

海峡および水道の船舶交通現象に関する研究

制限水路の船舶の基本航行容量について (A-1)

(そのⅢ) 中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* 沢井 秀之* 金丸 貞己*

Navigational Traffic Phenomena on Narrow Straits

On the Navigational Traffic Capacity (A-1)

—Part III. Effective Area of Medium-sized Ships—

By

Yahei Fujii, Kenji Watanabe, Ken'ichi Tanaka,
Kazunari Yamada, Hideyuki Sawai and Sadami Kanemaru

Lengths and positions of medium-sized ships on the Uraga Suido were measured by the "Camera Locator" in search for the dimension of the effective area of the ships. The result shows the dimension of the area to be about 250 m in the course direction and about 100 m in the direction perpendicular to the course.

The investigation of the result together with those in 1964 and 1965 gives the dimension of the effective area to be about 8L in the course direction and about 4L in the direction perpendicular to the course where L is the total length of ship.

1. ま え が き

大量の輸送を安全迅速におこなうことが運輸にたずさわるものへの課題である。列車および航空機には運行プログラムがたてられ衝突などの事故を皆無に近くおさえながら設備を効果的に運用している。一方 600万台をこえる自動車をもつわが国の陸運界では1台1台に対し運行プログラムをたてることは不可能に近い。この方面での先進国であるアメリカ合衆国についてわが国でも交通工学の分野がひらかれ、運輸、建設、警察、および車両作業に関係する人々の努力により多くの成果を得、交通事故防止と輸送能率の向上および道路の設計、運用、整備に大きく寄与している。

海運界において5トン以上の船は5万隻にもおよび1隻ごとに運航プログラムをたてて衝突をふせぐこと

はむずかしい。また海難事故も衝突乗りあげなどが大部分で陸上交通に近い様相を呈してきた。昭和41年12月18日の春洋丸、第二菊栄丸、関西丸の三重衝突事件はこの間の消息をものがたっている。日本近海の船の混雑は有名であり、一方海上交通工学に関する文献は外国にほとんどみあたらないので共通工学部では数年前よりこの問題にとりくみ、特に水路の航行容量(船舶交通容量)について研究をすすめてきた。また海上輸送量の増大や巨大船の出現などにより海上交通工学の確立をのぞむ声も高くなり近來各方面で海上交通実態調査が行なわれ航行量を中心として重要な資料が整備充実されるようになってきた。

これまでに基本航行容量をもとめるために1隻の船が占有する水面である後方閉塞領域(先行船の後方において後続船が入るのをさける領域)を得ようとして昭和39年小型船を対象に観測¹⁾を行ない、ついで40年

* 共通工学部

に大型船について観測²⁾を行なった。またこれに関連する諸問題を主として理論的に考察したものをBシリーズとして発表してきた。^{3)・4)} 今回中型船を主な対象として後方閉塞領域に関する調査観測を行なったのでここに報告する。

なお、レーダー特にミリ波レーダーおよびレーザーは以上の観測に非常に有用であると考えられ、この応用について調査しているが、さいわい東京商船大学船舶運航技術研究会の御好意により同会の浦賀水道船舶交通実態調査の際撮影されたレーダーフィルムを提供をうけることができ、これを解析して後方閉塞領域をもとめた。この結果、これまでもとめてきた値が妥当であるという力強い裏付けを得たのでこれを付記する。

2. 観測について

観測は前報告²⁾に準じておこない船舶位置測定装置すなわち三角測量で位置をもとめる装置をもちいた。また測量基線の測定や観測精度の検定にはレーザー(NEC小型レーザー測距装置)をもちいた。

前回とほぼおなじ所の観音埼前面の浦賀水道で昭和41年9月20日より10月4日にわたる約半月間観測をおこなった。場所のみとり図を図1に示す。なお24日夜

には台風26号が急襲して装置に相当の損害をうけたが鋭意復旧して観測をつづけた。今回は観音埼航路標識事務所を主観測所として主任ほか1名をおき、観音埼警備隊敷地内に副観測所と観測員1名をおいた。観測期間中視界は概してよく24日をのぞいて通常の航行条件であると判定した。観測は7.00より18.00までおこなうこととし、ほぼ100トン以上の船がひきつづいて航行する場合、20秒間隔で10コマ以上撮影した。

今回は500トン前後、全長で40から80mの船を主としていて、これらは岸の近くを航行するものが多いため、基線の長さを前回の531mの約 $\frac{1}{2}$ とした。この長さはレーザー測距装置により262mと測定された。なお、主と副両観測所のカメラに同時に撮影されてはじめて位置がもとめられるから図1に一点鎖線で示してあるようにカメラの光軸を内側にふって岸近くの船の位置をもとめやすくした。カメラの画角は左右各 15° 強で図1のハッチをほどこした部分にある船の位置がもとめられる。

写真のよみとりには2台のプロジェクタをもちい船首と船尾の画角の正切をとる。このよみとり図式解法でもとめた。位置の測定精度は基線より1kmの所で約10m、2kmの所で約40mであることがレーザー測距装置によるデータとの比較検討の結果わかった。ま

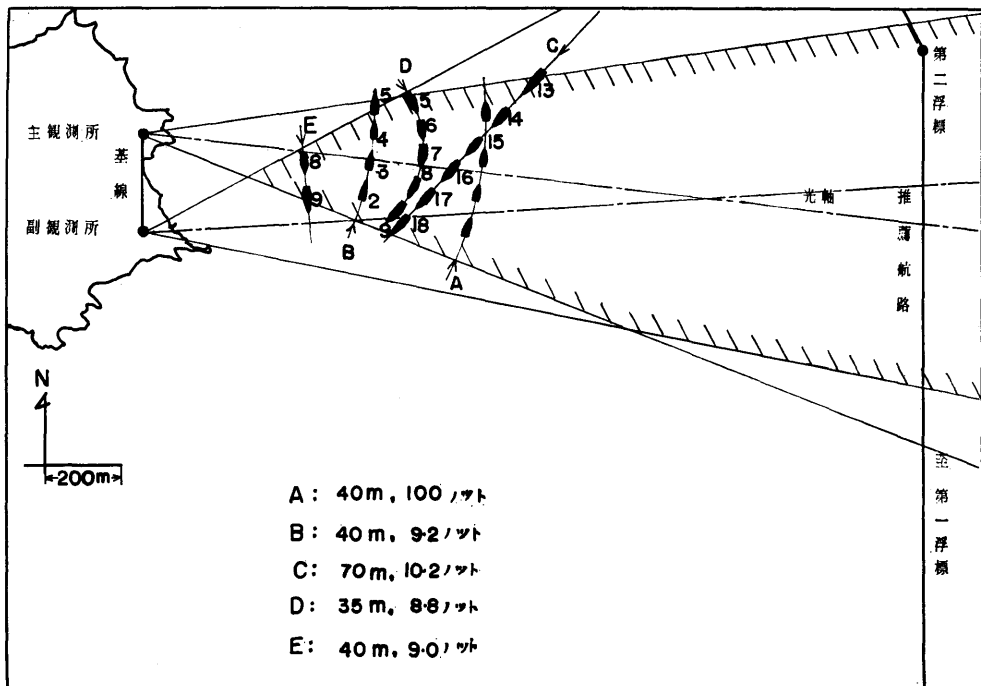


図1 観測箇所の見取図と観測例

た基線より 1 km 以上はなれると船首および船尾の位置が10点以上もよみとれ、これより航跡をもとめてから船の位置をきめるため誤差は前記の値の半々となった。図1に示してある観測例は9月22日13時55分にはじまるもので船に付けた数字はフィルムのコマ番号である。

3. 結 果

以上の観測により、撮影した船のみについて全長と速さを得、この頻度分布を図2と図3に示す。また船の長さとは速さは密接にむすびついているので、これらの船の速さと満載速度との関係を見るため、ある速さと長さに対する隻数を図4に示す。ここに丸印は平均値の位置をあらわす。縦軸と横軸は対数で目盛りしており、実線は報告3に示した満載速度と垂線間長の関係を満載速度と全長の関係にひきなおしたものである。また上下の2線は標準偏差の2倍 2σ だけはなれた値をあらわす。この図より船の速さの平均がほぼ満載速度の平均に近いことおよび $\pm 2\sigma$ の範囲外にあるものが11.4% (前にもとめた値は 3.5%) あることか

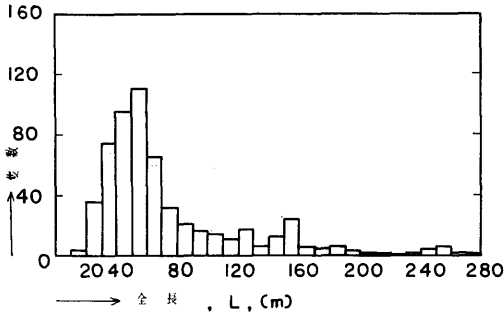


図2 観測した船の全長の頻度分布

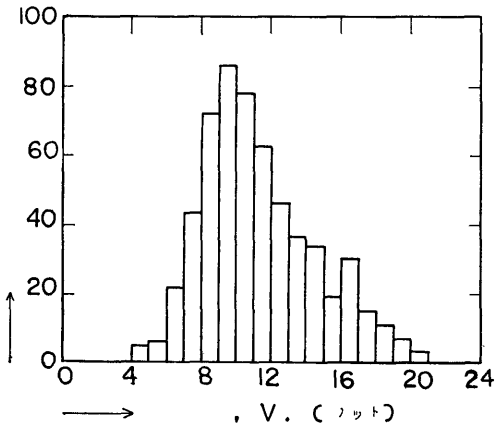


図3 観測した船の速さの頻度分布 (横軸速さ, 縦軸隻数)

ら速度のちらばりは満載速度のちらばりよりかなり大きいことがわかる。

次にさきにもとめた船の位置より先行船に対する後続船の相対位置をしらべる。先行船の進行方向に Y 軸、これに直角に X 軸をとり原点を先行船の船首におき後続船の船首の位置を (X, Y) とする。船の位置は20秒間隔で数点とってあるが測定のおもみを同一にするため2船の組ごとに4点づつとった。先行船の長さ速さを L_1, V_1 , 後続船のそれを L_2, V_2 とし (X, Y) の値とあわせて付表にも示す。

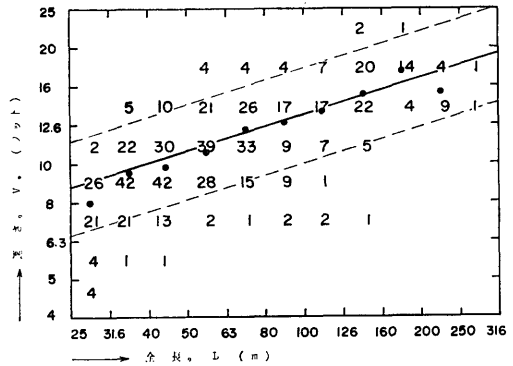


図4 観測した船の全長と速さの関係

(黒丸は平均値, 実線は前報告でもとめた満載速度の対数と垂線間長の対数の相関直線, 破線は標準偏差の2倍の範囲を示す)

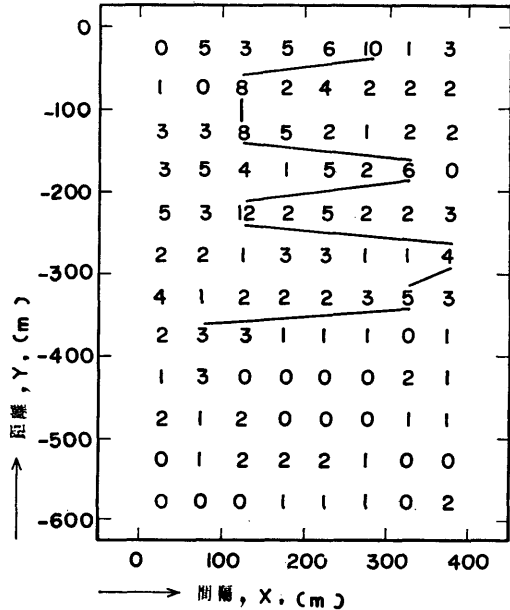


図5 後続船の相対位置分布図 (50mます目) L: 40~80m

船は右側通行であるから右後方と左後方の差別がでると考えられるが、後に付録でもふれるようにこの差はあまり大きくなく、今のデータ数ではこの差をみつけるにはたりないと考えられる。それで前回同様左後方のデータを右後方のものに加えて、いいかえると $(|X|, Y)$ の頻度分布図をつくって船の相対位置の密度をあらわすこととした。

基本航行容量をみちびくのに必要な後方閉塞領域の大きさをもとめるには通常の航行条件のもとに通常の船型をもち、長さが L と $L+\Delta L$ 、速さが V と $V+\Delta V$ の間にある船の組をとり、相対位置の密度分布図をつくり密度極大の点をつらねてある領域をもとめればよい。しかし ΔL および ΔV を十分小さくして有意義に閉塞領域をもとめるには膨大な量の観測例がいるため、ここでは船の長さ、一番大きいものでも一番小さいものの2倍をこえないことだけを条件とし

た。速さには制限をつけなかったが前回とおなじくここにもとめる閉塞領域の大きさはほぼ満載速度に近い速さに対応することに留意していただきたい。

図5は全長が40mから80m(平均全長56.7m, 平均の速さ11.0ノット)の船の相対位置分布を50m角の中にある点の数であらわしたものである。

また図6, 図7および図8はまずめを大きくしてそれぞれ100m角, 150m角, および200m角の面積の中にある点の数であらわしたものである。横方向の列の最大値をむすぶ線は、図6では左右にゆれうごくが図7, 図8, 図9ではほぼおなじ所をとおり閉塞領域がもとめられる。まずめが大きすぎると不確定さがありますので、ここでは100m角のものが適当であることがわかり後方閉塞領域の進行方向の大きさ r として (350 ± 50) m。進行方向に垂直な方向の大きさ s として (200 ± 50) mを得た。なお、前報告¹⁾にのべた方法に

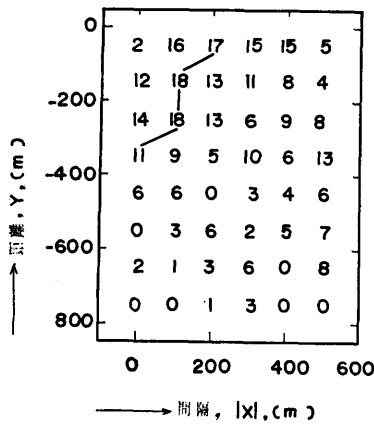


図6 後続船の相対位置の分布図
L: 40~80m, 100mますめ

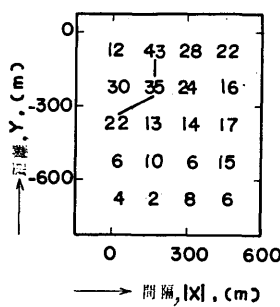


図7 後続船の相対位置の分布図
L: 40~80m, 150mますめ

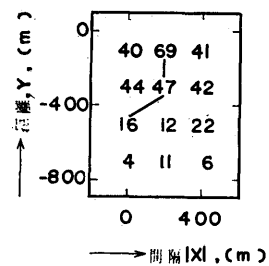


図8 後続船の相対位置の分布図
L: 40~80m, 200mますめ

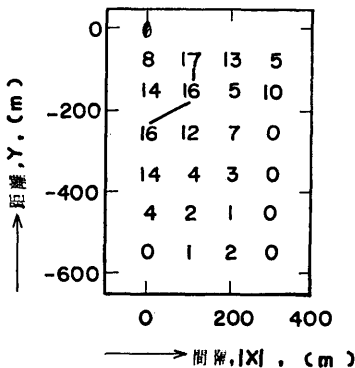


図9 後続船の相対位置分布図
L: 20~40m

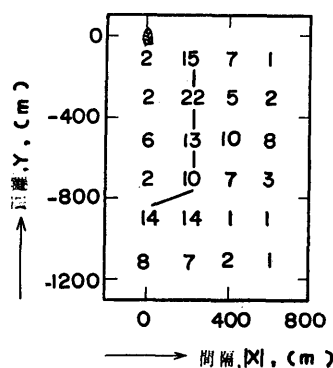


図10 後続船の相対位置分布図
L: 80~160m

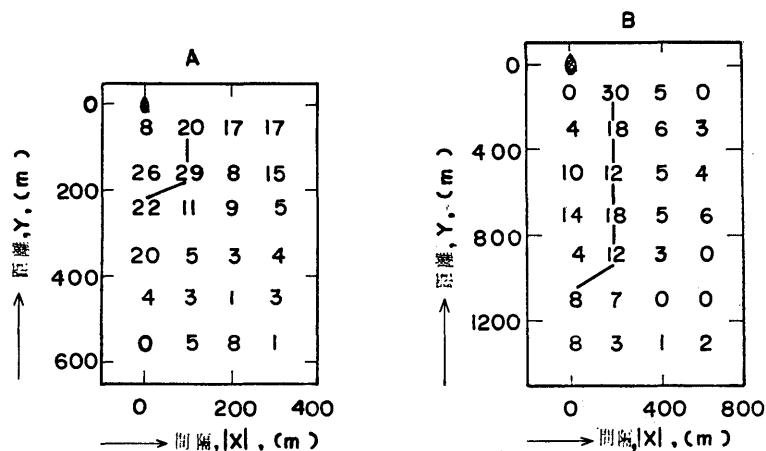


図 11 後続船の相対位置の分布図
 A $L: 30 \sim 60m$, B $L: 60 \sim 120m$

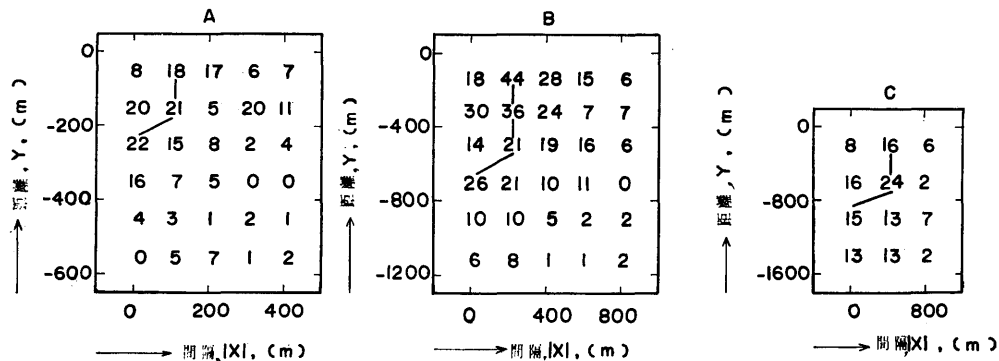


図 12 後続船の相対位置の分布図
 A $L: 25 \sim 50m$, B $L: 50 \sim 100m$, C $L: 100 \sim 200m$

表 1 後方閉塞領域の進行方向の大きさとそれに垂直な方向の大きさ s と船の長さとの関係

全長の範囲 L (m)	20 ~40	40 ~80	80 ~160	80* ~160	15** ~30	30 ~60	60 ~120	25 ~50	50 ~100	100*** ~200	12.5# ~50	50## ~200
平均垂線間長 L_{pp} (m)	29.1	50.8	118	122	22.5	41.5	78	33.6	64.0	127	33.1	101
速さの平均 V (ノット)	8.7	11.0	14.0	13.4	7.3	10.2	12.4	9.4	12.1	15.3	7.5	11.8
点の数	156	354	154	81	166	234	188	238	306	135	約 500	約 300
r (m)	250 ±50	350 ±50	900 ±100	900 ±100	200 ±20	250 ±50	1100 ±100	250 ±50	700 ±100	1000 ±200	200 ±20	700 ±50
s (m)	100 ±50	200 ±50	200 ±100	500 ±100	100 ±20	100 ±50	200 ±100	150 ±50	200 ±100	400 ±200	120 ±20	350 ±50

* および **: 表 4, 報告 3 より #: 報告 1 による。
 ***: 報告 2 のデータももちいた ##: 報告 2 による

より統計的検討をおこない、線でかこまれた先行船に近い領域内にある点の数が異常に少ないこと、すなわちここでもとめた閉塞領域が有意義なものであることをたしかめた。

ついで全長が20mから40mまでの船の組および80mから160mまでの船の組についても同様の作業をおこない、図9および図10にしめしている閉塞領域をえた。しかし160mより320mまでの船の組に対しては報告2に記載したデータを加えても点の数は少く有意義に閉塞領域の大きさをとめることができなかつた。

船の大きさのわけかたは航行量（船の交通量）の調査には大きな問題であり議論のわかる所であるが、ここでは前記のわけかたの外に15—30—60—120—240—480m、および12.5—25—50—100—200—400mのわけかたによって同じ作業をおこない後方閉塞領域が有意義にもとめられたものを図11と図12にしめす。

なお、このようにしてもとめた r と s の値を表1に記し、ついで $\log r$ および $\log s$ と $\log L_{pp}$ の相関を図13にしめす。船の大きさわけかたが異なると一つの点が二度または三度もちいられる場合も多いので図13にある二つの回帰直線はあまり厳密にもとめられたものではないが、これより r の大きさはほぼ $8L$ 、 s の大きさはほぼ $4L$ であることがもとめられた。

4. む す び

中型船の後方閉塞領域をもとめるために、浦賀水道で船船位置測定装置をもちいて船の全長、速さ、二船の相対位置などの観測をおこなった。これにより通常の航行条件のもとにほぼおなじ大きさの船が満載速度に近い速さで航行するときの後方閉塞領域の大きさを得た。すなわち閉塞領域の進行方法の大きさ r は船の長さのほぼ8倍、進行方向に垂直な方向の大きさ s は船の長さの約4倍であることがもとめられた。

なお、東京商船大学船舶運航技術研究会によるレーダーフィルムからも後方閉塞領域の大きさをとめてこれとよい一致を得た。

以上より、精度の点と約1万トン以上の船に対する資料の少なさを点で少し問題がこのころが、満載速度に対応する基本航行容量をもとめるための資料はほぼととのったといえる。

ついで後方閉塞領域の速さへの依存を検討し、あわせて、実用航行容量（設計航行容量）導出への次の段階である可能航行容量をもとめるために当量の問題、潮流や障害物の影響などについて調査研究をすすめる予定である。

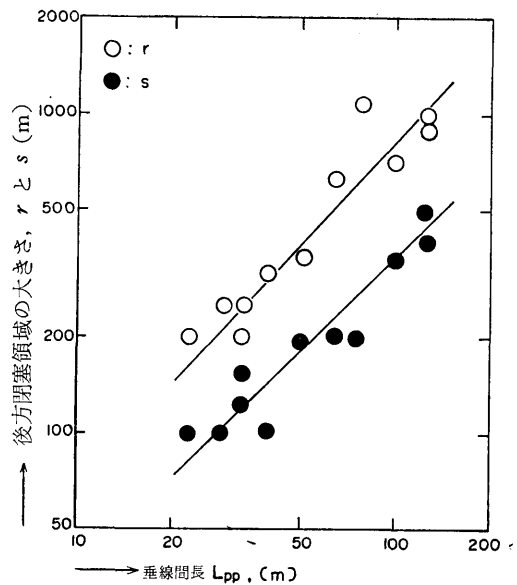


図13 後方閉塞領域の進方向の大きさ r とこれに垂直な方向の大きさ s

5. 謝 辞

本研究は第二港湾建設局の後援をえて行なわれたものであり、観測にあたって海上保安庁から多大の協力をえた。また東京商船大学船舶運航技術研究会より貴重な資料の提供をうけた。各位に対しあつく感謝する次第である。

なお、防衛大学、海上自衛隊観音崎警備隊からも便宜の供与をうけ、また日本電気株式会社より小型レーザ測距装置の提供をうけた。ここに謝意を表明したい。

付 レーダーフィルムによる閉塞領域の調査

レーダー面を一定時間間隔で撮影したフィルムにより船の速さと相対位置を求める方法は他の方法とくらべて広い範囲の観測ができ、したがって多くのデータがえられるという特徴をもつので、この調査はこの点についての検討を行なったものである。

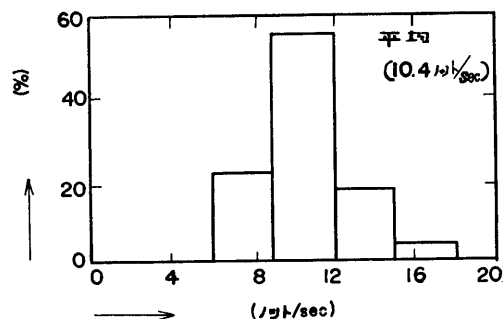
東京商船大学船舶運航技術研究会は昭和40年8月より10月にわたり浦賀水道船舶交通実態調査⁵⁾を行なったが、その際撮影されたレーダーフィルムを同会の好意により借用することができたのでそれを解析したものである。

マイクロフィルムリーダーによりフィルムをスクリーン上に投影した船の像をスクリーン上においた紙の上に記録する。通常4コマ分を一枚に記入し、撮影時間

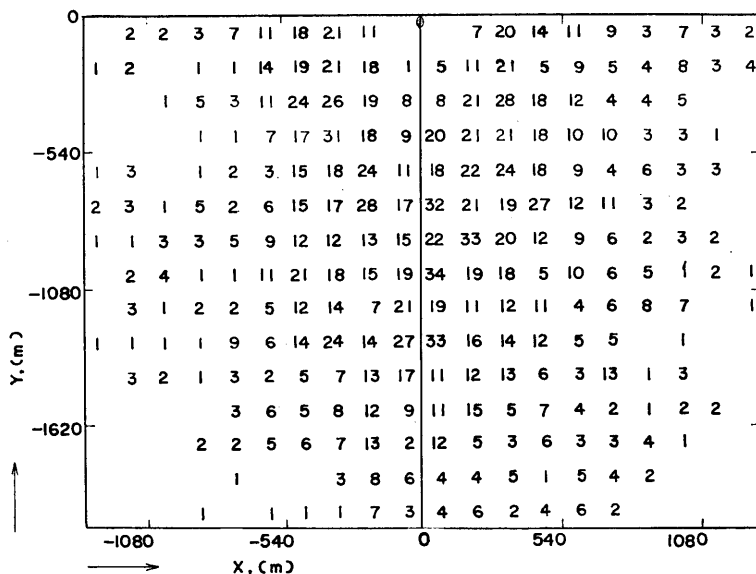
間隔が一分であるからただちに速さがもとめられる。
この速さの頻度分布を付図1に示す。

閉塞領域をもとめるために先行船に対する後続船の
相対位置分布をとり気象条件により晴, 曇, 霧, 雨お
よび夜の5つの場合にわけて付図2に示す。マイク
ロリーダの倍率とレーダースポットの大きさの関係で
ますめの大きさを135m角としその中にある後続船の
数で密度をあらわしてある。

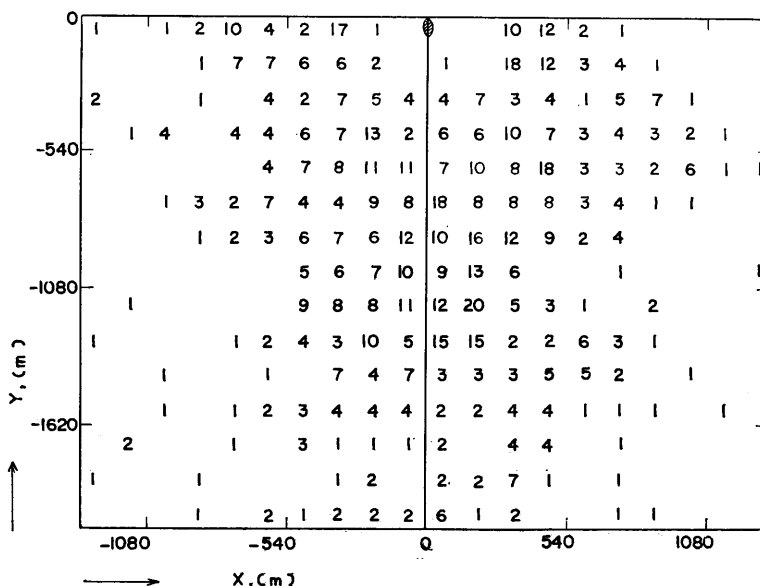
つぎに左後方と右後方のちがいをみるために5つの
場合をかさねて付図3に示す。このように左後方と



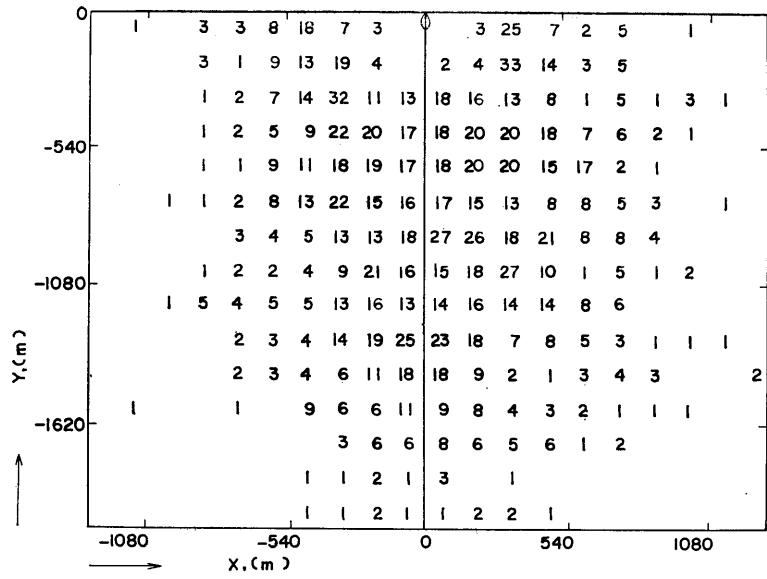
付図1 速さの分布 (ノット/sec)



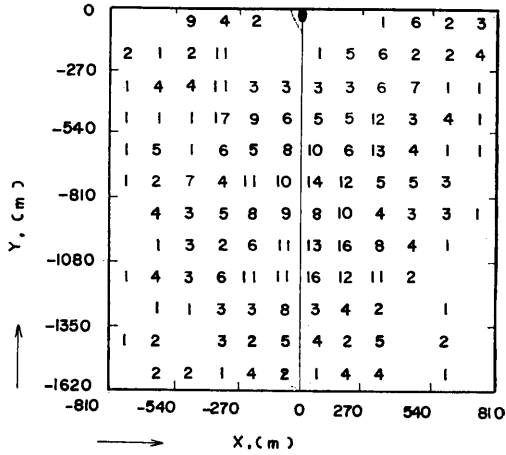
付図2-A 後続船の相対位置分布 (晴) (横軸Xは間隔, 縦軸Yは距離)



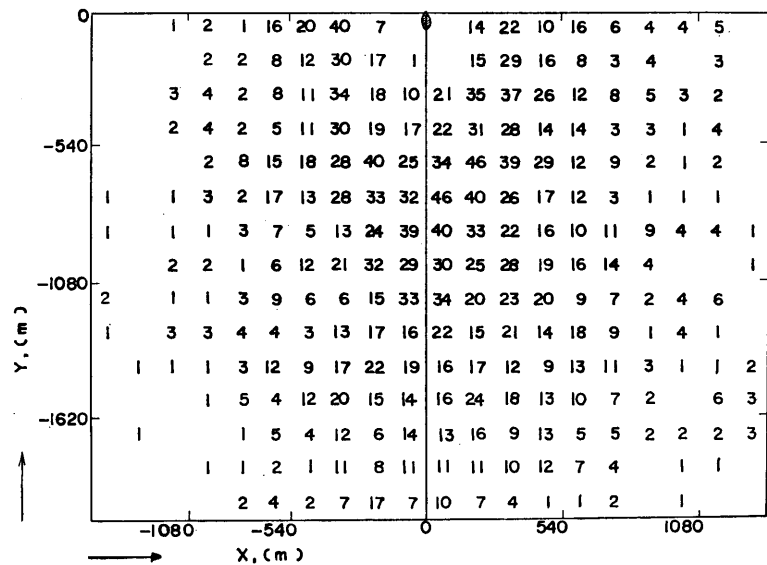
付図2-B 後続船の相対位置分布 (曇)



付図 2-C 後続船の相対位置分布 (霧)



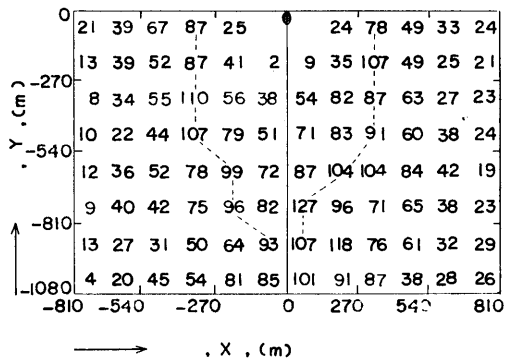
付図 2-D 後続船の相対位置分布 (雨)



付図 2-E 後続船の相対位置分布 (夜)

右後方の閉塞領域のかたちには大きな差異がないと考えられるため、分布図の左右を折りかえてかさね、また境界の点から考えて晴+曇、雨+霧および夜の三つにわけて付図4にあらわした。

整理したフィルムは約4日間にわたるものであるが、この短い期間においても約5000のデータがもとめられ、これよる閉塞領域の存在が再確認され、また左



付図3 船の相対位置分布 — 左後方と右後方の比較

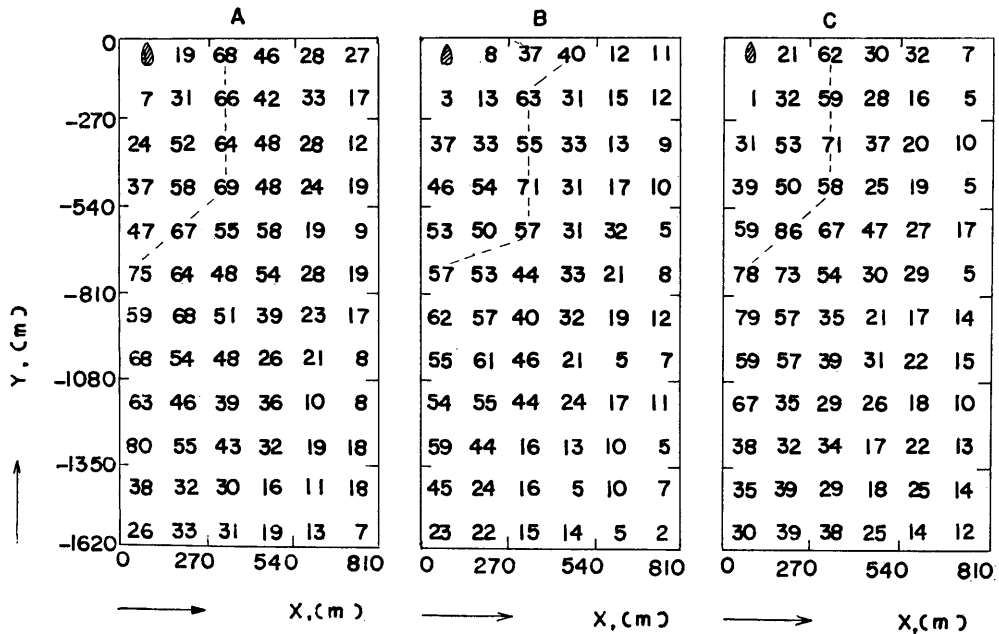
右に約350m、後方約700mという前報告のものとはほぼおなじ値をえた。

なお、この場合各種の大きさの船をふくんでいるため閉塞領域の境界がかなりひろがっていることはやむをえない。レーダーによる船舶交通流の観測法は多くの資料が視界による制限をあまりうけないで得られるという点で非常に有用であることが確認できた。

しかしセンチ波レーダーでは船の大きさをもとめるにはかなりの熟練を要し、また高い精度がえられないという欠点がある。これはミリ波レーダを用いることにより解決できると考えられる。

参考文献

- 1) 船舶技術研究所報告第3巻 第2号, 1~16(1966)
- 2) 船舶技術研究所報告第3巻 第2号, 17~26(1966)
- 3) 船舶技術研究所報告第3巻 第5号, 43~52(1966)
- 4) 船舶技術研究所報告第3巻 第5号, 53~57(1966)
- 5) 東京商船大学船舶運航技術研究会, 浦賀水道船舶交通実態調査報告書, 昭和41年3月



付図4 気象による比較— A:晴+曇, B:霧+雨, C:夜

付表 先行船の長さ (L_1) 速さ (V_1) 後続船の長さ (L_2) 速さ (V_2) および距離 (Y) と間隔 (X)

L_1 (m)	V_1 (m/sec)	L_2 (m)	V_2 (m/sec)	1		2		3		4	
				X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
60	5.0	90	5.9	+ 220	- 580	+ 275	- 520	+ 320	- 430		
90	5.9	80	7.5	- 520	- 620	- 420	- 680	- 400	- 640		
80	7.5	230	8.0	+ 430	- 530	+ 400	- 470	+ 375	- 400		
230	8.0	40	4.0	+ 750	- 200	+ 720	- 260				
30	3.0	40	4.0	- 290	+ 200	- 270	+ 170	- 325	+ 180		
40	4.0	50	5.0	- 210	- 50	- 190	- 20	- 170	- 20	- 150	0
50	4.8	50	4.5	+ 600	- 200	+ 640	- 200	+ 645	- 370	+ 670	- 400
25	4.5	30	3.5	- 30	- 280	- 15	- 280	- 20	- 300		
40	3.7	50	5.5	-1140	- 465	-1050	- 540	-1150	- 410		
50	4.7	120	2.7	+ 100	- 950	+ 130	- 980	+ 150	-1020		
30	3.5	40	3.7	- 30	- 450	0	- 460				
40	5.8	60	5.4	- 480	- 580	- 480	- 610	- 490	- 620	- 450	- 630
40	5.8	30	5.0	+ 700	- 100	+ 670	- 120	+ 660	- 110		
40	4.6	50	5.2	+ 80	- 350	+ 100	- 360	+ 90	- 360		
160	8.4	240	7.6	+ 100	- 800	+ 90	- 810	+ 40	- 850	- 50	- 870
50	3.4	50	5.5	-1020	- 80	- 980	- 80	- 930	- 110	- 890	- 110
50	3.4	150	8.5	- 500	- 70	- 450	- 30	- 390	+ 80	- 320	+ 140
150	8.5	50	5.5	- 480	- 120	- 475	- 220	- 440	- 220	- 380	- 500
50	3.0	40	3.8	- 610	- 150	- 600	- 170	- 570	- 270	- 580	- 280
40	3.8	240	8.3	+ 260	- 350	+ 320	- 320	+ 350	- 280	+ 400	- 250
30	5.0	50	6.5	- 180	- 350	- 215	- 360				
30	5.0	40	6.0	- 30	- 360	- 60	- 380				
50	6.5	40	6.5	+ 160	- 40	+ 150	- 40	+ 135	- 40		
50	5.2	60	6.0	+ 190	- 200	+ 155	- 165	+ 140	- 120	+ 140	- 90
50	4.0	80	6.8	- 750	- 90	- 740	- 30	- 705	- 30		
50	4.0	40	4.8	- 325	- 440	- 340	- 420				
80	6.8	40	4.8	+ 450	- 320	+ 450	- 300	+ 420	- 275		
40	4.8	20	4.0	+ 500	- 190	+ 470	- 150	+ 450	- 150	+ 120	- 130
30	4.5	50	5.0	- 60	- 140	- 70	- 150	- 80	- 160		
50	8.5	50	8.5	- 150	- 525	- 190	- 510				
40	5.0	30	4.2	+ 300	- 90	+ 350	- 100	+ 390	- 110	+ 410	- 140
50	4.5	50	4.8	+ 100	- 125	+ 120	- 125	+ 130	- 120	+ 140	- 125
40	3.7	40	3.8	- 30	- 250	- 30	- 240	- 40	- 230	- 60	- 230
40	3.9	30	3.8	+ 120	- 500	+ 110	- 480	+ 70	- 480		
40	3.9	40	3.8	- 90	- 400	- 90	- 400	- 90	- 400	- 120	- 400
40	3.9	40	3.7	- 70	- 130	- 70	- 140	- 70	- 150	- 70	- 160
40	3.9	50	4.6	- 430	- 310	- 460	- 230	- 460	- 100	- 430	- 40
30	3.3	30	2.3	+ 50	- 90	+ 40	- 130	0	- 150	+ 10	- 160
50	4.3	40	4.1	+ 90	- 280	+ 20	- 300	+ 10	- 250	+ 50	- 250
50	4.3	50	4.5	- 350	- 290	- 360	- 220	- 330	- 190	- 300	- 160
40	4.1	50	4.5	- 260	- 200	- 300	- 210	- 280	- 290	- 330	- 250
60	5.5	70	6.0	- 220	- 160	- 200	- 200	- 200	- 250	- 210	- 250
40	5.0	50	5.5	- 480	- 550	- 580	- 460	- 650	- 350		
50	4.8	50	5.8	+ 140	- 240	+ 120	- 200	+ 110	- 150	+ 100	- 120
50	4.8	50	4.8	+ 450	- 430	+ 450	- 390	+ 450	- 350		
30	4.0	30	5.0	+ 110	- 250	+ 100	- 250				
120	6.0	70	4.9	- 180	- 320	- 130	- 370	- 100	- 140	- 50	- 440
50	4.3	40	4.5	- 550	- 320	- 500	- 340	- 450	- 380	- 420	- 400
40	5.0	40	4.0	- 20	- 80	- 20	- 100	- 30	- 110		
50	5.0	40	4.5	+ 220	- 250	+ 200	- 230				
50	5.0	50	5.0	+ 765	- 60	+ 790	- 20	+ 780	- 20		

L_1 (m)	V_1 (m/sec)	L_2 (m)	V_2 (m/sec)	1		2		3		4	
				\bar{X} (m)	\bar{Y} (m)	\bar{X} (m)	\bar{Y} (m)	\bar{X} (m)	\bar{Y} (m)	\bar{X} (m)	\bar{Y} (m)
30	3.0	20	2.8	-290	-580	-280	-560	-270	-530		
30	3.8	100	7.2	-1220	-320	-1220	-310	-1210	-310		
90	5.0	100	5.0	-630	-200	-650	-190	-690	-170		
70	5.0	60	6.4	-170	-290	-200	-240	-190	-220	-160	-230
90	5.8	150	6.2	+120	-260	+150	-260	+150	-240	+140	-270
50	4.6	60	5.6	-675	-700	-650	-750	-650	-750		
70	7.3	180	9.7	+540	-680	+270	-750	+120	-610		
290	9.0	150	7.7	+210	-1100	+170	-1180	+125	-1200		
150	7.7	50	4.8	+630	-70	+600	-140	+570	-150		
50	4.3	80	6.0	-570	-460	-540	-460	-510	-450		
70	4.9	60	4.7	-100	-70	-100	-90	-100	-110	-100	-130
70	5.9	60	4.7	-110	-140	-110	-180	-140	-190	-170	-210
80	6.0	90	6.8	+940	-130	+930	+210	+900	+310	+865	+440
120	8.2	40	4.2	-880	-710	-1030	-650	-1120	-610	-1200	-550
50	4.8	90	5.0	-500	-570	-510	-580	-490	-610	-455	-610
180	8.5	90	5.0	+525	-625	+460	-680				
140	7.0	50	5.0	-180	-540	-270	-520	-280	-530	-280	-550
120	7.9	150	8.3	+120	-1025	+25	-1060				
150	7.3	140	6.5	-120	-1150	-50	-1200	-20	-1230		
140	5.7	140	5.8	-350	-1050	-300	-1030	-200	-1050		
70	6.2	90	7.0	+50	-275	0	-275	-40	-250		
50	5.1	70	5.5	-230	-200	-230	-200	-250	-240	-250	-340
240	9.0	180	7.2	-300	-500	-270	-560	-250	-570	-260	-625
200	9.3	240	9.0	+275	-910	+250	-920	+225	-890		
200	9.3	180	7.2	-30	-1430	-30	-1440				
50	4.6	150	7.7	+1120	-350	+1170	-450	+1250	-450	+1350	-375
120	5.6	120	8.5	-200	+30	-150	+100	-150	+170	-180	+220
90	7.3	240	8.0	-150	-970	-250	-910				
20	3.5	40	4.0	-80	-10	-80	-5	-90	0	-80	0
40	3.0	110	5.8	-1230	-620	-1180	-650	-1170	-580	-1130	-550
140	5.7	100	5.1	+280	-50	+270	-40	+250	-20	+220	-10
50	4.2	50	4.2	-470	-480	-460	-530	-450	-550		
50	4.2	50	4.4	-470	-270	-460	-320	-450	-350	-460	-330
50	4.4	50	4.2	-40	-170	-30	-190	-20	-200	-20	-200
60	6.1	55	7.3	+140	-220	+110	-200	+100	-250	+100	-220
60	5.7	90	6.0	-100	-400	-110	-380	-130	-370	-150	-360
150	7.0	50	5.5	+750	-70	+700	+120	+630	+200		
40	4.3	80	6.2	-825	-820	-845	-680	-855	-650		
20	4.3	50	6.0	+340	-300	+370	-280				
40	4.0	70	5.0	-350	-330	-350	-310	-340	-320	-310	-310
35	3.9	30	4.0	-980	-350	-990	-330	-1000	-330		
80	6.0	35	3.9	-1180	-150	-1175	-200	-1180	-225	-1180	-260
35	3.5	30	4.0	+190	-75	+175	-60	+170	-50	+170	-50
50	5.4	20	4.5	-390	-750	-390	-730	-380	-720	-375	-700
50	5.0	20	4.5	+800	-490	+800	-480	+800	-490		
50	5.0	50	5.4	+30	-890	+50	-890	+70	-900		
40	5.5	40	5.0	-60	-470	-100	-500	-160	-520	-200	-520
35	3.3	30	4.5	+30	-280	+40	-260	+30	-230		
30	3.5	35	3.3	0	-370	0	-380	0	-370		
50	6.0	50	5.0	+445	-50	+420	-50	+430	-40	+450	-15
50	6.0	50	4.3	+260	-15	+225	-0	+180	-20	+230	-50
30	4.5	30	4.0	-25	-100	0	-100	+30	-90	+20	-80

L_1 (m)	V_1 (m/sec)	L_2 (m)	V_2 (m/sec)	1		2		3		4	
				X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
40	3.5	40	3.5	- 80	- 180	- 70	- 200	- 70	- 200	- 70	- 180
40	3.5	40	4.5	- 120	- 240	- 125	- 210	- 60	- 190		
40	3.5	40	4.5	- 55	- 20	- 60	- 10	- 70	- 20	- 75	+ 10
40	4.4	40	5.6	+ 125	- 200	+ 120	- 160	+ 120	- 125	+ 100	- 90
50	4.5	50	5.7	+ 450	- 320	+ 470	- 230	+ 430	- 170		
50	4.5	30	4.3	0	- 110						
50	4.8	50	5.3	- 500	- 655	- 500	- 650	- 470	- 650		
40	3.5	30	3.8	- 50	- 200	- 30	- 180				
110	7.0	120	6.5	- 220	- 400	- 160	- 450	- 60	- 450	- 30	- 430
110	7.0	120	7.0	+ 120	- 730	+ 30	- 770	+ 50	- 800		
120	6.5	120	7.0	- 360	- 710	- 340	- 730	- 300	- 740		
50	4.3	30	3.5	+ 60	- 60	+ 50	- 50	+ 50	- 60	+ 40	- 70
40	4.5	40	5.0	+ 250	- 80	+ 250	- 100	+ 250	- 150		
60	4.5	60	4.5	- 210	- 810	- 210	- 800				
80	6.8	80	9.3	- 320	- 600	- 160	- 630				
30	3.3	50	5.0	-1050	- 550	-1020	- 600				
40	5.8	45	5.6	+ 450	- 150	+ 410	- 150	+ 350	- 150	+ 280	- 140
50	4.0	50	6.0	- 400	- 520	- 430	- 450	- 475	- 380		
50	6.0	50	5.5	+ 420	0	+ 390	- 20	+ 375	- 25		
30	5.0	50	5.0	- 140	- 520	- 160	- 420	- 150	- 520		
45	4.5	50	4.7	+ 340	- 170	+ 330	- 170	+ 320	- 170	+ 340	- 160
45	4.5	50	5.0	- 110	- 320	- 130	- 310	- 150	- 310	- 160	- 300
50	4.7	50	5.0	- 460	+ 50	- 470	- 40	- 470	- 120	- 460	- 230
40	5.4	50	4.5	- 90	- 500	- 130	- 500				
30	4.8	20	4.5	+ 240	- 210	+ 220	- 150	+ 200	- 150	+ 200	- 140
30	4.8	20	4.8	+ 120	- 280	+ 100	- 310	+ 110	- 300	+ 120	- 300
30	4.8	30	4.5	+ 170	- 300	+ 160	- 290	+ 170	- 270		
20	4.5	30	3.3	- 140	- 90	- 130	- 120	- 130	- 130	- 120	- 130
20	4.5	30	4.5	- 50	- 130	- 50	- 130	- 50	- 130	- 40	- 150
20	4.8	30	4.5	+ 80	- 20	+ 70	0	+ 60	0	+ 50	0
150	6.8	135	7.0	- 350	- 780	- 330	- 800	- 270	- 860	- 180	- 950
135	7.0	130	5.0	- 580	- 570	- 550	- 550	- 500	- 600		
45	4.8	28	3.4	+ 540	0	+ 530	- 20	+ 530	- 100		
45	4.8	38	3.6	+ 420	- 280	+ 440	- 260				
25	3.4	38	3.6	- 100	- 220	- 80	- 220				
50	6.0	40	6.5	- 40	- 130	- 70	- 140	- 100	- 160	- 160	- 170
45	6.1	55	7.5	- 320	- 330	- 420	- 340	- 490	- 360	- 540	- 320
45	6.1	45	6.5	- 630	- 50	- 610	- 30				
50	5.0	50	5.0	- 30	- 360	- 40	- 370				
70	6.5	80	6.5	+ 200	- 100	+ 220	- 80	+ 240	- 70	- 250	- 50
20	4.5	30	4.5	- 50	- 30	- 50	- 50				
30	4.5	40	4.5	+ 40	- 200	+ 20	- 210	+ 20	- 250		
30	4.5	40	4.5	+ 50	- 160	+ 60	- 150	+ 60	- 150		
60	4.5	30	4.5	+ 90	- 10	+ 90	- 10	+ 100	- 10	+ 100	- 25
50	4.5	50	6.3	- 750	- 570	- 710	- 570	- 670	- 570	- 630	- 530
40	5.0	40	4.5	- 270	- 140	- 280	- 100	- 280	- 120		
35	4.5	40	5.0	+ 280	- 180	+ 290	- 170	+ 310	- 100	+ 320	0
50	4.5	50	6.5	+ 700	- 220	+ 670	- 140	+ 650	- 50		
50	4.5	30	4.0	+ 940	- 50	+ 890	- 30	+ 840	0		
50	6.5	30	4.0	- 270	0	- 210	+ 20	- 140	- 50	- 70	+ 80

L_1 (m)	V_1 (m/sec)	L_2 (m)	V_2 (m/sec)	1		2		3		4	
				X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
30	3.5	40	5.0	- 540	- 140	+ 470	- 250	+ 410	- 320		
50	4.9	40	5.2	- 200	- 580	- 280	- 600	- 280	- 600	- 280	- 530
90	8.0	60	6.8	0	- 680	- 40	- 700	- 10	- 720	- 20	- 720
20	3.8	10	3.8	0	- 60	0	- 60	0	- 60	0	- 60
20	3.8	20	3.8	+ 150	- 240	+ 160	- 230	+ 170	- 160	+ 190	- 210
10	3.8	30	4.0	+ 150	- 180	+ 170	- 160	+ 180	- 160	+ 190	- 140
20	4.0	20	3.8	+ 230	- 400	+ 210	- 390	+ 210	- 360		
20	4.0	10	3.8	+ 240	- 440	+ 220	- 430				
230	8.7	70	7.5	+ 280	- 140	+ 260	- 130	+ 210	- 100	+ 160	- 200
140	11.0	120	9.0	- 220	-1240	- 180	-1300				
160	8.0	160	6.5	- 900	-1210	- 960	-1130	- 930	-1200		
100	8.0	60	5.0	- 230	-1020	- 110	-1070	- 150	-1050		
110	7.0	40	6.0	- 820	- 760	- 750	- 830	- 750	- 820		
60	5.6	100	8.3	+ 370	- 760	+ 530	- 680	+ 580	- 620		
60	7.0	20	3.7	+ 330	- 250	+ 350	- 270	+ 350	- 310		
50	3.3	60	4.0	+ 300	- 120	+ 330	- 110	+ 370	- 70	+ 380	- 110
80	4.6	35	4.0	- 150	- 380	- 150	- 400				
35	4.0	190	9.5	+ 450	- 770	+ 600	- 740				
180	10.0	170	7.6	- 280	- 750	- 220	- 730	- 150	- 710	- 120	- 770
80	7.6	60	6.6	+ 500	- 570	+ 380	- 720	+ 250	- 820		
40	4.5	140	7.0	- 380	- 960	- 440	- 950	- 500	- 900		
70	8.0	30	3.5	+ 50	-1050	+ 160	-1010				
115	6.5	80	5.2	+ 750	- 330	+ 730	- 350	+ 710	- 320	+ 700	- 330
115	6.5	90	3.2	+ 550	- 680	+ 500	- 700	+ 480	- 830		
80	5.2	90	3.2	- 260	- 300	- 270	- 350	- 270	- 310	- 230	- 430
70	6.0	130	8.5	-1140	- 200	-1080	- 150	-1030	- 120		
150	8.3	30	4.0	+1170	0	+1170					
230	10.8	60	4.5	- 430	-1020	- 390	-1180	- 345	-1310		
60	4.5	50	6.5	- 460	- 490	- 425	- 480	- 375	- 470	- 325	- 420
50	6.5	100	6.8	- 590	- 850	- 550	- 850	- 450	- 900	- 365	- 930
60	4.5	100	6.5	- 525	-1320	- 500	-1300	- 470	-1260		
70	6.5	60	6.0	- 250	- 800	- 170	- 850	- 130	- 870	- 100	- 900
60	6.7	80	5.7	+ 250	-1340	+ 200	-1340	+ 150	-1360		
60	6.7	130	9.0	+ 25	- 360	+ 60	- 340	+ 150	- 300	+ 250	- 190
130	9.0	80	5.7	+ 80	-1300	- 70	-1350	- 200	-1390		
45	5.6	65	6.5	- 20	- 920	- 20	- 900	- 50	- 870		
45	5.6	70	6.8	- 280	- 970	- 300	- 950	- 300	- 970	- 300	- 940
70	6.8	65	6.5	+ 280	0	+ 280	- 10	+ 280	- 20	+ 300	- 50
80	5.7	60	5.5	- 330	- 310	- 280	- 320	- 225	- 340	- 150	- 360
60	3.8	60	5.5	- 570	+ 270	- 600	+ 250	- 650	+ 250	- 675	+ 275
80	5.7	60	3.8	- 160	-1050	- 100	-1100	- 180	-1140		
60	5.5	65	5.5	- 300	- 920	- 300	- 920	- 250	- 925	- 200	- 925
80	5.8	65	5.5	- 850	- 980	- 770	-1040	- 780	-1000		
65	5.5	60	3.8	- 220	- 470	- 170	- 440	- 120	- 375	- 30	- 290
70	6.8	60	6.0	- 150	- 570	- 220	- 600	- 250	- 640		
120	10.0	200	10.0	+ 440	- 330	+ 680	- 200	+ 740	- 280	+ 770	- 175
60	6.0	220	10.0	+ 200	-1070	+ 260	-1000	+ 350	- 930		
40	4.0	20	3.8	+ 80	- 270	+ 50	- 300	0	- 320		
65	4.2	100	5.7	0	- 830	- 40	- 800				
30	2.6	20	2.3	+ 760	- 390	+ 820	- 360	+ 850	- 350	+ 870	- 330

L_1 (m)	V_1 (m/sec)	L_2 (m)	V_2 (m/sec)	1		2		3		4	
				X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
30	2.6	20	2.3	+ 760	- 390	+ 820	- 360	+ 850	- 350	+ 870	- 330
20	2.3	40	2.5	+ 330	- 70	+ 350	- 80	+ 360	- 60	+ 390	- 50
60	6.0	150	10.0	- 250	- 600	- 160	- 560				
100	7.0	65	6.3	- 570	- 470	- 600	- 580	- 640	- 660	- 840	- 980
90	5.5	50	5.3	+ 330	- 650	+ 330	- 660	+ 430	- 590		
90	5.5	90	6.5	+ 140	- 910						
90	6.5	100	7.5	- 190	- 400	- 200	- 400	- 230	- 400	- 210	- 370
150	8.1	60	4.5	-1050	- 50	-1050	- 275	-1060	- 300	-1080	- 200
170	8.8	90	7.5	+ 30	-1060	- 70	+1100	- 130	+1130		
170	6.6	80	8.0	- 250	- 880						
70	6.5	45	5.3	- 520	- 180	- 450	- 240	- 380	- 290	- 300	- 330
45	3.8	110	3.0	- 60	- 200	- 70	- 230	+ 30	- 255	+ 30	- 240
50	6.8	60	6.0	- 620	- 700	- 570	- 740				
60	6.0	80	7.0	+ 20	- 450	0	- 430	- 60	- 400	- 50	- 370
60	5.2	40	3.8	+ 370	- 200	+ 300	- 200	+ 250	- 300	+ 210	- 340
70	5.0	240	7.0	+ 710	- 170						
60	4.4	50	5.0	+ 370	- 270	+ 380	- 260				
60	4.4	60	5.3	- 220	- 630	- 180	- 620				
50	5.0	60	5.3	- 550	- 400	- 520	- 390				
80	7.5	70	6.5	- 320	- 700	- 260	- 720	- 200	- 760		
160	10.0	60	4.2	- 170	- 280	- 170	- 420	- 200	- 540	- 400	- 530
60	4.2	100	6.0	- 20	- 750	- 220	- 520	- 620	- 470	- 980	- 360
160	8.6	180	8.9	+ 525	- 475	+ 550	- 420	+ 540	- 420	+ 470	- 440
110	7.2	100	7.0	+ 290	- 570	+ 220	- 620	+ 120	- 630		
100	7.0	70	7.0	+ 60	-1080	- 10	-1150				
70	7.0	170	8.0	- 70	- 340	- 130	- 360	- 70	- 380	- 110	- 390
70	7.0	180	8.0	- 200	- 860	- 250	- 820				
180	8.0	70	7.0	- 20	- 640	- 10	- 570	- 10	- 630	+ 30	- 690
70	5.8	90	6.5	- 10	- 670	- 20	- 770	- 50	- 730		
80	5.4	155	7.9	- 100	- 430	- 90	- 370	- 100	- 320	- 120	- 280
60	5.0	150	5.4	- 200	- 300	- 30	- 280	- 10	- 280	- 30	- 280
100	8.2	150	7.5	+ 190	- 410	+ 220	- 500	+ 230	- 620	+ 300	- 625
150	7.5	140	8.3	- 820	- 830	- 740	- 720	- 720	- 620	- 690	- 520
70	4.8	50	6.0	- 200	- 740	- 260	- 725	- 350	- 700	- 460	- 640
70	5.6	110	5.1	0	- 610	+ 10	- 600	+ 20	- 580	+ 30	- 575
50	5.2	160	8.6	- 160	- 640	- 170	- 580	- 200	- 525	- 210	- 450
50	5.2	190	9.5	- 690	-1060	- 690	- 950	- 640	- 830		
160	8.6	190	9.5	- 560	- 450	- 520	- 440	- 470	- 410	- 425	- 410
140	6.8	130	8.8	+ 80	- 850	+ 110	- 870	+ 170	- 870		
80	4.4	60	5.8	- 350	- 570	- 350	- 590	- 430	- 550	- 470	- 500
80	4.4	60	5.8	- 690	- 790	- 650	- 910	- 800	-1060		
80	7.0	40	4.5	- 200	- 660	- 250	- 590	- 260	- 540		
50	6.0	30	4.5	- 220	- 800	- 160	- 800	- 125	- 790	- 125	- 730
60	4.5	50	5.0	- 20	- 210	- 50	- 310				
170	7.9	270	10.0	+ 20	- 100	+ 100	- 100	+ 220	- 50	+ 300	0
90	8.0	180	9.3	- 480	- 290	- 450	- 310	- 350	- 360	- 300	- 400
120	8.0	140	8.3	+ 70	- 575	+ 20	- 575	- 10	- 570	- 20	- 550
80	6.7	30	4.0	+ 110	-1000	+ 120	- 940	+ 120	- 870		