

運輸省港湾技術研究所

# 港湾技術研究所 報告

---

---

REPORT OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH  
INSTITUTE

MINISTRY OF TRANSPORT

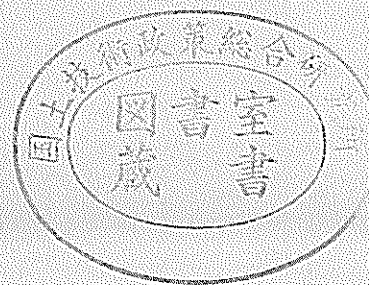
---

VOL. 15

NO. 1

MAR. 1976

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



# 港湾技術研究所報告 (REPORT OF P.H.R.I.)

第15巻 第1号 (Vol. 15, No. 1), 1976年3月 (Mar. 1976)

## 目 次 (CONTENTS)

1. Influence Charts for the Circular Arc Method  
.....Masatoshi SAWAGUCHI and Kunio TAKAHASHI..... 3  
(円形すべり計算のための影響図表 ..... 沢口正俊・高橋邦夫)
2. 港湾における空間設計手法の開発 (第1報)  
—基本図形の景観図化—.....奥山育英.....19  
(Development of Space Design of Port and Harbour (1st Report)  
—Visual Simulation of Three Dimensional Objects— ...Yasuhide OKUYAMA)
3. 海上航行船舶挙動に関する研究 (第1報)—観測法と解析法の確立—  
.....奥山育英・早藤能伸・佐々木芳寛・中辻 隆.....39  
(A Study on Marine Traffic Behavior (1st Report)—Establishment of Methodes of  
Observations and Analysis— .....Yasuhide OKUYAMA  
Yoshinobu HAYAHUJI, Yoshihiro SASAKI and Takashi NAKATSUJI)
4. 定期船埠頭におけるバース数, 泊地規模, 貨物貯留量に関する事例研究  
.....早藤能伸.....49  
(A Study on Number of Berth, Anchorage Requirements, Cargo Stocks of  
Conventional Liner Berth .....Yoshinobu HAYAHUJI)

## 4. 定期船埠頭におけるバース数, 泊地規模, 貨物貯留量に関する事例研究

早 藤 能 伸\*

### 要 旨

埠頭システムを解明するため、主に滞船関連が研究されてきたが、今回はさらに貨物貯留関係をも同時に組み入れ、滞船および貨物貯留についての汎用シミュレーションプログラムを開発し、同時に在来定期船バースで比較的未解明であった貨物関係の特性を明らかにした。それらをもとに応用可能と思われるケースについて、バース数、泊地規模、貨物貯留量の算定等を行ってマクロ的な計画に利用できるようにした。さらに、複雑な条件を外した場合には理論的数表が用意されているが、条件を付けた場合のシミュレーション結果と理論により得られる数表を条件に応じて読みかえを行うことを試み、今後シミュレーションのみに頼らず、マクロ的推計の場合には、理論数表の読みかえの可能性を示唆し、今後の研究につなげている。

---

\* 設計基準部 システム研究室

#### 4. A Study on Number of Berths, Anchorage Requirements, Cargo Stocks of Conventional Liner Berth

Yoshinobu HAYAFUJI\*

##### Synopsis

This report consists of three parts.

First, the simulation program of the cargo capacity in storages are developed, adding to the generalized queueing simulation program in port, already developed and published.

Next, the cargo-related data are collected and some characteristics of them are derived.

Last, using the above simulation program and the cargo characteristics obtained, port activity of ships and cargoes are simulated in the electronic computer. Simulation cases are chosen to be helpful for macro-scopical estimate in actual situation.

Comparing mathematical results under some distinctions and the results of the simulation, the functional relationships between them are suggested. This will be a major research work following this report.

---

\* Member of the System Laboratory, Standard Division

## 目 次

要 旨 .....	49
1. ま え が き .....	53
2. 定期船埠頭における船舶および貨物の実際の動き .....	53
2.1 航路別本船到着率 .....	53
2.2 航路別取扱貨物の品目構成 .....	55
2.3 航路別揚積貨物量の同時分布 .....	55
2.4 品目別荷役能率 .....	62
2.5 荷役時間に対する遊休時間の割合の分布 .....	62
2.6 貨物の舛取率, 上屋経由率, 野積場経由率 .....	62
2.7 上屋, 野積場での貨物搬出入分布 .....	63
3. シミュレーションによるアプローチ .....	63
3.1 概 説 .....	63
3.2 汎用貨物貯留シミュレーションプログラム .....	64
3.3 モデルの設定条件 .....	65
3.4 ケースの選定と到着率の決定 .....	66
3.5 結果と考察 .....	67
4. あとがき .....	68
参考文献 .....	69

## 1. ま え が き

港湾をシステムとしてとらえることにより埠頭施設の容量決定に待ち合せ理論が利用されてから久しく、これと並行してシミュレーションによるシステム分析も大型電子計算機が手近かに使えるようになったことから理論では解けなかったような複雑な問題に対しても解決の糸口がつかめるようになってきた。

このような情勢を背景に定期船埠頭バースの運用計画で、本船の夜間入港禁止、夜間荷役中断を条件として含む航路別バース割当ての問題に直面していた京浜外貨埠頭公園と、同じテーマで取り組んでいた当室とで、共同で研究することとなった。特に夜間に関する条件とバース使用についての航路の割り当てを含む場合のバース取扱能力ならびに貨物の埠頭における貯留量についての推定を行うことを目的として本研究が着手された。これは理論的な解は条件が複雑なために求めることがほぼ困難であると考えられた。

そのため従来よりあった汎用滞船シミュレーションプログラムに結合させて、貯留のシミュレーションプログラムを開発するとともに、在来余りデータが明らかでなかった貨物の貯留に関するデータを集収し、これら特性をある程度明らかにした。

これらの調査結果をふまえ、開発した2つのシミュレーションプログラムによって、バース取扱能力、貨物貯留量について計算した結果、航路のバース割当ての組み合わせによる差はあまり認められなかった。

## 2. 定期船埠頭における船舶および貨物の実際の動き

定期船埠頭に到着する本船には多くの専用航路船があり航路特有の貨物を積んで、これらが入り乱れて港に到着している。到着した本船は、空いているバースに接岸するが、バースに航路指定がされているとき、指定航路のいずれかに該当しなければ、バースが空いても接岸できない。本船が深夜に到着した場合や接岸できないための沖待ちによる複数隻の待ち船は待ち行列をつくり、待ち船が多くなる場合は、バースの外に錨地あるいは泊地を用意しなければならない。接岸した本船は、貨物の荷役を開始するが、港によっては時間を定めて夜間の荷役を行わない外、風浪、降雨などによる中断もあり、全荷役を終了した船のみが出港できる。

一方貨物に関しては、揚貨物が荷役後しばらくの間上屋または野積場に保管され、その後、日数の経過とともに少しずつ搬出されていく。また積貨物は、本船の到着に先だって、あらかじめ少しずつ上屋、野積場に搬入されていて、丁度本船が到着する頃に全ての貨物が埠頭内に着いているように搬入されてくる。

港内における船と貨物の動きは以上のようにとらえることができ、シミュレーションを行うためには、これらが明確に把握されていなければならない一方、調査された例も少く、細部にわたる調査の必要性から、横浜港において次の項目について調査を行った。

航路別本船到着率

航路別品目構成

航路別揚積貨物の同時分布

品目別荷役能率

荷役時間に対する遊休時間の割合の分布

貨物の施設経由率

上屋野積場での貨物搬出入分布

以上の項目の細部については次の各節でのべる。

### 2.1 航路別本船到着率

昭和49年横浜港統計年報より航路別年間到着隻数の実績からそのまま1日当りの航路別平均到着率を求めた。

表1 航路別1日当り到着隻数

航 路 名		到着率 (隻/日)
極 東	世 界 一 周	0.0164
	北 米	3.19
	北 欧	0.595
	近 東 地 中 海	0.721
	南 米	0.753
	ア フ リ カ	0.795
	豪 州	1.03
日 本	ペルシャベンガル湾	1.04
	インドネシア } マレーシア }	1.59
	タイ、インドシナ	0.693
	フ ィ リ ピ ン	0.770
	台 湾	0.879
	韓 国	1.07

到着分布は外国航路の場合ランダム到着であるといわれているが、なお時間帯でどのように変化しているかを

早藤能伸

表 2 埠頭別時間帶別入港隻數

24 時間帶 →

		(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
錨地		240.00	199.00	206.00	202.00	492.00	297.00	369.00	632.00	614.00	530.00
		448.00	378.00	345.00	302.00	365.00	380.00	412.00	383.00	416.00	303.00
		240.00	207.00	215.00	230.00						
浮標		8.00	0.	1.00	1.00	2.00	1.00	7.00	41.00	166.00	209.00
		135.00	68.00	35.00	29.00	31.00	41.00	65.00	57.00	49.00	94.00
		41.00	7.00	0.	0.						
本牧		8.00	1.00	1.00	0.	1.00	2.00	38.00	272.00	775.00	405.00
		246.00	141.00	79.00	84.00	102.00	108.00	132.00	143.00	192.00	322.00
		114.00	50.00	41.00	10.00						
山下		6.00	0.	0.	0.	0.	0.	0.	45.00	181.00	110.00
		58.00	41.00	15.00	17.00	16.00	18.00	21.00	46.00	35.00	97.00
		29.00	9.00	1.00	0.						
大棧橋		5.00	1.00	1.00	0.	0.	0.	1.00	5.00	71.00	41.00
		25.00	29.00	22.00	21.00	18.00	22.00	38.00	25.00	12.00	19.00
		8.00	3.00	0.	0.						
新港		1.00	0.	0.	2.00	0.	0.	0.	32.00	124.00	113.00
		66.00	32.00	21.00	20.00	17.00	25.00	24.00	31.00	50.00	67.00
		13.00	2.00	0.	0.						
高島		4.00	0.	0.	0.	1.00	0.	0.	7.00	56.00	61.00
		42.00	14.00	12.00	9.00	9.00	16.00	14.00	19.00	22.00	26.00
		5.00	1.00	0.	0.						
山内		0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	15.00	52.00	15.00
		12.00	13.00	7.00	10.00	5.00	7.00	5.00	20.00	22.00	15.00
		2.00	0.	0.	0.						
瑞穂		2.00	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	6.00	10.00
		9.00	11.00	2.00	3.00	3.00	2.00	2.00	6.00	3.00	4.00
		1.00	0.	0.	70.00						
出田		4.00	0.	0.	0.	0.	0.	0.	6.00	50.00	31.00
		30.00	9.00	5.00	6.00	7.00	10.00	20.00	14.00	4.00	5.00
		0.	0.	0.	0.						
東横		2.00	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
		0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
		0.	0.	0.	0.						
私营		4.00	3.00	1.00	1.00	0.	0.	10.00	128.00	254.00	193.00
		182.00	154.00	1.00	86.00	101.00	120.00	124.00	78.00	44.00	21.00
		7.00	0.	0.	0.						

定期船埠頭におけるバース数、泊地規模、貨物貯留量に関する事例研究

調べた。昭和 47 年 8 月より昭和 48 年 5 月までに入港した 9000 余隻についての埠頭別時間帯別入港隻数は表 2 のとおりである。

これによると、錨地への到着隻数が深夜と朝をそれぞれ谷、山とする 3 倍程度の開きがあって、全体としては 1 回を周期とするわずかの周期性が残っており、完全にランダムとはいえないことがわかる。

2.2 航路別品目構成

航路の違いによって平均取り扱い貨物量が異なるが、この外にも航路によって取り扱い貨物の平均品目構成がどのようにになっているかを調べた。この結果は表 3 のように東南アジア航路と中近東航路あるいは欧州航路では全く別品目が扱われている外、それぞれの航路間で重複して取扱われている品目数は 2~3 程度で、航路による特質が顕著に現われている。

2.3 航路別揚積貨物量の同時分布

一船当りの揚積貨物荷役量は航路により特性があっ

て、さらに一定の量ではなく確率分布にしたがって変動している(表 4 参照)。まず平均値から見ると揚積合計では東南アジアの 2351 トンから中国航路の 4492 トンまで開きがあり、積対揚の比ではアフリカ航路の 1.55 から中国航路の 3.83 まで差がある。揚貨物が多い場合に積貨物も多い、あるいは少いといった傾向にあるとき揚貨物量と積貨物量は互いに独立ではなくなるが、航路によっては明らかにこの傾向がでているものもある。今回の調査が横浜港を対象としているので、外国航路の場合は、横浜港以外の国内港に寄港する割合が少くないので、航路ごと揚積量からそのまま航路ごと船型に比例するとは断定出来ないが、接岸するバースの吃水に深くかかわりあいがあるものと予想される。

一船当りの揚積貨物荷役量の同時分布については調査された例が少く、今回の集計ではサンプル数が、揚荷役量の分布または積荷役量の分布というふうに個々の分布について調べるには充分な量であったが、同時分布につ

表 3 航路別品目構成(横浜港統計年報(S 48 年)実績値) (単位; %)

品 目	航 路					
	中 国	東南アジア	中近東	欧 州	南 米	アフリカ
輸 入						
① 果 実 野 菜		38			30	
② 木 製 品		20				
③ 樹 脂		16				
④ 原 木		15				
⑤ 米 穀 類	28	11			30	11
⑥ 肥 料	23		40		18	
⑦ 食 料 工 業 品	17			25		7
⑧ 日 用 品	17					
⑨ 綿 花	15					
⑩ 畜 産 品					15	
⑪ その他農産					7	27
⑫ 非 鉄 金 属			50	34		42
⑬ 砂 糖						13
⑭ く ず も の			10			
⑮ その他キカイ				17		
⑯ 紙 パ ル プ				12		
⑰ 輸 送 キ カ イ				12		
輸 出						
① 輸 送 キ カ イ	58	29	50	77	22	43
② その他キカイ		26	26	23	41	31
③ 鉄 鋼	18	24	24		37	26
④ 化 学 工 業 品	24	21				
⑤ 化 学 肥 料						



表 4-1 揚積同時分布 (中國航路) 單位: % (70 隻)

揚積	揚	積	積分布	積平均
以上	0	以上	12500~13000	29.9
未滿	500	未滿	12000~12500	4.3
	500~1000	1.2	11500~12000	1.4
	1000~1500	2.9	11000~11500	8.6
	1500~2000	1.4	10500~11000	4.3
	2000~2500	8.6	10000~10500	2.9
	2500~3000	4.3	9500~10000	4.3
	3000~3500	2.9	9000~9500	7.1
	3500~4000	4.3	8500~9000	7.1
	4000~4500	7.1	8000~8500	2.9
	4500~5000	7.1	7500~8000	2.9
	5000~5500	2.9	7000~7500	1.4
	5500~6000	2.9	6500~7000	2.9
	6000~6500	1.4	6000~6500	2.9
	6500~7000	2.9	5500~6000	2.9
	7000~7500	2.9	5000~5500	2.9
	7500~8000	2.9	4500~5000	2.9
	8000~8500	1.4	4000~4500	1.4
	8500~9000		3500~4000	1.4
	9000~9500		3000~3500	1.4
	9500~10000		2500~3000	1.4
	10000~10500	2.9	2000~2500	1.4
	10500~11000	1.4	1500~2000	1.4
	11000~11500	1.4	1000~1500	1.4
	11500~12000	1.4	500~1000	1.4
	12000~12500	1.4	0~500	1.4
	12500~13000	1.4	以上	1.4
	13000~13500	1.4	以上	1.4
揚分布		69.9	2.9	4.3
揚平均		2.9	5.7	2.9
		4.3	2.9	5.7
		2.9	1.4	1.4
		3562		
		930		

単位：% (456隻)

表 4-2 揚積同時分布 (東南アジア航路)

揚積	揚積同時分布 (東南アジア航路)		単位：% (456隻)	
	揚	積	積分布	積平均
以上	0	以上	17.1	
未満	500	未満	17.4	
	0~500	0~500	15.7	
	500~1000	500~1000	17.6	
	1000~1500	1000~1500	9.5	
	1500~2000	1500~2000	7.6	
	2000~2500	2000~2500	6.3	
	2500~3000	2500~3000	4.1	
	3000~3500	3000~3500	3.4	
	3500~4000	3500~4000	0.7	
	4000~4500	4000~4500	0.2	
	4500~5000	4500~5000	0.2	
	5000~5500	5000~5500	0.2	
	5500~6000	5500~6000	0.2	
	6000~6500	6000~6500	0.2	
	6500~7000	6500~7000		
	7000~7500	7000~7500		
	7500~8000	7500~8000		
	8000~8500	8000~8500		
	8500~9000	8500~9000		
	9000~9500	9000~9500		
	9500~10000	9500~10000		
	10000~10500	10000~10500		
	10500~11000	10500~11000		
	11000~11500	11000~11500		
	11500~12000	11500~12000		
	12000~12500	12000~12500		
	12500~13000	12500~13000		
揚分布				1671
揚平均			680	

單位; % (86 隻)

表 4-3 揚積同時分布 (中近東航路)

揚積	揚	積	積 分 布	積 平 均
以上	0	0		
未滿	500	500		
	0~500	7.0	3.5 1.1	2.3 1.2 2.3
	500~1000	3.4	3.5	1.2
	1000~1500	4.7	1.1 1.2	1.2
	1500~2000	11.6	2.3	
	2000~2500	4.7	1.1 2.3 1.2	
	2500~3000	12.8	1.2	1.1
	3000~3500	1.2	1.1 1.2	
	3500~4000	2.3	1.2	
	4000~4500	2.3		
	4500~5000	2.3	1.2	
	5000~5500	3.5		
	5500~6000	1.1	1.2	
	6000~6500		1.2	
	6500~7000			
	7000~7500			
	7500~8000	1.2		
	8000~8500		1.1	1.2
	8500~9000			
	9000~9500			
	9500~11000			
	10000~10500			
	10599~11000			
	11000~11500	1.2		1.2
	11500~12000			
	12000~12500			
	12500~13000			
揚 分 布		59.3 6.9 6.9 12.8 3.5 7.0	1.2 1.2 1.2	2460
揚 平 均				935

単位：% (132 隻)

表 4-4 揚積同時分布 (欧州航路)

揚積	0 以上	500 未満	500 ~ 1000	1000 ~ 1500	1500 ~ 2000	2000 ~ 2500	2500 ~ 3000	3000 ~ 3500	3500 ~ 4000	4000 ~ 4500	4500 ~ 5000	5000 ~ 5500	5500 ~ 6000	6000 ~ 6500	6500 ~ 7000	7000 ~ 7500	7500 ~ 8000	8000 ~ 8500	8500 ~ 9000	9000 ~ 9500	9500 ~ 10000	10000 ~ 10500	10500 ~ 11000	11000 ~ 11500	11500 ~ 12000	12000 ~ 12500	12500 ~ 13000	積分布	積平均			
以上 未満	4.5	6.8	4.5	2.3	2.2	1.5	1.5	0.8	0.8	1.5	0.8	1.5	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	28.0			
0 ~ 500		3.0	0.8	0.8				0.7																						5.3		
500 ~ 1000		3.8	2.3	0.8	1.4	0.8																								9.1		
1000 ~ 1500		8.3	1.5		0.8		0.7																							11.3		
1500 ~ 2000		6.8	0.8	0.8	0.7																									9.1		
2000 ~ 2500		8.3	0.8		0.8		0.7																							10.6		
2500 ~ 3000		3.8	1.5				0.8																							6.1		
3000 ~ 3500		2.3	0.7					0.8																						3.0		
3500 ~ 4000		3.8	1.5	0.7																										6.8		
4000 ~ 4500		2.3																												2.3		
4500 ~ 5000		1.5	0.7																											2.2		
5000 ~ 5500		2.3																												2.3		
5500 ~ 6000		1.5							0.8																					2.3		
6000 ~ 6500																														0.8		
6500 ~ 7000		0.8																												0.8		
7000 ~ 7500																														0.8		
7500 ~ 8000																																
8000 ~ 8500																																
8500 ~ 9000																																
9000 ~ 9500																																
9500 ~ 10000																																
10000 ~ 10500																																
10500 ~ 11000																																
11000 ~ 11500																																
11500 ~ 12000																																
12000 ~ 12500																																
12500 ~ 13000																																
揚分布	53.0 17.4 7.6 4.5 6.1 1.5 4.5 1.5 0.8 1.5 0.8 1.5 0.8 0.8																											2130				
揚平均																											1011					

単位：% (115 隻)

表 4-5 揚積同時分布 (中瀬米航路)

揚積	0 以上	500 未満	500 ~ 1000	1000 ~ 1500	1500 ~ 2000	2000 ~ 2500	2500 ~ 3000	3000 ~ 3500	3500 ~ 4000	4000 ~ 4500	4500 ~ 5000	5000 ~ 5500	5500 ~ 6000	6000 ~ 6500	6500 ~ 7000	7000 ~ 7500	7500 ~ 8000	8000 ~ 8500	8500 ~ 9000	9000 ~ 9500	9500 ~ 10000	10000 ~ 10500	10500 ~ 11000	11000 ~ 11500	11500 ~ 12000	12000 ~ 12500	12500 ~ 13000	積分布	積平均					
以上	2.6	12.2	4.2	3.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	26.1					
0 ~ 500	3.5		0.8																										4.3					
500 ~ 1000	6.9			0.9																									7.8					
1000 ~ 1500	6.0	0.9													0.9														8.7					
1500 ~ 2000	7.0																												7.0					
2000 ~ 2500	4.3	0.9																											6.1					
2500 ~ 3000	7.0																												7.8					
3000 ~ 3500	7.0	0.8																											7.8					
3500 ~ 4000	7.0	0.8																											7.8					
4000 ~ 4500	4.3			2.6																									6.9					
4500 ~ 5000	1.7	0.9																											3.5					
5000 ~ 5500	2.6	0.9																											3.5					
5500 ~ 6000	0.9				0.9																								2.6					
6000 ~ 6500	0.9																												0.9					
6500 ~ 7000	0.9																												0.9					
7000 ~ 7500	2.6																												2.6					
7500 ~ 8000																													0.9					
8000 ~ 8500																													0.9					
8500 ~ 9000																																		
9000 ~ 9500																																		
9500 ~ 10000																																		
10000 ~ 10500	0.9																																	
10500 ~ 11000				0.8																														
11000 ~ 11500																																		
11500 ~ 12000	0.9																																	
12000 ~ 12500																																		
12500 ~ 13000																																		
揚分布	60.9	15.7	7.7	6.9	1.7	0.9	2.6	0.9	1.8	0.9	0.9	1.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
揚平均																																		850

単位; % (93 隻)

表 4-6 揚積同時分布 (アフリカ航路)

揚積	揚積同時分布 (アフリカ航路)													積分布	積平均																	
	0~500 以上未滿	500~1000	1000~1500	1500~2000	2000~2500	2500~3000	3000~3500	3500~4000	4000~4500	4500~5000	5000~5500	5500~6000	6000~6500			6500~7000	7000~7500	7500~8000	8000~8500	8500~9000	9000~9500	9500~10000	10000~10500	10500~11000	11000~11500	11500~12000	12000~12500	12500~13000				
以上未滿	1.1	1.0	6.4	4.3	1.1	1.1	1.1	3.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	21.5			
0~500	3.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	7.5			
500~1000	4.3	1.1	1.0	2.2	4.3	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	7.5			
1000~1500	2.2	2.2	2.2	4.3	1.1	1.0	2.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	16.1			
1500~2000	1.1	1.1	1.1	1.1	2.2	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	5.4			
2000~2500	5.3	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	6.5			
2500~3000	3.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	8.5			
3000~3500	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	4.3			
3500~4000	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	4.3			
4000~4500	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	4.3			
4500~5000	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	4.3		
5000~5500	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	2.2		
5500~6000	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	3.1		
6000~6500	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	2.2		
6500~7000	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	
7000~7500	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
7500~8000	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
8000~8500	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
8500~9000	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
9000~9500	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
9500~10000	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
10000~10500	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
10500~11000	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
11000~11500	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
11500~12000	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
12000~12500	40.8	5.4	14.0	11.8	4.3	1.1	4.3	3.2	7.5	3.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2		
12500~13000	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1		
揚分布	40.8 5.4 14.0 11.8 4.3 1.1 4.3 3.2 7.5 3.2 2.2 2.2																										2577					
揚平均																										1664						

いては、少な過ぎるうらみがあるが、同時分布として使用にたえうると考えられる。

2.4 品目別荷役能率

荷役能率が品目によって異なるであろうとは容易に推察できるが、三菱倉庫、京浜倉庫、三協運輸等のヒアリングによるとかなり細かいバラツキがあって同一品目が荷役業社や、あるいは荷役業社内の個々のギャングによって能率が異なり、さらに夜間、風浪雨などもギャング間に能率差があるということであった。実態が荷役能率を明確に数値化し得ないので、大体の目安としてヒアリング結果より適当と思われるものを表5にまとめた。

2.5 荷役時間に対する遊休時間の割合の分布

一船の荷役時間が荷役量、品目別荷役能率によってバラツキがあると同時に、接岸している間に夜間荷役中断、荒天荷役中断等によって不荷役時間が生じる。この時間の実荷役時間に対する割合を分布にとってみたのが図1で、位相2、平均値が2.2のアーレン分布に類似しているが、平均が2.2ということは、接岸している全時間のうち69%は不荷役時間ということになる。不荷役時間の原因別構成は調べることができなかったが、夜間によるものが、かなり占めていると思われる一方、69%という数値については、別のサイドで議論されるべきものと考えられる。

2.6 貨物の解取率、上屋経由率、野積場経由率

揚積別品目別経由率は倉庫会社等のヒアリングより、

表5 品目別荷役能率

(トン/ギャング・時間)

	品 目	荷 姿	荷役能率
揚	① 果 実 野 菜	パレット	40
	② 木 製 品		50
	③ 樹 脂	生ゴム	30
	④ 原 木		35
	⑤ 米 穀 類	バラ 70%	80
	⑥ 肥 料		100
	⑦ 食 料 工 業 品	カートン	30
	⑧ 日 用 品		50
	⑨ 綿 花		50
	⑩ 畜 産 品		30
	⑪ その他農産品	バラ 70%	80
	⑫ 非 鉄 金 属	地金	15
	⑬ 砂 糖	バラ 70%	80
	⑭ く ず も の		50
	⑮ その他キカイ		40
	⑯ 紙 パ ル プ		40
	⑰ 輸 送 キ カ イ	完成車 100%	150
積	① 輸 送 キ カ イ	完成車 80%	150
	② その他キカイ		40
	③ 鉄 鋼		50
	④ 化 学 工 業 品	合成樹脂	40
	⑤ 化 学 肥 料		30

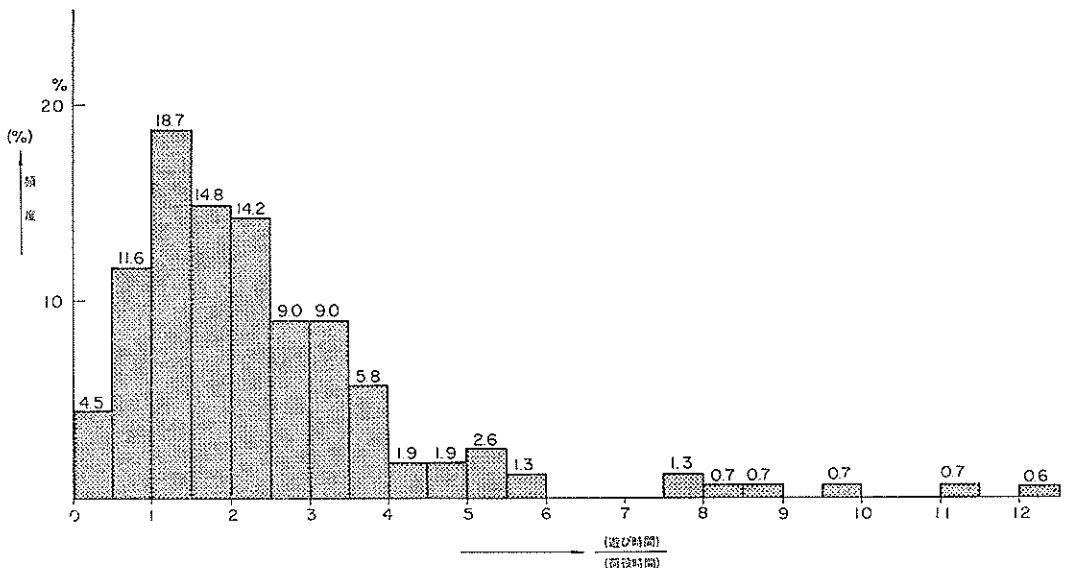


図1 荷役時間に対する遊び時間の割合の分布

表 6 品目別経路別貨物量の割合 (%)

品目	埠取	経岸	公団バース実績	
			上屋	野積場
輪入 ① 果実野菜	100	0	—	—
② 木製品	0	100	100	0
③ 樹脂	0	100	100	0
④ 原木	100	0	—	—
⑤ 米穀類	70	30	100	0
⑥ 肥料	70	30	100	0
⑦ 食料工業品	50	50	100	0
⑧ 日用品	0	100	100	0
⑨ 綿花	0	100	100	0
⑩ 畜産品	50	50	100	0
⑪ その他農業	60	40	100	0
⑫ 非鉄金属	50	50	100	0
⑬ 砂糖	70	30	100	0
⑭ くずもの	0	100	100	0
⑮ その他キカイ	0	100	70	30
⑯ 紙パルプ	80	20	100	0
⑰ 輸送キカイ	0	100	0	100
輪出 ① 輸送キカイ	0	100	20	80
② その他キカイ	40	60	100	0
③ 鉄鋼	100	0	—	—
④ 化学工業品	0	100	100	0
⑤ 化学肥料	0	100	100	0

大略の目安として表 6 のように推定した。

2.7 上屋野積場での貨物搬出入分布

本牧埠頭B突上屋・野積場における搬出届の中から昭和 48 年 3 月と 4 月の 9900 データを参照し集計した結果、表 7、図 2 のとおりで、搬入に関しては上屋に搬入されるものと野積場に置かれるものとは、多少の差が認められ、上屋経由の自動車部品類で平均 5~6 日間、電気製品で 8 日間程度、また非上屋経由では小型機械類が平均 13 日間程度の滞留特性を示している。搬出についてもほぼ同様であり他方 incoming 船によるコンテナ貨物については、搬出入に関する平均滞留日数はそれぞれ 3 日間、1.5 日間程度であることがわかる。

3. シミュレーションによるアプローチ

3.1 概 説

港湾計画における滞船・滞留問題に関する研究は、理論的方法として待ち合せ行列理論などにより単純化できる場合のかなりの部分が解明されているが、複雑な条件が絡むときに適用の限界があり、一般的にシミュレーションを活用しているのが現状である。

シミュレーションは解析的手法に比べ、その構成が単純明快というメリットによって簡単にモデルを作成することが可能で滞船現象、滞留状況を分析するための統計的手法を容易にしている。この方法では必要に応じて航路別本船の到着特性、荷役量、荷役時間、荷役中断の外

表 7 本牧B突品目別滞留日数分布

品名	輸 入																	滞留日数		
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51		54	47
上	トラック	21	8	9	52	4	2	3	0.4	0.5										11%
	自動車部品	15	18	18	13	8	5	7	5	3	2	1.4								24%
	化 織	6	8	15	35	7	10	8	2	1.5	4	0.019		0.006		0.04		0.005		4%
屋	砂 糠	7	40	22	16	8	8	4	5	1	2									3%
	タイヤ	5	20	19	18	9	6	3.5	2.2	1.7	1									6%
	その他	89	9.4	2.2																
野積場	機 械	7.6	3.7	7.4	5.5	10	14	12	12	8.2	4.5	4.5	1.2	2.2		2.9				17%
	コンテナ	20	18	11	7.9	6	6.4	5.1	5.3	3.8	2.3	2.8	1.3	1.3	2.3	1.7	1.1	2.8		47%
	一般雑貨	25	34	16	9.8	5.3	3.3	2.5	0.4	0.8	1.8	1.2				0.3				36%



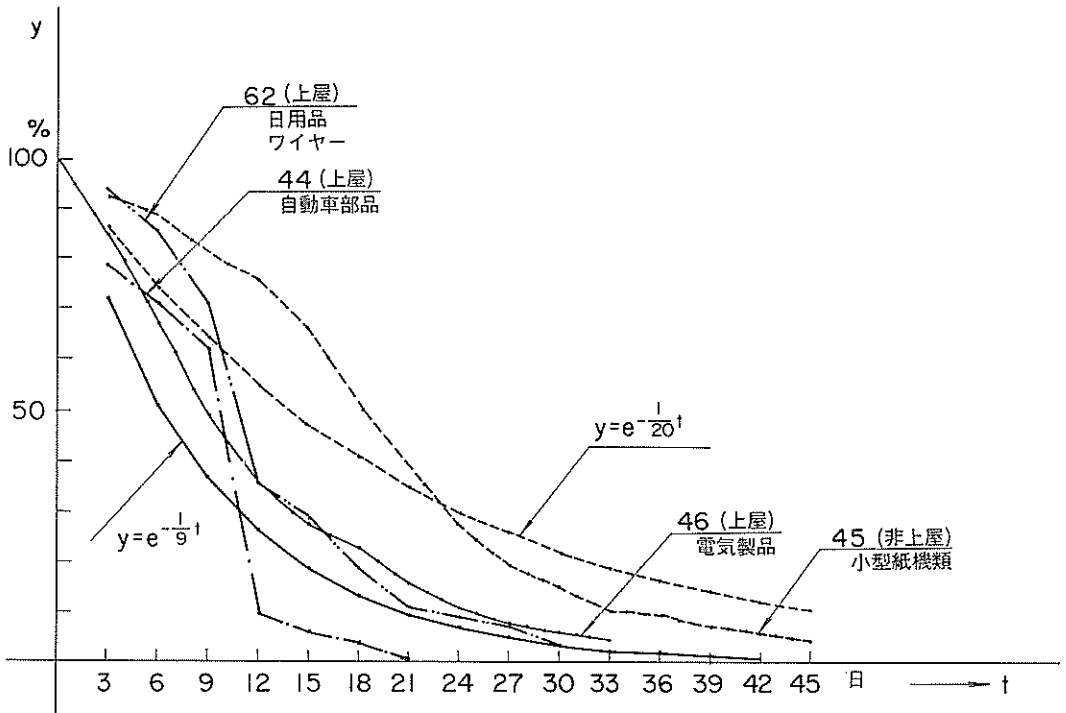


図 2-1 上屋・野積場別貨物搬入分布

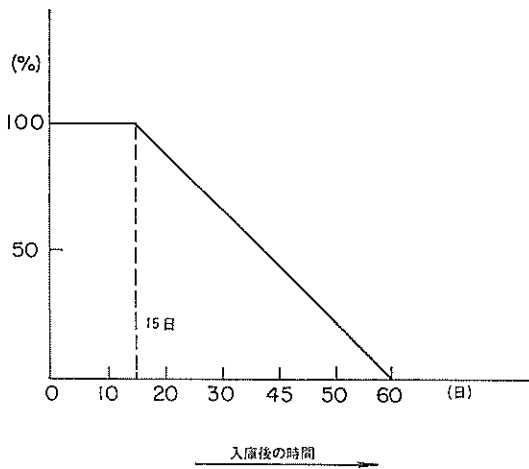


図 2-2 上屋・野積場別貨物搬出分布

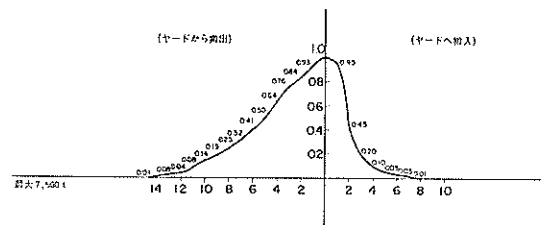


図 3 コンテナの滞留曲線

に、夜間、休日、気象に関する諸条件を独立かつ任意の分布型で指定できるという長所をもっている。

### 3.2 汎用貨物貯留シミュレーションプログラム

上屋・野積場に貯留する貨物量の分布を求めるため、汎用滞貨シミュレーションプログラムを開発した。この

プログラムは、さきに当研究室で開発した汎用滞船シミュレーションプログラムと対を成すもので、汎用滞船プログラムが出力するデータを入力として用い貨物貯留に関する統計量を計算している。

計算の方法は最も単純な方法を探った。これはシミュレーション時間に応じた時系列のエリアを用意し、前述のプログラムより受け継いだ船舶データの入港時刻を基準にとった時系列のエリアの前後に数十日間の搬出入される貨物の量を次々とたくわえることによって、在庫量の時系列ができ、これから貨物量の分布を求めている。

汎用にするため、多くの選択の自由を持たせている。  
①航路を指定できる、②組み合わせパースの指定ができる、



(2) 夜間入出港  
横浜の現状にならって、22時から翌朝07までは入港のみ禁止する。

(3) パース数  
当初は1から出発し、必要に応じ順次大きくする。

(4) 接岸時間  
接岸時間を荷役時間と不荷役時間とに分け、前者については荷役量に比例させ、後者は、荷役時間に比例する確率分布で与える。

(イ) 荷役時間  
航路が定まれば本船によらず品目構成が一定であるものと仮定し、品目別揚積別荷役能率から必要荷役労働力(ギャング・時間)を求め、投入ギャング数より荷役時間を計算する。

(ロ) 不荷役時間  
接岸時間より不荷役時間を抽出し、荷役時間に対する割合の分布をもとめておく。荷役時間が与えられたとき、荷役時間の何倍の不荷役時間がでるか確率分布よりもとめる。

(5) 揚積貨物と品目構成  
一船の揚貨物量および積貨物量は、航路別に揚積同時分布にしたがうものとし、その品目構成は航路が定まれば一定であるとみなす。品目については、20数種に及ぶので、航路別揚積別に上位5品目あるいは70%値の品目を選び、残りは選ばれた品目にその割合で上わ載せした。

(6) 荷役能率  
一船の品目構成が航路のみに依存するという仮定から品目別荷役能率を考慮し品目構成の重みをつけることにより航路別揚積別荷役能率を推定算出した。(表8)

(7) 経由率等  
表8 航路別平均荷役能率・経由率  
トン/ギャング時 (%)

航 路	能 率		経 由 率			
	揚	積	揚		積	
			上野	野積場	上野	野積場
中 国	56	74	56	0	36	46
東南アジア	41	54	40	0	42	23
中 近 京	25	68	47	0	29	40
欧 州	26	92	44	17	29	62
南 米	53	52	26	0	29	18
アフリカ	27	63	43	0	27	34

品目別揚積別経由率を考慮に入れ、航路別品目構成から航路別揚積別の経由比率を定めた。(表8)

3.4 ケースの選定と到着率の決定  
船社のヒアリングを参考にし、表9のケースを選定し

表9 航路別到着率

	A(日)	B(比)	A・B	$\sum \lambda_i (\rho=0.5)$	$\lambda_i$
C-1 中国 東ア $\Sigma(A \cdot B)$	2.9 2.1	0.0702 0.930	0.204 1.953 2.157	0.232	0.016 0.22
C-2 中国 東南 中近	2.9 2.1 3.3	0.0606 0.802 0.137	0.176 1.684 0.452 2.312	0.216	0.013 0.17 0.63
C-3 中国 東ア 中近 欧	2.9 2.1 3.3 2.8	0.0544 0.720 0.123 0.102	0.158 1.512 0.369 0.286 2.325	0.215	0.011 0.15 0.026 0.023
C-4 東ア 中近 欧	2.1 3.3 2.8	0.762 0.13 0.108	1.600 0.429 0.302 2.331	0.211	0.16 0.027 0.023
C-5 中近 欧 南米 アフ	3.3 2.8 3.0 4.5	0.205 0.169 0.399 0.226	0.677 0.473 1.197 1.017	0.149	0.030 0.025 0.058 0.033
C-7 南米 アフ	3.0 4.5	0.638 0.362	1.914 1.629 3.543	0.141	0.090 0.051
C-8 中国 東ア 中近 欧 南米	2.9 2.1 3.3 2.8 3.0	0.0439 0.581 0.0995 0.0821 0.193	0.127 1.220 0.328 0.230 0.579 2.484	0.201	0.0087 0.12 0.020 0.016 0.038
C-9 中国 東ア 中近 欧 南米 アフ	2.9 2.1 3.3 2.8 3.0 4.5	0.0392 0.528 0.0889 0.0733 0.173 0.098	0.114 1.109 0.293 0.205 0.519 0.441 2.681	0.186	0.0073 0.098 0.016 0.014 0.032 0.018
C-12 中国 東ア アフ	2.9 2.1 4.5	0.0589 0.784 0.147	0.171 1.667 0.662 2.5	0.200	0.012 0.16 0.029

た。効果的な組み合わせを得るためと比較が行えるように指標としてバース占有率 ( $\rho$ ) を採用した。 $\rho$  の値が 0.5 と近似されるように  $\lambda$  を次のように求めた。平均接岸時間は、航路によって品目構成が同じという条件から航路ごとの平均荷役能力と、平均荷役量から平均荷役時間を求め、不荷役時間の平均値 +1 を乗じたものを航路ごと平均接岸時間として近似した。 $\rho = \sum \lambda_i / \mu_i$  (但し  $i$  は航路に関する。サフィックス) と、 $\lambda_i$  の構成比から、 $\lambda_i$  の値をもとめた。

3.5 結果と考察

シミュレーションで問題となるのはその安定性で、定常状態になるまで充分長時間の試行を必要とされるが、今回のケースでは、おのおの 20 年間 1500 隻程度の試行結果であるが、在港隻数の分布が割合なめらかになっているにもかかわらず、平均値の収束状況は必ずしも十分ではなく、より精度を上げるためには今後さらに数十年間程くり返してみる必要がある。

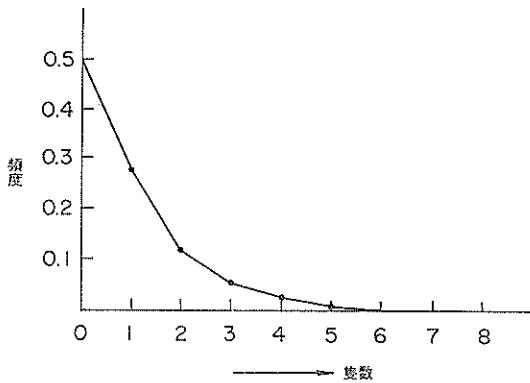


図 5 在港隻数分布の例

各ケースの平均待ち時間，平均在港時間，平均在港隻数および貨物の上屋・野積場での貯留量は表 10 のような結果となった。ケース 5 とケース 7 で平均在港隻数が 1 を越え、在港 1.5 時間も倍程度他より大きく収束の悪さを示しているが、試行時間の外に乱数の関係でたまたま非常に長時間在港時間を有する船が比較的短期間のうちに続けて到着していることが大きく影響していることがわかった。残りのケースは大体同じ値を示しており、平均待ち時間で  $1.88 \pm 0.2$  日間，平均在港時間で  $4.2 \pm 0.4$  日間程度に収まっていて、このことは航路の組み合わせの違いによる変化は殆んど認められず、 $\rho$  を同一にとったということを考え合せ、これらの決定要因が  $\rho$  であることがわかる。

表 10 シミュレーションの結果による滞船状況と貯留量

ケース		待ち時間	在港時間	港隻数	上屋貨物貯留量 (トン)	野積場貨物貯留量 (トン)
C-1	平均	46.832	97.006	0.954	4896	2310
	標準偏差	80.803	90.747	1.345	1810	1385
	最小				1314	35
	最大				13622	10081
C-2	平均	44.646	97.581	0.911	4792	2503
	標準偏差	74.847	88.824	1.213	1809	1502
	最小				1106	43
	最大				11137	11728
C-3	以下同様	41.266	94.976	0.838	4568	2763
		72.748	84.822	1.141	1707	1577
					915	122
					11914	9630
C-4	"	44.403	97.775	0.872	4516	2625
		78.572	91.100	1.206	1715	1407
					868	143
					12059	8220
C-5	"	77.969	157.062	1.012	4277	2829
		128.912	148.393	1.379	1967	1696
					134	0
					10126	10038
C-7	"	90.634	175.065	1.086	4129	2081
		160.233	182.254	1.548	2085	1264
					89	10
					11996	7075
C-8	"	47.834	103.647	0.886	4294	2603
		85.102	96.965	1.265	1762	1508
					1125	0
					12601	8542
C-9	"	60.004	122.812	0.974	4543	2545
		100.809	115.293	1.334	1876	1455
					1081	189
					11544	9385
C-12	"	51.793	110.343	0.921	4833	2159
		88.496	104.573	1.255	2011	1195
					947	58
					12639	8863

在港隻数分布について、数学モデルで解いた図 7 と、

より詳細な比較をしてみると、0 隻である確率、1 隻いる確率、2 隻いる確率、3 隻いる確率、4 隻いる確率について、ケース 8 のシミュレーション結果がそれぞれ、0.51, 0.28, 0.12, 0.05, 0.024, ... であり、一方図 7 から読むと 0.5, 0.28, 0.13, 0.05, 0.025, ... と極めてよく合っている。同様に平均在港隻数 ( $L$ ) について、シミュレーションで 0.89, 理論解の図 8 を読んで 0.89 または  $L=L_q+\rho$  より図 9 を読んで  $L_q$  が 0.38 程度だからやはり 0.88 が得られ、一致に近い値が得られる。

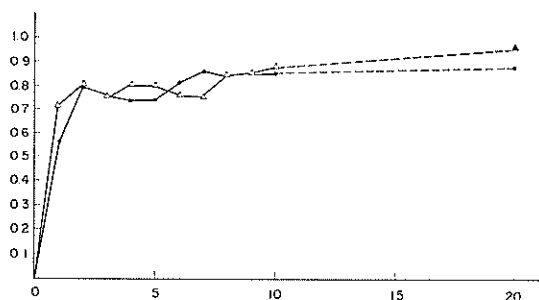


図 6 平均在港隻数の時系列

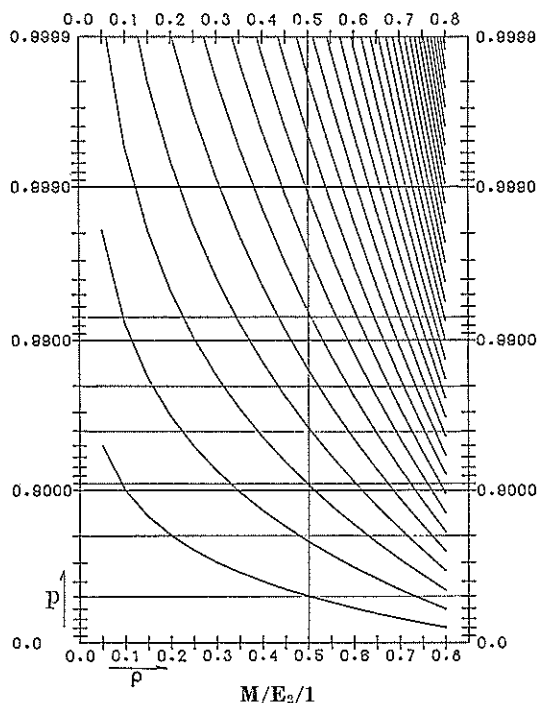


図 7 状態確率分布

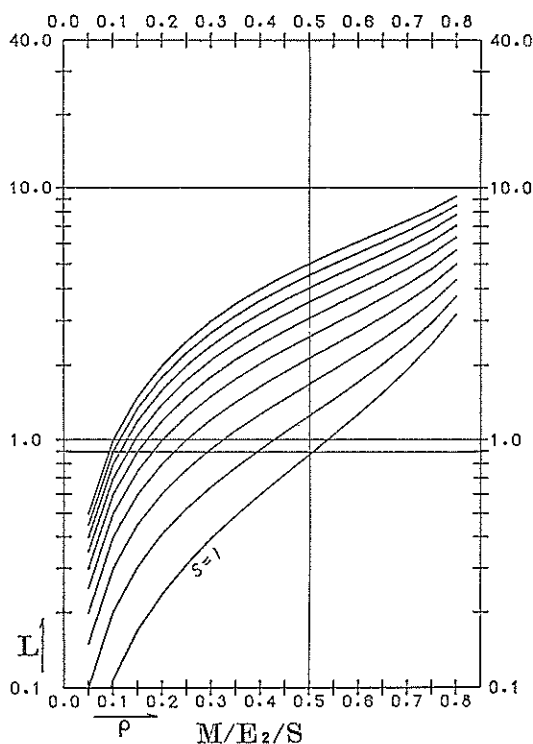


図 8 系内の平均数

いずれにしても、分布形まで図と良く合うということは、バース数、 $\rho$  を変えてもなお相当に良い近似を与えることを意味し、以上の結果をまとめると、

- (1) 航路の組み合わせの違いによって船待ちに関する大きな差は認められなかった。
- (2) 夜間入港禁止は船待ちに関して大きな影響を与えなかった。
- (3) 夜間荷役中断を考慮した場合でも、接岸時間の分布形が大まかに与えられれば船待ちに関しては、 $\rho$  が決定的役割を果たしているように思われ、したがってこのような条件でも、バース数がパラメータとして固定されるケースでは、接岸時間の分布から待ち合せモデルの数表で十分統計量が推定できるものと考えられる。

貨物貯留量に関しても各ケース間に大差なく平均値に対する標準偏差の割合も理論解に近い値を示している。

#### 4. あとがき

航路別に到着率が異なり、入港規制、荷役中断がある場

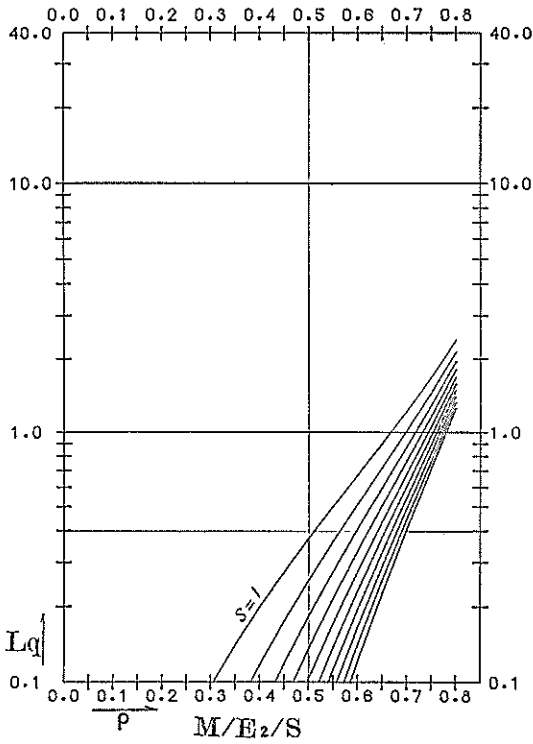


図 9 平均待ち数

合の、航路の組み合わせによる違いをシミュレーションで試行することにより分析してみたが、この場合の支配的要因が間接的にわかり、「待ち合せモデルの数表」に帰着させることの可能性を示唆できた。

夜間に関する条件のあるケースの解析的アプローチも試みられており、当室ではさらにさきの数表を拡張し、特定航路のバース優先、連続バースなどに関する条件がある場合の数表化も試みており、今後はシミュレーションだけに頼らないで、できるだけ多方面からの分析方法が採用されることが望ましい。

最後に、本船入出港データ、貨物搬出入データ等の集取に関して便宜をはかっていただくとともに、船社等のヒアリングに基いたる助力をして戴いた京浜外貿埠頭公団の天竺智雄氏と適切な助言をして戴いたシステム研究室長奥山育英氏に謝意を表します。

(1975年12月11日受付)

#### 参 考 文 献

- 1) 横浜市「横浜港湾統計年報」(1975)
- 2) 奥山育英・他「ポアソン到着待ち合せモデルの数表」(1974)
- 3) 奥山育英・他「汎用滞船シミュレーションプログラムの開発」(1975)

— STANDARD SCALE

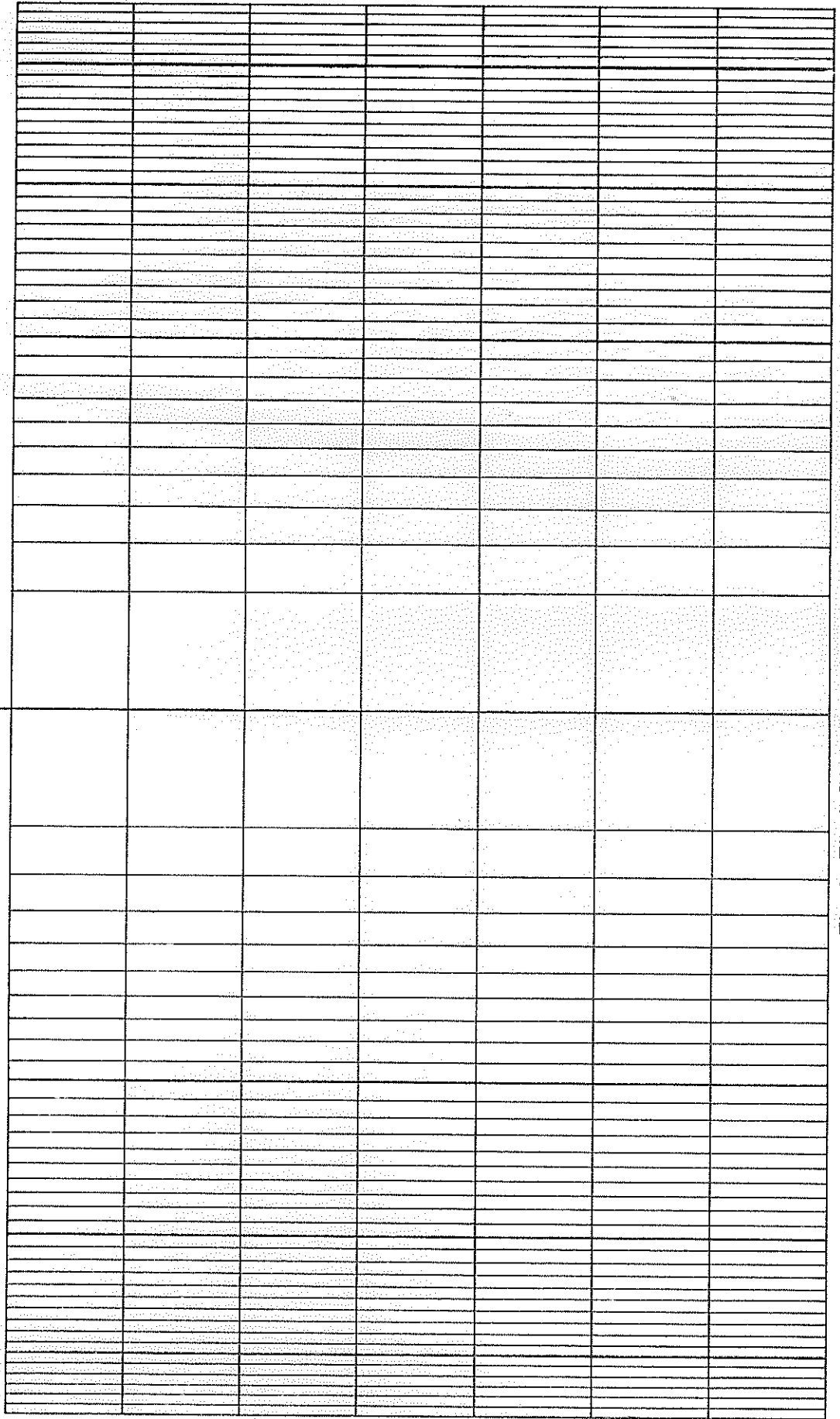


Fig. 2 The influence chart for sliding moment

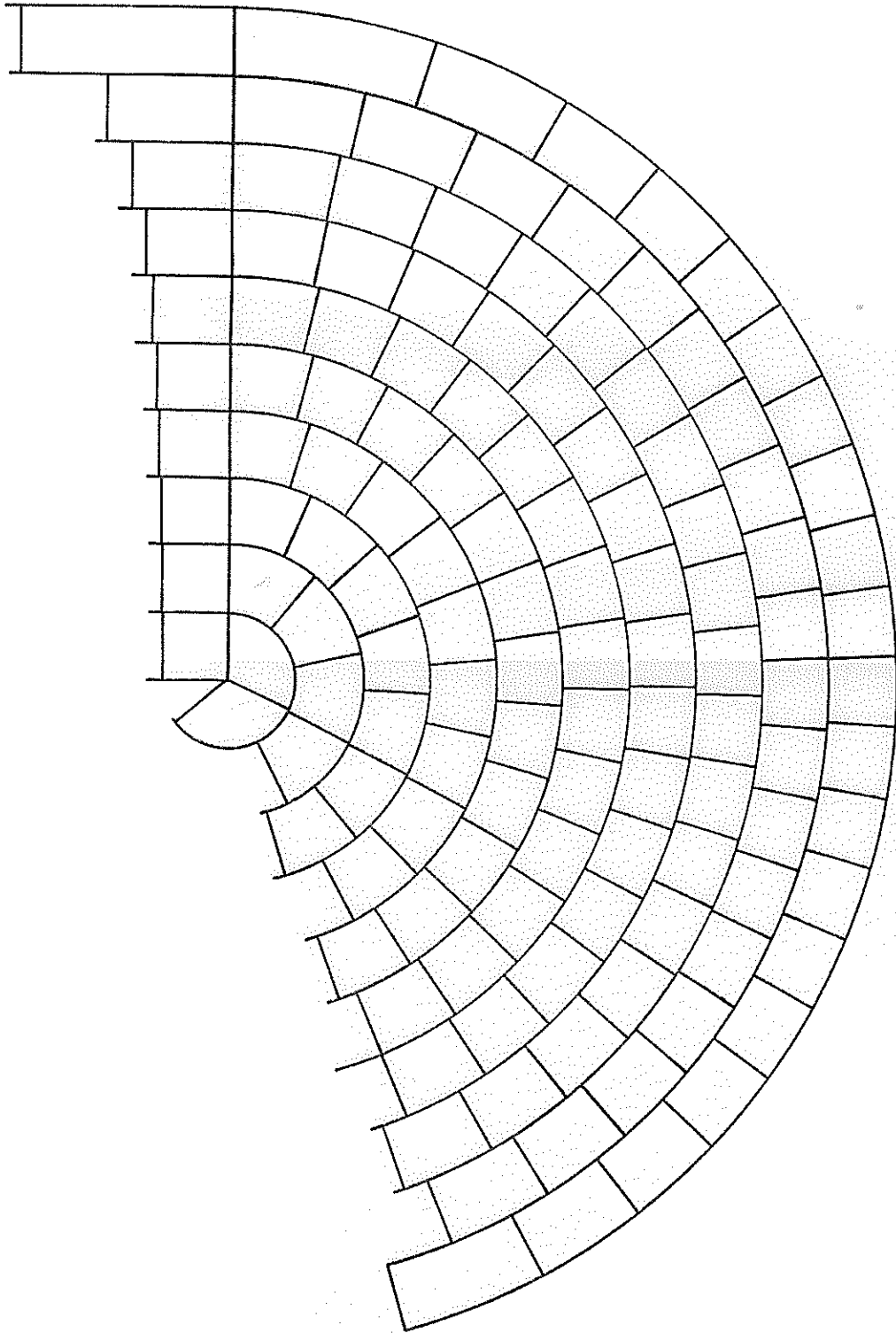


Fig. 7 The influence chart for resisting moment