

港内交通流の推定モデル

ESTIMATION MODEL OF TRAFFIC FLOW IN PORT

黒田 勝彦* 山本 健太郎**
By Katsuhiko KURODA, Kentaro YAMAMOTO

Recent navigational circumstances in ports, particularly in urban ports, are getting more and more severe because of the decrease of waters due to reclamation for offshore islands while the vessel's size and speed are increased for transportation efficiency. Thus safety assessment of vessel traffic is becoming more and more important in port and harbor planning. The present paper proposes a method to estimate the vessel traffic flow at a particular water area in a port based on the annual cargo volume handled at that port. The method is examined and discussed by comparison with the observed vessel flow at the Port of Osaka and other statistics.

1. はじめに

昭和40年代以後、輸送効率の面から、船舶が大型化・高速化する傾向にあると同時に、船舶交通量が増加し、航路における輻輳が顕著となってきたり、船舶の航行安全性に著しい支障をきたしている。

また、ターミナルコストを減少させるためにユニット・ロード化が進展する中で、大型のコンテナ船やフェリー、タンカーやLNG船といった危険物輸送船も増加してきている。さらに、余暇時間の増大・個人所得の拡大によって、クルージング等を含む海洋レジャーが大衆化に向かう傾向にあり、いわゆるクルーザーやディンギーヨットといったプレジャーボート等が増加している。なお、近い将来におい

ては、速度40ノットを越すT.S.Lの就航も検討されている。一方、東京湾、伊勢湾、大阪湾等に位置する大都市港湾では、船舶大型化に合わせた大水深岸壁の需要、廃棄物処理用埋立、港湾施設等のための土地需要の増大のために港内の埋立人口島の建設を始めとする港内水域の高度利用が計画され、このことは結果として港湾内の船舶航行のための水域を縮小している。

このような状況は海上交通の安全性にとって深刻な問題であり、特に、港内の埋立人工島の建設、埠頭機能の変更による航路の変更によって港内の船舶航行の安全性がどのように変化するか予測が、港湾計画立案の過程で重要視されるようになってきている。

港内の船舶航行の安全性は現在では、港内の船舶動態の推計が困難なために操船経験者への定性的な意見を聞く方法に頼っているのが現状である。定量的な方法としては、ネットワークシミュレーション

キーワード: 貨物輸送, 船舶交通, 航路選択

*正会員 工博 熊本大学教授 工学部土木環境工学科

**学生会員 熊本大学大学院工学研究科

(〒860 熊本市黒髪2-39-1)

を実施する方法、操船シミュレータを利用する方法が考えられる。前者は船舶交通の輻輳度がシステムにおける待ち時間としてのみ評価され、各船舶がどれほど危険な状態に陥るかが検討できず、施設計画の代替案評価の方法としては無理がある。後者は、輻輳する交通条件下でのシミュレーションはほぼ不可能で、混雑する水域での航行安全性の評価はできないのでいずれも実用的でない。したがって、混雑する水域での航行安全性を簡単にチェックするための方法の開発が望まれている。そのために、港内の着目する水域での航行安全性を評価するための簡易シミュレーションモデルが開発されているが、このモデルに入力するための将来船舶交通流の推定が無かった。

本研究は、このような現状に鑑み、港湾における将来取扱い貨物量から港内の特定水域における将来船舶交通流を推定するモデルを開発する。

2. 港内交通流に関する既存研究

これまで、港内の着目する水域において、航行安全性を評価する簡易シミュレーションモデルに入力するための将来船舶交通流の推定法が確立されていなかった。そこで、黒田・宮崎¹⁾は、港湾における将来取扱い貨物量から港内の特定水域の将来船舶交通流を推定するモデルを提案した。なお、この推定モデルでは着目港湾における年間品目別将来取扱い貨物量は与件としてモデルを開発している。

問題点としては、この推定モデルではゲートを通る船舶の船長、船速、航跡OD、航路データ等を推測しておらず、港内航行の安全性評価のための簡易シミュレーションモデルの入力データとなるには不十分である。また、各ゲートでの出港船舶数と入港船舶数とが等しくなく、バース別船種別一隻平均船腹量やバース別船種別船型構成分布を用いていないので、不正確である。さらに、船舶のゲート間での港内OD交通量やゲートラインでの航行位置を推定していないこと等が挙げられる。

3. 港内船舶交通の航路選択モデル

(1) 航路選択における仮定

本モデルのケーススタディーである大阪港(図-1)において、本研究で開発する航路選択モデルの

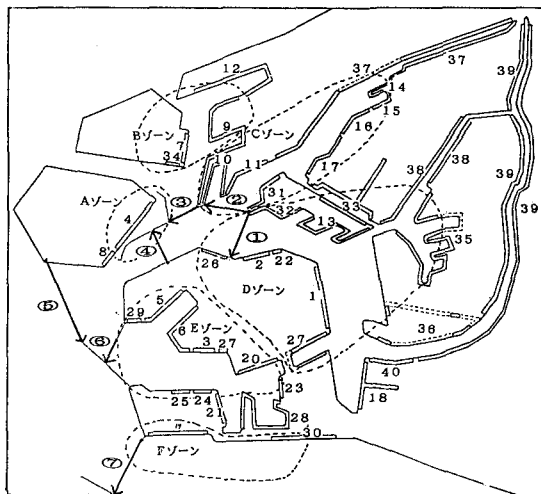


図-1 港内の仮想ゲートと岸壁グループとの対応

航路選択をする場合の仮定について示す。

まず、航路とは、船舶が港湾に出入するために通行する路であり、機能上、航路の法線は、直線に近いのが理想である。また、幅員、水深ともに船舶の大きさに対して十分な余裕があり、航行のための標識、信号が整っていることが船舶通行上の安全確保のために必要なことである。しかし、図-1を見ると、実際の大阪港における航路は限られた水域のために航路幅に余裕がなく、岸壁が枝葉のように配置されている。そして、港内の各航路は、港口からのメイン航路に集中するか、あるいは分岐する航路網になっている。

また、大阪港の港内海上交通の特徴として、実際には小型船舶や横持ち船が多く、ゲート①からゲート②、③等に向かう内内トリップが多い。しかし、本研究ではこれらを無視して、ゲート①、②、③から発生させた出港船舶はゲート④を通過し、ゲート⑤を通過して港外に向かうものとする。なお、ゲート⑥で発生させた出港船舶に関してもゲート⑤を通過して港外に向かうものとする。

一方、入港に関しては、ゲート⑤で発生させた入港船舶はゲート④かゲート⑥のどちらかに向かい、ゲート⑤で発生させた入港船舶の中でゲート④を通過したものはゲート①、②、③のどれかに向かい、そのゲートを通過して各々の岸壁に接岸するものとした。

さらに、各々のゲートでは、ゲートライン上での

通過位置を推定するために、各ゲートごとに片方の陸側から海側に向かって100m間隔の区間を考えるものとする。この各ゲートごとに片方の陸側から海側に向かって100m間隔の区間を記したゲート①～④で囲まれた水域図を図-2に示す。なお、図-2より、例えばゲートライン②には9つの区間が設定されており、区間の番号が1というのは片方の陸側から海側に向かって100mまでの所である。

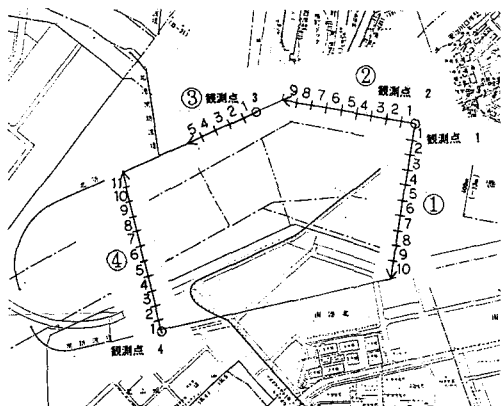


図-2 各ゲートごとに100m間隔の区間を記したゲート①～④で囲まれた水域図

(2) ゲート通過位置の推定

ここでは、船舶がゲートラインを通過する場合にゲートラインの100m間隔の区間のどこを通るかについて述べる。

まず、図-3～図-4に例示するように、各ゲートごとの出入港別に船舶動態調査より船舶の観測線(ゲートライン)上の通過位置度数分布グラフが与えられ²⁾、これらのデータは母集団からのデータと考える。

さて、図-3に示す船舶の観測線①上の通過位置度数分布グラフでは、通過位置度数分布グラフをそのグラフから求めた μ (母平均)、 σ^2 (母分散)を持つ正規分布と仮定する。そして、その μ 、 σ (標準偏差)を持つ正規乱数を発生させて、小数の端数がある場合は切り上げて整数化し、ゲートライン上の通過位置、すなわち各ゲートごとに片方の陸側から海側に向かって100m間隔の区間のどこを通るかを推定した。なお、 μ 、 σ^2 を求めるにあたっては

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \dots(1)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \quad \dots(2)$$

を用い、航路中央から各区間の中央までの距離を x_i とした。また、正規乱数を発生させる場合には2つの一様乱数から2つの正規乱数が得られる効率の良い方法であるボックス・ミュラー法³⁾を用いた。つまり、ボックス・ミュラー法とは R_1 、 R_2 を(0, 1)における独立な一様確率変数とすると

$$Z_1 = (-2\ln R_1)^{1/2} \cos(2\pi R_2) \quad \dots(3)$$

$$Z_2 = (-2\ln R_1)^{1/2} \sin(2\pi R_2) \quad \dots(4)$$

によって定義される確率変数 Z_1 、 Z_2 は互いに独立で、標準正規分布に従うことを用いたものである。

一方、図-4に示す船舶の観測線⑤上の通過位置度数分布グラフでは山が2つあり、図-3のように正規分布と仮定することができない。そこで、このように各区間ごとに度数が不規則に変化する特殊な分布形に従う乱数を発生させる場合には累積相対度数を用いた。つまり、区間(0, 1)内に発生させた一様乱数を累積相対度数とみなし、図-4に示す度数分布に従うように確率的に、一様乱数を発生させた⁴⁾。

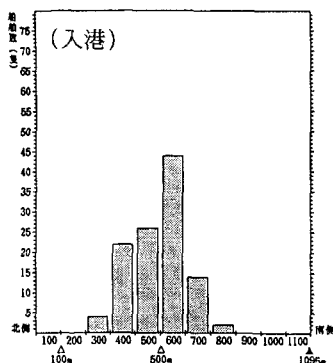


図-3 観測線①上の通過位置度数分布グラフ

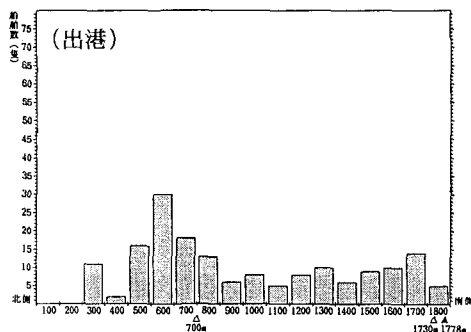


図-4 観測線⑤上の通過位置度数分布グラフ

以上により、各々のゲートで出入港別に船舶の観測線（ゲートライン）上で通過位置度数分布が正規分布と仮定できる場合には、それに従う正規乱数を発生させ、仮定できない場合には累積相対度数を用いることにより、各ゲート上で出入港別に通過位置を指定し、航跡ODを求めることができる。なお、船舶動態調査より得られた観測データにもとづくゲート④の入港船舶の航跡ODを表-1、本モデルにより推定した航跡ODの推定値を表-2に示す。これらの図においては、OとDの第1列目と第1行目はゲート番号を示している。さらに、第2列目と第2行目が各ゲートごとの片方の陸側から海側への100m間隔の区間の番号を表す。例えば、表-1において、Originがゲート④の3つめの区間で、Destinationがゲート①の1つめの区間である船舶は合計3隻であることを示す。

次に、表-1と表-2を比較すると、船舶がゲート④を入港する場合、観測値では3つめと5つめの区間を多く通過しており、推定値では5つめと6つめの区間を多く通過していることがわかる。また、観測値と推定値のずれの原因としては、観測値と推定値ではゲート区間の取り方が少し違うことや通過位置度数分布を正規分布とみなした時の誤差等が挙げられる。

表-2 ゲート④の入港船舶の航跡OD（推定値）

O \ D	1								2									3					
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	
4	1																						
	2																						
	3																			1			
	4			1				1						1			1			1			
	5				2	1	6	4	4	1				1	2	3	2				1		
	6				1	4	10	8	3	1				2	1	3	2	2	1	1	1	1	1
	7				2	8	8	5	2	1				2	7	2	5	1	2	1	3	1	
	8				1	2	4	7	2		1	1		1	1	1	2	1		1	5	2	2
	9				1	2	2	4	1					1	1	1		2	1				
	10							2									1			1			

表-1 ゲート④の入港船舶の航跡OD（観測値）

O \ D		1								2								3					
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5
4	1																						
	2				2						5		3					1		1	2	2	1
	3																						
	4																						
	5																						
	6																						
	7																						
	8																						
	9																						
	10																						

4. 特定水域での交通量の推定法

まず、この推定法全体のインプットとアウトプッ

トを述べる。インプットは対象港の品目別・輸移出入別将来年間取扱貨物量であり、これは推定しようとしている将来船舶交通流の対象年次の24品目別貨物量である。これは、時系列予測やシステムダイナミックスモデル等で推定され、本モデルでは与件とする。アウトプットは港内の特定水域（ゲートで囲まれた水域）の将来船舶交通流であり、具体的には港内の特定水域におけるゲートを通過する船舶の船種、船型、船長、船速、通過時刻、航跡ODである。なお、ここで言うゲートとは着目水域が港内の航路を横切る仮想の目視線である。

図-5に本モデルのフローチャートを示す。さて、第一段階では、24品目分類貨物を同じ岸壁で取り扱われる品目ごとに貨物量をまとめ、15品目分類貨物にまでまとめる。そして、それぞれの15品目別貨物とそれを輸送する船舶との対応をつける。例えば、石油類、その他化学はタンカー、米穀類、石炭、鉄鋼等はバルク船でしか運べないとする。なお、表-3に1989年度の大阪港における24品目別輸移出入別貨物量実績値を示す。

次いで、岸壁別バース別年間取扱貨物量（バース別荷役能力と呼ぶ）を基準に将来の各バースでの品目別年間取扱貨物量を算定する。

第二段階では、船種別に扱う貨物品目は決ま

っているもので、各バースで大品目別年間取扱貨物量をそれを取り扱うのに必要な船種別の総船腹量に換算する。つまり、バースごとにある船種の船舶が運ぶべき貨物量が求められ、その貨物量をその船種の船腹量とする。ただし、この場合の船腹量とは載貨重量トン(Dead Weight)単位であり、それは船舶が積載可能な貨物の重量を表している。ゆえに、この段階で求められる船腹量は年間を通して最低これだけは必要という船腹量である。そして、このバース別船種別年間必要船腹量を過去の実績⁵⁾から求めたバース別船種別一隻平均船腹量で割ることにより、各バースごとに将来の

年に必要な出入港別船種別隻数を求めることができる。ただし、そのバース別船種別一隻平均船腹量

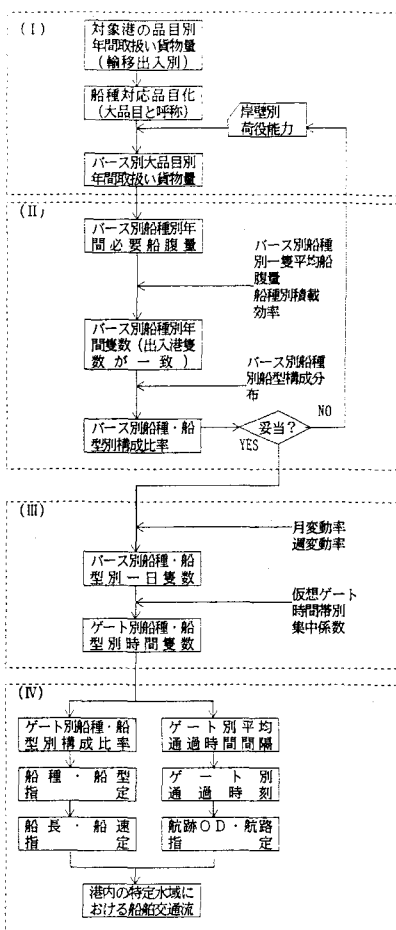


図-5 港内船舶交通予測モデルのフローチャート

表-3 1989年度大阪港取扱貨物量実績値
(輸移出入別24品目別)

	移出	移入	輸出	輸入
1 米穀類	42.1	52.9	2.9	336.9
2 他農産品	19.9	41.9	8.6	734.1
3 畜産品	4.1	2.8	2.4	253.9
4 水産品	7.5	103.0	11.1	99.4
5 原木	219.5	216.2	7.4	2645.3
6 製材				
7 他林産品	12.6	1.1	1.6	68.2
8 石炭	171.2	431.4	0.1	1059.9
9 鉄鉱石	217.2	436.4	1.7	2478.0
10 砂・砂利	82.8	2362.3	2.0	207.6
11 他鉱産品	866.5	1419.7	10.0	914.6
12 鉄鋼	4024.7	7155.9	1100.3	2617.7
13 金属類	93.5	394.7	244.1	604.7
14 機械類	1332.5	2263.2	2357.1	369.5
15 セメント	50.9	2460.5	4.0	120.1
16 石油類	355.7	4400.1	78.6	345.3
17 その他化学	874.9	2637.3	1028.6	1172.4
18 紙・パルプ	173.4	1132.1	129.7	904.3
19 繊維工業品	6.5	8.0	180.7	464.1
20 食料工業品	253.2	126.1	73.5	411.6
21 雑工業品	32.9	57.4	727.3	1302.6
22 特殊品	230.8	179.4	150.0	600.6
23 取り合わせ品	657.9	454.1	15.7	36.8
24 フェリー	16165.2	18512.4	0.0	0.0
合計	25895.5	44848.9	6137.4	17747.4

の単位が総トン数(Gross Tonnage)であるので、載貨重量トンで得られている船腹量を総トン数に換算する必要がある。

しかし、実際の船舶は常に、積載可能な貨物量を満載して航行するという事とはあり得ない。そこで、船の積載効率を出入港別のロードファクターという係数で船種別に考慮する。つまり、表-4に示すように、入港船の船種別ロードファクターを仮定し、各バスごとに出入港別の船種別年間隻数が一致するように出港船の船種別ロードファクターを定めた。

これにより、出入港隻数が一致したバス別船種別年間隻数が得られ、これに過去の実績⁵⁾から求めたバス別船種別船型構成分布を掛けることにより、各バスごとに将来の年間に必要な船種・船型別隻数が求められる。なお、表-5にバスグループ1の船種別船型構成分布を示す。

そして、これをもとに、すべての品目別に各バスごとに累計をとれば、将来のバス別船種・船型別構成比率が計算される。この計算された将来のバス別船種・船型別構成比率が船舶動向等から、別途予測されたバス別船種・船型別構成比率と合致すれば、第三段階に進む。もし、計算されたバス

表-4 入港船の船種別ロードファクター

船 種	ロードファクター
1 外航コンテナ船	0.20
2 外航タンカー	0.75
3 外航バルク船	0.65
4 外航一般貨物船	0.35
5 内航タンカー	0.90
6 内航バルク船	0.85
7 内航一般貨物船	0.70
8 内航フェリー	0.70

表-5 バスグループ1の船種別船型構成分布 (単位: %)

船型 (GT)	外 航				内 航			
	コンテナ船	タンカー	バルク船	他貨物船	タンカー	バルク船	他貨物船	フェリー
3万トン以上	25.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3万トン未満	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2万トン未満	18.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1万トン未満	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6千トン未満	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3千トン未満	33.8	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1千トン未満	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5百トン未満	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0
百トン未満	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

別船種・船型別構成比率が妥当でなければ、各バースにおける将来取扱い貨物量が妥当でないので、これを修正し、再び以上の過程を繰り返す。

第三段階では、まず、月別変動率（実績または将来の運用計画による）及び週間変動率を用いて、バース別船種・船型別年間隻数からバースごとの一日当たりの船種・船型別隻数を算定する。次いで、着目水域に仮想ゲート（図－１を参照）を設定して、同じゲートを利用して接岸や離岸できる岸壁グループをさらに一つのグループとしてまとめ、その大グループ別にバース別船種・船型別一日隻数から各ゲートごとの出入港別の船種・船型別一日隻数を算定する。これは、仮想ゲートを通過する船舶の出入港別の一日当たりの船種・船型別交通量を算定したことに等しい。さらに、各ゲートごとの出入港別の船種・船型別一日隻数から、一日の出入港別の時間変動を考慮した一日の各時間帯における、各ゲートごとの出入港別の船種・船型別時間交通量を算定する。なお、時間帯別分布は現行の管理状態（入港制限時間、荷役許可時間等）が変化しないという前提で、現在のパターンを用いている。

第四段階では、ゲート別の一日常たり出入港別航行隻数から、ゲートを通過する船舶の平均航行時間間隔を算定し、これを平均とする指数乱数を発生させることにより各ゲートで出入港別に通過時刻を求める。この際、指数乱数を用いたのは、ゲートへの船舶到着時間間隔の分布が指数分布に従うことが大阪港での観測データより明らかになっているからである。また、各船舶の船種・船型はゲート別の船種・船型別構成比率を別途計算し、これにもとづいて、再び乱数を発生させて船種・船型を指定する。そして、奥山⁶⁾・⁷⁾の研究等から船種・船型別の平均的な船長、船速をあらかじめ算定しておき、船種・船型が指定されると、その指定された船舶は船種・船型別の平均的な船長、船速を持つものと仮定する。なお、ゲート間での航跡ODに関しては、第３節で述べたので、ここでは省略する。さらに、航路については、ゲート間での航跡ODが求まると各ゲートラインの100m間隔の区間の中央を通過するものと仮定し、航跡ODからのOriginとDestinationを結ぶ直線と考えた。そして、航路データとしては、着目水域において（x，y）座標系を任意に取り、

その直線の離散的な点を用いた。

以上の方法で港内の特定水域（ゲートで囲まれた水域）の将来船舶交通流を推定することができる。

5. 大阪港でのモデルの検討

本章では、第３章、第４章で説明したモデルを大阪港に適用し、計算を行い、本研究の結果が簡易シミュレーションモデルの入力データとなることを示す。また、得られた計算結果をもとにして観測結果との比較検討を行う。

（１）船舶動態調査

平成３年７月３０日（火）の午前６時から午後８時までの１４時間にわたって、大阪港で船舶動態調査を行った。調査では、図－１に示した港口からの大関門を含む水域（ゲート①～④で囲まれた水域）及びゲート⑤、港口ゲート⑤より分離する航路上のゲート⑥及び⑦において、仮想ゲートライン上を通過する船舶の船名、船種、船型、航行速度、ゲートラインへの到着時刻、ゲート上での航行位置、航行方向、ゲート間での航跡ODを目視観測し、同時に気象（天候・視程・風向・風波）等についても記録した。また、並行して大阪港ハーバーレーダーに写真機を設置し、秒単位でレーダー画面を撮影して航跡観測を行った。

また、目視観測は各ゲートにおける片方の陸側で大阪港を利用した経験のあるベテランのパイロット及び船長に双眼鏡を用いて、船名、船種、船型、航行速度等を視認してもらい、補助員が順次記入する方式を採用した。さらに、データ整理はこの野帳記録をもとに、船舶台帳から船種・船型を確認し、航跡に関しては各ゲートで記録された船舶について照合するとともに、同時に観測されたレーダー観測と合わせて総合的に確認を行った。しかし、レーダー画面では小型船の確認が困難だったため、主として野帳の記録から航跡を求めた。

（２）モデルによる推計結果と観測結果の比較検討

ここでは、モデルによる推計結果と観測結果との比較検討を行う。まず、表－６にゲート①～⑥における本モデルにより推定した一日当たりの船舶数と

統計資料⁵⁾から計算した一日当たりの船舶数の実績値との比較を示す。これを見ると、インプットデータとして統計資料⁵⁾にもとづく値を用いた本モデルは、統計資料⁵⁾から計算される一日当たりの船舶数を精度良く再現できると言える。

次に、表-7にはゲート④における出入港船舶の船型構成比率の本モデルにより推定した推定値と船舶動態調査から求めた観測値との比較を示す。これを見ると、5百トン未満と百トン未満とで出入港ともに観測値と推定値の間に大きな違いが見られる。これは、本モデルではバース別船種別一隻平均船腹量やバース別船種別船型構成分布といった値は統計資料⁵⁾から計算したものを使っている。しかし、実際の船舶動態調査からの観測値では統計資料等に現れてこない作業船やタグボート、プレジャーボート等の小型船舶が多く含まれるためだと思われる。また、観測値と推定値とでは、船舶の船型構成区分の仕方が若干違ったことや百トン以上は5百トン未満に入ってしまうので目視観測による誤差等も考えられる。

なお、図-6、図-7には本モデルにより推定したゲート④における出入港船舶の通過時間間隔度数分布を示す。これらの図において、Nはゲート通過隻数の総隻数、 λ は単位時間1分当たりの平均通過隻数、 $1/\lambda$ は通過時間間隔の平均値(分)を表し、曲線は指数分布を当てはめた時の理論曲線である。これらを見ると、本モデルでは出入港船舶数を等しいとしたので、当然のことではあるが、出港と入港の通過時間間隔度数分布は良く似たものとなっている。ただし、これらは統計資料をもとにして推定したものであるから、統計資料等に現れてこない作業船やタグボート等を含む船舶動態調査からの出入港別の通過時間間隔度数分布の観測値とは異なるものとなっている。表-8 ゲート別一日当たりの船舶数の比較 (単位: 隻/日)

ゲート	実績値	推定値
①	112	104
②	43	55
③	29	25
④	184	184
⑤	207	205
⑥	23	21

表-7 ゲート④における出入港船舶の船型構成比率の比較 (単位: %)

船型 (GT)	出 港		入 港	
	観測値	推定値	観測値	推定値
3万トン以上	1.6	0.5	0.5	0.0
3万トン未満	0.5	0.0	0.0	0.0
2万トン未満	2.2	0.9	2.2	1.5
1万トン未満	1.1	0.5	0.0	1.5
6千トン未満	1.6	1.4	1.6	0.5
3千トン未満	2.2	4.1	1.6	5.6
1千トン未満	3.8	7.2	6.5	6.7
5百トン未満	73.8	49.8	76.6	50.8
百トン未満	13.1	35.7	10.9	33.3

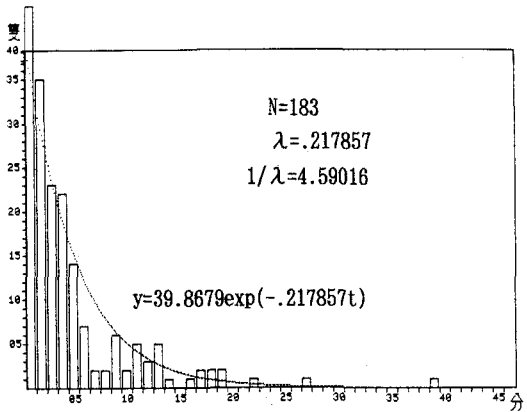


図-6 ゲート④における出港船舶の通過時間間隔度数分布 (推定値)

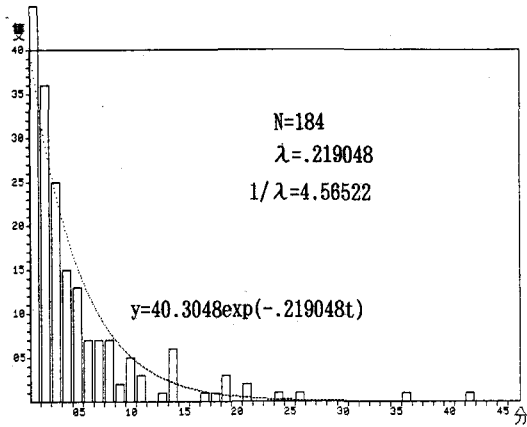


図-7 ゲート④における入港船舶の通過時間間隔度数分布 (推定値)

(3) 簡易簡易シミュレーションモデルの入力データ

表-8に簡易シミュレーションモデルのための入力データとなる特定水域における将来船舶交通流（本研究の結果）の一部を示す。この表-8において、GATEはゲート番号を、No.は船舶数を、TIMEは船舶がゲートを通過する時刻を、TYPE、CLASSはゲートを通過する船舶の船種・船型（船種は8つ、船型は9つに区分）を、VELO、LENGはゲートを通過する船舶の船速（m/s）、船長（m）を、ODはゲートを通過する船舶の航跡ODを表し、OはOrigin、DはDestinationとする。また、最初のデータでOが1 4でDが4 6というのは、Originがゲート①の陸側から4つめの区間（一つの区間が100m間隔なので、ゲートライン①を陸側から見た場合の300m～400mの所）でDestinationがゲートライン④の陸側から6つめの区間である。

表-8 簡易シミュレーションモデルのための入力データ

	GATE	No.	TIME	TYPE	CLASS	VELO	LENG	O	D
1	1	6	5:59	6	9	4.73	33.4	1 4	4 6
1	2	7	0:24	7	8	4.73	61.3	1 4	4 3
1	3	7	55:8	7	8	4.73	61.3	1 5	4 5
1	4	8	16:24	5	8	4.73	57.2	1 7	4 6
1	5	8	16:43	7	8	4.73	61.3	1 5	4 4
1	6	8	26:32	6	8	4.73	55.8	1 4	4 4
1	7	9	56:58	6	7	5.25	69.6	1 6	4 6
1	8	10	4:1	5	8	4.73	57.2	1 6	4 5
1	9	10	4:46	6	8	4.73	55.8	1 5	4 8
1	10	10	6:54	7	8	4.73	61.3	1 4	4 4
1	11	10	20:0	5	8	4.73	57.2	1 3	4 3
1	12	10	21:12	7	8	4.73	61.3	1 4	4 6
1	13	10	25:27	1	2	6.12	221.6	1 4	4 5
1	14	10	28:53	5	9	4.73	34.5	1 5	4 4

6. 終わりに

本研究では、港内の着目する水域での航行安全性を評価するための簡易シミュレーションモデルの入力データとなる港内の特定水域における将来船舶交通流（船種、船型、船長、船速、通過時刻、航跡OD）を港湾における将来取扱い貨物量から推定するモデルを開発した。港内の将来船舶交通流の推定が皆無である現状では、本モデルはいくつかの問題を抱えてはいるものの、本モデルをケーススタディーである大阪港に適用した結果は、統計資料等と比較して満足すべきものであった。また、本研究の結果

が簡易シミュレーションモデルの入力データとなったことから、初期の目的が達成された。

なお、本モデルは検討が大阪港一例だけであるので、普遍性を保証できているかは疑問である。しかし、通船、作業船、横持ち船や内内トリップをする船舶等の比率を考慮し、本モデルがさらに実用レベルの精度を確保できるように改良されれば、港内の船舶交通の安全性の検討に対して実用的になることが予想される。

今後は、通船、作業船、横持ち船や内内トリップをする船舶等の比率を考慮するために、岸壁ゾーン別に港外ゾーンとのOD貨物量を推定し、OD別に船舶隻数を推定する必要がある。また、統計資料等に現れてこないタグボート等といった小型船舶や貨物を積んでいない船舶を推定する必要がある。

参考文献

- 1) 黒田勝彦・宮崎昌兆：取扱い貨物量ベースによる港内船舶交通推定モデル，土木計画学研究・講演集，1992.11.
- 2) 日建設計：大阪港長期整備構想懇話会，港湾施設専門部会資料，1991.
- 3) 石原辰雄：BASICによる統計，共立出版，1984.
- 4) 土木学会：土木情報処理の基礎，技報堂，1988.
- 5) 港湾局企画振興部振興課：大阪港港勢一覧（業務資料），平成元年
- 6) 奥山育英・吉田行秀：船舶の主要諸元の解析，土木計画学研究・講演集，1987.11.
- 7) 奥山育英：海上交通計画情報に関する研究，港湾技研資料No.536，運輸省港湾技術研究，1985.9.