

搬送機器における画像処理技術の開発と適用

Development of Image Processing Technique for Cranes and Its Application

広島製作所 星 名 博 光^{*1}

技術本部 村 田 五 雄^{*2} 國 光 智^{*3}

岡 井 隆^{*4}

エレクトロニクス事業部 吉 川 博 文^{*5}

コンテナクレーンやトランスファクレーン、製鉄所の天井クレーンが使われる作業は3K職場の典型例で、熟練オペレータ不足が深刻になりつつある一方、大型化や高速化も同時に進みつつあり、自動化レベルアップの要求が一層強くなってきた。自動化レベルアップのためには、検出技術と制御技術がキーになる。中でも検出技術は、クレーンの状態を認識することが主要な働きであるという考えから、情報量の多い視覚情報を活用する画像処理技術の開発を進めてきた。コイル位置・形状認識技術や外乱に強い相関処理技術等を確立し、各種クレーンの自動化を実現してきたので、それを可能にした画像処理技術の考え方や電子技術及びこれらを応用した幾つかの応用例について述べる。

Cranes such as container cranes and transfer cranes, have been made larger and faster for more efficient handling. However such a trend also resulted in a worse working environment for operators. For example, larger cranes result in a long distance between an operator and a target cargo. We have developed automatic control system to resolve those problems. We thought for such automation, image processing technology is one of the most important technologies, because image information contains the most data, and is most similar to the human visual function with which humans can deal with many varieties of actions. As we have developed an image feedback control system which consists of the above image processing technology and an optimal regulator control system, we are going to introduce an outline of these results.

1. ま え が き

コンテナクレーンやトランスファクレーン等の搬送機器は、荷役作業の効率化のため、大型化（大量輸送）や高速化が進められてきた。しかし、これに伴いクレーンオペレータの作業環境は悪化している。例えば、クレーンの大型化により、運転室のオペレータと吊り荷までの距離が遠くなり、オペレータの視認性が悪くなっている。また、荷役作業の高速化により、クレーンの振動や揺れが激しくなり、オペレータの乗り心地を悪くしている。そこで、我々は、オペレータの負担軽減や省力化を目的に、各種自動化技術の開発に取り組んできた。

搬送機器自動化システムの開発に当たって、画像処理技術を応用した検出技術を実現することがキーポイントになると考えた。その理由は、画像処理が、人間の情報入力手段の大部分を占める目の機能に最も近い技術であり、多くの有用な機能を実現する可

能性があるためと考えたからである。このような特徴を持つ画像処理技術と最適レギュレータ等の応用によるフィードバック制御とを組合せた視覚フィードバック制御技術を確立し、各種クレーンの高精度自動化システムの開発に適用した。本報では、視覚フィードバック制御技術のキー技術に当たる画像処理技術を中心に、それに関連する電子技術、及びその実施例について概説する。

2. 自動化の動向

表1に、当社の主要搬送機器自動化の概要⁽¹⁾を示す。表2に、

表1 当社主要搬送機器自動化の動向
Trend of automation of our material handling equipment

機 種	運転モード	自動化技術
コンテナクレーン	・手動運転 ・半自動運転	・振れ止め制御 ・トロリ位置決め制御
トランスファクレーン	・手動運転 ・半自動運転	・直進走行制御 ・振れ止め制御 ・走行位置決め制御
コイル搬送用天井クレーン	・手動運転 ・半自動運転 ・自動運転（無人化）	・振れ止め制御 ・トロリ位置決め制御（コイル位置検出処理）
スタックリクレーマ	・手動運転 ・半自動運転	・ブーム位置決め制御（表面形状認識技術） ・定量払い出し制御

表2 当社搬送機器自動化における検出項目とその検出方法の推移
Detection items to be required for automation and trend of its detection method

自動化技術	機 種	検出項目	従来方法	問題点	新しい方法（画像処理）
振れ止め制御	コンテナクレーン、トランスファクレーン	吊り荷の変位	吊り荷の加速度を二階積分して変位を計算（加速度計）	加速度計がノイズを拾いやすい	吊り荷の変位を直接計測（相関処理）
直進走行制御	トランスファクレーン	走行路からのずれ量、ずれ角	誘導線を走行路に埋設し、それに沿って自動走行	土木工事がコスト高 走行路の変更困難	走行路のラインを検出し自動走行（相関処理）
トロリ位置決め制御	コイル搬送用天井クレーン、コンテナクレーン、トランスファクレーン	トロリの位置、吊り荷の位置	エンコーダによる停止位置検出	精度が悪い	コイルの外形から中心位置を計算（コイル搬送用天井クレーン）
ばら物バイル形状認識	天井クレーン式アンローダ、リクレーマ	ばら物表面形状、体積	なし（巻尺式）	時間がかかる	光波距離計で離散三次元分布を測定後計算

*1 運搬機部電気制御設計課長

*4 広島研究所実験課

*2 広島研究所鉄構・土木研究室主査

*5 開発製造部制御システム三課

*3 広島研究所応物・振動研究室

自動化に必要な検出項目とその検出方法の推移を示す。

我々は、画像処理技術を適用する以前から、搬送機器の各種自動化技術の開発に取り組んできた。クレーンの運転は、運転室にオペレータが一名搭乗する有人運転であるものの、各機種ごとに半自動運転モードを設け、オペレータの負担軽減を進めてきた。ただし、検出技術について、一部不十分なものがあつた、新しい技術の開発実用化が必要であった。

一方、画像処理技術は、1980年代後半になって、性能はもちろん、コストや処理スピードなどハードとソフトの両面で、搬送機器にも適用できる環境が整ってきた。そこで、我々は、新しい可能性のある画像処理技術に着目し、搬送機器の自動化に積極的に導入・開発を推進してきた。

その結果、コイル搬送用天井クレーンは無人化が可能になり、また、他のクレーンも、半自動運転モードの機能向上を実現してきた。以下、主要機種の自動化の状況のポイントを紹介する。

コンテナクレーンは、吊り荷の高精度位置決め制御技術と振れ止め制御技術を開発し、コンテナ船上での着床ハンドリング作業以外を自動化した半自動運転システムを提供した。

振れ止め制御のためには、吊り荷の変位の検出が重要で、従来は、加速度計の出力（加速度）を二階積分して求めていたが、重力成分ノイズ信号が入りやすいという問題があった。そこで、吊り具上に基準ラインマークをつけ、トロリに鉛直下向きに設置したカメラで、そのマーク位置を検出することにより、吊り荷の変位を直接測定するという画像処理の方法を開発し、高精度制御を可能にした。

トランスファクレーンでは、高精度直進走行制御技術を開発した。直進走行制御は、走行路からのずれ量が必要で、従来は、誘導線を走行路に埋設し、それを出して実現していた。しかし、この方法は、誘導線を埋設する土木工事が必要で、誘導線の変更が困難なことから、コストが高いという問題があった。そこで、走行路のペイント線マークを検出し、その線に沿って自動走行するという画像処理の方法を開発した。

コイル搬送用天井クレーンでは、振れ止め制御技術とトロリ位置決め技術とコイル位置・形状認識技術を確立・実用化した。

コイル位置・形状認識のために、光切断法と円筒形状モデルマッチング処理を組合せ、コイルの外形状データを測定し、中心位置を計算するという画像処理を応用した方法を開発し、ラフにおかれたコイルの無人ハンドリングを可能とした。

3. 画像処理技術

当社の画像処理技術に対する考え方と具体例について紹介する。

3.1 考 え 方

表3に、画像処理の検討課題を示す。

- (1) 撮像技術は、画像処理を実現するために必要かつ十分な情報を入手するための技術である。ここでは、撮像環境対策、撮像装置の仕様決定、照明の仕様決定が主要な検討課題である。
特に、撮像環境の時間的変化に対する対策が重要である。
- (2) アルゴリズムは、目的対象物の切り出しや認識処理とそれを少しでも容易に実現するための前処理に大別される。前処理の技術課題は、背景光や外乱成分の除去とデータ圧縮である。前処理の段階で、十分に技術課題をクリアすると、次の切り出しや認識処理のロジックが単純になり、処理も速くできる。また、切り出しや認識処理の技術課題は、検出処理の基本原則そのものの決定である。

表3 画像処理技術の検討課題
Study task of image processing

		目的・内容	技術のポイント
撮 像 技 術	撮 像 技 術	・位置、形状検出目的を実現するために必要かつ十分な情報を取得するための条件を整える。	1. 撮像環境 (1) 太陽光の影響の有無(朝, 昼, 晩) (2) 雨, 霧の影響の有無 (3) 太陽の正反射光の有無 (4) 汚れ, (5) 障害物の侵入の有無 2. 撮像装置の仕様 (1) 撮像素子の特性 ①波長, ②感度, ③素子数等 (2) レンズ系: ①焦点距離, ②絞り等 (3) 光学フィルタの有無 3. 照明の仕様 (1) アクティブ: ①種類, ②波長, ③パワー ④タイミング (同期, 非同期) ⑤照射方法 (スポット, スリット, スキャン, 拡散) (2) パッシブ ①自然光, ②対象物の発光等
	ア ル ゴ リ ズ	・メイン処理を容易にするために実施する処理(外乱除去, データ圧縮等)	1. 背景光の除去 (1) 差分処理, (2) 2値化処理等 2. 外乱成分の除去 (1) 強調, (2) ひずみの補正, (3) シューディング補正等 3. データの圧縮 (1) 処理範囲の限定, (2) 射影処理, (3) サンプリング等
高 速 化	メ イン 処 理	・位置、形状を得るための直接的な処理(例, 切り出しや認識等)	1. 切り出し (2) 2値化処理等 2. 認識処理 (1) 座標変換, (2) モデルとのマッチング, (3) 形状認識等
	高 速 化	・撮像技術やアルゴリズムの一連の処理を要求仕様時間内に収める。	1. 効率の良いアルゴリズムの開発 2. プロセッサの選択 3. 処理のハード化 (専用画像処理チップの採用) 等

(3) 処理の高速化は、撮像技術とアルゴリズムを含む一連の処理を、要求仕様の時間以内に収める技術である。技術課題は、効率の良いアルゴリズムの開発、プロセッサの仕様決定、処理のハード化である。

画像処理技術を目的で分類すると、文字認識や品質検査、位置・形状認識等多数あるが、搬送機器自動化では、位置や形状認識が重要である。このとき、最も問題になるのが、撮像環境対策である。以下、位置・形状認識のために開発した具体的技術について紹介する。なお、高速化については、4章の電子技術で紹介する。

3.2 コイル位置・形状認識

製鉄所向けコイル搬送用天井クレーンの自動化は、従来トレーラ上のコイルの位置検出技術の確立がネックになっていて、実用化している例はほとんどなかった。これに対して、我々は、画像処理技術を適用して、コイルの位置や形状を認識する技術を確立し、無人化を実現した⁽²⁾。

検出原理のポイントは、(1) 光切断法で対象コイルの径方向と幅方向の外形データを測定することと、(2) その外形データを円筒モデルと比較して、コイルの中心位置や半径、幅を求めたことである。

3.2.1 光 切 断 法

図1に、光切断法の光学系を示す。撮像環境が屋内であり、太陽光の影響がほとんどないこと、さらに照明としてアクティブにレーザ光を照射する方式なので、外乱になる要因は少なく、対策は比較的容易である。前処理として、図2に示すレーザスリット像の合成フローの構築により、外乱成分のない目的対象物（レー

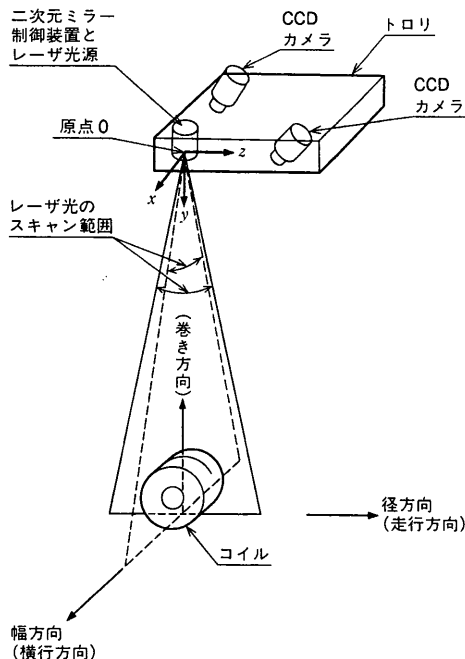


図1 光切断法の光学系 光切断法を実現するトロリ上の光学機器の構成を示す。
Optical system of light cutting method

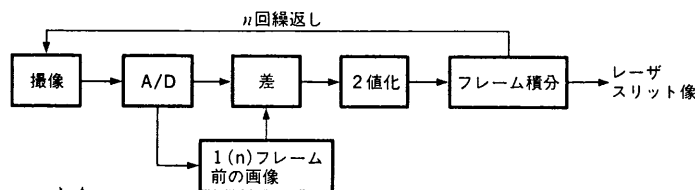


図2 レーザスリット像の合成フロー 光切断法でレーザスリット像を合成するフローを示す。
Composition flow of laser slit image

ザスリット像)のみを切り出している。フローのポイントは、① n フレーム前又はレーザ未照射の基準画像データと差を演算するので、背景光がキャンセルできること。② その結果、固定しきい値で2値化できること。③ さらに、2値画像でフレーム積分するので、メモリの節約ができることである。図3に、レーザスリット像の例を示す。検出したレーザスリット像を細線化後座標変換すれば、コイルの外形データが得られる。

なお、径方向の外形データは、対象コイルの表面状態(色、粗さ、光沢等)や面の向きによって、反射光量が変化するので、得られる情報量が変化する。そこで、レーザ光のパワーやスキャン速度を制御して、反射光量の確保のための工夫が重要になる。

3.2.2 形状認識

コイルの幅方向の外形データにより、コイル上の両端の位置の x 成分 x_p と x_q を検出すると、次式より、コイルの幅 D と幅方向の中心位置 x_c が得られる。

$$D = |x_p - x_q| \quad (1)$$

$$x_c = (x_p + x_q) / 2 \quad (2)$$

また、コイルの径方向の外形データを (y_i, z_i) ($i=1, 2, \dots, n$) とすると、 (y_i, z_i) は、円周上の点であるから、次の円の方程式を満足する。

$$(y_i - y_c)^2 + (z_i - z_c)^2 = r^2 \quad (3)$$

ここで、 (y_c, z_c) は、円(コイルの径方向)の中心位置、 r は円(コイル)の半径である。したがって、原理的には、3点以

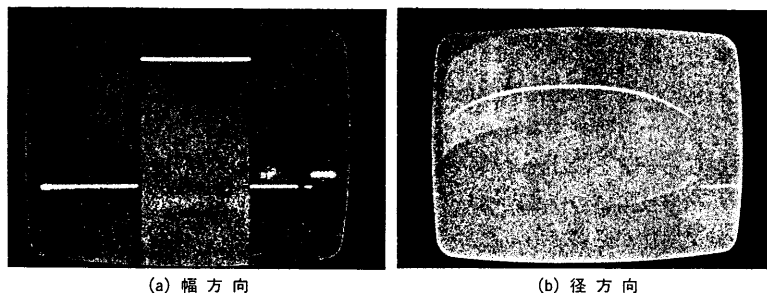


図3 レーザスリット像の合成例 光切断法で合成したレーザスリット像の例を示す。
Composition examples of laser slit image

上の外形データを式(3)に代入して解けば、コイルの径方向の中心位置とコイル半径が求められる。

中心位置の検出精度は、外形データの測定精度に支配される。さらに、径方向の処理については、外形データの測定精度と外形データの範囲(外形データと中心で構成される扇形の中心角)及びデータ数が、中心位置の検出精度に大きく影響することをシミュレーションで確認し、逆に、検出精度を満足する外形データを得るために、撮像条件を決めている。

3.3 相関処理によるライン検出

コンテナクレーンの吊り荷の振れ止め制御やトランスファクレーンの直進走行制御は、画像処理技術で基準ラインの位置を検出して実現している⁽³⁾。

検出原理は、画像データと基準パターンを式(4)で相関演算を実施し、 $h(\tau)$ のピーク位置 $\tau_{\max}$ を基準ラインの位置と認識するものである。

$$h(\tau) = \int f(x)g(x-\tau)dx \quad (4)$$

ここで、 h は相関関数、 f は画像データの任意の1ラインのデータ、 g は基準パターンである。

この方法は、朝昼晩の明るさの変化によって画像データ上の基準ラインと背景光のコントラストの比が変化しても、精度良く基準ラインの位置が検出できるタフな処理であることが特徴である。

また、画像処理範囲を前回検出した基準ラインの位置の近傍と限定することにより、外乱成分の影響を受けにくい処理にしている。

さらに、上記外乱対策でも解決できない例として、図4に示す水玉模様の外乱成分がある。これは、夜間に基準ラインが水たまりの中にあたり、雨が降ったとき、クレーンの照明が反射して発生する。これらの外乱対策として、3箇所以上の相関演算結果を平均化することにより、上記以上に外乱に強い基準ライン位置検出方法として確立した。

3.4 光波距離計による形状認識

光波距離計は、撮像装置ではないので厳密には、画像処理とは言いがたいが、複数の三次元位置データからの形状認識方法⁽⁴⁾の適用例として紹介する。

これは、野積みされた石炭や石灰石の立体表面形状を検出・表現するための技術である。まず、表面上の離散的点 p_j ($j=1, \dots, N$) の三次元位置 $[x(p_j), y(p_j), z(p_j)]$ を検出し、これらの点 p_j を、正三角形格子状の点 (X_i, Y_i) ($1 \leq i \leq M$) を中心とするガウス形関数 $g_i(x, y)$ の線形和として表現する。

$$g_i(x, y) = \exp\left\{-\frac{1}{2} \frac{(x-X_i)^2}{\sigma^2}\right\} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2} \frac{(y-Y_i)^2}{\sigma^2}\right\} \quad (5)$$



図4 水玉模様の外乱成分 相関処理によるライン検出で問題になる外乱成分。
Noise of polka dots

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^M c_i g_i(x, y)$$

$$\sum_{j=1}^N |f(x(p_j), y(p_j)) - z(p_j)|^2 \longrightarrow \text{最小} \quad (6)$$

この表現方法のメリットは、体積が次式で容易に求められる点と、任意の位置 (x, y) の高さ $f(x, y)$ が一つの関数として表現されていることである。

$$V = \int_s f(x, y) dx dy \quad (7)$$

4. 電子技術

4.1 画像処理基板

画像処理をハード化するポイントは、アルゴリズムをハード化に適した簡単な処理の組合せに分解することにある。この処理の分解が可能になれば、速度面はパイプライン化や並列処理化等で高速化が可能となる。特に制御用フィードバック信号として利用する場合、画像処理の速度は制御性能に大きく影響することになる。以下、各システムにおけるハード面の特徴について述べる。

- (1) レーザスキャン法におけるレーザスリット像の検出は、自然画像中からレーザスリット光を連続して取込み、レーザ軌跡を高い S/N 比で検出することがポイントとなる。このため、入力画像と 1 フレーム前の画像の差の演算及び 2 値化、2 値画像のフレーム積算をゲートアレイを利用してハード化し、高い S/N 比の確保と連続画像取込みを実現している。図 2 に本検出の処理フローを示す。
- (2) 走行ずれ認識や吊り荷振れ認識では、屋外の自然画像中からターゲット板や路面に書かれた線を検出する必要がある。単純な 2 値化やパターンマッチングでは外乱に弱いので、周辺輝度の変化に強い相関法を採用するとともに、指定範囲の射影処理も実施して、ある程度のノイズ除去を実施した後、相関演算を実施するアルゴリズムを採用している。このような処理をすべてハード化することで、処理速度約 100 ms を実現するとともに、屋外での使用を可能としている。図 5 に上記認識の処理フローを示す。

このほか、処理結果の可視化として、すべてのシステムに処理結果のビデオ出力機能を備えて、ソフトウェア及びハードウェア

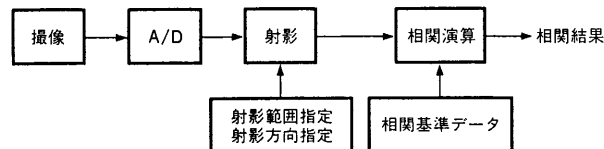


図5 走行ずれ認識・吊り荷振れ認識フロー 相関演算の採用で屋外での使用を可能にしている。
Detect flow of guide line and sway

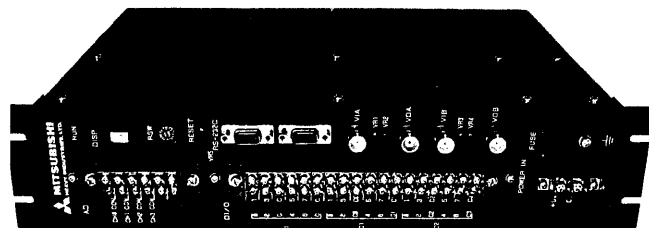


図6 画像処理装置の外観 ゲートアレイ等の採用により高速な画像処理を可能としている。
Outside view of image processing unit

開発時のデバッグ効率の向上と、クレーン操作者への適切な情報提供を可能としている。また、小型化・軽量化についても、ゲートアレイや専用演算器の利用を積極的に進めることにより、 $W 80 \times H 340 \times D 260$ mm のコンパクトな BOX に制御入力及び CPU、画像処理すべてを収納している。図 6 に画像処理装置の外観を示す。

4.2 デジタルフィルタ

クレーンの振れ制御では、振れの検出に画像センサと加速度センサを利用している。画像センサの場合は、直接吊り荷の位置を検出するため、振れ以外のノイズ成分が検出信号中に含まれることが少ないが、加速度センサを利用した場合には、吊り荷の振れ成分以外に、吊り具の構造により機械的な振動や傾きによる重力成分、電気的なノイズ成分が含まれる。特に、機械的な振動や傾きによる重力成分は、振れ成分に近い周波数であり、かつ共に 1~0.5 Hz 程度と低周波なので、一般のアナログフィルタで効率良くフィルタリングすることは難しい。このような信号のフィルタリングには、デジタルフィルタが適している。今回開発したデジタルフィルタの特徴を示すと以下ようになる。

- (1) 電氣的に読み書き可能な ROM (EEPROM) を装備して、フィルタリング周波数やフィルタの種類を現場で簡単に変更できる。特に機械的な振動や傾きによる重力成分は、実際の吊り具の構造に依存し、振れ成分に近い周波数帯であるため、現地での調整が簡単なデジタルフィルタが調整面で有利となる。
- (2) フィルタ処理に高性能の 32 bit 浮動小数点 DSP を採用することで、8 次のベッセルフィルタを 2 チャンネル実行する場合でも、約 1 kHz から 0.1 Hz 以下までの広い帯域に適用可能となっている。
- (3) 内部バスの拡張コネクタを用意しているので、入出力を増設することで複数チャンネルのフィルタリングを一台で実行することも可能である。

今回紹介するデジタルフィルタの構造を図 7 に示す。

4.3 スペクトラム拡散通信装置

自動倉庫や屋内クレーン等の移動体の通信は、現在専用線や動力線を利用した有線方式と無線方式の 2 種類がある。最近無線方式の LAN が法規制の緩和もあり注目されているが、自動倉庫のように多数の機器を利用し、複数の階層に機器が配置されるよ

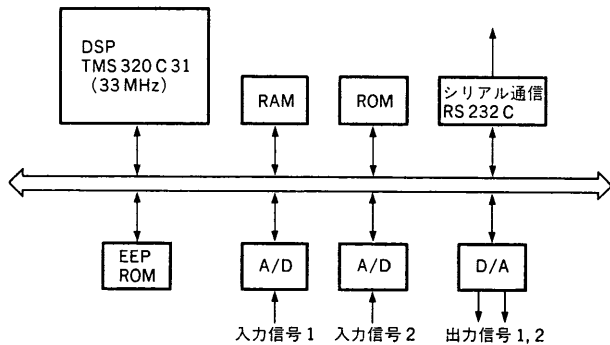


図7 デジタルフィルタの構成 32 bit DSP を採用して高速化・高機能化を実現している。
System construction of digital filter

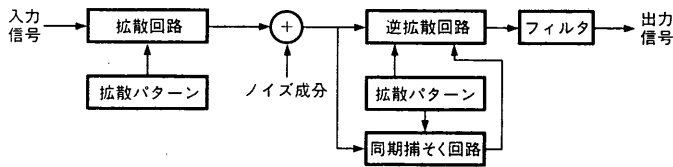


図8 スペクトラム拡散通信方式の回路 入力信号を特定パターンで拡散した後送信するので、耐ノイズ性に優れる。
Block diagram of spread spectrum communication

うな場合には、伝送距離や混信等の面で問題も多い。また、通信装置の近くにモータ等のノイズ源がある場合には、信号出力の制限から所定の性能が得られない場合もある。もちろん無線方式は、通信ケーブルが必要ないというメリットがあるので、今後有望な通信手段ではある。

これに対し有線方式は、数 kbit/s から数 100 Mbit/s までの多数の方式が利用されているが、移動体通信手段として見た場合、専用線が必要な点や接続部の規格に制限が多い等の問題があり、実用に耐え得る製品が乏しいのが現状である。今回開発したスペクトラム拡散通信装置は、専用線でなく動力線を利用した通信装置である。この動力線利用における問題は、モータ等からのノイズを多く含んでいることである。このため、変調方式に耐ノイズ性に優れるスペクトラム拡散方式を利用したものである。

4. 3. 1 スペクトラム拡散通信方式の原理

スペクトラム拡散方式には幾つかの方法があるが、今回はその中の直接拡散方式を採用している。簡単な動作回路を図8に示す。入力信号（送信データ）は、決められた拡散パターンを基に拡散回路で変調されて通信ケーブルに出力される。この拡散とは、具体的には 1/0 の 1 bit 信号を拡散パターン分 bit 拡張するもので、周波数的には拡張パターンの bit 幅分入力信号を乗算した形となる。また、受信側では、拡散パターンを基に受信信号の周期を取るのと同時に、同パターンを基に受信信号を元の 1 bit 信号に逆変換する。その後、不要信号成分を除去するために、フィルタ処理を実施している。このような原理により、通常の単純変調方式の通信に比べ非常に良好な S/N 比を得ることが可能となる。このスペクトラム拡散方式は、1940 年代から知られていたが、回路が複雑なこともあり、実装面で実用化が難しかったが、最近では専用 LSI が供給されていることもあり、特に無線方式で活発に利用されている。

4. 3. 2 通信装置の仕様

トロリ線を含む動力線を通信ケーブルに利用する場合、ケーブルのインピーダンス特性の関係から拡散後の伝送周波数が 1 MHz 程度までに制限される。また、拡散パターンの bit 幅は、

表4 スペクトラム拡散通信装置の仕様
Specification of spread spectrum communication unit

項目	仕様
通信速度	9 600 bit/s
伝送距離	500 m
通信ケーブル	動力線 2 相 AC 100 V/200 V/400 V
拡散パターン bit 幅	32 bit
最大ノード数	64
上位インタフェース	RS 232 C
プロトコル	ポーリングセレクト方式 待機型二重系サポート及び異常検出出力



図9 コンテナクレーンの概観 スプレッドの振れ止め制御を実施しているクレーン。
Outline view of container crane

耐ノイズ性能（伝送距離）と実行通信速度に依存するが、今回は上位計算機にパソコンやシーケンサを想定し、通信データ量も比較的少ないことから、伝送距離を十分確保する通信仕様を採用している。表4にスペクトラム拡散通信装置の仕様を示す。

5. 適用例

以上述べてきた画像処理技術と電子技術を、当社の搬送機器に適用した事例を紹介する。

5. 1 スプレッドの振れ止め制御

図9に、コンテナクレーンの概観を示す。吊り荷（スプレッド）の上面に白線マークを描いたターゲットプレートを設置し、トロリに鉛直下向きに設置したカメラで撮影する。相関処理によるライン検出技術を適用して、白線の位置を検出し、振れ止め制御を実現している。現在、 ± 50 mm の振れ止め制御性能を実現している。

5. 2 トランスファクレーンのオートステアリング

図10に、トランスファクレーンの概観を示す。トランスファクレーンの走行路に描いてあるペイントラインをカメラで撮影し、相関処理によるライン検出技術を適用し、ペイントラインの位置すなわち走行路からのずれ量を検出し、オートステアリングを実現している。現状、 ± 40 mm 以内のステアリング制御を実施している。

5. 3 コイル搬送用天井クレーンの無人化

図11に、コイル搬送用天井クレーンの概観を示す。トロリにカメラやレーザ光源を設置し、コイル位置・形状認識技術を適用して、対象コイルの詳細位置を検出し、コイル搬送用天井クレーンの無人化を実現している。コイル位置の検出精度は ± 20 mm、検出時間は約 6 s/coil である。

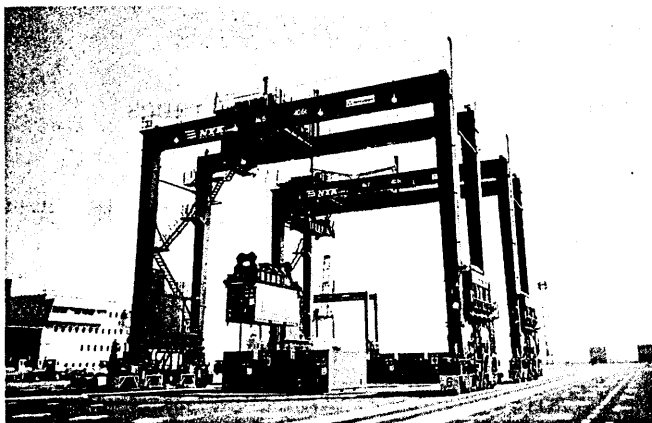


図10 トランスファークレーンの概観 オートステアリングを実施しているクレーン。
Outline view of transfer crane

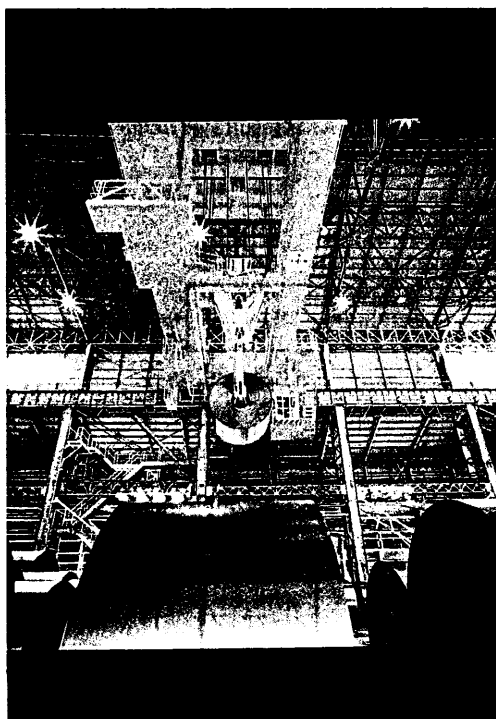


図11 コイル搬送用天井クレーンの概観 コイル位置・形状認識を実施しているクレーン。
Outline view of overhead traveling crane for coil handling

5.4 ばら物形状認識

図12に、セメント原料ヤード用自動クレーンの概観を示す。厳密には、画像処理技術ではないが、光波距離計をスキャンし、ばら物の表面形状を測定して、天井クレーンを無人化している。

5.5 スペクトラム拡散通信のループ台車への適用

スペクトラム拡散通信は、耐ノイズ特性に優れた通信方式である。このため動力線としてトロリ線を利用し、パンタグラフにより受電するループ台車の通信装置においても十分な性能を発揮する。図13に示す構造のループ台車システムにおいて、従来利用していた単純変調方式の通信装置に比べ4倍以上の高速性と高い伝送品質を実現している。

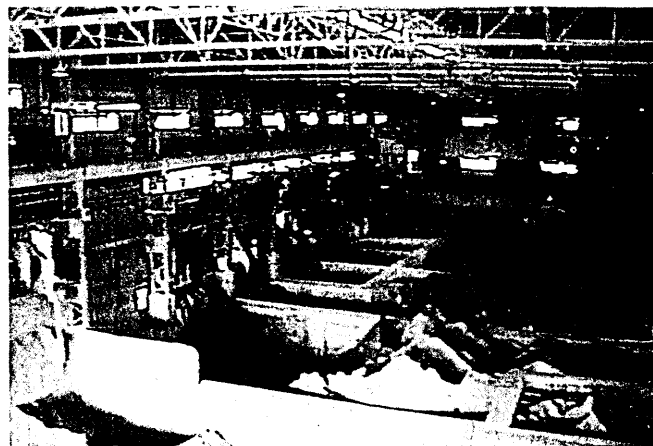


図12 セメント原料ヤード自動クレーンの概観 光波距離計による形状認識を実施しているクレーン。
Outline view of overhead of traveling crane for cement material yard

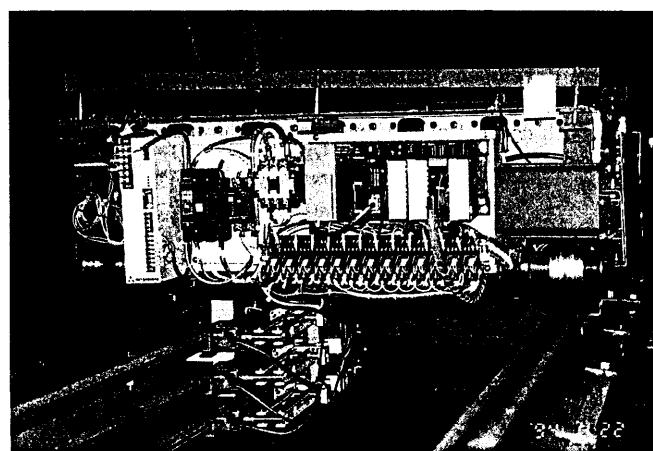


図13 ループ台車への適用例 トロリ線給電の台車において安定した動作を実施している。
Spread spectrum communication unit in loop traverser system

6. む す び

コンテナクレーン等の搬送機器は、荷役作業の効率化のため、大型化や高速化が進められてきた。当社は、オペレータの負担軽減や省力化を目的に、各種自動化技術の開発にも取り組んでいる。特に、画像処理技術による各種センシングを実現し、視覚フィードバック制御による自動化技術を確認したことが大きな特徴である。そのポイントは、検出精度や処理時間は言うまでもなく、耐環境性を満足するタフな処理を確認した点にある。

今後も引き続き、各種自動化技術を開発し、高効率でかつ使いやすい製品の開発を進めていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 村田ほか、荷役運搬機械の自動化とシステム化、三菱重工技報 Vol.23 No.3 (1986) p.28
- (2) 國光ほか、光投影法によるコイル位置検出装置の開発とクレーン自動化への応用、三菱重工技報 Vol.28 No.6 (1991) p.618
- (3) 村田ほか、画像処理によるクレーンつり荷位置検出法、日本機械学会論文集C編 60巻 569号 (1994-1) p.198-203
- (4) 田中ほか、バース積載土量の自動計測について、電気学会論文集D 110巻 3号 (平成2年) p.234~241