

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

運輸省港湾技術研究所 正会員 奥山育英

1. はじめに

本研究は、海上空港、沖合人工島、廃棄物埋立護岸、埋立港湾のような大規模埋立工事において、工事の円滑な進捗を図るために、土砂等資材運搬船の安全確実な運航の実現を目的とし、具体例として、埋立工量が4～5億 m^3 に及ぶと想定されている関西国際空港建設をとりあげて調査研究した結果をとりまとめたものである。

工事に関連する船舶の運航における問題は、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場合と、工事区域外の水域で一般船舶の航行と競合する場合の性格の異なる二つの場合があるが、本研究では、一般船舶と競合するような工事区域外における土砂等資材運搬船の運航に限定する。

工事区域内における運航問題は、運航管理が主となり、本研究で扱おうとする海上交通問題というよりも、建設工事全体の工事管理の範囲に含まれる傾向が強くなることからここでは除外しているが、それらは工事全体の管理問題として別途に調査研究しており、工事区域外と区域内での整合性を損なわないよう十分留意している。

本研究の構成は、2で土砂等資材運搬船の海上交通への影響を予測し、資材運搬船の運航計画を策定する際に必要な情報を得ようとする部分である。そのために、一般船舶の航行の動勢、および資材運搬船の動勢を求め、それらをもとにして資材運搬船の運航上の問題点を見つけるためにシミュレーションを実施した。

3では、シミュレーションの結果、問題が指摘された明石海峡航路における交通量についての解析を、航路の利用率の面から行い、資材運搬船の運航計画をたてる際に必要な情報を得るための検討を行った。

4では、大規模埋立工事に伴う資材運搬船の航行が一般交通船舶の航行を阻害する可能性がある場合に、その影響を小さくするような方法を得るための基本的な情報として、一般船舶の航行の予測を試みた。

2. 土砂等資材運搬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等

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、工事関連船の航行能力・積載能力・作業能力等に依存している。さらに、これらの船舶が一般船舶へ及ぼす影響を考えると、航行経路も重要な要素であり、それらが計画段階で決定されることが必要である。

関西国際空港建設の事例では、一つの案として、船舶の性能等は表

2.1、経路と運航時刻等は表2.2が計画されている。船舶の性能等に関しては、空港建設開始時までの時間的余裕と技術の進歩を勘案して、現在する船舶より高能力な値を設定している。

2.2 一般交通船舶の交通量と運航特性

大規模埋立工事によって発生する資材運搬船によって航行を阻害される側の一般船舶の交通量の予測も、重要である。

事例の場合の交通量は、現状(昭和54年)が表2.3、護岸工事最盛期を昭和65年と想定してそのときの交通量が表2.4と予測された。これらの値は、現状交通量に関しては、昭和54年5月に実施した大阪湾船舶航行実態調査結果にもとづいて推計し、将来交通量に関しては、大阪湾の基本構想策定の際の作業資料をもとにして関西国際空港調査室が推定し

船種	船型 (G, T)	速力 (ノット)	船長 (m)
ガット船	750 m^3	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	7,500 m^3	積載時 6.0	155
		空船時 8.0	155

表2.1 資材運搬船の性能等

経路	船種 船型	運航時刻	隻数/24H
空港～明石海峡	土運船 7,500 m^3	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 750 m^3	明石発 6:10間隔30分	24
		空港発 6:20 ~ 30分	24
空港～淡路島東岸	土運船 7,500 m^3	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 7,500 m^3	山良発 9:00	1
		空港発 11:00	1

表2.2 資材運搬船の経路、運航時刻等
(護岸工事最盛期)

画化し、視覚的にも大阪湾内の船舶交通の輻輳状況が認識できるように工夫したこともここで付記しておく（COM-Computer Output Microfilm で直接16mm映画化した）。

影響の測定項目として ρ/ρ を採用した理由は、海上交通においては、巨大船と小型船が大小さまざまな割合で混在しており、隻数では単純に評価しにくく、また避航時間にしても巨大船と小型船ではその影響が全く異なること、各々の船舶の速力差を考慮できること、平面交差しか許されなために多方向に向う船舶間の干渉がとり入れられることの3点を満すためである。

ここで以下に ρ/ρ の説明をする。

ρ は航路要素の利用率であり、一般の待ち合せの系では、 S 個の窓口単位時間あたり平均入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は $\lambda/S\mu$ で定義され、この値 ρ は通常の利用率の概念と一致するが、この ρ を海上交通に拡張した概念である。すなわち、海上交通の場合には、客の到着に対応する船舶の到着が大型船、小型船等の大小に依存して、サービス窓口に対応する航路要素の容量が大型船一船で全部ふさかったり、小型船が数隻入ってもまだ余裕があるとい、た現象を考慮せねばならず、次のように定義される。

航路要素における利用率 ρ の定義：

$$\rho = \lambda / c\mu$$

ρ : 利用率

λ : 単位時間当りの平均到着船舶当量

$1/\mu$: 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

従って、 n 船種船型あって、 i 船種船型の換算当量を s_i 、 i 船種船型の平均到着隻数を単位時間当り λ_i とすると、 $\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i s_i$ である。ここで、船種船型の区別は、船舶の大きさや種類や性能等によって区分する。 $1/\mu$ に関しては、 i 船種船型の平均通過時間を $1/\mu_i$ とすると

$$1/\mu = \left(\sum_{i=1}^n \lambda_i s_i / \mu_i \right) / \sum_{i=1}^n \lambda_i s_i \text{ である。}$$

以上より、 ρ はまた、 $\rho = \frac{1}{c} \sum_{i=1}^n (\lambda_i s_i / \mu_i)$ である。

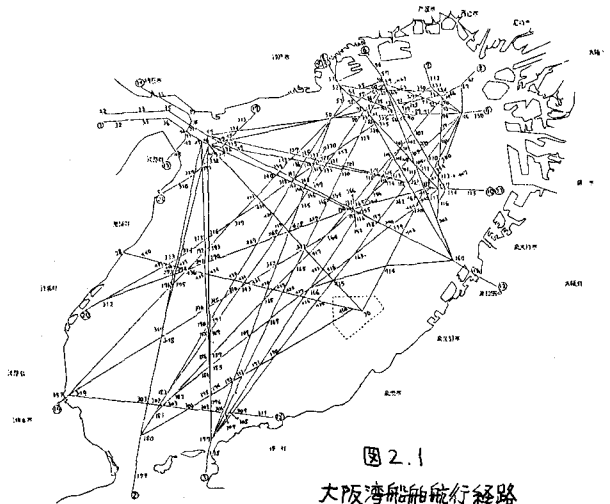


図2.1
大阪湾船舶航行経路

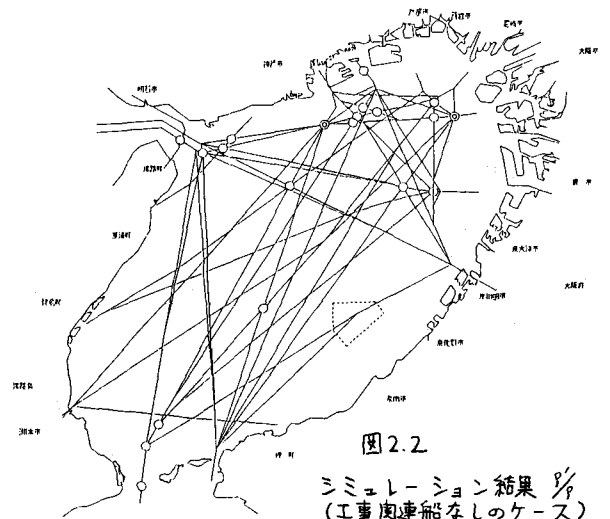


図2.2
シミュレーション結果 ρ/ρ
(工事関連船なしのケース)

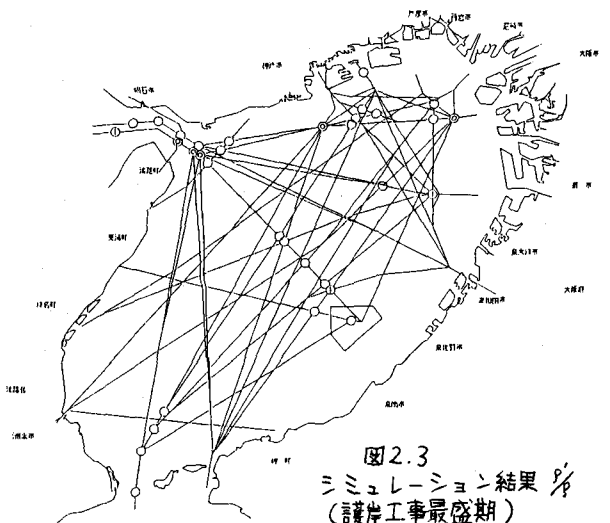


図2.3
シミュレーション結果 ρ/ρ
(護岸工事最盛期)

P の定義式からわかるように、 λ_i 、 S_i 、 M_i は入力データ そのものであるから、ここで述べた P は出力項目といっても、シミュレーション実施以前に求めることが可能であり、その段階で $P \geq 1$ となる航路要素が検出されたら、そこでは待ち船数（避航せねばならない船の数）が時間の経過とともに増大することがわかるから、その場合には交通量をへらすか、経路変更を行って $P < 1$ としてからシミュレーションを実施する。もしくは、シミュレーションを実施しない。すべての航路要素で $P < 1$ の場合は、まずシミュレーションを実施しなくても交通体系に問題が起らず、問題が生じはじめるのは経験的であるが $P > 0.05$ くらいからではないかと思われる。

航路要素の容量と船舶の換算当量に関しては、航路要素が航路のような水域で表わされる場合は水域面積を、交差点や合流部や分岐部については航路幅で与えることとし、船舶の換算当量としては船舶の全長を L としたとき、航路のような水域を通過するときは $aL \times bL$ で与え、航路幅で与えられる航路要素を通過する場合は bL で与える。ここで、 a 、 b は航行する船舶が互いに他船の近傍を侵さない領域（用塞領域）にから得られる数で、一般に船舶の進行方向を a とし $a = 8$ 、横方向を b とし $b = 3.2$ が一応使用されている。

次に P' であるが、 P' はシミュレーションを実施してはじめて求まる量であり、シミュレーションを実施して、当該航路要素を k 番目に通過した船舶の避航時間を w_k としたとき（この w_k はシミュレーションを実施してはじめて求まる）、この避航時間 w_k を P を計算したときの通過時間に加えて利用率を計算しそれを P' とするのである。すなわち、 $P' = \sum_{k=1}^m S_k (t_k + w_k) / CT$ である。ここに、 T はシミュレーション継続時間であり、 S_k 、 t_k は k 番目に通過した船舶の換算当量、本来の速力で航行したときの通過時間である。 m は T の時間幅内にその航路要素を通過した全隻数である。この P' は、当該航路要素における避航時間も含まれた場合の利用率であり実際に観察するときの利用率と一致する量となる。

以上に定義した2つの量 P 、 P' をもとに P'/P の値を求めるが、この値の意味は、混雑による避航が生じない場合は $w_k = 0$ であるから $P' = P$ となり $P'/P = 1$ であるが、混雑がひどくなると交通量の増加以上に P が増大することから P'/P が大となるような量である。図2.3の工事関連船を除いた結果が図2.2であるが、この図から工事関連船の影響は神戸大阪沖はあまり出ていないが、明石海峡と明石海峡へ向う経路には影響があることがわかる。このシミュレーションは、資料運搬船の運航に関する計画を策定するにあたっての情報を得るために実施したのであるが、これだけの図からでも、明石海峡の船舶輻輳および途中の経路に関して適切な対策が求められることが容易に推察される。

3. 狭水道交通に関する考察

3.1 狭水道における幅方向の利用率

2のシミュレーションの結果、一つの問題点として明石海峡航路の輻輳があげられた。ここでは、一般の狭水道における幅方向の利用率について考察する。具体的に述べると、狭水道において船舶の進航方向に垂直な基線を設け、その基線に通過船がかかっているときに基線は利用されているとし、その基線の利用率の確率分布を求める。この量が小さければ、他の船舶がまた幅方向で通過できる余裕があり、大きければ余分の船舶は通れないことを意味する。航行船舶は既に2.3で述べたように用塞領域とい、て他船が入り込まないような領域を有し、それは、進航方向で $8L$ 、横方向で $3.2L$ (L は船舶の全長で、形状は長円といわれているが、ここでは長方形として安全側に立って考察することとする) とする。このとき、その船が基線にかかっている時間（利用している時間）は、速力を V とすると、 $8L/V$ 時間であり、基線を利用している量は、用塞領域を横方向で $3.2L$ としたことから、基線を、いいかえれば、航路幅を $3.2L$ 利用し、その利用継続時間は $8L/V$ である。

一方、一般的に船舶の到着はランダム到着、すなわち、単位時間内の到着数でみるとポアソン分布（その平均値を λ とする）、到着時間隔でみると平均 $1/\lambda$ の指数分布であることおよび各船の到着が独立であることが、短時間ではいえることが多いのでそれらを仮定することとする。

ここで、航路幅を制限すると、基線の利用量の確率分布は理論式では一般船型の場合で通過時間分布が特別の分布の場合に限って求まるが、実際には速かも大きさも異なる多種多様の船舶が通航する場合にはまず求まらなくなってしまう。電子計算機による数値計算も、モデル的な小さい場合には可能であるが、明石海峡のような実際例では、プログラム上のテクニックに加えて龐大な記憶容量と計算時間を必要とすることから、発想をかえて航路幅を無限大として利用される基線の長さの確率分布を求めた。この場合の解析解は以下に述べるように比較的容易に求められ、また結果の取扱いについても、例えば明石海峡航路のように片道幅700mの場合に、700m以上基線を利用する確率が0であれば700mの制限をつけたことと同じであり、また確率が0.1であれば1割以上は通航できないときがあると予測可能であり、多くの検討をすることができよう。

解析の方法は、確率過程論もしくは待ち合せ理論においては、平均 λ のランダム到着で、サービス時間(この場合は基線に内塞領域がかかっている時間すなわち基線の通過時間である)が平均 $1/\mu$ の任意の分布で、窓口の数が無限大のとき、これを待ち合せ理論ではM/G/ ∞ タイプの待ち合せ問題というが、この場合は時間が充分経過すると定常状態になり定常解が平均 λ/μ のポアソン分布になることが証明されている。

数式で表わすと、到着分布が平均 λ のポアソン分布、サービス分布が平均 $1/\mu$ の一般分布函数 $H(x)$ 、時刻 t における系内数を $r(t)$ とおいて、時刻0で系内は空、すなわち、 $r(0)=0$ と初期条件を設定すると、時刻 t で系内数が r である確率 $P_r(t)$ は、待ち行列M/G/ ∞ タイプでは

$$P_r(t) = e^{-\lambda \int_0^t (1-H(x)) dx} \cdot (\lambda \int_0^t (1-H(x)) dx)^r / r! \quad (r=0, 1, 2, \dots)$$

で与えられ、従って $t \rightarrow \infty$ とすると $\int_0^t (1-H(x)) dx \rightarrow \frac{1}{\mu}$ であるから

$$\lim_{t \rightarrow \infty} P_r(t) = e^{-\lambda/\mu} (\lambda/\mu)^r / r! \quad (r=0, 1, 2, \dots)$$

となり、 $P_r(t)$ は t に依存せず、 r にだけ依存する値 P_r となり、これは平均 λ/μ のポアソン分布である。

狭水道の基線利用量にこの結果を適用すると、基線に r 隻かかっている確率は上で r 人系内にいる確率であるから定常確率は r で与えられ、 r 隻かかっているということは横方向に3.2Lの内塞領域を考慮すると3.2L $\times$ r だけ基線の幅を利用していることであり、その確率は P_r である。

以上により、長さ l で平均到着数が λ で平均基線通過時間 $1/\mu$ であるような船型船型に対しては、基線の利用量の確率分布が求められた。船型船型が複数の場合は独立性から次々にたたくのみを行えばよい。

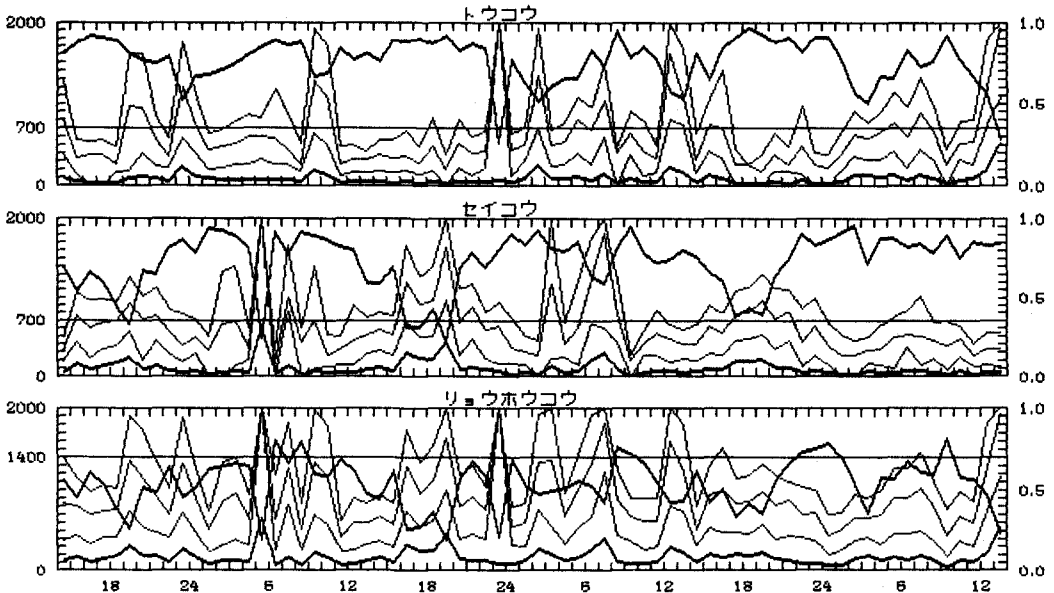


図3 明石海峡における幅方向基線利用分布の平均値、90%値、99%値、99.9%値及び ∞ 型の確率の時間変動

たたみ込みとは、 $P_r\{X=i\}=p_i$ 、 $P_r\{Y=j\}=q_j$ ($i, j=0, 1, 2, \dots$)、のときに、すなわち、 X が i である確率が p_i 、 Y が j である確率が q_j であり、 X と Y が独立であるときに、 $X+Y$ の確率分布を求める手法で、 $P_r\{X+Y=k\}=\sum_{i+j=k} p_i \times q_j$ ($k=0, 1, 2, \dots$) の手続きのことである。3変数以上の場合は、2変数のたたみ込みの結果得られた確率分布に、次の確率分布をたたみ込めばよく、このようにして順次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。

3.2 明石海峡航路における基線の利用量の確率分布

明石海峡における最新の交通量は、海上保安庁によって昭和56年7月28日14時から7月31日14時までの3日間の目視観測調査である(文献3)。それには、1時間毎に東航、西航別に29船種船型の通船隻数が観測されており、さらに原データには、各々の船舶の長さと速力が備っており、従って、各船種船型毎に単位時間あたりの通過隻数、全長と速力と3.2より導かれる平均通過時間とが求められ、3.1の手法を用いて、1時間毎の基線の利用量の分布が得られる。それをもとにして、基線利用量の平均値、確率分布のうち90%値、99%値、99.9%値、および空(利用量0)の確率の各々の時間変動を同一のグラフ(図3)にまとめた。原図は、パーソナルコンピュータによる色彩を施したグラフであるが、図3は色刷りでないので、各々の系は原則として、一番下の幾分太い線が平均利用量、下から2番目、3番目、4番目の幾分細い線が利用量の分布の90%値、99%値、99.9%値であり、左側の目盛を用いており単位はmである。上の幾分太い線は空の確率であり右の目盛に従う。

また、グラフは上から東航、西航、両方向の和であり、従って、実際の利用可能幅は各々700m、700m、1400mであることから、その線をも表示した。両方向の和に関しては明石海峡航路の場合は、片側幅700mで航路分離がなされていることから本来意味を有しないが、全体で1400mとして片側幅を可変としたときの結果であり参考までに計算したものである。

この結果を見ると、空の確率が大きく、通航船舶が広からずに片側13.2L幅ですまなくつめるとほとんどの時間帯で余裕のあることがわかる。余裕のない時間帯を原データで調べると極端に遅い船と史船が原因である。

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で述べた ρ もしくは ρ' に一致し、経験的ではあるが、非常に混雑した海域では0.1~0.2であり、0.2をこえる場合はほとんど観測されておらず、さらに混雑しているときであるといえよう。また、ここでは、資材運搬船を含めて基線利用量を求めているが、資材運搬船がランダムに通過する場合は3.1で述べた方法で、スケジューリングされて通過する場合は資材運搬船だけの利用幅の確率分布が求まるから、いづれにしてもそれらをたたみ込むことによって求められる。

4. 一般船舶の航行予測

4.1 基本的な考え方

2.3のシミュレーションの結果、明石海峡航路の車輻輳と途中経路の輻輳が影響としてあげられ、4では途中経路の輻輳除去の方向で検討を加える。

途中経路における輻輳の除去もしくは緩和となると交通量がかからない限りにおいては何らかの規制を設けねば解決できないと思われる。この場合、原則として特別な規制を他の一般船に課することなく、逆に一般船の航行状況を適確に把握することによって、資材運搬船の運航をコントロールし、土運船等の航行によって生じる一般船舶への交通混雑の影響を可能な限り低くおさえようとする体制をまず検討することとした。この概念は、図4.1で与えられ、その運航支援体制は図中の破線で囲まれた部分にあたる。

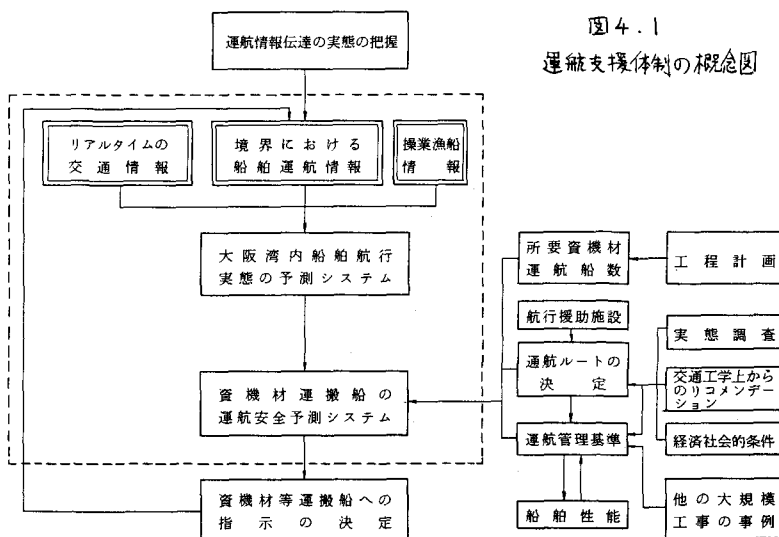
図4.1からもわかるように、土運船等資材運搬船の運航は工事の実施と直接に結合しており、土砂等資材の供給地の状況にも応じて総合的にとらえられるものである。この点に関しては、関西国際空港建設の事例においては、全体の工事を統括する工事管理システムの設立を検討しており、そのサブシステムの一つに工事区域内の運航管理部門があげられており、別途調査研究を進めている。従って、ここでは工事区域内における工事内運船の

運輸管理部門と連絡を密にし、大規模埋立工事によって発生する大量の工事用運船の影響を可能な限り一般船舶へは及ぼさず、工事の内部で処理しようという基本的な考え方に立って検討をしていく。

4.2 運輸情報の伝達の実態

4.1で述べた支援体制の検討に先立って、土砂等資材運搬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可能かの調査を実施する必要がある。

図 4.1
運輸支援体制の概念図



東国国際空港建設の場合には、大阪湾内の船舶動静に係っている海上保安庁第五管区海上保安部航行安全課、神戸保安部港務課、大阪海上保安部港務課、大阪ハーバーレーダ局、港湾管理者である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管課および海務課、民間団体である阪神水先区水先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、日の御崎見張所でヒヤリング調査を行った。

ヒヤリングによる調査結果を整理すると以下のⅠ)～Ⅴ)である。

- Ⅰ) 海上保安庁、港湾管理者は 500GT 以上の船舶を対象としている。危険物積載船は以下の場合もある。
- 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、前港、次港、入出港予定時間等を記入しており、前日までに把握している。
- Ⅲ) 東洋信号通信社の信号所は、港湾管理者の予定表と自らの取付情報により、入港船の目視観測をして、その情報を水先、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出にもとづいて、船舶の入出港時間の確認を行っている。但し、この入出港時間の管理情報は、1ヶ月毎にまとめて港長に報告している。これは港則法にもとづく安全、治安上の業務として行っている。
- Ⅴ) 第五管区海上保安部では、海交法にもとづいて、明石海峡を通過する巨大船・長大物件更船舶、危険物船の管理を行っている。

以上をみると、各々の機関が各々の目的に応じて、独自に、完全に系統だった形ではなく、それぞれの情報を把握している。すなわち、大阪湾の船舶を全体的に把握しているところはないことが判明した。しかし、それらを統合すると大阪湾内の船舶通航情報を取得することは可能であり、今後の話し合いによってそれが実現できる目安がたてられた。

4.3 航行船舶の実態の把握と航行の予測

ここでは、4.2で取材した調査機関によって大阪湾の境界(湾内各港湾、明石海峡、友ヶ島水道、片瀬戸)における船舶通航情報が刻々と得られるときに、それらをもとにして大阪湾内における任意の時刻での船舶航行状況を予測することを試みる。この予測を精度よく行って、それらと工事区域の運輸管理部門に与えて、土砂等資材運搬船の工事区域における安全確実な通航を図るのである。

この予測にあたっては、今後数多くの海上交通実態観測を実施する予定であるが、それに先だって現在利用可能な2で述べた大阪湾内航行実態調査結果によって第一段階の検討を行った。

そのために、図4.2のような基線と大阪湾内に設け、境界条件を与える場所として、表4.1の利用基線の楕の左端のアルファベットするわさO、C、D、E、Fの基線をとリ、そこで観測された速力のまま湾内を航行すると仮定したとき、他の基線に到達予測時間と実際の観測による到達時間との相関係数を求めた結果を表4.1にまとめた。表4.1の読み方は、最上楕の「友ヶ島水道→神戸港」で説明すると、対象隻数37は友ヶ島水道から神戸港へ行、大船の隻数である。利用基線のOABは、Oに肉しては上で述べたように、O基線での速力を求めてその速力で湾内を航行するとしており、 t_a 、 t_b は各々実際の観測におけるA基線、B基線通過までの所要時間(O基線を通過してから)であり、 $\hat{t}_a$ 、 $\hat{t}_b$ 、 $\hat{t}_a$ 、 $\hat{t}_b$ はa、bに対してA基線、B基線までの予測所要時間である。ここで $\wedge$ と $\wedge$ は、 $\wedge$ は図4.2においてOA、OBの距離を求めており、 $\wedge$ は基線Oから基線A、Bまでの実際の航行した距離でOA、OBの距離を求めて予測時間 $\hat{t}_a$ 、 $\hat{t}_b$ を求めている。実際には、 $\wedge$ は結果として与えられることからあくまでも参考としてあげたが、 $\wedge$ の方が相関係数が低い場合もあり興味深い。

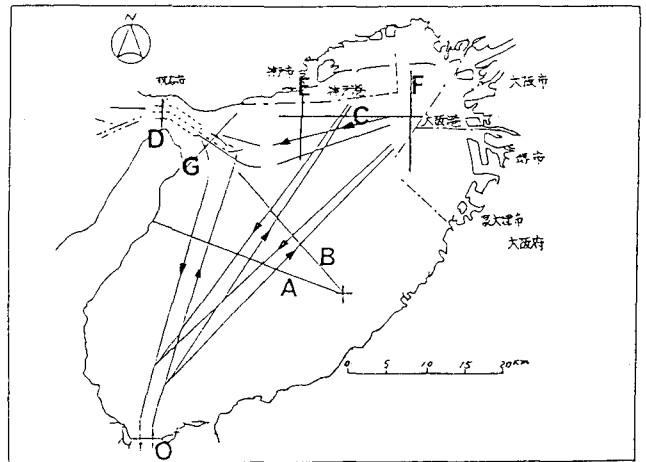


図4.2 今回の予測に用いた基線

経路	対象隻数	t_a と $\hat{t}_a$ の相関係数	t_a と $\hat{t}_a$ の相関係数	t_b と $\hat{t}_b$ の相関係数	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	O A B
友ヶ島水道→大阪港	96	0.86	0.86	0.87	0.86	O A B
神戸港→友ヶ島水道	39	0.89	0.89	0.89	0.92	C A O
大阪港→友ヶ島水道	68	0.88	0.87	0.78	0.75	C A O
明石海峡→友ヶ島水道	37	0.28	0.60	0.30	0.36	D A O
友ヶ島水道→明石海峡	32	0.76	0.73	0.67	0.69	O D A
神戸港→明石海峡	49	0.40	0.42	0.58	0.47	E G D
大阪港→明石海峡	227	0.46	0.13	0.45	0.16	F G D

表4.1 予測値と実際の値との相関係数

これらを見ると、明石海峡を通航する場合に相関係数がわるくなっており、経路の設定方法潮流の影響、船舶の輻輳、その他によって予測値と実際の値が異なると思われる。また、今回利用したデータもこのような解析のためでなく、データ自体も6分間隔のレーダー像であり非常に粗く、今後、この目的に沿った観測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体制づくりに着手していく次第である。なお、今回は途中の情報を入れた2次補正、3次補正等、多次補正をしなかったが、これらを導入することにより飛躍的に予測精度が上がることを期待でき、今後は、経路毎にどの地点で補正すれば効率がよいかを究め、

その地点を重点的に把握するハードなシステムを考えていく方向である。なお、参考までに、図4.3に、友ヶ島→神戸港ルートにおけるO基線通過速力(ノット)とA基線、B基線までの実所要時間(分)の相関図である。

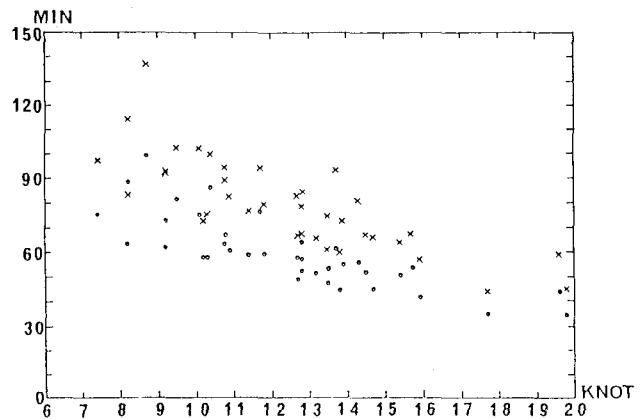


図4.3 友ヶ島水道通過時における予測値と実際の値(OAB、OGA、GAB)

4.4 運航支援体制にからむ今後の課題

海上空港や沖合人工島にみられる大規模埋立工事においては、技術的課題とともに、社会的影響も広範に及ぶことから、土木技術の領域ばかりでなく社会科学をも含むいわゆるソフトの課題も数多くあげられようが、工事の側面から機能する資機材の安全かつ安定した供給は其中でも非常に重要な課題である。とりわけ、大港湾を背後に持つ海域や海上交通の重要な路にあたる海域において一般船舶の航行と工事用運船の航行が競合する場合は、工事用運船が船舶というよりは資機材の運搬に重きを置いており、航行するにあたっての操縦性能が著しく劣ることから、万全の対策をたておくことが必要である。

以下に、今回の調査研究で得られた今後の課題を列挙する。

- I) 土運船等の運航計画・運航の決定、運航の管理は工事を実施する組織によって円滑になされる必要がある。
関西国際空港建設の場合には、この点について幸いにも工事管理システムの開発が現在進行中である。それによると土運船等資材運搬船の需要量とその時期に關しての基本的計画として工区毎に工程計画とその計画を実行していくための必要資機材量の山積圖を作成しており、さらに作業機材等の制約から山くずしを行いそれらから資機材運搬船の能力に応じて必要隻数やスケジューリングが求まるようになっている。さらに計画時と現実の工事施工時とずれが生じて計画どおりに進まなくなった場合にも直ちにフィードバックして修正工程計画およびそれに連動した実行可能なスケジュールを作成するようになっている。従って、このような工程で工事を円滑に実施するためにも、ここで述べている運航支援体制との強かな連け合いが必要である。
- II) 今後多くの海上交通実態調査をしていく予定であるが、小豆島の地蔵崎、友ヶ島水道などの狭海域、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を検討し、境界の情報をより正確に得ること、および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。
- III) 資機材運搬船については装備すべき航行機器の最適な選定を検討する必要がある。
- IV) 境界条件が与えられてから湾内の船舶航行の予測を行うにあたって、船舶とおしの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まどのように入れていくかの課題も、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。
- V) 潮流6ノットの明石海峡を満載時6ノットの土運船が運航する点については、今後一層の検討を要す。

5. 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、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、工事を側面から援助する工事用運船舶の海上交通問題は、場所が船舶の輻輳する海域においては、工事遂行上重要課題となることか予想される。すなわち、資源が乏しく、四面を海に囲まれているわが国にとっては経済の貿易依存度が高く、海運の円滑なる働きはわが国の経済活動に欠かすことができない重要な機能であり、工事用運船の事故は工事の進捗の遅滞のみに留まらず、わが国経済への影響は大であり、社会的影響もはかり知れない。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、一旦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。従って、大規模埋立工事に見られるような大量の工事用運船の運航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こたえるために、土砂等資材運搬船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なされたものである。しかし、対応策に關しては、最も単純といえる工事施工側である工事用運船のみの規制に終り、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、その結果一般船舶の規制を何らかの形でとり入れねば行き詰まることが判明してはじめて一般船舶の規制をとり入れる第二段階に着手しようという意図によっている。この点に關しては、4が中心であるが、4ではそ

の概念を述べて第一次近似を試み大に越えず、今後、この部分を発展させていく計画である。本研究によって、土運船等の運航によって生ずる問題にどのように対応していけばよいかわからず御理解いただければ幸いである。4の概念を実現し当初の目的を目指して、数多くの海上交通実態調査を計画しているので、それらに期待していただきたい。

関西国際空港関連の調査研究は、第三港湾建設局関西国際空港調査室が中心となって数多くなされており、土運船等の運航問題に限っても、海上交通影響調査、海上交通対策調査、工事管理システム調査（これは工事全体の管理を含んでおり、従って、土運船の管理も含んでいる）があげられる。本報告で述べているシミュレーションの結果については「大阪湾における海上交通の輻輳度解析調査報告書、運輸省第三港湾建設局、昭和56年3月」に、また実態観測については、「大阪湾船舶航行実態調査、同上、昭和55年3月」がある。これらの成果が、今後ひきつづき計画されるであろう大規模埋立工事における土砂等資材運搬船の運航問題に大きく貢献するよう策大成してまとめあげることは、研究所の役割であると認識して研究活動を推進していく所存である。

最後に本研究を作成するにあたって資料提供に御協力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、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の方々、関西国際空港調査室歴代の担当者の方々に厚く感謝致します。

【参考文献等】

- 1) 奥山：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、1979.12
- 2) 奥山、藤原：海上交通のマクロ評価シミュレーション、第6回電算機利用に使用するシンポジウム、土木学会電算機利用委員会、1981.10
- 3) 昭和56年度通航船舶実態調査報告書、海上保安庁
- 4) 本間：待ち行列の理論、理工学会、1966.3
- 5) 奥山：工事関連船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、1982.12