

ロランC電波による海潮流の測定とデータ伝送

小野房吉・岩佐欽司・佐久間清・福島資介
海洋研究室

Mesurement of Sea current at LORAN-C Waves and Data Transfer

Fusakichi Ono, Kinji Iwasa, Kiyoshi Sakuma, Motosuke Fukushima
Marine Research Laboratory

1. まえがき

水路部では、船舶又は航空機等の海難事故に伴う捜索活動の効率化に資するため、昭和59～60年度に「緊急海潮流測定装置」を開発しました。予測による現場海域の流れ等の海況が現実と異なると捜索時間の徒労を来し、人的経済的損失を招く恐れがあるので、現場海域の流れ等の現況を緊急に把握する必要があるからです。本誌第4号に開発の主旨、初年度の開発概要について報告しましたが、60年度に継続研究を行い所期の装置を完成させました。この装置の流れの測定原理は、漂流体の単位時間当たりの流程をロランCを利用して測るもので高精度測位が基本になっています。流れを2分毎に ± 0.1 knの精度で測定するためには相対測位精度が ± 6 m以下でなければなりません。この研究ではロランCの測位と対地速度の計算に特別の工夫を行って所要の精度を得ています。今回は、本装置による実験結果を踏まえて「流れ」の測定を重点に報告します。

海潮流は普通プロペラの回転数、漂流体の時間的位置偏位、地磁気の垂直成分を切るために生ずる発生電位差、音波のドップラー周波数等によって計測されますが、海流の実態が最も正確に反映されるのは漂流体の位置偏位です。単位時間当たりの位置偏位に対応する流程から、流向、流速が計算されます。古くは極めて大雑把な海流瓶、最近では広域的な海流把握を目的としたアルゴスブイがこの方法に入りますが、精度がいま一つで、この方法を効率的に精度よく実施する方式は確立されていませんでした。近年海流は一本の流線で示される単純なものではなく大小の渦の移動であると主張されるようになりましたが、こうした複雑な海流の実態を把握するには、高精度な流程測定による2次元的なデータの取得が必要です。

ロランCを利用した位置偏位による海流測定装置はこのような要望に応えるものです。開発された装置は、2分毎の平均位置偏位から流れを計算する方法で ± 0.1 knの精度を得ています。速度をこの精度で求めるためには通常の方法で平均したのでは不可能で、時間平均とデータ平均を同時に行なう特別の工夫がなされました。

次に海潮流の実態把握は、流速だけの測定では十分ではありません。時間的に細かく流程が測定されて初めて海流の全貌が分かります。この装置では、漂流ブイの位置データを実時間で所定の部署に無線伝送し、そのディスプレイに流跡を画かせることができます。

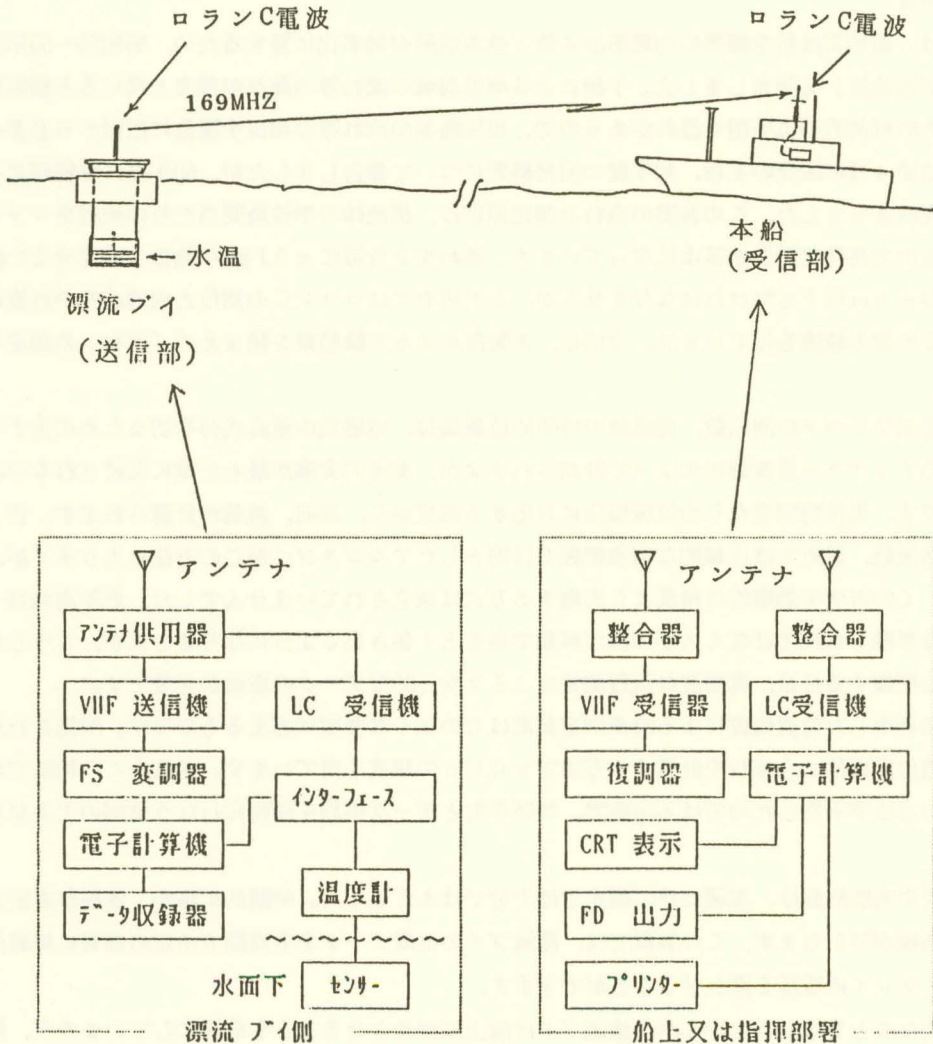
次は本質的なことではありませんが、漂流ブイは海上に漂流させることを前提にしていますが、船上の甲板上に置けば、他船でその船の動静をモニタできます。また流木に結びつけておけばその漂流速度や位置をモニタできます。一度に数十個の漂流ブイをモニタすることも、時分割データ伝送とすれば一つの電波で可

能です。

2. 測定装置の概要

測定装置は、漂流ブイ側がロランC受信機、海水温度計、測位及び海流計算用電子計算機、データ伝送用無線送信機、バッテリーで構成され、受信側（モニタステーション）がデータの無線受信機、ロランC受信機、測位船速計算用電子計算機、CRTディスプレイ、プリンターで構成されています。第1図がそのブロック図です。ブイ側装置作成の基本的考え方は、小型、軽量、低消費電力です。

ロランC受信機は、市販品そのままですが、相対測位精度として±6メートル程度を得、精度評価も可能とするために、4従局全部のデータを利用する新しいソフトウェアを開発しました。温度計はデジタルテストにサーミスタプローブを付けたものです。



第1図 緊急用海潮流測定装置ブロック図

2.1 漂流ブイ側

ロランC受信機 (光電製 LR-787 型)

追尾従局数 5 (全従局シリアル表示)

受信アンテナ 1.2 m ホイップ (データ伝送用送信機と共用)

電源 DC12V 0.5 A 以下

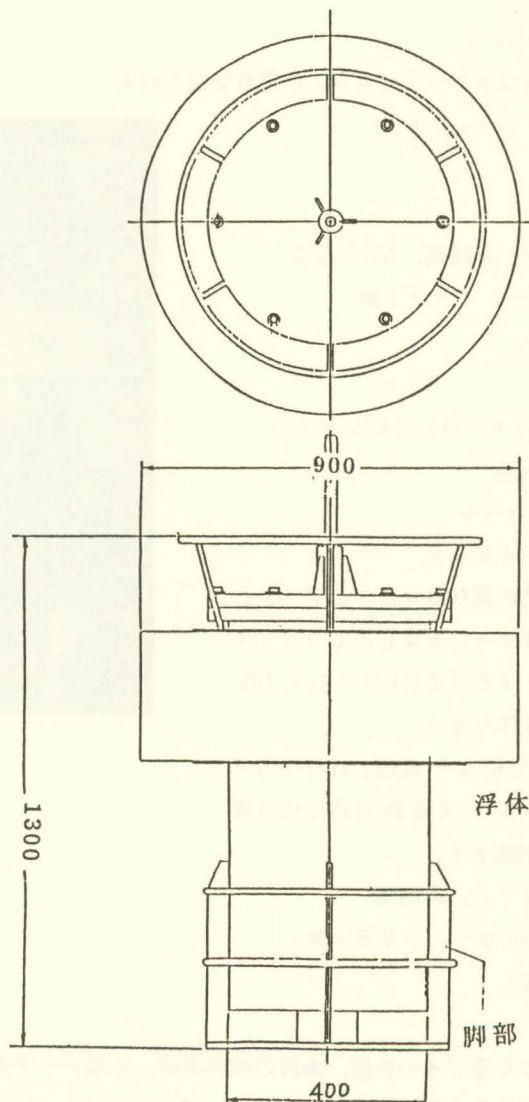
容積, 重量 160 × 146 × 87 mm, 1.3 kg

電子計算機 (日本電気製 PC 8201)

無線伝送部

搬送周波数 169.65 MHz

周波数偏差 $\pm 20 \times 10^{-6}$ 以内



第2図 ブイの外形図

電波の形式 F 2 D
 送信機出力 1 W/50 Ω
 周波数偏移 ± 3.5 kHz 以内
 変調方式 位相変調 (水晶制御) 変調型式 FSK
 周波数 マーク (論理 "1") 1300 ± 10 Hz
 スペース (論理 "0") 2100 ± 10 Hz

ボーレート 1200 ボー

通信方式 単 向

周波数の通倍数 8 通倍以下

占有周波数帯域幅 16 KHz 以下

使用温度 0°~ 40°C

使用湿度 20 %~90 %

アンテナ 約 1.2 m のホイップ (ロラン C 電波受信と供用)

電 源 DC12V (バッテリー)

伝送フォーマット

ロラン C データ

型 式 シリアル, 非同期, NRZ 方式

転送速度 4800 ボー, パリティ無

デ ー タ 8 ビット

温度データ

型 式 BCD ビットパラレル桁シリアル

周 期 約 2.5 m sec

レ ベ ル TTL レベル

信 号 データ 4 ビット

インターフェース(1) 型式の異なるロラン C データと温度データをまとめてシリアルデータとして CPU への入力信号を作ります。

インターフェース(2) CPU により処理された出力データを FSK 変調回路に受け渡す回路です。

型 式 シリアル, 非同期

転送速度 1200 ボー, パリティ無

漂流ブイ (第 2 図)

2.2 母船側

漂流ブイから無線伝送されてくるブイの位置, 海流の流向流速, 水温データを受信し表示するとともに自船の位置, 船速, ブイの自船からみた方位と距離を計算し, 同じ CRT ディスプレイ 上に表示し, プリンタに出力する装置です。



写真-1

ロランC受信機 (ブイ側と同じ)

電子計算機 (日本電気製 PC-9801M2)

F D 5" (1 Mbyte) 2基

プリンタ PC-PR 201 CL

CRT ディスプレイ PC-KD 551 (14")

データ受信部

受信周波数 169.65 MHz

電波の型式 F2D

受信方式 水晶制御ダブルスーパー

受信感度 雑音抑圧 20 dB のとき 0 dB

通過帯域幅 6 dB 低下点で 12 kHz

70 dB 低下点で 25 kHz

使用条件 温度 0 ~ 40°C, 湿度 20% ~ 90%

アンテナ 5/8 λ ブラウンアンテナ

電源 AC 100 V 又は DC 14 V

(この受信部で、ブイからのデータは再び RS 232 C 準拠のデジタルデータに変換、CPU に出力します)

2.3 表示内容

漂流ブイ及びモニタ船の現在時刻、位置、速度、モニタ船から見た漂流ブイの方位と距離を数値表示するとともに画像表示します。

2.4 フロッピディスク及びプリンタ出力内容

日付、時刻、漂流ブイ及びモニタ船の位置、移動方向、速度、速度誤差、利用局電波の受信誤差モニタ船から見た漂流ブイの方位と距離

3. 海上実験

この研究開発の目標は、現場海域の海潮流が連続的に ± 0.1 kn, 温度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$, 位置 $\pm 0.1'$ 以内の精度で測定でき、そのデータが実時間で所定の部署に無線伝送され、その部署との位置関係が図形表示されるとともにデータ出力されることです。この目標が達成されているか確認するために、2回に渡って海域実験を行いました。

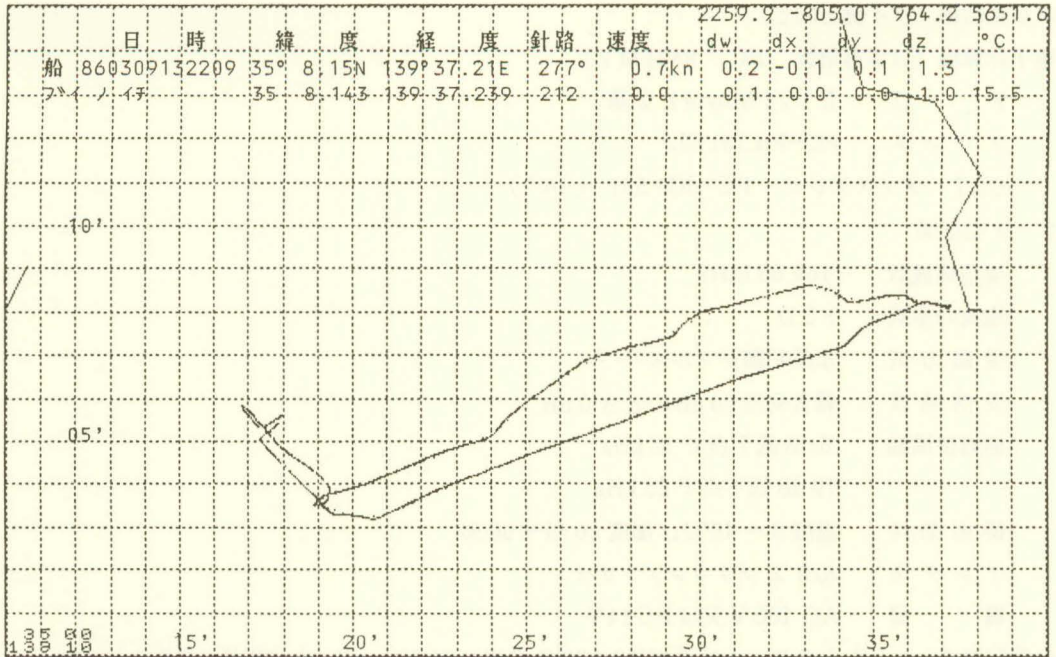
第1回海上実験 (第4図)

日時、海域 昭和61年1月18~19日 相模湾

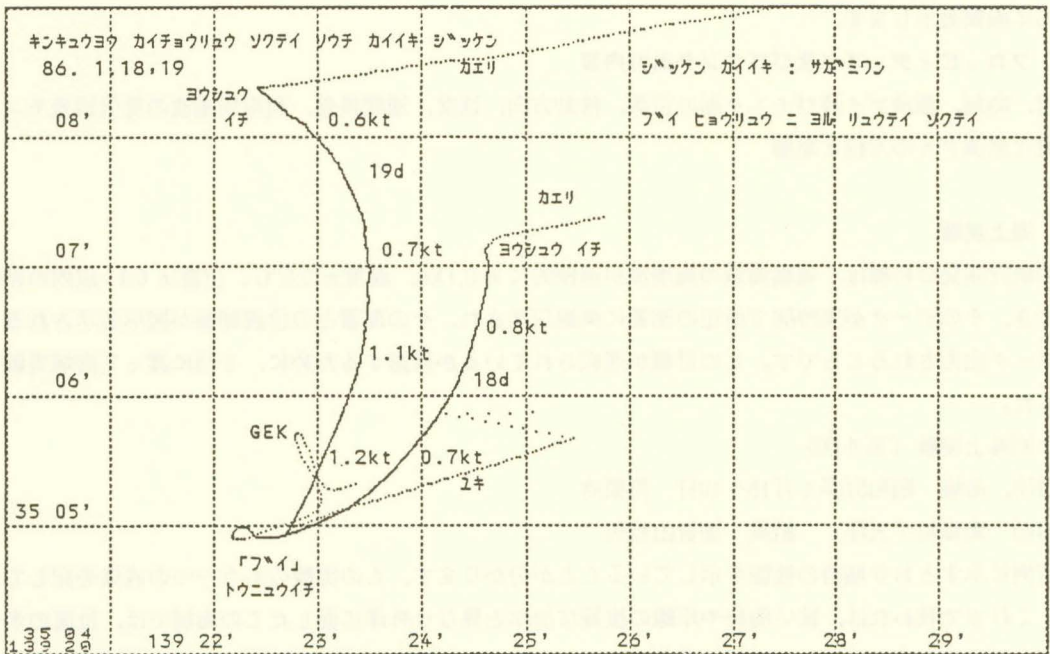
船舶 測量船「天洋」 船長 加賀山哲男

測定例に示すとおり期待の性能を示していることが分かります。この実験のもう一つの成果を記しておきます。これまで我われは、狭い海峡や岸線の複雑な沿岸と異なり外洋に面したこの海域では、位置の多少のずれは、それほど大きく流れの態様を変えるものではないとの常識がありました。しかし、実験の結果は2~3海里位置がずれるとまるで流れ方が異なることを示し、複雑な海流の一端をかいまみせてくれました。この新しい知見は、海流の点ではなく線又は面での木目細かな測定の重要さを認識させるものでした。なお漂流ブイには、シーアンカ (パラシュート) をつけ、風圧流は防止できるよう配慮しました。

第2回海上実験 (第1表)



第3図 CRTディスプレイ画面



第4図 海潮流測定結果

円弧状の部分がブイの漂流軌跡。GKEとあるのは、電磁海流計を曳いたときの船の航跡。GKEと本装置の測定値は、ほぼ一致しました。同じ場所でも18日と19日とでは、流れが異なっていることが分かります。

第1表 プリンタ出力例 (ブイの針路・速度はそれぞれ流向・流速を示す。)

	日 時	緯 度	経 度	針路	速度	水温	方位	距離
本船	860308103912	34 59.509	139 24.809	232	11.7			
本船	860308103942	34 59.454	139 24.714	234	11.6			
ブイ	860308103845	34 57.587	139 26.295	56	1.6	14.4°C	158°	4343m
本船	860308104012	34 59.418	139 24.654	235	10.9			
本船	860308104042	34 59.365	139 24.575	234	9.7			
本船	860308104112	34 59.307	139 24.492	230	9.1			
本船	860308104142	34 59.259	139 24.422	230	9.0			
本船	860308104212	34 59.218	139 24.360	231	8.4			
ブイ	860308104106	34 57.623	139 26.364	56	1.6	14.3°C	145°	4202m
本船	860308104242	34 59.224	139 24.326	255	6.5			
本船	860308104312	34 59.258	139 24.243	296	6.7			
本船	860308104342	34 59.331	139 24.166	312	9.0			
本船	860308104412	34 59.410	139 24.100	323	11.1			
本船	860308104442	34 59.487	139 24.046	328	11.1			
ブイ	860308104327	34 57.657	139 26.429	57	1.6	14.3°C	134°	4232m
本船	860308104512	34 59.522	139 24.016	325	10.7			
本船	860308104542	34 59.633	139 23.934	327	10.2			
本船	860308104612	34 59.703	139 23.874	327	10.3			
本船	860308104642	34 59.764	139 23.812	323	9.9			
ブイ	860308104551	34 57.693	139 26.498	57	1.6	14.3°C	133°	4948m
本船	860308104713	34 59.815	139 23.765	323	9.3			
本船	860308104742	34 59.875	139 23.705	322	9.0			
本船	860308104812	34 59.944	139 23.632	319	9.4			
本船	860308104842	35 0.006	139 23.561	318	9.9			
本船	860308104912	35 0.067	139 23.497	318	9.9			
ブイ	860308104815	34 57.733	139 26.569	56	1.7	14.3°C	133°	5587m
本船	860308104942	35 0.109	139 23.456	320	9.6			
本船	860308105012	35 0.176	139 23.385	319	9.6			
本船	860308105042	35 0.249	139 23.298	317	10.0			
本船	860308105112	35 0.311	139 23.226	316	10.4			
本船	860308105142	35 0.373	139 23.164	318	9.9			
ブイ	860308105039	34 57.770	139 26.640	57	1.7	14.4°C	133°	6346m
本船	860308105212	35 0.417	139 23.113	317	9.9			
本船	860308105242	35 0.479	139 23.045	318	9.8			
本船	860308105312	35 0.557	139 22.964	319	9.9			
本船	860308105342	35 0.619	139 22.900	320	9.9			
本船	860308105412	35 0.679	139 22.829	318	9.9			
ブイ	860308105303	34 57.808	139 26.716	57	1.7	14.3°C	132°	7133m
本船	860308105442	35 0.713	139 22.796	321	9.5			
本船	860308105512	35 0.803	139 22.702	321	9.7			
本船	860308105542	35 0.875	139 22.636	321	10.1			
本船	860308105612	35 0.940	139 22.574	323	10.0			
本船	860308105642	35 1.004	139 22.517	323	9.7			
ブイ	860308105527	34 57.843	139 26.789	58	1.7	14.4°C	132°	7926m
本船	860308105712	35 1.049	139 22.476	322	9.7			
本船	860308105742	35 1.129	139 22.407	323	9.4			
本船	860308105812	35 1.191	139 22.349	324	9.2			
本船	860308105842	35 1.256	139 22.286	322	9.6			
ブイ	860308105754	34 57.879	139 26.864	59	1.7	14.3°C	132°	8718m

今回は、海流測定データの無線伝送による遠隔表示を主目的とした実験です。

日時、海域 昭和61年3月7～8日 相模湾

船舶 測量船「天洋」 船長 加賀山哲男

実験は、約8海里の遠隔表示に成功するとともに、その他の測定データも所期の性能を示しました。より

第2表 プリント出力例

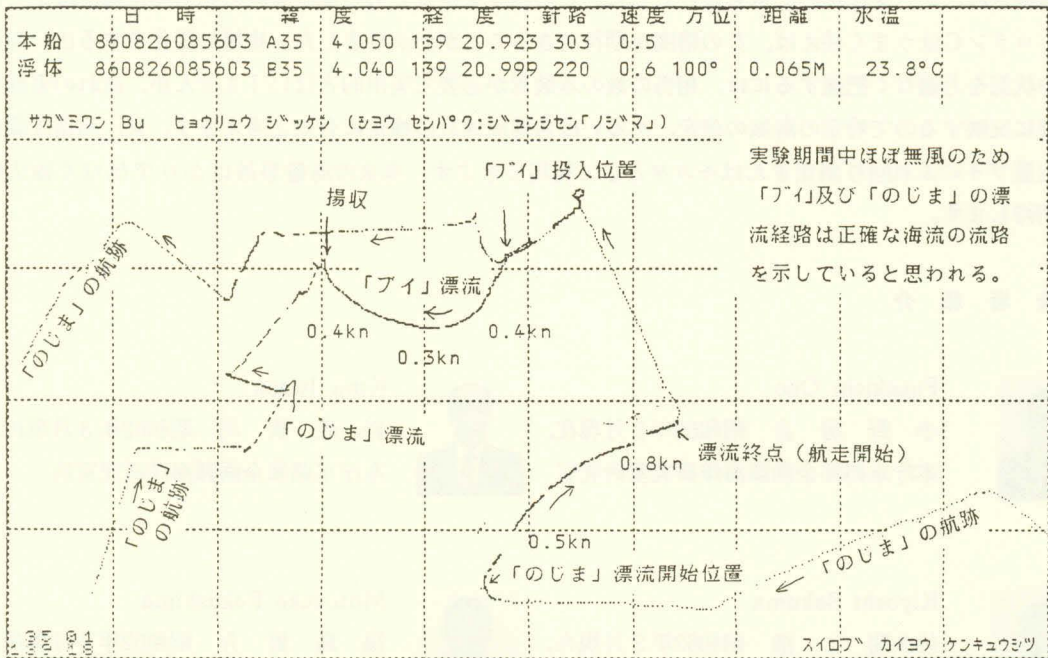
8608緊急用海潮流測定装置実験

海域：「相模湾」 船舶：巡視船「のじま」 測地系：BESSEL*

60

年月日時刻 Y M d h m s	*Latitude °	Longitude* °	IIED SPD kn	SPER kn	*Propagation dw dx dy dz	Error***- w x y z	Data (micro sec.) *- w x y z	*- C. Corr. ---*	方位	距離	水温 °C
860826060533	B35	3.574 139 22.267	245 0.2	0.0	0.0 0.0 0.0	-10	176030359507603658683598				
860826060556	A35	0.649 139 16.545	205 10.7	0.0	0.1 -0.0 0.0	9.5	176344360042603417863719	0.0 3.0 0.530.0	58°	5.509M	23.7
860826060607	A35	0.623 139 16.531	206 10.6	0.1	0.2 -0.0 0.0	9.4	176346360047603417863718	0.0 3.0 0.530.0			
860826060618	A35	0.491 139 16.457	206 10.7	0.0	0.2 -0.0 0.0	9.3	176348360052603417863717	0.0 3.0 0.530.0			
860826060606	B35	3.571 139 22.263	241 0.3	0.0	0.0 0.0 0.0	-10	176030359508603657863599				
860826060630	A35	0.467 139 16.441	206 10.8	0.1	0.2 -0.0 0.0	9.4	176350360057603416863718	0.0 3.0 0.530.0	57°	5.666M	23.7
860826060642	A35	0.443 139 16.426	206 11.0	0.1	0.1 -0.0 0.0	9.4	176351360062603416863717	0.0 3.0 0.530.0			
860826060639	B35	3.570 139 22.259	236 0.3	0.0	0.0 0.0 0.0	-10	176030359507603657863599				
860826060654	A35	0.401 139 16.402	206 11.0	0.0	0.2 -0.0 0.0	9.4	176353360067603416863717	0.0 3.0 0.530.0	57°	5.722M	23.7
860826060706	A35	0.377 139 16.388	206 11.0	0.1	0.2 -0.0 0.0	9.4	176355360072603416863717	0.0 3.0 0.530.0			
860826060718	A35	0.352 139 16.376	205 10.8	0.0	0.2 -0.0 0.0	9.4	176357360077603416863717	0.0 3.0 0.530.0			
860826060712	B35	3.571 139 22.257	242 0.3	0.0	0.0 0.0 0.0	-10	176030359507603657863600				
860826060730	A35	0.329 139 16.361	205 10.7	0.1	0.1 -0.0 0.0	9.5	176358360082603415863717	0.0 3.0 0.530.0	56°	5.804M	23.7
860826060742	A35	0.305 139 16.348	205 10.6	0.0	0.2 -0.0 0.0	9.4	176360360087603415863716	0.0 3.0 0.530.0			
860826060754	A35	0.282 139 16.336	205 10.6	0.0	0.2 -0.0 0.0	9.4	176362360092603416863716	0.0 3.0 0.530.0			
860826060745	B35	3.569 139 22.257	240 0.2	-0.1	0.0 0.0 0.0	-10	176030359508603657863600				
860826060806	A35	0.262 139 16.325	205 10.5	0.0	0.2 -0.0 0.0	9.4	176364360097603415863715	0.0 3.0 0.530.0	56°	5.854M	23.7
860826060818	A35	0.242 139 16.309	206 10.7	0.0	0.2 -0.0 0.0	9.4	176366360102603414863715	0.0 3.0 0.530.0			
860826060830	A35	0.210 139 16.290	208 10.9	0.0	0.2 -0.0 0.0	9.4	176367360107603414863715	0.0 3.0 0.530.0			
860826060818	B35	3.568 139 22.256	236 0.2	-0.2	0.0 0.0 0.0	-10	176029359508603657863599				
860826060842	A35	0.185 139 16.275	208 11.1	0.0	0.2 -0.0 0.0	9.5	176369360112603414863715	0.0 3.0 0.530.0	56°	5.925M	23.7
860826060854	A35	0.161 139 16.264	206 10.9	0.1	0.2 -0.0 0.0	9.4	176370360116603414863714	0.0 3.0 0.530.0			
860826060851	B35	3.567 139 22.254	237 0.1	0.0	0.0 0.0 0.0	-10	176030359508603658683600				
860826060906	A35	0.139 139 16.253	205 10.8	0.0	0.1 -0.0 0.0	9.4	176372360121603413863714	0.0 3.0 0.530.0	55°	5.979M	23.7
860826060918	A35	0.120 139 16.241	205 10.7	0.1	0.2 -0.0 0.0	9.5	176374360126603413863714	0.0 3.0 0.530.0			
860826060930	A35	0.100 139 16.227	207 10.9	0.1	0.2 -0.0 0.0	9.5	176376360131603413863714	0.0 3.0 0.530.0			
860826060924	B35	3.566 139 22.251	234 0.1	-0.1	0.0 0.0 0.0	-10	176030359508603657863600				
860826060943	A34	59.990 139 16.164	207 10.8	0.1	0.2 -0.0 0.0	9.5	176377360136603413863714	0.0 3.0 0.530.0	55°	6.048M	23.7
860826060954	A34	59.962 139 16.148	207 10.8	0.0	0.2 -0.0 0.0	9.5	176379360141603412863713	0.0 3.0 0.530.0			
860826061006	A34	59.935 139 16.132	207 10.7	0.0	0.2 -0.0 0.0	9.5	176381360146603412863713	0.0 3.0 0.530.0			
860826060957	B35	3.564 139 22.246	232 0.2	0.0	0.0 0.0 0.0	-10	176031359508603658683599				
860826061018	A34	59.919 139 16.122	207 10.6	0.0	0.2 -0.0 0.0	9.5	176383360151603412863713	0.0 3.0 0.530.0	54°	6.183M	23.7
860826061030	A34	59.903 139 16.113	206 10.7	0.1	0.2 -0.0 0.0	9.5	176384360156603412863713	0.0 3.0 0.530.0			
860826061042	A34	59.859 139 16.090	204 10.5	0.0	0.2 -0.0 0.0	9.5	176386360161603412863712	0.0 3.0 0.530.0			
860826061030	B35	3.564 139 22.240	250 0.3	0.0	0.0 0.0 0.0	-10	176031359508603655863599				
860826061054	A34	59.834 139 16.076	204 10.7	0.0	0.2 -0.0 0.0	9.5	176388360166603411863712	0.0 3.0 0.530.0	54°	6.252M	23.7
860826061106	A34	59.810 139 16.060	205 10.7	0.0	0.2 -0.0 0.0	9.4	176390360171603411863711	0.0 3.0 0.530.0			
860826061103	B35	3.564 139 22.235	257 0.3	0.0	0.0 0.0 0.0	-10	176031359509603658683600				
860826061118	A34	59.767 139 16.035	206 10.8	0.1	0.2 -0.0 0.0	9.6	176391360175603411863712	0.0 3.0 0.530.0	53°	6.309M	23.7
860826061130	A34	59.742 139 16.023	205 10.8	0.1	0.2 -0.0 0.0	9.5	176392360181603411863711	0.0 3.0 0.530.0			
860826061142	A34	59.718 139 16.010	205 10.7	0.1	0.1 -0.0 0.0	9.6	176393360185603410863711	0.0 3.0 0.530.0			
860826061136	B35	3.563 139 22.232	255 0.4	-0.2	0.0 0.0 0.0	-10	176030359509603658683599				
860826061154	A34	59.698 139 15.998	205 10.7	0.1	0.1 -0.0 0.0	9.5	176395360190603410863710	0.0 3.0 0.530.0	53°	6.395M	23.7
860826061206	A34	59.683 139 15.991	205 10.5	0.0	0.1 -0.0 0.0	9.5	176397360195603410863710	0.0 3.0 0.530.0			
860826061218	A34	59.644 139 15.971	204 10.3	0.0	0.1 -0.0 0.0	9.5	176398360200603410863710	0.0 3.0 0.530.0			
860826061209	B35	3.563 139 22.229	261 0.3	0.0	0.0 0.0 0.0	-10	176031359508603658683599				
860826061230	A34	59.612 139 15.953	204 10.3	0.2	0.0 -0.0 0.0	9.6	176399360205603409863710	0.0 3.0 0.530.0	53°	6.451M	23.7

CRTディスプレイ表示画面の「のじま」
 (「アイ」漂流海域付近の拡大)



第5図 海潮流測定結果

遠隔な送受信を期待する場合には、搬送波の周波数を超短波ではなく短波帯に変更すればよいと思われます。

第3回海上実験(第2表, 第5図)

海難事故等緊急時に現場海域に到着した巡視船等が、予測による流れ等と現況が異なると捜索行動のロスは計り知れないものがあります。この装置は事故に際し、巡視船等が現場で容易に海況の現況把握ができることを目的に開発しました。そこで、今回の実験は実際に巡視船を用いて行いました。

日時, 海域 昭和61年8月25~26日 横浜-相模湾

船舶 巡視船「のじま」 船長 栗山昂久(第三管区海上保安本部所属)

3. 考 察

この方法で時間的にかなり細かく海流の微細構造が把握できることが示されましたが、これを見ると過去の統計資料から漂流経路を予測することが如何に難しいかが分かります。数海里位置が離れると流れの方向も大きさも異なるからです。海流が渦の移動であるとの説は、部分的ながらこの実験で実証できたものと判断されます。しかし、これが事実とすると、漂流経路の予測を行うには、渦の大きさと角速度、移動速度が与えられなければなりません。このようなデータを必要とする漂流予測が可能かどうかは今後の研究に待たなければなりません。

4. むすび

実験結果が示すように、開発された装置は、海流又は船速の測定が2分程度の平均値で±0.1knの精度が十分確保され、データ伝送の品質も良好でした。この精度を得るための測位装置の相対測位精度は±6mですが、ロランCはうまく使えば、この精度が期待できることがわかりました。複雑な変化をする広い海面の流れの状況を万遍なく把握するには、相当の数の本装置が必要で実用的とはいえませんが、流れの実態を最も正確に反映するので特定の海域の測定、あるいは各種流速計の検定に有効と考えます。又、高精度測位装置、定置ブイのふれ回り測定またはモニタとして利用できます。本来の海難事故ばかりではなく幅広い応用を期待します。

報告者紹介



Fusakichi Ono

小野 房吉 昭和62年3月現在、
本庁水路部企画課海洋研究室研究官



Kinji Iwasa

岩佐 欽司 昭和62年3月現在、
本庁水路部企画課海洋研究室長



Kiyoshi Sakuma

佐久間 清 昭和62年3月現在、
本庁水路部企画課海洋研究室研究官



Motosuke Fukushima

福島 資介 昭和62年3月現在、
本庁水路部企画課海洋研究室研究官