

# 港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 175      Dec. 1973

船舶特性と埠頭特性を考慮した  
滞船現象に関する一考察

笹 島 博  
工 藤 和 男

運輸省港湾技術研究所



# 船舶特性と埠頭特性を考慮した 滞船現象に関する一考察

## 目 次

要 旨 .....	3
1. はじめに .....	3
2. 滞船現象解析モデルの問題点 .....	3
3. モデルのパターン分類 .....	5
3-1 モデルのパターン分類による滞船現象解析システム .....	5
3-2 パターン分類のための用語の定義 .....	5
3-3 船舶特性と埠頭特性 .....	6
3-4 特性の相互関連と特性のレベル .....	7
4. 各モデルパターンの特性 .....	10
4-1 パターンⅠ(固定バース方式, 定型船長, 同種貨物) .....	10
4-2 パターンⅡ(固定バース方式, 定型船長, 異種貨物) .....	11
4-3 パターンⅢ(固定バース方式, 異型船長, 同種貨物) .....	11
4-4 パターンⅣ(固定バース方式, 異型船長, 異種貨物) .....	12
4-5 パターンⅤ(自由バース方式, 定型船長, 同種貨物) .....	12
4-6 パターンⅥ(自由バース方式, 定型船長, 異種貨物) .....	12
4-7 パターンⅦ(自由バース方式, 異型船長, 同種貨物) .....	12
4-8 パターンⅧ(自由バース方式, 異型船長, 異種貨物) .....	12
5. シミュレーションモデルの作成 .....	12
5-1 概 説 .....	12
5-2 インプットデータ .....	13
5-3 シミュレーションモデル作成プロセス .....	15
6. 適 用 例 .....	15
6-1 石油製品積出バースにおける特性 .....	16
6-2 シミュレーションモデルの作成 .....	17
7. おわりに .....	29
参考文献 .....	29

An Approach to the Ships' Waiting Line under some restrictions induced  
by Berths and Ships Characteristics

Hiroshi SASAJIMA\*

Kazuo KUDO\*\*

Synopsis

There have been done many studies on the ships' waiting in port, but their application to the specialized marine terminals have also been restricted by the over simplification of models.

In this paper, characteristics of ships, of berths and their interactions are made clear. Models are formulated by considering the following 6 characteristics, then classified into 8 patterns.

- 1) Ways of berth allocation
- 2) Loading-unloading facilities
- 3) Depth of berth
- 4) Length of ship
- 5) Types of cargoes
- 6) Draft of ship at berth

As an example, waiting line of small size tankers at the loading berth of oil refinery has been analyzed by a simulation model which is corresponding to the one of the abovementioned 8 patterns.

---

\* Member of Systems Laboratory, Design Standard Division

\*\* Head of Planning Division

# 船舶特性と埠頭特性を考慮した 滞船現象に関する一考察

笹 嶋 博\*  
工 藤 和 男\*\*

## 要 旨

従来より待ち行列理論を用いた滞船現象の解析事例は多いが、特殊な貨物を専門的に取扱う埠頭を対象とするような精度の細かい解析事例は少ない。本報告では、満船機構を構成している物理的な要素の特性と、オペレーション方法に対する考察によって問題点の一部分が解決されることを示し、つきにかかげた6つの特性を導入した滞船現象解析モデルを考え、これを8パターンに分類した。

①バース特性 ②荷役機械特性 ③水深その他の埠頭特性 ④船長特性 ⑤貨物特性 ⑥実吃水その他の船舶特性

各モデルのパターンに対するシミュレーションモデルの必要性を述べ、このうちの1パターンである石油製品積出バースの滞船現象解析の事例を示した。

## 1. はじめに

近年、港湾計画の分野においても、港湾を有機的なシステムとして捉えその計画システムを構成するための研究が盛んとなってきている。これは、港湾における船舶の滞船現象を科学的に解析し、港湾計画に利用しようとする試みから始まった。このときに電話回線問題から発した待ち行列理論の導入がなされたが、電話回線問題とは性格の異なる要素をもつ港湾の滞船現象の解析に十分適したものであるとは言い難かった。しかし、原単位法から現象の解析過程を含んだ計画手法への移行は、港湾計画の科学化にとって重要な布石であったといえる。

これまでに待ち行列理論を用いた滞船現象の解析事例をみると、解析的な待ち行列理論で解き得る問題が多く取り扱われており、港湾における船舶の滞船現象特有の解析を行なっているものは数少ない。港湾における船舶の滞船の機構を解き明かし、港湾施設の機能を分析し、合理的な港湾施設計画を作成するためには、滞船現象特有の解析方法が必要である。本論文では、滞船現象の解析に特有の要素を抽出して、精度よい滞船現象の解析を行なう方法論を考察した。併せて、石油製品積出バースにおける解析事例を示した。

## 2. 滞船現象解析モデルの問題点

マイクロな分析によって港湾内各施設の機能を定義し、望ましい港湾各施設の規模・形状・配置を求める事は、港湾計画を体系的に科学化していく1つの柱である。

港湾における現象を待ち行列理論から捉え、現象解析の科学化を試みようとする時、解析的な解の求まっている待ち行列モデルの利用を図る事は、現象の客観的の把握にとって有効であった。しかし、待ち行列理論における理論解が、港湾で生じる待ち合わせ現象のすべてにアプライできる訳ではなく、要求される解析の精度が高まるとシミュレーションを含むミクロな分析が必要となってくる。

例えば、従来より指摘されている問題として、

- ①入港船のバースわりあての方法の問題
- ②沖荷役の問題
- ③バースの変化の問題
- ④本船—バース—上屋—倉庫のチェーンの問題
- ⑤在港時間に制限を与える港湾労働力の問題
- ⑥貨物の種類による荷役速度、荷役時間の変化の問題
- ⑦埠頭間の船舶のシフトの問題
- ⑧接岸船舶に対するはしけ荷役の問題
- ⑨到着率の変動の問題

等があるが、これらは各港湾特有の性格の現われでもあり、港湾におけるオペレーションの問題でもある。このような個々の特徴というものは、ケースバイケースであり、計画立案に際して調査を実施し解析を行なうべきであるとする意見もあるが、このような特殊性を組みこんで港湾での待ち合せの現象の発生機構をいくつかの基本的なパターンに整理できれば、共通な解析の手順にした

\* 設計基準部 システム研究室

\*\* 企画室長

がってそれぞれの特殊性を置換することで容易に解析を進めようする方法論を確立することが可能であると考えられる。

この為の研究テーマはつぎの3つの要素を含むこととなる。

- 1) 港湾における滞船現象の発生機構のパターン分類
- 2) 各パターンに対する解析手順の確立
- 3) 各港に対するパターンの適用

1)は、港湾を1つのトータルシステムとみなした時に、滞船現象に直接関係するようなサブシステムにおいて滞船の発生機構をパターン分類することを意味し、設定したパターンに対するインプット・アウトプット等の探索を可能とするように作られなければならない。インプットとして使用する情報とその形式を示すのみならず、それらの情報を容易に使用できる状態に整備しておくことが必要であり、そのための問題点と解決方法に対する指針をも示しておく事が重要である。

2)は、設定されたパターンごとにそれぞれの現象を簡明に説明する手法を開発することであり、利用の容易さからは簡便な方法が望ましいが、厳密な論理的斉合が必要であることはいうまでもなく、そこに研究のテーマが存在する。

以上の2目標を達成するために、まず従来より指摘されてきた問題点について考察することとする。

#### (1) 入港船のバースわりあての方法の問題<sup>\*1)</sup>

港湾におけるバースの多様性(バース規模による区別、取扱貨物による区別等)、入港船舶の性格(定期、不定期船、船種及び航路等)によりバースの利用はきわめて複雑であってこれを数式表現する事が困難である。

#### (2) 沖荷役の問題<sup>\*1)</sup>

一般にはバース待ちを余儀なくされるときに沖荷役が行なわれるとしているが、貨物の性格、上屋倉庫との関係等により沖荷役を常態としている場合も考えなければならない。

#### (3) バースの変化の問題<sup>\*1)</sup>

窓口数が時間と共に変動するタイプである。すなわち10,000T級バースといえども1,000~2,000T級船舶なら2隻着岸できるというように、設計されたバース数とは異なった働きをさせることもある。

#### (4) 本船-バース-上屋-倉庫のチェーンの問題

本船-バース-上屋-倉庫という関係は一連のチェーンを形成しており、これらを含めての最適設計は使用上の自由度を減少させ、不都合を生じる場合もあるという指摘もあるが、このような立場からの分析を試みることは全体としての最適設計をおこなうにしろ、どの程度の

関連があるかについての知見をうるにしろ必要なことである。

#### (5) 港湾労働力の問題<sup>\*4)</sup>

近年港湾労働力の不足が叫ばれているが、労働力不足に伴う荷役時間の変動や滞船現象に対する影響についての考察が行なわれていない。

#### (6) 貨物の種類による荷役速度、荷役時間の変化の問題

貨物の種類が違えば当然使用する荷役機械も異なりサービス時間(荷役時間)も変わってくる。また埠頭やバースが異なればそこで使用される荷役機械、方法等が異なりこれまた、荷役時間が変化する。このような荷役時間の相異を考察する必要がある。

#### (7) 埠頭間の船舶のシフトの問題<sup>\*3)</sup>

揚荷のある埠頭で実施した後、別の埠頭で積荷を行なう場合や、数埠頭で積荷を行なう等、1船舶が複数の埠頭に立ち寄る状況はしばしば見うけられるが、このような問題も取扱う必要がある。

#### (8) 接岸船舶に対するはしけ荷役の問題<sup>\*3)</sup>

はしけ荷役は接岸船舶に対してもなされているが、このような荷役方式の是非は別としても、このような荷役形態をとっている現象も含めて取扱う必要がある。

#### (9) 到着率の変動の問題<sup>\*1)</sup>

定常状態でみるような到着率のみならず、①月末集中、②季節的周期、③日変動などがあり問題によってはこれらを考慮して解析する必要がある。

以上のような種々の問題が存在するので、対象とするひとつの現象を解析しようとしても統一的に処理する事が困難となり、ケースバイケースの問題として片付けられている。これに反して個々の問題を捨象してマクロ的に計画目標を定め施設計画を立案してゆくと、現実との距離が大きくなり過ぎて計画すること自体の意義が失はれかねないという事態を招くおそれもある。

そこで、これら問題を個々に解決する手段を考えると、マクロ的な接近をおこなう場合には港湾の待ち機構を構成している要素の特性のうち、次に掲げるようなものが欠けている事に気付く。

①船舶が所有している属性を無視している。

②埠頭のもつ属性の違いが無視されている。

これらの属性のもつ相違の他に

③オペレーションの方法に対する考察が少ない。

以上のように待ち機構を構成する物理的な要素、船舶および荷役機械に対するオペレーションの方法を導入するだけでも、前述の種々の問題のうち、①③⑥に対する考察は行なう事ができるものとする。他の問題に関し

ては別に研究がなされておりここでは省略する。

以上考察を加えてきたことによって、待ち機構を構成する物理的な要素と船席および荷役機械のオペレーションの方法を導入すれば、船舶の待ち合わせ現象のミクロな解析が行なえ、従来より指摘されてきた問題の一部分が解決されることが明らかとなった。また、ケースバイケースの事象に対しては、パターン分類の方法が有効であると考えた。そこで、本報告では、待ち合わせの機構を構成している物理的な要素と船席および荷役機械に対するオペレーションの方法を考慮して港湾における船舶の滞船現象解析のためのモデルをパターンに分類し、そのパターンにあてはまる問題を解くことによって、詳細な解析を行なう方法を提案した。以下においては、待ち合わせ機構を構成している要素の物理的な特性と船席および荷役機械のオペレーションの方法を具体的に検討して、滞船現象解析モデルのパターン分類を試みる。

### 3. モデルのパターン分類

船舶の所有する特性と埠頭の所有する特性を取り入れ、さらにオペレーションの方法の違いを考慮して滞船現象をミクロに解析しようとするとき、船舶特性・埠頭特性・オペレーション方法の違いを取り入れた滞船現象解析モデルのパターン分類が必要である事を述べた。

パターン分類を行なう指標には種々のものがあることができるが、船舶が埠頭に着岸する部分にのみ着目すれば、オペレーション方法の違いによって分類するのが望ましい。オペレーション方法の違いによって分類すれば、船舶の待ち現象を構成する各要素の物理的な特性の違いをも考慮に入れたパターン分類が行なえる。また、各要素の特性の相違とパターンを対応させることも可能となると考える。

パターン分類を行なう場合に分類数を多くしすぎると、パターンが非常に特異な状況を示す結果となり、分類の意義がうすれる。逆に、あまりラフな分類を行なうと、解析の対象となる現象にアプライできなくなる危険がある。そこで、適度の細かさ分類する必要が生じるが、パターン分類を行なう事によって、港湾における滞船現象解析システムの充実を意図しているのであるから、このシステムの内容を明らかにして、パターン分類の細かさを決める必要があると考える。そこで、以下では、パターン分類を行なって、滞船現象を解析するシステムの内容について論じておく。

#### 3-1 モデルのパターン分類による滞船現象解析システム

モデルのパターンは、上述の様にオペレーション方法

の違いによる分類を行なうこととしたが、この分類が完成しているという条件の下で、滞船現象解析システムの構成を述べることにする。

前述の様に、本システムの解析の対象は計画レベルによって限定される。従って、解析の対象となる現象はあおずと決まってくる。問題が発生した時点、あるいは改良計画を意図した時点において、対象とする埠頭群と船舶群は確定する。モデルのパターン分類は現存するオペレーション方法の違いから行なわれたものであり、技術革新と新しいオペレーション方法に対してパターン分類は定義されていない。しかし、解析しようとする現象と設定されたパターン分類とを照合することによって、従前のパターンを使用するか、新パターンを導入しパターン分類に変更を加えるかは判定できる。解析の目的、対象の違いによって、このプロセスは、ケースバイケースである。すなわち、モデルのパターン分類を確立させていくプロセスはひとつのマネジメント・サイクルを構成しているといえる。滞船現象解析システムを図示すれば図3-1のようになると考えられるが、このシステムを完成させるためには、合理的なパターン分類を行ない、各パターンに対する解析手法・手順の作成を図る事が重

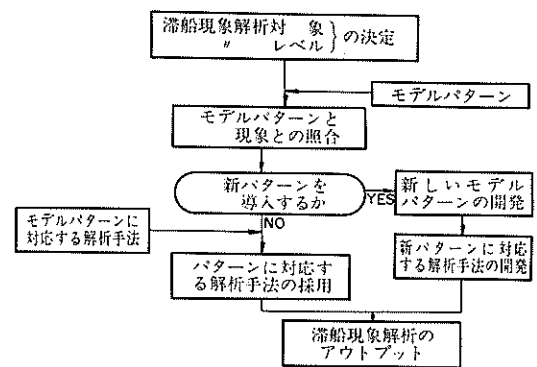


図3-1 滞船現象解析システム

要と考えられる。このようなシステムを完成させるためには、広範な港湾における滞船現象解析に適用する必要があるが、本報告はこの第1段階として、パターン分類の初期設定を行なうこととする。

このような現象解析システムの基礎をなす、モデルのパターン分類を行なうためには基本的な考え方を設定してシステムティックに行なう方法を定める事が重要であるが、この方法に関する考察を行なう前に、まず、用語の明確な定義を行なっておく事とする。

#### 3-2 パターン分類のための用語の定義

滞船現象を構成する要素とは、船舶の待ち合わせの生ずる現象を構成する物理的な要素であると定め、①船舶と②埠頭を意味する事とする。

各要素の特性には、資料 I 1<sup>\*1)</sup>で示したように、①船舶固有の特性 ②埠頭そのものが所有している特性 ③サービス状況との関連のもとで両要素が所有する特性があるが、パターン分類のためには、③の特性と、船舶と埠頭のオペレーションに関連する各要素固有の特性を掲げるのが適切であると考え。しかし、各要素のもつ特性にも数種類のものがあり、これらすべてをパターン分類に盛り込むと非常に分類数が多くなり分類の意義がうすれる。また、これら特性の中には船舶の滞船現象に直接的に関連しないものも多い。そこで、③の特性と船舶と埠頭のオペレーションに関連する各要素の特性のうち、滞船現象に特に強い関連を有していると考えられる特性のみに着目することとした。

各要素の特性の中の個々の特性といっても、1つの特性が分布形で与えられるとか、いくつかのレベルに分割されているという様に程度の大小がある。例えば、船長といっても大きささまざまな船長がある事はこのよい例である。このような程度の大小の事を特性のレベルと呼ぶことにする。

以上の用語の定義に従えば、現象解析システムの基礎をなすモデルのパターン分類を行なうための基本的な考え方はつぎのように述べることができる。まず、船舶と埠頭の滞船現象を構成する要素ごとの特性を明確に定める。つぎに、これら各要素の特性相互の関連を調べ、船舶・埠頭の各特性ごとにレベルを設ける。更に、船舶と埠頭のオペレーションを明確に表現するように特性のレベルを組合せたパターンを作成する。

以上述べた基本的な考え方に従ってパターン分類を行なうとき、船舶と埠頭の両特性に関する考察が必要となるが、つぎにこの特性について述べることにする。

### 3-1-3 船舶特性と埠頭特性

まず両要素の特性としては、待ち機構を構成する物理的な特性と、オペレーション方法に強く関連する特性を取り上げる。船舶特性としては、物理的な特性として①船長と②実吃水を取り、貨物揚積のオペレーションを考慮して③貨物の種類をとりあげた。船舶のオペレーションをバースで規定するものは、船長よりもバース占有長と呼ばれるものである。しかし、バース占有長は船長に余裕を加えたもので表わすことができると考えられるため、両者の違いは根本的なものではないと考える。従って、その基準となる船長を採用することとした。バース占有長と船長の関係は着岸時の操船技術面から、今後検

討の必要があると考える。また、船舶が潮の干満などを考慮せずに自由な時期に着岸あるいは離岸できるかを検討するためには、船舶がバースで荷役サービスを受ける際の実吃水を特性として採用する必要がある。実吃水としては着岸時と離岸時の前吃水と後吃水の最大値を考えればよい。バースにおける貨物の揚積を考えると、貨物の種類と荷役機械との対応が生じる場合があり、船舶特性としては揚積貨物の種類をとりあげることとした。以上の特性が、船舶特性として考慮すべき重要なものであるが、もちろん、従来より採用されている船舶のサービス時間あるいはバース占有時間を考慮する必要はあるから、④積荷量あるいは揚荷量としての貨物量を船舶特性に加えておくことは云うまでもないことである。以上の4特性を求めると船舶要素の揚積時における特性はほぼ全て記述できることとなるが、より詳細な検討を加えれば⑤舷門数・艀口数・荷役設備の有無等をも挙げることはできる。

一方、埠頭特性としては、物理的な制約を与えるものとして①埠頭長あるいはバース長②水深③バース占有水面を考慮することができるが、我国のスリップ巾は大なるものが多く、バース長を考えれば巾方向は十分有るものと考えバース占有水面は、船舶がバースに着岸するという状況の下では対象とする必要はないと考えられる。泊地規模の決定等を行なう場合には、占有水面を算定する必要はあるが、バース占有水面とは別個のものであると考え、省略する。この他に、船舶および貨物に対するオペレーション的な側面から④荷役機械の種類とオペレーションの方法⑤バース指定方式を考える必要がある。荷役機械は貨物の種類によって変える必要のある場合や、数種の貨物であっても荷姿の同一のものは取扱えるなど、状況により様々である。したがってパターン構成を考える場合には欠かせない。荷役機械はその操作技術上から制約をうけるオペレーションの方法があり、種類を考慮する場合にこの操作技術上の制約を考慮することが重要である。⑥荷役機械の能力は、従来より行なわれているように貨物の揚積時間を算出する場合に必要であるため、もちろん特性の中に取り入れるべきである。また、バース指定方式とは船舶の着岸に対しどのようなルールでバースを割り当てるかの方法である。これは、荷役機械の操作技術上の制約より定まって来る場合もある。船舶の着岸に際しどのようなバース指定方式をとるかによってバース数に対する考え方が異なって来るため、考慮すべき重要な特性である。

以上で述べた各要素の特性をつぎのようにまとめておく。すなわち、船舶特性としては①船長②貨物の種類③

実吃水④貨物量をとることとし、その他考慮すべき特性として⑤その他設備、舷門数、艀口数、荷役機械を掲げておく。また、埠頭特性としては、①荷役機械の種類とオペレーションの方法②埠頭長とバース指定方式③水深④荷役能力をとることとし、その他考慮すべき特性として⑤バース占有水面を掲げておく。

#### 3-4 特性の相互関連と特性のレベル

前節ではパターン分類を行なう際考慮すべき特性について考察を行なったが、本節では、各特性間の関連を捉え、特性のレベルに関する考察を行なう。

まず、船長は埠頭長・バース長とバース指定方式に多い関連があるといえる。バース指定方式は、バース1単位の水際線長(バース長)の定め方であり、着岸すべき船舶の船長に対してバース長を自由にコントロールできるかどうか大きな問題となる。コントロールできない場合には固定したバースとする必要があり、荷役機械は固定されたバース単位で考えればよい。コントロールできる場合には、そのコントロールの方法も考える必要がある。コントロールできるかできないかは、荷役機械の種類によっても異ってくる。荷役機械が固定されていればバースも固定させる必要があり、自由に動かし得るものであればバースも自由に決定する事は可能となる。一方、貨物の種類は荷役機械の種類とそのオペレーションの方法に直接関連している。貨物の種類と荷役機械の種類との対応によって船舶が着岸可能かどうかが定まる場合もある。また、船舶の実吃水はバース水深と直接関連しており、船舶が着岸可能かどうかの判定条件になる。

以上述べた特性相互の関連の他に船舶特性相互の関連、埠頭特性相互の関連があるが、ここではパターン分類の為に重要なもののみを対象とした。その他の特性相互の関連については資料11<sup>\*11)</sup>に詳しい。

以下においては、特性相互の関連をより詳細に探求することによって、各特性のレベル設定を行なうこととする。この際、分類に便利な様に前節に掲げた特性をまとめて、以下に示す名称を定めることとする。

まず、埠頭特性については、①埠頭長とバース指定方式としたものを①バース特性と名づける。②荷役機械の種類とオペレーションの方法および④荷役能力としたものをまとめて⑩荷役機械特性と名づける。③水深と⑤バース占有水面をまとめて⑥その他の埠頭特性と名づける。また、船舶特性としては、①船長に対するものを⑦船長特性、②揚積貨物の種類と④貨物量に対するものを⑧貨物特性と名づけ、③実吃水に対するものおよび⑤その他設備に対するものを⑨その他の船舶特性としてまとめておく。

このようにまとめた特性に関して、オペレーションの違いを明らかにしつつ考察を行ない、特性のレベルづけを行なう。

##### ①バース特性

埠頭長に対する考え方は物理的に定まって来る。つまり物理的に連続した埠頭長以上のバース長は設けられない。従って以下では、各バース長は物理的に連続した埠頭長以下の長さをもつものと考えことにする。一方、バース長は、バースの指定方式の違いによってかなり自由度をもっている。ここでは、バース指定方式の違いからバース特性を4レベルに分ける事を考えた。

⑦固定バース方式；固定バースとは、船舶の着岸状況に応じてバースのサイズを変更することはないという船席の決め方であり先決的なバースの決定方式を指す。この方式もオペレーションの違いによって以下に示す2方式に分けられる。

##### ①完全固定バース方式、②不完全固定バース方式。

①は対象とする埠頭あるいは埠頭群に対して完全に固定したバース長を与え、1バースに対してはどのような船型の船舶であっても1船舶しか着岸させない方式である。細かく分けるとこれにはつぎの2種類のものがある。ひとつは、①対象とする埠頭あるいは埠頭群を一定のバース長で分割する方式であり、船長の大小にかかわらず1バースには1船舶が着岸する。もうひとつは、④対象とする埠頭・埠頭群に対して数種類のバース長を定めて、数種類のバース長で分割する方式である。この場合にも1度船席が定まると1バースに1船舶しか着岸できないことには変わりはない。つまり完全固定バース方式では1船席には1船舶しか着岸できず、このルールは変わらないから、バース分割が終るとバース数は確定してしまう。現実に数種類の船長をもつ船舶が着岸する場合には、この方式で取扱うと、最大船長でバース長を決めないと、不都合な現象が生じる。つまり、バース長より大なる船長をもつ船舶がそのバースに着岸する事となり物理的に不都合となる。

②は単位のバースの定め方は①と同じであるが、船舶が着岸する状況におけるバースの取り方が異なる。この方式は、1埠頭の連続する単位バース数個を1船舶が占有できる状況を含むものである。しかし、固定バース方式においては設定された単位バースを複数船が使用する状況は許されていない。したがって①方式では一度バース分割が行なわれれば、上述の様な物理的に不都合な状況が生じない限りバース数Sは確定してしまうのに対して、②方式では、船舶の着岸状況と船型に応じてバース数は異ってくる。



④自由バース方式；自由バース方式とは、船舶の着岸時にバースの取り方を自由に決定する方式であり、着岸する船舶の船長（厳密にはバース占有長であるが）に応じたバース長をとる方式である。この方式もオペレーションの違いにより以下に示す2方式に分けられる。

①完全自由バース方式、②不完全自由バース方式。

①は端づめ方式であり、1埠頭あるいは物理的に連続な埠頭区域を1つの容量をもった大バースとみなすもので、船舶に対してもバース占有容量を与えて、容量が一杯になるまで大バースをサービス可能とみなすものである。実際の現象との対比を考えると、船舶が荷役中であっても船舶の移動が必要となる状況が生ずる場合もあり、船舶の滞船現象解析に関しては現実的でない面も表われるが、船舶の係留時間を考えたバース使用スケジュールを設定すれば、荷役中移動を少なくする事も考えられるため、本分類の意図からも掲げておく必要があると考える。

②は①の場合と異り、荷役中の移動を許さないもので、大バースを構成することおよび船舶が自由に着岸位置を選択できることにはかわりはないが、大バースの容量が一杯でない場合でも着岸不可能な状況が生じるところが異なる。つまり、大バース容量が一杯でなくとも、現在係留している船舶の相対的な位置によっては、新しく入港した船舶の船長では着岸できない状況が生じる。また、満席状態から1船舶がサービスを終了した時点でも、待ち船は自分の容量（船長）以上の空席が空くまで待つ必要が生じる。したがってこの場合着岸のルールは必ずしも先着順とはならない。

バース特性としては上述の4レベルを設定してパターン分類することとした。

#### ⑩ 荷役機械特性

荷役機械特性は個々の貨物に対して異った種類があり、対象とする船舶に対して異った荷役能力を選定しうるし、バースに固定させておくかどうかによってオペレーションの方法も異なる。すなわち、対象とする船舶・貨物・バースが決まってもかなり自由度をもって選択できる。個々の場合に対して分類を行なおうとすると、事例研究を重ねて、検討を加えるべき要素も大きい。したがって、ここではバースの特性と関連させた分類を行なうにとどめ、今後の事例研究で詳細につけ加えてゆくこととする。

⑦固定荷役機械方式；耐久性のある構造物をもって船席に固定させるもので、荷役能力が係留状況によって変え得るものと、変え得ないものに区別でき、つぎの2レベルに分割できる。

①定常固定荷役機械方式、②非定常固定荷役機械方式。

①は耐久性のある荷役機械の荷役能力が係留状況によらず常に一定のものである。一定といっても、能力として一定という意味であって、その機械を用いて荷役を実施したときにもスケジュール通り荷役が終了するという意味ではない。②は耐久性のある荷役機械を何らかのコントロール手段を用いて能力のみ変更を加えることができるようにしたものであって、船舶の着岸に際して荷役能力を決めてしまうとあとは①と同様である。蛇足であるが、以上の様に荷役機械の能力が決められるからといって、着岸船それぞれに対して荷役時間が変わらない事にはならないことを加えておく。

④自由荷役機械方式；船舶が着岸する状況になったときに、自由に機種と能力を決めうる方式であり、移動性のある荷役機械をバースに設ける場合や、船舶のもつ荷役機械を利用する場合はこの方式である。要するに、着岸する船舶に対応した荷役機械の種類と能力を決める方式である。

#### ⑪ その他の埠頭特性

水深は船舶喫水に対して制約となるものであるから、バースの最小水深を用いれば十分である。各バースの水深が等しいか異なるかによって分類する事も可能であるがバース水深は構築されたものであり、パターン分類する意義はうすいと考えられる。したがって、各々のバース水深の実際の最小値によって特性のレベルを表わすこととした。バース占有水面は前述の理由からここでは考えないこととする。

#### ⑫ 船長特性

対象となる船舶を一般的に取扱う場合には、船長は既述連続的とみなせるほど種々のものがあるが、対象とする船舶が決まればある程度一様であるとか、数種の代表的な船長で表わせる場合も多いと考えられる。そこで、モデルのパターン分類を行なうための特性のレベルとしては船長そのものを取らず、つぎに述べる3レベルを考慮することにする。

⑦定型船長；対象とする船舶の船長が一定であるとみなせるもので、以下の2レベルのものがある。

①完全定型船長、②不完全定型船長。

①は対象とする船舶の船長がただ1種類の一定船長とみなせるものであるが、②は数種類の一定船長とみなすもので、大型船小型船の区別あるいは、何千トンクラス、何万トンクラスの船長などの区別はこのレベルの分類である。

④異型船長；船長の特性が上述の様にまとめあげられないもので、対象とする船舶の船長分布形を求めると、連続して異った船型が認められる場合に当たる。

⑤ 貨物特性

貨物量は荷役機械の能力と関連して荷役時間に大きく影響するため、貨物量を実際値で捉えることとする。貨物の種類と荷姿は荷役機械の選定において考慮する必要があるため、パターン分類のための特性レベルはこの両者の組合せで設定することとする。

⑦ 同種貨物；種類が同一であるといっても、荷姿が異なり同一の荷役機械では取り扱えない場合がある。このため以下の2レベルに分けることとする。

① 完全同種貨物、② 同質異形状貨物。

①は質・形状ともに同一のものを取扱う場合であり、②は質的には等しいが荷姿の異なる貨物を同時に取扱う場合である。

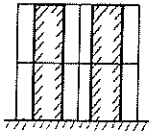
④ 異種貨物；貨物の質が明らかに異っている場合でありこれも⑦と同様に2レベルに分けられる。

① 完全異種貨物、② 異質同形状貨物。

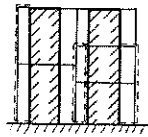
①は質・形状とも異った貨物を取扱う場合であり、②は質的には異なるが、荷姿としては等しく同一荷役機械で

① バース特性

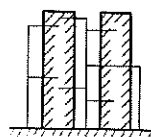
⑦① 完全固定バース方式



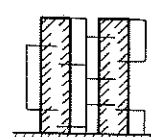
⑦② 不完全固定バース方式



④① 完全自由バース方式



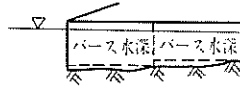
④② 不完全自由バース方式



⑥ 荷役機械特性

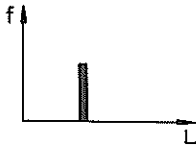
⑦① 定常固定荷役機械方式 ⑦② 非常固定荷役機械方式 ④ 自由荷役機械方式

③ その他の埠頭特性

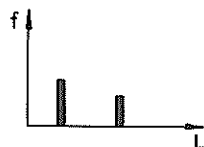


④ 船長特性

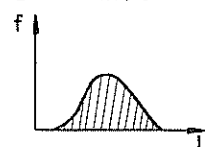
⑦① 完全定型船長



⑦② 不完全定型船長



④ 異型船長

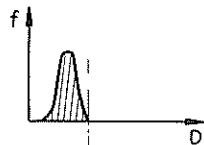
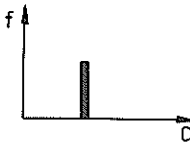


⑤ 貨物特性

⑦① 完全同種貨物 ⑦② 同質異形状貨物 ④① 完全異種貨物 ④② 異質同形状貨物

⑥ その他の船舶特性

⑦ 等吃水



④ 異吃水

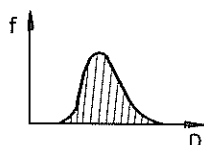


図3-2 各特性のレベル

取扱える場合である。

ここでは、貨物の種類という言葉は漠然と用いているが、ばら物貨物では貨物の質的な混合を防ぐため貨物の種類という言葉は明確に製品の種類という言葉に置きかえることができる。その他の場合にもこれと同様の意味に用いる事と定めておく。

#### ④ その他の船舶特性

一般に実吃水は同一船型のものに対しても分布しているが、施設（航路、バース等）の利用上の制約のために等吃水の船舶を入港させる事も考えられる。このことからここでは以下の2レベルを考えることにする。

① 等吃水；入港条件として最小水深を与えこの水深より大なる船舶は入港させず、最小水深以下の等しい実吃水をもつ船舶を対象とする場合。

② 異吃水；上記の様な制約は設けず、実吃水の実際値を特性のレベルとして取り扱う場合。

その他荷役機械のユニット数（機械の台数）に対する条件として舷門数・艀口数等有るがここでは考えないこととする。

以上、各特性のレベルに関する考察を行なって来たが各特性のレベルを一括して図3-2に示しておく。

これら特性の個々のレベルの組合せによって現実の滞船現象のパターンが生じていると考えられるが、上述の考察より明らかなように、各特性のレベルは各々が1対1に対応しているものもあり、また数種類と関連しているものもある。パターン分類を行なう際には、最も顕著な特性の違いに着目して行なうのが便利であり、分類の効果が著しい。上述の特性レベルをすべて組み合わせで分類を行なうと、288もの場合が表われはなはだ識別が困難である。そこでこのケースをできるだけわかりやすい形にまとめあげる必要がある。そこで、特性相互の関連をみると実吃水と水深の関係は他の特性と別個に考えても問題が無いことに気づく。また、荷役機械特性もバース特性・貨物特性との関連より容易に関連がつかめることもわかる。そこで、独立な特性としては、バース特性と、船長特性および貨物特性をとるのが好ましいと考えられる。しかし、このように3特性にまで縮小しても48通りの組合せができ、この分類でもまだ明確な分類とはいえない。そこで、各特性のレベルをもう一段まとめて、バース特性はA1固定バース方式 A2自由バース方式とし、船長特性はB1定型船長 B2異型船長とし貨物特性はC1同種貨物 C2異種貨物とすれば、8ケースとなり分類数としても適当であると考えられる。また、各パターンの特性レベルも前述のどのような特性レベルをまとめたかが明確であるので、望ましい分類であると

考えられる。以上の考察により構成した各パターンの内容を図3-3に示した。この図において、各パターンの名称を上段よりパターンI～パターンⅦと定めておく。

パターンNo.	バース特性	船長特性	貨物特性
I	A1 固定	B1 定型	C1 同種
II	A1 "	B1 "	C2 異種
III	A1 "	B2 異型	C1 同種
IV	A1 "	B2 "	C2 異種
V	A2 自由	B1 定型	C1 同種
VI	A2 "	B1 "	C2 異種
VII	A2 "	B2 異型	C1 同種
VIII	A2 "	B2 "	C2 異種

図3-3 パターン分類の構成

次章ではまとめた特性のレベルを考慮しつつ個々のパターンの特徴を論じることとする。

## 4. 各モデルパターンの特性

本章では各パターンの特徴を定性的に論じ、各パターン相互の関連を考察する。また、現実の現象に対する対比を行ない各パターンに対する解析手法について考察を行なうとともに、現象を各パターンに近似させた場合の精度について論じておく。

### 4-1 パターンI（固定バース方式，定型船長，同種貨物）

このパターンは、固定バース方式であるが、前章で述べたように、2種類の固定バース方式がある。船長は、定型であるが、これも前述のごとく2種類考えられる。貨物は同種であるが、異形状のものは含まれる。これらパターン分類に使用した特性以外のものは、これら3つの特性から規制をうける。すなわち、実吃水は、船型と積載される貨物量により左右される。本パターンでは、定型船長、同種貨物であるため、ほぼ一定した実吃水が得られるものと考えられるが、貨物積載量は必ずしも一定であるとは限らず、分布形をもった実吃水も考えられる。一方、荷役機械特性は、固定バース方式である場合には前述の3レベルがすべて考えられる。また、バース水深は実吃水により左右されるが、実吃水に対する考察と同様の理由によりほぼ一定な水深が与えられるものと考えられる。

現実にこのパターンに属している現象があるとなれば、その現象は非常にコントロールされたものとなっている。解析対象の範囲を限定すれば、このパターンに属する現象を見出す事も可能であるが、一般的にいて、この

パターンで現象を解析する事が困難な場合は多い。しかし、異ったパターンの現象であっても、第一次近似を得る目的でこのパターンの現象とみなす事は可能である。従来の解析的な待ち行列理論による滞船現象解析はこの種の解であると考えられる。すなわち、完全固定バース方式であり、バース長の相異は無視され、平均的なバース長として処理されている。また、これに対応する船長の相異も標準的な船型の想定によって、無視されている。当然、バース水深と実吃水の関係も、バース水深に余裕をもたせる形で無視されている。さらに、貨物特性と荷役機械特性についても、現象の観測より平均的なものとして取扱われてきている。確かに、埠頭管理の立場からこのパターンに属する埠頭の使用形態に進む傾向にあるが、このような場合であっても、物理的な制約をとり入れた在来の形態に対する比較検討は必要であると考えられる。

以下では、異ったパターンに属していると考えられる現象をこのパターンに対応させるとき、上述のような平均的な取扱いでこのパターンに対応させる方法をとらずに、物理的な制約を取り入れた場合の誤差の生じ方について定性的に論じておくこととする。

まず、異船型に対する取扱いを考えることとする。異型船長を対象とする場合には、異型船長を適当にクラス分けして、①不完全定型船長とみなすか、②完全定型船長とみなすかによって取扱い方が異なる。②の場合には、対応するバースは、完全固定バース方式でよいが、①の場合には不完全固定バース方式をとるのが正当と考える。②の場合には、最大級の船舶が着岸可能なバース長を選ぶべきであり、このバース長をもつ完全固定バースに対して小型船をも着岸させることとなる。このときには、バース長よりも小さい船長をもつ船舶が着岸することもあり、水際線に余裕が生じる。この余裕が無視できるほど小さい場合には、十分な精度の解析が行なえるが、大きい場合には、バース数あるいは水際線長が過小に見積もられた結果となり、過大の滞船現象が表われてくる。

①の場合には不完全固定バース方式をとるのが正当であると述べたが、特殊な場合には完全固定バース方式を考えることもできる。完全固定バース方式をとる場合に、各クラスの船長に対応するようバース分割を行なう必要が生じ、バース集合と船長集合をクラスごとに分離させる結果となる。荷役機械および貨物の種類が、同時に分割される場合でなければ、このような分割はバース長の異なるバースを複合させて用いようとする不完全固定バース方式より、不利なバースの使い方を強いることとなる。勿論、解析の対象とする現象が、各埠頭と各船舶の特性

ごとに対応しており独立したいくつかの解析対象とみさせる場合には、完全固定バースとできる。

つぎに、①の場合に対して不完全固定バース方式を用いる場合について考えると、この場合には、船長の各クラスごとに②で論じたのと同様の誤差が生じている。すなわち、各クラスの標準船長に対して、バース分割を行なうので設定されたバース長と標準船長の間には、関連がついているが、標準船長間の船長をもつ船舶と、設定されたバース長の間にはバース余裕が生じている。そこで、バース余裕が少ないような、船長のクラス分けと、バース分割が必要となる。このためには、船長分布の貨物特性ごとの考察を行ない、バースに対応する荷役機械特性の検討を行なう必要がある。

このパターンに属するものとして貨物の種類が異形状で同種であるものも考えられるが、本パターンに対しては実際的でないと考えるためここでは省略した。

#### 4-2 パターンⅡ（固定バース方式、定型船長、異種貨物）

このパターンがパターンⅠと異なる所は、貨物特性の違いであり、パターンⅠが同種貨物であるのに対して、本パターンは異種貨物を取扱う。本節ではパターンⅠと異なる項目のみ考察を行なってゆく。

異種貨物には定形・異形2種のものが考えられる。一般的に云えば、種類の異なる貨物は形状も異なると考えられるが近年の荷役合理化とともに異種貨物であっても定形に調整しようとする傾向があり、非現実的でもない。

本パターンに属する現象もかなりコントロールされたものであり、解析の対象は限定される。異種貨物を定型船長で運び固定バースで取扱いパターンであるから、船舶とバースの使用方法は非常にコントロールされているが、貨物の需要に関する情報が少ない場合である。異種貨物を取扱う場合には一般的に言えば異った種類の荷役機械が必要であり、このパターンに属する現象では、異った荷役機械を自由に固定バース上に設ける場合が多いと考えられる。しかし、設備過剰とはなるが、異った荷役機械を固定バース上に設置しておいて対処する方法も考えられるし現実にも行なわれている。

#### 4-3 パターンⅢ（固定バース方式、異型船長、同種貨物）

このパターンがパターンⅠと異なる所は、船長特性の違いであり、パターンⅠが定型船長であるのに対して異型船長である。バースの指定方式は固定でありながら異型船長を対象とする事は、コントロールが船型まで及ばない場合である。現在船型までコントロールのなされていない現象はかなり多くみられる。また、同種貨物

を異った船型の船舶で取扱うという現象も多くみられる。このパターンに属する現象では、同種貨物を異った船長の船舶で取扱うため、実吃水も当然異り異吃水となると考えられるが使用可能な船舶が限定されている場合などは、吃水をコントロールして等吃水とすることも可能である。固定バース方式であるから荷役機械特性は3レベルのいずれれも取り得るが、このパターンでは同種貨物を取扱うから自由荷役機械方式をとってもパターンⅡほど設備過剰とはならないと考えられる。対象船舶が異型船長をもつのに固定バース方式を取る事は、パターンⅠにおいて考察したと通りバース長に余裕が生じる結果となり滞船を過大に評価する危険がある。

#### 4-4 パターンⅣ（固定バース方式，異型船長，異種貨物）

このパターンがパターンⅠと異なる所は、異型船長，異種貨物であり、パターンⅠに比べてこのパターンに属する現象は多いと考えられる。

異型船長，異種貨物に対して固定バース方式をとる場合に、完全固定バース方式をとると非常に大きなバース余裕が生じる。したがって、不完全固定バース方式をとる方が好ましい。しかし対象とする船舶が異型船長をもつときに不完全固定バース方式をとると不完全固定バース方式の組合せバースを構成する各々の単位バースの決め方は非常に多く存在し、一意的に決ることがむずかしい。異型船長といっても船長分布はある数種類の船長の出現頻度が多いものが一般的であり、出現頻度の多い数種類の船長に対応するよう単位バースを定めればよいと考えられる。固定バース方式をとる場合荷役機械方式は3種類とも考えられるが、異種貨物を取り扱うときには固定荷役機械方式の方が設備過剰になりやすいことはパターンⅡで述べたとおりである。異型船長，異種貨物であるから実吃水は異吃水となる場合が多いと考えられる。

このパターンに属していると考えられる現象は多いが、船舶特性を分析すればⅠ～Ⅲのパターンに近似させることの可能な現象もかなりあると考える。

#### 4-5 パターンⅤ（自由バース方式，定型船長，同種貨物）

このパターンはパターンⅠ～Ⅳと異り自由バース方式をとるものである。自由バース方式には完全自由バース方式と不完全自由バース方式がある。完全自由バース方式は荷役中であっても船舶の移動を許すものであまり現実的ではないが、不完全自由バース方式よりも水際線は有効に利用できる。このパターンは定型船長，同種貨物であるのに自由バース方式をとるもので、かなり特異な現象に対応すると考えられる。小型船，特に舢などて特

殊貨物を取扱う場合などはこのパターンに入ると考える。自由バース方式をとる場合に荷役機械方式としては自由荷役機械方式をとるのが最も自然である。固定荷役機械方式をとると自由バース方式をとるメリットが消えてしまふと考えられる。実吃水についてはパターンⅠと同様である。

#### 4-6 パターンⅥ（自由バース方式，定型船長，異種貨物）

このパターンがパターンⅤと異なるところは、異種貨物を取扱うところである。異種貨物を取扱う荷役機械の種類は異ってくるのが一般的であるが、自由バース方式は異った種類の自由荷役機械方式には適したバース指定方式であると考えられる。このパターンはあまりコントロールをうけていない現象に適合すると考えられるが、船長が定型であるためかなり特異なタイプになっている。

#### 4-7 パターンⅦ（自由バース方式，異型船長，同種貨物）

このパターンがパターンⅤと異なる所は、異型船長を取扱うことである。このパターンも全くコントロールをうけていない現象あるいは、船舶数が少ない場合の現象に適合していると考えられる。また、固定バース方式のバース余裕の部分に小型船を着岸させる形態もこのパターンに入る現象であると考えられる。

#### 4-8 パターンⅧ（自由バース方式，異型船長，異種貨物）

滞船現象解析の対象とする範囲を大きくとると、このパターンに属する現象は非常に多い。連続的なバースを異型船長の船舶が使用する場合など、水際線の利用に関してはかなり効率的であると考えられるが、他のパターンとの比較検討は未だ行なわれていない。船舶着岸の優先順位を考慮したり、自由バース方式に対する荷役機械配置を考慮するなど改良すべき点も多数存在している。

以上述べてきたように、各パターンの特徴の簡単な考察を通して8つのパターンの中には、現実数多くみられるパターンあるいは現実的でないパターン等があるが、各パターンに属する現象に対する事例研究を通して各パターンの特徴をより明確とし、個々の現象に対する細部の検討項目を明らかにしてゆきたいと考える。

## 5. シミュレーションモデルの作成

### 5-1 概説

以上考察を加えてきたように、船舶と埠頭の所有する特性が船舶の滞船現象に大きく影響を与える場合が多いことが明らかとなった。このような場合に8つのパターンと照合して解析を行なう必要のあることを述べたが、

これら8つのパターンに適合する一般的なモデルを作成する事は非常に困難であり、また作成の意義はうすいと考える。つまり、一般的なモデルに対する照合のみでは、本論文の問題としているようなマイクロな解析が行えない場合も生じかねない。分析を行なう際にケースバイケースで対処あるいは検討する必要がある事項が残る事はもちろんである。また、前章で述べたように、解析的な待ち行列理論を用いて解を求める方法は、一部分のパターンに対して、あるいはマイクロな解析を行なう際には有効であっても、全てを解決する訳にはいかない。現象分析のシステム・計画のプロセスを確立させるためには、パターンに適したモデルの整備が必要である。このような船舶と埠頭の特性をとり入れたモデルとして、現在利用可能なものはシミュレーションモデルである。各パターンに対応したシミュレーションモデルを作成するためには、つぎに示すような問題がある。

①ケースバイケースの現象に十分適合できるモデルが作成されていない。

②1パターンに対するシミュレーションモデルの作成にも多大の時間と労力が必要である。

③パターンに対応したモデルのインプットデータが少ない。

①の問題を解決するためには、各パターンに共通なルーチンを設け各パターンの特性の違いごとに変更ルーチンを作成しておき、ケースバイケースの事象に対して付加すべきプロセスを明らかにすればよいが、従来の事例研究はこの方面でのみ目を向けているものではないため、現在までに実施されている事例研究から、これらルーチンとプロセスを作成することは非常に困難である。したがって今後の事例研究を通して、このルーチンを付加しプロセスを明らかとする必要がある。

②の問題は、ケースバイケースの現象に対して個別にシミュレーションモデルを作成することによって生じる問題であって、パターン分類を基礎的な根幹として一貫性をもたせた事例研究を実施にする事によって解決がつく。このとき①で述べたようにメインフローと変更ルーチン及び付加プロセスを作成すれば、より容易に事例研究が進められる。

③は、本論文で取扱っているようなマイクロな滞船現象解析用のデータが少ないことおよびシミュレーションモデルのインプットデータとなるような分布型としてのデータが少ないことをいっている。個々のケースに対してはインプットデータを別個に収集する必要がある。今後各パターンに対応させて蓄積していくべきであると考え。以上示したように、パターン分類を基礎としたシミュレ

ーションモデルを用いた滞船現象解析のシステムの作成・計画プロセスの確立は、一朝一夕で完了するとは考えていない。しかし、港湾のシステム設計の方法論を確立せしめる為には従来の様な第1位近似的解を求める方法のみならず、今後詳細な解析が必要であると考え。シミュレーションモデルのもつ問題点を解決し、現象解析システムの整備してゆくために、現在つぎのような3つの方法が考えられている。

①容易にシミュレーションモデルを作成させるためのシミュレーション言語の開発を行う方向。

②解析解・数値解を用いて滞船現象に関する数表・図表を求めようとする方向。

③ケースバイケースの事象に対し事例研究を進めこれらをインテグレートしようとする方向。

①は道具の整備であり、個々の対象に対して有効に利用されれば、分析結果としては詳細な個々の内容を期待できるが、個々の結果の比較および統合を図ろうとするとき困難が生じると考える。また、この道具は、そのような統合を意図していない。②もやはり道具の整備であるが、解析者の多様な要求にかなったものをすべて作成する事は困難であり、第1次的な解を与えるにとどまると考えられる。③は個々の分析に膨大な時間と労力を必要とするが、詳細かつ解析対象特有の事項の検討が可能である。しかし、個々の結果の比較・統一性に欠ける。けれども、パターン分類のような統合に必要な一貫したストーリーをもち個々の事例研究を進めれば、この方法が最も具体的かつ有効であるといえる。以上3者いずれも一長一短有り、一般的な滞船現象解析システム整備の為には、これらを併用していくのが最善策であろう。本論文で対象とするような、船舶特性と埠頭特性を考慮した滞船現象の解析を行なう場合には、個々の解析対象に対する詳細な検討が必要であり③の方法を採用するのが最も適当であると考え。

以上示した様に、船舶特性と埠頭特性を盛り込んだ滞船現象を解析しようすると、①シミュレーションモデルの作成が必要であること②事例研究を通して各パターンに対応したモデルを体系づけてゆく必要のある事が明らかとなった。以下では、今後このような方法を取る場合に必要と考えられる①インプットデータに対する考察と、②シミュレーションモデル作成プロセスについて述べておく。

## 5-2 インプットデータ

船舶特性と埠頭特性を考慮し滞船現象を解析するためには、まず、どのパターンに属する現象であるかの検討と、モデルのインプットデータの作成が必要となる。ど

のパターンに属するかどうかの検討は、インプットデータの作成過程において行なえるため、以下ではインプットデータ作成の際に検討する必要がある事項について述べることにする。

モデルのインプットデータとしては具体的につきに示す3つの関係を定める必要がある。

① 船舶特性と埠頭特性との関係

Ⅰ 船舶特性間の関係

Ⅱ 埠頭特性間の関係

①は入港した船舶が着岸できるかどうかを知り、着岸できるならば、着岸した時に荷役時間がどうなるかを知るために必要な関係であり、本論文で対象とするシミュレーションモデルにおいてはつきに示す3つの特性間関係を採用している。

① 船長とバース長

② 実吃水とバース水深

③ 貨物の種類と荷役機械の種類

①の関係は、規定したバースに船舶が着岸できるかどうかを判定するために必要な関係があり、パターン分類において、固定バース方式をとるか自由バース方式をとるかによって、この関係は異ってくる。固定バース方式をとる場合には、規定したバース長よりも長い船長をもつ船舶はそのバースに着岸できないこととなり、船長よりも小さなバース長をもつバースが空いている場合でも、その船舶はバース待ちをしなければならない状況が生じる。一方、自由バース方式をとる場合には、船長はバースに占める容量として表わすことができる。

②はバースの最小水深より大なる実吃水をもって入出港する船舶はそのバースには着岸できないことを表わすために必要な関係である。船舶の入出港時の潮の干満を考慮して荷役量を調節する等の手段も考えられるが、最小水深としては、一応干潮時平均水深の最小値をあてればよいと考えられる。

③は荷役の対象となる貨物の種類が荷役機械の種類ごとに異なる場合において、対象外の貨物を選ぶ船舶はその荷役機械を備えたバースには着岸できないことを示すために必要な関係である。また、荷役能力が貨物の種類ごとに異なる場合には、荷役能力の違いを表わすためにも必要な関係である。一般的にいって、荷役能力は取扱う貨物の種類および荷姿と荷役機械の能力等によって異なるが、気象海象条件や社会的条件によっても異ってくる。しかし、これら条件による変動は、1日の時間的な変動を取扱うようなより詳細な検討を行なう際に重要となると考えられるため今回のモデルでは除外した。

④は入港した船舶がどのような特性をもっているかを

モデル内で一貫して取扱うために必要な関係である。この関係を明らかにしておかないと、ある特性はモデル内で重複して使用し過大評価になったり、あるいは無視してしまって過少評価になったりする危険がある。本論文で対象としているシミュレーションモデルでは船舶特性としてつきに示す4つのもを捉えているが、これら特性相互の関連を検討する必要がある。

① 貨物の種類

② 船長

③ 実吃水

④ 貨物量

①の貨物の種類は、個々の貨物の種類ごとに滞船現象の特性を記述する必要があるときに必要な特性である。しかし、個々の貨物の種類ごとの分析が必要であるからといって、あまりに種類を細分すると、安定したデータを得ることができない場合がある。そこで、ある程度同一種類に属するであろう貨物の種類を1つの種類にまとめる必要がある。このとき、同一の荷役機械で荷役可能なものを同一種類としてまとめるか、あるいは荷役機械の能力を推定するとき困難の生じないようにまとめる必要がある。②の船長は、他の特性すなわち③実吃水や④貨物量と大きな関係があると考えられる。そこで、貨物の種類ごとに、船長と実吃水と積荷量の関係を求め各々の特性が独立に取扱えるかそれとも何らかの関数関係がみいだせるものかを検討する必要がある。この関係を検討すれば、貨物の種類別に取扱うべきかあるいは貨物の種類の違いは、船舶特性に関しては無視できるものかも明らかとなる。船長と貨物量の間には種々の資料で明らかになっているように、何らかの関係がみいだせるのが普通である。例えば、資料8<sup>\*8)</sup>では対数曲線であてはめることが可能であるとしているし、資料11<sup>\*11)</sup>では船長の範囲と船種を限定すれば一次回帰式でも表わすことができるとしている。

一方、実吃水と貨物量の間にも何らかの関係がある事は明らかであるが、資料11<sup>\*11)</sup>でも述べているようにばらつきが大きく、貨物量の範囲を限定すれば、正規分布するという報告がある。また、船長と実吃水の間にもほぼ同様な関係のあることが示されている。

以上の様に船舶特性間の独立性、従属性を調べることが重要であり、この検討を通して船舶に関するインプットデータが整理できる。

また、シミュレーションモデルのインプットデータとしてこれら特性のうちいずれを船舶を表わす代表的な値とするかは、個々の解析対象ごとに異なると考えられるが、バースの荷役能力と直接的に関連するものとして船舶の

貨物量を選ぶのが適当であると考え。勿論、個々のケースについては、船舶特性相互の関連を分析して決めることができる。

⑩は、対象とする現象がどのパターンに属するかを検討する際特に重要な関係である。本モデルでは、バース特性と荷役機械特性との関連をとりあげているが、前章で述べたように、各パターンに応じてこれら特性の対応は制約されている。すなわち、固定荷役機械方式を採用することに決めると、自由バース方式はほとんど採用不可能であるし、固定バース方式を採用することを決めると、バースに対応した固定荷役機械方式をとるかあるいは自由荷役機械方式をとるかの選択を行なう必要にせまられる。けれども解析の対象とする現象が定まれば、埠頭特性のオペレーション技術的な関係および物理的な関係より1つの埠頭特性間の関連は与えられる事となる。施設の改良、オペレーション方法の改善等を検討する場合にも、オペレーションの技術的な関係および物理的な関係の検討を十分行なうことは重要である。

以上の検討過程を通してインプットデータが得られる。以下では、本論文で対象としているシミュレーションモデル作成の手順を示すこととする。

### 5-3 シミュレーションモデル作成プロセス

まず、解析の対象となる現象に対して船舶特性と埠頭特性をどこまでモデル内に取り入れるかが問題であるが、前節で述べたようにモデルのインプットデータの検討過程でこの問題の解決が図れる。以下において、作成プロセスを順次示すことにする。

#### (I) インプットデータ作成

##### 1) 船舶特性に関するもの

- ① 荷役機械別の貨物種類の分類
  - ② 船舶の到着時間分布を以下の2通りについて求める。
    - ④ 対象とする船舶全体
    - ⑤ 貨物種別ごと
  - ③ 以下に示す分布を②の④⑤ごとに求める。
    - ⑥ 船長分布
    - ⑦ 実吃水分布
    - ⑧ 貨物量分布
  - ④ 貨物種別ごとに③の⑥⑦⑧の関係を求める。
  - ⑤ 船舶特性の中で独立に取扱うもの何らかの特性に從属させるものを区別する。
- ##### 2) 埠頭特性に関するもの
- ① 荷役機械のオペレーション技術的な条件の調査
  - ② 貨物種別ごとの荷役機械の荷役能力調査
  - ③ 岸壁・埠頭の物理的条件の調査
  - ④ 現在の船席の決め方に関する調査

以上インプットとなる調査データの収集が終ると、対象

とする現象がいかなるパターンに属するかが明らかとなる。

#### (II) シミュレーションモデルのメインフロー作成

本シミュレーションモデルはつきに示す3つのメインフローから構成されている。

##### ① 船舶の特性発生ルーチン

##### ② 埠頭の物理的制約条件を満たす船席探索ルーチン

##### ③ 各種特性ごとの統計数値計算ルーチン

①は船舶の入港ルーチンであり入港と同時に船舶特性相互の関連より入港した船舶のもつ特性を与えるルーチンである。②は物理的な制約条件が無い場合に着岸可能なバース群を選択するルーチンと、この着岸可能なバース群から物理的な制約条件を入れたときに着岸可能なバース群を選択し、実際に着岸するバースを選択するルーチンから成り立っている。③は船舶の各特性ごとに待ち統計をとるルーチンおよびバースの使用形態ごとに使用結果の統計をとるルーチンから成り立っている。パターンによって個々のフローは同一ではないが、これら3種類のルーチンから構成されることにはかわりはない。②のルーチンは各パターンによって大きく異ってくるため、各パターンのメインルーチンを構成しているといえる。このルーチンはバース特性の違いによって非常に異ってくる。固定バース方式ではバース数を基準と考え自由バース方式ではキャパシティを基準と考えてフローを構成することができる。

#### (III) アウトプット作成

アウトプットとしては前述のごとく①船舶特性ごとのアウトプット②埠頭特性ごとのアウトプットが必要であるが、対象とする③現象全体をマクロに示すアウトプットも必要である。また、シミュレーションが想定した様に実行されたかどうかを検討するために、④インプットデータが計算機内部でどのように使用されたかに関するアウトプットも必要である。またシミュレーションが定常状態にいたるまで実行されたかどうかを検討するために、⑤シミュレーション実行の経過を表わすアウトプットも必要である。

以上示したアウトプットが得られると、まず、シミュレーションが、①定常状態に達したかどうかの検討を行ない②インプットとアウトプットの差異を検証し、シミュレーションモデルが具合よく実施されている事を確認した後③滞船現象のアウトプットを分析し施設・オペレーション方法の改良点に関する考察を行なえばよい。

## 6. 適用例

本章においては、石油製品積出バースにおける滞船現



象解析事例を示し、本解析事例を通してパターン分類に対する照合過程を例示するとともに、解析過程において検討すべき項目を明らかにする。パターン分類との照合を行なう場合にまず第一に解析の対象となる現象を記述する事が重要である。以下では、石油製品積出バースにおける滞船現象の記述を、構成要素の特性間の関連から述べることにする。

### 6-1 石油製品積出バースにおける特性

石油製品積出バースにおいては、精製された石油製品を製品別に区別された積出設備（ポンプと配管設備）で製品タンカーに積出す。積出棧橋には配管設備が固定されており、製品の混合を防ぐために各製品ごとに配管設備が設けてある。一方、小出しの製品を除けば、オイルタンカーは製品別に区別された油槽を持っており、大部分のオイルタンカーはほぼ一種類の製品を運搬する。従って、石油製品積出バースにおいては、積出すべき製品の種類とオイルタンカーは1対1に対応していると考えてさしつかえない。

以上、石油製品積出バースの特性の概略を述べたが、以下では、パターンを構成した各特性ごとにより詳しい記述を行なう。

#### ①バース特性について

上述のごとく、石油製品積出バースは、継続的にばら物貨物を取扱う専門埠頭の積出設備の特徴によって強く規制を受けている。製品ごとの積出し設備が棧橋上に固定されているため、バースを自由に決める訳にはゆかない。当然荷役設備の制約の中でバースを決定する必要がある。着岸する船舶の船長は後述するようにある程度のかたまりをもって分布しているため、バース長を一定に保つことは問題がある。そこで、バース特性としては固定バース方式を取るのが好ましいと考えられるが、完全固定バースで取扱いと船長に対する問題が大きすぎる。不完全固定バース方式を取りシミュレートする方が誤差が少ないと考えられる。このとき単位バースとしては固定荷役機械の位置を中心に設定すればよい。

#### ②荷役機械特性について

上述のごとく、荷役機械としての配管設備は積出棧橋上に固定されており、固定荷役機械方式に当る。しかし石油製品の荷役機械は配管設備のみから構成されているのではない。その他にタンカーに積出すローディングアームとポンプ設備のみから成り立っている。ローディングアームは固定された配管とオイルタンカーを結ぶもので、タンカーの位置をある程度自由にしているが、船席を完全に自由にできるようにはならない。ポンプ設備は個々の配管に設備されている訳ではなく、数組の配管設

備に対して数台が設けられている。従って、バースが空席であってもポンプ能力が不足していると新たに着岸したタンカーの荷役が行えないような状況も生じる。このような、ポンプ能力と台数・規模とバース数とを適当に組み合わせる問題は別に存在するが、製品の種類と配管方法・径およびタンカー内の配管状態によって製品の積出しスピードは制限されるため、技術的に決定されると考えることができる。ポンプ設備の能力・規模・台数および使用状況の組合せを考察する場合には、自由荷役方式をも考えることができるが、滞船現象と一連に取扱いが必要あり現象解析を主眼とする場合には固定荷役機械方式を採用すればよい。特に、従来の荷役機械設置状況下における検討では、各配管設備の平均的な取扱能力を採用した定常固定荷役機械方式を採用すればよいと考える。

#### ③水深その他の埠頭特性について

石油製品積出バースの水深特性の取扱い方はその他のバースに対する取扱い方と変わりはない。ただ、オイルタンカーの製品取入れ口は、各船によって異なると考えられるが、組合せバースを用いる場合には、組合せバースを構成する単位バースの荷役機械のうちで対象とする製品を取扱うことのできる荷役機械をすべて用いる事ができるとしても大差ないと考えられる。

#### ④船長特性

船長特性は対象とする石油製品積出バースの存在する

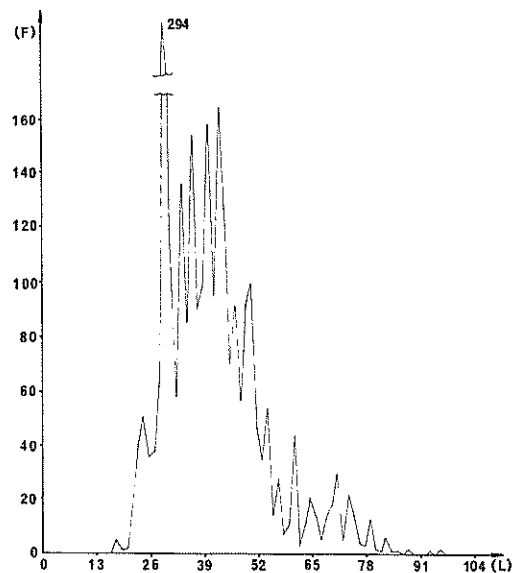


図6-1 船長分布

港湾ごとに異なるが、我々の対象としたI港における石油製品積出バースでは、資料10<sup>\*10)</sup>および資料11<sup>\*11)</sup>に示したように種々の船長のタンカーを認めることができた。図6-1に示してはるよう頻度の差はあるが、このような広がりをもった船長に対しては定型船長で取扱い訳にはいかない。異型船長として取扱い必要があることがわかる。

#### ⑤貨物特性

石油製品には、資料10<sup>\*10)</sup>で述べているように種々の種類があり、埠頭における配管設備もこの個々の製品に対して定められている。従って、厳密な対応を行なおうとすれば、個々の製品を区別して取扱い必要がある。しかし、個々の製品を区別して取扱いとすると、個々の製品を運搬するタンカーの到着に対する特性を求めるデータを得ることすら困難となる。そこで、類似する製品をまとめる必要が生じるが、このような取扱いを行なうと荷役機械の荷役能力に対しても平均的な取扱いをする必要がある。この荷役能力の算定方法については、資料11<sup>\*11)</sup>で詳しく述べているので、ここでは述べない。石油製品は異種貨物のよい例である。

#### ⑥ 実吃水その他の船舶特性

我々の事例研究の対象とした港湾においては、実吃水は図6-2に示すような分布を示した。かなりばらついており異吃水として取扱い必要がある。その他の船舶特性としては製品取入口および船内配管が掲げられるが、これらの取扱いについては②③で述べた。

以上で、船舶特性と埠頭特性ごとの考察を行なったが、この結果我々の事例研究の対象とした石油製品積出バースにおいては、A1固定バース方式 B2異型船長 C2異種貨物となり、パターンⅣに属することが明らかとなった。特にパターンⅣにおいても①②③不完全固定バース方式④⑤定常固定荷役機械方式⑥⑦異型船長⑧⑨異質同形状貨物⑩⑪異吃水に属する事となる。

### 6-2 シミュレーションモデルの作成

上述の様に、本事例研究では、パターンⅣに対応する手法を用いればよい事が明らかとなったが、このパターンに対して解析解を求める事は非常に困難である。そこでシミュレーション手法にたよらざるを得ない事となるが、前章で示したシミュレーションモデル作成のプロセスに合わせて順次考察を加える。

#### 6-2-1 インプットデータ

インプットデータには①船舶特性に関するもの②埠頭特性に関するもの③シミュレーションモデルのインプットデータがある。これらを示すと、図6-3の様になる。ここで、①に入るものは⑦貨物の種類⑧実吃水分

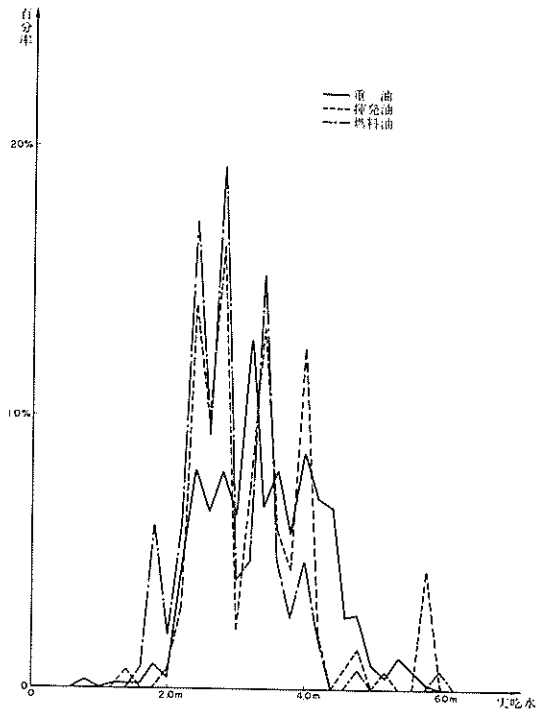


図6-2 実吃水分布

⑨船長回帰分布⑩到着時間分布⑪積荷量分布であり、②に入るものは⑦バース数⑧単位バースの長さ⑨バース水深⑩組合せバース⑪荷役施設配置⑫荷役能力であり、③に入るものは⑬乱数の初期値とその他に作作用のインプットである。

適用例では $M=3$ であり、図6-2に実吃水分布を示した。図6-4には船長回帰分布を表6-1には回帰式を示した。図6-5には到着時間分布、図6-6には積荷量分布を示した。単位バース数 $N=19$ バースであり、各単位バースは3棧橋に分かれているが、3棧橋および各単位バースを図6-7に示した。単位バースの長さは図6-7にも示されているが、表6-2にバース $N_0$ ・バース水深・荷役施設配置・荷役能力とも合わせて示した。組合せバースは表6-3の様に求めた。使用した乱数の一覧表を表6-4に示しておく。

船舶特性相互の関係を検討した結果船舶特性として独立に与えたものは、貨物の種類別の実吃水分布・到着時間分布・積荷量分布であり、乱数の初期値を変える事によって異った乱数を用いて求める事とした。

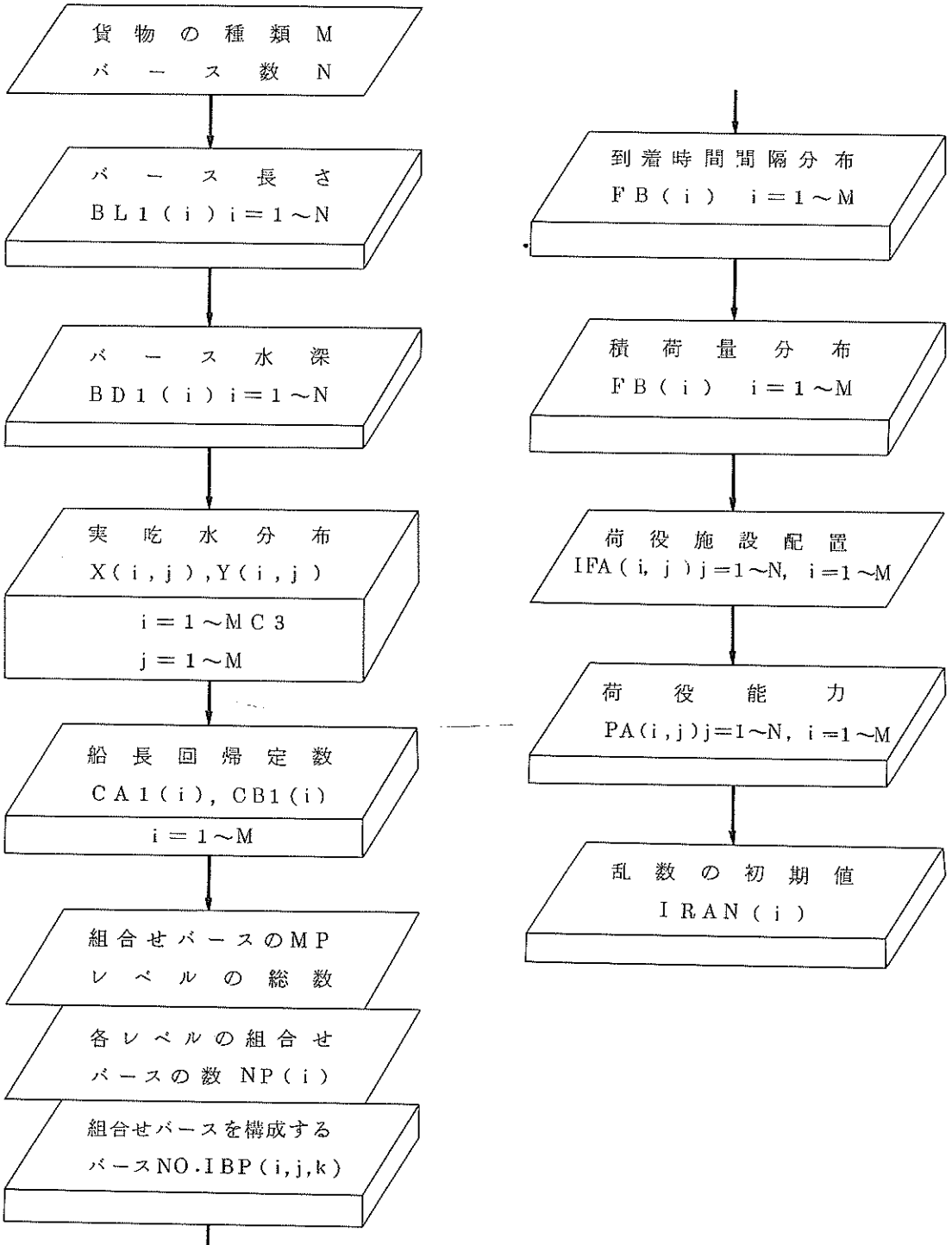


図6-3 インプットデータ

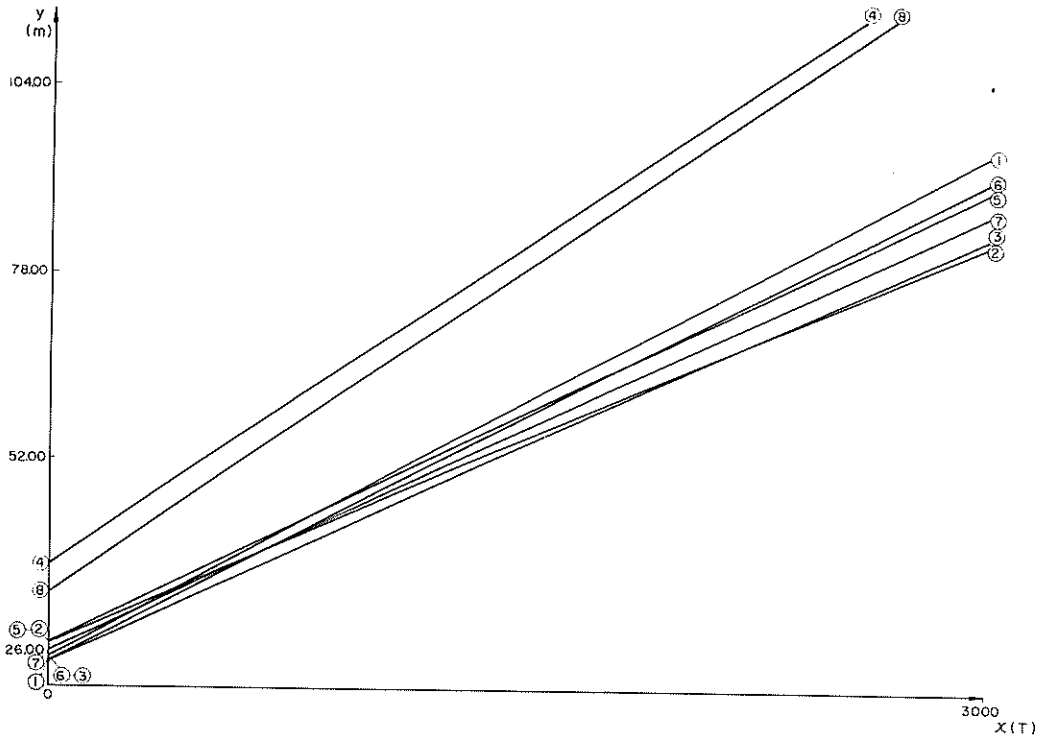


図 6 - 4 船長回帰分布

表 6 - 1 船長回帰式

CASE	Data数	相関係数	回 帰 式	平均船長	平均積荷量	CASE特性
1	686	0.8480	2.35109288 2508.8326	5305.36	1060.67	岩 国 港 重 油
2	149	0.8865	1.86438546 2737.3026	5299.03	1084.93	" 揮発油
3	157	0.9298	2.16434562 2440.9484	5016.59	972.32	" 燃料油
4	730	0.8957	2.12113885 2691.1673	5304.71	1054.32	徳山下松港 重 油
5	117	0.9675	2.2534398 2425.7776	5405.00	1138.08	" 揮発油
6	116	0.9109	2.05637808 2572.4584	5198.88	1042.24	" 燃料油
7	1416	0.8681	2.23128616 2604.4111	5305.03	1057.39	両港合計 重 油
8	266	0.9276	2.05469172 2595.5706	5345.64	1108.31	" 揮発油
9	273	0.9228	2.12514020 2489.3760	5094.05	1002.03	" 燃料油

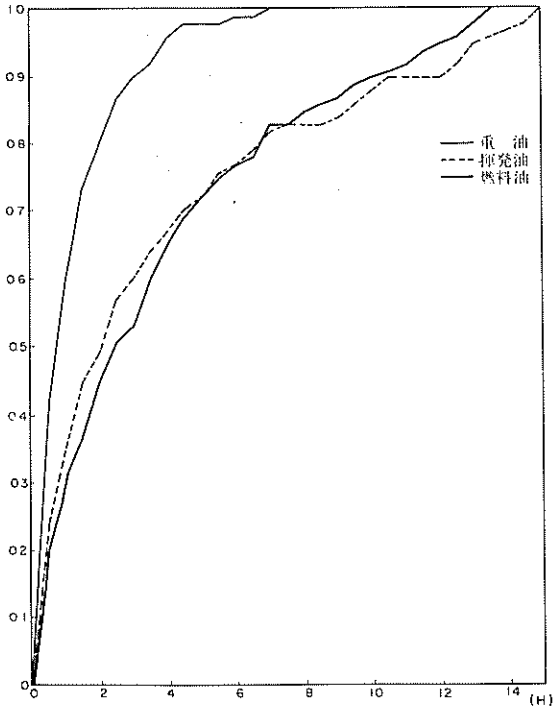


図6-5 到着時間分布

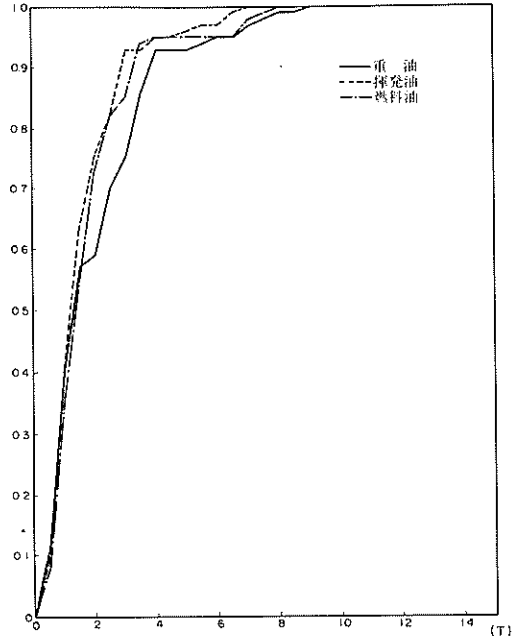


図6-6 積荷量分布

表6-2 埠頭の特徴

Berth No.	Length	Depth	Power of Loading		
			M1	M2	M3
1	15.75	2.0	-	79.2	151.8
2	18.00	6.3	-	79.2	151.8
3	18.00	5.7	-	31.3	127.3
4	15.75	3.3	-	31.3	127.3
5	27.50	7.8	25	121.2	151.8
6	27.50	9.2	25	121.2	151.8
7	27.50	8.6	210	242.4	303.6
8	27.50	9.1	210	207.2	254.5
9	27.50	9.1	285	242.4	303.6
10	52.00	7.0	285	-	-
11	52.00	7.0	285	-	-
12	52.00	7.0	285	-	-
13	52.00	7.0	285	-	-
14	52.00	7.0	300	42.5	24.5
15	52.00	11.0	285	-	-
16	52.00	11.0	285	-	-
17	52.00	11.0	285	-	-
18	52.00	11.0	285	-	-
19	52.00	11.0	300	42.5	24.5

表6-3 組合せパース

Pattern Level	Pattern Occupancy	Pattern 個数 NMAX PA(i)
1	(2, 3)(6, 7)(7, 8)(8, 9) (10, 11)(11, 12)(12, 13)(13, 14) (15, 16)(16, 17)(17, 18)(18, 19)	12
2	(6, 7, 8)(7, 8, 9) (10, 11, 12)(11, 12, 13)(12, 13, 14) (15, 16, 17)(16, 17, 18)(17, 18, 19)	8
3	(6, 7, 8, 9) (10, 11, 12, 13)(11, 12, 13, 14) (15, 16, 17, 18)(16, 17, 18, 19)	5
4	(10, 11, 12, 13, 14) (15, 16, 17, 18, 19)	2
MAXPAT = 4		



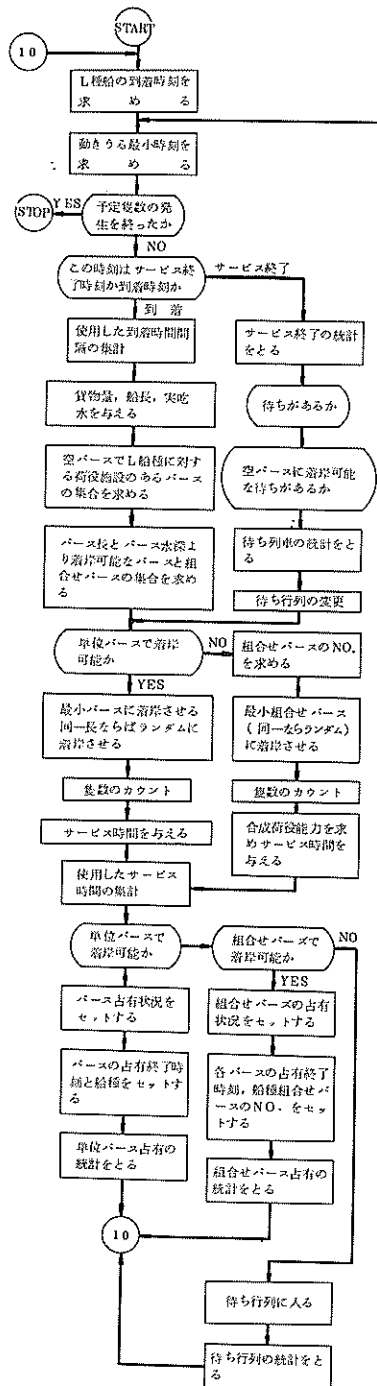


図 6-8 基本フロー

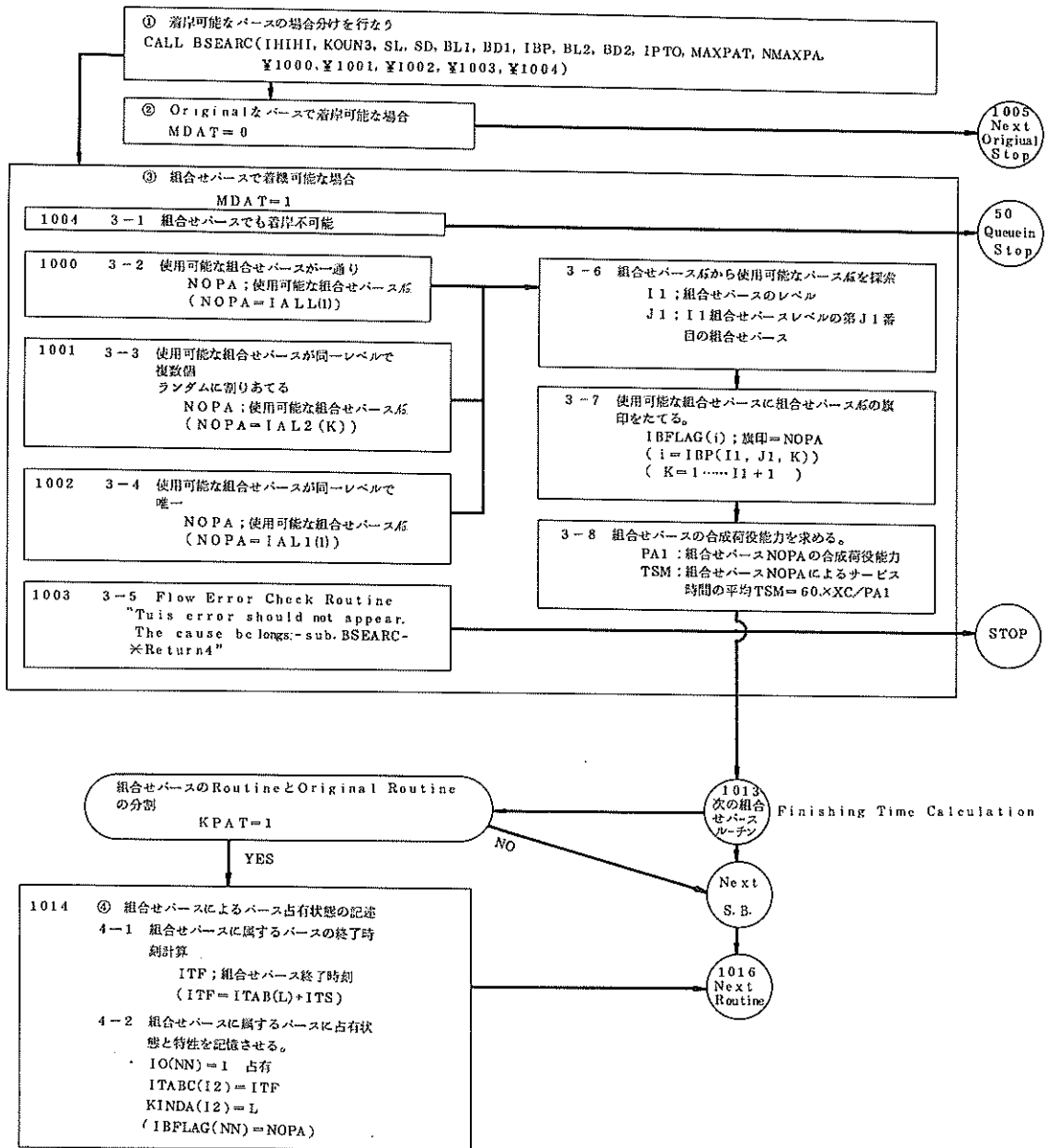


図6-9 組合せベース選択のフロー



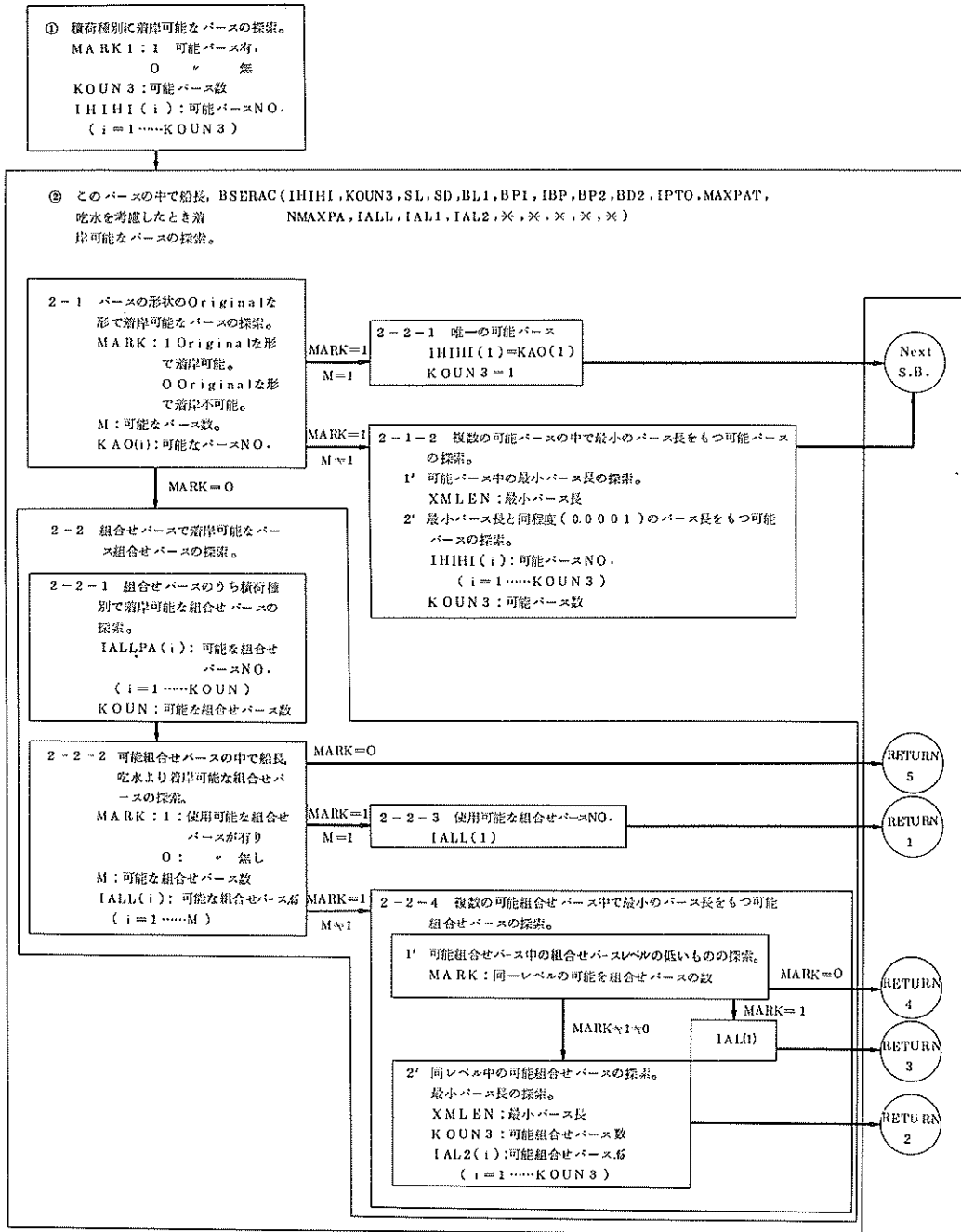


図6-10 組合せバース選択のフロー

表6-4 乱数表

CASE	I	II
定数項	2899	2899
初期値	8253907	1289065
(到着)	4317753	8117254
	5447309	2385133
初期値	3757365	417976
(貨物量)	5539713	4570371
	6108613	1289065

6-2-2 シミュレーションのメインフロー

シミュレーションモデルの基本的なフローを図6-8に示す。不完全固定ベース方式のベース選択は組合せベースの使用を認める事であるが、組合せベースの選択を行なう場合には、船長制限と水深制限に対するルールを決めておく必要がある。組合せベース選択のフローを図6-9および図6-10に示した。この図において、ベースを選択する順序に関するルールはつぎのように定めてある。まず、①単位ベースで着岸可能な船舶は着岸させる。つぎに、単位ベースでは着岸不可能で②唯一つの組合せベースで着岸可能であればすぐさまその組合せバ

ースに着岸させる。複数個の組合せベースで着岸可能であるならば、③組合せ数の少ない組合せベース④組合せベース長の短い組合せベースの順に優先させて着岸させることとした。組合せベースの水深は組合せベースを構成している単位ベースの最少水深とした。

6-2-3 アウトプットと結果の考察

図6-11に平均待ち時間の推移図を、図6-12に待ち時間分布図を示した。又、表6-5に平均待ち時間を示した。また、各組合せベースの使用状況を表6-6

表6-5 平均待ち時間

CASE	I	II
重油	0.18768	0.25269
揮発油	3.74263	4.62600
燃料油	2.92681	3.35585
合計	1.40889	1.65222

に示した。この結果より、オイルタンカーの滞船現象は非常に少ない結果となって表われたが、船席および吃水に対する考察を加えた事によって10倍程度の違いが表われた。本解析事例は、荷役時間が短くまた1日におけ

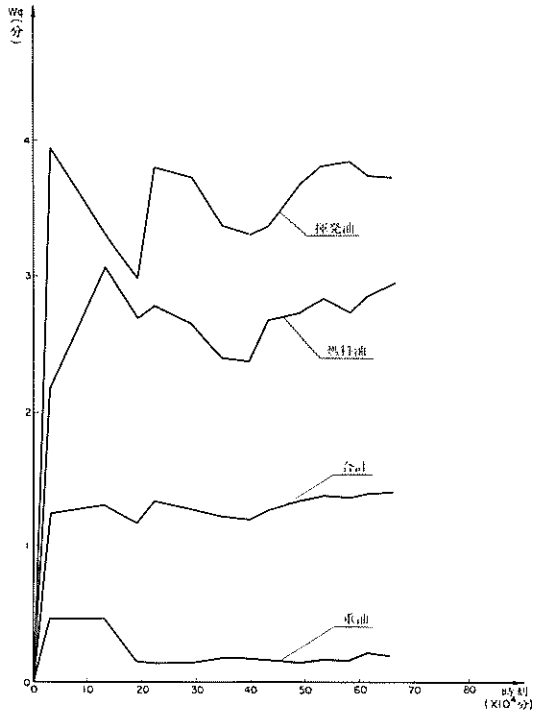


図6-11(その1) 平均待ち時間の推移

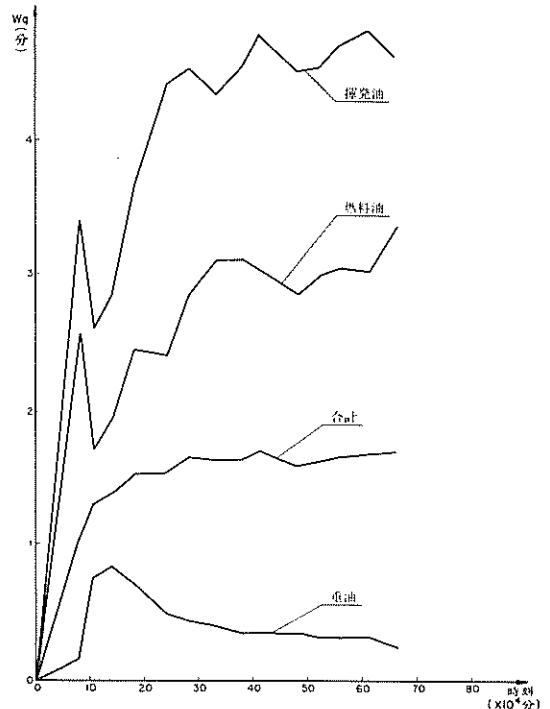


図6-11(その2) 平均待ち時間の推移

る時間的なインプットデータの変動に対する考察を行な  
っておらず、滞船現象解析事例としては不十分さをぬぐ

いきれないが、適用例に対する一貫性を保つためにあえ  
て提示しておく。

表6-6(その1) バース使用状況

CASE	I			II		
	重油	揮発油	燃料油	重油	揮発油	燃料油
1	-	0	0	-	0	0
2	-	0	0	-	0	0
3	-	0	0	-	0	0
4	-	0	0	-	0	0
5	208	4	68	218	3	50
6	91	2	12	108	3	47
7	104	1	26	96	1	33
8	40	0	45	111	6	53
9	150	3	46	151	3	48
10	488	-	-	706	-	-
11	488	-	-	697	-	-
12	785	-	-	917	-	-
13	771	-	-	919	-	-
14	162	289	329	186	283	320
15	1141	-	-	993	-	-
16	1094	-	-	971	-	-
17	1172	-	-	986	-	-
18	1223	-	-	1017	-	-
19	174	274	316	179	294	310

表6-6(その2) バース使用状況

CASE	I			II			SINGLE FAC.
	PnL	重油	揮発油	燃料油	重油	揮発油	
1	1	897	835	1	833	799	(2, 3)
2	171	807	718	182	813	723	(6, 7)
3	3	28	23	3	38	21	(7, 8)
4	88	480	360	86	482	400	(8, 9)
5	253	7	7	313	7	3	(10, 11)
6	28	0	0	37	0	0	(11, 12)
7	187	4	2	140	4	0	(12, 13)
8	6	0	0	10	0	0	(13, 14)
9	128	0	0	87	2	1	(15, 16)
10	28	0	0	19	0	0	(16, 17)
11	42	0	0	21	2	0	(17, 18)
12	2	0	0	3	0	0	(18, 19)
13	0	1	2	0	0	1	(6, 7, 8)
14	25	121	119	40	95	122	(7, 8, 9)
15	0	0	0	0	0	0	(10, 11, 12)
16	0	0	0	0	0	0	(11, 12, 13)
17	0	0	0	0	0	0	(12, 13, 14)
18	0	0	0	0	0	0	(15, 16, 17)
19	0	0	0	0	0	0	(16, 17, 18)
20	0	0	0	0	0	0	(17, 18, 19)
21	6	0	0	2	0	0	(6, 7, 8, 9)
22	0	0	0	0	0	0	(10, 11, 12, 13)
23	0	0	0	0	0	0	(11, 12, 13, 14)
24	0	0	0	0	0	0	(15, 16, 17, 18)
25	0	0	0	0	0	0	(16, 17, 18, 19)
26	0	0	0	0	0	0	(10, 11, 12, 13, 14)
27	0	0	0	0	0	0	(15, 16, 17, 18, 19)

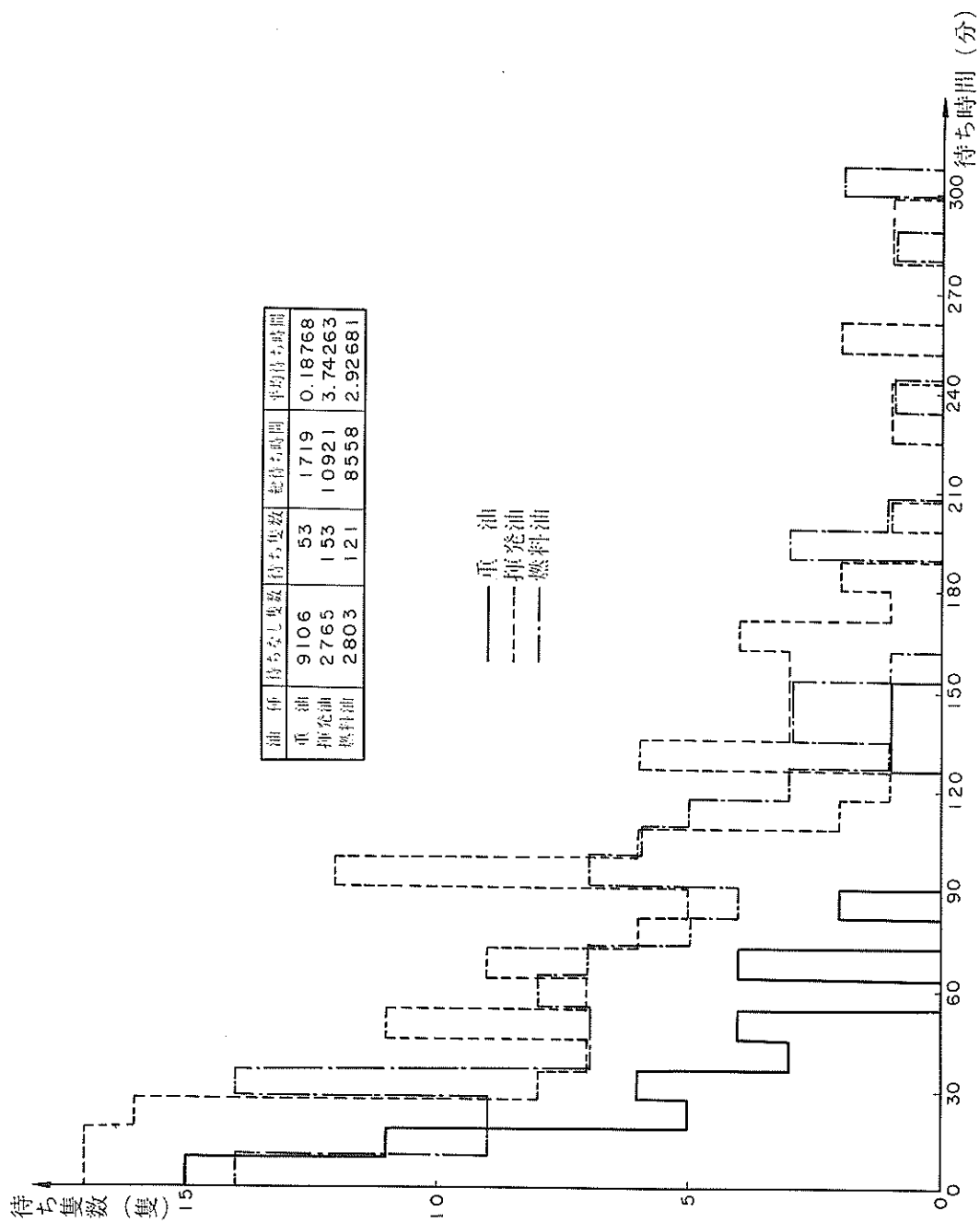


図6-12(その1) 待ち時間の分布

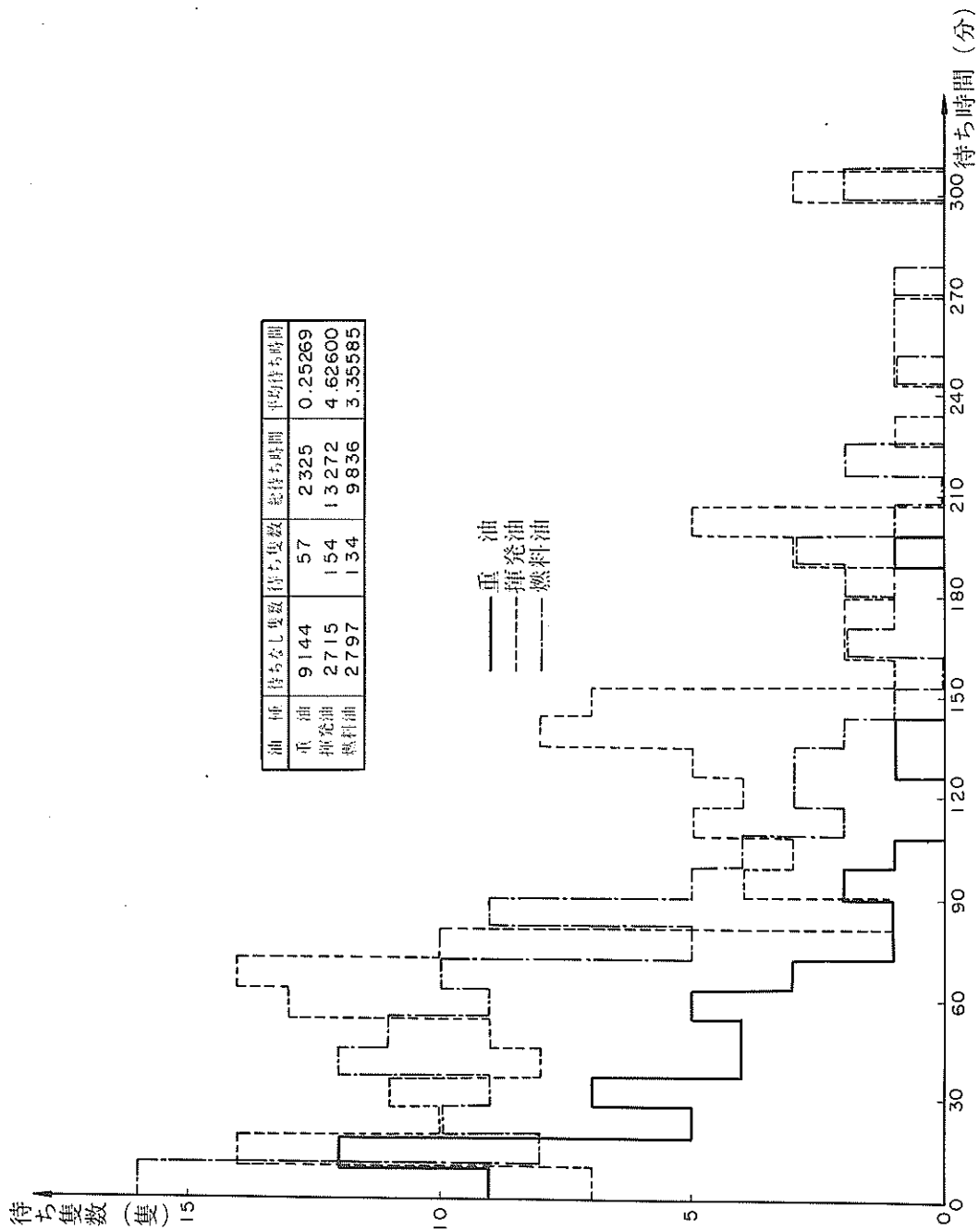


図6-12(その2) 待ち時間の分布

## 7. おわりに

本論文では、従来より解析的な待ち行列理論を用いて滞船現象を解析したとき掲げられていた問題点に対する考察から、滞船機構を構成している要素である船舶と埠頭の物理的な特性およびオペレーションの方法を考慮した滞船現象解析モデルに対する考察を行なった。滞船現象解析を行なうにあたっては、マクロにあるいはミクロに要求される細かさの程度に合った解析を進めるべきであるが、本論文ではミクロな部分に着目し、船舶と埠頭の特性を滞船現象解析モデルに組み込んだ場合のモデルのパターン分類を行ない、ミクロな滞船現象解析システム作成の体系化に役立つであろう基礎的な考察を行なった。採用した手法はシミュレーションモデルであるが、提案したパターン全てのシミュレーションモデルを作成することは敢えて行なわなかった。パターン分類に対応させた個々の事例研究を通して船舶特性と埠頭特性を考慮した滞船現象解析システムの完成を意図している。

最後に、本論文作成に当り、討議に参加願ったシステム研究室諸兄に感謝の意を表する。

(1973年10月6日受付)

## 参考文献

- 1) 港湾技術要報 No. 20 “港湾技術と O. R. II, 10” S 33 第2港湾建設局
- 2) 第5回技術研究発表会報文集 “38. 待ち合わせ理論の港湾計画への応用—特に泊地面積の検討とそのための調査—” S 36 北海道開発局 片山猛雄, 石渡友夫
- 3) 第6回港湾技術研究所研究発表会講演概要 “待ち合わせ理論の港湾への適用に対する考察—その前提条件の実証的解析—” '68. 12. 奥山育英, 工藤和男, 中村松子, 中井典倫子
- 4) 雑貨埠頭計画調査中間報告, 運輸省港湾局第3港湾建設局 '64
- 5) 埠頭の取扱い能力についての研究, 港湾技術研究所報告第4巻8号, '65. 工藤和男, 高野聖三, 奥山育英
- 6) 埠頭標準能力調査報告書(内覧編), '42. 3. 運輸省港湾局
- 7) 雑貨輸出入埠頭計画論, 第3港湾建設局業務資料, S 40. 2. 佐藤 肇
- 8) 片山・降旗・本・早藤; 船舶諸元の相互関係, 港研資料 No. 101 (1970)
- 9) 久保・工藤; 着岸船舶の実吃水についての調査, 港研資料 No. 144 (1972)
- 10) 笹嶋・工藤・中井; 石油製品積出しバースの特性, 港研資料 No. 151 (1972)
- 11) 笹嶋・工藤; 石油製品積出しバースの特性解析のためのシミュレーションモデル, 港研資料 No. 162 (1973)

港湾技研資料 No.175

1973・12

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所  
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 日青工業株式会社