

コンテナヤードオペレーションにおけるマルチトレーラーのルーチングに関する研究

神戸商船大学 正会員○西村悦子

World Maritime University 正会員 今井昭夫

中部工業株式会社 村井良行

1. はじめに

近年、外航船社の吸収合併や協調配船が進んでおり、これを背景に規模の経済性を目的としたコンテナ船の大型化が進んでいる。この大型化がどこまで進むかは明らかではないが、造船技術上では不可能ではないと言われている。

したがって、超大型コンテナ船の就航可能性に影響を与える要因としては、当該船舶を満載にするだけの貨物を集積できるかどうかである。また仮に集まったとしても、超大型船の寄港地が大幅に減少することが予想されることから、一度に取り扱われるべき貨物が膨大になる。このため、2次輸送への接続がうまく行われることが重要となる。

そこで超大型船が出現する場合、寄港地で取り扱われるべき貨物を効率的に2次輸送に接続できる方法を考えるが、ここでは特に、コンテナヤードのオペレーションに着目し、海外ではすでに導入されているマルチトレーラーを効率的にコントロールする方法を提案する。

コンテナターミナルにおける搬送車両の作業シーケンスに関する研究としては、AGV^[1]、ストラドルキャリア^[2,5]、従来型トレーラー^[3,4]について検討したものがあるが、文献1と5は全ての地点を1つのループで訪問しなければならないという制約を設けておりあまり現実的でない。文献2は総処理時間を最小化しているが、荷役位置でかかる待ち時間を含めた所要時間は既知としており、現実的でない。また文献3は本船の積み作業だけをモデル化し、文献4は1トレーラーには1コンテナのみ積載可能としている。

2. 現状の荷役形態

まず、現在国内で使用されている従来型トレーラーと図1に示す海外ではすでに使用されているマルチトレーラーの現状の運用形態について以下に示す。

(1) 従来型トレーラー：トレーラー4台が特定のガントリークレーン（GC）1基に割当てられ、岸壁－蔵置ヤード間をピストン輸送する。

(2) マルチトレーラー：トレーラーヘッド1台が複数の連結シャーシを牽引して、ヤード内を巡回し、担当するGCに戻る。基本的に、従来型と同様の運用形態である。

3. 本問題の概要

本問題では、特定のクレーンにマルチトレーラーを割当

てず、複数クレーンに複数のマルチトレーラーを割当て、動的な運用を行うことを考える。マルチトレーラーとGC下、トランステナードとの間でコンテナを受け渡しする場所を1つのノードとして捉えるとこれらを巡回するルーチング問題として本問題を扱うことができる。

目的関数：総走行距離の最小化

前提条件：①各クレーンの作業状態は既知、②各コンテナの目的地は既知、③巡回路は複数形成可能、④積載量がトレーラー容量を越えない、⑤当該船舶に対し、揚げコンテナならGCを先に訪問し、それからヤードへ搬送する。積みコンテナならヤード内の蔵置位置を先に訪問し、最後にGCの所に戻る。

4. 解法

本問題は容量制約と先行順序制約のあるルーチング問題である。この種の問題は多項式時間の計算量で解けることが明らかとなっておらず、最適解を求めることが困難であるため、遺伝的アルゴリズム（GA）を用いた近似解法で検討する。

個体表現方法は地点を1つの遺伝子、その並びを訪問順とし、その他の制約（積載制限等）は満足しない地点を飛ばして訪問するようにする。マルチトレーラーに最大3個コンテナを積載でき、3基のGCを対象とする事例を用いて個体表現とルーチングの解釈の仕方を図2に示す。

仮定：地点1、5、9をGC下、その他をヤード内のコンテナの蔵置位置とし、順に揚げ、積み、積みであったとする。このとき、地点1で揚げたコンテナは地点2、3、4へ搬送、地点5で積まれるコンテナは地点6、7、8から搬送、



図1 マルチトレーラー

キーワード：港湾計画、ターミナル計画、ピークルーチング、遺伝的アルゴリズム

連絡先：〒658-0022 神戸市東灘区深江南町5-1-1、TEL 078-431-6258、FAX 078-431-6365、E-mail e-nisi@cc.kshosen.ac.jp

	<---クレーンA--->				<---クレーンB--->				<---クレーンC--->			
地点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
増減貨物量	3	-1	-1	-1	-3	1	1	1	-3	1	1	1
訪問順	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
個体表現	1	8	3	10	7	4	2	12	6	5	11	9
貨物量	3	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-3	1	-3
巡回路1 (積載量の変化)	3	×	2	3	×	2	1	2	×	×	3	0
↑ 地点8が×になった時点で、同じクレーンで荷役される地点5、6、7も×。												
巡回路2 (積載量の変化)	-	1	-	-	2	-	-	-	3	0	-	-
巡回路1	1	3	10	4	2	12	11	9				
巡回路2	8	7	6	5								

図2 個体表現方法

地点9で積まれるコンテナは地点10、11、12から搬送されるところ。

訪問順の制約： 地点1は地点2、3、4より先に、地点6、7、8は地点5より先に、地点10、11、12は地点9より先に訪問されなければならない。

以上のことを満足するように個体表現を行ったのが図2である。地点番号の下に貨物量はその地点でトレーラー上のコンテナがどれだけ増減するかを示す。左から貨物量の制約が満足しないものは飛ばして順路を決めると、巡回路1となり、残りをまた左から順に見ていき、制約を満足するので残りを巡回路2としている。

5. 適用事例

表1に示す各項目の組み合わせで、各ケース10個の問題を解き、それらの平均を示す。

容量1個の場合のみ、最適解を得ることができることから、図3には最適解による総走行距離と提案する方法によるそれとの差を示す。ケースDやHのように、バース数やクレーン数が多く、問題の規模が大きくなると差が大きくなり、解の精度が悪くなる傾向がある。

図4は従来型運用を基準に、提案する方法でどれだけ総走行距離を短縮できるかを距離短縮率として示す。どのケースも容量1個のときに10～20%短縮され、容量が増えるとその効果が小さくなる傾向があるが、容量6個のときには反対に距離が長くなることもある。

図5は距離と同様、従来型運用からどれだけ必要台数を削減できるかを示したものである。容量1、2、3、6個のときそれぞれ約50、30、20、10%となり、容量が小さいときには削減効果は大きい、容量が増えるとその効果は小さくなっている。

6. おわりに

本研究で提案する方法は従来型トレーラー使用のターミ

表1 計算実験の組み合わせ

ケースA: 蔵置パターンA、供用4バース、各バース1クレーン
 ケースB: 蔵置パターンA、供用6バース、各バース1クレーン
 ケースC: 蔵置パターンA、供用4バース、各バース2クレーン
 ケースD: 蔵置パターンA、供用6バース、各バース2クレーン
 ケースE: 蔵置パターンB、供用4バース、各バース1クレーン
 ケースF: 蔵置パターンB、供用6バース、各バース1クレーン
 ケースG: 蔵置パターンB、供用4バース、各バース2クレーン
 ケースH: 蔵置パターンB、供用6バース、各バース2クレーン
 なお、蔵置パターンAはターミナル全体でランダムに置く場合、パターンBはいずれかのバースの背後にまとめて置く場合を示す。

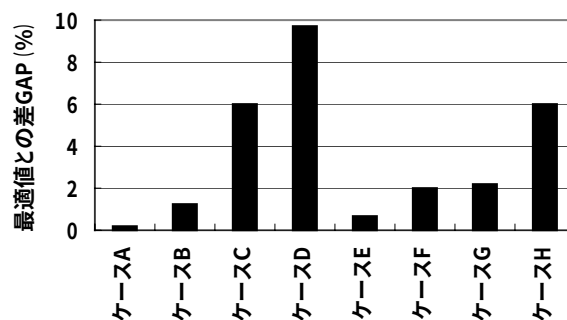


図3 容量1個の問題における最適値との差

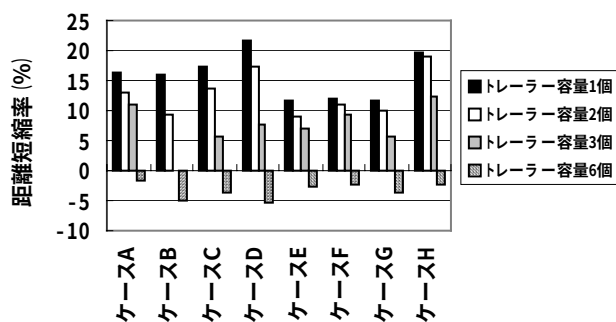


図4 距離短縮率

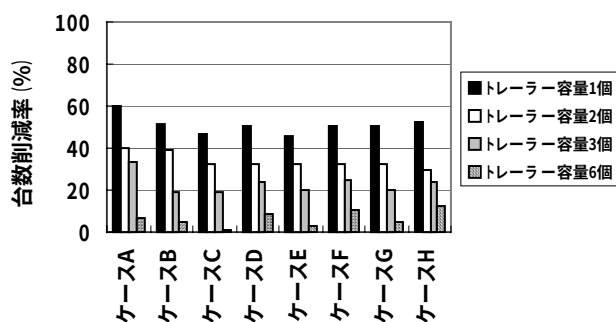


図5 台数削減率

ナルでは距離削減による荷役時間短縮、もしくはトレーラー台数削減への効果は期待できるが、マルチトレーラーの場合では従来型の運用形態で十分であることが明らかとなった。

参考文献

- [1] Evers, J. J. M. and Koppers, S. A. J., Automated guided vehicle traffic control at a container terminal, Transportation Research Part A, Vol.30, No.1, 21-34, 1996.
- [2] Kozan, E., Optimizing container transfers at multimodal terminals, Mathematical and Computer Modeling, Vol.31, 235-243, 2000.
- [3] Marius Sinclair et al., Combined routing and scheduling for the transportation of containerized cargo, Operational Research Society, Vol.38, No.6, 487-498, 1987.
- [4] 西村, 今井, マルチユーザコンテナターミナルにおける動的ヤードオペレーション, 土木計画学研究・論文集, No.17, 721-728, 2000.
- [5] Steeken, D., et al., Routing of straddle carriers at a container terminal with the special aspect of internal moves, OR Spectrum, No.15, 167-172, 1993.