

IV-39 海洋構造物の設置に伴う船舶航行パターンの変化予測

京都大学工学部 正会員 喜多 秀行

1. はじめに

三大湾をはじめとする大都市前面湾域では、海上空港や横断道路、廃棄物処理場の建設をはじめ、在来港湾の沖合展開に伴う埋立などが計画され、既に実施に移されているものも少なくない。しかるに、これらの湾域は同時に海上輸送の場でもあり、種々の利用計画は高密度な海上交通に多大な影響を及ぼすため、計画策定に際しては、混雑の発生する水域や危険度の変化を的確に把握し、不都合の生じることがないように留意しなければならない。しかし、航行水域の形状変化が船舶航行に及ぼす影響を予測する方法論は未だ確立されていないのが現状である。そこで、以下では、航行水域内に構造物が設置された場合の航行パターンの変化を推定する方法について検討する。

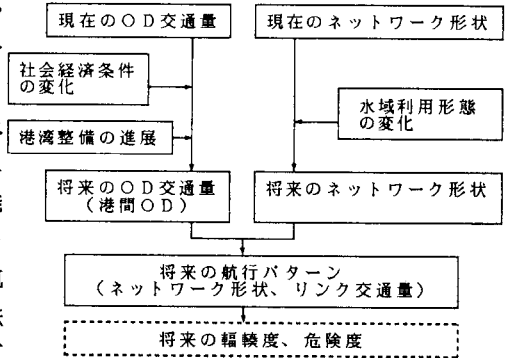


図-1 航行パターンの将来予測の考え方

2. 航行パターンの将来予測の考え方

航行パターンは海上交通ネットワークの形状とその上を航行する船舶交通流の特性の両者によって記述される。ネットワークの形状はネットワークを構成する各リンクの形状とその配置形態からなるが、ここで注意すべきは、海上交通のネットワークは自動車交通における道路ネットワークのように先決的に与えられるものではなく、航行船舶が描く航跡の集合体として形成されるものである、という点である。また、交通量が多いほど交通流の幅は広くなる傾向にあるので、リンクの形状は Flow-dependent となる。

このようなことを念頭に置くと、将来の航行パターンを推定する作業は図-1のように整理される。このうち、ネットワーク形状の推定は、まず新たに設置する構造物を表記した海図上に予定コースのコースラインを書き入れ、しかる後にコースラインに沿って航行する船舶の航行位置分布を推定するという2つの作業からなる（図-2）。本研究で検討するのは後段の部分である。

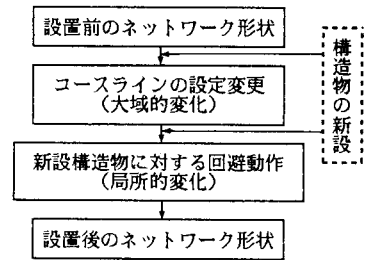


図-2 構造物の設置がもたらすネットワーク形状の変化

3. 航行位置分布の推定モデル

一般に船舶はコンパスを用いて予定した進路（船首方位）を保ちながら航行する。しかし、必ずしもコースラインを厳密にたどれるわけではないから実際には設定したコースラインと平行な航跡が多数出現することとなる。問題を単純化するため、以後構造物を通りコースラインに直行する線上における航跡の分布を“離隔距離分布”と呼ぶこととし、構造物が無い時点の航跡分布（以下、“事前航行位置分布”という）と構造物に対する船舶の避航挙動からこれを推定する方法を提案する。

まず、船舶の避航挙動をモデル化する。構造物周辺では、船舶は予想される外力に対して船の体勢を保持し、構造物への衝突が避けられる位置にまで回避していることが要請される。そこで、ここでは「逆転制動をかけることによって、コース上のいかなる場所からも構造物に接触することなしに停止できる間隔を保持する」ことが操船基準であると考え、逆転制動時に船舶は滑らかな円弧状の曲線を描いて停止に至るが、その際の最大横変移量を S とすると、上述の操船基準は「最大横変移量、 S 、が確保できない位置を航行し

ている船舶は構造物との距離が S であるコースへと遷移する」と言い替えることができる。しかしながら、操船上の種々の不確実性が存在するため、実際の航行位置は構造物からの距離が S であるコースの回りにばらつく。そこで、この事実を考慮に入れるため、遷移後の航行位置は $N(S, \sigma \epsilon^2)$ に従うものとする。

次に、離隔距離分布の算定法について説明する。事前航行位置分布 $f_P(x)$ が $N(\mu_c, \sigma_c^2)$ に従い¹⁾、船舶の操船行動が上述の基準に沿ったものであるとすると、船舶長 L の船舶が構造物からの離隔距離が x である位置を航行する確率密度関数 $P(x|L)$ は、避航せずに当初のコースのままその位置を航行する場合の確率密度関数 $P_1(x|L)$ と、避航した結果その位置を航行することになった場合の確率密度関数 $P_2(x|L)$ との和、

$$P(x|L) = P_1(x|L) + P_2(x|L) \quad \cdots(1)$$

として与えられる。ここに、

$$P_1(x|L) = \begin{cases} f_P(x) & \text{for } x \geq S(L) \\ 0 & \text{for } x < S(L) \end{cases} \quad \cdots(2)$$

$$P_2(x|L) = N(S, \sigma \epsilon^2) \quad \cdots(3)$$

である。これより、船型構成分布を $\phi(L)$ とすれば、全船型に関して集計された、位置 x における航行船舶の確率密度関数 $P(x)$ は、

$$P(x) = \int_0^{\infty} \{P_1(x|L) + P_2(x|L)\} \phi(L) dL \quad \cdots(4)$$

として与えられる。

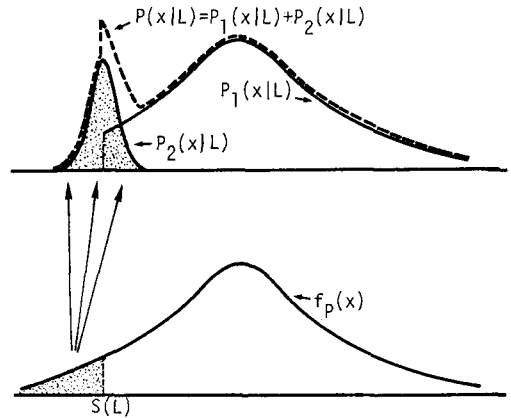


図-3 離隔距離分布算定の概念図

4. モデルの妥当性に関する検証

以上に示したモデルの妥当性を検証するために事例研究を行い、実態観測調査資料を用いて観測値と計算値との対応を検討した。対象水域は山口県下の大島瀬戸である。大島大橋架設前の可航幅は約 730 m、現在はその両端からそれぞれ 200 m の地点に橋脚が設置されているため、この橋脚を新たに設置された構造物と見なした。事前航行位置分布は $N(290, 75^2)$ 、船型構成は船舶長の常用対数が $N(1.57, 0.17^2)$ に従う分布である。

逆転制動時の最大横変移量 $S(m)$ は、渡辺²⁾の結果を用いて、4~8ノット程度の場合について、

$$S(L) = (1.26V - 1.73) L \quad \cdots(5)$$

で与えられる値とした。ここに、 V は速度(m/s)、

L は船舶長(m)である。また、操船上の不確実性によるばらつきの大きさ $\sigma \epsilon$ は、西日本港湾運航技術研究会³⁾に示されている蛇行量と不測のぶれ量との和 $\eta \sigma$ (2.5) に $3\sigma \epsilon$ が等しいとして値を設定した。

図-4の破線は事前航行位置分布を、実線と黒点は離隔距離分布の計算値と観測値を示す。また、横軸上の三角形は橋脚の位置を示している。紙幅の制約上詳細については講演時に示すこととするが、計算値と観測値は良好な一致を見せており、提案したモデルの妥当性をある程度示し得たものと考えられる。

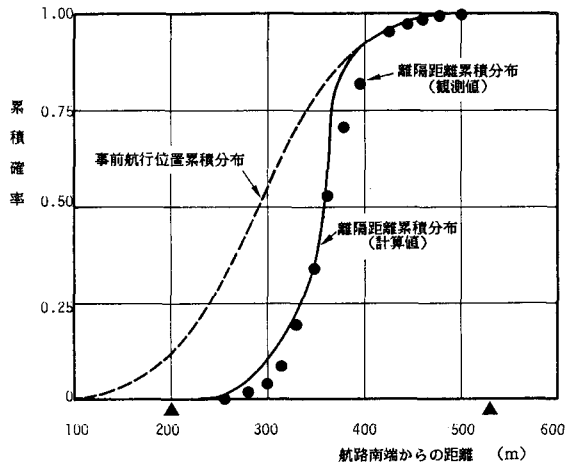


図-4 観測値と計算値の対応関係

【参考文献】

- 1) 井上欣三：直線航路における航跡分布のモデル化と航路分離に関する一考察，日本航海学会論文集，No.58，pp.103~115，1977
- 2) 渡辺健次：海峡および水道の船舶交通現象に関する研究 - B II 後方閉塞領域の導出とその例（第一報）-，船舶技術研究所報告，Vol.3，No.5，pp.53~57，1966
- 3) 西日本港湾運航技術研究会：航路計画調査 - 長大航路における航路幅員決定法について -，pp.69~165，1977