

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

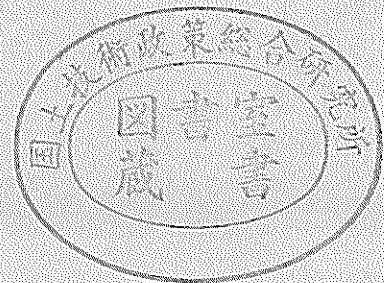
---

VOL. 24

NO. 3

SEPT. 1985

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



# 港湾技術研究所報告 (REPORT OF P.H.R.I.)

第24巻 第3号 (Vol. 24, No. 3), 1985年9月 (Sept. 1985)

## 目 次 (CONTENTS)

1. Characteristics of Ocean Waves off Cape Nojima in the Northwestern Pacific, Measured with a Discus Buoy  
..... Koji KOBUNE, Hiroshi SASAKI and Noriaki HASHIMOTO ..... 3  
(ディスクス・ブイで観測された野島崎沖海域の波浪特性  
.....小舟浩治・佐々木弘・橋本典明)
2. Decay of Mechanically Generated Waves in an Opposing Wind  
.....Hiroichi TSURUYA, Shin-ichi YANAGISHIMA  
and Yoshikuni MATSUNOBU.....31  
(逆風による波の減衰に関する実験的研究.....鶴谷広一・柳嶋慎一・松延嘉國)
3. Development of PHRI Geotechnical Centrifuge and its Application  
..... Masaaki TERASHI.....73  
(遠心力載荷装置の開発とその適用.....寺師昌明)
4. 最大エントロピー原理 (MEP) を用いた方向スペクトルの推定  
..... 橋本典明・小舟浩治 ..... 123  
(Estimation of Directional Spectra from the Maximum Entropy Principle  
.....Noriaki HASHIMOTO and Koji KOBUNE)
5. 底質 COD の測定における前処理と加熱処理.....堀江 毅・関根好幸..... 147  
(Pre-treatment and Heat Processing on Sediment COD Measurement  
.....Takeshi HORIE and Yoshiyuki SEKINE)
6. コンクリート中の鉄筋の腐食に及ぼす塩素の影響に関する研究  
..... 大即信明..... 183  
(Research on the Influence of Chloride on Corrosion of the Embedded Steel  
Bars in Concrete .....Nobuaki OTSUKI)
7. 土運船運航計画手法の開発 ..... 奥山育英..... 285  
(Barge Traffic Systems Planning in a Large-Scale Reclamation  
..... Yasuhide OKUYAMA)

## 7. 土運船運航計画手法の開発

奥山育英\*

### 要 旨

本報告は、海上空港、沖合人工島、廃棄物埋立護岸、埋立港湾等の建設工事の際の土運船等工事関連船の運航計画の作成および検討の手法を確立するために、関西国際空港建設計画で調査研究した手法をとりまとめたものである。

ここで紹介するのは、工事関連船の海上交通への影響を予測する手法、狭水道における土砂運搬船の運航計画をたてる際に必要な計画情報を得るための検討手法、工事関連船の運航を支援する際に基本的な情報として要求される一般船舶の動向の予測手法、および工事区域内や土砂積み出し棧橋における作業船のふくそう（輻輳）の程度を予測し、土運船の適切な隻数を求める土運船の運航計画作成手法である。

---

\* 設計基準部 システム研究室長

## 7. Barge Traffic Systems Planning in a Large-Scale Reclamation

Yasuhide OKUYAMA\*

### Synopsis

In a large-scale reclamation work of fill type, it is very important to find out the optimum number of barges carrying soils and stones, the degree of barge traffic congestion in working water area, the optimum number of sand-loading piers, and the appropriate sand supplying speed by the belt conveyor, and so on. This report introduces the basic concept to solve the above problems, using technics of systems analysis and barge traffic simulation. All of the data were obtained during planning process of the New Kansai International Airport Construction Project, but they do not constitute final data.

---

\* Chief of Systems Laboratory, Design Standard Division.

## 目 次

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 要 旨                    | 285 |
| 1. ま え が き             | 289 |
| 2. 工事関連船の海上交通へ及ぼす影響の把握 | 290 |
| 2.1 工事関連船の交通量と能力       | 290 |
| 2.2 一般船の交通量と運航特性       | 291 |
| 2.3 シミュレーションによる影響の測定   | 291 |
| 3. 狭水道交通に関する考察         | 303 |
| 3.1 明石海峡の現況            | 303 |
| 3.2 明石海峡の幅方向の利用量       | 303 |
| 3.3 基線の利用量の確率分布        | 310 |
| 4. 一般船舶の航行予測           | 311 |
| 4.1 基本的な考え方            | 311 |
| 4.2 運航情報伝達の実態          | 312 |
| 4.3 航行船舶の実態の把握と航行の予測   | 314 |
| 4.4 工事区域外の土運船の航行に関する課題 | 318 |
| 5. 埋立工事の土運船運航計画手法の開発   | 319 |
| 5.1 土運船運航計画情報の作成       | 319 |
| 5.2 ケース・スタディ           | 319 |
| 6. あと が き              | 323 |
| 参 考 文 献                | 323 |

## 土運船運航計画手法の開発

### 1. ま え が き

海上空港、沖合人工島の建設といった大規模埋立工事において、土運船をはじめとする工事関連船の安全確実な運航は、工事の円滑な進ちょく（捗）を側面から援助する重要事項である。

本報告は、そのような大規模埋立工事における土運船等工事関連船の運航計画の作成および検討の手法を確立するための基礎資料として、関西国際空港建設計画で調査研究した際に用いた手法をとりまとめたものである。関西国際空港の計画は、現在もひき続き検討中であることから、数値自体は重要ではない。むしろ、本報告で例示した具体的な数値よりも、他の大規模埋立工事にも十分応用が可能な手法の開発に、本報告は、重点を置いている。

工事関連船の運航に関しては、工事区域外を運航する際に生じる一般船舶の航行への影響、工事区域内、すなわち、工事中の作業船や工事付属仮設物が存在している水域における工事関連船のふくそう、さらに土砂積み出し栈橋における土砂の受け渡しの際に生じる土量と土運船の需給バランスといった性格の異なる問題が発生する。本報告では、取扱を容易にするために、サブシステム概念を用いて、一般船舶の航行と影響を及ぼしあう工事区域外における工事関連船の運航と、工事区域内および土砂積み出し栈橋における工事関連船の運航とを区別して取扱った。その際に、工事区域内および工事区域外での工事関連船の運航の整合性を損なわないよう十分留意した。

本報告の構成は、2. で工事関連船の海上交通への影響を予測する手法を取扱う。ここでは、工事関連船の運航

計画を策定する際、もしくは工事関連船の運航管理システムを設計する際に必要となる計画情報を求めており、一般船舶の動静と工事関連船の動静を基にして、工事関連船が運航したときに生ずる運航情報を見つけるために開発したシミュレーション手法を提示する。

3. では、シミュレーションの結果、当初計画を実施に移した場合に明石海峡航路における土砂運搬船の運航に関連して若干の問題が指摘されたことを受けて、計画担当者が狭水道における土運船の運航計画を作成する際に必要となる計画情報を得るための手法を提示する。この手法を用いることにより、非常に混雑している明石海峡における航行量を時間ごとに推定して、土運船等の運航時間帯を決定する際に必要な情報を与えることができる。

4. では、大規模埋立工事に伴う土運船等の工事関連船の航行が、一般船舶の航行と影響を及ぼしあう可能性がある場合に、その影響を小さくするような方策を提案する。具体的な内容は、一般船舶の動向の予測である。これは、一般船舶の動向を把握して工事関連船の運航を調整すれば、一般船舶への影響を緩和することができるのではないかとということによっている。一般船舶の動向の予測の際には、一般船舶側には何らの規制を設けないことを原則とした。すなわち、工事関連船側が一般船舶の動静をつかみ、その情報によって工事関連船の運航を調整すると考えて、第1段階の予測を試みた。今後、一般船舶の動向の予測の向上によって、土運船等の運航が一般船舶へ及ぼす影響をどこまで軽減できるかを究明し、その時点で、止むを得ない場合に限って一般船への最小限度の指導および規制等を検討していくことになる。

5. では、工事区域内および土砂積み出し栈橋における土運船の運航問題を取扱う。このため、工事区域内や土

表-1 土運船の性能と運航時刻（護岸工事最盛期）

| 経 路          | 船 種   | 船 型                 | 運 航 時 刻                 | 隻数/12H |
|--------------|-------|---------------------|-------------------------|--------|
| 空港～明石海峡      | 土運船   | 7,500m <sup>3</sup> | 明石発 6:30間隔1時間6分         | 11     |
|              |       |                     | 空港発 6:40 // 1時間6分       | 11     |
| 空港～明石海峡      | ガット船  | 750m <sup>3</sup>   | 明石発 6:10間隔30分           | 24     |
|              |       |                     | 空港発 6:20 // 30分         | 24     |
| 空港～淡路島<br>東岸 | 土運船   | 7,500m <sup>3</sup> | 淡東発 9:00, 12:00, 15:00  | 3      |
|              |       |                     | 空港発 11:00, 14:00, 17:00 | 3      |
| 空港～大阪        | セメント船 | 2,000 t             | 大阪発 9:00, 16:00         | 2      |
|              |       |                     | 空港発 10:00, 15:00        | 2      |
| 空港～由良瀬戸      | 土運船   | 7,500m <sup>3</sup> | 由良発 9:00                | 1      |
|              |       |                     | 空港発 11:00               | 1      |

砂積み出し棧橋における受け渡し土量の需給バランスと土運船のふくそうの程度を予測し、土運船の適切な隻数を求めるために、土運船の運航計画作成システムを開発したので、その内容を紹介する。

全章を通じて、工事に関する情報は昭和59年9月まで活動を続けた運輸省第三港湾建設局関西国際空港計画室の提供によるものである。計画の段階では数多くの代替案が検討されており、本報告はそのうちの一案を取り上げて検討したものであることをお断りする。

## 2. 工事関連船の海上交通へ及ぼす影響の把握

### 2.1 工事関連船の交通量と能力

大規模埋立工事によって発生する工事関連船の交通量は、工法、資材供給方法、工期、工事関連船の航行・積載能力、作業能力等に依存している。

関西国際空港の当初計画において建設工事に必要と推定された工事関連船の推定交通量、および運航時刻は表-1～表-4に示すとおりである。表には、空港供用開始後の空港利用者のための交通船および燃料補給のためのタンカーも、海上交通へ影響を及ぼすところからこれに含めている。

また、これら船舶の性能等は、表-5に示すものを想定した。空港建設開始時までの時間の余裕と技術の進歩を勘案して、現存する工事関連船の能力よりも高めの値

表-2 土運船の性能と運航時刻（埋立工事最盛期）

| 経路      | 船種    | 船型                  | 運航時刻             | 隻数/12H |
|---------|-------|---------------------|------------------|--------|
| 空港～明石海峡 | ガット船  | 750m <sup>3</sup>   | 明石発 6:30 間隔1時間6分 | 11     |
|         |       |                     | 空港発 6:40 間隔1時間6分 | 11     |
| 空港～紀泉   | 土運船   | 7,500m <sup>3</sup> | 紀泉発 6:05 間隔20分   | 36     |
|         |       |                     | 空港発 6:15 間隔20分   | 36     |
| 空港～大阪   | セメント船 | 2,000 t             | 大阪発 9:00, 16:00  | 2      |
|         |       |                     | 空港発 10:00, 15:00 | 2      |
| 空港～由良瀬戸 | 土運船   | 7,500m <sup>3</sup> | 由良発 9:00         | 1      |
|         |       |                     | 空港発 11:00        | 1      |

表-3 土運船の性能と運航時刻（Ⅱ期工事最盛期かつ空港供用時）

| 経路      | 船種          | 船型                  | 運航時刻             | 隻数/12H |
|---------|-------------|---------------------|------------------|--------|
| 空港～明石海峡 | 土運船         | 7,500m <sup>3</sup> | 明石発 6:45 間隔2時間   | 6      |
|         |             |                     | 空港発 7:15 " 2時間   | 6      |
| 空港～紀泉   | 土運船         | 7,500m <sup>3</sup> | 紀泉発 6:05 " 34分   | 21     |
|         |             |                     | 空港発 6:15 " 34分   | 21     |
| 空港～神戸   | アクセス船約400人乗 |                     | 神戸発 6:10 " 30分   | 24     |
|         |             |                     | 空港発 6:20 " 30分   | 24     |
| 空港～淡路島  | アクセス船約200人乗 |                     | 淡路島発 6:20 " 1時間  | 12     |
|         |             |                     | 空港発 6:40 " 1時間   | 12     |
| 空港～明石海峡 | タンカー        | 3,500kl             | 明石発 10:30, 11:00 | 2      |
|         |             |                     | 空港発 16:30, 17:00 | 2      |
| 空港～大阪   | タンカー        | 3,500kl             | 大阪発 7:00         | 1      |
|         |             |                     | 空港発 12:00        | 1      |
| 空港～由良瀬戸 | タンカー        | 3,500kl             | 由良瀬戸発 6:30       | 1      |
|         |             |                     | 空港発 12:30        | 1      |
| 空港～由良瀬戸 | タンカー        | 3,500kl             | 由良瀬戸発 7:00       | 1      |
|         |             |                     | 空港発 16:00        | 1      |

土運船運航計画手法の開発

表-4 土運船の性能と運航時刻（空港完成時）

| 経路      | 船種    | 船型      | 運航時刻             | 隻数/12H |
|---------|-------|---------|------------------|--------|
| 空港～神戸   | アクセス船 | 550 t   | 神戸発 6:05 間隔20分   | 36     |
|         |       |         | 空港発 6:15 間隔20分   | 36     |
| 空港～淡路島  | アクセス船 | 340 t   | 淡路島発 6:20 間隔1時間  | 12     |
|         |       |         | 空港発 6:40 間隔1時間   | 12     |
| 空港～明石海峡 | タンカー  | 3,500kl | 明石発 10:30, 11:00 | 2      |
|         |       |         | 空港発 16:30, 17:00 | 2      |
| 空港～大阪   | タンカー  | 3,500kl | 泉北発 7:00         | 1      |
|         |       |         | 空港発 12:00        | 1      |
| 空港～由良瀬戸 | タンカー  | 3,500kl | 由良瀬戸発 6:30       | 1      |
|         |       |         | 空港発 12:30        | 1      |
| 空港～由良瀬戸 | タンカー  | 6,000kl | 由良瀬戸発 7:00       | 1      |
|         |       |         | 空港発 16:00        | 1      |
| 空港～由良瀬戸 | タンカー  | 8,000kl | 由良瀬戸発 5:30       | 1      |
|         |       |         | 空港発 16:30        | 1      |

表-5 工事関連船および交通船の性能等

| 船種    | 船型(G, T)     | 速力(ノット)  | 船長(m) |
|-------|--------------|----------|-------|
| ガット船  | 750m³        | 積載時 11.0 | 50    |
|       |              | 空船時 13.0 | 50    |
| セメント船 | 2,000 t      | 積載時 10.0 | 80    |
|       |              | 空船時 12.0 | 80    |
| 土運船   | 7,500m³      | 積載時 6.0  | 155   |
|       |              | 空船時 8.0  | 155   |
| 交通船   | 550 t, 340 t | 25.0     | 48    |

を設定している。燃料補給タンカーの能力等については後出の表-9 と同一値を用いた。

なお、現在の自航式作業船の排水トン数と全長、型幅、吃水の関係を、おのおの図-1、図-2、図-3 に示した。ただし図中の排水トン数が10,000トン以上の土運船については現存しないことから推定して求めた値である。

2.2 一般船の交通量と運航特性

大規模埋立工事に付随する工事関連船によって航行を阻害される側の一般船舶の交通量は、現状の交通量については、昭和54年5月29～30日に運輸省第三港湾建設局企画課、海域整備課、関西国際空港調査室、港湾技術研究所システム研究室が共同で実施した大阪湾船舶航行実態調査の結果にもとづいて推定した。この実態調査はレーダ4台を利用し、明石、由良、加太の3海峡部と

すべての湾内の港口部および泉州沖での目視観測からなるものである。将来交通量は、大阪湾の基本構想の策定の際の作業資料をもとにして、関西空港調査室が推定した値であり、船種・船型ごとおよび大阪湾内の各ODごとに求められている。ここでは全船種・全船型をまとめた交通量を表-6、表-7、表-8 に示すにとどめる。シミュレーションを実行する際には、さらに船種・船型ごままでに細分している。

船種・船型の区分については、大きさ、速力、操船性が、船舶のふくそうを論ずる際には重要であることから、それらが比較的似かよったクラスをまとめた。その区分、およびそれらの平均的な性能は、表-9 である。

運航特性の一つとして、大阪湾および湾内各港を出入する船舶の交通量の時間変動があげられるが、これらについては表-10 の実績値を得た。フェリーについては、これらと異なり、朝に入出港が集中するパターン、夕刻に入出港が集中するパターン、日中に定時間隔で入出港するパターンの3パターンが見られたので、個々のケースに応じてこれら3パターンを採用した。

2.3 シミュレーションによる影響の測定

大規模埋立工事に際しては、大量の土運船等の運航が一般航行船舶の運航に影響を及ぼすことも予想され、工事関連船の運航に何らかの管理の必要性も考えられる。そのため、運航管理に関する計画をたてるに際して、計画担当者に計画情報を提供することを試みた。2.1、2.2 に述べた情報も計画をたてるに際しては必要不可欠な最



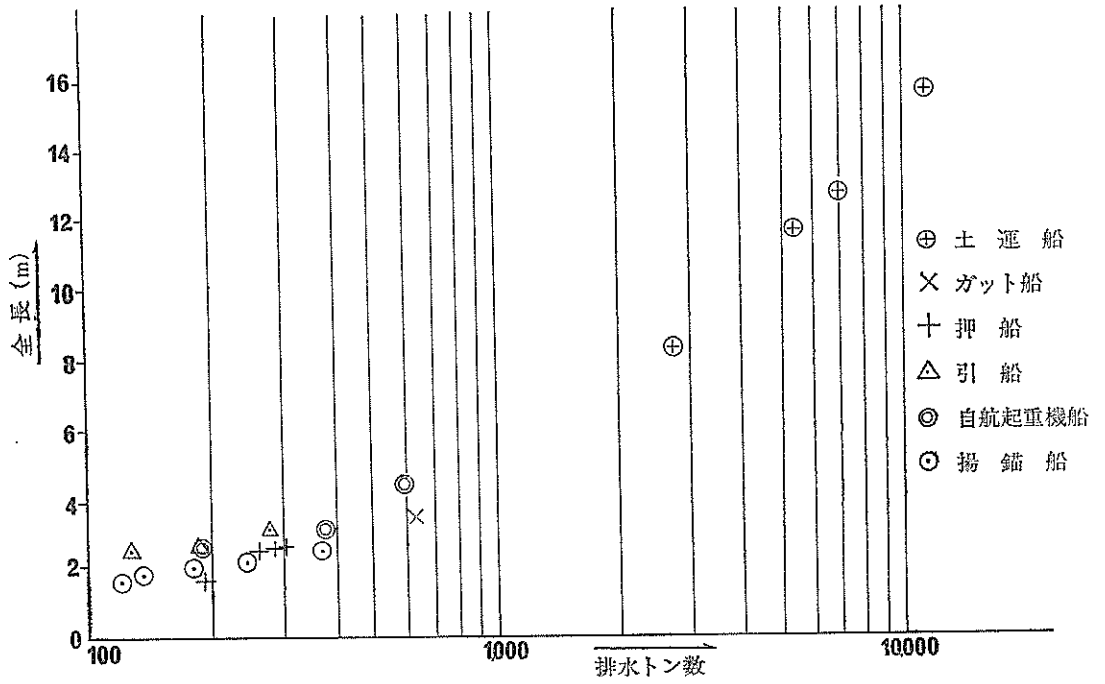


図-1 自航船の排水トン数と全長の関係

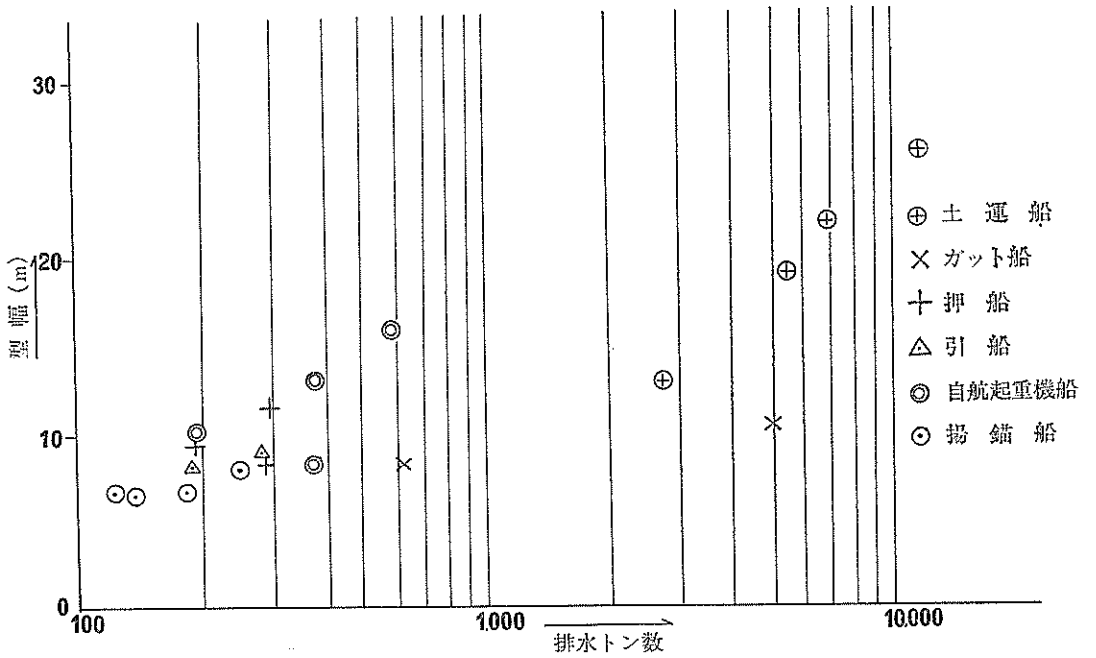


図-2 自航船の排水トン数と型幅の関係

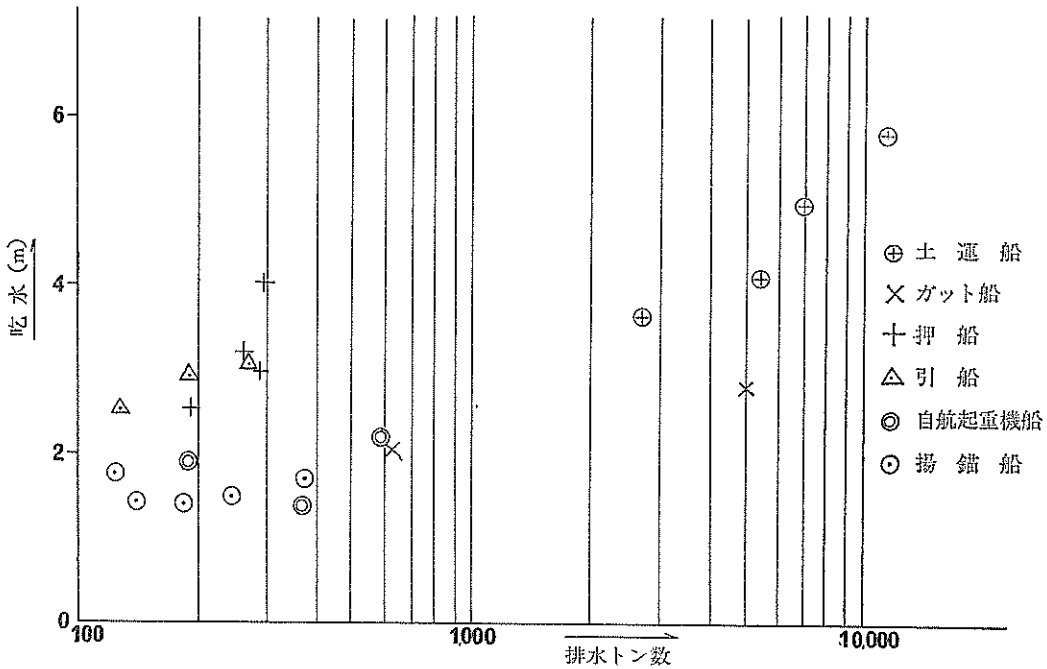


図-3 自航船の排水トン数と吃水の関係

も基本的な情報ではあるが、それだけでは海上交通がどうなるかは予想し難く、土運船等の運航管理計画を策定する際の問題点を見つけることが難しい。

したがって、以上の点をふまえて運航管理計画策定の際に有用な計画情報を与えるために、大阪湾内の船舶交通シミュレーションを実施した。なお、このシミュレーションの手法は、海上交通における経路をノード（航路の交差点、合流部、分岐部）とリンク（航路部分）からなるネットワークで表した先に発表したものを発展させたものであることから、手法の具体的な内容は省略して結果の一部のみを述べる。

(1) シミュレーションの実施ケース

大阪湾における海上交通シミュレーションは、2.2で述べた海上交通実態調査の結果、および与えられた将来交通量予測値をもとにして、OD交通量を各OD・船種・船型・時間帯ごとに作成し、各ODごとに船種別にルートを設定し、船種・船型別速力を決定して、それらを入力データとして次のケースを実施した。

1. 空港予定水域（迂）回（昭和65年交通量，工事関連船なし）
2. 護岸工事最盛期（昭和65年交通量，工事関連船あり）

り）

3. 埋立工事最盛期（昭和65年交通量，工事関連船あり）
4. 空港予定水域う回（昭和75年交通量，工事関連船なし）
5. II期工事最盛期（昭和65年交通量，工事関連船・アクセス船・燃料運搬船あり）
6. 空港完成時（昭和75年交通量，アクセス船・燃料運搬船あり）
7. 空港予定水域う回なし（昭和65年交通量，工事関連船なし）
8. 空港予定水域う回なし（昭和75年交通量，工事関連船なし）

以上の8ケースはすべて将来ケースであるが、現状と比較するために、ケース0ともいうべき

0. 現状交通量（昭和54年）

を加えた。

(2) シミュレーションの入力データ

実施したシミュレーション全ケースの入力データはそれだけで膨大な量となるので、ここでは概要を述べるに留める。

表 6 现状 OD 交通量 (全体)

(単位: 隻/12H)

| OD     | 明石海浜   | 由良瀬戸   | 加太瀬戸  | 瀬戸第1   | 瀬戸第2  | 瀬戸第5  | 瀬戸第6   | 尾崎     | 大坂・堺・淡路・泉大津 | 泉大津南   | 阪南    | 石岩    | 須磨    | 深瀬    | 日根    | 津名    | 大磯   | 合計     |         |
|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|---------|
| 明石海浜   |        | 8.1    | 10.68 | 43.68  | 1.05  | 15.6  | 21.85  | 35.64  | 113.06      | 17.26  | 4.73  | 5.06  |       |       |       |       |      | 276.61 |         |
| 由良瀬戸   | 9.73   |        |       | 14.13  | 6.2   | 12.12 | 7.66   | 7.77   | 53.04       | 2.94   | 0.36  | 0.67  |       | 6     |       |       |      | 190.62 |         |
| 加太瀬戸   | 8.75   | 0.09   |       | 4.33   | 0.32  | 0.49  | 0.16   | 6.5    | 24.41       | 6.71   |       | 0.63  |       |       |       |       |      | 52.93  |         |
| 瀬戸第1   | 57.73  | 11.27  | 3.44  |        | 6.01  | 8.76  |        |        | 41.66       | 8.22   |       | 16.68 |       |       | 24    |       |      | 177.77 |         |
| 瀬戸第2   | 2.15   | 3.56   |       |        |       | 1.65  | 0      | 4.19   | 35.81       | 0.77   |       |       |       |       |       |       |      | 48.13  |         |
| 瀬戸第5   | 9.25   | 14.03  | 1.07  | 12.71  | 1.03  |       | 7.09   | 10.0   | 20.57       | 5.58   | 0.76  | 1.52  |       |       |       |       |      | 83.69  |         |
| 瀬戸第6   | 30.01  | 7.01   | 0.26  |        |       | 11.41 |        | 26.75  | 37.84       | 4.8    | 3.11  | 1.03  |       |       | 7     |       |      | 142.77 |         |
| 尾崎     | 25.41  | 6.1    | 4.06  | 6.51   | 0.91  | 15.54 | 24.65  |        | 43.04       | 14.51  | 13.33 |       |       |       |       |       |      | 157.5  |         |
| 大坂・堺   | 143.76 | 42.71  | 38.62 | 52.04  | 23.26 | 21.42 | 33.47  | 32.43  |             | 65.45  | 18.2  | 16.48 |       |       | 2     |       |      | 492.84 |         |
| 淡路・泉大津 | 20.07  | 3.03   | 6.8   | 10.16  | 0.44  | 3.84  | 1.51   | 15.0   | 57.21       | 1.23   | 2.15  |       |       |       |       |       |      | 121.71 |         |
| 泉大津南   | 2.48   |        |       | 4.09   |       | 0.80  | 0.41   | 1.05   | 9.19        | 1.05   |       |       |       |       |       |       |      | 19.13  |         |
| 阪南     | 10.26  | 1.52   | 1.78  |        |       | 3.12  | 3.62   | 5.91   | 35.46       |        |       |       |       |       |       |       |      | 61.67  |         |
| 明石     |        |        |       |        |       |       |        |        |             |        |       |       | 20    |       |       |       |      | 26.00  |         |
| 石岩     |        |        |       |        |       |       |        |        |             |        |       |       | 26    |       |       |       |      | 26.00  |         |
| 須磨     |        |        |       |        |       |       |        |        |             |        |       |       |       |       |       |       |      | 24.00  |         |
| 深瀬     |        | 6      |       |        |       |       |        |        |             |        |       |       |       | 15    | 15    |       |      | 21.00  |         |
| 津名     |        |        |       |        |       |       | 7      |        |             |        |       |       |       |       |       |       |      | 7.00   |         |
| 大磯     |        |        |       |        |       |       |        |        |             |        |       |       |       |       |       |       | 25   | 25.00  |         |
| 合計     | 319.6  | 103.42 | 66.71 | 170.63 | 39.22 | 94.81 | 110.69 | 154.97 | 477.75      | 126.37 | 31.78 | 57.88 | 26.00 | 26.00 | 21.00 | 41.00 | 7.00 | 24.00  | 1923.75 |

表-7 昭和65年 OD 交通量 (全体)

(単位: 隻/12H)

| OD    | 明石海峡   | 由良瀬戸   | 加太瀬戸  | 神戸第1   | 神戸第2  | 神戸第5   | 神戸第6   | 尾      | 岡      | 大阪・堺   | 堺・泉大津 | 泉大津南   | 阪     | 留     | 明     | 石     | 岩     | 長     | 須     | 鹿     | 深     | 日     | 洲     | 本     | 津     | 名     | 大     | 磯     | 合       |        |
|-------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|
| 明石海峡  | 11.00  | 9.29   | 11.31 | 41.77  | 1.04  | 16.42  | 23.07  | 43.36  | 142.19 | 15.44  | 10.24 | 10.06  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         | 324.22 |
| 由良瀬戸  |        | 0.06   | 0.06  | 13.71  | 6.64  | 13.39  | 7.97   | 9.28   | 65.01  | 2.74   | 0.59  | 1.20   |       |       |       |       |       |       |       | 6.60  |       |       |       |       |       |       |       |       |         | 138.27 |
| 加太瀬戸  |        | 9.52   | 0.11  | 4.20   | 0.31  | 0.52   | 0.21   | 8.00   | 31.04  | 6.06   | 0.35  | 1.25   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         | 61.73  |
| 神戸第1  |        | 56.44  | 11.11 | 3.22   | 4.40  | 7.59   | 0.94   | 4.47   | 41.00  | 6.23   | 4.09  | 26.60  |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 26.00 |       |       |       |       |       |       |         | 195.17 |
| 神戸第2  |        | 1.95   | 3.60  | 0.16   | 3.22  | 1.41   | 0.19   | 3.60   | 35.36  | 0.53   | 1.05  | 1.95   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         | 53.11  |
| 神戸第5  |        | 9.00   | 15.38 | 1.12   | 11.10 | 0.97   | 8.10   | 11.76  | 25.65  | 4.90   | 1.17  | 2.89   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         | 92.84  |
| 神戸第6  |        | 32.99  | 7.41  | 0.29   | 1.36  | 0.22   | 12.81  | 45.16  | 56.73  | 3.72   | 4.87  | 2.90   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 7.70  |       |       |       |       |         | 176.16 |
| 尾     |        | 30.04  | 7.09  | 4.75   | 5.92  | 0.87   | 17.15  | 29.52  | 58.68  | 14.12  | 5.53  | 27.49  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         | 201.16 |
| 大阪・堺  |        | 101.72 | 52.35 | 40.51  | 53.09 | 26.20  | 48.63  | 45.21  | 69.50  | 32.77  | 37.80 |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 2.10  |       |       |       |       |       |         | 623.05 |
| 堺・泉大津 |        | 10.15  | 2.88  | 6.04   | 7.50  | 3.37   | 1.72   | 15.20  | 61.15  | 1.61   | 3.62  |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         | 121.65 |
| 泉大津南  |        | 6.62   | 0.06  | 0.44   | 5.95  | 1.50   | 0.79   | 2.11   | 19.91  | 1.59   | 1.40  |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 12.00 |       |       |       |       |         | 52.51  |
| 阪南    |        | 16.60  | 2.50  | 2.69   | 13.98 | 2.60   | 4.56   | 9.28   | 61.94  | 1.52   | 4.24  |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         | 123.51 |
| 明石    |        |        |       |        |       |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         | 29.00  |
| 岩屋    |        |        |       |        |       |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         | 29.00  |
| 須磨    |        |        |       |        |       |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         | 26.00  |
| 深日    |        |        | 6.60  |        |       |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         | 22.60  |
| 洲本    |        |        |       |        |       |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         | 43.10  |
| 津名    |        |        |       |        |       |        | 7.70   |        |        |        |       | 12.00  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         | 19.70  |
| 大磯    |        |        |       |        |       |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 27.00 |         | 27.00  |
| 合計    | 374.83 | 118.38 | 78.62 | 186.96 | 42.94 | 105.00 | 184.34 | 197.60 | 603.76 | 126.43 | 78.51 | 117.32 | 29.00 | 29.00 | 29.00 | 29.00 | 29.00 | 29.00 | 27.00 | 27.00 | 22.60 | 44.10 | 19.70 | 19.70 | 26.00 | 26.00 | 26.00 | 26.00 | 2362.07 |        |

表-8 昭和75年 OD 交通量 (全体)

(単位: 隻/12H)

| OD    | 明石海鉄   | 山直瀬戸   | 加太瀬戸  | 神戸第1   | 神戸第2  | 神戸第5   | 神戸第6   | 尾崎     | 大坂・堺   | 阪神・東神  | 泉大津    | 阪南     | 明石    | 岩屋    | 須磨    | 深江    | 日根    | 津     | 名     | 大 | 合       |
|-------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|---------|
| 明石海鉄  |        | 10.24  | 11.41 | 40.76  | 1.02  | 15.33  | 25.15  | 56.44  | 163.87 | 13.54  | 12.95  | 13.59  |       |       |       |       |       |       |       |   | 364.30  |
| 山直瀬戸  | 12.00  |        | 0.06  | 13.65  | 6.82  | 13.65  | 8.57   | 11.92  | 74.69  | 2.99   | 0.80   | 1.76   |       |       |       | 8.00  |       |       |       |   | 155.11  |
| 加太瀬戸  | 9.69   | 0.11   |       | 4.21   | 0.30  | 0.49   | 0.26   | 10.76  | 36.50  | 5.35   | 0.45   | 1.67   |       |       |       |       |       |       |       |   | 69.89   |
| 神戸第1  | 54.79  | 11.01  | 3.11  |        | 3.75  | 6.40   | 1.04   | 5.20   | 45.74  | 5.21   | 4.82   | 32.85  |       |       |       | 32.00 |       |       |       |   | 205.95  |
| 神戸第2  | 1.87   | 3.65   | 0.15  | 2.81   |       | 1.20   | 0.21   | 4.26   | 36.28  | 0.43   | 1.28   | 2.40   |       |       |       |       |       |       |       |   | 51.62   |
| 神戸第5  | 9.27   | 15.54  | 1.05  | 9.78   | 0.85  |        | 9.28   | 13.93  | 27.09  | 4.05   | 1.44   | 3.00   |       |       |       |       |       |       |       |   | 95.98   |
| 神戸第6  | 37.97  | 8.13   | 0.37  | 1.55   | 0.26  | 14.49  |        | 69.16  | 77.79  | 4.00   | 7.69   | 4.79   |       |       |       |       |       | 10.00 |       |   | 236.28  |
| 尾崎    | 38.31  | 9.06   | 6.13  | 6.87   | 0.99  | 19.42  | 44.16  |        | 83.82  | 15.84  | 8.76   | 45.07  |       |       |       |       |       |       |       |   | 278.43  |
| 大坂・堺  | 212.74 | 60.61  | 57.62 | 56.17  | 26.09 | 27.44  | 67.31  | 66.17  |        | 71.80  | 47.71  | 56.91  |       |       |       | 2.70  |       |       |       |   | 753.36  |
| 阪神・東神 | 18.06  | 2.75   | 5.33  | 6.41   | 0.29  | 2.75   | 1.85   | 17.48  | 62.31  |        | 1.85   | 4.33   |       |       |       |       |       |       |       |   | 121.42  |
| 泉大津   | 0.24   | 0.07   | 0.59  | 7.49   | 0.53  | 1.93   | 1.30   | 3.57   | 29.86  | 1.89   |        | 2.53   |       |       |       |       |       | 12.00 |       |   | 70.02   |
| 阪南    | 22.38  | 3.45   | 3.62  | 17.84  | 3.20  | 5.55   | 8.93   | 15.43  | 91.52  | 1.82   | 7.30   |        |       |       |       |       |       |       |       |   | 180.62  |
| 明石    |        |        |       |        |       |        |        |        |        |        |        |        | 35.00 |       |       |       |       |       |       |   | 35.00   |
| 岩屋    |        |        |       |        |       |        |        |        |        |        |        |        | 35.00 |       |       |       |       |       |       |   | 35.00   |
| 須磨    |        |        |       |        |       |        |        |        |        |        |        |        |       |       |       |       |       |       | 31.00 |   | 31.00   |
| 深江    |        | 8.60   |       |        |       |        |        |        |        |        |        |        |       |       |       |       | 21.00 |       |       |   | 29.60   |
| 津     |        |        |       | 31.00  |       |        |        |        | 2.70   |        |        |        |       |       |       |       |       |       |       |   | 54.70   |
| 名     |        |        |       |        |       | 10.00  |        |        |        |        | 12.00  |        |       |       |       |       |       |       |       |   | 22.00   |
| 大     |        |        |       |        |       |        |        |        |        |        |        |        |       |       | 36.00 |       |       |       |       |   | 36.00   |
| 合 計   | 423.29 | 133.25 | 89.44 | 198.04 | 44.23 | 108.65 | 178.07 | 274.34 | 732.25 | 136.69 | 107.05 | 169.68 | 35.00 | 35.00 | 36.00 | 29.60 | 55.70 | 22.00 | 34.00 |   | 2832.26 |

土運船運航計画手法の開発

表-9 一般船舶の区分と性能

| 船種   | 船型 (GT)      | 平均速度 (ノット) | 平均船長 (m) |
|------|--------------|------------|----------|
| 貨物   | ~ 500        | 9.2        | 38.5     |
|      | 500~ 3,000   | 10.2       | 80       |
|      | 3,000~10,000 | 11.7       | 117      |
|      | 10,000~      | 11.9       | 211      |
| タンカー | ~ 500        | 9.2        | 38.5     |
|      | 500~ 3,000   | 9.7        | 80       |
|      | 3,000~10,000 | 9.9        | 117      |
|      | 10,000~      | 10.6       | 211      |
| フェリー | ~ 500        | 13.5       | 38.5     |
|      | 500~ 3,000   | 13.5       | 80       |
|      | 3,000~       | 12.4       | 117      |
| その他  | ~ 500        | 8.6        | 38.5     |
|      | 500~         | 10.0       | 80       |

a) 交通量関連入力データ

シミュレーションで対象とする船舶のうち、一般船舶については、表-9の区分と性能とし、交通量は表-6~表-8を表-2の区分にまで細分して、その発生時刻は、表-10で示される発生隻数の日変動パターンをもとにして乱数をふって求めた。フェリーについては、別途2.2で述べた発生パターンによる。埋立工事関連船については、区分と性能に関しては表-5を用い交通量と発生パターンはそれぞれのケースに応じて表-1~表-4を用いた。

また、経路ごとのルートはケース2の場合のみを図-4に示した。図中の番号はノード番号であり、①から⑭までのノード番号は、表-6~表-8のOD地点で、①から⑭までが表の明石海峡から阪南に対応し、⑭番が欠番で、⑮と⑯が明石と岩屋であり、⑰番が欠番で⑱番から㉑番までが須磨から大磯までとなっている。

ノードおよびリンクの数はケースによって異なるが、ノードは約200、リンクは約800である。ノードに関しては座標値、およびノードのつながりを入力し、リンク長およびリンクの角度もそれらをもとに計算して、シミュレーションの実行時に利用している。

なお、その他の入力情報としては、ノードでは一般には右手方向優先とするが、明石海峡航路は優先航路とし、また航路幅を700mとして容量を求めている。

(3) 航路要素の利用率

(1)で述べた9ケースすべてのシミュレーション結果は、各ノード・各リンクごとに、船種・船型ごとに時間

表-10 3時間帯別発生隻数率 (%)  
(6時から18時までを100%としたとき)

| 発生地点           | 6:00~9:00 | 9:00~12:00 | 12:00~15:00 | 15:00~18:00 | 計    |
|----------------|-----------|------------|-------------|-------------|------|
|                | %         | %          | %           | %           |      |
| 1 明石海峡         | 29%       | 16%        | 29%         | 26%         | 100% |
| 2 由良瀬戸 (友ヶ島水道) | 35        | 25         | 20          | 20          | 100  |
| 3 加太瀬戸         | 24        | 24         | 20          | 32          | 100  |
| 4 神戸第1         | 13        | 27         | 27          | 33          | 100  |
| 5 神戸第2         | 41        | 12         | 35          | 12          | 100  |
| 6 神戸第5         | 30        | 15         | 21          | 34          | 100  |
| 7 神戸第6         | 20        | 23         | 34          | 23          | 100  |
| 8 尼崎           | 18        | 32         | 25          | 25          | 100  |
| 9 大阪・堺         | 27        | 18         | 24          | 31          | 100  |
| 10 浜寺・泉大津      | 10        | 29         | 38          | 23          | 100  |
| 11 大津南         | 25        | 38         | 25          | 12          | 100  |
| 12 阪南          | 38        | 32         | 16          | 24          | 100  |

帯ごとの利用率の形で示される。

ここで、ノードとリンクを航路要素とよぶことにすると、その利用率とは、シミュレーションを実施する以前に航路要素の混雑の度合をある程度予測するための指標となるものである。まずその航路要素の利用率の定義を述べる。

a) 航路要素の利用率 $\rho$

一般の待ち合わせの系では、S個のサービス窓口に単位時間当たり平均 $\lambda$ 人の客が到着し、一人の客の平均サービス時間を $1/\mu$ 時間とすると、その窓口の利用率 $\rho$ は $\lambda/S\mu$ で定義され、この値は通常の利用率の概念と一致する。

ここで、航路要素の場合には、サービス窓口に対応する航路要素の容量が、大型船一隻のみで全部ふさがったり、小型船が数隻いてもまだ余裕があるというような点が、一般の窓口1つに客1人といった待ち合わせ問題と異なり、この点を解決しておかねばならない。

そのために、航路要素においては、利用率を次のように定義すればよい。

航路要素における利用率 $\rho$ の定義：

$$\rho = \lambda / c\mu \dots\dots\dots(1)$$

ここに、

$\lambda$ ：単位時間当たりの平均到着船舶当量

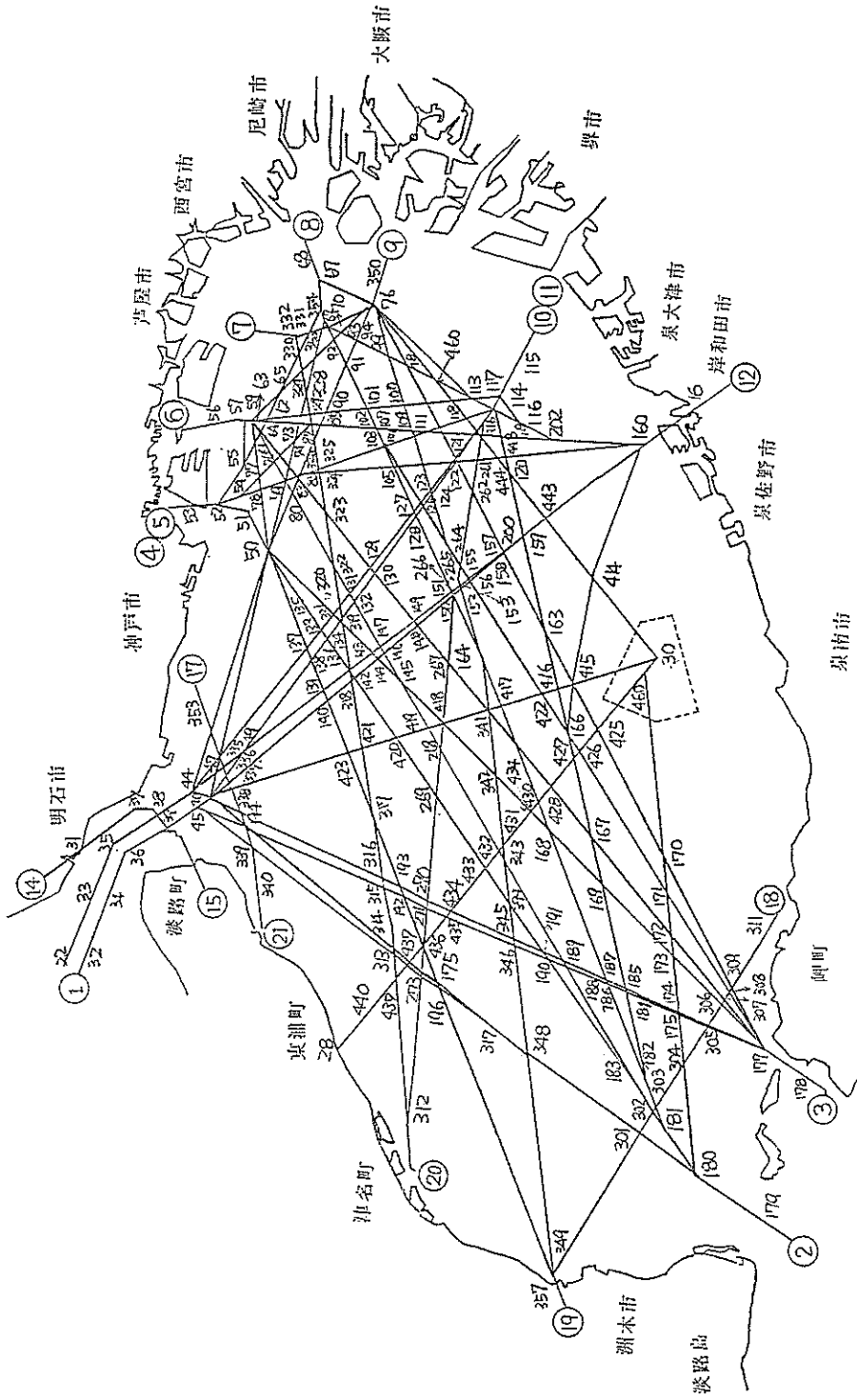


図-4 大阪湾船舶航行ネットワーク(ケース2)

1/μ：船舶の1換算当量あたりの当該航路要素を通過するに要する平均必要時間

c：当該航路要素の容量

ここで、船舶当量とは、交通量を隻数で表すと大型船と小型船の差がつかないことから、その差を測定できるようにするために設けた量であり、容量も隻数で与えずに、この当量で与える<sup>4)</sup>。

n船種あって、i船種の船舶当量をs<sub>i</sub>、i船種の単位時間当たりの平均到着隻数をλ<sub>i</sub>とすると

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i s_i \dots\dots\dots(2)$$

である。

ここで、i船種の平均通過時間を1/μ<sub>i</sub>とすると

$$1/\mu = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i s_i / \mu_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i s_i} \dots\dots\dots(3)$$

である。

以上によりρはまた

$$\rho = 1/c \sum_{i=1}^n (\lambda_i s_i / \mu_i) \dots\dots\dots(4)$$

と表される。

ρの定義式からわかるように、λ<sub>i</sub>、s<sub>i</sub>、μ<sub>i</sub>は入力データそのものであるから、ここで述べたρは出力項目といっても、シミュレーションを実行する前に求めることが可能である。

その段階でρ ≥ 1の航路要素が検出されたら、そこでは待ち船数が時間の経過とともに増大することであるから、その場合には交通量をへらすか、一部の船舶に関しては経路変更を行うかしてρ < 1としてから、シミュレーションを実施する。もしくは、その場合は混雑が大であるという結果がわかっていることからシミュレーションを実施しない。

逆に、また、すべてのリンクとノードで、ρ ≪ 1が成立している場合はシミュレーションを実施しなくても交通体系には問題が何も生じないことがわかる。問題が生じはじめるのは経験的にρ > 0.05くらいからではないかと思われる。

b) シミュレーション結果による利用率ρ̂とρ'およびρ'/ρ

シミュレーションを実施しておのおのの航路要素の利用状況を知るために、当該航路要素の容量をc(船舶当量で与える)、シミュレーション継続時間をTとし、i番めの船舶の通過に要した時間をt<sub>i</sub>、その船舶の当量をs<sub>i</sub>とし、T時間内にn隻当該航路要素を通ったとき、

$$\hat{\rho} = \sum_{i=1}^n s_i t_i / cT \dots\dots\dots(5)$$

なる量を求める。

この値の分母はcの当量がT時間続けて存在する量であり、分子はそのうちで実際に使われた(当量・時)である。Tを∞とし、シミュレーションが入力した現実をよく再現していれば、この値は前に述べたρに一致する量である。

次に、シミュレーションを実行することにより、当該リンクもしくはノードをk番めに通過した船舶の待ち時間w<sub>k</sub>が得られるが、その待ち時間を通過時間に加えて新しい通過時間とみなして上の利用率を計算し、その値をρ'とすると、

$$\rho' = \sum_{i=1}^n s_i (t_i + w_i) / cT \dots\dots\dots(6)$$

であり、このρ'は、待ち時間も含めた利用率となっており、実際に観測するときの利用率と一致する量となる。すなわち、t<sub>i</sub>は本来の速力で航行したときに当該航路要素を通過するに要する時間であり、t<sub>i</sub>+w<sub>i</sub>はふくそうしている場合の減速もしくは遠回りによる当該航路要素の通過時間にあたるから現実の利用率となるわけである。シミュレーション結果からρ、ρ̂、ρ'を別々に表示すると結果が大量になり煩雑となるので、ρ'/ρの比をもって混雑の程度を示す場合がある。この値は、混雑がなければw<sub>i</sub>=0であるから定義式からρ'=ρとなり、ρ'/ρ=1である。混雑がひどくなると、w<sub>i</sub>が交通量の増加と比較してよりはやく増大することからρ'/ρが大になる。

ρ'/ρの値の意味は、例えばρ'/ρ=1.1とすると、空いていけば10分で行けるのに混雑によって平均的に11分かかるということである。実際には平均ではなく、待ち船率は0.1~0.2くらいであるから混雑に直面した船舶だけに限ると15分近くかかると思って差し支えない。

(4) シミュレーション結果

(1)で述べた9ケースすべてのシミュレーション結果は、各ノード・各リンクごとに、船種・船型ごとに時間帯ごとの利用率の形で示される。

ここではそのうちの各ノードの利用率の比ρ'/ρの値のランク別表示を図-5、図-6に示す。これは、ケース2およびケース7の全船種・船型にわたっての値である。図-6に示したケース7は工事関連船なしの場合で、この交通量に護岸工事最盛期の工事関連船をのせたのが図-5に示したケース2であるから、両者の差異は埋立工事による影響である。

これらを比較してみると、神戸沖、大阪沖のふくそう



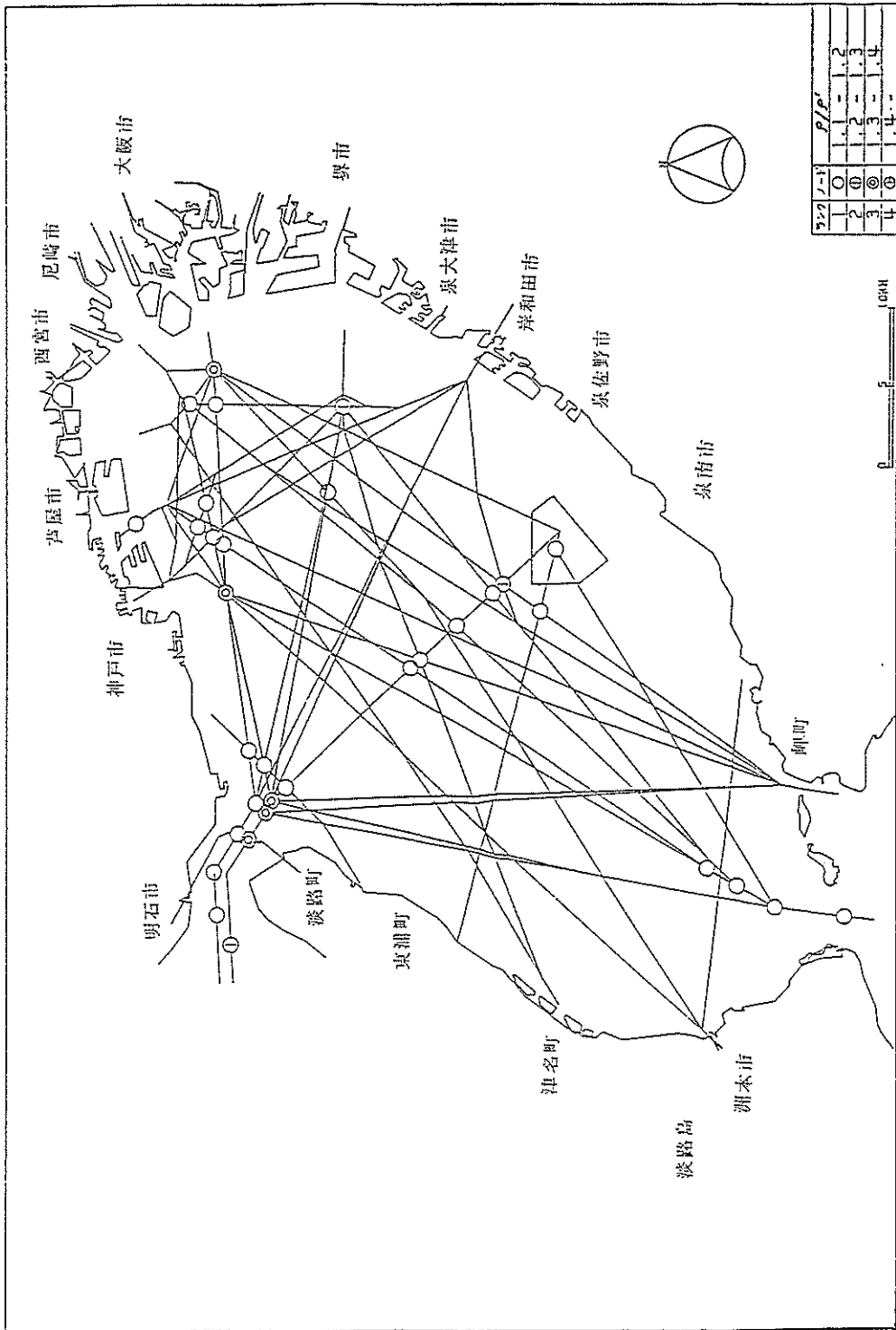


図-5 シミュレーション結果 (ケース2,  $p'/p$ )

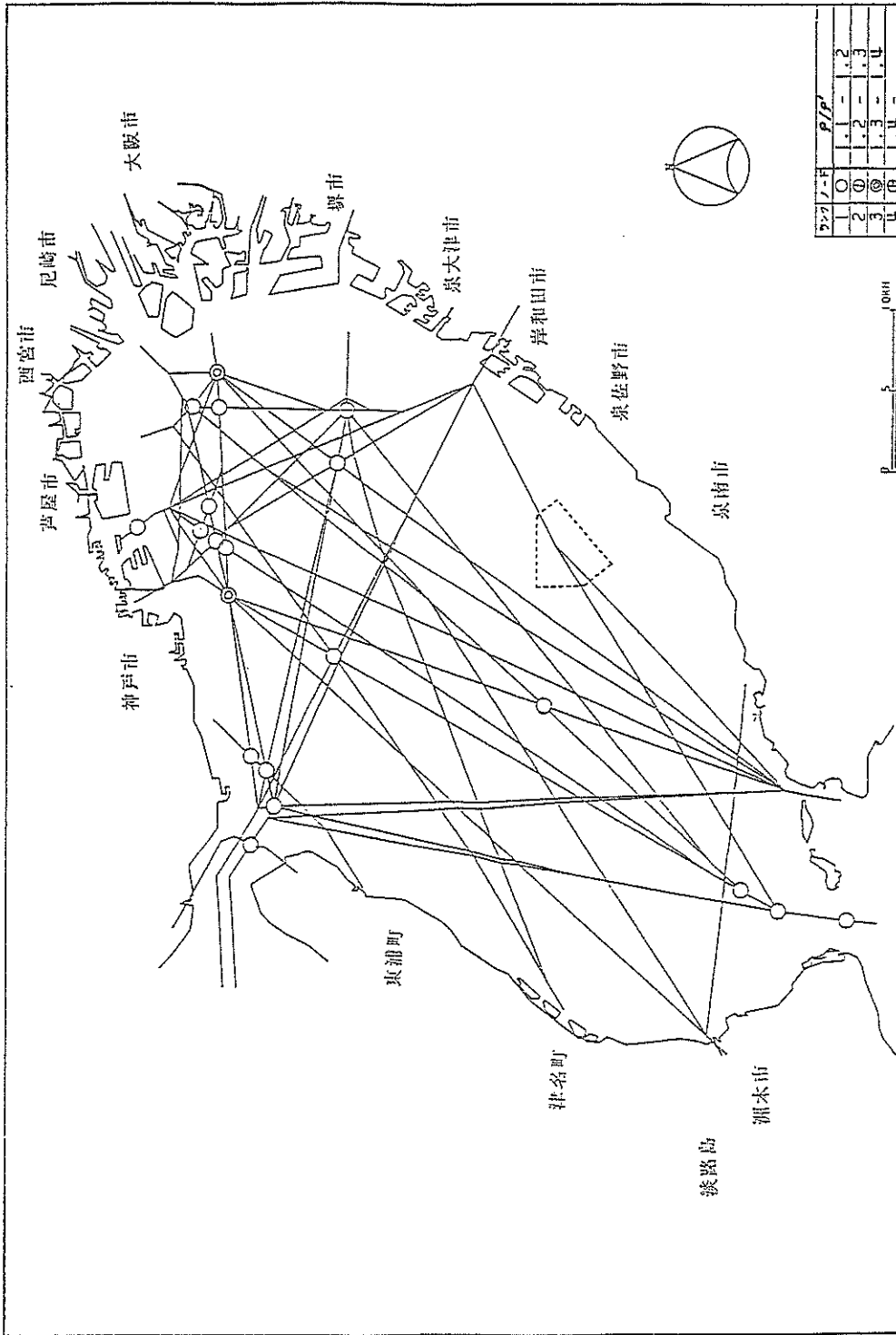


図-6 シミュレーション結果(ケース7,  $\rho'/\rho$ )

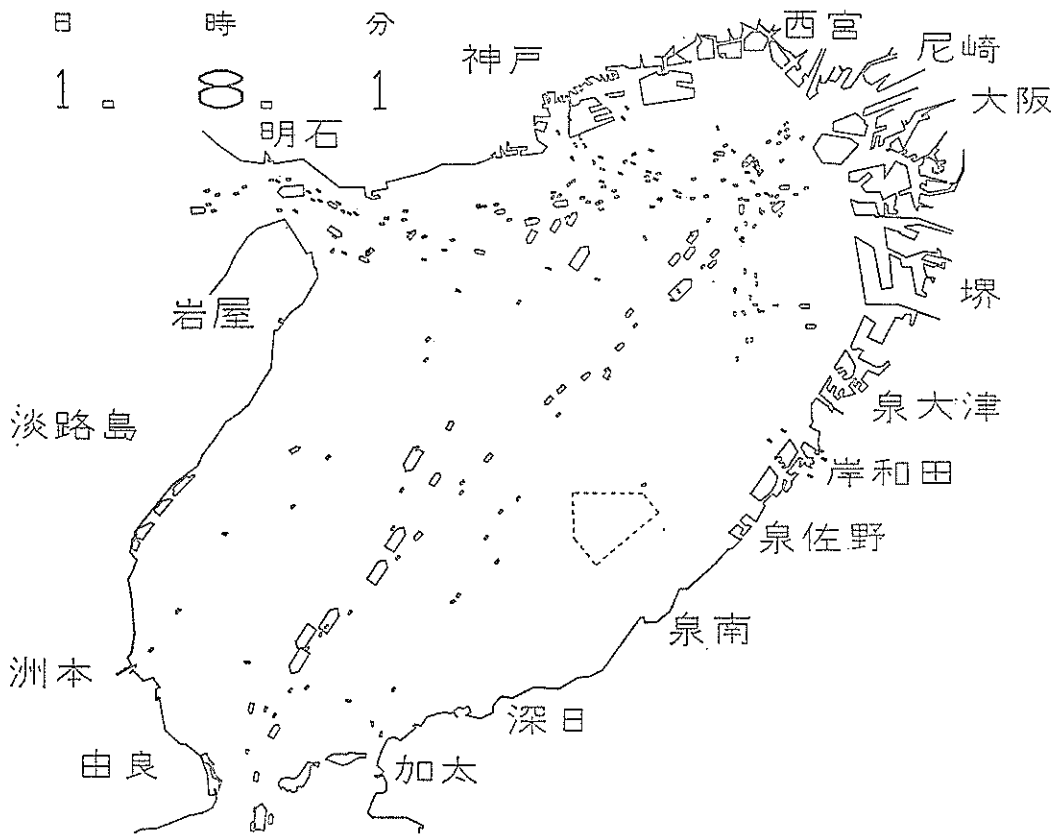


図-7 シミュレーションの映画化の一画面

はほとんど変わらない。当然のことながら土運船等のルートでは、ふくそうの割合が大きくなっていることがわかる。とくに、明石海峡航路への影響は強く、右側通航であることから土砂等を満載して空港へ向かう場合により一層混雑することが示されている。護岸工事の最盛期には、瀬戸内海の花砂の利用を想定していることから、このような結果が得られる。

このシミュレーションは、既に述べたように工事に関連する船舶の運航が一般船舶の航行にどの程度影響を及ぼすかを計画の時点で把握するものである。今回用いた入力データのケースのみに限って言えば、明石海峡を航行する一般船舶への影響が最も大きいことが示された。

(5) シミュレーション結果の映画化

シミュレーションは、すべて電子計算機の中で実行され、結果は動的に計算したにもかかわらず静的な数表または図面であり、シミュレーションの実行の際の船舶の動きを実際に見ることはできない。その欠点を補うため

に、またシミュレーションが正しく電子計算機内で実行されていることを確認するために、COM (Computer Output Microfilm) を利用して、シミュレーション過程の 16 mm 映画を、電子計算機から直接作成した。

図-7 は、その映画の一画面であり、船型別の船舶航行状況を一目で見ることができる。

映画化にあたっては、船舶の大きさを地形と同一の縮尺にすると船舶の大小の識別が困難になることから、船舶の全長を  $L$  としたとき、船舶の進行方向に  $8L$ 、幅方向に  $3.2L$  の五角形の船の形で表した。この領域は、 $3.2$  で述べる船舶の閉塞領域である。時間については、実時間の 1 分間ごとの画面を 0.25 秒間映写する割合、すなわち、実時間の 240 倍の速さで時間が経過するようにした。

3. 狭水道交通に関する考察

3.1 明石海峡の現況

関西国際空港建設工事における土運船等の航行によって生じる一般船舶の航行への影響が最も大きい海域は、明石海峡航路であることが 2.3 (4) で示されたが、より詳細にここで考察することとする。

明石海峡の最新の交通量は、海上保安庁が実施した昭和56年7月28日14時から7月31日14時まで93日間の目視観測の結果である。この観測は、図-8の目視線上でルートA~Fの船舶について、目視線通過時刻、船種、船型、方向、速力を求めたものである。

明石海峡を通過する全長が50m以上の船舶は、海上交通安全法から明石海峡航路の航行を義務づけられる。工事関連船は全長は50m以上と想定されているので、航路内を航行せねばならず、図-8のルートAを右側通航することになる。この場合、明石海峡航路を横切るルートD, E, Fの航行船舶は操船性能がよい小型船が多いことから、土運船が優先船ではあるものの特にふくそうについての検討の必要性はないと思われる。問題となるのは、明石海峡航路の片道幅700mが通航船舶によってどれほど利用されているかであり、工事関連船が通航する余裕の有無をきめ細かに考察することが必要である。

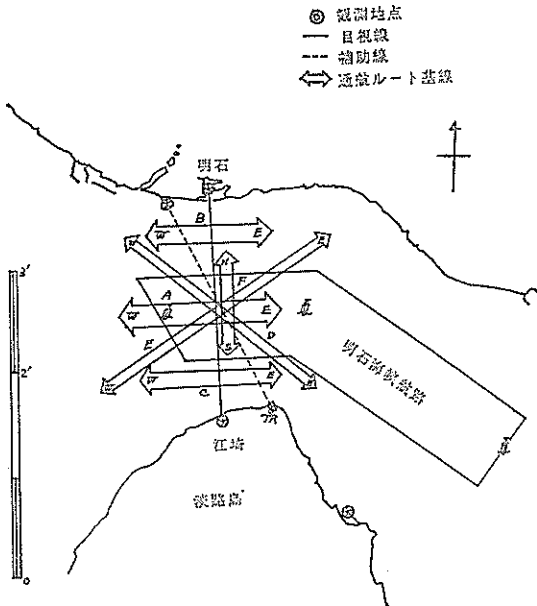


図-8 明石海峡通航ルート基線図(昭和56年度通航船舶実態調査報告書——海上保安庁より転載)

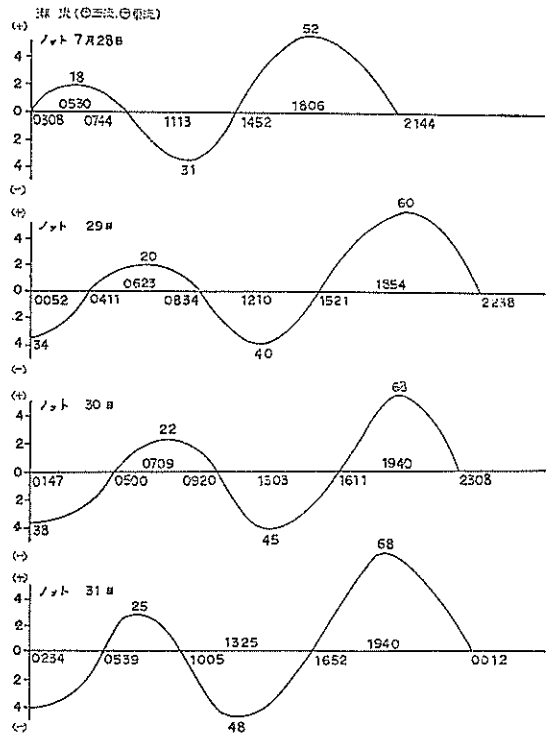


図-9 観測期間中の潮流図(昭和56年度通航船舶実態調査報告書——海上保安庁より転載)

そのため、A, D, Eの3ルートの合計の交通量を船種・船型別に1時間ごとに求め、東航・西航をおのの表-11, 表-12に、平均通過時間をおのの表-13, 表-14にまとめた。また、船種・船型区分に属する船舶の全長の平均値はおのの表-15, 表-16に示すとおりであった。これらの表で全長の平均値が0の欄は、3日間の観測で通航実績がなかった船種・船型である。

また明石海峡は潮流が速いので、参考までに観測期間中の潮流図を 図-9 に示す。

3.2 明石海峡の幅方向の利用量

本節の解析にあたって次のような条件を設定する。船種・船型*i*の平均全長を  $L_i$ , 平均到着隻数を  $\lambda_i$ , ある地点での平均通過時間を  $1/\mu_i$  とし、到着はランダム到着、言いかえると、単位時間内の到着数が平均  $\lambda_i$  のポアソン分布、到着時間隔では平均  $1/\lambda_i$  の指数分布であって、各船の到着は独立であるとする。

以上の条件の下で、明石海峡航路を通過する船舶の進行方向に垂直な基線を設けて、通過船舶によって基線が利用されている量の確率分布を求める。この量が小さければ他の船舶が通る余裕があり、この量が大きければ前

奥山育英

表-11 船種船型時間別明石海峡通航船舶数 (A, D, E 3ルート合計, 東航船, 3日間)

| 船種   | 船型    | 時間 | 日         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |           |           |           |           |
|------|-------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|      |       |    | 14<br>~15 | 15<br>~16 | 16<br>~17 | 17<br>~18 | 18<br>~19 | 19<br>~20 | 20<br>~21 | 21<br>~22 | 22<br>~23 | 23<br>~24 | 24<br>~1 | 1~2 | 2~3 | 3~4 | 4~5 | 5~6 | 6~7 | 7~8 | 8~9 | 9~10 | 10<br>~11 | 11<br>~12 | 12<br>~13 | 13<br>~14 |
| 貨物船  | 0     | 1  | 2         | 2         | 2         | 1         | 2         | 1         | 7         | 2         | 6         | 8         | 5        | 5   | 6   | 3   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | 2    | 5         | 4         | 5         | 1         |
|      | 500   | 1  | 4         | 3         | 1         | 2         | 1         | 3         | 5         | 2         | 2         | 11        | 7        | 9   | 7   | 5   | 14  | 8   | 0   | 0   | 0   | 2    | 2         | 5         | 5         | 3         |
|      | 3000  | 1  | 1         | 0         | 0         | 1         | 0         | 5         | 0         | 3         | 3         | 3         | 3        | 4   | 5   | 14  | 1   | 2   | 0   | 0   | 0   | 2    | 2         | 1         | 0         | 3         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 1         | 0         | 1         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 1         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 1         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 1        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
| タンカー | 0     | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 1         | 1         | 1         | 0         | 0         | 0         | 0        | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 500   | 1  | 3         | 1         | 2         | 2         | 3         | 1         | 4         | 0         | 1         | 1         | 1        | 1   | 0   | 1   | 2   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1    | 0         | 0         | 1         | 0         |
|      | 3000  | 1  | 4         | 1         | 1         | 0         | 3         | 0         | 2         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 7   | 5   | 2   | 0   | 3   | 2   | 3   | 0    | 1         | 1         | 3         | 0         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 1         | 0         | 0         | 0         |
| 旅客船  | 0     | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1    | 1         | 0         | 0         | 1         |
|      | 500   | 1  | 0         | 1         | 1         | 1         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 2         | 0         | 0         | 0         |
|      | 3000  | 1  | 0         | 0         | 1         | 0         | 1         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 1   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
| フェリー | 0     | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 500   | 1  | 0         | 1         | 0         | 1         | 0         | 0         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1        | 1   | 2   | 0   | 1   | 1   | 1   | 2   | 1   | 0    | 0         | 0         | 1         | 1         |
|      | 3000  | 1  | 0         | 1         | 0         | 1         | 0         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1        | 1   | 1   | 2   | 1   | 2   | 1   | 1   | 0   | 0    | 0         | 1         | 1         |           |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 1         | 0         | 2         | 1         | 0         | 0         | 1         | 0         | 0        | 0   | 1   | 1   | 4   | 2   | 3   | 3   | 0   | 1    | 1         | 0         | 0         | 0         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 1   | 1   | 3   | 2   | 3   | 6   | 0   | 0    | 2         | 1         | 0         | 0         |
| 水中翼船 | 0     | 1  | 0         | 0         | 1         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 1         | 0         | 0         | 0         |
|      | 500   | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 3000  | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
| 漁船   | 0     | 1  | 0         | 2         | 1         | 3         | 0         | 1         | 1         | 0         | 0         | 0         | 0        | 1   | 2   | 2   | 2   | 0   | 2   | 2   | 1   | 5    | 4         | 2         | 2         | 2         |
|      | 500   | 1  | 2         | 0         | 0         | 2         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 1   | 0   | 4   | 1   | 1   | 0   | 0   | 1   | 1    | 3         | 3         | 7         | 1         |
|      | 3000  | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
| 曳船   | 0     | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 1         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 500   | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 3000  | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
| 押船   | 0     | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 2   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 500   | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 1         | 0         |
|      | 3000  | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0    | 0         | 0         | 1         | 0         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
| その他  | 0     | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 1         | 1         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 1         | 0         | 0         | 1         |
|      | 500   | 1  | 0         | 0         | 2         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 3000  | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 10000 | 1  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |

土運船運航計画手法の開発

表-12 船種船型時間別明石海峡通航船舶数 (A, D, E 3ルート合計, 西航船, 3日間)

| 船種   | 時間   | 日         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |           |           |           |           |
|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|      |      | 14<br>~15 | 15<br>~16 | 16<br>~17 | 17<br>~18 | 18<br>~19 | 19<br>~20 | 20<br>~21 | 21<br>~22 | 22<br>~23 | 23<br>~24 | 24<br>~1 | 1~2 | 2~3 | 3~4 | 4~5 | 5~6 | 6~7 | 7~8 | 8~9 | 9~10 | 10<br>~11 | 11<br>~12 | 12<br>~13 | 13<br>~14 |
| 貨物船  | 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         |
|      | 500  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 1000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 3000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
| タンカー | 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         |
|      | 500  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 1000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 3000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
| 旅客船  | 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         |
|      | 500  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 1000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 3000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
| フェリー | 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         |
|      | 500  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 1000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 3000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
| 水中翼船 | 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         |
|      | 500  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 1000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 3000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
| 漁船   | 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         |
|      | 500  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 1000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 3000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
| 曳船   | 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         |
|      | 500  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 1000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 3000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
| 押船   | 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         |
|      | 500  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 1000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 3000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
| その他  | 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         |
|      | 500  | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 1000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |
|      | 3000 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |

奥山育英

表-13 船種船型時間別明石海峡通航船舶平均基線通過時間  
(A, D, E 3 ルート合計, 東航船, 3 日間, 単位 0.001 時間)

| 船種            | 船型               | 時間               | 日         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |             |    |    |             |    |    |              |     |    |                   |     |    |       |
|---------------|------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|----|----|-------------|----|----|--------------|-----|----|-------------------|-----|----|-------|
|               |                  |                  | 14<br>~15 | 15<br>~16 | 16<br>~17 | 17<br>~18 | 18<br>~19 | 19<br>~20 | 20<br>~21 | 21<br>~22 | 22<br>~23 | 23<br>~24 | 24<br>~1 | [~2 2~3 3~4 |    |    | 4~5 5~6 6~7 |    |    | 7~8 8~9 9~10 |     |    | 10~11 11~12 12~13 |     |    | 13~14 |
| 貨物船           | 0<br>500<br>1000 | 1日               | 50        | 47        | 45        | 50        | 49        | 55        | 47        | 52        | 48        | 47        | 54       | 49          | 38 | 43 | 0           | 0  | 49 | 55           | 46  | 47 | 40                | 39  | 35 |       |
|               |                  | 2日               | 44        | 50        | 55        | 70        | 40        | 38        | 39        | 42        | 48        | 45        | 38       | 47          | 36 | 39 | 54          | 38 | 0  | 0            | 48  | 39 | 54                | 51  | 40 |       |
|               |                  | 3日               | 48        | 33        | 52        | 0         | 0         | 0         | 57        | 0         | 0         | 43        | 43       | 52          | 41 | 25 | 42          | 47 | 49 | 60           | 51  | 56 | 35                | 42  | 44 | 37    |
|               | 3000<br>10000    | 1日               | 60        | 70        | 0         | 50        | 0         | 53        | 0         | 77        | 70        | 70        | 72       | 66          | 61 | 81 | 60          | 60 | 0  | 55           | 100 | 81 | 70                | 50  | 50 |       |
|               |                  | 2日               | 55        | 0         | 93        | 0         | 60        | 60        | 0         | 0         | 75        | 56        | 100      | 78          | 55 | 58 | 0           | 60 | 73 | 58           | 0   | 65 | 70                | 0   | 60 |       |
|               |                  | 3日               | 50        | 73        | 0         | 70        | 0         | 50        | 70        | 68        | 0         | 0         | 0        | 58          | 55 | 51 | 60          | 68 | 0  | 80           | 80  | 50 | 0                 | 70  | 0  |       |
|               | タンカー             | 1日               | 45        | 0         | 0         | 0         | 0         | 48        | 38        | 52        | 0         | 0         | 0        | 75          | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 56           | 0   | 0  | 0                 | 0   | 0  |       |
|               |                  | 2日               | 35        | 0         | 55        | 45        | 0         | 0         | 50        | 0         | 50        | 0         | 0        | 51          | 0  | 0  | 0           | 35 | 45 | 0            | 0   | 0  | 0                 | 0   | 47 |       |
|               |                  | 3日               | 49        | 53        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 45 | 46          | 53 | 0  | 0            | 0   | 43 | 40                | 50  | 42 |       |
|               | 旅客船              | 0<br>500<br>1000 | 1日        | 0         | 59        | 50        | 55        | 70        | 58        | 70        | 73        | 0         | 75       | 0           | 70 | 0  | 60          | 0  | 80 | 0            | 0   | 73 | 0                 | 0   | 60 | 0     |
|               |                  |                  | 2日        | 59        | 0         | 65        | 63        | 58        | 63        | 73        | 58        | 79        | 70       | 0           | 65 | 0  | 0           | 45 | 65 | 75           | 0   | 0  | 0                 | 65  | 0  | 57    |
|               |                  |                  | 3日        | 50        | 66        | 0         | 60        | 58        | 58        | 0         | 55        | 0         | 0        | 0           | 0  | 59 | 54          | 63 | 0  | 70           | 78  | 65 | 0                 | 50  | 60 | 65    |
| 3000<br>10000 |                  | 1日               | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 0                 | 0   | 0  |       |
|               |                  | 2日               | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 0                 | 0   | 0  |       |
|               |                  | 3日               | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 0                 | 0   | 0  |       |
| フリ            |                  | 1日               | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 24 | 19                | 0   | 24 |       |
|               |                  | 2日               | 0         | 24        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 24           | 0   | 22 | 0                 | 0   | 0  |       |
|               |                  | 3日               | 0         | 24        | 18        | 24        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 0                 | 0   | 0  |       |
| 水中翼船          |                  | 0<br>500<br>1000 | 1日        | 0         | 0         | 0         | 80        | 0         | 110       | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 60          | 80 | 0  | 0            | 8   | 0  | 0                 | 0   | 0  | 0     |
|               |                  |                  | 2日        | 0         | 0         | 0         | 80        | 110       | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 80          | 80 | 0  | 0            | 0   | 0  | 0                 | 110 | 0  | 0     |
|               |                  |                  | 3日        | 0         | 0         | 0         | 80        | 0         | 60        | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 78                | 0   | 80 | 0     |
|               | 3000<br>10000    | 1日               | 0         | 0         | 0         | 120       | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 82                | 0   | 0  |       |
|               |                  | 2日               | 0         | 0         | 0         | 80        | 62        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 82                | 0   | 0  |       |
|               |                  | 3日               | 0         | 0         | 0         | 64        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 80        | 0        | 0           | 0  | 0  | 84          | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 0                 | 0   | 0  |       |
|               | 漁船               | 0<br>500<br>1000 | 1日        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 0                 | 0   | 0  | 0     |
|               |                  |                  | 2日        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 0                 | 0   | 0  | 0     |
|               |                  |                  | 3日        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 0                 | 0   | 0  | 0     |
|               |                  | 3000<br>10000    | 1日        | 10        | 0         | 8         | 10        | 10        | 0         | 13        | 16        | 0         | 0        | 0           | 13 | 0  | 15          | 9  | 0  | 9            | 11  | 13 | 12                | 15  | 14 | 14    |
|               |                  |                  | 2日        | 13        | 0         | 11        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 8           | 0  | 10 | 0           | 13 | 13 | 11           | 0   | 10 | 10                | 16  | 12 | 10    |
|               |                  |                  | 3日        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 10 | 0  | 0           | 0  | 0  | 13           | 7   | 0  | 9                 | 9   | 11 | 12    |
| その他           |                  | 0<br>500<br>1000 | 1日        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 0                 | 0   | 0  | 0     |
|               |                  |                  | 2日        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 0                 | 0   | 0  | 0     |
|               |                  |                  | 3日        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 0                 | 0   | 0  | 0     |
|               |                  | 3000<br>10000    | 1日        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 0                 | 0   | 0  | 0     |
|               |                  |                  | 2日        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 0                 | 0   | 0  | 0     |
|               |                  |                  | 3日        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0            | 0   | 0  | 0                 | 0   | 0  | 0     |







土運船運航計画手法の開発

表-16 船種船型時間別明石海峡通航船舶平均全長  
(A, D, E 3ルート合計, 西航船, 3日間, 単位m)

| 船種          | トン数           | 時間       | 日         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |     |     | 時間  |     |     |     |     |     |      |           |           |           |           |     |  |  |
|-------------|---------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|--|--|
|             |               |          | 14<br>~15 | 15<br>~16 | 16<br>~17 | 17<br>~18 | 18<br>~19 | 19<br>~20 | 20<br>~21 | 21<br>~22 | 22<br>~23 | 23<br>~24 | 24<br>~1 | 1~2 | 2~3 | 3~4 | 4~5 | 5~6 | 6~7 | 7~8 | 8~9 | 9~10 | 10<br>~11 | 11<br>~12 | 12<br>~13 | 13<br>~14 |     |  |  |
| 貨物船         | 0<br>1<br>500 | 1        | 34        | 40        | 40        | 47        | 48        | 45        | 49        | 47        | 44        | 50        | 49       | 55  | 0   | 48  | 45  | 20  | 51  | 38  | 45  | 49   | 39        | 46        | 40        | 36        |     |  |  |
|             |               | 2        | 44        | 47        | 44        | 41        | 40        | 36        | 42        | 48        | 52        | 49        | 53       | 46  | 0   | 43  | 45  | 48  | 28  | 0   | 35  | 48   | 44        | 41        | 50        | 40        |     |  |  |
|             |               | 3        | 48        | 42        | 45        | 41        | 40        | 37        | 54        | 46        | 40        | 46        | 53       | 0   | 43  | 48  | 35  | 32  | 45  | 35  | 25  | 37   | 39        | 42        | 48        | 40        |     |  |  |
|             | 500<br>3000   | 1        | 0         | 65        | 69        | 60        | 59        | 65        | 63        | 70        | 65        | 60        | 88       | 0   | 75  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 75        | 0         | 0         | 52        |     |  |  |
|             |               | 2        | 53        | 80        | 80        | 78        | 53        | 63        | 0         | 0         | 56        | 53        | 70       | 0   | 55  | 63  | 75  | 0   | 65  | 0   | 0   | 0    | 0         | 70        | 54        | 56        |     |  |  |
|             |               | 3        | 53        | 68        | 70        | 65        | 61        | 61        | 73        | 73        | 0         | 70        | 65       | 0   | 55  | 0   | 110 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 75        | 0         | 68        | 0         |     |  |  |
|             | 3000<br>10000 | 1        | 0         | 0         | 0         | 0         | 65        | 70        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 140       | 0         | 0         |     |  |  |
|             |               | 2        | 100       | 0         | 140       | 0         | 100       | 30        | 0         | 120       | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 110 | 0   | 0   | 65  | 130 | 0   | 0    | 0         | 132       | 96        | 0         |     |  |  |
|             |               | 3        | 0         | 104       | 0         | 101       | 104       | 0         | 110       | 0         | 0         | 120       | 0        | 0   | 0   | 80  | 0   | 0   | 130 | 110 | 106 | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             | 10000<br>1    | 1        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 210 | 220 | 0   | 0   | 0   | 0   | 130 | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             |               | 2        | 0         | 0         | 170       | 150       | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 190 | 210 | 0   | 65  | 190 | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             |               | 3        | 190       | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 160 | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
| タンカー        | 0<br>500      | 1        | 32        | 45        | 40        | 0         | 55        | 50        | 36        | 34        | 0         | 0         | 50       | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 50  | 54  | 55  | 0    | 40        | 40        | 43        | 35        |     |  |  |
|             |               | 2        | 0         | 49        | 46        | 43        | 0         | 48        | 46        | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 48        | 53        | 50        | 0         |     |  |  |
|             |               | 3        | 50        | 36        | 42        | 39        | 43        | 33        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 21  | 55  | 47  | 30  | 48  | 24   | 50        | 40        | 43        | 38        |     |  |  |
|             | 500<br>3000   | 1        | 60        | 70        | 55        | 75        | 60        | 65        | 0         | 73        | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 67  | 65  | 0   | 0   | 0   | 0    | 70        | 60        | 0         | 55        |     |  |  |
|             |               | 2        | 61        | 80        | 80        | 78        | 53        | 63        | 0         | 65        | 0         | 0         | 56       | 53  | 70  | 0   | 55  | 63  | 75  | 0   | 65  | 0    | 65        | 70        | 54        | 56        |     |  |  |
|             |               | 3        | 64        | 61        | 0         | 71        | 65        | 57        | 70        | 0         | 0         | 0         | 60       | 69  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 68   | 0         | 61        | 83        | 0         |     |  |  |
|             | 3000<br>10000 | 1        | 0         | 0         | 0         | 90        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             |               | 2        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             |               | 3        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             | 10000<br>1    | 1        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 260 | 0   | 220  | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             |               | 2        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 310 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             |               | 3        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 120  | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
| 旅客船         | 0<br>500      | 1        | 24        | 0         | 24        | 0         | 24        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 22        | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             |               | 2        | 24        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 24   | 0         | 22        | 0         | 0         |     |  |  |
|             |               | 3        | 0         | 0         | 24        | 0         | 24        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 24   | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             | 500<br>3000   | 1        | 0         | 0         | 0         | 0         | 80        | 0         | 83        | 0         | 0         | 80        | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 80  | 0   | 0   | 0   | 80   | 0         | 0         | 77        | 0         |     |  |  |
|             |               | 2        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 70        | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 80        | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             |               | 3        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 85        | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             | 3000<br>1     | 1        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 174       | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 84        | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             |               | 2        | 0         | 0         | 0         | 0         | 82        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 82        | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             |               | 3        | 0         | 0         | 0         | 0         | 82        | 0         | 0         | 0         | 0         | 80        | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 82        | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             | フェリー          | 0<br>500 | 1         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             |               |          | 2         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             |               |          | 3         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
| 500<br>3000 |               | 1        | 0         | 92        | 0         | 83        | 0         | 55        | 0         | 83        | 0         | 110       | 89       | 0   | 0   | 0   | 83  | 0   | 83  | 0   | 83  | 0    | 110       | 83        | 83        | 0         | 0   |  |  |
|             |               | 2        | 0         | 83        | 92        | 0         | 0         | 0         | 33        | 83        | 0         | 70        | 0        | 0   | 0   | 83  | 0   | 83  | 83  | 83  | 0   | 83   | 83        | 83        | 83        | 0         | 0   |  |  |
|             |               | 3        | 0         | 92        | 83        | 0         | 0         | 0         | 33        | 0         | 0         | 0         | 83       | 83  | 0   | 83  | 83  | 83  | 83  | 83  | 0   | 110  | 83        | 83        | 83        | 0         | 0   |  |  |
| 3000<br>1   |               | 1        | 0         | 141       | 150       | 140       | 110       | 136       | 0         | 142       | 135       | 122       | 0        | 100 | 0   | 0   | 85  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 110       | 0   |  |  |
|             |               | 2        | 0         | 118       | 117       | 0         | 150       | 124       | 174       | 144       | 127       | 148       | 116      | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 140 | 0   | 84   | 0         | 84        | 0         | 110       | 0   |  |  |
|             |               | 3        | 0         | 141       | 125       | 127       | 110       | 126       | 174       | 138       | 135       | 155       | 122      | 0   | 0   | 0   | 0   | 150 | 0   | 0   | 0   | 0    | 84        | 0         | 84        | 0         | 110 |  |  |
| 水中翼船        |               | 0<br>500 | 1         | 0         | 25        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 19        | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             |               |          | 2         | 0         | 19        | 19        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 19        | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             |               |          | 3         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 19        | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             | 500<br>3000   | 1        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             |               | 2        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             |               | 3        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             | 3000<br>1     | 1        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             |               | 2        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             |               | 3        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             | 漁船            | 0<br>500 | 1         | 10        | 12        | 12        | 0         | 0         | 0         | 11        | 0         | 0         | 0        | 0   | 12  | 0   | 0   | 9   | 11  | 18  | 0   | 0    | 16        | 0         | 15        | 15        | 13  |  |  |
|             |               |          | 2         | 14        | 15        | 25        | 8         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 13  | 0   | 11  | 8   | 0   | 0    | 13        | 11        | 10        | 10        | 0   |  |  |
|             |               |          | 3         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 12  | 12  | 13  | 0   | 0    | 0         | 11        | 11        | 9         | 14  |  |  |
| 500<br>3000 |               | 1        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             |               | 2        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             |               | 3        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
| 3000<br>1   |               | 1        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             |               | 2        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             |               | 3        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
| 曳船          |               | 0<br>500 | 1         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 220 | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             |               |          | 2         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 130 | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             |               |          | 3         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0   |  |  |
|             | 500<br>3000   | 1        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 220 | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             |               | 2        | 0         | 0         | 120       | 0         | 150       | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 190 | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             |               | 3        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             | 3000<br>1     | 1        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             |               | 2        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0         | 0         | 0         | 0         |     |  |  |
|             |               | 3        | 0         | 0         | 0         |           |           |           |           |           |           |           |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |           |           |           |           |     |  |  |

方が詰まっていた他の船舶は通れないことを意味する。基線の利用量および基線の通過時間は、以下に述べるが、閉塞領域を基にして求めた。閉塞領域とは、船舶が航行しているときにその船の周囲に形成される他の船が入り込まないような領域である。その形状は、進行方向に自船の全長の8倍を長軸とし、進行方向に垂直な方向に全長の3.2倍を短軸とする長円と報告されている<sup>11)</sup>。しかし、閉塞領域の大きさは確定的ではなく<sup>12)</sup>、今後の調査研究によって変わると思われる。ここでは、 $L_i$  を船舶  $i$  の全長としたとき、その閉塞領域を  $8L_i$  と  $3.2L_i$  を二辺にもつ長方形として取扱うこととした。

船舶  $i$  が基線を通過する時間は、速力を  $v_i$  とすると  $8L_i/v_i$  時間であり、閉塞領域を長方形と仮定したことにより、通過時間中基線の長さを  $3.2L_i$  だけ利用している。

ここで、航路幅を実際の明石海峡航路の一方方向 700 m とすると、基線の長さ 700 m のうちで利用されている長さの確率分布は、理論式では求まらない。船種・船型が 1 つの場合には通過時間が特別の分布のときに限って求められる。しかし、現実では速力も大きさも異なる多種類の船舶が通航することから、理論的には求まらなくなる。

電子計算機によって数値解を求めることは、モデルが小さければ可能である。しかし、明石海峡のような実際例ではモデルが大きくなり、膨大な記憶容量と計算時間を必要とするので、不可能である。そのため、比較的簡単に理論解が求められることのできる航路幅が無限大の場合の基線の利用量の確率分布を求めた。計算結果の取扱いとしては、700 m 以上を利用する確率が 0 であれば幅 700 m の制限をつけたことと同じである。また、700 m 以上の利用量の確率が 0 でなければ、大略、その確率以上の確率で 700 m の航路幅が全部利用されていることがわかるので、後に述べるような検討が可能となる。

解析は、待ち合わせ理論による。待ち合わせ理論においては、平均  $\lambda$  のランダム到着、サービス時間が平均  $1/\mu$  の任意の分布、窓口の数が無限大の場合は時間が十分経過すると定常状態になり、定常解が平均  $\lambda/\mu$  のポアソン分布と与えられる。これは待ち合わせ理論において  $M/G/\infty$  タイプと呼ばれている待ち合わせ問題である。サービス時間は、基線に閉塞領域がかかっている時間、すなわち、船舶と同時に移動している閉塞領域が基線を通過する時間である。

ここで、到着分布が平均  $\lambda$  のポアソン分布、サービス分布が平均  $1/\mu$  の一般分布、時刻 0 のときに系内の数が 0 とすると、待ち行列  $M/G/\infty$  においては時刻  $t$  で系内

の数が  $k$  である確率  $P_k(t)$  は、

$$P_k(t) = e^{-\lambda(1-H(x))t} \times (\lambda \int_0^t (1-H(x)) dx)^k / k! \dots \dots \dots (7)$$

と理論的に求められる。式(7)で、 $H(x)$  はサービス時間の分布関数である。なお、待ち合わせ理論において、系内の数とはサービス中の数と待ちの数の和をいう。

ここで、 $t \rightarrow \infty$ 、すなわち、時間が十分経過した場合を考えると

$$\lim P_k(t) = e^{-\lambda/\mu(\lambda/\mu)^k/k!} = p_k \quad (k=0, 1, 2, \dots) \dots \dots \dots (8)$$

となり、 $P_k(t)$  は  $t$  に依存せず、 $k$  にだけ依存する値  $p_k$  となる。これは、平均  $\lambda/\mu$  のポアソン分布である。

明石海峡の航路幅の利用量にこの理論を適用すると、基線上に  $k$  隻存在している確率は、上記の系内の数が  $k$  である確率と同じであり、その定常確率は式(8)の  $p_k$  で与えられる。基線上に  $k$  隻存在しているということは、横方向に  $3.2L$  の閉塞領域の幅があるので、 $3.2L \times k$  の長さだけ基線を利用していることを意味する。

以上により、船種・船型が 1 つの場合には、基線を利用する長さの確率分布が求められる。船種・船型が複数の場合には、船舶の到着、および通過時間の独立性から、船種・船型ごとに基線を利用する長さの確率分布を求めて次々にたたみ込みを行えばよい。

たたみ込みとは、 $X$  が  $i$  である確率が  $p_i$ 、 $Y$  が  $j$  である確率が  $q_j$  で、 $X$ 、 $Y$  が互いに独立であるとき、 $X+Y$  の確率分布を求める手法であり、 $X+Y=k$  である確率は次のようにして求められる。

$$Pr\{X+Y=k\} = \sum_{i+j=k} p_i \times q_j \dots \dots \dots (9)$$

3変数以上の場合は、2変数のたたみ込みにより得られた確率分布に、次の確率分布を次々にたたみ込んでいくことにより、全変数のたたみ込みが得られる。

### 3.3 基線の利用量の確率分布

表-11~表-14 で船種・船型別に 1 時間ごとの交通量と平均通過時間の実績値が 3 日間にわたって得られているので、3.2 で述べた方法を適用すると、基線の利用量の確率分布、および、それをもとにして各種の統計量が得られる。

確率分布等の計算結果は膨大な量となるので、ここでは、そのうち重要と思われる基線利用量の平均値、確率分布の 90% 値、99% 値、99.9% 値、および空(利用量 0)の確率のおのおのの時間変動を、図-10 にまとめた。

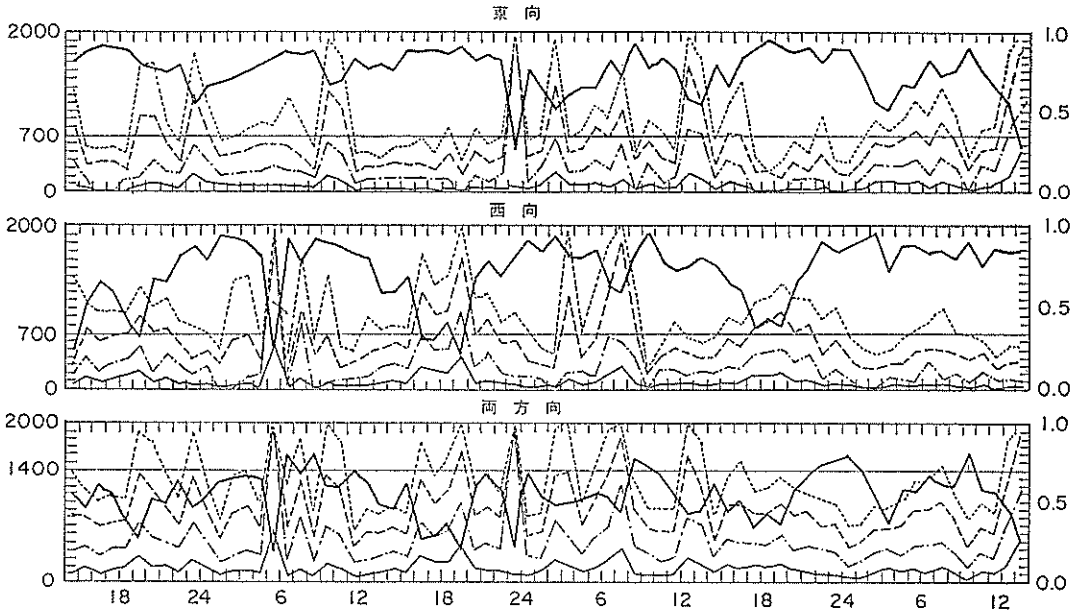


図-10 明石海峡における幅方向利用分布の平均値, 90%値, 99%値, 99.9%値および空の確率の時間変動

図中で, 細い実線, 一点鎖指線, 破線, 点線は, おの  
おの, 利用量の分布の平均値, 90%値, 99%値, 99.9  
%値であり, 図の左側のm単位を目盛を用いる。太い実  
線は空の確率であり, 図の右側の目盛に従う。

また, 図-10 は上から東航, 西航, および両方向の和  
についての幅方向の航路利用量の時間変動であることか  
ら, 航路幅である700m, および, 両方向の和の1,400  
mの線も表示した。明石海峡航路は片側幅700mで航路  
分離がなされているところから, 両方向の和は, 本来意  
味をもたないが, 全体で1,400mとして片側幅を可変と  
したときの結果を見るために, 参考として表示した。

この結果をみると, 空である確率が大きく, 通航船舶  
を散らばらせずに, 片側へ3.2L幅ですきまなく詰める  
と, 一部, 90%値で航路幅を超える時間が見られるも  
の, 十分余裕があることがわかる。これは, 実測値を  
平均値とする最ゆう(尤)推定法の考え方を取っている  
からであり, 実測値は変動していて平均値では有り得な  
いことから既に確率が考慮されていると考えて差し支え  
ないことによる。

なお, ここで述べた基線の利用量の平均値を現実の幅  
700mで除した値は, 2.3(3)で述べた航路要素がノ  
ードである場合の $\rho$ に理論的に一致する。経験的ではある  
が, 非常に混雑した海域では $\rho$ の値は日平均で0.1~0.2  
であり<sup>13)</sup>, 0.2をこえる場合は, 現実にはほとんど観測

されず, それ以上に混雑しているときである。

ここでは, 工事関連船までも考慮した基線利用量は  
求めなかったが, 工事関連船の基線への到着がランダム  
の場合は, 3.2で述べた方法で求められる。すなわち,  
工事関連船の全長と速力を考慮して基線通過隻数分布を  
求めて, 次に全長を用いて基線通過隻数分布を利用量の  
分布に直し, それを次々にたたみ込んでいくことにより  
計算可能である。工事関連船の到着がランダムではなく  
スケジューリングされていて, 定期的もしくは定時で  
ある場合は, 工事関連船だけの利用幅の確率分布が容易に  
求められるから, それをたたみ込めばよい。

#### 4. 一般船舶の航行予測

##### 4.1 基本的な考え方

大規模埋立工事における大量の工事関連船の安全な運  
航を目的とした運航管理システムは, 日単位, 週単位,  
月単位もしくはそれ以上の期間にわたっての土運船の運  
航を計画管理すると考えられる。それは工事の実施と直接  
に結合しており, また土砂等の供給地の状況にも応じ  
て総合的にとらえられるべきものである。関西国際空港  
建設の調査においては, 全体の工事を統括する工事管理  
システムを提案しており, そのサブシステムの1つに工  
事関連船の運航管理部門が考えられている<sup>9)</sup>。

本章では, 運航管理部門が安全かつ確実に工事関連船

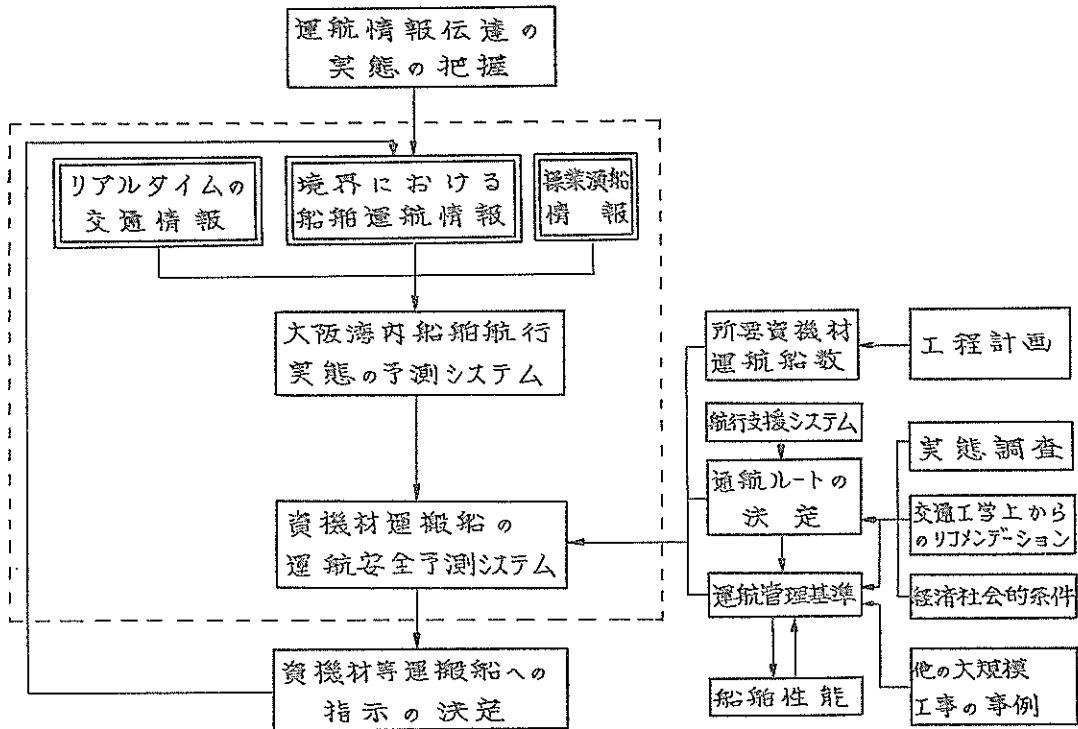


図-11 運航支援体制の概念図

の運航を管理するために、工事区域外の海域における一般船舶の交通情報を土運船等に与える形で土運船の運航を支援する方法を取り上げる。この考え方は、大規模埋立工事によって発生する大量の工事関連船舶の影響を一般船舶へは及ぼさないで、可能な限り、工事施工者の側のみで処理しようという方針に基づいている。

その内容は、一般船舶の航行状況を適確に把握して、将来の航行状況を正確に予測することである。実際にはさらに、一般船舶の航行状況をもとにして土運船等の運航計画を作成する。この場合、土運船等の航行によって生じる一般船舶の航行への干渉を可能な限り低くおさえることとする。以上に述べた概念は図-11であり、本章で取扱い運航支援の方法は、図中の破線で囲まれた部分とする。

#### 4.2 運航情報伝達の実態

一般船舶の航行状況の予測に先立って、工事関連船が航行する海域における一般船舶の動静が、現状においてどこまで把握できるかを調査した。調査法は、大阪湾内の船舶動静に関係している各機関、すなわち海上保安庁の第五管区海上保安本部航行安全課、神戸保安部港務課、大阪海上保安監部港務課、大阪ハーバーレダ局、

港湾管理者の神戸市港湾局管理部海務課および港務課、大阪市港湾局管理部港営課および海務課、民間団体である阪神水先区水先人会阪神パイロット組合、東洋信号通信社神戸支店和田岬見張所、大阪出張所の各所を順に訪れ、聞き取り調査を行ったものである。

ヒヤリングによる調査結果を整理すると以下のようにまとめられる。

- I) 海上保安庁、港湾管理者は総トン数 500 t 以上の船を対象としている。
- II) 港湾管理者は対象船舶の入出港予定表を作成している。予定表には、船名、トン数、直前寄港地、直後寄港地、入出港予定時間などが記入されており、前日までには把握される。
- III) 東洋信号通信社の信号所は、港湾管理者の予定表および自らの情報による入港船の動静と、通航船の目視観測と照合して、入港船の通過時刻の情報を、水先、港湾管理者、代理店に与えている。
- IV) 海上保安庁の信号所では、港湾管理者から届けられる予定表と直接代理店から出される届け出に基づいて、船の入出港時間の確認を行っている。ただしこの入出港時間の管理情報は、1 か月分をまとめて港



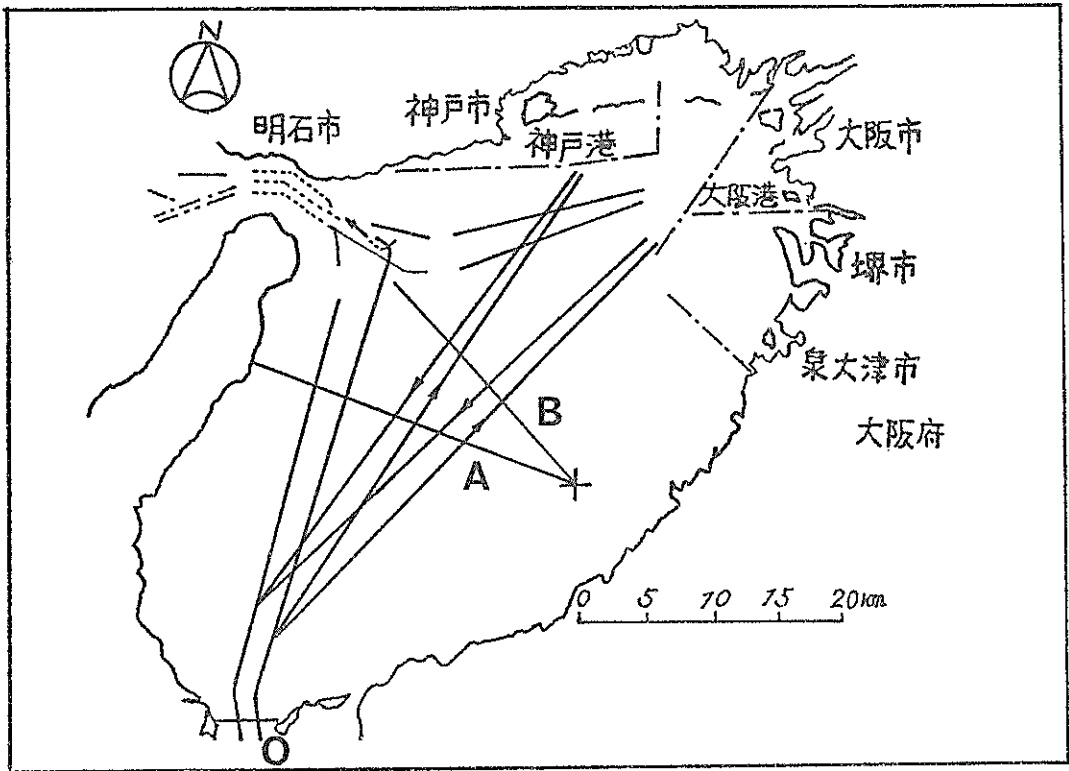


図-13 予測のための基線図 (O, A, B)

長に報告している。これは港則法に基づく、安全、治安上の業務として行っている。

V) また、第五管区海上保安部では、海上交通安全法に基づいて、明石海峡を通過する、巨大船長大物件曳航船、危険物船の管理を行っている。

以上のように、各機関がおのおのの目的に応じて、それぞれの情報を把握している。しかし、大阪湾全体の船舶運航を全部把握している機関はないということが判明した。

大阪湾全体の船舶運航情報を把握するには、各機関ごとの情報を取得し、それらを総合的に解析することで可能である。すなわち、港湾管理者の予定表によって、船名、トン数、経路の予定がつかめ、保安庁の信号所では、入出港時間が正確に分かり、東洋信号通信所の見張所は、現在のところ、入港船の信号所通過時刻をつかんでいるといった具合である。東洋信号通信所の見張所では、出港船についても依頼があれば十分対応できるということであった。大阪湾入出湾に関連する東洋信号所の見張所の配置状況を図示すると図-12のようになる。

#### 4.3 航行船舶の実態の把握と航行の予測

本節では、4.2 であげた調査機関によって、大阪湾の境界（湾内各港湾および明石海峡、友ヶ島水道、加太瀬戸）における船舶運航情報が刻々と得られたとして、それらをもとに、大阪湾内における任意の時刻における船舶航行状況を予測することの可能性についての検討を試みる。

土運船等の運航支援システムは、この予測を精度よく行い、予測した結果を工事関連船もしくは工事管理システムのサブシステムである土運船等の運航管理システムへ与えるものであって、これにより土運船等の安全確実な運航を支援する。

予測は、境界における船舶の船種・船型・行先・速力を得てそれらを入力情報とし、任意に与えられた時刻におけるその船舶の位置を出力するものである。図-11の左上に記入のリアルタイムの交通情報が刻々と得られる場合には、その情報をもとにして予測を新たに言いより精度の高い予測値を得ることとし、湾内における船舶どうしの干渉も考慮して予測する。

これらの予測にあたっては、数多くの実態観測を積み重ねて解析し、船種、船型、行先、季節、時間等で区分

土運船運航計画手法の開発

表-17 友ヶ島水道→神戸港ルートの船舶の航行時間予測

| 船番    | 船種 | 船種 | V     | da    | db    | ta    | $\hat{t}_a$ | $\hat{t}_a$ | tb     | $\hat{t}_b$ | $\hat{t}_b$ | $\hat{t}_a - t_a$ | $\hat{t}_a - t_a$ | $\hat{t}_b - t_b$ | $\hat{t}_b - t_b$ |
|-------|----|----|-------|-------|-------|-------|-------------|-------------|--------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1     | 1  | 6  | 19.80 | 22.13 | 29.28 | 33.80 | 36.37       | 36.21       | 44.98  | 47.71       | 47.91       | 2.57              | 2.41              | 2.73              | 2.93              |
| 2     | 1  | 8  | 8.20  | 22.16 | 28.85 | 88.27 | 87.82       | 87.55       | 114.47 | 115.21      | 113.98      | -0.45             | -0.72             | 0.74              | -0.49             |
| 3     | 1  | 4  | 15.90 | 22.00 | 29.55 | 41.50 | 45.29       | 44.83       | 56.64  | 59.42       | 60.21       | 3.79              | 3.33              | 2.78              | 3.57              |
| 4     | 1  | 4  | 11.80 | 22.36 | 29.78 | 58.81 | 61.03       | 61.39       | 78.90  | 80.06       | 81.76       | 2.22              | 2.58              | 1.16              | 2.86              |
| 5     | 2  | 4  | 19.60 | 21.17 | 28.25 | 43.56 | 36.74       | 34.99       | 58.40  | 48.20       | 46.70       | -6.82             | -8.57             | -10.20            | -11.70            |
| 6     | 2  | 3  | 13.70 | 21.32 | 30.59 | 61.53 | 52.56       | 50.42       | 93.02  | 68.96       | 72.34       | -8.97             | -11.11            | -24.06            | -20.68            |
| 7     | 1  | 7  | 11.40 | 22.77 | 30.01 | 58.65 | 63.17       | 64.71       | 76.49  | 82.87       | 85.28       | 4.52              | 6.06              | 6.38              | 8.79              |
| 8     | 1  | 7  | 8.20  | 22.62 | 29.16 | 63.63 | 87.82       | 89.37       | 83.15  | 115.21      | 115.21      | 24.19             | 25.74             | 32.06             | 32.06             |
| 9     | 2  | 8  | 11.70 | 23.26 | 28.95 | 76.56 | 61.55       | 64.41       | 94.29  | 80.75       | 80.16       | -15.01            | -12.15            | -13.54            | -14.13            |
| 10    | 1  | 4  | 9.20  | 22.23 | 29.06 | 73.37 | 78.27       | 78.28       | 92.73  | 102.69      | 102.33      | 4.90              | 4.91              | 9.96              | 9.60              |
| 11    | 1  | 2  | 14.50 | 22.34 | 29.15 | 51.68 | 49.66       | 49.91       | 66.44  | 65.15       | 65.13       | -2.02             | -1.77             | -1.29             | -1.31             |
| 12    | 2  | 1  | 10.80 | 21.74 | 29.14 | 63.11 | 66.68       | 65.21       | 89.48  | 87.47       | 87.41       | 3.57              | 2.10              | -2.01             | -2.07             |
| 13    | 5  | 2  | 13.50 | 21.75 | 30.22 | 53.27 | 53.34       | 52.20       | 74.05  | 69.98       | 72.52       | 0.07              | -1.07             | -4.07             | -1.53             |
| 14    | 10 | 9  | 12.70 | 22.72 | 34.67 | 57.96 | 56.70       | 57.96       | 83.07  | 74.39       | 88.44       | -1.26             | -0.00             | -8.68             | 5.37              |
| 15    | 1  | 8  | 9.50  | 22.96 | 29.05 | 81.53 | 75.80       | 78.30       | 102.38 | 99.44       | 99.07       | -5.73             | -3.23             | -2.94             | -3.31             |
| 16    | 1  | 3  | 8.70  | 21.95 | 30.15 | 98.83 | 82.77       | 81.74       | 136.81 | 108.59      | 112.27      | -16.06            | -17.09            | -28.22            | -24.54            |
| 17    | 1  | 2  | 10.30 | 22.81 | 29.34 | 57.84 | 69.91       | 71.75       | 75.03  | 91.72       | 92.29       | 12.07             | 13.91             | 16.69             | 17.26             |
| 18    | 1  | 8  | 15.40 | 22.02 | 27.91 | 50.30 | 46.76       | 46.32       | 63.57  | 61.35       | 58.72       | -3.54             | -3.98             | -2.22             | -4.85             |
| 19    | 1  | 2  | 10.20 | 22.96 | 28.75 | 57.93 | 70.60       | 72.93       | 72.12  | 92.62       | 91.32       | 12.67             | 15.00             | 20.50             | 19.20             |
| 20    | 1  | 2  | 12.80 | 22.31 | 28.51 | 52.45 | 56.26       | 56.47       | 66.92  | 73.81       | 72.16       | 3.81              | 4.02              | 6.89              | 5.24              |
| 21    | 5  | 2  | 10.80 | 22.09 | 27.93 | 66.80 | 66.68       | 66.26       | 94.61  | 87.47       | 93.78       | -0.12             | -0.54             | -7.11             | -10.83            |
| 22    | 1  | 7  | 13.80 | 22.29 | 28.95 | 44.65 | 52.18       | 52.33       | 59.26  | 68.46       | 67.96       | 7.53              | 7.68              | 9.20              | 8.70              |
| 23    | 1  | 7  | 17.70 | 23.12 | 28.87 | 34.57 | 40.68       | 42.32       | 44.23  | 53.37       | 52.84       | 6.11              | 7.75              | 9.14              | 8.61              |
| 24    | 1  | 7  | 10.90 | 22.15 | 29.83 | 61.24 | 66.06       | 65.84       | 82.44  | 86.67       | 88.66       | 4.82              | 4.60              | 4.23              | 6.22              |
| 25    | 2  | 7  | 15.70 | 22.74 | 27.28 | 53.64 | 45.87       | 46.92       | 66.91  | 60.17       | 56.19       | -7.77             | -6.72             | -6.74             | -10.62            |
| 26    | 1  | 2  | 12.80 | 21.97 | 29.71 | 57.63 | 56.26       | 55.61       | 77.78  | 73.81       | 75.20       | -1.37             | -2.02             | -3.97             | -2.58             |
| 27    | 1  | 7  | 14.30 | 21.38 | 28.13 | 55.63 | 50.36       | 48.44       | 80.25  | 66.06       | 63.73       | -5.27             | -7.19             | -14.19            | -16.52            |
| 28    | 1  | 8  | 12.80 | 21.42 | 28.65 | 63.82 | 56.26       | 54.22       | 83.95  | 73.81       | 72.51       | -7.56             | -9.60             | -10.14            | -11.44            |
| 29    | 9  | 2  | 10.40 | 22.21 | 25.72 | 86.72 | 69.24       | 69.19       | 99.89  | 90.84       | 30.12       | -17.48            | -17.53            | -9.05             | -19.77            |
| 30    | 2  | 2  | 12.70 | 22.33 | 29.32 | 48.89 | 56.70       | 56.96       | 66.02  | 74.39       | 74.79       | 7.81              | 8.07              | 8.37              | 8.77              |
| 31    | 1  | 6  | 14.70 | 22.43 | 29.27 | 44.86 | 48.99       | 49.43       | 65.26  | 64.27       | 64.51       | 4.13              | 4.57              | -0.99             | -0.75             |
| 32    | 1  | 8  | 10.10 | 20.72 | 29.92 | 75.64 | 71.30       | 66.46       | 102.16 | 93.54       | 95.97       | -4.34             | -9.18             | -8.62             | -6.19             |
| 33    | 2  | 7  | 13.50 | 22.85 | 28.81 | 47.52 | 53.34       | 54.84       | 60.31  | 69.98       | 69.14       | 5.82              | 7.32              | 9.67              | 8.83              |
| 34    | 1  | 5  | 13.20 | 22.37 | 28.45 | 50.83 | 54.55       | 54.90       | 64.69  | 71.57       | 69.83       | 3.72              | 4.07              | 6.88              | 5.14              |
| 35    | 1  | 2  | 7.40  | 22.85 | 29.48 | 75.29 | 97.31       | 100.04      | 97.46  | 127.66      | 129.06      | 22.02             | 24.75             | 30.20             | 31.60             |
| 36    | 1  | 5  | 13.90 | 21.75 | 28.20 | 55.15 | 51.81       | 50.69       | 72.00  | 67.97       | 65.73       | -3.34             | 4.46              | -4.03             | -6.27             |
| 37    | 2  | 4  | 9.20  | 22.15 | 30.04 | 61.89 | 78.27       | 78.00       | 91.85  | 102.69      | 105.78      | 16.38             | 16.11             | 10.84             | 13.93             |
| 平 値 値 |    |    | 12.48 | 22.23 | 29.16 | 59.71 | 60.94       | 61.01       | 79.24  | 79.95       | 80.03       | 1.23              | 1.30              | 0.72              | 0.79              |
| 標準偏差  |    |    | 2.94  | 0.56  | 1.28  | 14.38 | 14.39       | 14.79       | 18.81  | 18.87       | 19.46       | 9.11              | 9.82              | 12.33             | 12.74             |



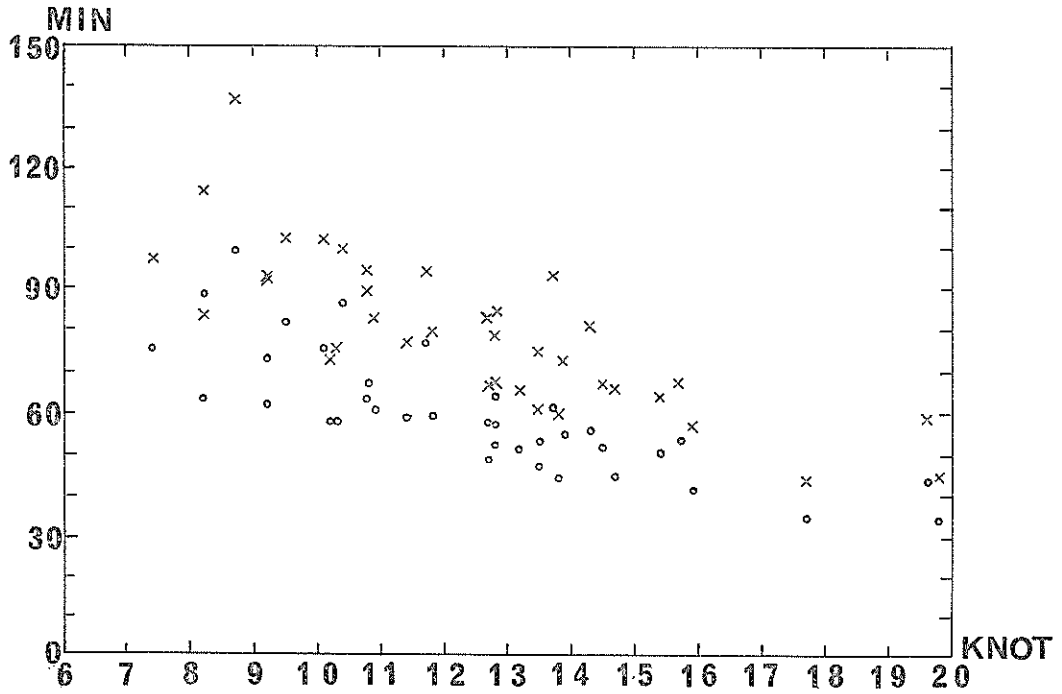


図-14 友ヶ島水道通過時の速力と基線A, Bまでの所要時間

表-18 実態調査における船種船型コード

| 船種コード |      | 船型コード |          |
|-------|------|-------|----------|
| 1     | 貨物船  | 1     | ～ 100    |
| 2     | タンカー | 2     | ～ 500    |
| 3     | 客船   | 3     | ～ 1000   |
| 4     | フェリー | 4     | ～ 3000   |
| 5     | 水中翼船 | 5     | ～ 6000   |
| 6     | 漁船   | 6     | ～ 10000  |
| 7     | 特殊船  | 7     | ～ 20000  |
| 8     | 曳押航船 | 8     | 20000 以上 |
| 9     | その他  | 9     | 不明       |
| 10    | 不明   | 9     | 不明       |

し、その区分ごとに予測式を見つけ出して、それを利用することが望ましい。

現状では、実際に境界における通過時間を知ることは難しいことから、2.で述べた昭和54年5月29日～31日の48時間分の大阪湾海上交通船舶実態観測の結果を利用して、以上に述べてきた予測を行った。

まず初めに、友ヶ島水道から神戸港へ向かう船舶に着目し、図-13に示されている予測のための基線を3本設けた。図-13において、淡路から土を運ぶ場合に土運船

の航行の可能性がある空港島から淡路島小井を結ぶ線を基線Aとし、明石以西の瀬戸内海から海砂や石材を運ぶ船舶の運航の可能性がある空港島から明石海峡を結ぶ線を基線Bとした。基線A, Bは一般船舶の通過時刻を予測しようとする基線であるが、予測する際に必要な現実データを得る基線として友ヶ島水道に基線Oを設けた。

図-14は、横軸に基線Oを通過する際の速力を取り、縦軸に友ヶ島水道から神戸へ向けて約23km地点の基線Aまでの所要時間を○印で、約30km地点の基線Bまでの所要時間を×印でプロットした図である。2日間の実態観測における、友ヶ島から神戸へ向かった船舶は総数37隻であり、それら全船舶の通過時刻の予測に関する数値を表-17にまとめた。表-18は表-17および実態調査で用いた船種船型のコード表である。

表-17中の各記号は以下のものを表している。

V : 友ヶ島水道基線O通過時の速力 (ノット)。

da : 基線Oから基線Aまでの航行距離 (km)。

ta : 基線Oから基線Aまでの航行時間 (分)。

$\hat{t}a$  : 基線Oから基線Aまでの平均航行距離を22.13 kmとしてVで除して求めた航行時間の推定値。

$\hat{t}a$  : 基線Oから基線Aまでの航行距離をdaをVで除して求めた航行時間の推定値。実際にはdaは

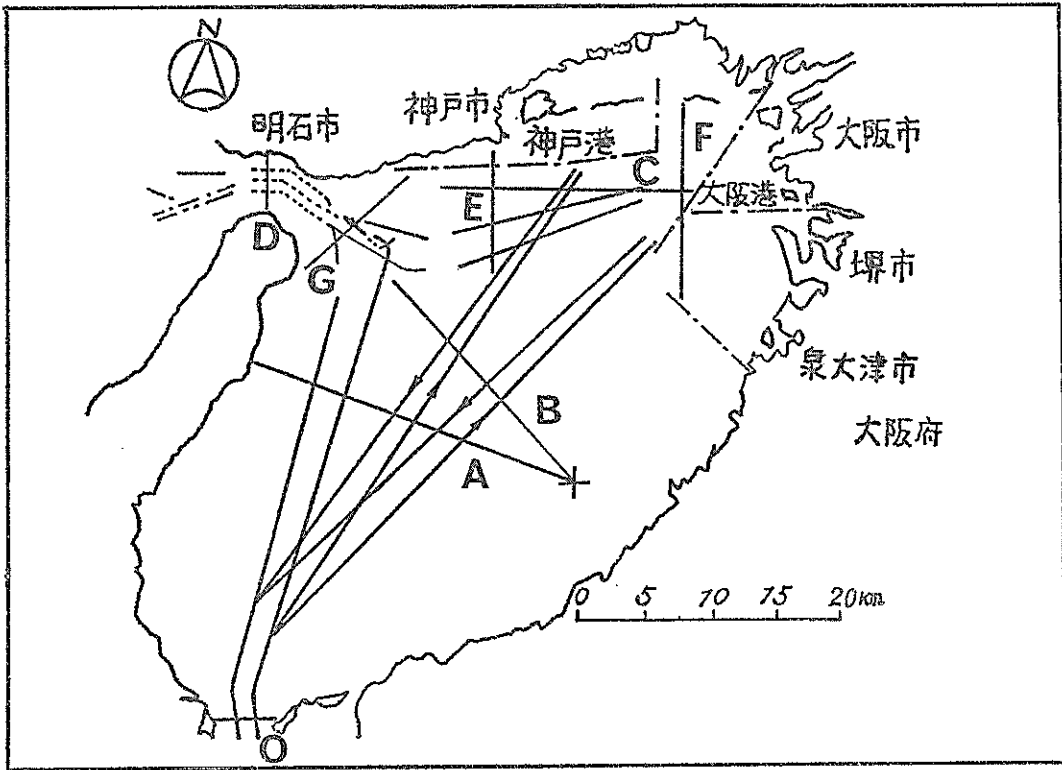


図-15 予測のための基線図 (O, A, B, C, D, E, F, G)

表-19 経路ごとの各値の平均値と標準偏差 (上段 平均値, 下段 標準偏差)

| 経路             | V     | da    | db    | ta    | $\hat{t}_a$ | $\hat{t}_a$ | tb     | $\hat{t}_b$ | $\hat{t}_b$ | $\hat{t}_a - t_a$ | $\hat{t}_a - t_a$ | $\hat{t}_b - t_b$ | $\hat{t}_b - t_b$ |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------------|--------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 友ヶ島水道→<br>神戸港  | 12.48 | 22.23 | 29.16 | 59.71 | 60.94       | 61.01       | 79.24  | 79.95       | 80.03       | 1.23              | 1.30              | 0.72              | 0.79              |
|                | 2.94  | 0.56  | 1.28  | 14.38 | 14.39       | 14.79       | 18.81  | 18.87       | 19.46       | 9.11              | 9.82              | 12.33             | 12.74             |
| 友ヶ島水道→<br>大阪港  | 12.52 | 24.45 | 27.46 | 68.26 | 69.78       | 70.06       | 76.99  | 78.36       | 78.63       | 1.52              | 1.80              | 1.38              | 1.64              |
|                | 4.20  | 1.05  | 0.28  | 21.13 | 20.67       | 21.85       | 22.69  | 23.21       | 24.15       | 10.92             | 11.23             | 11.66             | 12.59             |
| 神戸港→<br>友ヶ島水道  | 12.58 | 12.65 | 20.06 | 36.94 | 35.27       | 35.67       | 57.47  | 55.94       | 56.25       | -1.67             | -1.27             | -1.53             | -1.22             |
|                | 3.73  | 1.72  | 1.49  | 15.31 | 9.97        | 11.91       | 21.29  | 15.81       | 17.38       | 7.83              | 7.20              | 10.32             | 8.57              |
| 大阪港→<br>友ヶ島水道  | 12.98 | 21.30 | 25.38 | 59.15 | 59.03       | 60.11       | 72.72  | 70.34       | 70.67       | -0.11             | 0.96              | -2.39             | -2.06             |
|                | 4.33  | 2.28  | 1.94  | 21.09 | 19.95       | 24.70       | 22.76  | 23.77       | 25.26       | 10.09             | 12.30             | 15.47             | 17.30             |
| 明石海峡→<br>友ヶ島水道 | 11.09 | 19.58 | 41.68 | 60.43 | 60.78       | 60.44       | 121.87 | 129.35      | 129.07      | 0.35              | 0.02              | 7.48              | 7.20              |
|                | 2.57  | 3.13  | 3.20  | 13.11 | 16.02       | 16.78       | 17.33  | 34.09       | 33.86       | 17.68             | 13.75             | 33.22             | 31.96             |
| 友ヶ島水道→<br>明石海峡 | 11.57 | 21.96 | 42.36 | 62.77 | 66.62       | 66.86       | 127.58 | 128.54      | 128.39      | 3.85              | 4.09              | 0.96              | 0.81              |
|                | 2.94  | 0.43  | 2.28  | 11.45 | 21.92       | 23.15       | 18.10  | 42.29       | 42.29       | 15.25             | 16.69             | 33.04             | 32.66             |
| 神戸港→<br>明石海峡   | 9.84  | 7.92  | 16.85 | 30.10 | 27.68       | 27.53       | 61.11  | 58.86       | 59.01       | -2.42             | -2.57             | -2.25             | -2.10             |
|                | 2.49  | 1.53  | 0.81  | 8.59  | 6.55        | 8.10        | 15.22  | 13.94       | 14.98       | 8.46              | 8.99              | 13.42             | 15.56             |
| 大阪港→<br>明石海峡   | 10.17 | 21.94 | 30.37 | 72.13 | 73.98       | 73.91       | 100.36 | 102.38      | 102.57      | 1.85              | 1.78              | 2.02              | 2.21              |
|                | 2.36  | 20.67 | 20.62 | 12.97 | 20.88       | 70.81       | 18.01  | 28.90       | 73.76       | 18.90             | 70.25             | 26.31             | 73.05             |

表-20 経路ごとの対象隻数と相関係数および利用基線

| 経路         | 対象隻数 | $\hat{t}_a$ と $\hat{t}_a$ の相関係数 | $\hat{t}_a$ と $\hat{t}_a$ の相関係数 | $\hat{t}_b$ と $\hat{t}_b$ の相関係数 | $\hat{t}_b$ と $\hat{t}_b$ の相関係数 | 利用基線 |
|------------|------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------|
| 友ヶ島水道→神戸港  | 37   | 0.80                            | 0.77                            | 0.78                            | 0.78                            | OAB  |
| 友ヶ島水道→大阪港  | 96   | 0.86                            | 0.86                            | 0.87                            | 0.86                            | OAB  |
| 神戸港→友ヶ島水道  | 39   | 0.89                            | 0.89                            | 0.89                            | 0.92                            | CAO  |
| 大阪港→友ヶ島水道  | 68   | 0.88                            | 0.87                            | 0.78                            | 0.75                            | CAO  |
| 明石海峡→友ヶ島水道 | 37   | 0.28                            | 0.60                            | 0.30                            | 0.36                            | DAO  |
| 友ヶ島水道→明石海峡 | 32   | 0.76                            | 0.73                            | 0.67                            | 0.69                            | ODA  |
| 神戸港→明石海峡   | 49   | 0.40                            | 0.42                            | 0.58                            | 0.47                            | EGD  |
| 大阪港→明石海峡   | 227  | 0.46                            | 0.13                            | 0.45                            | 0.16                            | FGD  |

わからず結果として与えられるのであくまでも参考値である。

db,  $\hat{t}_b$ ,  $\hat{t}_b$  は上の説明の基線Aを基線Bでおきかえたものである。したがって、図-14は、Vと $\hat{t}_a$ を○印で、Vと $\hat{t}_b$ を×印でプロットした図である。

推定値と実際値の相関度をみるために相関係数を求めると、 $\hat{t}_a$ と $\hat{t}_a$ は0.80、 $\hat{t}_a$ と $\hat{t}_a$ は0.77、 $\hat{t}_b$ と $\hat{t}_b$ は0.78、 $\hat{t}_b$ と $\hat{t}_b$ は0.78であった。

以上に、友ヶ島水道から神戸港へ向かう船舶についての手測を述べてきた。さらに図-15に示すように、神戸港→友ヶ島水道、友ヶ島水道⇄大阪港、友ヶ島水道⇄明石海峡、神戸港→明石海峡、大阪港→明石海峡についてもさらにC～Gの5本の基線を設けて、同様の手測を行った。

ここで、OおよびA～Gの基線は通過時刻を得る基線であると同時に、その通過時刻を予測される基線でもある。おのおのの経路に対する通過時刻を得る基線、および通過時刻を予測される基線の対応関係は表-20の左端の経路と右端の利用基線より与えられる。表-20の右端の利用基線の3つのローマ字は、左から通過時刻を得る基線、aの添字で表される航行所要時間を予測しようとする基線、bの添字で表される航行所要時間を予測しようとする基線である。例えば、表-20の神戸港→明石海峡の経路の場合、利用基線はEGDであるから、基線Eの実際の通過時刻から、基線Gの通過時刻を予測するのであるが、EG間の航行所要時間はaの添字の付いた $\hat{t}_a$ ,  $\hat{t}_a$ ,  $\hat{t}_a$ であり、EG間の距離は $d_a$ である。次に、基線Eの実際の通過時刻から、基線Dの通過時刻を予測するのであるが、ED間の航行所要時間はbの添字の付いた $\hat{t}_b$ ,  $\hat{t}_b$ ,  $\hat{t}_b$ であり、ED間の距離は $d_b$ である。

友ヶ島水道→神戸港のケースも含めて、表-17の最下段に示したような、各項目の平均値と標準偏差の数値を全ケースについて表-19にまとめた。表-20は通過時刻の予測値と実際の通過時刻の相関係数および利用基線、対象隻数を記した表である。図-14に対応する図は省略する。

表-19、表-20によると、明石海峡を通航する場合に相関係数が低くなっており、経路の設定方法、潮流の影響、船舶のふくそうによって予測値と実際値が異なることがわかる。

なお、使用したデータは、このような解析のために計画した観測の結果ではなく、6分間隔といったこの種の解析にとっては非常に粗いものである。2.で述べた手法によって、工事関連船の海上交通への影響が大なることが確認できた場合には、工事施工者は、この目的に沿った観測を積み重ねることによって、予測精度を向上させて、次の段階、すなわち、正確な予測による運航支援の体制づくりに着手する必要がある。

#### 4.4 工事区域外の土運船の航行に関する課題

一般船舶の通過時刻の予測にあたって以下の2点が、今後の課題として挙げできる。

- I) 境界の情報をより正確に得るためには小豆島の地蔵崎、友ヶ島水道を望む海域明石海峡、日の御崎等、最も有効な場所にレーダを設置することが望ましい。港湾周辺においては在来機関の情報を積極的に活用する方策を講ずる必要がある。
- II) 境界条件が与えられてから湾内の航行船舶の航行予測を行うにあたって、航行船舶どうしが出会うことによって生じる干渉をどのような形でとり入れるか、また、その中に土運船等の運航をどのように入

れていくか、段階的に検討して、効率のよい方法を順次決定していく必要がある。

## 5. 埋立工事の土運船運航計画手法の開発

### 5.1 土運船運航計画情報の作成

#### (1) 開発の目的

海上空港、沖合人工島といった大規模埋立工事においては、土運船を主とした数多くの工事関連船が、土砂積み出し桟橋と埋立工事現場との間を運航する。

このとき、埋立工事現場においては、

- ① 埋立工事現場における作業船舶のふくそうの程度の予測
- ② ふくそうの程度を小さくするような土運船等の運航経路の探索
- ③ 工事可能時間の増減による工事への影響の予測という問題が生ずる。

また、土砂積み出し桟橋においては、

- ④ 土量の供給量および供給に要する時間の決定
  - ⑤ バース数の決定
  - ⑥ 荷役可能時間の決定
- という問題が生ずる。

さらに、全体として、

- ⑦ 種々の計画案に対して、土運船の能力と数の決定も重要な検討事項である。

以上の問題点をあらかじめ解決して、土運船等の工事関連船の運航計画を作成するにあたって、計画担当者に計画情報を与えることを目的として土運船運航計画情報の作成手法を開発した。作業手順としては、各計画案ごとに、詳細なデータの代替案をとりそろえ、それらを入力データとして、本システムにより上記①～⑦について得られた情報を計画担当者が比較検討することによって、それら計画案のうちから最良の案を見つけ出す方式を考えており、システム自体が、自動的に最適計画案を探し出すようにはなっていない。そうすることは技術的に不可能ではないものの、現在の時点では、最適案のみが直接求められるよりも、数多くの代替案の結果が入力データによってどのように変化するか、また、その程度を見ることに重点を置いたためである。

#### (2) 手法の構成

土運船運航計画に必要な計画情報を作成する本手法は、既に開発済みの海上交通シミュレーションのネットワークシミュレーション<sup>9)</sup>を拡張して、それに工事計画作成手法<sup>8)</sup>を結合させたもので、したがって、この2つのサブシステムから構成されている。

前者については、土運船等の運航が埋立地と土砂積み

出し桟橋との往復運航であることから、船舶のサイクル化の機能を付加した。

後者は、図-16 の下図の形で工程を表し、対応する資源量を上図に示す工程計画作成手法である。

### 5.2 ケース・スタディ

本節では、本手法を用いて具体的に検討したケースを述べる。なお、ケースの設定をはじめとして工事に関する情報は1. で述べたように、運輸省第3港湾建設局関西国際空港計画室によるものである。

(1) 前提条件は、以下のとおりである。

#### a) 対象時期

図-17 で与えられる施工計画案をもとにして、工事計画システムより与えられた結果である直投用土運船および揚土用土運船が最も多くなる工事着工後4年めを対象時期とする。図において、左下りの斜線領域、左下りの斜線領域以外のハッチを施した領域、および点を施した領域は、おのおの、護岸部地盤改良区域、護岸部に隣接した先行サンドドレーン区域、および埋立地内サンドドレーン区域である。

なお、図-17 は2. で取扱った建設計画よりも後の計画であることから計画の条件は2. における条件とは一致していない。

#### b) 運航経路

検討した計画案において、土運船の経路を、ネットワークシミュレーションの手法によって平面的に表示すると図-18 のように表される。図-18 において、⊗印は土砂積み出し桟橋とし、A, B, C の3か所である。◎印は埋立工事現場における土捨て場であり、D, E, …, S の16か所である。①から⑩および○の印は桟橋と土捨て場でないネットワークシミュレーションのノードであり、2. で述べたように土運船等の運航経路における交差、合流、分岐部である。

図-18 で、D, E, F, G は直投1でありH, I, J, K は直投2, 3であり、L, N, P, R は直投4であり、M, O, Q, S は揚土である。このように、埋立を5段階に分けたのは、不等沈下をできるだけ少なくするためである。ここで、直投1は海底面から-14.8 mまでを埋立て、直投2は-10.4 mまでを埋立て、直投3は-6 mまでを埋立て、直投4は-3 mまでを埋立て、揚土は海面上6.2 mまでを埋立てる。

また、X, Y, Z は埋立区域の出入口であるが、

タイプ1 X, Y の2か所を入口とし、出口はZの1か所のみとする。(図-19)

タイプ2 Xの1か所のみ入口とし、出口はY, Zの2か所とする。(図-20)

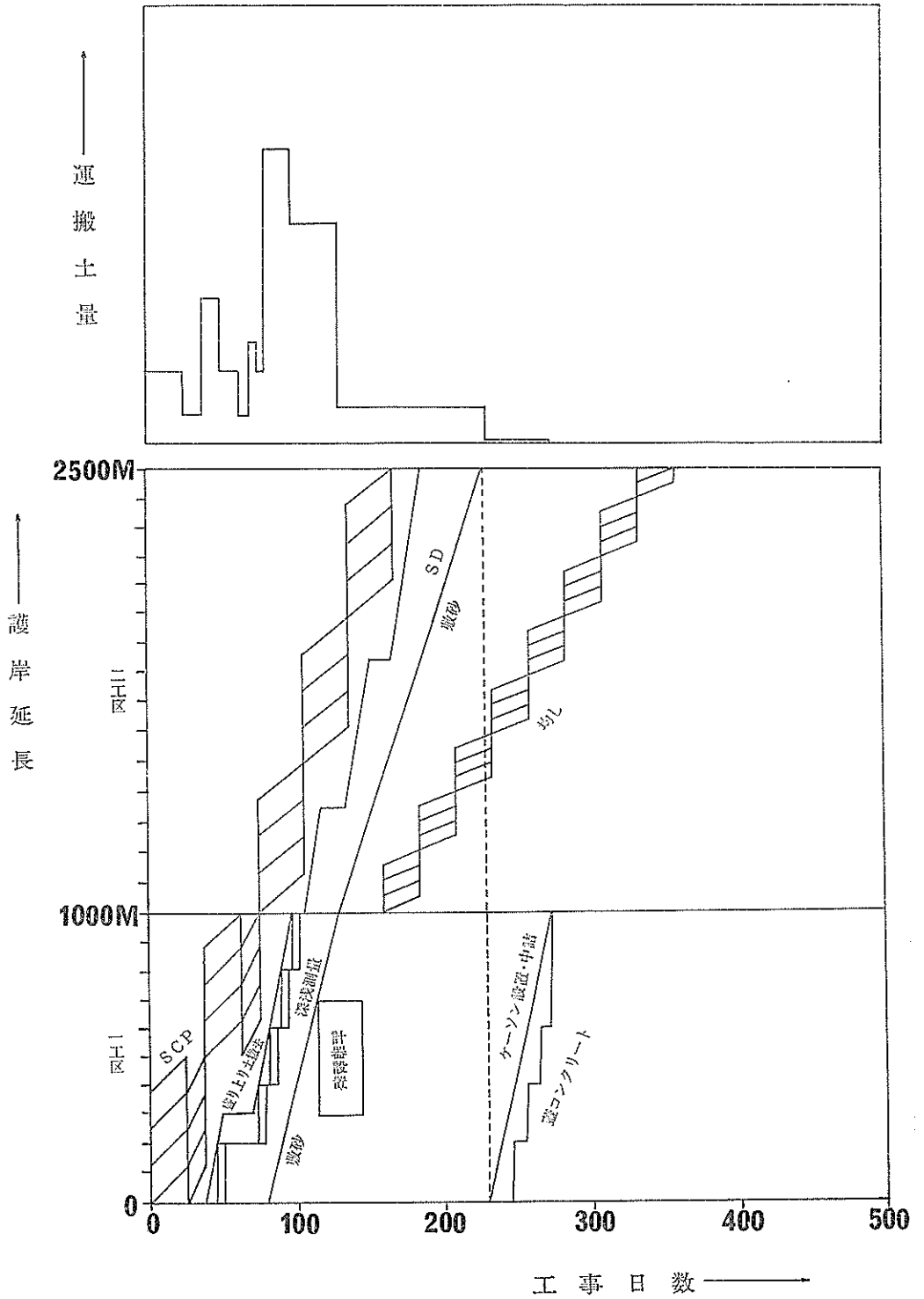


図-16 工程計画と資材山積図

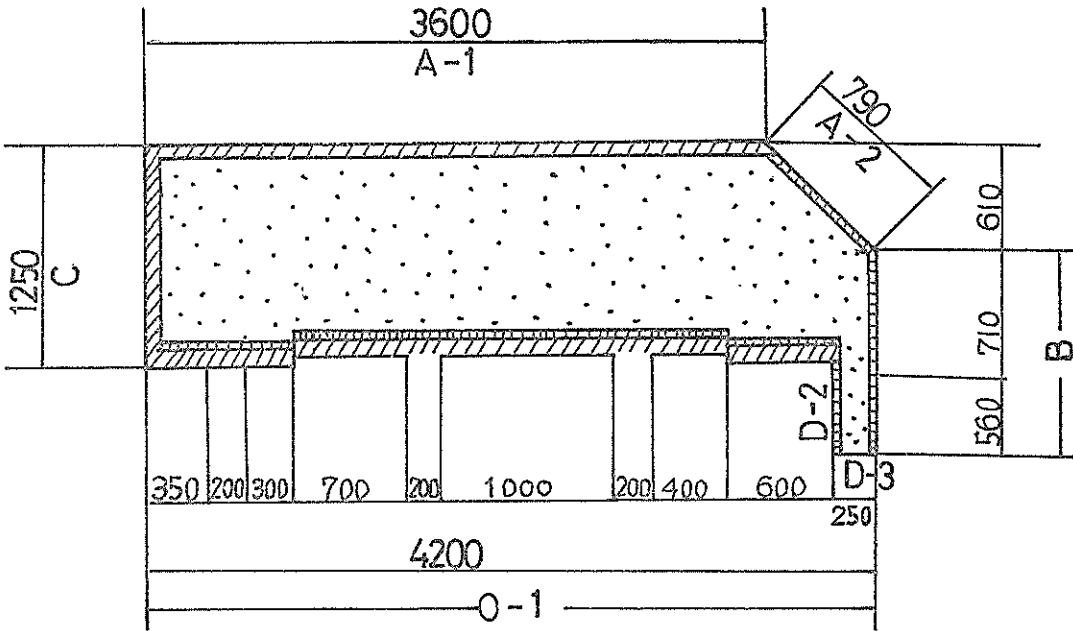


図-17 施工平面計画

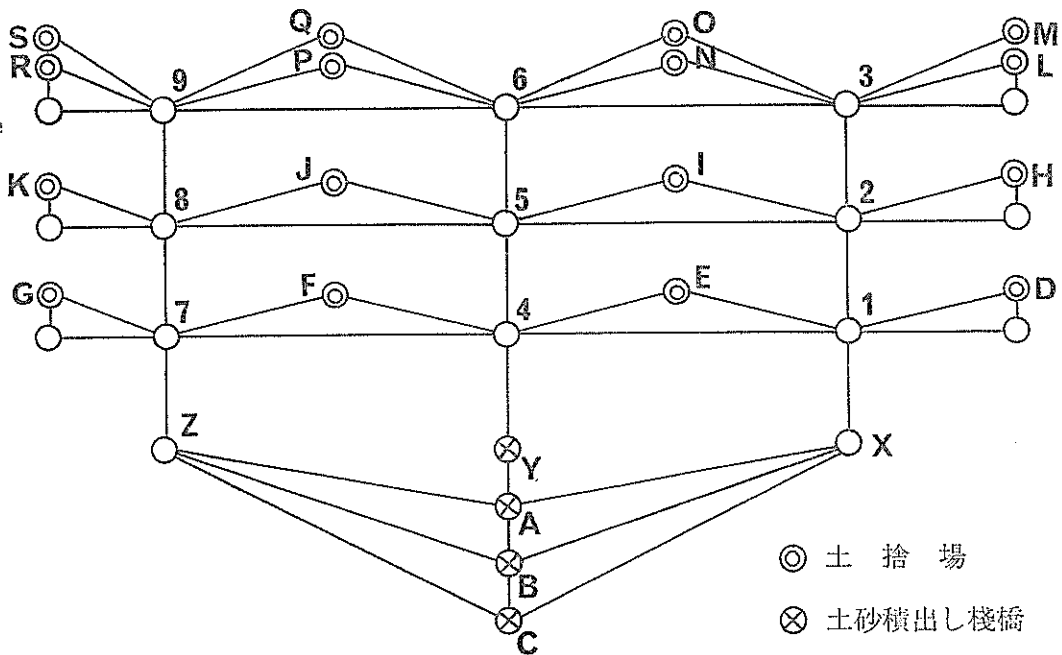


図-18 土運船運航経路

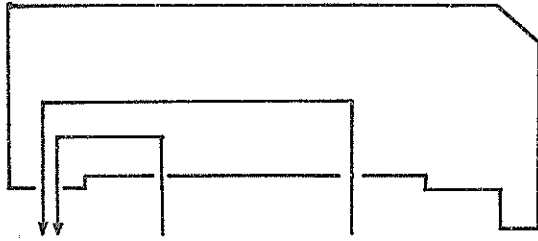


図-19 タイプ1

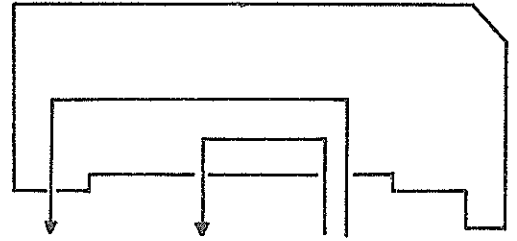


図-20 タイプ2

の2タイプの運航経路で検討した。したがって、空港島内の埋立水域では、反時計回りに経路をつけた。

なお、図-18の距離は正しい縮尺では表示されていない。実距離は横方向距離は、図-18においてDと1、1と4、4と7がおのおの700m、7とGが370mであり、縦方向の距離は、Xと1が420m、1とDが100m、Dと2が210m、2とHが100m、Hと3が160m、3とLが100m、LとMが50mである。土砂積み出し棧橋A、B、Cと空港島の距離はおのおの、10km、20km、30kmとした。

c) 対象土運船

直投に供する土運船の積載量を2,500m<sup>3</sup>、揚土に供する土運船の積載量を3,300m<sup>3</sup>とし、全長は一律100mとした。航行速力は、空港島外では満載時で6ノット、空船時で7ノットとし、空港島内ではおのおの3ノット、5ノットとした。空港島内では土運船は併航をせずに前方船と最小船間距離300mをとった。図-17の数字で示される場所、現実には運航経路の交差、合流、分岐部においても船間距離300mを保つようにし、そこでは満載土運船を優先させた。

d) 棧橋側の条件

土砂積み出し棧橋は、空港島から10km離れた揚土用のA(揚土用土運船16隻就航)、20kmのB(直投3,4用土運船16隻就航)、30kmのC(直投1,2用土運船13隻就航)である。おのおの土砂積み出し棧橋におけるローダ能力は、A、Bでは10,000m<sup>3</sup>/H、各1基、Cでは1,900m<sup>3</sup>/Hを4基とした。したがって、積み込み時間は、A、Cでは1船あたり約20分、Bでは約15分となるが、さらに、接岸に要する時間10分を加えた。ただし、既にバースに接岸して積み込みを待つ場合の船舶の場合には接岸時間を加えないこととした。バース数は、A、B、Cおのおの6、4、2である。

e) 稼働時間

棧橋側の稼働時間は6時から17時までとし、空港島内の稼働時間は7時から17時30分までとした。ただ

し、17時30分までに空港島に到着した土運船は空港島内で作業を終えた後、土砂積み出し棧橋まで戻り、そこで翌朝まで待つこととした。

f) 空港島内の作業時間

空港島内における土捨作業時間は、一律に、直投は20分、揚土は100分とした。

(2) 主要な結果

ここでは、5.2(1)の前提条件の下での主要な結果に表-21 空港島内における平均待ち時間と待ち船率

| 地点  | タイプ1       | タイプ2       |
|-----|------------|------------|
| 入口X | 28秒 (17%)  | 78秒 (25%)  |
| 入口Y | 28秒 (14%)  | なし         |
| 水域2 | 4秒 (7%)    | 5秒 (7%)    |
| 水域3 | 4秒 (8%)    | 3秒 (3%)    |
| 水域4 | 3秒 (3%)    | 0秒 (0%)    |
| 水域5 | 5秒 (8%)    | 5秒 (6%)    |
| 水域8 | 4秒 (4%)    | 4秒 (4%)    |
| 直投H | 3.4分 (30%) | 3.0分 (30%) |
| 直投I | 2.8分 (23%) | 1.8分 (25%) |
| 直投J | 1.4分 (16%) | 1.3分 (16%) |
| 直投K | 1.6分 (19%) | 1.8分 (19%) |
| 直投P | 1.5分 (37%) | 1.5分 (29%) |
| 揚土M | 60分 (82%)  | 60分 (82%)  |
| 揚土O | 60分 (81%)  | 72分 (82%)  |
| 揚土Q | 60分 (91%)  | 60分 (81%)  |
| 揚土S | 66分 (78%)  | 60分 (78%)  |

表-22 夜間びょう泊隻数(日平均)

| 地点   | タイプ1   | タイプ2   |
|------|--------|--------|
| A棧橋  | 15.25隻 | 15.25隻 |
| B棧橋  | 12.25隻 | 11.00隻 |
| C棧橋  | 9.25隻  | 9.00隻  |
| 開口部X | 4.25隻  | 9.75隻  |
| 開口部Y | 4.00隻  | なし     |

表-23 棧橋の空いている回数と継続時間

|   |    | タイプ 1 |      |      |      |      | タイプ 2 |      |      |      |      |      |      |  |
|---|----|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|--|
| A | 4回 | 0.01  | 0.06 | 0.01 | 0.36 |      | 1回    | 0.31 |      |      |      |      |      |  |
| B | 5  | 0.73  | 0.11 | 0.19 | 0.35 | 0.18 | 6     | 0.87 | 0.10 | 0.57 | 0.04 | 0.03 | 0.04 |  |
| C | 6  | 1.04  | 0.02 | 1.03 | 0.03 | 0.06 | 0.12  | 5    | 1.23 | 0.81 | 0.03 | 0.02 | 0.06 |  |

ついて、5.1(1)の①～③に沿って検討する。

#### a) 空港島内におけるふくそうの程度

船舶運航シミュレーションの結果、土運船の待ちの生じた地点は表-21のとおりであり、ふくそう度は、タイプ1、2ともあまりかわらない。

ただし、入口における待ち時間は、入口の2つあるタイプ1のほうが当然ながら待ちが少ない。

#### b) 夜間停泊隻数

夜間作業の禁止により、埋立水域入口および土砂積み出し棧橋で夜間びょう(錨)泊が見られるがその隻数は、表-22である。

これより、おのおのの場所における泊地規模の必要量が算定可能であるが、この例ではタイプ1と2であまり差がない。

#### c) 棧橋の空き時間

土砂積み出し棧橋に土運船が接岸していない場合に、ベルトコンベヤを止めるわけにはいかないことから、そのような場合には予備の土運船を用意する必要があるが、その数を算定するために、棧橋の空き時間は重要である。ここでは、一例として、各棧橋における空き回数とその継続時間を表-23に示す。これはシミュレーション5日目の1日の結果である。

表-23において、土砂積み出し棧橋Aにおいては最大0.36時間、棧橋Bにおいては最大0.87時間、棧橋Cにおいては最大1.23時間の空き時間が見られる。この空き時間と各棧橋のローダ能力の積は、土運船が運びきれないで棧橋に積残される土砂の量であることから、予備の土運船の数が算定可能である。

## 6. あとがき

国土の狭いわが国においては、国土の有効利用といった観点から大規模埋立工事は今後もひきつづき計画されることと思われる。その場合に、工事自体のもつ多くの技術的課題と併せて、埋立工事に不可欠な工事関連船舶の海上保安問題は、場所が船舶のふくそうする海域においては、工事遂行上重要課題となることが予想される。工事関連船舶の事故は工事の進ちょくの遅延のみに留まらず、物資の輸出入の阻害を通じてわが国経済への影響

は大であり、社会的影響もはかりしれないといえよう。とりわけ、最近における船舶の大型化、危険物積載船の増大傾向は、いったん事故が起きた場合の損害を、予想もつかないものとしている。したがって大規模埋立工事に見られるような大量の工事関連船舶の海上交通問題は、事前に十分検討しておくことが強く要請されよう。

本研究は、このような要請に応えるために、工事関連船舶の海上交通への影響を事前に評価するとともに、その対応策をも探る目的で為されたものである。しかし、対応策に関しては、最も単純といえる工事施工側である工事関連船舶の規制のみに絞り、他の一般船舶の規制を考えない方策をとっている。これは、はじめから一般船舶の規制を安易に考えずに、第一段階においてはまず一般船舶の側は工事によって何らの影響も受けない方策で検討し、その結果、一般船への規制の必要性が判明してから、一般船への規制を取り入れる第二段階に着手しようという意図によるものである。この点に関しては、4.4が中心であるが4.4はその概念を述べたに過ぎず、今後の課題であり現在継続中である。

最後に、本報告書を作成するにあたって資料提供に御協力を頂いた海上保安庁警備救難部、海上保安大学校、日本海難防止協会、日本埋立浚渫協会の関係各位、また4.2の通航情報伝達の実態の把握で御説明頂いた各機関の担当者、関西国際空港調査室歴代の担当者の方々に深甚な謝意を表する。(1985年6月29日受付)

## 参考文献

- 1) 奥山育英：工事関連船舶の海上交通への影響，昭和57年度港湾技術研究所講演会講演集，pp.187～225，1982年
- 2) 奥山育英：大規模埋立工事における土砂等資材運搬船の運航に関する研究，土木計画学研究発表会講演集，pp.623～632，1983年
- 3) 海上交通安全調査報告書，日本海難防止協会，1984年
- 4) 奥山育英：海上交通シミュレーションの開発と応用，昭和54年度港湾技術研究所講演会講演集，pp.197～248，1979年
- 5) 奥山育英・藤原哲：海上交通のマクロ評価シミュレーション，第6回電算機利用に関するシンポジウム



奥 山 育 英

- 講演概要集, pp. 21~24, 土木学会電算利用委員会  
1981年
- 6) 奥山育英: ネットワークシミュレーション, 日本航海学会誌「航海」, 第80号, pp. 20~27, 1984年
  - 7) 奥山育英・佐藤恒夫・中西克也: 港湾工事等における工程計画作成手法の開発と応用, 土木計画学研究発表会講演集, pp. 633~637, 1983年
  - 8) 奥山育英・佐藤恒夫: 座標式工程表による工程計画手法の開発, 港湾技術研究所報告, 第23巻, 第3号, pp. 187~234, 1984年9月
  - 9) 関西国際空港工事管理システム調査——工事管理システム調査報告書, 日本埋立浚渫協会, 1984年
  - 10) 奥山育英: 埋立工事の土運船運航計画システム, 土木計画学研究・講演集, pp. 421~424, 1985年
  - 11) 藤井弥平: 序説海上工学, 博文堂, 1971年
  - 12) 早藤能伸: 東京湾口を航行する船舶相互間の位置関係に関する解析, 港湾技術研究所報告, 第22巻, 第1号, pp. 97~117, 1983年3月
  - 13) 海上交通安全システムに関する調査研究, 日本海難防止協会, 1979年