

ヤード荷役設備

Bulk Handling Equipment

日立製作所は新日本製鐵株式会社八幡製鐵所に対し、リクレーマ、スタッカ各種5台を昭和51年3月納入した。本機は自動運転を行なうため、位置検出、停止精度、安全装置などが特に重要である。このため、走行油圧駆動などを含め新しい構造機構を採用したが、現地測定結果も計画値を十分満足することができたので、その内容について述べる。

また、ソ連ボストーク港納めチップ船積み設備は、 -30°C の寒冷地という厳しい環境条件下で、プラント全体としての経済的レイアウト及び各機器の寒冷対策を検討して製作したもので、その内容について併せ述べる。

木原 和彦* Kihara Kazuhiko
常兼欣一郎* Tsunekane Kin'ichiro
蜂谷 利雄* Hachiya Toshio
田中 侃** Tanaka Tsuyoshi
小泉 和夫*** Koizumi Kazuo

1 緒 言

ヤード用荷役設備は、産業の発展に伴って大容量化、高速化を含め急速な進歩を遂げてきたが^{1),2)}、最近では省人化を図るため遠隔操作から電子計算機による自動運転化へと進み、また環境保全の立場から公害防止装置の完備が要求されてきている。ヤード設備の自動運転を安全かつ能率よく行なうためには、機械の位置を正しく検出すること(位置検出)、指令どおりに正確に動作、停止を行なうこと(停止精度)、及び衝突防止などの各種安全装置が完備されていることが前提条件となる。最近納入した新日本製鐵株式会社八幡製鐵所向け各種リクレーマ、スタッカは、自動運転を行なうため、上記に関して種々の新しい試みを実施したので、その内容について次の2.で述べる。

一方、プラントとして必要な条件を与えて、経済的、技術的に最も効率の良いシステムレイアウトを行ない、かつ必要な各種の構成機械及び付属設備を一括してまとめる要求も増加している。その一例として最近納入したソ連ボストーク港

向けのチップ船積み設備は、 -30°C の寒冷地で年間80万tのチップを受入れ払い出しするもので、レイアウト及び寒冷対策について3.で述べる。

2 新日本製鐵株式会社八幡製鐵所納め原料ヤード設備

2.1 概 要

新日本製鐵株式会社八幡製鐵所(若松製鉄原料工場)の鉱石及び副原料ヤードの積付け払い出し用機械として、4,800t/hスタッカ1台、1,250t/hスタッカ1台及び1,350t/hリクレーマ2台を納入した。

本ヤードのスタッカは各動作の位置検出器及び信号伝送装置を持つ遠隔無人運転方式を採用し、製鉄原料工場全体を制御する電子計算機とも連結され、省人化と同時にヤードを有効かつ合理的に利用できるよう計画されている。

リクレーマは、当初は機上操作による半自動運転方式であるが、近い将来遠隔無人運転方式にすることが計画されてお

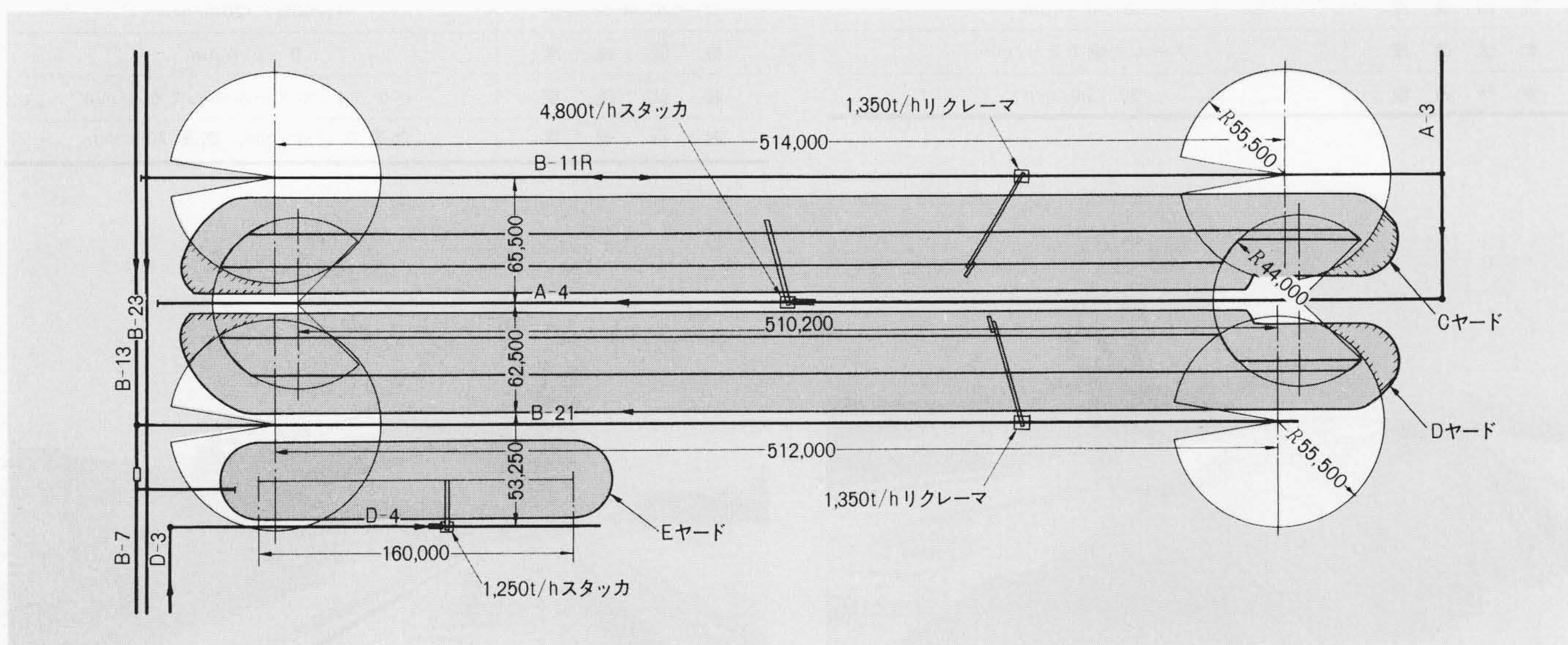


図1 ヤード配置図 新日本製鐵株式会社八幡製鐵所若松製鉄原料工場の原料ヤードのレイアウトを示す。原料はA-3及びD-3から搬入され、B-7及びB-23で搬出される。

* 日立製作所笠戸工場 ** 日立製作所習志野工場 *** 日立製作所機電事業本部産業技術本部

り、これに必要な機器及び性能は当初から折り込まれている。

2.2 ヤード設備

新日本製鐵株式会社八幡製鐵所若松製鉄原料工場のヤード設備の配置を図1に示す。A-4コンベヤで運ばれてきた鉄鉱石は、4,800t/hスタッカでC、及びDヤードに積み付けられる。また別ルートでD-4コンベヤで搬入された副原料は、1,250t/hスタッカでEヤードに積み付けられる。一方、C、D及びEヤードに積み付けられた鉄鉱石及び副原料は、2台の1,350t/hリクレーマで払い出され、地上コンベヤによって焼結工場へ運搬される。

2.3 4,800t/hスタッカ

全体構造を図2に、仕様を表1に示す。

2.3.1 構造及び特長

- (1) ブーム先端着地時の後方への転倒を防ぐため、ウェイトリンク方式を採用した。
- (2) 起伏時のブームの回転中心を旋回中心に一致させることにより、ベルトの屈曲をなくし、荷こぼれの減少とベルト寿命の延長を図った。またブームコンベヤをブーム鉄骨上に配置し、保守点検の便を図った。
- (3) 機械装置の軸受はすべてころがり軸受を採用し、旋回部分の支持にも大形ボールレースを採用した。
- (4) 走行体から旋回体への給電は、トーションケーブル方式を採用し、保守の便を図った。
- (5) 自動運転のための位置検出方法は、走行位置は地上ベルトキャリアを1.2m単位にカウントし、約100m単位で絶対番

表1 4,800t/hスタッカ仕様 本原料ヤードの積付の主機となる4,800t/hスタッカの主要仕様を示す。

項 目	仕 様
取 扱 物	購入粉、切込鉱、砂鉄
能 力	平均4,800t/h
旋 回 半 径	44 m
ブームコンベヤ	1,800B×180m/min
旋 回 速 度	0~0.1rpm
起 伏 速 度	ブーム先端で5 m/min
走 行 速 度	30/15m/min



図2 4,800t/hスタッカ 本機は遠隔自動運転によってヤードに積付を行なう。

地の補正を行なう。起伏及び旋回角度もギヤ及びセクタギヤで角度検出を行なった。

(6) 安全装置は自動運転の場合重要である。各動作の極限リミットスイッチは、常用、非常用の2段切りとし、ブームと積み山の衝突防止のため、ロープスイッチを備えている。その他、積み山高さ、シュート詰まり、ベルト蛇行及びスリップなどをすべて検出し、各動作とインターロックすることにより事故の防止を図っている。

(7) 環境改善のため、シュートなど粉塵発生部には散水装置を備えている。

2.3.2 運転方式

遠隔無人運転方式で指令プログラムで任意のパターンの積付を行なうが、機上手動及び遠隔手動運転も可能である。

(1) 遠隔自動運転〔I〕

遠隔手動運転で作業開始のタイミングと、積付範囲を手動セット後、指定された範囲の自動運転を行なう。

(2) 遠隔自動運転〔II〕

電子計算機により作業開始のタイミング及び積付パターンの指定を行ない、この範囲の自動運転を行なう。

2.4 1,350t/hリクレーマ

全体構造を図3に、主な仕様を表2に示す。

2.4.1 構造及び特長

- (1) リクレーマの払い出し量を制御するには切込量、すなわち走行寸動量の高精度化が必要であるが、ヤード機械の場合、風やレールの不整などにより走行動力が大幅に変化する。本

表2 1,350t/hリクレーマ仕様 バケットホイール、旋回、走行動作は、油圧駆動を採用している。

項 目	仕 様
取 扱 物	粗鉱、副原料
能 力	平均1,350t/h
旋 回 半 径	バケットホイール中心で55.5 m
バケットホイール	6,000mmφ 0~5rpm
ブームコンベヤ	1,200B×120m/min
旋 回 速 度	0~0.1rpm
起 伏 速 度	バケットホイール中心で5 m/min
走 行 速 度	低速 0~15m/min、高速 30m/min



図3 1,350t/hリクレーマ 走行を油圧駆動とし、寸動動作の精度を確保して自動運転に備えた。

機は走行に油圧駆動を採用し、油量制御を行なうことにより、±50mmの停止精度を確保している。旋回及びバケット ホイールも油圧駆動方式の採用により無段変速が可能で、旋回角度と旋回速度の連動、バケット ホイール駆動圧と旋回速度との連動など、各種のインターロックにより、定量搬出及び過負荷防止を図っている。³⁾

(2) 堀削時積み山の崩れなどにより、ブームに異常負荷が作用した場合の安全装置として、起伏ロープ端をフロート ウェイトに固定し、ウェイト重量以上に起伏ロープ張力が生じない構造としている。

(3) 安全装置などについては、スタッカと同様で、2.3.1の(1), (3), (4), (5), (6), (7)はすべて配慮されている。

2.4.2 走行停止精度

リクレーマは走行寸動距離を正しく確保することが重要であり、手動運転の場合は、運転者が状況を監視しながらコントローラ操作で規定距離を確保している。走行停止の場合の運動方程式は次式で表わせる。

$I_e \cdot \theta = M_1 + M_2 \pm M_3 \pm M_4 \dots \dots \dots (1)$

ここに I_e : 等価慣性モーメント

θ : 回転角加速度

M_1 : ブレーキ トルク

M_2 : 走行抵抗によるトルク

M_3 : 風荷重によるトルク

M_4 : レールこう配による負荷トルク

リクレーマの場合、 M_2 に対し M_3 及び M_4 が大きな値となるため、従来の交流電動機とサーボリフタ ブレーキの組合せでは風向き及びレールこう配により停止距離が大幅に変化する。最悪条件での計算値は図5に示すとおりで、自動運転の場合は危険である。したがって、本機では油圧駆動を採用し、流量を制御することにより風及びこう配などの外乱による損失流量分だけの变化に抑える方式とした。

駆動系のブロック図を図4に示す。同図より停止精度を考えると外乱による項だけを取ればよい。これを逆ラプラス変換し微小項を無視すれば、外乱による停止距離 l と時間 t との関係は次式となる。

$l \doteq \frac{E C T_L}{D_m^2} t \dots \dots \dots (2)$

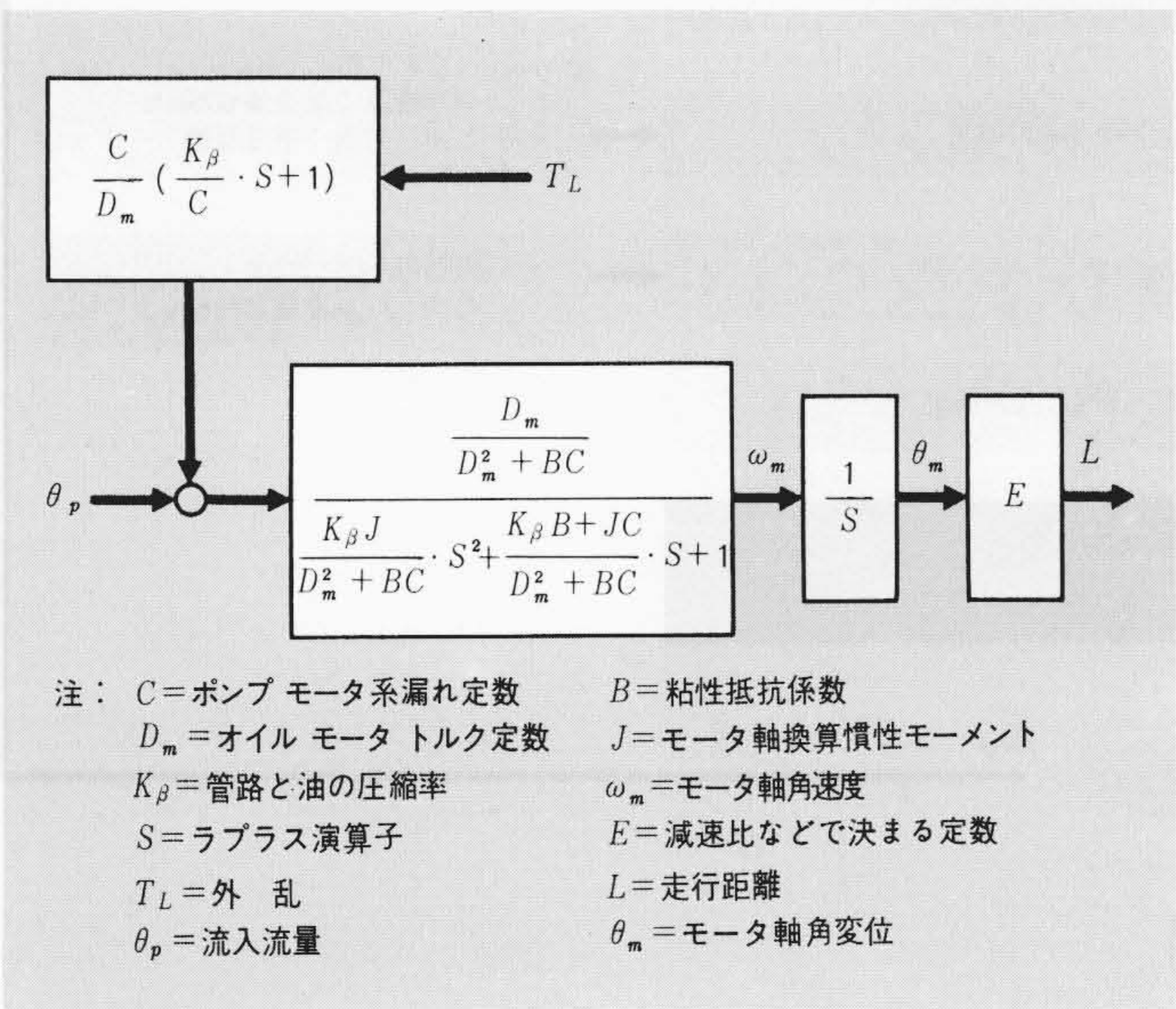


図4 駆動系ブロック図 走行を油圧駆動とした場合の駆動系のブロック図を示す。本ブロック図より理論解析により目標値を設定した。

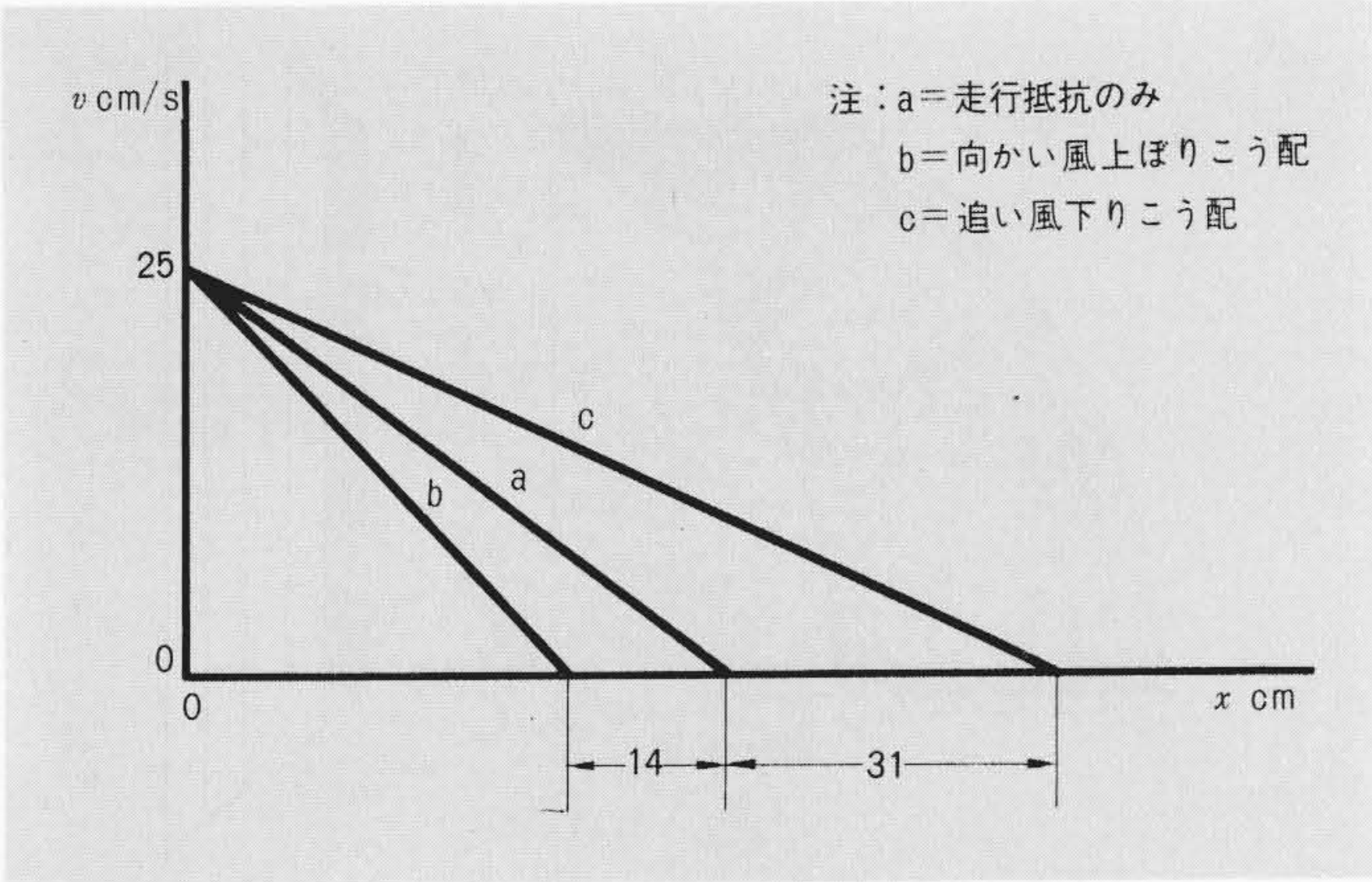


図5 停止距離(従来) 一定ブレーキ力で停止させた場合の、外乱による停止距離の差を示す。

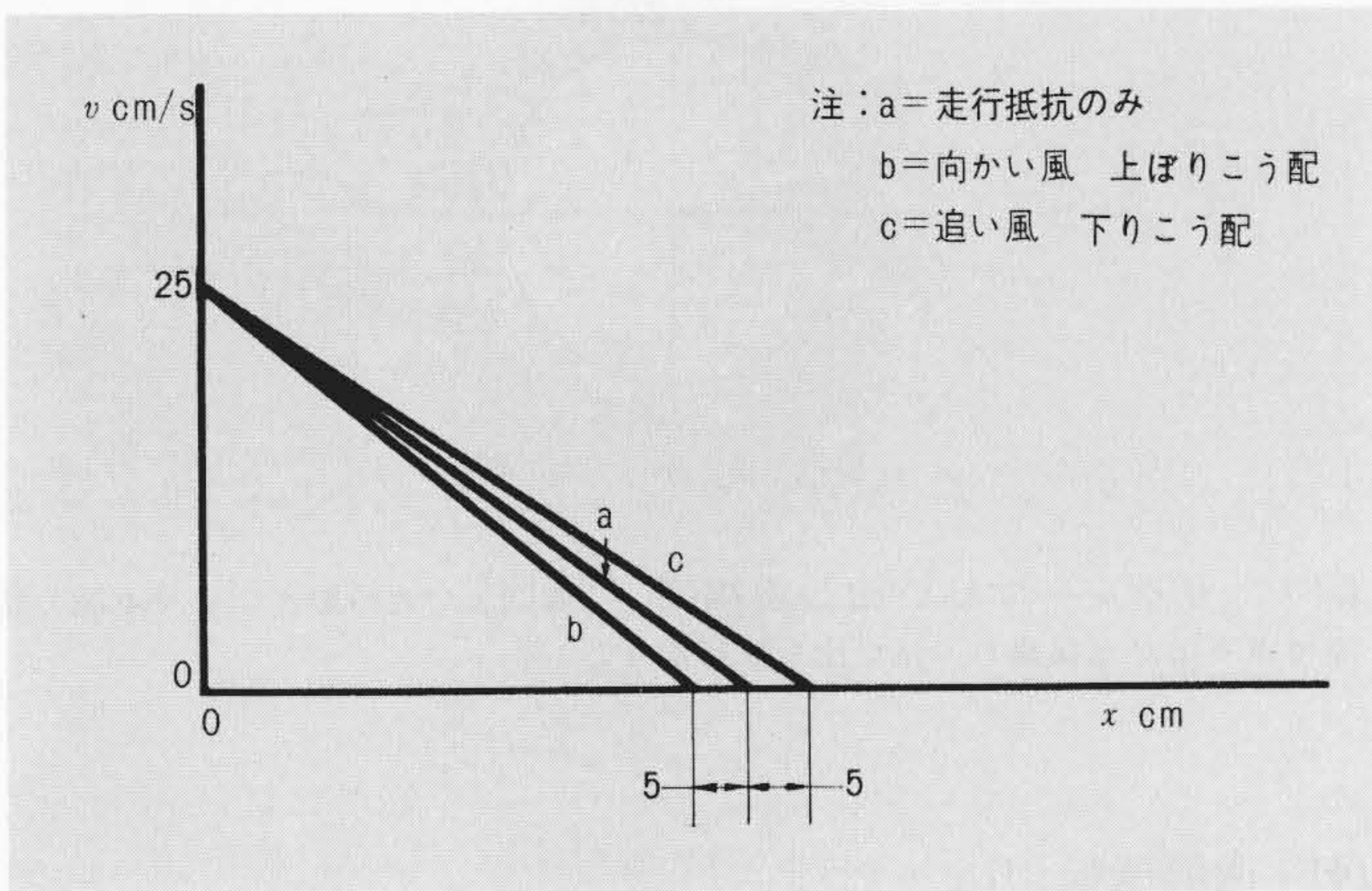


図6 停止距離(油圧) 油圧駆動により油量を制御した場合の、外乱による停止距離の差を示す。

本機に適用した場合の計算値を図6に示す。

現地での実測結果も、風速 5 m/s程度であったが、±1cmの停止精度で計画値を満足し、自動運転に十分供し得る結果を得た。

2.4.3 運転方式

(1) 機上手動運転

機上運転室で、走行、旋回、起伏、バケット ホイール及び走行動作を単独に運転する。

(2) 機上半自動運転

本機の払い出し要領を図7に、払い出し作業フローチャートを図8に、半自動運転のフローチャートを図9に示す。半自動運転を行なう場合、まず手動運転で走行、旋回及び起伏動作で半自動運転開始点に機体をセットし、機上運転室の操作盤上で寸動回数、寸動量、走行方向、旋回角度及び旋回方向を設定後、自動運転を開始すれば上記設定範囲の作業が行なわれる。払い出し中は、走行、旋回及び起伏の位置検出器で機体の位置を、走行寸動距離はプレセット カウンタで測定し、フィードバックされ、機上に設置されたシーケンサで、設定値とフィードバック信号を比較して各動作の運転停止信号を出し半自動運転が進行する。

(3) 遠隔運転〔I〕

地上の遠隔運転室からの操作で、前述のスタッカと同様の運転が可能である。

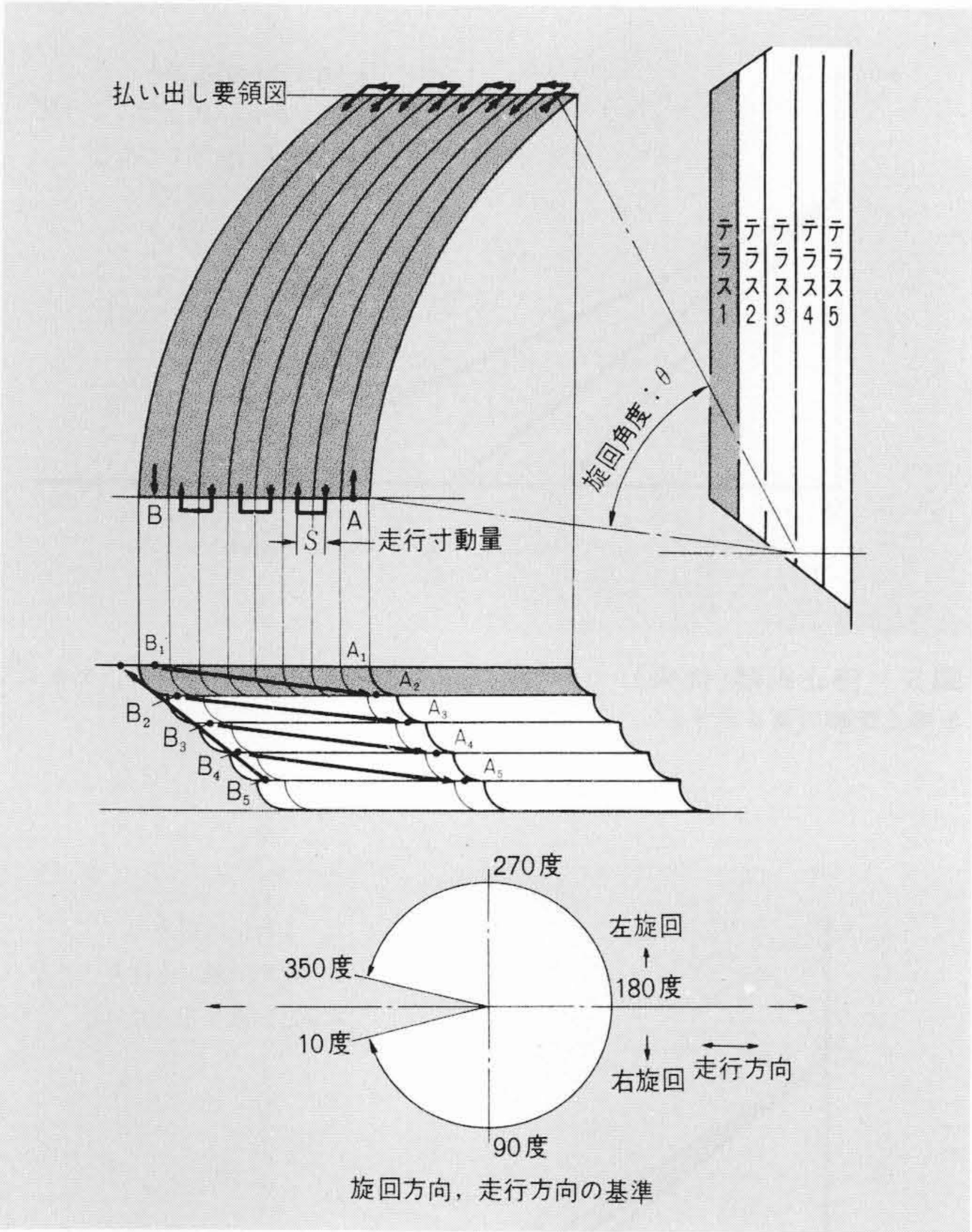


図7 リクレーマ払い出し要領図 旋回及び走行動作により本図の順序で積み山から採集し、払い出しを行なう。

(4) 遠隔運転〔II〕

将来、電子計算機との連結による自動運転に備え、必要な機器は設置されており、半自動運転での十分な経験を生かして、電子計算機との連動を行なうよう計画されている。

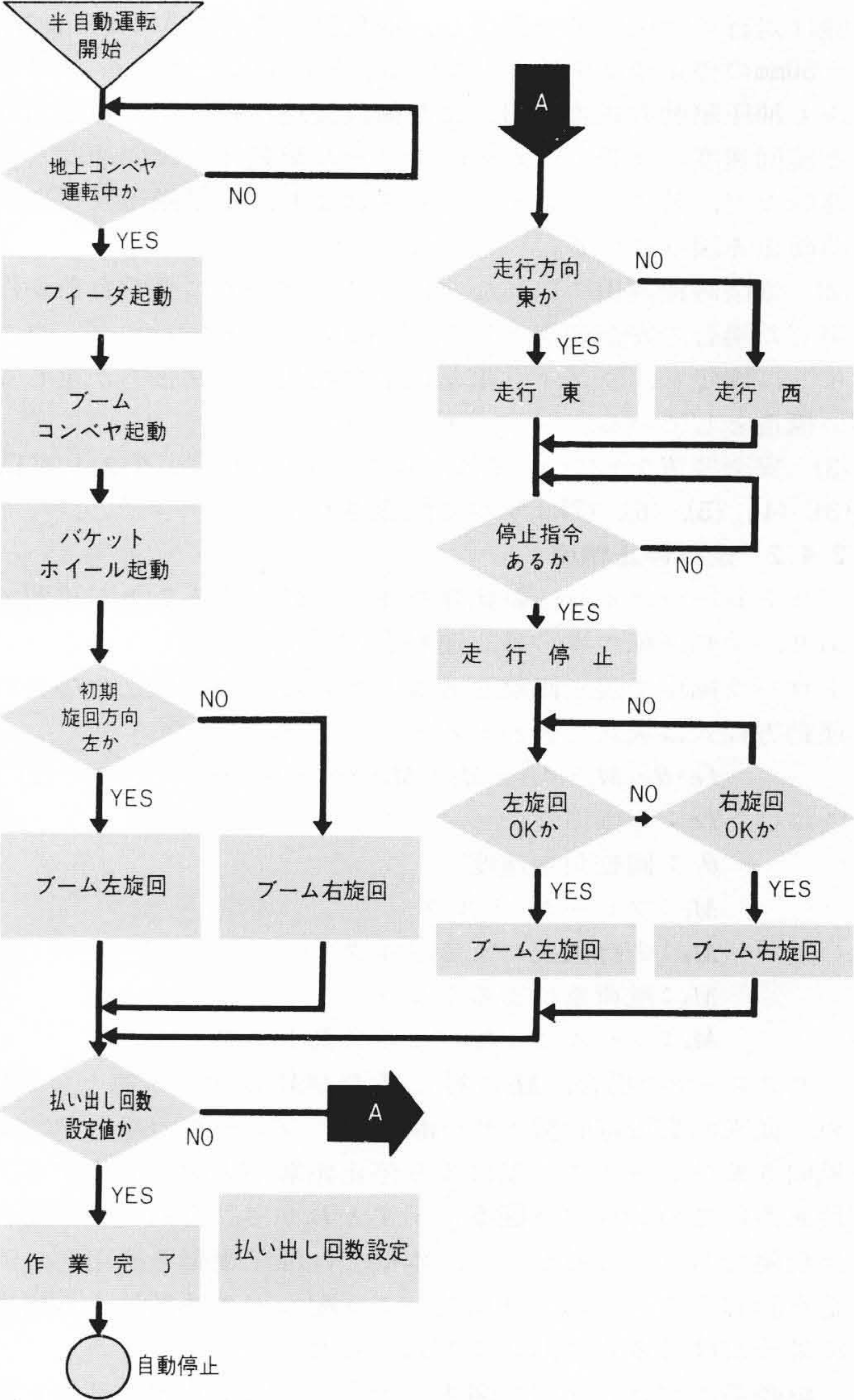


図9 半自動運転フローチャート 機体の位置を検出し設定値と比較しながら、本フローチャートに示すように半自動運転が進行する。

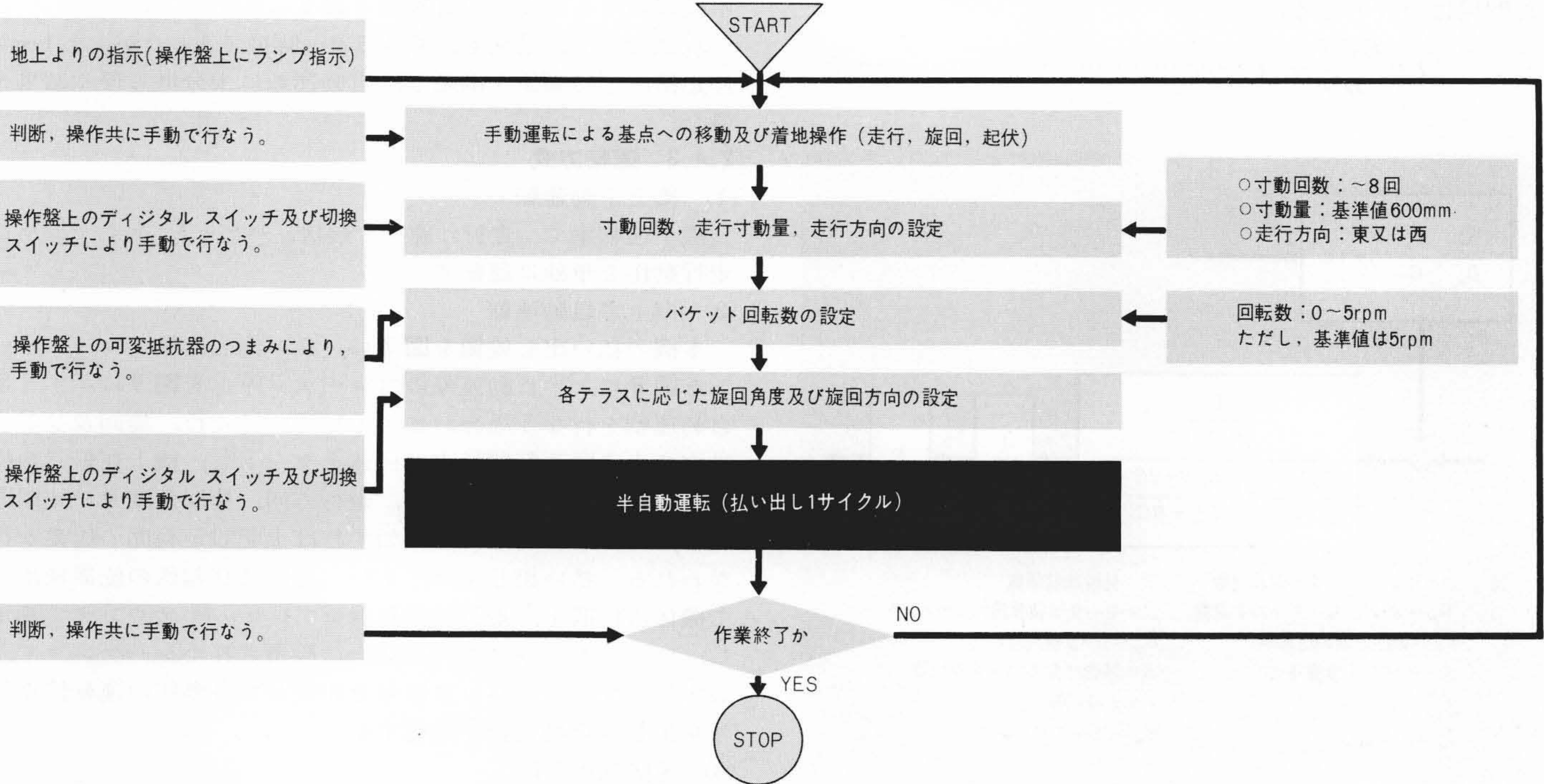


図8 払い出し作業フローチャート 半自動払い出し作業時の準備動作は、本フローチャートに示すとおりである。

3 ソ連ボストーク港向けチップ船積設備

3.1 概 要

本プラントは年間80万tの木材チップを受け入れ、船積みする能力を持った世界最大級のチップ船積設備である。

本プラントは、三菱商事株式会社を主契約者とし、風送設備とその関連機器を株式会社小知和製作所が、その他の設備については日立製作所が取りまとめを行なった。

ボストーク港はソ連東海岸のナホトカ港の対岸に位置する不凍港で、積雪も比較的少ないが、冬季の気温は-30℃に及ぶ寒冷地である。したがって、本システムのレイアウトや機器の設計製作に当たっては、特に低温に対する入念な配慮が各所に払われている。

3.2 問題点と解決策

3.2.1 チップの凍結

チップは貨車及びトラックで運搬されてくるが、冬季は輸送中に表面が厚く凍結し、この部分は固く一体になり全く荷卸しが不能となる。また、この凍結チップの塊はヤード内で搬送中に詰まりの原因になる。このため、チップの荷卸し部には貨車、トラックの凍結チップを掘削する設備を設けている。

3.2.2 搬送方式の撰択

チップヤードにおける搬送方法としては次が考えられる。

- (1) 機械式(ベルトコンベヤ、スタッカ、リクレーマなど)
- (2) 空気式(エアによる圧送)
- (3) 機械式と空気式の併用(船積用に圧送使用)
- (4) 機械式と空気式の併用(船積み及びヤード積用に圧送使用)

その優劣の比較は表3に示すとおりである。本プラントは諸外国の例を調査し、寒冷地(雪など)の障害を考慮して(4)(表中では④)の方式を採用した。

3.2.3 機器の低温対策

すべての機器は最低温度-30℃の運転に耐えるように設計されている。その一、二例を挙げると、

- (1) 鉄鋼構造物はセミキルド鋼、ハイテンボルトを使用した。
- (2) ベルトコンベヤの傾斜角度は10度以下とした。
- (3) 駆動装置には特殊モータ、ブレーキを採用した。
- (4) 荷卸し部、コンベヤ中継点などの作業者が居たり、保全員の作業が多い場所はすべて建屋に収めた。

表3 搬送方式の比較 各方式を比較検討し、総合的に判断して④の方法を採用した。

方式	①全機械式	②全風送式	③船積風送 その他機械式	④船積、ヤード積み風送 その他機械式
項目				
設備費(コスト順)	④	①	③	②
運転費(コスト順)	④	①	③	②
計 量	可	不 可	可	可
鉄 片 除 去	"	"	"	"
自動サンプリング	"	"	"	"
チップ性状変化に 対する対応性	適	不 適	普 通	普 通
積 付 効 率	100%	110~115%	船 積110~115% ヤード100%	110~115%
耐 候 性	普 通	適	普 通	適
ス ペ ー ス	大	小	中	中
飛 散	ややあり	な い	ややあり	ややあり
チップの損耗度	小	大	中	中

3.3 レイアウト

図10にレイアウトを示す。チップはトラック、又は貨車で輸送され、トラックの荷卸しはトラックダンパによる。貨車はチップ専用の底開き貨車で、ダンプ後の貨車のハッチは作業者がホイス式ハッチリフタで閉じる。地下ホッパに入ったチップは、ベルトコンベヤでサージビンに送られる。サージビンは船積用とヤード送り用の2種類があり、シャトルコンベヤで任意に振り分ける。

船積みするチップは船積用サージビン、スクリューコンベヤ、ベルトコンベヤ、ロータリフィーダなどから風送パイプに入り、シップローダ上のパイプで船積みされる。

ヤードに貯蔵するにはヤード送りサージビンから、スクリューコンベヤ、ロータリフィーダを経由して風送パイプに入り、スタッカにより三つのヤードに貯蔵する。

貯蔵されたチップの船積みは、ブルドーザによりチェーンコンベヤ、ベルトコンベヤを経由して前述の船積用サージビンに送る。

本システムの特長は、搬送の中間に位置するサージビンを中間点として次のように搬送方法を分けていることである。

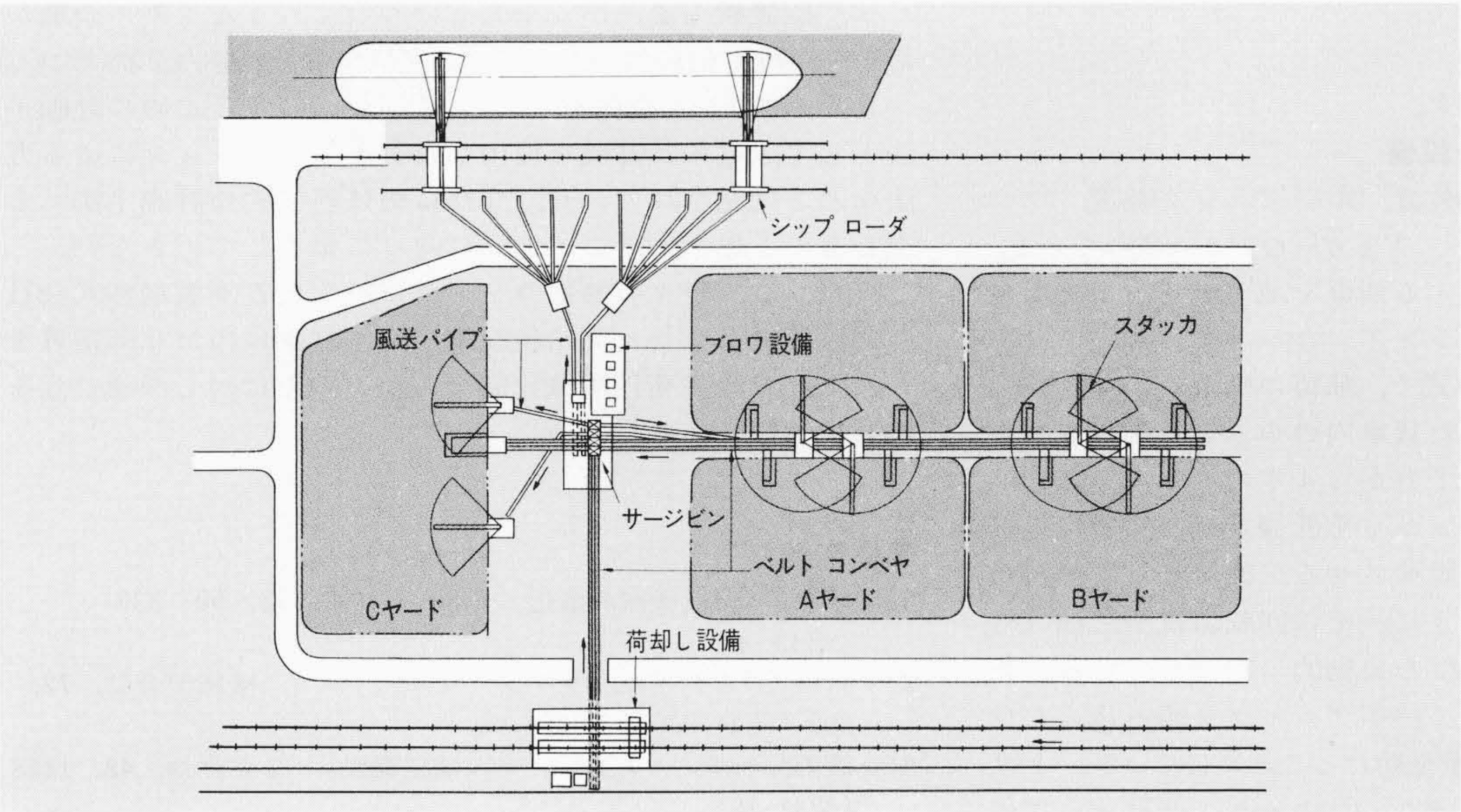


図10 チップ船積設備レイアウト チップは矢印の方向に搬入、貯蔵及び払い出しが行なわれる。

表4 プラント主要機器概略仕様 本プラントに使用される主要機器の仕様及び台数を示す。

項 目	仕 様
年間取扱量	800,000t
チ ッ プ	大きさ：長さ5～40，幅5～40，厚さ5～30(mm) 比 重：0.3～0.4
鉄 道 貨 車	58t及び36tチップ専用底開き形
ト ラ ッ ク	12t車
対 象 船	(最大) 28,000t
荷 卸 し 能 力	200t/h×2系列
その他設備能力	400t/h×2系列
シャンティング設備	58t車×4両/時 36t車×6両/時
ベルト コンベヤ	ベルト幅：1,200mm 150m/min
風 送 設 備	風 量：950m ³ /min 風 圧：0.6kg/cm ² 台 数：4台
シップ ロード	スパン：16.8m リーチ：22m 走 行：5m/min ブーム伸縮：10m/min 旋 回：0.2r/min 台 数：2台
スタ ッ カ	ブーム半径：25m 旋 回：12.5m/min 台 数：5台
電 源	(受電) 6,000V 50Hz

(1) コンベヤ ラインによる搬送

チップ到着からサージビンまでとチップ ヤードからサージビンまで

(2) 風送パイプ ラインによる搬送

サージビンからヤードのスタッカまでとサージビンからシップ ロードまで

以上、一長一短がある二つの方式を組み合わせ、それぞれの長を最大限に生かすように計画している。コンベヤ ラインにより、受入れ払い出しするチップの流量計測、サンプル採取及び金属類などの異物の除去を自動的に確実に行なっている。また、風送ラインによりスタッキングとローディングを効率よく行なっている。

ラインはすべて系列とし、単独運転又は同時運転が可能であり、スタッキング、ローディングの運転を任意に組み合わせで行なうことができる。

3.3.1 主要機器

機器の概略仕様を表4に示す。

3.3.2 貨車及びトラック卸し設備

本設備は、シャンティング装置、ルーズニング装置、ワゴン シェーカ、トラック ダンパ、ディガーなどから成っている。

シャンティング装置は到着する列車を地下ホッパ上まで走行させるプッシャ装置で、プッシング ユニットは、専用レール上を貨車の車輪を押して進む方式で、独特の構造のものである。

ルーズニング装置は凍結した貨車内のチップを削るドリル カッタ装置である。貨車内に上方から4本のドリルを差し込み、ドリルを回転しながらプッシャを低速走行し、貨車全長にわたって凍結チップを削り脱荷させる。凍結チップの抵抗によりドリルが折損しないように、その回転抵抗や、曲げ外力を検出し、プッシャ走行速度を自動的に制御している。更に落ちにくいチップの場合は、バインレータを組み込んだワゴン シェーカを併用して排出を助けることにしている。トラックよりの荷卸しはトラック ダンパによるが、凍結チップに



図11 シップ ロード設備 チップ船積中のシップローダの全景を示す。

対してはディガーと称する油圧アーム装置で凍結部分を掻き落とす。

3.3.3 風送設備

風送は、スタッカ用2台、シップロード用2台計4台の大形ブロワで圧送する。チップが管内で凍結するのを防ぐため、塩化カルシウム注入装置を設けている。管内圧力が異常に上昇してもすぐに大形ブロワは非常停止せず、供給量を減らしたり、一時的に風量を増したり、供給を停止したりすることができる。

3.3.4 シップ ロード設備

ロードは、チップ専用船を対象とした風送式走行形ロードである。ブームは上下・左右に揺動し、かつブーム上のパイプは伸縮可能である。チップ放出口は上下方向に角度を変えられるだけでなく、全旋回構造になっており、効率の良い積付けを行なうことができる。運転は機上の運転室で行なっている(図11)。

3.3.5 スタッカ設備

スタッカは、ヤード積付用で固定形である。パイプは全旋回しヤードのすみまで能率よくチップを積み付ける。運転は中央制御室から遠隔操作により行なっている。

4 結 言

本稿は、省人化のための自動運転操作の実例について述べたが、位置検出器及び安全装置についてもまだ改善の余地があり、今後も信頼性の高い機械を完成するため努力を続けたい。

また、プラント全体をコスト ミニマムにするための計画手法として、電子計算機を使用したシミュレーションによる方法なども開発されており、今後は更に科学的な計画手法へと進むものと思われ、この方向にそって努力していきたい。

終わりに、種々の御指導をいただいた新日本製鐵株式会社の関係各位及びチップ船積設備の基本計画に当たり御指導をいただいた港湾荷役機械化協会のかたがたに対し深謝の意を表わす次第である。

参考文献

1) 平栗：「荷役機械の最近の動向」，日立評論，50，339 (昭43-4)
2) 石原：「スタッカ，リクレーマについて」，機械学会誌，72，605 (昭44-6)
3) 渡部，石原：「リクレーマの油圧駆動」，日立評論，48，1458 (昭41-12)