

航路計画の方法論に関する2,3の問題点*

A Study on a Methodology for the Improvement Planning of Waterways

喜多秀行**・長尾義三***・黒田勝彦****

By Hideyuki KITA, Yoshimi NAGAO and Katsuhiko KURODA

In this paper, a methodology for the improvement planning of waterways, which consists of the waterway design and traffic management, is discussed. Firstly, some problems existing in a present way of the waterway planning are pointed out. Then, new planning procedure for the improvement planning of waterways based on ideas to resolve these problems is proposed. The most characteristic point of this procedure is what this methodology can give the optimal level of improvement of the waterway by comparing the quantified functions of the waterway such as safety and rapidness, and improvement cost, comprehensively. The property of the proposed planning procedure is also checked through a case study by applying the process to the improvement planning of an imaginative waterway.

1. はじめに

航路整備や航行規制を実施して航路の機能をより高いものにしようとする際には、以下の事項に明確な解答が用意されていることが必要である。即ち、

- ①航路計画の目的と言われる“安全かつ円滑な船舶航行の確保”なる言葉が具体的に何を意味するか。
- ②結果として実現する交通状態の“望ましき”あるいは“航路計画の目的の達成度”をどのように測定し、いかに定量的に表現するか。
- ③望ましい交通状態を実現するためには、どのように航路諸元を決定すればよいか。

という3点である。この3つの事項のいずれに対してもこれまであまり議論されることがなく、したがって十分な解答が与えられなかったがために航路計画を合理的に策定する方法論が確立されなかったように思える。その結果、航路に何か手を加えて交通の状態を改善しようとする時にも、部分にのみ目が向けられがちとなり、全体を見通した適切な計画を策定してきたかは疑問の残るところである。

そこで、本論文では、上述の問いを念頭において、まず3.で従来の航路計画の方法論が有するいくつかの問題点を指摘し、次いで、4.で指摘した問題点に対する著者の考え方を述べる。しかる後、5.でこれらを計画策定の手順に沿って航路計画の方法論として再構成し、これに基づいた航路計画の検討手順を提案するとともに、6.では簡単な事例を想定して検討を加える。

2. 本研究で対象とする航路計画の計画領域

* キーワーズ : 航路計画, 海上交通

** 正会員 工修 京都大学助手 工学部交通土木工学教室

*** 正会員 工博 京都大学教授 工学部交通土木工学教室

**** 正会員 工博 京都大学助教授 工学部交通土木工学教室

(〒606 京都市左京区吉田本町)

航路計画の内容は、次の3種類に大別することができる。

第1は、航路の形状にかかわるものであり、可航幅、航路水深、法線の形状といった要素によって規定される。本研究ではこのカテゴリーに属する要素を設定することを総称して「航路施設計画」と呼ぶこととする。

第2は、航路上を航行する船舶の通行方法に係わるものであり、航行位置、速度制限、航行管制の有無などの要素によって規定される。同様に、このカテゴリーに属する要素を設定することを総称して「航路利用・管理計画」と呼ぶこととする。

第3は、「航路施設計画」と「航路利用・管理計画」を実現するための方法に係わるもので計画実施に携わる組織や関係者の合意形成と補償、財政計画、作業管理計画などからなる「実施計画」である。

以後、本研究では、「航路施設計画」と「航路利用・管理計画」の両者をもって（狭義の）航路計画と考え、「実施計画」については当面、研究対象としては取り扱わないこととする。

3. 従来の方法論とそれに対する若干の議論

航路計画策定のための方法論は未だ確立されていないといってよい。しかし、その一部分、あるいは全体の体系化を図ろうとした試みは2, 3目にすることができる。

そのひとつである運輸省¹⁾は、構想—基本計画—実施計画—運営管理という、2. で述べた意味での「実施計画」に着目し、航路施設計画を構成する要素間の関係に重点を置いて一般的な航路計画の流れを整理した関連図を示している。そして、さらに船舶諸元や海象・気象・地形などと、航路設計の主要3要素とされている航路法線・航路水深・航路幅員との関連についても図示している。

一方、栗栖²⁾は、航路の幅員と水深、及び法線を設定するための航路計画の手順を提示している。ここでは、港湾の配置計画が与えられることにより、まず、当該航路を航行する船舶の船型を定める。次いで、船型と地形・地質から航行規制の方式が設定されると共に操船面の挙動と併せて航路幅員を定め、また、喫水の分布や船体沈下量を知ることによって航路水深を定める。しかる後、これらを統合して航

路法線を決定し、これを安全性、経済性、輸送効率などから評価する。評価の結果望ましい航路形状と見なされる計画が決定され、そうでない場合はフィードバックして再度検討を加えるとしている。

また、水深や幅員といった個々の航路諸元を設定するための基準もいくつか用意されている³⁾。ここで、そのほぼ全てに共通する特徴は、種々の状況下における船舶の微視的な運動特性に関する解析結果を主たる基礎としている点にある。

しかしながら、上述したこれまでの方法論は、航路計画の目的や評価のあり方などに照らしてみると、以下に述べるようにいくつかの問題点を有している。

(1) 第1の問題点として、これまでのものの多くは航路計画の前提条件と構成要素の関連を示しているに止まり、検討を進めて行くための手順とは異なるものであることを、まず指摘しなければならない。その理由の1つは、独立に設定されるべき計画の変数と前提条件との区別が明確でないことにある。すなわち、複数の計画変数がある場合、それぞれの計画変数の変更が実現する交通流の状態に及ぼす影響は相互に密接な関連を持つことが多いが、そのような場合であっても計画変数の設定は基本的に独立になされるべきであり、他の計画変数との関連でその設定が適切であったか否かは実現した交通流の姿からのみ判断されるべきなのである。したがって、評価の結果、実現する交通流の姿をさらに望ましいものとするために計画変数を変更するためのフィードバック・ループが必要となるのであるが、従来はあたかもいくつかの計画変数が関連の深い他の計画変数の値を直接規定するかのような表現が取られていた。

いまひとつの理由は、検討の段階で得られる情報が、次の段階における検討の内容、さらには全体的な評価の作業とどのような関連を有しているかが明確でないことにある。いかに作業の手順が流れ図などの形で整理されていても、各段階における作業の目的（どのような結果をどのような形式で求めるか）が明らかにされず、段階を経るにつれて蓄積されてゆく一連の結果が計画案の設定にどのように貢献するかが明示的に示されていないようでは、それに沿って検討を進めることが困難となり、そのつど適切な方法を編み出すことを強いられることとなろう。こ

の意味で、従来の方法論は、単なる計画要素間の関連図の域を出るものではない。

(2) 第2の問題点は、比較・検討すべきいくつかの計画代替案を実施した場合、それぞれ計画の目的をどの程度達成することになるのかということに関する定量化が十分ではないことである。例えば航路幅員と航路安全性に問題を絞ってみても、従来の方法は「航行安全性の面から必要とされる航路幅員」あるいは「安全な航路幅員」という表現の下に推奨される航路幅員を算定するものであって、算定された航路幅をいまいし広くあるいは狭くすることによって航行安全性がどのように変化するかを定量的に教えるものではなかった。

(3) 第3の問題点として、航路に求められる安全性や迅速性といった諸機能が当該代替案を選択することによりどの程度発揮されるかということに対する定量化が互いに比較できる形ではなされていないことが挙げられる。迅速性を犠牲にすることにより安全性を向上させることができ、逆に迅速性を向上させるためには若干の安全性の低下が避けられないといったように、航路の機能は互いにトレード・オフの関係を構成していることが多い。したがって、それぞれの機能面から見た望ましさの程度が相互に比較できる形で定量化されていないことには、上述のトレード・オフの解決を図り得ない。

(4) 第4の問題点として、施設提供者（計画主体）と利用者といった異なる評価主体間に構成されるトレード・オフ問題を解決するための検討を定量的に成し得るものでもなかったため、選ばれる代替案が評価主体に関する全体的な最適性の裏付けに欠けるという点が指摘できる。「要請するものの立場で行動の指標が異なる⁴⁾」ことは、一般に複数の評価主体が存在する公共事業で念頭に置いておくべき基本的な事項であり、航路計画とて例外ではない。また、交通施設の経済容量設定に関して著者⁵⁾が指摘したと同様に、航路計画も、交通施設としての航路と、そこを利用する船舶交通流との相対的バランスといった観点から代替案選択がなされなければならない。従来の方法は、このような観点から航路計画を検討しうるものではないと言わざるをえない。

(5) 以上は、主として計画を評価する観点からの問題であったが、第5の問題点は対象とする船舶交通

の取り扱い方に関するものである。航路諸元を決める際に、従来の方法は、対象とする船型の船舶が単独航行する場合、あるいはたかだか1隻の他船と行き合う状況のみを設定し、このような状況の下で安全に航行できる航路諸元を、主として個々の船舶の微視的な船体運動の観点から検討して決定するものであった。これは、個々の計画変数についての許容範囲についての下限、すなわち最低限確保すべき物理的な航路諸元を規定するものに過ぎない。もちろん、交通が輻輳している航路にあっては付加的に余裕を確保することとされているが、余裕量の適切さについての根拠に乏しいきらいがあり、何よりも、「何をもって適切とするか」という議論に欠ける場合が多いように見うけられる。余裕を必要とする1つの大きな理由は、航路上での輻輳が顕著となった場合にも対応が可能となるためであるが、航路上での交通輻輳が日常的となった今日では、計画の対象とすべき船舶交通を記述するにあたり、輻輳の状況を明示的に取り入れてしかるべきではないかと考える。

(6) 最後に、2.で示したように、本研究では、航路計画の中には航路施設計画のみでなく航路利用・管理計画まで包含すべきであると考えている。したがって、航行規制の変更などを航路幅員や航路法線の変更などと同列に比較・検討する方法が示されねばならない。従来の方法論にも「航行規制」や「管制・標識」という語句は見られるが、検討作業に具体的にどのように取り入れられるかが明確に示されているとは言えない。

4. 本研究で提案する航路計画の考え方

(1) 航路の機能が発揮されている度合を定量的に考慮した航路計画

交通施設が具備すべき条件として、迅速性、経済性、確実性、快適性、利便性、安全性の6つがある。以上の6条件はいずれも計画策定時に考慮を払わなければならないものであるが、航路においてはとりわけ航行安全性と迅速性の確保が重要となる。

さて、航路における船舶の航行安全性と航行環境との関連性を取り扱った研究は文献⁶⁾で示したように、これまでも数多く見受けられる。しかしながら、モデルに組み込まれた説明変数やモデル自体の

操作性の面から、航路設計代替案の詳細な検討には必ずしも適したものといえず、他方、航路設計の方法を論じた研究⁽⁷⁾⁽⁸⁾も航行安全性の取り扱いなどの点で必ずしも上述の研究と整合するものではなかった。さらに、航行安全性を高める施策は、一般に一つに限らず複数のものが存在するが、それぞれの施策の実施が航行安全性の向上に及ぼす相乗的効果が定量化されていなかったため、最も適切な方策（単独またはそれらの組み合わせとしての）を選定することの根拠に欠ける面もあった。しかし、筆者らによるOSHICOP-モデルの開発により、航路計画を安全性の面から評価することもある程度可能となった。

一方、航路が有するもう一つの主たる機能である航行の迅速性についてもこれを定量的に推定する研究やモデル開発が進められ、どのような計画代替案の下でどの程度の迅速性機能が発揮されるかをある程度容易に知ることできるようになってきている。

これらのモデルを用いて種々の検討を行った結果、文献^{(9),(10)}で示すように航路整備や航行規制が衝突事故確率と遅延時間の減少にかなり有効に働くことも明らかとなってきた。このような状況を踏まえて、本研究では、航路の機能が発揮されているその度合を定量化することにより、これを最も効率よく高めるという評価基準の下で、望ましい方策（計画代替案）を選定する合理的な設計原理を提示しようとするものである。

(2) 航路計画の望ましさに対する総合的な評価

安全性をはじめとして迅速性や快適性など航路が有すべき諸機能は互いにトレード・オフの関係を構成している場合があるため、航路計画を評価するにあたっては、これらを総合的に評価し、航路計画の全体としての望ましさをいかに高めるものであるかが検討されなければならない。

一方、航路計画にはさまざまな評価主体が存在し、それぞれの立場から見た航路の望ましさに関する評価は相反する場合がある。そこで、それぞれの評価主体ごとの評価を行った後に、全ての評価主体から見た航路計画の総合的な望ましさについても検討されなければならない。本研究では、総合的な評価基準として国民経済的観点に立った効率性基準を採用する。ここに、計画代替案の選択を国民経済的観点に基づく評価方法に載せることは、施設提供者や航

路利用者といった航路計画に関する各評価主体それぞれの評価の全てを明示的に考慮しうることを意味している。そして、同一の投資の下で対象航路の全体としての機能を最もよく高められる計画代替案（あるいは、逆に、対象航路の機能を一定水準だけ高めるための投資が最も少なくてすむ計画代替案）が最も望ましい代替案であるとする考え方をとる。ただし、この方法(Risk-Benefit-Cost Analysis)は航路計画の望ましさを投資の効率性の観点からのみ論じようとするものであって、便益・費用の帰属とその公平性については何も言わないため、公平性については別途検討し、調整を図る必要がある。

(3) リスクが存在するシステムの分析と計画

航行安全性に関する検討を行うに際して、航路を、そこを利用する船舶をも含めて、危険（リスク）が存在する1つのシステムと捉え、リスク・アセスメントの考え方に基づいてリスク分析を実施することは根本的かつ系統的な航行安全対策の発見を容易にし、安全面のバランスという観点から適切な代替案を選択する助けとなるため、極めて高い有効性を有すると考えられる。

リスク・アセスメントは、通常、①準備作業としての「システム同定」、②「リスクの同定」と「リスクの見積もり」の両者からなる「リスクの決定」、③「リスクの評価」、④「リスクの変更」、といった要素から構成され、通常この順序に沿って実施される¹¹⁾。これらの内容を航路計画の例で説明すると、「リスクの同定」は、船舶航行リスクとは具体的に何を意味するのか、それはどのような事象の発生からいかなる形をとってもたらされるかを明らかにすることに相当する。「リスクの見積もり」は、航行リスク、例えば船舶相互の衝突が生ずる確率とその衝突がもたらす損害の規模を、航路形状や交通の状態といった航行環境と定量的に関連づける作業を意味する。これには、逆に、航行環境を変えた場合に变化するリスクの程度を見積もる作業が含まれることは言うまでもない。ここで定量化されたリスクは、次いで評価に適した尺度へと変換され、他の評価項目とも合わせて「リスクの評価」へと送られる。ここでは、航路上を航行することによるリスクがどの程度まで社会的に許容されるかを明らかにするとともに、一定の評価方法と評価基準の下で、考

えうる航路計画代替案を比較し選択する作業を指す。評価方法とそこにおける評価基準は、リスクの性質や計画の目的に照らして個々の計画に即したものを設定することが必要であり、この結果明らかにされたリスクレベルが許容されず、かつ、システムを操作することによってリスクの大きさがコントロールできる場合、許容しうるレベルあるいは最も望ましいレベルにまでリスクをコントロールしようとシステムの変更がなされる。

以上より、リスク・アセスメントは、いくばくかのリスクが存在するシステムを計画・設計する際の一つのシステムティックなアプローチであることがわかる。そこで、本研究では、航路改良計画策定の方法論を、リスク・アセスメントの1つの適用とみて論じることとする。

(4) 計画対象交通流の概念

従来、航路計画において航路諸元を決定する基礎は「計画対象船舶」に置かれていた。これは、多くの場合当該航路を通航することが予想される最大船型の船舶である。そして、航路幅や航路水深は、基本的にこの計画対象船舶の船舶長や吃水に基づく値とし、必要に応じて余裕をとるものとして決定されてきた。しかしながら、交通の輻輳している航路を計画する場合、航路上を同時に複数の船舶が航行している状態を念頭に置いておくことがとりわけ重要となる。そして、このような状況下における船舶の航行安全性や迅速性は、航路を航行する交通流全体の特性に依存する。したがって航路計画に際しては、後に述べるような交通流全体の挙動を記述する要素を明示的に取り扱うことが望ましい。

このように考えると、「計画対象船舶」は交通流の特徴を記述するための一要素でしかないことに思い至る。そこで、本研究では交通の輻輳している航路の計画を策定する際に考慮すべき交通特性を抽出するとともに、計画で想定するこれら諸特性の具体的な値によって規定される交通流を「計画対象交通流」と名付け、これをもって航路計画策定の基本概念とすることを提案する。

さて、計画対象交通流を記述するための必要かつ十分な指標を何にとるのかについては今後議論を重ねる必要があるが、基本的には、①船舶の大きさ、②船舶の運動特性、③交通量、をそれぞれ記述するも

のによって構成されよう。

このうち、船舶の大きさについては船型構成分布を規定するパラメータとなる対数船舶長の平均と分散、およびこれまで用いられてきた最大船型が最も重要な指標となる。

交通量については日平均交通量やピーク率に代わって一日の時間交通量の変動を記述する時間交通量曲線のようなもので与えられることが望ましい。また日交通量は年間を通じて変動するものであるため、その設定にあたっては適切な順位のものが選ばれる必要がある。さらに、港湾前面に位置する航路では時間帯により一方向の交通量のみが卓越する傾向が顕著であるため、方向別交通量比の時間変化も指標として重要である。

一方、船舶の運動特性としての速度分布や航行位置分布、到着時間間隔分布などは、船型や交通量と関連づけて整理されているため、特に指標とする必要はないと考えられる。

以上の検討より、計画対象交通流は、当面、表-1に示す指標により記述すればよいと思われる。

表-1 計画対象交通流を記述する指標

- | |
|------------------|
| (1) 平均対数船舶長 |
| (2) 対数船舶長標準偏差 |
| (3) 最大船型 |
| (4) 時間交通量の時刻推移 |
| (5) 方向別交通量比の時刻推移 |

(5) 航行規制を考慮にいたった航路計画

一般に、施設計画の評価はその利用の仕方いかんによって大きく変わる。したがって、施設計画はその利用に関する計画と一体的に策定されてはじめて十分な機能が発揮される性格のものであると考えられる。

航路計画は、これまで航路形状に代表される施設面の計画（航路施設計画）を主たる内容とし、航行規制に代表されるようなそこを利用する船舶の航行方法に関する計画（航路利用計画）は必要に応じて別途策定されてきた感がある。これは主管官庁が異なることに加えて両者の関連（とりわけ航行安全の面で密接な関連をみせる）が十分把握されていなかったことにも起因していると思われる。しかしながら、航路施設計画と航路利用計画の両者が航行安全性に与える結果は衝突確率の変化をもって統一的に

定量化することができ⁹⁾、迅速性に及ぼす影響も航行シミュレーション・モデルを用いることによって共に推定することが可能となりつつある¹⁰⁾。

以上のような背景から、本研究では、航路施設計画と航路利用計画の双方をもって航路計画の内容とし、一体的に策定すべきであると考えている。今後航路における輻輳が一層顕著となった場合や、より高い航行安全性が要請されるような場合に、航路施設計画のみによって十分な対応が困難となるようであれば、一定の航行規制の実施を前提とした航路施設計画をたてることも有用となろう。

5. 航路計画の検討手順

以上のような考え方を踏まえながら、以下では、航路計画の方法論を再構成し、これまで筆者らが検討してきた結果をも援用して、航路計画の検討手順としてとりまとめる。

図-1は本研究で提案する航路計画の検討手順を示したものである。図中に破線で示された区分のうち、(I)は新たに航路計画を策定する必要があるかを事前に検討する手順を示し、(II)は(I)における検討の結果、新たな航路計画を策定する必要が

生じた場合に、望ましい計画代替案を選定する手続きを示す。

① まず、計画期間中の各年次における計画対象交通流 F_t を設定する。通常、関連諸港湾の将来貨物量の推定値や船型の変化の傾向などから推定することとなるが、この部分については研究の蓄積も少なく今後の進展に待つ部分も多いため、本研究では研究の対象外とし、別途与えられるものとする。

② 次に、計画の対象となる航路の形状 S_P と航行規制 S_R に関する現在の状態 S_{P0} と S_{R0} を調査し、従来の主たる検討項目であった航行諸元に関する物理的な最低許容基準（最小航路幅など）が満足されるか否かを判定する。この結果、もし現行の航路諸元のうちのいずれかが最低許容基準を満足しないならば、新たに航路計画を策定しなければならない。基準を満足する場合は、航行シミュレーション・モデルならびにOSHICOP-モデルを用いて、現況に何ら手を加えないままの航路へ計画対象交通流を流した場合の交通流の状態、すなわち、ここでは航行時間、 $T_{st}(F_t | S_{P0}, S_{R0})$ と、衝突事故確率、 $P_{ct}(F_t | S_{P0}, S_{R0})$ を推定する。

③ もし、予測された将来の交通状態が望ましい

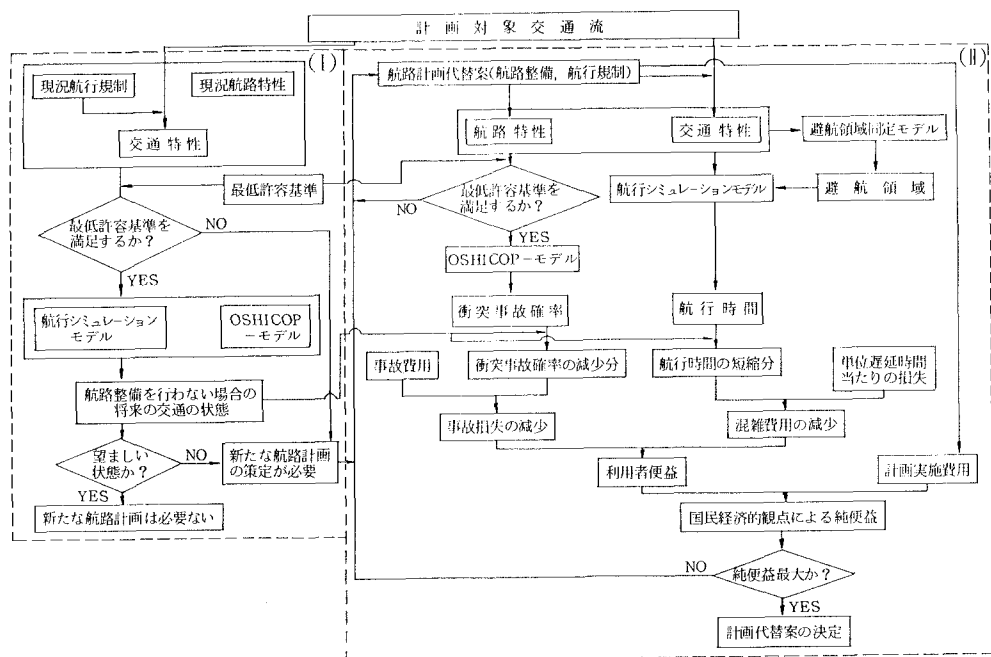


図-1 航路計画の検討手順

ものであるならば、それはそれでよく、改めて航路計画を立てる必要はない。しかし、一般には、何も手を加えることなく迎える将来の姿は望ましいものではないことが多いため、よりよい姿へと導くためにはどの計画代替案を選択し、実施することが良いかを(Ⅱ)の手順に従って検討することとなる。

④ さて、上述の結果として得られる将来の望ましからざる交通の姿を改善するためのいくつかの対応策の組み合わせ(S_{pi}, S_{ri})が計画代替案として作成される。そして個々の代替案に対し、(Ⅰ)と同様に S_{pi} が最低許容基準を満足するか否かをまず判定する。満足しないならば別の代替案を検討し、満足するようであればUSHCOPモデルを用いて当該計画代替案の下で計画対象交通流を流した場合にもたらされる船型別年間期待衝突件数の減少分 $\Delta N_{kk'}(S_{pi}, S_{ri} | F_t)$ を算定する。

⑤ 一方、船型 k と k' の船舶が衝突する場合の事故1件当たりの平均損害額、 $l_{ckk'}$ 、を知ることにより¹²⁾、④の結果と併せて衝突事故に起因する年間総期待損失額の減少分、 $\Delta L_c(S_{pi}, S_{ri} | F_t)$ を求めることができる。

⑥ 一方、迅速性の向上に関する検討のため、まず、航路特性と交通特性を筆者らが開発した避航領域同定モデル¹³⁾に入力し、避航領域の大きさの分布を求める。しかる後、この分布を組み込んだ航行シミュレーション¹⁰⁾を実施し、船型別の遅延時間の短縮分、 $\Delta T_{ki}(S_{pi}, S_{ri} | F_t)$ を求める。

⑦ 一方、船舶の航行費用を調べることでより船型 k の船舶が被る単位時間当たりの遅延損失 l_{dk} を求め¹²⁾、⑥の結果と併せて当該航路における年間期待総遅延損失の減少分、 $\Delta L_{di}(S_{pi}, S_{ri} | F_t)$ を計算する。

これより、現在の航路(S_{po}, S_{ro})を計画代替案(S_{pi}, S_{ri})へと改善することによって、航路利用者が新たに享受する便益 $B_t(S_{pi}, S_{ri} | S_{po}, S_{ro}, F_t)$ が、 ΔL_c と ΔL_{di} の和として得られる。

⑧ ところで、交通施設は一般に長期間にわたって供用されるものであるため、この間に発生し続ける便益と計画期間当初に投入される計画実施費用、 $C_c(S_{pi}, S_{ri} | S_{po}, S_{ro})$ とを比較するために、計画期間にわたる利用者便益の総和をその現在価値、 $B_U(S_{pi}, S_{ri} | S_{po}, S_{ro}, F_t)$ に換算しておく

必要がある。

⑨ 公共事業としての航路整備は多くの場合国民経済的観点に立つて行われる。その評価基準の選択に関しては種々の議論があるが、ここでは効率性基準の1つである純便益最大化基準を用いることとすると、設定した代替案群のうち国民経済的に見た純便益 NB_i 、即ち、 B_U と C_c との差を最大にする代替案が最も望ましい航路計画代替案として選ばれる。

6. 簡単な例題

以上の検討手順を簡単な例題に適用してみよう。

計画の対象となるモデル航路は延長10km、幅員500m、水深20mの一樣な形状をした一方向航路である。航路延長の約40%の長さの区間は周辺部分まで十分な水深を持つ水域が広がっているが、残りの60%の区間は水深が10mしかなく、図一3に示す断面に掘削されている。この上を交通量40隻/時、パラメータ $\mu_w = 1.6$ 、 $\sigma_w = 0.25$ で規定される船型構成(これは、ほぼ現在の浦賀水道航路におけるものに相当する)の計画対象交通流が航行する場合を想定する。ただし、簡単のため、ここで操作する計画変数は航路幅員のみとし、他の計画変数は一定としておくものとする。したがってここでは種々の航路幅員を設定することが計画代替案を作成することに相当する。また、航路諸元に関する最低許容基準は、本研究の主たる興味の対象ではないため、全て満足されているものとする。耐用年数 T は50年¹⁴⁾とし、その間計画対象交通流は変化しないと仮定する。

混雑による遅れ損失と事故損失の和の期待値をもって利用者の総期待費用とし、先に述べた方法で航路幅 W の変更に伴うその変化を示したものが図一2である。一方、改良費用が掘削土量に比例すると仮定すれば、単位土量当たり掘削費用と航路断面を与えることによりこれを求めることができる。

図一3は総期待費用の減少分としての利用者便益と、図中に示した断面を想定した場合の航路改良費用、ならびに両者の差として与えられる純便益が、改良後の航路幅によって変化する様子を示している(C_T 、 r_s はそれぞれ単位土量掘削費用、社会的割引率を表わす)。本図より、設定条件の下では、約900mの航路幅が最も望ましい代替案と見なされることが理解されよう。

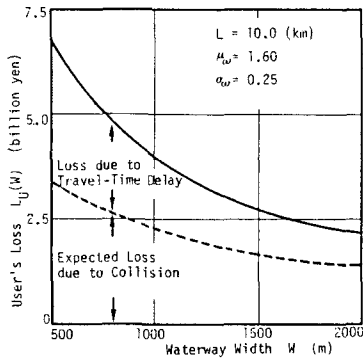


図-2 航路利用者の期待費用

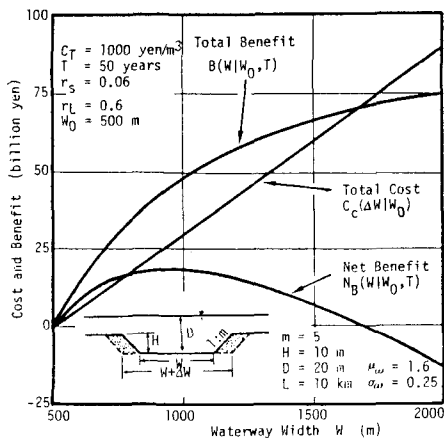


図-3 航路幅に伴う純便益の変化

7. おわりに

本研究では、航路計画を策定するための方法論について考察を加えた。そして、その結果を航路計画の方法論に新たに導入し、航路計画における適切な代替案選択の手順として取りまとめた。

ここで述べた考え方の最も大きな特徴は、これまで「安全は何ものにも代えがたい」として、ともしれば無制限に追求されようとしてきた航行安全性を、限度はあるにせよ定量化し、迅速性を主たる内容とする他の航路機能や計画の実施費用とのバランスをも考慮することによって適切な水準が見出せるはずであるとするともに、航路計画の計画変数と航路機能の発揮されている程度を示す指標との関連を明らかにしておきさえすれば当該水準を実現するため

に実施すべき航路計画代替案を容易に探索できると主張している点にある。また、これまで単なる事項の関連図でしかなかったいわゆる“計画のフロー”を、各ステップで必要とされる情報と作成される情報を明示的に示すことによって、検討の過程で行うべき諸作業の関連が示されている本来の意味での“計画のフロー”とした点も特徴の1つである。

ケース・スタディーでは、この手順の有効性を簡明に示すために、航路幅のみを操作可能な計画変数とする極めてシンプルな事例を想定し、数値的な検討を行なった。この検討を通じて、本研究で提唱した方法論と用いたモデルの有効性がある程度示されたのではないかと考えている。

【参考文献】

- 1) 運輸省港湾技術研究所：港研業務資料—航路設計のための基礎資料，pp.13-14, 1981
- 2) 栗栖義明：港工学，pp.212-213，森北出版，1974
- 3) 例えば，日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，1979
- 4) 長尾義三：港湾技術の発展に関する方法論的研究，p.484，京都大学学位論文，1961
- 5) 喜多・長尾：待ち行列モデルを用いた道路交通解析とその応用に関する研究，第32回土木学会年次学術講演会講演内容概要集，第4部，pp.318-319，1977
- 6) 黒田・喜多：船舶衝突確率の推定モデル，土木学会論文報告集，No.339，pp.187-194，1983
- 7) 木俣昇・石崎肇士：シミュレーションによる航路計画の研究，土木学会論文報告集，No.184，pp.113-126，1971
- 8) Vaganov G. I. et al.: Methods of Increasing Waterway Capacity and Improving Safety of Navigation, Proc. of 25th Int. Nav. Cong., P.I.A.N.C., Sec.1, Vol.2, pp.401-411, 1982
- 9) 黒田・喜多：OSHICOP-モデルによる航路整備と航行規制効果の検討，土木学会論文報告集，No.343，pp.111-119, 1984
- 10) 黒田・喜多・河野：避航領域に着目した海上交通容量の一試算，第38回土木学会年次学術講演会講演概要集，第4部，pp.141-142，1983
- 11) 例えば，A. V. Whyte and I. Buton eds.: Environmental Risk Assessment, SCOPE, 1980
- 12) 喜多・長尾・黒田：航行安全性を考慮した航路計画の方法論，第40回土木学会年次学術講演会講演概要集，第4部，pp.37-38，1985
- 13) 黒田・喜多：分布としての避航領域と航路距離分布の解析，日本航海学会論文集，No.72，pp.1-11，1985
- 14) 長尾義三：土木計画序論，共立出版，pp.110-112，1972