

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 4 6 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つておりますので、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45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）	芥川輝孝（日本船舶振興会）
委員	青山三郎（大阪商船三井船舶）	安積健次郎（電子航法研究所）
	井伊謙三（川崎汽船）	岡田正三（大阪商船三井船舶）
	木堂弘雄（船舶技術研究所）	田坂銳一（運輸省）
	真田 良（日本船主協会）	高橋百千（日本船舶機関士協会）
	千葉宗雄（航海訓練所）	中尾正光（ジャパンライン）
	土井正三（住友重機械工業）	埴田清勝（日本鋼管）
	原三郎（日本船用機器開発協会）	三嶋虎夫（大阪商船三井船舶）
	矢野鎮雄（石川島播磨重工業）	横田利雄（東京商船大学）
	木下共武（佐世保重工業）	黒川正典（日本郵船）
	宇田川達（日本航海士会）	佐藤茂（日立造船）
	高田正夫（日本船長協会）	竹沢五十衛（三菱重工業）
	土屋正雄（電子機械工業会）	土井由之（昭和海運）
	長谷川鍵二（川崎重工業）	林清（山下新日本汽船）
	丸尾卓志（日本船主協会）	元良誠三（東京大学）
	山田泰造（日本造船工業会）	吉識雅夫（日本学術振興会）

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）
	池村清（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（佐世保重工業）	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）	池田勲（航海訓練所）
サブリーダー	唐沢康人（石川島播磨重工業）	石川欣央（三菱電機）
委員	家入精二（日本電気）	市瀬冽（東京タンカー）
	池野孝（山下新日本汽船）	伊原松太郎（富士電機）
	市瀬冽（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）

白居 熟	(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	(日本钢管)
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)
鶴ヶ谷 武雄	(日本電気)	寺本俊二	(北辰電機製作所)
飛河子 老	(協立電波)	温品秀雄	(日本無線)
野々瀬 茂	(三井造船)	野本謙作	(広島大学)
長谷川 敬	(三菱重工業)	原 昌三	(三菱重工業)
人見重美	(大阪商船三井船舶)	平塚司郎	(日本郵船)
藤本芳雄	(ジャパンライン)	藤原潤一	(古野電気)
町田運八	(光電製作所)	松田秀彦	(富士通)
松本吉春	(神戸商船大学)	松山辰郎	(富士通)
水上 弘	(川崎汽船)	向山泰	(川崎重工業)
毛利武弘	(大阪商船三井船舶)	空中勝	(日立造船)
茂在寅男	(東京商船大学)	元良誠三	(東京大学)
山内保文	(船舶技術研究所)	山崎芳嗣	(佐世保重工業)
山田昭二郎	(三井造船)	山中恒夫	(東京芝浦電気)
渡辺四郎	(川崎重工業)	渡辺幸生	(運輸省)

航法システム分科会評価システム小委員会委員名簿(敬称略、順不同)

主査	坂野 希	(石川島播磨重工業)	飯塚 登	(大阪商船三井船舶)
委員	青木 崇	(東京計器)	岡田 高	(沖電気工業)
	大曲恒雄	(東京芝浦電気)	木村 小一	(電子航法研究所)
	北里賢二	(沖電気工業)	黒田勇雄	(三光汽船)
	黒川篤	(東京芝浦電気)	柴田幸二郎	(安立電波工業)
	小林 実	(北辰電機製作所)	鈴木良光	(日立造船)
	庄司和民	(東京商船大学)	寺本俊二	(北辰電機製作所)
	田村隆一	(川崎重工業)	二宮鎮男	(日本無線)
	徳田迪夫	(日本郵船)	原昌三	(三菱重工業)
	野々瀬 茂	(三井造船)	松本敦雄	(石川島播磨重工業)
	松田季彦	(富士通)	空中勝	(日立造船)
	水上 弘	(川崎汽船)	渡辺幸生	(運輸省)
	望月光宣	(三井造船)		

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 委	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)	筒 井 勇次郎 (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 遼 八 (光電製作所)	水 上 弘 (川崎汽船)
	塙 中 勝 (日立造船)	茂 在 寅 男 (東京商船大学)
	渡 辺 幸 生 (運輸省)	

航法システム分科会最適航路設定システム小委員会委員名簿(敬称略、順不同)

主 委	渡 辺 四 郎 (川崎重工業)	
委 員	井 上 篤次郎 (神戸商船大学)	今 村 宏 (運輸省)
	唐 沢 康 人 (石川島播磨重工業)	河 村 四 朗 (気象庁)
	菅 一 志 (東京計器)	田 口 賢 士 (大阪府立大学)
	田 村 隆 一 (川崎重工業)	徳 田 迪 夫 (日本郵船)
	福 田 甲子郎 (電子工業)	松 山 辰 郎 (富士通)
	水 上 弘 (川崎汽船)	望 月 光 寶 (三井造船)
	山 内 保 文 (船舶技術研究所)	渡 辺 幸 生 (運輸省)

目 次

(1. 航法システム)

1. 自動航法システムの開発	1
1. 1 船位測定システムの開発	1
1. 2 ドップラソーナを利用した自動航法の研究	7
1. 3 最適航路設定システムの開発	10
1. 3. 1 狹域最適航路設定システムの設計	10
1. 3. 2 狹域最適航路設定システムの実用的プログラムの作成	10
1. 3. 3 局所最適航路設定システムの設計	23
2. 座礁予防システムの開発	34
2. 1 直接探知方式による暗礁探知ソーナの実船試験	34
2. 2 間接探知方式による座礁予防システムの性能向上の検討	47
3. 緊急制動システムの開発	53
3. 1 システムの評価	53
4. 航法システムの評価試験	64
4. 1 陸上評価試験	64
4. 2 海上評価試験	79

1. 自動航法システムの開発

1.1 船位測定システムの開発

1.1.1 概要

本研究は43～44年度開発したロランの船位測定用プログラムの発展として全種の双曲線長距離航法であるオメガとの共用を考え共通のシステムインターフェースのシステムデザインおよびロラン用プログラムを一部修整し共用システムの基本的设计を実施するものである。

1.1.2 オメガシステムの特徴

オメガシステムは原理的にロランシステムと同様の双曲線長距離航法であるが、方式的に下記の特徴および相違点を有する。

- I) 測定要素が位相差のみである。
 - II) 基線長がロランの5～10倍の5,000 N.M.のオーダーであり、誤差の発散率が少ない。
 - III) 伝播モードが Wave guide Mode であり、伝播速度、伝播補整値等定数が異なる。
 - IV) 全データが空間波補整を要し、場所、時刻の関数である。
 - V) 局数が少なく局の定数は少なくてよい。
 - VI) 双曲線交差が通常3本以上とれるので、4～LOP程度の計算容量を必要とする。
 - VII) 8 N.M.毎に位相差のアンビギュイティがあり、得られる位相差はレーン数、パーセントレーンの2種を必要とする。
- 以上の特徴を生かすように、開発済のロラン用プログラムを変更し、更に両者の共用可能なシステムインターフェースを開発する事が必要である。

1.1.3 オメガ／ロラン共用のための検討事項

オメガ／ロラン共用の方式を開発するため留意すべき事項を検討すると以下のとおりである。

(1) 伝播補整

オメガ 10.2 KHz の伝播モードが Wave guide Mode であり、しかも伝播路長が極めて長いので、理想的な電離層、大地定数における理論値に対し地域的に伝播速度の補整が必要で、与えられた点に対し、この点と局の間の大圈距離差より機械的に位相差（レーン、パーセントレーン）を求める事は出来ず、地域による補整が必要である。

この補整方法はロランと同様正確なモデリングが不可能で、表を記憶する事によるテーブルルックアップ方式に依る以外方法がない。

(2) 空間波補整

オメガデータは電離層その他の影響による空間波の補整がその精度を決定する生命であつて、通常2～3 CEC から、場合によると 10.0～12.0 CEC (2π以上) の値の補整を要する。

この補整量はかなり大きな値となる事があり、しかも得られる情報が位置、時刻の関数で与えられており、しかもその刻みがかなり粗いので、精度の高い袖間計算を行なわねばならない。

この補整は現在 U.S. Navy Hydrographic Office より Sky Wave Correction Table と云う形で与えられており、手動測定の際はこの表を引くことにより目的を達している。

これを自動化する際は一般的にはこの補整量のモデリングを行ないこれにより計算機で算定するわけである。このモデルに対しては Swanson を始め、米 ITT NELC その他で研究発表されているが、現状では限定期域の P-P 法に使用出来る程度で、太陽黒点活動周期の一巡する 1970 年代後半迄は一般的に高精度で利用出来るものは入手出来ないようである。

そこで米国の現状を調査の結果、米 CGC Honeywell その他の製品にも採用されている Table - Look-up 方式に依る事とした。

この方式は記憶容量的に極めて不利であるが、その半面将来の改訂変更が容易なので差当り本方式を採用した。

(3) レーン識別

オメガシステムはデュカシステムと同様位相差測定により I.O.P 测定を実施しており、このため搬送周波数 10.2 kHz の $\lambda/2 \approx 8$ N.M.毎にアンビギュイティを生ずる。

従つて測定値はレーン数とパーセントレーンと云う形で表現され、レーン数はパーセントレーンの位相 2π 每の数を積算しているので、ある瞬時に於てはパーセントレーンの値のみ測定しているので、直接レーン数を知ることは出来ない。

そこで一般的には測定開始時に他の手段で知つたレーン数をセットし、その後は連続測定する方法に依つているが、現在 10.2 kHz と他の周波数 13.6 kHz を同時測定する事により、この差周波数 3.4 kHz の位相量を測定しアンビギュイティレンジを ≈ 24 N.M.とする方法が確立されている。

現用の航空用その他の高速移動体に於ては急加速、急減速、急旋回時にレーン数の計測が失なわれる可能性があるので常時 10.2 kHz、13.6 kHz、場合によつてはあと 1 波 11.33 kHz を同時測定し、常にコンファームし乍ら位置を求める事が行なわれている。

所が、我々が現在目的としている船舶の運動性能に對しては米海軍その他で最適の位相計測サーボ定数が出されてゐるので運動により積算が損われることはない。

又、Queen Elizabeth II 等の実例に依つてもレーン積算リセットの頻度は極めて少ないので、差当り我々の当面の計画としてはコスト効果を考え、多周波の同時受信は行なわず 10.2 kHz のみの連続受信に依り、異常時にはマニュアルで多周波受信レーンリセットを行なうか、又は D.R.位置を導入して再設定を行なうようにした。

(4) データのファイルタリング

ロランシステムとオメガシステムは夫々利用する搬送波、帯域幅、伝播形式が異なるので、測定値の真値からの分散もややその性質を異にしている。

すなわち、ロラン A に於ては RF 帯域幅、実効帯域幅共かなり広く、長期定点の観測に依るとそのデータの分散は余り画一的な形状ではなく、時刻、季節によりかなり変動が見られる。

これに対し、ロラン C に於ては実効帯域幅がかなり狭く出来、我々の観測データおよび 2~3 の公共機関の発表例によつても比較的分散の形は一定しており、ロラン A の場合よりはやや取扱い易い形態となつてゐる。

オメガに於ては我国の状況では余り良好な受信状況が得られず、又、国外の発表も少ないが、ロラン C の場合よりも更にガウス分布に近くかなり安定した分散形態をとつてゐる。

最近、米 N.E.L.C.より発表されたデータに於てもガウス分布として算出した結果と実測値がかなり良い一致を見せており、極めて狭い ($10^{-2} \sim 10^{-3}$ Hz) 実効帯域幅を利用している点からも考えて大略ガウス分布として大きな誤りはないと考えられる。

以上の点から、これら 3 者(ロラン A、ロラン C、オメガ)共用のデータ処理の際のファイルタリングとしてはガウス分布に依る事とし、この際ロラン A の若干の不利を救済するため受信機側のハードウェアの伝達関数をやや変更し共用する事とした。

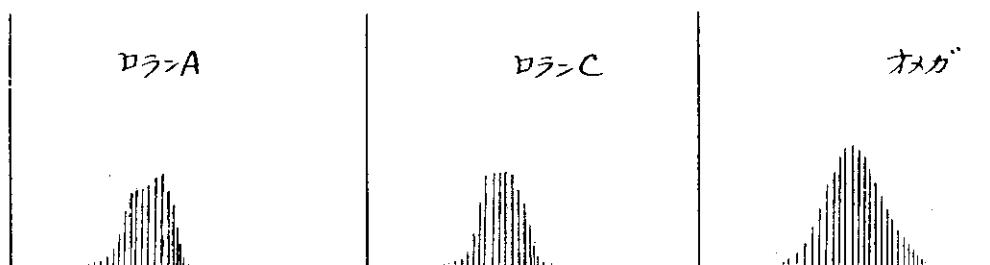


図 1.1-1 各システムデータの分布代表例

ロラン A、ロラン C、オメガのデータ
の分散のシンボリックな表現を図 1.1-
1 に示す。

1.1.4 オメガシステム座標変換の概要

共用システムの検討を進める前に前年度
実施したロランのプログラム作成結果を參
考とし、オメガシステムの座標変換法につ
き検討した。

オメガシステム、ロランシステム共基本
的には双曲線航法であり、球面（梢円面）
双曲線の演算であると云う点は全一である
が、その細部に於て若干手続きが異なる。
その主な点は次のとおりである。

- i) 入力データがレーン数 3 行、パーセン
トレーン 2 行である。
- ii) 位相差の日周変化が 1 レーンを超える
ことがあり、従つて補整値も 1 レーン以
上に及ぶのでクリチカルポイントに於て
レーン計数を誤らないようにする事が必
要である。
- iii) 伝播補整の状況が異なる。
- iv) LOP 数が現用 2 本、コンファームの
ため更に 1 ~ 2 本得られるので、この処
理が必要である。
- v) 送信局の初期位相定数がロランと全く
異なる。

以上の基本構想に依り検討した座標変換
の方式の General Flow Chart を図 1.1-2 に示す。

基本的にはロランの場合と同様、初期データとして DR 位置を導入し、この位置から送信局迄の大圈距離を計算し、これに梢円補整および伝播補整を行なつて、この距離に相当するレーン数およびパーセントレーンを算出する。

この結果で DR 位置に対する位相差を求めるわけである。

次に受信機の測定値に対し予め記憶しておいた空間波補整値を局名、DR 位置、時刻をインデックスとしてマトリックス的に読み出し補整を行なつて後 DR データと比較する。

この値が 0.5 CEC 以上差があつたときは DR 位置を移動し再び上記計算を繰返し、両者が 0.5 CEC 以内に収斂したときの DR 位置 = 實測位置とする方法である。

この方法は 1968 年、FAA の委託で実施した米 Lear Siegler 社の Omega Navigation Computer も同様の方法を採っているので現状で最も効率の良い方法と考える。

この演算は基本的に Lambert-Campbell のオメガ座標変換規則のものであつて、地理上の距離の算出には Lambert モデルを使用し、緯度、経度の補整には Campbell モデルを参考とした。

図 1.1-3 に於て 2 箇の送信局の座標を M_1, S_1, M_2, S_2 とし、船舶の DR 位置を $P'(\lambda'_E, \phi'_E)$ とし、求める船

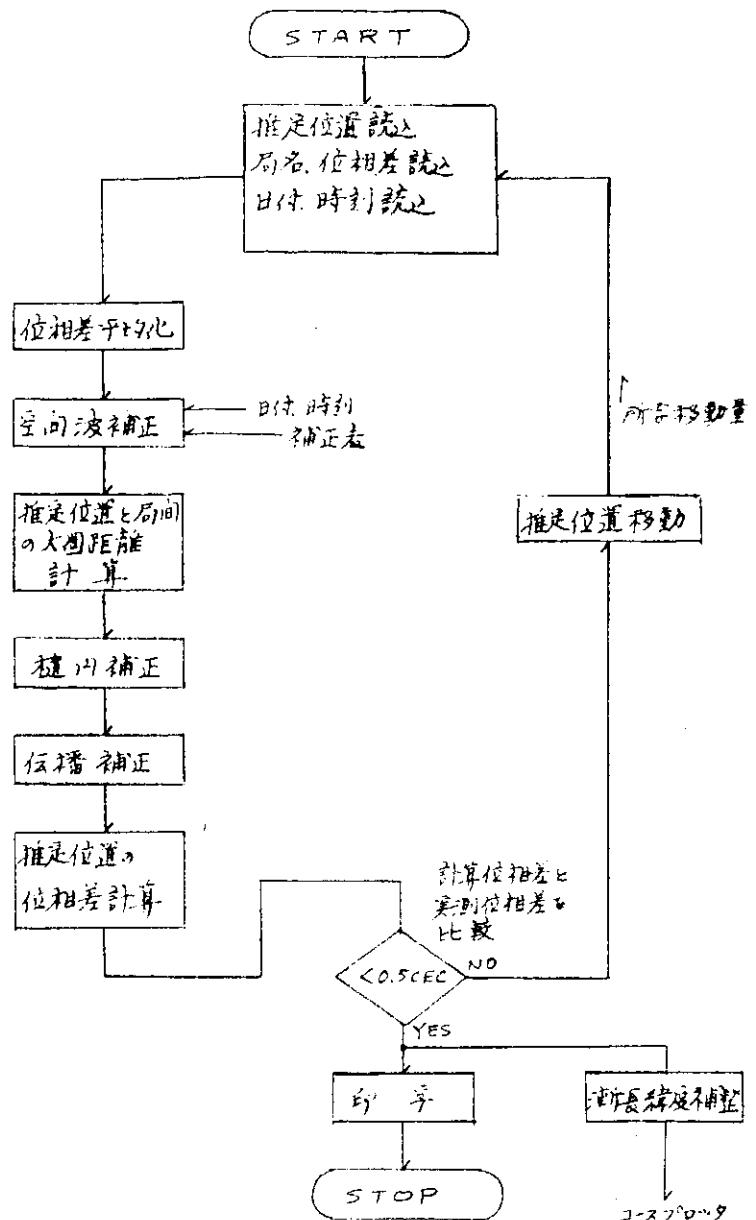


図 1.1-2 オメガ座標変換フローチャート

船位置の真値を $P(\lambda_p, \phi_p)$ とする。

次に DR 位置 $P'(\lambda_p', \phi_p')$ より各送信局迄の大圈距離 ρ_i ($i = M_1, S_1, M_2, S_2$) を求める。

このプロセスに於て最初球面に於ける計算を行ない、次に Lambert の補整を行なつて地理上の大圈距離を求めるものである。

この求めた大圈距離 ρ_i を夫々 M_1, S_1, M_2, S_2 のグループに分け大圈距離差を求め、これより DR 位置に於けるレーン数およびバーセントレーンを求める。

この値と実測値を比較し、判定条件の ± 0.5 CEC を超えたときは、この値に応ずる支順次 DR 位置を移動し収斂する迄これを繰返す。

以上のようにして収斂したときの P' の位置が P と一致したと判定し、このときの ϕ_p', λ_p' を真値とするものである。

このようにして求められたレーン数は次の如くなる。

$$GLC\ 1 = \rho_{S_1} - \rho_{M_1} + 900$$

$$GLC\ 2 = \rho_{S_2} - \rho_{M_2} + 900$$

このレーン数により測位の概略値を求める更に詳細な位置をバーセントレーンから求めるわけであるが、ここで得た値と受信機の実測値とを確認のため照合し位置を求めるものである。

以上の概略の諸元により 44 年度報告のロラン自動測位のフローおよび計算式を変更し演算を実施するものである。

1.1.5 ロラン、オメガ共用システムインターフェースの設計

前項に概要記載のオメガ演算方式を加味してロラン、オメガ共用のシステムインターフェースを設計した。

オメガのフローについては現在極東地域でのオメガテーブルが刊行されていないのでその確度を立証する方法が無いが、米 FAA, NELC 等のデータを参考とし検討の結果、大略誤りは無いと思われる。このプログラム達成に必要なハードウエアとしてのインターフェースを設計した。

入力系としてはロラン、オメガ共データとしてはすべて BCD に統一し、データの桁数は最高桁のロラン C 6 桁に統一し、データの識別は局名をコード化して実施する事とした。識別の基本系としては 280 (ロラン A)、SS3 (ロラン C)、A-B (オメガ) とすべて 3 桁に統一し、これをコード化して識別可能の如くしている。

ロラン、オメガの各センサからは通常、局名、時間差(位相差)のデータが並列で入力されるので、これをレジスターにストアし並列直列変換を行なつて CPU に読み出すことが必要である。

次にロラン A/C、オメガのセンサ種別はインターフェーザに於てマニュアルイニシエートで設定するが、設定されると局名コードゲートが固定され、設定以外のコードを有するデータはディゼーブルする。

計算開始のコマンドは対象となる計算機により状況が異なるので、一応インターフェーザにて実施することとし、マニュアルイニシエート又は任意選択のクロックに依る事とした。

出力系については、タイプライタ印字、デジタル表示、コースプロッタの 3 種を考え、この中でデジタル表示部はインターフェーザに差当り設計、日付、時刻、緯度、経度の直前計算値を表示し、又手動コマンドにより最大 3 項目迄の平均化 LOP 値も同じ表示系で読み得るようにした。

コースプロッタ出力に対しては海図の種類により漸長緯度計算を追加する必要があるので、プロッタにて指定した海

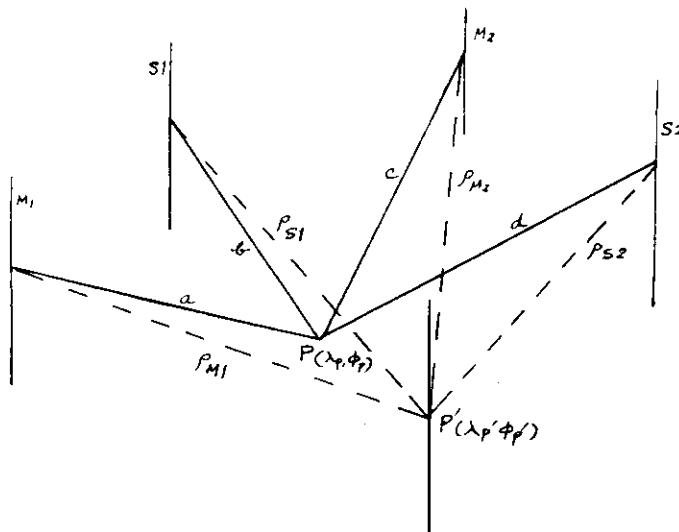


図 1.1-3 座標変換の基本方法

回路号を受け漸長計算に必要なデータを読み出すためのコード形成を行ない計算機へ指令する。

なお、計算機系のアラームの際はアラーム信号を受け自動的に現用センサのデータ出力と連り現在の局名、位相差（時間差）を表示するよう考慮している。

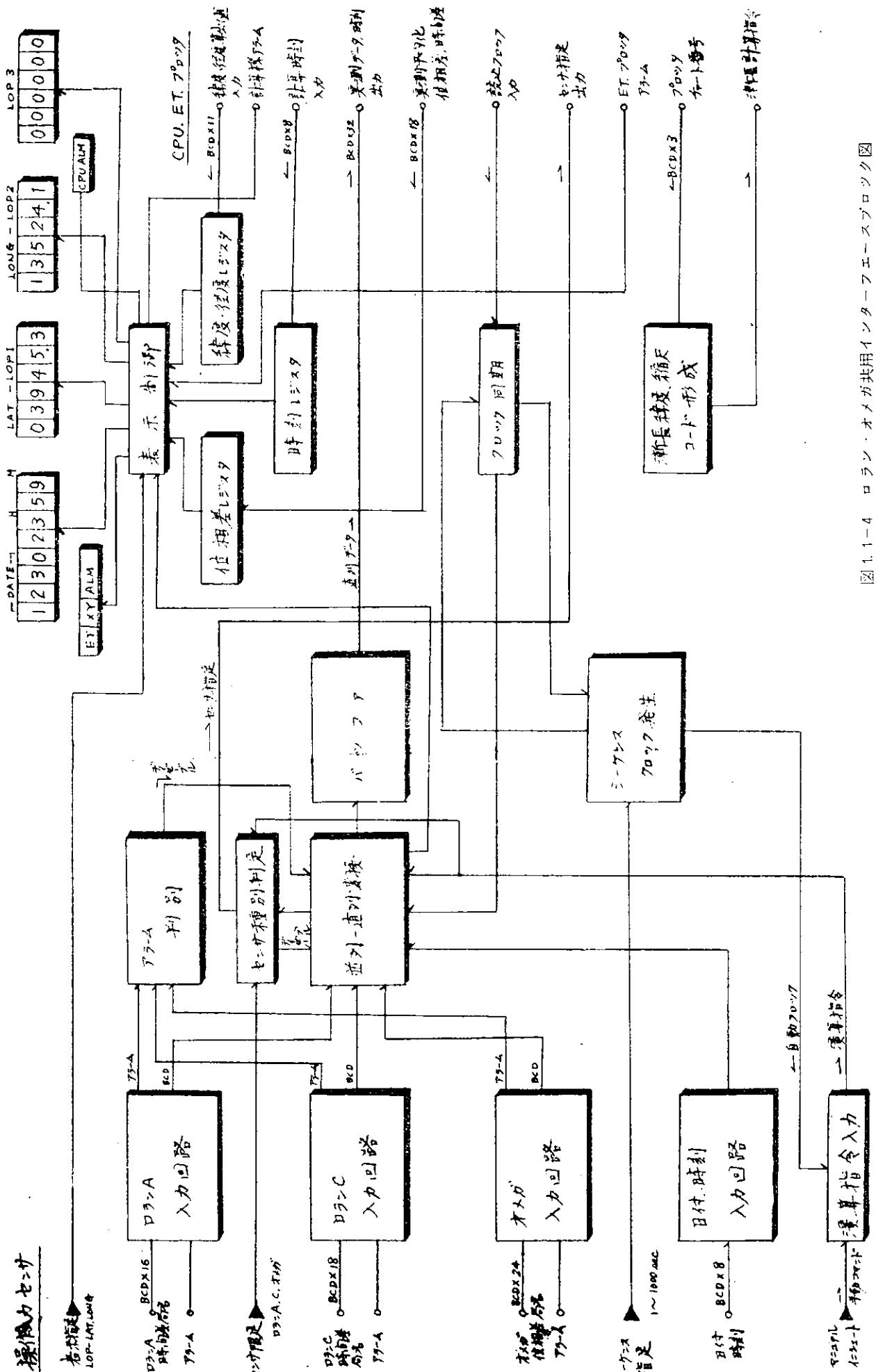


図 1.1-4 ロラン・オメが共用インターフェースシステムプロトコル図

1.2 ドプラソーナを利用した自動航法の研究

1.2.1 概 要

昭和43年度にドプラソーナについての調査を行なつたが、その後の他システムの発展により、このドプラソーナを再び見直し、ジャイロコンパスと組合せた船位推定システムを利用する自動航法システムの研究を行なつた。

本報告では、最近のドプラソーナの動向を調査した結果について述べ、次に今後開発を必要とするシステムの仕様について述べてある。

1.2.2 海外におけるドプラソーナの開発状況

最近のドプラソーナの性能につき、ノーカゴとに記す。

(1) MARQUARDT 社

(a) MRQ-2015A パルスドプラソーナ

(i) 性能： 深度 1～600 ft, 速度 0～25 KT

精度 ON-COURSE TRAVELED 400 ft まで ± 0.2 %,

400～600 ft ± 0.5 %

速度 1 % または 0.05 KT

(ii) トランシーバー： 送信 300 KHz, 10 W, パルス巾 7.5 ms, パルス繰返し 3 パルス/秒, ピーム幅 3 度
受信 ダイナミックレンジ 1 μV～0.5 V (114 dB)

(iii) ディスプレイ：

- 希望針路がデジタルスイッチで設定可能
- ON-COURSE の速度と距離が方向と共に表示される。
- OFF-COURSE " " "
- 表示管は小形 CRT を使用している。

(iv) 価 格： 50,000 ドル

(b) MRQ-2035A パルス・ドプラ・ソーナ・ドッキングシステム

(i) 性能： 深度 1～500 ft, 速度 0～25 KT, 精度 1 %

(ii) ディスプレイ：

- BAW の POAT/STBD の速度表示
- STERN の " "
- SHIP の FORE/AFT "
- 表示管は小形 CRT

(iii) 用 途： タンカおよび貨物船のドッキング

(iv) 価 格： 35,000 ドル

(c) MRQ-2020A パルス・ドプラ・サブシステム

(i) 性能： 深度 1～600 ft, 速度 0～25 KT, 精度 0.5 %

(ii) 用 途： 他の航法システムの1部として使用する。例えば、LITTON 社は慣性航法システムのサブシステムとして使用している。

(iii) 価 格： 32,500 ドル

(d) MRQ-4010 ドプラソーナ・スピードログ

(i) 性能： 深度 1～500 ft, 速度 0～25 と 0～5 KT の 2 レンジ

精度 BOTTOM RETURN のとき 0.5 %, WATER MASS RETURN のとき 1 %
温度補償 サーミスター

- (b) 航走距離の表示範囲 : 0.001 ~ 999,999 リ
 (c) 用 途 : SPEED TRIAL
 (d) 價 格 : 8,500 ドル
- (2) KOLLMAN 社
- (a) MARINE DOPPLER DOCKING & NAVIGATION SYSTEM
- (1) 性 能 : 深度 5 ~ 250 ft, 精度 2 %
 - (2) 送信周波数 400 KHz
 - (3) ディスプレイ :
 - ON-COURSE & OFF-COURSE の速度
 - " " の距離
- (3) EDO WESTERN 社
- (a) MODEL 582 DOPPLER VELOCITY LOG
- (1) 性 能 : 深度 0.5 ~ 100 ft, 精度 1 %
 速力 0 ~ 19.9 KT および 0 ~ 199 ft/min
 方式 455 KHz 連続波
 - (2) ディスプレイ : 速力表示 0 ~ 19.9 KT, 0 ~ 199 ft/min の 2 レンジ
- (b) MODEL 482A "NAVTRAK" ドッキングシステム
- (1) 性 能 : 深度 1 ~ 150 ft, 精度 1 %
 速力 0 ~ 99 KT, 0 ~ 99 ft/min
 - (2) ディスプレイ : BOW, FORE/AFT, STERN の 3 点
 - (3) 價 格 : 1,200 万円
- (c) MODEL 435C "NAVTRAK"
- PULSED DOPPLER SONAR VELOCITY SENSING SYSTEM
- (1) 性 能 : 深度 1,000 ft, 精度 0.25 %
 速力 0 ~ 20 KT (0.1 KT 分解能)
 ビーム巾 5 度 (水平から 70 度方向)
 - (2) 價 格 : MIL-E-16400
 - (3) 價 格 : 30,000 ドル
- (d) MODEL 435 "NAVTRAK"
- PULSED DOPPLER SONAR NAVIGATION SYSTEM
- (1) 性 能 : 深度 6 ~ 1,000 ft, 精度 0.25 %
 周波数 151 KHz
 - (2) ディスプレイ : ON COURSE および OFF COURSE の速力と距離
 - (3) 價 格 : 45,000 ドル

1.2.3 今後開発すべきドプラソーナの基本仕様

- (1) 使用目的
- ドップラソーナの使用目的として次の 5 つが一応考えられる。
- (a) ドッキング (接岸) 用
 - (b) 狹水道航行用
 - (c) 沿岸航行用

(6) 大洋航行用

(e) 会試時の速度測定用

このうち c, e は当面必要ない（他装置で十分その機能を果たすことができる）と考えられる。また e は特殊目的と考えられるので a, d につきその基本仕様を検討した。

(2) ドッキング用ドグラソーナ

(a) 深 度 (船底から) 50 m

(b) 速 度 最大 $15 \text{ cm/sec} = 3 \text{ KT}$

(c) 最小測定感度 $1 \text{ cm/sec} = 0.02 \text{ KT}$

(3) 狹水道航行用ドグラソーナ

(a) 深 度 100 m

(b) 速 度 最大 30 KT程度

(c) 精 度 0.5 % または 0.1 KT

1.3 最適航路設定システムの開発

1.3.1 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為に船のコンピューターによる最適航路設定システムの開発を昭和43年以来進めてきたが、本年度の開発の目標は以下の通りである。

(1) 狹域最適航路設定システムの設計

フアクシミリにより受信された気圧図から、海面上の各点における船体運動を予測し、最適航路を設定するシステムにおいて、コンピューターの入力装置および表示装置等のシステムデザインを行なうとともに技術的問題点についても検討する。

(2) 狹域最適航路設定システムの実用プログラムの作成

昭和43～44年度に作成した計算プログラムを検討し、計算の精度、計算の所要時間の見地から実用プログラムを作成するとともに実際の海面と船型、吃水、船速等を想定したシミュレーション計算を行ない、本プログラムの実用上の効果を検討する。

(3) 局所最適航路設定システムの設計

船体に直接加わる加速度を検知して最適航路を設定するシステムにおいて、加速度計の仕様、個数および取付位置、結果の表示方法等のシステムデザインを行なうとともに技術的問題点についても検討する。

(4) 局所最適航路設定システムにおける回避運動ソフトウェアの開発

加速度計で計測された加速度の値から、最適針路を表示するまでのアルゴリズムおよび警報を表示する条件の設定等のソフトウェアを開発する。

1.3.2 狹域最適航路設定システム

(1) システムの設計

(a) 概 説

本システムのハードウェアは基本的には入力部、処理部、出力部、結合部より構成される。よつてこれらのハードウェアを構成するに当つて人と機械との対話部分である入力部、出力部については特に念入な検討をする。即ち入力部においては気象庁等より送られてくるフアクシミリ天気図の等圧線をデータとして入れなければならない。この作業をしかも船上の作業として煩雑にならない様にする必要がある。又出力部においては結果が直観的なものとする必要がある。

(b) 機器の構成

本システムの構成を図1.3-1に示す。

(1) 入力部

座標読み取り装置 等気圧線を手動にて追跡し座標値を入力する部分で読み取る間隔(ピッチ)は可変。

フアンクション
キーボード その他演算に必要な数値および制御情報を入力する。

(2) 処理部

中央処理装置 演算処理を行なう。

(3) 結合部

入出力結合装置 A/D, D/A 変換を行なう。

(4) 出力部

X Y プロット 計算結果を表示する。

以上のうち、処理部、結合部、出力部は新たに開発を要しないが、入力部は本システムの為に新たに開発した。

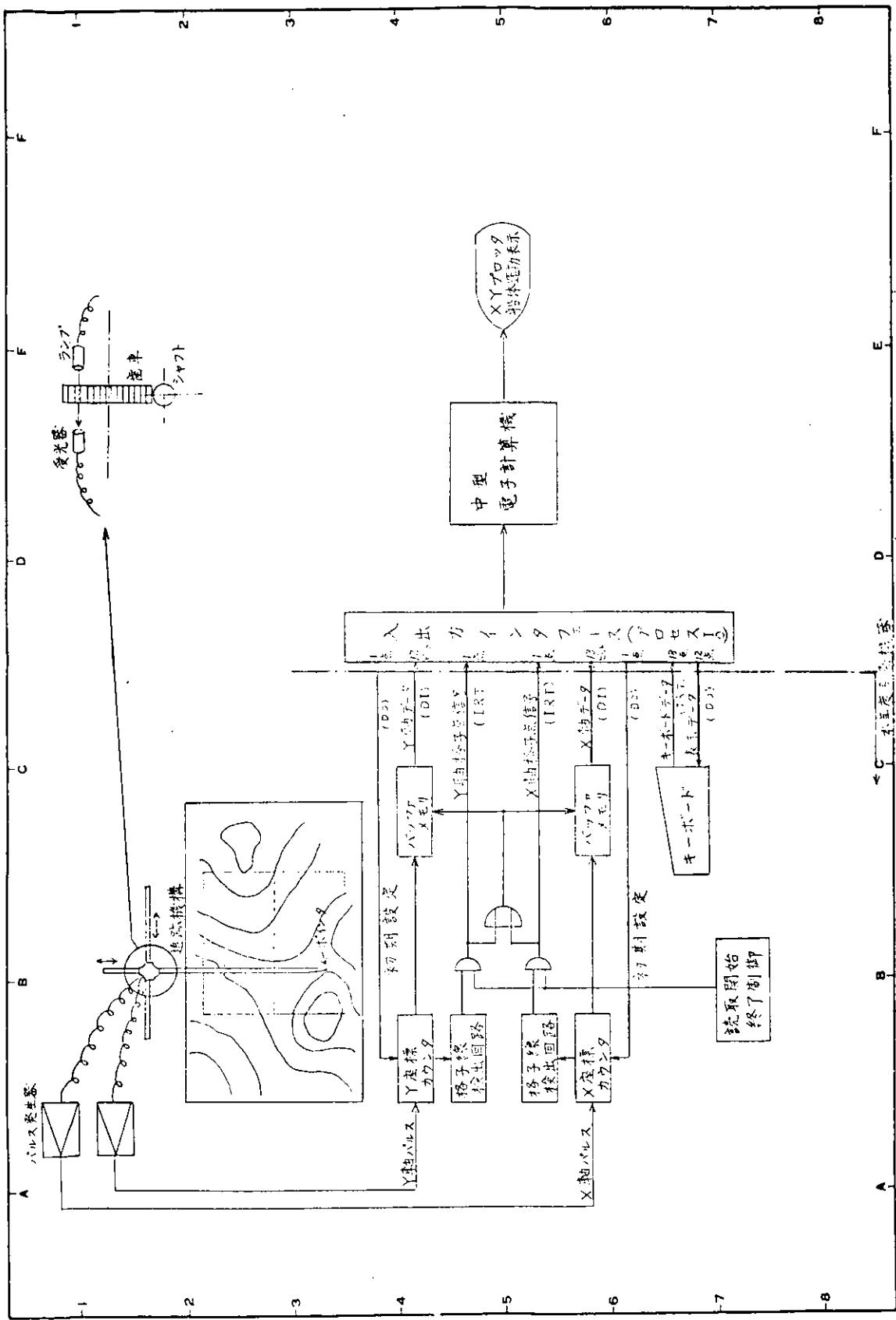


図 1.3-1 狹域最適航路設定システム構成図

(c) 各機器の性能

今回開発した入力装置については(d)項でまとめて性能等を述べる。その他出力部、結合部、処理部等は使用機種によつて性能は異なり、固定的なものではないが、ここではシミュレーション又はプログラム開発時に用ひたシステム構成で述べる。

(1) 処理部

本システムの開発段階において今年度は富士通製中型科学技術計算用電子計算機 FACOM 270-30 を用いた。以下簡単にその性能を述べる。

IC 採用の第三世代最新鋭の科学技術計算、プロセス制御用計算機で主記憶装置としてサイクルタイム $0.9 \mu s$ の高速磁心記憶装置および補助記憶装置として平均アクセスタイム $10 ms$ 、容量 $262 K$ 語の高速大容量ドラムが内蔵されている。ソフトウェアは豊富に用意されている。その他制込みチャネル等種々あるが、本システムに関係する演算速度のみ述べると、

演算速度（命令呼出時間も含む）

固定	加減算	$1.8 \mu s$
乗 算		$9.7 \mu s$ (平均)
除 算		$15.5 \mu s$ (")
分 駆		$0.9 \mu s$
シ フ ト		$1.2 + 0.23n \mu s$ (n : 指数)
論 理		$1.8 \mu s$
浮動	加減算	$9.5 \mu s$

(2) 出力部

富士通製 XY プロッター FACOM 6201A を用いた。その性能を以下簡単に述べる。

X 方向速度（送軸方向）	300 ステップ／秒
Y 方向速度（ドラム軸方向）	300 ステップ／秒
ペン上げ速度	5 回／秒
ペン下げ速度	5 回／秒
X Y 方向の移動ピッチ	$0.25 \text{ mm} / \text{ステップ}$
用紙の寸法	幅 30.5 cm , 長さ 36.5 m

* 計算機

本システムで開発したプログラムはまだ大きく演算もかなり複雑なことを行なつてるので高速の計算機で行なつてもかなりの時間（4～10分）がかかり、かつ記憶容量（約 $32 K$ 語）もかなり必要である。ハード的に考えれば船用コンピューターとしては現在小型か中型の下程度のものが内外で考えられている。

本システムの開発で用いた FACOM 270-30 は中型の上に属するものと思われる。

船舶の高度集中制御を行なう場合、多種のシステムをトータルシステムで行なうのですべてのシステムを同程度の計算機でできるようにしなければならない。そこで他のシステムの開発とにらみ合わせ本システムも考えねばならないであろう。

(d) 入力部

(1) 概 説

入力部は今年度の日本船用機器開発協会が開発した気圧入力装置による。本入力装置は船舶に搭載された電子計算機システムに接続され、ファクシミリの天気図より気圧を読み取つてデータを作成し、それをもとにメインプログラムで演算処理され XY プロッタまたは、その他の表示装置に表示記録される。

(b) 構成

気圧入力装置は機能的に分けて、つぎの部分から構成され、それぞれの機能について簡単に述べる。

a. 読取り開始終了制御部

ある等圧線を追跡し、気圧データを計算機に入力するときに、追跡開始の割込み信号および追跡終了の割込み信号を計算機に送る部分である。計算機はこれらの割込み信号を受けて入力バッファを確保してデータ読取りの準備をしたり、入力バッファに読み込まれたデータの整理を行なう。

b. 等圧線座標取り部

手動で等圧線を追跡し、縦横に量子化された単位距離のXまたはYのいずれかの方向に追跡機構が移動する度に、原点からのXY座標を計算機に入力する部分である。読取りの原理は追跡機構内に設けた歯車が移動量に比例して回転し、このとき歯車の歯が両側の送受光器を遮蔽する度にパルス発生器がパルスを発生し、カウンタに累積されて座標が求まる。

もし追跡機構が格子線を横切る場合には、ゲートが開かれて計算機に割込みがかかるので、このときカウンタに累積された座標を読む。

c. ファンクション・キーボード部

追跡すべき等圧線の値、計算に必要な基礎量およびその他各種のデータに関する制御情報を計算機に入力する部分で0~9の数字といくつかのファンクション・キーをもつ。

オペレータはキーボードの上に表示されたランプの指示で、ファンクション・キーから入力を行なう。

※シミュレーションでのデータ入力形式を下に示す。

入力データは台風、強低気圧、船速、横揺に対する評価係数、同じく縦揺に対する評価係数、陸地線、同補助線、数本の気圧線である。

例

意味

0 CR	←台風なし
0 CR	←強低気圧なし
19.0 CR	←船速(ノット)
0.5 CR	←横揺
0.5 CR	←縦揺
Q 0921*3054 CR	←原点
陸地線 → L x ₁ *y ₁ *x ₂ *y ₂ *x ₃ *y ₃ *..... D x ₁ *y ₁ *x ₂ *y ₂ *..... CR	↓ 同補助線
気圧値 → A 1024	
同座標値 → Y x ₁ *y ₁ *x ₂ *y ₂ *..... X x ₁ *y ₁ *x ₂ *y ₂ *..... CR	
A 1020	
Y x ₁ *y ₁ *.....	

尚、これは紙テープに出力されたものを印字したものである。

(c) 入力装置の性能

上記の各部を組合せた性能は次の通りである。

a. 読取り图形寸法	457 mm × 559 mm
b. 装置読取り範囲	横 方 向 -512 mm ~ 1,023 mm 縦 方 向 -511 mm ~ 511 mm
c. 読取り分解能	縦横方向 0.25 mm / 1 digit
d. 読取り精度	フルスケールの0.1% ± 1 digit

- e. 読取りピッチ 1, 2, 4, 8 mm / 1割込み
- f. 追跡速度 約 2.0 cm/sec
- g. A/D 変換器 フォト・ディスク・デジタイザ方式
- h. ファンクション・キーの種類 (16 点)
 - データ入力開始
 - カウンタ・リセット
 - 数字 0~9
 - 符号
 - 演算開始
 - 取消し
 - 復帰改行
- i. 表示ランプ類 (12 点)

(2) 狹域最適航路設定システムの実用プログラム

(a) 実用プログラム作成の方針

前年度に作成したプログラムを次の点を変更することにより使用語数の縮少および演算時間の短縮につとめた。

- (1) 波浪計算においてうねり影響時間を 4.8 時間から 2.4 時間に変更する。
- (2) 波浪計算においてオーバーレイを用いてうねりスペクトラムを算出する。
- (3) 船体運動計算において連続値であ

つた風浪スペクトラムを離散値として扱う。

- (4) 表示方法において表示格子点を予定針路の左右 30 度、予測時点の前後 1.2 時間の到達距離の範囲内の格子点とし、仮定針路は予定針路との左右 30 度の 3 針路とする。従来は、表示格子点を上記の格子点を含む正方形内の格子点とし、仮定針路を 5 針路としていた。

(b) フロー・チャート

狭域最適航路設定システムのフロー

チャートを図 1.3-3~5 に示す。

(c) シミュレーション

本来、気圧情報は入力装置から結合部を介して直接記憶装置のデータ領域に入るが、今回はハードウェアの結合工期の都合で、入力装置からのデータを FACOM-R の結合部を介して FACOM-R によって整理して紙テープに出力した後、FACOM 270-30 に読み込ませ演算処理するという方法をとった。

そして、おれごん丸 ($L_{pp} = 150.3 \text{ m}$ 、 $B_{mid} = 20.5 \text{ m}$ 、 $D_{mid} = 12.9 \text{ m}$ 、 $\Delta = 19,417 \text{ t}$) の 1960 年 2 月 4 日～2 月 11 日（横浜～サンフランシスコ）の航海について、シミュレーションを実施した。その例を、図 1.3-6~7 に示し、船体運動の計算値と実測値との比較を表 1.3-1 に示す。

この場合、使用語数および演算時間は次の通りである。

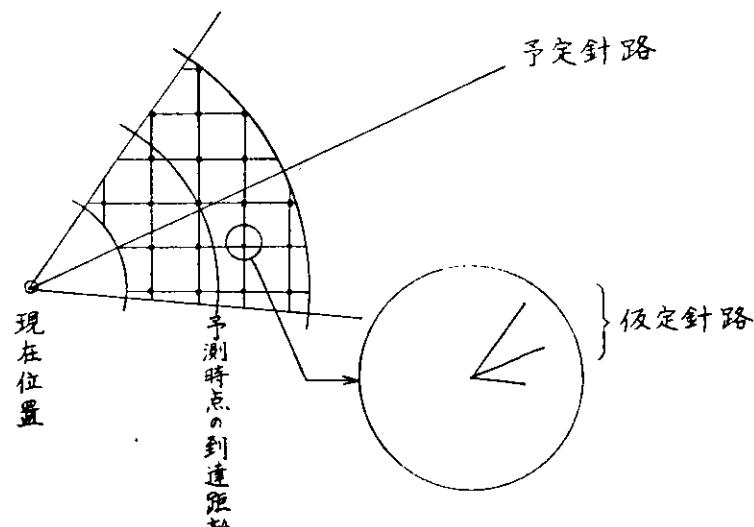


図 1.3-2

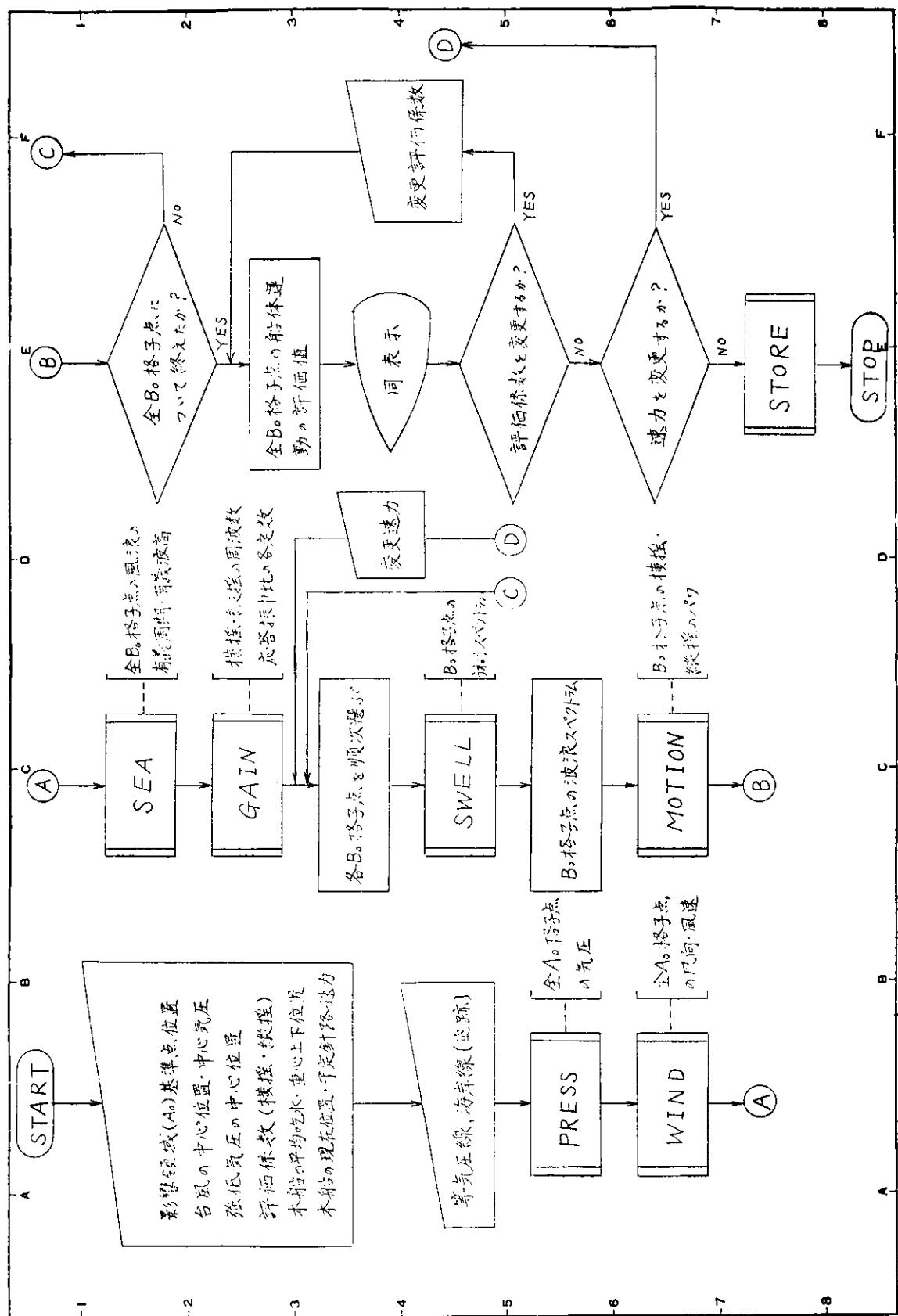
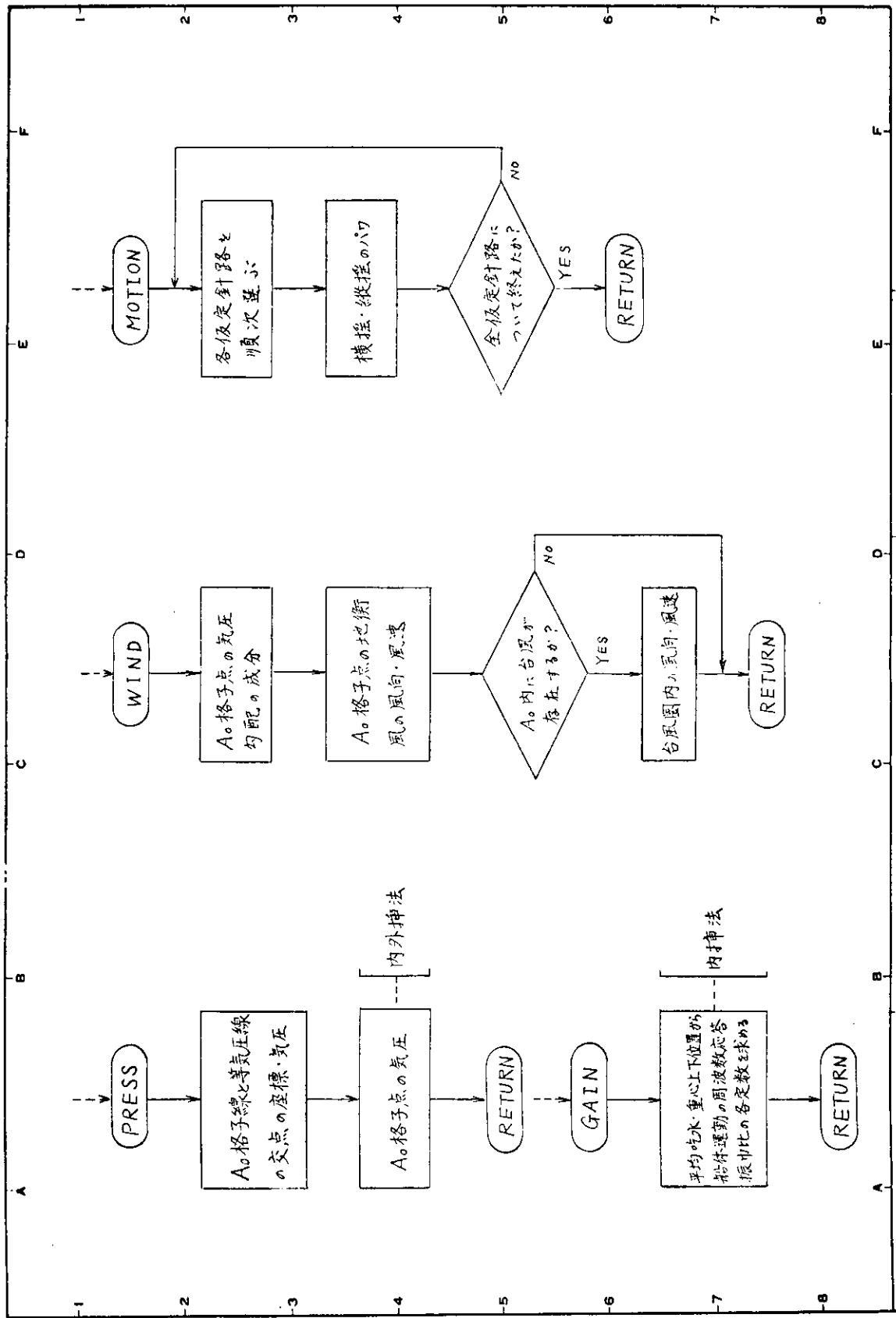


図 1.3-3 狹域最適航路設定システムのフロー・チャート(1)



[図 1.3-4] 独創的導航路設定システムのフロー・チャート(2)

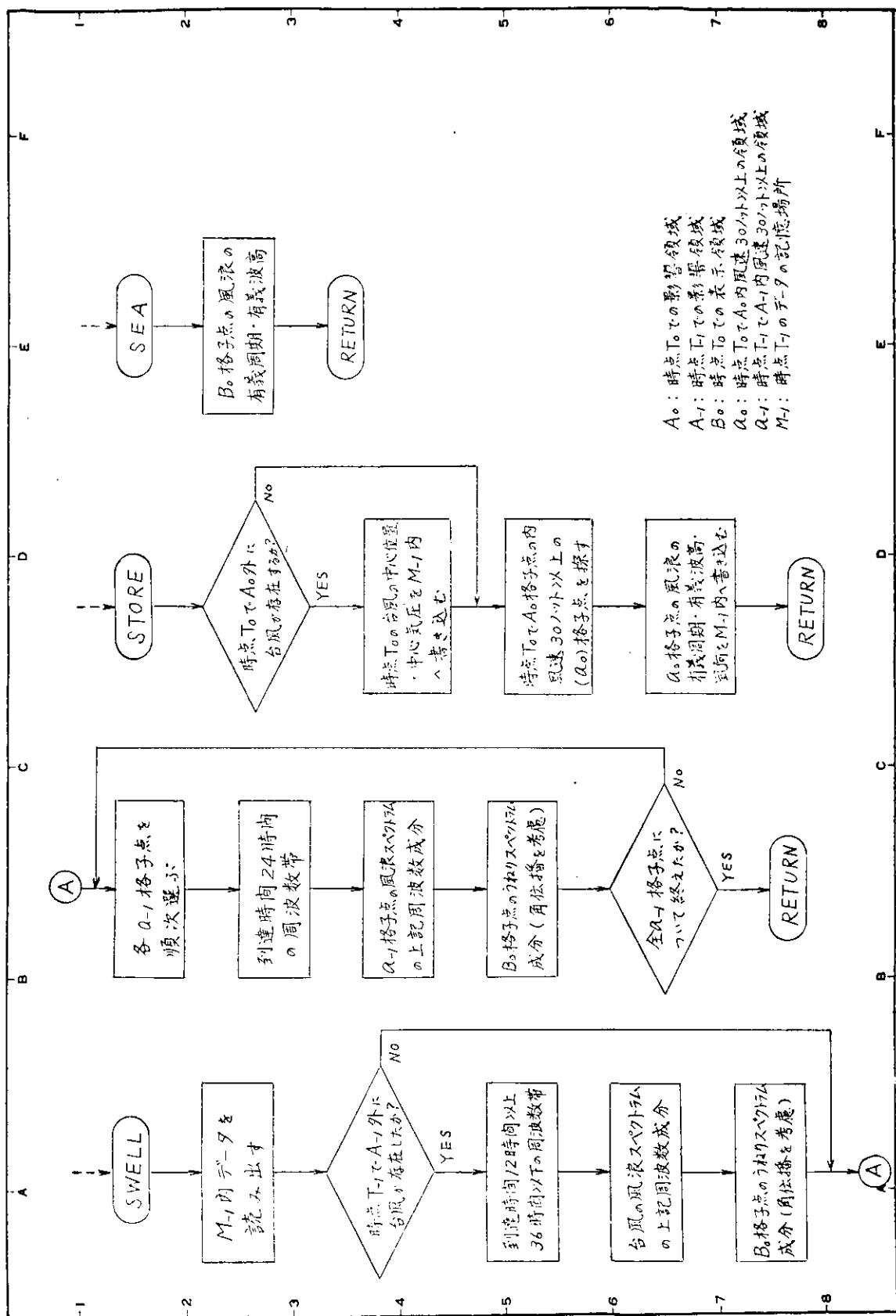


図 1.3-5 狹域最適航路設定システムのフロー・チャート(3)

DAY
ROLL
PITCH

2月10日 0000 (GMT)

横搖

船速 19.5 kts
吃水 6.82 m
KG 7.26 m

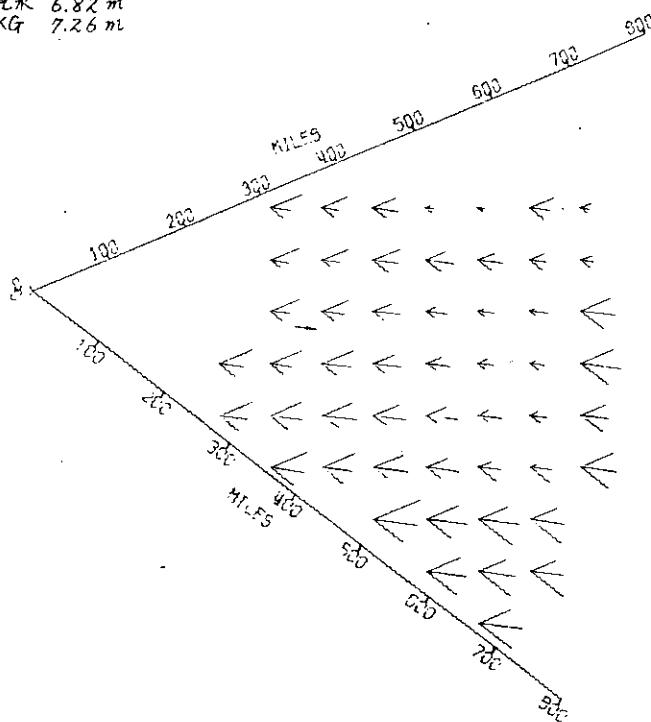


図 1.3-6 表示例 (a)

DAY
ROLL
PITCH

2月10日 0000 (GMT)

綫搖

船速 19.5 kts
吃水 6.82 m
KG 7.26 m

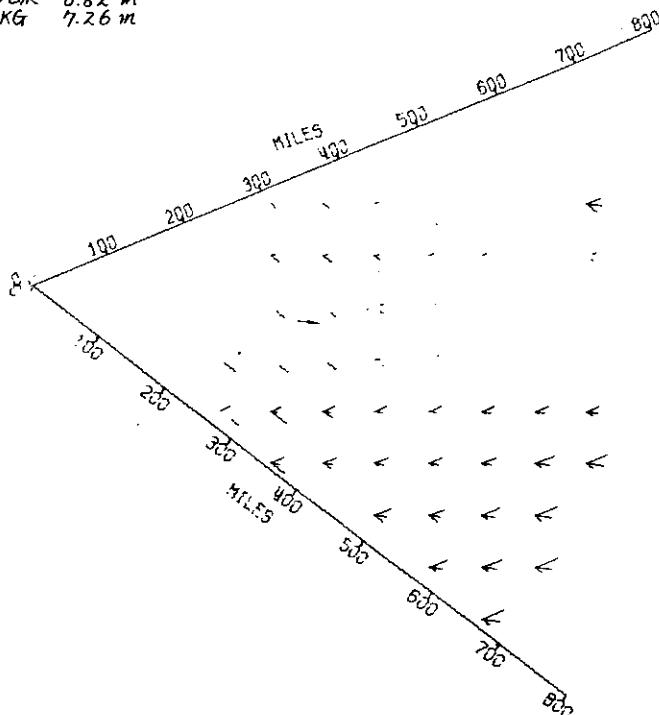
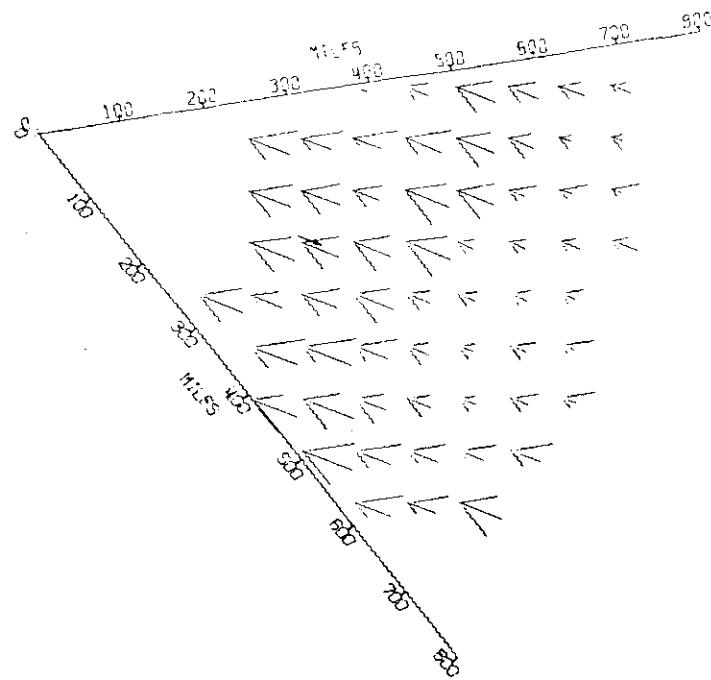


図 1.3-6 表示例 (b)

DAY 8
ROLL 1.0
PITCH 0.0

2月11日 0000 (GMT)

横搖
船速 19.5 kts
吃水 6.79 m
KG 7.29 m



横搖 $1^{\circ}/1\text{mm}$
縦搖 $1^{\circ}/5\text{mm}$ → 実測値

図 1.3-6 表示例 (c)

DAY 8
ROLL 0.0
PITCH 1.0

2月11日 0000 (GMT)

縦搖
船速 19.5 kts
吃水 6.79 m
KG 7.29 m

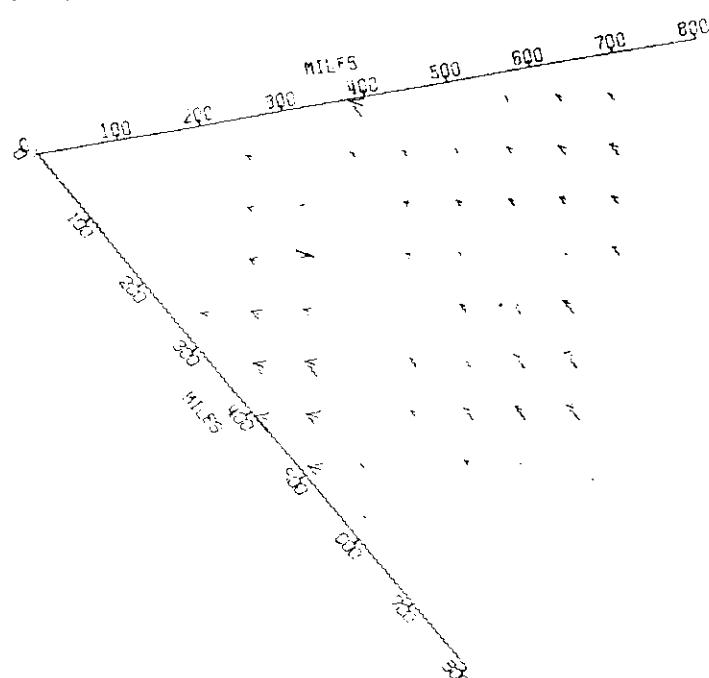


図 1.3-6 表示例 (d)

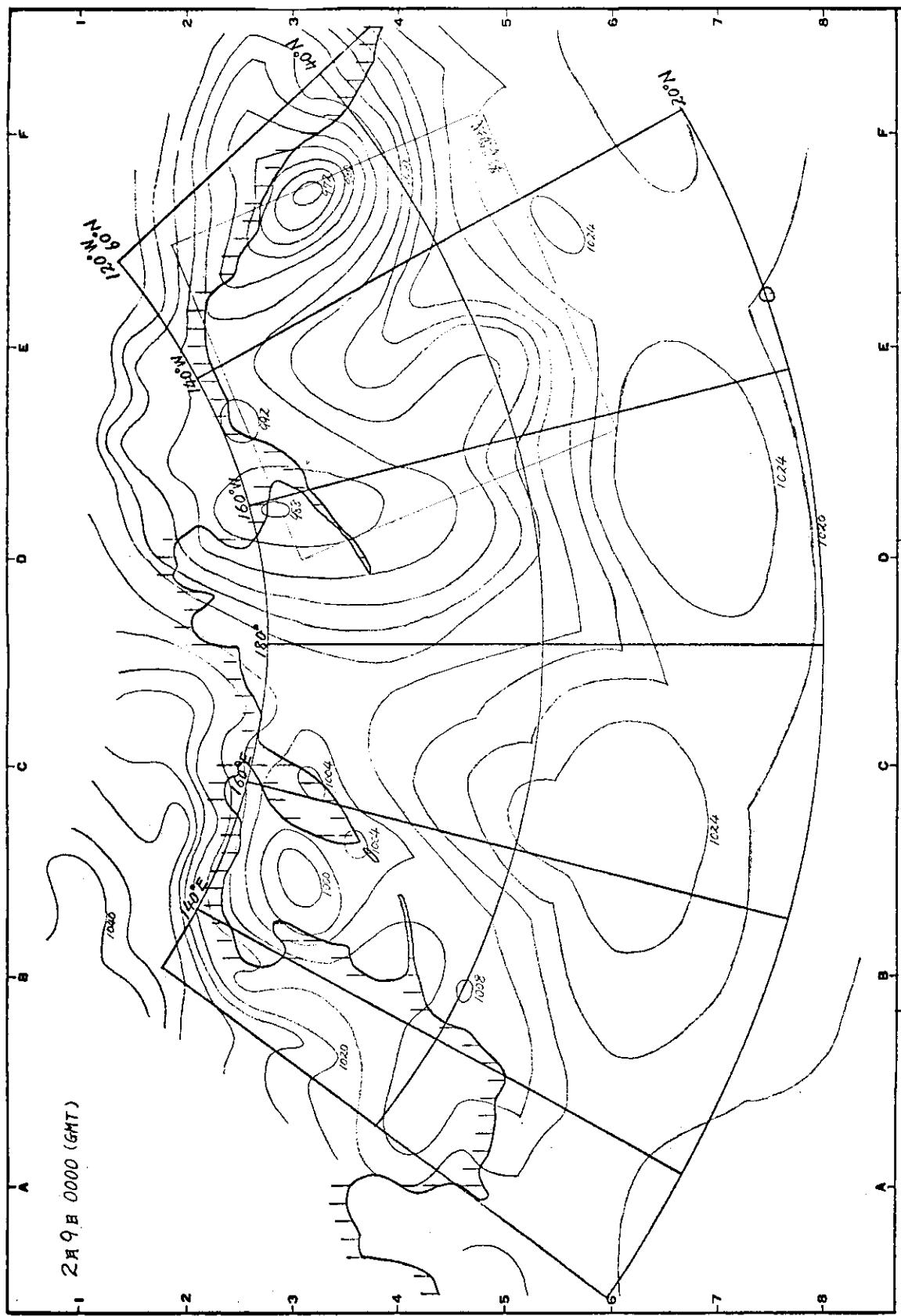


圖 1. 3 ~ 7 入力例 (a)

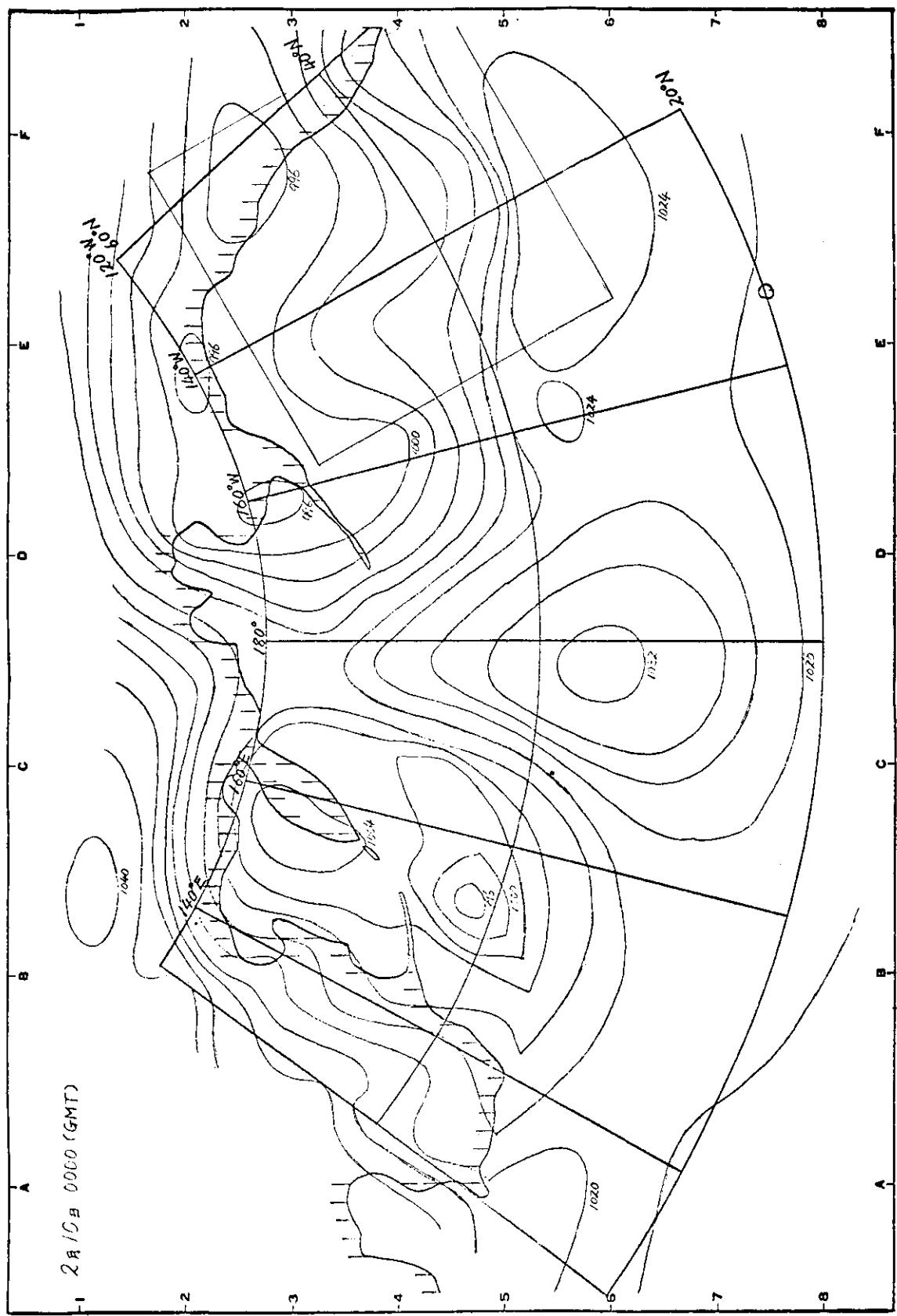


图 1.3-7 入力例 (b)

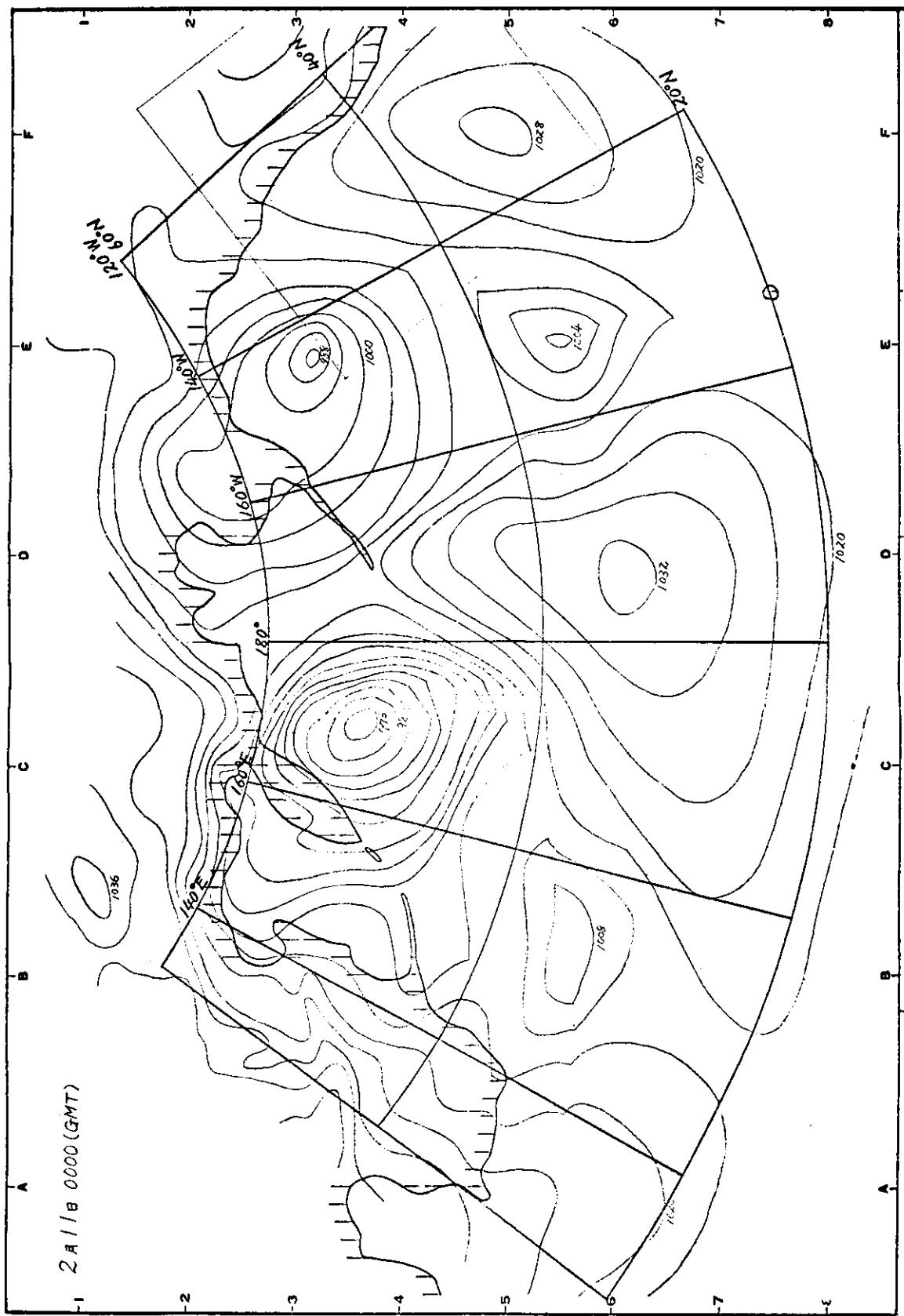


图 1. 3-7 入力例 (c)

使用語彙

コ　　ア	メイン・プログラム領域	約 3 K語
サブルーチン	"	" 9 "
システム・サブルーチン	"	" 10 "
データ	"	" 10 "
ド ラ ム		" 12 "
演 算時間		
演 算	1回あたり	約 10 分
プロット	"	" 5 "

1.3.3 局所最適航路設定システム

局所最適航路設定システムのフローチャートを図 1.3-8 に示す。

(1) 加速度検知システム

(a) 蛍　　説

本システムは次の3つ

の部分から成る。

(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
これらの装置の概要
を以下に簡単に述べる。

船体の任意の箇所に
任意の数だけ加速度計
を取りつけ、加速度を
検知する。今回のシス
テムでは実船試験を行
なう船舶の種類も考慮
して船首右舷に設わい
式加速度計2個（上下、
左右方向）を取りつけ
た。この加速度計によ
り加速度を電磁的なア
ナログ量で検知し、こ
れをより変換器を通し
計算機にデータとして
入力する。勿論より変
換のまえ減速増幅器や
不用音を除去するフィ
ルターを整備している。

計算機に入つたテー

表 1.3-1

*月	**年	横 摆 角		縦 摆 角	
		計算 値 (°)	実 測 値 (°)	計算 値 (°)	実 測 値 (°)
2	4	-	-	-	1
	5	0	1	0	1
4	6	0	2	0	1
	7	8	4	2	1
	8	3	3	2	1
	9	5	2	0	0
	10	5	5	0	1
	11	10	6	0	1

* GMT 0000。

** (統計的) 平均値を示す。

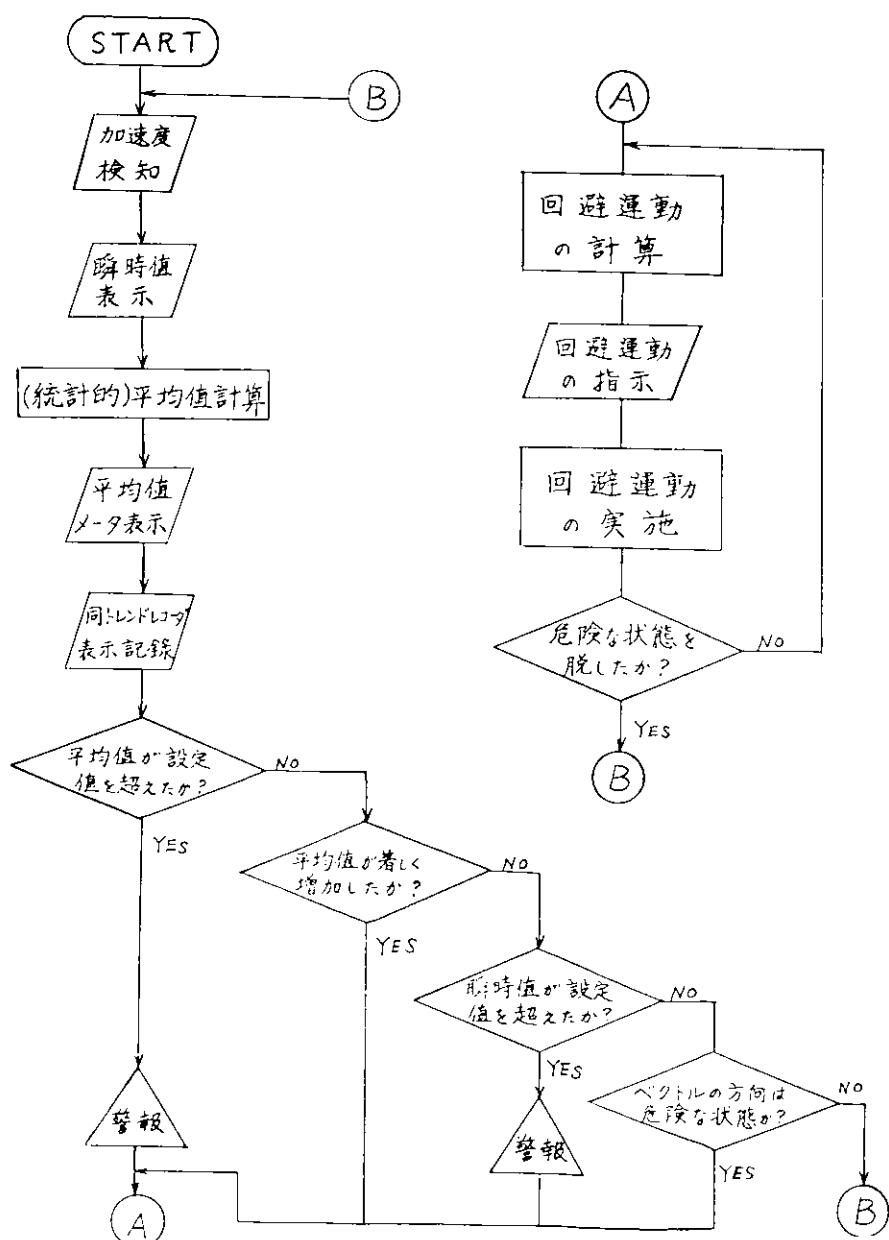


図 1.3-8 局所最適航路設定システムのフローチャート

タはそこで演算処理を行ない再び D/A 変換して表示装置へ送り操縦者に表示する。

本システムの構成を図 1.3-9 に示す。

(b) 各装置の性能

(1) 本加速度計は強磁性体の Wertheim 効果として知られているねじり磁歪効果（座標方向に磁化された管をねじることによって円筒方向に磁束が生じる現象）を利用して、加速度を電磁的に検出する装置である。尚、不要信号を除去するため、高域通過型及び低域通過型の二種類のフィルターを設けてある。

加速度計性能

方 式	磁歪式
測定範囲	上下方向 0～±6 g 左右方向 0～±2 g
周波数範囲	0.01～5 Hz
精度	大きさ ±5 % 方 向 ±3 %
出力電圧	上記測定範囲に対し各々 0～±5 V
出力電流	±20 mA max
ドリフト	起動後 30 分より ±2 %/年
S/N	60 dB 以上
過負荷耐量	最大規格の 300 %
温度条件	-20°C～+60°C
電 源	AC 80 V～120 V, 50～60 Hz
高域通過フィルター特性	
遮断周波数	1/1,200 Hz
減衰特性	30 dB/DECA 以上
低域通過フィルター特性	
遮断周波数	10 Hz
減衰特性	34 dB/DECA 以上

(c) データ入出力制御及び変換装置

本装置は本来オンラインでのデータ収集用の周辺機器である。主な機能としては、アナログ入力、デジタル入力の読み取りおよびアナログ出力、デジタル出力の書き出し等を備えており、船舶の高度集中制御におけるエンジンコントロールもできるよう拡張性をもつている。

データ収集のサンプリング周波数は任意に設定できるが、本システムでは 5 Hz, 2 Hz, 1 Hz, 0.5 Hz をハーフ的に採用し、ソフトウェアでは 0.5 秒毎 5 分間ということで 2 Hz を用いる。

これは計算機の記憶容量によつて限定されるがソフト的には、プログラムを少し手直しすれば任意に設定できる。

本システムでは加速度計により検知されたデータをケーブルにて計算センターに送り、増幅器、高低域済波器、入力走査器等を経て、A/D 変換を行ない、また計算機より送られてくる演算結果を、D/A 変換し表示部、記録部へ送る。またデータのサンプリングを制御する。

以下、本装置の必要部分の性能を示す。

アナログ入力部

入力形式	不平衡型(片側接地)
------	------------

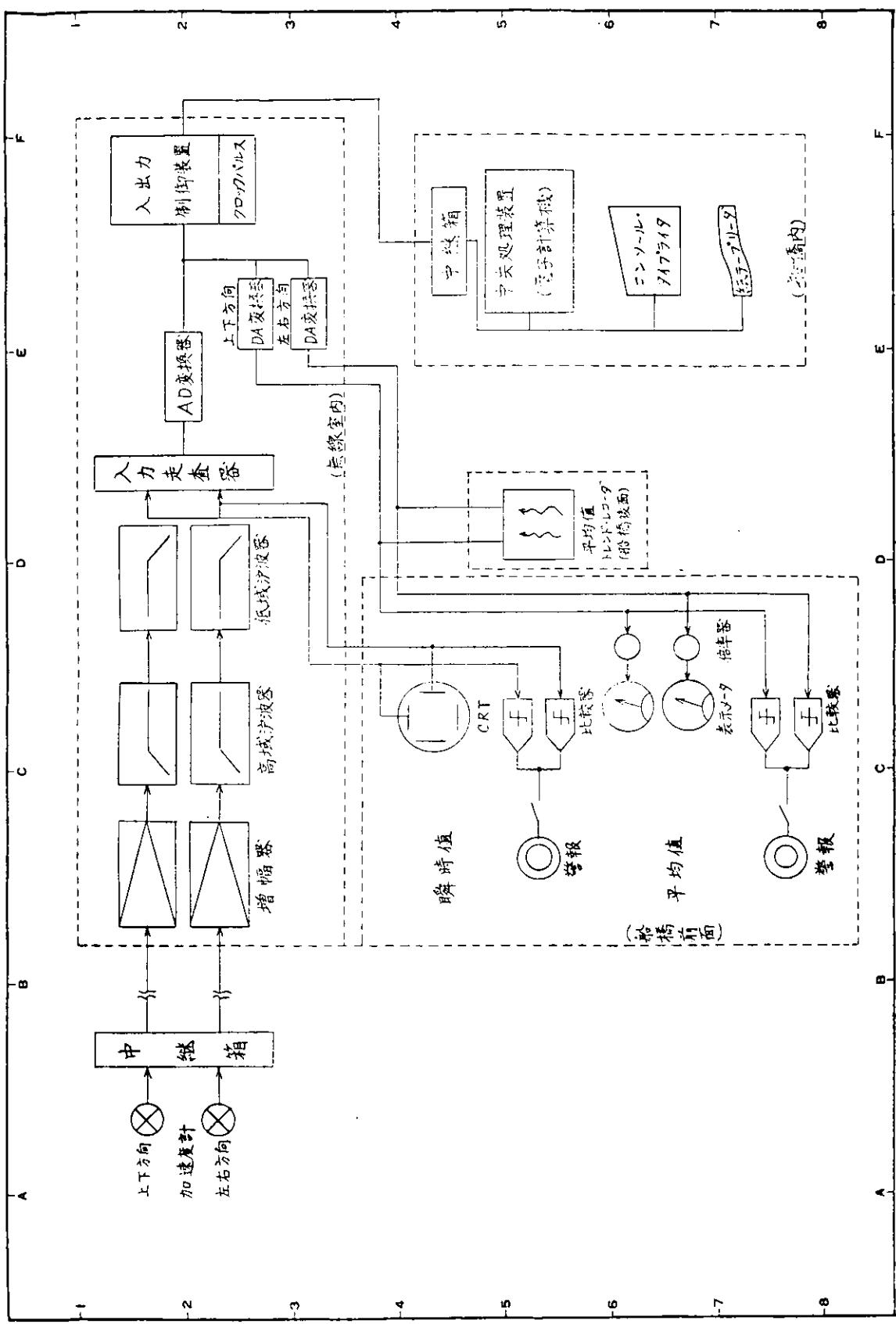


図 1.3-9 加速度検知システム構成図

入力電圧 $\pm 10.23 \sim -10.24$ V

入力インピーダンス $9.92 K\Omega$

挿入損失 0.2 ± 0.1 dB

走査速度 30 KHz max

アンプレタサ

入力形式 不平衡型

入力電圧 $\pm 10.23 \sim 10.24$ V

入力インピーダンス $100 K\Omega$ 以上

精度 ± 0.4 % フルスケール

走査速度 30 KHz max

増幅度 $1, 3, 10$ 倍

A/D 変換器

変換型式 逐次比較形

入力電圧 $\pm 10.23 \sim 10.24$ V

入力インピーダンス $1 M\Omega$ (サンプルホールドアンプ付)

精度 ± 0.1 % フルスケール

変換速度 30 KHz max

出力 符号および 2 進 10 ビット

サンプルホールドアンプ 内蔵

サンプリング周波数

最高サンプリング周波数

プログラム制御モード 1 KHz max

インターレースモード 20 KHz max

種類

本システムでは $0.5, 1, 2, 5$ Hz

精度 ± 0.02 %

サンプリングモード

順次サンプリング

準同時サンプリング

アナログ出力部 (D/A 変換器)

ビット数 符号および 2 進 10 ビット

出力電圧 $\pm 10.23 \sim -10.24$ V

出力インピーダンス 1Ω 以下

最大出力電流 ± 10 mA

最大負荷容量 5.000 pF 以下

変換精度 ± 0.2 % フルスケール

セットリングタイム $5 \mu s$

(4) 表示装置

船舶が荒海面において受けける衝撃や動搖による加速度を検知して、その定められた演算結果を最終的に表示する部分である。

性 能

測定範囲

瞬 時 値	Y 軸(上下方向)	± 6%
	X 軸(左右方向)	± 2% (± 6%まで可)
統計的平均値	X , Y 軸共	± 1%まで
警報レベル	瞬 時 値	レンジ 1 : 0.5% 以上 2 : 0.8% 以上 3 : 1.3% 以上 4 : 2.0% 以上 5 : 3.0% 以上
	平 均 値	レンジ 1 : 0.45 2%
		2 : 0.54 2%
		3 : 0.66 6%
警報表示	プ ザ ー :	平均値 (COMP)
		瞬時値 (ACT) 独立
	ランプ :	平均値、瞬時値各々 上下方向 (V) 、左右方向 (H) 独立

表示部構成

C R T	瞬時値をシンクロスコープに示す。
メータ	平均値をフルスケール 1% で表示する。尚、このレンジは 0.25 , 0.5 , 1% の 3 段階。
警報装置	瞬時値と平均値について、前者は上下、左右方向各 5 段階、後者は各 3 段階に設定できる。警報は、ランプとプザーによる。

動作概要

加速度表示装置は加速度計に検知された加速度を 4 ブロックの比較回路を通し、シンクロスコープに表示し、また演算処理を行なつた加速度をメータに表示するものである。

加速度瞬時値は直接シンクロスコープの X 軸と Y 軸に印加し観測する。また同時にこの信号を比較回路に供給し、この信号の大きさが設定値をこえた場合、警報を発する様にしてある。

一方、加速度計よりフィルターを通し計算機に入力されたデータは演算処理を行なつて平均値としてメータに表示される。またこの平均値はトレンドレコーダにも出力され記録される。平均値、瞬時値ともに上下、左右方向各々について比較回路を通し設定値を超えると警報を発するのは前述の通りである。

本装置にはこの他に瞬時値の警報が一瞬のうちに終らぬ様、繼電器回路を備え、ある程度保持する様設計してある。

その他船用機器として必要な機能、水密性、耐振性および手すり、ランプディマー、プザーオンオフ機能等を備えている。

(二) 演算処理装置

a. システム構成

本システムは加速度計により検知されたデータをデジタル演算処理をして表示装置に平均値を表示する部分で本加速度情報システムの中心部である。本システムの計算機のソフトウェア、すなわち 0.5 秒毎に上下左右データをサンプリングし、その直乗平均値を出すプログラムもこの部分で開発が必要とされた部分である。

演算処理プログラムの制御の為にコンソール・タイプライタ FACOM 805A を備え、これより計算機中央処理装置へ処理の制御指令、入出力を行なう。このコンソール・タイプライタには紙テープ読取り、紙テープパンチ、印字、打鍵部が一括して一台に備わっている。

よつて本システムの構成は中央処理装置 FACOM-R とこのタイプライタの 2 つだけで済むという計算機システムとして極最小単位でよい。

b. 中央処理装置性能

方 式	プログラム記憶式、並列 2 進法、固定小数点、单アドレス
記憶装置	
素 子	磁気コア
語 長	16 ビット + 1 パリティ 計 17 ビット
サイクルタイム	1.5 μ s
容 量	4 K 語 (32 K まで拡張可)
演算制御	
演算方式	並列 2 進法、2 の補数表示、固定小数点
命 令 数	28 種 (基本)
演算速度	加減算 6 μ s (アドレス修飾なし) 7.5 μ s (" あり)
アドレス方式	5 種 (直接、間接、相対、相対間接、インデックス)
インデックスレジスタ	4 個 (記憶装置上)
割 込	可能 (2 個の命令カウンタを使用)
そ の 他	10 進演算に便利な機能あり。
入出力制御	
制御モード	2 種 プログラム制御モード (演算とのオーバラップ不可能) インターレースモード (演算とのオーバラップ可能)
情報転送速度	最高 800 K バイト / 秒 (インタレースモードの場合)
制御可能入出力装置台数	最高 255 台
入出力インターフェース	プログラム制御、インターレースの両モードに共通
基本ユニット設置条件	
温 度	0 °C ~ 40 °C
湿 度	10 % ~ 80 % (相対湿度)
電 源	AC 100V 1 ϕ 0.5 KVA (金具装) 50/60 (Hz)
寸 法	幅 432 mm × 高さ 280 mm × 奥行 585 mm

c. タイプライタ (805A) 性能

速 度	印 字 1,200 字 / 分、読 取 1,100 字 / 分
	せん孔 1,200 字 / 分、打鍵最大 800 字 / 分
	印字数 120 字 / 行、活字種数 128 種

(c) プログラム概説

本システムは加速度の演算処理を行なつてゐる為、その処理プログラムが必要である。

以下その概略を述べる。

本プログラムには演算機能、リアルタイムクロックカウント機能、日付記憶、データの入出力制御機能をもつてゐる。

本プログラムはアセンブリ (R-FASP) で組んでゐる。クロックカウントはデータ入出力制御装置より、計算機に一定間隔 (本システムでは 0.5 秒) クロックパルスが割り込み、それをカウントしている。精度としては日差 5 秒以下である。

データ処理は、いま時刻 $t = t_i$ ($i = 0 \sim \infty$) をあるサンプルを行なつた時刻、またはその時の上下、左右方向の加速度をそれぞれ y_i および x_i と假定する。

この場合、時刻 $t = t_i$ における上下、左右方向の (統計的) 平均加速度は、

$$\bar{y}_i = \alpha \sqrt{\frac{y_1^2 - (n-1) + y_2^2 - (n-2) + \dots + y_n^2}{n}} = \alpha \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n y_j^2 - (n-j)}{n}}$$

$$\bar{x}_i = \alpha \sqrt{\frac{x_1^2 - (n-1) + x_2^2 - (n-2) + \dots + x_n^2}{n}} = \alpha \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2 - (n-j)}{n}}$$

で表わされる。

ここで n は本システムでは 0.5 秒毎の 5 分間平均とし、600とした。また α は (統計的) 定数である。

本プログラムの開始はタイプライタの鍵盤よりオペレータがスタート命令を出し日付、時刻を入力すると開始され、ストップ命令を出すと終了時刻を印字して終る。

演算はすべて固定小数点整数で使用できる様プログラムは作成している。浮動小数点演算の方がプログラムを組むにはやさしいが、今データが 0.5 秒毎に入つてくるので、1 点につき 600 個のデータを 0.25 秒以内で処理しなければならないので、本システムの計算機は小型であるので処理時間を考慮し整数演算にした。

本プログラムの大きさはハードウェア領域、データ領域、システム・サブルーチン領域を含めて 3.0 K 語である (タイムカウント等のプログラムを省略すれば、最小 2 K 語に収めること可能)。

本プログラムはオペレータが計算機専門でなく、タイプライタ等の操作も誰にでもできるよう、きびしくエラーチェックして、もし間違つてタイプすればその旨をオペレータに伝える、いわゆるマンマシン対話を多くとりいた。

(d) 実船試験結果

本システムの実船試験を昭和 45 年 10 月より 12 月まで、日本郵船・千代田汽船共有、自動車運搬専用船第 12 とよた丸 (約 12,400 総トン) で行なつた。その結果を次に示す (表 1.3-2、図 1.3-10)。

(e) 回避運動指示システム

(a) ソフトウェア

このシステムは荒海面にて、変針または変速すれば加速度等の量が、いか程にならかを推定するためのものである。フローチャートを図 1.3-11 に示す。

ここでは船体を波浪計と見做して、船体運動から波浪を推定し、假定針路または假定船速に対する加速度等の量を推定する。

(f) 波浪の推定

利用しうる船体運動の数は限定されてくるので、推定すべき波浪スペクトラムが次のようなものである単純な

表 1.3-2 実船試験結果

月 日	時 (SMT)	船 位		風		うねり		温 度		針		船 部	吃 水 G M	** 固縛ロープの張力 (kg) (kg)	** 加速度 (g)	** 船体運動 (°)		
		緯 度	経 度	風 速 (m/s)	風 向	波 高 (m)	周 期 (sec)	方 向	空 気 (C)	海 水 (C)	路 径 (10°)							
10 27												6.6	7.2					
11 1	1300	45°0'N	178°0'W	SSW	18	SSW	1	E	3	6	14	11	9	2.0	5.0	0.2		
11 2	1300	42°30'N	15°0'W	WNW	5	WNW	1	W	2	7	13	12	11	2.0	4.0	0.4		
11 4	1300	39°50'N	138°50'W	NW	3	NW	1	S	2	6	15	16	11	1.9	6.0	0.4		
11 21	1400	32°10'N	145°0'W	E	30	E	6	9	8	12	19	20	21	5.2	6.5	0.1		
11 29														6.6	7.4	1.4		
12 1	0900	43°40'N	150°40'W	NW	5	NW	1	S	3	10	8	10	11	1.9	2.0	3.0	0.1	
12 2	1430	40°30'N	139°30'W	W	18	W	3	W	7	—	—	14	14	11	1.9	1.0	0.1	
12 5														6.0	7.0	1.7		
12 7														5.6	6.9	2.4		
12 8	0050	37°20'N	124°10'W	SSE	8	SSE	1	S	W	2	9	15	15	2.5	1.8	0.2	0.1	
12 16	1530	30°10'N	169°50'E	NW	14	NW	2	S	6	WNW	4	10	18	22	2.7	1.0	0.3	0.1
12 20														5.2	6.8	2.6	-	

* 貨物(自動車)を固縛している4本のロープにかかる張力の変動量。

*, ** (統計的)平均値を示す。

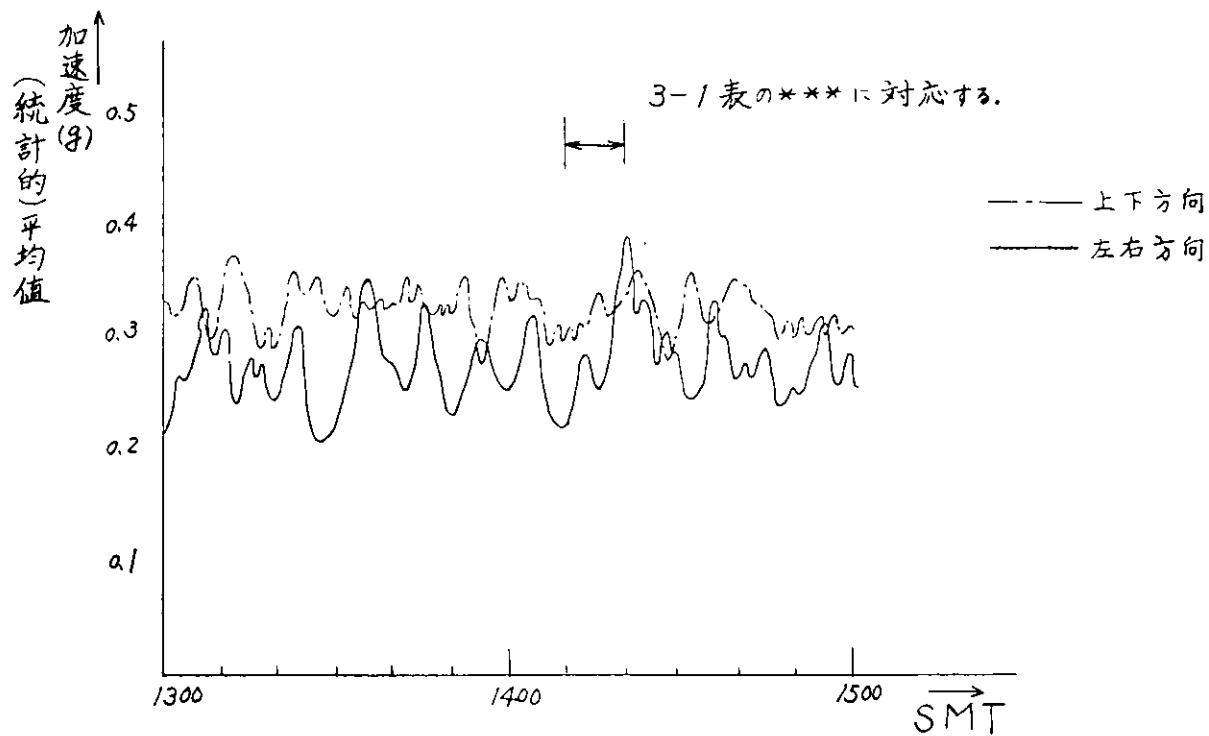


図 1.3-10 記録例

海面を想定する。

すなわち波浪スペクトラム $\Phi(\omega, \theta)$, (ω : 角周波数, θ : 方位角) は標準風浪スペクトラム $\Phi_0(\omega, \theta)$ と幾つかのうねりスペクトラム $\Phi_i(\omega, \theta)$, ($i = 1, \dots, l$) の和であり、さらに $\Phi_0(\omega, \theta)$ は、そのときの風向、風速に対する完全発達の標準風浪スペクトラムとする。

$$\Phi(\omega, \theta) = \Phi_0(\omega, \theta) + \sum_{i=1}^l \Phi_i(\omega, \theta) \quad \dots \dots \dots (1)$$

また演算を簡単にするため船体運動のスペクトラムそのものから $\Psi_i(\omega, \theta)$ を推定するのではなく、 $\Psi_i(\omega, \theta)$ をパラメータ表現し、船体運動のスペクトラム・モーメントから $\Psi_i(\omega, \theta)$, ($i = 1, \dots, l$) の未知パラメータを推定する。

ここで船体運動 $\tilde{x}_j(t)$ の調査次のスペクトラム・モーメントはその $\tilde{x}_j(t)$ の時間 t に関する統計分佈算により得られる船体運動の平均バターン等

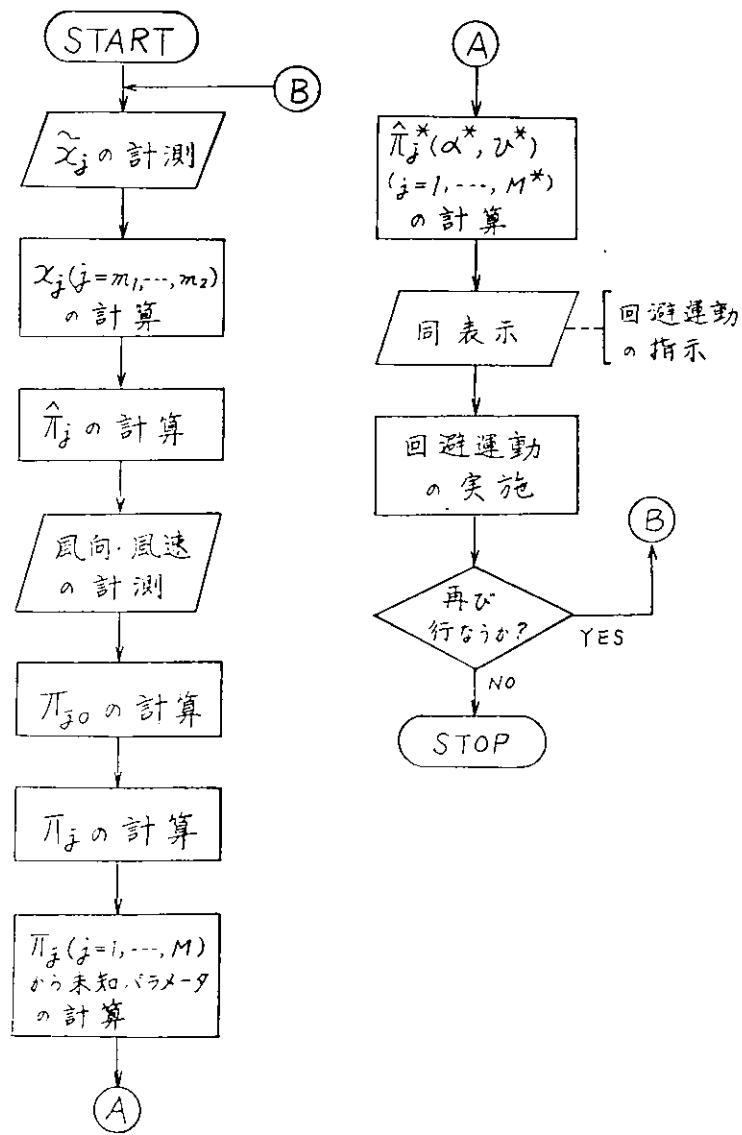


図 1.3-11 回避運動指示システムのフローチャート

しい。したがつて偶数次のスペクトラム・モーメントのみを考えるならば、これらを加えた船体運動 $x_j(t)$ ($j = 1, \dots, M$) の平均パワー $\hat{\pi}_j$ のみを計算すればよいことになる。

$$\left. \begin{aligned} \hat{\pi}_j &= \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T/2}^{T/2} |x_j(t)|^2 dt \\ &= \sum_{k=1}^M |x_j(t_k)|^2 \end{aligned} \right\} \quad (j = 1, \dots, M) \quad (2)$$

一方、船体運動 $x_j(t)$ の応答関数 $g_j(\omega, \theta)$, ($j = 1, \dots, M$) は針路 α 、船速 v および吃水、重心位置等の船体の状態が与えられれば近似的に決定できるので、

$$\left. \begin{aligned} \pi_j &= \hat{\pi}_j - \pi_{0j} \\ \pi_{0j} &= \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^\infty |g_j(\omega, \theta)|^2 \phi_0(\omega, \theta) d\omega \end{aligned} \right\} \quad (j = 1, \dots, M) \quad (3)$$

とおくと、 $\phi_i(\omega, \theta)$, ($i = 1, \dots, L$) の未知パラメータは次の式から推定することができる。

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^L \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^\infty |g_j(\omega, \theta)|^2 \phi_i(\omega, \theta) d\omega &= \pi_j \\ (j = 1, \dots, M) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

ここで ψ_i , ϱ_i , θ_i をパラメータとして、

$$\left. \begin{aligned} \phi_i(\omega, \theta) &= \psi_i \cdot \delta(\omega - \varrho_i) \cdot \delta(\theta - \theta_i) \\ \delta(\omega), \delta(\theta) &: \text{デイラックのデルタ関数} \end{aligned} \right\} \quad (i = 1, \dots, L) \quad (5)$$

と近似すると、

$$\sum_{i=1}^L |g_j(\varrho_i, \theta_i)|^2 \psi_i = \pi_j \quad (j = 1, \dots, M) \quad (6)$$

となる。ただし(5)式の近似はあくまで演算を簡単にするためのものである。したがつて $\phi_j(\omega, \theta)$, ($j = 1, \dots, M$) の未知パラメータはまず(2)式から $\hat{\pi}_j$ を、(3)式から π_j を計算し、 M が未知パラメータの数に等しいときは(6)式から決定し、 M が未知パラメータの数より大きいときは、

$$J = \sum_{j=1}^M \left(\sum_{i=1}^L |g_j(\varrho_i, \theta_i)|^2 \psi_i - \pi_j \right)^2 \quad (7)$$

を最小にするよう決定する。

いま船体運動として横揺角、横揺角速度、縦揺角、縦揺角速度等を、また海面として、a) $L=2$ で θ_1, θ_2 が既知パラメータであり $\psi_1, \psi_2, \varrho_1, \varrho_2$ が未知パラメータである場合、b) $L=1$ で $\psi_1, \varrho_1, \theta_1$ が未知パラメータである場合（補助データが必要）を想定している。

(c) 加速度等の推定

仮定針路 α^* 、仮定船速 v^* および吃水、重心位置等の船体の状態が与えられれば加速度等の推定すべき量 $x_j^*(t)$ の応答関数 $g_j^*(\omega, \theta)$, ($j = 1, \dots, M^*$) は近似的に決定できるので、 $x_j^*(t)$ の平均パワー、

$$\hat{\pi}_j^* = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} |x_j^*(t)|^2 dt \quad (j = 1, \dots, M^*) \quad \dots \dots \dots \quad (8)$$

また、次式で推定できる。

$$\left. \begin{aligned} \hat{\pi}_j^* &= \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^\infty |G_j^*(\omega, \theta)|^2 \phi_\theta(\omega, \theta) d\omega \\ &\quad + \sum_{i=1}^L |G_j^*(\varrho_i, \theta_i)|^2 \psi_i \quad (j = 1, \dots, M^*) \end{aligned} \right\} \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

(b) システム構成

システム構成を図 1.3-1.2 に示す。

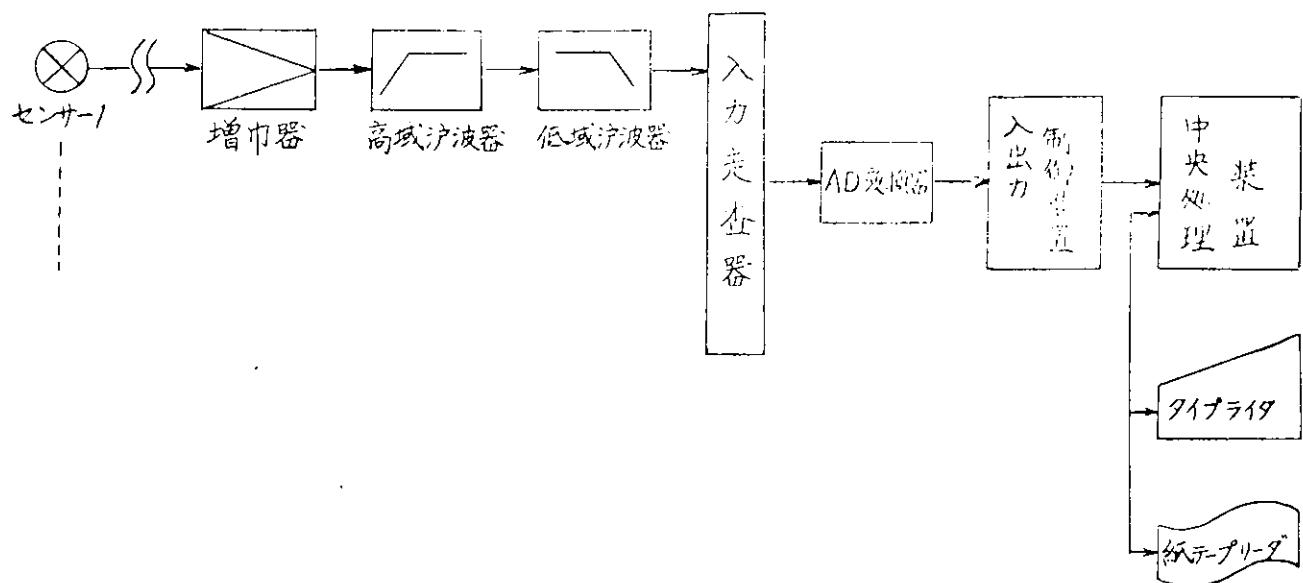


図 1.3-1.2 固有運動指示システム構成図

2. 座礁予防システムの開発

2.1 直接探知方式による暗礁探知ソーナの実船試験

2.1.1 緒 言

船舶の運行性能、安全性等の向上を図るためにには針路前方に存在する暗礁を探知し未然に座礁を防止する座礁予防システムの開発が必要である。

近年ますます巨大化するタンカーその他の商船に搭載して暗礁を探知し、座礁による災害を防止するため、航路前方の暗礁の有無、又その距離はもちろん、暗礁の状況（深度、形状、大きさ）等を識別する必要性が生じてくる。この座礁に伴つて発生する莫大な二次的災害を防止するための暗礁探知ソーナの開発が必要になつて來た。日立製作所は、これまで昭和4.1年度より種々の実験、検討を行ない(④)超音波ビームの指向方向を船体ピッキングの如何に拘らず常に水平方向に保つこと、(⑤)映像の鮮明度をあげ、測定の精度をあげるため極めて鋭い指向性の受振ビームを作る必要があること、(⑥)海水の温度勾配により音道の屈曲があり、海底の見掛け上の温度変化があるので、これを如何に補正するか、またこれらを如何に簡易な方法で実現するか、等の問題点を検討してきた。そして昭和4.3年度のSR-106に於ける、座礁予防システムの検討結果に基づき、船用機器開発協会よりの助成金の交付により、昭和4.5年度に実船用の暗礁探知ソーナの試作機を完成した。この試作機を、山下新日本汽船と日正汽船の共有船である20万トン級タンカー「日安丸」に装着し、昭和4.5年度のSR-106の補助金研究として、昭和4.5年夏期に、実際にマラッカ海峡等の地点において、暗礁探知実験を行なつた。

本実験は、日立造船と日立製作所との共同実験であり、両社の関係者が、日安丸に便乗し実施されたものである。

以下、この実船実験結果について報告する。

(1) 方式の概要

船首の吃水下に取り付けられた送受波器より、水平面に対して垂直方向のある範囲に鋭い指向性で超音波を発射し、この送振指向幅よりも更に鋭い指向性の受振ビームで前方海底からのエコーを受振する。この受振信号を増幅して、記録紙上に描く方式である。又船体のピッキングによる受振エコーの影響を防ぐために、船体の中央部に設置されたシックロレルバ等で構成された動搖検出器で補正している。

(2) 装備、実船実験の日程経過(図2.1-9参照)

各日程経過は次の通りである。

昭和4.5年 5月/初	実船装備用暗礁探知ソーナ試作機組立完成
" " 5月/中~末	試作機、社内調整
" " 6月	試作機、競装
" " 7月/初	内試、公試による乗船実験
" " 7月24日	日立造船埠工場岸壁出港(実験開始)
" " 7月30日	シンガポール海峡
" " 7月31日	マラッカ海峡
" " 8月 9日	ペルシヤ湾
" " 8月10日	クエート(アマディ)入港
" " 8月13日	出港
" " 8月22日	マラッカ海峡
" " 8月30日	小豆島沖到着
" " 9月 2日	岡山県水島入港

(3) 日安丸の概要

タンカー 日安丸の仕様概略は次の通りである。

全長	3.13.02 m
垂線間長	2.98.00 m
幅(型)	5.08.0 m
深さ(型)	2.4.2.0 m
総トン数	約1,044.500トン
載貨重量	約1,944.100 K.T.
貨物油倉容積	約2,706.110 m ³
定格速力	17.20 ノット

2.1.2 試作機の概要

試作機の外観写真を図2.1-1に示す。



図2.1-1 試作機外観写真

(1) 試作機の日安丸への設置状況

暗礁探知ソーナの日安丸への取付位置は図2.1-2

(a)に示すように、船首部の船底から約2 m上部に送受波器、同じく船首部のボーンズントア内の前部に送振器、動搖修正増幅器がそれぞれ格納されている。

又、上甲板上の船体中央部に動搖検出器、ブリッジ内に記録器並びに警報器が設置されている。なおこの

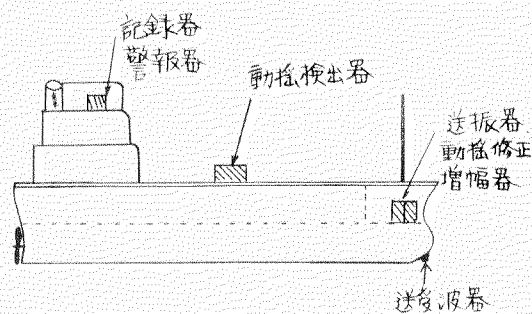


図2.1-2(a) 各機器取付位置

記録器のスマート操作により、装置全体のコントロールをすることができる。図2.1-3に記録器の設置状況を写真で示す。

送受波器を収納するソーナドームの船体への取付状況を

図2.1-2(b)及び(c)に示す。

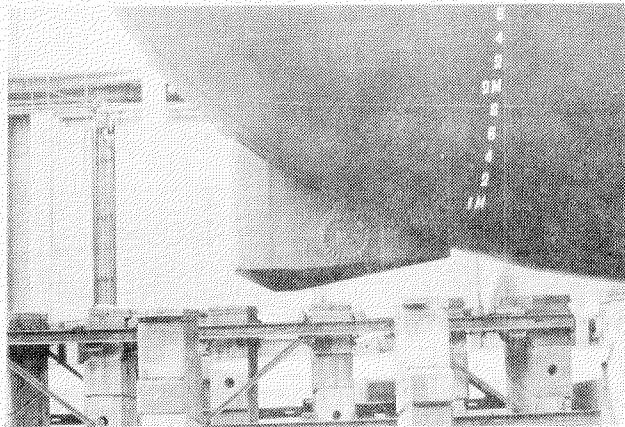


図2.1-2 (b) ソーナドームの取付状況

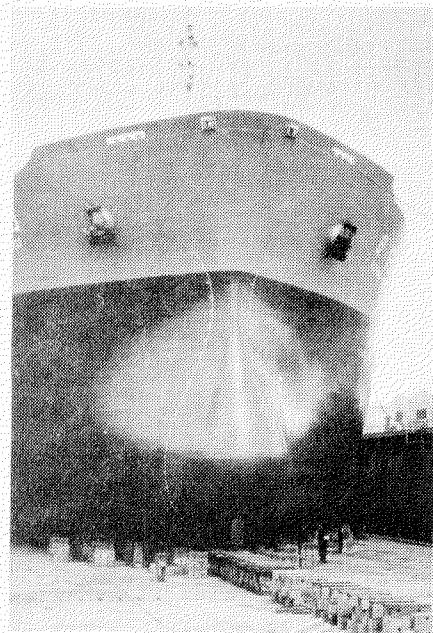


図2.1-2 (c) ソーナドームの取付状況

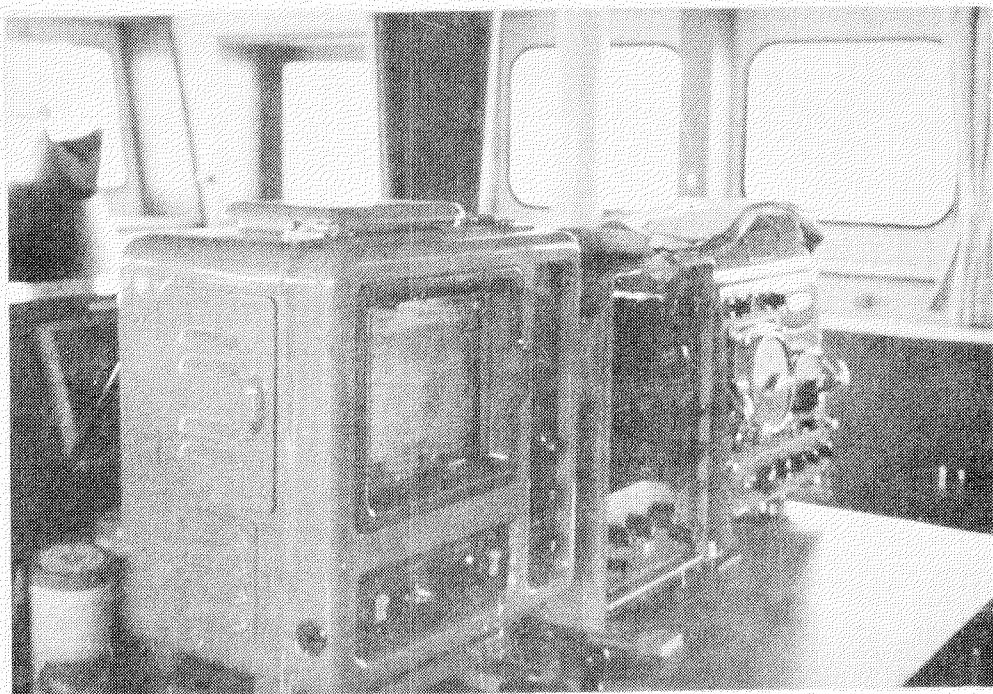


図2.1-3 記録器設置状況

(2) 試作機の主要性能

距離レンジ	2,460 m
水平面内探知範囲	船首前方を中心とした左右各17度の範囲
受振ビーム 水平方向シフト	船首方向を中心とした左右各3度ステップで12度まで切換可能
送受振ビーム 垂直方向シフト	水平面を中心とした20分間隔で上向・下向にそれぞれ7段階
受振ビーム幅 (-6 dB幅)	ビーム幅“狭” 約3度

	ビーム幅 “広”	約 1.2 度
	垂直方向	約 1.5 分
送振ビーム幅 (-6 dB 幅)	水平方向	約 1.2 度
	垂直方向	約 2.6 度
送振パルス幅		3 ms
動搖修正範囲		ピッキング士 4.5 度以内
超音波周波数		4.0 kHz
距離測定精度		3 % 以下
暗礁水深測定精度		理想的な場合 2,000 m 前方で約 3 m
エコー表示方式		記録器方式
全送信電気出力		4 kW
警報表示		スピーカーによりエコー音の聴取
使用電源		AC 100 V 60 Hz
消費電力		1 kW 以下

(3) 各機器の機能

(a) 送受波器

振動子型式	チタン酸バリウム磁器振動子
送受エレメントチャンネル数	同上 4 チャンネル
入力電力	1 kW / チャンネル
送波音圧レベル(総合)	各チャンネルにそれぞれ 1 kW 入力のとき 130 dB 以上
耐水圧	3 kg/cm ²

(b) 送振器

チャンネル数	4 チャンネル
送振電気出力	1 kW / チャンネル
励振信号入力	0.5 V / チャンネル
消費電力	送振時 800 VA 以下

(c) 動搖修正增幅器

最小受振入力レベル	0.1 μ V
受振チャンネル数	4 チャンネル
受振信号増幅出力レベル	約 10 V (800 Hz)
送振励振出力	0.5 V
消費電力	50 VA 以下

(d) 動搖検出器

動搖検出方式	ペンシュラム方式
動搖検出対象	ピッキング
動搖検出出力信号	4.0 kHz 高周波信号の位相変化を得る。
動搖検出範囲	ピッキング士 4.5 度の範囲
動搖検出精度	1.5 分以下

(e) 記録器

操作機能は次の通りである。

操作個所	操作機能
垂直ビームシフト	ロータリースイッチにより超音波ビームの垂直方向の俯仰角を15段階に切換える。
水平ビームシフト	ロータリースイッチにより超音波ビームの水平方向の方位を9段階に切換える。
感度粗調整	ロータリースイッチにより記録感度を8dBステップで11段階に切換える。
水平ビーム指向幅	スイッチにより水平受振ビームの指向幅を“広”(約12度)、“狭”(約3度)に切換える。
感度微調整	記録感度の微調整を行なう。
音量	警報器の(スピーカ)音量を11段階に切換える。
電源	本器及び他の関連機器の電源開閉を行なう。

消費電力 約30W

(f) 警報器

使用スピーカ 18cmダイナミック型
最大入力レベル 3W
入力信号 800Hzに変換されたエコー信号

2.1.3 暗礁探知方式

(1) 方式の説明

図2.1-4に示すように船舶の船首吃水下に取り付けた送受波器から水平面に対して垂直方向のある範囲内に鋭い(約2.6°)指向性で超音波を発射し、この送振指向幅よりも更に鋭い指向性の受信ビーム(15')で、前方海底からのエコーを受振する。今音波が直進するものとし、船首がa点の位置にあるとするならば海底の一点a点のエコーが得られ、a点とa'点間の距離Raが測定出来る。次に船舶がb点の位置まで進行した時にはb'点のエコーが得られ、b点とb'点間の距離Rbが測定出来る。以下同様に船舶がc点、d点と随時進行してゆくときc'点、d'点からのエコーにより各々距離Rc, Raが測定出来る。音波の送受波角θを船体のビツチング無関係に常に一定の角度に保持すれば、前方の海底に隆起物がある瞬間、音波はこれにさえぎられて遠方に到達せずにa, b, c, dの各地点で測定した距離Ra～Rdは順次短縮していくはずである。

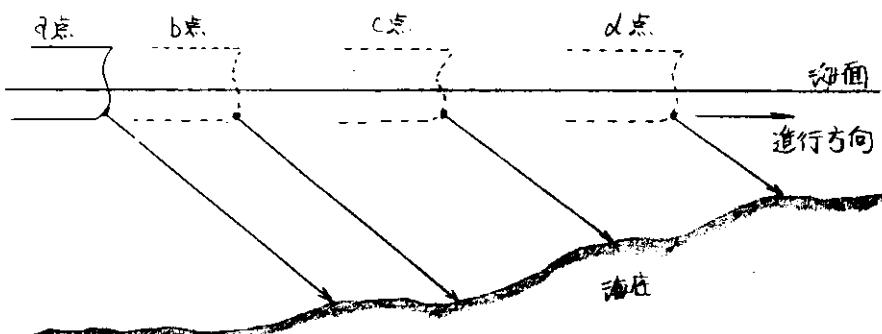


図2.1-4 暗礁探知方法

この関係を記録紙上に記録したのが図2.1-5である。記録器には記録紙の巻取方向に直交して走行する記録ペンにより刻々のエコーが記録されてゆく。すなわち記録紙を等速で送り、記録ペンを上から下に走行させた時、エコーは記録紙の横方向にRa～Rdに対応して記録され、距離の遠近から図2.1-4のような海底地形は図2.1-5のように相似の記録が得られるのである。

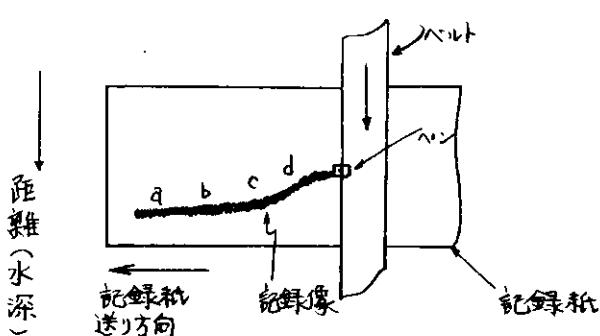


図2.1-5 記録状況

図2.1-5により記録上には距離の変化として現われてくるが、これはとりもなおさず前方海底の起伏状態をも現わしているものである。

以上は音波が直進するものとして考えて来たが実際には海水の温度勾配により、音波の音道は屈曲することに知られている。普通は海面に近い所では水深が増すにつれて水温が低下してゆくような負の温度勾配が存在し、この場合は図2.1-6に示すように音波は下方へ屈曲する。またこのような温度勾配は時々刻々変化するものである。いま図2.1-6において、ある温度勾配のとき送受波角を θ とし、a点において前方の海底からのエコーa'を受信し距離 R_1 が測定出来たとする。次に船舶がb点まで進行して同じく送受波角 θ では前方海底b'からのエコーを受信し距離 R_2 が測定出来る。もし前方の海底が平坦であるならば当然a'点からのエコーが得られるわけであるが、この場合は前方海底が幾くなつてゆく状況にあるのでa'点より手前のb'点が探知され、したがつてこのときの距離 R_2 は R_1 に比べて $R_1 - R_2$ だけ短縮する。次に船舶が進行してゆきa'点の真上に来たとき音響測深機を用いて真下の水深を測ると水深 D_1 が得られ、同じくa'点まで進行して直下のb'点の水深を測ると水深 D_2 が得られる。このようにすれば $R_1 - R_2$ の距離の間に $D_1 - D_2$ なる水深変化があるのでこれを直線で近似することにより距離対水深の関係が求められる。この関係を示したのが図2.1-6である。

図2.1-7において、音道を $P\theta$ とし、 R_1 に対する水深を D_1 、 R_2 に対する水深を D_2 とする。 $P\theta$ 上の点であるa', b'に接する直線mm'を引き、次近似を求める。又、 D_0 を座礁危険水深とすると、 D_0 はこの近似直線上でc'の点になり距離 R_0 に相当する。従つてもし記録像が距離 R_0' 以下になつた場合は前方に暗礁が存在すると判断するのである。

D_0 に相当する距離は実際は R_0 であり1次近似で求めた R_0' とは△Rだけ距離誤差を生ずる。しかし a' , b' の各点を D_0 の近傍に選べば誤差は僅少となる。

この一連の操作は本機器においては、垂直ビームシフトを手動にて調整することにより行なう。

(2) 使用方法について

本装置の通常の操作は全て記録器で行なう。記録器の操作個所およびその機能については、すでに述べた。(2.1-2(3)参照)

(a) 操作方法

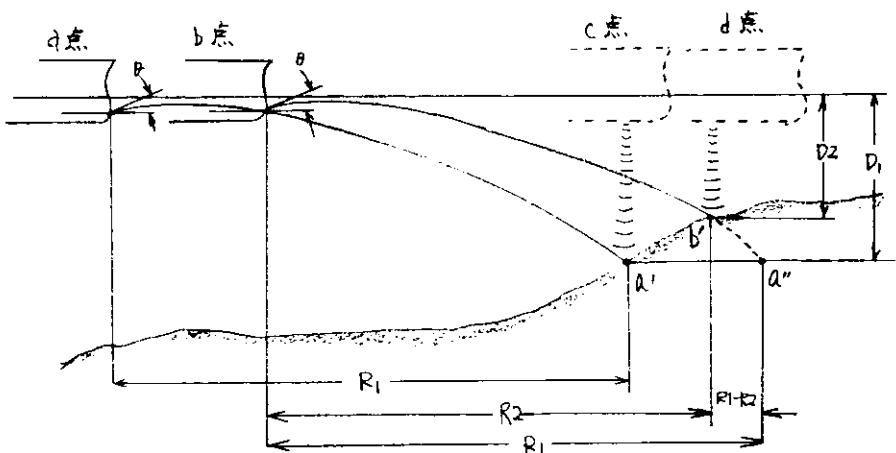


図2.1-6 水深補正方法

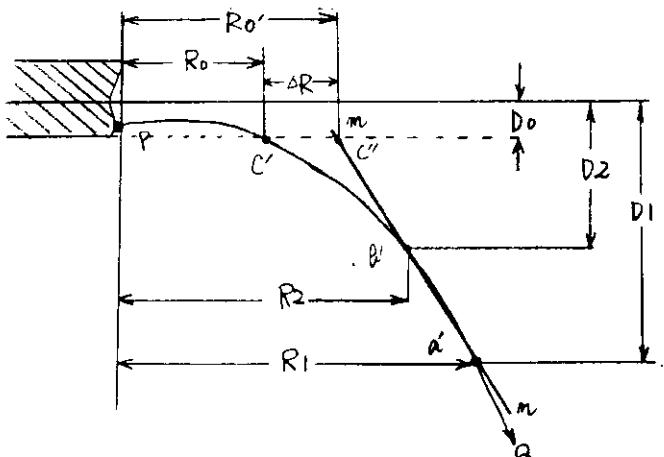


図2.1-7 音道の近似

「電源」を「接」にする。記録器のモータは直ちに回転を始める。約30秒後に全装置が作動する。

「水平ビームシフト」 「正面」とする。

「水平ビーム指向幅」 「広」とする。

これで1,000m前方では水平方向210m、2,000m前方では約420mの幅の範囲が探知できる。「感度粗調整」を目盛8~10とし、「垂直ビームシフト」を操作して記録像が最も遠距離になるよう調整する。記録が波いときには「感度粗調整」のノブを時計方向に回す。正確に前方海底の記録がとれたならば「水平ビーム指向幅」を「狭」とする。

(b) 距離対水深の校正

水深校正における必要条件は、船速は一定であること、目盛板は記録巻取速度に合せたものを使用する、記録紙巻取速度は校正中は変らない、「水平ビーム指向幅」は「狭」とする等である。

図2.1-8に記録部および水深校正の方法を示す。水深の校正是、まず自船の速力を知り、速力に対応して船速合せ移動金のノブによりスプリングの先に接続した紐を斜の船速目盛に含せる。図2.1-8の場合は16 kt/hのときである。次に、現在記録した記録像A点(距離2,000m)をマークする。これから△t秒後には記録紙が送られてA点のマークはA'点の位置まで移動する。このとき前方海底との距離が短縮し、そのときの記録がB点(距離1,800m)であるときこれにマークする。t秒後にA点で付したマークが船速目盛(16 kt/h)の線上に到達したときエコーランダーより自船直下の水深を測定する。このときの水深が仮に4.0mであつたとする。次にt₂秒後にB点で付したマークが船速目盛に一致するB'点にきたとき、前と同様に測定する。このときの水深が仮に2.8mであつたとする。

かくして距離2,000mが水深4.0m、又距離1,800mが水深2.8mに対応することがわかる。この関係から図2.1-7に示すようにグラフを用いて第1次近似を求めると距離対水深の校正曲線が求められる。これによると座礁危険水深が2.0mである場合には距離1,677mがこれに相当することがわかる。

この水深校正是相当に広い海面において音道の屈曲が一定であるという仮定によつているもので、必要に応じて適宜水深校正を行なう。

前方に暗礁を発見したときは「水平ビームシフト」によりビームの向きを左右に切換えてみて、安全な方向を探し、その方向に操船するようとする。

2.1.4 実験時の日安丸航路

実験における日安丸の航路および日程概略を図2.1-9に示す。

2.1.5 実験結果

図2.1-9に示した地図上の地点である大阪湾、シンガポール海峡、マラッカ海峡、ペルシャ湾で主に実験を行なつた。

以下これらの地点について測定した結果

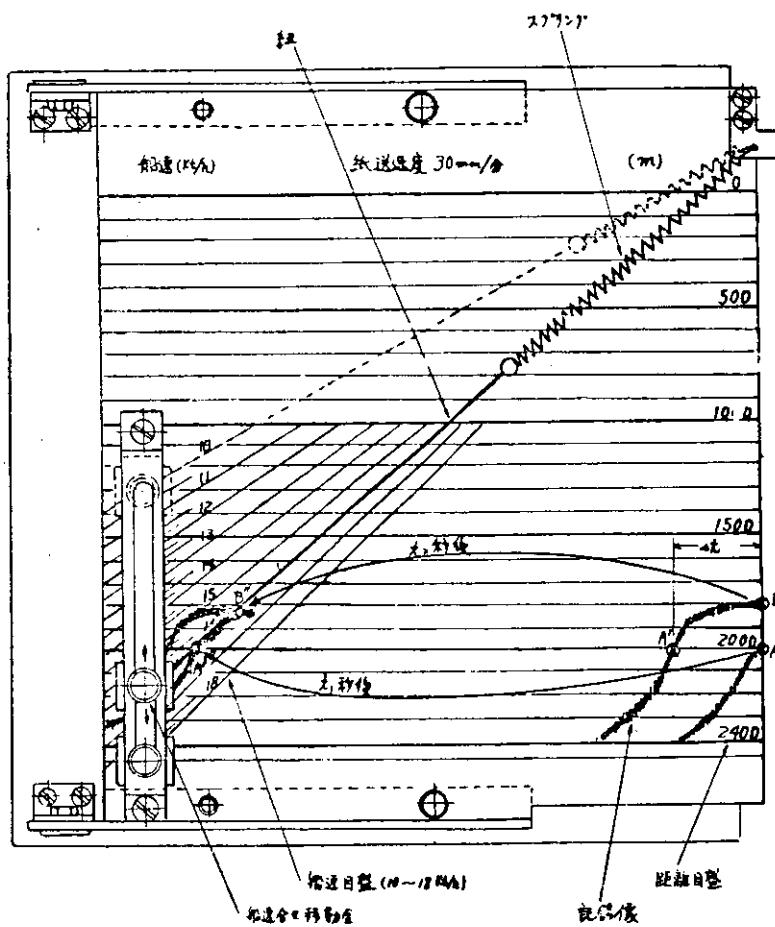


図2.1-8 記録器記録部

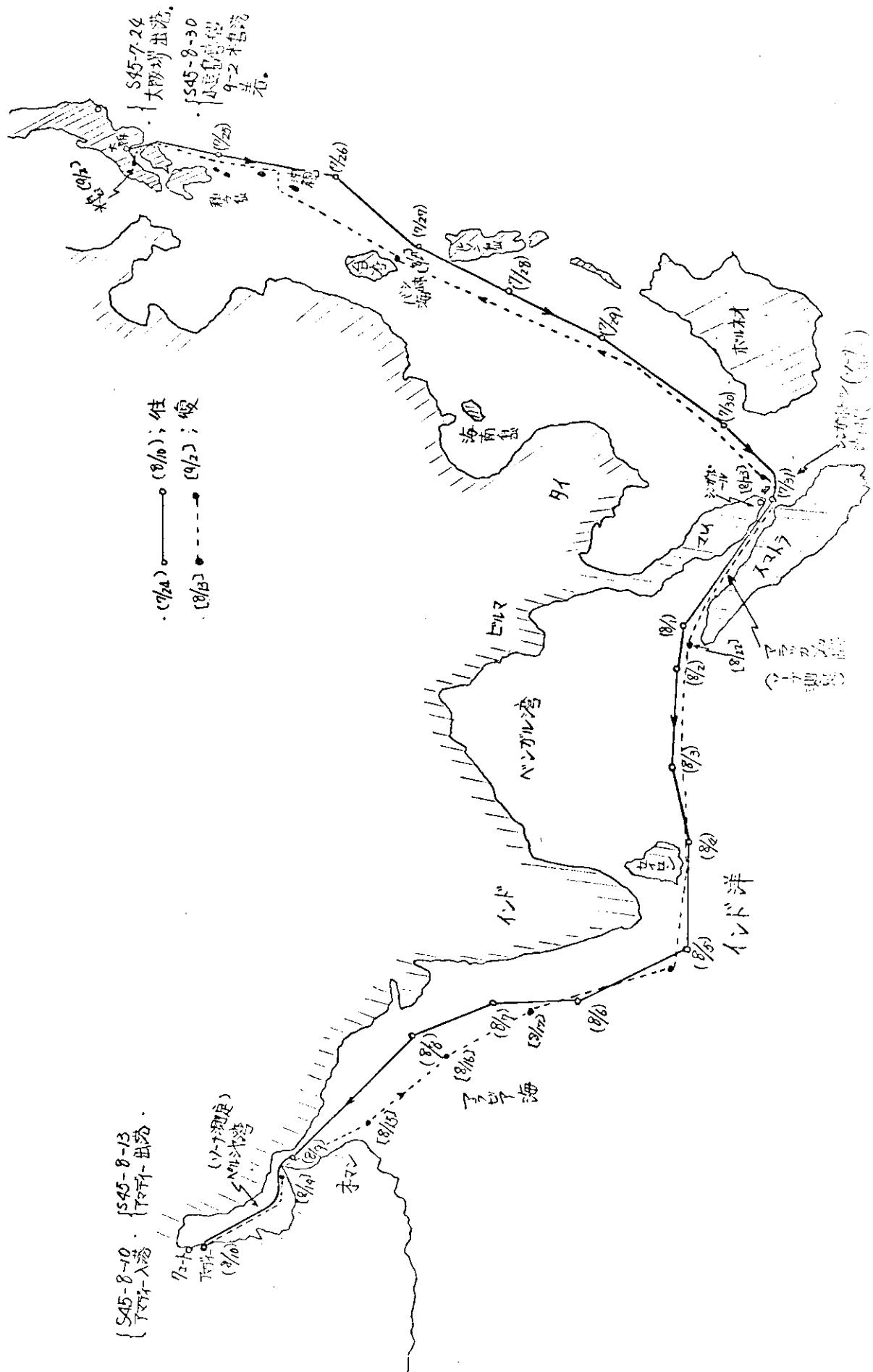


図2.1-9 巨大船航路および日程概略

を報告する。

(1) シンガポール海峡

水 深	30 ~ 80 m 以上
底 質	岩および砂
探知距離	1,500 m 以上(最大 2,000 m)

図 2.1-1.0 にシンガポール海峡のソーナ記録を示す。

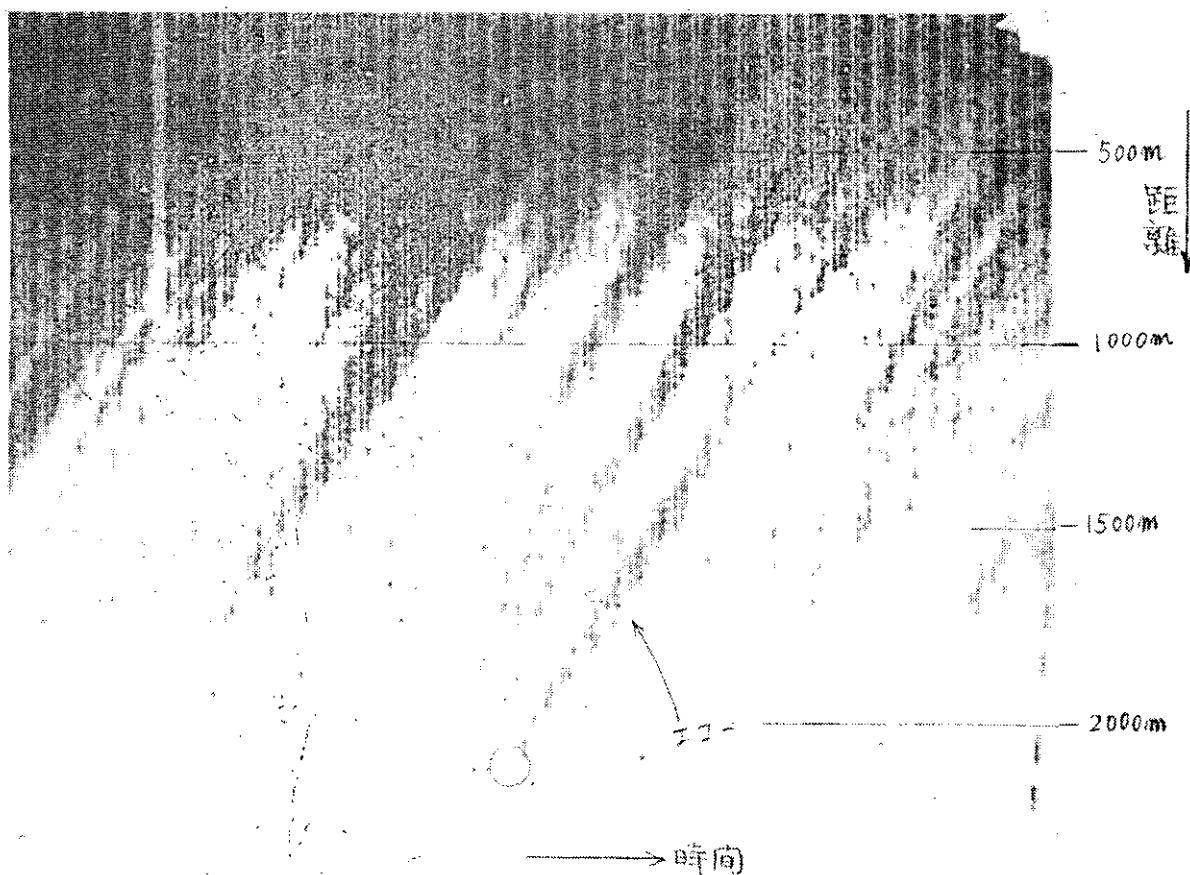


図 2.1-1.0 シンガポール海峡におけるソーナ記録

図 2.1-1.1 でみられる斜に傾いた部分がエコーの記録像である。このようにシンガポール海峡では斜に傾いた反射像として多数記録されている。一方当時のエコーサウンダーの記録を調べてみると、海底の起伏が非常にはげしいことがわかる。そのために音波が海底を一様に探査することなく海底の凸部より反射してくる。又、船が前進しているために凸部までの距離が短縮してくるために、ソーナ記録紙上に傾線として記録されるのである。

(2) マラッカ海峡

水 深	30 ~ 60 m
底 質	泥および砂
探知距離	1,000 m (最大 1,500 m)

図 2.1-1.1 にマラッカ海峡のソーナ記録を示す。

図 2.1-1.1 をみるとシンガポール海峡の記録と類似しているが、記録密度が極端に悪くなっている。又探知距離も 1,000 m 前後と短い。これは海底の底質が泥などであるため反射率が非常に悪く予想をはるかに下回つており、又浅い所を音波がほとんど水平に近い角度で海底に到達する等などから、海底によほど反射率のよい岩などがあつた時のみエコーとして記録されたと思われる。又、エコーサウンダーの記録をみると 250 m ~ 1,000 m 位の周期で振幅

平均1.0 mの海底がみられる。これはシンガポールの海底面に対し、マラッカ海峡は泥や砂が波打つているものである。その所々に砂または岩などの反射率の高いものが点在するものと思われる。

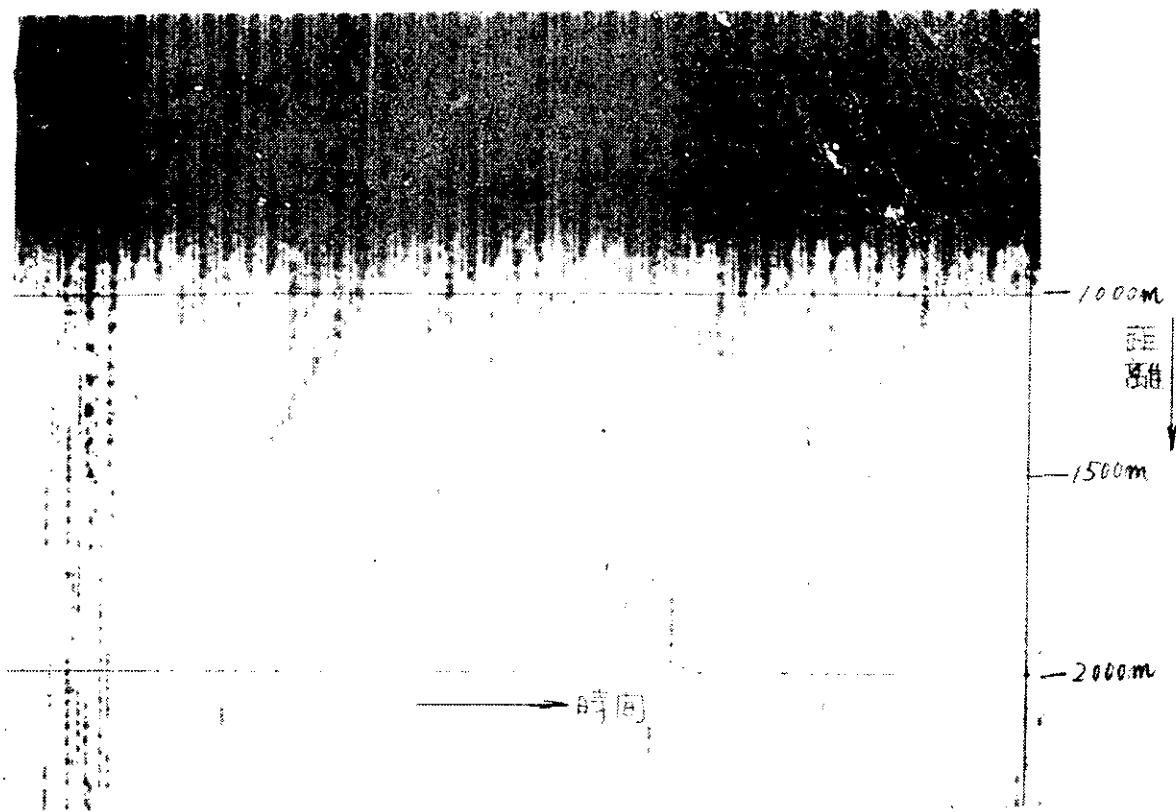


図2.1-11 マラッカ海峡におけるソーカ記録

(3) ベルシャ湾

水 深	6.5 ~ 7.0 m 以上
底 質	岩または砂泥

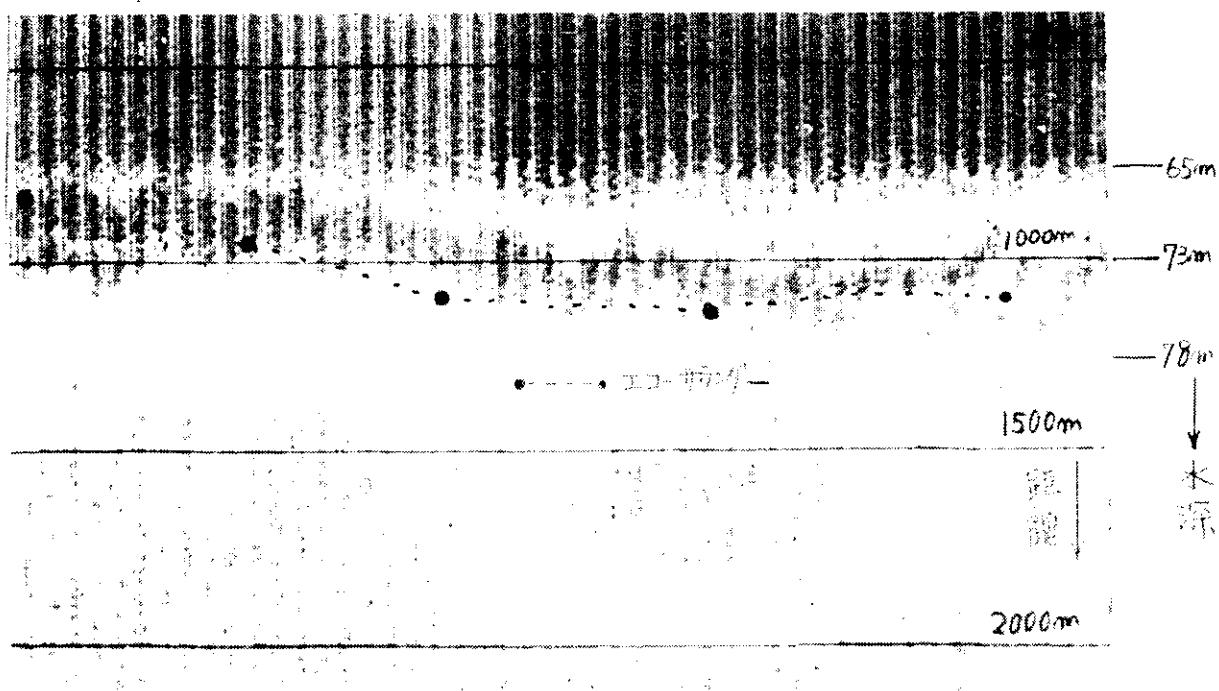


図2.1-12 ベルシャ湾におけるソーカ記録

探知距離 1.000 m

図2.1-12にペルシヤ湾のソーナ記録を示す。

図2.1-12をみると

約1.000 m前方の海底の記録がとれている。又、エコーサウンダーの記録によると水深65~70 m以上の非常になだらかな海底である。そのため音波が一様に海底を探査したと考えられる。又、マラッカ海峡と比較して底質も岩又は砂等で音波の反射率もよかつた。なお点線で示した部分がエコーサウンダーの記録をソーナ記録紙上に書き替えたものである。なおペルシヤ湾におけるエコーサウンダーの記録例を図2.1-13に示す。

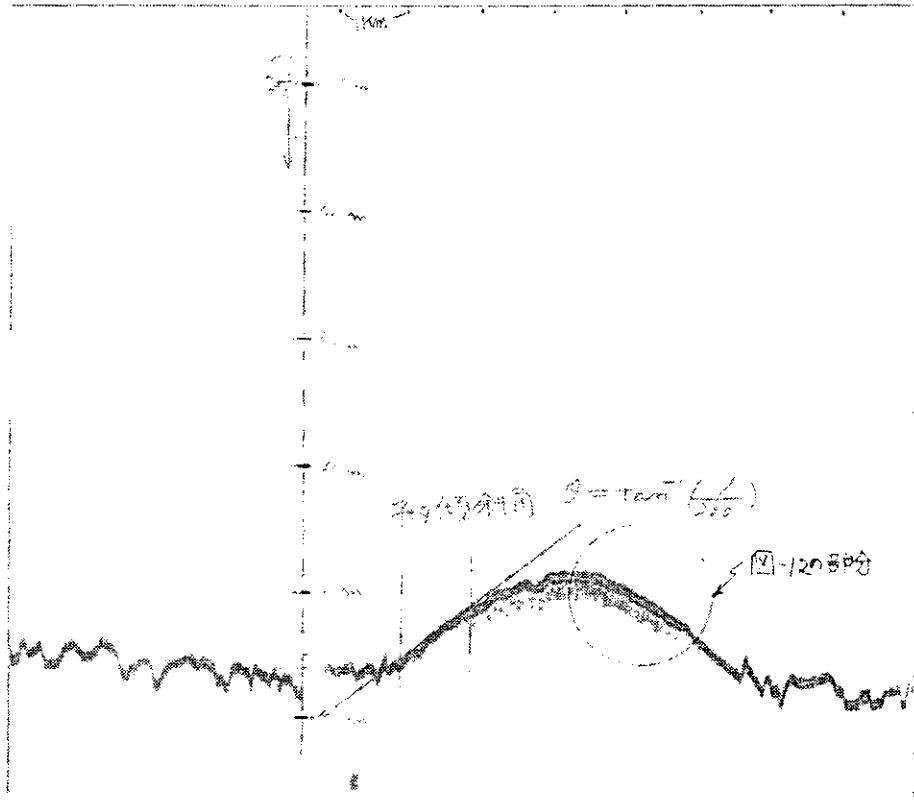


図2.1-13 ペルシヤ湾におけるエコーサウンダーの記録

2.1.6 航走雑音について

ソーナ観測においては、垂直探査を除き、水中から受波器に超音波雑音が受振される。受波器の指向特性が水平に近く向いている為、ビームの近くを通過する他船のプロペラ音、自船のプロペラ音等が受振されるが、これらの雑音は常にあるわけでなく受波器の指向特性、周波数特性等で改善されるほか後で述べる雑音とはその強度などの点から区別ができる性質の雑音である。

船が航走することによつて発生する気泡による雑音や波浪等の雑音がいわゆる航走雑音である。この航走雑音は送受波器の位置、ソーナドームの形状、船型、音波の周波数、船速、船体振動等の要素で大きく変わるとと思われる。各船速における航走雑音を測定し、音圧換算スペクトラムレベルとして計算した結果を図2.1-14に示す。

2.1.7 結果の検討

(1) 実験結果に対する検討

まず結果であるソーナ記録をみるとマラッカ海峡およびシンガポール海峡の記録とペルシヤ湾の記録と異つている。前者の記録が斜めに傾く理由は前に説明したが、この記録においてどこが海底の頭部であるか判断がつかない。その理由として、残響が多い、又海底の起伏が非常に激しく、又海底の突出部が水面下30 m等大変に浅いためにビームの先端で受振されたエコーが先ず記録紙に記録され、船が突出部に近づいたとき、ビームの裾の部分でも受振され、距離が近いために記録紙の上端に記録される。そのため残響と重り合つてどの部分が頭部であるかわからず又、記録の連続性がないために距離対水深の校正が不可能である。ペルシヤ湾については比較的海底の条件がよかつたために図2.1-11にみられるように一応海底が記録されている。図2.1-7の方法で図2.1-15のような、水深対距離の校正曲線を引きソーナ記録紙上に水深が記入してある。又点線で示した部分がエコーサウンダーの記録をソーナ記録紙上に記入したものであるが、これでみると限界測深誤差は3~4 m位である。

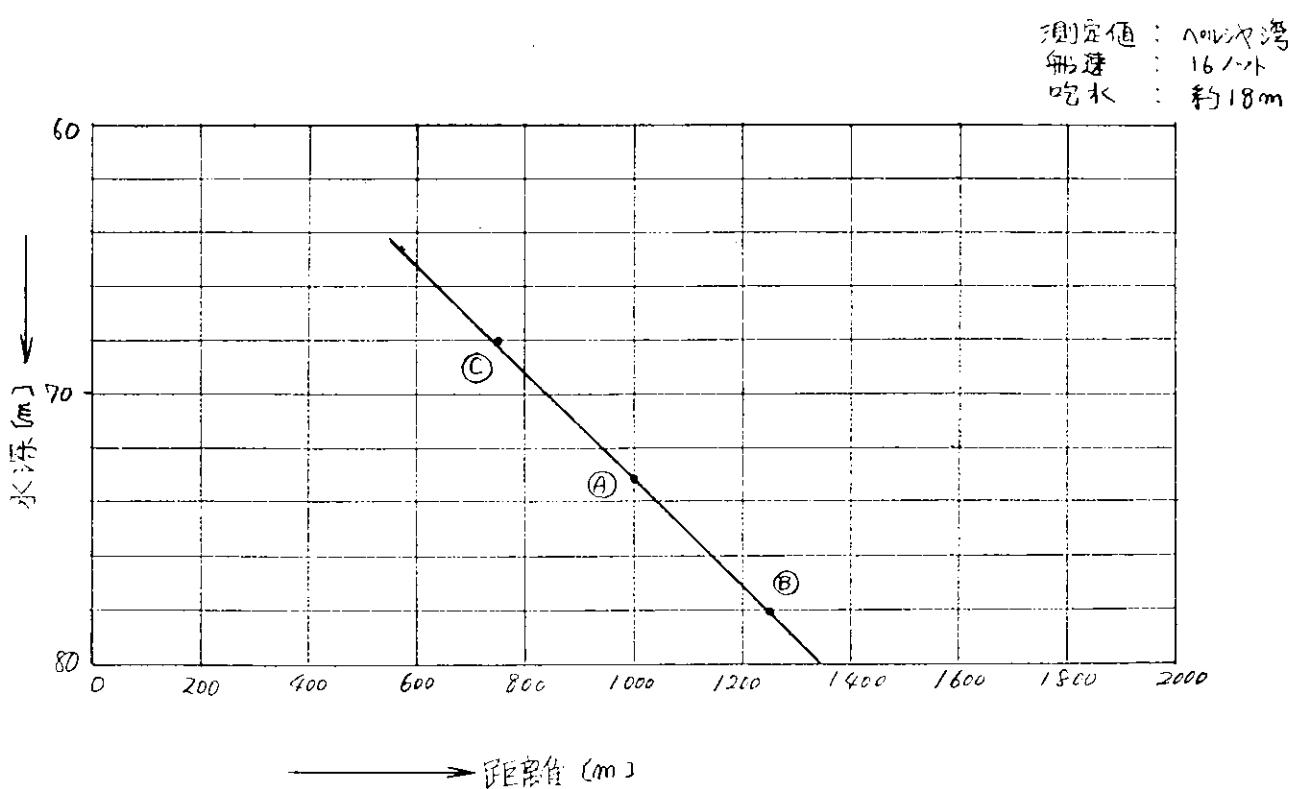
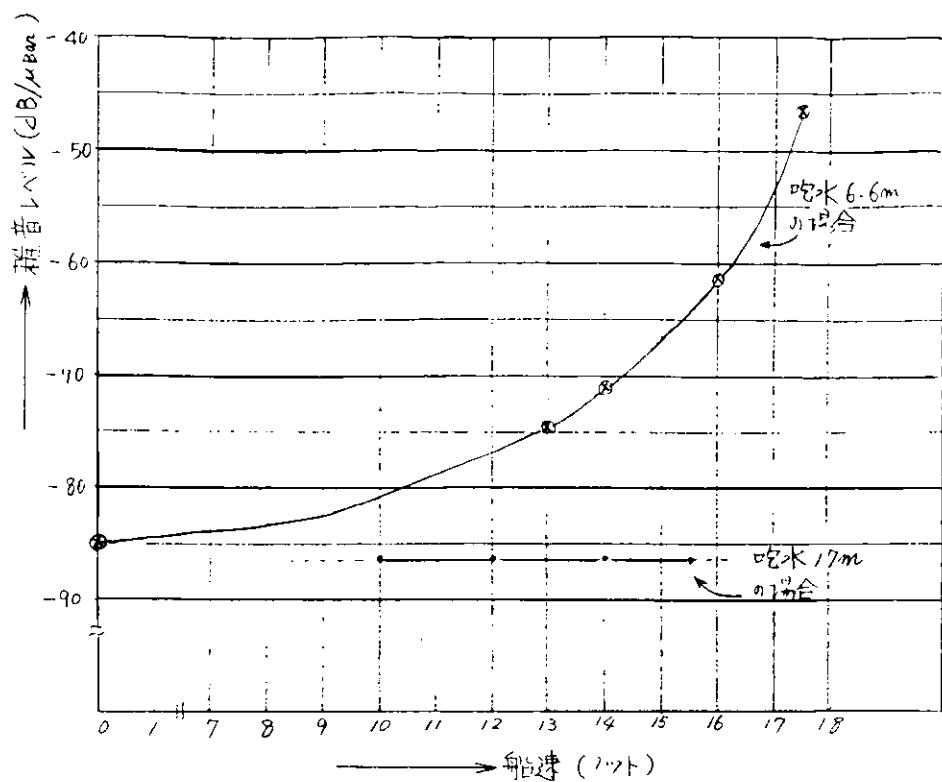


図 2.1-15 水深に対する距離換算曲線

(2) 探知距離、測深精度について

探知距離については、海底の底質、状況、水深等で変わつてくるが、シンガポールのように岩質の海底ならば2.000m前方を探知可能である。又、マラッカ海峡のように主に泥質の海底でしかも水深が浅い場合には、よほど反射率のよいものが無ければ音波の反射は認められない。測深精度については、比較的よく海底の記録されたペルシヤ湾においては3m前後であるが長時間の連続性の記録がとれないので平均的な値を出すことが出来なかつた。

(3) 航走雑音について

航走雑音については図2.1-14をみると、前部吃水6.6mの場合は船速と共に増加している。しかし吃水17m位になると船速が増加しても航走雑音はほとんど一定である。この航走雑音は船のスクリュー音等の船自身から発生される雑音ではなく、船が進行中前部で波を切る時に生ずる気泡等による雑音である。従つて吃水17m位ではこの雑音は影響無いので自船の影響は受けないものと考えられる。

(4) 実用性に関する検討

各データより考えると本試作機は、底質が岩であるならば1.500m以上2.000m位までの前方を探知することができる。しかしその場合問題になるのは(1)すでに述べたように海底がはげしく起伏している場合、記録像が記録紙の上端まで来てしまうこと、残響の発生することである。この残響の影響はS T C回路と呼ばれる時間と共に受振感度の変化する回路を付加することによつてある程度は軽減されるが、本試作機には付加されていなかつた。

2.1.8 まとめ

この実験結果は現在の水平ソーナ技術レベルの観点から見て、比較的簡単な装置で良好な前方海底のエコーを受信し得たものと考えられる。しかし各種条件下で當時船舶の安全性を保証し得る機器としては、下記の様な問題があることが判明した。これらの結果は、水平ソーナの性格上今回の様な実船実験無くしては、確認困難なものであつたと考えられる。

- (1) 海面によつては音道屈折が予想以上に大きく、対象とするような浅い海面では探知距離が短くなる。
- (2) 海底が泥質で平坦な場合、音波の入射角が水平に近いと十分なエコーが得がたい。
- (3) 長い距離にわたつて比較的複雑な海域では、残響が標的エコーに比べ、相対的に大きくエコーの判別がむづかしい。
- (4) 独立した海山、リーフ等の暗礁探知には非常に有効である。

以上のような結果から判断すると、本試作機をマラッカ海峡での暗礁探知として使用することは困難であると思う。しかし海図上の不明確な海域、又、未開発で海図が無いような海域等における海山、リーフ等の暗礁探知には、現在の方式を使用しても探知距離2km位で十分実用性があると思われる。

2.2 間接探知方式による座礁予防システムの性能向上

2.2.1 まえがき

昭和44年度の性能確認実験において、高選択角スキヤニング方式の探知部は航行時における最大探知距離が約1,500mであることが確認されたが、実用上の問題として、モニター用のブラウン管の表示方式の変更、船体動揺修正の付加などの改善すべき点が残されたので、これら問題点の改善手段の立案と改善後の性能について机上検討を行なつた。

2.2.2 現用機での問題点と改善点の抽出

船体動揺修正についてはベンデュラム（振子）検出による修正方法が実用的であり、音道屈折修正手段としては過去航路の実測値により前方航路の修正を行なう手段がある。しかし、音道屈折が問題にならない場所だけでも充分利用価値があると考えられる。

分解能については大略の海底地勢を把握するためスキヤニング巾（探知する範囲）を広くとる関係上、現在程度でよく、また、巨大船では一般に一定既知航路を運航する場合が多く、未開航路を問題にすることは希れであるから、高度集中制御化に対しては、航法システム分科会で、当初、意見のあつたように、電波航法で船位が確正確に測れる沿岸域とか海峡での座礁予防は航路付近の綿密な測深と電波航法との併用による対策案の採用が有利であり、超音波スキヤニング方式による海底探知手段は、電波航法精度の不安定な沖合航行中に生ずる航路誤認による座礁の予防に寄与させるための併行確認手段として、前方および左右の大略海底地勢情報を提供するための装置とすることが、本来の間接探知手段として至当と考えられる。

従つて、ここでは主として、現用機での利用面における問題点と改善点とについて検討した。その結果、次のようになつた。

(1) モニター用ブラウン管の表示方式の変更

現用機では図2.2-1のよう投射距離を横軸とし、スキヤニング角度を縦軸としたBスコープ表示なので、深度測定目盛線が複雑な曲線である上に、像形が実態と甚だしく異なり、実感的に判断しにくいので、図2.2-2のような扇形状PPIスコープ（オフ・センター式）に変更し、像形を実態と相似させるとともに、後記の船体動揺修正を容易に行なう得るようにすることが望まれる。

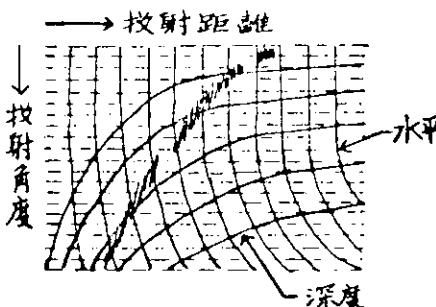


図2.2-1

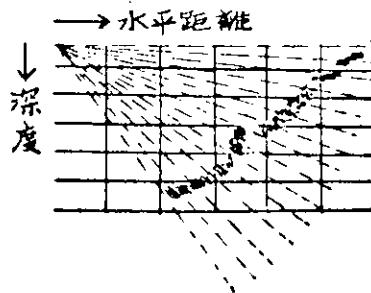


図2.2-2

(2) 受信指示器の構成の変更

現用機では図2.2-3のよう受信指示器と送受波器間のケーブル（2芯シールド高周波ケーブル18本）が極度に長くなり、10万トン級で約250m、15万トン級で約500m、20万トン級で約330mにもなり、装備費用が高価になるだけでなく信号損失および雑音の拾込みが大きいため、ブラウン管表示部と各制御用信号出力部分だけをブリッジ側におき、受信部部分を船首区間に移設出来るよう回路および構成を変更することが望まれる。（図2.2-4参照）

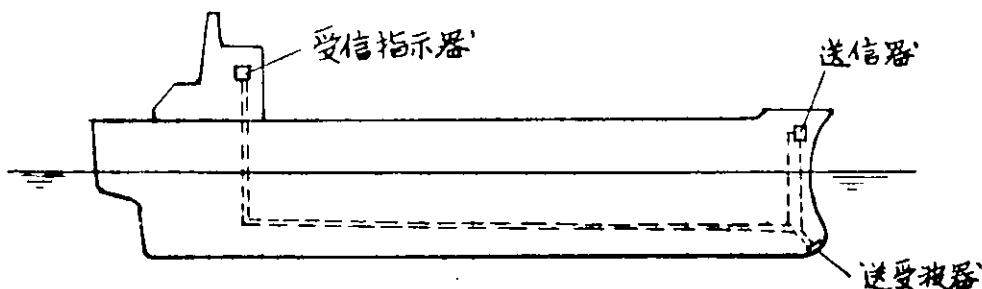


図 2.2-3

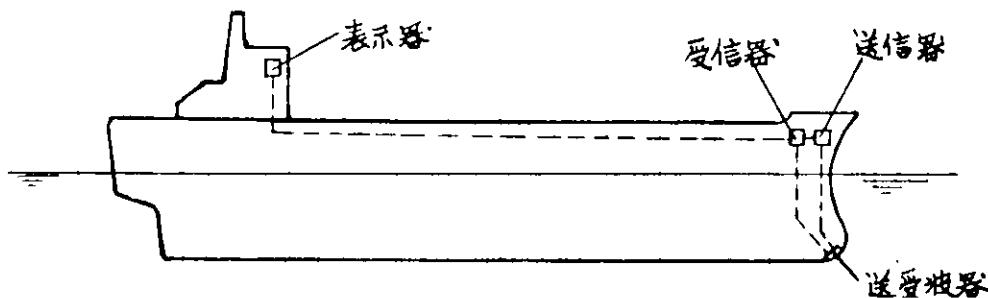


図 2.2-4

(3) 船体動搖修正の付加

ペンデュラム検出による修正手段を施すことが望まれる。但し、この方式の場合、受波ビームの指向方向を修正する方法は複雑高価となることが予想されるので、ブラウン管の電子ビーム偏向を修正するような方法を採用するのが望ましい。

(4) 暗礁接近警報の付加

ブラウン管表示像を常時観測せずに、暗礁域に接近した場合にのみ観測すれば済むように、観測警報または制御信号を発するような機能を付加することが望まれる。

2.2.3 改善手段のプロツクダイヤグラムとその各部機能

(1) 現用機のプロツクダイヤグラムと改善箇所の指摘

2.2.2項で指摘された改善箇所は図2.2-5に示すように、次の5箇所である。

① 受信指示器の構成変更

受信器と表示器とに分割する。

② ブラウン管表示方式の変更

Bスコープ表示を扇形状PPIスコープに改める。

④ 船体動搖修正の付加

ペンデュラム検出による動搖修正を付加する。

⑤ 暗礁接近警報の付加

暗礁に接近したと思われるとき、操船者の注意を促すための警報手段を付加する。

(2) 改善後のプロツクダイヤグラムとその各部機能

改善後のプロツクダイヤグラム中、船首区画および中央区画に装備される部分を図2.2-6に、プリツジに装備される部分を図2.2-7に示す。

(a) 受信器(図2.2-6)

(1) 変換回路

探知信号を中心周波数100KHz程度の周波数変調波に変換する変換回路である。

探知信号の換波信号をそのまま遠隔伝送したのでは伝送途中で僅かな雜音を拾込んで S/N がそれだけ悪く

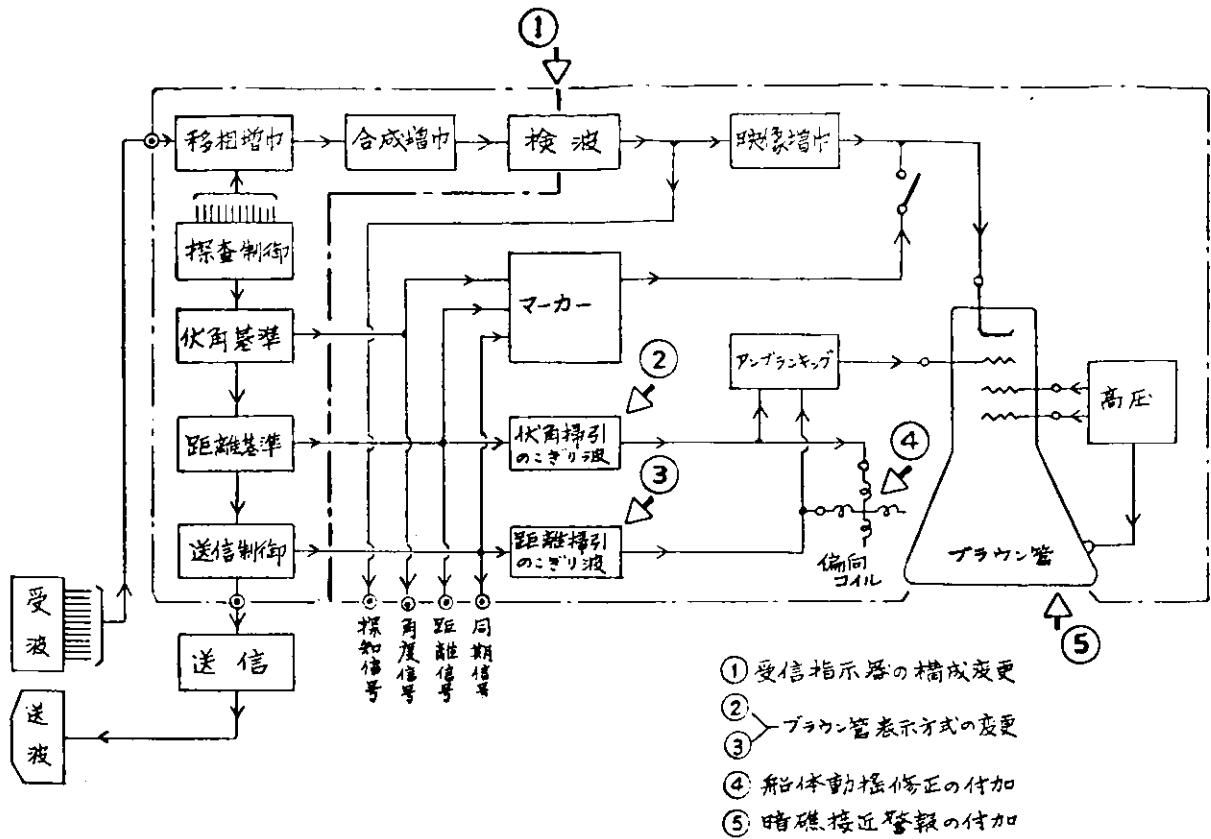


図 2.2-5 現用機のプロツクダイヤグラムと改善箇所の指摘

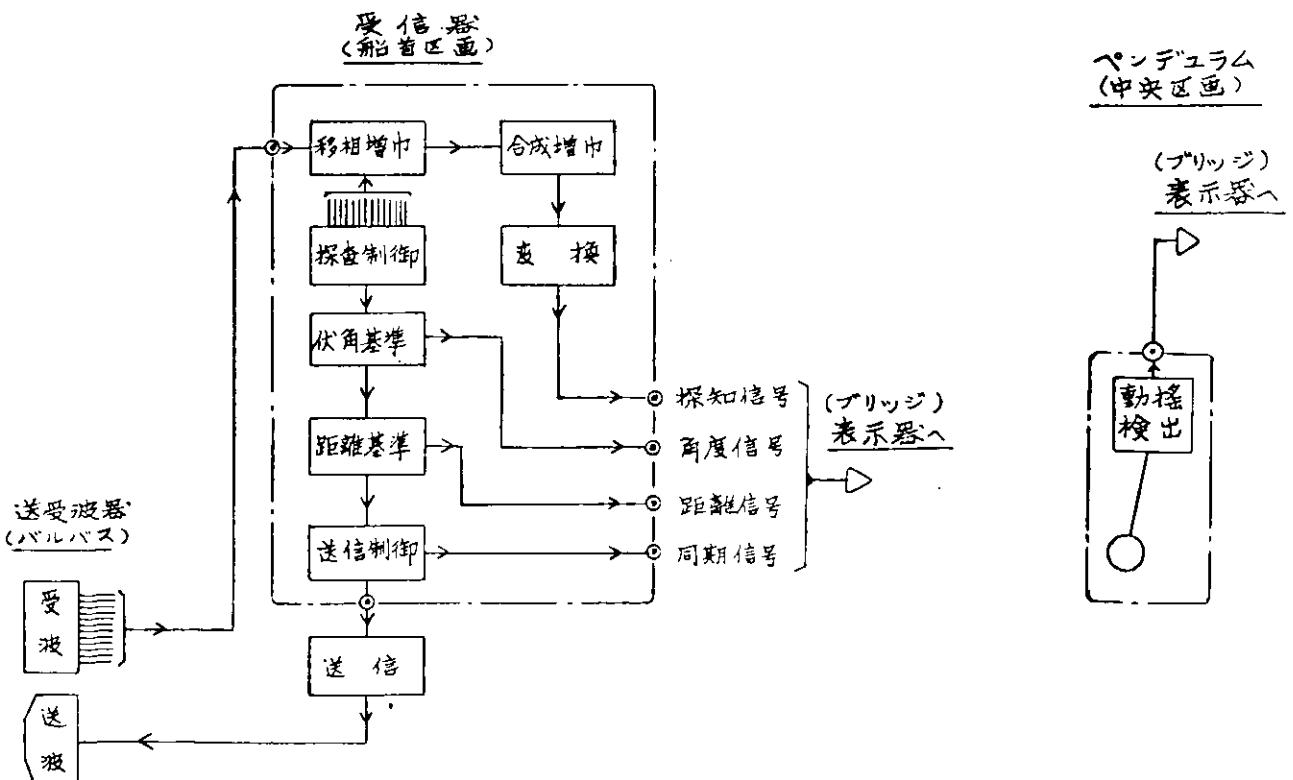


図 2.2-6 改善後のプロツクダイヤグラム(その1)

船首区画部および中央区画部

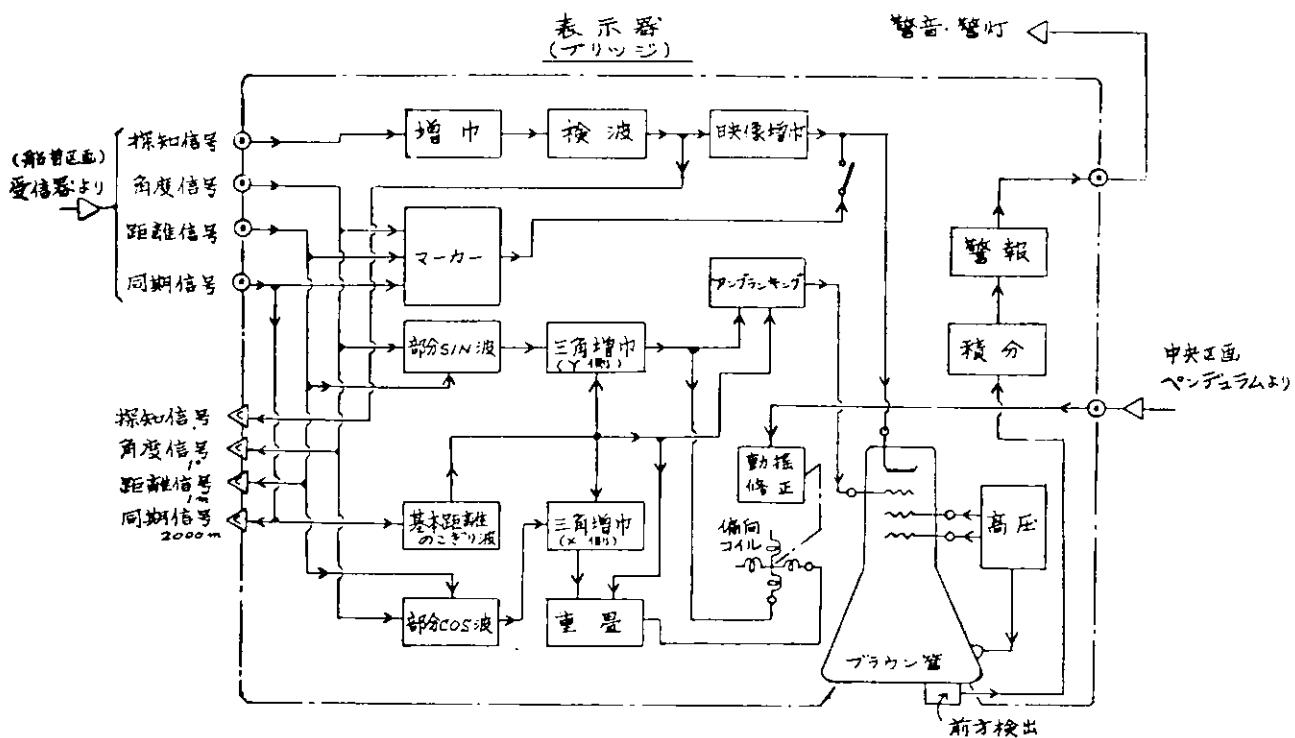


図 2.2-7 改善後のプロダクタダイヤグラム(その2)
ブリッジ部分

なるので、雑音の影響をうけにくく周波数変調波に変換して伝送し、表示器側で復調して元の探知信号を得る。

角度信号、距離信号、同期信号は大きいパルス信号なので伝送途中で、多少の雑音を拾込んでも、問題にならないから、そのまま遠隔伝送する。

(b) ペンデュラム(図2.2-6)

(1) 動搖検出回路

ペンデュラム(振子)の振れ角を親セルシンで検出する。

(c) 表示器(図2.2-7)

(1) 動搖修正回路

動搖検出回路の親セルシンに従動する子セルシンでブラウン管の偏向コイルを回動し、船体動揺に合わせて電子ビームの描引方向を修正する。

(d) 増巾回路

周波数変調探知信号を増巾後、振巾制限操作して、伝送中に拾込んだ振巾性雑音を除去する。

(e) 検波回路

周波数変調波を復調して元の探知信号の包絡線信号を取り出し、次段の映像増巾回路で増巾後、ブラウン管の輝度変調電極に与える。

(f) 部分SIN波回路

$0^\circ \sim 50^\circ$ 間のSIN波形を探知距離1m相当時間=1.33 ms/secの繰返周期で発生する回路であり、角度信号で折線近似SIN波形回路を、また、距離信号でそのリセット回路を動作させて図2.2-8(a)の波形を作る。

(g) 部分COS波回路

(f)項の部分SIN回路のSIN波形をCOS波形したもので、図2.2-8(b)の波形を作る。

(h) 基本距離のこぎり波回路

[距離方向掃引]の基本となるのこぎり波を探知距離 2.000m 相当時間 $\approx 2.67\text{ sec}$ の線返周期で発生する回路であり、同期信号で積分回路を動作させて、図 2.2-8(c)の波形を作る。

(f) 三角増巾回路

部分 \sin 波・部分 \cos 波を基本距離のこぎり波の波高に合わせて三角状に増巾する回路で、Y軸側は図 2.2-8(d)、X軸側は図 2.2-8(e)の波形を作る。

(g) 重畠回路

三角状に増巾した部分 \cos 波(図 2.2-8(e))と基本距離のこぎり波(図 2.2-8(c))とを重畠する回路で、図 2.2-8(f)の波形を作る。

(h) 前方検出回路

前方に暗礁らしき探知像が現われたことを検出する回路で、図 2.2-9(a)のようにブラウン管前面の要所に光電変換素子(ホトセル)を設け、映像光を受光させて検出信号を得る。

観測時など邪魔になるときは図 2.2-8(h)のように回路すると同時に回路の電源を断つ。

(i) 積分回路

雑音程度の映像で警報回路が動作せぬように前方検出回路の検出信号を積分し、安定した映像かどうかを判断させる回路

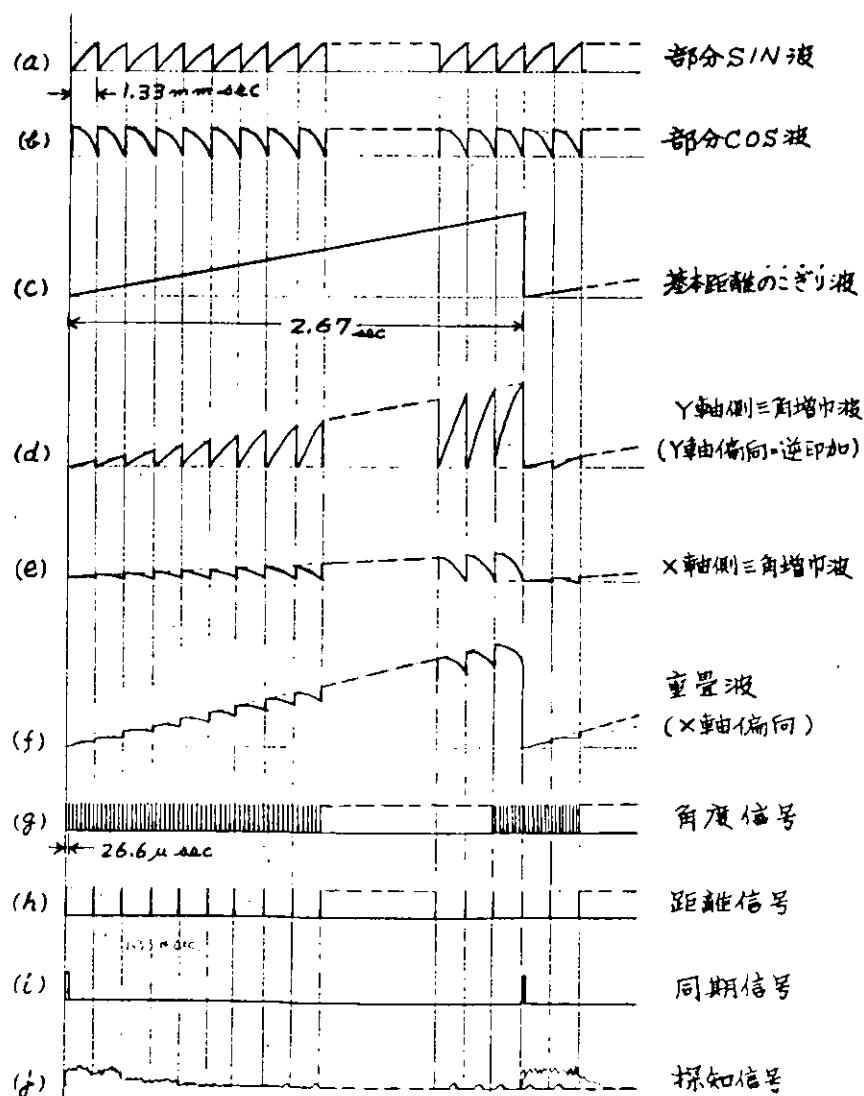


図 2.2-8 展示器内部各部波形

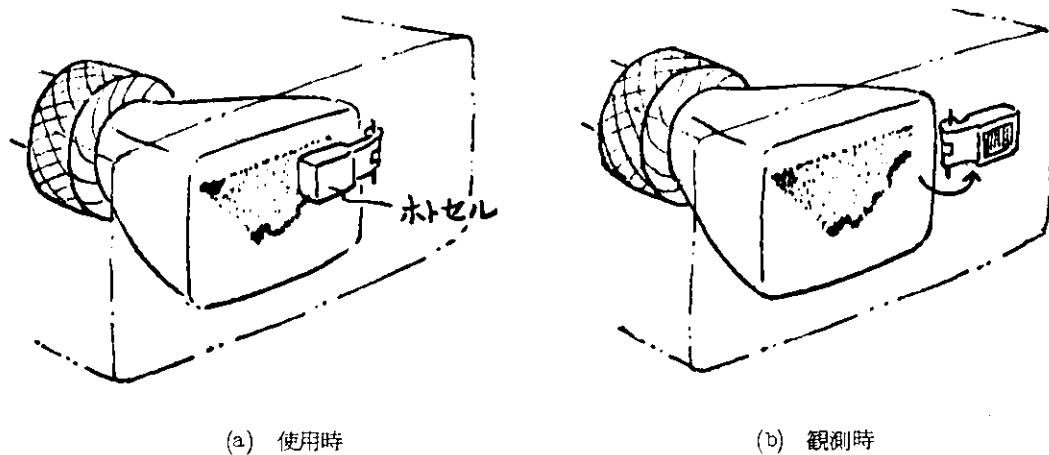


図 2.2-9 前方検出手段

(iv) 警報回路

積分回路の積分値が規定値以上に達したとき、一定時間だけ警報信号を発する回路で、警音器または警灯器を動作させる。

2.2.4 改善手段実施後の予想される機能

(1) 各改善手段によつて向上される機能

(a) 監視用ブラウン管表示像

扇形状状 PPI スコープ（オフ・センター式）表示に変えると共に船体動揺修正を加えたので、像形が実態と相似し、判断が容易になる。

(b) 船首区画；ブリッジ間配線

受信指示器を受信器と表示器に分割したので、船首区画；ブリッジ間配線が安価になる。

分割によつて装置は多少コスト高になるが、配線のコストダウンの方がはるかに大きく、また、送受波器と送信および受信器間は約 20 芯のケーブルを布設しなければならないが、この距離は短いので、あまり問題にならない。

(c) 監視労力

暗礁接近警報を付加したので、監視労力が軽減される。

2.2.5 まとめ

今年度の研究により、ブラウン管表示方式の変更、船体動揺修正の付加、暗礁接近警報の付加および受信器と指示器の分離を行なうなどにより、観測を容易にし、監視労力を軽減すると共に、装備コストを低減し得ることが判つた。

なお、現在では、音道屈折上の問題は未解決であるが、一般に俯角の大きい探知範囲では音道屈折の影響が少ないと考えられるので、この装置は前方海底を大略的に知り、操船判断の一助とする装置として利用し得る。

また、バルバス・バウ装備寸法上、限度があるので、高速広角スキャニングでのビーム尖鋭化は経済上、この程度と考えられる。また、雑音については雑音処理技術が確立されておらないため、この問題は残る。

現用装置では性能確認実験の結果よりみて探知距離 1,500m 程度までの水平 30° 、上下スキャニング 50° の範囲を、上記諸改善をすることにより、ブラウン管指示上で直視的に把握し得るものと考えられる。

3. 緊急制動システムの開発

3.1 システムの評価

緊急制動システムとしては、逆推力を発生するもの、船体抵抗を増加させるもの、等種々のものが考えられる。

それらにはいずれも一長一短があるが、重量、容積、価格、等を考慮すると水中パラシュー方式が緊急制動装置として最適である。

昭和44年度にはこの水中パラシュー方式緊急制動システムの開発に着手し、水中パラシューの試作ならびに効果の確認および使用法概念確立を行なつた。

本年度は、この緊急制動システムと航法システムとの結合について検討し、航法システム中で果たす役割を評価することとする。

3.1.1 衝突予防システム・座礁予防システムの結合方法の検討

航法システムの中で衝突予防・座礁予防の両システムの危険状態を予測し警告する機能を持つているが、その出力は操船装置とは直結していない。

操船はこれらの装置のアウトプットを参考として船長判断によつて行なわれることになる。

衝突予防・座礁予防のシステムでは船の運動性能を十分考慮した計画が行なわれているので、普通ならば転舵と主機操作（加減速）で警告に従がつた操船が可能の筈である。

しかし、対航船が意外な操船を行なつて異常接近したり、海底傾斜がゆるやかで暗礁探知しにくく近付きすぎたりする可能性がある。それらの場合には、従来からの操船装置だけでは避航できないこともあり得るので何等かの緊急操船装置が必要である。緊急制動システムはその一つである。これは航法システムのバックアップの非常装置であるので、航法システムとの結合も非常装置としての特色が生かされるような結合方式が必要である。

今開発が行なわれている衝突予防システムは見合関係にある船が海上衝突予防法の適用範囲（2海里説が大）に近く以前に衝突回避の措置をとらせようとするものであるので比較的遠距離目標を対象としている。一方、座礁予防システムはセンサー能力から1.5km（目標2km）という比較的近距離を対象としている。

それ故、緊急制動システムのソフトウェアを衝突予防・座礁予防の両システムに直結しておくと、目標（回避の目標である他船や暗礁を総称する。）が遠距離にある時も近距離にある時も常にコンピューターを専有することになつてしまふ。それを避けるためには、閉塞領域（安全に航行するために他船を近付けない範囲）の概念を導入し、目標が閉塞領域に入れば異常接近したと判定して避航操船プログラムに切換える方式が望ましい。

避航操船としては、

- (a) 衝突三角形の計算を行ない直進で安全ならばそのまま直進する。
- (b) 転舵して回避する。
- (c) 主機操作（加減速）で回避する。
- (d) 緊急制動をする。

の4種が考案られ、上記の順序で逐次選択されることになる。(a)と(b)に必要なソフトウェアは衝突予防システムの中で実現されているのでそれを応用すればよい。

ここで、一般論として、衝突予防・座礁予防システムのような情報処理装置と操船装置の結合について考察する。

この結合の方式としては on-line 方式と off-line 方式の2種があり得る。

on-line 方式は、情報処理装置のアウトプットを操船装置に直結しておき、危険の警告とともにコンピューターのソフトウェアで選定した最適操船法のアウトプットで直接操船装置を駆動するものである。将来、船を完全に無人化するという要請があらわれると思われるが、それまでにはこの on-line 方式が実現されていなければならぬ。

off-line 方式では操船装置との結合部のインターフェイスはかなり高度のものとしなければならない。しかも、

現時点のコンピューターシステムのパタン認識能力を考慮すると、コンピューターロジックだけでは避航操船の確実性に不安があるので、マニアルで割込を行なつて操船法を変更できるように乗組員は常にモニターをしていなければならぬ。それ故、現状では *on-line* 方式は技術的に高度なものであるのにもかかわらず実質的には次に述べる *off-line* 方式と同じことになる。

off-line 方式は、船の現在位置・未来位置・警報・避航操船法等を適当な装置に表示し、それを見ながら乗組員が総合的な判断のもとに操船を行なう方式である。

この方式では、航法システムと操縦装置との間に乗組員が直列的に介在し、操船の主体は乗組員の方にある。それだけに、表示装置の指示と実際の操船が異なつた場合のために、操船者の意志と実際の操船とを明示し記録する装置を備えておかなければならない。

現在のコンピューターのレベルと船の運航実体を考慮すれば、この *off-line* 方式の方が実用的であり、衝突予防・座礁予防の両システム共現在のところこの方式となつてゐる。

緊急制動システムの情報処理装置も、ここでいう *off-line* 方式とすることが望ましい。

このような考えに基づいてシステムのフローを作成したのが図3-1である。これは閉塞領域で *check* を行ない、閉塞領域内に目標が入れば避航船プログラムに切り替わり前記の(a), (b), (c), (d)の順位で安全な操船法を抽出し最後の手段として緊急制動を指示するものである。この場合、閉塞領域をどの程度にとるかによつて緊急制動システムのカバーする範囲は多少異なつてくる。例えば閉塞領域を狭くすれば、衝突三角形の計算あるいは転舵仮定の場合の計算は衝突予防システムに入り、緊急制動システムでは制動以後のフローを分担することになる。

衝突・座礁の判定のためには、自船と目標との相対運動の予測を行なうことが必要である。衝突・座礁の判定は、はじめ CPA, τ CPA の許容最小値を定めておき、目標の予想相対運動がその閾値に入るか否かを条件として行なうのが望ましい。

また、操船に当つては衝突予防法との関係もチェックする必要がある。さらに、危険が予想された時点では相手船との通信を行ない相互協力して危険を回避することも必要である。

緊急制動装置は使用頻度が非常に少なく、専用表示装置を設置するのは得策でないので、衝突予防あるいは座礁予防の表示装置と兼用しておき必要時に切換えて使用するものが望ましい。

船体運動の予測の表示は相対運動のみでなく絶対運動も表示できるようにしておくことが望ましい。

これらのこととを総合してプログラム・フローチャートに展開したのが図3-2である。

3.1.2 船体運動を考慮した回避運動の検討

前述のように回避運動としては、直進、転舵、制動、緊急制動の4種がある。

このうち、直進、および転舵の場合には、船速一定の条件のもので衝突三角形を計算することにより衝突状況を予測するアルゴリズムが本研究部会の昭和44年度研究で確立されている。

この方法は遠距離の目標に対する衝突状況予測としては確実を優れたロジックである。

しかし、実際の避航操船では転舵あるいは制動を行なうと船速は時間の関数として大きく変化するので、衝突三角形計算法は適用できない。この場合には、自船と目標それぞれの絶対運動を予測し、それを組合せて相対運動を算出して危険状態を予測しなければならない。

危険状態予測は次のように行なわれる。

予測を開始する時点を $t = 0$ とし、その時の自船の位置を原点、自船運動方向を y 軸とした海面上の平面座標系で絶対運動を表示する(図3-3)。

$t = 0$ で自船に転舵あるいは制動を掛けたものとして、時刻 t における自船予想位置を、 $x_s(t)$, $y_s(t)$ とする。

目標の t における予想位置を、 $x_t(t)$, $y_t(t)$ 、とすると、自船と目標との距離 R は、

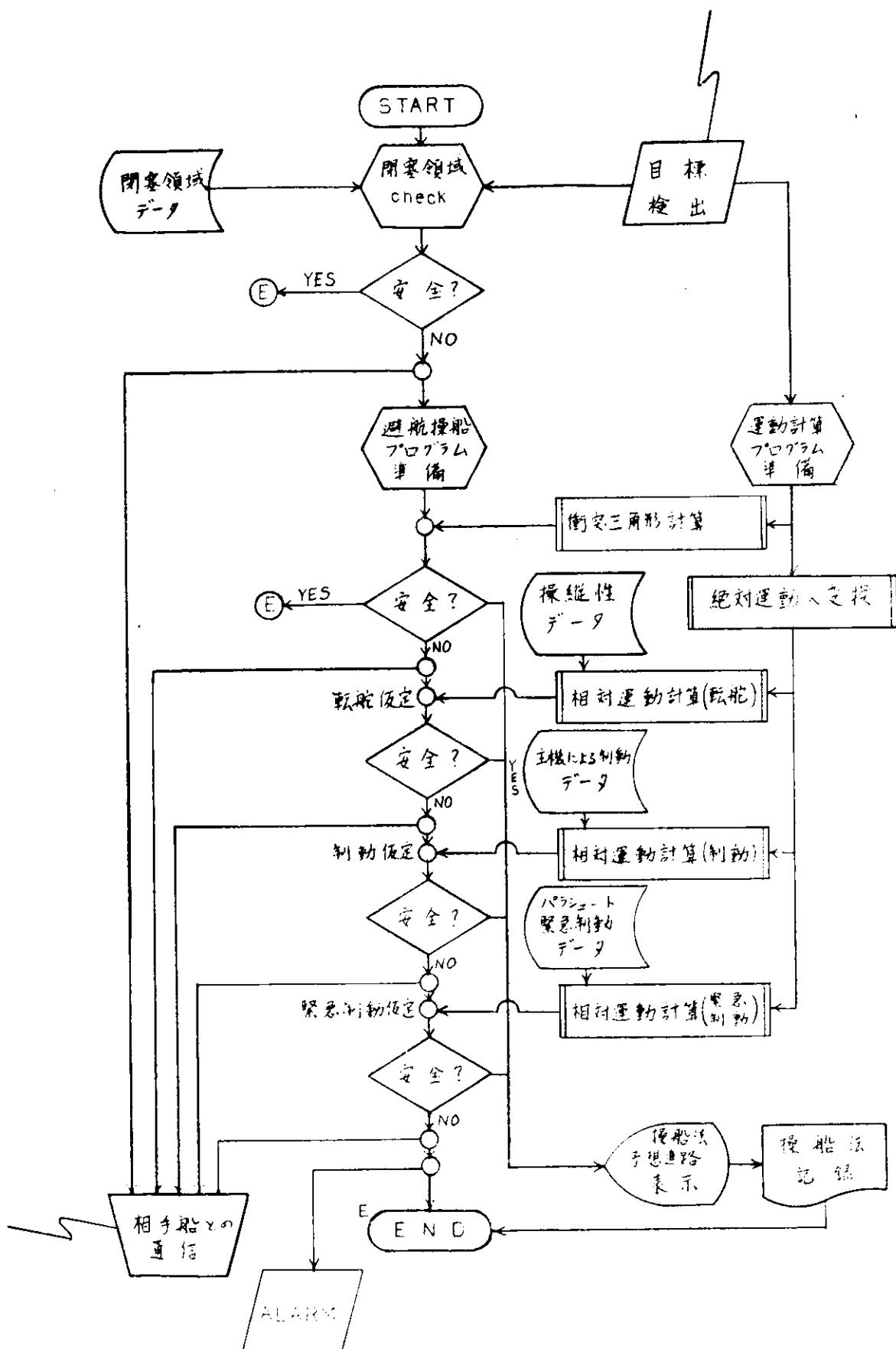


図3-1 システム・フローチャート

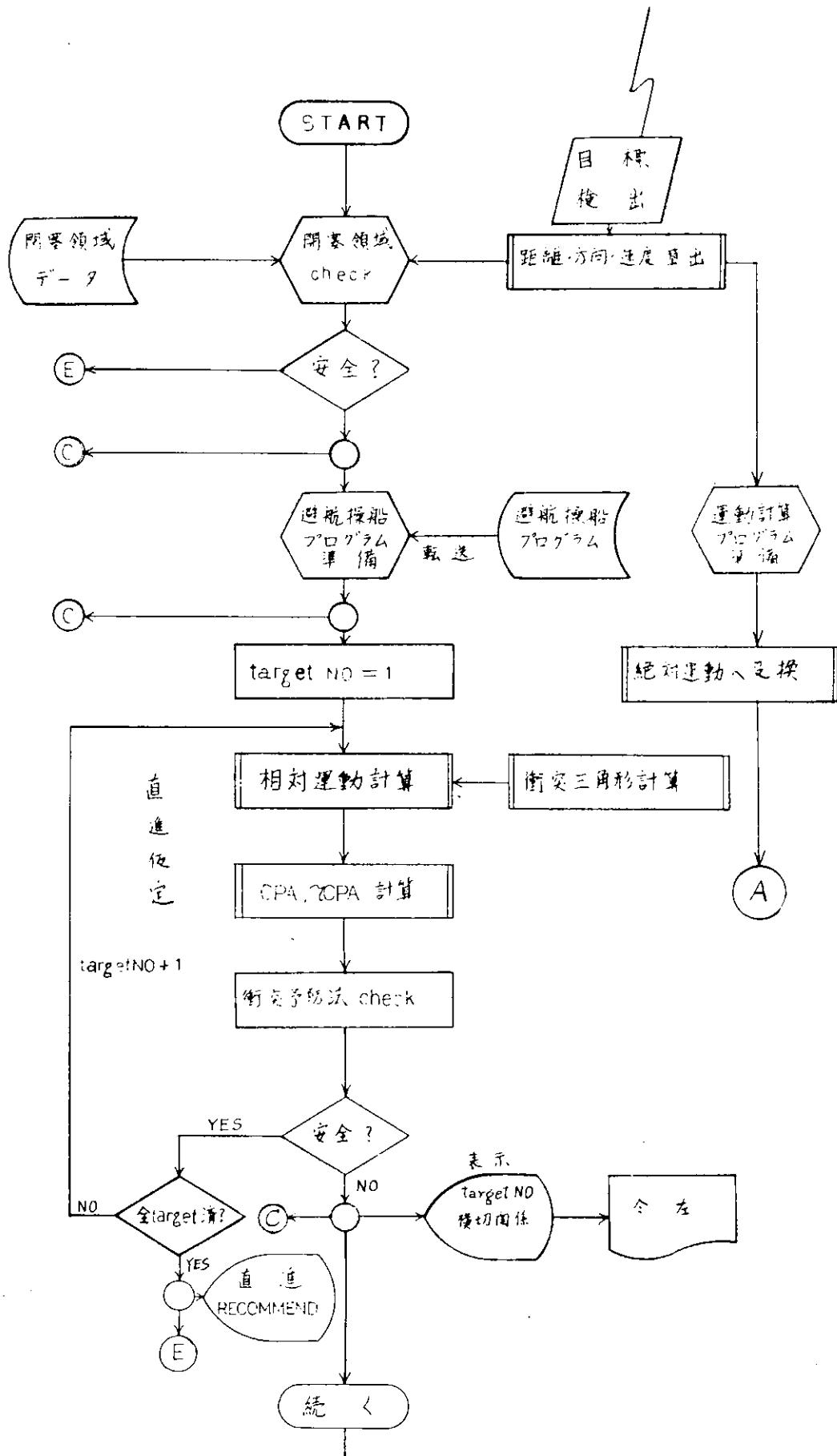


図3-2 プログラム・フローチャート

転
舵
仮
定

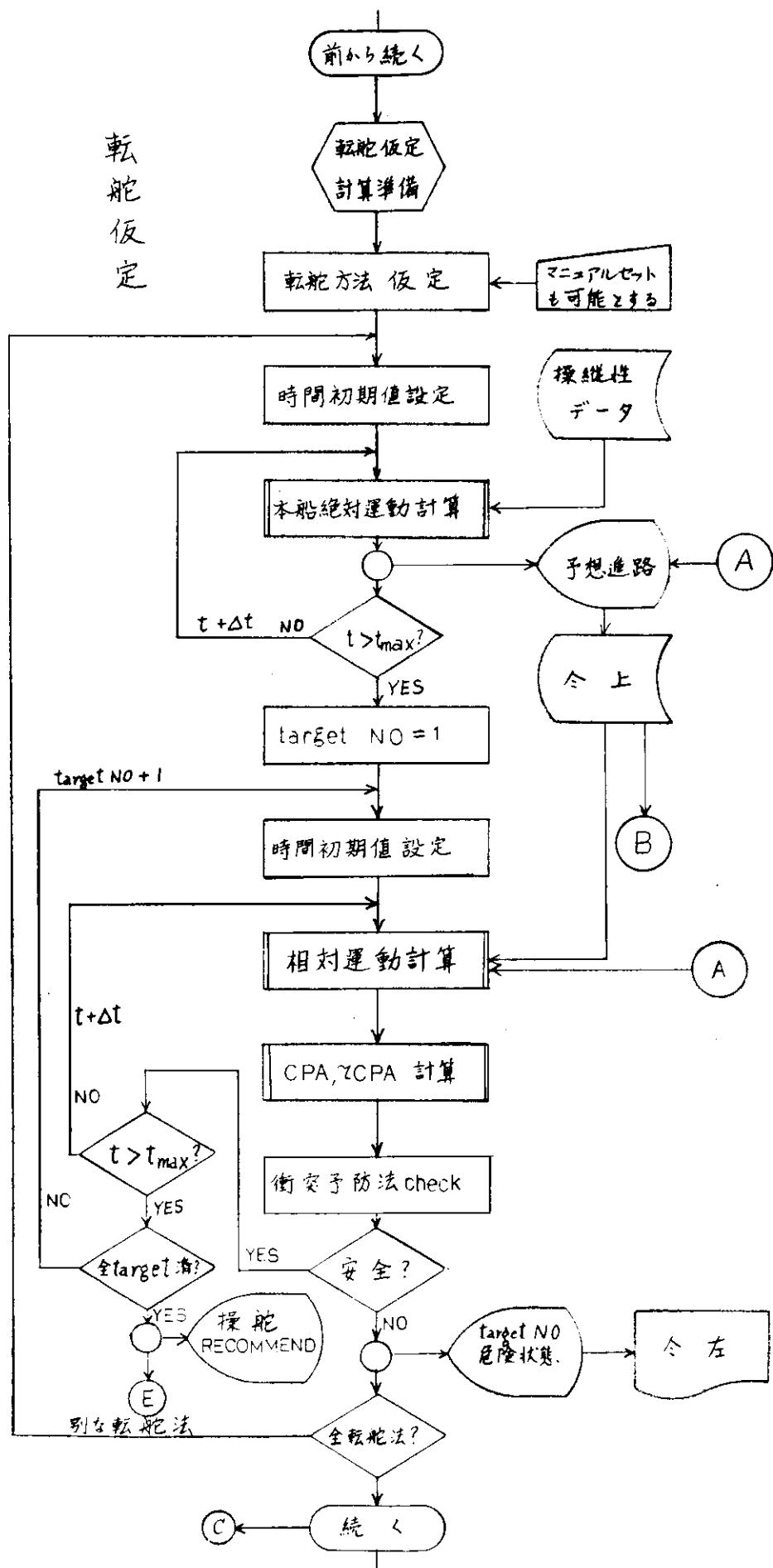


図3-2 プログラム・フロー・チャート(つづき)

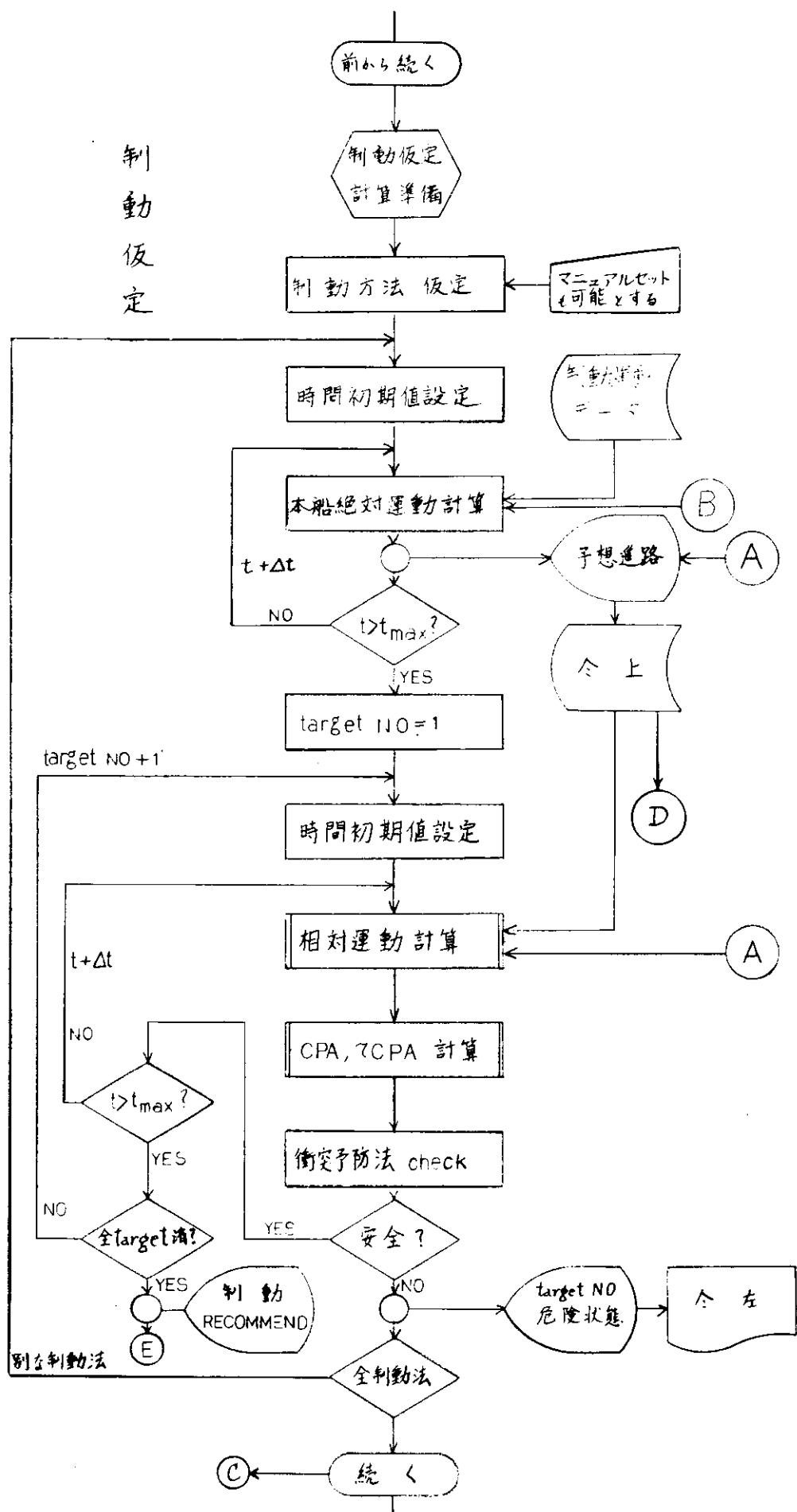


図3-2 プログラム・フローチャート(つづき)

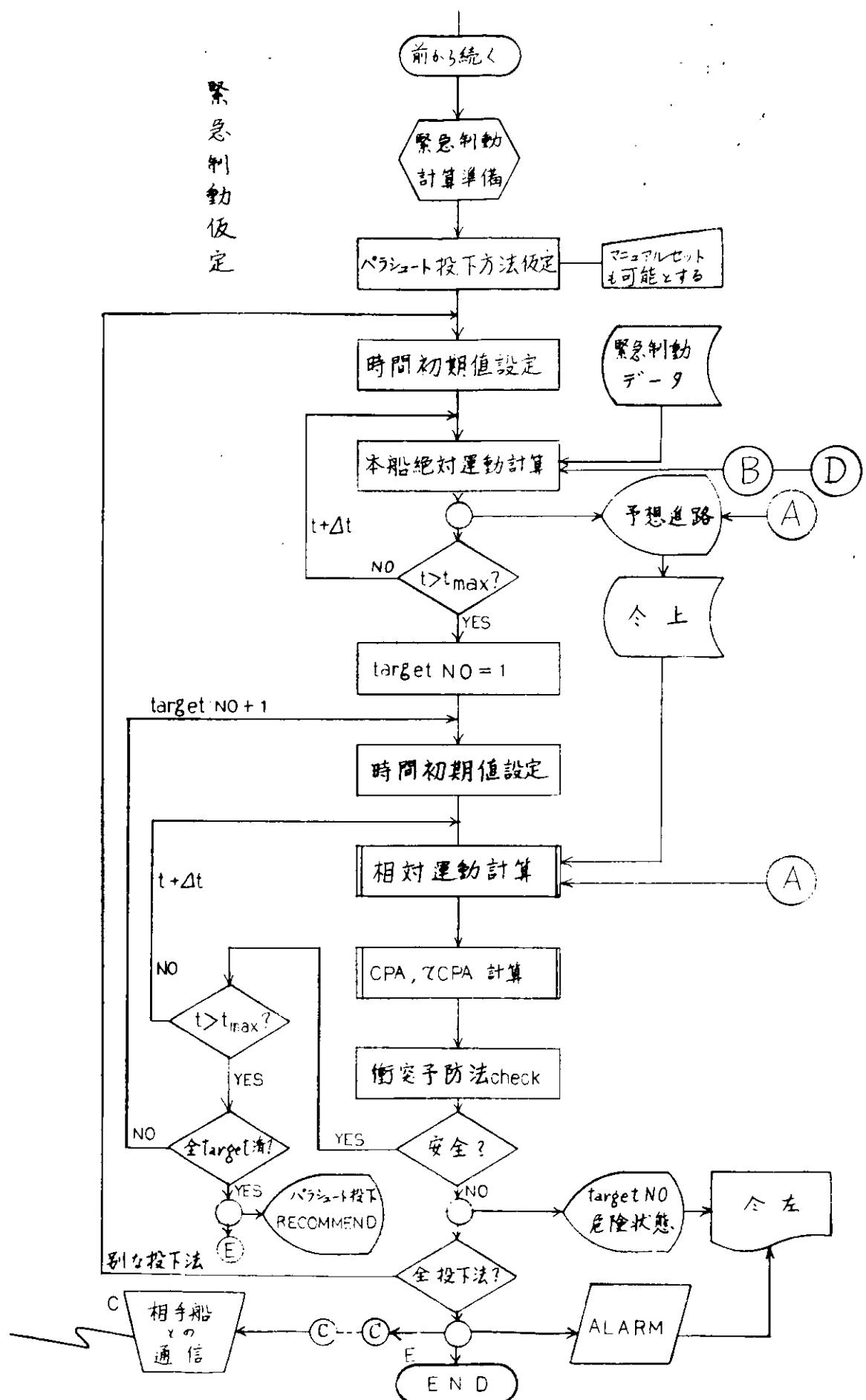


図3-2 プログラム・フローチャート(つづき)

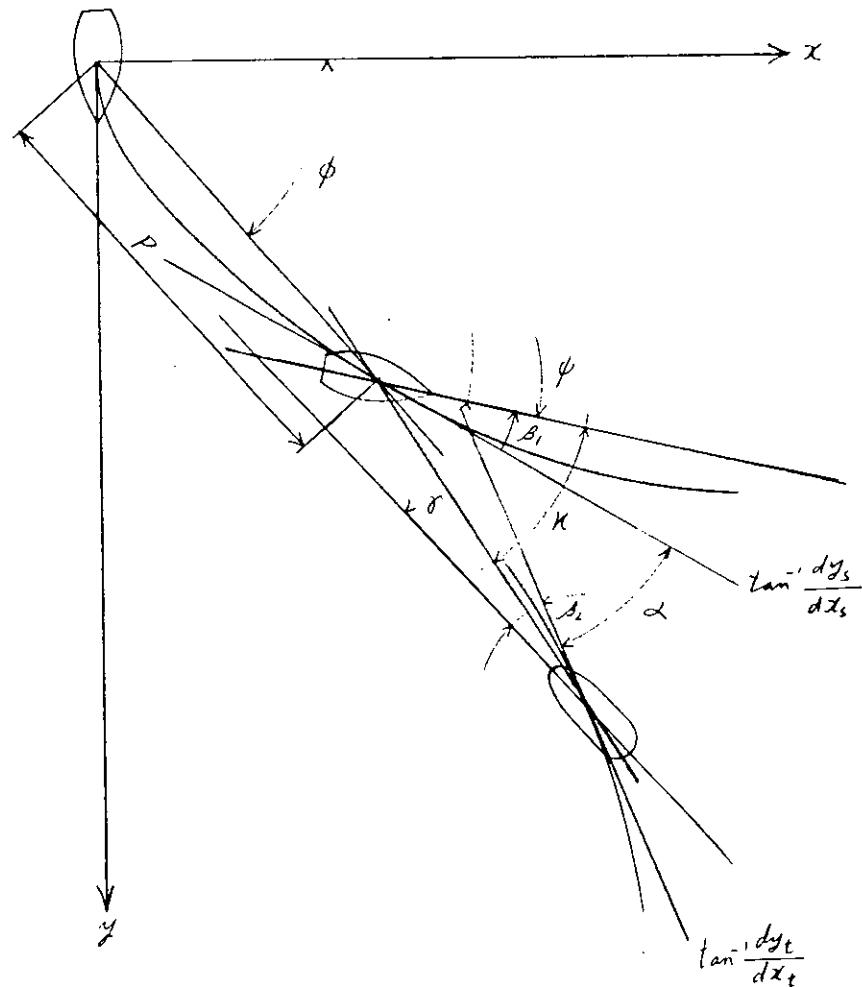


図3-3 船体運動の表示

$$R = \sqrt{\{x_s(t) - x_t(t)\}^2 + \{y_s(t) - y_t(t)\}^2} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

目標の相対方向は、

$$\kappa = \tan^{-1} \frac{y_s(t) - y_t(t)}{x_s(t) - x_t(t)} + \beta_1(t) - \tan^{-1} \frac{dy_s}{dx_s} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

となる。ここで、 $\beta_1(t)$ は自船のドリフト角である。

目標が移動しつつある船である時には、自船と相手船の進路接線の交角は、

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{dy_s}{dx_s} - \tan^{-1} \frac{dy_t}{dx_t} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

であり、船首の相対角は、

$$\gamma = \tan^{-1} \frac{dy_s}{dx_s} - \beta_1 - \tan^{-1} \frac{dy_t}{dx_t} + \beta_2 \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

となる。 β_2 は相手船のドリフト角である。

C P A, τ C P A は、

$$\begin{aligned} \frac{dR}{dt} &= R^{-1} \left\{ (x_s - x_t) \left(\frac{dx_s}{dt} - \frac{dx_t}{dt} \right) + (y_s - y_t) \left(\frac{dy_s}{dt} - \frac{dy_t}{dt} \right) \right\} \\ &= 0 \quad (R \neq 0) \end{aligned} \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

となる時の、 R , t , で与えられる。但し、 $R=0$ ならば物理的衝突を意味するので、 $R=0$ の近傍では(1)によつてチエックをしなければならない。

船の運動の予測は運動方程式を解くことによつて行なわれる。

船の旋回運動は、

$$\left. \begin{array}{l} (m+m_x)\dot{u} - (m+m_y)v r = X \\ (m+m_y)\dot{v} + (m+m_x)u r = Y \\ (I_{zz}+J_{zz})\dot{r} = N \end{array} \right\} \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

で表わされる。ここで、 u , v , r は速度成分、 r は回頭角速度、 X , Y , N は外力、モーメント、 m は船体質量、 m_x , m_y は付加質量、 I_{zz} は回転慣性モーメント、 J_{zz} は付加回転慣性モーメントである。転舵の影響は、 X , Y , N として与えられる。

u , v は船速を U として、

$$\left. \begin{array}{l} u = U \cos \beta \\ -v = U \sin \beta \end{array} \right\} \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

である。

(6)を、

$$\left. \begin{array}{l} \dot{u} = f(u, v, r, \dots) \\ \dot{v} = g(u, v, r, \dots) \\ \dot{r} = h(u, v, r, \dots) \end{array} \right\} \quad \dots \dots \dots \quad (8)$$

の形で表わし、これをルンゲ・クツタ法あるいはオイラー法で数値的に解けば速度・回頭角速度が得られる。さらに(7)を考慮して、任意の時刻 t における船の位置(x , y)、方位角 ϕ 、ドリフト角 β 、転心 P は、次のように求められる。

$$\left. \begin{array}{l} x = \int_0^t (u \cos \phi - v \sin \phi) dt \\ y = \int_0^t (u \sin \phi + v \cos \phi) dt \\ \phi = \int_0^t r dt \\ p = U \frac{\sin \beta}{r} \end{array} \right\} \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

あるいは、複素数表示とすれば、

$$Re^{i\phi} = \int_0^t U e^{-i\beta} e^{i\phi} dt \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

但し、 P は時刻 t における原点と船との距離、 ϕ は原点から見た船の方向である。

船の制動運動は主機軸系の運動を表わす次の式と(6)との連立微分方程式で表わされる。

$$2\pi I \frac{dn}{dt} = Q_e(n, t) - Q_p(n, v) - sgn(n) Q_f \quad \dots \dots \dots \quad (10)$$

ここで、 I は主機軸系の回転慣性モーメント、 n は回転数、 Q_e は主機トルク、 Q_p はプロペラトルク、 Q_f は軸系の摩擦トルクである。主機操作によるプロペラの推力変化は主として(6)の X の変化として表わされる。

一例として、船が直進している時に、一定値の後進推力を掛け、同時に船速の2乗に比例する抵抗を発生する緊急制動装置を作成した場合を取り上げて見ると、主として(6)で定まつてしまい、

$$\frac{dU}{dt} = -\mu k_T(1-\xi) - \mu(1+k_R) \left(\frac{U}{U_0}\right)^2 \quad \dots \dots \dots \quad (11)$$

となる。ここで、 ξ は推力減少率、 U_0 は初速であり、

$$\nu = \frac{R_0}{m + m_x}, \quad k_T = \frac{T}{R_0}, \quad k_R = \frac{R_{R0}}{R_0}$$

と定義する。 R_0 は U_0 の時の船体抵抗、 R_{R0} は U_0 の時の緊急制動装置抵抗、 T は逆推力の絶対値である。

ここでは船体抵抗も速度の2乗に比例するものとしている。

初期値を $U = U_0$, $t = 0$ として解けば、

$$t = \frac{U_0}{\nu(1+k_R)} \sqrt{\frac{1+k_R}{k_T(1-\xi)}} \left\{ \tan^{-1} \sqrt{\frac{1+k_R}{k_T(1-\xi)}} - \tan^{-1} \sqrt{\frac{1+k_R}{k_T(1-\xi)}} \frac{U}{U_0} \right\} \quad (12)$$

あるいは、

$$U = U_0 \sqrt{\frac{k_T(1-\xi)}{1+k_R}} \frac{\sqrt{\frac{1+k_R}{k_T(1-\xi)}} - \tan \frac{\nu(1+k_R)}{U_0} \sqrt{\frac{k_T(1-\xi)}{1+k_R}} t}{1 + \sqrt{\frac{1+k_R}{k_T(1-\xi)}} \tan \frac{\nu(1+k_R)}{U_0} \sqrt{\frac{k_T(1-\xi)}{1+k_R}} t} \quad (13)$$

となる。

船の航路に沿つた移動距離を s とし、

$$\frac{dU}{dt} = \frac{U dU}{ds}$$

の変換をすれば、初期値を $s = 0$ として、(13)より、

$$s = \frac{U_0}{2\nu(1+k_R)} \log_e \frac{k_T(1-\xi) + (1+k_R)}{k_T(1-\xi) + (1+k_R)(\frac{U}{U_0})^2} \quad (14)$$

が得られる。

緊急制動システムとしては上記のような計算を行なつて試行錯誤で安全な操船法を求ることになる。

この計算法をプログラムとして組込む場合には2種の方法がある。

一つは、船体の特性およびそれによつて定まる諸係数をデータとして入れておき、与えられた条件に従がつて(6)～(14)を逐次計算する方法である。これは所要メモリは比較的少なく、初期条件に対する制約も少ないが、計算時間がかかるという欠点がある。

あと一つは、各種の初期条件についてはじめ計算した結果をデータとして入れておき、条件が与えられたならば適当に内外挿して求める方法である。これはメモリー容量をかなり必要とし、初期条件に対する制約も大きいが計算時間が短くてすむという利点がある。また、この簡易化として、代表的な操船結果をスライドに記録しておき、初期条件を与えるとそれに近い操船結果をチャートディスプレイ装置に表示するという方法もある。

3.1.3 緊急制動装置の補助システム

緊急制動装置を確実にしかも簡便に使用できるようにするには幾つかの補助システムが必要である。

その主なものは、水中バラシュートの投下揚収装置、バラシュート投下信号伝達系、等である。

緊急制動システムは非常装置であり使用頻度が少ないので、これらは幾つかの独立したサブシステムとして構成しておき、各システムごとに点検整備ができるようにしておかなければならない。現在のところ、緊急制動装置を取付ける対象は超大型タンカーであるので、投下揚収装置あるいは信号伝達系は空気圧か油圧を用いることになるが、それらを船橋から容易に点検調整し確認できるような回路としておく必要がある。

緊急制動装置を使用して危険を回避した後では水中バラシュートを回収しなければならない。その際に船速が高くても水中バラシュートにかかつてゐる流体力が大きいと揚収が困難であるので、船速あるいは水中バラシュート抵抗力を計測して揚収装置操作能力内に流体力が収まつてゐることを確認する必要がある。そのためには、船速計測装置からの信

号で作動するロック装置を取付けておくことが望ましい。

緊急制動装置はその本來の用い方の外に、低速時の舵効の向上あるいは最低回転数航走時の船速低下という用い方もある。この場合には、緊急制動システムのソフトウェアについては特に問題はないが、主機にロードがかかるようになるのでエンジンモニターとの結合をしておく必要がある。

3.1.4 緊急制動システムの役割

緊急制動システムは航法システム中では衝突予防・座礁予防システムから与えられた情報を基づいて適切な避航操縦を行なうバックアップシステムであり、これを装備することによつて操縦の可能性が増し大型船の海難さらにそれによる二次災害の予防効果が期待できる。

しかし、狭い意味の自船中心の航法システムという立場を離れ、海域全体の航行の安全あるいは航路交通容量の増大という立場で考えると、緊急制動システムの効果ははるかに大きなものとなる。

自動車あるいは鉄道車輛では路面（レール）と車輪の摩擦係数を μ とすると、急停止距離 s は初速を v_0 として、

$$s = \frac{v_0^2}{2\mu g} \quad \dots \dots \dots \quad (15)$$

となり、自重には関係しないことになる。したがつて初速を同一に揃えておけば追突防止の車間距離は車種によらず一定にしてよい。それ故陸上交通機関の交通管制は比較的容易に行なうことができる。

ところが、船舶では、如式からもわかるように、船の大きさによつて停止性能が異なり、大型船ほど停止しにくいう傾向がある。それ故、船の大きさによつて閉塞領域（陸上交通機関の車間距離に相当）を変えなければならない。海域全体の安全性を高めるためには、海上あるいは海上の固定ステーションで船の流れを監視し、各船に速力・針路・船間距離を指定する航行管制システムが必要となつてくるが、船ごとに閉塞領域が異なつていると航行管制が非常に難しくなつてくる。また、船対船の避航操縦の場合には、相手船の閉塞領域の大きさを推定して操縦しなければならないが、閉塞領域の大きさがマッチであれば推定が難しく、小さな判断ミスが大きな事故につながる恐れがある。

このような問題を解決する手段として、その海域を通る船の閉塞領域を一定値に指定し、それを超えるような大型船に緊急制動装置の設備を義務づけるという方法が考えられる。閉塞領域が一定となれば、航行管制および避航操縦が容易になるだけでなく、航路容量も大きくすることができる。また、今迄航行し難かつた航路に超大型船を投入することもできるというメリットも生じる。

また、現在の超大型船は舵効を保つにはある程度の船速を保持する必要があるとされている。また、超大型船は排水量の割には船体抵抗が少ないため、主機を最低回転にしても船速はあまり下らない。それ故、入出港あるいは狭水路航行の際でも現在では4～6ノット程度で航行しているのが普通である。緊急制動装置をこのような場合に抵抗付加装置として用いると最低速を低下させ舵効を向上することができるので交通密度の高い海域の安全性の増大に役立つことになる。

本緊急制動システムはこれまでのような副次的な効果が大きいので、単なる航法システムの中のバックアップシステムではなく、海洋交通体系全体の安全性向上システムという役割が期待されるものである。本緊急制動システムの経済的な評価も、単に衝突確率の減少という観点からではなく、海洋交通体系全体への経済的効果という観点からなされることが必要である。

4. 航法システムの評価試験

昭和43～44年度に開発したシステムおよび各種のプログラムを、他補助事業により開発した機器と組合せて航法システムとしての要求性能を確認するための評価試験を実施した。

以下に、陸上試験と海上試験に分けて記述する。

なお、海上試験は次年度も引続いて行なう計画である。

4.1 陸上評価試験

4.1.1 陸上評価試験の概要

ここでは、次のシステムについての評価試験を実施した。()内は略称

- (a) NNSS による船位測定システム (NNSS)
- (b) DRPC による船位推定システム (DRPC)
- (c) 航法計算自動化システム (NDD)
- (d) 衝突予防システム (ANTI-COL)

陸上試験は、まず、装置単体試験を行ない、その要求性能が満たされた後に、コンピュータとの組合せ試験、さらに上記(a)～(d)の組合せ試験を実施した。陸上試験においての問題点は、装置が船に搭載されていないために、どのようにして航海中の状況を作り出すかということにある。特に、衝突予防システムでは、他船の発生方法が問題である。これらの問題はシミュレーションの手法で解決されるが、海上と全く同じ状況というわけにはゆかず、陸上試験における評価は、システムの性能を概略満たしているということを確認するにとどまる。さらに、陸上試験におけるもう一つの目的は、各装置間の結合および各装置とコンピュータ間の結合に関する問題点を摘出して、海上試験においてはシステムの評価に重点をおいて実施できるようにすることである。

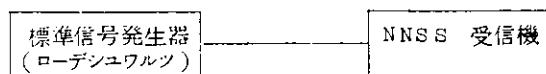
具体的には、星光丸にこれらのシステムを搭載することを目的として、各工場にて、単体試験が終つた後、IHI 豊洲総合事務所に各装置およびコンピュータを持込み、45年3月から6月にかけ陸上評価試験を実施した。以下はその報告である。

4.1.2 NNSS 陸上試験

(1) 標準信号発生器による試験

NNSS 受信機は次の条件で単体動作試験を行ない、正常に動作することを確認した。特に受信感度は 400 MHz、150 MHz 共常温で -135 dBm 以下、温度試験中の変化は 2 dB 以内であった。

試験方法 下図の通り。



試験条件	○ 温度試験	前置増幅器 -10～60°C 1サイクル
		受信機本体 -10～40°C 1サイクル
	○ 振動試験	1～10 Hz 全振幅 3 mm
		10～33 Hz 0.6 g 一定
		計約 8 時間

(2) 受信実験

1970年6月7日から11日にかけて、都市雑音を避けて千葉県銚子市の電波観測所内において NNSS 受信試験を行ない、衛星の最接近地点での衛星高度が 10°～70° の範囲内にある 29 件について、TOSBAC 3400 IC よる OFF LINE の測位計算を行なつた結果、次表の値を得た。

表4.1-1 平均偏差およびバラツキ

	LONG		LAT	
	角 度	距 離	角 度	距 離
平均 偏 差	- 9.58 "	242 m	+ 9.41 "	291 m
平均 バラツキ	8.75 "	221	3.60 "	111
RMS バラツキ	9.33 "	236	4.53 "	140

以上の計算位置をプロットしたものを図4.1-1に示す。

また、図4.1-2に誤差分布を示す。

4.1.3 DRPC 地上評価試験

(1) 目的

この試験を陸上で実施する目的は、主に海上試験では避けることの出来ない不確定要素である潮流や風、波浪の影響、ジャイロコンパス、電磁ログの誤差を除去し、DRPC本体の評価試験を容易に行ない得るところにある。

(2) 試験方法

DRPCを実船に搭載し動作させた状態と同じ状態を陸上で作るために、任意の擬似方位信号を手動で発信できる擬似方位信号発信器と任意の擬似航程信号を手動で発信できる電磁ログを実際の場合と同じように接続したほか、1秒の時間信号やNDD（統法計算表示装置）も実際と同じように接続した。この状態で電源を入れ作動状態とし、任意のDATAを手動で与え一定時間経過後のDATAをNDDで読みとり理論値と比較し、不具合であればDRPCのPROGRAMも改良し再度試験するという方法をとつた。

(3) 評価試験の実施と結果

(2)項の試験方法で実施した多くの例のうちから、図4.1-3、4にその代表例の結果を示す。

(4) 試験結果の検討

図示のようにDRPCの推定位置精度は、(1)項に述べた不確定要素を取り除いたとき、また、平均9.0分に1回位の割合でNNSSにより推定位置の修正を受ける使用条件を考慮した時間内では、誤差内の半径で±0.2'以内を示しており、十分実用になると評価できる。

(5) 実用プログラムの改良について

現在のプログラムは、充分に実用に耐え得るようになっており、何らの問題もなく改良する必要はない。

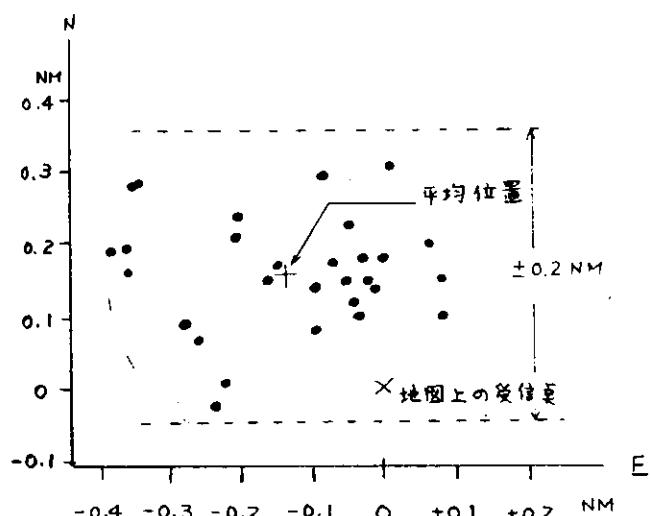


図4.1-1 NNSS 受信データによる測位点

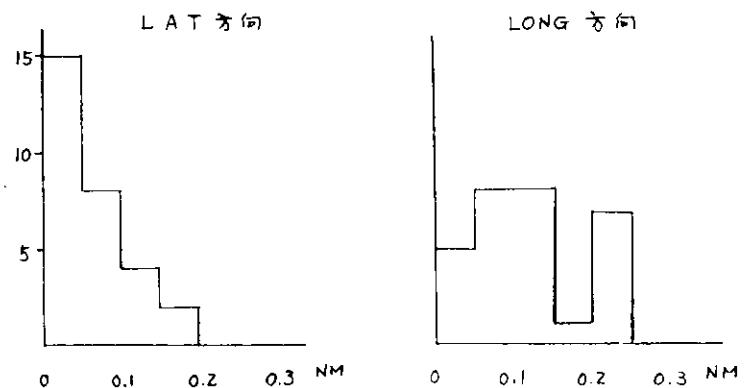


図4.1-2 NNSS 受信データによる測位点の誤差分布

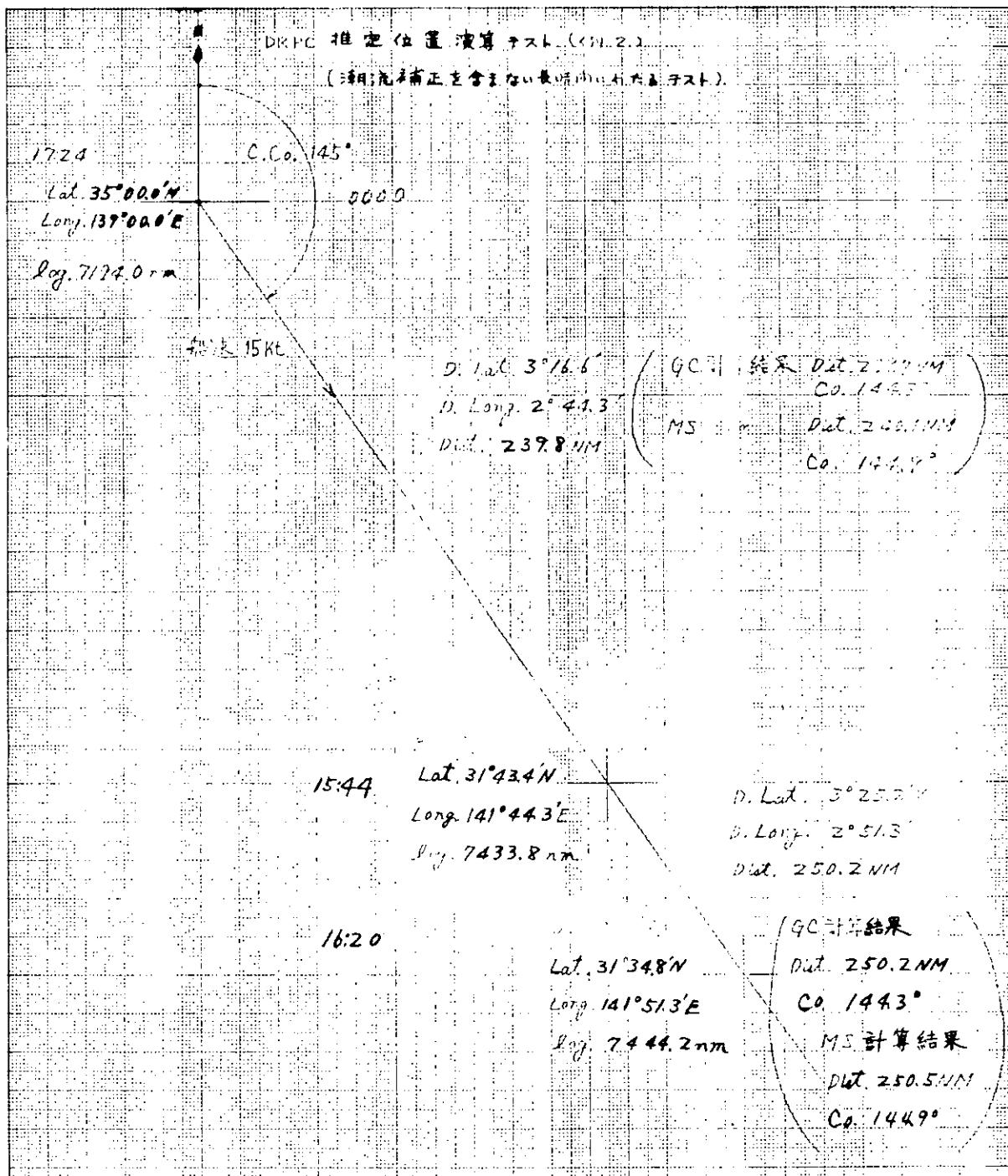


図 4.1-3 DRPC 推定位置演算テスト（例2）
(潮流補正を含まない長時間にわたるテスト)

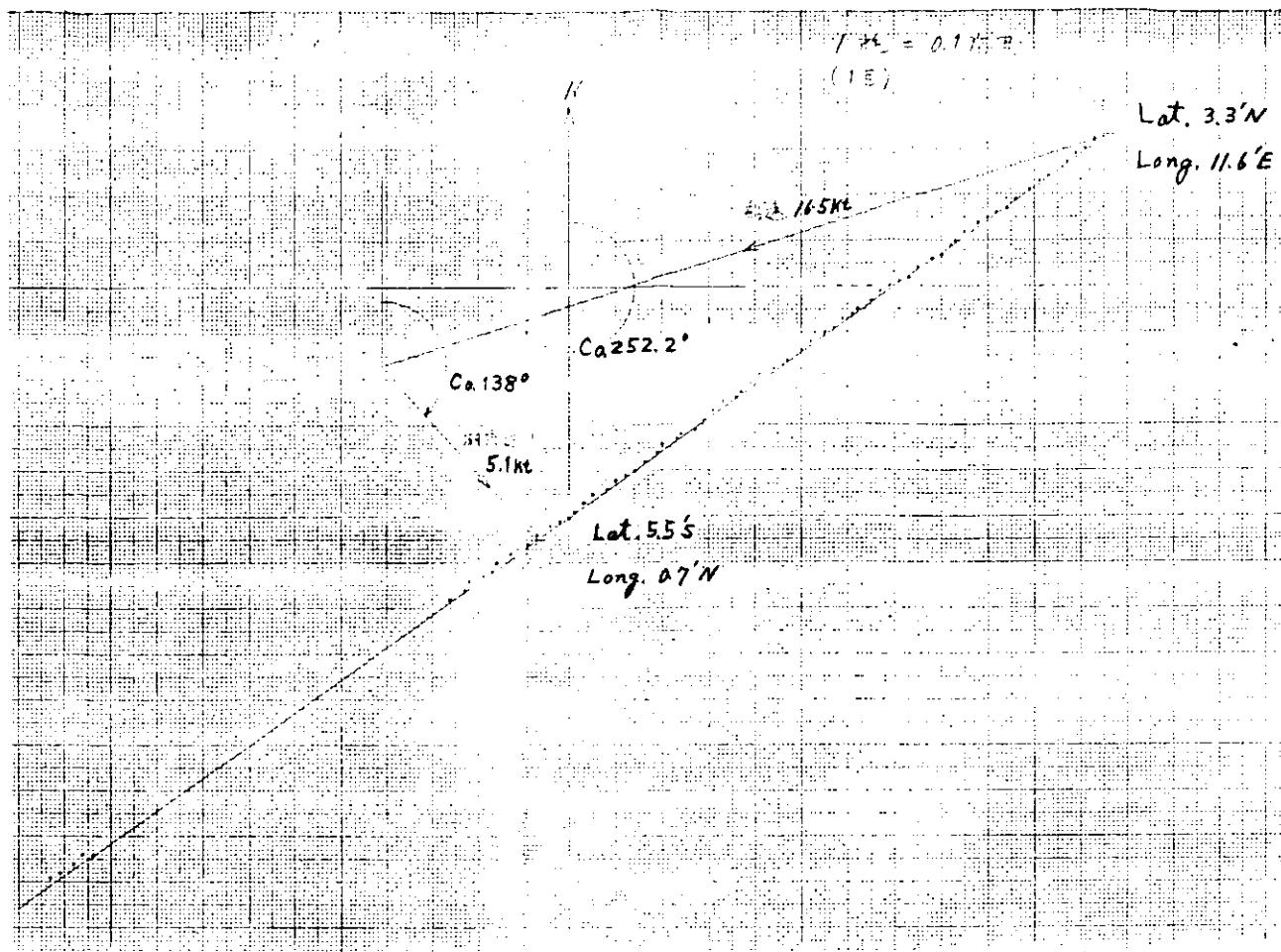
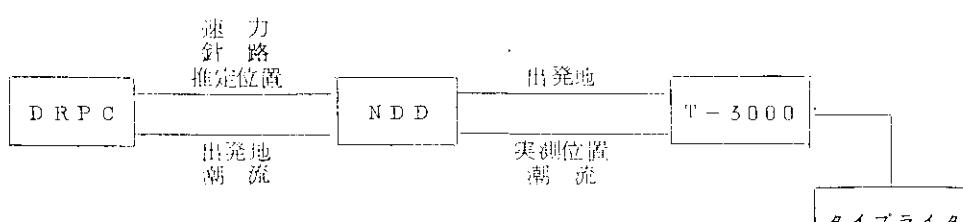


図 4.1-4 DRPC 推定位置演算テスト（例1）
(潮流補正を含む)

4.1.4 航法計算表示装置陸上試験

(1) システムの構成



(注) DRPC : 船位推定計算器
 NDD : 航法計算表示装置
 T-3000 : TOSBAC-3000S コンピュータ

図 4.1-5 航法計算自動化システム

(2) NDD 単体試験

オンライン試験を実施する前に、次のオフライン試験を実施し、その仕様を確認した。

- DRPC から NDD への表示データの確認
- NDD から DRPC への設定データ、割込信号の確認
- NDD から T-3000 への設定データ、割込信号の確認
- T-3000 から NDD への表示データの確認

(3) NDD オンライン試験

(a) 方 法

NDD 上で適当なデータを設定し、計算開始の押ボタンにより、計算させ、結果を表示し確認する。DRPC 出力が必要な場合は、DRPC を RUN させておく。

(b) 項 目

(イ) 所要時間 (ア) CALCULATION (シ) DISTANCE

(エ) DAY'S RUN (エ) COURSE, SPEED (シ) 潮 流

(ホ) 天 潟

(4) 結 果 例

(a) 所要時間 (HOURS REQUIRED TO DESTINATION)

設定データ DISTANCE = 1,000.0 NM, SPEED = 17.0 KT
結果 02 DAY 10 Hr 49 MIN

(b) CALCULATION

設定データ POSITION X 31° 38.0' N, 61° 12.0' E
POSITION Y 06° 01.0' S, 80° 13.0' E
航法選択 MS (漸長緯度航法)
結果 COURSE = 154°
DISTANCE = 2,511.2 NM

(c) DISTANCE TO DESTINATION

設定データ POSITION A 06° 01.0' S, 80° 13.0' E
DISTANCE FROM A TO B = 123.4 NM
DRPC のデータは 31° 38.0' N, 61° 12.0' E を与える。
航法 MS
結果 DISTANCE TO A = 2,511.2 NM
DISTANCE TO DESTINATION = 2,644.6 NM
(注) DESTINATION は B 点と同じ。

(d) LOG DAY'S RUN

入力データ 速 力 17.0 KT (DRPC より取込む)
時間差は手動で 6 分間進める。

結果 LOG DAY'S RUN = 1.7 NM

(5) 検 討

仕様通りの機能を満たすことが確認された。

しかし、データを外部から ON-LINE で取込む機能、また出力する機能については、DRPC, NNSS 等を組合せて海上評価試験を実施して確認することが必要である。

4.1.5 衝突予防システム陸上試験

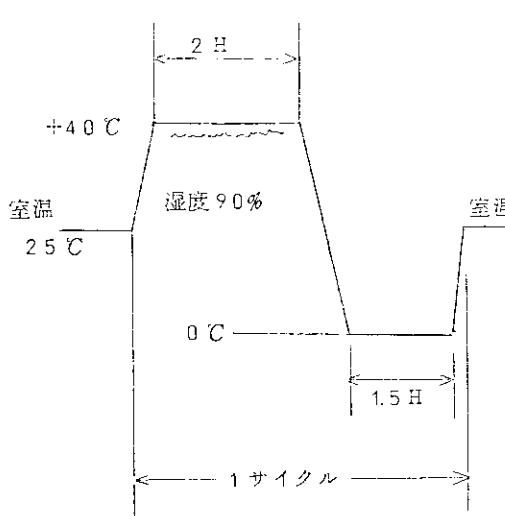
(1) 各装置単体試験

(a) 雑音除去装置と 2 重スロット・アンテナ

(b) 雑音除去装置

装置の単体試験を工場において行なつたが、その結果は次表に示すとおりである。

項目	試験方法	規格	測定値
電気的性能			
(1) 信号対雑音比の改善度	<p>信号発生器から擬似信号を標準受信機を通して装置に加え、規定入力レベル以上の出力パルスを単位時間計数し、次式から改善度を求める。</p> <p>信号対雑音(S/N)改善度</p> $= \frac{(S/N)_{\text{出力}}}{(S/N)_{\text{入力}}} = \frac{N_{\text{入力}}}{N_{\text{出力}}}$ $= \frac{\text{入力全パルス数} - \text{入力信号パルス数}}{\text{出力全パルス数} - \text{出力信号パルス数}}$	<p>改善度 10 dB以上</p>	<p>(1) 2 相関 $\frac{43985}{4110}$ $= 10.3 \text{ dB}$</p> <p>(2) 3 相関 $\frac{43985}{1006}$ $= 16.8 \text{ dB}$</p> <p>ただし、 (S/N) 入力 = 8.5 dB</p>
(2) 妨害波除去改善度	<p>2台の信号発生器から信号と妨害波を試験用受信機を通して被試験装置に加え、次式から改善度を求める。</p> <p>妨害波除去改善度(S/J)</p> $= \frac{(S/J)_{\text{出力}}}{(S/J)_{\text{入力}}} = \frac{J_{\text{入力}}}{J_{\text{出力}}}$ $= \frac{\text{入力全パルス数} - \text{入力信号パルス数}}{\text{出力全パルス数} - \text{出力信号パルス数}}$	<p>改善度 10 dB以上</p>	<p>(1) 2 相関 $\frac{1274}{15}$ $= 19.2 \text{ dB}$</p> <p>(2) 3 相関 $\frac{1274}{14}$ $= 19.3 \text{ dB}$</p> <p>ただし、 (S/J) 入力 = 8.5 dB</p>
耐環境性能			
(1) 耐振、耐衝撃	<p>装置を振動試験機に取付け、つぎに示す振動を上下、前後方向に各1時間加え、試験、前後の性能を測定する。</p> <p>振動周波波 300～600 C/MIN</p> <p>振幅 1.5 mm</p>	異常なきこと。	良 (改善度測定)
(2) 耐温、湿度	装置全体を環境試験装置に入れ、下図に示す温湿度サイクルを加え、性能を測定する。	異常なきこと。	良 (改善度測定)

項目	試験方法	規格	測定値
(つづき) 耐温、湿度	 <p>全体で3サイクル加える。</p>		

(四) 2重スロット・アンテナ

項目	試験方法	規格	測定値								
電気的性能 (1) 放射特性	<p>マイクロ波信号発生器および電界強度測定器により、3cm波アンテナは9,375MHz、10cm波アンテナに対しては、3,050MHzにおいて放射特性を測定する。 ビーム幅は電力半值幅とする。</p>	(1) 3cm波 水平ビーム幅 0.65° 垂直ビーム幅 24° (2) 10cm波 水平ビーム幅 1.9° 垂直ビーム幅 30°	(1) 3cm波 水平ビーム幅 <u>0.66°</u> 垂直ビーム幅 <u>24°</u> (2) 10cm波 水平ビーム幅 <u>1.9°</u> 垂直ビーム幅 <u>32°</u>								
(2) 入力電圧定在波比	<p>駆動部入力フランジIC定在波測定装置を接続し、下記周波数で定在波比を測定する。</p> <table> <tbody> <tr> <td>10cm波</td> <td>3cm波</td> </tr> <tr> <td>3,075MHz</td> <td>9,405MHz</td> </tr> <tr> <td>3,050 "</td> <td>9,375 "</td> </tr> <tr> <td>3,025 "</td> <td>9,345 "</td> </tr> </tbody> </table>	10cm波	3cm波	3,075MHz	9,405MHz	3,050 "	9,375 "	3,025 "	9,345 "	1.35 以下	(1) 3cm波 9,405MHz 1.12 9,375 " 1.08 9,345 " 1.15 (2) 10cm波 3,075MHz 1.20 3,050 " 1.10 3,025 " 1.19
10cm波	3cm波										
3,075MHz	9,405MHz										
3,050 "	9,375 "										
3,025 "	9,345 "										
(3) 回転速度	ストップウォッチによる。	15 rpm ±10%	16.3 rpm								

項目	試験方法	規格	測定値
(4) シンクロ電機伝達精度	試験用シンクロを接続し、精シンクロと疎シンクロの零点をシンクロスコープで検出する。 18°ごとに測定点を求める。	10×軸 ±0.5° 1×軸 ±0.2°	±0.3° ±0.2°
(5) 起動電流	起動時の電流をペン書きレコーダに記録し、最大電流と持続時間を測定する。	20A以下	最大 <u>14.4A</u> 持続時間 <u>0.169c</u>
耐環境性能			
(1) 耐振、耐衝撃	走行試験に代える。 悪路200Kmをトラックの荷台に取付走行し、異常の有無を調べる。	異常なきこと。	入力 VSWR 駆動軸バクランシ良
(2) 耐風圧性	相対風速50m/sに相当する静的荷重を加え、復元力を測定する。 荷重 330kg	機械的に異常を生じないこと。	(1) 荷重時のひずみ アンテナ先端 <u>1.5mm</u> (2) 荷重前後の復元力 良
(3) 防水性	3mの距離から直径25mm以上のホースで(ホースの先端から約2mのところの水圧1kg/cm ²)側方および斜上方から約15分間注水する。	内部に浸水しないこと。	良

(b) 海面反射除去装置

海面反射除去装置については次の測定を行なつた。

(1) 異積管の累積書込みによる積分効果についての測定

(2) レーダ受信機から目標判別追尾装置まで全装置を接続し、信号発生器を使って、信号検知の限界レベルを調べる試験

実験の結果、蓄積管については累積書込みにより、出力は増加し充分な積分効果をもつてゐること、又本装置により、信号対雑音比を改善することが

できて、検知可能入力信号レベルは
-8.5dBm 程度であることがわかつた。

(3) 蓄積管の積分効果についての測定 a. 装置の構成

パルス発生器によりパルス幅
0.5μs、繰返し周波数1.5KHzの
信号を1～5個、回数をかえて書
きこみ、その際の出力電圧を測定

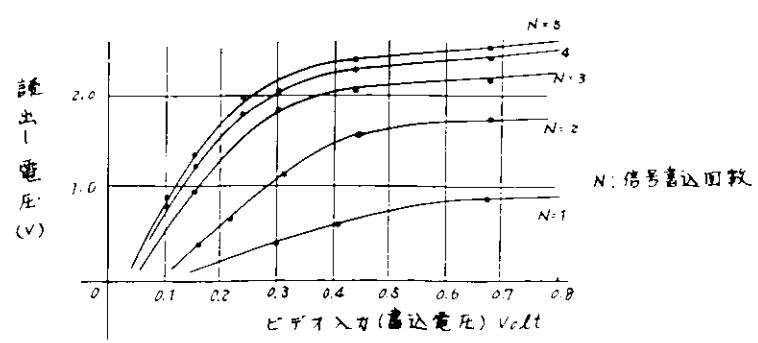


図 4.1-6 累積書込み積分特性

した。

b. 測定結果

測定結果を図4.1-6に示す。横軸は書き込みパルスのパルス電圧振幅、縦軸はその際の読み出しパルスの電圧振幅を示している。

読み出し出力電圧は、書き込み回数の増加と共に増加して行く。

1回だけの書き込みに対する読み出し出力電圧は小さいので、この電圧以上に量子化レベルを考えるわけには、1回だけの書き込みに対しては出力が出ない。即ち、重ね合せが行なわれる信号に対してのみ出力し、海面反射のような一回限りの信号は除去可能であることがわかつた。

(c) 標準信号発生器による動作試験

a. 試験装置の構成

動作試験を行なつた際の全体の構成を図4.1-7に示す。レーダ系より同期信号を受け、これにより3GHzの信号発生器をパルス変調してレーダターゲットのシミュレート信号とした。

b. 試験結果

レーダ入力信号レベル、即ち信号発生器出力レベルを下げていくと目標信号が検知できる回数がおちて来る。これは信号のヒット数が低下して検知条件が充たされなくなるためである。各処理装置の量子化レベルの設定位置により、最小検知可能レベル中上下するので、簡単に最小検知レベルを決定することはできないが、実験時の設定では次のようになつた。

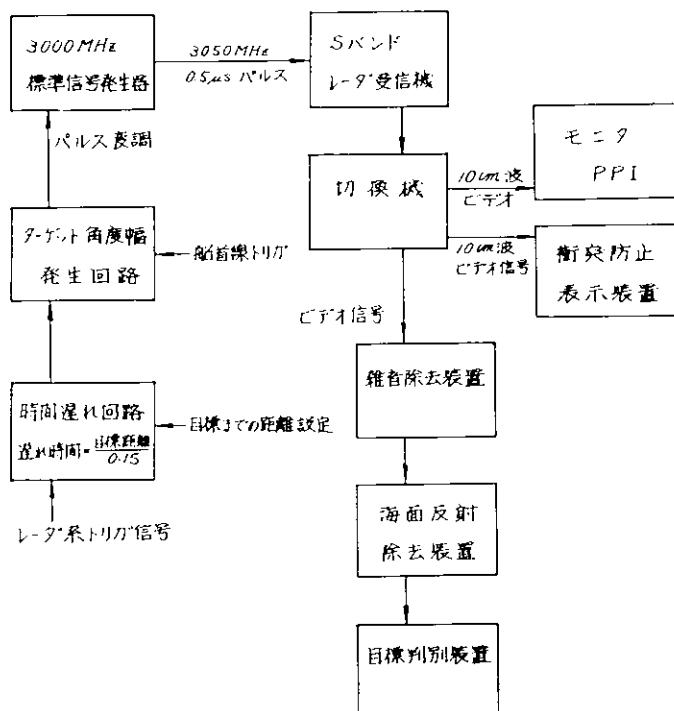


図4.1-7 信号検知限界レベルの測定試験

- 1) 信号入力を -9.2 dBm とした時は PPI では信号の存在が確認できたが、受信機から直接目標判別装置に入力した時も雑音除去、海面反射除去の両処理装置を通して入力した時も、信号のヒット数が不足し、信号は検知できなかつた。
- 2) 信号入力を -8.2 dBm とした時は受信機出力を直接目標判別装置に入力した時も、処理装置を通した時も正しい信号が検知できた。
- 3) 信号入力を -8.5 dBm とした時は処理装置を通した方が、信号の検知の機会が多くなり、処理装置により信号対雑音比が改善されていることがわかつた。
- 4) 蓄積管による S/N 比の改善度は理論的には、積分回数の平方根倍だけよくなると発表されているが、検知の割合から云つて、3 dB 程度海面反射除去装置を通した方が信号入力が下げられる。

(c) 目標判別追尾装置

(1) 模擬目標発生器による試験

本装置は模擬目標発生回路および処理精度チェック回路を内蔵しており、距離、方位角、ヒット数等を設定して発生させた模擬目標ビデオを処理した後、設定データと比較することにより、動作状態を常時監視することができる。この機能を利用して本装置の単体動作試験を下記の条件で行ない、正常に動作することを確認した。

○連続動作試験

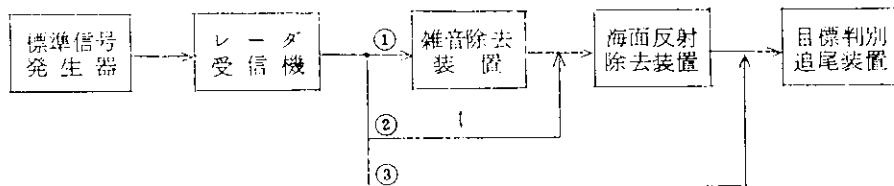
24時間連続

○ 温度試験	10 ~ 40 °C, 3 サイクル
	計 約 30 時間
○ 振動試験	5 ~ 9 cps, 全振幅 5 mm
	9 ~ 33 cps, 0.5 g 一定

計 約 8 時間

(c) 標準信号発生器による試験

各装置を下図のように接続して標準信号発生器からパルス変調された RF ビデオを発生させ、目標判別追尾装置で検知できる最小ビデオ信号レベルの測定を行ない、各装置による改善度を調べた。



結果の概要は下記のとおりである。

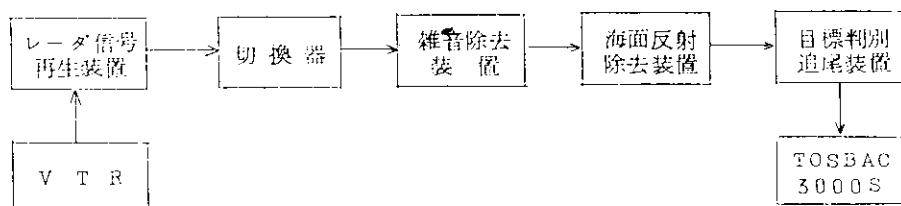
①の場合の検知可能最小ビデオ信号レベル	約 -90 dBm
② " " "	約 -85 dBm
③ " " "	約 -80 dBm

(0 dBm = 1 mW)

(d) VTR による試験

シミュレータの信号を VTR に記録し、これを再生して目標検知処理および自動追尾を行なわせ、所期の性能をほぼ満足していることを確認した。

構成は下図のとおりである。



得られたデータの一例として、目標判別追尾装置が検知して TOSBAC-3000S に送り込んだ目標データを以下に示す。

次ページは TOSBAC-3000S でプリントしたデータの一部であり、検知された目標の距離および中心方位角が交互に、8 進数でプリントされている。次の図はこれをプロットしたものである。

(d) 表示装置

(1) 工場試験

a. 電気的性能試験

走査交換部、高輝度表示部の各部及総合的一般的な電気性能試験は衝突予防表示装置の仕様書に基づいて検査を行なつた。

試験項目及びその方法は以下の通り。

○絶縁抵抗及び絶縁耐圧は各部について絶縁抵抗試験器、耐圧試験器により検査した。

○ビデオアンプは、R - θ 系ビデオ及び YV 系ビデオの総合周波数特性の測定

012002 003146
 012003 000101
 012004 004154
 012005 000137
 KOS

KOS p, OUT FROM 12000, TO 400%

012000 000000
 012001 000204
 012002 003146
 012003 000101
 012004 004154
 012005 000137
 012006 006627
 012007 177777
 012010 000000
 012013 004122

012014 100141

012016 100073
 012020 004134
 012021 100074
 012022 004131
 012023 177777
 01202

KOS p, OUT FROM 12000, TO 400%

012000 000000
 012001 000204
 012002 003146
 012003 000101
 012004 004154
 012005 000137
 012006 006627

Scan Boundary

012007 177777 → Range

012010 000202 → Azimuth

012011 003145 → Scan No. 1

012012 000076 → Scan No. 1

012013 004122 → Scan No. 1

012014 000141 → Scan No. 1

012015 006613 → Scan No. 1

012016 177777 → Scan No. 1

012017 100073 → Scan No. 2

012020 004134 → Scan No. 2

012021 100074 → Scan No. 2

012022 004131 → Scan No. 2

012023 177777 → Scan No. 2

012024 100175 → Scan No. 2

012025 003211 → Scan No. 2

012026 100070 → Scan No. 2

012027 004124 → Scan No. 2

012030 100071 → Scan No. 2

012031 004125 → Scan No. 2

012032 177777 → Scan No. 2

012033 100172 → Scan No. 2

012034 003210 → Scan No. 2

012035 100067 → Scan No. 2

012036 004142 → Scan No. 2

012037 177777 → Scan No. 2

012040 100170 → Scan No. 2

012041 003173 → Scan No. 2

012042 100167 → Scan No. 2

012043 003200 → Scan No. 2

012044 100064 → Scan No. 2

012045 004133 → Scan No. 2

012046 000152 → Scan No. 2

012047 006507 → Scan No. 2

p, OUT FROM 25000, TO

025000 000040
 025001 000030
 025002 000020
 025003 000020
 025004 001000
 025005 000600
 025006 000400
 025007 000200

KOS

p, OUT FROM 10000,

010000 000076 → 0
 010001 003474 → 1
 010002 000104 → 29
 010003 003363 → 29
 010004 000104 → 28
 010005 003363 → 28
 010006 000104 → 27
 010007 003363 → 27
 010010 000106 → 26
 010011 003375 → 26
 010012 000107 → 25
 010013 003410 → 25
 010014 000114 → 24
 010015 003373 → 24
 010016 000114 → 23
 010017 003373 → 23
 010020 000117 → 22
 010021 003353 → 22
 010022 000122 → 21
 010023 003311 → 21
 010024 000124 → 20
 010025 003306 → 20
 010026 000126 → 19
 010027 003340 → 19
 010030 000130 → 18
 010031 003301 → 18
 010032 000136 → 17
 010033 003275 → 17
 010034 000136 → 16

3 Tracking #.

図4.1-8 取込データ例

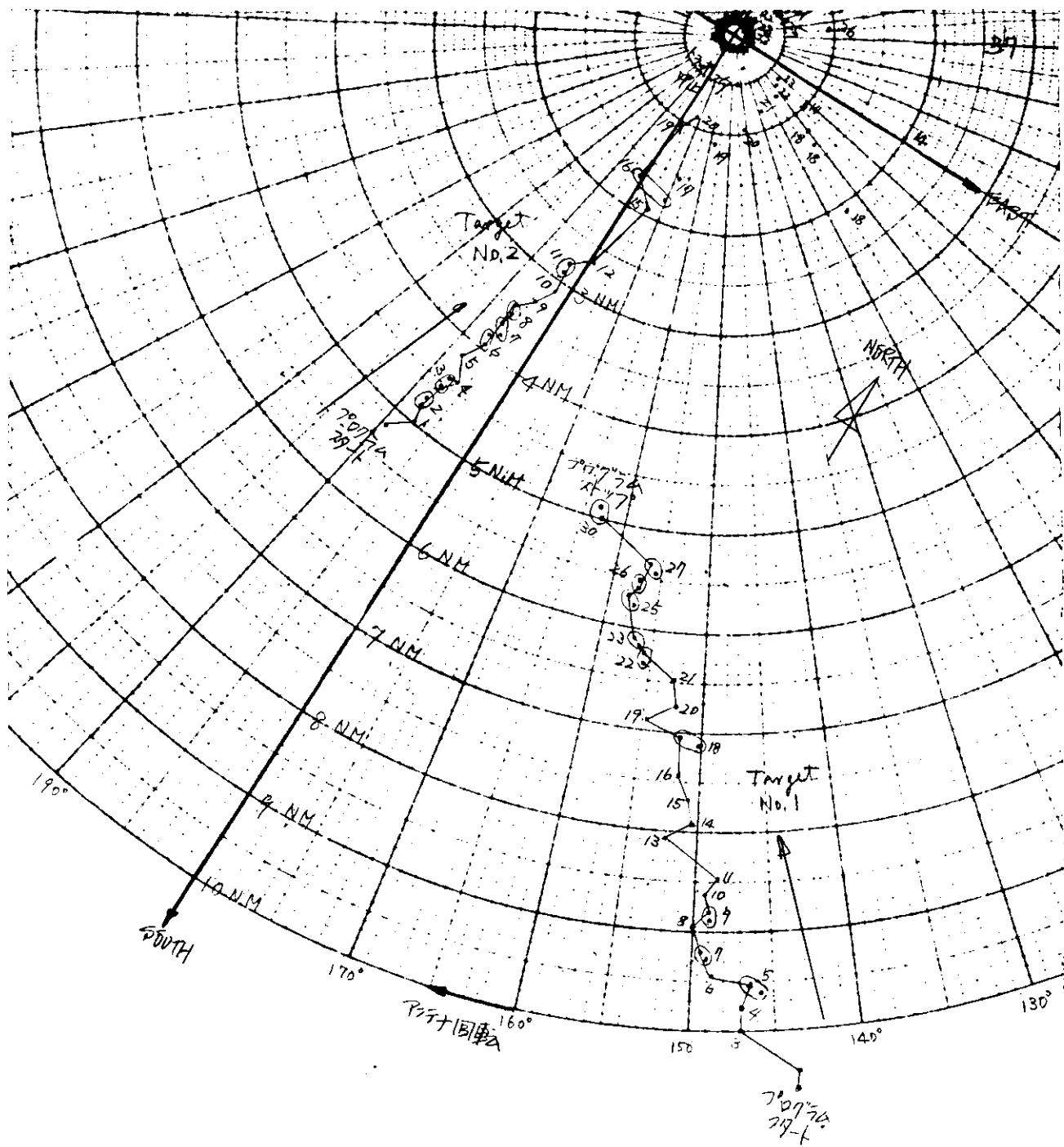


图 4.1-9 目標判別追尾装置
(オンラインデータ例)

- 偏向系は CRT 上で、直線性、掃引率の測定
 - データ表示関係はランプ数字表示管等はすべてのものについて擬似信号発生器を各入力端子に接続し、その表示を確認
 - データ出力関係は、各出力端子に試験ユニット（ランプ表示）に接続し、任意設定されたデータの確認
 - ライトペン出力は、ライトペンの位置と出力された数値の一致確認
 - その他入出力の確認
 - 総合映像指示試験は、レーダービデオを Raw Video 端子に接続して走査変換し、CRT に指示させ、次に Process Video 端子に接続し、操作機能の確認
 - 連続運転試験は、通常の室温状態で 100 時間連続運転し、動作に異常ないことを確認
 - 温度上昇は、連続運転直後に表面温度計により測定した。
 - その他社内規準に基づいた必要事項の検査測定
- 上記の試験結果すべて仕様書を満足する結果を得た。

b. 環境試験

表示装置（走査変換部、高輝度表示部）の環境試験に関しては NDS 船舶用電子機器通則に準じて実施し、この通則のうち艦内用機器に与えられた規格を準用した。

試験項目及びその方法は以下の通り。

- 温 度 0°~40°C 2 時間以上
 - 湿 度 95%
 - 振 動 1~13 Hz 全振巾 2 mm
13~33 Hz " 300/f² mm
- （試験器の制限により最大振巾 2 mmまで）

- 電源電圧変動 AC 100V ± 2.5%

以上の環境試験に於いて本装置は正常に動作し、上記の仕様を満足することが確認された。

(d) 豊洲における陸上総合試験

a. 豊洲において陸上総合試験を実施した結果、信号の受け渡しに関して、一部打合せ手違いによる不具合を生じたため、下記のような改修を行なつた。

- Function Key による割込信号の追加

総合試験の結果、衝突予防指令の割込が行なわれなかつたために、Function Key (AT, MI, MP 以外) の割込信号を追加した。

- Function Key の接点逆流防止ダイオードの追加

Function Key の各信号は、他のデジタル入力と同等であることが総合試験の結果判明したので、各接点に逆流防止用ダイオードを付加した。

- 衝突予防の電源 OFF の Function Key による計算機への割込防止

総合試験の結果、SR-DU の電源が OFF の時でも計算機には Function Key を押すと他のプログラムに影響を及ぼし都合が悪いことが判明したので、電源 OFF 時には割込みが入らない様、電源スイッチと連動する割込防止リレーを追加した。

- MIN CPA の読み取りタイミングの変更

初期打合せ通りの読み取りタイミングでは計算機の読み取りタイミングと、SR-DU 読み取りタイミングに時間的なズレが生じており、MIN CPA のデータが正しく読み込めないことが判明したため、DU 側の読み取りタイミングを変更した。

この結果、設定データが正しく読み込める様になつた。

b. 試験結果

豊洲に於ける総合試験では上記4項目の改造を行なつて、走査変換部、高輝度表示部共に、全システム総合で正常に動作することが確認された。

(2) コンピュータとの組合せ試験

(a) 陸上試験におけるシステム構成

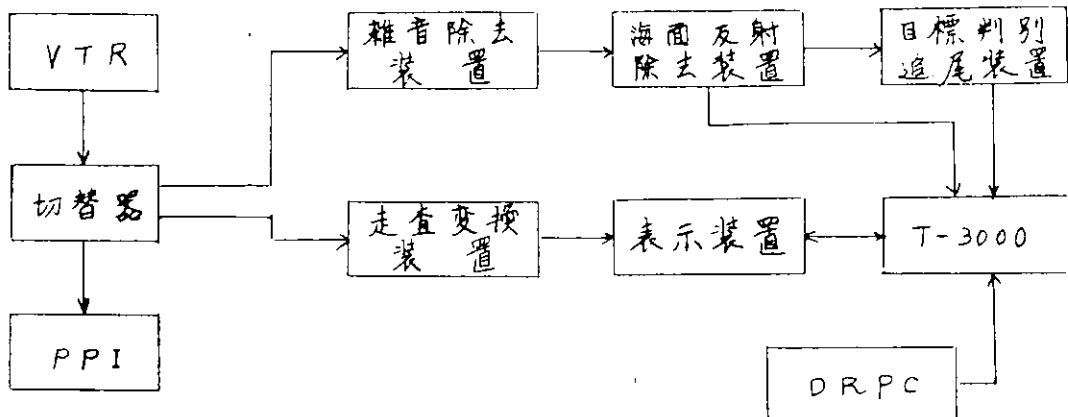


図 4.1-10 衝突予防陸上試験のシステム構成

(b) レーダ映像の発生方法

陸上試験では、空中線を実際に回転させ、電波を発射することはしないで、ビデオテープレコーダ（VTR）に録画された映像を再生させることにより、レーダ映像を得ることにした。

録画する映像はレーダシミュレータ（海技大学に設置されている）にシミュレートさせた目標の動きを録画した。目標数は3隻まで可能である。

(c) 試験方法

DRPC および T-3000 を RUN 状態にして、各プログラムの機能の確認を行なう。結果表示装置またはタブライタへのメモリ内容プリントにより判断する。

(d) 確認事項

次の通りである。

プログラム名 (略号)	プログラム名称	主な確認事項
T D U D	TARGET DATA UP	目標検知信号により、P I / O からデータを取り込み、データが R θ テープルに入る。
T D E D	TARGET DATA END	読み取り終了信号により、プログラム TRK がスタートする。
A T T D	AUTO TRACKING	ディスプレイの押ボタン AT の機能確認
C A D D	ANTI-COL. DISPLAY DEMAND	ディスプレイの押ボタン CANCEL, TRIAL, CORRECT, MAN, DATA, SET の割込受付の確認
M I P D	MT & MP	ディスプレイの押ボタン MT, MP の割込受付の確認、ライトペン入力の確認
TRK	自動追尾プログラム	トラッキング機能、ランプ表示、CRT への表示の確認
M I P	マニュアルプロットティング マニュアルインイニシエーション	MP …… 計算結果の確認 MI …… CRT への表示、および TRK との結合作動の確認
C A D	ANTI-COL. DISPLAY	"CADD" により要求されること。 CANCEL ～ SET の機能の確認

プログラム名 (略号)	プログラム名称	主な確認事項
S A M	危険船判別プログラム	危険船判定条件の確認(データ表示による) " " の確認(ランプ点灯による) 操船法の確認(RECOMMEND および MANEUVERING 表示による)
T R Y	試行操船プログラム	計算結果の確認(データ表示による) 予想航跡の確認(CRT への 5 点表示による)

(e) 結 果

- (イ) 目標を自動的に発見、自動的に追尾する機能は、ほぼ満たされた。
- (ロ) 危険船を判定して、操船法を決定し、その結果を表示する機能は確認された。
- (ハ) 試行操船の機能も確認された。
- (ニ) ディスプレイからの種々の押ボタン機能についても確認された。

(f) 残された問題点など

陸上試験では確認が困難であった次の事項については海上試験において実施する。

- (イ) 4隻以上の場合の自動追尾
- (ロ) 雑音等のある場合の自動発見、追尾機能
- (ハ) 船以外の物標のある場合の機能
- (ニ) 計算精度
- (ホ) 避航操船法の正当性

4.2 海上評価試験

4.2.1 海上評価試験の概要

陸上評価試験により基本的 requirement 性能の確認後、システムを実船に搭載し、海上において実用評価試験を実施した。具体的には NNSS, DRPC, NDD, ANTI-COLL の各システムを組合せ、実際の航海（日本～ペルシャ湾）において評価試験を実施した。本報告では、その第1次航海（45年9月～10月）における結果を主に述べ、一部第2次航海（11月～12月）についても述べる。

図4.2-1は第1次航海の航路であり、45年9月22日横浜を出港し、サウジアラビアのラスタスラへ向つた。約38日間の航海を終え10月30日千葉に帰つた。航走路距離は約24,600kmであつた。



図4.2-1 海上評価試験
(第1回航路)

大洋航海における航海士の重要な仕事の一つは、本船位置の決定である。ペルシャ湾方面へ行くタンカーでは、ロラン、デツカ等の従来の船位測定装置は有効範囲外のために使用できず、今まででは天測に頼つていた。ところが NNSS の出現により、天候、昼夜の別なく、どこでも位置決定ができるようになり、しかもその精度が高いため、乗組員はこれを非常に重視し、信頼している。また、NDD（航法計算表示装置）の各機能もよく使われ、今までの手計算にくらべ、スピード、精度の点ではるかにすぐれており、重要な装置であつた。DRPC は、位置精度も満足すべきものであり、完全に実用になつたといえる。一方、衝突予防システムは、本航海ではまだ 100% 完成まで行かず、種々問題点を含んでいるが、基本的な性能は確認することができた。図4.2-2 は航法システムのブロック図である。

なお、海上評価試験は、次年度も引続いて実施する予定であり、この結果は次年度の報告書に報告する。

4.2.2 NNSS 海上試験

NNSS 装置は、帰航においてケーブル断線等の故障が多いため、ここでは往航における状況に限定して報告する。

なお、故障は日本へ帰つた際に修理し、その後正常に動作している。

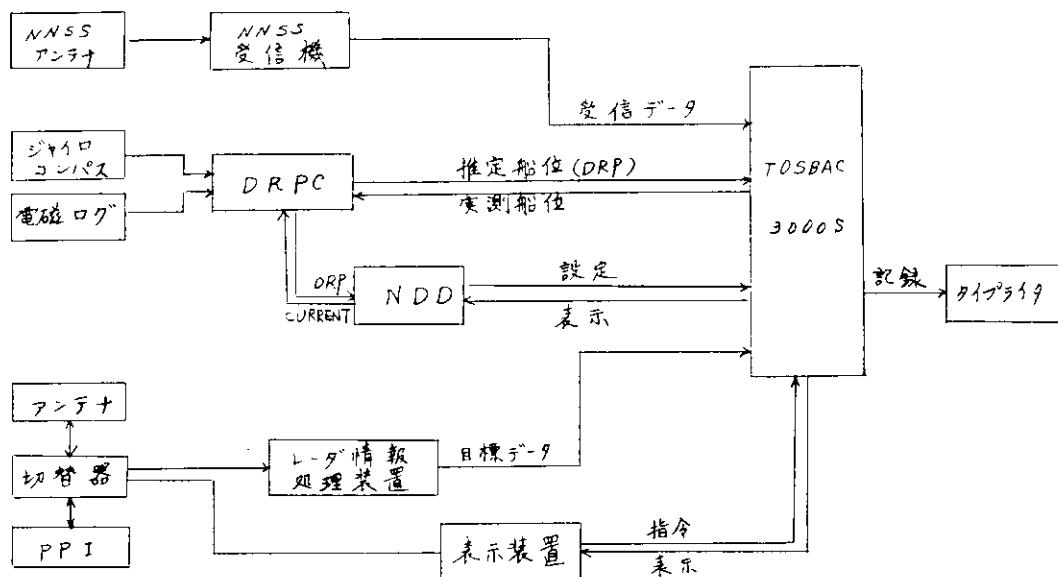


図 4.2-2 航法システム・ブロックダイヤグラム

受信状況は、1日に約7～10回、すなわち2.5～3.5時間に1回受信成功している。この様子を図4.2-3に示す。

また、昼間の受信回数と夜間の受信回数については、9時～17時を昼間としたとき、昼：夜=1：3であり、夜間の方が受信確率がすぐれている。

精度については、船が航走中は、その測定が難しいので、目的地ラスヌスラ停泊中に1回受信できた結果をみると、いずれも誤差0.5浬以内に入っているといえる。(図4.2-4参照)

また、NSS測定時 DRPC の推定位置を修正するが、この機能も正常に動作している。(図4.2-5参照)

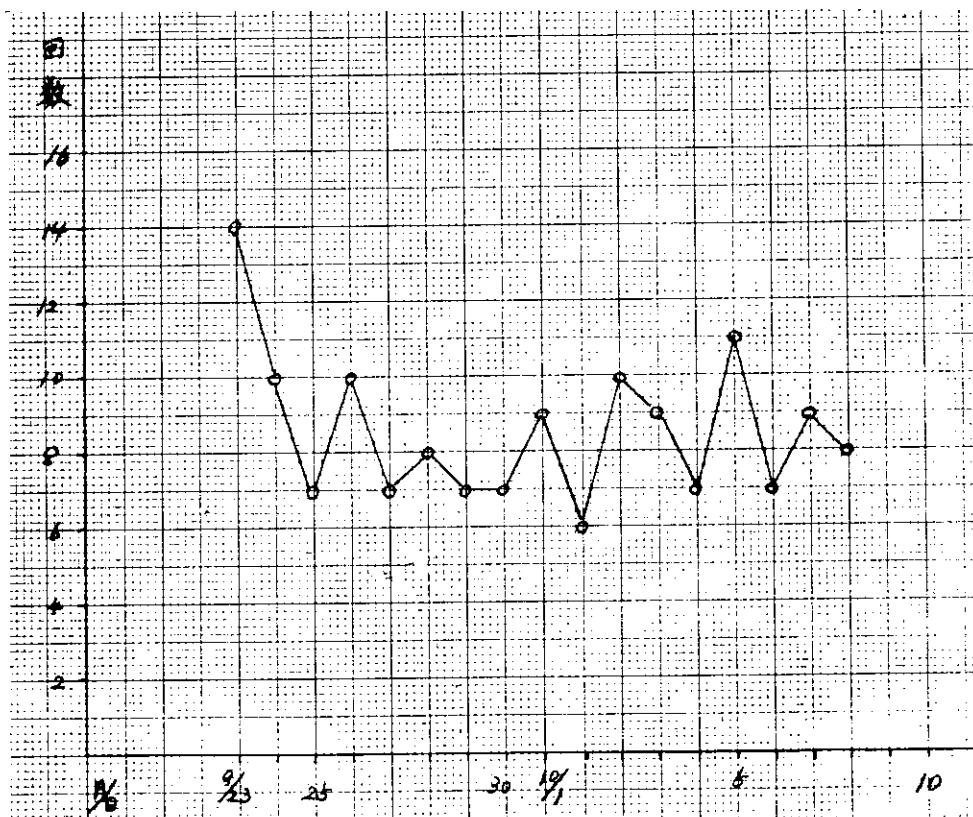


図 4.2-3 NSS 位置決定回数

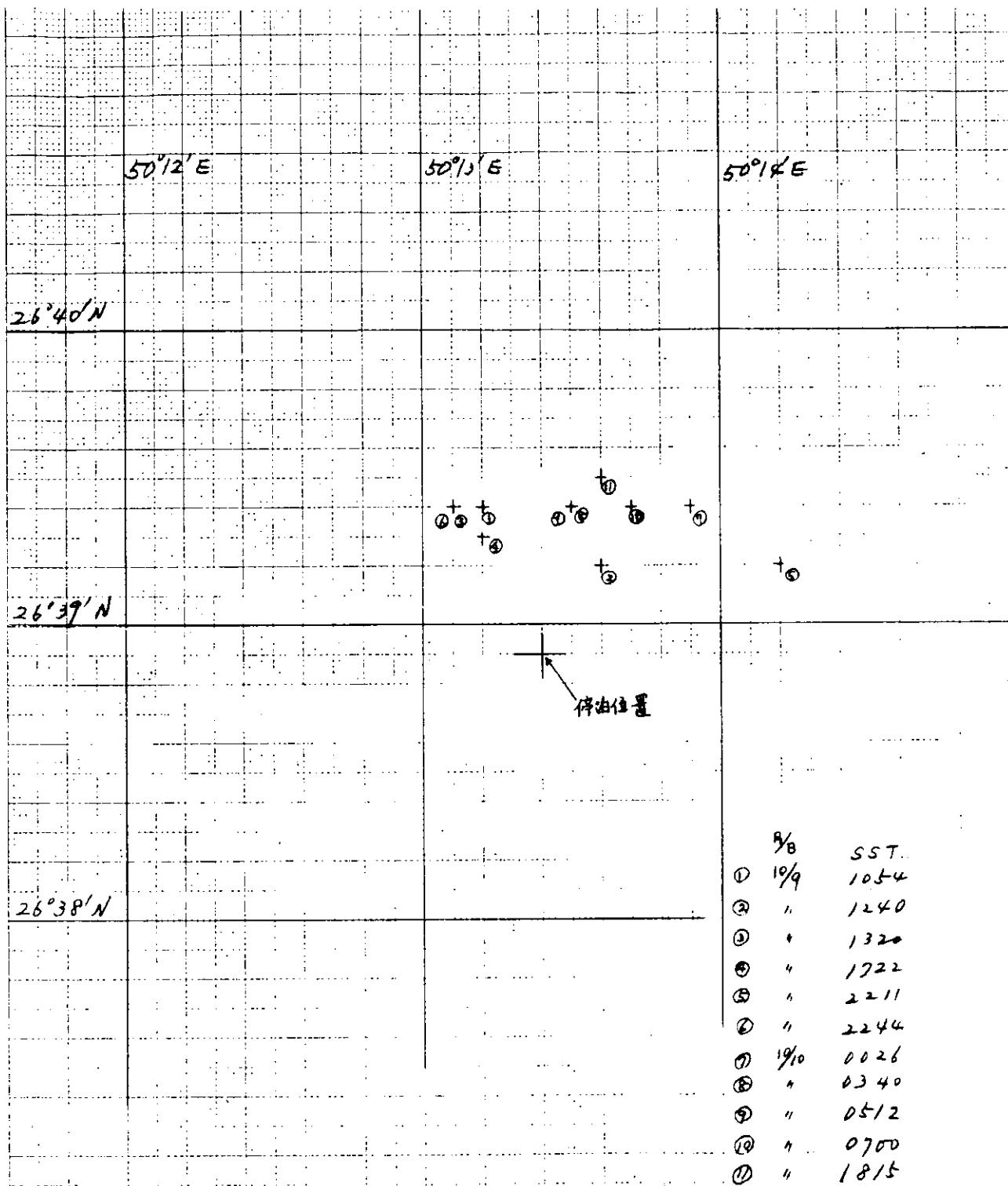


図 4.2-4 NHSS 測定位置
場所 Ras Tanura (Saudi Arabia)

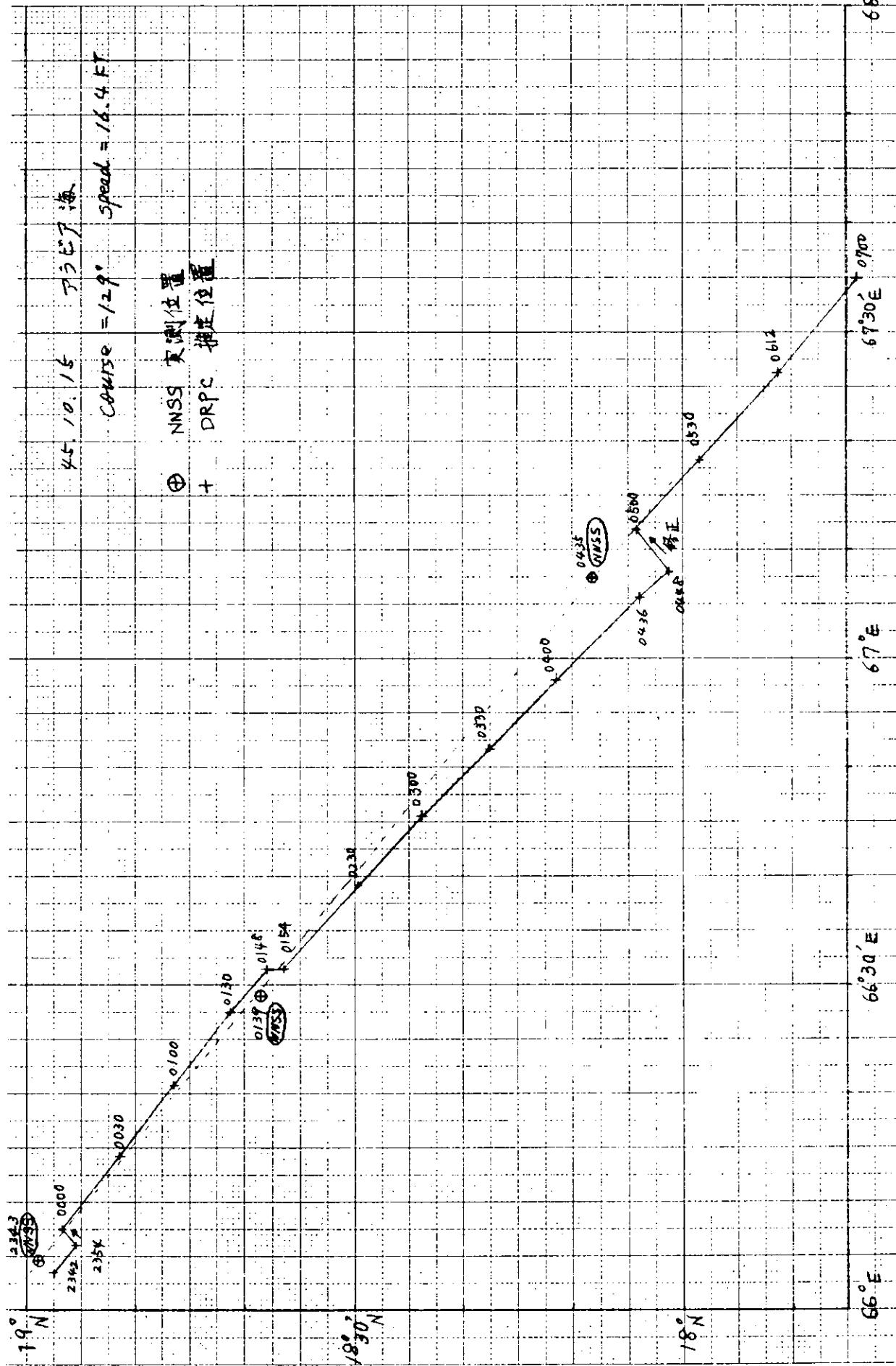


図 4.2-5 NSSS による DRP の自動修正例

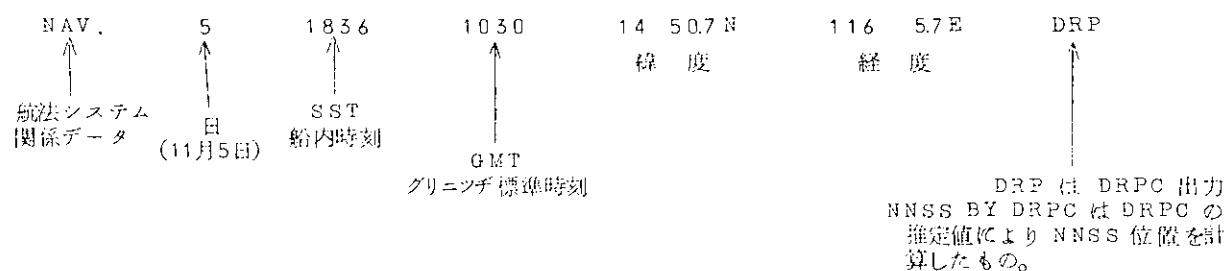
NAV.	5	17	10	09	12		14	59.5 N	116	25.9 E	DRP.
NAV.	5	17	11	09	05		15	9.4 N	116	20.8 E	NNSS BY DRPC
NAV.	5	17	30	09	24		15	6.0 N	116	18.0 E	DRP.
NAV.	5	17	36	09	30		15	4.6 N	116	16.9 E	DRP.
NAV.	5	17	42	09	36		15	3.1 N	116	15.8 E	DRP.
NAV.	5	17	49	09	43		15	1.6 N	116	14.4 E	DRP.
NAV.	5	17	55	09	49		15	0.1 N	116	13.3 E	DRP.
NAV.	5	18	00	09	54		14	58.9 N	116	12.4 E	DRP.
NAV.	5	18	06	10	00		14	57.6 N	116	11.3 E	DRP.
NAV.	5	18	12	10	06		14	56.2 N	116	10.2 E	DRP.
NAV.	5	18	18	10	12		14	54.8 N	116	9.1 E	DRP.
NAV.	5	18	24	10	18		14	53.4 N	116	7.9 E	DRP.
INTCPT=	1.2	AZIMTH=	315		46.3						
INTCPT=	0.2	AZIMTH=	248		55.2						
INTCPT=	-2.1	AZIMTH=	146		25.4						
NAV.	5	18	30	10	24		14	54.2 N	116	5.7 E	CEL.
NAV.	5	18	36	10	30		14	50.7 N	116	5.7 E	DRP.
NAV.	5	18	42	10	36		14	49.3 N	116	4.5 E	DRP.
NAV.	5	18	48	10	42		14	47.8 N	116	3.4 E	DRP.
NAV.	5	18	54	10	48		14	46.5 N	116	2.3 E	DRP.
NAV.	5	19	00	10	54		14	45.2 N	116	1.2 E	DRP.
NAV.	5	19	48	11	42		14	34.4 N	115	52.0 E	DRP.
NAV.	5	19	54	11	48		14	33.1 N	115	50.9 E	DRP.
NAV.	5	20	00	11	54		14	31.7 N	115	49.7 E	DRP.
NAV.	5	20	06	12	00		14	30.3 N	115	48.6 E	DRP.
NAV.	5	20	12	12	06		14	29.0 N	115	47.6 E	DRP.
NAV.	5	20	18	12	12		14	27.6 N	115	46.3 E	DRP.
NAV.	5	20	24	12	18		14	26.3 N	115	45.3 E	DRP.
NAV.	5	20	30	12	07		NO	SOL.	NNSS BY	DRPC	
NAV.	5	20	36	12	24		14	25.0 N	115	44.1 E	DRP.
NAV.	5	20	42	12	30		14	23.6 N	115	42.9 E	DRP.
NAV.	5	20	48	12	36		14	22.3 N	115	41.8 E	DRP.
NAV.	5	20	54	12	42		14	20.9 N	115	40.6 E	DRP.
NAV.	5	21	00	12	48		14	19.5 N	115	39.5 E	DRP.
NAV.	5	21	06	13	00		14	18.2 N	115	38.4 E	DRP.
NAV.	5	21	12	13	06		14	16.8 N	115	37.2 E	DRP.
NAV.	5	21	18	13	12		14	15.4 N	115	36.1 E	DRP.
NAV.	5	21	24	13	18		14	14.1 N	115	35.0 E	DRP.
NAV.	5	21	30	13	24		14	12.7 N	115	33.8 E	DRP.
NAV.	5	21	36	13	30		14	11.4 N	115	32.7 E	DRP.
NAV.	5	21	42	13	36		14	10.0 N	115	31.6 E	DRP.
NAV.	5	21	48	13	42		14	8.7 N	115	30.4 E	DRP.
NAV.	5	21	54	13	48		14	7.3 N	115	29.2 E	DRP.
NAV.	5	22	00	13	54		14	6.0 N	115	28.2 E	DRP.
NAV.	5	22	06	14	00		14	4.5 N	115	27.0 E	DRP.
NAV.	5	21	55	13	49		14	3.2 N	115	25.8 E	DRP.
NAV.	5	22	12	14	06		14	1.0 N	115	24.2 E	NNSS BY DRPC
NAV.	5	22	18	14	12		14	0.2 N	115	21.9 E	DRP.
NAV.	5	22	24	14	18		14	0.8 N	115	20.7 E	DRP.
NAV.	5	22	30	14	24		14	2.3 N	115	19.6 E	DRP.
NAV.	5	22	36	14	30		14	7.1 N	115	18.4 E	DRP.
NAV.	5	22	42	14	36		14	5.6 N	115	17.2 E	DRP.
NAV.	5	22	48	14	42		14	4.3 N	115	16.2 E	DRP.
NAV.	5	22	54	14	48		14	3.0 N	115	15.1 E	DRP.
NAV.	5	23	00	14	54		14	1.5 N	115	13.9 E	DRP.
NAV.	5	23	06	15	00		14	0.2 N	115	12.8 E	DRP.
NAV.	5	23	12	15	06		13	58.9 N	115	11.6 E	DRP.
NAV.	5	23	18	15	12		13	56.1 N	115	9.4 E	DRP.
NAV.	5	23	24	15	18		13	54.8 N	115	8.2 E	DRP.
NAV.	5	23	30	15	24		13	53.4 N	115	7.1 E	DRP.
NAV.	5	23	36	15	30		13	51.9 N	115	6.0 E	DRP.
NAV.	5	23	42	15	36		13	50.6 N	115	4.8 E	DRP.
NAV.	5	23	48	15	42		13	49.2 N	115	3.7 E	DRP.
NAV.	5	23	41	15	35		13	52.1 N	115	5.4 E	NNSS BY DRPC
NAV.	5	23	54	15	48		13	47.9 N	115	2.5 E	DRP.

天測計算

4.2.3 DRPC 海上試験

船位推定計算は専用の計算器 DRPC (Dead Reckoning Position Calculator) を使用して行ない、結果は NDD 上に表示されるようになっている。また、推定位置は NNSS 位置計算時に必要であるため、この推定計算精度を評価することに重点を置き、試験を実施した。この結果、往復約 800 マイルの連続使用に対しても十分使用でき、実用になつたと言える。精度については、NNSS による補正を行なつているときは、ほぼ 1% 内外、補正をしていないときは 1.5 ~ 3% ぐらいの誤差であり（1 日の航走距離約 400 マイルに対して）、要求仕様を満足していると言える。また、海流補正をすることにより、そのエラーは約半分になる。

図 4.2-6 は DRPC および NNSS の位置記録例である。これはチャートルーム内の NDD の隣りに設置されたロギングタイプライタで打出されたもので DRP は 6 分間隔、NNSS は受信毎にプリントされている。このデータは次のように見る。



また、DRPC の長時間単独テスト (CURRENT 設定せず、出発位置変更せず) の結果は図 4.2-7 の通りであり、8.8 時間という長時間に対して、偏差が次第に増加することもなく、十分実用になることが確認された。なお、この表で実測位置は天測またはレーダによる物標測定で決定したものである。

月/日	時 分	OBS/DRP	LATITUDE	LONGITUDE	偏 差	LOG RUN	
						NDD NM 0	EM. LOG NM 0
10/22	15 32	OBS	N 0 3° - 13.5'	E 105° - 32.0'	NM (KT)	313.5	322.8
		DRP					
10/23	12 00	OBS	0 7° - 23.3'	108° - 45.7'	7.8 (0.39)	679.5	699.8
		DRP					
10/23	18 18	OBS	0 8° - 39.0'	109° - 52.0'	10.7 (0.40)	422.8	
		DRP					
10/24	12 00	OBS	1 2° - 04.7'	113° - 04.7'	17.7 (0.40)	804.3	
		DRP					
10/24	18 24	OBS	1 3° - 20.3'	114° - 20.2'	14.2 (0.23)	997.8	
		DRP					
10/25	06 15	OBS	1 5° - 33.5'	116° - 45.6'	12.3 (0.20)	1,387.2	1,407.5
		DRP					
10/26	08 36	OBS	2 0° - 08.0'	122° - 05.7'	9.5 (0.11)		
		DRP					

(注) OBS は実測位置、時刻は船内時刻を示す。

偏差の KT 単位は速度換算したもの。

図 4.2-7 DRPC 単独テスト結果

4.2.4 NDD 海上試験

NDD は OFF LINE 的計算が多く、その大部分の機能は陸上試験において確認されているため、海上試験で確認する事項は少ない。

DAY'S RUN (特に LOG DAY'S RUN) 計算機能は、DRPC 単独テスト時に同時にテストした。結果は、図 4.2-7 に示す通り、航程積算器 (EM LOG 出力の積算) の指示との偏差は 1.4 % であり、プログラムが正しいことを確認した。

天測計算もよく使用され、十分実用になつてている。結果の一例が図 4.2-6 の中に示されている。

4.2.5 衝突予防海上試験

大洋航海においては、他船に会う機会がほとんどなく、まる 1 日 1 隻の船とも会わないこともあります。普通は数時間に 1 隻という程度であり、また、本航海ではハードウェアの故障、ソフトウェアの一部が不具合であつたこと等により、十分な確認を行なうことはできなかつたので、来年度も引き続いて海上試験を実施し、詳細に解析する予定にしている。

ハードウェアに関する試験は陸上でそのほとんどを完了しているため、ここではソフトウェアに関するものだけについて報告する。

(1) トラッキング機能

このプログラム (自動追尾プログラム) は、航海時 100 % 完全ではなかつたため、自動追尾が長く続かない場合もあつた。データを解析してその原因を求明するため、目標判別追尾装置からの目標データを読み取りで解析した。図 4.2-8 は取込データと予測データをプロットしたものである。これはプログラムを改良した後のものであるため、次回の海上試験では良い結果が期待される。(来年度報告予定)

(2) 目標データ計算機能

自動追尾により、計算され表示された針路、速力、CPA、TCPA の値を作図上で求めたものと比較した一例を示すと次の通りであつた。

	コンピュータ	作図
針路	55°	48°
速力	10.8 KT	11.2 KT
CPA	1.6 NM	1.6 NM
TCPA	3.5 NM	3.5 NM

目標は第 1 観測時 $R = 3.0 \text{ NM}$, $\theta = 198^\circ$, 第 2 観測時 $R = 2.5 \text{ NM}$, $\theta = 185^\circ$ であつた。

(3) TRIAL 機能 (試行操縦)

TRIAL の針路、速力として本船の現在針路 = 222°, 速力 = 16.4 KT を設定し、TRIAL を実行した例を図 4.2-9 に示す。A ~ E 点は 6 分間隔の相手船の予測位置である。この船はこれらの予測位置をほぼ 6 分毎に通過したことを確認した。

(4) 避航操縦法の算出機能

横切り船 1 隻についてトラッキングの結果、DANGER ランプが点灯し、RECOMMEND 表示され、NEW CO. が出た。そのようすは次のようである。

NEW COURSE	RECOMMEND		
	PORT	STBD	
② ② ④°	×	5	×
	×	10	×
	×	20	[]
	[]	40	[]
	[]	60	[]
	[]	90	[]
点灯			点灯

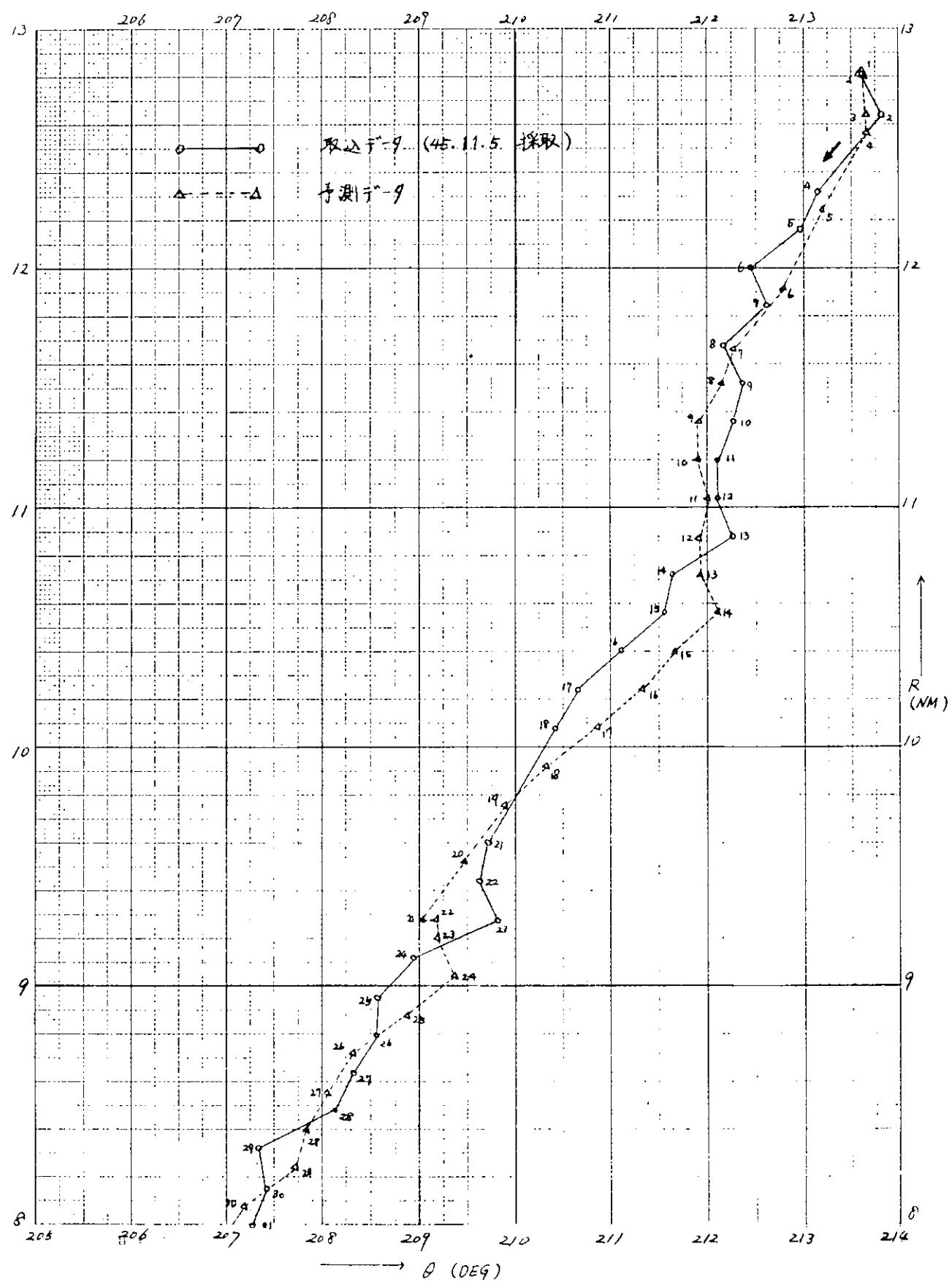


図 4.2-8 取込データと予測データのプロット例

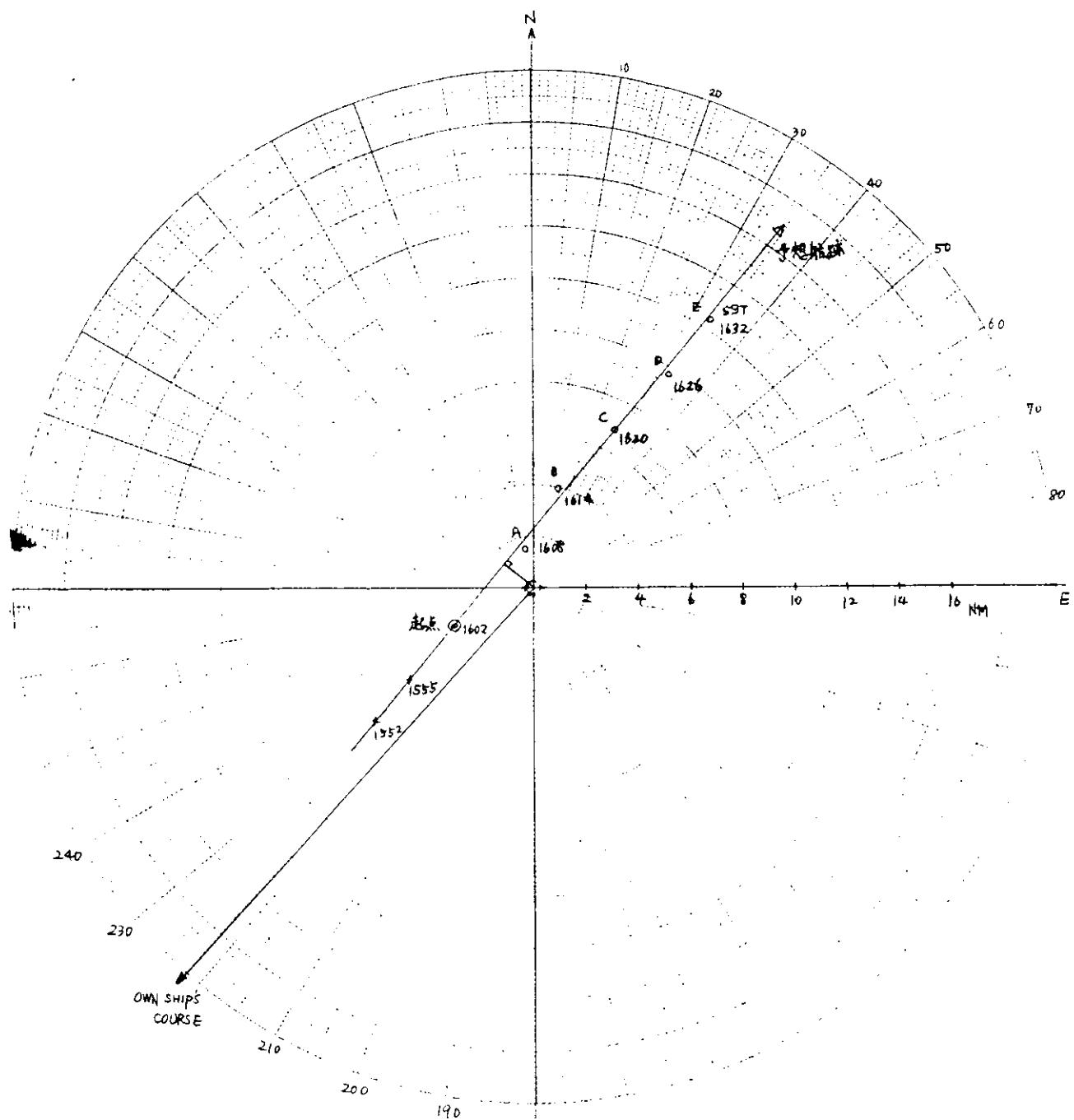


図4.2-9 TRIAL 試験結果（4.5.9.27 實測）

このときの ORIGINAL COURSE は 264° であり、RECOMMEND のうち、PORT 40° を選択して、 $264^{\circ} - 40^{\circ} = 224^{\circ}$ が NEW COURSE として表示された。

(5) その他

マニュアルプロットティング機能、マニュアルインシエーション機能、および CANCEL, CORRECT 等の機能についてもその動作を確認した。

4.2.6 システムの評価と問題点の検討

星光丸に搭載された航法システムの海上評価試験は、二、三の今後解決すべき問題を除いて要求仕様通りの結果が得られたと言える。各システムごとに問題点を挙出し、その解決策につき検討する。

(1) NNSS

測定回数が 1 日に 7～10 回程度ということの良否である。文献*によれば、4 個の衛星の場合、1 日に 10 数回の測位が可能であるということであり、しかも衛星は最近 1 個ふえ 5 個になつたので、その回数はもう少し増えるものと予想される。また、位置精度は船が航走中は測定が困難であるが、天測、レーダ、目視等による実測位置とできるだけ比較して評価してゆきたい。

システム自体に対しては、NNSSに対する情報として現在 NDD へは実測結果だけが表示されるようになつておらず、乗組員は常時監視していくなければならない。結果が出たときブザー等で知らせると良い。（2 次航以後ブザーが設置され好評を得ている）

* 日本船用機関学会誌 第 5 卷 第 10 号 昭 45 年 10 月 P.45～57

(2) DRPC

船位推定計算の精度は現在十分実用になるほどであり、またタイプライタへ記録されるということもあり、NNSS と組合せた船位決定システムとして十分評価し得るものである。

ただ、DRPC の機能として、推定船位を NDD へ表示する他に、本船の針路、速力も表示するようになつているが、速力の表示が、0.1 漉航走する時間から計算している。この時間単位が秒単位のため、速力表示精度が若干落ちるという結果になつた。今後のシステムとしては、この時間単位を 1 秒以下にするよう計画すべきであろう。

(3) NDD

チャートルームに装備された航法計算表示装置（NDD）は、その機能を十分に発揮してはいるが、非常に良く使用されるものと、時々使用されるものがある。また、データの入力方法がやや面倒であるため、将来の NDD 計画の一考を要する事項である。また、天測計算において結果である位置をプリントする他に、方位（AZIMUTH）と修正差（INTERCEPT）をプリントする機能が 2 次航以後追加されていることを付記しておく。

(4) 衝突予防

この衝突予防システムは主に広海域を対象にしてはいるが、広海域においては、島などの陸地はレーダに入つてこないが、雲やスコール等の映像が写るという現象があり、これをどのように除去するかが今後の課題といえよう。また、装置そのものの簡単化を計り、商品化への道を開くことも重要である。ともあれ、現在まだその機能を 100% 発揮してはいないけれども、自動発見、自動追尾さらに危険の自動判別という重要な機能が要求仕様通りに働くといひ見通しを得た。次年度においては、システムの評価をさらに続け、将来の衝突予防システムを開発するための指針を得たいものである。