

1. はじめに

海上交通においては、広大な水域で自由な航行が可能な場合と、地形やその他の理由によって一船通過するのが限度である場合が、両極端として部分的に生ずるが、対象水域における総交通量は後者の条件のわるい場合で決ってしまい、そのような個所における最大可能交通量を予測することは、海上交通計画に非常に重要である。

実際、最近みられる大規模な掘込港湾の出入にあたっては片道通航として計画されているものや、各地の港湾や運河には、延長の長い片道通航水路が多数存在している。しかし、このような片道通航水路は、当然のことながら、往復通航水路と比較すると通航可能隻数が少く、船舶通航量が増加すると交通渋滞が生じ、水路としての機能を発揮できなくなる。従って、新規に水路を計画するにあたっては、その水路を片道にするか往復にするかを決定しておく必要があるし、既往の水路の改善にあたっては、水路全域を複線にするか或いは途中だけ複線化してそこですれちがわせるか、また長い水路にあってはすれちがいをより効果的にするため待機場所の計画等をあらかじめ検討しておくなければならない。

2. 交通量が少い場合の評価法

水路通航所要時間が短く、船舶交通量が少い場合は、片道通航水路で十分対応可能であるが、この場合には、以下に述べる条件 i)~vi) の下で待ち合せ理論を応用して、船舶の待ち時間や待ち隻数が求められる。

i) 水路AB (図-1 参照) を通航中の船舶がないときは、A または B に到着した船舶はそのまま水路へ進入可能とする。

ii) 水路内に航行中の船舶があるときは、A または B に到着した船舶の進行方向が水路内航行中の船舶の進行方向と同方向ならば、到着船舶は水路内に進入可能とするが、反対方向の場合はA または B で待つ。

iii) 待っている船舶は、反対方向へ進む船舶が片道航行水路を通過しおわって水路が空いたときに進入可能とする。

iv) A または B で待つことの可能な船舶隻数は最大 m 隻までとし、それ以上は待たずに立ち去るものとする。

v) A, B に到着する船舶は、ランダムに到着するものとし (ポアソン到着)、平均値は各々 λ, μ とする。

vi) 水路通過時間は、平均 $1/\nu$ 、標準偏差 σ の正規分布 (数式では phase n のアーラン分布) とする。

以上6条件の下で、水路が空の状態 E 、水路AB内で船舶は $A \rightarrow B$ 方向に航行し、最後の船舶 (最もAに近い船舶) がAから数えて y 番目の phase にいて、Bで $B \rightarrow A$ 方向の船舶が i 隻待っている状態 X_{iy} 、水路ABで船舶は $B \rightarrow A$ 方向に航行し、最後の船舶 (最もBに近い船舶) がBから数えて y 番目の phase にいて、Aで $A \rightarrow B$ 方向の船舶が i 隻待っている状態 Y_{iy} の総数 $2n(m+1)+1$ ($0 \leq i \leq m, 1 \leq y \leq n$) の状態間で状態方程式を立てて状態確率を求め、それをもとにして待ち時間や待ち隻数を求める。

最大許容待ち数 m を100、アーラン分布の phase n を400として、 $\lambda = \mu = 20, 40, 60$ 隻/日、所要通過時間 $1/\nu = 13, 21, 29, 37, 45$ 分の15ケースについて待ち時間を図2に示した。通過時間の標準偏差は $\sqrt{n} = 20$ で $1/\nu$ を除せば求められる。船速を5ノットとすると、水路延長は2, 3.3, 4.5, 5.8, 7.0 kmに相当する。

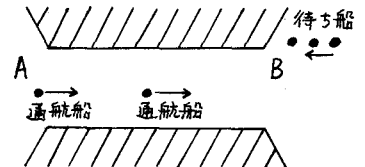


図1 片道通航水路

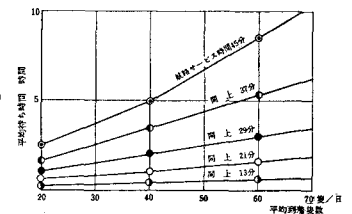


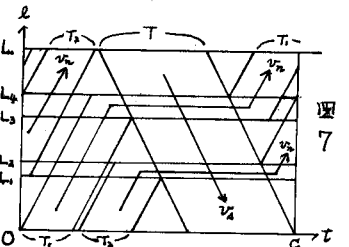
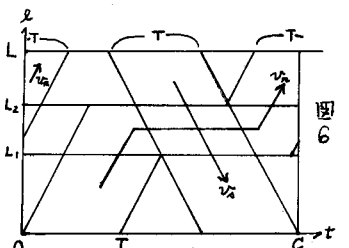
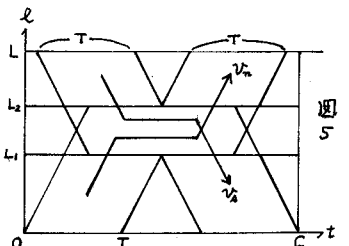
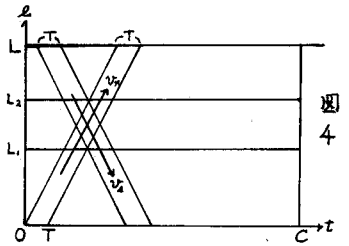
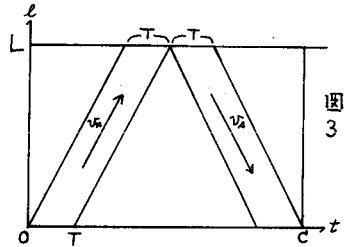
図2 平均待ち時間

3. コントロールを行う場合の評価法

片道通航水路の通航を2で述べたように船舶にまかせきりにすると、通航量が増加したり、水路延長が長くなると待ち船が多くなり、安全性の面からも何らかのコントロールが必要となる。さらに、そのような傾向が著しくなると、一部複線化、複線水域での一時待機、全域複線化、複々線化等次々に計画する必要にせまられる。以下に、それらによって交通容量がどのように増え、待ち時間がどのように変わるかを考察する手法を述べる。

3.1 片道通航水路における交通容量のとりえ方

海上交通における交通容量の考え方は陸上の自動車交通工学と比較すると難しく、単純な隻数では巨大船と小型船の差が出ない。この点に因しては陸上と同様に equivalence volume の考え方もあるが、標準船をどれにして、L換算、L²換算、L³換算等（Lは船舶の全長）何で換算するかによって結果は異なり、各々の船舶の速力差までを考慮すると、実用上からみると結果の正確な読み方は困難である。そのため、ここでは片道通航水路の特性を十分生かして、水路内の地点毎に各方向の船舶が利用可能な時間帯を設け、その時間帯の長さをもつて交通容量とする。従って、実際の交通容量に変換するには、対象船舶が巨大船ばかりのときはその時間帯の長さな巨大船の必要船舶距離で除せば求め、速力差がある場合はその時間帯の中で個々の検討を行えばよい。



3.2 各種通航方式による交通容量

以下に利用する記号等は、片道通航水路の区間を $(0, L)$ 、途中の地点を $L_1, L_2, \dots$ 、図面表示に従い一方を南航（図面の上から下へ）、逆方向を北航とし、利用可能な時間帯の速力を南航を v_n 、北航を v_b とする。また、コントロールの周期を T で記し、交通容量は既に述べたように、時間帯の長さであることから T で記し、南北航の容量を等しく決めるとする。

a) コントロールのみで処理し、交互に南北航をかえるときは図3となり、 $T = \frac{1}{v_n} \{ C - L (\frac{1}{v_n} + \frac{1}{v_b}) \}$ である。

b) 途中の一區間 (L_1, L_2) を複線化してそこですれちがわせるときは図4となり、 $T = \frac{1}{v_n} (L_2 - L_1) (\frac{1}{v_n} + \frac{1}{v_b})$ と考えられる。a) と比較して若干容量は増加するが、そのためには周期を適切な値に定める必要が生じ実用的ではない場合が多い。場所は関係せず長さで決まる。

c) 途中の一區間 (L_1, L_2) を複線化して、そこで待機させてから再び進行する場合は、図5（両方向とも待機）、図6（北航のみ待機）で表わされるが、 T は両者ともに $T = \frac{1}{v_n} \{ C - L' (\frac{1}{v_n} + \frac{1}{v_b}) \}$ である。ここに、 $L' = (L_1 \text{ と } L_2 - L_2 \text{ の大なる値})$ であり、従って、この場合には (L_1, L_2) 部分の複線化は可能な限り中央が望ましい。

d) 南航はノンストップで、北航船は第1時間帯と第2時間帯に分け、第1時間帯は (L_3, L_4) で待機し、第2時間帯は (L_1, L_2) で待機する場合は（図7）、各々の値によって結果は異なるが、それらが海上交通工学上常識的な値であるとする、 $T = \frac{1}{3} \{ 2C - (L + L_3 - L_2) (\frac{1}{v_n} + \frac{1}{v_b}) \}$ で考えられる。

待機時間も T を求める考え方でも求め、改善代替案の評価手法が以上の手法により確立されたといえよう。