

公共ふ頭のライナーバース計画に関する研究

STUDY ON THE LINER BERTH PLANNING IN THE PUBLIC WHARF

吉川 和 広*・香川 一 男**・小 山 計 三***
By Kazuhiro Yoshikawa, Kazuo Kagawa and Keizo Koyama

1. 緒 言

戦後におけるわが国経済は、第2次産業、特に工業部門の飛躍的發展にささえられて高度成長を続けているが、このような経済の高度成長に呼応して、原材料の輸入と製品の輸出で代表される海外市場との貿易も急激に増大してきている。しかるにわが国においては、直接的に生産力となつてあらわれる産業施設整備に重点がおかれ、産業基盤施設の整備が十分に行なわれなかったため、貿易振興のカギとなる外貿港湾施設整備のたちおくれが目立ってきている。このため急増する貿易需要に対して外貿港湾施設のあい路が顕著となってきた。

国民経済の長期的発展・貿易の振興を期待するときには、これをささえる基盤としての十分な外貿港湾施設の整備が必要である。したがって国民経済計画・国土計画の中心的課題として、外貿港湾施設の整備充実をとりあげなければならないと考える。

現代の港湾は、空間的拡大とともに、その経済的性格も複雑多様化してきており、港湾の性格を単純に外形上から商港とか工業港とかに分類できなくなつてきている。そして港湾の専門化、あるいは機能の分化などにもなつて、従来商港といわれていたものが拡大発展し、このなかから「公共ふ頭」という新しい概念が生みだされてきた。

天然資源のとぼしいわが国において、国際経済の激烈な競争にたちむかっていくためには、輸入資材をまかなつてあまりあるだけの輸出の振興をはかることが要請される。したがって、輸出競争力の強化をはかり、しかも国内産業と国際市場を直結する合理的な輸送施設としての公共輸出ふ頭整備の必要性が生じてくる。

本研究でとりあげた輸出公共ふ頭とは、このような要請にこたえるためのものであり、その概念を、輸出を主体とした公共ふ頭と規定する。またその立地する港湾は、神戸港・横浜港などの主要外貿港湾とする。

つぎに輸出公共ふ頭計画の目的を、国際経済のなかにおける日本経済の基盤強化と輸出競争力の増強とにおき、このために新しい輸出公共ふ頭を建設することによ

つて、港湾コストの低減を荷役・船費の両面からはかることとする。このような目的に対して、輸出公共ふ頭を計画する場合の立場としては、当然国民経済の立場にたつことが要請されると考える。このような考えかたを裏付けるための一例として、昭和38年6月の1ヵ月間において、陸上から神戸港へ出入した輸出入貨物の搬入先を分類してみると、近畿圏から搬出入される貨物が全体の2/3を占め、中国・四国・北陸さらに九州がこれにつづいている。そして輸出では84%、輸入では78%以上が神戸市外から搬出入されている。とくに大阪から搬入された輸出貨物は神戸港の全輸出量の37%にも達している。かくして、このような主要外貿港湾を窓口として貿易を行なう業者は広域にわたって所在している。しかもその貿易がわが国経済におよぼす影響の大なることを考えると、これら貿易業者の利益、ひいては国民の利益のために、輸出公共ふ頭の計画は国民経済的立場にたつて策定しなければならないと考える。

以上によって、輸出公共ふ頭概念を規定するとともに、計画の目的と立場を明らかにしたが、次節以下においては、このような計画の目的と立場に立脚して輸出公共ふ頭計画とくにライナーバース計画を策定するために必要な輸出公共ふ頭の規模の決定、すなわち取扱貨物量の予測方法と貿易構造の質的分析方法および輸出公共ふ頭における最適ライナーバース数の決定問題について詳細に述べることとする。特にライナーバースのわりあて問題に関しては、シミュレーションの手法を導入することにより、従来の研究をいま一步前進させることとする。

2. 公共ふ頭における取扱貨物量の推計方法および入港船舶の動態分析

ライナーバース計画を策定するためには、これに先だつて、まず公共ふ頭の規模を決定しなければならない。そのためには、ふ頭取扱貨物を量的・質的に分析し、さらに入港船の特性を動的に分析しておかなければならない。

輸出公共ふ頭を建設し、開発し、発展させるための原動力は、その背後地の社会経済構造の発展である。すなわち輸出公共ふ頭の取扱貨物は背後地の経済構造と有機的な関連性をもっている。したがって、本研究において

* 正会員 工博 京都大学助教 工学部土木工学教室

** 正会員 京都大学助手 工学部交通土木工学教室

*** 正会員 工修 清水建設 KK

は、上述のことがらを考慮に入れて、輸出公共ふ頭の取扱貨物量の推計方法をつぎのように提案した。

主要外貿港湾の背後地は、すでに指摘したように広域にわたっている。この広域にわたる背後地経済圏との有機的な関連において輸出公共ふ頭の取扱貨物量を推計するためには、広域都市圏内の諸港を統合した広域港湾の概念を導入することが必要と考えられる。広域港湾における目標年度の外貿貨物取扱量は、広域都市圏の経済構造と均衡のとれた輸出入構造をもとにして推計することができる。このためには、L.R. Klein や A.S. Goldberger によって提唱された計量経済モデルを用いるのが有効と考えられる。

この計量経済モデルは一般に、

$$Y_t = BY_t + CZ_t + U_t \quad \dots\dots\dots(1)$$

と表わされる。ここに Y_t は内生変数の列ベクトル、 Z_t は外生変数の列ベクトル、 B は内生変数の係数行列、 C は外生変数の係数行列、 U_t は構造方程式の定数項の列ベクトルである。式(1)を内生変数の列ベクトル Y_t についてとくと、

$$Y_t = [I - B]^{-1} CZ_t + [I - B]^{-1} U_t \quad \dots\dots\dots(2)$$

という誘導形が得られる。式(2)において、内生変数に、輸出・輸入・生産所得・消費・設備投資・在庫投資・減価償却・政府支出などを選んでおけば、広域都市圏の経済構造と均衡のとれた輸出入額を推計することができる。さらにこの輸出入額を品類別にブレイクダウンし、物量表を利用することによって、目標年度における広域港湾の品類別外貿貨物量をマクロ的に推計することができる。

つぎに広域港湾内の各港区ごとに、品類別外貿貨物取扱量のすう勢を時系列を用いて外挿することにより、目標年度における取扱貨物量を各港区分別、品類別、さらには私企業の専用ふ頭・公共ふ頭別に推計することができる。これらの推計値を集計すると、広域港湾の取扱貨物量が得られる。このマイクロモデルによる推計値は、過去の傾向を延長したものにはすぎないのに反し、前述のマクロモデルによる推計値は、広域港湾背後地の経済活動・産業構造・地域および社会構造との有機的な関連において推計されたものであるから、マクロモデルによる推計値の方が理論値と考えられる。

したがってマイクロモデルによる推計値をもとに、各港区の目標年度のシェアを推計し、さらにマクロモデルによる推計値をフレームとして、各港区にブレイクダウンすることにより、各港区の、さらには港区内の公共ふ頭の目標年度における取扱貨物量を推計することができる。この推計値から過去の実績をさし引くことにより、増加貨物量、すなわち対象とする輸出公共ふ頭の取扱貨物量を求めることができる。なおこの場合には、マクロモデルによる推計値とマイクロモデルによる推計値

との間には大幅な差がないということを前提としているので、もし両者の間に大幅な差が認められる場合には、これらのモデルについて再検討することが重要である。

以上によって、公共ふ頭取扱貨物の量的分析の方法を明らかにしたが、さらにこれに加えて、輸出公共ふ頭を経由する貨物が世界の各市場とどのような取引関係にあるかという質的分析も行なうことが必要である。この質的分析には、一橋大学小島清氏の提案した貿易結合度の概念を導入することが有効と考えられる。そして輸出結合度の数学構造は、

(1) 国別輸出結合度

$$A_j = \frac{X_j}{X} / \frac{W_j}{W} = \frac{X_j}{W_j} / \frac{X}{W} \quad \dots\dots\dots(3)$$

(2) 商品別輸出結合度

$$B_i = \frac{X_i}{X} / \frac{W_i}{W} = \frac{X_i}{W_i} / \frac{X}{W} \quad \dots\dots\dots(4)$$

(3) 商品別国別輸出結合度

$$C_{ij} = \frac{X_{ij}}{X} / \frac{W_{ij}}{W} = \frac{X_{ij}}{W_{ij}} / \frac{X}{W} \quad \dots\dots\dots(5)$$

ここに、 X : 日本の総輸出額

X_j : 日本の対(j)国輸出額

X_i : 日本の(i)商品輸出額

X_{ij} : 日本の(i)商品の(j)国向け輸出額

W : 世界(除日本)の総輸入額

W_j : (j)国の世界からの輸入額

W_i : 世界の(i)商品輸入額

W_{ij} : 世界からの(j)国の(i)商品輸入額

輸出結合度は、式(3)、(4)および(5)から明らかのように、2とおりの意味をもっている。すなわち、

(1) 世界の輸入需要構造に対して、わが国の輸出構造がどの国に対して、どの商品に対して、またどの国のどの商品の輸入需要に対してより適合しているかの程度を示していると考えられる。

(2) わが国の平均的輸出能力を意味する総シェア X/W と比較して、日本側と相手国側との双方からみて国別・商品別・商品別国別の取引関係の重要さの大小をあらわしている。なお適合の程度、重要さの大小をみる場合の基準は結合度=1である。このような質的分析をとおして、ふ頭取扱貨物の品類、対象航路などの決定が可能となる。

以上によって、輸出公共ふ頭の品類別・航路別取扱貨物量が推計されたが、ライナーバース計画を策定するためには、これらの推計値に加えて、さらに入港船のもつ特性、特に入港船の到着分布・在港日数分布・1隻あたりの積荷揚荷分布等に関する動的な分析を行なうことが重要である。

入港船の到着分布・在港日数分布に関しては、神戸港における定期船を対象として分析を行なったが、その結果マクロ的には、到着分布はポアソン分布、在港日数分

布は指数分布にしたがっていると仮定してよいことがわかった。現在の運航状況および荷役形態が大幅に変化しないかぎり、この傾向は今後とも継続するものと予想される。

なお、この種の船舶の動態に関する調査・研究は、運輸省港湾局を中心にして、かなりくわしくなされており、その成果はすでに公表されているので、これらの詳細については省略することとする。

また、荷役の合理化、船舶の積荷率の向上によって、船舶の動態はかなり変化するので、ライナーバース計画を策定する場合には、このような現象の解析が重要である。われわれは、すでにこの種の研究に着手しているが、詳細の発表は後の機会にゆずることとし、ここでは現在の船舶の動態は当分変化しないものと仮定して論を進めることとする。

なお、ふ頭経営に関連して、積荷貨物の流れを円滑にし、合理的に計画された施設を有効に活用するために、ターミナルオペレーターの設立が必要であることを主張したい。ライナーバースがたとえ航路別に指定されていても、港湾荷役においてあい路となっている横持ちをなくすることはできない。この横持ちをなくすためには、貨物の流れを円滑にするターミナルオペレーターの設立が必要であると考えられる。

以上の分析結果をもとにし、次節以下において、ライナーバース計画を策定することとする。

3. 待ち合せモデルによる最適バース数の決定方法

本研究においては、ライナーバース計画の基本的考え方をつぎのように定めた。すなわち、国民（国家）がライナーバース建設のために投ずる費用と、入港船のバース待ちによって生ずる費用との合計を総損失費用とし、国民経済的な観点から、この総損失費用を最小にするようなライナーバース数をもって最適バース数と定義した。そして、この節においては、入港船のバース待ちに関して待ち合せモデルを導入し、以下に述べる方法にしたがって最適バース数を算出することとした。

いまバース数を S 、入港船の到着分布はポアソン分布にしたがい、在港日数分布すなわちバースのサービス時間分布は指数分布にしたがうものとし、しかも入港船はバースが空き次第先着順にバースにけい岸するものと仮定すれば、このバース待ち問題は、チャンネル数 S で無限母集団の待ち合せ理論によってとくことが可能となる。

そこで、 λ : 1日あたりの平均到着隻数

$1/\mu$: 1隻あたりのバースの平均サービス時間
(単位: 日)

$\rho = \lambda/\mu$: サービス係数

とすると、入港船1隻あたりの平均待ち時間 \bar{w} は、

$$\bar{w} = \frac{\rho^s}{\mu(s-1)!(s-\rho)^2} \left[\frac{s-1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\rho^n}{n!}} + \frac{\rho^s}{(s-1)!(s-\rho)} \right]^{-1}$$

.....(6)

と表わされる。

つぎに、

a : バースの1日あたりの遊休損失(建設費利子・減価償却費・維持費その他経費の1日分)

b : 到着船のバース待ちによる1日あたりの損失(船価の減価償却費・船舶の維持費の1日分)

とすると、1日あたりの総損失費用 c は、

$$c = sa + \lambda \bar{w} b \text{(7)}$$

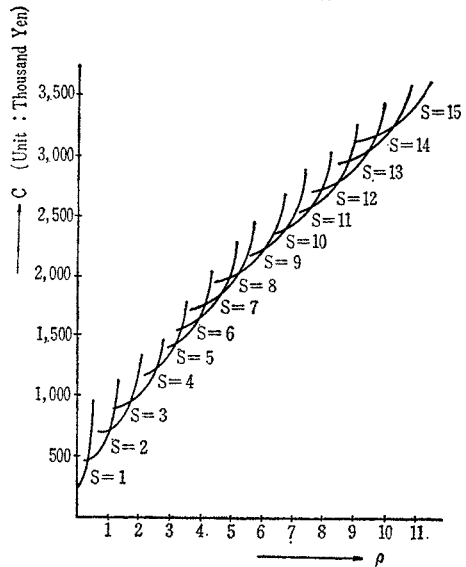
と表わすことができる。式(7)に式(6)を代入すると、

$$c = sa + \frac{\rho^{s+1}}{(s-1)!(s-\rho)^2} \times \left[\frac{s-1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\rho^n}{n!}} + \frac{\rho^s}{(s-1)!(s-\rho)} \right]^{-1} b \text{(8)}$$

となる。

$a=240$ (千円/日)、 $b=800$ (千円/日)として、 $S=1 \sim 15$ について、 ρ の値を変化させ、総損失費用 c の値を計算し、 ρ を横軸に、 c を縦軸にとって総損失費用曲線を描くと図-1が得られた。

図-1 総損失費用曲線



このような総損失費用曲線を描いておけば、 ρ の値のいろいろな変化に対応して、適正なライナーバース数をただちに求めることができる。

4. シミュレーションによる最適バースの決定方法

前節においては、待ち合せモデルを作成するために、実際の港湾現象をかなり単純化して考えた。しかし実際の港湾現象は複雑で、待ち合せ理論などを用いて簡単に説明することが困難な場合が多い。したがって、ここで

はシミュレーションの手法を導入し、入港船のバース待ち現象を正確に電子計算機に再現することにより、入港船の平均待ち時間を求め、これを用いて最適バース数を決定することとする。

シミュレーションモデルを作成するために、まず入港船を、船型を考慮して2種類にわけた。便宜上、これを大型船・小型船とよぶことにする。バースの大きさも入港船の船型に応じて2種類とした。これも便宜上、大型バース・小型バースとよぶことにする。入港船を2種類にわけたのは、船型によりバース待ちの損失費用がことなることを考慮したものであり、バースを2種類にわけたのは、船型に対応させたほか、バースの水深により、建設費がことなることなどを考慮したからである。船型分布は、実測値をもとにして作成したテーブルによって与えることとした。

入港船の到着分布および在港時間分布は、厳密にはポアソン分布および指数分布とはいいがたいので、実測値をもとにして作成したテーブルによって与えることとした。なお在港時間は、平均待ち時間算出にあたって大きな影響を与えるので、1時間単位で考えた。

到着船の到着順位を決定するために、ここでは、1日における到着時刻分布を用いることとした。そしてこの分布もテーブルで与えることとした。

また、わが国の主要外貿港湾では、税関検査、検疫などに関連して、原則として夜間入港は認められていないので、ここでもこの点を考慮して、0~6時までは入港できないとした。

なおけい岸に関しては、小型船は両種のバースにけい岸できるが、大型船は大型バースにしかけい岸できないとした。またそのけい岸順は、先着順ではあるが、小型船は小型バースがふさがっているときに限り大型バースにけい岸するものとした。

つぎに、シミュレーションモデル作成上の手順を述べると以下のとおりである。

まず到着船隻数の乱数を発生させることにより試行日(i)の到着船隻数を求め、ついで船型分布の乱数を発生させ、到着船を大型船と小型船にわけた。この大型・小型別の到着船に、到着時刻を乱数発生により与え、到着船を到着順にならべる。なお試行日(i)にバース待ちをしている船があれば、これを先頭におく。

つぎに試行日(i)に空バースがあるかないかを判定する。この判定は、小型バースもしくは大型バースにけい岸中の船舶のうちの最小出発時刻が試行日(i)に存在するかどうかによって行なう。出発時刻は、到着時刻と在港時間およびバース待ち時間の和として求めることができる。また在港時間は乱数発生によって与えられる。なおバース待ち時間 WT は、船舶が原則として夜間入港できないということを考慮すれば、次式によって算出す

ることができる。

$$WT = \max \{ \max(6 + 24(i-1), TDB) - TAB, 0 \} \quad (9)$$

ここに、

TDB : けい岸した船舶の前に入港(けい岸)していた船舶の出発時刻

TAB : 待ち時間を求める船舶の到着時刻

さて、試行日(i)に空バースがなければ、到着船はそのままバース待ち船となり、1日経過させるが、空バースがある場合にはつぎの手順をふむ。

まず到着船の先頭が大型船の場合は、大型バースが試行日(i)にあれば、これを大型バースに入れる。大型バースがあかないときは、その日に小型船の到着があるかないかをみる。到着がなければそこで1日を経過させる。しかし到着があれば、これを小型バースに入れる。

到着船の先頭が小型船であれば、試行日(i)に小型バースが大型バースよりさきにあくかどうかを判定する。小型バースがさきにあけば小型バースに入れ、大型バースがさきにあけば大型バースに小型船を入れる。

空バースがあるときは、以上の操作を、バースがいっぱいになるか、到着船が全部けい岸するまでくりかえし、1日を経過させる。

以上の手順にしたがって、シミュレーションを行なうためのフローチャートを作成すれば、図-2が得られる。図-2においてフローチャートに用いた記号の説明は以下のとおりである。

WTS : 小型船の待ち時間

WTL : 大型船の待ち時間

WLS_i : 試行日(i)における小型船の待ち行列の長さ

WLL_i : 試行日(i)における大型船の待ち行列の長さ

NSB : 小型バース数

NLB : 大型バース数

R : 乱数

DA_{i1} : 到着隻数分布

DS_{i2} : 船型分布

DTA_{i3} : 到着時刻分布

DTS_{i4} : 在港時間分布

$TAPS_j$: 小型船の入港時刻

$TAPL_k$: 大型船の入港時刻

$TABS_l$: 小型船の(l)番目の到着時刻

$TABL_n$: 大型船の(n)番目の到着時刻

NA_i : 試行日(i)における到着隻数

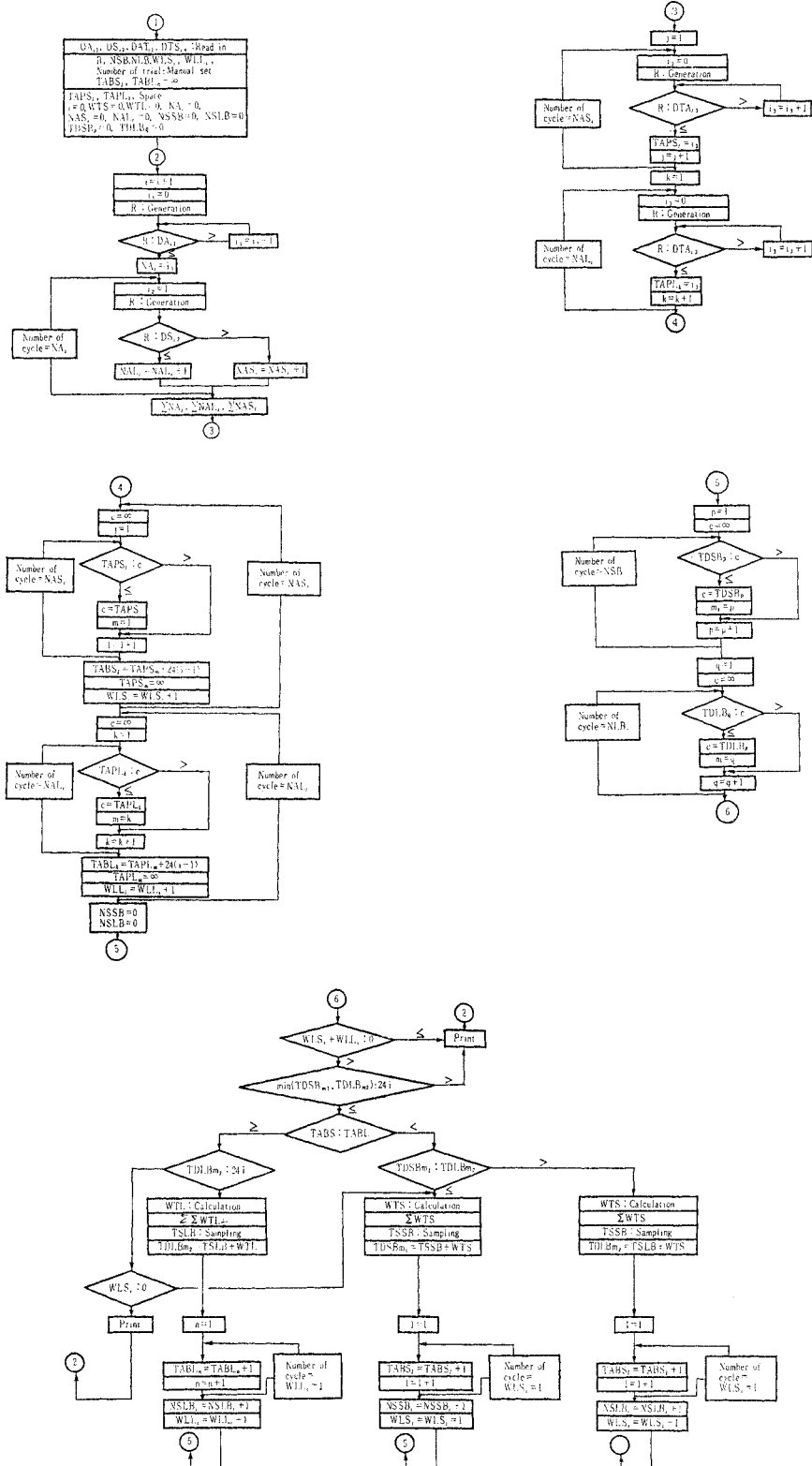
NAS_i : 試行日(i)における小型船到着隻数

NAL_i : 試行日(i)における大型船到着隻数

$TDSB_p$: 小型バースからの出発時刻

$TDLB_q$: 大型バースからの出発時刻

図-2 シミュレーションのフローチャート



$TDSB_{m1} : \min TDSB_p$

$TDLB_{m2} : \min TDLB_q$

$NDSB_i$: 試行日 (i) における小型バースからの出港隻数

$NDLB_i$: 試行日 (i) における大型バースからの出港隻数

$TSSB$: 小型バースでのけい岸時間

$TSLB$: 大型バースでのけい岸時間

$NSSB_i$: 小型バースでのけい岸隻数

$NSLB_i$: 大型バースでのけい岸隻数

昭和38年の神戸港における、ニューヨーク航路および東南アジア航路を例にとり、図-2のフローチャートにしたがって実際にライナーバース数を決定するためのシミュレーションを行なってみた。

船型は、ニューヨーク航路では20000G/T級船(8%)と10000G/T級船(92%)の2種類を、東南アジア航路では、10000G/T級船(37%)と5000G/T級船(63%)の2種類を考えた。なおバースの種類は、ニューヨーク航路では-12mバースと-10mバースとし、東南アジア航路では-10mバース、-7.5mバースにわたった。

全バース数は、前節で求めた図-1の総損失費用曲線から判断して、ニューヨーク航路6バース、東南アジア航路7バースとした。

シミュレーションによる計算結果は表-1および表-2に示すとおりである。

表-1,2から1日あたりの平均到着隻数(λ_1 :大型船, λ_2 :小型船)を求め、損失費用(a_1 :大型バースの1日あたりの遊休損失費用, a_2 :小型バースの1日あたりの遊休損失費用, b_1 :大型船のバース待ちによる1時間あたりの損失費用, b_2 :小型船のバース待ちによる1時間あたりの損失費用)を表-3のように与え、1日あたりの総損失費用を式(10)により算出した。

$$c = s_1 a_1 + s_2 a_2 + \lambda_1 \bar{f}_{w1} b_1 + \lambda_2 \bar{f}_{w2} b_2 \dots \dots \dots (10)$$

ここに、

S_1 : 大型バース数, S_2 : 小型バース数

である。

計算結果は表-4, 5に示すとおりである。

表-5の東南アジア航路においては、10000G/T級船の混合率が37%であるにもかかわらず、全体を-10mバースにした方が損失費用は最小となっている。しかし、表-5の λ_1, λ_2 の値は多少のばらつきを持っている。このことは、入港船分布の乱数発生が厳密には定常状態に達していないことを示している。

このようなシミュレーションモデルを理論的にとく場合には、特別窓口を持つ待ち合せモデルとして考えることができるが、この理論モデルの状態方程式の厳密解法は非常に困難である。しかしこのモデルの近似解においては、一般に特別窓口を要求する単位数が増加するにつれて、すべての窓口を特別窓口にした方が総待ち時間が減少するという傾向を持っている。

表-5に示した入港船分布の乱数発生が厳密には定常状態に達していないとはいえ、上述の近似解の傾向を勘案することによって、全体を-10mバースとして建設した方がよいと判断した。

表-4のニューヨーク航路をみると、-12mバースを4バース、-10mバースを2バース建設する場合が損失費用が最小となっている。

6. 結 言

輸出公共み頭のライナーバース計画において、最適バース数の算定に関して、待ち合せ理論およびシミュレーションの手法を適用し、神戸港のニューヨーク航路およ

表-4 1日あたりの損失費用：ニューヨーク航路

s_1	$s_1 a_1$	λ_1	$\bar{f}_{w1}(hr)$	$\lambda_1 \bar{f}_{w1} b_1$	s_2	$s_2 a_2$	λ_2	$\bar{f}_{w2}(hr)$	$\lambda_2 \bar{f}_{w2} b_2$	$c(千円)$
3	780	0.13	17.00	83	3	720	1.61	10.65	571	2154
4	1040	0.13	9.86	52	2	480	1.56	4.78	246	1818
5	1300	0.14	3.25	17	1	240	1.56	5.30	273	1830
6	1560	0.13	7.71	38	0	0	1.58	5.15	269	1867

表-5 1日あたりの損失費用：東南アジア航路

s_1	$s_1 a_1$	λ_1	$\bar{f}_{w1}(hr)$	$\lambda_1 \bar{f}_{w1} b_1$	s_2	$s_2 a_2$	λ_2	$\bar{f}_{w2}(hr)$	$\lambda_2 \bar{f}_{w2} b_2$	$c(千円)$
4	960	1.20	20.34	814	3	540	1.99	7.90	262	2576
5	1200	1.15	5.24	183	2	360	1.96	3.34	114	1857
6	1440	1.03	14.23	485	1	180	1.81	13.26	408	2513
7	1680	1.02	1.51	50	0	0	1.74	2.23	64	1794

表-1 シミュレーションによる計算結果：ニューヨーク航路

試行回数	入港希望隻数	-12mバース数	20000G/T級入港希望隻数	20000G/T級待ち時間合計(hr)	-10mバース数	10000G/T級入港希望隻数	10000G/T級待ち時間合計(hr)
100	174	3	13	221	3	161	1715
300	514	4	43	345	2	469	2243
300	514	5	43	172	1	469	2601
300	513	6	40	270	0	473	2463

表-2 シミュレーションによる計算結果：東南アジア航路

試行回数	入港希望隻数	-10mバース数	10000G/T級入港希望隻数	10000G/T級待ち時間合計(hr)	-7.5mバース数	5000G/T級入港希望隻数	5000G/T級待ち時間合計(hr)
100	319	4	120	2441	3	199	1572
100	311	5	115	566	2	196	689
100	284	6	103	1609	1	181	2267
300	830	7	307	408	0	523	1244

表-3 損失費用

航路名	a_1 (千円/日)	a_2 (千円/日)	b_1 (千円/時)	b_2 (千円/時)
ニューヨーク航路	260	240	38	33
東南アジア航路	240	180	33	17

び東南アジア航路を例にとりて計算してみたが、その結果つぎのような結論が得られた。

現状では、バース待ちによる損失費用が、バースの建設および維持経費に比べてかなり大きいため、ライナーバース計画においては、いわゆる大型船を主体として計画するのが望ましいと考えられる。シミュレーションの計算例が少ないので、早急な判断はつしむべきではあるが、いわゆる大型船の混合率が東南アジア航路のように 37% にも達しているような場合には、全体を大型バースとして、待ち合せ理論により最適バース数を決定してもさしつかえないと考えられる。これに対してニューヨーク航路のように混合率が非常に小さく、8% 程度の場合には、シミュレーションの手法を導入することによって詳細な検討を加えたうえで最適バース数を決定することが必要であると考えられる。

混合率がどの程度以上になれば、全体を大型バースとしてバース数を決定してよいかという規準を得るためには、さらに数多くのシミュレーションをくり返すことが

必要であり、これは今後に残された研究課題である。

最後に本研究に対し、終始ご指導賜った京都大学教授石原藤次郎博士ならびに同 長尾義三博士に対して心から感謝の意を表する次第である。

参考文献その他

- 1) L.R. Klein, A.S. Goldberger : An Econometric Model of the United States, 1929-1952
- 2) A.S. Goldberger : Impact Multiple and Dynamic Properties of the Klein-Goldberger Model
- 3) 小島 清 : 世界経済と日本経済, 勁草書房, 1962 年 4 月
- 4) M. Sasieni, A. Yaspan, L. Friedman : Operations Research-Methods and Problems, John Wiley & Sons Inc., 1959
- 5) 長尾義三 : 港湾技術の発展に関する方法論的研究 (学位論文), 1960 年 6 月
- 6) 運輸省第三港湾建設局 : 大阪湾港湾計画調査, 1963年 3 月
- 7) R. Chapman and R.R.P. Jackson : Operational Research Studies of Port Operation, ICHCA Research in Cargo Handling 1963

(1965. 5. 21・受付)