

# 海上コンテナ荷役設備

## Container Handling Crane on the Wharf

海上コンテナ輸送は世界主要航路で定着し、その物流はますます増大の一途をたどっている。その中において、コンテナ埠頭は輸送の中継点として効率化、合理化の要求が強まっている。このようなすう勢の中において、埠頭荷役における主力機械であるコンテナ クレーンを中心として、その要求される仕様、特性、最近の高速化、自動化の動きを紹介する。また埠頭コンテナ荷役の自動化システムの一部について概略を述べる。

宇野修三\* Uno Syūzō

山本範男\*\* Yamamoto Norio

### 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、今日では全世界の主要航路に導入され物流手段として定着発展期に入っている。

一方、海上コンテナ輸送船が入出港するコンテナ埠頭では、コンテナ輸送の中継点として、多量のコンテナを効率的に荷役することが要求され、物流中継ターミナルとしてその効率化、省力化など次の段階への合理化が進められ始めている。

埠頭岸壁で埠頭と船舶との間の荷役を行なうコンテナ クレーンでは、コンテナ船の大形化、高速化の傾向及びコンテナ輸送量の増大から、効率的で円滑な荷役を行なうことが要求されている。

本稿は、このような背景から最近の海上コンテナ荷役用岸壁クレーンについて概要を述べる。

### 2 コンテナ クレーンの備えるべき機能

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。これら大形コンテナ専用船から効率的に荷役するためコンテナ クレーンに要求される仕様としては、(1)巻上高さ及び岸壁法線からのアウト リーチが十分余裕のある寸法であること。(2)高速荷役ができる巻上げ、横行の速度特性を持っていること。(3)長時間連続荷役作業に耐えられることなど、基本的な性能のほかに、(4)岸壁のトレーラ上、あるいは船上への積み付けの際のコンテナ位置合せを速やかに行なうためのコンテナ振れ止め装置を持っていること。(5)将来の自動荷役化へ対処できるよう考慮を払っておくことなどの要求が強く、埠頭荷役の効率化、合理化の傾向はますます強まりつつある。

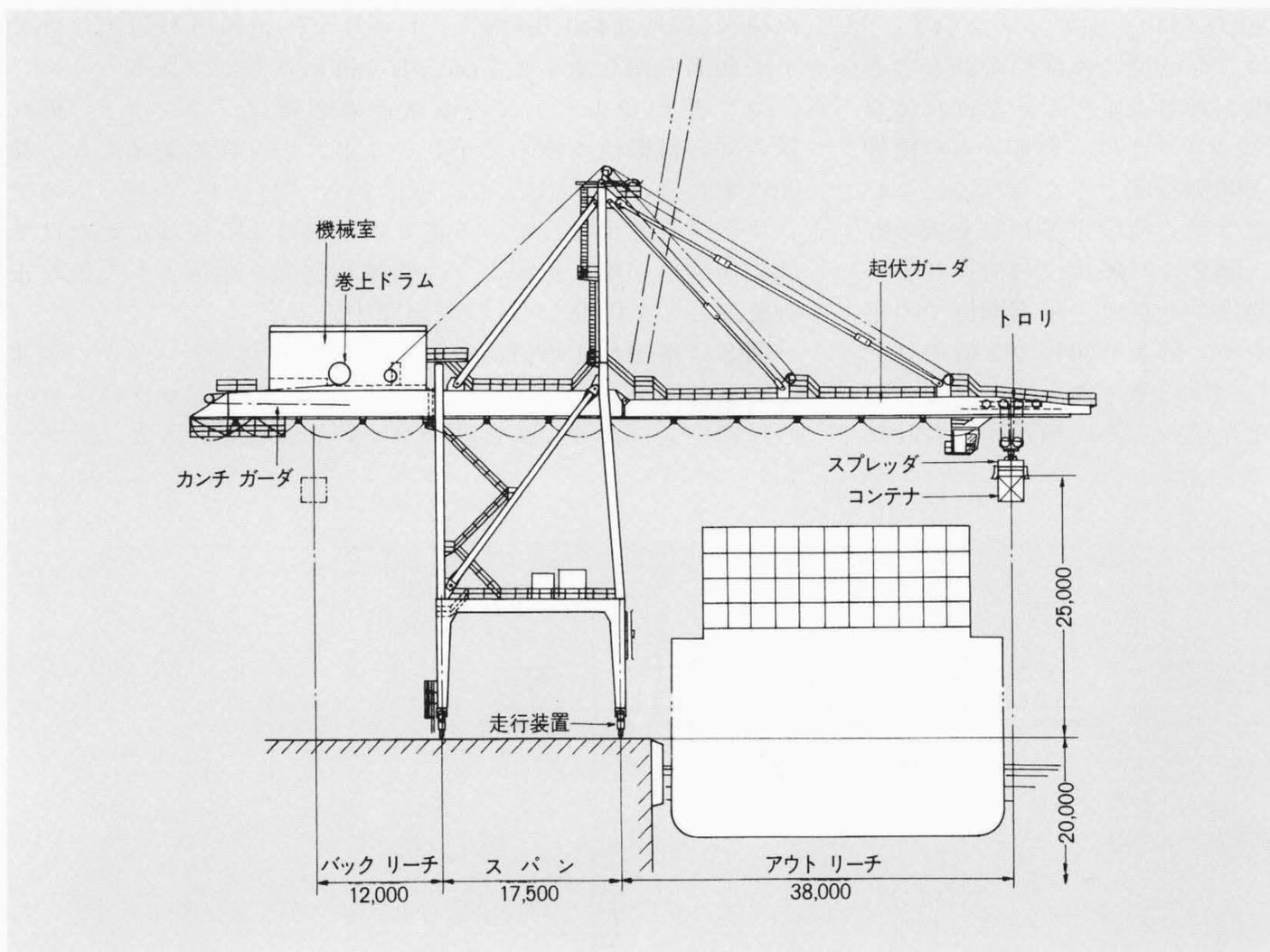


図1 コンテナ クレーンの全体形状と主要寸法 コンテナ クレーンを走行方向から見た側面図を示す。ここに示す寸法は、クレーンの大きさを示す目安として一例を示したものである。

\* 日立製作所笠戸工場 \*\* 日立製作所大みか工場

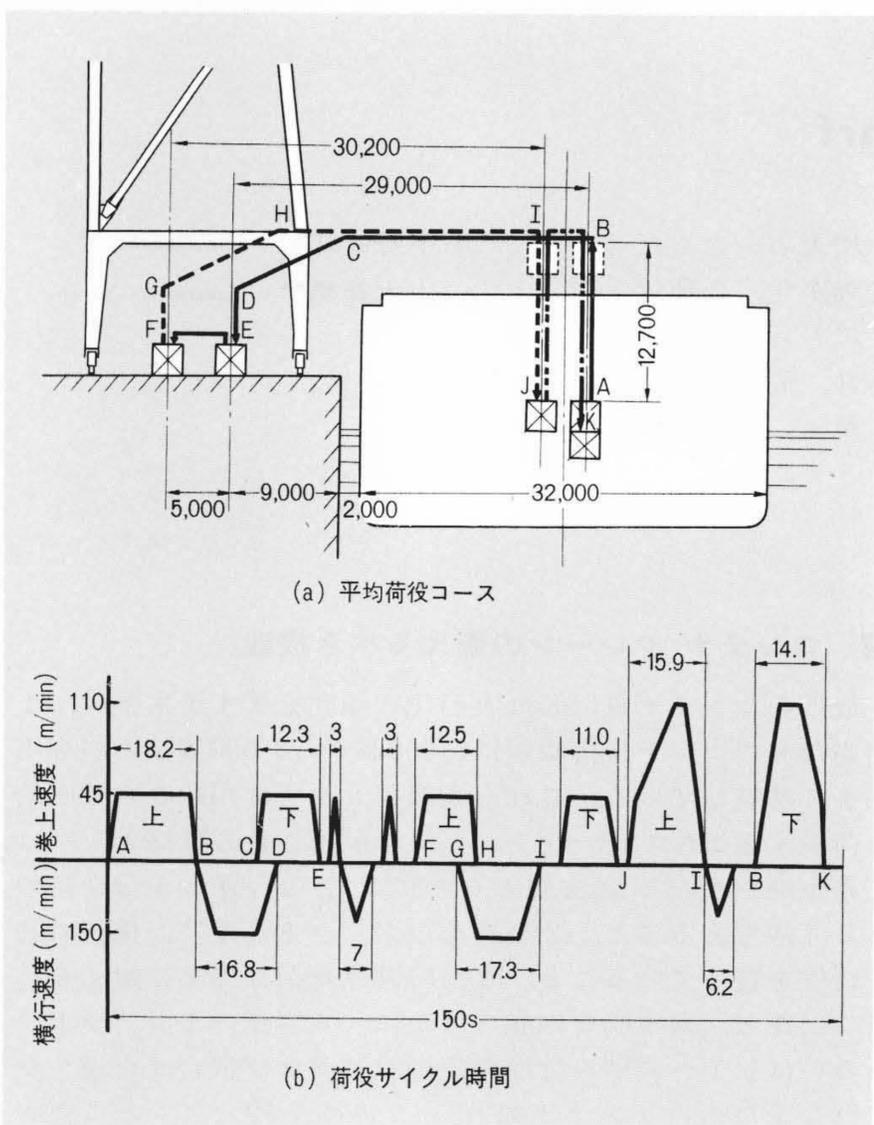


図2 コンテナ クレーンの荷役サイクル例 船内のコンテナを岸壁に卸し、岸壁上の他のコンテナを船内ハッチに積み込むデュアル サイクルの一例を示したものである。

図1にコンテナ クレーンの全体形状と主要寸法を示す。高速型コンテナ船にあっては、寄港地での滞船時間をできるだけ短縮するため、埠頭荷役を効率よく行なわなければならない。通常、1船当たりの荷役コンテナは、船舶からの積卸し、積み込み合わせて約500~600個程度と考えられる。これらの量のコンテナを、できるだけ早く荷役完了し船を次の寄港地へ出航させる必要がある。図2に船舶荷役の荷役サイクルの一例を示す。ここに示す荷役コースは、平均潮位での平均荷役コースを示すものであるが、約2分30秒で1個のコンテナを積み込み、積み卸すデュアル サイクルを示すものである。したがって、1時間当たり積み込み、積み卸し合計48

個のコンテナを取り扱うことが可能となる。しかし、ハッチ替え、運転者の交替、休憩時間などを考えると、実際の荷役能率は60%前後と考えられる。1船当たり2台のコンテナ クレーンで荷役を行えば、1日で約500~600個のコンテナを取り扱い、荷役作業を完了させることができる。

最近の高速型コンテナ専用船では、港での滞船時間の短縮は分刻みで争われ、入港と同時に多量のコンテナを短時間に処理する必要がある。岸壁後方のヤード荷役設備も、岸壁のコンテナ クレーンの能力に見合った機能を発揮しなければ有効な荷役は期待できない。

### 3 振れ止め装置

前述したように、コンテナ船からの荷役は、船が入港するとともに1船の荷役が完了するまで連続運転され、一時に多量のコンテナを取り扱う。コンテナの積み込み、積み卸しに際しては、ロープつりのコンテナ クレーンによって、コンテナの金具位置を合わせて着床しなければならない。したがって、運転者の技量が要求されるうえに、長時間運転の疲労と緊張は大きい。最近のコンテナ クレーンで荷役速度が高速化されると、つり荷の振れが大きくなり、コンテナの位置合わせ着床が難しくなり、運転者に技量が要求される。これらの点を少しでも緩和するため、高速型コンテナ クレーンではつり荷コンテナの振れを止めるため、振れ止め装置を取り付ける要求が強い。一方、近い将来の自動荷役化の観点からも信頼性の高い安定した性能を発揮する振れ止め装置の開発が不可欠の問題となっている。

これらの背景のもとに、振れ止め性能、保守性、運転操作性、信頼性の各観点から検討を行ない、新しい振れ止め装置を開発した。振れ止めの性能としては、約45tのつり荷コンテナを25mのつり下げ高さでつり、トロリを急減速停止させた場合(減速度約 $0.6m/s^2$ )、トロリが停止後5秒以内にコンテナ底面の振れ量を±5cm以下に抑えるものである。

コンテナ クレーンでの振れ止め装置は、コンテナの振れ量の許容目標値が極めて小さいこと、つり荷の着床点が広範囲に変わることなどにより、従来からバケット クレーンのアンローダで使用されている電氣的制御による振れ止めだけでは技術的に困難な点があり、機械的制御を主体とした振れ止め装置として開発した(特許出願中)。

図3に本振れ止め装置の基本原理を示す。トロリが一定速度で横行中は、同図(a)に示すようにつり荷コンテナはトロリのほぼ中央にある。横行制動がかかり減速されると、コンテ

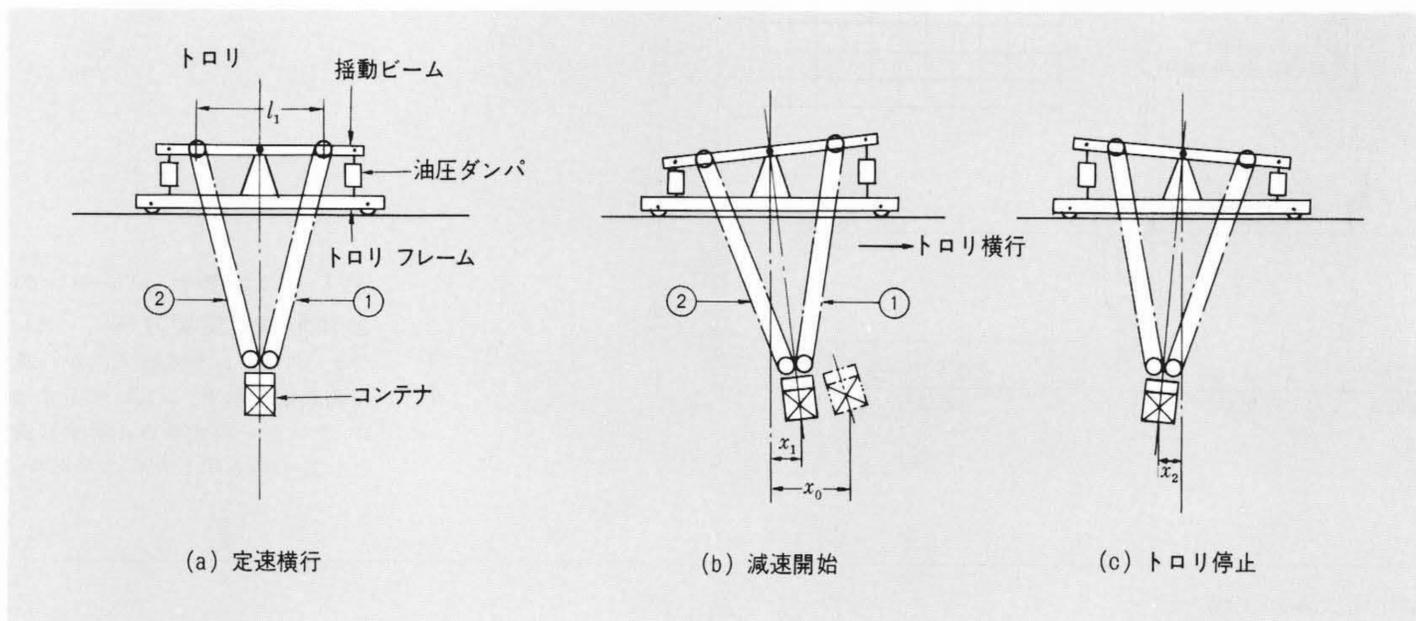


図3 振れ止め装置の機能 (特許出願中) 振れ止め装置の作動原理を示したものである。

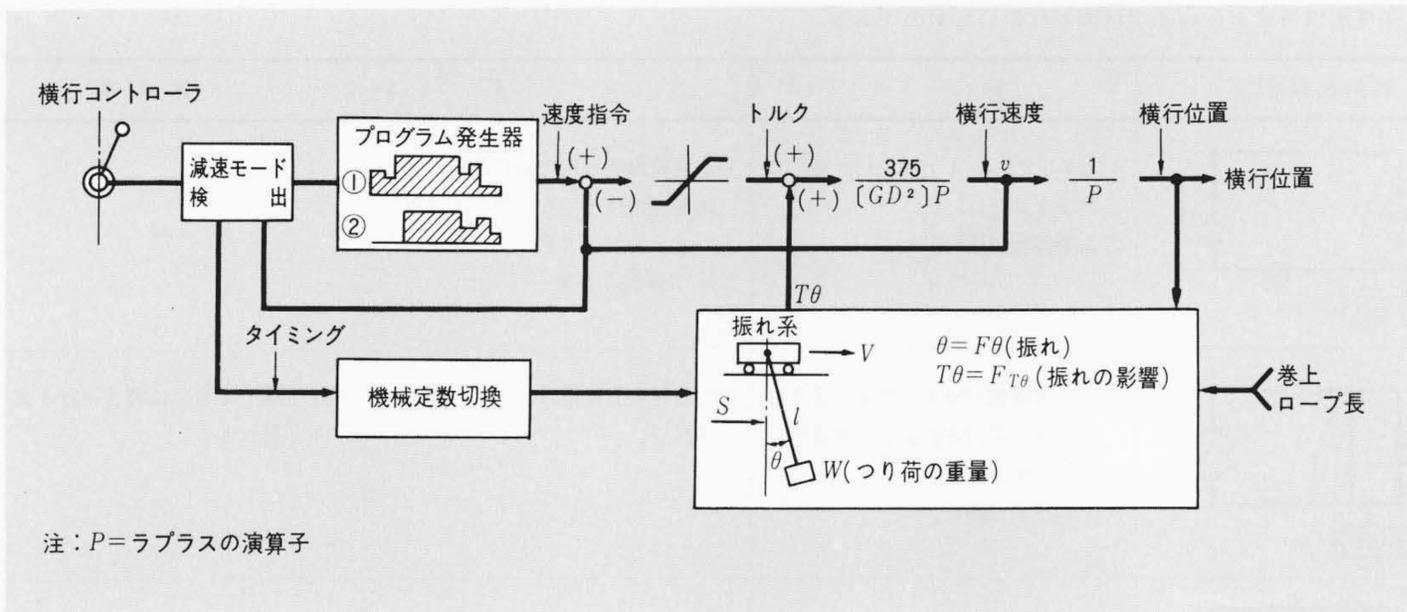


図4 プログラム方式自動振れ止め制御ブロック図  
プログラム方式の制御回路と機械系を含むブロックダイアグラムを示すものである。

ナは慣性力によって横行方向に振れようとする〔同図(b)〕。コンテナが振れることによって巻上ロープ①と②の間に張力差が生じ、トロリ上の揺動ビームが傾き始める。しかし、油圧ダンパが揺動ビームとトロリフレームの間に結合されているため、揺動ビームを傾けようとするエネルギーは油圧ダンパに吸収される。したがって、ダンパがない場合、コンテナの振れが $x_0$ となるべきものが $x_1$ の振れに抑えられる。次にコンテナが同図(c)に示すように振れの方向が反転するが、このとき揺動ビームの運動方向も逆となり、前述と同様、振れエネルギーはダンパに吸収されるため振れ量 $x_2$ は $x_2 \ll x_1$ となり、つり荷コンテナの振れを急速に減衰させることができる。このようにして、コンテナの振れをトロリ上の揺動ビームの動きに置きかえ、エネルギー吸収ダンパによってコンテナの振れを急速に減衰させるものである。

上述したように、機械的な振れ制御によって振れ振幅が小さくなってからの減衰効果も極めて優れた特性を持っていることが確認された。また、最初の振幅値 $x_1$ が大きいと隣接するコンテナに接触したり危険が伴うため、これをある程度の大きさに抑える必要がある。その一方法として、電気制御による方法を一部併用した。この方法は、トロリ横行の減速モードをコントローラの動きから検出し、プログラム制御によりトロリの減速停止を制御し、コンテナの初期の大きな振れを抑えようとするものである。図4にこの方式による振れ制御ブロック図を示す。<sup>1) 2)</sup>この電氣的制御は、トロリに搭乗する運転者に不快感を与えないため、その作動する影響をできるだけ抑えるようにしている。

4 電気制御

コンテナ クレーンでの主機は、円滑で高効率な作業性を要求されるため直流電動機が使用されている。巻上用の電動機は荷役効率を向上するため定出力特性を持たせ、定格荷重時には定格速度で巻上げ、巻下げを行ない、空荷のときは定格の2倍近い高速運転を行なっている。この高速と低速の切換は電動機のトルク特性によって自動的に行なわれる。図5(a)に巻上用電動機のトルク-速度特性を示す。

横行、走行、起伏用電動機は、負荷変動があっても速度が変化しない定トルク特性が要求される(同図(b))。

コンテナ クレーンの主機に使われる電動機は速度制御方式として、サイリスタレオナード、ワードレオナード、エンジンレオナードなどの方式がコンテナヤードの条件により選択される。これらの方式の特徴をまとめて表1に示す。

5 海上コンテナ荷役の自動化

コンテナヤードでの荷役の自動化は、既に日本国有鉄道東京貨物ターミナルコンテナヤードに納入されたシステムで実現されているが、このシステムをコンテナ埠頭で後方ヤードシステムとしてそのまま適用することは可能である。船上のコンテナを埠頭岸壁へ卸し、後方ヤードへ搬入するまで(又はこれの逆コース)電子計算機の管理によって自動化されれば、海上コンテナ埠頭での総合自動化は実現される。図6にコンテナの陸揚げからコンテナヤードへの移し替え、ヤード貯蔵整理、ヤードからの払い出し(又はこれの逆コース)に至るまで、中央電子計算機により総合管理され、自動化、無人化された姿を示す。船上と岸壁上の間のコンテナの積み替えの自動化に当たっては、信頼できる高性能な振れ止め装置の開発を待たれていたが、3.で述べたように高性能振れ止め装置の開発をみることができ、岸壁クレーンの自動化の見通しができた。前述したように後方ヤードの自動化の実績は既にできており、海上コンテナ埠頭での総合自動化が実現するのも近いものと考えられる<sup>3)</sup>。

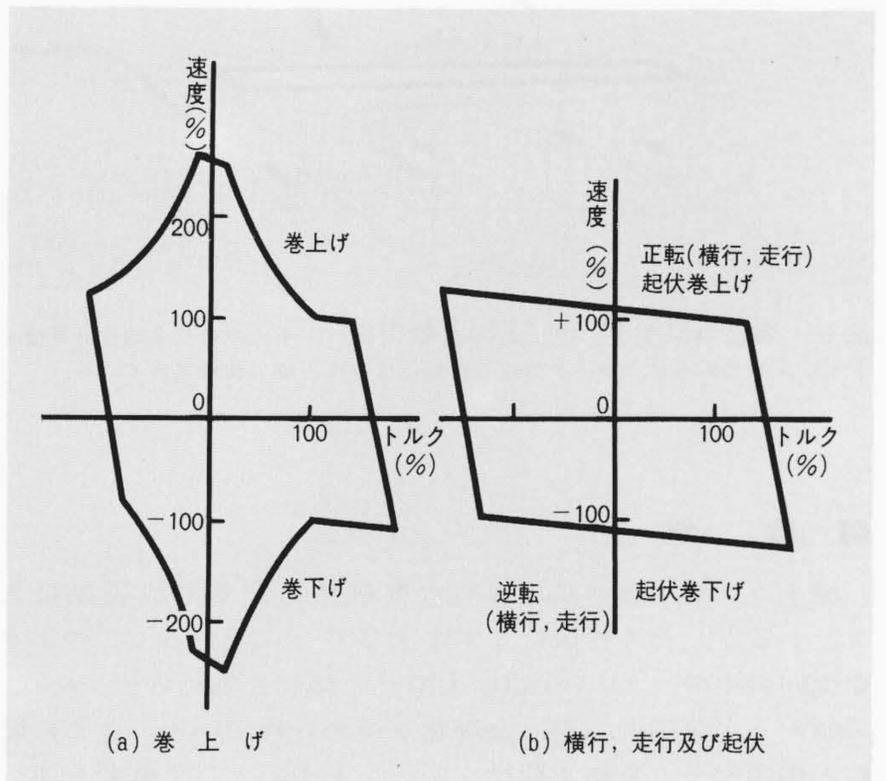


図5 コンテナ クレーン主機電動機は速度-トルク特性 コンテナ クレーンの主機電動機である直流電動機は速度-トルク特性を示す。

表1 速度制御方式の比較 速度制御方式の一般的な特徴を比較したものである。

速度制御方式	概略結線図	利 点	欠 点	注 意 事 項
ワード レオナード		1. サイリスタ レオナードに比較して効率が良い。 2. 瞬時停電に強い。	1. 交流電動機制御方式に比較して応答特性は良いが、サイリスタレオナードより悪い。 2. M-G装置が必要。	—
サイリスタ レオナード		1. M-G装置部がサイリスタにより静止装置に変わるため保守が容易。 2. 設置面積が減る。 3. 応答速度が速い。	1. 低速時で交流電源の力率、効率が悪い。	低圧受電の場合には電源系統を強くする必要がある。
エンジン レオナード		1. 外部電源が不要。	1. エンジンの保守が必要巻下げ時などエンジンへのバックパワーを規定以内にするため、バックパワーのコントロール回路が必要。	エンジンの応答速度とエンジン軸のフライホイール効果、吸収馬力の関係に注意を要する。

注：IM=誘導電動機 DCG=直流発電機 DCM=直流電動機 SH=直流変流器 AMP=増幅器

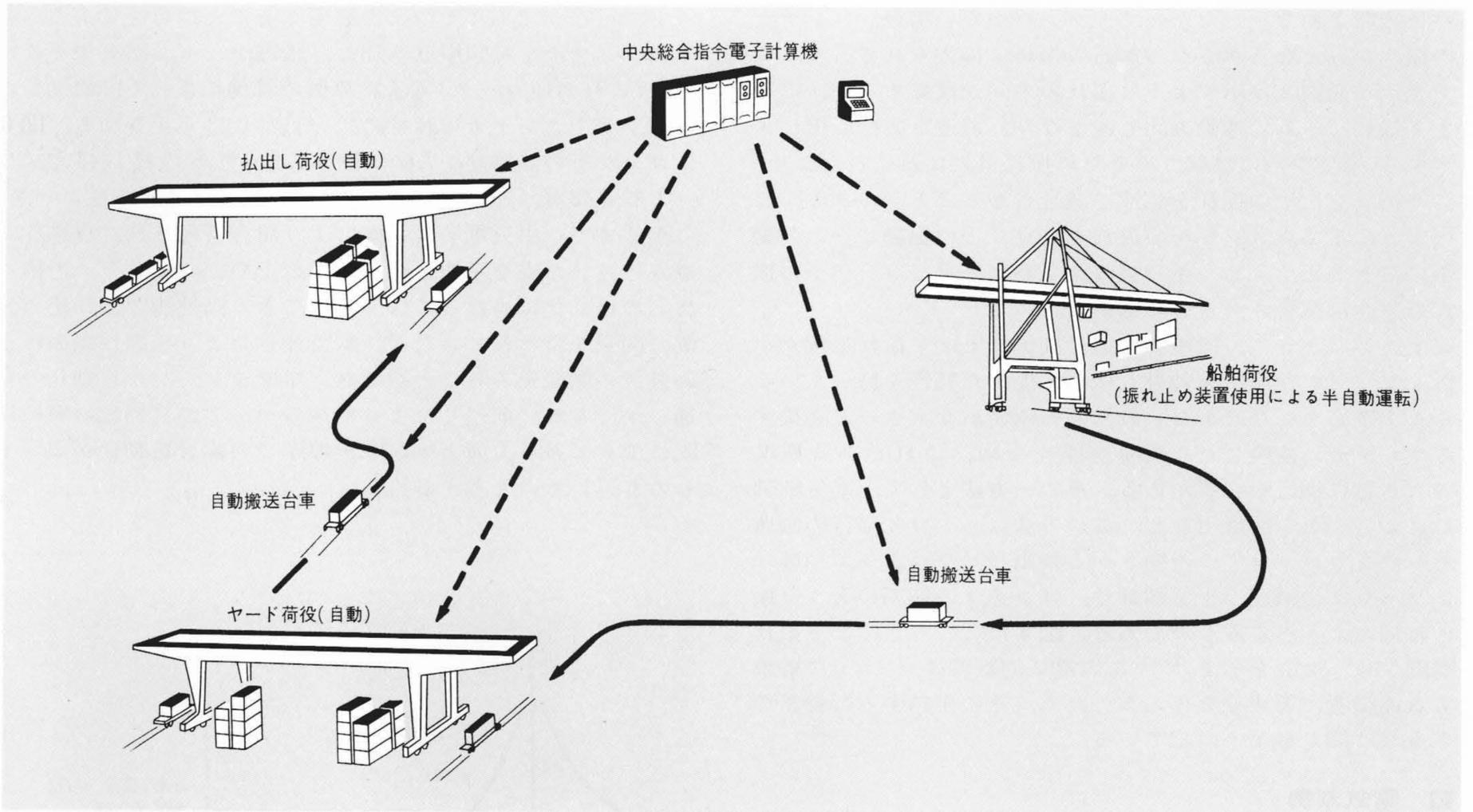


図6 海上コンテナヤードの自動荷役 中央総合指令電子計算機を中心とした埠頭荷役の自動化を示すイラストであるが、ヤード荷役の自動化は既に一部で実施されている。

## 6 結 言

海上コンテナ輸送は世界の主要航路に定着し成長期に入っているが、その物流はますます多くなっている。このような動向の中で、コンテナ船は大型化の傾向を強めるとともに、埠頭ヤード設備も拡充、合理化が進められている。ここに船舶と埠頭ヤードを結ぶ荷役クレーンを中心として概要を述べたが、振れ止め装置の開発によって高速自動化の実現へ大きく前進したといえよう。

## 参考文献

- 1) 山本ほか：「アンローダのバケット自動振れ止め制御」, 日立評論, 55, 241 (1973)
- 2) N. Yamamoto, N. Sekiguchi, H. Ichikawa: "Automatic Antiswing Control of Unloader Bucket", Hitachi Review, 22, 411 (1973)
- 3) 福渡：「埠頭用コンテナクレーン」, 日立評論, 51, 213 (昭44-3)