

【技術分類】 1-3-2 位置制御

【 F I 】 B66C13/22@H

【技術名称】 1-3-2-1 天井クレーンの位置制御における位置補正

【クレーン種別】 1-1 トロリ式天井クレーン

### 【技術内容】

鉄鋼コイル製造ライン出荷ヤードのコイル搬送自動クレーン（図 1）における走行位置検出誤差補正方式について紹介する。

走行位置検出器として、通常アブソコダ等の回転形位置検出器が使用されているが、走行途中でスリップが発生し、また長時間の使用で走行車輪が摩耗すれば、検出位置に誤差が生じ停止精度の悪化要因となる。

本クレーンの走行位置検出誤差補正方式は、ランウェイガダに走行定位置毎の位置補正用ドグを設け、そのドグに対応した 1 個の位置補正用センサーをクレーン側に設けることにより行われる。

クレーンが目的の走行定位置の位置補正用ドグを通過する時、位置検出器の検出データを補正用ドグの絶対位置データに書き換えることにより、定位置に位置決め停止を行う直前に走行途中のスリップや走行車輪摩耗による位置検出器の検出誤差を修正し、正確な位置データで演算が可能となり、良好な停止精度が得られる。

位置補正センサーは 1 個のため、目的の走行定位置に到達する前に複数の位置補正用ドグを通過するが、目的の位置補正用ドグでのみ補正を行うよう PLC（プログラマブルロジックコントローラ）であらかじめ目的走行定位置の補正用ドグに対応した補正可能範囲を演算しておく。この補正可能範囲は広いので、補正前の位置データで演算しても支障ない。

### 【図】

図 1 システム構成図参照

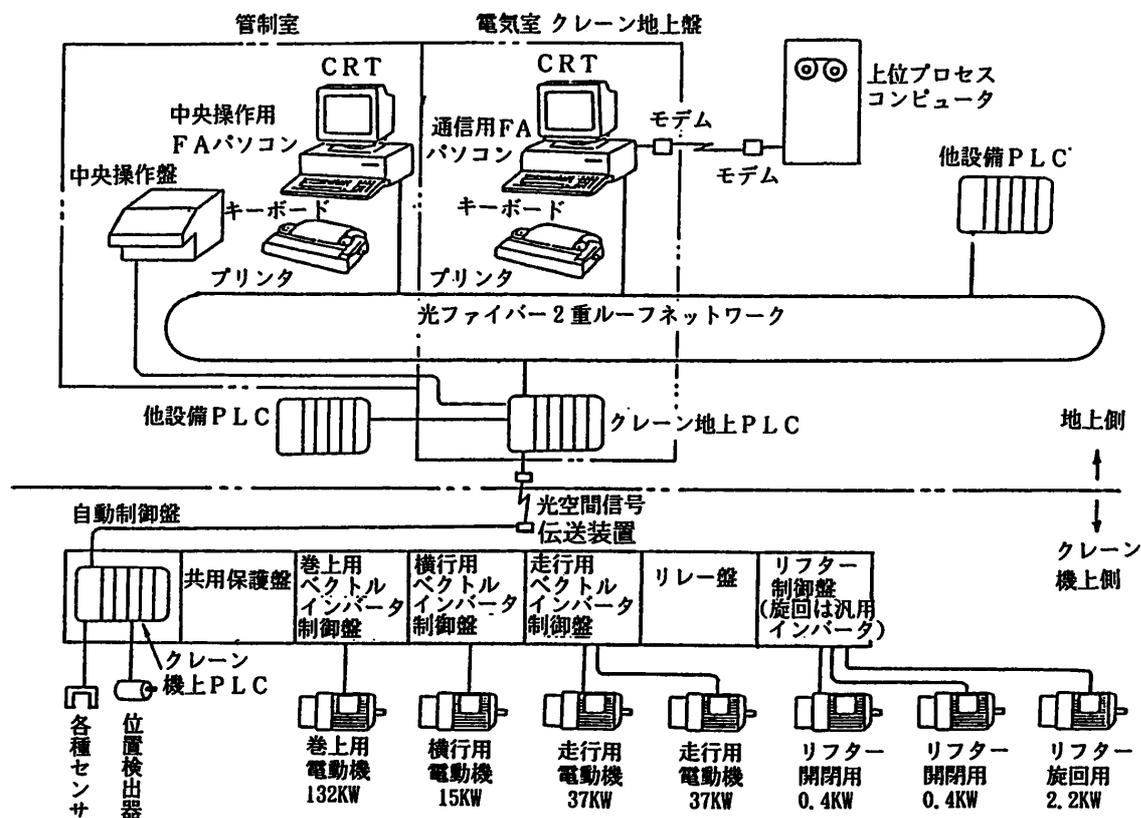


図 2. システム構成図

出典：「コイル搬送自動クレーンの制御」、「産業機械 NO. 575 34 頁」、「1998 年 8 月」、「重松正憲（川鉄マシナリー株式会社）著」、「日本産業機械工業会発行」

**【出典／参考資料】**

「産業機械 NO. 575 32-34 頁」、「1998 年 8 月」、「重松正憲（川鉄マシナリー株式会社）著」、「日本産業機械工業会発行」

【技術分類】 1-3-2 位置制御

【 F I 】 B66C13/22@H, B66C13/22@G

【技術名称】 1-3-2-2 天井クレーンの自動化と斜行制御

【クレーン種別】 1-1 トロリ式天井クレーン

【技術内容】

製鉄所の既設の天井クレーンについて、機械的な改造を極力抑え低コストで自動化する方法として電気式振れ止め・位置決め制御技術を開発し、これを実機工事に適用した。

自動化システムでは、ガーダのねじれ・斜行に対する対策が必要である。また、横走行の速度制御時に、トルクや速度の急変により機械系のバックラッシュの影響や位置検出ローラのスリップが発生し、位置決め精度を悪化させる。ガイドローラの設置やラックピニオン化など機械補強を極力抑え、システム技術の開発により低コスト化を図った。

斜行検出と制御の構成を図1に示す。ガーダの左右に設置した一対の位置センサにより常時位置差（斜行）を検出する。図1のようなツインドライブのクレーンでは、位置差に基づき走行中にそれぞれのモータに速度補正指令を与えて斜行量を制御する。シングルドライブのクレーンでは、クレーンガーダが車輪の速度差やレール平行度の不足などによって一定限度以上の斜行が生じた場合に、自動運転停止などのインターロックをかけることができる。さらに、走行位置決め時に横行トロリの位置によって距離差を補正し、吊荷の停止位置を正確に制御する。

【図】

図1 クレーンの斜行検出・制御

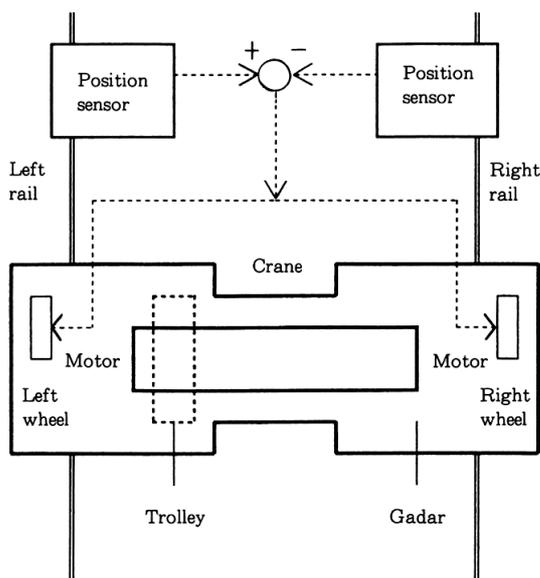


Fig. 3 Configuration of gadar yawing angle meter

出典：「天井クレーンの自動化」、「NKK 技報 No. 149 42 頁」、「1995 年 3 月」、「大川登志男、山口収、関根宏（日本鋼管株式会社）著」、「日本鋼管株式会社発行」

【出典／参考資料】

「NKK 技報 No. 149 40-45 頁」、「1995 年 3 月」、「大川登志男、山口収、関根宏（日本鋼管株式会社）著」、「日本鋼管株式会社発行」

【技術分類】 1-3-2 位置制御

【 F I 】 B66C13/46@D

【技術名称】 1-3-2-3 室内 GPS によるクレーン、吊荷の位置計測

【クレーン種別】 1-1 トロリ式天井クレーン

【技術内容】

GPS と同様な考え方を応用し、図 1 のように室内に赤外線送信機を複数台設置し、受信機をクレーンおよび吊荷に設置することにより、クレーンおよび吊荷の正確な位置の計測を可能とした。

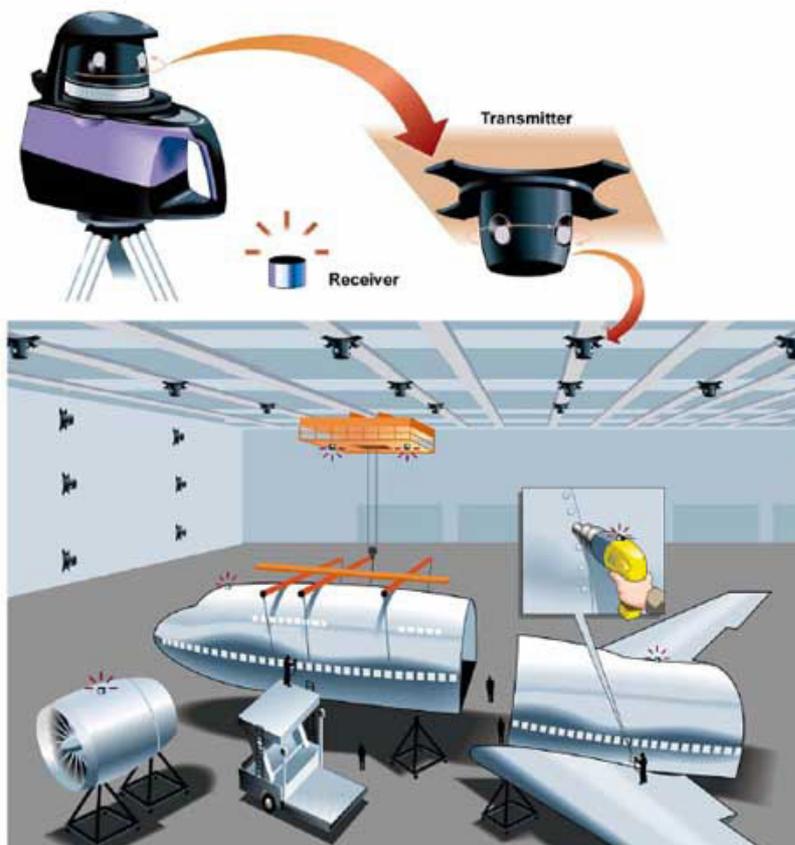
送信機は天井や壁の固定部分に複数台設置され、クレーンまたは吊荷に設置された受信機は見える状態にある発信器の中から最適の組み合わせを選び、その位置を決定する。

各送信機は受信機に対し、送信機に対する受信機の方位と高さ情報を送信するので、受信機は室内における三次元位置情報が得られる。

地上に固定した受信機（ベースステーション）を配備することにより、測定精度は 0.1 ミリまで高めることが可能であり、航空機などの組立に応用されている。

【図】

図 1 室内 GPS の適用例



出典：「株式会社アイティーティーカタログ」、「2004 年国際物流展にて入手」

【出典／参考資料】

「株式会社アイティーティーカタログ」、「2004 年国際物流展にて入手」

【技術分類】 1-3-2 位置制御

【 F I 】 B66C13/48@B

【技術名称】 1-3-2-4 アンローダのための船内位置検出

【クレーン種別】 1-8 その他（連続アンローダ）

【技術内容】

世界初の鉱石／石炭用連続アンローダが1993年に導入された。

本連続アンローダの自動運転では、あらかじめコンピュータに記憶させた船型データに基づきその船型にあう搔取軌跡をホールドの下層部にいたるまでプログラミングすることにより、自動運転時にはこの軌跡に従って搔取動作を行う。

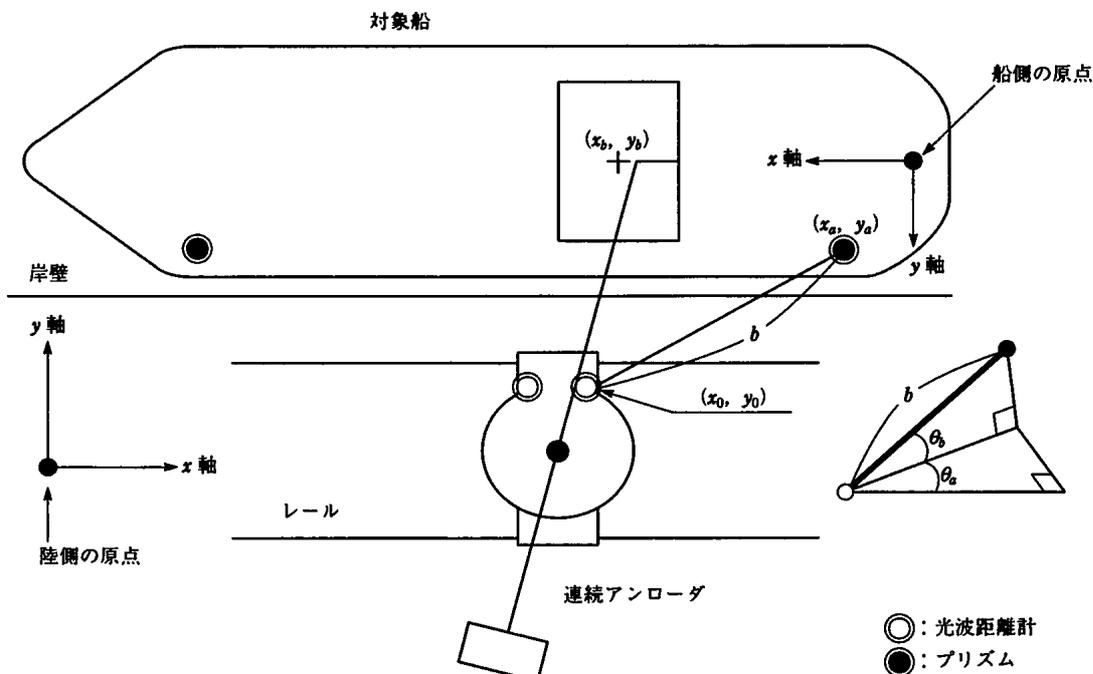
その際アンローダと船との相対位置を常時検出する必要がある。この検出方法は以下の通りである。

船型データは船側の原点に対する座標で位置データをもっており、一方アンローダは陸側の原点に対する座標で位置データをもっているため、自動運転時の船型位置データはすべて、陸側の原点に対する値に変換する必要がある。船型位置データの変換は、連続アンローダのポータル上に二つの光波距離計を設置し、船上に各々の距離計に対するプリズムを取り付けて両者の相対位置（距離、垂直角、水平角）を検出し、変換式により求める（図1）。

このように、光波距離計により常時相対位置を検出し、陸側原点からの絶対位置に直して船の位置を把握し、その位置に対して搔取軌跡を算出しているため、自動運転時、船の動揺に対しても搔取軌跡がそれに従って動き船に追従する形で搔取動作を行うことが出来る。すなわち、光波距離計を使用することにより、潮位変動、喫水上昇、係留ずれなどの船の変動要因に対しても、それに従い自動運転を可能にしている。

【図】

図1 相対位置関係図



第8図 相対位置関係図

Fig. 8 Ship hold position sensing method

出典：「鉱石／石炭用連続アンローダ制御システムの開発」、「石川島播磨技報 VOL. 36 NO.2 135頁」、  
「1996年3月」、「下垣慎吾、林亨（石川島播磨重工業株式会社 機械鉄構事業本部）著」、「石川島播磨重工業株式会社発行」

【出典／参考資料】

「石川島播磨技報 VOL. 36 NO. 2 131-136 頁」、「1996 年 3 月」、「下垣慎吾、林亨（石川島播磨重工業株式会社 機械鉄構事業本部）著」、「石川島播磨重工業株式会社発行」

【技術分類】 1-3-2 位置制御

【 F I 】 B65G1/04, 537@Z, B65G1/04, 539@Z

【技術名称】 1-3-2-5 スタックークレーンの磁気スケールによる位置制御

【クレーン種別】 1-9 スタックークレーン

#### 【技術内容】

立体自動倉庫用スタックークレーンの構造を図1に示す。スタックークレーンの走行軸と昇降軸の位置制御は、ロータリーエンコーダと各種スイッチの組合せで行う方式が多用されてきた。この方式では、棚ごとの位置調整に多くの時間と労力を要していた。そのため、インクリメンタルタイプ磁気スケール（MCスケール）を活用したスタックークレーンの走行・昇降の位置制御を開発した。

MCスケールシステムの構成を図2に示す。スケールは、磁性ステンレスにゴム磁石を貼り付けN極S極を交互に20mm等ピッチで厚さ方向に着磁したものを使用する。許容クリアランス変動を大きくするため着磁に工夫がある。ヘッドは可飽和コイルを利用した磁気センサを2個有し、スケールが発する垂直磁束成分を検出して2チャンネルの90度位相差、正弦波直流アナログ信号を出力する。ディテクターはこのアナログ信号を受け、その移動量と移動方向を判別してパルス信号に変換する。

MCスケールの変位信号を走行軸と昇降軸の位置制御用フィードバックパルスとして利用することにより、クローズドループ制御で高度な機械誤差補正が可能になった。従来行っていたスイッチの調整をプログラミングソフトで正確・迅速に行えるようになった。また、スタックークレーンの加減速が有効に行え、サイクルタイムの改善に貢献できた。

#### 【図】

図1 スタックークレーンの構造

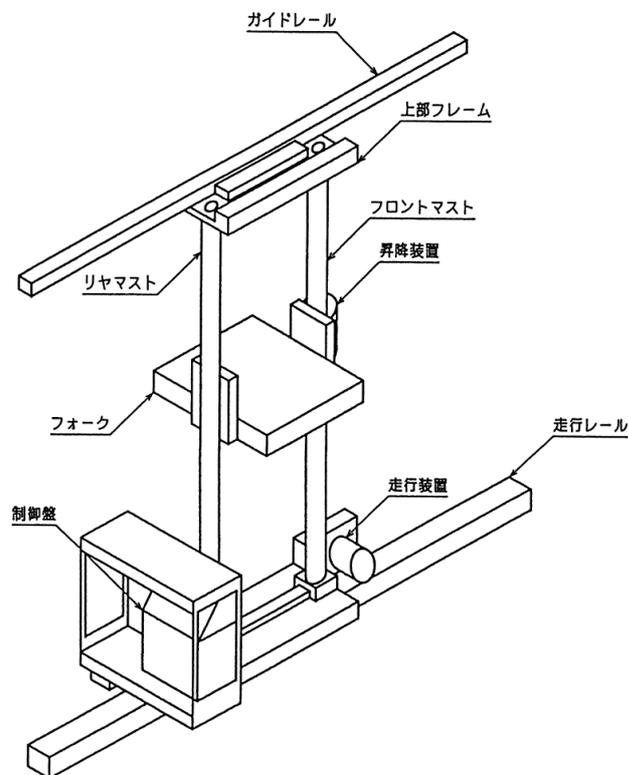


図-4 スタックークレーンの構造

出典：「自動倉庫活用の新アイデアと保管設備機器 立体自動倉庫へのMCスケールシステムの応用」、  
「無人化技術 Vol.36 No.8 75頁」、「1995年8月」、「白鳥祐一（株式会社マコメ研究所）著」、「新  
技術社発行」

図2 インクリメンタルタイプ磁気スケールシステムの構成

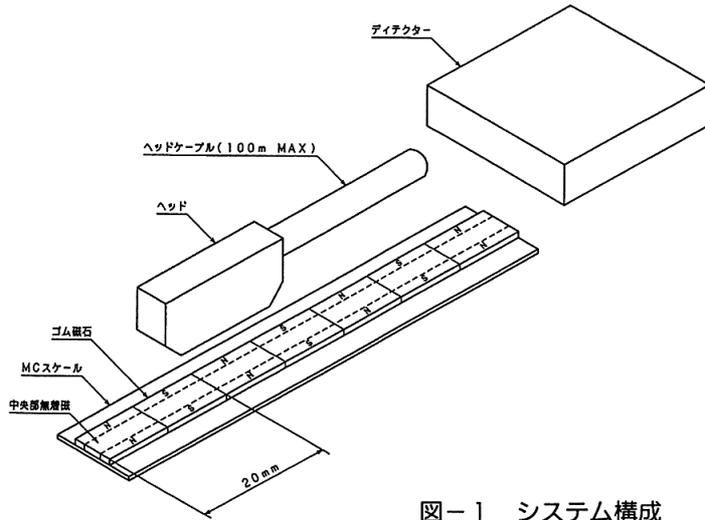


図-1 システム構成

出典：「自動倉庫活用の新アイデアと保管設備機器 立体自動倉庫へのMCスケールシステムの応用」、  
「無人化技術 Vol.36 No.8 74頁」、「1995年8月」、「白鳥祐一(株式会社マコメ研究所)著」、「新  
技術社発行」

【出典／参考資料】

「無人化技術 Vol.36 No.8 73-75頁」、「1995年8月」、「白鳥祐一(株式会社マコメ研究所)著」、  
「新技術社発行」

【技術分類】 1-3-2 位置制御

【 F I 】 B65G1/04, 539@A

【技術名称】 1-3-2-6 位置決めピン方式によるスタッカークレーンの位置制御

【クレーン種別】 1-9 スタッカークレーン

#### 【技術内容】

完成車を立体的に格納する立体自動倉庫は、パレット上に車を乗せて格納するパレット式が主流であったが、パレットを使用する自動倉庫は空パレットのハンドリングのための無駄な搬送を行う、パレットのメンテナンスが必要となるなどの欠点がある。そこで、4本の超薄型スライドフォークで車のタイヤを直接挟み込んで、ハンドリングするスタッカークレーンによるパレットレス完成車用自動倉庫システムを開発し（図1）、一台当たりの入出庫処理時間は従来方式の約2/3程度で処理でき、サイクルタイムを飛躍的に短縮することができた。

地上と車の隙間寸法は普通乗用車で通常140mmから180mm程度と非常に狭い空間で、スライドフォークを伸縮させるため、多段式ラックの棚に対して移載を行う場合（ハンドリング手順を図2に示す）、昇降の停止精度が問題となる。また、車両の位置はホイールベースの検出などすべて前輪を基準とするため、棚側と昇降体の前輪基準位置が一致する必要があるため、走行の停止精度も問題になる。そこで、昇降体に入出力可能なピンを設け、また、棚側に固定の位置決めブロックを設置し、昇降体が棚位置で停止する際このピンを出して4カ所の位置決めブロックに着床させることにより、完全な位置決めを行える構造とした。

【図】

図1 パレットレス完成車用自動倉庫用スタックークレーン

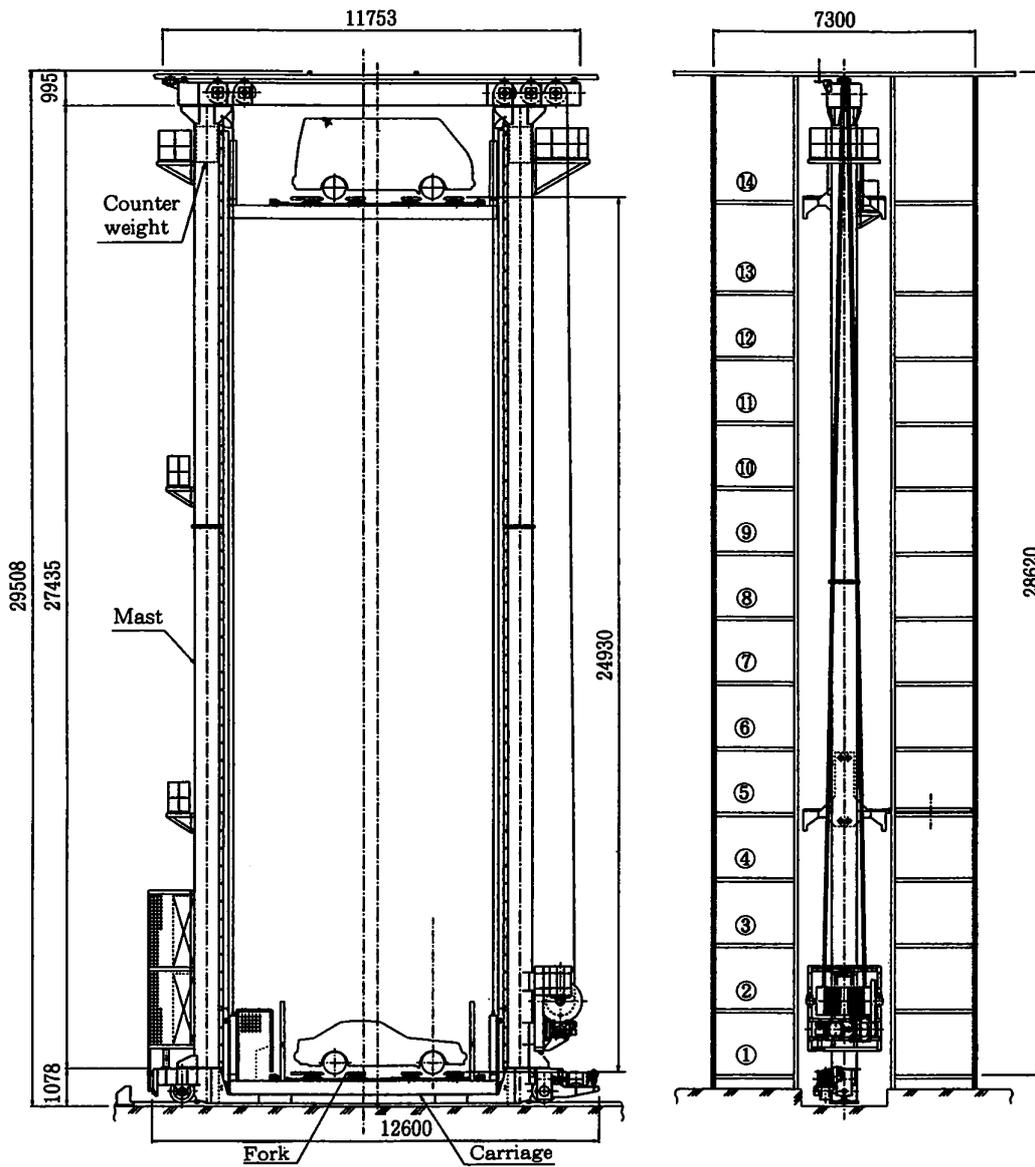


Fig.2 Stacker crane

出典：「完成車用パレットレス自動倉庫システム」、「NKK 技報 NO. 149 80 頁」、「1995 年 3 月」、「石川洋史、渡部優、池野内輝正、鈴木善之、上田紀夫（日本鋼管株式会社）著」、「日本鋼管株式会社発行」

図2 ハンドリング手順

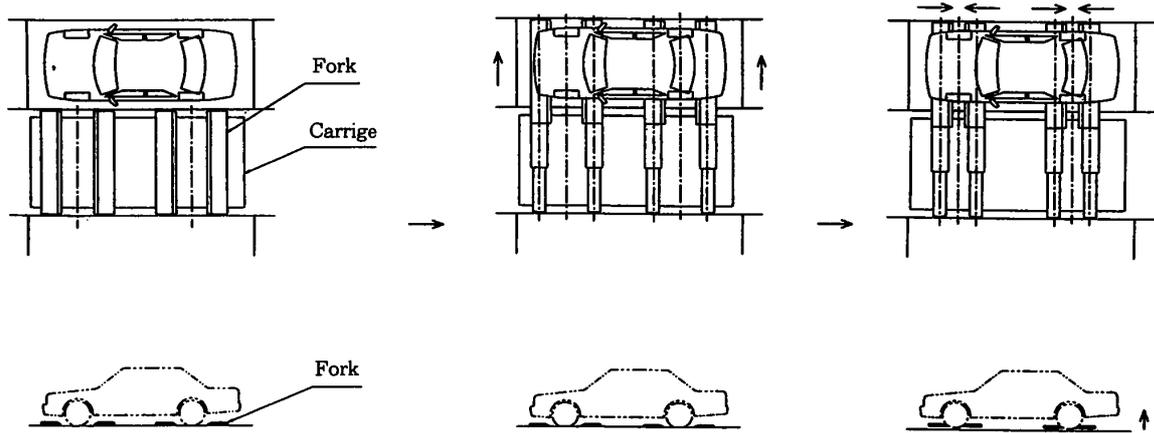


Fig.4 A process of forking

出典：「完成車用パレットレス自動倉庫システム」、「NKK 技報 NO. 149 83 頁」、「1995 年 3 月」、「石川洋史、渡部優、池野内輝正、鈴木善之、上田紀夫（日本鋼管株式会社）著」、「日本鋼管株式会社発行」

図3 位置決めピン

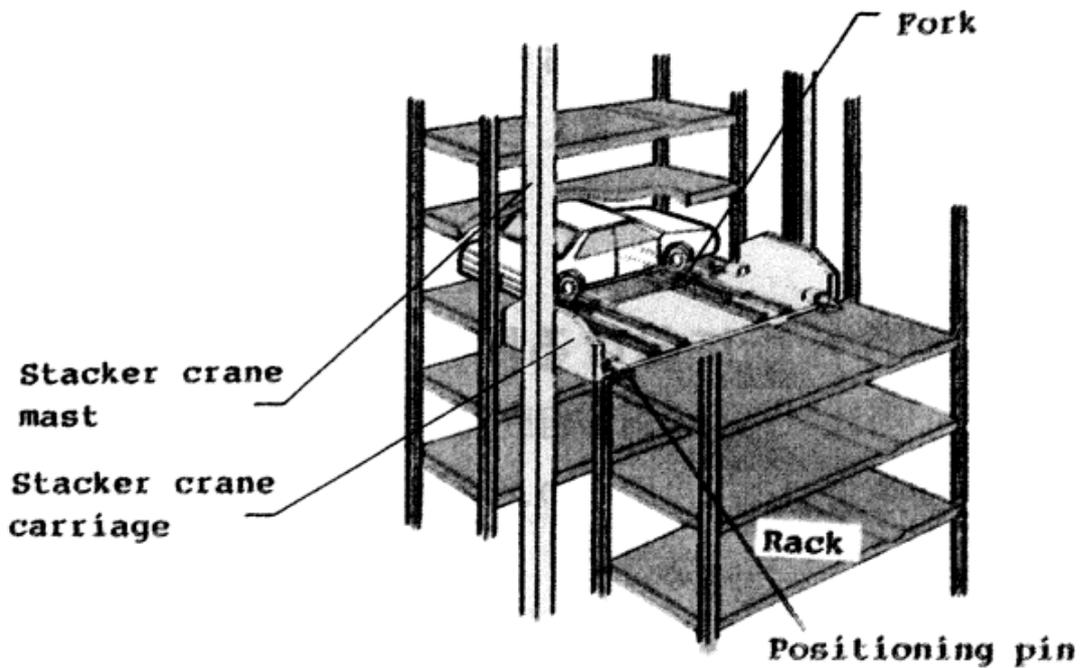


Fig.5 Positioning pin

出典：「完成車用パレットレス自動倉庫システム」、「NKK 技報 NO. 149 83 頁」、「1995 年 3 月」、「石川洋史、渡部優、池野内輝正、鈴木善之、上田紀夫（日本鋼管株式会社）著」、「日本鋼管株式会社発行」

【出典／参考資料】

「NKK 技報 NO. 149 79-85 頁」、「1995 年 3 月」、「石川洋史、渡部優、池野内輝正、鈴木善之、上田紀夫（日本鋼管株式会社）著」、「日本鋼管株式会社発行」

【技術分類】 1-3-2 位置制御

【 F I 】 B65G1/04, 537@Z, B65G1/04, 539@Z

【技術名称】 1-3-2-7 スタッカークレーンの光学式位置センサ

【クレーン種別】 1-9 スタッカークレーン

#### 【技術内容】

スタッカークレーンの走行・昇降の制御は、通常、溝形の光電スイッチとドグ板の組合せにより行うことが多い。これと比較し、光学リニアエンコーダを使用することで、より高精度かつフレキシブルな走行・昇降制御が可能になる。

図1に光式リニアエンコーダの外観を、図2に投光素子、受光素子およびエンコード板の配置を示す。光式リニアエンコーダは、検出方法が透過形であり、投光部と受光部を一体にした溝形構造である。投光素子にLEDを、受光素子には3分割ホトダイオードを使用している。光は独自の光学系を採用して平行光としている。これにより、受光素子への照射光を均一にし、2相出力の位相差とデューティ比に偏りをなくし、エンコーダ本体とエンコード板の位置ずれに対する出力変動を最小限に抑えている。検出精度は0.5mm、検出速度は0~2.5kHz（エンコード板速度換算で0~2.5m/s）である。

スタッカークレーンへの適用では、スタッカークレーンの全走行範囲に中継ぎタイプのエンコード板を設置し、スタッカークレーンにエンコーダ本体を搭載して走行・昇降状態を検知する。スタッカークレーンの現在位置や移動速度が随時確認できるため、加速・減速ポイントならびに停止位置をフレキシブルに設定できる。停止精度も光式リニアエンコーダの検出精度である0.5mmと同一にまですることが可能である。

#### 【図】

図1 光式リニアエンコーダ

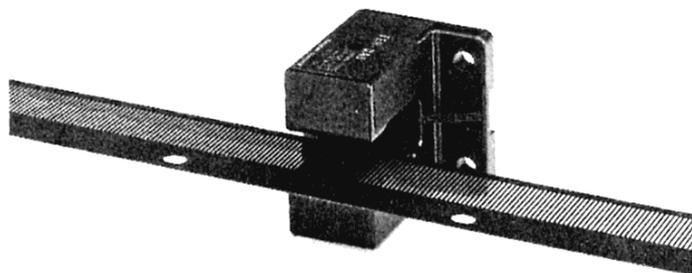


写真1 光式リニアエンコーダの外観

出典：「自動化機器ガイダンス 光式リニアエンコーダ」、「省力と自動化 Vol.25 No.4 58頁」、  
「1994年4月」、「松平義昭（山武ハネウエル株式会社）著」、「オーム社発行」

図2 投光素子、受光素子およびエンコード板配置図

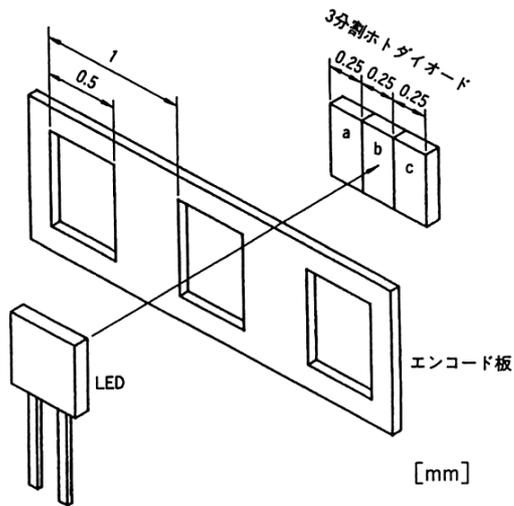


図1 投光素子、受光素子およびエンコード板配置図

出典：「自動化機器ガイダンス 光式リニアエンコーダ」、「省力と自動化 Vol.25 No.4 58 頁」、  
「1994年4月」、「松平義昭（山武ハネウエル株式会社）著」、「オーム社発行」

【出典／参考資料】

「省力と自動化 Vol.25 No.4 58-60 頁」、「1994年4月」、「松平義昭（山武ハネウエル株式会社）  
著」、「オーム社発行」

【技術分類】 1-3-2 位置制御

【 F I 】 B66C13/48@L

【技術名称】 1-3-2-8 ケーブルクレーン自動運転システムの位置決め制御

【クレーン種別】 1-10 ケーブルクレーン

### 【技術内容】

ダムコンクリート打設作業の安全性・生産性の向上、熟練オペレータ不足対策としてケーブルクレーン自動運転システムを開発した。図1に本システムの概要図を示す。RCD工法などコンクリートホップを使用する場合に、コンクリートプラントからホップまでコンクリートを全自動で運搬できる。

図2に示すとおり、簡単な通過安全高さの教示と、先に入力済のダム形状CADデータから、運搬経路中の侵入禁止領域を自動設定し、安全で最適な運転パターンをその都度計算して運転している。

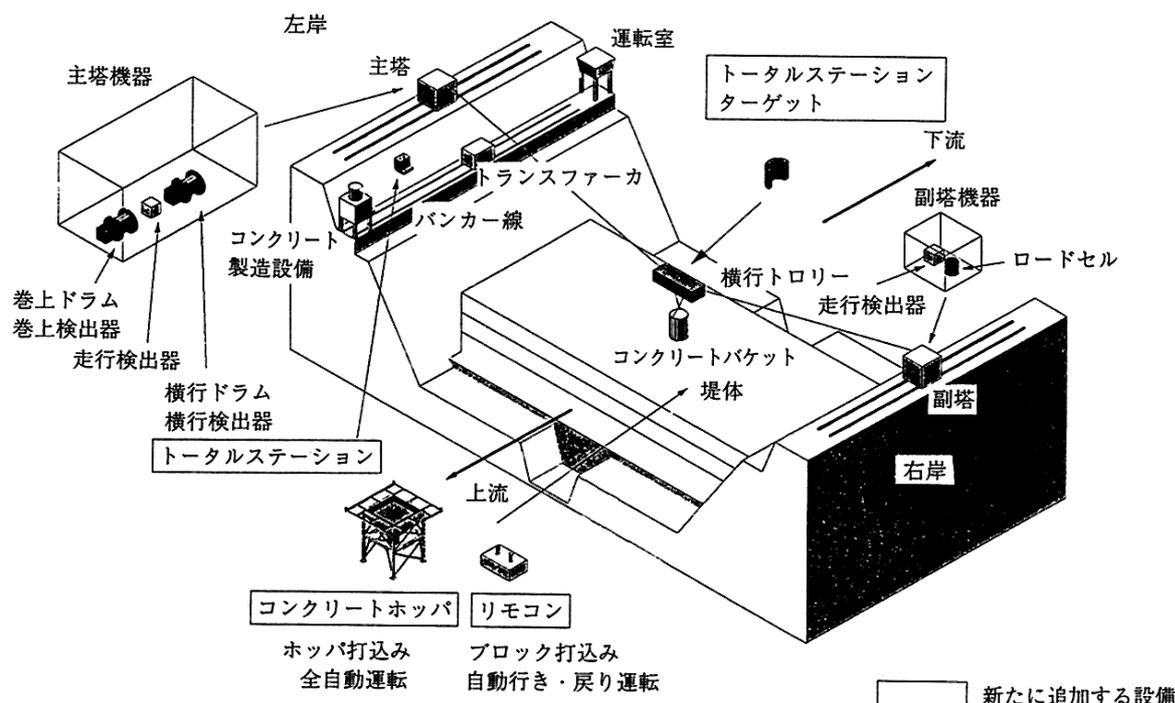
フィードフォワード制御による位置決めとファジィ制御による2段階加減速の振れ止めにより、目標位置への高い到達精度、少ない残存振れを実現している。バケットの位置は、巻き、横行、走行ドラムに取付けたシンクロ検出器により3次元座標で管理する。横行トロリー自動追尾トータルステーションで計測した座標データに巻きロープの繰り出し量を加えたバケット座標データにより、停止位置が誤差範囲内かを確認している。

安全高さとルートとの関係を図3に示す。巻下開始横行位置などは、オペレータが教示した安全高さ以上でサイクルタイム最小ルートを計算することによって求められる。すなわち、安全高さに掛からない横行位置から巻上(巻下)を行う同時運転ルートで計算している。

本システムを実際のダムに適用し、熟練オペレータに匹敵する性能を確認した。

### 【図】

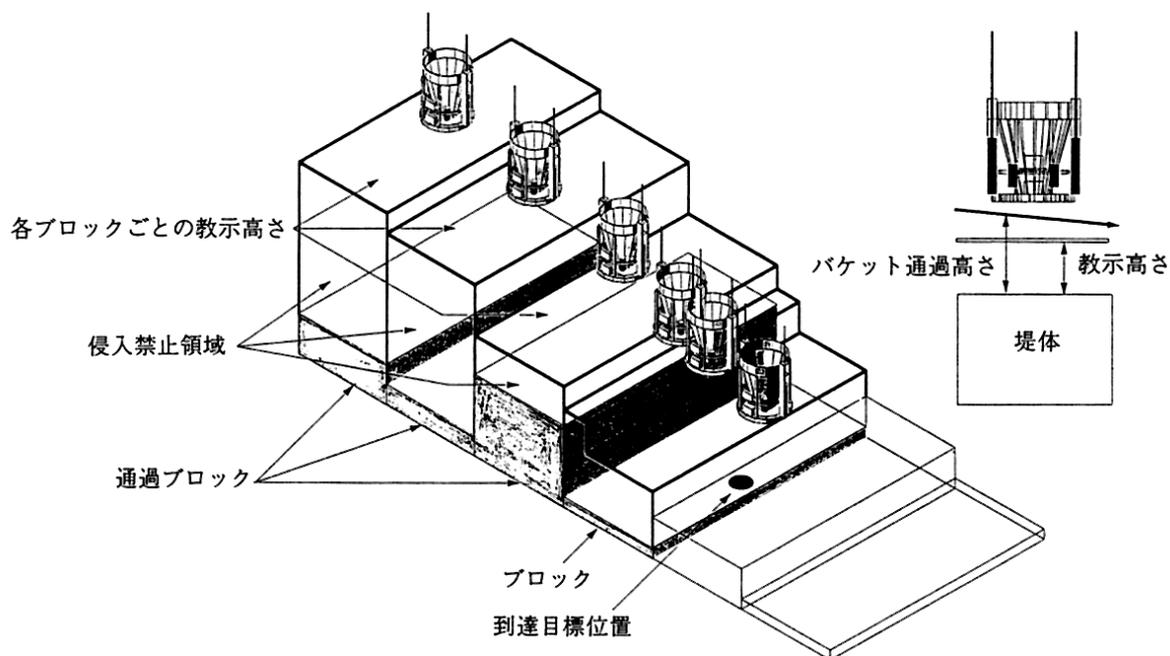
図1 ケーブルクレーン自動運転システム



第3図 ケーブルクレーン自動運転システム概要図

出典：「鹿島式ケーブルクレーン自動運転システム＝システムの概要および奥三面ダムでの実証結果＝」、「建設機械 Vol.35 No.12 26頁」、「1998年12月」、「塚本克美、岸光輝、竹村健一（鹿島建設株式会社）著」、「日本工業出版／建設機械編集委員会発行」

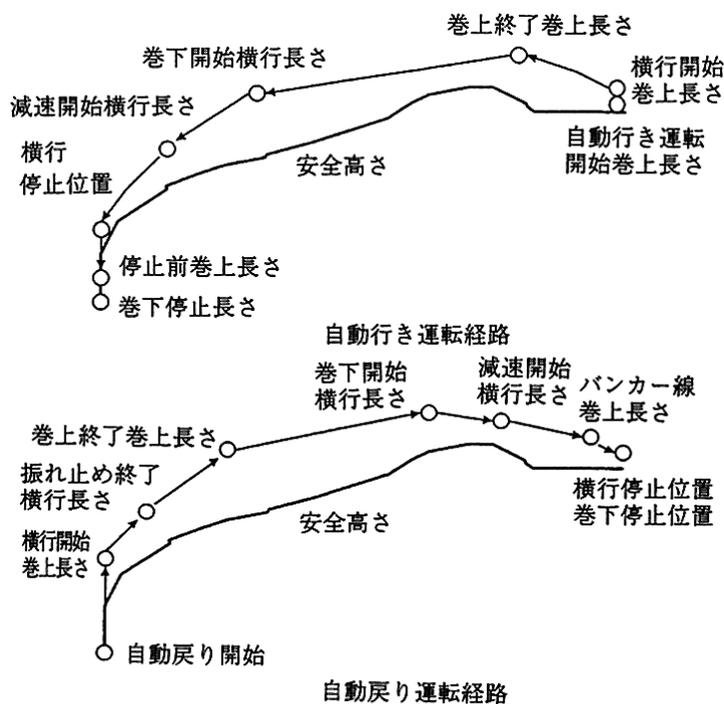
図2 バケット通過安全高さおよび侵入禁止領域



第4図 バケット通過安全高さおよび侵入禁止領域

出典：「鹿島式ケーブルクレーン自動運転システム＝システムの概要および奥三面ダムでの実証結果＝」、「建設機械 Vol.35 No.12 27頁」、「1998年12月」、「塚本克美、岸光輝、竹村健一（鹿島建設株式会社）著」、「日本工業出版／建設機械編集委員会発行」

図3 安全高さと運転経路



第6図 安全高さと運転経路

出典：「鹿島式ケーブルクレーン自動運転システム＝システムの概要および奥三面ダムでの実証結果＝」、「建設機械 Vol.35 No.12 28頁」、「1998年12月」、「塚本克美、岸光輝、竹村健一（鹿島建設株式会社）著」、「日本工業出版／建設機械編集委員会発行」

【出典／参考資料】

「建設機械 Vol.35 No.12 25-31 頁」、「1998 年 12 月」、「塚本克美、岸光輝、竹村健一（鹿島建設株式会社）著」、「日本工業出版／建設機械編集委員会発行」

【技術分類】 1-3-2 位置制御

【 F I 】 G01C15/00, 103@A

【技術名称】 1-3-2-9 浮きクレーンの GPS による沈設ケーソンの位置・姿勢制御

【クレーン種別】 2-5 浮きクレーン

### 【技術内容】

潮流の早い寺島水道での大島大橋橋脚ケーソン設置工事に向け、フローティング船（FC 船）のための海洋工事施工支援システムを開発し適用した。図 1 にシステムの構成を示す。データ通信に LAN を採用し、測位システムとして RTK-GPS を採用した。RTK-GPS の精度に関するデータが少ないため、これをバックアップする目的で自動追尾トータルステーション（TS）を設置した。

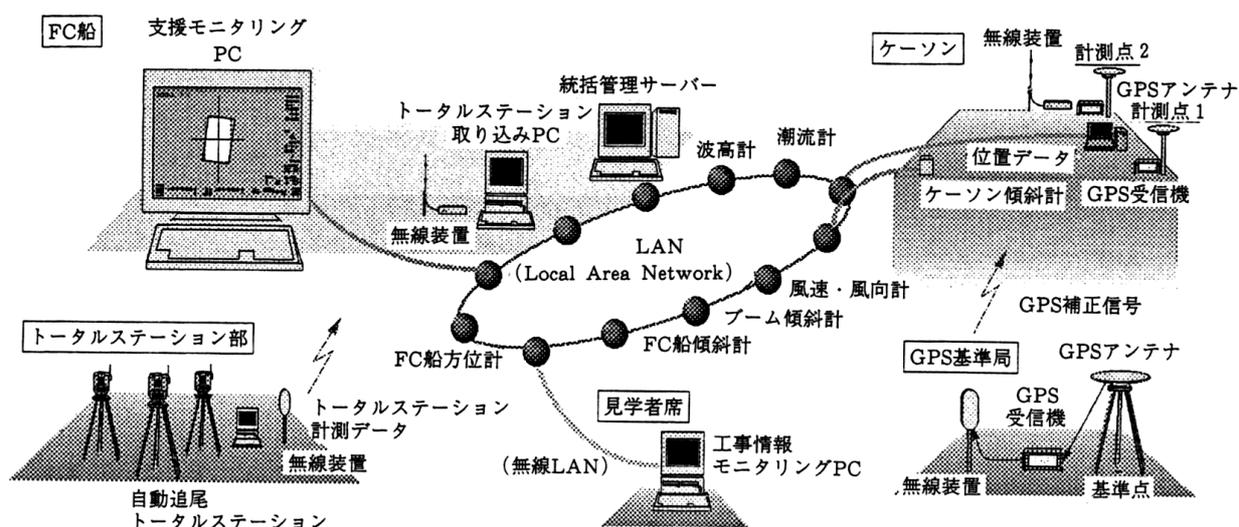
測位システムの概念図を図 2 に示す。ケーソンから離れた陸上の既知点に GPS 基準局を設置し、ケーソン上には 2 点の GPS 計測局を設置した。基準局で得た観測データは計測局へ無線伝送され、これに基づき計測局の位置を算出してパソコンへ出力する。2 点の計測位置からパソコンによりケーソン中心位置と方位角を算出する。また、ケーソン上に設置した傾斜計により、ケーソンのロール、ピッチ角を算出する。

3 台の自動追尾 TS によりケーソン中心の水平位置と方位角が測定可能である。各自動追尾 TS で得た測距、測角データは、パソコンに出力されケーソン中心の水平位置と方位角を算出後、無線 LAN を介して FC 船へ伝送される。FC 船では、計測されたケーソンの傾斜データと合わせてケーソンの位置・姿勢を算出する。

ケーソン底面中心座標における自動追尾 TS の測位結果と RTK-GPS の Fix 解の測位結果との較差を調査し、ケーソン沈設中の較差の平均値は公称精度以内であるとの結果を得た。RTK-GPS の測位精度について、十分な精度を有することを証明すると共に、高さ方向の較差などいくつかの問題点を抽出した。

### 【図】

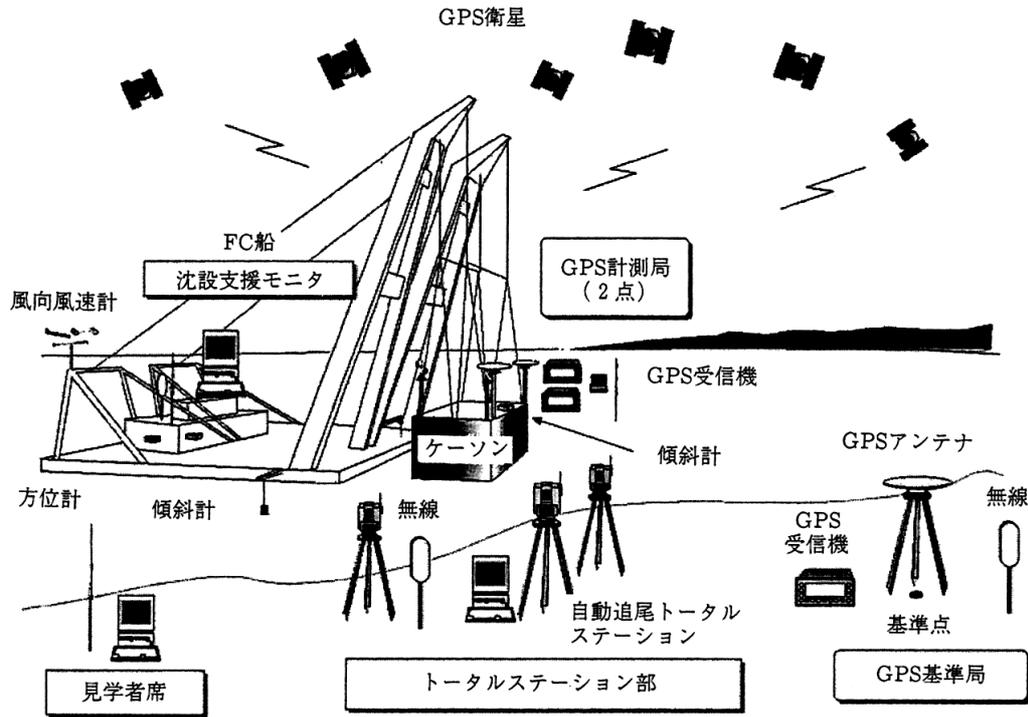
図 1 海洋工事施工支援システムの構成



第 3 図 海洋工事施工支援システムの構成

出典：「GPS を用いた海洋工事施工支援システム＝橋脚ケーソン沈設工事への適用＝」、「建設機械 Vol. 36 No. 4 32 頁」、「2000 年 4 月」、「小栗利夫、杉村正次、岡本修、福本正、西田秀紀、高村浩彰（西松建設株式会社）著」、「日本工業出版／建設機械編集委員会発行」

図2 測位システム概念図



第4図 測位システム概念図

出典：「GPS を用いた海洋工事施工支援システム＝橋脚ケーソン沈設工事への適用＝」、「建設機械 Vol. 36 No. 4 32 頁」、「2000 年 4 月」、「小栗利夫、杉村正次、岡本修、福本正、西田秀紀、高村浩彰（西松建設株式会社）著」、「日本工業出版／建設機械編集委員会発行」

【出典／参考資料】

「建設機械 Vol. 36 No. 4 30-34 頁」、「2000 年 4 月」、「小栗利夫、杉村正次、岡本修、福本正、西田秀紀、高村浩彰（西松建設株式会社）著」、「日本工業出版／建設機械編集委員会発行」