

配置替え荷役におけるRMG作業の効率化

Increasing the Container-Handling Efficiency by RMG
during Rehandling at a Container Terminal

田邊 俊郎*, 門前 唯明**, 中島 晋***

By Toshiro TANABE, Tadaaki MONZEN, Susumu NAKASHIMA

1. はじめに

現在わが国は激化する国際競争に対応するため、諸外国に比べて立ち遅れている基幹的なコンテナターミナルの機能強化を早急に進める必要に迫られている。

本研究は、今後増加が予想される本船荷役専用バッファを有するコンテナターミナルを対象として、配置替え荷役に線形計画法を動的に導入し、その効率化を図ることを目的として実施したものである。

今回想定したターミナル案の配置替え荷役におけるRMGの作業としては以下の①～④があり、今回考案した手法は、②に対する負荷低減を図ったものである。

- ①輸出コンテナに対する長距離・高頻度(多数)走行
- ②輸出コンテナに対する高頻度横行及び巻き
- ③輸入コンテナに対する長距離・高頻度走行
- ④輸入コンテナに対する高頻度横行及び巻き

2. 自動化ターミナルの想定レイアウト

今回対象としたコンテナターミナルの方式は、自動化を目指したイギリスのテムズ港や川崎港東扇島で採用されており、レイアウトとしては、例えば海側から見て左側80%位を通常のヤードとして使用し、右側20%位をバッファとして使用するというものである。運用面では、翌朝船積みされるコンテナを、前日夜間にヤードからバッファに配置替えし、

バッファにおいては本船荷役に荷繰りする必要がないように船積み順に合わせて積み付けるという方式である。レイアウトの概要を図-1に示す。

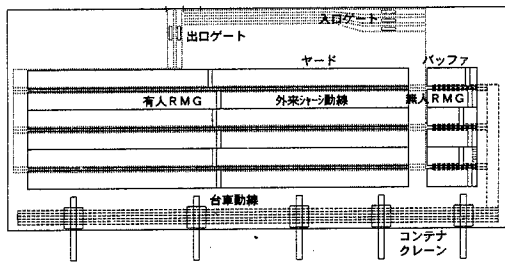


図-1 ターミナルレイアウト

この方式には、①船積み中に荷繰りを行う必要がない、②搬送台車はバッファとコンテナクレーンの間のみで搬送し走行距離が短縮される、③ヤードで搬出入を行う外來シャシとの干渉がない、というメリットがある。一方、デメリットとしては、①前日夜間にヤードからバッファへのRMGによる長距離高頻度搬送が必要になり、RMGの高速化が要求される、②外來シャシ搬出入を制限する必要がある、といったデメリットがある。

しかし、ターミナルの自動化の流れは不可避であり、今後の国際競争の激化や本船の利便を考慮すれば、「ターミナル荷役システムの設計において最も重要な視点の一つは、本船荷役においてコンテナクレーンを待たせずに陸側荷役システムを動かすこと」であると考え、本研究では本方式を対象として検討を行うこととした。

3. RMGの要求性能

キーワード：港湾計画、ターミナル計画、荷役作業

* 正会員：工修 運輸省港湾技術研究所設計技術研究室長
(〒239-0826 横浜資市長瀬3-1-1 TEL 0468-44-5038)

E-mail tanabe@cc.phri.go.jp)

** 運輸施設整備事業団(株)三菱重工業広島研究所)

*** 運輸省第三港湾建設局神戸機械整備事務所所長

表-1は想定したレイアウトに対して本手法適用前のシミュレーションによって求めた RMG の必要速度で、ゲート閉門時間中に配置替え荷役を終えるために要求されるものである。現状の実績値と比較して、走行と巻きに約2倍の速度が必要になる¹⁾²⁾。

表-1 RMG の必要速度

	必要値	実績値
横行速度 (m/s)	2.5	2.5
走行速度 (m/s)	6.0	3.0
巻き速度 (m/s)	2.0	0.95

本研究では、RMG に要求される高速化の軽減を目指して、線形計画法の適用による配置替え荷役の効率化を検討した。具体的には、ヤードからバッファへの輸出コンテナの配置替え荷役において、荷繰り回数を減減し、配置替え順序および荷繰りの際の障害コンテナ移動先を決定する手法を考案した。

4. 荷繰り回数減減化問題の定式化

船積み順序 i 番目のコンテナを、 j 番目に配置替えするとした時の損失を C_{ij} とし、以下のように定義する。

ヤードに蔵置されているコンテナの取り出し難さを S_{ij} とし、図-2のように定義する。図-2は、例としてコンテナ12個が3段積みで計36個ヤードに蔵置されている場合を想定したものである。 B_{i1} は、船積み順序 i のコンテナを取り出そうとした時の障害コンテナ数である。

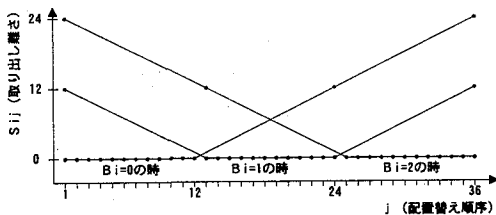


図-2 取り出し難さ

次に、バッファに蔵置する際のコンテナの積み付け難さを T_{ij} とし、 S_{ij} と同様に図-3のように定

義する。 P_{i1} は、船積み順序 i のコンテナを置こうとした時に、その前に下に置いておく必要のあるコンテナ数である。

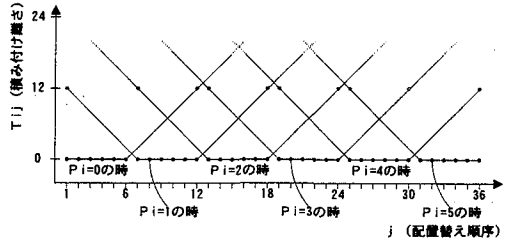


図-3 積み付け難さ

損失 C_{ij} は、上述した取り出し難さ S_{ij} と積み付け難さ T_{ij} を用いて、(1)式で表す。

$$C_{ij} = \alpha * S_{ij} + \beta * T_{ij} \quad \dots (1)$$

α, β : 重み係数

式(1)から表-1の損失表の C_{ij} の値が設定されるので、 C_{ij} の総和が最小となる (i, j) の組合せを求める。この問題を解くためには、損失表の (i, j) に割り当てる1または0の変数 X_{ij} を導入し、最小化すべき目的関数を(2)式、制約式を(3)、(4)式とする線形計画問題(割当問題)として定式化すればよい。本線形計画問題を解くことによって得られる X_{ij} が1となる (i, j) の組合せが、船積み順序 i に対する最も望ましい配置替え順序 j である^{3), 4)}。

$$\text{目的関数: } z = \sum_i \sum_j C_{ij} X_{ij} \quad \dots (2)$$

$$\text{制約式: } \sum_j X_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \dots (3)$$

$$\sum_i X_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \dots (4)$$

5. アルゴリズム

一般的な線形計画問題の解法では、途中で荷繰りを行ったり、荷繰りを行わなくても配置替えを1回行くと、段積状態が変化して、それ以降の配置替え順序は適切ではなくなる。すなわち、ここでの線形計画問題の解は、初期状態のみを考慮した今後の期

待値の最適解であり、状態変化を考慮した動的な最適解ではない。そこで本研究では、荷繰り等による状態変化の影響を考慮するため、図-4に示すアルゴリズムを適用した。

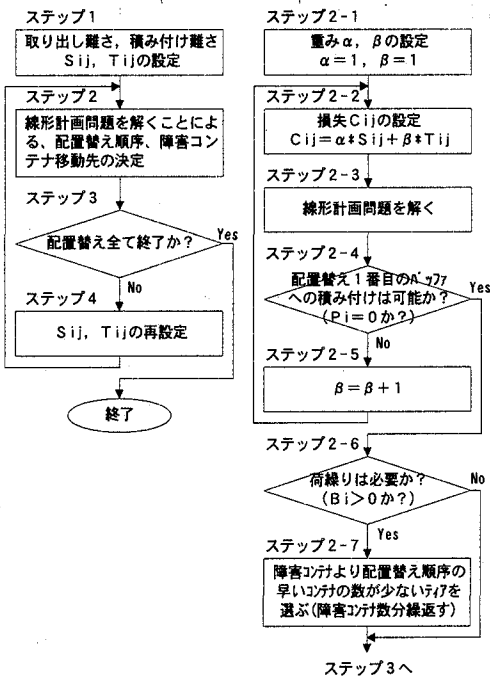


図-4 アルゴリズム

ステップ2では配置替え順序は1番目のみを確定し、障害コンテナ移動先も配置替え順序1番目のものに対してのみ求めることにした。そして、配置替えが1回行われる度に、段積み状態の変化に対応するため、ステップ4の再設定を毎回行うこととした。なお、ステップ2-1～2-7はステップ2の詳細である。

なお、新たな荷繰りの発生を最小限に抑えるため、荷繰り時の障害コンテナの移動先は、障害コンテナよりも配置替え順序の早いコンテナの積み段数が最も少ないティアを選ぶものとした。なお、RMGの走行を不要にすることで荷役能率の向上を図るため、障害コンテナ移動先のティアは、移動元のティアと同一のベイから選定することとした。

6. シミュレーション結果

港湾技術研究所のヤードシミュレーターを用いて

輸出コンテナの配置替え荷役における荷繰り回数について、前記のアルゴリズムによる荷役方式と、従来の荷役方式との比較シミュレーションを行った。シミュレータのタスク構成図を図-5に示す。なお、年間取扱量としては現状国内最大レベルの45万TEUを想定し、本船荷役スケジュールを表-2のように仮定した。⁵⁾

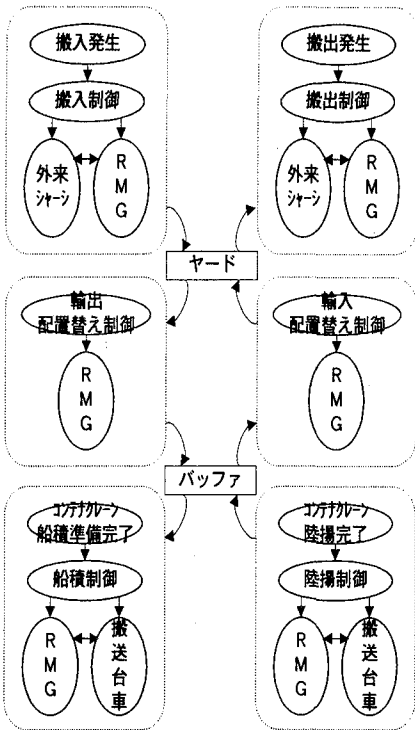


図-5 タスク構成図

表-2 本船荷役スケジュール

	月	火	水	木		金	土	日
船名	A	B	C	D	E	F	G	H
輸出	530	300	255	530	500	100	380	80
輸入	480	270	255	480	120	550	100	430

なお、配置替え荷役開始時においては、輸出コンテナは外来シャシーの不定時刻の搬入によって、ヤードにランダムに段積みされており、バッファへの積付け位置は各コンテナの船積み順をもとに確定さ

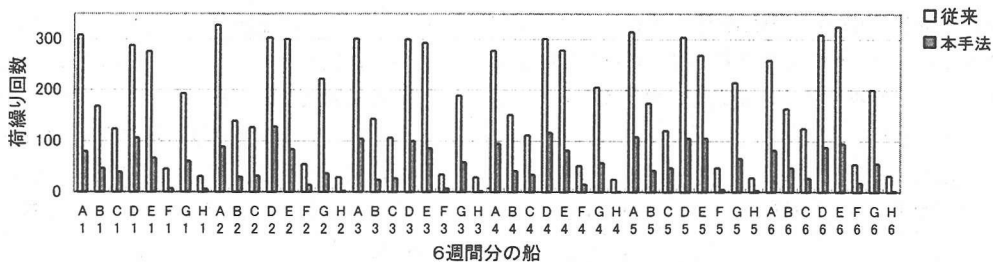


図-6 荷繰り回数の計測結果

れていると仮定した。

シミュレーション結果の計測は、ターミナルのコンテナ滞留状態が定常状態に至るシミュレーション開始から6週間に對して行った。

荷繰り回数の計測結果を図-6に示す。グラフは2本1組で、左側が従来、右側が今回考案した手法によるものである。従来と比較して、輸出コンテナの配置替え荷役の荷繰り回数を30%程度に逓減できることを確認した。また、定常状態1週間分の作業の所要時間を図-7に示す。

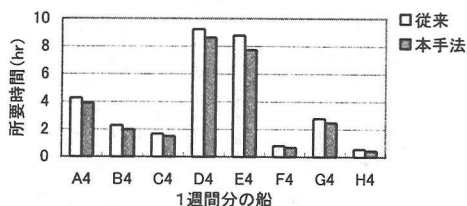


図-7 所要時間の計測結果

この結果から今回提案した手法により、RMGの作業時間を10%程度減らすことができることを確認した。

7. 結論

本船荷役専用バッファを設けたターミナル案における輸出コンテナの配置替え荷役に対し、荷役による状態変化に対応した動的な線形計画法を適用した新しい荷役方式を提案した。

本方式を適用した結果、RMGによる荷繰り回数、所要時間を減らすことができた。すなわち、RMGに必要な速度を10%程度軽減できるようになり、本

研究における手法により RMG 作業を効率化できることがわかった。

本手法は、配置替え荷役開始前に荷役計画として計算するもので、計算時間も比較的少なく、現場への適用が可能な実用的な手法である。従って、今後コンテナターミナルの自動化を推進する場合、本手法はその実現のための有効な手法となり得ると考えられる。

謝 辞

本研究は、「運輸分野における基礎的研究推進制度」の一環として研究を行っており、運輸施設整備事業団をはじめとする皆様にご支援・ご協力を頂いており、ここに深く感謝致します。

参考文献

- 1) 港運構造改善促進財団：我が国におけるコンテナターミナルの自動化・機械化方策に関する調査，1996年3月
- 2) 星名：クレーンの自動運転における横行方向の振れ止め制御，クレーン，第37巻5号，1999年5月，pp.2～7
- 3) 今井，三木：期待効用値を用いたコンテナ船荷役の近似解法，日本航海学会第79回講演会，第80号，1989年11月，pp.117～124.
- 4) 福田，児玉，中道：OR 入門，多賀出版，1989年，pp.71～74
- 5) 沿岸開発技術研究センター：平成8年度船舶用コンテナ自動立体格納装置の研究報告書，1997年3月