

日本船舶振興会 昭和47年度補助事業
“船舶の構造・性能に関する基礎的研究”

研究資料 No. 180

第135研究部会

造船工作における適応制御に関する研究

報 告 書

昭和48年3月

社 団 法 人

日 本 造 船 研 究 協 会

は　し　が　き

本報告書は日本船舶振興会の昭和47年度補助事業「船舶の構造・性能に関する基礎的研究」の一部として、日本造船研究協会が第135研究部会においてとりまとめたものである。

第135研究部会委員名簿 (敬称略、順不同)

部会長	木原 博 (大阪大学)
主査	栖原 二郎 (九州大学)
幹事長	宗 正 (日立造船)
幹事	小幡 哲彦 (日本鋼管) 森口 茂 (三井造船)
委員	伊藤 義朗 (大阪造船) 仰木 盛綱 (佐世保重工業) 大野 伊左男 (住友重機械工業) 小野 靖彦 (川崎重工業) 河合 卓 (日本鋼管) 小泉 和夫 (爾館ドック) 高武 淳夫 (石川島播磨重工業) 小林 三蔵 (名村造船) 佐藤 邦彦 (大阪大学) 鈴木 美暢 (三井造船) 平良成則 (石川島播磨重工業) 滝沢 晃 (日立造船) 竹内 秀司 (川崎重工業) 辻 勇 (九州大学) 津田 勘輝 (石川島播磨重工業) 寺尾 隆 (三菱重工業) 根岸 良平 (日立造船) 藤田 譲 (東京大学) 正木 審 (三菱重工業) 増山 雄三 (三菱重工業) 望月 男 (日清鉄工) 安田 健二 (日本海事協会) 山川 正彦 (佐野安船渠) 米森 一也 (大阪造船)

加工小委員会委員名簿 (敬称略、順不同)

委員長	小野 靖彦 (川崎重工業)
委員	福見 暁 (川崎重工業) 尾沢 末男 (田中製作) 仰木 盛綱 (佐世保重工業) 小幡 哲彦 (日本鋼管) 番西 延一 (川崎重工業) 鈴木 美暢 (三井造船) 平良成則 (石川島播磨重工業) 富田 駿 (小池酸素) 根岸 良平 (日立造船) 正木 審 (三菱重工業)

組立小委員会委員名簿 (敬称略、順不同)

委員長	大野 伊左男 (住友重機械工業)
委員	小幡 哲彦 (日本鋼管) 河合 卓 (日本鋼管) 平良成則 (石川島播磨重工業) 津田 勘輝 (石川島播磨重工業) 寺尾 隆 (三菱重工業) 中山 繁 (川崎重工業) 細井 秀治 (三井造船)

船台船渠小委員会委員名簿 (敬称略、順不同)

委員長	滝沢 晃 (日立造船)
-----	-------------

委員	伊藤義朗（大阪造船）	小野善三（佐野安船渠）
	加藤孝雄（三菱重工業）	川尻郁生（三菱重工業）
	河村隆昭（日立造船）	高武淳夫（石川島播磨重工業）
	砂川祐一（名村造船）	瀬尾姫（日立造船）
	高嶋徹司（名村造船）	竹内秀司（川崎重工業）
	田所修一（川崎重工業）	玉井正彦（大阪造船）
	西山優（川崎重工業）	増山雄三（三菱重工業）
	山川正彦（佐野安船渠）	宋霖一二（大阪造船）

目 次

1.はじめに	1
2.適応制御	3
3.造船工作の機械化・自動化に必要な制御因子に関する調査	5
3.1 調査の目的	5
3.2 調査の方法	5
3.3 前提条件	5
3.4 調査の結果	6
4.加工工程	17
4.1 加工工程における研究課題	17
4.2 自動走行型切断用ロボットに関するシミュレーション	18
4.2.1 シミュレーションの方法	18
4.2.2 切断対象部材	18
4.2.3 シミュレーションのための前提条件	18
4.2.4 シミュレーションの手法	19
4.2.5 シミュレーション結果	20
4.3 切断用ロボットの対象となりうる開口類	34
5.組立工程	37
5.1 板縫工程	37
5.2 再稼働工程	38
5.3 トランス、ロング配材・取付工程	38
5.4 熔接工程	38
6.船台船渠工程	39
6.1 概 説	39
6.1.1 工程の概要	39
6.1.2 適応制御対象としての船台船渠工程	40
6.1.3 検討方針	40
6.2 制御フロー・チャート	41
6.2.1 基本的な考え方	41
6.2.2 構造別・フロー・チャート	41
6.3 装置の概要	43
6.3.1 装置の種類	43
6.3.2 設計条件	44
6.3.3 装置の共通機能	44
6.3.4 装置の専有機能	45
7.ロボットに関する調査	49
7.1 調査の目的	49
7.2 ロボットの実験	49

7.3 調査結果	49
7.4 ロボットの造船工作への適用	50
8. 次年度研究計画	55
8.1 加工工程	55
8.2 組立工程	55
8.3 船台船渠工程	55
9. まとめ	56
付録 船台船渠工程流れ図	57

1 はじめに

造船工作における近代化は最終的に自動化 N C 化に発展することは明らかである。

現在 N C ガス切断機による鋸書、切断工程の合理化はすでに軌道に乗り、省力と精度向上に成果をあげつつある。しかし自動化 N C 化の諸設備は高価であり、投資効率向上の面からも、その稼動率の向上はきわめて重要な課題である。特に複雑な形状をもつ大型工作物を対象とする造船工作では、高度の自動化機器もセッティング作業を始めその工作過程において人手の介入を必要とするなど、稼動率を低下せしめる要因がきわめて多く、今後予想される自動工作機の大巾な採用にそなえて予めこれらの要因を解明し、その対策を講ずる必要がある。

本研究は大型工作物を対象とする全工作過程の効率化を目的とし、そのため N C 機、自動化機に適応制御を取り入れることによつて、その実現を期待しようとするものである。

本研究を実施するにあたつては、その対象を船殻工作のみとすることとし、以下に述べるような研究計画に従つて作業を進めることとした。なお、この研究は昭和 47 年度を初年度とする 3 年の継続研究であり、本年度はその基礎研究（調査）となるものである。

－ 1 適応制御応用作業の調査研究

造船作業においては N C 等自動機器を応用する場合、人が被工作物に N C 機をセッティングしているのが現状である。本研究はこのマニュアルセッティングの自動化研究にあたり、実際の造船作業および関連分野における制御機構を調査し、造船作業におけるセット時の諸条件を調査解明する。

－ 1.1 N C 機セッティング自動化パターンの調査

N C 機セッティングの自動化に必要な制御因子を下記作業を対象に調査しパターン化する。

- 1) 加工工程…………鋸書、切断、曲げ作業
- 2) 組立工程…………鋸書、切断、配材、組立、溶接作業
- 3) 搭載工程…………搭載、溶接作業

－ 1.2 セッティング自動化のパターンに適した制御機構の調査

他産業および関連分野における実用制御機構を下記項目について調査し造船作業パターンへの適合性を検討する。

- 1) 検出機構
- 2) 座標化機構（デジタル化）
- 3) 適応機構

－ 2 適応制御機構の開発

造船作業のうち鋼板の鋸書切断作業のように、平面作業に対する適応制御機構は実用上どのような方法が適しているかをシミュレーション・テストでチェックする。

本研究を行なうにあたつて、工程別に加工、組立、船台船渠の 3 小委員会を組織した。本報告書はこのような活動によつて得られた成果を以下に述べる形態にまとめたものである。

(1) 造船工作的機械化、自動化に必要な制御因子の調査

これは研究計画の第 1.1 項「N C 機セッティング自動化パターンの調査」に対応するものである。いわば造船工作について制御という視点に立つて行なつた作業分析であり、この調査を通じて今後の機械化自動化の方向を見定めようとするものである。本報告では第 3 章に調査内容が記述される。

(2) 造船工作への適応制御の応用に関する調査

これは研究計画の第 1.2 項「セッティング自動化のパターンに適した制御機構の調査」に該当する。

第 4 章、第 5 章、第 6 章はそれぞれ加工、組立、船台船渠（搭載）各工程へ適応制御を応用する場合の対象項目、問

題点をピックアップしたものである。特に船台船渠工程においては、現場作業を解説して新しい見方による作業区分を作成し、さらに主要作業については制御フローとして表現した。このフローの詳細は付録として参考に供することとし、ゼネラルフローだけを本文中に挿入した。第2章は適応制御に関するもの、第7章はロボットに関する調査報告である。

(3) 適応制御機構の開発

研究計画の第2項「平面作業に対する適応制御機構の開発」に該当する研究として本年度は加工小委員会が担当したシミュレーションがある。すなわち加工工程については前述の各種調査にもとづいて切断用ロボットを開発する方針を定め、このロボットの作業対象である船体内部構造部材に設けられた開口類の調査、およびロボットの作動について計算機を使用してシミュレーションを行なつた。これ等は第4章に報告される。

第8章には各小委員会毎の昭和48年度研究計画が記述される。すなわち加工工程については上述の切断用ロボットの具体的な開発研究を主作業として行ない、あわせて関連の事項の調査を行なう。また組立工程および船台船渠工程については、昭和47年度に得られた成果をもとに、さらに調査研究を進め、昭和49年度において行なう予定の開発作業の準備を行なうものである。

2 適 応 制 御

適応制御は、1950年代後半、航空機のオートパイロットの特性改善を目的として生れたものであるが、最近、工作機械などの方面でも盛んに研究が行なわれている。ここでは従来の数値制御にあき足りず、自動化をさらに進めるために適応制御を取り入れようとしているわけである。

それでは数値制御と適応制御はどう違うのかを考えてみたい。

数値制御は自動制御の一種である。制御はある目的をもつてシステムに操作を加えることであり、自動制御は人間が行なっていた制御を機械が代つてやることである。

この場合、機械が制御を行なうのであるから、人間に比べると柔軟性や適応性において著しく劣り、数値制御では全く適応性はないと考えてよい。数値制御は指令テープに予め定められた動作以外のことは一切やらないという馬鹿正直さをもつていて指令テープをつくるときには予知できなかつたことが、加工中に起きても機械はおかまいなしに動いていき不良品をつくつたり機械をこわしたりすることになる。

たとえば、NCガス切断機は切断中に失火しても、そのまま走行を続ける。そのため、自動制御とは云ひながら人間が機械のお守りをすることをやめられない。環境条件の変化に対して適切な処置を行なう能力を適応性と定義すると、速応性は別として、人間ほど高い適応性を持つものはない。

機械に人間と同様な適応性をもたせることは不可能に近いが、多少なりとも機械に適応性をもたせて、できるだけ本來の自動化に近づけ人間の負担を軽くしようというのが適応制御のひとつの目的である。たとえば、前述の失火の場合は、失火を起す前に何らかの前ぶれがあるとして、それを直ちに検出する方法があれば失火を防止する制御も可能であろう。

造船の場合は、適応制御について研究された例はないのであるが、NC切断機をはじめとする自動化機に関しては、被加工物のセッティング作業に始まる工作過程に人手の介入を要し、稼働率を低下させる例が多く見られる。

従つて、ここで適応制御を導入し、外乱（環境条件の変化）に対して人手によつて適応するのではなく、機械自身に適応能力をもたせる研究を行なうこととは意義があろう。

このように「適応制御とは外乱に適応するシステムを制御することである」と定義できるが、外乱としてはさまざまのものが考えられるので非常に多くの応用例を考えることができる。

適応制御については世界的にも人々によつていろいろな解釈がされているが、われわれとしては適応制御を広義に解釈してできるだけ多くの応用例を考案する方が良いであろう。

参考のため、ここで適応制御をより詳細に定義すると次のようになる。

「目標値や外乱の性質が変つたり、あるいは制御系のあかれた環境の影響を受けて制御系の特性が変化するような場合に、それらの変化に応じて制御装置の特性をある所要の条件を満たすように変化させる制御を適応制御といふ¹⁾」

これをダイヤグラムで示すと図2.1のようになる。

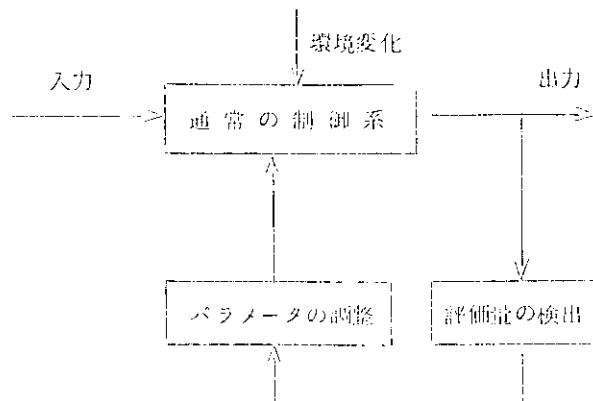


図 2.1

すなわち通常の制御系からその特性の変化を何らかの評価量の形で検出し、それに従つて適当な論理で制御系に含まれるいくつかのパラメータを調整するという構成をとるのが普通である。

参考文献

- 1) 改訂自動制御便覧

3. 造船工作の機械化・自動化に必要な制御因子に関する調査

3.1 調査の目的

造船工作を機械化、自動化という立場に立つて見る限り、工程別にかなりの差異がみられる。すなわち、船体建造工程を

- (i) 加工工程
- (ii) 組立工程
- (iii) 船台船渠工程

に大別するとき、加工工程がもつとも機械化の程度が高い。しかし、その加工工程においても今後改善すべき点が数多く見い出される。一般に自動化を採用しようとする場合、対象となる作業、機械化の目的、その手段、制御すべき諸因子、制御の方法、外乱、技術的可能性、採算等を明確にしなければならない。したがつて、本研究を開始するにあたつて、まず、造船工作的機械化、自動化を実現するためには、当然制御されねばならない諸因子を明らかにする必要があるという観点から、以下に述べるような調査を行なうこととした。

3.2 調査の方法

(1) 担当グループ

造船所委員会を工程別に分け、次のような小委員会を編成して作業を行なつた。（第1 3 5研究部会委員名簿参照）

- 加工工程小委員会
- 組立工程小委員会
- 船台船渠工程小委員会

(2) 調査の方法

アンケート方式によることとした。ただし、その性格上各担当のワーキンググループで試案を作成した上で、これをS R 1 3 5部会委員およびS R 1 3 5部会に参加していない事業所については、鋼船工作法研究委員会第1分科会委員に対して意見を求め、その回答によって内容を整備するという方式とした。

3.3 前提条件

本調査においては、回答の際の基本的な考え方の相違を防止するため、次の前提条件を設けた。

(1) 機械化・自動化に対する考え方

船体構造、設備、工作法などについて機能分析を行ない、機械化・自動化に適した生産システムを設計するなどの方法も考えられるが、この調査では、現状の船体構造に対して現状の設備と工作法とによって行なわれている作業を機械化・自動化するものと考えた。また、各工程ともにいくつかのステージからなつているが、どのステージについても前後のステージとの干渉は考えないこととした。

(2) 加工工程

準備ステージ、け骨ステージ、切削ステージ、部材整理ステージ、および曲げ加工ステージを対象とした。したがつて各ステージ間の運搬や搬出あるいは全体をコントロールするための情報処理等、システムとしては重要な項目であるが、これは調査の対象としなかつた。

(3) 組立工程

組立工程の対象には平板ブロックと曲りブロックのはか、二重構造ブロック、立体ブロック等がある。しかし、これらは全体に占める比率が小さいので、今回の調査から除外することとし、まず平板ブロックと曲り外板ブロックの組立作業を小組立、中組立、平板ブロック大組立および曲りブロック大組立の4種類に区分した。さらに、最初の基礎調査

の段階で、上記 4 区分のうち中組立は小組立に、平板ブロック組立は曲りブロック組立にそれらの制御因子がほぼ含まれてしまうことが判明したので、小組立と曲りブロック大組立との 2 区分に範囲をしきつて調査を行なつた。

(4) 船台船渠工程

船体中央部と船首尾とにわけられるが、ここでは中央部だけをとりあげることとし、地上におかれている船体中央部のブロックを船台上または船渠内へ搭載し、位置決めおよび仮付を経て溶接を行なうまでとした。

3.4 調査の結果

アンケートの集計結果を表 3.4.1、表 3.4.2 および表 3.4.3 に示す。

表 3.4.1 加工工程の機械化・自動化に必要な制御因子

大区分	中区分	目標	標準	検出・判断の対象		操作の対象
				検出	判断	
1 準備ステップ	1.1 鋼材の水切り 採取 入庫	① 納入調整（納期） ② 定位置におく ③ 注文通りの品質であること の確認（寸法、歪、サビ、ブ ライマー、ラミネーション、 アバタ、ヘゲ） ④ 鋼材番号、規格、ロット番 号の確認 ⑤ 事務手続（資材管理との連 係） ⑥ ロット単位の整理	① 周囲の自然条件（風、雨） ② 鋼材の情報 船のハッチ、鋼材位置 ③ 鋼材寸法、重量、重心 ④ 鋼材番号の確認 ⑤ 鋼材とリフマグの相対位置（水平、垂直方向） ⑥ 表面状態（リフマグの効き、異物の存在） ⑦ 吊り上げ枚数、吊り上げ状態の確認 ⑧ 鋼材ヤードなどの山に山付けするか（使用日） ⑨ 前工程にある材料の有無確認 ⑩ 障害となる構造物の位置 ⑪ 荷ぶれ ⑫ クレーン干渉 ⑬ 置場（ローラ、台車、ペレット、ヤード）の障害物 ⑭ 置場の位置 ⑮ クレーンの現在位置	① クレーンの往路 ② クレーンの停止位置 ③ リフマグの作動（入・切） ④ リフマグの強さ ⑤ リフマグの作動範囲 ⑥ コンベアの動き ⑦ 検収・入庫の事務処理 ⑧ 不良品の処理	① 保管方法 ② ①～⑥ 1.1と同じ ③ 出庫の事務処理	
	1.2 鋼材の保管 （歪、サビ、出庫の容易 さ）	① 適正なる保管 （歪、サビ、出庫の容易 さ）	① 保管環境 ② 保管期間			
	1.3 鋼材の出庫	① 鋼材番号の確認 ② 置場からコンベア、台車、 トラックへ鋼材を運ぶ ③ 事務手続 ④ 資材、工程、外注の管理	① ～⑯ 1.1と同じ ただし③船のハッチ ⑨を除く ⑯ 船入ラインの位置			
	1.4 鋼材の残材処理	① 箕材の利用 ② " 先却 ③ " 保管	① 板の認識 ② 処理前の至の状態、在庫の要在否 ③ 板のセッティング状態 ④ HTMSの別			
	1.5 鋼板の塗取り （歪取りローラー）		① 板の認識 ② 送り速度 ③ ロール回数 ④ ストローグ			
	④ 必要性について					

大区分	中区分	細区分	検出・判断の対象	操作作の対象	
				異論あり	無
1 準 備 ス テ ム	1.6 ショットプラスト ト	① 除錆液 ② アンカーバタン	⑤ 板厚、板幅 ⑥ 処理後の釜の状態	① 表面状態（サビの状態、水油の付着、予熱温度） ② 板、形、平鋼の認識 ③ 材料のセッティング状態 ④ 幅、板厚、長さ、形鋼断面 ⑤ スティールショットの状態（量、磨耗度） ⑥ 処理後表面状態（除錆率）	① 片面、両面の区別（用途、板厚より判断） ② 送り速度 ③ 噴射角 ④ インペラーの回転数 ⑤ “の回数 ⑥ スティールショットの補給量 ⑦ 予熱 ⑧ 板のセッティング ⑨ 燃耗のあるスティールショットの処分
1 準 備 ス テ ム	1.7 プライマー塗装 乾燥	① 膜厚 ② プライマーの付着性 ③ 乾燥の度合	① 膜厚 ② プライマーの付着性 ③ 乾燥の度合 ④ 材料の温度 ⑤ HT・MSの別 ⑥ 気温、湿度 ⑦ 板幅（ストローク） ⑧ 板長さ（始、終点の検出） ⑨ 板面積 ⑩ 板名称（ショット前に記憶） ⑪ プライマーの補給量 ⑫ チップの状態	① 予熱 ② ベイント調合 ③ 板のセッティング ④ ノズルの径、角度 ⑤ 送り速度 ⑥ スフレーガンの左右隔、速度、OFF ⑦ プライマーの選択 ⑧ ポンプ圧 ⑨ プライマー粘度 ⑩ 片面、両面 ⑪ 热湯、風量の調整 ⑫ 板名稱の復旧	
2 （ 准 備 ス テ ム ）	2.1 EPM	① 精度 ② 鮮くで鮮明 ③ 清えにくい	① 原画の収納 ② 板のセッティング ③ レンズの位置 ④ レンズのマッチング ⑤ レンズのよごれ ⑥ ネガのインク濃度 ⑦ 気温、湿度 ⑧ 板厚（板とレンズの距離修正） ⑨ 表面状態（プライマ有無、サビ、水、油の状態、歪）	① 板のセッティング ② レンズの位置 ③ 倍率調整 ④ 露光量（光源の強さ or 送り速度） ⑤ フォトナーの量 ⑥ “の補充 ⑦ 定着液の量 ⑧ 成分 ⑨ 再表面処理	

			⑯ レンズの清掃
2	2.2 N C け書 (N C 切断機による) け書ステージ	①～③ 2.1と同じ	<p>⑯ レンズの清掃</p> <p>① 材料ヒープのマッティング ② 材料のセッティング状態 ③ 材料の表面状態(特に形、平飼の道) ④ け書材料の状態(湿度、粉の径、量) ⑤ 切断トーチとのオフセット量 ⑥ マーキントーチの高さ ⑦ 切断線、け書線の別(カーブ補正のため) ⑧ ガス炎の状態 ⑨ 目つまり ⑩ け書かれた線の状態</p> <p>① 材料のセッティング ガス炎の調整 ③ け書材料の吹き出し量 ④ け書速度 ⑤ カーブ補正 ⑥ 歪にあわせたけ書 ⑦ け書材料のとりかえ、補給 ⑧ 切断トーチとのオフセット調整 ⑨ トーチのそろじ ⑩ トーチ高さの調整</p>
3	3.1 Flame Plane:	① 精度 ② 切断面	<p>① 作業指示と板のマッティング(板番、規格、鋼板寸法、 切断寸法、開先、名称、符号)</p> <p>② 板のセッティング状態</p> <p>③ 板厚(火口の選択、切幅)</p> <p>④ 表面状態(歪、サビ、ショット、プライマー、アバタ、ラミネーション)</p> <p>⑤ エッジの突出</p> <p>⑥ 試切断による板幅、開先の確認</p> <p>⑦ 板と火口の距離(トーチ高さ)</p> <p>⑧ 切断炎の状態</p> <p>⑨ ガス圧、流量</p> <p>⑩ 目つまり</p> <p>⑪ 切断速度の検出</p> <p>⑫ 切断面、スラグの状態</p> <p>⑬ 切断不能状態の検出</p> <p>① 板のセッティング 使用火口のセット ③ 開先のセット ④ 火口高さの調整 ⑤ 切断幅のセット、微調整 ⑥ 予熱時間 ガス流量 ⑧ 切断炎の調整 ⑨ 切断速度の調整 ⑩ 冷却水量 ⑪ シハの切落とし ⑫ スラグの除去 ⑬ 名称、記号の記入</p>
	3.2 機械切断	①② 3.1と同じ	<p>① 板のセッティング 送り速度 ③ カッターの動き ④ 切断幅のセット</p> <p>①～⑥ 3.1と同じ ただし③を除く ⑦ 工具の状態(まもう、ビビリ、温度)</p>

大区分	中区分	小区分	検出・判断の対象	操作作の対象						
				⑥ 崩先のセット						
3 切 断 ス テ レ ジ	3.3 N C 切断 (板、形、平鋼) (酸素、プラズマ)	①② 3.1と同じ ③ スピードアッブ	①～⑬ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 重要寸法のチェック ⑮ プラズマの場合アーケ電流、電圧	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 切断順序 ⑮ ピッシング ⑯ 焊にあわせた切断	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 取材する板の選択 ⑮ 最適型の相合わせ	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 板とトーチの相対位置	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 取材する板の選択 ⑮ 最適型の相合わせ	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 板とトーチの相対位置	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 板とトーチの相対位置	
	3.4 型 切 り	①② 3.1と同じ	①～⑬ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 型と板のマッチング ⑮ 鋼材の形状	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 型と板のマッチング ⑮ 鋼材の形状	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 板耳の位置	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 板耳の位置	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 板耳の位置	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 板耳の位置	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 板耳の位置	
	3.5 曲げ後切断	①② 3.1と同じ	①～⑬ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 曲り形状	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 曲り形状	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 部材位置の検出	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 部材位置の検出	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 部材位置の検出	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 部材位置の検出	①～⑯ 3.1と同じ ただし⑥を除く ⑭ 部材位置の検出	
4 部 材 整 理 ス テ レ ジ	4.1 部材整理 (切断後)	① 所の位置に運ぶ ② 物置の把握	① 部材名稱の確認 ② 部材形状、重量、重心の検出 ③ 吊り上げ状態の確認 ④ 障害となる構造物の位置 ⑤ 尚ぶれ ⑥ クレーン干渉 ⑦ クレーン位置、状態 ⑧ 置場の位置、状態 ⑨ 部材の通過工程の種類	① クレーンの動き ② リフマグの作動 ③ " の強さ ④ " の作動範囲	① 板のセッティング状態 ② 作業指示と板のマッチング (部材名稱、材質、板厚、ローラ芯、曲げ後の形状) ③ 曲り形状(加工中、加工後) ④ スプリングバック ⑤ 板のすべり ⑥ ローラのたわみによる板のネジレ	① 板のセッティング ② ローラ間隔 ③ 加圧力 ④ 送り速度(回転速度) ⑤ 加圧回数 ⑥ 加圧位置(ローラ芯)	① 板のセッティング ② ブレースする位置への送りとセッティング	① 板のセッティング ② ブレースする位置への送りとセッティング	① 板のセッティング ② ブレースする位置への送りとセッティング	① 板のセッティング ② ブレースする位置への送りとセッティング
5 曲 げ ス テ レ ジ	5.1 ローラ曲げ	① 曲げ後形状 (曲りと板耳)	①～⑯ 3.1と同じ (曲りと板耳)	①～⑯ 3.1と同じ (曲りと板耳)	①～⑯ 3.1と同じ (曲りと板耳)	①～⑯ 3.1と同じ (曲りと板耳)	①～⑯ 3.1と同じ (曲りと板耳)	①～⑯ 3.1と同じ (曲りと板耳)	①～⑯ 3.1と同じ (曲りと板耳)	
	5.2 プレス曲げ (1点プレス)	① 5.1と同じ	①～⑯ 5.1と同じ ⑥ 押し、受け型の選択	①～⑯ 5.1と同じ ⑥ 押し、受け型の選択	①～⑯ 5.1と同じ ⑥ 押し、受け型の選択	①～⑯ 5.1と同じ ⑥ 押し、受け型の選択	①～⑯ 5.1と同じ ⑥ 押し、受け型の選択	①～⑯ 5.1と同じ ⑥ 押し、受け型の選択	①～⑯ 5.1と同じ ⑥ 押し、受け型の選択	

5 曲 げ ス テ ム	(多点フレックス)		⑦ 加圧位置	③ ストローグ ④ 加圧力 ⑤ 押し受け型のセット ⑥ 加圧速度 ⑦ 加圧回数
	5.3 Frame 曲げ および面材の曲げ	① 5.1と同じ	①～⑦ 5.2と同じ	①～⑦ 5.2と同じ
5.4 点状、線状 加熱曲げ	① 5.1と同じ	①～③ 5.1と同じ ④ 加熱位置（板と火口の相対位置） ⑤ ガス炎の状態 ⑥ 加熱速度 ⑦ " 温度 ⑧ ガス圧、流量（燃料、酸素） ⑨ 加熱深さ ⑩ 冷却方法（位置、水圧、シフト時間） ⑪ 気温 ⑫ 曲げのほどり ⑬ ジャッキ使用の要否	① ガス圧、流量 ② 加熱速度（線状）、加熱時間（点状） ③ 加熱温度 ④ " 位置、間隔 ⑤ " 順序 ⑥ " 深度 ⑦ 板とトーチの距離 ⑧ ガス炎の調節 ⑨ 冷却却 ⑩ ジャッキによる拘束	

表3.4.2 組立工程の機械化・自動化に必要な制御因子

ステージ	作業内容		制御すべき事項	備考
1 小組立	1.1 W.F.B 配材継板		1. 部材の仕分け 2. 部材・形状・方向性の識別 3. 配材の方法 4. 部材位置の検出 5. 位置決め 6. 整面・仮付け 7. Run off tab の取付 8. 防止用治具の据付	
	1.2 Stiffener Face 配材仮付		1. 部材の種類・方向性の識別 2. 部材・形状の多様性に対する適応 3. 取付位置の検出 4. 吊具の選択 5. 部材の移動と接近方法 6. 保持の方法 7. Face, Web の塊み変形 8. 仮付け 9. 仮付位置の検出と適応 10. 仮付装置の移動方法と接近方法	{ 取付度に対する配慮が必要 }
	1.3 熔接接		1. 熔接姿勢・溶接線の検出 2. 熔接種類の対応 3. 適正溶接条件の設定 4. 溶接機の移動と接近方法 5. 始端・終端の検出 6. 欠陥の検出と手直し	
	1.4 反転		1. 反転時期要否の検出 2. つかみ位置の検出 3. 反転方向の選択 4. 反転距離・高さの検出 5. 反転後の保持方法の選択	
	1.5 歪矯正		1. 歪位置・量の検出 2. 歪取条件の設定 3. 歪取機の移動と接近方法 4. 歪取異常の検出 5. 歪取後の検査・確認	
	1.6 工程間移動		1. 移動方法の選択 2. 移動時期・移動先の検出	
	1.7 搬出		1. 搬出方法の選択 2. 搬出時期・搬出先の検出	
2 大組立	2.1 板継	① 板・配材仮止め	1. 部材の仕分け 2. 部材の材質・形状・方向性の識別 3. 配材方法の選択 4. 部材位置の検出 5. 位置決め 6. 整面・仮付け 7. Run off tab の取付	
		② 熔接接	1. 熔接線の検出 2. 適正溶接条件の設定 3. 溶接機の移動と接近方法	

ステージ	作業内容	制御すべき事項	備考
		4. 始端・終端の検出 5. 裏当装置の位置設定 6. フラックスの自動散布と回収	
	③ 検査手直し	1. 溶接の検査 2. 欠陥部の除去 3. 手直し溶接 4. 検査確認	
	④ 署書	1. ブロックの形状に対する適応 (ビルジ・ラウンドガンネル・ナックル板) 2. 署書基準位置の検出 3. 署書(文字・記号の記入を含む) 4. 板の歪・板厚差・ビードに対する適応	
	⑤ 切断	1. 切断方法の選択 2. 切断線の検出 3. 適正切断条件の設定 4. 切断機の移動と接近方法 5. 始端・終端の検出 6. 切断異常の検出 7. 板厚差・溶接ビードに対する適応 8. 切断スクラップの処理	板縫を実施する板の大半は内業仕上げ、従つて切断の要否の判定必要
	⑥ 搬出	1. 搬出方法の選択 2. 搬出時期・搬出先の検出	
2.2 曲面ブロック	① 治具立て	1. 治具の配列・構造型式の選択 2. 治具寸法の指示および高さ調整 3. 寸法の確認	治具のベース面に基準線または基準点の設定
	② 段板配材	1. 仕分け 2. 種類方向性の識別 3. 吊具の選択 4. 配材基準線の検出・基準板の配置保持 5. 一般板の位確決保持	
	③ 板縫	1. 整面・仮付 2. 溶接前準備 3. 溶接姿勢・溶接線の検出 4. 適正溶接条件の設定 5. 溶接機の移動と接近方法 6. 始端・終端の検出 7. 裏当装置の位置設定 8. フラックスの自動散布と回収	
	④ 再 署書	1. ブロックの形状に対する適応 (ビルジ・ラウンドガンネル・ナックル板) 2. 署書基準位置の検出 3. 署書(文字・記号の記入を含む) 4. 板の歪・板厚差・ビードに対する適応	
	⑤ トランス配材 ロング	1. ロンジ・トランス仕分けおよび種類・方向性の識別	

ステージ	作業内容	制御すべき事項	備考
		2. ロンジ・トランスの取付位置・取付角度の検出 3. ロンジ・トランスの移動と接近方法 4. 吊具の選択 5. ロンジ・トランスの保持方法 6. 肩付けの保持方法 7. 仮付け位置の検出と適応 8. 仮付け装置の移動と接近	
⑥ 溶接		1. 熔接線の検出 2. 適正溶接条件の設定 3. 熔接機の移動と接近方法 4. 始端・終端の検出 5. 裏当装置の位置設定 6. フラックスの自動散布と回収	
⑦ 反転		1. 反転時期・要否の検出 2. 反転方向の選択 3. ツカミ位置の検出 4. 反転方法および高さ 5. 反転先、反転後の保持方法の選択	
⑧ 工程間移動 と各ステージ におけるブロ ック支持方法		1. 移動方法の選択 2. 移動時期移動先の検出 3. ブロック支持方法の選択 4. 支持姿勢・変更時期の検出	
⑨ 撥出		1. 撥出方法の選択 2. 撥出時期・撥出先の検出	
⑩ 端面仕上げ		1. 基準面の設定 2. 切断線・切断面の決定 3. 適正切断条件の設定 4. 始端・終端の検出 5. 対象部材の形状板厚に対する適応 6. 切断異常の検出 7. スクラップの処理 8. 切断機の移動と接近方法	再野書の次の工程が多い。
⑪ 精度計測		1. ブロック構造様式の識別 2. 計測器具選定 3. 基準面の設定 4. ブロック寸法の測定※ 5. 部材取付精度計測 6. ねじれ、歪、計測	※ブロックの大きさ (L×B ×D) の計測というより 基準線間又は基準点間の 寸法計測。
⑫ 歪矯正		1. 歪位置・量の検出 2. 歪取条件の設定 3. 歪取機の移動と接近方法 4. 歪取異常の検出 5. 歪取後の検査・確認	
⑬ 完成検査		1. 部材の脱落 2. 熔接部欠陥の補修	

表 3.4.3 船台船渠工程の機械化、自動化に必要な制御因子

ス テ ー ジ		制 御 す べ き 事 項
大 区 分	中 区 分	
1. 搭 截	1.1 搭截準備	<ol style="list-style-type: none"> 搭載可能状態の判断 ブロック内および周辺の人間、落下物および障害物などの除去 不適正な吊りビース、位置決めビースの取り替え 適正な形式、種類、数、長さおよび強度の吊り具の選定 欠陥のある吊り具の交換 使用フックの選定 ブロック位置へのクレーンの移動およびフックの降下 ブロックとクレーンとの結合 吊りビース位置の誤差に対する補正 ワイヤ展張時の障害物の除去および適正なワイヤ保護具の配置 適正なワイヤ張力の維持 ブロックの重心とクレーンの中心とのずれに対するクレーン位置の補正 盤木の適正な配置と高さの維持 搭載位置にある障害物の除去
	1.2 移 動	<ol style="list-style-type: none"> 引き起こしおよび回転時の適正な運動の維持 地切り直後の異常状態（吊り角度、ブロックの姿勢、吊り具などの異常）に対する補正 不要物の落下 適正な巻き揚げ速度と高さの維持 適正な移動経路の維持 移動経路上の障害物からの避距 相吊りクレーンの同期（相互移動、回転） クレーンの走行経路上の障害物の除去 クレーン相互の干渉の回避 適正な速度と加速度の維持 移動経路直下の人間の排除 風によるブロックの動搖の防止
	1.3 粗 決 め	<ol style="list-style-type: none"> 降下時の適正な速度と加速度の維持 接手部の構造様式に適したブロックの運動経路の維持（先搭載ブロックとの予期しない当たりの防止） 風力や慣性力などによる運動経路と着地位置との誤差の防止（相吊りクレーンを含む） 絶対座標系および先搭載ブロックに対する相対座標系におけるブロックの適正な位置の維持
	1.4 保 持	<ol style="list-style-type: none"> 転倒および沈下を防止するための適正な用具（工具、ワイヤ、支柱など）の選定（強度、位置、数など） 転倒および沈下を防止するための用具を保持する金物の取付位置の誤差に対する補正 転倒防止用具および沈下防止用具の取付 クレーンのフック降下によるワイヤの無負荷状態の設定 ワイヤの無負荷状態におけるブロックの適正な姿勢の維持 ブロックとクレーンとの分離 クレーンの次工程への移動
2. 位 置 決 め	2.1 確少移動	<ol style="list-style-type: none"> 船台、船渠座標系における船体基準線の設定 絶対座標系および相対座標系におけるブロック間の適正な間隔の設定

ス テ ー ジ		制 御 す べ き 事 項
大区分	中区分	
		<ol style="list-style-type: none"> 3. 過少間隙部の切断 4. 許容値内にあるブロックの誤差に対する補正 5. 牆木、船台および船渠の変形に対する補正 6. 気温差による船体の伸縮および変形に対する補正 7. 裕接による船体の伸縮および変形に対する補正 8. 適正な用具(ポート・パワーなど)の選定 9. 用具を保持する金物の取付位置の誤差に対する補正(取り替えを含む) 10. 外力を与える適正な位置および方向の選定 11. 移動時の摩擦力、風力などの反力を適した外力の量の選定 12. 移動時の障害物の除去(異常外力の原因の除去) 13. 微少移動
	2.2 固 定	<ol style="list-style-type: none"> 1. 皮および大骨の曲がりおよびねじれの除去 2. 固定用金物の取付位置の選定 3. 固定用金物の船体への裕接
3 仮 付	3.1 整 面	<ol style="list-style-type: none"> 1. 目違い量に対する適正な整面量の設定(板厚差の修正を含む) 2. 適正な整面用具(ポート・パワー、矢、ハンマーなど)の選定 3. 外力を与える適正な位置とその数の選定 4. 適正な外力の量の選定 5. 整面(目違い合わせ) 6. 貼付部品と単独搭載部品の取付 7. 爪防止用平錐の取付位置の選定 8. 不適正部品の取り替え(搭載時に曲がつたものなど) 9. 適正な逆歪を取る位置およびその量の設定 10. 適正な爪防止用平錐の選定と取付
	3.2 仮付裕接	<ol style="list-style-type: none"> 1. 適正な裕接用具(裕接機、電線、裕接棒など)の選定 2. 適正な裕接条件(電流、電圧、速度など)の選定 3. 適正な脚長、ピード長および仮付ピッチの選定 4. 接手線付近の障害物に対する仮付ピッチの補正 5. 仮付裕接 6. 過大間隙に対する補正(当金取付など) 7. 裕接線上における部品や金物の開口の誤差の補正
4. 裕接	4.1 裕接準備	<ol style="list-style-type: none"> 1. 適正な裕接用具(裕接機、電線、裕接棒など)の選定 2. 裕接機の適正な接近経路の設定 3. 開先内の清掃(油、水、塵埃、錆、湿気などの除去) 4. 不良仮付裕接部の補修 5. 開先内のガス傷や鋼材の欠陥の補修 6. 裕接線近傍の障害物(イバリ、金物類など)の除去
	4.2 裕接	<ol style="list-style-type: none"> 1. 適正な裕接条件(電流、電圧、速度)の選定 2. 適正な裕接順序の選定 3. 裕接(始終端部の処理を含む) 4. 適正なガウジングおよび裏裕接 5. 風に対する補正 6. 過大な開先間隙や開先角度の誤差に対する補正 7. 不良裕接部の補修 8. 裕接歪に対する補正 9. 火災の予防

注

(2)(1)搭載す設すべて図きのどブおロッタに正しく接し况は次のと手くは製作され前れ、おりとする。上に仕そ上に誤切差は許容値内に。ある。

4. 加工工程

4.1 加工工程における研究課題

加工工程は他の工程にくらべ、もつとも機械化自動化が進んでいる部門である。すなわち N C ガス切削装置、各種マーキング装置、リモートコントロールによるプレス、ショットブラスター、コンベアを始め各種の運搬装置等の自動化機器が現存し、また開発されつつある。しかし新たに適応制御の応用として見直すとき、開発研究の対象となりうる項目はまだ多くのものが見出されるのであるが、現時点での技術的な可能性、省力効果、あるいは採算性には問題のあるものが多いように思われる。

加工小委員会では第3章にのべた調査結果をもとに以下に述べるような各課題を考慮した上で、自動走行型切削用ロボットを昭和48年度の開発研究テーマとして選択した。

各ステージ毎に適応制御を応用するにあたつての問題点を抽出するとつきのようになる。

(1) 準備ステージ

鋼材処理システムの一環としての情報処理システムはすでに実績している例も多く、またコンピュータ制御による鋼材カードの自動化も開発されている。新鋭造船所ではかなり省力化が進んでいるだけに、採算性から見て個々の装置の改良開発は魅力が無い。やはりこのステージは造船所全体の鋼材処理システムとしての把握のもとに考慮されるべきものであろう。

(2) け番(マーキング)ステージ

鋼板のマーキングには、N C による Zn 、あるいはプラスティック接着マーキング、E P M 、各種印字機などが実動中である。この場合、マーキングされる位置が正確であるかどうかに問題が残されている。すなわちマーキングされる鋼板が正確に所定位置にセットされること、マーキングトーチの走行経路が正確であること、あるいは E P M 原図の装着位置が正確であることなどが前提条件であり、また問題でもある。

素材のマーキングについては、素材が既に拂みを持つて搬入されて来るものとしなければならない。すなわち素材が持つている種にあわせて正確な寸法なり位置を求める装置が必要であろう。

(3) 切削ステージ

(i) ガス切削機に対する適応制御

ガス切削の場合、切削不能状態の検出の問題がある。もし事前にガス焰の異状を検知することが可能であれば、切削スピードあるいはガス流量を変えることによつて失火現象を防止することも考えられる。これは適応制御として格好な問題と思われるが、ガス焰異状の検知のためのセンサーの開発が必要であり、まず第一歩としての切削不能状態を確実に検出して切削機の作動を停止するという機構から着手することが望ましい。

(ii) 自動走行型切削用ロボット

切削作業には、マンホール、スロットその他の各種の開口類で形状、寸法が定まつたものが数多く見受けられる。一方では N C 切削機の稼働率向上が図られているが、たとえばこれらの特定の開口の切削用として自動走行型切削ロボットを開発し N C 切削機と併用することによつて、後者の実質上の稼働効率を高めることも考えられる。このためには切削用ロボットは少数人員で多数機を同時に使用することが望ましく、自動走行によつて所定の場所を探し出し、予熱、ビシング、切削、エンド処理を自動的に行なつた後で、再び走行を開始して次の場所を探すという自動走行型が適当であろう。

(4) 部材整埋ステージ

このステージは、工場配置、加工システム、管理システムによつて種々の影響をうけるために、汎用的な適応制御装置を考えることが難しい分野である。

(5) 曲げ加工ステージ

鋼板のヨーラ曲げ、プレス曲げ、加熱曲げについては省力化の対象としての研究余地が多い部分であるが、一方曲げ

加工法自体に不明な点が多い。

フレームやフェースプレートの曲げ加工については適応制御の対象として扱うことが可能と思われる。

4.2 自動走行型切断用ロボットに関するシミュレーション

4.1(3)(ii)に述べた切断用ロボットは広範囲に利用し得るが、NC切断機と併用することにより、その回転率を高めることができると考えられるので、その効果を前もって推定するために電子計算機による実作業へのシミュレーションを行なつた。

4.2.1 シミュレーションの方法

NC切断機のみを設置しているX工場と、NC切断機と切断用ロボットを併用しているY工場について、同一切断条件のもとで同一切断対象部材を切断するシミュレーション計算を行なつた。NC切断機の使用方法としては、もつとも一般的と考えられる2枚同時切断とし、その他の機能についても一般的なものを採用した。切断用ロボットは、NC切断の後工程として、ホールのみまたはホールとスロットを切断するものと考えた。

このような条件のもとで

- (1) NC切断機の切断スピード
- (2) 切断用ロボットの切断スピード
- (3) 切断用ロボットの走行スピード
- (4) 切断用ロボットの切断範囲

を可変量として扱い、その組合せによる種々のケースについてシミュレーションを行なうものとした。ここで、プログラム作成のために、X、Y両工場における切断工程を図4.2.1、図4.2.2の如くモデル化した。作成したプログラムの概要を表4.2.1に示す。

4.2.2 切断対象部材

NC切断対象部材の現状をつきのA、B、C3船について調査しシミュレーションの対象とした。

A 船	1116型漁船
B 船	1339型油送船
C 船	205型油送船

調査した項目は、つきのとおりである。

- (1) 鋼板寸法
- (2) 外周切断長
- (3) ホール切断長及び個数
- (4) スロット切断長及び個数
- (5) マーキング長
- (6) ピアシング回数
- (7) マーキングトーチ上下回数
- (8) マーキングトーチ卓送り距離
- (9) 切断用ロボット走行距離

板耳からスタートし、板耳から穴中心及び穴中心間を順次直線で結ぶ最短経路を走行するものとして計算した。ただしスロットについては鋼板素材長さを走行長とした。

- (10) 鋼板枚数

以上の項目を調査した結果を表4.2.2～4に示す。また切断対象部材の範囲は図4.2.3～5に示す斜線部分である。

4.2.3 シミュレーションのための前提条件

コンピュータにてシミュレーションを行なうにあたつて、X, Y両工場の切断工程をモデル化し、つぎのごとき前提条件を設けた。

- (1) NC切断機は1台で鋼板2枚同時切断し、切断用ロボットは各鋼板に1台づつ配備される。
- (2) 切断対象鋼板は、調査結果に基づいて、インプットするが切断はステージ間の工程は考慮せずインプットの順番に連続的に行なう。
- (3) NC切断機の切断スピードは、板厚1.2mmを基準としてインプットし、板厚が1mm増すごとに50mm/min 減速する。
- (4) 1日の作業時間は、10時間とする。ただし作業時間には保守点検時間を含まない。
- (5) つぎの項目は、逐一的な数字を与える。

(i) NC切断機

- | | |
|------------------|--------------------------|
| (a) マーキングスピード | 9 m/min |
| (b) 早送りスピード | 9 m/min |
| (c) ピアシング時間 | 1.0 sec |
| (d) 切断トーチ上下時間 | 上げ 1.0 sec
下げ 1.0 sec |
| (e) マーキングトーチ上下時間 | 上げ 3 sec
下げ 3 sec |
| (f) 鋼板搬入セット時間 | 5 min |
| (g) NC機セット時間 | 5 min |
| (h) トーチ整備時間 | 2.0 sec |
| (i) トーチ調整時間 | 1.0 sec |

(ii) 切断用ロボット

- | | |
|---------------|--------------------------|
| (a) ピアシング時間 | 1.0 sec |
| (b) 切断トーチ上下時間 | 上げ 1.0 sec
下げ 1.0 sec |
| (c) ロボットセット時間 | 5 min |
| (d) トーチ整備時間 | 2.0 sec |
| (e) トーチ調整時間 | 1.0 sec |
| (f) 鋼板搬入セット時間 | 5 min |

(iii) 手切断

- | | |
|------------|------------|
| (a) ピアシング | 1.0 sec |
| (b) 切断スピード | 500 mm/min |

4.2.4 シミュレーションの手法

つぎに述べるような鋼板データとパラメータの組合せについてシミュレーションを行なつた。

(1) 鋼板データ

前述の3船に関する鋼板データを用いた。

(2) パラメータ

- (i) NC切断基準スピード(板厚1.2mmにて)
500, 800, 1800 mm/min
- (ii) ロボット切断スピード
300, 500 mm/min

- (iii) ロボット走行スピード 4, 8 m/min
 (iv) ロボット切断範囲 (a) ホール・ドレンホール切断
 (b) ホール・ドレンホール・スロット切断

以上の設定に基づき、これらの組合せによつて、合計 81 ケースについてのシミュレーションを行なつた。組合せは表 4.2.5 に示すとおりである。

4.2.5 シミュレーション結果

シミュレーション計算の結果は、搬送用ロボットの効果を顕著に表わすものとなつた。

表 4.2.6～8 に A, B, C 各船の計算結果をまた表 4.2.9 に各ケースの所要日数の一覧表を示す。表の中で N/C 切断は同時 2 枚切断であるが、切断長、マーキング長は 1 枚当たりの累計を、ロボット切断の切断長は同時切断 2 枚のうち大きい方の累計を、手切断の切断長は 2 枚の累計を示す。

以上の結果から、様々な考察が可能であるが、ここでは、その中でもつとも特徴的と考えられる次の 2 つの項目について触れてみた。また、グラフは、もつとも代表的なもののみを示した。

(1) 鋼板処理枚数と切断日数の関係

図 4.2.6～7 は、それぞれ A 船・B 船について、N/C 切断スピードを 500 mm/min としたときの、鋼板処理枚数と切断日数の関係をグラフで示したものである。

(2) N/C 切断スピードと処理日数の関係

図 4.2.8～9 は、それぞれ A 船・C 船について、ロボットの切断スピードを 300 mm/min、走行スピードを 4 m/min としたときの、N/C 切断スピードと処理日数の関係をグラフで示したものである。また、図 4.2.10 は、A, B, C 各船について N/C 切断のみの場合の処理日数を 100 % として N/C 切断スピードと処理日数比との関係を示したものである。

(1)(2)を総合して、鋼板 1 枚にロボット 1 台を使用した場合について、つきの結論を得た。

- (i) N/C 切断スピードが 500～800 mm/min の場合は切断用ロボットを利用することにより処理日数は顕著に減少する。
- (ii) N/C 切断スピードが非常に高速になるとスピードのおそいロボットがネックとなり、N/C 切断機に待ち時間が発生する。そのためむしろ N/C 切断機のみによる場合よりも日数は増加するようになる。もちろんこの場合、複数台のロボットを使用すれば効果があがるはずである。
- (iii) スロットの切断までロボットに移すとロボットの負荷が上昇しすぎ N/C 切断機の待ち時間も上昇し、そのため N/C 切断スピードが遅い場合にすら、ホールのみの切断と比較し全体としての効率はあまり改善されない。
- (iv) 切断用ロボットの走行スピードが 4～8 m/min の範囲では走行スピードを上げても処理日数を短縮するまでに至らない。

表 4.2.1 プログラムの概要

	X 工場	Y 工場
使用言語	ANS COBOL	FORTRAN
ソースカード枚数	456 枚	426 枚
使用機種	IBM 8370/M155(128K)	HITAC-8500(128K)
外部記憶装置	使用せず	使用せず

表 4.2.2. A 船調査データ

鋼板名	鋼板寸法				切 断 長								マ ー キ ン グ 長	早 速 リ 距 離	ロ ボ ト 走 行 長	ピ ア シ ン グ 回 数	マ ー キ ン グ 上 下 回 数	鋼 板 枚 数
	厚さ	幅	長さ	外周	スロット		ホール			ドレンホール								
					長さ	個数	長さ	PBS	PS	長さ	個数							
DB-A	14 ^{mm}	3 ^m	10 ^m	42 ^m	14.9 ^m	10	1.1 ^m	1	0	0	0 ^m	0	54 ^m	18 ^m	10.0 ^m	2	22	50
DB-B	20	3	10	40	15.3	11	0	0	0	0	0	0	43	26	0	2	23	20
DB-C	17	3	8	43	15.7	11	9.5	4	1	1	0	0	68	27	17.5	2	28	2
DB-D	17	3	8	50	19.6	13	6.3	3	0	0	0	0	63	40	11.8	3	41	76
DB-E	14	3	6	42	12.7	8	4.7	3	0	0	0	0	39	19	8.6	2	34	148
DB-F	17	3	8	49	10.4	6	4.5	1	1	1	0.9	4	68	30	18.2	2	41	2
DB-G	17	3	8	49	19.6	13	12.0	0	2	2	0	0	70	31	11.2	2	39	4
DB-H	17	3	8	28	8.6	5	2.7	2	0	0	0.2	1	39	27	13.2	2	38	4
DB-I	17	3	6	38	16.2	12	16.2	2	1	0	0	0	43	25	13.3	2	36	2
DB-J	17	3	8	45	15.7	11	8.4	2	1	1	0	0	45	27	18.0	2	31	2
DB-K	17	3	8	48	16.2	12	4.2	2	0	0	0	0	59	31	10.1	2	36	34
DB-L	17	3	8	47	16.2	12	10.1	2	1	2	0	0	67	28	22.9	2	38	20
DB-M	14	3	6	45	14.7	10	8.8	3	1	1	0	0	37	23	14.4	2	32	6
DB-N	14	3	6	44	14.7	10	5.0	3	0	0	0	0	40	21	14.8	2	28	6
SS-A	14	2	11	40	10.4	6	0	0	0	0	0	0	37	25	0	2	24	12
SS-B	12	2	10	36	8.0	5	2.0	1	0	0	0	0	40	25	3.6	3	24	18
GS-A	15	3	8	28	10.4	6	0	0	0	0	0	0	39	31	0	2	28	26
UD-A	12	2	10	47	7.1	4	0	0	0	0	0	0	34	33	0	4	29	34
UD-B	12	3	8	36	8.0	5	2.0	1	0	0	0	0	45	29	1.6	16	24	40
TB-A	14 ^{mm}	3 ^m	6 ^m	26 ^m	6.2 ^m	4	0 ^m	0	0	0	0 ^m	0	20 ^m	10 ^m	0 ^m	3	12	4
TB-B	13	2	6	21	6.2	4	0	0	0	0	0	0	14	14	0	1	12	10
TB-C	14	2	6	21	6.2	4	0	0	0	0	0	0	14	10	0	1	11	10
LB-A	15	3	9	38	7.7	4	0	0	0	0	0	0	49	24	0	2	25	16
LB-B	15	3	8	33	9.6	6	0	0	0	0	0	0	33	30	0	2	23	20
LB-C	14	2	8	31	9.3	6	0	0	0	0	0	0	43	25	0	2	21	16
LB-D	12	2	8	40	5.6	4	0	0	0	0	0	0	45	13	0	3	23	32

表 4.2.3 B船調査データ

鋼板名稱	鋼板寸法			切削長								マーキング長	早送り距離	ロボット走行長	ピアシング回数	マーキング上下回数	鋼板枚数					
	厚さ	幅	長さ	外周	スロット		ホール			ドレンホール												
					長さ	個数	長さ	PBS	P	S	長さ	個数										
BC-A	14mm	3m	6m	56m	11.0m	5	13.5m	3	0	0	0m	0	84m	20m	9.3m	2	20	24				
BC-B	16	3	11	56	18.5	9	13.2	8	0	0	0	0	84	37	5.4	2	24	24				
BC-C	14	3	7	33	11.4	5	3.0	5	0	0	1.0	4	43	18	10.4	1	21	2				
BC-D	14	3	9	41	17.2	8	2.3	2	0	0	0	0	56	25	7.6	1	24	2				
BC-E	14	3	9	44	16.7	8	2.3	4	0	0	0	0	58	30	8.5	1	27	2				
BC-F	14	3	10	49	14.4	7	2.9	3	1	1	0.8	3	66	47	15.9	1	27	2				
BC-G	14	3	10	48	16.7	8	2.3	2	0	0	0	0	75	40	20	1	27	2				
BC-H	14	3	11	49	21.8	10	2.1	1	0	0	0	0	66	49	2.4	1	27	2				
BC-I	14	3	11	49	8.3	4	2.1	1	0	0	0	0	64	37	2.0	1	26	36				
BC-J	15	3	8	31	8.3	4	1.4	6	0	0	0	0	41	22	7.2	2	26	2				
BC-K	15	3	8	68	12.2	6	0.2	1	0	0	0	0	75	27	1.2	2	26	2				
BC-L	15	3	9	40	12.2	6	0.5	2	0	0	0	0	50	31	1.0	2	32	2				
BC-M	15	3	9	40	12.2	6	0	0	0	0	0	0	45	22	0	2	25	2				
BC-N	15	3	9	45	10.2	5	0.2	1	0	0	0	0	63	27	0.8	2	23	2				
BC-O	15	4	8	30	8.4	4	1.0	2	1	1	0	0	46	16	2.0	1	21	2				
BC-P	15	2	8	32	6.8	3	0	0	0	0	0	0	48	27	0	1	18	2				
BC-Q	16	3	11	43	18.5	9	0.1	2	0	0	0	0	55	38	7.8	2	23	2				
BC-R	14	3	6	35	11.1	5	0	0	0	0	0	0	40	21	0	2	16	4				
BC-S	14	3	10	49	18.2	9	2.1	1	0	0	0	0	68	46	40	1	28	2				

鋼板名	鋼板寸法			切削量								マキシング長	早送り距離	ロボット走行長	ピーミング回数	マチキング回数	鋼板枚数
	厚さ	幅	長さ	外周	スロット		ホール		ドレンホール		P4S	P5	長さ	個数			
					長さ	個数	長さ	P4S	P5	長さ	個数						
BC-T	14mm	3m	8m	37m	15.5m	0	2.1m	100	0.5m	2	50m	27m	4.2m	3	25	2	
BC-U	14	3	9	43	16.6	8	2.1	100	0.5	2	57	30	4.2	2	29	2	
BC-V	14	3	11	49	11.1	5	6.2	111	0	0	66	45	15.3	1	27	6	
BC-W	14	3	10	51	12.0	6	4.1	200	0.8	3	73	30	12.3	3	38	2	
GS-A	15	4	8	31	6.8	3	0	000	1.0	4	47	26	0	1	18	30	
GS-B	15	4	8	32	6.8	3	0	000	0	0	47	20	0	1	18	4	
GS-C	15	4	8	32	10.0	5	0	000	0	0	47	20	0	1	18	4	
GS-D	15	4	8	32	10.0	5	0	000	1.0	4	46	17	0	1	22	4	
GS-E	15	4	8	32	10.8	5	1.0	400	0.5	2	44	28	1.7	1	21	4	
GS-F	15	3	9	36	10.8	5	2.9	311	1.0	4	45	31	2.5	1	24	2	
GS-G	15	3	8	39	8.5	4	0	000	0	0	49	32	0	2	23	2	
GS-H	15	3	8	36	8.3	4	0	000	1.5	6	50	30	0	3	24	2	
SS-A	14	3	10	40	8.0	4	0	000	0	0	63	27	0	2	27	2	
SS-B	13	3	11	41	9.5	5	2.0	100	0	0	57	22	1.8	3	30	2	
SS-C	13	2	11	41	10.5	6	2.0	100	0	0	64	29	1.8	3	28	2	
SS-D	14	2	10	39	9.5	5	0	000	0	0	53	29	0	2	25	20	
SS-E	12	2	11	41	10.5	6	2.0	100	0	0	57	40	1.6	2	34	44	
SS-F	13	2	10	31	1.8	1	1.8	400	0.9	4	22	20	6.2	2	14	6	
SS-G	14	2	10	37	11.1	5	0	000	0	0	73	27	0	2	31	6	
SS-H	13mm	2m	11m	40m	8.6m	4	5.9m	111	1.0m	0	57m	39m	6.5m	3	14	2	
SS-I	14	3	10	40	9.5	5	0	000	0	0	52	29	0	3	23	2	
SS-J	14	3	6	19	3.9	2	0	000	0	0	35	14	0	2	15	2	
SS-K	13	3	12	43	7.0	3	2.0	100	0	0	52	28	5.0	3	33	2	
SS-L	13	3	11	43	7.0	3	2.0	100	0	0	60	35	5.0	3	34	2	
SS-M	13	3	12	42	7.0	3	2.0	0100	0	0	59	38	5.0	3	34	2	
SS-N	14	3	10	40	9.5	5	0	000	0	0	54	27	0	2	27	2	
SS-O	14	3	10	39	9.5	5	0	000	0	0	64	27	0	1	30	2	
SS-P	13	3	11	40	7.0	3	2.0	100	0	0	63	42	5.0	2	33	2	
SS-Q	13	3	11	43	7.6	4	2.1	100	0	0	49	25	6.2	2	28	2	
SS-R	13	3	12	42	7.0	3	2.1	100	0	0	64	48	7.0	2	29	2	
SS-S	13	3	11	41	6.4	3	2.1	100	0	0	57	36	4.2	1	25	4	
SS-T	13	3	11	34	6.4	3	2.1	100	0	0	54	30	5.4	1	25	2	
LB-A	17	2	9	35	6.2	3	0	000	0	0	47	30	0	2	21	2	
LB-B	17	2	8	31	8.0	4	0	000	0	0	43	16	0	1	21	4	
LB-C	13	2	10	33	5.9	3	0	000	0	0	42	20	0	2	19	2	
LB-D	13	2	10	34	7.1	4	0	000	0	0	41	24	0	2	25	42	
LB-E	17	2	10	37	9.4	5	0	000	0	0	43	31	0	2	24	2	
LB-F	17	2	9	36	9.4	5	0	000	0	0	43	31	0	2	21	2	
LB-G	17mm	2m	9m	33m	9.4m	5	0m	000	0m	0	46m	31m	0m	2	21	2	
LB-H	17	3	8	30	9.4	5	0	000	0	0	51	31	0	1	21	2	
LB-I	13	3	9	31	6.5	3	0	000	0	0	41	25	0	2	21	2	
LB-J	13	3	9	29	6.2	3	0	000	0	0	40	38	0	2	22	2	
LB-K	14	3	10	38	0	0	0	000	0	0	67	35	0	13	7	42	
LB-L	14	3	10	38	0	0	0	000	0	0	63	37	0	13	13	2	
LB-M	14	3	10	37	0	0	0	000	0	0	58	34	0	13	12	2	
LB-N	14	3	8	35	0	0	0	000	0	0	46	34	0	13	13	2	
LB-O	14	3	7	32	0	0	0	000	0	0	47	30	0	13	14	2	
LB-P	14	3	9	42	0	0	0	000	0	0	44	31	0	13	21	2	
LB-Q	17	2	11	38	8.6	4	1.9	100	0	0	45	31	5.2	2	23	2	
LB-R	17	2	9	36	8.6	4	0	000	0	0	45	37	0	1	21	32	
LB-S	17	2	9	34	6.7	3	0	000	0	0	46	34	0	2	22	16	
LB-T	13	2	10	33	5.3	3	0	000	0	0	42	38	0	2	21	16	
TB-A	13	3	9	33	8.3	4	2.3	500	0.2	6	55	18	17.2	1	23	8	
TB-B	13	3	8	33	8.3	4	2.3	500	0	0	55	37	11.1	1	24	8	
TB-C	13	3	10	39	8.3	4	1.8	211	1.4	3	36	39	12.6	3	20	4	

鋼板名称	鋼板寸法			切 断 長								マーキング長	早送り距離	ロボット走行長	ピアシング回数	マーキング上 下回数	鋼板枚数	
	厚さ	幅	長さ	外周	スロット長さ	個数	ホール長さ	PoS	PoS	ドレンホール長さ	個数							
TB-D	13	3	10	41	8.3	4	1.4	3	0	0	1.4	3	37	41	7.8	3	20	4
TB-E	14	3	9	38	8.3	4	0.9	2	0	0	0.9	2	37	40	4.0	3	19	2
TB-F	13 ^{mm}	3 ^m	10 ^m	58 ^m	0 ^m	0	0.9 ^m	2	0	0	4.9 ^m	4	63 ^m	38 ^m	4.0 ^m	14	19	8
TB-G	14	4	8	30	0	0	6.3	1	1	1	0	0	68	29	6.3	3	13	2
TB-H	12	4	8	27	0	0	4.7	2	0	0	0	0	53	31	3.0	1	13	16
TB-I	14	3	8	22	0	0	0	0	0	0	0	0	57	15	0	1	12	14
TB-J	13	3	11	44	9.4	5	1.4	3	0	0	0	0	41	50	9.6	5	24	12
TB-K	14	3	10	41	9.4	5	1.4	3	0	0	1.4	3	43	35	7.8	5	24	6
TB-L	13	3	11	45	9.4	5	1.4	3	0	0	0	0	41	40	8.0	5	22	4
TB-M	13	3	11	44	9.4	5	1.4	3	0	0	0	0	41	39	7.8	5	22	4
TB-N	14	3	10	41	9.4	5	1.8	2	1	1	0	0	43	30	15.8	5	20	2
TB-O	12	2	11	66	0	0	0.6	2	0	0	0	0	43	31	11.8	30	19	8
UD-A	12	2	12	42	9.8	5	0	0	0	0	0	0	55	32	0	2	29	4
UD-B	12	2	12	42	9.8	5	0	0	0	0	0	0	55	41	0	2	28	2
UD-C	12	3	12	39	8.8	5	0	0	0	0	0	0	42	26	0	2	25	4
UD-D	12	3	12	40	8.0	5	0	0	0	0	0	0	41	27	0	2	23	6
UD-E	12	2	12	38	8.9	5	0	0	0	0	0	0	52	37	0	2	28	2
UD-F	12	2	12	42	9.8	5	0	0	0	0	0	0	55	45	0	2	29	2
UD-G	12	2	12	38	8.9	5	0	0	0	0	0	0	52	39	0	2	28	2
UD-H	12	2	12	45	8.0	5	0	0	0	0	0	0	50	22	0	2	27	2
UD-I	12	2	12	31	0	0	0	0	0	0	0	0	60	28	0	2	15	2
UD-J	12 ^{mm}	2 ^m	9 ^m	30 ^m	7.1 ^m	4	2.0 ^m	1	0	0	0 ^m	0	26 ^m	16 ^m	2.4 ^m	1	21	10
UD-K	12	2	9	31	7.1	4	2.0	1	0	0	0	0	43	16	2.6	1	23	4
UD-L	12	2	9	29	7.1	4	2.0	1	0	0	0	0	42	20	2.4	1	22	8
UD-M	12	2	9	34	7.1	4	2.0	1	0	0	0	0	45	22	2.4	1	24	12
UD-N	12	2	9	33	7.1	4	2.0	1	0	0	0	0	46	20	2.6	1	23	4
UD-O	12	2	9	30	5.6	3	0	0	0	0	0	0	43	14	0	1	18	8
UD-P	12	2	10	39	0.5	1	0	0	0	0	0	0	43	34	0	3	19	2
UD-Q	12	2	9	31	8.3	4	2.1	1	0	0	0	0	43	15	8.0	1	22	2
UD-R	12	2	8	34	4.0	2	0	0	0	0	0	0	38	25	0	3	23	2
UD-S	12	3	9	34	8.3	4	6.2	1	1	1	0	0	48	18	16.6	1	22	2
																	鋼板総枚数 654	

表4.2.4 C 船調査データ

鋼板名称	鋼板寸法			切 断 長								マーキング長	早送り距離	ロボット走行長	ピアシング回数	マーキング上 下回数	鋼板枚数	
	厚さ	幅	長さ	外周	スロット長さ	個数	ホール長さ	PoS	PoS	ドレンホール長さ	個数							
LR-1	16 ^{mm}	3 ^m	4 ^m	20 ^m	0 ^m	0	0 ^m	0	0	0 ^m	0	20 ^m	6 ^m	0 ^m	4	5	4	
TH-84	16	3	10	28	0	0	0	0	0	0	5.4	12	52	17	10.0	4	13	
WF-64	25	3	8	36	13.8	6	8.5	2	1	1	0	0	58	19	8.0	3	1	12
SB-14	14	3	9	40	18.4	8	1.7	2	0	0	0	0	85	28	3.5	3	21	6
TH-84	13	2	9	67	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4	0	30	4	6
SD-12	13	3	8	53	0	0	0	0	0	0	0	0	29	10	0	21	2	4
TA-72	13	2	11	44	17.0	10	2.4	0	1	1	2.3	5	59	20	18.0	3	13	8
LB-7	13	2	13	28	0	0	3.3	2	0	0	0	0	61	20	5.0	3	7	14
WF-64	25	3	8	36	13.8	6	5.5	2	0	1	0	0	56	19	8.5	3	9	4
SA-8	13	2	8	20	0	0	0	0	0	0	0	0	23	8	0	2	7	8
UB-7	13	2	8	32	9.8	7	0	0	0	0	0	0	37	12	0	5	8	4
LR-1A	17	3	8	54	15.1	8	0	0	0	0	0	0	72	23	0	4	16	4
SF-8	14	3	8	42	6.6	6	0	0	0	0	0	0	50	17	0	9	9	8
WH-20	13	3	11	123	0	0	0	0	0	0	1.8	6	43	14	10.5	24	10	4
CG-11	14	3	13	75	22.0	14	4.6	2	0	0	0	0	58	19	8.0	10	11	14
SA-12	13	2	8	37	16.1	7	4.1	2	0	0	0	0	49	17	6.5	3	12	8

鋼板名	鋼板寸法			切 断 長										マ キ ン グ 長	單 送 距 離	ロ ボ ト 走 行 長	ピ ア シ ン グ 回 数	マ キ ン グ 上 下 回 数	鋼 板 枚 数
	厚さ	幅	長さ	外周	スロット		ホール			にレンオール		長さ	PSS	P	S	長さ	個数		
LB-12	13	3	10	60	6.8	4	3.2	2	0	0	1.8	4	45	15	18.0	12	9	4	
WH-76	14	3	11	47	2.3	1	0	0	0	0	0	0	58	19	0	9	15	10	
BR-1	22	3	8	63	0	0	0	0	0	0	0	0	25	8	0	11	9	4	
LA-8	25 ^{mm}	3 ^m	11 ^m	68 ^m	12.0 ^m	6	11.6 ^m	2	2	1	0 ^m	0	57 ^m	10 ^m	21.0 ^m	19	15	4	
UB-5	13	2	5	25	0	0	0	0	0	0	0	0	20	7	0	4	3	8	
LA-8	13	1	8	53	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3	0	20	1	8	
SD-11	13	3	9	51	2.3	1	0	0	0	0	0	0	50	17	0	10	11	6	
SF-64	14	1	4	22	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	5	0	14	
UB-5	13	2	8	32	9.8	7	0	0	0	0	0	0	37	12	0	5	8	6	
LB-13	13	3	7	68	0	0	0	0	0	0	0	0	30	10	0	9	7	4	
UC-2F	13	2	8	74	5.2	6	3.5	2	0	0	0	0	32	11	3.0	11	11	4	
SE-13	13	3	7	75	0	0	0	0	0	0	0	0	23	8	0	31	3	4	
TC-72	20	2	6	36	0	0	0	0	0	0	3.6	12	56	19	6.5	6	14	8	
SE-12	15	3	10	62	10.2	6	0	0	0	0	0	0	42	14	0	16	5	6	
TC-72	13	3	8	50	10.2	6	1.7	2	0	0	1.4	3	36	12	8.0	13	9	8	
LA-7	24	2	3	28	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4	1	4	
BR-1	22	3	8	30	0	0	0	0	0	0	0	0	51	17	0	11	8	4	
WL-68	13	3	13	100	0	0	0	0	0	0	0	0	32	17	0	28	9	4	
SE-12	15	3	10	62	20.4	12	0	0	0	0	0	0	83	27	0	4	14	6	
SE-12	13	1	11	66	0	0	0	0	0	0	0	0	19	6	0	31	3	6	
LB-7	13	2	7	78	2.4	4	0	0	0	0	0	0	21	7	0	21	7	4	
TA-72	20	2	12	49	0	0	0.8	0	1	1	5.7	19	52	17	18.0	8	19	8	
SF-8	16 ^{mm}	3 ^m	8 ^m	49 ^m	8.8 ^m	8	0 ^m	0	0	0	0 ^m	0	53 ^m	18 ^m	0 ^m	7	10	8	
LA-7	13	2	5	16	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4	0	2	2	14	
LA-8	23	3	7	49	10.2	6	0	0	0	0	0	0	57	19	0	10	10	8	
LR-1A	13	3	11	120	0	0	0	0	0	0	0	0	34	11	0	46	4	4	
LA-8	16	2	10	29	0	0	0	0	0	0	2.7	6	39	13	9.0	7	7	8	
WL-68	13	3	7	17	9.8	7	0	0	0	0	0	0	18	6	0	3	8	12	
LB-10	13	2	7	78	2.4	4	0	0	0	0	0	0	21	7	0	21	7	12	
SE-9	13	3	8	51	0	0	0	0	0	0	0	0	48	16	0	12	10	6	
UB-9	13	1	3	17	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0	6	4	6	
TA-72	13	2	11	44	17.0	10	2.4	0	1	1	2.3	5	59	20	11.0	3	13	8	
CG-12	14	3	7	50	3.6	6	0	0	0	0	0	0	42	14	0	6	14	4	
CG-22	14	3	13	68	22.0	14	0	0	0	0	0	0	98	33	0	5	18	4	
WL-76	13	3	12	96	0	0	0	0	0	0	0	0	66	22	0	30	12	6	
SE-9	14	3	10	43	20.2	12	0	0	0	0	0	0	75	25	0	2	14	2	
TH-84	25	2	5	27	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	13	0	6	
T-63	20	1	9	26	0	0	0	0	0	0	0	0	33	11	0	4	7	4	
SB-12	13	2	9	27	0	0	0	0	0	0	0	0	39	13	0	4	10	6	
CG-12	13	2	6	45	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0	14	2	6	
SB-10	14	3	9	31	0	0	3.3	2	0	0	0	0	58	19	7.0	3	6	10	
LA-7	13 ^{mm}	2 ^m	12 ^m	112 ^m	0 ^m	0	0 ^m	0	0	0	1.2 ^m	4	29 ^m	10 ^m	8.0 ^m	30	6	14	
UB-10	13	2	7	39	0	0	0	0	0	0	0	0	24	8	0	11	5	6	
UB-6	13	2	3	17	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4	0	3	2	16	
SE-8	19	3	8	45	6.8	4	0	0	0	0	0	0	34	11	0	10	7	8	
SD-12	13	3	9	51	2.3	1	0	0	0	0	0	0	50	17	0	10	11	4	
SF-8	14	1	10	43	0	0	0	0	0	0	0	0	32	10	0	6	7	4	
CG-12	24	2	8	31	1.8	3	0	0	0	0	0	0	29	10	0	6	8	4	
SE-10	13	1	10	66	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5	0	24	2	8	
CG-11	13	2	6	37	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3	0	21	2	10	
WE-68	13	1	5	23	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3	0	13	2	16	
LB-20	13	2	8	22	0	0	3.5	2	0	0	0	0	24	8	6.5	9	6	4	
UB-8	13	2	9	22	0	0	1.7	2	0	0	0	0	33	11	4.8	3	4	8	
SD-13	13	3	9	51	2.3	1	0	0	0	0	0	0	50	17	0	10	11	4	
LR-1	17	3	8	54	15.1	8	0	0	0	0	0	0	72	23	0	4	16	4	

鋼板名称	鋼板寸法				切 断 長								マ キ シ ン 長	早 送 距 離	ロ ボ ト 走 行 長	ピ ア シ ン グ	マ キ テ ク ニ ク 上 下 回 数	鋼 板 枚 数
	厚さ	幅	長さ	外周	スロット	ホール	P&S	PJS	にレンホール									
					長さ 個数	長さ	P&S	PJS	長さ 個数									
TH-84	13	2	8	35	2.3	1	0	0	0	0	0	0	26	9	0	7	8	6
TA-72	13	2	5	43	0	0	0	0	0	1.4	3	17	6	8.0	14	5	8	
UA-8	13	2	10	46	11.2	8	0	0	0	0	0	37	12	0	15	10	8	
SA-8	13	2	4	18	0	0	0	0	0	0.9	2	11	4	3.0	2	3	8	
LB-8	13	3	9	47	9.0	8	0	0	0	0	0	67	22	0	11	11	8	
LB-7	13 ^{mm}	3 ^m	13 ^m	51 ^m	20.4 ^m	16	1.8 ^m	200	0 ^m	0	86 ^m	28 ^m	8.5	3	17	4		
SE-12	14	3	10	43	20.2	2	0	0	0	0	0	75	50	0	21	42	6	
SB-12	14	2	11	53	0	0	3.3	200	4.5	10	63	21	20.0	11	16	6		
CG-17	13	3	12	82	12.8	10	7.7	210	0	0	71	24	9.5	17	15	4		
TA-72	13	2	5	31	0	0	0	0	0	1.4	3	16	5	4.0	4	5	8	
LB-7	14	1	49	19	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0	8	2	16	
TA-72	15	2	11	44	17.0	10	2.4	011	2.3	5	58	19	15.0	3	14	8		
SD-17	13	1	7	29	0	0	0	0	0	0	0	13	4	0	10	2	4	
SF-8	18	3	8	39	0	0	0	0	0	0	0	54	18	0	9	13	8	
SV-64	25	3	10	27	0	0	0	0	0	0	0	47	16	0	3	12	16	
SF-7	13	1	8	38	0	0	0	0	0	0	0	12	4	0	18	3	12	
TA-72	15	2	11	50	17.0	10	0	0	0	1.8	4	62	21	9.5	5	16	8	
LR-1	16	3	7	40	0	0	0	0	0	0	0	40	13	0	5	9	4	
TB-72	13	2	9	79	0	0	0	0	0	0	0	7	2	0	38	1	8	
TB-72	13	2	9	79	0	0	0	0	0	0	0	27	16	0	3	9	8	
SB-12	14	2	6	36	0	0	0	0	0	0	0	7	2	0	15	2	6	
SF-8	20	1	6	15	0	0	0	0	0	1.8	6	7	2	5.5	2	2	8	
TF-72	15	1	5	32	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	11	0	8	
LA-8	14	3	10	27	0	0	0	0	0	3.6	8	52	17	10.0	5	8	8	
TA-72	13 ^{mm}	2 ^m	5 ^m	28 ^m	0 ^m	0	0 ^m	000	1.4 ^m	3	15 ^m	5 ^m	3.0 ^m	3	5	8		
SE-12	13	2	6	31	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	11	1	6	
WF-64	13	0	2	79	0	0	8.6	211	2.1	7	39	13	13.0	17	11	6		
SE-10	13	3	10	102	0	0	0	0	0	0	0	24	8	0	37	5	10	
TF-72	13	2	6	17	0	0	0	0	0	0	0	7	2	0	9	2	8	
TV-72	18	3	8	79	0	0	0	0	0	0	0	10	11	0	5	9	8	
SV-64	13	2	10	76	4.8	8	0	000	0	0	0	33	11	0	28	8	14	
LB-8	13	3	12	65	13.2	12	0	000	0	0	93	31	0	15	16	8		
SB-11	14	3	9	50	18.4	8	2.9	200	0	0	84	28	8.0	3	21	4		
SE-10	14	2	4	22	0	0	0	0	0	0	0	21	3	0	3	1	14	
LA-8	16	3	9	61	6.8	4	3.1	200	1.8	4	40	13	10.0	15	11	8		
SB-10	13	3	10	98	0	0	0	0	0	0	0	27	9	0	26	12	4	
LR-1	14	3	10	41	20.2	12	0	000	0	0	73	24	0	6	13	20		
SE-10	14	3	7	33	13.2	8	0	000	0	0	58	19	0	3	10	10		
LR-1	24	2	3	28	0	0	0	000	0	0	21	19	0	4	1	12		
WF-64	25	3	8	22	0	0	1.7	200	0	0	41	14	5.0	3	4	14		
TB-72	14	3	6	17	0	0	1.7	200	3.2	7	35	12	11.9	3	6	8		
WH-80	13	2	13	59	0	0	0	000	0	0	48	16	0	12	12	4		
SV-64	13	3	10	100	13.2	22	0	000	0	0	57	19	0	25	14	16		
UB-20	13 ^{mm}	2 ^m	8 ^m	32 ^m	9.8 ^m	7	0 ^m	000	0 ^m	0	37 ^m	12 ^m	0 ^m	5	8	6		
LR-1D	16	1	3	16	0	0	0	000	0	0	1	1	0	2	1	4		
DR-1	13	1	8	61	0	0	0	000	0	0	52	17	0	9	9	4		
LB-7	13	2	4	22	0	0	0	000	0	0	1	1	0	4	1	4		
LB-7	13	3	13	64	20.4	16	3.3	200	0	0	100	12	6.5	15	10	14		
LA-8	15	3	6	32	10.2	6	0	000	0	0	44	15	0	6	9	8		
TV-72	14	2	5	13	2.4	4	0	000	0	0	10	3	0	2	3	8		
LB-7	13	2	10	88	1.2	2	0	000	0.6	2	37	12	30	27	7	4		
UA-7	13	2	9	48	9.8	7	0	000	0	0	44	15	0	9	11	4		
TV-72	18	3	8	35	0	0	0	000	0	0	34	11	0	5	9	8		
TF-72	17	2	8	21	0	0	0	000	0	0	46	15	0	3	11	8		
UC-1F	13	2	8	27	5.2	6	3.3	200	0	0	42	14	40	3	10	16		

鋼板名	鋼板寸法			切削長										ア ミ ン ト 長	早 速 距 離	口 ホ ル ト 走 行 長	ヒ ア シ ン グ 回 数	ト ト キ シ チ 回 数	上 下 ト ト チ シ チ 回 数	鋼 板 枚 数	
	厚:	幅	長:	外周	スロット	ホール	ドレンホール	P.S	P.S	長:	個数	スロット	ホール	ドレンホール	P.S	P.S	長:	個数			
WK-68	13	3	7	49	2.4	4	0	0	0	24	8	40	14	7.0	10	10	16				
UA-8	13	1	3	22	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	10	0	0	8			
UB-9	13	2	8	32	9.8	7	0	0	0	0	0	37	12	0	5	8	6				
WL-64	13	3	8	54	0	0	0	0	0	42	14	42	14	15.0	8	10	10				
LB-8	13	3	8	44	6.4	6	5.2	2	1	2	0	0	29	6	8.0	9	12	8			
WE-68	25	2	5	28	0	0	0	0	0	0	0	20	7	0	4	6	16				
LA-7	13	2	6	36	0	0	0	0	0	0	0	8	7	0	11	3	12				
UA-8	13 ^{mm}	2 ^m	9 ^m	21 ^m	0 ^m	0	0 ^m	0	0	0 ^m	0	21 ^m	7 ^m	0 ^m	3	3	8				
SD-11	13	3	8	55	0	0	0	0	0	0	0	28	10	0	19	3	6				
LB-7	13	2	8	22	0	0	3.5	2	0	0	0	0	24	8	6.0	9	6	4			
SF-7	13	3	13	51	18.8	14	1.8	2	0	0	0	0	73	24	25	7	12	4			
SB-12	14	2	10	44	18.4	8	2.9	2	0	0	0	0	69	24	7.5	4	17	6			
TH-84	24	3	6	23	0	0	0	0	0	0	0	16	5	0	2	5	6				
SE-9	14	3	5	31	10.2	6	0	0	0	0	0	41	14	0	2	6	8				
LA-12	21	3	11	64	11.9	6	8.5	4	0	0	0	0	48	16	10.0	13	9	9			
TH-84	14	2	5	19	0	0	0	0	0	0	0	24	8	0	5	7	6				
WH-76	13	2	13	63	0	0	0	0	0	0	0	48	16	0	16	12	4				
TA-72	15	2	11	50	17.0	10	0	0	0	0	18	4	62	21	9.5	5	16	8			
SE-12	15	3	9	48	10.2	6	0	0	0	0	0	42	14	0	6	8	6				
SB-10	13	3	6	37	0	0	0	0	0	0	24	8	44	14	6.0	11	10				
WL-68	14	3	7	21	0	0	0	0	0	0	0	26	9	0	2	4	12				
UB-8	13	1	3	21	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	7	0	8				
LB-8	20	1	6	16	0	0	0	0	0	0	12	4	14	5	8.0	2	3	8			
LB-8	13	3	10	63	6.8	4	3.2	2	0	0	18	4	50	17	22.5	16	11	4			
WF-64	13	2	9	90	0	0	0	0	0	0	21	7	40	1	9.0	6	1	6			
LA-7	14 ^{mm}	2 ^m	10 ^m	29	0	0	0	0	0	0	0	30	10	0	4	5	14				
LB-21	13	2 ^m	6 ^m	18 ^m	0 ^m	0	0 ^m	0	0	0 ^m	0	15 ^m	5 ^m	0	4	3	4				
SA-8	22	2	8	21	0	0	2.6	2	0	0	4.1	9	45	15	16.0	3	11	8			
SF-7	13	3	9	48	1.2	2	0	0	0	0.6	2	29	10	5.5	23	7	10				
UB-5	13	2	8	32	9.8	7	0	0	0	0	0	37	12	0	5	8	8				
SF-8	13	3	9	52	10.2	6	0	0	0	1.8	4	55	18	8.5	10	14	8				
WF-64	13	2	11	49	0	0	0	0	0	0	0	45	15	0	7	8	6				
SB-11	13	3	12	106	0	0	0	0	0	0	0	47	16	0	29	13	4				
LB-20	13	2	8	27	0	0	4.3	2	0	0	0	23	8	45	7	4	4				
SE-9	13	1	8	28	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	9	2	6				
CG-5	14	3	13	75	22.0	14	9.2	2	1	1	0	73	28	8.0	10	16	6				
LA-7	14	3	7	34	13.3	8	0	0	0	0	0	52	18	0	3	12	14				
SF-14	13	1	8	41	0	0	0	0	0	0	0	13	4	0	10	2	4				
SV-64	18	2	4	16	0	0	0	0	0	0	0	10	3	0	2	3	16				
UB-7	13	2	8	41	0	0	0	0	0	0	0	15	5	0	8	4	6				
TA-72	15	2	11	50	17.0	10	0	0	0	0	18	4	62	21	8.5	5	16	8			
DR-1	13	2	6	37	0	0	0	0	0	0	0	20	7	0	15	3	4				
SE-12	21	3	8	50	10.2	6	0	0	0	0	0	55	18	0	9	9	6				
TH-84	23	1	8	30	4.0	2	0	0	0	0	0	30	10	0	6	7	6				
LA-7	14	3	6	31	10.0	5	6.3	2	1	0	0	37	13	8.0	7	8	10				
SF-8	13 ^{mm}	2 ^m	7 ^m	30 ^m	6.6 ^m	6	0 ^m	0	0	0 ^m	0	33 ^m	11 ^m	0	5	7	6				
CG-12	13	2	8	38	1.2	2	13.5	4	1	1	0	0	23	8	7.5	9	3	4			
WF-64	13	2	10	45	0	0	0	0	0	0	0	45	15	0	7	8	8				
LA-7	13	2	10	52	0	0	0	0	0	0	0	15	5	0	19	6	14				
CG-22	13	2	6	37	0	0	0	0	0	0	0	11	3	0	21	2	4				
UC-5	13	3	8	50	2.4	4	3.5	2	0	0	0	0	21	7	6.5	9	6	6			
SE-12	13	1	10	34	0	0	0	0	0	0	0	32	11	0	8	7	6				
SV-64	18	2	11	27	0	0	0	0	0	0	0	45	15	0	4	11	16				
CG-12	13	2	6	37	0	0	0	0	0	0	0	11	3	0	21	2	4				
SF-64	13	1	10	46	0	0	0	0	0	0	0	29	10	0	17	15	12				

表 4.2.5 パラメータの組合せと呼称

表 4.2.6. A 船のシミュレーション計算結果

呼称	所要日数	切断長		切削時間		切削時間		切削時間		切削時間		切削時間	
		N	C	アーチング時間	アーチング時間	実働時間	実働時間	時間	時間	時間	時間	時間	時間
A-1	94日	12879m	13939m	664.2時間	664.2時間	781.9時間	781.9時間	23.4	135.0	114m	3.9時間		
A-2	64	12572	14245	427.3	26.4	574.0	306						
A-3	64	12572	14245	427.3	26.4	574.0	306						
A-4	64	12572	14245	427.3	26.4	574.0	306						
A-5	64	12572	14245	427.3	33.4	574.0	306						
A-6	53	8776	18042	300.7	33.4	468.2	4103	241.2	352.8				
A-7	53	8776	18042	300.7	33.4	468.2	4103	241.2	336.2				
A-8	51	8776	18042	300.7	33.4	468.2	4103	150.0	261.6				
A-9	52	8776	18042	300.7	33.4	468.2	4103	150.0	245.5				
A-10	50	12879	13939	332.6	25.8	450.3	—	—	—	114	3.9		
A-11	45	12572	14245	270.1	26.4	416.8	306	23.4	135.0				
A-12	45	12572	14245	270.1	26.4	416.8	306	23.4	118.8				
A-13	45	12572	14245	270.1	26.4	416.8	306	16.6	128.2				
A-14	45	12572	14245	270.1	26.4	416.8	306	16.6	112.0				
A-15	42	8776	18042	191.0	26.4	358.5	4103	241.2	352.8				
A-16	42	8776	18042	191.0	33.4	358.5	4103	241.2	336.6				
A-17	39	8776	18042	191.0	33.4	358.5	4103	150.0	261.6				
A-18	39	8776	18042	191.0	33.4	358.5	4103	150.0	245.5				
A-19	26	12879	13939	129.6	25.8	247.1	—	—	—	114	3.9		
A-20	29	12573	14245	124.6	26.4	271.3	306	23.4	135.0				
A-21	29	12573	14245	124.6	26.4	271.3	306	23.4	118.8				
A-22	29	12573	14245	124.6	26.4	271.3	306	16.6	128.2				
A-23	29	12573	14245	124.6	26.4	271.3	306	16.6	112.0				
A-24	38	8776	18042	89.5	33.4	257.0	4103	241.2	352.8				
A-25	37	8776	18042	89.5	33.4	257.0	4103	241.2	336.6				
A-26	29	8776	18042	89.5	33.4	257.0	4103	150.0	261.6				
A-27	29	8776	18042	89.5	33.4	257.0	4103	150.0	245.5				

表4.2.7 B船のシミュレーション計算結果

呼 称	所要日数	切削長			C			切削長			切削長			切削長		
		マーキング長	マーキング時間													
B-1	87日	14907m	17516m	633.6時間	32.4時間	764.3時間	—	—	—	—	—	—	—	—	33m	1.2時間
B-2	68	12723	19744	432.7	36.5	583.1	2199	126.3	252.6	—	—	—	—	—	—	—
B-3	68	12723	19744	432.7	36.5	583.1	2199	126.3	231.7	—	—	—	—	—	—	—
B-4	66	12723	19744	432.7	36.5	583.1	2199	77.0	203.4	—	—	—	—	—	—	—
B-5	66	12723	19744	432.7	36.5	583.1	2199	77.0	182.5	—	—	—	—	—	—	—
B-6	60	10220	22247	349.3	41.1	511.3	4702	268.8	395.2	—	—	—	—	—	—	—
B-7	60	10220	22247	349.3	41.1	511.3	4702	268.8	374.3	—	—	—	—	—	—	—
B-8	58	10220	22247	349.3	41.1	511.3	4702	164.0	290.4	—	—	—	—	—	—	—
B-9	58	10220	22247	349.3	41.1	511.3	4702	164.0	269.4	—	—	—	—	—	—	—
B-10	53	14907	17516	355.2	32.4	485.6	—	—	—	—	—	—	—	—	33	1.2
B-11	50	12723	19744	273.7	36.5	424.0	2199	126.3	252.6	—	—	—	—	—	—	—
B-12	50	12723	19744	273.7	36.5	424.0	2199	126.3	231.7	—	—	—	—	—	—	—
B-13	48	12723	19744	273.7	36.5	424.0	2199	77.0	203.4	—	—	—	—	—	—	—
B-14	48	12723	19744	273.7	36.5	424.0	2199	77.0	182.5	—	—	—	—	—	—	—
B-15	48	10220	22247	221.5	41.1	383.6	4702	268.8	395.2	—	—	—	—	—	—	—
B-16	48	10220	22247	221.5	41.1	383.6	4702	268.8	374.3	—	—	—	—	—	—	—
B-17	45	10220	22247	221.5	41.1	383.6	4702	164.0	290.4	—	—	—	—	—	—	—
B-18	45	10220	22247	221.5	41.1	383.6	4702	164.0	269.4	—	—	—	—	—	—	—
B-19	29	14907	17516	145.8	32.4	276.0	—	—	—	—	—	—	—	—	33	1.2
B-20	36	12723	19744	126.4	36.5	276.8	2199	126.3	252.6	—	—	—	—	—	—	—
B-21	36	12723	19744	126.4	36.5	276.8	2199	126.3	231.7	—	—	—	—	—	—	—
B-22	33	12723	19744	126.4	36.5	276.8	2199	77.0	203.4	—	—	—	—	—	—	—
B-23	33	12723	19744	126.4	36.5	276.8	2199	77.0	182.5	—	—	—	—	—	—	—
B-24	41	10220	22247	103.3	41.1	265.3	4702	268.8	395.2	—	—	—	—	—	—	—
B-25	38	10220	22247	103.3	41.1	265.3	4702	268.8	374.3	—	—	—	—	—	—	—
B-26	34	10220	22247	103.3	41.1	265.3	4702	164.0	294.0	—	—	—	—	—	—	—
B-27	33	10220	22247	103.3	41.1	265.3	4702	164.0	269.4	—	—	—	—	—	—	—

処理枚数 654枚

表 4.2.8 C 船のシミュレーション計算結果

呼 称	所要日数	切 断 長 度 m	マキシム 切削時間 m	マキシム 切削時間 時間	切 断 長 度 m	切 断 時間 m	切 断 長 度 m	切 断 時間 m	切 断 長 度 m	切 断 時間 m	切 断 長 度 m	切 断 時間 m
C-1	256	0.000	26819	4.97	2073.0	2073.0	0.000	0.000	1369.1	1369.1	1369.1	137 m
C-2	155	3.236	28783	1169.8	51.1	1369.1	74.9	49.9	288.7	—	—	4.8時間
C-3	155	3.3236	28783	1169.8	51.1	1369.1	74.9	49.9	269.3	—	—	—
C-4	155	3.3236	28783	1169.8	51.1	1369.1	74.9	49.9	270.1	—	—	—
C-5	155	3.3236	28783	1169.8	51.1	1369.1	74.9	31.3	250.7	—	—	—
C-6	145	29647	32372	1050.2	57.7	1269.8	433.8	256.2	494.9	—	—	—
C-7	145	29647	32372	1050.2	57.7	1269.8	433.8	256.2	475.5	—	—	—
C-8	143	29647	32372	1050.2	57.7	1269.8	433.8	157.8	396.6	—	—	—
C-9	143	29647	32372	1050.2	57.7	1269.8	433.8	157.8	377.2	—	—	—
C-10	123	34000	26819	858.6	49.7	1128.0	—	—	—	137	4.8	—
C-11	104	33236	28783	754.4	51.1	953.7	74.9	49.9	288.7	—	—	—
C-12	104	33236	28783	754.4	51.1	953.7	74.9	49.9	289.3	—	—	—
C-13	104	33236	28783	754.4	51.1	953.7	74.9	31.3	270.1	—	—	—
C-14	104	33236	28783	754.4	51.1	953.7	74.9	31.3	250.7	—	—	—
C-15	103	29647	32372	679.6	57.7	899.2	433.8	256.2	494.9	—	—	—
C-16	103	29647	32372	679.6	57.7	899.2	433.8	256.2	475.5	—	—	—
C-17	99	29647	32372	679.6	57.7	899.2	433.8	157.8	396.6	—	—	—
C-18	99	29647	32372	679.6	57.7	899.2	433.8	157.8	377.2	—	—	—
C-19	64	34000	26819	337.8	49.7	806.7	—	—	—	137	4.8	—
C-20	61	33236	28783	369.7	51.1	569.0	74.9	49.9	288.7	—	—	—
C-21	60	33236	28783	369.7	51.1	569.0	74.9	49.9	269.3	—	—	—
C-22	60	33236	28783	369.7	51.1	569.0	74.9	31.3	270.1	—	—	—
C-23	60	33236	28783	369.7	51.1	569.0	74.9	31.3	250.7	—	—	—
C-24	72	29647	32372	536.5	57.7	556.1	433.8	256.2	494.9	—	—	—
C-25	71	29647	32372	536.5	57.7	556.1	433.8	256.2	475.5	—	—	—
C-26	63	29647	32372	536.5	57.7	556.1	433.8	157.8	396.6	—	—	—
C-27	62	29647	32372	536.5	57.7	556.1	433.8	157.8	377.2	—	—	—

処理枚数 1540枚

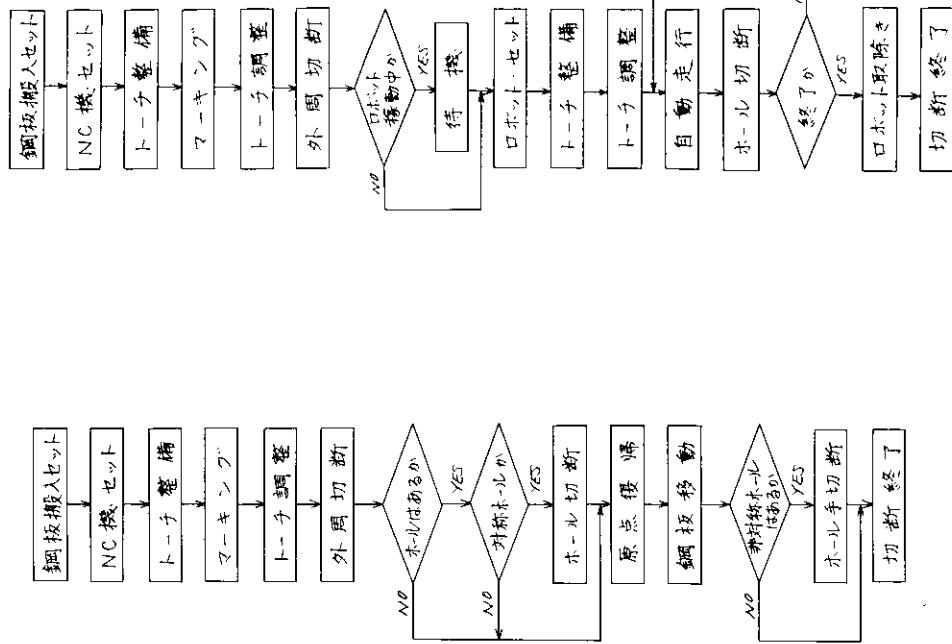
表 4.2.9. 所要日数一覧表

バーラム	NC 切断スピード m/min	ロボット 切削時間 min	ロボット 搬行スピード m/min	A 帆	B 帆	C 帆	所要日数
ホーリ	11.5	—	—	94.0	87.0	256.0	—
500	300	4.0	4.0	64	68	155	—
500	500	8.0	8.0	64	68	155	—
ホールド スロット	300	4.0	6.4	66	155	—	トーラ調整
ホールド スロット	500	8.0	6.4	66	155	—	外周切断
ロボットなし	—	—	5.3	60	145	—	トーラ調整
ホーリ	300	8.0	5.3	60	145	—	移動中か YES
ホーリ	500	4.0	5.1	58	143	—	待機
ホーリ	500	8.0	5.2	58	143	—	ロボットセット
ホーリ	—	—	50	53	123	—	トーラ整備
ホーリ	300	4.0	4.5	50	104	—	自動走行
ホーリ	500	4.0	4.5	49	104	—	ホルム切断
ホーリ	500	8.0	4.5	48	104	—	原点復帰
ホーリ	300	4.0	4.2	48	103	—	鋼板移動
ホーリ	500	8.0	4.2	48	103	—	ホルム切断 あるか NO
ホーリ	500	4.0	3.9	45	99	—	ホルム切断 あるか YES
ホーリ	—	—	26	29	64	—	ホルム取除き
ホーリ	300	4.0	29	36	61	—	切断終了
ホーリ	500	8.0	29	36	60	—	切断終了
ホーリ	300	4.0	38	41	72	—	切断終了
ホーリ	500	8.0	37	38	71	—	切断終了
ホーリ	500	4.0	29	34	63	—	切断終了
ホーリ	500	8.0	29	33	62	—	切断終了
1800	—	—	—	—	—	—	切断工程のモデル化
ホーリ	300	4.0	29	33	60	—	切断工程における 切削工程のモデル化

処理枚数 61425, 65472, 1548枚

図 4.2.1 X工場における
切削工程のモデル化図 4.2.2 Y工場における
切削工程のモデル化

(注)「ホルム切断」はホルムのみの場合。
スロットを含む場合がある。



各構造と TANK ハーネットの大部分

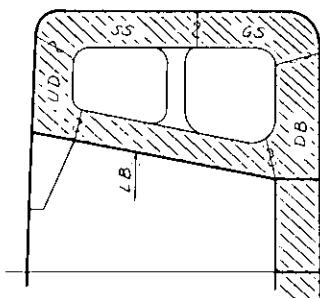


図 4.2.3 A 船の NC 切断対象部材

原則として各構造と TANK ハーネットの大部 分。スロットのある部材は一部前後部を含む。

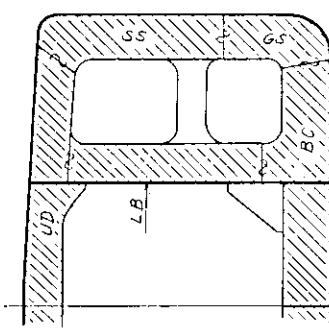


図 4.2.4 B 船の NC 切断対象部材

T の付くアーチは OT-BHP (中央隔壁)
W “ SW-BHP (制水) ”
CG アーチは CG (中央線折板)
範囲は TANK ハーネット全部

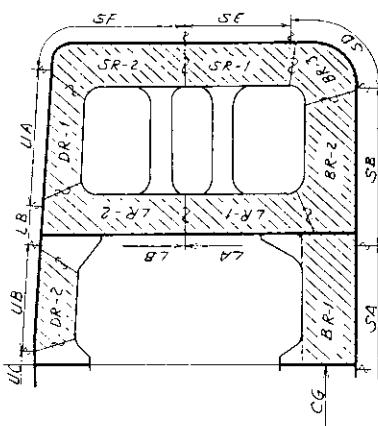


図 4.2.5 C 船の NC 切断対象部材

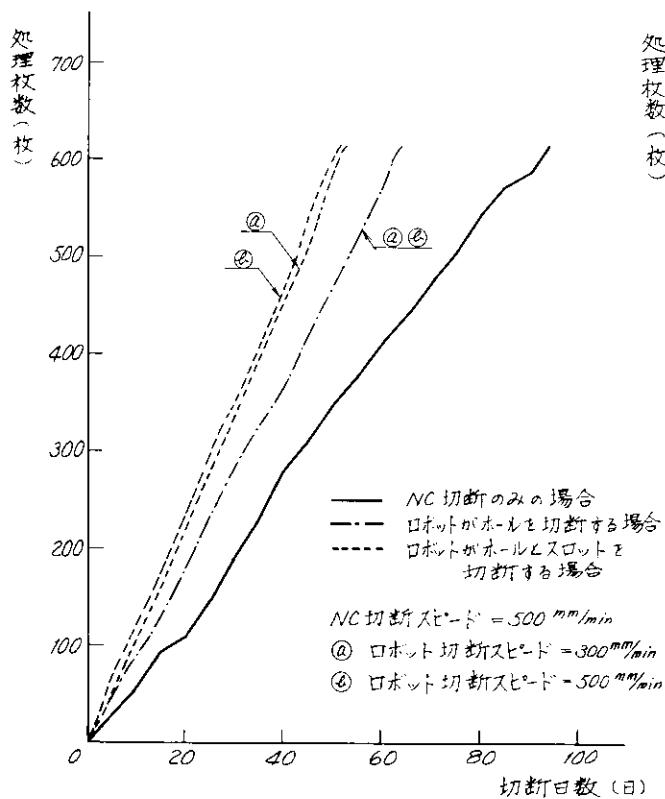


図 4.2.6 A 船における鋼板処理枚数
と 切断日数の関係

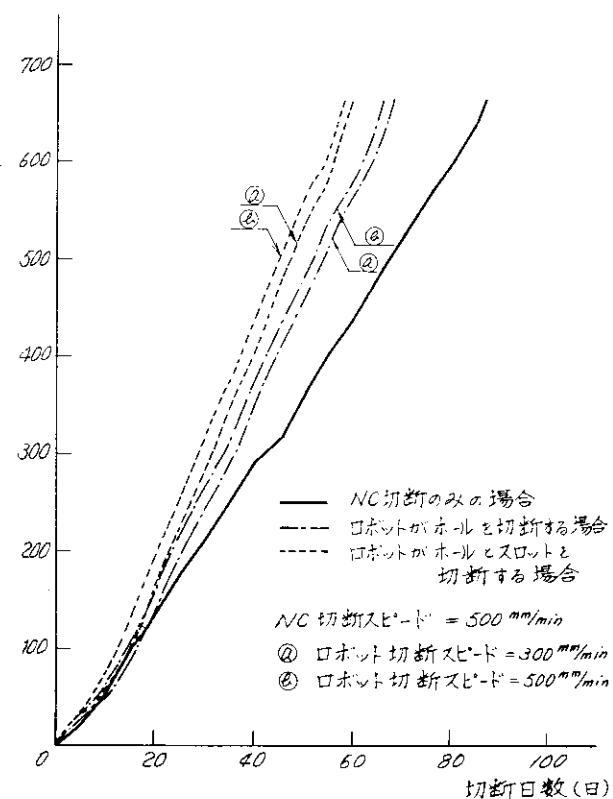


図 4.2.7 B 船における鋼板処理枚数
と 切断日数の関係

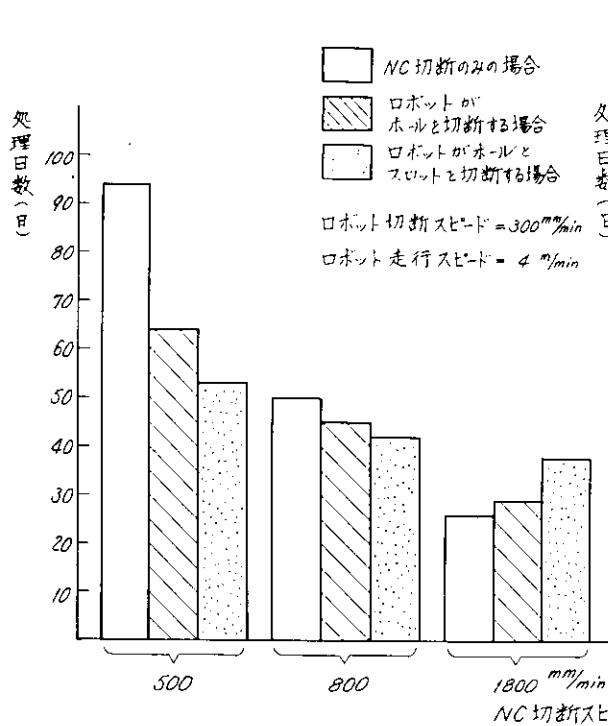


図 4.2.8 A 船における NC 切断スピードと
処理日数の関係

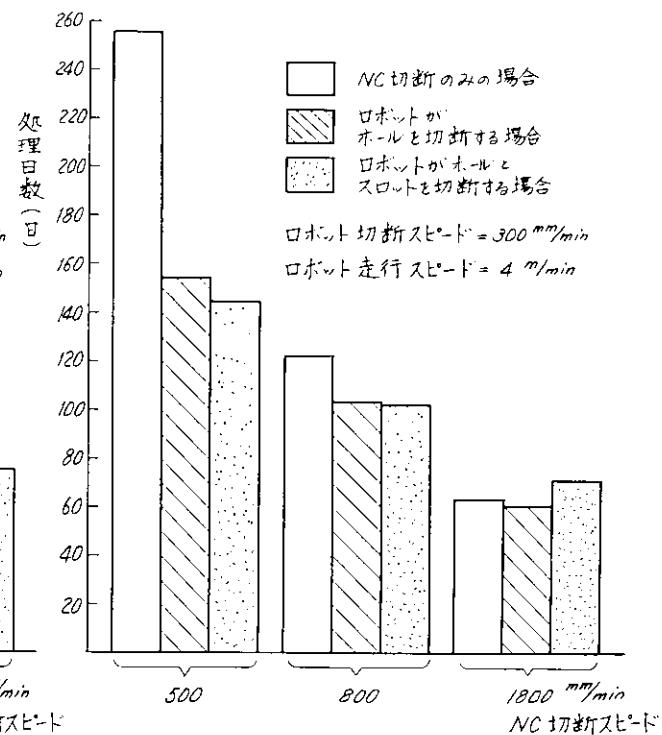


図 4.2.9 C 船における NC 切断スピードと
処理日数の関係

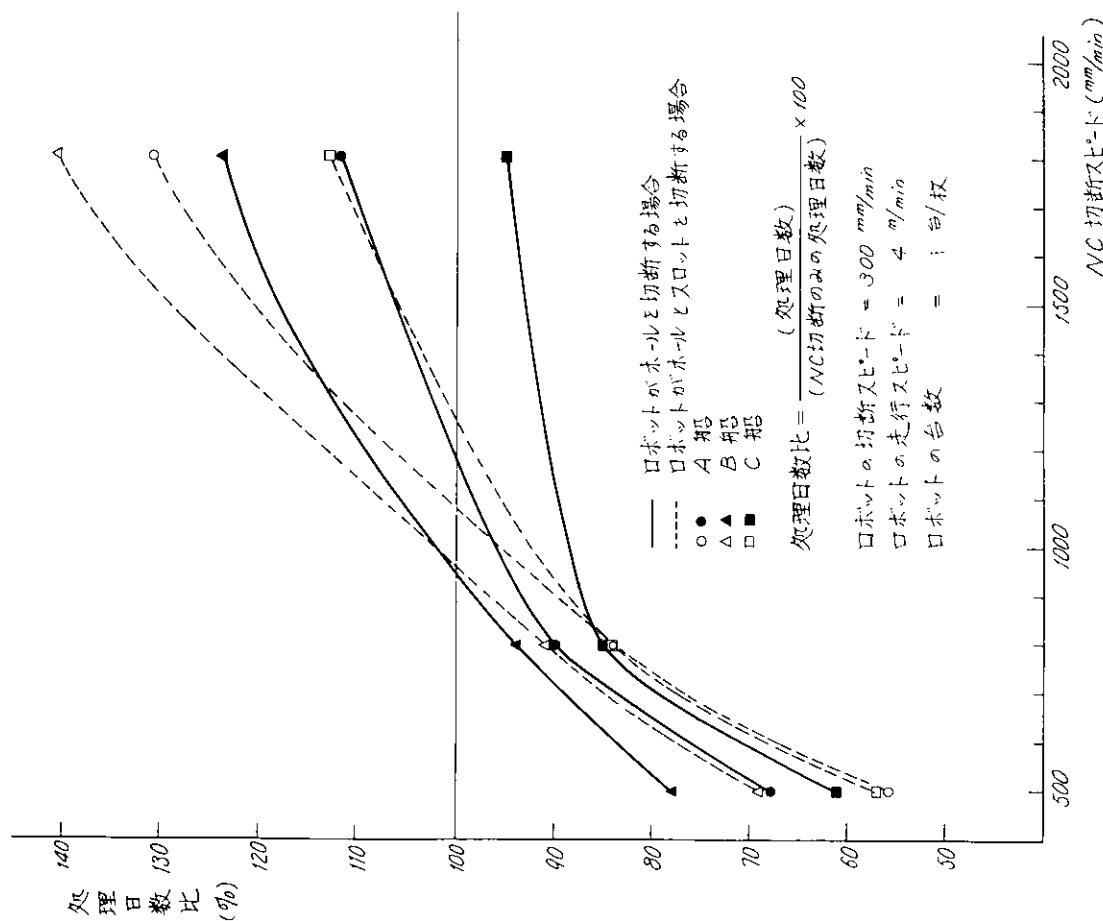


図 4.2.10 NC 切断スピードと処理日数比の関係

4.3 切断用ロボットの対象となりうる開口類

4.2節でシミュレーションをむこなつたN/C切断と併用する方式はもちろんのこと切断用ロボットの構造を基に改良すれば技術的には船殻構造材のほとんどあらゆる開口に適用することができるはずである。このような切断用ロボットの対象となりうる開口数の実情について主構造の範囲内で開口の種類別、区画別、構造別に調査した結果を表4.3.1、4.3.2および4.3.3に示す。

この結果によれば船種、船型によるものか、設計方針によるものかは別として船により開口類の構成はかなり異なる。開口は内部の開口すなわち真円および長円と、周囲の開口すなわちスロットおよびスカラップに大別できる。前者は各船とも30,000弱あり、切断用ロボットが容易に適用できると考えられる。後者のうちスロットは13,000前後あり、上記開口について適用が考えられる分野である。

表 4.3.1. 115型 はら横船の開口数 (T造船所)

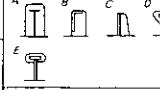
種類	寸法 or 型式	ホールド区画			船首尾区画			合計
		トランク類	ロンジ類	スキン類	トランク類	ロンジ類	スキン類	
スロット	W. TIGHT	1,030			385			14 1,429
	NON TIGHT	8,437			1,824			10,261
	小計	9,467			2,209			11,690
スカラップ*	1/2円 & 1/4円	17,278	3,158	20	7,654	1,802	16	29,928
真円	47Φ				172			172
	50~100Φ				106			106
	102~190Φ	553			118		16	687
	200Φ	106		1	125		34	266
	205~220Φ	65			14			79
	250Φ	820			330			1,150
	255~300Φ	71			95		130	296
	325~400Φ	3			27			30
	450Φ	65			19			84
	515~650Φ	28		7	26		46	107
	700~970Φ						5	5
	小計	1,711		8	1,032		231	2,982
長円 および 横円	100×25	205						205
	150×60	3,652	15,610	8	392	1,242	20	20,924
	125×50~180×40	7			87		56	150
	200×80~450×300	24			71		10	105
	450×350	498			52			550
	500×240				2			2
	500×350	24			230		9	263
	500×400	210		7	91		57	365
	550×400	1,162		1	161		2	1,326
	700×350	15			183		10	208
	700×400	578						578
	560×460~650×500	23		18				41
	680×580~1500×800	84		30	25		45	184
	小計	6,482	15,610	64	1,294	1,242	209	24,901
総計		53,798			15,703			69,501

主要寸法 248m × 38m × 23.7m

表4.3.2 160型鉱石船の開口数（I造船所）

種類	寸法 or 型式	ホールド区画			船首尾区画			合計	備考
		トランク類	ロンジ類	スキン類	トランク類	ロンジ類	スキン類		
ス ロ ツ ト	T NON-TIGHT				251	20		271	
	L2 NON-TIGHT	8,572			517			9,089	
	SLAB NON-TIGHT	1,396			352			1,748	
	ANG. NON-TIGHT	50			1,800	50		1,900	
	BULB NON-TIGHT	42			10			52	
	L2 W. TIGHT	638			35			673	
	SLAB W. TIGHT	200			46			246	
	ANG. W. TIGHT				21			21	
小計		10,898			3,032	70		14,000	
ス カ ラ ン フ	35R	20,981	1,020		5,741	1,738		29,480	
	50R	4,447	5,144		1,457	1,604		12,652	
	75R				1,408	96		1,504	
	100R				440	570		1,010	
	小計	25,428	6,164		9,046	4,008		44,646	
真 円	越え ~100t	676		28	23	109	11	847	
	100 ~ 200	316		20	776	18	2	1,132	
	200 ~ 300	17			9	2		28	
	300 ~ 400	118	12	8	134	12	4	288	
	400 ~ 500	10		16	270	19	16	331	
	500 ~ 600			12	9	10	5	36	
	600 ~ 700	288			66	148	2	504	
	700 ~ 800	168				2	2	172	
	800 ~ 900	1						1	
	900 ~ 1,000								
	1,000 ~ 2,000				4		4	8	
	2,000 ~						1	1	
	小計	1,594	12	84	1,291	320	47	3,348	
長 円 お よ び 横 円	75 x 25						90	90	
	85 x 45						908	908	
	100 x 50				130	320		450	
	150 x 75		21,178			933		22,111	
	600 x 400	222		38	1,246	145	20	1,671	
	600 x 500	332						332	
	800 x 500	60						60	
	小計	614	21,178	38	1,376	1,398	1,018	25,622	
総計		66,010			21,606			87,616	52も含む

表 4.3.3. 260型 油送船の開口数 (N造船所)

名 称	型式及 種類	ホーリド区画			船首尾区画			合 計	備 考
		トランク類	ロンジ類	スキン類	トランク類	ロンジ類	スキン類		
スロット	O.T 型 A. B. C. D.	1.028			530			1,558	
	" E	34						34	
	N.O.T 型 A. B.	20			907			927	
	" C. D	6.719			964			7,683	
	" E. F. G.	2.699			56			2,755	
	" H. I. J. K.	566			386			952	
	小 計	11.066			2,843			13,909	
スカラップ	25R 30R 35R	1.216	2.736		151	4.756		8,889	
	50R	10.534			5,600	1,466		17,600	
	75R	7.850	1.152		10,144	2,937		22,083	
	100R 150R	1.328			534	64		1,926	
	小 計	20.958	3.888		16,429	9,223		50,498	
	60 x 25R, 35R	8.074			1.012			9,086	
	95 x 30R		2.700					2,700	
	100 x 25R, 30R 135R, 50R	1.094						1,094	
	120 x 80R	88						88	
	140 x 40R		36					36	
	150 x 30R, 40R, 50R 100R	329	2.244					2,573	
	小 計	9.585	4.980		1.012			15,577	
	合 計	30.543	8.868		11,441	9,223		66,075	
真 円	25Φ ~ 99Φ	785	4.300	92	235	614		6,026	
	100Φ ~ 199Φ	417		29	154	18	225	843	
	200Φ ~ 499Φ	246		401	387		156	1,200	
	500Φ ~ 999Φ	189			73		5	276	
	1000Φ ~ 3200Φ	5		2	24		2	33	
	小 計	1,651	4.300	524	873	632	398	8,378	
長 円 及び 梢 円	74 x 40 300 x 150	1.076	13.919	1	229	2.173	81	17,479	
	350 x 250 560 x 250	95		5	14		49	163	
	600 x 300 650 x 600	72		13	1.052		27	1,164	
	700 x 400 900 x 600	129		2	522		75	728	
	1000 x 700 5800 x 1220	6		23	13		30	72	
	小 計	1.378	13.919	44	1.830	2.173	262	19,606	
	合 計	44.638	27.087	568	22.987	12.028	660	107,968	

(注) 主要寸法 $320^m \times 53.6^m \times 26.4^m$

5. 組立工程

組立工程に将来適用される自動工作機は算出、取付等の作業をパターン化して、平板ブロック、曲り外板ブロック等と種類の多い組立ブロック全體に適用できる普遍化された工作機ではなく、ブロック種類別の組立ラインにおける専用機の形態をとるものと思われる。

ブロック種類ごとに自動化とその適応制御の問題を考えると、平板ブロックは最も自動化、機械化され易いブロックであり、すでに各社でロング先付方式あるいはロング差し込み方式等の技術が開発され実用化されており、いろいろな適応制御の問題も残っているが、ブロックの形状が単純であるためその解決は容易であると思われる。

曲り外板ブロックは、複雑な曲面を有しているため、自動化機械化が難しく、組立工程の中でも作業量の多い割に遅れた非近代的な要素を多く残しているラインである。したがつて、この部門の自動化とその適応制御の問題を研究しておけば平板ブロックへの適用も容易であり将来の造船の近代化にとつても必要なことである。

組立工程の自動化を考える時、現在のブロックの構造を変更せずその構造に合つた自動工作機を考える方向と、開発しやすい自動工作機に合せて現在のブロック構造と全く違つた構造を採用する方向とが考えられるが、後者の方は将来の開発に待つとして前者の方向で検討を行なつた。

曲り外板組立ラインの自動化についてはすでに S R - 110 の報告書により、自動化の一つの方向が出されているので、この報告書と第3章の調査結果を基にして検討した結果、曲り外板ブロック組立の自動化とその適応制御の問題点として次の結論を得た。

- (I) 板縫工程で曲り外板を曲面治具上にセットする際の位置決めの方法
- (II) 配材された板の整面配付工程への適用
- (III) 取付基準線、現場継手仕上切り基準線の再計算方法
- (IV) 骨材と殻板の形状誤差と所要駆付力
- (V) 骨材と殻板の自動駆付への適用
- (VI) 水平隅内密接の自動化への適用
- (VII) 立向隅内密接の自動化への適用

曲り外板組立の各作業とその自動化の方向および適応制御の問題点の詳細を次に著す。

5.1 板縫工程

(1) 治具立

組立治具は多段の支柱状治具で外板の曲面を形成する方式で、治具の高さを数値制御方式で調整する (S R 110) 。

(2) 殻板配材

配材吊具としては板の種類、方向性の識別と吊り角度を制御できる外板配材用多点リフマクの開発が必要である。

一方治具は曲面を形成しているので基準になる板の配材位置が悪ければ外板と治具の曲面が合わず治具はその目的を達成しないので曲り外板を曲面治具上にセットする際の位置決めの方法も適応制御の問題点の1つであろう。

(3) 仮縫、密接

板の整面板付けの工程では隣り合う2枚の板のシーム方向の相対関係、目詰い量、ギャップ量等を制御しなければならない。板縫作業の自動化の1歩としてブロックの定盤として治具を立てた台車の集合体を考え、1台の台車に1枚の外板を配材し台車の縦、横移動によりシーム方向の相対関係を確保し、配材のヨコクレンを不必要とすることが考えられる。しかしこの方法は次の板縫密接の工程でボジショニングができないという不利がある。いずれにしても本件も適応制御の問題点の1つであろう。

板の密接は密接姿勢、密接線の検出、適正密接条件の設定、密接機の移動と接近方針などを制御する必要がある。こ

れについては S R 1 1 0 で開発されたポジショナーと連動した位置換出装置をもち、開先自動扱い装置を装備する門型合車方式の片面自動溶接装置も一案である。

5.2 再野戻工程

骨部材の取付位置、現場継手の仕上切り線を野戻く工程であるが、自動化の方向としては野戻基準位置、野戻方法等を制御した数値制御式野戻装置が考えられる。また S R 1 1 0 で開発された端面仕上機も一案である。これらの装置と並んで外板の相対位置が違つたり、板の歪に対する適応がない時は現場継手の精度不良となつたり、骨と外板の取付時に問題が起きる。したがつて、取付基準線、現場継手仕上切り基準線の再野戻方法にも適応制御の問題が含まれている。

5.3 トランス、ロンジ配材・取付工程

この工程ではバラ配材方式、枠組方式、ロンジ先付け方式の3種の方式が考えられるが、ロンジ先付け方式、バラ配材方式は曲り外板ブロックの組立精度を左右する剛性の大きなトランス材の位置さめ精度を維持するのに問題がある。この工程の自動化として S R - 1 1 0 の報告書に述べられているように数値制御方式によるトランス相互の相対位置、角度を制御するトランス材枠組装置、ロンジ材置材装置、ロンジ材設置治具によつて構成されている枠組方式が提案されている。

この方式の未解決の問題は井桁に組まれて剛性の増加した骨と板縫合溶接により多少の変形の出た板がどのくらいの力を取付ることが可能であるかということである。骨材と板の取付の自動化の方向としては、シーケンス制御等による取付ロボットが考えられるが、骨材と板の隙がロボットの能力を超えるような時は状態に適応して取付順序を変更し肌付力を調整する等の必要が生ずる。この点から骨材と板の形状誤差による所要肌付力の変化及び取付順序の変更等“取付ロボット”的適応制御の問題が起る。

5.4 溶接工程

曲り外板ブロックでは外板と骨、骨と骨の取合の隅内溶接の部分は傾斜しているのでポジショニングにより溶接部分を水平または垂直に近い状態にする必要がある。しかも1回のポジショニングにより同時に水平または垂直に近い状態になる部分は少いし、またポジショニングのたびに溶接できる箇所は点々と発生しトーチをそれに追従させるのが難しい。

このためトーチを多頭化して各骨ごとに配置し、ブロックを連続的にポジショニングさせ溶接可能傾斜になつたらアークを発生させ、不可能な傾斜になつたら止るという溶接部分の傾斜に適応した自動溶接が必要である。この点から“水平、立向隅内溶接の自動化への適用”が適用制御の問題点としてあげられる。

6. 船台・船渠工程

6.1 概 説

6.1.1 工程の概要

一般に、船体建造工程のうち船台・船渠工程は、地上ブロック組立工程で完成された船体ブロックを、船台上または船渠内へ搭載することに始まり、多数のブロックを結合・溶接し、これにより船体区画を形成して進水させるまでの工程を総称したものである。

以下表 6.1.1 にその詳細区分、内容を示す。

表 6.1.1 船台船渠工程の区分

ス テ ー ジ			説 明
大 区 分	中 区 分	小 区 分	
1. 船体形成工程	1.1 搭 載	(1) 搭 載 準 備	ブロックのつり上げの準備や船台船渠におけるブロックの受入れ準備に関する工事などを行なう
		(2) 移 動	クレーンなどによりブロックを船台や船渠へ移動し空中で停止する
		(3) あ ら 決 め	空中の停止位置から概略の搭載位置へ降下する
		(4) 保 持	支柱や保持金物などによりブロックを保持した後、ブロックをクレーンから解放する
	1.2 位 置 決 め	(1) 微 小 移 動	工具などによつてブロックを適正な位置まで少しずつ移動する
		(2) 固 定	支柱や保持金物などによつてブロックを適正な位置で固定する
	1.3 仮 付	(1) 整 面 (目違ひ合わせ)	ブロック接手における皮部材、内構パネルおよび骨部材の目違ひを矯正する
		(2) 仮 付 溶 接	目違ひが矯正されたブロック接手へ仮付溶接を行なう。
	1.4 溶 接	(1) 溶 接 準 備	各種の溶接用の工具を準備するとともに必要な金物類などの取付けを行なう
		(2) 溶 接	皮部材、内構パネルおよび骨部材のブロック接手を溶接する
	1.5 仕 上 げ	(1) 歪 矯 正	溶接などによつて変形した部分を加熱、冷却などにより矯正する
		(2) 仕 上 げ	仮付された金物類をとり外し不要なビードなどを除去したりアンダカットを手直ししたりする
		(3) 清 扫	不要になつた金物類や鋼材などを搬出した後、溶さいや塵埃などをとり除く
	1.6 検 査	(1) 外 観 検 査	船体構造の仕上り状態などの外観を検査する
		(2) ろう洩 検 査	各区画へ水圧や気圧を加えることにより、ろう洩がないかどうかを調べる
		(3) 加 圧 検 査	各区画へ水圧などを加えることにより、船体構造の強度を確認する
2. 補 助 工 程	2.1 足 場	(1) 足 場 架 設	工事や工事中の通行に必要な足場や作業床を架設する
		(2) 足 場 撤 去	工事が終了した後、必要がなくなつた足場や作業床を撤去する
	2.2 盤 木	(1) 盤 木 配 置	工事に先立つて、船型保持用の盤木などを適正な位置へ配置し、その頂面が適正な高さになるようにする
		(2) 盤 木 調 整	工事中に盤木の高さを調整したり、工事の障害になる盤木を移設したりする
	2.3 進 水・出 水	(1) 進 水・出 水 準 備	進水や出水の準備に関する工事を行なう
		(2) 進 水・出 水	船体を船台上や船渠内から海上へ移す

6.1.2 適応制御対象としての船台・船渠工程

船台・船渠工程は、表 6.1.1 のとおり非常に広範囲な、それも具質な作業を包含している。そのため、機械化・自動化されている作業は、溶接作業などの一部を除いては皆無に等しい状態のようである。すなわち作業対象は、

- (Ⅰ) 立体大型鋼構造物である。
- (Ⅱ) 重量物である。
- (Ⅲ) 船体構造そのものが障害物となつている場合が多い。
- (Ⅳ) 大型鋼構造物のわりに狭隘箇所が多い。
- (Ⅴ) ブロックの精度誤差および先搭載ブロックの位置決め誤差などが多い。また、日照、溶接の影響などを受けて、船体そのものがたえず変化している。
- (Ⅵ) 船種・船型により構造がそれぞれ異なつていて、機械化・自動化できるほどには画一化されていない。

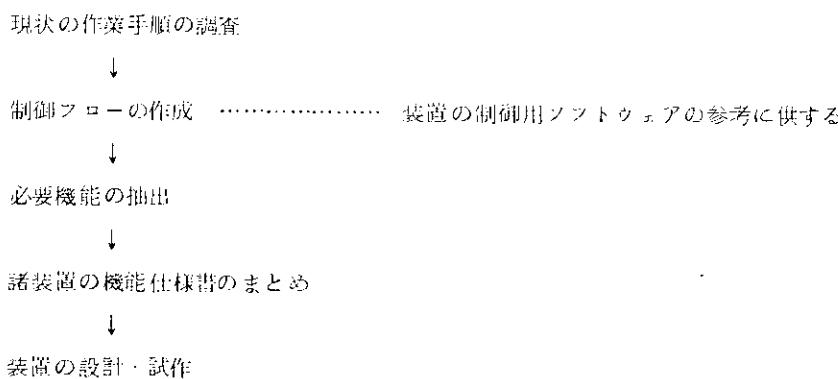
など、機械化・自動化しにくい要素を多々有している。たとえば、(Ⅰ) については、きわめて大型で剛性が非常に大きいため、装減としては巨大化し、大きな力を有するものにならざるを得ない。しかし、一方では、(Ⅲ)、(Ⅳ) のようにマンホールなどの開孔をくぐりぬけるほどの小型化が要求されるなど、相矛盾した要素を有している。また(Ⅴ) については、人間の判断に委ねられているのが実状であつて、人間によるいわゆる適応制御が重要な要素となつている。現実の位置決め作業を例にとれば、もつとも簡単とされる船底ブロックについても、皮・骨材などすべてが所定の誤差範囲内にあるとはいえ、各部品の寸法精度にバラツキがあるものを收拾して、水平、巾、長さ、高さの各方向にわたり、正規位置にセットしなければならない。すなわち、単純に絶対座標系に基づくばかりなく、相対座標系を考慮しなければならない。

そういう意味では、現在人間により行なわれている手作業は、適応制御の点ばかりでなく、治工具についても非常に小型かつ合理的にできていることに認識を新たにせざるを得ない。

6.1.3 検討方針

以上のように、船台・船渠工程が複雑多岐にわたり、かつ機械化・自動化されていない段階で、いつきよに適応制御系を含む機械化・自動化を考えることはきわめて困難である。したがつて、船台・船渠工程における適応制御系の検討は、まず機械化・自動化の検討から入る必要がある。このため搭載工程までは、一種の材料供給・輸送システムであるとしてこれを除外し、また仕上げ工程以降は、機械というよりむしろ人間の観察・判断作業に属するものであるのでこれも除外し、最終的に位置決め、整面・固定、仮付、溶接の 4 工程に的を絞ることとした。

また、アプローチ法としては、現状の手作業が、きわめて合理的になされていることから、簡略次のような方法をとることとした。



なお、現状の作業手順を制御フローとしてまとめるに当つては、船体の中央部のブロックを取りあげ、これを船種別・構造別に分ければより一般化できると考えた。

その結果、单底（タンカー）、二重底（ばら船）、船側外板（ばら船）、二重船側外板（ばら船）、上甲板（タンカー）、上甲板付船側外板（ばら船）の各ブロックに分け、あわせて検出、移動、整面・固定、仮付・溶接の各装置につ

いての概略機能をまとめることとした。

以下、6.2で制御フロー、6.3で各装置の概略機能ならびにそのイメージ・プランについて述べることにする。

6.2 制御フローチャート

6.2.1 基本的な考え方

船台・船操作業の機械化・自動化を実現するためには、システムを構成するソフト・ウェアとハード・ウェアの開発が必要である。ここでは油送船・撤積船の中央部構造より6種類のブロックを選び、組み合せられたブロックの微少移動から溶接までの作業を、機能的に分析し、種々のアイディア装置を想定しつつ以下の前提条件のもとで制御フローチャートとしてまとめた。

前提条件

- (1) 対象ブロックは従来通りの構造である。
- (2) " 始・終点ではなく中間搭載ブロックである。
- (3) " 4周とも仕上げられている。
- (4) " 既搭載ブロックにある近い距離をおいて仮置されている。
- (5) " 誤作はなく、誤差は許容範囲内にある。

6.2.2 構造別フローチャート

各フローチャートは構造・工作法・発想の差異により画一的表現にはなっていないが、位置決め（微少移動より整面固定まで）と仮付溶接とに2分してある。前者については一般的なゼネラルフローと各構造毎のフローの概要を説明し、後者はポジションの差はあつても機能そのものは同一と考えて簡単なフローチャートで説明する。

(1) 位置決めフローチャート

(a) ゼネラルフローチャート(図6.2.1)

検出されたデーターを中央制御装置が処理をして移動・切断・整面装置に指令を与え許容誤差範囲内におさまる位置に指針を与え固定する。

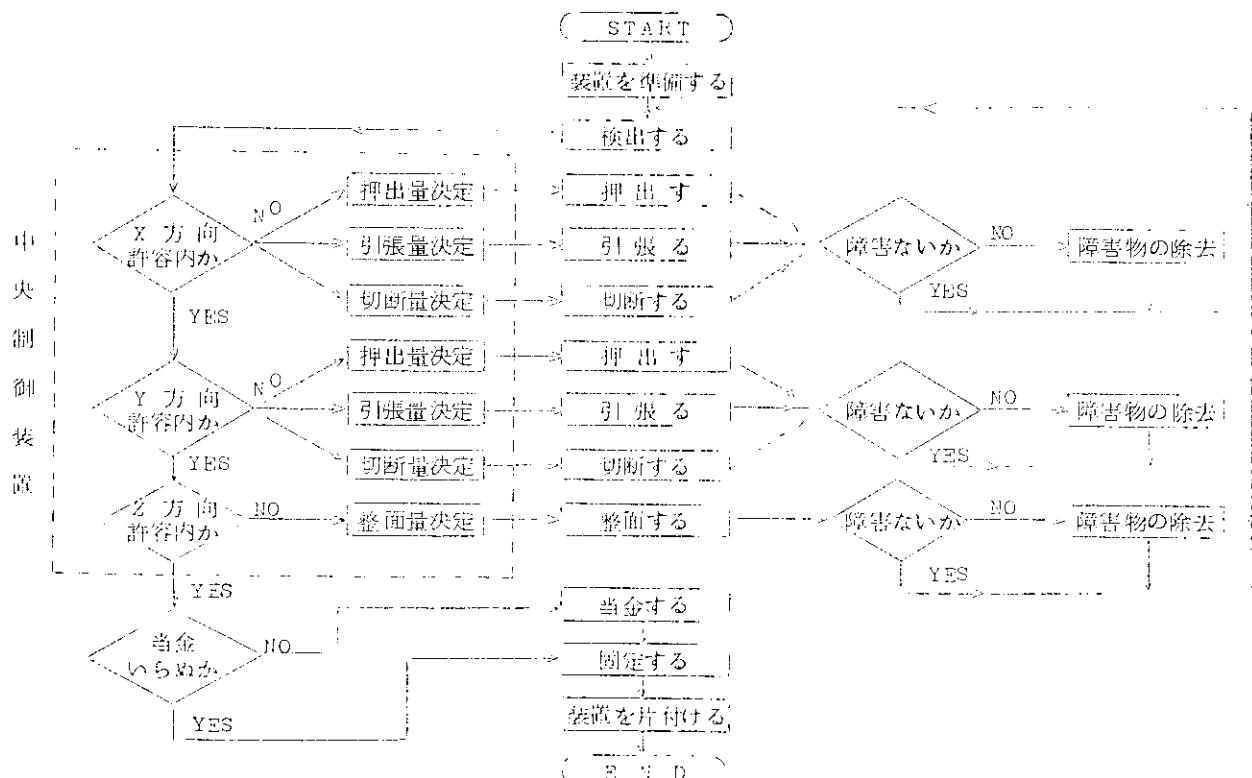


図6.2.1 位置決めゼネラルフローチャート

(b) 構造別位置決めフローチャートの概要

(i) 船底外板 (Single) ブロック (付録1)

船台上に超音波発信装置を埋め込み、ブロック上に超音波発信装置を固定して船台とブロックの相対関係を検出し自走式の油圧盤木により正規位置へ動かす。

このフローは上記装置とは無関係に、現在の作業のやり方を具体的にまとめたもので、下げ振り、ワンドル、シャッキ等の工具を使用して行なう作業が上記各装置に置替えられると考えている。

(ii) 船底外板 (Double) ブロック (付録2)

テレビモニターで観察の位置を出し、光電管検出装置で船台上の基準線とのずれを検出し中央制御装置へ入力する。その処理指令により自動盤木（シャッキ・エアキャスター付き）上のブロックをロボットが位置決めする。

このフローは実現性の高い自動盤木を中心に行なう寸法の検出結果により上下移動を自動盤木で、前後左右移動はロボットでエアキャスター上を微少移動しようというものである。

(iii) 船側外板 (Single) ブロック (付録3)

縫バットの上下2箇所、下シームの縫隙2箇所、バルクヘッドの取り合い上下2箇所に検出装置をつけ、その結果を中央制御装置へ送れば移動・切断装置へ指令が来て許容範囲内へおさまられ固定装置が目違いを離して固定する。

このフローは実際の作業を詳細に分析し、何時の場合はどうするというように非常にメッシュがこまかく作られており、各装置が実用されればそのままプログラミング出来ると思われる。

(iv) 船側外板 (Double) ブロック (付録4)

ウォーター・ライン、フレーム・スペース、ギャップ、バロック・ライン、角度の計測が出来るロボットを用い、外板・バルクヘッドの目違い、下シームの間隔、縫バットの間隙、巾寸法の誤差を検出した結果を中央制御装置で処理をし、その指示により移動ロボットはブロックを正規位置に動かし固定装置で固定する。

このフローは現在の作業の流れの中に検出・移動・固定装置の3システムを取り入れ、あらゆる条件のもとで作業を制御しようとするものである。

(v) 上甲板 (Single) ブロック (付録5)

上甲板上を無軌条で走行する検出装置を想定し、ブロック間隙基準線とのずれ、目違い等を検出し、中央制御装置へ入力する。その結果の指示により移動装置が動き正規位置へ動かされ、整面固定装置により整面ののち仮付けされる。

このフローは現在の作業を機能中心に分析してまとめてあり、デッキ裏の調査から、フレームライン等の調整ののちバットを固定し次いでシームも切断・当金等をへて固定しようとするものである。

(vi) 上甲板 (P-Type) ブロック (付録6)

先搭載ブロックに検出装置を取りつけると、基準点との角度を中央制御装置にインプットして絶対座標系での位置を求める。次にその検出装置からの相対位置でロボットを固定し、ロボット上に設されたブロックの位置を検出装置からインプットすれば移動バルスがロボットの各輪に伝達されロボットは正規位置へブロックを微少移動さす。

このフローは検出装置を「目」とし、その結果を「頭」である中央制御装置が判断し「手」としてのロボットに指令を与える、位置決めをしようとするものである。

(2) 仮付・溶接フローチャート (図6.2.2)

次図のチャートの様に仮付条件を検出し中央制御装置にインプットすれば処理結果の指令により仮付装置が仮付けを行ない、溶接条件を検出し制御装置の指令により溶接装置が作動し溶接を完了する。

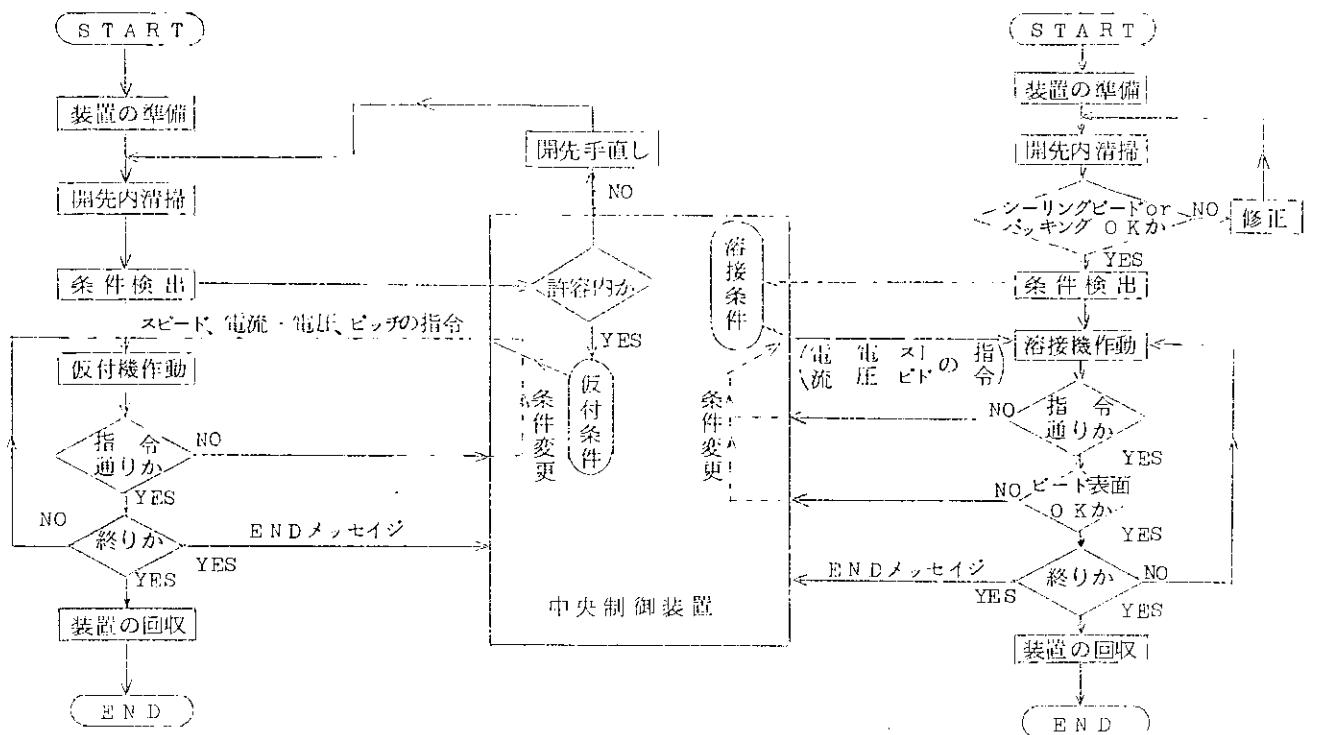


図 6.2.2 仮付・溶接フローチャート

6.3 装置の概要

概説で述べたように、船台船渠工程において、機械化、自動化について検討すると、いくつかのハードウェア（以下、装置と称す）が必要なことがわかつた。この項ではそれら装置について、戦略的仕様の一例を説明する。

6.3.1 装置の種類

船台船渠工程における位置決め、仮付けおよび溶接からなる一連のプロセスを、自動化するために必要な諸機能を、次の5種類の装置に大別して考えるものとする。

(1) 檢出裝置

ブロックの位置決めに必要な諸量の検出を行なう。

(2) 移動裝置

ブロックを正しい位置へ、微少量だけ移動を行なう装置である。ブロックを正確な位置へ移動した後、整面固定装置が作動するまでブロックを、そのままの位置で保持する。なお、両装置の干渉をさけるため、整面固定装置が接近すると、移動装置は退避する機能を有することが必要である。

(3) 整面固定裝置

整面作業を行なうもので、一般の板面用のものと、防とう材などの専用のものは異なる機能が必要である。そのため、異なる装置になることも考えられる。

(4) 切斷装置

位置決め作業で、部材の不用な部分を切断するものである。船体船底で、中央部を建造する場合に、現在でも切断を行なう頻度が高いとはいえない。しかし、船型によつては、全く無しといふないので、加えることとした。

(5) 熔接装置

整面固定作業が完了後、溶接を行なうものである。そのための装置が必要であることは、論をまたない。しかし、溶接作業の自動化については、整面作業と溶接作業を同時に行なう装置や、溶融状態を検出して、溶接条件を自動的に適応させる装置等が専門の方々によって、研究、開発されているため、今回の仕様の検討からは除外する。

これららの装置のほかに、ガウジングや開先修正に必要な装置等も考究されるが、それらは上記の各装置に必要な機

能の一部、または、その組合せの構成と考えられるので、ここでは、5種類のみについて検討を行なつた。

また、装置自体の走行と整面固定装置の一部を別にすれば、各装置は、それぞれ汎用型として、どのようなプロックでも使用することができる。なお、各装置とデータの通信を行ない、それによつて各装置の動作を制御するものとして、中央制御装置がある。

6.3.2 設計条件

船台船渠工程の自動化に必要な各装置は、例えば、次の条件を満足するように、設計しなければならない。

- (1) 小型、軽量である。
- (2) 取りつけ、取りはずしが容易である。
- (3) 装置の近傍で、溶接や切断などが行なわれる所以、その温度に耐えることができる。
- (4) 屋外でのあらゆる天候においても使用できる。
- (5) 故障が少なく、信頼性が高い。
- (6) 耐震性（作業の精度不良や装置の落下等の防止）に富む。

6.3.3 装置の共通機能

船台船渠工程の自動化に必要な、5種類の装置に要求される諸機能のなかには、各装置について、共通または同種なものと、専有なものとがある。この項では、各装置に共通な機能について述べる。

(1) 走行機能

各装置が必要な作業を行なうためには、まず作業を行なう場所まで、自ら移動しなければならぬので、環境を考慮し、かつ走行の形式や方法等が、次のような条件を満足する必要がある。

(a) 走行環境

装置は、船体構造において、次のような環境のもとで自走することができる。

(i) 水平面、ゆるやかな曲面または斜面の上面

例：上甲板のように、障害物の少ないゆるやかな曲面または斜面。バルクキャリアのホッパーのように、傾斜のきつい平面。単底構造のような、縦横に複雑な構造物がある平面。

(ii) 水平面、ゆるやかな曲面または斜面の下面

例：上甲板や、バルクキャリアのホッパーの下面のように、障害物が多く、しかも、装置が吊り下げられるか、下側からはりつくかした状態で、走行や作業を行なわなければならない面。

(iii) 垂直面

例：側外板の内外面や隔壁などで、障害物の少ない面と多い面がある。

(b) 走行形式

装置の走行形式は、次の2種類が考えられるが、そのいずれかを使用して、走行環境を満させねばならない。

(i) 回転式

車輪や無限軌道などによる方式で、無軌条のものが望ましいが、走行環境によつては、レールや、ガイドローラ等により誘導されるものもある。

(ii) 非回転式

歩行や蠕動などによる方式で、回転式に比して、人間の走行形式にちかいため、より多くの走行環境に適している。

(c) 走行方法

(a)のような走行環境の中で、障害物を検出して、それを回避しながら走行する。また、各装置は、走行径路上において互いに干渉をさけることができ、マンホールなどの開口をも通過することが必要である。

(d) 付属物など

切断装置や整面固定装置等では、ガス、酸素または、電源等のエネルギー供給用ケーブルや、中央制御装置との通信用ケーブルなどが、装備されることもある。その場合、ケーブルによって走行の機能を低下させないようにする必要がある。

(2) 到達機能

各装置が走行した後、作業を行なうべき位置へ、正確に到達するために必要な、位置決め制御として、P.T.P (Point to Point) 方式と C.P(Continuous Pass) 方式がある。検出装置と移動装置は、作業する点が多くないため、3次元の P.T.P 方式でもよく、整面固定装置と切断装置は、連続的に走行しながら作業を行なうので、制御は C.P 方式によるものとする。

(3) 通信機能

各装置は、中央制御装置から、装置自体の走行、位置決め、起動または、停止などの動作指令や、動作の量および方向などについて指示をうける。それと同時に、動作中に検出される外乱や動作した結果を中央制御装置に送つて、システムを適応させることができる。そのために必要な通信を、満足させることができる機能もある。通信の方法は、無線にすることがのぞましく、また、各装置についても周辺における、切断、溶接あるいは、他の装置の通信などによる電気的雑音によつて、機能の低下を招かないものとする。

(4) エネルギ供給機能

各装置には、その作業を遂行するのに必要なエネルギーが供給される。そのために必要なエネルギー源は、内蔵式のものがのぞましい。外部から供給される場合には、必要なケーブル類が装置の行動を制約しないように考慮されねばならない。

6.3.4 各装置の固有機能

この項では、共通機能のところで記した他に、各装置の持つ固有機能について述べる。

(1) 検出装置

ブロックの位置決めに必要な、微少移動量、方向または切断量等のデータを検出する装置で、次の機能を有する。

- (a) 中央制御装置により指示された点において、ブロック間の間隙に関するデータを検出できる。
- (b) ブロック間の間隙に関するデータは、3次元相対座標系における部材間の距離やあらかじめ指定された基準点間の距離などとして求め、中央制御装置へ送信する。
- (c) 検出は、移動装置の起動前から停止後までの間、常時行なう。また、検出装置は、ブロックの移動により破損したり、その機能が低下しないよう考慮しなければならない。
- (d) 検出装置のイメージプランは、例えば（図 6.3.1 の A-1）が考えられる。

(2) 移動装置

ブロックを正しい位置へ微少移動し、そのまま、正確な位置にブロックを保持する装置で、次の機能を有する。

- (a) 検出装置によって求められたデータにより、中央制御装置が、微少移動量を指示する。その指示に従つて、ブロックを微少移動させるものである。また、微少移動中は、常時検出装置によってデータが計測され、それに適応した微少移動量が、中央制御装置から与えられることにより制御される。
- (b) 移動量は、3次元自由ベクトルとして与えられるが、微少移動は、二次元または一次元的なものの組合せとしてもさしつかえない。
- (c) ブロックを微少移動または保持するに、必要かつ十分な力を有すると共に、船体構造や他の装置を破損、もしくは変形させることのないようにする。
- (d) 移動装置のイメージプランは、例えば（図 6.3.1 の B-4）が考えられる。

(3) 泊用整面固定装置

微少移動が完了して保持されているブロックの接手に沿つて、板面上を自走しながら両板面を整面、および固定す

るもので、次の機能を有する。

- (a) 中央制御装置によつて指示された作動点において、目違ひなどを修正した後、仮付溶接するか、もしくはそれに代るもので固定する。また、対象となる両板面に、板厚差があつてもさしつかえない。
- (b) 目違ひを修正するのに、必要かつ十分な力を有する。
- (c) 整面時に与えられる外力は、整面の対象となる両板面が受け持ち、装置自体に反力が加わらぬような機構とする。
- (d) 整面の対象となる両板面の目違ひ量が、許容値内になるまで整面を行ない、その後で仮付溶接するか、またはそれに代るもので、固定する。
- (e) 汎用整面固定装置のイメージプランは、例えば(図6.3.1のC-2)が考えられる。

(4) 専用整面固定装置

微少移動が完了して保持されているブロックの接手に沿つて、桁板、または防とう材の面材、および型鋼部材などの接手を整面し、固定する。形状や剛性が多種多様であり、そのうえ複雑な船体の構造内を、自在する必要もあるため、それらに適した専用のものを考慮する必要がある。専用整面固定装置のイメージプランは、例えば(図6.3.1のC-6)が考えられる。

(5) 切断装置

ブロック間の隙間を検出した結果、その量が過少である場合、中央制御装置の指示により、適当な量だけ切断を行なうものであり、次のような機能を有するものである。

- (a) 指示された切断線を、切断始終端における処理を含み、全自动で切断できる。
- (b) T・V・X・Yなどの開先を、精度よく切断できる。
- (c) 切断装置のイメージプランは、例えば(図6.3.1のD-3)が考えられる。

A(検出装置)	B(移動装置)	C(整面固定装置)	D(切断装置)
1	<p>* 田木の運び方に 移動できる。</p>	<p>吸着式で、 吸着式で固定する。</p>	<p>吸着式で、 吸着式で固定する。</p>
2	<p>吸着式で、どこにでも行くことができる。</p>	<p>1) 油圧シリンダーで 2) 内蔵している油圧サボで 3) 雷門自身に走行できる。 ※エア・タスクでフロックをつかって 移動する。</p>	<p>吸着式で、どこにでも行くことができる。 ※吸着式のキャリアで、 自由自在に走行できる。</p>
3	<p>*光導体アッセンブリは樹木によく溶けた *光導体アッセンブリは樹木によく溶けた</p>	<p>吸着式で、どこにでも行くことができる。 ※エア・タスクでフロックをつかって 移動する。</p>	<p>吸着式で、 吸着式で固定する。</p>

図 6.3.1 (イメージプランの一覧表)

	A (検出装置)	B (移動装置)	C (整面固定装置)	D (切断装置)
4	<p>*スバルソニックにより レーザ检测器 用光の角度を計測</p> <p>吸着式で固定</p>	<p>*油圧により、食料又は マグネットをつかむ マグネット又は食料</p> <p>*マスク</p>	<p>*上部の装置は下部の装置に 支持され、せりあがっていく *下部の装置は上部の 装置に引張られて あがっていく。ボルト マジックハンド (鋼鉄をつかむ)</p>	
5	<p>*伸縮自在 のアーム 人前型装置で 取り付け スバルソニックによる 距離を計測</p> <p>伸縮自在で取り付ける 機械をもつておこなう。</p>	<p>吸着式で固定</p> <p>*マスク</p>	<p>大型作業ユニットで搬出・移動装置、固定装置 にておこなう。</p>	
6			<p>平面アーム 油圧により鋼鉄の 表面とすく 目遣いセンサ マジックハンドの 機構アーム 引込式マスク (目遣い)</p>	

図 6.3.1 (イメージプランの一覧表)

7 ロボットに関する調査

7.1 調査の目的

第4、5、6章で、造船工作の実情について述べてきたが、これらによれば造船工作で取り扱う対象物は、広い三次元の空間で構成されており、又各種構造物が重量的にも大きく、N C切断機や自動溶接装置などの一部の例を除いては機械化、自動化の段階には至っていないのが現状である。

さらに、造船工作の作業を加工工程、組立工程、船台船渠工程の3ステージに分け、その各々に対する自動化についての検討を加えてきたが、いずれのステージにおいても想定される自動化機械は、大型の専用装置か、汎用型又は、人間型の装置とする必要がある。しかし現状の工作機械のレベルからいつて、造船工作をより自動化することは可能であるが、さらに高度な機能を具備する装置の実現までには、技術的に多くの問題を解決する必要があろう。

一方、適応制御を研究し、造船工作の作業に適用するためには、これらの作業が自動化されているということが、その前提となる。かかる観点から一般産業界で実用化のきしが見られる、もつとも典型的な自動機械である産業用ロボットに着目し、その技術レベルを調査して本研究の参考とする必要性が認められた。

7.2 ロボットの定義

一般にロボットと呼ばれる機械には、単能の自動機械から、人工知能を備えた、人間の動作に近い動きをする自動機械に至るまで、非常に多くの種類がありそれらの総称としてロボットという言葉が用いられている。従つて造船工作の作業へロボットの適用を考えるにあたつては、ここで明確な定義づけが必要である。

ロボットの定義については、これらを取り扱うそれぞれの立場から、異なるものが示されているが、ここでは産業用ロボット懇談会が示している「産業面に応用される機種に基づく定義」と、森、合田両氏による「ロボット工学面でロボットが具備すべき特性に基づく定義」を掲げることにする。

(1) 産業用ロボット懇談会の定義

一般にロボットとは、人間の腕、手首、指にほぼ該当する作業領域と繰り返し作業を行ない得る機能を持ち、一連の工程、動作を記憶されば、連続して作業を繰り返すことが出来る記憶再生式の人間腕の類、又人間の作業領域にほぼ該当する繰り返し作業を行ない、融通性をもつ自動機械をいう。さらに、人工知能、感覚、言語応答、及び走行などの機能を備え周囲状況を判断して産業用途に適用される機械を加える。

[昭和47年4月発行 産業用ロボット懇談会編 資料]

(2) 森、合田両氏による定義

体全体を自分で動かす能力(移動性)をもち、人間や動物のように、ひとまとまりの単物であること(個体性)。又感覚器を備えパターン認識の能力(知能性)があり、機能の汎用性とそれを決める多自由度の機械(汎用性)をもつこと。さらに入間の機能の一部分と、人間の能力を超えた超人的機能の一部を持ち合わせ(半機械半人間性)、自動性があり、かつ人間に對して忠実に動作する(奴隸性)機械をいう。

[森政弘、合田周平著、日本放送出版協会、昭和45年2月発行“ロボット”より]

7.3 調査結果

ロボットに関する文献としては、機械工学、あるいは電気工学の分野で多く発刊されているが、ここでは主に産業用ロボット懇談会編の「産業用ロボットに関する調査、研究報告書」についての調査結果を要約して記することとした。

産業用ロボットの分類についても前述の定義同様メーカー、研究所等でやや異なった分類がなされているが、表7.3.1に示す如く要約出来よう。

表 7.3.1 ロボットの機能別分類

タイプ	機種内容
A	人間が操作するマニピュレーター
B	可変シーケンス型繰り返しロボット
C	記憶再生繰り返しロボット
D	数値制御機器
E	人工知能ロボット

表 7.3.1 の分類に従つて産業用ロボットの産業界等における実用化の状況を整理すると表 7.3.2 となる。

表 7.3.2 産業用ロボットの実用例

タイプ	ロボット機種例	利用方法例	目的		
			経済性の追究	安全・衛生対策	品質の向上
A	マジックハンド	危険物等の取り扱い		○	
B	自動溶接機	鋼板の(半)自動溶接	○		○
C	{ パーサトラント ユニメート ロビタス	スポット溶接、切削、連搬等の生産ライン	○	○	○
D	H C 切断機 H C 旋盤	鋼板、型鋼の切断 旋盤作業	○ ○		○
E	ETL HAND (電子技術総合研究所)	(実験開発中)	不明	不明	不明

表 7.3.2 にみられる如く、現在、一般産業界で実用化されているのは A , B , C , D のタイプであるが、この種のタイプのものは自動化装置というよりむしろ機械化装置であるといえよう。又造船工作中に適応制御を導入することを前提とした自動化に対してもつとも期待度の高いと考えられる E タイプのロボットについては、研究所等における実験開発の段階であることが明らかになつた。

したがつて現段階においては、一般的な技術レベルを勘案すれば、A , B , C , D のタイプのロボットを対象としてこれらに適応制御の機能を付加することによつて自動化を推進することがロボット活用の点からもつとも有効な方法であると考えられる。

なお表 7.3.3 および図 7.3.1 ~ 7 は船台船渠小委員会において行なつた見学、調査の結果を整理したものである。

7.4 ロボットの造船工作への適用

造船工作中にロボットを適用するにあたり現状で実用化されているロボット技術と造船工作的実情を比較分析すると次のとおりとなる。

(1) 現状のロボット技術

- i) 標準化された動作を記憶させることにより連続繰り返し作業への適用を前提としている。
- ii) 状況判断と、これに基づく動作パターンの選択能力がない。
- iii) 作業点における基本動作は 5 ~ 6 の自由度であるが、出力は約 30 ~ 100 kg と非常に小さい。

表7.3.3 各ロボットの性能比較表

機種名		川崎 UNIMATE 2600型	三菱 ROBITUS RB型	電総研 MOBILE ROBOT	電総研 ETL HAND
調査データ	調査年月日 場所	S 47.9.15 川崎重工業㈱ 省力機械事業部 ロボットシステム部	S 47.10.13 三菱重工業㈱ 京都機械製作所 製造部電機課	S 47.11.18 通産省産業省 電子技術総合研究所	同 左
	走行性	トラバースをとり付けることが可能	-	駆動論	-
作動範囲	腕	上 下 57°(上30° 下27°) 前 後 895mm 左 右 220°(±110°)	60°(上下30°) 1000mm 220°(±110°)	90°(肩) 120°(肘) 90°(肩の回転) 180°(±90°)	180°(肩) 180°(肘) 360°(肩の回転)
作動距離	手	上 下 220°(±110°) 左 右 360°(±180°) 回 転 360°(±180°)	220°(±110°) - 360°(±180°)	180°(±90°) - 360°(±180°)	180° 360°(肘の回転) 360°
	指	開閉 仕様による	55°	0~100mm	仕様による
	動作形式	P, T, P方式	P, T, P方式	C, P, 方式	C, P, 方式
制御方式	位置検出方式	エンコーダー	光電式シフトエンコーダ	研究開発中	同
	順序記憶方式	磁気ドラム	テープ磁気カード		
	位置記憶方式	#	#		
	記憶ステップ数	標準 180ステップ	200ポイント		
自由度	走行	仕様による	#		
	腕	上 下 連続 任意 前 後 # 左 右 #	連続 任意 #		
	手	上 下 # 左 右 #	#		
	首	回 転 #	連続 任意		
	指	開閉 ON OFF	ON OFF		
	自由度の数	7	6	8	7
備考		スポット溶接、アーク溶接、組立機械加工、搬造、ダイカスト、塗装、包装、パレタイジング、選別などの作業に適用	触覚機能を有する	視覚機能、触覚機能を有する	

IV) 作業位置が固定されているか、又は移動する場合でも設定されたレール上のトラバース程度が限界となつてている。

V) ロボットの使用環境条件に対する制約が例えば外形寸法、本体重量などの面で多い。

(2) 造船工作の実情

- け作業、切断作業など内装工場においては平面的な作業が多いが、組立工程、船体舾装工程においては、立体的な作業が主体となつていてる。
- 作業対象物は、一級的に、形状的にも重量的にも大きい。
- とくに船体舾装工程においては、建造段階が進み、船体全體を形成するにつれて作業領域が三次元的に広くなり、各作業間の干渉も多くなる。

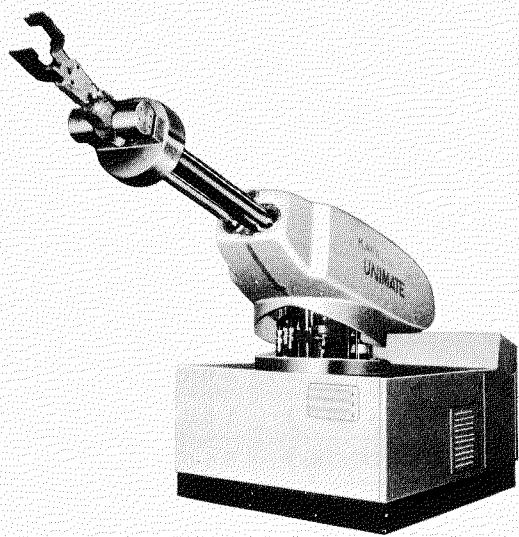


図-7.3.1 川崎 UNIMATE 2600型の外観

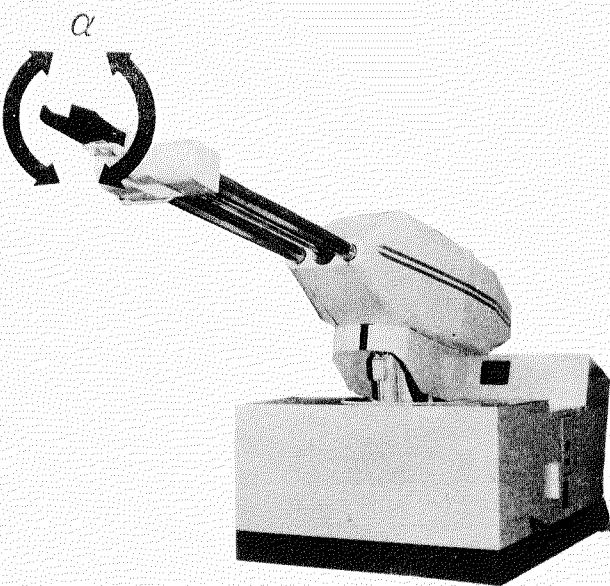


図-7.3.3 三菱 ROBITUS RB型の外観

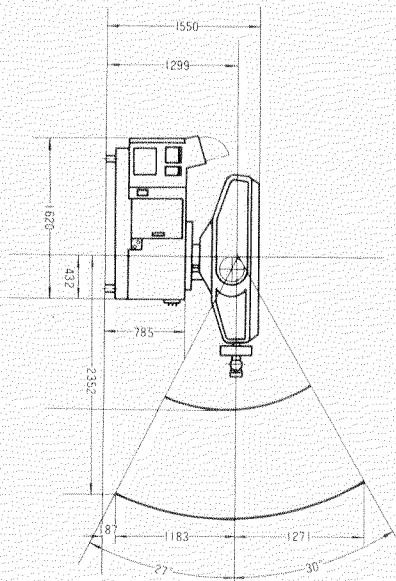


図-7.3.2 川崎 UNIMATE動作範囲

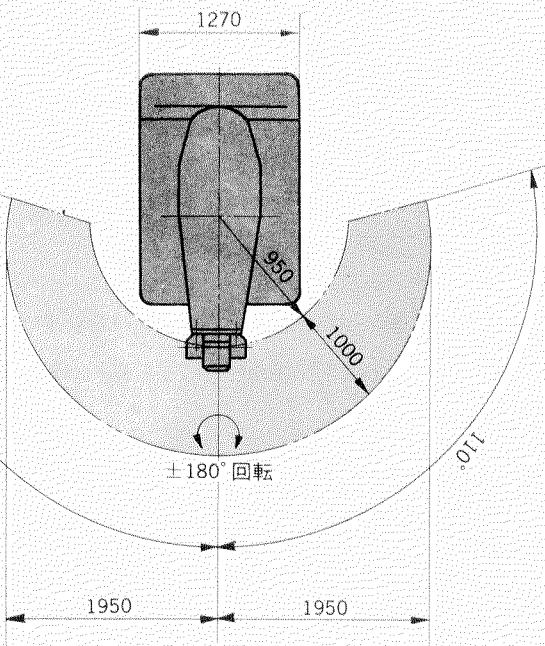
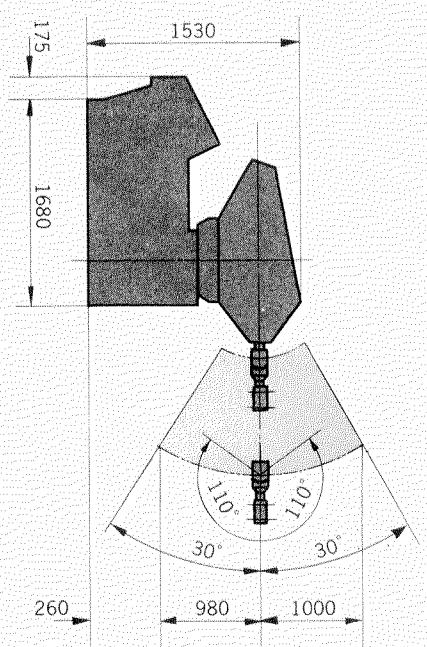
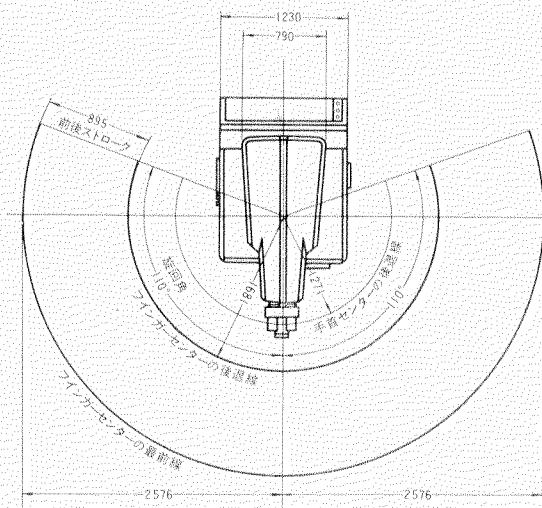


図-7.3.4 三菱 ROBITUS 動作範囲

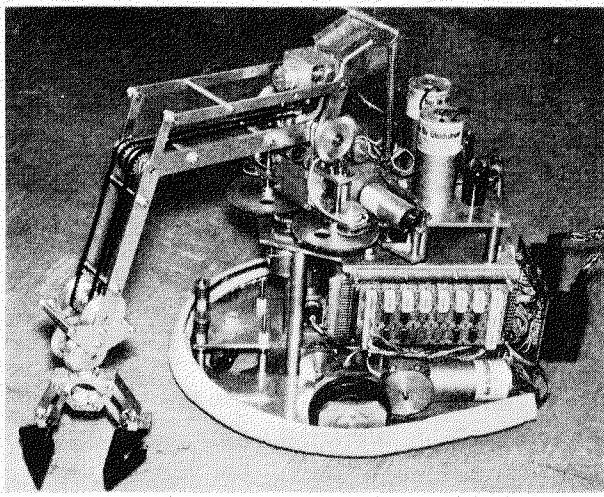


図-7.3.5 電総研 MOBILE ROBOT

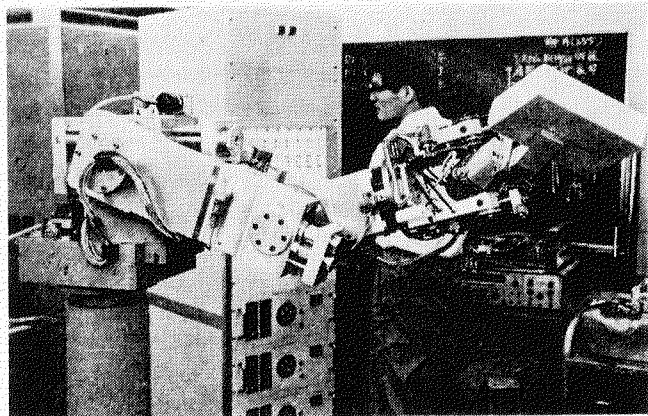


図-7.3.6 電総研 ETL HAND

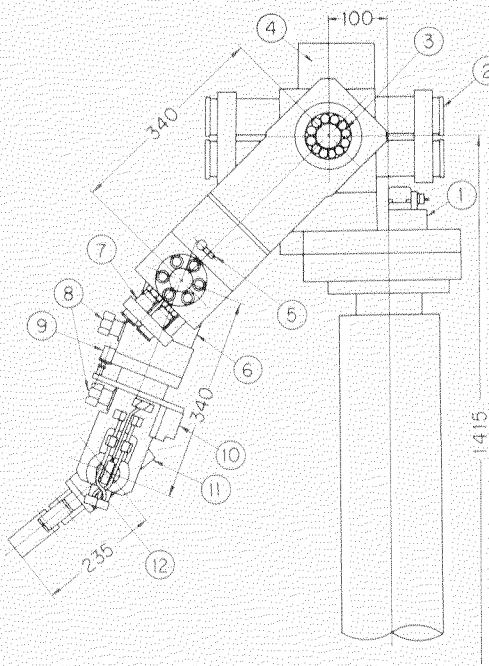


図-7.3.7 電総研 ETL HAND

(V) 作業環境は多様でありかつ環境条件の制御が困難である。また切断、溶接作業は主として加熱加工であり、作業場周辺は、機械装置として過酷な条件である。

これらのことから現状のロボットをそのまま造船工作へ適用することは困難であり、種々の能力を付加したり、あるいは改善しなければならないと考えられる。

これらを概念的にとりまとめて示せば表7.3.4の如くなる。表7.3.4によれば造船工作にロボットを適用するためには、今後ロボット技術そのものが飛躍的に向上されなければならないが、これと同時に、造船工作の各ステーションにおける個々の作業の見直しを行ない、これにもとづいて判断基準の標準化をはかる必要があろう。

表Z.3.4 現状のロボット技術と造船工作の実情

	現状のロボット技術	造船工作の実情	現状のロボットに付加、又は改善すべき機能
知的能力	・標準化された動作の連続繰り返し作業を前提としている。	・組立、溶接作業を中心としたアッセンブリー作業が多く、個々の作業対象物と作業条件に応じて、作業方法を選択する必要がある。	・作業パターンの認識選択能力の付加。
出力	・被加工物は比較的小型、軽量物である。	・作業対象物は大型、かつ重量物である。	・装置の大出力化
移動性	・作業位置は固定されているか、又は限定されたレール上のトラバース程度である。	・作業領域が広い、とくに船台船渠においては、建造段階が進み、船体全体を形成するにつれて、この傾向は著しくなる。	・装置の移動機能の増加、あるいは可搬性の付加（装置の小型化、軽量化）
環境適応性	・適用環境は屋内であり、温度、湿度などの環境条件の制御を前提としている。	・作業環境は多様であり、環境条件の制御が困難である。	・装置の耐熱性、耐湿性などの強化

8. 次年度研究計画

8.1 加工工程

加工小委員会の次年度研究テーマは切断用ロボットに関する研究である。

(1) 自動走行装置に関する研究

鋼板上を無軌条で走行し、鋼板上に書かれた指定点で停止する2組の自動走行装置を製作する。両者は誘導方式、位置検出方式共に異なる方式を採用する。

(2) 自動切断装置に関する研究

板厚8~30mmの鋼板を対象とし、直径40~400mmの円孔をあける自立型自動切断機2機種を製作する。起動ボタンを押した後は予熱、ピアシング、切断、停止までをシーケンス制御で行ない、切断中に切断不能状態が発生すれば停止する。

(3) 自動走行・自動切断装置に関する研究

前述の自動走行装置に自動切断装置を搭載した切断用ロボットを2台製作する。

(4) 諸テスト

前述の各装置につき種々の実験研究を行なう。特に位置検出用センサーおよび切断不能状態検出用センサーについては別個に基礎実験を行なう。

8.2 組立工程

(1) 制御装置の開発研究

曲り外板ブロック組立作業の自動化諸装置の制御機構のうち、特に重要と思われる部分機構について、開発と模型製作を行なう。

(2) 制御に必要な出力の解析

曲り外板ブロックについて、内部構造部材の構造構造と板絆ぎされた外板とのフッティング等、組立制御に必要な力を解析する。

(3) 適応制御機構をもつた自動組立ラインの研究と製作仕様書の作成。

8.3 船台船渠工程

(1) ハードウェアの調査

船台船渠工程を構成する各ステージの制御に必要な各種のハードウェアについて、すでに開発が完了しているものとともに開発段階にあるものの調査を行なう。

(2) 装置の仕様の研究

昭和47年度に作成された船台船渠工程を構成する各ステージの制御に必要な諸装置の要略仕様と(1)項のハードウェアの調査結果にもとづき特定の装置の詳細仕様について研究する。

(3) 適応制御システムの研究

昭和47年度に作成された船台船渠工程の制御フローチャートにもとづいて、(2)項で仕様が設定された装置によつて構成される適応制御システムのシミュレーションを行ない、諸問題の発見とシステムの有効性の確認を行なう。

9 ま と め

造船工作における適応制御に関する研究として、初年度は造船工作的機械化、自動化に必要な制御因子の調査、および適応制御の応用に関する調査を行なつた。これらの調査においては、工程別に加工、組立、船台船渠各小委員会を組織して作業を進めた。

制御因子の調査は、別の見方をすれば制御という観点から見た造船作業の分析である。この調査結果を見ると、一つの作業が数多くの制御因子に分解され、かつ、それらの因子間の関係が明らかにされている。しかし一方では、それらの因子が相互にからみ合つていて如くに見えることは、まだまだ入手に依存する事の多いことを示しており、したがつて今後さらに自動化に対し努力を払う必要があり、また自動化をより高度のものとして省力効果を高めねばならない。このためには適応制御は造船工作にとって有力な手段ということが出来る。

適応制御の応用に関する調査としては、加工工程ではガス刃削加工、鋸板あるいは型鋼の曲げ加工等にその応用の可能性が見出された。昭和48年度の研究開発作業としては、これらの調査、および作動に関するシミュレーションの結果をもとに、技術的にも可能性が高く、もつとも成果が期待されているものとして切断用ロボットの開発・試作およびその機能テストを行なうこととした。この作業を通じて位置検出ならびにガス焰異状検出装置の開発、適応制御機構の開発を進める予定である。

組立工程では回り外板ブロックの組立作業を研究対象とすることとした。このステージの自動化に関しては既にSR110において方向付けがなされており、これと、制御因子の調査とによって得た結果とを基として適応制御の応用に際して当面する問題点の所在を明らかにした。すなわち、曲り外板の位置決め、その接面仮付け、再け番、骨材と曲り外板の軋付け、水平隅肉および立向隅内密接の自動化などである。今後はこれらの問題点の解決および適応制御機構の製作仕様の作成、開発作業を行なう予定である。

船台船渠工程における適応制御系の検討には、まず機械化自動化の検討から入る必要があり、このために現場作業そのものの解明から出発することとした。すなわち、先ず作業区分を明確にすることであり、ここで得られたものは従来の原価区分、あるいは職種別管理区分とは異なる新しい作業区分であつて、作業の目的・手順に重点を置いた、換言すれば機能を中心として考えた区分である。次いでこの区分にしたがつて制御フローチャートを作成したが、この研究を通じて、船台船渠用として検出、移動（微少移動）、整面・固定、切断、仮付・密接の自動化装置が必要であるという結論を得た。これらの自動化装置としての使用可否を知るために、現在各方面で研究あるいは製作されている汎用ロボットの調査も併せ行なつたが、これらの汎用ロボットは、造船用として性能上まだ不満足な点が多い。したがつて、現在造船界全般のすう勢として各方面で進められている大型の加工組立装置の開発とともに、機動的な効果をもつ造船専用ロボットの研究開発が造船工作中つて不可欠であると言ふことが出来る。昭和48年度はこれらの結論をもとに船台船渠用装置の詳細仕様を研究する。

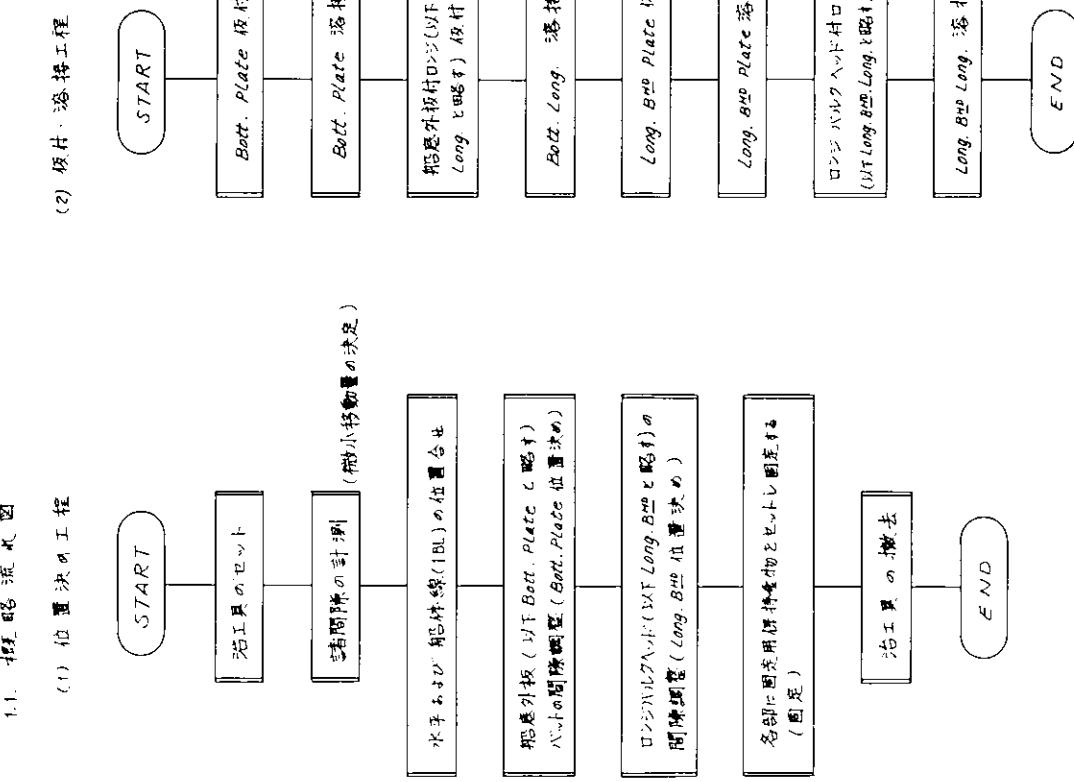
以上がSR135部会としての初年度作業内容の報告であるが、適応制御という自で造船工作を見直すとき、改めてその多様さ、スケールの大きさが再認識される。はじめに述べたように、造船界は今後も省力化の手段として機械化自動化が技術の進歩と共に急速に進むものと思われ、これを受け入れるためにには数多くの問題点を順次解決して行かねばならない。本研究部会の目的はこれに応えることであり、すなわち、造船工作的自動化をより高度なものとするための有力な手段である適応制御の研究および開発を行なうことによつて、今後の造船工作的省力化と効率向上に寄与することにある。

付録 船台船渠工程流れ図

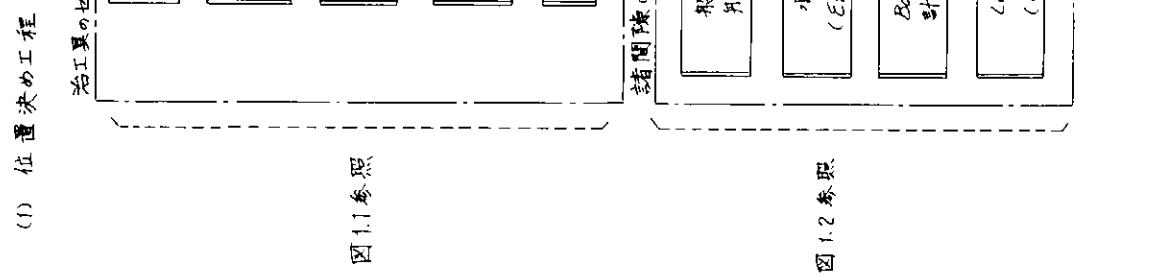
目 次

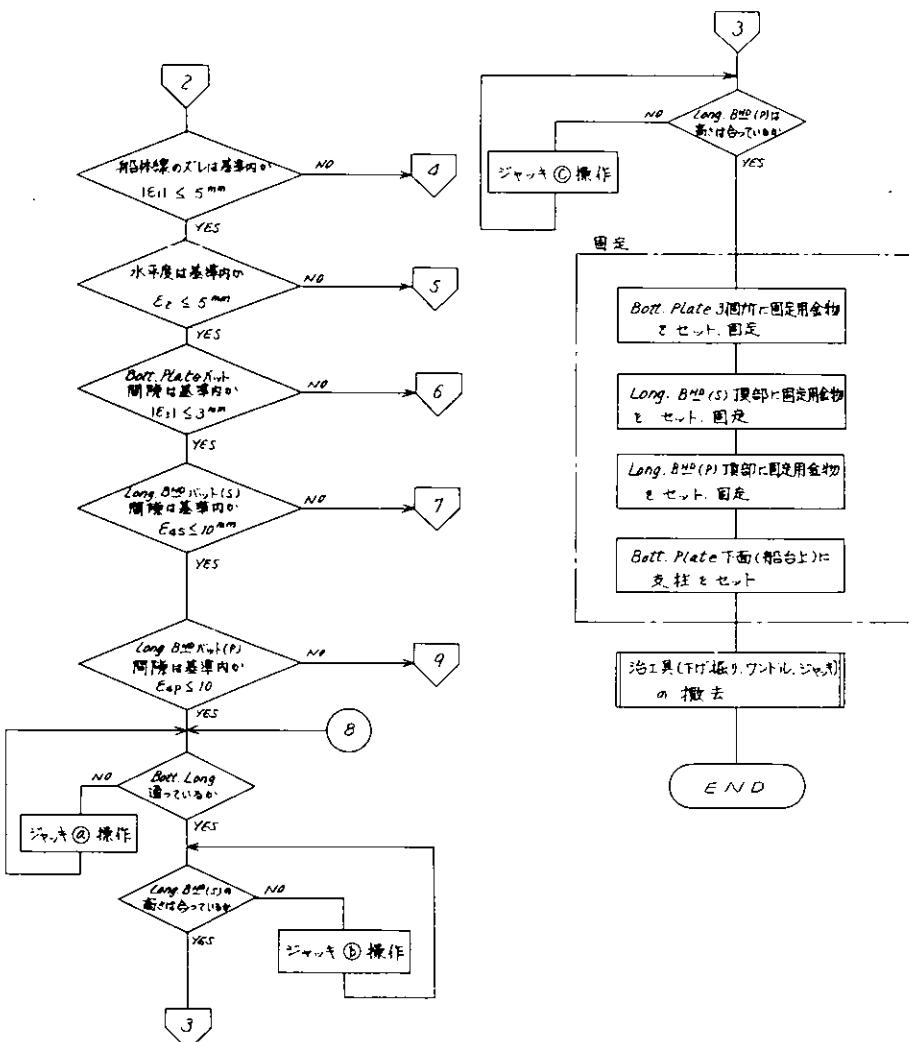
1. 船底外板 (Single) ブロック	59
1.1 簡略流れ図	59
1.2 詳細流れ図	59
2. 船底外板 (Double) ブロック	68
2.1 簡略流れ図	68
2.2 詳細流れ図	70
3. 船側外板 (Single) ブロック	74
3.1 簡略流れ図	74
3.2 詳細流れ図	74
4. 船側外板 (Double) ブロック	84
4.1 簡略流れ図	84
4.2 詳細流れ図	86
5. 上甲板 (Single) ブロック	96
5.1 簡略流れ図	96
5.2 詳細流れ図	98
6. 上甲板 (P-Type) ブロック	101
6.1 簡略流れ図	101
6.2 詳細流れ図	103

1. 船底外板 (Single) プロセス

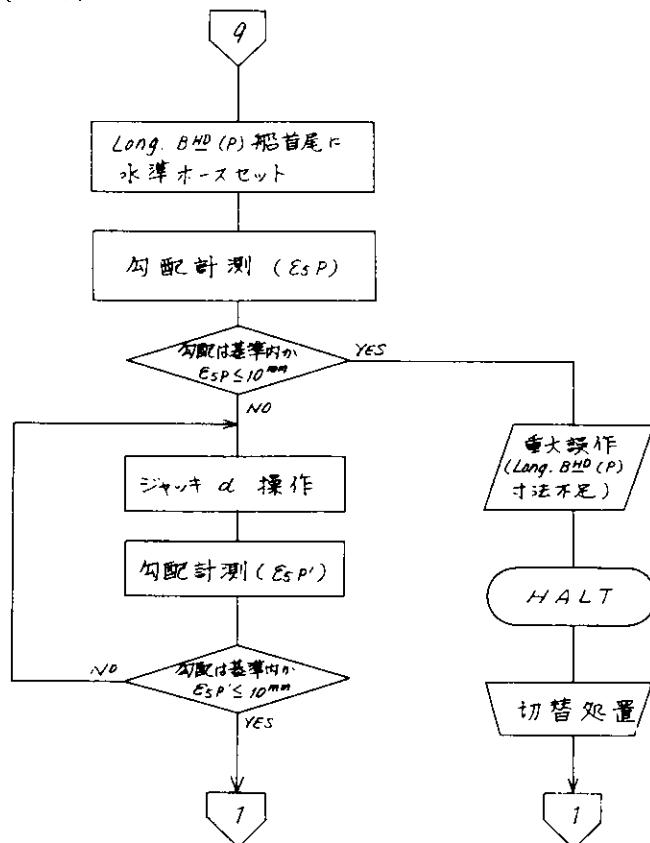


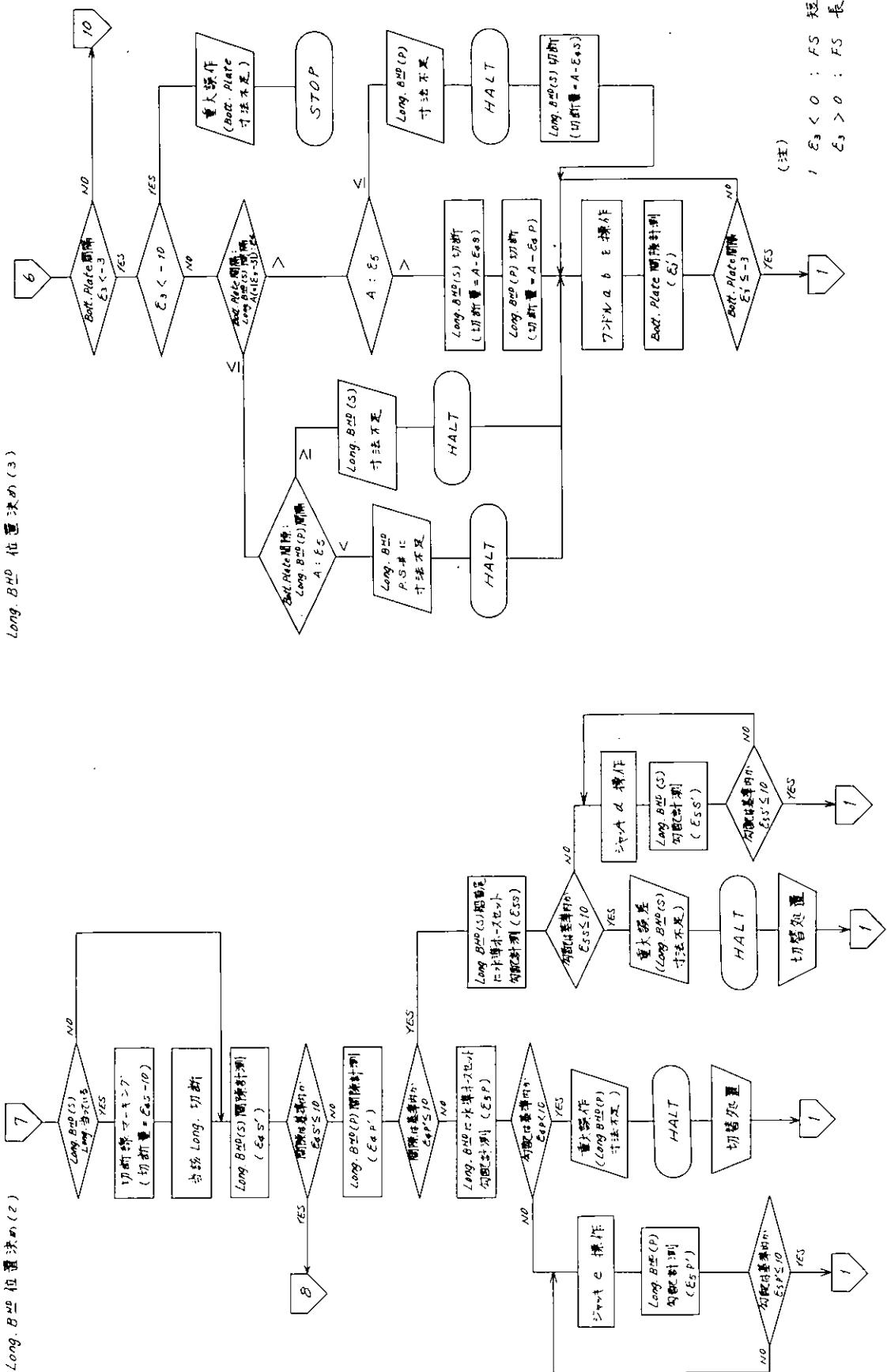
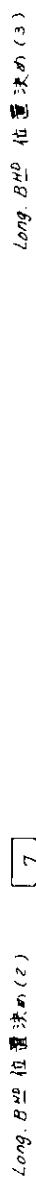
1.2. 詳細流れ図

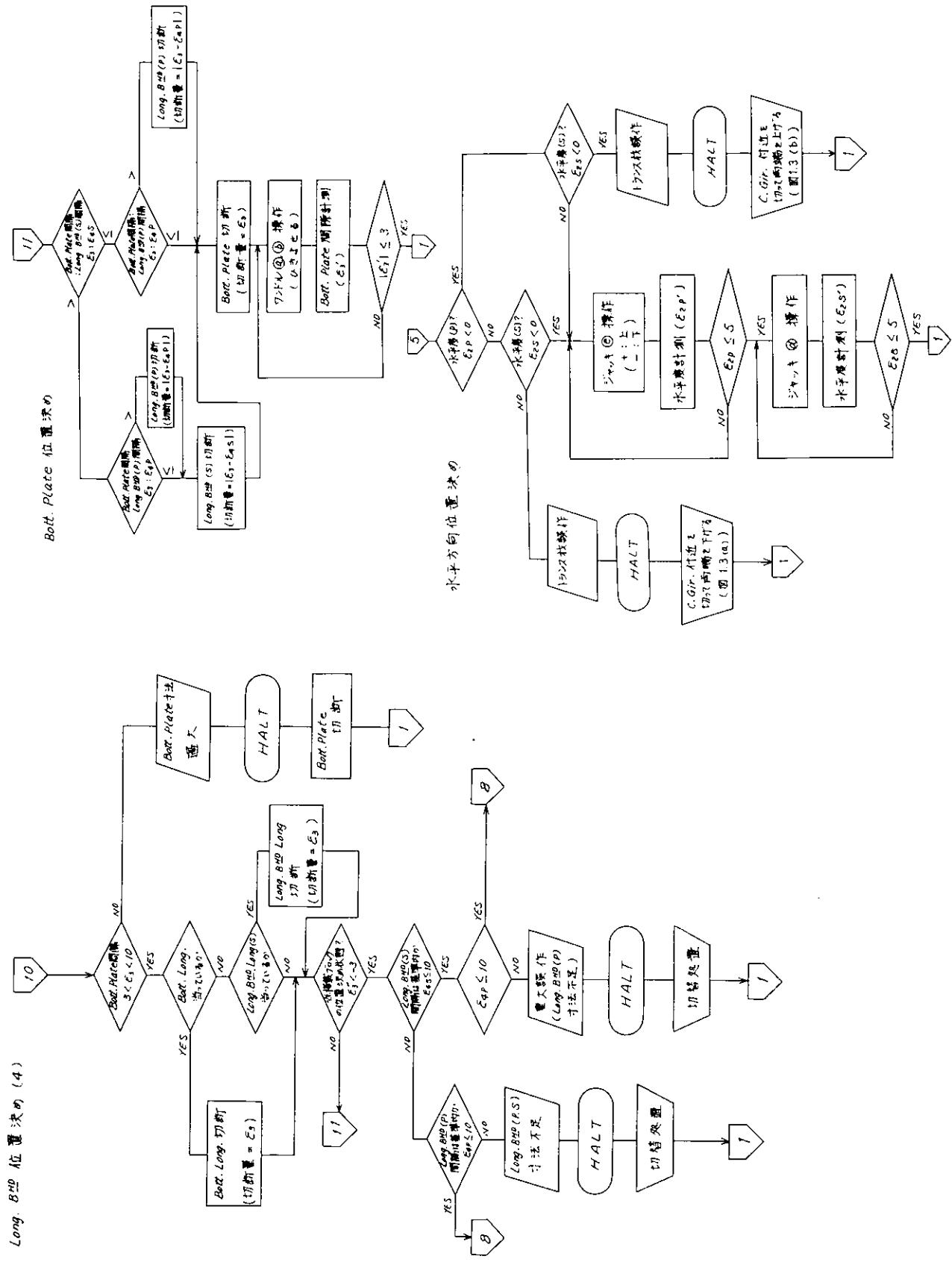


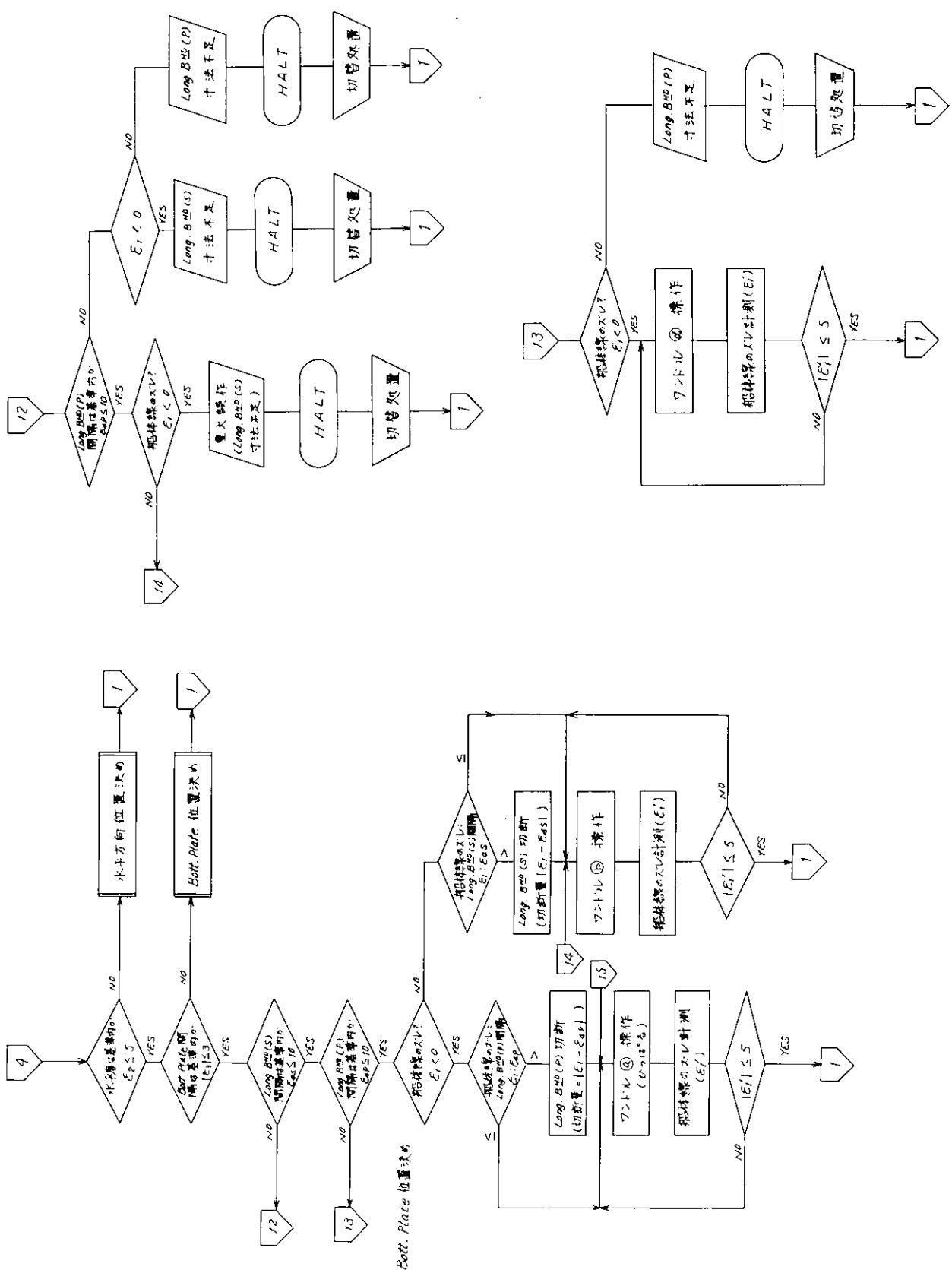


Long. BMG 位置決め (1)









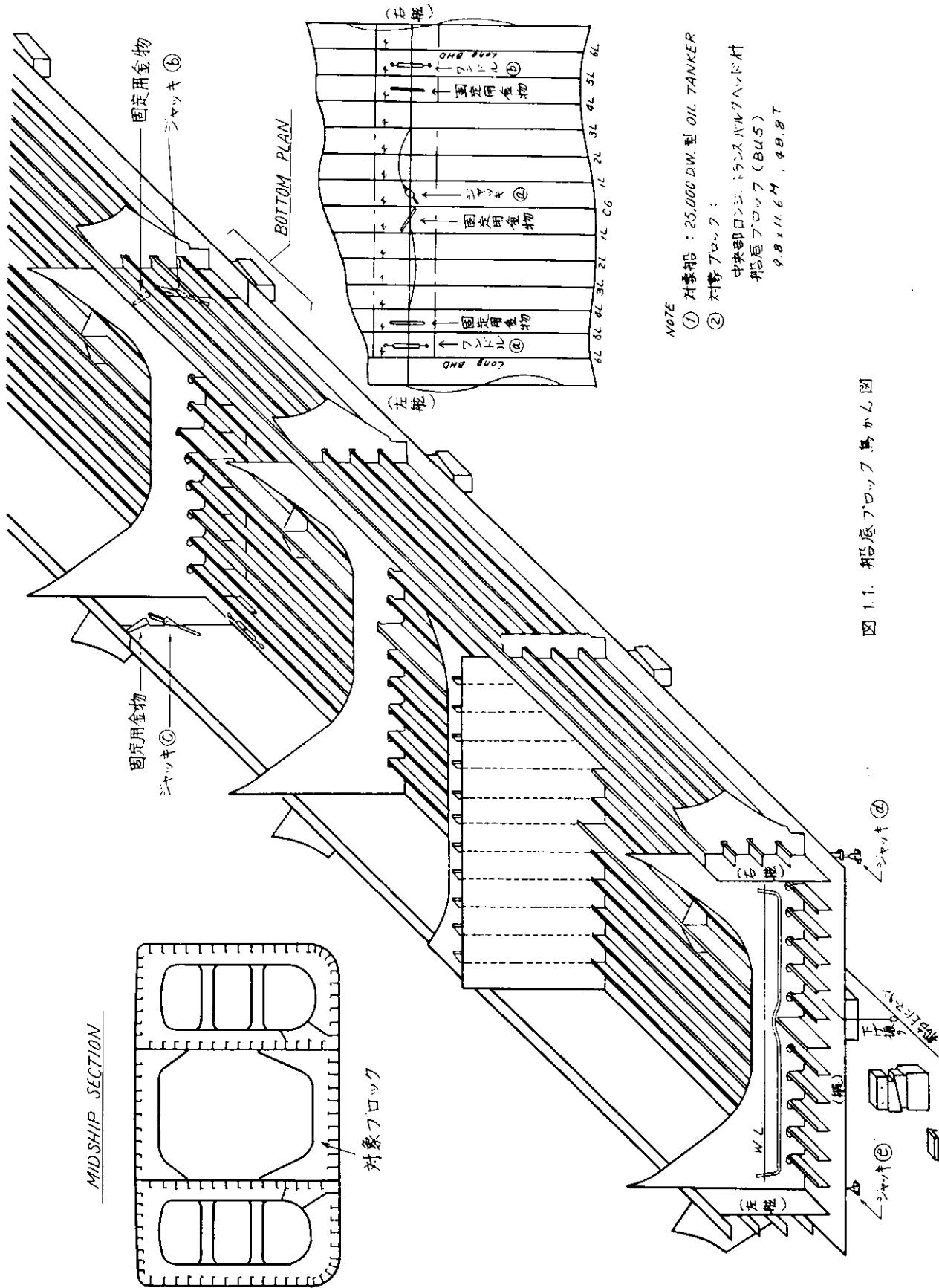
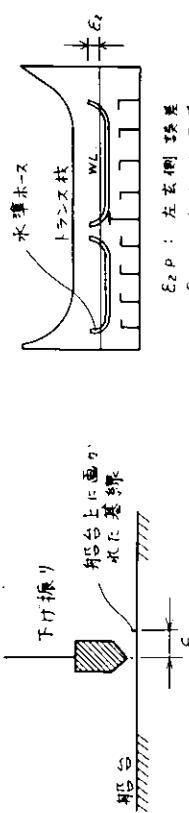
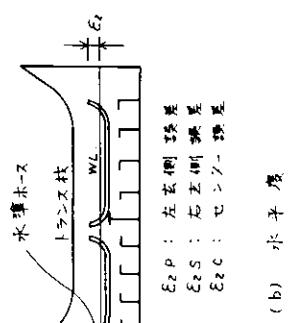


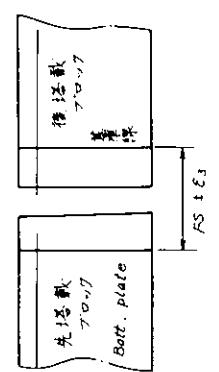
図 1.1. 船底プロック構成図



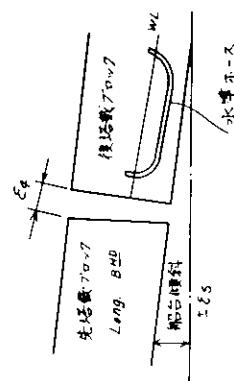
(a) 梱体線のズレ



(b) 水平度

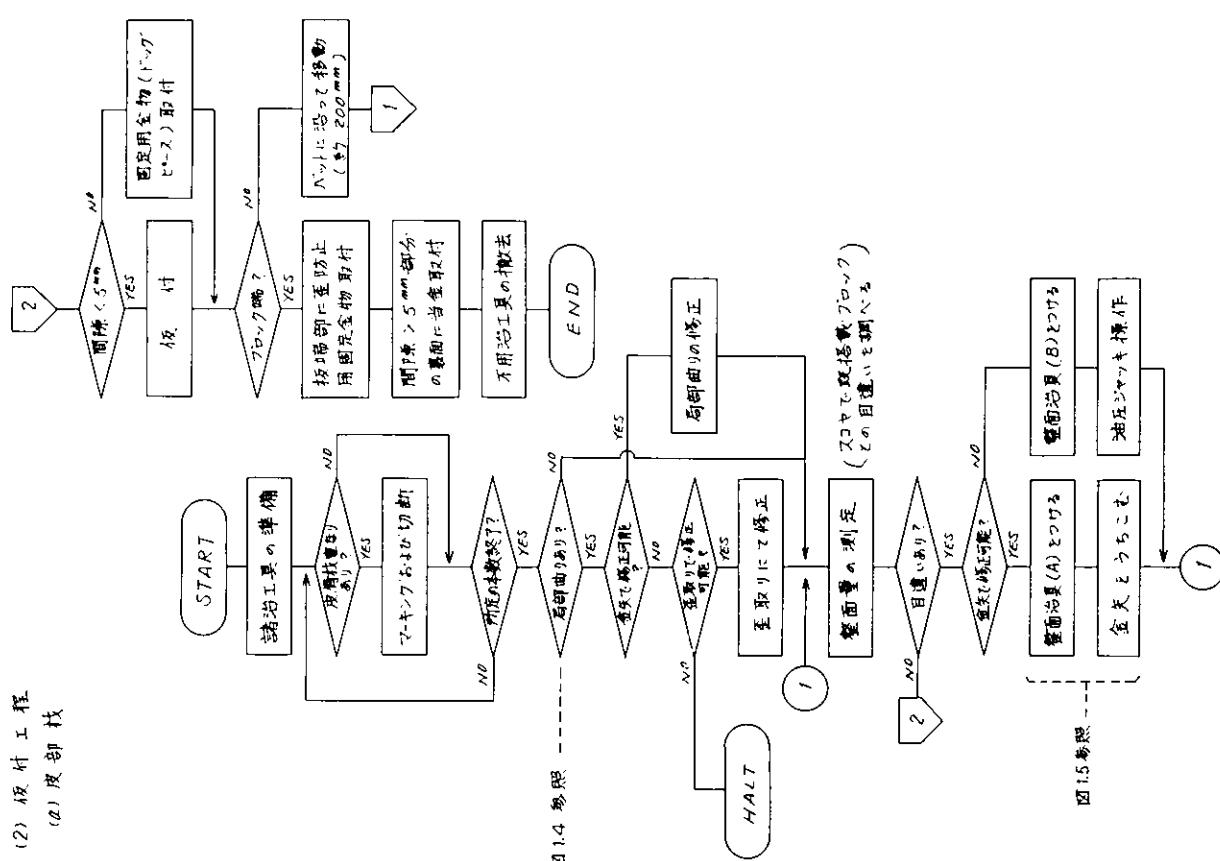


(c) Bolt. Plate の隙間



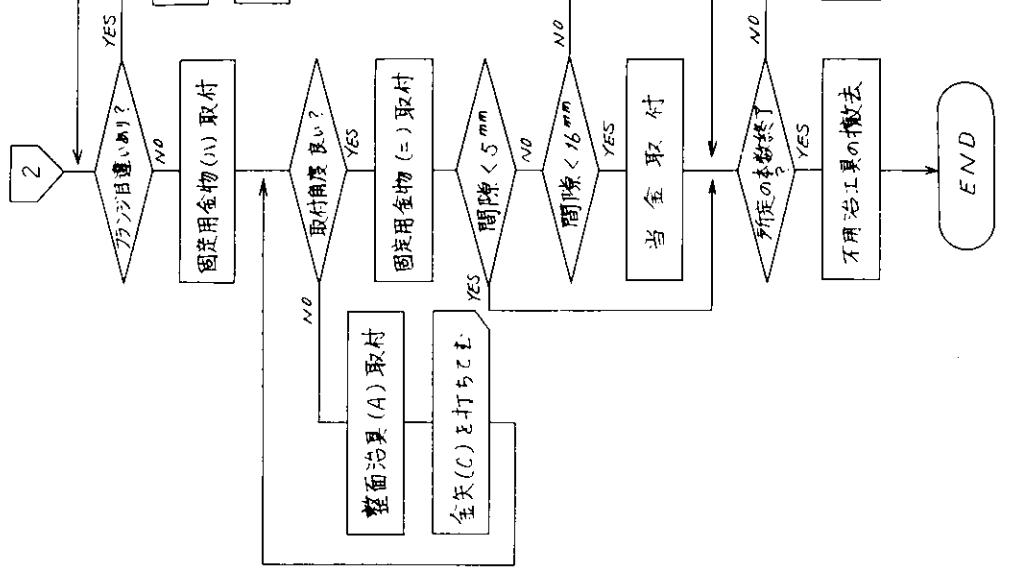
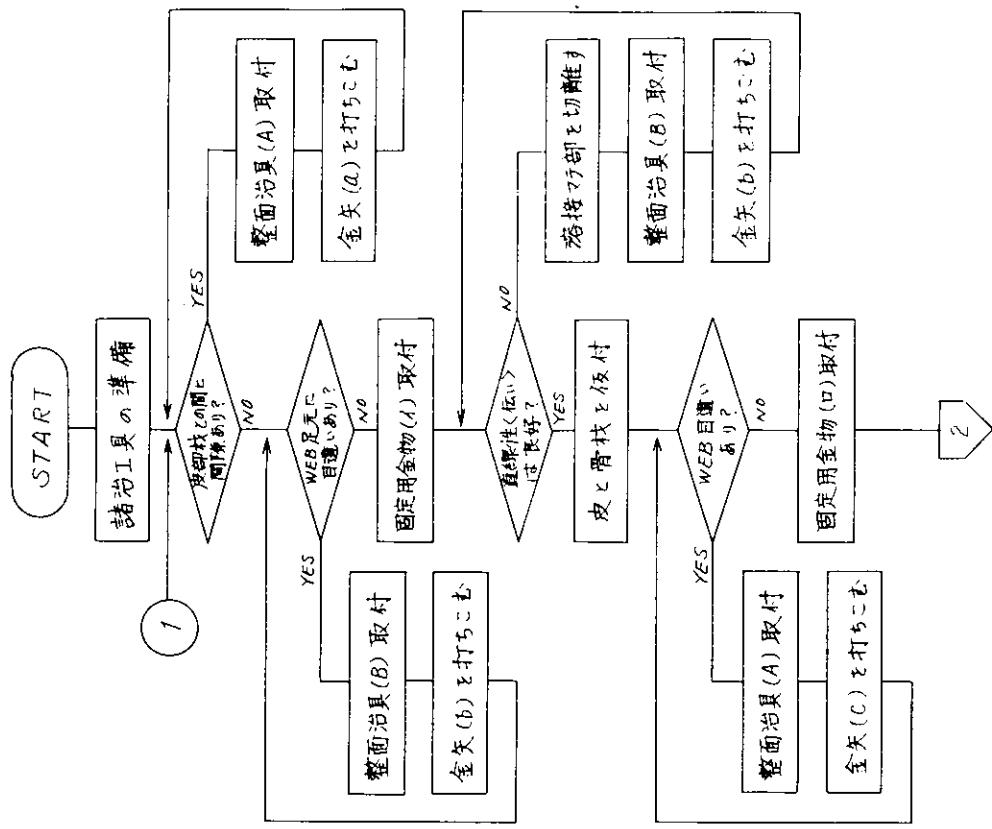
(d) Long. B₄₄₀ の隙間と勾配

(2) 仮付工程



(b) 骨部材

図 1.6 参照



(3) 治接工程
(a) 治接準備

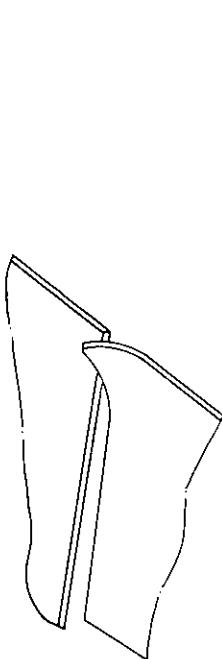


図1.4 局部的V曲り

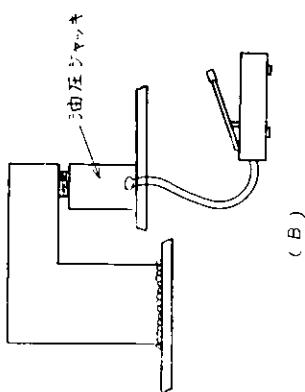
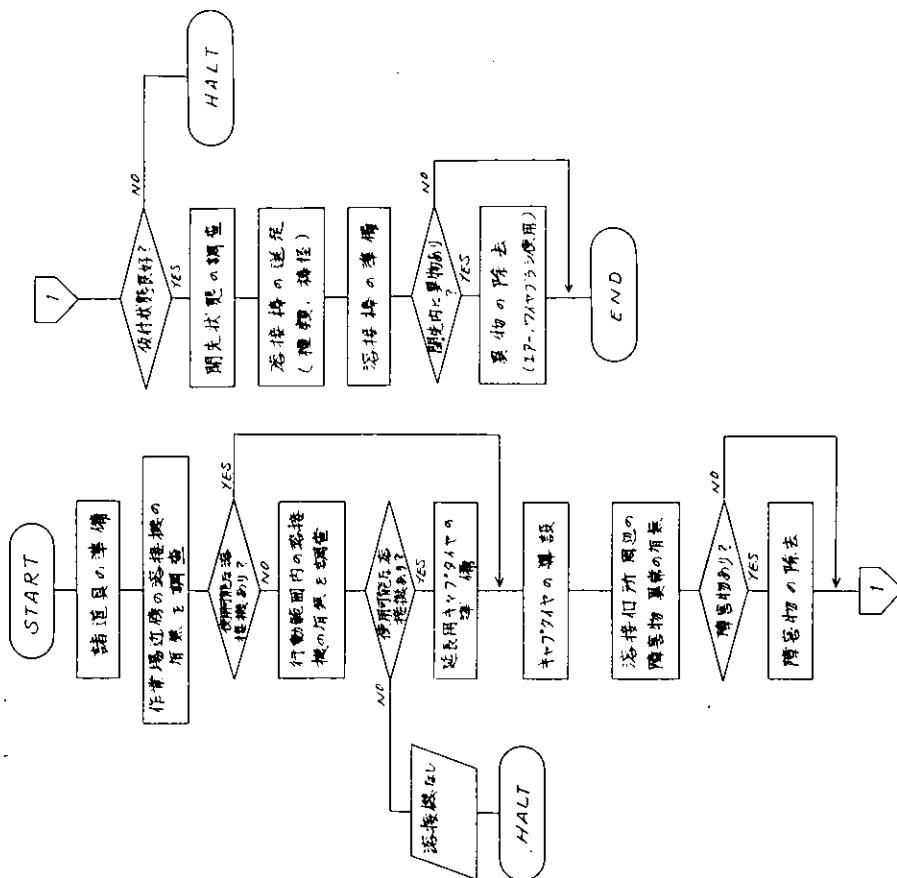
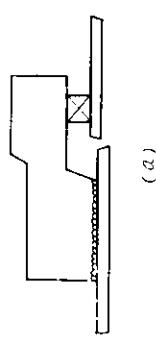


図1.5 整面治具(皮付用)



- 67 -

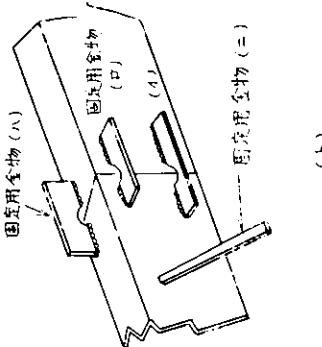
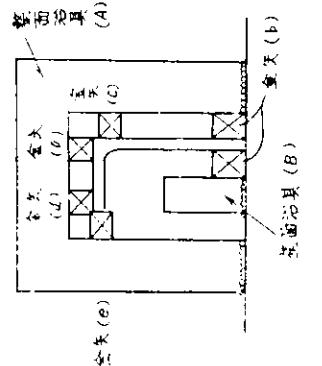


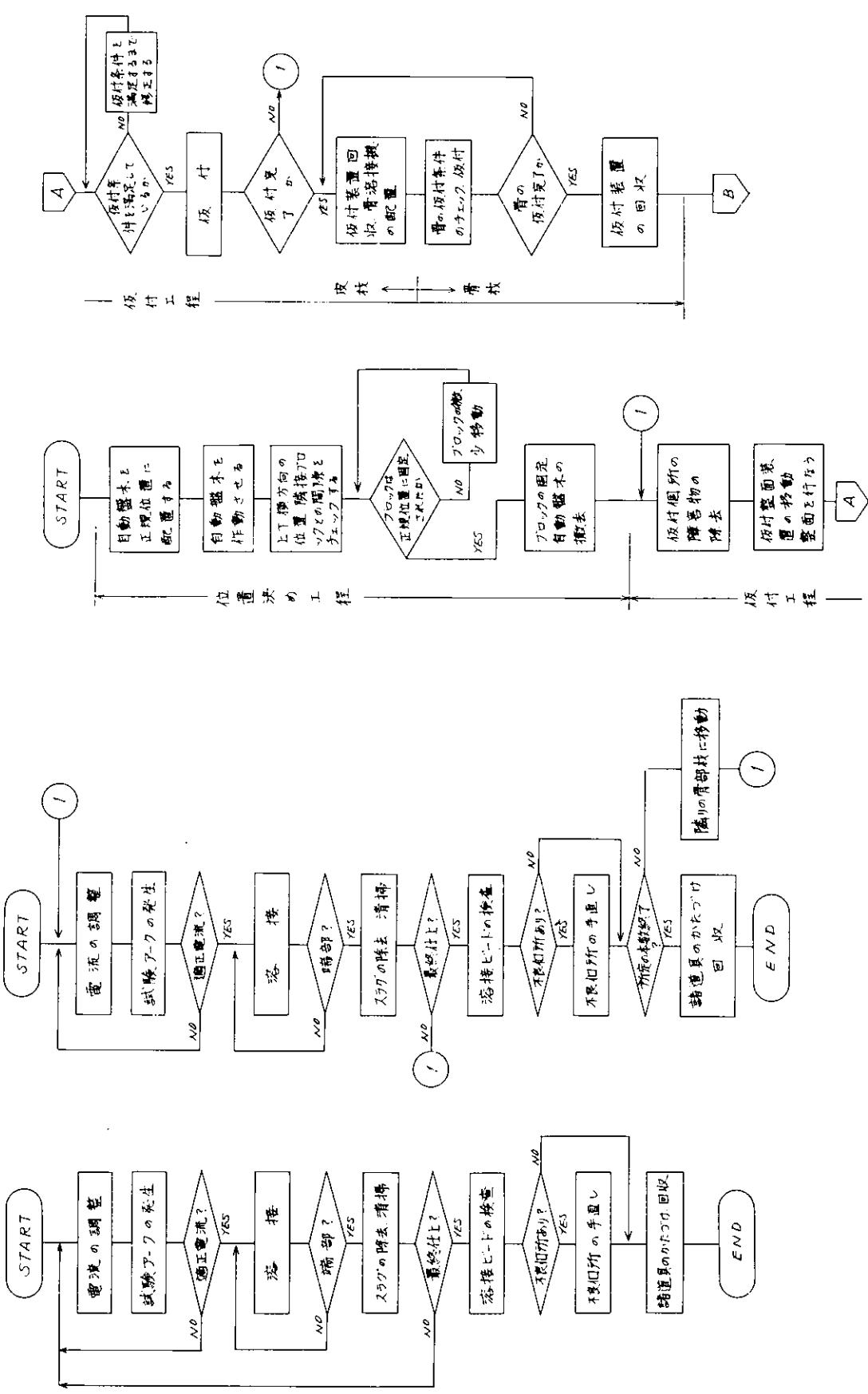
図1.6 整面治具(皮付用)

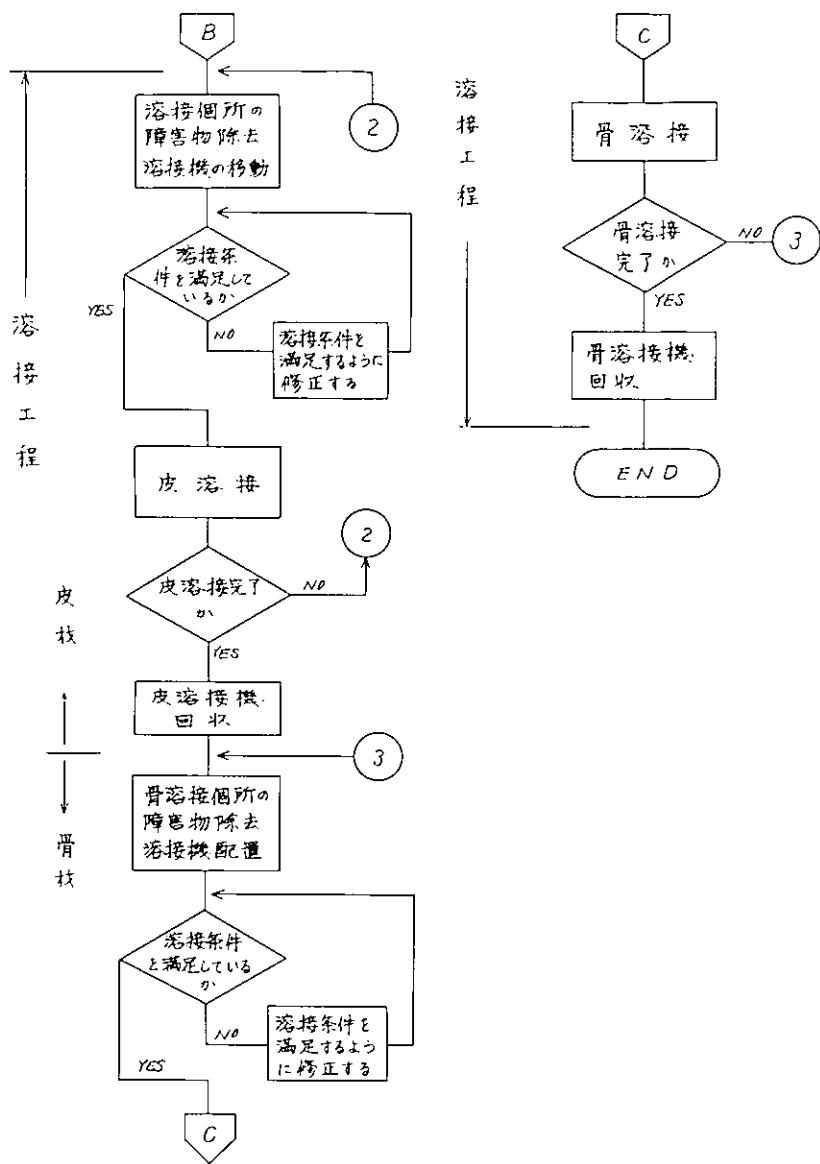


(b) 皮部枝溶接

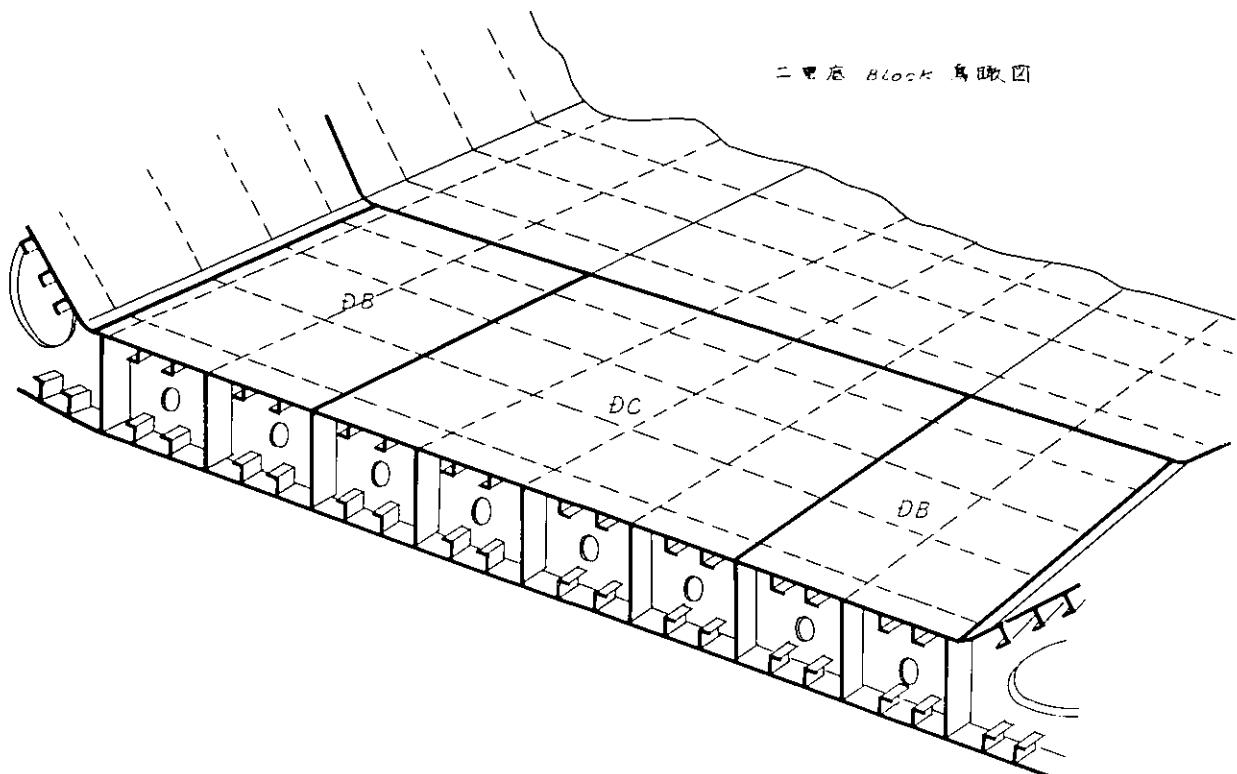
2. 脊髄外板 (Double) プロセス

2.1. 極端流程図





二重底 Block 鳥瞰図



2.2 詳細施工法

(1) 位置決め工程

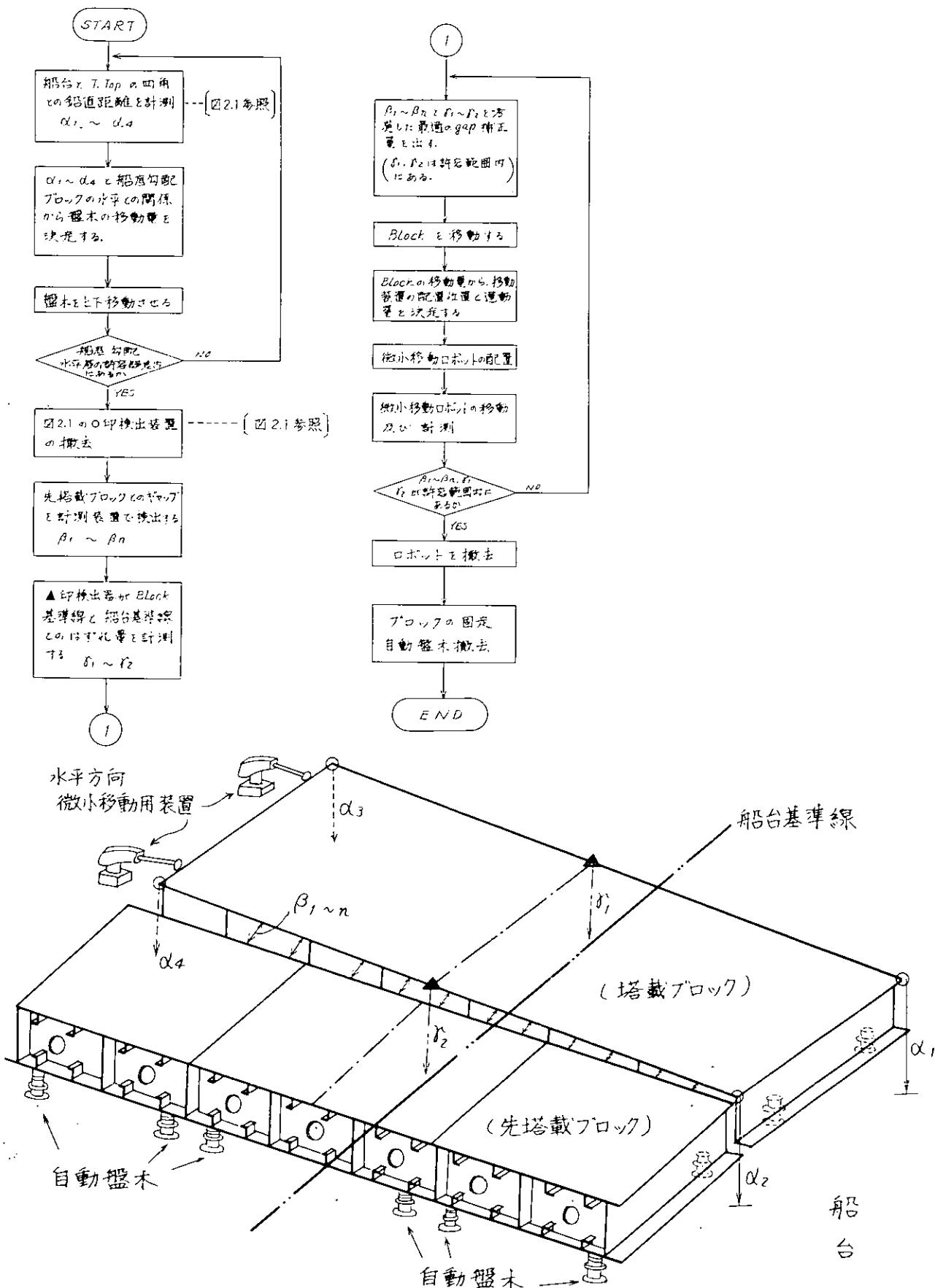
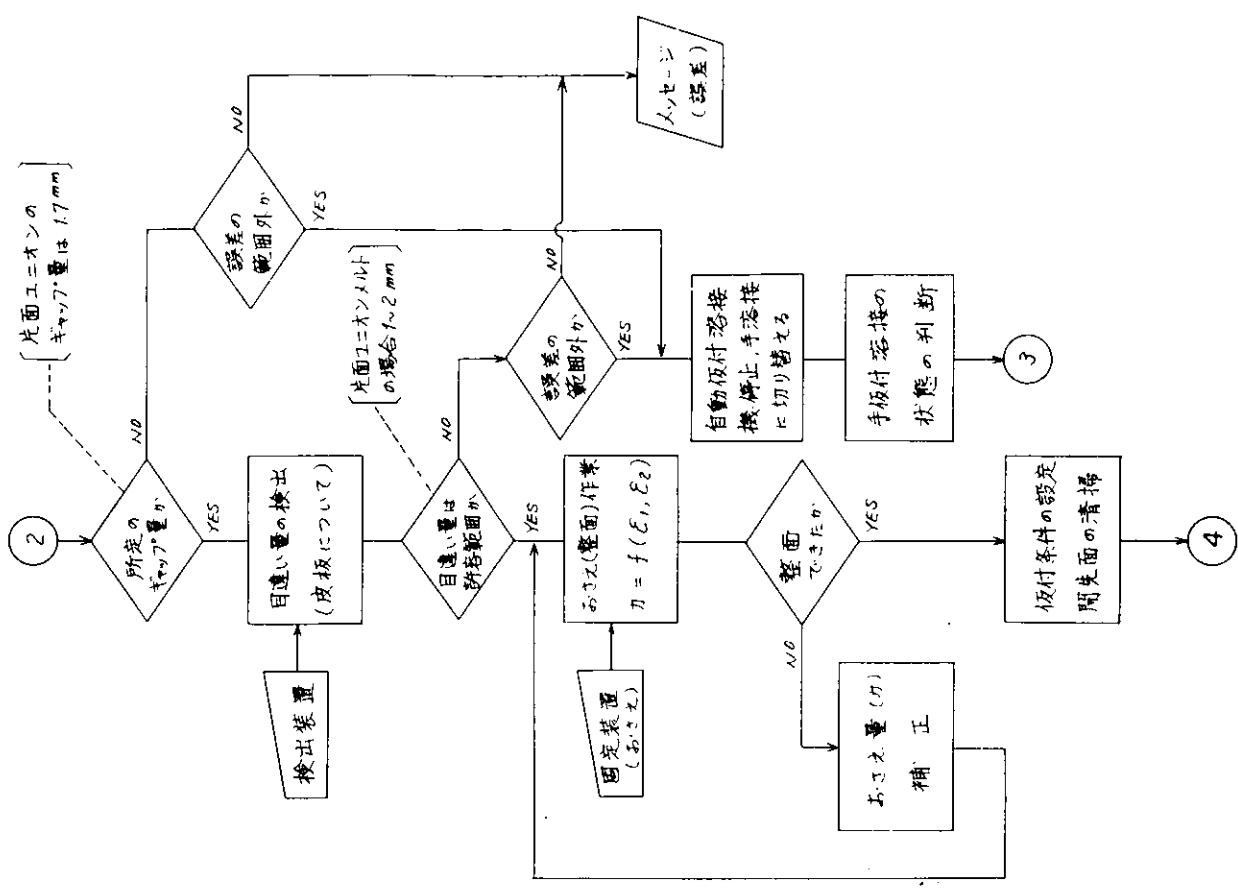


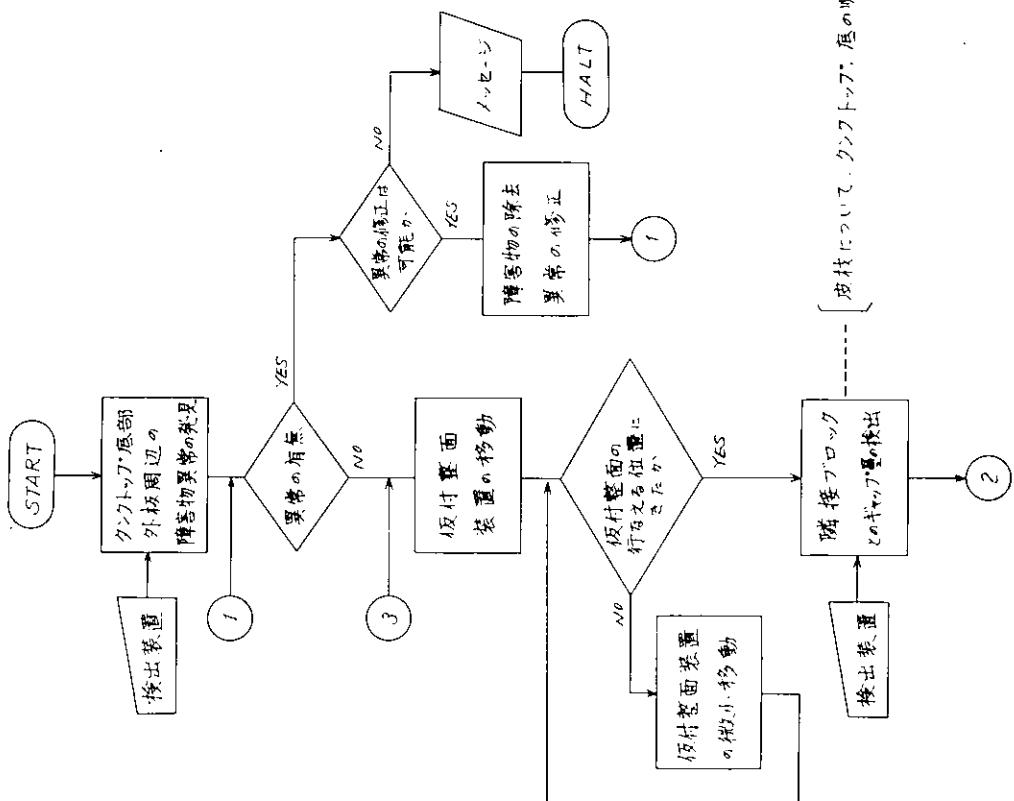
図 2.1 各装置設定位置 計測仰所

(2) 仮付け工程

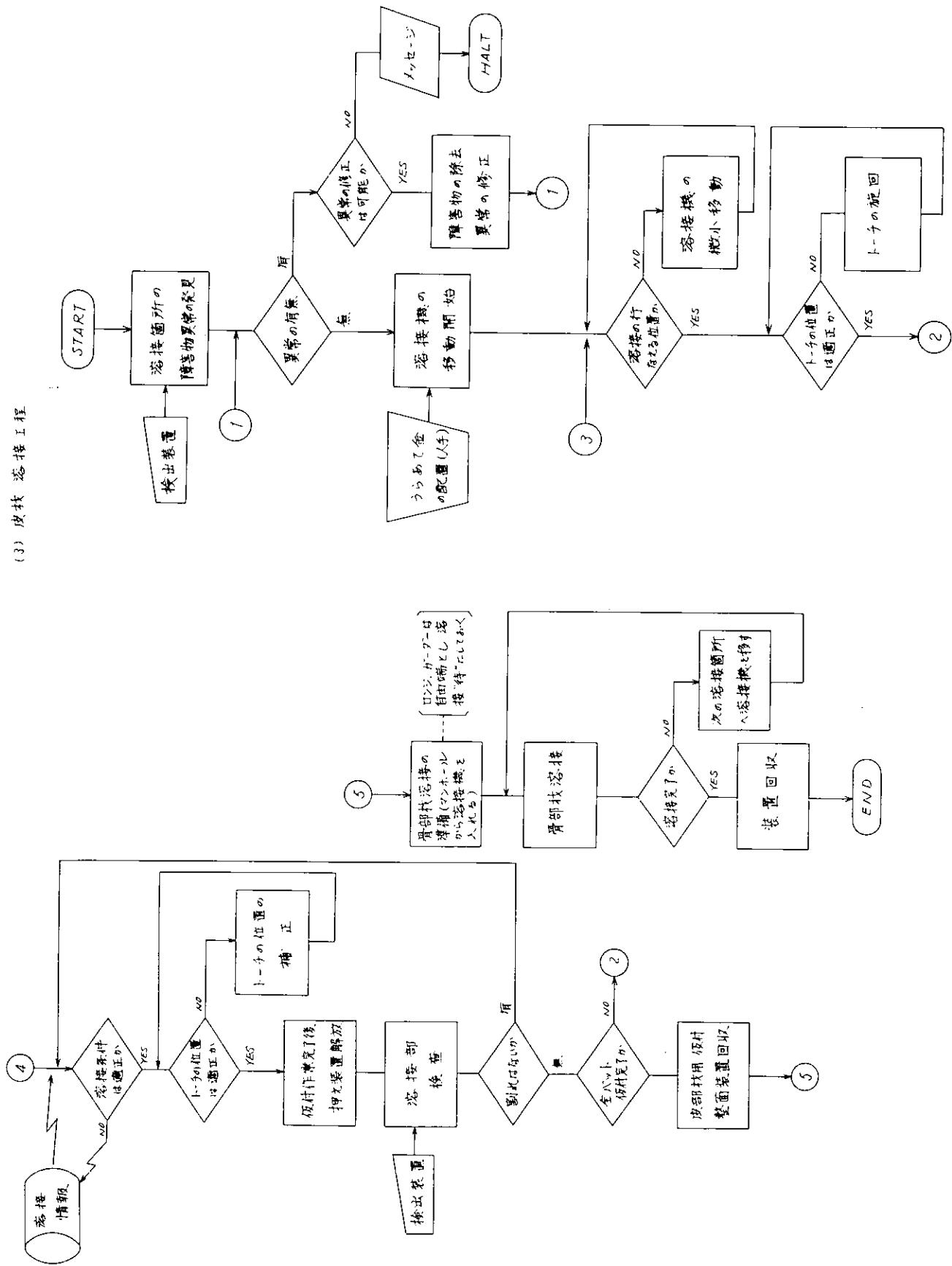
[片面ユニオンの
キャップ量は 1.7 mm]



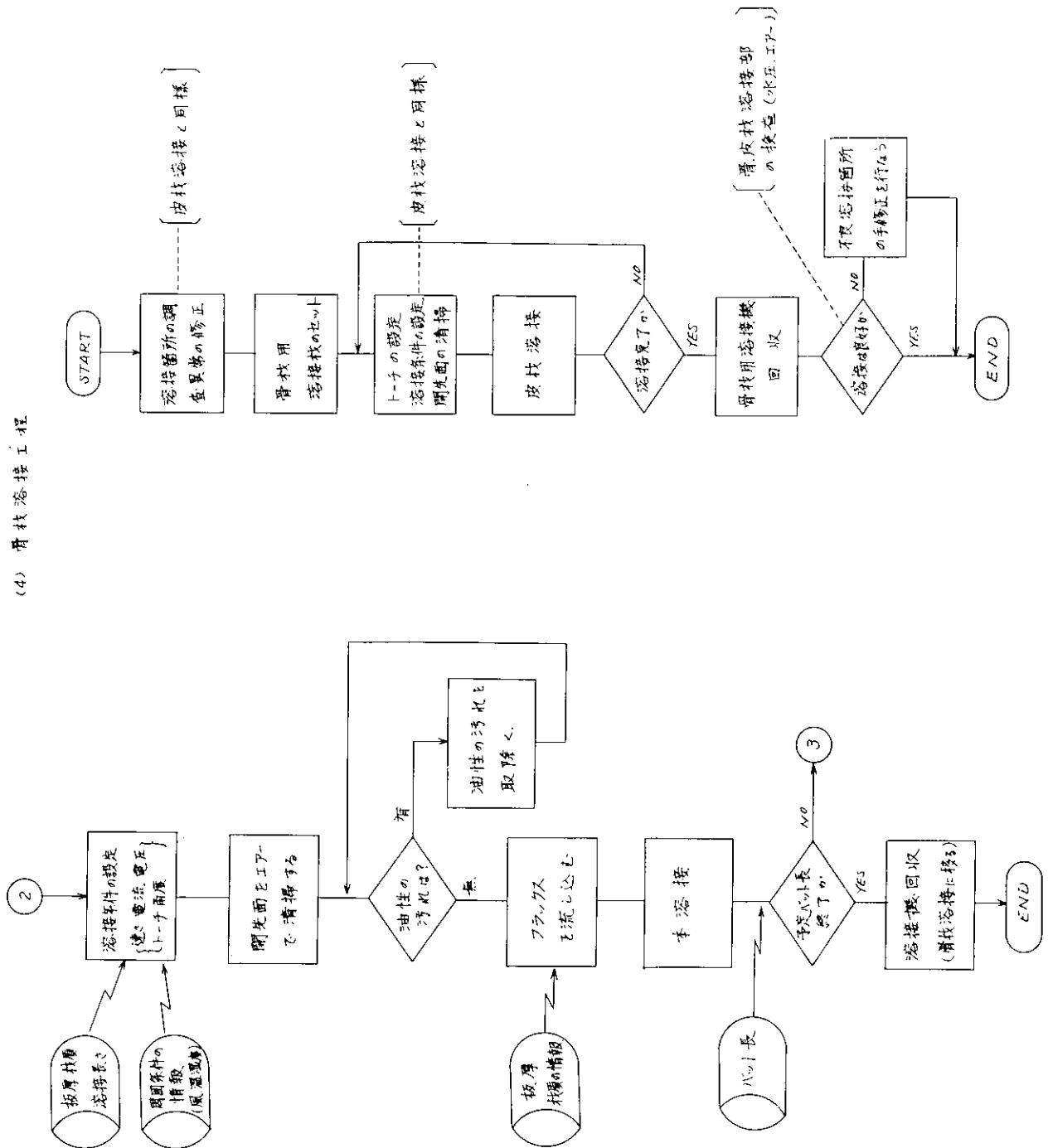
[片面ユニオンの
キャップ量は 1.7 mm]



(3) 床技 溶接工程



(4) 骨材溶接工程

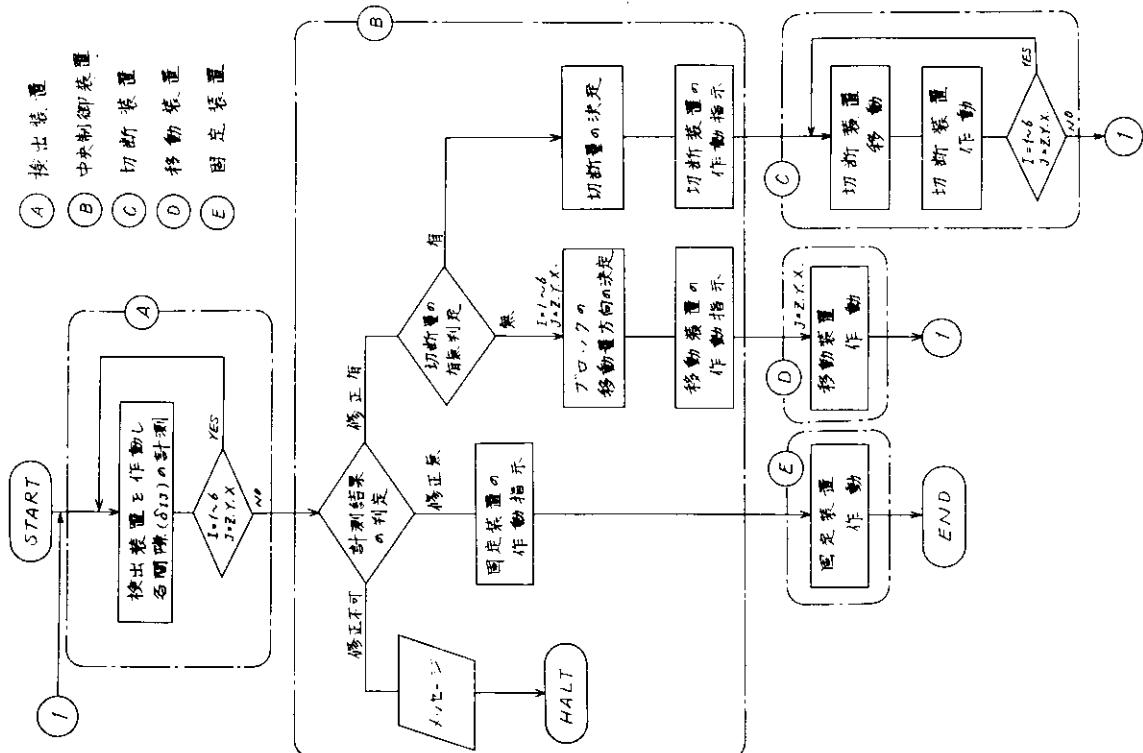


3. 装置外板 (Single) ブロック

3.1 概略流れ図

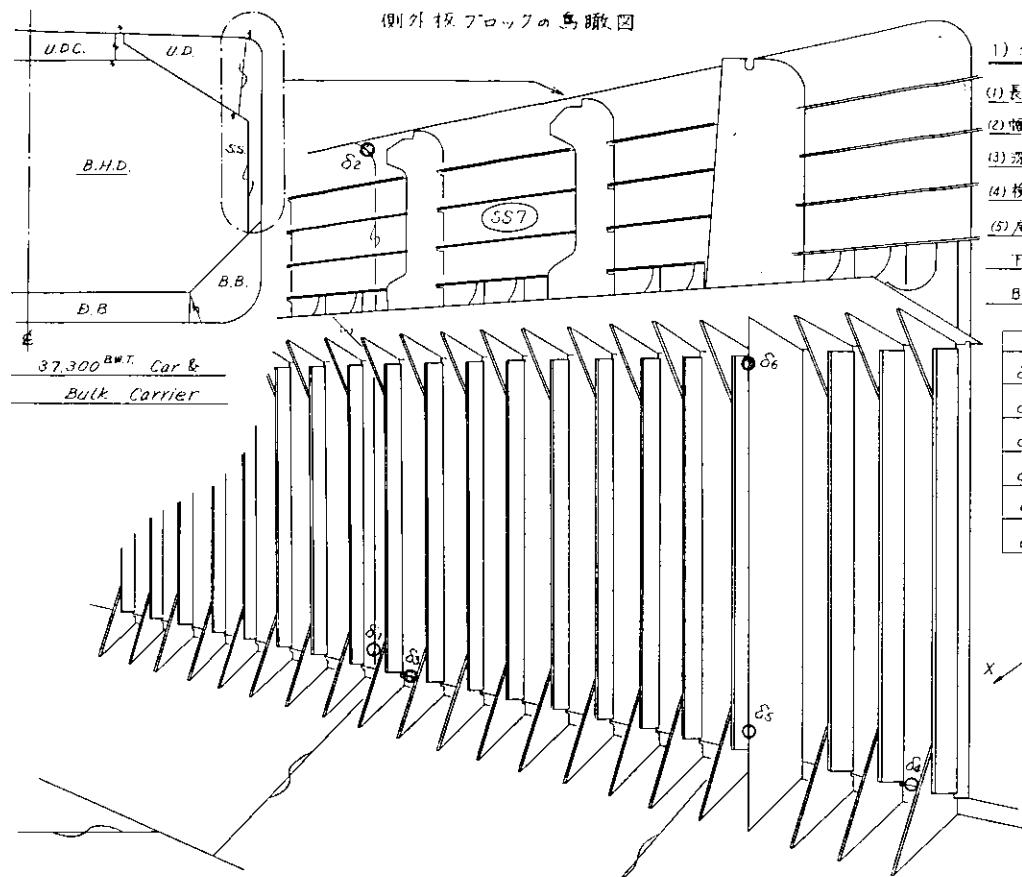
3.2 詳細流れ図

(1) 位置決め工程



〈附図〉

側外板ブロックの鳥瞰図



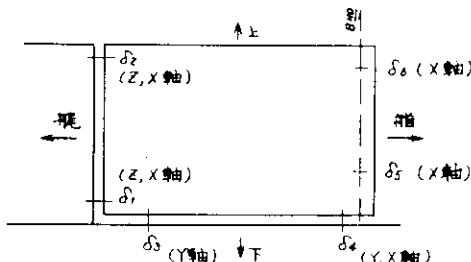
1) 相対座標の位置符号

- (1) 長方向をZ軸、直方向を①、横方向を②
- (2) 橫方向をX軸、外方向を③、内方向を④
- (3) 深さ方向をY軸、上方を⑤、下方を⑥
- (4) 検出ポイントは1ポート、12-432点となる
- (5) 尾部からの距離 δ_i (δ_1, δ_2)
下端からの距離 δ_j (δ_3, δ_4)
BHP ポートの δ_k (δ_5, δ_6)

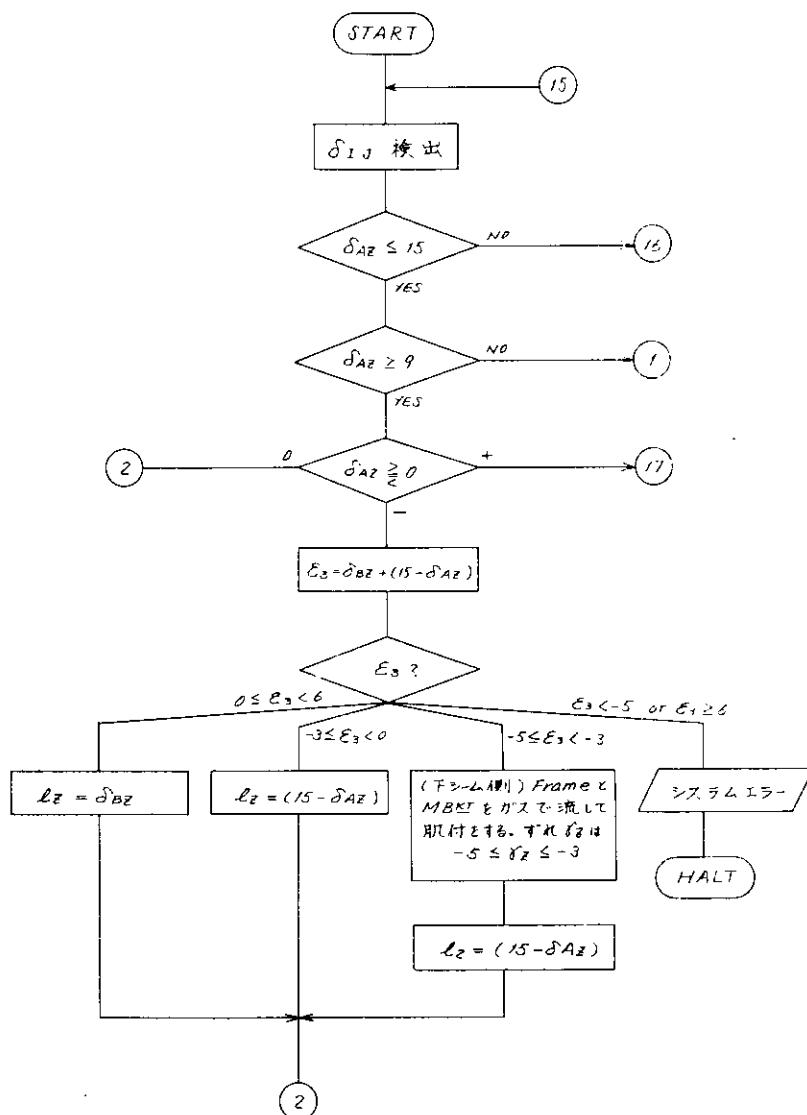
Z 軸	X 軸	Y 軸
δ_1	δ_{1Z}	δ_{1X}
δ_2	δ_{2Z}	δ_{2X}
δ_3	δ_{3Z}	δ_{3X}
δ_4	δ_{4Z}	δ_{4X}
δ_5	δ_{5Z}	δ_{5X}
δ_6	δ_{6Z}	δ_{6X}

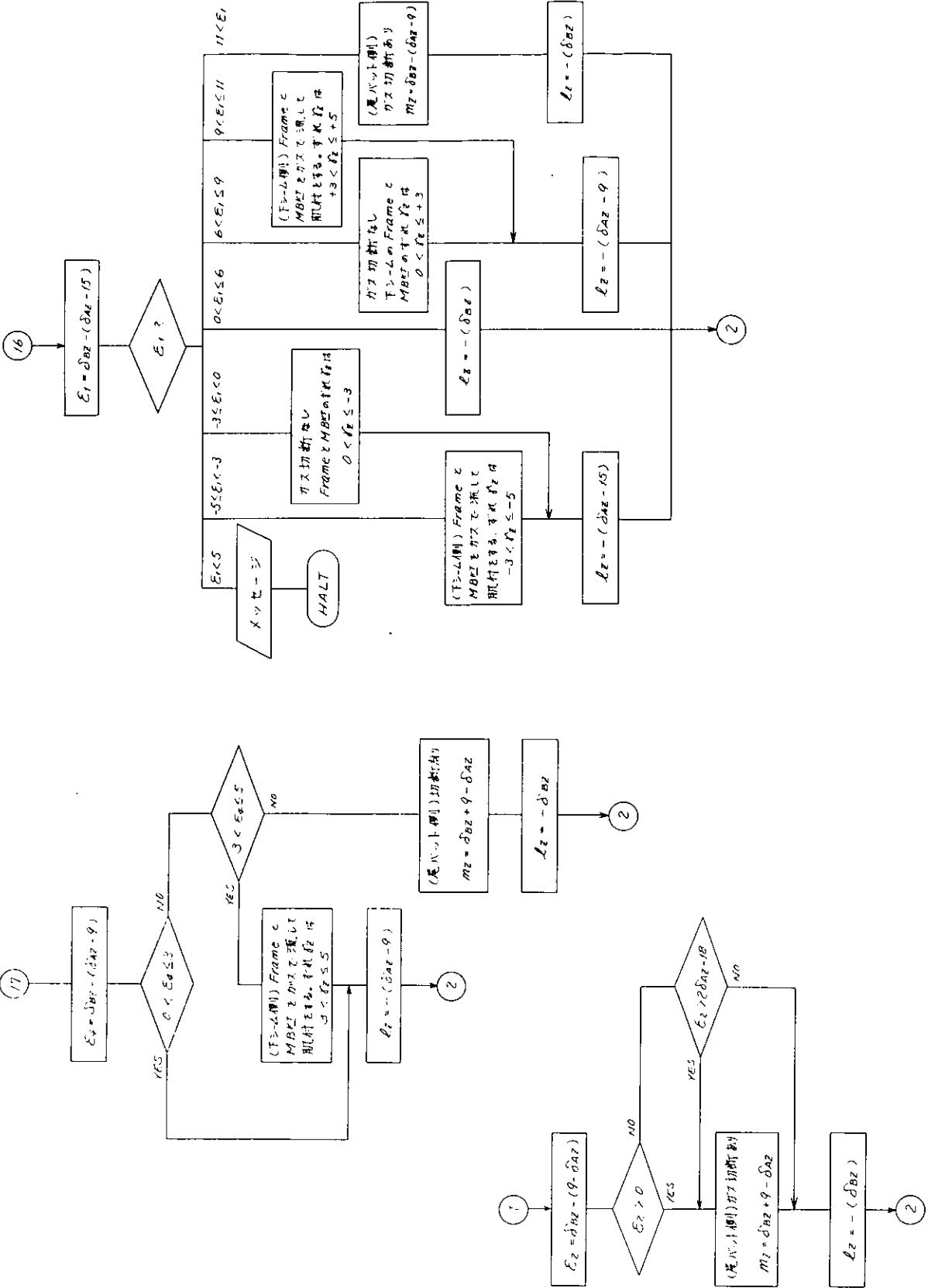


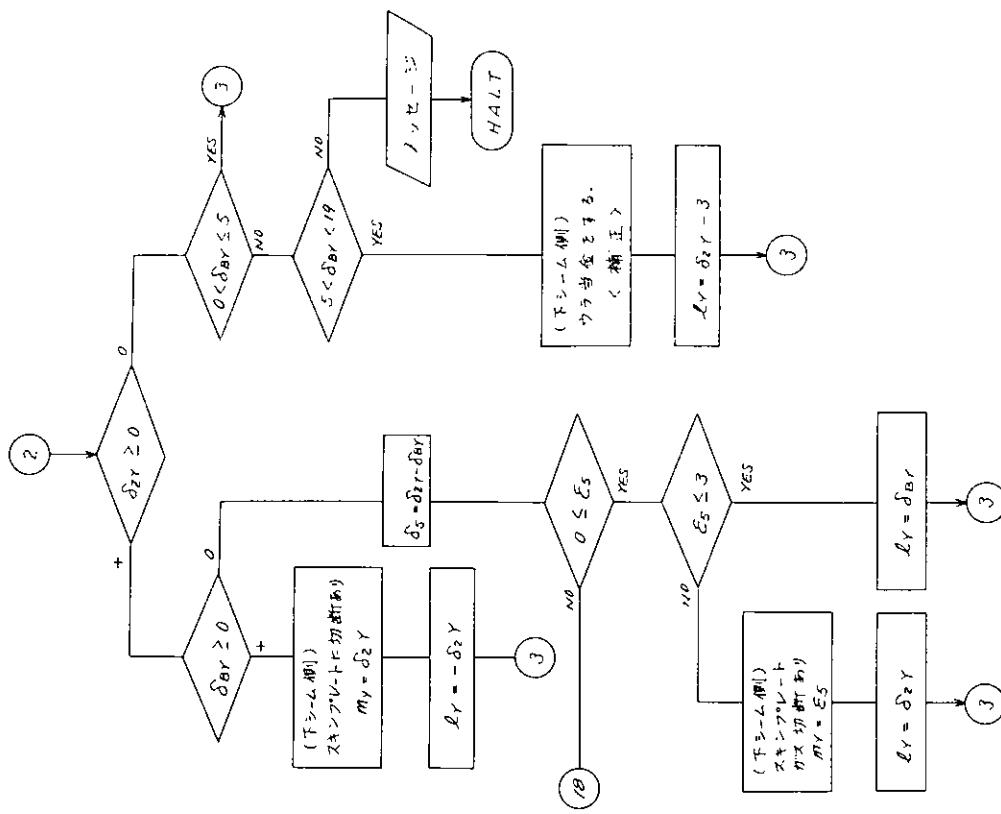
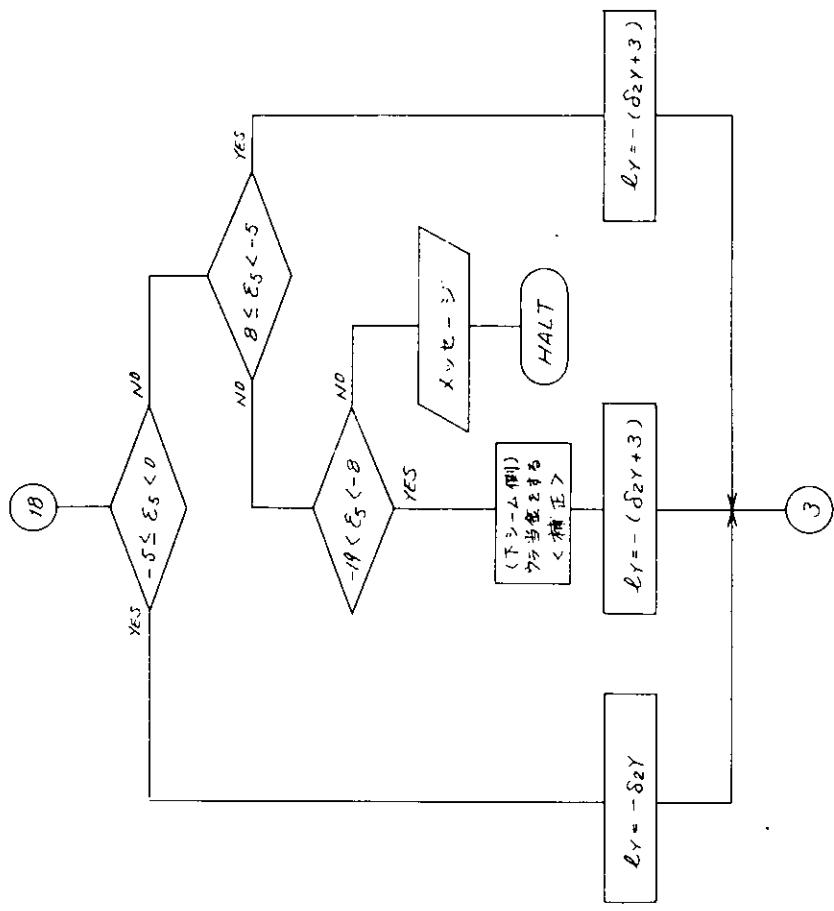
- ▽ 箱バットで、 BHD が近くにある場合は④となり、 BHD がなく自由端となるブロックでは、箱バットを支柱式移動、固定装置により正規位置に決める
- ▽ 移動装置は搭載前工程で各ポイントに取付けられている
- ▽ ハードとしては三軸方向移動可能なものとなっているが
移動を実際に行なうのは下図の如くになる

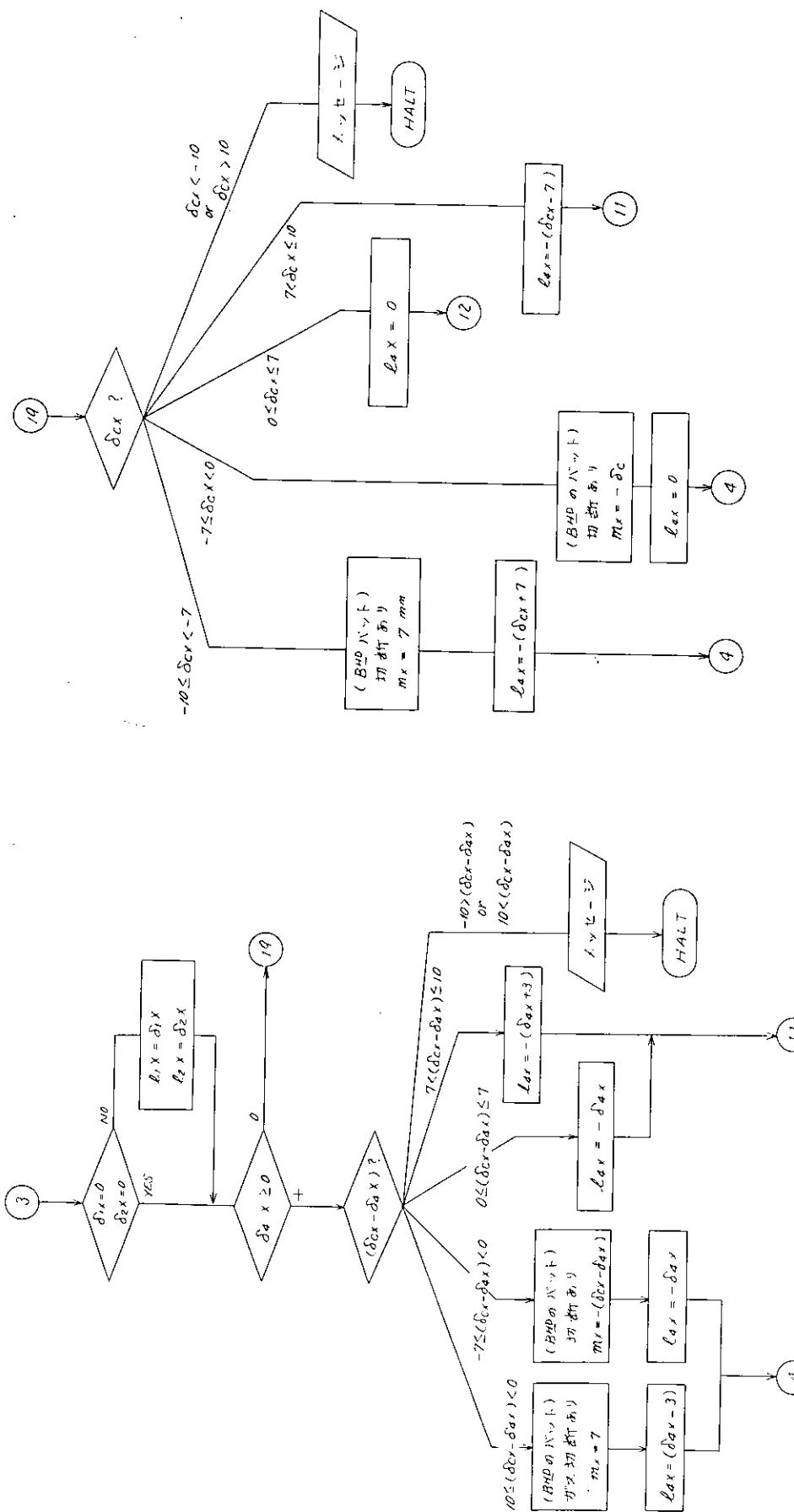


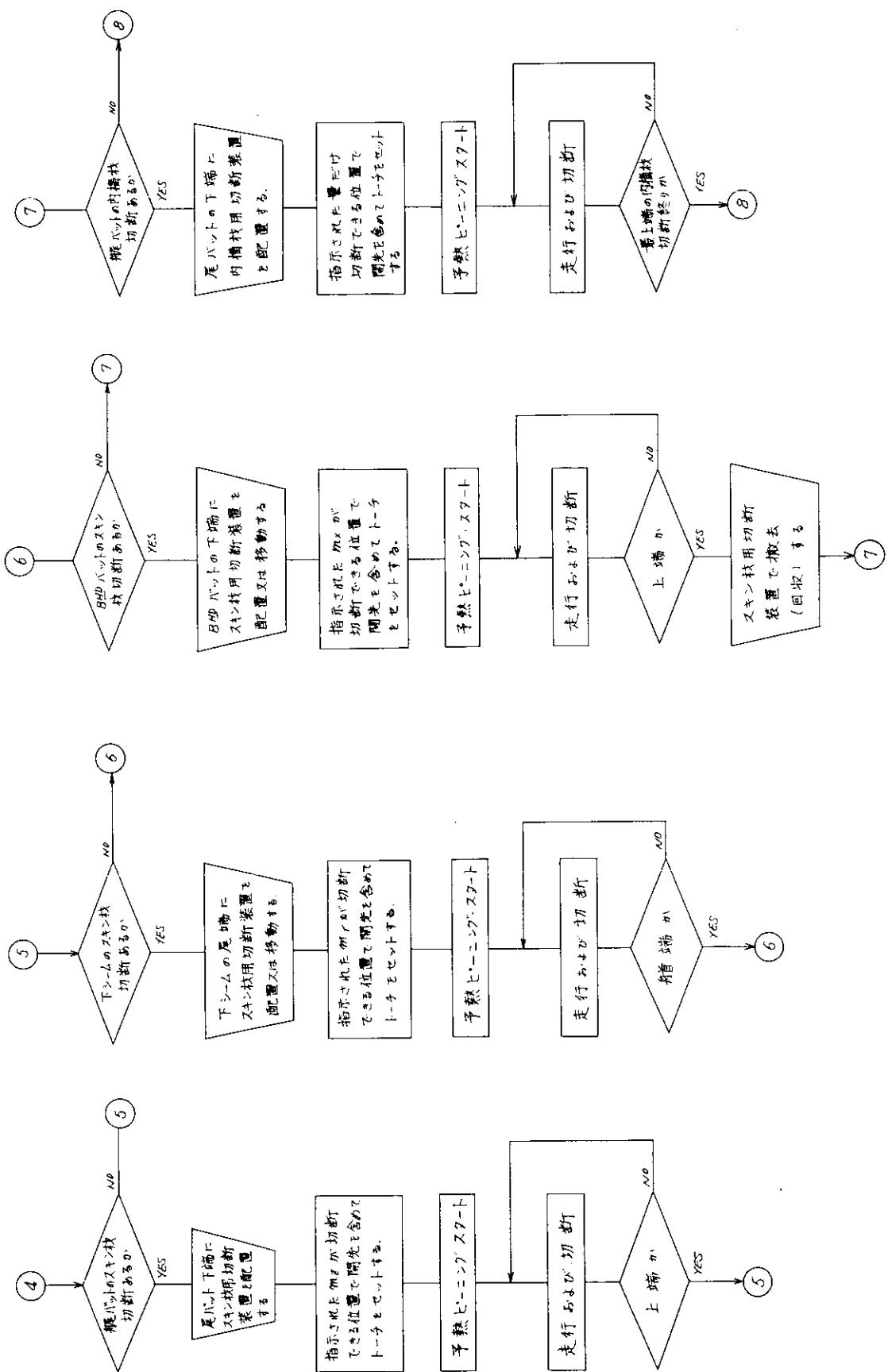
- ▽ 固定が完了すれば、外力に対して転倒することができないものとする。

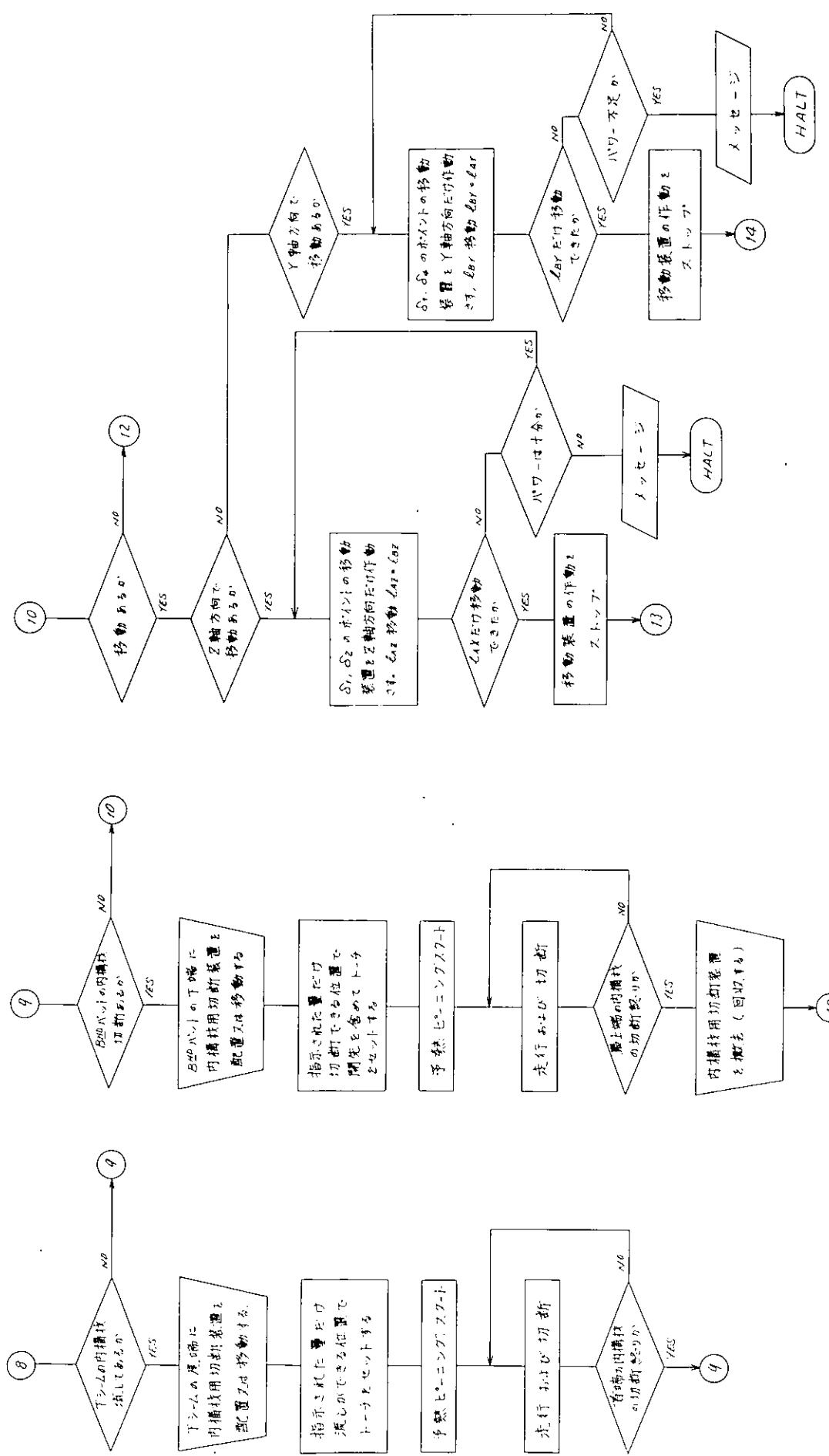




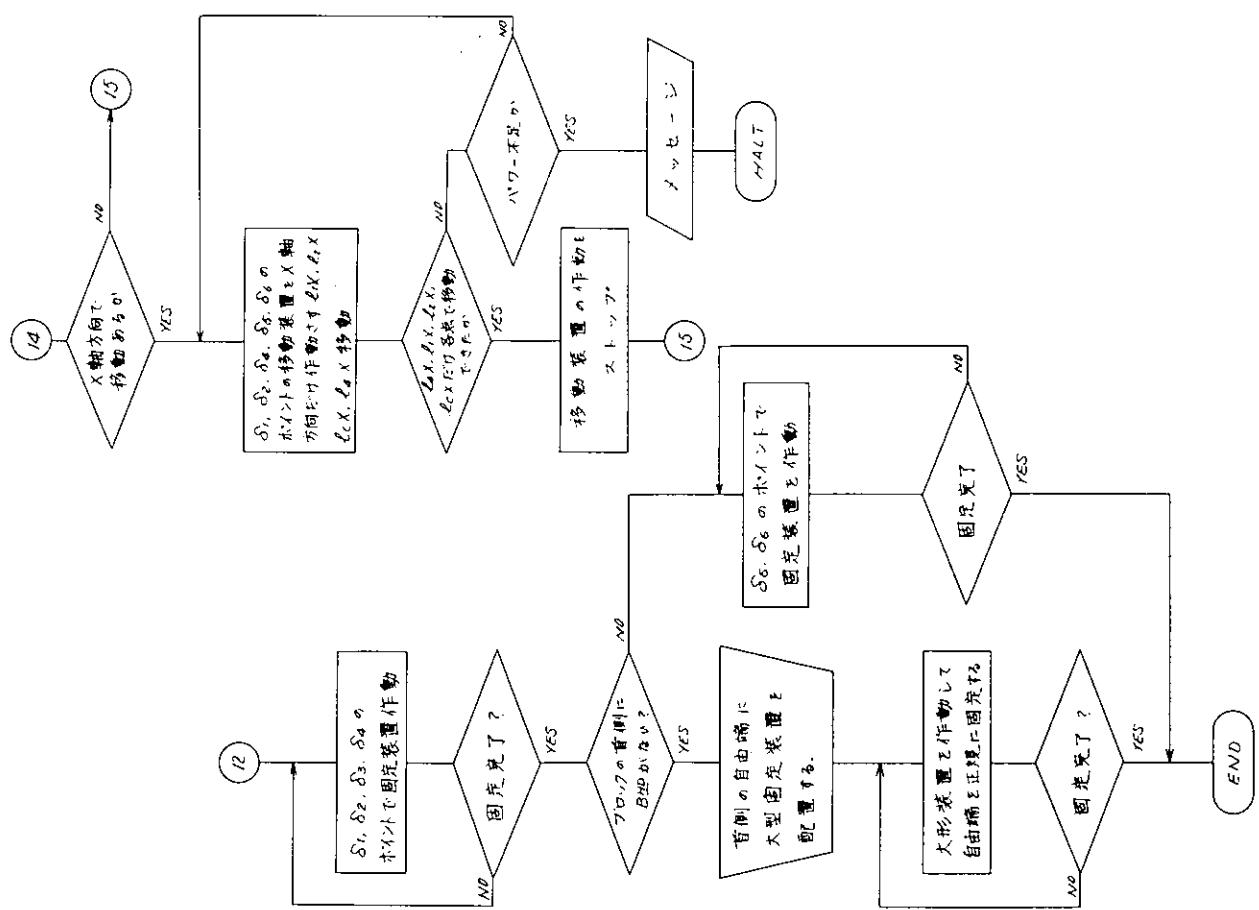






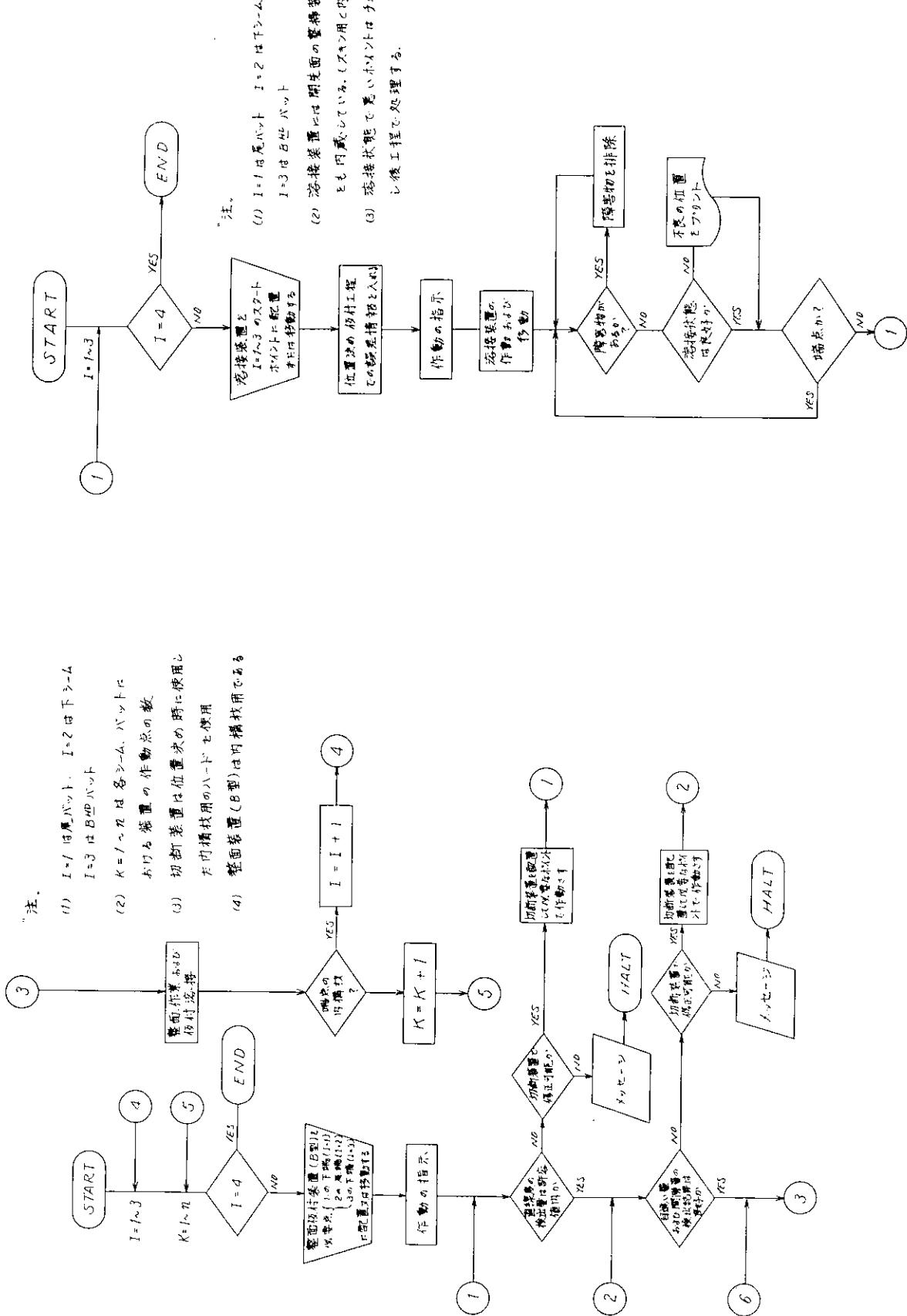


2) スキン特板付工程



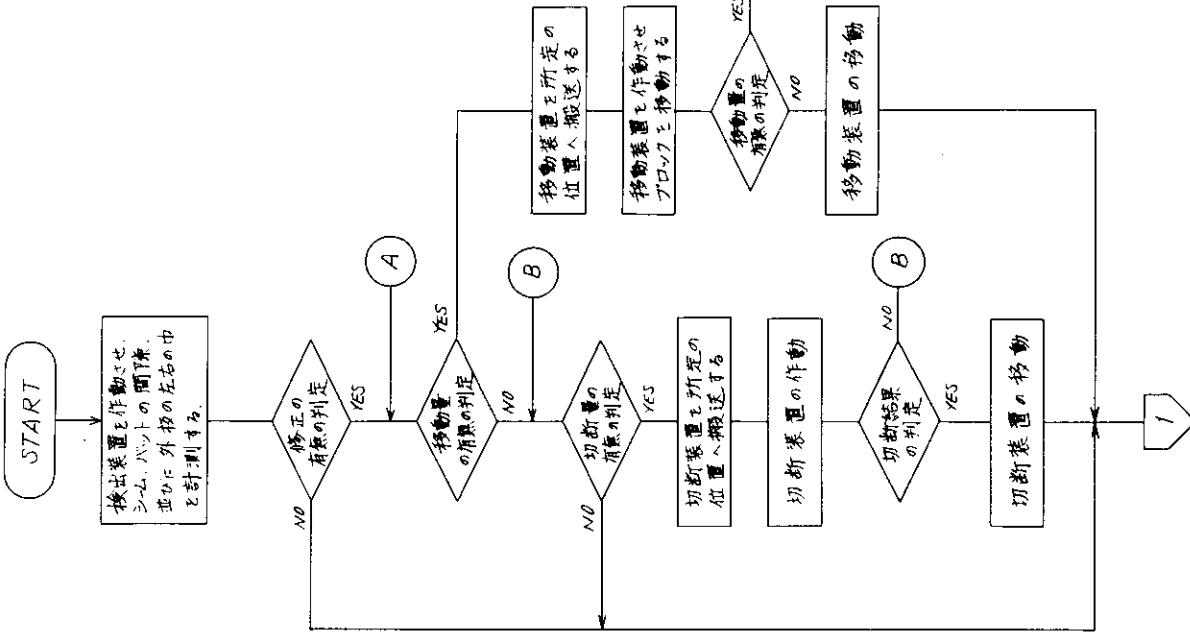
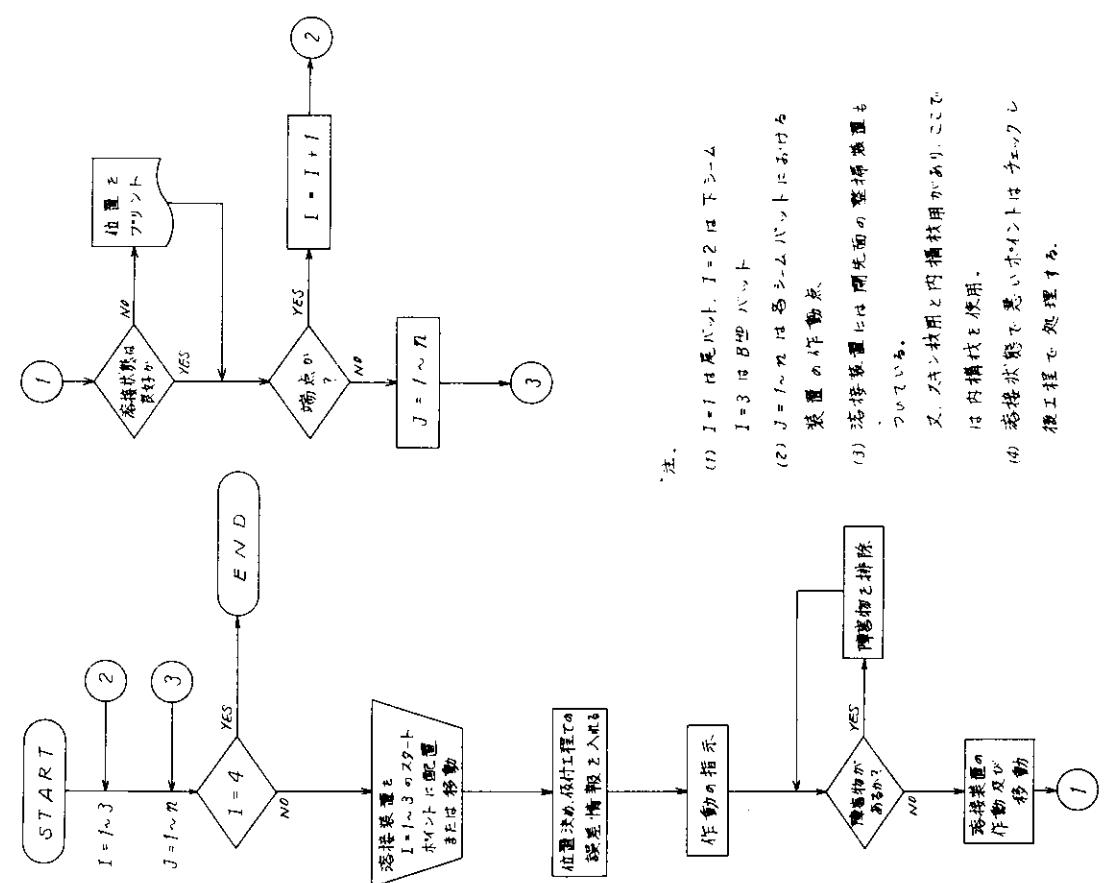
(3) 内構成候工工程

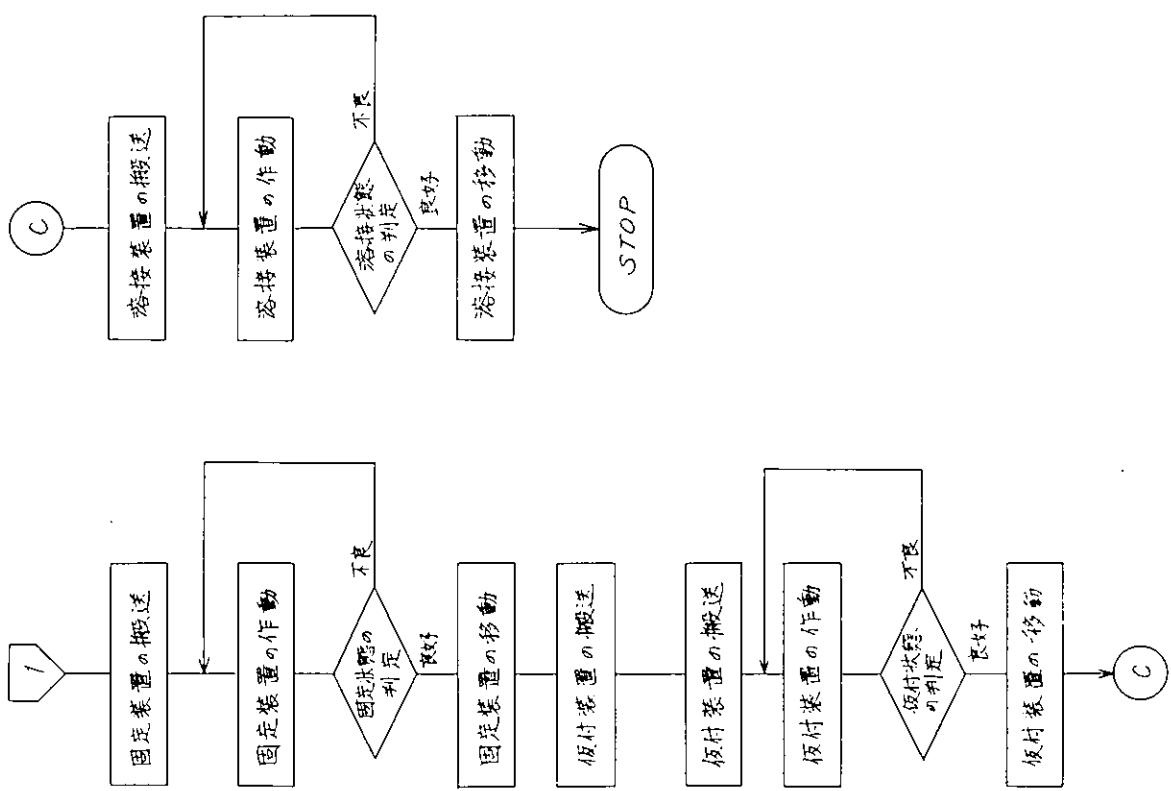
(4) スキン特溶接工程



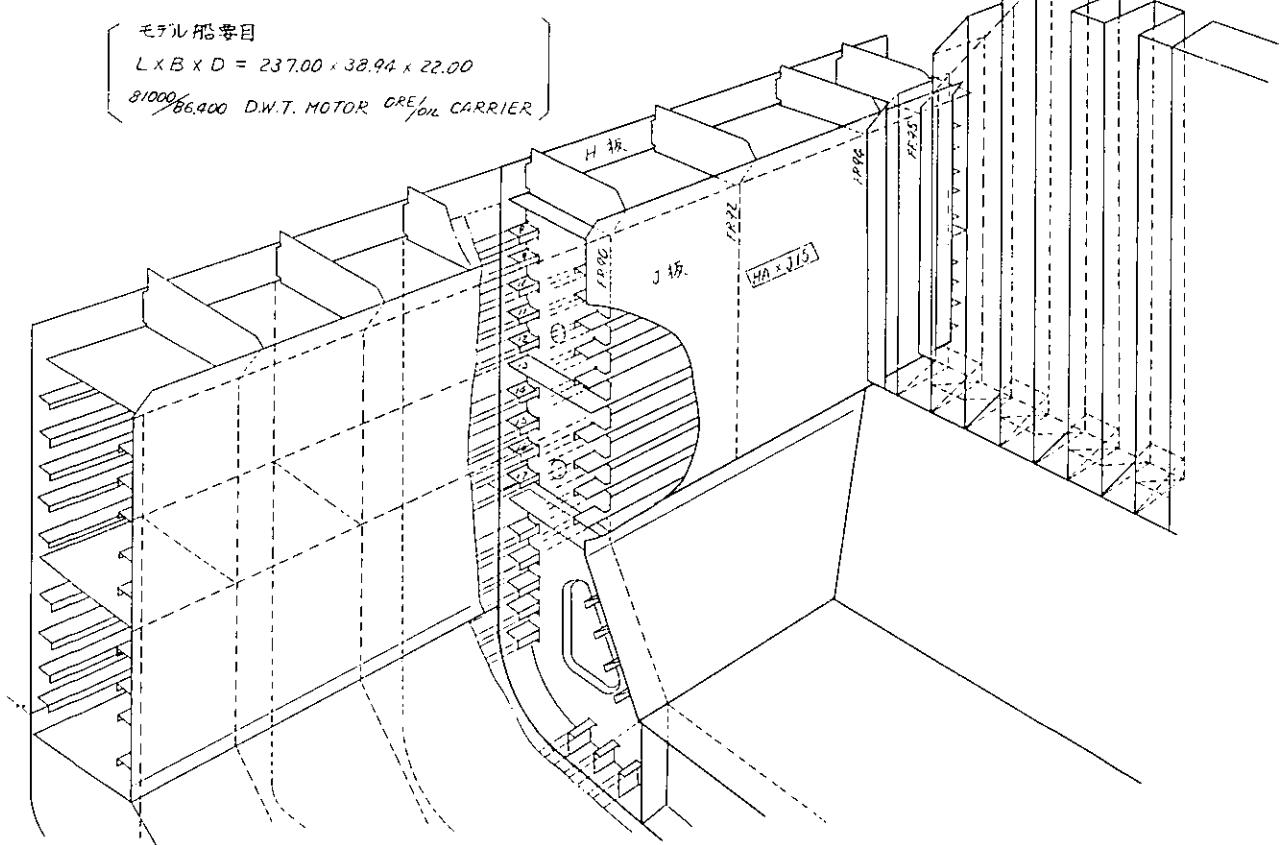
(5) 内構造(接続工程

4. 船側外板 (Double) プロセス
4.1. 概略流れ図





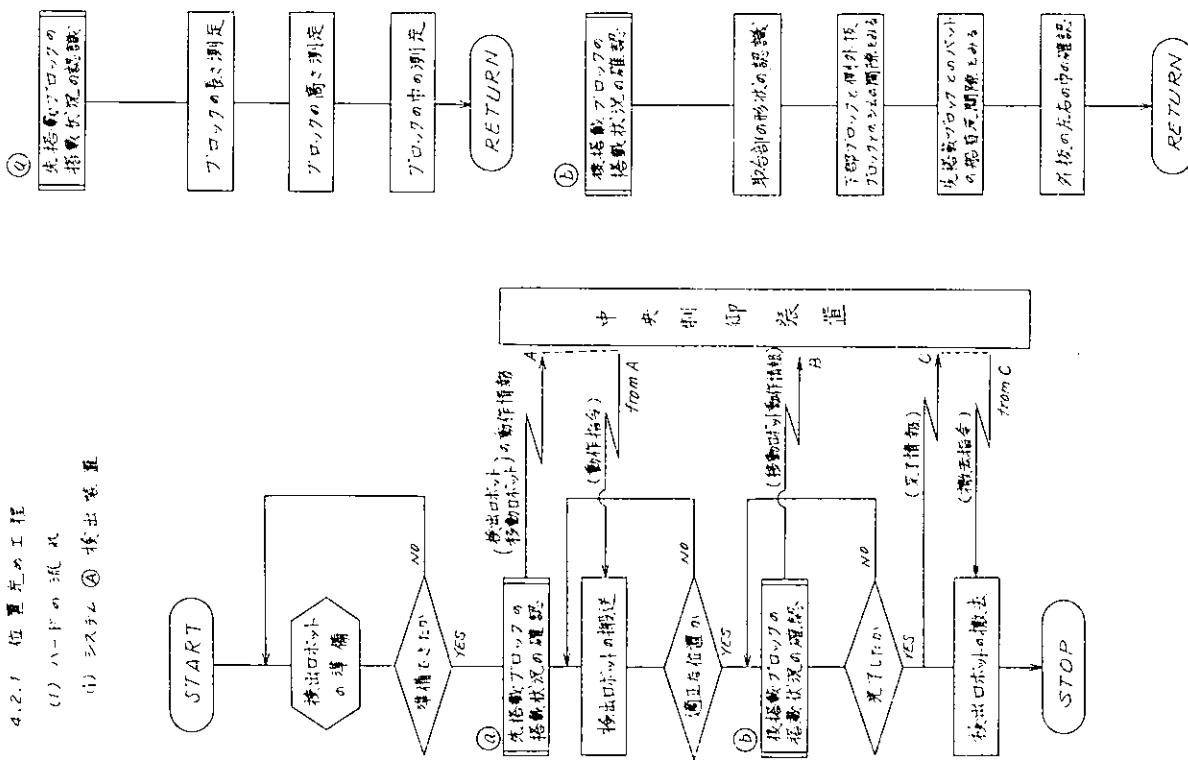
SIDE SHELL (DOUBLE) ブロック鳥瞰図



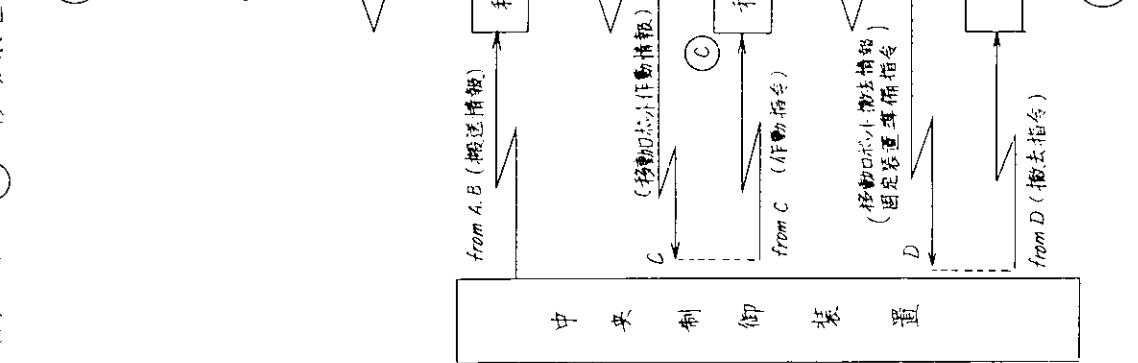
4.2.1 位置点の工程

(i) ハードルの洗浄

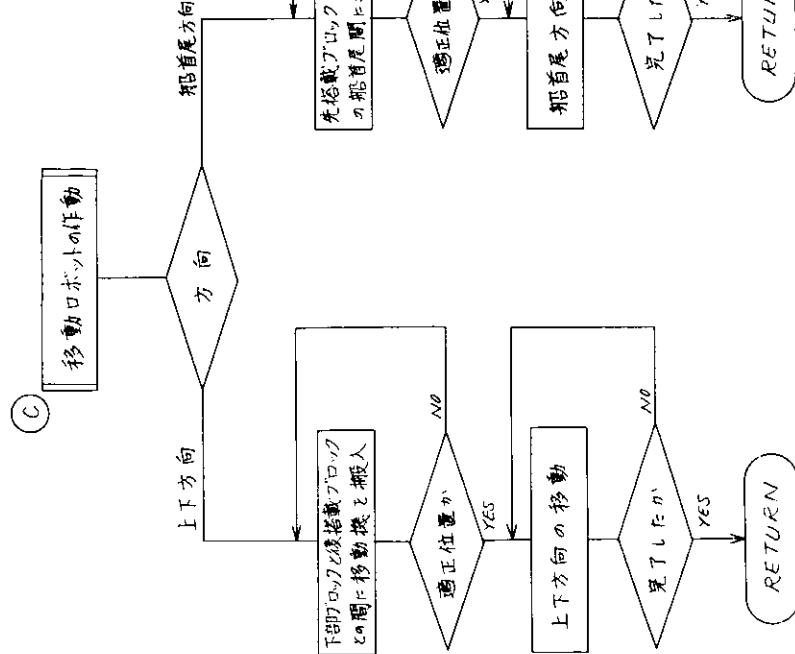
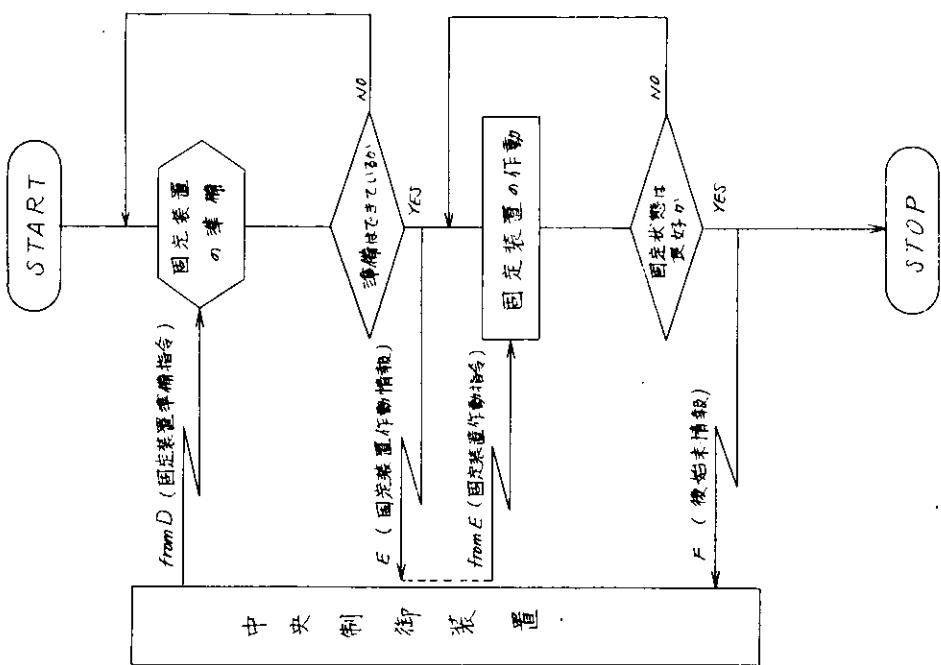
(ii) システム④ 搬出装置



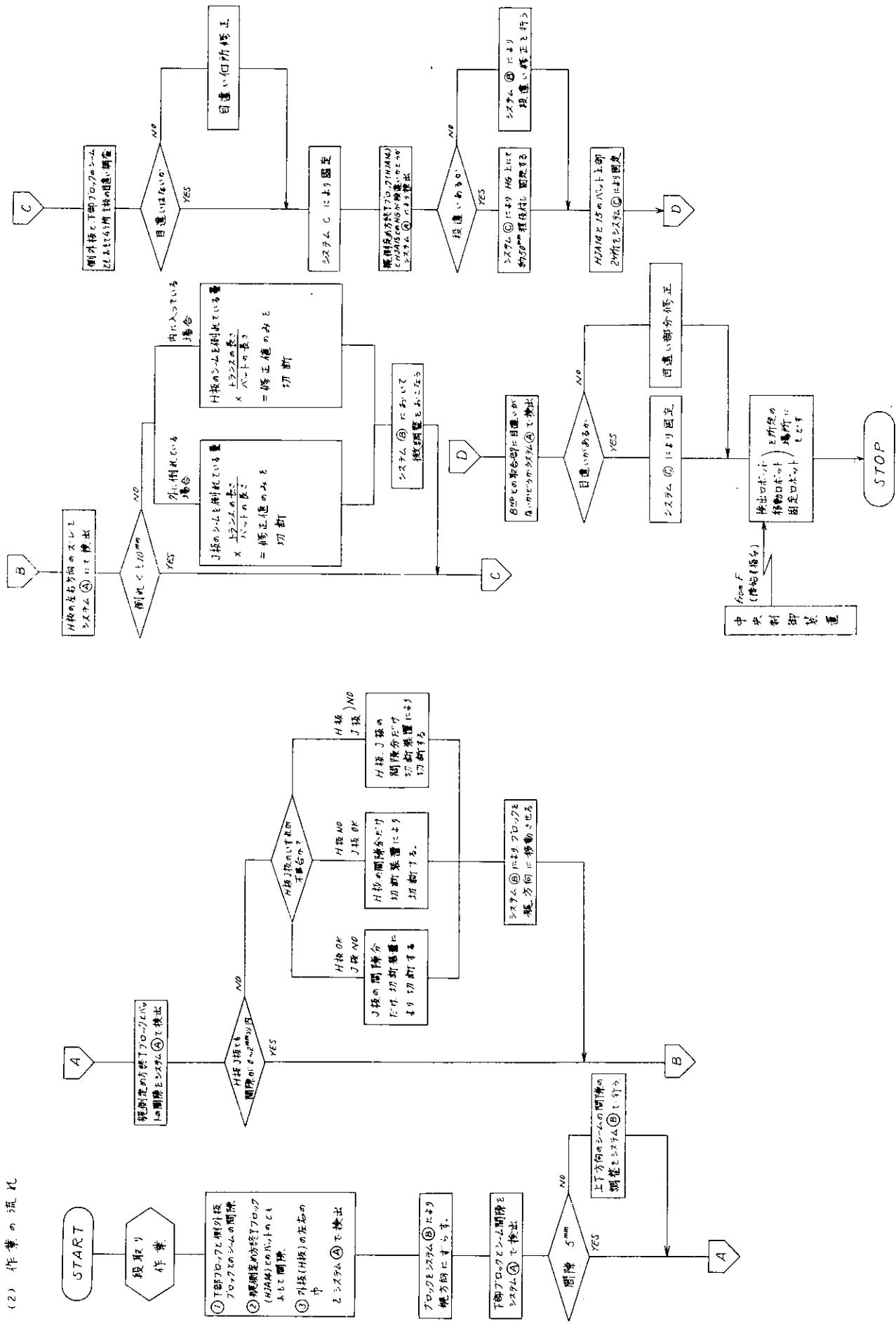
(ii) ライフル(B) 移動装置



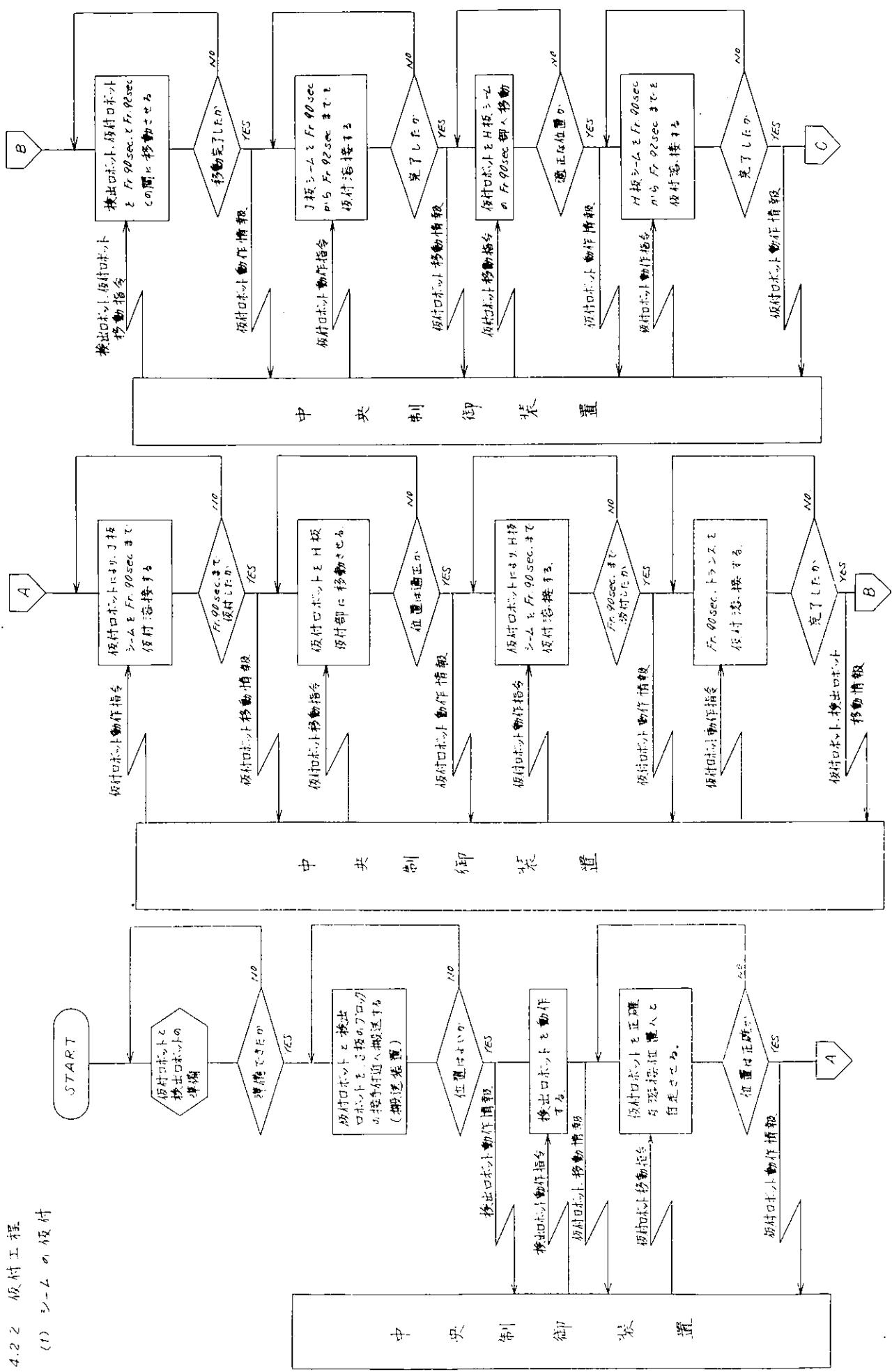
(iii) システム③ 固定装置

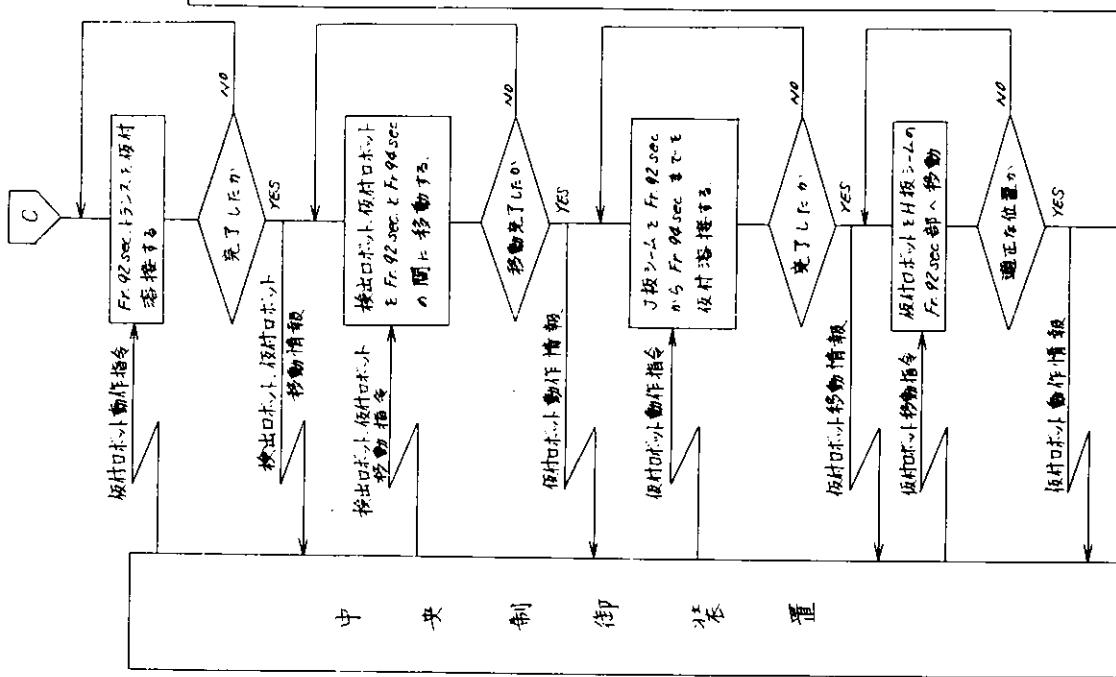
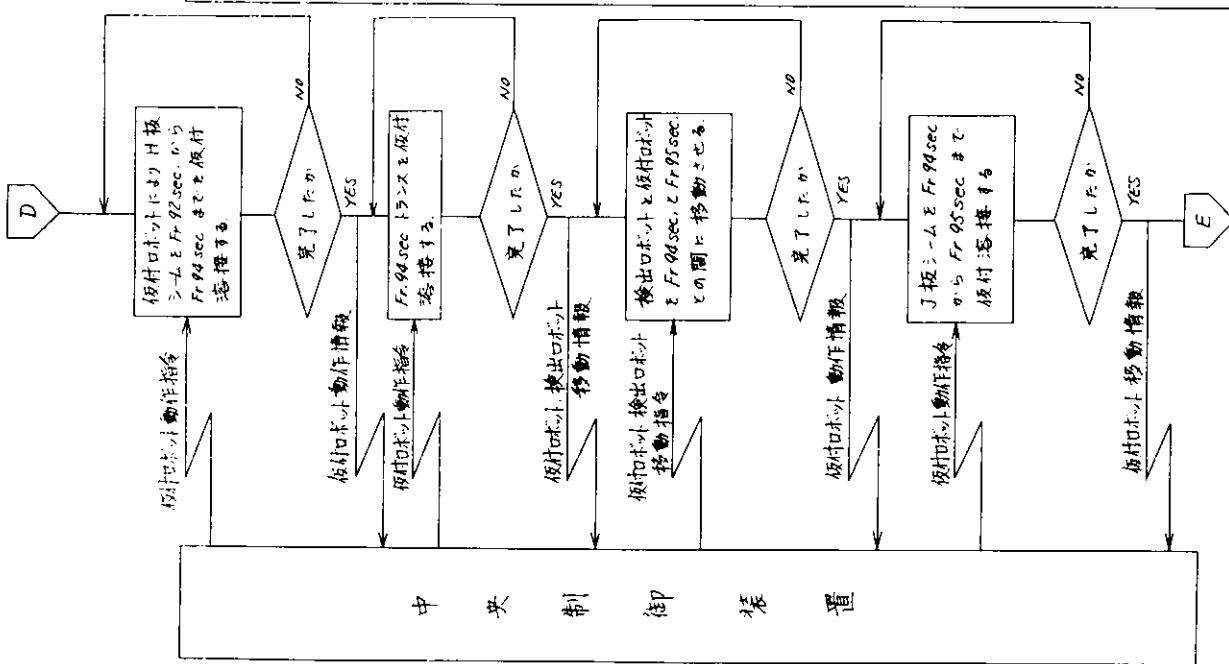
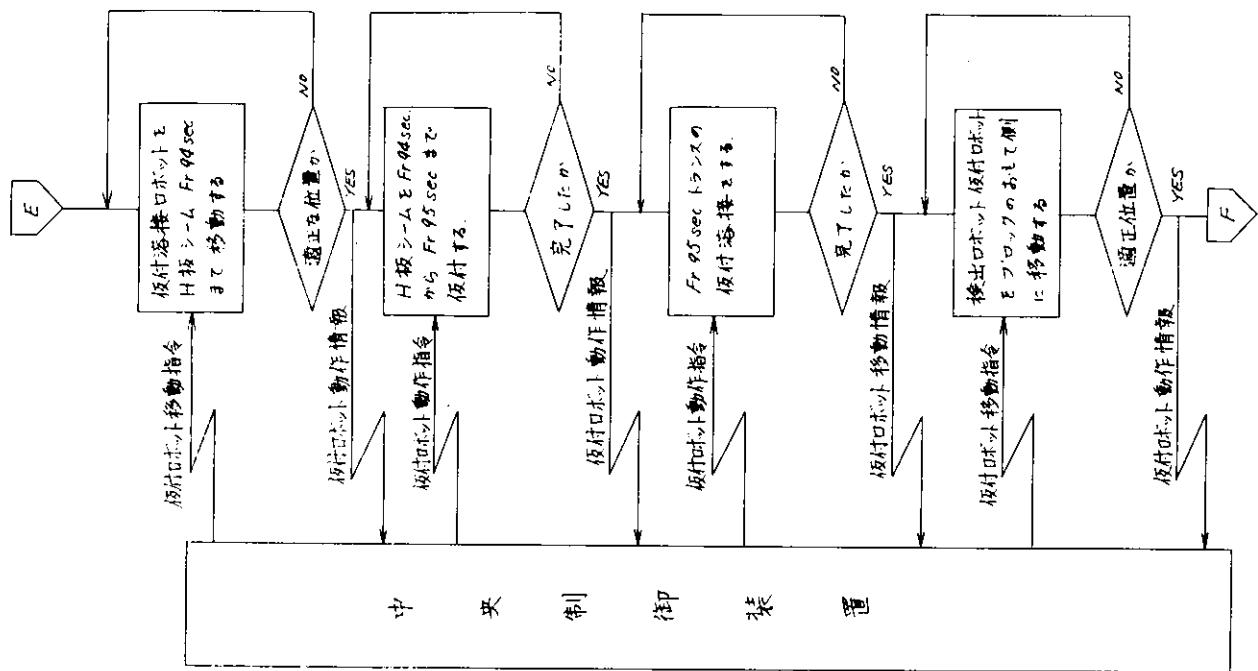


(2) 作業の流れ

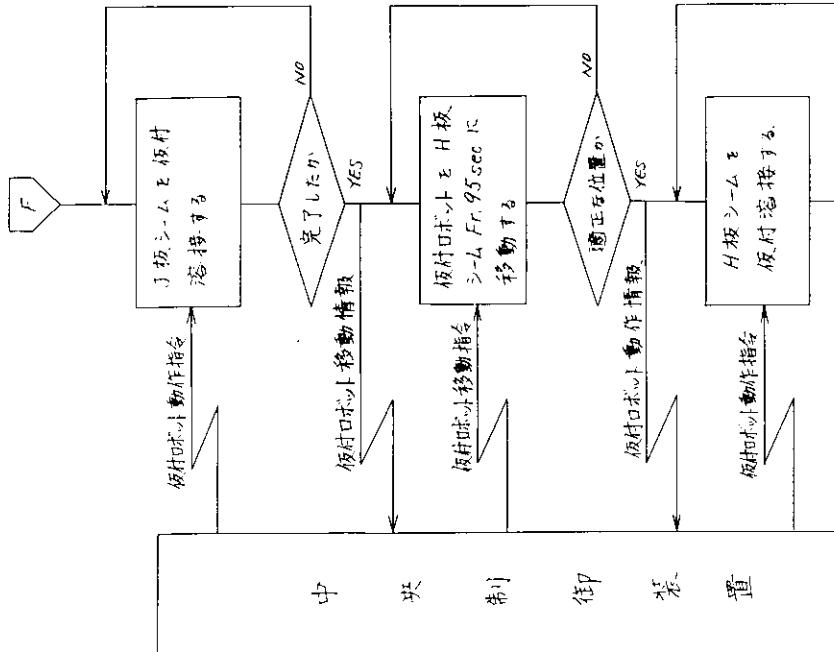
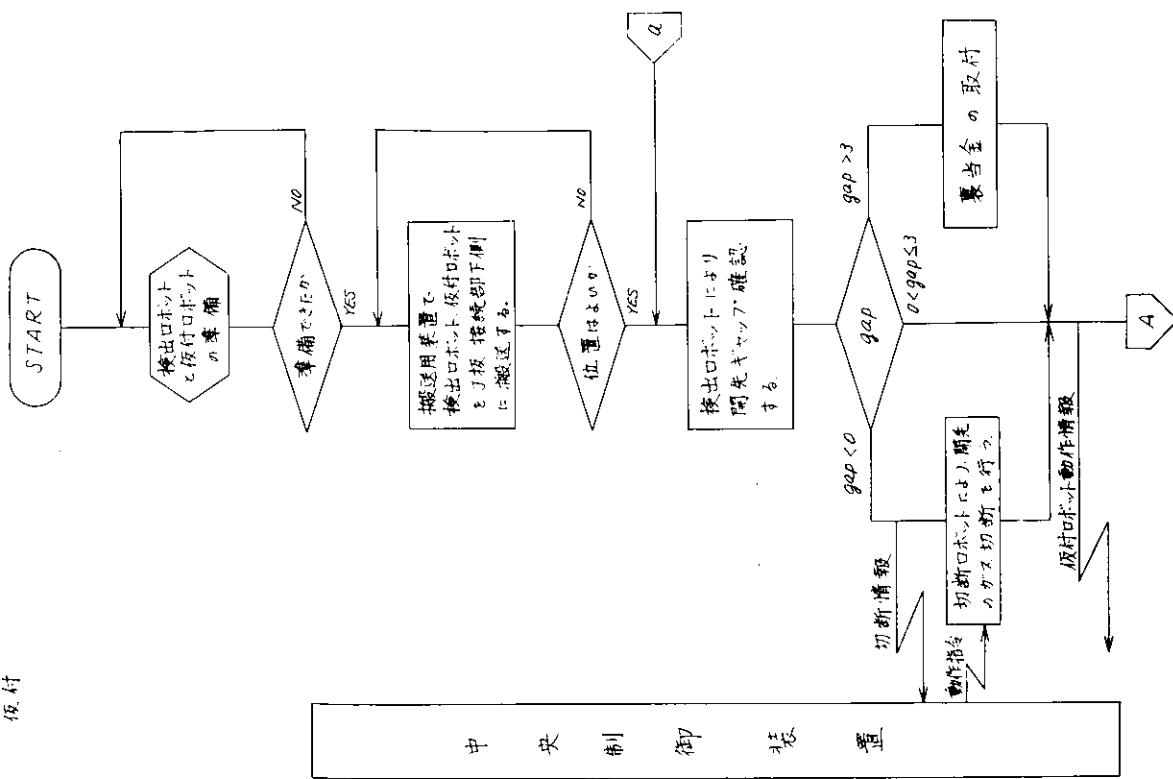


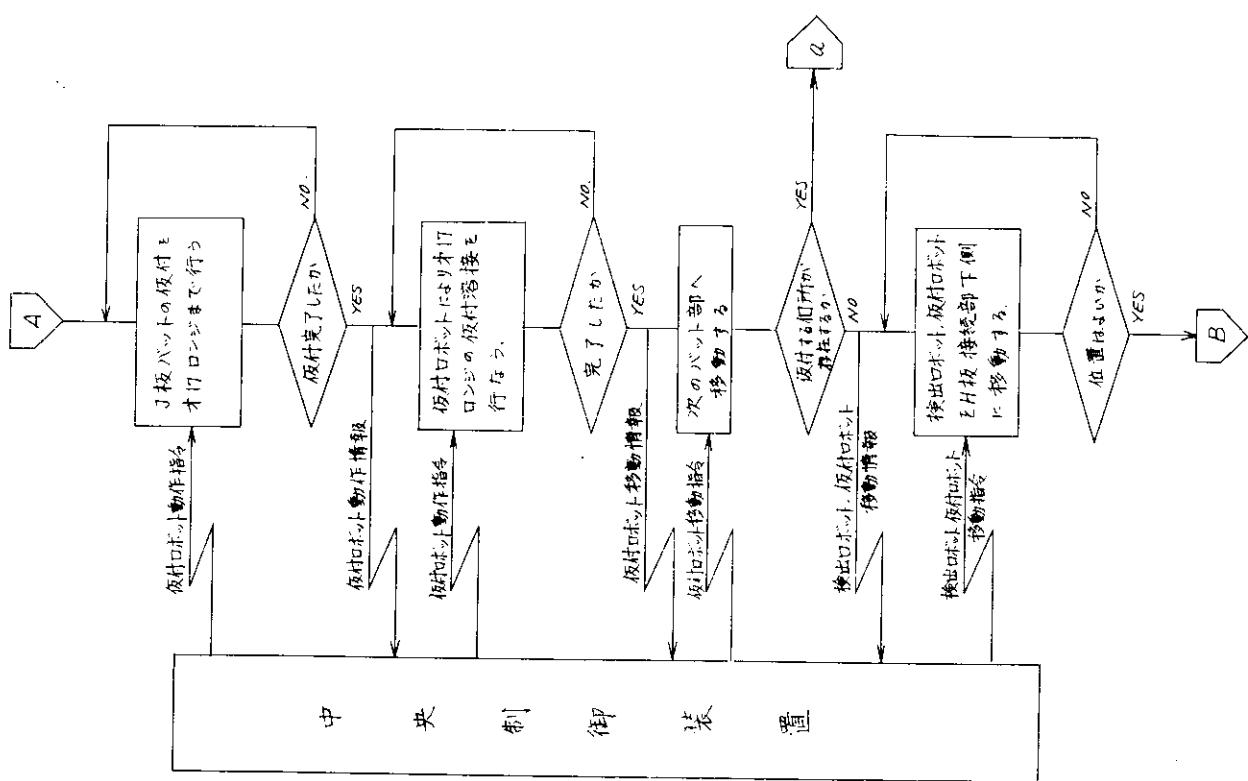
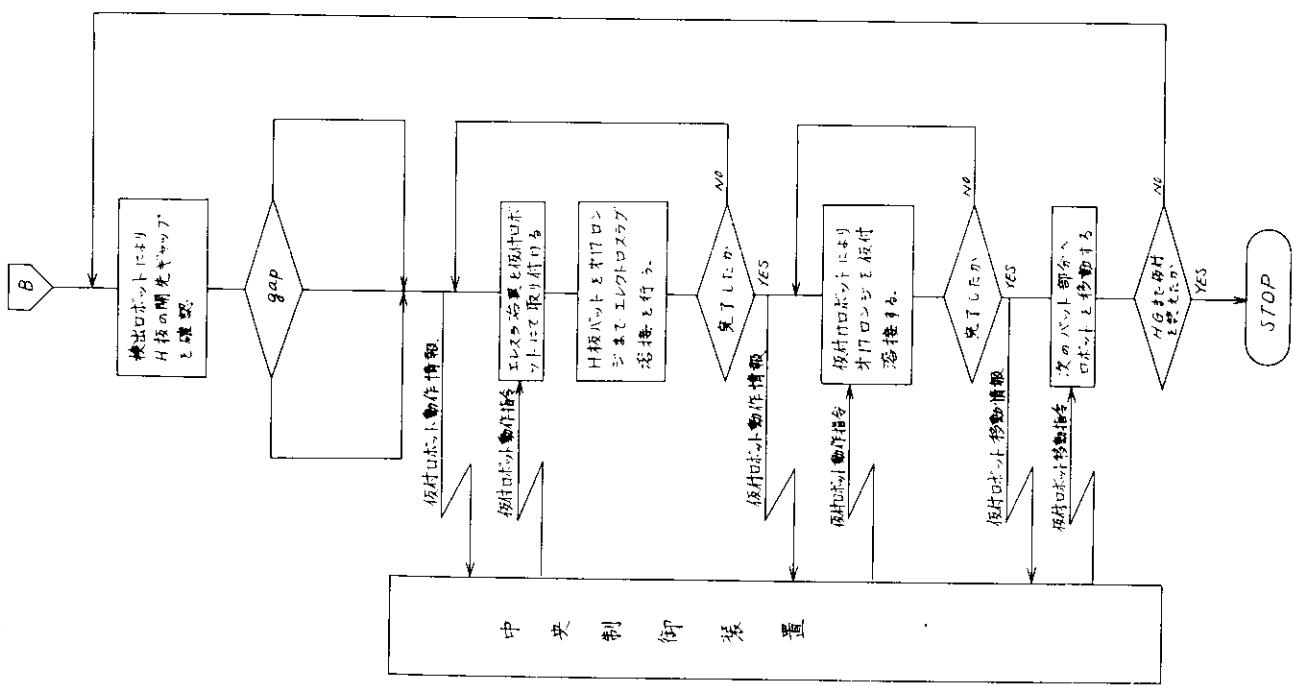
4.2.2 依付工程
(1) ノムル依附



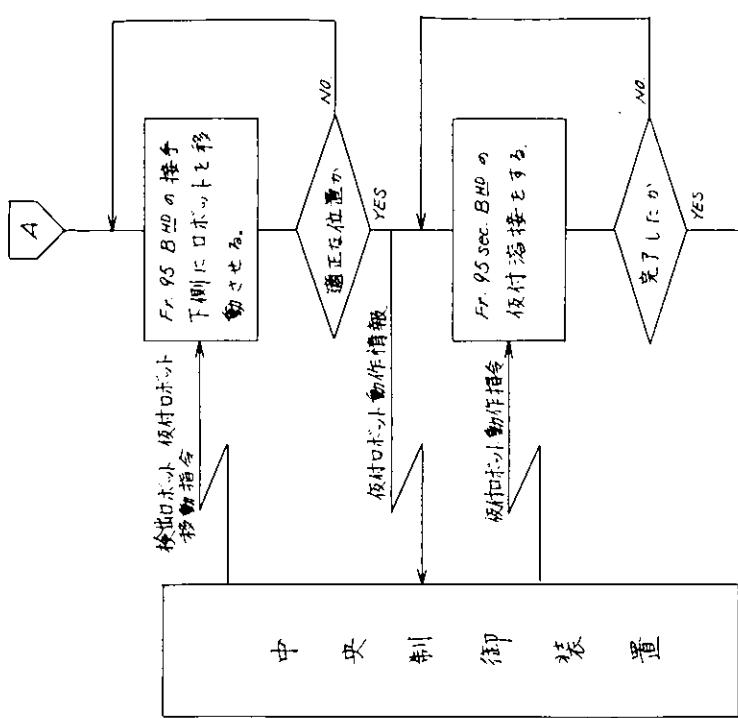
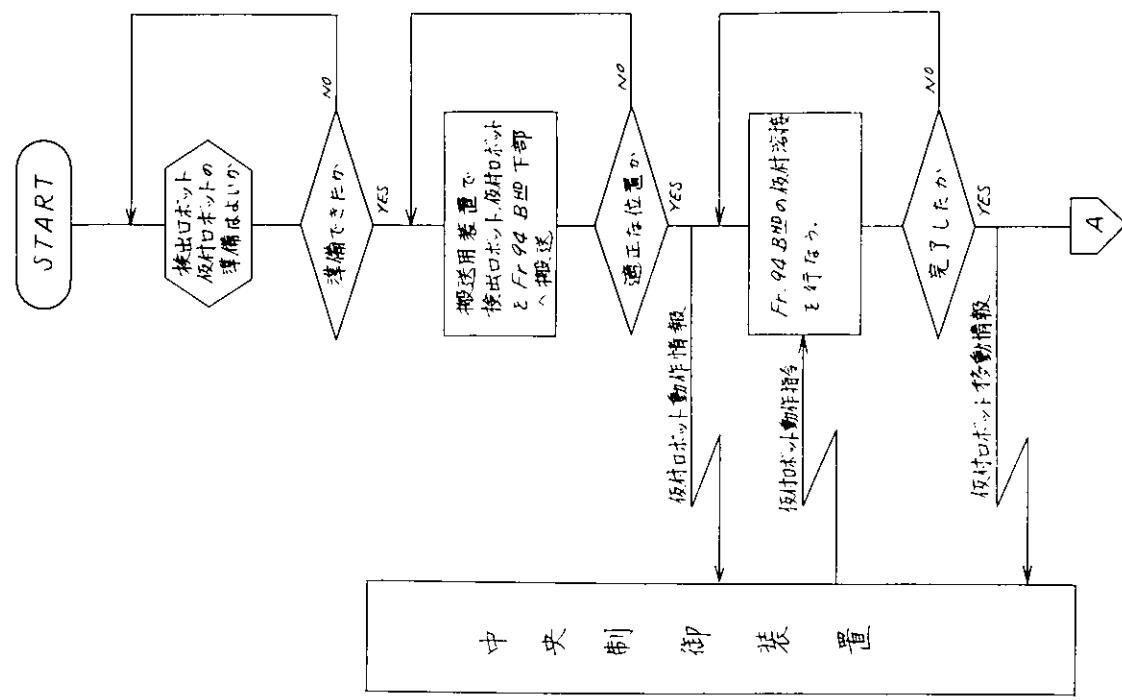


(2) J板 H板のバットローション



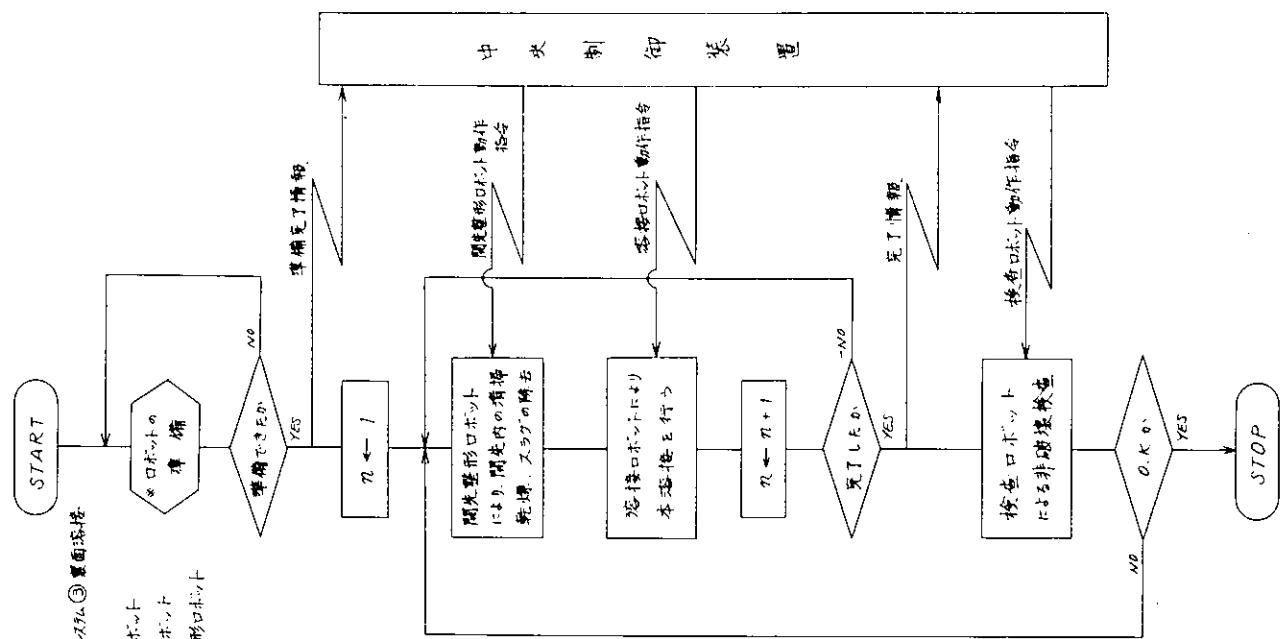


(3) B_{40} の仮付

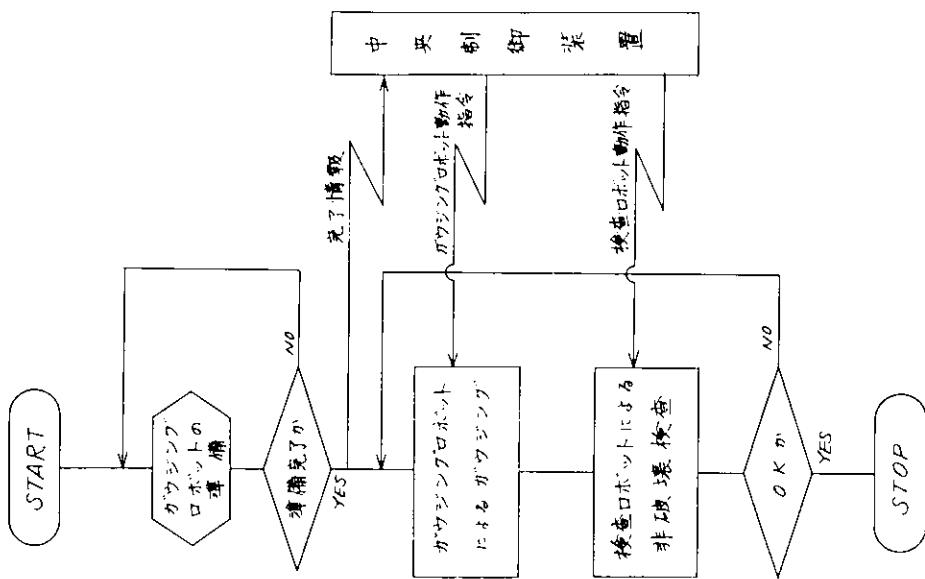


4.2.3 搭接工程
 (1)ハーフの渡れ
 (ii)システム① 焊面添接&ガラスイング③裏面添接

(ii)システム② ガラシング

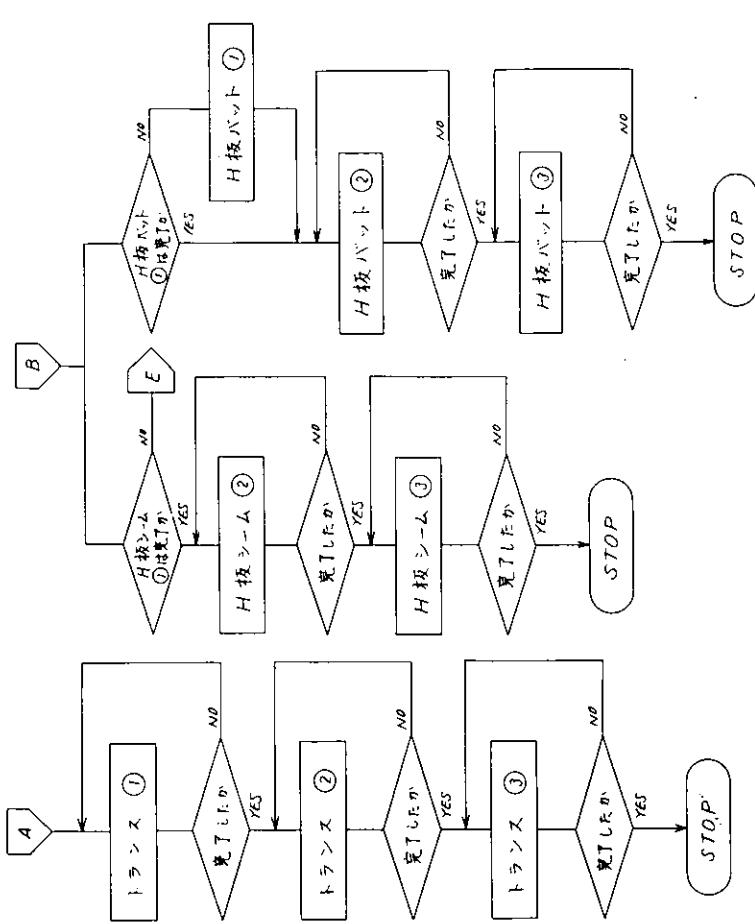
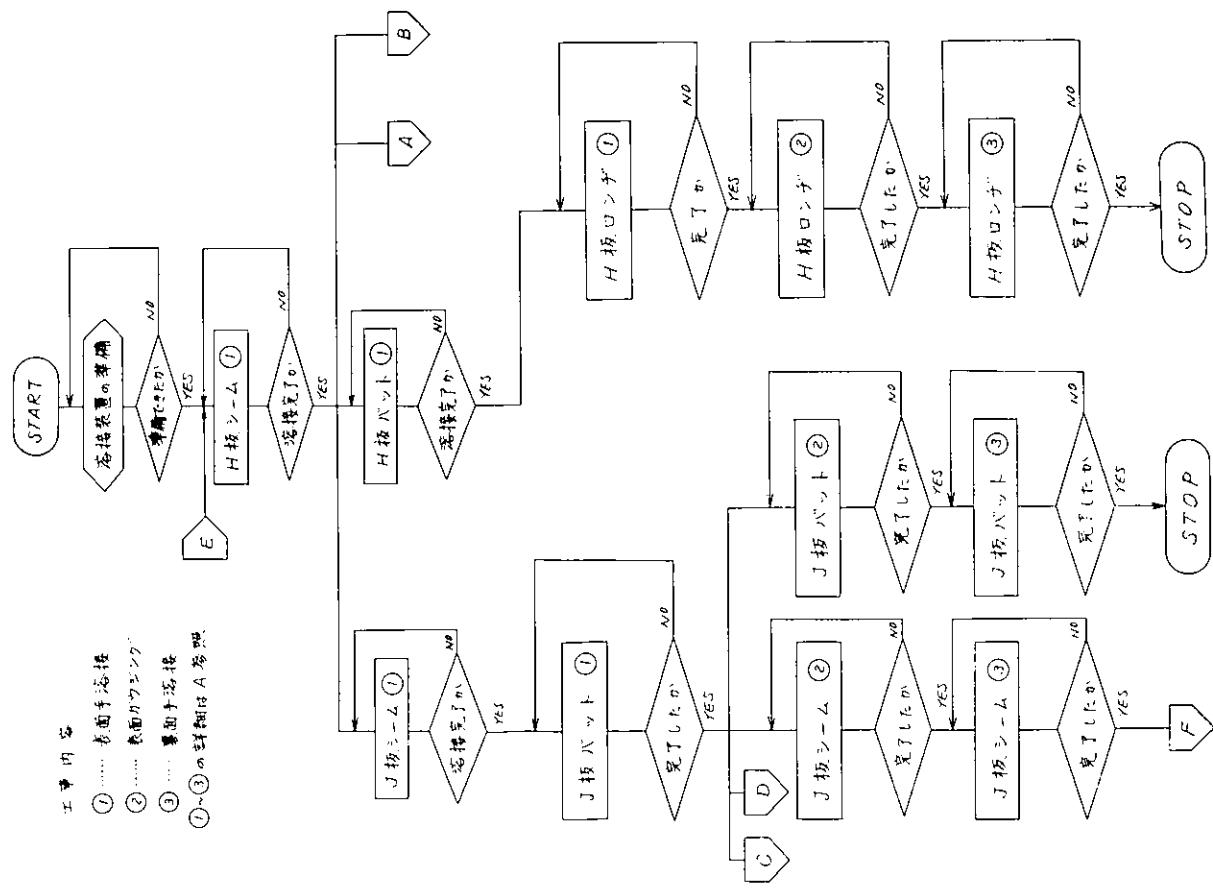


(ii)システム① 焊面添接&ガラスイング③裏面添接



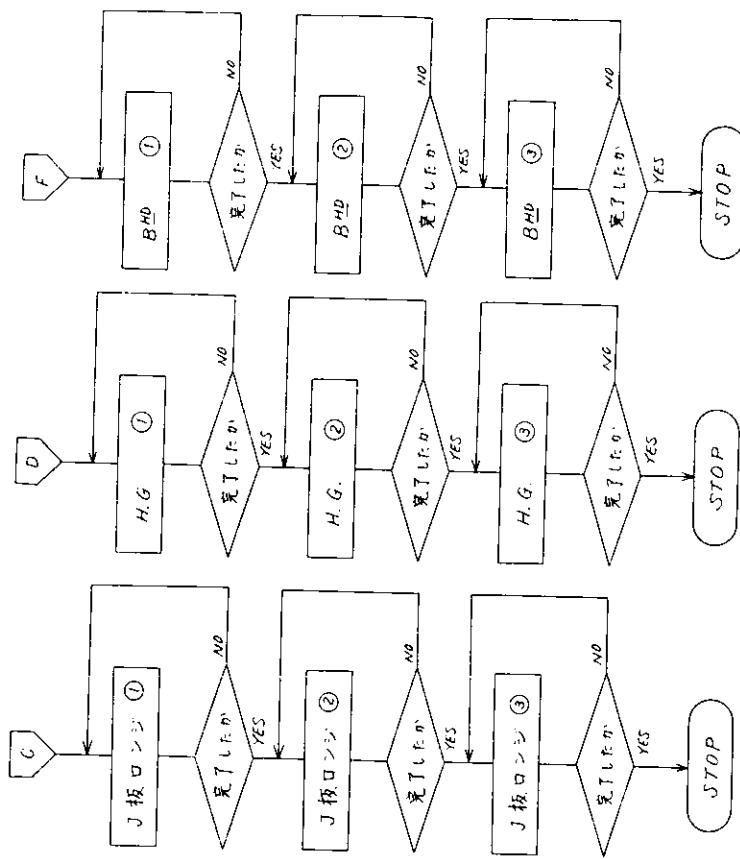
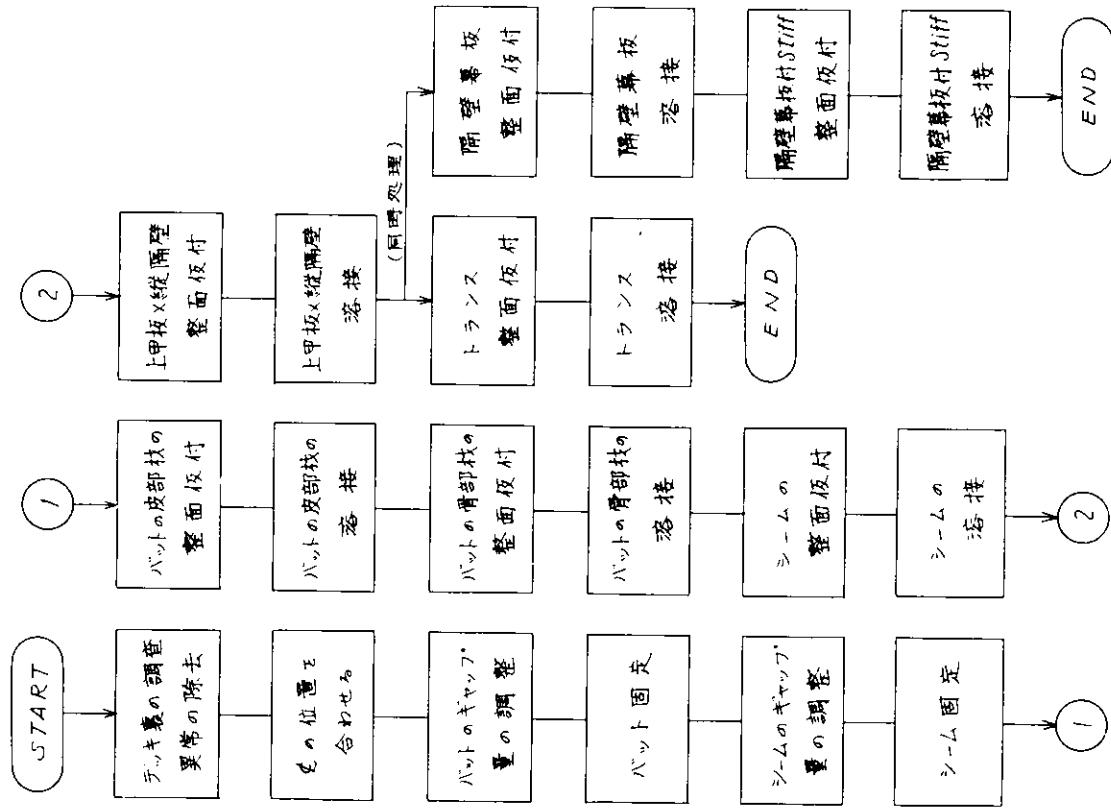
(2) 作業の流れ

- 工事内容
- ① …… 前面手洗接
 - ② …… 純面クリーニング
 - ③ …… 裏面手洗接
 - ④~⑤ の詳細は A 参照



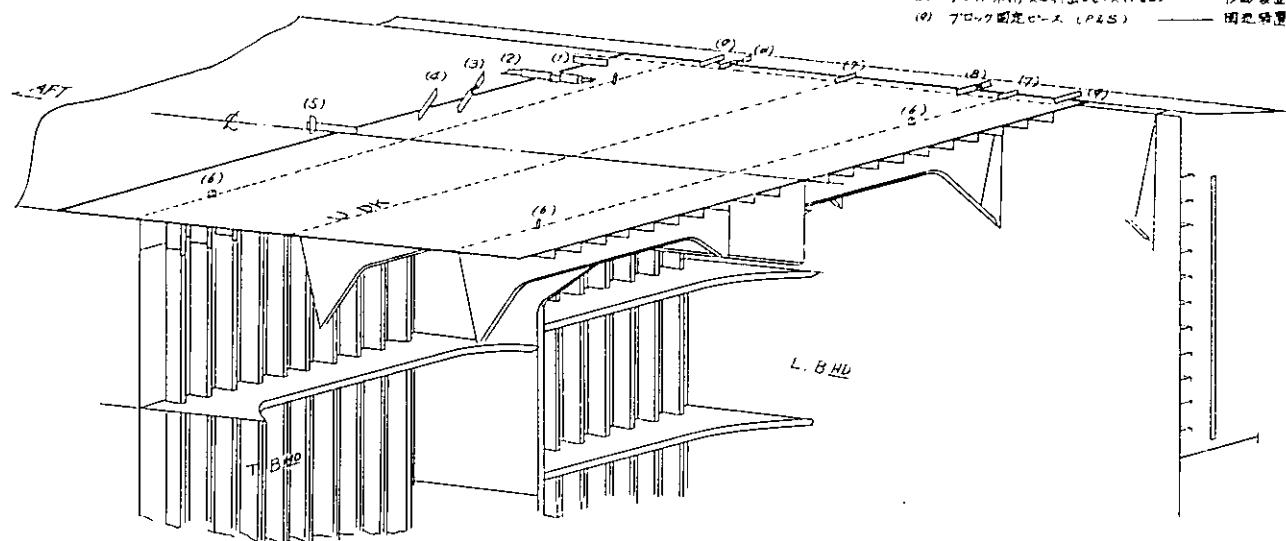
5. 上甲板 (Single) ブロック

5.1 概略流れ図

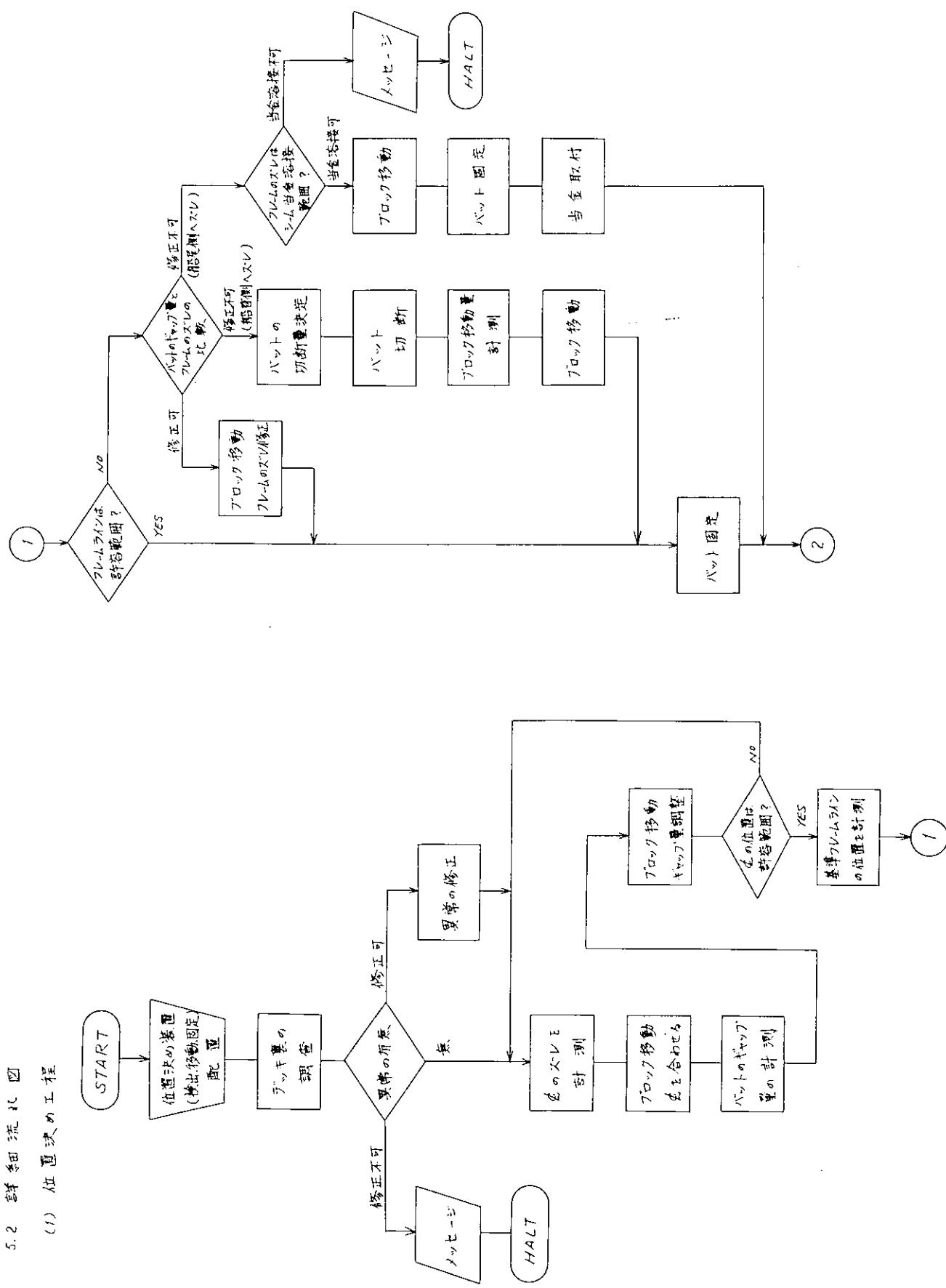


- (1) ブロック固定ビース (P&S) 固定装置
 (2) ブロック引付けビース (P&S) 移動装置
 (3) 引付内栓 (オーバンガードルバー)
 (4) ブロック横滑りビース (P&S) (オーバンガードルバー)
 (5) ブロック固定ビース (E) 固定装置
 (6) ブロック移動用ビース (E)
 (7) ブロック下り止めビース
 (8) ブロック引付けスロット出レバース (P&S) 移動装置
 (9) ブロック固定ビース (P&S) 固定装置

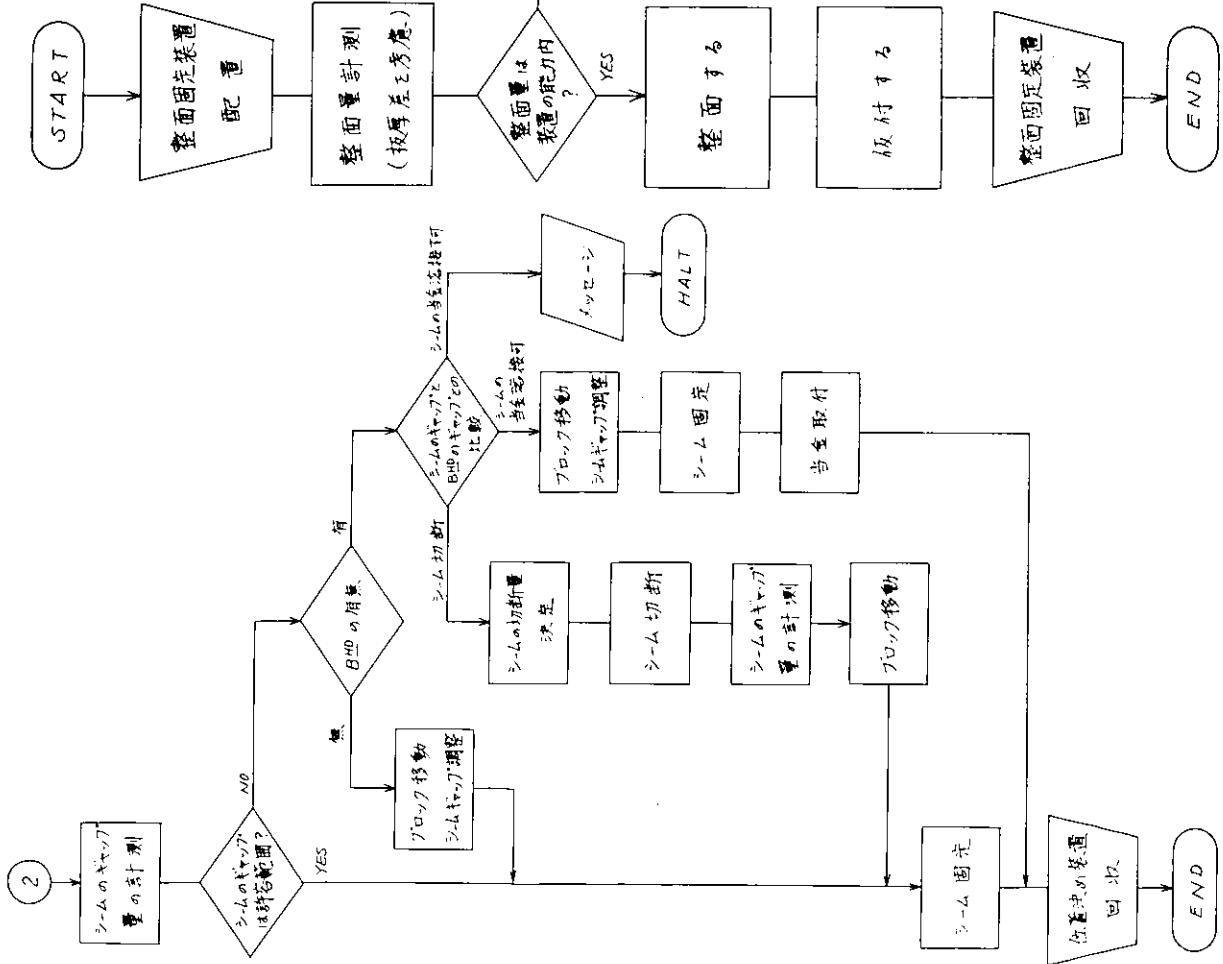
上甲板ブロック鳥瞰図



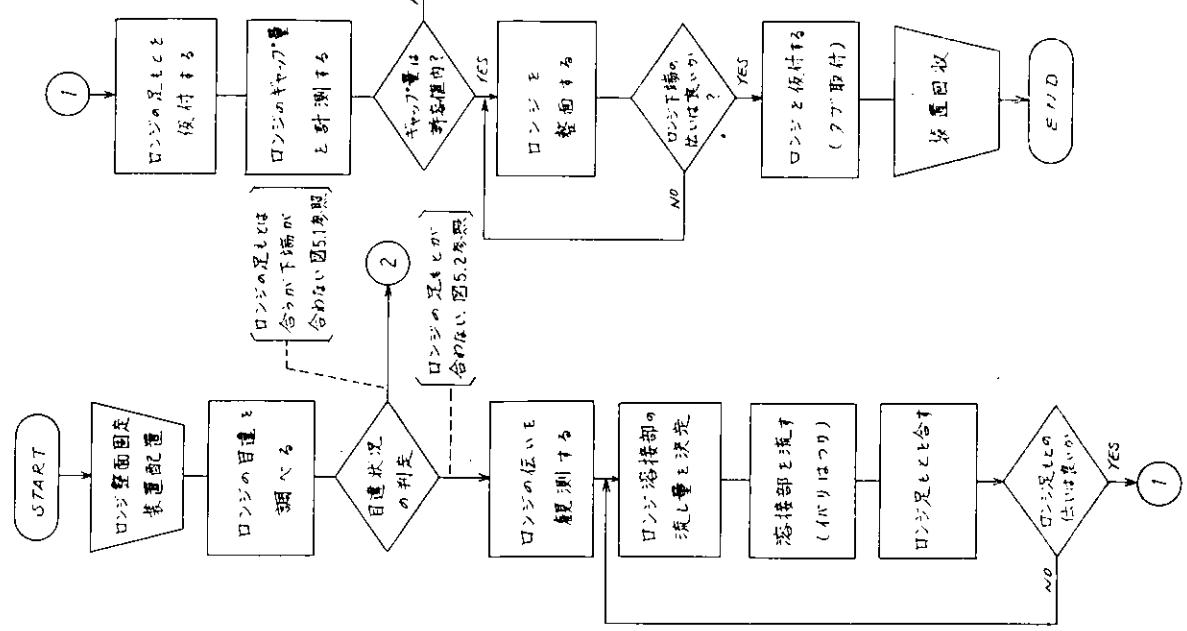
(1) 位置決助工程



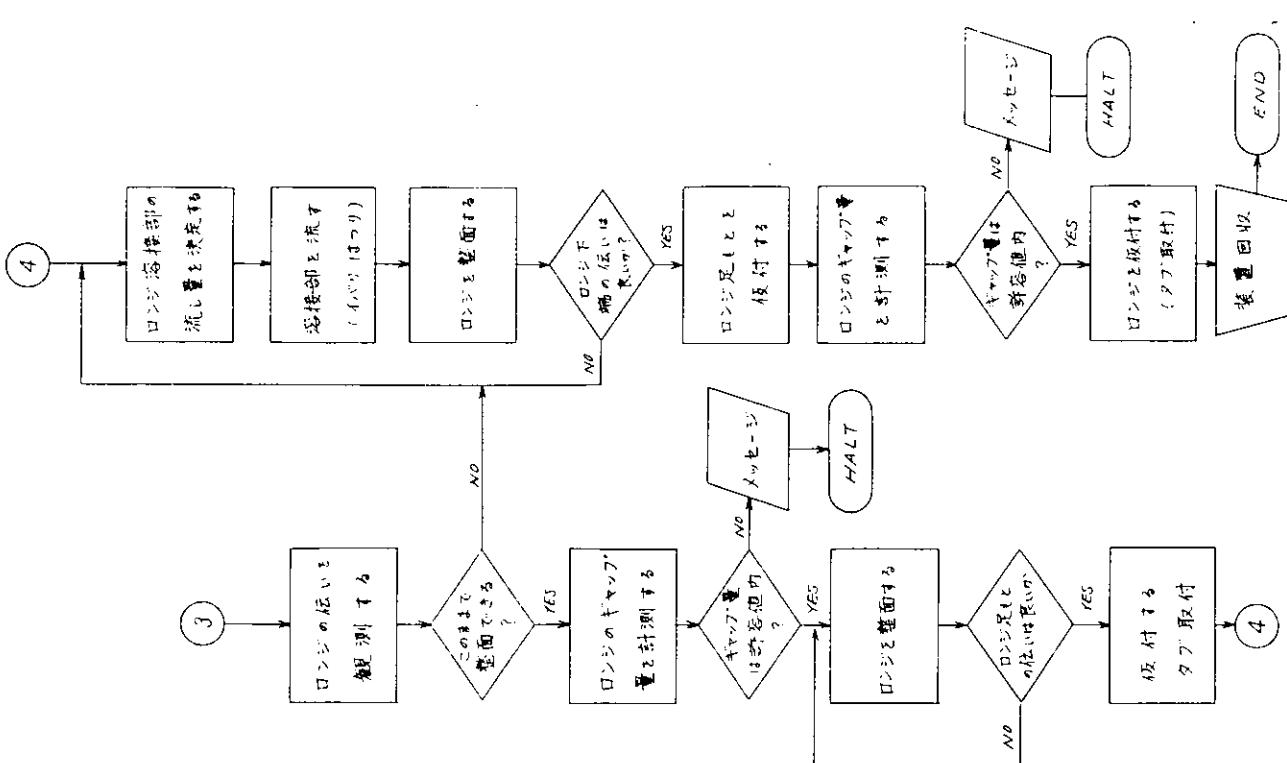
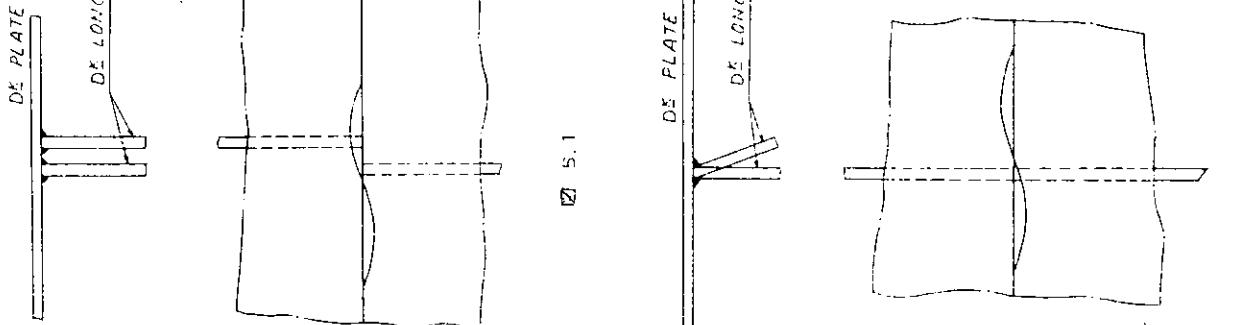
(2) 皮部枝仮付工程



(3) デルキ ロンジ 仮付工程

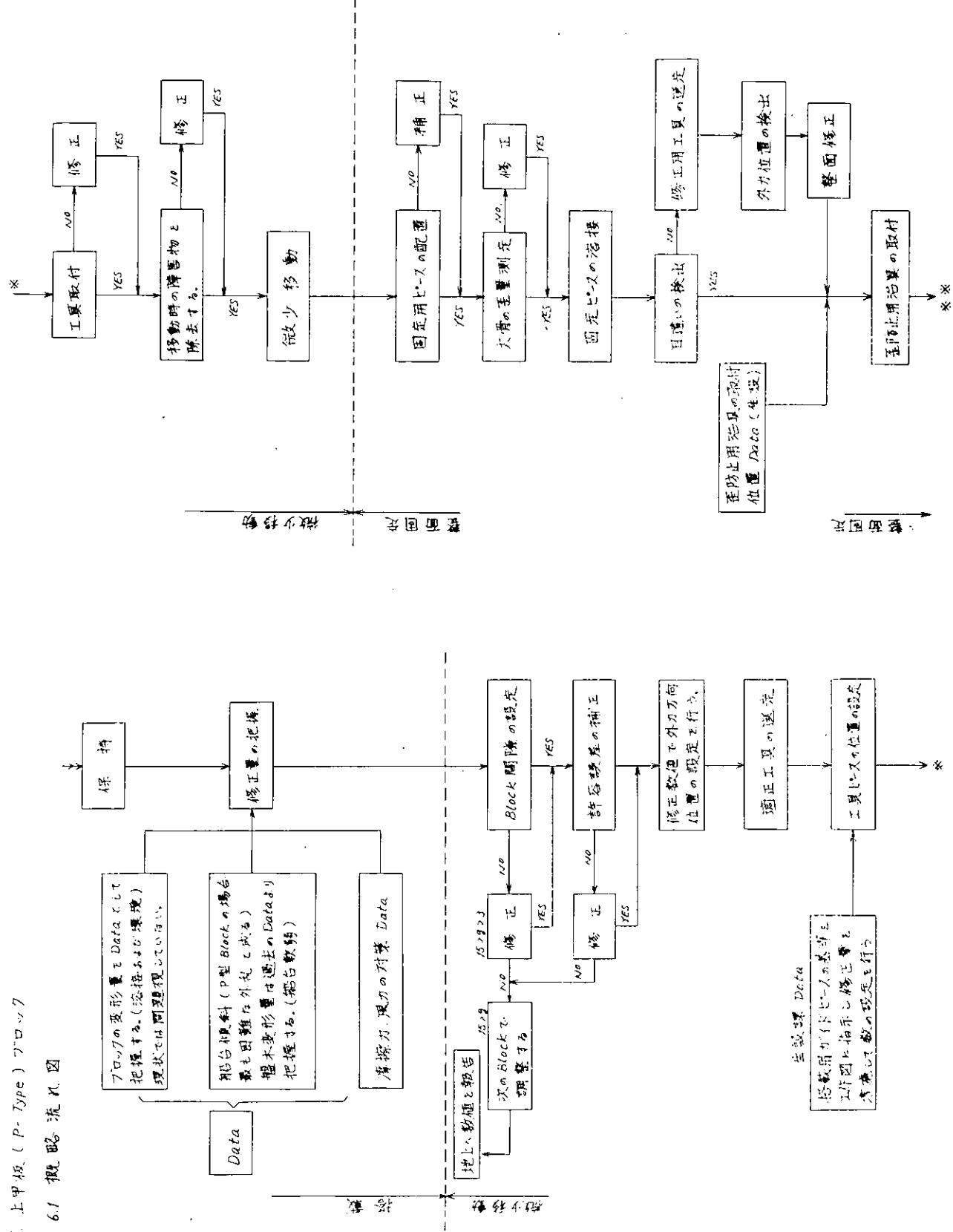


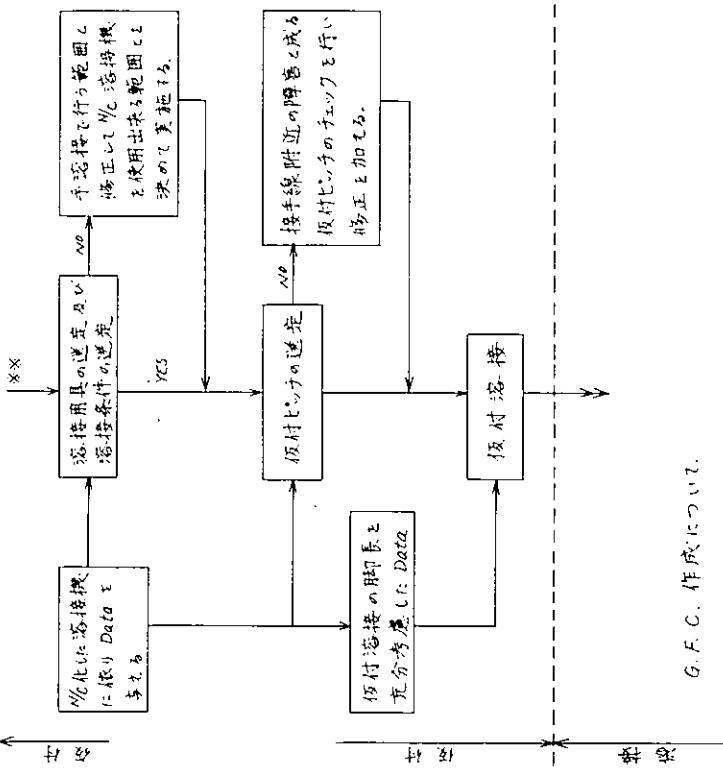
(4) 緊接準備工程 (5) 緊接工程



6. 上甲板 (P-Type) プロセス

6.1 概略流れ図



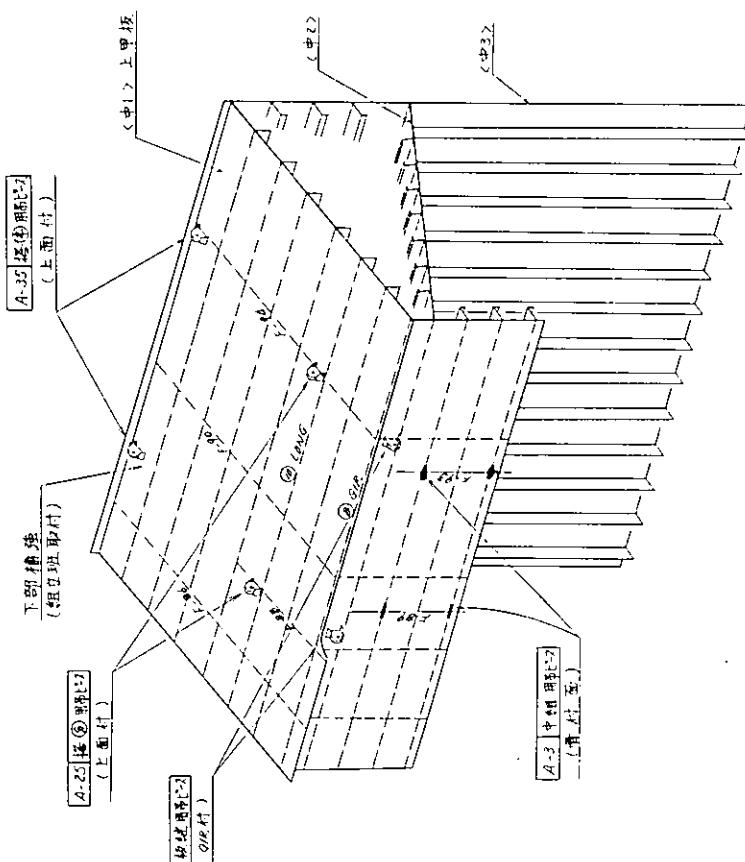


G.F.C. 作成について。

作業種は省略でさる。

- 1 構造作業過程で完全N/C化ができる場合、理場で計測した遮光の測定量が解説から作業を進めることが平道と考える。
- 2 現在の作業とそのままでN/C化する場合、理場で計測した遮光の測定量が解説から外れたら作業を進めることが平道と考える。

- 3 P型 Blockの場合、下部のBlockが固定していると考えると前後左右の微少移動が搭載の基礎變成つておる。盤木の変形量の外乱はむしろ二重底の場合に偏動と成る、反対に船台傾斜による外乱がP型のネックとなると成っている。



P型 BLOCK 図

6.2 詳細流れ図

