

紹介

コンテナターミナル自動化を実現するための 遠隔自働 RTG について

星島一輝*

1 はじめに

株式会社三井 E&S マシナリー（以下、MES-M）は、旧三井造船株式会社が持株会社 三井 E&S ホールディングスに移行するに伴い、機械・システム事業を担う事業会社として2018年に発足した。旧三井造船株式会社は、表1に示すように、1961年にパセコ[®]社（米国）とコンテナクレーンに関して技術提携し、1967年に日本初のふ頭用コンテナクレーンを神戸港に納入し、今日までガントリークレーン（Gantry Crane：以下、GC）、タイヤ式門型クレーン（Rubber Tire Gantry：以下、RTG）、ターミナル管理システムなどの製品をコンテナターミナルに提供してきた。

この事業の中で、1994年に世界で初めて自動化 RTG 実機試験を実施、2005年と2016-2018年に国主導による実証実験に参加、2018年に写真1に示す自社設備の遠隔・自働運転開発用トランスター

ナ[®]を完成させ、現在も継続して遠隔自動化技術の開発を進めている。MES-Mは、このようにいち早く自動化開発に取り組んできた。

本報では自動化コンテナターミナルで使用される設備・システムについて概説し、その中でヤード蔵置に活用される遠隔自働 RTG について解説する。

写真1 遠隔・自働運転開発用トランスターナ[®]

表1 運搬機システム事業の沿革

1917年	旧三井物産株式会社造船部として創業
1961年	パセコ [®] 社との技術提携
1967年	ガントリークレーン（ポーターナ [®] ）初号機の納入
1968年	タイヤ式門型クレーン（トランスターナ [®] ）初号機の納入
1973年	ターミナル管理システム（TOS）の初納入
1988年	パセコ [®] 社の買収
1994年	AGV 初号機の納入 自動化 RTG 実機試験
1997年	ツイン20ft ポーターナ [®] 初号機の納入
2005年	自動化ターミナル RTG 向け TOS を初納入 自動化 RTG 実証試験（国主導）
2007年	ハイブリッドトランスターナ [®] を初納入
2013年	24列船対応ポーターナ [®] を納入
2016年-2018年	自動化 RTG 実証試験（国主導）
2018年	株式会社三井 E&S マシナリー発足 遠隔・自働運転開発用トランスターナ [®] 完成（自社設備）

* Kazuteru Hoshishima 株式会社三井 E&S マシナリー 運搬機システム事業部制御システム部 主管

2 自動化コンテナターミナル

現在、世界で自動化コンテナターミナルは約60ターミナルが稼働¹⁾しており、蔵置の形態により大きく垂直蔵置型、並行蔵置型のレイアウトに分けられる。ここでは、蔵置ヤードクレーンが自動化されているターミナルを自動化コンテナターミナルと定義した。ターミナルの概略図を図1に示す。機器構成には様々なパターンがあるが、遠隔自働RTGとオートスタッキングクレーン（以下、ASC）、有人シャーシとした。

図中に示した自働・手動の分けけに示したように、垂直蔵置型レイアウトでは自働と手動を完全に分離することができるが、並行蔵置型レイアウトでは完全に分離することが困難である。

ヤードクレーンで比べてみると、ASCはレーン上を走るため荷役ベイに対して走行方向の位置合わせをすればよい。これに対し、RTGは走行方向の位置合わせだけでなく、ベイに対するクレーンのねじれも合わせる必要がある。さらに走行装置がタイヤであるため、停止したときに横行方向にずれが発生する。このように、ASCに対してRTGは制御項目が多くなる。しかし、RTG

はレールによる拘束がないため、レーンの繁忙に合わせたクレーン配置を行うことができる。これにより、荷役量に応じた最適な台数による荷役ができるようになる。レイアウトによる比較を表2に示す。

世界的には並行蔵置型と垂直蔵置型のターミナル数はほぼ50対50であるが、国内では並行蔵置型レイアウトがほとんどを占めている。ここでは、RTG方式による並行蔵置型自動化コンテナター

表2 レイアウト比較

タイプ	メリット	デメリット
並行蔵置型 (RTG)	<ul style="list-style-type: none"> ●レーンの繁忙に合わせたクレーン配置が容易 ●土木費用 (PC板) がレールと比べて安価 	<ul style="list-style-type: none"> ●自働、手動エリアの分離が困難 ●外来シャーシと構内シャーシの動線が交錯する
垂直蔵置型 (ASC)	<ul style="list-style-type: none"> ●自働、手動エリアの分離が容易 ●外来シャーシと構内シャーシの動線は交錯しない 	<ul style="list-style-type: none"> ●レーンの繁忙に合わせたクレーン配置が困難 ●土木費用 (レール) が高価

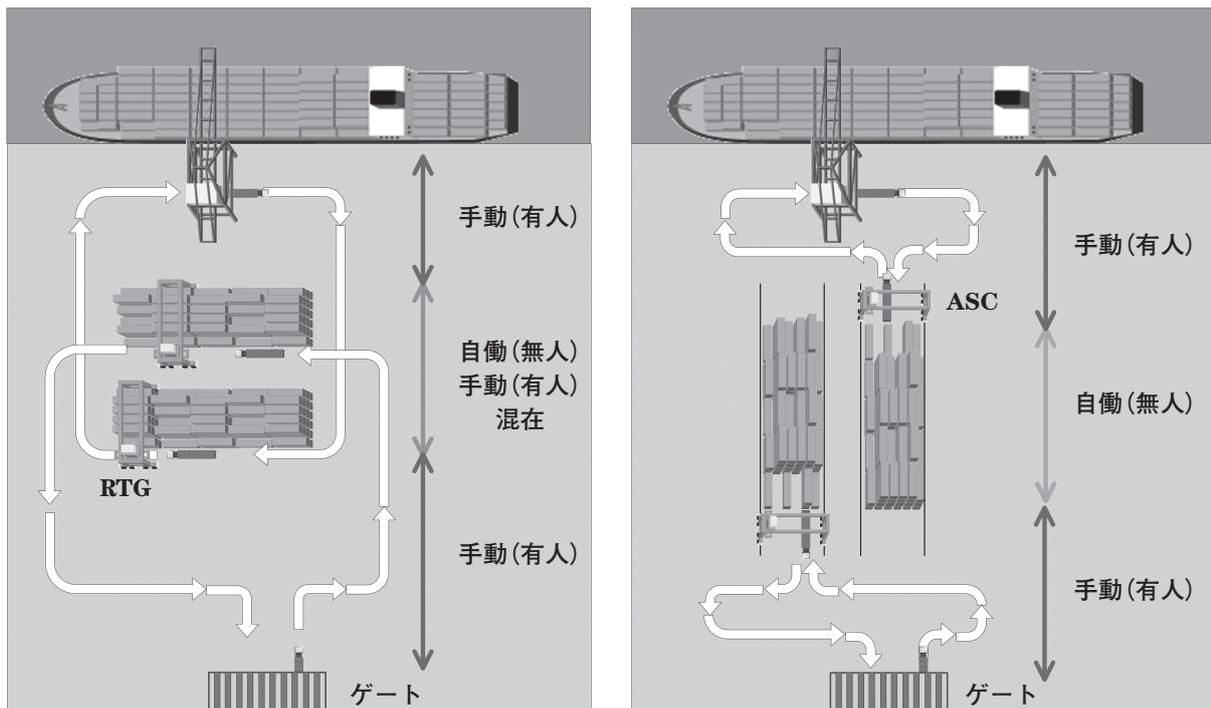


図1 ターミナルレイアウト

ミナルを例に挙げ、表2に示すデメリットに対応しつつ、遠隔自働荷役を実現する機能について説明する。

図2に並行蔵置型レイアウト自動化コンテナターミナルを構成する機器・システムの概略を示す。ここで、CTMS (Container Terminal Management System) はMES-M製ターミナル管理システムであり、AECS (Automated Equipment Control System) はCTMS、遠隔自働RTG、遠隔操作卓 (Remote Operating Console: 以下、ROC) などの間を取り持つミドルウェアである。

1) 自働・手動エリアの混在

混在は主に蔵置ヤードで発生する。レーン入り口に設置したレーン侵入制御装置で荷役指示の出ているシャーシを誘導し、不要な走行路変更 (追い越し) を減少させる。遠隔自働RTGに設置される走行路障害物センサにより、障害物を検出した場合は減速・停止させる。これにより、図1に示す混在領域の安全を確保する。

また、シャーシに対して遠隔自働RTGがアクセスする場合は、ROCと遠隔自働RTGを接続し、オペレータによる手動操作で荷役作業を行う。

これらにより、自働・手動エリアの分離の

難しい並行蔵置型レイアウトにおいても、安全な荷役作業を実現する。

2) レーンチェンジ、遠隔操作を可能にする通信

遠隔自働RTGは表2のメリットに書いたように、レーンの繁忙に合わせて作業レーンを変更する。また、シャーシに対して荷役作業を行う時は、映像を見ながら遠隔操作を行う必要がある。このため、遠隔自働RTGを拘束しない高速で大容量な通信が必要となる。そこで、5GHz帯無線アクセスシステムやローカル5Gなどの無線設備を設置する。これにより、走行路、レーンチェンジ中にかかわらず通信が可能となる。

3) 遠隔自働RTGの自働走行

RTGは、レーン内だけではなく、レーンチェンジの時は縦走行路を走行する。レーンチェンジを行う時、レーン端から外に出て、タイヤを90度旋回させることにより縦走行を、レーンに入るときはタイヤを旋回させて元に戻して侵入する。上記操作でレーンを離れて、別レーンに移動して作業できるのがRTGの特徴となる。

このような自由な走行に対応するために、遠隔自働RTGでは全球測位衛星システム (Global Navigation Satellite System: 以下、GNSS) による走行制御を採用している。こ

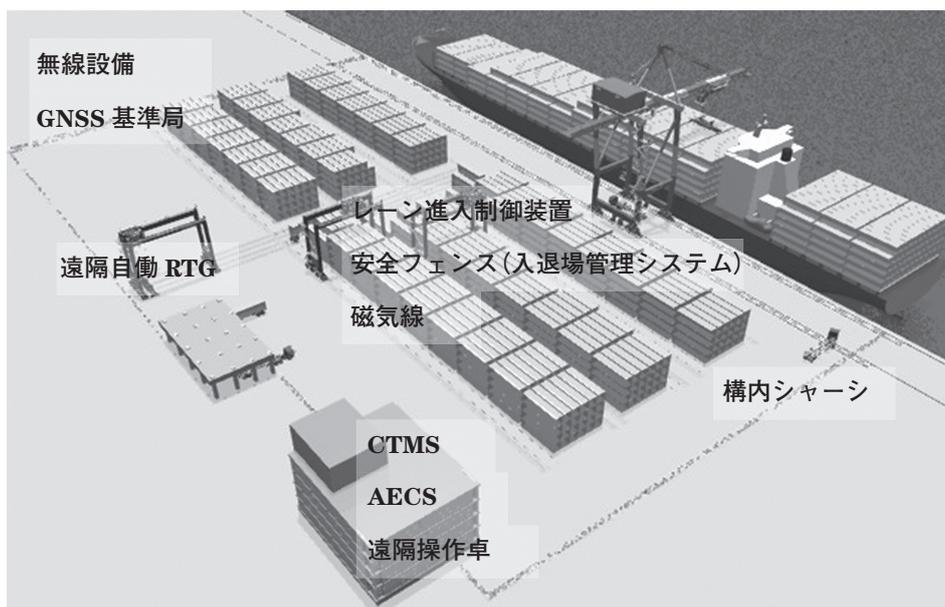


図2 並行蔵置型レイアウト

ここで使用する GNSS はヤード内に基準局を設置する RTK-GNSS で構成し、測位精度を数 cm にしてヤード内の走行を可能にしている。ただし、この精度を得られるのは、GNSS アンテナ取り付け位置である。RTG の場合はガーダー高さ、約20m 高さにアンテナを取り付けることになり、作業ベイでの地面に対する停止精度を得ることは難しい。そこで、走行路に作業ベイ中心を示す磁気線を埋設し、遠隔自動 RTG の足元に磁気センサを配置し、停止時はこれを用いて位置合わせをすることにより、地面に対して高い停止精度を達成する。

4) 自動荷役指令と安全制御

自動化コンテナターミナルは自動化のための様々な機器・システムが連携して、ターミナル全体で荷役作業を行っている。機器・システムの接続イメージを図 3 に示す。AECS はコンテナターミナル内の各機器の情報を受け取り、指令や登録情報として適切な機器へ伝送する役割を担う。例えば、「CTMS から出た荷役指示を、該当レーンで作業している遠隔自動 RTG を選択して指令を送る」、「入退場管理システムからの作業員入場指示を受け取り、該当レーンの遠隔自動 RTG に対して停止指令を送り、安全確保を行う」などを

行う。このように、AECS が機器・システムの間に入って連係動作を行う。これにより、自動で安全に荷役作業が行えるようになる。自動化コンテナターミナルを構成する主要な機器・システムについて簡単に説明したが、次章では遠隔自動 RTG に焦点を当てて、その機能を解説する。

3 遠隔自動 RTG の機能

遠隔自動 RTG は荷役指示を受け取り、蔵置エリア内では自動で、シャーシレーンエリア内では ROC からの遠隔手動により荷役を行う。作業ベイまで走行してシャーシから搬入する荷役を例に遠隔自動を実現する機能を説明する。

3.1 自動走行

荷役作業が AECS より指示され、作業ベイが異なっていた場合は遠隔自動 RTG を自動走行により移動させる。図 4 に示すように、ヤード内における走行線は、GNSS による座標を用いて仮想的な走行線として設定している。走行線と遠隔自動 RTG の GNSS 測位を用いて、自動直進走行制御を行い作業ベイの座標まで移動する。作業ベイに近づくと脚部設置の磁気センサにより路面に埋設されている磁気線を検出し、磁気線基準の停止制御により作業ベイの中心・平行に停止し、自動荷役が可能な位置・姿勢にする。

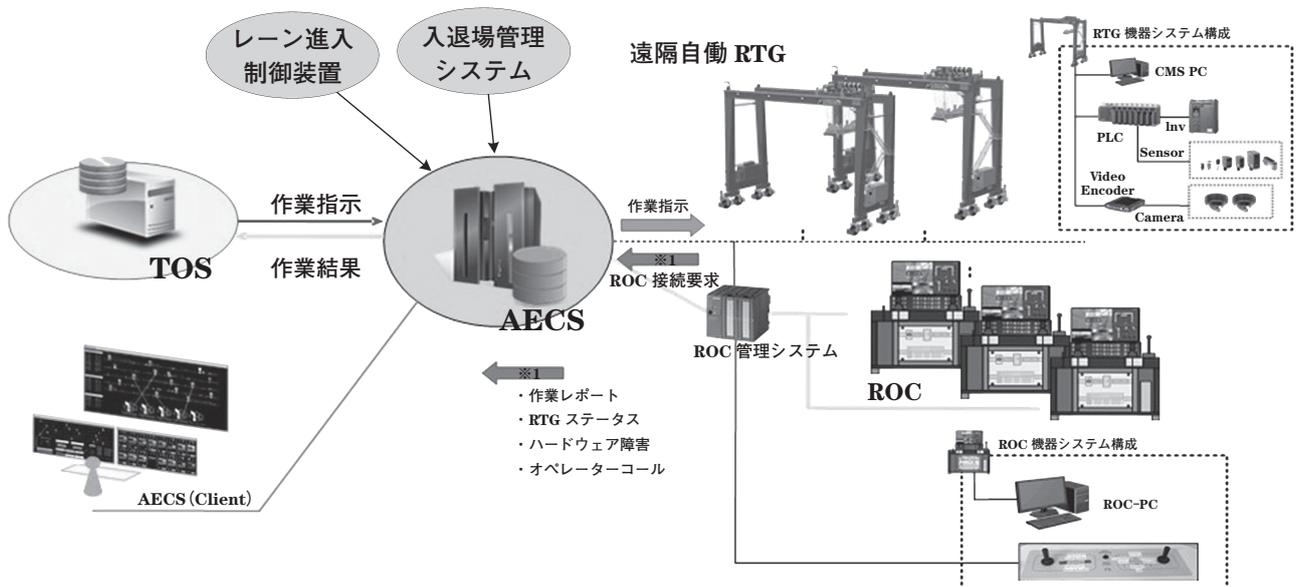


図 3 機器・システム接続イメージ

3.2 遠隔手動

作業ベイ到着時に脚部設置のシャーシ検出センサでシャーシの到着を検出し、ROCと接続して遠隔操作による荷役を開始する。この時、高速大容量無線通信により、スプレッドカメラ、トロリーカメラ、地切りカメラなどを作業状況に応じ

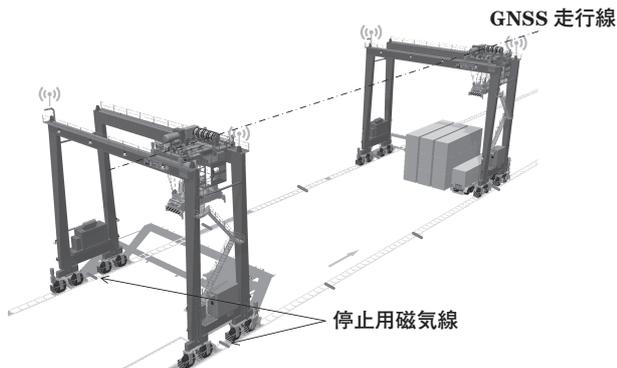


図4 自動走行図

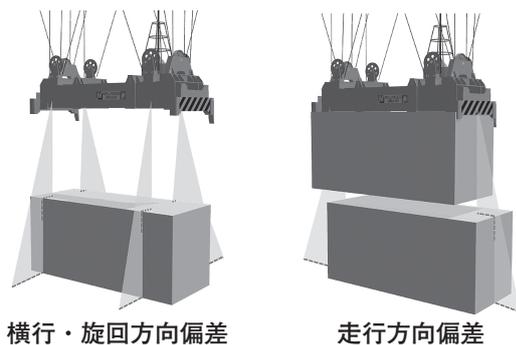


図5 レーザセンサによる偏差検出

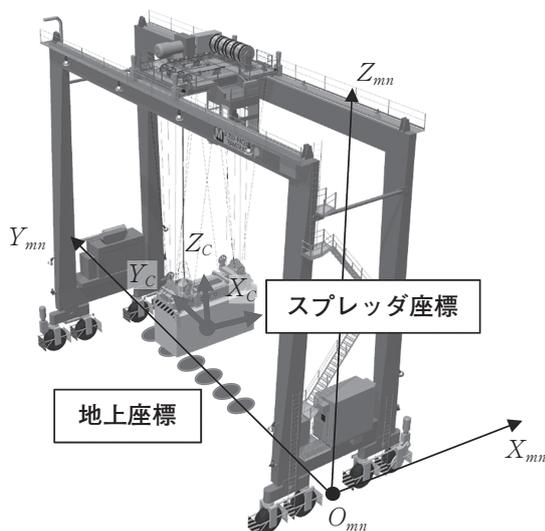


図6 1段目着床

て自動的に切り替え表示しながら、荷役の状況を示す補助情報とともにコンソール画面に表示し、オペレータはこれらを参照しながら荷役操作を行う。

3.3 自動荷役

遠隔手動による巻上で規定高さを越えたら自動運転に切り替わり、目標ロー（トロリー横行方向のコンテナ積み付け場所）まで自動荷役を開始する。この時、トロリー設置のセンサで蔵置コンテナの段数を確認し、荷役指示とともに送られてきた段数情報と照合する。照合エラーの場合はAECSに情報を伝え、場合によってはTOSデータの修正動作に入る。

コンテナの蔵置場所にコンテナがある場合、図5に示すようにスプレッド設置のレーザセンサにより、蔵置コンテナとスプレッドの偏差を検出する。これにより、次の動作を実現している。

- マイクロモーション（ワイヤー操作によるスプレッドの位置姿勢操作）による着床前の位置合わせ
- 着床後の蔵置精度確認し、精度外の場合は着床やり直し

コンテナのない1段目着床の場合は、地上ターゲットを置いてカメラなどにより偏差を計測する方法がある。この方法は「気象条件などによる影響」や「地上ターゲットのメンテナンス必要」などの課題がある。別の方法としては、図6に示すように、スプレッド座標を地上座標と一致させる方法がある。地上座標と一致させるためには、クレーン上の各種センサの計測値を総合してスプレッド座標を算出する。これにより、地上ターゲットが不要な自動着床を実現している。

3.4 安全な作業

自動荷役を行うクレーンはオペレータが乗り込んでいないため、常時動作を監視しているわけではない。そのため、安全確保のために様々な対策を施している。代表的なものを次に示す。

1) 安全な走行

クレーンの各脚走行方向に向けて障害物センサと監視カメラを取り付けている。

走行中に走行方向脚前方に障害物が存在する場合は、遠隔自動RTGの脚部に取り付けた走行路障害物検出装置により対象物までの

距離を検出して、その距離に応じて減速・停止を行って安全を確保する。

また、自働走行開始前に ROC に接続して、監視カメラを通して目視による安全確認後の自働走行許可、走行中の目視による安全監視を行うことで更なる安全確保を行う。

2) 安全な荷役

図5に示したレーザセンサは下方だけではなく側方も検出しており、周囲との距離を検出している。その距離に応じて動作を制限することで安全確保を行う。これは、吊り下げたコンテナの蔵置コンテナへの接触防止機能として働く。これは自働荷役時だけではなく、ROCによる遠隔操作中にも有効としている。

4 遠隔自働 RTG の今後の改良

今後の改良点としては、次の物がある。

- 遠隔操作アシスト機能・制御の充実
オペレータに求める作業負荷及び、技能ハードルを下げる。
- 自働荷役にかかる時間の削減
風、偏荷重などの外乱に対する、ハード面、ソフト面のさらなる強化を行い、着床やり直しの削減を行う。

上記により、使いやすく作業効率の良い遠隔自働 RTG を目指す。ただ、自働化コンテナターミ

ナルの命題は少ないコストで荷役業務を遂行することであり、これを達成するためには遠隔自働クレーンを高度化するだけでは達成できないと考える。達成のためにはターミナル全体を見た最適な業務の割り振りが重要であり、CTMS, AECS も含めた高度化を進めていく。

5 おわりに

近年、RTG を用いたコンテナターミナルが世界的に増えてきており、RTG を用いた自働化ターミナルの要求が増えてきている。

当社ではコンテナターミナルで使用される RTG, GC, CTMS, AECS, ゲートシステムなどを取り扱っており、これらの自働化に向けた開発を進めている。また、自社設備の遠隔・自働運転開発用トランスレーナ[®]を用いて、連携させたシステム開発、改良を行っている。

今後も自働化ターミナルの顧客課題解決に貢献できるよう、ハード、ソフトの両面より技術開発を継続していく予定である。

参考文献

- 1) 高橋浩二：世界の自働化コンテナターミナルの動向分析，港湾空港技術研究所報告，Vol.56, No.4, (2018.3), p.3