

新しいラバータイヤ式トランスファークレーンの開発

Rubber Tired Transfer Crane

近年ますます増大する海上貨物のコンテナ化の動きに対して、コンテナヤードでのハンドリングの効率向上が要求されており、積付け効率、機動性の面から、フォークリフト、ストラドルキャリアに替わりラバータイヤ式トランスファークレーンの活用が高まりつつある。

この論文は、今回完成したアメリカPOS 納め40.5t 日立ラバータイヤ式コンテナクレーンの特徴について述べる。

このクレーンは、134m/minと世界最高速度で走行するとともに、将来のコンテナの大形化、ヤードの自動化を考慮した仕様となっており、特にオートステアリング(自動かじ取り)の現地実績は±50mmのステアリング精度で、その高精度が好評である。

石毛良平* *Ishige Ryôhei*
吉田 豊* *Yoshida Yutaka*
大沢 晋** *Ôsawa Susumu*

1 緒 言

海上コンテナ輸送は、1960年代前半にアメリカを中心に発展を始め、現在では全世界の主要航路に導入され物流手段として定着し発展期に入っている。

最近のコンテナ専用船は大形化の傾向をますます強め、1船当たりのコンテナ搭載量は2,000個から3,000個積みの専用船まで就航している。これに対処するために、コンテナターミナルは大形化の傾向にあり、その効率化を図るために保管管理の自動化、荷役機械の高速化、自動化などが要求される。このようなコンテナターミナルの要求機能に対して、日立製作所では“HACS”(Hitachi Automatic Container Handling System)計画(図1)を推進している。

昭和54年4月から稼動に入ったアメリカPOS (Port of Seattle)コンテナターミナル(図2)は、岸壁用コンテナクレーン4台、ヤード用ラバータイヤ式トランスファークレーン6

台で構成されている。これらのクレーンはすべて日立製作所から納入され、いずれも“HACS”計画が活用されたものである。岸壁用コンテナクレーンでは高精度な振れ止め装置が装備され、5秒125mm(トロリー停止後5秒間でコンテナの振幅を±125mm以内に減衰させる性能)を保証し、ラバータイヤ式トランスファークレーンとしては今回開発された高精度なオートステアリングシステムにより、世界最高速度の134m/minでクレーンの直進性が±50mmの性能が立証され、POSターミナルの将来計画である自動化は完全に準備されたものと考えられる。

このクレーンに装備されたオートステアリングシステムは、低周波誘導方式で地上側の発信器とクレーン側のアンテナ及

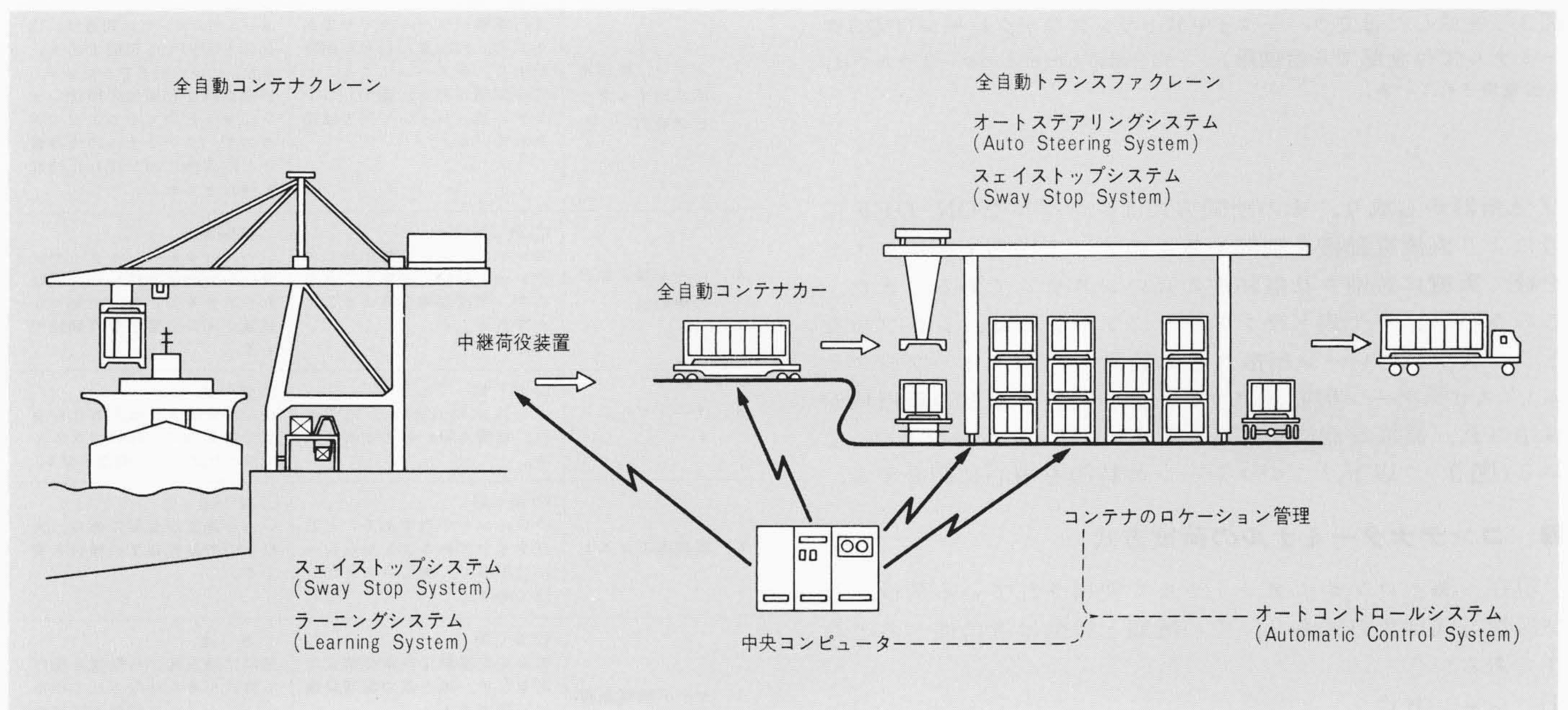


図1 “HACS”(Hitachi Automatic Container Handling System)計画 コンテナターミナル自動化に対する日立製作所の計画である。

* 日立製作所笠戸工場 ** 日立電線株式会社日高工場



図2 POSコンテナターミナルの全景 岸壁用コンテナクレーン、トランスファークレーンの据付も終わり、開港間近のターミナルの全景を示す。



図3 完成した日立ラバータイヤ式トランスファークレーン(POSターミナルでは全部で6台使用) 同仕様のものがこのターミナルでは、6台使用されている。

び受信器から成り、その制御方式はシンプルなON-OFF信号により直流電動機を制御するもので、工場内モデルテストを経て実機に装備され信頼性の高いシステムである。また、このラバータイヤ式トランスファークレーンには、シンプルなトランスファークレーン用振れ止め装置(スweistoppシステム)、スピントーン機能、スプレッド旋回装置などの新機構が採用され、高度な機能をもったトランスファークレーンとなっている(図3)。以下、このクレーンの特徴を中心に紹介する。

2 コンテナターミナルの荷役方式

現在、海上コンテナターミナルで使用されている荷役、及び保管方式は数方式あり、その種類と特徴は次に述べるとおりである。

(1) シャシ方式

コンテナとシャシが1対1で対応するもので、荷役効率が高いが、シャシを多く必要とするほか、コンテナの積重ねができないことにより広大な保管面積が必要などの問題がある。

(2) ストラドルキャリア方式

岸壁クレーン下から直接つかみ上げ、ヤードに運搬し積み

付けるもので、積付け高さは2段まで可能でシャシ方式よりも保管面積は少ない。

(3) トランスファークレーン方式

岸壁クレーン下からヤードまでの荷役はシャシを使用し、ヤードではトランスファークレーンによってシャシの積替作業及びコンテナ積付けを行なう。トランスファークレーンでの積付けは5段まで多層積みができるので、限られた面積で多くのコンテナを蔵置することが可能である。ストラドルキャリア方式と比較すると、岸壁クレーンからトランスファークレーンの間に専用シャシが必要となり、各方式の中で荷役機械をいちばん多く要する。

上述の(1)、(2)、(3)の方式にはそれぞれ一長一短があるが、これらはターミナルの設置条件で決められるもので、近年ではトランスファークレーンが多く採用されている。これは積付け面積効率が高いこと、荷役作業、保管管理の自動化に対する適応性があることなどからである。

トランスファークレーン方式で使用されるクレーンには、タイヤ式クレーン及びレール式クレーンの2種があり、その特徴は表1に示すとおりで、計画されるターミナルの設置条件により選ばれる。

表1 タイヤ式クレーン及びレール式クレーンの特徴 能力的にはレール式のほうが優れているが、機動性やイニシャルコストの面ではタイヤ式のほうが優れており、ターミナルの設置条件により選択される。

機 種	タイヤ式クレーン	レール式クレーン
項 目	タイヤ式クレーン	レール式クレーン
1. 自動化に対する 適応性	◎良 好 オートステアリングシステムが開発されており、自動化には特に問題はない。	◎良 好 レール上走行なので直進性は特に優れており、自動化に対して信頼性が高い。
2. ヤード蔵置能力	○普 通 通常、3段積が可能であり、ストラドルキャリアシャシ方式よりも優れている。	◎良 好 5段積ができるので、各種方式の中で最も蔵置能力が高い。
3. シャシ、鉄道車 両に対するサー ビス能力	○普 通 走行車輪がラバータイヤであるため、大容量に対する制限があり、長スパンにすることには問題がある。通常、コンテナ6列+シャシ1列で使用されている。	◎良 好 スパン内のコンテナ列数は、15列でも30列でも可能である。また、カンチ形もできシャシ、鉄道車両など複数の積替レーンにサービスできるので、ターミナルの大容量化と応用性に対し優れた機能を持たせられる。
4. レーン替えなど の機動性	◎良 好 各レーンの負荷変動に対してクレーン移動が任意にできるので、荷役効率を高めることができる。	△問題あり レール式クレーンをタイヤ式クレーンのようにレーン間移動をさせることは、大掛りな装置が別に必要となり問題である。
5. イニシャルコス ト	◎良 好 レール式に比較し小形であり、自重も軽いので安価である。	○普 通 レール式導入には大形化が有利であるので、単体コストではタイヤ式よりも高価となる。
6. 基礎施工コスト	◎良 好 クレーンが小形であること及びタイヤであることからレールは不要で、施工コストは安価である。	○普 通 レール施工が必要であり、大形なので基礎強度の検討を要する。
7. ヤード側電源設 備	◎良 好 エンジン搭載で自家発電式であるため、地上側の電源設備は不要である。	○普 通 通常は地上側から給電を受ける方式が多く採用されているが、エンジン搭載形も不可能ではないが、クレーン形式によりクレーン設置面積効率について十分検討が必要である。
8. クレーン保守の 難易度	○普 通 エンジン、発電機、ラバータイヤなどに保守の手数が掛かる。	◎良 好 エンジン、発電機、タイヤなどがなく、保守の手数は少ない。

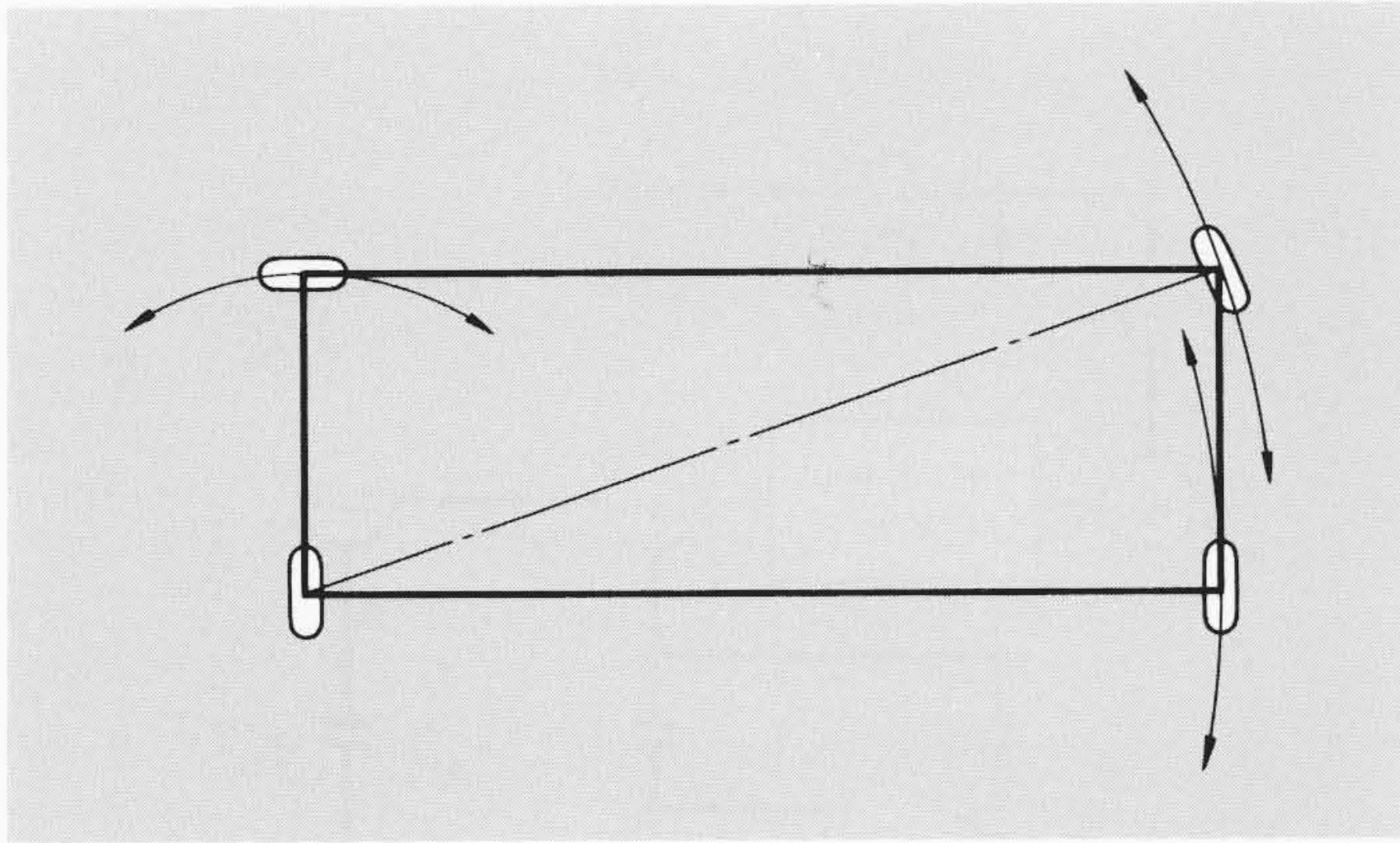


図4 スピンターン動作 通常動作としては、左右に±180度旋回させる。

③ 日立ラバータイヤ式トランスファークレーン

3.1 機能

このクレーンは4隅に大形ラバータイヤを配置したマントロリー式橋形クレーンで、ディーゼルエンジンを動力源としてヤード内を自在に走行し、コンテナの積替、積付をスピーディーに能率よく行なうことができる。通常の巻上、横行、走行のほかに、次に述べるような機能をもっている。

(1) オートステアリング

直進方向修正機能で、直進走行での若干の軌道ずれを自動修正する機能をもっている。

(2) 直角走行

タイヤを直角に回転させ、通常走行方向と直角に走行し、平行した荷役レーンに移動することが可能である。

(3) スピンターン

1脚のタイヤを中心として旋回することができ、クレーン

の方向を任意の角度に変更できるとともに、クレーンの向きを反対にすることが可能である(図4)。

(4) 旋回

スプレッドを±5度の範囲で旋回させることができ、トラック上のコンテナの授受など、スプレッドと平行でないコンテナ荷役も容易である。

3.2 構造と仕様

全体構造を図5に、標準仕様を表2に示す。このクレーンはボックス構造の鉄構本体にトロリーを載せ、トロリーには巻上、横行、施回及び振れ止めの各装置を、脚部に走行駆動装置が配置されている。巻上、横行及び走行の駆動はそれぞれ直流電動機で単独に駆動されている。走行駆動装置は対角の2輪に取り付けられており、減速機を介して直径約2mのラバータイヤを駆動している。また、直角走行、スピンターン時での走行フレーム縦軸の回転駆動及び位置固定には、それぞれ左右のシルビーム(脚下部のつなぎビーム)下部に油圧装置が設けられており、油圧シリンダにより回転駆動及び位置固定が行なわれる。

運転室はコンテナが最も見やすいようにトロリー下面に設けられており、前後、側面及び足元下面をガラス張りとして広い視界が保たれ、運転しやすく設計されている。

スプレッドは20/40ft 共用の伸縮形で、特に高張力鋼の採用により軽量化が図られている。

3.3 特長

(1) 駆動制御方式

このクレーンは動力源としてディーゼルエンジンが搭載されており、発電機と一体となったセットがシルビーム上に設けられている。

図6に単線結線図を示す。巻上、走行用直流発電機と、横行用直流発電機及び補機用交流発電機がディーゼルエンジンにより駆動される。

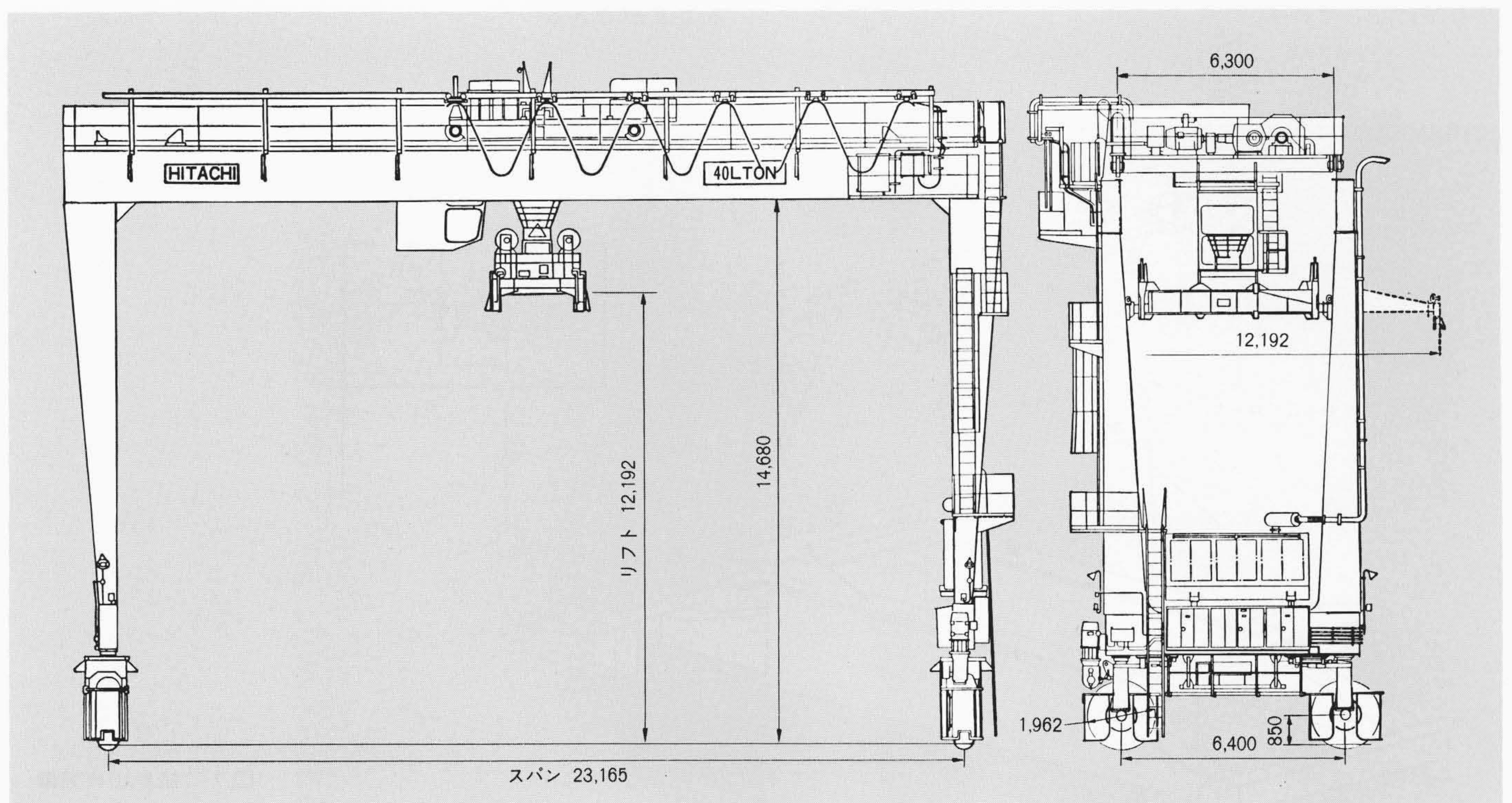


図5 全体構造図 コンテナ6列、3段積トラッククレーンIの日立標準ラバータイヤ式トランスファークレーンの全体構造図を示す。

表 2 標準仕様 図 5 に示す標準形日立ラバータイヤ式トランスファクレーンの仕様を示す。

項 目	仕 様
定 格 荷 重	4 0 t
荷 役 速 度	巻 上 9 / 18 m / min
	横 行 5 l m / min
	走 行 1 3 4 m / min
寸 法	スパン 23 m (コンテナ 6 列)
	リフト 12 m (コンテナ 3 段積)
動 作	直進走行, 直角走行, スピンターン

巻上、横行、走行の各動作はレオナード方式で制御されており、全速度範囲で安定した速度制御を得ることができる。補機用交流発電機には、スプレッダ、ステアリング、振れ止め及び旋回の油圧源用電動機、照明、操作回路が接続されている。

制御盤は屋外キュービクル形で、シルビーム側面にコンパクトに取り付けられ、操作卓、照明盤などはすべて運転室に設けられている。

(2) 振れ止め装置(日立ロータロック方式)

起動、停止時に誘起されるつり荷の振れをできるだけ小さく抑えけるとともに、停止後速やかにこれを抑止するため高性能な振れ止め装置が装備されている。その構成を図 7 に示す。岸壁クレーンの場合と異なり横行方向だけでなく、走行方向に対しても振れ止め効果をもたせる必要があるため、同図のようにロープをたすき掛けとし、ロープ端には油圧式トルクモータを設けてある。この油圧電動機制御方式は、日立製作所岸壁クレーンに採用しているシーソビーム式振れ止め装置と同一原理に基づくものである。

電動機の吐出し側に設けた絞り弁により運動エネルギーを吸収するもので、電気式トルクモータ方式と異なり、振れのスピード変化(電動機の回転速度変化)に比例した制動トルクを与えることができるため、その振れ止め効果は一段と優れたものになっている。

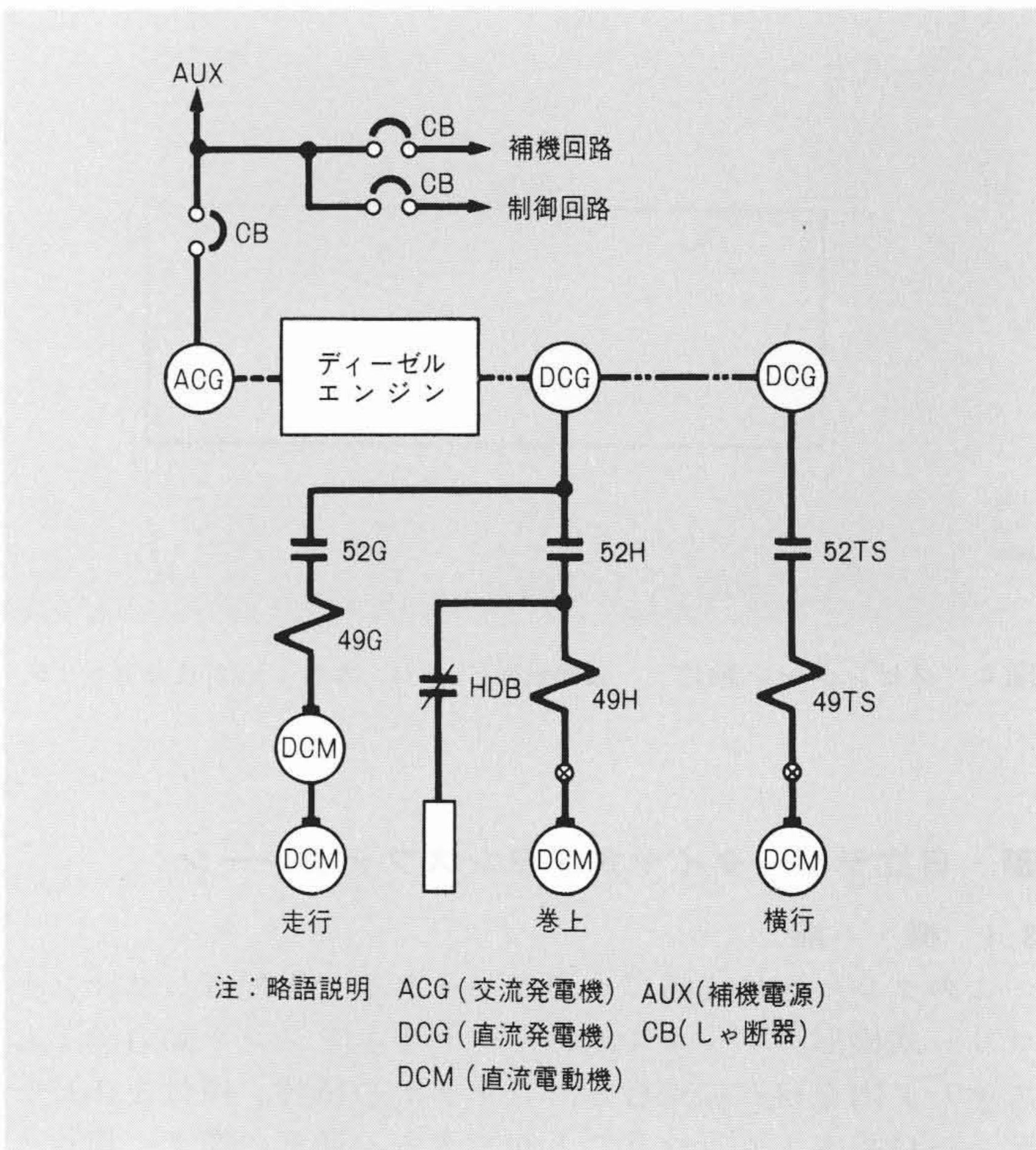


図 6 ラバータイヤ式トランスファクレーンの主回路 日立トランスファクレーンの特長は、走行直流電動機を直列に接続したことである。

すなわち、繰出し側の電動機は絞り抵抗に応じた制動トルクを与える一方、巻取り側の電動機はロープ自重を巻き取るのに必要なトルク値に圧力がセットされており、振れを助長することのない油圧回路となっている。更に、巻取り側と繰出し側への切替点(振幅の頂点)では、油の流れ方向が変わるだけで特別な電気制御を行っていないので、タイミングの遅れなどの問題を生ずる心配がなく、安定した性能を発揮することができる。

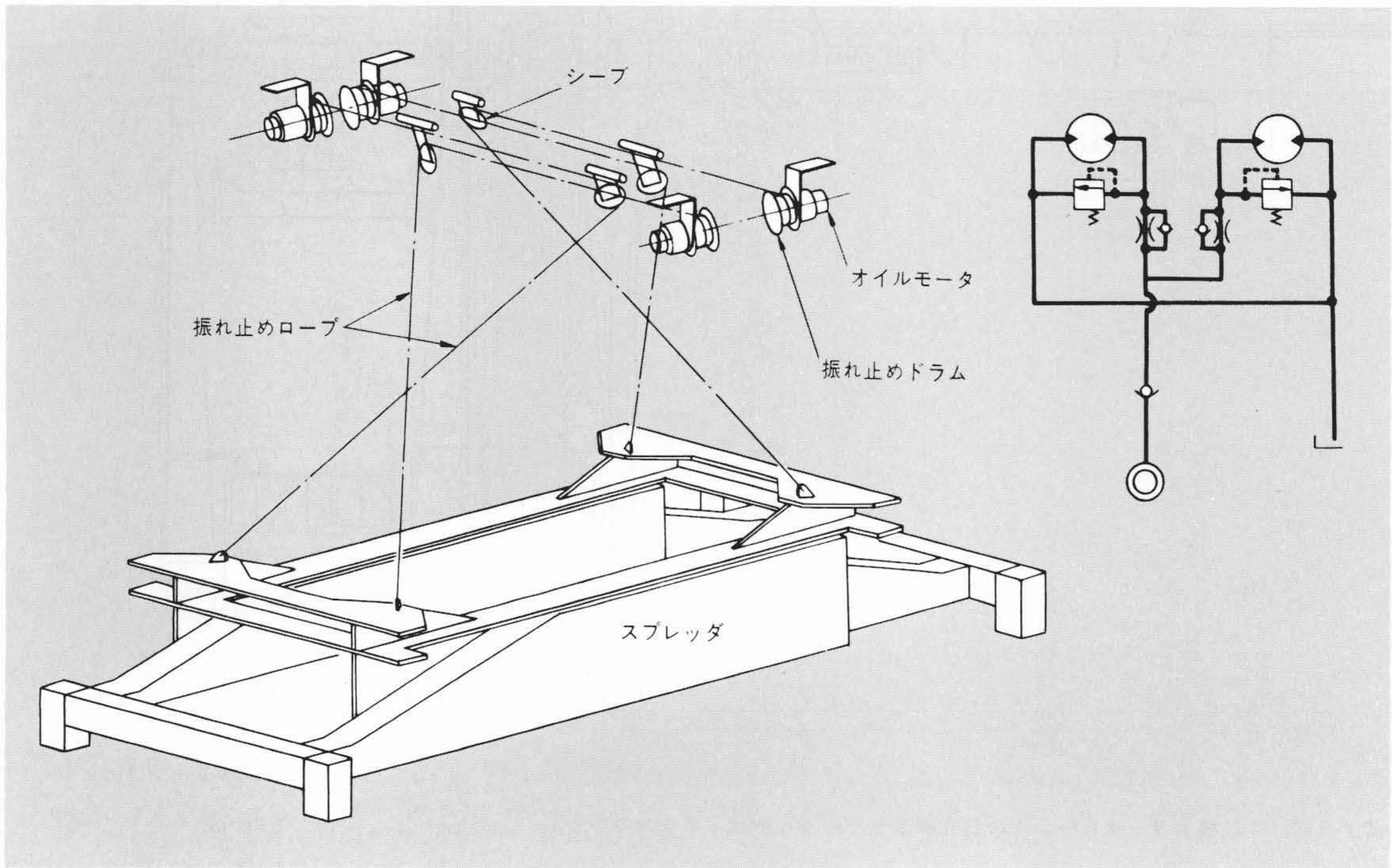


図 7 振れ止め装置 ロープの掛け方から走行、横行方向共に有効であることがよく分かる。

シーソビーム方式は、長リフト用でトロリー部でロープシーブの距離を広くとれる岸壁クレーンに適しており、今回のロータロック方式は中、小リフト用で、隣接レーンとの制約から小形にする必要のあるヤードクレーンに適したものである。

(3) オートステアリングシステム

レール式クレーンと異なり、路面の状態、タイヤ負担荷重と空気圧のアンバランスなどの要因により、クレーンの直進性が若干乱される。通常の手動運転時で直進がずれてきた場合には、手動スイッチにより左右電動機のフィールド電流値を切り替えてトルク差を与え軌道修正を行なう。しかし、これは運転士に大きな負担を掛け、荷役効率が悪くなるとともにコンテナとの衝突などの事故にもつながりかねない。した

がって、この補正を自動的に行なうオートステアリングシステムが必要である。

日立ラバータイヤ式クレーンのオートステアリングシステムの構成を図8に、制御ブロックを図9に示す。

構成は地上側の発信器から 5.5mm^2 相当の誘導電線を走行路に埋設し〔図8(b)〕、クレーン側には左右のアンテナと受信器を取り付ける。誘導電線埋設深さは 13mm 程度なので、ソーカットマシンで溝を作るだけで簡単に施工することができ、地上設置の金物は必要としないのでヤード内の機動性を妨げない(図10)。また、地上側発信器は誘導線長さ $3,000\sim 5,000\text{m}$ の範囲をカバーする能力をもたせてある。

制御原理は、埋設した誘導線に数百ヘルツから数キロヘル

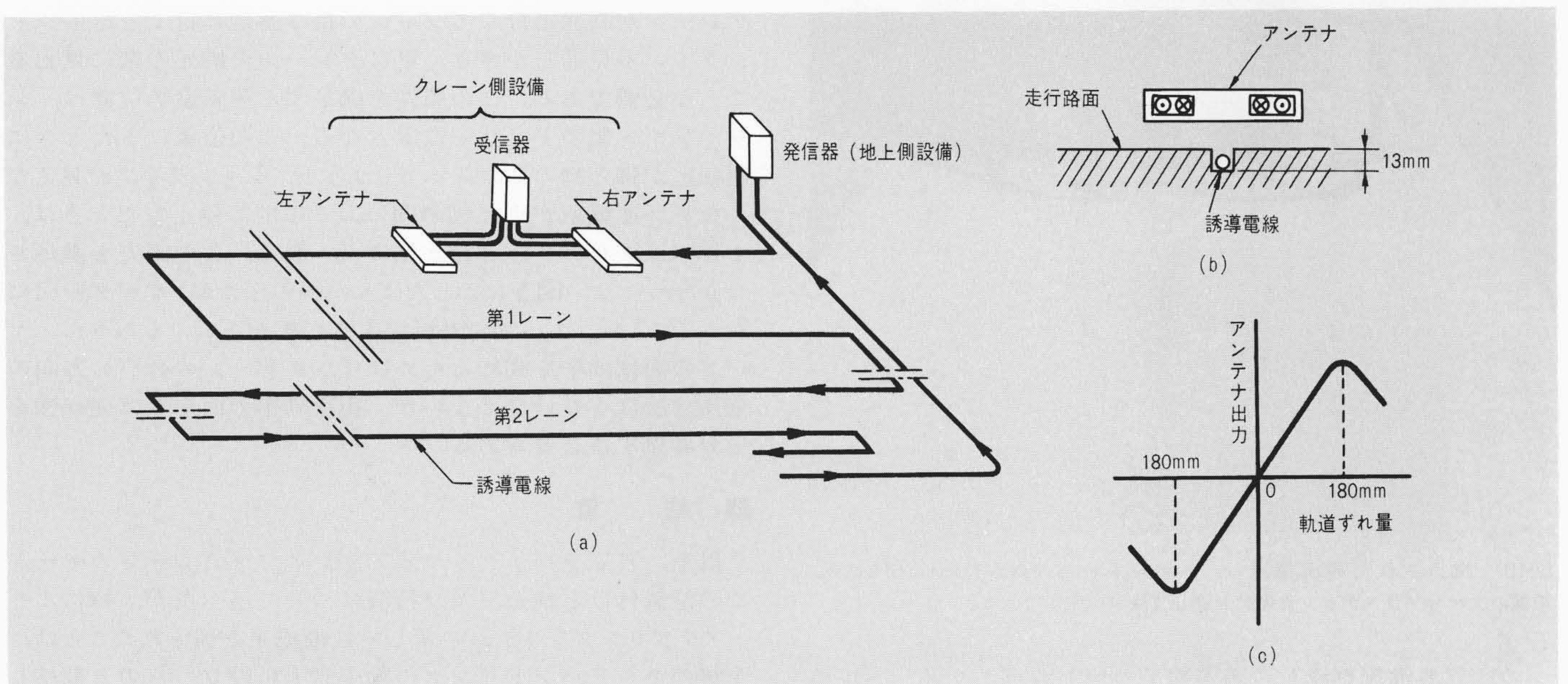


図8 オートステアリングシステムの構成 走行路面に 5.5mm^2 相当の誘導線1本だけ施工すれば、オートステアリングができる。

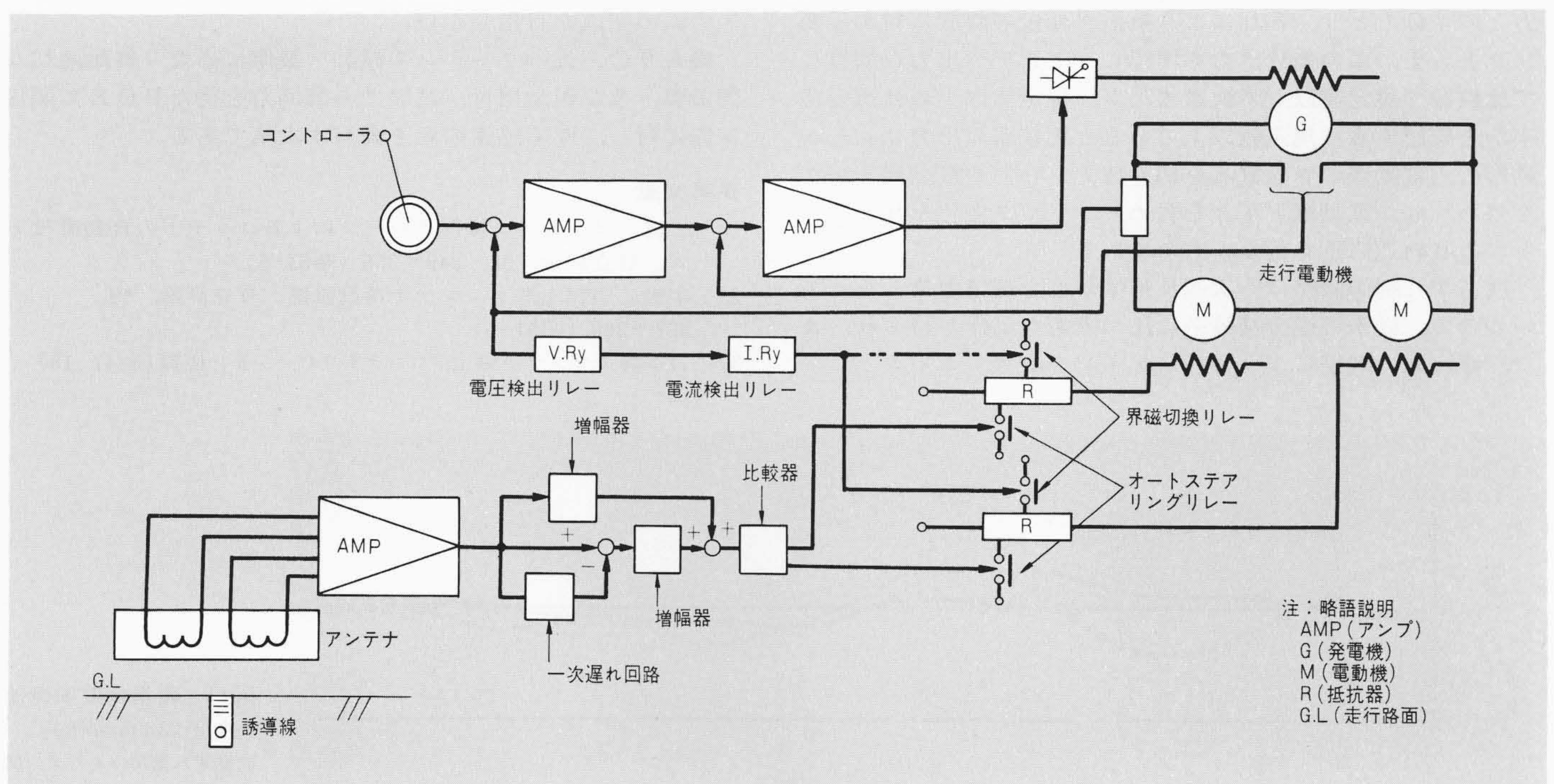


図9 オートステアリングシステムブロック図 オートステアリングシステムの主要回路を示したものである。

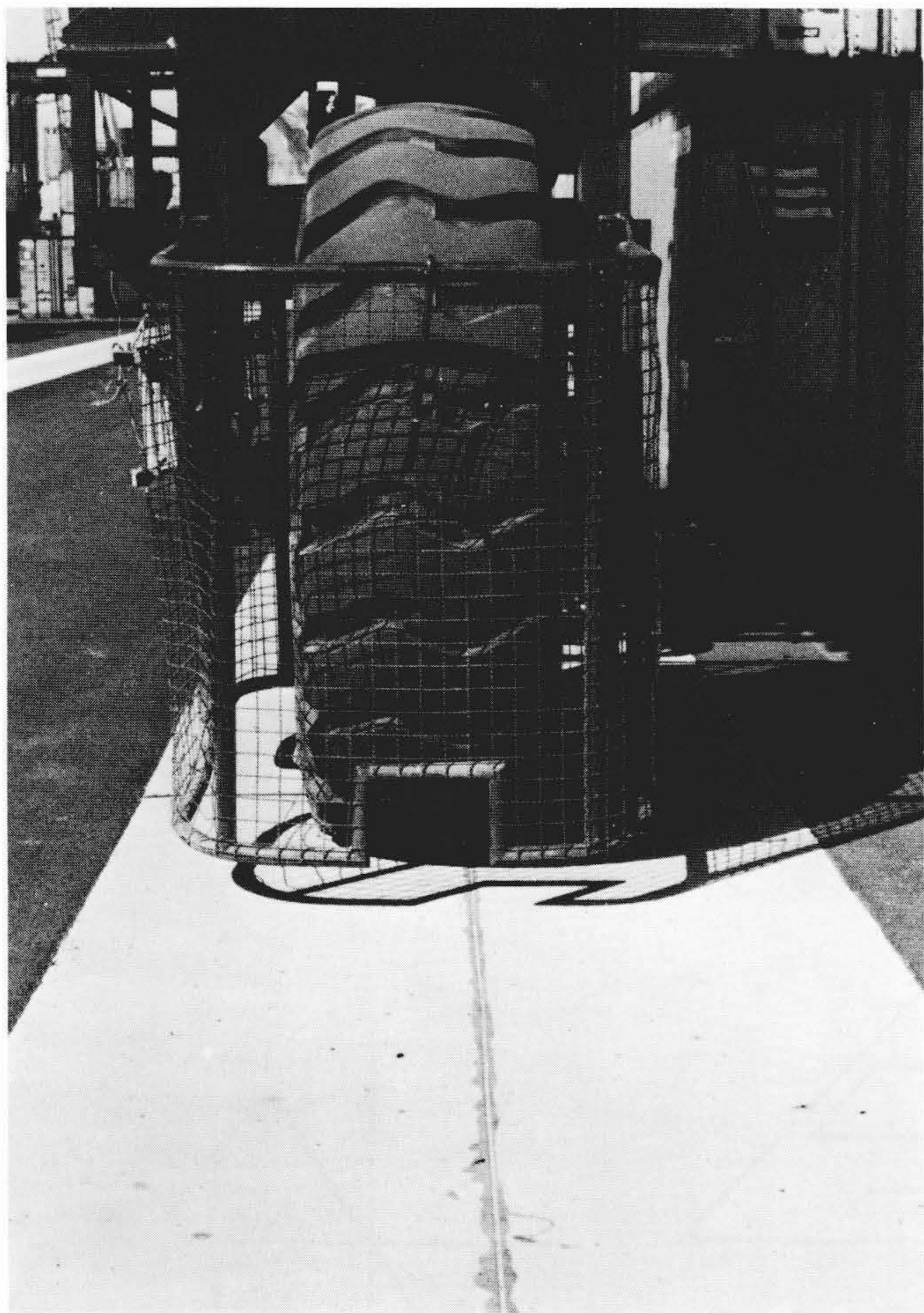


図10 施工された誘導電線 ソーカットマシンで深さ13mmに切り込み、電線の上からプラスチック充填材を流して簡単に完了できる。

ツの低周波電流を流し、誘導線上の地上数百ミリメートルの所に、ループ状のアンテナを水平に設置し、誘導線からの交番磁界を受けて軌道ずれ量に比例した電圧を出力する〔図8(c)〕。軌道ずれ制御回路は、アンテナ出力と一次遅れ補償出力との差分をとり、それにより軌道ずれ量の時間に対する変化をとらえ、この差分出力を増幅し、アンテナ出力と加算して比較器で規定値以上の軌道ずれか、規定値以上の軌道変化率かを確認する。規定値以上であると比較器の出力リレーが動作し、電動機の界磁電流を切り替えて一方の電動機トルクを強め、他の電動機トルクを弱めて、トルク変化を与えることにより軌道修正を行なうものである。

軌道ずれ制御回路は一次遅れ補償が主な補償要素となっているので、従来の微分補償系に比べ安定な動作が得られ、また、時定数の調整により容易にゲインを改善できること、ア

ナログ信号を使用した制御方式に比べ、制御盤も小形で安価にできることなどの優れた利点がある。

更に、現有の手動ステアリング制御のクレーンに簡単に取り付けられ、高機能化が可能である。

図11はステアリング精度を測定したもので、その効果を見やすくするため初期ずれ量を与えてオートステアリングのテストを行なった結果を示すものである。同図からも分かるように、初期ずれ量は与えたものであり精度に考慮する必要がないので、ステアリング精度は $\pm 50\text{mm}$ となり高精度であることが分かる。

(4) 運転性に対する配慮

タイヤマウントクレーンに限らず、運転性が良ければ荷役効率は高くなる。

シャシラインにサービスするトランスファクレーンでは、クレーンが高速走行してシャシの待つ番地に行くときにシャシラインも見通しがきき、更にクレーンの脚元も楽に見えることが必要である。この条件を満足する運転室の位置は、シャシライン側のトロリー位置となる。この位置にきたときに運転室が脚と脚の間に入ってしまうと、シャシラインが見えなくなる。運転室が脚と脚の間に入る手前で停止したときは、こんどはクレーンの脚元が見にくくなる。この両方を満足させるためには、図5に示したように脚の広がり(ガード側面に沿っての)を、スパンの外側にする必要がある。もちろん、ヤードの面積効率を高めるためには、クレーンのスパン方向の全長寸法は小さいほどよいが、荷役効率の面からは運転性を十分考慮する必要がある。

4 結 言

以上、日立ラバータイヤ式トランスファクレーンのヤードでの位置付けと構造、及び特徴について述べたが、特にオートステアリングシステムの新しい技術成果が得られたことは、今後のヤードハンドリングの効率向上に役立つものと期待している。

ヤード自動化システムには技術的に開発の余地が多々残されているが、システム実現に積極的に取り組み、効果的なシステムの完成を目指したい。

終わりに、このクレーンの設計・製作に当たり終始適切な御指導、及び現地据付、試験での御協力を得たPOSの関係各位に対し、厚く感謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 二宮，ほか6名：橋形クレーンによるコンテナの自動荷役方式，日立評論，58，349～356（昭51-5）
- 2) 宇野，中村：海上コンテナ荷役設備，日立評論，58，357～360（昭51-5）
- 3) 日本海上コンテナ協会：コンテナリゼーション便覧（昭47-10）

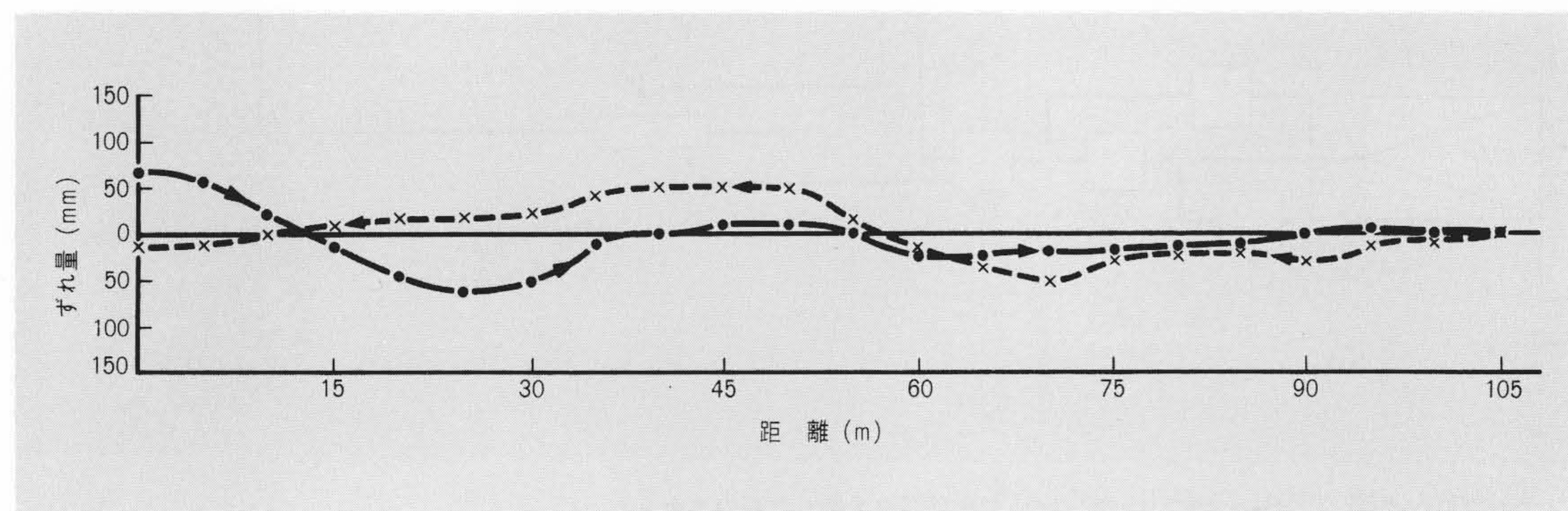


図11 直進精度実測値
(速度134 m/min)
初期ずれ量70mmを与え、105 mを往復したオートステアリングのテスト結果を示す。