

港湾の物流革新に貢献する自動化シミュレーション技術

Contribution to Innovation of Port Logistics by Simulation Technique for Automated Container Terminal

舟橋 淳*¹ 西崎 純一*² 桑田 知江*³
 鳥田 修之*⁴ 小林 雅人*⁵ 草野 利之*⁵



1. はじめに

コンテナの荷役・搬送機器を自動化したコンテナターミナルは、欧州を中心に広がりつつあり、国内でも国際競争力強化策の一つとして自動化が検討されている。

自動化コンテナターミナルの効率的な荷役を達成するためには、コンテナ蔵置エリアであるヤードの荷役・搬送機器の運行管理が重要なキー技術である。

当社では効率的なコンテナ運用方法を考案し、それを具体化するため、実際のコンテナターミナルの動作を表現可能で、運用ルールの決定や、必要な荷役時間等の事前検証が可能な機器運行管理シミュレータを開発した。本シミュレータは自動化コンテナターミナルの計画に有用なツールであり、自動化の進展による港湾の物流革新に貢献できるものとする。

本報告では、荷役・搬送機器運用の効率化とシミュレーション技術について紹介する。

2. 自動化ターミナルの荷役・搬送機器運用

従来のターミナルでは、一般的に事前の蔵置計画に基づいて機器の割当てを行っている。しかし陸側の外来トレーラによる搬出入では到着日時が不定であり、本船作業と同時進行の場合には、少数のRTG（Rubber Tyred Gantry Crane：コンテナ荷役用タイヤ式ヤードクレーン）に荷役が集中したり、局所的にAGV（Automated Guided Vehicle：自動搬送台車）が渋滞を引き起こしたりと、コンテナ処理効率低下を招く要因となることが予想できる。自動化ターミナルではRTGのレーンチェンジはAGVの動線と交差するため機器間の干渉の原因となり、効率・安全の両面の大きな課題となると考えられる。

そのため下記のような効率的荷役・搬送機器運用方法を考案した。

(1) リアルタイム蔵置計画

RTGの負荷の状況に応じてリアルタイムで走行距離・レーンチェンジが最小となるコンテナ蔵置位置を決定する新しい運用方式とした。これによってRTG・AGVの稼働率・安全性を向上させた。

(2) ゾーン管理

交差点でのRTG/AGV間衝突・干渉を防ぎ、かつデッドロック発生を防ぐゾーン制御を採用した。

(3) AGVの最適経路探索

単純な走行距離だけでなく、カーブの加減速や渋滞状況等を考慮して最短時間の経路を選択する方式とした。

3. 機器運行管理シミュレータ

3.1 特長

機器運行管理システムは、自動化ターミナルの心臓部ともいえるものである。本シミュレータは次の特長をもち、前章で述べたコンテナ運用方法の具体化を容易に行うことができる。

(1) コンテナの個別IDまで管理することで実操業の荷役スケジュールに対応可能とし、さらに荷役・搬送機器は実機同等の三次元動作を考慮した連携動作を模擬し、機器の動作を視覚的に確認できる。

(2) 機器管理機能ごとに独立させており、機能の追加・変更・削除が容易である。したがってターミナル計画時の条件変更に対応できる。

(3) 従来は一般にシミュレーション専用の言語・プログラム

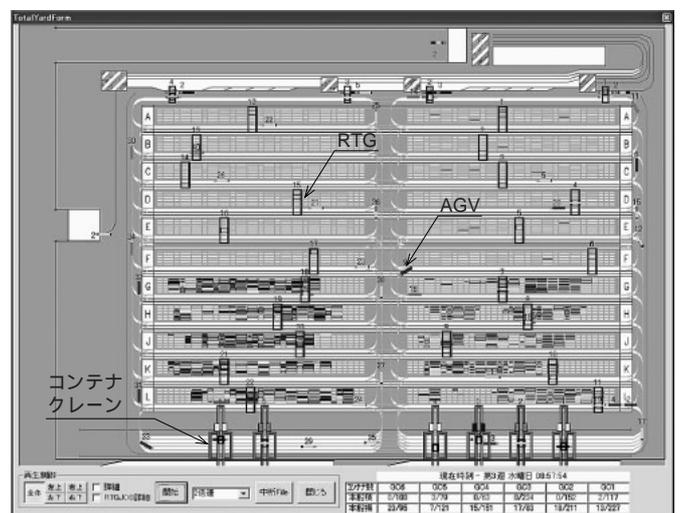


図1 自動化ターミナル ターミナルのレイアウトに加え、荷役機器の動作状況、コンテナ蔵置状況を二次元で表示したもの。

*¹ 技術本部広島研究所運搬機・物流研究室

*² 技術本部広島研究所主幹

*³ 技術本部広島研究所制御システム研究室主席

*⁴ 広島製作所鉄構技術部長

*⁵ 広島製作所鉄構技術部運搬機設計課

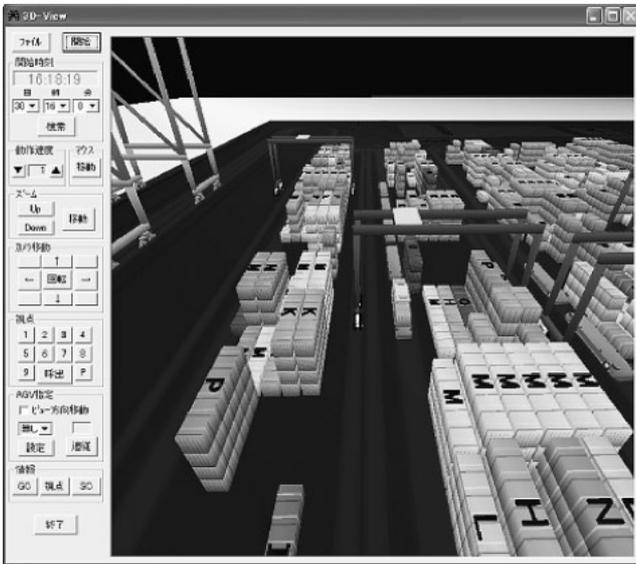


図2 3Dグラフィック画面例 荷役機器の動作状況，コンテナ配置状況を三次元で表示したもの。

構造が用いられていたが，本シミュレータでは実機展開を想定した言語・プログラム構造を用いたことでシミュレーション用に開発したソフトをそのまま実機ソフトとして用いることができる。

(4) グラフィック機能を備え，動作検証や問題点検討に有用である。

図1は当社が開発した世界初のRTGによる自動化ターミナルのレイアウトを示しており，2Dグラフィックによるビューアの画面表示である。また，図2は3Dグラフィックによるビューアの画面例である。

AGVの走行経路や交差点干渉状況，デッドロック等のチェックは2Dグラフィック，機器の三次元連携動作やコンテナの荷繰り状況の確認は3Dグラフィックというふうに目的に応じてグラフィックを活用できる。

3.2 システム構成と入出力データ

システム構成を図3に示す。スケジュール管理機能により入港スケジュール等に基づいて全体のスケジュールを生成する。機器の管理機能は全体の統括機能，及びそれぞれの機器群の管理機能に分割している。

機器シミュレータは各機器の動作を模擬する。また各機器群の管理機能は最適経路管理，ゾーン管理機能との通信を行いながら安全かつ高効率な走行を実現する。なおリアルタイム配置計画は機器群統括管理機能の中に組み込んでいる。

また，シミュレーション実行に当たっては，実ヤード並みの動作，運用を表現するための下記(a)-(f)のデータを入力する(a)-(c)は，実際に運用されているターミナルの実績等を利用することで，実運用中のターミナルとの比較評価を行うことにも対応する。(d)-(f)は，自動化機器の実性能(サイクルタイムや運用条件等)を詳細に反映させることで，より実機に近い評価を実現できる。

実行結果は出力ファイルに記録する。この出力ファイル活用により，RTGの稼働率等コンテナ荷役効率の評価，グラフィック機能による再生に用いることができ，オフラインで

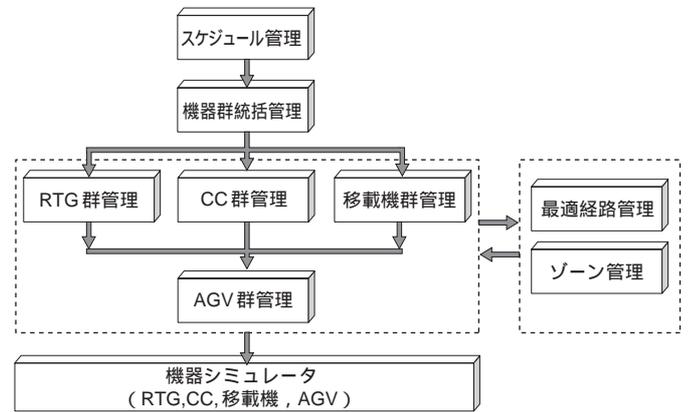


図3 システムの構成 各機器群の管理機能とそれらを統合する機能からなるシミュレータのシステム構成を示したもの。

の詳細な検討が可能である。

- (a) ヤードレイアウト
- (b) 本船スケジュールと本船内コンテナ割付け
- (c) 陸側搬出入スケジュール
- (d) 機器の台数，サイズ，性能(速度，加減速度)
- (e) CC (Container Crane: コンテナ荷役用岸壁クレーン)，移載機の運用(稼働時間，割付け)
- (f) AGV, RTGの割付け

4. ま と め

従来は，荷役機器相互の連携動作は理想的な状態を仮定し，コンテナ配置については統計的な分布を仮定する等の前提のもとに，簡易なシミュレーションを行うのが一般的であった。

実機器同等の動作，運用を模擬し，さらにコンテナの個別IDを管理することで，実機運用に対応した自動化ターミナル設計や荷役能力，運用ロジック変更時の事前検証を行うツールとして用いることが可能になった。なお本報告で開発したシミュレーション技術は自動化ターミナルのみならず従来のターミナルに対しても適用可能である。

本シミュレータを用いて，実ターミナルのレイアウト，機器台数，運用方を決定することにより，お客様の事前検証段階での精度の高い計画の作成に貢献している。

本シミュレータを用いて，例えば機器の故障など異常発生時の運用方法を検討中であり，さらなる総合的なコンテナヤードエンジニアリング能力向上を図っていく所存である。



舟橋淳



西崎純一



桑田知江



烏田修之



小林雅人



草野利之