

日本船舶振興会昭和48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. 196

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49年3月

社 团 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48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	橋原 二郎	(九州大学)
幹事長	宗 正	(日立造船)
幹事	齊藤 安雄	(日本钢管)
委員	伊藤 義朗	(大阪造船)
	大野 伊佐男	(住友重機械工業)
	飯利 恰	(日本钢管)
	高武 淳夫	(石川島播磨重工業)
	佐藤 邦彦	(大阪大学)
	平良 成則	(石川島播磨重工業)
	竹内 秀司	(川崎重工業)
	津田 尚輝	(石川島播磨重工業)
	根岸 良平	(日立造船)
	正木 喬	(三菱重工業)
	望月 勇	(白杵鉄工)
	山川 正彦	(佐野安船渠)
	尾沢 末男	(田中製作所)
	前沢 祐一	(三菱重工業)
	玉井 正彦	(大阪造船)
	森口 茂	(三井造船)
	仰木 盛綱	(佐世保重工業)
	小野 靖彦	(川崎重工業)
	小泉 和夫	(爾館ドック)
	小林 三蔵	(名村造船)
	鈴木 美暢	(三井造船)
	滝沢	(日立造船)
	辻 勇	(九州大学)
	木村 正英	(三菱重工業)
	藤田 讓	(東京大学)
	増山 雄三	(三菱重工業)
	安田 健二	(日本海事協会)
	横田 金典	(三菱重工業)
	富田 淳	(小池酸素工業)
	笹路 真三	(日本海事協会)

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	稻見 駿	(川崎重工業)
	仰木 盛綱	(佐世保重工業)
	香西 延一	(川崎重工業)
	平良 成則	(石川島播磨重工業)
	根岸 良平	(日立造船)
	尾沢 末男	(田中製作所)
	齊藤 安雄	(日本钢管)
	鈴木 美暢	(三井造船)
	富田 淳	(小池酸素工業)
	正木 喬	(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	齊藤 安雄	(日本钢管)
	平良 成則	(石川島播磨重工業)
	飯利 恰	(日本钢管)
	津田 尚輝	(石川島播磨重工業)

木村正英（三菱重工業） 中山繁（川崎重工業）
河島洋征（三井造船） 前沢祐一（三菱重工業）
徳永照夫（住友重機械工業） 福間義典（住友重機械工業）

船台船渠小委員会委員名簿

（敬称略、順不同）

委員長	竹内秀司（川崎重工業）	
委員	伊藤義明（大阪造船） 小野善三（佐野安船渠）	
	加藤孝雄（三菱重工業） 横田金典（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） 瀬尾肇（日立造船）	
	高嶋徹司（名村造船） 滝沢滉（日立造船）	
	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） 伊予進（日立造船）	
	佐藤信武（石川島播磨重工業）	

目 次

1.はじめに	1
2.加工工程	3
2.1 研究の概要	3
2.2 ガス切断の作業分析	4
2.2.1 ガス切断の作業分析およびその流れ図	4
2.2.2 点火、切断における機械化、自動化のための制御因子の調査	14
2.2.3 分析結果のまとめ	19
2.3 センサーに関する基礎実験	19
2.3.1 実験1	19
2.3.2 実験2	24
2.4 切断用ロボットの要求仕様	27
2.4.1 切断用ロボットの構成	27
2.4.2 自動走行装置仕様	28
2.4.3 自動切断装置仕様	28
2.5 切断用ロボットT型	29
2.5.1 機構	29
2.5.2 工場実験	40
2.6 切断用ロボットX型	51
2.6.1 機構	51
2.6.2 工場実験	62
3.組立工程	68
3.1 研究の概要	68
3.2 銅板整面ロボット(PABOT)選定理由	69
3.2.1 曲り外板整面作業の現状	69
3.2.2 PABOTの機能	69
3.2.3 PABOT選定の理由	69
3.3 曲り外板組立作業の実態調査	69
3.3.1 整合力の計測	69
3.3.2 曲り外板ブロック板縫ぎ作業の分析	74
3.4 PABOTの製作仕様	80
3.4.1 目的	80
3.4.2 設計条件	80
3.4.3 装置の内容	81
3.4.4 操作方法	83
3.4.5 装置の主要仕様	83
3.5 PABOT検出機構の設計と製作	92

3. 5. 1 概要	9 2
3. 5. 2 設計条件	9 2
3. 5. 3 装置の内容と機能	9 2
4. 船台・船渠工程	9 8
4. 1 研究の概要	9 8
4. 2 ハードウェアの調査	9 9
4. 2. 1 調査の目的	9 9
4. 2. 2 船台・船渠工程における治工具について	9 9
4. 2. 3 船台・船渠工程におけるハードウェア	9 9
4. 2. 4 調査の結果	1 0 5
4. 3 船体登はん装置	1 1 9
4. 3. 1 選定理由	1 1 9
4. 3. 2 船体登はん装置の仕様	1 1 9
4. 4 船体登はん装置に関するシミュレーション	1 2 3
4. 4. 1 シミュレーションの目的	1 2 3
4. 4. 2 シミュレーションの前提条件	1 2 3
4. 4. 3 シミュレーションの手法	1 2 7
4. 4. 4 シミュレーションの結果	1 2 9
5. 次年度研究計画	1 3 0
5. 1 加工工程	1 3 0
5. 2 組立工程	1 3 0
5. 3 船台・船渠工程	1 3 1
6. まとめ	1 3 2

1. はじめに

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

現在 NC ガス切断機によるけ書き、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、NC 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入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幅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 NC 機、自動化機に適応制御をとり入れることによって、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っては、対象を船殻工作のみにかぎることとし、次の 2 項目を作業の骨幹として研究を進めるとした。

1. 適応制御応用作業の調査研究
2. 適応制御機構の開発

またこの研究は昭和 47 年度を初年度とする 3 か年の継続研究とし、研究を進めるにあたって、工程別に加工・組立・船台船渠の 3 小委員会を組織した。

初年度における研究は主として基礎研究となるものであった。まず全工程にわたって造船工作の機械化、自動化に必要な制御因子を調査した。この調査によって、制御という観点からの造船作業の分析を行なうことができた。ついで適応制御の応用に関する調査を行ない、その可能性を追求した。その結果、加工工程ではガス切断加工、鋼板あるいは型鋼の曲げ加工などに適用可能であるという結論を得た。

また組立工程では曲り外板ブロックの組立作業を研究対象とすることとし、このステージにおける自動化および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。

船台船渠工程においては、この工程における作業そのものの解明から出発することとした。すなわち機能を中心として考えた新しい作業区分をつくり、この区分にしたがって制御フローを作成したが、この研究を通じて船台船渠工程において自動化の対象とされる作業の種類が明らかとなった。

これらの結論に基づき、昭和 48 年度の研究として下記の項目を選択した。

1. 加工工程

切断用ロボットに関して実験機の試作および研究を行なう。内訳は次のとおりである。

(1) 自動走行装置に関する研究

鋼板上を無帆条で走行し、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、位置検出方式とも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 ~ 30 mm の鋼板を対象とし、直径 40 ~ 400 mm 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。

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、内部構造部材の枠組構造と板継ぎされた外板とのフィッティング等、組立制御に必要な力を計測する。

(3) 適応制御機構をもった自動組立機の研究と製作仕様書の作成。

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概略仕様と(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っ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。

本報告書は上記の計画に従がって行なった昭和48年度の研究の成果をまとめたものである。

2. 加工工程

2.1 研究の概要

昭和47年度は加工工程全般すなわち準備、け書き、切断、部材整理、曲げの各ステージを対象に機械化、自動化に必要な制御因子を抽出した。その結果、準備、け書き、部材整理の各ステージは工場固有の設備やシステムとの関連が深く汎用的な適応制御を考えにくいこと、曲げステージは魅力のある分野であるが現状では技能に頼り技術的に不明な点が多いこと、切断ステージはガス炎の調整など適応制御機構を開発しやすく効果も期待しうることなどが明らかになった。また全ステージを通じセッティング作業の自動化が諸設備の稼働効率向上と省力化に寄与しうることが確認された。

前述した調査結果を背景に、セッティング機能を持ち、さらにガス炎調整の第1歩として切断不能状態を確実に検出し、作業を停止しうる切断用ロボットの開発に焦点をしづることとし、その切断用ロボットに要求される仕様の検討を行なった。

さらに、これをNC切断機と併用して円孔などを切断させる場合のシミュレーションを行ない効果が期待できることを確認した。

昭和48年度は昭和47年度の検討をもとに、まずセッティング用センサーおよびガス炎調整用センサーに関する基礎実験を行ない、要求仕様どおりの性能を具体化できることを確認したのち切断用ロボットを試作した。なおガス炎調整用センサーの基礎実験については昭和49年度にまとめて報告する予定である。

切断用ロボットは自動走行装置と自動切断装置は1体に組み立て連動させるものとした。自動走行装置は鋼板上に書かれた直線または緩曲線を追跡し、特定のマークを検出して減速停止するものである。従来のアイトレーサーに比較し、ばらつきが大きくコントラストの少ない誘導線を高速で追跡すること、減速停止マークなどを解読すること、切断後、しばらく無誘導で走行し、ふたたび誘導線を検出することなど多くの適応制御的機能を備えている。

自動切断装置は円孔のピアシングから切断終了までを自動的に行なうもので、ガス炎調整用センサーの第1段階として切断不能状態を検出し装置を停止させる機構を備えている。

切断用ロボットはT型およびK型の2台を試作した。

同一要求仕様から出発し、ともに要求仕様をほぼ満足しているにもかかわらず、両者は走行・切断の機構、外形などあらゆる面でつぎに示すように著しく異なったユニークなものとなった。

		T型	K型
走行装置	け書き線	チョーク(線幅平均8mm)	け書き線または白色テープ(線幅平均2mm)
	誘導方式	無誘導区間は直進、停止、最終停止マーク識別	全区間誘導、減速、停止、最終停止マーク識別
	駆動方式	3輪車方式で前輪が駆動と操舵、後2輪は従動	自動切断機台車を利用し前1輪が操舵、後2輪が駆動
	走行速度	無誘導8.8m/min 誘導1.2~6.9m/min	早送り 減速後
	制御装置	搭載	分離
切断装置	円切断	従来の円切断機を改良 50~400mmφ	極分解方式のシミュレータ利用 50~400mmφ
	ピアシング	自動ピアシング後円周に直角に入る。	自動ピアシング後うず巻き状に円周に入る。
	切断不能検出	フォトトランジスターにより輝度変化検出	フレーム電圧低下により検出
	走行用センサーとの関係	切断中心と約700mmのオフセットあり	切断中心と一致

T.K両型式の切断用ロボットの自動走行性能、自動切斷性能および自動走行切斷性能について工場実験を行なった結果両型式の基本的特徴が調査できた。また両型式とも要求仕様に対しては期待どおりの性能を発揮した。今回試作した切断用ロボットはそれ自体適応制御機構を持つ独立した装置として実用に供しうるものではあるが、さらに自動走行装置が各ステージにおけるセッティング作業の適応制御化、また自動切斷装置がガス切斷ステージ全般の適応制御化のワンステップとなることを期待したい。

また本年度は切断作業の適応制御を念頭におき、ガス切斷ステージに焦点をしぼってその制御因子と制御因子間の相互関係などを詳細に調査分析した。

昭和49年度は、ガス切斷ステージの適応制御化を進めるため予熱炎の自動調整、ピアシング時期の検出、切斷速度の自動調整を対象として適応制御に必要な制御因子とそれらの評価量について具体的に研究し、適応制御機構の試作をおこなう予定である。また本年度に試作した切断用ロボットについては平鋼や形鋼のホール切斷機としての専用化、だ円切斷の機構追加、運搬しやすい構造への改良などを研究する。

実験にはいたらなかったが、曲げステージについても適応制御に必要な制御因子と評価量について若干の考察を加えたと考えている。

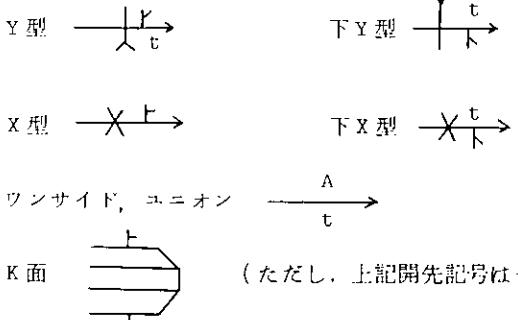
2.2 ガス切斷の作業分析

2.2.1 ガス切斷の作業分析およびその流れ図

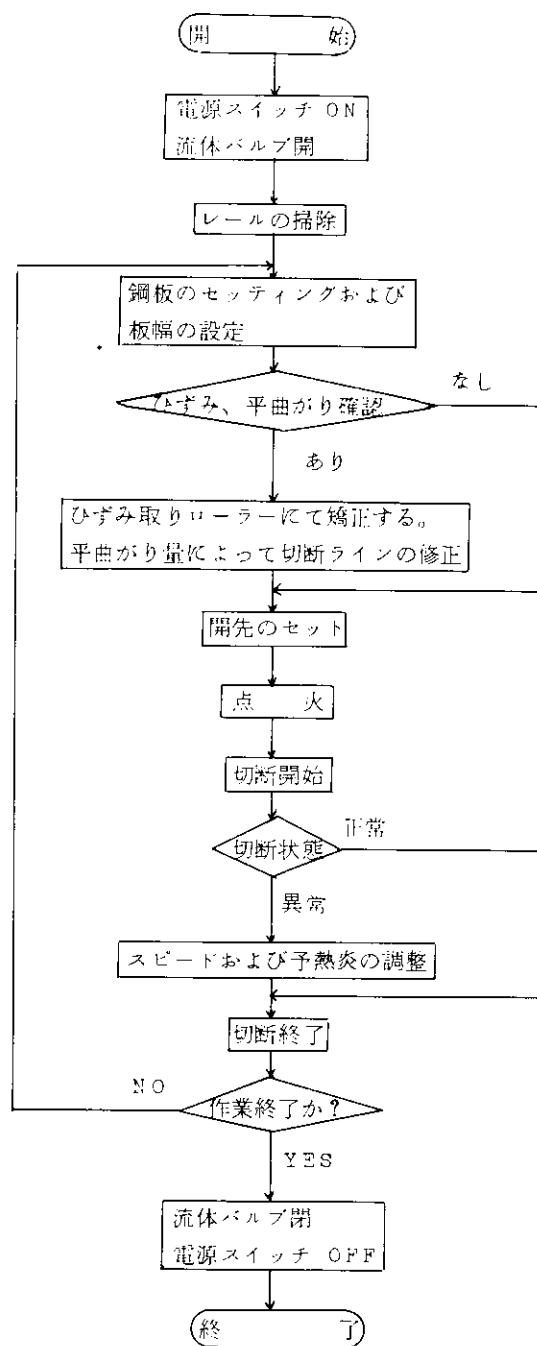
(1) フレーム・ブレーナーによるガス切斷

(a) 作業分析

手 順	作 業 要 領
1. 電源スイッチON 流体バルブ開	① スイッチを入れる。 ② ガス、酸素、エアの元バルブを開く。 ③ ガス、酸素、エアの漏れを点検する。
2. レールの掃除	① 走行をスムースにするため掃除し、油を塗る。
3. 鋼板のセッティングおよび板幅の設定	① 鋼板を切斷定盤上の所定の位置にセットする。 ② レールに平行に鋼板端面を合わせる。 ③ 鋼板端部に定規を用いて切斷ラインをマーキングする。
4. ひずみ、平曲がりの確認	① ひずみを調べる。 ② ひずみが許容値より大きいときは、ローラで矯正する。 ③ 平曲がりを調べる。 ④ 平曲がりがあれば残材部と、平曲がり量を考慮して切斷ラインの修正を行なう。
5. 開先のセット	① 開先記号を確認する。

手 順	作 業 要 領												
	 <p>(ただし、上記開先記号は一例である。)</p> <ul style="list-style-type: none"> ② 開先変更等の有無を確認する。 ③ 開先形状を切断部の鋼板端面に描く。 ④ 板厚と開先形状によってトーチの組合せを決定し、最適な火口を選定する。 <p>火口の種類</p> <table> <tr><td>1番</td><td>………</td><td>板厚 10mmまで</td></tr> <tr><td>2番</td><td>………</td><td>板厚 20mmまで</td></tr> <tr><td>3番</td><td>………</td><td>板厚 30mmまで</td></tr> <tr><td>4番</td><td>………</td><td>板厚 40mmまで</td></tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> ⑤ 火口を掃除針にて掃除する。 ⑥ 火口を鋼板表面から所定の高さにセットする。 	1番	………	板厚 10mmまで	2番	………	板厚 20mmまで	3番	………	板厚 30mmまで	4番	………	板厚 40mmまで
1番	………	板厚 10mmまで											
2番	………	板厚 20mmまで											
3番	………	板厚 30mmまで											
4番	………	板厚 40mmまで											
6. 点 火	<ul style="list-style-type: none"> ① ガスおよび予熱酸素を少々出し、ライターにてスパーク点火し、微少予熱炎を設定する。 ② 切断酸素を出し、5-③で描かれた、開先形状にトーチ角度を調整し切断可能を状態にする。 ③ 予熱炎を通常の状態にする。 ④ 両端切断ラインの開先形状が異なる場合は、熱ひずみを防止するため切断トーチ本数を同一にして予熱を行なう。 ⑤ 切断スピードの設定を行なう。 												
7. 切断および切断状態のチェック	<ul style="list-style-type: none"> ① 切断スタートボタンを押す。 ② フローティング・ストップハンドルを緩める。 ③ 切断開始して 100mm 前後に達した時、開先寸法をチェック確認する。 ④ 湯流れの状態、スラグのつき具合い、ドラグラインの良否を調べ切断面の品質維持のため、スピードの調整、予熱炎の調節を行なう。 ⑤ 切断残材を適当な長さで切断し処理する。 ⑥ スラグを除去する。 												
8. 切断終了	<ul style="list-style-type: none"> ① フローティング・ストップ・ハンドルを締める。 ② 切断酸素、ガス、予熱酸素の順序でバルブを閉じる。 ③ 板幅寸法をチェックする。 ④ トーチ・ブロックを障害物に当たないようにして切断機の移動にそなえる。 												

(b) 流 れ 図

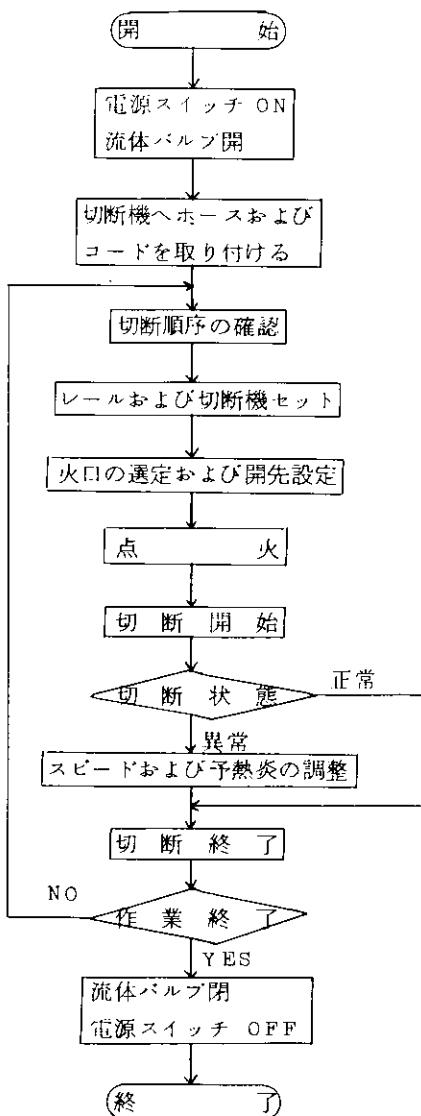


(2) 自動切断機(4輪)によるガス切断

(a) 作業分析

	手 順	作 業 要 領
1.	ガス 酸素取り出し口に、ホースを取り付ける。 電源スイッチ ON	① 取り出し口のナットを締め、石けん水にて漏れの点検を行なう。 ② スイッチを入れる。
2.	切断機へホースおよびコードを取り付ける。	① ユニコックおよびコンセントをさし込む。 ② 漏れの点検を行なう。
3.	切断順序の確認	① マーキング状態から自動切斷機(4輪)による切斷線(たとえば、500mm以上)を選定する。 ② 熱ひずみを考慮して切斷開始位置および切斷順序を決める。
4.	レールおよび切斷機のセット	① 切断機をレール上にのせ、切斷ラインに沿って、レール位置を設定する。 ② 動輪がレール溝に合っているか確認する。 ③ レール溝の掃除を行なう。
5.	火口の選定および開先設定	① 開先記号を確認する。 ② 開先変更等の有無を確認する。 ③ 板厚と開先記号によってトーチの組合せを決定し最適な火口を選定する。 ④ 火口を所定の高さにセットする。 ⑤ 火口を掃除針にて掃除する。
6.	点 火	① ガス、バルブを少し開け予熱酸素を加えて点火し予熱炎をセットする。 ② 板厚および切斷スピードに応じて切斷酸素を出し切斷可能な状態にする。 ③ 切断酸素にて切斷ラインとの照合を行なう。 ④ 切断機をスタート点にセットする。 ⑤ 切断スピードを設定する。
7.	切斷および切斷状態のチェック	① クラッチを入れる。 ② 開先切斷の場合は開先形状をチェックする。 ③ 湯流れの状態、スラグのつき具合い、ドラグラインの良否を調べ切斷面の品質維持のため、スピードの調整、予熱炎の調節を行なう。 ④ レールの継ぎ足しを早めに行ない、同時に鋼板面のスパッタ、ごみ等を除去する。 ⑤ 残材を切りはなす。
8.	切斷終了	① 切断が終了したら切断酸素、ガス、予熱酸素の順でバルブを閉め、モータのスイッチを切る。 ② 尺法記入材の精度チェックを行なう。 ③ スラグの除去を行なう。 ④ 切断機、レール、ホース等を所定の場所へかたづける。

(b) 流れ図



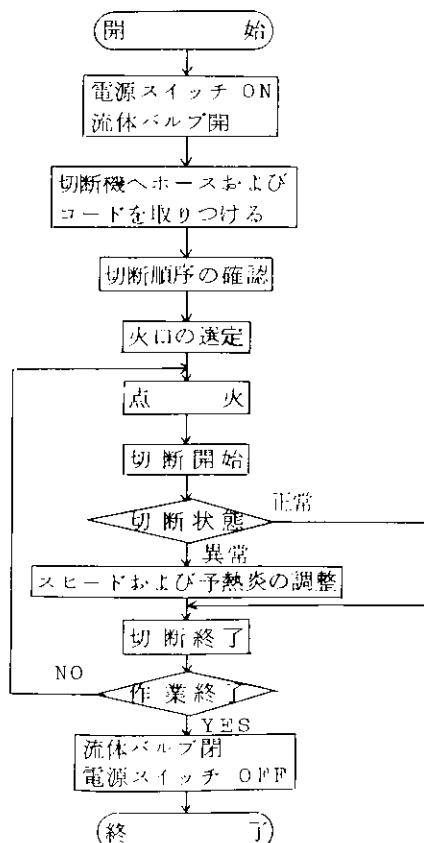
(3) 半自動切断機（3輪）によるガス切断

(a) 作業分析

手 順	作 業 要 領
1. ガス、酸素取り出しが口にホースを取り付ける。 電源スイッチ ON	① 取り出しが口のナットを締め、石けん水にて漏れの点検を行なう。 ② スイッチを入れる。
2. 切断機へホースおよびコードを取り付ける。	① ユニコックおよびコンセットをさしこむ。 ② 漏れの点検を行なう。
3. 切断順序を確認する。	① マーキング状態から半自動切断機（3輪）による切断線（たとえば 500mm以下）を選定する。 ② 熱ひずみを考慮して切断開始位置および切断順序を決める。
4. 火口の選定およびセット	① 板厚に応じて火口を選定する。 ② 火口を所定の高さにセットする。 ③ 火口を掃除針にて掃除する。

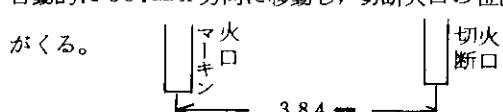
	手 順	作業要領
5.	点 火	<p>① ガス、バルブを少し開け予熱、酸素を加えて点火し予熱炎をセットする。</p> <p>② 板厚および切断スピードに応じて切断酸素を出し切断可能な状態にする。</p> <p>③ 切断酸素にて切断ラインとの照合を行なう。</p> <p>④ 切断機をスタート点にセットする。</p> <p>⑤ 切断スピードを設定する。</p>
6.	切断および切断状態のチェック	<p>① クラッチを入れる。</p> <p>② 進行針と切断ラインを合わせて切断する。</p> <p>③ 湯流れの状態、スラグのつき具合い、ドラグラインの良否を調べ、切断面の品質維持のため、スピードの調整、予熱炎の調節を行なう。</p> <p>④ 鋼板面上のスパッタ、ごみ等を除去する。</p> <p>⑤ 垂直度を点検する。</p> <p>⑥ 残材を切りはさす。</p>
7.	切 断 終 了	<p>① 切断が終了したら切断酸素、ガス、予熱酸素の順でバルブを止め、モータのスイッチを切る。</p> <p>② 尺法記入材の精度チェックを行なう。</p> <p>③ スラグの除去を行なう。</p> <p>④ 切断機、レール、ホース等を所定の場所へかたづける。</p>

(b) 流れ図



(4) NC 切断機によるガス切断

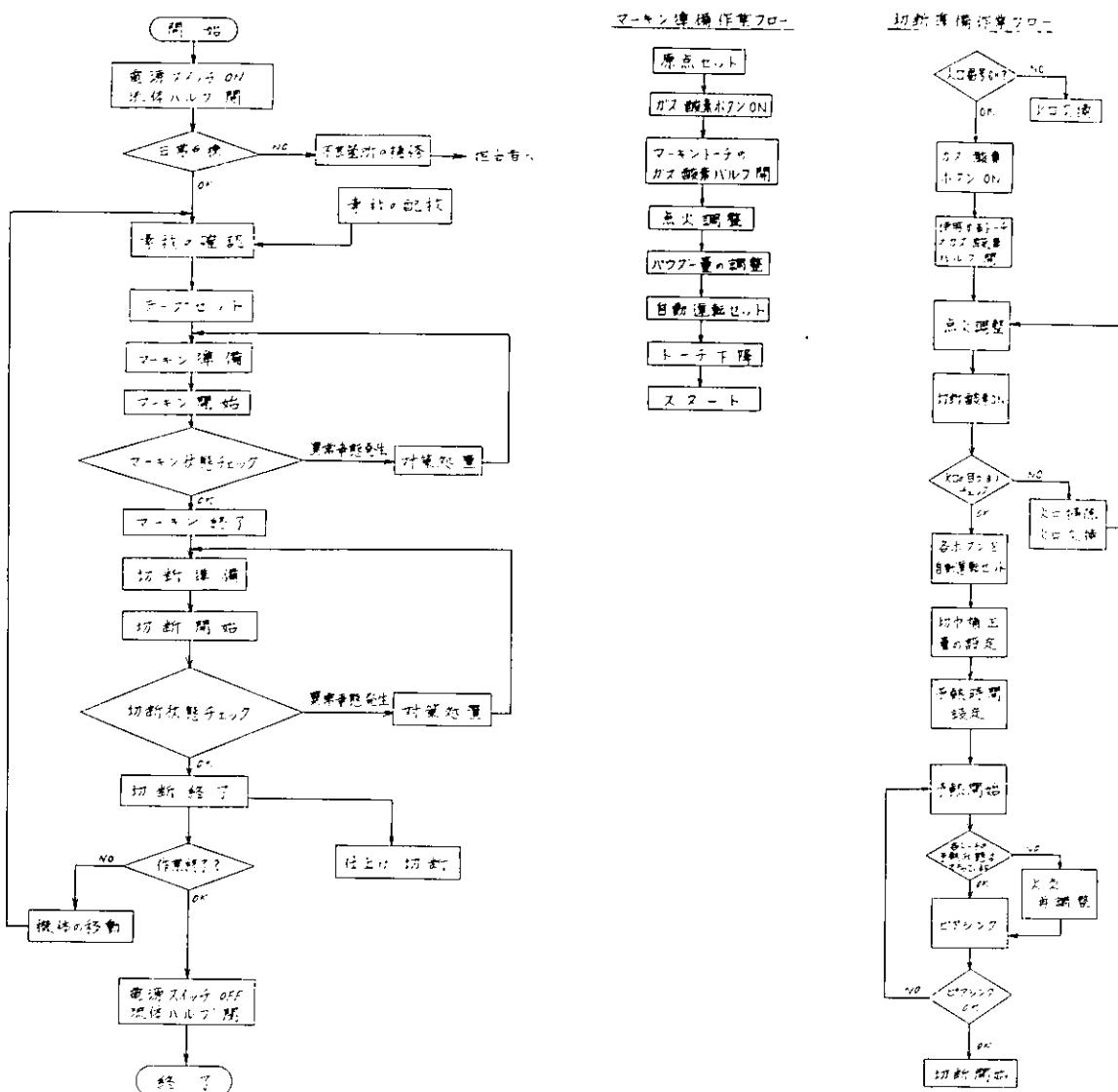
(a) 作業分析

手 順		作 業 要 領
1.	作 業 準 備	<ul style="list-style-type: none"> ① 電源スイッチを入れ、ガス、酸素、エアー等のバルブを開ける。
2.	日 常 点 檢	<ul style="list-style-type: none"> ① レールの掃除 ② フィルターの清掃（X軸駆動モーター空冷プロアー付） ③ エアーセンサーの点検 ④ ラックワイパーの点検
3.	日 程 お よ び 素 材 確 認	<ul style="list-style-type: none"> ① 工程計画に従って素材分類 ② NCテープと素材の確認
4.	素 材 配 材	<ul style="list-style-type: none"> ① 鋼板揃装置のセット ② 玉掛け作業 ③ 素材位置チェック（素材端面がレールに平行か チェックする）
5.	テープセット	<ul style="list-style-type: none"> ① 作業指示表にてテープNO.を確認する。 ② テープをセットする。 ③ ディレクターをONにする。 ④ マスタークリヤーボタンを押しディレクターを初期状態にする。
6.	マーキング準備	<ul style="list-style-type: none"> ① マーキングセット（トーチを原点にセットする） <ul style="list-style-type: none"> ① 切断機をマーキングスタート位置へ手動で移動する。 ② 作業図面により対称、平行を認め、板端より約10mmのところに切断火口を合わせる。 ③ 使用トーチを手動で下降させる。 ④ 素材の長さ方向の出入りはトーチ前後スライドで微調整する。 ② 操作盤のガス、酸素押しボタンを押す。 ③ ガス、酸素バルブを開き点火、調整する。 ④ マーキングパウダー噴出量を調整する。 ⑤ 操作盤で手動から自動に切り替える。 ⑥ マスタークリヤーを押す。 ⑦ モータ、クラッチの押しボタンを押す。 ⑧ マーキング速度を設定する。 ⑨ 対称同形の選択スイッチを入れる。
7.	マーキング開始	<ul style="list-style-type: none"> ① スタートボタンを押す。 <ul style="list-style-type: none"> ① 自動的に384mm X方向に移動し、切断火口の位置にマーキング火口がくる。  ② まず、自動的に素材端に直線がマーキングされ、素材がレールに平行か、チェックし悪ければ再修正する。 ② ふたたびスタートボタンを押す。

	手 順	作 業 要 領
8.	マーキング状態のチェック	<p>① マーキング中に目つまりが生じたら、機械を停止させ、火口を掃除針にて掃除する。</p> <p>② マーキング線が素材から外れないか監視する。</p> <p>③ マーキング中に文字書き作業を行なう。</p>
9.	マーキング終了	<p>① マーキングが終了すると、トーチは上昇し、マーキング火口は切斷火口と入替り、切斷位置に移動する。</p> <p>② ガス、酸素バルブを締める(マーキントーチ消火)</p>
10.	切 断 準 備	<p>① 素材厚によって火口を交換する。</p> <p>1番………… 10mm～15mm 2番………… 15mm～30mm 3番………… 30mm～40mm</p> <p>② 切断トーチのガス、酸素のバルブを開き、点火、火炎を調整する。</p> <p>③ 切断ガス、酸素圧を調整する。</p> <p>④ トーチ上下を自動値にする。(押ボタンを押す)</p> <p>⑤ 速度を高速から低速に変える。(スイッチ切換え)</p> <p>⑥ 板厚に応じた速度に設定する。</p> <p>⑦ 切り幅補正量を操作盤上のダイヤルで設定する。</p> <p>⑧ 予熱タイマーで予熱時間を設定する。</p> <p>⑨ 開先切斷準備(開先切斷のとき切斷機止まる。)</p> <p>⑩ 使用するペベルトーチのガス酸素バルブを開き、点火、火炎調整をする。</p> <p>⑪ 操作盤のトーチ旋回選択スイッチをONにする。</p>
11.	切 断 開 始	<p>① スタートボタンを押す。</p> <p>トーチは自動的に下降し、タイマーで設定した時間だけ予熱をする。</p> <p>② 鋼板の焼け具合を見て複数のトーチの火炎の状態を調整し最短時間できれいなビアシングができるようにする。</p>
12.	切斷状態のチェック	<p>① 切断寸法のチェック</p> <p>(1) スロット深さの寸法どうりか。</p> <p>(2) 切断線と差越線の間は 100mmあるか。</p> <p>② 文字記号等の記入</p> <p>番号、ブロック部材名称 板厚かわし記号 その製品に付く STIFFE BKT の部材マーク</p> <p>③ 切断中の異常事態発生には注意をし、適切な処置をする。</p> <p>主な具体例</p> <p>(4) 切断途中で切断不能となった場合は、リーパスまたはブロッククリーパスを使用して、切断不能になった位置まで戻す。</p>

手 順	作 業 要 領
	<p>⑩ 切断途中で切断が不良と判断された場合は、切断機を止め火口の掃除または取換を行なう。</p> <p>⑪ トーチを鉄板に落した場合、また、突当てた場合は、トーチを手動で上昇し、トーチの芯に火口がくるよう調整する。</p> <p>⑫ 機械にエラーが発生した場合は再現をしてみて、原因を追求し対策を立て処置する。もし再現しない場合は、考えられるいくつかの原因をチェックして原因をつかむ。</p> <p>⑬ テープエラーが発生した場合は、その原因是テープが切れたり、テープの穴ずれが多く対策処置する。</p>
13. NC 切断終了	<p>① 切断が終了するとトーチが上昇し、黄色のライトが点滅する。</p> <p>② ガス酸素バルブをしめる。</p> <p>③ マスタークリヤーを押す。</p> <p>④ 自動より手動に切り換える。</p> <p>⑤ 切断機を次の切断材へ移動させる。</p>
14. 切断仕上げ	<p>① ブリッジやスクラップを切り離す。</p> <p>② 開先仕上げを行なう NC で切断しないサービス $45^{\circ}V$ 切り、X, 切断長 3 m 以下の短い開先切断)</p> <p>③ 部材名等文字記号のけ書きを行なう。</p> <p>④ 手マーキングホール切断などあればこれを行なう。</p>

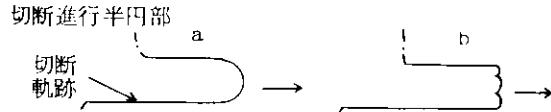
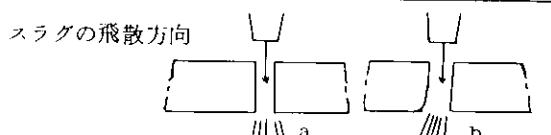
(b) 流 れ 図

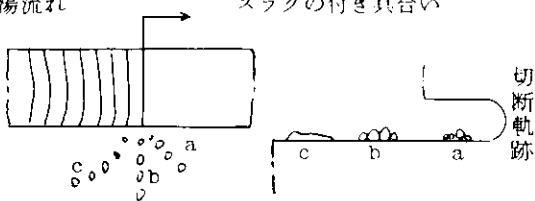
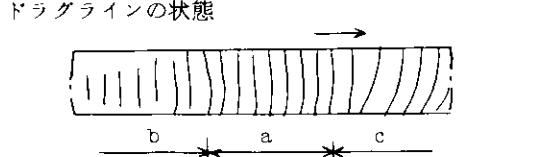
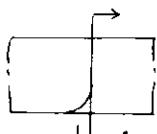


2.2.2 点火、切断における機械化、自動化のための制御因子の調査

(1) 制御因子の分析

項目	目標	要点	制御因子的要素	制御因子と現象の関連														
1. 点火	確実に着火させる	①ガス、酸素のバルブを少し開く。 火花を飛ばして点火する	ガスの流量 予熱酸素の流量	酸素流量過剰……点火しない 酸素流量不足……黒煙が出る														
2. 予熱炎の調整	最適な予熱炎を得る。	①炎の色に応じてガス、予熱酸素の混合比を調整する。	ガスの流量 予熱酸素の流量	<p>炎の色</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>炎の色</td> <td>性質</td> </tr> <tr> <td>酸化炎</td> <td>白色</td> <td>火力が強い</td> </tr> <tr> <td>標準炎</td> <td>淡空色</td> <td>正常</td> </tr> <tr> <td>炭化炎</td> <td>淡黄緑色</td> <td>火力が弱い</td> </tr> </table>		炎の色	性質	酸化炎	白色	火力が強い	標準炎	淡空色	正常	炭化炎	淡黄緑色	火力が弱い		
	炎の色	性質																
酸化炎	白色	火力が強い																
標準炎	淡空色	正常																
炭化炎	淡黄緑色	火力が弱い																
②白点の状態に応じて流量(火力)を調整する。	ガスの流量 予熱酸素の流量	<p>白点の長さ(標準は約10mmである)</p> <table border="1"> <tr> <td>火力が強い</td> <td>最適火力</td> <td>火力が弱い</td> </tr> <tr> <td>短い</td> <td>標準長さ</td> <td>長い</td> </tr> </table>	火力が強い	最適火力	火力が弱い	短い	標準長さ	長い										
火力が強い	最適火力	火力が弱い																
短い	標準長さ	長い																
③①、②の組合せにより調整する。	ガスの流量 予熱酸素の流量	<p>炎の色と白点の長さによる調整法</p> <table border="1"> <tr> <td>炎の色 白点</td> <td>白色 (酸化炎)</td> <td>淡空色 (標準炎)</td> <td>淡黄緑色 (炭化炎)</td> </tr> <tr> <td>短い</td> <td>ガスを出す 予熱酸素を出す</td> <td>ガスを出す 予熱酸素を出す</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>適当</td> <td>予熱酸素を絞る</td> <td>正 常</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>長い</td> <td>ガスを絞る 予熱酸素を少し絞る</td> <td>ガスを絞る 予熱酸素を絞る</td> <td>予熱酸素を出す</td> </tr> </table>	炎の色 白点	白色 (酸化炎)	淡空色 (標準炎)	淡黄緑色 (炭化炎)	短い	ガスを出す 予熱酸素を出す	ガスを出す 予熱酸素を出す	—	適当	予熱酸素を絞る	正 常	—	長い	ガスを絞る 予熱酸素を少し絞る	ガスを絞る 予熱酸素を絞る	予熱酸素を出す
炎の色 白点	白色 (酸化炎)	淡空色 (標準炎)	淡黄緑色 (炭化炎)															
短い	ガスを出す 予熱酸素を出す	ガスを出す 予熱酸素を出す	—															
適当	予熱酸素を絞る	正 常	—															
長い	ガスを絞る 予熱酸素を少し絞る	ガスを絞る 予熱酸素を絞る	予熱酸素を出す															
3. 切断炎の調整	最適な切断炎を得る	①切断酸素を出して炎の状態によって火口の目づまり、損傷度および酸素圧が適正か否かを調べて調整する。	切断酸素圧(流量) 目づまり	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>a</td> <td>b</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>目づまり損傷度</td> <td>正 常</td> <td>異 常</td> <td>正 常</td> </tr> <tr> <td>切断酸素圧</td> <td>正 常</td> <td>正 常</td> <td>過 削</td> </tr> </table>		a	b	c	目づまり損傷度	正 常	異 常	正 常	切断酸素圧	正 常	正 常	過 削		
	a	b	c															
目づまり損傷度	正 常	異 常	正 常															
切断酸素圧	正 常	正 常	過 削															
4. ピアシング	最適ピアシングができる、切断続行可能状態にする。	①酸化可能な状態になるまで鋼板表面を加熱する。	ガスの流量 予熱酸素の流量 時間															
		②切断酸素を徐々に出しながら火口を移動させる。	切断酸素流量															
			溶融(酸化)状態															

項目	目標	要点	制御因子的要素	制御因子と現象の関連																								
		(ノロが火口に吹き上げない程度)																										
		③板厚の半分程度切りこんだら切断酸素を全開する。	切断酸素流量	溶融状態が板厚の $\frac{1}{2}$ 程度																								
5. 切断状のチェック	切断面の品質を確保する。	①鋼板表面での切断進行半円部を見て切断速度、予熱炎を調整する。	切断速度 ガスの流量 予熱酸素の流量 目づまり	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>現象因子</th> <th>a</th> <th>b</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>切 断 速 度</td> <td>正常または遅い</td> <td>早 い</td> </tr> <tr> <td>予 热 炎</td> <td>正常または大</td> <td>小</td> </tr> <tr> <td>目づまり</td> <td>無し</td> <td>有り</td> </tr> <tr> <td>品 質</td> <td>良</td> <td>不 良</td> </tr> </tbody> </table>	現象因子	a	b	切 断 速 度	正常または遅い	早 い	予 热 炎	正常または大	小	目づまり	無し	有り	品 質	良	不 良									
現象因子	a	b																										
切 断 速 度	正常または遅い	早 い																										
予 热 炎	正常または大	小																										
目づまり	無し	有り																										
品 質	良	不 良																										
		②スラグの飛散方向を見て火口の目づまりを調整する。	目づまり	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>現象因子</th> <th>a</th> <th>b</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>目づまり</td> <td>無し</td> <td>有り</td> </tr> <tr> <td>品 質</td> <td>良</td> <td>不 良</td> </tr> </tbody> </table>	現象因子	a	b	目づまり	無し	有り	品 質	良	不 良															
現象因子	a	b																										
目づまり	無し	有り																										
品 質	良	不 良																										
		③切断面上縁の溶け具合を見て切断速度、予熱炎を調整する。	ガスの流量 予熱酸素の流量 切断速度	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>現象因子</th> <th>a</th> <th>b</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>切 断 速 度</td> <td>正常または早い</td> <td>遅 い</td> </tr> <tr> <td>予 热 炎</td> <td>正常または小</td> <td>大</td> </tr> <tr> <td>品 質</td> <td>良</td> <td>不 良</td> </tr> </tbody> </table>	現象因子	a	b	切 断 速 度	正常または早い	遅 い	予 热 炎	正常または小	大	品 質	良	不 良												
現象因子	a	b																										
切 断 速 度	正常または早い	遅 い																										
予 热 炎	正常または小	大																										
品 質	良	不 良																										
		④切断幅の状態を見て切断速度、予熱炎、切断酸素圧を調整する。	切断酸素圧(流量) 切断速度 ガスの流量 予熱酸素の流量 火口の口径	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>現象因子</th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>切 断 速 度</td> <td>正 常</td> <td>遅 い</td> <td>早 い</td> </tr> <tr> <td>予 热 炎</td> <td>正 常</td> <td>大</td> <td>小</td> </tr> <tr> <td>切 断 酸 素 圧</td> <td>正 常</td> <td>大</td> <td>小</td> </tr> <tr> <td>火 口 の 口 径</td> <td>正 常</td> <td>大 き い</td> <td>小 さ い</td> </tr> <tr> <td>品 質</td> <td>良</td> <td>不 良</td> <td>不 良</td> </tr> </tbody> </table>	現象因子	a	b	c	切 断 速 度	正 常	遅 い	早 い	予 热 炎	正 常	大	小	切 断 酸 素 圧	正 常	大	小	火 口 の 口 径	正 常	大 き い	小 さ い	品 質	良	不 良	不 良
現象因子	a	b	c																									
切 断 速 度	正 常	遅 い	早 い																									
予 热 炎	正 常	大	小																									
切 断 酸 素 圧	正 常	大	小																									
火 口 の 口 径	正 常	大 き い	小 さ い																									
品 質	良	不 良	不 良																									

項目	目標	要点	制御因子的要素	制御因子と現象の関連																										
		(5)湯流れの状態と スラグの付き具合を調査し切 断速度, 予熱炎, 切断酸素圧(流量) 切断酸素圧を調整する。	切削速度 ガスの流量 予熱酸素の流量 切削酸素圧(流量)	 <table border="1" data-bbox="817 436 1337 705"> <thead> <tr> <th>現象 因子</th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>速 度</td> <td>正 常</td> <td>遅 い</td> <td>早 い</td> </tr> <tr> <td>予 熱 炎</td> <td>正 常</td> <td>大</td> <td>小</td> </tr> <tr> <td>切 断 酸 素 圧</td> <td>正 常</td> <td>大</td> <td>小</td> </tr> <tr> <td>品 質</td> <td>良</td> <td>スラグ付着 ハクリ性良</td> <td>ノロ付着 ハクリ性悪</td> </tr> </tbody> </table>	現象 因子	a	b	c	速 度	正 常	遅 い	早 い	予 熱 炎	正 常	大	小	切 断 酸 素 圧	正 常	大	小	品 質	良	スラグ付着 ハクリ性良	ノロ付着 ハクリ性悪						
現象 因子	a	b	c																											
速 度	正 常	遅 い	早 い																											
予 熱 炎	正 常	大	小																											
切 断 酸 素 圧	正 常	大	小																											
品 質	良	スラグ付着 ハクリ性良	ノロ付着 ハクリ性悪																											
		(6)ドラグラインの 状態を見て切断 速度, 予熱炎, 切断酸素圧を調 整する。	切削速度 ガスの流量 予熱酸素の流量 火口の口径	 <table border="1" data-bbox="817 929 1337 1243"> <thead> <tr> <th>現象 因子</th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>切 斷 速 度</td> <td>正 常</td> <td>遅 い</td> <td>早 い</td> </tr> <tr> <td>予 熱 炎</td> <td>正 常</td> <td>大</td> <td>小</td> </tr> <tr> <td>切 斷 酸 素 圧</td> <td>正 常</td> <td>大</td> <td>小</td> </tr> <tr> <td>火 口 の 口 径</td> <td>正 常</td> <td>大き い</td> <td>小さ い</td> </tr> <tr> <td>品 質</td> <td>良</td> <td>良</td> <td>不 良</td> </tr> </tbody> </table>	現象 因子	a	b	c	切 斷 速 度	正 常	遅 い	早 い	予 熱 炎	正 常	大	小	切 斷 酸 素 圧	正 常	大	小	火 口 の 口 径	正 常	大き い	小さ い	品 質	良	良	不 良	 <p>ドラグラインの流れ ℓ は $\ell = \frac{t}{10}$ が大体正常である。</p>	
現象 因子	a	b	c																											
切 斷 速 度	正 常	遅 い	早 い																											
予 熱 炎	正 常	大	小																											
切 斷 酸 素 圧	正 常	大	小																											
火 口 の 口 径	正 常	大き い	小さ い																											
品 質	良	良	不 良																											

①から⑥の現象を総合的に判断して、切削面の品質を保つ。

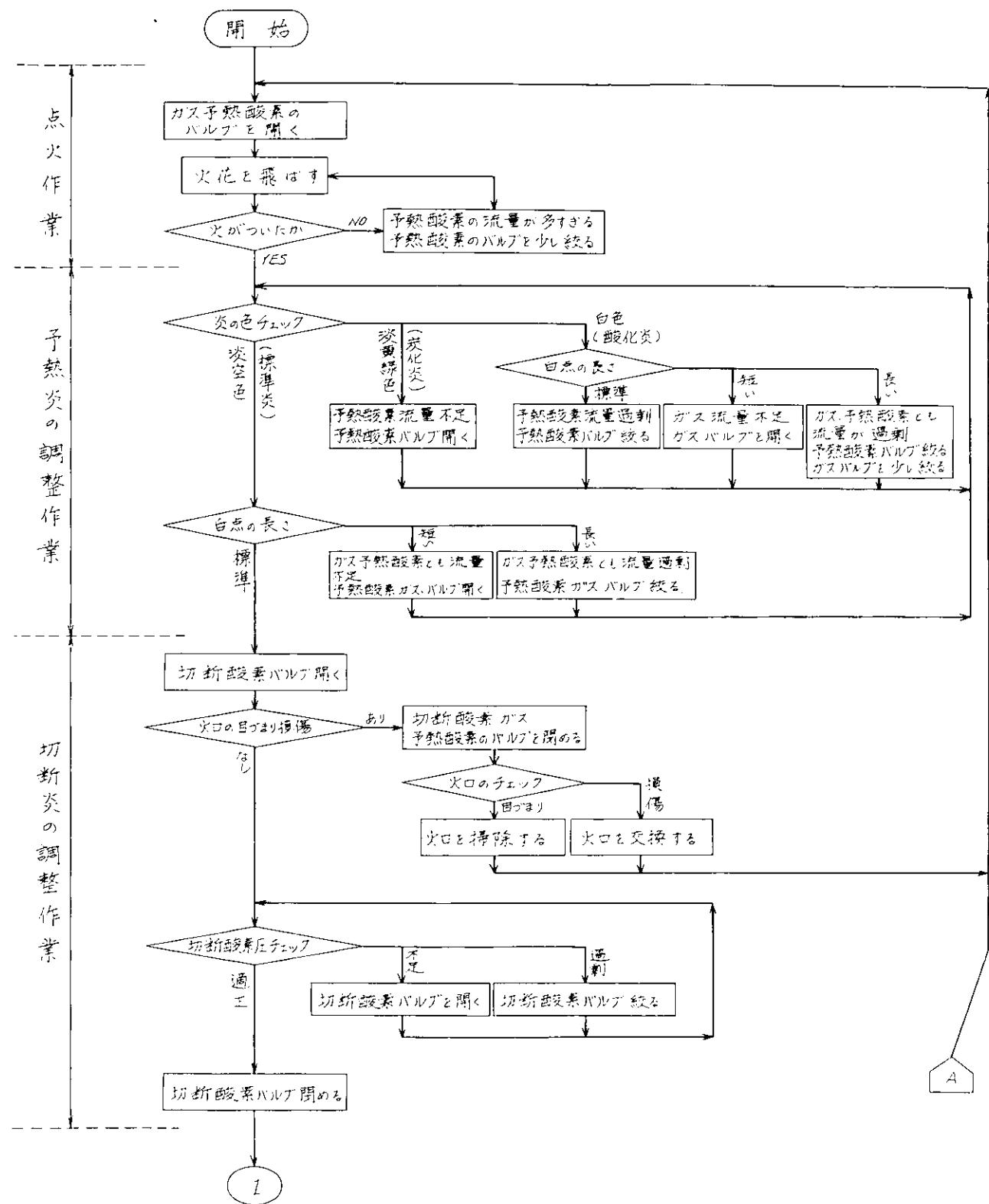
下表は、①から⑥の現象と制御因子との関係を示したものである。

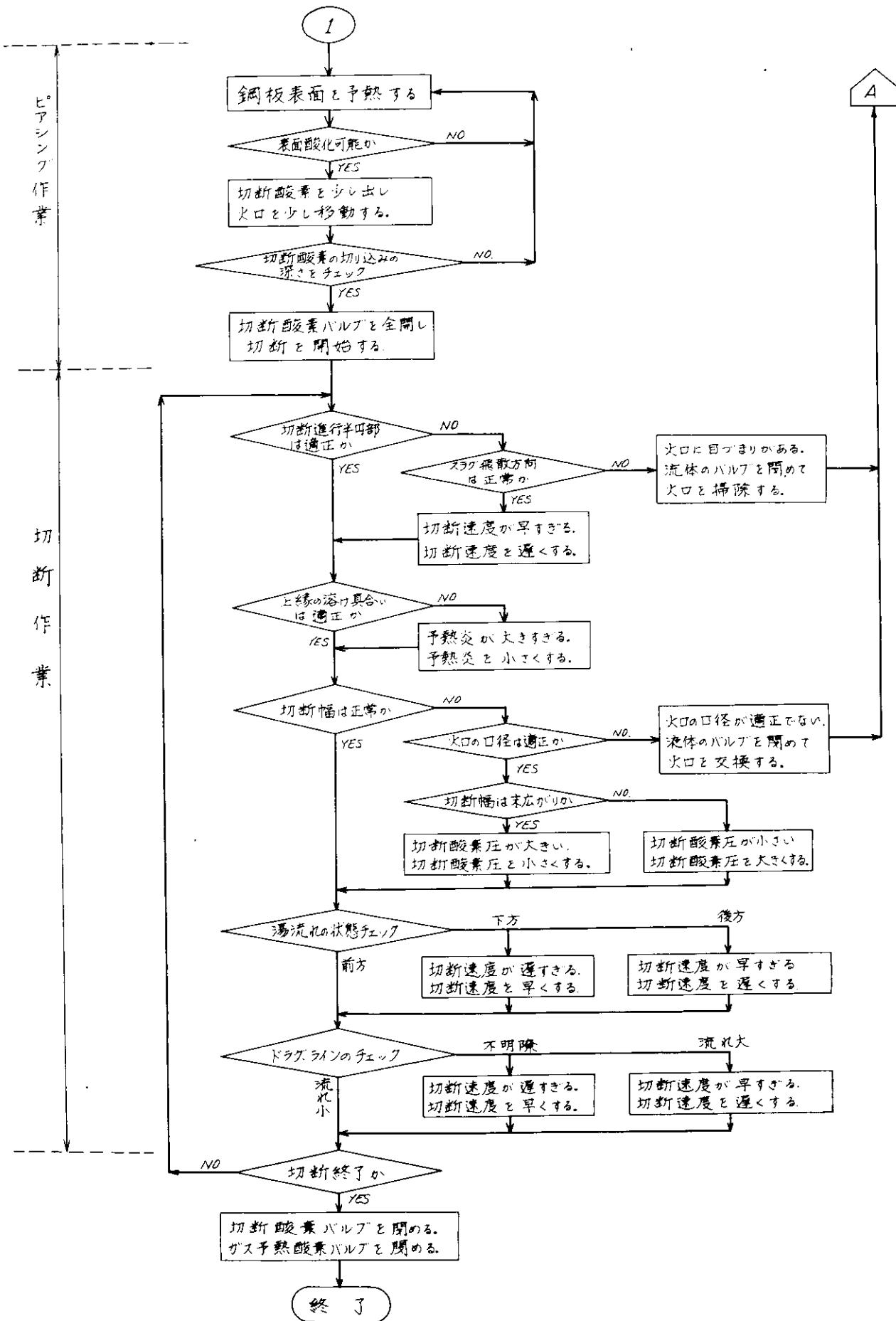
現象 因子	予 熱 炎 (ガス予熱酸素)	切削酸素圧	切削速度	火口の目つまり	火口の口径
切削進行半円部	○		◎	○	
スラグの飛散状態				○	
上縁の溶け	◎		○		
切 斜 幅	○	◎	○		○
湯 流 の 状 態	○	○	◎		
ドラグライ ン	○	○	◎		○

(注) ◎ 関係が特に深いもの

○ 関係が深いもの

(2) 制御因子を用いた点火、切断作業の流れ図





2.2.3 分析結果のまとめ

火口に点火して切断を終了するまでの、点火、切斷作業を適応制御的なアプローチで詳細に分析した結果、これまで経験とか勘に基づく人的判断に委ねられていた部分を各制御因子抽出という形で整理することができた。また、それら因子間の相互関係も明らかにされた。このことは人的判断の中に内在する多くの判断要素とそれらの因果関係を定性化して把握したといえる。

しかしながら、分析の対象が人的なものであるだけに、すべての処理がここで示されたような一定のシーケンスで行なわれるとは限らないし、さらに個々の制御因子を定量的に論じることが非常に難しい。

したがって、この分析結果をそのままの形で適応制御に組みこむとすれば、個々のセンサーに非常に高度な分析能力を要求することになる。これらの問題点を克服するためには、各制御因子について、より詳細に調査研究を行ない、定量化する必要がある。

2.3 センサーに関する基礎実験

2.3.1 実験1

(1) まえがき

切断用ロケットT型を試作するために下記のごとき考察および実験を行なった。

- (a) トレース方式の選定
- (b) 追跡用ラインのけ書き方法の実験
- (c) 追跡用ラインの線幅に関する実験

(2) トレース方式の選定

鋼板上にマーキングされた直線または緩曲線を検出してサーボ機構によりトレースすると同時に特定のマークバターンを検出して減速、停止する装置として現状では光電式トレース方式が機能的にも経済的にも最適であると考えられる。光電式トレース方式に関しての技術的経過を見ると1950年前後に光電式トレーサー装備の型切断機(たとえばエッジトレース専用の米国エアコ製ブラッドハウンド)が出現して以来、国内外で数々のトレーサーが発表された。現在では線の中央を追跡するライントレースと、白と黒の境界を追跡するエッジトレースとの両方の機能をもつ共用型に発展している。共用型でのトレース方式は直接検出方式(スポット型)と間接検出方式(スリット型)に大別される。

直接検出方式は光源小スポットを図形に照射しその反射光の変化量を直接光電素子で検出し制御する方法で追跡個所が直接監視できるので操作しやすい利点をもつ反面追跡信号とバターン信号とを共用せざるをえないため1種類のバターンは検出しうるが2種類以上のバターンを検出することは困難である。間接検出方式は光源ランプで照射された図形を受像し、受像部に光電素子を取り付けて受像を検出する方式である。

したがって受像個所に追跡信号とは別の複数個の検出素子を容易に取りつけることができる。切断用ロボットでは数種のバターン認識を行なう必要があるので間接検出方式を採用することにした。

またライントレース方式とエッジトレース方式を比較すると表2.3.1のようにライントレースの方が取り扱い容易であるのでライントレース方式を採用することにした。

表2.3.1 ライントレース方式とエッジトレース方式の比較

比較項目	ライントレース	エッジトレース
追跡精度	エッジと同等	ラインと同等
追跡機構(回路を含む)	簡単	複雑
け書き	細線	太線
バターン認識機構	簡単	複雑
バターン認識け書き	簡単	複雑

(3) 追跡用ラインのけ書き方法に関する実験

従来の形切断機におけるライントレース方式は白い台紙に描かれた黒線を追跡するのが普通であったが、切断用スポットでは鋼板に直接け書いた白線を追跡することになるので鋼板面と線のコントラストは従来の方式にくらべて小さくかつばらつきが大きくなる。この実験ではまず各種の表面処理をほどこした鋼板表面についてけ書き方法を変えて実験を行ない実用性のあるけ書き方法を選出した。なお鋼板表面にはごみやきずなどがあり追跡線ときずが判断できなくなるおそれがあるのでこれを避けるために、この実験では追跡線を太幅のものとし、7 mmを採用した。なお実験を容易にするために図2.3.1に示すとく直接検出方式で行なった。

また実験条件は次のとおりである。

(a) 線の種類

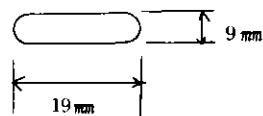
- (i) 白チョーク
- (ii) 白テープ(ビニール)
- (iii) 白スーベルバスター(油性クレヨン)

(b) 鋼板表面処理の種類(地色)

- (i) Zinc Free (茶色)
- (ii) Zinky #1,000 (グレー)
- (iii) Zinky #8,000 (ライトグレー)
- (iv) Wash Primer (緑色)
- (v) 黒皮

(c) 線幅 7 ± 0.5 mm

(d) スポット形状



(e) 実験装置

図2.3.2に示すようにガントリータイプとしY軸方

向は一定速度で送りX軸方向のみ追跡するようにした。

写真2.3.1, 2.3.2, 2.3.3はこの外観を示したものである。

実験結果を表2.3.2および図2.3.3に示す。

表2.3.2

No.	線の種類	チョーク (V)			白テープ (V)			スーベルバスター (V)		
		中	中	差出力	中	中	差出力	中	中	差出力
1	Zinc Free	1.1	4.5	3.4	1.1	4.4	3.3	0.9	3.6	2.7
2	Zinky #1,000	1.2	4.7	3.5	1.0	4.35	3.35	0.85	3.6	2.75
3	Zinky #8,000	1.25	4.7	3.45	1.15	4.5	3.35	1.15	4.15	3.0
4	Wash Primer	1.06	4.5	3.44	1.0	4.2	3.2	0.9	3.8	2.9
5	黒皮	1.1	4.2	3.1	1.05	4.1	3.05	0.9	3.4	2.5
6	白色紙を黒マジックで	白色紙			—	—	—	—	—	—
	塗りつぶし	1.3	4.9	3.6	—	—	—	—	—	—

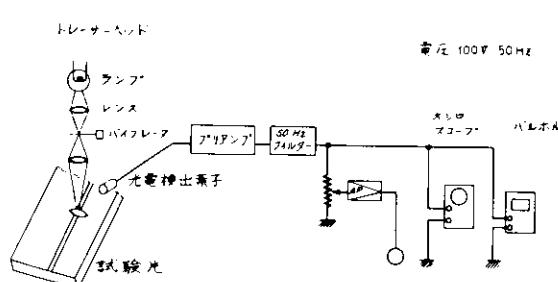


図2.3.1 実験装置回路図

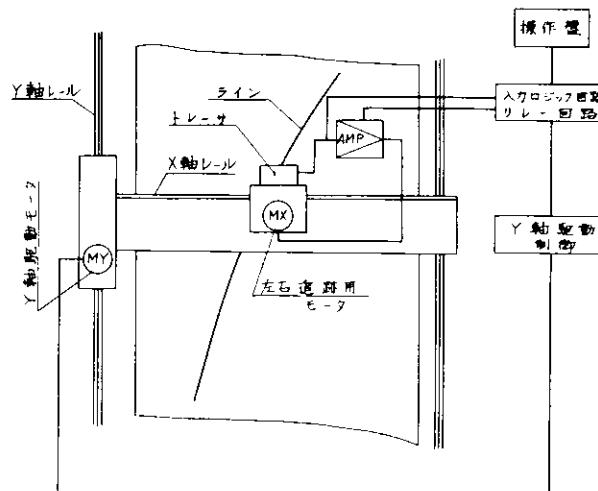


図2.3.2 実験装置

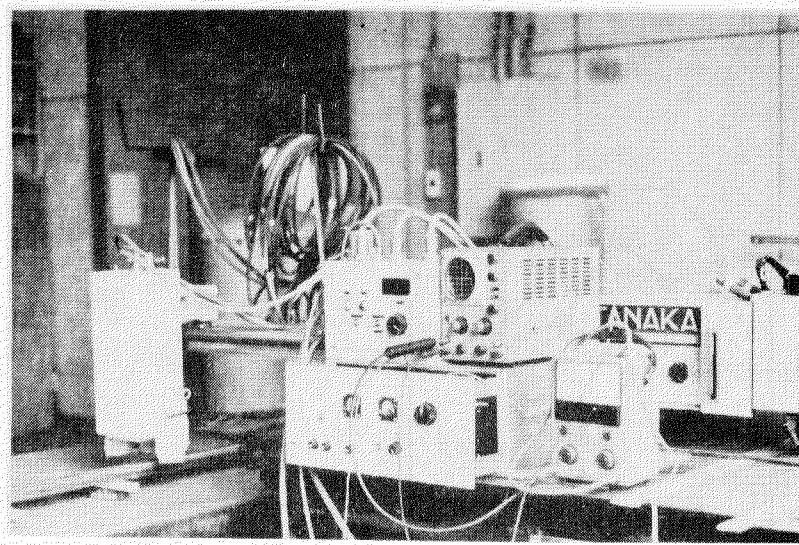


写真 2.3.1 実験装置全景

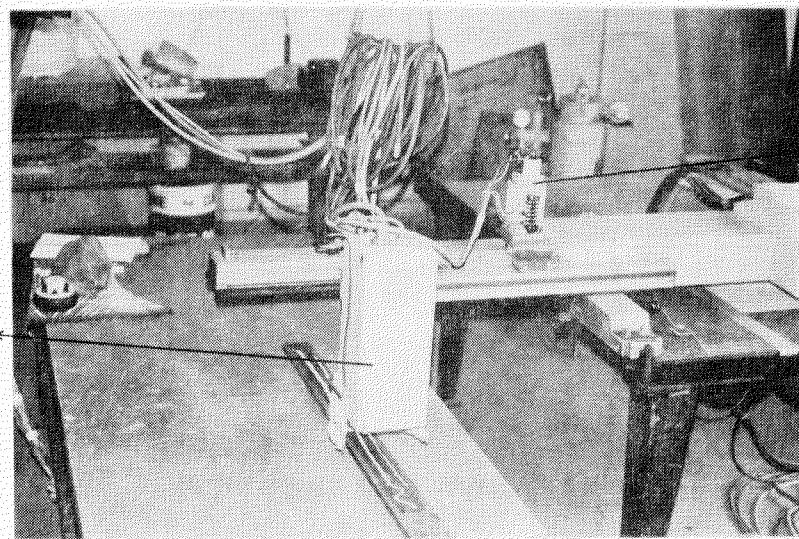


写真 2.3.2 トーレーサヘッド

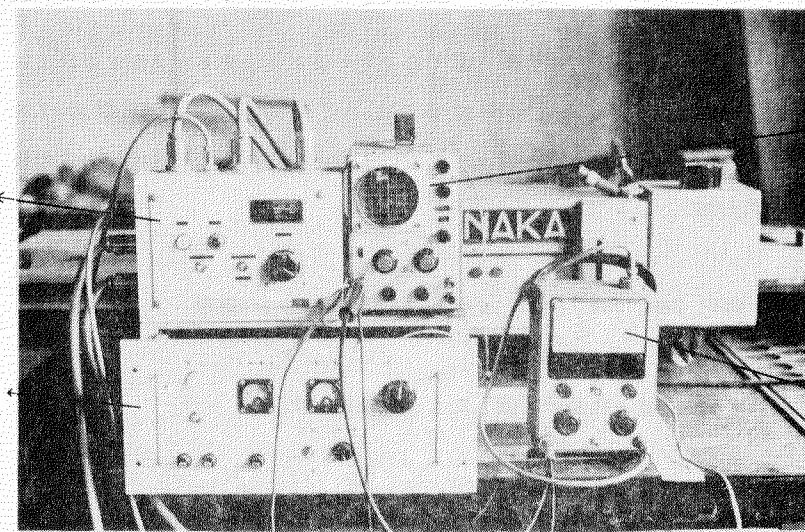


写真 2.3.3 計測装置

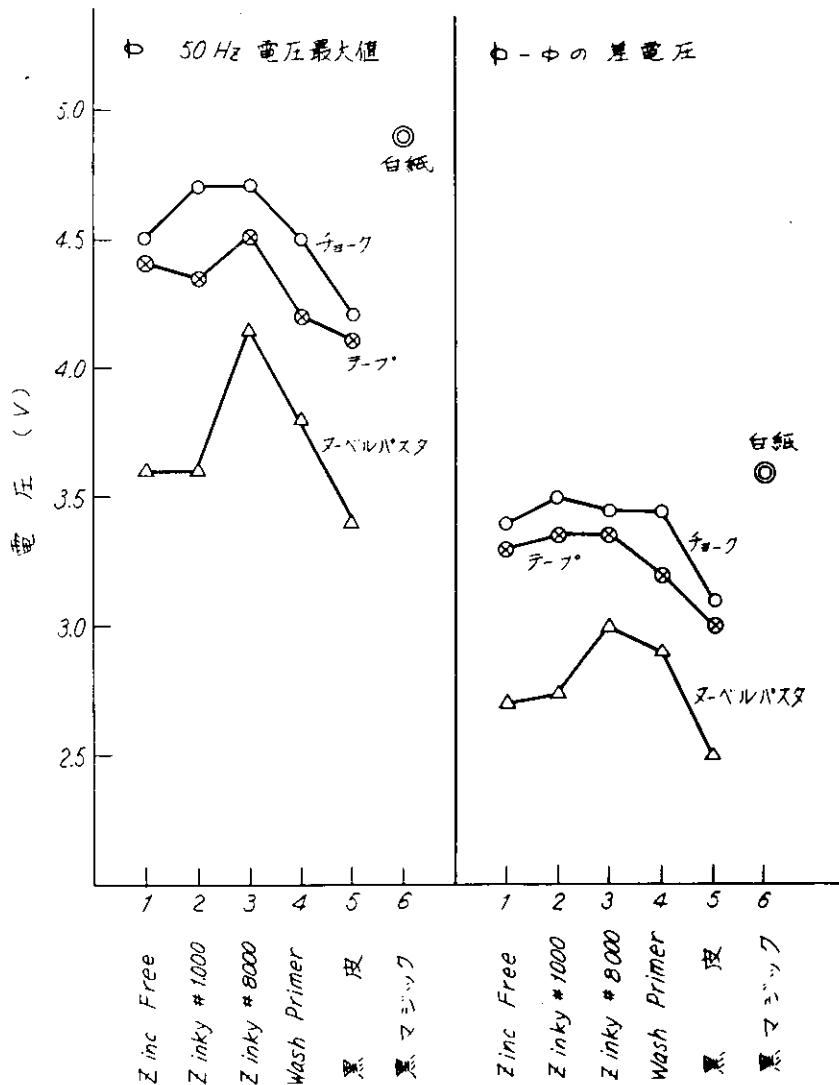


図 2.3.3 表面処理、け書き方法と出力の関係

実験結果からもわかるようにすべての鋼板表面処理に対して白チョークが高感度を示した。したがって、マーク材としては白チョークを使用することにした。

(4) 追跡用ライン線幅に関する実験

前述した直接検出方式による実験でけ書き線としてのコントラストはチョークがすぐれていることが判明した。

しかしチョークでは線幅のばらつくことを避けることができないので、線幅のばらつきに対する許容範囲を求める実験を行なった。実験は試作ロボットに近いものとするために間接検出方式の検出機構を備えたヘッドを使用した。実験条件は次のとおりである。

(a) 線 幅

3mm, 4mm, 5mm, 6mm, 7mm, 8mm, 9mm, 10mm, 11mm, 12mm の 10 種類

(b) 線

線は白紙を黒色ペンテールで塗り白紙地を残したものを使用した。

(c) 実験装置

実験装置の配置を図 2.3.4 に示す。

受像部光電検出素子と直角方向に 0.5mm ピッチでテンブレートを移動して検出電圧を測定した。

実験結果を図 2.3.5 に示す。

また図2.3.6は線を+0.5mm移動させた時の線幅と出力との関係を示したものである。

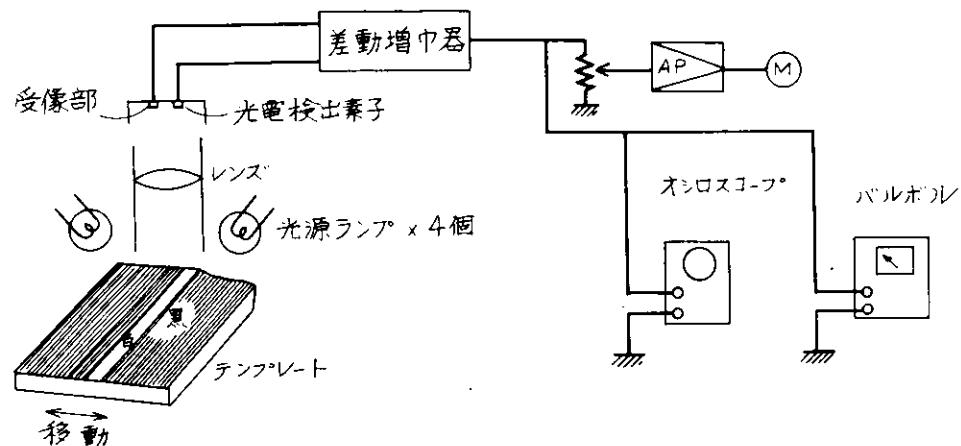


図2.3.4 実験装置

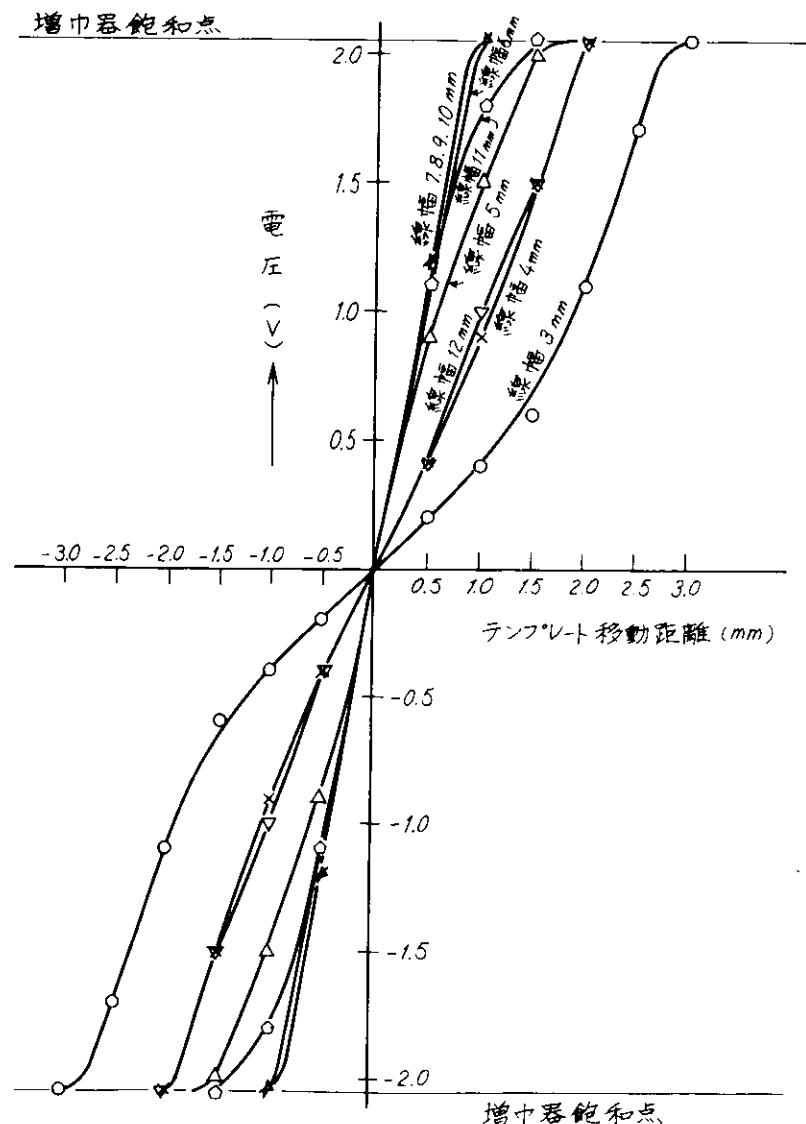


図2.3.5 テンプレートの移動距離と検出電圧の関係

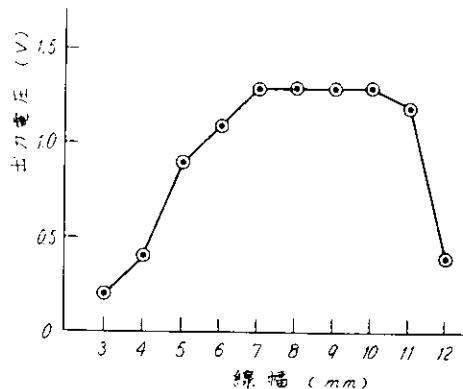


図 2.3.6 線を $+0.5\text{ mm}$ 移動させた時の線幅と出力の関係

(5) ま と め

上記の結果切断用ロボットT型のセンサーとしては、次のような方式を採用することにした。

- (a) トレース方式としては間接検出方式によるライントレース方式。
- (b) ラインけ書きはチョークを使用する。
- (c) ライン幅は標準 8 mm とし、ばらつき許容差を $\pm 2\text{ mm}$ とする。

2.3.2 実験2

(1) トレース方式の選定

従来のけ書き線を調査した結果は、つぎのとおりであった。

- (a) 線の線がぼけたり、波状になっている。
- (b) 線幅が均一でない。け書き速度で変化する上に、け書き装置の状況でばらつきがある。
- (c) 線の中央が基準であり、端部ではない。
- (d) 線の濃淡があり、停止の場合ふくらみができる。
- (e) 交差線がありうるし、また破線部が発生したり、さらに部分的に消える可能性がある。

上記の条件はエッジトレースにとって不利である。すなわち(a), (b), (c)項では、線をならうので、その波状または濃淡に合わせて、サーボが常にげしく動くこととなり、高速では脱線の原因となり易い。

(d), (e)項では、精度に影響する上、あらかじめオフセットが必要となる。
(e)項では交差線のほうにならいがうつるため、あらかじめ消しておく必要がある。破線部では反対側の線をならうこととなり逆送りをはじめてしまう。これに対しライントレースでは特殊な場合を除き問題とならない。すなわち(b)項で線幅が規定範囲外、(d)項で線が極端に薄い場合、を除けばならいは遂行可能である。

したがって、ライントレース方式を採用するものとする。ならいは、Fixed-Duel-Differential方式を応用し、さらに減速信号、停止信号等のコマンド・マークは、ならいとは別個の複数の検出素子の組合せによるロジック回路で検出する。コマンド・マークは、け書き線に直角に交差させた特定なパターンとする。

(2) 鋼板上のけ書き線の反射光量特性に関する実験

従来のトレーサーにおいて、基準状態である黒色と白色の組合せに比較し鋼板面とけ書き線のコントラストがある程度劣ることはさけられない。

そこで各種の鋼板表面について反射光量特性を計測し、さらにブランディングを施工した場合の反射光量差特性を求め基準状態との比較を行なった。

測定方法を図2.3.7に、また回路図を図2.3.8に示す。

ランプへの印加電圧を変えて、被測定面の照度を変化させ、それぞれの照度におけるフォト・トランジスターの出

力電圧を直流電圧計で読みとった。計測結果を表2.3.3, 2.3.4, 図2.3.9, 2.3.10に示す。

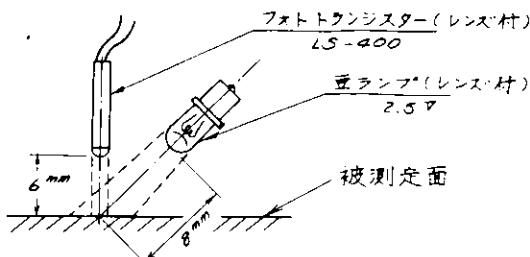


図2.3.7 測定法

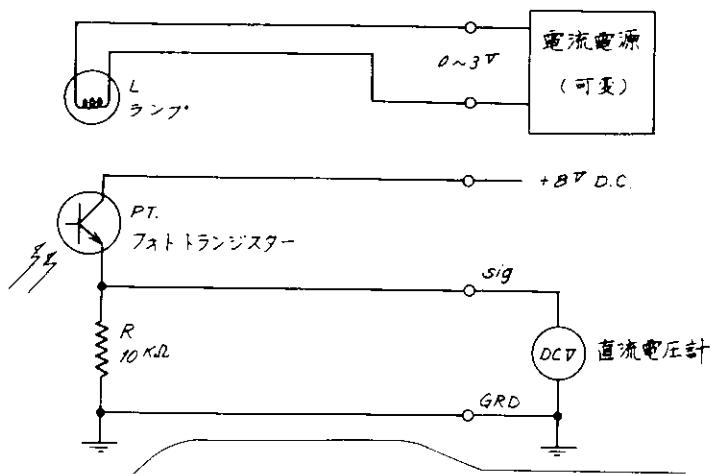


図2.3.8 回路図

表2.3.3 反射光量特性

被測定面	ランプ電圧(V)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
白 紙	0.2	0.7	2.1	3.8	4.1	
黒 紙	0	0.1	0.3	0.6	0.9	
ブ ラ マ キ ン グ	0.1	0.4 2	0.9	1.8 6	3.0	
ブ ラ イ マ ー 面 (エバーボンド:緑色)	0	0.2	0.4 5	0.8 7	1.5 5	
赤 鋳 面	0	0.1	0.4	0.9	1.5	
黒 皮 面	0	0.1 5	0.4 2	0.8	1.3	

表2.3.4 反射光量差特性

組合せ	ランプ電圧(V)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
白紙: 黒紙	0.2	0.6	1.8	3.2	3.2	
ブラ・マーキング: ブライマー面 (エバーボンド:緑色)	0.1	0.2 2	0.4 5	0.9 9	1.4	
ブラ・マーキング: 赤鋳面	0.1	0.3 2	0.5	0.9 6	1.5	
ブラ・マーキング: 黒皮面	0.1	0.1 7	0.4 8	1.0 6	1.7	
白紙: 黒皮面	0.2	0.5 5	1.6 8	3.0	2.8	

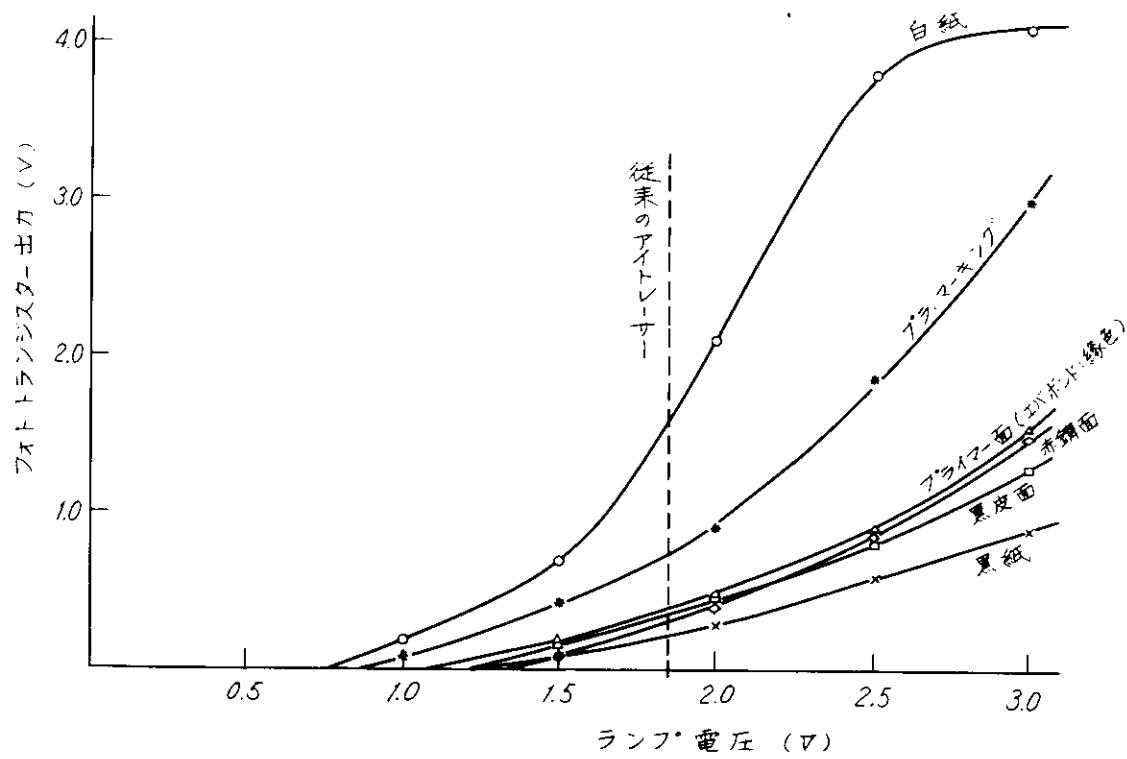


図 2.3.9 反射光量特性

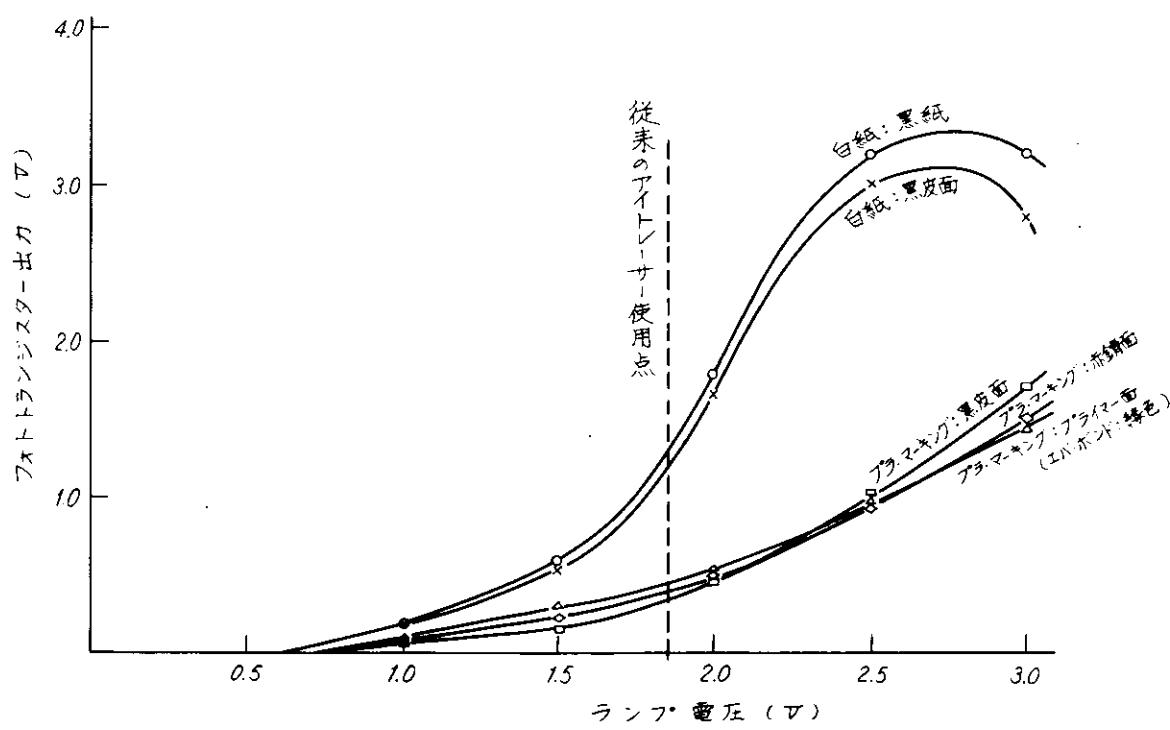


図 2.3.10 反射光量差特性

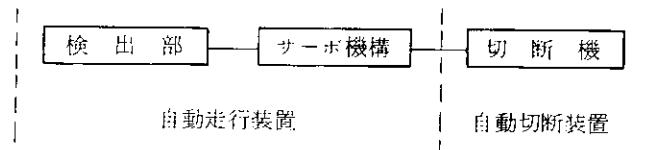
以上の実験結果から次のように考察される。

- (a) 白紙と黒紙の組合せは、自動型ならい切断機における光電トレーサーの信号となるものであり、ランプ電圧が2.5Vまでは、急激に増加するが、それ以後はフォト・トランジスターの飽和現象と黒紙の反射光量が増加していくことにより逆に低下する。
 - (b) プライマー面、赤錆面および黒皮面のそれぞれの反射光量は若干の違いはあるがほぼ同程度である。
 - (c) ブラ・マーキングの反射光量は白紙に比較すると測定時の照度では低いが、その輝度を増すことにより、同程度まで増すことが可能である。ただし、各素材面のそれも同様に増加することとなる。
 - (d) ブラ・マーキングと各素材面との組合せでの差信号の最大は、この測定方法では、ランプ電圧が3.5V程度の照度と推定される。またその量は1.8V程度であろう。
- したがって、白紙と黒紙との組合せでの差出力に対し銅板とブラ・マーキングの組合せでは約半分である。
- (e) 素材面の照度を必要なだけ上げた光源を使用し、かつ増巾器の増巾度を2倍増加させれば実用化されている光度トレーサーでこのけ書き線は追跡が可能なはずである。
 - (f) 白色テープを用いれば白紙と黒紙の組合せの90%近くまで信号は向上するので、さらに線の追跡は容易となる。
 - (g) 銅板表面の種類とけ書き線の状態に応じてランプの輝度、または感度の選択を行なうことが必要となるだろう。
 - (h) ならい速度は光学系の偏心量の増加、け書き線の最小半径、および走行台車の操縦性などに左右されるが6m/min程度は可能と推定される。

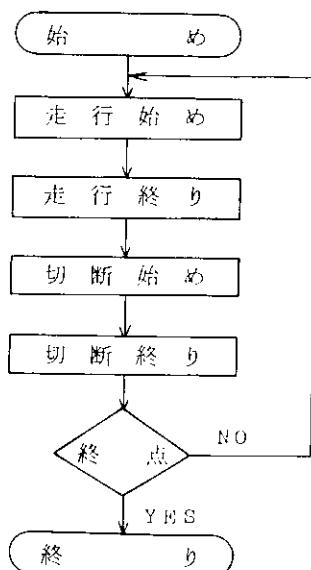
2.4 切断用ロボットの要求仕様

2.4.1 切断用ロボットの構成

切断用ロボットは自動走行装置と自動切断装置を1体に組み立て連動させるものである。



自動切断装置は自動走行装置に上架され、交互に作動する。



2.4.2 自動走行装置仕様

(1) 機能

鋼板上にけ書きされた直線または緩曲線を検出し、サーボ機構によりトレースし、特定のマークを検出して減速、停止する。

(2) 鋼板とけ書き

- (a) 鋼板は黒皮またはプライマー塗装し、水平に置かれているものとする。
- (b) け書き線の色、太さ、材料については指定しない。
- (c) 減速、停止マークはできればバターン認識によることが望ましい。しかし困難な場合は、リミットスイッチの利用もやむをえない。
マークの形は指定しないが、たとえばシールのようなものを貼る方式をとりたい。

(3) 検出機構

ITV カメラまたは光電管により線、マークを検出し、サーボ機構に出力する。検出部の位置はけ書き線上で、しかも円の中心にある停止マークを識別することが精度上望ましいが、つぎのような問題点がある。

- (a) 切断装置を円の中心におく必要があるので、切断装置と検出装置をタレット型とするか、斜めにマークを見る必要がありそうに思われる。
- (b) 円を切断し終るとけ書き線が円内ではなくなる。（円板が下に落ちてしまう。）
このような問題を避けるためには、停止マークを円の前方（たとえば 210mm 前方）にシフトすればよいが、誤差が大きくなる。
なお、け書き線と交叉する無関係な線により誤動作しないことが望ましい。

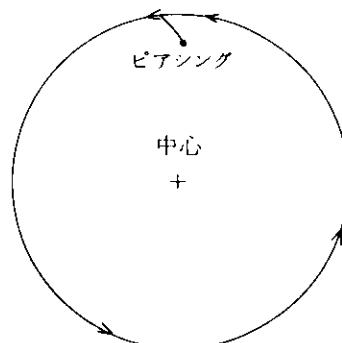
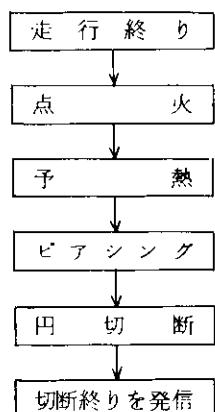
(4) 走行装置

- (a) 重さ約 20kg の切断装置を搭載できること。
切断装置の中心は走行装置から 250mm ぐらいオーバーハングする。
ただし、切断装置の重心は中心より走行装置側にある。
- (b) 走行スピードは 10m/min 前後が望ましい。
- (c) 位置決め精度は ± 5mm 以内とする。
- (d) 停止マークにより停止後、自動切断装置に信号を送る。
- (e) 自動切断装置から切断終了の信号を受け、走行を開始する。

2.4.3 自動切断装置仕様

(1) 機能

NC 切断にならない、シーケンス制御で円を自動切断する。



(2) 切断対象

板厚 8~40mm の鋼板を対象とし、直径 40~400mm の円を切り落とす。

ピアシングは円内とし、切断縁にノッチをつけないようにする。

直径の設定は手操作で行なうが、一度設定すれば直径が変わらないかぎり、手操作は不要であること。

(3) 構造

自動走行装置搭載型と単独自立型（人間がセット）の両型式を考える。

(4) 切断作業

切断速度は手操作で設定する。予熱時間は手操作で設定してもよいが、表面温度を検出し、ピアシングを開始する方法がより望ましい。

切断終了点は角度で検出してもよく、切断炎の状態で検出してもよい。

炎の調整は初期設定時は手操作によるが、走行開始後の ON, OFF はすべて自動とする。

2.5 切断用ロボット T型

2.5.1 機構

(1) 概要

本機は鋼板上の各指定点付近に白チョークで軌道修正ラインを記入しラインを追跡するトレーサとこれに搭載される円専用自動切断機との組合せにより各指定点に自動的に位置決めし、円形を切断するものである。

マーキングは入射マーク、軌道修正マーク、追跡マーク、一時停止マーク、全停止マークからなり光電検出素子で検出し、ロジック回路ならびにシーケンス制御回路にて各マーキングを認識判断し、指定された動作を行なわせる。

本機は図 2.5.1 に示すように前輪 1 輪、後輪 2 輪の 3 輪方式を採用し、前輪 1 輪にて操舵ならびに駆動を行なう機構を有し、構成としては

- (a) 自動ならい装置（光電系検出部、操舵、駆動部）
- (b) 台車（従動輪部後車 2 輪を含む）
- (c) 円専用自動切断機
- (d) 電気制御部（光電検出回路、ロジック回路、操作回路、その他電気制御回路）

の 4 ブロックよりなる。

図 2.5.2 はマーキング要領で、各切断位置指定点として、一時停止マークか全停止マークを実際の切断中心より機構的ずれを見込んだ位置にマーキングする。

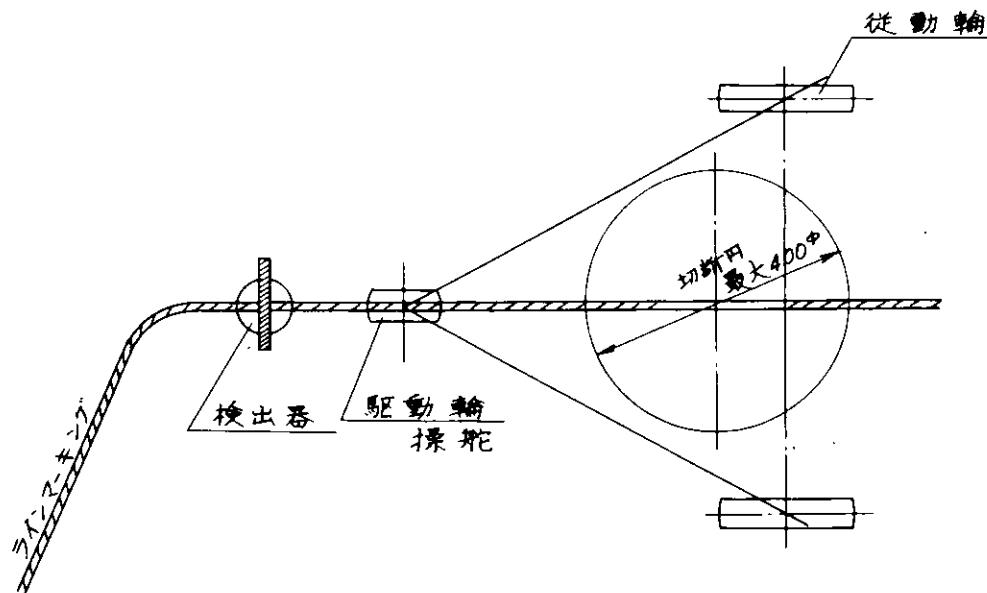
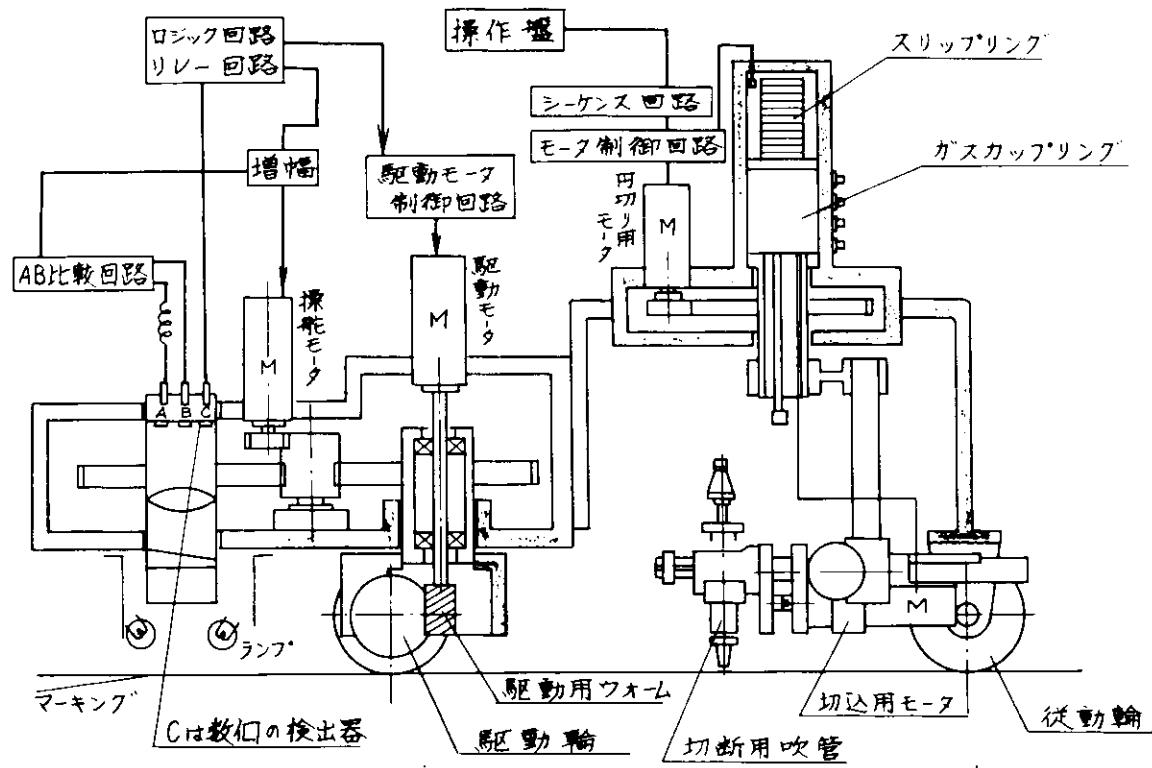


図 2.5.1 T型切断用ロボットの構成

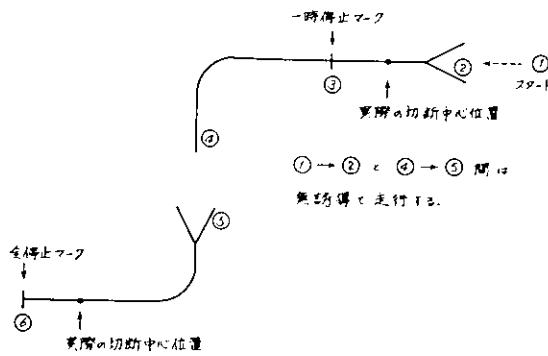


図 2.5.2 マーキング要領

①の点より走行装置を駆動させると高速で走行し、②の入射マークにはいるまでは操舵回路はロックされており、無誘導で②に到達する。

②でラインにはいると以後減速し自動追跡を行なう。走行装置が③の一時停止マークに到達すると、一時停止すると同時に円切断機へ作動信号を送り円切断機が自動的に作動し、図 2.5.3 に示す作動を行なう。

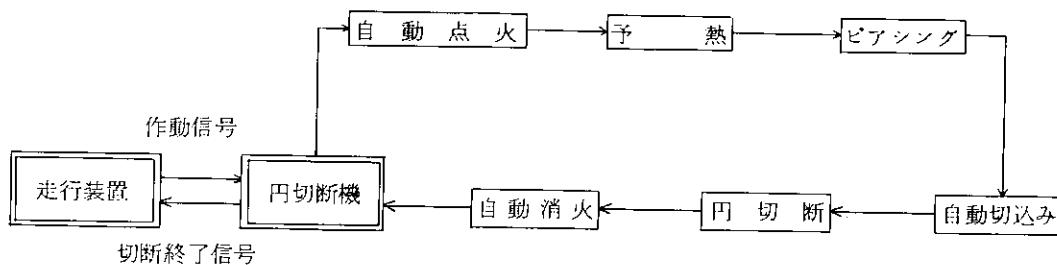


図 2.5.3 作動順序

円切断機が切断を終了すると終了信号を走行装置に発信する。走行装置は③より自動追跡走行を行ない④に到達する。④のラインより出ると自動的に操舵回路はロックされ高速走行し、⑤にはいる。

⑤にはいると②の作動を再度行ない⑥の全停止マークで停止する。全停止マークで停止した場合は円切断機へ作動信号を発信し、円切断機が作動を完了すると全終了となる。したがって繰返し動作を行なう場合は一時停止マークを使用し、終了させる場合は全停止マークを使用する。

T型切断用ロボットの外観を図 2.5.4 に示す。

写真 2.5.1 に自立型切断用ロボットの、また写真 2.5.2 に自動走行型切断用ロボットの切断状況を示す。

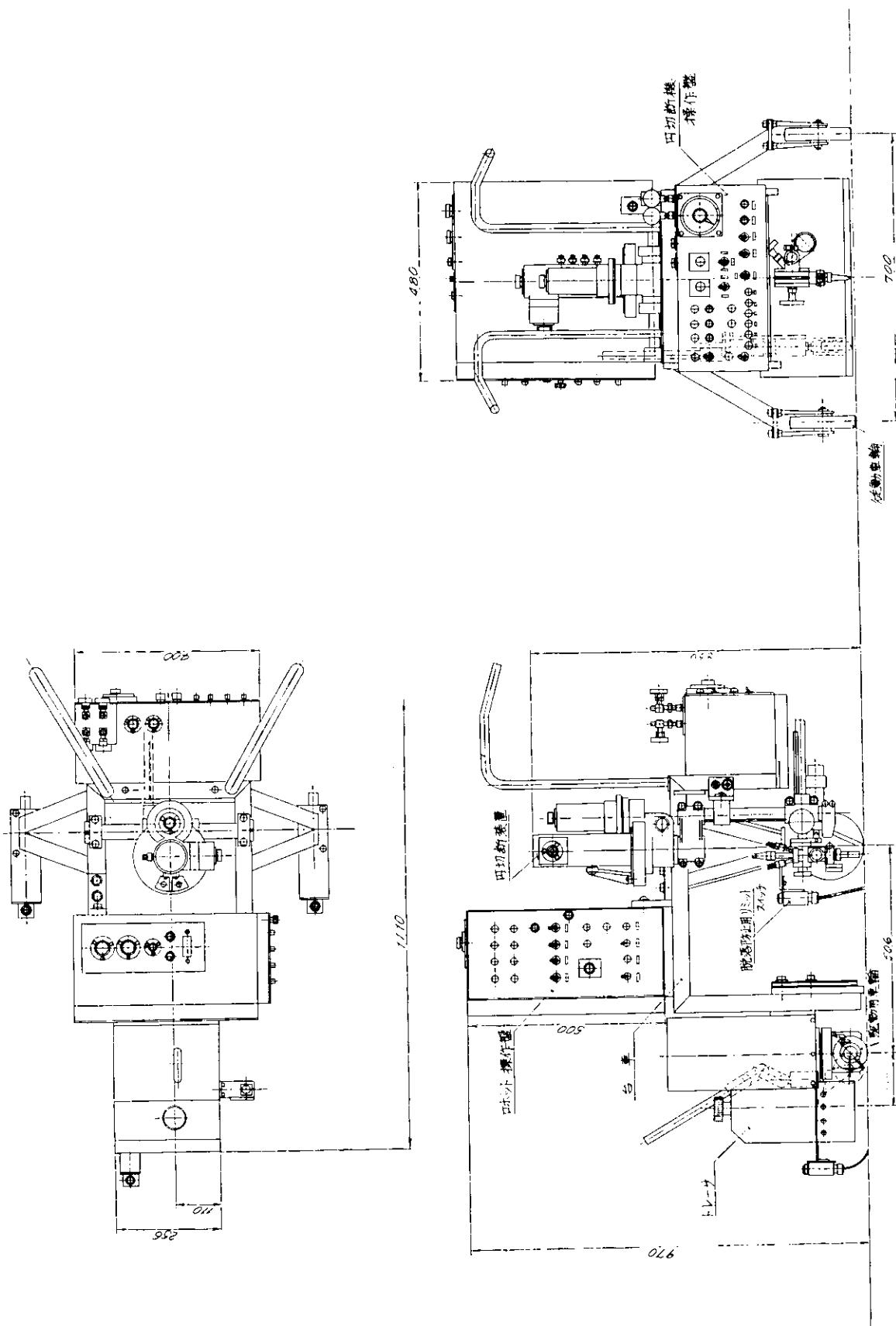


図 2.5.4 T型切断用ロボットの外形

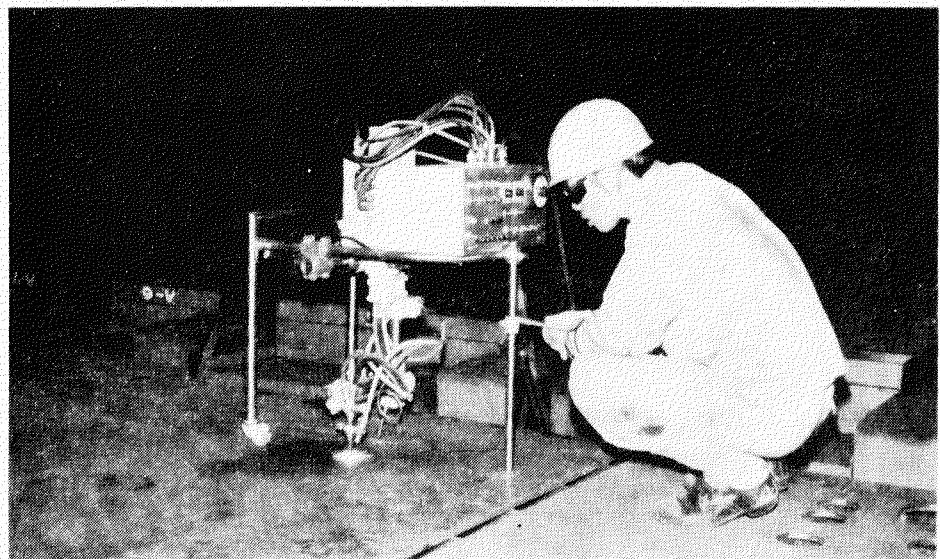


写真 2.5.1 自立型切断用ロボットの切断状況

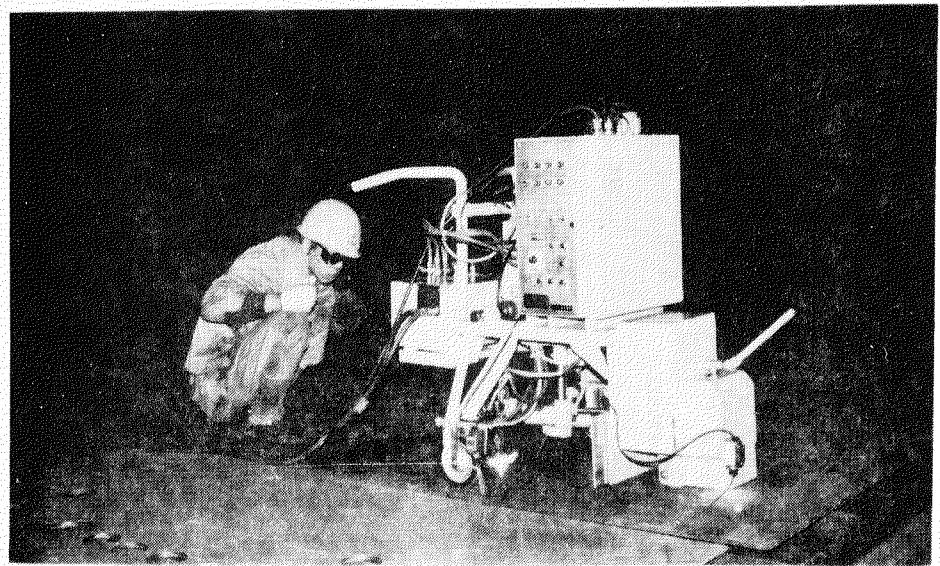
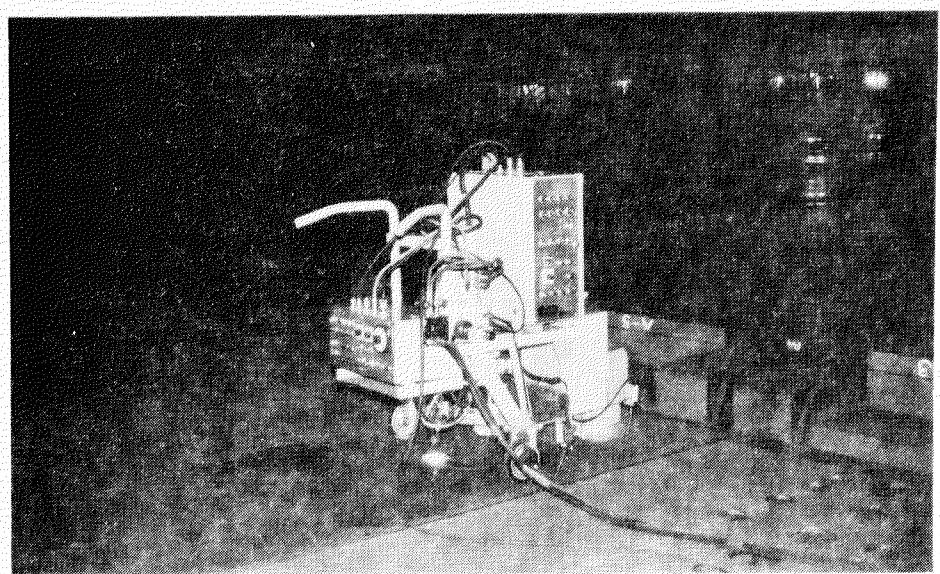


写真 2.5.2 自動走行型切断用ロボットの切断状況

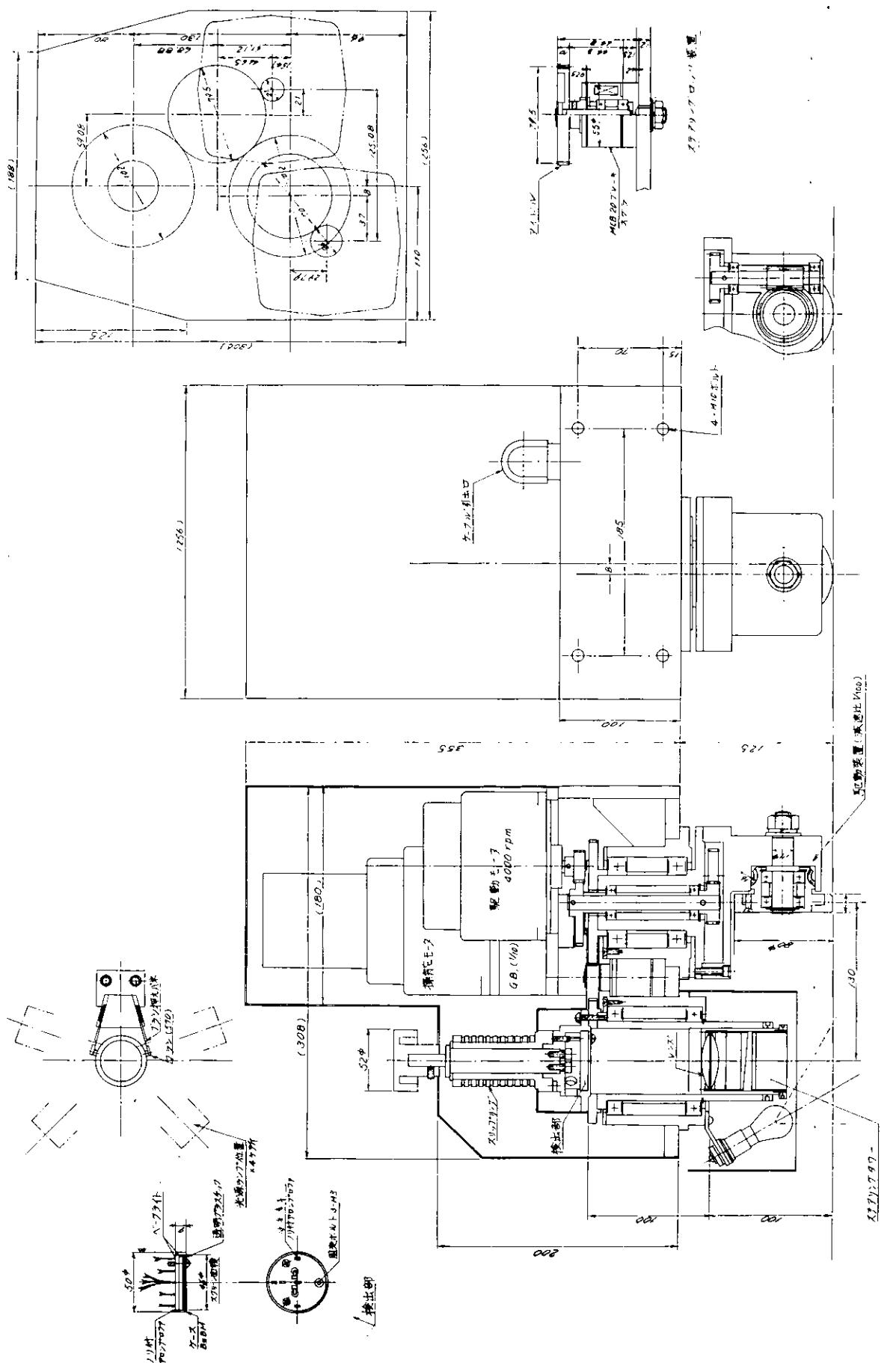


図 2.5.5 切断用ロボット自動走行装置組立図

(2) 自動走行装置

図 2.5.5 は切断用ロボット自動走行装置組立図をまた図 2.5.6 は概略機構と名称を示す。

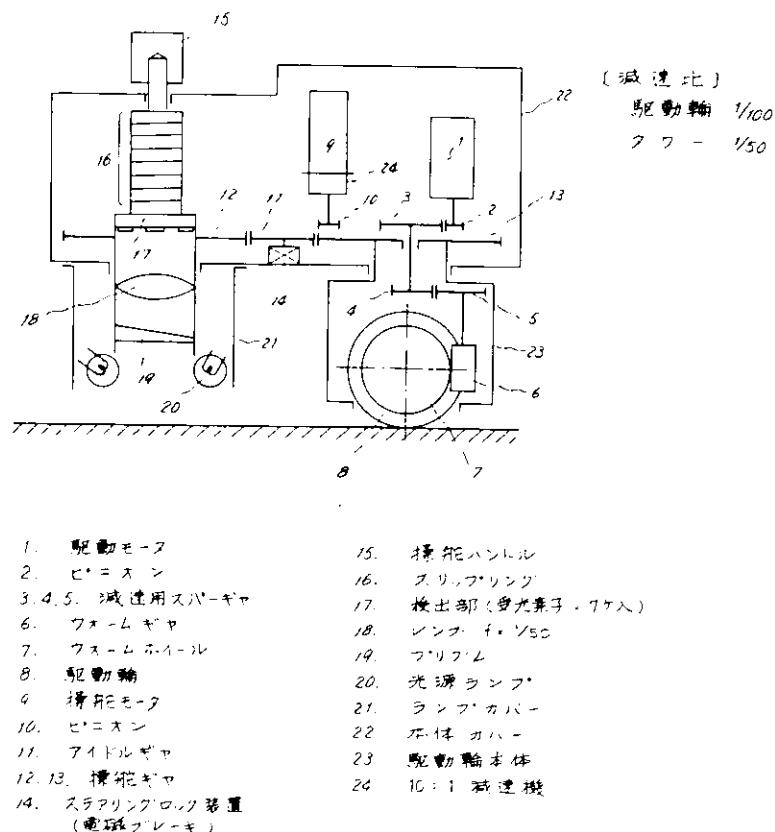


図 2.5.6 自動走行装置概略機構および名称

自動走行装置は、光源ランプ(20)、検出部(17)、レンズ(18)、プリズム(19)、スリップリング(16)、などで構成されるステアリングタワーと台車に送り速度を与える駆動輪筒(8,23)からなっており、この両者を操舵モータ(9)で同期回転するように構成されている。

光電検出部は図 2.5.7 に示すごとく、光源ランプ(電球)、プリズム、レンズ、光電検出素子(受光素子)より構成されている。

受光素子の作動要領はつぎのとおりである。

(a) 高速の条件

A, C, D, E 全部が 0 (黒を検出した場合) になった場合

(b) 低速の条件

A, C, D, E いずれかが 1 (白を検出した場合) になった場合

(c) ならい ON 条件

C が 1 になった場合は F, G 検出により書きライント上を自動追跡する。

(d) ならい OFF 条件

B が 1 から 0 になった場合は、自動追跡 OFF になる。

(e) 一時停止条件

A, B, D, E 全部が 1 になった時一時停止する。

(f) C, D, E 全部が 1 になった時、全停止する。

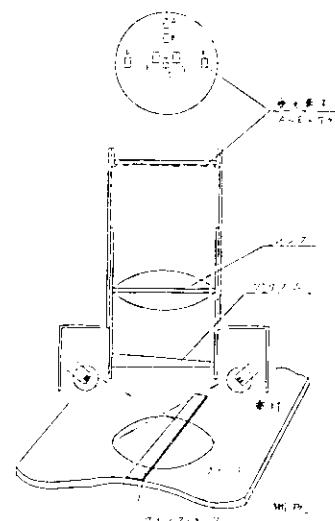


図 2.5.7 光電検出部概略図

(2) F と G はライン自動追跡用である。

F, G の検出電圧を比較回路に入れて出力電圧としてはライン位置により図 2.5.8 に示すとく + 出力, 0 出力, - 出力をえる。操舵モータは出力電圧によって左回転, 停止, 右回転しラインを自動追跡する。

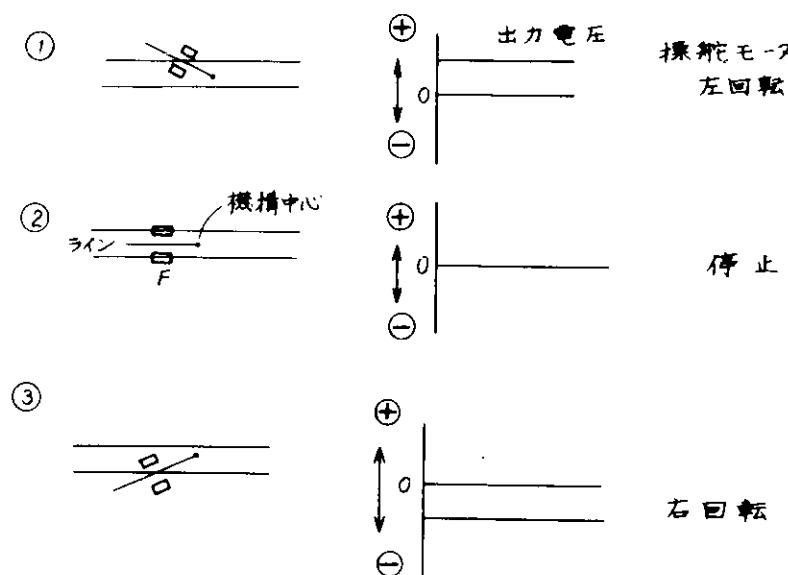


図 2.5.8 F, G 素子の方向と出力電圧との関係

電気制御部のブロック線図を図 2.5.9 に示す。

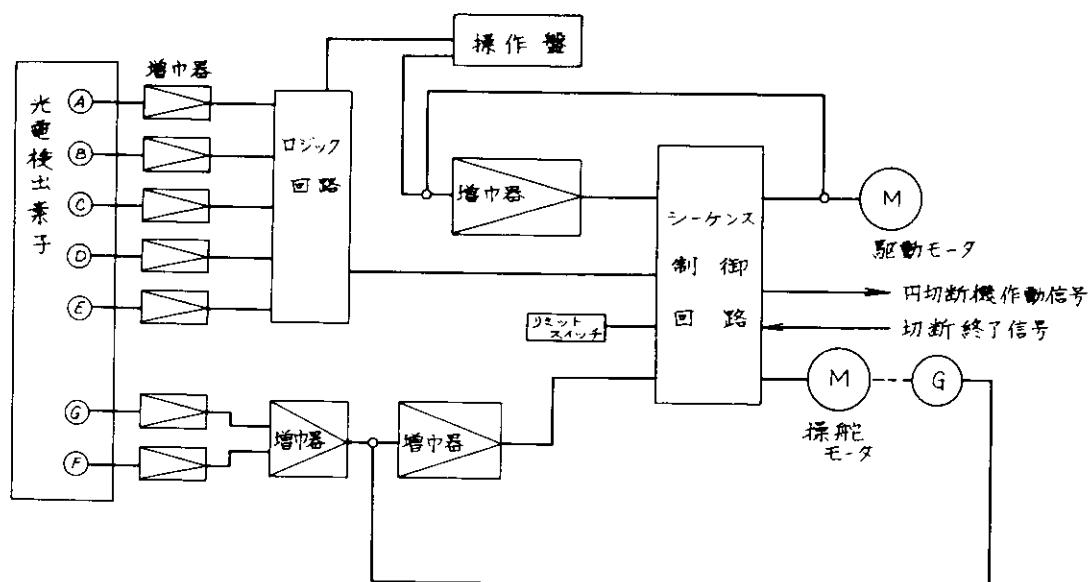
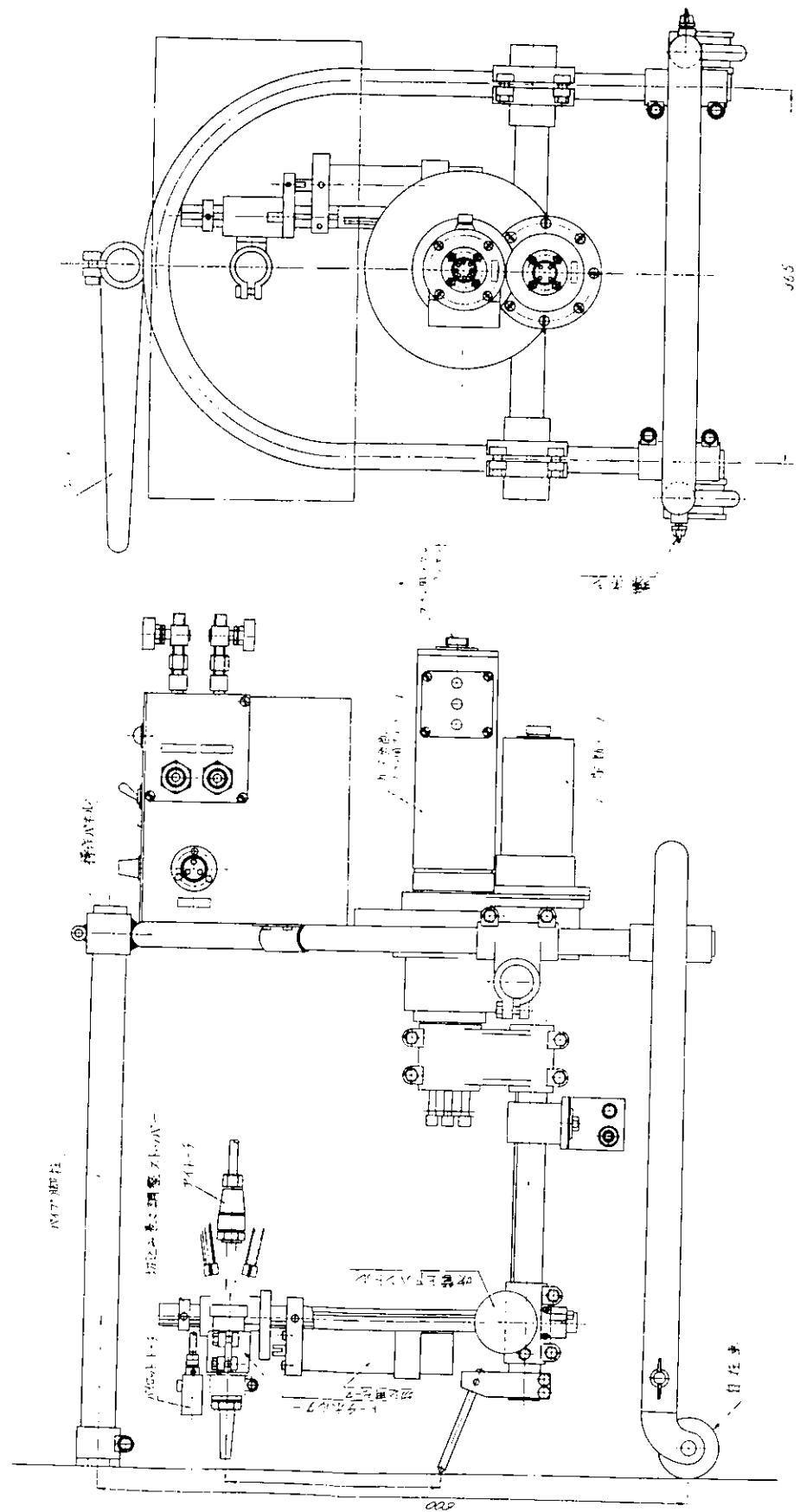


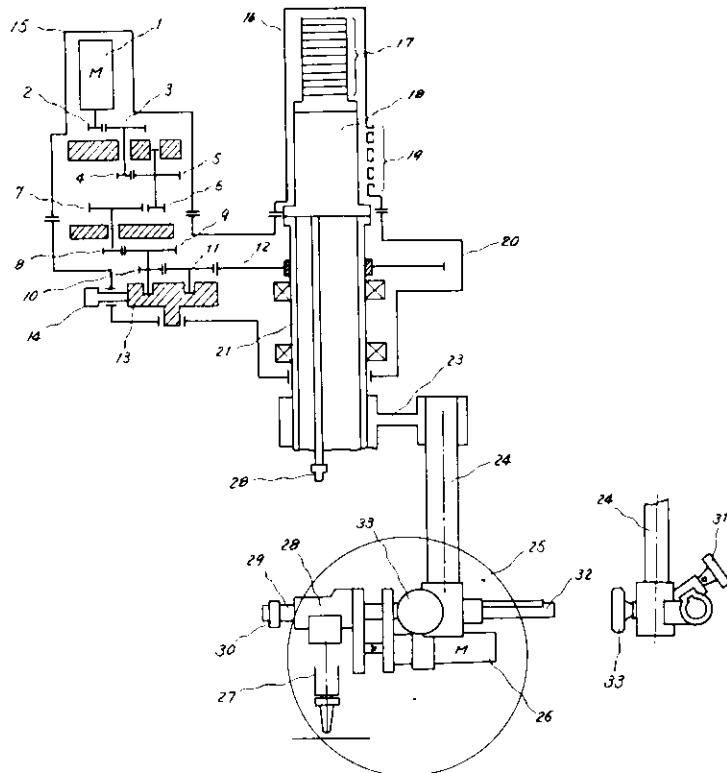
図 2.5.9 電気制御部のブロック線図

(3) 円切断装置

円切断装置の外形を図 2.5.10 に、また構造および名称を図 2.5.11 に示す。



[図2.5.10] 刈切断装置(WY型)の外形



- | | |
|----------------------------|--|
| 1. 回転用モータ 15W D.C 5500 rpm | 19. ガス導入口 |
| 2. 駆動用モータビニオン | 20. ステアリングキャニスター |
| 3. 4. 5. 6. 減速用ギヤアッセンブリー | 21. ステアリングハイブリット |
| 7. 8. 9. 10. 減速用スバルギヤ | 22. ガス供給パイプ |
| 11. 駆動…中立クラッチ用アイドルギヤ | 23. ハーフマウント |
| 12. ステアリングギヤ | 24. トーチブロック取付パイプ |
| 13. クラッチシフト | 25. トーチブロック |
| 14. クラッチハンドル | 26. 功込室内用モータ |
| 15. モータギヤアッセンブリー用ケース | 27. アイドーネ |
| 16. ステアリングブロック用ケース | |
| 17. スリーブリングブロック | 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11 = 回転減速部 |
| 18. ガスカップリング | 12. 13. 14. 21. 22 = ステアリングタワー |

図 2.5.11 円切断装置構造および名称

円切断装置は、回転、減速部、ステアリングタワー、およびトーチブロックから構成されている。駆動用モータ(1)は(2)～(12)までの減速ギヤ群で減速され、ステアリングタワーを回転させる。ステアリングタワー部は最高1.515 rpmにて回転する。回転速度と切断速度の関係を図2.5.12に示す。

減速比

$$\begin{array}{c}
 \text{モータービニオン} \\
 \frac{7}{35} \times \frac{12}{49} \times \frac{12}{49} \times \frac{12}{38} \times \frac{12}{34} \times \frac{34}{165} = \frac{1}{3629.8} \\
 \text{回転最高速度 (r.p.m)} \qquad \qquad \qquad \text{ステアリングギア}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 5.500 \text{ (r.p.m)} \times \frac{1}{3629.8} = 1.515 \text{ (r.p.m)} \\
 \text{駆動用モータ回転数}
 \end{array}$$

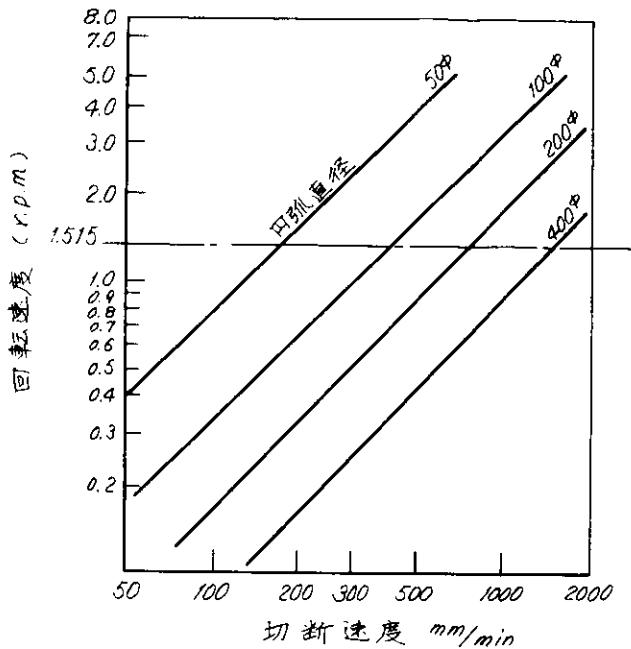


図 2.5.12 ステアリングタワーの回転速度と周速度の関係

ステアリングタワー部はスリップリング(17), ガスカップリング(18), ステアリングパイプ(21), ガス供給パイプ(22)等により構成される。スリップリングブロックはバイロットトーチ, アイトーチおよび切込案内用モータの電気制御を行なう。

また, ガスカップリングによりトーチおよびバイロットトーチへガス供給を行なう。

トーチブロック(25)はトーチブロック取付パイプ(24)で支持され, またトーチ(27)はスライド支持器(28)により保持されている。スライド支持器(28)はスライインボール軸受を内蔵し, スライイン軸(29)上を切込案内用モータ(26)の動力によりスライドする。スライド量(切込長さ)はストッパー(30)で調整する。切断円直径はハンドル(31)で, ラックパイプ(32)を移動することにより設定する。

トーチブロック(25)全体はハンドル(33)により, トーチブロック取付パイプ上を上下することができる。

円切断装置の電気制御部ブロック線図を図 2.5.13 に示す。

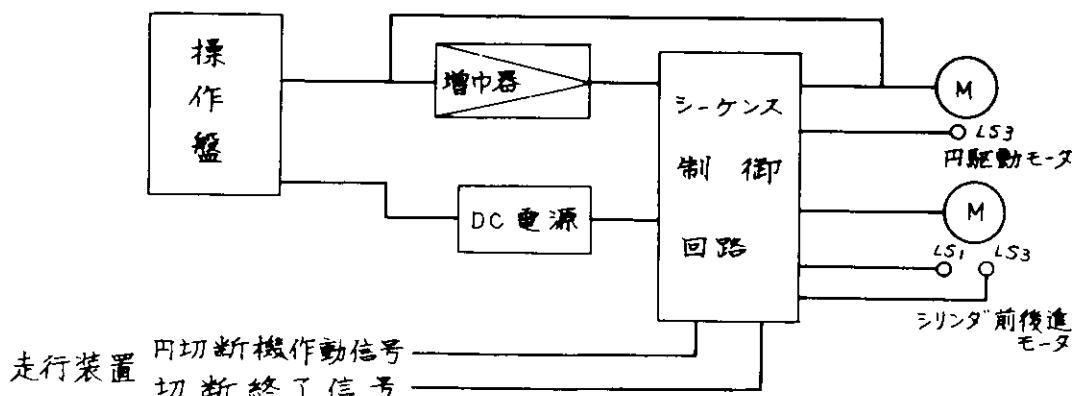


図 2.5.13 円切断装置電気部ブロック線図

2.5.2 工場実験

(1) 自動走行装置

(a) 走行速度テスト

走行速度を調査すると同時にダイヤル表示と速度の関係を調査した。

(i) 実験方法

500 mの助走後、2,000 mを直進走行させタイムを計測した。

ダイヤルがスライド式で無段階ダイヤルのためダイヤル設定はそのつどやり直した。

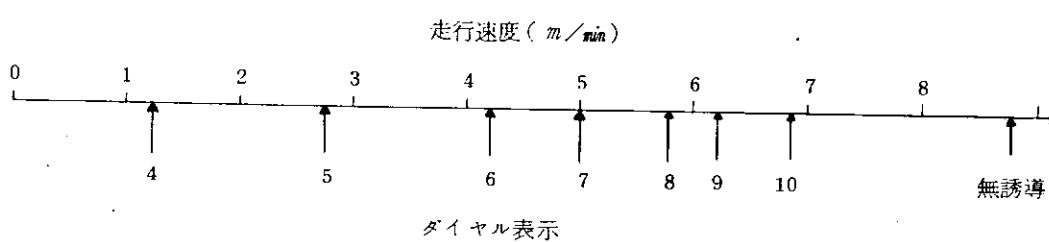
鋼板表面状態は黒皮としチョークで記入した線幅6 mmの線上を走行させた。

(ii) 実験結果

△	速 度 ダイヤル表示	計測タイム (sec)				速 度 (m/min)	備 考
		1回目	2回目	3回目	平 均		
無誘導	—	13.7	13.8	13.5	13.7	8.76	
誘導	1						
	2						
	3						
	4	93.4	103.2	107.0	101.2	1.19	
	5	41.3	45.0	48.5	44.9	2.67	
	6	27.2	29.4	30.0	28.9	4.15	
	7	23.6	24.0	24.7	24.1	4.98	
	8	21.0	21.4	21.0	20.8	5.77	
	9	19.2	19.6	19.0	19.3	6.22	
	10	17.4	17.6	17.5	17.5	6.86	

(iii) 考 察

① ダイヤルの指示する速度をプロットすると次のとおりである。



② 誘導時ダイヤル1, 2, 3では走行しないが4での速度が1.19 m/minと低速なので実用上支障はない。

(b) 追従可能線幅テスト

追従可能な線幅の範囲を調査した。

(i) 実験方法

所定幅に切った白色紙テープとチョークで鋼板上に直線をマーキングし1 m追従させた。

鋼板表面状態は黒皮とした。

(ii) 実験結果

線幅(ミク)	速度ダイヤル	テープ	チョーク	備考
1	4	×	—	チョークでのテストは不能
	6	×	—	
	8	×	—	
	10	×	—	
3	4	○	○	
	6	○	○	
	8	○	○	
	10	○	×	
6	4	○	○	
	6	○	○	
	8	○	○	
	10	○	○	
9	4	○	○	
	6	○	○	
	8	○	○	
	10	○	○	
12	4	○	○	
	6	○	○	
	8	○	○	
	10	○	○	
15	4	○	○	
	6	○	○	
	8	○	○	
	10	○	○	

(注) ○…追従可能 ×…追従不能

(iii) 考察

① チョークにてけ書ける範囲の線幅であれば全て追従可能である。

② 線幅が大きくなればなる程検出部のふりが大きくなるのが観察された。

(c) 無誘導時直進性テスト

無誘導時の直進性は誘導線をマーキングするときの無誘導長さおよび入射マークの形状決定に影響があるので調査した。

(i) 実験方法

1 m の直線を追従させたのち 2 m 無誘導にて走行させ直線からのふれを計測した。

誘導線先端部の形状は特に念に直線かつ線幅一定になるようにした。

鋼板表面状態は黒皮としチョークによる線幅は 6 ミクとした。

鋼板傾斜は切断定盤で考えられる最大の 1° 程度とし水平な場合と比較した。

(ii) 実験結果

誘導線先端の 形状 替え	誘導時 速度ダイヤル	鋼板の 傾斜(度)	直線からのふれ(ミクロン)		
			1回目	2回目	平均
1	10	0	200	113	156
2	10	0	312	390	351
3	10	0	-95	-140	-117
4	10	0	-20	10	-5
5	4	0	-217	-136	-176
	10	0	170	-7	81
	4	1	248	233	240
	10	1	33	-47	-7
6	4	0	305	335	320
	10	0	322	295	308
	4	1	280	288	284
	10	1	340	288	314
7	4	0	127	140	133
	10	0	176	185	180
	4	1	138	152	145
	10	1	133	197	165

(注) 傾斜は変位の+方向に下がるようつけた。

(iii) 考察

- ① け書線の端部形状・速度・傾斜の条件が同じときはふれの量もほぼ同じである。
- ② 速度・傾斜によりふれの方向・量は変わるが、速度が速くなればふれが大きくなるとか、傾斜の低い方向にふれるとかいった傾向はない。
- ③ け書線の端部形状によりふれはかなりばらつくが、端部形状を注意して書けば2mの走行でふれはほど±400ミクロン以内におさまる。
- ④ 無誘導距離とふれの関係を示すと図2.5.14のようである。

(d) 入射テスト

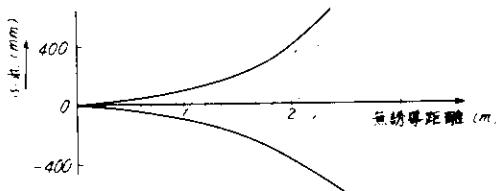


図2.5.14 無誘導距離とふれの量

無誘導から誘導線に入射できる条件を調査した。

(i) 実験方法

チョークによる誘導線に90°から5°まで5°ピッチの入射角で入射させた。

鋼板表面状態は黒皮、プライマー(エバボンドー緑色)の2種類により実験した。

(ii) 実験結果

① 黒皮

入射できる最大角度

速度ダイヤル 線幅(ミクロン)	4		6		8		10		備 考
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	
3	30						→30		
6	50				→50	45	45		
9	55					→55	55	90~60°は停止してしまう。	
15	50					→50	50	90~55° "	

② プライマー

速度ダイヤル 線幅 (mm)	入射できる最大角度								備考
	4		6		8		10		
1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目		
3	30						30		
6	50						50		
9	55						55	90~60°は停止してしまう。	
15	50						50	90~55°	"

(iii) 考察

- ① 誘導線の線幅により入射の条件は異なるが速度によってはほとんど変わらない。線幅による入射の状態を図 2.5.15 に示す。
- ② 表面状態により入射条件は変わらない。
- ③ 無誘導時であっても線幅 9 mm 以上で大角度入射のとき停止状態になる。

(e) 追従性能テスト

(i) 対線質性能テスト

チョークだけ書線であるため線質は必ずしもよくない。線質の乱れにより追従性がどのように変化するかを調査した。

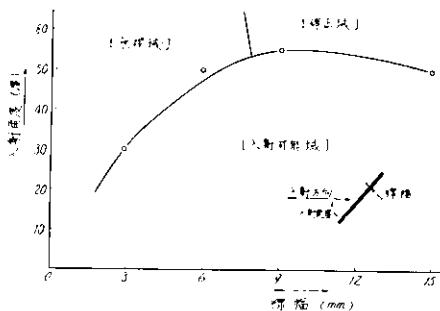


図 2.5.15 線幅と入射角度

(ii) 実験方法および実験結果

下記に示すパターンを追従させ装置の動きを観察した。

(ii) 考察

鋼板のよごれ、鋼板上のごみなどによる程度の線質の乱れは追従させるうえでほとんど影響を受けないと考えられる。

(o) 切断中心の復原性テスト

追従線を検出するセンサーの後部約 700 mm のところに切断装置中心があるため方向転換した場合切断装置中心が追従線を大きくはずれる。

ここでは方向転換後の切断装置中心軌跡を調査した。

(i) 実験方法

パターン	直進の否	装置の動き
④ 150° 直進	OK	変化なし
⑤ 150° 曲線	OK	無誘導の状態となるが追従は可
⑥ 150° 曲線	OK	④と同様
⑦ 150° 曲線	OK	無誘導の状態となるが追従は可
⑧ 150° 直進	OK	変化なし

各種の旋回半径で 90° の方向転換をさせ切断装置中心の軌跡を調査し、再び書線上にくるまでの走行距離を求

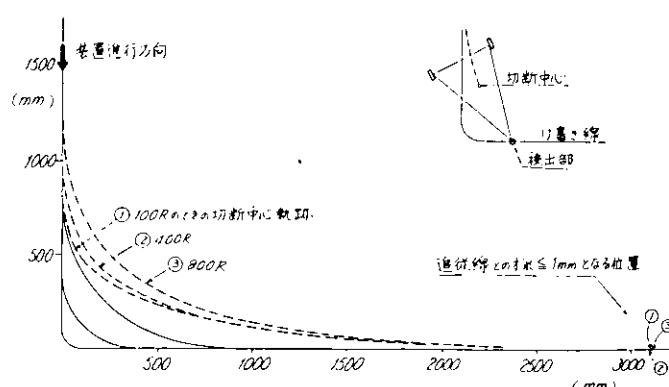


図 2.5.16

めた。

(ii) 実験結果

実験結果を図 2.5.16 に示す。

(iii) 考察

- ① 方向転換させる半径により軌跡は異なるが追従線とのずれが 1mm 以下になる位置は半径に関係なく約 3.2m のところである。

ただし、追従線の形状をたとえば図 2.5.17 のように工夫することによりこの距離をほとんど 0 に短縮することが可能である。

(iv) 対曲率性能テスト

どの程度の曲率まで装置が追従できるかを調査し追従線を書きときの指針とする。

(i) 実験方法

右図のパターンを追従させ追従できる最小半径を調べた。

半径…… 200, 150, 125, 100, 75, 50, 25 mm

(ii) 実験結果

① 黒皮

追従できる最小半径 (mm)

速度ダイヤル	4		6		8		10	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
3	200	200	200	200	200	200	×	×
6	25	25	50	25	50	50	100	100
9	25	25	25	25	75	50	75	75
12	25	25	25	25	25	25	50	50
15	25	25	25	25	25	25	25	25

② ブライマー

追従できる最小半径 (mm)

速度ダイヤル	4		6		8		10	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
3	150	200	200	150	200	200	×	200
6	25	25	50	50	50	50	100	100
9	25	25	25	25	50	50	50	50
12	25	25	25	25	25	25	50	25
15	25	25	25	25	25	25	25	25

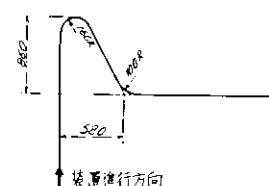


図 2.5.17 復原性の改善例

(iii) 考 察

- ① 線幅・速度と追従可能な半径の関係を図 2.5.18 に示す。
- ② 鋼板表面状態が黒皮かプライマーかによる差はほとんどない。
- (e) 追従線認識力テスト

追従線とそれ以外の線を区別する能力について調査した。

(i) 実験方法

追従線と防害線（他の追従線およびZマーキング線）を交差させ正常に追従するかを観察した。速度ダイヤルは10、鋼板表面状態は黒皮とした。

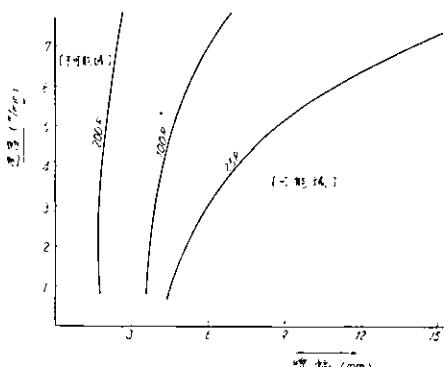
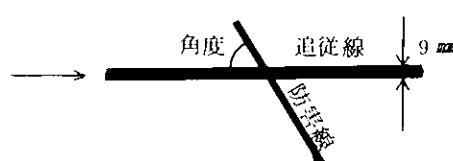


図 2.5.18 線幅・速度と追従可能な半径

(ii) 実験結果

- ① 他の追従線（線幅 = 9 mm）との交差

角度(度)	90	80	70	45	30	15
1回目	NO (停止する)	NO (停止する)	OK	OK	OK	OK
2回目						NO
3回目						NO
4回目	↓	↓	↓	↓	↓	NO

（注）各回毎に書きをやり直して実験した。

- ② Zマーキング線（線幅 = 1 mm）との交差

角度(度)	90	45	30	15
1回目	OK	OK	OK	OK
2回目				
3回目				
4回目	↓	↓	↓	↓

(iii) 考 察

- ① Zマーキング線は無視して正常に追従する。
- ② 追従線幅を9 mmとする場合他の追従線と交差させるには70°～30°にする必要がある。

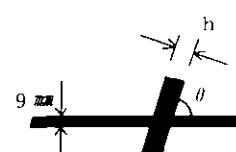
(f) 位置決め性能テスト

(i) 停止条件テスト

停止マークの条件について調査した。

- (i) 停止マークの角度と線幅を変化させ停止性能を調査した。

鋼板表面状態は黒皮とした。



(ii) 実験結果

速度ダイヤル	4		6		8		10	
h (mm) θ (度)	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
3	90	×	×	×	×	×	×	×
	80	×	×	×	×	×	×	×
6	90	○	○	○	○	○	×	×
	80	○	○	○	○	○	×	×
9	90	○	○	○	○	○	○	○
	80	○	○	○	○	○	○	○
12	90	△	△	○	○	○	○	○
	80	△	△	○	△	○	○	○
15	90	△	△	△	△	△	△	△
	80	△	△	△	△	△	△	△

×無視する △再スタートできない ○正常停止する

(iii) 考察

- ① 直角から 10° 程度ずれても停止可能である。
- ② 速度と停止マーク幅による停止条件を図 2.5.19 に示す。

(iv) 停止精度テスト

停止マークによる位置決め精度を調査した。

(i) 実験方法

停止マークの線幅および角度を変えて停止

精度を調査した。

鋼板表面状態は黒皮とした。

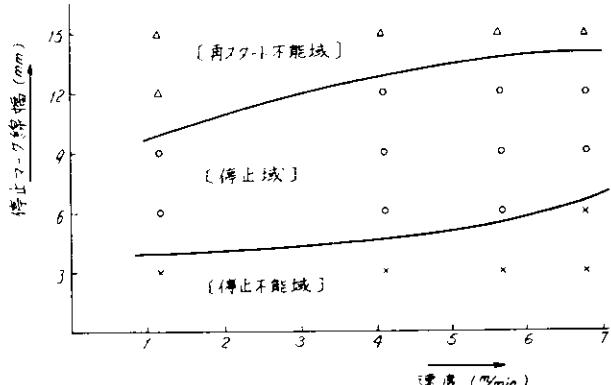


図 2.5.19 速度と停止マーク幅による停止条件

(ii) 実験結果

h (mm)	9		15		15	
速度 ダイ ヤル	90		90		70	
h (mm) θ (度)	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
4	-1	1	2	1	9	10
6	6	6	5	6	12	11
8	11	10	9	10	17	17
10	15	15	14	13	22	22

(iii) 考 察

① 各条件におけるオーバーランの距離を図 2.5.20 に示す。

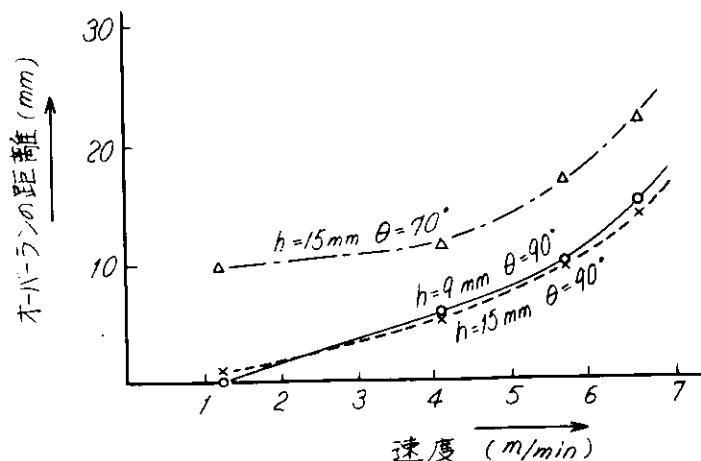


図 2.5.20 各条件におけるオーバーランの距離

(g) 作業性

工場実験をおこなった範囲で作業性について述べると次のとおり、

- ① フリーハンドでチョークにてけ書きするため自由にかつ速く誘導線のけ書き作業ができた。また離れた場所に移動するときは無誘導にて走行させることができるために途中の誘導線が省略可能であり、け書き作業が容易であった。
- ② 重量が大きく持上げて移動する場合は 3 ~ 4 名が必要であった。
鋼板上を手動にて移動させるには 1 名で自由に操作できる。
- ③ 装置の中央に切断部分を持っているため鋼板端面に近い円孔には 3 輪のうちのどれか 1 つが鋼板を外れるので適用することができなかった。
- ④ 電気コードを引っ張っているため移動順序によってはコードが装置の進行を防げたり、誘導線を消す場合がしばしばありコードを常に監視する必要があった。
- ⑤ 端面検出機構の信頼性が高く、実験中鋼板から落ちる心配はなく安心して操作ができた。
- ⑥ ①に述べた反面、精度よく所定の点に位置決めするためには(e)-(h)の復原性、(f)の位置決め性能テストからもわかるように誘導線のけ書きに工夫が必要となろう。

(2) 自動切断装置

(a) 自動ピアシングテスト

自動ピアシングの信頼性をテストし、あわせてピアシングの条件を調査した。

(i) 実験方法

約 1 m² の鋼板中心付近にてピアシングをおこないピアシングの可、不可と可の場合のかえりの状態を目視および音にて判定した。

使 用 火 口 …… 小池 108 型 2 号

切 断 酸 素 圧 …… 6 kg/cm² アセチレン圧 …… 0.2 kg/cm²

鋼 板 表 面 状 態 …… 黒皮、プライマー

(ii) 実験結果

板厚 (mm)	火口 高さ (mm)	項目	黒皮			プライマー		
			予熱時間 (sec)	可/不可	かえりの状態	予熱時間	可/不可	かえりの状態
12.7	30	20	○	○		20	○	○
		15	○	○		18	○	○
		10	×			15	×	
	20	12	○	○		20	○	○
		11	○	○		18	○	○
		10	×			15	×	
	10	13	○	△		15	○	△
		10	○	△		10	×	
		20	○	○		20	○	○
16	30	15	○	○		20	○	○
		10	○	△		17	×	
		10	×					
	20	15	○	○		20	○	○
		13	○	△		15	○	△
		11	×			13	×	
	10	13	○	○		16	○	○
		10	○	○		13	○	△
		8	×			10	×	
25	30	35	○	○		35	○	○
		30	×			30	○	○
						25	×	
	20	30	○	○		30	○	○
		25	○	△		25	×	
		20	×					
	10	25	○	○		25	○	○
		20	○	○		20	○	△
		15	×			15	×	
30	30	45	○	○		45	○	○
		40	○	△		40	○	△
		35	×			35	×	
	20	35	○	○		35	○	○
		30	×			30	×	
	10	26	○	○		30	○	○
		23	○	△		25	○	○
		20	×			20	×	

かえりの状態 ○……火口にかえりが全然つかない。

△……かえりがあるが火口がつまる程ではない。

×……かえりにより火口がつまる。

(ii) 考察

- ① 実験回数 65 回のあいだ火口掃除を 1 度もやらなかつたが目つまりなしで安定した作動状況であった。
- ② 黒皮材における板厚、火口高さと最小予熱時間の関係を図 2.5.21 に示しプライマー材におけるそれを図 2.5.22 に示す。
- ③ 切断酸素が出るまでパイロットフレームがひき続き作動しているので予熱時間に若干影響があると考えられる。

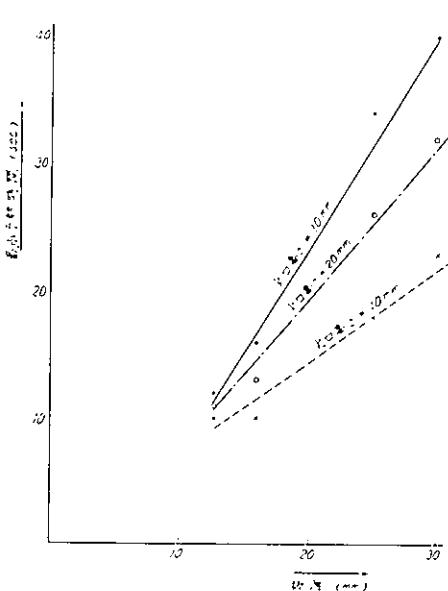


図 2.5.21 板厚、火口高さと予熱時間(黒皮材)

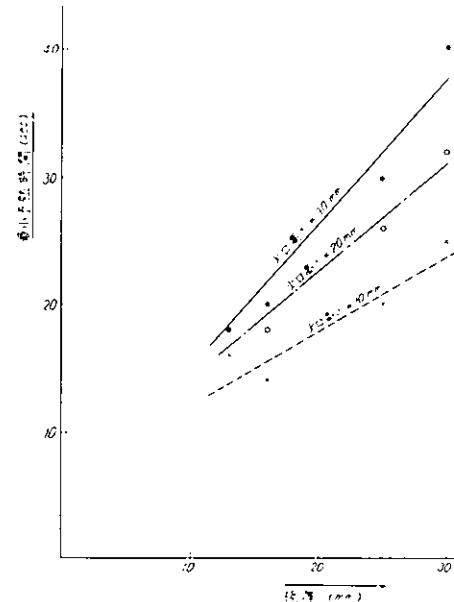


図 2.5.22 板厚、火口高さと予熱時間(プライマー材)

(b) 切断精度テスト

半径設定機構の正確さと切断精度について調査した。

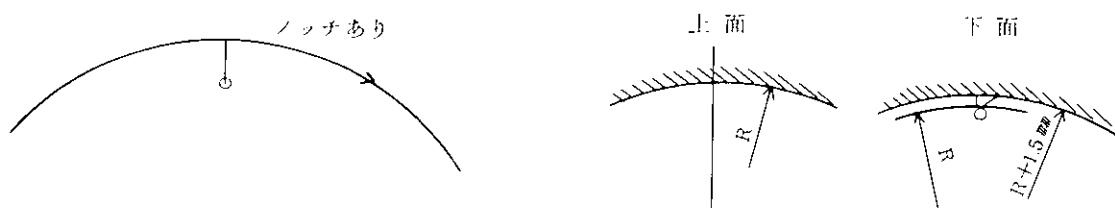
(i) 実験方法

鈍板上半径 50, 200 mm のホールを切断後下記項目を測定した。これ以外の半径については機構上、半径により切断精度が異なることは考えられないで実験を省略した。

鈍板表面状態は黒皮、板厚は 16 mm とした。

(ii) 実験結果

設定半径 (mm)	50				200				
	項目	切断半径 (mm)	ノッチ	粗度	面度	切断半径 (mm)	ノッチ	粗度	面度
1 回目	50	↓	あり	WES 1 級	WES 1 級	200	↓	あり	WES 1 級
2 回目									
3 回目									
4 回目		↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓



(iii) 考 察

- ① 切断半径、粗度、面度とも非常に優秀で問題点はない。
- ② 切込み部下面に小さなノッチがあるがこれは切断遅れの影響と考えられる。

(c) 作業性

工場実験をおこなった範囲で作業性について述べると次のとおり。

- ① ピアシングがうまく作動し火口の掃除はほとんど必要がなかった。
- ② 切断速度設定ダイヤルは角速度制御なので半径を変えるたびに切断速度のダイヤル調整が必要となった。
- ③ 切断中心を合わせるために装置全体を移動する必要があり精度よくセッティングするのに手間がかかった。
- ④ 鋼板端面近くにある円孔に適用するためには3点支持のうち少なくとも1点を鋼板外にて支える必要があった。

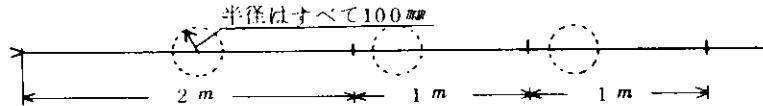
(3) 自動走行・切断装置

(a) 走行・切断のシーケンステスト

走行から切断、切断から走行の作動状況を調査した。

(i) 実験方法および実験結果

一直線上に3個の円孔を連続して切断するように誘導線を書き装置を作動させ下記の項目を調査した。



鋼板表面状態は黒皮、板厚は16 mm、速度ダイヤルは10とした。

調査項目	1個目	2個目	3個目
停止後ピアシングスタートまでの時間(sec)	0	0	0
切断後走行スタートまでの時間(sec)	0	0	0
切断中位置決め精度の変動	なし	なし	なし
切断によるひずみ、よごれの影響	なし	なし	なし

(ii) 考察

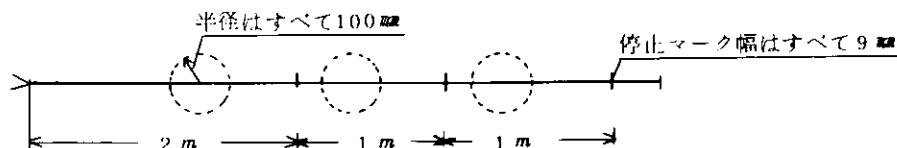
- ① 走行から切断、切断から走行への作動は完全で遅れはない。
- ② 切断中位置決め精度の変動はない。
- ③ 追従線の検出位置が切断装置よりも先行しているため切断によるひずみ、よごれの影響はない。

(b) 切断精度確認テスト

走行、切断単体の精度テストとは別に走行・切断装置としての精度を確認するために調査した。

(i) 実験方法

一直線上に3個の円孔を連続して切断するように9 mm幅の誘導線を書き装置を作動させ下記項目を測定した。



鋼板表面状態は黒皮、板厚は16 mmとした。

(ii) 実験結果

速度ダイヤル		位置精度(ミクロン)	切断径(ミクロン)	ノッチ	粗 度	面 度
4	1 個目	1	100	あり	WES 1 級	WES 1 級
	2 個目	1				
	3 個目	1				
6	1 個目	5				
	2 個目	6				
	3 個目	5				
10	1 個目	16				
	2 個目	16				
	3 個目	16	↓	↓	↓	↓

(注) 位置精度は進行方向へのオーバーランの距離である。

(iii) 考 察

- ① 各項目とも単体テストの結果とほぼ一致している。
- ② 走行装置は切断装置を搭載しても位置決め精度に差はない。
- ③ 切断装置は走行装置に搭載されても切断精度に差はない。

2.6 切断用ロボットK型

2.6.1 機 構

(1) 概 要

鋼板上のけ書き線、または貼りつけられたテープによる線を光電式ならい方式にて自動追従するとともにその線上のコマンド・マークを検出し増速、減速、一時停止等の制御も行なりセンサーを装着した。

自動走行台車に、その自動位置決め停止点を中心として円孔を自動的に切断する切断装置を搭載させた切断用ロボットである。

機器構成はつぎのとおりである。

- (a) 光電式自動ならい装置
- (b) 自動走行台車
- (c) 自動切断装置
- (d) 電気制御盤

K型切断用ロボットの外形を図 2.6.1 に示す。

自立型切断用ロボットの写真を写真 2.6.1 に、また自動走行型切断用ロボットの写真を写真 2.6.2 に示す。

(2) 光電式自動ならい装置

図 2.6.2 に光学系概略とコマンド・マーク形状を示す。

鋼板上のけ書き線はハロゲン・ランプ①で照らされ、その反射光はレンズ②を通りコマンド受光面③に拡大投影される。またその反射光の一部は経路の途中でハーフ・ミラー④で分けられ、さらに直角プリズム⑤で方向を変えてならい受光面⑥に拡大投影される。

コマンド用受光素子の作動要領はつぎのとおりである。

- (a) PD-1 (ならい ON-OFF 用)

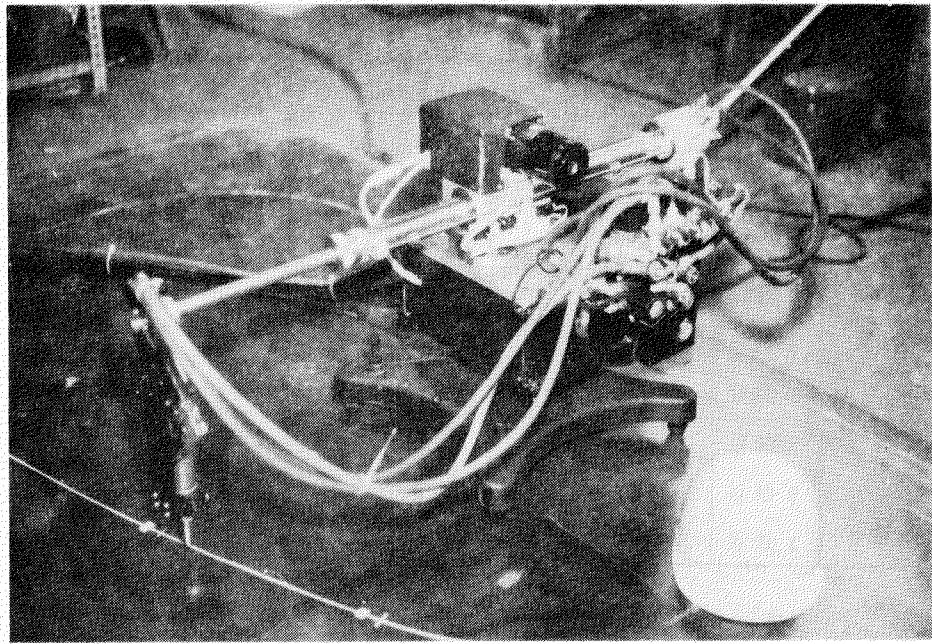


写真 2.6.1 自立型切断用ロボット

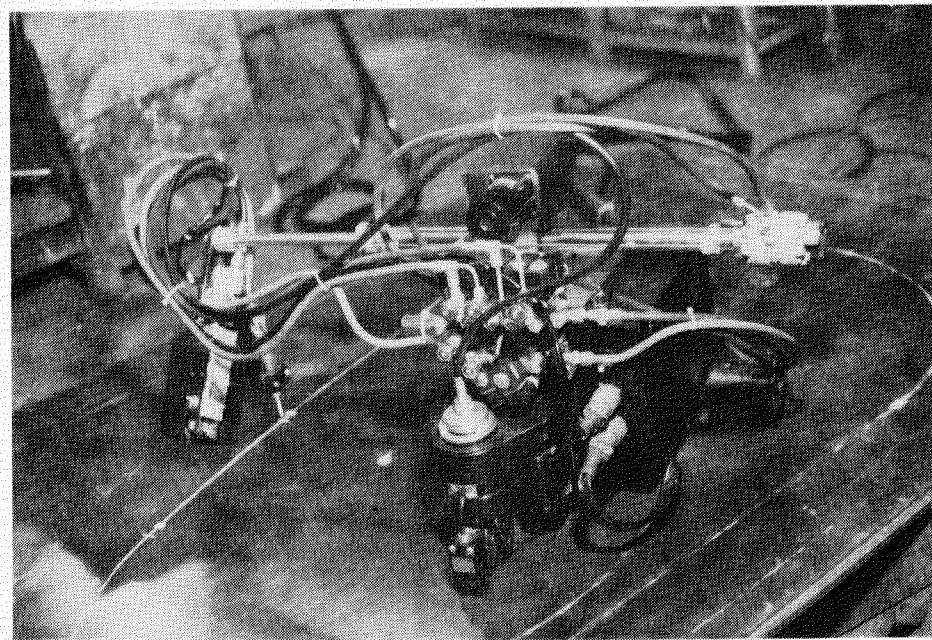


写真 2.6.2 自動走行型切断用ロボット

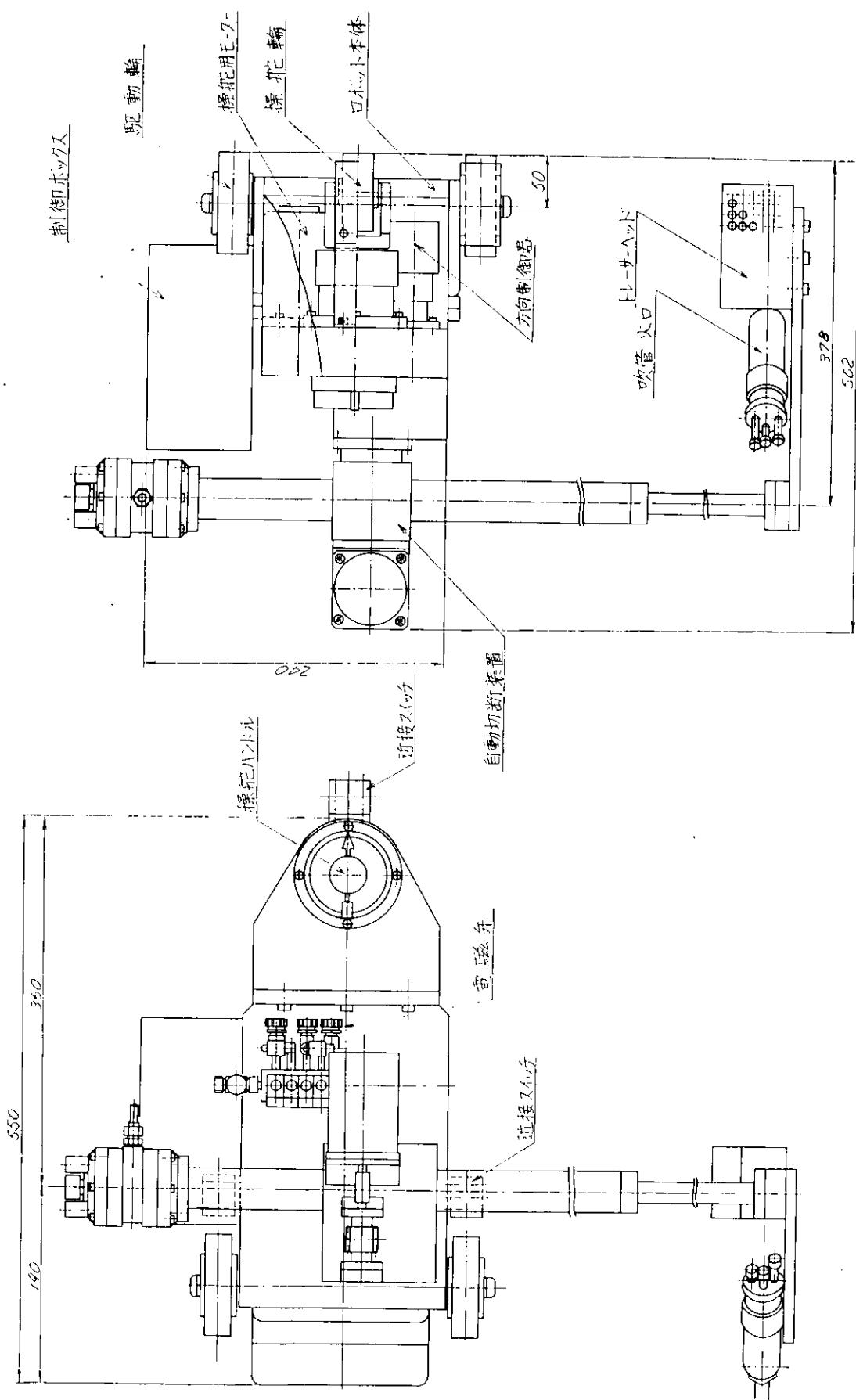


図 2.6.1 切断用ロボット K型外形図

“1”(白を検出)になった場合、PBC(フォトプリッジセル)の検出によりけ書き線上を自動追跡する。

“1”から“0”(黒を検出)に変わってから、脱線とみなされる時間がすぎた場合、自動追跡と走行は停止となる。

(b) PD-2 (高速ON-OFF用)

PD-1が“1”的条件で“1”となった場合、高速で自動追跡となる。

ただしコマンド第1信号があった場合は低速に復帰する。

(c) PD-3,4 (コマンド用)

PD-1が“1”的条件で両者が同時に“1”となつた場合、コマンド第1信号が出され減速され低速での自動追跡となる。

第1信号のうち設定時間内に、もう一度両者が同時に“1”となつた場合第2信号が出され、一時停止、切断開始となる。設定時間がすぎた場合は第1信号は消去されその以前の状態に復帰となる。

ならい受光面上のPBCは光導電物質(cds)で作られた2つの同形の三角形の感光面を合わせた形状

としたもので、その上の光のスリット、すなわち白のけ書き線の投影像の位置に応じた大きさの不平衡電圧が発生する。

け書き線像が中心位置にある場合には出力はゼロとなり、け書き線像の移動する方向によって出力の極性は異なる。したがって、この出力電圧を增幅し操舵サーボ・モーターを動作させると、モーターはけ書き線像の位置によつて異なる回転速度で中心位置に復帰させるよう作用し、中心位置に戻ると出力はゼロとなりモーターは停止する。このようにして、け書き線は自動追跡される。図2.6.3に電気制御のブロック線図、図2.6.4に操作パネルを示す。

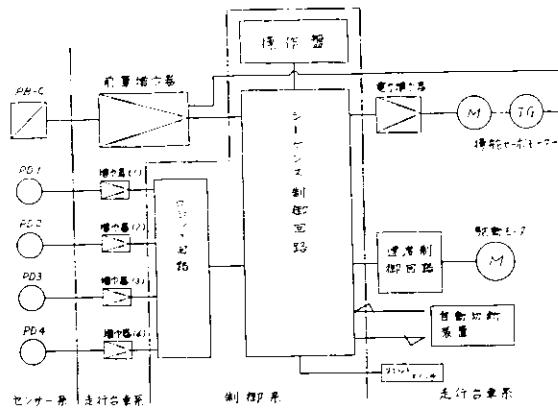


図2.6.3 ブロック線図

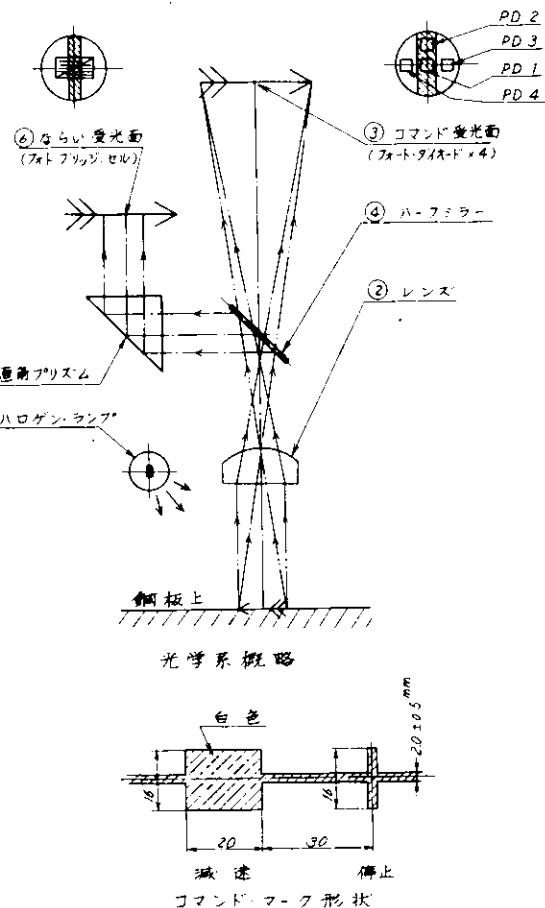


図2.6.2 光学系概略およびコマンド・マーク形状

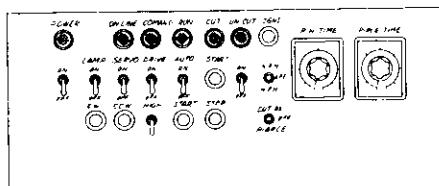


図2.6.4 操作パネル図

(3) 自動走行台車

台車の進行方向は回転が自由な前部 1 輪で変えられ、その支持軸は減速機を通り操舵サーボ・モーターで操作される。図 2.6.5 に操舵部組立を示す。後輪はクラッチ、減速機を通じて駆動電動機に接続されている。また前後輪とも車輪の前に転落防止の無接触式リミットスイッチが装着され安全をはかっている。

図 2.6.6 に駆動部組立を示す。

(4) 自動切断装置

自動切断装置はシミュレーターと切断装置本体とで構成される。

(a) シミュレーター

シミュレーターは1/5の縮尺で製作され、電気制御コンソールの中に収納されている。図 2.6.7 にシミュレーター機構、図 2.6.8 に設定パネルを示す。

円錐設定パルスモーターは送りスクリュウを駆動し、ナットを設定半径位置までプリセット・カウンターの制御で移動させる。このスクリュウ部は回転駆動モーターで 0 点を中心として切削速度に対応する速度で回転させられる。

この回転で連結棒が 0°点を中心として動き、ラックがピニオンを回し “L” 軸パルスエンコーダーでスライド方向のパルスを発生する。また扇型歯車はピニオンを回し “θ” 軸パルスエンコーダーで旋回のパルスを発生する。

以上の 2 信号を切断機本体に伝達させる。

(b) 切断機本体

旋回台座上のスライド・アームの先端に切削吹管をとりつける。その旋回とスライドの 2 軸運動を上記のシミュレーターよりのパレス信号を増幅し、パルス・モーターを駆動させることによりシミュレーターの動きが切削吹管に再現される。

なお、本体での動きはシミュレーター部の 5 倍に拡大されており、所要の寸法をうるものである。

図 2.6.9 に切削装置側面、図 2.6.10 に切削装置上面を示す。

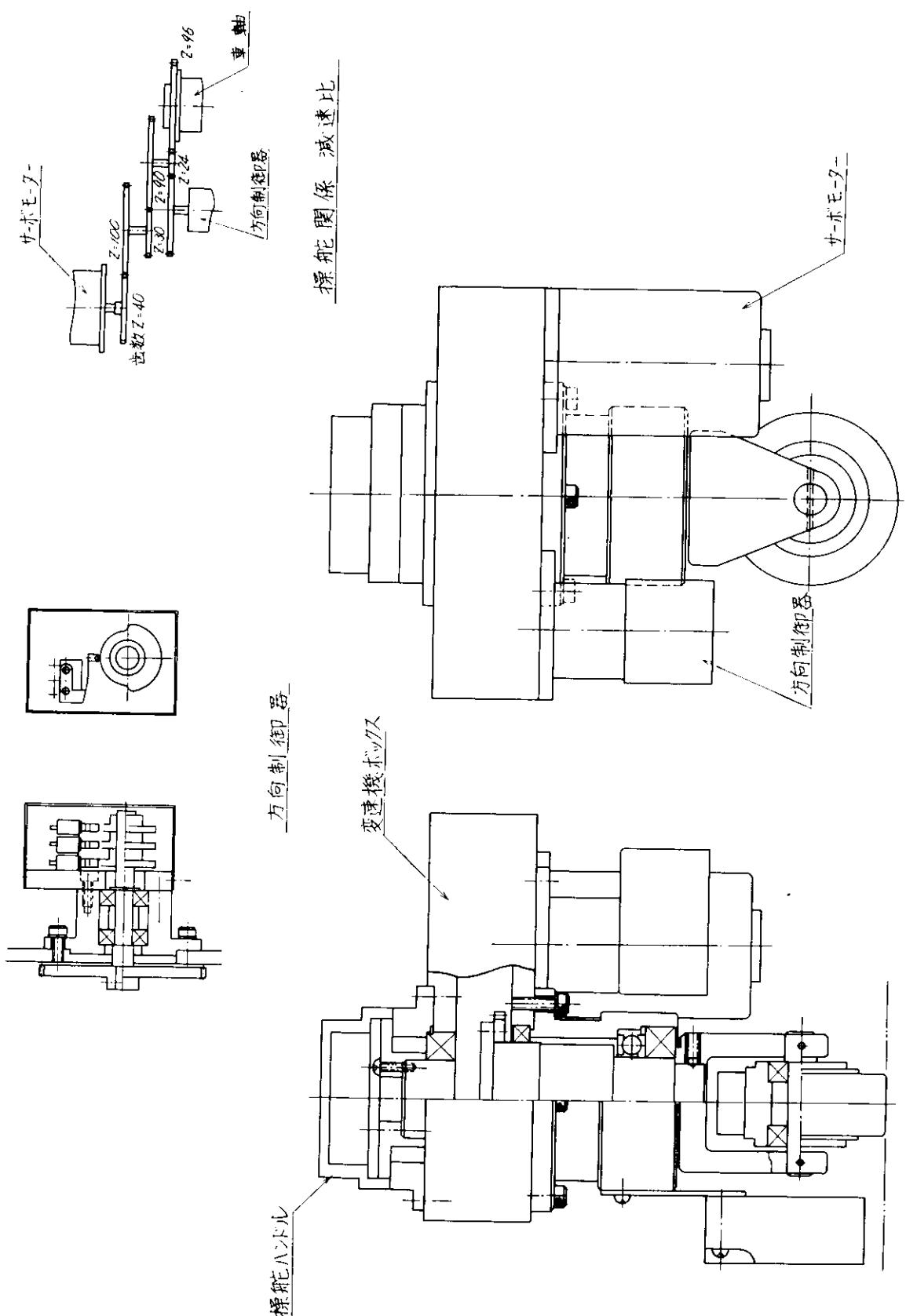
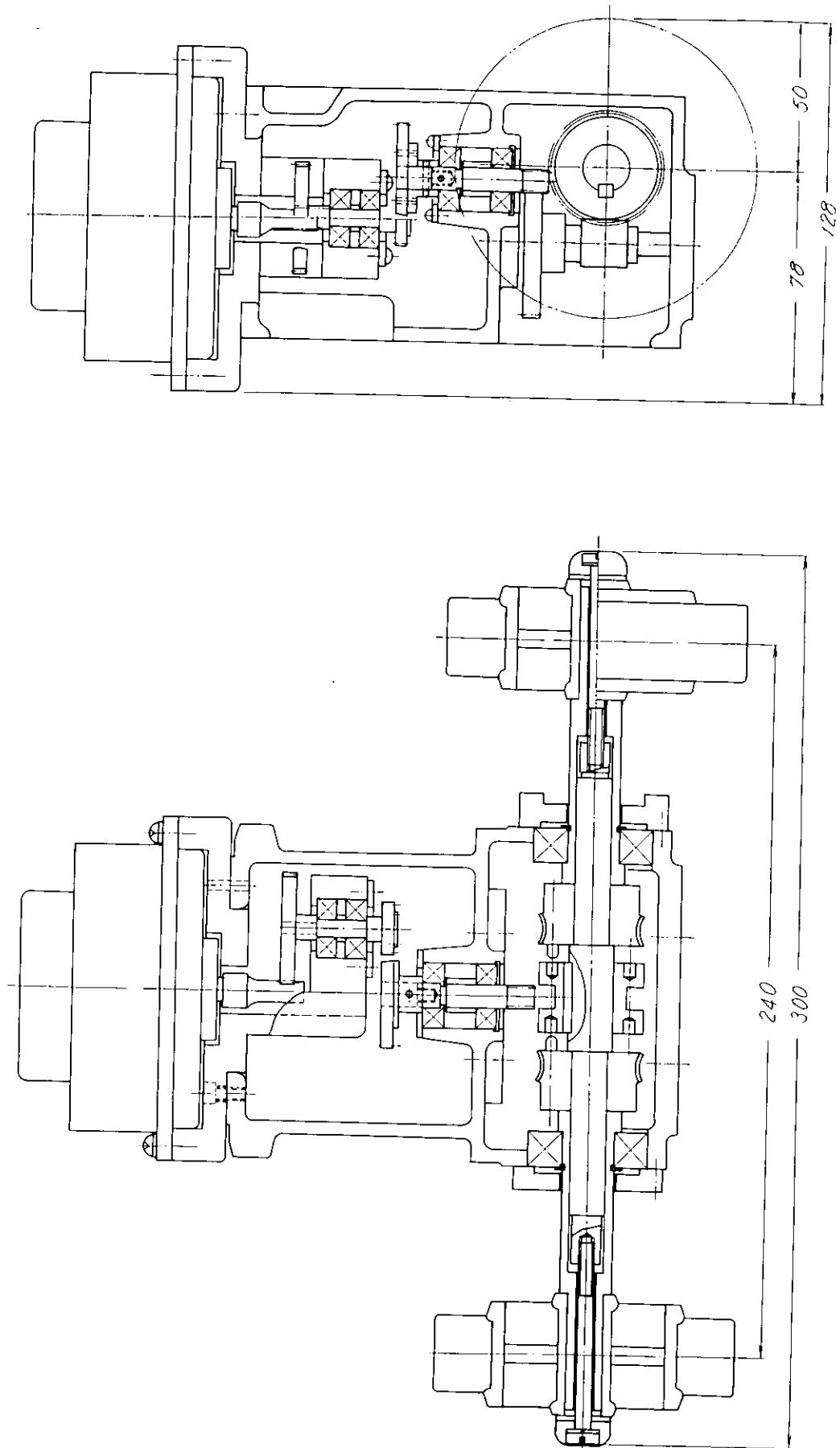
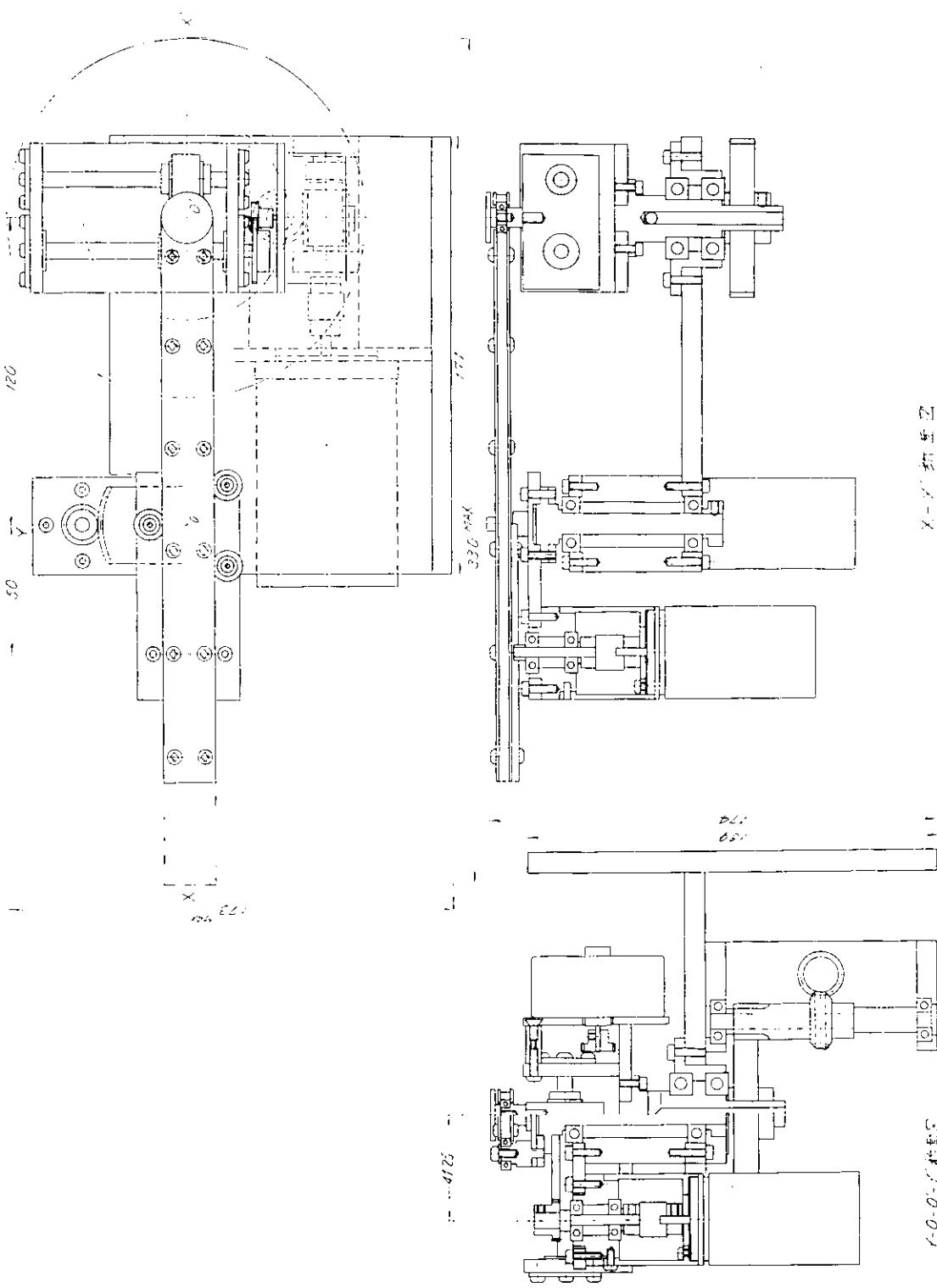


図 2.6.5 操舵部組立図

図 2.6.6 駆動部組立図





[図 2.6.7 シミュレーター機構図]

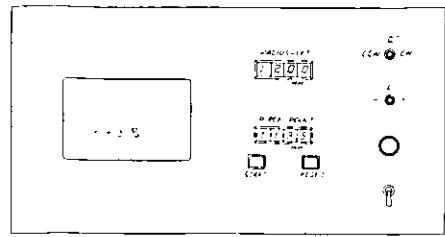


図 2.6.8 シミュレーター設定パネル

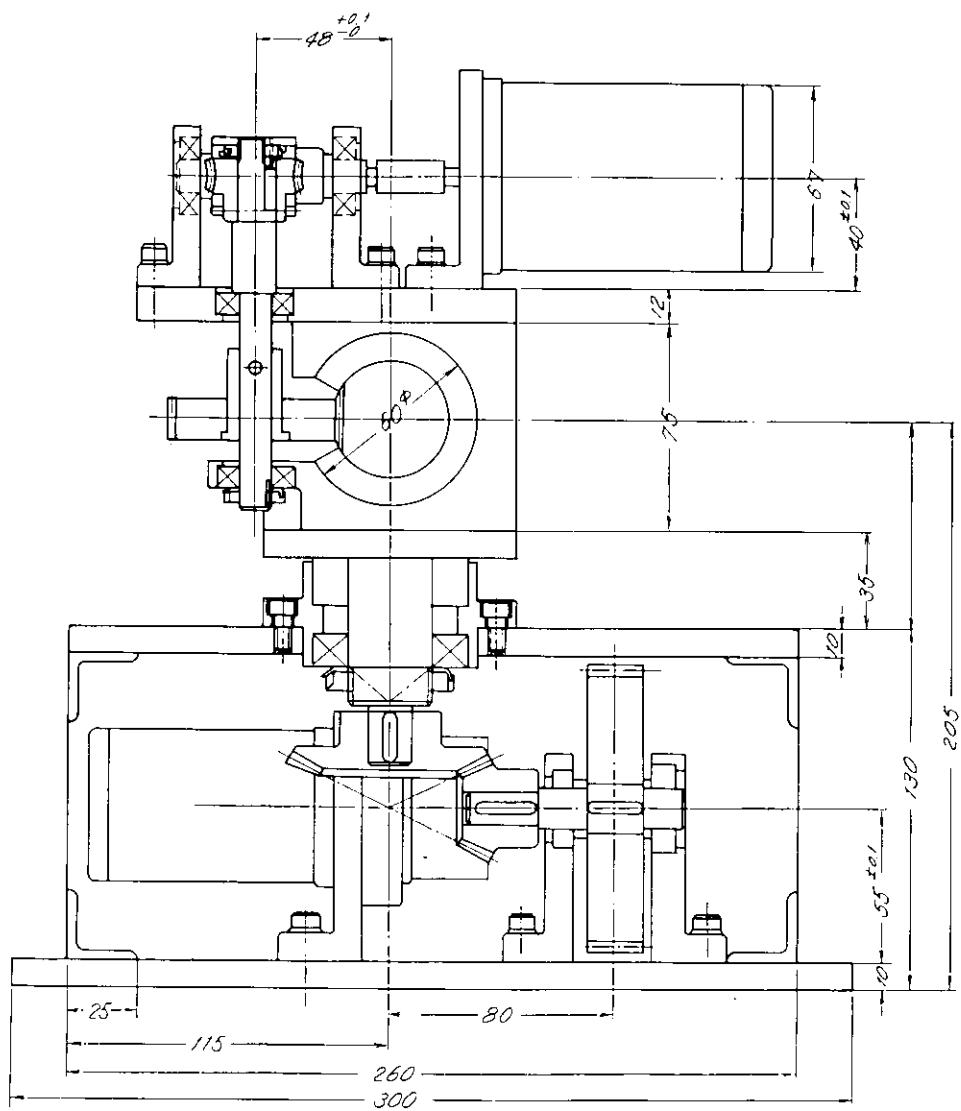


図 2.6.9 切断装置側面図

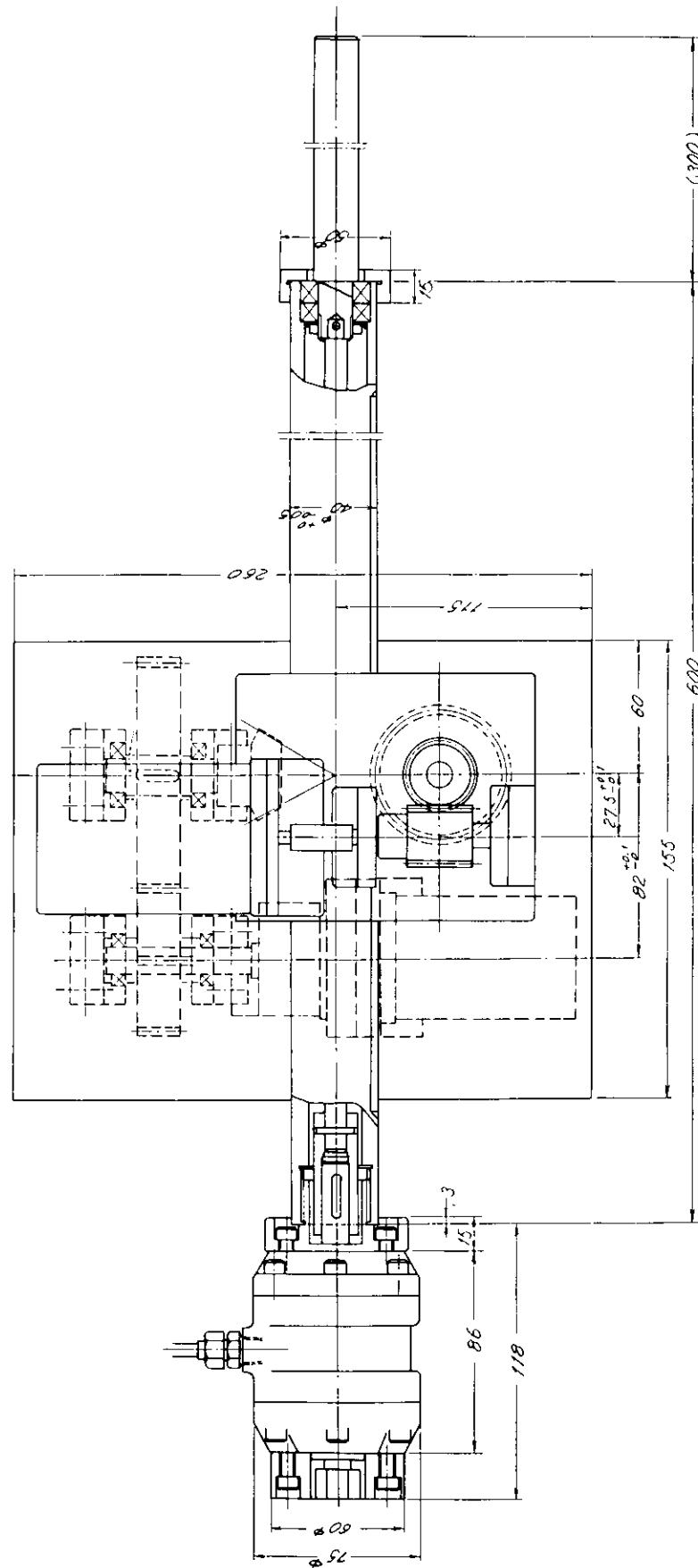


图 2.6.10 切断装置上面图

(5) 準備操作説明

(a) 切断諸元設定

- (i) 切断速度ダイヤルにて板厚に合わせて設定
- (ii) 円孔の直径に切巾補正を補償した直径寸法としてデジタル・スイッチにて設定
- (iii) 板厚に合わせて下記のオート・ピアシング諸元を設定

予熱タイマー 可変タイマー

リトル・ジェット・タイマー 可変タイマー

切込み速度 速度ダイヤル

- (iv) ガス操作パネルの各手動スイッチで各火炎の調整を行なう。

バイロット・フレーム

重予熱フレーム

正常予熱フレーム

リトル・ジェット

切断酸素

} ※ サイクル・スタートで 1 サイクル
動作を行なわせ確認する。

(b) ならいサーボ調整

- (i) センサーをけ書き線上に設定
- (ii) 手動サーボ・スイッチを入れ、センサー平衡調整ツマミで平衡が取れサーボ・モーターが停止するよう調整
- (iii) 手動走行スイッチを入れ、ならい走行が正常か確認する。

(c) コマンド検出確認

- (i) 所定のクロス・ライン画面で動作の確認を行なう。
- (ii) 自動投入の動作確認
- (iii) 自動減速の動作確認

(d) センサー交換操作確認

- (i) 手動スイッチでロータリー・ソレノイドの動きを確認
- (ii) センサーおよび火口の高さが正常か確認

(6) 運転操作説明

(a) 起 動

け書き線の方向に手動操舵ハンドルを合わせ、起動押しボタンを押す。低速で走行を開始、け書き線を自動的に検出してならい走行となる。

高速となれる状態に走行台車が位置づけられた時点で自動的に高速走行に切り替る。高速走行では脱線しそうになつた場合は自動減速が働き低速に切り替る。

(b) コマンド検出

所定の減速コードを検出すると自動的に減速され低速走行に切り替わる。

所要範囲内に停止コードがあるとその位置で停止、切断信号を切断制御盤に送る。

上記範囲内に停止コードがなかった場合、その信号はキャンセルされてもとの高速ならい走行にもどる。

(c) 切 断 动 作

切断信号が出ると以下の動作が始まる。

- (i) ロータリー・ソレノイドが45°回転し、センサーと切断吹管とを入れ替える。
- (ii) バイロット・アークが点弧し、バイロット・フレームに着火させ、さらに切断吹管の重予熱炎に着火させ、バ

イロットは閉じる。

- (iii) 予熱タイマーにて設定した時間にて重予熱を行なう。
- (iv) タイム・アップにて、重予熱は正常予熱に切り替わり、リトル・ジェット酸素が噴き出すと同時に吹管は低速駆動を開始する。
- (v) ピアシング・タイマーのタイム・アップにて正常の切断酸素ならびに切断速度駆動に切り替わり切断を続行する。

(d) 円形駆動

切断の最初は径設定のパルス・モーターで駆動され、円弧に近くなつた時点で回転パルス・モーターが同時に駆動を始める。

円の径に達した点で径設定モーターは停止、回転モーターのみとなる。即ち“の”の字切込みを行なう。

以上のシミュレーターの動きは“θ”旋回軸と“L”長さ軸の2成分のパネル信号に変換され、そのパルスにより切断機本体の各パルス・モーターが駆動し、シミュレーターと同一の運動を行なうこととなる。

(e) 切断完了

シミュレーターの360°回転信号で指令される。

ガス系統はすべて閉止となる。

切断機アームおよびシミュレーター・アームはそれぞれ単独に原点に自動復帰を行なう。（つぎの動作にそなえる）

ロータリー・ソレノイドが切断吹管をもとの光電ヘッドと入れ替える動作を行なう。

(f) 自動け書き検出動作

切断されてセンサーの下にはけ書き線がないため、まず直進で230mm低速走行し円形の外部にセンサーを出しつぎに右15°方向に向きを変え自動け書き検出動作にはいる。所定の距離走ってもない場合は停止、警報を発する。け書き線を検出すると自動ならい走行となり、さらに高速走行と切り変わる。

以下は(b)項よりのくり返しとなる。

(g) 作業終了

け書き線がとぎれた時点で全作業は停止する。

また、なんらかの理由でけ書き線より脱線した場合も全動作は停止となる。いずれも警報は発する。矢火警報が鳴いた場合も同様に停止となる。

2.6.2 工場実験

(1) 自動走行装置

(a) 走行速度テスト

走行速度を計測すると同時に、ダイヤル表示との関係を調査した。

(i) 実験方法

速度ダイヤルを適当にセットし、車輪の5回転に要する時間を3回計測し、その平均値を求め、走行速度に換算した。

鋼板の表面状態は黒皮で無誘導走行である。

(ii) 実験結果

設定ダイヤル目盛	高 速	低 速	車輪 5回転に要する時間 (sec)				速 度 (mm/min)
			1 回 目	2 回 目	3 回 目	平 均 値	
100	100	100	13.4	13.4	13.6	13.46	6,893.4
83	79	15.6	15.6	15.4	15.53	5,974.2	
72	63	18.5	18.6	18.6	18.56	4,999.2	
61	50	23.0	23.4	23.4	23.26	3,988.8	
49	40	29.6	29.7	29.5	29.60	3,134.4	
36	32	42.2	42.4	42.9	42.20	2,198.4	
25	25	71.0	71.6	72.2	71.60	1,295.4	
12.5	17	41.5	39.6	39.0	40.03	463.2	

(iii) 考察

- ① ダイヤル目盛と速度の関係を図 2.6.11 に示す。
- ② 低速と高速の設定範囲が同一である、低速側を速度範囲の下部のみの細かい設定とすると、なお便利となる。
- ③ 速度は、各ダイヤルの等分割目盛には比例していない。

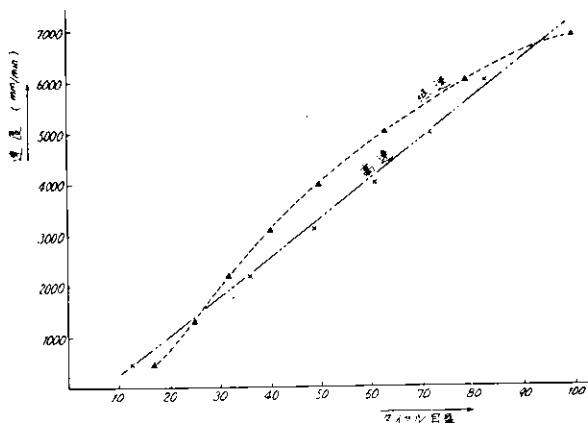


図 2.6.11 ダイヤル目盛と速度の関係

(d) 追従可能線幅テスト

(i) 実験方法

ならい線の太さと、速度を変えて、追従性能を調査した。

(ii) 実験結果

速度 (mm/min) 線幅 (mm)	500	1,000	2,000	3,000	5,000
0.5	○	○	○	○	×
1.0	○	○	○	○	△
3.0	○	○	○	△	△
5.0	○	○	△	△	×
8.0	○	○	×	×	×

○：正常ならい △：蛇行 ×：ならい不能

(iii) 考察

- ① 速度、線幅と追従状態との関係を図2.6.1-2に示す。
- ② 低速では、ならい可能な線幅の範囲が広く取れる。

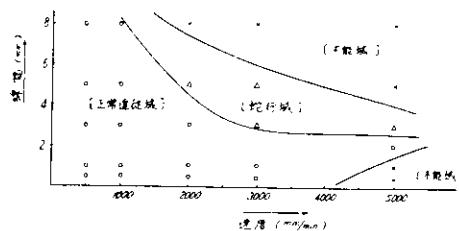


図2.6.1-2 速度、線幅と追従状態

(c) 無誘導直進性テスト

(i) 実験方法

操舵輪を進行方向に設定し、無誘導走行をさせ、中心線上よりの変位を測定した。走行速度を4種類とし、測定位置は、500mm間隔にて2,000mmまで行なった。

(ii) 実験結果

速度 1,000 mm/min					速度 2,000 mm/min				
測定点	変位量 (mm)				測定点	変位量 (mm)			
	1	2	3	平均		1	2	3	平均
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
500	-2	-2	-4	-2.67	500	+1	0	+2	+1
1,000	-4	-6	-9	-6.33	1,000	+8	0	+4	+4
1,500	-10	-14	-20	-14.67	1,500	+14	-6	+2	+3.33
2,000	-20	-27	-34	-27	2,000	+20	-18	-2	0

速度 3,000 mm/min					速度 5,000 mm/min				
測定点	変位量 (mm)				測定点	変位量 (mm)			
	1	2	3	平均		1	2	3	平均
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
500	+6	+1	+2	+3	500	+2	+1	-1	+0.67
1,000	+18	+8	+9	+11.67	1,000	+9	+6	+1	+5.33
1,500	+22	+14	+17	+17.67	1,500	+16	+12	+6	+11.33
2,000	+46	+20	+23	+29.67	2,000	+22	+16	+10	+16

(iii) 考察

- ① 各速度における走行距離と変位の関係を図2.6.1-3に示す。
- ② 中心線上に初期スタート方向を一致させて設定する時、目視をした為方向性にはらつきが出ていると考えられる。
- ③ 傾向として走行速度の遅い場合は(負)側に曲り、高い場合は(正)側に曲る。全体的に見ると、舵行する傾

向にあるが、いずれにしても±5.0mm以内におさまる。

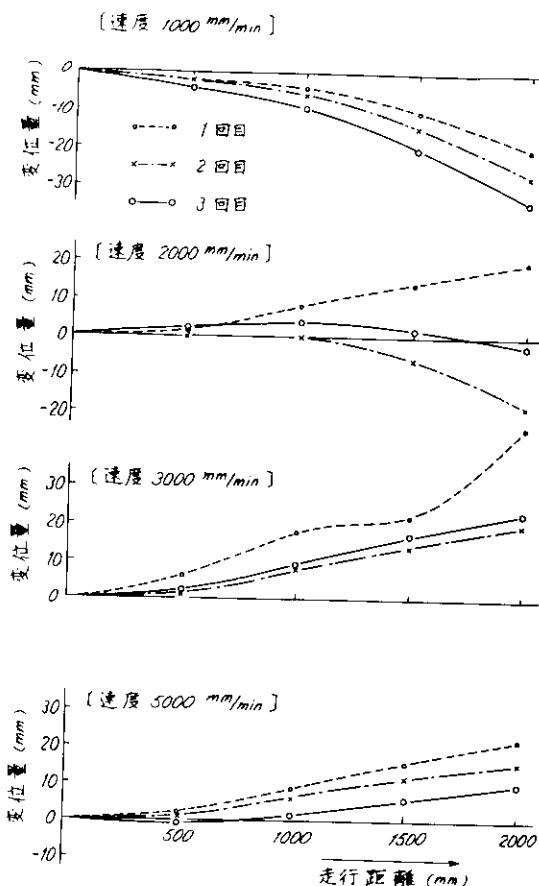


図 2.6.13 各速度における走行距離と変位置

(d) 追従性能テスト

(1) 対線質性能テスト

(i) 実験方法および実験結果

ならい線の途中に下記に示すような不良パターンを故意に入れ、その点の通過時のならい制御への影響を調査した。

不 良 パ タ ー ン	現 象
	影響なし
	速度がおそい場合、切り欠きの残りの方に首を振る。欠損部の長さでとびだす可能性がある。
	太線部で蛇行
	線の残っている側に寄る。通過後は復帰する。

(ii) 考察

ならいの感度が鋭敏ではあるが、線の不良が追従性能に与える影響はわずか首を振る程度である。

(d) 曲率性能テスト

(i) 実験方法

前1輪で舵を取り、後2輪で駆動する形式の走行台車での旋回軌跡は限定される。そこで操舵角度の最大を左右 30° に機械上制限している。左右 30° の舵角に相当する曲率まで追従できることを確認した。

(ii) 実験結果

旋回方向	半径(mm)	速度(mm/min)	判定
右	250 舵角 30° 相当	1,000	OK
		3,000	OK
		5,000	OK
左	1,500 舵角 30° 相当	1,000	OK
		3,000	OK
		5,000	OK

(iii) 考察

- ① ならい最少半径は左回りで250mm右回りで1,500mmとなり、これはセンサーの能力というよりは機械上左右 30° に旋回角度を制限したための結果である。

(e) 追従線認識力テスト

(i) 実験方法

ならい線の途中に防護線として交さ線をまじわらせ通過時、ならい制御におよぼす影響を調査した。
ならい線幅・交さ線幅ともに2mmとした。

(ii) 実験結果

速度mm/min 角度(度)	500	1,000	2,000	備考
90	○	○	○	コマンド作動
80	○	○	○	コマンド作動
70	○	○	○	
45	○	△	×	

○：正常ならい △：首振り後復帰 ×：交さ線にそれる

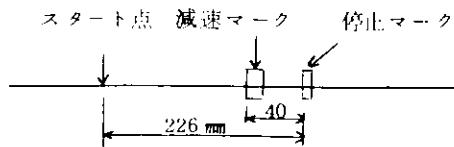
(iii) 考察

- ① 直角に近くまじわる交さ線は影響がない。しかし、コマンドが作動するのでコマンド・マーク附近の交さ線に注意を要する。
- ② 傾斜のゆるやかな交さ線では、その方向にそれてしまう場合がある。

(e) 位置決め精度テスト

(i) 実験方法

定位位置よりならい走行を行ない、減速マークで速度を落し、停止マークで停止を行なわせ、停止点までの移動長さを測定した。



(II) 実験結果

移動距離 (mm)

速度 (mm/min) 回数	600	1,000	1,800
1回目	226	226.5	228
2回目	227	227	227
3回目	226	228	228.5
4回目	227	228	226.5
誤差 (mm)	+0.5	+0.75	+1.5

(III) 考察

- ① 速度が早いほど停止点のばらつきは大きくなり、ほぼ速度の増加分に比例している。
- ② 減速マークと停止マーク間の間隔が短いので、この間の走行速度は早くする必要はない。600 mm/min に固定すれば、わずか 0.5 mm のオーバーランにおさまる。

(f) 作業性

- ① 走行用センサーと切断中心が一致しているため、停止マークの位置がすなわち切断中心の位置であるため切断装置の位置決めが精度よくおこなえた。
- ② 制御装置の大部分がロボット本体から分離しているため T 型に比らべて重量が小さく 1 人でも移動が可能であり、ロボットの遠隔操作が可能である。
- ③ 一時停止後、舵を 15° 右に取り無誘導で約 500 mm 走行し誘導線を探すため一時停止後の誘導線のけ書きに注意を要した。
- ④ 走行装置の横にセンサーがあるため右旋回、左旋回で追従可能な曲率が異なるうえ、舵輪の回転が 30° でおさえられているため大曲率の旋回ができなかった。
- ⑤ 制御装置を分離しているため本体と制御装置を結ぶコードが 2 本ありロボットの走行を防げる場合があった。
- ⑥ 端面検出機構の信頼性が高く安心して装置の操作ができた。
- ⑦ センサーが本体の横に付いているため鋼板端部の追従線に対しても追従が可能であった。

3. 組立工程

3.1 研究の概要

昭和47年度においては、組立工程に適応制御技術を応用するための基礎研究として、組立作業に必要な制御因子の一般的調査・分析を行なった。その中でも船体の曲り部構造におけるブロック組立作業は技能者の経験と勘に頼っている部分が多く、これが機械化・自動化を大きく阻害している。しかし、逆にまたこの経験と勘に頼っている部分は適応制御の最も大事なテーマとなりうるものである。

昭和48年度において、当委員会はこのテーマに焦点を絞り検討研究を重ねた。その結果、適応制御の応用例として、曲り鋼板ブロックの板継ぎ作業を具体的な対象に適応制御機構をもった自動機械として鋼板整面用ロボット（PABOT）の構想をえ、その実用化のため次のときステップで詳細な検討を進めた。すなわち、

第1に、曲り鋼板板継ぎ整面作業の実態を深く認識するため、その実態についてのDeep Discussionを行ない、

第2に、Deep Discussionにもとづく整面作業の調査・整面力の計測・分析を行ない、

第3に、PABOTが整面作業するに必要な出力の大きさ（前後・左右・上下方向の出力）を決定し、

第4に、整面作業の手順に適合するように、PABOTの行動認識の自動化方法を決定した。

特に第4ステップにおいては、PABOTが単純に板継ぎ作業を行なうだけでなく、自動的に作動するために、それぞれの状態を検出し、制御因子をコントロールする必要がある。整面作業の調査分析の結果として、考えられる制御因子は、

第1に、ルートギャップの大きさ（許容誤差をこえると制御する）

第2に、整面状態の適否（許容誤差をこえると制御する）

第3に、自動仮付溶接のための正確な仮付位置

であり、実際にそれぞれの制御因子の検出機構をどういう仕組にするかの種々の方法、実験を行ない、決定した。そしてこれら制御因子の検出機構の試作を行なった。

さらに、上記ステップと平行して、PABOT本体の概略設計を行ない、自走するための具体的な方法、操作方法、安全性などの検討を行ない、PABOTの仕様を決定し、その主要目を表3.1.1に示す。本仕様にもとづきすでに設計に着手し、次年度に製作と工場実験を行なう予定である。

今後このPABOTの適用研究を通して、曲り外板組立作業全体の生産システムの研究を続けるとともに、PABOTに開発された諸技術を将来、上甲板板継ぎ作業、ロンジの肌付け作業、外板の板継ぎ作業など、船台船渠内における現場作業を含め、取付、溶接作業全般の機械化、自動化への展開をあわせて考えてゆきたい。

したがって、PABOTの開発を通じて、一見適用は困難なものでもできるかぎり広く調査・研究をし、後日造船工作法の適応制御に関する研究の資にしてゆきたいと考えている。

表3.1.1 PABOT 主要目

項目	仕様
対象鋼板	16~32mm
移動速度	(装置) max 4m/min, (仮付溶接トーチ) 0.3~0.7 m/min
整面力	(x方向) 1t, (y方向) 1t, (z方向) 3t
リフティングマグネット	800φ×180H 4ヶ
油圧ユニット	11KW×6P電動機付、低圧および高圧ポンプ付
制御機構	シーケンスコントローラー、板厚差、開先ギャップ自動検出装置

3.2 鋼板整面ロボット〔PABOT〕選定理由

前述のように、これまでの研究項目として、船殻曲り外板ブロックの組立工程における適応制御機構をもった自動化装置の研究を取り上げ、各種制御因子の解析、部分機構の検討および制御に必要な出力（外板と骨材との貼付力、外板板縫時の幣面力）の解析等を行なってきたが、その中からもっとも基礎的作業であり、その他の諸作業における各種作業要素を含む曲り外板の板縫ぎ作業に着目し、今後の研究テーマとして、鋼板整面ロボット〔PABOT=Plate Alignment Robot〕の開発を行なうこととした。

3.2.1 曲り外板整面作業の現況

外板用堅治具上に配材された外板は、1～2名の作業者により、金矢、チェインブロック、ハンマーなどを用いて、整面仮付けが行なわれるが、その際にかなりの数のビース類が外板面上に溶着され、仮付け終了後に取りはずし、グラインダーかけなどが行われておる、本作業の省力化、自動化は、将来ぜひとも達成されるべきものである。

3.2.2 P A B O T の機能

P A B O T は

- 1) 配材された曲り外板のシーム線に沿って自走し、
- 2) 外板を相互に引き寄せ（または押し離し）、
- 3) シーム線の開先ギャップを所要値（0～3 mm）内に納め、
- 4) 上下方向の整面を行ないつつ
- 5) 仮付け溶接を行なう

などの一連の作業を行なうための装置であり、下記のごとく各種の検出制御機能を備えている。

- 1) 板の重なり、または離れ量の検出とリフマグシリンダの制御（x 方向）
- 2) 基準線合せのための差の検出とリフマグシリンダの制御（y 方向）
- 3) 開先ギャップの検出とリフマグシリンダの制御（x 方向）
- 4) 上下方向段差の検出とリフマグシリンダの制御（z 方向）
- 5) 仮止め用溶接ヘッドの位置と高さの制御

3.2.3 P A B O T 選定の理由

P A B O T は、曲り外板の整面を行なう装置であるが、その適応制御機構とともに開先ギャップの検出と整面機構は他の組立工程はもちろん、船台上での各種ブロック接手の整面作業にも応用可能であり、P A B O T の研究結果は、将来これらの整面作業に適応制御を導入する場合に十分役立つものと考える。

3.3 曲り外板組立作業の実態調査

実際に現場で曲り外板の板縫ぎ作業を行なう際どの位の整合力、すなわち個々の板を引き寄せたり（一次整合）、板の面を合わせたり（二次整合）する力がどの程度か、また現場における曲り外板の板縫ぎ作業が、実際にどのような手順で行なわれているのか、以上の2点について調査を行なった。以下、その結果について述べる。

3.3.1 整合力の計測

計測のための道具として、20トンの圧力計付き油圧ジャッキを購入し、小委員会のメンバー各社で実測を行なった。

図3.3.1は、一次整合所要力計測結果の一例であり、また図3.3.2は、二次整合所要力計測結果の一例である。

図3.3.3は、図3.3.1のごとき各社のデーターをもとに、横軸には板にタッチしている足立治具1本当りの平均荷重をとり、縦軸にその板の一次整合力、すなわち隣接した板との間隔が所定の値になるまでその板を引き寄せたり、押し出したりするのに要した力をとて、相関図にまとめたものである。

これによると、板にタッチしている足立治具1本当りの平均荷重が300kg以下の場合、整合力は1トン以下である

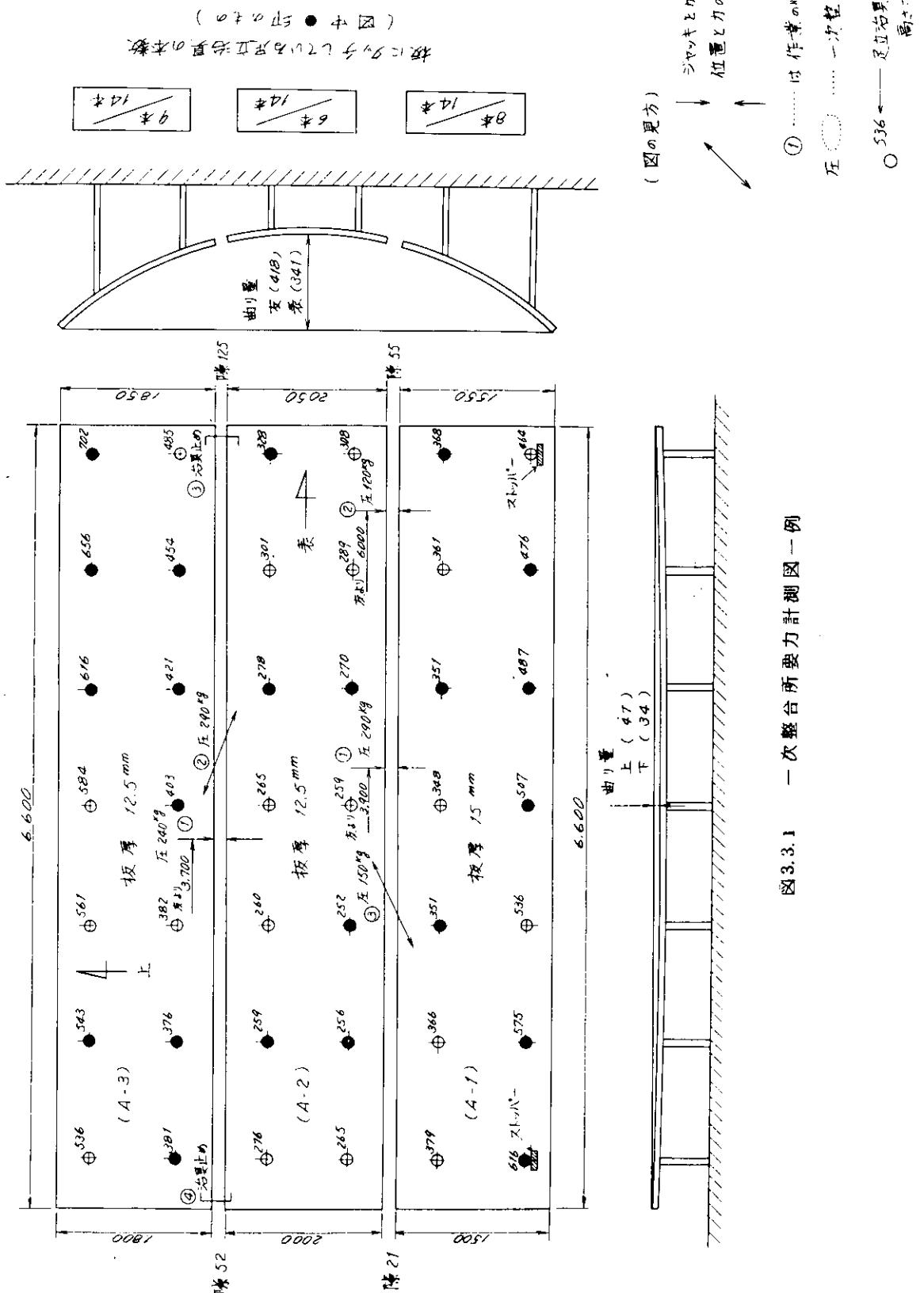
が、荷重が300kgを超えると整合力は急激に増大し、大きいものでは9トン近くになるものもある。なお、ブロックの曲り形状が一次整合力におよぼす影響はないようである。データー量も少なく、一概にこれで、整合力と足立治具にかかる荷重との間に、相関々係があるとの断定はし難いが、荷重が大きい場合は治具の上端を滑らかにするなり、またはコロ式にすると摩擦力を減らし、その結果、整合力も減少するよう工夫する必要があろう。

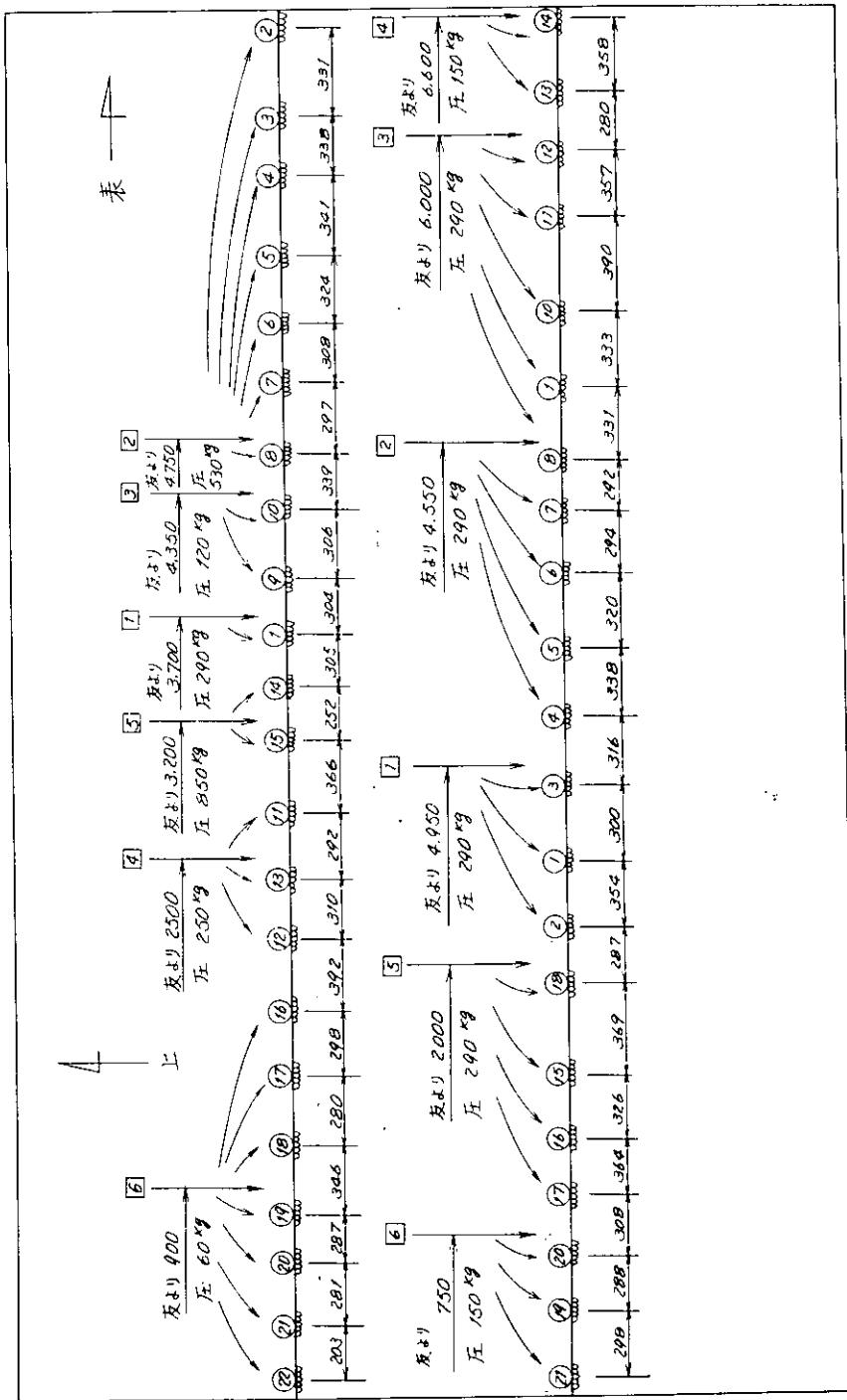
また、図表としてまとめてはないが、一次整合作業でシャッキなどを使う場合、通常板長さのどの辺にかけるかについて、各社のデーターを調べてみた結果、板長さのはば中央附近にかける場合が一番多く、約40%であり、板の端から板長さの10%程度の距離以内にかける場合が約25%，端から4分の1附近が約20%，その他はまちまちという結果を得た。

図3.3.4は、二次整合力を板厚別に、ヒストグラムにまとめたものである。これによると板厚が大きいものは、二次整合力も大きくなり、1.5トンから3トン附近を中心として、かなり広い範囲にバラついている。一方板厚が中程度のものは、ほぼ100kgから600kg附近におさまっている。

この調査結果も、データー量が少なく、また各社の工作法の違いもあって一概に断定はできないが、板厚が大きいものについては、一次整合の場合と同様何らかの工夫が必要であろう。

以上が整合力計測の結果であるが、この結果を次段階のPABOT設計の一資料として役立てることにした。





(図の見方)

- ① ジャッキをかけて位置および順番
- 二次整合力 (整面力)
- 1回ジャッキをかけて板付けを行なったものと示す
- 板付けのヒッチ

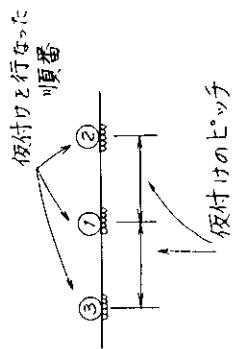


図3.3.2 二次整合(整面)所要力計測図

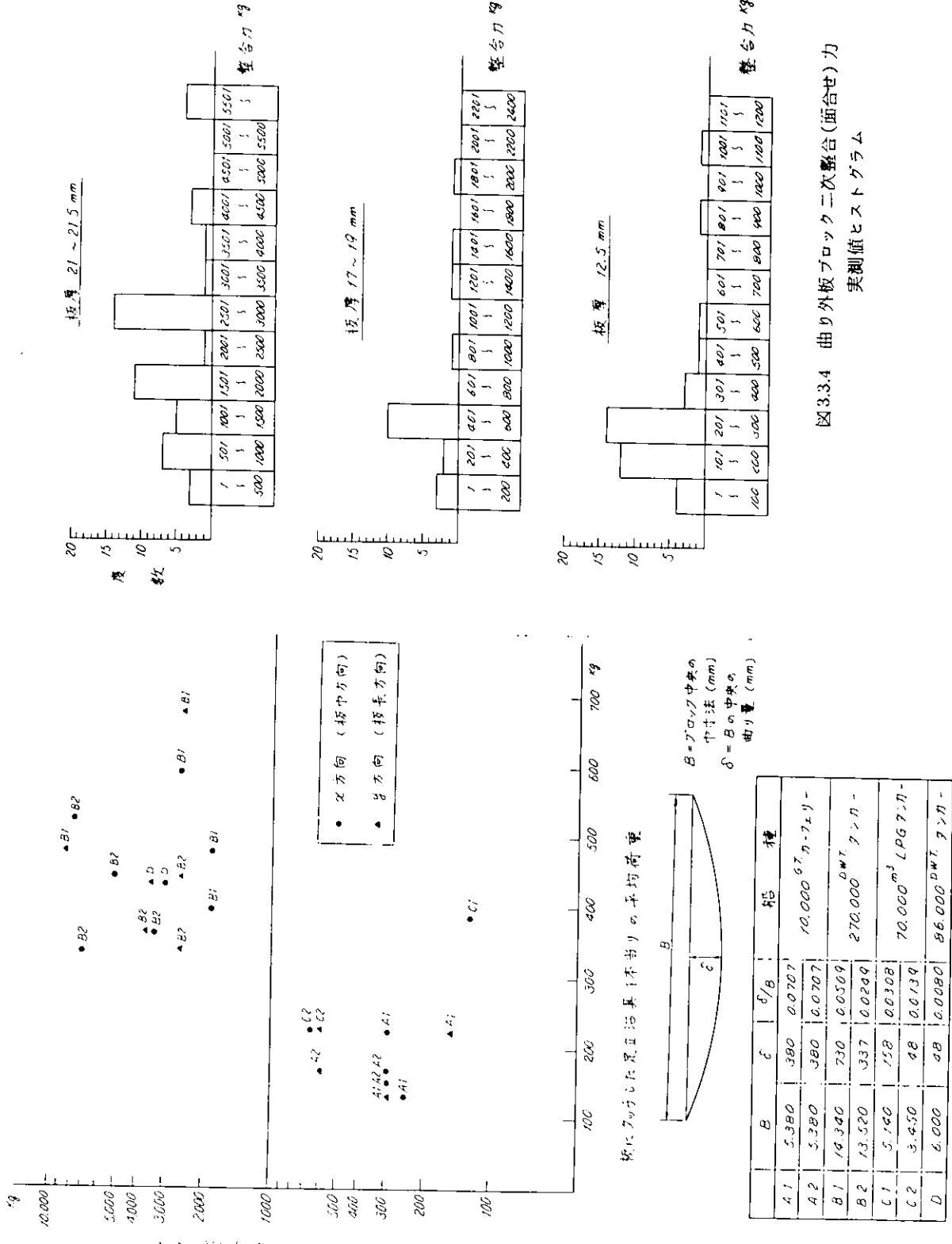


図3.3.4 曲り外板ブロック二次整合(面合せ)力
実測値ヒストグラム

3.3.2 曲り外板ブロック板継ぎ作業の分析

現場での曲り外板ブロックの板継ぎ作業の実態調査は、本小委員会のメンバー各社に対するアンケート方式によって行った。

調査項目ならびに調査結果の概要は下記のとおりである。

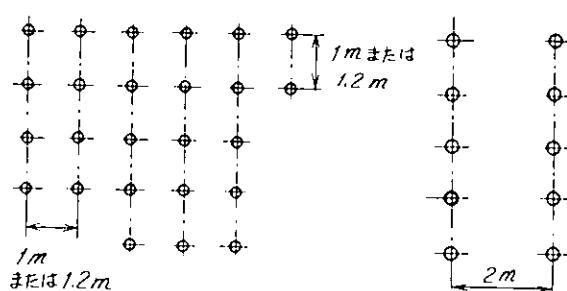
(1) 曲り外板の板4周の伸し、仕上げ基準(オフセット定盤配材前の状態)

ブロック内接手は、ほとんど内業工場にて仕上げ切断されている。ブロック接手は、通常、板の長さ方向(ブロックシーム)片側のみ、20mm～30mm伸しを設ける。

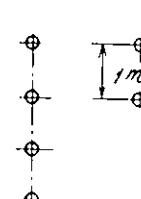
ただし、板2枚継ぎのみの場合は、4周内業仕上げとすることもある。

(2) ブロック(足立又はヤリ型)オフセット図表の内容

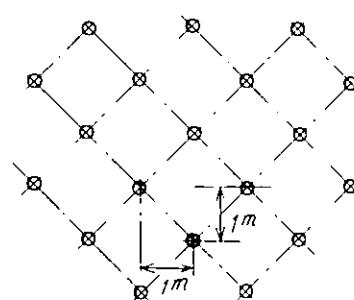
(3) 足立治具の配置



例 1

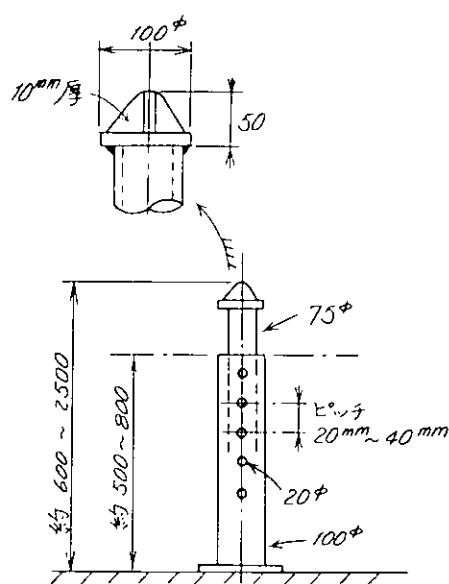


例 2

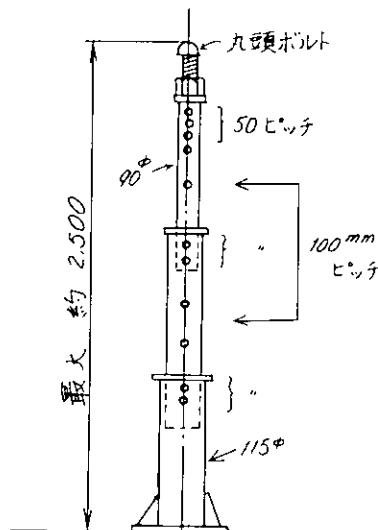


例 3

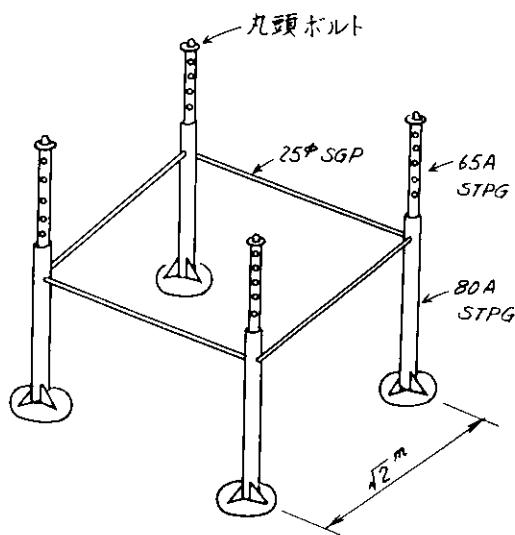
(4) 足立治具の形状



例 1



例 2

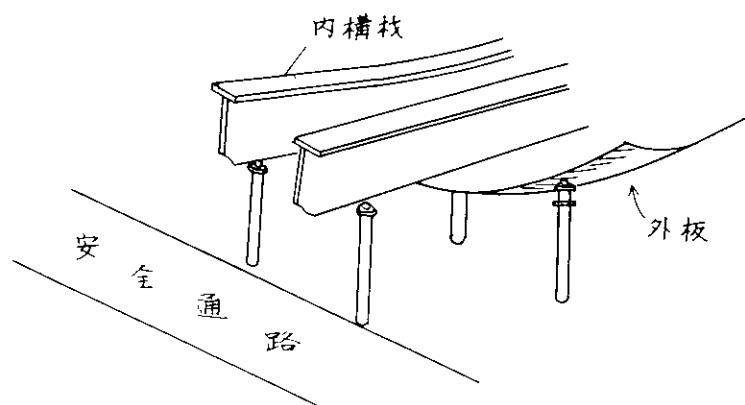


例 3

(5) 曲り外板ブロックの定盤への配置決定方法

まず、図面で、ブロックの概略の大きさを調べる。

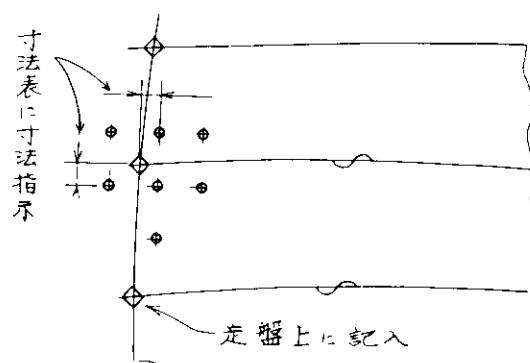
次に定盤寸法と足立治具寸法図をも照合し、さらに内構材が外板よりどの程度張り出すかを調べて、定盤の面積、隣接するブロック、安全通路などとの関係を考慮して、定盤内での配置を決定する。



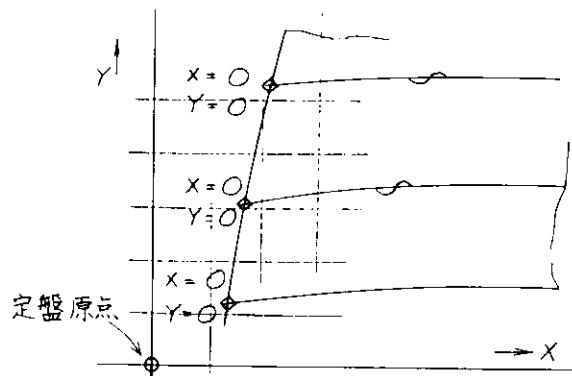
(6) 外板 4 隅の定盤への位置出し方法

一般に足立治具寸法表により、定盤上に、外板の4隅または4周を、チョーク、ペイントなどにより位置出しうる。位置出しのための寸法は、

(a) 最寄りの足立治具の中心から指示されている。



(b) X, Y軸の基線よりの距離を、治具配置図より読む。

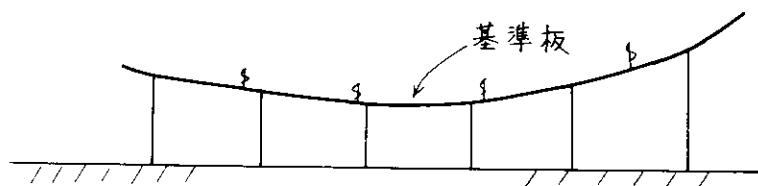


(7) 足立治具の高さ設定方法

あらかじめ水盛り、トランシットなどにより、足立治具に基準線を出しておく。高さをセットする時は、巻尺などにより、ソケットの上面より、ヤリ形の頭までの寸法を、寸法表の高さ数値に合せてセットする。

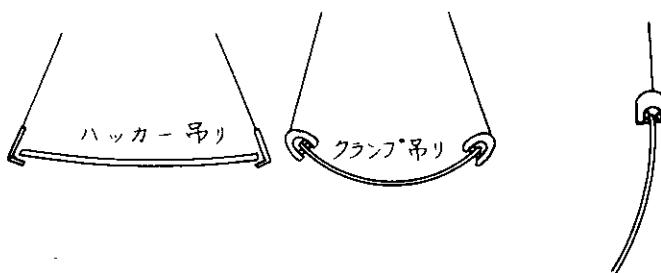
(8) 基準板の決定(ステージおよび方法)

基準板は、定盤に対して一番低い板、または中央の板とし、通常組立ステージにて、作業担当者が作業のやりやすいように決定している。



(9) 基準板の配材および位置きめ方法

外板ストック場より、曲りの比較的少ないものはハッカーにて、曲りの大きいものはスランプを使用し、クレーンを使用して足立治具の所定の位置に配材する。



位置決めは、板の端部にレバーブロックの一端をひっかけ、他端は、足立治具または定盤上に取りつけたピースにひっかけて板を移動させ、あらかじめ定盤上に記入した所定の位置までもって来る。所定の位置への確認は、作業者がプロンを使用し、または目視にて判断する。

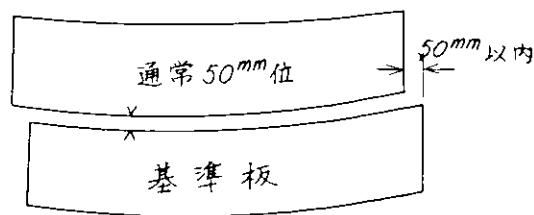
位置が合ったら、定盤と板をフラットバーにて固定する。

位置決めの誤差は一般には特におさえてないが、 $\pm 5\text{mm}$ 程度に決めている所もある。

次に、同一シーム上の他の板端で、同様の位置決め作業を行なう。

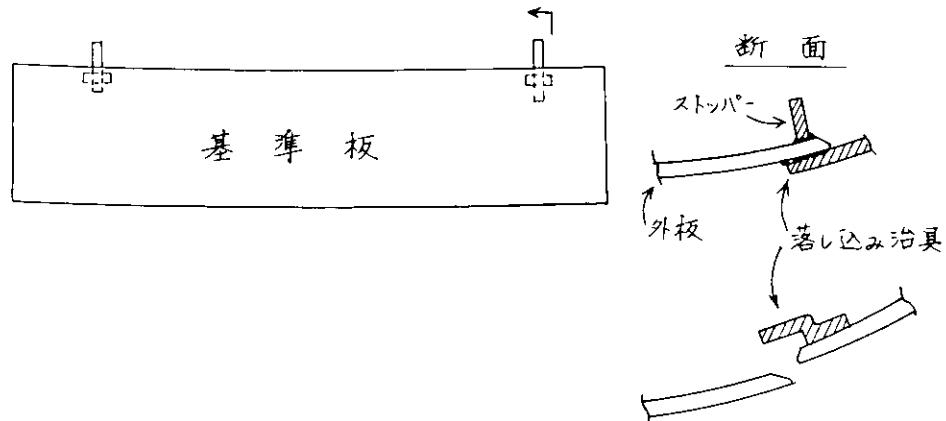
(10) 隣接板の配材方法

比較的曲りの少い板は、ハッカーを使用して、所定の位置へ配材する。基準板との間隔は50mm～60mm位、長さ方向のシフト量も50mm以内を目指すのが普通である。

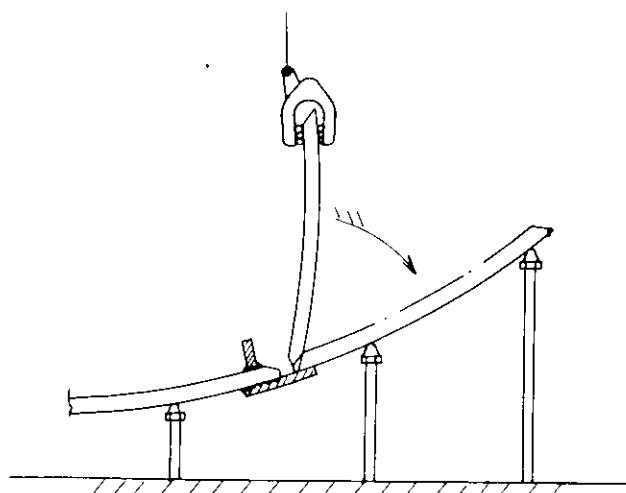


ただし、基準板と30mm～40mm位重なるようにセットする場合、または基準板と100mm位離して同時にセットする場合もある。

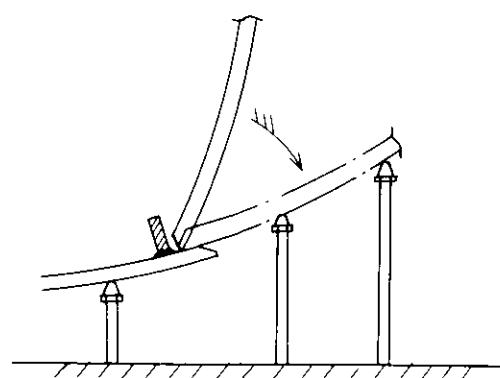
曲りの大きい板の場合は、通常基準板側に落しこみ治具（受けビース）およびストップバーをつけて、配材しやすくしている。



次に、クランプを使用して板を片側吊りとし、落しこみ治具およびストップバーに当てて、倒しながら配材する。



例 1

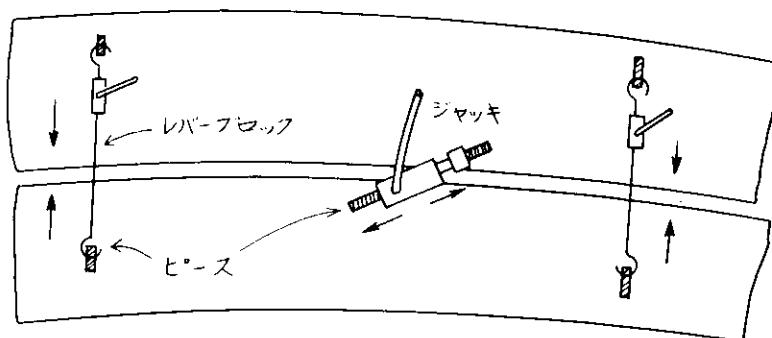


例 2

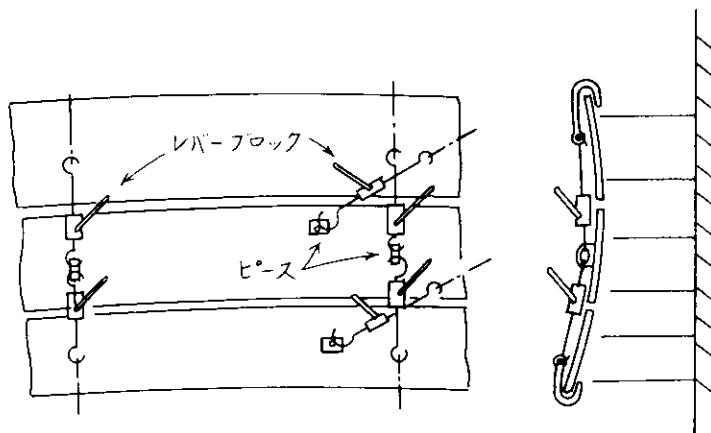
(11) 隙接板の位置決め方法(一次整合)

それぞれの板にピースを取りつけて、幅方向はレバーブロックで、長さ方向はレバーブロックまたはジャッキなどで、位置決めを行なう。

幅方向を一個所當る所まで寄せ、長さ方向を合せマークまたは基準線が合うまで押し、または引き、または回転させながら、幅方向の他端も寄せる。



例 1



例 2

(12) ギャップの状況判断および手直し方法

幅方向一杯まで寄った状態で、ギャップの状況を調べる。10mm程度までは当金、肉盛り可能につき、そのままとする。

さらに大きいギャップがある場合は、総合的に判断の上、支障なければ当っている箇所をナメ切りする。ナメ切りの量は、作業者が判断する。シーム接手にCO₂ワンサイド溶接を行なう場合は、ギャップの許容値を3mm±1mm程度に決めており、この値を越える場合には部分的にナメ切りし、レバーブロックで板を引寄せる。

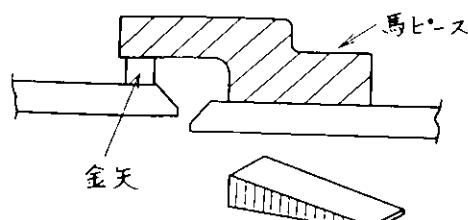
(13) 仮付け作業

① スタート位置、方向、および治具の取付け位置

一般に、ギャップが一様の場合、または中央について両端が開いている場合は、中央より両端に向って仮付けを行なう。

両端について中央が開いている時は、両端をまず仮付けし、収縮を考慮して、両端より中央に向って行なう。

② 治 具



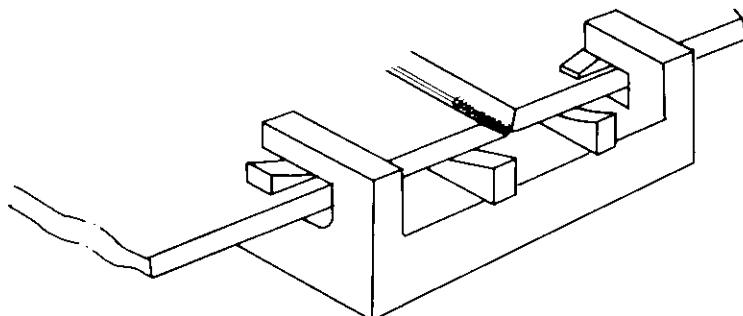
例

③ 仮付け溶接のピッチ

通常 300mm 位、板厚、キャップの状況により 1m 位までとする。

④ 板端の処理

板端はラップするのを防ぐため、早めに仮付けするか、ビースで押えておく。また下図のごとき、折れ防止治具を使用することもある。



(14) 曲り外板ブロックの、仕上り精度チェックの方法

(a) 板継ぎ完了後、ブロックの四周寸法、対角線長さなどをチェックする。

(b) 附付け完了後、治具の当たり具合をチェックし、必要に応じウェブ上に水平基準線を出してチェックする。

(15) 板継ぎ作業人員

板配材時のみ、玉掛者ともで 4 人、板継ぎのみは通常 2 人（各社）

(16) 所要時間

基準板の配材位置決め 15 分～20 分、隣接板の配材 5 分～10 分、3 枚板継ぎで配材～グラインダーかけして板付完了まで 1 時間位、同 4 枚～5 枚板継ぎの時 2～3 時間。

以上であり、内容の細かい点では各社に多少の違いはあるが、全体として、著しい相違は認められない。

わけても、分析の主眼点である一次整合のやり方から仮付けのしかたまでについては、各社とも、ほとんど同じ方法で行なっていることがわかった。

これらの結果に基き、図 3.3.5 のごとき、曲り外板ブロックの板継ぎ作業における標準的な流れ図を作成し、将来 P A B O T の現場での利用方法を検討する際の一資料とした。

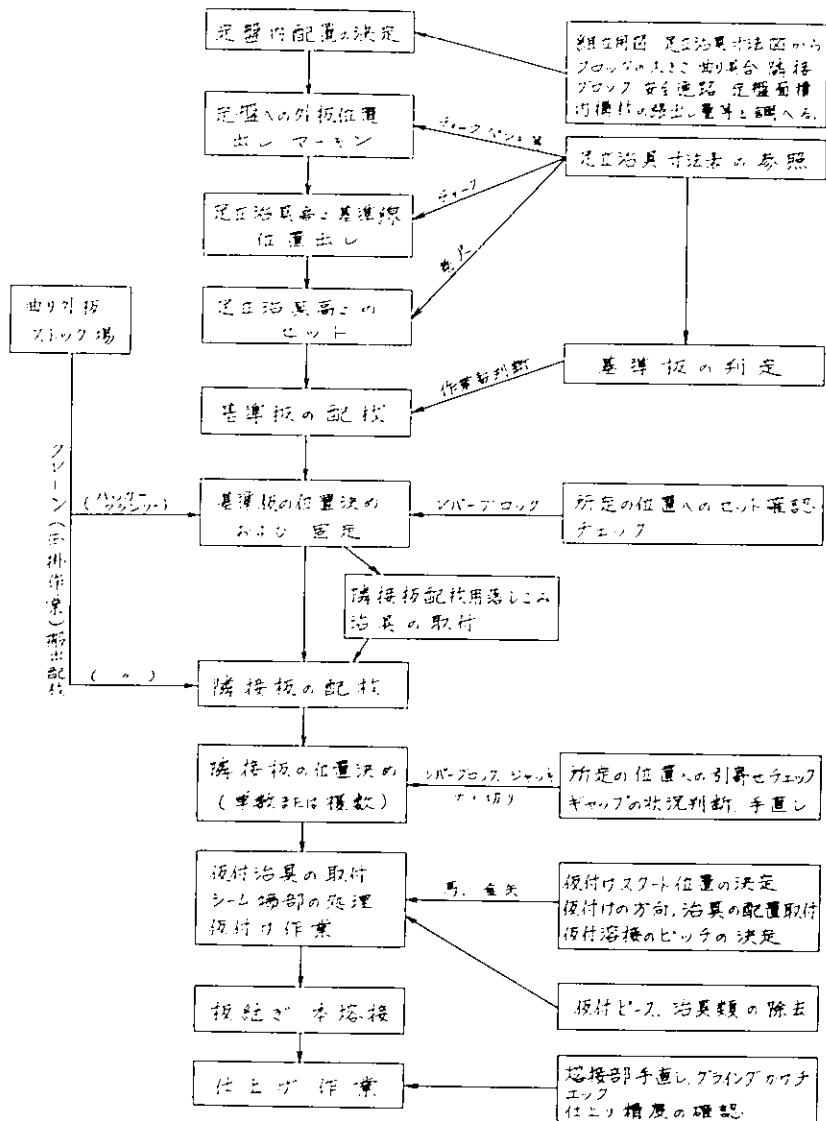


図 3.3.5 曲り外板ブロック、板継ぎ作業の流れ

3.4 P A B O T の製作仕様

3.4.1 目的

本装置は船殻曲り外板ブロックの組立工程における曲り外板の板継ぎ作業を行なう自動制御装置である。

本装置は、

- 1) 配材された曲り外板の溶接線に沿って自走し
- 2) 外板を相互に引寄せ
- 3) ルート間隔を所要値に納め
- 4) 上下方向の整面を行ない
- 5) 仮付溶接を行なう

ための自動装置で自動、半自動、手動操作が可能である。

3.4.2 設計条件

(1) 対象とする外板

板 厚

16 ~ 32 mm

曲率半径(x方向)	10mR(板巾方向)
曲率半径(y方向)	50mR(板長さ方向)
傾斜角度	Max 15°
(2) 装置移動速度	Max 4m/min
(3) トーチ台車走行速度 (仮付溶接速度)	Max 5m/min 0.3~0.7m/min)
(4) トーチ横移動量	±100mm
(5) 外板調整量	
x 方 向	50mm
y 方 向	500mm
z 方 向	50mm
(6) 外板調整力	
x 方 向	1ton
y 方 向	1ton
z 方 向	3ton

3.4.3 装置の内容

本装置はフレーム・リフティングマグネット、油圧ユニットおよび各種シリンダ、移動用ローラ、溶接トーチおよび溶接機トーチ台車用フレーム、トーチ台車、P A B O T 検出装置、操作盤によって構成されている。

装置の概要を

図 3.4.1 P A B O T 概要図

図 3.4.2 P A B O T 組立図

に示す。

次にそれぞれの部分は次のような構成と機能を持っている。

(1) フレーム

本フレームは2個のフレームから成立し、一方のフレームが他方のフレームに嵌入されている。嵌入部にはリニアローラベアリングが装備され、2個のフレームはx方向シリンダによって連結されている。したがってx方向シリンダを作動することによってフレームを伸縮させることができる。

そして、このフレームの四隅にはy、z方向シリンダおよびリフティングマグネットの支持金物が取付けられフレームには移動のために穴がもうけられている。さらにフレームを突出させ、その下方に移動用ローラが取付けられるようになっている。また、このフレームの上面には油圧ユニット、P A B O T 制御装置、溶接機電源などが設置され、中央部下方にはトーチ台車用フレームがトーチ台車用フレーム昇降シリンダによって懸垂されている。

(2) リフティングマグネット

本装置を外板上に支持することおよび外板を拘束するために四個のリフティングマグネットが装備されている。

このリフティングマグネットは曲面版に対しても十分な吸着力が確保できるようにその下面は台難形をしており、球面軸受、z方向シリンダおよびy方向シリンダ支持ブロックを経てフレームに連結している。

また、リフティングマグネット支持シリンダによって所定の姿勢に保持される。

それぞれのリフティングマグネットは7個の小形丸形リフティングマグネットで構成され、ナイフスイッチで各小形リフティングマグネットの励磁回路を区分することによって吸着力を段階的に変えることができる。

また、非常停電用として地上部にバッテリーおよび給電装置を装備する。

(3) 油圧シリンダ

(a) x 方向シリンダ

二本のシリンダがフレーム内にもうけられ、本シリンダを伸縮させることにより、フレームを伸縮させ、リフティングマグネットの間隔を伸縮させてルート間隔を調整する。

(b) y 方向シリンダ

本シリンダは各隅2本づつもうけられ、ロッドがフレームに固定されている。シリンダ本体はz方向シリンダ支持ブロックを支持し z 方向シリンダ、リフティングマグネットに連結されている。このシリンダによって本装置の移動と端面の一一致を行なう。

(c) z 方向シリンダ

フレームの四隅に各1本づつ合計四本のシリンダがもうけられ鋼板の上下面の整面と装置移動時にリフティングマグネットの持上げを行なう。

(d) リフティングマグネット支持シリンダ

本シリンダはリフティングマグネット1個につき2個づつもうけ装置の移動中にリフティングマグネットを所定の姿勢に保持するため、また曲り外板にリフティングマグネットをならわせるためにもうけている。

(e) トーチ台車用フレーム昇降シリンダ

本シリンダは本装置をクレーンにて運搬中あるいは外板上への設置時に検出装置 トーチなどが損傷を受けないようにするために、検出装置、トーチなどをリフティングマグネット下面よりも上方に引き上げるものである。

(f) 移動用ローラ支持シリンダー

本シリンダーは各移動用ローラにもうけられ、各移動用ローラにかかる荷重を平均化するためのものである。

(4) 移動用ローラ

フレーム四隅の突出フレーム下方にもうけられ、本装置移動中本ローラによって支持される。

(5) トーチ台車

フレーム中央部下方に懸垂されたトーチ台車用レール上をケーブルシリンダに駆動されて移動する。

台車には溶接トーチ、P A B O T 検出装置が取付けられる。

(6) P A B O T 制御装置

シーケンスコントローラは P A B O T 全体のシーケンス制御を行なうためのもので、シーケンスの内容を I/O によるリードオンリーメモリー (R O M) に記憶させ、押ボタンスイッチ、リミットスイッチなどからの信号を判断してシリンダ、リフティングマグネット、溶接機などを制御するものである。

部分機能を制御する装置はトーチトロリ横移動量を検出して本体移動の時のy方向シリンダのストロークを設定する P A B O T 移動制御器 整面検出器の信号を設定値と比較判断する差動トランス設定制御器 この信号を增幅してサーボ弁に入力を与えるサーボ増幅器 検出器を制御する検出器制御装置 シーケンスコントローラの出力を増幅するリレー制御盤より構成されている。操作盤と各制御装置、アクチュエータ間の信号受渡の関係を

図 3.4.3 P A B O T ブロック結線図

に示す。

(7) 検出装置

P A B O T 検出装置は溶接線の位置と高さを検出する溶接線検出器、二枚の外板の段差を検出する整面検出器、ルート間隔を検出するルート間隔検出器、トーチトロリーの横移動を検出する回転形ポテンショメータとスライド直流モータより成り、装置自体は溶接線にセルフアライニングされる。

各アクチュエータの位置はストロークエンド、基準位置に適宜リミットスイッチを配置して検出し、時に移動時に

位置制御の必要な後 y 方向シリンダ2本には直線形ポテンショメータで検出する。

また、仮付溶接が正常に行なわれていることを確認するためにアーク電圧を検出する。

(8) 操作盤

鋼板整合機を外板上に設置するとき異常時の回復 半自動時のプログラムステップの進行などに人間が介入するときにPABOT操作盤で操作する。

また検出器を溶接線開先にセットする時に検出器操作盤を使用する。

3.4.4 操作方法

(1) PABOTの外板上への設置

本装置をクレーンで曲り外板端部を持ってきて手動操作により、リフティングマグネットを自由にして外板上に置く。

次に手動操作によって x 方向シリンダを駆動し、四個のリフティングマグネットを外板に接触させ、リフティングマグネットを固定して吸着させる。

(2) 一次整合

手動操作によって y 方向シリンダ x 方向シリンダを駆動し、端面合せ、引寄せを行ない z 方向シリンダで整面を行なって手動で仮付溶接を行なう。

(3) PABOTの移動

本装置をクレーンで外板の他の端部に設置して手動操作により外板の引寄せを行ない、ふたたびクレーンで移動してもの位置に設置する。

(4) 検出装置セット

検出器操作盤でまずトーチ台車用フレーム昇降シリンダ、トーチトロリモータを駆動してガイドローラを溶接線開先に入れ、つぎに溶接線検知ローラ、整面検出器をセットする。

(5) 自動整合、仮付溶接(二次整合)

以上の手動操作の後シーケンスコントローラを働かせて自動運転に入る。

PABOTによる二次整合の作業手順を

図3.4.4 PABOT作動フローチャート

PABOT移動手順を

図3.4.5 PABOT移動手順図

に示す。

3.4.5 装置の主要仕様

(1) 本体(一式)

- (a) 装置移動速度 約4m/min
- (b) トーチ台車走行速度 max 5m/min
- (c) 仮付溶接速度 0.3~0.7 m/min

流量制御弁により調整する。

- (d) トーチトロリ横移動量 ±100mm

(e) 外板調整量(シリンダストローク)

x 方向	100mm
y 方向	500mm
z 方向	100mm

(f) 外板調整力(外板とマグネットの摩擦係数 $\mu = 0.2$ とする)

	外板傾斜角度	
	0°	15°
x 方向	2.4 ton	1.0 ton
y 方向	2.8 ton	0 ton
z 方向	3.0 ton	3.0 ton

(g) 装置の外径寸法および重量

縦 × 横 × 高 3.0 m × 3.1 m × 約 1.2 m

重 量 約 8.2 ton

(h) 電 源 三相 200 V (36 KW, 溶接機含む)

50 Hz

(2) リフティングマグネット(4個)

(a) 外径寸法および重量(1個)

径 × 高 800 φ × 180 mm

重 量 470 kg(ただし付属品は除く)

(b) 吸着力(1個) 5.6 ton

ただしナイフスイッチの切換により吸着力を次のように変えることができる。

吸着力(1個) 5.6 ton, 4.8 ton, 3.2ton, 2.4 ton, 0.8 ton

(c) バッテリー

非常停電時用として地上部にバッテリーおよび給電装置を装備しており10分間有効である。

(3) 油圧ユニット(1式)

(a) 電動機 11 KW × 6 P × 1台

(b) 低圧ポンプ(1台)

圧 力 70 kg/cm²

吐出量 57.5 l/min (at 60 Hz)

(c) 高圧ポンプ(1台)

圧 力 210 kg/cm²

吐出量 7.2 l/min (at 60 Hz)

(d) 空冷式オイルクーラー(1台)

交換熱量 2,500 Kcal/hr

使用電動機 400 W × 4 P × 1台

油 流 量 55 l/min

(4)

シリンド	形 式	シリンド径	ロッド径	ストローク	圧 力	個 数
x 方 向	ト ラ ニ オ ン 両 ロ ッ ド	4 0 φ	2 2.4 φ	1 0 0 mm	1 4 0 kg/cm ²	2
y 方 向	フ ー ト 両 ロ ッ ド	4 0	1 8	5 0 0	6 5	8
z 方 向	ク レ ビ ス 片 ロ ッ ド	6 3	3 5.5	1 0 0	1 7 0	4
リフティングマグネット支持	ト ラ ニ オ ン 片 ロ ッ ド	4 0	2 2.4	1 0 0	6 5	8
トーチ台車用フレーム	ト ラ ニ オ ン 片 ロ ッ ド	4 0	2 2.4	1 0 0	2 1 0	4
ト ー チ 台 車	ケ ー ブ ル シ リ ン ダ	3 8.1	—	2,5 0 0	1 4	1
移動用ローラ支持	フ ラ ン ジ 片 ロ ッ ド	5 0	2 2.4	5 0	1 4 0	4

(5) 対象とする溶接機

形 式	CO ₂ 半自動溶接機
電 源	2 0 0 V (3 相) 5 0 / 6 0 Hz
定 格 入 力	1 8 KVA
溶 接 電 流	8 0 ~ 3 5 0 A
溶 接 電 圧	1 6 ~ 3 8 V
ワイヤ送給速度	2 ~ 1 6 m/min
重 量	1 8 5 kg

(6) 制 御 装 置

(a) シーケンスコントローラ	(一式)
使 用 機 種	S S P - 1 0 S (新電元工業 KK)
プログラム方式	I C によるリードオンリーメモリー
語 長	1 0 ビット
命令処理時間	2 0 μsec/step
プログラムステップ数	max 1 0 2 4 ステップ
入出力回路数	max 2 5 6 回路
電 源	AC 1 0 0 / 2 0 0 V ± 1 0 %, 5 0 / 6 0 Hz

(b) サーボ増幅器 (z 方向シリンド制御装置) (2 台)

形 式	C A - 7 4 1 B - E (直場工業 KK)
定 格 出 力	± 1 0 0 mA, 4 4 Ω
バ ン ド 幅	1 K Hz
直 線 性	定格出力に対して 1 % 以内
最大入力電圧	± 1 0 V
電 源	AC 1 0 0 / 2 0 0 V ± 1 0 %, 5 0 / 6 0 Hz

(c) 差動トランス設定制御器 (z 方向シリンド制御装置) (1 台)

3.5 検出機構の設計と製作を参照

(a) P A B O T 移動制御器 (y 方向シリンダ制御装置) (1台)

ゼロオート形式 A - 50 L - D 1 (KK サーボパック)
 ゼロオート抵抗値 1 KΩ
 ゼロオート分解度 0.07%
 応答時間 1.6 sec / フルスパン

(e) リレー盤 (各シリンダ制御装置、リフティングマグネット制御装置、油圧ユニット制御装置、溶接機制御装置)

溶接機 (一式)

特殊設計
 リレー形式 オムロン形 MYミニパワーリレー
 コイル定格電圧 DC 24 V
 コイル定格電流 3.6.9 mA
 最大適用負荷
 投入電流 1.2 A
 連続通電電流 3 A
 しゃ断容量 0.8 A (AC 200 V 誘導負荷)
 寿命 機械的 500 万回以上
 電気的 10 万回以上

(7) 検出装置 (一式)

(a) P A B O T 検出装置 (一式)

3.5 検出機構の設計と製作を参照

(b) リミットスイッチ

アクチュエータ	設置場所	個数
x 方向シリンダ	基準位置、ストロークエンド	3
y 方向シリンダ	基準位置、前シリンダストロークエンド	8
z 方向シリンダ	ストロークエンド	8
トーチ台車用フレーム	上端	1
トーチ台車	両端	2

(c) ポテンショメータ (後y 方向シリンダ) (2個)

形 式 LP-500 (KK 日本ポテンショメータ)
 ストローク 500 mm
 抵抗 1 KΩ

(8) 操作盤 (一式)

(a) P A B O T 操作盤 (1台)

特殊設計
 ロータリースイッチ形式 OSW-1 形 (明清電機 KK)
 ロータリースイッチ接点数 24

ロータリースイッチ最大電流容量

500 mA

ロータリースイッチ耐久性

100万回転以上

(b) 検出器操作盤(1台)

特 殊 設 計

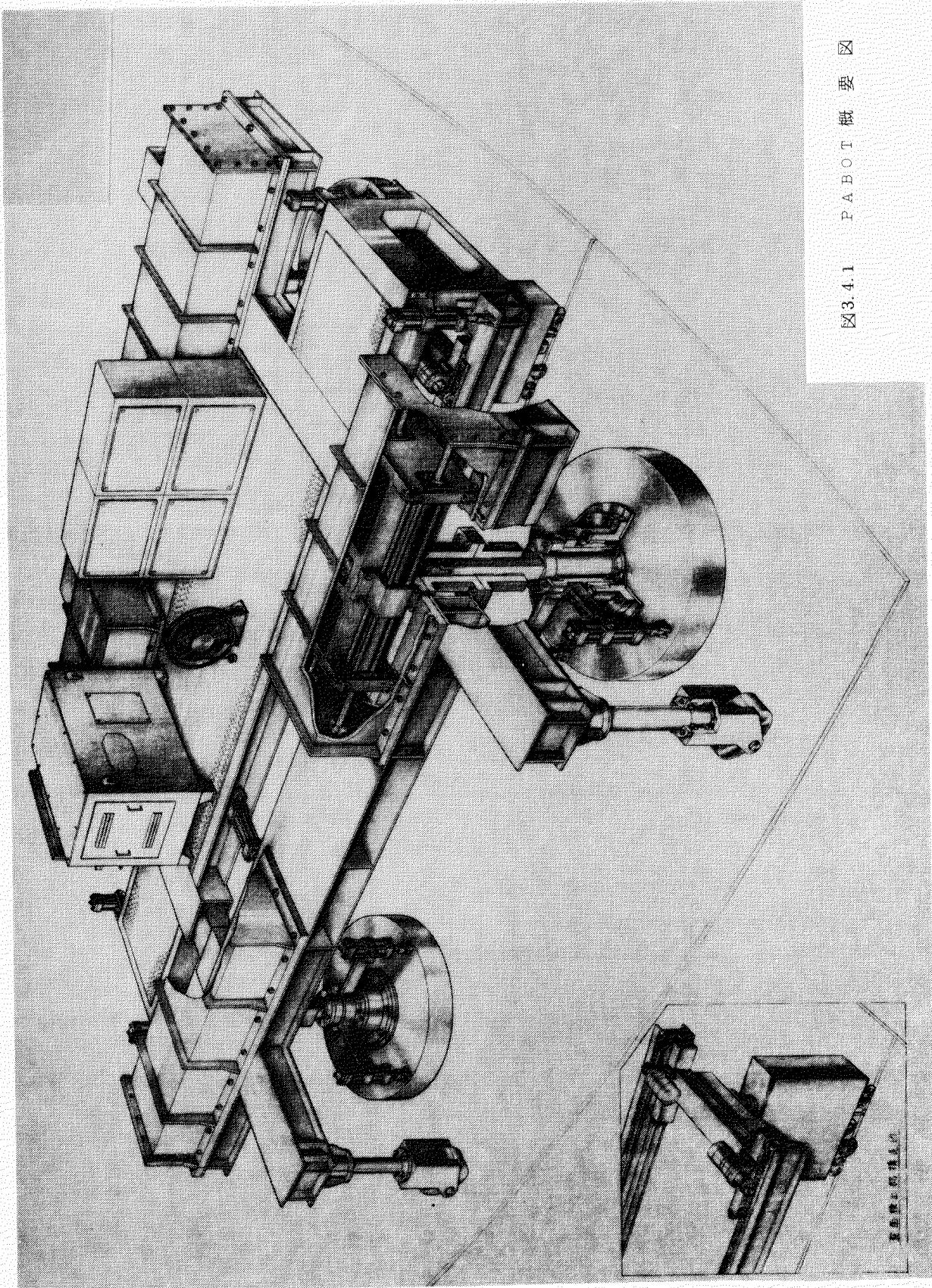
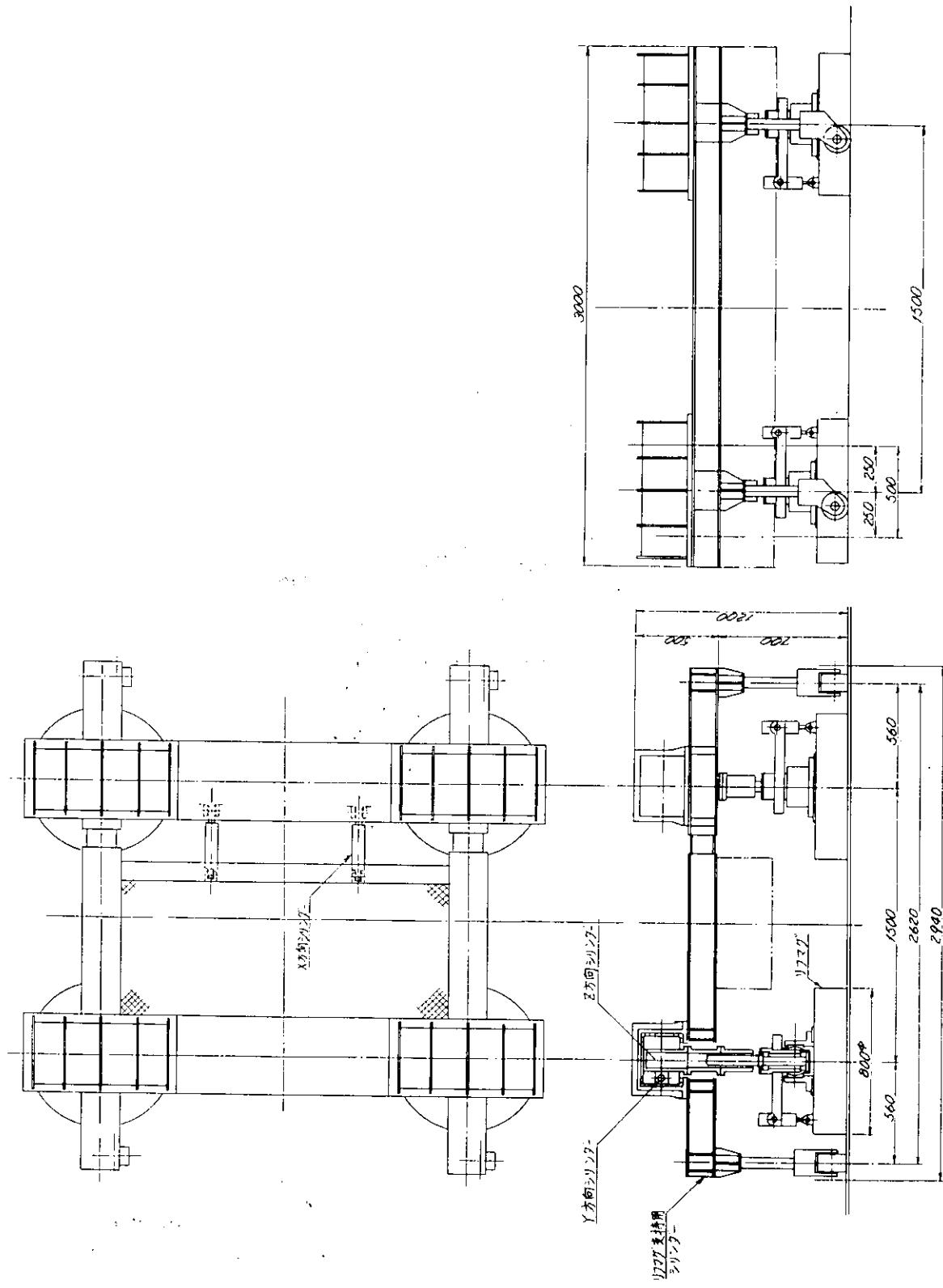


図3.4.1 PABOT概要図

図 3.4.2 P A B O T・組立図



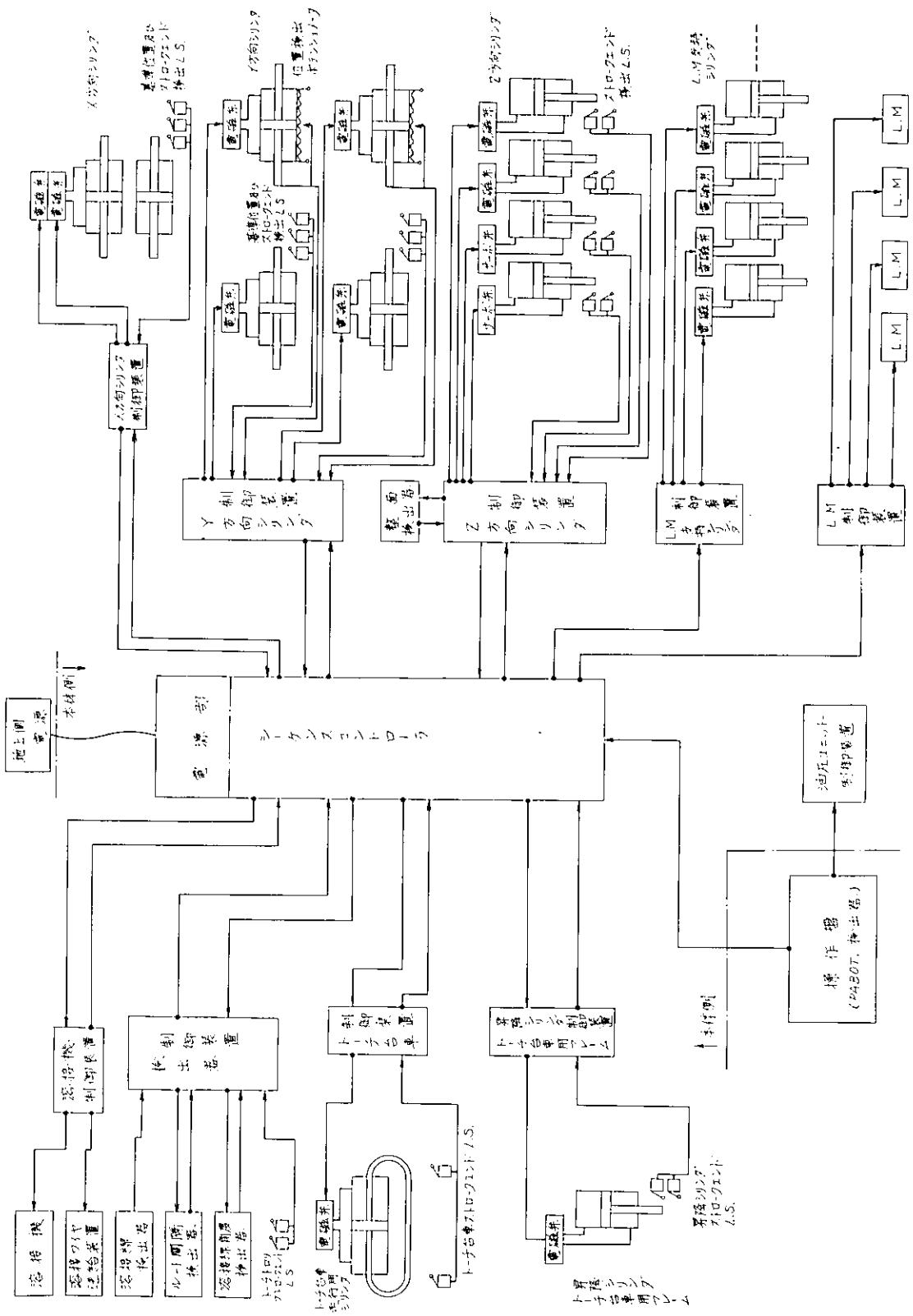


図3.4.3 PABOT プロック結線図

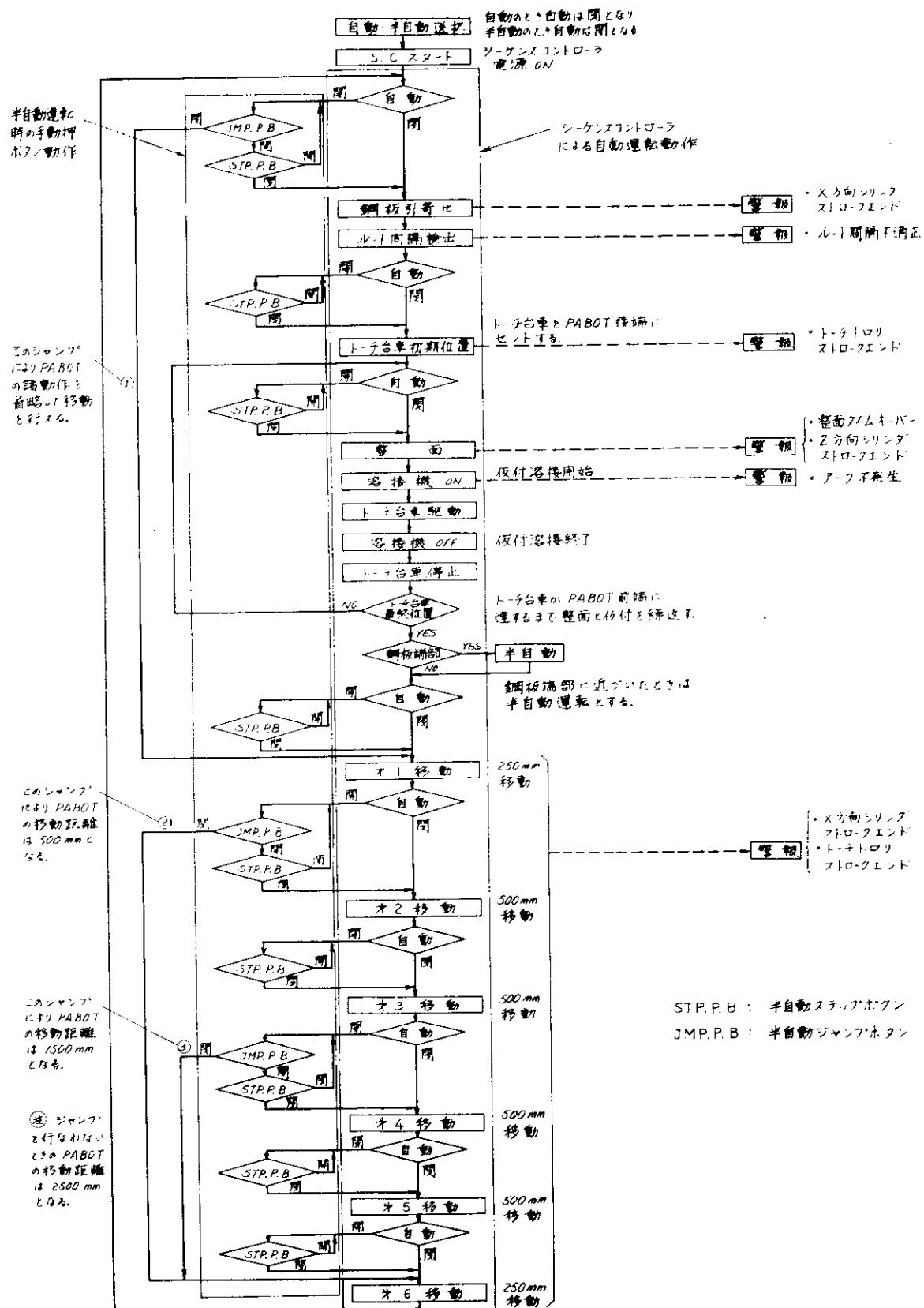
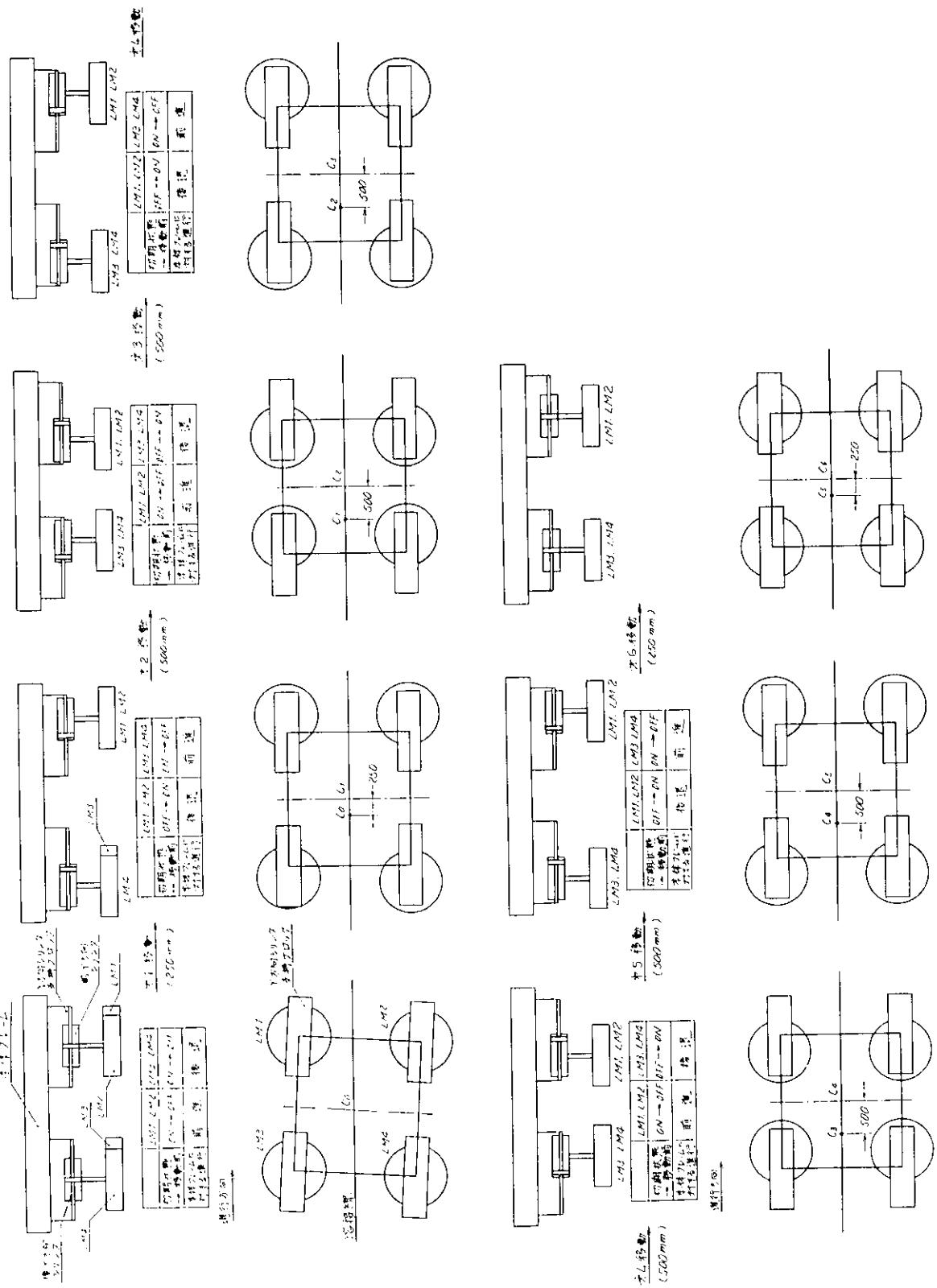


図 3.4.4 PABOT 作動フローチャート

图 3.4.5 P A B O T 移动手顺图



3.5 PABOT検出機構の設計と製作

3.5.1 概 要

本装置（PABOT検出装置）は曲り外板の板縫合作業を自動的に行なうに際し、ルート間隔の大きさ、二枚の外板の段差、自動仮付溶接のための正確な仮付位置をシーケンス制御によって自動的に検出し、これをPABOT制御装置にフィードバックするものである。

なお、装置の概要を

図3.5.1 PABOT検出装置組立図

に示す。

なお検出機構は本年度製作を完了し次年度に製作予定のPABOT本体に搭載の予定である。なお（写真3.5.1）に本検出機構を示す。

3.5.2 設計条件

(1) 対象とする外板

板 厚 1.6～3.2mm

x方向曲率半径 10mR

y方向曲率半径 50mR

傾斜角度 max 15°

開先角度 60°

(2) 装置移動速度 max 4 m/min

(3) トーチ台車走行速度 max 5 m/min

（仮付溶接速度 0.3～0.7 m/min）

(4) トーチ横移動量 ±100mm

(5) 整面検出誤差 0.18mm (x方向曲率半径10mRの時の幾何的な誤差)

(6) ルート間隔検出範囲 2mm (ただし、ギャップ検出板の取換えにより変更可能)

(7) そ の 他 ○溶接線検出器検知ローラ、ガイドローラは取換え可能とする。

○検出装置の進行方向を逆にすることができる。

3.5.3 装置の内容と機能

本装置はトーチ台車に取付けられるトーチトロリ用左右スライドとスライド面にリニアモーションペアリング、バネを介して検出器フレーム支持板、検出器フレームが懸垂されている。

左右スライドにはPABOT本体に対する溶接線の左右の移動量を検出するための回転形ポテンショメータが取付けられている。

検出器フレームはカムフォロアーとペアリングによって検出器フレーム支持板に対して回転できる機構になっている。また、この間に回転抵抗を与えるためのブレーキが取付けられている。

検出器フレームの後端には溶接線開先内を走るガイドローラが取付けられている。ガイドローラ取付軸は検出器フレームに対して自由に回転できる。

前端には上下スライドとスライドによって上下する溶接線検出器が取付けられ、検知ローラが溶接線開先内にはまり込む。

溶接トーチはこの溶接線検出器と一体となって上下する。

フレーム回転中心に上下スライドを介して整面検出器が取付けられている。また、ガイドローラと整面検出器の間に左右、上下スライドを介してルート間隔検出器が取付けられている。

(1) トーチトロリ用左右スライド(1台)

形 式	T D 形スライド
スライドストローク	± 100 mm
スライド速度	低速時 2.5 mm/sec 高速時 10 mm/sec
モータ	D C 100 V 60 W

(2) 溶接線検出器(1台)

溶接線検出器は溶接線開先内にはまり込んだ検知ローラで左右、上下方向の圧力を検知し、リミットスイッチを動作させる小形検知器と上下スライドより構成されている。

小形検知器の左右方向の信号はトーチトロリ用左右スライドにフィードバックされ、上下方向の信号は上下スライドにフィードバックされて、溶接線の左右、上下方向のならい動作を行なう。

また、溶接線開先内にはまり込んだ検知ローラとガイドローラによって、P A B O T 検出装置は溶接線に対してセルフアライニングされる。

(a) 小形検知器(1台)

形 式	上下、左右検知 直立形
検 知 法	片利方式、両利方式、切替可能
検 知 能 力	左右 0.5 mm 上下 1.0 mm 以内
検 知 圧 力	左右 300 g 上下 500 g
検知器 トーチ間調整量	左右 ± 20 mm 上下 ± 30 mm

(b) 上下スライド(1台)

形 式	標準形スライド
スライドストローク	± 25 mm
スライド速度	3 mm/sec
モータ	D C 100 V 10 W

(3) 整面検出器(1台)

上下スライドのスライド面にバネによって押付けられ、左右方向に微少量回転することができる。基準ローラと開先に対して基準ローラと対称に配置され、一体となって上下し、かつ左右方向に回転する検知ローラ付バネ内蔵形差動トランスより構成されている。基準ローラに対する検出ローラの位置を差動トランスによって測定して、二枚の外板の段差を検出する。

(a) 差動トランス(1台)

形 式	A L - 10 - S P (新光電子KK)
直線範囲	± 10 mm
可動範囲	± 12 mm

(b) 上下スライド(1台)

形 式	小形スライド
スライドストローク	± 25 mm
// 速度	3 mm/sec
モータ	D C 100 V 5 W

(4) ルート間隔検出器(1台)

左右スライドのスライド面に上下スライドが取付けられ、上下スライドのスライド面にギャップ検知器とギャップリミッターが一体となって取付けられている。

ギャップ検知器は小形検知器と同じもので、検知ローラのかわりにギャップ検出板が取付いている。

ギャップ検知器の前方に取付いているギャップリミッタは検出棒とリミットスイッチから成立っている。

ギャップ検知器のならい動作によって、ギャップ検出板は溶接線開先の底のルート部に達する。この時、ルート間隔がギャップ検出板の板厚よりも大きい場合には検出棒が開先内に当って上昇し、リミットスイッチを動作させる。ルート間隔がギャップ検出板の板厚よりも小さい場合にはならい動作は停止して、リミットスイッチは動作しない。

(a) ギャップ検知器(1台)

検出範囲 2mm以上

その他は小形検知器と同じ。

(5) 検出器制御装置(1台)

本制御装置は検出器操作盤 シーケンスコントローラからの信号を入力として各スライド駆動モータを制御して検出器を動作させ、リミットスイッチ、リレー接点信号を出力として取出すものである。この信号がPABOT制御装置に、フィードバックされる。

制御回路図を図3.5.2 PABOT検出器制御装置電機回路展開接続図に示す。

操作電源 AC 100V 1φ 50Hz 60Hz

接続可能ユニット 各種スライド検知器

表示ランプ 検知器上下、左右

両利 片利セレクトスイッチ付

スライドモータ高低速回転切換内蔵

電源変動調整付

(6) 差動トランス設定制御器(1台)

差動トランスから得られる交流電圧を整流、增幅してアナログ出力とともに測定された変位量を設定値と比較し、ランプ表示、リレー出力として出す。PABOT制御装置にアナログ出力とリレー出力がフィードバックされる。

形 式 PMP形(新光電子KK)

操作電源 AC 100V ±10V 1φ 50Hz 60Hz

出力電圧 H : ±5V

L : ±10mV

測定範囲 ±1~±10mmフルスケール(4段切替)

設定範囲 上下限フルスケール

直線性 ±0.5%

総合精度 ±1%(指示計除く)

制御出力 ランプ表示およびリレー出力

(7) 回転形ポテンショメータ(1個)

PABOT移動時のy方向シリンダのストローク設定のため、PABOT本体中心線と溶接線のずれを、トーチトロリ用左右スライドに取付けられた回転形ポテンショメータで検出する。

形 式 HP-30-10(KK日本ポテンショメータ)

機械角 360° × 10 ± 3°

有効電機角	$360^\circ \times 10 \pm 3^\circ$
全抵抗値	$1\text{K}\Omega$
分解度	0.02%
直線性	0.12%

(8) 附属品

ケーブル(長さ10m) 一式
検知ロール 3個

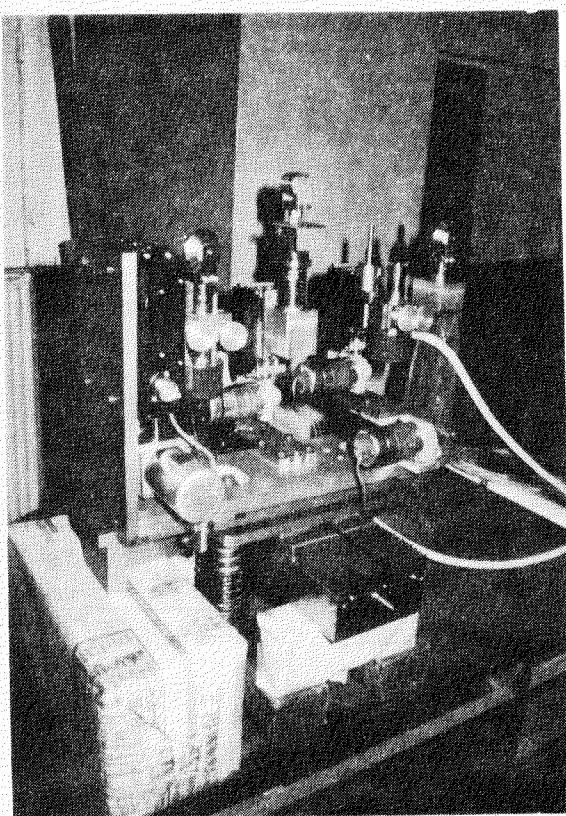


写真3.5.1 P.A.B.O.T 検出機構

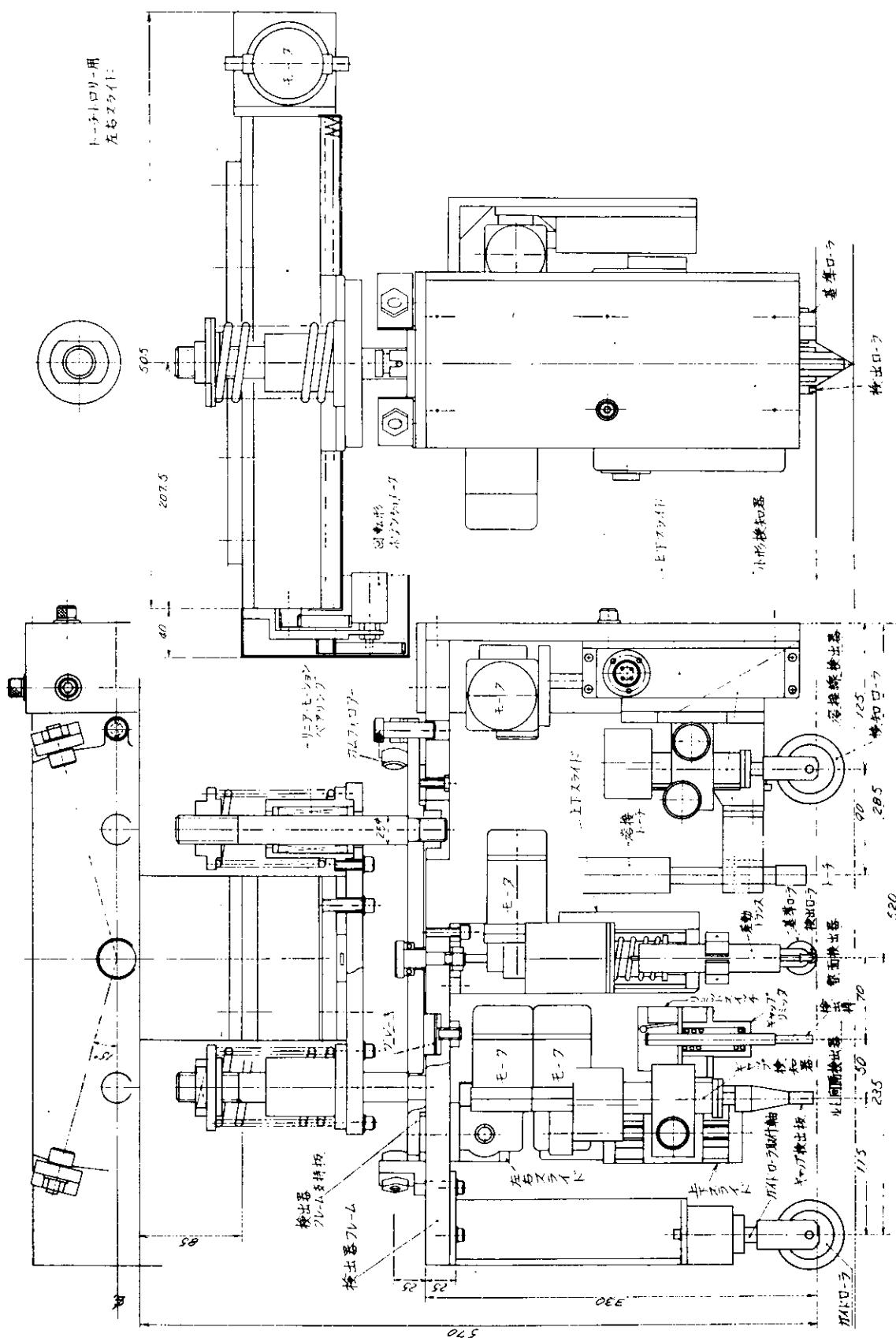


図 3.5.1 P A B O T 検出装置組立図

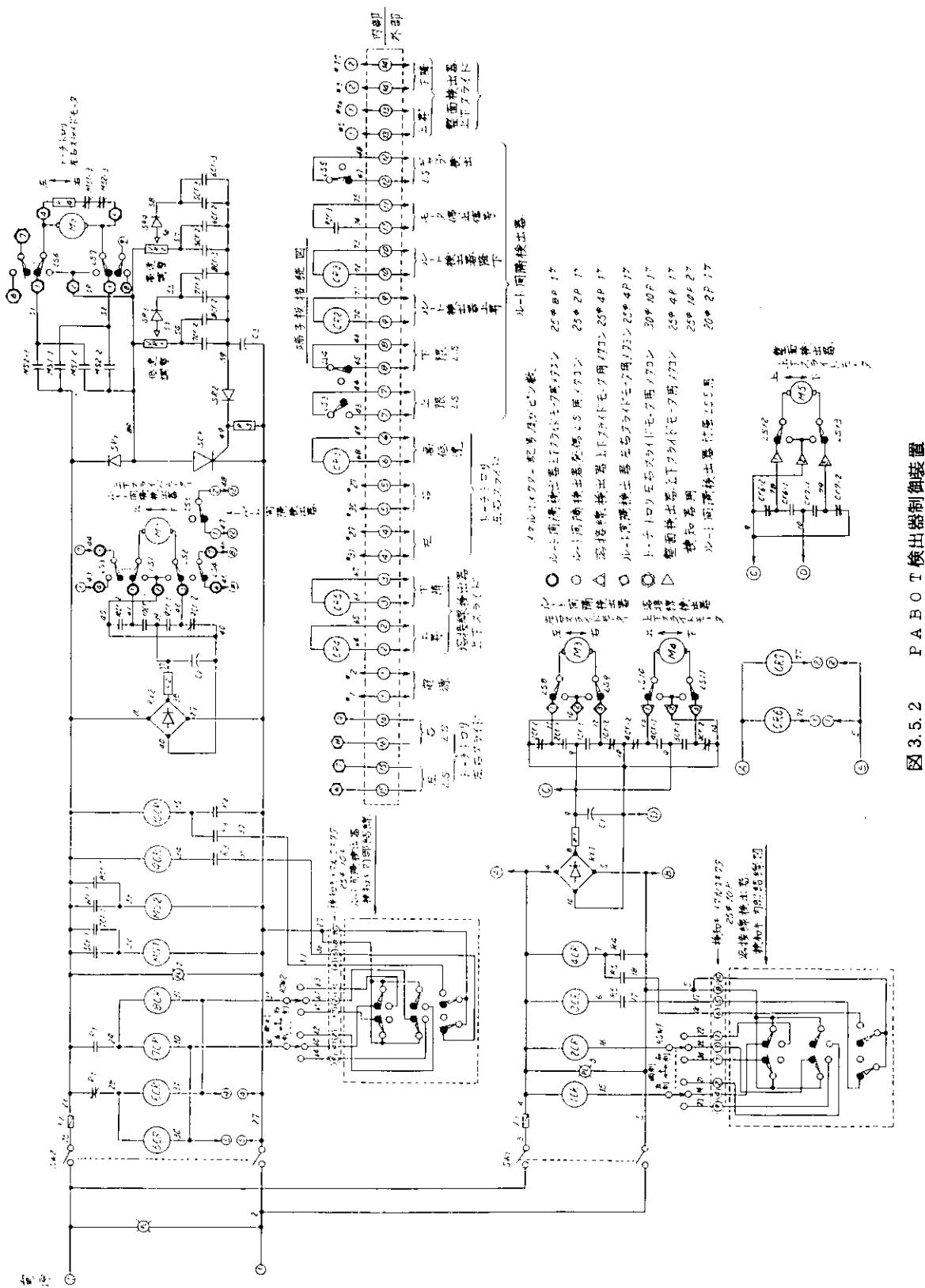


図 3.5.2 PABOT 機器制御装置
電気回路展開図

4. 船台・船渠工程

4.1 研究の概要

船台・船渠工程は、作業対象である構造物が巨大であり、作業範囲が立体的に展開されている。また、作業の種類は多岐にわたっており、場合によっては、狭隘な場所での作業も余儀なくされている。このような事情のもとで、この工程の機械化、自動化を図ることは、きわめて困難であり、事実、このような機械化、自動化装置は新規造船所においても、特定の区画、特定の作業にかぎり若干見られる程度であって大部分の作業は、依然として人力に依存しているのが実情である。

一方、昭和47年度の研究で明らかにしたように、適応制御を研究する上には、造船工作における諸作業の自動化および機械化の検討を行ない、適応制御系を付加した機器を開発研究することが必要不可欠であると考えられる。したがって、船台・船渠工程の代表的なものとして、どのような作業を最初の試みとして採りあげることが適当であるか、また、そのためにはどのような機能を有した装置が必要であるかを、適応制御系ならびに装置の有用性の見地から検討し、選定することが本年度の研究の最大の課題であった。以下にその概要を述べる。

- (1) 造船における治工具は、長い歴史の中で、改善に改善を重ねて今日に至っており、治工具としては、ほぼ完成されたものであると考えられる。したがって、船台・船渠工程において使用されている治工具について調査し、さらに、ブリエクション工程を含む、船台・船渠工程において、現在開発され、実用化されている、「作業ユニット」、「ROTASシステム」、「GAMMAシステム」などの、機械化、自動化装置を調査し、本研究の対象を具体化するための一助とした。
- (2) 昭和47年度に引き続き、船台・船渠工程を構成する各種の作業を機械化、自動化するために想定した諸装置について、その概略仕様の検討を行なった。その結果、各装置に共通して欠くことのできない機能は、走行・移動機能であることが判明したので、この機能を有する装置を製作することを通じて、適応制御の研究を進めることがもっとも有効であるとの結論を得た。
- (3) 走行・移動機能を有する装置として、船体内部構造部材（ロンジ フレーム）を利用し、無軌条で移動する「船体登はん装置」（略称CLIMACS=CLImbing Machine with Adaptive Control System）を設計、試作し、以下に示すような研究を行なうこととした。

ロンジフレームを利用し、無軌条で自動的に上下に移動するに際して、ロンジフレームのスペースや、スカントリングの設計上の差異や、工作上の誤差、あるいは 本装置の自重によるロンジフレームの撓み量などに適応して、自動的に登はんする機能。
- (4) 上記に基づき、CLIMACS の仕様につき検討を行ない仕様を確立した。
- (5) 本CLIMACS を用いて構成されるシステムの例として、これに、自動掃除装置を搭載した場合についての、シミュレーションを行ない、CLIMACS の有効な速度の検討を行なった。
- (6) 昭和49年度においては、本装置の設計と試製作を行ない、所期の機能の確認と実用化のための諸方策を検討する。なお、前述のごとく、本CLIMACS は、いわば、ロボットの脚部に相当するものであるから、将来、種々の自動化機械、たとえば、自動仮付装置、自動整面装置、あるいは、自動掃除装置といったものが開発されたならば、これらが本CLIMACS に搭載されることによって、船台・船渠工程の真の自動化が達成されることになるものと考えられる。また、本装置に作業員が搭乗することにより、各種の作業を行なうことも可能であるため、本装置のみでも、自動足場として使用することができるという特長を有している。

4.2 ハードウェアの調査

4.2.1 調査の目的

前年度の報告書で述べたように、船台・船渠工程における適応制御を検討していくための前提条件の1つとして、まず、位置決め、仮付、溶接および仕上げなどを機械化・自動化すること、すなわち、これら専用のハードウェアの早期開発の必要性が認められた。さらに、研究あるいは開発中の汎用ロボットの造船工作（主として 船台・船渠工程）への適用可否についても検討が行なわれた。しかしながら、これらの汎用ロボットをそのまま造船工作へ適用するには問題が多く、船台・船渠という特殊分野へ適用するための足掛りを得るまでには至らなかった。

そのため、専用加工装置または、専用ロボットの開発が不可欠であるとの1つの結論を得た。その結果、本年度は具体的なハードウェアの仕様ならびに、その有効性の確認に関する検討を行なうこととし、適応制御系あるいはハードウェアを選定する際の一助として船台・船渠工程で現在使用されている治具および造船各社で精力的に行なわれている機械化・自動化装置の実情および今後の動向などを調査した。

4.2.2 船台・船渠工程における治工具について

ハードウェアの調査の一環として、船台・船渠工程のうち、主として微少移動、位置決め、整面・固定工場で現在使用されている治工具について調査した。これらはいずれも造船各社で規格化されたものであるが、同じ使用目的のものでも各社で形状寸法などが多少違っている。ここでは用途別に分類して代表的なものを表4.2.1に示した。

4.2.3 船台・船渠工程におけるハードウェア

(1) 作業ユニット

(a) システムの概要

作業ユニットは従来の木製足場にかわる足場機械として、石川島播磨重工業㈱で開発されたものである。船台・船渠工程における、整面固定、溶接、検査、塗装などの各種装置を搭載して、いわば、移動工場としての機能がみたされている。

このシステムはA型ユニットからF^{II}型ユニットまでの8種類があり、構造によって、使い分けられている。

(b) 各ユニットの概略説明

(i) A型ユニット

縦通隔壁、および船側外板の搭載、受取り、内構シーム、バットの取付から検査に至るまでの一連の作業のために使用されるもので、1ブロック単位に、ボットムトランク上を移動して使用される。（図4.2.1参照）

(ii) B型ユニット

クロススタイルの搭載から検査までの一連の作業およびウイングタンク横隔壁下部のバットのエレガス溶接とそのシームの裏ハクリ、裏溶接、検査作業のために使用される。A型ユニットと同様にボットムトランク上を自走し、クロススタイルは2フレームづつ処理して転進する。（図4.2.2参照）

(iii) C型ユニット

ウイングタンクの上甲板の搭載から検査までの一連の作業および横隔壁上部のバット、シームの裏ハクリ、裏溶接、検査などの一連の作業のために使用されるものでB型ユニットの後からクロススタイルの上を自走して、1ブロックづつ処理して転進させる。（図4.2.3参照）

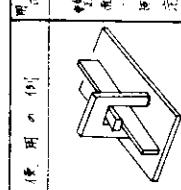
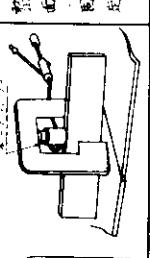
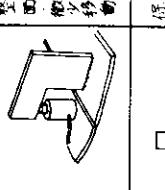
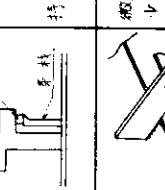
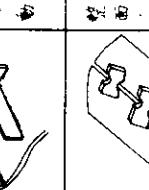
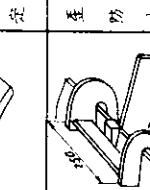
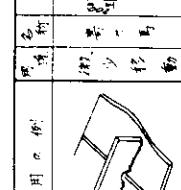
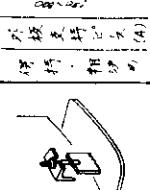
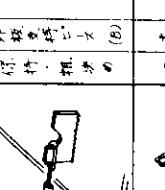
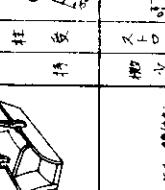
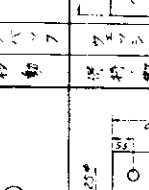
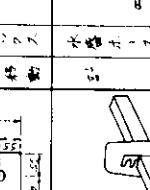
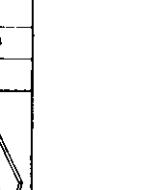
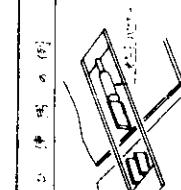
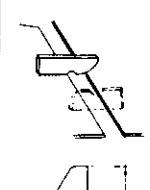
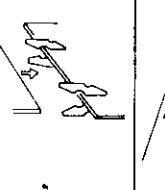
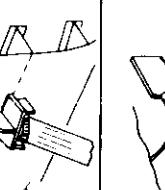
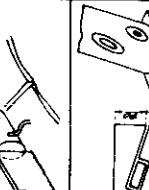
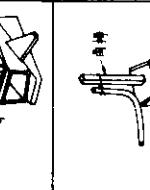
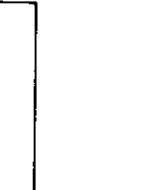
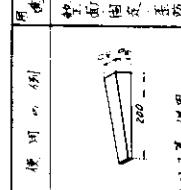
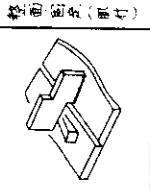
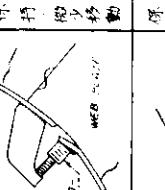
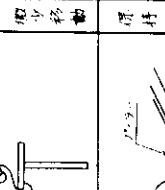
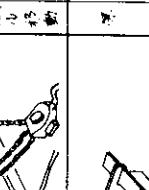
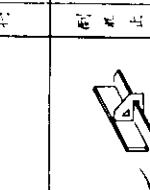
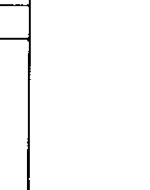
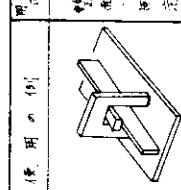
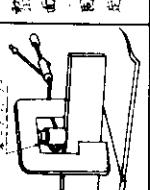
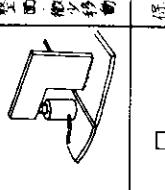
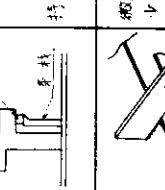
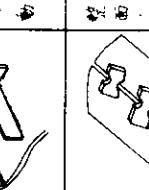
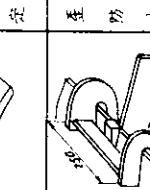
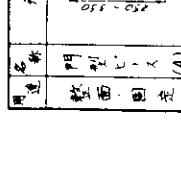
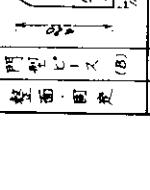
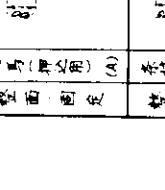
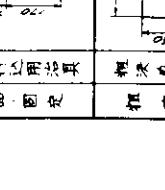
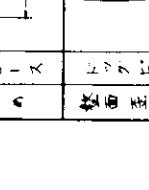
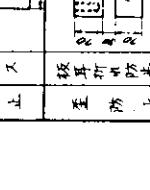
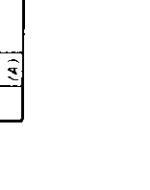
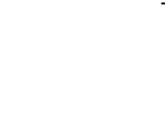
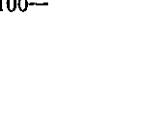
(iv) D型ユニット

センタータンクの上甲板の搭載から、検査までの一連の作業のために使用されるもので、縦通隔壁のランジフレームをセンター側に設け、この上を走行する天井クレーン式のユニットである。（図4.2.4参照）

(v) E型ユニット

E型ユニットはセンタータンクの塗装作業用および横隔壁のスリット部の復旧工事用として開発されたもので、防爆に對して考慮がはらわれている。また、センタータンク内の手直し、検査作業にも使用されている。

表4.2.1 治工具一覽表

圖名稱	形状及尺寸 用途	圖名稱	形状及尺寸 用途	圖名稱	形状及尺寸 用途	圖名稱	形状及尺寸 用途
門型ビース 整面固定(A)		門型ビース 整面固定(B)		整面固定 夾板		整面固定 夾板	
整面固定 夾板		整面固定 夾板		整面固定 夾板		整面固定 夾板	
夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板	
夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板	
夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板	
夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板	
夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板	
夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板	
夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板	
夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板	
夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板	
夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板	
夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板	
夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板		夾板固定 夾板	

E型ユニットはD型ユニットとはほとんど同じ構造である。(図4.2.4参照)

(V) F型ユニット

ウイングタンク内のボットムランジの取付および溶接作業に使用されるもので、ボットムランス上に設置し、1バット単位にクレーンで移動させる。(図4.2.5参照)

(VI) G型ユニット

センタータンクのボットムランスの上に設置しボットムランスのバット、ボットムと縦通隔壁との取合い、ボットムと横隔壁との取合への取付から検査に至る諸作業に使用される。クレーン移動型である。

(VII) H型ユニット

ウイングタンク底部のシームおよびランスフレームの取合の取付から検査に至るまでの一連の作業で、1ブロック単位に使用される。クレーン移動型である。

(c) 各種作業用装置の概要

作業ユニットには整面・固定および溶接作業用として様々な装置が採用されている。たとえば構造別に分けると次のようなものがある。

(i) サイドランジ用

側外板、および縦通隔壁のサイドランジ用として、A型ユニットに装着されている。(図4.2.6参照)

(ii) ボットムランジウェブ用

ボットムランジのウェブ用としてE型、F型ユニットに装着されている(図4.2.7参照)。

(iii) クロスタイフェース用

クロスタイのフェースおよびウェブフレームのフェース用としてA型、B型ユニットに装着されている(図4.2.8参照)

(IV) デッキランジ用

デッキランジ用としてC型、D型ユニットに装着されている(図4.2.9参照)

(2) ROTAS

(a) システムの概要

ROTAS (ROTATING AND SLIDING) は三井造船千葉造船所で開発された建造システムであり、油送船の平行部ウイングタンクを総組立工場で立体化することから始まり、船渠内へ搬送し、搭載、位置決めまでを行なうものである。その過程で総組したブロック(これをモジュールと呼ぶ)を、3種類の回転装置と2種類の移動装置を使用して回転(ROTATING)し、移動(SLIDING)させてROTASと称される。

各装置の概略配置は図4.2.10のとおりである。

(b) 各種装置の概略

(i) 総組立工場

平板ブロックとして完成された船底外板、船側外板、上甲板、縦通隔壁、横隔壁などをゴライアスクレーンで本工場内の台車および位置決め装置の上に搬入する。ブロックの位置決めは、トランシットなどの光学機器で計算された結果をもとに、電動油圧駆動装置を遠隔操作で3軸方向へ微少移動することによって行なわれる。

位置決め作業が完了すると、スキン材の溶接および内構材のランスのフェースプレートの溶接を行なう。

この工場には防暑、防雨のために移動屋根が設けてあり、足場も機械化された専用のものがある。

なお概略寸法は図4.2.11に示す。

(ii) 地上移動台車

地上移動台車は二つの機能を持っている。すなわち一つは総組立工場内で平板ブロックを載せて、前後・左右・上下の3軸方向に微少移動することによって位置決めを行なう機能と、もう一つはパワーカーにより駆動され、モジュールを総組立工場より後述のRPFまで搬送する機能とである。

パワーカーは駆動用ピストンとストップ用ピンの2つのシリンダを油圧によってシーケンシャルに動かし、装置間に敷設されたレール上を犬取虫式に移動するもので、移動速度は1 m/minである。

(III) 回転治具

今回転治具にモジュールが搬入されると、まずリング内枠にある保持装置によって固定される。

治具の回転は4本の油圧シリンダで駆動される2ヶのクランクビニオンとリングの外周に設けられたピンとかみ合って行なわれる。リングの外周は35 mmであり、1回転するのに約100分を要する。

この治具によって内構部材の溶接の大部分を下向きの姿勢で行なうことができる。

(IV) ターンテーブル

これは直径20 mの回転体で、船渠および各装置の配置の関係でモジュールの搬送方向を変える必要のあるときに使用される。

テーブルの4隅には地上移動台車と同じ駆動機構があり、互いに同調しながら作動し、90度の方向転換に約2.5分を要する。

(V) R.P.F. (ROTARY POSITIONING FIXTURE)

船渠サイドまで地上移動台車で搬送されたモジュールは、このRPFによって船渠内におろされる。この装置は渠底に支持されたサポートタワーとクレードルフレームよりなり、4本の油圧シリンダによって駆動される。

モジュールは総組立工場では船底横向きに組立てられるが渠底におろすときに、この装置によって90度回転され船底を下にして渠内移動台車に載せられることになる。

(VI) 渠内移動台車

渠内移動台車は地上移動台車と同様に3軸方向に動くことができ、モジュールを載せて渠底に敷設されたレール上をパワーカーによって移動する。これには横移動台車と縦移動台車とがあり、ともに3.5 m/minの速度で走行しモジュールを所定の場所に搬送する。搬送されたモジュールは微少移動装置によって位置決めされる。

参 考 文 献

日本造船学会シンポジウムテキスト

造船における近代化について(その2) 昭和48年4月

(3) GAMMA

(a) システムの概要

GAMMA(Grand Assembly with Mechanical Mold Aparatus systemの略)は、住友重機械工業(株)で開発、採用されているもので、油送船の平行部ウイングタンク構造を下部および上部構造の2ブロックに組みする装置である。

下部および上部の各ブロックは、それぞれ、別々の装置(GAMMA I, GAMMA II)によって、600 t程度にまで組みされる。

GAMMAを使用したブロックの流れを図4.2.1-2に示す。

(b) 装置の概要

前述のごとく、GAMMAには、GAMMA I, GAMMA IIの2種類があって、内業組立工場から搬出される平行部ウイングタンク構造を組みする装置であり、両機種とも、右舷用、左舷用で1セットとなっている。その概観を図4.2.1-3と、図4.2.1-4に示す。

(i) 本体構造

右舷用、左舷用を一体とした鉄骨構造で、下記に示す諸装置の一部が組み込まれており、片側は、組みされたブロックの搬出用となるため開放型となっている。

(ii) ブロック固定装置

外板および縦通隔壁の両端を固定するもので、一方は、本体構造に直接取り付けられており、他方は、固定フレーム上に取り付けられていて、ブロックの長さ方向に移動できるようになっている。

(iii) 内部足場装置

GAMMA I ではつり下げ型の内部足場装置を有し、ストラットの組み込み用に使用される。

GAMMA II では、自走式のせり上げ型の内部足場装置を有する。

(IV) GAMMA の主要諸元

表 4.2.2 GAMMA の主要諸元を示す。

表 4.2.2 GAMMA の主要諸元

項目	機種	GAMMA I	GAMMA II
本体の諸元	全高 m	2.9.9 (本体頂部まで)	2.8.9 (本体頂部まで)
	全巾 m	2.8.5	2.7.5
	全長 m	6.1.0 (右舷、左舷合わせて)	6.1.0 (右舷、左舷合わせて)
組みされる ブロックの諸元	フレームスペース m	4.0～6.0	4.0～6.0
	ブロックの長さ m	16.8～22.5	16.8～22.5
	ウイングタンクの巾 m	14.0～23.0	16.5～23.0
	ブロックの高さ m	12.5～16.0	14.4～16.3
	ブロックの重量 t	MAX. 600	MAX. 600

(4) HEJACKLES (ブロック位置決め装置)

(a) 装置の概要

この装置は、日本鋼管横津造船所が、壹場工業㈱、日本鉄機㈱と共同して開発したもので、一基あたり 200 t の荷重を支えたまま水平ならびに上下方向に動かすことができる機能をもっており、大型船の船底ブロック（約 400 t）などの保持、微少移動、位置決めの各作業を遠隔操作によって行なおうとするものである。

本装置は、図 4.2.1-5 に示すようにポンプユニットを内蔵したベース上に、一台の油圧ジャッキと 2 本の横押しシリンダにより構成されている。上下移動ジャッキには底面に特殊低摩擦材（実験摩擦係数 0.03～0.06）が取りつけてあり、ステンレスプレート上を横押しシリンダによって、重量物を載せたまま前後左右に移動できるようになっている。それぞれの概略仕様は表 4.2.3、表 4.2.4 のとおりである。

表 4.2.3 上下移動ジャッキ概略仕様

定格使用荷重(圧力)	200 t (250 kg/cm ²)
上下ストローク	250 mm
上昇速度(負荷時)	1 mm/sec
" (無負荷時)	7 mm/sec
下降速度(負荷時)	1 mm/sec
" (無負荷時)	1.5 mm/sec
シリンダ外径	420 mm
シリンダ内径	317.58 mm
ロッド径	220 mm

表 4.2.4 横押しシリンダ概略仕様

定格使用荷重(押力)	45 t (250 kg/cm)
" (引力)	35 t (250 kg/cm)
押速度	5 ~ 0.5 mm/sec
引速度	7 ~ 0.7 mm/sec
移動ストローク	250 mm
シリンダ外径	176 mm φ
シリンダ内径	150 mm φ
ロッド径	70 mm φ

(b) HE JACKLESによるブロックの支持および移動の例

船側外板ブロック(約300t)では、図4.2.1.6に示すように2点で支持し、水平および上下方向に微少移動して位置決めを行なう。船底外板ブロック(約400t)では、図4.2.1.7に示すように、3点で支持し、①→②→③の順序でブロックを移動して位置決めを行なう。

(5) 船体移動装置

(a) 装置の概要

本装置は三菱重工業(株)長崎造船所香焼工場で開発採用されているもので、図4.2.1.8に示すように、ブリエレクションドックで建造された、タンク部船体を建造ドックへ縦移動し、一方サイドドックで建造された船尾部船体を横移動する非浮上船体移動建造システムで使用されているものである。

本装置は自走式で、単動、連動の運転が可能である。概略仕様を表4.2.5、移動装置を図4.2.1.9に示す。

表 4.2.5 移動装置の概略仕様

項目	仕様
設置台数	2台
能力	押力 300 t
	制動力 70 t
移動速度	2 m/min 1 m/min 0.5 m/min 0.06 m/min

(b) 船体移動方法の概要

船体は図4.2.2.0に示すように鋼球と移動台と盤木によって支持され、図4.2.2.1に示すように縦移動とも軌条数7列のうち2列の押出軌条に船体移動装置をおのの配置し、これに付属している押出機を作動させて移動する。

押出機は油圧シリンダを使用しており、押出方式としては、船体を支持する移動台を押すことになるが、一定量シリンダが伸びた後は反力を支える足掛りピンをピン穴(押出軌条に一定間隔であてている)から外し、シリンダを縮め、新たな足掛けのピン穴に插入し、再度押出すといった方法(尺取り虫方式)を繰返す。船体移動状況を図4.2.2.2に示す。

(6) プロペラ、舵板等の着脱装置

これはプロペラ、舵板あるいは舵輪をクレーンより受取った後、レール上を船尾部まで自走し、水平度、垂直度を3軸方向に微調整して船体に着脱する装置である。その1例は図4.2.2.3、図4.2.2.4に示すとおりである。

従来このようなプロペラ、舵板の着脱は、クレーンが単純に使用できない船尾部のためクレーン、ウィンチ等を相互に使用しながら行なわれていて、クレーンの使用時間が長くかつ危険を伴い、また精度を要するので高度の熟練を

要していたものである。このため特に大型船の場合、高所危険作業の回避、省力化などの要求から数社で開発、実用化されている。

装置そのものは、開発各社により種々の相異はあるが、いづれにしても自走台車の上に上下動、左右動用のジャッキを備え、これに舵板、プロペラ等を支える支柱、制御盤を配置した構造となっている。

また、自走台車を活かすため、種々の付属装置を取り付けて、プロペラ、舵板あるいは舵軸を着脱するのに便利なよう考慮が払われているものもある。図 4.2.2-5(a)~(c)がその1例である。

走行形式には油圧モータによる駆動方式や油圧シリンダを用いた尺取虫方式などが考えられている。

このような着脱装置は、プロペラ、舵板等の大きさ、取付位置がある程度一定していることもある、台車停止位置を近接スイッチによりセンスするなど自動化の域に近づいたものもある。

なお、表 4.2.6 にこれら着脱装置の仕様の1例を示す。

表 4.2.6 プロペラ・舵板着脱装置概略仕様

着脱能力 (t)	舵板 プロペラ	150 60
外径寸法 <small>mm</small>	高さ	8,000
	巾	5,600
	長さ	8,000
台車最大荷重 (t)	走行時 押上げ時	160 230

4.2.4 調査の結果

上記2項で示したハードウェアの調査内容にもとづき、船台・船渠工程で採用されている機械化、自動化装置の実態と今後の動向などについて若干の検討を行なう。

(1) 船台・船渠工程で使用されている治工具

表 4.2.1 に示したように、これらの治工具は、いづれも簡単な原理を応用し、持ち運び取扱いの手軽さなど、先人による幾多の工夫、改善が加えられ非常に合理的に作られている。そのため、船台・船渠工程の機械化、自動化をはかる際には、こうした治工具の使用目的と、その機能を大いに参考にする必要があると云える。

(2) 船台・船渠工程における機械化、自動化装置

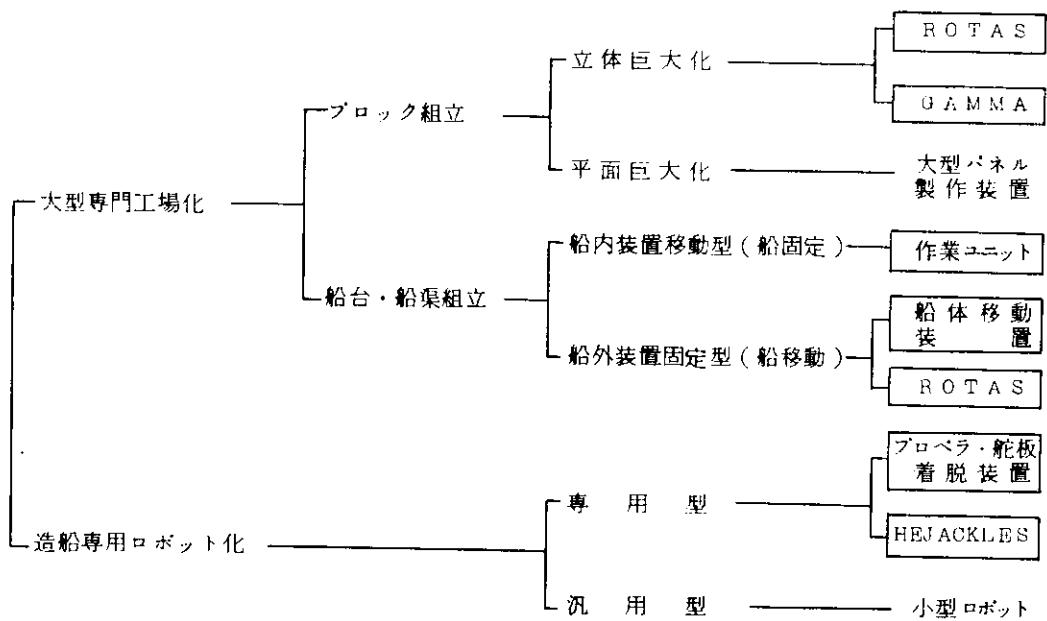
(a) 装置の規模

現在実用化されている船台・船渠工程における機械化、自動化装置は、造船特有のスケールの大きさに比例してほとんどのものが大規模化した一貫したシステムをとっており、次のような工夫がなされている。

- (i) 地上組立化によって作業量そのものを減らす。
- (ii) クレーンの使用時間を可能なかぎり少なくする。
- (iii) 高所、危険作業を少なくする。

(iv) 作業架台(足場)や各種助力装置を備え、整面、取付、溶接などといった本来の作業の作業性を良くする。

さらに、装置の規模という観点からみれば、ROTAS、または GAMMA などの例に見られるような、平板ブロックの立体組立およびそれらの渠内への搬送に力点を置いたものと、船内自走式の装置として作業ユニットの例に見られるように、主として渠内作業の省力化を志向したものとに分類されよう(図 4.2.2-6 参照)。



注記 [] は調査対象としたハードウェア名称を示す。

図 4.2.2.6 装置の分類

(b) 機能の比較

調査の対象となったハードウェアに装備された諸機能と、その機械化、自動化の程度を船台・船渠工程における船体形成機能別に比較整理すれば表 4.2.7 のようになろう。

表 4.2.7 によれば装置の機械化、自動化がもっとも進んでいるのは位置決めのステージであり、仮付、溶接、および仕上げなどの他のステージにおいては、ほとんど進んでおらず、実質的な意味での船台・船渠工程の自動化ははかられていないと云えよう。そのため、今後開発されるべき装置として、狭隘作業や、高所作業など現場作業環境の悪条件を克服できる造船専用ロボットなど、機動力のあるハードウェアが考えられる。

なお、表 4.2.7 の作業分類は本小委員会の前年度報告書から引用したものである。

表 4.2.7 調査ハードウェアの機能比較

調査対象とハードウェア		作業ユニット	ROTAS		GAMMA	HE JACKLES	船体移動装置	プロペラ・舵板着脱装置
作業分類	ステージ	船台・船渠	総組立	船台 船渠	総組立	船台・船渠	船台・船渠	船台・船渠
船体形状成工程	搭載準備	-	-	-	-	-	-	-
	移動	-	-	◎	-	-	◎	◎
	あら決め	-	-	◎	-	◎	◎	◎
	保持	-	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	位置決め	-	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	固定	-	◎	-	◎	-	-	◎
	仮付	○	-	-	-	-	-	-
	溶接	○	-	-	-	-	-	-
	溶接準備	○	○	-	-	-	-	-
	溶接	○	-	-	-	-	-	-
仕上げ	歪矯正	-	-	-	-	-	-	-
	仕上げ	-	-	-	-	-	-	-
	清掃	-	○	-	-	-	-	-
補助工程	足場架設	◎	-	-	◎	-	-	○
	足場撤去	◎	-	-	◎	-	-	○

注記 ◎ 機械化、自動化がされていると思われるもの。

○ " " が部分的にされていると思われるもの。

- その他(本調査対象外のもの。あるいは、機械化、自動化の対象から外されているか、ほとんど進んでいないと思われるもの。または実施検討中のものなどを含む。)

(3) まとめ

船台・船渠工程の機械化、自動化の実情は表 4.2.7 に示したとおり、位置決めのステージにおける固定装置などにおいてかなり進んでいることがわかる。したがって、位置決めのアルゴリズムが確立され、高度なセンサーなどが開発されれば、この分野において適応制御の端緒が開かれよう。しかし全般的にみて現存ハードウェアは位置決めから仕上げまでの諸作業を搬送を中心とした大規模装置により、システム的にとりまとめられてはいるものの、部分的な機能に着目し、適応制御系の採用という観点からすれば、機械化、自動化に関する未解決な問題が数多く残されていると云える。

一方、当分野における機械化、自動化の規模は今後さらに拡大し、専用装置へと進展する傾向が強まるものと思われる。そのため、これらの大型専用装置の補間的機能を果す、小型で汎用性を持ち、かつ、機動力のある機械化、自動化装置の必要性が痛感される。すなわち、これらの大型専用装置に造船専用ロボットなどを効果的に組合せることにより、仮付、溶接、仕上げ、手直しなど現状の船台・船渠工程においてほとんど人間の手に委ねられている作業の自動化の可能性を見い出すことができるものと思われる。

図 4.2.2 B型ユニット

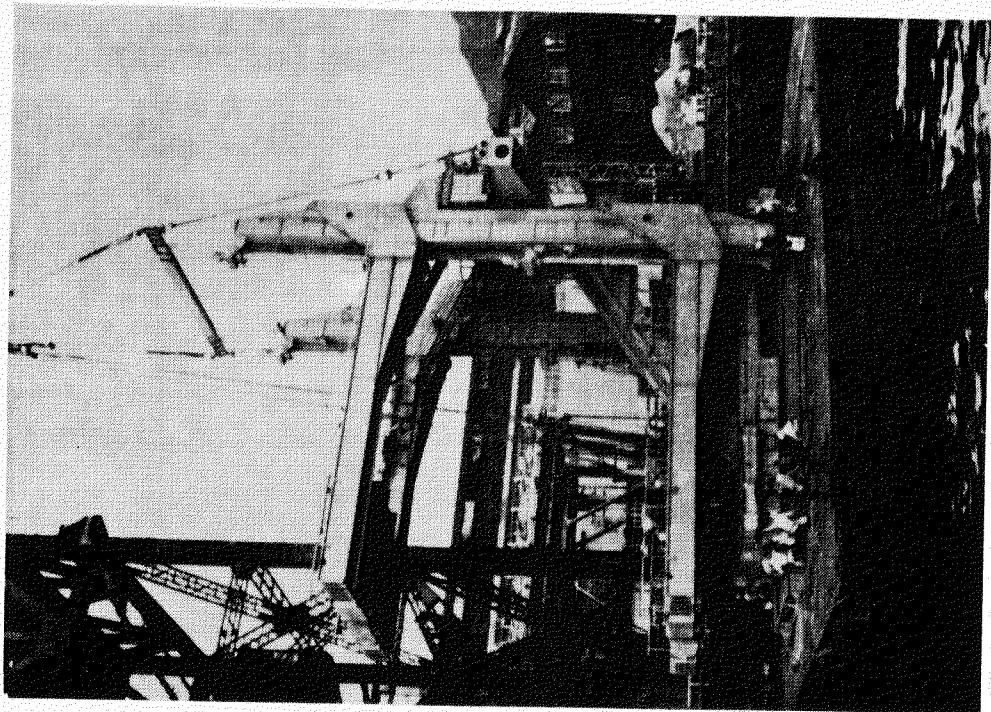
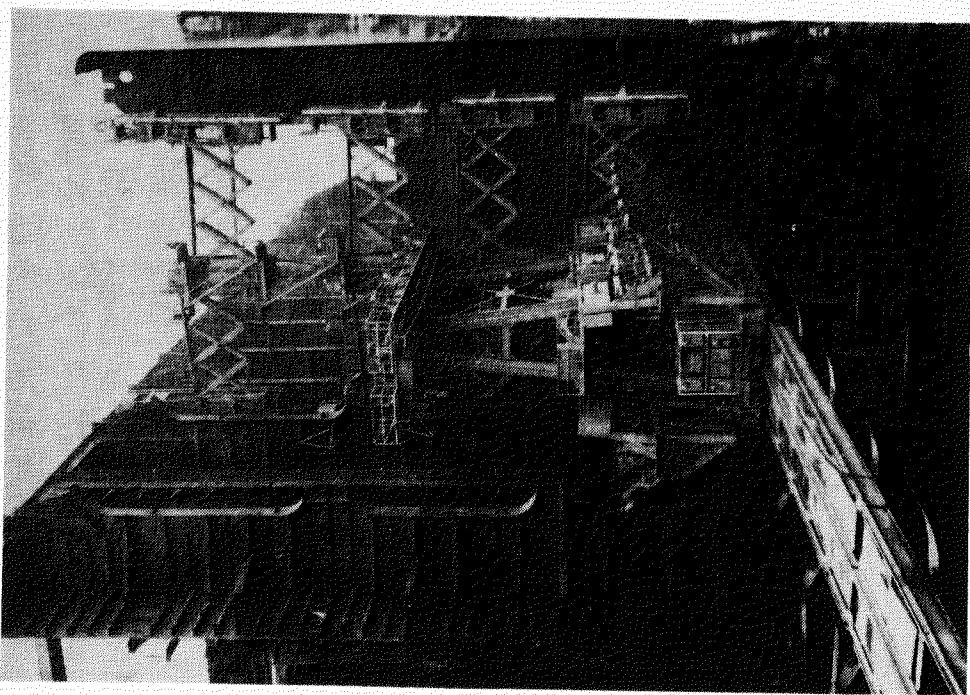


図 4.2.1 A型ユニット



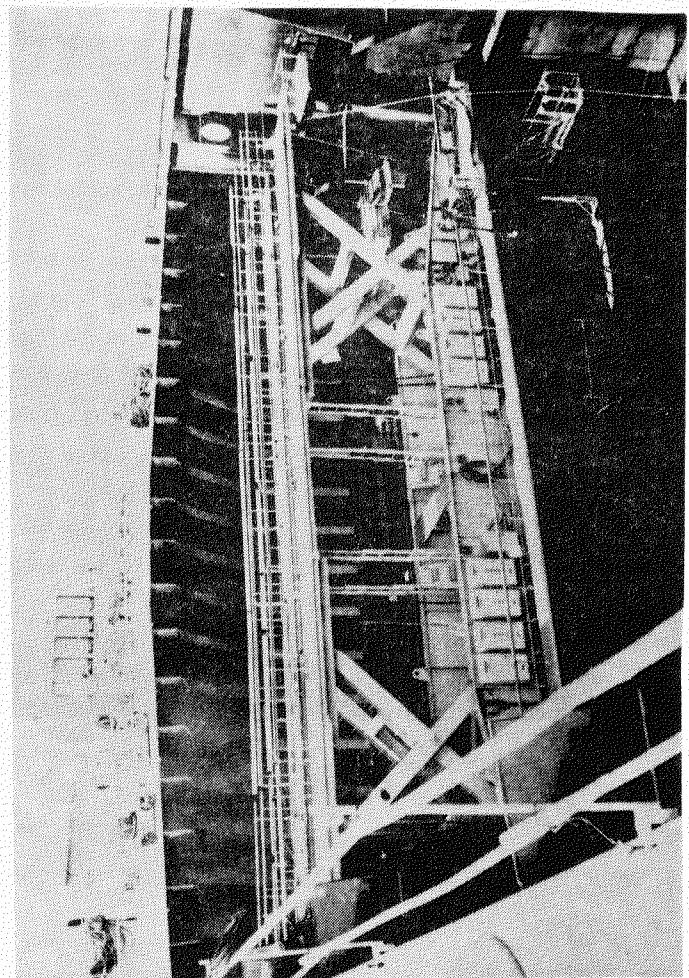


図 4.2.4 D型ユニット

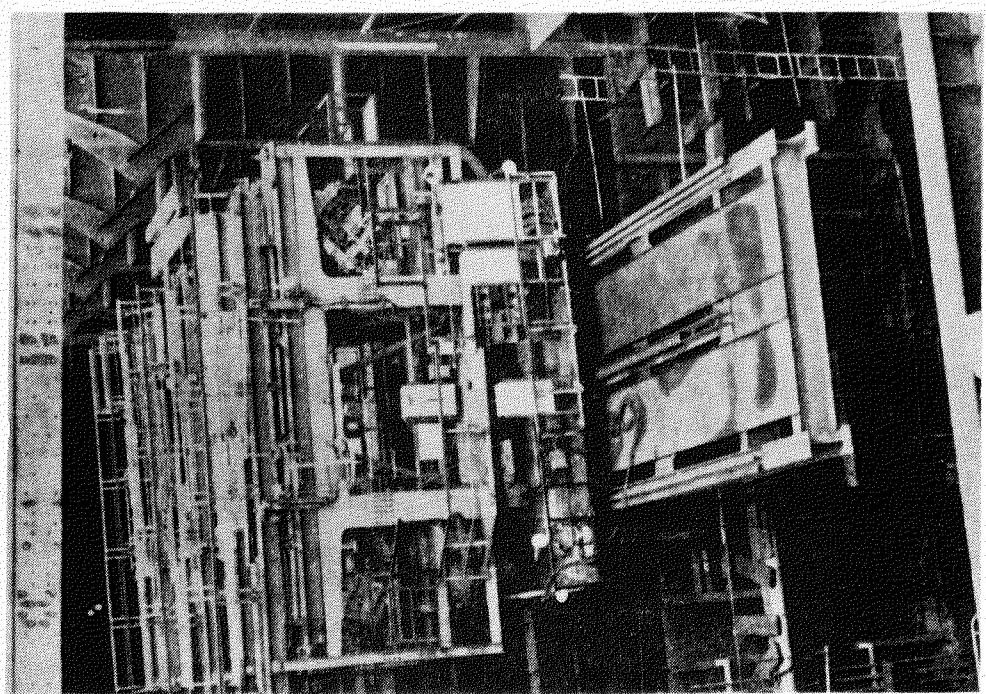


図 4.2.3 C型ユニット

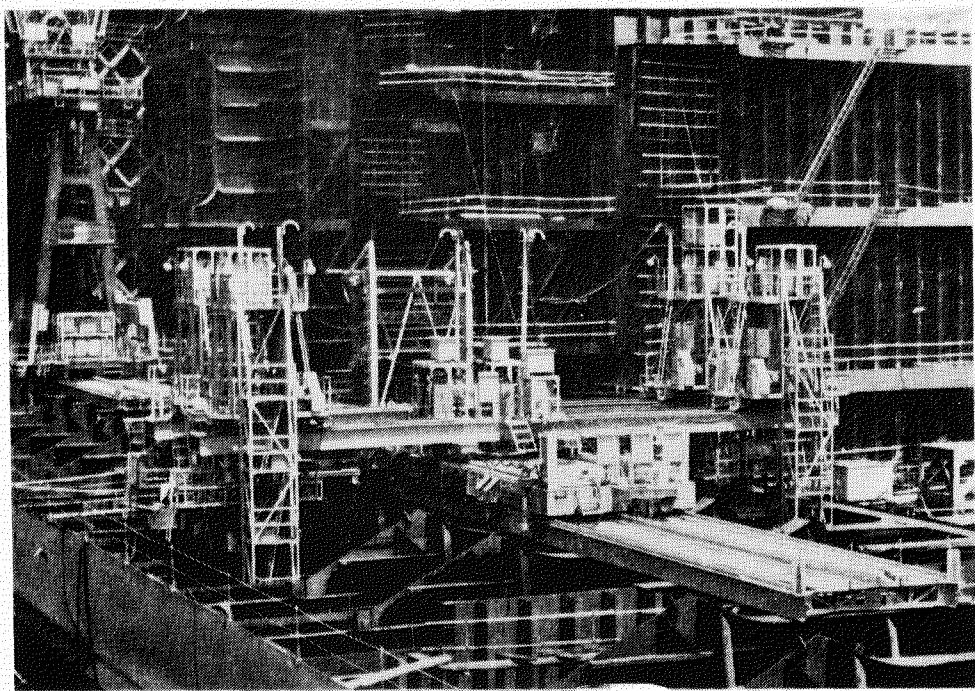


図 4.2.5 下型ユニット

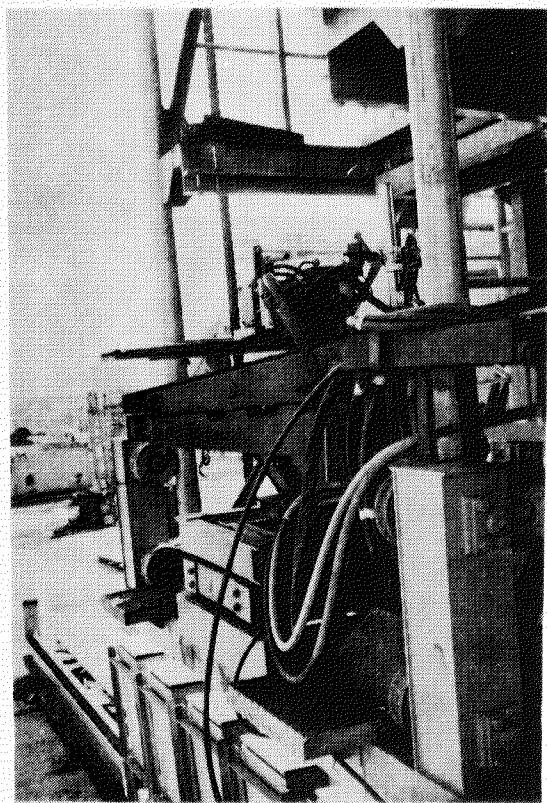


図 4.2.6 サイドロンジ用装置

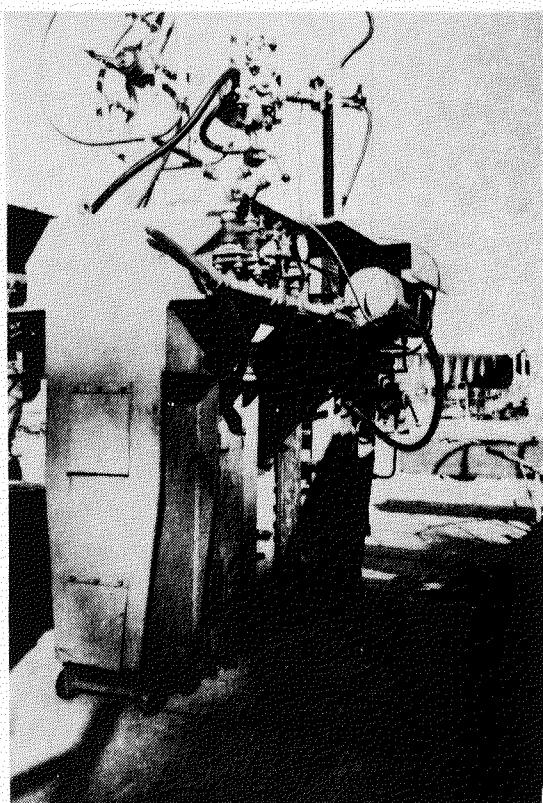


図 4.2.7 ポットム, ロンジ, ウェブ用装置

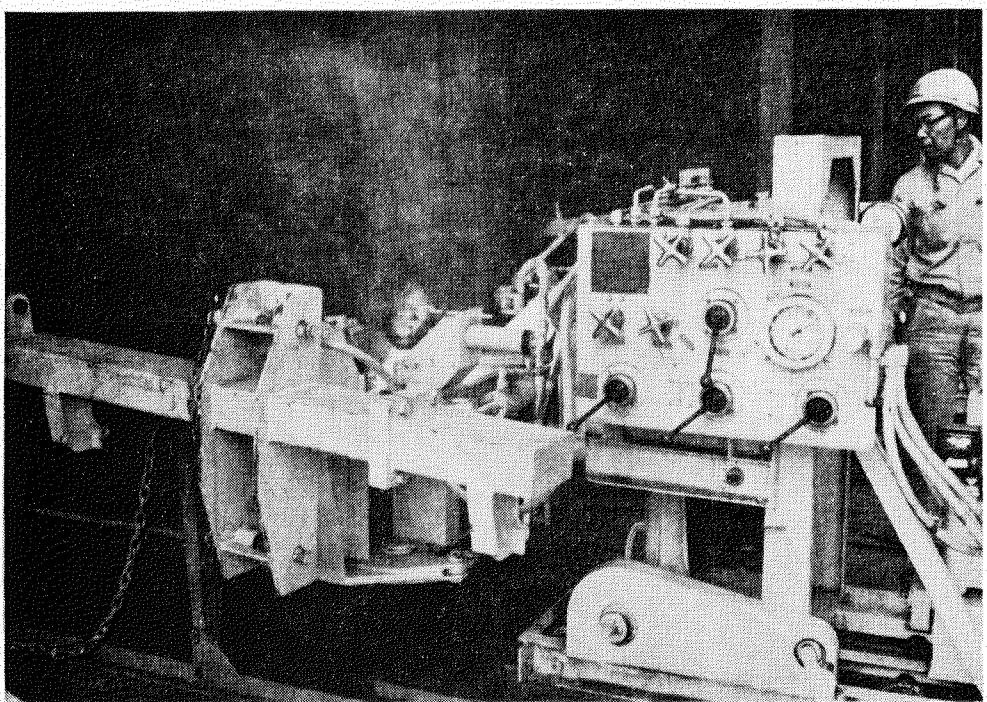


図 4.2.8 クロスタイルーブ用装置

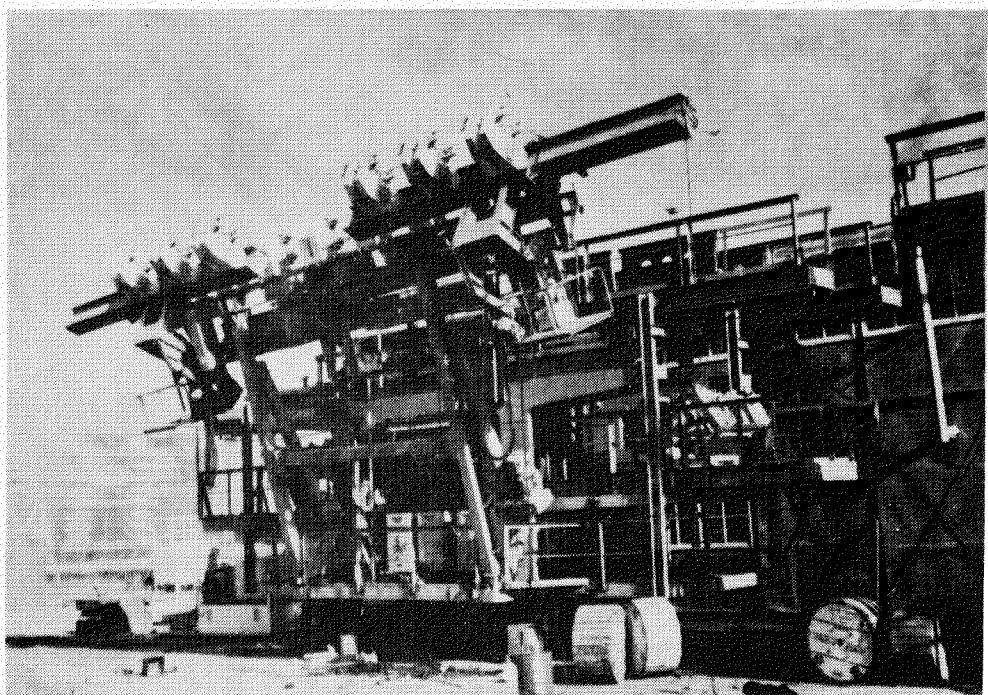


図 4.2.9 デッキ、ロジ用装置

① 総組立工場

② 回転治具

③ 地上移動台車

④ ターンテーブル

⑤ R.P.F. (ROTARY POSITIONING
FIXTURE)

⑥ 渠内移動台車

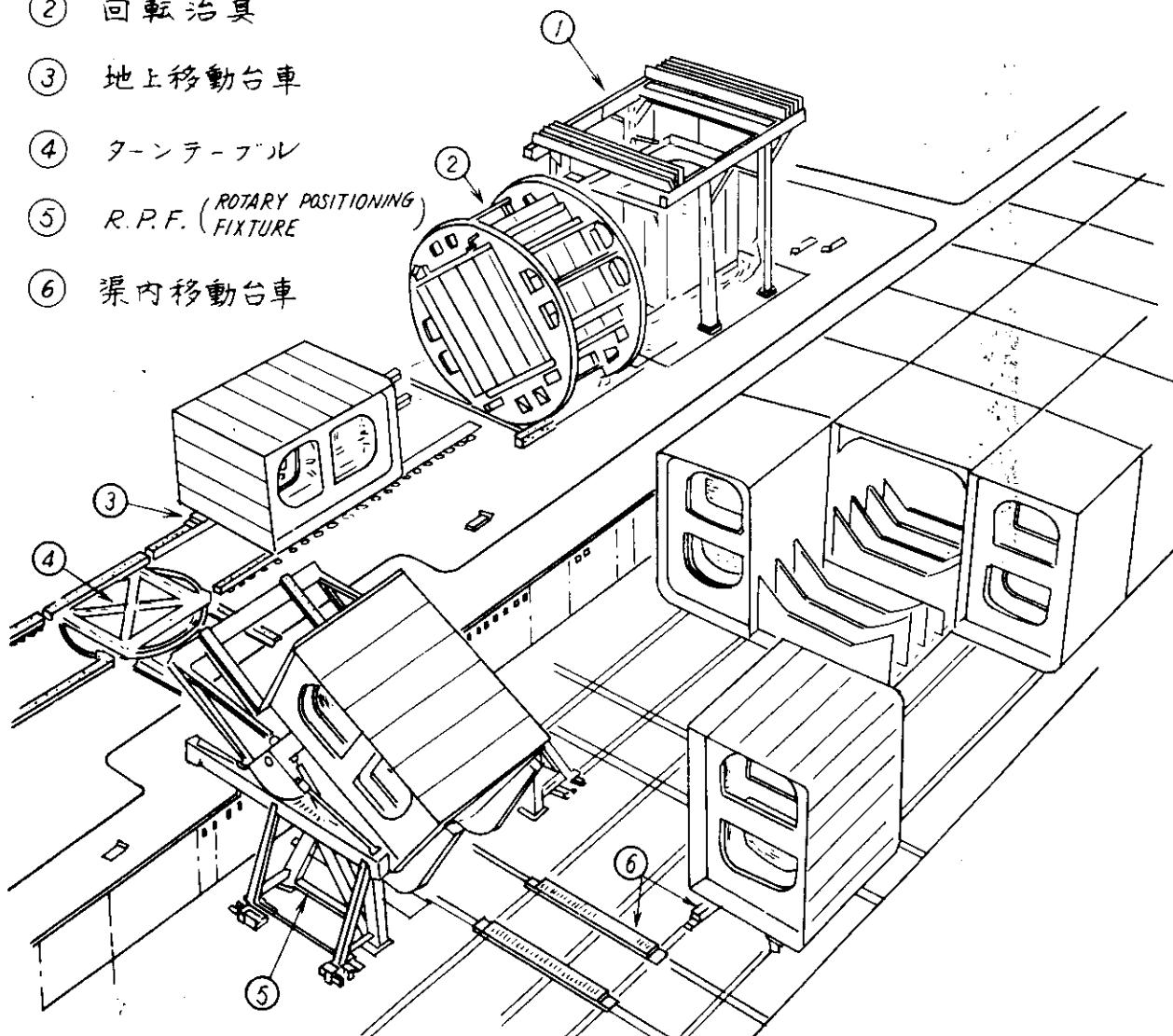


図 4.2.1-0

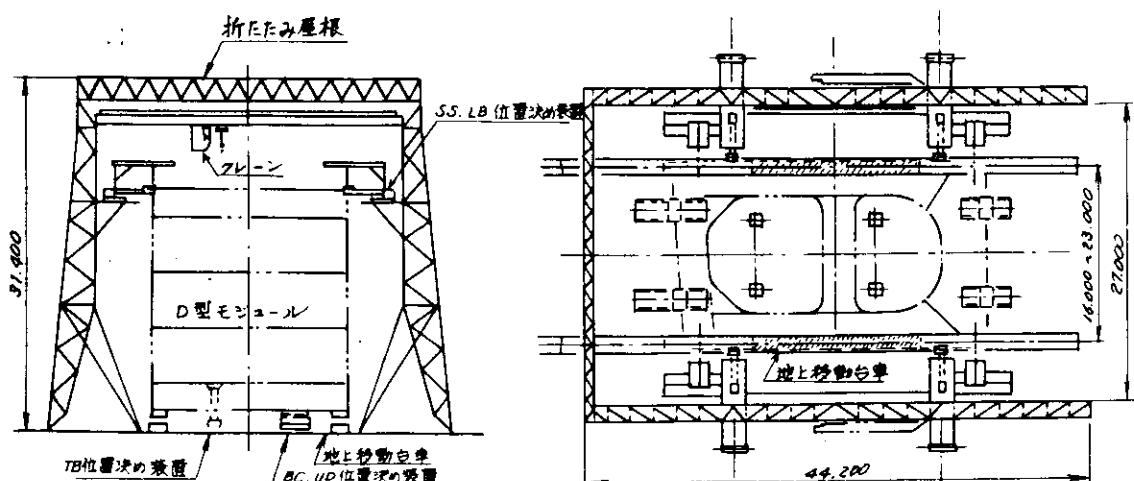


図 4.2.1-1 総組立工場

- 注
- ① 内業組立工場より搭載準備場にブロックを搬出する。
 - ② 搭載準備場で、組み前の作業（梱装作業など）とする。
 - ③ GAMMA 内にブロックを搬入する。
 - ④ GAMMA にてブロックの組みをする。
 - ⑤ 組みされたブロックを 700t 吊車で搬出し、ドックサイドへ移動する。
 - ⑥ 300t クレーン 2 機の両方に搭載する。

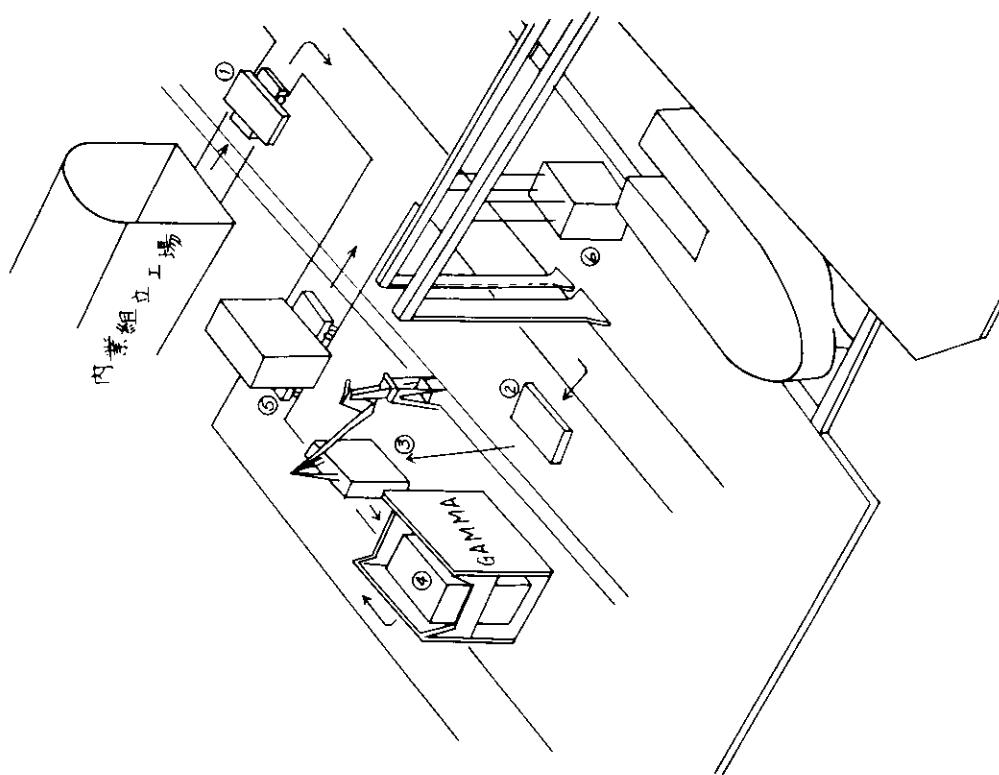


図 4.2.1.2 GAMMA を使用したブロックの流れ

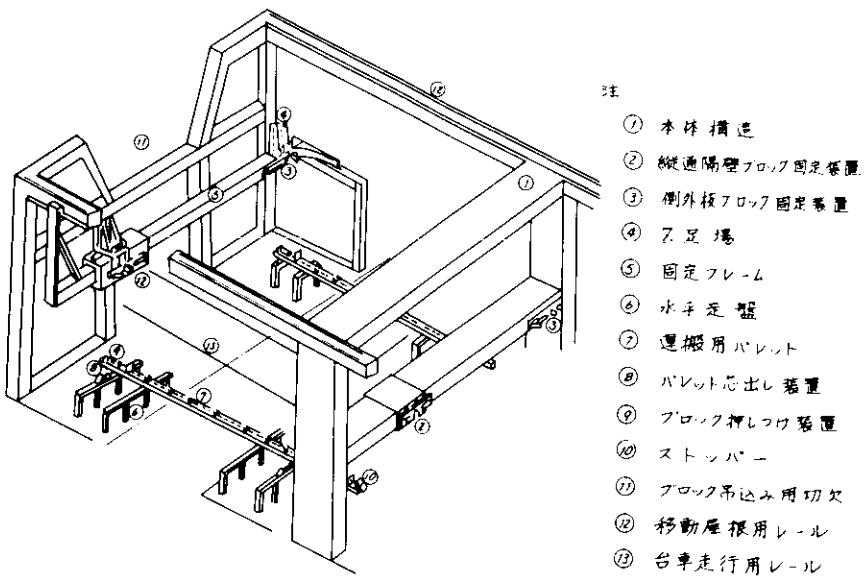


図 4.2.1.3 GAMMA I 概観図

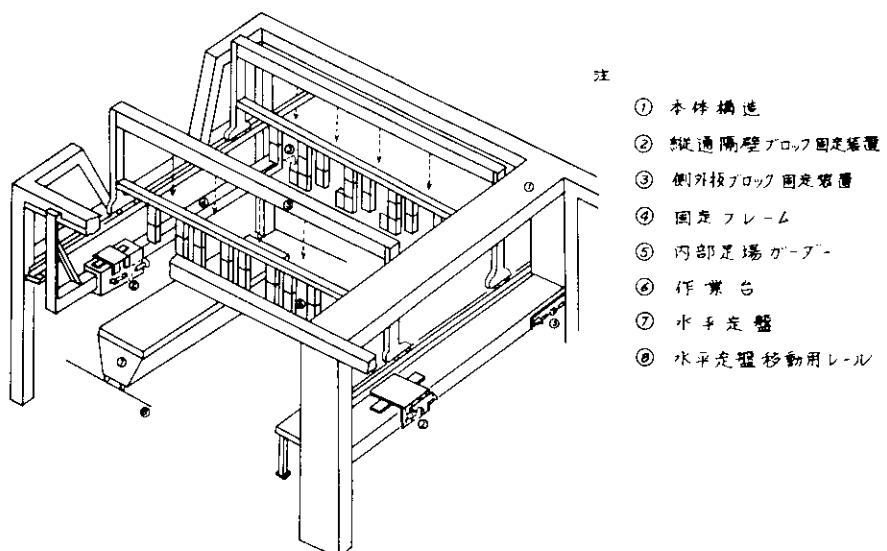


図 4.2.1.4 GAMMA II 概観図

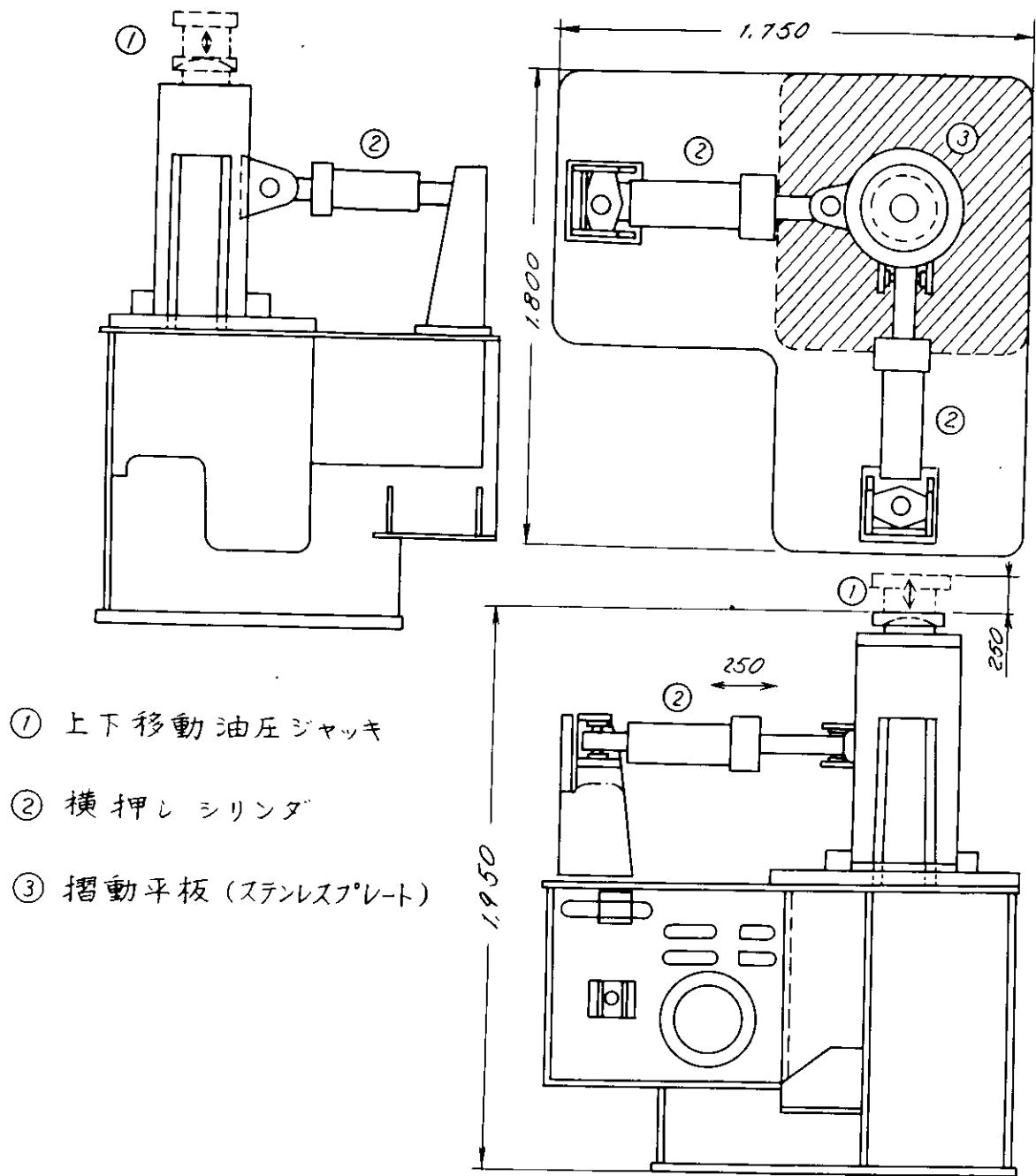


図 4.2.1.5 HPJACKLES 装置

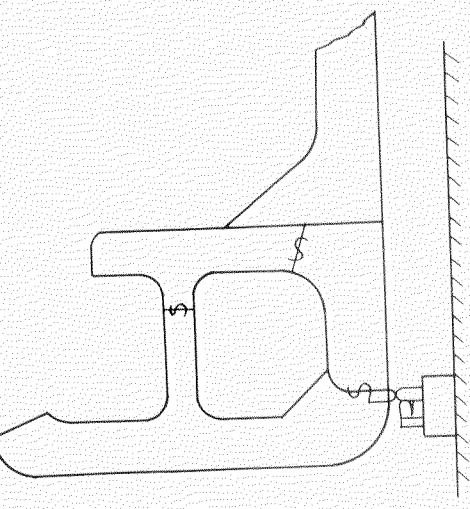


図 4.2.1.6 船側外板の例

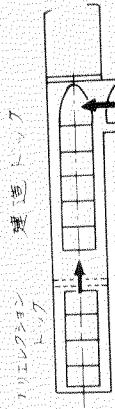


図 4.2.1.7 船底外板の例

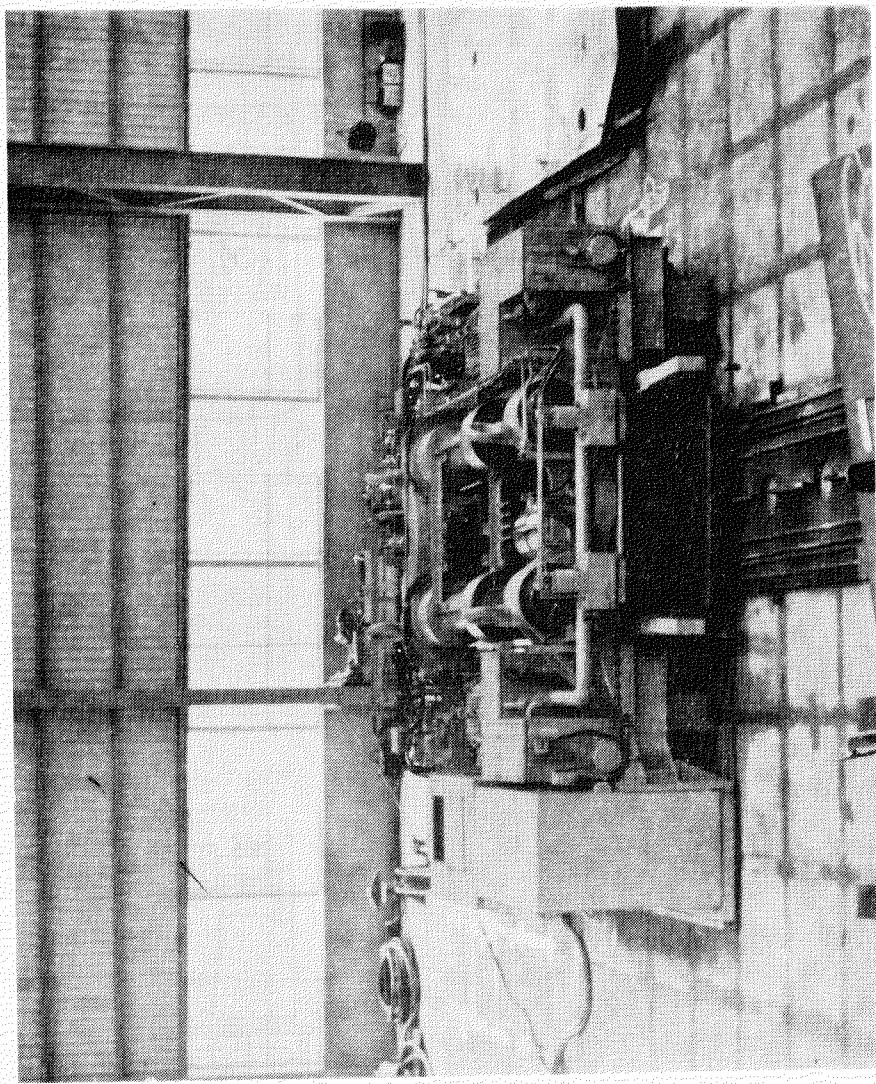


図 4.2.1.8 浮上船体移動建造



図 4.2.1.9 移動装置

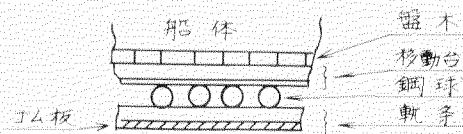


図 4.2.2-0 移動台

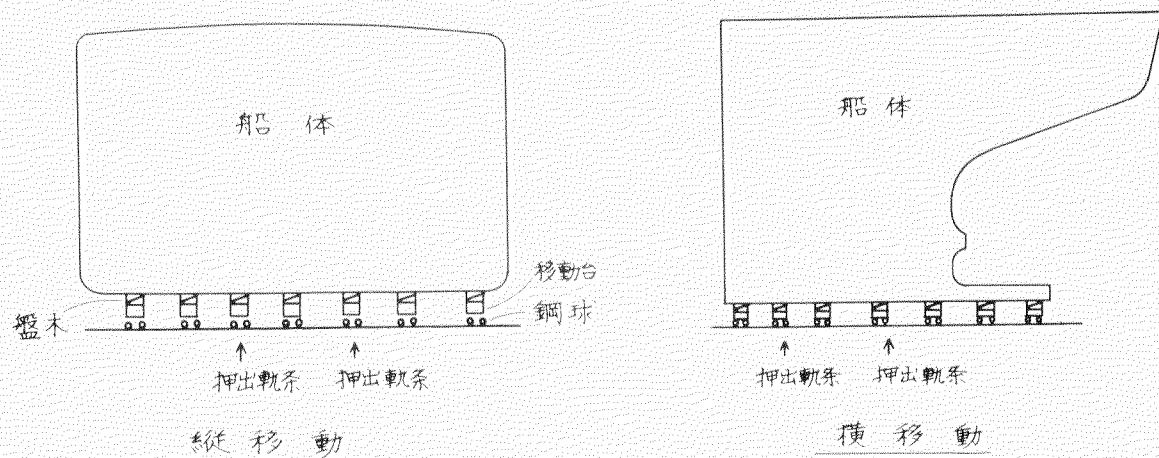


図 4.2.2-1 船体移動概要

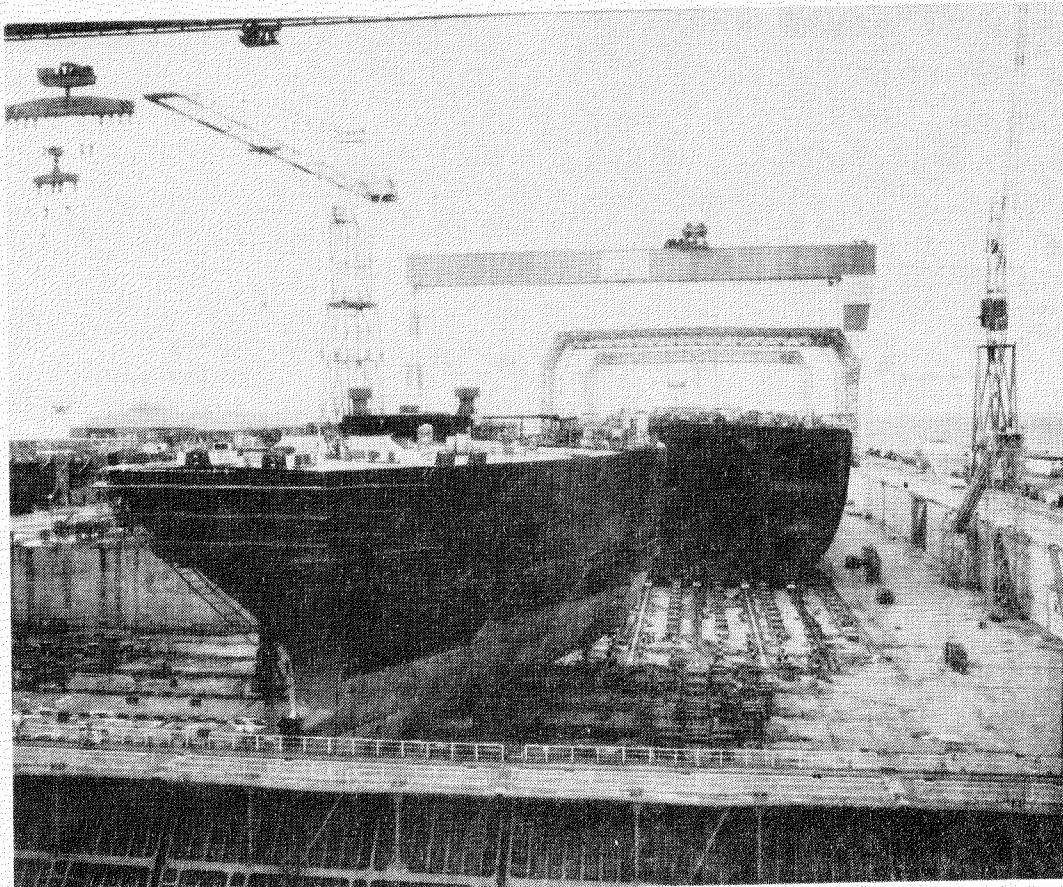


図 4.2.2-2 船体移動状況

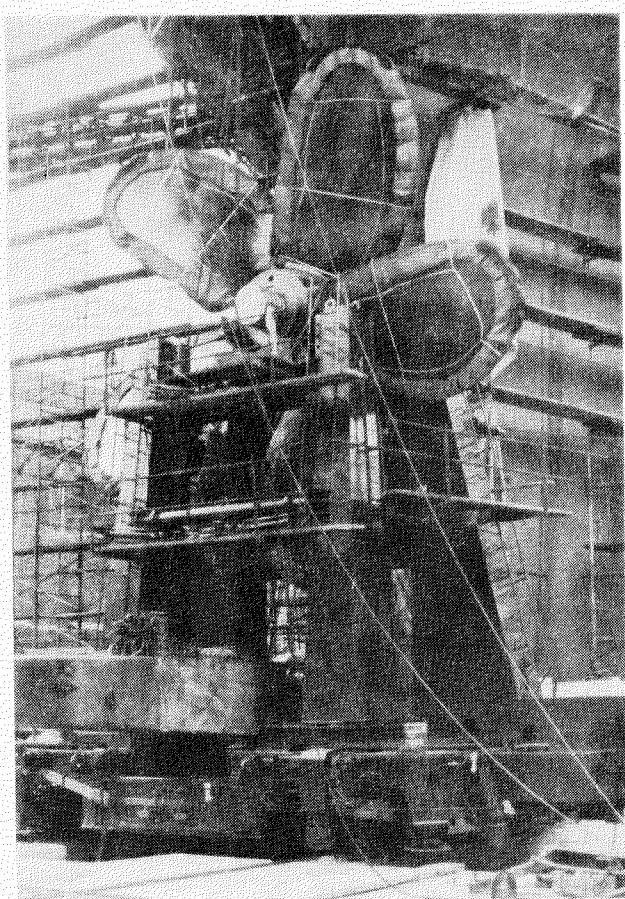


図 4.2.2.3 プロペラ着脱装置（佐世保重工の例）

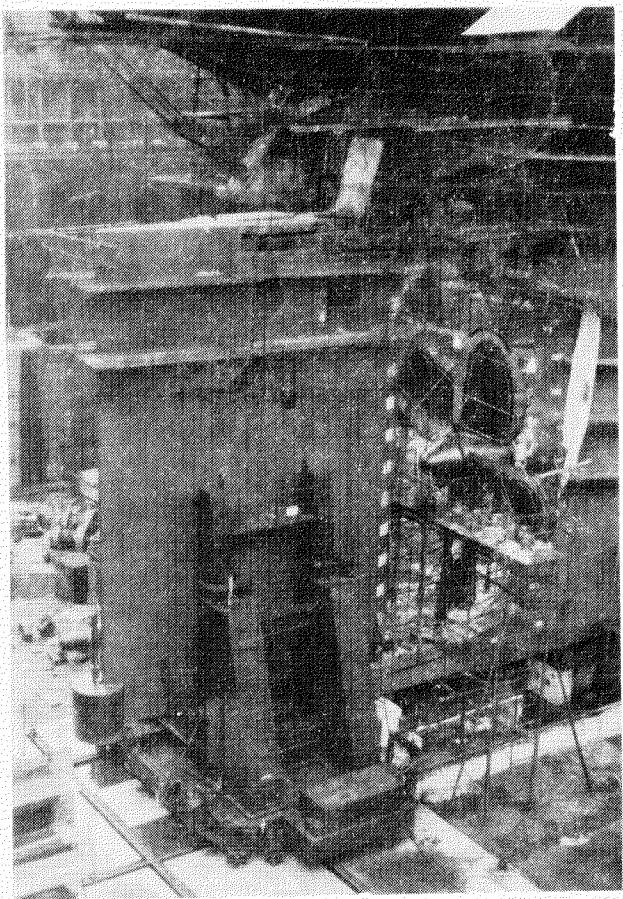


図 4.2.2.4 舵板着脱装置（佐世保重工の例）

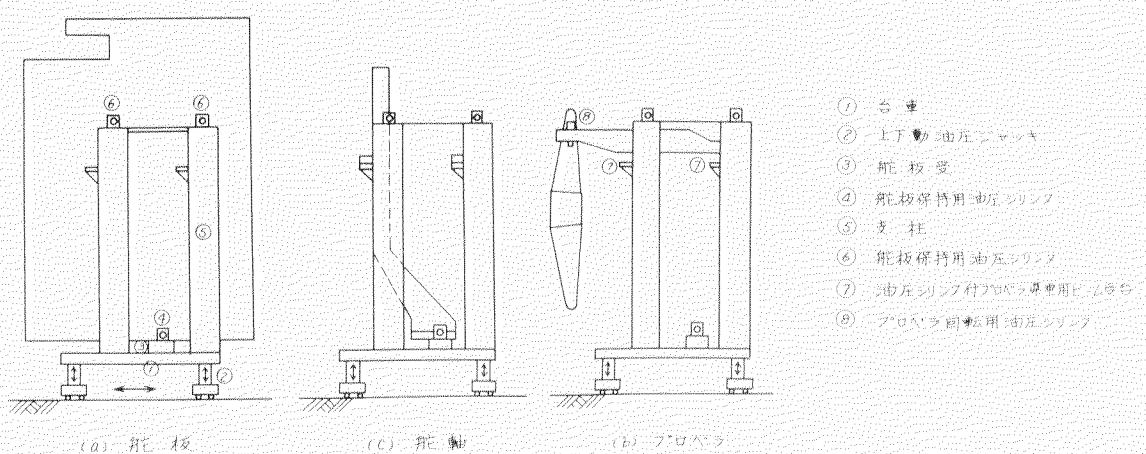


図 4.2.2.5 種々の着脱装置の例

4.3 船体登はん装置

4.3.1 選定理由

(1) 船台・船渠工程の特殊性

船台・船渠工程には、「搭載」「位置決め」「整面固定」「溶接」「仕上げ」「検査」などの作業がある。

前年度の研究で、これら各作業の詳細な作業分析を行なった結果、いずれも定位位置での固定作業ではなく、移動を伴う作業であることが明らかとなった。しかも作業対象が平面だけでなく、立体的に展開されているため、作業者が常に作業対象に対して立体的に移動しなければならない。このため、現在船台・船渠工程では、それぞれの作業に適した足場があり、足場の架設・撤去作業は補助作業として不可欠の作業となっている。船台・船渠工程での各種作業の機械化、自動化を進めるためにはまず移動を伴う作業を足場なしで行なえる走行装置の開発が前提となろう。

(2) 走行・移動機能の有用性

船台・船渠の作業環境は非常に悪く、高所作業や危険作業を含んでおり、また船体が大型かつ立体的であるため、当工程における走行移動機能としては、次のような機能が要求される。

(i) 船底、上甲板などの下向平面移動機能

(ii) 外板、隔壁などの立向昇降機能

(iii) 外板、隔壁などの横向水平移動機能

(iv) 上甲板裏などの上向水平移動機能

上記すべての走行移動機能を備えた装置があれば、船台・船渠工程での各種作業は、足場なしで容易に行なえると思われる。すなわち、走行移動機能をもった装置が開発されれば、他の諸装置（整面固定装置、溶接装置など）と組み合わすことによって、作業の無人化を計ることができ、特殊作業の解消、安全性の向上も期待できよう。

(3) 船体登はん装置の選定

(1),(2)で述べた理由により、走行・移動機能の重要性は、明らかであるが、こうした課題を解決するため、これまでさまざまな方法が研究され、また実用化が進められている。たとえば、作業ユニット方式やROTASシステムは走行装置と工事用諸装置を直接結びつけ、造船業のシステム化をめざしたものとして採用されている。しかしながら、人間に代るものとして自由に平面や垂直面を走行する装置はまだ実用化されていないといえる。

このような点を考慮した結果、船台船渠工程の機械化・自動化を計るために、基本的で機動性および汎用性のあるものとして、「船体登はん装置」を研究課題に選定することにした。

なおこの装置は、理想的には(2)で述べたすべての移動機能を具備すればよいが、現実的には船体構造そのものが障害物となったり、狭隘箇所があるために、第一段階としてまず船体付の骨材をガイドとして立向昇降移動ができるものを研究対象とすることとした。このような装置を開発し、これに整面装置、溶接装置、あるいは掃除装置などを搭載すれば、諸作業の自動化も推進できよう。

さらに人間が乗って検査できる程度の小型のものを作れば、建造時の検査作業や、建造後の船体検査などにも利用でき、汎用性にとむと考えられる。

(4) 適応制御との関連

本装置が船体付の骨材をガイドとして無軌条で自由に昇降移動するためには、周辺条件としてロンジスペース、ロンジ形状（面材など）あるいはロンジ深さの差などを装置自体で自動的に確認して移動しなければならない。

また障害物探知センサーにより障害物が発見されれば自動的に停止する必要がある。こうした外乱に適応しながら自走するためには、適応制御機構をもつ必要性が生じる。

さらに本装置と他の諸装置とを結合させれば、主体となる作業との関連で種々の適応制御機構が要求される。

4.3.2 船体登はん装置の仕様

(1) 装置の概要

本装置は、船台または、船渠工事において、船体建造時および建造後の船体検査時に船体内部で使用するものであり、船体内部構造部材（ロンジフレーム）を利用して、無軌条で、自ら昇降する装置である。本装置に溶接装置、切断装置あるいは、それらに付帯すべき各種のセンサーなどを搭載することにより、船体建造中、あるいは、建造後の諸作業の自動化を行なおうとするものである。

また、本装置だけでも移動足場として必要な機能を充分満足するものである。図4.3.1、図4.3.2、図4.3.3にその概略設計図を示す。

作動範囲としては、今回の試作機に関しては、図4.3.4に示すような船体中央平行部の側外板ならびに、縦通隔壁の立面に限定するが、実用機としては、立面の登はんのみならず、底部外板などの平面上の移動や、上甲板の裏面といった平面裏の懸架移動などの機能が必要となろう。

(2) 装置の構成

船体登はん装置は、移動装置部と機器搭載部とからなる。

(a) 移動装置部

本装置の移動の原理を示すと、図4.3.5のごとくである。

(b) 機器搭載部

各種の自動化装置（自動整面装置、自動溶接装置、自動掃除装置など）を搭載、あるいは作業員を搭乗できるようとしたもので、そのスペースは、 $1,500\text{mm} \times 2,000\text{mm}$ である。

(3) 船体登はん装置の機能

(a) 本装置の仕様は、表4.3.1に示すとおりである。

表4.3.1 船体登はん装置の仕様

要 目	仕 様
外 形 尺 法	$3,600\text{mm} \times 1,600\text{mm} \times 2,900\text{mm}$
マスト昇降ストローク	$1,000\text{mm}$
マスト昇降速度	$5\text{m}/\text{min}$
グリップ昇降ストローク	$1,000\text{mm}$
グリップ昇降速度	$5\text{m}/\text{min}$
グリップ前後進ストローク	300mm
グリップ前後進速度	$5\text{m}/\text{min}$
搭 載 重 量	500kg
操 作 方 式	1ストロークごとのリミットスイッチ方式
電 源	$3\phi\text{ A C }200\text{V } 50/60\text{Hz}$
総 重 量	$1,000\text{kg}$

(b) 本装置の対象とするロンジフレームの形状は、図4.3.6に示すものに限定する。側外板および縦通隔壁のロンジフレームには、設計上のスカントリングに、上記(図4.3.6)のような差異があり、また工作上の誤差として、土 5mm 程度のバラツキがある。このほかに、本装置の自重によるたわみ、あるいは、作動中の周囲環境たとえば、温度条件などの変化といったものが本装置に対する外乱因子ということができよう。本装置は、種々の外乱のうち特定のものに対する適応制御機能を有するものとする。

(c) 船体の傾斜は、最大 $5\text{mm}/1,000\text{mm}$ とし、これに直角に昇降することができるものとする。

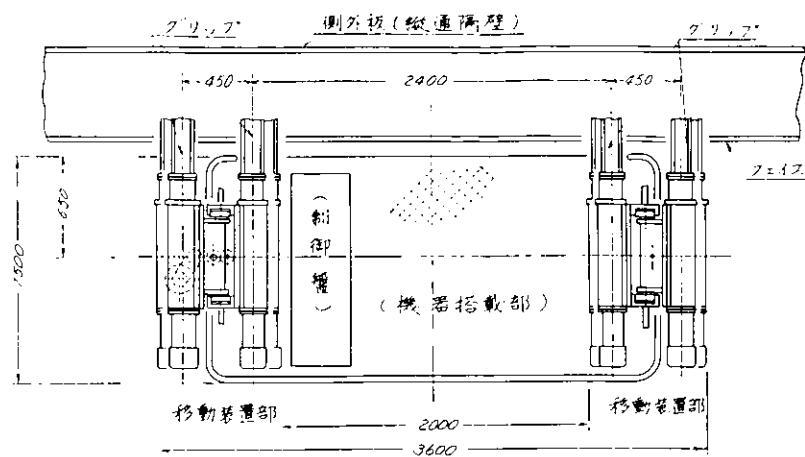


図 4.3.1 船体登はん装置 平面図

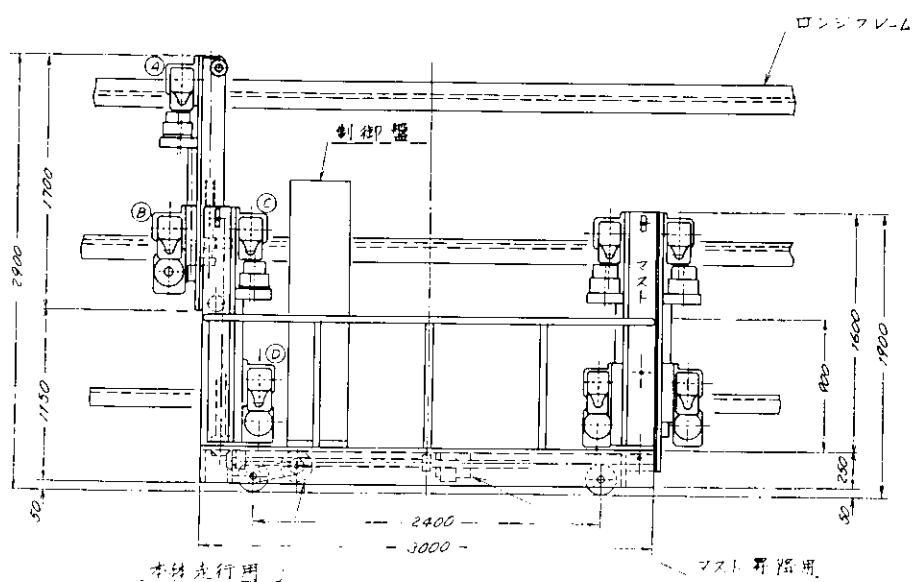


図 4.3.2 船体登はん装置 正面図

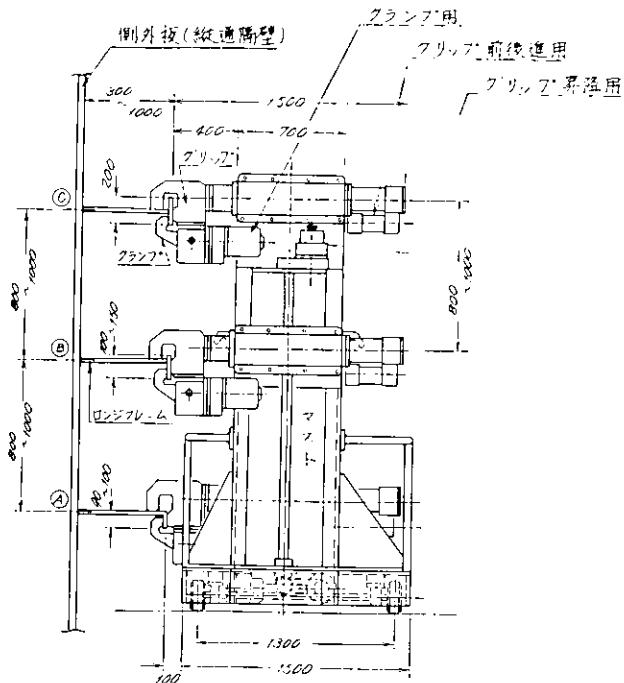
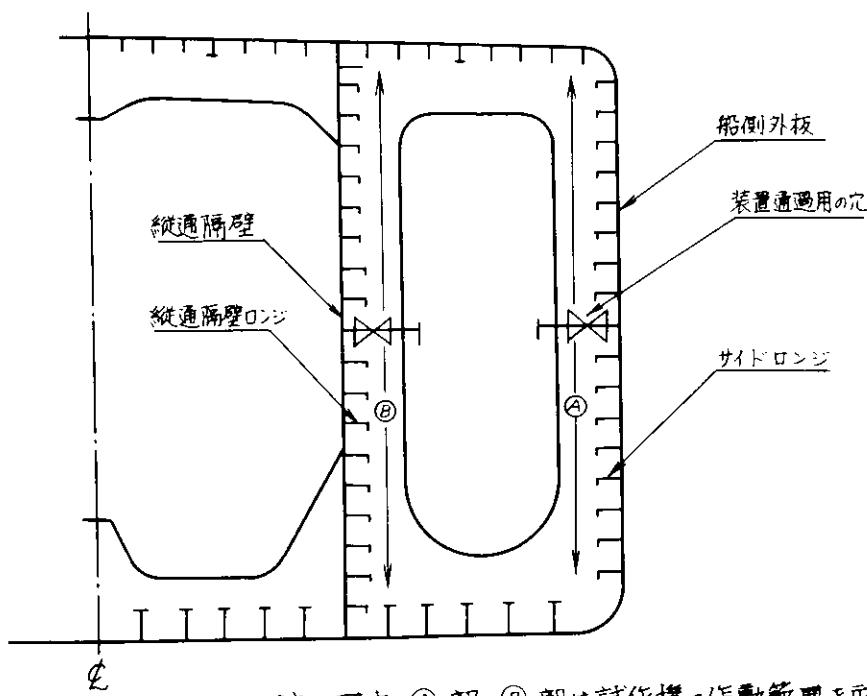


図 4.3.3 船体登はん装置 側面図



注. 図中 (A)部 (B)部は試作機の作動範囲を示す

図 4.3.4 試作機の作動範囲

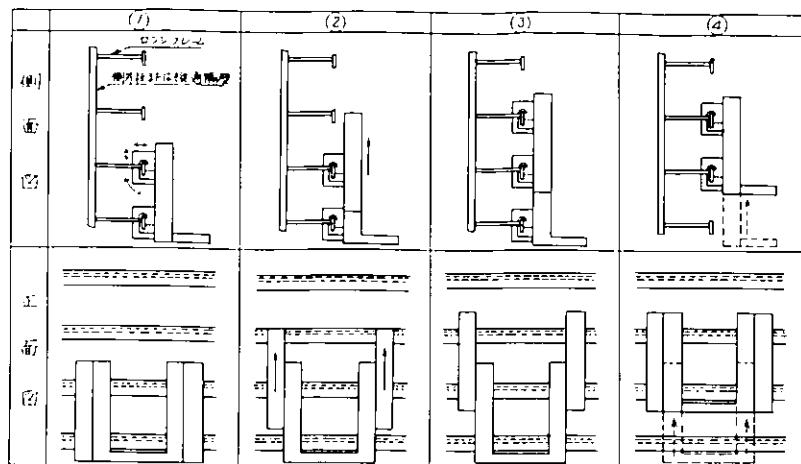


図 4.3.5 船体登はん装置移動原理

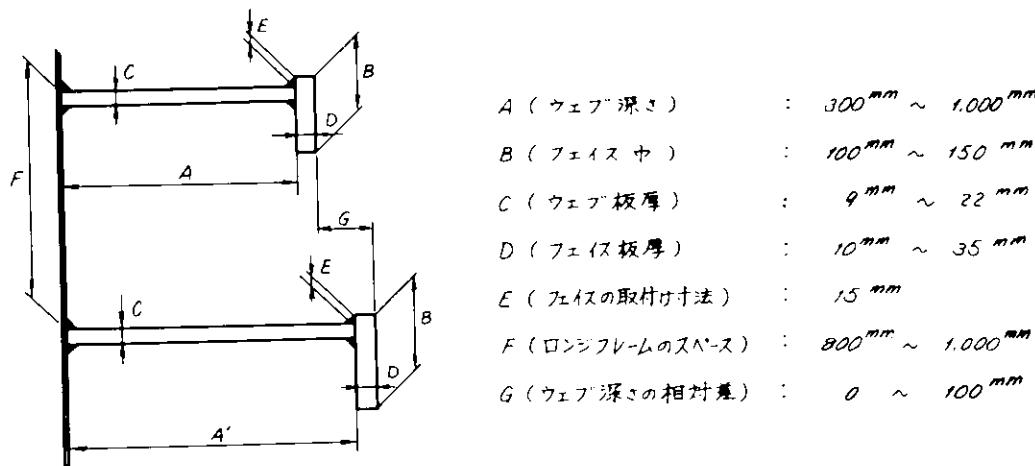


図 4.3.6 対象とするロンジフレームの形状

4.4 船体登はん装置に関するシミュレーション

4.3に述べた船体登はん装置はその使用場所、搭載機器を任意に選ぶことにより広範囲に利用できるが、実作業に適用した場合はたして装置本体の走行スピードはどの程度が適当であるかを推定してみることにした。

4.4.1 シミュレーションの目的

船体登はん装置に掃除装置を搭載した場合を想定し、実用走行スピードをいくらに設定すべきかを、4種類の油送船を対象に、船体登はん装置の稼働率に対するそのスピードを求めてみる。

4.4.2 シミュレーションの前提条件

(1) シミュレーションの対象

対象船は 90 型、140 型、280 型、450 型の各油送船とし、対象場所は 1 例を図 4.4.1 に示すような構造の平行部におけるブロックバット付近のサイドロンジフレームとする。各対象船のサイドロンジのサイズとロンジスペースは表 4.4.1 を示す。

(2) 掃除装置の性能

掃除装置の性能は現行手作業どおりとする。ただし、一回に清掃できる範囲は最大有効半径 5 m とする。

(3) 掃除所要時間の設定

掃除時間を設定するために、建造中の船 3 隻につき各平行部バット付近のサイドロンジ上のゴミの種類と分布状態を調査してみた。その内容を表 4.4.2 と図 4.4.2、図 4.4.3 に示す。

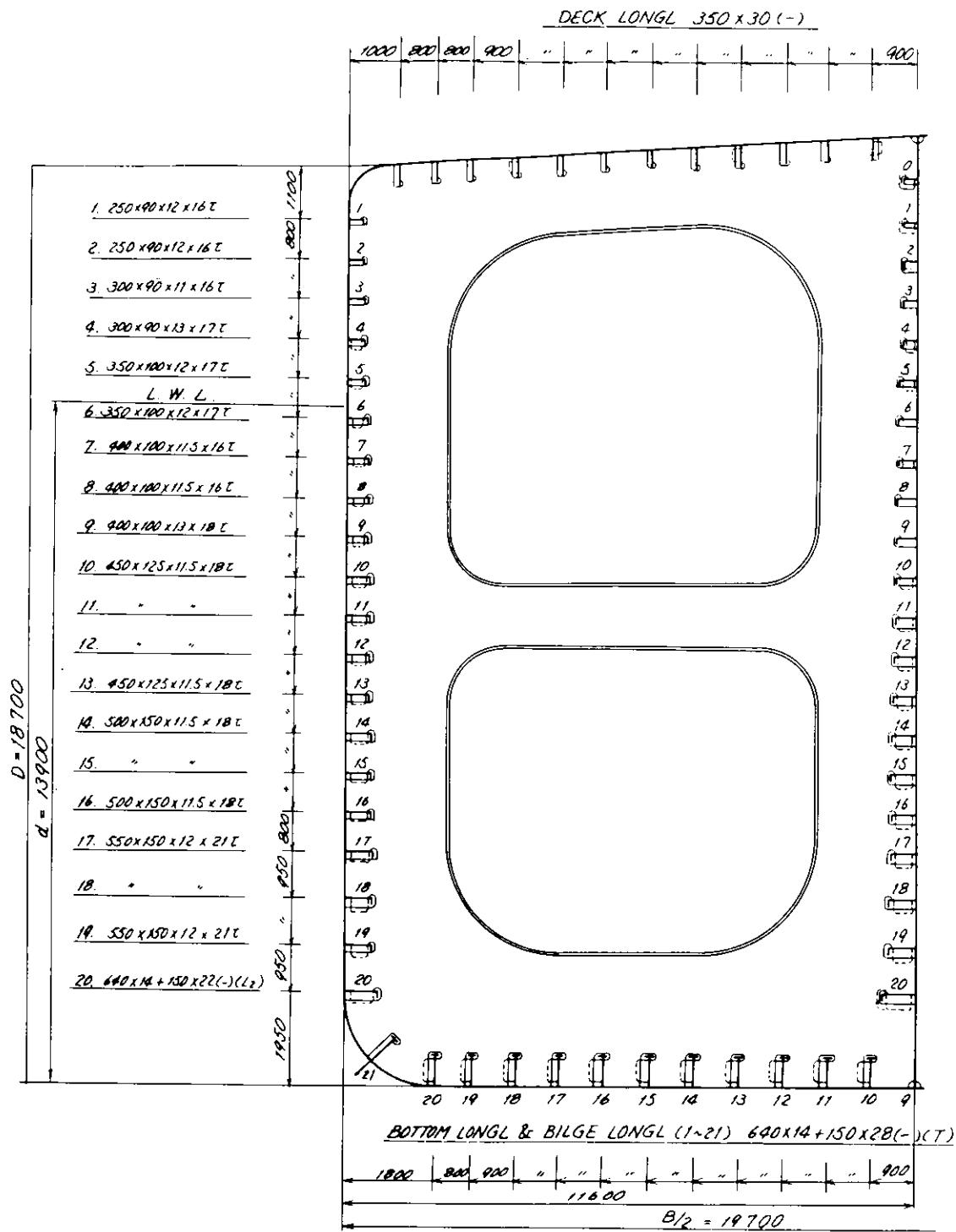


図 4.4.1 シミュレーション対象の平行部の一例

表 4.4.1 対象船のサイドロンジサイズとロンジスペース

	90型 ♂/T		140型 ♂/T		280型 ♂/T		450型 ♂/T	
	サイズ	F.S.	サイズ	F.S.	サイズ	F.S.	サイズ	F.S.
1	250×90×12/16	800	347×11+150×19	915	1190×22(W), 150×22(F)	900		
2	"	"	"	"	400×20(FB)	530		
3	300×90×11/16	"	347×11+150×19	"	"	"	"	"
4	300×90×13/17	"	399×11+150×22	"	"	"	350×100×12/17	"
5	350×100×12/17	"	"	"	"	"	400×11+150×22	"
6	"	"	447×11+150×25	"	495×12.5+125×16	"	400×11+150×14	"
7	400×100×11.5/16	"	"	"	495×12.5+150×25.5	"	400×11+150×19	"
8	"	"	499×11+150×25	"	"	"	500×11+150×14	"
9	400×100×13/18	"	"	"	"	"	"	"
10	450×125×11.5/18	"	597×13+150×22	"	495×12.5+150×25.5	"	500×11+150×19	"
11	"	"	"	"	595×12.5+150×25.5	"	1250×12.5+150×19 (HG)	"
12	"	"	597×13+150×22	"	SIDE STRINGER	"	550×11+150×19	"
13	450×125×11.5/18	"	2980 HG	"	595×12.5+150×25.5	"	"	"
14	500×150×11.5/18	"	647×13+150×25	"	"	"	550×11+150×22	"
15	"	"	"	"	595×12.5+150×32	"	550×11+150×25	"
16	500×150×11.5/18	"	647×13+180×25	"	"	"	550×11+150×28	"
17	550×150×12/21	950	"	"	595×12.5+150×32	"	"	"
18	"	"	697×14+180×25	"	695×14+150×28	"	550×11+150×30	"
19	550×150×12/21	"	"	"	"	"	1250×12.5+150×25 (HG)	"
20	<u>640×14+150×22</u>		697×14+200×28	"	"	"	650×11.5+150×25	"
21			"	"	695×14+150×28	"	650×11.5+150×28	"
22			"	"	695×14+150×32	"	"	"
23			<u>697×14+200×28</u>		"	"	650×11.5+150×30	"
24					<u>695×14+150×32</u>		650×11.5+150×32	"
25							650×11.5+150×35	"
26							1250×12.5+150×25	"
27							700×12+150×32	"
28							700×12+150×35	"
29							"	"
30							700×12+150×35	"
31							700×12+150×38	"
32							"	"
33							700×12+180×35	"
34							1250×14+180×32	"
35							(HG)	
36							750×12.5+180×30	"
37							750×12.5+180×32	"
38							750×12.5+180×35	"
39							"	"
40							800×13+180×35	"
41							970×17+200×38	"
							"	"

表 4.4.2 ロンジ上ゴミ調査結果

調査対象船；230型O/T, 87型O/T, 85型O/Tの3隻

調査対象場所；ブロックバット周辺のサイドロンジ

調査時建工工程；完成検査用の清掃前

種類	平均分布状態(重量kg/m ²)
溶鉄, 鉄粉, 砂	非常に多い (1.3kg/m ²)
溶接棒, ガウジング棒残材	多い (0.2kg/m ²)
鉄片	普通 最大4kg (0.3kg/m ²)
紙, ピール	普通
タバコの破がら	少 量
油, 水	少 量
その他	

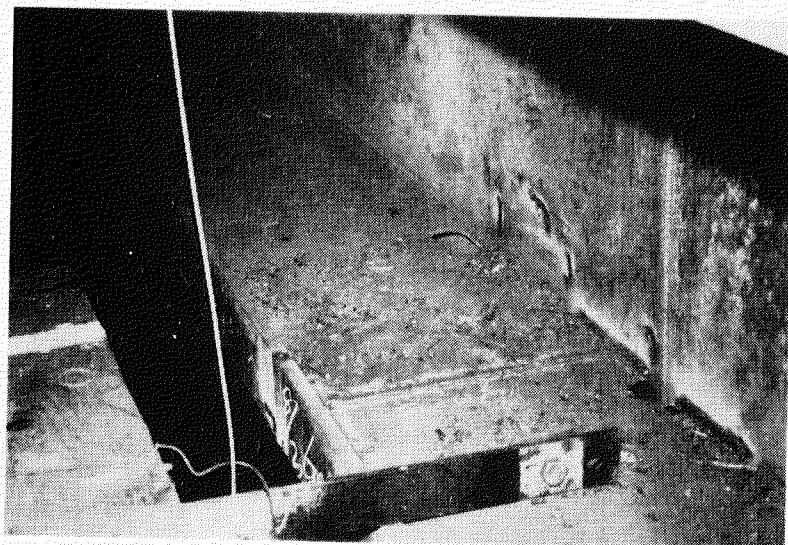


図 4.4.2 (ゴミ分布写真)

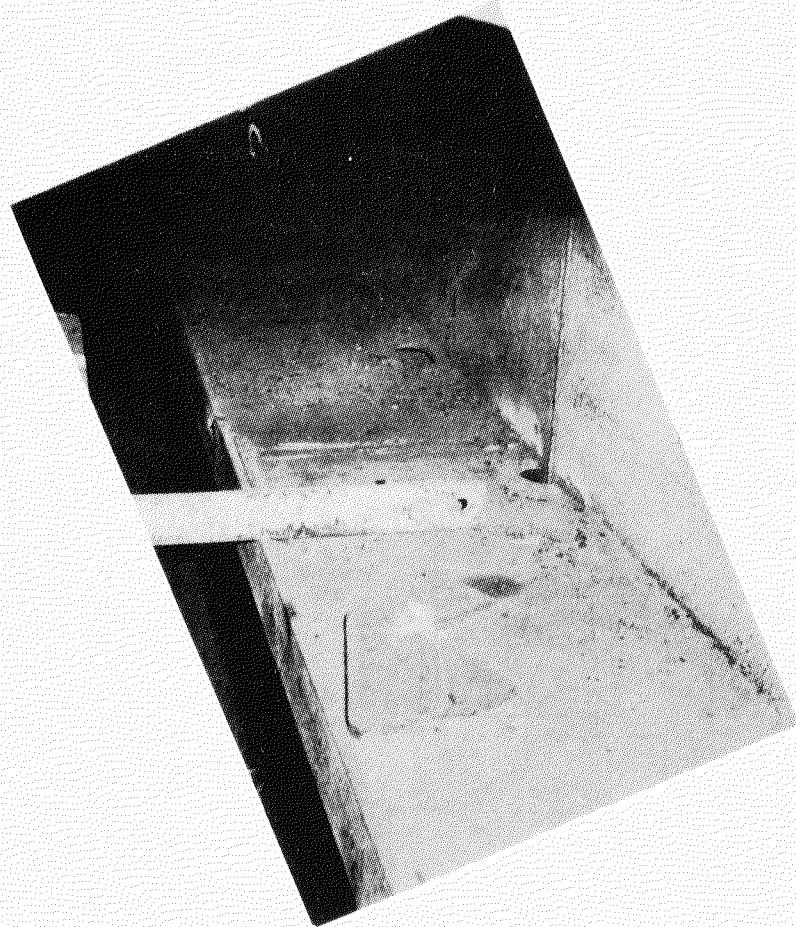


図 4.4.3

4.4.3 シミュレーションの手法

- (1) 4.4.2 の(3)の調査データをもとに、ゴミの種類を分類し、一様乱数を発生させることにより、各々のサイドロンジにどのようなゴミが存在するかを決め、それぞれのゴミの種類に合った掃除装置を用いた場合の掃除時間（実作業時間）を掃除面積を考慮の上算出してみる。
- 掃除装置は吸引掃除機とつかみ取り方式の2種の器具をもちゴミの種類により場合にあった器具を使用するものとする。表 4.4.3 参照。

表 4.4.3

ゴミの種類	器具の方式
溶鉄、鉄粉、砂	吸引方式
溶接棒残材	吸引方式
鉄屑	つかみ取り方式+吸引方式
紙、油その他	吸引方式

(2) 方 法

- (a) 4種類の油送船のデータから次のものを設定する。

- (i) サイドロンジ本数
- (ii) サイドロンジのウェーブの幅

- (b) 搭載する掃除装置の吸引方式とつかみ取り方式の器具の掃除時間には表 4.4.4 に示す画一的な数字を与える。

表 4.4.4

	Case ①	Case ②	Case ③
吸引方式	30,000 mm ² /sec	20,000 mm ² /sec	15,000 mm ² /sec
つかみ取り方式	15,000 mm ² /sec	10,000 mm ² /sec	6,000 mm ² /sec

(c) 船体登はん装置の稼動率

対象作業の単位作業時間(1ロジンあたり)をNとし船体登はん装置が1ロジン進むに要する時間をTとすると、

$$\text{稼動率} \alpha \text{は } \alpha = \frac{N}{N+T} \text{ であり, } T = N \left(\frac{1-\alpha}{\alpha} \right) \text{ となる。}$$

以上をもとにシミュレーションを行なう。

(3) ゼネラルフローチャート

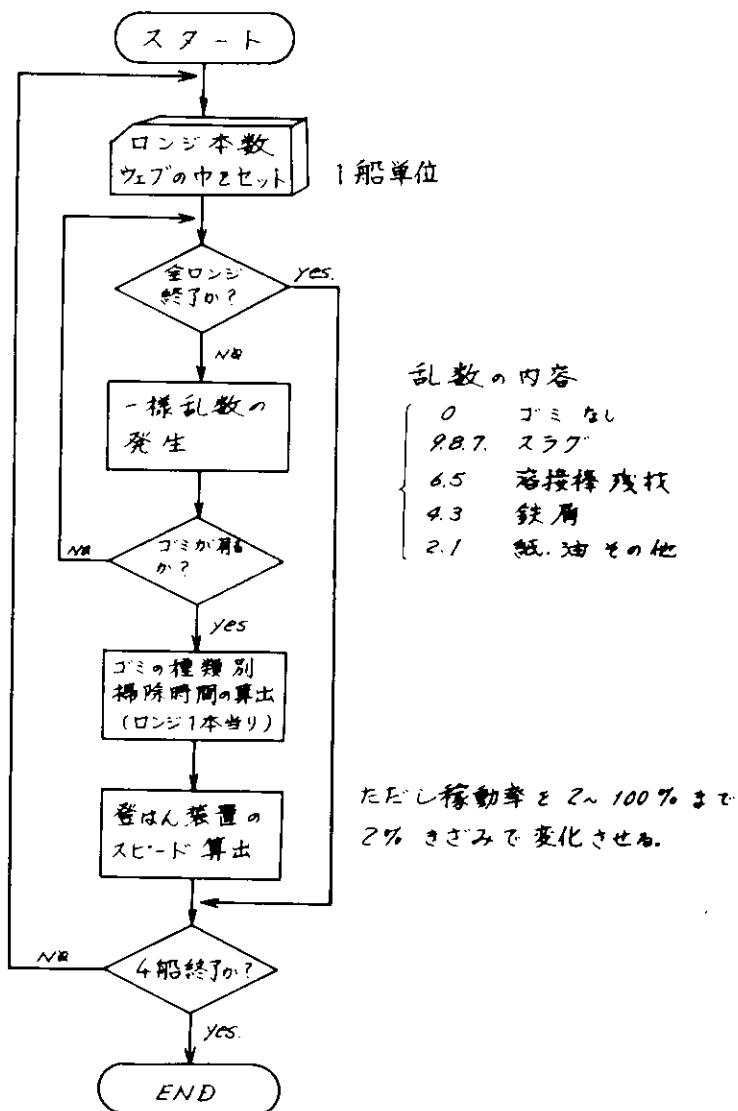


図 4.4.4

4.4.4 シミュレーションの結果

以上のシミュレーションの結果をまとめたものが図 4.4.5 のグラフである。

現行調査の結果、船体登はん装置の稼動率を 60%~70% と考えると実用走行スピードは 1 ロンジ当たり 100 秒~240 秒で可能となる。このスピードは装置製作上も支障はなく安全性からいっても問題にならないと考える。

さて、掃除のように単位当たりの実作業時間の少ない断続的な作業でも、上述の走行スピードで満足すると考えられるため、たとえば接岸、検査といった実作業時間の多い連続作業に船体登はん装置を適用した場合には、移動しながら作業も行なえるので作業効率は上がると考えられる。

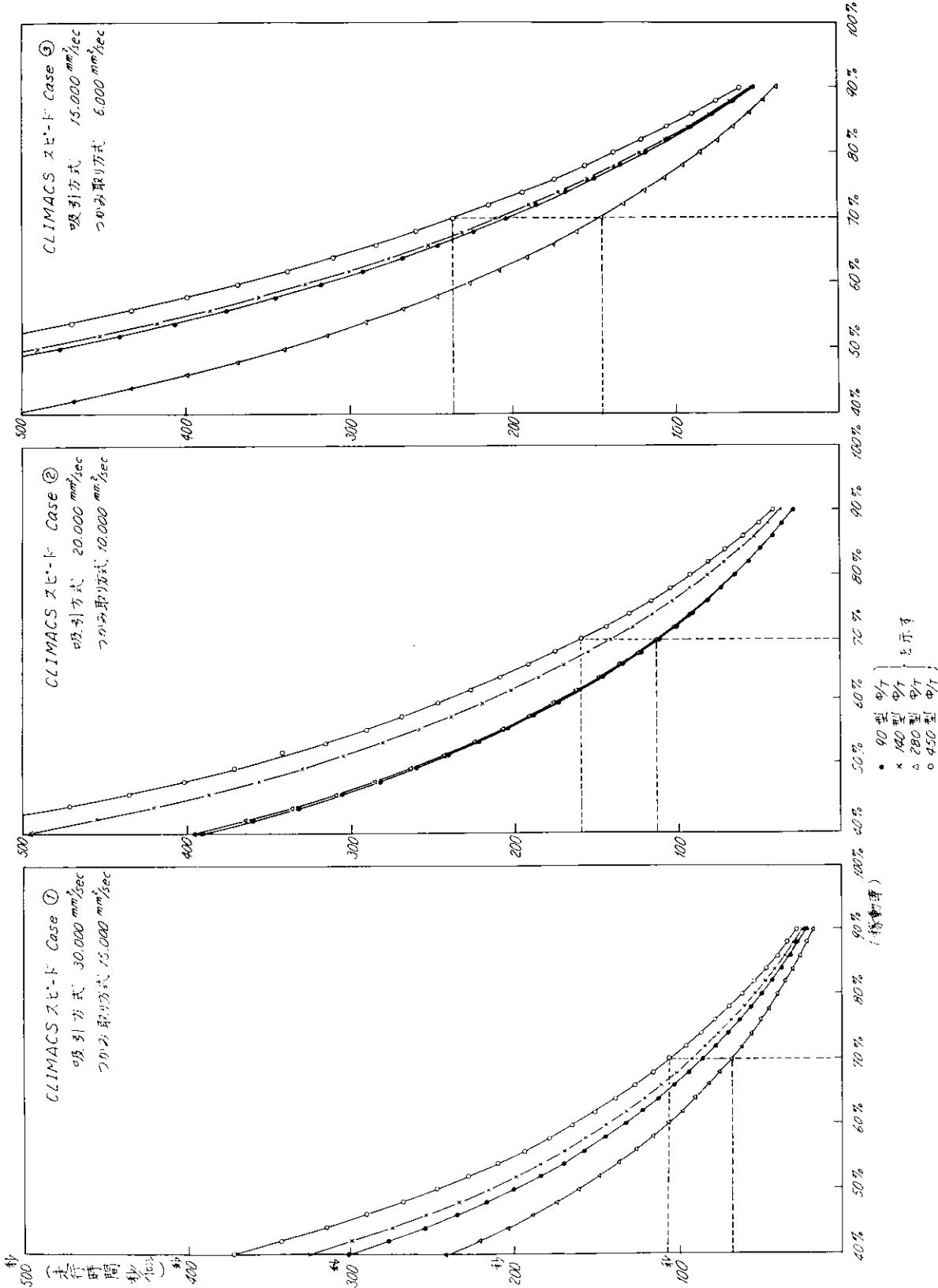


図 4.4.5 船体登はん装置の稼動率の稼動率 (%) と 1 ロンジ当たりの走行所要時間 (秒)との関係

5. 次 年 度 研 究 計 画

5.1 加工工程

昭和48年度の研究として、自動走行装置、自動切断装置、自動走行・自動切断装置の試作および基礎実験を行なった。

実験の結果は各試作品ともほぼ期待どおりで、実用化が可能な性能であったが、下記のような問題点を残している。

- (1) 実用的に使用するには重量がやや大きく、構造が洗練されていない。
- (2) 料材への適用、長円・丸円への適用には若干の改良を要する。
- (3) ピアシング、切斷速度など切斷現象に適応制御機構の採用が十分なされているとはいえない。

昭和49年度の研究としては上に述べた問題点解決のため下記の研究を行なう。

(1) ロボットの実用化研究

(a) モデルによる実験

昭和48年度に試作した各装置の問題点を改良し使用性能を調査する。さらに料材への適用、長円・丸円への適用が可能な機構・治具を工夫し実験をおこなう。

(b) 実用ロボットの仕様研究

(a) おこなった実験結果から加工対象に適した専用型の装置について仕様検討をおこなう。

(2) ガス切断現象の適応制御に関する研究

(a) 予熱炎の自動調整

火口形状の変化、流体の圧力・組成の変動などの外乱をなくすることは現時点では不可能である。したがってフレームの形状、温度の検出をおこない外乱に対する補正がおこなえる適応制御機構を開発し、その機能チェックをおこなう実験をする。

(b) ピアシングの時期

予熱部分の鋼板温度をフォートトランジスタで検出する。

回路的にはピアシング検出回路と失火検出回路の2回路を有し、組合わせ制御をおこなうような適応制御機構を開発し実験をおこなう。

(c) 切断速度の自動調整

予熱温度、切断酸素の噴流、被切断材の材質・表面状態などにより、最適速度が決められるがこれらすべてが外乱を持つものである。したがって自動調整のためには切断状態そのものを検出し制御する適応制御機構が必要であるのでその装置を開発し実験をおこなう。

5.2 組立工程

昭和47年、48年度においては、組立工程に適応制御技術を応用するための基礎研究として、組立作業に必要な制御因子の調査、主要部分機構の開発、制御に必要な出力の解析等を行なった。

その結果、実用効果の高い応用例の一つとして、曲鋼板整面ロボット(PABOT)の構想をえた。

昭和49年度はこのPABOTの試作を行ない、その実用性をテストするとともに、こうした自動装置が全体の組立ラインの中でその効果を十分に發揮できるような生産システムの諸条件を研究する。

(1) 曲り鋼板整面ロボット(PABOT)に関する研究

(a) PABOTの試作

曲鋼板の板継ぎ作業手順の中で

- (i) 装置を有効に活用できる反復作業の整面機構
- (ii) 整面作業に必要な板厚開先ギャップの自動検出機構

(iii) 自走機能を備えるロボットを試作する。

(b) PABOTの実用化研究

造船の板組ぎ工程で考えられる種々の条件の中で、試作機の実用性と、応用範囲を実験・調査する。

例えば、(i) 板厚、勾配と整面速度

(ii) 開先面粗度に対する適応性

(iii) 初期セット位置とオペレーションの方法

(iv) 草整合作業への応用

等を実験し、調査する。

(2) 適応装置を活用するための生産システムの研究

PABOTを活用するに適した曲り外板ブロック組立方式を検討する。

例えば、(i) 整面力軽減のための曲鋼板支持治具の検討、調査

(ii) PABOTの移動方式

また一般的にこの種の自動装置を有効に活用するための生産システムの条件を

(i) 生産設計の方式

(ii) 施工要領

(iii) 設備条件

等との関連から検討する。

5.3 船台・船渠工程

昭和47年度に行なった基礎研究に引き続き、昭和48年度には、応用研究として、現状の船台船渠工程に使用されているハードウェアの調査を行なった。

これらを基にして、「船体登はん装置」の開発、研究を行なうこととして、その詳細仕様の研究ならびに設定された装置により、構成される適応制御システムの検討を合せて行なった。

昭和49年度には、前年度に設定した「船体登はん装置」に関し、下記の研究を行なうこととする。

(1) 装置の製作

昭和48年度に作成した「船体登はん装置」仕様書により、専門メーカの協力を得て「船体登はん装置」の設計と製作を行なう。

(2) 確認試験

試作された装置の基本機能（移動機能、クランプ機能、適応制御機能など）の確認試験を行なう。

(3) 結果の解析

装置の製作、確認試験などの結果にもとづき、本装置の適応制御系の実用化のための諸方策を検討する。

6. ま　　と　　め

造船工作中における適応制御に関する研究として、本年度は前年度に引き続き加工工程、組立工程、船台船渠工程の3グループに分れて研究を行なった。

加工工程においては切断用ロボットの試作および実験を行ない、組立工程および船台船渠工程においては、適応制御応用作業に関する各種の調査研究を行ない、前者においては曲り外板の板継ぎ用ロボット(PABOT)、後者においては船体登はん装置(ULIMACS)という新しい機構を開発することとした。

切断用ロボットは船体構造に設けられている開口類の自動切断を目的としたものである。この製作にあたっては、まず位相制御用センサ性能に関する基礎実験を行ない、当初の計画を具体化しうることを確認した。ついでに走行型、自立型の2種について、それぞれ2社において切断用ロボットを製作したが、同一の仕様によりながら形態、制御機構が全く異なる、特長のあるものとなった。さらに工場実験の結果は、要求仕様に対して期待通りの性能を發揮することが、来年度においては、これらの試作機を考察することの外に、特に切断作業についての適応制御をさらに研究する予定であり、これは単に切断用ロボット改良だけでなく、大型NC切断機にも適用が可能となることを目標とするものである。

組立工程においては、曲り部構造におけるブロックの板継ぎ作業や組立作業に機械化・自動化の上での問題がもっとも多いとして、この部分への適応制御技術の応用を研究することとした。この結果、曲り外板の板継ぎ作業用ロボットの構想を得、さらに、この構想を実現するために、現状における板継ぎ作業の実態の調査、整面力の計測、制御因子の選択および決定、検出機構の設計製作等の作業を行なった。また、ロボットの概略設計を行ない、自走機構、操作方法、安全性等の面からの検討も加えた上で詳細仕様を決定した。来年度にこの仕様に基づいてロボットを製作し、その利用についての研究を通じ、曲り部構造組立作業の生産システム、あるいは他部門への応用等の研究を進める予定である。

船台・船渠工程においては、同工程を構成する各種作業の機械化、自動化を想定して提案された装置の概略仕様について検討を行なうと並行して、現在各造船所で使用されている治工具や各所で開発され実用化されている各種の装置を調査した。その結果、これらの装置に共通して欠くことのできない機能として自動走行移動機能に着目し、船体内部構造部材を利用して上下に移動しうる船体登はん装置を研究の対象としてとり上げることにした。船体内部構造を利用する場合、部材寸法の変化や工作上の誤差、あるいは部材の撓み等を考慮する必要があり、適応制御の機能を付与することが重要な課題である。また、自動掃除装置を搭載した場合のシミュレーションを行ない、このロボットの有効な登はん速度について検討を行なったが、仕様書において定められた登はん速度で十分な機能を發揮しうることがわかった。来年度は、この仕様に基づいて本装置を試作し、実用性についての実験ならびに検討を行なう予定である。

以上がSR135部会第2年度の作業内容である。この年度においては加工工程における切断用ロボットの試作、組立工程における板継ぎ用ロボットの試設計、船台・船渠工程における船体登はん装置の仕様の検討等の諸作業を通じて今後予想される造船工作的省力化、自動化のためには適応制御概念の導入が不可欠であることを明らかにし、今後この線に沿って技術開発を行なうための指針とすることを示した。