

第106研究部会
船舶の高度集中制御方式の研究
報告書

(その1 航法システム)

昭和47年3月

社団法人

日本造船研究協会

本報告書に記載されている研究成果は、第 106 研究部会による「船舶の高度集中制御方式の研究の実施に伴い完成された発明等およびノウ・ハウの取扱いに関する取決め」に基づき取扱われることになっておりますので、本報告書の内容の一部または全部の外部発表・転載等については、本会事務局にご連絡の上、本会の事前の承認が必要です。

は し が き

本報告書は、日本船舶振興会の昭和46年度補助事業「船舶の高度集中制御方式の研究」として、日本造船研究協会第106研究部会、航法システム分科会においてとりまとめたものである。

部会委員名簿（敬称略、順不同）

部会長	山下 勇（三井造船）	
委員	青山 三郎（大阪商船三井船舶）	芥川 輝孝（日本船舶振興会）
	安積 健次郎（電子航法研究所）	甘利 易一（日本船用機器開発協会）
	井伊 謙三（川崎汽船）	名越 肇（日本航海士会）
	岡田 正三（大阪商船三井船舶）	木下 共武（佐世保重工業）
	木堂 弘雄（船舶技術研究所）	黒川 正典（日本郵船）
	田坂 鋭一（運輸省）	佐藤 茂（日立造船）
	真田 良（日本船主協会）	高田 正夫（日本船長協会）
	高橋 百千（日本船舶機関士協会）	竹沢 五十衛（三菱重工業）
	佐野 桂（航海訓練所）	土屋 正雄（電子機械工業会）
	土井 正三（住友重機械工業）	土井 由之（昭和海運）
	中尾 正光（ジャパンライン）	長谷川 健二（川崎重工業）
	埴田 清勝（日本鋼管）	小林 毅（山下新日本汽船）
	関矢 元弥（日本海事協会）	丸尾 卓志（日本船主協会）
	伊吹 秀雄（大阪商船三井船舶）	元良 誠三（東京大学）
	八島 信雄（三井造船）	山田 泰造（日本造船工業会）
	矢野 鎮雄（石川島播磨重工業）	吉識 雅夫（日本学術振興会）
	横田 利雄（東京商船大学）	

幹事会委員名簿（敬称略、順不同）

委員	荒瀬 晃二（三井造船）	浅野 修一（日立造船）
	堀之北 克朗（運輸省）	大川 喜伴（住友重機械工業）
	大日方 得二（日本鋼管）	唐沢 康人（石川島播磨重工業）
	佐々田 喜正（大船商船三井船舶）	菅 沼 清（川崎重工業）
	高柳 武男（三井造船）	丸尾 卓志（日本郵船）
	本戸 幸雄（日本鋼管）	米原 令敏（三菱重工業）

航法システム分科会委員名簿（敬称略、順不同）

分科会長	丸尾 卓志（日本郵船）	
サブリーダー	唐沢 康人（石川島播磨重工業）	
委員	家入 精二（日本電気）	荒 稲 蔵（航海訓練所）
	池野 孝（山下新日本汽船）	米 山 浩一（三菱電機）
	市瀬 例（東京タンカー）	乾 喬（富士通）
	伊原 松太郎（富士電機）	今西 武奈太郎（太平洋海運）

岩 田 脩 (住友重機械工業)	植 田 更 三 (昭 和 海 運)
臼 居 勲 (日本船主協会)	岡 田 高 (沖 電 気 工 業)
片 山 勇 (出光タンカー)	川 口 博 (川 崎 重 工 業)
川 原 隆 (日 本 郵 船)	河 村 四 朗 (気 象 庁)
木 村 小 一 (電子航法研究所)	栗 原 俊 三 (日 本 鋼 管)
栗 村 康 彦 (船舶技術研究所)	黒 田 勇 雄 (三 光 汽 船)
小 林 実 (北辰電機製作所)	小 山 健 夫 (東 京 大 学)
坂 野 希 (石川島播磨重工業)	柴 田 清 (石川島播磨重工業)
柴 田 幸二郎 (安立電波工業)	庄 司 和 民 (東京商船大学)
菅 一 志 (東 京 計 器)	鈴 木 良 光 (日 立 造 船)
田古里 哲 夫 (東 京 大 学)	筒 井 勇次郎 (日 立 製 作 所)
竹 田 太 (昭 和 海 運)	寺 本 俊 二 (北辰電機製作所)
鶴ヶ谷 武 雄 (日 本 電 気)	温 品 秀 雄 (日 本 無 線)
飛 河 子 老 (協 立 電 波)	野 本 謙 作 (広 島 大 学)
野々瀬 茂 (三 井 造 船)	原 昌 三 (三 菱 重 工 業)
長谷川 敬 (三 菱 重 工 業)	平 塚 司 郎 (日 本 郵 船)
人 見 重 美 (大阪商船三井船舶)	藤 原 禰 一 (古 野 電 気)
藤 本 芳 雄 (ジャパンライン)	松 田 秀 彦 (富 士 通)
町 田 運 八 (光 電 製 作 所)	松 山 辰 郎 (富 士 通)
松 本 吉 春 (神戸商船大学)	向 山 泰 (川 崎 重 工 業)
水 上 弘 (川 崎 汽 船)	李 中 勝 (日 立 造 船)
毛利 武 弘 (大阪商船三井船舶)	元 良 誠 三 (東 京 大 学)
茂 在 寅 男 (東京商船大学)	山 崎 芳 嗣 (佐世保重工業)
山 内 保 文 (船舶技術研究所)	山 中 恒 夫 (東京芝浦電気)
山 田 昭二郎 (三 井 造 船)	渡 辺 幸 生 (運 輸 省)
渡 辺 四 郎 (川 崎 重 工 業)	

航法システム分科会座礁予防システム小委員会委員名簿 (敬称略、順不同)

主 査 山 田 昭二郎 (三 井 造 船)	
委 員 飯 塚 登 (大阪商船三井船舶)	大須賀 実 (川 崎 重 工 業)
香 川 秀 光 (三 井 造 船)	栗 村 康 彦 (船舶技術研究所)
佐 藤 純 夫 (石川島播磨重工業)	関 口 義 清 (日 立 製 作 所)
徳 田 迪 夫 (日 本 郵 船)	豊野谷 一 夫 (山下新日本汽船)
野々瀬 茂 (三 井 造 船)	原 昌 三 (三 菱 重 工 業)
町 田 運 八 (光 電 製 作 所)	水 上 弘 (川 崎 汽 船)
李 中 勝 (日 立 造 船)	茂 在 寅 男 (東京商船大学)
渡 辺 幸 生 (運 輸 省)	

船舶の高度集中制御方式の研究

目 次

(その1 航法システム)

1. 航法システム	1
1.1 自動航法システムの評価	1
1.1.1 船位測定システムの評価	1
(1) は し が き	1
(2) NNSSシステムの精度に関する船からの報告	1
(3) 実測データの解析による船位の測定精度	7
(4) 自動的な船位決定システムの採用による経済効果	28
(5) あ と が き	33
1.1.2 最適航路設定システムの評価	34
(1) 緒 言	34
(2) 局所最適航路設定システムの評価	34
(3) ま と め	48
1.1.3 衝突予防システムの評価	50
(1) ま え が き	50
(2) 当初設定された基本構想	50
(3) 目標データの取込み(目標の検知)	51
(4) トラッキングの状況	51
(5) トラッキングに対する総合検討	54
(6) TARGET DATAの計算	57
(7) 危険船判別および避航操船法の算出	59
(8) 試行操船(TRIAL)	60
(9) ベクトル発生	60
(10) プログラム改良事項	60
(11) あ と が き	61
1.2 座礁予防システムの評価	74
1.2.1 ま え が き	74
1.2.2 開発の経過および設定目標	76
1.2.3 設定目標に対する結果	92
1.2.4 新しく発見された問題点	94
1.2.5 適 用 範 囲	95
1.2.6 予 想 価 格	95
1.2.7 今後の指針	96
1.2.8 あ と が き	99

I 航法システム

1.1 自動航法システムの評価

1.1.1 船位測定システムの評価

(1) はしがき

船位決定システムとして「星光丸」に搭載されているのは $NNSS$ (Navy Navigation Satellite System) による船位測定システムと推測位置計算器 (DRPC, Dead-reckoning Position Calculator) による船位推定システムの組合せで、この両者は中央計算機 $TOSBAC-3000S$ を通じて密接不可分な関係に接続されており、今回の評価に当たっても、一方の故障あるいは不具合いはそのまゝ、他方の不具合になることが明らかであった。そこで、今回はこの両者をまとめたシステムとしての評価を主として行なうことにしたが、その対象はいわゆるソフトウェアに重きを置いて、機器自身の性能とか信頼性などについては特に関連のある場合のほかは触れないことにしてある。

「星光丸」は、これらおよびその他の自動システムの実験航海を行なっているものであるが、船位決定システムの評価としては、そのときの基準船位との差を求める必要がある。しかし、このように航海中に真に正しい船位を求めるということは、実際的に不可能であったので後に述べる特殊な方法で、船位決定の精度を推測することにした。なお、はじめに「星光丸」の航海士より、船側でとられた $NNSS$ の精度などに関する報告書が寄せられたので、それについても引用することにした。

(2) $NNSS$ システムの精度に関する船からの報告

これは、「星光丸」の第6次航海までの $NNSS$ システムの動作状態などを報告してある報告書から船位測定精度に関する部分の抜粋である。

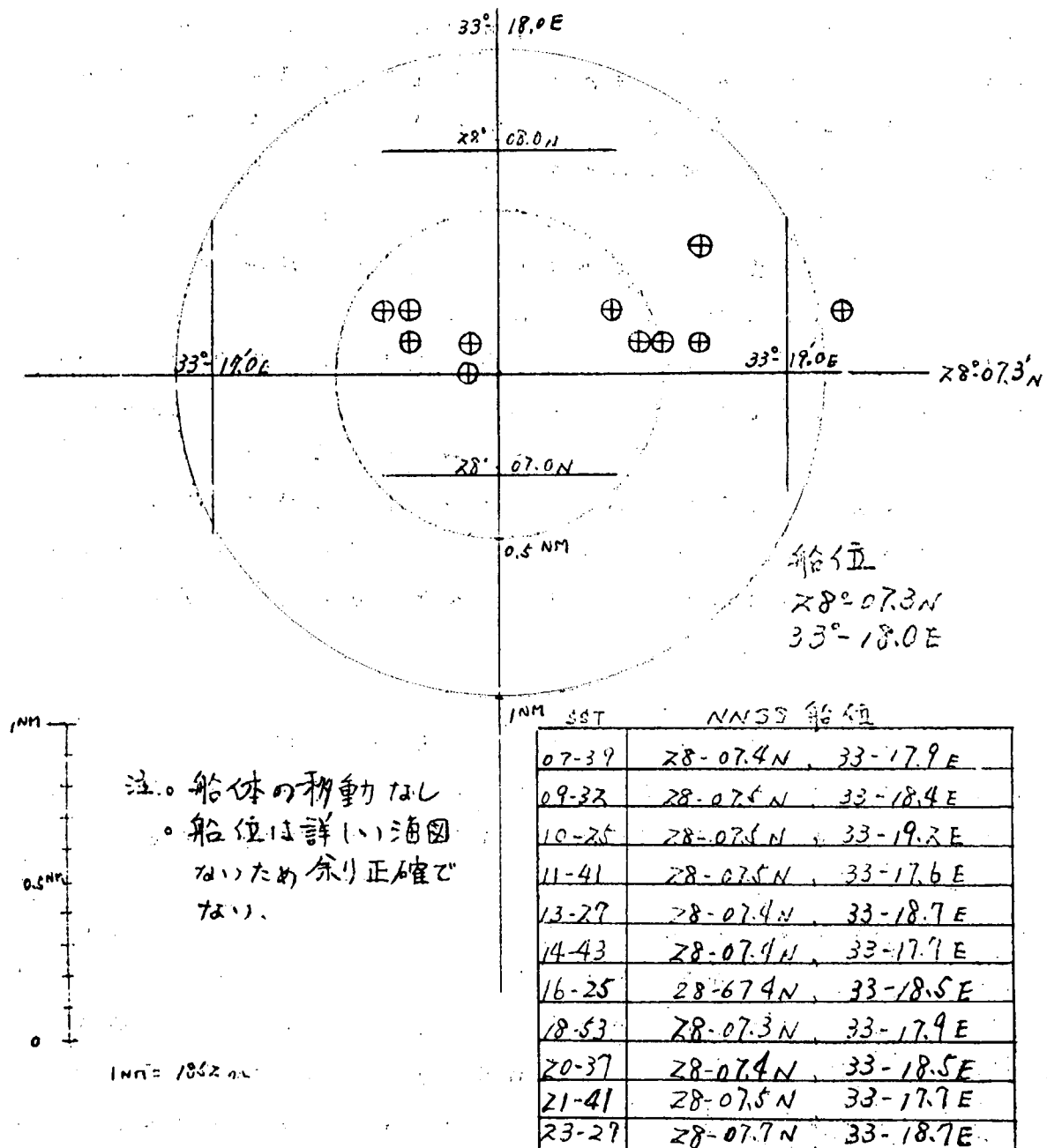
(1°) 停泊中における精度

1.1.1 図は本船が Ras Shukheit に停泊中にとった 11 個の測位誤の分布を示したものであり、その精度が緯度方向ではかなり高く、経度方向には低いことを示している。決定船位間で緯度では 0.4 n.m (740 m)、経度では 1.6 n.m (2600 m) の差があり、特に精度の悪い 2 個を除いた場合は、緯度で 0.2 n.m (370 m)、経度で 1.1 n.m (2030) の差がある。ちなみに 11 個中 8 個までが 0.5 n.m の誤差円の中に入っているが公称誤差 (0.25 n.m) の範囲をこえている。

(2°) 航走中における精度

航走中に陸標または天測によって求めた船位との比較を示したのが 1.1.1 表であり、陸標による実測船位誤差 0.5 n.m 、天測によるそれは 1 n.m 以内とそ

れぞれ脅えとすれば，NNSSによる船位に1 n.m.程度の誤差が含まれていると思われる。また表の中の“Act. Speed”，“T. Co.”は前回のNNSSによる決定船位とその回の船位との間に求められたもので，NNSSによる船位がどの程度の精度をもっているかの大略の判定に使用するもので，NNSS船位が全く誤差を含まなければ表の“Act. speed”と“T. Co.”に大きな変動はないはずである。1・1・2表も同様の表である。また，1・1・2図と1・1・3図は各種の船位による航跡プロットを示す。



1・1・1 図 停泊中 (Ras Shukheit) に於ける NNSS 決定船位

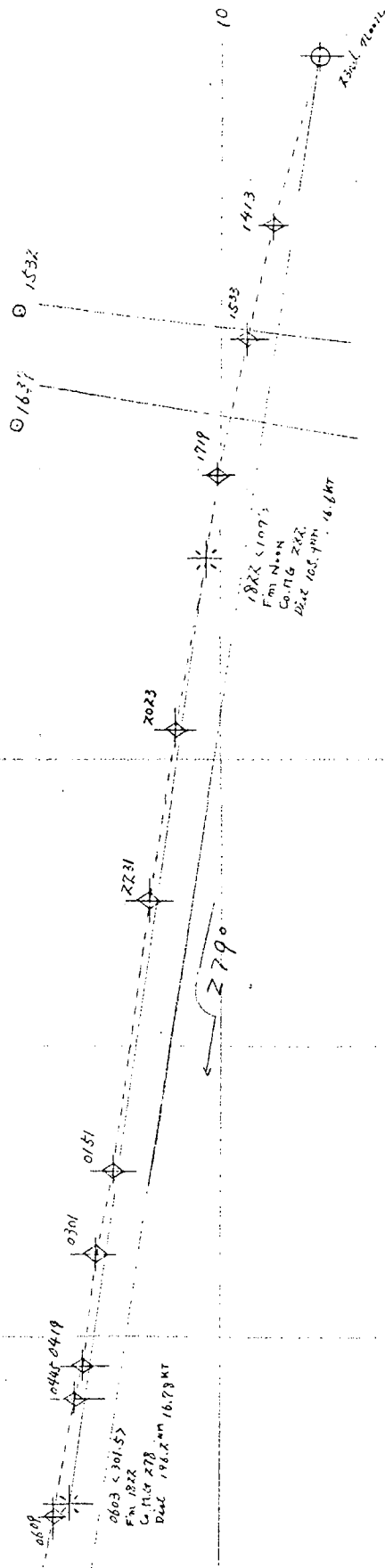
1-1-1表 NNSS船位と陸上物標又は天体による船位の違い

SST	Lat	Long	陸上物標又は天体による船位	陸上物標又は天体による船位	方位	True Co.	Act. Co.
15-31	03-14.4 N	105-12.8 E	03-15.0 N	105-12.8 E	87°	208	177
16-29	02-59.0 N	105-09.7 E	02-59.0 N	105-12.0 E	270	213	192
17-17	02-45.5 N	105-09.3 E	02-46.5 N	105-07.9 E	330	186	168
18-11	02-30.7 N	105-07.2 E	02-30.0 N	105-00.6 E	246	202	177
3-59	01-28.1 N	103-07.3 E	01-26.4 N	103-06.3 E	142	290	153
4-49	01-39.8 N	102-11.8 E	01-35.2 N	102-54.8 E	271	25	188
5-43	01-46.7 N	102-40.6 E	01-45.1 N	102-41.6 E	148	290	378
5-51	05-56.8 N	90-04.3 E	05-56.5 N	90-04.0 E	45	259	300
14-19	05-36.4 N	80-41.1 E	05-37.0 N	80-41.5 E	214	269	176
15-49	05-42.6 N	80-12.3 E	05-42.0 N	80-15.5 E	285	222	180
17-35	05-52.7 N	79-45.9 E	05-52.5 N	79-45.2 E	259	290	165
21-11	07-59.5 N	74-38.9 E	08-00.5 N	74-38.2 E	161	226	164
20-41	08-12.2 N	72-38.5 E	08-12.0 N	72-41.5 E	274	231	175
05-23	08-26.2 N	71-15.2 E	08-26.1 N	71-15.5 E	283	279	121
05-39	09-23.5 N	64-22.2 E	09-23.1 N	64-22.0 E	71	277	181
06-09	09-24.5 N	64-15.0 E	09-24.0 N	64-14.7 E	31	276	184
08-09	10-39.5 N	57-23.1 E	10-31.5 N	57-24.0 E	285	281	172
09-19	10-46.0 N	56-23.3 E		56-22.2 E	285	281	169
09-47	10-47.6 N	56-12.4 E		56-15.0 E	285	281	169
16-01	11-05.1 N	54-22.6 E		54-22.5 E	285	281	169
20-49	11-17.3 N	53-02.9 E	11-16.8 N	53-05.0 E	295	292	173
22-03	11-23.8 N	52-22.9 E	11-21.0 N	52-22.2 E	291	297	184
00-41	11-27.1 N	51-56.8 E	11-28.0 N	51-58.8 E	245	279	156
07-47	12-16.3 N	49-12.4 E		49-19.2 E	285	274	170
10-15	12-17.0 N	49-08.9 E		49-10.0 E	285	274	201
13-39	05-58.5 N	95-24.4 E		95-27.2 E	128	27	167
SST	Lat	Long	陸上物標又は天体による船位	陸上物標又は天体による船位	方位	True Co.	Act. Co.
14-25	05-55.1 N	95-30.6 E	05-55.6 N	95-28.1 E	165	102	150
15-47	05-48.6 N	95-53.2 E	05-50.2 N	95-54.5 E	219	106	137
19-27	05-36.3 N	96-50.3 E	05-44.5 N	97-50.7 E	148	110	158
22-33	05-13.7 N	97-51.2 E	05-14.5 N	97-50.7 E	148	110	158
21-15	04-58.5 N	98-14.6 E	04-59.0 N	98-12.3 E	111	122	164
01-47	04-53.2 N	98-21.1 E	04-53.7 N	98-20.8 E	149	124	167
03-25	04-37.9 N	98-50.4 E	04-37.0 N	98-43.6 E	99	104	292
07-07	04-07.4 N	98-30.7 E	04-07.8 N	98-27.8 E	114	127	143
09-57	03-42.6 N	100-02.8 E	03-42.1 N	100-00.2 E	100	120	153
11-39	03-30.3 N	100-17.9 E	03-32.0 N	100-17.0 E	152	140	142
13-23	03-11.0 N	100-36.6 E	03-12.4 N	100-35.6 E	94	137	155
13-43	03-07.4 N	100-39.4 E	03-08.8 N	100-39.3 E	176	142	141
15-23	02-49.2 N	100-59.7 E	02-49.4 N	100-58.6 E	100	131	162
20-05	01-56.8 N	102-09.3 E	01-58.3 N	102-08.3 E	146	126	157
21-35	01-53.0 N	102-17.3 E	01-53.3 N	102-18.2 E	252	115	133
23-11	01-41.2 N	102-42.1 E	01-41.3 N	102-41.8 E	108	115	172
24-07	01-27.5 N	103-05.2 E	01-27.4 N	103-04.5 E	22	120	152
01-15	01-25.1 N	103-08.9 E	01-25.2 N	103-07.6 E	24	122	145
06-41	01-16.6 N	104-11.8 E	01-15.7 N	104-10.5 E	55	83	126
08-27	01-29.9 N	104-34.2 E	01-29.3 N	104-34.1 E	50	60	151

偏差: NNSSによる船位と陸上物標又は天体による船位との差
 方位: 陸上物標又は天体による船位を中心としたもの
 True Co. Actual speed: 前回のNNSSによる船位と今回のNNSSによる船位より求められたもので、途中に変針を含まなければ、それらの値よりNNSSによる船位の正確度が判定できる。

平均偏差 (明5かに誤差大 (500=1E) のため平均) 1.46 NM

—



45

SSNN Yd MAIL 0308580

NO. 14 POLICE CASE 3536-47

* RESERVED POSITION BY STAR-SKIP

$$Z_{30d} \sim 24th$$

Lea smoth

2-5-5m

Gr. Co. R779* (G. Ev. 0.6 w. i. g.)

SST	GMT	NNSS による船位		天体観測による経度	経度差	True Co.	Oct. Speed	True Co.	Oct. Speed	Current	
14-13	10-07	09-49.5 N	61-50.1 E			284	16.5	285	16.5		
15-33	11-27	09-54.8 N	61-27.3 E			283	17.4	284	16.9	341	1.6
17-19	13-13	10-00.9 N	60-58.9 E			283	16.3	284	16.7	31	1.0
20-23	16-17	10-09.4 N	60-06.2 E			279	17.2	282	16.9	293	0.5
22-31	18-25	10-14.9 N	59-30.2 E			278	16.9	281	16.9	286	0.3
01-51	21-45	10-21.6 N	58-34.5 E			276	16.6	280	16.8	191	0.4
03-01	30-03	10-25.8 N	58-16.9 E			283	15.3			284	1.7
04-19	00-13	10-28.3 N	57-53.8 E			276	17.5	280	16.8	279	0.1
04-45	00-54	10-29.9 N	57-46.9 E			283	16.1	280	16.8	07	1.6
06-09	02-03	10-34.5 N	57-23.1 E			281	17.2	280	16.8	343	1.0
08-19	05-37	10-46.0 N	56-23.3 E	56-23.2 E	0.1	281	16.9	280	16.8	08	0.7
09-47	06-05	10-47.6 N	56-13.4 E	56-15.0 E	1.6	279	20.8	280	16.9	286	4.6

1-1-2 表 NNSS 船位の精度

(3) 観測データの解析による船位の測定精度

(1) 検討に供することのできた資料

「星光丸」は就航以来中近東、日本間の原油輸送に従事し、現在までに10数回の航海を行なっているが、本船から得られたのは才2, 4, 6および11次航の電子計算機(TOSBAC-3000S)によるロギングタイプライタの記録であり、別にNNSS受信装置のプリンタによる衛星からの軌道情報およびドフラカント値の記録紙も相当数入手できた。

(1) ロギングタイプライタの記録

1-1-4 図に一例を示す

ようにこの記録には電磁ログとジャイロコンパスからの情報に基づき「推測位置計算器(DRPC)」が計算した推測船位(6分間隔または30分間隔)、乗組員が手動で計算させた天測計算の結果およびNNSSによる自動測位の結果等が記録

NAV.	4	0600	0130	18	20.8N	66	58.8E	DRP.	←推測船位
NAV.	4	0606	0136	18	22.0N	66	57.5E	DRP.	
NAV.	4	0553	0123	18	20.4N	66	58.7E	NNSS BY DRPC	
NAV.	4	0612	0142	18	23.2N	66	55.2E	DRP.	↑ DRPCの推測
NAV.	4	0618	0148	18	24.3N	66	53.9E	DRP.	↑ 位置により計算
NAV.	4	0624	0154	18	25.5N	66	52.6E	DRP.	↑ したNNSS船位
INTCPT=		0.7			AZIMTH=	273	10.3		
INTCPT=		-1.5			AZIMTH=	54	24.7	←天測計算によるインタセプトと方位	
INTCPT=		-0.4			AZIMTH=	155	5.5		
NAV.	4	0624	0154	18	24.9N	66	52.0E	CEL.	←天測船位
NAV.	4	0630	0200	18	26.5N	66	51.3E	DRP.	
NAV.	4	1448	1042	20	2.4N	64	45.8E	DRP.	
NAV.	4	1439	1033		NO SOL.	NNSS BY DRPC		←NO SOLUTION	
NAV.	4	1454	1048	20	3.5N	64	44.4E	DRP.	

↑ 航法システム 日付 船内時刻 GMT 緯度 経度
関係データ

1-1-4 図 データタイプライタの記録例とその内容

されている。NNSSによる測位がNo Solutionとなるのは、星光丸の場合ドフラ値が2個だけのため測位不能であったときまたは3個以上のドフラカント値を受信したが解が収束しなかったときである。

(1) NNSS受信装置の記録

1-1-5 図にその1例を示すように、この記録には衛星から送信された軌道情報と2分間の積算ドフラカント値および手動であらかじめ設定したアンテナのジオイド面上の高さが記録してある。

(2°) 受信状況

主としてロギングタイプライタの記録から、NNSSの衛星からの電波の受信回数およびそのうち船位測定可能であった回数を一覧表にして示したのが、1.1.3表である。この表は更に、電子航法研究所が開発した衛星からの電波の受信時間の予報計算のプログラム*で作成した結果との対比も行っている。この計算では、衛星が船に最も近づいたときの仰角(最大仰角)も求めているが、お・ふね、最大仰角 70° 。

以上は受信および測位可能というこゝとで比較してある。2次航で、両着の間の差が大きいのは、電子計算機のNNSSプログラムの停止時間が、若い番手の航海では多かったことが原因ではないかと考えられる。1.1.6図にオ4次航海の往航でのNNSSの受信状況を示すが、この図で直線が欠けているところが、計算機も止めオフラインになっていた時間であり、そのほとんどが昼間であるので、前年度の報告にあるNNSSの受信は夜間のほうが頻度が多いという1つの理由であると思われる。

1.1.7および1.1.8図に本船側でまとめたオ2次航海とオ6次航海の往復における受信状況を図で示してある。航海士の意見としては、NNSS受信間隔の非常に短い(最短22分)とき長いときがあるが、短いときは2つの衛星の電波を同時に受信して、2つの衛星の情報を判別する能力が受信機にないので受信データが乱れ、船位決定が不可能になるとしている。のちに1.1.5表で各航海の各日別の受信数とそれがどの衛星であるかの区別をしてあるが、この期間、衛星のNNSS 00100(Aと表示)とNNSS 00140(O)との軌道面が非常に接近しており、かつたまたま同時に視野に現われたため、A衛星の受信のチャンスが極めて少なかったことを示している。

NNSS DATA	DESCRIPTION
3683036.M	DOPPLER COUNT
204F257.+	(t-6)
3052234.+	(t-4)
4060205.+	(t-2)
5065173.+	(t)
6067139.+	(t+2)
7065105.+	(t+4)
8061073.+	(t+6)
9053045.+	(t+8)
2830807.+	TIME OF PERIGEE(t_p)
83807454.+	MEAN MOTION(n)
80702164.+	ARGUMENT OF PERIGEE(ω)
80020024.+	RATE OF CHANGE OF ABOVE($\dot{\omega}$)
80003043.+	ECCENTRICITY(e)
80744196.+	SEMI-MAJOR AXIS(A_0)
83425029.+	RIGHT ASCENSION OF ASCENDING NODE
80000132.+	RATE OF CHANGE OF ABOVE($\dot{\Omega}$) (Ω)
90003701.+	COSINE OF INCLINATION($\cos i$)
80714063.+	RIGHT ASCENSION OF GREENWICH(γ_g)
82028447.+	-
81350265.+	-
80999993.+	SINE OF INCLINATION($\sin i$)
80073000.+	-
0.+	-
0.+	-
85.M	ANTENNA HEIGHT
3976901.M	DOPPLER COUNT

1.1.5図 NNSS受信装置の記録例とその内容

* 桑須、西野、木村；NNSSにおける衛星信号の受信時間の予報とその精度—星光丸の場合—電子航法研究所オ3回研究発表会(46-11)

1.1.3 表 受信状況の集計

区分	受信期間 (GMT)	のり時間 (日、時)	ロギング時間		往星予報計算の結果		
			タイア	FIX数	仰角0°以上	10°以上	10°未満
2-往 (千葉 ~ 紅海)	45.11.1 1200 S 45.11.20 0500	18日 17時向	個 240	(by min 515) 148 (3)	443	335	FIX 1 NO SOL 11
2-復 (紅海 ~ 徳山)	45.11.21 2100 S 45.12.11 1200	19日 15時向	256	181 (1)	461	349	1 16
4-往 (千葉 ~ パルシ湾)	46.1.21 2200 S 46.2.6 2000	15日 22時向	255	192 (5)	394	288	13 22
4-復 (パルシ湾 ~ 川崎)	46.2.9 0900 S 46.2.27 0700	17日 22時向	308	232 (7)	415	319	19 20
6-往 (姫路 ~ 紅海)	46.4.10 0200 S 46.4.28 2000	18日 18時向	323	226 (1)	445	339	9 16
6-復 (紅海 ~ 姫路)	46.5.1 0100 S 46.5.19 1600	18日 15時向	283	196 (13)	433	328	7 18
11-往 (徳山 ~ パルシ湾)	46.11.15 0000 S (中折 11.18 0000 11.21 0200) 46.11.29 1800	11日 10時向	195 ⁽¹²⁾	132 (11)	276	195	FIX 10 NO SOL 26
11-復 (パルシ湾 ~ 徳山)	46.12.4 0400 S 46.12.20 1700	16日 13時向	246 ⁽¹³⁾	196 ⁽¹²⁾ (20)	411	299	9 12
合計 (2.1.6.11次)		137日 12時向	2,106	1,503 (61)	3,278	2,452	69 142
1日平均回数			15.31	10.93	23.84	17.83	

1-1-6 圖 4次航(往規) NNSS 記録状況 (1/21 ~ 2/6)

● 船位決定
○ NO TYPE (K7733-34-1)
× NO SOL (K7732-10)
▽ NO TYPE (K7732-34)

— 計算機記録
[各点は、記録開始時刻に]

GMT	2h	4h	6h	8h	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h	24h
22/1	45 00 A D	18 OFFL A D B	54 O OFFL B C B	42 58 11 O OFFL C B								
23	D A D	V 00V A D B	00 C B	06 04 42 O OFFL C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B
24	00 A D	42 O OFFL A D	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B
25	V 00V A D B	42 O OFFL A D	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B
26	00 A D	42 O OFFL A D	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B
27	00 A D	42 O OFFL A D	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B
28	00 A D	42 O OFFL A D	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B
29	00 A D	42 O OFFL A D	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B
30	00 A D	42 O OFFL A D	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B
31	00 A D	42 O OFFL A D	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B
2/1	00 A D	42 O OFFL A D	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B
2	00 A D	42 O OFFL A D	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B
3	00 A D	42 O OFFL A D	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B
4	00 A D	42 O OFFL A D	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B
5	00 A D	42 O OFFL A D	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B
6	00 A D	42 O OFFL A D	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B	00 C B

(KHARQ IS NOT)

1.1.7 圖 第 2 次 航 NNS 受信状況表

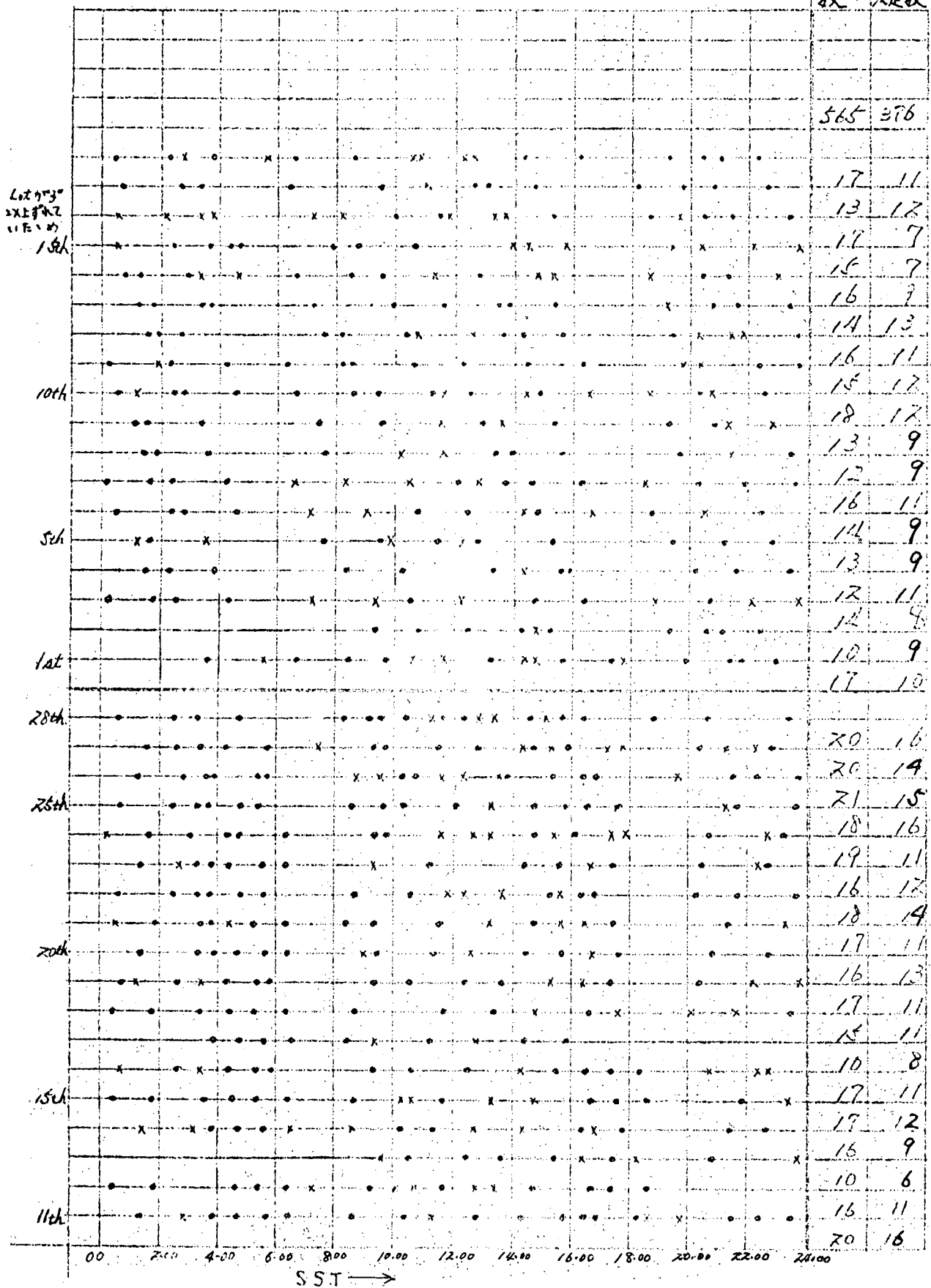
																									受信 回数	船位 決定数
Dec 70	10th	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12	12
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14	17
	7th	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14	8
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13	8
	5th	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19	13
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	8
	3rd	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	3
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11	7
	1st	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	17	14
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19	16
Nov 70	3rd	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	18	13
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13	6
	2nd	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	15	11
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	6
	1st	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	3
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	8
	3rd	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	3
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
	2nd	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	3
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	18	13
Nov 70	15th	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19	13
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	15	11
	12th	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14	9
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	7
	10th	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	8
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12	8
	8th	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12	8
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13	9
	6th	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	17	13
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13	11
Nov 70	4th	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	6
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	4
	2nd	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12	10
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12	11
	1st	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	4
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12	8
	3rd	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	412	305
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
	2nd	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
	1st	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

SST → 船位決定成功 X 船位決定不成功

1.1.8回第6次航NNSS受信状況表

受信船位
数 航数



(3°) 最大仰角の分布

受信高度を通過する $\sim \sim \sim$ 衛星の最大仰角は、位置決定の回数や精度に影響する。一般的に言つて最大仰角が大であれば一回の衛星通過中の電波受信可能時間が長くなるので軌道情報やドプラカウントの取得回数はふえるけれども、逆に最大仰角が 90° に近づくと種々の原因が重なり合つて、測位の精度は悪化するものである。受信されたドプラカウントが3個以上の衛星については、受信データに基づき改めて測位計算を行なつた際に最大仰角も同時に計算させそれを求めた。またドプラカウントが2個以下の衛星については、軌道情報と受信時間(タイム)とから最大仰角は計算で求められるが受信予報時間の計算の結果を利用した。

最大仰角(度)	受信数	百分率
0以上 $\sim$ 10未満	66	20.8%
10 $\sim$ 20	67	21.2
20 $\sim$ 30	45	14.2
30 $\sim$ 40	35	11.1
40 $\sim$ 50	31	9.8
50 $\sim$ 60	22	7.0
60 $\sim$ 70	15	4.8
70 $\sim$ 80	17	5.4
80 $\sim$ 90	18	5.7
合計	316	100.0

1.1.4表 最大仰角の分布

(オ4次航海の往き)

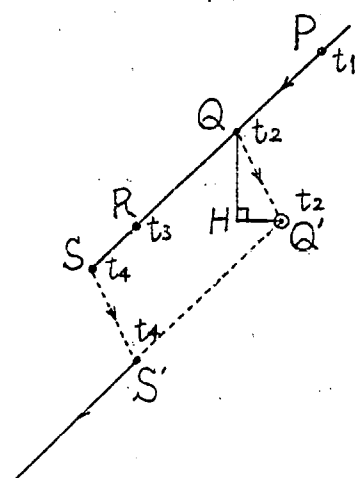
以上の方法をオ4次航の往航分の3ノ6の受信例について適用し、求められた最大仰角を 0° から 90° 度まで 10° 度ごとに分類したのが1.1.4表に示してある。

(4°) 推測船位と $\sim \sim \sim$ 船位の偏差の計算と検討

ロギングタイプライタの記録では、前に示したように推測船位が一定の間隔で記録され、 $\sim \sim \sim$ で船位が計算されると自動的に推測船位が補正されてその後はその奥から次の $\sim \sim \sim$ 船位が求められるまでジャイロコンパスと電磁ログをセンサとした推測航法が続けられる。そこで、 $\sim \sim \sim$ 船位とその時の推測船位との偏差がどの程度の大きさになっていたかを次の方法により改めて求めた。

今 1.1.9図に示すように推測船位が時刻 t_1 に P 、 t_2 に Q 、 t_3 に R にあつたとし、さらに時刻 t_4 で S に至つたとき $\sim \sim \sim$ により過去の時刻 t_2 のとき船位が Q' にあつたと位置が決定されたとする。すると「星光丸」では $\overrightarrow{QQ'}$ に等しく S から Q' に船位が改正され、これから改めて推測航法が開始される。ロギングタイプライタではこれらの奥のうち一般に Q 、 S 、 Q' の各奥は記録されないで、ここでは P 、 R 間を船が等速度で直航したと仮定しこの間の針路、速力を計算で求め時刻 t_2 のときの推測船位 Q を定め $\overrightarrow{QQ'}$ をこの場合の偏差とした。さらに Q を通る経度線(子午線)と Q' を通る緯度線の交点を四のように H とあると、 $\overrightarrow{QH}$ が南北方向の差(緯度差) $\overrightarrow{Q'H}$ が東西方向の差として求まる。これらは電子計算機を用いて求め、あわせて前回の $\sim \sim \sim$ 測位からの経過時間を求めて単位時間当り(経過時間を t としたとき t 分の1と t の1の両方)の偏差量

も求めた。こうして求めた結果の一例を 1.1.10 図に示す。ここで $G M T$ は測位時間、 $D L$ は緯度方向の偏差、 $D E P$ は経度方向の偏差の東西距、 D を偏差の絶対長、 $A Z$ をその方向 ($N N S S$ 位置を原真)、 T を前の測位からの時間、 $S P'D$ を前述の方法で求めた速力、 $C O$ を同じくその針路で示してある。このようにして求めた各測位英のうちから、 $D L/T$ がおおよそ 2 以上のものに於いて 10 別にし示す。1.1.5 表は各日別の受信状況で、衛星別の船位決定数の分数的な表示は分子がタイアアウトの数、分母が船位決定数である。



1.1.9 図

(1) --NNSS P'N TO DRP'N NO SA--

12 / 17 (NNSS P'N= 5)

	[G M T]	DL	DEP	D	AZ	T	D/T	D/(T)	SP'D	CO
1	[2: 50]	-5.03	0.22	5.03	177.	2.9	1.7	2.9	16.4	73.8
2	[4: 12]	0.04	-1.66	1.66	271.	1.3	1.2	1.4	15.1	46.6
3	[8: 54]	-0.82	-5.57	5.63	261.	4.7	1.1	2.5	15.6	47.4
4	[20: 16]	-8.28	-7.86	11.42	223.	11.3	1.0	3.3	14.4	45.1
5	[21: 16]	-1.25	-0.45	1.33	199.	1.0	1.3	1.3	14.8	45.5
	ARITH	-3.07	-3.06	5.01			1.2	2.3		
	A M S	4.38	4.38	6.19			1.3	2.4		

1.1.10 図 偏差量計算のダイヤグラム

衛星別の記号は

- A N N S S 30180 1968年3月01日打上げ
- B N N S S 30120 1967年4月13日打上げ
- C N N S S 30130 1967年5月18日打上げ
- D N N S S 30140 1968年9月26日打上げ
- E N N S S 30190 1970年8月27日打上げ
- Σ 故障衛星で電波の停止していないもの、正規の受信を妨害することあり。

1.1.5 表および 7 表の原図の欄の数字はつぎの意味であり、それぞれの事情を含めて示しておく。

1 — 最大仰角が 70° 以上で、速力の誤差などが大きく影響して測位誤差が大き

1.1.5表 受信状況(日別)																	
月日	ロギングタイプアウト		恒星別タイプアウト/FIX						原因								
(GMT)	タイプアウト	FIX	A	B	C	D	E	Z		1	2	3	4	5	6	7	8
11.1	9	3	2/1	2/	2/	2/2	0/		0								
2	15	8	2/	2/1	4/3	2/2	4/2		1		1						
3	5	0	0/	2/	2/	0/	1/		0								
4	11	6	2/1	1/	2/2	2/2	4/1		5						5		
5	14	12	1/1	3/2	3/3	1/3	3/3		12						10		2
6	6	3	1/	3/2	1/1	0/	1/		2						2		
7	9	4	1/1	1/	2/1	1/	4/2		0								
8	11	8	3/2	2/2	1/1	0/	3/3		3						3		
9	15	9	2/1	4/3	3/3	1/	1/2		7	1	2				2		2
10	16	13	1/1	4/3	1/4	2/2	3/2		1		1						
11	15	8	3/1	3/2	3/2	1/1	3/2		4						3		1
12	13	8	1/1	3/2	3/2	2/1	3/2		2	1	1						
13	12	6	2/1	2/2	2/1	1/1	2/1		1	1							
14	10	7	0/	3/2	4/2	1/3	0/		2		2						
15	11	8	1/1	3/2	2/1	2/2	2/2		1					1			
16	13	8	2/1	2/1	1/3	2/1	3/2		7						6		1
17	16	12	1/	4/2	3/3	4/4	3/3		6		2				1		3
18	20	13	1/	4/3	4/3	4/3	5/4		5	2	1			1	1		
19	16	10	2/	4/4	4/3	1/2	2/1		4		2						2
20	3	2	0/	1/1	0/	2/1	0/		2				1	1			
2-計	240	148	39/13	56/34	55/38	42/30	50/33	65	5	12	1	1	2	33	0	11	
11.21	1	1	0/	0/	1/1	0/	1/		0								
22	6	4	2/	0/	2/2	0/	2/2		0								
23	9	7	1/	2/2	1/1	3/3	1/1		1		1						
24	5	3	0/	1/1	1/	2/2	1/		0								
25	6	5	1/1	0/	1/1	2/2	2/1		2	1							1
26	13	9	3/2	3/1	2/2	2/1	3/3		2		1						1
27	19	14	3/	4/3	3/2	5/5	1/4		0								
28	13	9	1/	3/3	3/1	3/2	3/3		0								
29	17	9	3/2	3/2	4/2	4/2	2/1		0								
11.30	19	16	3/3	5/4	4/3	3/3	3/3		7	1	2					2	2
12.1	19	15	3/1	4/4	4/4	2/3	4/3		5		2						3
2	15	11	2/2	2/1	2/2	2/2	1/4		2		1						1
3	8	6	1/	2/2	2/2	1/1	1/1		2		1						1
4	7	3	1/1	2/1	1/	2/	1/1		2								2
5	12	8	2/	3/2	2/2	3/2	2/2		7						7		
6	18	14	2/	3/2	5/5	1/4	4/3		13						13		

1.1.5 表 (つづき)

月日	天候	FIX	A	B	C	D	E	Z	1	2	3	4	5	6	7	8
7	14	8	1/1	4/3	3/1	3/1	4/2	8						8		
8	15	10	3/2	2/2	4/3	3/2	3/1	9	1	1				7		
9	15	11	2/1	3/2	3/2	4/4	3/2	4						4		
10	14	12	1/1	3/3	4/3	3/2	4/3	3						1		2
11	11	6	1/1	2/2	3/2	2/1	3/2	4	1	1			1	1		
2-後	256	181	3/17	5/40	5/41	5/41	5/42	71	4	10	0	0	1	40	3	13
4. 1. 21	1	1					1/1	0								
22	20	15	3/3	4/3	4/3	3/2	5/4(6)	5	1			(1)		2	1	
23	21	17	3/2	3/3	4/3	4/5	4/4	1	1							
24	12	8	2/1	3/3	3/3	3/1	1/1	1	1							
25	19	14	2/1	4/3	5/4	4/4	4/2	3	2	1						
26	18	12	3/2	2/2	3/3	4/2	4/3	2	1	1						
27	10	8	3/2	1/1	1/1	3/2	3/2	0								
28	14	10	2/1	4/4	3/2	3/2	3/2	1	1							
29	15	10	2/1	3/2	2/1	4/2	4/4	7	1					4		2
30	14	12	2/1	3/3	3/3	4/4	3/2	10	2	1				7		
31	15	11	2/1	3/3	2/2	3/3	5/3	2	1	1						
2. 1	15	11	1/1	4/3	4/4	2/1	4/3	7	1				1	5		
2	15	11	3/1	4/3	3/3	1/1	4/3	1	1							
3	18	14	3/2	4/3	5/4	3/2	3/3	1					1			
4	18	15	1/1	4/3	4/3	4/4	4/4	6	3	2						
5	16	13	2/1	4/3	4/4	3/2	3/3	3	1				1			1
6	14	10	3/1	1/1	3/3	3/3	4/3	4								4
4. 3. 2	255	192	3/17	5/42	5/46	5/40	5/47	54	15	7	2	(1)	3	16	2	8
4. 2. 9	12	7	3/2	4/3	4/1		3/1	0								
10	19	16	3/3	3/4	4/5	3/2	4/2	6	1	1		2	2			
11	14	11	2/1	2/2	4/4	3/2	3/3	1	1							
12	12	11	1/1	3/3	2/2	3/3	3/3	1	1							
13	16	15	1/1	4/3	3/2	4/4	5/5	1					1			
14	15	10	3/1	3/3	1/1	4/3	4/3	4	1	1			1			1
15	15	12	3/1	4/4	1/1	1/2	4/4	2	1	1						
16	15	14		3/3	4/4	4/4	4/3	1					1			
17	19	15	3/1	4/2	4/4	4/4	4/4	4					1	1	2	
18	18	13	3/2	4/1	3/3	3/3	3/4	4	1					2		1
19	16	11	3/1	4/4	3/3	4/1	3/2	2	1			1				
20	17	13	2/1	4/2	3/3	3/2	5/5	0								
21	17	14	3/1	3/3	4/4	3/3	4/3	8						6		2
22	16	11	3/3	4/3	3/2	1/1	3/2	7						7		
23	20	14	3/2	5/3	4/3	1/3	3/3	5		1				4		

1.1.5表 (つづき)

月日	天候	FIX	A	B	C	D	E	Z		1	2	3	4	5	6	7	8
24	18	16	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{1}{4}$		5			3					2
25	19	14	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{4}{3}$		6						6		
26	24	14	$\frac{5}{2}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{5}{4}$		6					1	5		
27	6	3		$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$		1			1					
4-継	308	232	$\frac{48}{25}$	$\frac{78}{51}$	$\frac{14}{9}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{6}{7}$		64	5	5	4	4	7	3	2	6
4.10	19	11	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{2}$		1							1	
11	19	15	$\frac{4}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{2}{3}$		1								1
12	10	6	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{2}{1}$		2	1	1						
13	17	10	$\frac{4}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{2}$		2		1					1	
14	15	11	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{2}{1}$		0								
15	17	10	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{1}$		3	1	2						
16	19	15	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{3}{3}$		10	1	2				4		3
17	12	10	$\frac{2}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{2}{2}$		7	1					6		1
18	18	11	$\frac{3}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{3}$		3	2	1						
19	16	11	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{3}$		2	1	1						
20	17	12	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{1}{0}$	6	1					5		
21	15	11	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{4}{3}$		2					1	1		
4.22	19	14	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{2}$		3		1						2
23	14	10	$\frac{2}{1}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{2}$		3	1	1	1					
24	20	13	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	5					2	3		
25	16	14	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{2}$		9					2	7		
26	21	15	$\frac{3}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{0}$	13						13		
27	20	14	$\frac{4}{2}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{1}{5}$		13						13		
28	19	13	$\frac{3}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{1}{0}$	9						7		2
6-継	323	226	$\frac{59}{44}$	$\frac{54}{39}$	$\frac{6}{45}$	$\frac{1}{18}$	$\frac{6}{46}$		95	8	1	1	0	5	9	4	7
4.5.1	17	11	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{2}{1}$		9						9		
2	12	11	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{4}{4}$		11						11		
3	19	8	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{1}$		8						8		
4	12	9	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{1}$		9						9		
5	14	11	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{3}{3}$		8						8		
6	14	9	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{3}$		9						9		
7	16	11	$\frac{2}{2}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{1}$		11						11		
8	12	9	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{4}{3}$		9						1	8	
9	15	10	$\frac{2}{1}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{3}$		4						1	3	
10	17	11	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{1}{0}$	11						11		
11	14	12		$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{2}{3}$		12						12		
12	17	12	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{1}{0}$	7						1	4	2
13	16	13	$\frac{1}{1}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{4}{4}$		4						1		3
14	15	9	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{4}{2}$		7						7		

1.1.5 表 (つづき)

月日	917747	FIX	A	B	C	D	E	Z			1	2	3	4	5	6	7	8
15	15	3	3/1	3/1	4/2	3/1	3/1		3							3		
16	16	11	2/1	3/3	4/2	3/3	3/2		11							11		
17	15	12	1/1	4/3	3/3	4/4	3/2		12							12		
18	18	14	3/2	3/3	4/3	1/4	4/2		14							14		
19	14	10		4/3	3/3	2/1	3/3		10							10		
6-12	283	196	31/20	62/43	60/43	56/44	45/46		169	0	0	0	0	4	160			5
46 11.15	19	12	3/1	4/4	5/3	4/3	3/1		3								3	
16	19	16	2/1	4/3	4/4	5/4	4/4		1								1	
17	19	15	4/3	4/2	3/3	4/4	4/3		5	1							4	
21	11	3	2/1	3/1	1/1	3/1	2/1		0									
22	17	11	4/1	3/1	3/2	4/4	3/3		8							6	2	
23	15	12	3/1	3/3	1/1	4/3	4/4		4							1	3	
24	9	4	1/1	3/1	1/1	2/2	2/1		3							2	1	
25	13	8	3/1	2/1	2/1	3/3	3/2		7	2						5		
26	18	15	2/2	3/4	3/3	4/4	4/2		7		3					4		
27	20	11	3/2	4/3	4/1	1/2	3/3		8	1	2					5		
28	19	15	4/2	4/3	5/4	4/4	2/2		8	1	2				3		2	
29	16	10	3/2	4/3	4/3	3/1	2/1		3						1	2		
11-往	195	132	34/17	43/27	36/25	46/35	36/27		57	5	0	7	0	4	25	8		8
46 12.4	15	13	4/4	2/2	3/3	3/2	3/2		2									2
5	21	15	4/4	6/4	5/3	3/3	2/1	1/1	0									
6	14	12	2/2	1/1	5/3	3/3	3/3		3	2	1							
7	15	13	3/2	2/2	4/4	3/2	3/3		0									
8	15	13	4/3	3/2	2/2	2/2	4/4		1								1	
9	11	7	4/3	4/1	0/1	1/1	2/2		3	1	1						1	
10	13	9	4/2	5/5	1/1	1/1	2/2		0									
11	13	10	2/1	4/3	3/2	2/2	2/2		3		1				1		1	
12	13	11	2/2	3/1	5/5	1/1	2/2		2			1					1	
13	15	11	3/2	4/2	4/4	2/2	1/1	1/1	0									
14	15	10	3/2	5/5	4/2	2/1	1/1		1								1	
15	12	10	2/1	3/2	3/3	2/2	2/2		2		1						1	
16	17	15	3/2	4/4	5/5	2/2	3/2		4			2					2	
17	15	14	2/2	4/4	4/4	3/3	2/1		7			7						
18	16	11	1/1	4/4	4/4	5/2	2/1		5	1					1	2	1	
19	17	14	3/2	1/4	5/3	3/3	2/2		2		1						1	
20	9	8	1/1	2/2	2/2	2/2	2/1		2						1		1	
11-往	246	196	47/36	60/47	59/47	40/33	38/30	2/1	37	4	5	10	0	3	2	0		13

くなったと思われるもの、および逆に仰角が 10° 以下でデータがあまりうまくとれず誤差が大きくなったと思われるもの。

2—前回の測位誤の誤差が大きく、それを元に算出したため偏差量が大きくなったと見られるもの。不良測位誤の選別は $D/T \geq 2$ にしているもので、前回の測位誤からの T が大きいと不良か否かがわからなくなるので、こうして復元した不良測位誤がすべて洗い出されたわけではない。

3—"NNSS BY MAN"とタイプアウトされたもので、この場合の計算機のプログラムでは船速をゼロとして計算するようにになっている。従って、当然誤差が大きくなる。

4—マラッカ海峡中などでコースの変動が大きかったときと思われるもの。このカテゴリーへの分類には、三光汽船(株)の御好意により、ログブックを参照することができた。

5— T がおおむね 0.5 (30分)以下で、 D/T が大きくなったもの。

6— $DRPC$ からの入力が不良であったもの、航海のある時期において、ジャイロコンパスからのデジタル方位データを抽出するシャフトエンコーダ部分に不具合が生じ、針路データに 10° 以上の誤差を生じて推測船位が正しく現れないことがあり、その推測船位との比較であるので当然偏差量が大きくなっているもの。この場合は $NNSS$ 船位計算入力としての船速データも不良となるので、 $NNSS$ 船位の誤差も大きくなっているはずである。なお、それ以外のロギングタイプライタの記録を見ると、速力データにもときどき不具合——例えば6分ごとの船位から逆算した速力値がきりめて遅いか、あるいは 10kt 以上に過大に現れているケースも発見されたので、その場合もこのカテゴリーに入れた。(これら $DRPC$ の不具合はその後原因が解明され、改修されている。)

7—酒潮流の影響の大きいと思われる海域でのデータ。これは数回の $NNSS$ 測位誤の偏差が同じ方向に出、かつ偏差量の D/T がせいぜい $3n.m$ 以内のあまり大きくなかったもの。

8—原因が不明のもの。このカテゴリーへ入れたもののほとんどは偏差量が $3n.m$ から数十 $n.m$ と大きいもので、衛星からのデータセドプラカウント値を精査すればある程度原因がわかるとも思われるが、それらのデータ、受信装置のプリンタ記録のないものでは原因は全くつかめない。

1.1.5表をまとめて航海別に示したのが1.1.6表と1.1.7表で、1.1.6表は各航海ごとの正常測定船位による偏差量の平均値、1.1.7表は異常偏差の原因別の測位誤の数である。前述のジャイロコンパスなどから $DRPC$ への入力データ不良はオ6次航海、特にその復航に集中的に現れているほか、各航海でもかなりの数にのぼっている。これらはほとんど純ハード

1・1・6表 相対偏差の集計

	NNSS 測位点	相対偏差の大きさ		D/T 22* の測位点	D/T 22の相対偏差	
		算術平均	RMS		算術平均	RMS
		海里	海里		海里	海里
2-往	148	9.61	17.51	65	2.94	4.56
2-復	181	7.01	12.15	71	2.73	3.57
4-往	192	3.52	5.94	54	1.58	2.07
4-復	232	3.14	5.20	64	1.85	2.41
6-往	226	8.31	18.22	95	1.60	2.11
6-復	196	16.67	23.63	169	2.33	2.86
11-往	132	5.44	9.64	57	2.54	3.60
11-復	196	4.50	14.55	37	1.88	2.63
合計又は 平均	1503	7.28	13.36	612	2.18	2.98

1・1・7表

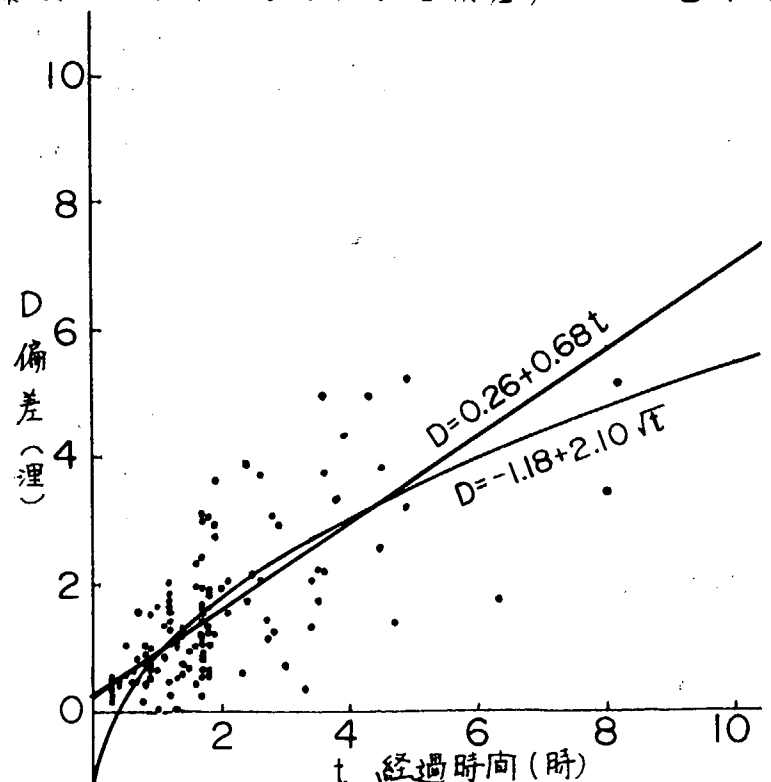
区 分		2-往	2-復	4-往	4-復	6-往	6-復	11-往	11-復	計
D/T 22のNNSS 測位点		65	71	54	64	95	169	57	37	612
推 定 し た 原 因	1 最大仰角20°以上、10°以下	5	4	15	5	8	0	5	4	46
	2 前回の測位不良を元の コースに戻したもの	12	10	7	5	11	0	0	5	50
	3 船速をゼロとして 計算 (BY MAN)	1	0	2	4	1	0	7	10	25
	4 変針変速中の受信	1	0	0	4	0	0	0	0	5
	5 前回との測位間隔が 短いたもの (0.5時間以内)	2	1	3	7	5	4	4	3	29
	6 DRPC出力の不正確 (コース、スピードのズレ)	33	40	16	31	59	160	25	2	366
	7 海 潮 流	0	3	2	2	4	0	8	0	19
	8 原因不明	11	13	9	6	7	5	8	13	72

ウェア的な問題と考えられるので、改善は可能であり、前述のように本船でも改善済みである。

1の最大仰角の大きな衛星通過の場合の測位データが誤差が大きくなるのはNNSSのシステムとしての固有の欠点であり、本受信システムの問題ではない。このような測位データは最大仰角値をその却度計算して、不採用とするプログラムを加えることの可否は今後の検討課題の一つと考えられよう。(そのような配慮をしている外国製のプログラムもある由である)原因1, 2, 3, 5, によるものは当然偏差が大きくなるもので問題にある必要はない。4の変針、変速中の測位データは、この評価システムでのプログラムでは船のコースDRPCのデータから2次曲線近似で処理しているが、今後NNSS受信装置に付属する計算機のメモリの余裕などによってより改良したプログラムの作成によって誤差を減少する可能性もある。問題は原因不明のF2兵の解明であるが、そのほとんどは前述したとおりデータが不足であるので不可能と考えられるのは残念である。

このような方法で得られた1・1・10図のデータは逆にDRPCの性能評価用としても使用しうる。DRPCの性能としては、海潮流のデータを予で入力できる形になっているが、本航海を通じてこの機能はあまり利用されていないようであったので、必ずしもDRPCとしての全性能を発揮していないが、オ4次航海の往航の不良データを除いたものを、経過時間に対して図示すると1・1・11図になり、その実験式を最小自乗法により求めると、Dを偏差、tを経過時間として

$D = 0.26 + 0.68t$
 および $D = -1.18 + 2.10\sqrt{t}$
 が得られる。DRPCの推測船位は航海時間に比例するとすれば1時間当り約0.7nm, $\sqrt{t}$ に比例するとすれば1時間当り約2.1nm, (何れもRMS) 偏差が生じていたことになる。アメリカのMaritime Administrationが行なった海潮流補正付のアナログ式推測航法計算器の評価試験の結果では $D = 1.4\sqrt{t}$ という値が報告されている。海潮流の補正なしの本船の場合の結果はこれと比較して孫色のないものと考えられるだろう。



1.1.11 図

(5°) 直航路を航行中のNNSS船位のバラツキ

大洋航行中オートパイロットを装備している船舶は、これを使用する関係もあって長時間一定の針路、速力で航行していることが多い。そこで星光丸のNNSS船位についてほぼ直線で航行していると思われる部分を選び、最小自乗法の手法を用いて直航路を求め、それからのバラツキを求めてみた。この手法によればNNSS船位を他の測位と比較することなくかなり絶対的な精度の評価が可能ではないかと期待されたからである。

この方法の概要は、1.1.12図に示すようにまず地球を球としたときの漸長図上でNNSS各測位点を経度を X 、緯度を Y とする直交座標系に並べ、計算を簡単にするために Y 方向の偏差の自乗平均値が最小になるような直線を求める。つぎに両端の測位点から直線に垂線を立て、その足を直線化した航跡の起点、終点とし、その間の距離を $(\text{緯度差}) \times \text{SEC}(\text{針路})$ から求め、さらに所要時間から平均速力を求め、直線上を平均速力で航走したと仮定し、各測位点の時間から直線上でのその対応位置を定め、その対応位置から各測位点までの偏差を緯度、経度方向及び航跡に並行と、直角の方向について求めた。前項の計算において船の針路と速力の推定値が求まっているので、それらがほぼ一定である範囲について測位時間とNNSS船位の緯度と経度を計算機に入力することによってこの各測位点の直線からの偏差を求めた。かなり広い範囲にあたって求めてみると明らかにある部分の測位点が直線から一方何に外れる傾向がみられる場合が多いので、その際にはそこで測位点を分割して再計算する方法をとり、船が直進したと思われる範囲を試行錯誤的に求めた。

こうして行なった計算の一例を1.1.13図に示す。この表のデータはオリ次航海復路のセイロン沖付近で、時間にして18時間18分(10日11時46分～11日1時4分)距離にして209 n.m.のデータである。(このデータはつぎのオ・8表にのせていない。更に長い距離の直線航海であったことがのちに得られたから)。DLATは直線航路からの緯度方向の偏差、DEPは同じく緯度方向の偏差、DISTとAとは偏差量とその向き、CROSSは航路からの直角方向の偏差、ALONGは等速航海と仮定したときの進み遅れを何れもn.m.で示してある。この例では6個の偏差のRMSが0.28/n.m.であったことを示している。

このようにして求めた各次の航海での直線航海と見られる部分とそれの場合の偏差量を1.1.8表に示す。更にそれらをまとめたものを1.1.9表とすると、これらはDRPCの故障の多かったオ6次航海の帰りを除いて7～4回所、距離にして1125～1960 n.m.に及び、各航海の全航程は約6700～7700 n.m.であるのでその20～30%でこのような結果が得られ、そのRMS偏差値はおおむね0.7 n.m.で、これはオートパイロットの定針性、船体運動に伴う蛇行、海潮流および風の不均一さにもとずくドリフトおよびNNSSの測位誤差などの総合されたもの

(2)--STRAIGHT LINE--

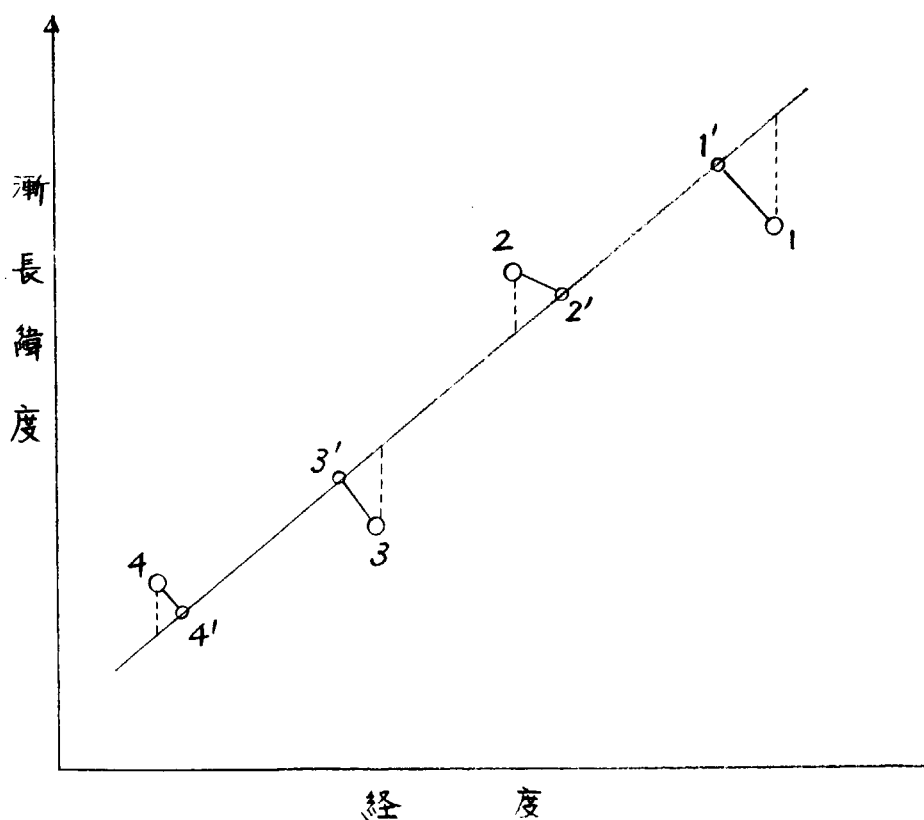
13 / 10 (NWSS P'N= 6)

DIST.(MILES)= 208.974 SP'D(KNOT)= 15.712 CO.(LEG.)= 84.431

GMT	(NWSS POSITION)	DELT	DEP	DIST	AZ	CROSS	ALONG
1 [11: 46(5 50.5, 84 21.4)]		-0.23	0.01	0.23	176.	-0.23	-0.00
2 [13: 32(5 53.6, 84 49.1)]		0.17	-0.05	0.18	341.	-0.17	-0.04
3 [16: 26(5 58.1, 85 34.5)]		0.25	-0.25	0.35	314.	-0.27	-0.02
4 [19: 46(6 02.8, 86 27.5)]		-0.13	0.39	0.35	111.	0.16	0.31
5 [23: 12(6 07.9, 87 21.0)]		-0.26	-0.16	0.31	211.	0.24	-0.18
6 [01: 40(6 11.2, 87 50.5)]		0.18	-0.02	0.19	352.	-0.19	-0.00
				0.381		0.219	0.177

1.1.13図 直線航路からの偏差量の例

である。これらの各要因を分離することは現状では困難であるが、正常の場合の直線航路中のNWSSの測位誤差円(1 σ)の半径が0.7n.m.よりも小さな値であることを意味している。



1.1.12図 直線性評価の計算方法の説明図

- ① 各測位点 1, 2, 3, ..., 4 を漸長図上に画く。
- ② 各測位点からの漸長緯度方向の偏差の自乗平均値が最小になるような直線を引く。
- ③ 始点 1, 終点 4 から直線に垂線をおろし、これを直線上の始点 1', 終点 2' とする。
- ④ 直線上 1'-4' を船が等速で航走したとして 2, 3 に対応する点 2', 3' ... を求める。
- ⑤ 1', 2', 3', ..., 4' を原点として 1, 2, 3, ..., 4 との間の偏差との緯度、経度方向、直線に平行および直角方向の偏差を求める。

1.1.8表 各直航路についての概要

航路 別	起航 日時	海域	直航 距離	所要 時間	NNSS 測点	バツツキRMS			速力(ノット)		斜路(度)		不明点 の経度
						左	右	前後	NNSS	DRPC	NNSS	DRPC	
1	1/5 1752	南支那海	323.1	19.1	8(1)	.54	.43	.69	16.9	17.4	226.3	220.2	227
2	1/10 1438	ベンガル湾	146.7	9.1	7	.48	.32	.58	16.9	16.4	264.0	265.0	268
3	1/11 1826	インド洋	177.6	11.0	6	.23	.49	.55	16.2	16.6	290.5	288.3	289
4	1/12 2348	"	199.5	11.4	5	.64	.34	.73	17.4	17.3	277.9	279.1	279
5	1/15 0348	"	131.6	7.8	5	.51	.70	.87	16.8	17.0	278.1	277.9	278
6	1/17 1712	紅海	197.1	11.3	8(2)	.32	.56	.65	17.4	17.1	323.3	322.4	Var
7	1/18 1616	"	160.3	9.6	7(1)	.44	.28	.52	16.8	16.5	335.8	334.7	Var
		(合計平均)	1335.9	77.3	46(4)	.45	.45	.66	16.9				
1	1/26 2230	インド洋	84.0	5.0	5	.16	.50	.52	16.9	15.1	96.8	95.2	99
2	1/27 1508	"	100.3	6.5	5	.17	.99	1.01	15.3	14.9	99.8	96.5	99
3	1/28 0908	"	259.1	14.5	6(1)	.33	.75	.81	15.7	15.8	97.2	96.2	97
4	1/31 0138	ベンガル湾	109.2	6.7	5	.23	.36	.42	16.2	16.2	89.1	87.4	88
5	1/31 1824	"	105.2	6.3	6	.26	.40	.47	16.7	16.5	90.1	86.5	87
6	1/2 0600	"	226.3	13.9	7	.42	.79	.89	16.2	16.4	83.2	80.3	84
7	1/6 0202	南支那海	164.9	9.9	7	.46	.43	.63	16.7	15.6	36.4	28.9	38
7	1/7 1514	"	134.5	9.1	6	.58	.67	.89	14.8	15.0	37.9	18.2	39
9	1/10 0534	沖縄西方	245.1	14.3	8	.62	.80	1.01	17.1	16.1	44.6	37.6	45
		(合計平均)	1427.6	58.2	55(1)	.36	.63	.74	16.2				
1	1/21 1746	瀬戸内海	111.4	6.4	6	.47	.62	.77	17.0	16.0	230.7	232.7	231
2	1/23 0536	種子島南東	153.9	9.1	8	.57	.73	.93	16.9	17.0	233.0	233.4	232
3	1/23 1444	奄美大島東方	91.8	5.3	5	.22	.33	.40	17.4	17.4	220.7	222.6	220
4	1/24 1746	台湾東方	105.9	8.2	6(1)	.22	.36	.42	17.5	17.3	225.0	224.1	223
5	1/25 1456	南支那海	143.2	8.3	7	.25	.54	.59	17.2	17.3	227.1	226.4	226
6	1/26 0946	"	319.3	18.3	11(1)	.47	.69	.83	17.5	17.3	225.8	224.7	225
7	1/30 1454	ベンガル湾	208.9	11.4	7	.32	.76	.82	18.3	15.4	269.8	267.8	268
8	1/31 0852	"	302.7	16.5	10	.54	.58	.79	18.3	17.6	267.7	266.7	268
9	1/31 1636	ボンベイ沖	152.3	8.8	9(1)	.24	.20	.32	17.2	16.9	309.2	311.3	309
10	1/31 1750	マニラ湾入口	172.0	9.9	7(1)	.25	.68	.73	17.4	17.5	310.3	310.8	309
		(合計平均)	1801.4	102.2	76(4)	.36	.55	.66	17.6				
1	1/31 1606	インド洋	168.8	10.3	10(1)	.23	.54	.59	16.4	16.4	129.2	129.1	129
2	1/31 1104	"	266.0	16.3	9	.45	.37	.58	16.3	15.7	129.3	128.1	129
3	1/2 2140	"	106.3	6.4	6	.20	.97	1.00	16.7	15.2	130.0	127.6	128
4	1/3 1212	"	136.8	8.6	6	.18	.25	.31	15.9	15.9	137.1	137.8	137
5	1/4 1958	"	126.1	8.2	7(2)	.67	.43	.80	15.4	15.0	125.5	125.3	126
6	1/5 2052	ベンガル湾	117.4	7.9	6	.17	.25	.30	14.9	14.6	87.4	87.6	88
7	1/6 1626	"	103.9	6.8	6	.20	.37	.42	15.2	14.8	90.6	88.3	88
8	1/7 0206	"	107.7	7.6	6	.58	.63	.86	14.2	15.0	87.8	87.9	88
9	1/20 1754	南支那海	111.8	7.3	7	.24	.60	.65	15.2	15.1	41.4	37.9	38

航路 別	日時	海域	距離	時間	測点	左右	前後	半径	NNSS	DRPC	NNSS	DRPC	不明点 の経度
10	1/21 2106	"	148.9	8.5	6	.26	.30	.40	15.7	15.9	46.0	39.8	46
11	1/21 302	"	118.3	7.3	4	.38	.05	.39	16.2	15.9	44.2	35.8	46
12	1/22 2046	"	147.4	7.9	6	.44	.52	.93	16.5	15.3	46.1	42.3	46
13	1/24 0556	石垣島南方	116.4	7.4	6(1)	.57	.46	.73	15.8	15.2	45.6	45.1	45
14	1/25 1220	奄美東方	183.5	10.9	5	.26	.75	.80	16.8	15.1	46.4	37.3	45
		(合計平均)	1959.3	122.4	90(4)	.35	.49	.63	16.0				
1	1/10 1432	種子島東方	120.6	7.0	6	.23	.81	.85	17.3	17.6	216.4	216.7	216
2	1/11 0926	奄美東方	105.7	6.1	5	.22	.34	.43	17.3	17.3	220.3	216.7	220
3	1/14 1352	南支那海	199.5	11.7	9	.33	.32	.46	17.1	17.2	227.2	225.0	226
4	1/17 2100	マニラ湾	119.3	6.9	6(1)	.17	.25	.30	17.4	16.8	283.3	284.7	283
5	1/18 1710	ベンガル湾	298.0	18.2	11	.28	.76	.81	16.4	16.7	269.5	267.7	268
6	1/19 1940	"	173.1	10.1	8(1)	.17	.55	.58	17.1	16.7	266.6	264.9	267
7	1/20 1534	インド洋	195.3	11.6	8	.44	.84	.95	16.9	16.9	291.0	284.7	289
8	1/21 1950	"	23.6	4.9	6	.24	.39	.45	17.2	17.4	277.7	278.7	279
9	1/22 1716	"	143.6	8.3	8	.28	.54	.61	17.2	16.9	278.4	277.8	279
10	1/23 1316	"	215.0	12.8	8(1)	.67	.74	1.00	16.8	17.1	278.7	278.9	279
11	1/24 1434	マニラ湾	177.2	10.2	7	.46	.46	.65	17.4	13.5	272.3	271.8	271
		(合計平均)	1830.9	107.7	82(3)	.32	.55	.64	17.0				
1	1/17 1744	紅海	356.4	23.2	15	.56	.67	.88	15.4	15.2	156.0	155.6	Var
2	1/19 0756	セロコ島東方	209.0	13.8	7	.42	.83	.93	15.1	15.8	109.5	108.0	108
		(合計平均)	165.4	37.0	17	.47	.75	.91	15.3				
1	1/15 0730	九州東方	84.9	5.3	5	.70	.44	.83	16.1	14.0	197.2	197.2	
2	1/16 0150	沖縄沖	71.1	3.9	5	.54	.38	.66	18.2	16.5	222.3	221.7	
3	1/16 1232	台湾沖	89.6	5.0	5	.51	.69	.85	17.8	16.3	224.8	224.0	
4	1/16 2346	"	127.2	7.0	6	.53	.20	.57	18.3	16.1	216.5	217.3	
5	1/17 1518	マニラ湾	131.4	7.6	6(1)	.77	.46	.90	17.3	16.4	225.8	222.8	
6	1/22 0224	マニラ湾	118.4	6.3	5	.59	.18	.62	18.8	16.7	288.2	288.1	
7	1/23 1306	セロコ島東方	145.6	8.1	7	.29	.49	.57	17.9	16.7	269.0	266.7	
8	1/26 0718	マニラ湾	356.9	19.7	13(3)	.55	.54	.77	18.1	15.9	308.8	307.8	
		(合計平均)	1125.1	62.9	52(4)	.56	.42	.72	17.9	16.1			
1	1/16 0816	マニラ湾	354.1	21.3	12(1)	.29	.57	.64	16.6	15.7	129.0	128.0	
2	1/18 1522	インド洋	94.0	6.0	7	.35	.47	.58	15.7	15.5	151.3	147.7	
3	1/18 1146	セロコ島沖	209.0	13.8	6	.22	.18	.28	15.7	15.5	84.4	86.3	
4	1/22 1450	マニラ湾	141.8	8.8	4	.25	.19	.32	16.1	15.5	124.3	124.0	
5	1/26 0348	南支那海	190.2	12.8	7	.36	.67	.77	14.9	14.2	47.4	46.5	
6	1/26 2206	"	174.0	9.8	7(2)	.61	.43	.74	16.1	15.2	48.6	46.6	
7	1/22 2254	宮古島南	88.7	5.3	4	.26	.22	.34	16.6	15.2	42.5	43.8	
8	1/29 1044	沖縄沖	173.4	11.2	7(1)	.37	.24	.45	15.5	14.9	35.1	32.9	
9	1/30 0320	種子島沖	127.8	7.8	6	.40	.18	.44	16.4	15.3	17.8	17.8	
		(合計平均)	1553.0	96.8	61(4)	.35	.35	.51	16.0	15.2			

(注1) NNSS測点の()内は、降下点の測点の数。

(注2) 速力、斜路の NNSS の値は、直航路の斜路の平均速力、DRPC の値は、各 NNSS 点付近の DRPC から計算して得た斜路の平均値。

1.1.9 表 直航路の概要とバラツキの程度の集計

航 海 別	直航路の概要						バラツキの程度		
	直線区間 の数	各点間の 距離 海里	所要時 間の総計	平均速 度 ノット	NWSS 測位点 の個数	除外した 測位点 の個数	左右方向 のRMS の海里	前後方向 のRMS の海里	半径方向 のRMS の海里
2-往	7	1335.9	79.3	16.8	46	4	.45	.45	.66
2-復	9	1427.6	88.2	16.2	55	1	.36	.63	.74
4-往	10	1801.4	102.2	17.6	76	4	.36	.55	.66
4-復	14	1959.3	122.4	16.0	90	4	.35	.49	.63
6-往	11	1830.9	107.8	17.0	82	3	.32	.55	.64
6-復	2	565.4	37.0	15.3	17	0	.49	.75	.91
11-往	8	1125.1	62.9	17.9	52	4	.56	.42	.72
11-復	9	1553.0	96.8	16.0	61	4	.35	.35	.51
合計又は 平均	70	11598.6	696.6	16.7	479	24	.41	.52	.68

(注1) ※除外した測位点とは単独で直航路から大きく外れているもので再掲、24個のうち20個については偏差が大きい原因が推定できる。

その原因は次のとおり。

恒星の最大仰角が 90° に近いもの-----12個

船速をゼロとして計算したもの(BY MAN)

原因不明〔注3〕

(注2) 2次航、6次航の片道航程=約7,700海里

4次航、11次航の片道航程=約6,700海里

4航海の総航程 = 約57,600海里

直航路の合計11,598海里は全体の約20%

(注3) 原因不明の4個

		測位時間	最大仰角	海域	直線0'sdl	直線0'sdep
1	4往	1/5 2334	30.9度	南支那海	約+2'	約-3'
2	4往	1/7 2012	16.6	紅海	-22'	+5'
3	6往	4/8 2244	46.4	アラビア海	+64'	-41'
4	11復	13/9 1414	43.4	オキナワ沖	+4'	+7'

(4) 自動的な船位決定システムの採用による経済効果

船位測定の精度をあげ、かつ自動化することによって生ずる経済的なメリットについては、種々の考え方があるので、それらを単一で普遍性のあるものにとめて一つの結論とすることは困難である。そこで、ここではNNSSとRPCとの組合わせのシステムに限定し、その特色および測位精度などを考えた一つの試算の例を示すことにしたい。なお、経済的なメリットにある程度計算可能な、航路の短縮などに起因する運航経費の節減と、試算が極めて困難な、正確な船位把握と省力化に伴う見張り強化などによる安全性の向上とが考えられるが、試算は前者に限定する。試算をした評価方法とその結果はつぎのとおりである。

(1) 評価方法の基本的方針

神子元島沖～Little Quoin 間の航路を対象として、NNSSによる船位決定の頻度が大いという効果から

1. 航路選定におけるDistの短縮

2. 直進性によるDistの短縮

を計算にて算出し、航海時間の短縮を量的に示すこととする。

(2)

(a) 航路選定におけるDistの短縮

(i) 往航

(1) 神子元島～Balingtan 海峡間

NNSS
神子元島 5 マイル off $\left(\begin{array}{l} 34 - 30 N \\ 138 - 58 E \end{array} \right)$
|
Balingtan 海峡 $\left(\begin{array}{l} 20 - 10 N \\ 122 - 00 E \end{array} \right)$
(Phillippine 北側)

非NNSS
全上
--- $\langle 1, 248' \rangle$

(ii) 南支那海

NNSS
C. Bojeador 20' off $\left(\begin{array}{l} 18 - 46 N \\ 120 - 22 E \end{array} \right)$
|
--- 912.2
 $\left(\begin{array}{l} 8 - 00 N \\ 110 - 55 E \end{array} \right)$ 経由地矣

Anambas I^島 10' off

(3 - 10 N
105 - 28 E)

--- 370.7

< 1282.9 >

非 N N S S

C. Bojeador 20' off (18 - 46 N
120 - 22 E)

--- 760.4

(10 - 00 N
110 - 55 E) 経由地点

Anambas I^島 10' off (3 - 10 N
105 - 28 E)

--- 523.1

< 1283.5 >

即ち Diff 0.6

(ハ) 印度南端 ~ ヘルシヤ湾入口間

N N S S

Cape Comorin off

(7 - 55 N
77 - 00 E)

--- < 1560.3 >

Ras Al Kuh off

(25 - 40 N
57 - 10 E)

(注) LACCADIVE
ISLANDS
※従断

非 N N S S

Cape Comorin off

(7 - 55 N
77 - 00 E)

--- 51.2

Quilon Lt off

(8 - 45 N
76 - 11 E)

--- 216.1

M² Delly off

(11 - 40 N
74 - 41 E)

--- 186.1

(14 - 00 N
72 - 36 E)

--- 1120.0

Ras Al Kuh off

(25 - 40 N
57 - 10 E)

< 1573.4 >

即ち Diff 13.1

以上、往航の距離短縮は (0.6 + 13.1 = 13.7) である。

(ii) 復航

(1) パルシヤ湾出口～印度南端間

往航と同じ $Diff = 13'1$

(2) 南支那海

往航と同じ $Diff = 0'6$

(3) Balingtan 海峡～神子元島向

NNSS

往航と同じ

< 1, 2 4 8' >

非NNSS

Balingtan 海峡

(20 - 10 N
122 - 00 E)

--- 6 5 7' 6

喜界島 15' off

(28 - 08 N
130 - 15 E)

--- 4 1 2' 3

潮岬 15' off

(33 - 15 N
135 - 35 E)

--- 1 0 4' 5

神子元島 5' off

(34 - 30 N
138 - 58 E)

< 1, 2 5 4' 4 >

即ち $Diff = 6'4$

(iii) 以上、復航の距離短縮は

(13'1 + 0'6 + 6'4) = 19'5

往航、復航 Total = 13'7 + 19'5 = 33'2

(3°) 直進性による Dist の短縮

計画針路から偏位して航走する諸要素の中、風圧差、潮流差等の外的条件を設定することは實際上困難である。従って、本船オノ次航往航の Sumatra 北西端から Ceylon 南端に至る間の実績から、当直行航路の Dist 短縮を算出し、神子元島沖～Little Quoin 間の直行航路に適用し推定することとした。

(a) 本船オノ次航実績 (10.1.14 回参照)

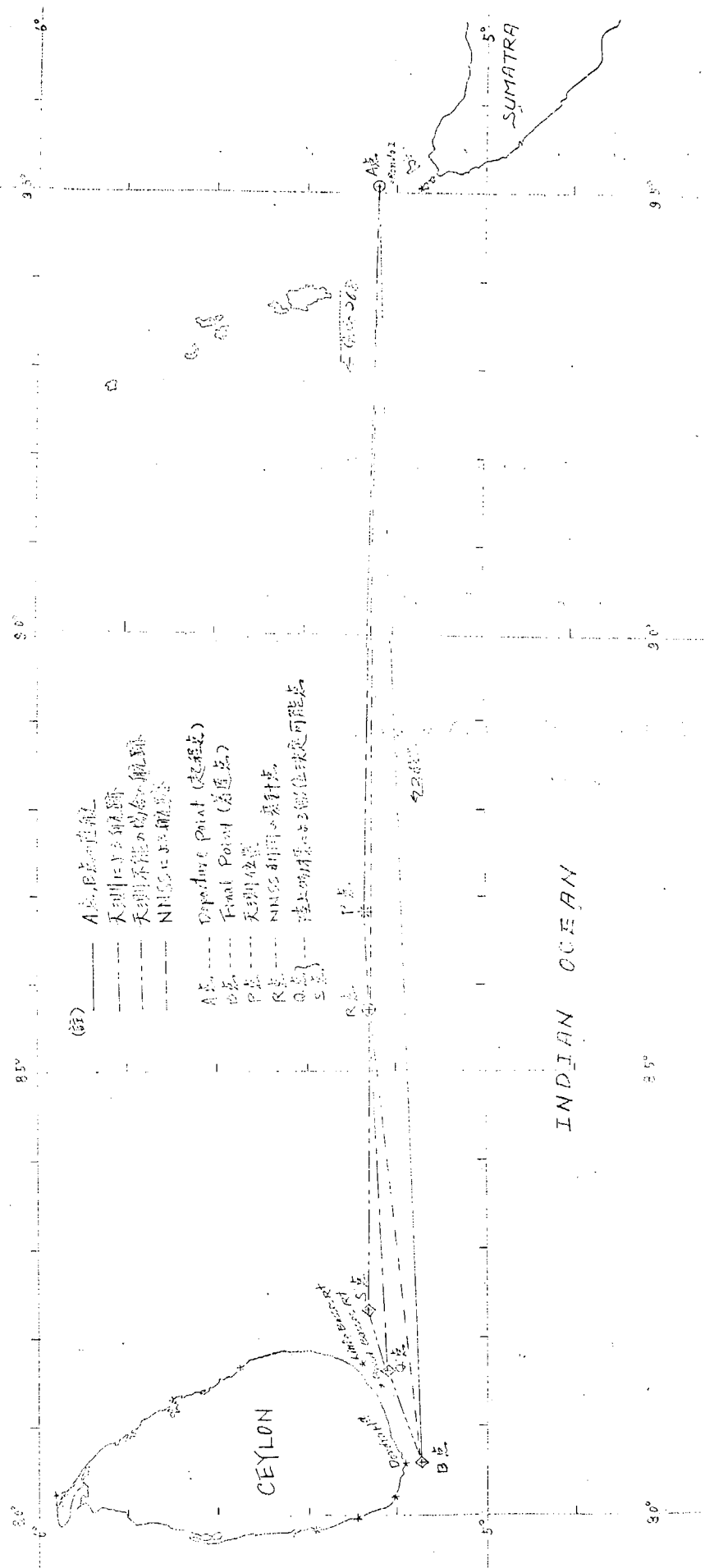
図中の“NNSS による航跡”は NNSS による航位決定が出来ない場合 A 突～B 突の直航針路からの偏位をチェックする為の実験航跡である。

(i) NNSS による A 突～B 突直進 Dist.

Rond I 突 off

(6 - 12 N
94 - 55 E)

1-1-14 暹罗光波10次航跡圖



--- $\langle 853.8 \rangle$

(ii) 天測利用による A 臭 ~ B 臭 Dist.

6 - 1 2 N
9 4 - 5 5 E

--- 482.2

6 - 23 N
86 - 50 E

--- 3 1 1'.5

6 - 0 7 N
0 1 - 3 7 E

— — — 63!6

5 - 4 5 N
80 - 3 7 E

--- $\langle 0 \ 5 \ 7 \ 3 \rangle$

(iii) 天測不能の場合の Dist (参考)

6 - 12 N
94 - 55 E

--- 751.5

6 - 17 N
8 2 - 19 E

— — — 418

6 - 0 7 N
8 1 - 3 7 E

— — — 63.6

5 - 4 5 N
80 - 3 7 E

 $\langle 4 \ 5 \ 6 \cdot 9 \rangle$

EP 5 (3) - (1) の Diff. 3.5 (853.8 に対し)

(b) 神戸元島沖～Little Quoin間の直航航路上のDist短縮。

直航航路 Dist. は次の通り。

往航: $1248.0 + 1283.5 + 853.8 + 1573.4 = 4958.7$

復航: $1573.4 + 853.8 + 1283.5 + 1254.4 = 4965.1$

計 9923'.8

故に $3.5 \times \frac{9923.8}{853.8} = 3.5 \times 11.6 = \underline{\underline{40.6}}$

(4°) 航海時間の短縮。

航路選定における Dist. の短縮	33.2
直進性による Dist. の短縮	40.6
合計	73.8

星光丸往復航の平均航海速力 (推定) は

$$\text{満船航海速力} + 0.5 \text{ 節} = 16.3 + 0.5 = 16.8 \text{ knots}$$

即ち、航海時間の短縮は一航海当り

$$73.8 \div 16.8 = 4.4 \text{ 時間} = 0.18 \text{ 日である。}$$

(5) あとがき

「星光丸」の船位測定システムを構成している NNS 受信装置および DRPC 並びに TOSBAC-3000 の関連プログラムは現在、好評裡に乗組員に使用されており本報告書に述べたように所期の目的はほぼ達成されたと考えられる。この評価試験の結果から見て、今後実用化すべき船位測定システムとしては、つぎのような事項を十分に考慮すべきであると考えられる。

- (a) 「星光丸」で使用したシステムでは、NNS と DRPC を構成要素としたが、その他のオメガ受信機、ドプラソナー、ミニコンピュータなどの採用を含めて、今後、機会をとらえて十分な評価をしたうえで、システム構成の適正化について検討を進めるべきである。
- (b) 「星光丸」に搭載された機番は何れも試作品であるので、今後は実用機番を得るために小型化、高信頼化、低価格化などを含めた研究開発を進めるべきである。
- (c) NNS および DRPC とソフトウェア的には検討すべき多くのものを残していると考えられるので、それらについても更に研究を進める必要がある。
- (d) 自動船位測定システムのメリットについて検討し、その普及に努めることは船舶運航の経済性と安全性の向上のために必要であると考えられる。

1.1.2 最適航路設定システムの評価

(1) 緒言

大洋を航行する船舶の安全性と運航経済性を向上せしめる爲に、船のコンピュータによる最適航路設定システムの開発を昭和43年以来進めて来たが、本システムは①狭域最適航路設定システム及び②局所最適航路設定システムにより構成されるものである。これ等のうち狭域最適航路設定システムは気象庁等より送られてくるファクシミリ天気図より予定航路周辺の船体の運動を予測するシステムであり、本システムに必要な入力部は船用機器開発協会の補助事業として昭和45年度に製作を完了し、昭和47年8月完成予定の15万Ton型鉱油兼用船(船主、川崎汽船)に適用される超自動化システムの一環として搭載される予定である。

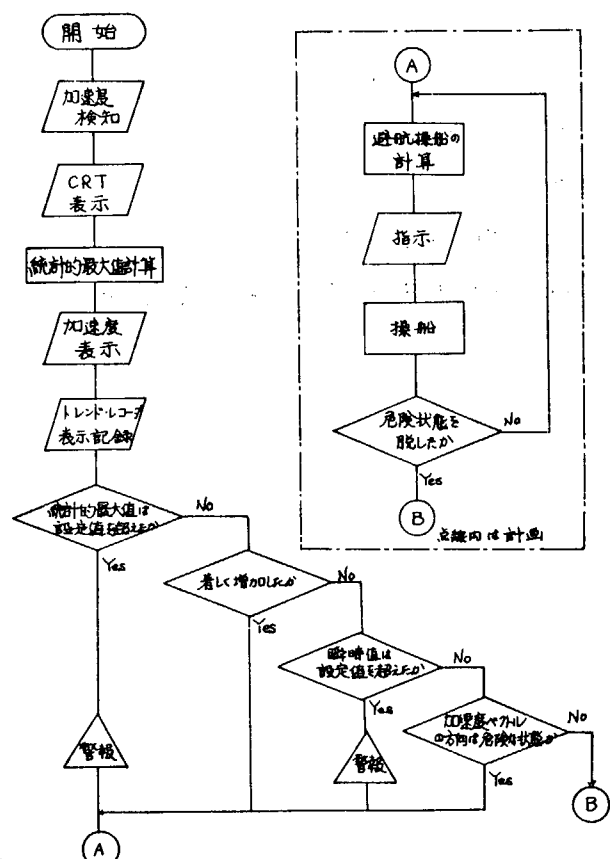
又局所最適航路設定システムは現実遭遇する荒れた海面に於て、外力環境として海面の状態を船体の動揺加速度を測定することによって定量的に把握し避航操船を行う爲の判断資料を提供するシステムである。本システムについては前者と同様に船用機器開発協会の昭和45年度補助事業として加速度検知装置を試作し、日本郵船、千代田汽船共有の自動車運搬専用船才12とよた丸に搭載し、実船試験を実施した。

以上の情况であるので狭域最適航路設定システムについては、実船試験の結果を評価し得るのは昭和47年8月以降になるので、本報告では才12とよた丸の実船試験結果に基づき局所最適航路設定システムの評価を行う。

(2) 局所最適航路設定システムの評価

(i) 評価の方針

局所最適航路設定システムは右のフローチャートに示す通り操船者が船体、積荷に加わる外力環境を定量的に把握する手段として船体の動揺加速度を検知し、これを指標として適確な荒天操船を行うことを目的としている。本システムは加速度検知システムと回避運動指示システムとよりなり、加速度検知システムは船体の動揺加速度を検知し、適当な処理を行って操船者の判断し易い量として表示するシステムであり、回避運動指示



システムは船体を波浪計と見做して、船体運動から逆に船体の周囲の波浪の状態を推定し、これより仮定針路、仮定船速に対する船体動揺加速度等を予測し、操船者の避航操船に対する判断を助けるシステムである。従って回避運動指示システムは相当の演算を必要とし、実船に搭載する為には実船の電算機が可成り余裕のある規模のものとする必要があるので、オ12とよた丸の実船試験では加速度検知システムのみを搭載した。

そこで本システムの評価は次の方針で行うこととした。

① システム全体の必要性、経済性についての評価

SR 106 特別分科会が行った大型タンカーの現役船長に対するアンケート調査結果により検討する。

② 加速度検知システムの評価

オ12とよた丸の実船試験結果により検討する。

③ 回避運動指示システムの評価

オ12とよた丸の実船での観測値より本システムの妥当性を検討する。

(ii) 本システムの必要性と経済性

(イ) 乗組員の本システムに対する希求度

荒天がいかに操船者の精神的緊張や不安感を助長し、また船舶の経済性を阻害する要因となっているかを示す資料としては、SR-106 部会特別分科会が行なった大型タンカーの現役船長に対するアンケート調査結果がある。

このアンケートは3万重量トン以上の日本国籍の大型タンカー約150隻を対象に、現在大型タンカーを運航するうえで何が一番問題となっているかを具体的に把握することを目的として実施したものであり、問題点を労務上、安全上および採算上の問題点に大別し、さらに船舶が航海中か、出入港中か、荷役中か、の状態別に中別し、航海中の場合を大洋航海、沿岸航海、狭水道・狭視界航海に、出入港中の場合を係離岸と投揚錨に、荷役中を揚積荷役、バラストイング・デバラストイングおよびその他に細別して、各状態での問題点を具体的に摘出したものである。

本システムに関係のある設問は安全上および採算上の問題点分類の大洋航海中項目に含まれている。

設問内容はつぎの通りである。

運航安全上の問題点中の航海上の問題点で、大洋航海時間帯に属する設問群

① 船位の測定頻度が少ない。

② レーダ・プロットが十分できない。

③ 波浪予報が不十分である。

- ④ 機関の故障が多い。
- ⑤ 水面下の暗礁がわからない。
- ⑥ 自船意志を他船に伝達できない。
- ⑦ その他（自由に記入する欄）

採算上の問題点中の航海上の問題点で、大洋航海時間帯に属する設問群。

- ① 船位測定頻度が少ないために生ずる離路損失
- ② スコール・その他による狭視界減速
- ③ 荒天による遅延
- ④ タンク・クリーニング中の減速
- ⑤ 機関故障による遅延
- ⑥ その他（自由に記入する欄）

すなわち設問項数は運航安全上の問題点の場合7項、採算上の問題点の場合6項であり、前者については③後者についても③が、本システムと直接関係のある項目である。

したがってこの項目を現実の問題点として、指摘している船長が多い程、本システムに対する乗組員の希求度が高いといえる。

集計時のアンケート回収率は約30%であった。集計結果は次の通りである。

運航安全上の問題点（航海中、大洋航海時間帯）

- ① 7.5%
- ② 1.9%
- ③ 30.2%
- ④ 11.4%
- ⑤ 24.6%
- ⑥ 18.8%
- ⑦ 5.6%（注；%は延53名の解答分布）

採算上の問題点（航海中、大洋航海時間帯）

- ① 3.2%
- ② 11.3%
- ③ 41.9%
- ④ 21.1%
- ⑤ 17.7%
- ⑥ 4.8%（注；%は延62名の解答分布）

この集計結果から明らかなように、現実にタンカーを運航するうえで大洋航海中の最大の問題点は、安全上も採算上も荒天及び時化に対処

する具体的方法がないことである。

しかも何れの場合にも他の問題点の指摘数と比較してかなり群を抜いた指摘率を示していることに注目すべきであろう。

なお、留意すべきはこのアンケートが3万トン以上のタンカーを対象とされている点であり、現実には荒天による種々の影響はより小型船で顕著である点を考慮すると、一般貨物船や甲板積貨物を搭載する材木専用船及びコンテナ船などでは、本システムに対する希求度は更に高くなるものと思われる点である。

また、アンケートの対象タンカーの約90%は、日本／ペルシヤ湾航路に就航していることが判明しているが、この航路は印度洋の南西モンスーンおよび日本近海の北西季節風シーズンを除けば、比較的平穏な海象条件で、このような航路で今回のアンケート結果を得たことは、荒天の影響は程度の差こそあれ、船種、航路にかかわらず、安全上及び採算上の最大の問題点となっていることを示している。

更に運航安全上の問題点中7項その他と答えた5.6%は、全て船体外力を具体的に把握できないことを問題としたものであり、本システムの機能の範囲内で解決可能であることを考慮すると中3項の指摘数は更に増えることにもなり、本システムの必要性が極めて高いことを示している。

(四) 本システムの経済性

本システムは、船舶の運航安全性及び運航経済性の向上には有効であると考えられるが、では本システムを装備した場合に運航安全性と運航経済性が、具体的にどの程度改善されるかについての検討はまだ行っていない。そこでSR-106コンピュータ・システム分科会で採用している手法によって本システムの安全性及び経済性の改善値を求めることにした。

本システムは、巨大タンカーや鉱石船よりはやはり一般貨物船、自動車専用船、コンテナ船、材木船などに装備した方が有効と思われるので、船価約78億円の欧州航路に就航するコンテナ船に、本システムを装備するものとして検討した。

コンテナ船の場合は、完全に定期運航されることが多く、ラウンド日数の短縮が必ずしも経済性の向上を意味せず、むしろ一航海に数時間の短縮は採算向上とならないことが多い。

しかし、逆にスケジュールの遅延は定期サービスが売物のコンテナ船には絶対に許されないので、遅延を防止する意味では本システムの経済性も評価できるものと思われる。

ここでは一応不確定要素を除いて計算値の安全度を高めるために一航海日数の短縮については、経済性改善値として加味しないことにした。もし装備対象船が不定期専用船で、航海日数の短縮が直ちに年間航海数の増加となり、採算の向上になる場合には当然加味しなければならないであろう。ちなみに本システムをコンテナ船に装備した場合の航海時間短縮効果は、ラウンド日数60日の欧州航路に就航した場合に、一航海あたり3.15時間と推定される。

安全性の向上値は次のようになる。

(年間安全性向上額)=(本システムを搭載しない場合の年間各種損害期待額；A)-(本システムを搭載した場合の年間各種損害期待額；B)

本システムを搭載しない場合の年間各種損害期待額Aは、

$$A = \sum \{ (\text{年間種別損害発生確率期待値}) \times (\text{一事故あたり損害額推定値}) \}$$

として求められ、A Bは、

$$A - B = A \times (\text{本システムを搭載することによって期待できる損害額の減少率；C})$$

としても求められる。

年間各種損害期待額Aについては、船体損害、積荷損害、直接不稼働損害、救助料、人命損害の5種類の損害についてのみとし、本システムの効果とは直接関係のない間接不稼働損害、岸壁不稼働損害、岸壁設備損害、沿岸施設損害、損害拡大防止費用、漁業設備損害、漁業不稼働損害の7種類の損害は発生しないものとした。

Aの算出の基礎となる確率については、ロイドの週間事故報告の最近7年間の統計をもとに、船型と海難発生率の相関を求めて得た値を、また一事故あたりの損害額の算出については、政府刊行物その他の統計資料を用いて不正確データが計算値に及ぼす影響をできるだけ避けた。試算結果は次のようになった。

損害の種類	年間損害期待額	軽減率	軽減額
船体損害	78,304,000	3.228	2,527,600
積荷損害	27,834,000	2.180	606,700
直接不稼働損害	12,838,240	2.074	266,300
救助料	1,666,580	1.966	32,800
人命損害	4,547,700	1.512	68,800
計	125,190,520	2.790	3,502,200

試算によると、本システムを採用して得られる利益は年間約350万円となるが、この内の約72%は本システムを採用しない場合に比べて減少

する船体損害(主として修繕費、保守整備費など)である。

船種、船型による船体損害期待額は、大体船価に比例すると見做し得るので、一般貨物船や材木専用船など船価が10数億円の船舶の場合には、本システムを採用した場合の利益は、年間50万円程度と見做すのが妥当であろう。

但し、航海日数の短縮効果が年間18.9時間程度期待できるので一万トン型不定期船の場合には、アーニング・ベースで1日あたり経費平均約70万円の18.9/24程度のラウンド日数短縮効果は利益に折込むことができる。

したがってこの種船舶の場合

期待損害の軽減額	約50万円/年
輸送量の増加額	約55万円/年
計	約105万円/年

程度が期待利益としては妥当な線であろう。

以上の経済性検討によると本システムを単独のシステムとして船舶に搭載する場合は、高船価船の場合には採算に乗るが、一般的の場合採算割れとなるおそれがある。

一方本システムは、海象条件の悪い場合にのみ必要なシステムであり、 α 12とよた丸のシステム使用実績も、年平均で航海時間の約10%にすぎず、就航後は残り90%のアイドルを利用して、乗組員が作成した天測計算や中分緯度航法などのプログラムにより日常航海計算の合理化をはかっているのが実情である。後でも詳しく述べる通り、本システムは専用のコンピュータを用いなくとも他のシステムのコンピュータを利用して十分その機能を確認することが可能である。この場合はかなりのコスト・ダウンがはかり得るものと思われ、装備可能船の範囲も現在の一部の高船価船からかなり低船価船にまで拡大できることになる。

一般的に海上輸送コストに占める輸送資材費及び修繕費、港湾荷役人件費の割合は、急激に増加する傾向を示しており、艙内での貨物の固縛や固定などのために多くの資材と労力をかけることは次第に困難になりつつある。

したがって荷物費の低減、修繕費の低減、及び航海時間の短縮といった総合的な経済性向上の見地から、今後本システムに対する関心はますます強くなるものと予想される。

必要性和経済性の見地からは、コンピュータのアイドル・タイムを他のシステムで利用して投資効率を改善するための努力及び荒天操船情報として、より利用し易い使い易い情報を操船者に提供することのできる

システムとして完成させる努力を払うことによって、広く利用されるシステムとすることが必要であろう。

(ハ) 専用C.P.U.の経済性

(1°) まえがき

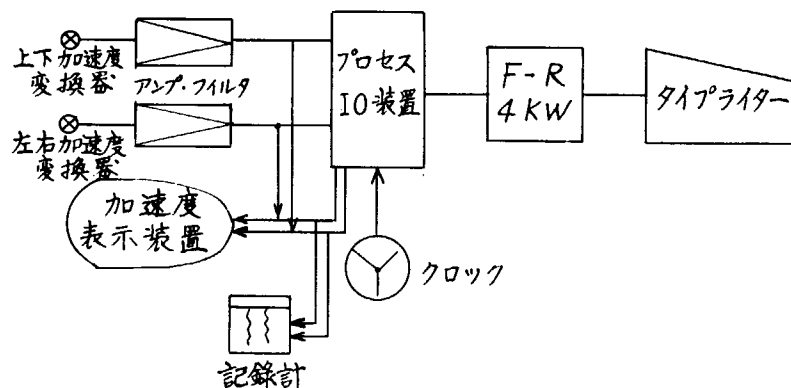
前節に述べた如く本システムの経済性の面では単独システムとして船舶に搭載する場合は採算割れとなるおそれがある。

本項ではこの様な観点から専用C.P.U.の必要性について検討する。本システムは前述の通り加速度検知システムと避航操船指示システムとよりなり、全システムを考えた場合は小型のC.P.U.では処理出来ないの、専用C.P.U.を持つことは不経済である。才12とよた丸の如く加速度検知システムのみを搭載した場合について以下に述べる。

(2°) 加速度検知システムの処理概要

専用C.P.U.の必要性を論ずるために才12とよた丸に搭載したシステムのハードウェア構成とソフトウェアの処理項目を簡単に述べる。

(イ) ハードウェアの構成



(ロ) ソフトウェアの処理概要

- ① 0.5秒毎のクロック割込みで上下・左右の加速度をサンプルする。
- ② 5分間の自乗平均値を計算する。
- ③ 計算された結果を表示装置と記録計に表示、記録及び警報を行なう。
- ①～③を繰り返し処理を行なう。

(3°) 中央処理装置の利用状態

(イ) FACOM-R の性能

最大コア容量	32,768 W
サイクル・タイム	1.5 μS
加算タイム	6.0 μS
オンラインシステムにおける	

平均実行タイム 8.34 μ s/step

命令の種類 28種

----- (乗除算演算, 浮動小数点演算はソフトウェアで行なう)

(ろ) プロセス I O 装置の実装性能 (最大)

割込み点数 256点

アナログ入力点数 768点

デジタル入力	} 計	168点
“ 出力		
アナログ 出力		

その他、タイプライタ出力、他機種結合部を有する。

(は) 本システムにおける利用状態

① 使用コア領域 4 KWのうち 3.7 KW (16ビット/W)

内 訳	{	モニタ領域	0.65 KW
		プログラム領域(定数含む)	0.67 “
		加速度データ領域	1.20 “
		IOCS(ADC, DAC, TW)領域	0.5 “
		演算ルーチン “	0.68 “

② 1 サンプルに要する走行時間 162.3 ms

内 訳	{	モニタ走行時間(オーバーヘッド・タイム)	2.0 ms
		プログラム “	7.4 ms
		IOCS(ADC, DAC) “	2.9 ms
		演算サブルーチン “	約150 ms

1 サンプルの空き時間 337.7 ms

負荷率 32.5 %

③ プロセス I O 装置の利用状態

割込み点数 2 点

A D コンバータ 2 点

D A コンバータ 2 点

オペレータパネル用

デジタル入力 16 点

デジタル出力 16 点

④ まとめ

① コア容量はほとんど余裕がない。

② C.P.U.の空き時間はかなり大きい。

③ プロセス I O 装置には更に多くの点数が接続可能である。

(4°) 加速度検知システムの専用 C. P. U. の経済性

(い) 評価の前提

① 究極の目的である避航操船のプログラムを考慮しない。

(ステップ数; 処理時間は不明であるため)

② コア容量は4 KWと限定しない。

(ろ) FACOM-R程度のミニコンを使用した場合

本システム以外の自動化業務を行なうことが可能である。

しかし、時間的な余裕は必ずしも大きすぎないので、どのような自動化業務を行なうかの選択については、十分な検討が必要である。

(は) 高級なミニコンまたは小型機を使用した場合

(3°)-(い)で述べたFACOM-Rの一般的性能は演算速度、命令数の点において、高級なミニコンまたは小型機に劣る。これらのC.P.U.を使用した場合には平均実行速度は2~3倍に高まり、かつ乗除算、浮動小数点演算等の豊富な命令によって演算時間は更に短縮されるので、C.P.U.の負荷率は大幅に低減する。したがって多数の自動化業務を同時に多重処理が可能となるが、この場合C.P.U.の記憶容量リミットになる可能性が強く、磁気ドラム等の補助記憶装置の増設も必要となってくる。

(5) まとめ

(い) 避航操船指示システムまで考慮した場合

小型の電算機では処理出来ないので専用C.P.U.を持つことは不適当である。

(ろ) 加速度検知システムのみの場合

- ① 加速度計測中のC.P.U.負荷率は32.5%であり、又オ/2とよた丸における加速度の計測時間は年平均で航海時間の約10%であるから、年間のC.P.U.負荷率は約3.25%となり低い。
- ② 本システムにコアを増設すること及び多くのプロセスI/Oを接続するのは容易である。
- ③ 平均加速度を表示するのみならば、デジタルコンピューターよりもアナログコンピューターを用いる方が経済的である。
- ④ 従って本システムの爲に専用C.P.U.を持つことは船舶のコンピューターシステムが分散型を指向すると考えられる現在でも効率の点で一考を要する。

即ち本システムは他のシステムに含めて同一のコンピューターで処理するか、本コンピューターのコアを4~8 KW増設し、たとえば天文航法計算、地文航法計算、機関プラントのスタンバイ制御、あるいは4則演算などの処理を行なうシ

システムとすることが考えられる。

(iii) 加速度検知システムの評価

(イ) 装置の概要

本システムの仕様は昭和46年3月付の本研究部会の報告書(航法システム)研究資料No. 123-1に詳述されているが、その概要は以下の通りである。即ち本システムは次の三つの部分よりなる。

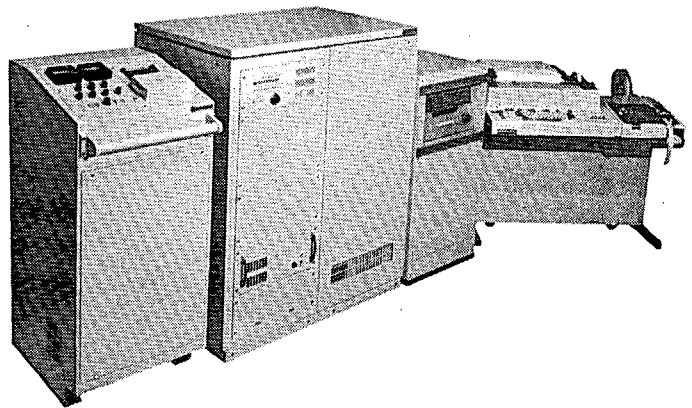
① 加速度検知及び変換装置

② 演算処理装置

③ 加速度表示装置

加速度計は船体の任意の個所に取りつけて検知することになるが、オ12とよた丸では自動車運搬船であるので加速度の最も大きい船首舷側に加速度計2ヶ(上下及び水平)を取付けた。この加速度計により検知された加速度は合成されて瞬時値としてCRT上にベクトル表示

されると共に各加速度はAD変換後演算処理部で5分間の自乗平均を求め、有義値をメーター表示すると共にトレンドレコーダーに記録される様になっている。



(ロ) 実船試験の概要

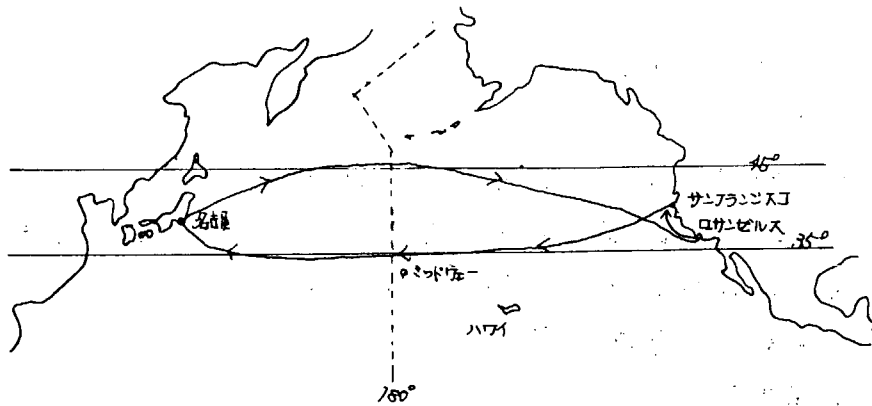
(1) 試験船舶

船名	オ12とよた丸(自動車運搬船)
G.T.	12410トン
L x B x D x d	150m x 23.4m x 9.83m x 7.5m
▽	約 17.8 Kts.

(2) 試験期間

オ一次	S. 45. 10. 27 ~ S 45. 11. 23 (乗船調査)
オ二次	S. 45. 11. 23 ~ S 45. 12. 20 ()
オ三次 ~	(機器のみ搭載)

(3) 試験場所



(4) 試験調査項目

- ① ハードウェアの信頼性, 使い勝手の調査
- ② 外力環境示標としての表示値

(5) 試験項目

項 目	計測機器	記 録	備 考
針 路	本船の ジャイロコンパス		
船 速	ロ グ		
風向・風速	風向・風速計		
風 浪	目 視		
うねり	"		
横揺・縦揺	ジャイロ式動揺計	モーメントレコーダー モジゲラフ	
上下動	加速度計	"	
加速度瞬時値	本装置	"	上下, 左右
" 平均値	"	"	"

(ハ) ハードウェアの評価・使い勝手

(1) 性能

本船に装備された加速度計測装置は、本システムのみであり航海中の測定値が正当であるか否かに関して他に比較計量すべき手段がないが、センサーの形式上検出機構は安定したものであること、増巾器、A/Dコンバータなども十分実績のあるものを使用したこと、工場及び船内に於て十分なる較正が行なわれたこと及び測定値は、計測者の過去の経験による推定と矛盾しないものであったので、瞬時値に関しては所定の測定精度を得られたものと考えらる。

計算機を利用して表示する平均値に関しては、出港后長時間の連続運転を行なうと平均加速度が異常に大きい値を示すことが判明したが、これは計画時点で長時間計測を考慮したプログラムとしていなかった為であり、リアル・タイム・クロックの計数ルーチンを変更して修

正を行なった後正調である。

(2) 機器

(い) 一般

本システムでは船用化対策として

- ① センサの収納箱を水密構造としたこと。
- ② タイプライタデスクに振動防止用の補強を行なったこと。
- ③ C.P.U.取付部にゴムクッションを挿入したこと。

を行なったのみであるが振動による2つの障害を生じた以外、特に船舶の特殊環境によるトラブルは発生してない。

(ろ) C.P.U.

大しけに会い電源用プリント板がぬけたので、抜止め防止パッドを設けた。比較的重量の大きい横方向取付プリント板は抜止め装置が船舶では必要である。C.P.U.は操舵室内左舷端部に近く設けられ航海中大半は近くの開放されたドアから侵入する外気にさらされたが、特に塩害も受けてない。

(は) 表示装置

瞬時加速度計測値はCRT(シンクロスコープ)に表示しているが、記録装置は設けておらず、又操船者が常時CRTを見ているわけではないので、大きな加速度を受けてその瞬時値を知りたい時に見逃すことがありや、不便である旨乗組員より指摘を受けた。従ってかなり残光性のあるCRTを使うべきであった。あるいは計算機で処理させある設定値以上の値を瞬時的に検出したらその値をタイプライターに印字させることも一方法である。

又平均値の表示部は操舵室前面の上部か後壁につけるかして、どこからでも常に見れるようにした方がよい。

平均値は上下、左右いづれも1G迄、瞬時値は6G迄表示できるが、相当のしけの時でも瞬時値で1Gをこえることは少いので、測定レンジの切替装置を設けて通常気象時での指示値読取を容易にすべきであろう。尚平均値の警報設定はソフト的に行なう方が融通性にとみ確実であろう。

(に) 平均値記録器

トレンドレコーダの紙おくり速度が速すぎたので歯車を交換した

(ほ) 入出力タイプライタ

紙テープ読取部のバネがはずれて紙テープをセットできないことがあった。バネを再取りつけして復旧した。又約1年后タイプライタの印字がづれることがあったが修正した。いづれも振動によるも

のと推定されるので、タイプライター取付足と船体との間にゴムクッションを挿入した。

(へ) その他

本船に本システムを搭載することが決定されたのは、本船の詳細設計がかなり進んだ時点であつたので、本システムを搭載する為に関係諸室の配置を変更することができなかつたので機器の配置については必ずしも満足したものとは言えず、ために下記の意見が乗組員よりあつた。

① タイプライターは操舵室に設けてあるが、印字、テープ読取、書込時の音が *Watch* の邪魔になる。従つて C.P.U. とともに別の部屋におくか又は操舵室ならばガラス窓付の隔離 *Space* に設けたい。

② プロセス I/O, A/D コンバータ, アンプなどはまとめて 1 *Case* 内に収納して無線室に設けざるを得なかつた為他に他の機器と場所がはなれており、装置を運転開始、終了する時に各機器付の電源スイッチを開閉してまわる要があり、わずらわしい。

(二) 外力環境指標としての表示値

(1) 観測値の安全限界の設定

本システムでは外力環境を定量的に把握する為の量として船体の動揺加速度を使用し、 $\alpha/2$ とよた丸では貨物が自動車であるので貨物の浮上りを監視する為に加速度の瞬時値はベクトルとして、CRT 上に表示されると共に、外力環境を示す為に5分間の有義平均を表示すると共に、トレンドレコーダー上に記録している。

これらの諸量を操船上の指標とする為には船体、積荷の状態との関連を設定する必要があるが、これは当然船体或いは積荷の種類によつてそれぞれ異なるので、各々の船について操船者の経験を本システムの表示値によつて定量化して行くことが必要となる。今回の実船試験では自動車の固縛装置に加わる応力との対比から限界値を設定せんとしたが、実施期間中は限界状態に遭遇しなかつたので不成功に終つた。しかし前記の通り、この様な限界値は各船の特性によつて異なるので、本システムの表示値によつて操船者の経験を整理して行く方が妥当であらう。

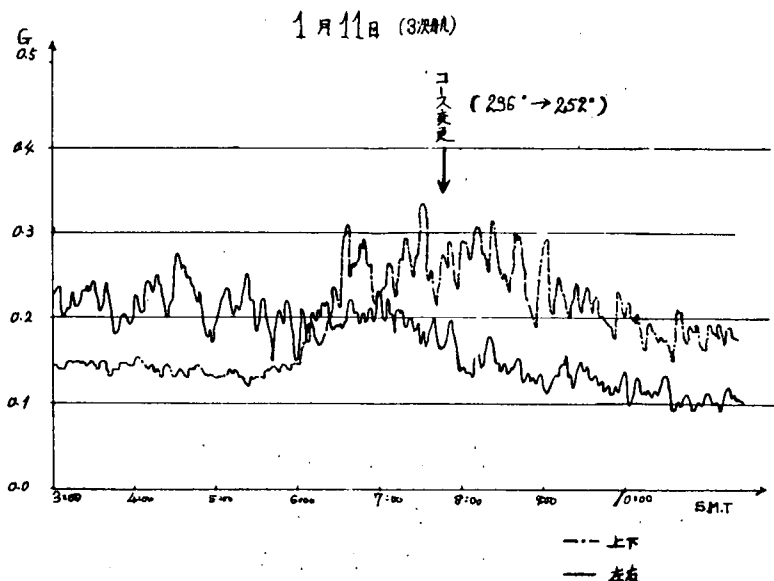
(2) 外力環境の指標としての表示値の妥当性

本システムでは5分間の加速度の $1/3$ 最大値の平均を表示している。これは観測値が *Rayleigh* 分布をするものと外力環境を平均的に把握

する為である。即ち海面の荒れさ加減が定常的であり、船の針路が一定であればこの値はほぼ一定の量となることが予想されるので、船舶に対する相対的な

外力環境(即ち船と波との出会い関係も含めて)の指標として最も適当であろうと考えられたからである。

才12とよた丸での記録の一例は右図の通りであり、外力環境の表示として十分有効であることが判る。



(IV) 回避運動指示システムの評価

(イ) まえがき

本システムについては前述の通り実船に搭載する為には中規模のコンピュータを必要とするので、本システムの実用試験は今後の機会に待たねばならない。しかしながら本システムのソフトウェアの主要部分は船体を波浪計と見做して船体の運動から、その周辺の波浪を推定することにより、従ってこの様な方法で回避運動の指示が行える程度に波浪の推定を行いうるかと言うことが本システムの死命を制する。そこで才12とよた丸での諸計測をもとにして波浪を推定し目視観測の結果と比較した。

(ロ) 波浪推定の手順

海面を風浪(波高 H_w , 周期 T_w , 方向 θ_w)とうねり(波高 H_s , 周期 T_s , 方向 θ_s)の重ね合わせたとの想定し、船体運動から H_w , T_w , θ_w , H_s , T_s , θ_s を推定しようとするものであるが、推定の信頼性を高めるために他の手段で推定できるものはそれによつた。

具体的には風浪はWaldenの平均値で仮定し、風向・風速から H_w , T_w , θ_w を求め

$$H_w = 0.0906 U^{1.33}$$

$$T_w = 3.81 H_w^{0.485}$$

U ; 風速 (m/s)

H_w (m)

Tw (S)

さらに θ_s も何らかの手段(レーダー, 目視等)で求まるものとし船体運動から H_s , T_s を推定する。

ここでは船体運動(船首右舷の加速度)の平均値のみ測定されただけであるので、 T_s も θ_s と同様に他の手段によった。

$$X_s = \sqrt{X_t^2 - X_w^2}$$

X_t ; 測定された船体運動の平均値

X_w ; 船体運動の平均値の風浪によるもの

X_s ; " うねり "

$$H_s = X_s / |G(T_s, \theta_s)|$$

$G(T_s, \theta_s)$; 船体運動の応答関数

(v) 推定結果と観測値との比較

H_w, Tw, H_s の推定値と観測値との比較を次表に示す。

$U(m/s)$	$H_w (m)$		$Tw (S)$	
	推定	観測	推定	観測
30	8	6	11	9
5	1	1	3	3
18	4	3	8	7
8	1	1	5	3
14	3	2	7	6

$\theta_s (^\circ)$	$T_s (S)$	$H_s (m)$	
		推定	観測
左 119	12	5	8
左 111	10	1	3
—	—	0	0
右 19	9	2	2
右 19	10	2	4

(3) まとめ

以上をまとめると次の通りである。

(i) 狭域最適航路設定システムは昭和47年8月竣工の15万Ton型鉾油兼用船(船主, 川崎汽船)の就航結果に基づき検討する。

(ii) 局所最適航路設定システム

(i) 本システムの必要性は運航者のアンケート結果より見て希求度は高いが、経済性の面では本システムのみを搭載するのは採算割れになる可能性があり、他のシステムと合わせて採用するのが望ましい。

(ロ) 加速度検知システムの実船搭載の結果はハードウェアの面では就航直後に二・三の故障があったが、その後問題なく所期の機能を発揮している。

加速度の $\frac{1}{2}$ 最大値の平均を外力環境の指標とすることは妥当である。しかし乍ら安全限界を設定する為には操船者の経験の蓄積が必要である。

い) 回避運動指示システムについては電算機の規模の関係で実船試験は出来なかったが、本システムのソフトウェアの中核である船体運動より周囲の波浪の状態を推定する手法について、実船試験の結果に基づきチェックしたが満足すべき結果を得た。

1.1.3 衝突予防システムの評価

(1) まえがき

本研究によって開発された衝突予防システムは、星光丸に搭載され、昭和45年9月以来、海上評価試験が行なわれている。1～3次航（特に1次航）については昭和45年度の報告書に報告してあるので、本報告では4次航以後につき、その状況を報告すると共に本システムの総合的検討もあわせて行なった。

本システムの海上評価試験については、4次航（昭和46年1月～2月）にて関係者が6名 日本→ペルシャ湾（イランのカーグ島）間を往復して試験を実施したので、4次航の状況を詳細に報告してある。

また、本システムの詳細検討および総合評価などについては、4次航のデータ解析およびその後のシステム作動状況、プログラム改良結果などにもとづき検討を行なってある。なお本年度は特に、実際のデータをもとに目標船自動追跡（追尾）方式について詳細に検討した。

(2) 当初設定された基本構想

衝突予防システムを開発するに際して、設定された基本構想は概略次の通りであった。

- (1) 原則として大洋航海中に使用するものとし、目標の探知距離は最大16NM、目標の数は最大10隻とする。
- (2) 目標を自動的に発見し、自動追尾することも、また手動入力し、自動追尾することも可能とする。
- (3) トラッキング（追尾）している目標の BEARING, DISTANCE, COURSE, SPEED, CPA, TCPA を計算して表示できる。
- (4) 一定時間ごとに衝突危険船の存在の有無を判別し、もし危険のあるときは警報表示し、衝突を避けるべき安全操船法（新針路）を決定し表示できる。
- (5) CRT表示部には目標の位置に目標番号および相対速度ベクトルを表示でき、また試行操船（TRIAL）の結果として予想航跡を表示できる。

以上の機能を実現させるために、図1.3.1に示すシステムの構成が考えられた。

星光丸の1次航および2次航にて主にデータ採取および問題点の摘出を行ない、その後陸上にて解析・検討し、プログラムを改良して4次航にて再び海上評価試験を実施した。その結果上記の基本構想に相当する各種機能はすべて正常に動作させることができ、計算精度などについてもほぼ満足できる状態になった。

(3) 目標データの取込み（目標の検知）

レーダで受信された目標からの反射信号は、雑音除去装置および海面反射除去装置を通り、目標判別追尾装置で (R, θ) のデジタル量に変換されてコンピュータへ入力される。図1.3.2はコンピュータへ入力された生データ (R, θ) のプリントの一部である。このデータはアラビア海で同航船1隻、対航船1隻の場合のもので、トラッキングは完全に行なわれた。（トラッキング例5参照）

（注）この例では海面反射除去装置の書込み回数が3回であるので、取込周期は約18秒である。

本システムにおける目標の検知方法は、スライディング・ウィンドウ方式を採用している。この方式は過去数掃引にわたっての量子化ビデオの発生状況を距離量子化区間ごとに設けられたスライディング・ウィンドウ・レジスタに記憶しておき、その記憶内容のパターンから目標の存在と位置を検出する検知器である。（詳細は43年度報告書参照）

本システムでは、雑音除去装置および海面反射除去装置で処理された後の信号について統計的検知を行なうことになり、信号の性質が生ビデオとは異なるが、良好な検知特性を有している。一例として対航船を約13 NMから3 NMまで約20分間にわたって調査した結果では、検知すべき回数64回のうち検知もれは3回だけであり、検知確率は95%以上であった。また目標位置についても自動追尾を行なうのに十分な精度で検出できた。

(4) トラッキングの状況

以下に4次航におけるトラッキングの状況を7例示す。これらの状況はプログラムに改良を加えながら観察したものであるため、後の例ほど良好な結果が得られている。なお図1.3.3にレーダ画面のスケッチを示した。

（注）特に明記していないものは、ATモードにおけるトラッキング状況である。

(1°) 例1

(a) 外界状況（場所、他船数、PPI映像など。以下同意）

(i) 場所：南シナ海

(ii) 他船数：3～7隻

(iii) PPI：雲や海面反射はほとんどなし。

(b) 結果（トラッキングの状況。以下同意）

(i) すべての船にNo. がつき、トラッキングはほぼ完全にできた。しかも、レーダ上で視界外の船が視界内（すなわち16 NM以内）に入ってくると、新しい目標No. が確実に付いた。

(ii) 取込範囲に下限値を設けたため、中心付近にNo. が付く現象がなくなった。

(iii) 1個のゲート内に複数個の (R, θ) データがあっても、1個の目標として扱うようにしたため、No.が重なって見にくいという現象が少なくなった。

(iv) しかしながら、1隻の船に複数個(2~3個)のNo.が時々付くことがある。距離の小さいものほど、この現象が生じやすい。

(2°) 例2

(a) 外界状況

(i) 場所 : マラッカ海峡~スマトラ北西端

(ii) 他船数 : 5~10隻

(iii) PPI : 16NM以内に陸地が見える。島もいくつか見える。
雲や海面反射はほとんど見えない。

(b-1) 結果1 AT(自動入力, 自動追尾)のとき

(i) 陸地にNo.が3~5個付き、トラッキングした。

(ii) 陸地より本船に近い距離にある船にはNo.が付きトラッキングした。

(iii) 船数は10隻以内でも陸地にNo.が取られるため、オーバーフローになりやすかった。

(b-2) 結果2 MI(手動入力, 自動追尾)のとき

(i) 指定した目標にだけNo.が付き、指定しない他船および陸地にはNo.が付かず、MIモードの動作が正しいことを確認した。

(3°) 例3

(a) 外界状況

(i) 場所 : インド洋~アラビア海

(ii) 他船数 : 1~2隻

(iii) PPI : 雲が島のように現われている。
陸地は見えない。海面反射はない。

(b) 結果

(i) 船には必ずNo.が付き、自動追尾した。

(ii) ATモードのとき、雲にも2~3個のNo.が付き追尾した。

もちろんMIモードではNo.が付かない。

(iii) レーダをXバンドからSバンドに切換えると、雲の映像は少し弱くなるが、完全には消えなかった。

(4°) 例4

(a) 外界状況

(i) 場所 : オルムズ海峡 (ペルシャ湾出口)

(ii) 他船数 : 1 ~ 2 隻

(iii) PPI : 陸地あり。雲や海面反射はほとんどない。

(b) 結果

(i) 相手船が陸地より遠距離にあるときは、トラッキングがうまくできなかった。ATモードでもMIモードでも困難であった。

(ii) 相手船が陸地より近距離に近づいて来るとトラッキングが可能となった。

(5°) 例 5

(a) 外界状況

(i) 場所 : アラビア海

(ii) 他船数 : 同航船 (タンカー) 1 隻, 対航船 (タンカー) 1 隻

(iii) PPI : 陸なし, 雲なし。

(b) 結果

(i) 同航船 (本船の方が速力が大きいため、相対運動方向は図のようになる) は、14 時 30 分頃 16 NM 以内に入り、No.1 が付き、データ採取のためコンピュータを止めた 17 時 30 分までの 3 時間完全に自動追尾した。

(ii) 対航船は 17 時頃 16 NM 以内に入り、No.2 が付き、自動追尾した。しかし、距離約 4 NM から複数個の No. が付きやすくなった。(目標データのスプリット現象が起っていることを示す)

(6°) 例 6

(a) 外界状況

(i) 場所 : マラッカ海峡入口 (スマトラ北西端)

(ii) 他船数 : 2 ~ 3 隻

(iii) PPI : 15 ~ 16 NM にスマトラ陸地が見える。雲も写っている。

(b) 結果 (MI モードで動作させた)

(i) 指定した船だけに No. が付き、正常にトラッキングができた。

(ii) ベクトル表示も各船に対し正常 (すなわちその方向と大きさが正しい) であった。

(7°) 例 7

(a) 外界状況

(i) 場所 : フィリピン北西沖

(ii) 他船数 : 3 隻

(iii) PPI : 陸地なし。

(b) 結 果

(i) トラッキングのゲートサイズを大きくしたことにより、複数個の No. は付かず、トラッキングは良好であった。

(ii) また、近距離の方位角ゲートを拡大したことにより、4.NM以内に接近しても、1個の目標には1個の No. が付き、例5の結果(ロ)の現象が改善された。

(5) トラッキングに対する総合検討

(1) 本システムのトラッキング方法

トラッキングに対する検討を行なう前に、本システムで行なっているトラッキング方法の概要を述べる。トラッキングはレーダ情報処理装置からサンプル値として得られる目標の位置データをもとにして目標の航跡を推定、追尾する処理であり、本システムではソフトウェアで行なっており、つぎの4段階に大別できる。

(a) 航跡の確立 (目標番号の登録)

自動追尾を開始させるための処理であって、一連の目標位置データから航跡を確立して目標番号を付け、関連情報と共に記憶する。本システムにはこれを自動的に行なう AT モードと、手動入力による MI モードの2種がある。

(b) 平滑化と予測

目標位置データのバラツキを平滑化すると共に、次回データの得られる位置を予測する処理である。本システムではサンプリング周期の間は、目標が直線運動しているものと仮定して一周期後の位置を予測している。

(c) 相関検出

新しく得られた位置データがどの目標に属するものであるかを判断する処理で、そのために追尾ゲートを設けておき、その中にデータが得られた場合相関ありと判断する。本システムでは $R-\theta$ 系の追尾を行なっているので、予測位置を中心とする $\pm \Delta R$ 、 $\pm \Delta \theta$ の扇形領域となっている。

(d) 評 価

目標の予測位置と実際に得られた位置とを比較することにより、自動追尾の確かさを評価する処理であって、その結果は追尾ゲートの大きさを制御するために使用される。

(2) 目標の検知とトラッキング

トラッキング例4において、陸地以遠の目標をトラッキングしにくいという現象が見られたが、これにつき検討する。

原因は、陸地からのデータ (R , θ) だけで、コンピュータ内にあらかじめ

用意された40個分のRθテーブルが一杯になってしまい、目標判別追尾装置から目標のデータが入ってきても、陸地の方が近いと船のデータがRθテーブルに登録されないことがあるため、たとえMIモードで投入してもトラッキングは困難である。

この解決についてはATとMIモードの2つの場合を考えねばならない。ATでは自動的に発見するという条件である以上、目標データを選別してRθテーブルに登録することはできない。(ただし目標データは近い順にRθテーブルに登録している)

MIモードでは、追尾すべき目標が指定されているので、その目標位置の近辺のデータのみRθテーブルに登録すれば良い。したがって1個の(R,θ)データかどうかを判別して、範囲内であればRθテーブルに登録するという方法をとる。

なお、別の案として、Rθテーブルの大きさをもっと拡大することも考えられるが、コンピュータの記憶容量の制限で不可能である。

実際に、MIモードにおけるデータの取込方法を上記のようにするべく、プログラムを一部改良して試験をした。その結果、陸地以遠の目標でも確実にトラッキングするようになった。(昭和46年10月の入渠時に改良した)

(3°) 追尾ゲート

本システムには追尾ゲートの大きさが4段階あって、追尾開始時には最も大きい、自動追尾が順調に進行すれば、1段階ずつ小さくなってゆき、安定な状態では最小ゲートが使用される。逆に入力データについての相関がとれない場合は1段階ずつ大きくなるので、ついには最大ゲートに達するが、それでもなお相関のとれない状態が続く場合は、自動追尾の続行不能として警報を出すようになっている。

トラッキング例5にも見られるように、しばしば近距離の目標に複数個のNo.が付く現象が起っている。これは4段階のゲートの大きさが全領域(0~16NM)につき一定であるためと考えられる。同じ大きさのゲートでも、近距離になるにしたがい、ゲートの面積が小さくなるため、見掛上小さいゲートとなり、大型船のときはこのゲート外からも同船のデータが入り、異なる目標として処理されてしまうのである。

方位角ゲートの大きさを距離に応じ何種類かに分けて設定できるようにすると、近距離の目標に複数個のNo.が付きやすいという現象を減らすことが可能であると考えられる。

試みに4NM以上は現状通りのゲートの大きさとし、4NM以内は方位角ゲートを4NM以上の最小ゲートの約5倍(一定)にしてトラッキングを実行してみると、トラッキング例7に示すように複数個のNo.は付かず良好であった。現在の

プログラムはこの通りに改良されている。

(4) 固定目標

A Tモードのとき船以外の目標特に島や雲に No.が付かないようにするには、ソフトおよびハードウェア上から次の案が考えられるが種々問題点がある。なお、M Iモードで使用すれば何ら問題ない。

(a) ソフトウェア的処理

目標の速力が零のものは固定目標と考えて No.を付けないようにする。この場合には、速力を計算するには数分間トラッキングしなければならないので、No.を割り当てねばならない。また求められた速力は固定目標の速力=零とは一般にならない(測定するのは対水速力のため)。またブイなどの固定目標はトラッキングした方がよいなどの理由のため困難である。

(b) ハードウェア的処理

(i) ラン・レンジス (RUN LENGTH) 法

目標判別追尾装置で、現在この方法が使用されており、方位方向の拡がり設定値以上の目標はコンピュータへデータを送らないようになっている。この方法はある程度効果は認められたが、つぎの問題があり完全とは言えない。

(イ) 大型船が約 2 NM以内に近づくと、方位方向の拡がりが大きくなりラン・レンジスで検知されデータが入らない。なお S T C のため船のデータが落ちることもあるので、この理由ばかりではない。

(ロ) 陸地や雲は複雑な形状のため、ラン・レンジスに引っかかりにくい。実際、データを採取してみると、完全には落ちていない。

(ii) パルス巾検知法

距離方向の拡がりを見て、設定値以上のものは落とすという方法であるが、雑音除去や海面反射除去装置を通ってきた信号は一般に拡大されているため、パルス巾検知により雲や陸が落ちると同時に、船までも消されてしまい、あまり効果はなかった。

(5) 生ビデオとプロセス・ビデオに対するトラッキング

雑音除去および海面反射除去装置を通さないとき (RAW VIDEO) と、通したとき (PROCESSED VIDEO) のトラッキングの状況は、およそつぎの通りであった。

(a) 生ビデオのとき

(i) 取込みデータ (R, θ) はスプリットしていることが少ないので、1 個の目標には 1 個の No. が付き、複数個の No. が付くことはほとんどなかった。

(ii) ただし、反射電波の弱い目標は LOST 状態になりやすかった。

(b) プロセス・ビデオのとき

(i) 生ビデオのときとは逆に、データがスプリットすることが多いため、特に近距離になると複数のNo.が付きやすかった。

(ii) 反射電波の弱い目標でも、相関をとり強くしているため、データが入りやすくなり、LOSTしにくかった。

本システムは通常、プロセスビデオに対して処理を行っており、(b)(i)項に記した現象がしばしば見られたが、(3)に述べたように遠距離の方位角ゲートを拡大することにより、この現象は少なくなっている。

(6) XバンドとSバンドの使用

本システムのレーダ波は、X、Sを別々にあるいは同時に使用できるようになっているが、SバンドはXバンドより雲の影像を弱くする効果が認められた。雲や雨の反射強度は、およそ波長の2乗に反比例するため、Xバンドで写っていた雲の影像はSバンドではほとんど消えてNo.が付きにくくなった。なお、XバンドとSバンドを同時に使用した場合の効果は顕著ではなかった。したがって同一領域を同時に2波使用するよりも、距離に応じて使い分けることの方が良いと考えられる。

(6) TARGET DATAの計算

他船に関するデータは、1分間隔で計算され、表示装置のNo.を選択し、“DATA”押ボタンを押すことにより読み出せるようになっている。表示されるデータは次の通りである。

(a)	NO.	*	目標番号
(b)	BEARING	*** DEG	方位(北基準) θ_2
(c)	DISTANCE	*.* NM	距離 R_2
(d)	COURSE	*** DEG	針路
(e)	SPEED	*.* KT	速力
(f)	CPA	*.* NM	最接近距離
(g)	TCPA	*.* MIN	最接近時間

これらのデータは図1.3.4に示すように、目標の現在位置Bと過去数分前の位置Aとから作られる衝突三角形AOBを解くことにより求められる。図1.3.4において、

$\overline{OB} = R_2$: 現在の目標位置までの距離 (DISTANCE)

$\angle NOB = \theta_2$: 目標への見通し角 (BEARING)

$\overline{OC} = CPA$: 最接近距離

$\overline{BC}/V_r = TCPA$: 最接近時間

V_r : 相対速力

である。なお $A \rightarrow B \rightarrow C$ は本船に対する相対運動を表わしている。(計算式に

については昭和43年および44年度報告書に詳述されている。)

以下、これらのデータの計算精度などにつき報告する。

(1) BEARING と DISTANCE

目標判別追尾装置からは距離 R が8ビット (0.08 NM) 単位、方位 θ が12ビット (0.088° 単位) でコンピュータへ入る。この R, θ を NM. DEG 単位に変換して表示している。1分間隔で計算しているため、“DATA” ボタンを押した瞬間の R, θ とはなっていないが、ほぼ正確である。

(2) COURSE

相手船の針路は、プロットイング等作図上で求めたものと比較すれば良いが、対航船の場合には、ほとんど逆方向に進んでいる(同じ航路を走っている)と考えてよい。

$$(\text{相手船の COURSE}) \sim (\text{本船の COURSE}) \div 180^\circ$$

となっており、 $\pm 2^\circ$ ぐらいの精度であると考えられる。

(3) SPEED

このデータは相対速力ではなく、相手船の絶対速力である。評価試験の初期の頃、この精度をチェックしたところ、プロットイングによる作図で求めた速力よりも2~3 KT 少な目に出たり、陸地等の固定目標が1~2 KT で動いているように表示されており、この誤差の原因を追求したところ、アンテナ回転数の影響であることが明らかになった。

本システムのアンテナ回転数は15 RPM $\pm 10\%$ という仕様になっているので、コンピュータには回転数 = 15 なる定数を記憶させてあった。ところがアンテナの実際の回転数は16.4 RPM であったので、この差が速力誤差の原因となり、0.5~3 KT の誤差が生じていた。

原因判明後、直ちにプログラムを修正して、速力精度を調べたところ正常な値を得るようになった。

しかしながら、それでも速力誤差は約 ± 0.5 KT ほどあり、この原因としては例えば、潮流速度、対水速力測定精度などの影響、あるいは本船の針路誤差、ヨーイングの影響などが考えられている。このため固定目標でも速力は完全に零とはならない。

(4) CPA

CPA の計算結果は危険船の判別に使われるので、この精度は重要である。CPA の精度を見るために、ディスプレイに表示された BEARING と DISTANCE の値をプロットした。その一例を図1.3.5に示す。この例では図から $CPA = 5.1$ NM が得られ、ディスプレイの CPA はバラツキはあるが 5.1 ± 0.1 NM の範囲に約80%が入っていた。

また本船および相手船の針路、速力が一定であれば、CPA は一定となるはず

であり、実際、トラッキングが安定しているときは、そのバラツキも少なく、正確な値を示している。

(5°) TCPA

TCPA は相手船が本船に近づくに連れ、その値が小さくなり、 $DISTANCE = CPA$ となったとき、すなわち $DISTANCE$ が最小になったとき、 $TCPA = 0$ となり、遠ざかりつつあるときは、 $TCPA < 0$ (ディスプレイには 99.9 を表示) となる。

この精度の評価は、時間に対する TCPA の変化をプロットし、 $DISTANCE = CPA$ すなわち $TCPA = 0$ の時刻を基準に逆算してみればよい。結果は $\pm 1 \text{ MIN}$ 以内の精度といえる (図 1.3.7 参照)。

(6°) TARGET DATA 例

TARGET DATA の精度を調べるために、ディスプレイに表示されたデータを記録した。その一例を図 1.3.6 および図 1.3.7 に示す。

(7°) TARGET DATA の精度

ディスプレイに表示されるデータの精度は、およそ次の通りである。

BEARING	$\pm 1 \text{ DEG}$
DISTANCE	$\pm 0.1 \text{ NM}$
COURSE	$\pm 2 \text{ DEG}$
SPEED	$\pm 0.5 \text{ KT}$
CPA	$\pm 0.1 \text{ NM}$
TCPA	$\pm 0.1 \text{ MIN}$

(7) 危険船の判別および避航操船法の算出

1 分間隔で計算された TARGET DATA から危険船の判別を行ない、危険の度合により IMMEDIATE DANGER または DANGER のランプを点灯させ、危険船のあるときは避航操船法を算出し、ディスプレイに RECCOMEND COURSE と NEW COURSE を表示するようになっている。これらの機能は次に述べるように正常に動作している。

(1°) 危険船の判別

ディスプレイで設定された MIN. CPA, MIN. TCPA, OCCUPY ZONE の値に対し、DANGER, IMMEDIATE DANGER の判定が正常に行なわれている。

(注記) 危険の判定は次のようになっている。

目標が将来、本船の MIN. CPA 内に入ってくるとき DANGER とする。ただし対航船で OCCUPY ZONE 外のは安全とする。またすでに MIN. CPA 内に入っているとき、あるいは将来 MIN. CPA 内に入り ($CPA < \text{MIN. CPA}$) かつ $TCPA < \text{MIN. TCPA}$ のとき、IMMEDIATE DANGER とし ALARM する。

(2°) 避航操船法の算出

1隻以上の危険船がある場合、安全針路角 (RECCOMEND COURSE) を表示し、最適針路 (NEW COURSE) が表示されるという機能は正常に動作している。なおこの確認には、TRIALにて針路および速力を設定し実施すれば、予想航跡が MIN. CPA から外れることで正しいことがわかる。

(8) 試行操船 (TRIAL)

本船の針路と速力を任意に設定し、指定した番号の目標に対する予想相対航跡を、6分間隔5点 (30分後までの航跡) で表示する。また、指定した番号がトラッキング中でないときは、CRT上の点線を消去する。

以上の機能が正常に作動することを確認した。(昭和45年度報告書参照)

(9) ベクトル発生

トラッキング中の目標の相対速度ベクトルを各目標ごとに、1分間隔5点の未来位置としてCRT上に表示する (最大 $5 \times 10 = 50$ 点)。トラッキングしていない目標についてはベクトルを表示しない。各目標の未来位置 (XY座標で表現) をコンピュータからベクトル発生器へ送り、ここでベクトル信号を発生させCRTへ表示させる。

以上の機能が正常に作動することを確認した。

図1.3.8はオーマン湾 (ペルシャ湾出口) における状況写真で、各目標に1, 4, 5, 6, 8, 9, 0の番号が付けられ、トラッキングしている状況である。

(10) プログラムの改良事項

海上試験において実際に本プログラムを使用してみて、改良した方が良く考えられる機能を検討し、次の事項を改良した。いずれも確認済みである。

(1°) TARGET DATA の読出し時間を約10倍早くして見易くした。

(2°) TARGET が完全に消失したとき、過去の (R, θ) データをクリアし、他の目標のデータとの混乱をなくした。

(3°) (2)に関連し、第1観測時のデータがないときは、計算せずにデータを零とし、押ボタン "DATA" を押したとき、データ表示窓はすべて零が表示されるようにした。

(4°) トラッキングにおいてある目標のゲート内の取込みデータはすべて1隻と見なして、1個の目標に複数個の番号がなるべく付かないようにした。

(5°) (4)に関連して、近距離における方位角ゲートを大きくし、1個の目標に複数個の番号を付さにくくした。

(6°) プログラムでアンテナ回転数を15 RPM としていたが、16.4 RPM とした。

(7) TARGET SPEEDの変動を少なくするために、今までの速力値と今度計算した速力値の平均をとり、これを現在の速力値とした。

(8) 陸地以遠の目標でも"MI"により自動追尾可能とした。

(11) あとがき

星光丸の衝突予防システムは現在、乗組員に使用されており、本報告書で述べたように、所期の目的はほぼ達成されたと考えられる。この評価試験の結果から見て、今後実用化すべき衝突予防装置としては、次の事項を十分考慮すべきであると考えられる。

(a) 大洋で使用できることはもちろん、狭海域においてもその機能を十分発揮できるものであること。そのためには陸地、島その他の目標をどのように処理するかが重要な課題となる。

(b) レーダ情報の処理性能の向上をはかること。小さな船でも確実に発見できるようにすること。

(c) 表示装置は人間工学上から十分に検討したものであること。特にCRTにはどのような情報をどのように表示するかが重要である。

(d) 環境条件には十分耐えるものであること。特に船体振動に対しては十分なる対策が必要である。

(e) ソフトウェアでは、計算精度の向上をはかるよう検討する。

(f) 経済的なもので、しかも信頼性の高い(高精度、高機能で故障が少ない)ものであること。

以下に衝突予防装置の最近の動向と今後の研究課題について述べた。

(1) 最近の動向

最近の衝突予防装置の世界的動向をみるに、相手船の挙動を自動的にトラッキングして、その過去の航跡から衝突条件を自動的に計算し、衝突の危険が発生すれば、警報を発し、避航操舵方法まで指示する形式のものが多く試みられている。

しかも、システムの中に、いわゆるミニコンピュータが、システム・コンポネントとして組込まれる傾向にあるといえよう。これは長年にわたって蓄積されてきた船用レーダ技術と、近年とくに革新的進歩をとげたデジタル技術が結びついたもので、船舶の超自動化が今後の方向とするならば、その思想に沿ったものといえるであろう。

最近のコンピュータの動向の中で、特長的なことの一つにミニコンピュータがある。ミニコンピュータという言葉に対して厳密な定義があるわけではないが、その名のごとく非常に小型で、基本構成価格が極めて安価であることが特長である。しかし、性能の面では決してミニではなく、極めて高性能であり、しかも、価格は年々低下しており、その価格/性能比は、ますます高くなってきているのが現状である。したがって、ミニコンピュータを衝突予防システムの中に導入し、システムの機能の向上をはかることが今後の方向といえよう。

それでは、デジタル技術、あるいはミニコンピュータによって、いかなる機能レベルの向上が、各界各口で試みられているかといえ、つぎの3点である。

(a) レーダ映像信号の処理の自動化

(b) プロットイング作業の自動化

(c) 衝突条件および避航操舵情報の計算の自動化

(a) レーダ映像信号の処理の自動化

レーダから入ってくるエコー信号の中から、衝突予防システムに必要な情報のみを識別して、自動的に(オンライン・リアルタイム)に取り出すことが中心の技術である。すなわち、エコー信号の中からシークラッタやレインクラッタなどの雑音を除去し、他船・島・海岸線・雲などの識別を自動的に行ない、他船については距離と方位を求めることである。

このためには相関技術、パターン認識などの新しい技術が必要であり、これらの処理をコンピュータに行なわせることが試みられている。しかし、これらの技術は、とくにパターン認識技術は極めてむずかしい部類に属する技術であり、現段階では各種の試みも完全に成功しているとはいえず、今後の研究にまたざるを得ない面が多い。

(b) プロットイング作業の自動化

自動化のレベルとしては、つぎの三段階が試みられている。

Ⅰ) 他船の認知とトラッキングの両方が自動

Ⅱ) 他船の認知とシステムへの入力 は人間、トラッキングだけは自動

Ⅲ) 他船の認知もトラッキングも人間による入力

Ⅰ) は前述のパターン認識技術が完成されないと、その実用化の見通しはたまたまないと思う。したがって、現段階ではⅡ) のレベルが、実用化の面から見て最も進んだ方法であり、最近のミニコンピュータを使用した衝突予防装置の多くがこの段階のものである。

Ⅱ) の機能を実現するには、周期的にコンピュータへ取り込まれる相手船のデータをもとに、自動的に相手船の今後の位置を予測して追尾するソフトウェアが必要である。この自動追尾技術は、理論的にもかなり昔から研究されており特に航空管制システムにおいて研究されてきた技術であり、船舶の衝突予防システムにおいて実施するに際しても、とくに困難な技術的問題はないように思われる。

Ⅲ) のレベルは、今後Ⅱ) のレベルの予備的機能として存在するにとどまるであろう。つまり、海面状態・天候状態が極めて悪く、自動追尾機能が実行し得ない場合のバックアップとして使用されるものと考えられる。

(c) 衝突条件および避航操船情報の計算の自動化

相手船の挙動を忠実にトラッキング機能により追尾して過去のデータをコンピュータのメモリに蓄積し、必要な時に相手船の進路・距離・方位・速度・CPA・TCPAなどの避航操船に必要な情報を速やかに乗組員に与えるためのものである。

マニュアル・プロットイング、あるいは前述の(2)Ⅱ) のレベルでは、一つの相手船に対する結論がでるには、少なくとも数分の間が必要であるから、コンピュータを利用して過去の航路を記憶しておき、必要な時に瞬時にして必要な計算を行ない、結果を乗組員に与えることは極めて価値のある機能といえる。しかし、将来オートパイロットと結合した避航操船の自動化を想定した場合には、ジグザグ形になる航路データの線形化処理による精度の向上や、裏針した場合の速度ベクトルのデータ処理方法など、いくつかの点でソフトウェアの改良が必要と思はれる。

以上がレーダによる衝突予防システムの最近の動向の中で、共通する技術的問題について述べた。デジタル・コンピュータを使用した海外の衝突予防装置の実例とSR-106方式の比較を表1.3.1にまとめた。

(2) 今後の研究課題

最後に、いろいろある問題点のなかで、いくつかを提起して今後の研究課題とした。

(a) レーダの検知能力の改善

現在のようにレーダの物標からの反射電波を、システムへの唯一の入力として衝突予防システムを構成する方式では、目標船の自動識別の点で限界があるように思われる。船型・大きさ・速力・性能など全く異なる各種船舶が混在する海上交通の複雑化の中にあつて、現在の船用レーダのように、物標からの反射電波を捕捉するというパッシブな方法では、広範囲の船舶を高い確率をもって自動的に検知することは非常に困難といわざるを得ない。したがって、このシステムに入ってくる情報の質を積極的に改善することが必要であろう。

この信号/雑音比の改善については、過去、船用レーダ・メーカーが心血を注いできたテーマではあつたが、決定打はでていない。したがって、今後は、安価で、しかも簡便なトランスポンダの開発と使用がのぞまれる。とくに、狭水域でのレーダによる衝突予防システムでは、トランスポンダを使用したアクティブな情報源によらない限り、信頼性の高いシステムの実現は、不可能と言っても過言であるまい。

(b) レーダ映像のパターン認識

現在の技術水準で、最も妥当性の高い実用化のレベルは、目標船のマニユール・イニシエーションによるオートマテック・トラッキングである。つまり現段階では、航海士のもつ長年の学習と経験によるレーダ映像の分析能力だけが自動化できないことになる。

レーダ映像の中には、他船レーダによる干渉雑音、クラッタからの反射雑音などの予必要な信号と、船舶・島・海岸線などからの反射電波のような必要信号とが混在している。したがって、衝突予防システムの中で、レーダ映像信号の処理を自動的に行なおうとすれば、雑音との識別のほかにも、必要な情報を、さらに船舶とその他のものに識別する方法、つまり、レーダ映像情報を二次元的に処理するパターン認識技術が必要となるであろう。

しかし、処理装置として最近のミニコンピュータを考えた場合に、その特質上からいって出来るだけ構成を小さくした方が有利である。具体的には、ミニコンピュータの記憶容量を8K語～12K語程度におさえることが望ましい。したがって、レーダ映像のパターン認識を、すべてソフトウェアに頼ることはプログラムの規模が大きくなり、ミニコンピュータとしての規模を逸脱することになるので、ハードウェアによるサポートが必要である。たとえば、コンピュータで処理する範囲をハードウェア的にPPI指示器の上で設定できるようにすれば、海岸線・島などの処理が楽になり、ソフトウェアへの負担が軽減さ

れるはずである。

その他にも、実際の物標の物理的パターンと、そのレーダ・エコーを量子化してコンピュータに取り込んだ場合のパターンとの相関についても研究する必要がある。そうしないと、レーダ映像のパターン認識をプログラム化する手がかりが得られないと思う。

(C) 安全通航のシステム化

船舶の通航を時間ベースにみた場合に、船舶が出発点から目的の港に到着するまでには、出入港操船・沿岸航行・狭水道航行・大洋航行といった、船舶を取りまく環境条件の異なる各ステージがある。船舶の衝突予防、ひいては船舶の安全通航対策のむずかしさがあるように思われる。しかも、それらのすべてのステージにおける船舶の航行の安全は、船舶に搭載された機械装置やシステムだけで確保することは極めて困難と考えられる。衝突予防システムにおいても、大洋航行中はよいとしても、とくに狭水道航行においては、航行管制的な思想を導入した別のシステムの援助が必要であると思われる。つまり、船舶の安全航行の確保には、船舶の通航をとりまくすべての環境を一つのシステムとしてとらえてよく考えが必要ではなからうか。

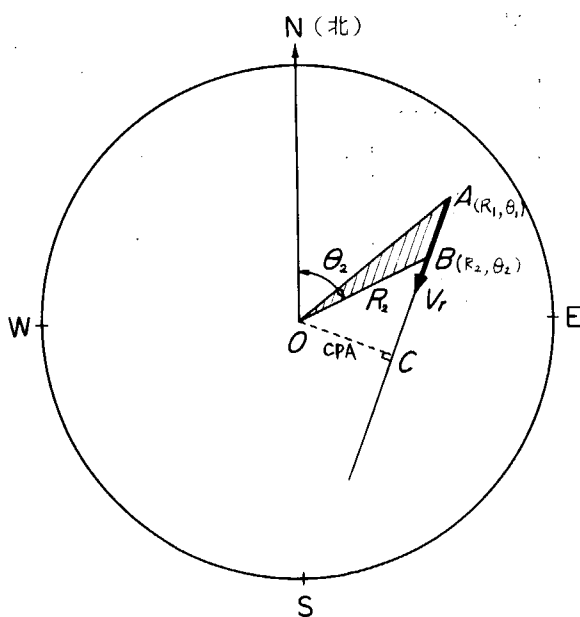
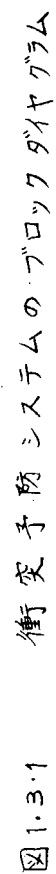


図1.3.4 TARGET DATA 計算説明図



ABLE

COLL AVOID TARGET DATA PRINT

NO.0000000 8進表示 10進表示
 034000 100112 R₁ 0.59199943e+01 5.92 NM
 034001 003731 0.17679199e+03 176.79°
 034002 100256 R₂ 0.13919986e+02 13.92 NM
 034003 003043 Q₂ 0.13824799e+03 138.25°

NO.0000001
 034200 100111 0.58399944e+01
 034201 003736 0.17723199e+03
 034202 100112 0.59199943e+01
 034203 003736 0.17723199e+03
 034204 100254 0.13759986e+02
 034205 003042 0.13815999e+03

NO.0000002
 034400 100111 0.58399944e+01
 034401 003740 0.17740799e+03
 034402 100112 0.59199943e+01
 034403 003725 0.17643999e+03
 034404 100252 0.13599986e+02
 034405 003050 0.13868799e+03

NO.0000003
 034600 100112 0.59199943e+01
 034601 003732 0.17687999e+03
 034602 100112 0.59199943e+01
 034603 003764 0.17916799e+03
 034604 100250 0.13439987e+02
 034605 003044 0.13833599e+03
 034606 100251 0.13519986e+02
 034607 003047 0.13859999e+03

NO.0000004
 035000 100111 0.58399944e+01
 035001 003750 0.17811199e+03
 035002 100246 0.13279987e+02
 035003 003051 0.13877599e+03

NO.0000005
 035200 100112 0.59199943e+01
 035201 003731 0.17679199e+03
 035202 100244 0.13119987e+02
 035203 003054 0.13903999e+03
 035204 100245 0.13199987e+02
 035205 003046 0.13851199e+03

NO.0000006
 035400 100111 0.58399944e+01
 035401 003757 0.17872799e+03
 035402 100112 0.59199943e+01
 035403 003736 0.17723199e+03
 035404 100242 0.12959987e+02
 035405 003052 0.13886399e+03

NO.0000007

035600 100111 0.58399944e+01
 035601 003747 0.17802399e+03
 035602 100240 0.12799987e+02
 035603 003052 0.13886399e+03

NO.000010
 036000 100236 0.12639987e+02
 036001 003055 0.13912799e+03
 036002 100237 0.12719987e+02
 036003 003055 0.13912799e+03

NO.000011
 036200 100111 0.58399944e+01
 036201 003743 0.17767199e+03
 036202 100234 0.12479988e+02
 036203 003055 0.13912799e+03
 036204 100235 0.12559987e+02
 036205 003052 0.13886399e+03

NO.000012
 036400 100111 0.58399944e+01
 036401 003750 0.17811199e+03
 036402 100111 0.58399944e+01
 036403 004000 0.18022399e+03
 036404 100233 0.12399988e+02
 036405 003063 0.13965599e+03
 036406 100234 0.12479988e+02
 036407 003046 0.13851199e+03

NO.000013
 036600 100111 0.58399944e+01
 036601 003747 0.17802399e+03
 036602 100231 0.12239988e+02
 036603 003056 0.13921599e+03

NO.000014
 034000 100111 0.58399944e+01
 034001 003744 0.17775999e+03
 034002 100227 0.12079988e+02
 034003 003057 0.13930399e+03

NO.000015
 034200 100111 0.58399944e+01
 034201 003747 0.17802399e+03
 034202 100225 0.11919988e+02
 034203 003062 0.13956799e+03

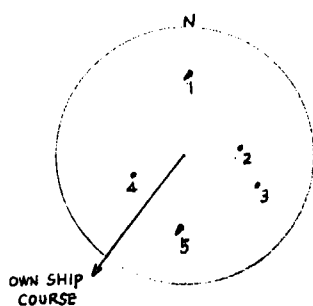
NO.000016
 034400 100223 0.11759988e+02
 034401 003064 0.13974399e+03

NO.000017
 034600 100221 0.11599988e+02
 034601 003071 0.14018399e+03

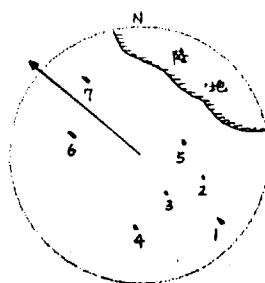
NO.000020
 035000 100107 0.56799945e+01
 035001 003774 0.17987199e+03
 035002 100220 0.11519988e+02
 035003 003070 0.14009599e+03

NO.000021
 035200 100107 0.56799945e+01
 035201 004000 0.18022399e+03
 035202 100110 0.57599944e+01
 035203 003761 0.17016700e+03

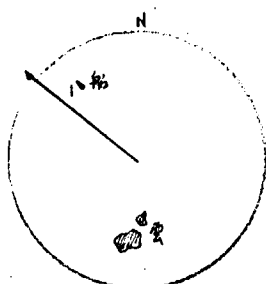
図1.3.2 コンピュータへ入力された目標データ例
 (昭和46年2月11日 アラビア海)



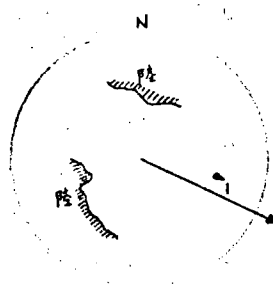
例 1



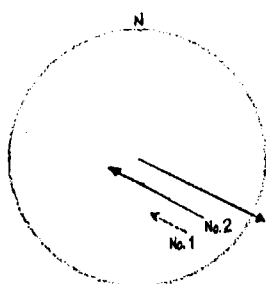
例 2



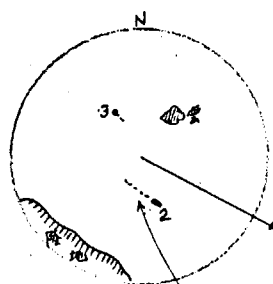
例 3



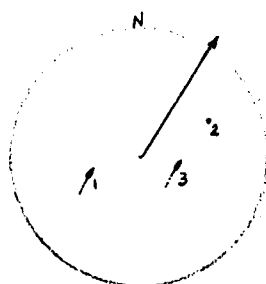
例 4



例 5



例 6



例 7

図 1.3.3 トラッキング 状況例

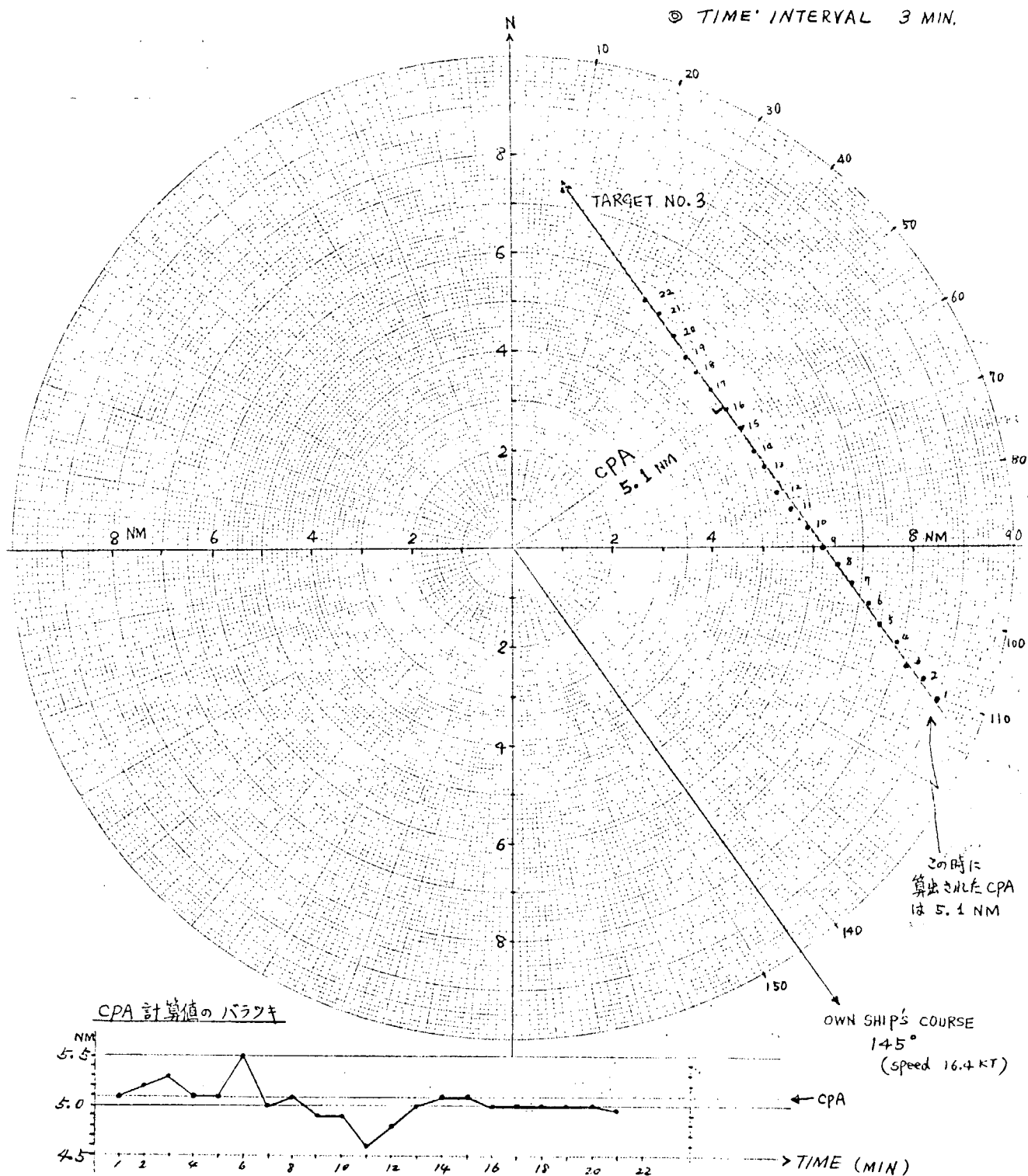


図 1.3.5 プロットイングによる CPA 精度試験
(46.2.10. 16:00~16:30 オルムズ海峡)

• TIME INTERVAL

6 MIN (1628 まで)

9 MIN (1628 以後)

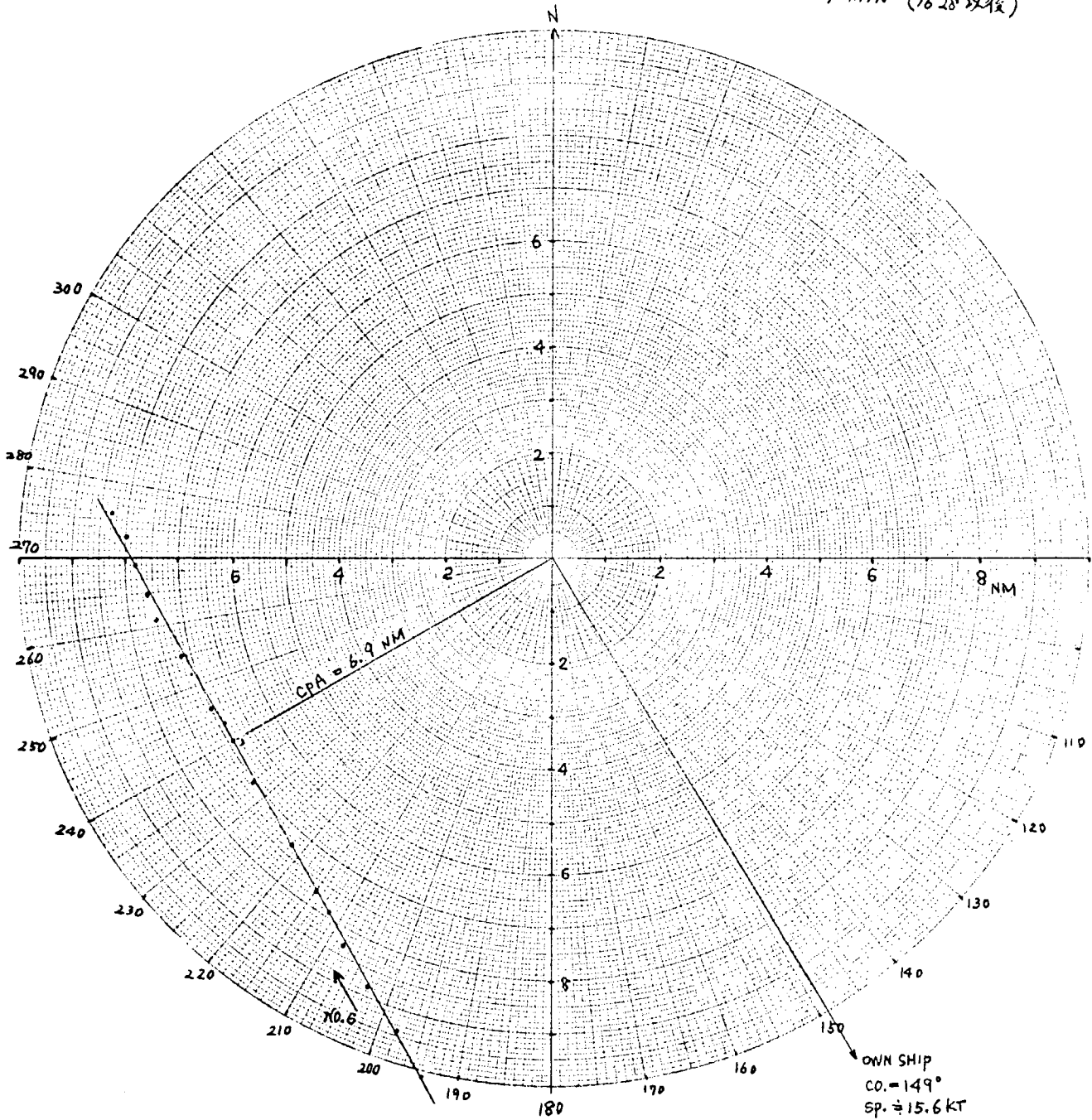


図 1.3.6 データ例 (TARGET DATA 精度試験用)

(46.2.14 16:15 ~ 16:40 インド西方 (インド洋))

46.2.14 (1615~1640) インド西方

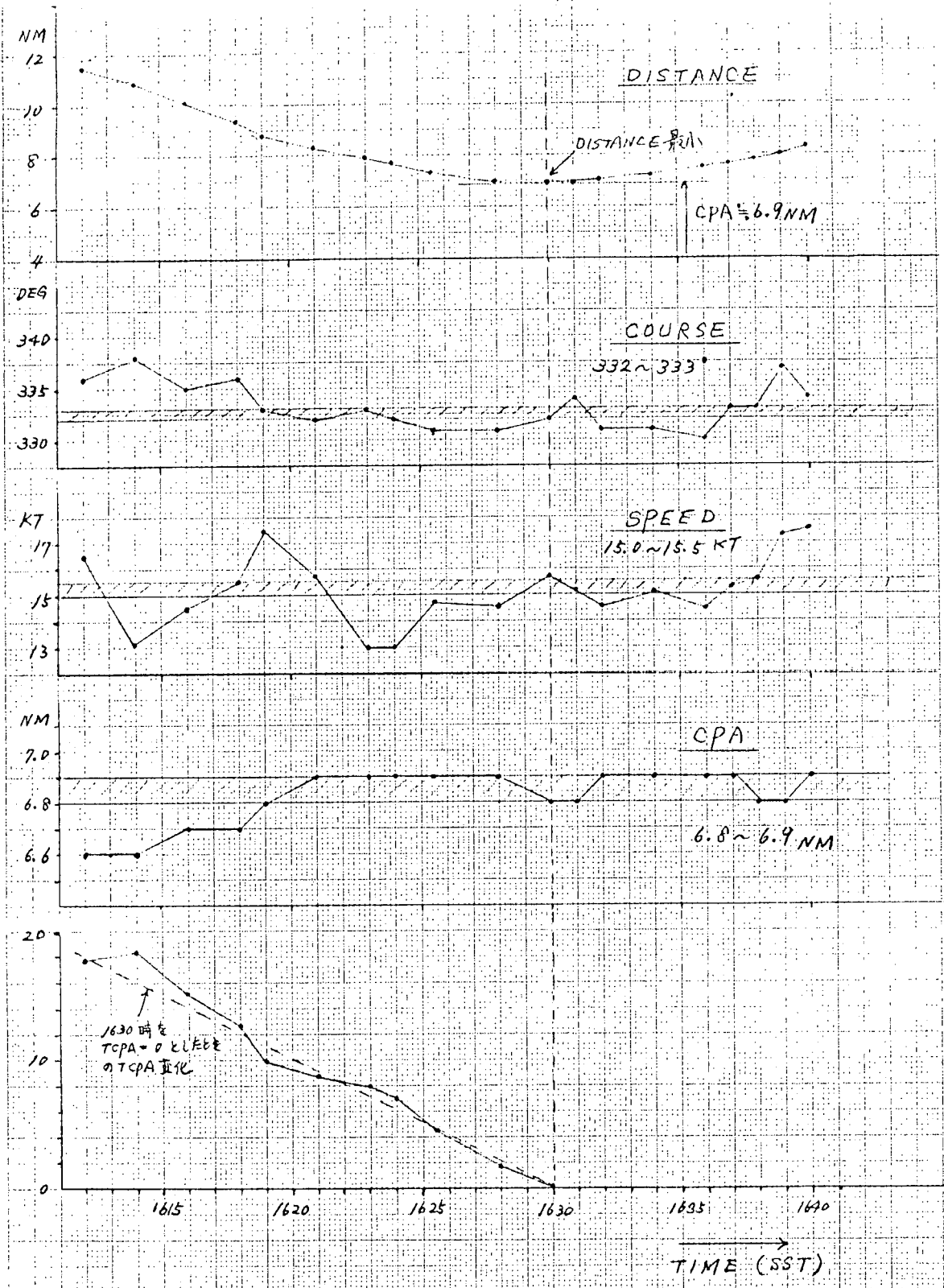
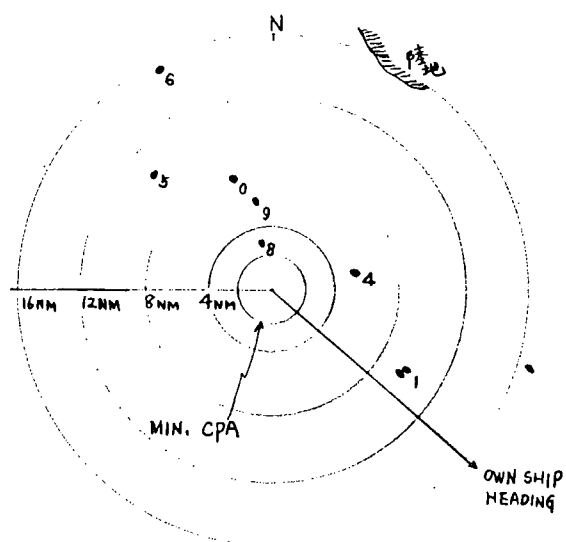
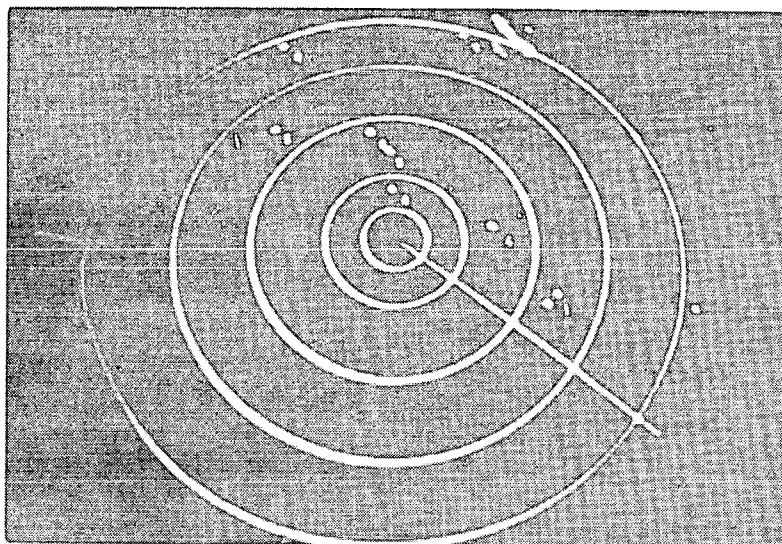


図 1.3.7 TARGET DATA 例

(46.2.14 16:15~16:40 インド西方(インド洋))



場所： オマーン湾（ペルシャ湾出口）

月日： 昭和46年2月10日

◎ 下図は上図の説明図

図1.3.8 トラッキング状況を示す CRT 写真(上図)

表1.3.1 デジタルコンピュータを利用した衝突予防システム

名 称	製 造 者	使用波長	検知範囲 (Range)	目標検知方法 (Detection)	追従方法 (Tracking)	追 尾 数	警 報	表示方式 (Display Mode)	映像表示器 (Video Indicator)	表示される映像 (Video Display)	目標データ (Digital Data)	操 作 方 法 (Simulation)	装置の主な構成	価 格
DIGIPILOT	Iotron Corp. (USA)	3 cm または10cm (独立)	17NM	Auto	Auto	40	ブザー ランプ	Trueまたは Relative, Head Up または North Up	16" Bright Display (TV Scan)	○陸地(2"おきの点) ○固定目標(小円) ○移動目標(小円とベクトル) ○危険物の映像を明るくする ○Trial Simulationの表示	○Range ○Bearing ○Course ○Speed ○CPA ○TCPA ○ライトペンにより目標を指定(OPTION)	○Manualにて Speed と Course を指定 ○結果は CRT ディスプレイに直接で表示	○レーダ ○Display Console ○CRT ○Tracet Selector (CPU) ○Video Processor ○Azimuth Digitizer	1,800~ 2,000万円 (レーダ 含まず)
DATA RADAR	NOR CONTROL (Norway)	10cm		○Manual (Joy-Stick) ○Auto (Defined Area付, OPTION)	Autoおよび Manual (同時可能)	12 (Auto) 4 (Manual)	ブザー ランプ (30分後CPA 内を通ると き)	Trueまたは Relative	PPI 指示器	○Velocity Vector (5分毎のタイム マーカ付30分) ○危険船 □印 ○Trial Simulationの表示	○Range ○Bearing ○Course ○Speed ○CPA ○TCPA	○Manual Input ○結果は CRT ディスプレイに表示 ○Auto Target CPA=min CPAにするための算出角度を計算し、ディスプレイ表示する90°以内にないときアラーム	○レーダ ○コンピュータ ○INDICATOR & OPERATOR PANEL	約 3,000万円 (レーダ 含まず)
星光丸 衝突予防 システム	「船舶の高層 集中制御方式 の研究」 日本造船研究 協会 日本船用機器 開発協会	3 cmおよび 10cm (同軸)	16NM	Auto および Manual (ライトペン)	Auto および Manual (同時可能)	10	ブザー ランプ	Relative, North-Up	16" Bright Display (TV Scan)	○追従目標にNo. ○Velocity Vector (6分間隔で5点) ○Trial Simulationの表示	○Target No. ○Bearing ○Distance ○Course ○Speed ○CPA ○TCPA	○Manual Input (New Course と New Speed) ○結果は CRT ディスプレイおよび CPA, TCPA をディスプレイで表示	○レーダ ○増設装置 ○海面反射除去装置 ○目標判別装置 ○表示装置 ○コンピュータ	

1.2 座礁予防システムの評価

1.2.1 まえがき

座礁予防の手段として、超音波探知装置（ソナー）を船首に装備し、前方海底の地勢を判別することを目的とし、更にこの装置を船舶の高度集中制御の中の一つのシステムとして電算機制御にも関連づけ、船舶の座礁予防を行うことを目標として、昭和43年度より研究を開始した。

初年度は三井造船（株）および（株）光電製作所が中核となつたワーキンググループがSR-106航法システム分科会の中に於て本研究を行つた。翌年には更に日立造船（株）および（株）日立製作所が加わり、ワーキンググループにかわつて座礁予防システム小委員会の形となり、本年度まで研究を継続してきた。

小委員会においては二つの方式を研究対象とした。即ち、日立造船・日立製作所グループが担当する直接暗礁探知方式と三井造船・光電製作所グループが担当する間接探知方式とである。

夫々の方式が目標として指向するところは、主として、前者は比較的浅海域に於ける暗礁を直接に高精度の測深を行うものであり、後者は上記海域を主眼とするのではなく前方海底地勢をマクロ的に探知することによつて得た判断を基として航行上の援助を行うものである。

電算機制御との関連については、直接探知方式は当初より電算機制御を当面考慮しないものとして発足した。他方、間接探知方式においては、信号処理および地勢の判別などに電算機制御を用いるシステムを当初開発の目標としていたが、ワーキンググループおよび小委員会で検討の結果、電算機制御によることなく、単にスキヤニング方式の地勢表示をブラウン管表示のみによる直視方式に変更して研究を継続したものである。

超音波の海中伝播諸特性および装置の一部としての発・受信器の構造などについては、本研究開始以前に既に数多くの高度な調査および研究の成果があり、それらを基礎として本研究も進展を見たものであるが、前方海底を探知する目的に商船に装備されるソナーは未開発の分野に属していた。対象を商船とした場合に受ける制約即ち、

送・受波器の水深位置が浅いこと、寸法的に大きくなり得ないこと、経済的に採用し易い価格であることなどを考慮した場合、性能面での限界が必然的に発生するが、その可能限界については実際にソーナを試作し、海上実験を行うことにより初めて解明されるものと結論づけられた。

二つの方式は全く異つた探知原理に基づき装置が構成されている。各装置共、日本船用機器開発協会事業により開発され、これを日立造船・日立製作所グループでは日安丸に搭載して、実船実験を行い、一方、三井造船・光電製作所グループでは駿河湾内での海上漂止状態の実験と更に航走雑音研究のために、大豪丸に雑音測定装置を実装し航海実験により総合的に基本性能を求め、共に開発した方式の性能限界を確認した。

本年度はこの二方式につき評価を行つた。

直接探知方式は日安丸に搭載し、諸海域で記録した結果を解析したものであるが、間接探知方式は上記の実験結果を基としているが、更にブラウン管直視方式に変更し、それに伴う必要な装置構成上の改善変更が加つた場合を想定した評価も行つている（1.2.5項）。

評価のための本報告書の内容は下記の通りとした。

- | | |
|------------------|--------------------|
| 1.2.1 まえがき | 1.2.2 開発の経過および設定目標 |
| 1.2.3 設定目標に対する結果 | 1.2.4 新しく発見された問題点 |
| 1.2.5 適用範囲 | 1.2.6 予想価格 |
| 1.2.7 今後の指針 | 1.2.8 あとがき |

上記項目中 1.2.2 項より 1.2.7 項までは各項とも見出しの大小にかかわらず(a)項を直接探知方式とし、(b)項を間接探知方式として記述した。

1.2.2 項において初年度より昨年度までの開発経過をのべると共に、各方式が夫々探知目標に対して如何なる性能を具備すべきかを検討した結果と、機器の諸元を決定した技術的根拠とを各要目毎に説明した。

1.2.3 項において、設定目標に対し、如何なる結果が得られたかを性能面についてのみ述べ、考察を加えた。

1.2.4 項において、実験結果によつて明確となつた問題点、即ち当初の性能諸元の決定時期に想定しなかつた問題或いは予想値が得られず性能面での支障をもたらした点につき述べた。

1.2.5 項において、開発された現在の試作機が如何なる範囲内で適用可能かを述べた。範囲の分類については運用面より考えて、距離の遠・中・近および極近に対しての適用を想定した。但し、この場合においても海域の浅深および温度勾配が性能面に大きい影響を与えることから海域および海況の状態区分も考慮した。これにより超音波ビームが最も理想的な状況で送受される場合から最も悪い状況での場合までの適用の推定を行つたものである。尙この適用に対しては間接探知方式については、昨年度の研究机上における性能向上手段の検討結果を折込んだ場合について想定を行つた。

1.2.6 項において、予想価格を述べた。直接探知方式はソーナドームを考慮しているが、ドームは使用者の意向により、不要な場合もあると考えられる。又、間接探知方式においては、当初に電算機と結合することを想定して開発した装置（除、電算機制御関係装置）の場合と、ブラウン管表示のみによる直視方式の装置を開発した場合とについて述べた。

1.2.7 項において、ソーナによる本座礁予防システムが本質的に有する問題点と、各方式毎に付随する問題点とについて現在の技術レベルをもつて解決し得るか否かを述べ、更に本研究に付随して試作した現在の機器を、より実用化に近づけるために採用可能な改善点を述べた。

1.2.2 開発の経過および設定目標

(1) 開発の経過

座礁予防システムの開発において、SR-106 研究部会航法システム分科会（以下、本分科会という）以前の経過を述べずして、実態を審かにはできないが、紙面の都合上、ここでは運輸省補助金による研究及び本分科会に直接関連する範囲内の報告にとどめる。

(a) 直接探知方式の開発経過

(i) 運輸省試験研究補助金による試作研究経過

昭和40年代に入りタンカーはますます大型化される機運にあり、運輸省ではこれら大型タンカーの座礁事故を防止することを政策の一環として採り上げ、特にマラッカ海峡を対象とした座礁予防システムの開発に着手した。株式会社日立製作所は41年度より43年度まで「音波による巨大船用暗礁探知方式の研究」なる題目で試験研究補助金の交付を受け、この目的に沿つた装置の開発を3ヶ年

計画で実施してきた。

当初の計画では1000m乃至1500m前方の暗礁の断面形状を直視的にブラウン管上に表示させるものであり、初年度は基礎調査および部分試作、次年度は全装置の試作、最終年度は海上実験という手順の設定であつた。

各年度毎の研究経過の概要は次の通りである。

(イ) 昭和41年度

1) 音道屈折の問題とその対策、2) 海底の音波反射率の検討、3) 船体動揺の検討とその対策、4) 開発すべき装置の規模と仕様等の種々の問題について基礎的な調査検討を行つた。また計画した暗礁探知方式に適合するブラウン管映像表示のためのスキヤニング装置の部分試作を行つた。

上記の1)～4)の問題点については文献、資料の不足などにより必ずしも問題点の全貌をつかみ得たわけではなく、未知のものも若干あり、最終的には実船実験の結果から判断すべき事項が存在していたが検討を進めてゆく手順として未知な部分については或る程度の数値予測を基とした。

(ロ) 昭和42年度

41年度の基礎検討を基にして装置全体の試作を実施した。試作装置は主として探知性能の確認を主目的としており、即実用化可能な形とはしていなかつた。

(ハ) 昭和43年度

沼津市淡島において、海上実験を行つた。ただし試作装置は陸上に設置し、送受波器は桟橋上から吊下げ機構を使用して海中に吊下げた状態で実験を行つた。

43年度に至り、SR-106「船舶の高度集中制御方式の研究」部会が発足し座礁予防システムもこの中の一環として実施されることになつた。株式会社日立製作所はこれ迄は独自に運輸省補助金により前記の目的（暗礁断面のブラウン管表示）に沿つた装置の開発を行つてきたが、本年度に至りSR-106との関連により前記装置では規模的にも大型であり、またSR-106の目的に適合した方式でなく、運用性能上、価格上種々な問題が生じてきた。

かかる情勢により運輸省の意向もありこれまで開発の目標としてきた探知方式を変更し小型化、簡易化、低廉化を計りSR-106の目的に合致した装置を実用化してゆくという方向に計画の転換をはかつた。

以上述べた理由により今後実用化すべき装置の方向づけを行うため、特に本年度の研究題目には「装置の小型簡易化」と「実用化のための総合検討」を採

り上げ、かつ海上実験においてもこの主旨に沿った実験も併せて実施した。

(ii) SR-106 研究部会本分科会に関連する研究経過

(i) 昭和44年度

前年度に基礎検討を行つた新方式による暗礁探知装置を提案し、日本船用機器開発協会事業により試作を行つた。この方式は既に報告が為されているように船体動揺補正機能を付与した尖鋭な超音波ビームにより前方の海底を直接探知するものであり、今迄の方式（運輸省補助金研究の方式）が多ビームを使用してスキャンニングによりブラウン管に映像表示を行い、かつ常時監視を必要としたのに対し、記録器と警報器とを併用して常時監視の必要を無くした点、ならびに1ビーム方式とすることにより簡易化を計り、かつ将来において電算機と結合して緊急時の自動操船機能を付与することに目標を置いた点が大きな特長である。

この試作と併行して日立造船株式会社は新方式に適合する座礁回避航法のソフトウェアを開発し、更に日立造船株式会社と株式会社日立製作所との共同研究のもとに実船装備の際に使用するソーナードーム前面の音響透過窓の音響特性の解析ならびに計測実験を実施した。

(ii) 昭和45年度

前年度試作の装置を日正汽船株式会社と山下新日本汽船株式会社の協力を得て両社の共有する20万トンタンカー日安丸に搭載しマラツカ海峡經由ペルシヤ湾航路において実船実験を行つた。なお日安丸への試作装置の装備ならびにソーナードームの設計、製造、取付は日立造船株式会社が担当した。

最終的に暗礁探知装置を実船に搭載し、実海面で実験を行つたのは今回が初めてであり、今迄音道屈折、海底の音波反射率、残響等の問題のうち資料不足などにより部分的には予測した数値を基に、基本設計を行つてきた結果について初めて総合的な評価が下され得る段階に至つた。

(b) 間接探知方式の開発経過

この方式の発想は、超音波による水平探知距離は1~1.5 kmが限度と考え、直接探知方式における音道屈折の困難さを避けるため、これに代る間接的な探知方法として、前方500~1000 mの海底傾斜状態の探知信号から、それ以遠を推定予測することにより、座礁を回避する方法が有効ではないかとの提案によるものであり、主として、急峻な海底立上りの海域または海山などによる座礁の回避に対処する目的をもつて開発されたものである。

そして、この方式は、探知部の試作研究、方式の調査研究、探知部の性能確認実験研究、性能改善研究に分かれ、次の経過により開発された。

(i) S R - 1 0 6 研究部会本分科会に関連する研究

(i) 昭和 4 3 年度

・ 探知部の試作研究

日本船用機器開発協会事業により、比較的細い超音波ビームをなるべく広角度に亘り、高速度で垂直方向に振り揺らせ、自船の進行方向前方の海底断面形状を探知する探知部と、この探知信号中の不要信号または妨害信号などを排除くとともに、電算機処理に必要な信号のみを記憶させておくための電算機入力信号検出部と、この検出部より与えられる海底状況探知情報信号から未来海底の予測と回避操船信号とを得るための電子計算機部を以つて構成される座礁予防システムを開発する目的で、その探知部のみが、先行して開発された。

この開発は東京商船大学茂在寅男教授を委員長とする委員会により実施計画及び設計の検討が行なわれ、株式会社光電製作所が試作を行つた。しかし、現物の性能確認については、期間の不足と確認方法及びその規模に難点があり、相似の小型機による性能確認結果をもつて想定し、実物については別途計画することで研究を終了した。

・ 方式の調査研究

本分科会により、前項の探知部の試作研究に関連して、超音波探知能力の検討、同似装置の能力の調査、海底地勢と航路、座礁事故例の調査、センサーの装備位置の検討、船体動揺の検討、海底と魚群などを識別するための魚探データの解析、暗礁予測計算プログラムの作成および計算、海上模擬試験などにつき調査研究を行なつた。

この研究は、探知部の性能諸元の設定およびその後の方針変更などの基礎資料として寄与している。

(ii) 昭和 4 4 年度

・ 探知部の性能確認実験研究

本分科会により、座礁予防システムの性能確認研究の一環として、昭和 4 3 年度に試作された探知部を浮立式水中ヤグラに装備し、海中漂止状態で、三津浜沖において探知能力の実験確認を行なうとともに、大豪丸（約 6 万トン）の

バルバスバウ部における航行中の雑音を、別の雑音測定装置により実験測定した。この両者の結果より、探知距離が約1500mであることを確認した。しかし、実船装備実験を行なうには、相当多くの問題が残されていることも確認された。

(イ) 昭和45年度

・性能改善研究

本分科会により、探知部・電算機入力信号検出部および電子計算機によつて構成されるシステムならびに未来海底の予測については困難があるので、昭和43年度に試作した探知部に対し、ブラウン管の表示方式及び受信指示器の構成の変更、船体動揺修正及び暗礁接近警報の付加などの改善を行なつたものを直視式の座礁予防装置として用いる案につき、その改善方法と予想機能の机上検討を行なつた。

(2) 設定目標

座礁予防システムの性能については、一般的に4km前方の暗礁を探知したいとの要望が強いが、これは到底不可能な問題であることは本分科会でも発足当初より認められている。従つて、それに代わるか、または少しでもそれに近いものを開発する目的をもつて、両方式とも、それぞれ性能諸元の目標を設定した。この設定目標と、これに対する使用者側要望および目標の設定理由は次の通りである。なお、設定目標にもとづく系統構成をそれぞれ図1.2.2.1および図1.2.2.2に示す。

(a) 直接探知方式の設定目標

(図1.2.2.1参照)

(i) 原理

(1) 設定目標

垂直方向に鋭い指向性で超音波をほぼ水平に一定の角度で前方に発射し、前方海底からの反射波を直接受信してこれを可聴音に変換して警報器により警音表示を行うとともに記録器により記録紙上に記録する。こうして船が進行してゆくとき記録紙上には前方海底の起伏状況が近似的に記録される。なお、超音波の送受信方向を常に一定に保つためにベンジユラム方式により船体動揺の補正を行う。記録紙上には前方海底までの距離が記録され、直接的には水深の形では表示されないがエコーサウンダーを利用して過去の時間に記録された現在

位置直下の探知記録に対して同じく現在位置直下の水深値を適用することにより音道屈折の誤差も含めて校正が為される。この校正により、記録紙上で距離に対応して記録される前方海底は水深値に換算して読み取ることが出来る。

(ロ) 使用側要望

- 1) 前方海底を直接探知して、その水深値を計測できること。
- 2) 音道屈折ならびに船体動揺による計測誤差を補正できること。
- 3) 装置は運用上、簡便であり、且つ安価であること。
- 4) 電算機と結合して自動化が可能な方式であること。

(ハ) 設定理由

上記(ロ)項のうち4)は将来の実施事項とし、当面1)～3)を満足させる方式とした。

(ii) 機器構成、動作および装備配置

(イ) 設定目標

・送受波器

超音波の送波および受波を行う部分であり、バルバスバウ先端下部に取付けられるソーナードーム内に装備する。

・送振器（送信器）

送受波器に送信電気エネルギーを供給する部分であり、船首区画内に設置する。

・動揺修正増幅器

送受波器で受信したエコー信号の増幅を行うほか、送受信ビームを船体動揺に関係なく常に定められた角度内に保持させる部分であり、船首区画内に設置する。

・動揺検出器

船体動揺をペンジユラムにより検出し、送受信ビームを電氣的に制御する部分であり防水防爆容器に収めて中央甲板上に設置する。

・ 記録器

受信されたエコー信号を記録紙に記録するほか、各種の操作を行う部分であり、ブリッジ内に設置する。

・ 警報器

警報音としてエコー音を発生する部分であり、記録器と共にブリッジ内に設置する。

(ロ) 使用者側要望

甲板設置部分は特にNK認定による防爆性を有すること。

(ハ) 設定理由

送振器と動揺修正増幅器とは送受波器との間で信号授受を行う関係上ケーブル内での伝送損失を少なくするため、送受波器に最も近い船首区画に設置する必要がある。

動揺検出器は原理上船体の重心に近い中央甲板に設置する必要がある。

(ニ) 探知距離

(1) 設定目標

マラッカ海峡において1500m以上探知可能とする。

(ロ) 使用者側要望

急速停船を行うと考えたとき、船の長さの10倍以上、20万トンタンカーにおいては4000m以上は探知距離が必要である。

(ハ) 設定理由

音道屈折は水温傾度により左右されるが屈折による湾曲が小さい場合でも水深20mの暗礁に音波が到達できる距離は2000mが限度であり、マラッカ海峡の底質を岩混りの砂と想定して音波反射強度の低下を考慮すると探知距離は1500m位になる。

(イ) 暗礁水深測定精度

(1) 設定目標

1500m前方で3m

(ロ) 使用者側要望 1.5 m 内外

(ハ) 設定理由

音波のビーム幅を狭めれば測深精度は向上するが送受波器が大型化し、装備性、経済性が問題となる。また動揺検出器の検出精度もペンジウム方式である以上高精度を得るには若干問題がある。

(V) 周波数

(イ) 設定目標 40 K H z

(ロ) 使用者側要望 特になし

(ハ) 設定理由

探知距離を主体とし、送受波器の小型化およびビームの尖鋭化を考慮すると50 K H z 以下が望ましい。特にこの方式ではビームの尖鋭化を重点に考え、比較的高い周波数とした。

(VI) 送振器電気出力

(イ) 設定目標 4 K W

(ロ) 使用者側要望 特になし

(ハ) 設定理由

経済的見地から、現在普及している超音波探知機の出力の最高限度を選んだ。

(VII) 受信ビーム幅（半減値角）

(イ) 設定目標

水平方向 3° と 12° とを切換え可能
垂直方向 15'

(ロ) 使用者側要望 特になし

(f) 設定理由

水平方向 まず 12° の広い範囲 (1500 m 前方で 300 m 巾) を監視し、探知してから正確な方向を知るため 3° に狭め、(1500 m 前方で 78 m 巾) 方位の分解能を上げる。78 m 巾は 20 万トンタンカーの巾の 1.5 倍に相当する。

垂直方向 送受波器の寸法を大型化しないで (高さ 1 m 内外) かつ、周波数 40 KHz で得られる最大限度とした。

(viii) 水平面内探知範囲

(i) 設定目標

船首方向を中心とし、切換えにより左右各々 17° の範囲

(ii) 使用者側要望

船が旋回して回避しても或る程度迄は暗礁を監視できるだけの探知範囲を有すること。

(f) 設定理由

要望通りとすれば少なくとも船首方向を中心として左右各々 45° 位は探知できることが必要であるが、送受波器を固定したままで、電気的な手段でビームを左右に振らす関係上、技術的な理由により、可能な最大限度の 17° とした。

(iv) 送信パルス幅

(i) 設定目標 3 m s

(ii) 使用者側要望 特になし

(f) 設定理由

現在普及している超音波探知機の標準値とした。

(x) 距離測定精度

(i) 設定目標 3 % 以下

(ロ) 使用者側要望 特になし

(ハ) 設定理由

記録器のモーター回転精度および記録ペンの走行精度から設定した。

(Xi) 動揺修正範囲

(イ) 設定目標

ピッチングが水平を中心として $\pm 4.5^\circ$ 以内であれば修正可能。

(ロ) 使用者側要望 特になし

(ハ) 設定理由

20万トンタンカーにおいては最大限度のピッチングを考慮しても、実用状態では 4.5° を越すことはない。

(Xii) 動揺修正方式

(イ) 設定目標 ペンジュラム方式とする。

(ロ) 使用者側要望 特になし

(ハ) 設定理由

ジャイロは高価であり、また摩耗が多く短寿命なので、若干精度を犠牲にしても安価、簡易、長寿命の特長を活したペンジュラム方式を採用した。

(Xiii) 表示

(イ) 設定目標 記録紙に記録

(ロ) 使用者側要望 特になし

(ハ) 設定理由

ブラウン管表示に比べ安価である。また、記録が残ることにより前後の記録の相関性からエコーが弱い場合でも判別し易い。

(b) 間接探知方式の設定目標

(図 1.2.2.2 参照)

(i) 原 理

(イ) 設定目標

アレイ型受波器の受波信号を電子的にコントロールして、なるべく細い超音波ビームを高速で、広角度に亘つて振揺らせるいわゆる高速広角スキヤニング方式の超音波探知により、前方海底の縦断面を探知する。

(ロ) 使用者側要望

狭まい探査角度で、ビームをなるべく細くし、極力遠方を探知したい。

(ハ) 設定理由

表層雑音・音道屈折・船体動揺・海面のウネリなどにより浅い暗礁に対して音波を到達させる困難さを避け、また、砂の海底に対し、反射信号が得られるビームの入射角限度を考え、広角スキヤニングにより、なるべく手前側の海底より連続的に探知限度までの海底線形を探知し、経験及び海域を加味して予測する方法をとることを考えた。また、転舵時及び不時の瞬間探知を考え、高速スキヤニングにより、全貌の瞬間探知を可能にしようと考えた。

(ii) 機器構成・動作および装備配置

(イ) 設定目標

・送受波器（センサー）

超音波ビームの送波と受波とを行なう部分であり、バルバスパウ先端に埋設する。

・送信器

超音波送波用の電氣的出力を発生する部分であり、船首区画付近に装備する。

・受信指示器

送波の指令操作及び受波の電子的スキヤニング操作を行なう走査器と、受波信号を増巾する受信器と、各部動作をブラウン管で確認する観測器とを一体にしたものであり、後に接続する予定の電算機入力信号検出部に情報信号を与え

る部分である。送信器と同様、船首区画付近に装備する。

(ii) 使用者側要望

送信器及び受信指示器はブリッジに装備したい。

(i) 設定理由

受波器と受信指示器間は多数のケーブルで接続され、また、送波器と送信器間のケーブルは高圧・高電流パルスが流れることを考え、各器間を極力短距離とし、これらの機器から電算機入力信号検出部まで、または、それ以後の情報伝送のみを船首区画より後方の居住区画へ伝送する方法により、装備経費の軽減を計ろうと考えた。

(iii) 探知距離

(i) 設定目標 500 ~ 2000 m

(ii) 使用者側要望 4000 m 以上

(i) 設定理由

音道屈折は水温傾度によつて異なるが、比較的大きい水温傾度でも約500 m程度までは、ほぼ直線とみなし得ること及び、在来の経験より1000 m程度が実質上の探知限度ではないかと想定されたが、周波数の低下とビームの向上投射などにより、極力遠距離化を計ることとし、2000 mとした。

(iv) 周波数

(i) 設定目標 20 KHz

(ii) 使用者側要望 特になし

(i) 設定理由

探知の遠距離化を主体とし、送受波器の小形化およびビームの尖鋭化を考慮すると、50 KHz以下が望ましい。特に、この方式では広角スキヤニングを重点に考え、比較的低い周波数とした。

(V) 送信器電気出力

(i) 設定目標 10KW

(ii) 使用者側要望 特になし

(iii) 設定理由

経済的見地では、現在普及している超音波探知機の出力の最高限度4KWを考えたが、可能性を追求する意味で、その2倍以上とした。

(VI) 受信ビーム巾（探査ビーム巾）とスキヤニング角度（探査巾）

(i) 設定目標

受信ビーム巾 垂直方向3°, 水平方向31°

スキヤニング角度 垂直方向50°

(ii) 使用者側要望

受信ビーム巾 垂直方向0.5°以下, 水平方向 特になし

スキヤニング角度 特になし

(iii) 設定理由

垂直方向については、広角スキヤニングの場合20KHzのような低い周波数で1°以下のビームを得るには受波器が5m以上に及ぶ超大型のものとなり、装備ができないので、装備できる程度の大きさにおけるビーム巾（約3°）を基準に考えた。

また、なるべく手前側の海底より連続的に探知するため、スキヤニング角度を大きくとろうと考えた。しかし、原理上、スキヤニング角度を広くするとビームも必然的に広がってしまうことなどを考慮し、それぞれこの辺が適値と考えた。

水平方向については、受波器の小型化を主とし、他船とのズレ違い転舵などに対する安全範囲巾が或る程度広い方が良く考えた。

また、実験の結果、可能性があれば、将来この装置を水平スキヤニング形式に変形（送受波器を横にし、パルス巾を極度に狭くして、ポ

トムソーナ式に変わる)し、小丘的暗礁間や浅い海峡の徐行通抜け用として転用することも考え、この辺が適値と考えた。

(vii) スキャニング速度 (ビームの振り揺らし速度)

(i) 設定目標 1.33 m s / 50° (探知ピッチ = 1 m)

(ii) 使用者側要望 特になし

(iii) 設定理由

電算機処理上からは探知ピッチが5 m程度でも充分と考えられたが、信号対雑音比と情報密度の向上を考え、電算機入力信号検出部で適宜必要ピッチで選択しようと考えた。

(viii) 処理用情報出力信号

(i) 設定目標

角度信号 1° 毎

距離信号 1 m 毎

同期信号 毎送信時

探知信号 (エコー信号)

(ii) 使用者側要望 特になし

(iii) 設定理由

計算し易い単位とした。同期信号は探知情報の更新及び識別同期用として利用することを考えた。

(iv) 観 測

(i) 設定目標

ブラウン管 B スコープ表示 (横軸: 探知距離, 縦軸: スキャニング角度)

(ii) 使用者側要望 特になし

(イ) 設定理由

送信及び受信状態、特に残響処理の確認を容易にするため、送信付近を拡大表示すると共に、電算機入力信号検出部のマトリクスメモリーの配列に相似させようと考えた。

(3) 主要性能諸元

前項の設定目標に従つて設計した主要性能諸元は、それぞれ、次の通りである。

(a) 直接探知方式の主要性能諸元

○ 距離レンジ

2 4 6 0 m

○ 水平面内探知範囲

船首方向を中心として左右各々 17° の範囲

○ 送受信ビーム水平方向シフト

船首方向を中心として左右各々 3° ステップで9段階に切換え可能

送受信ビーム垂直方向シフト

水平面を中心として上下各々 $20'$ ステップで7段階に切換え可能

○ 暗礁水深測定精度

1 5 0 0 m 前方で 3 m

○ 受信ビーム幅 (半減値角)

水平方向 3° と 12° に切換え可能, 垂直方向 $15'$

○ 送信ビーム幅 (半減値角)

水平方向 12° , 垂直方向 2.6°

○ 送信パルス幅

3 m s

○ 動揺修正範囲

ピッチング $\pm 4.5^{\circ}$ 以内

○ 超音波周波数

4 0 K H z

○ 送振器電気出力

4 K W

○ 距離測定精度

3 % 以内

表示

記録紙に記録

警報

警音（エコー音）の発音

電源

AC 100 V, 60 Hz, 1 ϕ , 1 K W 以下

機器構成の外観・寸法および重量

外観・寸法および重量を図 1.2.2.3 に示す。

(b) 間接探知方式の主要性能諸元

距離レンジ

0 - 500 m, 0 - 1000 m, 0 - 2000 m

受信ビーム巾

垂直方向 3° , 水平方向 31°

受信ビームのスキヤニング角変

50°

送信ビーム巾

垂直方向 6.0° , 水平方向 39°

超音波周波数

20 K H z

送信パルス巾

10 m s

送信電気出力

10 K W

表示

ブラウン管 B スコープ（水平軸：探知距離，垂直軸：スキヤニング方向）

受波チャンネル数

18

スキヤニング速度

1.33 m s / 50°

処理用出力信号

角度信号 ... 1° 毎, 距離信号 ... 1 m 毎

同期信号 ... 毎送信時, 探知信号（エコー信号）

電源

AC 100 V, 1 ϕ , 50 ~ 60 Hz, 1350 V A

機器構成の外観・寸法および重量

外観・寸法および重量を図 1.2.2.4 に示す。

1.2.3 設定目標に対する結果

当初の設定目標に対する性能確認作業は、直接探知方式では実船装備実験により確認されているが、間接探知方式では実船装備実験に依らず、等価的な海中実験によって確認した。

それぞれの設定目標に対する確認結果と考察は次の通りである。

(a) 直接探知方式の結果

1.2.2項(2)に種々の設定目標を記し、それらに対する使用者要望と設定理由を述べたが、本項では結果として現われた性能面に関しての考察を行なうこととし、その他の設定目標に対しては省略する。

(i) 探知距離

(1) 設定目標

マラッカ海峡において1500m以上

(2) 結果

- ・シンガポール海峡では1500～2000m
- ・マラッカ海峡では1000m前後
- ・ペルシヤ湾では約1000m

(3) 考察

海底が岩砂の場合（シンガポール海峡）は予想どおり、探知距離が得られたがマラッカ海峡では海底が泥砂であり、音波反射率は予想値を下まわり、このため探知距離が短縮した。底質の差異による探知距離の变化の割合は予想以上であった。

(ii) 暗礁水深測定精度

(1) 設定目標

1500m前方で3m

(2) 結果

- ・マラッカ海峡では残響に妨害されてデータが得られなかった。
- ・シンガポール海峡では遠方まで探知できたが海底起伏が激しくエコーサウンダーの測深値との対応が得られなかった。
- ・ペルシヤ湾でのみ1000m前方で2～2.5mの測定精度が得られた。

(3) 考察

ペルシヤ湾では他に比べて水深が比較的深く、残響とエコーとが分離しており、かつシンガポール海峡ほど海底起伏が激しくなかったためエコー

サウンダーの測深値との対応がつけ易かった。

(iii) 動揺修正方式

(イ) 設定目標

ペンジュラム方式とする。

(ロ) 結果

工場内での静的試験では良好であった。実船実験では船体動揺がなく、追従性のデータは得られなかった。

(ハ) 考察

有効と思われるが、完全な証明を得るだけの実験機会が得られなかった。

(iv) 表示

(イ) 設定目標

記録紙に記録する。

(ロ) 結果

記録性および判別性は良好であった。

(ハ) 考察

エコーが弱い場合でも前後の記録による相関性から判別できるので記録紙記録は極めて有効である。

(c) 間接探知方式の結果

(i) 探知距離

(イ) 設定目標

500 ~ 2000 m

(ロ) 結果

1500 m程度と推定された。三津浜沖において行なった浮立式ヤグラによる海中漂止状態での探知データの探知余裕度も、20 KHz 雑音測定装置により大豪丸で行なった同船のバルバスバウ付近の航走雑音および海況雑音データで補正して判断した。

(ハ) 考察

感度時間制御 (STC) が計画通りの性能が得られず、近距離での分解能が低下していた。また、高速スキミング方式のため、記録観測ができません測定値が不安定であった。

(ii) 観測

(1) 設定目標

ブラウングラフ B スコープ表示

(2) 結果

送信および受信状態、特に残響処理の確認は比較的容易であった。距離掃引線の始点付近が送信による電源変動のため湾曲し、座標が正方形にならず、この付近の表示に歪みを生じた。

(3) 考察

B スコープのため、実形との関連が直読できないうで、実形に相似させるためには P P I スコープとすると共に送受信波の動揺（船体動揺）による表示像の動揺も修正して安定な表示像とする必要があると認められた。

1.2.4 新しく発見された問題点

研究試作計画後の調査および性能確認により発見された新しい問題点は次の通りである。なお、この問題に対する改善策については 1.2.7 項 (2) を参考されたい。

(a) 直接探知方式の問題点

- (i) 砂泥のうの海底ではエコー信号が著しく微弱となり、探知距離が短縮する。
- (ii) 浅海域において、残響がエコー信号も妨害する。
- (iii) 反射の強いところでの記録像が近距離まで斜の形状として記録され、このため暗礁と誤認される。（造研資料 No. 123-1 45年度航法システム報告書 P. 42 図 2.1-10 参照）
- (iv) エコーサウンダーの併用による音道補正方法は現場での実施に困難がある。

(b) 間接探知方式の問題点

この方式は進行前方の海底断面形状を探知する探知部と、探知信号より電算機処理に必要な信号のみを抽出する電算機入力信号機出力部と、未来海底の予測と回避操船信号とを得るための電算機とをもちいてシステム化する構想により、開発が着手されたが、その後の調査研究により技術上の困難があることがわかり、研究試作された探知部のみを利用し、このブラウングラフ表示像の観測を主体とする座礁予防装置として開発するように方針が変更されたので、この変更に伴う問題点を述べる。

- (i) B スコープ表示なので表示映像が相似せず、水平距離に対する水平尺度が著しく複雑になり、実態が直読できない。

- (ii) 常時観測することなく、暗礁が発見された場合にのみ観測できるように、直接探知方式と同様に追接警報を付加して省力化した。
- (iii) ブラウン管表示像の観測を主体とするような方針が変更されたため、受信指示器、装備位置をブリッジに移設することになるので、受信器との間の多数のケーブルが極度に長くなり、装備コストが高くなるほか、雑音の拾込が増え探知能力が低下する。

1.2.5 適用範囲

座礁予防システムの実用性は、海底状況（座敷および凹凸度）、浅海残響および音波屈折の度合いにより左右されるが、海域および目的によつては使用効果が期待し得る場合も少なくない。現状における適用可能範囲は、それぞれ大略次の通りであるが詳細対比については表1.2.5.1を参考せられたい。なお、それぞれの性能改善見通しについては1.2.7項(2)を参考せられたい。

(a) 直接探知方式

座敷が岩、リーフ等音波反射率が高く、かつ音波屈折の比較的少ない海域で、1500～2000 m 前方の海底をスワロビ、また1000 m 以近の海底を細密探知し、安全サイトに操船を行なうことを目的として航法の補助的な手段に使用することが適切と考えらる。

(b) 間接探知方式

距離の約 $1/20$ の水深と、約 $1/2$ の水平巾を分解能とし、垂直方向視角約 50° で距離約 1500 m まじりの海底断面図形を概略形を僅か2秒で探知できるので、航路未知または誤認による座礁を予防する目的の援助装置として使用するのが適切と考えられる。しかし、試験した探知部は目視判断用として開発されたものでないもので、少なくとも1.2.7項(2)(b)(i)(ii)(iii)の改善が必要である。従つて、この方式は1000～1500 m 前方の海底をスワロビに探知するのに適し、細密探知には不向きである。

1.2.6 予想価格

予想価格は昭和46年度ベースで、それぞれ次の通りである。

(a) 直接探知方式の予想価格

- (i) 装置 約 1000万円
- (ii) 装備 約 460万円 (ソーナドームを含む)

(6) 間接探知方式の予想価格

(i) 装置 (昭和43年度の試作品と同一のもの) 約1300万円

(ii) 整備 約350万円 (ソーナドームは含まず)

なお、昭和45年度の性能改善研究による装置の場合には、動振換出器の加設とケーブール整備の変更により約200万円増加する。

1.2.7 今後の指針

(1) 問題と解決の一般的見通し

新しく発見された問題点および従来より潜在する問題点に対するここ数年以内における解決の見通しは、それぞれ次の通りである。

(a) 直接探知方式の問題と解決見通し

(i) 音道屈折に起因する問題の解決

音道屈折そのものは物理的な現象ゆえ、音波が遠方まで到達できないような水温傾度の場合にはどの様な手段をもってしても現在の方式を採る以上解決の方法はない。

但し、南方海域での実船実験の結果からは、音道屈折の少ない海域では音波は2000m程度遠方には到達していることがわかった。

(ii) 砂泥質海底においてはエコー信号が微弱となり、遠方探知不能となる問題の解決

これは、強力な超音波を発信すれば或る程度は解決できる問題であるが、実際には大規模な送信器となるため、コスト・パフォーマンズの限界がある。このため一般的には雑音中から如何にして目的の信号を検出し得るかという点にある。現在この方面の技術は発展中であり、その主なものは信号相関演算処理という技術であって、不規則な雑音中に存在する信号の相関性から目的とする信号を検出する手段である。ICの小型化、高密度化の進む現在ではこの技術の応用により相当微弱なエコー信号でも検出できる可能性はあるが、飛躍的に探知距離を伸ばすことまでは期待できない。定量的には云えないが、音道屈折により探知距離が短縮する問題を別にすれば、現在よりも1.5～2倍遠探知距離を伸ばせるのが限度と思われる。

(iii) 浅海残響の問題の解決

送信信号をFM (Frequency Modulation: 周波数変調) 化し、上記(ii)項の信号相関演算処理と組合せることにより可成り残響妨害を軽減でき

る見込みであるが、これも現在発展中の技術であり、その効果の定量的な評価はあと1〜2年後となる。

(iv) 記録像が近距離まで斜の形状として記録され、暗礁と誤認される問題の解決

試作機では受信感度が一定であったものの受信指向特性から可成り外れた方向（近距離海底）からのエコーは本来除去されるべきところを、近距離海底からのエコーの強度が強いたの遠方のエコーと大差なく記録されてしまったことに起因する。

これは受信感度と、近距離エコーを受信するときに低下させ、遠距離エコーを受信するときに増加させるようなSTC (Sensitivity Time Control: 感度時間変化制御) 部分を付加することにより解決でき、その見通しもある。

(v) エコーサウンダー併用による音道歪補正困難な問題の解決

実船実験の結果では、シンカポール海峡の如く海底起伏の激しい海域では実際にはエコーサウンダー併用による音道補正方式は困難であることがわかった。

この代案としては水温センサーを船体吃水下に取付け、水温傾度を検出し、これから電算機を用いて音道予測計算を行なう方が有効と思われる。

(vi) 間接探知方式の問題解決見通し

(i) 表示像が相似せず実態が直読できない問題の解決

昭和45年度の研究により扇形PPエスコープ表示に変更すると共に、直接探知方式に用いられているペンジラムによる船体動揺検出器を導入してブラウン管掃引を相似動揺させ、海面および海底像の表示を安定させることにより、海面線および海底線像も実形に相似させて表示する方法で解決する見通しも得た。

(ii) 近接警報を付加して監視を省力化する問題の解決

昭和45年度の研究により、ブラウン管表示像面の目的位置にホトセルを配設して検出し、その検出信号で警音器を駆動する。要すれば積分回路を介在させて雑音による誤報を防ぐようにする方法で解決する見通しも得た。

(iii) ブラウン管表示部のフリッシュ移設に伴うケーブ〜装備コスト上昇

と、雑音拾い込み増加の問題の解決

昭和45年度の研究により、受信指示器内の走査部分だけ送信機と合体し、情報信号のウと船首正画よりフリッジへ伝送するように構成変更する方法で解決する見通しを得た。

なお、船首正画・フリッジ間の情報伝送も無線伝送化する案も考えられている。

(2) 試作機と実用化するときの実施できる改善

現時点で試作機を実用化する場合に、実施し得る改善点はそれぞれ次の通りである。

(a) 直接探知方式

(i) 送信信号のFM化と、信号相関演算処理（致害妨害の軽減と微弱信号の検出）

ハードウェアとしてはIC化された小型の専用演算器は実用化できる。但し、その改善効果は実海面での確認を要する。

(ii) STC回路（近距離エコーの減衰）

実用化できる。

(iii) 水温センサーによる音道予測計算

船体に装備した水温センサーにより水温傾度を検出し、例えば小規模な演算回路を用いて近似的に音道予測計算を行なうようなハードウェアは実用化できる。但し、その改善効果は実海面での確認を要する。

(b) 間接探知方式

(i) 表示像の突形相似化

ブラウン管の扇形PPIスコープ表示と、船体動揺検出器によるブラウン管掃引の相似動揺とにより、探知突形に相似化する方法が実施可能である。

(ii) 暗礁接近警報の付加

ブラウン管映像をホトセルで検出して警報する方法が実施可能である。

(iii) 機器配置変更による装備コストの低廉化

受信指示器内の走査器と送信器と合体する配置変更により、ケーブル装備コストを低減する方法が実施可能である。

1.2.8 あとがき

以上により座礁予防システムの詳細評価が行われたが、これらは次の如く要約し得る。

まず設定目標として決定された要目は、現時点での最高限度の可能性を追求したものであるが、尚且つそれのみでは、船舶の全ての運航状況に対して単独の座礁予防システムとはなり得ず、或る程度の範囲内においての効果を期待したものである。

装置の試作およびその実験の達成には、関係各界の総力を得て初めて可能であつた。下記については全て世界最初の事業と考えられている。

既述の要目を備えた暗礁探知ソナーの試作

日安丸に依つた運航時のソナーの海上実験

三津泊地沖で行つた電子スキヤニング方式探知部の実験（同種方式について）

大豪丸に依つた航走雑音測定の実験

斯様な大規模な研究事業の結果として、はじめてシステムとしてのほぼ全貌を明確に把握することが出来たものであるが、実船用としては、今一步の段階にとどまつた。

ここに研究の成果として1.2.3項に述べた性能面での結果および1.2.4項に述べた問題点が明確となつたことは、将来への礎石を築いたものとする。

今後の本システムの採用については、1.2.7項(2)に述べた改善を加えることによつて実船搭載が期待されるが、尚且つ運用面についての実験段階を経て、その評価を改めて行う必要があると考える。

電算機制御と本システムとの関連は、未解決の分野と考える。これはエコー信号処理の困難さ、海底地勢の多様性による形状判別の困難さ、音道屈折補正の困難さに加え、探知距離、探知範囲、分解能など性能上での限界が存在するためと言える。

初期の電算機制御を基とした間接探知方式の研究方針を変更し、直視方式として継続したことについては、上記の理由などによるものである。

将来、暗礁探知のために、超音波利用による方式が採用されることも予想されるが本システムの如く送受信器を船舶に搭載したシステムとなるか、或いは全く別のシステム例えばレーダビーコンに類似した音響ビーコンの様な方式になるかは未知のもの

である。しかし海中における超音波伝播特性が、光・電波のそれよりは優れていることから今回行われた本研究の成果が、今後の暗礁探知方式の開発に役立つことを期待致したい。

過去4ヶ年の長きにわたって本研究の完成のために御援助御協力賜った関係各位に対しまして、当座礁予防システム委員会より深甚なる謝意を表する次第であります。

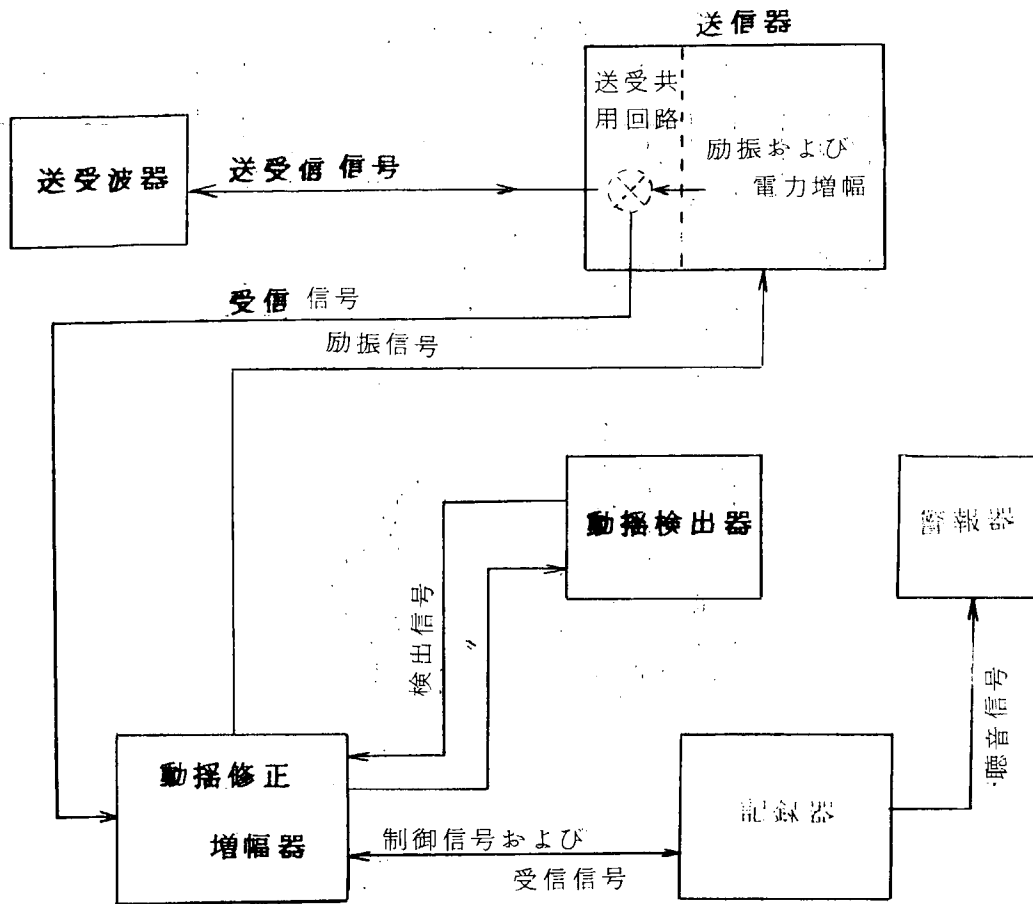


図 1.2.2.1 直接探知方式の系統構成

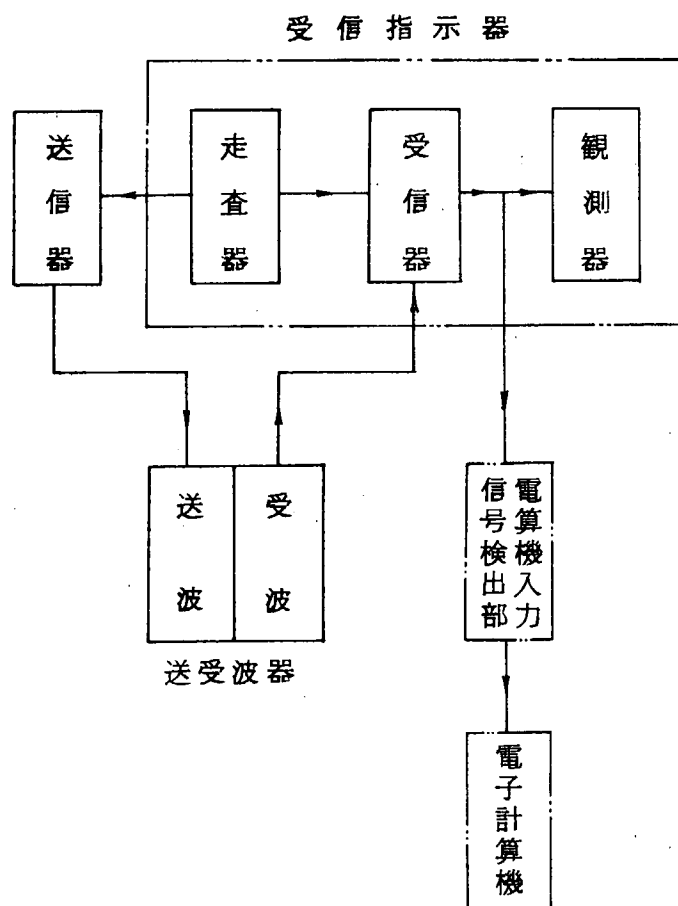
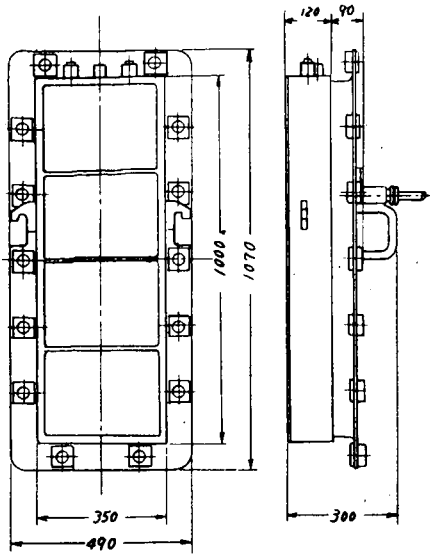
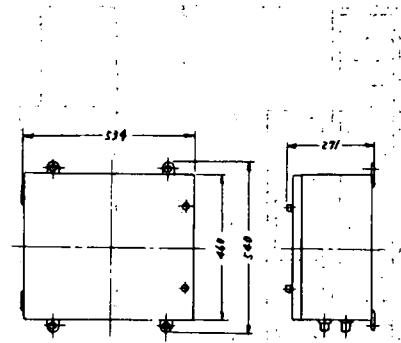


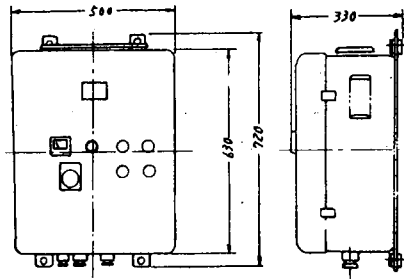
図 1.2.2.2 間接探知方式の系統構成



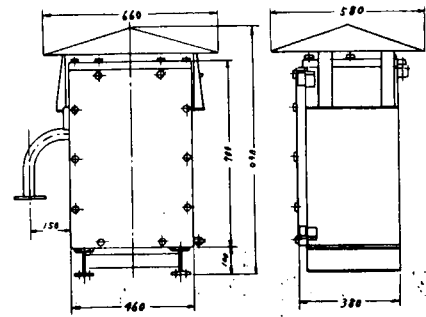
送受波器 220Kg



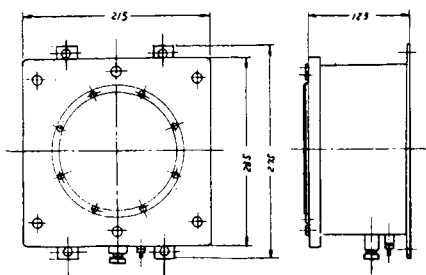
動揺修正増幅器 35Kg



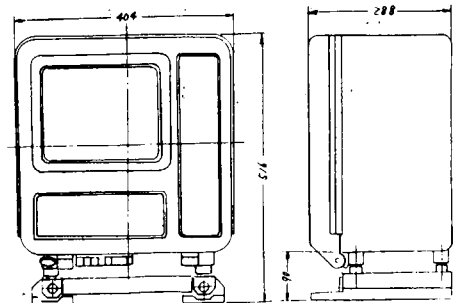
送信器 50Kg



動揺検出器 150Kg

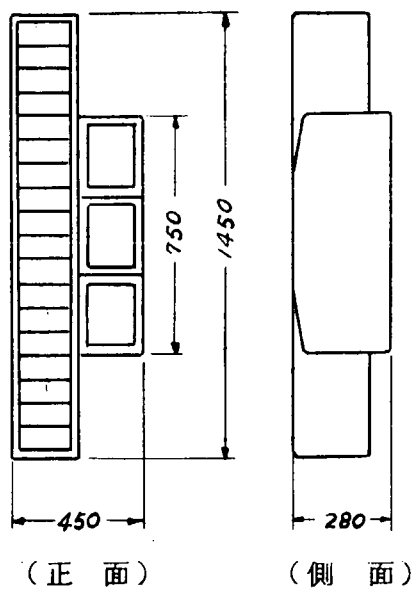


警報器 3Kg

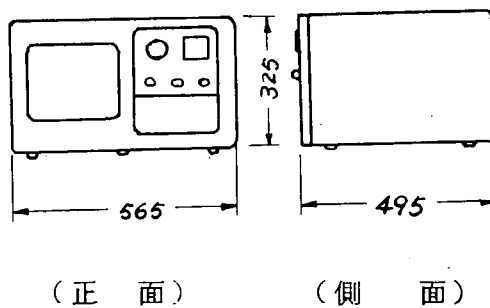


記録器 30Kg

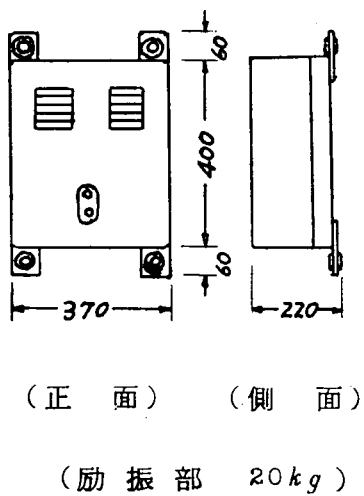
図 1.2.2. 3 直接探知方式の構成機器



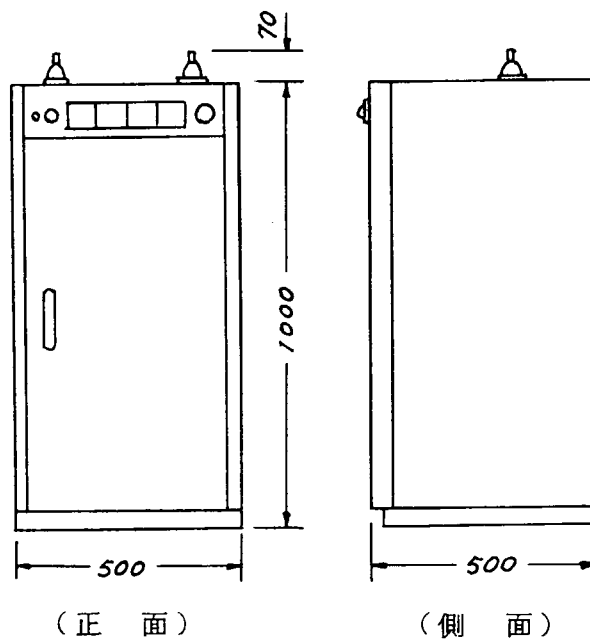
送受波器 110 kg



受信指示器 55 kg



(励振部 20 kg)



(出力部 70 kg)

図 1.2.2.4 間接探知方式の探知部の構成機器

表 1.2.5.1 座礁予防システム各方式の適用範囲

適用範囲を想定するについては、下記の研究段階の結果を基としている。

(a) 直接探知方式については、日安丸の実船実験による。

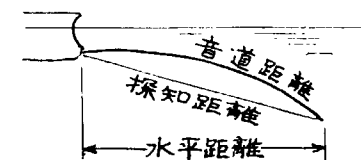
(b) 間接探知方式については、1.2.3項の実験結果を基とし、ブラウン管上表示による直視方式に変更のための必要な改善手段を加味した結果を想定したものによる。

探査対象 船舶航行状況				1. 残響が比較的少ない海域								2. 残響が比較的多い海域							
				1) 音道屈折が比較的少ない海域				2) 音道屈折が比較的多い海域				1) 音道屈折が比較的少ない海域				2) 音道屈折が比較的多い海域			
				(1) 直接方式の場合		(2) 間接方式の場合		(1) 直接方式の場合		(2) 間接方式の場合		(1) 直接方式の場合		(2) 間接方式の場合		(1) 直接方式の場合		(2) 間接方式の場合	
				(イ) 細密探知が可能か	(ロ) マクロ探知が可能か	(イ) 細密探知が可能か	(ロ) マクロ探知が可能か	(イ) 細密探知が可能か	(ロ) マクロ探知が可能か	(イ) 細密探知が可能か	(ロ) マクロ探知が可能か	(イ) 細密探知が可能か	(ロ) マクロ探知が可能か	(イ) 細密探知が可能か	(ロ) マクロ探知が可能か	(イ) 細密探知が可能か	(ロ) マクロ探知が可能か	(イ) 細密探知が可能か	(ロ) マクロ探知が可能か
A 全速航行時 (探知対象距離 遠距離および中距離)	大洋	沿岸	泥	1/4 (i) 遠距離には不向(探知距離不足) (ii) 中距離では泥砂以外で且約1000m以近では可	2/4 (i) 遠距離には不向(探知距離不足) (ii) 中距離では泥砂以外では可	3/4 (i) 遠距離には不向(探知距離不足) (ii) 中距離では不向(精度粗大)	4/4 (i) 遠距離には不向(探知距離不足) (ii) 中距離では泥砂以外で且約1500m以近では可	1/4 (i) 遠距離には不向(探知距離不足) (ii) 中距離では泥砂以外で且約1000m以近では可(但し音道補正使用時)	2/4 (i) 遠距離には不向(探知距離不足) (ii) 中距離では泥砂以外では可	3/4 (i) 遠距離には不向(探知距離不足) (ii) 中距離では不向(精度粗大且音道補正なし)	4/4 (i) 遠距離には不向(探知距離不足) (ii) 中距離では泥砂以外で且約1500m以近では可	1/4 不向(残響のため)	2/4 1. 1. (1) (ロ) に同じ	3/4 不向(残響のため)	4/4 1. 1. (2) (ロ) に同じ	1/4 不向(残響のため)	2/4 1. 2. (1) (ロ) に同じ	3/4 不向(残響のため)	4/4 1. 2. (2) (ロ) に同じ
			砂																
			岩																
			起伏																
B 半速航行時 (対象中距離)	大洋	海峡	泥	(iii) 上記(ii)に同じ	(iii) 上記(ii)に同じ	(iii) 上記(ii)に同じ	(iii) 上記(ii)に同じ	(iii) 上記(ii)に同じ	(iii) 上記(ii)に同じ	(iii) 上記(ii)に同じ	(iii) 上記(ii)に同じ	(iii) 上記(ii)に同じ	(iii) 上記(ii)に同じ	(iii) 上記(ii)に同じ	(iii) 上記(ii)に同じ	(iii) 上記(ii)に同じ	(iii) 上記(ii)に同じ	(iii) 上記(ii)に同じ	(iii) 上記(ii)に同じ
			砂																
			岩																
			起伏																
C 微速航行時 (対象中距離 近距離および極近距離)	大洋	湾内	泥	(iv) 上記(ii)に同じ (v) 近距離では全面的に可 (vi) 極近距離では全面的に可	(iv) 上記(ii)に同じ (v) 近距離では全面的に可 (vi) 極近距離では全面的に可	(iv) 上記(ii)に同じ (v) 近距離では全面的に可 (vi) 極近距離では全面的に可	(iv) 上記(ii)に同じ (v) 近距離では全面的に可 (vi) 極近距離では全面的に可	(iv) 上記(ii)に同じ (v) 近距離では全面的に可 (vi) 極近距離では全面的に可	(iv) 上記(ii)に同じ (v) 近距離では全面的に可 (vi) 極近距離では全面的に可	(iv) 上記(ii)に同じ (v) 近距離では全面的に可 (vi) 極近距離では全面的に可	(iv) 上記(ii)に同じ (v) 近距離では全面的に可 (vi) 極近距離では全面的に可	(iv) 上記(ii)に同じ (v) 近距離では全面的に可 (vi) 極近距離では全面的に可	(iv) 上記(ii)に同じ (v) 近距離では全面的に可 (vi) 極近距離では全面的に可	(iv) 上記(ii)に同じ (v) 近距離では全面的に可 (vi) 極近距離では全面的に可	(iv) 上記(ii)に同じ (v) 近距離では全面的に可 (vi) 極近距離では全面的に可	(iv) 上記(ii)に同じ (v) 近距離では全面的に可 (vi) 極近距離では全面的に可	(iv) 上記(ii)に同じ (v) 近距離では全面的に可 (vi) 極近距離では全面的に可	(iv) 上記(ii)に同じ (v) 近距離では全面的に可 (vi) 極近距離では全面的に可	(iv) 上記(ii)に同じ (v) 近距離では全面的に可 (vi) 極近距離では全面的に可
			砂																
			岩																
			起伏																

船舶の逆転停止距離(列)				探知距離に対する探知範囲など								角度 α																						
船種	速度	停止距離(Km)		(1) 直接方式の場合				(2) 間接方式の場合				Sin α (tan α)	15°	2.6°	3°	5°	12°	14°	7°	31°	15.5°	50°	6°	45°	1.5°									
		FULL	BALLA	探知範囲等(m)	水平巾 (3°)	垂直方向分解能(15°)	探知範囲等(m)	水平巾 (3°)	垂直方向分解能(15°)	0.0044	0.0454		0.0523	0.0872	0.2079	0.2419 (0.2493)	0.1219 (0.1228)	0.5151 (0.6009)	0.2672 (0.2773)	0.7660 (1.1918)	0.1045 (0.1051)	0.707 (1.0)	0.0262 (0.0262)											
20トンタンカー例	A 全速時 16ノット	FULL	4	探知距離(m)	2000	100	420	9	探知距離(m)	2000	1500	830	1150	78	音道距離	探知距離	水平距離	◎ 遠距離 2000m 以上をさす。	◎ 中距離 500~2000m 程度をさす。	◎ 近距離 100~500m 程度をさす。	◎ 極近距離 100m 程度までをさす。	◎ 音道補正は中距離以上では必要とする。												
	B 半速時 10ノット	FULL	2.4		BALLA	1.8	1500	80		315	7	500	26	105									2	100	5	21	0.4	50	2.6	105	0.2	28	38	2.6
	C 微速時 5ノット	FULL	1.2		BALLA	0.9	500	26		105	2	100	5	21									0.4	50	2.6	105	0.2	28	38	2.6				

◎ 細密探知が可能とは
暗礁を測深精度約5m以下で
判別出来ることをさす。
◎ マクロ探知が可能とは
主として深海(または凹凸の大なる
海底)の状況を概略探知し、航
法補助として利用し得ることをさす
(想定)。

◎ 最大可能探知距離
直接方式 約2000m
間接方式 約1500m



◎ 遠距離 2000m以上をさす。
◎ 中距離 500~2000m程度をさす。
◎ 近距離 100~500m程度をさす。
◎ 極近距離 100m程度までをさす。

◎ 音道補正は中距離以上では必要とする。