



クレーン自動化・遠隔化技術に関する取り組み

Initiatives in Crane Automation and Remote Operation Technology

近年、少子高齢化による労働者人口の減少に伴い、あらゆる製造現場において省力化・生産性向上のニーズが高まっている。当社は、長年に渡り製造現場におけるクレーン運転の自動(無人)化対策に取り組んできた。また、次世代高速通信技術を活用したクレーン遠隔操作化技術の開発にも力を注ぎ商品化へと至っている。これらの技術と共に、クレーン振れ止め制御や置き場管理システムなどのシーズ技術から吊具装置の設計・製作まで幅広く対応している。この成果を活用して顧客の多様なニーズに応える新規技術を創出し貢献することやコスト競争力向上に努めている。本稿ではこれらの技術を用いた具体的な取り組み内容を紹介する。

In recent years, the need for labor savings and productivity improvements has increased across all manufacturing sites due to the declining working population caused by an aging society with a low birthrate. Our company has worked on automated (unattended) crane operation solutions for manufacturing sites for many years. We have also focused on developing and commercializing remote crane operation technology utilizing next-generation high-speed communication technology. Along with these technologies, we offer comprehensive solutions ranging from seed technologies such as crane sway control and storage management systems to the design and manufacture of lifting equipment. Building on these results, we strive to contribute by creating new technologies that meet diverse customer needs and improve cost competitiveness. This paper introduces specific initiatives using these technologies.



東 義孝
AZUMA Yoshitaka
電計事業本部
複合ソリューション推進部



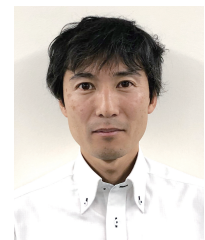
山口 成久
YAMAGUCHI Narihisa
電計事業本部
エンジニアリング事業部
電計エンジ5部



菖蒲谷 匡
SHOBUDANI Tadashi
電計事業本部
システムソリューション事業部
ソリューション技術グループ



松本 弘幸
MATSUMOTO Hiroyuki
電計事業本部
整備事業部
東日本電計整備2部
情通ネットワークグループ



植崎 剛志
UESAKI Takeshi
機械事業本部
エンジニアリング事業部
機械エンジ1部
プラントエンジ1グループ

1 はじめに

当社は、長年に渡り製造現場におけるクレーン運転の自動（無人）化対策に取り組んできた。また、次世代高速通信技術を活用したクレーン遠隔操作化技術の開発にも力を注ぎ商品化へと至っている。これらの技術と共に、クレーン振れ止め制御や置き場管理システムなどのシーズ技術から吊具装置の製作まで幅広く対応している。この成果を活用して、顧客の多様なニーズに応える新規技術を創出し貢献することやコスト競争力向上に努めている。

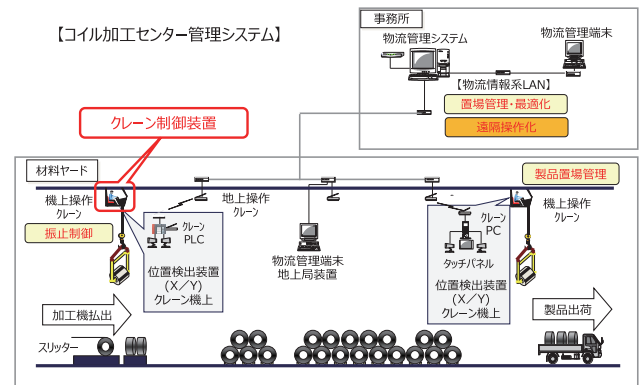


図1: クレーン自動化システム構成図

2 クレーン自動化技術について

図1はコイル搬送自動クレーンでの一般的なシステム構成図である。自動クレーンでは材料の入出庫管理を行う為の物流管理システム、クレーン本体の運転制御を行う為のクレーン制御装置で構成されていることが多い。

図2はクレーン本体のシステム構成例である。

制御用PLC装置及び駆動用インバータ装置を格納した機上制御盤及び自動運転に必要な距離計や各種センサ、地上とのI/F通信の為に無線LANで構築されている。

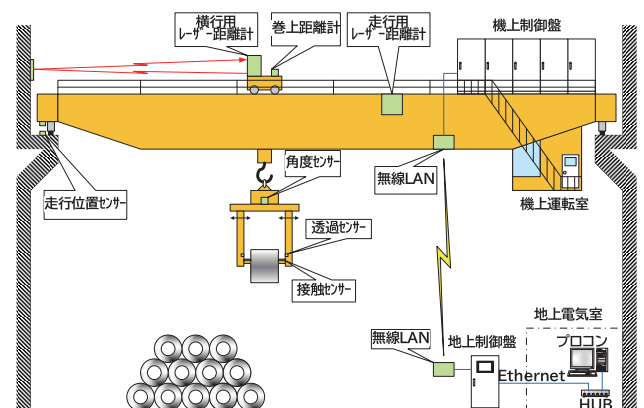


図2: クレーン本体システム構成例

3 クレーン自動化におけるシーズ技術

表1は当社で対応しているクレーン自動化におけるシーズ技術表である。当社では近年急速に発展した次世代高速通信技術を使用し、高画質なカメラ映像の高速表示で運転操作が可能なクレーン遠隔操作システムを開発した。そのクレーン遠隔操作システムと従来は全自動化が難しかった車

輻への積み下ろしなど一部の作業を遠隔操作で行うタイプの自動化も対応した。又、ワイヤー吊りクレーンの自動化で必要な振れ止め制御においても、従来のPLCソフト オープンループ制御での振れ止め制御に加えて、横走行と昇降の同時運転での振れ止めをインバータ制御で可能としたシステムの構築も実現した。

クレーン制御方法

全自動

半自動

遠隔操作化

表1: クレーン自動化におけるシーズ技術

- ・・・全ての積卸位置作業を自動
- ・・・製品積卸場所までの移動のみ自動（不定位置、手作業場所や車輻への積卸作業だけ手動操作）
- ・・・稼働率の低い複数クレーンを1名操作、又は積卸場所のみの操作（効率化）

（◎：必要技術 ○：条件による）

	NO	シーズ技術	全自動化	半自動・遠隔化	遠隔操作化	概要
シ 上 ス テ ム	①	製品置き場管理	◎	◎	◎	製品在庫・置き場座標管理
	②	自動制御指令	◎	◎		製品移動のFrom-to管理
	③	安全対策（回避機能）	◎	◎		自動命令作成時の隣接Cr管理
	④	異材対策	◎	○		製品吊上時の場所・重量によるチェック機能
自 動 化	⑤	クレーン位置検出センサー	◎	◎	◎	位置検出機能（距離計・PLG）、ロードセル
	⑥	上位伝送機能	◎	◎	◎	上位システムとの伝送
	⑦	自動位置決め制御	◎	◎		走行・横行・昇降の自動位置決め、吊り具制御
	⑧	自動運転干渉制御	◎	○		地上設備との干渉距離確保による回避走行
	⑨	振れ止め制御（ソフト オープンループ）	○	○		横行・走行2軸での2D吊荷振れ止め位置制御
	⑩	振れ止め制御（インバータ）	○	○		横行・走行・昇降3軸での3D吊荷振れ止め位置制御
	⑪	吊枚数制御（リフマグ）	○	○		厚板材の同一材複数枚吊上げ電流制御（リフマグ対象）
遠 隔 作	⑫	次世代高速通信技術		◎	◎	遅延なき高速伝送機能（映像・操作信号）
安 対 策	⑬	地上作業安全対策	◎	◎	○	地上安全エリア管理（安全扉）
	⑭	クレーン間衝突防止	◎	◎	○	クレーン衝突防止機能（対クレーン間、走行端検出）

4 クレーン振れ止め制御について

4.1 オープンループ制御による振れ止め制御

振れ止め機構の無いクレーンにおいては、吊り具をワイヤーで吊り下げて自動運転するために、演算処理による振れ止め制御が必要になる。図3式に示す通り、ワイヤーロープ長 l [m] から振れ周期 f [Hz] を計算することが出来る。移動距離・振れ周期・ワイヤー減衰係数等から、図4の振れ止め速度パターンに合わせた演算処理を用い、吊荷が振れない様に走行及び横行の加速度と速度を制御する。尚、本方式での振れ止め制御のメリットはオープンループ制御の為、通常のPLCとインバータ駆動装置だけで可能となり、特殊なセンサ等が不要なため安価に構築できる。デメリットとしては、走行・横行同時での二次元運転に加え昇降を組み合わせた同時運転は出来ない。すなわち三次元運転が必要かつタイムサイクル的に厳しい場合には対応できない。

$$f[\text{Hz}] = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \begin{array}{l} l: \text{ロープ長}[\text{m}] \\ g: \text{重力加速度} 9.8[\text{m/s}^2] \end{array}$$

図3:振れ周期計算式

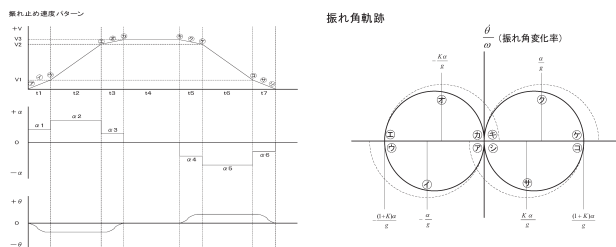


図4:振れ止め速度パターン

4.2 インバータ搭載フルクロード制御による振れ止め

制御鉄鋼用設備では汎用PLCとして三菱電機製MELSECが多く採用されており、インバータ駆動装置についても汎用PLCとの親和性の観点から三菱電機製FREQROL A800が選択されている。このことから、三菱電機の協力のもと振れ止め制御(制振制御)機能を搭載したインバータを当社専用機能として、手動運転時の振れ止め制御他の追加を行い実証試験を経て自動クレーンに採用した。図5、6に示す通り、レーザー距離計をインバータ駆動装置内に直接取り込むことでフルクロード制御が可能となり、振れ止め制御と位置決め制御を同時に行うことが出来る。本メリットは走行・横行と昇降の三次元同時運転における振れ止め制御が可能となり自動運転によるタイムサイクル増を縮小することが可能となる事である(図7)。既設クレーンへの適用であっても、本インバータへの交換により実現が可能となる。

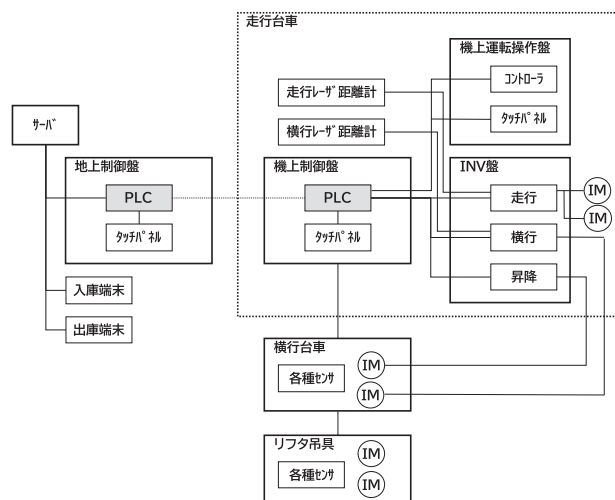


図5:自動クレーンシステム構成図

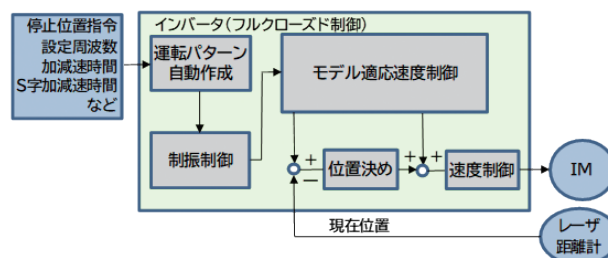


図6:インバータ内の制御ブロック図

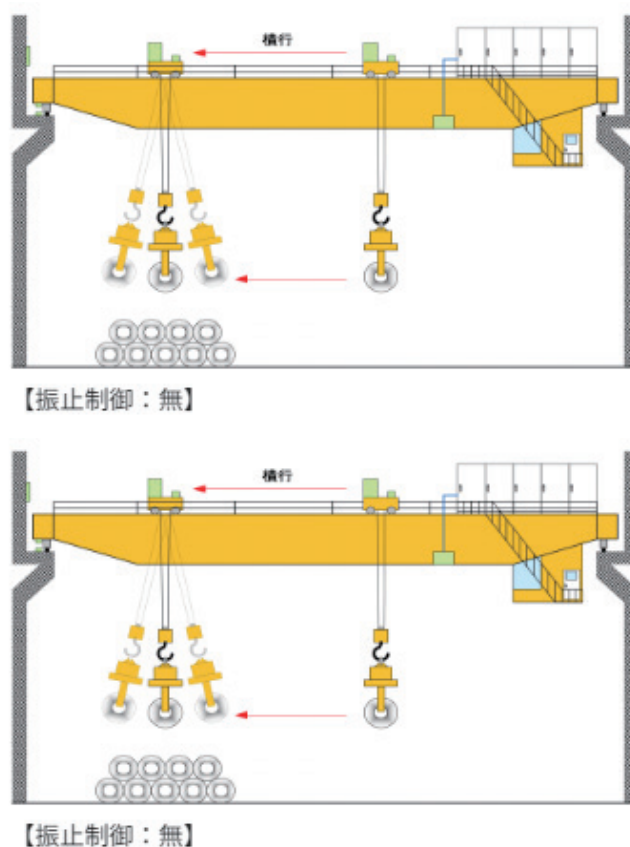


図7:振れ止め制御イメージ図

5 コイルリフタについて

5.1 CF(クロススライドフレーム機構)型コイルリフタの特徴

CF型コイルリフタはアーム開閉時にコイルリフタ本体ビーム内部で左右のアームが平行移動して交差し、掴み幅を調整する(図8)。アームをクロスに配置することで本体ビーム幅を狭く設計できることが本機の最大の特徴である。また、アーム開閉・旋回駆動部やリレー等制御機器を機内に収納することでも小型・軽量化を実現している。コイル搬送自動クレーンに用いるコイルリフタもCF型を採用するが、最大吊り荷重毎に汎用タイプを4分類している。(表2)

CF型コイルリフタは製鉄所やコイルセンター向けに多数納入しており、過去20年で約220台の納入実績があり当社が扱う吊具商品群の中でも主力商品となっている。以下CF型コイルリフタの自動化を支援する技術を紹介する。



図8:CF型コイルリフタ

表2:CF型コイルリフタ分類

分類	最大荷重	自重
CF10	10Ton	1.0Ton
CF15	15Ton	1.3Ton
CF25	25Ton	1.7Ton
CF35	35Ton	2.7Ton

5.2 自動化技術

本機には自動運転中における確実なコイル運搬が可能なように各種検知装置や動作インターロックが標準搭載されており、安全な運搬が可能となっている。

5.2.1 アーム開防止装置

万一の異常時にアームが開いてコイル落下を防止する機械的安全装置を標準装備。アーム開/閉操作中以外は、ラチェット方式によりアーム開方向の駆動を確実に自動ロック。

5.2.2 在荷検知装置

爪内部に設置した近接センサをMCナイロン製のコイル受板で覆うことで、コイルに直接接触することなくコイル在荷状態を検知。在荷状態ではアーム開閉を防止するインターロックを搭載し、コイル落下を防止。

5.2.3 コイル内径検知装置

爪の周囲に配置した光電センサ3セットの通光状態によりコイル内径部を検知することで、爪挿入目安位置の確認が可能。遮光状態(爪出入軌道にコイルがある)では爪出入動作ができなくなるインターロックを搭載し、コイルとの干渉を防止。

5.2.4 コイル端面検知装置

コイルを掴んだ際のコイル端面検知機能を搭載。端面を検知すると、アーム閉動作ができなくなるインターロックを搭載し、コイル過締めを防止。

6 置場管理システムについて

置場管理システムでは、コイル、スラブ、ビレットなどの鋼材置場を対象に、置場の状況に応じた鋼材の搬入・搬出・配置替えの搬送指示をクレーンなどの機上端末へガイダンス表示した。搬送完了時には、置場のロケーション(座標)情報を取り込み、リアルタイムに置場を管理するとともに、上位システムへロケーション情報を連携することも可能。

6.1 置場の見える化

鋼材の搬送状況や在庫の置場イメージを3Dでリアルに再現し、360度あらゆる方向から置場の状態を確認することで、死角となる空間を無くした。置場情報の明確な管理により、オペレータは煩雑な置場管理から解放され、置場スペースの有効活用が実現される。(図9)



【3D視点移動表示】



【置場製品情報(上面/側面)】



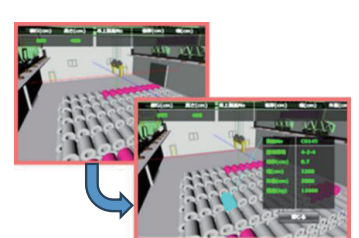
<平行移動表示>



<拡大表示>



<縮小表示>



【製品情報詳細表示】

※製品をクリックで
詳細情報を表示

図9:置場3D表示イメージ

6.2 置場の最適化

在庫管理・物流DBと置場最適化システムを組み合わせることで、置場の最適化を実現した。

在庫のロケーション情報は、物流DBシステムでリアルタイムに更新・管理され、置場最適化システムへ連携される。置場最適化システムでは、最新のロケーション情報を元に最適な置場計画を立案し、置場管理システムで搬送計画をガイダンス表示する。(図10)

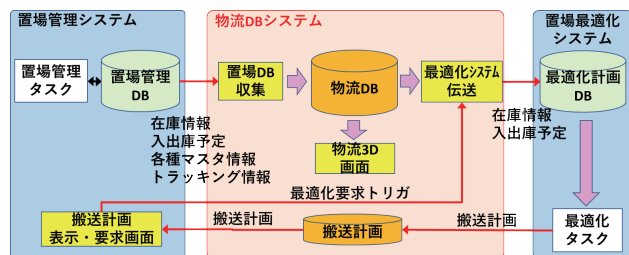


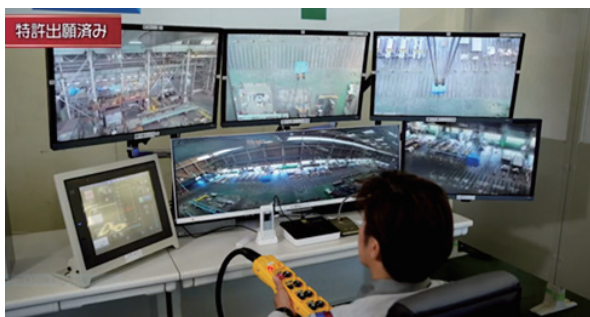
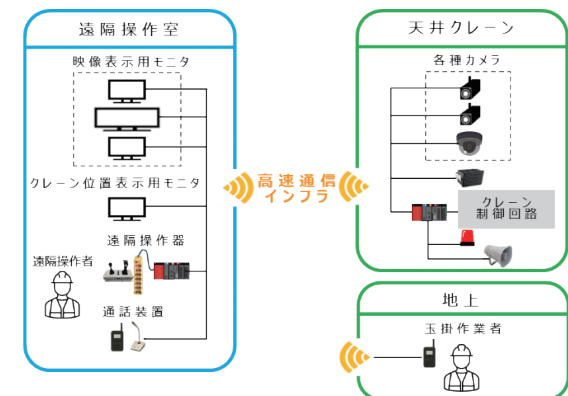
図10: システム構成図

7 クレーン遠隔化システム

7.1 遠隔化の特徴とシステム構成について

当社のクレーン遠隔化システムの特徴として、機上側にカメラ類・制御用PLC装置、地上側にはモニター類を設置し、高速通信インフラを介する事でクレーン機上運転と同等な操作性を実現した。

図11は、クレーン遠隔操作化システムの構成図とモニター類のレイアウトである。



特許出願番号: 2022-042289

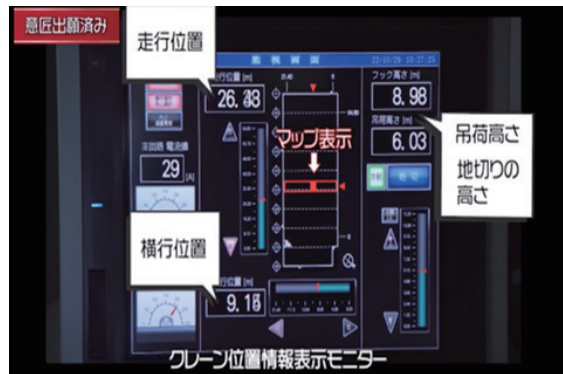
図11: システム構成図およびモニターレイアウト

7.2 操作性、安全対策について

7.2.1 180度パノラマモニターにより工場全体を見渡す事が出来、機上と同等な視野による操作が可能となる。(図11)

7.2.2 運転支援画面からセンチメートル単位の高い精度での操作が可能である。(図12)

7.2.3 無線通信状況や制御装置の監視をリアルタイムで実施し、異常が発生した場合にはクレーンを強制停止させることで安全性を確保している。



意匠出願番号: 2022-05491

図12: 運転支援画面

8 おわりに

これらのクレーン自動化・遠隔化技術は、日本製鉄殿を始めとした製造現場に向け導入活動を加速する。その過程においても、変化する顧客ニーズに対応すべく省力化・生産性向上に向けた新規技術開発を継続していく。現在、設計の生産性向上とソフトウェア標準化を進めており案件の対応力強化を図っている。

これからも、最新技術を駆使した取り組みから、さらなる付加価値向上を目指し製造現場の発展に貢献していく。

※参考文献:

- 1) 三菱電機汎用インバータ総合カタログ

お問い合わせ先

電計事業本部

[メールの場合]:

more_information-denkei@tex.nipponsteel.com