

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44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。

は し が き

本報告書は日本船舶振興会の昭和43年度補助事業「船舶の高度集中制御方式の研究」として日本造船研究協会が第106研究部会においてとりまとめたものである。

本研究は、航法、き装、タービンプラント、ディーゼルプラント、コンピュータと5つのシステムについて、それぞれ分科会を設置して検討しており、これらを一冊の報告書としてまとめるとはより大きなものとなるので、本年度はとりあえず各システムごとに報告書をまとめることとし、本書はそのうちコンピュータシステムについてとりまとめたものである。

第106研究部会委員名簿（敬称略、順不同）

部会長	山下 勇（三井造船）	
委員	青山 三郎（日本船主協会）	芥川 輝 孝（日本船舶振興会）
	安積 健次郎（電子航法研究所）	甘利 易 一（日本船用機器開発協会）
	三嶋 虎 一（大阪商船三井船舶）	大江 卓 二（船舶技術研究所）
	岡田 正 三（大阪商船三井船舶）	黒川 正 典（日本郵船）
	佐藤 美津雄（運輸省）	真田 良（日本船主協会）
	高田 正 夫（日本船長協会）	高橋 百 千（日本船舶機関士協会）
	千葉 宗 雄（航海訓練所）	土屋 正 雄（電子機械工業会）
	土井 正 三（浦賀重工業）	土井 由 之（日本船主協会）
	中村 常 雄（佐世保重工業）	長谷川 鍵 二（川崎重工業）
	埴田 清 勝（日本鋼管）	原 三 郎（日本海事協会）
	矢野 鎮 雄（旧藤井義六 石川島播磨重工業）	
	福田 英 夫（日立造船）	丸尾 卓 志（日本郵船）
	元良 誠 三（東京大学）	山口 宗 夫（三菱重工業）
	山田 一（日本造船工業会）	横田 利 雄（東京商船大学）
	吉 識 雅 夫（日本学術振興会）	宇田川 達（旧吉沢清志 日本航海士会）

第106研究部会幹事会委員名簿（敬称略、順不同）

委員	荒瀬 晃 二（三井造船）	大川 喜 伴（浦賀重工業）
	唐沢 康 人（石川島播磨重工業）	神原 民之助（日立造船）
	久津間 裕 良（運輸省）	児島 英 彦（佐世保重工業）
	宗田 啓 一（三井造船）	高柳 武 男（三井造船）
	樋口 道之助（日本鋼管）	平田 胤 幸（日本鋼管）
	平野 美 木（川崎重工業）	丸尾 卓 志（日本郵船）
	米原 令 敏（三菱重工業）	並川 密 一（大阪商船三井船舶）

第106研究部会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	丸尾 卓 志（日本郵船）	平田 胤 幸（日本鋼管）
	米原 令 敏（三菱重工業）	荒瀬 晃 二（三井造船）
	久津間 裕 良（運輸省）	泉 洋一郎（日立造船）

武正 敏孝(田柳原恒二、浦賀重工業)

今橋 武(浦賀重工業)

川口 博(川崎重工業)

綾 日天彦(三井造船)

土井 丈士(三井造船)

渡辺 久記(旧佐藤千昭、三井造船)

真砂 宏(大阪商船三井船舶)

千原 義男(航海訓練所)

高杉 将(東京計器製造所)

岡田 高(沖電気工業)

一条 弘一(富士通)

浜岡 尊(日立製作所)

中島 碧(三菱電機)

町田 運八(光電製作所)

湯本 恒之(三菱重工業)

山崎 芳嗣(佐世保重工業)

坂野 希(石川島播磨重工業)

服部 幸英(日本鋼管)

畠中 英明(森田汽船)

小黒 進(研究開発財団)

下 光郎(北辰電機製作所)

菊沢 昭吉(電士電機製造)

鈴木 尙武(東京芝浦電気)

松岡 宣雄(三菱電機)

田中 明(日本電気)

委員以外の討議参加者

今村 宏(運輸省)

李中 勝(日立造船)

松本 敦雄(石川島播磨重工業)

笠原 協之(三菱重工業)

満石 克彦(浦賀重工業)

飯塚 康雄(沖電気工業)

岡野 伊史(佐世保重工業)

古谷 俊雄(光電製作所)

那谷 奨(富士通)

山崎 明治(佐世保重工業)

畠山 章(日本電気)

佐々木 博通(運輸省)

柴田 清(石川島播磨重工業)

西岡 敏孝(石川島播磨重工業)

箱崎 紘(三井造船)

戸叶 孝一(沖電気工業)

関口 義清(日立製作所)

海老名 正一(東京芝浦電気)

大坪 敬彦(北辰電機製作所)

池田 嘉彦(日本鋼管)

北浜 三郎(富士電機製造)

真田 奎介(佐世保重工業)

目 次

(5. コンピュータシステム)

1. プロセス制御用ソフトウェアの仕様決定	1
1.1 コンピュータによる制御	1
1.2 ソフト・ウェアの分類と評価	2
1.2.1 リアルタイムモニタ	3
1.2.2 フリータイムモニタ	4
1.2.3 制御用コンピュータのソフトウェアのチェックポイント	6
1.3 アセンブラと FORTRAN と問題向言語の比較	7
1.3.1 IBM の例	7
1.3.2 比較と評価	8
1.4 プロセス制御用ソフトウェアの仕様決定	9
1.4.1 43年度の作業	9
1.4.2 将来の方向	11
2. マンマシン・コミュニケーションの人間工学的研究	12
2.1 研究の概要	12
2.2 船舶の自動化に関する人間工学的 Check list	12
2.2.1 船舶の自動化の場合に人間による作業の中どれを自動化すべきか	12
2.2.2 船舶の自動化の場合に人間に与えるべき情報はいかにあるべきか	13
2.2.3 船舶の自動化に伴つて生ずる作業遅小状態をいかに処理すべきか	14
2.2.4 船舶の運行、運転に関するディスプレイならびにコントロールの装置の設計にあたり、 考慮を要する人間工学的諸条件はいかにあるべきか	14
2.3 機関運転管理システムとしての集中制御方式の検討	31
2.3.1 自動化船における機関部作業の実態	31
2.3.2 機関運転管理システムと集中制御方式	35
2.3.3 従来の就労体制下における装置の現状	37
2.3.4 機関室無人化を考えた装置の現状	40
2.3.5 ち ず び	50
3. プロセス制御用 I/O の研究	51
3.1 プロセス I/O システム	51
3.1.1 制御用コンピュータの入出力装置	51
3.1.2 プロセス I/O の機能	52
3.1.3 プラントとの信号授受	52
3.2 プロセス I/O 詳細	54
3.2.1 デジタル入力	54
3.2.2 デジタル出力	57
3.2.3 アナログ入力	58
3.2.4 アナログ出力	62
3.2.5 割り込み入力	64
3.2.6 パルス入力	65

3.2.7	パルス出力	65
3.3	信号変換器とプロセス I/O との結合	66
3.3.1	信号変換器の種類	66
3.3.2	結合方式	69
3.4	プロセス I/O のソフトウェアのあり方	70
3.5	システムデザインにおける諸問題	70
3.6	船用プロセス I/O としての問題点の抽出と対策	72
3.7	コンピュータ異常時の処置方法についての検討	72
4.	船用コンピュータの環境条件の調査	73
4.1	環境条件の検討	75
4.2	実船の調査例	78
5.	コンピュータ制御の経済性並びに信頼性検討	83
5.1	船舶へコンピュータシステムを導入する時の経済性、信頼性へのアプローチ	83
5.2	信頼性の検討	87
5.2.1	信頼性について	87
5.2.2	コンピュータ本体及び周辺機器の信頼性データ	88
5.2.3	船舶における環境係数の検討	94
5.2.4	船用コンピュータシステムの信頼性について	105
5.2.5	むすび	105
5.3	経済性の検討	106
5.3.1	経済性について	106
5.3.2	経済性データ	108
5.4	参考文献	125
5.4.1	制御システム一般	125
5.4.2	信頼性	126
5.4.3	経済性	129
附録 1.	プロセスコンピュータ調査結果一覧表	131
附録 2.	プログラム例	145
2.1	プロセス制御プログラム例	146
2.1.1	制御モデル	146
2.1.2	プログラムストラクチャ	149
2.1.3	FORTRAN コンパイルリスト	152
2.1.4	FORTRAN ソースカードより作成したフローチャート	160
2.1.5	PROSPRO コーディング	174
2.1.6	PROSPRO コンパイルリスト	185
2.2	FORTRAN とアセンブラ比較例(二次式の根)	187
2.2.1	FORTRAN	187
2.2.2	アセンブラ	188

1 プロセス制御用ソフトウェアの仕様決定

1.1 コンピュータによる制御

現代はコンピュータ時代または情報革命の時代と云われている。コンピュータは情報処理のあらゆる面に利用され、社会的に大きな改革を起しつつある。

コンピュータは、1946年の誕生で、1953年頃実用化された。この時代は真空管を利用したもので第Ⅰ世代と呼ばれる。1960年以降トランジスタが真空管に代って使用され始め、コンピュータの性能は加速度的に向上した。この時代は第Ⅱ世代と呼ばれている。1965年になつてIC（集積回路）がトランジスタに代り使用されることになり、演算速度、信頼性、価格の面で長足の進歩をした。現在はこの時代に属するが第Ⅲ世代とも呼ばれている。

コンピュータによるプロセスの制御は、コンピュータの発展に応じ段階的に発展をとげて来た。

(i) 第 1 段階

第Ⅰ世代の終り頃、プロセスの制御にコンピュータが使用され始めた。

最初の使われ方は、プロセスの諸変数を測定し、プラントの運転記録を作成し（データ・ロッキング）、警報を出したり、簡単な計算を行なつたりするもので、運転員はコンピュータの計算結果を参考にして、調節計の設定を変更した。

このように、コンピュータは閉じた制御ループになつていない。オフ・ライン方式で使用されたデータ・ロッキングまたはオペレータガイドコントロールと呼ばれる使い方である。（図1.1参照）

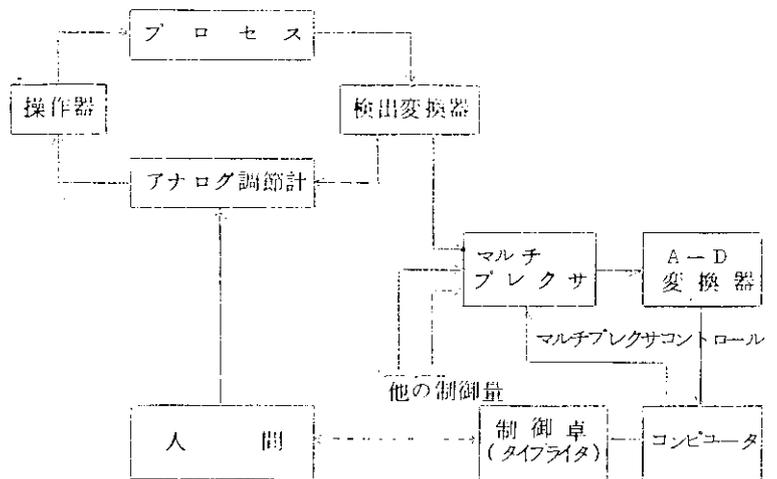


図1.1 データ・ロッキング/オペレータズ・ガイドコントロールのブロック線図

(ii) 第 2 段階

第Ⅱ世代に入つて、スーパーバイザリ・コントロールと呼ばれる方式が実用化された。（図1.2参照）

スーパーバイザリ・コントロールとは、アナログ調節計が構成する制御ループを、プロセス用のコンピュータが制御する方式を云う。

コンピュータは、プラントの諸変数を演算処理して、経済的利益を増し、制御の動特性を乱すことなくアナログ調節計の設定値を直接変更する。コンピュータは、調節計に対して、監督と指示を行なつていような機能をもつているので、スーパーバイザリ・コントロールと云われ

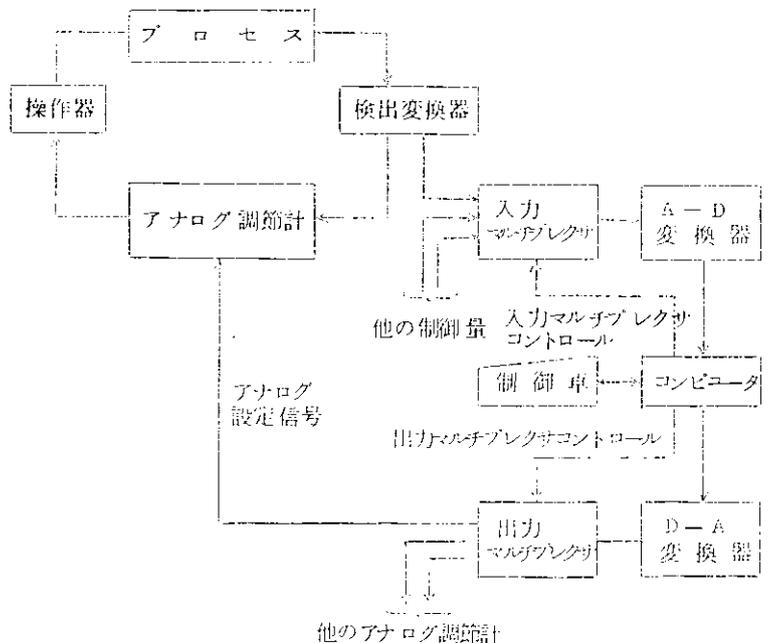


図1.2 スーパーバイザリコントロール、システムのブロック線図

る。これによりプラントの制御を最適に行なうことも可能となるので、最適制御とも呼ばれる。

(ii) 第 3 段階

第Ⅲ世代に入つて、コンピュータは演算速度、記憶容量、信頼性、価格の点で非常な進歩をした。このような計算機の機能の飛躍的な向上によつて、これまで不可能であつた、コンピュータによるプラントの直接制御が可能となつて来た。このような方式をダイレクト・デジタル・コントロール (DDC) と云う。

(図1.3参照)

従来、プラントは多数のアナログ調節計が使用されていたが、これを1台のコンピュータで置き換えてしまうと云う方式である。コンピュータは、それぞれの制御ループを順次切り換えて、制御演算を行ない操作信号を発する。コンピュータが高速化したので、1台のコンピュータで制御対象にもよるが、100点以上の制御ループの制御が可能となつて来た。この方式の利点は、プログラムの変更により、本来のサンプル値制御の他に、シーケンス制御、プラントの始動、停止も行なうことが可能になつた。

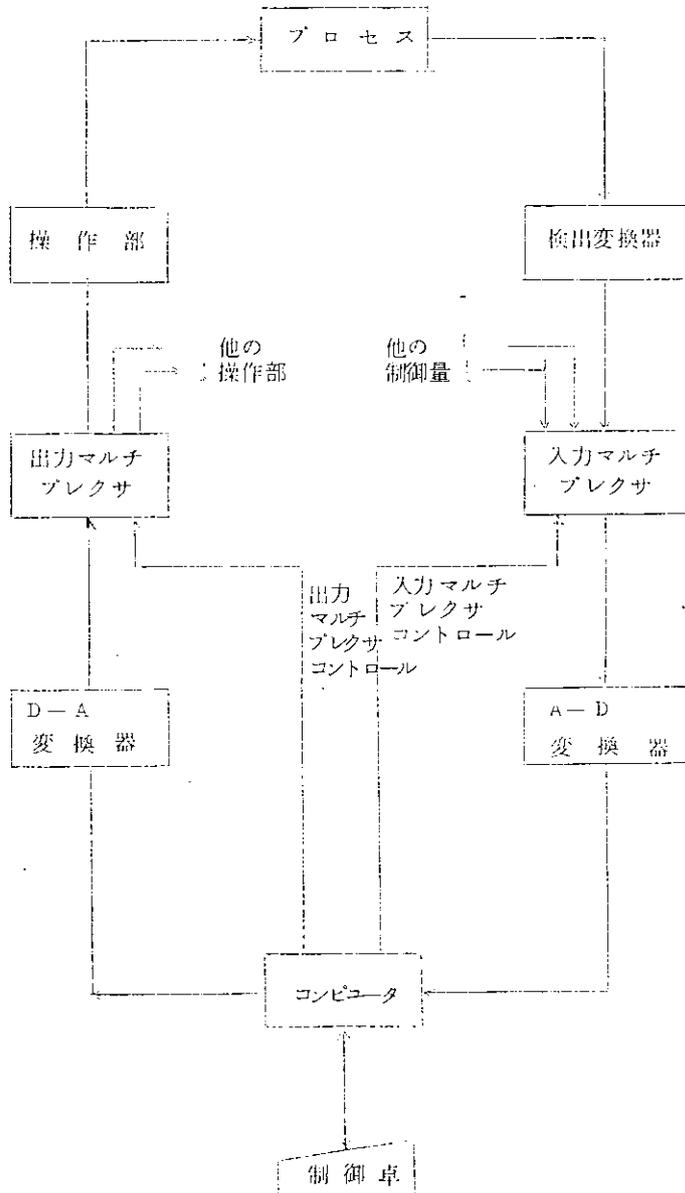


図1.3 DDCシステムのブロック線図

1.2 ソフトウェアの分類と評価

ソフトウェアはコンピュータのハードウェアを効果的に活用するために考え出されたものの総称であり、その機能はコンピュータの使用者にとってハードウェア以上に重要なものである。

ここでは技術計算とか事務計算といった問題を解くためのソフトウェアではなく、ハードウェアを有効に活用するためにコンピュータメーカーが提供すべきシステムプログラムと呼ばれる。ソフトウェアに重点を置いて掘り下げてみる。

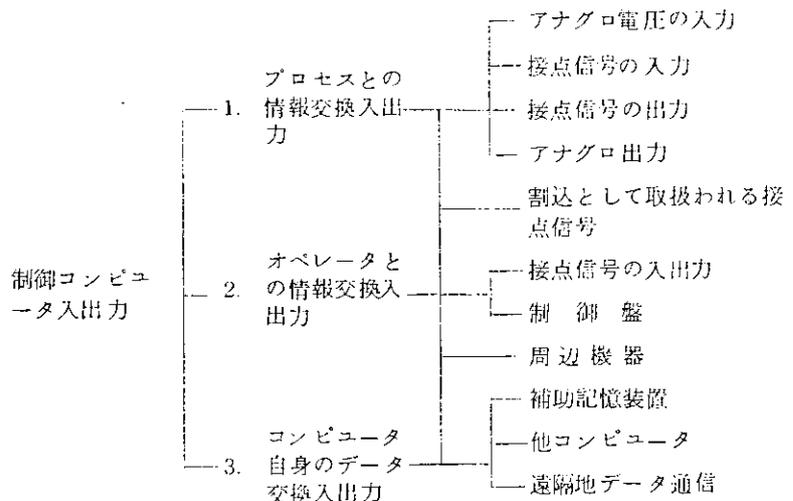


図1.4 制御用コンピュータ入出力の種類

制御用コンピュータの特色は

- 入出力装置が多種多量であること
入出力の種類は図 1.4 に示す通りである。
- 制御用割り込み操作が必要なこと。
- 時間軸のあること
- 連続使用に耐えること

にある。

ソフトウェアについても制御用コンピュータの特色を十分発揮できるものでなくてはならない。

制御用コンピュータの基本となるソフトウェアは大別して、リアルタイム用とフリータイム用の 2 つに大別される。次にこれについて解説する。

1.2.1 リアルタイムモニタ

別名 プロセスコントロールモニタ

システムディレクタ等と呼ぶ

主な働き ジョブを円滑に行なうために諸資源 (RESOURCE) の割り振りを効果的に行なうモニタである。

オンラインモードとオフラインモードの変換および資源の割り振りおよび制御を行なう。

プロセスコントロールの心臓部にあたり、コア内に常駐している。

リアルタイムモニタの主要機能

- (i) プログラム・コントロール機能
 - (a) オンラインとオフラインのモードの変換
 - (b) 割り込み、CALL命令、又はエラーにより該当するプログラムを読み込み、コントロールをそのプログラムに移す。
- (ii) 割り込み機能
 - (a) タイマ割り込み
 - (b) プロセス割り込み
 - (c) その他の割り込み

(i) プログラムコントロール機能の構成

(a) ロード

割り込みにより要求のあつたプログラムをコア内に読み込み、コントロールをそのプログラムに移す。

それ迄コア内にあつた内容はこわれる。

(b) ロール

割り込み要求があれば、その時点で実行中のプログラムを 1 時補助記憶装置に待避させ (ロールアウト) 要求のあつたプログラムをロードし、実行する。実行が終了すれば先にロールアウトした内容をコア内に割り込みの起つた次の命令より実行する。

ロードではコアの内容がこわれるため、プログラムを読み込む時は、コア内にあるプログラムの実行が終了する迄待たなければならないがロールではその必要がなく要求のあつた時はいつでも該当するプログラムに制御を移すことができる。

(ii) 割り込み機能の構成

リアルタイムモニタの機能のうちで重要なものに割り込み機能がある。

これは外的な要因により通常のプログラムの実行順序から自動的に飛び出す機能である。

(a) タイマ割り込み

プロセス制御に於いてはある一定時間間隔で接点を走査したり、時間の経過によつてプログラムの実行順序を制御したりすることが必要である。このためにタイマ割り込みがある。

タイマ割り込みの原理はタイマストレージにある一定値をセットする。一単位時間経過毎にタイマストレージより1が引かれ、タイマストレージの内容が零になれば割り込みが起る。故にタイマストレージに任意の値をセットする事により任意の時間間隔で割り込みを起すことができる。

制御用コンピュータには1~3個のタイマがついており、これをマシンタイマと呼ぶ。プロセス制御では普通もつと多くのタイマが必要である。この場合マシンタイマをソフトでカバーしたかかもつと多くのタイマがあるかのよ
うに使用できるようソフトで準備されていなければならない。

(b) プロセスの割り込み

プロセス割り込みは外部より割り込み信号を与えることによつて実行中のプログラムに自動的に割り込みを起させる。

ソフトウェアは必要なプロセス割り込みが簡単に実行できるようになつていなければならない。

(c) その他の割り込み

(イ) 内部割り込み

- オペレーションコードエラー
 - パリティエラー
 - メモリ保護侵害
- 等がある。

(ロ) プログラム割り込み

$1/6$ の命令とかCALL命令によつて起る割り込み

これらの割り込みは割り込み制御プログラムにより、割り込みの種類を分析し、その割り込み信号により該当するプログラムで実行される。ソフトはこの割り込み制御プログラムと処理プログラムが有機的に結びついているものでなくてはならない。

1 2.2. フリタイムモニタ

別名 ノンプロセスモニタ、オフラインモニタ

リアルタイムモニタのバックグラウンドジョブとして動くもので空時間を利用してプログラムの作成およびプログラムの補助記憶装置へのストア、割り込みレベルの変更等を行なう。

フリタイムモニタとして次のものが用意される必要がある。

(i) アセンブラ

具体的なコンピュータを前提にして、それに対する動作指令を述べるシンボリックな言語を機械語に変換するプログラムである。

その性能、使い易さは、機械語への変換処理が1パスか2パスか、^{*}機械語の番地割り付けが相対番地方式か絶対番地方式か、^{**}マクロ命令が充実しているか等により左右される。

* 1パス

1パスとはアセンブラ言語を1回スキヤンするだけで機械語を作つてしまうのでSymbol Table等の番地を予め決定しておかねばならない。アセンブル時間の節約になる。

2パス

アセンブラ言語を2回スキヤンする。最初のスキヤンでSymbol Tableの番地を適正に定め次のスキヤンで機械語を作成する。能率的にメモリを使用出来る。

※※ 絶対番地方式：実行の際の格納番地を動作時に指定することが出来、メモリ上の異なる位置に格納することが出来る。

絶対番地方式：プログラム作成時より番地を固定して作成するものでプログラムはその場所でしか動作させることができない。

※※※ マクロ命令

アセンブラ言語で1ステップの命令（マクロ命令）を機械語に翻訳したとき数ステップ～数百ステップのプログラムに拡張する機能である。

(ii) コンパイラ

コンパイラはコンピュータシステムについて、あまり知識がなくてもプログラム作成が行なえるように作成されたソフトウェアであり、種々の制御用プログラムを簡単に書く事ができる。簡単で憶えやすく、広汎な分野の問題を解く事ができ、アセンブラに比べ $\frac{1}{5}$ の労力でプログラムが完成する。

汎用コンパイラ言語には FORTRAN, ALGOL, COBOL, PL₁ がある。

(iii) アプリケーション

プロセス制御のために標準化された汎用のプロセス制御用のプログラムパッケージである。

プロセス制御は適用するプロセスの種類、規模等により、各々そのプログラムは大巾に異なる。アプリケーションはこの相違を簡単に表現でき、目的のプログラムが完成できるように考えられたものである。

(iv) サブルーチン・ライブラリ

サブルーチン・ライブラリは次の四つより成立する。

○ 入出力サブルーチン

このサブルーチンは通常の紙テープ読取りおよびさん孔、カード読取りおよびさん孔印字等とプロセス $\frac{1}{5}$ を司るサブルーチンに分けられる。

○ 関数サブルーチン

三 角 関 数

逆 三 角 関 数

平 方 根

自 然 対 数

指 数 関 数 等

○ 演算サブルーチン

普通のプロセスコンピュータはハードウェア上整数データしか演算できない。故に浮動小数点演算はサブルーチンを使用し、ソフトウェアで行なう。

演算サブルーチンには次のものがある。

浮動小数点演算

整数・浮動小数点変換

2進・10進変換

○ 変換サブルーチン

コンピュータに接続される入出力装置で用いられる入出力コードを演算可能なコードに変換するサブルーチン。

(v) シミュレータ

○ プロセス $\frac{1}{5}$ シミュレータ

これはプロセス・プログラムのプログラム・エラーをチェックするために用いられる。

プロセス制御用のコンピュータは常時使用されていて、プログラムチェックのために止める事は許されない。

シミュレータ・プログラムは実際にプロセス I/O タイマ割り込み等をプロセスに接続する事なく、プログラムをチェックできるように考えられたプログラムである。

これを用いる事によりプロセス制御を中止する事なく、完全なプロセス・プログラムを作成し、それを実際のプロセス制御に適用する事ができる。

o 大型コンピュータによるシミュレータ

小型のプロセスコンピュータを用いる場合（一般にプロセスコンピュータは小型である）コンパイラ・アプリケーション等の作成が困難であるので、これを大型コンピュータを用いてプログラムの作成を行なう。

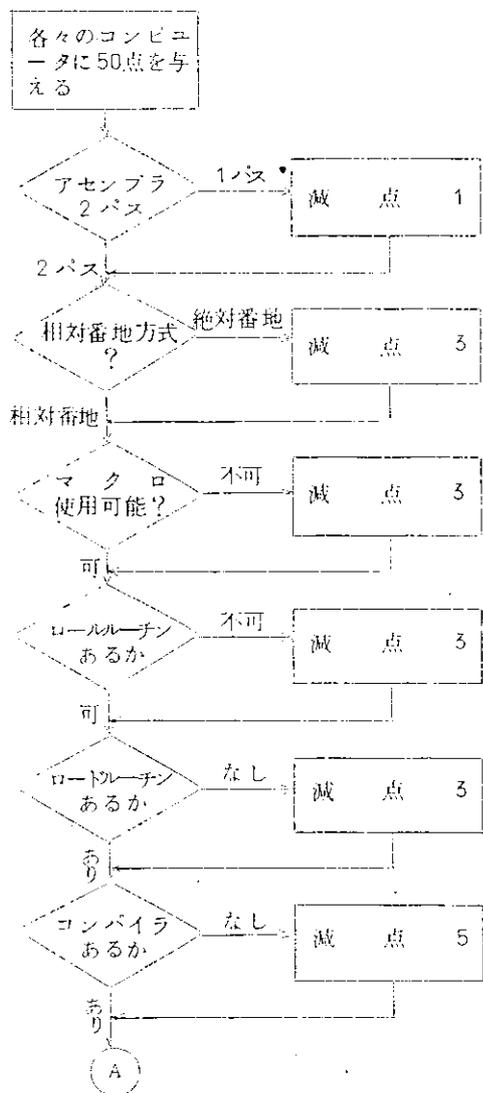
これにより容易にプロセス・プログラムを得る事ができる。

1.2.3 制御用コンピュータのソフトウェアのチェックポイント

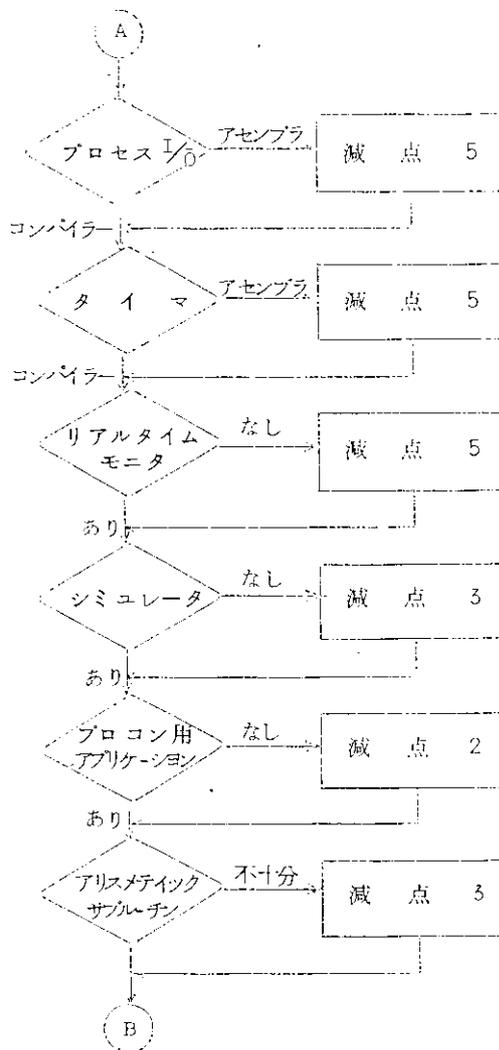
前章に説明した、いわゆるシステム・プログラムは完備しているものはプログラムの作成が容易である。このことは、プログラムの生産性に大きな影響をあたえる。一般的に制御用のベースツクなソフトウェアは次の図1.5に示すように50点満点からの減点方式で比較すればその優劣が数値化され判定しやすくなる。

現在の制御用コンピュータの詳細な比較検討は昭和44年度の作業にする。

ソフトその1



ソフトその2



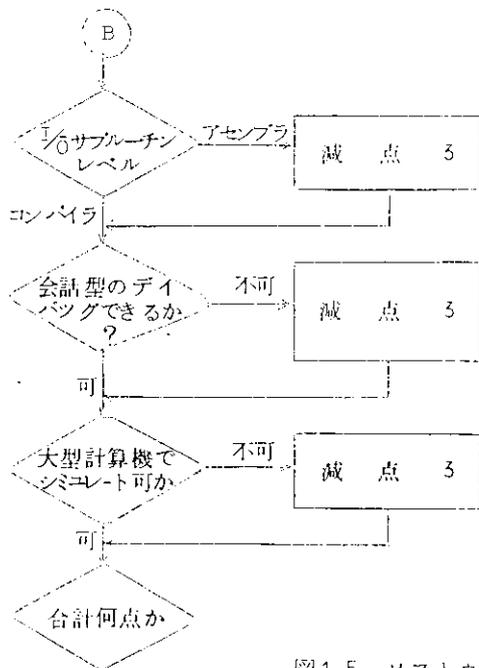


図1.5 ソフトウェアチェックポイント法

1.3 アセンブラとFORTRANと問題向言語の比較

1.3.1 IBMの例

コンピュータのマーケット・シェアから考えてIBMの方針を分析することは必要なことであると考える。

IBMは基本方針としては、オペレーティング・システム、プログラミング・システムのいわゆるメーカの提供するソフトウェアを強力にすることにより、出来るだけエンジニアをプログラミングの繁雑さから解放しようという方向で、プロセス制御の分野へも進出している。代表的な3つの言語を分析する。

(i) タイム・シェアリング・エグゼクティブ (TSX)

- FORTRAN でもアセンブラでもプログラムを書くことが出来る。
- プロセス：プログラムとノンプロセス・プログラムとが優先順位に応じ時分割で実行される。
- プロセス・インターラプト、アナログおよびデジタル入出力は実際のプロセス入出力信号と結ばれなくても、これをシミュレートしてプログラムをテストできる。
- コアおよびディスクにおけるプログラムやデータの総括管理を行ないうる。

(ii) マルチ・プログラミング・エグゼクティブ (MPX)

上記TSXの機能に下記のもの追加される。

- 速い応答と処理能力の増大が得られる。
- 最高26領域における多量並行処理が行なえる。
- 入出力装置の完全な同時並行処理が行なえる。
- システムを止めることなくオンラインのままシステム・プログラムまたはアプリケーションプログラムの修正が出来る。

(iii) プロセス・スーパーバイザプログラム (PROSPRO)

プロセスのコンピュータ制御のために標準化されたプログラムである。このプログラムはプログラミングに要する負担を大巾に軽減しプロセスおよび制御系の知識を持っていれば特別にプログラミングの知識は持つていなくともコンピュータ制御を行なえることを目的として生まれたものである。

このプログラムは次の目的・段階に使用可能である。

- データ収集とモニタリング
- 操業指針制御
- 閉ループ制御

(制御モードとしてはフィードバック、フィードフォワード、比例制御、カスケード制御が可)

コンピュータ制御を行なう場合は6枚のシートの空欄に必要事項を記入するだけで、プログラムの作成ができる。以上がIBMより提供されているプログラムの概略であるが、実際にそれ等を使用してプログラミングした際の状況を知るため簡略なモデルを仮定し(例では貫流ボイラ)TSX、FORTRAN およびPROSPRO でプログラムを作成してみた。

作業にあつてのモデル例、コーディング例等は付録：2として添付してある。

なお、今回の作業ではアセンブラによるプログラミングは相当の困難が予想されるので、二次方程式の解をFORTRAN およびアセンブラで求めることにより簡単な比較の資料を提供するに止めている。

1.3.2 比較と評価

前述の簡単なボイラの制御モデルのプログラミングにあつてPROSPRO、FORTRAN の両者を比較する。

まず第一にいえることはPROSPRO の場合、プロセスおよび制御系の知識をもつていさえすれば制御プログラムを実に容易に短時間でつくることができるが、反面PROSPRO がカバーする範囲を越える問題については制約をうける。例えば、データの収集にあつて、アナログデータをある時間間隔で収集することは空欄をうめるだけで可能であるが、外部同期による連続収集などに対しては考慮されていない。これに対しFORTRAN の場合融通性は高く、ハードウェアの特長を活かした効率の良い、きめの細かいプログラミングも可能であるが、当然のこととしてコンピュータについての知識はかなり要求される。しかし二次式の解を求める問題で、アッセンブラ言語とFORTRAN の比較に見られるようにFORTRAN はアッセンブラ言語に比べ、はるかに容易であることはいうまでもない。一般的に広い範囲の制御プログラム作成で三者を比較すると図1.6(a)のような融通性、使用の容易さがいえるがPROSPRO が目的としているプロセス制御のプログラミングに関してのみ比較すると第1.6(b)の如くなり、PROSPRO がもつとも秀れている。船舶のアンマンド化の見地からは図1.6(c)の如くなり、PROSPRO の機能の拡張が望まれる。

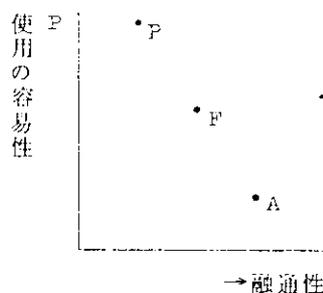


図1.6(a)

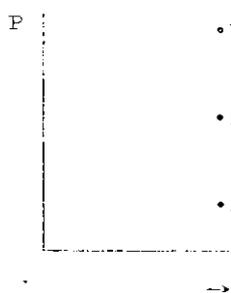


図1.6(b)

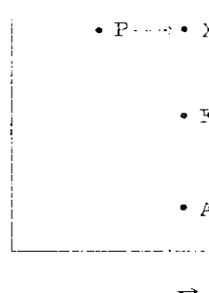


図1.6(c)

例えば、プロセスの各変数についてプロセス制御で頻繁に必要なとされる下記の様な項目についてはPROSPRO の場合、Variable Information Sheet の空欄をうめるだけでよくFORTRAN の場合と比べ著しく容易である。

- 指数平滑
- 上下の限界値
- 目標値と偏差の限界
- 目標値の計算方法
- 前回値との変化の限界値
- フィード・フォワードかフィード・バックか
- 閉ループか開ループか

FORTRAN でプログラミングする場合は V. L. Sheet の様な形に要求を整理し、それに基づいてフローチャートを書きコーディングに入るのが普通であり、後の比較表に見られる様に今回の如く簡単なモデルにおいてさえも所要時間の差は大きく複雑なモデルにおける PROSPRO の利点ははかり知れない。

しかしながら船舶のアマンドの立場から比較する場合、図 1.6(c)に見られる如く PROSPRO の機能では、不十分で例えばアナログ入出力の外部同期、デジタル入出力に対する融通性、演算ステートメントの強化など改良点は多く指摘できる。

何れにしろ、高レベルの言語の採用はプログラミングにおけるアマンド化が可能となり船舶で必要とされる仕様を検討し、図 1.6(c)の X 点に存在するプログラミング言語の作成が必要であろう。

	PROSPRO	FORTRAN
コンピュータの知識	不 要	若 干 必 要
学 習 難 易	制御プロセスの知識があれば容易	容 易
プログラム作成	空欄記入方式	記 述 方 式
一般的な融通性	小	大
演算ルーティン	制 約 あり	融 通 性 大 き い
エラー処理	含まれている	プログラミング必要
例におけるプログラム作成時間*	1 時 間	15 時 間
フローチャート	殆んど不要	詳細なものが必要
デバッグ時間	殆んど不要	数回のコンパイル必要

* FORTRAN プログラムの例でエラー処理を本格的に考慮すれば、プログラム作成時間は約 2 倍程大きくなるものと思われる。

1.4 プロセスコントロール用ソフトウェアの仕様決定

1.4.1 43 年度の作業

現在考えられている船舶の高度集中制御の対象項目は通常のプラントのプロセス制御のように同質の処理の集合ではないので、今ただちに「SHIP AUTOMATION PROSPRO」のようなものの仕様をかためることは困難である。即ち入力信号の種類多様性、入力間隔の長短およびその規則性と不規則性或は突発入力処理時間の長短、優先度の不確定性、出力種類の多様性これらの組合せが雑多に巾広く存在している。

コンピュータ・システムの開発のためにおこなわなければならない基本的な仕事は

- (i) 制御処理の内容の質による分類
- (ii) それに応ずる最適プログラム技術の確立
- (iii) それらを集中処理するための時分割モニタ（ソフトウェア）と機器構成（ハードウェア）の仕様検討

であるが、現在各分科会での制御計算内容の整理が進行中であるので、総括的にこの作業をおこなうことは出来ない。

コンピュータ・システム分科会としてはむしろこれらの資料の横の連絡、統一的な情報蒐集の手段として内容説明のための様式の標準化をおこなった方が実際的であるとの考えにもとづいて次の 4 項目の作業基準を制定する作業を行なった。

- (i) プログラム・フローチャートおよびシンボル
- (ii) タイミングチャートおよびそのシンボル
- (iii) オペレイション・フローチャートおよびシンボル

(IV) プライオリティ・レベル・テーブル

上記の作業基準についてその要旨を説明すると

- (i) 通常の意味での処理手順の流れ図で処理内容をスタティックに図示したものである。
- (ii) プロセス制御においてはコンピュータ内部での計算以外に入力経過、出力経過でコンカレント（同時処理）に同時に信号処理がおこなわれるので、その現象の相互関係を図式化して把む必要がある。
あるいは別個のジョブのインターラプションが起つた時の計算（処理）タスクの切換えの時間関係の確認のためにもタイミングチャートが必要である。
- (iii) 実際の制御計算の現象的におこなわれる順序を図式化したものマン・マシン・インターフェイスのある時にオペレータに対するガイダンスになる処理過程の流れ図、(i)のプログラムフローチャートに対比してみるとこれはいわばダイナミックな流れ図である。
- (iv) コンピュータ内部での個々のタスクプログラムの優先順序を一覧表にまとめたもの。

以上の作業基準のうち43年度として完了したものは(i)のプログラム・フローチャートおよびシンボルである。その他のものについては44年度の継続作業として予定している。

フローチャート・シンボル

番 号	名 称	シ ン ボ ル	番 号	名 称	シ ン ボ ル
1	処 理		16	紙 テ ー プ	
2	判 断		17	磁 気 テ ー プ	
3	準 備		18	磁 気 ド ラ ム	
4	定義ずみ処理 (サブルーチン)		19	磁 気 デ ィ ス ク	
5	端 子 (ターミナル)		20	磁 (コア)	
6	割 り 込 み		21	通 信 接 続	
7	結 合 子 (コネクタ)		22	注 釈	
8	手 作 業		23	警 報 (ベル、チャイム)	
9	手 操 作 入 力		24	ラ ン プ 表 示	
10	入 出 力		25	押 ボ タ ン バックライトランプ表示	
11	オンライン記憶		26	メ ッ セ ー ジ	
12	オフライン記憶		27	時 間 遅 れ	
13	プ リ ン タ		28	マ ス ク	
14	カ ー ド		29	マ ス 解 除	
15	カ ー ド デ ッ ク				

シンボルの詳細説明については造研SR106 コンピュータ・システムに関する諸基準2.プログラム作業基準昭和43年10月参照のこと。

1.4.2 将来の方向

将来のコンピュータ制御によるアンマンド化された船を想定すると、制御対象の性質上計算処理時間はそれ程シビアではないが、論理的には相当複雑なものとなることが考えられる。

したがって、建造する造船所の立場あるいは就航後さらに効率よく使いうるようメンテナンスを行なう船主の立場としては、使用するコンピュータのベシツクなソフトウェアは完備したものであることが望ましい。そのためプログラムが汎用性をもつことが必要と考えられる。このような見地からは、次の条件を満足するようなベシツクソフトウェアの開発に力を入れるのが将来の方向であろう。

理想のコンパイラの条件

- (I) 使用するコンピュータに無関係のこと
- (II) 普通の造船用の術語がそのまま使えること。
- (III) アナログ $1/6$ 、デジタル $1/6$ が扱いうること。
- (IV) コンピュータの使用効率が良好なこと。
- (V) プログラムの修正、追加が容易なこと。

国産コンピュータの技術の開発とテンボを併せて検討を進め、44年度以降、技術的な点に解決の自信がもてれば問題向言語の仕様について検討を進めて行くべきと考える。

2. マン・マシン・コミュニケーションの人間工学的研究

2.1 研究の概要

本研究は、プロセス・コンピュータの導入を含めた船舶の高度集中制御システムの設計に関して、マン・マシン・コミュニケーションの問題を中心に、人間と機械や設備との組合せを最適にするシステムの編成方法、ならびに人間が確実・容易かつ能率的に作業を行ない得るような機械や設備の設計方法について人間工学的研究を行なうことを目的とした。

初年度としては、文献的検討と人間工学的 require ment を専門委員会でもとめることを主として作業を行なつた。

まとめ方としては、第一に各委員意見を出しあつて箇条書きに Check list 的にまとめ、それに関係ある条件を各項目につけて、本研究の全体的把握と今後の研究の進め方の参考資料とした。

つぎに、機関運転管理方式を対象として、人間による作業の中どれを自動化すべきか、また自動化の場合に人間に与えるべき情報はいかにすべきかなどについてシステム分析を行ない、各システムにおけるマン・マシン・コミュニケーションの観点から検討を行なつた。

すなわち、機関運転管理システムにおいては、機関の作動状態、異常状態の検知に必要な情報をどのような形式で人間に提示し、また情報をどのように処理すればよいかについて基本的な検討を行なつた。

2.2 船舶の自動化に関する人間工学的 check list

2.2.1 船舶の自動化の場合に人間による作業の中どれを自動化すべきか

(i) 必要条件としては以下のものが考えられる。

- 1 人間による作業の中 時間を長く要するもの(表2.1参照)
(例 操舵室作業については、見張、船位測定など)
- 2 肉体的強度の強いもの
- 3 作業量の多いもの
- 4 くりかえし作業に属するもの
- 5 連続看視を要するもの
- 6 人間にとって困難なもの(表2.2参照)
- 7 人間にとって危険を伴うもの(環境条件など)
- 8 機械化しやすいもの(海図に船位を入れる作業など)
- 9 ものの運搬、移動、情報の伝播など、流れを要するもの

表2.1 操舵室作業内容と時間比率

	大洋航海時	出入港時
船位測定	17 %	1
見張	63 "	81
レーダー観測	8 "	4
通信	1 "	6
諸計器取扱	1 "	1
記録	3 "	1
当直業務雑作業	3 "	3
歩行	5 "	6

表2.2 かんを要する作業(操船作業の場合)

距離、広さの目測	14 件
速力、惰力推測	19 "
船の操縦性、くせの感得	15 "
船の偏位の感得	3 "
外力による影響の感得	7 "
舵、機関、曳船の使用時期	6 "
他船の避航(変針角、変針時期)	6 "
船首の振れ回り	2 "
その他	2 "

(ii) 情報伝播の方法としては次のようなものがある。

- 1 聴覚によるもの
電話(有線、無線) Interphone、電信 Tape recorder プザー
- 2 視覚によるもの
テレビ、手旗、手による合図、テレタイプ、ファクシミリ、灯火による電信、色光、灯火の動き
- 3 視聴覚によるもの
テレビ電話

2.2.2 船舶の自動化の場合に人間に与えるべき情報はいかにあるべきか。

(i) 必要条件をあげると次のとおり

- 1 絶対的判断よりも比較的判断のできるようにすること。
- 2 相互の関連性の中での判断が人間にとつては容易であること。
- 3 色彩表示を適切に用いること。
- 4 Visibility を考慮すること。
- 5 Attention value の高いようにすること。
- 6 みえの Comfortability を考慮すること。(表2.3参照)
- 7 絵画的表示を用いること。
- 8 警報の中、時を知らせるものは聴覚刺激を用いること。
- 9 指示は聴覚刺激とするか言語を用いること。
- 10 連続性を与え予測可能な時間的余裕を与えるようにすること。

表2.3 視 覚 的 快 適 そ の 条 件

$L_1 < \sum_{i=1}^N BS < L_2$ であること。 (B, …… Brightness S …… surface)	瞳孔径との関係
$L_2 < BS_1 \sim N < L'_2$ であること。	網膜との関係
$BS_{T+1} - BS_T < L'_3$ であること。	“(継時対比)
$BS_{S+1} - BS < L'_4$ であること。	“(同時対比)
幅模の強くないこと。	眼-対象物間距離
調節の強くないこと。	“
BS_{i-N} の Position が適当であること。	心理的条件
$BS_1 \sim (N-n) / BS_{N-n+1} \sim N$ が適当であること。	“
$S_T > L'_5$ であること。	“
$L_6 < S_0 / S_T < L'_6$ であること。	“
S_0 の Position が適当であること。	“
S_0 の Direction が適当であること。	“

(注) $L_1, L_2, \dots, L_6, \dots$ 下、上限を示す。

BS_T, BS_{T+1}, \dots 時刻TおよびT+1におけるBSの大きさを示す。

BS_{S+1}, BS, \dots S, S+1の部分におけるBを示す。

$S_1 \sim N, \dots$ S_1, S_2, \dots, S_N は各部分(1~N)の面積を示す。

S_T, \dots 時刻Tにおいてみている部分のSを示す。

S_0, \dots ある時にみた部分の面積を示す。

S_0, \dots 焦点をあわせるべき部分を示す。たとえば顔など

2.2.3 船舶の自動化に伴って生ずる作業過小状態をいかに処理すべきか。

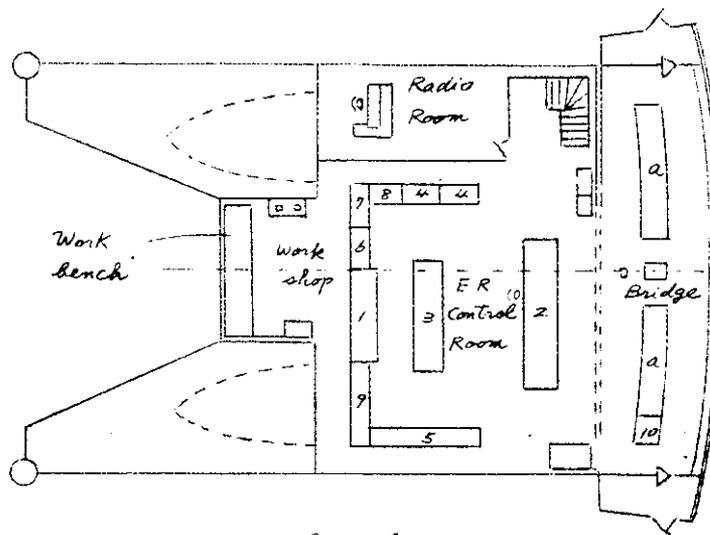
作業過小状態となると人間は孤独感、単調感、ねむけ、作業より逃避したい感じ、感情的動揺などの不適応現象を生ずるので、つぎのような方法を講じなければならない。

- (1) 作業交番の適正化
- (2) 適正な休憩の付与
- (3) 記録作業を適宜与えること。
- (4) 通信の連絡作業見廻りなどの作業を適宜与えること。

2.2.4 船舶の運行、運転に関するディスプレイ、ならびにコントロールの装置の設計にあたり、考慮を要する人間工学的諸条件はいかにあるべきか。

(i) 必要条件としては次のようなものが考えられる。

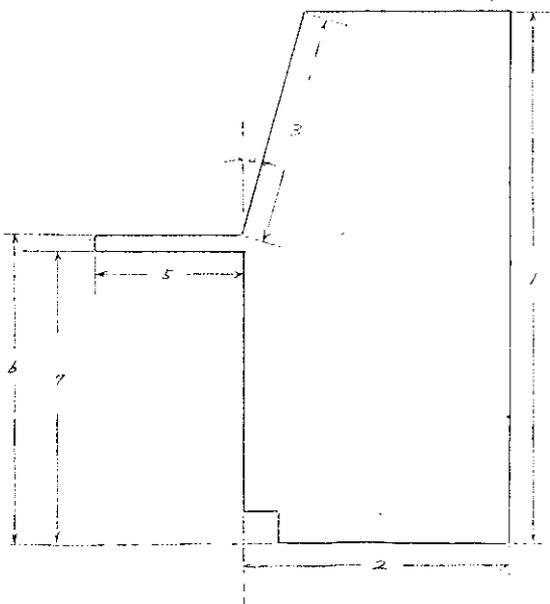
- 1 Console をおく位置は船橋作業に具合のよい部位を選ぶこと。(図2.1参照)
- 2 Console の形状は Operator の寸法と適合し、操作のしやすいものとする。(図2.2～2.3参照)
- 3 人間の視覚的特性と Console のもつべき条件との対応を考えること。(表2.4参照)
- 4 頻ぱんにみるもの、重要なものは Console の中心部におくこと。(図2.4～2.5参照)
- 5 Visibilityの法則に従うべきこと(表2.5参照)
- 6 視覚的快適さの条件を満足すること。(表2.3参照)
- 7 明るさの感じについての変様を考慮すること。(表2.6参照)
- 8 実際のプロセスと Panel の位置とを一致させること。(図2.6参照)
- 9 Operator と Control の動きとの対応を考慮すること。(図2.7参照)
- 10 適当なシンボライズされた視覚的表示を用いること。(表2.7参照)
- 11 Safe Guardを適当に用いること。(図2.8参照)
- 12 適当な Color Code を用いること。(表2.8参照)
- 13 計器など(表2.9参照)の人間工学的条件を満足すること。
- 14 表示はなるべく絵画的表示を用いること(図2.9参照)
- 15 分りやすい部位の区分法を用いること。(図2.10参照)
- 16 Groupingの方法が適切であること。(図2.11参照)
- 17 Panelの機能領域の示し方が適切であること。(図2.12参照)
- 18 Calibration Set upの位置は末梢部におくこと。(図2.13参照)
- 19 Nomenclatureの表示が適切であること。(図2.14参照)
- 20 Controlについて適当な空間をおくこと。(図2.15参照)
- 21 触覚のみで区別できるノブを用いること。
- 22 DisplayとControlとの関係が適切であること。(表2.10、図2.16参照)
- 23 警報装置が適切であること。(表2.11～2.14、図2.17～2.18参照)
- 24 Color Conditioningが適切であること。
- 25 Panelの良否を評価する Check List に適合していること。(表2.15参照)
- 26 その他実用実験上の諸意見がとり入れられていること。



a : Console

- 1 Electrical Control Console 2 E.R. Console 3 Alarm Synoptic Panel
- 4 Computer 5 Valve Control Synoptic
- 6 T.V. & Manoeuvring Control Cabinets 7 Fire Detection Alarm Systems
- 8 Soot Blower Remote Control Synoptic 9 Automatic Power Supply
- 10 Bridge Control

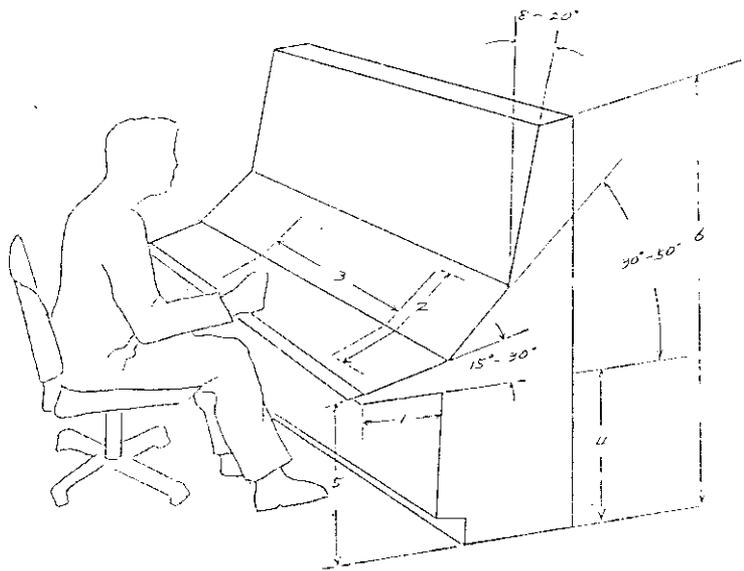
図2.1 Dolabella の船橋 (Ship building and Shipping Record, July 14 1966)



DIMENSIONS AND OPERATING DATA

Dim No	Operating Position	Dim (cm)
0		
1	Sit	121.0
1	Sit	131.0
2	Sit	opt
3	Sit	55.9
4	Sit	15(deg)
5	Sit	45.7
6	Sit	64.8
7	Sit	62.2

図2.2 Console の形状(I)



Dim No	Operating position	Dim (cm)
1	Sit	40.6
2	Sit	40.6
3	All	61.1
4	Sit	68.6
5	Sit	76.2
6	Sit	114.3

図2.3 Consoleの形状(II)

表2.4 視覚的特性とConsoleのもつべき条件との対応

人間のもつ視覚的特性	対 応 す る Console の 条 件
1 調節機能	<ul style="list-style-type: none"> 1-1 計器盤の眼からの距離 1-2 計器盤の配列(眼から一定の距離に配列する)
2 視野	2 なるべく視野内におさめる
3 眼球運動	<ul style="list-style-type: none"> 3-1 使用頻度の高いものを中心に使用頻度の少ないものを周辺におく 3-2 視線の動きを線で誘導する。
4 瞳孔の縮小拡大	<ul style="list-style-type: none"> 4-1 Consoleの輝度を適正とする。 4-2 Console Panelの輝度変化の大きくないようにする。 4-3 床、壁、Panelなどにglareのないようにする。 4-4 眼に電球が直接映じないようにする。 4-5 適正な照明
5 Visibility	5 無彩色、有彩色等を適度にVisibilityを維持するように使用する。
6 その他の心理的特性	<ul style="list-style-type: none"> 6-1 実際のプロセスの配置とパネル上のLayoutとの関係を適正化する。 6-2 Groupingを考慮する。 6-3 Panel ConsoleのLayoutの場合の方向性 6-4 適正な色彩調節 6-5 計器の指針の斉一性をたもつ
7 視線の高さ	7 水平より10~30°さげる。
8 時間的要素	

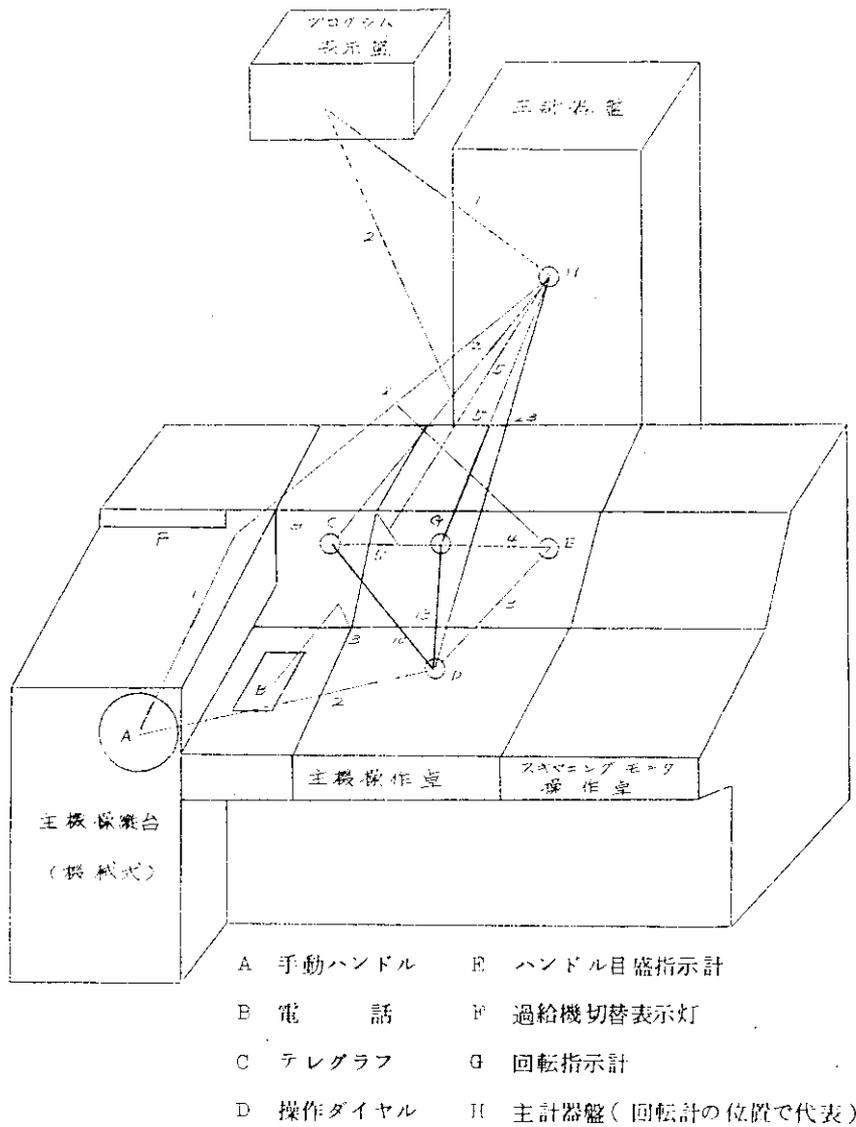


図 2.4 主要操作時の視線の対象別移動頻度図 (労研資料)

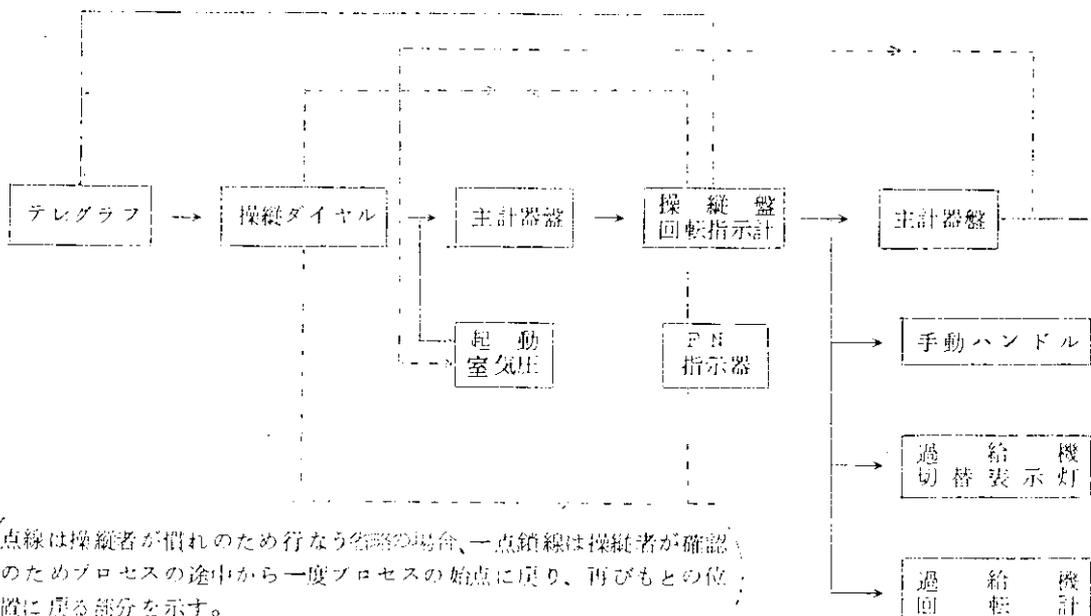


図 2.5 視線の計器間移動頻度表を参考にして操縦者の視線のプロセスを表わしたもの (労研資料)

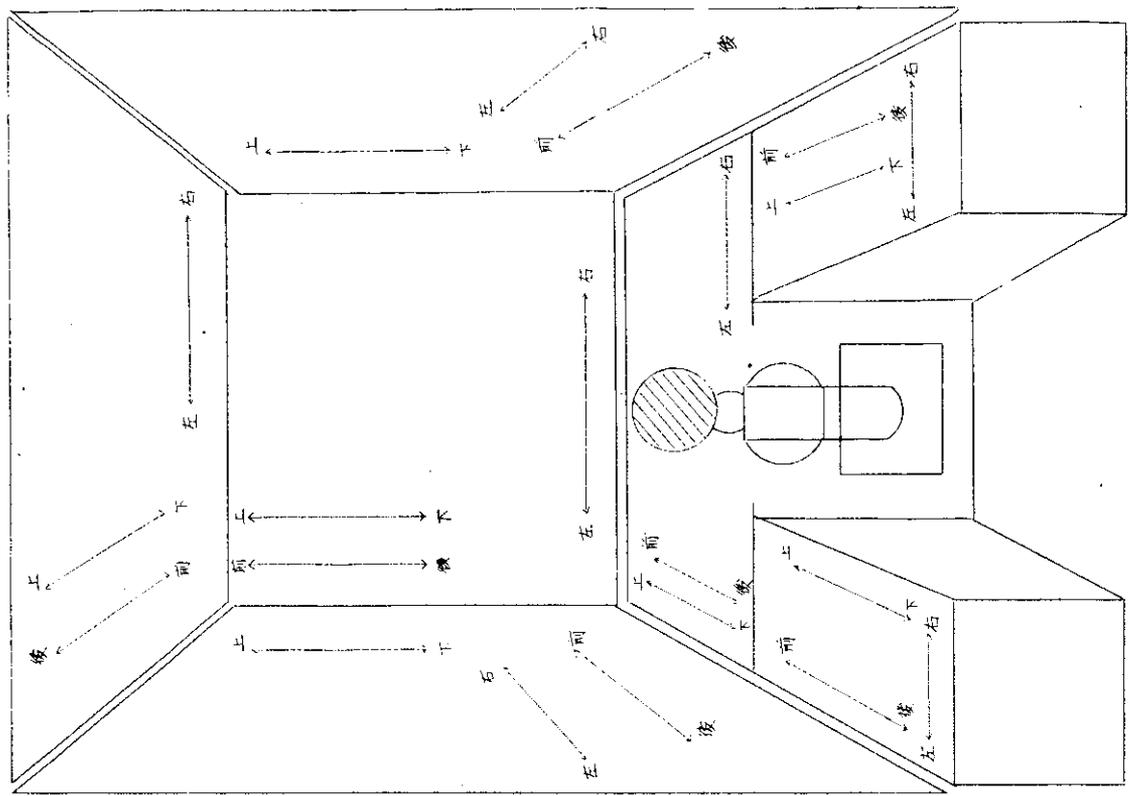


図2.7 Operator と方向の関係

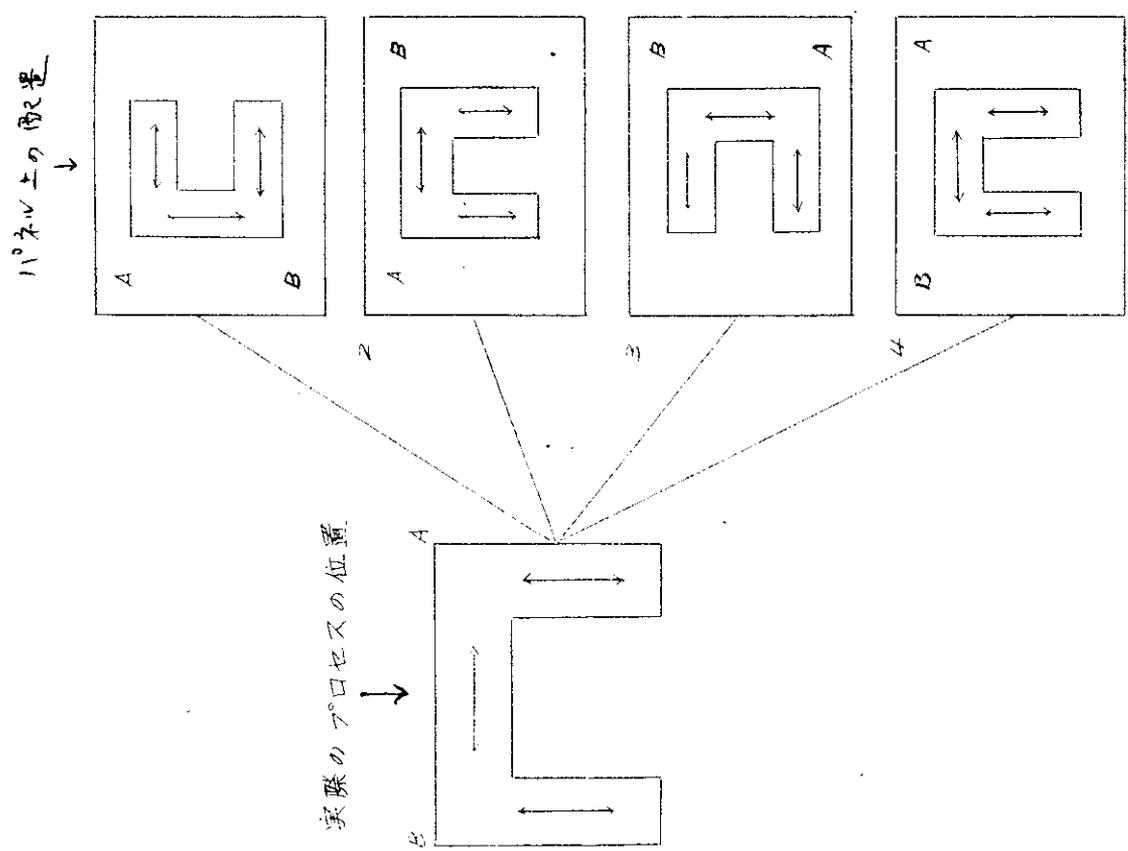


図2.6 Panel 上の配置 (4がよい)

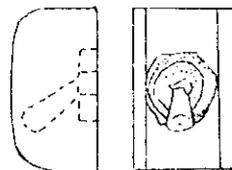
表2.7 7種のシンボライズされた視覚表示
(Alluisi and Muller)

1	アラビア数字	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
2	象徴的 アラビア数字	ノ Z 3 4 5 6 7 8 9 □
3	単純な傾斜	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩
4	時計の針の傾斜	レ レ L L L I J J J J
5	複合された傾斜	レ L K L K K K I Y T
6	隋円軸の比で示す	- ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
7	色彩	DKB LtB DKG LLG G-Y Y O LLR DKR V

(WADC TR 56 - 226 1956)

Flush or recessed mounting

channel guard



Hinged cover guard

Lever Lock Lift

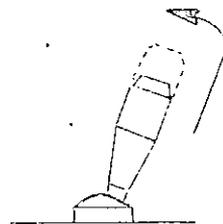
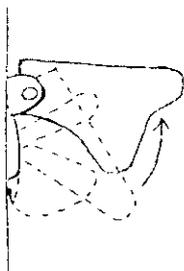


図2.8 Safe guardsの方法 (D. meister)

表2.8 Color Codeのきめ方(Comover and kraft)

8 color code	7 color code	6 color code	5 color code
1 R	5 R	1 R	1 R
9 R	3 Y R	3 Y R	7 Y R
1 Y	5 Y	9 Y	7 G Y
7 G Y	1 G	5 G	1 B
9 G	7 B G	5 B	5 P
5 B	7 P B	9 P	
1 P	3 R P		
3 R P			

(WADC. TR 55 - 471. 1958)

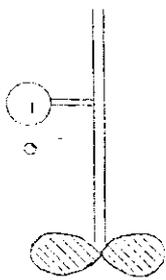
識別の目的のための色の条件

- (1) なるべく区別しやすい色を用いること。
- (2) 用いる色の数は一定の数に制限すること。
- (3) 色はなるべく飽和色に近いものを用いること。
- (4) 色のあせ具合も考慮に入れておくこと。
- (5) 色盲、色弱者もなるべく識別のできる色であること。

表2.9 航海計器の種類

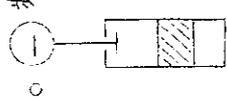
1	操	舵	用	レ	ピ	ー	タ
2	磁	気	コ	ン	バ	ス	
3	測	程	儀	指	示	器	
4	速	力	指	示	器		
5	舵	角	指	示	器		
6	回	転	指	示	器		
7	風	向	指	示	器		
8	風	速	指	示	器		
9	時		計				

廻転計



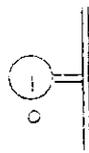
推進器

頻度計

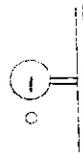


ディーゼル機関

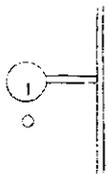
空圧計



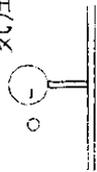
油圧計



水圧計



気圧計

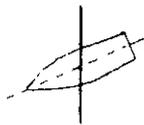


傾斜計

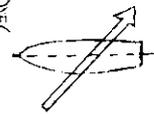


(デジタル表示)

舵角表示器



風向指示器

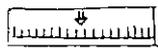


風速指示器

(針の長さが風速に比例する)



温度計



吃水計

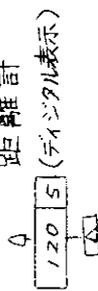


流量計



(偏光を用いる)

距離計



(デジタル表示)

速度計

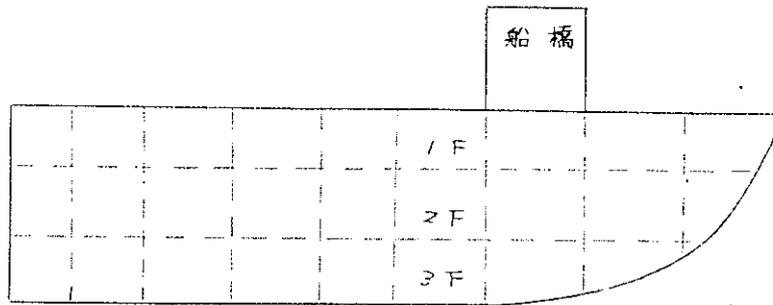
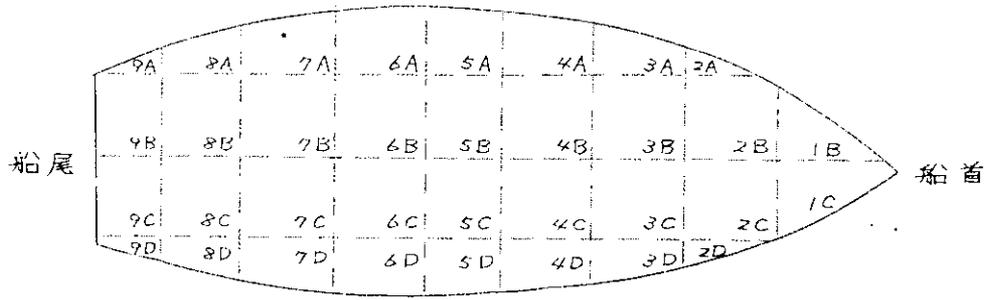


(デジタル表示)

時計 (デジタル表示)



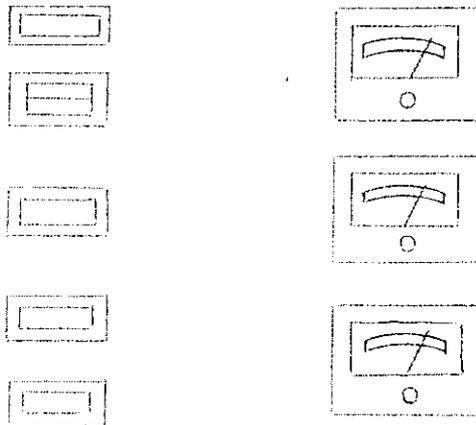
図2.9 絵画的表示法



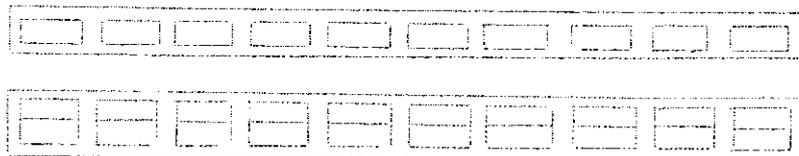
例 2-A-2F

図2.10 船体の部位の区分法

(ランプは枠全体につくるようにする)



Vertical Grouping



Horizontal Grouping

図 2.11 Grouping の2つの方法 (D.Meister)

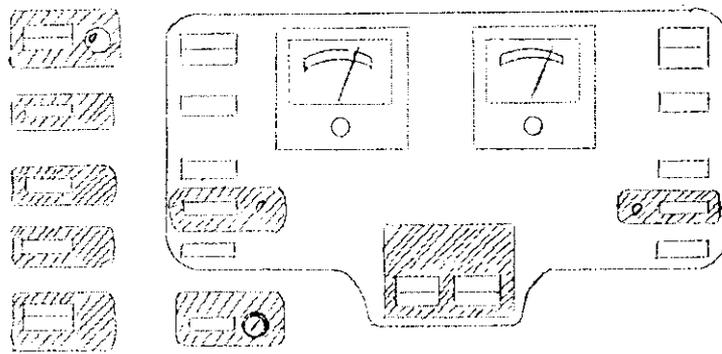


図2.12 Panelの機能領域の示し方 (D. Meister)

(Dark Colored Moduleにおさめ、 light colored backgroundと対比をよくする)

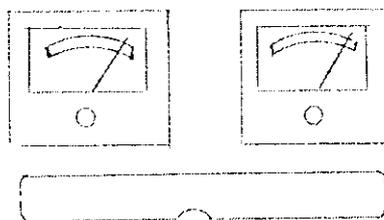
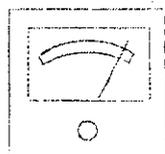


図2.13 Set upおよび Calibrationの位置 (Morgan)

(末梢におく)

Pump No.1
RPM



温度計などの表示はよくない

Power



Panel

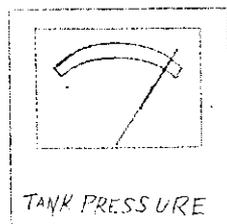
Power

ON



ON, OFFの文字がSwitchのかけにならないようにする。

OFF



会社名が計器の表面に見えるのはよくない。

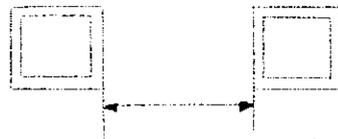
図2.14 Nomenclatureの表示の仕方

(D. Meister)

Recom Separ (cm)

Minimum Desirable

1.3 5.1
 0.6 2.5
 1.3 1.3



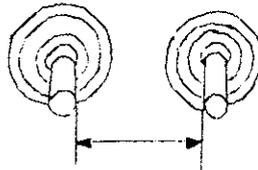
Pushbutton

One Finger (Random Actuation)

// // (Seq //)

Diff // (Rand or Seq)

1.9 5.1
 1.3 2.5
 1.6 1.9



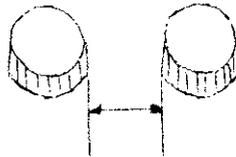
Toggle Switch

One Finger (Random Actuation)

// // (Seq //)

Diff // (Rand or Seq)

2.5 5.1
 7.6 12.7

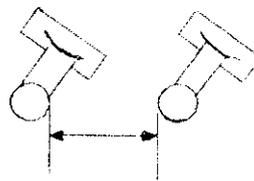
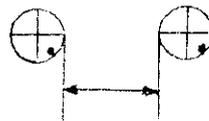


Knob

One Hand (Random Actuation)

Two Hands (Simultaneous)

5.1 10.2
 7.6 10.2

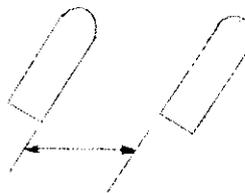


Crank & Lever

One Hand (Random Actuation)

Two Hands (Simultaneous)

10.2 15.2
 5.1 10.2



Pedal

One Foot (Random Actuation)

One Foot (Sequential)

図 2.15 必要とする空間 (D. Meister)
 (controlに関するもの)

表2.10 人間の入力と出力との関係

1. 対応関係が人間性に従っていること。
2. 入力・出力の ratio が適当であること。
3. 入力・出力の間に時間的おくれのないこと。
4. 予測可能の条件が存在すること。
5. 入力・出力の関係がなるべく簡単であること。

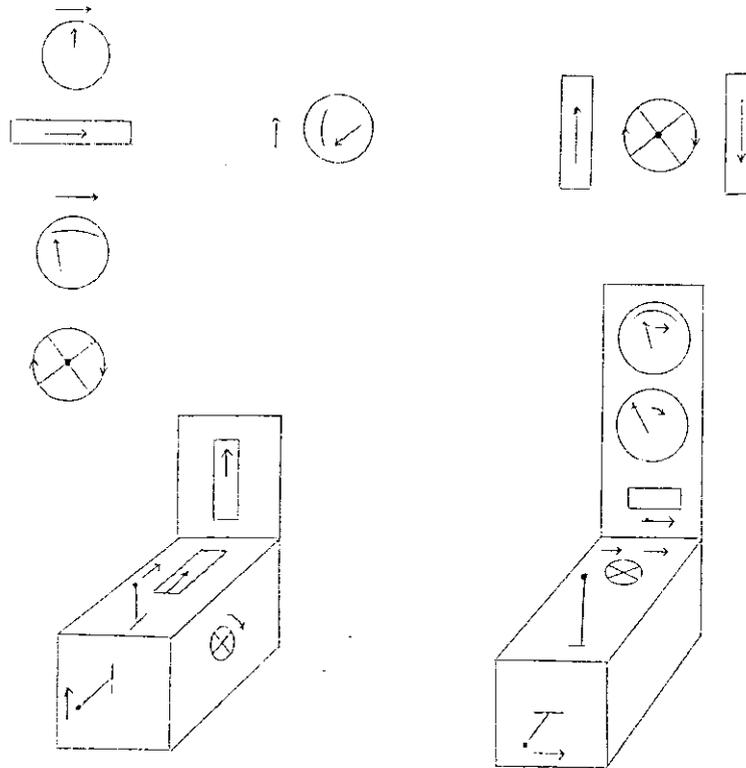


図2.16 Control と Display との好ましい関係
(Loveless)

表2.11 警報についての進歩

1. 警報のみが発せられる(例えばブザーのみ)
(何のための警報かはオペレータが判断する)
2. 警報に関係ある計器の処に赤ランプがつく。
(計器の指度によつてオペレータが判断する。)
3. 警報の意味を示す文字盤にランプがつき、それをみることによつて直ちに処理ができる。
4. オペレータが警報にきづかずにいることを配慮し、オペレータにさらに強力な警報を与える。
5. オペレータが警報にきづかずにいることを配慮し、自動的にブレーキなどがかかるいわゆる Deadman 装置。

表2.12 警報をうける点からみた感覚の特性

	視 覚	聴 覚	触 覚	味 覚	嗅 覚
1. 知覚時間 (sec)	0.188~0.206	0.115 ~0.182	0.112 0.201 (電 気)	0.6~1.0	0.2~0.37
2. 知覚の広さ	局限性がある	局限性がない	局限性がない	局限性がない	局限性がある(例 ば風向による)
3. 知覚させる強さ (いき値)	2.6~0.3 $\times 10^{-10}$ erg	Field of hearing		食塩1~5 $\times 10^{-2}$ M	樟 脳 0.005 (mg/l)
4. 知覚させる難易	そちらを見る 必要がある	最 も 容 易	わ ず か 困 難	か な り 困 難	容 易
5. 刺激の 強まりの特性	瞬 間 的	瞬 間 的	瞬 間 的	少 時 間 が か かる	時 間 が か な り か かる
6. もとの状態に もどすことの難易	容 易	容 易	容 易	簡 単 で な い	簡 単 で な い
7. 作業に使用 される知覚 との関連性	多 くの 場 合 大	多 くの 場 合 中 等 度	あ る 程 度 あり	な い	ほ と ん ど な い
8. 実 用 性	大	大	可 能 性 あり	可 能 性 少 ない	あ る 程 度 あり
9. 従来使用され ている頻度	大	大	小	な い	小
10. 知覚の方法が 直接的か 間接的か	光を介する	音を介する	直 接 的	直 接 的	間 接 的
11. 知覚する部位	眼	耳	皮 膚 粘 膜	舌	鼻

表2.13 警報の必要条件

1. 平常の騒音の中でも十分ききとることができ、緊急を知らせるのに必要にして十分な音色と大きい音であること。
2. 刺激の大きさはつぎの処置をとるのに対して過大でない程度とすること。
3. 警報表示は適切な処置を誘導しとらせるものであること。
4. 感覚、知覚の特性に適合したものであること。
5. 人間に知らせる時間ができるかぎり短くてすむものであること。
6. 他の必要な音響を妨げない程度のものであること。

表2.14 望ましい継続的な信号方式

1. 音による信号 (例 ブザー) (必要な時を知らせる)	
↓	
2. 光による信号 (例 ランプがつく) (必要な場所を知らせる)	
↓	
3. 色による信号 (例 赤で危険を示す) (警報の程度を知らせる)	
↓	
4. 処置の方法を示す信号 (例 スイッチをたおす方向を示す) (処置の仕方を知らせる。)	
↓	
5. 処置の効果を示す信号 (例 火災のきえ始めたことを示す) (処置の効果ができたかどうかを知らせる。)	
↓	
6. 警報の不必要になった (例 火災のきえたことを示す) (処置が終り危険の去つたことを示す) ことを示す信号	

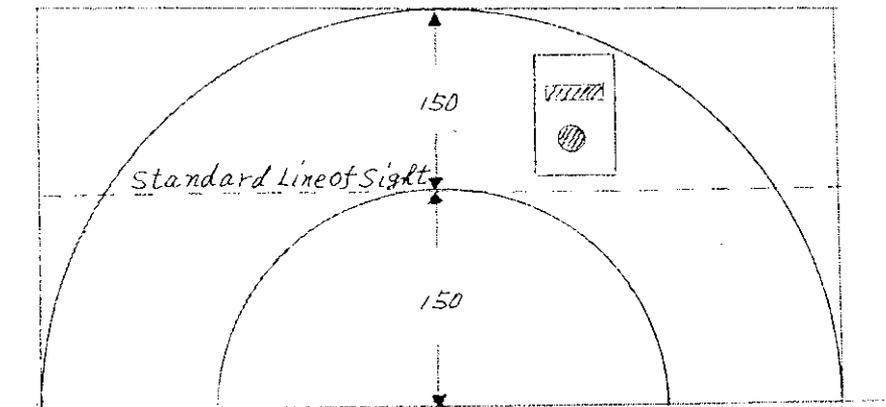
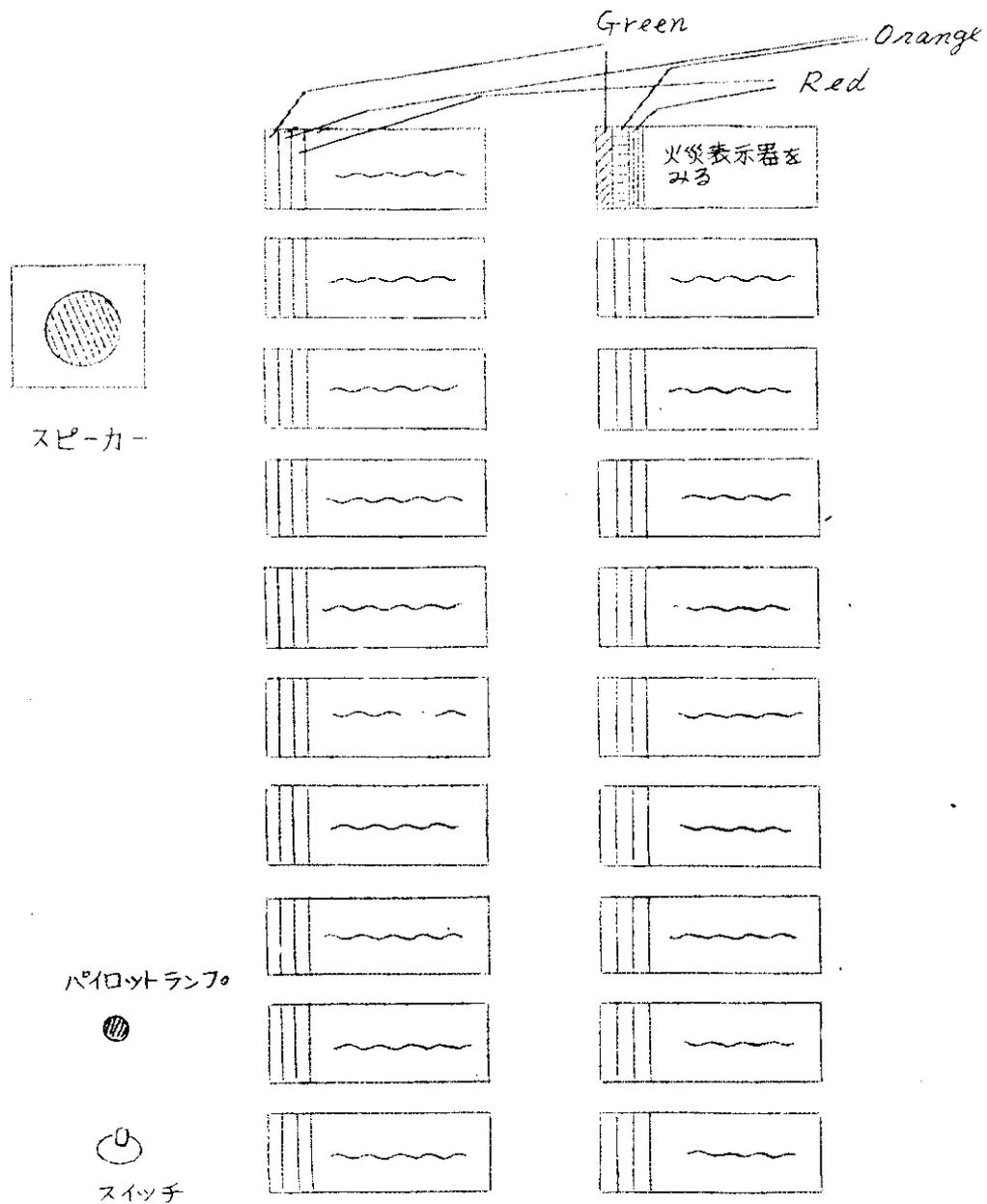


図2.17 警報装置の配置 (Woodson Morgan)



警 報 表 示

警 報

- 1 まずスピーカーから警報が流れる。
- 2 該当する表示盤にランプがつき、同時にその程度に応じて、Orange, Redのいずれかの色が示される。
- 3 ランプは自然電灯あるいは蛍光灯を用い、表示盤は乳白色ガラスとすること。

図2.18 船橋における警報表示の方式(集中表示方式)

表2.15 Panelの良否を評価するChecklist

(D Meistir)

1. デザイナは正しい選択を行なったかあるいは、a、継時的操作 b、機能 c、重要性 d、使用頻度などにつき基本的バランスがとられているかどうか。

2. Control Panel が継時的操作を基本に設計されたとして、Control と display の継時的操作の上で Operator が操作するのに正しい配列が行なわれているかあるいは垂直方向および水平方向の配列（頂点から底辺へ、そして左から右へ）が正しく行なわれているかどうか。
3. もし Control Panel が操作をすること、すなわち機能に重点をおいて設計されている場合に、機能をする上で使用しやすさを基本にしているかどうか。
4. 相互に関係する Control と display の関連性が Control Panel の上で維持されているかどうか。
5. Control Panel の継時的操作と機能の両者を考えて設計されている場合に、Control と display とが操作しやすいように配列されているかどうか。
6. Panel 上の部位をきめる場合に最も頻ぱんに操作するもの、最も重要なものを中心においているかどうか。
7. Control と display との中で第 2 次的なものとして、Control と display の test あるいは較正が末梢部あるいは操作をする Control と display から分離して配列されているかどうか。
8. Control と display とが操作をする Operator の眼の位置（立位あるいは座位）との関連性で正しく配置されているかどうか。
9. Panel の functional area を色別、枠づけ、数字などによつて他の functional panel area と区別しているかどうか。
10. 各部の場所に関して、Control が行なわれる場合に関連して必要な数字やその他の display が手のかげになることはないかどうか。
11. Control と display とが Operator が操作するのに都合のよい程度の空間がとられているかどうか。
12. Color coding が重要な Panel または計器の領域を示す色を識別する目的にかなっているかどうか、指針の色が必要な行動をおこすのに、あるいは情報を得るのに正しい使われ方がされているかどうか。
13. Control operation の効果に関連して Control をすべしという積極的な指示あるいは他の必要な feedback が準備されているかどうか。
14. 数字、文字などが装置あるいは Operator の機能を正しく示しているかどうか、また過度の省略をしていないかどうか。
15. Control および display が要求された機能をはたすように設計者によつて正しくはたされているかどうか。
16. Control と display とが操作に関連性をもたせ、また過度に複雑な仕事を Operator に与えることなしに行なわれるように結合されているかどうか。
17. Control と display とが正しい Panel の操作が実際に行なわれるように含まれているかどうか。
18. 要求されたように安全表示が含まれているかどうか。
19. 必要な機能不全の Control と display が Control Panel の上に含まれているかどうか。
20. 関連のある Control - display の動きが正しく一致するかどうか。またその動きの方向が妥当かどうか。
21. 設計が何か特別の内的外的 Package の問題を提起しているかどうか。
22. 設計が Routing および Wires, Cabling, fitting, Connectors, resistors, diodes などの accessibility に関して内的問題を提起しているかどうか。
23. Control Panel の設計が下記の点を適切に考慮しているかどうか。
 - a Operator の性能
 - b 出力入力の限界
 - c 出力入力の特性
 - d 緊急時の要求
 - e 通信についての要求

- f 保全についての要求
- g 環境に対する要求

2.3 機関運転管理システムとしての集中制御方式の検討

2.3.1 自動化船における機関部作業の実態

(i) 自動化によつて労働の質が変つてきたこと

従来、当直作業といえば温度調節、計測等はほとんど手作業であり、しかも高温多湿騒音下での労働で、身体的疲労はかなりのものであつたと考えられる。それが各設備の自動化、遠隔化と制御室(冷房)の設備によつて、労働環境は飛躍的に改善され手作業の部分がかかなり少なくなつた。その結果、身体的疲労は非常に少なくなるが、看視作業による精神的疲労が増加していくと考えられる。すなわち精神的労働が主要作業となつてきた。

このような変遷する当直業務の実態を、井川、齊藤(1)の調査でみるとつぎのとおりである。

注1 井川、齊藤、「自動化船における機関室当直業務の実態」、日本船用機関学会誌、Vol2、No6-12 (1967)

調査時期は大洋航行中の定常的な航海状態(対象船7隻、往航復航計10日間)とし、記録採取には当直員の自記による、タイムスタディ方式をとり、記入を容易にし、かつ集計の便も考えて当直業務の分類を予め設定して下記の通り記号化した。(表2.16)

- ① 巡視 ② 看視 ③ 計測 ④ 記録記入 ⑤ 調整 ⑥ 送油、注油、給油 ⑦ 機器発停
- (切替えも含む) ⑧ 諸弁操作 ⑨ 整備 ⑩ 掃除 ⑪ 連絡報告 ⑫ その他

表2.16 当直業務調査表(記入実例)

船名 S丸 機長 橋本 子		備考
①	②	60分
②	③	120分
③	④	180分
④	⑤	240分
⑤	⑥	60分
⑥	⑦	120分
⑦	⑧	180分
⑧	⑨	240分

昭和40年7月26日 当直員 橋本 子

このうち巡視とは制御室外の歩行をともなつた看視をいい、必ず余裕時間的なもの、または当直業務と関係のないものすべて含んでいる。

これらの調査は、表2.16のような調査表に自記録させたものであり、客観的に外部より機関士、機関員の動作を詳細に観察分析したものと異なるので、そのつもりで資料をみなくてはならない。例えば②の看視作業が制御室内で20分とか25分の間連続して記入されているが、計器を「じつとみつめる」というような密度の高い作業、「ぼんやりとみつめる」というような密度の低い作業も含まれているものであり、看視作業といつても「定期的な要素」、「余裕時間的な要素」も自記録であるが故に入っている。

これらの調査のうち、図2.19、図2.20はその当直業務別作業量である。

機関士グループで当直業務の大半を占めるのは看視であり、機関制御室内49.7%、制御室外0.8%となっている。

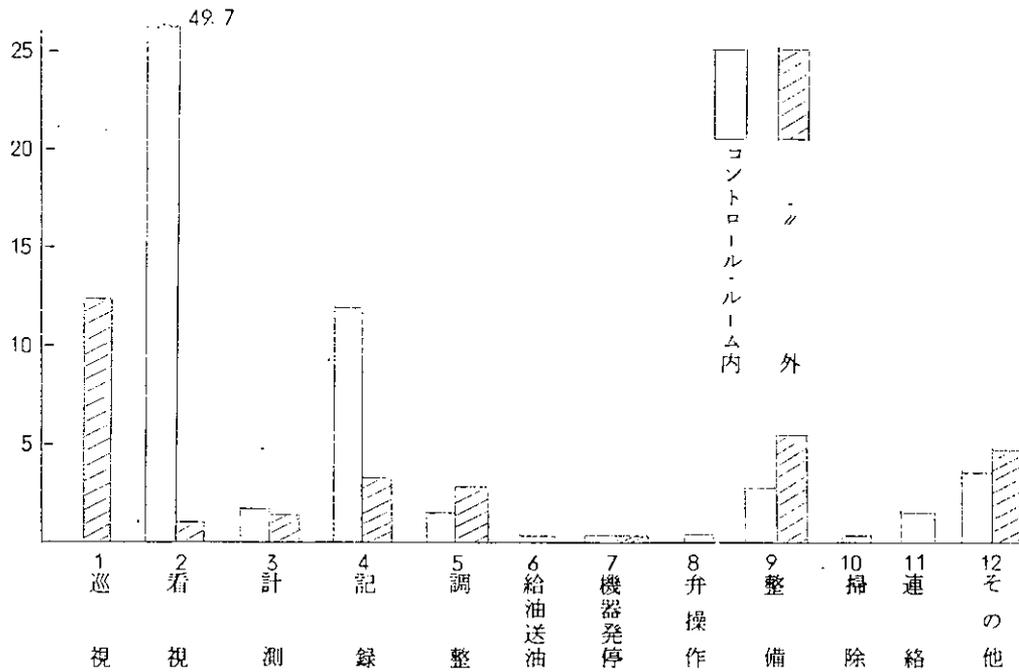


図2.19 機関士当直業務別作業量(1直当り)

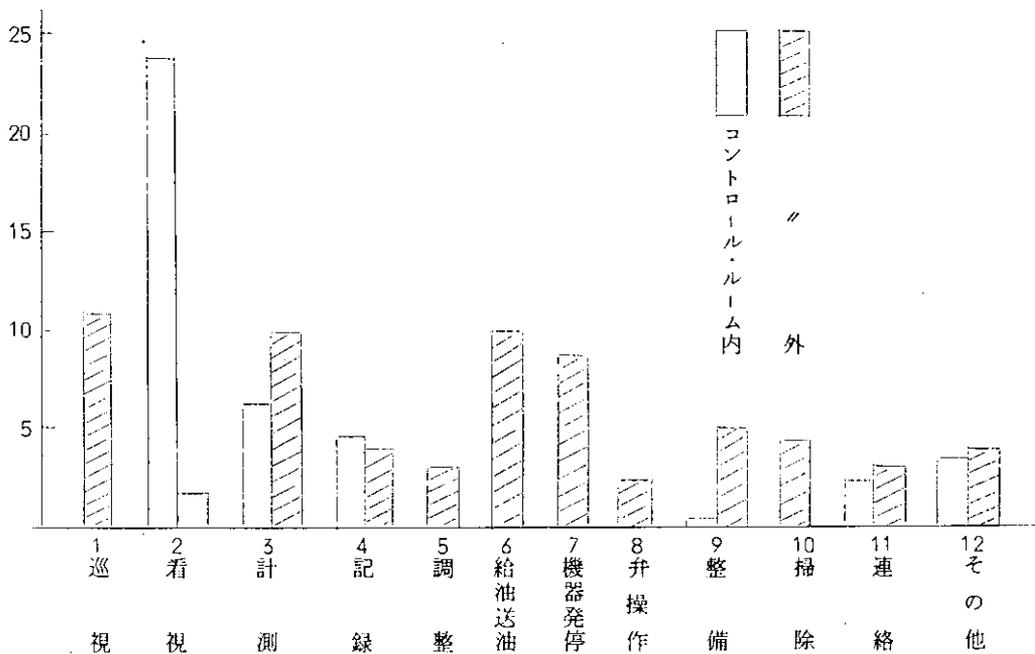


図2.20 機関部員当直業務別作業量(1直当り)

看視について大きい作業は記録記入の制御室内11.4%、制御室外3.6%、計15%で、以上看視、巡視、記録記入に計測を加えた、いわゆる情報収集業務は全体の約80%を占め、従来の非自動化船で大きな割合を占めていたと思われる整備、調整、手動による運転業務が約11%と少なくなっていることは、自動化の大きな特徴といえる。

機関部のグループの作業量を見ると看視が制御室内22.8%、制御室外0.8%、計23.6%で最高を示す。また情報収集業務に属する看視、巡視、計測、記録記入が全体の60%となっていることは、機関部員も従来の手作業を主体とした当直業務より精神的労働を主体としたものへと大きく転換していることを示す。

一方、当直業務の遂行場所をみてみると、機関士では制御室内70%、制御室外30%、機関部員では制御室内35%外65%となっている。

このような数字により、自動化船は従来の船に比し、当直業務の内容に大きな変化をきたしたことを知ることができ、自動化船としてなお十分でないことを示すものである。ここでもし、機関士の場合制御室外での計測1.2%、記録記入3.6%、調整2.1%、送油、注油、給油の9.8%、機関発停7.8%、諸弁操作2.7%、整備5.0%、計32%のそれぞれは、完全自動化であれば、機器の整備に関連絡する作業のみ残って、制御室外の作業は大幅に減少されるべきものとなるであろう。

(四) 機関部航海当直の作業分析により考えられること。

大橋ら(2)は、東京～カナダ航路 M丸において、1分等時間々隔のワークサンプリング法により当直者を観察し、制御室内と外において作業発生頻度を測定した。

注2 大橋ら、「作業分析からみた外航貨物船機関部航海当直作業」、海上労働調査報告、第18集(1968)

表2.17、表2.18はそれらの測定結果の一部である。

表2.17 当直別職種別作業発生頻度(制御室内) %

作業 当直	看 視		計 測		記 録		流 量 制 御		整 備		そ の 他		計	
	機士	機員	機士	機員	機士	機員	機士	機員	機士	機員	機士	機員	機士	機員
0~4	14.1	6.8	9.3	6.0	37.4	2.8	0.0	0.5	1.2	19.6	20.7	21.4	82.7	56.9
4~8	26.2	21.0	10.4	14.4	11.8	8.9	0.3	0.6	0.0	0.0	36.5	29.6	85.2	74.5
8~12	13.8	5.7	3.7	12.8	13.8	9.8	0.3	0.5	0.0	0.0	50.9	31.6	92.5	60.4
12~16	15.4	12.6	5.8	9.6	10.1	5.3	0.3	0.0	0.1	0.4	21.2	31.2	52.9	59.1
16~20	31.7	18.4	0.8	11.9	6.4	8.3	0.5	1.7	1.9	0.0	49.7	30.2	91.0	70.5
20~24	22.3	6.7	3.8	9.7	6.3	9.8	0.0	0.1	0.2	0.0	59.9	34.2	92.5	60.5
M	22.3	12.2	5.8	10.7	14.5	7.4	0.2	0.5	0.6	3.5	38.9	29.5	82.3	63.8
	6.1	6.0	3.3	2.7	10.7	2.6	0.2	0.6	0.5	7.3	15.0	4.0	13.9	6.5

表2.18 当直別職種別作業発生頻度(制御室外) %

	看 視		計 測		記 録		流 量 制 御		整 備		そ の 他		計	
	機士	機員	機士	機員	機士	機員	機士	機員	機士	機員	機士	機員	機士	機員
0~4	4.6	6.1	4.2	4.7	0.4	0.0	0.1	6.2	6.2	13.2	1.8	12.9	17.3	43.1
4~8	2.1	3.6	10.7	6.2	0.3	0.0	0.5	11.5	0.5	0.0	0.7	4.2	14.8	25.5
8~12	3.7	5.7	0.0	7.3	0.0	0.2	0.3	10.7	1.2	4.2	2.3	11.5	7.5	39.6
12~16	0.0	3.6	0.1	6.2	0.0	0.1	0.5	5.6	44.3	18.2	2.2	7.2	47.1	40.9
16~20	3.5	5.6	0.0	6.2	0.0	0.1	1.7	11.1	3.5	1.4	0.3	5.1	9.0	29.5
20~24	3.3	5.7	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	9.0	2.0	6.2	2.2	11.8	7.5	39.5
M	2.8	5.0	2.6	6.2	0.1	0.1	0.6	9.0	10.1	7.3	1.5	8.6	17.7	36.2
	1.5	1.0	4.0	0.8	0.2	0.1	0.6	2.3	15.6	6.5	0.8	3.4		

この場合、事務を内容別につぎの6つに分けている。

(a) 看 視 作 業

明らかに計器類を注視していて、視線などの外見上注視行為を行なっているとみられる場合、および計器によらなくても諸機器に関するその時点におけるある状態を把握するために、記号以外のものを注視しているとみられる場合、これを看視作業として分類した。

(b) 計 測 作 業

ある機械または装置の状態を量的に表示し得るもの（主として計器）によつて、その状態を量的に把握し、把握した状態が把握した作業員以外の者にも認識され得るように、文字、数字または音声などを用いて表現する一連の作業を計測作業として分類した。したがつてビルジ量など目測によるもの、または状態を量的に把握した段階まであればそれは看視とした。

(c) 記 録 作 業

ある事柄についての情報を得た作業員がその得た情報について、他の人にも認識され得るように、文字、数字または記号を用いて表現する作業のうち、計器から得た情報に関する一次的記録を除く作業を記録作業として分類した。たとえば計器の指示値をノートに書くのは計測作業の一部と考え、そのノートをみながらログブックに転記するのは、記録作業と考えた。

(d) 流 量 制 御 作 業

目的の如何にかかわらず、諸機器を流れる流体の流量を変更する作業で、計測、看視のため以外の作業を流量制御作業として分類した。したがつて、温度調整、機器発停もこれに含まれる。

(e) 整 備 作 業

諸機器が本来的にもつている能力の低下を防止するため、または低下した能力を恢復するための作業を整備作業として分類した。

(f) そ の 他

(a)から(e)までのどのカテゴリにも入らないものをすべてその他として分類した。したがつて疲労余裕などもこれに含まれる。

そして、これらの測定結果についてつぎのことがいえる。

(a) 作業頻度について

(i) 当直時間中の各作業の頻度割合は当直によつてかなり異なる。その主な理由としてはつぎのようなことが考えられる。

- i 各機器の状態の差
- ii 作業員の担当機器の影響
- iii 作業員の心性のちがい
- iv 作業員間の社会的距離のちがい

(ii) 機関士と操機手とでは各作業の頻度割合が異なり、機関士の各作業の頻度の変動は操機手より大きい。

(iii) 制御室と機関室とでは、各作業の頻度割合が異なり機関室の方が変動が大きく、またその傾向は操機手よりも機関士の方が著しい。

(b) 設備と作業との関係について

制御室が設けられたため作業環境は改善され、その他の面での設備的な改善はなされているが、つぎのような理由によりそれらの新しい諸設備が十分に生かされているとは言い難い面がある。

(i) 各機器の自動化、遠隔化にアンバランスがある。

(ii) 自動化、遠隔化されたものに対する信頼性に疑問がある。

(イ) 新しい設備に対する作業者の受けとり方に差がある。

(ニ) 新しい設備に対する新しい作業基準の検討が不十分である。そのため責任の所在が明らかではなく、したがって設備が異なっているにもかかわらず、従来の習慣的な作業のやり方が踏襲されていると考えられる面がかなりあるようにみうけられる。

そして、これらの調査の結果の反省として、このような作業分析の結果では制御室や機器のあり方を適正にするための参考資料とはならないことを指摘している。当直者の主観的な判断に左右される態度、すなわち具体的には作業内容がまちまちである。このことは主機関を中心とした一つのプラントを安全、確実、経済的に制御していくために必要な機関制御法、すなわち具体的には当直作業基準の設定を行なつて、それにしたがつて当直をさせることが安全につながることを示さしている。

(iii) 計器看視作業は意識レベルを低下させる。

計器看視作業というものは「異状事態の発生をまち、できるだけ早くそれを発見する」という消極的な精神緊張を要求されるものである。このような身体的な負担の小さい精神的緊張解消というような作業のリズムに乏しい作業では「きつい」といえよう。実際にも配電計器盤の看視を行ない緊急操作を要する職場で、中央の椅子にすわつて計器盤上から目をはなすことのできない「きつい」職場では、30分ずつ交代して輪番に当直しているところがある。

また、制御室内にいて、計器盤を「見張つて」、「待機している」要素がふえると、常時パネル面を注視していることができなくなり、逆に意識レベル（これは呼吸、脈搏などの生理的指標の上にも現われる）が低下していく。すなわち、あまり軽い負担のもとでは作業そのものが脳に対しての刺激になり得ず、意識レベルがある程度低下すれば居眠りと同じ状態になつてしまい、安全性、信頼性のうえから極めて危険である。何らかの手法によつて常に脳に適度の刺激を与え必要限度の意識レベルを維持し得るような条件を与えておかなければならない。

このことは、制御室内での航海中における機関士の作業分析をみても、計器盤を注視し続けるような持続的緊張の要素は自然に少なくなつている。すなわち、持続的緊張を必要とする計器看視作業は永く続けられないものである。

以上のような観点より、各種集中制御方式における自動制御ならびに看視装置のあり方を検討しなければならない。

2.3.2 機関運転管理システムと集中制御方式

集中制御方式を決定する場合、マン・マシン・コミュニケーションの立場から、就労体制の設定から始めなければならぬ。大きく分けて在来船の就労体制と機関室無人化を考えた就労体制の2つがある。その例として表2.19は在来船の就労体制であり、表2.20は機関室無人化船の就労体制の例である。

表 2.19 在来船の就労体制の例

		人 員 配 置	主 な 作 業 内 容
航 海 中	機 関 室 当 直	機関士3名、機関部員3名、機関士1名、部員1名計2名、1組、3組が交互に行なう。4時間交替1日8時間労働	機関制御室における計器盤の看視を中心とした看視作業。 適宜機関室内の巡視、応急処置および保守調整
	整 備 作 業	航海当直を有しない残りの部員4名、機関長の指導監督または航海当直中の機関士も必要に応じて指導監督する。 08.00～17.00のデイリワーク（8時間）	予備機、予備弁等の整備、充電機その他の補機、電路の開放点検、保守手入、主要機械の故障の場合機関部全員で修理 この他予備品手入、錆落とし、ペイント塗装等の雑務
停 泊 中	機 関 室 当 直	部員1日を3名で1名ずつ交互に1日8時間勤務を原則とする。 機関士3名、1日1名ずつ交互に当直機関士となり責任者となる。	部員1名で充電機、ボイラ、冷凍機、貨油ポンプ駆動用タービン、その他補助ポンプ類の発停と運転状態の看視 機関室内の火災、ビルジ、盗難等の注意、異状発生の場合の応急処置、当直機関士への連絡

		人 員 配 置	主 な 作 業 内 容
停泊中	整備作業	機関室当直の部員3名を除いた機関士3名、部員4名、計7名で08.00～17.00のデイリワーク(8時間)を原則とする。	航海中できない整備作業特に主機関係、主ボイラ関係 この他修繕工事の立会い、燃料油、潤滑油、ボイラ水、予備品、船用品の受入れ
出入港狭水道通過	その他B	全員配置または当直の機関士、部員、当直のない機関長、機関部員	機関制御室におけるハンドル操作と機器の看視

表 2.20 機関室無人化船の就労体制の例

		人 員 配 置	主 な 作 業 内 容
航海中		機関士3名は交替でその日の当直当番が決められる。他の機関士、部員は整備作業としてのデイリ・ワークにつく	朝の作業開始時、午前午後の作業終了時および23時前後に機関室各部を巡視するほか、燃料セントリングタンクへの送油、ビルジの排出、巡視時の日誌記入(ログタイプライターにより自動記録され日誌類は簡単なもの) その他は日中の総員作業時間割にしたがつて、デイリワークとしての整備作業に従事 デイリ・ワークの時間割 16:00～08:00 08:30～12:00 } 合計8時間 15:00～15:30 日曜日は作業は行なわないが、当直機関士は上記作業時間中機関室に入る。デイリ・ワークの時間外に警報がなつた場合は、各当直機関士の居室、船橋等に通報され、応処写置がとられる。
停泊中		在来船と同じ	在来船と同じ
出入港狭水道その他B		機関長およびその日の当直機関士	船橋から遠隔操縦されるが、その作動看視および万一の場合の処置にそなえハンドル前に待機

在来の就労体制での機関管理システムでは、つぎの点を特に考慮されなければならないであろう。

- (i) 計器盤を「じつと見張つて」万一の事故にそなえるといったような看視作業(Vigilance Task)を長時間要求することは、人間側の機能からみて不自然である。したがつて、航海当直中においては、視覚情報によるよりも、第一に聴覚情報(警報等)によることを主眼にすべきである。
- (ii) 計器盤の看視、機関室内の巡視等は、航海当直作業基準にしたがつて規制する方がよい。作業基順は1時間に1回の制御室内の諸計器の確認、機関室内巡視は2時間に1回とか、制御室は2時間に1回、機側は4時間に1回というように、それぞれの機関の信頼性と保守の程度の現状などにより決められる。
- (iii) 作業基準にきめられた看視、巡視時間以外は、保守整備その他の雑務に向けられることを建前として、自動化装置、制御室の計装を考えることが望ましい。
- (iv) 主機関発停のための操作器と直接関連する計器については、極力数を少なくして1つにまとめ、人間工学的に間違いなく容易に操作ができるよう考えなくてはならない。

機関室無人化船の場合には、さらにつぎの点を考慮しなくてはならない。

- (i) 船橋から主機の遠隔操縦が可能であること。

- (ii) 居住区警報は無人機関室にて運転中、主機および機関室内の諸装置の異状、火災の発生有無などを適切に関係者に知らしめる装置が必要である。
- (iii) 機関の運転状態の適正と安全をはかるため、データを自動記録する装置のあることが望ましい。
- (iv) 航海中の機関部作業は、全員でデイリ・ワークとしての機関保守整備に当ることであり、高度の自動化と制御室の計装を考えなければならない。

2.3.3 従来の就労体制下における装置の現状

金華山丸の自動化以来機関制御室が生まれ、集中制御のための諸装置が種々開発されてきた。それらの初期（37年前後）における現代については、つぎの資料を参照されたい。

船舶の自動化昭和38年3月運輸省船舶局

ここでは、最近のものとしてタービン船I丸の場合の装置について述べておく。

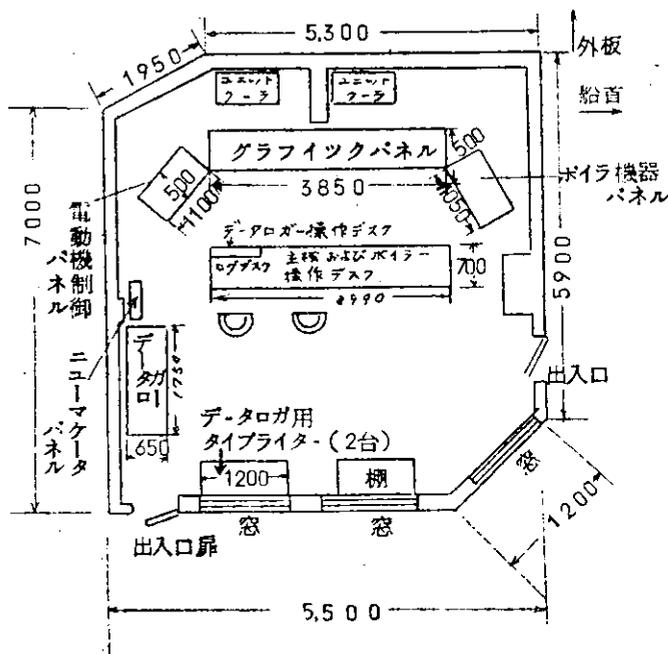


図2.21 I丸機関部中央制御室の配置

(i) 図2.21の場合

本制御室には主機およびボイラ操作デスク、グラフィックパネル、ボイラ機器制御パネル、電動機制御パネル、データログを装置している。データログにはタイプライタ2台を装備し、1台は定刻記録用、他の1台は異状点連続記録用に使用する。また本室はボイラ、フラット左舷中央部に配置している。

(ii) グラフィックパネル

本パネルは機関室内主要機器すべての運転状態を一目で看視することを建前として、蒸気、給水、F.O.バーナ等の主要圧力計、ボイラ増減表示ランプ、再熱開始指令ランプ、再熱蒸気温度偏差大警報ランプ、再熱蒸気温度上昇および下降プログラム行程表示ランプ、ガスヒーターバイパスダンパの押ボタン式開閉器ならびにランプ、送風圧力関係の風圧計などを組込んで、グラフィック化したボイラ関係のパネルを右端部に、主機回転計、舵角指示計、テルテールと各部の蒸気、L.O.の主要圧力計を組込んでグラフィック化した主機関係パネルを中央部に配している。

左端部にはターボ発電機関係を主にして、荷油ポンプ、バラストポンプ、制御用空気タンク関係などが、グラフィック化されて配されている。その他グラフィックパネル全面にデータログ主要計測点警報、主要補機運転表示ランプ、主機タービン抽気弁の押ボタン式開閉器とランプ、CO₂メータ、液面計等をグラフィック状に配置している。

(b) 主機およびボイラ操作デスク

航海中は本デスクからワンマンコントロールを建前として、デスク中央より左側に主機用、右側にボイラ用を配置している。また左側ボイラ操作デスクには再熱蒸気温度制御機、バーナ点滅スイッチ、バーナ点滅表示ランプ、再熱蒸気プログラムコントロール開始押ボタン、その他ACC（自動燃焼制御装置）、過熱蒸気温度制御機器を、左側主機操作デスクには主機プログラムコントロールセレクトスイッチ、モードスイッチ、操縦ハンドル、エンジンテレグラフなど設けている。

(c) 電動機制御パネル

主要電動補機の遠隔発停押ボタン、運転表示ランプなどを設けている。

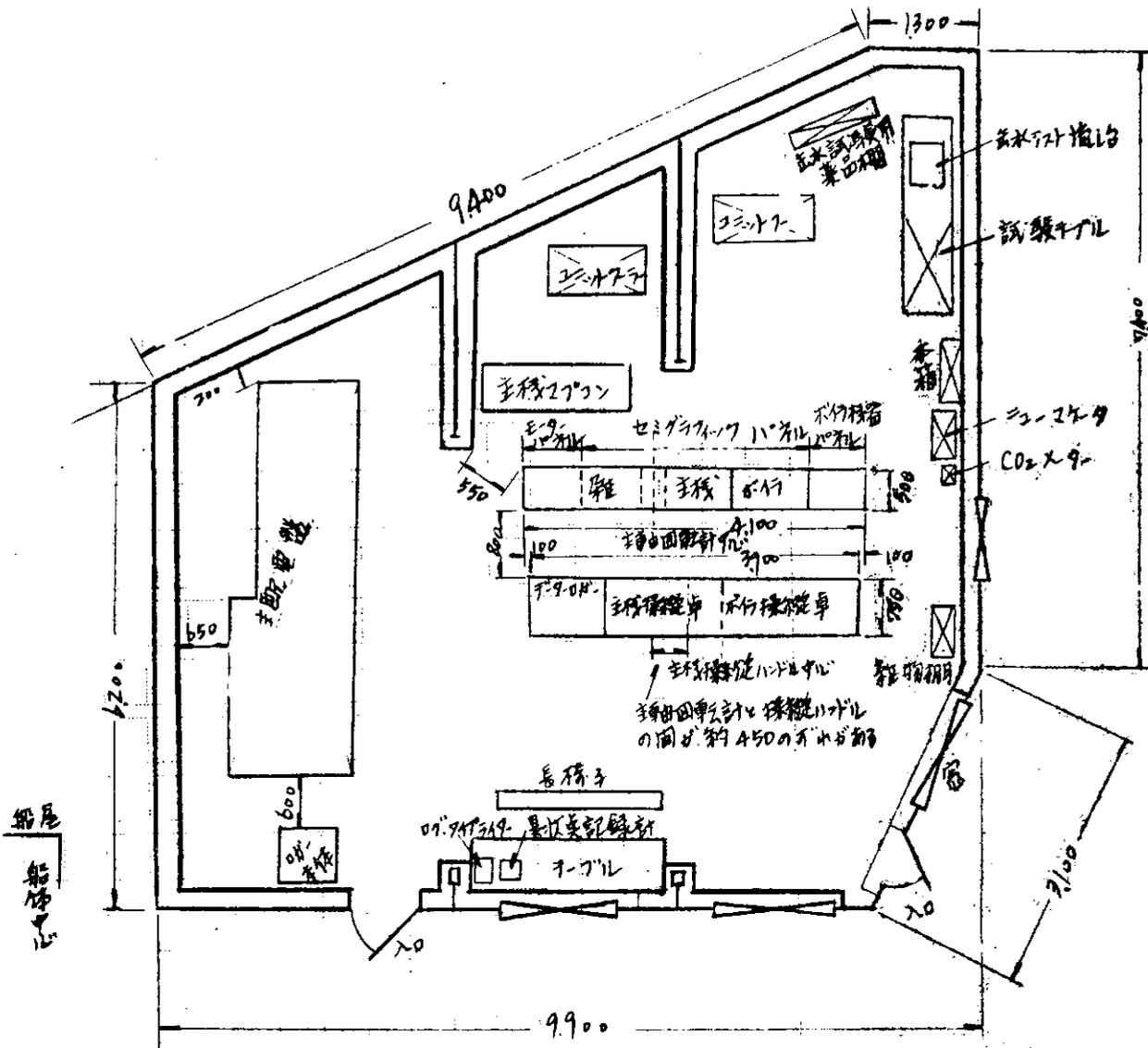


図 2.22 図 2.21 の改良案

(d) ボイラ機器制御パネル

電気式自動連続煤吹装置の発停押ボタン、検塩計、スモークインジケータを設けている。

(e) データロガその他

105点シリコントランジスタ式で、温度85点、圧力14点、流量1点、電力1点、回転数2点、馬力1点、煙路ガス2点、時刻1点の計測を行ない、走査周期は60秒、異常点連続記録周期は2分である。

タイプライタは2台を装備し、1台は定刻記録として、他の1台は異常点連続記録用として使用する。また、選択看視表示ランプをグラフィックパネルに設け、主機(50点)、ボイラ(20点)、発電機(2点)、荷油ポンプ(8点)、バラストポンプ(4点)の選択監視を行なっている。

(ii) 図 2.22 の場合

図 2.21 の場合の改良案であり、図 2.23 のようにグラフィックからセミグラフィックパネルにした。主要計器(圧力、温度、風量等)がまとまって配列されて看視が容易となり、警報、作動指示関係を主としたミミックパネルで簡素化されている。

今後の方向として、全面的なグラフィックからセミグラフィックの方向にすすむと考えられる。

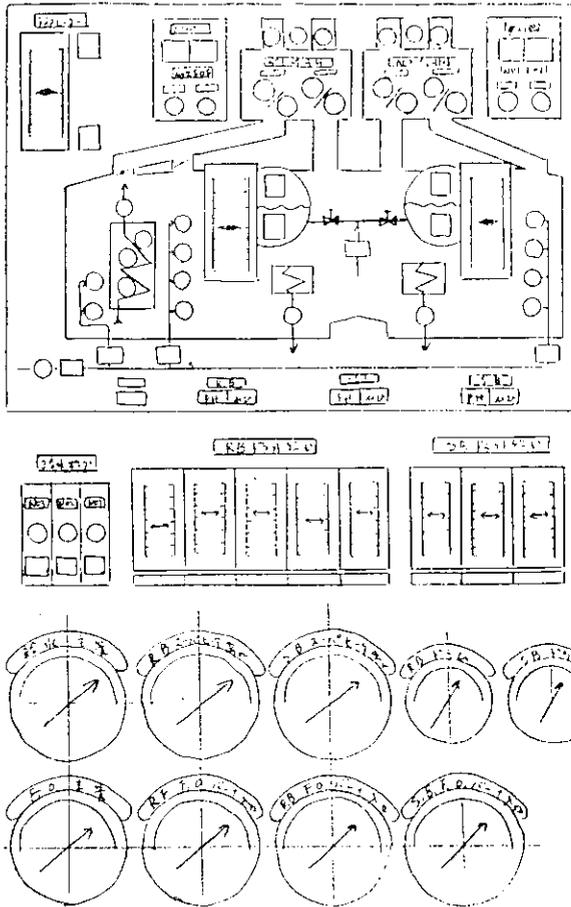


図2.23 ボイラ関係のセミグラフィックパネル

(b) グラフィックパネル付警報

標示灯 (フリッカー) 24点
 ブザー 1ヶ所

	主 機	缶	発電機・補機
↓ L P ↓	L O 注油入口圧力 L O 吐出圧力	F O 圧力 給水圧力 給水ポンプ圧力×3	L O 圧力×2 制御空気圧力 非常用電機起動用空気圧
H P	H Pタービン1段落		
H L	主復水器復水量	ドラム水面×2 デアレーター水面	
L L	L O サンプタンク L O 動タンク 船尾管 L O 動タンク	F O サービスタンク F O 冷タンク ドラム水面×2 デアレーター	

(c) 操縦卓付警報

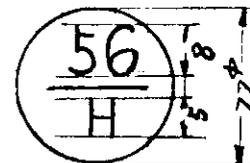
ブザー 4ヶ所 ①ボイラ5点×3 ②主機ターニング関係2点 ③電話4点 ④非常用テレグラフ1点
 パネル 1ヶ所 テレグラフ用

(iii) つぎに警報装置の種類と数量を図2.21の場合を例とし、警報装置のあり方を検討するための資料として1丸の機関制御室における警報装置の種類と数量をあげておく。

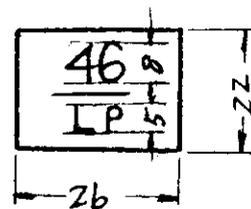
(iv) データロガ

ブザー1ヶ所 温度83点、圧力14点、流量1点、
 電力1点、回転数2点、馬力1
 点、煙路ガス2点、時刻1点、
 計105点
 そのうち
 自記記録 57点
 警報、標示灯 74点
 (フリッカー)

グラフィックパネルに組込まれた警報ランプ



H = 温度上限



P = 圧力
 L = 下限
 H = 上限

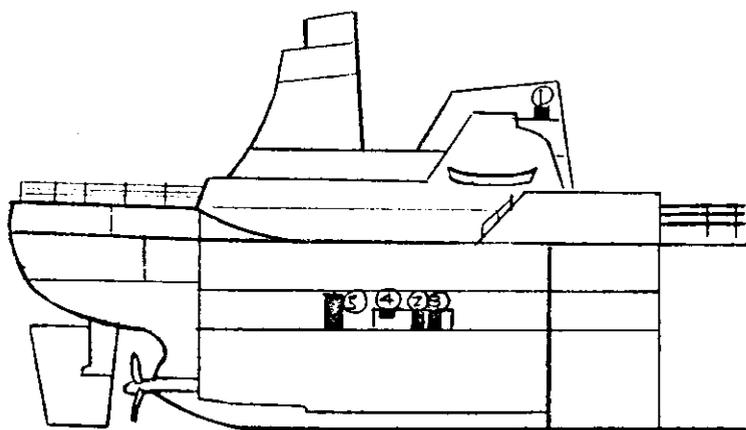
- (d) 電動機制御パネル
 - ブザー 1 ヶ所 標示灯 24 点
- (e) ボイラ機器パネル
 - ブザー 1 ヶ所 標示灯 (検塩計、スモークインジケータ)
- (f) 理研ガス検知器
 - ブザー 1 ヶ所 標示灯 (機関制御室、機関工作室、ボイラ室)
- (g) デアレータ用塩分計
 - ベル 1 ヶ所
- (h) データロガ装置
 - ベル 1 ヶ所 標示灯 6 点 (故障時)
- (i) 一般警報
 - ブザー 1 ヶ所 火災操練用信号、ボート操練用信号、総員退避用信号
- (j) エレベータ
 - ブザー 1 ヶ所 故障時
- (a)~(j) 総計 ブザー 11 ヶ所 ベル 3 ヶ所

2.3.4 機関室無人化を考えた装置の現状

(1) 高度の自動制御、遠隔操縦、自動監視装置(3)の例

注(3)西独 A E G 社資料

(a) 主機自動遠隔操縦装置



- ① Engine Telegraph
- ② Location of Diesel Engine Controls
- ③ Mechanical Manoeuvring Arrangement
- ④ Command Printer (Engine Telegraph Log)
- ⑤ Electronic Cabinet for Automatic Main Engine Control Sector

図 2.24 主機自動遠隔操縦装置の配置

(イ) 機側からの手動装置 (図 2.24 の ①③)

船橋から Engine Telegraph により機側に伝達された信号は機側の操作員により確認され、確認の信号は機側から返信される。主機は機側から船橋から指定された速度に手動制御される。この場合、Mechanical Manoeuvring Stand は機側または制御室内にとりつけられる。

(ロ) 船橋からの自動遠隔操縦 (図 2.24 の ①⑤)

通常の場合、主機は船橋の Engine Telegraph により直接制御される。①の Engine Telegraph の命令は⑤の電子論理回路に供給され、論理回路は船橋の命令、主機の回転方向、回転数の確認等、従来操作員により行なわれていたすべての機能を代行し、主機の回転数を所定の値に持続する役割をはたす。

なお、この⑤には Simulator Unit が装備されるのが普通で、停泊中においても自動遠隔操縦装置の機能を確認することができる。すなわち、主機停止時においても Simulator に人為的に主機回転時に主機回転計から得ら

れる電圧と同じ電圧信号を加えることにより、起動から Engine Telegraph 各段の回転数に至る各々のプロセスに必要な制御各部の作動状態を Simulator Panel 上で確認することができる。

(イ) 制御室からの手動遠隔操縦 (図 2.24㉑)

船橋から伝達された番号は、制御室の Telegraph receiver により確認され、操作員は主機の Control Desk から、起動、前進、後進の操作者 (押ボタン、燃料弁制御ダイヤル等) により船橋の指示どおり主機を制御する。

(ロ) Command Printer (図 2.24 の㉒)

図の場合には、制御室内に設置されているが、船橋または機関士居住区の看視装置のある Engineers Office にも設置できる。

この装置は、時々刻々の Telegraph の命令およびそれに追従するプロペラシャフトの回転数を印字することができる。記録紙上には、Telegraph の命令種別および命令が与えられた時の時刻、主機が制御されている場所 (船橋、制御室、機側の別) が Telegraph 位置の移動と同時に印字される。Telegraph 位置の移動に追従するプロペラシャフトの回転数はある定められたタイムインターバルにしたがつて回転数が測定するまで印字される。

またさらに、その時刻の当直機関士が印字される機構も追加できる。

(四) 実 例 (図 2.25 次頁掲載)

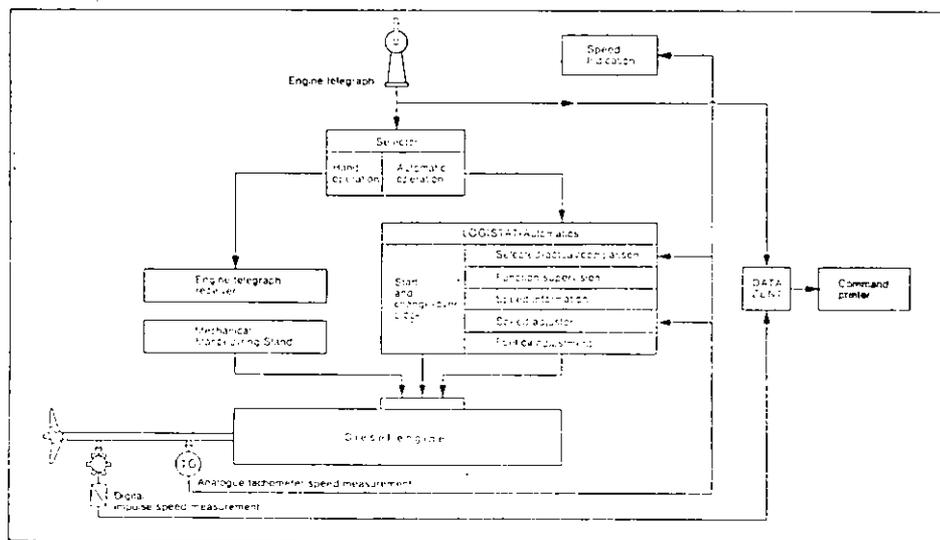


図 2.26 M.S. "Michaelis" 号の主機
自動遠隔操縦装置の Block Diagram (75,000 ton Tankers)

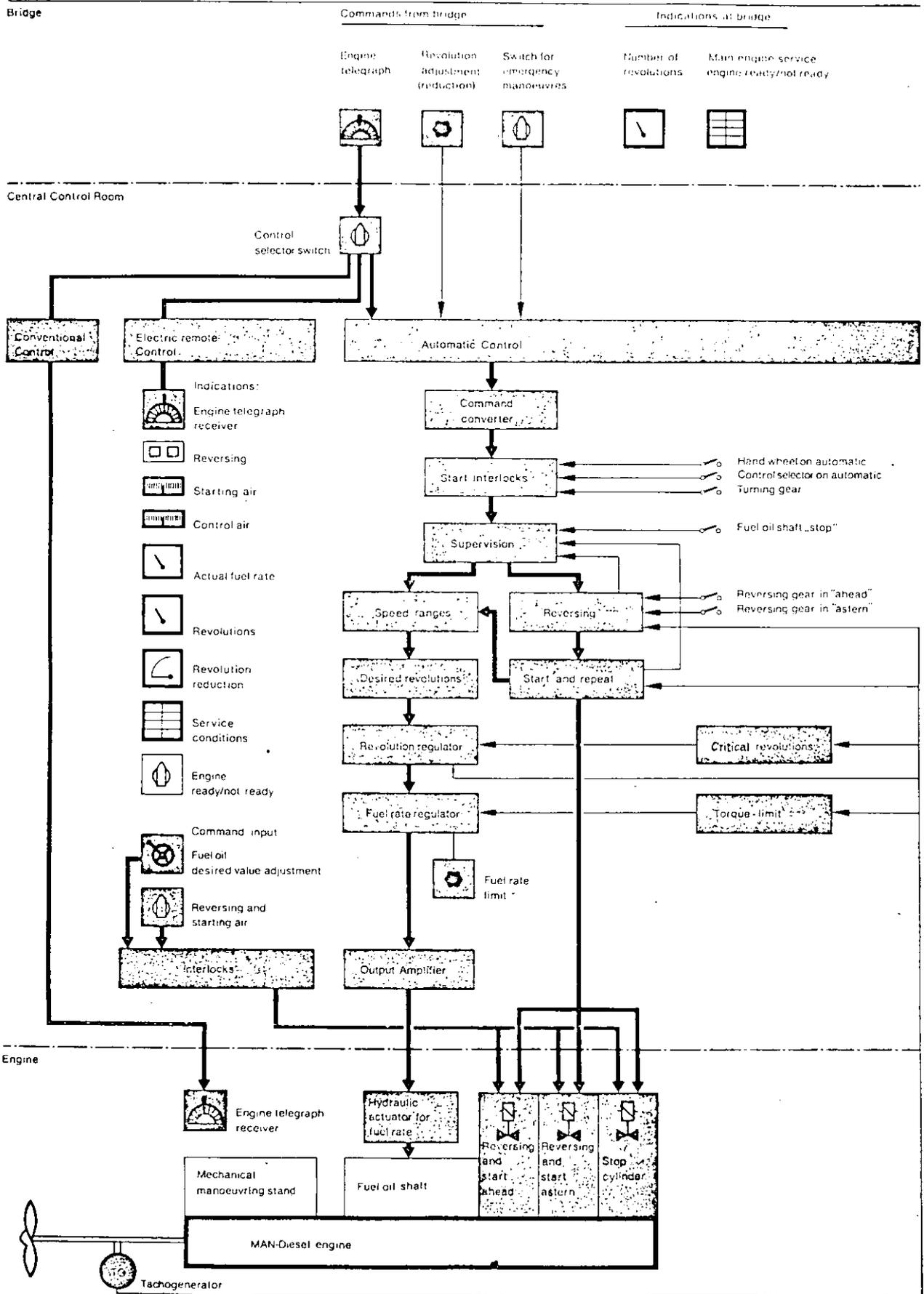
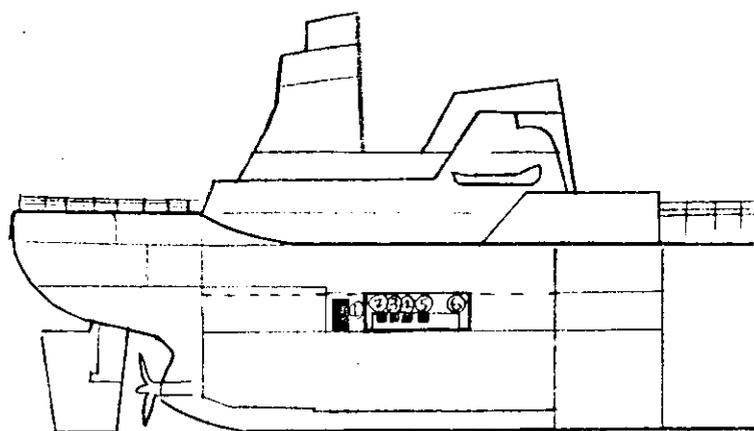


图 2.25 M.S. "Crosstafels" の主機
自動遠隔操縦装置の Block Diagram (12,553 ton Cargo Ship)

(b) Data logging装置



- ① Electronic Cabinet (データロガ本体)
- ② Command Printer
- ③ Log Typewriter
- ④ Disturbance Value Printer
- ⑤ Hand Monitor with Digital Indicator
- ⑥ Operation Supervision Board with Visual Display for Main and Auxiliary Equipment

図2.27 Data Logging装置の配置

Data Loggerは各種データを看視、記録する装置である。計測点は150～200点位の容量のものが装備されることが多く、計測看視対象は、主機、補機の温度、圧力、回転数、燃料油粘度、電圧、電流、電力、燃料消費量、軸馬力などである。①のElectronic Cabinet (データロガ本体) は、全トランジスタ化されたプリント配線カード式が採用され、機関制御室内におかれる。

各々の計測点は主機、補機、その他に分類され、③のLog Typewriterにより記録される。上下限値をこえると警報を発し、Mimic Panel上の警報ランプを点滅させるとともに、ログシート上に赤字で印字することができる。他に計測点に異常が発見された場合には、④のDisturbance Value Printer (異常点記録計) で、日時、データ番号、測定値を印字することもできる。

⑤は任意のデータポイントを押しボタンスイッチで選び出し表示窓にデジタル表示する一種のMonitor Unitであり、表示窓の数字は測定値の変化にしたがつて、10秒位のインターバルで新しい値を表示することができる。

図2.28はData Logging装置のFunctional Blocksの1例である。

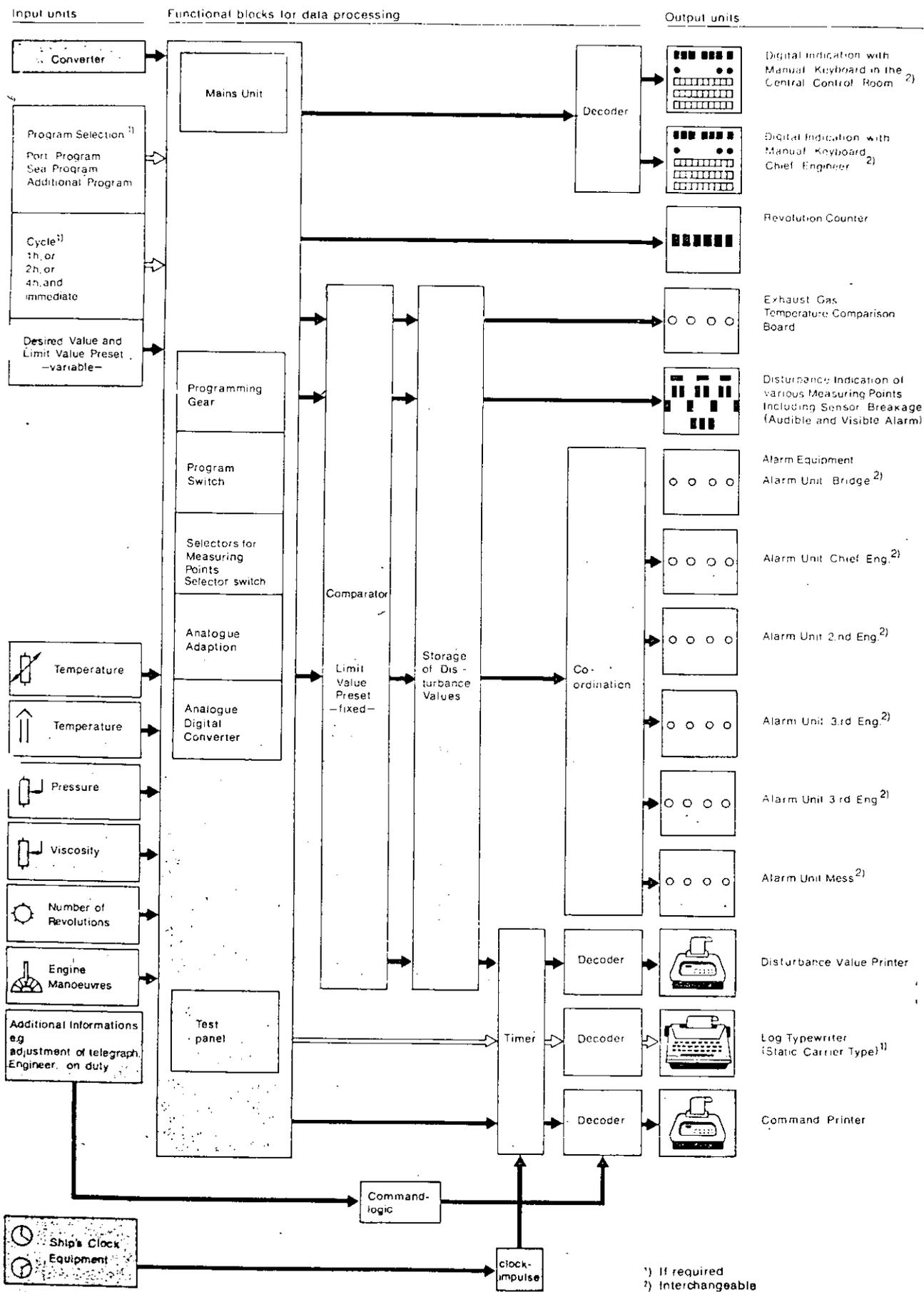
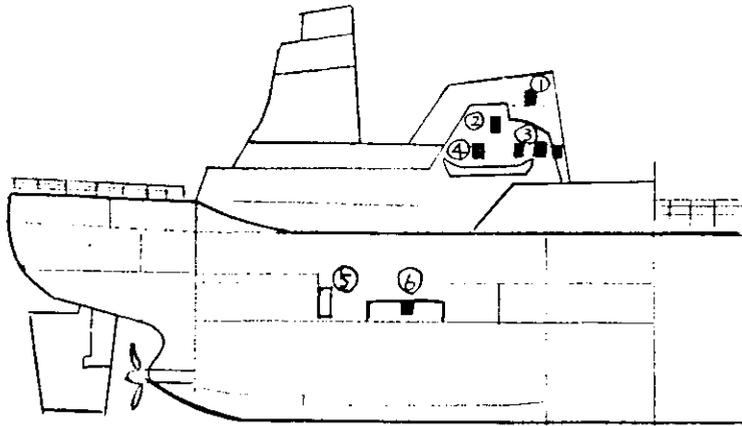


図 2.28 M.S "Crostafels" 号の Data Logging 装置の Functional Blocks (12,553 ton Cargo Ship)

(c) 警報システム



- ① Alarm Unit Bridge
- ② Alarm Unit Chief Engr's Cabin
- ③ Alarm Unit Engineers Cabin
- ④ Alarm Unit Mess
- ⑤ Electronic Cabinet of Data Logger
- ⑥ Cancelling Button, Control Console Desk

図 2.29 警報システムの配置

警報システムは、船主の選択によつていろいろの程度に分けられるが、最も程度の高いものの例として図 2.30 をあげておく。

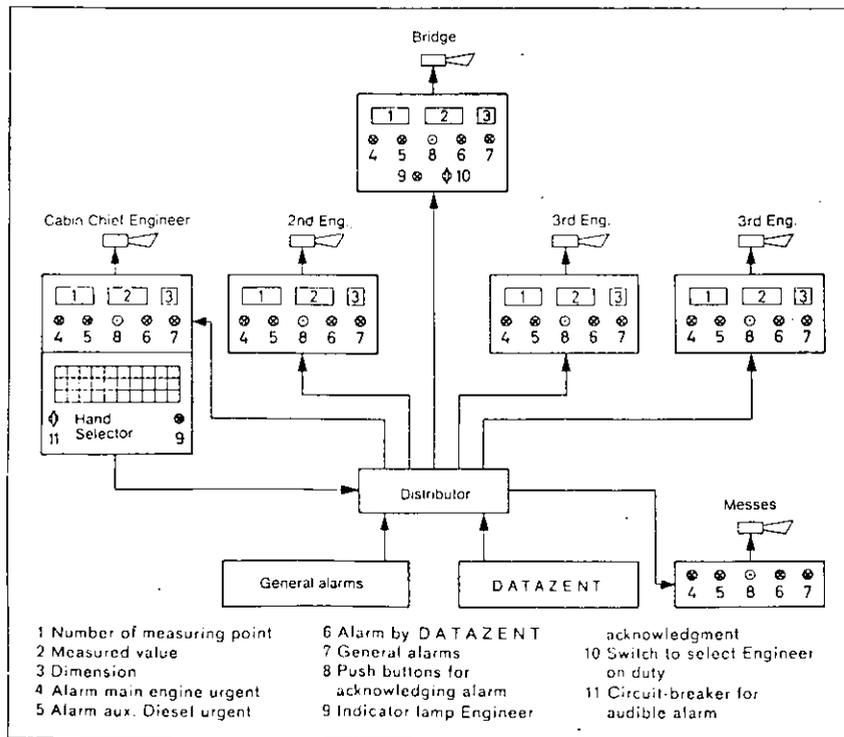


図 2.30 Block Wiring Diagram

あり、他の機関士、船橋には異状点のデジタル表示ができるようになっている。

(d) 中央制御室内の配置

(例) M/S "Crostafels" 号の例

機関長、船橋、2nd Eng, 3rd Eng, Mess Room には主機のグループ、補機のグループ、Data Logger (ここでは商品名 DATAZENT) の Electronic Cabinet 一般警報 (危急避難、火災、警報等) のグループの4つに区分されて赤ランプが点滅されブザーをならす。認知されたボタンを押すとランプの点滅が中止してコンテナスライトとなり、ブザーがとまる。さらに機関長、船橋には当直機関士が警報を確認したか否かも知るインジケータ・ランプがある。

機関長室には Data Loggerにあるすべての測定点のボタン式スイッチで選びだす Monitor Unit が

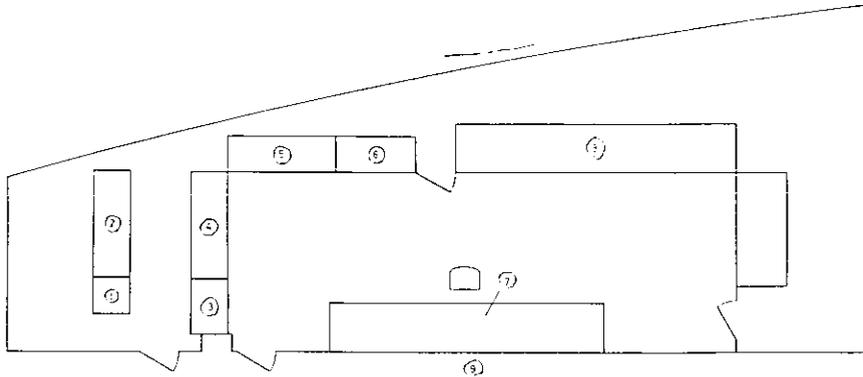


図2.31 M.S. "Crostaffels" 号の中央制御室内の配置
タンクの油量指示と限界値の警報装置

④ Operating Control Board "Main Engine"

測定点の Pilot Lamp 警報を組み込んだ Mimic Diagram Pump Compressor の Control と Supervision Main Engine の Cooling System の Regulators

⑤ Operating Control Board "Auxiliary Engines"

測定点の Pilot Lamp 警報を組み込んだ Mimic Diagram 冷凍機関係の Visual Indication 一般警報の Visual Indication Oil Separator の Control Pump の Control と Supervision Auxiliary Diesel Engine の Regulator

⑥ Control Board For Automated Power Supply

主発電機の切替え、非常用発電機は Automatic Power Supply Unit の 指令により起動、投入、負荷分配等の作動を自動的に行なう。Turbo または Diesel 発電機の各部のデータは、Data Logger により常時監視、記録され、異状事態が発生すれば、この Control Board に警報表示されることは主機と同じ。

⑦ Control Desk

① Electronic Cabinet For Automatic Main Engine Control Sector

電子論理回路 Simulator Unit 電源により構成されている。

② Electronic Cabinet For Data Logging Equipment (データロガ本体)

③ Operating Control Board "Tank Contents"

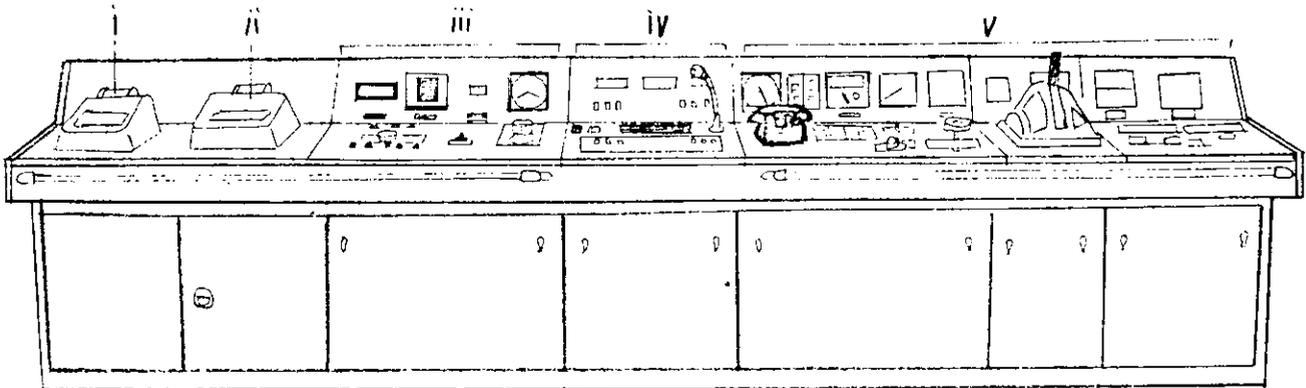


図2.32 M.S. "Crostaffels" 号の Control Desk

I Command Printer

II Disturbance Value Printer

III Various Measuring and Indicating Units

IV Visual Digital Indication With Keyboard Alarm Acknowledgement and Test of Pilot Lamps

V Panel for Diesel Engine Remote Control Equipment

⑧ Main Switch Board

(四) M.S "Michaelis" 号の例

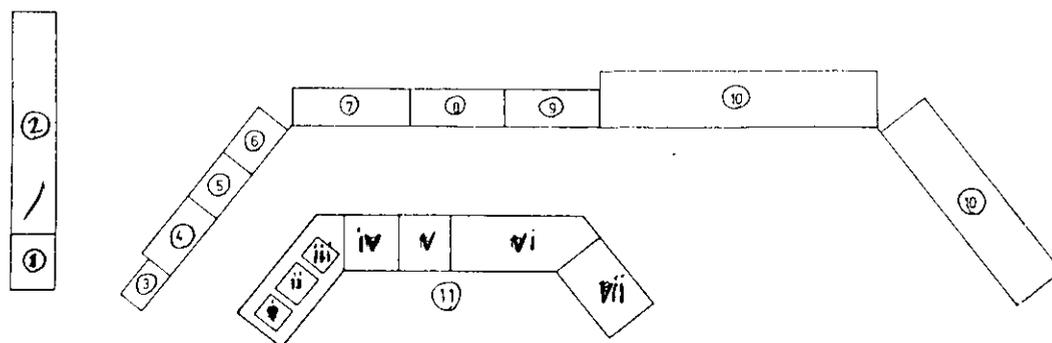
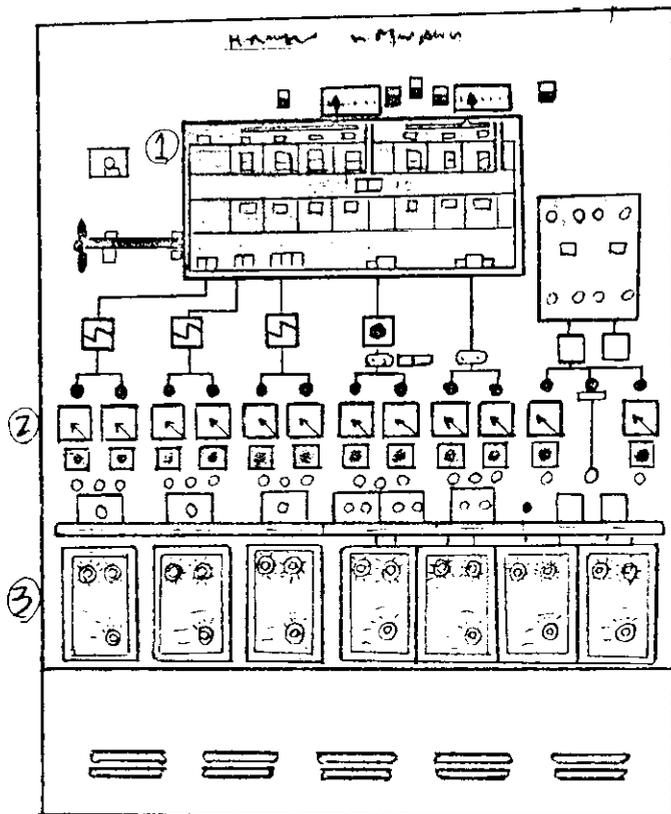


図235 M.S "Michaelis" 号の中央制御室内の配置

- ① Electronic Cabinet For Automatic Main Engine Control Sector
- ② Electronic Cabinet For Data Logging Equipment
- ③ Operating Control Board "waste Heat Boiler"
- ④ Operating Control Board and Automatic Regulating Arrangements for Boilers
- ⑤ General Alarms and Electronic Cabinet Converter
- ⑥ Operating Control Board "Tank Contents"
- ⑦ Operating Control Board "Main Engine" (図234)
- ⑧ Operating Control Board "Auxiliaries"
- ⑨ Control Board for Automated Power Supply
- ⑩ Main Switch Board
- ⑪ Control Desk
 - i Disturbance Value Printer
 - ii Log Typewriter
 - iii Command Printer
 - iv Visual Digital Indication With Pilot Lamps
 - v Microphone, Telephone and Writing Pad
 - vi Panel for Diesel Engine Remote Control Equipment
 - vii Monitoring Panel for Automatic Temperature Control of Cooling Circuits



- ① Mimic Diagram With Pilot Lamps of Measuring Points of main Engine
- ② Control and Supervision Units for Pumps and Compressors
- ③ Regulators for Cooling Systems of main Engine

図 2.34 Operating Control Board
"Main Engine"

附 記

以上に述べた高度の自動化システムと機能は同じであるが、非常に広範囲の機械に対して任意のプログラムが組めることにより、機関の自動化のみならず、航海、運用まで利用範囲の広い Central Computer 利用の方式が開発されてきた。

これらについてはつぎの資料を参照されたい。

船舶の近代化 (X I)

船舶の高度集中制御化への道 (3)

1. 内外のコンピュータ搭載船舶の概要
2. 6隻の冷凍貨物船に装備したプロセスコンピュータによる自動化システム

編集 運輸省船舶局

発行 (財) 日本船舶振興会

(ii) 機関室無人化を考えた“仁光丸”の例

高度の自動化に固執せず、機関室が無人状態になつても、経済性も考慮して機関部は安全に運転され、異状が起つた場合は直ちに適正な個所に警報されることに主眼がおかれた日本船主の第一船である。

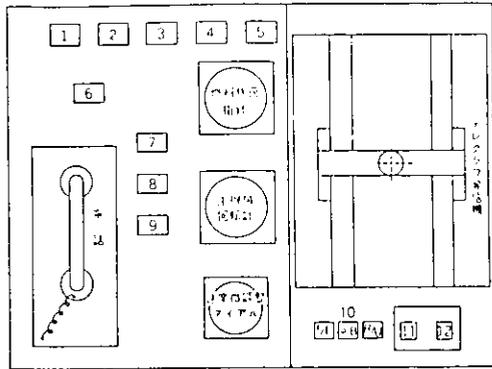
(a) 操舵室からの遠隔操縦

操舵室から1本の Telegraph を従来の Telegraph と同様に機関室へ指令するだけで、主機械の発停、前後進の切換え、増減速などの自動制御が機関制御室内の電気空気式遠隔操縦装置を介して行なわれる。図 2.35 は操縦室操縦スタンドである。

電気空気式遠隔操縦装置は、機能的には(i)で述べた Electronic Cabinet for Automatic Main Engine Control Sector に相当する。

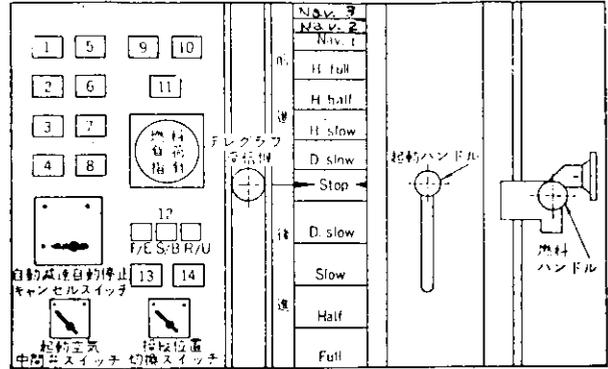
(b) Engine Control room からの遠隔操縦

機側操縦ハンドルをすべて廃止して、それらをメカニカル・リンク・ロッドを制御室まで延長し、機械式手動遠隔操縦とした。図2.36のように、制御卓、計器盤、警報盤など最小限を合理的に配置し、緊急時を考慮して危急停止装置および自動減速装置のキャンセル・スイッチも設けてある。



1. 自動停止警報ランプ
2. 自動減速運転警報ランプ
3. 起動空気圧力低下警報ランプ
4. 装置故障警報ランプ
5. 起動失敗警報ランプ
6. 電源表示ランプ
7. 操縦位置表示ランプ (制御室)
8. 操縦位置表示ランプ (操舵室)
9. プログラム進行中表しランプ
10. サブテレグラフ
11. “プログラム脱” スイッチ
12. “危急停止” スイッチ

図 2.35 操縦室操縦スタンド配置図



1. 自動減速警報ランプ
2. 自動停止警報ランプ
3. 危急停止警報ランプ
4. プログラム脱表示ランプ
5. 自動減速解除表示ランプ
6. 自動停止解除表示ランプ
7. 起動空気塞止弁自動表示ランプ
8. プログラム進行中表しランプ
9. ターニングギヤ嵌表示ランプ
10. ターニングギヤ脱表示ランプ
11. 装置故障警報ランプ
12. サブテレグラフ
13. 操縦位置表示ランプ (制御室)
14. 操縦位置表示ランプ (操舵室)

図 2.36 制御室主機操縦盤配置図

(c) ディゼルの発電機の自動化

ディゼル発電機は、制御室から遠隔発停が行なわれる。また回転数低下、無電圧および過負荷による予備機の自動起動、自動同期 A B C 投入、自動負荷配分などの装置が装備されている。

(d) 補機の自動化

冷却水、潤滑油、燃料油などの自動温度制御 (流量調整弁)、補助ボイラーの自動化、圧縮機の遠隔操作、排気エコノマイザーの圧力自動制御、油清浄機の入口温度の自動制御、タンク類の温度、液面の自動化がなされている。

(e) 監視および警報

(1)で述べた例と比べて Data Logger がなく、したがって Log Typewriter Disturbance Value Printer Command Printer がない。

推進関係の主要機器およびその系統各部の温度、圧力、液面などの諸計器ならびに警報装置をグループに分け、主機操縦卓と一体として合理的に配置されている。(図 2.37) したがって、遠隔指示計器盤には Data logger のある場合に比して、圧力計はブルドン管式、温度計はロータリ・スイッチの多点切換式温度計、自動打点記録式温度計が多く使用され、液面計は空気圧式が採用されている。

その他機関室内の火災発生を発見するために、20個のイオン式火災感知器を設け、警報するようになっている。

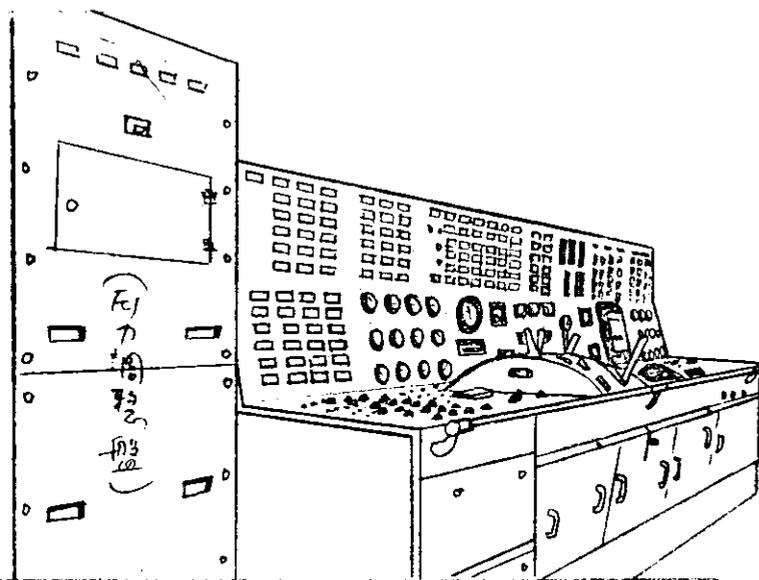
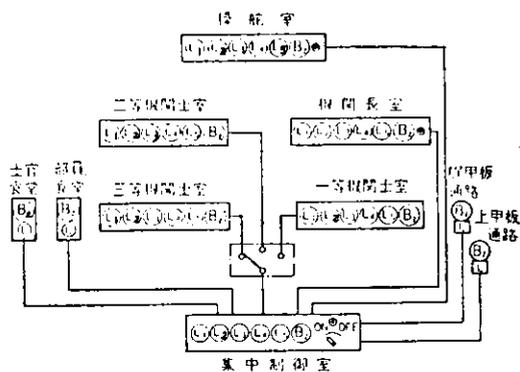


図 2.37 光仁丸の機関制御室



警報場所	(L ₁) 主段自動 停止警報	(L ₂) 主段自動 減速警報	(L ₃) 重 異常警報	(L ₄) 一 般異常警報	(L ₅) 火災警報
操 舵 室	○	○	○	○	○
機 関 長 室	○	○	○	○	○
一 等 機 関 士 室	○	○	○	○	○
二 等 〃	○	○	○	○	○
三 等 〃	○	○	○	○	○
集 中 制 御 室	○	○	○	○	○
士 官 食 堂	一 般 警 報 表 示				
部 員 食 堂	〃				
中 甲 板 通 路	〃				
上 甲 板 通 路	〃				

図 2.38 居住区警報装置系統図

居住区警報は機関室無人運転を考慮して図 2.38 のとおりの装置がある。

ブザー停止および表示灯の点滅解除は、原則的には集中制御室だけで行なうが、機関長室、操舵室でも自室のブザーだけは切れるようになっている。ただし、集中制御室で解除しないかぎり、表示灯の点滅は継続される。

一等機関士、二等機関士、三等機関士への警報は、集中制御室に設けられたセレクター・スイッチにより 1 室にだけ選択警報される。

2.3.5 む す び

今回は、如何なる機関管理システムにおいて、如何なる集中制御方式の装備が最も好ましいかという問題を取りあげた。この基本的な条件を設定して、始めて個々の視覚表示、聴覚表示、操作具、操作一表示関係、計器パネル等の具体的な検討に入ることができるわけであり、これらは今後の研究課題として残した。

そこで、最初の問題にかえつて基本的にはつぎの条件があげられる。

- (i) 航海当直中、計器盤を「じつと見張つて」万一の事故にそなえるというような看視作業はさける。また従来の航海当直の考え方を止め、全員でデイリ・ワーク(昼間勤務)としての機関保守整備作業に当たることを建前とし、諸機械の運転状態の看視、巡視は定められた基準にしたがつて定時刻に実施する。したがって第一に聴覚情報によることを主眼とすること。聴覚により異常を知り、ついでその原因を視覚により容易に確認できる計装に目標を置くべきである。
- (ii) 機関室には当直者が常時いないので、船橋から主機の遠隔操縦が可能であること。
- (iii) 機関室の異状を適切に関係者に知らせる居住区警報が必要である。
- (iv) データの自動記録が必要である。
- (v) 主機関等発停のための操作器と直接関連する計器については、極力数を少なくして操作器を中心に 1 つにまとめ、人間工学的配慮が必要である。

以上のような考え方に立てば 2.3.4(i) で述べた例のごとく、高度の自動制御、遠隔操縦、自動看視装置であることが望ましいといえる。特に Central Computer を利用する場合には、その特性を十分に生かすためにも、このような高度の装備を目標にすべきである。

3. プロセス制御用 I/O の研究

3.1 プロセス I/O システム

3.1.1 制御用コンピュータの入出力装置

制御用コンピュータの入出力装置は、システムが外部の装置、プロセスあるいは運転員と情報交換を行なう装置である。図3.1に示すように3種類の入出力装置(I/O)がある。

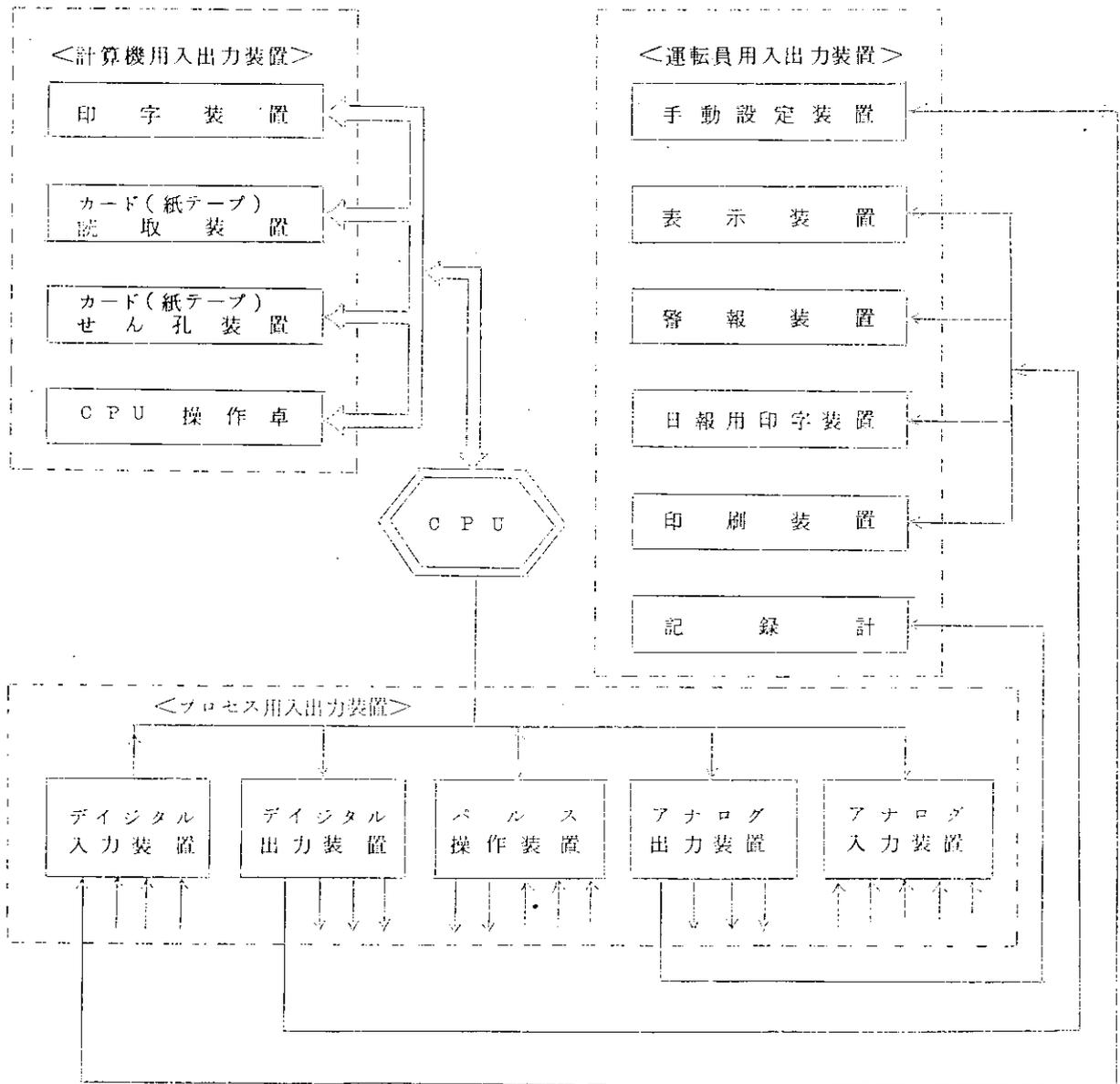


図3.1 制御用コンピュータの入出力装置

本章では特にプロセス I/O について述べ、船用コンピュータの機能とプロセス I/O との関連の見地より検討を行ない、各センサーの開発計画をこの面より調整する。

また、センサとコンピュータとをオンラインで接続したとき、コンピュータにトラブルが生じた場合の処置方法を検討する。

3.1.2 プロセス I/O の機能

プロセス I/O とコンピュータとの関係を図 3.2 に示す。図のようにプロセス I/O は、次の機能を持っている。

(i) 信号の変換および調整

計測する信号あるいはコンピュータよりの出力信号を、それぞれ適当な形に変換調整する。

(ii) 選択処理

1つの入出力に対して、1個の対応するコントローラを持たせるという無駄を省くため、多量の信号を選択処理する機能を有する。これはシステム全体から見ると時間的には時分割処理(タイムシェア)になる。

(iii) 信号チェック

処理を行なう場合、信号のチェックを行なう必要がある。

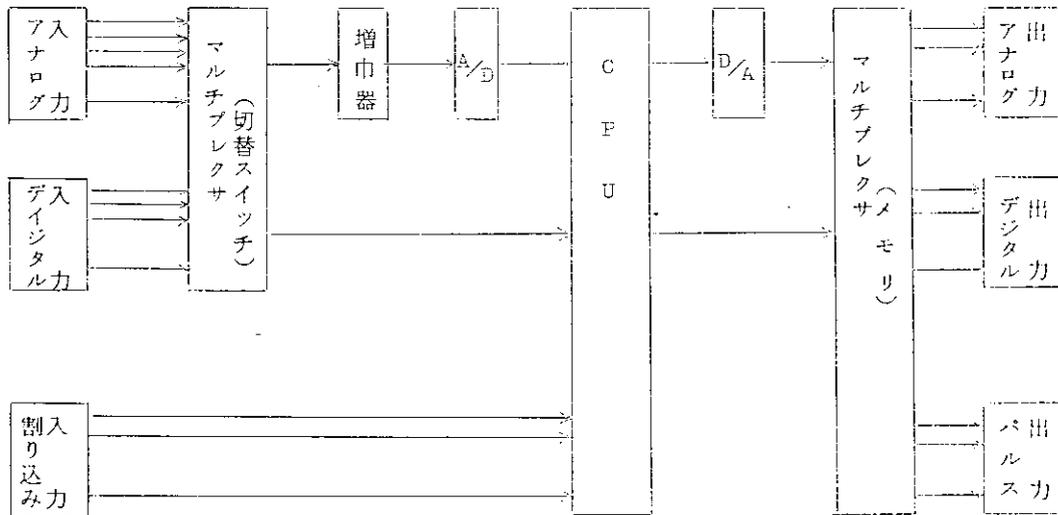


図 3.2 プロセス I/O

3.1.3 プラントとの信号授受

プラントをコンピュータに接続する場合に必要な構成要素を図 3.3 に示す。

(i) プロセスの物理量、性質状態など(例えば、圧力、温度、流量等)を変換器を構成する検出器で測定する。

検出器は測定量に直接応答し、信号、発生器にて伝送に十分なパワーを持つよう信号を増巾する。

(ii) 整合で交換器出力の大きさとインピーダンスに修正を加え、フィルタにて信号中に含まれる不要な周波数成分を減衰させてマルチプレクサにわたす。

(iii) マルチプレクサは多点の入力信号を1つの共通のアナログ-デジタル変換器(A/Dコンバータ)に接続するための切替操作を行なう。切替はランダムまたはシーケンシャルに行なわれる。

(iv) スキャニングデータをもとに計算(処理)した結果をアナログ出力としてアウトプットする場合、デジタル-アナログ変換器(D/Aコンバータ)にてアナログ信号に変換する。

(v) マルチプレクサにて所定の出力点を選択する。

(vi) 増巾器で信号変換器入力として十分なパワーを持たせる。

(vii) 信号変換器で操作機器(アクチュエータ)に応じて電気信号を所定の信号に変換する。

このフィードバック制御系に於て、制御方式に DDC (ダイレクト・デジタル・コントロール) を採用する場合、操作機器の選択はもちろん、アナログ入力信号、サンプリング周期、マルチプレクサのスキャニング速度、A/D 変換器の変換速度、出力のホールド機構、出力変化量を一定値以内におさえる機構等について検討を要する。

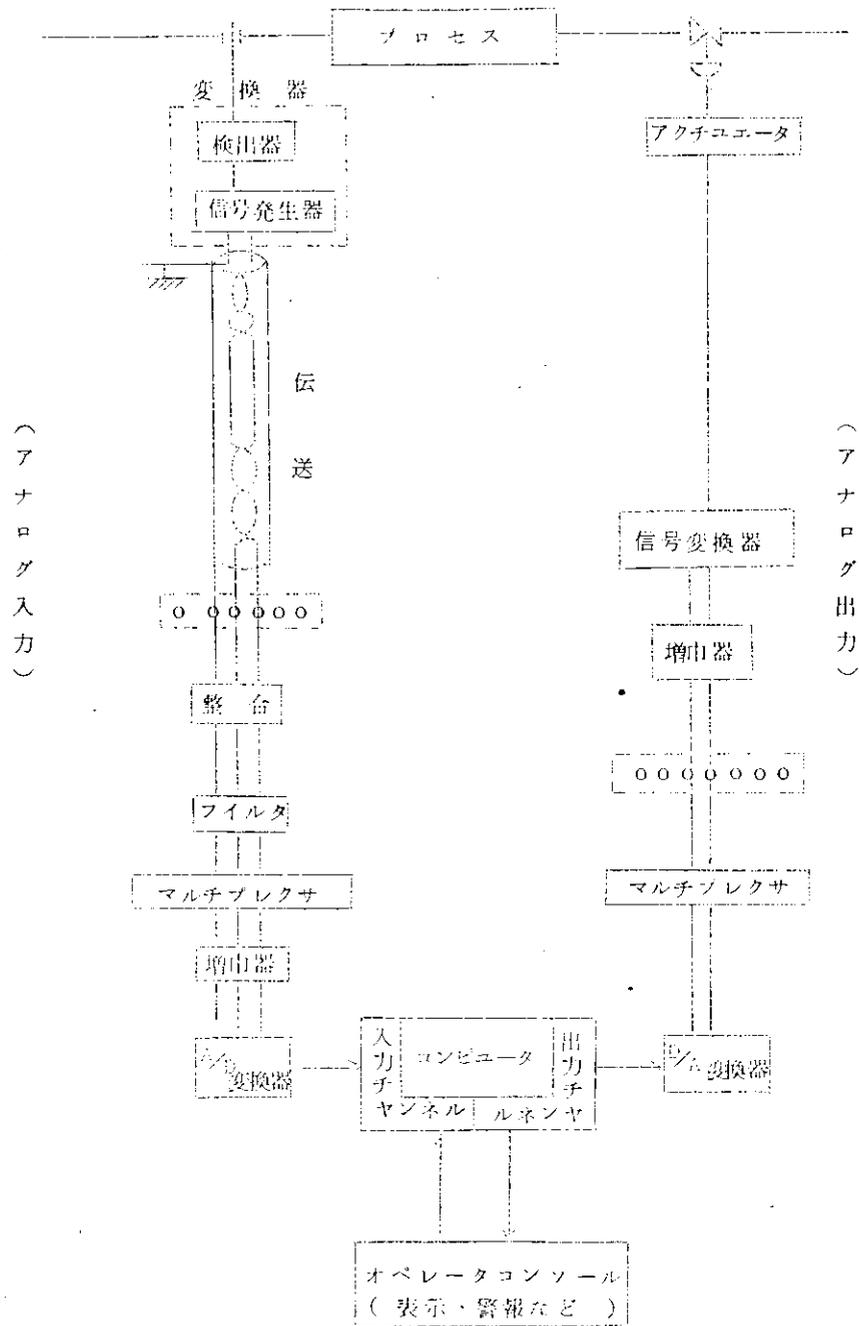


図 3.3 フラントとの信号授受

3.2 プロセス I/O 詳細

プロセス I/O は図 3.1 のように

- | | |
|-------------|--------------|
| 入 力 | 出 力 |
| (i) デジタル入力 | (iii) デジタル出力 |
| (ii) アナログ入力 | (iv) アナログ出力 |
| (v) 割り込み入力 | (vi) パルス出力 |

に分類される。以下これらの入出力について述べる。

3.2.1 デジタル入力

制御量の読み取りに於ける誤差をなくすとか、速応性の面からその表示は次第にデジタル表示になつていくものと思われる。

船舶の場合デジタル信号は

- (i) デジタル計測器（主機積算回転計、タービン式流量計、タービン式流量計、秤量計等）
- (ii) 計数器（時計等）
- (iii) オン・オフ表示（リレ接点、弁開閉）
- (iv) デジタル設定値（各コンソール上設定器およびスイッチ）
- (v) 状態検出（割り込み信号による割り出し）

に分類できる。

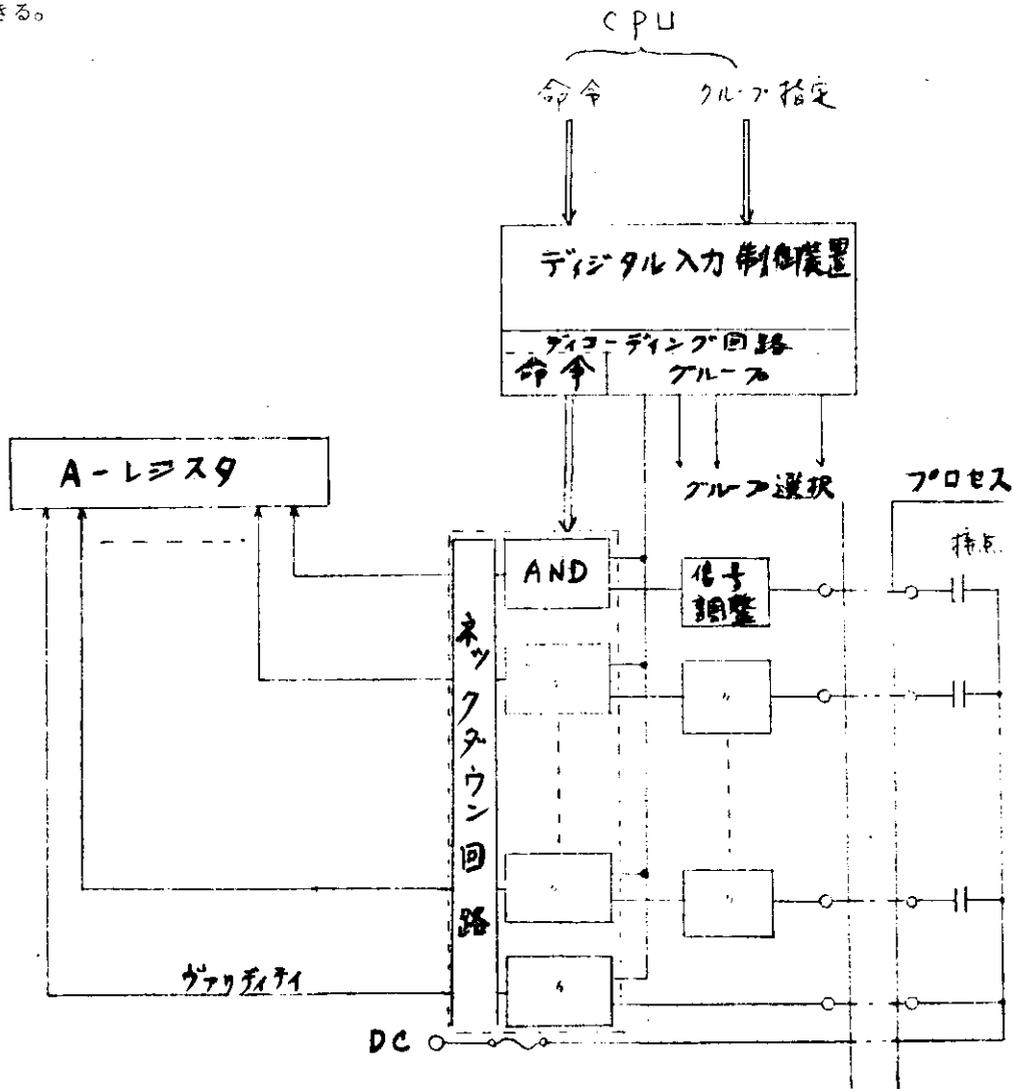


図 3.4 (a) デジタル入力ブロック図

更にデジタル信号は
 接点状態の開閉が
 ロジック・レベルの有無
 の二種類に大別される。

この状態を知ることにより、プロセスのある点が "Ready" か "Busy" か "ノーマル" か "アブノーマル" か、
 "安定" か "事故" かを判断することが出来る。

デジタル入力の系統図を図3.4(a)、(b)、(c)に示す。

図のように、一般的にデジタル入力は1点(1ビット)あるいは数点(数ビット)だけコンピュータへ読むという
 ことをしないで、たとえば16ビット、20ビット24ビットという具合にビット数/グループがシステムにより決定さ
 れていてグループ単位で読み込む。従つて、コンピュータよりデジタル入力制御装置へ、読み込みたいグループ番号
 と、読み込み指令、その他を与える。

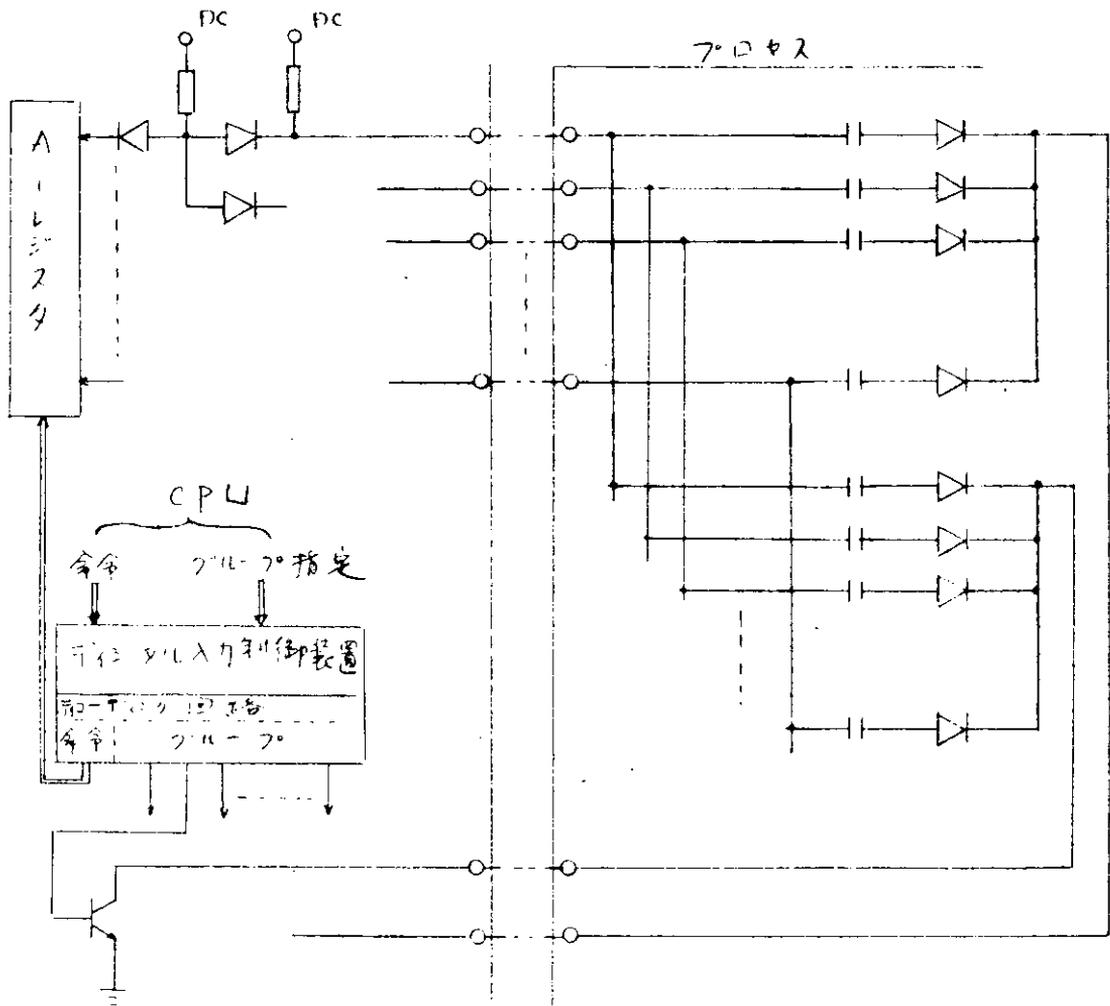


図3.4(b) デジタル入力ブロック図

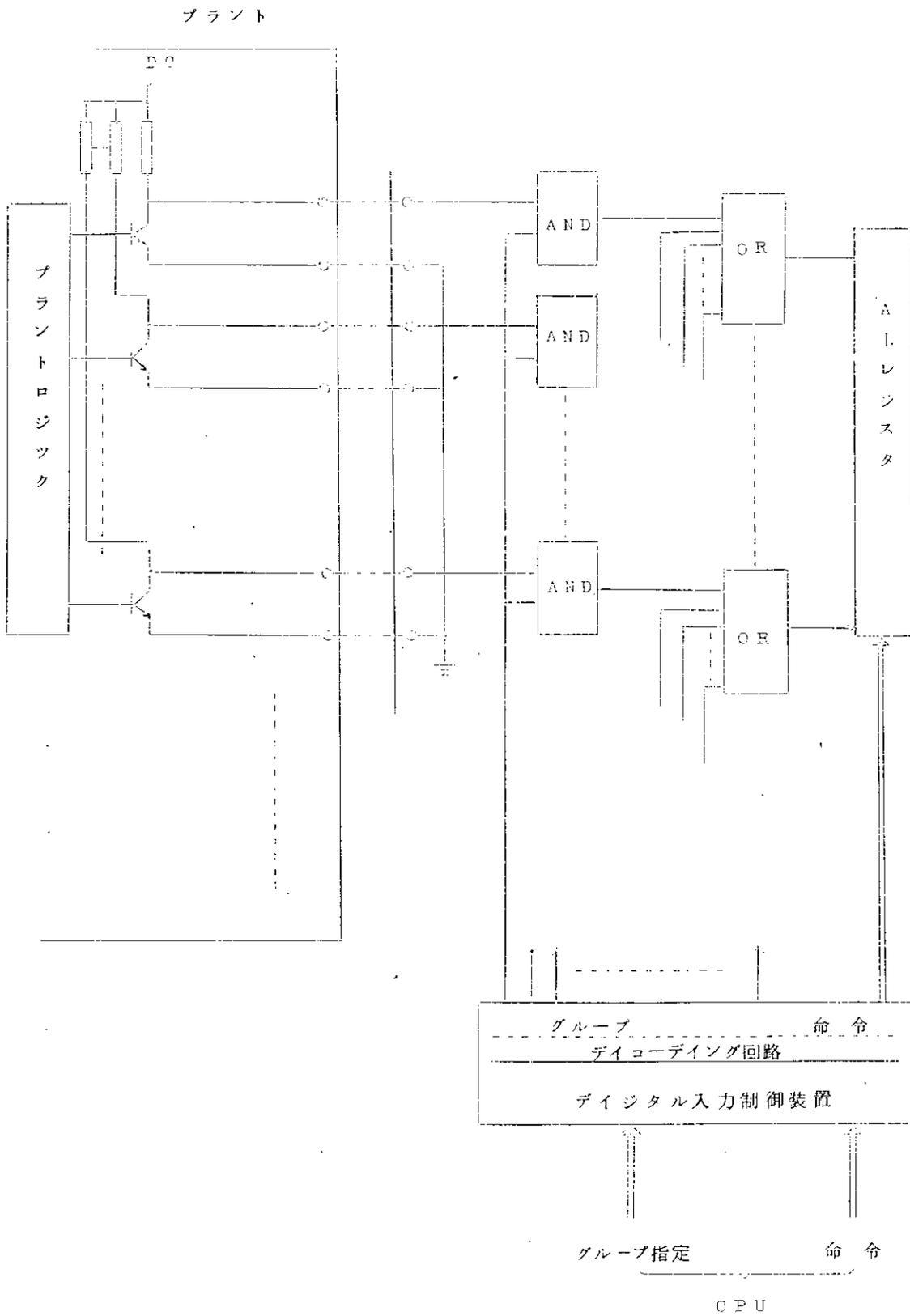


図3.4(c) デジタル入力ブロック図

デイクォーディング回路で、グループを判別し、指定されたグループの入力状態をAレジスタへ与える。同時に、命令を解釈し、Aレジスタに適切なタイミングでセットする。

図3.4(a)は、プロセス側にて、押釦あるいはリレの接点の状態だけを与えるもので、 N ビット/グループとすると、配線は $N+1$ 本/グループでよい。

ヴァリディティビットは、ヒューズ的な役目をもつもので、コンピュータで読みこんだ時、まず、ヴァリディティビットをチェックし、正常(1)であれば、処理に行き、異常(0)であれば、異常処理を行なう。しかしこれはあくまで信頼性のためのものでなくてもよい。

図3.4(b)は、BUS(母線)方式で、プロセス側からは全体で、 N ビット/グループ、 M グループとすると、 $N+M$ 本の信号ラインが行くだけで、簡単である。

デジタル入力制御装置のグループ指定情報をデイクォーディングして、グループを決定し、そのグループに対応するグラウンドラインを選択する。

配線数も少なく、簡単であるが、スピードが遅いという欠点がある。

図3.4(c)は、プラントのロジック出力を直接受けて、固体素子回路のスイッチングを行なうもので、高速処理が可能となる。

配線数は、 N ビット/グループの場合、 $2N$ 本/グループとなる。この場合、信号ラインはより線(Twist Pair)を使用してノイズ対策を講ずると共に、線長により電圧降下がロジックレベルに影響を与えるので、システムに応じて、検討する必要がある。接点入力の場合、接点消去回路、またはチャタリング防止回路等が必要とされる。

更に、船の場合、リレは船の動揺があるので、水銀リレは使用不可能であると思われる。

3.2.2 デジタル出力

デジタル出力は、コンピュータからプロセスへの作動指示の主要な一手段である。

使用目的には次のものがあげられる。

- (i) オン・オフ制御(各部リレ、電磁弁等)
- (ii) 表示(各コンソールの表示器、指示器等)
- (iii) データの設定(制御器の目標値、上下限值、偏差等)
- (iv) 選択(スキヤニングポイントの選択)

出力形式には、次の二つがある。

- (i) 接点出力
- (ii) 電圧レベル

図3.5にデジタル出力系統図を示す。

デジタル入力と同じく、一般にデジタル出力点数が多いので、グループ選択になつている。1グループあたり、12,16,20ビットのものが多い。

従つて、CPUからは出力指令と、デジタル出力制御装置選択指令とが出され、Aレジスタから、データ出力グループとリレーモード(使用するリレに従つて整定時間を指定する)等が出される。

データは、デイクォーディング回路で解釈されたグループへ、ディストリビュータにて振り分けられる。

注意すべき点は、次に新しいデータが出されれば、データバッファの内容は変つてしまうということである。

これを避けるために、受信側でホールド機構を用意して、再度そのグループが選択された時にだけデータが更新されるようにしなければならない。

図3.5のように接点には電圧レベルで直接受ける場合と、リレ接点で受ける場合との二つがある。

リレ接点の場合、接点の変化に時間がかかるので、リレーモード信号にて、その時間を指定し、タイミング発生回路を制御するようにする。

また、一時に2グループ以上の選択（オーバーロード）はできないので、あらかじめスイッチの状態をチェックし、オーバーロードであれば、命令を実行しないようにする必要がある。

なお、グループ単位で出力が行なわれるために、限られたビットだけ変化させたい場合も、他の部分も変化してしまうおそれがあるので、この場合、そのグループについて前回アウトプットされた状態を覚えておき、変化する部分だけを更新して、アウトプットすれば、目的外の部分は現状が維持される。

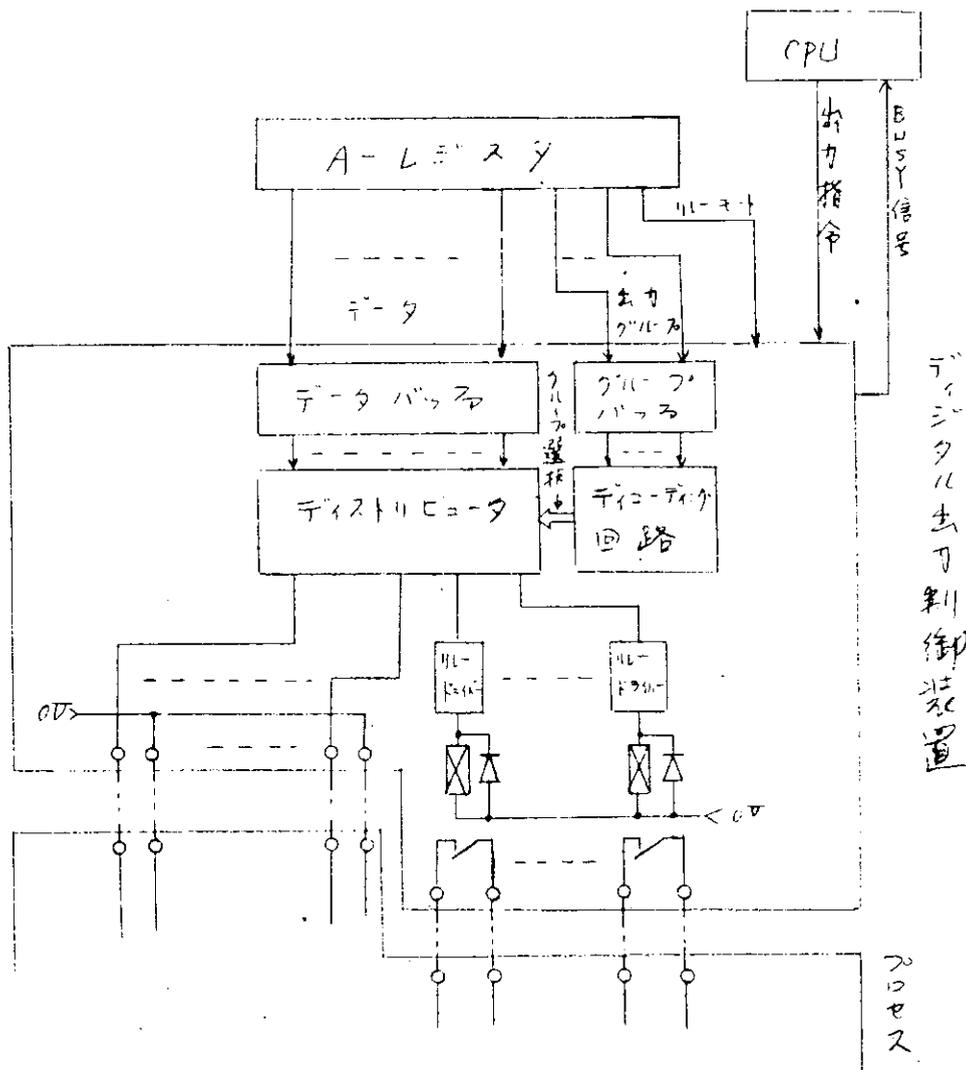


図3.5 デジタル出力ブロック図

3.2.3 アナログ入力

(1) アナログ信号と変換器

船舶において、計測信号は殆どアナログ信号である。それには、圧力、温度、流量、レベル、位置、濃度等があり、必ずしも電気信号ではないが、空気圧信号であれば、空気圧—電流変換器を通し、電流に変換できる。更に、電流回路に抵抗を挿入することにより電圧信号に変換でき、コンピュータ入力とすることができる。一般的に、図3.3のよ

うに、センサ出力を変換器で電気信号に変換し、伝送された信号を整合して、フィルタを通しコンピュータ入力とする。

表3.1に代表的な変換器とその信号について示す。

低レベル信号あるいは信号源内部インピーダンスが高くてバリエーションが小さい場合とか、コンピュータと信号源とを電気的に絶縁しなければならない場合には、信号をコンピュータと直接結合できない。

この場合には、途中で絶縁増幅器を入れるとか、記録計を駆動軸にスライドワイヤをとりつけコンピュータ用の信号を別に取り出す等の処置をする。

各変換器についての詳細は3.3においてのべる。

表3.1 変換器とその信号

測 定 量	変 換 器	出 力 信 号
温 度	○ 熱 電 対	d-c mV
	○ 測温抵抗体あるいはサーミスタと抵抗ブリッジ および定電圧電源	" "
	○ 輻射高温計	" "
流 量	○ オリフィス板あるいはベンチュリ管、およびストレンゲージ、差動変圧器、可変磁気抵抗コイル、空気圧増幅器のいずれかを備えた差圧検出器	d-c mV または3-15 psi 空気圧
	○ 容積流量計	パルス列
	○ タービン式流量計	"
	○ 電磁流量計	d-c mV
圧 力	○ 圧力検出器（ブルドン管、ヘリクス、スパイラル、ダイヤフラム、ペローズ）とストレインゲージなど流量計で使用されるものと同じ	3-15 psi 空気圧 d-cmVあるいは d-cmA
	○ トルクアームとストレインゲージ、あるいは電位差計	d-c mV
電 力	○ サーマルコンバータ	d-c mV
	○ ホール変換器	" "
速 度 (回 転 数)	○ タコメータ発信器	d-c mV
	○ インダクタンスコイル	" "
	○ パルス発信器	パルス列
	○ 光学式パルス発信器	"

(ii) アナログ信号の伝送

電気信号を変換器からコンピュータへ伝送する場合、次の事を検討する必要がある。

(a) 伝送距離

長距離(約1マイル以上)の場合には搬送波による伝送を検討してみる必要がある。

(b) 信号レベル

高レベル信号に比べ、低レベル信号(1V以下)は、誤差を0.1%(フルスケール1mV)以下におさえることはノイズの影響で非常にむづかしい。ノイズを1mV以下に減らすためにはシールド接地、物理的な分離、電気的な絶縁等に注意しなければならない。

(c) 雑音除去

アナログ信号のみならず、測定信号よりいかにして雑音を除去するかが最も重要な問題である。雑音は、伝送ラインに限らず、システム全体にわたる問題であつて、信号経路

(変換器—伝送ライン—信号調整器—マルチプレクサ—A/D変換器)

全体にわたつて、雑音除去を行なう必要がある。

雑音には、大別して

(i) コモンモードノイズ

信号ラインとアース間に存在するノイズ

(ii) ノーマルモードノイズ

信号ライン間に存在するノイズ

があり、その原因となるものに、次のものがある。

(i) 伝導性誘導

電気伝導によるもので、絶縁端子間の漏洩、電解溶液中の電極間の伝導等がある。

(ii) 静電誘導

誘電体で隔てられた場合導電体表面にみられる現象で、信号ラインとアース間、ケースとアース間におこりやすい。

(i) 電磁誘導

隣接する導体間の電磁結合によるもので、信号ラインへの電力ケーブルの影響がこれである。

従つて、以上の雑音を除去するためには配線上、一般に下記の考慮が必要である。

(i) 布線の方法

できるだけ配線は、コンジットあるいはケーブルトレイの中を走らせ、接続抵抗を少なくするためにプロセス側で、コンジットあるいはトレイの接地を行なう。また、信号ラインと電力ケーブルとは、できるだけ直交するようにするか、どうしても平行する場合は必要間隔距離をもたせる。

(ii) 使用線材の検討

プロセス入出力点数が多い場合、その線量はぼう大なものとなり、船用電線を使用した場合、空間的に制限を受ける場合もありうる。

従つて、使用線材について、各種規格との関係もあるので、コンピュータ制御を行なう場合、再検討を行なう必要がある。

低レベル信号線は、必ずより合せ対線(ツイストペア)を使用するようにし、より合せピッチをも考慮する。

信号ラインが長い場合、電圧降下が問題となる。特に補償導線は抵抗が大きいため、十分太く、抵抗値の等しい対線を使用する必要がある。

(i) 接地方法

原則としては一点接地をなすべきである。ところが、船用電線の場合、接地点がどこになるかわからないので、できるだけシールド線を使用すべきである。

そして、安定な直流接地線に一点で接続し、浮動電位のないようにする必要がある。

信号源がアースから絶縁されていて、その信号線がシールドされている場合、接地はコンピュータ側で接地する。

(二) シールド

編シールドは、85～90%のカバであるが、テープシールドのものは、100%近くカバされているので最も適している。

図3.6に、変換器から増巾器まで、全入力回路にわたってシールドを考慮した場合のアナログ入力系統図を示す。

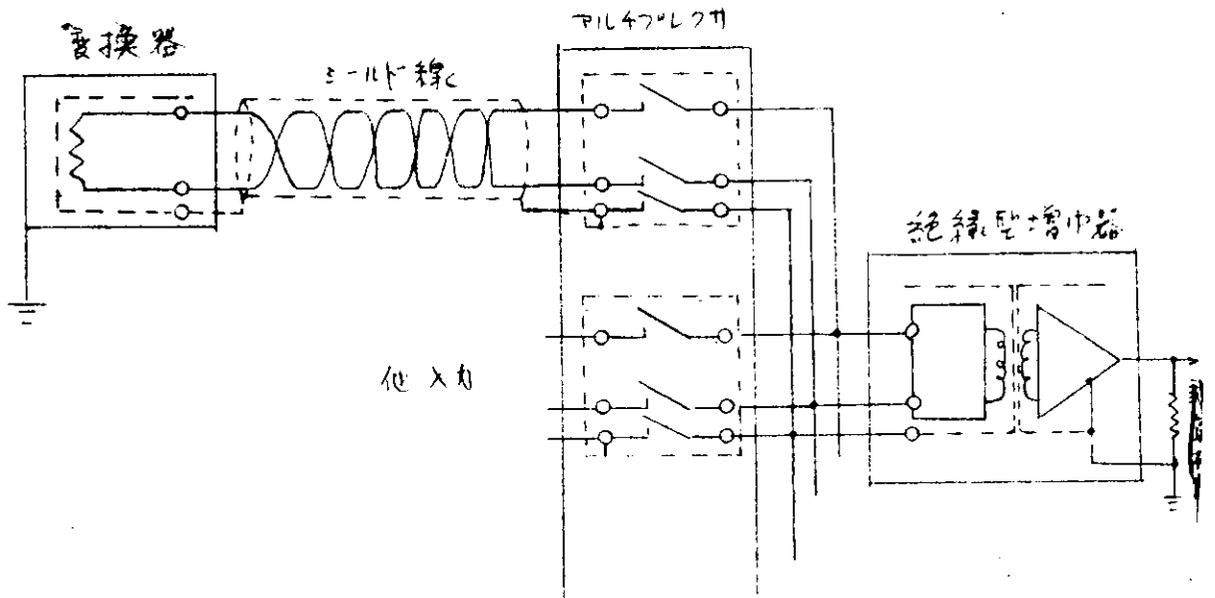


図3.6 シールドを考慮したアナログ入力ブロック図

(iii) アナログ入力制御装置

図3.7にアナログ入力制御装置とアナログ入力ブロック図を示す。

アナログ入力装置は、コンピュータのCPUより測定点についての入力点選択データとゲイン選択（増巾器にゲイン選択回路がついている場合）データを取り込み、各々をデコードして、入力点を選択し、増巾器にその入力を結合するとともに、ゲインを選択する。選択完了を待つて、 A/D 開始信号のもとに、 A/D 完了でもつて、カウント値がバッファに入り、最終的にAレジスタにとりこまれる。

このようにマルチプレクサの動作時間、増巾器の静定時間、 A/D 変換器の動作時間等が、コンピュータの一般の命令実行時間に比べて非常に長い。

従つて、アナログ入力点数が多い場合とか、スキヤミングサイクルが速い場合には、高速のリレあるいは固体スイッチング素子、高速の A/D 変換器が必要となる。また、アナログ入力要求を出してから、 A/D 変換されたデジタルカウント値を取り込むまで、CPUを専有することなく、うまく、入力点選択完了信号、 A/D 完了信号その他を利用して、必要最少限度のCPU専有時間にすべきである。

安全、正確を期すためのエラーチェック、オーバーフローチェック（過電圧入力時）、オーバーロード（二重選択）

リレーモード指定（リレーの動作時間に応じてモードを指定）データ等を受け取り、データは D/A 変換器でもつて、デジタルポテンシオメータの原理で、デジタル値に対応するアナログ電圧

$$\text{出力電圧} = \text{最大出力電圧} \times \frac{\text{デジタル値}}{\text{最大出力電圧に対応するデジタル値}}$$

に変換される。

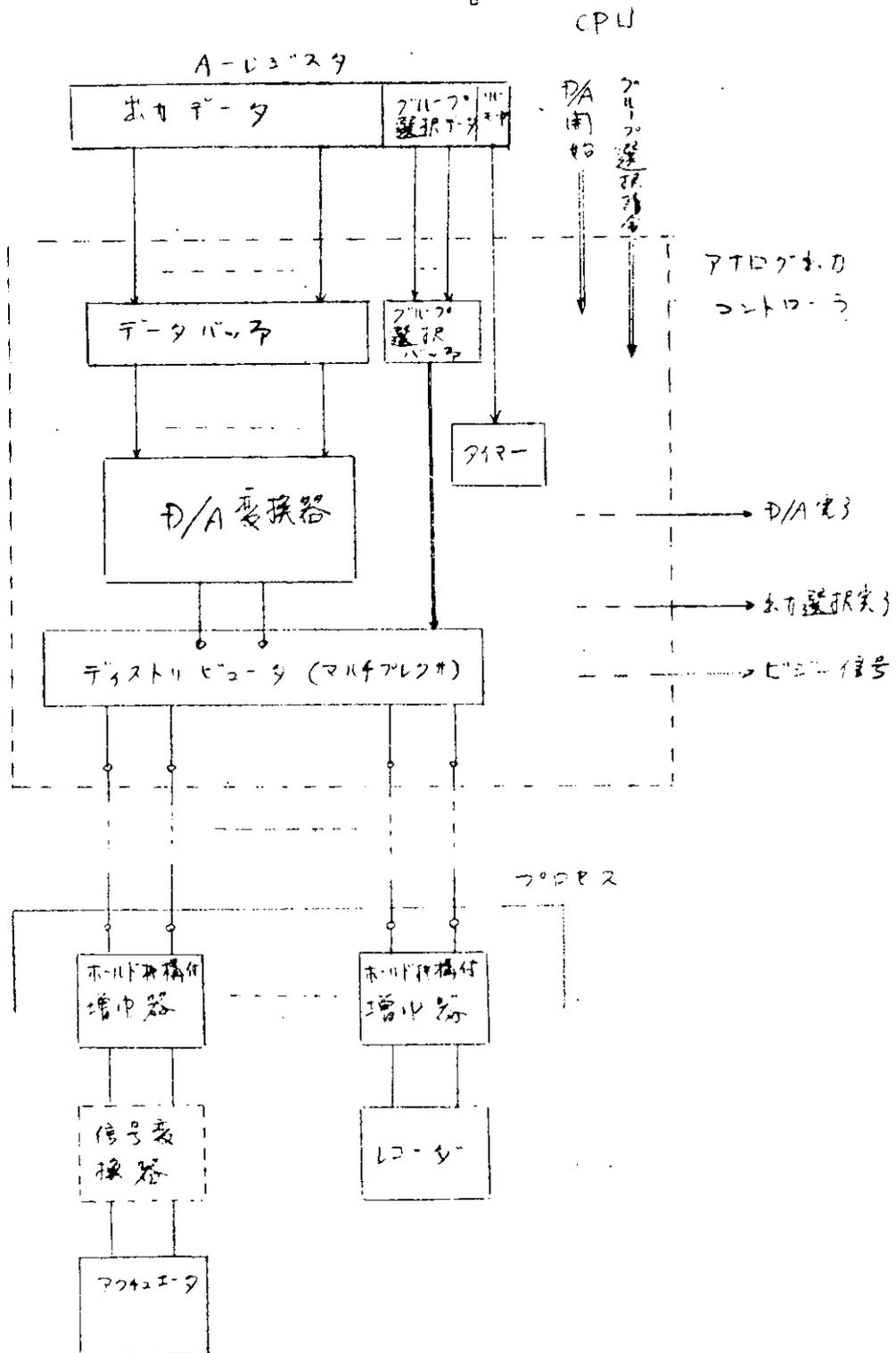


図 3.8 アナログ出力ブロック図

この値をアナログ出力信号として出すわけであるが、アナログ入力、デジタル出力等と同様に、 D/A 完了信号、出力選択完了信号、ビジー (BUSY) 信号等を利用して、CPU の専有時間を最少にするよう考慮されねばならない。

また、リレの動作時間により、タイマの設定値を指定できるようにすると便利である。

アナログ出力点数が1点であれば、デイストリビュータは不要で、増巾器もホールド機構は不要である。

しかし、多数のアナログ出力点を必要とする場合、各点それぞれに、 D/A 変換器を持たせることは、不経済である。高速のデイストリビュータ、 D/A 変換器とを使用することにより、1台の D/A 変換器を時分割で使用することになるが、プロセスの要求は十分満たされる。

この場合、アナログ信号がホールドされないので、ホールド機構 (トラックホールドあるいはサンプルホールド機構) を有する増巾器を出力に持たせる必要がある。

3.2.5 割り込み入力

コンピュータ内部あるいは、外部のプロセスの状態変化を検出して、これをコンピュータにしらせるのが割り込み信号である。したがって、オンライリアルタイムコントロールを行なうためには、是非とも必要な信号である。この信号が多数ある場合、各々に、またはグループ単位で優先度をつける事により、更に高度の制御が可能となる。

当然割り込み処理機構も上記の要求を十分満たすものでなければならない。(割り込みの種類については1.2.1(III)参照)

割り込み信号の種類として

- (a) 接点入力……………リレあるいは押釦によるもの
- (b) 電圧レベル入力……………ロジックの出力等によるもの
- (c) パルス入力……………パルスゼネレータ等によるもの

図3.9に割り込み入力処理ブロック図を示す。

一般に、割り込み処理機構部は、スピードが速いために、フリップフロップその他をセットするために波形整形回路を設ける。

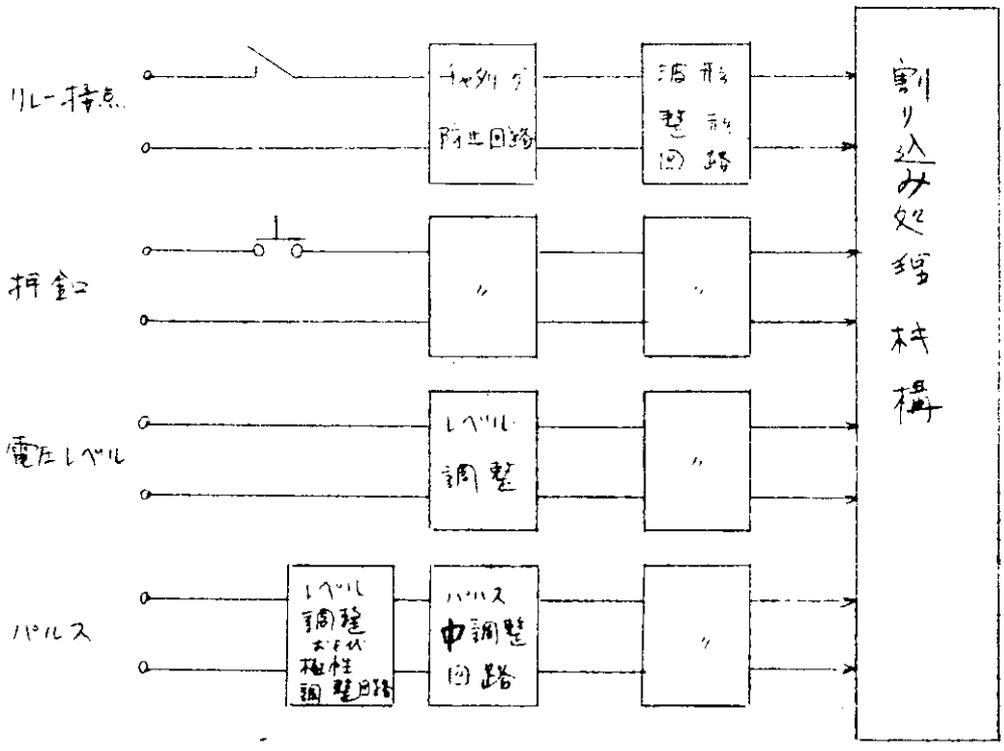


図3.9 割り込み処理ブロック図

3.2.6 パルス入力

主機回転計、容積流量計、パルス発信器等の出力は、パルス列になる。これを、カウンタで受けて、一度並列になおし、デジタル入力でコンピュータに読み込むのが普通であるが、直接パルス入力とすることもできる。

しかし、一般に、パルス入力は、前述の割り込み機能を利用して、処理される。

パルス巾を検知したい場合には、その間ゲートを開き、更に小さいパルスをコンピュータに割り込んで与え、そのパルスを計数することにより処理する。またはそのパルスの立上り時と立下り時との両方をコンピュータへの割り込み信号として与え、コンピュータの内部クロックで計数する等の方法により処理することができる。

3.2.7 パルス出力

パルス出力は、デジタル出力に比べて、長時間のパルスがほしいとか、指定時間に定じたパルスが欲しい場合に使用される。例えば、定値制御装置のような場合に必要とされる。

図3.10 に、パルス出力のブロック図を示す。

パルス出力制御装置は、レジスタより、パルス巾指定データをもらい減数カウンタにセットする。更に、周波数モードを選択し、プリセットカウンタを、どの周期のクロックで減数していくかを指令する。グループ指定データをデコードして、出力点を指定する。

出力に、リレードライバおよびリレを装備すれば、パルスでなく、接点として取り出すことができる。

制御装置より、ビジー信号あるいは、パルス出力完了信号を取り出し、割り込みその他に利用することによりCPUの専有時間を短くすることができる。

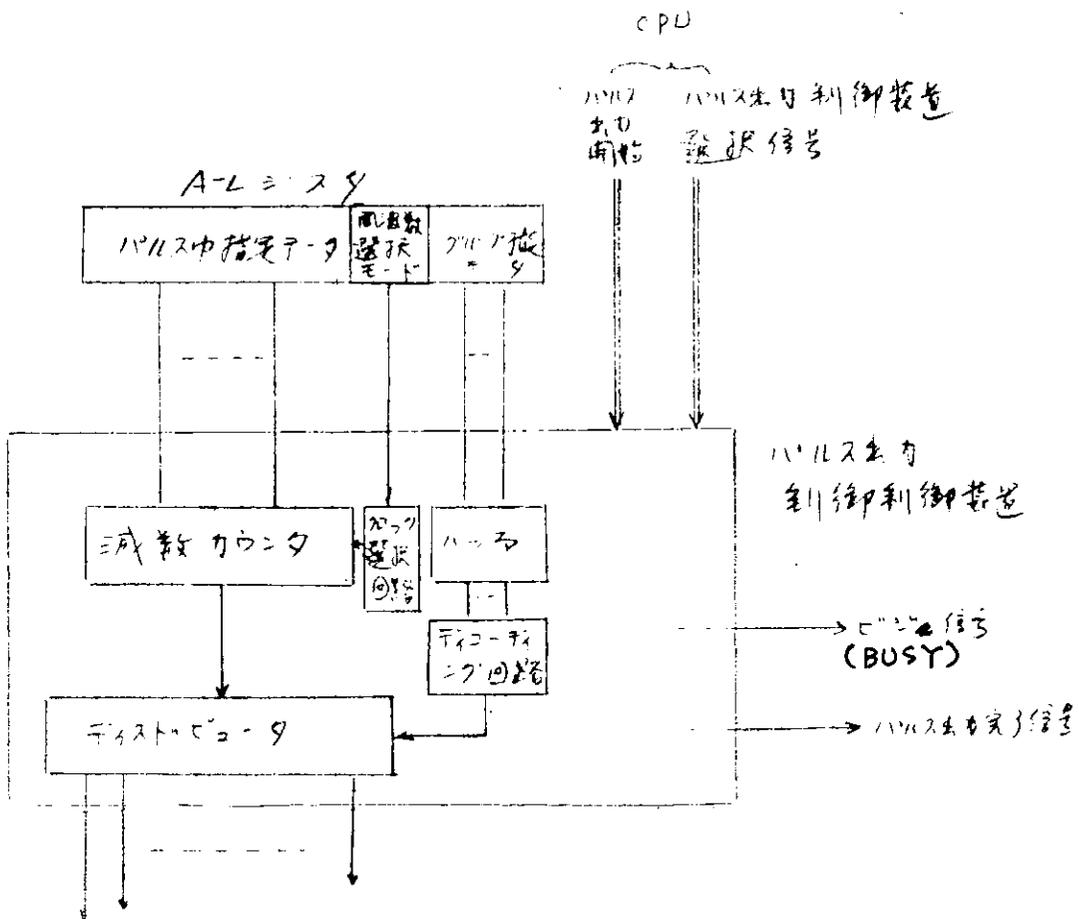


図3.10 パルス出力ブロック図

3.3 信号変換器とプロセス I/O との結合

3.3.1 信号変換器の種類

プロセスの状態変化を検出するセンサは、その状態量に応じて、種々用意されている。しかし、各センサ個々にコンピュータのプロセス I/O まで持つてきて処理するという事は、不経済でもあり、繁雑をきわめる。

そこで、システム全体にわたり、信号を統一すべく、信号変換器が長足の進歩をとげてきた。

特に電子式計装はなかでも、新しいセンサの開発と、I/O (集積回路) の応用とにより、小型化、精度および信頼度の向上が計られている。

また、統一信号も、空気統一信号の $0.2 \text{ Kg/cm} \sim 1 \text{ Kg/cm}$ の信号変換にあわせ、電子式計装の場合も、直流電流の $4 \sim 20 \text{ mA}$ 、 $10 \sim 50 \text{ mA}$ の 2 種類が大部分をしめている。

3.2.3 (1) において、変換器について少しのべたがここでは、表 3.1 の測定量にそつて、順次詳述する。

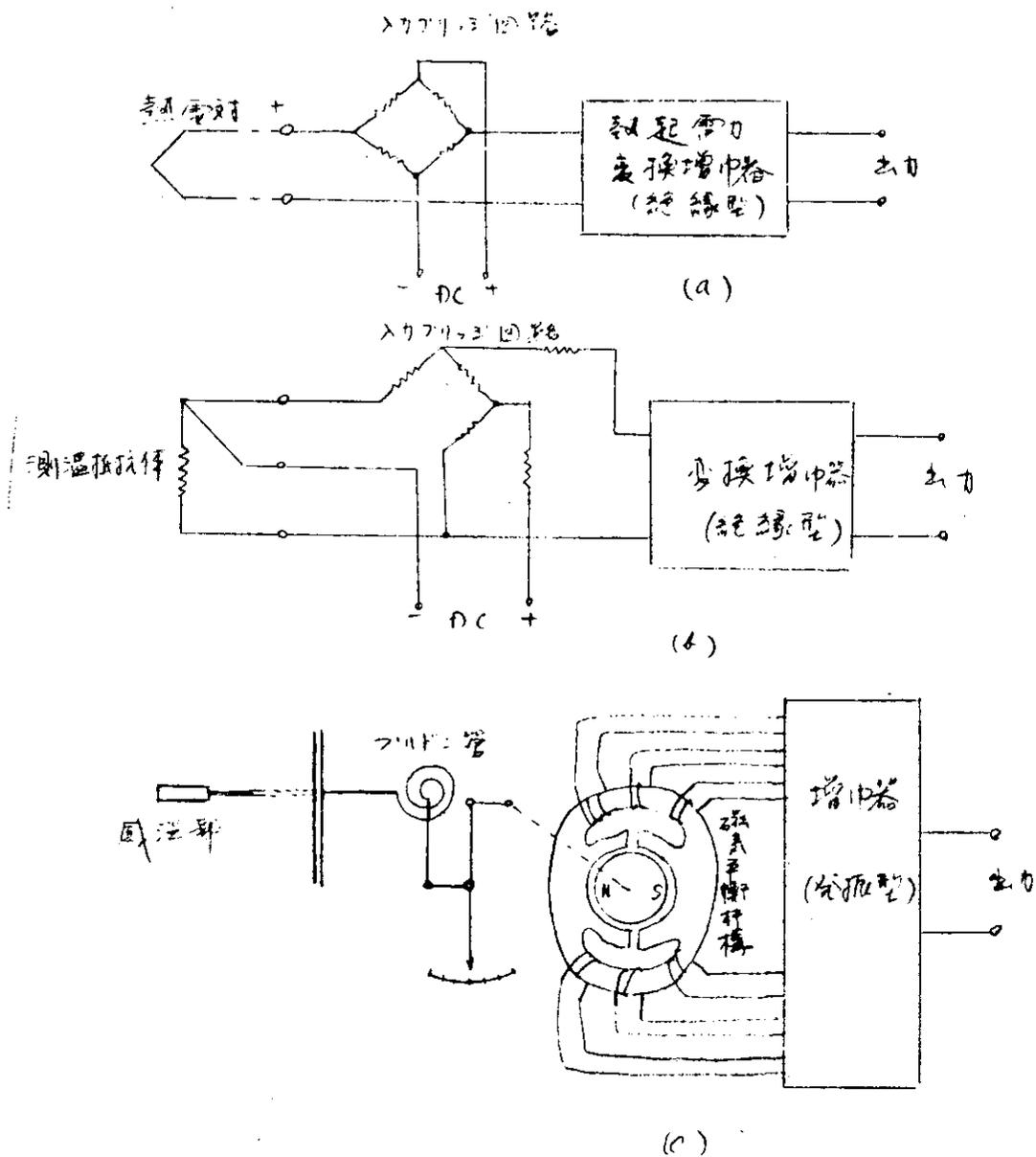


図 3.11 温度電気信号変換器ブロック図

- (a) 熱電式温度……電流信号変換器
- (b) 抵抗式温度…… “
- (c) 圧力式温度…… “

(i) 温度-電気信号変換器

(a) 熱電式温度-電流信号変換器

熱電対の発生する熱起電力を電気信号に変換するもので、増巾器は、絶縁型を使用する。

最近は温度ドリフトおよび線形の補償回路付のものもある。

図3.11 (a)に熱電式温度-電流信号変換器ブロック図を示す。

(b) 抵抗式温度-電流信号変換器

测温抵抗体による温度検出で、温度による抵抗値の変化を電流信号に変化するもので、(a)と同様に絶縁型の増巾器を用いる。

図3.11 (b)に抵抗式温度-電流信号変換器ブロック図を示す。

注意すべき点は、测温抵抗体には常に数ミリアンペアの電流が流れているので、断線時、爆発の危険性があるような箇所では使用できないということである。

(c) 圧力式温度-電流信号変換器

测温系に封入された流体の温度変化に基づく体積変化あるいは圧力変化を利用するもので、次の3種類のものがある。

(1) 液体膨張式温度計

(2) 蒸気圧力式温度計

(3) 気体圧力式温度計

測定可能範囲は表3.2のように(b)とほとんど同じであるので、爆発を誘うような箇所に使用されるぐらいである。

図3.11 (c)にブロック図を示す。

表3.2 各種温度計の使用限界温度

方式	温度計の種類	使用可能 温度下限	常用温度		使用可能 温度上限
			下 限	上 限	
接 触 方 式	圧力温度計	℃	℃	℃	℃
	液体膨張式	-80	-40	250	300
	蒸気圧力式	-20	40	180	200
	気体圧力式	-270	-180	500	550
	抵抗式温度計				
	白金	-200	-180	500	600
	ニッケル	-50	-50	120	150
	銅	0	0	120	120
	サーマスタ	-50	-50	200	300
	熱電式温度計				
	P E 熱電温度計	0	200	1,400	1,600
	C A 〃	-200	0	1,000	1,200
E C 〃	-200	0	600	800	
J C 〃	-200	180	300	350	
非 接 触 方 式	光高温温度計	700	900	2,000	3,000
	色温温度計		700	2,000	3,000
	輻射温度計	50	100	2,000	3,000

(iii) 流量—電気信号変換器

差圧式流量計はオリフィス、ベンチユリーチューブ、フローノズル等の絞り機構により生じた差圧をダイヤフラムとか、ペローズにより変位にかえる。

更に変位を電気信号に変換するのに、変位—電気抵抗、変位—電気容量、変位—電気インダクタンス、変位—磁束の4方式がある。

(a) 変位—電気抵抗方式

変位—電気抵抗変換の方法として、ストレインゲージを使用し歪（変位）に比例した、抵抗変化値を得る。

このストレインゲージを、ホイーストンブリッジに組み込み、ブリッジの不均衡電圧を取り出し、増巾器にて出力電流として取り出す。

この方式は、ストレインゲージが受圧要素内に組み込まれているので、受圧部の簡略化され、信頼性が高い。温度の影響もゲージの組み合わせにより補償できる。

(b) 変位—電気容量方式

変位を電気容量に変える方法として

(i) 平板電極の電極間距離を変化させる。

(ii) 対向する平板電極を平行移動させる。

(iii) 同軸円筒の極を軸方向に変化させる。

があるが、実用されているものは少ない。

(c) 変位—電気インダクタンス

変位—インダクタンス交換には、差動トランス法と、インダクタンス変化法とがある。

いずれも変位を鉄心に加え、鉄心と検出コイルのギャップの変化にかえる。

前者の場合、差動トランスの2次電圧を、後者の場合、発振増巾器の発振条件の変化を各々増巾器でもつて、出力直流電流にかえる。

(d) 変位—磁束方式

変位—磁束変換の代表的な方式は、磁気回路中で永久磁石を回転させる。この回転角に比例した磁束変化を電圧変化とし、これを増巾器にて出力直流電流にする。

以上、4方式のうち(a)のストレインゲージによる電気変換方式が、可変範囲も5：1と広く精度もよい。

最近、半導体ストレインゲージを使用したものがあり感度は高く可変範囲が10：1と広い。

差圧式流量計の他に、電磁流量計（フラデーの法則を応用したもの）、積算形流量計がある。

電磁流量計の場合、流れのパターンが軸対象でないとき誤差が大きくなるが、不均一磁界を発生させて高精度で測定可能なものがある。

積算形流量計には、次のものが主に用いられる。

(i) 容積式流量計……………オーバル歯車式、ルーツ形

(ii) タービン式流量計

(iii) スワールメータ

(iv) カルマンうず流量計

(iii) 圧力—電気信号変換器

受圧素子

○ 液柱式（U字管マンオメータ、単管式液柱マンオメータ）

○ 沈鐘式（ベル式）

○ ブルドン管

○ ペローズ

- o ダイアフラム
- o 環状天びん
- o ストレインゲージ

等により、変位または力に変換された圧力を伝送信号にする場合、力平衡式と変位平衡式の二種類がある。

(a) 力平衡式—電気信号変換の一例

受圧素子に生じた力を、フォースビーム等を介して、変位にかえる。この変位を検出コイルの電機子に作動させ、変位—インダクタンスの変化にかえ、発信型増巾器を通してフォースモータ等に電流を流す。このフォースモータは回転トルクと力平衡がとれるところとまる。このときの発信型増巾器の出力を直流電流として取り出す。

(b) 変位平衡式—電気信号変換の一例

受圧素子による変位をカンチレバに取りつけたストレインゲージのひずみに変え、ブリッジの不平衡電圧を発振型増巾器で増巾して、整流し出力電流を得る。

一般に力平衡式は、動きのある部分が少ないのでヒステリシスや非直線性の補正機構が不要である。したがって小型になる。一方変位平衡式は直接指示ができるという利点を持つ。

腐蝕性箇所における測定は、ステンレス製のダイアフラムを使用するか、更に、ダイアフラムをシールすることにより、測定圧力を40～50 Kgまであげることができる。

高温の場合、受圧素子まで導圧管まで導き、温度を低下させて使用するか、ダイアフラムのシールによるとかの方法で、測定することができる。

3.3.2 結合方式

直流電流信号の場合、信号変換器のコンピュータへの接続方法に、次のものがある。

(i) 2線式 (Two - Wire System)

2本の導線で変換器と受信器とを接続する方式

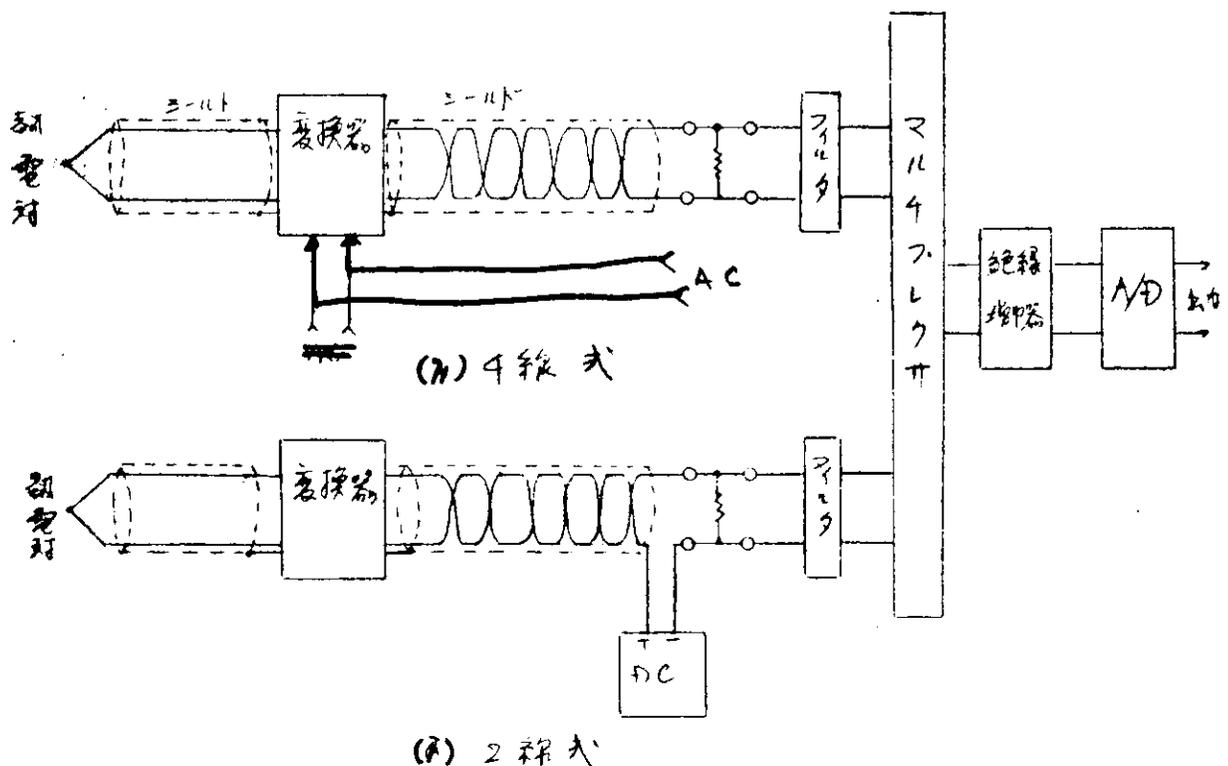


図3.12 熱電対の結合方式

(iii) 3線式あるいは4線式

(i)の他に、変換器を動作させるための電源用として、1本または2本の導線を接続する方式

両者を比較する場合、当然、信号変換器そのものの構成および、性能を検討する必要があるが、一般的にいつて、トランジスタおよびICの利用により、低電流で変換器が動作可能になったということと、(iii)は配線数が増加するということにより次第に(i)の2線式になつていく傾向にある。

図3.12に、熱電対の場合について、2線式と4線式の各々について示す。

3.4 プロセス I/O のソフトウェアのあり方

プロセス制御用コンピュータにあつては、プロセスがバッチ処理、連続処理のいかんにかかわらず、オン・ラインリアルタイム制御がなされるのが普通である。つまり時分割、制御、多重プログラム制御機能を有する必要がある。

プロセス I/O 関係のソフトウェアも当然、その中にあつて、以上のようなコンピュータの処理機能をさまたげるものであつてはならない。

3.2において述べたように、デジタル入出力、アナログ入出力、パルス入出力を問わず、全てのプロセス I/O の各機能が、最少限のCPU専有時間でもつて、最高速度で処理されるよう、ソフトウェアにおいて配慮する必要がある。

そのためには、各プロセス I/O の有する機能、ハードウェアをもとに、いかにすれば、どの信号をいつ取り出せば、処理時間が少なく、CPU専有時間が少なくなるかを熟慮しなければならない。

一般には、各プロセス I/O の制御装置が動作中 (Busy) か、使用可能 (Ready) の信号および動作完了信号、(例えば、アナログ入・出力、デジタル出力の場合の入・出力点の選択完了信号とか、アナログ入・出力の A/D 変換完了信号、アナログ出力の D/A 完了信号等) とを利用して、CPUへ割り込みをかけて、順次それをフォローすると共に、次の命令およびシーケンス指令を出すようにする。

従つて、ソフトウェアとしては、ファイル転送とか、周辺機器への入出力と同様に、機能単位にまとめた汎用ルーチン・サブルーチン形式に各プロセス I/O の機能を分類し、各機能の要求あるいは受付用のサブルーチンと、実際それを実行する駆動用サブルーチンとにわけける。

まず、要求ルーチンにて、要求を受付けるが、その制御装置がビジの状態であれば、待つようにする。要求受付の場合、複数個受け付け可能とするために、バッファを持たせれば便利になる。更に優先要求 (要求したものを、他の要求に先駆けで行なう) を持たせると自由がきくようになる。

レディ信号の受け取り (割り込み) と同時に、その機能の実行に入る。この時点で、一気に動作完了までの処理を行なえない場合は、途中で個々の動作完了の割り込みを待つ。実行に入ると同時に、時間 (タイマ) をセットし、設定時間内に動作完了にならなければ、異常 (故障) と判断するのも、故障診断の一方法である。

また、各制御装置の動作状態 (故障、その他の情報を含む) をソフトウェアでチェックし、FAIL SAFEの効果を出すようにする必要がある。

3.5 システムデザインにおける諸問題

システムフロチャートが決定されたあと、各仕事の詳細検討に入る。

この時点において、プロセス I/O の入出力表と共に、デジタル入出力、アナログ入出力、割り込み入力、パルス入出力点数が決定される。

これに応じて、プロセス I/O の規模が決定される。

この場合、コンピュータの基本要素および機能 (1語長、サイクルタイム、割り込み処理能力、プロセス I/O の各最大処理能力) をよく検討した上で、プロセス I/O のシステムデザインを行なう必要がある。

原則として、最少限度の信号の入出力で最大効果を発揮させることである。

次に、各プロセス I/O の機能について、検討事項を列挙する。

(i) デジタル入出力

コンピュータのロジックレベル（「0」 「1」に対する電圧値）、伝送距離、ノイズの状態、等を考慮して、デジタル入出力のレベルを決定する。最近では、IC の使用が進み、レベルは段々と小さくなる傾向にある。

しかし、反対に、レベルが低くなると、ラインの電圧降下、ノイズ等の影響により、伝送距離に制限を受ける。

次に、デジタル入出力には、接点授受と、電圧レベルでの授受の2方式があるが、プロセスの使用機器に応じて、どちらが便利かを検討する。

接点授受の場合は、プロセス側と、コンピュータとの電氣的絶縁がなされるという利点があるが、リレとか押釦を使用するために、レベル授受に比較して、故障が多く、寿命が短い。

(ii) アナログ入出力

一般にアナログ入力信号は3.3V程度の電圧のように、信号変換器により、統一信号にされ、直流電流信号を、電圧に変換してコンピュータにとりこむ。全信号を、DC 4~20 mA、10~50 mA のような値に統一できれば、増巾器をそれに適合するようにつくれば入力にて、電圧を調整する必要がない。

しかし、統一信号の方式を採用しない場合、または採用しても一部に不統一信号が残る場合は、増巾器側でゲイン選択が出来れば便利である。

信号レベルの下限は、伝送ラインで混入するノイズによつて決定されるため、信号をフローティングにするか、一点接地にするか、シールドの方法、電源の仕様、コモン線の取扱い等について、全体的な検討をする必要がある。

信号レベルに関係あるものには、防爆安全計装がある。爆発危険性のある箇所で使用する場合、変換器は、防爆構造が要求される。

最近では、それに関し耐圧防爆から、本質安全防爆 (Intrinsic safety) にかわりつつある。

後者は、異常時 (回路異常および部品の故障) に電気磁気エネルギーを制限し、引火爆発を起さないようにする方法で回路設計上、信号レベルが高いほど、インダクタンスに対する電流制限、静電容量に対する電圧制限等から困難となる。

更に検出器および信号変換器の信頼性という点から、二重装備または、バックアップについて検討することが必要となる。同時に、受信計器類の故障対策として、計器故障、または検出器断線時には、計器のバーンアウトによる割り込みをコンピュータにかけるなどの警報システムが必要である。

変換器の自動チェックの問題が今後の課題である。

アナログ入力の場合、増巾器のドリフト、その他を除去するために、定期的に、オフセット電圧を測定し、各測定値を補正することも必要となる。(これは、ソフトウェアで処理することができる) また、変動の多い入力に対しては数回適度の間隔でサンプリングし、その平均をとることも必要である。

(iii) 割り込み入力

プロセスあるいは、制御装置 (操作テーブルも含む) からいかなる割り込み信号をとるかということが、システムデザイン上、特に重要な問題である。

この設計により、システムの性能、利用度が左右されるといつても過言ではない。

従つて、コンピュータ制御という面から、プロセスを再検討し、割り込み入力信号を決定しなければならない。この場合、重要な事は、システム全体における各仕事の優先度の決定である。

この問題は、システムデザイン時における検討も重要であるが、不確定要素も多いので、全システムを稼働させて、総合的に検討した上で決定する必要がある。

そのために、割り込み処理機構および割り込み処理プログラム、および優先度に関係あるソフトウェアは、フレキシブルなものでなければならない。

以上、各機能についてのべたが、プロセス I/O の点数が多い場合、結合部が構造上、複雑になるのでメンテナンス上

からも、筐体の配置、接続方法について検討する必要がある。

3.6 船用プロセス I/O としての問題点の抽出と対策

船舶の場合、陸上一般プラントと大巾にかわつた点はないが、船の特殊環境と、船の運動および振動からくる問題がとりあげられる。

信号の検出からコンピュータまでの取り込みの過程で順を追つて問題点をのべる。

まず、検出器の取付けであるが、主機その他の振動の影響を考慮し、検出端は、保護管および、保護筒を完備し、信号ラインに振動によるノイズが入らないようにする。

伝送ラインは、主回路（電力ケーブルが通つている）を避けて、信号ラインは別系路にし、コンジットあるいは、ケーブルトレイを通すようにする。

この場合、使用ケーブルあるいは使用電線について、伝導性誘導、電磁誘導、静電誘導によるノイズを十分に考慮し、対策を講ずる必要がある。

使用電線については、入出力点数が多い場合、船用ケーブルおよび船用電線では占積率が悪いので、コンピュータ制御という面から検討する必要がある。接点を使用する場合、リレ押釦は高速性の点で難点があり、水銀リレ (Mercury Watted Relay) は、傾斜に弱い。押釦に対しては、接点に耐蝕性のものを使用し、故意に押されないよう、カバー付きのものを装備するようにする。

また、入出力点のネットワーク回路のマルチプレクサは、高速性、安全性という点から、固体回路によるスイッチングに置きかえる方が適当かと思われる。

3.7 コンピュータ異常時の処置方法についての検討

コンピュータ異常には、電源異常、誤動作（コアバリエイ、ドラムバリエイエラー、素子の劣化等）があるが、いずれにせよ、異常時には速やかに各プロセスの処理を、FAIL SAFEを考慮して行なう必要がある。

特に電源異常のうち、発電機ブラックアウトのような停電に対しては、無停電装置に切替えることはもちろんであるが、異常電圧を検出して、コンピュータに割り込みをかけ、プロセス I/O の電源を保護しなければならない。

プロセス I/O の電源が落下した場合、出力信号がリセットされるが場合によつては、非常事態が発生するので、特に出力関係は電源を別系統にし、完全無停電源を供給する。

全面的に行なえない場合は、重要な制御信号について、以上の事を行なう必要がある。

また、3.2.3でものべたが、出力ホールド機構を設け電源異常時には、信号をロックするとか、D D C の場合には一度の信号変化量を制限するとかの配慮を払う必要がある。システム的には異常時に警報、ベル、アナウンスで通報すると共に、手動あるいは半自動運転モードに切替える等の処理が適当である。

4. 船用コンピュータの環境条件の調査

船舶を高度集中制御化するためにコンピュータを船内に搭載し、従来人間が行なっていた作業をコンピュータに行なわせるにはコンピュータに十分な信頼性が要求される。

コンピュータの信頼性を最も大きく左右するものは、その環境条件である。ところが従来のコンピュータは一般に陸上における環境条件を前提として設計されており、これをそのまま船用に用いることは船舶のおかれる環境の特殊性を考えると無理があるように思われる。またコンピュータをたとえ船用に改良したとしても、その電子機器としての本質的な性質上、他の船用機器と同列には扱えない。そこで実用的には、船舶に搭載されるコンピュータは、ある程度船舶特有の環境に耐えうるように設計されなければならないが、その設置される環境は船内でも最も振動や動揺など船舶特有の悪条件の少ない場所を選ばなければならない。

この調査ではまず船特有の環境を挙げ、これがコンピュータに与える影響について一般的考察を試みた。次にこれらの環境が実船ではどの程度の大きさになるかを調査検討し船用コンピュータ設計の指針を得ることとした。

4.1 環境条件の検討

コンピュータシステムの信頼性に影響を与える船特有の環境要因として次のようなものが考えられる。

(i) 気象、海象による周囲条件

- a) 温 度
- b) 湿 度
- c) 気 圧
- d) 塩 分
- e) 塵 埃

(ii) 船体運動による機械的条件

- a) 振 動
- b) 動 揺
- c) 衝 撃
- d) 定 傾 斜

(iii) 電 気 的 条 件

- a) 電圧および周波数変動
- b) ノイズ、磁界、パルス

以上の要因の中には温度と湿度、振動と動揺、衝撃のように相互に関連するものもあるが一応別個にその性質およびコンピュータに与える影響について考えてみる。

温度：電子部品のうち特に半導体は温度変化による影響を受けやすく、一般に電子機器の故障率は部品の使用個数によって大きく左右されると言われている。しかしコンピュータを搭載しない船舶でも通常、空調は行なわれておりコンピュータを搭載した場合、この温度範囲が狭くなるだけで、比較的容易に満し得る条件である。

温度についてももう一つ注意を要することは、温度衝撃である。真空ドラムを使用する場合は、ヘッドとドラムの間隔が極く小さく温度衝撃によりドラムが破壊されることがある。このためドラムに急激な温度変化のないようにしなければならない。

湿度：たとえ空調は行なつたとしても湿度をコントロールすることは温度をコントロールする程、容易ではない。

特に湿度により影響を受けやすい磁気テープ、紙テープ、あるいはカード等の媒体を採用する場合には、注意しなければならない。

気圧：高空を飛ぶ航空機あるいはミサイルなどにおいては、この条件は考慮しなければならないが船舶の場合は、重視する必要はない。

塩分：塩分は接触部分の腐蝕、導通不良の原因となるが、空気中の塩分を取り除くことはかなりむずかしいのでむしろ腐蝕の危険のある部分に塗装を施すことにより塩害を防止した方が得策であろう。

I E C (International Electrotechnical Commission) の電子部品の試験法委員会および米軍の共通規格である M I L - S T D - 202 A では試験項目として塩水噴霧を取り上げている。

特に M I L - S T D では塩水を 96 時間噴霧することを規定している。

振動：船舶には種々の振動源があり、これによつて引起される振巾、振動数もまちまちである。振動の影響は、一般に振巾又は加速度によつてあらわされる。

振動によりタイプライタなどの機械部分が破壊されたり、パッケージ(回路素子)が脱落したりすることがある。これらの弊害の防止策として防振ゴムを用いたり、場合によつては防振のためステイ(Stay)をつけたりしなければならない。

特にパッケージの脱落防止のためには、ストツパを付けるか、差し込み方向を上下方向にするなどの配慮が必要であろう。

動揺：動揺は船舶固有のものであり、振動と同様、機械部分の損傷の原因となる。

動揺の影響を小さくするためにはコンピュータ室を動揺の中心近く即ち船体中心付近に置くことが望ましいが一般に船体の長さ方向に対しては貨物艙などのために船体中央部にコンピュータ室を持つて来ることは必ずしも容易なことではない。

衝撃：衝突、座礁などの異常事態は別として船内において通常起りうる程度の衝撃(たとえば接岸衝撃、波浪衝撃、甲板機械、運転時衝撃)は考慮しなければならない。さらに据付前、即ちトラック、クレーンなどによる運搬中に生ずる衝撃をも考慮する必要がある。

定傾斜：トリム、ヒールなどが考えられるが、この角度は異常事態でない限り一般に小さいので影響は無視してよい。

電氣的条件：ノイズ、磁界、パルスなども重要な問題であるが、これらを定量的に把握するのは困難である。しかし、これらは電気回路の別系統化、アース、シールドの完備によつてかなり解決できると思われる。

他の電氣的条件として電圧、周波数の変動が考えられる。

これらは専用発電機や電圧、自動調整器(AVR)などを取り付けることにより解決できる。

以上の各項目についてまとめたものが表 4.1、表 4.2 である。表 4.3 は表 4.1、表 4.2 の値を参考にして決定したものであり、船用コンピュータは表 4.3 の数値程度の環境に耐えうるように設計されることが望ましい。

表 4.1 船舶等の環境条件一覧表

出典	船用 Data Logger 標準仕様書 (DR85)	Earles の 環境ストレス	海上輸送機関 振動特性	原子力船第一船設計条件	
				炉格納容器	炉関連機器
温度	20 ± 15 °C	-35 ~ 50 °C		70 °C	60 °C 温度変化 0~60 °C (の範囲で300回/20年)
圧力					
湿度	90 % 以下	20 ~ 100 %			75 % (例えば 放射能測定器)
振動		0 ~ 10 Ym Sg	f A → (G) 1 2.5 (0.01) } l 50 0.075 (0.76)	f G 1.7 0.1 } l 20	f G 0.07 1 ± 0.6 } l 0.25
動揺	Y ≤ 22.5 ° P ≤ 10 °			f G 上下 0.07 1 ± 0.82 左右 l ± 0.65 前後 0.25 ± 0.20	Y ≤ 30 ° (0.05 ~ 0.15 °/s) P ≤ 10 ° (0.07 ~ 0.25 °/s)
定傾斜					横 10 ° 縦 5 °
衝撃		20 ~ 50 Yms G	荷役中における衝撃	各方向 1 g	
供給電源	ACの時 電圧変動 ± 5 % { // (過渡) -15 % 周波数変 ± 5 % DCの時 電圧変動 22V ± 10 % (28 V迄可とす)				
塩分					
其他					
備考	空調室内を前提	「信頼性データ」 より抜粋	森川「環境試験」	「原子力第1船原子炉」設置許可申請書より	原子炉安全装置関係の条件は厳格すぎるので除外。 原子炉は船体ほぼ中央。

注 1) 振動)の項
動揺

f : 振動数 (C/S) A : 片振幅 (mm) G : 加速度 (g) 片振幅
r : 横揺れ P : 縦揺れ h : 上下揺れ 単位は何れも片振幅
L : 船の長さ (m) T : 船の固有周期 (Sec)

表 4. 1 (続 き)

出典	電子機器に対する米海軍の環境条件データ	白鳳丸設計条件	NK原子力船の船級登録の為の暫定指針	NV E Oに関するRecommendation	同左計装要素試験	LR E O 関係Recommendation 機関室又はブリッジの制御装置用
温度	-67 ~ 62 °C -55 ~ 71 °C (非作動時)	IBM 1800 なみ			一般試験時 15~30 °C 加熱試験時 55°C (6H以上)	入気氷汁 -60 °C
圧力	平均 1.08 $\frac{Kg}{cm^2}$ 最小 0.92 "					
湿度	凝縮を伴う 100%	IBM 1800 なみ			一般試験時 30~60% 加熱試験時 45~75%	
振動	3 方向 55 C/S	0.1 g			正弦波振動	f C/S A → Gg mm 1~4 5 0.32 4~8 1.25 0.32 8~14 0.38 0.30 14~30 0.13 0.47 30~100 0.02 0.80
動揺		Y ≤ 20 ° (Yard Test は 30 °まで) Pによる加速度 Gp ≤ 0.4 g	固有周期 AP: 18 \sqrt{L} 0.65g G: 15 \sqrt{L} 0.80g (min 0.4g) 固有周期 T A 43-1.43 T (min 22.5)			
定傾斜			原子炉関係安全装置 横 45 ° 前後 10 ° 原子炉装置 横 10 ° 前後 5 °			任意方向に 22.5 °
衝撃	3 方向 15g(11sec)		原子炉関係安全装置 1 g		半正弦波加速 Pulse 20g (半 周期 10 m/sec)	衝撃に耐えること
供給電源		周波数変動 ± 0.5 %		併発 { 電圧変動 -15 % +10 % 周波数 ∠ ± 5 % 過渡状態では 併発 { 電圧変動 ± 20 % 周波数 ∠ ± 10 %	左記の試験	電圧変動 -10% +6% ACではかつ 周波数変動 ± 25%
塩分					塩霧試験 (2.7% NaCl) (0.6% MgCl ₂)	
其他	放射線 雨、塵 に対する規定あり				必要に応じ防 爆、温度衝撃 高圧試験等	
備考	船及び海岸用 AGREE報告	東大海洋研究所 及びアムニユ ース 11/1	NK Rule 暫定 方針 (M 1502-12)	電子機器主対象とし た規定である。 “船舶の近代化 (X1)”	同左	“船舶の近代化(X)”

表4.2 環境条件に対する要求

出典	IBM 1800 の設備計画に関する要求	LR MO 関係 Recomm(対制御室)																				
温度	運転時/停止時、各装置を通じての最厳条件 15.6 °C ~ 32.2°C																					
圧力																						
湿度	・温度・と同条件で 20 ~ 80 %																					
振動	5秒以上継続 $f < 14 \text{ C/S} \dots A \leq 0.089$ or 0.254 mm $f \geq 14 \dots G \leq 0.07$ or $0.1 g$ 5秒以下継続 $f \leq 7 \text{ C/S} \dots A \leq 0.89$ or 2.54 mm $f \geq 7 \dots G \leq 0.18$ or $0.25 g$ (.注) $G = 0.0103 A \cdot f^2$ 実効値 or ピーク値	<table border="1"> <thead> <tr> <th>f</th> <th>A</th> <th>(g)</th> <th></th> </tr> <tr> <th>C/S</th> <th>mm</th> <th>g</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>0.061</td> <td>.0006</td> <td>↓低</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0.018</td> <td>.007</td> <td>減</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0.004</td> <td>.04</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	f	A	(g)		C/S	mm	g		5	0.061	.0006	↓低	10	0.018	.007	減	50	0.004	.04	
f	A	(g)																				
C/S	mm	g																				
5	0.061	.0006	↓低																			
10	0.018	.007	減																			
50	0.004	.04																				
動揺																						
定傾斜																						
衝撃																						
供給電源	電圧変動 +10%、-8% 周波数 $\pm 0.5 \text{ C/S}$																					
塩分	特に考慮せず																					
其他	部屋と入口の寸法、非帯電床材等の規定室外への窓はair tight 又は二重とし空調器にエアフィルタ装備の要望あり、室内照度の規定あり。	騒音 1000 C/Sで75 dbの音圧 (低減曲線)																				
備考	IBM File No 1800-15	・船舶の近代化(X)																				

表 4.3 船用コンピュータの環境

	環境因子 (単位)	同左の値	前提条件又は数値の根拠	
周 用 条 件	温度(°C)	15~30	空調(含調湿)室を前提とした。	
	湿度(%)	20~70		
	気圧(mmHg)	720~790	通常の大気圧を考慮	
	塩分塵埃			
機 械 的 条 件	振動(G)	0.1	振動数 20/S、片振幅 1.5 mm } 参考)三菱重工、角田氏提案によると // 50/S、 // 0.02 mm } で最大0.3 G程度も考えられが、 0.1 Gとなる。これは極く特殊な場合である。	
	動揺(G)	横揺	0.5	加速度を $\alpha = \ell \cdot 4\pi^2 / T^2$ により、厳しい条件について試算してみると ℓ : 上下方向動揺中心より電算機迄の距離=15m T : 動揺周期=10sec θ : 動揺角=30°とした場合 $a = 3.1 \text{ m/sec}^2 \approx 0.32 \text{ G}$
		縦揺	0.7	上と同様にして全長200mの船の船尾HOUSEにコンピュータを搭載する として $\ell = 100 \text{ m}$ (但し動揺中心は船体中央とする)、 T=8 sec 動揺角=5°とすると $\alpha = 5.4 \text{ m/sec}^2 = 0.55 \text{ G}$
	衝撃(G)	20	持続時間 10 msec (船に起りうる衝撃値は不確実であるが、NV、EO計装に関する要求 値を流用)	
	定傾	ヒール 傾斜 トリム	10° 5°	軽荷状態においても最大2~3°程度のトリムしかさせない。従つてトリム 5°、ヒール10°は異常事態を想定したもの、なおLR、EO関係のRecom- mendationでは、一応任意方向に22.5°となっている。
電 源 動	電圧(%)	+6、-10	AVRをつけて ±2%	
	周波数(%)	±5	AVRをつけて ±0.5%	

4.2 実船の調査例

我が国のコンピュータ搭載船のうち白鳳丸、開洋丸、青雲丸の3隻について実船の調査を行なった。

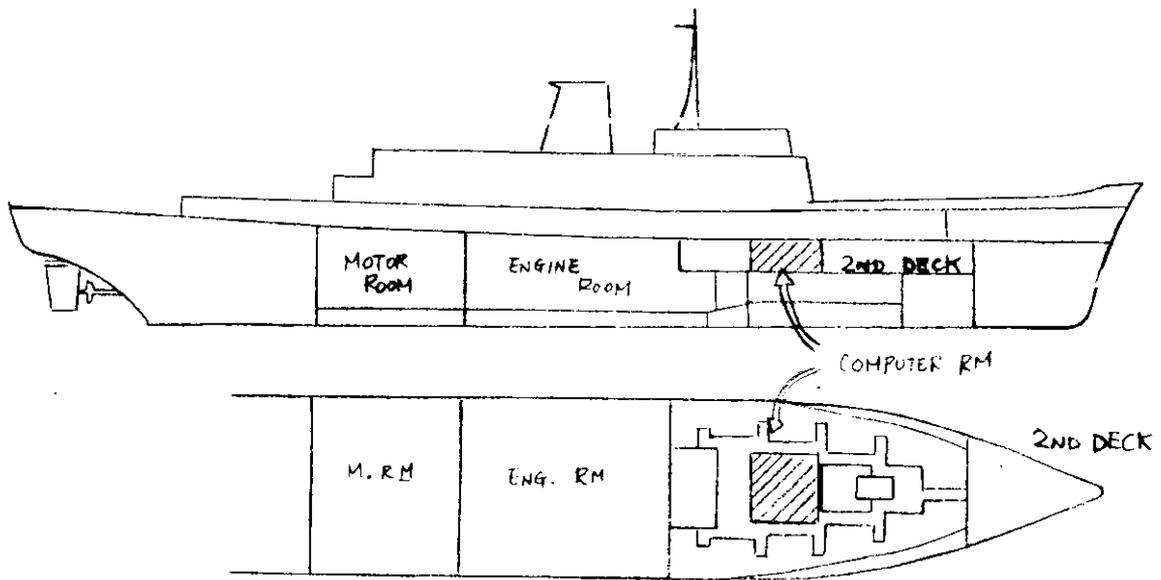
それぞれの船の主要目、コンピュータの要目、その他の調査結果を表4.4にまとめる。

また船内での設置場所は図4.1~図4.3に示す。

表 4.4 コンピュータ搭載船調査結果

船名	白 鳳 丸	開 洋 丸	青 雲 丸
造船所	三菱重工業(株)下関造船所	(株)金指造船所	日本鋼管(株)鶴見造船所
船主	東京大学海洋研究所	農林省水産庁	運輸省航海訓練所
建造年	1967年	1967年	1968年
船種	海洋研究船	漁業調査船	練習船
L×B×D (メートル)	86.76×14.80×7.30	91.87×15.00×6.85	105.00×16.00×8.00
総トン数(トン)	約 3,226	3,210	約 5,000

船名		白 鳳 丸	開 洋 丸	青 雲 丸
主 機		ディーゼル電気推進 4基2軸 4,400馬力	ディーゼル電気推進 2基1軸 4,000馬力	ディーゼル1基1軸 5,400馬力
航海速度 (ノット)		12.67	13.5	15.5
搭 載 人 員	職 員	19名	23名	34名
	部 員	36名	37名	42名
	そ の 他	研究員 32名	調査員11名+予備5名	実習生180名
	合 計	87名	76名	256名
コンピュータのメーカー		富 士 通 (株)	日 本 電 気 (株)	北 辰 電 気 (株)
コンピュータの型式		FACOM 270-20	NEAC 1210	HDC-34NS
コンピュータの容量		16 bits 1600語	30 bits 500語	42 bits 6400語
コンピュータの利用範囲		(イ) 魚群探知機からデータ処理によるパターン認識 (ロ) 海洋における重力の算出 (ハ) プログラム化されたローランチャートによる船位決定 (ニ) 船速、船位、風向、風速水深等のデータ処理 (ホ) ローリングピッチングの解析 (ヘ) 天 測 (ト) 研究員の科学技術計算	(イ) 海洋資源調査の技術計算 (Samplingで魚の種類を類推する放射線のデータなどの処理)	(イ) 航法計算 (ロ) 衝突条件計算 (ハ) 停止惰力計算 (ニ) 積付計算 (ホ) 機関管理計算 (ヘ) 一般諸計算
コンピュータの価格		約 42,000 千円	約 4,500 千円	約 15,000千円 その付属装置は約25,000千円
仕 様		標準仕様の本体にフレームの補強動揺止を取付		プリント基板を小さくした他は、標準仕様
空 調		設定温度 23°±2°	30°	15°~35° 湿度80%以下
電 源 安 定 対 策		専用 MG	専用 MG	専用 MG
防 振		防振ゴム	防振ゴム	ドラムに防振ゴム
予 備 品		主要部品の予備品	主要部品の予備品	主要部品の予備品
保 守 員		2人	居る (人数不明)	居る
動 揺 及 び 振 動		5° 稀に20° 0.1g以下 (実測値)		縦横 10° 25° 1200C/S ±1.5mm (設計値)



室内配置図

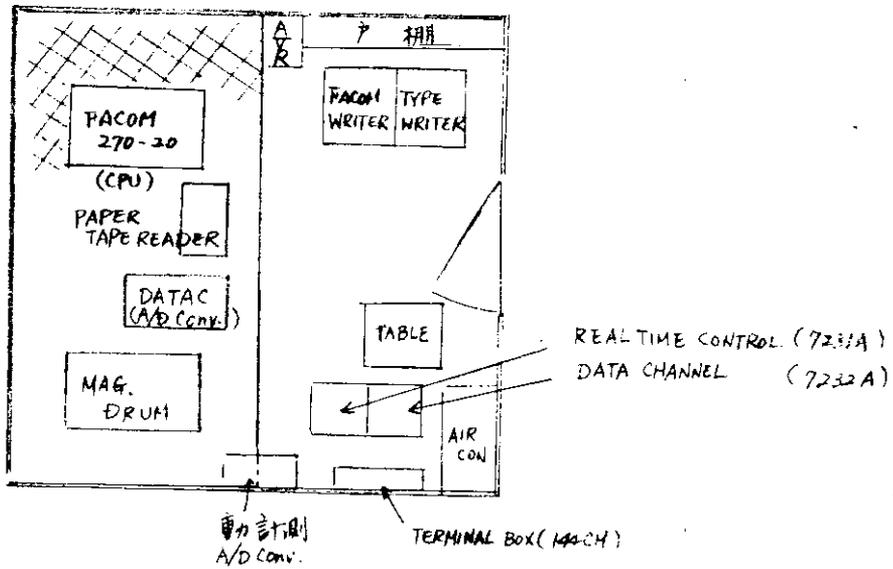
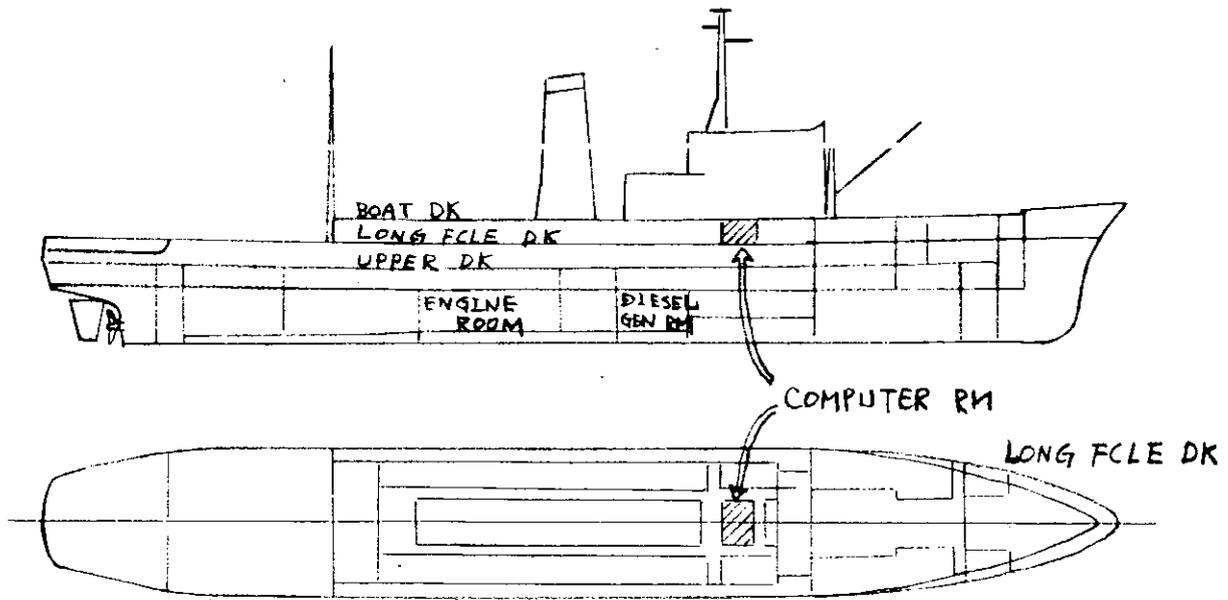


图 4.1 白鳳丸 COMPUTER 室



室内配置図

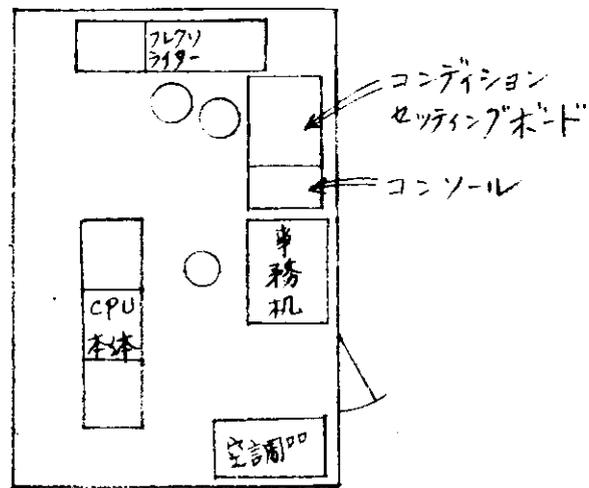


図 4.3 青雲丸 COMPUTER 室

5. コンピュータ制御の経済性及び信頼性検討

5.1 船舶へコンピュータシステムを導入する時の経済性・信頼性へのアプローチ

コンピュータシステムの導入に当つて、一般性能に劣らず重視せねばならないのが経済性及び信頼性である。特に生産工程にコンピュータが直接入り込むプロセス工業等にあつては最重要視されるべき事項であり各企業共その予測と確保に苦心する所である。船舶のコンピュータ制御にもプロセス制御的な面が多いのでその例外ではない。43年度は基本的考え方の調査と基礎資料の収集を主として行ない、今後のシステムの具体的設計の参考に供することとした。

本項では船舶へコンピュータシステムを導入する際これらの性能を予測、確保する手順を検討し、今年度の研究対象の手順全体における関係を指摘することとする。

経済性は、通常のプロセス工業ではコンピュータシステム導入の最終目的である事が多く、船舶においても超自動化船全体として追求されねばならない。

信頼性については船舶省力化の目的、苛酷な環境、保守の困難等から極めて高いことが望まれるが、100%完全作動、無故障は望み得ないので、目標としては現在のコンピュータ、他の性能を把握した上でシステムの設計、運転、保守上考慮すべき点、予備品の程度等に関する指針を得て、次の実用化研究に役立てる事が实际的である。

船舶へコンピュータシステムを導入する際の一般的検討手順を、経済性及び信頼性を主体に示せばおよそ図5.1の如くなる。ここで「システム」とは各分科会の各システム（例えば航法分科会の座礁予防システム等）を指し、一般に入力から出力に到る全範囲を意味する。又「性能」とは一般の機能性能を示し、特に経済性、信頼性と明示される性能は除外する。

図5.1において主要手順は太線に示す如くである。すなわち対象船舶につき船舶全体としての超自動化構想をたてる。この構想には関連する船上および陸上設備、要員等全てが含まれる（特に経済性関連事項は極めて広範囲に亘る）。この構想に対して目標値を設定する（例えば投下資本何億円、無故障期間何ヶ月等）。これには他産業の実績、考え方が参考になる。この目標値を狙つて各システム設計を行ない、性能を推定、チェックし、要すれば改良策を採り入れる。次にコンピュータや船舶を核として全システムをとりまとめ、全体性能を確認する。不十分な場合はとりまとめを調整するか、不具合システムを修正する。超自動化構想又は目標値を手直しする事も稀にはある。

次に経済性及び信頼性の検討を行なうが、各々を評価する定量的な指数を求める事が必要である。評価指数を組み立てるには対象システムの構成の他に組立の方法と係数とが必要である。後者は図5.1の左上の薄く着色された一群のブロックから導き出される。このブロック群に於て評価の前提は想定対象船舶から出るものが多い。例えば船舶の就航々路、乗組員等々である。船舶特有の環境条件も評価の前提と似たものであるが、特にハードウェアの信頼性への影響が大きいものとして、船舶へのコンピュータ導入検討時に懸念される問題点である。影響因子と評価指数の相関は評価の方法を分解し定量化して行つた結果求められるもので、影響因子の中には環境条件も含まれることになる。

以上のデータから各システムの経済性及び信頼性の評価指数を組み立て、ついで全システムとしてとりまとめて総合評価をする。その際要すれば各システムを現行方式で実現させた場合も想定し、その場合の経済性及び信頼性の到達値を推定して比較することも有効である。

以上の結果経済性もしくは信頼性が目標値に欠ける所があれば改良策を検討し各システム設計を修正し上述の過程をくり返す。場合によつては設定した目標値自体を修正しなければならないこともある。

改良設計の過程で注意すべきことは経済性及び信頼性は設計変更を媒介として通常相反関係にあることである。即ち一般の機能性能を変えぬ条件下で信頼性を向上すべく例えばシステムや機器の冗長度を増せばコストアップを招くのが普通である。従つて改良設計結果は一般機能性能、経済性、信頼性の三方面からチェックせねばならず、換言すればこの三者の最適化を計る事がコンピュータシステム検討時の最終目的と言えよう。

以上の一般論は経済性、信頼性を重視した見方であるが、一般の機能性能は更に多角的に検討しなければならない。例えば信頼性のある部分是一般の機能性能としても当然考慮されるべきものである（システムの誤動作を防ぐソフトウェア上の考慮など）

図5.1の過程を本研究部会として体系的に追求する事は時間的にも内容的にも不可能に近い。又各システム設計と組み合わせられて進められる部分は今後の問題でもあるので、43年度の作業としては経済性および信頼性を評価する為の基本的な考え方の調査と基礎資料の蒐集（図5.1の薄い着色の部分）を狙う事とした。

具体的には

(i) 現在の汎用コンピュータおよびプロセス制御用コンピュータシステムについて経済性、信頼性のデータを集める。

(ii) 経済性、信頼性の評価方法、考え方の調査。

更にコンピュータシステムの信頼性に関し。

(iii) 船舶の環境条件の調査（4.1）

(iv) (iii)の船舶の環境条件による信頼性修正係数（以下環境係数と呼ぶ）を検討し、汎用コンピュータシステムを船舶に用いる場合の信頼度の目安を得る。

ことを目標とした。

このうち、(iii)、(iv)に就ては、多少扱い易いハードウェアのうちさらにコンピュータシステム（周辺装置を含むコンピュータシステムのみ、センサ、アクチュエータは除く）に対象を限定し、ややあらいメッシュで検討を行なった。なお、直接の対象からは外れるが、コンピュータ制御システムを開発する際の手順全体を示せば概略図5.2（経-21、菊地）＊の如くである。この図からも経済性の問題が初めから検討の対象として採り上げられ、システム設計と並行してコンピュータおよび全システムの仕様決定の主要素として使われて居ることが判る。

＊ 経-21・菊地は5.4参考文献中の資料番号および著者名を示す。

但し「制」は制御システム一般

「信」は信頼性

「経」は経済性関係を示す。

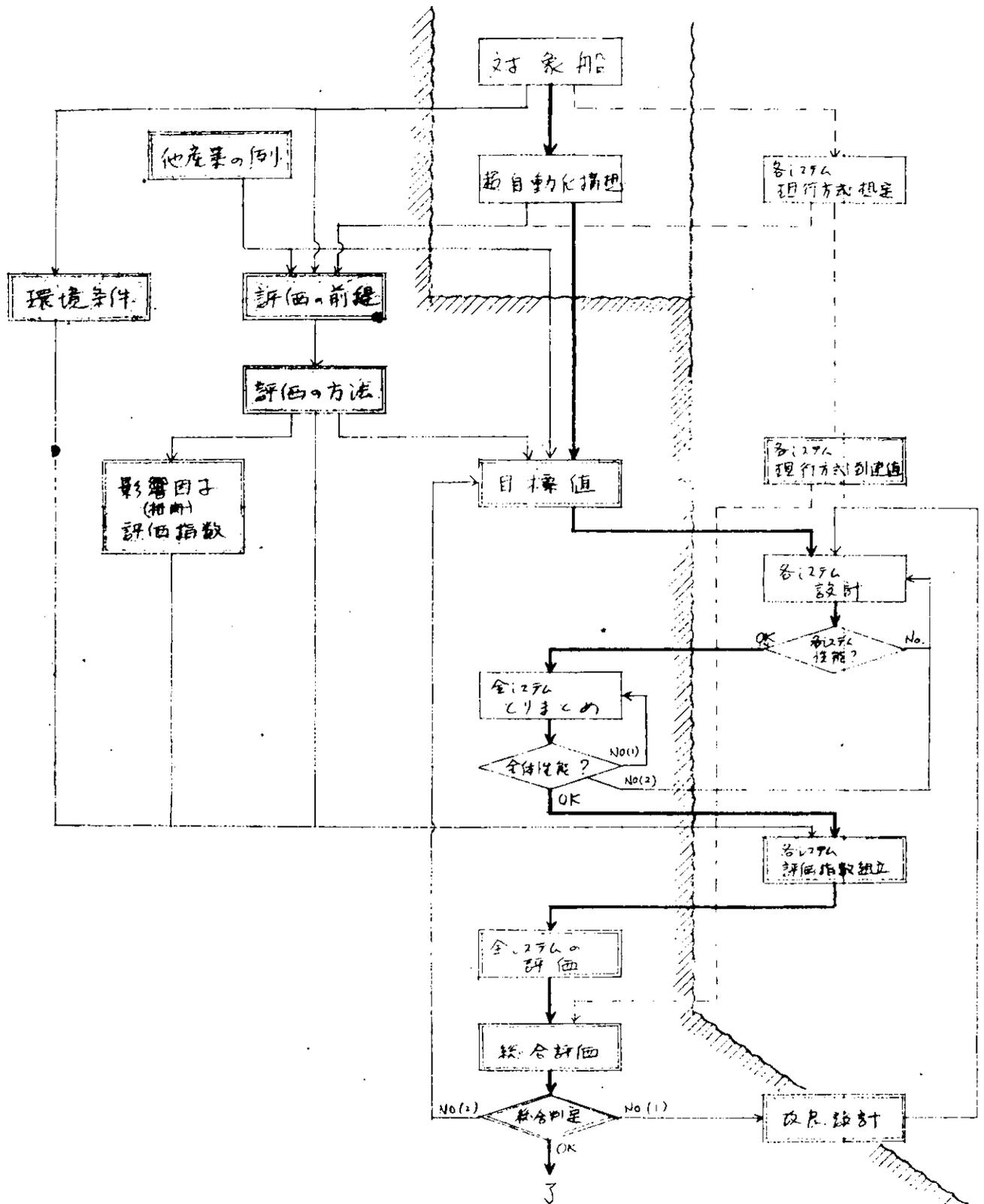
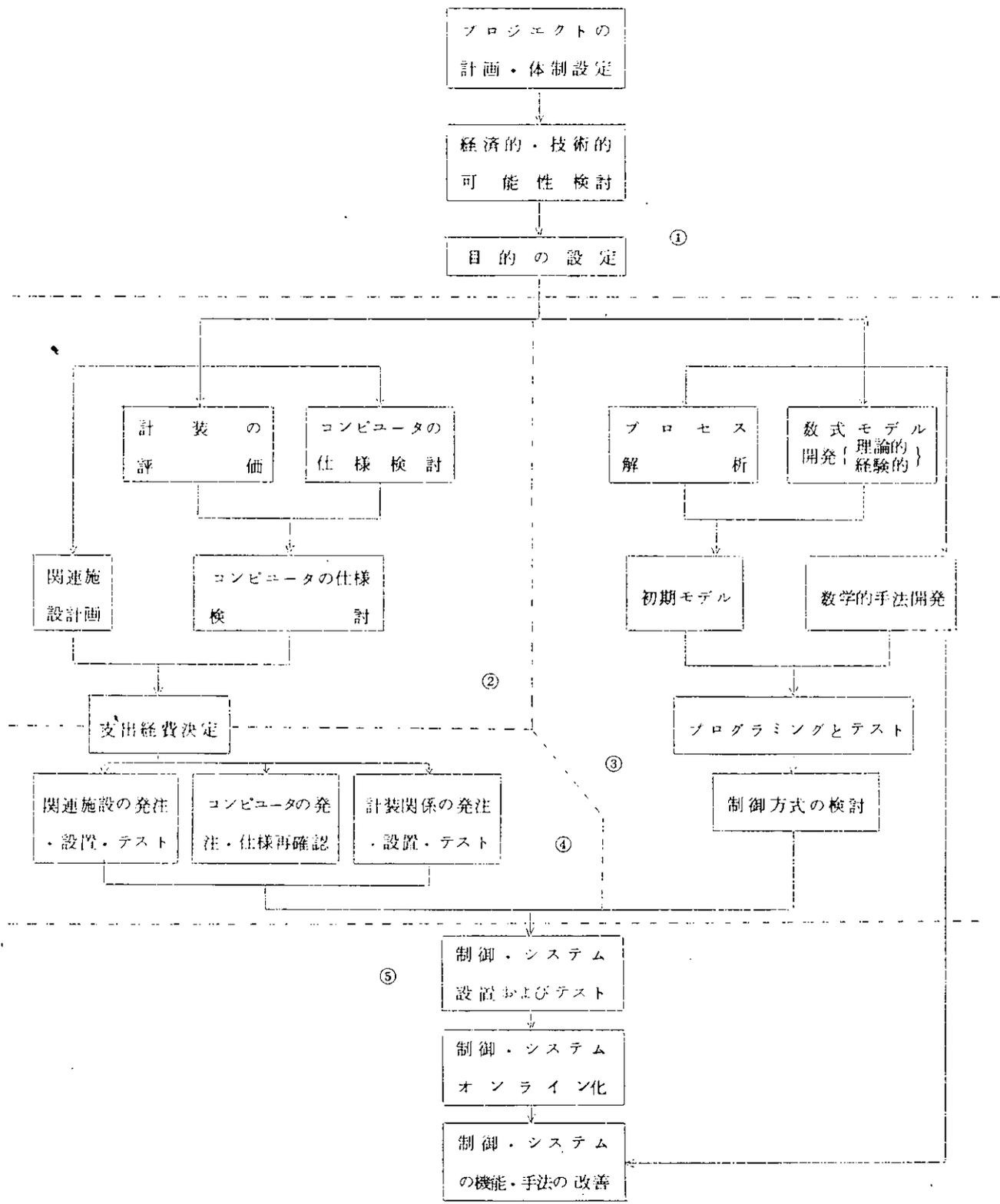


図 5.1 経済性・信頼性検討のフローチャート

註 1) は経済性、信頼性両方について考えるべき事項を示す。

2) はコンピュータ分科会が主担当となるべき範囲を示す。其他は他分科会又は本研究部会で扱われるべき範囲である。

3) - - - - は必要に応じて行なうべき検討。



①は開発の第N段階を示す。

図 5.2 コンピュータ制御システム開発の手順

5.2 信頼性の検討

5.1 で述べた理由により船舶におけるコンピュータシステムには極めて高い信頼性が要求されるが、その推定は汎用コンピュータシステムをベースに積み上げて行かねばならない。以下汎用(陸用)コンピュータのハードウェアを主体に信頼性を調査検討した。

5.2.1 信頼性について

(i) 稼働信頼度

コンピュータシステムはコンピュータ本体とこれに接続される周辺機器から構成される代表的なシステムでその信頼性はこれが使用されている時の稼働信頼度によつて評価される。稼働信頼度とは現実の運用場においてそのシステムが所定の機能を果たす確率をいい、構成素子、回路設計、製造上の管理等に基く固有信頼度とコンピュータの操作、保守等に基く使用信頼度の相乗積で表わされる。

稼働信頼度にはいろいろの尺度があるが、代表的なものとして稼働率(AVAILABILITY)および平均故障間隔すなわちMTBF(MEAN TIME BETWEEN FAILURE)がある。

(a) 稼働率………稼働時間とダウンタイム(休止時間)から

$$\text{稼働率} = \frac{\text{稼働時間}}{\text{稼働時間} + \text{ダウンタイム}} \quad \text{で表わされる。}$$

(b) 平均故障間隔(MTBF)………コンピュータの使用は、障害の都度故障部分を修理しながら再び使用していくもので、これらの故障の平均間隔時間が信頼度の尺度となる。使用初期に発生する故障を取除いた後の正常稼働期間における平均故障間隔時間をMTBFという。システムは構成機器から、また機器は構成部品からなり、個々の機器または部品の故障率およびMTBFは下式で表わされる。

$$\lambda = \sum_{i=1}^N n_i \lambda_i$$

$$\text{MTBF} = 1/\lambda = 1/\sum_{i=1}^N n_i \lambda_i$$

λ : システム又は機器の故障率

λ_i : 個々の機器または部品の故障率

n_i : 故障率 λ_i の値をもつ機器または部品の数

システムを構成している各機器が機能的に直列(どの機器が故障してもシステムは停止する)と仮定すればシステムのMTBFは

$$\text{MTBF}_{\text{システム}} = \frac{1}{\frac{1}{\text{MTBF}_1} + \dots + \frac{1}{\text{MTBF}_n}}$$

で表わされる。すなわち各機器のMTBFが1000時間あつたとしても装置が10台から構成されるシステムのMTBFは100時間となりシステムが大きくなればなる程MTBFは小さくなる。

(ii) 信頼度関数

システム又は機器が時刻0より時刻t迄の間に故障を起こさない確率を信頼度関数と呼びR(t)で表す。今システム又は機器の故障率を $\lambda(t)$ とするとR(t)は次式で表わされる。

$$R(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(t) dt\right)$$

次に故障率が時間に無関係な一定の場合(これを偶発故障と呼ぶ)について考えるとR(t)は次の通りとなる。

$$\lambda(t) = \lambda \text{ (一定) を入れると}$$

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

これより MTBF に相当する時刻における信頼度関数の値は MTBF が故障数の逆数であることより

$$R(t = \text{MTBF}) = e^{-1} = 0.368$$

となる。このことは例えば MTBF 1000 時間ということは 1000 時間の間は故障を起さないという事ではなく、1000 時間の中に故障を起さない確率は 36.8% という事を意味している。

(iii) 冗 長 性

システム又は機器の信頼度が要求値を満足しない場合とるべき手段として、より信頼度の高い部品を用いることにするか、系統構成上に変更を加えることが考えられる。前者は利用出来る部品の信頼度に限りがあるからあまり有効といえないが、後者は系統に冗長性をもたせることにより達成することが出来る。

冗長性とは与えられた仕事を遂行する 2 つ以上の手段または素子を有し、全部の手段または素子が故障にしたときに系全体の故障となるような手段または素子の存在を意味し、次の 2 種の方法がある。

- (a) 並列冗長：同時に 2 つ以上の手段または素子が動作して仕事を行なっておりその片方が故障しても他方でその仕事を行なう場合である。
- (b) 待機冗長：主動作を行なっている手段または素子に故障が生じたとき不良動作を検出して別の手段または素子に切り換えて仕事を行なう場合である。

船用コンピュータシステムでは保守が容易でないことより稼働信頼度として MTBF を重視すべきと考えるが、信頼性を考慮する場合 MTBF の持つ確率的意味を十分理解しておかねばならない。

5.2.2 コンピュータ本体および周辺機器の信頼性データ

(i) コンピュータ本体および周辺機器の MTBF

コンピュータ本体および周辺機器の MTBF について発表されているデータは極めて少いので、本分科会担当会社にて稼働している汎用コンピュータシステムの実績を調査すると共に、併せて文献の調査を行なった。

(a) 稼働実績調査

現在稼働中の汎用中型コンピュータシステムの実績調査結果を表 5.1 および表 5.2 に示す。

表 5.1 システムの信頼性

システム名(*)	電源投入時間 (hr) ①	予防時間及び定期試験時間 (hr) ②	システムダウン時間 (hr) ③	システム稼働時間 (h) ④ = ① - ② - ③	システム稼働率 (%) ④ / ③ × 100	システムダウン件数 ⑤	システム MTBF (hr) ③ + ④ / ⑤	システムダウン率 (%) ③ / ③ + ④ × 100
Ⓐ	5,589.0	117.8	13.0	5,458.2	99.8	14	391	0.2
Ⓑ	5,784.8	74.5	20.6	5,689.7	99.6	24	238	0.36
Ⓒ	3,043	145	62	2,837	97.9	32	91	2.1

(※) システムの構成

- Ⓐ 計算機本体 1 台、磁気テープ装置 9 台、タイプライタ 1 台、カード読取さん孔装置 1 台
- Ⓑ 計算機本体 1 台、磁気テープ装置 1 台、ラインプリンタ 1 台、カード読取さん孔装置 1 台
- Ⓒ 計算機本体 1 台、磁気テープ装置 3 台、ラインプリンタ 1 台、紙テープリーダー 1 台、紙テープパンチ 1 台、コンソールタイプライタ 1 台、プロッタ 1 台

表5.2 機器別の信頼性

機 器 別	システム名 (表5.1参照)	台 数 ①	動作時間 (hr) (稼動時間+ダウン時間) ②	総故障件数 ③	機 器 別 MTBF (hr)	
					① × ②	③
計 算 機 本 体	Ⓐ	1	5,471.2	6	912	
	Ⓑ	1	5,710.3	1	5,710	
	Ⓒ	1	2,899	8	362	
磁 気 テ ー プ 装 置	Ⓐ	9	5,471.2	30	1,642	
	Ⓑ	1	5,710.3	2	2,855	
	Ⓒ	3	2,899	8	1,087	
ラ イ ン プ リ ン タ	Ⓐ	1	5,710.3	11	519	
	Ⓒ	1	2,899	6	483	
タ イ プ ラ イ タ ー	Ⓐ	1	5,471.2	3	1,824	
カ ー ド 読 取	Ⓐ	1	5,471.2	15	365	
さ ん 孔 装 置	Ⓑ	1	5,710.3	12	476	
紙 テ ー プ リ ー ダ	Ⓒ	1	2,899	6	483	
紙 テ ー プ パ ン チ	Ⓒ	1	400	1	400	
プ ロ ッ タ	Ⓒ	1	500	0	500	
コ ン ソ ー ル タ イ プ ラ イ タ	Ⓒ	1	2,899	3	966	

(b) 文 献 調 査

表5.3 (信-19) はフィールドデータより算出した各機器毎のMTBFの例であり、表5.4 (信-19) はリアルタイム用コンピュータシステムの信頼度予測例である。

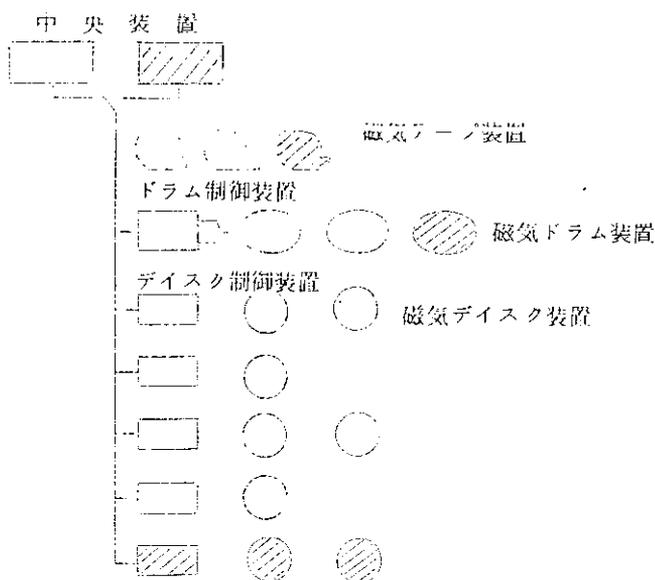
表5.3 機器別 MTBF

装 置 名	MTBF (hr)	装 置 名	MTBF (hr)
計 算 機 本 体	106 ~ 234	カ ー ド さ ん 孔 装 置	153 ~ 413
磁 気 テ ー プ 装 置	527 ~ 1,420	紙 テ ー プ 読 取 装 置	1,341 ~ 3,786
高 速 度 印 刷 装 置	137 ~ 312	紙 テ ー プ さ ん 孔 装 置	557 ~ 1,127
カ ー ド 読 取 装 置	185 ~ 235		

表5.4 リアルタイム用コンピュータシステムの信頼度予測例

装 置	台数 n		平 均 修 理 時 間 ϕ (hr)	装 置 1 台 当 り の 故 障 率 λ	(参考) 装 置 1 台 当 り の MTBF (hr) $1/\lambda$	$n^2 \phi \lambda^2$	子 備 機 の 有 る MTBF (hr) $1/n^2 \phi \lambda^2$	(参考) 子 備 機 の な い MTBF (hr)	
	現 用	子 備						$n \lambda$	MTBF
中 央 装 置	1	(1)	1	0.00498	201	24.9×10^{-6}	40,000	0.00498	201
磁 気 テ ー プ 装 置	2	(1)	1	0.00125	800	$6.21 \times "$	160,000	0.00250	400
磁 気 ド ラ ム 制 御 装 置	1	(1)	1	0.00015	7,692	$0.17 \times "$	39,200,000	0.00015	7,692
磁 気 ド ラ ム 装 置	2	(1)	1	0.00100	1,000	$4.0 \times "$	250,000	0.00200	500
磁 気 デ ィ ス ク 制 御 装 置 磁 気 デ ィ ス ク 装 置	4	(1)	1	0.00238	420	$90.7 \times "$	11,000	0.00950	105
シ ス テ ム						123.8569×10^{-6}	8,000	0.01911	52.3

表5.4 システム構成図



(斜線部は予備機を示す)

図5.3、図5.4の数値は1966年頃の調査であり現在はこれよりかなり向上していると考えられる。特にコンピュータ本体については本資料著者によると本表はゲルマニウムトランジスタ使用の場合であり、最近シリコントランジスタを使用しているためこの値の10倍位に信頼度は向上しているとの事である。

表5.5(信-30)、表6(信-30)はVARIABLE INSTRUCTION COMPUTER(VIC)についての構成部品よりの信頼度の予測および冗長性の効果について示したものである。

表5.5 MTBF (故障率 $\times 10^{-6}$)

	故障率 λ (10^{-6})	演算ユニット		制御ユニット		入出力部		高速記憶部		電源		4 K 語 主記憶装置		主記憶装置 PS	
		n	nλ	n	nλ	n	nλ	n	nλ	n	nλ	n	nλ	n	nλ
デジタル回路	0.10	774	77.4	950	95.0	500	50.0	266	26.6			222	22.2		
アナログ回路	0.30							45	13.5			40	12.0		
ハイブリッド回路	0.40							104	41.6			53	21.2		
トランジスタ	0.06							4	0.2	32	1.9	4	0.2	22	1.3
ダイオード	0.03							116	3.5	84	2.5	512	15.4	41	1.2
コンデンサ	0.02			19	0.4	9	0.2	93	1.9	66	1.3	63	1.2	21	0.4
抵抗	0.002							166	0.3	120	0.2	111	0.2	58	0.1
変成器	0.20									9	1.8			8	1.6
半田づけ箇所	5.0×10^{-4}	7,700	3.8	9,500	4.8	5,000	2.5	4,900	2.5	750	0.4	4,600	2.4	350	0.2
ウェルド	2.0×10^{-4}	2,300	0.5	2,800	0.5	1,400	0.3	800	0.2			700	0.1		
捲線接続	4.0×10^{-6}	2,100	0.1	2,400	0.1	1,260	0.1	1,680	0.1	780	-	1,540	0.1	280	-
スタック	1.6							1	1.6			1	1.6		
コネクタ	(0.001/)					70	0.07			20	-	70	0.07	20	-
各ユニットnλ			81.8		100.9		53.3		92.0		8.1		76.7		4.8
MTBF $10^6/n\lambda$ (hr)			12,200		9,910		18,760		10,870		123,500		13,040		20,830

表 5.6 MTBF における冗長性の効果

ユニット		故 障 率 (× 10 ⁶)												
		故障率 nλ(10 ⁶)	単 一 経 路				高速記憶装置、制御レジスタ 中央処理装置電源の 2 重化				左記に加えてスベアの主記憶 装置やその電源を持つ場合			
			4 K 語	8 K 語	16 K 語	32 K 語	4 K 語	8 K 語	16 K 語	32 K 語	4K/8K	8K/12K	16K/20K	32K/36K
中央 処 理 装 置	演 算	81.8	81.8			81.8				81.8				
	制 御	90.9	90.9			90.9				90.9				
	C R と V R	10	10			※				※				
	入 出 力	53.2	53.2			53.2				53.2				
	高 速 記 憶	92.0	92.1			※				※				
	電 源	8.1	8.1			※				※				
全	C P u		33.6	336	336	336	236	236	236	236	236	236	236	
主 記 憶 装 置	4 K 語 + PS	81.9	82			82				※				
	8 K 語 + PS	163.8		164			164				98			
	16 K 語 + PS	327.6			328			328				180		
	32 K 語 + PS	655.2				655			655				347	
全	nλ		418	500	664	991	308	390	554	881	236	334	416	583
MTBF ^{10⁶} / _{nλ} (hr)			2,400	2,000	1,500	1,000	3,200	2,550	1,800	1,100	4,200	3,000	2,400	1,700

※ 冗長性によつて故障率 0 とみなす

以上表 5.1 ~ 表 5.6 の資料で判断するには資料不足と考えられるが大体の目安として

MTBF (hr)	
計算機本体 (16 K 語)	: 1000 ~ 2000
磁気テープ装置	: 1000 ~ 2000
磁気ドラム装置	: 1000 ~ 2000
磁気ディスク装置	: 500 ~ 1500

位でないかと考えられる。

(ii) 計算機本体および周辺機器の故障例について

表 5.7、表 5.8 は電子工業審議会品質調査報告書による昭和 37 年 8 月 ~ 38 年 12 月までの国産機 18 台、外国機 13 台の故障内容を分析したもので、最近はかなり改善されていると思われるが、故障の傾向がわかると考えられる。

表 5.9 (信 - 29) はコンピュータ 2 台における故障部品および故障原因の分析例である。本書の中で「故障部品の 90 % は保守中に発見され、稼動中に発生する故障部品は約 10 % である。故障部品の 60 % はランプ、電子管などの消耗品と機械消耗品でその他は偶発故障とみられるものである。特にトランジスタ、機械部品などはマージン試験などの予防保守によつて故障部品は摘出する必要がある。

故障原因の 80 % は部品不良、電気的接触不良、機械調度不良で、このうち特に接触不良による故障は外部から発見することが困難で、かつ不用意に断続して発生するおそれがあるため結合、接触部品の信頼度は高くなければならない。機械調度不良は主に機械部品の変形、ガタ、騒音、調整ずれなどでいずれも定期点検などにより予防保守が可能である」と記載されている。

表5.7 機器別故障状況分析表

	国産機					外国機				
	台数	延台数 (台/月)	1ヶ月 当り 故障 件数	1ヶ月 当り 故障 時間 (分)	1件当 り 故障時 間(分)	台数	延台数 (台/月)	1ヶ月 当り 故障 件数	1ヶ月 当り 故障時 間 (分)	1件当 り 故障時間 (分)
計 算 機 本 体	17	278	1.87	318	171	3	223	1.68	317	188
紙 テ ー プ 読 取 機	27	403	0.43	33	76	4	47	0.49	72	145
紙 テ ー プ さ ん 孔 機	12	141	0.55	14	26	3	47	0.34	62	182
カ ー ド 読 取 機	5	82	0.99	222	225	8	127	2.78	201	74
カ ー ド さ ん 孔 機	8	65	0.28	51	182	6	62	0.92	104	114
カ ー ド 読 取 さ ん 孔 機	13	191	1.72	221	129	6	134	1.64	243	148
ラ イ ン プ リ ン タ	17	285	1.92	178	93	8	134	1.05	104	99
紙 テ ー プ さ ん 孔 タ イ プ ラ イ タ	32	459	0.23	33	144	4	47	0.29	69	237
磁 気 ド ラ ム	17	253	0.28	62	217	5	80	0.14	37	265
磁 気 デ ィ ス ク	1	8	0.25	4	16	1	9	2.23	405	181
磁 気 テ ー プ 装 置	46	744	0.39	37	95	23	347	0.13	18	139

表5.8 故障原因分析表

故 障 原 因	国 産 機 (%)	外 国 機 (%)
部 品 不 良	29.7	24.1
機 械 調 度 不 良	26.8	24.3
回 路 調 整 不 良	18.3	16.3
電 気 接 触 不 良	14.0	16.4
折 損 と 摩 耗	7.4	16.7
配 線 不 良	3.8	2.2

表5.9 電子計算機の故障内容(2台21ヶ月間)

(a) 故障部品

部 品 名	故 障 数			
	保守中発見	稼動中発見	計	%
ラ ン プ	228	15	243	30.6
電 子 管	179	9	188	23.7
機 械 消 耗 部 品	110		110	13.9
ト ラ ン ジ ス タ	64	26	90	11.3
機 械 部 品	68	8	76	9.6
ヒ ユ ー ズ	15	1	16	2.0
ダ イ オ ード	7	2	9	1.1
リ レ	7	1	8	1.0
ホ ト ダ イ オ ード	3	4	7	0.9
抵 抗	3	1	4	0.5
押 ボ タ ン ス イ ッ チ	3		3	0.4
ト ラ ン ス		1	1	0.1
そ の 他	20	18	38	4.9
計	707	86	793	100.0

(b) 故障原因

区 分	%
部 品 不 良	43.5
電 氣 的 接 触 不 良	20.4
機 械 調 度 不 良	16.9
回 路 調 整 不 良	8.2
配 線 不 良	5.8
折 損 摩 耗	3.2

(iii) プロセス制御システム稼動実績

プロセス制御システムは通常連続運転を要求され高い信頼性が要求されるがそれらはその使用目的により構成要素が多様であり、稼動実績および故障状況も多様で共通した事項を見出すことがむずかしい。ただプロセス制御システムが汎用コンピュータシステムと特に異なる点は

(a) 各種センサおよびプロセス入出力装置に故障が多いこと。

(b) 使用環境が苛酷なため汎用コンピュータシステムに比べ信頼度が低下すること。

等が考えられる。参考として文献に発表されているプロセス制御システムの稼動実績を表5.10に示す。引用文献は下記の通りである。

例1 : (信-38.岩佐)

例2~4 : (信-38.富田)

例5 : (信-38.本間)

例6 : (信-39)

5.2.3 船舶における環境係数の検討

次に汎用コンピュータシステムの信頼度が判つたとして、これを環境の異つた船舶に搭載した場合の信頼度の低下率を検討してみる。

電子部品メーカーに於ては個々の電子部品についてあらゆる環境因子毎に厳しい基準の下に環境試験、ストレス限界試験を行なつてゐる。従つて船舶に搭載するコンピュータシステムの信頼度を求めるに當つてはメーカーに於ける各部品毎の試験結果から、システムの個々のユニット毎にあらゆる部品について信頼度を組み立てて行き、全システムの信頼度を求めれば理論的には正確な値が出るであろう。しかるにコンピュータシステムはぼう大な数の多種多様な部品から構成されていて、これをまとめ上げることは、現時点ではほとんど不可能に近い。

一方D. R. Earles (信-3)により図5.3に示すようなSeverity Factor Kなるものが提唱されている。即ちミサイル、航空機、鉄道、船舶など使用環境に応じて、研究室即ち最良の環境条件に於ける機器、部品(又はシステム)の故障率にこのFactor Kを掛ける。

このFactor はあらゆる環境条件を検討する事により得られたものであるが、その根拠は不明確である。又他の例(信-24)として表5.11 1=4つの資料にみられる環境係数を示したが、これらには二つの欠点がある。その第一は正確に環境条件を示していないことである。例えば航空機に搭載される装置の環境係数はFARADA 138では100と定められている。しかし実際には航空機の型、搭載される位置およびその他の環境条件はそれぞれ異つてゐる。第二に同じ環境条件であつても装置の型による相違が考えられていないことである。表5.12は環境係数の別の例

(信-24)であるが、これでは表5.11における第二の欠点は除かれている。しかしいずれにしても環境条件の取り扱いに大差はない。

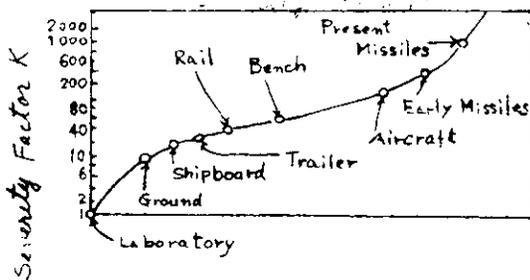


図5.3 環境条件とSeverity Factor

表5.11 環境条件

出典 使用環境	FARADA 138	MIL-STD 756 A	Space Aeronautics Oct. 1964 Page 53	FARADA 98
Computer Lab	1	1	1	
Satellite (in orbit)	1	1		1
Fixed Gnd Equip	10	1	10	1
Shipboard	20	1		2.5
Trailer Mounted Support Equip	25			1.5
Rail Mounted	30			
Aircraft (in flight)	100	6.5	150	2.5
Missile Equip (in flight)	1,000		1,000	10
Missile Nose Cone (in flight)		80		

表 5.10 プロセス制御システム稼働実績例

使用目的およびシステム構成	稼働実績	故障状況および保守体制																																																																																																																																
<p>例1 製鉄所コンピューティング・ログおよび制御用コンピュータ</p> <p>コンピューティング・ログ 4 台 トランジスタ式比較的単純なもの。 設置時期 昭和36年～38年の間 制御用コンピュータ 1 台</p>	<p>(1) 稼働率</p> $\text{稼働率} = \left(1 - \frac{\text{平均故障復旧時間}}{\text{無故障平均時間}} \right) \times 100 (\%)$ <p>コンピューティング・ログ稼働率 99.8% 制御用コンピュータ " 99.2%</p> <p>(2) MTBF</p> <p>コンピューティング・ログ MTBF 約 2,500 時間 制御用コンピュータ " 設置当初の右欄に示す故障が多かつたが後対策を行なう事により 500～700 時間となる。</p>	<p>A 故障状況および対策(制御用コンピュータ)</p> <p>(1) 同種の故障が継続して発生 (2) 故障内容が判然とせず自然に復旧するものが多い (3) 除算、走査、印字など負荷の大きい場合に多い 等より電源ノイズに弱いと判定し対策として磁気ドラムの交換、ユニット回路の変更、チェック回路の新設、冗長性の導入を行なう。</p> <p>B 保守体制</p> <p>(1) 保守体制 : 9 台のログ(内コンピュータ・ログ4台)に対し5名の保守員。 故障修理時間は30分程度、長くて2～3時間位 (2) 今後の方針: 事後保全的面的が強いのでチェックルーチンを設け稼働中でも空時間にチェックを行ない、異常個所を表示することを考慮。</p> <p>C その他問題点</p> <p>(1) 制御に関する数式モデルがむづかしい。 (2) 操業のキーポイントになる情報が得にくい。即ち鉄鋼業では1000～2000℃の高温を取り扱い測定が困難。ガスクロ、赤外線、分析計、X線分析計などに未だしの感がある。</p>																																																																																																																																
<p>例2 セメントプラント用データログ</p> <p>使用開始 昭和38年10月</p> <p>機種概要</p> <p>入力点数 : 45点他に45点予備 走本 : 30秒毎の高速走査(1～5秒) 記憶 : 磁気コア 300語 プログラム : 回路固定方式</p>	<p>システム構成</p>	<p>A 故障統計</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">故障状況</th> <th rowspan="2">件数</th> <th colspan="7">原因</th> <th rowspan="2">その他</th> </tr> <tr> <th>トランジスタ劣化</th> <th>トランジスタ破損</th> <th>タイプ異常</th> <th>パッケージ接触不良</th> <th>操作不良</th> <th>パッケージ劣化</th> <th>電圧変動</th> <th>絶縁不良</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>表示不良</td> <td>2</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>動作不良</td> <td>12</td> <td></td> <td>5</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>スキヤニング停止</td> <td>4</td> <td></td> <td>2</td> <td></td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>パリティ異常</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>バリテイ異常</td> <td>11</td> <td></td> <td>2</td> <td></td> <td>3</td> <td></td> <td>2</td> <td>1</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>演算異常</td> <td>7</td> <td>1</td> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>データ異常</td> <td>2</td> <td></td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>リレ故障</td> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>A/D C異常</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>48</td> <td>2</td> <td>16</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>発信部・検出部故障件数</td> <td>26</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>故障の特徴、原因、対策</p> <ol style="list-style-type: none"> 特徴: トランジスタ劣化、破損によるパリティ異常が多く次に発信部、検出部が多い。 原因: 回路設計上の問題がトランジスタロット不良と考えられるが不明。 対策: 部品交換、一部回路変更 結果: 一応安定。これらの故障は偶発故障でなくいわゆる初期故障と考えられる。 	故障状況	件数	原因							その他	トランジスタ劣化	トランジスタ破損	タイプ異常	パッケージ接触不良	操作不良	パッケージ劣化	電圧変動	絶縁不良	表示不良	2	1							1	動作不良	12		5	3	1	1	1		1	スキヤニング停止	4		2		2				3	パリティ異常	4							1	3	バリテイ異常	11		2		3		2	1	3	演算異常	7	1	5						1	データ異常	2		2							リレ故障	5								5	A/D C異常	1							1		合計	48	2	16	3	6	1	3	2	13	発信部・検出部故障件数	26								
故障状況	件数	原因							その他																																																																																																																									
		トランジスタ劣化	トランジスタ破損	タイプ異常	パッケージ接触不良	操作不良	パッケージ劣化	電圧変動		絶縁不良																																																																																																																								
表示不良	2	1							1																																																																																																																									
動作不良	12		5	3	1	1	1		1																																																																																																																									
スキヤニング停止	4		2		2				3																																																																																																																									
パリティ異常	4							1	3																																																																																																																									
バリテイ異常	11		2		3		2	1	3																																																																																																																									
演算異常	7	1	5						1																																																																																																																									
データ異常	2		2																																																																																																																															
リレ故障	5								5																																																																																																																									
A/D C異常	1							1																																																																																																																										
合計	48	2	16	3	6	1	3	2	13																																																																																																																									
発信部・検出部故障件数	26																																																																																																																																	

表 5.10 プロセス制御システム稼働実績例(続き)

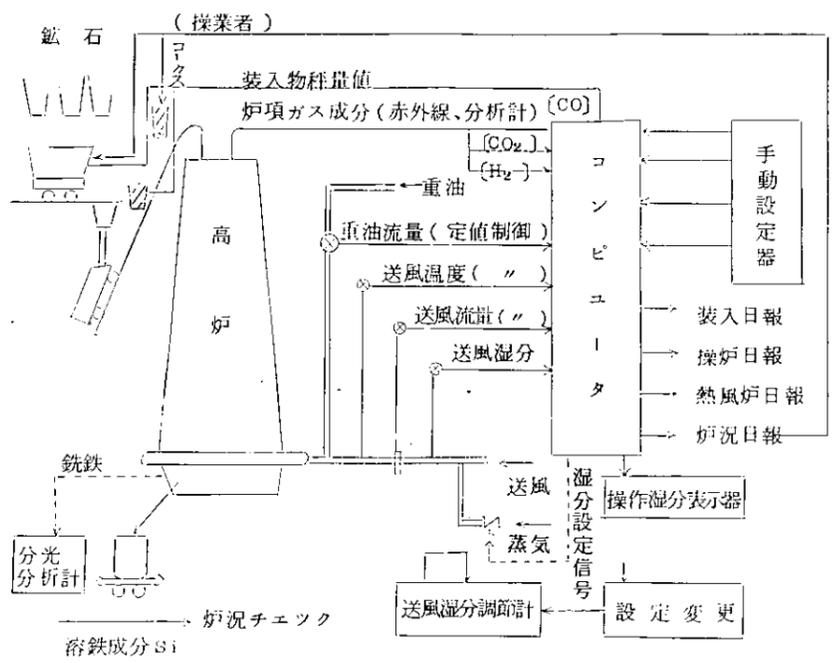
使用目的およびシステム構成	稼働実績	故障状況および保守体制																																																																										
<p>例5 高炉の計算制御</p> <p>計算制御開始：昭和39年 秋</p> <p>機種概要</p> <p>入力点数：アナログ62点、デジタル35点</p> <p>手動45点</p> <p>記憶方式：高速磁気ドラム 7,936語</p> <p>プログラム：内部記憶</p> 	<p>(1) 稼働率</p> $\text{稼働率} = \left(1 - \frac{\text{停止時間}}{\text{稼働時間}} \right) \times 100 = \left(1 - \frac{260}{24,000} \right) \times 100 = 98.9\%$	<p>A 稼働以来5年間の故障状況(16件)</p> <table border="1" data-bbox="1932 321 2801 1212"> <thead> <tr> <th>発年月日</th> <th>故障部位</th> <th>原因</th> <th>停止時間(時分)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>38.10</td> <td>計算部</td> <td>リードアンプゲイン不良</td> <td>19.00</td> </tr> <tr> <td>" 11</td> <td>A/D変換部</td> <td>アンプトランジスタ不良</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>" 11</td> <td>計算部</td> <td>パッケージ接触不良</td> <td>8.00</td> </tr> <tr> <td>" 12</td> <td>"</td> <td>中継端子部接触不良</td> <td>22.00</td> </tr> <tr> <td>39.4</td> <td>前置部</td> <td>水晶時計リミットスイッチ作動不良</td> <td>5.30</td> </tr> <tr> <td>" 5</td> <td>計算部</td> <td>ゲートパッケージ不良</td> <td>6.30</td> </tr> <tr> <td>" 7</td> <td>"</td> <td>走査開始用リレ接点不良</td> <td>2.14</td> </tr> <tr> <td>40.4</td> <td>記憶部</td> <td>ドラム冷却用クーラ不良</td> <td rowspan="2">15.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>計算部</td> <td>パッケージ接点不良</td> </tr> <tr> <td>40.4</td> <td>"</td> <td>クロックパルスの電圧少</td> <td>11.00</td> </tr> <tr> <td>" 7</td> <td>電源部</td> <td>トランジスタ不良</td> <td rowspan="2">43.55</td> </tr> <tr> <td></td> <td>計算部</td> <td>リードアンプゲイン不良</td> </tr> <tr> <td>" 8</td> <td>記憶部</td> <td>ドラム冷却用クーラ不良</td> <td>2.15</td> </tr> <tr> <td>" 12</td> <td>電源部</td> <td>トランジスタ不良、トランス焼損</td> <td>94.00</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>"</td> <td>DC電源配線ブース</td> <td>8.25</td> </tr> <tr> <td>" 8</td> <td>"</td> <td>トランジスタ不良</td> <td>24.00</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td></td> <td></td> <td>262時間49分</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>稼働時間合計</td> <td>約24,000時間</td> </tr> </tbody> </table> <p>B 保守体制</p> <p>(1) 故障内容のうち計算部の故障はメーカー依頼</p> <p>(2) 90%に近い時間が故障発見に費されるので故障部位発見容易なチェック用プログラムのチェック回路の開発が必要。</p> <p>C 設置環境</p> <p>(1) 室温：常時25℃前後に保つ</p> <p>(2) 有害ガスのため基本回路パッケージやリレの接点が腐蝕し、接触不良が多い。</p>	発年月日	故障部位	原因	停止時間(時分)	38.10	計算部	リードアンプゲイン不良	19.00	" 11	A/D変換部	アンプトランジスタ不良	1.00	" 11	計算部	パッケージ接触不良	8.00	" 12	"	中継端子部接触不良	22.00	39.4	前置部	水晶時計リミットスイッチ作動不良	5.30	" 5	計算部	ゲートパッケージ不良	6.30	" 7	"	走査開始用リレ接点不良	2.14	40.4	記憶部	ドラム冷却用クーラ不良	15.00		計算部	パッケージ接点不良	40.4	"	クロックパルスの電圧少	11.00	" 7	電源部	トランジスタ不良	43.55		計算部	リードアンプゲイン不良	" 8	記憶部	ドラム冷却用クーラ不良	2.15	" 12	電源部	トランジスタ不良、トランス焼損	94.00	1	"	DC電源配線ブース	8.25	" 8	"	トランジスタ不良	24.00	合計			262時間49分			稼働時間合計	約24,000時間
発年月日	故障部位	原因	停止時間(時分)																																																																									
38.10	計算部	リードアンプゲイン不良	19.00																																																																									
" 11	A/D変換部	アンプトランジスタ不良	1.00																																																																									
" 11	計算部	パッケージ接触不良	8.00																																																																									
" 12	"	中継端子部接触不良	22.00																																																																									
39.4	前置部	水晶時計リミットスイッチ作動不良	5.30																																																																									
" 5	計算部	ゲートパッケージ不良	6.30																																																																									
" 7	"	走査開始用リレ接点不良	2.14																																																																									
40.4	記憶部	ドラム冷却用クーラ不良	15.00																																																																									
	計算部	パッケージ接点不良																																																																										
40.4	"	クロックパルスの電圧少	11.00																																																																									
" 7	電源部	トランジスタ不良	43.55																																																																									
	計算部	リードアンプゲイン不良																																																																										
" 8	記憶部	ドラム冷却用クーラ不良	2.15																																																																									
" 12	電源部	トランジスタ不良、トランス焼損	94.00																																																																									
1	"	DC電源配線ブース	8.25																																																																									
" 8	"	トランジスタ不良	24.00																																																																									
合計			262時間49分																																																																									
		稼働時間合計	約24,000時間																																																																									

表 5.10 プロセス制御システム稼働実績例(続き)

使用目的およびシステム構成													稼 働 実 績				故 障 状 況 お よ び 保 守 体 制																																																																																				
例6 火力発電所性能モニタ用コンピュータ													(1) コンピュータ稼働率 $\text{コンピュータ稼働率} = \frac{\text{オンライン運転時間}}{\text{オンライン運転時間} + \text{故障のため使用不能時間}}$ ユニットNo.3,4用コンピュータのコンピュータ稼働率: 約98%				▲故障例: 演算やデータ記録を麻ひさせた程度の重故障例 (1) ボードおよびプラグ類接触不良 建設中は人の出入、キャビネットの開閉などが多いため多数発生。																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">発電機ユニットNo.</th> <th colspan="2">機 能</th> <th colspan="2">記憶容量</th> <th colspan="3">入力(点数)</th> <th colspan="2">出力(点数)</th> <th colspan="3">ログ(項目数)</th> <th rowspan="2">計算機運転開始</th> </tr> <tr> <th>走行</th> <th>性能</th> <th>磁気コア(K語)</th> <th>ビフム(K語)</th> <th>アナログ</th> <th>デジタル</th> <th>パルス</th> <th>アナログトレンド</th> <th>警報</th> <th>定時</th> <th>スポットデータ</th> <th>日・旬・月報</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>-</td> <td>48</td> <td>359</td> <td>56</td> <td>8</td> <td>6</td> <td>54</td> <td>115</td> <td>40</td> <td>各27</td> <td rowspan="2">38.12</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>-</td> <td>48</td> <td>348</td> <td>54</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>53</td> <td>115</td> <td>40</td> <td>各27</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>-</td> <td>48</td> <td>354</td> <td>558</td> <td>8</td> <td>6</td> <td>56</td> <td>109</td> <td>40</td> <td>各28</td> <td>40.10</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>-</td> <td>48</td> <td>378</td> <td>689</td> <td>9</td> <td>6</td> <td>50</td> <td>109</td> <td>40</td> <td>各28</td> <td>40.10</td> </tr> </tbody> </table>													発電機ユニットNo.	機 能		記憶容量		入力(点数)			出力(点数)		ログ(項目数)			計算機運転開始	走行	性能	磁気コア(K語)	ビフム(K語)	アナログ	デジタル	パルス	アナログトレンド	警報	定時	スポットデータ	日・旬・月報	3	○	○	-	48	359	56	8	6	54	115	40	各27	38.12	4	○	○	-	48	348	54	7	6	53	115	40	各27	5	○	○	-	48	354	558	8	6	56	109	40	各28	40.10	6	○	○	-	48	378	689	9	6	50	109	40	各28	40.10	(2) M.T.B.F ユニットNo.3,4用コンピュータのMTBF: 約200時間前後 " No.5用 " " : JAN 1968 現在極度に良い実績をあげつつある。				(2) 水銀リレ不良 部品の品質管理が原因であり、対策は予備を保有すること。			
発電機ユニットNo.	機 能		記憶容量		入力(点数)			出力(点数)		ログ(項目数)				計算機運転開始																																																																																							
	走行	性能	磁気コア(K語)	ビフム(K語)	アナログ	デジタル	パルス	アナログトレンド	警報	定時	スポットデータ	日・旬・月報																																																																																									
3	○	○	-	48	359	56	8	6	54	115	40	各27	38.12																																																																																								
4	○	○	-	48	348	54	7	6	53	115	40	各27																																																																																									
5	○	○	-	48	354	558	8	6	56	109	40	各28	40.10																																																																																								
6	○	○	-	48	378	689	9	6	50	109	40	各28	40.10																																																																																								
註: 発電機ユニットNo.3,4: 2ユニット1コンピュータ " No.5,6: 1 " 1 "													(3) 論理回路電源故障 パワートランジスタの焼損か内容であるが、原因は品質管理不良かまたは電源スパイクであろう。品質、特性の管理が重要であり、予備をもつ要あり。				(4) ドラム駆動用ベルト切断 建設当初のM-4のみの運転中で、エンジンによるバックアップがない時に発生。後備まで含めた安定電源の早期調整の要。																																																																																				
													(5) ドラム・パリティ 空気調整装置の不調などが原因。対策は空調設計の完備、正しいタイミング、マージンの設定等				(6) ストーム・アラーム プログラム未調整によりオンライン=プログラムに傷口が多いため建設中および直後に発生。パリティ故障も一因となる。プログラムの完全デバッキング																																																																																				
													(7) キャビネット温度上昇 建設中のじんあい。				B 保 守 項 目 (1) コンピュータシステムと周辺機器のハードウェア (a) 日常点検対象: 室内温度、ドラムの異音、デジタル時計指示、タイフライタ動作、プリンタ動作など。 (b) 毎週点検: キャビネット内温度、タイフライタおよびプリンタ動作、ジャンクションボックス清掃。ほかに毎日点検項目 (c) 毎月点検: 各種電源(RTD、アナログ発生器用など)、累算器および接点高速走査装置動作、トレンドレコーダ動作、運転員コンソール操作、キャビネット清掃など。ほか毎週点検項目 (d) 毎半年点検: デジタル時計清掃、タイフライタ分解点検、接点出力点検周辺機器テスト(プログラムにより)、A/D変換器調整など。ほかに毎月点検項目 (e) 毎年点検(オーバーホール): ドラムのタイミング・マージン、書き込み電流観測、コマンドのチェック、コンソール内部点検、キャビネット内点検および清掃。ほかに毎半年点検項目 (2) オンラインのプログラム並びに補助プログラムのリストおよびテープ管理、コーディングリスト、入出力データリスト、テープなどの管理が主体である。																																																																																				

表 5.12 環 境 係 数

使 用 環 境	出 典	Hughes 環 境 係 数	Boeing D2-82724-3 Reliability Analysis
Laboratory		0.71 to 0.92*	1
Ground		1	
Satellite (in orbit)			1
Fixed Gnd Equip			3 to 5*
Maneuvering in Space			3 to 20*
Aircraft		2 to 100*	
Missile		5 to 8,000*	150 to 2,000*

* 装置の種類による変化

そこで本報告はより具体的に個々の環境条件をおり込む為L. Haycraft Jr (信-24)の提唱する方法で検討した。以下これについて述べる。

まず装置を次の6種類に分類する。即ち機械装置、電気機械、電気、電子装置、バッテリー、ソリッドステート、兵器である。一方コンピュータシステムは大別してコンピュータ本体と周辺機器に区別することが出来る。そこで前記6分類のうち、電気機械を周辺機器に、電気、電子装置をコンピュータ本体に該当させることとした。又環境条件としては4.1で温度、気圧、湿度、イオン、放射能、振動、加速度、衝撃、騒音等の許容値が調べられているが、ここでは上記のうちイオン、放射能、騒音を除く6因子を考慮した。表5.13(a)はL Haycraft Jrが提唱する環境係数表である。

それは環境条件を装置のおのおのについて

- (i) 装置の信頼性に何らかの影響が出はじめると考えられる点
- (ii) ほとんどすべての装置がこの環境下では故障してしまうと考えられる点

この二点を推定する、そのおのおのの点に0および100の値を与えその間を環境条件の苛酷さに比例して1~4の間値を置く。(この表の完成に費やされた時間は22億コンポーネント・アワーに相当すると言われる)

この与えられた表に4.1で調査した船舶の環境条件の値を入れて環境係数とする。

以上から結論として船用としての故障率は一例として陸上に於ける故障率に対してコンピュータ本体では1.5倍、周辺機では2.6倍程度になる。ただし、使用した環境条件値は4.1に示した設置環境における値であり、この環境(例えば空調性能)を改良することでも故障率増加は或程度防げる事に注意すべきである。

表 5.13

L. Baycraft の環境係数表				環境係数(注)参照		(参考) IBM1800の設備計画に関する要求値
環境条件	環境値	係 数		船 舶 の 環 境 条 件 値	電 気 機 械	
		電 気 機 械	雷 気 ・ 電 子 装 置			
温 度 (° C)	10 ~ 25 - 10 ~ 50 - 50 ~ 75 - 60 ~ 100 < - 60 > 100	1 4 8 16△ *	1 2 4 8 25△	15 ~ 30 (空調室を前提)	1.6 / 1 2/1	運転時/停止時、各装置を通じての最 厳条件 15.6 ~ 32.2 °C
湿 度 (%)	20 ~ 60 5 ~ 100 ~ 5 シール有 無 シール有 無	0 1 4 0 1	0 1 1 0 0	20 ~ 70	1.0 / 0 0.3/0	温度と同じ条件で 20 ~ 80 %
圧 力 (mmHg)	585 ~ 795 10 ~ 585 ~ 10 シール有 無 シール有 無	0 0.5 * 1 10	0 0.5 0.5 1 1	727.7(970mb) / 787.7(1050mb)	0 / 0 0/0	
振 動 (G RMS) 10~2,000 1/s	0 ~ 5 5 ~ 15 15 ~ 30 30 ~ 40 40 ~	0 3 10 75△ *	0 1 4 10△ *	0.1	0 / 0 0/0	○ 5 秒以上継続 f < 14% ... A ≤ 0.089 or 0.254 mm f ≥ 14% ... G ≤ 0.07 or 0.1 G ○ 5 秒未満 f < 7% ... A ≤ 0.89 or 2.54 mm f ≥ 7% ... G ≤ 0.18 or 0.25 G 注 0 = 0.0103Af² ; 実効値 or ピーク値
加 速 度 (G)	~ 10 10 ~ 50 50 ~	0 6 10	0 2 4	0.7 (動揺による加 速をこれに入れ る。)	0 / 0 0/0	
衝 撃 (G)	~ 50 50 ~ 500 500 ~	0 10△ *	0 4△ *	2.0	0 / 0 0/0	
(電 源)						電圧変動 + 10% ~ - 8% 周波数 ± 0.5%
全 体					2.6 / 1.5	

(a)

(b) → (c)

注) 使用環境/データ源係数

5.2.4 船用コンピュータシステムの信頼性について

(i) システムの信頼性

船用コンピュータシステムはその使用目的から複数システムを抜く可能性が大きく、コンピュータ本体、各種周辺機器および各種センサ、アクチュエータ等複数の機器より構成される。これまで述べた如くコンピュータ本体および周辺機器の信頼性はある程度迄推定可能であるが、これらセンサ、アクチュエータの信頼性を推定する事は非常に困難である。またこれら構成機器にそれぞれ高い信頼性を要求することは勿論であるが、故障皆無を期待する事は不可能である。そのため何らかのバックアップ体制を考慮するのみならず、故障発生に対処し得る保守能力をも持つべきである。

(ii) コンピュータ本体の信頼性

システムの信頼性を考慮する場合構成機器には重要度の順位があり、コンピュータ本体および補助記憶装置の信頼度は他のものに比べ高いことが要求される。前述せる如くコンピュータ本体のMTBFは1000～2000時間と考えられるが、それに船舶の環境係数試算値1.5を考えるとその値は650～1300時間位になると考えられる。この値は船用コンピュータシステムに要求される信頼性を充分満足するとはいい難く、コンピューターに何らかの冗長性を採用する等して現状より更に信頼性をもたすべきである。その具体的方法についてはコンピュータ本体および補助記憶装置を二重系とする場合、コンピュータ本体のみ2重系とする場合、また単にコンピュータ本体を構成するユニットのうちいくつかを二重系にする等種々の方法が考えられる。それらはシステムに要求される信頼性および経済性の目標値より決定されるべきもので、今後の検討課題である。

(iii) 信頼性について考慮すべき一般的事項(コンピュータシステムとその設置環境に関し)

- (a) 突然の停電が起ると記憶装置に貯えられているプログラムおよびデータ等を破壊することが考えられるので無停電装置を備え電源対策を十分にすること。また供給電源が許容範囲を超える時は定電圧、定周波数装置を備えて許容範囲内に取めること。又電源ノイズおよび高周波ノイズが発生しないよう十分な対策を考えること。
- (b) 磁気ドラム、磁気ディスクをはじめ精密な機械部品を持つ機器については船舶の環境条件に示された振動、横揺れ、縦揺れおよび衝撃等の船体運動に十分耐え得るよう考慮すること。
- (c) 電気的接触部、機械部品および各種センサは空気中の塩分および其の他の腐蝕要因について腐蝕に対する十分な考慮を払うこと。
- (d) コンピュータの構成部品であるトランジスタはその長寿命化をはかるためにトランジスタの接合部温度を低くすることを要求しているのでコンピュータ室の空調状態(温度、湿度)は極力許容範囲に取めるべきこと。
- (e) 保守および点検箇所を出来るだけ少くし、簡略化し保守点検の容易を計ること。
- (f) 故障発生に際しては故障診断および故障処理プログラムを完備し、故障箇所の早期発見および処理を容易にすること。又故障しやすい部品については十分な予備品を持たせること。
- (g) 定期保守の時期および内容を定め、その時期には必ず寄港し保守を受けること。

5.2.5 む す び

信頼性の調査には多くの実績データの解析が必要であるが、公表されているものは極めて少ない。特にプロセス制御システムについては実績データが少なく今後共この種の調査が必要と考えられる。一方コンピュータについても今後集積回路等が採用され、超小形化による接点数の激減、温度上昇の緩和、接合技術の改善、冗長方式の採用、診断プログラムの活用などにより故障が少くかつ保守が容易となり、コンピュータMTBFは急速に増すものとみられる。信頼性の検討に当つても常にこの事に留意しなければならない。

5.3 経済性の検討

5.3.1 経済性について

(i) プロセス工業におけるコンピュータシステムの経済性

すでにのべたように経済性はコンピュータシステム導入時の要点とされ、特にプロセス工業では導入計画時の予測のみならず導入後のフォローも突っ込んで検討されている。5.3.2表5.16 化学、石油、鉄鋼、電力、製紙、セメント、パイプライン等各工業の特性に応じて導入目的を設定しそれに対応する利益を推算しているが、比較的把握しやすい生産量の増加が企業利益の大きいパーセントを占めているこれら諸工業にあつても利益の推算や効果の判定には困難があるように見られる。

またコンピュータシステムの導入が経済性からのみ決められない場合も多い。これには同種他会社に対する防衛的意味、経験の蓄積の意味等種々あるが、少なくともコンピュータシステムの導入を正当化し得る対象プロセスとして次のようなものが一般にあげられている。

- (a) 規模が大きいこと。
- (b) 外乱が多いこと。
- (c) 複雑なこと。
- (d) 労使双方にとりその使用が好ましいこと。
- (e) オンラインの品質測定器がないとき。

そのほかむしろ導入の為の前提条件と言うべきものに

- (f) プロセスの知識が十分なこと。
- (g) プロセスの設備が十分なこと。
- (h) 十分使いこなせる技術があること。
- (i) 重要性が将来も持続すること。

などがある。

「経済性を評価する場合は一般に投下資本に対する見返り利益を出して両者の比較で判断することが多い。その指数としては必要年費用、利益指数、等種々あるが何れも類似のものであり、一例としてプロセス工業で使われる投下資本回収率を用いて示せば次の如くである。(単位 金額/年)(経-4)。

NS : 純販売価格	PAT : 課税後利益
STA : 販売間接費(販売、技術、管理)	FL : 固定投資額
MCS : 製造原価	PO : 償却期間
RM : 材料費	FCC : 固定加工費
CC : 加工費	VCC : 変動 "
D : 減価償却費	TR : PBTに対する税率
PBT : 課税前利益	

$$PO = \frac{FI}{PAT + D}$$

$$PAT = TR \times PBT$$

$$PBT = NS - STA - MCS - D$$

$$MCS = RM + CC = (RM + VCC) + FCC$$

$$CC = FCC + VCC$$

上式で償却期間POがコンピュータシステム導入によりどの位の値をとるかを検討するのである(5.3.2表5.20)。コンピュータシステム導入により変化が予想されるFL、D、NS、STAおよびECSのうちのとくに変動分(RM+VCC)等を推定せねばならないが、利益の推定が特にむづかしい。単に利益が生産量でおきかえうると見てもその増加がコンピュータシステム導入に何パーセント負つて居り、同時に実施される事の多いシステム変更や計器、機器の変更に何パーセント負つて居るかを分離する事は困難である。これら生産量増加の予測については、現行平均実績と推定理想値または実績最良値とから内挿するやり方、全システムをモデルでシミュレートするやり方、プラントテストの方法、等が考えられるが実行可能性と精度との兼ね合いとなる。この種企業においても生産量増加等の他に把握出来ない間接的利益が多くこれらは定量的評価の対象から除かれる事が多い。また固定投資は対象別に分ければコンピュータシステムの使用、計測器の使用、設備費用、計画用人員費等に分けて推定せねばならない(経-14他)

(ii) 船舶におけるコンピュータシステムの経済性

上記は一般のプロセス工業におけるコンピュータシステムの経済性検討の要点であつたが船舶におけるコンピュータシステムにあつては検討すべき問題点と困難は更に倍増する。以下それに触れて見る。

- ㉑ 固定投資の推定、船舶へのコンピュータシステムの導入においては特に関連要素が広範囲にわたり、多いこと、システム(場合によつては作業方式)の革新が伴ふことが多いこと、複数システムになること、前例が稀なこと、等が重なり固定投資額を左右する要素のうち不確定分が極めて多くなる。

例えば、システム決定前において

- (a) 現存船舶の改造か新しい超自動化船か?
- (b) 自動化の程度(各システムにつき現行方式又はアナログ、データロギング方式との混合度)?
- (c) 自動化システムの規模(船上設備のみか陸上設備や航海衛星設備等も関連するか、またはオフラインの計算もさせるか等)?
- (d) 信頼性と経済性の折合いをどこにとるか(乗組員のレベルは)?
- (e) 実現時点の経済条件は(コンピュータ等の機器の開発が相対的に速いこと)?
- (f) 現在の慣行や法規の変更を含むものはどう実現方を考えるか(乗組員の業務拡大など)?

等々の条件を決めるかまたはあり得る場合について検討して置かねばならない。(例えば 経-12)

さらにシステムが決定した後でも前述の一般のプロセス工業におけると同様、対象別4種の費用を推定せねばならない。

- (a) コンピュータシステムの費用(コンピュータと周辺装置、諸ディスプレイ装置)
- (b) 計測器の費用(諸計器、センサとアクチユエータ)
- (c) 設備費用(諸計器、コンピュータ室等の船上設備および要すれば関連陸上設備、航海衛星設備)
- (d) 計画用人員費(システムおよび機器開発費、プログラム費、テスト費、要員教育費等々)

これらには新規開発の要素が多く含まれているので各項目の推定は極めて困難であり、せいせい現時点でのコンピュータおよび周辺装置関係費用の推定が或程度可能であり、参考にもなるであろう。

- ㉒ 考えられる利益：次に船舶へのコンピュータシステムの導入利益と思われるものを挙げて見ると、プロセス工業におけるとは多少異なり

- (a) 時間短縮による生産性向上：これは各プロセスの最適手法が用いられ対象は航法、機関運転、荷役作業(例えばポンピング)等が考えられる。一般プロセス工業ではこれが導入の主眼となつている。
- (b) 経費節減による生産性向上：狭義に考えて燃費最小の航法や機関運転制御等が考えられる。これも一般プロセス工業では重視される。
- (c) 省力化：これも生産性向上の一環であるか単純作業を極力機械化するという独自の目的もあり、将来の労働

事情を考えると船舶においても特に重視すべきものである。主として自動制御や自動記録の手法が用いられ、対象は広く航法；甲板部諸作業（繫留、接岸、狭水域航行、荷役、其他）、機関室運転等における。ただしこれを実現するには乗組員の業務拡大変更等、現慣行や法規との関係を解決せねばならない。

- (d) 安全性向上：自動制御、自動監視（緊急対策を含む）の手法により衝突坐礁予防、機関室運転監視、船内異常検知（火災、外力による外力など）、貨物の状態や荷役作業のチェーンク等々に広く適用される。(d)と共に今後船舶で重視されるべき項目であろう。陸上でも、電力会社における火力発電自動制御システムなどではコンピュータシステム導入の主要利益の一つに安全性向上をあげて定量的把握を試みている。

そのほかやや間接的な利益として

- (e) 機会損失減少：船用の行動の戦略的最適化など
(f) 品質・精度向上：(a)～(d)に付随的なものでプロセス工業におけるほど船舶では独立して重視されることは少ないであろう。
(g) 信用増大：(e)にも関係するが将来保険料の減額などの直接利益を生む事も考えられよう。
(h) 作業環境改善：危険、不快作業の機械化
(i) 逆に損失としてコンピュータシステムの故障の及ぼす影響がクローズアップされることになるがこれはシステム信頼度の向上（他のバックアップシステムの完備など）で充分補なつて置かねばならない。

これらのうち(b)～(c)はまたオフ・ラインのコンピュータ使用によつてももたらされ得るものである。

以上を通じて船舶へのコンピュータシステム導入利益は（各システムによる差異はあるが）今後の省力化と(d)安全性向上とが主体になるものと考えられる（例経-24）。この両項の定量的推定は、自明のごとく未知の不確定要素を多く含んでいるので、対象システムとその使用条件が確定してから考えざるを得ない。

以上本項においては船舶におけるコンピュータシステム導入の経済性検討の問題点を指摘するにとどまつた。一方本研究部会におけるコンピュータシステムの採択は経済性とは別の見地からなされ、経済性は決定したシステムについての清算計算の意味またはシステム内での代替等検討用程度の意味が主になるであろうと思われる。

基本的考察は本項だけにとどめ、他に一般の企業におけるコンピュータシステム導入の採算性についての資料およびコンピュータシステム関係の基礎コスト資料を蒐集整理することとした。

5.3.2 経済性データ

コンピュータ制御システム導入を図る為には経時的、技術的評価を正当化することが必要である。

一般プロセスへのコンピュータ導入の経済的成果は種々発表され（経-20、経-23等）効果的な結果を得ているのが多い様であるが、各種企業における多面的な目的、目標、相互関連的な評価から成果を定量的に把握することは一般に困難であり、またユーザ間の競合的な立場から発表を控えているとも思われるので、本研究部会の実用に供し得るデータは仲々得難い。

43年度は諸種資料の中から各種企業におけるコンピュータ制御への投資や利益の規模およびコンピュータシステムのコスト把握の為の基礎データを主に調査し今後の参考に供することとした。

(1) 各種プロセスにおけるコンピュータ制御の経済性

T. J. Williams（経-2）はプロセス系にデジタルコンピュータを使用した時のプラントの全投資額に対するその設置費とプラント投資回収率について償却年数を変えて経済性を述べている。

- (a) コンピュータをモニタのみに使い1年ないし3年で償却すると仮定した場合のプラント投資額に対するコンピュータの許容設置費の関係を図5.4に示す。
(b) プラントの全投資額に対するコンピュータ許容設置費の範囲について年率回収0.5～6.0%としてコンピュータ1年償却の時を図5.5に2年償却の時を図5.6に示す。

(c) プラント投資回収率によるコンピュータ設置可否の程度区分を 30 万ドルのコンピュータで 2 年償却とした場合に図 5.7、3 万ドルのコンピュータで 3 年償却した場合に図 5.8 で示す。

これ等の図よりプラント規模の大きい場合並びに新設のプラントにおいてコンピュータ制御の経済性が認められている。

T. M. Stout (経-17) は制御用コンピュータ設置に対し適応プロセスの装置規模について表 5. 14 にまとめている。これは経済的条件や現場実験の収量を基として計算している。又 T. O. Elliot & D. R. Longmire (経-4) は化学プラントにおけるコンピュータ制御の適用で投資に対する償却期間で経済性を評価し表 5. 15 に示している。

プロセス制御におけるコンピュータの適用とその利益について T. M. Stout (経-20) は各産業界 (化学、石油、鉄鋼、電力、製紙、セメントおよびパイプライン等) で実施した実験をもとにして述べている。これの代表的な企業と適用機種および利益を表 5. 16 にまとめる。

なお電力会社におけるコンピュータ設置に対し採算できる適応出力規模として W. J. Burdick & T. J. Glass (経-6) が発表した結果を図 5.9 に示す。

内田 (経-21) は (経-6) より日本における人件費を米国の $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{6}$ とし米国の約 175 MW より大きい 300 MW で採算が合うと報告している。

米国の電力会社におけるコンピュータ制御への期待利益として Little gypay 社で表 5. 17 を Public Service Electric and Gas 社で表 5. 18 を提示している。また米国の電力会社における制御用コンピュータの導入主目的の調査結果は表 5. 19 の如くである。

いずれも期待利益のうち突発的な事故による損害の減少に対して 20 ~ 30 % の評価がなされている。

米国 S. R. L の 1966 年の調査 (経-22) によれば、化学、石油、鉄鋼、パルプおよび電力各工業の各種プロセスプラントの 1955 ~ 1965 年における制御装置価額とプラント装置価格との需要比率は図 5. 10 の如くである。これによれば石油、化学、鉄鋼、パルプにおける延びが著しい。またプロセス制御工業の 1965 年と 1970 年における制御装置の需要傾向推移予想を表 5. 20 に示す。

(II) コンピュータ制御に関する費用

コンピュータ制御の経済性は、要する費用と得られる利益を実際に検討し評価されるが、そのうち具体的な費用はプロセスの相違、規模、目的、制御方式、入出力数、コンピュータ能力、保守、環境条件等々で異なる。従つてコンピュータ制御に関する費用として発表された関連文献を紹介する。

(a) Emanuel S. Savas (経-14) はコンピュータ制御に要する費用をコンピュータシステム自体の費用、計測器の費用、設置に要する費用、および計画に要する人件費の 4 項目に分類し、その大体の費用を見積り、推定値として表 5. 21 を示している。但し人件費は通常の技術経費として特別出費と見なされたり又計画のための一時的な経費として処理されたり或いは外部の会社または社内の他の事業部へ支払われることもあるので表より除外してある。

(b) T. M. Stout (経-17) は中規模プロセスコンピュータシステムによる費用の内訳として表 5. 22 を示している。コンピュータ本体および入力装置の費用は技術プログラムおよびサービスの費用と大体同額である。

(c) T. M. Stout (経-19) はプロセス制御システムにおける空気式と電気式制御器の費用の比較を行ない表 5. 25 に示している。

実際には送信器の型式 (流量、圧力、温度等)、計器、記録計の数や信号伝送用の導線の長さ型式、制御弁の型式その他多くの要因によつて価格は変つてくる。この表の機器、価格の大部分は RDC 制御系において送信路の要不要、信号伝送方法の同異、制御弁の種類などはあまり変わらないと言っている。

(d) R. D. C 制御におけるデジタル制御、入出力関係、コンソール等のループ数に対するコストの関係を図 5.

11に示す(経-21、福本)。

1964年IEEE主催の第2回D.D.Cについての討論会で要求される機能上、次の2つのtypeが設定された。
type I: 現在のアナログ、制御器をそのままデジタルに置き換えたもので最大100ループ、1ループ当りの価格が600~700\$である。

type II: 小型で高速であり高信頼性のハード・プログラム方式のコンピュータをもつもので価格はループ当り700~1000\$であり、150ループ以上の制御が可能であることが要求されている。

(e) 制御システムにおける信頼性を向上するために冗長度を持たせば良いがコストが増加するのでシステムとして最適な値を求めねばならない。図5.12に或るシステムにおける信頼性とコストに対する奨励域を示す。また信頼性とコストの関係を示す図5.13(信-20)に於て、サービス、コストとイニシャルコストの和を全コストCとする。

Cを最小にする信頼度設計は最適値Aであるが点線の等高線で示したパラッキにより、それが最大許容費用を越える事があり得るのでむしろパラッキの少ないB点を選ぶ必要があると述べている。

(f) David mayne は、記憶装置について磁心、薄膜、L.S.Iの各種記憶装置の開発を考慮したbit当りの価格推定を図5.14に示している(経-30)。

磁心記憶装置の磁心面について、その価格を左右するのは磁心材料費と編む工賃および検査等の労賃である。現在の3線2 1/2方式では編んで検査した後で1bit当り1/2セント、駆動回路で1bit当り約1/2セント読み出し回路でbit当り1/4セント、周辺の電子回路と筐体で全体として1bit当り約3セントとなる。

磁性薄膜記憶装置は磁心よりスイッチ時間が10倍も速くまた非破壊流出ができるが未だ技術的問題がある。価格は最終的に磁心の半分、1bit当り約1.5セント位だろう。

L.S.Iは現在では約500個の能動素子からなる100bitのMOSレジスタで50\$即ちbit当り50セントである。歩留りが向上して能力が10倍となると1個5\$となりbit当り1/2セントとなり磁心や薄膜より廉価となると推定される。

(g) 制御用コンピュータのコストはコンピュータに接続される入出力信号の数とそのシステムの計算能力に支配される。付録1に於て国内外(主に国内)の制御用コンピュータの性能、価格のアンケートを取つているので参照されたい。なお、外国の制御用コンピュータの性能、価格についてDDCに関する海外調査報告書(経-32)が発表されている。また周辺機器の価格について日本の電子計算機(経-26)に日本各社の周辺機器の賃貸料金が記載されているので参照されたい。

(ii) コンピュータの能力とコスト

コンピュータの能力は年々向上し第三世代のコンピュータの発表によりさらに進歩している。一方コストについては能力との兼ね合いでコスト、パフォーマンスとして考えねばならない。

K.E.Knight(経-27)が発表した1962~1967年間の95種の科学用、事務用米国各種コンピュータの能力の発展推移を回帰分析して比較した例を示す。

ここで1秒間に実行される標準の命令数で示される演算能力をP(命令数/秒)とし、機器価格1\$当りのシステムの命令実行時間で表わされる機器のコストをC(秒/レンタル・ドル)とすれば適用されるコスト方程式は

$$\ln(C) = a_0 + a_1 \ln(P) + B_1 S_1 + B_2 S_2 + B_3 S_3 + B_4 S_4$$

但しaと各Bは最小二乗法で決定される回帰係数、 S_1 、 S_2 、 S_3 および S_4 は考慮された各年のダミー変数(1962年を基準)とする。

(a) 以上の結果から1962~1966年に発表された米国製コンピュータの科学用、事務用のP(演算能力)およびC(機器のコスト)について表5.24と図5.15に示す。

一般にコンピュータの演算能力はグロシエの法則(価格が2倍になると演算能力は4倍になる)と云われていた

が、今回の回帰方程式の結果では科学用として能力は価格の3.1乗となりグロッセの法則より大きな値をとっている。

(b) 科学用コンピュータの平均的能力の進歩の例としてコストを一定とした時の1965～1966年における技術曲線(コスト、パフォーマンス)の年間平均推移として図5.16に示す。これより一定の価額に対し毎年約115%の能力増加が見られる。

(c) 1952～1962のコンピュータについて今回と同様な計算方法で前回発表した技術曲線勾配と今回の勾配は図5.17の如き関係になり、コスト、パフォーマンスは向上している。

IV) 経済性評価の試算式

コンピュータ制御による経済性は前述の如く目的達成による直接利益と間接利益および投資される費用の差で評価されるが、この両者の比を最大にすることが企業として常時追求されている。

利益と費用の算定において間接的な、他に及ぼす波及効果価値とかその他不確定要素による価値および償却後の残存価値等によりこれ等は定量的な把握が困難であるので統計確率的に求められねばならない。

現状ではコンピュータ導入後の評価および試算に関する文献はほとんど発表されておらずT. Q. Eliot & D. R. Longmire(経-4)およびE. J. Burdick & T. J. Glass(経-6、経-23)の発表がある位である。

(a) Longmire - Eliotの試算式(経-4、経-23)

$$Y = \frac{a}{\{P + (1-k) \cdot [S - C - (m + V + P)]\}}$$

y: 償却年数	S: 純売価
a: 固定費	C: 販売管理などの間接費
P: 償却費	m: 原料費
k: 税率	V: 運転費

(b) 発電所における試算式(経-23)

$$y = \frac{\{(C + I + S) - i\}}{\{(V + \gamma + r)z + m\}}$$

y: 償却年数	i: 計装費減少額
V: 大事故減少による節約費率(100万円/MW)	m: 人件費減少額
v: 小事故減少による節約費率(100万円/MW)	C: コンピュータシステム価格
r: 燃料節約費率	I: その他の一般計装費
z: 発電機出力(単位MW)	S: ソフトウェア開発システム設計費

(c) コンピュータ制御システム購入限界費の試算式(経-23)

$$C = \frac{x}{100} \cdot \left(\frac{z(1-x^n)}{1-x} \right)$$

C: 許容されるコンピュータシステム価格
x: 対象プラント建設費
z: プラント償却百分率(年)
n: 償却年数

表 5.14 プロセス制御用コンピュータ設置における経済的な考察

業 種	プ ロ セ ス	1 単 位 当 り の 製 品 の 価 値 と 費 用		コンピュータシステムに 対する最小プラント規模
		製 品 価 値	原 料 費	
化 学	エ チ レ ン ア ン モ ニ ア B ー S コ ム エ チ レ ン、オ キ サイ ド 塩 化 ビ ニ ル	4 ~ 5 セント/ポンド	1 ~ 2 セント/ポンド	600,000 ポンド/日
		70 ~ 90 ドル/トン	10 ~ 20 ドル/トン	300 トン/日
		15 ~ 18 セント/ポンド	8 ~ 10 セント/ポンド	20,000 ポンド/日
		12 ~ 15 " "	5 ~ 6 " "	200,000 " "
		8 " "	4 ~ 5 " "	400,000 " "
石 油 精 製	粗 蒸 留 接 触 分 能 添 水	3 ~ 4 ドル/バレル	2 ~ 3 ドル/バレル	60,000 ドル/バレル
		4 " "	3 ドル/バレル	40,000 " "
製 鉄 鋼	熱 風 炉 酸 素 製 鋼 ホツト・ストリップ・ミル	60 ~ 65 ドル/トン	35 ~ 40 ドル/トン	1,000 トン/日
		75 ~ 80 " "	50 ~ 70 " "	3,000 " "
		105 ~ 106 " "	80 ~ 90 " "	7,000 " "
セ メ ン ト	ロータリー・キルン	3 ~ 4 ドル/バレル	1 ~ 2 ドル/バレル	6,000 トン/日
紙 パ ル プ	連 続 蒸 解 プ リ ー チ ング 紙 す き 機	115 ~ 130 ドル/トン	30 ~ 40 ドル/トン	200 トン/日
		140 ~ 160 " "	50 ~ 60 " "	150 " "
		400 " "	200 " "	75 " "
		200 " "	125 " "	200 " "
発 電	火力発電	1セント/KWh	0.4 セント/KWh	200 MW

表 5.15 コンピュータ制御の経済性

	アンモニア	エチレン	アセチレン	ブタジエン	ハイドロジェン	エチルベンゼン
生産量	525 トン/H	41 M M b	100 M M b	23 M M b	60 M M b	
固定資本投資額	\$ 22,900 M	\$ 12,000 M	\$ 18,000 M	\$ 1,830 M	\$ 1,040 M	
償却期間 (年)	4	2.5	5	5	3	
原料費	\$ 1,220 M	\$ 1,890 M	\$ 2,610 M	\$ 932 M	\$ 2,135 M	
移転費	3,807 M	3,607 M	1,660 M	5,654 M	516 M	
販売技術経営費	117 M	300 M	50 M	220 M	25 M
利益	8,730 M	8,260 M	2,570 M	5,170 M	525 M	565 M
販売価格	13,874 M	14,857 M	4,632 M	13,204 M	1,935 M	3,216 M
販売価格/単位生産量	\$ 75/トン	\$ 0.047/b	\$ 0.113/b	\$ 0.132/b	\$ 0.084/b	\$ 0.054/b
固定資本増分	\$ 250,000	\$ 250,000	\$ 250,000	\$ 250,000	\$ 250,000	\$ 250,000
節約額	47,500	236,000	23,700	202,000	24,000	8,700
減価増分	25,800	38,200	19,700	37,800	19,700	18,500
課税後利益増分	10,400	95,000	1,920	79,000	3,310	- 4,700
償却期間 (年)	7	1.9	11.5	2.1	11	18
生産量増分	18.4t/H	10.5 M M b	1.44 M M b	3.5 M M b	0.8 M M b	2.1 M M b
節約額	\$ 376,000	\$ 694,000	171,600	590,000	\$ 70,800	\$ 40,100
減価増分	41,000	41,600	36,600	41,600	29,900	24,900
課税後利益増分	180,000	313,000	64,800	263,000	20,000	7,300
償却期間 (年)	1.1	0.7	2.5	0.8	5	8

表 5.16 プロセス制御におけるコンピュータの経済性検討

その適用と利益

化 学	石 油	鉄 お よ び 鋼 鉄
<p>1. Monsanto アクリロニトリルの計算システム ○ 3年間で経費の節減が予期していたより15%高い。 ○ 2~3年間にコンピュータシステムが償却された。</p> <p>2. デュポン (1) アクリロニトリル装置 ○ 生産性において6%の向上 ○ コンピュータのコスト、増設計装マンパワーの増員等の費用を十分償つている。 (2) 人絹(セラネーゼのアセチル化装置) ○ プロセス変数の解析制御等にコンピュータが使われ生産性が向上した。</p> <p>3. Good year Tire & Rubber スチレンーブタジエンゴム(SBR) Process lineにアナログコンピュータを導入 ○ 利益は品質の向上と冷却反応装置の使用で3~6%の生産性の増大 ○ 9,000万ポンド/年の規模で利益は3~600万ポンド</p>	<p>1. Sunray DK 85,000 バレル/日の粗蒸留装置 ○ コンピュータは製品の品質を保ち 操作員よりもより正確に指定速度を保つて内部還流計算や熱入力調節を行ない、コーティライコストを減じている。 ○ 主加熱器の厳密な制御によつて100ドル/日の節約</p> <p>2. Standard oil 40,000 バレル/日の液体触媒反応クラッキング装置 ○ 生産量で5%の増収 ○ FCC装置におけるコンピュータシステムの経済性は1,000~8,000ドル/日の利益を上げた</p> <p>3. Texaco 精製プロセス 2,000バレル/日の触媒重合装置 ○ 原料を製品に変換するのに6~10%の増加を達成し触媒コストをも減じた</p> <p>4. American Oil 粗蒸留装置に適用したが、これの結果は未だ発表されていない。</p> <p>5. 1963年14の精製装置を調査した結果7社がコンピュータ制御による利益を認め、3社は認めず、そしてあとの4社はまだ彼等のプログラムを計算している途中である。</p>	<p>鉄や鋼鉄の製造業者はプロセス成績、製品品質、製造コストなどの連続的な改善によつて注目されるべき長い経験を持つている。</p> <p>1. Jones & Langhlin 基本的な酸素鋼鉄製造溶鉄炉のチャージ計算のためアナログコンピュータをすえつけた ○ 主変数(金属温度、化学的分析)に関するデータが与えられコンピュータは全体の熱収支や物質収支が金属のスクラップ、石灰の必要量を決定、指定温度間での熱効率を55%から70%へと増大した。</p> <p>2. 日本鋼管の川崎工場 ○ 最終温度の標準偏差を23.5Fから18Fに減じたこれは熱効率を60%から73%に増加した</p> <p>3. Jones & Langhlin デジタルコンピュータによる溶鉄炉制御 ○ 制御動作を指定温度をカーボン終了点との両方の目的を同時に達成するように使用しその結果熱が26%節約</p> <p>4. Armco steel の Sheffield Division ○ 工場でのコンピュータ制御は厚板や平板ミルが手動操作時のローリングに比べて2.5%の製品の増収をもたらした。</p> <p>5. McElouth Steel ○ ホット・ストリップミルでコンピュータの浪費の減少と時間の縮小により製品を2%増す。これは2年間の操業で300万ドルの代価を拡大に十分なもの</p> <p>6. Great Lake Steel 80インチホットストリップミルに設置 ○ ストリップの厚さや形の一様性を改善し利益は生産量で10%増</p> <p>7. Armco Steel 電気エネルギー消費を監視し30分以内の需要を予測し電気溶鉄炉を高水準を保つよう操作を変化するためコンピュータシステムを設置 ○ システムの評価は平均して16,000ドル/月、多い月には34,000ドル/月を節約した。</p>

電 力	製 紙	セ メ ン ト	パイプライン
<p>過渡機能<Startup and Shut down function>を行なうことのできる能力をそなえたコンピュータシステムが一番価格が高い</p> <p>1. Loasiana Power and Light の Little Gypay Station</p> <p>大きな災害の減少150～300千ドル 不必要な出費のみ 75～225千ドル 燃料経済性の増大 (0.5～0.75%)150～225千ドル マンパアの減少400～500千ドル 主設備維持費の減少100～225千ドル</p>	<p>1. Gulf States paperの35トン/日連続蒸解給に適用</p> <ul style="list-style-type: none"> ○生産量の増大5%、産出高の改善1%、化学薬品の費用の減少、漂白費用の低下(65セント/トン) ○操業2ヶ月後に年250,000ドルの節約と予言 	<p>原料の混合や窯の制御にデジタルコンピュータシステムを設置している</p> <p>1. ReversideセメントのDro Grandeのプラント</p> <ul style="list-style-type: none"> ○クリンカーフリー石灰の変動性を約75%減じ、生産を15%増大し燃料コストを4%程度下げ窯の限界寿命を倍にした。 	<p>天然ガスや液体製品のパイプラインに備えつけられてきた。</p> <p>1. Trans-Canada Pipe Line 会社</p> <p>2. 200マイル天然ガスパイプラインの、周期的なシミュレーションをコンピュータを用いて行なっている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○予備的調査では、生産高5～20百万立方フィート/日で燃料消費は100百万立方フィート/日の普通の条件から2～3%減少 ○10セント/1,000平方フィートとするとこれ等の利益は500～2,000ドル/日
<p>総 計 875,000～1,475,000ドル</p> <p>2. Public Service Electric & gas (Newyork)</p> <p>総コストは850,000ドルを342 MW Sewaren 6.5装置コンピュータ制御期待利益</p> <p>突発的な事故による損害の可能性の減少 250,000ドル 低い燃料費(0.75%) 470,000ドル 人件費の節約 395,000ドル 出費の減少 100,000ドル</p>	<p>2. International Paper 漂白プラント400トン/日</p> <ul style="list-style-type: none"> ○化学薬品の費用を14.8%減少蒸気消費を11.6%減少 <p>3. Harding gones 製紙機械19トン/日</p> <ul style="list-style-type: none"> ○機械スピードが15%増し、等級変化の回数が14%減じ生産速度は7%増した。 <p>4. Mead Corp 製紙機械</p> <ul style="list-style-type: none"> ○等級変化回数の20名減少、15%のスピードアップ、19%の生産増大、機械効率の2%増大 	<p>2. California ポートランドセメントのColton</p> <ul style="list-style-type: none"> ○生産速度を5～10%増大、燃料費を5～10%に減少、窯の寿命の増大、最終粉砕コストの節約 <p>3. Northwestern States ポートランドセメント4,000バレル/日の窯の制御</p> <ul style="list-style-type: none"> ○製品品質の向上、収量の増大(約10%)維持費の低下(補修を年3回から1回へ)燃料の節約5% 	
<p>総 計 1,215,000ドル</p> <p>3. Gulf States Utilities の Reverside Station 86MW</p> <ul style="list-style-type: none"> ○5年目の節約額 133百万ドルの総投資に対し 357,000ドル <p>4. Corelina Power and Light の H.B Robinson</p> <ul style="list-style-type: none"> ○熱効率の改善で節約額は30～60ドル/日、或は10,000～20,000ドル/年 <p>5. Boston Edison の Mysel プラントの525 MW</p> <ul style="list-style-type: none"> ○900,000ドルの費用がかかり年214,000ドルを節約 <p>6. Detroit Edison</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ロードの割当てに適用 ○50～700ドル/日を節約し保存容量の要求を決定して70～700ドル/日の節約、オフラインのコンピュータ使用して10,000ドル節約で総計一年190,000ドルの節約 <p>7. New Mexico の Public Service 334 MW のタービンの負荷の割当て</p> <ul style="list-style-type: none"> ○コンピュータ自体150,000ドル他の諸費用の総計220～240,000ドル ○数ヶ月後に会社は150,000ドル/年以上の燃料の節約 	<p>5. Cellulose du Pin 235トン/日のラフト紙製作機械</p> <ul style="list-style-type: none"> ○12.5%の生産の増大 <p>6. Fitchburg 製紙機械</p> <ul style="list-style-type: none"> ○機械スピードの13～15%増大、粗悪製品の10%減少 ○仕事の開始時間の10%の短縮 ○コンピュータ5,000～6,000ドル/月のレンタル、計装費用約30,000ドル節約利益は142,000ドル/年以上 		

表5.17 Little Gypay 社による期待利益

項 目	節 約 額	節 約 率 %
大きな災害の減少	150,000 ~ 300,000 ドル	17.2 % ~ 20.0 %
不必要な出費の減少	75,000 ~ 225,000 ドル	8.9 % ~ 15.5 %
燃料経済性の増大 (0.5~0.75%)	150,000 ~ 225,000 ドル	17.2 % ~ 15.5 %
マンパワーの減少	400,000 ~ 500,000 ドル	45.8 % ~ 33.5 %
主設備維持費の減少	100,000 ~ 225,000 ドル	11.9 % ~ 15.5 %
総 計	875,000 ~ 1,475,000 ドル	

表5.18 Public Service Electric and Gas 社の期待利益

項 目	節 約 額	節 約 率 %
突発的な事故による損害の 可能性の減少	250,000 ドル	20.5 %
低い燃料費 (0.75%)	470,000 ドル	38.8 %
人件費の節約	395,000 ドル	32.5 %
出費の減少	100,000 ドル	8.2 %
総 計	1,215,000 ドル	

表5.19 電力事業における制御用コンピュータの導入目的の調査結果

項 目	節 約 率 (%)
安 全 性 の 向 上	29 %
原 料 (燃 料) の 節 約	27 %
良 好 な 記 録 作 成	25 %
人 員 削 減	13 %
経 験 の た め	5 %
場 所 の 節 約	2 %

表 5.20 プロセス制御工業の需要傾向

	1965		1970		平均年増加率
	×100万弗	合計の%	×100万弗	合計の%	
検 出 器	153	28	305	32	15
制 御 弁 と ア ク チ ュ ー タ	110	20	185	19	11
制 御 器	95	17	121	13	5
記 録 計 ・ 指 示 計	71	13	80	8	2
制 御 用 計 算 機 と デ ー タ 処 理 装 置	33	6	125	13	31
補 機 類 と 予 備 部 品	88	16	106	11	4
契約されたシステムの エンジニアリング・サービス	*	*	38	4	-
合 計	550	100	960	100	

*は1965年の合計生産マーケットの1%以下

表 5.21 コンピュータ制御の費用見積り

適 用 例	費 用 (単位: 1,000ドル)		
	コンピュータシステム ^a	計 測 器 ^b	設 置 ^c
単 一 プ ロ セ ス ^d	90 ~ 175	10 ~ 60	25 ~ 75
操 作 管 理 (多 数 の プ ロ セ ス) ^e	200 ~ 500	~ 50	~ 150
発 電 所 ^f	150 ~ 275	10 ~ 50	50 ~ 150

a) 特別な技術費も含む。

b) コンピュータ制御のために追加する計測器、分析計、変換器、設定器を含む。

c) 配線、信号配線、コンピュータ設置場所に関する設備、設置のための労務費を含む。

d) 石油、化学、金属、製紙、セメント工業における代表的な単一のプロセスに対するもの。

e) 上記工業における代表的な多数のプロセスからなるプラントに対する操業管理の適用。

f) 単一発電機に対するもので、コンピュータの能力としては、運転指針制御から起動停止制御までの範囲。

表5.22 中規模プロセスコンピュータシステムによる費用

(単位 ドル)

1. コンピュータおよび入出力装置	210,000
1) 中央計算装置 (2 M500 16 語記憶素子 16 入出力装置)	95,000
2) 予備記憶 (ディスク、500,000 語まで)	25,000
3) アナログ入出力 (80 低レベル、120 高レベル入力、30 出力)	40,000
4) デジタル入出力 (16 入力、48 出力)	5,000
5) タイプライタ (1 プログラマ 2 ロギング)	9,000
6) コードパンチとリーダー	20,000
7) コンソール	16,000
2. 分検器、検出器、変換器	40,000
3. 制御室の改修、電力供給、架線工事	20,000
4. 技術、プログラム、サービス	200,000
1) プロジェクト管理 (1 人/年)	
2) プロセス分析と制御システム設計 (1 人/年)	
3) プログラミング (3 人/年)	
合 計	470,000

費用

- アナログ入出力数を 50% 増減させれば設備費は約 1 万 5 千ドル位増減する。
- タイプライタを加えたり除いたりすれば 3 千ドルほど変わるが、2 台のタイプライタを加えるならば約 8 千ドル費用が増加する。
- 記憶素子は 1 語当り 2~4 ドルであるが、一般には最低 4,096 語必要である。
- カード設備のかわりに紙テープリーダーとパンチを用いると 1 万~1 万 5 千ドルの減額となり、ライン・プリンタを加えると 4~5 万ドルの増額となる。
- システムの規模の変化によつて、特に技術費や企画費に変化が生じてくる。プロセスの分析、制御関係の考察、プログラムの組換え制御関数の現場実験など相当の努力を必要とする。
- サービス費は制御用のアナログ出力の数によつて大きく変動する。
- 上表は現金支払いによる購入であるが、賃貸制度も考慮すべきである。一般には賃貸料として保全費を含めて月当り定額の 2~3% を支払う。

表5.23 プロセス、制御、システムにおける空気式ならびに電気式制御器の費用 (ドル)

	空気式	電気式		空気式	電気式
トランスミッタ	325	400	コントロール室とパネル	150	100
シグナル トランスミッション	100	100	空気圧および 電気の供給	125	50
記録式 (指示器) 制御器	550	700	労務費	250	100
電磁-電気式変換器	-	100			
パネル	500	500	合 計	2,000	2,050

表5-24 米国製コンピュータの能力とコスト

番号	機種名	導入年月	科学用		C (秒/ドル)	番号	機種名	導入年月	科学用		C (秒/ドル)	番号	機種名	導入年月	科学用		C (秒/ドル)
			命令数/秒	命令数/秒					命令数/秒	命令数/秒					命令数/秒	命令数/秒	
219	IBM 7040	4/63	21,420	9,079	44.54	265	GE 625	4/65	224,374	118,154	15.20	265	GE 625	4/65	224,374	118,154	15.20
220	IBM 7044	7/63	67,660	23,420	23.98	266	PDF-8	4/65	1,768	990.5	230.9	266	PDF-8	4/65	1,768	990.5	230.9
221	RCA 601	1/63	68,690	58,880	13.86	267	PDF-7	4/65	68,497	29,571	103.9	267	PDF-7	4/65	68,497	29,571	103.9
222	Honeywell 1800	11/63	110,600	57,750	17.81	268	IBM 360/40	5/65	33,438	50,073	54.08	268	IBM 360/40	5/65	33,438	50,073	54.08
223	Philco 1000	6/63	6,811	10,440	65.63	269	IBM 360/30	5/65	7,942	17,104	72.88	269	IBM 360/30	5/65	7,942	17,104	72.88
224	Philco 2000-212	2/63	369,800	84,230	9.169	270	NCR 315 RWC	7/65	132,060	153,770	62.35	270	NCR 315 RWC	7/65	132,060	153,770	62.35
225	Libroscope L 3055	12/63	114,000	30,620	10.39	271	UNIVAC 1108 II	8/65	2,088,142	2,088,142	10.39	271	UNIVAC 1108 II	8/65	2,088,142	2,088,142	10.39
226	H. W. Electronics 15K	2/63	119.6	50.98	12.47	272	GE 435	8/65	24,803	56,623	41.57	272	GE 435	8/65	24,803	56,623	41.57
227	GE 215	9/63	5,246	6,924	89.07	273	IBM 360/50	9/65	187,488	148,967	27.47	273	IBM 360/50	9/65	187,488	148,967	27.47
228	DDP-24	9/63	580.4	632.7	124.7	274	IBM 1130	9/65	16.38	56.76	692.8	274	IBM 1130	9/65	16.38	56.76	692.8
229	CDC 3600	6/63	459,065	156,375	12.47	275	NCR 590	9/65	4,288	21.76	519.6	275	NCR 590	9/65	4,288	21.76	519.6
230	UNIVAC 1050	9/63	12,028	19,675	113.4	276	ASI 6240	10/65	33,177	13,232	155.9	276	ASI 6240	10/65	33,177	13,232	155.9
231	UNIVAC 1004	9/63	97.12	1,473	415.7	277	UNIVAC 491 & 492	10/65	4,929	48,490	36.68	277	UNIVAC 491 & 492	10/65	4,929	48,490	36.68
232	PDP-5	10/63	6,338	12,519	311.8	278	RCA Spectra 70/15	10/65	1,837	16,586	164.1	278	RCA Spectra 70/15	10/65	1,837	16,586	164.1
233	IBM 1460	10/63	1,611	7,200	69.28	279	Raytheon 520	10/65	29,118	13,427	207.8	279	Raytheon 520	10/65	29,118	13,427	207.8
234	IBM 1440	11/63	1,412	5,559	183.40	280	IBM 360/75	11/65	3,560,854	1,437,806	11.81	280	IBM 360/75	11/65	3,560,854	1,437,806	11.81
235	Honeywell 1400	12/63	1,770	6,821	41.57	281	Honeywell 2200	12/65	12,222	14,332	77.94	281	Honeywell 2200	12/65	12,222	14,332	77.94
236	ASI 2100	12/63	24,628	10,241	178.2	282	CDC 3600	12/65	690,510	150,726	12.47	282	CDC 3600	12/65	690,510	150,726	12.47
237	SDS-9300	12/63	43,876	10,645	89.07	283	RCA Spectra 70/25	12/65	4,818	36,366	103.9	283	RCA Spectra 70/25	12/65	4,818	36,366	103.9
238	Burroughs 273	1/64	714.6	3,467	87.82	284	Finlan 6010	1/66	1.66	48.66	1,039	284	Finlan 6010	1/66	1.66	48.66	1,039
239	GE-235	1/64	28,557	22,244	51.96	285	CDC 6400	1/66	696,086	193,285	12.47	285	CDC 6400	1/66	696,086	193,285	12.47
240	IBM 7010	1/64	5,729	11,537	31.18	286	DDP-124	1/66	5,812	7,618	249.4	286	DDP-124	1/66	5,812	7,618	249.4
241	Burroughs B 160-180	4/64	295.5	1,939	145	287	Honeywell 1200	1/66	2,130	10,907	115.5	287	Honeywell 1200	1/66	2,130	10,907	115.5
242	CDC 160G	4/64	54,055	20,278	89.07	288	IBM 360/20	1/66	1,932	4,497	239.8	288	IBM 360/20	1/66	1,932	4,497	239.8
243	IBM 7094 II	4/64	217,108	95,146	8.20	289	UNIVAC 1005 II, III	2/66	88.25	1,677	259.8	289	UNIVAC 1005 II, III	2/66	88.25	1,677	259.8
244	CDC 3200	5/64	195,256	87,510	51.96	290	UNIVAC 1005 I	2/66	71.73	1,186	366.8	290	UNIVAC 1005 I	2/66	71.73	1,186	366.8
245	GE 415	5/64	7,472	15,668	77.94	291	Honeywell 120	2/66	2,108	9,526	190	291	Honeywell 120	2/66	2,108	9,526	190
246	UNIVAC 1004 II, III	6/64	79.16	1,878	283.4	292	IBM 360/65	3/66	1,385,573	809,738	13.86	292	IBM 360/65	3/66	1,385,573	809,738	13.86
247	SDS-930	6/64	73,181	21,035	103.9	293	UNIVAC 494	3/66	1,291,740	1,527,140	24.94	293	UNIVAC 494	3/66	1,291,740	1,527,140	24.94
248	GE 425	6/64	11,485	22,160	62.35	294	SDS 940	4/66	283.4++	301,365	34.64	294	SDS 940	4/66	283.4++	301,365	34.64
249	GE 205	7/64	1,775	6,188	311.8	295	RCA Spectra 70/55	7/66	1,341,132	1,224,010	19.48	295	RCA Spectra 70/55	7/66	1,341,132	1,224,010	19.48
250	Honeywell 200	7/64	1,148	7,027	103.9	296	RCA Spectra 70/45	7/66	211,610	250,493	41.57	296	RCA Spectra 70/45	7/66	211,610	250,493	41.57
251	RCA 3301	7/64	126,761	58,359	44.94	297	RCA Spectra 70/35	7/66	61,186	126,391	77.94	297	RCA Spectra 70/35	7/66	61,186	126,391	77.94
252	POP-6	7/64	46,359	32,803	51.96	298	Philco 200-213	10/66	6,251,118	4,307,061	7.793	298	Philco 200-213	10/66	6,251,118	4,307,061	7.793
253	CDC 6600	9/64	7,021,619	4,091,293	8.31	299	IBM 360/44	10/66	1,025,941	858,520	62.35	299	IBM 360/44	10/66	1,025,941	858,520	62.35
254	UNIVAC 418	9/64	58,767	166,564	62.35	300	Honeywell 4200	5/67	45,569	52,270	31.18	300	Honeywell 4200	5/67	45,569	52,270	31.18
255	NCR 315-100	11/64	6,164	17,251	155.9	301	SDS Sigma 7	12/66	894,566	554,280	41.57	301	SDS Sigma 7	12/66	894,566	554,280	41.57
256	GE 635	11/64	338,958	253,898	11.34	302	POP-8/S	9/68	1,595	8,946	1247.	302	POP-8/S	9/68	1,595	8,946	1247.
257	CDC 3400	11/64	376,275	544,207	20.78	303	PDP-9	12/66	107,672	352,534	1247.	303	PDP-9	12/66	107,672	352,534	1247.
258	Burroughs B5500	1/64	92,692	150,102	155.9	304	SDS Sigma 2	1/67	118,152	101,079	155.8	304	SDS Sigma 2	1/67	118,152	101,079	155.8
259	SDS 925	2/65	19,140	79,065	239.8	305	Burroughs B 2500	2/67	22,153	28,791	124.7	305	Burroughs B 2500	2/67	22,153	28,791	124.7
260	SDS 92	2/65	118,462	74,391	77.94	306	Burroughs B 3500	5/67	154,842	130,251	69.31	306	Burroughs B 3500	5/67	154,842	130,251	69.31
261	CDC 3100	2/65	118,462	74,391	77.94	307	UNIVAC 9300	6/67	4,350	18,424	138.6	307	UNIVAC 9300	6/67	4,350	18,424	138.6
262	ASI 6020	3/65	28,160	13,161	178.1	308	UNIVAC 9200	6/67	1,592	7,458	415.7	308	UNIVAC 9200	6/67	1,592	7,458	415.7
263	DDP-224	3/65	52,330	81,492	103.9	309	Burroughs B 6500	2/67	3,127,266	2,755,790	15.59	309	Burroughs B 6500	2/67	3,127,266	2,755,790	15.59
264	DDP-116	4/65	2,176	4,023	677.7	310	CDC 3500	9/67	1,086,342	1,021,365	29.69	310	CDC 3500	9/67	1,086,342	1,021,365	29.69

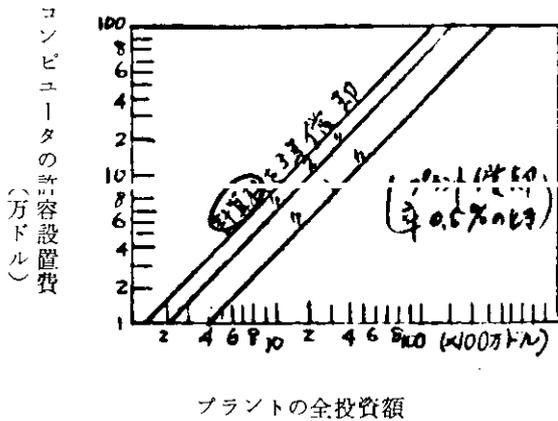


図 5.4 コンピュータ設置における許容投資額

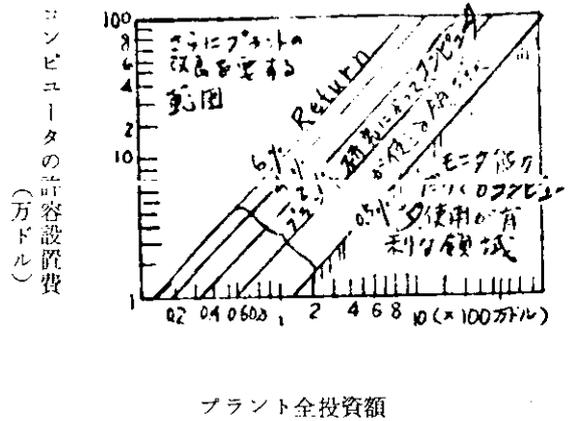


図 5.5 プラント投資回収率に対する許容コンピュータ投資額

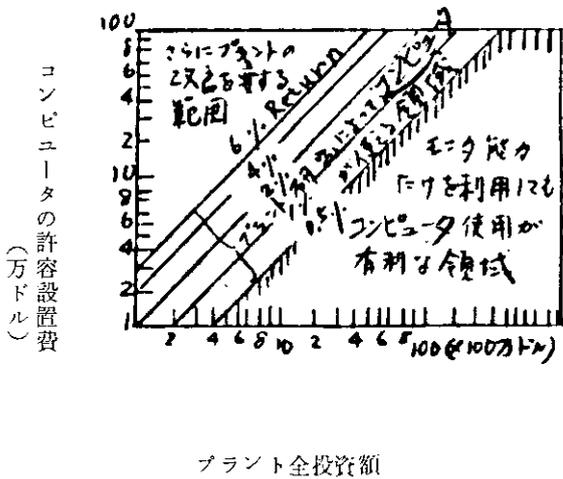


図 5.6 プラント投資回収率に対する許容コンピュータ投資額

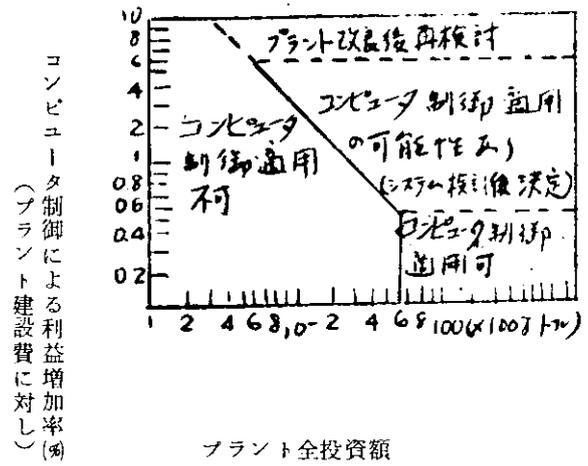


図 5.7 コンピュータ設置可能の範囲

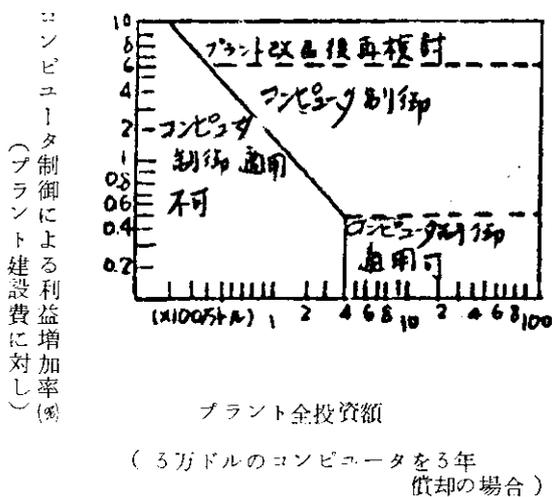


図 5.8 コンピュータ設置可能の範囲

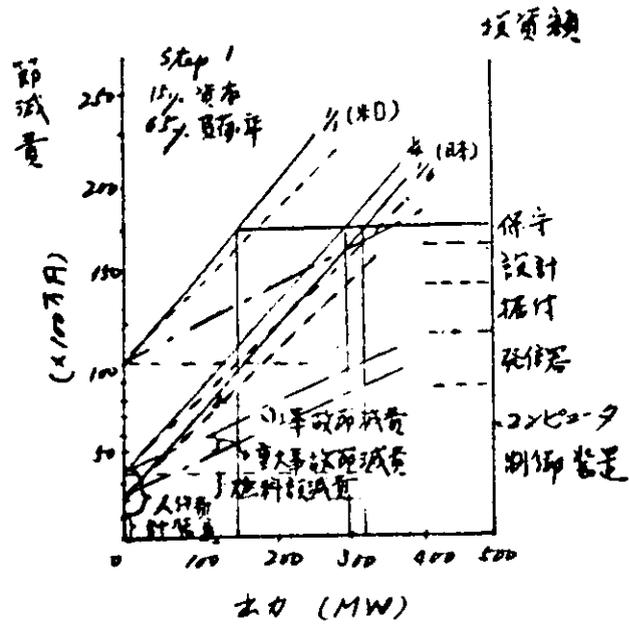


図 5.9 火力発電におけるコンピュータ適用の出力範囲

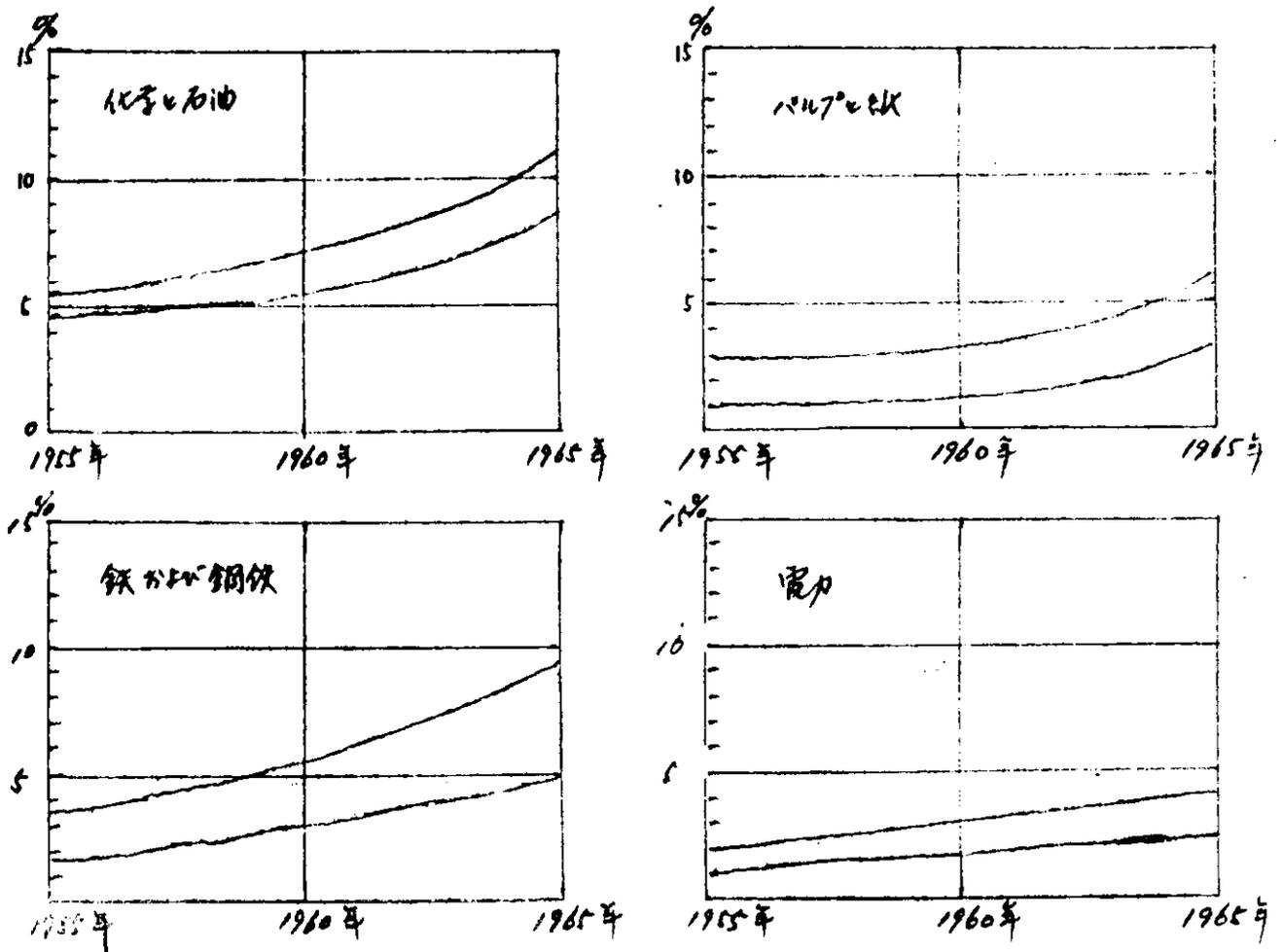


図 5.10 プロセス制御装置価格とプラントおよび機器価格との需要比率(%)

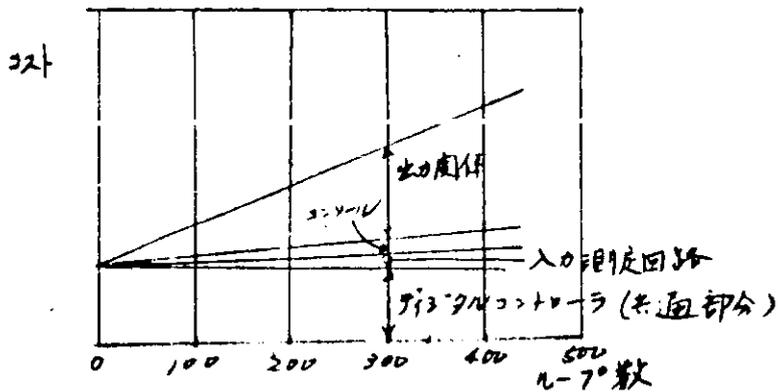


図 5.11

DD制御系のループ数とコストの関係

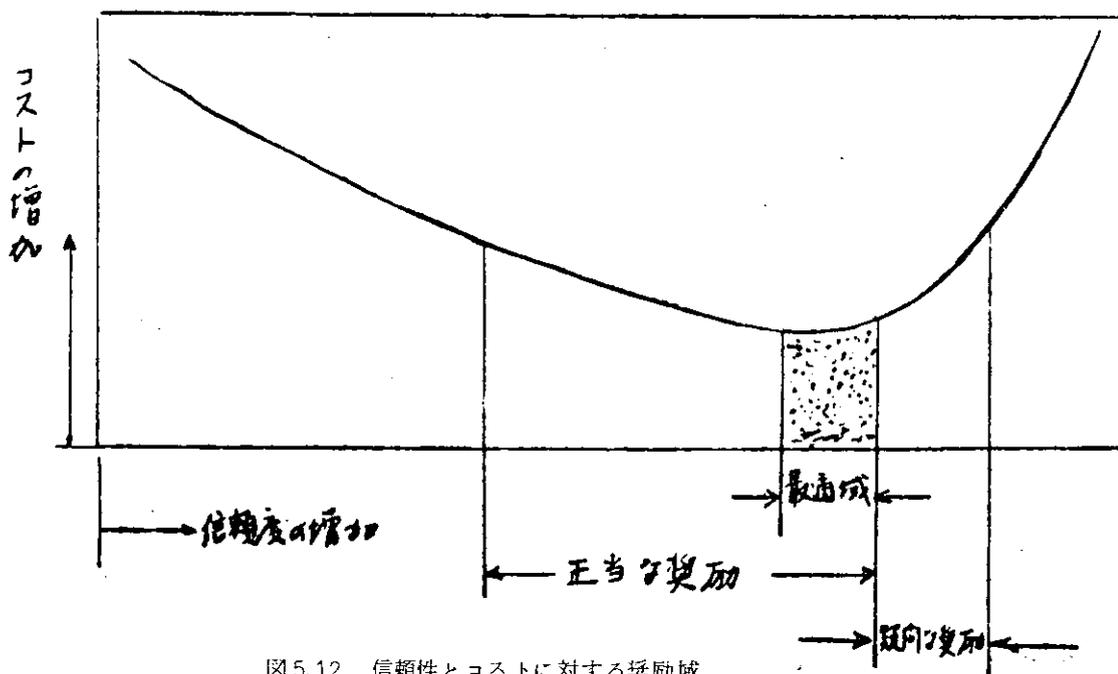


図 5.12 信頼性とコストに対する奨励域

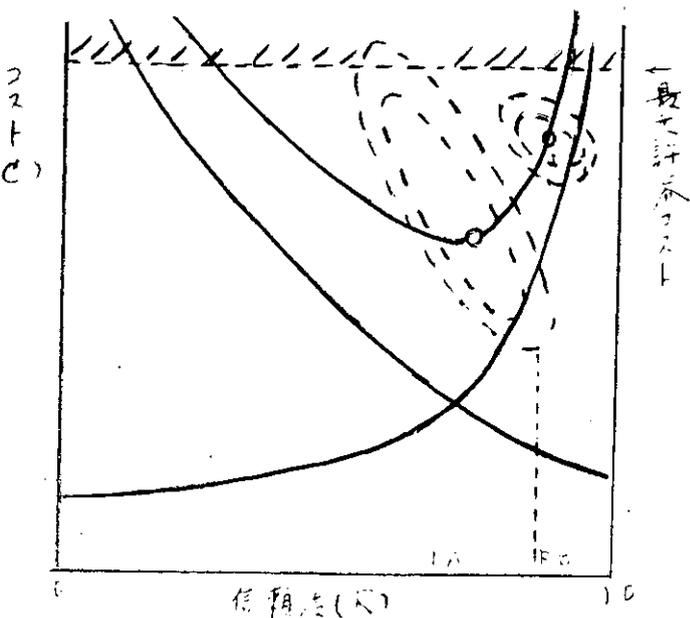


図 5.13 信頼性とコストの最適値

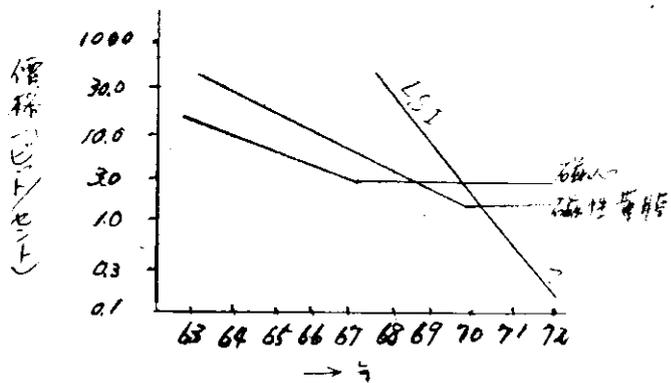
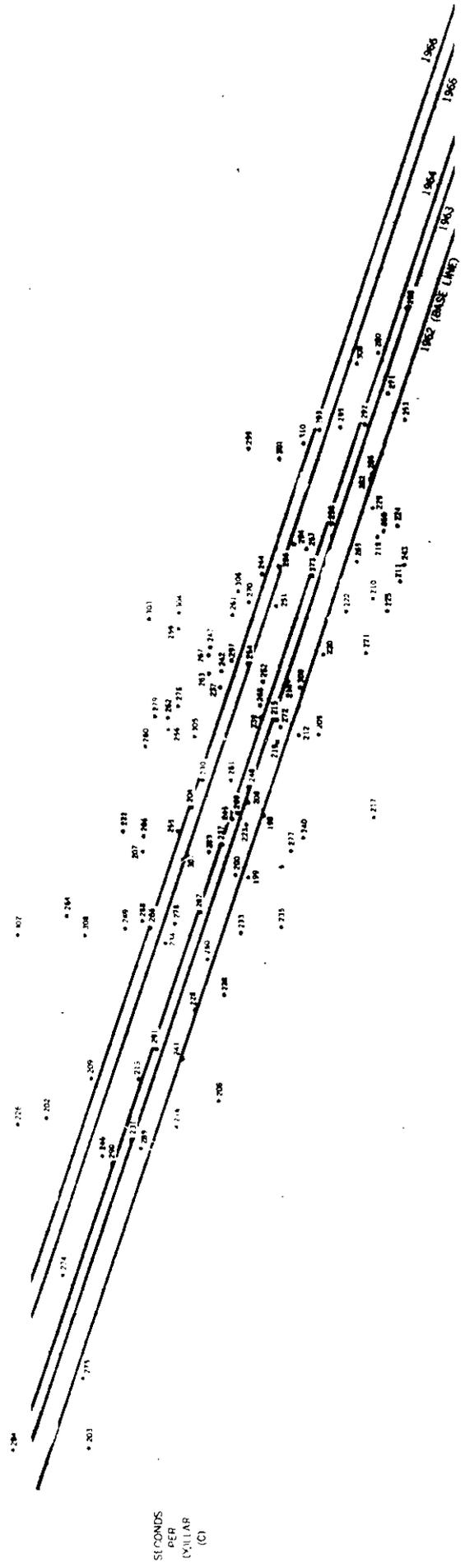


図 5.14 記憶装置の価格 (推定)



W (命令数 / 秒)

図 5.15 回帰計算の結果 (科学技術用)

SECONDS
PER
MILLAR
(C)

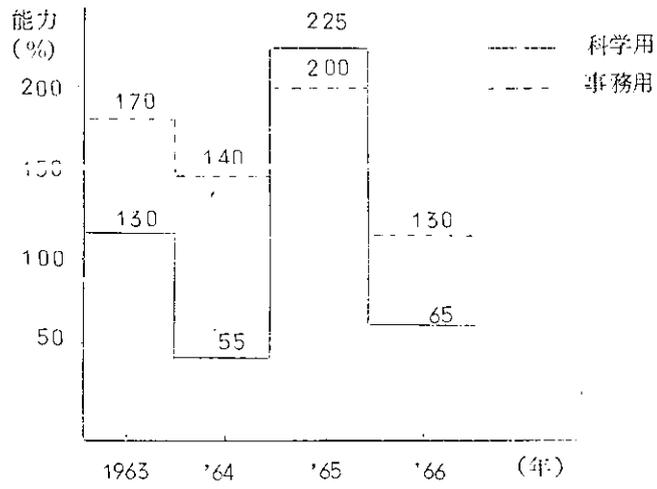


図 5.16 技術曲線の年間平均推移

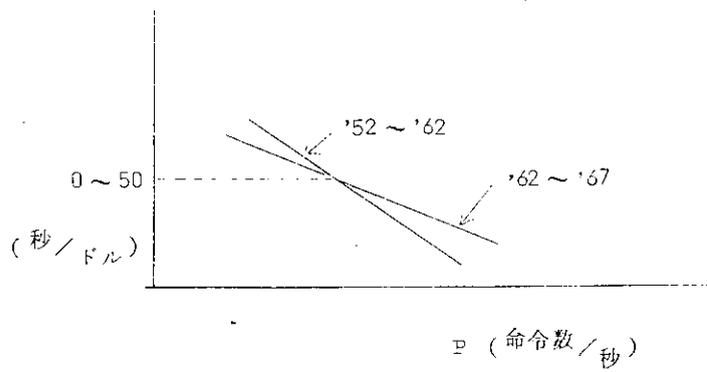


図 5.17 '52~'62 と '62~'67 の技術曲線比較

5.4 参考文献

5.4.1 制御システム一般

No	文 献 名 称
1	R.I.Seymour; Computers in British Ship building Shipping world Jan. 1963
2	R.A.Russell; Status of on-line Digital Computers in Steam-Electric Generating Station. ISA6th National Power Insten. Symp. May. 1963
3	船舶事業部技術部; 船舶の遠隔制御、自動化、石川島播磨技報vol 3 No11, May 1963
4	R.N.Anderson; Ship Automation and Digital Computers. The motor Ship. Oct 1963
5	Oskar Beigel; Fernwirk technic auf Schiffen. Von Heiny Augustin. Electro technische Zeitschrift Vol16 No17 July 1964
6	The application of Digital Techniques to Problems of Power System Control- A Special Purpose Digital Computer (part 1) Process control & Automation. NOV. 1964
7	Kurt Meister; Zentrale Datenverarbeitung mit dem System Datazent an Bord von Schiffen. AEG Mitteilungen. vol15 No6 1965
8	Oskar Beigel; Messtechnische Datenverarbeitung an Bord von Schiffen. AEG Mitteilungen vol 55 No6 1965
9	新田; 製鉄工業での計算機計装の最新実例I, 川崎製鉄場熱炉の予測計算システム OHM Jan. 1965
10	A.S.Brower & G.E.Schenectady; Digital control Computers for the Metals Industry ISA Journal Feb. 1965
11	An automation application to ship board power plant System. ASME paper. April 1965
12	計算制御調査分科会; 計算制御調査報告書、日本電子工業振興協会、 May 1965
13	IBM; 工業における On-line Real time の Computer System 1965
14	Consatut; System Engineering challenges and Opportunities for control. IFAC Tokyo Symp. 1965
15	D.Shaw; The Organisation Needed by a User of Automation. 3rd IFAC. 2D 20th June 1966
16	The use of Control Theory and Computer in Management 3rd IFAC 2D June 1966
17	庄司; 船舶航行の自動化、計測と制御 vol 5. Aug 1966
18	松村; 船舶の自動化について、制御工学 10 (1) 1966
19	上滝; プロセス制御における電子計算機の役割と新しい制御技術の動向、工業技術、 11 号、1966
20	B.Knutson & L.Holgersen; Lunar Orbiter Command and Telemetry Data Handling System at Deep Surface Station. Proceeding A.C.M. National Meeting 1966
21	プロセス制御用計算機導入の手引、オートメーション Dec 1966
22	森田; 制御用電子計算機 II、制御用計算機のハードウェア 電力発電 vol 18 No10 Aug. 1967

№	文 献 名 称
23	マリン・エンジニア、特集Ⅰ 自動化船の実態と展望、特集Ⅱ 船舶の騒音・振動の分析と対策、日本船舶機関士協会 №169 Sept. 1967
24	VICTOR BRODA, Centralized Automatic Control in Shell Oil Tanker. CONTROL VOL11 №11 1967
25	J.W.Drinkwater; Measurement of ship performance. Journal of Scientific Instruments VOL44 №9 Sept. 1967
26	R.L.Hooper & L.D.Amdable; Trends in Aerospace Computers. Datamation NOV. 1967
27	Vilas D.Heverson; Aerospace Software Data mation NOV. 1967
28	G.H.Ludwig; Space Science Data processing. Datamation NOV. 1967
29	E.K.Yasaki; The Role of Computers in Mariner V. Datamation NOV. 1967
30	森; 生産工程無人化の基本的な手法 生産研究 vol119 №12 Dec. 1967
31	Engine Control by Digital computer. instrument practice. Dec. 1967
32	H.L.Feldman; Minimizing process Computer Maintenance. instrumentation. Jan. 1968
33	竹内・水谷; 制御用電子計算機Ⅶ、火力発電所の計算機制御の将来、火力発電 vol 19 №3 Mar. 1968
34	毛利; 制御用電子計算機Ⅴ、電子計算機による生能監視火力発電 Jan. 1968
35	Douglas Greenwald; Business outlook; '68- 82 American Machinest. April 22 1968
36	M.Hatfield & J.Switzman; Design study for unmanned Engine room for steam Freezer Trawlers. I.S.P vol 15 №164 April 1968
37	今村; 船舶の高度集中制御方式(超自動化)の研究開発について、船舶のアンマンド化への道、船の科学 1968
38	運輸省船舶局; 船舶の近代化(XI) 船舶の高度集中制御化への道(3) Sep. 1968

5.4.2 信 頼 性

№	文 献 名 称
1	米国防省電子機器信頼度顧問団(略称AGREE) 第2分科会報告 開発モデルの信頼度試験に対する要求事項の調査 Jan. 1957 第3分科会報告 先行生産と本生産原型試験 Jan. 1957 第4分科会報告 要求された信頼度に対する設計方法の調査 Jan. 1957 第5分科会報告 構成部品の信頼度規定の調査 Jan. 1957
2	信頼性管理便覧編集委員会編; 信頼性設計資料、アメリカ軍用仕様書 AGREE報告、日刊工業新聞社
3	D.R.Earles; Reliability Growth Prediction During the Initial Design Analysis 7th PNSPOC 1961

№	文 献 名 称
4	P.S.Darnell; Electronic System Reliability -An American Viewpoint. Proc IEEE Vol 111 No 2 Feb. 1964 (邦訳電通学会誌 40年2月)
5	Frank A. Applegate; Built-in Reliability for the Skybolt computer. 信頼性文献抄訳集 今出抄訳 April. 1964
6	G.R.Herd, R.L.Madison & P.Gottfrild; the uncertainty of reliability assessments. 信頼性文献抄訳集 佐藤抄訳 April. 1964
7	猪瀬; エレクトロニクス・システム入門 "障害に対する系統の構成" エレクトロニクス April. 1964
8	水田; 通信系の信頼度の計算法について、電気通信学会雑誌信頼性特集 vol 47 No 11 11月 1964
9	森川; 環境試験、電気通信学会雑誌 vol 47 No 11 11月 1964
10	Reliability Engineering. Arinc Res Co. Prentice-Hall
11	内田; 堺港発電所における計算機の運用実績、電力、 vol 49 No 2 Feb. 1965
12	梅村; FACOM稼働実績について Fujitsu vol 16 No 1 1月 1965
13	MIL-HDBK-217 A. Reliability stress and Failure rate Data for electronic equipment. Doc. 1965
14	Volkovaf; Automatic failuers diagnosis in the control computers. IFAC. paper 42 E June. 1966
15	S.M.Domanitsky; Computer reliability of redundant control System with repair. IFAC paper 42 C June. 1966
16	梅村・中村; 電子計算機の論理回路の設計、エレクトロニクス May. 1966
17	G.C.Hendrice; "Reliability Still mean back up" Digital computer in Industry. control Eng. Sept. 1966
18	R.P.Hassett & E.H.Miller; Muotith reading Design Of a reliable aerospace computers. IEEE. vol AES-2 No 6 NOV. 1966
19	梅村・中村; 電子計算機と部品材料—電子計算機用部品と信頼度、電子材料 12月 1966
20	SR-85 部会; 現装機器の信頼度に関する調査報告書 日本造船研究協会 第一報、二報、三報 1966~1968
21	有馬・多田; DDC 装置の現状、計測と制御 vol 6 No 3 May. 1967
22	Reliability in large Electronic Data-processing System. A.T.E Journal. vol 21 No 4 April. 1967
23	RM18 信頼性、整備性、MIL 規格翻訳集、日本航空工業会 1967
24	Logan Hayercraft, Jr; Enviromental Adjustment Factors for Operating and Non-Operating Failure Rate. Annual Technical Conference Trans. 1967 (門脇抄訳 信頼性文献集 g-F-4)
25	G.W.A. Dummer; Electronic Equipment Reliability Assesment chart. Electronic components vol 8 No 9 Sept. 1967 (信頼性文献集 P-T-3)
26	片山・杉山; 半導体 IC の信頼性、日立評論 vol 49 No 8. Aug. 1967

No.	文 献 名 称
27	兼保、前田；信頼性と系の構成法、交換研究会資料（信学会）S E 67、NO 16 I、1967
28	J. M. Hanvigan; Redundant system Test Point allocation and mission reliability estimation procedures, 1 EEE Trans, Electron Computers Vol 16 NO5, 1967
29	梅村；電子計算機の信頼度設計、電子技術 Vol 17. NO9. 1967
30	E. H. Miller; Reliability Aspect of the variable Instruction Computer, 1 EEE Trans Oct. 1967 (抄訳 信頼性文献集 5-D-3)
31	D. L. Peeler & P. H. meredith; Automatic checkout System for Titam III and Apollo 5- guidance Computer programs, 1 EEE Trans, Electronic Computer Oct, 1967
32	P. K. mathheiss; maintenance problem and Solutions for Process Computer System - Specification stage. 2nd Annual ISA Conference & Exhibit, Sept 1967
33	D. G. Covert; 同上 - manufacturing stage, sept. 1967
34	L. A. King; Installing Process Computer System to minimize maintenance Problems, 2nd ISA, Sept, 1967
35	A. B. linsky; Program Control Extends Peripheral's MTBF, Control Engr Sept, 1967
36	研究実用化報告、電々公社 Vol 16. NO 11 1967
37	J. A. Lawrence & Trevor F. A. Urban; Electronic in the Field, 1 EEE trans. Vol com- 15, NO6. Dec, 1967
38	オートメーション Vol 11. NO 12
39	高品、竹内；東京電力における火力発電所用計算機の使用実績、火力発電 Vol 19 NO 1 Jan, 1968
40	Rankin K. F; System Engineering for reliability and ease of maintenance, Radio Electro Engr Vol 35. NO. 2 1968
41	Short R. A; The attainment of reliable digital Systems through the use of redundancy - A Survey Computer group News, Vol 2. NO. 2 1968
42	川崎；船用計器の信頼性、日本船用機関学会誌 Vol 13. NO. 1 Feb, 1968
43	関口；制御機器の故障実態調査からみたシステム信頼性設計へのアドバイス, OHM April. 1968
44	R. L. Hamilton; Ship propulsion machinery Reliability and Availability Analysis, '68 Annual Symposium on Reliability, (信頼性文献集 e-T-3)
45	電子計算機ユーザー調査年報. '68. 情報処理学会編
46	火力発電所における計算機の適用、火力発電技術協会、調査研究報告、火力発電 Dec. 1968

5.4.3 經濟性

No.	文 献 名 称
1	Thomas, C. Stout & John, W. Weber; Evaluating Project Economics, Automation Dec. 1960
2	T. J. Williams; Study the Economics of Process Computer Control, ISA Journal Vol 8, NO1 (遠山沢計測と制御 Vol11, NO7) Jan. 1961
3	E. W. Dowding; Process Evaluation in Computer - Run Microplant, chemical Engr Oct. 31 1961
4	T. Q. Elliot & D. R Longmire; Dollar Incentives for Computer Control, chemical Engr. Jan. 1962
5	J. E. Barrett; Computer and Instrumentation - How much & When, pulp and paper magazine of Canada July. 1962
6	H. J. Burdick, T. J. Glass; Digital computer Function and Economics Evaluation for power plant Automation AIEE, Winter general Meeting Conference paper, Jan. 1967.
7	Evaluating control computer, ISA Journal 1963.
8	Cresap, McCormick & paget; Cost of medium Intermediate and Large Computer Systems, control Engr. June. 1963.
9	G. C. Hendrie & K. W. Sonnefeldt; How to Evaluate Control Computer, Combustion Dec. 1963.
10	Methods of Evaluating Computer system Performance Computer & Automation Feb. 1964.
11	風早, 北島; 制御用計算機の評価とHOC-510計算機 エレクトロニクス, April 1964.
12	Z. A. Harlander; Ship Automation to What Extend Novel Engr. Journal, April 1964.
13	Burdick; Aufgabe und Werbschaftlichkeit von digitaler Rechen maschineu beider Automatis cerung Dampf Kraft werpen, Regelungs technick Dec. 1964
14	Sava; Computer Control of Industrial process - Economics of Computer Control, McGRAW-HILL, 1965.
15	V. A. Trapeznikov; On Economical Efficiency of Control Systems. Proc, IFAC, Tokyo Symp. 1965.
16	D. R. Cochran; Economic Consideration for Hot strip mill process Control Computer, 3rd IFAC 17B, 21st June 1966
17	T. M. Stout; Computer Control Economics, Control Engr. Sept. 1966.
18	W. R. Stevenson; The intangibles of Computer Process Control, The oil & gas Journal, Sept. 1966.
19	T. M. Stout; Economics of Computer in process control part - 1, System Justification and Evaluation, Automation, Oct. 1966.
20	同上 Part - 2, Application & Benefits, Automation Dec. 1966.
21	計算機制御専門講習会講演論文集 1966
22	Stanford Research Institute; A Research report by the Long Range Planning

46	文 献 名 称
	Service, 1966.
23	電子計算機ハンドブック オーム社 1966
24	B. M. Samuels & A. M. East ; A cost Effective Approach to Automation, A survey by the motor ship Dec. 1967.
25	森田；原子力船の経済性について(1)、(2) 船の科学 1967
26	日本の電子計算機、日本電子計算機株式会社 1967版。
27	K. E. Knight ; Evalving Computer performance 1963 ~ 1967、Datamation Jan. 1968(ED リサーチレポート、68 ⁶ / ₁)
28	Cutting maintenance Deward by Effective cost control Instrumentation Technology Feb. 1968.
29	E. H. Steyman ; Justifying process computer control chmical Engr. Feb. 12. 1968
30	David mayne ; What next memory. Datamation. Feb. 1968.
31	V. E. Williams ; Automation
32	日本電子工業振興協会；DPCに関する海外調査報告書 March. 1968.

付録1 プロセスコンピュータ調査結果一覧表

中央演算処理装置ハードウェア

ソフトウェア

プロセス I/O

機 種		富 士 通 F A C O M 230-10	富 士 通 F A C O M 270-20	富 士 通 F A C O M 270-30
主記憶装置	型 式	ア	ア	ア
	記 憶 容 量	1 ~ 4 KW	8 ~ 32 KW	8 ~ 65 KW
	1語の大きさ (bit)	1 + 15 bit	1 + 15 bit	1 + 15 bit
	サイクルタイム (μS)	2.0 μS	2.4 μS	0.9 MS
	メモリ保護	不可	可、キーボード、プログラム	可、キーボード、プログラム
演算機能	演 算 方 式	2 進、直 列	2 進、並 列	2 進、並 列
	加 算 速 度	120 μS	Single=4.8 μS Double=7.2 μS	Single=1.8 μS Double=2.7 μS
	インデクスレジスタ	3 (コア)	3 (コア)	3 (コア)
	倍 長 演 算	無	有	有
	乗 除 算	無(ソフト)	有	有
	使 用 素 子	DISCRETE	DISCRETE	I C
入出力	割 り 込 み レ ベ ル	1 レ ベ ル	12 レ ベ ル	12 レ ベ ル
	内 蔵 タ イ マ	無	無	有
	デ ー タ ー チ ャ ン ネ ル	無	サイクルスタイル式、3本	サイクルスタイル式、8本
(周囲条件)	加 速 度 (G)	0.1	0.1	0.1
	温 度 (°C)	0~40°C	15 ~ 30°C	15°
	湿 度 (%)	~ 75%	40 ~ 80%	40 %
電 源	相 数 (φ)	1	1	1
	周 波 数 (Hz)	50~60 ± (+1% -3%) Hz	50 ~ 60 ± (+1 -3%) Hz	50/60 ± (+1、-2) Hz
	電 圧 (V)	100 V	100 V (±3%)	200 V (±10%)
	消 費 電 力 (KW)	700 KW	2 KW	5 KW
そ の 他	メ イ ン テ ナ ン ス	1 (年)	1 (年)	1 (年)
	買 取 価 格	4,560千円~7,100千円	20,000千円 ~38,000千円	41,600千円 ~88,900千円
	納 入 実 績	プロセス用30 set 中国 1 台 フランス 1 台	プロセス用30 set インド1台 ソ連 1 台 中国 1 台	プロセス用 八幡、君津1 台 NHK 1 台
ランダムメモリアクセス	型 式	磁 気 ド ラ ム	磁 気 ド ラ ム (内 蔵)	磁 気 ド ラ ム (内 蔵)
	記 憶 容 量 (KW)	32 KW	131 KW	262 KW
	平均アクセスタイム (MS)	20 ms	20.6 ms	10 ms

NEC N 3100	日立 HITAC 7250	日立 HIDIC 300	日立 HIDIC 100	東芝 TSBAC-7000
コ	ア	コ	ア	コ
2 ~ 32 KW	1 ~ 32 KW	4 ~ 16 KW	2 ~ 8 KW	Max 32 KW
1 + 17 bit	1 + 15 bit	1 + 15 bit	1 + 15 bit	1 + 24 bit
2 μ S	2 μ S (0.5 μ S)	2 μ S	2 μ S	1.6 μ S
OPTION ; プログラム	可; キーボード、プログラム	不可	不可	可
2 進 ; 並列	2 進 ; 並列	2 進 ; 並列	2 進 ; 並列	2 進 ; 並列
Single = 4 μ S Double = 6 μ S	Single = 4.5 μ S Double = 6.0 μ S	Single = 4.0 μ S Double = 6.0 μ S	Single = 16.5 Double = 22.5	Single = 3.2 μ S Double = 48.8 μ S
5、主記憶	3、磁気コア外部リードウエア	1、磁気コア内部	3 磁気コア内部	7 コア
OPTION	有	有	有	有
OPTION	有	無	無	
IC	IC	IC	IC	IC (7000 / 20)
18 レベル	16 レベル	8	8	128
有 クリスタル OSC	有 クリスタル OSC	有 クリスタル OSC	有、クリスタル OSC	有
サイクルスタイル式1本	サイクルスタイル式10本			サイクルスタイル式3本
	15	15	15	2
5 ~ 35 $^{\circ}$ C	0 ~ 50 $^{\circ}$ C	0 ~ 50 $^{\circ}$ C	0 ~ 50 $^{\circ}$ C	0 ~ 55 $^{\circ}$ C
20 ~ 80 %	10 ~ 95 %	10 ~ 95 %	10 ~ 95 %	5 ~ 95 %
1	3	3	3	1
50 or 60 \pm (2) HZ	50 / 60 \pm (2) HZ	50 / 60 \pm (2) HZ	50 / 60 \pm (2) HZ	50 / 60 \pm (1) HZ
100 V (\pm 10) V	200 / 220 V \pm (20 / 22) V	200 / 220 V \pm (20 / 22) V	200 / 220 \pm (20 / 22) V	115 / 230 \pm (1 名)
2.3 ~ 3.5 KW	2.5 KW	1.5 KW	0.5 KW	1 KW (CPUのみ)
2 週間に1度	半年に1度	半年に1度	半年に1度	任意に。定期点検 年3回又は年1回
14,000千円~35,000千円				50,000千円
4 K; 3台, 8 K; 5台 12 K; 1台, 16 K; 4台 32 K; 1台	16 K; 12台 32 K; 3台	5 台	6 台 (製作中)	20 台
ディスクパーク 磁気ドラム	磁気ドラム 磁気ディスク	磁気ドラム 磁気ディスク	同 左	ドラム、ディスク
	12 K ~ 800 KW 512 KW	500 KW 500 KW	同 左	252 KW 1024 KW
200 ms 8.3 ms	10 ms 20 ms	10 ms 10 ms	同 左	6.3 ms, 90 ms

機 種		東 芝 T O S B A C - 3 0 0 0	三 菱 電 機 M E L C O M 3 5 0 / 5	三 菱 電 機 M E L C O M 3 5 0 / 3 0
主記憶装置	型 式	コ ノ	ノ	ノ
	記 憶 容 量	4 ~ 32 KW	2 ~ 16 KW	8 ~ 64 KW
	1語の大きさ (bit)	1 + 15 bit	1 + 15 bit	1 + 15 bit
	サイクルタイム (MS)	1.8 μ S	2.4 μ S	0.8 μ S
	メモリ保護	可、OPTION	可、キーボード、プログラム	可、プログラム、スイッチ
演 算 機 能	演 算 方 式	2 進、並 列	2 進、並 列	2 進、並 列
	加 算 速 度	Single=3.6 US	Single=10 US	Single=1.6 US
	インデクスレジスタ	1 コア	16	12 (コア)
	倍 長 演 算	有	無	有
	乗 除 算		無、OPTION	有
	使 用 素 子	I C	I C	I C
入 出 力	割 り 込 み レ ベ ル	16 レベル	64 レベル	16 レベル
	内 蔵 タ イ マ	有	有	有、クリスタル、OSC
	デー ター チ ャ ン ネ ル	サイクルステイル式8本	サイクルステイル式1本	サイクルステイル式 ₄₊₆₄
(動作時)	加 速 度 (G)	2	0.2	0.1
	温 度 (°C)	15 ~ 35 °C	0 ~ 50 °C	0 ~ 50 °C
	湿 度 (%)	20 ~ 80 %	10 ~ 90 %	30 ~ 85 %
電 源	相 数 (ϕ)	1	1	1
	周 波 数 (HZ)	50/60 \pm (1)HZ	60 HZ \pm (1)HZ	60 HZ \pm (10%)HZ
	電 圧 (V)	100 \pm (10)V	110 \pm (10)V	115 V (\pm 10%)
	消 費 電 力 (KW)	0.3 (CPUのみ)	5- KW	3.6 KW
そ の 他	メ イ ン テ ナ ンス	定期点検年4回 1. I/O関係が主体 2. CPU目標	2ヶ月に1度	2ヶ月に1度
	買 取 価 格	基本構成4KI/O タイプ 約12,000千円		
	納 入 実 績	NHK、九州大学 京都大学 日本石油精製×2	4 K 1 台 8 K 1 台 12 K 3 台 16 K 4 台	131 K 3 台 262 K 5 台 393 K 1 台
メモリアクセス	型 式	ド ラ ム	ド ラ ム	ド ラ ム
	記 憶 容 量 (KW)	8 ~ 131 KW	32 ~ 128 KW	256 ~ 1024 KW
	平均アクセスタイム (MS)	10 ms	35 ms	8.3 ms

沖 OKIMINITAC 7000	北 HOC 辰 30	横 YODIC 河 500	(横 CCS 河) 7020	(横 CCS 河) 8000
コ ア	ド ラ ム	コ ア	コ ア	コ ア
4 ~ 64 KW	3、6.4 30 KW	16 KW	8 ~ 32 KW	4 ~ 32 KW
1 + 23 bit	1 + 40 bit	1 + 13 bit	1 + 15 bit	1 + 11 bit
2.8 μS	8.3 or 10 ms	3.2 μs	2.4 μS	1.5 μS
不可	可	可 (キーボード)	可 プログラム	不可
2 進、並列	10 進、直列	2 進、並列	2 進、並列	2 進、並列
Single=5.6 US Double=10.4 US	Single=340 US	Single=6.4 US	Single=4.8 US Double=7.2 US	Single=3 US Double=193.5 US
2 (レジスター)	無	1	3 (コア)	8
有	無	有		無
有	無	有	有	無、OPTION
IC DISCRETE	DISCRETE	IC	DISCRETE	IC
1 レベル	1 レベル	3 レベル	8 と 11	1
無 (PIOに有)	無	有	無	無
サイクルステール式2本		1 本	サイクルステール式	
	1	0.5	0.1	
15 ~ 30 °	15 ~ 35 °	0 ~ 45 °	15 ~ 35 °	10 ~ 40 °
20 ~ 80%	0 ~ 85 %	40 ~ 90%	40 ~ 60%	
1	1	1	1	1
50/60 Hz±(0.5)Hz	50、60 Hz (±2)Hz	50 又は 60	50/60 Hz(±0.5)Hz	60/50 Hz (±0.5)Hz
100 V (±10V)	100 V ±(10V)	100 V (±10)	100 V (±10V)	115 ±(17V)
8 K、2.3 KW 16 K、3.2 KW	0.5 KW	1 KW	2 KW	0.7 KW
月 1 度	年 1 度	年 1 度	年1度→ On line 分解テスト 年3度→ On line の連続テスト	年 1 度
11,600 千円 4%増付ごとに+3000円	5,700 千円 から	8 K 45,000円 16 K 60,000円		
約 20 set	6.4 K 10 30 K 1	4 K 2 8 K 5 16 K 6	16 K 12 32 K 1	
ド ラ ム			ド ラ ム	ドラマ、ディスク
20 KW			128 KW	8~262 KW 32~151 KW
10 ms			20 ms	8.55 ms 16.67 ms

機 種		I B M 1800	I B M 1130	HONEYWELL DDP 516
主記憶装置	型 式	7	7	7
	記 憶 容 量	4 ~ 32 KW	4 ~ 32 KW	32 KW MAX
	1語の大きさ (bit)	1 + 15 bit	1 + 15 bit	1 + 15 bit
	サイクルタイム (MS)	2.0 μ S (4.0 μ S)	2.2 μ S (3.6 μ S)	0.92 μ S
	メモリ保護	可 (プログラム)	不可	OPTION
演算機能	演算方式	2進、並列	2進、並列	2進、並列
	加算速度	Single=4.25 US Double=6.25 US	Single=4.9 US Double=6.9 US	Single=1.84 US
	インデックスレジスタ	3	3	1
	倍長演算	有	有	OPTION
	乗除算	有	有	OPTION
	使用素子	(IC) SLT	(IC) SLT	IC
入出力	割り込みレベル	12 レベル	6 レベル	128 レベル
	内蔵タイマ	有 クリスタル OSC	無	無
	データチャンネル	サイクルスタイル式5本	〃 1本	サイクルスタイル式 OPTION
(周囲条件)	加 速 度 (G)			2
	温 度 (°C)	44 ~ 50 °	16 ~ 32 °C	0 ~ 45 °
	湿 度 (%)	8 ~ 95 %	10 ~ 80 %	20 ~ 80 %
電 源	相 数 (ϕ)	3	1 or 3	1
	周 波 数 (Hz)	50/60 Hz (± 0.5)	50/60 Hz ± 0.5 Hz	60 Hz $\pm (2)$ Hz
	電 圧 (V)	220、230 V	115、220、230 V _o	115 V (± 10) V
	消費電力 (KW)	5.2 KW	1.1 ~ 1.5 KW	1.4 KW
そ の 他	メンテナンス	週 一 度	週 一 度	月 1 度
	買 取 価 格	17,030 円 ~ 42,020 円	9,610 千円 ~ 49,640 千円	\$ 36,900
	納 入 実 績		総 計 3400 台 (Sept. 1968)	原研、三菱プレミジョン 航技研
メモリアクセス	型 式	ディスク	ディスク (内蔵)	
	記 憶 容 量 (KW)	1536 KW	512 KW	
	平均アクセスタイム (MS)	70 ms ~ 520 ms	520 ms	

HONEYWELL DOP - 116	FERRANTI AROUS 500	SDS SIGMA -2	WE社 PRÓDAC 50
7		7	7
32 KW MAX		4 ~ 64 KW	4 ~ 16 KW
1 + 15 bit		1 + 15 bit	14 bit
1.7 μS		0.9 μS	4.5 μS
不可		OPTION	不可
2進、並列		2進、並列	2進、並列
Single = 3.4 US			Single = 18.0 US
1		2	
無		有	無
OPTION		OPTION	無
DISCRETE		I C	
16 レベル			64 レベル
無		有	
サイクルステイール式 OPTION		4本	
2			
0 ~ 45 °		0 ~ 40 °C	
20 ~ 80%		0 ~ 90 %	
1		2	
60 HZ ±(2)HZ		60 HZ ±(1.0~0.5) HZ	
115 V (±10) V		115 V ±(10%) V	
1.4 KW			
\$ 28,500 ~ 864,500			
八幡製鉄 本 廠 号			
		データファイル	
		750,000 バイト	
		17 μS	

機 種		富 士 通 FACOM 270-10	富 士 通 FACOM 270-20	富 士 通 FACOM 270-30	
ソ フ ト ウ エ ア	ノ セ ム ン フ	BASIC FASP	FASP	FASP	
	コ ン バ イ ラ	—	FORTRAN ALGOL	FORTRAN ALGOL	
	割 込 処 理 タ イ マ ー 処 理	インタラプトハンドラー —	MONITOR 有	MONITOR 無	
	診 断 プ ロ グ ラ ム	対ソフトウェア	—	無 有	無 有
		対ハードウェア	—		
	ON LINE 修正、変更、デバッグ	不 可	不 可	不 可	
	シミュレーションプログラム	無	無	無	
そ の 他					
ア ナ ロ グ セ ス 入 出 力	マルチ プレクサ	入 力 レンジ (V)	+ 1 ~ -0.5 V		
		種 類	リ ー ド リ レ マ ー キ ュ リ ー リ レ		
		切 換 速 度	15 ms / 1点, 10 ms / 1点		
	増幅器	ゲ イ ン	10、20、50、100、 200、500、1000		
		入 力 インピーダンス	0.1 MΩ		
	A-D 変換器	変 換 速 度	15 ms		
		分 解 能 (bit)	8 + 11 bit	同 左	同 左
		精 度 (%)	± 0.05 %		
	D-A 変換器	出 力 電 圧 (V)	0 ~ - 8 V		
		分 解 能 (bit)	10 bit		
出 力 インピーダンス		2 KΩ ± 0.1 %			
変 換 速 度					
デ ィ ジ タ ル 入 出 力	信 号 形 式	接 点 印 加 電 圧 -48 V ± 7 V			
	入 力 接 続 数	8 語 × 64 ユニツト			
	出 力 転 送 速 度				

N B C N 3100	日立製作 HITAC-7250	日立製作 HIDIC-300	日立製作 HIDIC-100	東 芝 TOSBAC-7000
SEASER-1, 2 (紙テープベース、磁気テープベース)				PAL
FORTRAN		—	—	PROCESS FORTRAN
有有	有有	有有	有有	モエタ (PTMOS) 有
有有	有有	有有	有有	有有
可	可	可	可	可
無	有	有	有	—
	TSS ok			Free Time System (TSS)
0 ~ +10 mV 0 ~ 5 V	-10 ~ +10 mV -10 ~ +10 V			
リレ、半導体				
4ms、10μs以下				160 点/秒
500	500			
10 MΩ 以上	0.2 MΩ			1 MΩ
1ms、50 μs	20000 回/秒			700 μs
S + 11 bit	S + 11 bit	同左	同左	S + 10 bit
± 0.1%	± 0.1 %			0.1 %
0 ~ 5 V	0 ~ 20 MA			0 ~ 5 V
11 bit	10 bit			8 or 10 bit
2 %	0.7 ~ 100 KΩ			
5 ms、10 μs	2500 点/秒			4ms or 20μs/点
接点倍率 電圧レベル倍率	リレ、電子式無接 点パルス、コード			接点 電圧
1024 点 × 16	256 点 × 16			1024 点
20 点/秒 30 点/秒	10,000 点 × 16 bit/秒			
				GE の ノックダウン

機 種		東 芝 T O S B A C - 3000	三 菱 電 機 M E L C O M 350/5	三 菱 電 機 M E L C O M 350/3G		
ソ フ ト ウ エ ア	ア セ ム ブ ラ	B A F				
	コ ン バ イ ラ	F O R T R A N W	—	R E A L T I M E F O R T R A N		
	割 込 処 理 タ イ マ ー 処 理	M O N I T O R - 30 有	有 有	有 有		
	診 断 プ ロ グ ラ ム	対ソフトウエア	有	有	有	
		対ハードウエア	有	有	有	
	ON LINE 修正、変更、デバッグ	可	可	可		
	シミュレーションプログラム		有	有		
そ の 他	端の末2台までのTSS (KACS)					
ブ ロ グ セ ス	ア ナ ロ グ 入 力	入 力 レ ン ジ		10mV ~ 5V	0 ~ 10, 50, 200 mV 0 ~ ±10V	
		マ ル チ プ レ ク サ	種 類	リレ式、トランジスタ式	リレ式	
	切 換 速 度		200点/秒 20,000点/秒	30点/秒 ~ 120点/秒		
	増 幅 器	ゲ イ ン	1, 62.5, 125, 250, 500, 1000	1000 ~ 2	1, 50, 200, 500 1000	
		入 力 イ ン ピ ダ ン ス	1 MΩ	1000 MΩ以上	1000 MΩ	
	A-D 変 換 器	変 換 速 度	50 μs	30点/秒(60μs)	180μs, 17ms(積分形)	
		分 解 能	8+10 bit	8+12 bit	8+10 bit 8+11 bit	
		精 度	0.1 %	± 0.1 %	0.1 %	
	ア ナ ロ グ 出 力	D-A 変 換 器	出 力 電 圧	指 定 電 圧 ± 10V	0 ~ 10V	特に規定せず
			分 解 能	8+7 bit	8 ~ 10 bit	8, 10 bit
出 力 イ ン ピ ダ ン ス			1 Ω	1 KΩ	特に規定せず	
変 換 速 度			5 ms/点		5 ms	
デ ィ ジ タ ル 入 出 力	信 号 形 式	接点 電圧 } コード BCD bit	接点 レベル	接点 レベル (6V以上)		
	入 力 接 続 数	1024点 × 16		2048点/1コントローラ		
	出 力 転 送 速 度	リレ-3, 200 bit/秒				
備 考						

沖 電 気 OKIMINITAC 7000	北 辰 電 気 HOC - 30	横 河 電 機 YODIC 500	(横 河 電 機) CCS - 7020	(横 河 電 機) CCS - 8000
OKIMAP - VII	HOC 510	PLY - 500		PAL MACRO - 8
FORTTRAN IV	-			FORTTRAN
有 有	有 有	有 有		有
有 有	無 有	無 有	FACOM 270/20 参照	有 有
可	不 可	可		
無	無	有		有
				TSS 完成 (TSS-8) DISK MONITOR
0 ~ 10 mV 0 ~ 5 V	0 ~ 3 mV 0 ~ 4 V, 1 ~ 5 V	0 ~ 10 mV 1 ~ 5 V	1 ~ 5 V 0 ~ 10 mV	
	リ レ 式	ト ラ ン ジ ス タ 式	リ レ 式	
100 μs	10 ms	1400 / sec	8 ms, 15 ms	
60 dB		40 dB	2	
100 MΩ		1 MΩ	1 MΩ	
80 μs	160 μs	20 μs	2.4 μs	
S + 11 bit	S+12 bit BCD	S + 10 bit	S + 10 bit	
0.05 %	0.1 %	0.1 %	0.1 %	
0 ~ 5 V	2 ~ 10 mA	10 ~ 50 mA	10 ~ 50 mA	
11 bit	10 bit	9 bit		
0.1 KΩ	3 KΩ	定電流出力 最大負荷 200 Ω		
10 μs	100 ms	0.3 ms	2 ms	
接点 コード パルス	接点 コード化 パルス	接点 電圧	接点 コード、 電圧 パルス	
128				
10 μs				
			FACOM 270-20 がCPU	東 電 社 PDP8がCPU

機 種		IBM 1800	IBM 1130	HONEYWELL DDP - 516	
ソ フ ト ウ エ ア	ノセムフラ			DAP 116	
	コンパイラ	FORTRAN	FORTRAN	FORTRANW	
	割込処理 タイマ—処理	有 有	有 無	有 有	
	診 断 プログラム	対 ソフトウェア	有	無	有
		対 ハードウェア	有	有	有
	ON LINE 修正、変更、デバッグ	可	不 可	不 可	
	シミュレーションプログラム	有	無	無	
そ の 他	TSS Multi programming PROSPRO 1800	Disk MONITOR			
プ ロ グ ラ ム セ ッ ス	ア ナ ログ	入 力 レ ン ジ	- 5 ~ + 5 V		
		マルチ プレクサ	種 類	リレ、ソリッドステート	
			切 換 速 度	100点/sec 20K点/秒	
	増幅器	ゲ イ ン	10、25、50、100 250、500		
		入 力 インピーダンス			
	入 力	A-D 変換器	変 換 速 度	23 ~ 35 K点/秒	
			分 解 能	8 + 14 bit	
			精 度		
	入 出 力	ア ナ ログ 出 力	出 力 電 圧	- 10 ~ + 10 V	
			分 解 能	8 + 13 bit	
出 力 インピーダンス			10 K Ω		
変 換 速 度			20 K点/秒		
力	デ ィ ジ タル 入 出 力	信 号 形 式	接 点 レ ベ ル パルスカウント		
		入 力 接 続 数	1004 1024 } 点 128		
		出 力 転 送 速 度	500 KW/秒		

付録 2 プログラム例

付 2.1 プロセス制御プログラム例

付 2.1.1 制御モデル

(i) モデル

貫流ボイラを簡略化し、データとして次の4つのみを考えた。

- | | |
|----------|-------|
| (1) 蒸気圧力 | } 出力側 |
| (2) 蒸気温度 | |
| (3) 給水流量 | } 入力側 |
| (4) 燃料流量 | |

給水および燃料流量を制御することによつて、蒸気圧力、温度を制御し同時にこの4つの測定データから効率を算出し、給気量を調節して効率最大に保つことを考えている。

図付 2.1 にモデルのブロック図を示す。

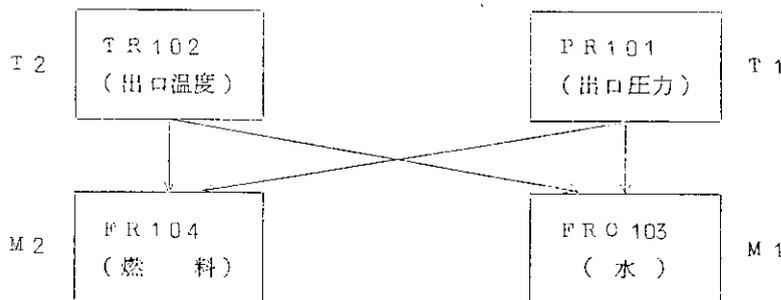
図中○印は記録計または調節計を示し□印は測定変数を示している。

プログラム例では設定値はコンソールタイプよりの key in とするが効率計算式などは 450°C 、 50 kg/cm^2 の場合のみを想定している。

なお、本モデルには、船舶技研でのテスト (DDC、効率制御) のレポートを参考にした。

(a) 温度制御

相互干渉の強いことを考慮して下記のようなモデルをとつた。



$$\bigcirc = 0.006 \Delta T_1 - \Delta M_1 + 0.06 \Delta T_2$$

$$\bigcirc = 0.01 \Delta T_2 - \Delta M_2 + 0.1 \Delta T_1$$

$$\Delta T_1 = \text{Target value} - \text{Current value}$$

$$\Delta M = \text{New} - \text{Current (Manipulated variable)}$$

(b) 効率

ボイラの効率はボイラに入る単位時間当りの全エネルギーとボイラで発生した蒸気のもつエネルギーの比で表わされる。効率の制御には相対効率がわかれば制御できるので、次式を利用することにする。

$$\eta = \frac{Q_s(I_{out} - I_{in})}{Q_F \cdot E} \quad (2-1)$$

ここで、 Q_s : ボイラの蒸発量 [kg/sec]

I_{out} : 出口蒸気のもつエンタルピ [Kcal/Kg]

I_{in} : 給水のもつエンタルピ [Kcal/Kg]

Q_F : 燃料流量 [Kg/sec]

E : 燃料の発熱量 [Kcal/Kg]

定常状態では蒸発量と給水量とは等しいので (2-1) 式を次式の如く変形できる。

$$\eta = \frac{Q_s(I_{out} - I_{in})}{Q_F \cdot E} = \frac{Q_W(I_{out} - I_{in})}{Q_F \cdot E} = \frac{Q_W}{Q_F} \left\{ \frac{(I_0 - E I)}{E} + \frac{\Delta I}{E} \right\} \quad (2-2)$$

ここで、 Q_F : 給水量 [Kg/sec]

I_0 : 基準出口温度および圧力時の出口蒸気エンタルピ [Kcal/Kg]

ΔI : 基準出口エンタルピからの偏差

$$\Delta I = I_{out} - I_0 \quad [Kcal/Kg]$$

出口エンタルピは温度および圧力から次式で近似的に求めることができる。

$$I_{out} = 792.6 + 0.568 \Delta Q - 0.32 \Delta P \quad (2-3)$$

$\Delta Q = 450^\circ\text{C}$ からの偏差

$\Delta P = 50 \text{ Kg/cm}^2$ からの偏差

基準出口温度、圧力をそれぞれ

450°C 、 50 Kg/cm^2 とすると

(2-3)式より

$$I_0 = 792.6 \text{ Kcal/Kg}$$

$$\Delta I = 0.568 \Delta Q - 0.32 \Delta P$$

さらに $E = 10,000 \text{ Kcal/Kg}$

$$I_{in} = 20 \text{ Kcal/Kg}$$

とすると(2-2)式は

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Q_W}{Q_F} \times \left(\frac{792.6 - 20}{10,000} + \frac{0.568 \Delta Q - 0.32 \Delta P}{10,000} \right) \\ &= \frac{Q_W}{Q_F} \times (7726 \times 10^{-2} + 5.68 \times 10^{-5} \Delta Q - 3.20 \times 10^{-5} \Delta P) \end{aligned}$$

となり、ボイラ効率の測定は、燃料流量、給水流量、出口蒸気温度、出口圧力の諸量を測定することにより行うことができる。

(c) 効率制御

簡単なためEO法 (Evolutionary Operation) などとはならず効率差に比例する操作信号で給気量を制御して効率をあげることとする。即ち

$$\Delta \eta = \eta_n - \eta_{n-1} \text{ に比例して給気弁が操作される。}$$

(ii) 測定情報

(a) 蒸気圧力 (V 0001)

圧力測定器で測定され、そのレンジは0~50 Kg/cm²で入力アドレスの11に接続される。

測定は1分毎に行なわれ、1回の測定サイクルで5 Kg/cm²以上の変化があつたら警告をプリントアウトする。

入力データはn=2で指数平滑されなければならない。目標値はタイプライタでキー入力され、また、現在値との差が2 Kg/cm²以上あればプリントアウトすること。

(b) 蒸気温度 (V 0002)

温度はC-A熱電対で測定され、入力アドレスの12に接続される。測定は1分毎に行なわれ、400℃、500℃を上・下限として連続時にリミットチェックを行なう。

温度差が5℃以上の場合、制御を行ない、また目標値との偏差が20℃以上で警告をプリントアウトすること。

(c) 給水流量 (V 0003)

流量計で測定され、そのレンジは0～3 ton/hr で入力アドレス 13 に接続される。

測定は1分毎に行なわれ、1サイクルでの調整量の範囲は10%を越えてはいけない。

リミットレンジは1.0～2.5 ton/hr に行なわれる。

コントローラのアドレスは01である。

(d) 燃料流量 (V 0004)

流量計で測定されレンジは0～5 Kl/hr で入出力アドレス 14 に接続される。測定は1分毎に行なわれ制限値は0～4.5 Kl/hr とし、それを越える場合は警告をプリントアウトする。

コントローラのアドレスは02である。

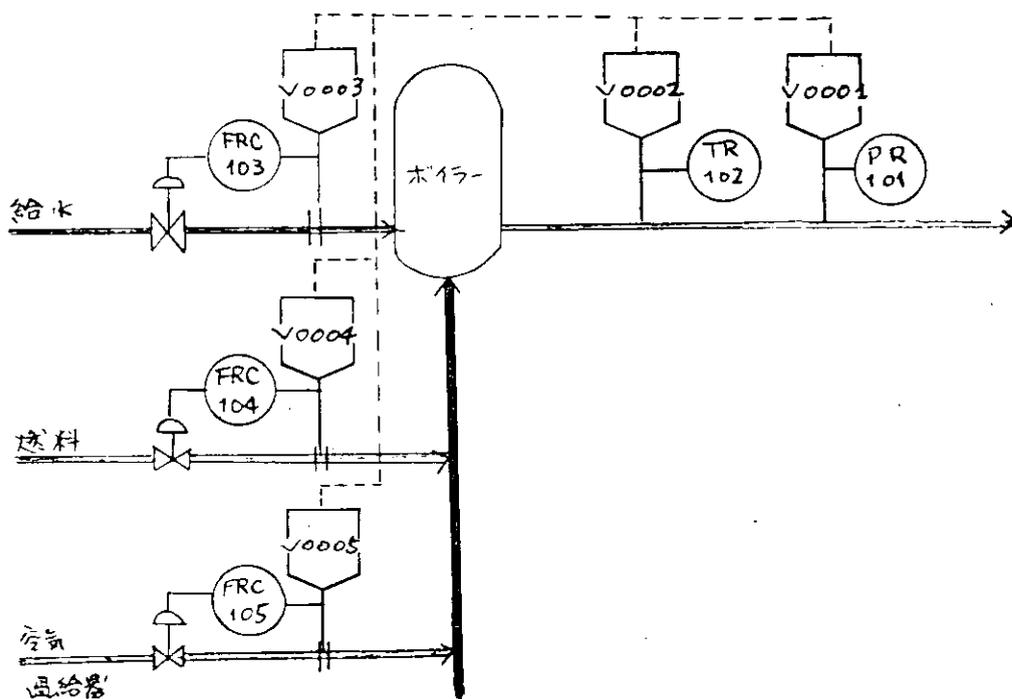
(e) 効率制御

前記の効率計算の結果によつて、コントローラが制御される。

コントローラのアドレスは03である。

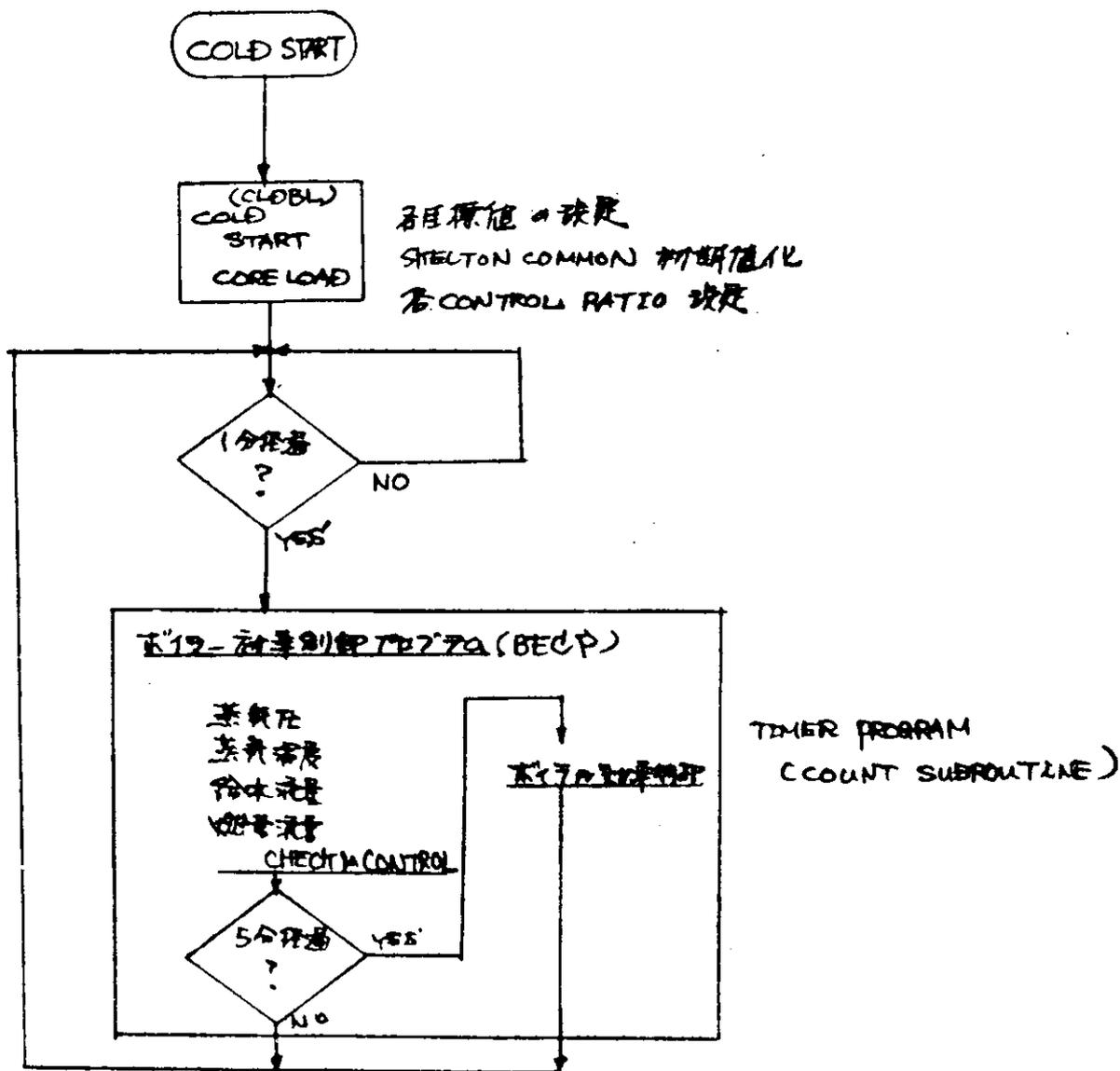
制御は5分単位で行なわれ、1回の調整量は10%を越えてはいけない。

セットポイントステーションは2000パルスでフルスケールとし、位置のフィードバック信号は、4～20 mA で入力アドレス 15 に接続される。

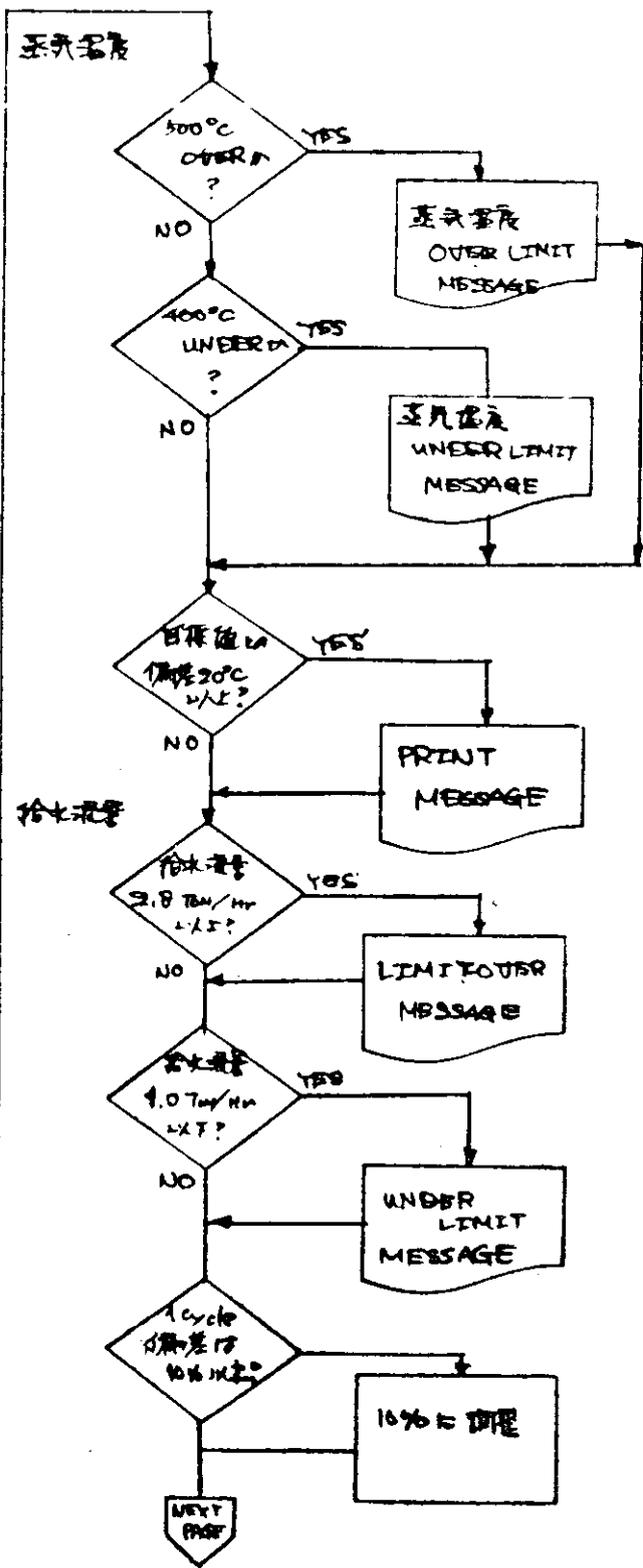
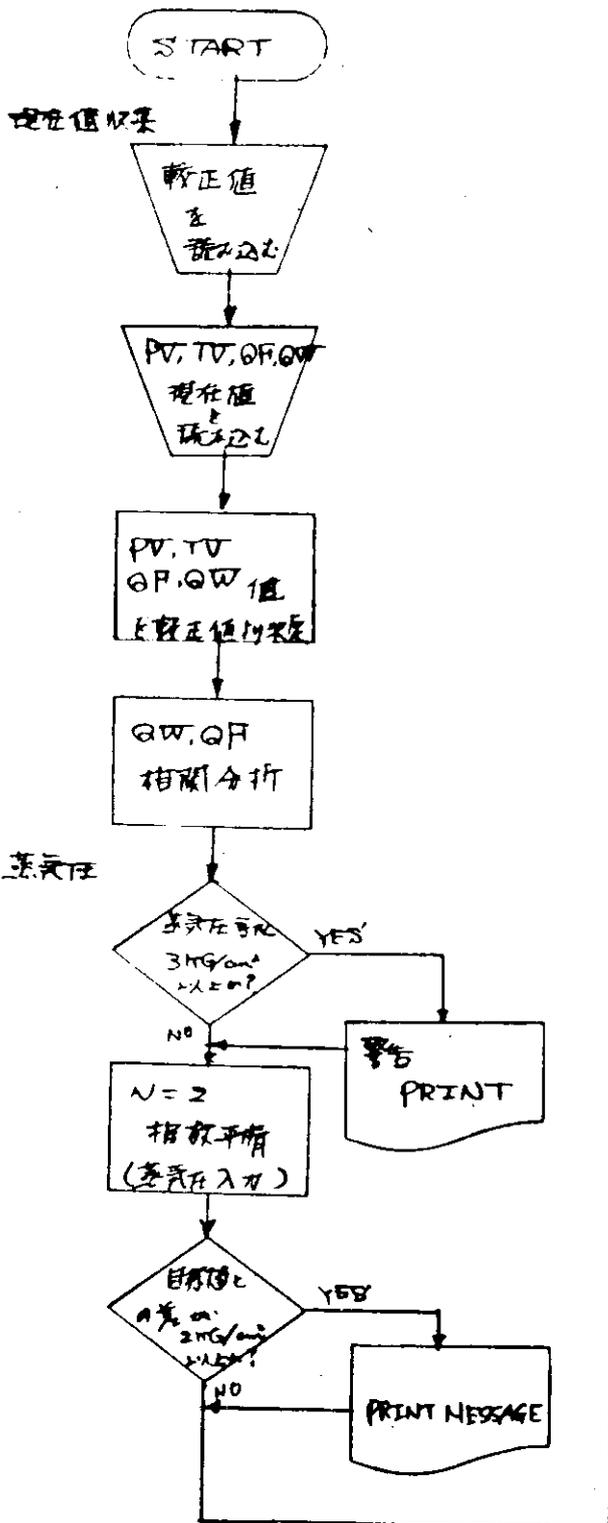


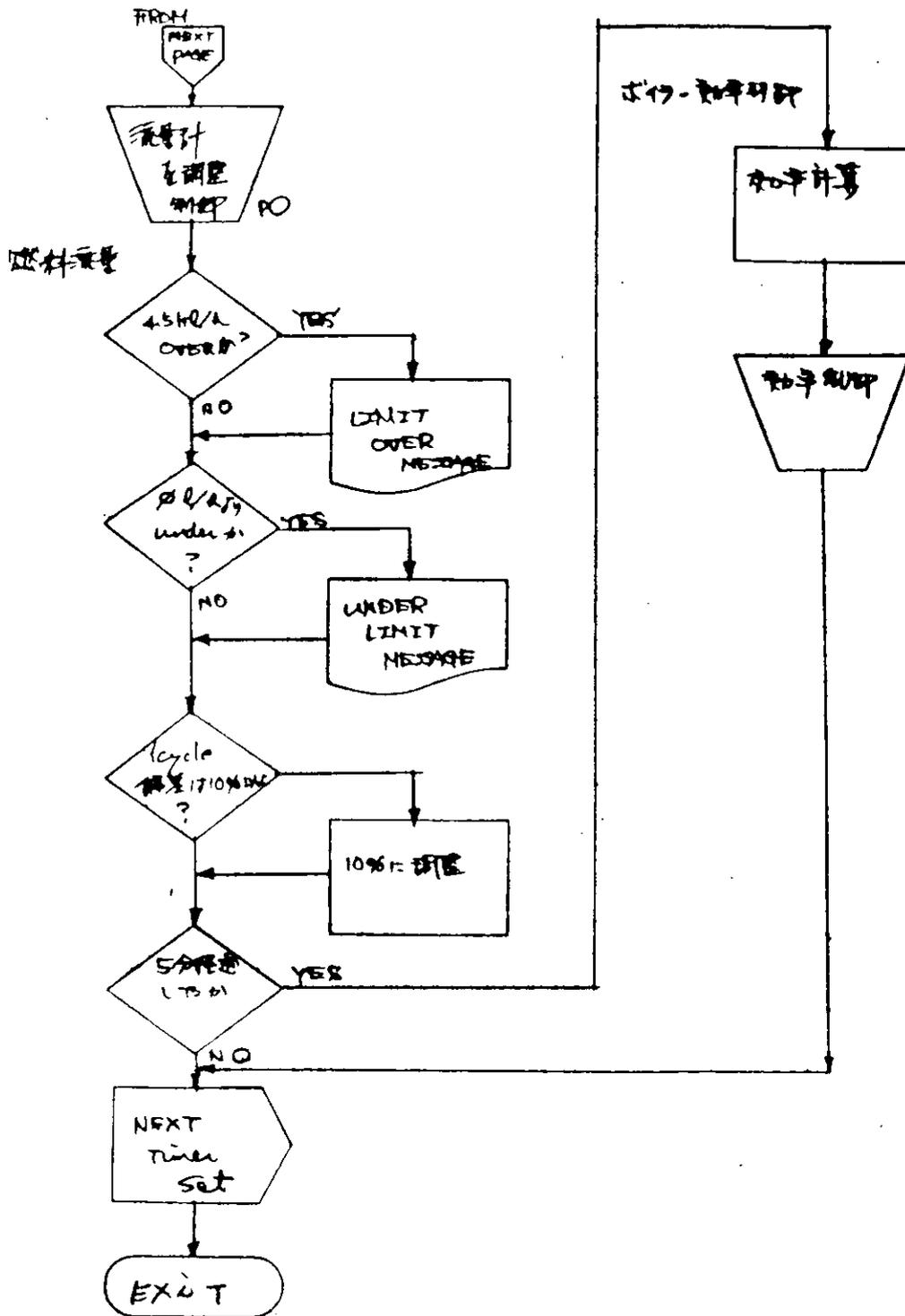
図付 2.1 モ デ ル

付 2.1.2 プログラムストラクチャー (FORTRAN CODED)



付 2.1.2 プログラムストラクチャー (FORTRAN CODED)





付2.1.3 FORTRANコンパイルリスト

// JOB *****
// XEQ PPMIN FX

NO4 READY READER

0

8

```

// JRR
// FOR EXMD
*ONE WORD INTEGERS
*LIST ALL
-----
C *****
C DIMENSION A(1:1),S(1)
C IF A-R=0,0,GENERATE INITIAL VALUES OF A,R,AND C
  IF (A)-140+110+140
110 IF (R) 140+120+140
120 IF (S) 140+130+140
130 C>(1)-2.0*(2)*X(3)
R>(2)-X(1)+1.5*C
A>(1)-R-0.5*C
140 BE=1-0-AL
RECUR=RE*RE*RE
ALCUB=AL*AL*AL
C DO THE FOLLOWING FOR I=1 TO NX
C DO 150-1+NX
C FIND S(I) FOR ONE PERIOD AHEAD
  S(I)=A+R+0.5*C
C UPDATE COEFFICIENTS A,R,AND C
  DIE=S(I)+X(I)
A>(1)+RECUR*OIF
R>(R+C-1+5*AL*AL*(2-0-AL)*DIF
150 C=C-ALCUB*OIF
RETURN
END
-----
VARIABLE ALLOCATIONS
REF)=0000 RECUR)=0002 ALCUB)=0004 DIF)=0006 T(1)=0000
STATEMENT ALLOCATIONS
110.=004C 120.=0051 130.=0056 140.=0088 150.=00E1
-----
FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS
CALLED SUBPROGRAMS
READ --FADDX --ESUB --ESUBX EMPY EMPY FLD FLDX --ESTO --ESTOX --FSBR --FSBRX --LOFAC --SUBSC --SUBIN
-----
REAL CONSTANTS
.200000E 01=0010 .150000E 01=0012 .500000E 00=0014 .100000E 01=0016
INTEGER CONSTANTS
1=0018
-----
CORE REQUIREMENTS FOR EXMD
COMMON 0 INSKEL COMMON 0 VARIABLES 16 PROGRAM 228
-----
END OF COMPILATION

```

EXSMO
DUP FUNCTION COMPLETED
-- DUP
#STORE L EXSMO
EXSMO
DUP FUNCTION COMPLETED

2
20

240 WRITE(5,200)
200 FORMAT(' VAPOR TEMPERATURE DEVIATES 20 DEGREE FROM OBJECTIVE')

C

C

C

250 CONTINUE

WRITE

NAME	GROUP	INDEX	VALUE	UNIT	SCALE	UNIT	SCALE	UNIT	SCALE	UNIT	SCALE
000000	02=0110		.100000E 02=0112		.205500E 02=0114		.164000E 02=0116		.400000E 03=0118		.500000E 03=011A
000000	01=011C		.505000E 01=011E		.400000E 02=0120		.600000E 01=0122		.100000E 01=0124		.100000E 00=0126
000000	00=0128		.200000E 01=012A		.200000E 02=012C		.280000E 01=012E		.100000E 01=0130		.200000E 03=0132
000000	01=0134		.500000E 02=0136		.772000E 01=0138		.564000E 01=013A		.020000E 01=013C		

INTERCOMPARISON

NAME	GROUP	INDEX	VALUE	UNIT	SCALE	UNIT	SCALE	UNIT	SCALE	UNIT	SCALE
0001=0130			11=013F		3=0140		2=0141		200=0142		1=0143 11101=0144
000148			40=0146								5=0145 0=0146 10=0147

NAME REQUIREMENTS FOR SAMPLE
 DIVISION 0 FOR CPU COMMON 28 VARIABLES 272 PROGRAM 978

END OF CORRELATION

7 15

MEASUREMENT INFORMATION SET-UP

CALL
IN(2)*100./INQ(1)
IN(3).ICALR
CALL
IN(6).I1

PV=IN(1)*50./INQ(1)
TV=IN(2)*100./INQ(1)
TV=(20.65-1.6.40)*TVV-400.+0./500.
-400.+16.40

CORRELATION ANALYSIS

OM=OM+0.+006*(ORJVP-PV)+0.06*(ORJTV-TV)
OF=OF+0.01*(ORJVP-PV)+0.1*(ORJTV-TV)

VAPOUR PRESSURE TESTING

162

(ABS(PREP-PV)-3)

110

100

WRITE
13-1000
PV

1000 FORMAT (1, VAPOUR PRESSURE OVER 3, KG/CM**2, /
** CURRENT VALUE IS, F6.2, KG/CM**2)

*** CALL EXPONENTIAL SMOOTHING SUBROUTINE

110 X(1)=PREP
X(2)=PV
AL=0.5

CALL EXSMOIX2
AL, A, G, S

LABS(OPVP-S(21))

2.0)

*130 *

120

WHITE
(3.1100)
OPVP

1100 FORMAT(' VAPOR PRESSURE OVER OBJECTIVE VALUE 1, P, 2, (KG/CM2).')

130

CONTINUE

I PREPVDV

VAPOR TEMPERATURE MEASUREMENT

(500.-TV)

*210 *

200 *****
WRITE
(3,2000)

2000 FORMAT(VAPOUR TEMPERATURE LIMIT OVER)

* 230 *

210 *****
IF
(TV-400.)

* 230 *

220 *****
WRITE
(3,2100)

2100 FORMAT(VAPOUR TEMPERATURE UNDER LIMIT)

230 (ABS(OPTV-TV)-20

250 *

740 *****
WRITE
(3,2200)

7700 FORMAT(' VAPOUR TEMPERATURE DEVIATES 20 DEGREE FROM (RECTIVE)')

750 CONTINUE

PRIV=TV

***** WATER QUANTITY MEASUREMENT *****

(2, P-OF)

310 *

(DFLOW=200.)

*350 * *350*

340 | 11=200

350 --* 00 360 1=1,11 *

360 +++I IOUT(1)= IOUT(1)+1

CALL POC(1101,IOUT(1),
I,IOUT(1)+2))

PREDEFOM

*** FUEL QUANTITY MEASUREMENT

(4.5-OF)

400

WRITE
(3,400)
OF

4000 FORMAT(1,FUEL-QUANTITY-LIMIT,OVER,NOW-IS,1,F6.2,1K1,1HRI) **

* 430 *

410

(OF)

420

WRITE
(3,410)
OF

4100 FORMAT(1,FUEL-IS-FLOWED-RACK,NOW-IS,1,F6.2,1K1,1HRI) **

501 I I=200

* 504 *

502 ---* DO 503 I=1,I1 *

503 +++ I IOUT(I)=1

504 I IOUT(I+1)=3

CALL
PG(I+1),IOUT(I+1),
I),IOUT(I+2))

CALL COUNT(I+2

*** EXIT_OPTION ***

509 CALL COUNT(I+1

I_CALL_INEX

STATEMENT NO	PAGE NO										
100	3	300	7	430	10	1000	3				
110	4	310	7	440	10	1100	4				
120	4	320	7	450	10	2000	5				
130	4	330	7	460	10	2100	5				
200	5	340	8	500	11	2200	6				
210	5	350	8	501	12	3000	7				
220	5	360	8	502	12	3100	7				
230	6	400	9	503	12	4000	8				
240	6	410	9	504	12	4100	9				
250	6	420	9	999	12	4100	0				

24 03

EDM PROSPRO/1000

Variable Information

1 5
0 0001

Description STEAM PRESSURE

7 8 10

00	PR-101	STEAM PR	Identification
01	KG/CM2		Engineering units
02	0001		Processing sequence
03	01		Routine processing interval
04	02		No. of routine values to determine avg.
05	1		Use avg. for ref., delta, and dev. checks? (1=Yes)

Current Value Processing

10	1		Measured input? (1=Yes)
11	1		Continuously monitored for max-min? (1=Yes)
12	0003		Measured input address
13	006552		ADC reading at bottom of scale (a)
14	26214		ADC span (b)
15			√ Option in conversion eq. (1=Yes)
16	0.0		Bias (B)
17	5000		Coefficient (C)
18			Special current value calculation
19			Intermediate special action

Limit Checking

20	45.0		Process maximum limit
21			No Viol. → Viol. } Special action when passing
22			Viol. → No Viol. } through the maximum limit
23	35.0		Process minimum limit
24			No Viol. → Viol. } Special action when passing
25			Viol. → No Viol. } through the minimum limit
26			Process upper reference
27			Below → Above } Special action when passing
28			Above → Below } through the upper reference
29			Process lower reference
30			Above → Below } Special action when passing
31			Below → Above } through the lower reference
32	3.0		Delta limit for operator notification
33			Special action when delta limit exceeded
34			Delta required for a predictive adjustment
35			Action for a predictive adjustment

Target Value and Deviation Processing

40	1		Does variable have a target? (1=Yes)
41			Min. time between two target calc. and/or dev. adj.
42	0010		Action to evaluate new target value
43	2.0		Deviation limit
44			Action when dev. limit exceeded
45	0.0		Deviation for normal adjustment action
46	20001		Action for normal deviation adjustment
47			Maximum set point adjustment per pass
48			Set point output (1 = controller, 2 = message)
49			Controller address
50			Set point movement rate
51			Final special action

IBM PROSPRO/1800
Variable Information

1 5
0 0 0 2

Description STEAM TEMPERATURE

7 8 10

0 0	TR-102 TEMP	Identification
0 1	DEG C	Engineering units
0 2	0002	Processing sequence
0 3	01	Routine processing interval
0 4		No. of routine values to determine avg.
0 5		Use avg. for ref., delta, and dev. checks? (1=Yes)

Current Value Processing

1 0	1	Measured input? (1=Yes)
1 1		Continuously monitored for max-min? (1=Yes)
1 2	0004	Measured input address
1 3		ADC reading at bottom of scale (a)
1 4		ADC span (b)
1 5		✓ Option in conversion eq. (1=Yes)
1 6		Bias (B)
1 7		Coefficient (C)
1 8	11	Special current value calculation
1 9		Intermediate special action

Limit Checking

2 0	500.0	Process maximum limit
2 1		No Viol. → Viol. } Special action when passing
2 2		Viol. → No Viol. } through the maximum limit
2 3	400.0	Process minimum limit
2 4		No Viol. → Viol. } Special action when passing
2 5		Viol. → No Viol. } through the minimum limit
2 6		Process upper reference
2 7		Below → Above } Special action when passing
2 8		Above → Below } through the upper reference
2 9		Process lower reference
3 0		Above → Below } Special action when passing
3 1		Below → Above } through the lower reference
3 2		Delta limit for operator notification
3 3		Special action when delta limit exceeded
3 4		Delta required for a predictive adjustment
3 5		Action for a predictive adjustment

Target Value and Deviation Processing

4 0	1	Does variable have a target? (1=Yes)
4 1		Min. time between two target calc. and/or dev. adj.
4 2	-0011	Action to evaluate new target value
4 3	20.0	Deviation limit
4 4		Action when dev. limit exceeded
4 5	5.0	Deviation for normal adjustment action
4 6	20002	Action for normal deviation adjustment
4 7		Maximum set point adjustment per pass
4 8		Set point output (1 = controller, 2 = message)
4 9		Controller address
5 0		Set point movement rate
5 1		Final special action

Variable Information

Description WATER FEED

7 8 10

0 0	ERC-103 WATER FEED	Identification
0 1	T/HR	Engineering units
0 2	0003	Processing sequence
0 3	01	Routine processing interval
0 4	03	No. of routine values to determine avg.
0 5	1	Use avg. for ref., delta, and dev. checks? (1=Yes)

Current Value Processing

1 0	1	Measured input? (1=Yes)
1 1	1	Continuously monitored for max-min? (1=Yes)
1 2	0005	Measured input address
1 3	006552	ADC reading at bottom of scale (a)
1 4	26214	ADC span (b)
1 5	1	✓ Option in conversion eq. (1=Yes)
1 6	0.0	Bias (B)
1 7	3.0	Coefficient (C)
1 8		Special current value calculation
1 9		Intermediate special action

Limit Checking

2 0	2.8	Process maximum limit	} Special action when passing through the maximum limit
2 1		No Viol. → Viol.	
2 2		Viol. → No Viol.	} Special action when passing through the minimum limit
2 3	1.0	Process minimum limit	
2 4		No Viol. → Viol.	} Special action when passing through the minimum limit
2 5		Viol. → No Viol.	
2 6		Process upper reference	} Special action when passing through the upper reference
2 7		Below → Above	
2 8		Above → Below	} Special action when passing through the lower reference
2 9		Process lower reference	
3 0		Above → Below	} Special action when passing through the lower reference
3 1		Below → Above	
3 2		Delta limit for operator notification	} Special action when delta limit exceeded
3 3		Special action when delta limit exceeded	
3 4		Delta required for a predictive adjustment	} Action for a predictive adjustment
3 5		Action for a predictive adjustment	

Target Value and Deviation Processing

4 0	1	Does variable have a target? (1=Yes)
4 1		Min. time between two target calc. and/or dev. adj.
4 2		Action to evaluate new target value
4 3		Deviation limit
4 4		Action when dev. limit exceeded
4 5		Deviation for normal adjustment action
4 6		Action for normal deviation adjustment
4 7	0.3	Maximum set point adjustment per pass
4 8	1	Set point output (1 = controller, 2 = message)
4 9	001	Controller address
5 0	01	Set point movement rate
5 1		Final special action

Description FUEL FEED

7	8	10	
0 0	FRC-104 FUEL FEED		Identification
0 1	KL/HR		Engineering units
0 2	0004		Processing sequence
0 3	01		Routine processing interval
0 4	02		No. of routine values to determine avg.
0 5	1		Use avg. for ref., delta, and dev. checks? (1=Yes)

Current Value Processing

1 0	1		Measured input? (1=Yes)
1 1	1		Continuously monitored for max-min? (1=Yes)
1 2	0000		Measured input address
1 3	006552		ADC reading at bottom of scale (a)
1 4	26214		ADC span (b)
1 5	1		√ Option in conversion eq. (1=Yes)
1 6	0.0		Units (B)
1 7	5.0		Coefficient (C)
1 8			Special current value calculation
1 9			Intermediate special action

Limit Checking

2 0	4.5		Process maximum limit
2 1			No Viol. → Viol. } Special action when passing
2 2			Viol. → No Viol. } through the maximum limit
2 3	0.0		Process minimum limit
2 4			No Viol. → Viol. } Special action when passing
2 5			Viol. → No Viol. } through the minimum limit
2 6			Process upper reference
2 7			Below → Above } Special action when passing
2 8			Above → Below } through the upper reference
2 9			Process lower reference
3 0			Above → Below } Special action when passing
3 1			Below → Above } through the lower reference
3 2			Delta limit for operator notification
3 3			Special action when delta limit exceeded
3 4			Delta required for a predictive adjustment
3 5			Action for a predictive adjustment

Target Value and Deviation Processing

4 0	1		Does variable have a target? (1=Yes)
4 1			Min. time between two target calc. and/or dev. adj.
4 2			Action to evaluate new target value
4 3			Deviation limit
4 4			Action when dev. limit exceeded
4 5			Deviation for normal adjustment action
4 6			Action for normal deviation adjustment
4 7	0.5		Maximum set point adjustment per pass
4 8	1		Set point output (1 = controller, 2 = message)
4 9	002		Controller address
5 0	01		Set point movement rate
5 1			Final special action

Description EFFICIENCY CONTROL

7 8 10

0 0	FRC-105 AIR	Identification
0 1	NM3/HR	Engineering units
0 2	0005	Processing sequence
0 3	01	Routine processing interval
0 4	02	No. of routine values to determine avg.
0 5	1	Use avg. for ref., delta, and dev. checks? (1=Yes)

Current Value Processing

1 0	1	Measured input? (1=Yes)
1 1	1	Continuously monitored for max-min? (1=Yes)
1 2	0007	Measured input address
1 3	006552	ADC reading at bottom of scale (a)
1 4	26214	ADC span (b)
1 5	1	✓ Option in conversion eq. (1=Yes)
1 6	φ.φ	Bias (B)
1 7	1000.φ	Coefficient (C)
1 8		Special current value calculation
1 9		Intermediate special action

Limit Checking

2 0	95φ.φ	Process maximum limit
2 1		No Viol. → Viol. } Special action when passing
2 2		Viol. → No Viol. } through the maximum limit
2 3	φ.φ	Process minimum limit
2 4		No Viol. → Viol. } Special action when passing
2 5		Viol. → No Viol. } through the minimum limit
2 6		Process upper reference
2 7		Below → Above } Special action when passing
2 8		Above → Below } through the upper reference
2 9		Process lower reference
3 0		Above → Below } Special action when passing
3 1		Below → Above } through the lower reference
3 2		Delta limit for operator notification
3 3		Special action when delta limit exceeded
3 4		Delta required for a predictive adjustment
3 5		Action for a predictive adjustment

Target Value and Deviation Processing

4 0	1	Does variable have a target? (1=Yes)
4 1	00005	Min. time between two target calc. and/or dev. adj.
4 2	10001	Action to evaluate new target value
4 3		Deviation limit
4 4		Action when dev. limit exceeded
4 5		Deviation for normal adjustment action
4 6		Action for normal deviation adjustment
4 7	100.φ	Maximum set point adjustment per pass
4 8	1	Set point output (1 = controller, 2 = message)
4 9	003	Controller address
5 0	01	Set point movement rate
5 1		Final special action

General Equation.

Description

General Equation form: $X=A + B [C + (F/D)]^E$

7	8	10	11	13	16	18	22
0	0	0	1		-	1	

- 13: Are values beyond MAX-MIN limits acceptable? (0=No, 1=Yes)
- 16: Temp. Stg. Loc. of X value when chaining Eqs. (-1 thru -7)
- 18-22: Next General Equation to be executed. (Chaining)

7	8	T	10	12	V'	16	18	V''	22	24	Constant Coefficient	36	Remarks
0	1	B									7.726E-2		
0	2	B			1.0002						5.68E-5		
0	3	B			1.0003						-3.20E-5		
0	4	D			0.0042								AVR FUEL
0	5	F			0.0032								AVR WATER
0	6												
0	7												
0	8												
0	9												

$$\text{Term}_T = 0.0 + \sum [(V')_T \times (V'')_T \times (\text{Constant Coefficient})_T]$$

Where T is A, B, C, D, E or F

(V) is the value of an identified variable V' or V'' as follows:

- V = 0 (or omitted): Value assumed to be 1.0
- V > 0; Contents of Identified Process Variable Value (iiii)
- 7 ≤ V < 0; Contents of Identified Temp. Stg. Loc. (Chaining)
- 9999 ≤ V ≤ -10; Contents of Identified Miscellaneous Data Storage

Constant Coefficient.

If omitted, the coefficient is assumed to be 1.0.
 When specified, a decimal point (.) must be placed within the field;
 all other significant characters must be a digit (0-9) except the first
 which may be a minus sign (-) to indicate a negative value; and all
 characters from the first to the last must be adjacent. The numerical
 range of the Constant Field (24-36) can be extended through use of the
 conventional exponential (E) format.

Description

General Equation form: $X=A + B [C + (F/D)]^E$

7 8 10 11 13 16 18 22
 0 0 G E 1

13: Are values beyond MAX-MIN limits acceptable? (0=No, 1=Yes)

16: Temp. Stg. Loc. of X value when chaining Eqs. (-1 thru -7)

18-22: Next General Equation to be executed. (Chaining)

7 8	10 T	12 V'	16	18 V''	22	24 Constant Coefficient	36	Remarks
0 1	A	φ φ φ 2 φ						CURRENT TEMP
0 2	B	- φ φ 1 1				- 1 . φ		TARGET TEMP
0 3								
0 4								
0 5								
0 6								
0 7								
0 8								
0 9								

$$\text{Term}_T = 0.0 + \sum [(V') \times (V'')_T \times (\text{Constant Coefficient})_T]$$

Where T is A, B, C, D, E, or F

(V) is the value of an identified variable V' or V'' as follows:

V = 0 (or omitted); Value assumed to be 1.0

V > 0; Contents of Identified Process Variable Value (1111)

-7 ≤ V < 0; Contents of Identified Temp. Stg. Loc. (Chaining)

-9999 ≤ V ≤ -10; Contents of Identified Miscellaneous Data Storage

Constant Coefficient.

If omitted, the coefficient is assumed to be 1.0.

When specified, a decimal point (.) must be placed within the field; all other significant characters must be a digit (0-9) except the first which may be a minus sign (-) to indicate a negative value; and all characters from the first to the last must be adjacent. The numerical range of the Constant Field (24-36) can be extended through use of the conventional exponential (E) format.

General Equation

Description

General Equation form: $X=A + B [C + (F/D)]^E$

7 8 10 11 13 16 18 22

0	0	G	E		-	1	
---	---	---	---	--	---	---	--

- 13: Are values beyond MAX-MIN limits acceptable? (0=No, 1=Yes)
- 16: Temp. Stg. Loc. of X value when chaining Eqs. (-1 thru -7)
- 18-22: Next General Equation to be executed. (Chaining)

		T							24 Constant Coefficient		36		Remarks
7	8		12	V'	16	18	V''	22					
0	1	A	0	1	2								AYER PRES
0	2	B	-	0	1								TARGET PRES
0	3												
0	4												
0	5												
0	6												
0	7												
0	8												
0	9												

$$\text{Term}_T = 0.0 + \sum [(V')_T \times (V'')_T \times (\text{Constant Coefficient})_T]$$

Where T is A, B, C, D, E or F

(V) is the value of an identified variable V' or V'' as follows:

- V = 0 (or omitted); Value assumed to be 1.0
- V > 0; Contents of Identified Process Variable Value (IIII)
- 7 ≤ V < 0; Contents of Identified Temp. Stg. Loc. (Chaining)
- 9999 ≤ V ≤ -10; Contents of Identified Miscellaneous Data Storage

Constant Coefficient.

If omitted, the coefficient is assumed to be 1.0.

When specified, a decimal point (.) must be placed within the field; all other significant characters must be a digit (0-9) except the first which may be a minus sign (-) to indicate a negative value; and all characters from the first to the last must be adjacent. The numerical range of the Constant Field (24-36) can be extended through use of the conventional exponential (E) format.

Adjustment Information

1 5
2 0 0 1

Description

Adjustment Equation: $0 = F_1 \Delta T + F_2 \Delta M + F_3 \Delta U + F_4 \Delta V_1 + F_5 \Delta V_2 + F_6 \Delta V_3$

Simultaneous Equation Information. (Omit if single equation solution)

7	8	10	14	16	20	22	26	28	32	34
0	0	2	0 0 0 2	2		2		2		<input type="checkbox"/> Re-resolution acceptable? (1=Yes)

Definition and Development of Terms in Adjustment Equation.

7	8	10	14	16	Const. F _n Coeff.	28	30	33
0	1				4. 0 0 6		0 0 0 1	T-Targeted Variable
0	2				-1. 0		0 0 0 3	M-Manipulated Variable
0	3				0. 0 6		0 0 0 2	U-Uncontrolled Variable
0	4							V ₁ - } Other Variables
0	5							V ₂ - }
0	6							V ₃ - }

Adjustment Equation Output Restrictions.

1	0				Action taken when Variable M Out of Service.
1	1				Action taken when Variable M Off Computer (On Operator).
1	2		0.5		Maximum allowable adjustment to M per pass.
1	3				Action taken when Target of M already at MAX-MIN limit.
1	4				Adjustment Reference List for Partial Loop Test. (2nnnn or Blank)
1	5				If Entry 14 specifies a Reference List, Entries 15-18 specify sublists (-1, -2, -3, -4) referenced for all subsequent M's in control loop. If Entry 14 is Blank, Entries 15-18 specify all of the subsequent M Variables in control loop. Is Target of M set to Average instead of Current for Partial Loop? (1=Yes)
1	6				
1	7				
1	8				
1	9				

Manipulated Variable Adjustment (ΔM) Output Control.

2	1		0 0 0 3		TIME in minutes (bXXXX) or as developed (-nnnn or lnnnn).
7	8	10	12	14	17
2	2	0 0 0	0 0 2 5		10-12: %T = Cumulative elapsed time from present time expressed as a percent of TIME.
2	3	0 3 3	0 0 2 5		
2	4	0 6 7	0 0 2 5		14-17: % ΔM = Percent of ΔM change made after %T time.
2	5	1 0 0	0 0 2 5		

Special Action Initiated Upon Significant Change in Manipulated Variable (M).

7	8	10	Initiating M Change	22	24	Action
3	1					Action may be specified as follows: (a) Process Variable Special (0nnnn). (b) Execute General Action (1nnnn). (c) Feedforward Request Call of Adjustment Equation (2nnnn). (d) Execute Special Program (3nnnn).
3	2					
3	3					
3	4					
3	5					
3	6					

付2.2 FORTRANとアセンブラ比較例(二次式の根)

付2.2.1 FORTRAN

```
C FORTRAN SAMPLE PROGRAM EXAMPLE 1
C THIS SUBROUTINE SOLVES A QUADRATIC EQUATION
C A**X**2+B**X+C=0
SUBROUTINE QUAD(A,B,C,X)
X1=(-B+SQRT(B**2-4.0*A*C))/2.0*A)
RETURN
END
```

0007

24

MUX L QUAD,1
RSC I QUAD
END

0067

36

62