

京都大学工学部

正 員

長尾義三

,

学生員

則武通彦

中央復建コンサルタンツ

正 員

永野光三

首都高速道路公団

,

○ 藤井敏雄

1. はじめに

近年、外貿におけるコンテナ輸送の発達はめざましいものがあり、それはターミナルとしての港湾施設の形態変化を余さなくさせているが、現在まじのところコンテナターミナルにおける荷役挙動はまったく解析されていない。本考察においては、神戸、大阪および東京港におけるコンテナターミナルで行なった代表的な荷役方式の2~3について各荷役動態調査とその統計的解析の結果を報告し、さらにこれに基づいて待ち合せモデルとシミュレーションモデルを提案しこれによって荷役システムの解析を行なった。

2. 現地調査結果と統計的解析

方式別、あげ・つみ別、デッキ・ホールド別の各荷役機械のサイクルタイムに関するデータ数、平均値、標準偏差は表-1に示すとおりである。各輸送機械の輸送時間と輸送距離との間の相関関係は表-2に示してある。表-2.1は3方式のクレーンのサイクルタイムの独立性、また表-2.2は各輸送機械の輸送方向の独立性の検定結果を示したものである。

表-1. 荷役機械のサイクルタイム

荷役方式	クレーン			トラック(キャリア)			テナ		
	N	m	σ	N	m	σ	N	m	σ
シャシ	あげ・デッキ	82	113	42	73	40.2	64		
	あげ・ホールド	93	93	17	38	45.6	90		
	つみ・デッキ	43	98	32	19	40.2	43		
ティナ	あげ・デッキ	63	94	12	55	200	30	55	91
	あげ・ホールド	157	109	26	142	210	36	145	98
	つみ・デッキ	44	90	28	26	179	22	33	91
キャリア	つみ・ホールド	108	115	28	92	215	75	85	103
	あげ・デッキ	110	98	37	129	135	36		
	あげ・ホールド	40	99	20	43	93	29		
	つみ・デッキ	57	102	38	54	111	29		
	つみ・ホールド	74	113	41	73	123	34		

3. 待ち合せモデル、シミュレーション 注) N: データ数, m: 平均値(秒), σ : 標準偏差(秒)

モデルによる荷役動態の解析

調査データをインプットデータとして、ハッチのオープンやクローズあるいはクレーンシフトのない平常時の動態解析を方式別に行なった。シャシ方式についてはシミュレーション手法とともにトラックのトリップタイムを指数分布、クレーンのサイクルタイムをアーラン分布とした2リ尼克荷役システムの待ち合せ理論を適用し、他の2方式についてはシミュレーションモデルで解析した。待ち合せモデルにおいてはトラックの平均待ち台数Lは、

$$L = M \{ 1 - (1 - P_0) / M \lambda \}$$

であり、ここにMはトラック台数、 P_0 は定常状態確率に関する連立方程式より得られるクレーンの遊休率、 λ はトラックの平均到着率であ

表-2. 輸送時間と輸送距離との相関関係

荷役方式	データ数	相関係数	回帰方程式
シャシ	あ 横荷	118	$T = 1.34L + 47.6$
	あ ヘッド	120	$T = 1.57L + 11.5$
	あ 縦荷	120	$T = 1.07L + 39.0$
	つ 横荷	35	$T = 0.21L + 61.7$
	つ ヘッド	35	$T = 1.51L + 18.7$
	つ 縦荷	19	$T = 2.16L + 5.6$
ティナ	あ 横荷	202	$T = 0.64L + 73.7$
	あ 縦荷	199	$T = 1.44L + 22.8$
	つ 横荷	121	$T = 0.95L + 42.4$
	つ 縦荷	126	$T = 1.53L + 13.2$
キャリア	あ 横荷	177	$T = 2.08L + 18.4$
	あ 縦荷	176	$T = 1.57L + 17.0$
	つ 横荷	130	$T = 1.97L + 15.1$
	つ 縦荷	127	$T = 2.13L + 13.9$

**は輸送距離がほぼ一定の、相関分析が適用され難い。
注) T: 輸送時間(秒), L: 輸送距離(10m)

る。解析結果は表4~6に示すとおりである。

4. 考察

(1) 輸送時間と輸送距離との間の相関係数は、表-2より大部分のケースについておおよそ0.6~0.7であることがわかる。これより、必ずしも高いとはいえない。これは他の要因の影響を受けているとも考えられる。

(2) 5%の有意水準では、表-3.1よりクレーンのサイクルタイムはフミ・デツキのケースを除いて同一母集団から発生したものとはいえない。同様に、テナ式式のトラック

およびキャリアのサイクルタイムは

輸送方向により差がある。したがって式、輸送方向等によってそれぞれの特性をもつと考えられる。しかしテナのサイクルタイムには方向による差があるとはいえない。

(3) シャーシ式式の解析結果をみる。

と、待

ち合せ
モデル
ヒシミ
ュレー

ケース	クレーン遊休率				テナ遊休率				トラック平均待ち台数(クレーン所)				トラック平均待ち台数(テナ所)			
トラック台数	2	3	④	5	2	3	④	5	2	3	④	5	2	3	④	5
あが・デツキ	0.16	0.04	0.02	0.01	0.18	0.06	0.04	0.04	0.09	0.33	1.15	1.83	0.13	0.44	0.77	1.08
あが・ホールド	0.10	0.02	0.01	0	0.19	0.12	0.11	0.11	0.20	0.86	1.93	2.64	0.11	0.29	0.40	0.48
フミ・デツキ	0.12	0.04	0.02	0.01	0.15	0.07	0.05	0.04	0.16	0.63	1.23	1.93	0.16	0.54	0.90	1.18
フミ・ホールド	0.11	0.03	0.01	0	0.21	0.15	0.12	0.12	0.34	1.08	1.92	2.80	0.15	0.28	0.41	0.51

ションモデルはかなりよい相合を保持している。また実際のクレーン遊休率は、あがのデツキ、ホールドで0.01, 0, フミ・デツキで0.01と小さいがそれはデータ中にクレーンのシフト時等のサンプルが入っているからである。ホールドの荷役については、まだ10%以上生産率を向上できる。

(4) 表-4~6より3式式いずれにおいても、現実のターミナルオペレーションはクレーンの遊休を極力おさえる方向で努力していることがわかる。このことはターミナル経営上、船舶のクイックデイスパッチを至上目標とする態度のあらわれとみることができ。

(5) トランステナ式式にあつては、表-5より分かるようにトラックを2台から3台にふやす時システムに及ぼす影響は顕著であるが3台以上では小さい。またシステムのネックはテナではなくクレーンであり、トラックもクレーンの所でより多く待ちされている。

(6) キャリア式式においては、表-6よりキャリア台数は2台で十分であることが分かる。各式式の優劣は以上の解析結果からは連断しえないが、これを明らかにするには今後の研究として船舶の接岸時より離岸時まで、並びに内陸の荷役プロセスをも総合的に記述した多段階モデルの作成が必要と考えられる。本研究はその基礎となるものである。

* 参考文献: J.T. Morgan; "Two Link Material Handling Systems", JORSA, Vol. 14, No. 1, 1966.

表-3.1 クレーンサイクルタイムと荷役方式間の相関係数

ケース	ϕ	$r^2(\phi, 0.05)$	r_0^2
あが・デツキ	12	21.0	29.5
あが・デツキ	16	26.3	36.5
フミ・デツキ	12	21.0	15.8
フミ・ホールド	8	15.5	20.5

注) ϕ : 自由度

表-3.2 輸送方向(あが・フミ)とサイクルタイム間の相関係数

輸送機械	ϕ	$r^2(\phi, 0.05)$	r_0^2
キャリア式キャリア	7	14.0	15.2
テナ式式トラック	6	12.6	31.7
テナ式式テナ	5	11.0	4.4

注) ϕ : 自由度

ケース	クレーン遊休率 (P ₀)				トラック平均待ち台数 (L)			
	3	4	⑤	6	3	4	⑤	6
あが・デツキ	Q 0.24	0.09	0.03	0.01	0.26	0.75	1.51	2.44
デツキ	S 0.25	0.09	0.02	0	0.31	0.73	1.50	2.44
あが	Q 0.41	0.24	0.12	0.05	0.10	0.30	0.71	1.35
ホールド	S 0.44	0.28	0.16	0.07	0.27	0.50	0.91	1.46
フミ	Q 0.31	0.16	0.06	0.02	0.17	0.52	1.13	1.96
デツキ	S 0.31	0.13	0.02	0	0.16	0.45	1.02	1.94

注) Q: 待ち台数理論, S: シミュレーション, また○印は現行稼働台数、以下同じ

表-6. ストラルキャリア式式の解析結果

ケース	クレーン遊休率		平均待ち台数	
キャリア台数	1	②	1	②
あげ・デツキ	0.29	0	0	0.61
あげ・ホールド	0	0	0.09	1.07
フミ・デツキ	0.08	0	0.01	0.91
フミ・ホールド	0.09	0	0.01	0.90