

マルチユーザコンテナターミナルにおける本船荷役作業時間予測モデルの構築

神戸商船大学 正会員○西村悦子
 神戸商船大学 正会員 今井昭夫
 岡山県貨物運送株式会社 浜本敏治

1. はじめに

昨今、日本の主要港はアジアの競合港の出現に伴い、ハブ港としての地位が脅かされている。その要因として、日本の港湾の休日・夜間の荷役体制の不便さ、高いふ頭使用料と荷役料金が挙げられる。また日本のほとんどのコンテナターミナルは公社ふ頭での利用が多く、船会社へ専用貸しされており、現在のように取扱貨物量が少ない場合、相対的なコスト高になってしまふ。そこで船会社への専用貸しをなくし、各船がどのバースでもサービスを受けることができるような複数バースの共同利用（マルチユーザターミナルシステム）を日本の主要港に導入することを考える。

我々はこれに関する研究として、各船の待ち時間と荷役時間の合計の総和である総在港時間を最小化するように船の係留バースを決定する方法^{1), 2)}を検討している。ここではフィーダー船の外貿バースへの直付けを可能とし、通貨貨物を扱う場合には本船ならびにフィーダー船が常時隣接して係留される保証がなければ、一方に対してはコンテナが近傍にない状態が発生すると考えられるため、各船の荷役時間は係留バースにより異なることもであると仮定している。しかしながら、ターミナル内の挙動はブラックボックスとしており、トレーラーの作業の混雑状況や荷役機器の投入台数等による時間変動は考慮されていない。そこで船の荷役作業時間にヤード内の作業状況を考慮するため、本研究では対象コンテナ船の荷役作業時間を予測するモデルを開発する。

2. 荷役シミュレーションモデルの概要

本研究では、マルチユーザターミナルを対象としているが、本研究実施のために現存するターミナルにおいて、現場での荷役作業内容の変更、および荷役機器の投入台数など変動させることは不可能である。そのため、まずターミナルの荷役オペレーションのシミュレーションモデルを構築し、このモデルの実行により得られる各船の荷役時間とその他のデータを用いて予

測モデルを構築する。

コンテナターミナルで行われる作業は、主に本船荷役と搬出入の荷役に分けられる。より現実的なモデルを構築するには、これら両方をモデル化するべきであるが、ヤード内での荷役効率化のために一般にはコンテナの蔵置位置は輸入と輸出ブロックに区分され、入港船の到着時期により、さらにそれらのブロック内においても蔵置位置に区別がある。したがって、本船荷役のための荷役作業と搬入搬出のための荷役作業との間で影響し合うことは少なくなっている。このことから、本研究では本船荷役のみをモデル化することにする。わが国の港湾で多く導入されている荷役方式は多段積みにより狭い土地を有効利用ができる、トランステナ方式である。そこで本研究ではトランステナ方式を採用するターミナルをモデル化する。

図1は連続2バースを有するマルチユーザターミナルを示しており、コンテナ船2隻が係留されている状態を示し、ガントリークレーン（GC）とトランステナ（YC）のスプレッダーによる作業サイクル、トレーラーの走行サイクルを示す。

3. 本船荷役作業時間推定モデルの構築

先で構築したコンテナターミナルのシミュレーションモデルを用いて本船荷役作業時間、つまり係留開始して荷役が始まり、2基のガントリークレーンの荷役作業がすべて終了して出港するまでの時間を計測する。またその時に与えた荷役機器数等の時間変動に影響を

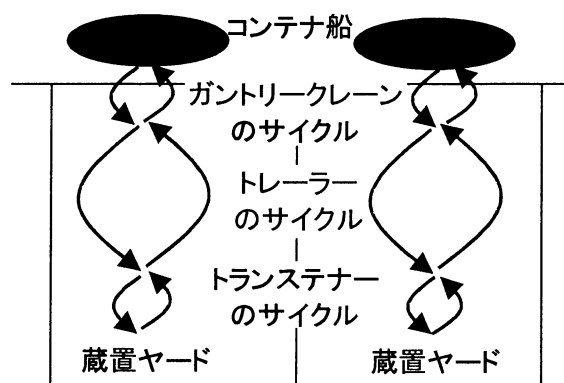


図1 各荷役機器の作業サイクル

キーワード：港湾計画、ターミナル計画

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@bun.ti.kshosen.ac.jp

表1 各荷役機器の平均所要時間(分)と分布関数

	往路		復路(空荷)	
	次数 k	平均値	次数 k	平均値
GC 陸揚げ	16	0.8	15	0.7
GC 船積み	13	0.8	35	0.6
YC	19	1.2	6	0.9

与えるであろう要因を使って、本船荷役作業時間を推定するモデルを構築する。

(1) シミュレーションモデルの前提条件

シミュレーションモデルは以下の2つを構築し、それぞれに対し予測モデルを構築する。

モデル A：供用 2 バースマルチユーザターミナル

モデル B：供用 4 バースマルチユーザターミナル

使用するデータは以前行った調査結果をもとに乱数値で生成させる。まず船の到着間隔は指数分布関数で生成させ、荷役コンテナ数は揚げ積み別クレーンごとにそれぞれ 75～125 の一様乱数で生成させ、各船に対して合計 300～500 個の荷役を行う。荷役作業時間は各荷役機器に対し、コンテナ積載での移動と空荷での移動に分け、表 1 に示す k 次のアーラン分布を生成させる。各船の荷役コンテナの蔵置位置は背後ヤードにあるのか、もしくは隣接バースの背後ヤードにあるのかというコンテナブロックでの区分を行い、一様乱数で生成させる。なお、GC は船 1 隻あたり 2 基、YC は GC1 基あたり 2 台が担当するものとする。

(2) 荷役時間推定モデル

ここでは 10 種類の乱数の種から生成させたデータを用いて計算を行った。またトレーラーの投入台数は GC1 基に対し 1～5 台で変化させ、3 日間のシミュレーションを実行した。構築した 2 種類のシミュレーションモデルにおいて、各船に荷役作業時間に影響を与えると考えられるのは当該船における荷役コンテナ数、トレーラーの投入台数および係留バースと荷役コンテナ数の蔵置位置との間の距離である。そこでこれら 3 つのパラメータを説明変数とし、各船の荷役作業時間を従属変数として重回帰分析を行った。すべての変数を対数変換したものによる結果が寄与率、偏回帰係数とも最善のものとなったため、これを表 2 に示す。

寄与率は 79%、88% となっており良好な値が得られていることがわかる。また有意水準 0.05、それぞれの自由度における F 値は 2.605 より、両モデルとも F 値の絶対値はそれより大きく、統計的にも有意である。

表2 荷役作業時間推定モデル

従属変数：船の荷役時間				
		説明変数	偏回帰係数	t 値
モデル A 自由度 593	寄与率 0.79	(定数)	2.79	5.82
		x_1	0.79	9.81
	F 値 695.79	x_2	-0.60	-44.62
		x_3	0.01	0.29
モデル B 自由度 894	寄与率 0.88	(定数)	1.71	2.31
		x_1	0.75	6.20
	F 値 458.16	x_2	-0.77	-40.84
		x_3	0.29	16.78
x_1 ：荷役コンテナ数、 x_2 ：トレーラーの投入台数、 x_3 ：係留バースと荷役コンテナの蔵置位置との間の距離				

偏回帰係数の符号については、荷役コンテナ数は両モデルとも正、トレーラーの投入台数は負であり、コンテナ数が増えると時間がかかり、投入台数を増やせば時間短縮につながる妥当な結果が得られている。さらに係留バースとコンテナの蔵置位置との間の距離については、両モデルとも正で、距離が長くなると時間がかかるという妥当な結果になっている。しかしながら、モデル A ではほとんどゼロに近く、時間への影響度は小さいが、モデル B では A より大きく、バース数が増え、距離の差が大きくなるとその影響度も大きくなるのがわかる。

次に偏回帰係数の検定については、有意水準 0.05、それぞれの自由度における t 値は 1.645 より、荷役コンテナ数とトレーラーの投入台数の t 値はその絶対値がそれより大きく、統計的にも有意である。また距離についてはモデル A では有意ではないが、モデル B のようにターミナルの規模を大きくすることで統計的にも時間への要因として有意となった。

4. おわりに

本研究ではターミナルの荷役シミュレーションモデルを用いて得られた計算結果をもとに各船の荷役時間推定モデルを構築した。シミュレーションにおけるモデル化の範囲にもよるが、構築した推定モデルを用いれば、船の到着前に荷役時間のある程度予測でき、係留計画に活用できるものである。

参考文献

- [1] Imai, A., Nishimura, E. and Papadimitriou, S., The dynamic berth allocation problem for a container port, Transportation Research Part B, Vol.35, No.4, pp.87-103, 2001.
- [2] Nishimura, E., Imai, A. and Papadimitriou, S., Berth Allocation Planning in the public berth system by genetic algorithms, European Journal of Operational Research, Vol.131, No.2, pp.54-64, 2001.