

制限水路の船舶の基本航行容量について(A-1)

(そのII) 大型船の閉塞領域の調査

藤井 弥平* 渡辺 健次* 田中 健一*

山田 一成* 関 正美*

On the Navigational Traffic Capacity(A-1)

— Part II. Effective Area of Large Ships —

by

Yahei Fujii, Kenji Watanabe, Ken'ichi Tanaka,

Kazunari Yamada and Masayoshi Seki

Traffic quantities were measured for large ships by "Camera Locator" on the Uruga Suido, where the median values of the traffic quantities of observed ships were about 100 m in length and 12 knots in speed.

The effective area of those ships was obtained from the distribution chart of the relative positions of following ships and it is about 700 m in the course direction and about 350 m in the direction perpendicular to the course.

I ま え が き

前報¹⁾において、京浜運河の航行船舶の実態調査の結果から小型船の閉塞領域を求めた。この小型船の調査にひきつづき、大型船を対象にして同種の調査を行なった。この調査は浦賀水道観音崎および第二海堡において予備調査を行なった後、昭和40年8月25日から15日間観音崎において行なわれたものである。

今回は特に大型船を対象にしたため、国内の制限水路中最も大型船の航行量の多く、かつ潮流の影響の少ない浦賀水道を観測場所にえらんだが、それでも京浜運河における小型船の場合に比べて航行量のはるかに少ないので長期の観測が必要となり、また、観測人員をへらして観測の簡便化を図る必要も生じた。

そこで、新しく船舶位置測定装置を試作して観測に供した。

観測は一組の船の長さ(垂線間長)がいずれも約50 m以上のものをえらんで行ない、約80例の船舶相互位置に関するデータを得て、大型船の閉塞領域を求めた。以下にその大要を報告する。

II 調査の方法およびその条件

II-1 観測方法

観測は図1に示されるような船舶位置測定装置を用いて行なった。これは写真により船の位置を測定するものであって、図2にその装置を用いた観測系統図を示す。くりかえしタイムスイッチは直流定速マイクロモータに減速歯車をつけて軸を1分間に1回転させ、この軸に電気接点を付した円板をつけたもので、試作した装置では15秒、20秒、30秒および60秒のいずれかの時間間隔で電気接点が閉じられる。接点が閉じられると、シャッターが動作し、電動カメラがはたらく。カメラ(1)とくりかえしタイムスイッチをおいた主観測所と、もう一つのカメラ(2)をおいた副観測所をむすぶ電線の抵抗によりシャッターレールの電流(DC, 12V, 1A)が弱められるので副観測所のシャッターレールの前に補助リレーを一段挿入した。電動カメラは内臓電池により自動巻上げを行ない、またフィルム感光度と絞りを設定すれば露出時間は自動的に調節される。レンズはF 35mm, 35mmフィルムを用い、その大きさはハーフサイズで画角は左右約15°である。

観測場所間の連絡にはインタホンを用い、トランシーバを連絡の補助として用意した。

* 共通工学部

本装置を用いた観測は前報の通過時間記録法に比べると、人員が少なく済み、操作が簡便で、かつ、航路が観測基線に対して必ずしも平行である必要がなく、船速が一定でなくてもよいなどの利点をもつが、後述のデータ処理にやや時間を要する欠点がある。

この装置を用いた場合の船舶の位置を求める式および位置の誤差を求める式については付録に示す。

II-2 観測条件

海上保安庁による国内の制限水路の航行量調査²⁾によると、第二、第三海堡間では1000トン以上の大型船がある一日に99隻航行し、明石海峡の76隻がこれについている。観音崎前面ではこの数字は99隻より幾分大きいと考えられ、大型船の航行諸量の観測に適している。そこで、観測場所をここにえらんだが、対岸までの距離が約10km、推せん航路まで約2kmあって霧の日などみとおしよくないのが難点である。

本観測では、主観測所を観音崎ホテル2階におき、観音崎航路標識事務所を副観測所とした。この2個所の位置は、航空測量による1/3000の地図*をもとにしてとめた。両所をむすぶ基線の長さは531m(水平距離)である、図3にその基線が示されている。



図1 船舶位置測定装置

* 横須賀市役所編：観音崎地図（昭和36年12月）

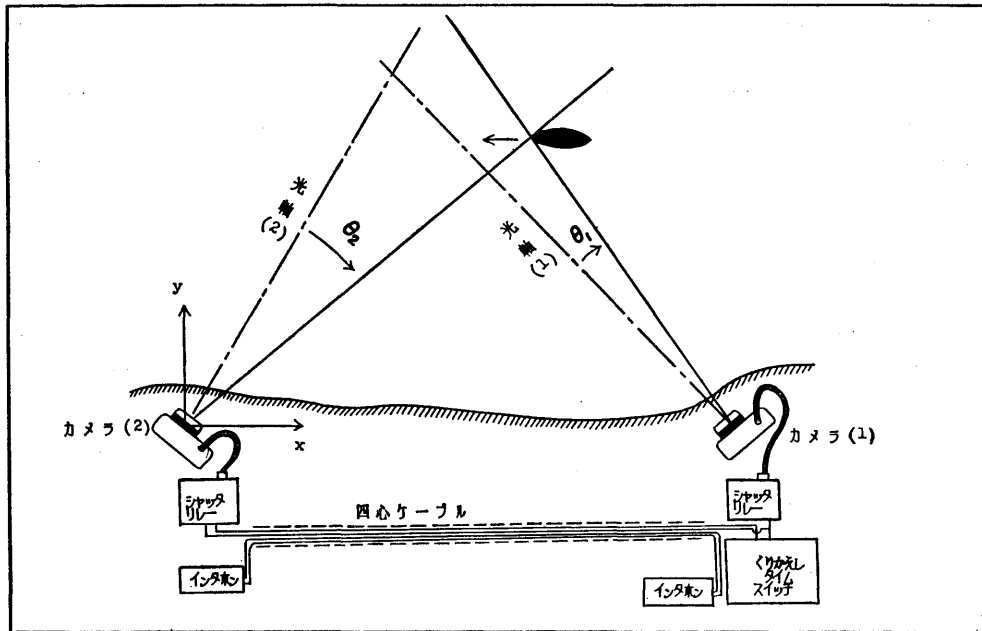


図2 観測装置の系統図

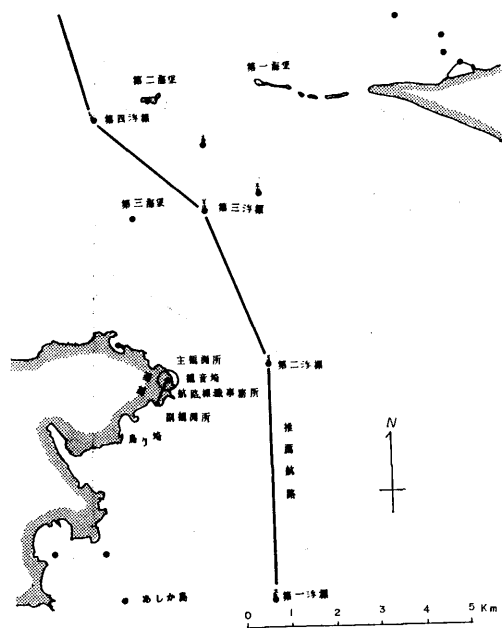
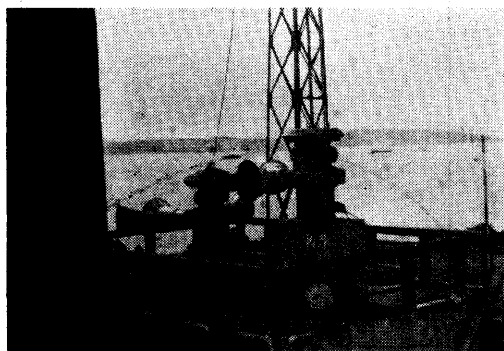


図3 観音埼付近の海図

両方のカメラの視野に船影が入っているとき船が撮影されると、船の位置が求められるので、二つのカメラの視野の重なった部分を大きくとるためカメラの光軸を基線に垂直な線よりある程度傾けた。これらの傾き角などの設定にはトランシットを用いた。

図4はこのようにしてえられたフィルムの一組を示す。数字1はフィルム番号を、数字26は8月26日午前（数字廿六は午後）を、時計は時刻を示す。右の写真はカメラ(1)によるもので両端の短い棒は光軸より 15° の画角を示している。左の写真はカメラ(2)によるもので、測量ポールが画角 15° を示す。



船の形、視界などより船の大きさを判別し、約500トン（垂線間長で約50m）以上の船が約2km以内の距離でつづいてくるときをえらんで10コマ前後づつ撮影した。シャッタの時間間隔は30秒に固定した。

II-3 データ整理

写真のよみとりはプロジェクタを用いた。2台のプロジェクタを設置し、あらかじめ観測に用いたカメラで、5cmの等間隔で線をひいた校正図をレンズの中心から5cmの距離をおいて撮影しておき、この校正用フィルムを投影し $d \tan \theta = 0.01$ が1cmとなるようプロジェクタと映写の距離を調節して船首、船尾をよみとった。船の垂線間長より総トン数が推定できるため乗線間長に対応する船首、船尾をよみとることとした。よみとりデータより付録に示される算式を使って位置を求めた。図5はこのようにして求めた航跡図の一例である。座標の原点はカメラ(2)のレンズ中心とし、x軸は基線方向、y軸は基線に垂直にとってある。3, 4, 5などの番号は1系列のフィルム番号を示し、各点間の距離を30秒で除して速さがえられ、船の長さは図よりよみとれる。この場合、位置のよみとりの精度は約20mであった。この数字は3cm波のレーダーを観音埼航路標識事務所に設置するときの推定誤差の $\frac{1}{3}$ 程度*である。表1に船名のわかったものの長さ、総トン数と測定した長さを比較して示す。

また、先行船と後続船の距離、間隔はY(m)、X(m)とし、先行船の船首を原点とし、進行方向にY軸、これに直角にX軸をとった。

* 3cm波のレーダーでは通常、方位角の分解能は 2° 弱であるから2kmでは約70mの分解能をもつ。

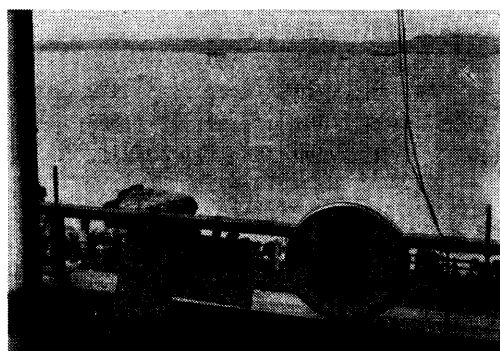


図4 観測フィルムの一例

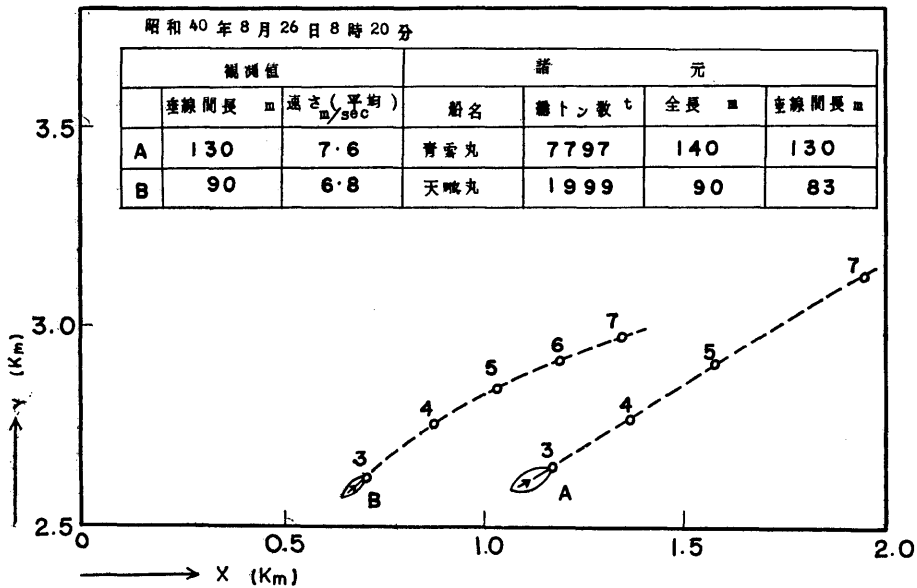


図5 航跡図の一例

表1 測定した船の長さや諸元

船名	全長 (m)	無線間長 (m)	総トン数 (t)	測定長
青雲丸	140	130	7797	130
天鵬丸	90	83	1999	90
山里丸	143	134	7139	150
オリンピック丸	143	132	7463	140
宗像丸	126	117	5917	130
あき丸	151	142	9852	140
山春丸	143	134	7119	150
永進丸	68	62	999	70
春洋丸	92	85	2689	70
第七兼油丸	48	44	480	60
阿蘇春丸	145	134	7839	160
第三栄福丸	45	41	351	60
勝運丸	34	30	197	40
神隆丸	70	67	129	60
第二菱洋丸	104	99	2896	100
ふじ	100	90(水線)	7700(排水)	70

Ⅲ 観測結果

以上のような観測により、撮影した船のみについて船の長さ、距岸距離、本調査の主要目的である二船間の距離・間隔の諸量およびこれにより求めた閉塞領域について以下項目別のべる。

Ⅲ-1 航行量

この観測は前報と同様に航行量調査を目的とするものではないが、参考のため観測期間のうち8月26日および8月30日の入、出航船舶の量を図6および図7に示す。これは鳥ヶ崎信号所の記録によったものであり、夕刻出航船の非常に多いことが目につく。

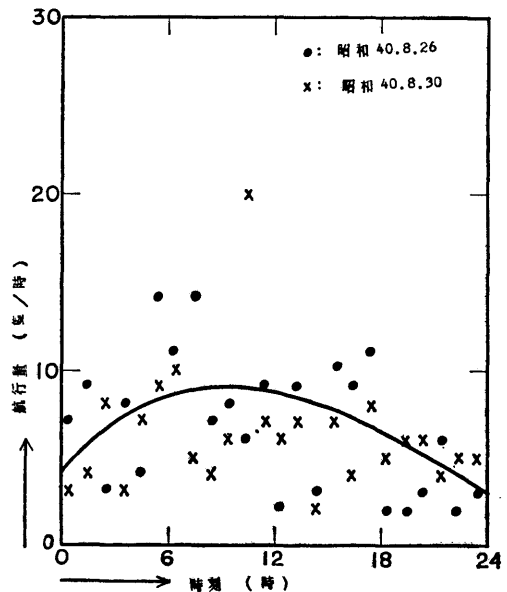


図6 船舶航行量(入航)

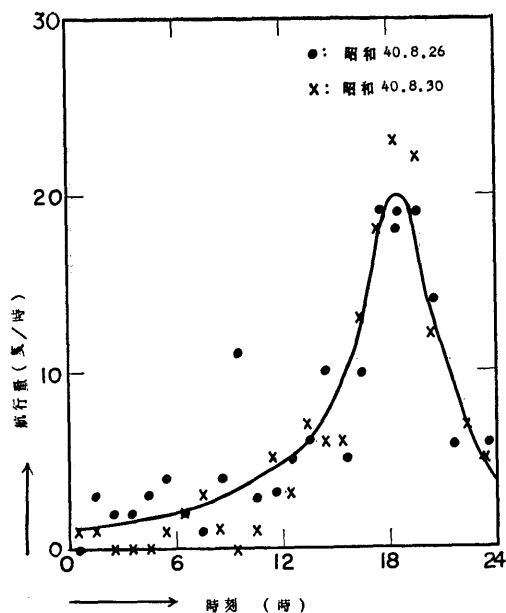


図7 船舶航流量 (出航)

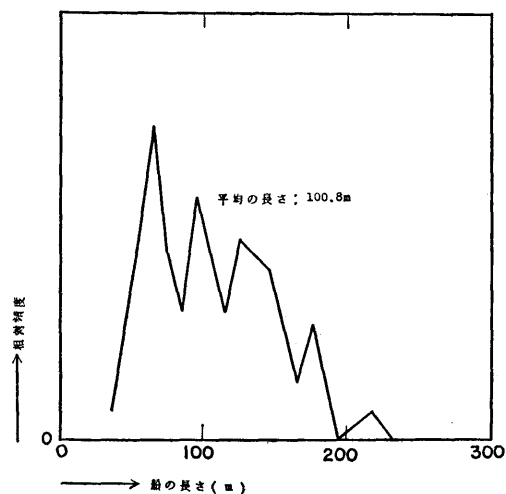


図8 船の長さの頻度分布図

III-2 船の長さおよび速さ

観測した船の長さの頻度分布を図8に、速さの頻度分布を図9に示す。船の長さ50m以下のものは撮影しなかったため、ここで注目している船の多くは70mから130mの長さを持ち、平均値は100.8mである。船速は10ないし15ノットのもの過半数をしめ、平均値は11.8ノット (6.14m/sec) である。

III-3 二船間の距離・間隔および閉塞領域

この観測で得られた二船間の距離・間隔のデータを

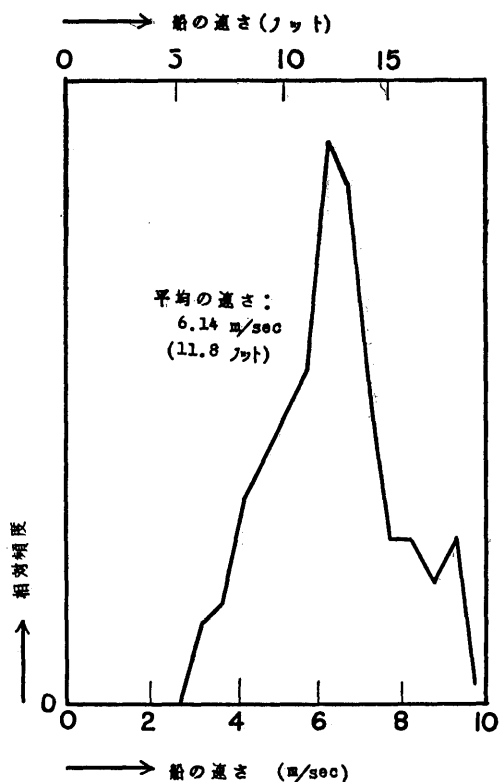


図9 船の速さの頻度分布図

表2に示す。観測データの重みをひとしくするため、 X , Y のよみとりを原則として4組づつとった。表2の L_1 , L_2 および \bar{V}_1 , \bar{V}_2 はそれぞれ先行船、後続船の長さおよび平均船速を表わし、 $-Y$, $|X|$ は距離・間隔を表わす。たとえば、表の最初に示される青雲丸と天鵬丸のグループでは、最初、天鵬丸は青雲丸の後方距離410m、間隔220mに位置し、30秒後距離は410m、間隔は250mとなったことを示す。一応左右の区別を考えに入れなかったため、 X のかわりに $|X|$ を記録した。

以上のようにして得られたデータから基本航行容量を求めるためには、一定速さ、一定の船の長さおよび同一種類のものをえらんで閉塞領域を求めなければならない。しかし、これらの条件をそのまま適用すると必要なデータ数が非常に大きいものとなる。そこで前報と同じように、ここでは大略の値を求めることを主眼として、得られたデータのすべてを用いて閉塞領域を求めることにする。

図10は先行船に対する後続船の相対位置を、一組の船に対して4点づつ記入して示したもので、この図か

表2 船の長さ, 平均速度, 距離および間隔

L_1 (m)	\bar{V}_1 (m/sec)	L_2 (m)	\bar{V}_2 (m/sec)	1		2		3		4		備 考
				-Y(m)	X (m)	-Y(m)	X (m)	-Y(m)	X (m)	-Y(m)	X (m)	
130	7.6	90	6.8	410	220	410	250	490	240	540	220	1:青雲丸 2:天鵬丸
140	8.3	150	8.2	340	210	350	160	350	120			1:オリンピア丸 2:山里丸
110	4.7	140	4.5	1400	450	1450	430	1450	400	1450	380	
70	6.7	150	8.0	0	820	60	780	100	780	150	780	1:永進丸 2:山春丸
130	4.5	90	3.9	220	200	230	150	250	130	250	150	
150	6.8	130	4.5	1430	260	1350	120	1280	170	1200	0	
150	6.8	90	3.9	1800	440	1800	420	1700	500	1450	550	
140	6.3	130	6.8	1420	70	1450	50	1470	50	1480	50	
60	3.4	140	6.3	800	750	860	760	880	750	950	800	
160	8.7	60	5.2	1270	550	1170	500	1050	420	850	400	1:阿蘇春丸 2:第三栄福丸
120	6.4	90	5.7	1770	620	1760	620	1750	540	1680	520	
160	7.2	80	5.8	1330	530	1300	540	1210	610	1180	650	
60	6.6	40	4.3	1070	330	1030	310	1020	280	1030	200	1:勝運丸 2:神隆丸
60	7.0	40	4.3	270	850	220	720	130	520	80	400	
60	6.6	60	9.0	330	850	450	800	560	720	580	650	
50	5.0	170	7.8	1830	310	1980	400					
100	7.7	50	6.3	1200	310	1200	400	1160	490	1100	670	
50	6.3	50	4.5	920	1130	850	1160					
100	6.7	50	5.0	800	950	880	980	920	1000	1000	1050	
125	6.6	100	8.0	360	220	400	260	430	300	480	320	
60	5.0	50	5.0	1950	120	1950	100					
90	6.3	80	3.0	800	180	770	200	580	200	470	160	
60	5.8	50	5.5	580	620	580	520	580	460	570	400	
50	7.0	70	6.3	700	250	640	230	600	200	550	140	
110	7.0	70	6.3	0	1300	0	1250	150	1250	200	500	
110	7.0	50	7.0	0	1280	100	1100	100	1250	100	1200	
110	5.0	80	5.4	700	220	760	250	800	270	820	270	
180	8.0	60	8.8	1030	380	1050	450	1070	550	1050	670	
100	5.0	60	5.0	250	470	380	430	300	380	370	300	
180	9.0	200	5.7	1500	150	1400	260	1290	370	1190	390	
70	5.9	70	5.2	270	440	250	530	280	580	330	630	
150	9.3	120	6.0	370	140	250	150	180	160			
130	6.9	90	7.5	50	400	50	330	60	330	90	370	
70	5.3	120	6.4	100	230	160	220	160	200	180	160	
50	5.0	60	7.2	30	500	130	420					
170	6.6	100	7.0	0	1000	0	950	0	950	0	950	
170	5.9	170	6.6	970	300	900	400	870	450	850	500	
170	6.9	100	7.0	920	750	930	650	950	560	950	470	
130	7.0	120	5.2	930	70	860	40	800	20	760	0	
100	8.4	90	6.9	1300	30	1230	30	1150	30	1050	30	
40	5.7	30	4.5	0	1220	0	1150	0	1100			
70	7.5	40	5.7	80	510	0	380	20	250			
90	6.3	140	6.5	180	250	230	200	310	180	330	150	
130	5.3	90	6.3	180	200	110	210	220	220	30	220	

$L_1(m)$	$\bar{V}_1(m/sec)$	$L_2(m)$	$\bar{V}_2(m/sec)$	1		2		3		4		備 考
				-Y(m)	X (m)	-Y(m)	X (m)	-Y(m)	X (m)	-Y(m)	X (m)	
130	5.3	140	6.5	230	570	230	520	250	480	260	420	
80	5.5	65	3.8	260	930	200	900	280	870	170	800	
95	5.5	65	3.8	650	1050	580	1100	520	1150	460	1180	
95	5.5	80	5.5	400	80	360	130	400	200	270	360	
60	5.0	50	4.7	500	200	500	200	500	210	500	230	
40	5.1	110	5.5	500	220	500	250	500	250	500	330	
60	7.0	80	6.1	1130	180	1130	120	1150	40			
80	5.3	150	6.6	130	560	70	580	30	580	0	600	
40	3.3	40	5.6	320	700	570	340					
40	7.1	50	5.1	620	520	650	500					
160	6.8	100	5.9	1360	420	1300	480	1270	400	1210	520	
60	5.5	60	6.3	600	80	600	100	650	120	650	140	
40	4.9	50	3.9	0	570	0	530	0	500	0	450	
90	4.8	50	6.0	530	100	650	80	710	50	780	20	
120	7.8	100	7.1	1350	560	1380	620	1400	720			
120	8.6	60	6.6	1300	390	960	410	930	430	850	500	
130	6.0	60	4.2	700	1000	700	920	680	850	650	750	
120	6.0	80	4.9	1150	620	1120	580	1100	500	1080	430	
30	3.5	80	6.0	320	80	240	30					
120	5.5	60	6.0	200	180	220	180	230	180	240	180	
140	6.6	180	8.8	1750	830	1850	750	1900	700			
90	6.1	120	6.9	0	680	0	580	30	560	50	540	
140	6.5	120	6.1	750	100	810	100	810	0	750	100	
140	4.9	120	5.1	540	160	600	160	650	160			
120	3.4	130	5.2	950	200	980	180	980	160			
95	7.5	75	6.3	930	300							

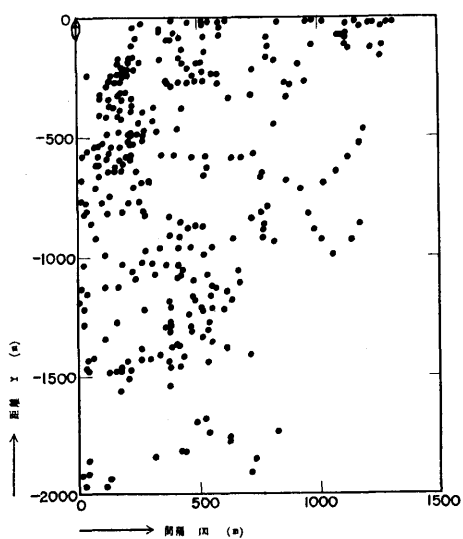


図10 後続船の相対位置の分布

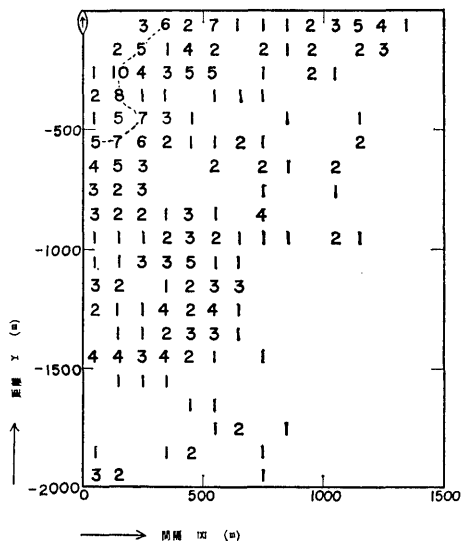


図11 後続船の相対位置の分布
(数字は隻/100m×100mをあらわす)

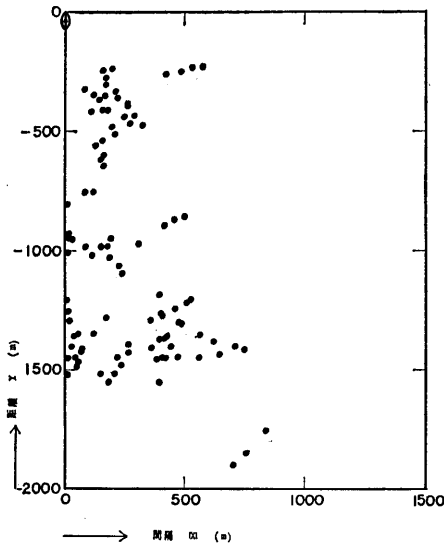


図12 後続船の相対位置の分布
(船の長さ100m以上のもの)

ら明らかに閉塞領域が認められるであろう。いま、これらの点を50m, 100mおよび200m四方のます目で切り、その中の点の数を求めて、それぞれについて各ます目の行と列における極大値を連ねてみると、50mますのときはこの線は左右に曲折し、100mますの場合は図11のように、割合なめらかなものとなる。200mの場合もほぼ同様のものがえられたが、この場合は、ます目の大きさだけ不確定さが増す。これらの関係は前報における操作と全く同じであって、この100mますの結果を採用することになると、閉塞領域は、この極大値を連ねる線とX軸に囲まれた領域で示される。すなわち、この80例程度のデータからも100mます四方の程度で先行船の左右約350m, 後方に約700mの半卵形の閉塞領域の存在が認められる。

また、前報と同様に統計的検定を行ない、この閉塞領域の存在が十分に意味のあることをたしかめた。

Ⅲ-4 船の長さが100m以上の大型船の二船間の距離・間隔

この条件にあてはまる船のグループの観測例は少なく、26例にすぎない。したがって、閉塞領域を求めるには十分でないと考えられるが参考のためその距離・間隔の分布を図12に示す。

Ⅲ-5 航跡図

観測した出航船および入航船の航跡を図13および図14に示す。入航のもの数が少ないのは視界があまりよくないとき、遠方(入航船)がよく撮影できなかつ

たことによる。航跡の密度の最も大きいところは当然のことではあるが、入航船では推薦航路の東京に向かって右側、出航船では左側にある。

IV むすび

大型船の閉塞領域を求めるため、浦賀水道において、船舶位置測定装置を用いて、大型船の前後二船間の相互位置の観測を行ない、約80例の有効なデータを得た。

これによると、視野が十分で、かつ、風波の少ない気象海象条件のもとで、可航巾約1kmの一定巾の直線水路を大型船(船の長さ100m前後)がほぼ同一方向に速さ12ノット前後で航行するとき、後続船の大部分は先行船の左右約350m, 後方約700mの図11に示されるような閉塞領域に入ることをさけることがわかった。この領域は、両船の長さおよび速さなどに依存すると考えられるが、この相関をくわしくもとめるためには一段と多くのデータが必要である。

今後は、より多くのデータの収集を行なうとともに、本研究の主目的である船舶基本航行容量を求めて行く予定である。

V 謝 辞

本研究は、第二港湾建設局の後援により行なわれたものであり、また、調査に際しては海上保安庁からも多大の援助を受けた。両者に対し、あつく感謝する次第である。また、実際の観測にあたっては、横須賀市役所、東洋信号所および観音崎観光株式会社からも協力を得た。併せて、感謝の意を表したい。

文 献

- 1) 藤井・渡辺・田中・山田・宮城：制限水路の船舶の基本航行容量について(そのI)小型船の閉塞領域の調査、船舶技術研究所報告、第3巻第2号(昭和41年3月) p. 1~16
- 2) 海上保安庁編：調査資料(昭和40年4月)

追 記

本報告は昭和40年11月、第5回船舶技術研究発表会で発表のものに加筆したものである。

付 録

船舶位置を求める式および位置の誤差

付図に示すように、A, B点におけるカメラの光軸が基線となす角を $\pi/2 - \alpha$, $\pi/2 - \beta$ とし、船首のそれぞれの光軸に対する角を θ_1 , θ_2 とすると、船首のx, y座標は

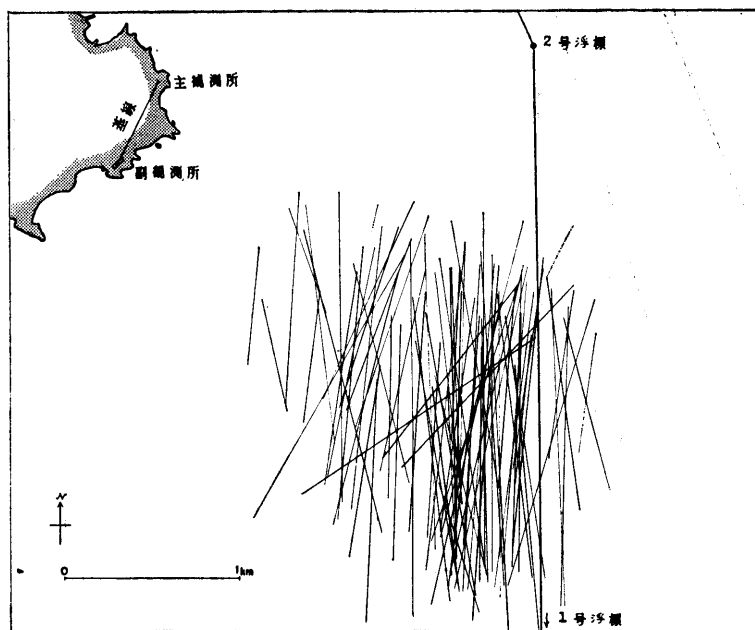


図13 航跡図(出航)

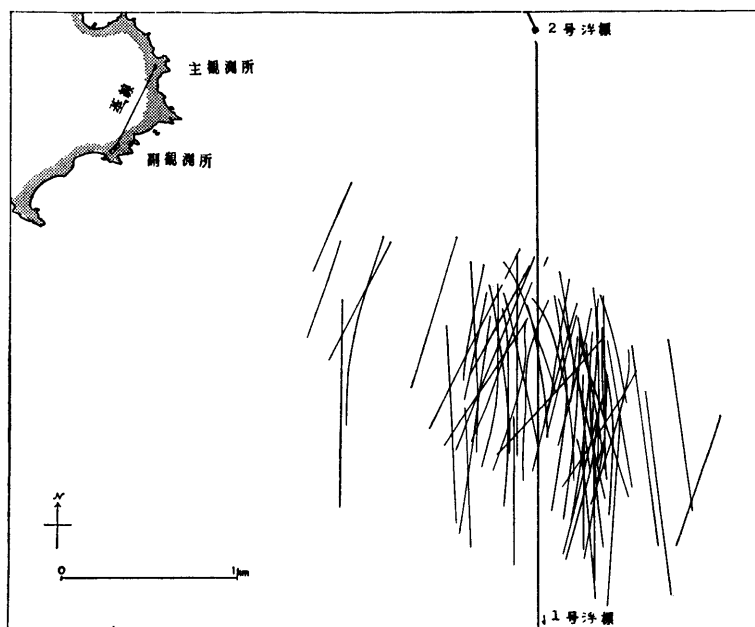
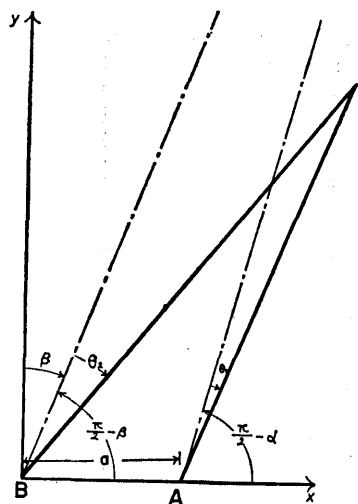


図14 航跡図(入航)



付 図

$$x = \frac{a \tan(\beta + \theta_2)}{\tan(\beta + \theta_2) - \tan(\alpha + \theta_1)}$$

$$y = \frac{a}{\tan(\beta + \theta_2) - \tan(\alpha + \theta_1)}$$

で与えられる。ただし、 a は基線の長さである。したがって、位置測定の誤差は次式で計算できる。

$$\Delta x = \frac{x \{(x-a)^2 + y^2\}}{ay} (\Delta \alpha + \Delta \theta_1) +$$

$$\frac{(a-x)(x^2 - y^2)}{ay} (\Delta \beta + \Delta \theta_2) + \frac{x}{a}$$

$$\Delta y = \frac{(x-a)^2 + y^2}{a} (\Delta \alpha + \Delta \theta_1) -$$

$$\frac{x^2 + y^2}{a} (\Delta \beta + \Delta \theta_2) + \frac{y}{a} \Delta a$$

ここに、 Δa 、 $\Delta \alpha$ および $\Delta \beta$ は測定の誤差およびカメラ設置の誤差であり、 $\Delta \theta_1$ および $\Delta \theta_2$ はよみとりの誤差である。

(原稿受付 1966. 3. 1)