	乗出費 %	FNORID	建造船価に対する
	償却年数	SKAKU	
	年間基準年数	B DAY	365日又は360日
	計算年数	NYR	
	資金口数		
	基本船価		
⑤	航海当り積高		L/T
	運賃率		\$
	航海日数		
	稼働率 %		%
⑥	運航経費基本額		
	港 費		\$ 1航海当り
	貨物費		\$ "
	燃料費		\$ "
	雑 費		\$ "
⑦	同上 up 率 4種		%
⑧	船費基本額		
	船員費		年額 千円単位
	船用品費		"
	潤滑油費		"
	修繕費		初年度額 千円単位
	店 費		"
	雑 費		"
⑨	同上各 up 率		%

(前表に続く)

DATA 名	ITEM	SYMBOL	REMARK
⑩	修繕費基本額		年度別 千円単位
⑪	保険料関係 不稼働保険 カバー% "          料率 % 船体保険 カバー% "          料率 % 船費保険 カバー% "          料率 %		総船価に対して
⑫	資金関係 資金名 カバー% 据置年数 償還年数 年間回数 利補年数 利率 A " B		8 字 建造船価に対して 工事期間 1 年を含む  利補期間中又は利補なしの分 利補終了後の利率
	コントロールカード " 0 1" 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9 1 0 1 1 1 2 9 0 9 9 ブランク		計算をコントロールするもの DATA ①を読み修正する " ② " " " ③ " " " ④ " " " ⑤ " " " ⑥ " " " ⑦ " " " ⑧ " " " ⑨ " " " ⑩ " " " ⑪ " " " ⑫ " " 修正を終了し計算をする 新規データについて計算する 終了

を計上できるそれぞれのモデル船の船価を逆算し、在来船の船価との差を、超自動化投資可能額として算出した。

モデル船の一部は、ハイヤー・ベース(H/B)が在来船ベースではかなり高くなり、現状の運賃率では、運航しても欠損となるので、本試算では、在来船ベースの船価との差額としての超自動化の最大投資限度額を求める意味で、適正利潤を見込んだ投資効率より(開発銀行融資基準で115%、運航経費上昇の実態からは105%)運賃率を逆算して、超自動化モデル船の目標利益を設定した。

船価逆算のゼネラル・フローを図7.1に、インプット項目とともに示す。

## 7.2.2 船価逆算データ

### (1) タンカー

1) 航海日数 超自動化船については、1航海あたり約0.6日短縮可能とした。その根拠はつぎのとおり。

○ 航走距離減少分	1.0時間
○ 海流利用による減少分	1.5時間
○ 偏位減による減少分	2.0時間
○ 沿岸・狭水道の増速による減少分	1.0時間
○ シー・マージン減少分	3.0時間
○ 荷役の効率上昇による減少分	2.0時間
○ 係離岸効率上昇による減少分	0.5時間
○ 待ち時間減少分	2.0時間
○ 荷役マージン減少分	1.0時間

計 14時間 = 0.6日

2) 燃料消費量 超自動化船については、主機最適制御により航海中の燃料消費量の1%を節約できるとした。

3) 稼働率 超自動化船については、信頼性向上により、1.0%上昇できるとした。

4) 港費 15名船については、曳船および係離岸費用(標準値\$6,750)のうち、\$1,500、9名船については同じく\$2,500減少するとした。

5) 店費 船務陸上移行などに伴う陸上人件費として、20名船の場合2名、15名船の場合5名、9名船の場合7名が9隻の船腹管理を行なうと仮定、1名40万円上昇を見込んだ。

6) 保険料率 超自動化船の場合、安全性は当然向上する。計算上は現タンカー運航会社のうち、保険料率の低い会社の料率相当のものとした。また付保額は総船価とし、料率の上昇などを考慮して据置きとした。

### (2) 鉱石専用船

1) 航海日数 南米航路に就航する超自動化船の場合は1航海あたり0.4日、豪州航路に就航する超自動化船の場合は1航海あたり0.2日短縮可能とした。その根拠はつぎのとおり。

(南米航路)	○ 航走距離減少分	1.0時間
	○ 海流利用による減少分	2.0時間
	○ シー・マージン減少分	3.0時間
	○ 荷役の効率上昇による減少分	1.0時間
	○ 待ち時間減少分	2.0時間
	○ 荷役マージン減少分	1.0時間

計 9時間 = 0.4日

(豪州航路)	○ 航走距離減少分	0.5時間
	○ 海流利用による減少分	1.0時間
	○ 荷役の効率上昇による減少分	1.0時間

表 7.3 在来船運航モデル (在来船実績を BASIS とした)

日本 ~ P.O.

日本 ~ 南米

総航海日数	9.51時間 = 39.6日	
	時間及距離	% 及 SP'd
MARGIN. P	10.00h	1.10% (10.3)
S	32.00h	3.50% (39.4)
総計	909.00h	100.00%
停泊合計	97.00	10.67
単純停泊	24.00	2.64
係離岸	8.00	0.88
荷役	65.00	7.15
揚荷	34.00	
S/B	2.00	0.22
NET	28.00	3.08
SETTLE	4.00	0.44
積荷	31.00	
S/B	4.00	0.44
NET	25.00	2.75
SETTLE	2.00	0.22
航海合計	812.00	89.32
港内	4.00	0.44
係給	0.50	0.06
操船	3.50	0.38
狭水道	86.00	9.24
沿岸	222.00	24.42
大洋	502.00	55.22
		速力   距離比
距離合計	13,420	16.53   100.00
港内	10	2.85   0.07
狭水道	1,345	16.01   10.02
沿岸	3,695	16.64   27.53
大洋	8,370	16.67   62.36
荷役能率	360,000	5,538
揚	190,000	6,785
積	190,000	8,928

1.345時間 = 56.0日	
時間及距離	% 及 SP'd
23.00h	1.80% (15.75)
46.00h	3.61% (4.07)
1,276.00h	100.00%
146.00	11.44
60.00	4.70
6.00	0.47
80.00	6.27
56.00	2.82
0.50	0.04
35.00	2.74
0.50	0.04
44.00	3.45
1.00	0.08
41.00	3.21
2.00	0.16
1,130.00	88.56
4.00	0.31
0.50	0.04
3.50	0.27
17.60	1.38
63.60	4.99
1,044.80	81.88
	速力   距離比
18,230	16.13   100.00
10	2.85   0.07
230	13.07   1.26
960	15.09   5.27
17,030	16.30   93.40

$$16.9 \text{ kts} \times 98.3\% = 16.61 \text{ kts}$$

$$13,420 \div 16.61 = 808 + 4h = 812h$$

$$\text{Sea margin } 13,420 + 16.9 \times 94\% = 844 - 812 = 32h$$

$$16.5 \times 98.7 = 16.30 \text{ kts}$$

$$16.30 \times \frac{12.14}{13.33} = 14.70 \text{ kts}$$

$$18,240 + 16.5 \times 93.5\% = 1,181 - 1,135 = 46$$

日本 ~ 豪州

6 2 4 時間 = 2 6.0 日		
時間及距離	% 及 SP/d	
2 5 0 0 h	3.9 2 % (1488)	
1 4 0 0 h	2.3 8 % ( 523)	
5 8 7 0 0 h	1 0 0.0 0 %	
1 5 4.5 0	2 6.3 2	
5 4.0 0	9.2 0	
6.0 0	1.0 2	
9 4.5 0	1 6.1 0	
6 1.5 0	1 0.4 8	
0.5 0	0.0 9	
6 0.0 0	1 0.2 2	
1.0 0	0.1 7	
3 3.0 0	5.6 2	
1.0 0	0.1 7	
3 0.0 0	5.1 1	
2.0 0	0.3 4	
4 3 2.5 0	7 3.6 8	
3.3 0	0.5 6	
0.5 0	0.0 9	
2.8 0	0.4 7	
3.5 0	0.6 0	
1 1 7.4 0	2 0.0 0	
3 0 8.3 0	5 2.5 2	
	速 力	距離比
7,200	16.72	100.00
20	5.71	0.30
45	12.80	0.62
1,925	16.40	26.73
5,210	16.90	72.35

16.5 × 102.4 = 16.90

2,200 ÷ 16.9 × 95% = 447 - 433 = 14

日本 ~ 欧州

1.4 4 0 時間 = 6 0.0 日		
時間及距離	% 及 SP/d	
1 2 0 0 h	0.8 7 % ( 4.60)	
4 2 0 0 h	3.4 0 % ( 4.20)	
1 3 8 1 0 0 h	1 0 0.0 0 %	
2 6 1.0 0	1 8.8 9	
5 2.0 0	3.7 7	
9.0 0	0.6 5	
2 0 0.0 0	1 4.4 8	
8.0 0	0.5 8	
1 8 4.0 0	1 3.3 2	
8.0 0	0.5 8	
1,100.0 0	8 1.1 0	
1 4.0 0	1.0 1	
4.0 0	0.2 9	
1 0.0 0	0.7 2	
8 1.0 0	5.8 7	
1 6 8.2 0	1 2.1 8	
2 5 6.8 0	6 2.0 4	
	速 力	距離比
2 6,903	24.02	100.00
37	3.78	0.14
962	11.87	3.58
4,070	24.20	15.12
2 1,834	25.48	81.16
延 6,800	37ヶ/h	
	(2台)	
	22ヶ/h	

26 × 98 = 25.48

25.48 × 95.0 = 24.20

26,903 ÷ 24.02 × 96% = 1,167 - 1,125 = 42

( ) 内は停泊に対する比を示す。  
( ) 内は航海に対する比を示す。

○待ち時間減少分 1.5 時間

計 4 時間 = 0.2 日

2) 燃料消費量 タンカーと同様の理由により、航海中の燃料消費量の1%を節約できるとした。

3) 稼働率 タンカーと同様の理由により、0.1%上昇できるとした。

4) 港費 9名船の場合にのみ、\$1,000減少するものとした。

5) 店費 タンカーの場合と同一条件とした。

6) 保険料率 タンカーの場合と同一条件とした。

(3) コンテナ船

1) 航海日数 コンテナ船では、たとえ超自動化しても、20名船程度ではラウンド日数維持のために直接効果があらわれないおそれがある。このため、15名、9名船の場合にだけ、1.0日短縮可能とした。その根拠はつぎのとおり。

○航走距離減少分 2.0 時間

○最適航法採用による減少分 6.0 時間

○偏位減による減少分 2.0 時間

○沿岸・狭水道増速による減少分 2.0 時間

○シー・マージン減少分 4.0 時間

○待ち時間減少分 2.0 時間

○補油時間減少分 2.0 時間

○荷役マージン減少分 2.0 時間

○係離岸効率上昇による減少分 1.0 時間

○霧マージン減少分 2.0 時間

計 25 時間 = 1 日

2) 燃料消費量 タンカーと同様の理由により、航海中の燃料消費量の1%を節約できるとした。

3) 港費 港湾事情などを勘案のうえ、変化しないものとした。

4) 店費 20名船の場合は変化しないものとし、15名船の場合は200万円、9名船の場合は800万円の上昇とした。

5) 保険料率 不稼働保険はかけないこととし、船費保険、船体保険の料率は、それぞれ超自動化船の場合は低下するものとみた。具体的には、それぞれ0.025%、0.056%低下し、1,000個積みコンテナ船料率と同じとなるものとした。

### 7.3 超自動化船の運航経済性

以上のデータを使用して行なった計算結果を図示すると、図7.2～図7.9、および表7.10～表7.11のようになる。

図の横軸に、運航損益および船費を億円単位でとり、縦軸には船価をとつた。

借替金利と利回りを見込んであるので、借替は利益に上積みされ、利回りは利益中に入つて図示されている。

したがつて、運航損益の10年合計額に対して、金利償還費用の10年間合計額と船費と利益を加えたものが一致した点が、適正船価として求められる。

(1)の斜線は、10年合計の金利および償還額の係数として求められた線であり、係数をAとし、船価をXとすれば、 $Y = A \cdot X$  で示される。

(2)の斜線は、船価に関する保険料・金利、保険および償却費に対する不稼働保険料、不稼働および保険に対する調整費、などの船価に関する費用の10年合計係数Bを(1)に加えた直線である。

表7.4 20万D/Wモデルタンカー(タービン)

項目	費 目		在 来 船	20 名 船	15 名 船	9 名 船				
建造船価			516,000万円							
乗出費用	%		3.4%	3.3	3.3	3.3				
燃料消費量	噸/泊		170 <sup>Ton</sup> /40 <sup>Ton</sup>	168/40	168/40	168/40				
積 高	LT		190,000 <sup>LT</sup>	190,200	同 左	同 左				
運 賃 率	\$		2.25 \$	2.25	"	"				
航海日数	日		39.6	39.0	"	"				
稼 動 率	%		94.0	95.0	"	"				
港 費	1%up	1%up	12,500 \$	12,500	11,000	10,000				
貨 物 費	0	0	2,920 \$	2,920	同 左	同 左				
燃 料 費	0	0	66,528 \$	64,950	"	"				
雑 費	0	0	1,594 \$	1,585	"	"				
船 員 費	5%	11.6%	80,707千円	52,592	41,712	29,152				
船用品費	1.9%	3.0%	7,500千円	7,500	7,000	同 左				
潤滑油費	1.0%	0	1,500	1,500	1,500	"				
修繕費	5.0%	7.8%	40,000	40,000	同 左	"				
店 費	3.4%	9.5%	12,925	13,725	15,000	15,800				
雑 費	0	"	8,500	8,500	8,500	同 左				
金利条件	資 金 口		カバ ー %		据 置	償 還	回 数	利 補	利率(利補中)	利率(利補外)
	開 銀		63.0		3	8	2	8	5.5%	6.5%
	市 中		27.0			8	6	8	6.14	8.64
	自 己		10+乗出費			1	1	φ	7.0	7.0
保 險 料	船体保険カバー/料率		80%	1.40%	80		1.06		同 左	同 左
	船費 " " / "		20%	0.47%	20		0.36		"	"
	不稼動 "		80%	1.75%	80		1.75		"	"
借 替、利 廻	金 利		7.0%		7.0		"		"	
調 整 費			3.0%		3.0		"		"	
償 却 年 数			16年		16年		"		"	
超 自 動 化	開銀ベース		目標利益 93,000万円							
投 資 可 能 額	アタチャル		" 29,000万円							

表7.5 20万D/Wモデルタンカー(ディーゼル)

項目	費目		在来船	20名船	15名船	9名船			
建造船価			530,000 <sup>万円</sup>						
乗出費用	%		3.3	3.3	3.3	3.3			
燃料消費量	航/泊		125.0/40.0	124/40	124/40	124/40			
積高	LT		191,400 <sup>LT</sup>	191,500 <sup>LT</sup>	"	"			
運賃率	\$		2.25 <sup>\$</sup>	"	"	"			
航海日数	日		39.6	39.0	39.0	39.0			
稼働率	%		94.0	95.0%	"	"			
港費	1%up	1%up	12,500 <sup>\$</sup>	12,500 <sup>\$</sup>	11,000	10,000			
貨物費	0	0	2,941 <sup>\$</sup>	3,000	"	"			
燃料費	0	0	49,421 <sup>\$</sup>	48,416	"	"			
雑費	0	0	1,594 <sup>\$</sup>	1,585	"	"			
船員費	5%	11.6%	80,700 <sup>千円</sup>	52,592	41,712	29,152			
船用品費	1.9%	3.0%	7,500 <sup>千円</sup>	7,500	"	"			
潤滑油費	1.0%	0	14,000 <sup>千円</sup>	14,000	"	"			
修繕費	5.0%	7.8%	43,000 <sup>千円</sup>	43,000	"	"			
店費	3.4%	9.5%	12,925 <sup>千円</sup>	2名up 13,725	5名 15,000	15,800			
雑費	0	"	8,500 <sup>千円</sup>	8,500	"	"			
金利条件	資金口		カバー%	据置	償還	回数	利補	利率(利補中)	利率(利補外)
	開銀		67%	3年	8年	2回	8年	5.5%	6.5%
	市中		23%		8年	6回	8年	6.24%	8.64%
	自己		10%+乗出費		1	1	φ	7.0%	7.0%
保険料	船体保カバー/料率		80%	1.40%	80%	1.06%		同左	同左
	船費保"/料率		20%	0.47%	20%	0.36%		"	"
	不稼働"/料率		80%	1.75%	80%	1.75%		"	"
調整費			3%	3%	3%	3%			
償却			16年等額	"	"	"			
超自動化	開銀ベース		(目標利益127,000 <sup>万円</sup> )	58,000 <sup>万円</sup>	70,000 <sup>万円</sup>	82,500 <sup>万円</sup>			
投資可能額	アクチャル		(目標利益62,000 <sup>万円</sup> )	65,000 <sup>万円</sup>	80,000 <sup>万円</sup>	95,000 <sup>万円</sup>			

表 7.6 10万D/Wモデル鉱石専用船（豪州）

項目	費 目		在 来 船	20 名 船	15 名 船	9 名 船			
建造船価			330,000 <sup>万円</sup>						
乗出費用	%		3.27	3.2	3.2	3.2			
燃料消費	航/泊 Ton		100/10	99/10	99/10	99/10			
積 高	LTon		96,400	96,500	96,500	96,500			
運賃率	\$/LT		2.10	2.10	2.10	2.10			
航海日数	日(航/泊)		26.0(18.6/7.4)	25.8(18.5/7.3)	25.8	25.8			
稼働率	%		95.4	95.5	95.5	95.5			
港 費	%up 1.0	% 1.0	13,500 <sup>\$</sup>	13,500 <sup>\$</sup>	13,500 <sup>\$</sup>	11,500 <sup>\$</sup>			
貨物費			3,500	3,500	3,500	3,500			
燃料費			29,132	28,694	28,694	28,694			
雑 費			4,600	4,600	4,600	4,600			
船員費	5.0	11.6	69,688 <sup>千円</sup>	50,080 <sup>千円</sup>	39,720 <sup>千円</sup>	27,288 <sup>千円</sup>			
船用品費	1.9	3.0	5,000	5,000	5,000	5,000			
潤滑油費	1.0		8,500	8,500	8,500	8,500			
修繕費	5.0	7.8	22,530	22,530	22,530	22,530			
店 費	3.4	9.5	13,000	13,400	14,200	15,000			
雑 費			5,900	5,900	5,900	5,900			
金利条件	資 金 口		カバー% (建造船価)	据置	償還	回数	利補	利率(利補中)	利率(利補外)
	開 銀		63.0%	3	8	2	8	5.5	6.5
	市 中		27.0		8	6	8	6.0	8.2
	自 己		10.0 + 乗出費		1	1	0	7.0	
保 険 料	船体保険		カバー% 80.0	料率 1.38%	80.0	1.000			
	船費 "		20.0	0.45	20.0	0.352		同 左	同 左
	不稼働 "		80.0	1.70	80.0	1.70			
調整費	運航費、金利外船費の		3.0%		3.0%		3.0%	3.0%	
償却年数			18年		18年		18年	18年	
借替、利廻			7.0%		7.0%		7.0%	7.0%	
目標利益	開銀ベース		93,100 <sup>万円</sup>		同 左		同 左	同 左	
"	実情 "		29,000 <sup>万円</sup>		"		"	"	

表7.7 10万D/Wモデル鉱石専用船(南米)

項目	費目		在来船	20名A	20名B	15名	9名		
建造船価			530,000万円						
乗出費用			3.27%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%		
燃料消費	船/泊 <sup>Ton</sup>		100/10	100/10	99/10	99/10	99/10		
積高	LT		95,500	95,500	95,550	95,600			
運賃率	\$/LT		4.35						
航海日数	日(航/泊)		56.0 (49.0/7.0)	同左	55.8 (48.8/7.0)	55.6 (48.8/6.8)	55.6 (48.8/6.8)		
稼働率	%		95.4	95.4	95.5	95.5			
港費	1.0%up	1.0%up	11,300\$	11,300	11,300	11,300	10,300		
貨物費			4,760	4,760	4,760	4,760	4,760		
燃料費			75,106	75,106	74,376	74,084	74,084		
雑費			840	840	840	840	840		
船員費	5.0	11.6	69,688千円	50,080	50,080	39,720	27,288		
船用品費	1.9	3.0	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000		
潤滑油費	1.0		9,750	9,750	9,750	9,750	9,750		
修繕費	5.0	7.8	22,530	22,530	22,530	22,530	22,530		
店費	3.4	9.5	13,000	13,400	13,400	14,200	15,000		
雑費			5,900	5,900	5,900	5,900	5,900		
金利条件	資金口		カバー%	据置	償還	回数	利補	利率(利補中)	利率(利補外)
	開銀		63.0	3	8	2	8	5.5	6.5
	市中		27.0		8	6	8	6.0	8.2
	開銀		10.0+乗出		1	1		7.0	
保険料	種類		カバー%	料率					
	船体保険		80.0	1.38	80.0	1.00			
	船費 "		20.0	0.45	20.0	0.352	同左	同左	同左
	不稼動 "		船費の 80.0	1.70	80.0	1.750			
調整費	%		3.0%	3.0%	3.0%				
償却年数	年		18年	18年	18年	同左	同左		
借替、利息	%		7.0%	7.0%	7.0%				
目標利益	開銀ベース		57,800万円	同左	同左				
	実情 "		3,800万円	"	"				

表7.8 3万D/Wモデルコンテナ船(タービン)

項目	費目等		在来船	20名船	15名船	9名船				
建造船価			728,200万円							
乗出費用	%		4.2%	4.3	4.3	4.3				
燃料消費	航/泊		500/16	500/16	297/16	297/16				
積高	F/T		52,800F/T	52,800	52,800	52,800				
運賃率	\$/FT		44.0	44.0	44.0	44.0				
航海日数	日(航/泊)		60.0(48.6/11.4)	60.0(48.6/11.4)	59.0(48.1/10.9)	59.0(48.1/10.9)				
稼働率	%		95.9	95.9	95.9	95.9				
港費			108,631\$	108,631\$	108,631\$	108,631\$				
貨物費			740,995	740,995	740,995	740,995				
燃料費			290,624	290,624	285,216	285,216				
雑費			6,000	6,000	6,000	6,000				
船員費	5.0% <sup>up</sup>	11.6% <sup>up</sup>	66,504千円	50,080千円	39,720千円	27,288千円				
船用品費	1.9	3.0	6,000	6,000	6,000	6,000				
潤滑油費			1,810	1,810	1,810	1,810				
修繕費	5.0	7.8	42,600	42,600	42,600	42,600				
店費	3.4	9.5	220,000	220,000	222,000	222,800				
雑費			166,691	166,691	166,691	166,691				
金利条件	資金口	カバー%	(建造船価)	据置	償還	回数	利補	利率(利補中)	利率(利補外)	
	開銀		66.5	3	10	2	8	5.5	6.5	
	市中		28.5	1	8	6	8	6.0	8.0	
	自己	船価5% 乗出4.8%		9.8%+168,100万円	1	1	1		7.0	7.0
	"	VAN,ターミナル		53,000万円	3	1	1		7.0	7.0
		市中(VAN費用)		118,300万円	1	7	6		8.5	8.5
保険料	船体保険	カバー%	80.0	料率	0.956	80.0	0.900	同左	同左	
	船費	"	20.0	0.325	20.0	0.300				
調整費	運航費、金利外船費の		3.0%	3.0%			3.0%	3.0%		
償却年数	年		18年	18年			18年	19年		
借替、利廻	利率%		7.0%	7.0%			7.0%	7.0%		
目標利益	開銀		402,800万円	同左			同左	同左		
	(含他債取 及引下) 実情		243,900万円	"			"	"		

表7.9 3万D/Wモデルコンテナ船(ディーゼル)

項目	費目等		在来船	20名船				15名船	9名船
建造船価			768,200万円						
乗出費用	%		4.8%	4.8%				4.8%	4.8%
燃料消費	航/泊		280/16	280/16				277/16	277/16
積高	F/T		52,500	52,300				52,300	52,800
運賃率	\$/P·T		44.0	44.0				44.0	44.0
航海日数	日(航/泊)		60.0(48.6/11.4)	60.0(48.6/11.4)				59.0(48.1/10.9)	59.0(48.1/10.9)
稼働率	%		95.9	95.9				95.9	95.9
港費	% <sup>up</sup> 1.0	% <sup>up</sup> 1.0	108,631\$	同左				108,631\$	同左
貨物費			740,995					740,995	
燃料費			220,640					215,952	
雑費			6,000					6,000	
船員費	5.0	11.6	66,504千円					50,080千円	
船用品費	1.9	3.0	6,000	同左				同左	同左
潤滑油費			28,000					"	"
修繕費	5.0	7.8	48,990					"	"
店費	3.4	9.5	220,000					222,000	228,000
雑費			166,691					166,691	166,691
金利条件	資金口		カバー%及金額	据置	償還	回数	利補	利率(利補中)	利率(利補外)
	開銀		66.5%	3	10	2	8	5.5%	6.5
	市中		28.5%	1	8	6	8	6.0	8.0
	自己	船価5% 乗出48%	9.8%+168,100万円	1	1	1		7.0	7.0
		VAN,ターミナル	53,000万円	8	1	1		7.0	7.0
市中(VAN費用)		118,300万円	1	7	6		8.5	8.5	
保険料	船体保険		カバー% 80.0	料率 0.956	80.0		0.900	同左	同左
	船費"		20.0	0.325	20.0		0.300		
調整費			3.0%	3.0%				3.0%	3.0%
償却年数			18年	18年				18年	18年
借替、利廻			7.0%	7.0%				7.0%	7.0%
目標利益			468,600万円	同左				同左	同左
(含他コスト)			307,300万円	"				"	"







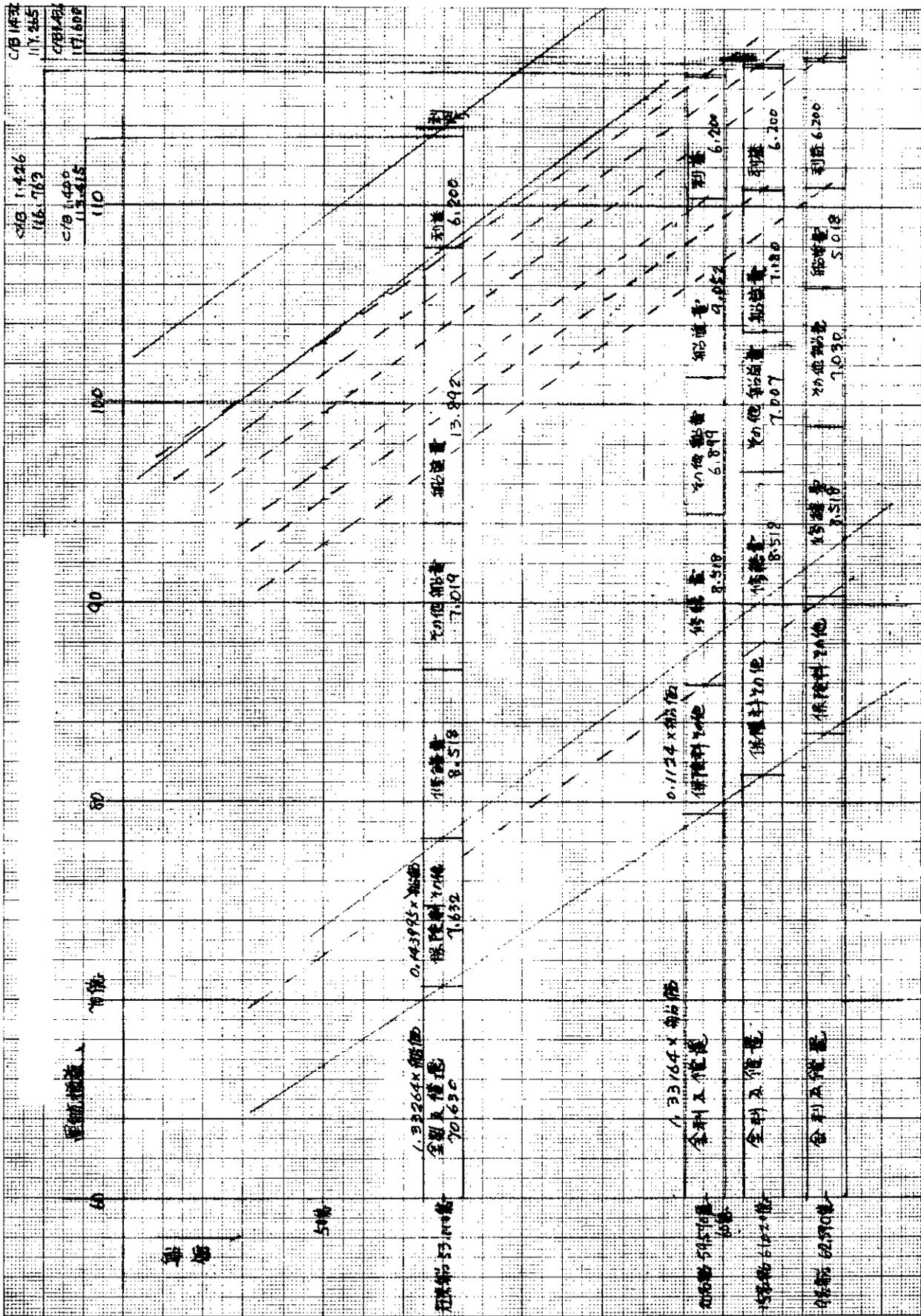


図7.5 20万D/Wモータータンカー(ディーゼル)採算(美態ベース)

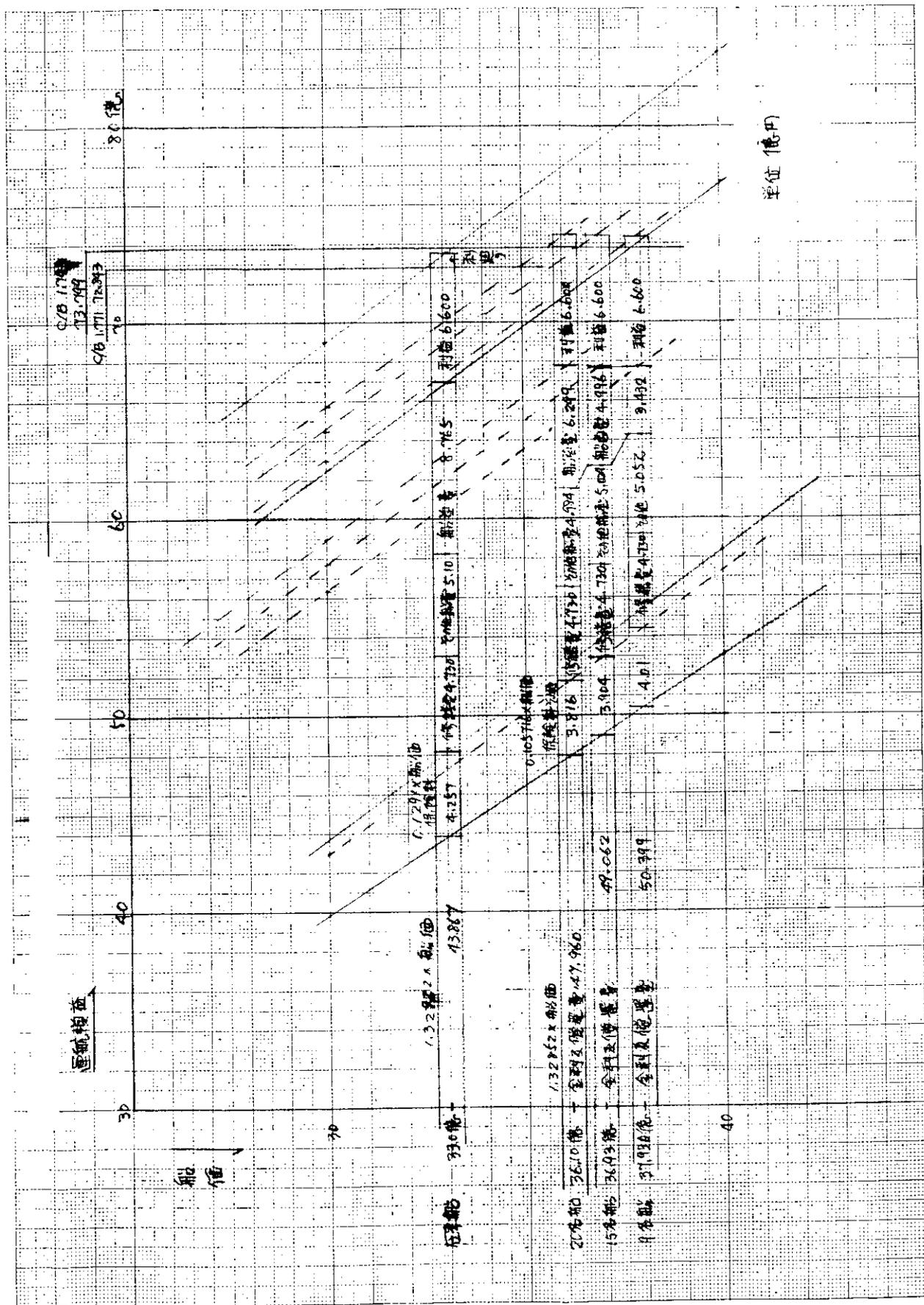


図 7.6 10万D/Wモデル鉱石専用船(豪州)採算(開銀ベース)







表7.10 3万D/Wモデルコンテナ船(タービン)

(開 銀 ベ ー ス)

(単位:億円)

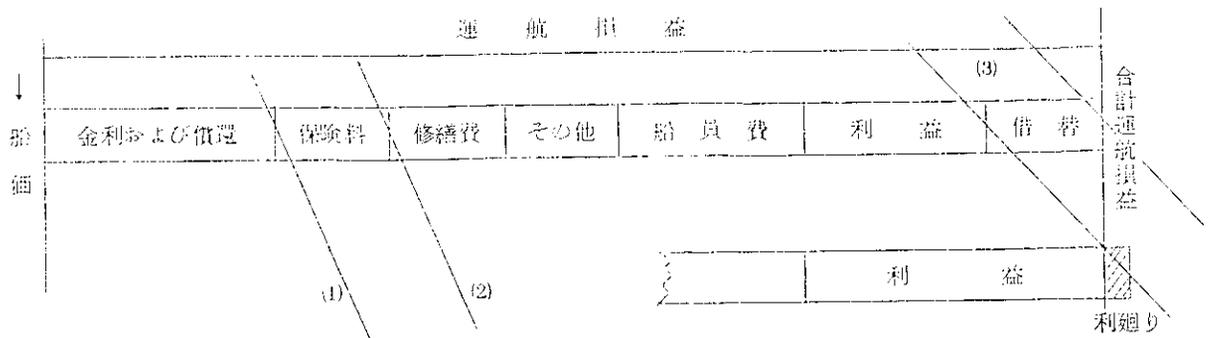
	在 来 船	20 名 船	15 名 船	9 名 船
運 航 損 益	247,184	247,184	252,529	252,529
C/B @	\$ 20,685	20,685	21,132	21,132
金 利 及 償 還	係数 1.96185	1.945766	1.924283	1.917491
額	142,862	145,387	151,633	153,111
保 險 料 そ の 他	係数 0.089572	0.084196	0.084196	0.084196
額	6,522	6,291	6,634	6,723
修 繕 費	8,948	8,948	8,948	8,948
船 員 費	8,365	6,299	4,996	3,432
そ の 他	52,232	52,170	52,459	52,509
借 替 +				
利 廻 り -	- 12,025	- 12,191	- 12,421	- 12,473
目 標 利 益	40,280	40,280	40,280	40,280
船 価	72,820	74,720	78,800	79,850
( 実 態 ベ ー ス )				
運 航 損 益	247,184	247,184	252,529	252,529
C/B @	20,685	20,685	21,132	21,132
金 利 及 償 還	係数 1.96185	1.945766	1.924283	1.917491
額	142,862	145,387	151,633	153,111
保 險 そ の 他	係数 0.089572	0.084196	0.084196	0.084196
額	6,522	6,318	6,677	6,786
修 繕 費	10,319	10,319	10,319	10,319
船 員 費	11,447	8,620	6,836	4,697
そ の 他	61,199	61,114	61,469	61,533
借 替				
利 廻 り -	9,555	- 8,964	- 8,795	- 8,306
目 標 利 益	24,390	24,390	24,390	24,390
船 価	72,820	75,050	79,310	80,600

表7.11 5万D/Wモデルコンテナ船(ディーゼル)

(開銀ベース)

(単位:億円)

	在来船	20名船	15名船	9名船
運航損益	260,828	260,828	266,250	266,250
@ C/D	21,826	21,826	22,280	22,28
金利及償還額	1,931,261	1,917,491	1,904,397	1,891,929
保険その他額	0,895,72	0,084,196	0,084,196	0,084,196
修繕費	10,291	10,291	10,291	10,291
船員費	8,365	6,299	4,996	3,432
その他船費	54,559	54,498	54,785	55,460
借替				
利廻	- 14,486	- 14,572	14,741	14,898
目標利益	46,860	46,860	46,860	46,860
船価	76,820	78,66	82,50	83,65
(実態ベース)				
運航経費	260,828	260,828	266,250	266,250
@ C/D	21,826	21,826	22,280	22,28
金利及償還額	1,931,261	1,917,491	1,904,397	1,891,929
保険その他額	0,895,72	0,084,196	0,841,96	0,841,96
修繕費	11,867	11,867	11,867	11,867
船員費	11,447	8,620	6,837	4,697
その他船費	63,533	63,448	63,801	64,699
借替				
利廻	- 11,988	- 11,969	12,078	12,172
目標利益	30,730	30,730	30,730	30,730
船価	76,820	79,00	83,02	84,22



(3)の斜線は、船価に無関係な、船費と利益合計額Cを(2)に上積みした直線である。したがって、船価をX、運航損益合計をY、船費利益合計額をCとすると、

$$Y = (A + B) \cdot X + C$$

が採算線となる。

図中実線は在来船ベースを示し、点線が超自動化船ベースを示す。

実際の運賃率を使用して船価を求める場合は、運航損益を計算し、採算線との交点を求めれば、船価を算出することができる。

コンテナ船では、超自動化に関連する費用よりも、コンテナや関連港湾機械設備などの費用が、はるかに高額となり、図示しても判然としないので、表で示した。

### 7.3.1 タンカーの総合経済性

さきに述べたデータを使用して求めた逆算船価、および超自動化投資可能額は次表のとおりである。

(単位：万円)

船種		開発銀行ベース		適正上昇率を折込んだベース	
		建造船価	投資可能額 (目標利益)	建造船価	投資可能額 (目標利益)
タービン船	在来船	516,000	(目標利益 93,100)	516,000	(目標利益 29,000)
	20名船	574,000	58,000	581,000	65,000
	15名船	586,900	70,900	596,700	80,700
	9名船	599,900	83,300	612,400	96,400
ディーゼル船	在来船	530,000	(目標利益 12,700)	530,000	(目標利益 6,200)
	20名船	588,300	58,300	595,700	65,700
	15名船	600,000	70,000	610,200	80,200
	9名船	612,500	82,500	625,900	95,900

上記金額は、在来船ベースのモデル船で、適正な利益があげられるように運賃率を設定し、その運賃率をベースとした採算計算により船価を逆算し、在来船価と超自動化船価の差額として、超自動化投資可能額を求めたものである。上記船価で超自動化船が建造されても、必ずしも経済性のあるものとはいえないが、現時点では理論的には、上記金額の投資が可能といえる。

なお、タービンとディーゼルの在来船目標利益が異なるが、これは在来船ベースでの逆算結果1例として出たものであり、使用データの再検討は行なっていない。これは、本調査の目的が、タービン、ディーゼル両者の優劣を論じることが目的ではないからである。

20名船で航海日数の短縮があるとして、15名、9名船と同一に計算したが、20名船では、航法関係の超自動化の程度が低いので、航海日数の短縮が無いと見込む場合は、投資可能限度額は、2億5千万円～3億2千万円程度となる。安全性向上を加味した投資可能額については、7.4節を参照願いたい。

### 7.3.2 鉱石専用船の総合経済性

前記データにより、タンカーの場合と同様にして求めた投資可能額はつぎのとおりである。

(単位：万円)

船種		開発銀行ベース		適正上昇率を折込んだベース	
		建造船価	投資可能額	建造船価	投資可能額
豪州航路	在来船	330,000	(目標利益 66,000)	330,000	(目標利益 11,500)
	20名船	361,000	31,000	366,200	36,200
	15名船	369,200	39,200	377,200	47,200
	9名船	379,300	49,300	390,500	60,500
南米航路	在来船	330,000	(目標利益 57,800)	330,000	(目標利益 3,800)
	20名船A	354,500	24,500	359,500	29,500
	20名船B	358,200	28,200	363,200	33,200
	15名船	369,500	39,500	379,000	49,000
	9名船	380,700	50,700	391,700	61,700

表値で20名船で、両航路で差があるのは、変化を求める意味で、豪州船の場合は、航海日数の短縮と燃料消費量の節約を可能としたのに対し、南米船の場合は、Aとして航海日数の短縮と燃料消費の節約が何れも全くないものとした場合、Bとして何れも1/2程しかないとして、それぞれ計算したためである。

なお、鉱石専用船の場合、実情の運賃は兼用船などの影響もあつて、更に低率にとどまっている。

### 7.3.3 コンテナ船の総合経済性

前記データにより、タンカーの場合と同様にして求めた投資可能額は次表のとおりである。

(単位：万円)

船種		開発銀行ベース		適正上昇率を折込んだベース	
		建造船価	投資可能額	建造船価	投資可能額
タービン	在来船	728,200	(目標利益 402,800)	728,200	(目標利益 243,900)
	20名船	747,200	19,000	750,500	22,500
	15名船	788,000	59,800	793,100	64,900
	9名船	798,500	70,300	806,000	77,800
ディーゼル	在来船	768,200	(目標利益 468,600)	768,200	(目標利益 307,300)
	20名船	786,600	18,400	790,000	21,800
	15名船	825,000	56,800	830,200	62,000
	9名船	835,500	67,300	842,200	74,000

コンテナ船の場合の目標利益の中には、直接本船採算に関係しないターミナル関係投資の償却費、金利などが含まれているので大きな額となつている。安全性向上を加味した投資限度額については7.4節を参照願いたい。

## 7.4 安全性を加味した超自動化投資可能額

本調査では、超自動化船の適応性を、船内労働量の軽減効果、安全性向上効果、運航経済性向上効果の3点から評価した。個々の効果の定量評価については既に述べたとおりである。7.3で述べた超自動化船の総合経済性では、上記3効果のうち、船内労働量の軽減効果と運航経済性の向上効果の2つを、総合的に評価したもので、安全性向上効果のごとき把握困難でかつ不安定な効果は除外して考えるべきだとする立場をとる人達の参考となるものである。

しかし、安全性に関しても、その効果を正當に評価し、超自動化投資に加味すべきであるとする考え方が、より妥當な

ものであり、本調査の意味もこの点にある。

7.3の超自動化船の総合経済性に示した数値には、保険料が含まれており、一方安全性向上効果に対する超自動化投資額に示した金額にも、本来保険料として積立てているべき金額を含んでいる。したがって、安全性を加味した超自動化投資可能額の試算には、両者が重複しないような調整が必要である。この調整額が表の保険料分に相当する金額で、表の運航経済性欄は、総合運航経済性であり、船内労働量軽減と、運航経済性向上を含む金額である。試算数値は次表のとおりである。

(単位：万円)

船種	ベース	定員	運航経済性効果	安全性向上効果	保険料分	投資可能額
タビオン	開発銀行	20	58,000	51,500	17,870	91,630
		15	70,900	101,600	18,220	154,200
		9	83,300	119,800	18,600	184,500
	実態	20	65,000	51,500	17,870	98,630
		15	80,700	101,600	18,220	164,080
		9	96,400	119,800	18,600	197,600
カロー	開発銀行	20	58,300	51,500	17,870	91,930
		15	70,000	101,600	18,220	153,380
		9	82,500	119,800	18,600	183,700
	実態	20	65,700	51,500	17,870	99,330
		15	80,200	101,600	18,220	163,580
		9	95,900	119,800	18,600	197,100
専用船	日本、豪州	20	31,000	8,700	9,370	30,330
		15	39,200	20,300	9,590	49,910
		9	49,300	22,500	9,850	61,950
	日本、南米	20A	24,500	8,700	9,370	23,830
		20B	28,200	8,700	9,370	27,530
		15	39,500	20,300	9,590	50,210
実態	9	50,700	22,500	9,850	63,350	
	20A	29,500	8,700	9,370	28,830	
	20B	33,200	8,700	9,370	32,530	
実態	15	49,000	20,300	9,590	59,710	
	9	61,700	22,500	9,850	74,350	
	コンテナ船	開発銀行	20	19,000	20,700	12,860
15			59,800	42,400	13,490	88,710
9			70,300	47,600	13,660	104,240
実態		20	22,500	20,700	12,910	30,290
		15	64,900	42,400	13,570	93,730
		9	77,800	47,600	13,770	111,630
開発銀行	20	18,400	20,700	12,860	20,240	
	15	56,800	42,400	13,490	85,710	
	9	67,300	47,600	13,660	101,240	
実態	20	21,800	20,700	12,910	29,590	
	15	62,000	42,400	13,570	90,830	
	9	74,000	47,600	13,770	107,830	

## 8. 結 論 と 提 言

4 4 年度から 2 年間にわたって実施した「超自動化システムの適応性の検討」は、マクロ的視野からの調査については不十分ながら一応終了した。本調査を通じて得た所見と、超自動化船の今後の健全な発展をはかるためには欠かせないと思われる事項を、結論と提言に分けて、簡単に述べることにする。

### 8.1 結 論

#### (1) 投資可能額

船舶の超自動化システムに投資できる金額は、船内労働量軽減効果、安全性向上効果および運航経済性向上効果などの予測可能な各効果を定量的に評価した場合には、比較的余裕のある額となつた。すなわち、投資額を上回る効果を期待できる結果となつた。

ただし、当初の予想と異なり、投資可能額は船種、船型、就航航路などによつて、かなり大巾に変わつてくることが明らかになつた。超自動化システムの選定、投資金額については、対象船舶ごとに十分に検討のうえ決定しなければならない。

一般的にいつて、従来、概念的に定員削減数と見合つた自動化投資しか行なえないとする考え方では、将来、船舶の経済的陳腐化を早め、採算悪化を招くおそれがある。よつて、今後は安全性、運航経済性向上効果についても慎重に検討する必要がある。これにより、自動化投資可能額は、かなり大巾に増額できるものと思われる。

#### (2) 安全性投資

最近、特に重視されている公害防止については、船舶も決して無縁ではない。本調査では、公害については特に従来と異なる評価方法をとらず、単に船舶運航者が無関係ではすませることができない損害費目についてのみ定量的評価を試みたが、ひとたび大事故を起こした場合に、関連地域住民に与える有形無形の影響、更には広範囲な国民生活全般に及ぼす影響の重大さを考えると、今後、安全性向上効果に注目した超自動化設備投資についての認識は、ますます深まるものと考えられる。その場合の一つの目安として、本調査が有効に利用されることを期待する。

#### (3) 調査の信頼度

船内労働量軽減効果、運航経済性向上効果についてはこの調査で求めた試算結果は、算出理論上およびデータの精度上、一応信頼性の高いものと考えている。

安全性向上効果については、Lloyds の統計をベースとして、各種確率および推定値を用いている。これら数値の算出決定にあつては、できるだけ信頼性を高める努力をしたが、精度はヘミベル程度と考えられる。ある程度、超自動化船の運航実績が積み上げられるまでは、本計算値の  $\frac{1}{3}$  程度の額を安全性投資限度額と見るのが無難と考える。

#### (4) 想定定員の超自動化船実現の条件

本調査からは、経済面だけでは、20名、15名、9名の各定員の場合とも、船種によつては建造しても採算に乗るといふ感じを与えるが、検討の各段階で個別に指摘したとおり、実際に運航するためには、各種の環境条件の整備が必要である。その主なものは次のとおりである。

- ① 超自動化船を合目的・合理的に運航するためには、運航上最も適した乗組員制度の確立が前提となる。想定定員の場合、15名船では部員については縦割り制度を排し、9名船では職員についてもこの考え方を拡大適用するという前提条件で検討している点に留意ありたい。
- ② この検討を行なうにあたり、現在の船用機器の使用実績と信頼性についても、一応の調査を行なつたが、ある種の機器については信頼性が不十分である。今後、超自動化船の健全な発展をはかるためには、船用機器全般の信頼性の向上が非常に重要な要素となる。
- ③ 船内作業には、最終的に自動化から取り残される部分がある。本調査を行なうにあつても、主要なものについて

は、できるだけ指摘してきた。定員少放化に応じて、この取り残される部分を陸上で引き受ける必要が強くなる。超自動化船の運航を側面から強力に与える、陸上支援システムが確立されない限り、その効果は十分に発揮されない。

- ④ 第106研究部会を中心に、現在開発されている自動化は、船舶の運航について実現し易いシステムから始め、可能な限り1つのコンピュータ・システムとしてまとめられているが、このコンピュータ・システムに含まれていない自動化可能な装置もある。これら諸装置の自動化が開発されたとき、初めて超自動化船の理想定員による運航が、物理的に可能となる。
- ⑤ 投資効率の面から、あるいは安全性確率の面から見た場合、国際的な技術と法制面での協力が非常に重要な条件となる。たとえば、国際的に統一された航行援助方式や、航行管制法規の統一とその強力な実施策などが実現できれば、超自動化船建造の機運は、より一そう盛り上がってくるものと考えられる。

## 8.2 提 言

さきの結論とも関連して、わが国海運・造船業の将来の一そうの飛躍を念願し、つぎの各項を提言したい。

### (1) 本調査から得た結論の関係者への周知

超自動化船を発注し、建造する当事者が超自動化船はペイしないものと考えている限り、この調査は無意味である。見方を変え、前向きな評価によつて、超自動化船を建造すれば採算が向上することを、広く関係者に周知させ、超自動化船に対する理解を一そう深いものにする必要がある。

### (2) 環境整備の働きかけ

本報告書で指摘したとおり、超自動化船の運航を効果的に行なうには、船舶をとりまく環境条件の整備が不可欠である。環境条件とは、

船舶の運航と陸上整備の明確な分離とシステム化、  
乗組員に対する陸上支援体制の確立、  
造船・関連機器メーカーと船主との協力による機器・部品コードの統一、  
関連機器メーカーの相互協力による世界的なサービス・ネットの実現、  
建造計画から運航に至る段階までの、船主と造船所との人的交流システムの確立、  
衛星通信時代を迎えるにあつての陸上側システムの整備、

などの非常に広範囲の条件を含むものである。

### (3) 分散制御システムの開発

この調査によつて、超自動化投資可能額は、船種により、また航路によつて、同じ定員で運航する場合にも、かなりのバラッキがあることが判明した。また、当然のことながら、機能上要求されるシステムも船種、航路により異なってくる。したがつて、全システムを1台の中型(小型)コンピュータで統括するシステムを開発しても、将来、適用できる対象船は非常に限定される。たとえば、タンカーと鉱石専用船を比較した場合、投資可能額に数億円も差があるので、搭載システムの選定にも、資金的な面で制約を受けることが予想される。特に将来、定員の減少につれて、この差は大きくなる可能性がある。

以上の理由から、専用ミニ・コンピュータで制御する標準化された単一システムが豊富に準備され、船舶建造の際に船種、航路に最も適したシステムを選択し、トータル・システムを積木細工式に組み上げる方が、経済的にも有利になると考えられる。

### (4) 金融、計画当局への働きかけ

現状では、超自動化船の建造は、資金と金利の面で非常に制約を受けることが予想される。この調査によつて、安全性向上投資が生産性向上に大きく寄与することが、一部証明できたとも考えられるので、今後、超自動化投資を行ない、安全性向上を促さるような計画に対しては、開張融資や利子補給の対象と見なすなど、積極的な当局側のバック・アップ

ブが得られるよう、精力的に働きかけてゆくことが必要となる。

(5) より信頼性の高い投資額算出手法の確立

この調査のうち、安全性向上効果の定量的評価の試みは、全く前例がなく、理論構成や使用データなど、いろいろな点で不十分な部分があるものと思われる。この種の数値は、関係者の十分な理解と信頼を得ることによつて、初めて意義を持つ。今後、更に時間をかけてこの手法を改善し、一つの標準的手法として認められるものとする必要がある。

(6) 超自動化船に適応する乗組員の養成

超自動化船は、高度な造船技術と進展めざましいエレクトロニクス技術の融合のうえに出現した、技術的には一世代を画す成果であるが、この超自動化船の運航にあたる乗組員の制度、養成、再教育などについては、関係方面でようやく検討が開始された段階にある。

この調査でも、15名船および9名船については、現在の船舶乗組員とは全く異なる新しい制度で、新しい技術と知識を持つ乗組員が運航しているとの仮定を置いた。超自動化システムを駆使し、最も安全に経済的に運航する乗組員の養成が急務である。

### 第3章 データ伝送および関連技術の検討

#### ま え が き

計算制御システムを安定に作動させ、大きな機能を発揮させるためには、雑音対策が極めて重要である。

本ワーキング・グループは、44年度は計算機システムの電源、接地、データ伝送中の雑音についての考察とその対策等について検討し、報告書としてとりまとめた。

本年度は、昨年度に引続き、昨年度検討した事項の中で特に各種入出力信号の雑音対策について、数回の会合を持ち、さらに具体的な検討を行なった。

現在までのところ、船舶に実際に計算機を搭載して、計算制御システムについて得られた経験はほとんどなく、雑音対策を特に船舶用に限定して検討するのは困難であつた。

しかしながら、陸上用計算制御システムは実用期に入り、多くの設置例があるので、陸上で得た経験と文献等をもとに本問題の検討を行ない、ここに報告書としてとりまとめた次第である。

検討を進めて行く中、計算制御システムメーカー各社に共通なものもあるが、計算制御システムのハードウェアの相異により、おのおの雑音対策には異なつたものもかなりでて来、またこれらが各社独自に所有するノウハウに属する部分も相当に出て来た。このような事情から、一時はとりまとめが困難な場面もあつたが、各位の協力により、各社の「各種入出力信号の配線要領」を持ち寄り、それをもとに、項目ごとに整理し直してまとめたのが、以下に述べるものである。

もとより、これら配線要領は現時点では、各システムごとのノウハウの色彩が濃いのが、将来は一般共通の基準として定められるべきものとの点で、各員の見解は一致しており、本報告書がそう云つた意味で、十分生かされて、その実現のために役立つてくれれば、非常に幸いと考える。

なお、資料の提供は、日本電気、日立製作所、富士電機、北辰電機、三菱電機の5社であり、検討の参加者は以下の通りである。

#### 45年度第106研究部会コンピュータ・システム分科会

#### データ伝送および関連技術の検討ワーキング・グループ

#### 参加者名簿 (順不同)

大坪敬彦	株式会社北辰電機製作所システム技術部門 担当補佐 東京都大田区下丸子3-30-1 759-4141
仁田周一	三菱電機株式会社 本社システム技術部課長代理 鎌倉市上町屋325 三菱電機鎌倉製作所内 鎌倉 0467-46-1111
高橋正昭	富士電機製造株式会社 制御技術本部 計算制御部 第2課長 川崎市田辺新田1-1 川崎 044-33-7111
中村登	日本電気株式会社 コンピュータ事業部方式技術部 東京都府中市日新町1-10 武蔵府中 0423-64-1111
井原広一	株式会社日立製作所大みか工場計算制御ソフト設備部主任技師 茨城県日立市久慈町5200 久慈派 029452-3131
山崎文昭	日本電気株式会社 情報処理システム技術開発部 東京都港区芝4-14-2 452-1111
瀧井敏之	三井造船株式会社 技術本部制御システム技術部課長 東京都中央区築地5-6-4 543-3111

# 1. 一般事項

## A 社

### (1) ケーブルの選択

- a フィールド配線に用いるケーブルは、ダクト、ピット、トラフに通す場合は、制御用ビニル絶縁ビニルシースケーブル (CVV、JIS-C3401) その他の場合は、クロロブレンキヤブタイヤケーブル (RNCT、JIS-C3311) の使用を原則とする。

### b 芯線の太さは

2.0 mm<sup>2</sup> (約10Ω/Km)

1.25 # (#16Ω/Km)

0.75 # (#25Ω/Km)

0.5 # (#38Ω/Km)

のいづれかを選ぶ。

- c アース線には、2.0 mm<sup>2</sup>以上の線を使用する。

- d 線間の浮遊容量 (Stray Capacity) Cは、

$$C = \frac{25}{\log_{10}(b/a)} \text{ PF/m となる。}$$

多芯ケーブルでは  $b/a = 5$  で、 $C = 35 \text{ PF/m}$  位になるが、他線の影響も考えて  $50 \text{ PF/m}$  とみなして設計する。

個別シールド線、Twist 線、同軸ケーブルは、この値の2倍と考える。

シールド線は接地点以外で他の導体 (他のシールド線を含む) と接触してはならない。

### (2) 電力線と信号線の隔離

信号線を雑音源から離すことは雑音対策として最も確実である。下記事項を守ること。

- a 同一ダクト内に信号線と電力線を共存させないことを原則とする。  
b 同一ピット内で信号線と電力線を平行させない。  
c 信号線と電力線の距離は、100V5Aの時50cm以上、200V50Aの時1m以上離すことを目安とする。

## B 社

### (1) ケーブルの選択

すべてのケーブルは、過度な熱、水分、および機械的損傷にさらされないよう、また過度な曲げを受けないように、コンジット、あるいはトレイを通す必要があり、さらに、強い電氣的過度現象を生じるサイラトロン、イグナイトロン、SCR装置などとのカップリングを避けるよう配慮すること。

ケーブルは、その用途により、

- (a) 電力線  
(b) システム間配線  
(c) アナログ信号線  
(d) デジタル信号線

に分け、これらを同一のコンジット、またはケーブルトレイ中に混在させないようにすること。

C 社

(1) ケーブルの選択

a ケーブルの最低基準は次の通りとする。

絶縁抵抗	500 M $\Omega$ /1km	500 VDC 以下
絶縁耐圧	500 VAC	1分間
耐温度	-10~+60 C	連続
燃性	一端を加熱し、燃えあがらせた後加熱を止め延焼しないこと	
可撓性	半径200 mmより小さいこと	
構造	シールドなど導電材料は他に対して絶縁されていること	

b ケーブルの芯線の太さは、対照線、2芯シールド線および3芯シールド線においては、0.25~1.65mm<sup>2</sup>を標準とし、シールドつき24対信号ケーブルGPEV-S(A $\phi$ )においては、0.65 $\phi$ を標準とする。

(2) ケーブルの布設

a 動力ケーブルを信号ケーブルと同一ダクトに入れてはならない。

b 電源ケーブルと信号ケーブルとは、極力同一ダクト内に入れぬこと。やむを得ない時々は融壁を設けて、これを第3種接地を行うこと。

c ケーブルラック内には、電源ケーブルと信号ケーブルとは、60cm以上離すようにするか、融壁を設けて、これを第3種接地を行うこと。

d 動力ケーブルと平行する布設は避けること。やむを得ない場合は1m以上隔離すること。

e 動力ケーブルと交叉する布設は避けること。

やむを得ない場合は直角交叉とする。

(3) 個別項目における接地基準は一例を示すものである。

受信側の回路構成によつて記載された基準と相異なるものがあるから注意すること。

D 社

(1) ケーブルの選択

a 使用線サイズ

AWG	#16	(12 $\Omega$ /1,000 m	1.3 mm <sup>2</sup> )
"	#18	(20 $\Omega$ /1,000 m	0.8 mm <sup>2</sup> )
"	#20	(30 $\Omega$ /1,000 m	0.5 mm <sup>2</sup> )

を標準とする。

b 線間絶縁及び大地間絶縁

1.5 M $\Omega$ /1km以上

c 耐圧

600V以上

d 外被

通常の場合 ビニール又はポリエチレン、シース

100~200℃ テフロン シース

e 線ノツキ

銅ノツキ線とする。

f 端子箱

通常、プロセス入出力装置（以下P I Oと略記する）、信号源間に中継端子箱を設け、当社ユーザーのケーブル敷設の責任分岐点とすると同時に、試験時のチェック入出力用に供する。

(2) ケーブルダクト

信号線の配線は必要があれば導電性ダクトを用いて配線する。同一ダクト内には信号線と、電源系配線は混在させない。止む得ず共用する場合は電源系配線は厚鋼コレジットに入れるか双方をシールドする。

E 社

(1) 配線系統分類

盤外配線を下記の6系統に分類する。

分 類	記 号	内 容	
強電回路	主回路	HM	強電の主回路（高電圧、大電流）で例えば主SCRスタックのAC電源やDC主回路
	一般制御回路	HC	AVR、低圧c t t 算の制御回路用電源及電子応用制御回路を除く一般制御回路
	フィードバック回路	FB	強電回路からのフィードバックなど強電回路から電圧、電流などを無接点回路にとり込む連絡回路
弱电回路	低電圧直流制御回路	LC	小型継電器（例えばワイヤスプリングリレーリードリレー等）などを使用したDC48V以下の回路
	信号回路	LT	雑音に対して比較的弱い素子例えばトランジスタIC（集積回路）などを使用したT O Aトランジログ計算機用パッケージなどの回路
	特殊信号回路	LS	電圧が48V以下で電流がmAオーダーとか高精度を要求されるなど雑音に対して極度に注意を要する回路

(2) 配線系統色別

配線系統に於いてLT LC LSの3系統の電線は赤色被覆電線を使用すること。

但し赤色被覆電線を使用出来ない場合は電線の両端に赤色ビニールテープ又はビニールバンドによる色別を施すこと。

(3) 配線布設距離

a 配線系統間の最小距離は下表による。（単位mm）

系 統	線 種	ケーブル処理	FB LT	LC
HM HC			250	300 (注2)
LC			150 (注1)	S：シールド線又はそれと同等以上の電線（別途指定） C：コンジットパイプ又は密閉ダクト
FB LT	S	C		

(注1) LC系統をコンジットパイプ又は密閉ダクトに入れた場合LT FBとの間隔は50mm以上とする。

(注2) LC系統をコンジットパイプ又は密閉ダクトに入れた場合HM HC系統との間隔は150mm以上とする。

(注3) LS系統との他系統間の最小距離は下記とする。HM HCとLS間1,000mm以上、FB LTとLS間500mm以上LCとLS間500mm以上

(注4) FBとLTは同一ダクト内に収容しても可

b 制御盤に配線と立上げる場合等止むを得ず上表の配線系統間距離を守ることができない場合は平行して布設する距離

が1ヶ所2 m以内同一ケーブル2ヶ所までを限度とし上表の $\frac{1}{2}$ を最小間隔とすることができる。

- c 2つ以上の配線系統が交叉する時上表の配線系統間距離を守ることができない場合は交叉角度を $60^\circ \sim 120^\circ$ の範囲内で2ヶ所を限度として上表の $\frac{1}{2}$ を最小間隔とすることができる。
- d H M系統が高压 (AC 600V DC 750V を越えるもの) または定格電流が1,000Aを越える場合はH M系統と他の系統の最小距離を上表の2倍とする。
- e 特別高压 (AC 7,000Vを越えるもの) または定格電流が6,000Aを越えるH M系統或いは溶接機電気炉のように特に雑音の多い機器との間隔については迂回などして平行接近を避け、上表の1.0倍以上の距離をとること。

## 2. デジタル入力信号

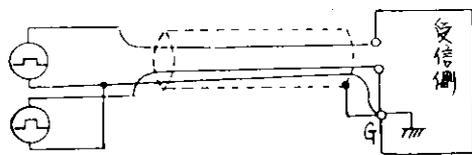
### A 社

#### (1) 使用ケーブル

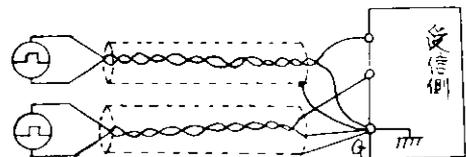
- a デジタル入力 16ビット+コモン1本の17本を一括シールド
- b パルス列入力 低速 (5パルス/秒以下程度) 一括シールド  
高速 (5パルス/秒以上程度) 個別シールド、対撚線

#### (2) 接 地

シールドは、受信側ターミナルのG端子で接地



低速パルス列入力



高速パルス列入力

### B 社

#### (1) 配線要領及び使用ケーブル

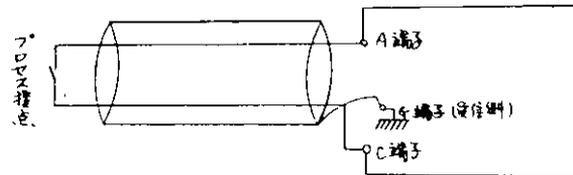
- a 接点入力：外被をシールドする必要がない。
- b レベル入力：一括シールドが必要。
- c デジタル出力のラインあるいは、リレーのコイルを通るライン大電流をスイッチするラインと同一ケーブルに取めないこと。
- d 割込入力、パルス入力のラインとは同一ケーブルに取めてもかまわない。
- e パルス入力：接点入力信号の場合ほとんどシールドケーブルを使用する必要はないが、レベル入力の場合にはシールドケーブルを使用し、必ず2線をツイストすることが必要である。
- f 使用ケーブルの例

導 体 公 称	ターミナル接続： 0.8～1.25
断 面 積 (mm <sup>2</sup> )	コネクタ接続： 1.25以下(コネクタによる)
シールド (銅またはアルミテープでブ ンブ端子が形成可能なこと)	接点信号： 通常は不要、環境に応じ、一括シールド レベル信号： 一括シールド

導 体 抵 抗 (20℃Ω/km)	入力信号： とくに制約なし 出力信号： 負荷抵抗の10%以下
対 燃 線 必 要 性	無
よ り 線	必 要

(2) 接 地

図に示すように、配線すること。シールド線を用いた場合はG端子へ接続し接地する。



C 社

(1) 使用ケーブル

- a デジタル入力および低速パルス列入力 (50ボー以下)

銅テープ一括シールド対線

芯線 0.65φ以上

レベルの異なる他種信号とは一括しない

- b 高速パルス列入力 (50ボー以上)

シールド対燃線

(2) 接 地

- a 発信側回路が浮いている場合

シールドおよび回路は受信側で接地

- b 発信側回路が浮いていない場合

発信側筐体を接地せず、上記と同様にする。

- c 発信側回路が接地されている場合

シールドは発信側で接地し、受信側は絶縁した受信回路を組む。

この場合は、他信号とは一括しない。

D 社

(1) 使用ケーブル

- a 信号は二線式とし一線を信号ライン、他をコモンラインとする。

- b 対燃線を使用し、多芯シールドケーブルとして敷設する。

(2) 接 地

P10 受側でケーブルシールドを一括接地する。

(3) そ の 他

- a 距離条件 15m以上の場合、信号レベル、信号源インピーダンスを要する。

- b 速度条件 パルス入力に対してはライン浮遊容量、シリーズインピーダンスを速度に応じて規定する。

(1) 使用ケーブル

0.5mm<sup>2</sup>ツイストペアー 一括シールドケーブル  
(KPEV-SまたはKPEV-SB)

(2) 接 地

受信側 (PI/O 側) にて一点接地

### 3. アナログ入力信号

#### 3.1 一 般 事 項

A 社

B 社

- (1) 2本の信号線はツイストされた熱線を使用する。
- (2) 各信号線にはシールド線を用い、同じグループのアナログ入力信号は一括シールドにしてもよい。
- (3) 信号線およびシールド線は一点接地とし、接地点以外では対地および他の電位から絶縁されていることが必要である。  
したがって途中でケーブルを接続する場合には下図のように配線する。
- (4) 信号線およびシールド線は、電圧レベルに変換された箇所で接地することを原則とする。
- (5) シールド線の接地は、信号線の接地と同一箇所で行ない、シールド線の二ヶ所接地も避けること。
- (6) 電圧レベルに変換された後の2本の信号線のインピーダンスはアースに対してできるだけバランスしていること。
- (7) 信号の送信はできるだけ高レベルで行なうことが望ましい。
- (8) 信号ケーブルは変圧器、モータなどの強い磁界を避け、又電圧線と平行又は近接して敷設しない事。
- (9) デジタル入出力のケーブルとはコンジット又はダクトを分離すること。分離できない時は同一のコンジット内に鉄板で境をとる事。

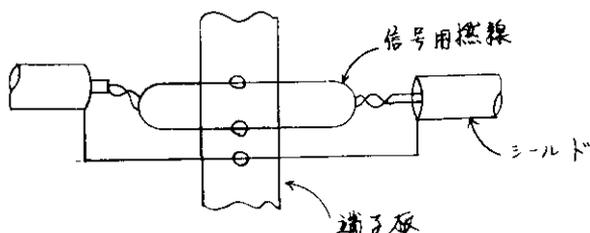
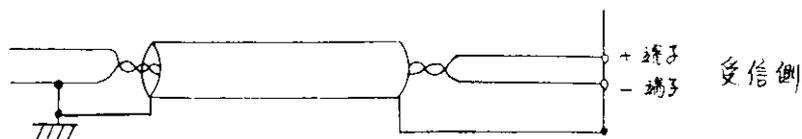
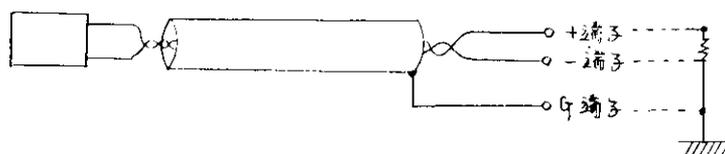


図 2.1.1 シールドの中継端子板での接続



(a) 電圧レベル入力



(b) 電流入力  
標準的な接続法

C 社

D 社

E 社

### 3.2 熱電対

A 社

#### (1) 選 択

熱電対として用いられているものは通常次の4種である。

白金—白金ロジウム ( P R )

クロメル—アルメル ( C A )

鉄—コンスタンタン ( I C )

銅—コンスタンタン ( C C )

雑音の影響の観点からいうと、補償導線の2線の抵抗比の大きいCC ( 28 : 1、他の熱電対は5 : 1程度 ) はコモンモード雑音の大きい所での使用はさけるのが望ましい。

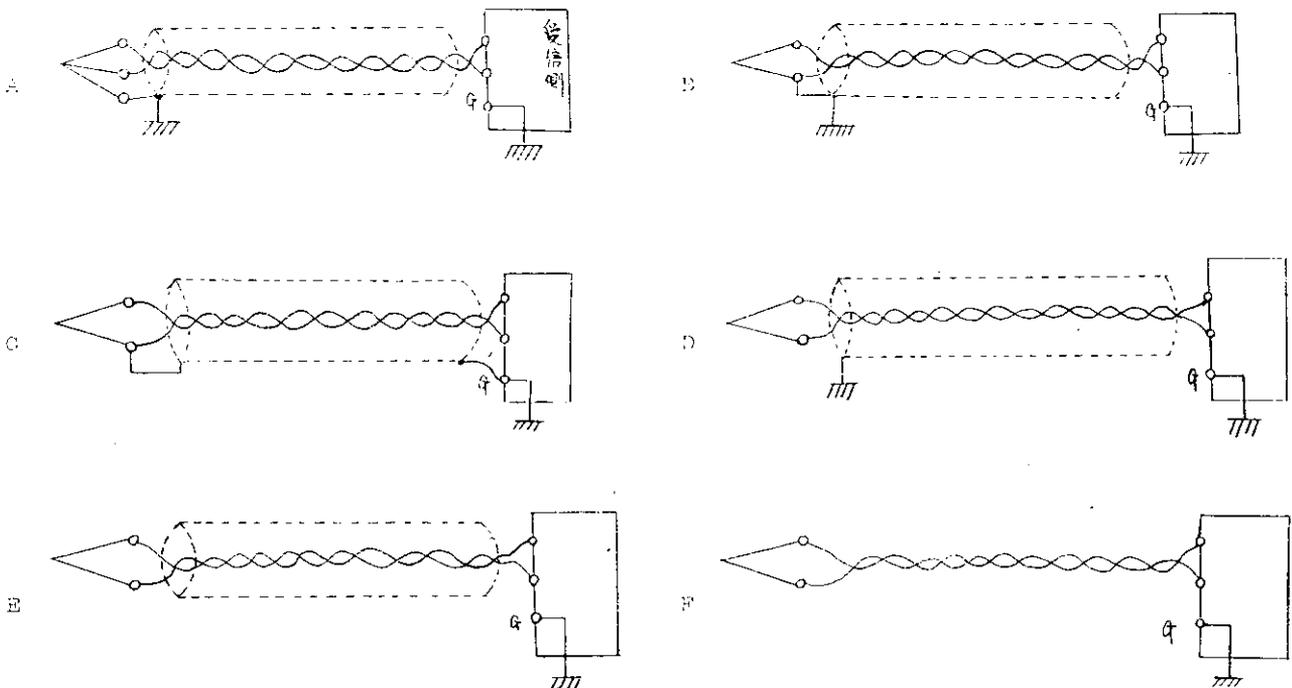
#### (2) 使用ケーブル

ツイストされた補償導線

個別シールド

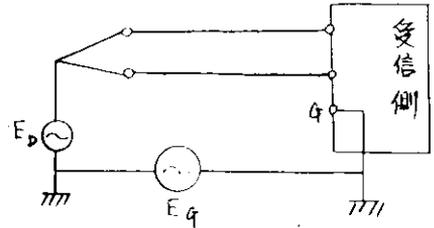
#### (3) 接 地

下図 A ~ F の6通りの方法が考えられる。



A～Fの選択の基準は次の通りである。

- a Aが最もすぐれているが、実用上からいつてBまたはDをおすすめする。
- b 検出端付近で接地することが容易でないときは、次善の策としてCまたはEのように受信側で接地する。
- c CまたはEは検出端の絶縁に十分注意をはらわねばならず、もし先端の絶縁抵抗の劣化が予想される場合は、C、Eより、むしろシールドなしのFを採用する。
- d  $E_D$  に対する策が必要なときはAを採る。現場接地が困難なときは絶縁保護管を用いる。
- e 測定対象が重電機器の場合、現場接地は、機器のケース、そのものとなり、 $E_D$  が大きくなる危険がある。この場合先端の絶縁に注意した上で、CまたはEの形を採る。



## B 社

### (1) 選 択

熱電対は次のもののジャンクションが用意されている。

- 鉄 — コンスタantan (IC)
- クロメル — アルメル (CA)
- 銅 — コンスタantan (CC)
- 白金 — 10%ロジウム (PR)
- クロメル — コンスタantan (CRC)

### (2) 配線要領及び使用ケーブル

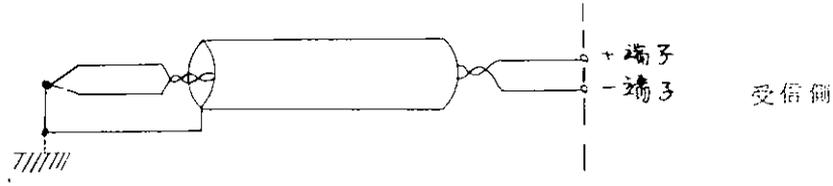
- a 熱電対用補導線は熱電対と同一材質のものを使用し、⊕信号線と⊖信号線の抵抗差はできるだけ小さくおさえることを原則とする。CAタイプの場合、通常の計装では銅—コンスタantanが広く用いられているが、計算制御用計装として用いるには精度的に不十分であり、熱電対と同一材質、または少なくとも鉄—銅ニッケル合金(17C)の使用を推奨。
- b 熱電対信号のうちラインの長さが200mをこえると外部誘導ノイズをひるいやすいので、とくに配線に注意すること。
- c 熱電対信号を計算機および多点指示計の両方に導びく場合にはダブルエレメントにする必要がある。
- d シールド付補導線の種類については、JIS C1602C規定があるが、ASA規格によることを原則とする。JIS ASA両規格の比較を表に示す。

	J I S				A S A ( I S A )			
	材 質	測定温度 (°C)	許 容 差		材 質	測定温度	許 容 差	
			一般用	耐熱用			Standard	Special
PR用	指定なし	0~100未満 100 150	±3 deg — —	— ±3 deg ±8 deg	銅— 銅ニッケル合金	75~400	±12 °	
CA用	指定なし	0~100未満	±3 deg	—	熱電対に同じ 鉄— 銅ニッケル合金	0~400	±4 °	
		100 150	— —	±3 deg ±5 deg		75~400	±6 °	
CRC用	—	—	—	—	熱電対に同じ	0~400	±3 °	
IC用	指定なし	0~100未満	±3 deg	—	熱電対に同じ	0~400	±4 °	
		100	—	±3 deg			±2 °	
		150	—	±5 deg				
CC用	指定なし	0~100未満	±3 deg	—	熱電対に同じ	-75~200	±1½ °	
		100	—	±3 deg			±3½ °	
		150	—	±5 deg				

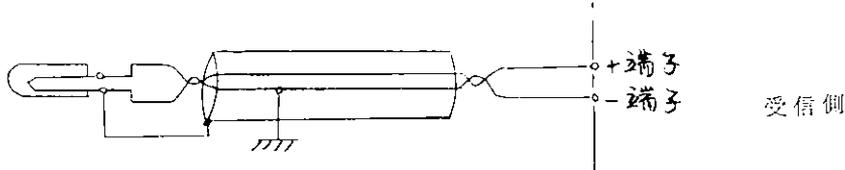
B 社

(3) 接 地

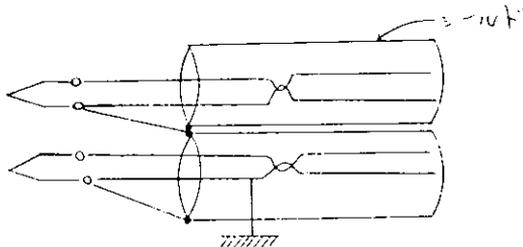
- 熱電対およびシールド線の接地はできるだけ先端に近い所で実施。



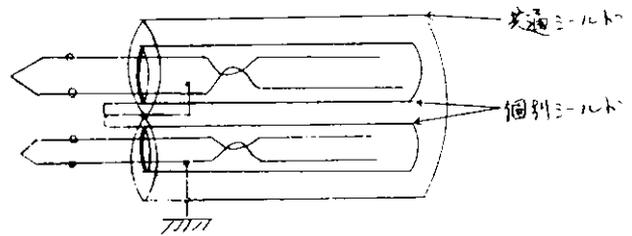
(a) 先端で接地する場合



(b) 先端で接地しない場合



(c) 共通シールド



(d) 二重シールド

C 社

(1) 選 択

極力コモンモード雑音を抑えるようケーブルを布設するが、補償導線の抵抗比の大きいものの使用は極力避けること。

(2) 使用ケーブル

シールド対燃補償導線。

(3) 接 地

発信側回路が浮いている場合

シールドおよび回路は受信側で接地

発信側回路が接地し、受信側は絶縁した受信回路へ組む。

D 社

E 社

(1) 選 択

特になし

(2) 使用ケーブル

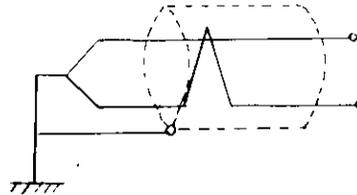
0.5mm<sup>2</sup>対燃線 各付シールド付

(注) シールド線は内部シールド線を使用すること(外部シールド線は使用しないこと)  
 芯線はより線を使用すること。(下図参照)



(3) 接 地

下図のように接地する。



3.3 測温抵抗体およびスライドワイヤ

A 社

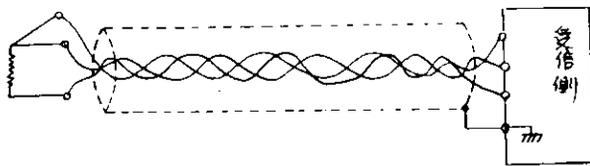
(1) 使用ケーブル

3線毎 twistされたシールド線、シールドは一括シールドでよい。  
 三線式のため多少の導線抵抗は無視できるが下記規格を守る。

	導線抵抗	
50 Ω白金抵抗体	4 Ω以内	2 mm <sup>2</sup> の線で400 m以内
		1.25 mm <sup>2</sup> の線で250 m以内
100 Ω白金抵抗体	6 Ω以内	2 mm <sup>2</sup> の線で600 m以内
		1.25 mm <sup>2</sup> の線で330 m以内

(2) 接 地

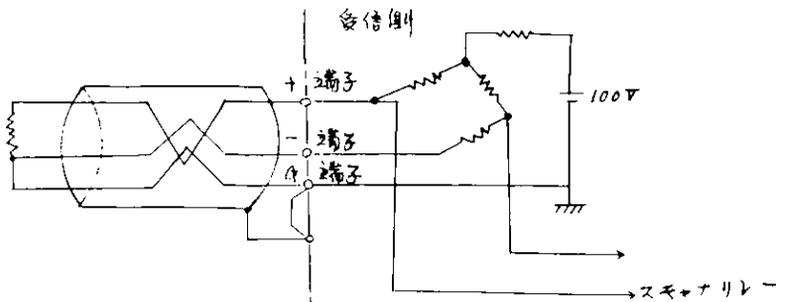
シールドは受信側ターミナルG端子で接地



B 社

(1) 配線要領及び使用ケーブル

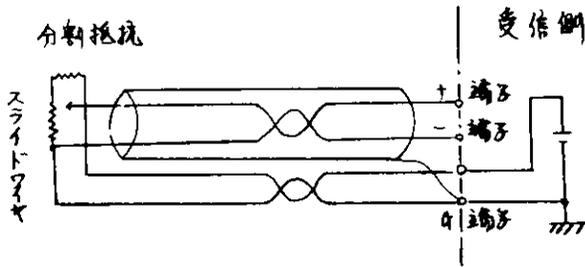
- a 測温抵抗体入力ラインは3心のツイストされた撚線導体を用い、それぞれの信号線に対してシールドすること。
- b 各ラインの抵抗はできるだけバランスをとること。
- c スライドワイヤの電源を計算機側より供給するときは、電源供給ラインに乗るノイズはノルマルモードノイズとなるの



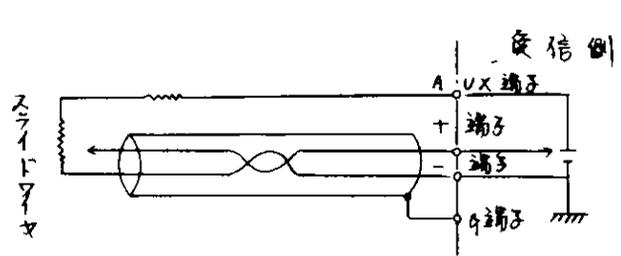
測温抵抗体入力

で十分注意すること。

- d 数本のスライドワイヤ入力がある場合は、電源供給ラインは1時にまとめることができる。
- e 4心燃線の方が3心燃線より高精度であるが、計算機からの距離が近く、ノイズの影響をあまり受けない場合には図のように3線式で接続することもできます。



スライドワイヤ入力



3線式スライドワイヤ

(2) 測温抵抗体、スライドワイヤケーブルの例

導体公称断面積	mm <sup>2</sup>	0.75
導体素線数/素線径	mm	3, 0.18
導体外径	mm	1.15
絶縁体厚さ	mm	0.33
線心数	本	2, 3, 4
線心燃合せ外径	mm	0.13
遮蔽素線径	mm	
遮蔽編組厚さ	mm	
ビニールシース厚さ	mm	
仕上外径	mm	
導体抵抗 (20℃)	Ω/Km	15.0
試験電圧	V	1,500.0
絶縁抵抗	MΩ/Km	15.0

C 社

(1) 選 択

- 2線式の場合は2.1.1に準じた配慮を要する。
- 3線式の場合は特別の配慮は不要である。

(2) 使用ケーブル

2線式のもの

シールド対燃線

3線式のもの

一括銅テープシールド3線より線

芯線の太さは、伝送距離より決定する

(3) 接 地

発信側回路は必ず浮かし、シールドおよび回路は受信側で接地する。

D 社

抵レベルに準ずる。

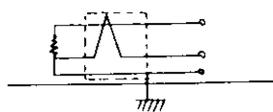
E 社

(1) 使用ケーブル

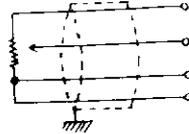
0.5 対熱線 各付シールド付 (内部シールド)

(2) 接 地

下図のように接地する。



a 測温抵抗体



b スライド抵抗

### 3.4 低レベル電圧

(100 mV 以下程度)

(1) 使用ケーブル

ツイストされた個別シールド線

(2) 接 地

a 信号源がフローティングの場合

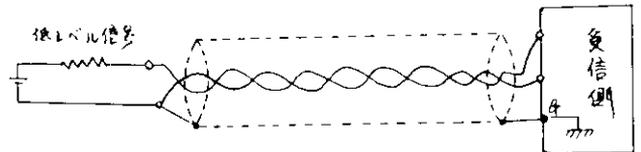
信号源にてシールドを信号の負側に持続し、受信側ターミナルで接地する。

b 信号源が一片線接地又は、一定電位を有する場合

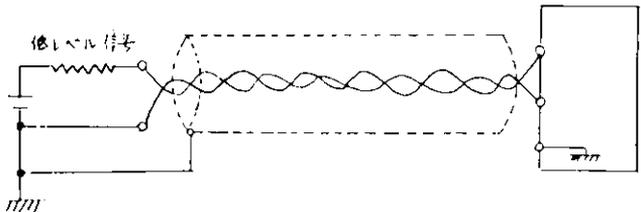
シールドを信号源にて接地する。

受信側入力のコモンモード許容電圧、10 V を越えぬよう注意する。

A 社



a の場合



b の場合

B 社

熱電対に準ずる。(0 ~ 数10 mV 程度の入力)

C 社

(100 mV 以下)

熱電対に準ずる。

D 社

(低レベル、0 ~ 数4 mV)

(1) 使用ケーブル

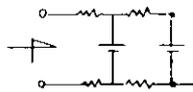
- フローティング平衡二線式とする。
- 対熱線を用いて、多芯シールドケーブルとする。

(2) 接 地

- P I O 側でケーブルシールドを一括接地。
- 熱電対入力の場合に限り熱電対先端接地を予想し、信号源側でシールド接地を行なう。

(3) その他

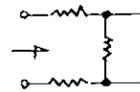
- a ノーマルモードノイズ除去のための注意
  - 信号ループに含まれる線材は同一のものを使用する。
  - 埃の付着等による電解作用発生を防ぐため、接続部は密閉する。
  - リーク電流を除き、オフセット電圧発生を防止する。  
熱電対入力の場合は補償導線を利用する。
- b コモンモードノイズ除去のための注意
  - 電力線、重電装置、D C 電源との電磁結合を除く。
  - 放射ノイズ(電界として空中に放射されるもの)はラインフィルターで除くか、発生源を止める。
  - 敷設された信号ライン二線のインピダンスバランスに注意する。
- c 受端処理



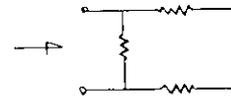
イ ノイズフィルター



ロ 電圧入力整合



ハ 入力分割



ニ 電流—電圧変換

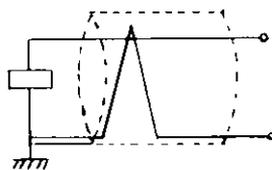
E 社

(1) 使用ケーブル

0.5 対燃線 各付シールド付(内部シールド)

(2) 接 地

右図のように接地する。



3.5 高レベル電圧

A 社

(5 V ほどおよび電流信号)

(1) 使用ケーブル

一括シールド、多芯ケーブル  
ツイストの必要はない。

(2) 接 地

シールドは受信側ターミナルの G 端子で接地

B 社

熱電対に準じるが、一括シールドでよい。(5 V ほどおよび電流信号)

C 社

(5 V ほどおよび電流信号)

(1) 使用ケーブル

銅テープ一括シールド対線

(2) 接 地

発信側回路が浮いている場合

シールドおよび回路は受信側で接地

発信側回路が浮いていない場合

受信側筐体を接地せず、上記と同様とする

D 社

高レベルは低レベルに準ずる。

E 社

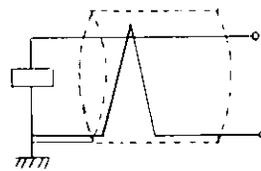
(-10V ~ +10V DC 0 ~ 20 mA)

(1) 使用ケーブル

0.5 mm<sup>2</sup>対照線 各付シールド付(内部シールド)

(2) 接 地

右図のように接地する。



4. デジタル出力信号

A 社

(1) 電圧出力

a 使用ケーブル

ツイストされた個別シールド線

b 接 地

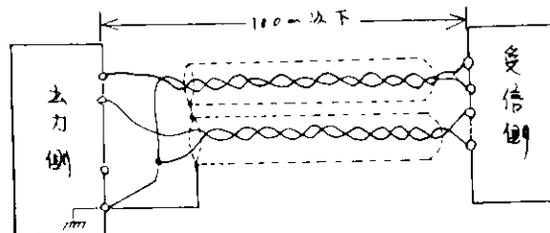
シールドは計算機出力側のG端子で接地

各信号の負側はG端子に接続する。

c 条 件

配線距離は100m以下とする。

受信側はフローティングでなければならない。



フローティング

(2) トランジスタスイッチ出力(オープンコレクタ)

a 使用ケーブル

シールドの必要はないが他の信号線への影響が考えられる時には一括シールドを行なう。

b 接 地

一括シールドをした場合、シールドは計算機出力側G端子で接地する。

c 条 件

配線の浮遊容量を0.01μF以下におさえる。

線材により浮遊容量は異なるが、一般的に配線長は200m以下に制限される。

(3) 接点出力

a 使用ケーブル

特に指定はない、シールドは不要

b 接 地

シールド線を使う場合、シールドは受信側で接地する。

c 条 件

マイクロリードリレ、水銀リレの接点はサージ電流に弱いので配線長は200m以下に制限される。

B 社

(1) 電圧出力、オープン、コレクタ出力

a 使用ケーブル

- twistされた一括シールドのケーブル(デジタル入力の項の使用ケーブルと同じ)を使用する。

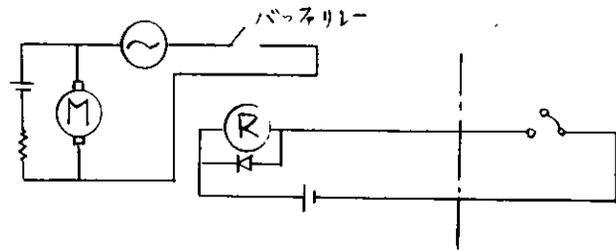
b 接 地

- 計算機側のG端子で行う。
- その他は、接点出力に準じる。

(2) 接点出力

a 配線要領及び使用ケーブル

- デジタル出力ラインを通じて計算機側にリレー、ブザー、モータのオンオフ時に越るスパイクノイズを送らないようスパス、キラーを入れること。
- 高電圧、あるいは交流を使用せざる得ないときは、なるべくDC用のバッファリレーを通すこと。
- ケーブルの線心は、そこに流れる電流値、距離および許容される電圧降下から決定し、10~15%程度の余裕をとつておくこと。また、撚線の使用を推奨する。
- コモンラインなど、他よりも電流が多く流れる可能性のあるものは一つの信号を送るのに数本の線を使用するようにして、全体の線をあまり太くしないよう配慮すること。
- 信号の送りと返しはできるだけ同一ケーブルに収めること。



バッファリレーを用いた回路

b 接 地

- 計算機室外に送るRDAアナログ出力ライン以外はとくに外被をシールドする必要はない。ただし、デジタル出力ラインに交流を使用している場合には、そのケーブルをシールドしその両端を接地して他に影響を及ぼさないよう配慮すること。

C 社

a 使用ケーブル

入手信号と同じ

b 接 地

接点出力

シールドは出力側で接地

受信側回路は、接地、非接地を考慮する必要なし

レベル出力

シールドおよび回路は出力側で接地

受信側回路は接地されてはならない。

## D 社

### (1) レベル出力

15 m以下に適用し、長距離に亘る場合はリレーで中継する。

#### a 使用ケーブル

- 信号は単心とし、必要に応じて同軸線を使用する。
- 多芯ケーブルとし、一括シールドを施す。

#### b 接 地

同軸シールド、及びシールドはPI/O出側で一括接地する。

### (2) 接点出力

#### a 使用ケーブル

- 二線式とし、多芯ケーブルで敷設する。
- 長距離(通常100 m以下)の場合シールド付とする。

#### b 接点保護

- リードリレー使用時は図路のL、Cを規定すると共に、接点間に適当な火花消去器を挿入する。

## E 社

### (1) 使用ケーブル

0.5 mm<sup>2</sup>対燃線 一括シールドケーブル

(KPEV-SまたはKPEV-SB)

### (2) 接 地

受信側(PI/O)にて一点接地

## 5. アナログ出力信号

### A 社

配線の方法は高レベル電圧入力と同一に考えれば十分である。

### B 社

#### a 使用ケーブル

- (a) RDアナログ出力のケーブルは、それだけで単独にし、アナログ入力ケーブルと同様2線の燃線で一括シールドされたものを使用する。
- (b) パルス幅(列)出力の場合はシールドケーブルを使う必要はないが、流れる電流による電圧降下を考慮して大きさを決定する必要がある。

### C 社

#### a 使用ケーブル

高レベル電圧入力信号と同じ

#### b 接 地

シールドおよび回路は出力側で接地

受信側回路は接地されてはならない。

## D 社

比較的高レベル、低インピーダンス (FULL SCALE 5V 以上、出力インピーダンス100Ω以下)出力とする。

### a 使用ケーブル

- 二線式とし、対撚線多芯ケーブル使用
- 長距離に亘る場合、及び途中に高レベルのノイズ源が予想される場合は一括シールドを施す。

### b 接 地

- P I O 出側でシールドを一括接地。

## E 社

### (1) 使用ケーブル

0.5mm 対撚線 各対シールド (内部シールド)

### (2) 接 地

発信側 (P I O)にて一点接地

# 第4章 超自動化船のシステム分析および乗組員教育訓練用 シミュレータ・システムの研究

## 緒 言

最近のGPC構想(船舶士)と超自動化船の実用化のすう勢の中にあつて新規乗組員の教育、従来の乗組員の再教育が重要な課題となつており、これら乗組員教育の有力な手段である訓練用シミュレータにつき調査、研究を行なつた。

本研究は当初超自動船乗組員の訓練用シミュレータの研究を目的として出発したが衆知の通り超自動化船は昨年9月以降星光丸、三峰山丸と相次いで就航し、実航海におけるシステムのハード・ソフトウェア両面でのテストが実施されており、その成果の確認が急がれている段階にあるため、超自動化船を対象としたシミュレータ・システムの確立は時期尚早と判断し、ここではその前段階と考えられるMO船を対象に考慮した。

本調査、研究においては主として現状における訓練用シミュレータの調査、乗組員の作業分析によるシミュレータの訓練範囲の選定、シミュレータ・システムの主要構成の確立を行ない今後の開発の方向づけ、開発事項の抽出を行なつた。

訓練用シミュレータにおいてシミュレーションのフィデリティ(忠実度)およびフィーリングが機能上非常に重要な点でありこれらの度合によりシミュレータの有効性が決定されると思われる。すなわち、模擬する数学モデルをどの程度忠実に再現するかであり、訓練を行なう環境および模擬される視界がどの程度実際に近く再現されるかである。

この両者とも人間の感覚により、左右され、仕様上規定していくことが多く、訓練効果、コスト・パフォーマンスの観点とも密接な関係があるため、上記2点を中心に教育カリキュラムの内容を含め今後検討を続け、シミュレータを開発しその効果を確認する必要がある。

## 1. 概 要

### 1.1 内外におけるシミュレータの現状

#### 1.1.1 わが国における訓練用シミュレータの現状

シミュレータには用途上から、解析用と訓練用とに大別でき、また模擬演算を実行させるコンピュータの種類から、アナログ方式、デジタル方式、ハイブリッド方式に分けることが出来る。解析用シミュレータは主としてマン・マシンシステムの動特性を対象に解析を行なうもので、わが国でも各大学、諸官庁で基礎研究用として比較的大規模な科学技術システムの予測計算や最適制御計算などを行うシミュレータがあり、また主導的な企業では、プラントの動特性、開発機器の性能特性などの具体的な制御対象の動特性のシミュレーションを行なう目的で、応用解析用シミュレータを開発設置している例がある。

一方訓練用シミュレータは、実物装置と同じような機能を有するものでとくに急速な技術革新によつて機械装置システム自体が複雑化し高性能化したため、最近ではこれらのオペレータにも高度な運転操作技術が要求されるようになり、またこれを組織的に、短期間に、効率よく適確に教育するものとして訓練用シミュレータが開発されるようになった。

こゝ数年の間にわが国において開発、設置された訓練用シミュレータの状況を表1.1に示す。

訓練用シミュレータとしては、航空機をはじめ、潜水艦、原子力発電所、火力発電所、列車などの運転、操作訓練用のものが開発されているが、最近とくに産業界の各方面で訓練用シミュレータが重要視されて来ている。

船舶関係の訓練用シミュレータとしては昭和37年に防衛庁に設置された潜水艦潜航操縦訓練用シミュレータがあるが、これは地上において潜水艦操縦の実際に相似した環境条件を与える装置を作り、潜航指揮、ジョイスティック操舵による操艦法、注排水移水操作による潜入、浮上ならびに潜航中の操艦法、吊揚時の注排水移水操法、各種海象条件、トリム条件および故障条件またはそのいずれかに対する応用動作などの訓練が出来るようになっていた。

また本装置は訓練台、同駆動装置(ローリング、ピッチング)、管制卓、サーボ式特性相似機構、艦体特性、相似機

表 1.1 わが国における訓練用シミュレータの開発設置状況

名 称	納入先	訓練目的	演算方式	構成規模	備考
潜水艦 潜航操縦訓練装置	防衛庁 (1962年)	乗組員の潜航訓練用	アナログ方式	訓練台、同駆動装置、管制卓、サーボ式相似機構、船体特性相似機構(演算増巾器83、ポテンシヨメータ80)	
フライト・シミュレータ	防衛庁 (1963年)	正・副パイロットの訓練用	アナログ方式	コックピット、教官コンソール、コンピュータ(演算増巾器約200、サーボ機構60)	F104J用
火力発電所 運転訓練用シミュレータ	東京電力 (1965年)	運転員の訓練用	アナログ方式	B T G 盤、運転操作表示盤、指導員盤タービン起動盤、リレー盤、コンピュータ(演算増巾器130、ポテンシヨメータ265)	350MW火力発電所
動力車 運転シミュレータ	日本国有鉄道 (1967年)	列車運転の人間工学的研究、解析ならびに運転員訓練用	アナログ方式	運転台、同動揺装置、視界再現装置、音響装置、環境装置、計測装置、計算制御装置(演算増巾器40、ポテンシヨメータ50)	EF65型電気機関車
レーダ・シミュレータ	海技大学校 (1969年)	船長、航海士の航法訓練用	アナログ方式	模擬船橋(自船用)、管制卓、対航船操作盤、レーダ・マッピング装置、レーダ指示器(演算増巾器30、ポテンシヨメータ20)	
フライト・シミュレータ	全日本空輸 (1970年)	正・副パイロットの訓練用	デジタル方式	コックピット、教官コンパートメント、オペレータ・ステーション、油圧発生装置、コンピュータ(16ビット、24K語)	YS-11A用

構(アナログ計算機)から構成されている。

次に船舶に搭載されている単体装置の訓練用シミュレータとしてレーダ・シミュレータがある。これは海技大学校、商船大学校、水産大学校などに設置されており、海技大学校の場合は、レーダ装備船における海難事故のほとんどがレーダ使用者の知識、技術の不足に起因するといわれるため、船長、航海士を対象にレーダ使用による相手船の明確な動静のは握、航法などの研究をし航海知識の向上をはかる目的でレーダ・シミュレータの講習を実施している。

このレーダ・シミュレータは、レーダ・スコープ上に海上におけるレーダ使用と同じように陸岸や船舶の映像あるいはノイズや海面反射を表示させることが出来、自船、他船1、2、対向船など4隻の船舶を5または50漕平方の運動領域で任意に航行させることが出来るようになっていた。また自船には発停惰力、回頭惰力、ヨーイング等の特性および潮流の影響を与えることが出来る。本レーダ・シミュレータは、レーダ情報による航法演習ができるよう必要な操船設備のある模擬船橋(自船部)、教官が訓練諸元の設定を行なう管制卓、対向船操作盤、レーダマッピング装置、学生用および教官用レーダ指示器、計算部(アナログ式)、各船の運動を記録、訓練実施中および実施後の評価の資料とするためのXYレコーダなどで構成されている。

このほか、航海訓練所練習船雲丸には上述したレーダ・シミュレータの他に航海科実習生に航法、航海当直作業を集中的に実習させるために、パノラマ模型とラジオコントロール模型船による航法演習施設がある。これは航法演習室に浦賀水道、横浜港、明石海峡、備讃瀬戸、米島海峡などについてパノラマ模型を設け、航路標識等は実際と同様な位置に置いて、模型船を実習生がラジオコントロールすることによって訓練出来るようになっており、この施設では操船訓練のほか航路標識識別、航灯識別、音響信号識別、諸形象識別等の訓練が出来るとされている。

このようにわが国における船舶用訓練用シミュレータは、まだまだ船舶全体としてのシステム、機能からみると不十分かつ部分的なものが多いようである。

従来わが国で開発された訓練用シミュレータの模擬演算部としては殆んどアナログ・コンピュータが使用されてきた。それはアナログ・コンピュータがもつ、高速性、並列同時演算が可能、伝達関数で示される動特性演算などの特長によるものであるが、最近ではシステムの数学的モデルの複雑化とデジタル・コンピュータの著しい発達を背景として、その特長である代数計算、反復計算、論理判断、高精度、大容量記憶、高速性の進歩などを生かしたデジタル・コンピュータによるリアルタイム・シミュレータが開発された。昭和45年5月全日空に設置されたYS-11A輸送機の訓練用シミュレータは全デジタル方式である。これは今後のシミュレータは全デジタル方式である。これは今後のシミュレータの開発の方向を示すものとして評価に値するであろう。

### 1.1.2 世界における船舶乗組員訓練用シミュレータの現状

航空機塔乗員の養成では既に常識化している訓練用シミュレータも、船舶乗組員養成の分野では立ち遅れが目立っている。しかし、近年特に欧米諸国では船舶乗組員の訓練、再教育に果たすトレーニング・シミュレータの役割りと効果が高く評価され、訓練用シミュレータを中心とした船舶乗組員訓練がつきつぎに実施されはじめてきた。

これは、これらの先進諸国で労働力需給が逼迫し、従来のように長期間にわたる乗船実務を通じて、経験豊かな熟練船員を養成するという方法では、経済的にも社会的にも許されなくなってきたこと、大巾に自動化を採用した船舶が建造され、在来乗組員を再訓練して自動化船に適應させることが不可欠となってきたことなどから、skilled seaman を養成するには、訓練期間、訓練コストの面で訓練用シミュレータを使用するのが最も有利だと認められたからであろう。

船舶乗組員のための訓練用シミュレータには、いくつかの方式があるが、主なものとしては、

- (1) 実船—水路模型方式 (ESSO方式)
- (2) 陸上実施方式 (Kings Point方式)
- (3) 模型—ITV方式 (U.S.Union方式)
- (4) 模擬実型方式

が挙げられる。以下簡単にその特長を説明する。

(1)の実船—水路模型方式の代表的なものとしては、フランスのgrenobleにあるSogreah (Société Grenobloise Etudes et Applications Hydrauliques) をあげることができる。この方式は64,000 m<sup>2</sup>の湖に(地形、水深、航行援助施設まで実物をそのままに1/40に縮尺した)スエズ運河、CAPE HORN、マンハッタン島、マラッカ海峡、SOGREAH 湾等を模擬して設け、湖水のなかで水路の航行、棧橋への達着、離脱などの訓練を1/40の模型船に訓練生を乗せて行なうものである。設備費のみで25,200万円を投じており、主として船長、パイロットの養成と再訓練を使用されている。

(2)の陸上実機方式を採用している代表的なものとしては、アメリカのロング・アイランドにあるKings Point 商船大学(国立)をあげることができる。この方式は船用タービン、船用ディーゼル・エンジン、船用ガスタービンから電動油圧ウインチまで、実機を陸上に据えつけて、実際に運転して訓練するもので、シミュレータというよりは、むしろ実機実習の範疇に属するものである。ここではこれらの設備を活用し、航海士と機関士の両方の海技免状を持つ船舶士を実際に養成している。この方式は豊富な建設資金と運転資金に恵まれている場合には非常に効果的であるが、わが国の実情に合わない面もあり、非常に高価なものとなる欠点がある。

(3)の模型—ITV方式の代表例としては、アメリカのバルチモアにある余米甲板部員組合学校で用いられているものをあげることができる。この方式はデラウェア河を模して作った水槽に小型模型船を走らせ、模型船の船橋に取りつけたITVカメラで行きあい船の見合い関係や、その時の操船者の視界を映し出し、訓練生は別室でITV受像機を見ながら操船訓練を行なうものである。約1億円で建設され、主として甲板部員を航海士に養成するために使用されてい

る。

(4)の模擬実型方式の代表的なものとしては、航空機操縦訓練シミュレータがあげられるが、船舶でもレーダ・シミュレータや船用電子力機関シミュレータなどがあり、通常シミュレータといえはこの方式を意味する。これは実物を模した装置を実際の運転状況を模擬した状態とし、さらに訓練生が実船で経験する時間、場所、状態と同じ環境を作ることによつて、効率の高い訓練を行なうものである。この方式では500万円程度の簡単なものから3億円以上もする原子力船訓練用のものまで、いろいろな目的と規模をもつたものがある。

訓練用シミュレータはシミュレートする対象および範囲によつても、

(a) 船舶をトータル・システムとするシミュレータ

(b) 船用に搭載される単体機器のシミュレータ

に大別できる。現状は一部のものを除いて、(b)の搭載単体機器のシミュレータが多いようである。世界的に見れば現在、(a)の船舶システムのシミュレータの設備計画がある所は、主として船舶士制度を採用している国、もしくは指向している国であり、具体的にはフランス、ノルウェー、アメリカ、イギリスなどである。おそらくここ数年の間に主要海運国では、大巾に訓練用シミュレータをとり入れた船舶乗組員の養成、あるいは再教育を主として、乗船訓練を従とした訓練パターンが定着するものと予想される。

## 1.2 シミュレータ・システムによる訓練範囲の設定

### 1.2.1 船舶乗組員の作業分析および訓練範囲

船舶全体を1つのシステムと考えた場合、大きく航法関係、機装関係、機関関係に分類できるがこれを運航面からみた各部における主要作業は表1.2のとおりである。これら各種作業の中でどの作業の訓練を重点的に取り上げシミュレータの機能に含めるかはシステムの大きさ、シミュレータの効果ひいてはシミュレータのコストに関連した極めて重要な点である。そこで、シミュレータ・システムの計画に当つては(1)相互関連性の強い作業すなわちシステムチックな訓練が必要となる作業(2)永年の経験と勘を必要とする作業すなわち複雑な状況での適確な判断能力を育成することに主眼を置き、シミュレータの訓練範囲を設定すべきであろう。

#### (1) 航法関係(航法訓練用シミュレータ)

操船指揮

操 舵

外界監視(除対水中)

船内監視(航海計器)

#### (2) 機装関係(荷役訓練用シミュレータ)

荷 役

船体姿勢調節

バラスト 壘排水

タンク・クリーニング

#### (3) 機関関係(機関訓練用シミュレータ)

主機、補機運転

機関監視

非常運転

表 1.2 船舶の運航面から見た作業の分類

	入 港 中	出 入 港 作 業	狭水道、沿岸航海作業	大洋航海作業
航 法 関 係		操船指揮、情報連絡、操舵、外界監視 (対地、対物標、対船、対海象、対 気象、対水中) 船位確認 信号および情報連絡 船内監視(航海計器) 出入港準備	操船指揮、操舵 外界監視(対地、対物標、対船、対海 象、対気象、対水中) 船位測定、針路、航路決定 信号および情報連絡 船内監視(航海計器)	外界監視(対地、対物標、対船、対海 象、対気象、対水中) 船内監視(航海計器) 時刻改正、整合 船位測定 操船指揮、操舵 航海計画
機 器 運 転 (準備、操作、監視、計測、保守、記録)	荷役作業(準備、操作、監視、計測、 保守、記録) 船体姿勢調節 通信および情報収集	バラスト吸排水 船内監視(火災等の異常) 係離船作業(アンカー・係船索、タ クライン) 通信(港防、公衆、船内)	通信発受 情報連絡(船内) 応急通信 船内監視(火災等の異常) 投錨機操作(非常時のみ)	通信作業(緊急、気象、放送、報時、 公衆 etc.) タンク・クリーニング等荷役準備
機 関 係	機器運転 (準備、操作、監視、計測、保守、 記録)	主機補機運転 機関監視 正常運転切換えまたは機終了 出入港準備作業 非常運転	主機補機運転 機関監視 非常運転	主機補機運転 機関監視 非常運転 機器管理計画
そ の 他	保守整備 文書管理 接客・渉外 在庫管理 保安衛生 労働生活 一般作業(清掃・供食)	食内客 供給	保守整備 供給	文書管理 保安衛生 労働管理 在库管理 保守整備 修理 清供

## 2. 訓練用シミュレータ・システム

### 2.1 訓練用シミュレータ・システムの全体構成

訓練用シミュレータ・システムは次の四つのシステムにより構成される。

- (1) 航法シミュレータ・システム
- (2) 荷役シミュレータ・システム
- (3) 機関シミュレータ・システム
- (4) コンピュータ・システム

以下に各シミュレータ・システムの構成と機能など、その概要を説明する。

システム全体の概要を表 2.1 に示す。

### 2.2 航法訓練用シミュレータ・システムについて

#### 2.2.1 計画条件

(1) 訓練生の臨場感を増すこと。

(a) 出来るだけ実機を使用する。

オートパイロット、レピーター、レーダ、ブリッジ、コンソール、チャート・テーブル等訓練生が直接操作するものは全て実機を使用する。

また操舵室内の舵角計、エンジン回転計、速度計、エンテレ・ポジション表示器、風速計等操作に必要な指示計類も実機を使用する。

(b) 機器は実船の操舵室配置に近いものにする。

操舵室の構造、色彩、窓の配置、機器の配置、指示計類の配置等実船に近いものにする。

(c) 照明、音響効果を加え視覚、聴覚的に臨場感をもり上げる。

(2) 訓練内容および訓練経過を記録出来ること。

航法の訓練においては操舵技術習得が主な訓練であるため、訓練経過を数種の記録計にて経過時間ごとに記録する。

(a) 航跡 X-Y プロッタ (3 色記録)

自船および他船の航跡を記録する。

(b) 3 ペン 記録

自船の舵角、速度および旋回速度を記録する。

(c) コース・レコーダ

自船の針路を記録する。

(3) 訓練を実時間にて行なうためにリアル・タイム・シミュレータとする。

リアル・タイムの追越訓練は時間を要するので、時間軸を圧縮出来るようにする。

(4) 種々の情景が再現出来る視界再現装置とすること。

(a) 晴、雨、霧の天候が再現出来る。

(b) 夜間時の再現ができる。

(c) 狭水路、制限水路の再現ができる。

(d) 大海原での他船の出合状況が再現できる。

(e) 船体動揺が再現できる。

(f) 視界は自船の運動に応じて変化すること。

(5) 訓練中の操作機器の同期化をはかること。

表 2.1 船舶訓練用シミュレータ・システムの概要

名 称	訓練対象および目的	訓練内容	機能
従法訓練用シミュレータ	新規乗組員の育成 従来乗組員（職員、部員）の再教育 操縦技術の習熟 事故時対処、原因追求の習熟 実物計器、機器取扱いの習熟	針路保持、変針訓練 直進操縦訓練 浮標間コース一定訓練 衝突状況判断および回避操縦訓練 （End on, Crossing, Overtaking） 機関相関訓練（MO給） レーダ操作、映像判断訓練 機器故障発生時の対処、原因追求の訓練 実物計器、機器取扱いの習得	視界の再現 レーダ、レビタ、コンパス、コース、レコーダとの連動 視界再現要素と情景 他船、ブイ、トランソブト、風、空、星、夜、晴、雨、霧 諸条件、訓練課題の設定、故障発生（教官コンソール） 機関のアリッジからのリモート・コントロール レーダ単独航海の模擬 実時間、時間圧縮可能 船体動揺 騒音発生 訓練経過の記録 相互通信
荷役訓練用シミュレータ	新規乗組員の育成 従来乗組員（職員、部員）の再教育 荷役システムの理解 荷役作業安全操作の習熟 事故時対処、原因追求の習熟 実物計器、機器取扱いの習熟	荷役作業および指揮操作の訓練 船体姿勢調整、バラスタ張排水、ストリップビング 作業、タンク・クリーニング 事故時対処、原因追求、復旧訓練 実物計器、機器取扱いの習得	機器操作による現象および警報の再現 諸条件、課題、故障発生設定（教官コンソール） 機関部連動運転、ポンプ並列運転 自動ストリップビング、浚油ポンプ・ストリップビング キャビテーションの発生 任意積貨状態からの訓練可能 実時間と時間圧縮可能 騒音発生 訓練経過の記録 相互通話
機関訓練用シミュレータ	新規乗組員の育成 従来乗組員（職員、部員）の再教育 機関連動操作の習熟 事故時対処、原因追求の習熟 実物制御装置の取扱いの習熟	機関部連動および指揮操作訓練 起動、停止（ボイラ、タービン、発電機、補機） ノルマル運転、片在運転 フリッジ、荷役相関訓練 事故時対処、原因追求、復旧訓練 実物自動制御装置の構造、取扱いの実習	機器操作による現象および警報再現 諸条件、訓練課題設定、故障発生（教官コンソール） 誤操作指達警報（ブザー） 現場訓練状況迅速監視（ITV） フリッジ運転 運転状態のフリーズ 実時間と時間圧縮（ボイラ張水、昇圧、タービン増速運転）可能 騒音発生 訓練経過の記録 相互通話

- (a) 視界再現とレーダPPI表示、航跡プロッタとの同期化
- (b) オート・パイロット、レビータの方位指示とレーダ表示方位との同期化
- (6) 教官と訓練生との情報交換が可能であること。
- (7) 機関シミュレータ・システムとの連動が可能であること。
- (8) 自船の種類は操縦性能の異なる大型タンカー、中型タンカーおよび貨物船の3種とし、任意に選択できるものとする。
- (9) 1つの情景における訓練時間は約30分程度とする。

### 2.2.2 本シミュレータ・システムによる訓練内容

#### (1) 職 員

- (a) 制限水路内での針路監視、判断の訓練
- (b) 大海原での横切り、行きあいおよび追越時の針路監視、判断の訓練
- (c) 機器故障発生時の処置訓練
- (d) 緊急回避操船法の訓練
- (e) 出入港時の針路監視、操船判断の訓練

#### (2) 部 員

- (a) 制限水路内でのコース一定または直進操船訓練
- (b) 大海原での針路保持および針路変更の訓練
- (c) 機器故障発生時の処置訓練
- (d) 緊急回避操船法の訓練
- (e) 出入港時の操舵訓練

### 2.2.3 システム構成の概要

配制的に分類すると教官室、操舵室、上甲板、映像スクリーン、映写室およびコンピュータ室に区分することができるが、機能的に分類すると訓練部、視界再現部、教官部および演算部により構成される。航法シミュレータ・システム構成図を図2.1に示す。

#### (1) 訓練部（操舵室）

実際に訓練生が操船および操舵訓練を受ける場所であり、操舵室内は、実船におけると同様に内装を施し、操船に必要な実物機器を取りつける。

装備機器は次のとおり

オート・パイロット（実物）、ブリッジ・コンソール（実物）、レビータ（実物）、コースレコーダ（実物）、レーダ指示器（実物）、舵角計（実物）、船速計（実物）、シャフト回転計（実物）、風向・風速計（実物）、傾斜計（実物）、チャート・テーブルおよび擬音用スピーカ、インターホンなど。

#### (2) 視界再現部

視界再現方式としては各種方法が考えられるが、訓練情景の固定化を防ぐことに重点をおき再現情景の自由度の高い方式を選定すべきである。本部は操舵室前面に設ける大型スクリーンに再現する視界を下記演算部にて演算される自船と他船、自船と視界内対象物との相対運動および教官が設定する情景により制御する部分である。

#### (3) 教官部

自船設定部、他船設定部、対象物設定部、訓練内容を設定するものである。

一方、故障設定も可能で再現された故障を判断し、適正な処置の訓練を行なう。

#### (4) 演算部

自船船体演算部、相対運動演算部、映写機、操作演算部で大別される。

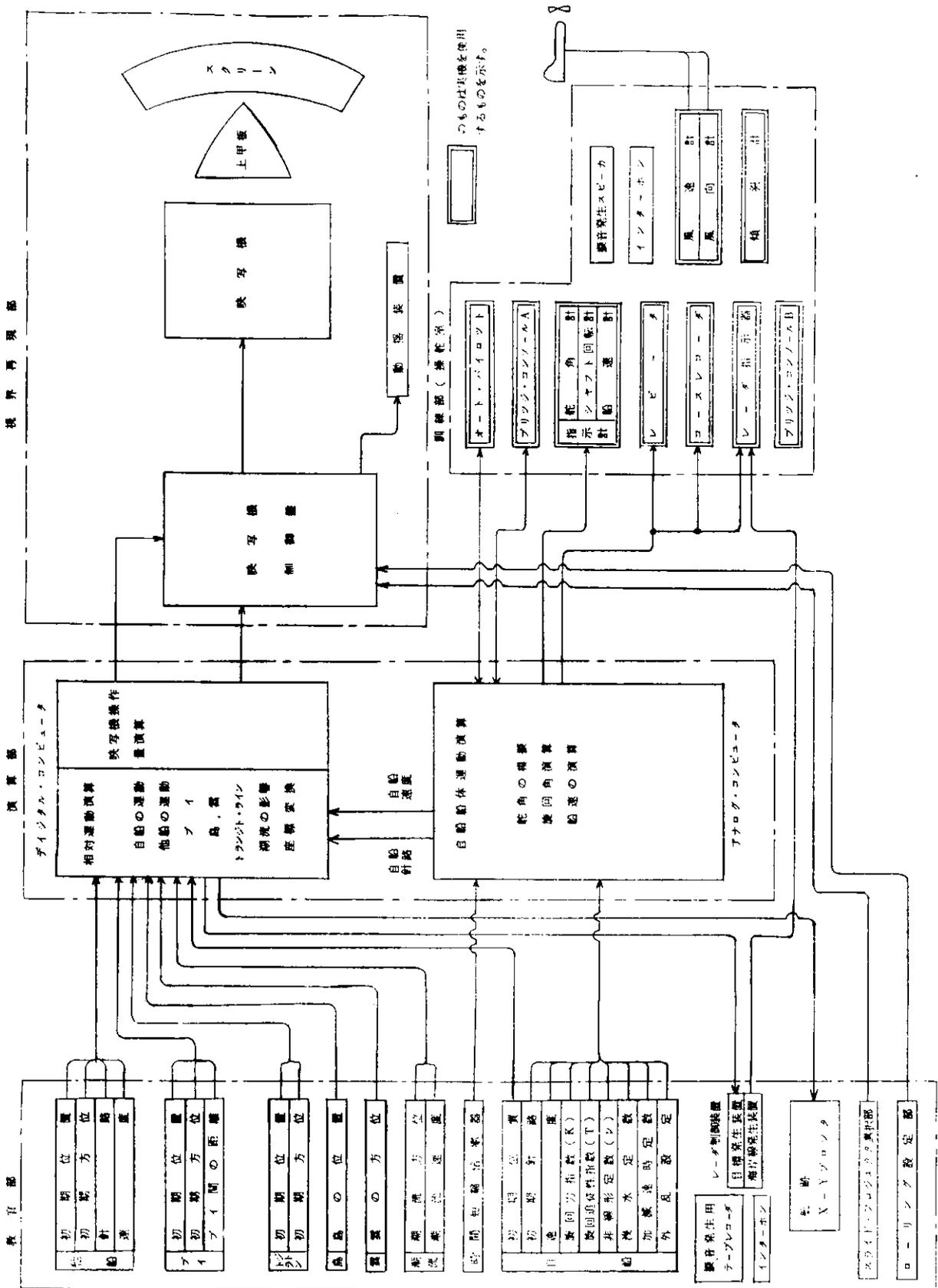


図2.1 航法シミュレータ・システム構成図

(a) 自船船体運動演算部

自船旋回力指数、旋回追従性指数、非線型定数、浅水定数、加減速時定数など自船の船体運動を決定する定数にもとずき自船の船体運動を演算し、自船の針路および速度を算出する部分である。

(b) 相対運動演算部

教官にて設定された他船、対象物と前記自船船体運動演算部にて演算された自船運動を加味した相対運動を演算し、視界再現用映写機の操作量およびレーダ P P I 指示器のターゲット信号、ブロック記録信号を出力する。

2.2.4 視界再現方式

船舶航法訓練用シュミレーターを計画するに当り、一番の技術的問題点と考えられる視界再現方法について調査した結果の要点を述べる。

現在、技術的に実現が可能で、しかも、実用性をもつた視界再現の方法を視界の撮影方法により大別すると、次の3つに分類することが出来る。

- (1) テレビ方式
- (2) 映画方式
- (3) スライド方式

また、再現する対象物を実現する方法によつても分類することが出来る。

- (1) ミニチュア模型のディスプレイによる方法
- (2) 実際の風景による方法

以上のように分類出来るが、実際には、上記の撮影方法による分類と対象物による分類との組合せになる。

(1) 対象物の実現方法による分類

(a) ミニチュア模型のディスプレイによる方法

本方法は、水槽に縮尺して製作した港湾などの模型を設置し、之に、自船、他船の模型を浮べてディスプレイする方法である。どの程度のミニチュア模型が必要かを東京湾を一例として表2.2に示す

表2.2 東京湾のミニチュアセットの大きさ

実 物 \ 模 型	$\frac{1}{1000}$	$\frac{1}{3000}$	$\frac{1}{5000}$
東 京 湾 ( $60 \text{ Km} \times 50 \text{ Km}$ )	$60 \text{ m} \times 50 \text{ m}$	$20 \text{ m} \times 17 \text{ m}$	$12 \text{ m} \times 10 \text{ m}$
75,000 ton の船 ( $278 \frac{\text{L}}{\text{m}} \times 43 \frac{\text{W}}{\text{m}}$ )	$278 \frac{\text{L}}{\text{mm}} \times 43 \frac{\text{W}}{\text{mm}}$	$93 \frac{\text{L}}{\text{mm}} \times 14 \frac{\text{W}}{\text{mm}}$	$55.6 \frac{\text{L}}{\text{mm}} \times 8.6 \frac{\text{W}}{\text{mm}}$
32,000 ton の船 ( $216 \frac{\text{L}}{\text{m}} \times 30 \frac{\text{W}}{\text{m}}$ )	$216 \frac{\text{L}}{\text{mm}} \times 30 \frac{\text{W}}{\text{mm}}$	$72 \frac{\text{L}}{\text{mm}} \times 10 \frac{\text{W}}{\text{mm}}$	$43.2 \frac{\text{L}}{\text{mm}} \times 6 \frac{\text{W}}{\text{mm}}$
5,000 ton の船 ( $115 \frac{\text{L}}{\text{mm}} \times 16.4 \frac{\text{W}}{\text{m}}$ )	$115 \frac{\text{L}}{\text{mm}} \times 16.4 \frac{\text{W}}{\text{mm}}$	$38 \frac{\text{L}}{\text{mm}} \times 5.5 \frac{\text{W}}{\text{mm}}$	$23 \frac{\text{L}}{\text{mm}} \times 3.3 \frac{\text{W}}{\text{mm}}$

自船、他船模型のディスプレイは、シュミレーターの電子計算機によつて、船体運動（前後進、回転、横標流の各運動）として解かれた出力信号により駆動される2次元サーボ機構により行ふ。

昼・夜および雨・霧の視界は照明技術的処理により行ふ。

再現の方法は I T V カメラによりディスプレイを撮影し、テレビ技術により再現する。

ミニチュア模型による方法の特徴は、一つのセットされた港湾、または狭水道については、航路変化に伴う視界変化をかなり忠実に再現することが出来る点にある。しかし、縮尺にもよるが、水槽設備、模型設備などが相当に

大掛りなものとなり、したがって、取扱いの煩雑さ、および設備費が高価となる点で実用性に欠ける。

(b) 実景による方法

本方法は、実際の視界をフィルムまたはビデオテープに録画し、之を映画技術またはTV技術により再現する方法である。

本方法の最大の欠点は、撮影したフィルムまたはビデオテープが撮影時のコースで定まる視界の再現に限られることである。つまり、訓練航路が撮影コースより外れるにしがたい、実際の視界と喰違ってくる。

録画媒体としてのフィルムとビデオテープでは一本の録画時間の長さ、寿命の点でビデオテープの方が優れている。

(2) 視界の撮影方法による分類

(a) テレビ方式

ミニチュア模型によるディスプレイをITVにて撮影し、之をTV技術ならびに大型スクリーン投写技術により、実時間で視界を再現するか、若しくは、実景をビデオテープに録画しておき、同様の技術で視界を再現することが考えられる。上記のいずれの場合にも、テレビ画像の広角形大型スクリーンへの拡大投写方法が重要な技術となる。この方法について、次の二つの方法が現在、実用に供されている。

(i) 高圧ブラウン管とシュミットレンズによる方法

テレビ受像機に高圧ブラウン管を使用し、之に結んだ像を凹面鏡、およびシュミットレンズなどの光学系により、スクリーンへ投写する方法である。この方法の欠点は像の光源がブラウン管であるために、投写された画像が暗くなることである。

(ii) アイドホールによる方法

ブラウン管の代りに特殊油膜を塗布した凹面鏡(アイドホール)を用いる点がaの方法と異なる。ITVで撮影された光の濃淡は、最終的には凹面鏡上の油膜の凹凸に変えられ、これが強力な光源と光学系によつて再び光の濃淡すなわち、映像に変換される。

この方法の優れている点は、光源にクセノンランプを使用しており、光量が3,000lmあるので、ゲイン1.75のスクリーンを用いれば、映像面積は容易に100m<sup>2</sup>は取り得ることである。(アイドホールによるスクリーン輝度は105m<sup>2</sup>で50asb、普通の映画の最大輝度は、白のピークで50asbである。)したがって、本方法が画像の拡大投写方法では、最も有力な技術であるが、たゞ高価な点が難点である。(1セットの概算価格、モノクロームで2,000万円、カラーで4,000万円)

(b) 映画方式

港湾などの実景をワイドカメラでフィルムに撮影し、これをスクリーンに映写する方法である。視界180°の撮影および映写を行なうには、シネマスコープ式レンズ(アナモフィックレンズ、水平有効視角64.4°)が各3台必要である。

速度感の再現は自船の速度信号とフィルムの送りコマ数とを同期させて行ない、施回運動による視界の変化は映写機を自船の旋回速度信号と同期させて、相対的に反対方向に駆動させて再現する。他船の再現は、スライドプロジェクターを用いるのも一方法である。本方式の欠点は前述のごとく、視界再現範囲が限定されることである。

(ビデオテープによるテレビ方式の場合も同じ欠点を有す。)

(c) スライド方式

港湾などの実景をパノラマ式にスライドフィルムに撮影し、何台かのプロジェクターによりスクリーンへ投写する方法である。船の運動に伴う視界の変化が断続的に行われる為に、実感に欠けるが、安価である。しかし、夜間のみ視界、すなわち、港湾の灯火、灯台、航路標識灯、他船の航海灯などを再現する場合には、本方式が安価な点で実用性がある。

(3) フライト・シミュレータに使用されている模擬視界の例を表2.3に示す。

表2.3 Flight Simulatorに使用されている模擬視界の例

A) テレビジョン方式

製作者名	型式・名称	仕 様
Link Aviation U.S.A.	LVS Mark IV	壁面に滑走路付近の面を描いてあつて、テレビカメラが2次元の運動をしながらこれを撮影、コックピットにとりつけたシュミットプロジェクタによりスクリーンに投写する。 製 作 費 約27~30万ドル
Link Aviation U.S.A.	LVS Mark V Day Light Visual Simulator	USAFに15台納入 詳 細 不 明 価 格 27万ドル
Link Aviation U.S.A.	LVS Mark VI Abstract Night Landing Display	夜間の離着陸訓練用 空港の灯火パターンを飛行シミュレータの位置と高度に関係して、DigitalおよびAnalog Computerで制御する。 灯火は陰極線管から出るunblank beamで模擬される。 価 格 8~9万ドル
General Precision Systems Ltd. England	G.P.S. Visual Flight Attachment (VFA)	研究用および訓練用(主として離着陸) 10m×3.5mの無限軌道式ベルトにモデルとなる空港付近の描写をしておき、このベルトがY軸方向変位、カメラX、Z両軸方向変位、プリズムミラーによりピッチ、ヨー軸まわりの回転、ロールシステムによりロール軸まわりの回転を与えることにより、最終的に6自由度をもつ。 迎角30°、ロール角±90°、方位角±45° 画面の縮尺1:500~1:40,000、昼間、薄暮、夜間の模擬可能映像は、テレビモニタ(45×54cmブラウン管)または、テレビ投写機によるスクリーンに写される。この場合、パイロットとスクリーン間隔が8.65ftのときスクリーン画像は8ft×6ft
Curtiss Wright. Corp. U.S.A.	VISULATOR	離着陸および計器着陸(ILS)訓練用 昼間、夜間の模擬可能。正副パイロットに90°の視角をもつ。 カメラはイメージ、オルソコン、投射レンズはf/0.97の広角屈折レンズ、 モデルサイズは8'×13.5'で、パイロットとスクリーン間が10ftのときスクリーン映像は、26'×15'

B) スライド+テレビ方式

R.A.E. England	Visual Flight Simulator	スライドを映写して、これをテレビカメラで撮影し、さらにこれをパイロットの前のスクリーンに投影する。スライド・プロジェクタにより方位、高度のコントロール。テレビカメラはハンク、昇降、高度をサーボ方式で駆動される。視角30°以上。 スクリーンの大きさは、パイロット—スクリーン間が6'のとき8'×5'。 クセノンアーク灯、ズームレンズを使用。製作費 約6,500ポンド
-------------------	-------------------------	--

C) スライド方式

製作者名	型式・名称	仕 様
(De Floren & Bell Aircraft Co.) Link Aviation, U.S.A.	Point Light Source Display	ヘリコプタ用 迎角75°以上、方位角260°以上、広角レンズを用いず、プロジェクタ2台を使う。スライドはX、Y、Z、ロール、ピッチ、ヨーの総合サーボシステムにより駆動。スクリーンは、ファイバークラスでわん曲している。
Boeing Aircraft Co., U.S.A.	新型電子シミュレータ	研究用、離着陸、低空飛行の模擬はできない。 操縦席前方に電動式広角スライドプロジェクタによるパイロットの視野全体をおおう画面を投射。 スクリーンはコックピットの上にのせる。 画像は、ピッチ、ロール、ヨーの運動をする。
Link Aviation, U.S.A.	LVS Mark II Compensated Offset Projection System	ヘリコプタ ホバリング シミュレータ用 傾斜したスクリーン使用。プロジェクタにつけたズームレンズにより高度感を与える。 価 格 26~30万ドル

D) 16ミリ方式

Link Aviation, U.S.A.	LVS Mark I	離着陸時などの状況をあらかじめ16mmフィルムに撮影し、コックピットの後からわん曲スクリーンに投写する。 飛行経路の変化により、歪像レンズ、ズームレンズなどを使用。
--------------------------	------------	---

E) その他の方式

University of Illinois, U.S.A.	Landing Display for Use with a Contact Flight Simulator	離着陸訓練用。水平線と滑走路のみを与え、シミュレータの高度、方位、距離に従って、シャッタ機構により滑走路の形を変えて、情報を与える。 プロジェクタは2組、1組は青空と芝生、1組は滑走路を投影。
NASA Langley, U.S.A.	N.A.P(Normal Acceleration and Pitch Simulation	ターゲット追跡実験用。 コックピットの横の映写機から7ft、前方にある明るい青色のスクリーンにターゲットを写す。スクリーンはドーム型、縫目はみえないようになっている。
Aerojet General, U.S.A.	Runway Lighting Attachment	夜間飛行訓練用 滑走路の灯火のみを与える。高度と距離に応じて変化する。2個のプロジェクタはそれぞれ3軸回転。球面スクリーン使用。
Aerojet General, U.S.A.	Visual Flight Attachment	超音速戦闘機訓練用 縮尺のちがう3つの地図を投写する。 視野は高度2,500ft~接地、広さ40×40mile 広角、焦点距離可変投写方式 フルカラー、球面スクリーン使用
Aerojet General, U.S.A.	Terrain Presentation Attachment	上記と同様同じで、使用する地図が一種のみ。 高度600ft~接地、広さ21平方mileを示しうる。
Aerojet General, U.S.A.	Visual Display Device for Landing and Takeoff Trainers	"Synthetic Projection" とよばれる全く新しい方式。 高度1,000mile~接地10ft、視角360° 視覚情報のモデルは現在100以上用意されており、更にモデルを作成すればいかなる表示も無限にできる。

## 2.3 荷役訓練用シミュレータ・システムについて

### 2.3.1 計画条件

本シミュレータシステムを計画するにあたり、その必要性、訓練効果、経済性などの観点から機能、性能ならびに各種の条件を次のように定めた。

- (1) 訓練内容としては通常の荷役作業全般、つまり荷油の積卸からバラストの張排水、タンクおよびパイプのクリーニング、並びにスロップ処理までの一貫した訓練ができるようにする。ただしチクサンジョイントとの連結作業のようなシミュレータでの訓練が不適当と思われるものは除く。
- (2) 訓練は遠隔操作、遠隔監視を主体にし、現場作業訓練に関しては比較的簡素化したものとする。
- (3) タンク数や荷役配管路などは大型タンカー（20～25万DWT）を基準とし計画する。モデルにする船舶は大巾な遠隔操作、遠隔監視機器類の装備、自動ストリップング装置を採用し、さらにはストリップング・ポンプを搭載しているものが望ましい。
- (4) 訓練は実時間で行なえるほか、時間を圧縮しても行なえるようにする。
- (5) 異常状態が教官の設定により任意あるいは訓練生の不注意や誤操作により自動的に発生できるようにする。
- (6) 機関訓練用シミュレータと連動しても訓練ができるようにする。
- (7) 油量、積高、船体姿勢のリアルタイム演算処理機能をもつようにする。  
なお、これらの計算は全てデジタル、コンピュータにより行なわせるものとする。
- (8) 教官室からは訓練生の操作状況を監視・傍聴できるほか訓練生の応答や指令ができるようにする。
- (9) 訓練後の評価、カリキュラムの改善などに便利なように、各種の設定や操作、あるいは船体状態などを記録できるようにする。
- (10) 初期載質量やポンプ容量などが簡単に設定あるいは変更でき種々の訓練カリキュラムが組めるようにする。
- (11) 将来の巨大化船時代を考え、タンク容量や配管系統がある程度変更できるものとする。

### 2.3.2 訓練内容

種々の荷役作業のうち技術的にも経済的にも可能でありかつ効果が期待できるとと思われる訓練項目を選定すると次のようになる。

- (1) 積荷開始弁操作
- (2) 揚荷開始弁操作
- (3) 積切り弁操作
- (4) ポンプの回転数調節
- (5) 自動ストリップング
- (6) ストリッピング装置の手動遠隔操作
- (7) ストリッピング・ポンプによるストリップング
- (8) バラスト・ポンプによるバラスト張排水
- (9) 重力によるバラストの張排水
- (10) タンク・クリーニングおよびスロップ処理
- (11) 各種異常状態の発見ならびに対処操作
- (12) 制御室、現場間の通話連絡

### 2.3.3 システム構成の概要

本シミュレータ・システムは訓練部、教官部および演算部により構成される。図2.2参照

#### (1) 訓練部

訓練部は訓練生が荷役操作訓練を行なう部分で、各種の現象が再現表示され、荷役コンソール、喫水計、配管系模

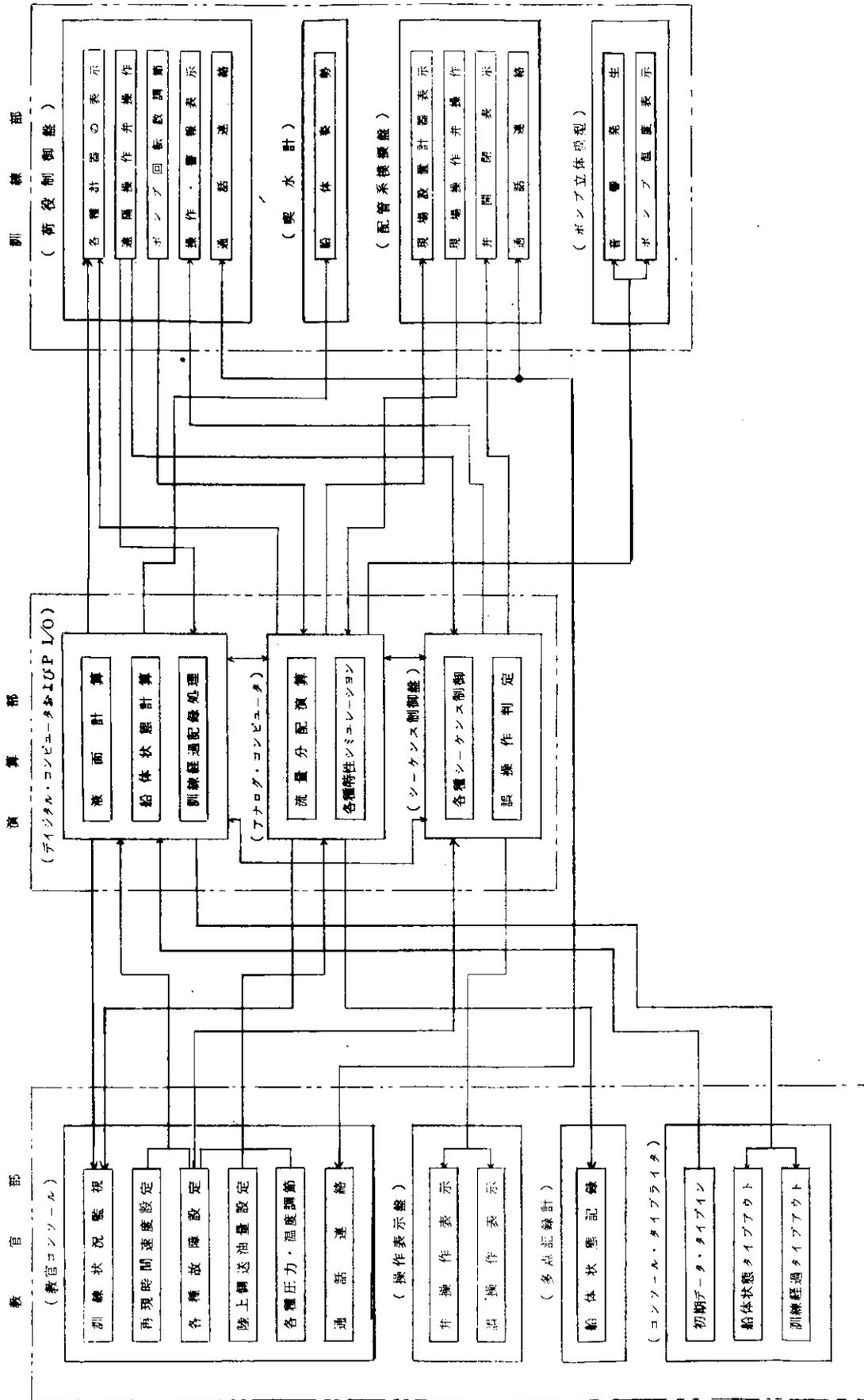


図 2.2 荷役訓練用シミュレータ・システムの構成

擬盤および立体模型より構成される。

(a) 荷役制御盤

荷役制御盤は弁やポンプの調節、各種遠隔指示計器の監視など荷役操作の中心的な部分で実船搭載品と少なくとも外観、操作感触の同等のものを設ける。

(i) グラフィック・パネル

荷役配管路を色別して描いたもので、弁やポンプの調節機器を組込む。

(ii) 監視計器

各タンクの液面、ポンプの吸・吐圧力、回転数など荷役に必要な遠隔指示計器を組込む。

(iii) 警報装置

種々の故障警報表示がでる。

(iiii) 通話装置

教官室あるいは現場訓練室と通話するためのもの

(v) 制御装置

警報や弁開閉表示灯点滅などのシーケンス制御を行なう。

(b) 喫水計

前部、後部ならびに左舷、右舷の他トリム、ヒールを確認できる喫水計を設ける。これは実船に装備されているものと同型のものを荷役制御室内に設置する。

(c) 配管系模擬盤

配管系模擬盤は、ポンプ室と甲板部を模擬したもので荷役制御室とは別室の現場訓練室に設置する。盤面上には荷役配管路を描き、手動弁や現場操作弁を模擬したスイッチやランプあるいは各部の圧力や温度、液面の計器など荷役現場、作業訓練に必要な機器を組込む。

(d) 立体模型

点検を要する機器の模型や実物を設置し、点検整備訓練を行なうことは効果的である。荷役関係ではポンプや操作油圧ユニットの模型が考えられる。ポンプの模型ではたとえばその1部を取外可能としておき、内部構造が理解できるようにしたり、内部にスピーカを組込んで、通常回転音とキャビテーションなどの異常音を発生させたりする。

また付近には点検訓練用としてのポンプ吐出温度計や軸受温度計を設置する。

(2) 教官部

教官部は教官が訓練状況を監視し、各種の現象設定をするところで、教官コンソール、操作表示盤、コンソール・タイプライタおよび多点記録計より成る。

(a) 教官コンソール

教官コンソールは荷役操作訓練ならびに事故時対処訓練に必要な諸条件の設定、訓練生に対する種々の指令を与えるために設ける。

[主要装備品]

(i) 再現時間速度の設定

各種現象再現の時系列を圧縮するためのもので、実時間から100倍くらいの早さまで調整できるようにする。

(ii) 陸上側送油流量の設定

積荷訓練における陸上設備からの送油流量が設定できる。

(iii) 船内ポンプ容量の設定

カーゴ、バラスト、ストリップングの各ポンプ容量が設定できる。

(iii) 圧力、温度の調節

弁やポンプの操作に連動しないベント圧力、操作油圧力、ポンプ軸受温度などの圧力、温度を手動調節する。

(v) 故障原因設定

故障を任意発生させるもので原因設定方式を採用する。

(vi) 機関訓練用シミュレータ連動設定

ポンプの回転数制御を機関訓練用シミュレータと連動して行なう。

(vii) 再現状態リセット釦

タンク載貨量を初期設定値までリセットするためのもので訓練の繰り返しに用いる。

(viii) 通話・指令

訓練生との応答、指令、あるいは訓練状況を傍聴するためのもの。

(b) 操作表示盤

操作表示盤は、教官コンソールの補助盤として訓練生の操作状態を表示するために設ける。

[ 主要装備品 ]

(i) グラフィック表示部

荷役配管路を描いたグラフィック・パネルに弁相当の表示灯を組込んだもので弁操作の表示をさせる。

(ii) 誤操作表示部

荷役制御室と現場訓練室の連絡不良による弁誤操作と現場訓練室の誤操作による船外漏油を教官に知らせる。

(c) コンソール・タイプライタ

船体構造や初期載貨量の設定ならびにデータ・ロギングを行なうために、コンピュータと連動したコンソールタイプライタを設ける。

(i) 船体諸係数の設定

タンク・レベルや船体状態計算に必要なタンク形状、重心位置、MTCなどの諸係数を設定、変更したりする。

(ii) 各タンク初期載貨量ならびに燃料、飲料水の設定

各タンクの初期載貨量などを任意に設定する。この設定によりいろいろな状況から訓練を開始することができ、乙港積荷揚荷あるいはリセット釦とにより繰り返し訓練などが可能となる。

(iii) 荷油、バラスト水の比重設定

各タンクに積込む荷油、またはバラスト水の比重を各タンク毎に設定する。

(iiii) 訓練経過の記録

訓練中の液面や船体状態あるいは故障発生に対する処置状況などをタイプ・アウトさせる。

(d) 多点記録計

訓練中の液面や船体状態の変化を時系列的にアナログ記録、つまりグラフ表示するために打点式の多点記録計を設ける。

(3) 演算部

演算部は、教官の設定や訓練生の操作に基づいて、実船と同様の現象を再現させるために種々の演算をする部分でアナログ・コンピュータ、デジタル・コンピュータおよびシーケンス制御盤からなる。

(a) アナログ・コンピュータ

荷油やバラスト水の流量分配や機器の特性演算などはアナログ演算処理が適している。

(i) 回路網

荷役配管系路を模擬するもので抵抗器やスイッチ、電流発生器などで構成され流量分配各部の圧力などを演算する。

(ii) 演算増巾器を中心とした演算ユニット

機器の特性演算を行なう。

(iii) 任意関数発生器

数式化しにくい特性を演算させる。

(iii) モータ駆動式ポテンシオメータ

遠隔油圧操作弁を模擬する。

(b) デジタル・コンピュータ

デジタル・コンピュータは、他のシミュレータと共用してもよいが本シミュレータでは長時間にわたり積算を必要とする液面と船体状態計算に使用される。

(c) シーケンス制御盤

自動ストリップング制御、任意故障発生、あるいは訓練生の誤操作検出など比較的低速処理で済むシーケンス制御に使用される。

## 2.4 機関訓練用シミュレータ・システムについて

### 2.4.1 計画条件

機関訓練用シミュレータが少数精鋭の乗組員を育成する目的を果すために備えるべき機能、性能および設計条件等について説明する。

#### 1) シミュレータの精度について

訓練用シミュレータは機関部乗組員の能率的な訓練を目的としているため、訓練に必要な機関部の特性を人間工学的な面を重視して模擬するよりにする。

したがって解析用シミュレータが設計、研究に必要な特性の高い精度での算出が主目的であるのとは根本的に相違し、訓練用シミュレータは精度を要しないし、実船の機関部試運転データを基にカット・アンド・トライ的な処理により訓練に必要な特性を模擬すればよいなどの理由から適宜にシミュレーション上の簡略化がなされる。

#### 2) 船橋操舵室よりの機関部運転操作訓練

機関訓練用シミュレータにおける訓練が他の訓練シミュレータ（航法及び荷役用シミュレータ）と並行して行なうことが出来るようにするため、機関部単独訓練時には、船橋操舵室よりの機関部の訓練（主機遠隔操縦装置の操作、操縦場所の切換など）は行なわない。

したがって、機関部単独訓練時には、図2.3に示すように、船橋操舵室の役割は機関教官コンソルに含まれている。主機訓練盤によつて代行される。

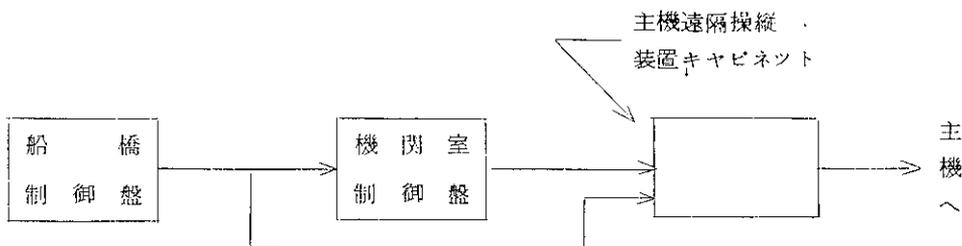


図 2.3 実船における主機遠隔操縦装置と制御信号の流れ

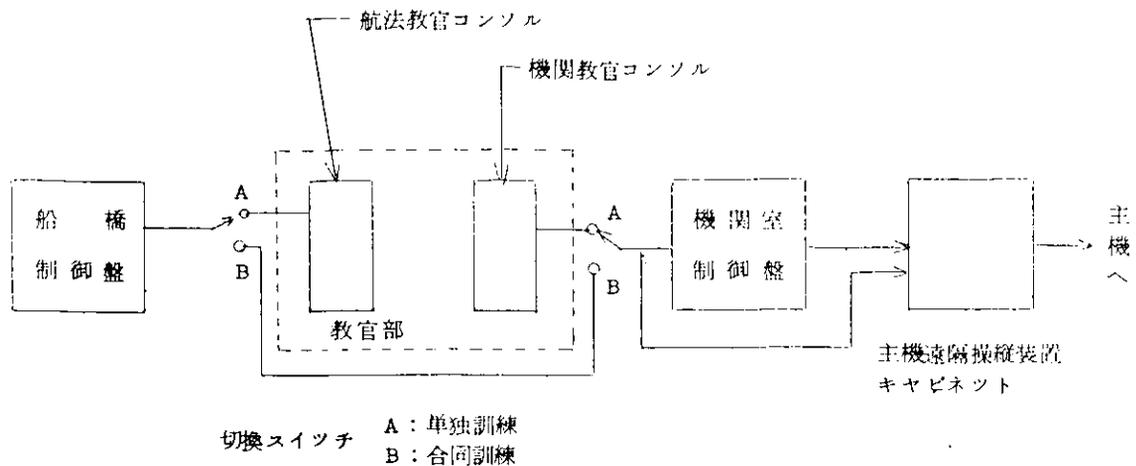


図 2.4 訓練用シミュレータにおける主機遠隔操作装置と制御信号の流れ

一方航法および機関訓練用シミュレータとの合同訓練を行なえるようにするために、本訓練用シミュレータの教官コンソールには、図 2.4 に示されているような、合同訓練用切換スイッチが装備される。

### 3) 訓練内容

訓練内容としては次の 2 種類に分類することができる。

- (a) 運転操作訓練（機関部機器の起動、停止など）
- (b) 事故時対応訓練（ブラックアウト、トリップなど約 50 種類の事故）

### 4) 機関制御室の再現

実船内と同様な周辺環境条件を与え、あたかも実船内で操作しているような現実感を訓練生に与えるため、機関訓練シミュレータ内部に設けられた機関制御室内の機器配置、構造、外観などは出来るだけ実船の機関制御室内と同じになるようにする必要がある。したがって、訓練用シミュレータの機関制御室内の機関室制御盤は外観、構造、色彩等はすべて実船内に装備のものと同じとする。又盤面上には実船において、機関制御盤面上に装備されているものと同じの機器をそのまま装備する。又、主配電盤は実際の寸法を縮小し、訓練シミュレータ内部に設けられた機関制御室内に装備する。

### 5) 機関訓練用現場訓練室の重視および機器立体モデルの採用

機関用訓練シミュレータは、フライトシミュレータまたは電車動力車運転シミュレータなどの訓練用シミュレータとやや異なつた特長を持っている。

フライトシミュレータおよび電車動力車運転シミュレータにおいては訓練生は操縦室または運転席の外へ出て行つて何らかの操作することは訓練項目の中には含まれていない。その理由は、実際の飛行機および電車においては、何らかの事故が起つた場合でも操縦席または運転席を離れて、処置をするということは不可能であつたり実際的でなかつたりするからである。しかしながら、船舶においては、何らかの事故が機関室内に発生したとすれば、一般に機関部乗組員は機関制御室の制御盤上の計器又は指示灯、ブザーなどにより故障の発生および事故の状況を知り、その後大抵の場合機関制御室より飛び出して行き、事故を起こしている該当機器の近くでトリップ、リセット、弁の開閉、点検などの処置を行なつているものと思われる。

したがって機関訓練用シミュレータにおいては当然機軸での現場操作の訓練が行なえる事が要求される。

上記の訓練を行なうため、機関訓練用シミュレータには、機関部現場訓練室が必要である。この機関部現場訓練室内には、機関室内の重要な機器、例えばタービン主機ボイラ発電機、給水ポンプのタービン等を立体モデル（縮小型）によつて再現し、しかも操作ハンドル、弁、計器等実物機器に装備されているものは立体モデルにおいても、実物と出来るだけ近似の大きさおよび外観において再現すると同時にその取付位置も実物と出来るだけ類似させるようにする。

## 6) 非重要機器のグラフィック化

機関部の重要機器は立体化されるが、これら以外の機関部機器は現場訓練室のパネル上にグラフィック化し実際の装置を直観的に連想させるようにして再現する。このグラフィック盤上に再現するものには次のようなものがある。

(a) 補機、電動機および起動器など

(b) 補機タービン・ポンプ

(ただし同種のものが数台あればその内1台はすでに立体モデル化されている)

(c) 熱交換器

(d) タンク類

(e) 給電回路

(f) 燃料管系統

(g) 蒸気管系統

(h) 海水管系統

(i) 給水管系統

(j) 潤滑油管系統

(k) 清水管系統

## 7) 実物機器の装備

自動制御機器は実船に装備されているものと、全く同じ機器を訓練用シミュレータに実装し、これをアナログおよびデジタル電子計算機の計算回路と信号的に結んでおく。この実物実装により、これら制御機器の構造および取扱の教育も本訓練用シミュレータにおいて可能となる。

## 8) 指示計の指示のシミュレーションの程度について

本訓練用シミュレータに装備されている指示計(圧力計、温度計、回転計、タービンロータ振動計、液位計、電力計、周波数計など)の内訓練上重要なものの指示値はコンピュータにより、出来るだけ実際に近い値を連続的に指示するよう考慮する。しかしながら、訓練上あまり重要でない計器の指示を実際通りにシミュレーションするのは不経済なので、計器を次に示すような2つのグループにわけ、シミュレーションの程度に差を持たせる。

### (a) 実際に近い指示を模擬する指示計

運転時に常に監視を必要とする重要計器の指示器はコンピュータにより計算され、その出力により指針を動かす。この様な考えは下記の系統の指示計に適用される。

(i) 蒸気圧力

(ii) 蒸気温度

(iii) ボイラドラム水位

(iv) 主軸回転数

(v) 潤滑油圧力

(vi) 燃料油圧

(vii) F. D. ファン風圧

(viii) 発電機電圧、電流、周波数など

### (b) 簡略シミュレーション行なう指示計(教官設定)

船内において操作上重要でない計器の指示は教官の手動設定によりなされる。

上記の考え方が適用される計器の例としては次のようなものがある。

(i) F. O. タンク液位計

(ii) ディーゼル発電機用オイルタンク液位計

- (iii) 海水冷却水温度計
- (iv) 主機L.O. サンプタンク液位計
- (v) 船尾管L.O. 重力タンク液位計
- (vi) 大気圧ドレンタンク水位計
- (vii) ビルジタンク水位計など

9) 指示計の振動のシミュレーション

船内において動作中、その指示値が絶えず振動しているものは訓練用シミュレータにおいてもこの現象を模擬する。

10) 運転音のシミュレーション

訓練用シミュレータにおいて下記の機器は運転音のシミュレーションを行なう。

- (a) タービン主機の運転音(異常音も含む)
- (b) ターボ発電機の運転音
- (c) デーゼル発電機の運転音(起動空気投入音を含む)
- (d) ボイラ安全弁の動作ブロー音等

11) 教官コンソールよりの指導要領

訓練中においては教官は訓練生の動作を教官コンソール盤上のレピータ計器および監視テレビの画面を通して監視する。また教官はインターフォン型式の通信装置により常に訓練生と連絡をとりながら訓練上の注意事項を与える。

12) 訓練生の事故対応記録および評価

これはボイラの昇圧カーブおよび事故対応の結果などを多点記録器およびデジタル・コンピュータの使用によるタイプアウトにより記録し訓練の評価を行なう。

**2.4.2 訓練内容**

訓練用シミュレータは大きく分けて次の2種類の訓練を行なうことができる。

- (1) 運転操作訓練
- (2) 事故時対応訓練

(1) 運転操作訓練

この運転操作訓練内容に含まれている訓練項目は次の通りである。実船においてこれらの項目の運転操作を行なっている時に発生する現象の中で訓練上必要な特性は訓練用シミュレータにおいても忠実に模擬させるものとする。

- (a) デーゼル発電機起動給電
- (b) 1号ボイラ 点火準備
- (c) ボイラ汽餽
- (d) 緩熱蒸気使用
- (e) 主給水ポンプ起動
- (f) スタンバイターボ発電機起動
- (g) 2号ボイラ 汽餽
- (h) 缶並列
- (i) 三ターボ発電機起動
- (j) 主機暖機
- (k) 出港スタンバイ
- (l) ランニング・アップおよび通常航海状態へ

- (m) 入港スタンバイ
- (n) 主機冷機
- (o) 主機完全停止
- (p) NOR 航海からタンク・クリーニング状態へ
- (q) 荷油ポンプ運転
- (r) 片缶航走
- (s) 1ファン 2ボイラ 運転
- (t) 配電盤操作
- (u) 蒸溜器運転
- (v) スートブローア操作
- (w) 給水ポンプ切換
- (x) バーナ取替操作
- (y) 荒天航海
- (z) ビルジ排出

(2) 事故時対応訓練

下記に掲げるような事故項目が訓練用シミュレータで訓練出来るようにする。

- (a) ブラックアウト
- (b) 主タービントリップ
- (c) 主復水器真空低下
- (d) 主機制御油圧低下
- (e) その他

2.4.3 システム構成の概要

機関訓練用シミュレータ・システムの構成概要を下記に述べる。図2.5 参照

ハードウェア名称	数量	目的および備考
1) 機関室制御盤	1	実物実装
2) 主配電盤	1	縮小型
3) タービン主機	1	立体モデル
4) ボイラー	2	"
5) ターボ発電機(含原動機)	2	"
6) ディーゼル発電機(含原動機)	1	"
7) 給水ポンプ	1	"
8) 荷油タービン	1	"
9) 現場グラフィック盤	数面	立体モデル以外の機関部機器および管装置などの模擬
10) A.C.C.自動制御装置 (含AUT/MAN調整装置)	1	実物実装
11) S.T.C. AUT/MAN調整装置 (機関室制御盤上に装備)	2	"
12) F.W.C. AUT/MAN調整装置 (機関室制御盤上に装備)	2	"

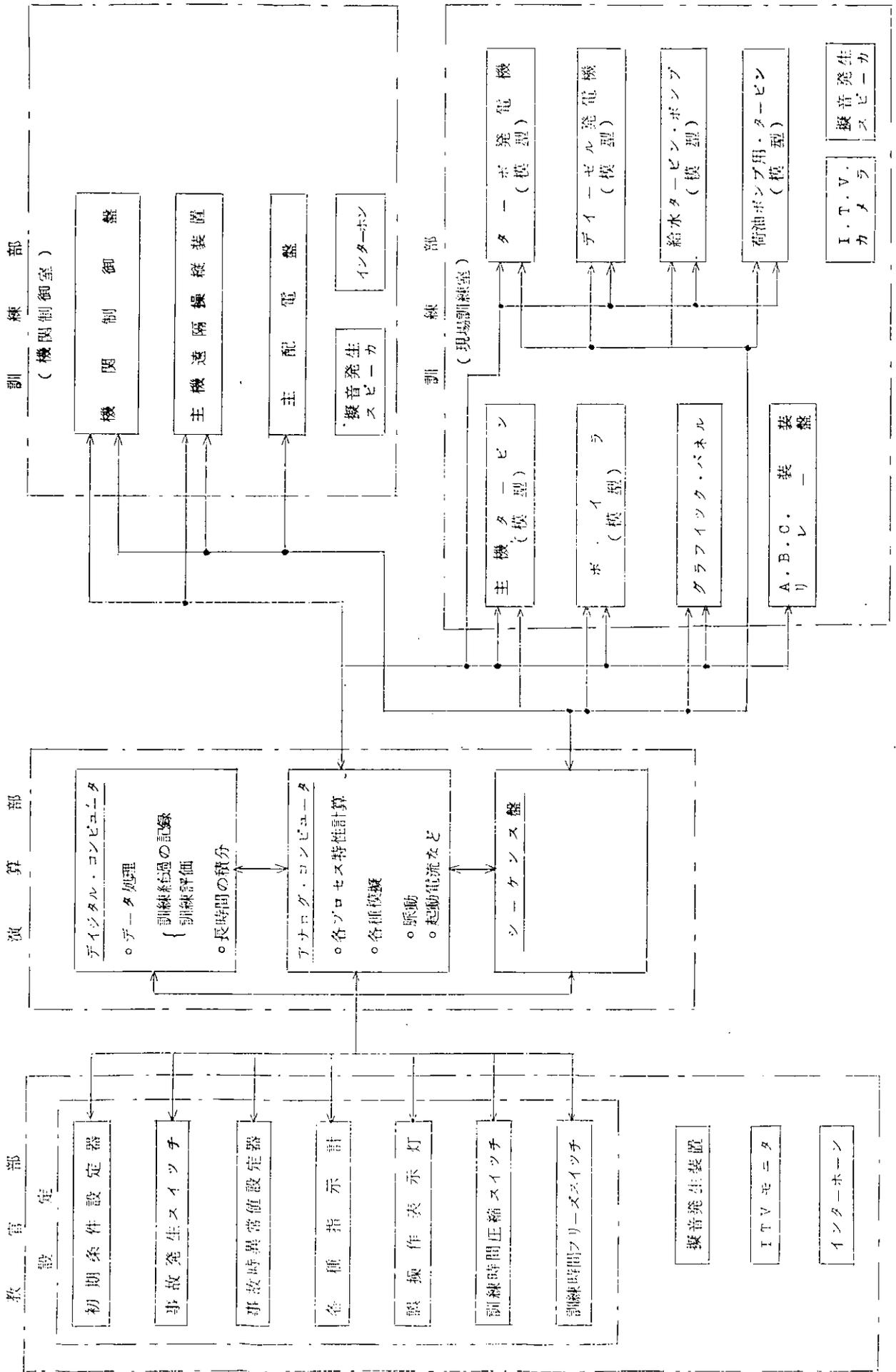


図 2.5 機関シミュレータ・システム構成図

ハードウェア名称	数量	目的および備考
13) F.W.C. 制御弁	1	実物実装
14) ストートプロアーミミック盤	1	"
15) 主機遠隔操縦装置キャビネット	1	簡易実物
16) アナログ電子計算機	1	
17) デジタル電子計算機	1	
18) シーケンス制御盤	1	インタロックおよびシーケンス制御用
19) 教官コンソール	1	訓練生の監視、事故および初期条件の設定など
20) タービン主機運転指令盤 (教官室に装備)	1	船橋よりの操船指令の代行
21) 訓練監視用テレビ	1セット	訓練生監視用
22) 運転擬音発生装置	1セット	
23) 訓練用通信装置 (インタフォン式)	1	教官と生徒との間の連絡用
24) 多点記録器	1	訓練結果の記録用
25) 小型空気圧縮機	1	実物・制御空気用

## 2.5 コンピュータ・システムについて

### 2.5.1 シミュレータ・システムにおけるコンピュータ・システム

シミュレータ・システムの頭脳であるシミュレーション対象物の数学的モデルを模擬する一番重要な部分であり、コンピュータ・システムとしての必要条件是、

- (1) リアル・タイム・シミュレーションであること。
- (2) 訓練項目の補充追加にもなり数学モデルの追加、評価システムの改良が可能をよう増設および機能拡張が容易であること。
- (3) 広いレンジでのダイナミクスが精度と安定性の両面から可能なこと。
- (4) 信頼性が高く取扱いが容易であること。
- (5) 周辺装置とのインターフェースが容易なこと。
- (6) 時間圧縮およびフリーズ機能を持つこと。

などがある。

従来の訓練用シミュレータはほとんどはアナログ・コンピュータが使用されてきた。その理由としてはリアル・タイム・シミュレーションが容易であり動特性の解析に適していること、実際の装置における操作部や表示部など直接マンマシンとインターフェースするところはアナログ量であるため結合が容易であること、リレー・シーケンスとの結合である接点が容易に取り出せることなどである。しかしシステムの数学モデルが複雑化するにしたがいアナログ・コンピュータのハードウェアの増大、精度の低下、保守ならびに信頼度の低下をきたす結果となりつつある。

一方、デジタル・コンピュータの著しい発達にしたがい計算速度の高速性が獲得できリアル・タイム・シミュレーションが可能となりシステムの追加変更がソフト・ウェアの変更のみで解決できる上その特長とするデータ処理機能を活用しての訓練評価の自動化が可能であるなど大型のシミュレータにはデジタル・コンピュータの採用が最近とみに増加してきた。デジタル・コンピュータ採用の最大の特長はフレキシビリティに富んだシミュレーションが可能で

ある点にあるが、これはソフトウェアの開発によるところが大きくハード・ウェアよりもむしろソフトウェアに重点をおき考慮すべきである。また、前述のとおりコンピュータの入・出力信号はほとんどがアナログ量であるため、入出力インターフェースにも特殊の考慮が必要である。

以上のようにアナログ・デジタルコンピュータはそれぞれの長所を生かしたハイブリット・コンピュータがある。これはシステムの数学モデルの模擬をアナログ・デジタル・コンピュータにてそれぞれ分担するもので大きな利点があるが、価格が高くなるため、システムの規模、複雑さ、システム数学モデルの種類、特性など採用する場合は十分検討する必要がある。

ここに船舶訓練用シミュレータ・システムにおけるコンピュータ構成要目の一例を参考までに記す。

(1) アナログ・コンピュータの概略仕様

- 加算演算器 ; 入力数4~6、精度0.5%程度
- 加算積分器 ; 入力数3、精度0.5%程度
- 乗・除算器 ; 精度0.5%程度
- 関数発生器 ; 設定精度0.5%
- 演算増幅器 ; 500台以下

(2) デジタル・コンピュータの概略仕様

- 演算装置
  - データ語 ; 16ビット
  - 方式 ; シングル・アドレス
  - 演算時間 ; 加減算 2~5  $\mu$ s 程度
  - 乗除算 10~20  $\mu$ s 程度(ハード・ウェアオプション要)
  - インターラプト ; 8~16レベル
- 記憶装置
  - 容量 ; 16K語(コア)
  - サイクル・タイム ; 0.5~2  $\mu$ s 程度
  - 外部メモリ ; ドラムまたはディスク、13K語程度
- 入・出力データ
  - アナログ入力 ; 50~100点
  - 精度 符号+12ビット
  - 変換速度 Max 50  $\mu$ s
  - アナログ出力 ; 1,000~2,000点
  - 精度 符号+11ビット
  - 変換速度 Max 10~100  $\mu$ s
  - デジタル入力 ; 1,000~2,000点
  - デジタル出力 ; 500~1,000点
- 周辺装置
  - 入・出力タイプライタ ; 10字/秒
  - 紙テープ読取装置 ; 300字/秒
  - 紙テープ穿孔装置 ; 110字/秒

2.5.2 船舶訓練用シミュレータ・システムにおけるコンピュータ・システム

前記のようにコンピュータの種類にはアナログ・コンピュータ、デジタル・コンピュータおよびハイブリット・コンピュータがありおのおのの特長を持っているため、シミュレートする対象物の特性、数式モデルに合ったコンピュータの選択が必要である。またデジタル・コンピュータを採用する場合、航法、荷役、機関をトータル・システムとしたシミュレータであるため各シミュレータごとにミニ・コンピュータを設ける分散型にするか全体に対し1台のコンピュータを設ける集中型とするか検討を要する。

以下にシミュレートする対象物の特性および使用するコンピュータにつき検討する。

## (1) 航法シミュレータ

自船船体運動を主体とする演算と自船と他船、ブイ等との相対運動演算の両者により構成される。

### (a) 自船船体運動

自船の船速および針路の演算で自動操舵系のシミュレーションが主体であり、また入・出力信号がアナログ信号であるためアナログ・コンピュータが有利であるがデジタル・コンピュータにて可能である。

デジタル・コンピュータを使用する場合はアナログ・コンピュータと異なり連続量をそのまま扱うことができないため各種プログラムが考えられている。

i) BOSSプログラム

ii) MIDASプログラム

iii) CSMPプログラム

たとえばBOSSプログラムでは伝達関数の形で構成された制御ブロック図のデータを各ブロック単位でコンピュータに与え応答を演算するものである。すなわち各ブロックの入出力関係を階差方程式にて表わし $\Delta t$  (計算時間間隔)秒ごとにその時の値を求め出力する方法であり、ブロックの種類は加え合せ点、バイアス、定数、積分、1次おくれ、2次おくれ、無駄時間、PID演算、掛算、割算、3位置リレーなど3種類ある。

一方船体運動方程式として現在まで次の線型微分方程式が実用化されてきたが最近の巨大船、肥大船においては $\theta - \delta$ 特性にヒステリシス・ループが現われ操縦性に悪影響を及ぼしている。

$$T\ddot{\theta} + \dot{\theta} = K \cdot \delta$$

ここに

T: 慣性モーメントを旋回抵抗の $\theta$ 比例係数で除した数

K: 旋回力係数を旋回抵抗の $\theta$ 比例係数で除した数

$\delta$ : 舵角

この操縦性のシミュレーションのため非線型項を追加した次の運動方程式を採用した方がシミュレータとして有効であろう。

$$T\ddot{\theta} + \dot{\theta} + \nu\dot{\theta}^3 = K \cdot \delta$$

また、定数T、 $\nu$ 、Kの値は大型タンカ、中型タンカ、高速ライナなど船種により異なるため、任意設定としておくことにより自船の種類を任意に変えることができ有意義であろう。

### (b) 相対運動演算

視界に再現される他船、島、ブイなどと自船との相対運動演算であり、平面座標にて設定された他船、島などの位置を視界に再現するため、自船を基準とした座標に変換するもので代数計算が主体である。

また、視界再現装置のフィルム、選択を行なう論理判断、フィルム内容の記憶などデジタル・コンピュータが有利である。

## (2) 荷役シミュレータ

荷役シミュレータでは、ぼろ大な配管を流れる荷油の圧力、流量を如何にシミュレートするかが大きなポイントとなる。シミュレートする方法としては、次の2種類が考えられる。

(a) 流量、圧力を数式モデルによりデジタル・コンピュータにて模擬する方法

(b) 流体の性質が電気のそれに非常に良く似ていることに着目し、バルブをスイッチまたは可変抵抗、配管損失を抵抗、逆止弁をダイオードなどと配管系をそのまま電気回路にて模擬する方法

(a)の方法は配管系が網状になつており多種多様のループが生ずるため数式モデル化することは極めて困難であり、配管系統の切替などの場合はその都度プログラムを変更しなければならず実際には不可能と思われる。

(b)の方法は、非常に現実的な方法で各電気回路に流れる電流が油量にまた電圧が圧力にそれぞれ対応するため、電圧計、電流計がそのまま流量計、圧力計になること、配管系統の変更はスイッチの切替えにて容易に行なえフレキシビリティに富んでいる点など有力な手段である。しかし、油量は管路抵抗と非線型な関係にあるため考慮を要する。この場合はポンプ特性のシミュレートはアナログ・コンピュータにて行なうことになる。

一方、タンク・レベルの演算および船体状態計算はデジタル・コンピュータの割込み機能を利用しオン・ライン処理すればより経済的となる。

### (3) 機関シミュレータ

主機、補機のダイナミックスのシミュレーションが主体となり、故障再現、故障処理をアナログ量で与えること、入力・出力が全てアナログ量であることなど考慮するとアナログ・コンピュータにてシミュレートする方が有効である。

主なシミュレーションの内容は次の通り

- タービン蒸気流量
- タービン回転数
- ボイラ燃料油量
- ボイラ蒸気圧力
- ボイラ給水流量
- ボイラ・ドラム水位
- ボイラ過熱蒸気温度
- 発電機電力分担
- 周期投入装置
- 発電機の周波数
- 運転操作シーケンス
- 指示計の指示（起動電流、脈動）
- 故障の再現

一方アナログ回路では高精度が得られない長時間の積分をデジタル・コンピュータにて分担することも有効な手段である。

### (4) 訓練評価・訓練過程のデータ・ロギング

訓練評価、訓練過程のデータ・ロギングはデータ処理機能が強く要求されるうえ、システムの決定が困難であり、使用しながら変更する要素が多くあるため、ソフトウェアにて容易に変更できるデジタル・コンピュータを適用するのが最善であろう。

以上シミュレート対象物の特性を検討するとアナログ、デジタル両者の特長を持つハイブリッド・コンピュータを採用するのが有利である。（図2.6参照）

また航法の一部、荷役、機関各シミュレータはアナログ・コンピュータとなるため必然的に分散型となり、一方デジタル・コンピュータは全システムのデータ処理および航法の相対運動演算を分担するため集中型としてよいと考えられるが採用コンピュータの種類と合せ計画が具体化した段階でコスト・パフォーマンスと合せ再度検討を加える必要がある。

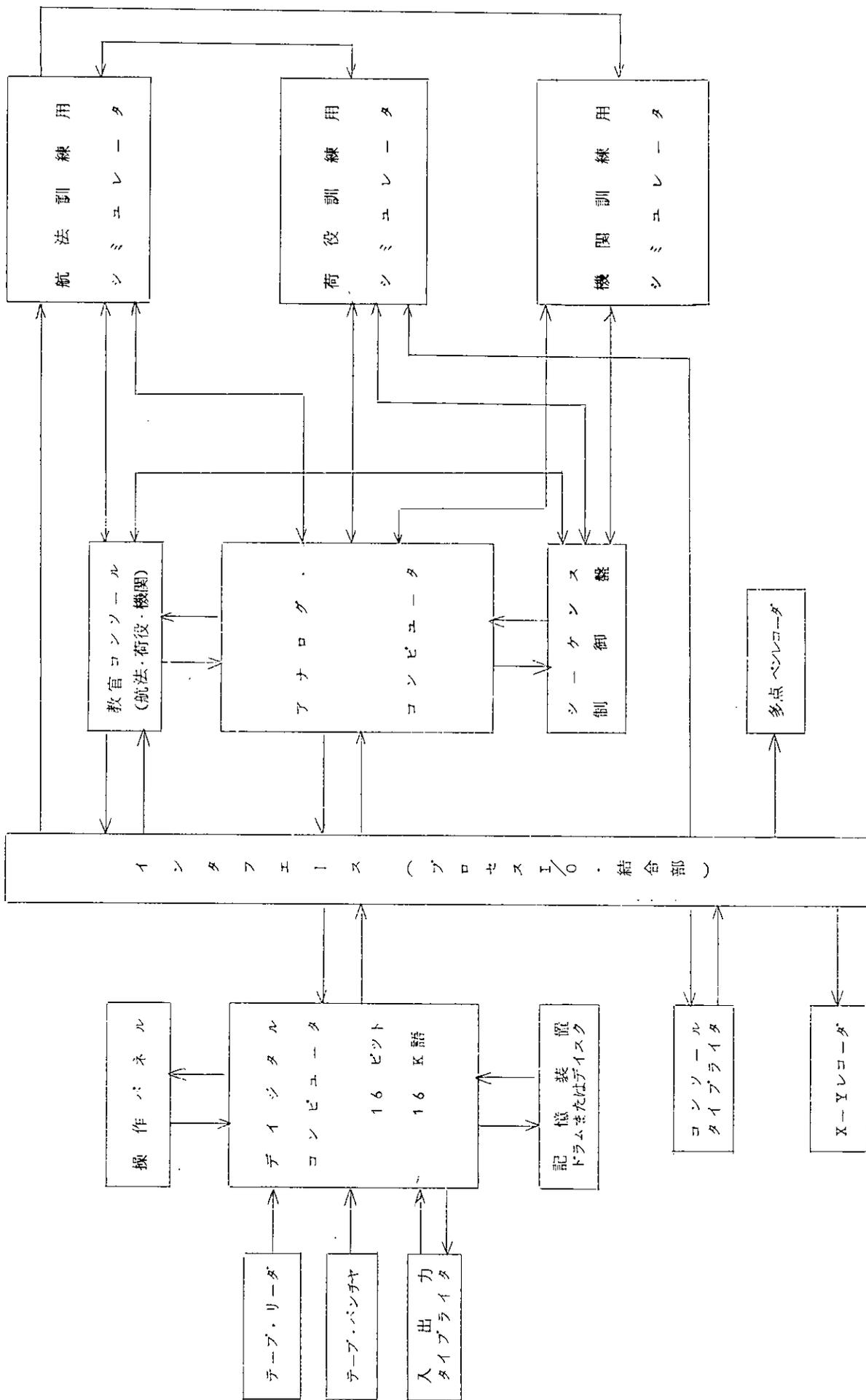


図2.6 船舶乗組員訓練用シミュレータのハイブリッド・コンピュータ・システム構成図

### 3. 今後の課題

#### ( シミュレータ・システム開発上の問題点 )

以上船舶乗組員訓練用シミュレータ・システムの研究内容について述べてきたが、なおいくつかの問題点を含んでいるので、ここにまとめて記述し、今後の研究課題にしたいと考えている。

#### 3.1 シミュレータ・システム範囲の問題

本研究では1.3で述べたように船舶トータル・システムのうち主として航法関係では操船技術、機装関係では荷役技術、機関プラント関係では主機の運転技術の習得を目的とするシミュレータを設定して研究してきた。これはシステムマチックな訓練あるいは勘を養う訓練を重点にして設定したもので、例えば機装システムには他に係船システム、消火システムなどがあるが対象外としてあるため今後の検討が必要である。

#### 3.2 シミュレーションの忠実度の問題

訓練用シミュレータは解析用のそれとは違って厳密な数式解析を行なつてのシミュレーションの必要はないが重要な部分については、例えば圧力計指針の脈動などのように解析用以上の高忠実度再現を必要とする場合もある。

このように訓練用シミュレータは解析用のものとはかなり違った面を持つており、実現には更に経験の豊かな職員や教官の助言を得てできるだけ現実感を持たせるよう改良していく事が必要となる。

#### 3.3 将来に対するシステムの拡張性の問題

将来の船舶システムの発展は巨大化、省力化、安全性の面でこれまで以上の進歩が予想されている。

本研究テーマである訓練用シミュレータにおいてもこの点の拡張性については当然検討されており、例えば超大型タンカの船体運動特性や、荷役配管系統などの可変システムはその一例である。

さらに大洋航行における船位決定 ( Position fix ) を中心とした航行システム、火災検知・自動消火システムなどの超自動化船研究開発の結果生れた新技術に対するフレキシビリティをいかなる形のものにしていくかは今後の研究課題となる。

#### 3.4 視界再現システムの問題

船舶操縦訓練には海上視界の再現が不可欠なものとなるが、この再現方式には2.2.4で述べたようにテレビ方式、映画方式、スライド方式が研究されている。しかしいずれも一長一短を持つておりいまだ方式の決定をみるに至っていない。

ところで船舶においては航空機や自動車と異なり、滑走路やハイウェイのような進路の狭さはなく、当然視界の情景変化には大きな自由度が要求される。この自由度と広大な視野を必要とする視界再現方式としては現在のところスライド方式が最も有望でこの方式の持つ現実感に対する欠点をいかに克服するかが今後の焦点となる。

#### 3.5 教育体制と訓練カリキュラムの問題

今後の海軍状態を取りまく諸環境を考えた場合、学校教育と企業内教育の一環した教育体制のシステム化が必要である。

そして、その中でシミュレータの位置づけを考えることが必要であり、それに併行してカリキュラムの体系化と開発が重要なテーマとなる。

#### 3.6 経済性の問題

一般に教育の投資効果というものはS字形のかたちをとると言われる。つまり必要な投資をしないもの、あるいは無駄

に必要以上の投資をしたものはそれに比した効果はなく、経費の無駄使いに終わってしまうことを意味する。

本シミュレータにおいても当然のことが言える訳だが、どの程度の投資をすれば最も効率が良いかということは、実績のないものだけに結論が出ていない。

フライト・シミュレータ（D C - 8 旅客機用）の例では、実機訓練における訓練費は40万円／人・時間であるのに対し、シミュレータ訓練では7～8万円／人・時間であるという。

船舶の場合訓練条件が異なり簡単に算出できないが、投資効果（コスト・パフォーマンス）はことに企業向のシミュレータにおいて重要な問題だけにさらに研究を進めていく必要がある。

### 3.7 シミュレータの位置づけ

本訓練用シミュレータは座学を主体とする商船学校、海技学校などの学校教育および企業内教育と実船、乗船訓練の間にあつて座学の裏付実習、運転操作および事故対処の基本訓練を行なうもので、さらに実船訓練によりその技術をまとめあげることが最も望ましく重要なことである。

# 第2編 船用としての基準作成

## 第1章 システム設計基準

### 1. 緒 言

#### 1.1 システム設計の現状

本章は昭和45年3月に発行された第106研究部会船舶の高度集中制御方式の研究報告書その5コンピュータ・システムの〔2.基準作成〕のうち(2.1システム設計基準)に対する追加節となるもので、内容としては2.1.5として編集されるべきものである。

デジタル・コンピュータを船舶に導入した計算機制御システム又は情報処理システムを設計することは、船舶の設計問題とは新しい分野であり、最初の実験船としての星光丸その他の実績も整理されていない現在では、設計上の基準値、標準値を実際的に定めることは難しい。制御システムにコンピュータを使用する形式自身、陸上プラントの分野でも開発途上の姿であるので、ガイドラインを決定するには時期が早いと考えられる。したがって本年度の「設計基準に関する報告」も昨年度の作業の延長線上で補足的な項目を採りあげる程度にとどめるものとする。

昨年度の報告では「船舶にコンピュータを導入すること」に主眼を置きすぎたため、そのことの理由づけをするにはプロセス・コントロール・コンピュータで各種の適用問題を処理しなければならぬという論理の筋が進められ、検討項目も、暗にそのような意味での経済性についての考慮のみが念頭にある設計基準となっていた。

一般にシステム設計に際して、経済性と信頼性とは互いに相反する要求項目となることが多い。したがって本年度の報告の追加項目は、システムを信頼性からみた立場で、冗長性のあるシステム設計、或いは適用問題ごとの分散制御方式等の再検討に焦点をしぼることとした。ミニコンピュータの出現は分散方式を経済的にも可能にする1つの要因である。そのような意味でミニコンピュータの資料を追加することとした。

#### 1.2 信頼性と経済性

システムに対する要求を信頼性と経済性の2面からとらえて、模式的にあらわすと下表のようになる。

	信 頼 性	経 済 性
運 用 方 式	個別ユニットによる独立系 分散制御方式	全体に対する群管理 集中制御方式
コ ン ピ ュ ー タ	ミニ・コンピュータ	汎用コンピュータ
異 常 対 策	バック・アップによる	完全性をねらった設計
設 計 方 針	冗長性追加	論理性追求
内 容	標準的なコンポーネント	専用の特殊化
制 御 系	部分単純ユニットの集積	全体として複雑な体系

システム設計の現実的なあるべき姿は経済性と信頼性という矛盾しあう要求のバランスをとつたものとして、目的とする機能を果たす形を求めるという態度であつて、船舶にコンピュータを導入することが目標ではないという点を忘れてはならない。

#### 1.3 検討項目

本報告にとりあげた設計基準に関する検討項目は大略次の4点である。

##### (1) 信頼性設計について

- (2) コンピュータ・システムのバック・アップについて
- (3) ミニ・コンピュータによる分散方式について
- (4) ミニ・コンピュータのリスト

## 2. 信頼性設計について

### 2.1 適用レベルと制御方式

船舶搭載のコンピュータについてみた場合、1個のプロセスコントロールコンピュータで取りあつかうには適用レベルの深さがありすぎる点に注意する必要がある。(図2.1参照)このため制御方式もバッチ処理、オンラインバッチ処理、オンラインリアルタイム処理、タイムシェアリング処理を混用させる必要がある。したがって、コアに常駐する管理用プログラムも大型にならざるを得なくなるであろう。本来経済性をねらった多種ジョブ同時処理がコンピュータのコアの増大を要求し、逆にコンピュータ費用の増加をもたらし、初期の要求を忘れさせる結果にならないように、考えるべきである。異なった水準のジョブの混在はシステムの複雑化をもたらし、個々の処理についても、全体についてもシステムの信頼性をよわめる。

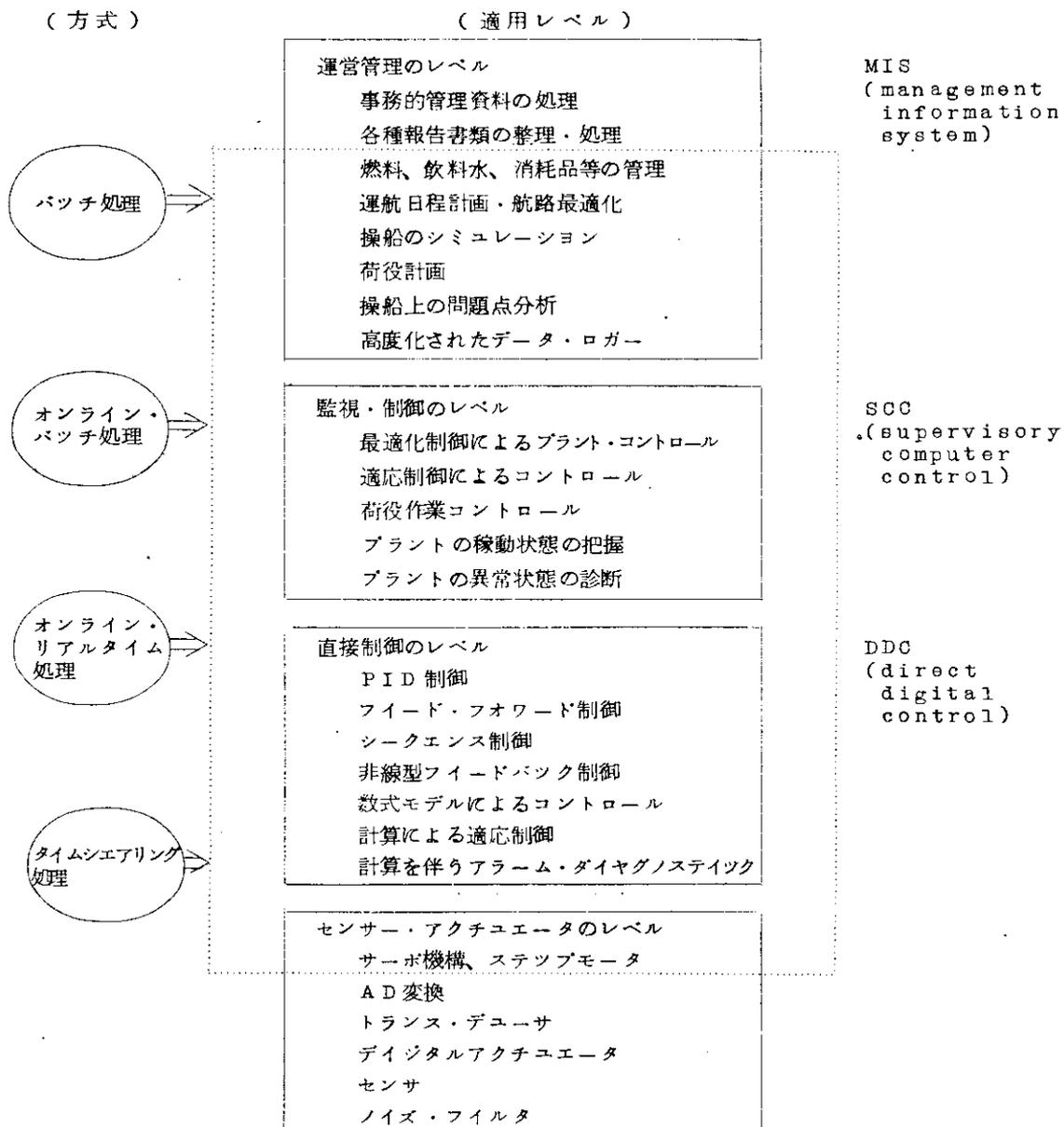


図2.1 適用レベルと制御方式

## 2.2 適用レベルにより異なるバック・アップ方式

システムの信頼性を高めることは色々な形でシステムに冗長性をもたせることを意味する。バック・アップシステムの設計とは、それらの冗長性のもたせ方に対する最も経済的な配分の設計であるともいえるであろう。適用のレベル毎に夫々に適したバックアップ方式が考えられる。各種レベルの制御に対する各種のバックアップの例をあけてみると次のようなものがある。(表2.1参照)

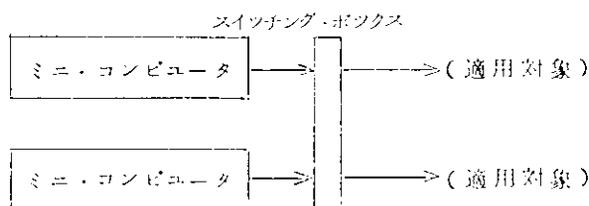
表2.1 バックアップ方式の例

DDC レベルで
(1) 完全手動による方式
(2) アナログ調節計による方式
(3) 簡単なデジタル回路による方式
(4) コンピュータの事故の検出機能追加
(5) 誤った制御信号をプロセス操作端に達せさせないための孤立化機能附加 (フェイル・セイフシステム)
SCC レベルで
(1) オンラインプリンタ故障に対して アナログ指示計又はアナログ記録計によるバックアップ
(2) 端末プリンタの利用法 緊急時にコンピュータシステムから切離してテレプリンタとしての情報系に切 換可能にしておき人手による指示が出来るようにする。
その他
AD変換器、増幅器、key in unit等は二重設備し、切換可能にしておく システム稼動上救済方法のないものはオフラインの子備機予備品として用意する。 ファイルについては重要なデータは2重にファイルする。

最適化計算のある適応制御の場合、固定値によるオンオフ制御への切換、或いは人間の操作によるバックアップ等3重冗長性(triple modular redundancy)によるバック・アップシステムを用意する必要がある場合もある。

バック・アップシステムを考える場合、制御ループごとにもその優先順序を考えて、夫々のバック・アップのカバーする範囲を決定し、経済性とのバランスでその範囲をせびめてゆく考慮が必要となる。

ミニ・コンピュータを採用する場合の利点は、1つにはこれらのバック・アップすべき範囲を適用分野ごとに限定できる点である。さらに複数セットのミニ・コンピュータを使用する場合、相互補償的にバックアップするシステムも考えられる。



現実的には適用対象の制御点数、電圧レベル等の差異から、このような方式をとることは困難が多いが、1台のプロセス・コントロール・コンピュータによる場合にCPUの故障に対しては、バック・アップは物理的に不可能である。

## 2.3 バック・アップシステムの設計に対する考え方

バック・アップ・システムと一言にいつても、設計上、信頼性について考えなければならぬのは

- (1) 計算機本体
- (2) 入出力装置
- (3) バック・アップ装置

- (4) プログラム
- (5) メンテナンス上の考慮
- (6) 電 減

管、システム・コンポーネントごとに注意をばらう必要があつてバック・アップの装置それだけではない。

信頼性の上からは、部分的な故障でもシステム全体としては稼働させながら、その部分を修理することができればいいと考えるのが原則である。例えば、

- (1) DDC を 2 台おいて、1 台が故障しても直ちに切換えてその間に修理する。(冗長性)
  - (2) DDC は 1 台で適当なバック・アップをとる(制御方式として速度形を用いて、故障時には弁開度をそのままの位置を保持する)短時間修理。
  - (3) やや長い故障に対しては重要な制御ループのみ単ループの調節計をおいてこれに切換え他の大部分は手動操作でおこなう。手動の指示のための表示に切換えることができるようにしておく。
- 重大な危険をとまらうような故障に対してはフェイルセーフの方式をとる必要があるであろう。

## 2.4 信頼性設計としての要点

- (1) 信頼性ある構成にする。

システムや装置・部品の信頼性の確認

部品の変動効果を最小にする。

简单化、モジュール化、プラグイン構造にする。

冗長設計の採用、誤動作修正

- (2) 環境効果を最小にする。

防振、対衝撃性

防湿、干渉効果への考慮

- (3) いろいろのファクターとのバランスをとる。

信頼性 — 安全余裕、フェイルセーフ

保全性 — 点検、修理、スペアの用意、互換性

操作性 — 人間工学的な考慮、フルブーフ設計

経済性

機能と性能

寸法と重量

(1)は設計の技法であり、(2)は耐ストレス、耐環境性、(3)は信頼性や保全性を含めて他のファクターとのバランスの問題である。

配分を決める際にはどういふ方針で行なうかという事がまず問題になる。

どの部分にも均一な信頼度を割りふる、故障の重要度

故障回数の大きいところを特に高信頼にする。

系全体の損害、対策の難易などから見て決めるなどである。

(例) 三つの等しく重要な装置が等価的に直列配置となつている。

① 全体で信頼度 0.9 にするには各装置信頼度は  $R = 0.96$

② もし一つの信頼度が  $R = 0.99$  であれば他はどうか。  $R_2 = R_3 = 0.956$

③ 残りの 1 つが他のものより 2 倍不信頼であることが許されるならばどうか。  $R_2 = 0.94$ 、 $R_3 = 0.97$

- (4) 重要部品と信頼性の劣る部品リストを作成する。

- (5) 簡易化、標準化の他に互換性、交換性、修理や点検が容易で入手しやすい部品を使うなど保全性設計に留意する。  
人間工学的に使いやすい、ミスの少ない設計にする。
- (6) この部分は絶対にこれわてはこまる所を特に安全構造にするセイフライフ、又どこかに異常が起きても安全側に働く  
フールセイフ方式、フールプルーフ設計、自動点検、自動誤り訂正、故障検知システムを考える。

次に信頼性設計の問題点としては

- (1) 部品に対する要求を明確にする。信頼性の他に保全性、操作性等を考えて信頼度を決める。  
特にシステムではこれらの要求をさらに低い水準のサブコンポネント装置、部品にまで割りふらねばならない。
- (2) システム製品の信頼性・保全性の適切な尺度を考慮し具体的評価方法を決める。  
故障の定義と重要度もはつきりしておく。

## 2.5 バック・アップシステムの設計に対する基本事項

システムの信頼性の配分の設計が基本事項であるが、そのためには次のような条件をととのえなければならない。

- (1) 信頼性試験法を確立する……… 試験基準
- (2) 全システムに要求されるMTBF, availabilityの設定
- (3) 信頼性に基く合理的なサブシステムへの分解……… 各サブシステムのMTBFのわりふり
- (4) 部品ごとのMTBFの決定
- (5) 修復システムの設計
- (6) 監視用ソフトウェア開発
- (7) 故障診断用ハードウェアの開発
- (8) 資料入手ルートの計画
- (9) 保守体制整備

要するにこれらの基準を決定するには、経済的利益という面では最良の場合の利益を最大にすること。故障した場合の損失に対する考慮としては最悪の場合の損失を最小にするという、最適化の原則に沿って考える必要があるであろう。

現実的な方策としては

- (1) 良質部品を使用する。
- (2) 部品点検を少なくする。
- (3) 故障検出表示機構をもつ。
- (4) 重要回路を二重構成にする。
- (5) スタンバイ・システムを作る。
- (6) ビルディングユニットとして予備品を常備する。
- (7) 故障診断ルーチンをもつ。
- (8) ソフトウェアについて現場デバッグの時間を多くとる。
- (9) 手動或いはアナログのバック・アップを制御ループごとにもつ。
- (10) 計算制御のdual或いはduplex
- (11) 保守員の訓練を考えておく。

## 2.6 ソフトウェアに対する信頼性からの考慮

アプリケーション・プログラムについては次のように考慮する。

- (1) プログラムをパッケージ化しておく。
- (2) 汎用のユーティリティを標準化して用意しておく。

スキヤニング用  
 LP用  
 DDC用  
 プロセス最適化用  
 デジタル・シミュレーション用  
 データロギング用

(3) プログラム全体を標準化して空欄記入方式のプログラムとしておく

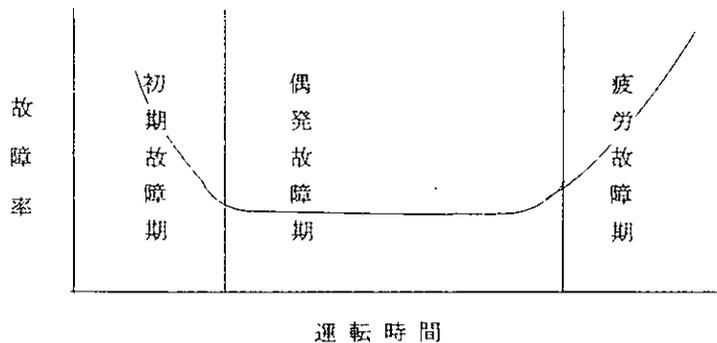
例 IBM の PROSPRO のような形式

(4) 制御用コンピュータは通常小型となるためプログラムの圧縮の必要性から、アセンブラ言語によるプログラムが多いが、大型汎用機による小型機用アセンブラのジェネレータを用意することは、開発作業を容易にするとともに、大型機によれば、プログラムの事前チェックも充分おこなえる利点がある。

例 MUSIC

## 2.7 保守対策

システムの故障率は通常次のような時間的变化を示す。



保守上の対策としては予防保全 (PM) と後保守 (CM) とがあるが、

PM に対するものとしては診断プログラムは故障の場所をなるべく狭い範囲で指示しうる機能が必要である。

CM に対する注意としては部品の故障に関する性能をつきとめておくことが必要になる。(故障発生に関するワイブル分布での  $m$  の値)

$m < 1$	初期故障型
$m = 1$	偶発故障型
$m > 1$	摩耗故障型

すなわち  $m < 1$  のものに対してはあらかじめ充分テストして、欠陥部品をとり除いておく必要があり、 $m = 1$  に対しては故障率を基準にして、交換用部品を常備しておく必要がある。 $m > 1$  のものに対しては、故障を防止するためには事前にとりかえる (PM) ことがのぞましい。

## 3. コンピュータ・システムのバック・アップについて

### 3.1 考え方

もしコンピュータシステムに障害が発生しても、オンラインの仕事は、何らかの方法で続行しなければならない。コンピュータは障害を自分自身で修復できないから、そのままでは続行できないが、システムを再構成することにより、ある程度の機能を維持して続行するようになることが可能である。

コンピュータの信頼性を向上させる方法としては、次のような三つの方法が考えられる。

- (1) 複数台のコンピュータを用いて仕事の分担をする。
- (2) システムの二重化をする。
- (3) フォールバック可能なシステムにする。

### 3.2 仕事の分担

複数台のコンピュータを用いれば一台がダウンしても損害は局所的であり、また機能は低下しても他の計算機がダウンした分を引受けて仕事を続けることが可能である。これには複数台のCPUが記憶装置、入出力群を共有するマルチプロセッサ方式と計算機を独立に数台を配する方式とがある。

### 3.3 二重化

システムを二重化する方法としてはデュアルシステムとデュプレックス・システムとがある。

デュアルシステムとは複数台のCPUで同時に行なつた同じ仕事を照合検査することである。3台以上のCPUを用いれば多数決論理により正しい結果を得られるようなシステムが構成できる。

デュプレックス・システムとは全く同一の構成のシステムを複数台において、一つをオンライン用、他の一つをオフライン用として使い、もしオンライン・システムに障害が発生すれば切替えてオンラインの仕事を行なうものである。

### 3.4 フォール・バック

デュアルやデュプレックス・システムに比べて安価な方法としてフォール・バックがある。これは、もしある部分に障害が起こつても、システム全体がストップするのではなくて故障箇所をバイパスして仕事を続行することで、フェイルソフトともいう。例えばカードリーダーがだめならタイプライタから直接入力するとか、ドラムの一つが故障すれば他のドラム又はディスクを使うしこの場合必要なものは常にコピーしておく必要がある)というようなことである。マルチプロセッサシステムはこの一例である。

表3.1に以上述べたシステムの比較を示す。

表3.1 システムの比較

	シングルプロセッサシステム	マルチプロセッサシステム	デュアルシステム	デュプレックスシステム
信 頼 性	やや悪い	良	極めて良	やや良
障 害 時 の 能 力	停 止	能 力 低 下	変 化 不 定	一 時 停 止
障 害 回 復	困 難	容 易	極 め て 容 易	や や 困 難
経 済 性	良	極 め て 良	悪 い	や や 良
能 力	良	極 め て 良	低 い	良
構 成 の 難 易	容 易	困 難	や や 困 難	容 易

### 3.5 CPUの信頼性向上

最近ではCPUの回路の中に障害診断回路を含めて自動的に障害を察見分離というように行なわれている。

論理回路の故障検査と自動修復は次のようにして行なえる。

- (1) 回路を分割しておいて、それぞれを誤り訂正符号を用いた構成をし、一時的誤りは自動的に訂正する。
- (2) 誤り訂正が単位時間内に2つ以上おこれば永久的誤りとみなし、それに対しては故障検査系列によつて故障部分を知る。

- (3) 故障部分の切り換えを行なう。

## 4. ミニ・コンピュータによる分散方式について

### 4.1 ミニ・コンピュータに対する要求仕様

- (1) ミニコンピュータは今のところ開発発展途上にあり、またミニコンピュータという言葉に厳密な定義がなされていないのが現状である。ここでは一般的と思われる標準的な仕様として、特に制御用ミニコンピュータとしての要求される仕様についてまとめると表3のとおりである。

この仕様についてはどんなミニコンピュータでも備えているのではなく、ミニコンピュータの本来の設計思想は、ハードウェア、ソフトウェアともに最小必要限度の機能を持つ汎用のものをユーザに支給し、その使用については、アプリケーション・エンジニアにまかせる、いわゆる、OEM (Original Equipment Manufacturer) ベース的な考え方でまとめられている。したがって船用コンピュータ・システムに適用するに際して、この点特に留意する必要がある。

そのほか注文を要することは基本構成としての価格は安いが入出力装置および周辺機器等を含めるとおおよそ3~10倍の価格にもなるのでこの点、現段階ではミニコンピュータに適した標準入出力インタフェースがほとんど開発されていないので最も大きな問題になっている。

- (2) 船用コンピュータシステムをミニコンピュータによる分散型システムとしたシステム構成の一例として、45年度において検討中のシステム設計小委員会にて試設計されたものを参考にまとめるとつぎのとおりである。

分散型システム (利用者側から見た目的別システム)

- (1) 階級制御統括用コンピュータ・システム
- (2) 船位決定および通信用コンピュータ・システム
- (3) 衝突予防レーダコンピュータ・システム
- (4) 最適航路設定コンピュータ・システム
- (5) 荷役制御用コンピュータ・システム
- (6) 船位保持制御コンピュータ・システム
- (7) 機関部各種操作コンピュータ・システム
- (8) 機関部状態監視コンピュータ・システム
- (9) CRT ライスプレー用コンピュータ・システム

このようなコンピュータ・システムにおける各コンピュータの仕様内容を一覧表にしたものが表4.1である。

この表から各コンピュータは適用されるシステムに応じたコンピュータを選定する必要があるといえる。

なお一覧表中、ROMを使ったコンピュータが選定されているが近い将来のミニコンピュータを考慮しているためである。これについてはすでにアメリカの軍用コンピュータでは数種開発されている。

### 4.2 その他

現在まで船用コンピュータ・システムには集中型システムが採用されてきた。しかし最近の電子技術の急激な発展は、今後特にミニコンピュータに影響を及ぼすと思われるので分散型システムが注目されるようになった。ここでは要求仕様について簡単にまとめたが、これらの実状からミニコンピュータを利用した船用コンピュータ・システムは今後のシステム技術および周辺技術にかかっていると見えるので、ミニコンピュータの動向に留意する必要がある。

表3 制御用ミニ・コンピュータの要求仕様

項 目	仕 様	備 考
価 格	基本構成 500万円程度 (コアメモリ4K語のCPUと入出力タイプライタ)	200～300万円のものもある。
信 頼 性	MTBF : 4,000時間以上 (CPU) 稼働率 : 99.5%以上 動作温度 : 0～40℃以上 (I/Oを除く)	8,000時間 (約1年間) 以上としたいが現状では4,000時間程度が妥協点と思われる。
語 長	12ビット～18ビット	16ビットが中心
コ ア メ モ リ	サイクルタイム : 2μ秒以下 容 量 : 最大16K語以上 パリティチェック : 有	実用的には8～16K語が多い。
演 算 速 度	加減算 20μ秒以下 (乗除算回路 オプション)	倍長、浮動小数点演算はソフトで行なうのが多く遅いので注意要する。
ア ド レ ス 方 式	間接アドレス インデックス修飾可 相対アドレス	
プ ロ グ ラ ム 可 能 レ ジ ス タ	3個～6個	低価格にするためコアメモリに設けるものが多い。
優 先 割 込	マルチレベルであること。	割込処理速度に注意
入 出 力 制 御	プログラム制御を標準 (チャンネルオプション) 標準インターフェースが規定されていること。	
停 電 保 護	有 (オプションとして自動再スタート、メモリプロテクション)	
実 時 間 タ イ マ	有	ソフトなものとはードのものがある。
補 助 メ モ リ	接 続 可	
他 の コ ン ピ ュ ー タ	結 合 可	
I/O	プロセス用入出力装置 CRTディスプレイなどの接続が可能なこと	アナログ入力信号の処理点数は200～300点程度
ソ フ ト ウ ェ ア	アセンブラ言語以上 (2パス) 実時間モニタプログラム有 ユーティリティプログラム	下記事項を備えてあれば使用上便利である。 ① 中大型機によるシミュレータにて作成できるもの。 ② コンパイラ言語を使えるもの。

表 4.1 分散型システムの船用コンピュータ・システム

(システム設計小委員会にて45年度に検討中のコンピュータ・システムをベースにまとめたもの)

コンピュータシステム		階級制御統括用 コンピュータ・システム	船位決定・通信用 (オメガ) コンピュータ・システム	衝突予防レーダ コンピュータ・システム	最適航路設定 コンピュータ・システム
システムの概要		<ul style="list-style-type: none"> <li>・衛星コンピュータ統括システム</li> <li>・定時記録システム</li> <li>・オフラインパンチ処理システム</li> <li>・性能変化情報プロットシステム</li> <li>・船内時間管理システム</li> <li>・デジタル・データ表示システム</li> </ul>	(オメガ) <ul style="list-style-type: none"> <li>・船位推定システム</li> <li>・船位測定システム</li> <li>・定時情報自動受信システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・衝突予防レーダシステム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・狭域最適航路設定システム</li> <li>・局所 " "</li> </ul>
ハードウェア・システム	中央処理装置				
	語長	16ビット以上	16ビット以上	16ビット以上	16ビット以上
	RAM	8 K語	12 K語	6 K語	12 K語
	ROM	4 K語		6 K語	4 K語
	演算装置				
	乗除算回路	有	有	有	有
	その他				浮動小数点演算倍長演算可能のこと
	外部割込	有	有	有	有
内部割込	有	有	有	有	
補助メモリ		64 K語	なし	なし	64 K語
プロセス I/O	インタラプト入力	5点	6点	14点	3点
	入力 デジタル	40点	52点	180点	27点
	アナログ	なし	なし	なし	2点
	出力 デジタル	40点	89点	111点	37点
	アナログ	なし	なし	なし	2点
周辺機器その他	オペレータコンソール	1式			
	システムタイプライタ	1式	1式	1式	1式
	タイプライタ	3台			
	その他	高速リーダ・パンチヤー			
備考					狭域最適航路設定システムの場合 ミニコンピュータでは固難である

ディーゼル・タンカー

荷役制御用 コンピュータ・システム	船位保持制御 コンピュータ・システム	機関部各種操作 コンピュータ・システム	機関状態監視 コンピュータ・システム	CRTディスプレイ用 コンピュータ・システム
<ul style="list-style-type: none"> <li>・荷役監視システム</li> <li>・積荷制御システム</li> <li>・揚荷制御システム</li> <li>・バラスト 汲排水制御システム</li> <li>・貨油バラスト弁制御システム</li> <li>・貨油バラストポンプ制御システム</li> <li>・荷役状態記録用データファイルシステム</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・プラント・スタンバイ制御システム</li> <li>・フィニッシュドウィズエンジン制御システム</li> <li>・主機操作システム</li> <li>・ターボ発電機常変処置システム</li> <li>・ボイラ制御管理システム</li> <li>・空気圧縮機制御システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機関部通常監視システム</li> <li>・機関部急速監視システム</li> <li>・機関部定時記録データファイルシステム</li> <li>・機関部性能変化情報ファイル・システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・航法計算結果ディスプレイシステム</li> </ul>
16ビット以上	12ビット以上	12ビット以上	12ビット以上	16ビット以上
4 K語 } 8 K語 4 K語	4 K語 } 6 K語 2 K語	4 K語 } 12 K語 8 K語	8 K語 } 12 K語 4 K語	4 K語
有	有	有	有	なし
有	有	有	有	有
有	有	有	有	有
64 K語	なし	なし	なし	なし
8点	2点	8点	6点	
278点	34点	なし	26点	
110点	10点	298点	194点	
194点	18点	なし	136点	
5点	12点	324点	なし	
1式	1式	1式	1式	
1式	1式	1式	1式	
				CRT表示制御装置

5 ミニ・コンピュータのリスト

5.1 外国製のミニ・コンピュータ

機種	種	BIT-483	CSI-16	PDC-208	PDC-216	NOVA	SUPER-NOVA	DT-1,600
メーカー		BIT	CSI	CAI	CAI	DG	DG	DT
CPU機能	命令語長(ビット)	可変	16	8/16	16	16	16	8/16
	アキュムレータ数	1	3	1	2	4	4	1
	ハードウェアレジスタ数	18	11	8	6	5	5	8
	インデックスレジスタ数	0	1(ハード)	0	1(ハード)	2(ハード) 16(メモリ)	2(ハード) 16(メモリ)	0
	オペレーションコード長(ビット)	可変	4	—	—	—	—	4
	アドレスモード長(ビット)	可変	2	—	—	—	—	2
	アドレスモード数	2	3	4	8	4	4	2
	アドレス長(ビット)	9	10	9	10	10	10	8
	直接アドレス指定可能語数	512	1K	512	1K	1K	1K	512
	間接 #	512	32K	16K	32K	32K	32K	16K
間接、アドレスレベル数	1	1	多数	多数	多数	多数	多数	
演算機能	ストップ時間(μsec)	4	2	8	5.33	5.5	1.6	24
	加算時間(μsec)	可変	2	8	5.33	5.9	0.8	24
	固定小数点ハードウェア(×, ÷)	ナシ	アリ	ナシ	ナシ	ナシ	オプション	ナシ
	浮動 # (×, ÷)	ナシ	アリ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ
	固定小数点乗算時間(ハードウェアμsec)	—	8.8	—	—	—	3.8	—
	固定小数点除算時間(ハードウェアμsec)	—	9.0	—	—	—	6.7	—
	固定小数点乗算時間(ソフトウェアμsec)	—	—	370	55	340	68	1,200
固定小数点除算時間(ソフトウェアμsec)	—	—	630	95	480	96	1,500	
メモリ	メモリサイクルタイム(μsec)	1.0	1.0	2.67	2.67	2.6	0.8	8.0
	メモリ語長(ビット)	8(倍数)	16	8	16	16	16	8
	最小メモリサイズ(語)	1K	1K	4K	4K	4K	4K	4K
	追加メモリサイズ(語)	4K	4K	4K	4K	4K	4K	4K
	最大メモリサイズ(語)	65K	32K	16K	32K	32K	32K	16K
	パリティチェック機能	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ
	メモリー保護機能	ナシ	オプション	オプション	オプション	ナシ	オプション	オプション
その他	電源異常時保護機能	アリ	アリ	オプション	オプション	アリ	アリ	オプション
	自動再起動機能	オプション	ナシ	オプション	オプション	アリ	アリ	オプション
	リアルタイムクロック	オプション	オプション	オプション	オプション	アリ	アリ	オプション
価格	(CPU+4Kメモリ)	\$ 7,660	\$10,750*	\$ 5,990	\$ 7,990	\$ 7,950	\$11,700	\$ 6,600
備考			*ソフトウェアは価格外					

機 種		Datamate -16	PDP 8/I	PDP-8/L	PDP-9/L	PDP- 11/20	PDP- 15/10	SAI-640
メ ー カ		DCS	DEC	DEC	DEC	DEC	DEC	DEC
C P U 機 能	命令語長 (ビット)	16	12/24	12/24	18	16	18	16/32
	アキユームレータ数	1	1	1	1 (標準) 1 (オプション)	6	1 (標準) 1 (オプション)	2
	ハードウェアレジスタ数	6	—	—	—	8	—	9
	インデックスレジスタ数	1 (ハード)	8 (メモリ)	8 (メモリ)	7 (メモリ)	6	1 (ハード) 8 (メモリ)	1 (ハード)
	オペレーションコード長 (ビット)	5	3	3	4	4	4	4
	アドレスモード長 (ビット)	3	1	1	1	4	2	3
	アドレスモード数	8	2	2	2	12	4	8
	アドレス長(ビット)	8	8/15	8/13	13	16	12	9/15
	直接アドレス指定可能語数	256	256	256	4K	32K	4K	512
	間接 "	32K	32K	8K	16K	—	32K	32K
間接アドレスレベル数	多数	1	1	1	ナシ	1	多数	
演 算 機 能	ストア時間 (μsec)	2	3	32	3	2.3	1.6	3.3
	加算時間 (μsec)	2	3	32	3	2.3	1.6	3.3
	固定小数点ハードウェア (×, ÷)	アリ	オプション	ナシ	オプション	ナシ	オプション	アリ
	浮遊 " (×, ÷)	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ
	固定小数点乗算時間 (ハードウェア μsec)	7	—	—	16.5	—	7	18.15
	固定小数点除算時間 (ハードウェア μsec)	9	—	—	18	—	7.25	18.98
	固定小数点乗算時間 (ソフトウェア μsec)	—	360	360	42.1	—	200	—
	固定小数点除算時間 (ソフトウェア μsec)	—	460	460	52.8	—	250	—
メ モ リ	メモリサイクルタイム (μsec)	1.0	5	1.6	1.5	1.2	0.8	1.65
	メモリ語長 (ビット)	16	12	12	18	16	18	16
	最小メモリサイズ(語)	4K	4K	4K	4K	4K	4K	4K
	附加メモリサイズ(語)	4K	4K	4K	4K	4K	4K	4K
	最大メモリサイズ(語)	32K	32K	8K	16K	32K	131K	32K
	パリティチェック機能	オプション	オプション	オプション	オプション	ナシ	オプション	ナシ
メモリー保護機能	アリ	アリ	アリ	オプション	ナシ	オプション	アリ	
そ の 他	電源異常時保護機能	アリ	オプション	オプション	オプション	アリ	オプション	アリ
	自動再スタート機能	アリ	オプション	オプション	オプション	アリ	オプション	ナシ
	リアルタイムクロック	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション
価 格 (CPU+ 4Kメモリ)		\$14,900	\$12,800	\$ 8,500	\$19,900	\$10,800*	\$15,600	\$26,500
備 考						*価格に ASR- 33 を含む		

機種		SPC-12	SPC-16	System 18/30	909	2114A	2115A	2116B
メーカー		GAI	GAI	GAI	GRI	HP	HP	HP
CPU機能	命令語長(ビット)	8/16	16/32	16/32	16	16	16	16
	アキュムレータ数	4	16	2	可変	2	2	2
	ハードウェアレジスタ数	8	19	13	9	7	7	7
	インデックスレジスタ数	3(ハード)	6	3	32K (メモリ)	0	0	0
	オペレーションコード長 (ビット)	8	4	5	0*	4	4	4
	アドレスモード長 (ビット)	3	4	5	2	2	2	2
	アドレスモード数	6	11	12	4	4	4	4
	アドレス長(ビット)	12	8/16	8/16	12	10	10	10
	直接アドレス指定可能語数	4K	32K	32K	32K	2K	2K	2K
	間接 "	4K	32K	32K	32K	8K	8K	32K
	間接アドレスレベル数	1	1	1	1	多数	多数	多数
演算機能	ストア時間(μsec)	4.2	2	2.4	3.52	4	4	3.2
	加算時間(μsec)	4.2	3	2.4	1.76-7.03	4	4	3.2
	固定小数点ハードウェア (×, ÷)	ナシ	ナシ	アリ	オプション	ナシ	オプション	オプション
	浮動 " (×, ÷)	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ
	固定小数点乗算時間 (ハードウェア μsec)	—	—	12	10	—	24	19.2
	固定小数点除算時間 (ハードウェア μsec)	—	—	13.2	14	—	26	20.8
	固定小数点乗算時間 (ソフトウェア μsec)	—	—	—	320	187	187	150
	固定小数点除算時間 (ソフトウェア μsec)	—	—	—	600	387	387	310
メモリ	メモリサイクルタイム (μsec)	2.0	0.96	0.96	1.76	2.0	2.0	1.6
	メモリ語長(ビット)	8	16	16+2	16+2	16	16	16
	最小メモリサイズ(語)	4K	4K	4K	4K	4K	4K	8K
	附加メモリサイズ(語)	4K	4K	4K	4K	4K	4K	8K
	最大メモリサイズ(語)	16K	32K	32K	32K	8K	8K	32K
	パリティチェック機能	オプション	ナシ	アリ	アリ	オプション	オプション	オプション
	メモリ保護機能	ナシ	ナシ	アリ	アリ	ナシ	オプション	オプション
その他	電源異常時保護機能	オプション	アリ	アリ	アリ	オプション	オプション	アリ
	自動再スタート機能	オプション	アリ	アリ	アリ	オプション	オプション	オプション
	リアルタイムクロック	アリ	アリ	アリ	オプション	オプション	オプション	オプション
価格 (CPU+ 4Kメモリ)		\$ 5,000	\$10,000	\$18,000	\$ 9,940	\$ 9,950	\$14,500	\$24,000*
備考					*アドレス で示される			*8Kコア が最小

機 種		H-316	DDP-516	4900	Model 3	Model 4	SPIRAS-65	MAC16	800
メ ー カ		HON	HON	ITI	INT	INT	IRA	LRT	MSI
C P U 機 能	命令語長(ビット)	16/32	16/32	16/32	16/32	16/32	16/32	16	16
	アキュムレータ数	2	2	8	16	16	2	1	15
	ハードウェアレジスタ数	5	5	16	18	33	3	6	23
	インデックスレジスタ数	1(ハード)	1(ハード)	6(ハード)	15(ハード)	15(ハード)	1(ハード)+ アキュム レータ	4(メモリ)	0
	オペレーションコード長 (ビット)	5	5	8	8	8	6	4	4
	アドレスモード長 (ビット)	2	2	2	2	2	2/3	3	0
	アドレスモード数	4	4	4	3	3	4	8	1
	アドレス長(ビット)	9/14	9/14	6/16	6/16	6/16	10/16	9	8
	直接アドレス指定可能語数	1K	1K	32K	32K	32K	65K	512	256
	間接 間接アドレスレベル数	32K 多数	32K 多数	32K 多数	— ナシ	— ナシ	16K 多数	65K 多数	— ナシ
演 算 機 能	ストア時間(μsec)	3.2	1.92	1.95-3.5	6	6	3.6	2	1.1 (8-bit)
	加算時間(μsec)	3.2	1.92	1.95-3.5	3.2	3.2	3.6	2	1.22
	固定小数点ハードウェア (×, ÷)	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション	アリ	オプション	ナシ
	浮動 # (×, ÷)	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ
	固定小数点乗算時間 (ハードウェア μsec)	8.8	5.28	10	23	23	17	9	—
	固定小数点除算時間 (ハードウェア μsec)	17.6	10	25	38	38	30	12	—
	固定小数点乗算時間 (ソフトウェア μsec)	258.2	154.6	50	900	900	—	150	—
固定小数点除算時間 (ソフトウェア μsec)	368.7	220.8	100	1,020	1,020	—	300	—	
メ モ リ	メモリサイクルタイム (μsec)	1.6	0.96	0.98-1.75	1.5	1.0	1.8	1.0	1.1
	メモリ語長(ビット)	16	16	16	16	16	16	16	8.9 or 10
	最小メモリサイズ(語)	4K	4K	4K	2K	2K	4K	4K	256 (ROM)
	附加メモリサイズ(語)	4K	4K	4K	2K	2K	4K	4K	4K
	最大メモリサイズ(語)	16K	32K	32K	32K	32K	65K	65K	32K
	バリテイチェック機能	ナシ	オプション	オプション	オプション	オプション	ナシ	オプション	オプション
	メモリ保護機能	ナシ	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション
そ の 他	電源異常時保護機能	アリ	アリ	オプション	オプション	オプション	オプション	アリ	オプション
	自動再起動機能	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション	アリ	オプション
	リアルタイムクロック	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション	アリ	オプション
価 格 (C.P.U.+ 4Kメモリ)	\$ 9,700	\$23,800	\$ 9,950	\$10,800	\$13,800	\$12,750	\$11,950*	\$ 5,700*	
備 考							ASP-33 の価格を含む	ROM 256W の価格を含む	

機種		810	MDP-1000	1,216-F	703	706	RC-70	4700	810A
メーカー		MSI	MOT	PFI	RAY	RAY	RC	SOC	SEL
CPU機能	命令語長(ビット)	16/24	12	16	16	16	16/32	16/32	16
	アキュムレータ数	2	5	1	1	1	1	3	2
	ハードウェアレジスタ数	5	9	7	6	6	5	10	2
	インデックスレジスタ数	1(ハード)	3(ハード)	1(ハード)	1(ハード)	1(ハード)	1(ハード)	1(ハード)	1(ハード)
	オペレーションコード長(ビット)	5	8	3	4	4	6	4/9	4
	アドレスモード長(ビット)	3	3	2	1	1	3	2	2
	アドレスモード数	8	6	4	2	2	5	5	4
	アドレス長(ビット)	8/16	12	11	11	11	7/14	9/16	10
	直接アドレス指定可能語数	32K	4K	2K	32K	32K	16K	32K	1K
	間接 "	256	4K	32K	—	—	16K	65K	32K
間接アドレスレベル数	1	1	1	ナシ	ナシ	1	1	多数	
演算機能	ストア時間(μsec)	4.62 (16ビット)	6.48	4	3.5	1.8	1.9	1.84	3.5
	加算時間(μsec)	5.06	4.32	4	3.5	1.8	1.9	1.84	3.5
	固定小数点ハードウェア(X, ÷)	アリ	ナシ	オプション	オプション	オプション	アリ	オプション	アリ
	浮動 " (X, ÷)	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ
	固定小数点乗算時間(ハードウェアμsec)	63.36	—	—	17.5	9	6.5	6.44	7
	固定小数点除算時間(ハードウェアμsec)	90.86	—	—	24	9	12.5	6.90	10.5
	固定小数点乗算時間(ソフトウェアμsec)	—	—	—	147	75	—	—	—
	固定小数点除算時間(ソフトウェアμsec)	—	—	—	300	154	—	—	—
メモリ	メモリサイクルタイム(μsec)	1.1	2.0	3.5	1.75	0.9	0.86	0.92	1.72
	メモリ語長(ビット)	8.9 or 10	8	16	16	16	16+1	16	16
	最小メモリサイズ(語)	4K+512 (ROM)	4K	4K	4K	4K	4K	4K	4K
	附加メモリサイズ(語)	4K	4K	4K	4K	4K	4K	4K	4K
	最大メモリサイズ(語)	32K	16K	16K	32K	32K	32K	65K	32K
	パリティチェック機能	オプション	ナシ	オプション	ナシ	オプション	アリ	オプション	オプション
	メモリ保護機能	オプション	ナシ	オプション	ナシ	オプション	アリ	オプション	オプション
その他	電源異常時保護機能	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション	アリ	アリ	アリ
	自動再スタート機能	オプション	オプション	オプション	アリ	アリ	アリ	オプション	オプション
	リアルタイムクロック	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション	アリ	オプション	オプション
価格(CPU+4Kメモリ)	\$ 6,900*	\$ 8,500	\$11,900	\$12,750*	\$19,000*	\$13,900*	\$14,800*	\$18,000*	
備考	価格に512WのROMも含む			価格にASR-33を含む	価格にASR-33を含む	レンタル料\$417/日		価格にASR-33を含む	

機種	810B	TEMPC-1	520/I	620/I	Prodac-2000	GE-16	GE-16	SIGAA-3	
メーカー	SEL	TEM	VDM	VDM	WES*	NDS	NDS	NDS	
CPU機能	命令語長 (ビット)	16	16/32	8/16	16/32	16	16	16	16/32
	レジスタ数	2	2	7	2	4 (メモリ)	1	1	2
	ハードウェアレジスタ数	2	7	7	6	5	6	6	9
	インデックスレジスタ数	2 (ハード)	1 (ハード)	1 (ハード)	2 (ハード)	2 (メモリ)	1 (ハード)	1 (ハード)	2 (ハード)
	オペレーションコード長 (ビット)	4	4	3	4	5	5	5	4
	アドレスモード長 (ビット)	2	3	3	3	3	3	3	4
	アドレスモード数	4	8	5	4	8	8	8	12
	アドレス長 (ビット)	10	9/16	15	9/11	8/16	8/14	8/14	8
	直接アドレス指定可能語数	1K	512	4K	2K	256	256	256	1K
	間接 #	32K	65K	32K	32K	65K	16K	16K	65K
間接アドレスレベル数	多数	多数	多数	多数	1	多数	多数	1	
演算機能	ストア時間 (μsec)	1.5	1.8	4.5	3.6	7	16	5.34	1.95
	加算時間 (μsec)	1.5	1.8	4.5	3.6	7	16	5.34	1.95
	固定小数点ハードウェア (×, ÷)	アリ	オプション	ナシ	オプション	アリ	ナシ	ナシ	オプション
	浮動 # (×, ÷)	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	オプション	ナシ	ナシ	ナシ
	固定小数点乗算時間 (ハードウェア μsec)	4.5	7	—	10	24.5	—	—	7.8
	固定小数点除算時間 (ハードウェア μsec)	8.25	9	—	14	32.5	—	—	8.13
	固定小数点乗算時間 (ソフトウェア μsec)	—	—	—	200	—	126	42	—
	固定小数点除算時間 (ソフトウェア μsec)	—	—	—	200	—	14.2	47.3	—
メモリ	メモリサイクルタイム (μsec)	0.75	0.9	1.5	1.8	3.0	8.0	2.67	0.98
	メモリ語長 (ビット)	16	16	8	16	16	16	16	16
	最小メモリサイズ (語)	8K	4K	4K	4K	4K	4K	4K	8K
	附加メモリサイズ (語)	8K	4K	4K	4K	4K	4K	4K	8K
	最大メモリサイズ (語)	32K	65K	32K	32K	65K	16K	16K	64K
	パリティチェック機能	アリ	オプション	オプション	オプション	アリ	ナシ	ナシ	アリ
	メモリ保護機能	オプション	オプション	アリ	オプション	ナシ	ナシ	ナシ	オプション
その他	電源異常時保護機能	アリ	アリ	オプション	オプション	アリ	オプション	オプション	オプション
	自動再起動機能	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション	オプション
	リアルタイムクロック	オプション	オプション	オプション	オプション	アリ	オプション	オプション	オプション
価格 (CPU+4Kメモリ)	\$53,500*	\$15,000*	\$ 7,500	\$ 9,950	\$10,000	\$ 9,980	\$ 7,990	\$24,000	
備考	最小メモリ8KでASR-33が標準価格に含まれる	ASR-33が標準価格に含まれる							

5.2 国産のミニ・コンピュータ

機 種		NEAC M-4	OKITAC-4300	TOSBAC-40	MACC-7
メーカ		NEC	沖	東 芝	松 下
C P U 機 能	命令語長 (バイト)	可 変 8, 16, 24, 32bit	16 (ビット)	16 (ビット)	16 (ビット)
	アキュムレータ数	16 (bit) × 4	1	16	2
	ハードウェアレジスタ数	16	4	30	12
	インデックスレジスタ数	16 (bit) × 2		15	3
	オペレーションコード長 (ビット)	1, 2, 3語	4	8 (ビット)	16
	アドレスモード長 (ビット)		8	16	8
	アドレスモード数	4	256	3	
	アドレス長 (ビット)		8	8, 16, 32	
	直接アドレス指定可能語数	5KW	256	64KB	
	間接 " "	32KW	1をたてるかどうか	ナ シ	
間接アドレスレベル数		0か1	ナ シ	1 (0.6 μs)	
演 算 機 能	ストア時間 (μsec)	4.5	1.5		
	加算時間 (μsec)	4.5	3.8	3.2	1.2
	固定小数点ハードウェア (×, ÷)	1,760		ア リ	
	浮動 " "	1,420		ア リ	
	固定小数点乗算時間 (ハードウェア μsec)	190	3.72	23~40	—
	固定小数点除算時間 (ハードウェア μsec)	400	4.92	38~45	—
	固定小数点乗算時間 (ソフトウェア μsec)		ハード1mm sec 程度遅い		
	固定小数点除算時間 (ソフトウェア μsec)				
メ モ リ	メモリサイクルタイム (μsec)	1.5	1.5	1.0	0.6
	メモリ語長 (ビット)	1,234W	16bit+1パリティ	16bit	16+1 (パリティ)
	最小メモリサイズ (語)	4KW	4KW	8K	4K語
	附加メモリサイズ (語)	4KW		8K	
	最大メモリサイズ (語)	32KW	16KW	64K	16K語
	パリティチェック機能	偶 数	偶 数	ア リ	ア リ
	メモリ保護機能	ナ シ	ナ シ	ア リ	
そ の 他	電源異常時保護機能	ア リ	ア リ	ア リ	
	自動再スタート機能	ア リ	ア リ	ア リ	ア リ
	リアルタイムクロック	ア リ option	ア リ	ア リ	
価 格 (CPU+ 4Kメモリ)	350万 in-out type80万	410万	742万	360万	
備 考					

機 種		HITAC-10	HIDIC-100	FACOM-R	FACOM-P1
メーカ		日 立	日 立	富 士 通	富 士 通
C P U 機 能	命令語長 (バイト)	16 (ビット)	16または32ビット	1	1~3W
	アキムムレータ数	1 (AC)	1 (ACC)	1 (A)	1
	ハードウェアレジスタ数	9	8	4	6
	インデックスレジスタ数	1 (IC)	3 (IKR1, 2, 3)	4 (X00, 01, 10, 11)	4
	オペレーションコード長 (ビット)	5	5	17	8
	アドレスモード長 (ビット)	2	1	直 9 (0~51) 間 7~15	3
	アドレスモード数	5	3	5	5
	アドレス長 (ビット)	9	8		16
	直接アドレス指定可能語数	512	256	0~511	65K
	間接 # #	32768	32768	0~32767	65K
間接アドレスレベル数				1	
演 算 機 能	ストア時間 (μsec)	2.8	13~26	1.5	3
	加算時間 (μsec)	2.8	16.5	6.0	3
	固定小数点ハードウェア (×, ÷)				あ り
	浮動 # # ( # )				—
	固定小数点乗算時間 (ハードウェアμsec)	—	—	—	12.5
	固定小数点除算時間 (ハードウェアμsec)	—	—	—	20.75
	固定小数点乗算時間 (ソフトウェアμsec)	9.8	250		—
固定小数点除算時間 (ソフトウェアμsec)	9.8~11.2	350		—	
メ モ リ	メモリアイクルタイム (μsec)	1.4	2.0	1.5	1.5
	メモリ語長 (ビット)	16+2パリティ	16+1パリティ	16ビット+1パリティ	16+1パリティ
	最小メモリサイズ (語)	4KW	2KW	1K (但し4Kをなければ動かない)	1KW
	附加メモリサイズ (語)	4KW	4KW	4Kずつ	16KW
	最大メモリサイズ (語)	32KW	16KW	32Kワード	65KW
	パリティチェック機能	奇 数	奇 数	垂直 } 両方 水平 }	あ り
	メモリ保護機能	な し	な し		な し
そ の 機 能	電源異常時保護機能	あ り	あ り	あ り	あ り
	自動再起動機能	あ り	あ り		な し
	リアルタイムクロック	あ り	あ り	あ り	あ り
価 格 (CPU+4Kメモリ)	400万	500万	414万	16K~52K 約4,000万	
備 考					