

ISSN 0287-6450
Denpa khohō

ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW

電波航法



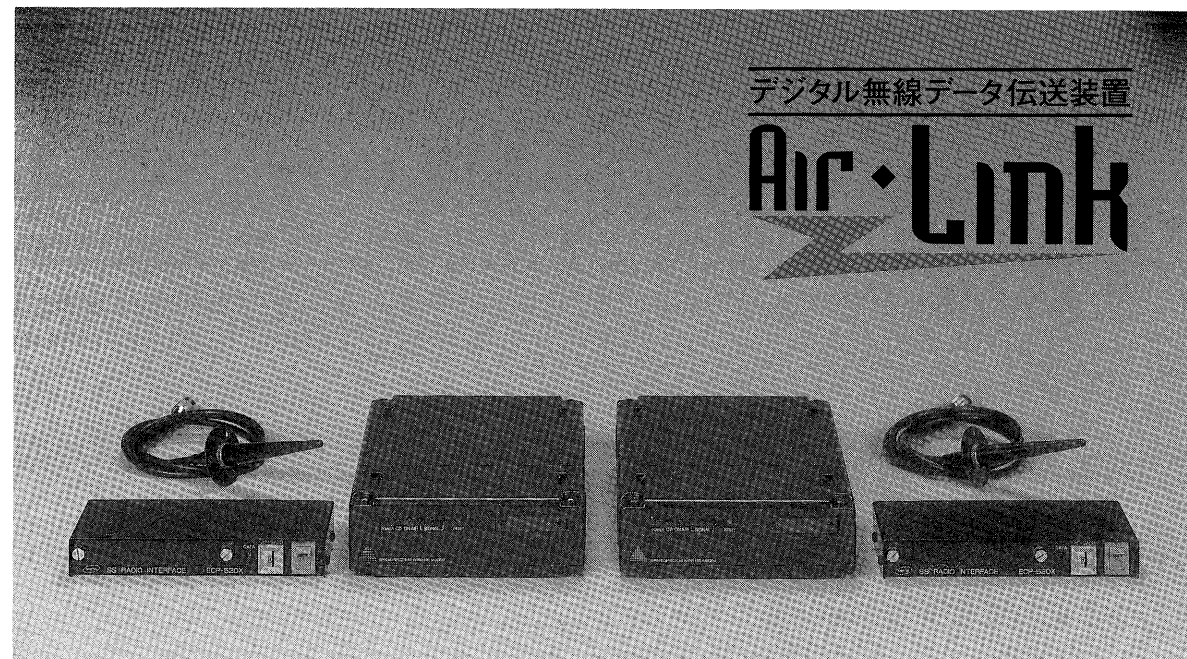
JACRAN 38

1996

電波航法研究会 発行

Published by the Japanese Committee-
for Radio Aids to Navigation

高度なエラー訂正機能を装備。10km圏内*のGPS測量を、
先進の無線データ伝送でサポートします。 *海上時



センチメートル・オーダーの実用化へと進展するGPS測量。
デジタル無線データ伝送装置「エア・リンク」は、混信やノイズに強い小電力型SS（スペクトラム拡散方式）無線機と、セナー独自のエラー訂正機能（特許出願中）を装備したSS無線インターフェースECP-520をセット。小電力タイプでありながら、送受信エリアを10km圏内へと広げるとともに、より信頼性の高いデータ伝送を実現。GPS測量における即時連続データ収集、RTK OTF（リアルタイムキネマティック・オン

ザフライ）に対応し、港湾業務、河川管理をはじめ、各種調査測量のデータ伝送装置として活躍します。

【主な特長】 ●高度なエラー訂正機能を備えたECP-520を装備。●マルチパス、フェージングに強いSS無線機。●データ伝送の信頼性を高めるマルチプル伝送。●伝送効率の高い32,000bpsの通信速度。●リピータを最大8台まで接続可能。●秘話伝送、一斉伝送の切り換えが可能。●運用が容易な小型・軽量、低消費電力設計。

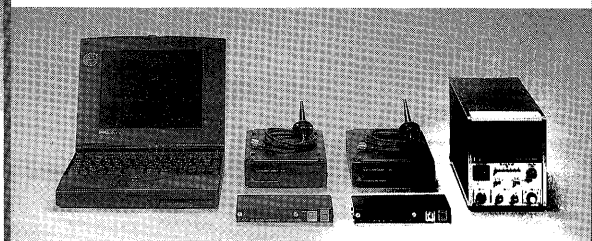
★各種アプリケーションモデルも取り揃えております。



GPS測量(RTK OTF)用
ECP-520X
同、陸上長距離用
ECP-520X/HI

*ECP-520X、ECP-520X/HIは
GPS受信機とのセット販売となります。

パソコンデータ/調査機器用
ECP-520D
同、陸上長距離用
ECP-520D/HI



— 目 次 — CONTENTS

巻 頭 言	会 長 鈴 木 務.....(1)
Foreword	Chairman Tutomu SUZUKI

研 究 調 査 Research and Investigation

ロランCシステムの校正（チェーンキャリブレーション）について	川 崎 日出樹.....(3)
Chain calibration for the Loran-C system	Hideki KAWASAKI
リアルタイムキネマティックGPS測位	林 忠 夫.....(12)
Realtime Kinematic GPS Survey	Tadao HAYASHI

展 望 Observation

航海システムの最近の国際動向—IMO NAV41回会議より	飯 島 幸 人.....(28)
The Recent International Trend of Navigation System-From IMO,NAV 41 Meeting	Yukito IJIMA
極東海域におけるロランC国際協力チェーンについて	塩 山 壽 男.....(34)
Cooperation Chain of the Loran-C system in the Far East	Toshio SHIOYAMA 岩 崎 孝 Takashi IWASAKI
電子海図をめぐる最近の動向	庄 司 和 民.....(41)
電子海図に関する技術の動向	片 山 瑞 穂.....(51)
電子海図に関する技術の動向	Mizuho KATAYAMA

研究会記事	(59)
Records	

巻 頭 言

(FOREWORD)

電波航法研究会の過去から未来へ

会 長 鈴 木 務

Chairman, Prof. Tutomu SUZUKI

当会が発足したのは44年前の昭和26年9月でした。第二次世界大戦により急速に進歩した電波航法機器の諸外国の状況を調査し、我が国における機器やシステムの開発、特にレーダとロランAの開発と実用化を中心とした官学民共同による半官庁組織として設立されました。会長には古賀逸策元東大教授、副会長に森田清元東工大教授が就任され、海上保安庁海事検査部海難防止課に事務局が置かれました。終戦後連合軍により禁止されていたレーダの製造とロランAシステムの構築が中心となっていました。その後、昭和27年に事務局が運輸省海運局海務課に移され、運輸大臣の諮問機関に改組され、当時の石井運輸大臣から「我が国の電波航法の普及発達をはかるためには如何なる施策を講ずべきか」との諮問があり、対船舶用航法施設、3センチ波帯航海用レーダの最低技術基準、ロラン局設置等に関する調査研究について答申を行いました。以来、我が国の電波航法行政を側面から支える役割を行ってきました。当時、私は駆け出しの研究者で、会長、副会長及び大岡茂電通大名誉教授の指導の下に日本周辺にロランチャートを描いたり、レーダ回路（今日のARPAの初めてのレーダ衝突防止装置の開発を行い特許を取った。）の試作などに熱中していました。

その後、本会の性格を国の行政施策の手伝いのみでなく、将来の電波航法の研究開発に柔軟に対処できるようにとの配慮から昭和32年4月に任意団体として行政機関から離れた任意団体に移行されました。将来は法人格を持つ学会へ発展させたいと夢を持ちながら今日に至っています。

「電波航法」の創刊号は昭和35年12月1日で、運輸省海務課で編集し発行しています。当時は遅れている我が国の電波航法をいかにして先進国に追いつかせるかという努力が続けられました。方向探知機、レーダ、ロラン、デッカ、オメガ、NNSSなど次々と世界的な航法システムが開発され、導入されてきました。さらにGCA, ILS, VOR, TACANなど航空用援助システムが導入されました。現在はGPSなどの衛星航法と組み合わせた自動車ナビゲーション、電子海図、GMDSSなど情報機器と組み合わせられたグローバルシステムとなりつつあります。電波航法システムのグローバル化は国際的に規格と運用が統一化され、国の独自性を発揮し難い面があり、また政治的に大国に協調を求められる弱さがあります。然し、沿海や内海域での航行援助システムは優れたシステムであれば導入が可能であり、多数の小型船と大型船が混在する海域での有効な航行援助システムの開発が求められています。さらに航行技術者のリストラ化、高齢化も問題と

ロランCシステムの校正(チェーン・キャリブレーション)について

海上保安庁灯台部電波標識課
川崎 日出樹
(現第四管区海上保安本部
警備救難部通信課)

Chain calibration for the Loran-C system

Radio Aids Div., Aids to Navigation Dept.
Maritime Safety Agency
Hideki Kawasaki
(Presently, Communications Management Div.
Guard and Rescue Dept.
4th Regional Maritime Safety HQ.)

1. はじめに

平成5年に米国から日本へ移管された北西太平洋ロランCチェーンの主局変更による GRI, 有効範囲の変更及び精度向上のため, ロランCのチェーン・キャリブレーションを実施した。

このチェーン・キャリブレーションの概要及び方法について述べることとする。

2. 北西太平洋ロランCチェーン (GRI 8930) の概要

北西太平洋ロランCチェーン (GRI 9970, 以下 9970 チェーンと呼ぶ)は, 1960 年台から米国沿岸警備隊 (USCG)により運用が行われてきた。このチェーンは次の局から構成されていた。

	局名称	ピーク出力	所在地
M	硫黄島	1815kw	東京都小笠原村
W	南鳥島	1100kw	東京都小笠原村
X	十勝太	600kw	北海道十勝郡
Y	慶佐次	600kw	沖縄県国頭郡東村
Z	グアム	600kw	米国信託統治領グアム

平成5年7月から10月にかけて, グアム送信局を除く北西太平洋ロランCチェーンの運用は日本へ移管された(施設については一部, 米国との共同使用)。

さらに, 平成6年10月1日をもって硫黄島送信局(主局)が廃止され, 新たに新島送信局を主局とする北

西太平洋ロランCチェーン (GRI 8930, 名称変更なし, 以下 8930 チェーンと呼ぶ)の運用が開始された。これは次の送信局から構成されている。有効範囲, 図1参照。

	局名称	ピーク出力	所在地	備考
M	新島	1000kw	東京都新島村	新設、固体化送信装置
W	慶佐次	1000kw	沖縄県国頭郡東村	国体化送信装置へ換装予定
X	南鳥島	1100kw	東京都小笠原村	国体化送信装置
Y	十勝太	1000kw	北海道十勝郡	国体化送信装置へ換装予定
*Z	ポーハン	150kw	韓国	国体化送信装置
*ポーハン局は平成7年6月1日より運用開始				

さらに, 同期等コントロール施設として次の施設がある。

	施設名称	所在地	備考
	千葉ロランセンタ	千葉県千葉市	コントロールステーション
	小笠原モニター局	東京都小笠原村父島	同期モニター用受信局
	勝浦モニター局	千葉県勝浦市	〃
	袖倉島モニター局	石川県輪島市袖倉島	〃

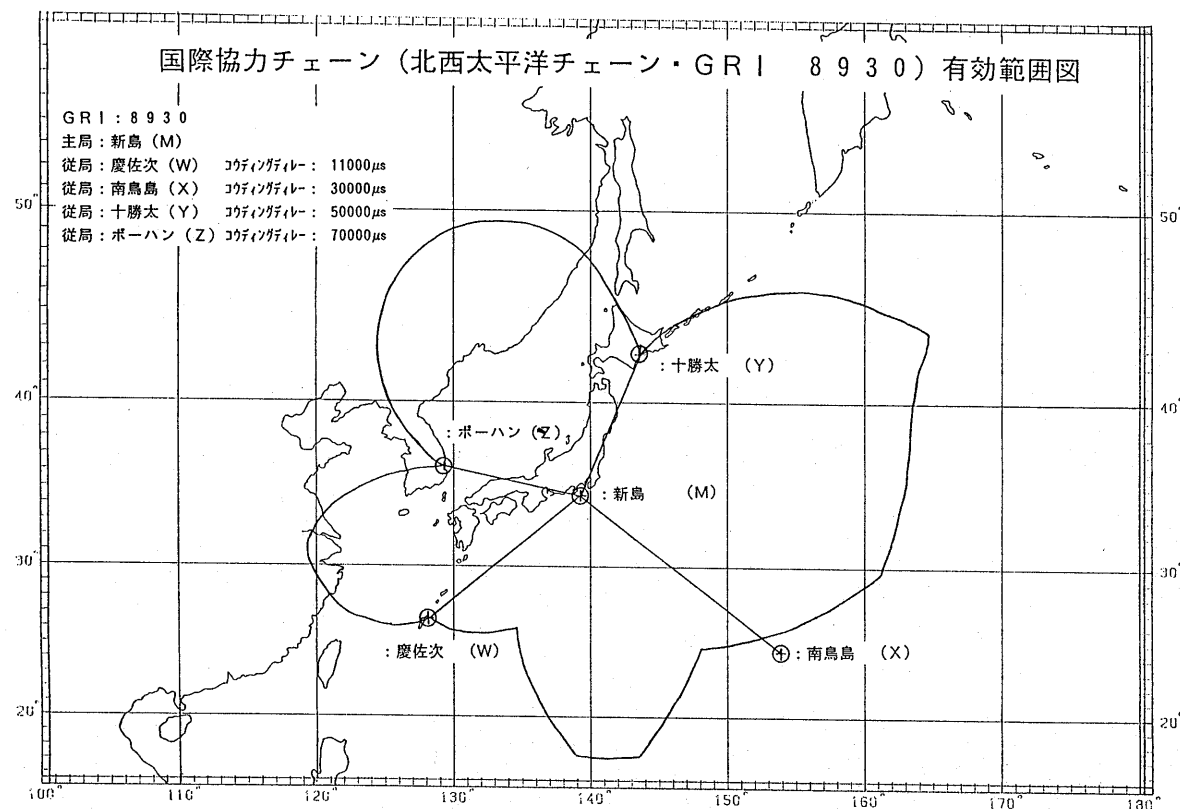


図1

3. チェーン・キャリブレーションの概要

ロランCチェーンの同期とは、各送信局の電波発射遅延 ED (Emission Delay) をあらかじめ公表されている規格値に合致させることである。

ロランCチェーンの同期の維持は、特殊な例を除いて SAM (System Area Monitor) 方式と呼ばれる方法により行われている。これはチェーンの有効範囲内に、いくつかのモニター局を置いてロランC電波を受信し、このデータをコントロールステーションへリアルタイムで伝送して解析し、モニター局で測定した TD (Time Difference) 値が CSTD (Controlling Standard Time Difference) と呼ばれるあらかじめ決められた値になるように、送信局の電波発射タイミングを調整するものである。

CSTD を適切に設定すれば ED は規格値に合致させることができるが、CSTD を決定するには、ED と各モニター局における TD の関係を実測により求める必要がある。これを行うのがチェーン・キャリブレーション (Chain Calibration) である。8930 チェーンにおいては、チェーン構成が 9970 チェーンから変わり、さらにモニター局の配置も変わるためチェーン・キャリブ

レーションを行う必要が生じた。

8930 チェーンにおけるチェーン・キャリブレーションの第一段階は、平成6年4月から8月にかけて実施された。また、ポーハンZ局を従局に組み入れる第二段階は、平成7年4月から6月にかけて実施された。このために、新ロランCチェーン各送信局に GPS 受信機等から成る電波発射時刻 TOT (Time Of Transmission) 測定システムを設置し、また、航路標識測定船つしま (海上保安庁灯台部所属) に、送信局の TOT 測定システムと対になって測定を行う、GPS 受信機及びロランC受信機等から成る電波到達時刻 TOA (Time Of Arrival) 測定システムを装備して、全送信局の調査を行った。チェーン・キャリブレーションにおいて求められた新島主局の TOT-TOA データは、同局を UTC (CRL) へ同期するためにも必須のものであった。

北西太平洋ロランCチェーン (GRI 9970) は、平成6年10月1日 0000UTC をもって廃止され、同日同時刻から北西太平洋ロランCチェーン (GRI 8930) へ切換えられた。また、ポーハン従局は平成7年6月1日 0000UTC Z局として組み入れられた。

新島主局の UTC (CRL) への同期は、現在、CRL

の協力のもとに、GPS コモンビュー法 (GPS Common View Method) により、誤差±100ns 以内に保つこととしている。

4. チェーン・キャリブレーションの経緯

8930 チェーンのチェーン・キャリブレーションの経過と関連事項を時系列順で表わすと次のようになる。

第一段階

〔平成6年4月下旬〕

- ・航路標識測定船「つしま」により、9970 レート電波による十勝太局のD測定実施

〔平成6年5月中旬〕

- ・各モニター局の調整と千葉コントロールステーション (千葉C/S) へのデータリンク及びモニター系ハードウェア完成

〔平成6年6月初旬〕

- ・航路標識測定船「つしま」により、9970 レート電波による慶佐次局のD測定実施

〔平成6年7月中旬～8月初旬〕

- ・航路標識測定船「つしま」により、9970 レート及び8930 レート電波により新島主局及び南鳥島局のD測定実施
- ・十勝太局、慶佐次局、南鳥島、新島主局においてT測定実施

〔平成6年8月中旬〕

- ・D測定及びT測定のデータを総合して CSTD 等の運用パラメーターを決定

〔平成6年8月下旬〕

- ・新島主局、南鳥島、十勝太局、慶佐次局 9970、8930 並行運用開始

〔平成6年8月下旬～10月初旬〕

- ・8930 チェーン精度確認

〔平成6年9月下旬～10月初旬〕

- ・新島主局の UTC (CRL) への同期確立

〔平成6年10月1日〕

- ・9970 チェーン廃止、8930 チェーン正式運用開始

第二段階

〔平成7年4月下旬〕

- ・ポーハン局及び新島主局においてT測定実施
- ・測定船により、ポーハン局のD測定実施

〔平成7年5月中旬〕

- ・D測定及びT測定のデータを総合して CSTD 等の運用パラメーターを決定

〔平成7年5月中旬〕

- ・ポーハン局試験運用開始

5. チェーン・キャリブレーションにおける測定項目

(1) D測定

各ロランC局のロランC送信パルスの基準ゼロクロス点 SZC (Standard Zero Crossing) の発射時刻を確定するために次の測定を行う (D測定: 図2, 3 参照)。

- ① 各ロランC局において、SZC 同期信号の立ち上がり時刻 (TOT') を測定する。
- ② 各ロランC局近傍の海域においては、航路標識測定船により、局からの距離とロランC送信パルスの SZC の到達時刻 (TOA) を測定する。
- ③ 各観測点についての、TOA とそれに対応した TOT' の差と、局からの距離の関係に単回帰を適用し、ロランC送信パルスの SZC の発射時刻 (TOT) と TOT' との差、局内遅延 LD (Local Delay) を算出する。
- ④ LD を確定した以降は、TOT' から LD を差し引いた時刻をもって TOT とする。

(2) T測定

各ロランC局の ED と各モニター局における各主従局間の基線 TD との関係測定し、CSTD を決定するために次の測定を行う (T測定: 図4 参照)。

- ① 各ロランC局において、GPS を媒介として相互に同期化したセシウム原子時計の時刻を基準として、各ロランC局の TOT の測定から ED を算出する。
- ② 各モニター局において、受信した各基線の TD を測定する。
- ③ ED と TD の関係から、CSTD を算定する。

6. LD 回帰計算の原理

(1) 表記法定義

論議を簡単にするために、まず表記方法を次のように定めることとする (図5 参照)。

TOT(X)…X局の SZC 発射時刻、TOT'(X) 測定値及び LD(X) 測定値から逆に定義される。

TOT'(X)…X局タイマー装置の SZC 同期信号 (SZCTE) の立ち上がり時刻、ロランタイマー出力コネクタにおいて定義。

LD(X)…送信局 X の LD、回帰データから定義される。

IE(X)…送信局 X 測定系の TOT'(X) 測定における測定器に起因する全偏差。

MTOT'(X)…送信局 X の TOT'(X) 測定値、偏差を含む。

LD'(X)…送信局 X の LD', 回帰データから定義される。

TOA(X,T)…測定船での X 局の SZC の受信時刻の真値。

MTOA(T)…測定船での送信局 X の SZC の受信時刻の測定値、誤差を含む。

ロランC電波発射タイミングの測定において基準となるのはSZC(Standard Zero Crossing)である。送信局においては SZC 同期パルス信号という、送信アンテナからのリターン信号のSZC に同期して生成されるパルス信号が存在する。しかし、このパルス信号は実際の SZC 発射より少し遅れて立ち上がる。この遅延はLD(Local Delay)と呼ばれておりリターンケーブルや機器の内部遅延により発生する。

ロランC電波発射のタイミングチャート

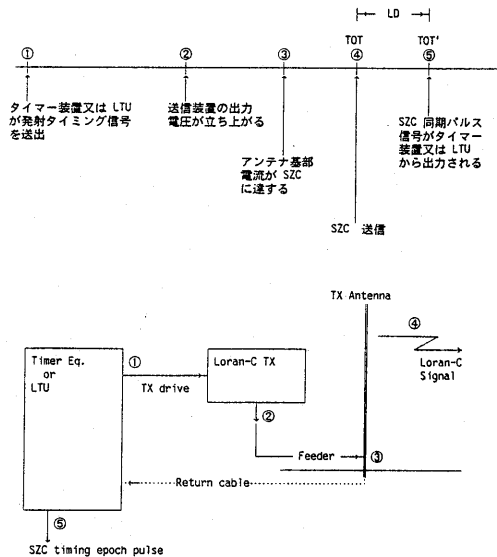


図2 ロランC電波発射タイミングとLD (Local Delay) の概念

送信局近傍におけるロランC電波の SZC の電波到達時刻 (TOA)は航路標識測定船「つしま」により、小野方式を用いて精密に測定される。送信局においては、同時にSZC 同期パルス信号の立ち上がり時刻 (TOT') を測定している。送信局と測定船の原子時計は DGPS 法により同期化されている。また、送信局と測定船の間の位置関係も DGPS 法で得られる。

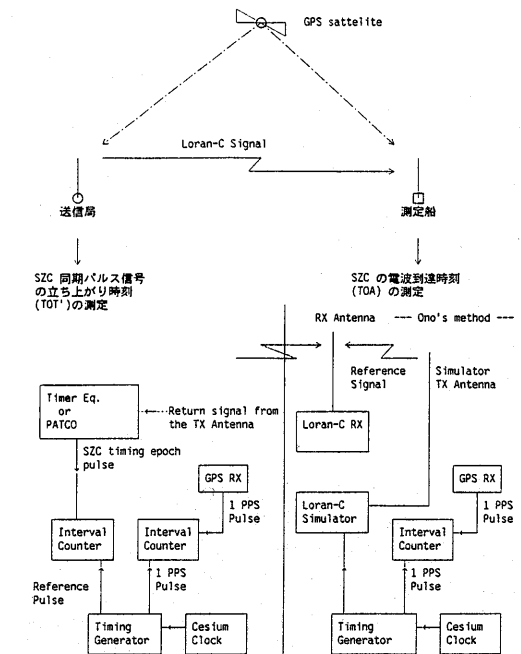


図3 LD (Local Delay) 測定法の概念

'd' を送信局と測定船の間の距離とし、 $TOA - TOT'$ と d の関係をプロットすると、送信局からある程度離れた所では、データポイントは、ほぼ直線上に乗る (直線遅延領域)。この直線遅延領域で回帰直線を引く。この回帰直線が距離 0 の軸を切る点において SZC が発射されたときと見なすがもっとも適切である。なお、下図においては回帰直線の傾きは、電波伝搬速度の逆数を表している。

最終成果 (概念図)

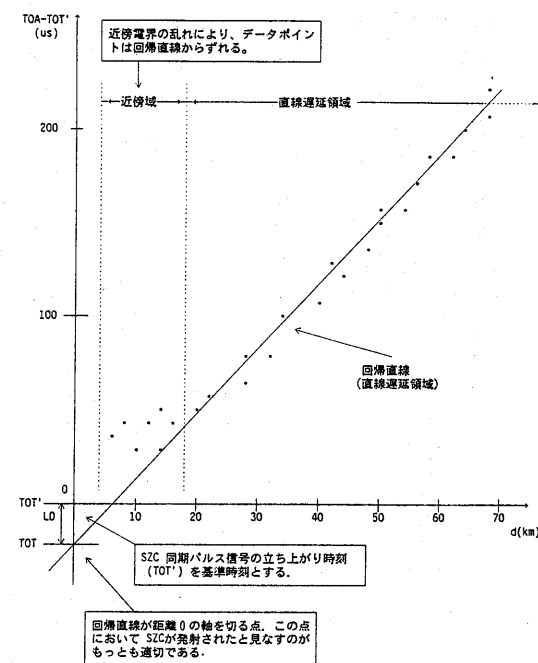


図5 LD 測定データ解析法概念

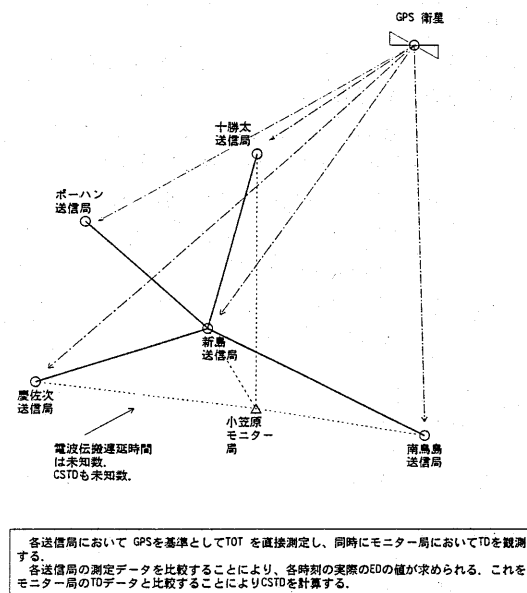


図4 T測定概念図

1) (T)…測定船測定系の $TOA(X, T)$ 測定における測定器に起因する全偏差。

$$\begin{aligned} LD(X) &\equiv TOT'(X) - TOT(X) \\ IE(X) &\equiv TOT'(X) - MTOT'(X) \\ IE(T) &\equiv TOA(X, T) - MTOA(X, T) \\ LD'(X) &\equiv MTOT'(X) - TOT(X) \\ &= LD(X) - IE(X) \end{aligned}$$

(2) 回帰法による LD の計算方法

$d(X, T)$ …送信局 X LC 送信アンテナと測定船 LC 受信アンテナ間の距離。

$a(X)$ … $(d(X, T), MTOA(X, T) - MTOT'(X))$ データ群の回帰直線の 1 次係数。

$b(X)$ …同切片。

$$\begin{aligned} MTOA(X, T) - MTOT'(X) &= (TOA(X, T) - IE(T)) \\ &\quad - (TOT(X) + LD(X) - IE(X)) \\ &= (TOA(X, T) - TOT(X)) \\ &\quad + (IE(X) - IE(T) - LD(X)) \\ &= a(X) \cdot d(X, T) + b(X) \\ d(X, T) = 0 &\rightarrow TOA(X, T) - TOT(X) = 0 \\ &\rightarrow (IE(X) - IE(T) - LD(X)) = b(X) \end{aligned}$$

$$LD(X) = -b(X) + IE(X) - IE(T)$$

(3) まとめ

$$\begin{aligned} TOT(X) &= TOT'(X) - LD(X) \\ &= MTOT'(X) - LD'(X) \\ LD'(X) &= -b(X) - IE(T) \\ LD(X) &= -b(X) + IE(X) - IE(T) \end{aligned}$$

7. T 測定と CSTD 決定の原理

(1) 表記法定義

論議を簡単にするために、まず TD, TOT 等についての表記方法を次のように定めることとする。

$TD_{o, nm}$ 小笠原モニター局で観測された新島局と南鳥島局の TD

サフィックスの o, nm 等は送信局, モニター局を表すものとし、各局の頭文字(小文字)を用いることとする。これは TD 以外の記号についても同様とする。

例 o 小笠原モニター局
n 新島送信局
m 南鳥島送信局

t 十勝太送信局

TD はある測定点における、主局と従局の電波の到達時間差のことであるが、ここでは便宜的に、従局と従局の電波の到達時間差も TD で表示することとし、

$TD_{o, mt}$ 小笠原モニター局において南鳥島局の電波が到達してから十勝太局の電波が到達するまでの時間差

のように用いることとする。

TOT_m 南鳥島局からある信号の SZC が発射された時刻

PT_{no} 新島送信局から小笠原モニター局までの電波伝搬時間

$CSTD_{o, nm}$ 小笠原モニター局における新島局に対する南鳥島局の CSTD

ED_{nm} 新島局に対する南鳥島局のエミッションディレイ公称値

GRI を明示する必要がある場合には、 $TD_{o, nm}/8930$, $CSTD_{o, nm}/8930$, $ED_{nm}/8930$ のように表示することとする。

(2) 新島局に対する南鳥島局の CSTD の計算

T 測定は、モニター局において TD を測定すると同時に、各送信局では GPS により同期化されたセシウム原子時計で、電波発射時刻 TOT を測定する。これらのデータから 8930 チェーンにおける CSTD を決定することが課題である。新島局、南鳥島局は 8930 の電波を発射するので、新島局-南鳥島局間の CSTD を計算する方法をまず説明する。

8930 チェーンのある発射周期において、新島局、南鳥島局からそれぞれ時刻 TOT_n , TOT_m に発射された SZC を小笠原モニター局において受信し、この 2 つの信号の到達時間差である $TD_{o, nm}$ を得たとする。これらの値と新島局、南鳥島局から小笠原モニター局までの電波伝搬時間 PT_{no} , PT_{mo} の間には次の関係が成り立つ。

$$\begin{aligned} TD_{o, nm} &= TOT_m + PT_{mo} - (TOT_n + PT_{no}) \\ &= TOT_m - TOT_n + (PT_{mo} - PT_{no}) \end{aligned}$$

ここで、 $PT_{mo} - PT_{no}$ は、新島局から小笠原モニター局までの電波伝搬時間と、南鳥島局から小笠原モニター局までの電波伝搬時間との差であるが、これを、 $\Delta PT_{o, nm}$ と表記することとする、

$$TD_{o, nm} = TOT_m - TOT_n + \Delta PT_{o, nm}$$

となる。T測定においては、TOT_m、TOT_n及びTD_{o,nm}を測定しているので、

$$\Delta PT_{o,nm} = TOT_m - TOT_n - TD_{o,nm}$$

により電波伝搬時間差 $\Delta PT_{o,nm}$ を測定することができる。

$\Delta PT_{o,nm}$ が一定であると仮定すれば、TOT_m－TOT_nをED_{nm}に一致させる（これが即ち新島局と南鳥島局の同期を取ることである）ためには、

$$CSTD_{o,nm} = ED_{nm} + \Delta PT_{o,nm}$$

であれば良いことがわかる。実際には $\Delta PT_{o,nm}$ は、ほぼ一定であるが、電波伝搬状況（海水温、気象、電離層の状況等）により昼夜、季節変動がある。このため多数の $\Delta PT_{o,nm}$ を測定し、その平均値〔 $\Delta PT_{o,nm}$ 〕を求めて、CSTD_{o,nm}を、

$$CSTD_{o,nm} = ED_{nm} + [\Delta PT_{o,nm}]$$

により算出することとする。

(3) 新島局に対する十勝太局、慶佐次局のCSTDの計算

本システム設定においては、運用パラメーターCSTDの決定においては、十勝太局と慶佐次局は、8930の電波を発射しないこととなっているが、これで十勝太局と慶佐次局の8930についてのCSTDが、どのように決定できるのかを説明する。この方法のポイントは、小笠原モニター局で新島局－南鳥島局TDと南鳥島局－十勝太局のTDを同時に測定し、南鳥島局－小笠原モニター局間の電波伝搬時間差を媒介変数として消去することにより、新島局－十勝太局間の電波伝搬時間差を求める点にある。これを、次の例で説明する。

モニター局 小笠原モニター局
データ 9970 についての南鳥島局と十勝太局のTD (= TD_{o,mt})
8930 についての新島局と南鳥島局のTD (= TD_{o,mn})
(モニター局では、TOAではなくTDのみを測定していることに注意。)
求める値 8930 についての新島局と十勝太局とのCSTD (= CSTD_{o,nt})

小笠原モニター局で観測される、南鳥島局と十勝太局の9970についてのTDであるTD_{o,mt/9970}は、

$$\begin{aligned} TD_{o,mt/9970} &= TOT_{t/9970} + PT_{to} \\ &\quad - (TOT_{m/9970} + PT_{mo}) \\ &= TOT_{t/9970} - TOT_{m/9970} \\ &\quad + (PT_{to} - PT_{mo}) \end{aligned}$$

となる。従って、小笠原モニター局における南鳥島局と十勝太局の伝搬時間差 $\Delta PT_{o,mt}$ は、

$$\begin{aligned} \Delta PT_{o,mt} &= PT_{to} - PT_{mo} \\ &= TD_{o,mt/9970} \\ &\quad - (TOT_{t/9970} - TOT_{m/9970}) \end{aligned}$$

となるが、南鳥島局と十勝太局の電波発射時間差TOT_{t/9970}－TOT_{m/9970}は両局のデータから既知であるので、 $\Delta PT_{o,mt}$ の値を求められる(伝搬時間PT_{mo}、PT_{mo}や伝搬時間差 $\Delta PT_{o,mt}$ 等は、当然GRIにはよらない値であることに注意)。

新島と十勝太の伝搬時間差 $\Delta PT_{o,nt}$ は、

$$\begin{aligned} \Delta PT_{o,nt} &= PT_{to} - PT_{no} \\ &= PT_{to} - PT_{mo} + (PT_{mo} - PT_{no}) \\ &= \Delta PT_{o,mt} + \Delta PT_{o,nm} \end{aligned}$$

となるが、新島と南鳥島の伝搬時間差 $\Delta PT_{o,nm}$ は、新島と南鳥島両局のデータと小笠原モニター局での8930についての観測データから、南鳥島局と十勝太局の場合と同様に、

$$\begin{aligned} \Delta PT_{o,nm} &= PT_{mo} - PT_{no} \\ &= TD_{o,nm/8930} \\ &\quad - (TOT_{m/8930} - TOT_{n/8930}) \end{aligned}$$

により算出できる。 $\Delta PT_{o,nt}$ が判明したので、新島に対する十勝太のCSTDは、新島局に対する南鳥島局のCSTDの計算と同様に、

$$CSTD_{o,nt/8930} = ED_{nt/8930} + [\Delta PT_{o,nt}]$$

と計算できる。

(4) 新島局に対するポーハン局のCSTDの計算

8930チェーンのある発射周期において、新島局、ポーハン局からそれぞれ時刻TOT(n)、TOT(p)に発射されたSZCを触倉島モニター局において受信し、この2つの信号の到達時間差であるTD(h;n,p)を得たとする。これらの値と、新島局、ポーハン局から触倉島モニター局までの電波伝搬時間PT(n,h)、PT(p,h)の間には次の関係が成り立つ。

$$\begin{aligned} TD(h;n,p) &= TOT(p) + PT(p,h) \\ &\quad - (TOT(n) + PT(n,h)) \\ &= TOT(p) - TOT(n) \\ &\quad + (PT(p,o) - PT(n,h)) \end{aligned}$$

ここで、PT(p,h)－PT(n,h)は、新島局から触倉島モニター局までの電波伝搬時間と、ポーハン局から触倉島モニター局までの電波伝搬時間との差であるが、これを、 $\Delta PT(h;n,p)$ と表記することとすると、

$$TD(h;n,p) = TOT(p) - TOT(n) + \Delta PT(h;n,p)$$

となる。T測定においては、TOT(p)、TOT(n)及びTD(h;n,p)を測定しているので、

$$\Delta PT(h;n,p) = TOT(p) - TOT(n) - TD(h;n,p)$$

により電波伝搬時間差 $\Delta PT(h;n,p)$ を測定することができる。

$\Delta PT(h;n,p)$ が一定であると仮定すれば、TOT(p)－TOT(n)をED(n,p)に一致させる（これが即ち新島局とポーハン局の同期を取ることである）ためには、

$$CSTD(h;n,p) = ED(n,p) + \Delta PT(h;n,p)$$

であれば良いことがわかる。実際には $\Delta PT(h;n,p)$ は、ほぼ一定であるが、電波伝搬状況（海水温、気象、電離層の状況等）により昼夜、季節変動がある。このため多数の $\Delta PT(h;n,p)$ を測定し、その平均値〔 $\Delta PT(h;n,p)$ 〕を求めて、CSTD(h;n,p)を、

$$CSTD(h;n,p) = ED(n,p) + [\Delta PT(h;n,p)]$$

により算出することとする。

「参考資料」別添 ロランC発射タイミングとTOC

8. おわりに

上記までの北西太平洋ロランCチェーンのチェーン・キャリブレーションの結果から、北西太平洋ロランCチェーンの運用パラメーターを表1のとおり設定した。この得られた結果により、現在、ロランCは良好な状態で運用されている。

北西太平洋ロランCチェーンのチェーン・キャリブレーションの実施にあたり、郵政省通信総合研究所はじめ各関係機関からのご支援を賜り、あらためて感謝申し上げます。

表1 モニター局における管制標準時間差(CSTD)、管制標準包絡線対位相差(CSECD)及び標準受信電界強度

		小笠原	勝 浦	触倉島
管制標準 時間差 (CSTD)	慶 佐 次	17384.80 μ s	20160.64 μ s	19110.19 μ s
	南 鳥 島	37263.57 μ s	41588.22 μ s	41968.30 μ s
	十 勝 太	56299.88 μ s	55914.72 μ s	54536.74 μ s
	ポーハン	73956.76 μ s	76007.65 μ s	△75501.25 μ s
管制標準 包絡線対 位相差 (CSECD)	新 島	+1.6 μ s	+1.3 μ s	－1.6 μ s
	慶 佐 次	+2.1 μ s	+1.5 μ s	△+2.0 μ s
	南 鳥 島	+1.7 μ s	+0.6 μ s	――
	十 勝 太	+2.0 μ s	+0.4 μ s	+0.6 μ s
標準受信 電界強度	ポーハン	－1.5 μ s	――	――
	新 島	75dB μ	100dB μ	74dB μ
	慶 佐 次	63dB μ	57dB μ	53dB μ
	南 鳥 島	67dB μ	52dB μ	△40dB μ
	十 勝 太	55dB μ	71dB μ	71dB μ
	ポーハン	68dB μ	53dB μ	△47dB μ

△：参考値

ロランC発射タイミングと TOC

1. 概論

各ロランCチェーンの主局の電波発射タイミングの理論値は、国際原子時 (TAI) を用いて、予め厳密に定義されている。これは GRI がどの値であろうとも、次の条件により定義される。

〔定義 (NMPAE)〕

主局の位相コードグループAの第1パルスの始点が発射されるべき時刻を NMPAE (Norminal Master station Phase code A Epoch) と呼ぶこととする。ただし、パルスの始点とは SZC 発射時刻の $30\mu\text{s}$ 前の時刻とする。図1参照。

〔公理 (NMPAE条件)〕

t を TAI 表示による時刻とし、 $t_0 = 1958$ 年 1 月 1 日 00 時 00 分 10 秒 TAI とする。

n を整数とすると、 $t = n \cdot 2 \cdot \text{GRI} + t_0$ は NMPAE である。逆に、 t が与えられた場合、 $(t - t_0) / (2 \cdot \text{GRI})$ が整数となれば t は NMPAE である。
(注) 時刻の計算法に注意されたい。 t は、例えば 1994 年 10 月 1 日 00 時 09 分 50.1796 秒 TAI というようにに表示される。このとき、

$$(t - t_0) = 1994\text{年}10\text{月}1\text{日}00\text{時}09\text{分}50.1796\text{秒} \\ - 1958\text{年}1\text{月}1\text{日}00\text{時}00\text{分}10\text{秒} \\ = 159661409.1796\text{秒}$$

というように計算される。

TOC (Time of Coincidence, 一致時刻) は次の様に定義される。

〔定義 (TOC)〕

時刻 t が NMPAE であり、かつ整数秒であるとき時刻 t は TOC であると言う。

例えば、1994 年 10 月 1 日 00 時 09 分 50 秒 UTC において t の値は 159661409.0 秒となるが、これは $89300.0\mu\text{s}$ で割り切れ、しかも整数秒であるので、新島主局の TOC である (実際にこの時刻は 8930 チェーン正式運用開始後の最初の TOC である。)

ロランC主局の電波発射タイミングを、上の条件による理論値に合わせるのが外部同期であるが、実際の電波発射タイミングが理論値に厳密に合致していることはあり得ない。実際値と理論値がどの程度離れているかを表現する方法を以下に示す。

〔定義 (DTOC)〕

主局の位相コードグループAの第1パルスの始点が時刻 t' に発射されたものとする。時刻 t' に最も近い NMPAE を t とするとき、 $t' - t$ を DTOC (Delta TOC) と呼ぶ。

ロランC主局の外部同期の実際の作業は、この DTOC を測定し、DTOC が小さくなる方向に主局 LPA の挿入またはフェイズマイクロステッパーを調整することにより行われる。この作業は DTOC を測定値をグラフにプロットし、現在の DTOC 値及び主局原子時計のトレンドを総合的に判断して行われるべきものであり、数ヵ月から1年に渡る長いタイムスパンでの作業となる。

郵政省通信総合研究所 (CRL) のデータ公表システム Horonet/BBS や米国海軍天文台 (USNO) が発刊

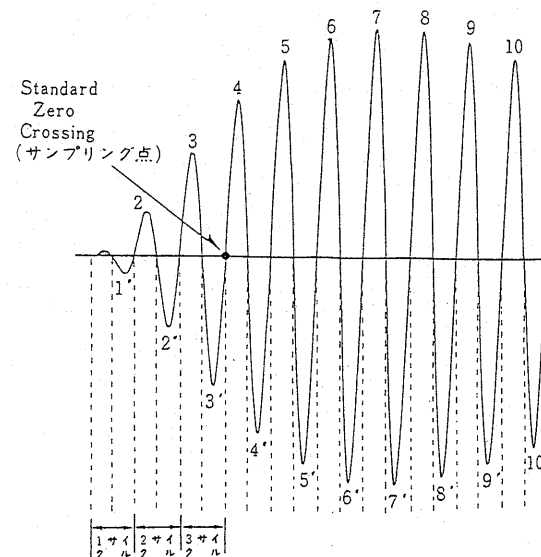


図1 サンプルング点

している DAYLY TIME DIFFERENCES, SERIES 4 にはロランC主局の外部同期の状態が次の様な形式で掲載されている。

TIMES OF EMISSION OF LORAN-C (NIIJIMA)

DATE	MJD	UTC(CRL)-Loran-C (NII-JIWA) in microseconds
1995 DEC		
01	50052	-0.00
02	50053	-0.01
03	50054	-0.02
04	50055	-0.03
05	50056	-0.03
:	:	:

ここで Loran-C (NII-JIMA) とは、ロランC主局には仮想的なマスタークロックがあって、主局の電波発射タイミングは、このマスタークロックに完全に同期しているものと見なしたとき、このマスタークロックが表示する時刻と定義する。

UTC (CRL) - Loran-C (NII-JIMA) とは、UTC (CRL) を刻む CRL のマスタークロックとロランC主局の仮想的マスタークロックの指示値をある瞬間に同時に比較したときの差であると定義できる。

2. 同期状態の公表

東京都小金井市にある郵政省通信総合研究 (CRL) が保持している UTC (CRL) への新島主局の同期 (8930 チェーンの UTC への同期) は、新島主局及び CRL に設置されている GPS 受信機を用いて共通視野衛星法により行われている。図2参照。

同期精度は $\pm 2.5\mu\text{s}$ 以内に保つことに規定されているが、現在のところ、同期精度は $\pm 1.0\mu\text{s}$ に保持されている。同期誤差は、CRL から提供される GPS 時刻差データ (UTC (CRL) - GPST (PRN **)) から千葉ロランセンターにおいて計算され、CRL 及び米国海軍天文台 (USNO) へ通報されており、CRL の Horonet/BBS 及び USNO の DAYLY TIME DIFFERENCES, SERIES 4 に掲載されている。

郵政省通信総合研究所 (CRL) では、UTC (CRL) と各 GPS 衛星から得られる衛星時刻の差をモニターしている。
同時に新島主局においては、同じ GPS 衛星の衛星時刻とロランC発射タイミングの差を観測している。
この2つの観測データを比較することにより、新島主局の原子時計を UTC (CRL) に同期することができる。そして LD (Local Delay) を補正することにより、原子時計のタイミングに基づいているロランC発射タイミングを UTC (CRL) に同期することができる。
新島主局と CRL に設置されている GPS 受信機は校正されており、時刻計測における機差は除去されている。また、機器やケーブルにより発生する遅延も除去されている。
UTC (CRL) - LORAN-C (NIIJIMA) の計算値は CRL と米国海軍天文台 (USNO) に送付されている。

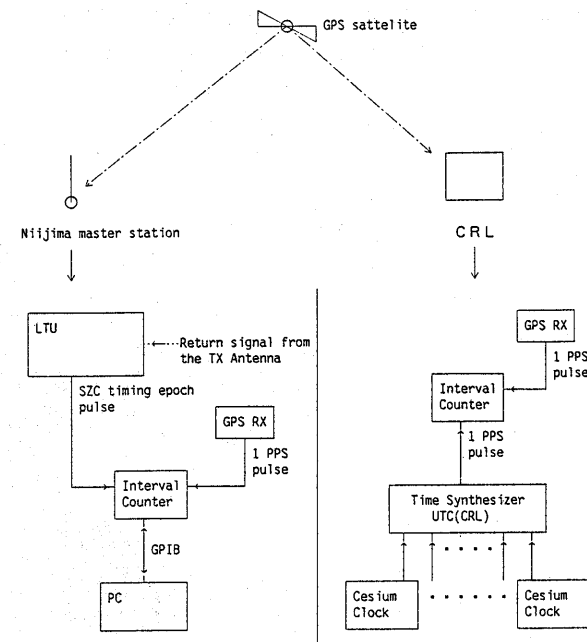


図2 GPS コモンビュー法による新島主局の UTC 同期法の概念図

リアルタイムキネマティック GPS 測位

古野電気株式会社 技術研究所
林 忠 夫

Realtime Kinematic GPS Survey

FURUNO Electronic Co., Ltd.
Technology Development & Researching Laboratory
Tadao HAYASHI

1. はじめに

図1のヨットとYonkenの文字はリアルタイムキネマティックGPS測量（以後キネマティックGPSという）のアンテナで地面のパターンをなぞって描いたものである。2万キロメートル上空を周回するGPS衛星を使ってセンチメートル精度の測位がリアルタイムでできるのは驚きである。1993年3月8日は実験の日付で、Yonkenは運輸省第四港湾建設局の略称の四建である。

関門海峡の浚渫、測量を担当する四建は、海上での精度のよい位置決めが工事の効率化に直接繋がるので、現用の電波式測距装置に替わるものとしてGPSを使ったシステムの開発を推進し、筆者らはその開発に協力した。開発成果の確認のために公開実験（図2～4参照）を実施した¹⁾²⁾。そのときのアトラクションの一つがGPS文字である。

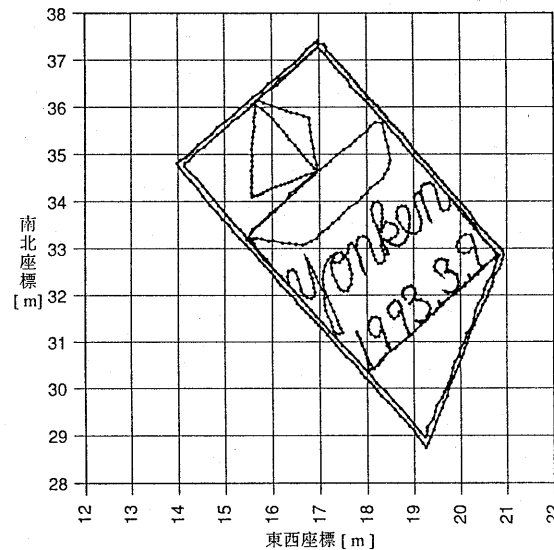


図1 リアルタイムKGPSで描いたマーク

現在関門海峡にはキネマティック実験局が設置され24時間連続で電波を発射し電波測距装置からキネマティックに移行する上で必要な各種評価を行っている。

キネマティックは研究開発段階を終了し、海上土木を始め陸上の分野でも実用化が進んでいる。

本稿ではキネマティックの原理、精度、精度改善の方法などについて解説し、この新しい測位システムの理解の一助としたい。

2. GPSシステムの誤差とその低減

GPSの基本的な利用方法は単独測位である。この方式はGPS受信機さえあれば文字通り他の援助なしに地球上の何処でも、何時でも、天候に関わらず三次元の位置を測定できるので船舶航法、カーナビゲーションなどに広く利用されている。これは、従来の航法システムでは成し得なかったもので、まさしくGPS（汎地球測位システム）の名前にふさわしいものである。

しかし、単独測位の100m（2DRMS、95%誤差円の半径）という測位精度は大洋を航行する船舶には十分に

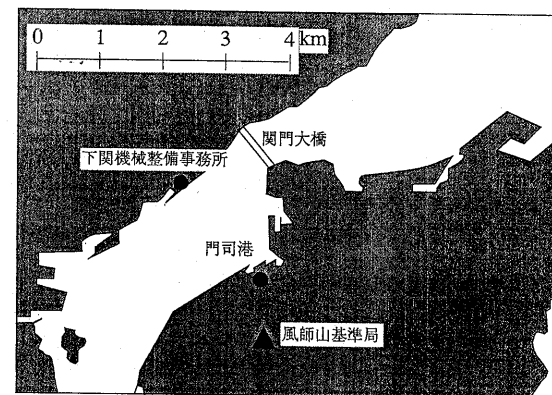
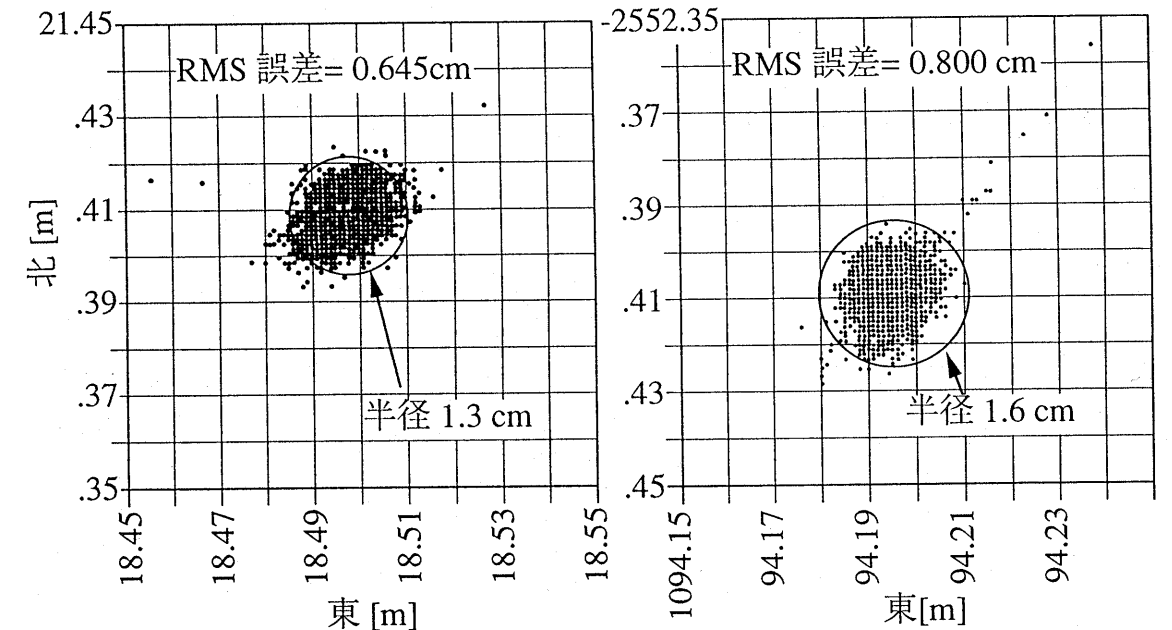


図2 実験場所付近の平面図



(a) 基線長=30 m

(b) 基線長=3 km

図3 固定点の測量精度—水平座標値の再現性

あるが、狭水路を視界が悪い気象条件のもとで航行する船舶の航法援助用としては不十分である。このような用途には数メートルの精度が要求される。更に海洋土木、水路測量などの用途には数十センチ、場合によっては数センチの精度が要求される業務もある。

これらの用途に答えるために、ディファレンシャル法による精度改善技術が開発されてきた。キネマティック測位に至る過程としてGPSシステムの誤差源とそれを改善する手法について基本的なことを確認しておく。

2.1 単独測位の誤差

GPS単独測位の誤差は次の3つに分類できる。

第1に軌道情報の誤差、衛星に搭載されている原子時計の誤差などから成る地上の管制システムと上空のGPS衛星に起因するシステム誤差である。

第2に衛星から発射された電波が電離層と対流層を通過する際に生ずる伝搬遅延誤差である。

第3に受信機の周囲の障害物などからの反射波と直接波との干渉によるマルチパス誤差と受信機雑音からなる受信機誤差である（図5）。

誤差の要因別積算表（エラーバジェット）を表1に示す。「SAによる軌道情報の誤差」が30mもあり誤差の大部分を占め単独測位の精度はこれで制限されている。SAとはSelective Availability（選択有用性）と呼ばれるもので、言葉それ自体からは意味を理解することができない政治的な用語である。実際の意味は故意の精度

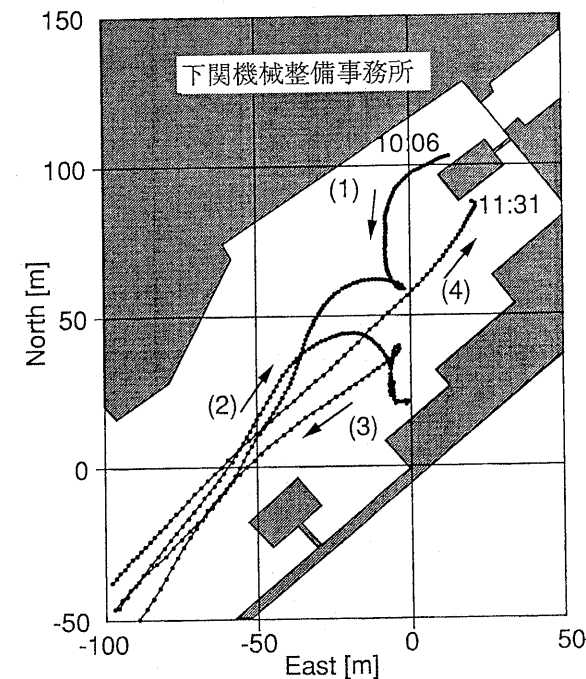


図4 キネマティックGPS海上実験の航跡

劣化 (intentional degradation) である。SA は精度のよい測位サービスを全世界に無制限に提供すると米国の安全保障上問題があるという軍事的な理由で実施さ

れている。標準測位と呼ばれる民間が利用できる SA 実施時の GPS の精度は 100m が保証されている。SA が無いときの實力は 30m 以下なのでもったいない話である。

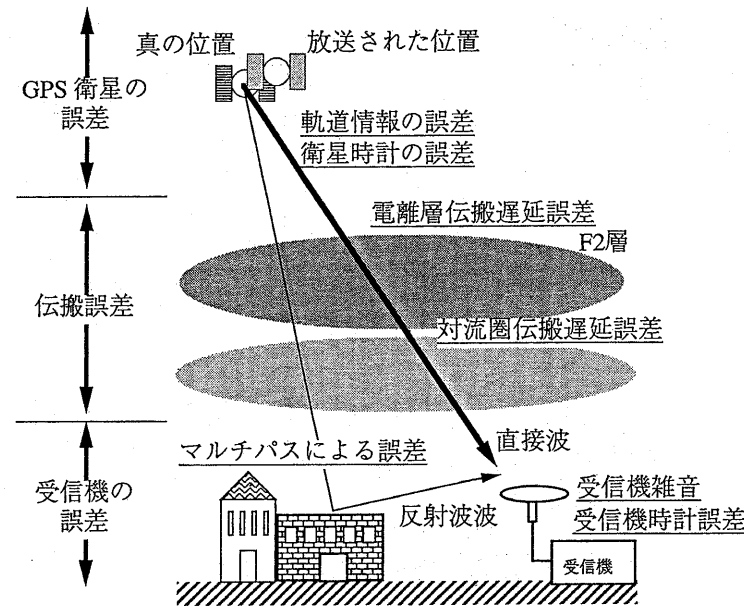


図5 GPS単独測位の誤差要因

誤差源	UERE m rms	備考
GPS衛星の誤差	軌道情報の誤差	2.7 m モニタ局の観測データを使って計算した軌道情報の精度 (GPS System Specification, SS-GPS-300C, USAFで規定されている)
	SAによる軌道情報の誤差	30.0 m 位置の精度を劣化するために軌道情報を操作している
	衛星時計の誤差	3.0 m モニタ局の観測データから計算した軌道情報の精度 (GPS System Specification, SS-GPS-300C, USAFで規定されている)
	SAによる衛星時計の誤差	0.0 m 速度の精度を劣化するために衛星の時計 (周波数) を数分周期で変動させる操作
伝搬誤差	電離層伝搬遅延	8.2 m モデルによる補正後の値。太陽活動周期、季節変化、日周変化するのでこれは代表的値である。
	対流圏伝搬遅延	1.8 m モデルを使用した補正後の値
受信機の誤差	マルチパス	3.0 m アンテナの設置場所、受信機の信号処理方式により異なる。これは中程度の値。
	受信機時計誤差	0.0 m 測位演算により完全にキャンセル出来る
	受信機雑音	1.0 m スムージング処理の方法により異なる。少し小さめに見積もった値
User Equivalent Range Error (利用者等価距離誤差)		31.5 m (9.7 m) 各誤差の二乗和の平方根 (RSS) () 内は SA なしの値
水平位置の誤差 (2 DRMS = 95% 誤差)		94.6 m (29.7 m) 位置の誤差 = $2 \times \text{UERE} \times \text{HDOP}$ HDOP = 1.5 () 内は SA なしの値

表1 GPS単独測位のエラーバジェット例

2.2 ディファレンシャル方式による精度の改善

どんなに性能のよい受信機でも上述のように単独測位の精度は 100m である。電離層伝搬遅延など自然現象による誤差と、SA の人為的誤差を除去する方式としてディファレンシャル GPS (DGPS) がある。

DGPS では基準局とそのデータを移動局に伝送する無線回線が必要なので利用範囲は基準局から数 100km の範囲に限定されるが数メートルから十数メートルの精度が実現できる。

DGPS の基準局の設置場所 (GPS アンテナの位置) は予め精密に測量してあり既知の値である。GPS 衛星の軌道上の位置は衛星が放送する軌道情報から知ることができるのでこれも既知の値である。衛星と基準局アンテナの間の距離は基準局位置と移動局位置の差から計算で求めることができる。

一方、GPS 実測値に含まれる SA 等の誤差は、実測値の距離と上述の計算で求めた距離の差である。

図6から判るように基準局と、その近く (例えば半径 200km 以内) の移動局に到達する GPS 信号はほぼ同じ伝搬経路を通過して来るので、電離層や対流圏で発生する伝搬誤差は両者にほぼ共通と見做すことができる。SA による軌道情報の誤差も基準局の近くでは共通誤差と見做すことができる。

そこで、基準局は衛星毎の補正値を放送し、移動局はその補正値を受信して生データを補正することにより共通誤差を少なくすることができる。結果として数メートルの精度が実現できる (図7)。

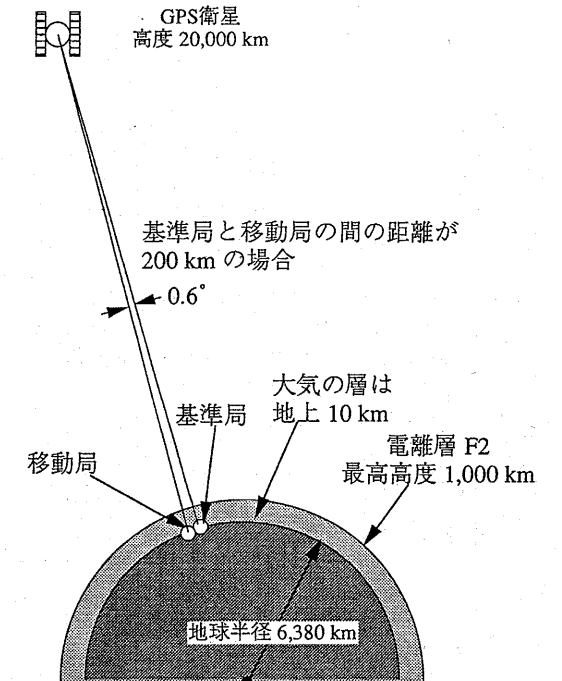


図6 GPS信号はほぼ同じ伝搬路を通過して基準局と移動局に到達する

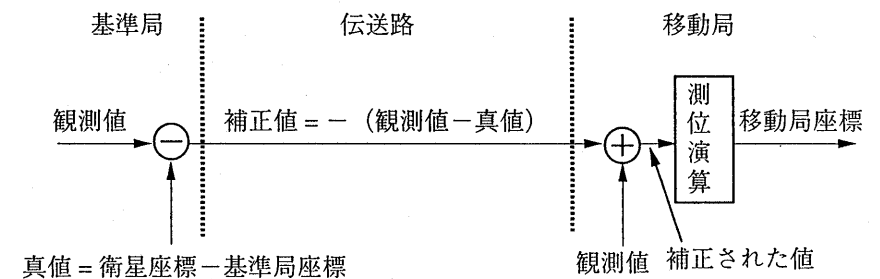


図7 DGPS補正値の流れ図

表 2 に DGPS のエラーバジェットの例を示す。10秒とし、距離は 0 m から DGPS による改善効果が無くなる距離と言われる 1000km までを示した。DGPS の精度は基準局から離れるほど、また補正值が古くなるほど精度は劣化する。補正值の遅延時間を

誤 差 源		距離比 例誤差 PPM	基 準 局 か ら の 距 離						備 考
			0 km	10 km	100 km	200 km	500 km	1,000 km	
GPS 衛星の誤差	軌道情報の誤差	0.14	0.00 m	0.00 m	0.01 m	0.03 m	0.07 m	0.14 m	軌道情報の誤差を 2.7 m とした
	SA による軌道情報の誤差	5.00	0.00 m	0.05 m	0.50 m	1.00 m	2.50 m	5.00 m	軌道情報の誤差を 100 m とした
	衛星時計の誤差	0.00	0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	完全に除去出来るものとした
	SA による衛星時計の誤差	0.16 m	0.16 m	0.16 m	0.16 m	0.16 m	0.16 m	0.16 m	補正值の遅れを 10 秒とした (距離に依存しない誤差)
伝搬誤差	電離層伝搬遅延	5.00	0.00 m	0.05 m	0.50 m	1.00 m	2.50 m	5.00 m	1 ～ 10 ppm の中央値 5 ppm とした
	対流圏伝搬遅延	1.0 m	0.00 m	1.00 m	1.00 m	1.00 m	1.00 m	1.00 m	比較的小さい値を採用した (距離に依存しない誤差)
受信機の誤差	マルチパス	1.0 m	1.00 m	1.00 m	1.00 m	1.00 m	1.00 m	1.00 m	比較的小さい値を採用した (距離に依存しない誤差)
	受信機時計誤差	0.00	0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	完全に除去出来るものとした
	受信機雑音	1.0 m	1.00 m	1.00 m	1.00 m	1.00 m	1.00 m	1.00 m	比較的小さい値を採用した (距離に依存しない誤差)
User Equivalent Range Error (利用者等価距離誤差)			1.01 m	1.7 m	1.9 m	2.2 m	3.9 m	7.4 m	2DRMS = 2 x UERE x HDOP HDOP = 1.5
水平位置の誤差 (2 DRMS = 95%誤差)			3.00 m	5.2 m	5.6 m	6.7 m	11.8 m	22.1 m	

表 2 ディファレンシャル GPS エラーバジェット

3. 搬送波位相を使った精度改善

DGPS の基準局からの距離が 0 m でも誤差は 3 m である。0 m とは 1 本のアンテナの信号を基準局と移動局に分配するという事なので伝搬誤差、SA などのシステム誤差は基準局と移動局で全く同一なのでゼロになり、受信機雑音のみが誤差源として残り、その結果の精度が 3 m という事である。これが DGPS 方式の理論限界性能である。センチメートル精度を実現するためには受信機雑音の低減が必須である。搬送波位相を使うことにより受信機雑音をセンチメートル以下に減らすことができる。

3.1 時間差を測る方法と位相差を測る方法の相違

単独測位と DGPS 測位は C/A コード (Coarse Acquisition) を使った測距である。図 8 に示すように C/A コードは周期 1 ミリ秒、全長 1023 チップからなる疑似雑音コードである。電波は 1 ミリ秒に 300 km 伝搬するので全長 300 km の物差に例えることができる。この物差のメモリの細かさは GPS 信号の強度にもよるが 1 チップの百分の 1 の 3 m (10 ナノ秒) 程度になる。この 3 m が受信機雑音である。この値は GPS 信号の搬送波と併用するキャリアスミージングという手法で 1 m 程度迄減らすことができるがそれが限界である。

C/A コードによる測距は、衛星が信号を発射した時

刻と受信機が信号を受信した時刻の差から伝搬時間を求め、伝搬時間に光速を乗じて距離を得る方式である。伝搬時間の測定誤差はそれに光速を乗じた距離の誤差に拡大されるので、1 ナノ秒の誤差が 30 cm の距離誤差になってしまう。時間差を利用する方式で測距精度をセンチメートルレベルにあげることは不可能に近い。

図 9 は GPS 搬送波を物差に例えた図である。GPS 信号は L 1 と呼ばれる 1575.42 MHz と L 2 と呼ばれる 1227.60 MHz の 2 周波数で送信されている。L 1 の波長は約 19 cm、L 2 の波長は約 24 cm である。1 周期を 1023 チップに区別できる C/A コードとは異なり搬送波はどのサイクルも全く同じなので L 1 搬送波を使った場合の物差の長さは 19 cm である。メモリの細かさ (分解能) は 1 サイクルの百分の 1 に相当する 1.9 mm である。1.9 mm が搬送波位相を使った場合の受信機雑音である。

もっと正確に言うと、図 9 はあたかも搬送波の瞬時位相を測っているように描いてあるが、実際は搬送波位相の積算値を利用するのである。搬送波周波数は衛星と受信機間の距離が変化すると、よく知られているようにドップラ周波数が発生する。例えば衛星と受信機間の距離が 1 秒の間に 1 波長に相当する 19 cm だけ近付いたとすると、受信周波数は送信周波数よりも 1 Hz だけ高

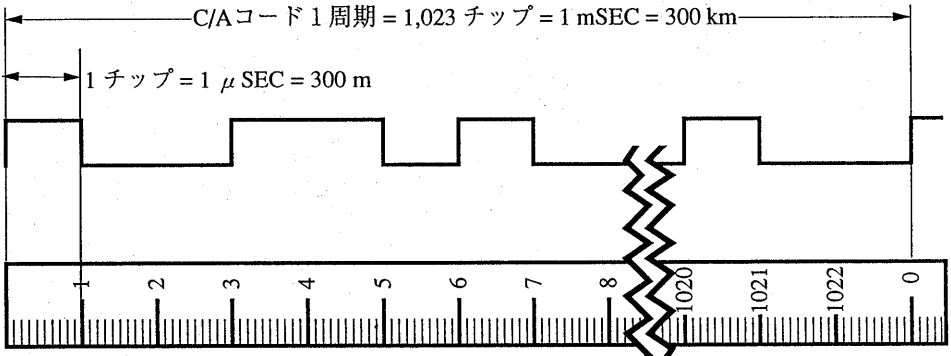


図 8 C/A コードによる測距

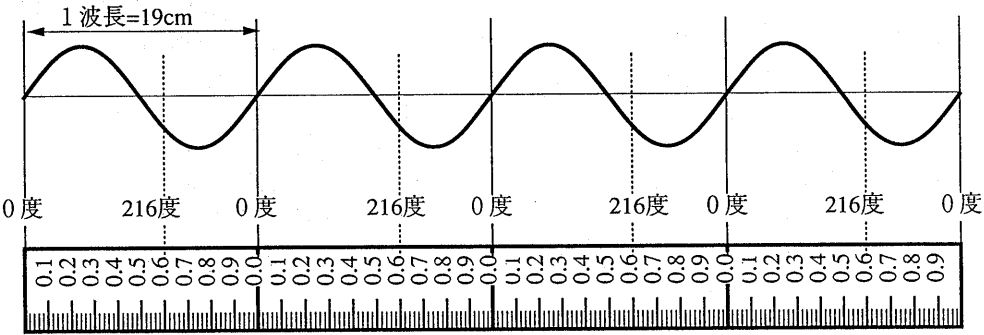


図 9 搬送波位相による測距

くなる。GPS 衛星が水平線から上がってくる時に衛星は受信機に秒速 950m で接近するので L1 のドップラ周波数は約 5 kHz になる。これが最大ドップラ周波数である。GPS 衛星が受信機の上を通過する瞬間にドップラ周波数はゼロになり、水平線に沈むとき -5 kHz になる。つまりドップラ周波数は電波の発信源と受信点の間の距離の変化の精密な情報を持っているのである。ドップラ周波数はスーパーヘテロダインで周波数変換しても変わらないので、1.5GHz の搬送波を数 MHz の中間周波数に変換して精度よく測定できる。中間周波数の位相を積算（サイクルを数える）すると衛星と受信機間の距離の変化が精密に観測できることになる。

光速に伝搬時間を掛ける C/A コードを使った測距と異なり、搬送波のドップラ周波数を使った測距は時間の誤差の影響が少ないので精度を上げることができるのである。キネマティックではこの搬送波のドップラ周波数を利用して測位精度を上げている。しかしドップラ周波

数を正確に知るには衛星と同等の精度の周波数源を受信機も持つ必要があるが後述する二重位相差により安価な水晶発振器を使っても誤差が入り込まないようにできる。

3.2 整数アンビギュイティ

搬送波積算位相を使うと受信機雑音を驚異的に下げることができるが解決しなければならない大きな課題がある。整数アンビギュイティの決定である。図 10 に C/A コードと搬送波による測距の概念を示す。300km の長さの C/A コード物差を使っても高度 2 万キロの GPS と受信機間の距離を測るには 1 回では測れない。まず物差の端を衛星にあてそれから 67 回ひっくりかえし 68 回目で物差は受信点に到達する。その時のメモリを読むと図の例では 0.277 であったという訳である。物差を整数回 (Ineger) ひっくり返したということは判っているが、その回数は観測データから一義的には決定できないのである。この曖昧 (Ambiguous) な部分を整数アンビギュイティ (Integer Ambiguity) とよぶ。

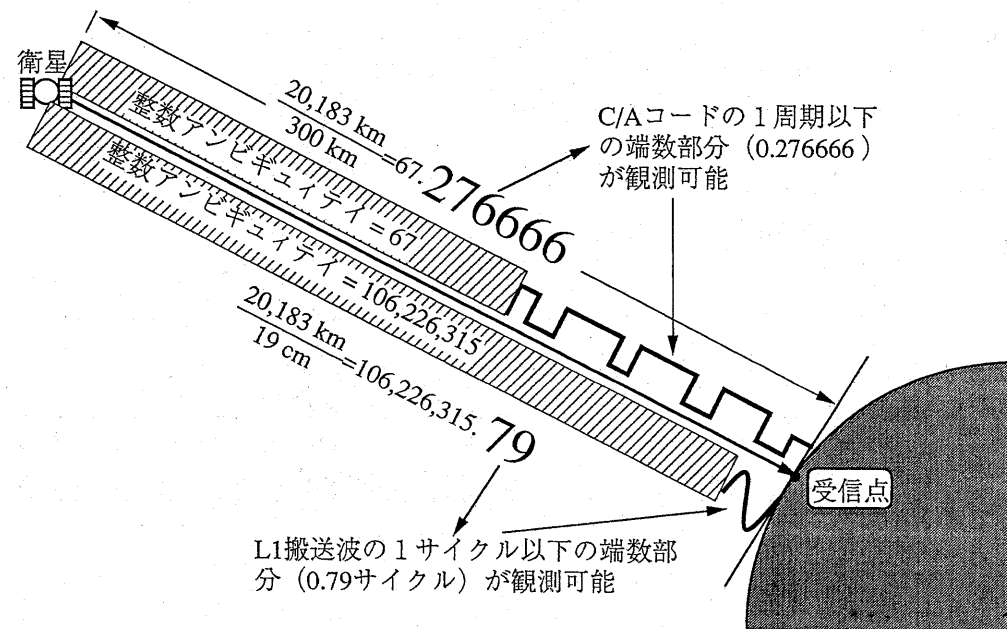


図10 整数アンビギュイティ

C/A コードの場合は整数アンビギュイティを一つ間違えると 300km も距離が変わるので、受信機の位置が 150 km の精度で事前に判っておれば簡単な計算で整数アンビギュイティは決定可能である。C/A コードを使った受信機は電源投入後の最初の測位は電源を切る前の位置を初期値に使用して整数アンビギュイティを決定できるので特別な操作なしで測位ができることになる。

搬送波積算位相の整数アンビギュイティは、物差の精

度がよい代わりに長さが 19cm しかないので工夫が必要である。整数値を 1 つ間違えても誤差は 19cm しか変化しないので、初期位置を使って整数アンビギュイティを決定する場合は誤差が 8 cm 以下の既知の場所にアンテナを静止して整数アンビギュイティを決定する必要がある。整数アンビギュイティを決定することを初期化というが、これは GPS 特有のことではなく従来からあるオメガ航法やデッカ航法のレーン決定と同じことである。

陸上の用途ならばその気になれば事前に精密測量した校正点を準備し、測量を開始する度にこの校正点で初期化し、そこから移動して測量をすることも可能である。搬送波積算値は衛星の信号を連続追尾している限り衛星と受信機の距離の変化を精密に記憶しているので、初期化は一度だけでよいのである。

海上ではこのような校正点は作れない。移動中の船の上で初期化することができなければ海上では搬送波積算位相を利用した精密測量はできない。移動中の初期化を On-The-Fly Calibration (OTF) という。

OTF 初期化の概念を図 11 に示すが、これは画を簡単にするために二次元で描いてあるが、三次元でも考え方は同じである。

初めに DGPS 測位により求めた位置を中心として DGPS の誤差（通常誤差の標準偏差の 3 倍とする）を半径とする円を描き、この円内をサーチ空間とする。つまりこの円内に真の位置があると仮定するのである。

次に、基準となる 2 個の衛星を決める。衛星 1 の位置

の線 (Line Of Position, LOP) と衛星 2 の LOP の交点が求める移動局の位置であるが、整数アンビギュイティが未決定なので波長 (L1 では 19cm) 間隔で LOP が並び複数の候補点ができる (図 11a)。この時点では候補点間に優劣はなく、どの点も真の解である確率は等しいので、真の解を見つけるためには第三の衛星 (テスト衛星) が必要である。

第三の衛星の LOP を描き加えたのが図 11b である。第三の LOP に近い候補点と離れている候補点があることが判る。こうすると 3 本の LOP による交点を作る三角形が最も小さい候補点が真の解である確率が最も高く、三角形が大きいものは真の解である確率が低いという具合に各候補点にランクを付けることができる。一定時間観察した結果、他の候補点に比べ明らかに小さい三角形の候補点があればそれが真の解と決定し初期化は完了する。テスト衛星の数が 1 個だけではなく複数ある場合は更に信頼性の高い真の解の選択ができる。初期化は通常 2 から 3 分を要する。

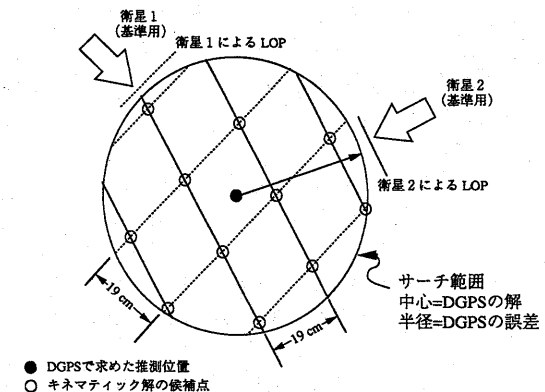


図11a サーチ空間と候補点

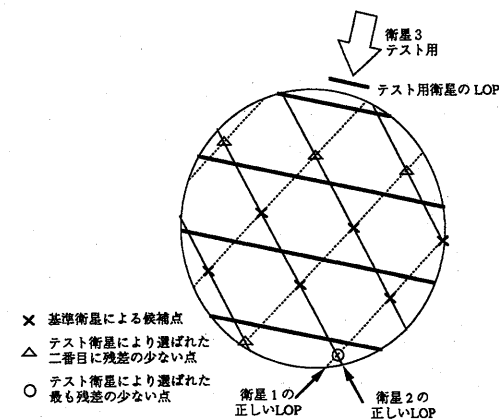


図11b テスト衛星を使い整数アンビギュイティの決定

3.3 二重位相差

これまでの初期化の説明では GPS 観測値の誤差を考慮しなかったが、実際に得られる搬送波積算値は表 1 の単独測位のエラーバジェットに示したように数メートルから数十メートルの誤差を持っている。観測値の誤差が波長

の半分以下でなければ今までの初期化のアルゴリズムは使えないので、観測値の誤差をセンチメートルまで減らす必要がある。差分 (Differential) 法による共通誤差の相殺過程を図 12 に示す。

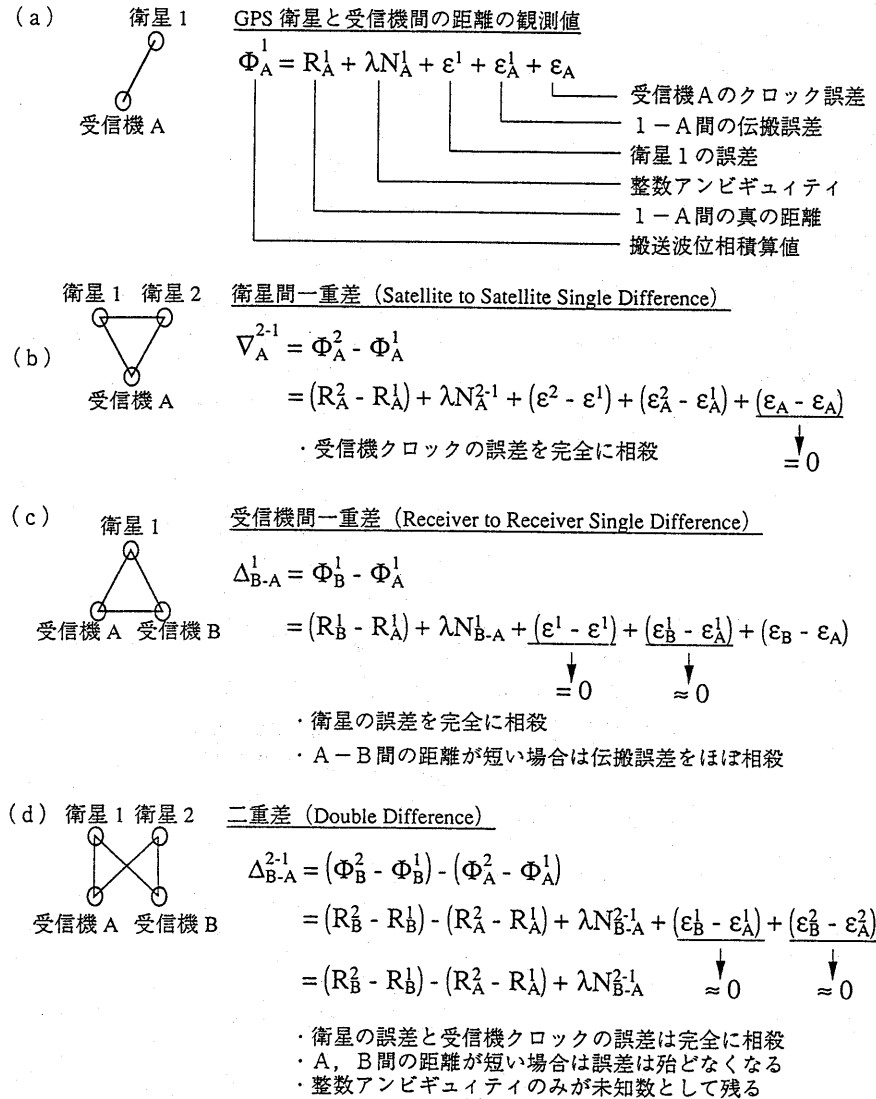


図 12 二重位相差による誤差の相殺

(a) は受信機 A と衛星 1 の関係と生データに含まれる誤差要因を示す。

搬送波積算値は「真の距離」+「整数アンビギュイティ」+「衛星の誤差」+「伝搬誤差」+「受信機の時計の誤差」として現すことができる。添え字は下側が地上の受信機番号、上側が上空の衛星番号を示し、幾何学的な配

置に対応付けているので覚えやすい。

添え字が上下両方にある項は衛星と受信機の組合せで誤差が決まることを表し、添え字が片方だけの項は、例えば受信機クロックの誤差のようにそれ単体で決まる誤差を示す。(注) マルチパス誤差、受信機雑音も加えるべきであるが簡単化のため省略した。

(1) 基準局を A、基準衛星を「1」とした時の二重位相差

$$\nabla_{B-A}^{2-1} = \lambda N_{B-A}^{2-1} + (\Phi_B^2 - \Phi_B^1) - (\Phi_A^2 - \Phi_A^1)$$

$$\nabla_{B-A}^{3-1} = \lambda N_{B-A}^{3-1} + (\Phi_B^3 - \Phi_B^1) - (\Phi_A^3 - \Phi_A^1)$$

$$\nabla_{B-A}^{4-1} = \lambda N_{B-A}^{4-1} + (\Phi_B^4 - \Phi_B^1) - (\Phi_A^4 - \Phi_A^1)$$

(2) 未知数は受信点 B の受信点 A の相対位置 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ の 3 つである。

故に 3 個の二重位相差があれば方程式の解は求まる

(3) 移動局位置を求めるには基準局の観測データ $\Phi_A^1, \Phi_A^2, \Phi_A^3, \Phi_A^4$ を無線で伝送する必要がある

(4) 整数アンビギュイティ $N_{A-B}^{2-1}, N_{A-B}^{3-1}, N_{A-B}^{4-1}$ を決定出来れば一義的に移動局の位置を決定出来る

(5) 整数アンビギュイティ決定することを初期化という。

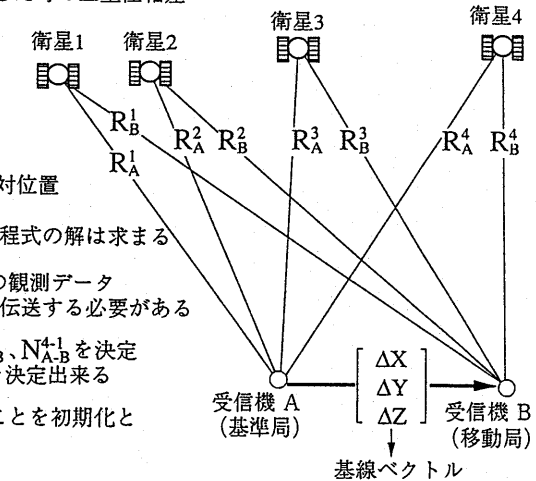


図 13 二重位相差による基線ベクトルの計算

(b) は衛星間の一重位相差を示す

同じ受信機で 2 つの衛星を同時に観測して得た搬送波積算値の差をとったものである。引き算により両者に共通な受信機クロック誤差が消去されている。ドップラ周波数を測る場合受信機のクロックの誤差はそっくり観測誤差になるが衛星間一重位相差により誤差をゼロにできるのである。

(c) は受信機間一重位相差を示す。

2 台の受信機 A, B で共通の衛星を同時に観測して得た搬送波積算値の差をとったものである。衛星固有の誤差は両受信機に共通なのでゼロになる。A B 両受信機間の距離が短い場合は伝搬誤差もほぼ同じになりゼロに近くなる。

(d) が最終結果の二重位相差である。

衛星間一重位相差と受信機間一重位相差の両方の効果により誤差は最小になる。特に A B 間の距離が短い場合は伝搬誤差がゼロに近いので整数アンビギュイティさえ決定できれば真の距離の二重差と見做すことができる。

しかし、A B 間の距離 (基線長) が離れるに従い電離層や対流圏内の伝搬遅延による誤差が増大し、初期化に影響するので OTF 初期化が可能な最大距離は 10 から 15km までである。

また、マルチパスによる誤差は二重位相差では相殺されずに逆に加算されるのでマルチパス誤差の大きな環境では OTF 初期化が不可能になる場合があるのでアンテナの設置場所を選ぶ必要がある。

3.4 二重位相差による基線ベクトルの計算

基準局に対する移動局の相対位置 ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) を基線ベクトルという。未知数が ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) 3 個なので、3 組の二重位相差 (4 個の衛星の搬送波積算位相が必要) があれば方程式を解くことができる。方

程式を解く前に前述した初期化が必要なので 4 組目の二重位相差があるのでキネマティックを開始するには少なくとも 5 個の衛星が必要である (図 13)。

3.5 基準局の座標誤差の影響

キネマティックは基線ベクトルをリアルタイムで毎秒計算する。基準局の座標に基線ベクトルを加えると移動局の位置になる (図 14)。このようにキネマティックでは基準局から延びただけ 1 本の基線ベクトルで移動局の座標を決定している。この方式を放射測量と呼ぶ。

放射測量では基準局の座標にバイアス誤差があると移動局の位置も同じだけ平行移動することになる。しかし完全に平行移動する訳ではなく、基準局座標の誤差が大きい場合は歪みが生じ、この歪みは基準局からの距離に比例して増加する。

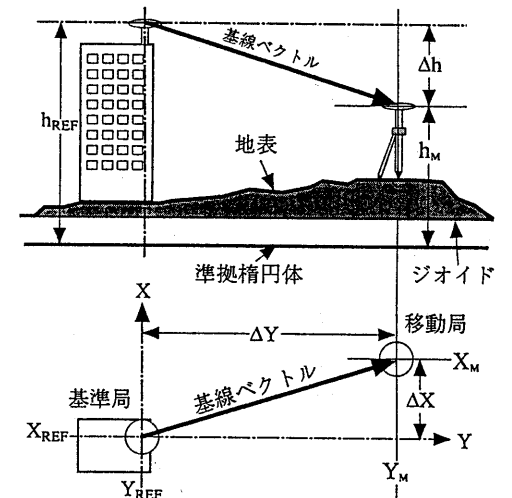


図 14 基線ベクトル

基準局から10km離れた点の誤差（平行移動から外れる歪みの量）の最大値を0.1cm以内に抑えるには基準局高さの精度は3.2m、水平精度は6.3m以内で決定する必要がある。10kmで1cmの誤差が許されるならば10倍の32mと63mになる³⁾。ここで言う基準局の精度とはGPSの測地系による絶対座標の精度である。GPSはWGS-84座標系を使用しているので日本測地系(Tokyo Datumともいう)からWGS-84に変換する場合に変換誤差が入り込まない変換方式(例えば国土地理院が開発したソフトウェアTKY2WGS)の採用が必要である³⁾。

次に参考迄にGPS静止測量の場合について簡単に説明する。静止測量でも搬送波積算位相の二重差を使って基線ベクトルを計算すること、そのためには初期化が必要であることは変わらない。計算が後処理で行われること、アンテナが30分から1時間にわたり測点上に静止している点が異なる。静止測量の初期化はアンテナが静止しているという条件が使えるので、サーチ空間内の候補点の中で時間の経過とともに位置が動かない候補点が真の解とするアルゴリズムが使えるのでキネマティックの初期化より有利である。

静止測量では図15に示すように複数の与点（座標が既知の点）で新点を囲むような網を形成する方法が用いられる。これは複数（冗長な）の基線ベクトルを作り網平均（与点の誤差と観測値の誤差の影響を最小二乗法により軽減する）により精度上げるためである。また冗長な基線ベクトルの整合性（閉合差、残差）から測量の信頼性を客観的に評価できるので人為的なミスや与点が誤差がある場合のチェックにもなる。

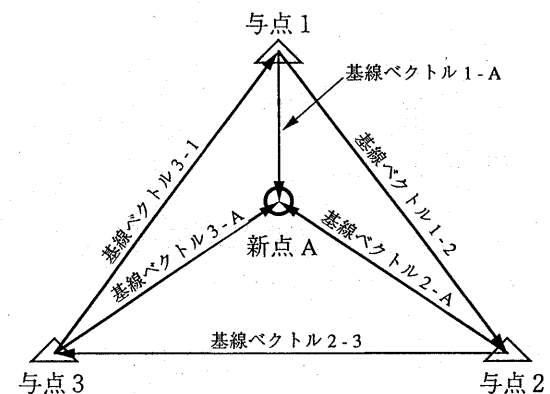


図15 静止測量は複数の与点を使用する

因みに「リアルタイムキネマティックGPS測量」とはGPS静止測量に対比して命名されたものである。後処理でないという意味で「リアルタイム」、静止測量でないということで「キネマティック」(Kinematic = 動く)

と名付けられた。静止写真（スチール写真）に対する活動写真（キネマ、シネマ）と同じ命名である。

静止測量とキネマティック測量では精度と信頼性が異なるので用途に応じて使い分ける必要がある。

4. 関門キネマティックGPSシステム

1995年3月に開局した関門実験局のシステム構成を図16、17と写真1、2に示す。基準局は関門海峡を見渡す標高約300mの風師山に設置されている。

基準局はGPSデータを処理して毎秒1回送信する。送信データの内容はRTCM SC-104⁴⁾に準拠している(表3)が、実際の送信データは誤り訂正符号を含んでいるのでこの表のビット数よりも多い。

基準局は無人の24時間連続運用ができるようにモニタ機能と遠隔操作機能が付加してある。これにより一般の電話回線を介して任意の場所に設置した端末装置を使って基準局の動作状態を監視し、万一現用機が故障した場合は遠隔操作で予備機に切替えることができるようになっている。

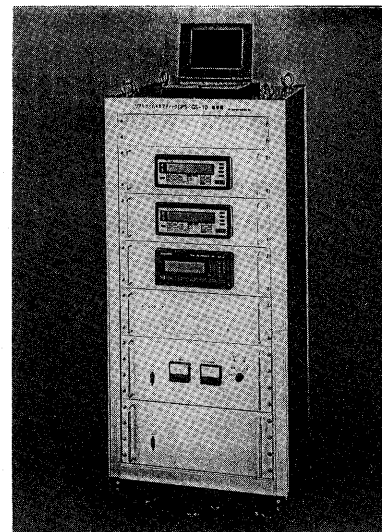
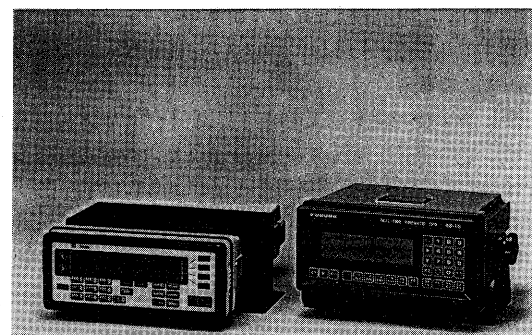


写真1 基準局



(a) GPS受信機 (b) データ受信機・指示器

写真2 移動局

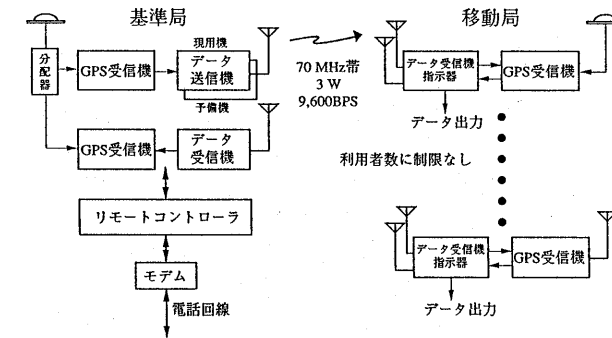


図16 関門実験局のシステムブロック図

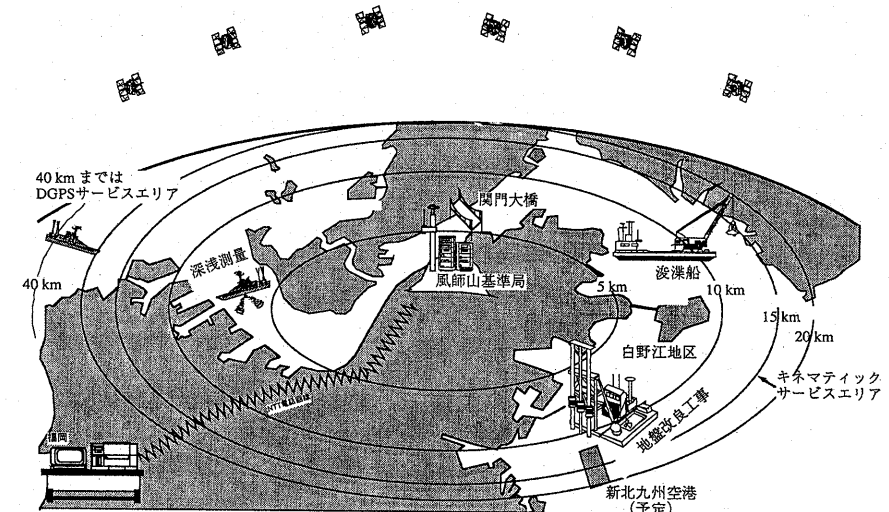


図17 関門地区の実験局の全体構成

RTCM SC-104 Ver. 2.1 キネマティックGPS 関連メッセージ

	メッセージの名称	内 容	ビット数	備 考
TY P E 18	Uncorrected	ヘッダー	60	
	Carrier Phase	GPS観測時刻	30	
	Measurements	L1キャリア位相	540	9衛星分
TY P E 18	Uncorrected	ヘッダー	60	
	Carrier Phase	GPS観測時刻	30	
	Measurements	L2キャリア位相	540	9衛星分
TY P E 19	Uncorrected	ヘッダー	60	
	Pseudorange	GPS観測時刻	30	
	Measurements	疑似距離	540	9衛星分
TY P E 3	Reference Station	ヘッダー	60	1分に1度送信
	Parameters	基準局座標	120	
合 計			2,070	

表3 基準局データ

データ受信機はフェージング対策としてスペースダイバーシティ方式を採用している。2本の受信アンテナと2台の受信機を持ちデータビットに同期して誤りのない側のデータに切り替えることができる。海上実験の結果このスペースダイバーシティ方式はフェージング対策として極めて有効であることが判った。更に誤り訂正機能の採用により風師山の送信アンテナからの見通し範囲40kmまで信頼性の高いデータ通信が可能になった。しかし、関門海峡は地形が複雑なため基準局送信アンテナから見通せない海域では通信障害が発生している。海峡全域をカバーするために複数のデータ送信局を検討中である。移動局のデータ出力は、指示器内でユーザの希望する座標系に変換され深淺測量装置などの船内装置に接続される。

キネマティックは前述のように初期化が完了しないと成立しない。電源投入から初期化を経てキネマティック測位に至る測位モードのフローチャートを図18に示す。キネマティックが可能な条件を次に要約する。

- (注) 基準局は視界内の衛星を連続安定に追尾受信していることを前提条件とした。
- (1) 移動局の電源投入後5個以上の衛星を補足追尾し、基準局のデータが受信できれば初期化を行い、初期化が完了した時点でキネマティックモードに入る。初期化中はDGPS測位結果を出力する。
- (2) 初期化が完了した後は4衛星が連続追尾されている限りキネマティックモードを維持する。
- (3) キネマティックモード中に新しく受信した衛星はキネマティック測位結果を使って校正し測位に使用する。使用中の衛星が沈んでも新しい衛星が使用できる

のでキネマティック測位を継続できる。

- (4) 基準局データに誤りがあったり全く受信できなかったときは単独測位結果を出力し、データが受信できれば即キネマティックに戻る。
- (5) 橋の下などで上空の視界が遮られ追尾衛星数が4個未満になった場合は初期化データをリセットし電源投入後と同様の初期化を行う。
- (6) キネマティック測位結果の残差チェックを行い残差が一定値(3cm)以上になった場合はサイクルスリップが発生したものと判断し初期化データをリセットし電源投入後と同様の初期化を行う。(注) 残差とは、キネマティック測位結果が正しいと仮定した場合の二重位相差のRMS(Root Mean Square)誤差である。サイクルスリップとは衛星追尾に中断があり搬送波積算値の連続性が失われたことである。

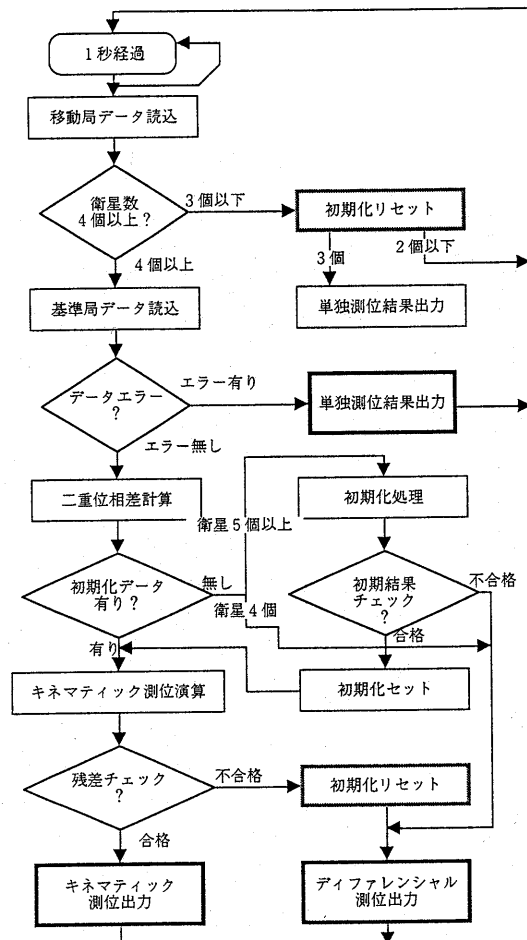


図18 測位モードフローチャート

5. キネマティック精度の確認実験

次に紹介する実験データはトリンブル製の2周波型GPS受信機4000SSEを使ったデータである。冒頭に紹介したシステムはL1のみを使用する1周波型受信機を使用したものである。1周波受信機でも精度は十分確保できたが、OTF初期化可能距離が3から5kmに制限されたので初期化に有利な2周波型受信機に変更した。2周波型はL1とL2の差の周波数の347.82MHz(波長86cm, ワイドレインと呼ぶ)を初期化に使えるのでサーチ空間内の候補点の数が3次元空間では波長が19cmのL1に比べ約百分の1に減少するので初期化の速度と信頼性が増すからである。

5.1 基線長と精度

図19に基準局からの距離3.5kmと16kmの地点で実施した測位精度実験結果を示す。実験の方法は次の通りである。

移動局のアンテナは実験場所に三脚を使って固定する。パソコンを使ってGPS受信機のデータ出力を監視し、初期化が完了してから5分経過後にGPSアンテナケーブルに挿入した高周波スイッチを一瞬オフにし強制的にサイクルスリップを発生させる。この方法で24時間実験を続け約200回の初期化終了時のキネマティック測位結果をパソコンに集録する。

実験地点の正確な座標は不明なので、24時間分の約200個の座標の高さ成分、東西成分、南北成分の標準偏差を計算し再帰精度を評価した。

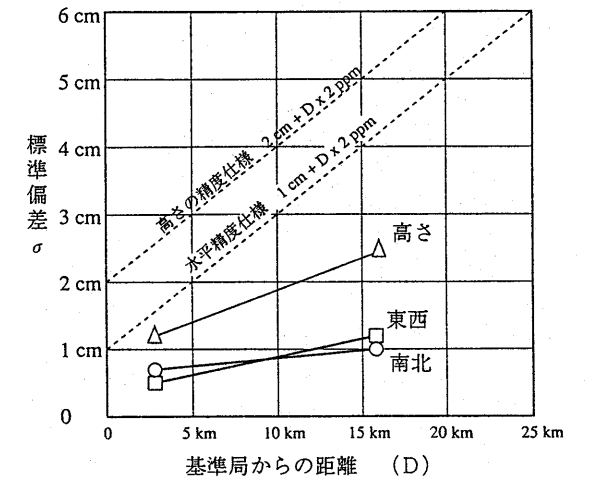


図19 基準局からの距離と誤差の実測値

この結果から、垂直、水平とも仕様精度を余裕を持ってクリアしており文字通りセンチメートルの精度が実現できていることが判る。

また高さの精度が水平の精度よりも2倍程度悪い結果になっている。これは地球が影になり水平線以下のGPS星は利用できないことによるもので、GPSは高さの測量は不得意であるといわれる所以である。

図20に5km離れた点で実験した高さの測位結果の分布を示す。実験方法は前述の通りで試行回数は184回である。データはほぼ正規分布をしており、3σ以内に98%のデータがセオリー通り入っている。3σを越える件数が4回ある。

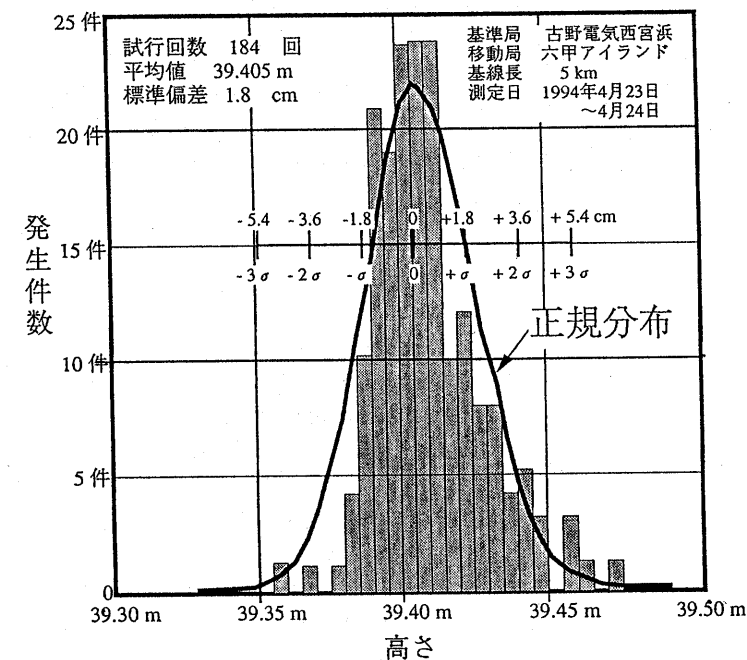


図20 高さの実測値の分布

キネマティックは静止測量とは異なり冗長度がない放射測量なので測量結果の精度の客観的評価ができない。つまり、今回の測量が誤差の分布のどのあたりに位置付けられるかは不明である。この実験が示すように標準偏差が1.8cmの場合でも、希にはあるが最悪6～7cmの誤差を覚悟する必要があるということである。

5.2 平均処理による精度の改善

陸上工事用の仮基準点の設定など静止測量のような手間とお金をかけずに、しかし少し時間を掛けてもよいからリアルタイムキネマティックよりも精度よく測りたい場合がある。このようにアンテナを静止し一定時間データを集録できる場合にはキネマティック測定結果をパソコンに集録して結果を平均にして精度をあげる方法が考えられる。

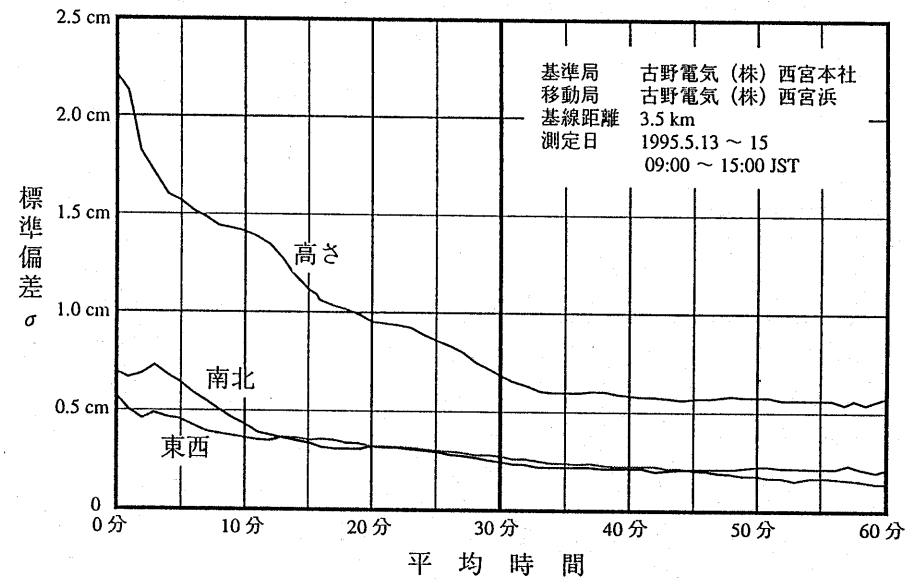


図21 平均処理による精度の向上

この実験結果から次のことがいえる。

- (1) 南北成分のグラフが示すように3分程度では精度が改善されない場合があるので平均時間は少なくとも10分程度は必要である。
- (2) 高さのデータから判るように30分位までは平均時間を長くすればするほど精度が改善されていることがわかる。
- (3) 30分以降は平均時間を延長しても精度の改善は横ばい状態であるので1時間以上平均を延長しても精度

図21に平均処理の効果の確認実験の結果を示す。この実験は9時から15時までの1日6時間、3日分のデータを解析したものである。

キネマティック測定データは毎秒出力されるのでこれらを全てパソコンに集録する。パソコンに集録したデータは1時間分を1セットとし全部で18セットに分ける。各セット毎に平均時間を0秒から3600秒まで1秒きざみでX, Y, Zの3成分の平均値を計算する。つまり5秒平均の場合は0秒から4秒まで5個データの平均値、30分平均の場合は0秒から1799秒までの1800個のデータの平均値を求める。このようにして計算した18セットの平均値の平均時間毎のグループの標準偏差を計算してプロットした結果が図21である。

改善の効果はあまりないと考えられる。

- (4) 以上より1秒毎のキネマティック測定データ出力の誤差は独立でなく数分オダの自己相関があり、平均値はゼロでなく衛星の組み合わせなどで決まるバイアス値を持っているものと考えられる。効率的な平均時間は10分から30分であり、時間的余裕がある場合でも、1時間平均すれば十分と考えられる。
- (5) この実験結果では1時間平均処理により高さの誤差は1/3、水平誤差は1/2程度に減少している。

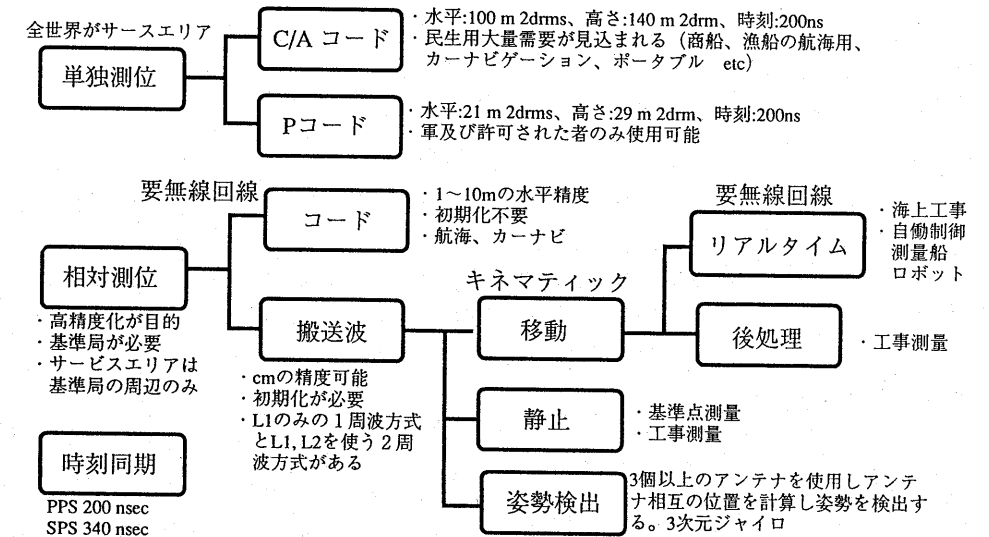


図22 GPSシステムの応用展開

4. おわりに

GPSシステムは船舶の航法援助という古典的な用途に加えカーナビなどの個人のプレジャー用、更にタイムトランスファー、大陸間の距離の変化の測定などの学術的分野など多くの利用形態がある(図22)。

キネマティックはその多様な応用の一分野にすぎない。しかし、基準局を設置し、無線通信回線があれば基準局の周囲10～15kmの範囲内はセンチメートルの精度の三次元の位置決めシステムが地球上のどの地域でも実現できるのである。これは従来の航法システムでは考えられない、測位と通信の組み合わせによって得られる最先端の技術の一つであることは間違いない。

郵政省はこのような状況に対応するため、「高精度衛星測位システムに関する調査研究会」を1995年末に設置しここで述べた海上用リアルタイムキネマティックを含む各種方式のディファレンシャルGPSについて検討しその結果をとりまとめた⁵⁾。これによりGPSと通信の組み合わせによる各種分野での応用は実験段階を卒業し実用段階の利用に加速がつくと思われる。近い将来日本の海岸線、港湾、更には内陸部、空港も含めた全土が高精度測位システムの基準局ネットワークで覆われるのも夢ではなく現実のものになりつつある。これからの発展が楽しみである。

参考文献

- 1) 浜田賢二他5名：海上作業船の位置測量のためのリアルタイムGPS測量システムの開発、土木学会論文集No.510/V126, 1995. 3
- 2) Hayashi., Ishizaki T., Hanson P. and Axelrad P., *Test Results of Real Time GPS Kinematic Survey System (GKSS)*, Proceedings of ION GPS-93, Salt Lake City, Utah, September 22-24, 1993
- 3) 飛田幹男：GPSのための高精度座標変換プログラムの開発、雑誌「測量」(1994. 10)
- 4) RTCM Recommended Standards for Differential NAVSTAR GPS Service Version 2.1 Developed by RTCM Special Committee No. 104, January 3, 1994
- 5) 郵政省航空海上課・移動通信課監修、高精度衛星測位システムに関する調査研究会編：高精度GPSの展望、日刊工業新聞社(1995. 8. 31)

航海システムの最近の国際動向 －IMO NAV41回会議より－

東京商船大学名誉教授
飯 島 幸 人

The Recent International Trend of Navigation Systems －From IMO, NAV 41 Meeting－

Yukito IIJIMA

1. ま え が き

国際海事機関（IMO）の航行安全小委員会（NAV）会議は航海に直接関係する国際的諸問題を検討し、解決するための国際連合の下部機関である。戦後 50 年を迎え、今まで各問題毎に解決されてきた一連の項目が必ずしも整合性がとれているとは言いがたいし、この間における技術が著しく進歩したために、機器の搭載基準等を見直してもいいのではないかと言う議論もある。また航海の安全のためにはコンピューターを用いる自動化システムを推進する一方、人的要素の重要性が指摘されるようになり、これらの検討がされはじめ、NAV 委員会の話題も今までとは多少ベクトルが変わってきたように思われる。このような状況下で、第 41 回の NAV 会議（NAV41）が 1995 年 9 月 18－22 日の 5 日間ロンドンの IMO 本部で開催されたので、会議の状況を報告し、それにより航海システムの国際動向の一端を示すことができらばと思う次第である。

2. 概 要

NAV41 で提案された議題（表 1）には次のように多くの問題が含まれ、本会議及びワーキンググループ（WG）で討議されたが、これらの中には直接、電波航法研究会とは関係が薄いものもあるので、先ず全体の概要を述べ、次いで電波航法に関わりの深い事項についてやや詳しく述べることにする。

2.1 概 要

- 1) 航海の安全のために人的要素の重要性が再確認され、総ての議題についてこのことを年頭において討議されることが同意された。
- 2) WG は海上における人命の安全のための国際（SOLAS）条約、第 V 章の改正案を作成した。この新しい案は機能要件（Functional Requirement）によって構成され、多くの改正項目や新しく付加された項目があり、その中には強制としての船位通報システムや、通航システム指定を可能とする新しい項目も含まれている。また、航海システムで IMO が今まで検討して

表 1 議 題

1. 議題の採択 2. 他の IMO 機関の決定 3. 海難における人的要素の役割 4. 船舶の航路指定 4.1 座礁の防止 4.2 マラッカ・シンガポール海峡航行上の危険 5. VTS と船舶通報 5.1 総会決議 A. 578 (14)(VTS ガイドライン) の見直し 5.2 スエズ湾における VTS 6. 航行に関する設備 6.1 世界的航行システム 6.2 電子海図情報のアップデート 6.3 ECDIS (電子海図) 6.4 A. 342 (IX).A. 477 (XII) の修正と再検討 (レーダ、ジャイロコンパスの性能要件) 6.5 ITU 関連事項 (CCIR Study Group 8 を含む) 6.6 船 コンピューターの使用及び適用方法 6.7 航海機器類の性能基準 6.8 自動船舶識別トランスポンダ	7. SOLAS V 章の見直し 8. 船橋と機関室の機器の配置標準化 9. 船橋機器の人間工学的基準 10. 国際信号書 11. 海賊及び武装強盗での特別な信号 12. 氷海航行に関する WMO ハンドブックの見直し 13. IMO 標準海事コミュニケーション用語 14. 海難船の移動、沖合い構造物とプラットフォームの曳航 15. INF コードの見直し 16. WIG クラフト (海面効果翼船) の操船形態 17. 潜水船の旅客の安全 18. 航海と当直コードについて 19. IMO への報告事項の見直し 20. 1996 年議長を選出 21. 作業計画 22. その他の事項 23. MSC への報告
---	--

きた性能基準や型式承認等の 23 項目の規定も盛られている。

- 3) 新船にたいする航海機器の搭載要件は、特定機器の項目を指定するのではなく、目的とする機能を項目として挙げるように改められた。たとえば、500GT 以上の船舶は、従来はジャイロコンパスを搭載することが規定されていたが今回は、「non-magnetic compass の手段で船の針路を表示することができること」と言う表現に改められ、同様に、船舶は GPS をもつことに対しては、「300GT 以上の船舶は、電源の故障の場合でもバックアップ装置を持ち、連続的かつ自動的に船位を更新する手段をそなえなければならない」と言う表現となっている。
- 4) V 章の 27 条は電子海図 (ECDIS) か又は適当な海図を持つことを規定しており、30 条は航海船橋の視界に対して細かく規定している。300GT 以上の船舶の自動識別装置と船位通報システムの搭載要件にたいする Functional Requirement も定められたが、具体的には、VHF・デジタル選択呼出システム (DS C: Digital Select Call) を使う英国提案と同じく VHF を使う全世界的測位と通信 (GP&C: Global Positioning & Communication) というスウェーデン提案とで意見が分かれ、次回さらに WG で検討することとなった。また、12 条は VTS の設置の規定で、航路指定の WG で検討されてきた VTS のガイドラインに言及している。
- 5) SOLAS 第 V 章の改正は次回海上安全委員会 (MSC: Maritime Safety Committee) で検討されるべく考えられていたが、多くの代表はまだ技術的な問題で細かい詰めが残っており、もう少し時間が必要であると感じていることから、明年 6 月に開かれる NAV で更に検討を行うことが了承された。しかし、このような遅れにもかかわらず、新 V 章は 1999 年から施行されるよう努力するということである。
- 6) SOLAS 改正の WG はまた SNW code (code of Safe Navigation and Watchkeeping) の項を V 章に盛り込むよう提案しているが、これに対して日本は code の内容が明確でなく、これは船員の訓練及び資格証明並びに当直の基準に関する国際条約 (STCW: Sefety Navigation and watchkeeping) の問題で、SOLAS 第 V 章にはなじまないと反対の立場を表明したため、安全な航行及び当直 (SNW: Imternational Convention on Standards of Training, Certification and watchkeeping for Seafarers) code については連絡調整グループで検討し、次回 NAV で更に討議することとなった。また、この WG は RoRo passenger ship に関する SOLAS の改正案も検討し、

RoRo 安全について検討している他の IMO 委員会にこれを提出することになった。

- 7) 技術 WG は世界的航行システムへ向けての問題を検討しているが、この件に関して米国コーストガード (USCG) の長官から、将来の世界的衛生航法システム (GNSS: Global Navigation Satellite System) の一要素として GPS-SPS (Standard Positioning Servis) を提案する旨の書簡が届いている。その中には、GPS-SPS は一般航海用の要件には合致しているが、狭水域では十分な精度が得られないため、使用が制限される旨付記されている。
また、ロシアの代表から GLONASS はもう一つの世界的航行システムの候補となりうるものと考えてもらいたい旨の表明があり、WG は両方を含んだ受信機の性能基準が必要であり、次回検討することを了承した。
また WG はレーダ、オートパイロット、音響測深機および電子磁気コンパスの性能基準の検討も行った。
- 8) 航路の WG はスエズの Veracruz 港への進入路の航路帯の修正を採択した。また、マラッカ海峡の通航路の指定が重要であることが提案されていたが、沿岸国から、測量や分離帯設置に多大の費用を要することから、ここを利用する国が費用を分担するよう要請があった。しかし、通行税的なものは不可であり、利用各国が自発的に費用を拠出することが望まれた。これに対して、日本は協力する旨申し出た。この問題は更に精密測量を行った後、再度検討されることとなった。また、Great Barrier Reef/Torres 海域および Ushant 沖の強制船位通報制度が承認された。
- 9) 航路の WG は放射核燃料 (INF: Irradiated Nuclear Fuel) の運搬船に対する特別の航路指定を行うべきか否かについて検討した。日本はプルトニウム輸送の問題もあり、従来の IMO のルールで充分運営可能であることを強調し、弧軍奮闘した結果、結論が出ず、WG は NAV 小委員会で更に検討することを要請した。

3. 航行システムに関連する事項

3.1 強制船位通報水域の設定

今までに日本の船位通報制度 (JASREP) や自動相互援助船舶援助システム (AMVER) のような船位通報制度を強制にすべし、と言う意見があり、検討されていたが、取りあえず船舶交通の輻輳水域、自然環境保護の目的のために、次の二つの水域で船位通報が強制されることになった。

- a. オーストラリアの Torres strait および Great Barrier Reef
- b. フランスの Ushant 沖

これに対して我が国から積み荷など通報の内容の秘密の保持に対して注文がつけられた。

3.2 世界航行システム

- a. GNSS の検討のため Intersessional Working Group が設置されているが、この WG はヨーロッパの GNSS 検討委員会である European High Level Group と意見を交換すること、また ICAO の GNSS 会議にも出席するよう提案され、承認された。
- b. USCG の長官からの GPS-SPS に関する書簡について、これを認め航行安全国章(SN-Circular)とした。
- c. ロシアの GLONASS は 1995 年 3 月 7 日に民間に解放する旨の法律が承認され、1995 年中に 24 衛星で完全稼働状態に入るので、GLONASS も GNSS の一要素として認められた。
- このようなことから、それぞれの受信機としての性能基準が定められなければならないが、
- GPS 受信機
GLONASS 受信機
GPS/GLONASS 受信機
デファレンシャル GNSS 受信機
- の四つが作成されることとなった。

3.3 ECDIS 関連事項

- 1) Update
BANET(Baltic and North Sea ECDIS Testbed) が電話回線を利用した ECDIS Update の実験の結果が英国及びドイツから説明され、これは国際水路機関(IHO)-S-57(Transfer Standard for Digital Hydrographic Data)に基づいたものであるが、S-57 は十分に満足出来る基準であり、電話回線での自動 Update できることの可能性が報告された。
- また Update の基準の作成目標時期を 1996 年とした。
- 2) Back up
Back up に関しては、IMO と IHO の合同 ECDIS 検討委員会である HGE (Harmonized Group of ECDIS) で検討するよう要請され、その結果を待つて NAV42 回会議で検討することとなった。
- この要請を受けて 12 月 6、7 日ロンドンで HGE 会議が開催された。この際、我が国としては、
- a. 二重化などでの冗長性
b. 航海用電子海図(ENC)のコピー
c. Get home chart を持つ
- 以上三つの何れでも良い。と言う態度で臨んだが、会議での結論は得られなかったようである。
- 3) 電子海図システム(ECS)
ECS については、これが現在多数使用されていることから、我が国はかねてから国際基準を早急に設定すべきであると主張し、その原案も提出してきたとこ

ろであるが、今回、これら今までの文書が回章され、ECS の取り扱いが協議された。

これもまた HGE に検討が付託され、次回 NAV で討議することとなった。

また、英国は 1996 年末までに航海用参考電子海図システム(ARCS: Admiralty Raster Chart Service) が世界的規模での ECS を供給出来ることを表明した。

3.4 航海計器の性能基準

- 1) レーダー
今までレーダーの性能基準は生ビデオの PPI 表示だけに適用されていたが、新しい基準ではプロット機能、位置表示、航海用線の記入、地図表示等の機能が要求されている。すなわち、レーダーとは ARP A, ECDIS 等の機能を合わせ持つものであることとなっている。これらに関しては勿論これから細目の検討が始まるわけであるが、施行は 1999 年の 1 月 1 日と決められている。
- なお ARP A 機能に関しては、
300 トン- 500 トン……Electronic Plotting Aid
500 トン-1600 トン……Auto Tracking Aid
1600 トン以上……ARPA
- と定められている。
- 2) オートパイロット
従来のオートパイロットの規定が技術の進歩から現実合わなくなったので、国際標準機関(ISO)で実状に合う様な基準を作成し、今回 IMO に提案したものである。初めての提案であったので多くのコメントが出されたため、その場でアドホック WG が作られ、次回 NAV で検討するための原案が作成された。ドイツは、自動コーストラッキング機能も規定に入れるよう提案しているが、これに対して私は性能基準は最低基準であるからこのような高級なシステムはオプションにすべきであると反対した。
- 3) 電子磁気コンパス
例えばフラックスゲートを用いて地磁気を検出するような電子磁気コンパスの性能基準が ISO で作成され、これが IMO に提案された。IMO では新しいレーダーではプロット機能が要求されているので、ジャイロコンパスを装備していないような小型船のコンパスとして有用であることから、1997 年までに規定化することが決められた。
- 4) 音響測深機
音響測深機の基準も古くなっていたので、ISO で作成した新基準を IMO に提案した。特に古い基準では記録紙のみが許されていたものを、新基準では今では主流になっている CRT も使えるようにしたものであ

る。このことから IMO では 1997 年までに新基準を作ることを決定した。

- 5) 音響受信システム(Sound Reception System)
一人当直の場合、寒い所で船橋の窓を締め切っていると他船の音響信号が聞こえないので、音響の受信装置を設置しようとするものである。この件については今回特に審議されなかった。
- 6) ロラン C/チャイカ受信機
新基準を作成する事が承認された。
- 7) 諸性能基準の改正
総ての性能基準は Functional Requirement による新しい形式で書き換えられることが確認されたが、その時期は新しい性能基準が出来るとき、旧基準の改正時に行うこととし、他のものは、それから順次 SOLAS, ISO, 国際電気標準会議(IEC)等の様子を見て行うこととする。

3.5 統合ブリッジシステム(IBS)と統合航行システム(INS)

IMO では INS(Integrated Navigation System) の性能基準の検討を行うことを決めていたが、今回は IEC で検討中である IBS(Integrated Bridge System) とどう違うのかというような議論に終始し、実質的な討議はなされなかったが、作成目標時期を 1997 年とした。

表 2 会議の議題

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
TECHNICAL COMMITTEE No. 80: MARITIME NAVIGATION AND RADIOCOMMUNICATION
EQUIPMENT AND SYSTEMS
Draft Agenda for the meeting to be held in Kista, Stockholm on October 3rd to 5th, 1995.

1. Opening of the meeting 2. Approval of the agenda,(document 80/1087DA) 3. To confirm the Minutes of the meeting held in Milan, RM 3673/TC 80 and Corrigendum RM 3673A/TC 80-September 1993 4. Matters arising 5. Meetings of TC 80 Working Groups during the Plenary meeting : 1. WG 4 A-Global Navigation Satellite Systems(GNSS) 2. WG 8 -Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS) 6. Reports from the Working Groups : 6.1 WG 1 -Radar/ARPA(UK) 6.2 WG 4 -Position fixing aids(France) 6.3 WG 4 A-Global Navigation Satellite System (GNSS)(CIRM) 6.4 WG 5 -General requirements(UK) 6.5 WG 6 -Digital interfaces(CIRM) 6.6 WG 7 -Electronic chart and display systems (ECDIS)(UK) 6.7 WG 8 -Global Maritime Distress and Safety system(GMDSS)(CIRM) 6.8 WG 9 -Integrated bridge systems for ships(Germany) 7. Review of Work programme and consideration of new work items : 7.1 Review of IEC 1075-LORAN-C receivers 7.2 Review of IEC 1023-SDME(LOGS) 7.3 Need for LORAN-C/CHAYKA standard 7.4 Review of 1097-1-SART 7.5 Integrated Radiocommunication systems(IRCS) as part of 1097 series 7.6 Autopilots for high speed craft 7.7 Gyro-compasses for high speed craft	7.8 Installation of antennae on board ships(from IEC TC 18) 7.9 Consideration of software standards in IEC TC 80 standards 7.10 Outcome of IMO NAV 41 : 1. Integrated navigation systems(INS) : 2. Ergonomics : 3. Tracking log : 4. Navigation date recorder : 5. Ship identification transponders 8. Review of current IEC TC 80 standards 9. Liaison between TC 80 and other IEC committees 10. Liaison between TC 80 and ISO/TC 8 : 10.1 ISO TC 8/SC 5 -Ship's bridge layout 10.2 ISO TC 8/SC 6 -Navigation-progress in the review of various navigation standards including the joint project IEC/ISO 11674- Automatic pilots 10.3 ISO TC 8/SC 9-General requirements 10.4 ISO TC 8/SC10-Computer applications 11. Liaison between TC 80 and other Organisations : 11.1 International Association of Lighthouse Authorities(IALA) 11.2 European Telecommunication Standards Institute (ETSI)-possible IEC/ETSI agreement 11.3 CENELEC-progress in converting IEC TC 80 standards to European standards(EN) 12. Progress in International harmonisation.Acceptance of IEC TC 80 standards by national and regional authorities 13. Progress of the CENELEC/ETSI agreement on maritime navigation and radiocommunication standards 14. Update of membership of TC 80 Working Groups 15. Any other business 16. Date and location of the next meeting 17. Close of the meeting
--	--

と中国北京で ISO/TC 8 の会議が持たれた。紙面の都合で内容までは紹介できないので、議題だけ掲げるに止めるが、議題からどんな問題が国際的議論の対象となっているか推定して頂きたい。

4.1 IEC/TC80 (International Electro-technical Commission : 国際電気標準会議)

IEC/TC80 は航海および通信機器に関係する国際委員会であって、1955 年 10 月 3 日～5 日の間スエーデン、ストックホルム市郊外の Kista で開催された。この会議の議題は表 2 のとうりである。

表 3 第 14 回 TSO/TC 8 会議の議題

Annotated draft agenda for the 14th meeting ISO/TC 8 "Ships and marine technology", Beijing(China).
Central Garden Hotel.1995-10-13/15

1. Opening of the meeting(10.00) 2. Roll call of delegates - Preliminary list of participants 3. Adoption of the agenda - It is proposed to take this annotated draft agenda as basis for the discussion 4. Appointment of the drafting committee - It is proposed to draft Resolutions in English only. 5. Report of the secretariat - For information The following changes are to be introduced : - Dipl. -Ing Klaus Thiemer has been appointed chairman - Denmark is registered as P-member in SC 3 - UK is registered as P-member in SC 3 , SC 9 and SC10 - SC 3 will meet in October 1996 in Bremen, Germany - Russ. Fed. is registered as P-member of SC 2 and SC 3 and O-member of SC 5 6. Reports on the progress of TSO/TC 8 -subcommittees 6.1 SC 1 - Lifesaving and fire protection - no report available 6.2 SC 2 - Marine environment protection - no report available 6.3 SC 3 - Piping and machinery - see annex 1 6.4 SC 4 - Outfitting and deck machinery - no report available 6.5 SC 5 - Ships' bridge layout - see annex 2 6.6 SC 6 - Navigation - see annex 3 6.7 SC 7 - Inland navigation vessels - see annex 4	6.7.1 Scope of SC 7 and possible overlap with other SC's - New structure ISO/TC 8 - Russian comments 6.8 SC 8 - Structures - see annex 5 6.9 SC 9 - General requirements - see annex 6 6.10 SC10- Computer applications - no report available 7. Review of projects of direct interest to IMO 7.1 Report of chairmans visit to IMO 7.2 IMO request for standardization on Bulk Carriers - Proposal for new work item - IMO Background paper - Preliminary result of voting 7.3 Other IMO matters - Work items of mutual interest IMO and ISO/TC 8 8. Liaisons of ISO/TC 8 and its Subcommittees - ISO TC/SC liaisons 9. Procedural matters - Relations between ISO/TC 8 and its subcommittees - programme of work, project leaders and target dates - New work - Periodical reports to TC 8 on progress 10. Requirements concerning subsequent meetings - Portugal has undertaken to investigate the possibilities to act as host in 1996 - Schedule of meetings TC 8 + SC's 11. Any other business 11.1 Review of existing maritime standards 11.2 Items submitted by DIN 12. Approval of recommendations 13. Closure of the meeting
---	---

4.3 あとがきに代えて -中国雑感-

最近の中国の経済成長には目を見張るものがある。どこに行っても高層ビルの建築ラッシュで昭和 50 年代後半からの日本の高度成長期を思わせる。しかし一歩中心地を外れるとまだ古い中国がそのまま残っていて、誰かが言ったように、外国の要人が来てもこんなところを車は通るのだろうかと思う。まだまだ平均的中国人の生活は日本とは 30 年くらい差があるのではなからうか。たとえば、中国の都会でのサラリーマンの平均給与は 500～600 元位であると言う。チェンジレートは 1 元が 12 円であるから日本円に換算すると、6000 円～7000 円位の給料ということになる。いくら物価が安いといっ

4.2 IEC/TC 8 (International Standard Organization : 国際電気標準会議)

ISO/TC 8 は船舶と海事技術を扱う国際委員会であり、第 14 回の総会は 1995 年 10 月 13 日～15 日の間中国の北京で開催された。議題は、表 3 に示すとうりであるが、議題 6 の SC (小委員会) で見るように、ISO/TC 8 の守備範囲はかなり広く、救命設備、防火設備、甲板機械、航海機器からブリッジレイアウト、コンピューター応用にまで及んでいる。

断られるのである。外国人レストランでは朝食がバイキングで 67 元、昼食はアラカルトではあるが 100 元以上はかかる。どこの食堂でもお茶は只のものであるがここでは 18 元も取られる。あまりの馬鹿馬鹿しさに私は外食を始めた。勿論、中国人の行くレストランではあるが、東京にもってきても遜色の無いような綺麗なレストランが近所に 3 軒新築されていたのでそれを毎日利用することにしたのである。ここでは昼食が 20 円で 6 皿位の豪華な食事ができ、夕食は 50 元も出せば大宴会ができるのである。最後の晩には外国の代表を招き、個室を借り切ってカラオケ(中国語では卡拉 OK と書く)付き、勿

論酒代を含めて一人 100 元であった。これをホテルでやったらその 10 倍では上がらないかも知れない。ちなみに、私は、ホテルの土産物売場で冷やかしているうちに売り子の少女と仲良しになり、この少女の世話でホテル内の中国人の食堂で朝食をたべるようになったが、これがなんと 2 元、外国人食堂の 1/35 とは驚きである。

今回の中国旅行では以上のようにお金で数々の強烈な印象を受けたので、そのことに触れたが、中国の ISO 委員会が最高の歓迎をしてくれ、京劇や、折良く来あわせていたマントパーニオーケストラなどに招待され、各国の代表も大いに満足し、意義深いものがあった。

も世界でも最も低収入の国の一つであることには間違いない。それでも、自由化され綺麗になったデパートには品物があふれ、また人も混雑を極めてい。店員のサービスも良くなり、以前のように物を投げてよこすようなことはなくなった。インフレ傾向で人々の生活は苦しいと言うが、消費意欲は旺盛のようである。

国の発展のためには外貨が大事であることはわからないでもないが、以前からそうであったように、外国人からは取れるだけ取ろうという政府の方針なのか、一般中国人と外国人との支払いの格差は信じられない程大きい。我々のホテルでは外人用のレストランと中国人用のレストランがあり、外国人が中国人用のレストランに行くと

極東海域におけるロランC国際協力チェーンについて

海上保安庁灯台部電波標識課

塩 山 壽 男

岩 崎 孝

Cooperation Chain of the Loran-C system in the Far East

Radio Aids Div, Aids to Navigation Dept
Maritime Safety Agency

Toshio SHIOYAMA

Takashi IWASAKI

1. はじめに

極東海域におけるロランCは、北西太平洋チェーン、東アジアチェーン、東部ロシアチャイカチェーン、ベーリング海チェーン、中国北海チェーン（試験運用）、中国東海チェーン（試験運用）及び中国南海チェーンの7チェーンが運用されていた。平成8年1月からは一部チェーン構成等を変更し、有効範囲の拡大されたロランC国際協力チェーンが運用を開始した。

本稿では、この極東におけるロランC国際協力チェーン構築に至る背景等について述べるとともに、世界の動向についても触れることとする。

2. 極東におけるロランC国際協力チェーン構築に至る背景等

2.1 ロランCの沿革

ロラン（LORAN）は、Long Range Navigation からつくられた名称で、その語源が示すとおり、長距離用航法システムとして研究・開発され、実用化されたものであり、双曲線航法の一つである。中短波のパルスを使用するロランAは、軍事用の位置測定システムとして、第2次世界大戦中（1942年前後）に米国で開発された。

第2次世界大戦終結後、米国では主に軍事的な理由から、さらに精度の高いロランの研究が進められ、ロランB、サイ克蘭（CYCLAN, 1949年）、100kHzの長波を使用するサイタック（CYTAC, 1952年～1956年）などのシステムの開発実験が行われた。

サイタックは、米空軍の主導により開発されたものであるが、これがロランCと改称され、1957年から米国内で正式運用となった。しかし、既に1956年、米空軍は、ロランCを戦略用としては必要ないと判断していた。このため、ロランCは1958年米国沿岸警備隊の管理下に置かれることとなり、軍用システムとしての性格は薄

められ、民生用として使用されることとなった。

その後、米国は米国内外に送信局を整備し、1962年には18局、1966年には26局、1974年には31局と順次増設した¹⁾。

また、ロシア（旧ソ連）はチャイカシステムというロランCに酷似した航法システムを整備運用しているが、これについては長い間、謎に包まれていた。しかしその後冷戦の雪解けムードに乗って、1988年5月、米ソ首脳会談でロランCとチャイカのリンクと共同運用の合意がなされ、ロシアのペトロバプロフスク（主局）、アレクサンドロフスク局、米国のアッツ局（アラスカ州）を結ぶベーリング海チェーンが実現し、1995年1月から運用を開始している²⁾。

2.2 米国の動向

米国連邦電波航法計画（FRP、米国防省及び運輸省が刊行する文書）1990年版によれば、米国は衛星による全世界的測位システムGPS（Global Positioning System）を整備中であり、GPSの整備完了に伴い、1994年度末までに海外で運用しているロランCを廃止又は関係国に移管するとしている。また、米国内のロランCについてもコストパフォーマンスの見直しから、ハワイ諸島をカバーする中部太平洋チェーンを1992年7月で廃止している。しかし、このチェーンを除けば、米国内のロランCは1994年度末以降も継続運用することとしており、航空用あるいは陸上用の標準航法システムとしても定着している。

FRPによれば1990年の時点での海上におけるロランCの利用者数は世界全体で45万であり、航空における利用者数は米国内だけで8万である。利用者は陸上用途の利用者を中心にさらに増え続けるものと予測されている。このため、これら利用者の便宜のため、内陸用の2チェーン（米国北部中央、米国南部中央）が新たに建

設され、1990年から運用が開始された。

米国はまた、自国チェーンと他国のチェーンのリンクを進めており、前述のロシアのチャイカシステムとの共同チェーンを構築し、ベーリング海方面の北部太平洋での有効範囲を拡大した。なお、カナダのロランC局ともリンクを結び、米国とカナダとの国際協力チェーンとして運用されている。

1992年10月現在、米国が国内で運用しているロランCチェーンは、8チェーン（北部太平洋、アラスカ湾、米国西部海岸、米国南東部、米国北東部、グレートレイク米国北部中央、米国南部中央）であり、国土の大部分をカバーして運用されている³⁾。

しかしながら、米国は、1994版FRPにおいて、経済的理由により米国内で運用中のロランCチェーンを2000年に廃止する計画を打ち出した⁴⁾。この決定に対し米国内は元より世界各国から反対の運動が起きている現状にある⁵⁾。

2.3 極東諸国の動向

我が国周辺海域においては、従来、米国沿岸警備隊によって北西太平洋ロランCチェーンが運用されていたが、米国が同チェーンを廃止する旨公表したことに伴い、海上保安庁は、我が国の多数の利用者からの継続運用すべきとの強い要望を踏まえ、平成3年度から所要の整備を行い、平成5年7月、十勝太局及び慶佐次局を、また同年10年、硫黄島局及び南鳥島局を、それぞれ米国から引き継ぎ、硫黄島局を主局としたチェーン構成で運用を開始した。ただし、硫黄島局については、完全な移管ではなく、米国の都合による一時使用であり、また、グアム局は国外にあるため、移管対象にならなかった。

その後、新島に主局を整備し、平成6年10月からは、硫黄島局に代わり新島局を主局とする新しいチェーン構成で運用している。

一方、引き継ぎを受けた十勝太、慶佐次ロランC局と韓国のロランC局で構成する東アジアロランCチェーンの両国による協力運用について、韓国海運港湾庁と協議を行い、平成5年7月から日韓両国で同チェーンを国際協力チェーンとして運用している。

このように、我が国周辺海域では平成7年6月現在まで、北西太平洋ロランCチェーン及び東アジアロランCチェーンが運用されており、多くのユーザーに利用されてきたが、北海道及び東北地方の日本海の一部では、利用することができないため、今後、これらの海域を含む極東海域でできるだけ広範囲に利用できるよう、引き続き、韓国のロランC局（ポーハン）や、ロランCと同様のシステムであるロシアのチャイカ局（アレクサンドロフスク）と我が国のロランC局とをリンクした更なる国際極力チェーンの構築を行うこととした。

このため、極東海域における国際協力チェーンを構築することを目的に、同海域にロランC局等を有する日本、韓国、ロシア及び中国との間において必要な情報を交換し、技術上及び運用上の調整を行う場を設置することとし、平成3年から4年にかけて国際航路標識協会（IALA）主導のもと、これら4ヶ国の運用機関による調整の場として極東ロランC／チャイカ作業部会（FELT）を設置し、国際協力チェーンの構築に係る基本的事項について意見交換を行ってきた⁶⁾。

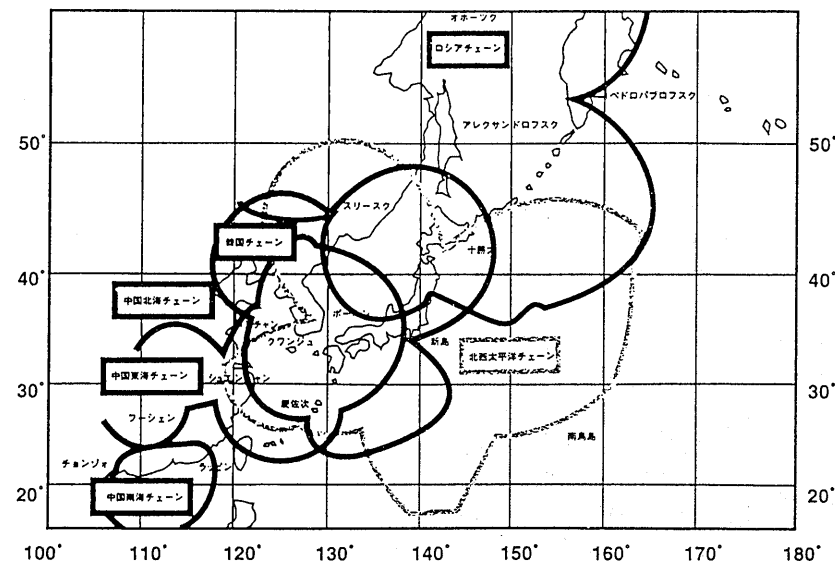
さらに平成4年度からは日本、韓国、ロシア及び中国の運用機関の専門家会議（FERNs）が開催されており、平成8年1月からロランC国際協力チェーンの運用を開始すべく調整が行われた⁷⁾。

平成6年10月に開催された、第3回会議において、表1に示す国際協力チェーン構築スケジュール、また図1に示す国際協力チェーン全体有効範囲が確認された⁸⁾。

第1表 極東海域における国際協力チェーン構築スケジュール

年月		1995 (平成 7 年)						1996 (平成 8 年)
		1月	4	6	7	8	10	1月
ロランC国際協力チェーン	北西太平洋チェーン	調整 *1				試験運用 *1		正式運用
	ロシアチェーン					調整 *2	試験運用 *2	正式運用
	韓国チェーン					調整	試験運用	正式運用
	中国北海チェーン	試験運用中						正式運用
	中国東海チェーン	試験運用中						正式運用
	中国南海チェーン	正式運用中						
東アジアチェーンの廃止		運用中				廃止		

（備考） *1：ポーハン局のみ調整・試験運用を行います。（注意）・このスケジュールは、各国の作業の状況により変更されることがあります。
（その他の4局は正式運用中です） *2：十勝太局のみ調整・試験運用を行います。
・「調整」とは、調整用電波の発射ですので利用できません。



第1図 極東地域における国際協力チェーン全体有効範囲

平成7年10月23日～27日にかけて東京で開催された、第4回 FERNS 会議での主な討議結果について紹介する。

(1) FERNS 運用ガイドの制定

FERNS ロランC国際協力チェーンを運用していく上で必要不可欠な運用ガイドが制定された。

運用ガイドは四章から成り立っている。

・第一章 序の概要

協力チェーンの基本姿勢及び安定した運用を明確にするため、構成員が順守すべきガイドラインを述べることに、FERNS の利用者の安全に貢献するためのものであると規定している。

・第二章 主要用語の概要

運用に当たっての主要用語及び定義について規定している。

・第三章 運用要領の概要

海上交通の安全のため、協力チェーンが高精度かつ安定した運用を提供するために、コントロールステーション及び送信局の基本機能を定めている。

運用ガイドラインの項においては、各局の信号利用率、チェーン管制、主局の時間管制、管制定数、送信局定数及びリンクについて規定している。

運用要領の項においては、コントロールステーション及び送信局の運用、通信、保守のための計画欠射、利用者への周知及び運用報告について規定している。

・第四章 組織構成の概要

FERNS 協力を所管する機関および指揮系統、各チェーン組織構成及び通信系統について規定している。

(2) FERNS の協力チェーン構成の決定

FERNS の協力6チェーンの構成が決定された。表2にチェーン構成を示す⁹⁾。

(3) FERNS 回報担当国の決定

第3回 FERNS 会議において、FERNS チェーンの運用状況等を回報として関係機関に通知することが決定され、これまで日本が暫定的に担当国を務めていたが、今会議において正式に日本が担当国となった。

(4) FERNS 協力チェーンのロゴマークの決定

韓国から提案されたロゴマークが今後、FERNS 委員会が使用していくロゴマークとして決定された。

(5) FERNS の協力チェーンの運用事項担当国の決定

チェーンの指揮等に関する詳細文書の作成担当国に韓国が、年間欠射計画の調整担当国に中国が、チェーン運用状況の情報交換フォーマット(日報、月報及び年報等の書式)制定担当国に韓国が、利用者に関する情報交換(利用者数、海図等の刊行状況等)の担当国にロシアがシステム解析評価の担当国に日本がそれぞれ決定され、今後、FERNS チェーンの円滑な運用に寄与することとなった。

(6) FERNS として今後取り組んでいく技術事項の決定

FERNS チェーンの協定世界標準時刻(UTC)との同期、測位精度と有効範囲の測定、陸上伝搬による伝搬速度の遅れの補正(ASF)の解析について、今後検討していくことが確認された。

表2 極東海域における国際協力チェーン構成

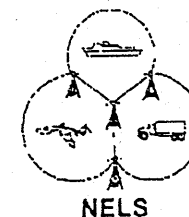
送信局名 (国名)	経緯度 (NOS-84) 出力	B 7950	C 9930	D 8930	E 7430	F 8390	G 6780
ペトロバフロフ (ロシア)	N 53° 07' 47.584" E 157° 41' 42.900" 700 kW	★(H) 11000/ 3506.50					
アレクサンドロフ (ロシア)	N 51° 04' 42.805" E 142° 42' 04.952" 700 kW	★(H)					
スリースク (ロシア)	N 59° 25' 02.050" E 143° 05' 22.916" 10 kW	★(Z) 51000/ 3102.50					
クワンジュ (ロシア)	N 44° 31' 59.702" E 131° 38' 23.403" 700 kW	★(X) 30000/ 3678.00	★(Z) 51000/ 3162.44				
十勝太 (日本)	N 42° 44' 37.214" E 143° 43' 09.757" B:600 / D:1000 kW	★(Y) 46000/ 3104.15		★(Y) 50000/ 3349.53			
新島 (日本)	N 34° 24' 11.943" E 139° 16' 19.473" 1000 kW		★(Y) 37000/ 3085.64	★(H)			
南島 (日本)	N 24° 17' 08.007" E 153° 58' 53.779" 1100 kW			★(X) 30000/ 6051.53			
麻佐次 (日本)	N 26° 36' 25.038" E 128° 08' 56.920" C:600 / D:1000 kW		★(X) 22000/ 3565.52	★(H) 11000/ 4580.86			
ポーハン (韓国)	N 36° 11' 05.450" E 129° 20' 27.440" 150 kW		★(H)	★(Z) 70000/ 3085.64			
クワンジュ (韓国)	N 35° 02' 23.996" E 126° 32' 27.255" 50 kW		★(H) 11000/ 946.97				
フーロン (中国)	N 42° 43' 11.562" E 129° 06' 27.213" 1200 kW				★(Y) 28000/ 2852.32		
ロンチャン (中国)	N 37° 03' 51.765" E 122° 19' 25.954" 1200 kW				★(H) 29000/ 2459.70		
シュエンチャン (中国)	N 31° 04' 07.937" E 118° 53' 09.625" 1200 kW				★(X) 11000/ 2459.70	★(H)	
ラオピン (中国)	N 23° 43' 25.941" E 116° 53' 44.826" 1200 kW					★(X) 11000/ 2795.52	★(X) 12700/ 1764.69
フーシェン (中国)	N 23° 58' 03.847" E 111° 43' 10.298" 1200 kW						★(H)
チャンゾウ (中国)	N 22° 32' 35.452" E 107° 13' 21.665" 1200 kW						★(Y) 25300/ 1625.76

REMARKS
First line: ★ as Master, ★ as Secondary
Second line: Coding Delay in μ s
Third line: Baseline Length in μ s

参考資料

NORTHWEST EUROPEAN LORAN-C SYSTEM
NORWEGIAN DEFENCE COMMUNICATIONS AND
DATA SERVICES ADMINISTRATION (NODECA)

Coordinating Agency Office
Program Management Office



NELS

NELS Specification of the
Transmitted Loran-C Signal

3. 世界の動向

3.1 ヨーロッパ諸国の動向

ヨーロッパでは、北西ヨーロッパのノルウェー海チェーン、アイスランドチェーン、そして地中海をカバーする地中海チェーンの3つのチェーンが運用されていた。

北西ヨーロッパの2つのチェーンについては、米国が施設とチェーンコントロール権を持ち、米国の財政支援のもとで各国の担当機関がチェーンの保守と運用のみを行う方式（ホストネーション・オペレーション）でロランCを運用してきたが、FRPの方針により、米国はヨーロッパ諸国に対してこれら3チェーンからの撤退と各国が望む場合にはロランC施設を移管する旨を通告した。これに対して北西ヨーロッパ諸国は、北西ヨーロッパロランCシステム委員会（NELS）を組織し、検討を行い、北西ヨーロッパの2チェーンについては、施設の移管を受けて独自にロランCの運用を続けることを決定した。さらにこの2チェーンに、2局の新設局とフランスの2局を加えて9局4チェーンに編成替えし、有効範囲を拡大することについて関係各国間で協議が行われた。その結果、隣接する各国が共同で運用を行う国際協力チェーンの構築についての合意が成立し、その一部は既に運用を開始している。地中海チェーンについては、現在関係国間で協議が行われているところである¹⁰⁾。表3に北西ヨーロッパロランCシステムの構成を示す。また図2(a)~(b)には、各チェーンの覆域を示す¹¹⁾。

ヨーロッパのチェーンは、もともと送信局が各国に分散しているため、当然国際協力チェーンの形態になる。これに対してロシアも国際協力チェーンへの参加を希望しており、地中海チェーンとチャイカをリンクして黒海

をカバーすることを提案していると伝えられている¹⁰⁾。

最近、英国でもロランCシステムを地上系長距離電波航法システムとして採用したいとの意向を示している、これは注目に値する¹²⁾。

3.2 その他の国の動向

サウジアラビアは、北部に1チェーン6局を運用中である。南アメリカのベネズエラもロランCに関心を示しており、4局構成のチェーンを検討している模様である。インドは既にカルカッタとボンベイとに局を建設し運用を開始している。中部ヨーロッパではドイツ、チェコ、ブルガリア3か国による東ヨーロッパチェーンが計画されている。オーストラリアでは、民間石油会社が石油採取用に小型チェーンを運用中であると伝えられている。エジプトは、スエズ運河において3局構成のミニチェーンを運用中であるが、現在は休止中のようなのである。南アフリカ共和国は具体的な計画は持っていないようであるが、ロランCに関心を示している⁹⁾。

4. おわりに

ロランCが地上系電波航法システムの主流として世界的に認められるシステムとなったのは、安定度及び精度の良さとカバレッジの広さによるところが大きい。

正確な位置測定の必要性は、海上においてはもとより、航空においても陸上においても強く望まれるところである。

極東海域におけるロランC国際協力チェーンが、今後有効に活用されるものと確信している。極東海域におけるロランC国際協力チェーンの構築にあたり、電波航法研究会会長はじめ各先生からのご支援を賜り、あらためて感謝申し上げます。

図2 各ロランCチェーンの覆域（出典：NELS）

Predicted Coverage of Lessay Loran-C Chain

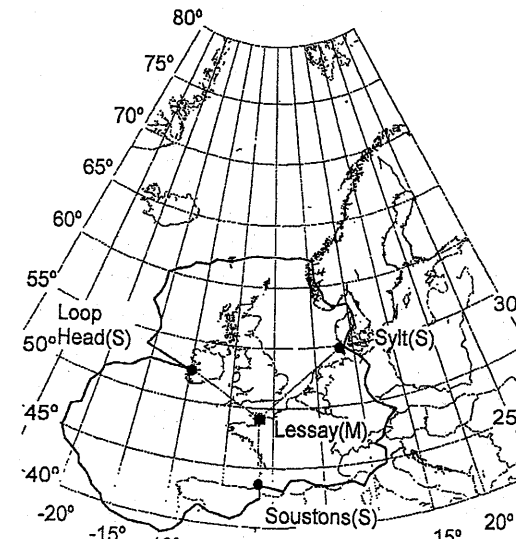


図2-(a) LessayロランCチェーン

Predicted Coverage of Bø Loran-C Chain

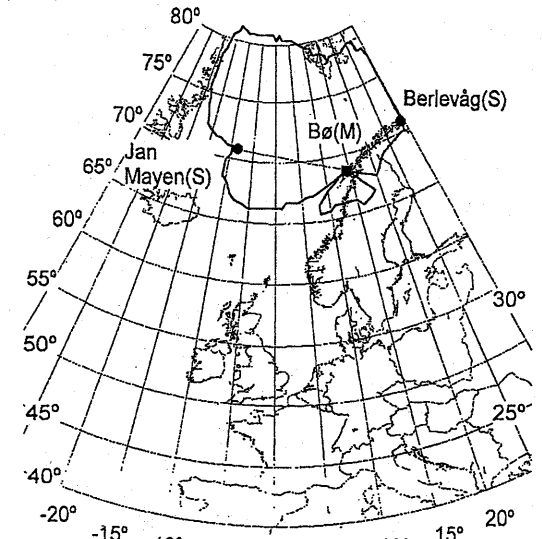


図2-(b) BøロランCチェーン

Predicted Coverage of Sylt Loran-C Chain

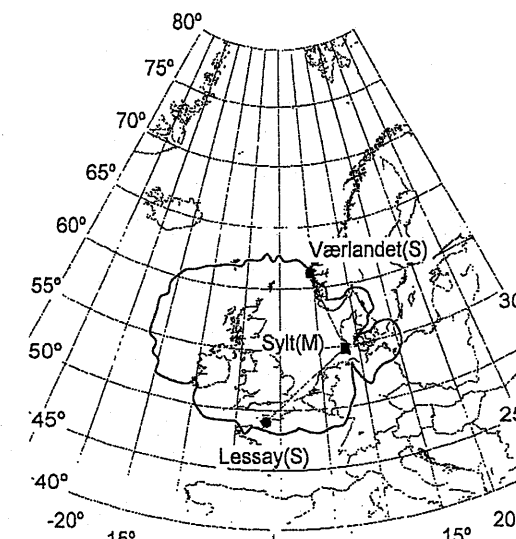


図2-(c) SyltロランCチェーン

Predicted Coverage of Ejde Loran-C Chain

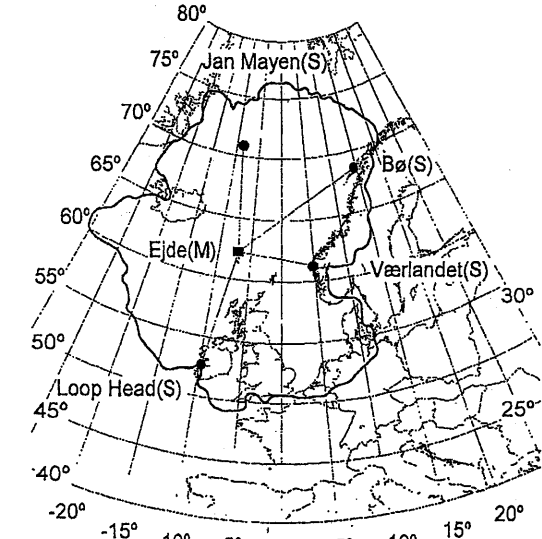


図2-(d) EjdeロランCチェーン

表3 北西ヨーロッパロランCシステム構成

GRI 6731, Lessay Chain							
Designator	Station name	Latitude	Longitude	ED	Power	Blanking	Nominal ECD
M	Lessay, France	49° 08' 55.224" N	01° 30' 17.029" W	0	250	Alternate	0
X	Soustons, France	43° 44' 23.000" N	01° 22' 49.564" W	13000	250	Not dual rated	0
Y	Loophead, Ireland	52° 35' 01.576" N	08° 49' 07.969" W	27300	250	Priority 9007	+0.5
Z	Sylt, Germany	54° 48' 29.975" N	08° 17' 36.858" E	42100	250	Priority 7499	+0.5

GRI 7001, Bø Chain							
Designator	Station name	Latitude	Longitude	ED	Power	Blanking	Nominal ECD
M	Bø, Norway	68° 38' 06.216" N	14° 27' 47.350" E	0	400	Priority 9007	0
X	Jan Mayen, Norway	70° 54' 51.478" N	08° 43' 56.525" W	14100	250	Priority 9007	0
Y	Berlevåg, Norway	70° 50' 43.014" N	29° 12' 15.980" E	29100	250	Not dual rated	0

GRI 7499, Sylt Chain							
Designator	Station name	Latitude	Longitude	ED	Power	Blanking	Nominal ECD
M	Sylt, Germany	54° 48' 29.975" N	08° 17' 36.858" E	0	250	Priority 7499	+0.5
X	Lessay, France	49° 08' 55.224" N	01° 30' 17.029" W	14100	250	Alternate	0
Y	Værlandet, Norway	61° 17' 49.435" N	04° 41' 46.618" E	29500	250	Priority 9007	0

GRI 9007, Ejde Chain							
Designator	Station name	Latitude	Longitude	ED	Power	Blanking	Nominal ECD
M	Ejde, Faroe Islands	62° 17' 59.837" N	07° 04' 26.079" W	0	400	Not dual rated	0
W	Jan Mayen, Norway	70° 54' 51.478" N	08° 43' 56.525" W	14200	250	Priority 9007	0
X	Bø, Norway	68° 38' 06.216" N	14° 27' 47.350" E	28000	400	Priority 9007	0
Y	Værlandet, Norway	61° 17' 49.435" N	04° 41' 46.618" E	41100	250	Priority 9007	0
Z	Loophead, Ireland	52° 35' 01.576" N	08° 49' 07.969" W	55700	250	Priority 9007	+0.5

Notes:
*The coordinates given is the intended position of the antenna at Loophead.

参 考 文 献

- 1) U. S. Coast Guard Academy : Loran-C Engineering Course.
- 2) Establishment of Soviet/U. S. Chain of Chayka/Loran-C Radionavigation System Related Documents.
- 3) U. S. DOT and DOD : 1990 Federal Radionavigation Plan.
- 4) U. S. DOT and DOD : 1994 Federal Radionavigation Plan.
- 5) International Radionavigation User's Conference, November 16-17 1995.
- 6) The Far East Loran-C/Chayka Technical WG Meeting Report.
1st session March 11-20 1991.
2nd session September 3-10 1991.
3rd session April 27-29 1992.
4th session September 7-11 1992.
- 7) The Council of the Far East Radionavigation Service Report.
1st session September 7-11 1992.
- 2nd session October 18-22 1993.
- 3rd session October 10-15 1994.
- 4th session October 23-27 1995.
- 8) 海上保安庁 : 広報資料「ロランC国際協力チェーン」平成7年5月。
- 9) 海上保安庁 : 広報資料「長距離電波航法システムロランC」平成7年12月。
- 10) IALA Radionavigation Committee Report.
1st session April 11-14 1994.
2nd session October 3-7 1994.
3rd session March 20-24 1995.
4th session November 7-10 1995.
- 11) NELS(Northwest European Loran-C System): NELS Specification of the Transmitted Loran-C Signal. S-006-2. October 20 1995.
- 12) Commissioners of Irish Lights, Trinity House Lighthouse Service, Northern Lighthouse Board : News Release, November 1995.
"Marine Aids to Navigation into the 21st Century"

電子海図をめぐる最近の動向

東京商船大学名誉教授
庄 司 和 民

The Current Trend on Electronic Chart Systems

Professor Emeritus Tokyo Univ.
of Mercantile Marine
Kazutami SHOJI

注 : この稿は 1993 年 12 月の電波航法研究会のために作成されたものをもととし、
1996 年 1 月上記以後の動向を追記してまとめたものである。

1. 概 論

昭和 60 年 (1985) 5 月国際海事機関 (International Maritime Organization : IMO) の第 51 回海上安全委員会 (51 MSC) に、国際水路機関 (International Hydrographic Organization : IHO) が電子海図装置の検討を始めるべきであるとの提案を行い、これが承認されて 1985 年 7 月の IMO 第 31 回航行安全小委員会 (31 NAV) より、電子海図装置の審議が始められた。1987 年 1 月の第 33 回航行安全小委員会 (33 NAV) からは、IMO と IHO の緊密な連繋を図るため、調和作業部会 (Harmonization Group on ECDIS : HGE) を発足させて会期間にも部会を開催して検討が進められた。

1993 年 4 月、第 14 回調和作業部会 (14 HGE) が開催されて、電子海図装置の動作基準等の最終原案がまとめられ、9 月の第 39 回航行安全小委員会 (39 NAV) の審議にかけ、承認を得ることとした。1993 年 9 月の第 39 回航行安全小委員会 (39 NAV) では小改正を行った。1994 年 5 月の第 63 回海上安全委員会 (63 MSC) に於いては、これを総会決議とするに先立って、MSC の回章 (MSC/Circ.637) として各国に回章した。1995 年 11 月の第 19 回 IMO 総会で、これは正式に「電子海図情報表示システム (ECDIS) 性能基準」総会決議 A. 817 (19) として採択されるに至った。

しかし乍ら、ECDIS の基本とも言うべきデータベース ENC、並びにその更新方法、またバックアップ装置等の問題が残る、1995 年の 9 月の第 41 回航行安全小委員会 (41 NAV) では、残っている問題及び ECS の基準に関して、更に HGE で審議するよう求めた。HGE では、1996 年 7 月開催予定の第 42 回航行安全小委員会 (42 NAV) に向けて審議中である。

2. 電子海図装置検討の経緯

IMO における電子海図装置の検討の経緯とその要点をまとめてみると次のようである。

- 1985 年 5 月 第 51 回 MSC : IHO より電子海図装置の検討を提案 (MSC 51/16) し、NAV で審議することに決定した。
- 1985 年 7 月 第 31 回 NAV : 電子海図装置の検討開始、技術要件・法的責任等の大綱案 (NAV 31/WP. 4/ANNEX 2) を作成した。
- 1986 年 3 月 第 32 回 NAV : 日本提案 (NAV 32/6/10) をもとに要件案 (NAV 32/WP. 3/ANNEX 2) を作成し、IHO 検討事項と IMO 検討事項とに分類 (NAV 32/WP. 3/ANNEX 1) した。
- 1987 年 1 月 第 33 回 NAV : IMO と IHO の ECDIS に関する調和作業部会 (IMO/IHO-HGE) を発足 (第 1 回 HGE) させた。前回の要件案を改訂 (NAV 33/WP. 3/ANNEX 4) し、日本提案 (NAV 32/6/10) の中の電子海図表示項目を分類例示 (NAV 33/WP. 3/ANNEX 4) した。
- 1988 年 2 月 第 34 回 NAV : 独、蘭、ノルウェー等より意見の提出があり、第 2 回 HGE を同時開催し ECDIS 動作基準作成に向けて、要件案を整理 (NAV 34/WP. 1/Add. 2/ANNEX 8) した。また ECDIS という言葉は、今後紙海図との同等物に対してのみ用いることとされた。これに対し紙海図と同等でない Voluntary base の電子海図装置は、後に第 8 回 HGE で ECS (Electronic Chart System) という語を

	用いて区別することとなった。		催し、NAV に報告する最終 Draft を作成することとなった。
1988年4月	第3回HGE：4月にハンブルグで開催。	1993年4月	第14回HGE：モナコで開催し、第2次動作基準案をもとに検討を行い、最終案を作成した。
1988年9月	第4回HGE：9月にハンブルグで開催。	1993年9月	第39回NAV：小改正の後、総会決議及びMSC 回章案を作成した。
1989年1月	第35回NAV：日本より要件案に対する修正意見（NAV 35／7／6）、非海図情報のシンボル案（NAV 35／8／5）、ECS 基準案（NAV 35／7／5）を提出した。第5回HGE が同時開催され、暫定ECDIS 動作基準案（NAV 35／WP. 3／ANNE X）を作成し、MSC Circular とするよう要請した。HGE 議長は Zickwolff 氏（独）より Stene 氏（Norway）に交代。	1994年5月	第63回MSC：MSC／Circ. 637として採択し、総会に採択を要請した。
1989年11月	第8回HGE：ハンブルグで開催し、暫定ECDIS 動作基準案の検討及び非海図情報のシンボル案の審議が行われ、一応のシンボル案を決定した。日本より ECS 基準の改訂案を提出し説明したが時期尚早という意見が大勢をしめた。	1994年9月	第40回NAV：ECS の基準を審議するかどうかを次回までにコメントを求めた。
1990年9月	第36回NAV：IEC その他よりの意見に基づき暫定動作基準案を審議した。日本より ECS ガイドライン案（NAV 36／4／1）を提出した。第9回HGE が同時開催された。	1995年9月	第41回NAV：バックアップ装置及びECS 性能基準について、HGE で審議するように要請した。
1991年3月	第10回HGE：各国意見を各項に附加した注釈付暫定動作基準案を作成し、回章した。	1995年11月	第19回総会：決議A. 817（19）として、ECDIS 性能基準を採択。内容はMSC／Circ. 637に同じ。
1991年9月	第11回HGE：ロンドンIMO 本部にて開催し、翌週の第37回NAV への報告書を作成した。	1995年12月	第15回HGE：ロンドンで開催し、バックアップ装置及びECS 性能基準について審議した。
1991年9月	第37回NAV：Minimum Display, Standard Display 等の表示内容の種類が議論された。非海図情報のシンボル案についてIHO 案が提示され、IMO 案との調整は暫く海上実験の結果を見てからとされた。	1996年4月	第16回HGE：4月29、30日ロンドンのIMO 本部にて開催予定。
1992年3月	第12回HGE：モナコで開催し、暫定動作基準案を審議した。この審議を踏まえて6月にDrafting Group で第1次動作基準案を作成し、9月にHGE を開催して審議し、更に来年3月HGE を開催して最終動作基準案をまとめ、これを来年の第39回NAV に提出して決定したいとの方針を立てた。		
1992年7月	第38回NAV：上記方針案を説明し了承された。Drafting Group 作成の第1次動作基準案が、HGE メンバーに配布された。		
1992年9月	第13回HGE：オスロで開催し、第2次動作基準案を作成した。次回第14回HGE は、1993年4月26日～28日にモナコで開		

3. ECDIS 動作基準案の要点

上記に述べたような経緯で、暫定 ECDIS 動作基準案を改訂した第2次 ECDIS 動作基準案が1992年9月に作成された。この案を本年4月の第14回HGE で検討し、さらに1993年9月の第39回NAV で検討された ECDIS 動作基準案の第1次案と変ってきた点は、次のようである。

- ① ECDIS は、紙海図の情報を全部表示するもので無く、紙海図の情報のうちの安全な航海に必要な情報をすべて表示するものとなった。
- ② ECDIS は、総合的なブリッジ装置の一部として広く使われるようになったものと認識され、海図の同等物としてのものよりも拡張した機能がもっと明白に定義づけられるようになるであろうと考えられた。（2.1.2 参照）。
- ③ 新たにSystem Electronic Navigational Chart：SENC という概念を設け、従来のENC に Update 情報や航海者が附加する情報をまとめたものとして、ECDIS の表示に利用される Data Base（application file）とし、Hardware としては一つのものであってもよいし、複数のものの集合体であってもよいものとした（2.1.3 項参照）。
- ④ 表示される情報を Display Base, Standard Display, All other information の三つの Categorie

に分類し、その詳細は Appendix 2 に載せた（3.2 参照）。

- ⑤ scale という語が数種類の意味に用いられて誤解を招くので、縮尺という意味のみに用いることとした。
- ⑥ 海図表示画面の有効 size を 270×270mm と変更した（9.2 参照）。これにより、正方形の海図図形と縦長の文字情報部を 19 吋ブラウン管に複合表示できるようにした。
- ⑦ 距離と方位の精度の具体的数値を避け、表示の分解能で許される精度を超えないこととされた（11.2 参照）。
- ⑧ バックアップ装置については具体的に示さず、適当な装置と曖昧な表現となった（14.1 項参照）。
- ⑨ 警報を警報と警告表示に分け整理した。Appendix 4 に警報発生のための注意すべき特殊海域の表をあげ、Appendix 5 として警報と警告表示の条項のリストをあげた。

そして第39回NAV 小委員会（1993. 9. 6～10）に於いて、変更された主な改正点は次の二点であった。

- (1) 10.6 頃 過去の航海記録については、過去8時間の記録であったが、今回過去12時間の記録と修正した。
- (2) 14 項 Back-up 装置については、漠然とした適当な装置となっていたが、今回詳しく規定する必要があるとの日本提案を受け入れて、ECDIS 故障の際の機能のつなぎを果す装置と、残航の安全な航海のための手段を容易にする装置を備えるように規定した。

この結果、付録1に示すような「ECDIS 動作基準」が作成された。

4. 海図情報以外の情報のシンボルと色

海図情報のシンボルと色はIHO で審議されているが、海図情報以外のシンボルと色（Nonchart Symbol and Color）はHGE で審議することとなっている。これについては、前述のように、一旦は第8回HGE で合意されたが、再び議論が蒸し返され第12回HGE でIHO より改正案が提出されたりした。1992年7月の第38回NAV では作業部会議長の Mr.Kent の要請により、CIRM が妥協案を作成することとされた。1992年9月の第13回HGE で、CIRM はその案を示し、第14回

HGE でさらに改訂した案を提出している。このようなシンボルと色は、ECDIS や ECS のみでなく、すべての総合航法装置（Integrated Navigation System）にも用いられるので慎重に検討して、それらの装置でも同じシンボルと色が用いられることが望まれる。

現在 CIRM は、付録2に示すような案を第14回HGE に提出している。この案は9月までに更に検討して第39回NAV に提出したいとしている。

5. 紙海図と同等でない電子海図装置

日本の考えは始めより、紙海図と同等な電子海図装置（ECDIS）は高価で大型の装置となるので、一部の大型船にしか利用されないであろうし、多くの船舶は紙海図を持ち乍ら、航海に便利な電子海図装置を利用すると思われ、且つ現状でも非常に多くの船が使用していることから、安全航行の見地からその基準を早く作る必要があるという考えであった。

紙海図と同等でない電子海図装置は、ECS（Electronic Chart System）と呼ばれるが、その意味は法的に SOLAS 条約の上で同等と認められないということで、性能的に ECDIS より劣るということを意味するものではない。性能的に ECDIS と同程度のものから、簡単なものまであり、ECDIS との大きな違いは、紙海図を持っているからバック・アップ装置や更新情報自動受信装置の必要がない点である。

ECS の基準については、前述のように日本から再度にわたり動作基準案やガイドライン案を提出したが、ECDIS の基準を急ぐとの理由から審議されなかった。しかし、最近ロシアもその必要性を認めて ECS 基準案を提出し、米国も ECS の装備を義務化したいとの意図から基準の作成に意欲をみせるようになってきた。

参 考 文 献

- 1) IMO：総会会議 A. 817（19）1995. 11
- 2) IMO：電子海図に関する調和作業部会議事録（第1回～第14回）
- 3) IMO：航行安全小委員会議事録（第31回～第41回）
- 4) 新規船用品の評価基準に関する委員会調査報告書（電子海図装置中間報告）：平成7年3月、日本船用品検定協会

付録 1 ECDIS 動作基準案

1. まえがき

- 1.1 ECDIS の基本的機能は、安全航行に寄与することである。
- 1.2 適当なバックアップ装置を備えた ECDIS は、1974 年 SOLAS 条約の第 V 章第 20 規則で要求される「更新された海図」に適合するとして承認できるものである。
- 1.3 ECDIS は、IMO の決議 A. 694 (17)「the General Requirements for Shipborne Radio Equipment forming Part of the Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS) and for Electronic Navigational Aids」*に加えて、この動作基準の要件に適合すること。
- 1.4 ECDIS は、各国政府で認められた水路局の認可のもとに、発行され配布される、安全で効率のよい航海に関連するすべての水路情報を表示できるものであること。
- 1.5 ECDIS は、電子海図情報の簡単に信頼し得る更新が容易にできるものであること。
- 1.6 ECDIS は、紙海図を利用するのに比べて航海作業負担を軽減するようであること。
ECDIS は、現在紙海図上でなされる全ての航路計画や航路監視や船位決定が、航海者にとって時宜に適した都合のよい方法でできること。また、船の位置を連続的にプロットできること。
- 1.7 ECDIS は、各国政府で認められた水路局の認可のもとに発行されている紙海図と少なくとも同様の信頼性と利用性があること。
- 1.8 ECDIS は、表示された情報や装置の故障に関する適当な警報或は表示を備えること (Appendix 5 参照)。

2. 定義

- 2.1 この動作基準の目的のための用語の定義は、次による。
 - 2.1.1 Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) とは、航海用センサーより得られる船位情報と共に、システム航海用海図 (System Electronic Navigational Chart : SENC) から選定された情報を表示し、航路計画と航行監視の面で、並びに必要に応じ追加的な航海関係情報を表示して、航海者を援助するもので、適当なバックアップ装置を備えて 1974 年 SOLAS 条約の第 V 章第 20 規則で要求される「更新された海図」に適合するとして承認できる航海用情報装置である。

* IEC Publication 945 (Appendix 1 参照)

- 2.1.2 Electronic Navigational Chart (ENC) とは、各国政府で認められた水路局の認可のもとに、ECDIS に用いられるものとして発行され、その内容と構成とフォーマットについて標準化されているデータベースである。ENC は、安全航海に必要な海図情報をすべて含み、また紙海図に含まれる情報に加えて安全航海に必要と考えられる補助的な情報 (例えば sailing direction) を含んでいてもよい。

- 2.1.3 System Electronic Navigational Chart (SENC) とは、ECDIS によって、その適切な使用のために、ENC から移し替えられたデータベースと、適切な方法によって与えられる ENC の更新情報、及び航海者によって附加されるその他のものからなるデータベースである。
表示の発生や他の航海機能のために ECDIS において実際にアクセスされ、更新された紙海図と同等なのは、このデータベースである。SENC は、他の情報源からの情報も含んでいる。

- 2.1.4 Standard Display とは、海図が最初に ECDIS に表示されるとき表れる SENC 情報である。航海者の必要に応じて、航路計画や航行監視のために供給される航海者によって修正可能である情報レベルである。

- 2.1.5 Display Base とは、航海者が、表示から取り去ることができない SENC 情報のレベルで、あらゆる地理上の区域に於いて、どんな状況の時でも必要とされる情報からなっている。但し、これは安全航海に充分なものと思っ

- てはいけない。
- 2.2 ECDIS の定義に関する詳細な情報が、IHO Special Publication 52 の Appendix 3 にある (Appendix 1 参照)。

3. 海図情報の表示

- 3.1 ECDIS は、全ての SENC 情報を表示できること。
- 3.2 航路計画や航行監視の時の表示に利用される SENC 情報は、Display Base, Standard Display, All Other Information の 3 つのカテゴリー (Appendix 2 参照) に分類されていること。
- 3.3 ECDIS は、いかなる時も使用者の単一操作で Standard Display を表示できること。
- 3.4 ECDIS で、最初に海図が表示された時、SENC 中のその海域に対する利用可能な最も大きなスケールで、Standard Display を表示すること。

- 3.5 ECDIS の表示から情報を容易に取り除いたり、附加したりできること。但し Display Base の情報は取り除くことができないこと。

- 3.6 航海者が、SENC に含まれる水深線の中から安全水深線を選択できること。ECDIS は必ず安全水深線を、他の水深線より強調して表示すること。
- 3.7 航海者が、安全水深を選択できること。ECDIS は、点水深を表示するよう選んだ時は、必ず安全水深より浅い水深を強調して表示すること。
- 3.8 ENC 並びにその更新情報は、それに含まれる情報を劣化させずに表示されること。
- 3.9 ECDIS は、ENC 並びにその更新情報が、正しく SENC にロードされたことを、確かめる方法を備えること。
- 3.10 ENC 並びにその更新情報は、他の表示情報、例えば Appendix 3 に掲げるような情報とは、明確に区別できること。

4. 海図情報の供給と更新*

- 4.1 ECDIS に使用される海図情報は、各国政府で認められた水路局の認可のもとに発行される最新の編集によるものであり、IHO の標準に適合していること。
- 4.2 SENC の内容は、1974 年 SOLAS 条約第 V 章第 20 規則に適合するように、意図する航海のために適当であり、且つ更新されたものであること。
- 4.3 ENC の内容は、変更できないこと。
- 4.4 更新情報は ENC 情報とは分離して記憶されること。
- 4.5 ECDIS は、IHO の標準フォーマットに従って供給される ENC データの公的な更新を受け入れることができること。これらの更新は、SENC に自動的に適用されること。また更新がどのような方法で受け入れられても、その受入過程で使用中の表示を妨げないこと。
- 4.6 ECDIS はまた、手動で入れられる更新を、データの最終的な受け入れに先立って、簡単な方法で確認された後受け入れられること。これらは表示画面上で ENC 情報や公的更新とは区別され、また表示の見易さを損わないこと。
- 4.7 ECDIS は、更新の記録を、その適用の日付と共に残しておくこと。
- 4.8 ECDIS は、その内容を確認するために、またそれらが SENC の中に入れられたことを確かめるために、更新情報を表示できること。

5. スケール

- ECDIS は、次のような場合、警告表示をすること。
- 5.1 情報が ENC に含まれているものよりも大きなスケールで表示されている場合。

* Appendix 1 to IHO Special Publication S-52 (Appendix 1 参照)

** Appendix 2 to IHO Special Publication S-52 (Appendix 1 参照)

*** IEC Publication 1174

- 5.2 自船の位置が現在表示されているよりも、大きなスケールの表示が ENC の中にある場合。

6. 他の航海情報の表示

- 6.1 レーダー情報やその他の航海情報を、ECDIS の表示面上に重畳してもよい。この場合は、SENC の情報を劣化させてはならないし、また、SENC の情報と明白に区別されること。
- 6.2 ECDIS と附加航海情報は、共通のリファレンスシステムを用いること。もしそうでない場合は、警告表示を与えること。
- 6.3 レーダー
 - 6.3.1 転送されたレーダー情報は、レーダー映像と ARPA 情報の両者を含んでいてもよい。
 - 6.3.2 レーダー映像が ECDIS の表示に重畳される場合は、海図とレーダー映像はスケールも、方位も一致していること。
 - 6.3.3 レーダー映像と船位センサーからの位置は、操船場所とアンテナの位置のずれに対して自動的に修正されること。
 - 6.3.4 レーダー映像が SENC 表示と合致するように、自船の表示位置を手動で修正できること。
 - 6.3.5 レーダー情報は、操作者の単一操作で取り除くことができること。

7. 表示モードと隣接区域の発生

- 7.1 必ず「ノースアップ」で SENC を表示することができる。他の方位表示も許される。
- 7.2 ECDIS は、真運動表示モードを備えること。他の表示モードも許される。
- 7.3 真運動表示モードが使用されている場合は、リセットと隣接区域の発生は、航海者により決められる距離まで表示画面の端に近付いた時、自動的に行われること。
- 7.4 海図区域と自船の位置は、表示画面の端に対して手動で変更できること。

8. 色とシンボル

- 8.1 SENC 情報を表すために、IHO 勧告の色とシンボルが用いられること。***
- 8.2 8.1 に述べた以外の色とシンボルは、Appendix 3 に列挙される航海用要素とパラメータを描くのに用いられ、かつ IEC で刊行されているものが用いられること。***
- 8.3 SENC 情報は、ENC の定格スケールに於いて表示される場合、定格の大きさでシンボルや数字や文字が表示されること。***

8.4 ECDISは、自船の表示をその時のスケールに応じた実寸大で表示するか又はシンボルで表示するかを航海者が選択できること。

9. 表示条件

9.1 ECDIS は、次のために情報を表示できること。

- 1 航路計画と補助的航海作業
- 2 航行監視

9.2 航行監視における海図情報表示画面の有効大きさは、少なくとも 270mm×270mmであること。

9.3 表示は、IHO で勧告する色と分解能の要件*に適合すること。

9.4 表示の方法は、表示された情報が昼夜を問わず船橋で通常経験される明るさのもとで、二人以上の観測者によって明白に視認できることが確認されること。

10. 航路計画, 航行監視, 航海記録

10.1 簡単に信頼し得る方法で、航路計画や航行監視が実行できること。

10.2 ECDIS は利用者に親切な操作のために、次の人間工学的原則で設計されていること。

10.3 与えられた海域に於いて、その船の安全水深線を横切るときや、航行禁止区域に進入しようとするときの警報や警告表示のため、或は Appendix 4 に従う自動警告のためには、常に SENC の中で利用し得るうちの最大のスケールのデータが使用されること。

10.4 航路計画

10.4.1 直線又は曲線の線分で、航路計画が実行できること。

10.4.2 計画された航路は、例えば次のような内容の修正ができること。

- .1 航路への変針点の追加
- .2 航路から変針点の削除
- .3 変針点位置の変更
- .4 航路における変針点順序の変更

10.4.3 選定された航路に加えて、別の航路を計画できること。選定された航路は、他の航路と明確に区別できること。

10.4.4 航海者が自船の安全水深線を横切って航路を計画した場合は、警告表示すること。

10.4.5 航海者が航行禁止区域や特別な条件のある地理的区域（Appendex 4 参照）の境界を横切って航路を計画した場合は、警告表示すること。

10.4.6 計画航路からの自動偏位警報を発生させる偏位距離限界を、航海者が設定できること。

10.5 航行監視

10.5.1 航行監視のために、選定された航路や自船の位置は、それが存在する海域を表示する時、必ず

表われること。

10.5.2 航行監視の時に、自船が表示されない海域も（例えば前方監視や航路計画のために）表示できること。もしこのことが航行監視中に使用される表示上でされるならば、自動的な航行監視の機能（例えば自船位置の更新や警報または警告表示）は連続的になされていること。自船位置のある航行監視表示画面に単一の操作で直ちに戻すことができること。

10.5.3 ECDIS は、もし自船が安全水深線の境界を越えて航行しようとする場合は、航海者が設定する予告時間をもって警報を与えること。

10.5.4 ECDIS は、もし自船が航行禁止区域或は特別の条件が存在する海域（Appendix 4 参照）の境界を越えて航行しようとする場合は、航海者が設定する予告時間をもって、航海者の選択に従って警報または警告表示を与えること。

10.5.5 計画航路から設定距離以上偏位した場合は、警報が与えられること。

10.5.6 その船の位置は、安全航海の要件に適合する精度の連続的位置測定装置から与えられること。可能な場合は必ず第 2 の独立した異なった型式の位置測定装置を備えること。ECDIS は、この 2 つの装置からの入力の間違を識別できること。

10.5.7 位置測定装置からの入力が失われた時、ECDIS は警告表示を与えること。ECDIS はまた位置測定装置から与えられる警報や警告表示を繰り返すこと。但しこの場合は、警告表示のみとすること。

10.5.8 航海者が設定する予告時間或は距離をもって、自船が航路上の危険位置に近付いた時は、警報を与えること。

10.5.9 位置決定装置と SENC の測地系は、同じものであること。そうでない場合は、ECDIS は警報を与えること。

10.5.10 選定航路の他に、別の航路も表示できること。選定された航路は、他の航路と明確に区別されること。航海中に航海者は、選定した航路を修正したり、別の航路への変更ができること。

10.5.11 次のものの表示ができること。

- .1 要求に応じて手動で、また自動的に 1 分から 120 分の間の選定された時間間隔で、船の航跡に沿ったタイムラベル。
- .2 適当な数の、点、自由に動かせる電子的方位線、可変と固定の距離マーカ、或は Appendix 3 に示したような航海目的に必要な他のシンボル。

10.5.12 いかなる位置も地理的座標で入力することがで

き、また要求に応じて表示できること。また、表示面上のいかなる点（形象、シンボルまたは位置）も、要求に応じてその地理的座標を読みだすことができること。

10.5.13 手動で自船の地理的位置を修正できること。この手動修正は、画面上に数字表示で記録され、航海者によって変更されるまで残され、自動的に記録されること。

10.6 航海記録

10.6.1 ECDIS は、過去 12 時間にわたって、航海を再構築し、かつ用いられたデータベースを公的に立証するのに必要最小限な表示要素を、記憶し再生できること。次のデータが 1 分以下の間隔で記録されていること。

- .1 時刻、位置、船首方位や速力：自船の過去の航跡の記録を確かめるため
- .2 ENC 源、編集日付、セル、更新記録：公的データの記録を確かめるため

10.6.2 これに加えて、全航海の完全な航跡を 4 時間以下の間隔の時刻と共に記録すること。

10.6.3 記憶された情報をごまかしたり、変更したりすることができないようになっていること。

10.6.4 ECDIS は、過去 12 時間の記録と航跡を、保存できること。

11. 精度

11.1 ECDIS によって行われるすべての計算の精度は、出力機器の特性に左右されないこと。また、SENC の精度と一致すること。

11.2 表示面上に描かれた方位と距離、或は表示面上に既に画かれて測定された物標間の方位と距離は、表示面の分解能から得られる精度より劣ってはならない。

* IEC Publication 1162

12. 他の装置との接続*

12.1 ECDIS は、センサー入力を提供する他の装置の性能を劣化させないこと。また選択された装置の接続は、ECDIS の性能をこの基準以下に劣化させないこと。

12.2 ECDIS は、連続的な位置測定、並びに船首方位と速力情報を供給する装置に接続されていること。

13. 作動テスト、故障警報と警告表示

13.1 ECDIS は、主要な機能の船上テストを実行する自動的または手動的な方法を備えること。故障に際して、このテストは、どのモジュールが悪いか示す情報を表示すること。

13.2 ECDIS は、装置の故障についての適当な警報または警告表示をすること。

14. バックアップ装置

14.1 ECDIS の故障の場合にも、安全な航海を確保するために、適当なバックアップ装置を備えること。

- .1 ECDIS の故障が重大な結果をもたらすことを防ぐために、ECDIS 機能の安全なつなぎをする装置を備えること。
- .2 ECDIS が故障した時のために、残航の安全な航行のための手段を容易にするためのバックアップ装置が備えられていること。

15. 電源

15.1 非常電源が供給される場合は、[1974 SOLAS 条約の第 II 章第 1 規則の該当要件に従って] ECDIS 及びその通常の機能に必要な全ての装置を、作動させることができること。

15.2 一つの電源から他の電源への切替、或は電源の 45 秒以内の中断は、手動での再初期化を必要としないこと。

* Appendix 2 to IHO Special Publication S-52

APPENDIX 1 REFERENCE DOCUMENTS 引用文書

次の国際機関が、次にあげるような技術的標準や規格を、この基準と共に用いるために作成した。これらの文書の最新版は関係機関から入手できる。

1. INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANISATION

Address : Directing Committee
International Hydrographic Bureau,
BP 445
MC 98011 Monaco cedex,
Principality of Monaco
Phone : +33 9350 6587
Fax +33 9325 2003

Publications

1. Special Publication No 52 : “Provisional Specifications for Chart Content and Display of ECDIS” , 2nd Edition, September 1992.
2. SP 52 Appendix 1 : “Report of the IHO (COE) Working Group on Updating the Electronic Chart” , 1st Edition, June 1990.
3. SP 52 Appendix 2 : “Provisional Colour and Symbol Specifications for ECDIS”, 1st Edition, February 1991.
4. SP 52 Appendix 3 : “Glossary of ECDIS-related Terms” , 1st Edition, July 1991.
5. Special Publication No 57 : “IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data”

2. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC)

Address : IEC Central Office
3 rue de Varembe
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Phone : +41 22 734 01 50
Fax +41 22 733 38 43

Publications

1. IEC Publication 1174, “Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)”
2. IEC Publication 945, “General Requirements for Shipborne Radio Equipment Forming Part of the Global Maritime Distress and Safety System and Marine Navigational Equipment”
3. IEC Publication 1162, “Digital Interfaces-Navigational and Radiocommunications Equipment On-board Ship”

APPENDIX 2

航路計画と航行監視の時の表示に利用される SENC 情報

- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Display Base, ECDIS の表示に必ず残されている情報で、次のものからなる。 <ol style="list-style-type: none"> .1 海岸線 (high water) .2 自船の安全水深線、航海者によって選択されるもの .3 安全水深線で定められる安全水域内にある、安全水深線より浅い水中孤立障害物 .4 安全水深線で定められる安全水域内にある、孤立障害物、例えば橋や空中ケーブル等であって、航海援助用であるなしにかかわらず浮標や立標等を含む .5 分離通航方式の航路 .6 スケール、距離、方位基準、表示モード .7 水深と高さの単位 | <ol style="list-style-type: none"> 2. Standard Display, 海図が最初に表示される時 ECDIS に表示されるもので、次のものからなる。 <ol style="list-style-type: none"> .1 Display Base .2 干出岸線 .3 固定又は浮いている航路標識の表示 .4 航路や水道等の境界線 .5 目視上の、又はレーダー上の著明物標 .6 航行禁止区域又は航行制限区域 .7 海図のスケール境界 .8 注意記事の表示 3. All Other Information, 要求によって個別に表示されるその他の情報。例えば次のもの。 |
|---|---|

- .1 測深点水深
- .2 海底電線や海底パイプライン
- .3 フェリー航路
- .4 全ての孤立障害物の詳細
- .5 航行援助設備の詳細
- .6 航行注意記事の内容

- .7 ENC の編集年月日
- .8 測地系の名称
- .9 地磁気偏差
- .10 緯度・経度線
- .11 海域名

APPENDIX 3 NAVIGATIONAL ELEMENTS AND PARAMETERS 航海要素とパラメータ*

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. 自船 2. 1 第一航跡に対する時刻マーク付きの過去の航跡 2. 2 第二航跡に対する時刻マーク付きの過去の航跡 3. メードグッド針路速力ベクトル 4. 可変距離マーカと電子の方位線 5. カーソル船 6. イベントマーク 7. 1 推測位置 (DR) と時刻 7. 2 推定位置 (EP) と時刻 8. 測定位置と時刻 9. 位置の線と時刻 10. 転位された位置の線と時刻 | <ol style="list-style-type: none"> 11. 1 予測される流向流速ベクトルと時刻 (ボックスで囲む) 11. 2 実際の流向流速ベクトルと時刻 (ボックスで囲む) 12. 危険物 13. 避険線 14. 計画航路と速力、速力はボックスで囲む 15. 変針点 16. 走行すべき距離 17. 計画位置とその日付及び時刻 18. 光達距離 19. 転舵位置と時刻 |
|---|--|

* IEC Publication 1174 参照

APPENDIX 4 特別条件存在海域 AREAS FOR WHICH SPECIAL CONDITIONS EXIST

次の海域は、10.4.5項と 10.5.4項に従って、ECDIS が検知して警報或は警告表示をすべき海域である。

- | | |
|--|--|
| <p>Traffic separation zone
Traffic routing scheme crossing or roundabout
Traffic routing scheme precautionary area
Two way traffic route
Deepwater route
Recommended traffic lane
Inshore traffic zone
Fairway
Restricted area
Caution area
Offshore production area
Areas to be avoided
Military practise area
Seaplane landing area
Submarine transit lane</p> | <p>Ice area
Chanel
Fishing ground
Fishing prohibited
Pipeline area
Cable area
Anchorage area
Anchoring prohibited
Dumping ground
Spoil ground
Dredged area
Cargo transhipment area
Incineration area
Specially protected areas</p> |
|--|--|

APPENDIX 5
警報と警告表示
ALARMS AND INDICATORS

Section	Requirements	information	Section	Requirements	information
10.3	警報と警告表示	警報と警告表示のために 最大スケール使用	10.4.4	警告表示	安全水深線を横切ったの 航路計画
10.4.6	警報	予定航路よりの偏位制限超過	10.4.5	警告表示	特別海域を横切ったの 航路計画
10.5.3	警報	安全水深線の横切り	10.5.7	警告表示	位置測定装置よりの入力 欠如
10.5.4	警報と警告表示	特別状況海域横切り	13.1	警告表示	故障モジュール指示
10.5.5	警報	航路からの偏位限界超過			
10.5.8	警報	変針点への接近			
10.5.9	警報	測地系の違い			
13.2	警報と警告表示	ECDIS の故障			
5.1	警告表示	オーバースケール表示			
5.2	警告表示	より大きいスケールの ENC 内存在			
6.2	警告表示	他情報と共通の引用システムでない			

この性能基準に於ける “Indicators and Alarms” の定義は、IMO の出版物 “Code on Alarms and Indicators” (IMO-867E) による。
Alarm : 聴覚手段または聴視覚手段によって、注意が必要な状況を知らせる警報または警報システムである。
Indicator : 装置またはシステムの状況についての情報を与える視覚指示である。

電子海図に関する技術の動向

(株)トキメック
片山 瑞穂

Current Status of the Electronics Charts System

Tokimec Inc.
Mizuho KATAYAMA

1. ま え が き

本特集の主テーマが電子海図との事で、航海計器の開発・製造に携わっている立場から、現状（1993 年 12 月現在）の電子海図、特に ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) の技術レベルについて述べる。

電子海図に関する技術については、CRT 表示技術の発達に伴い、測位装置と一体化したプロット装置が航海に利用されるようになったが、緯度・経度表示から、相対的に海岸線を入れた海図プロットの出現に至り、これらの装置が普及するに従って、海図データの信頼性が問われるようになって来た。

1985 年頃、筆者が、ヨーロッパに駐在し、オランダにいた当時、オランダ人の退役海軍少将のファン・オブスタールと言う人と付き合いがあり、この人の提唱で、海図をどれほど正確に CRT 表示に置き換えられるか、この有用性はどうか、などを検討するため、北海・大西洋に面した国々の関係機関の有志と関連メーカが参加し、ノースシープロジェクトなるものが結成され、情報交換が行なわれた。実際にドイツの調査船で航海し、電子海図の有用性を検討した。

直接ではないが、これらの検討結果が ECDIS 基準案の元になり、統合ブリッジ・システムである、Integrated Bridge System (IBS) の核となる表示装置を、レーダー用の CRT と共用し、他目的にも使用される多目的化からレーダー表示器もラスタースキャン方式に移り変わる要因になったともいえる。

IBS 又は INS (Integrated Navigation System) は、ナビゲータの使命である “自船を知り、他船を知り、環境を知る” という作業を統合化する所に価値があり、

電子海図を中心とした情報提供は、正にこの要求を満たすものとなりつつある。(図-1 船舶の使命)、(図-2 IBS へのアプローチ) 参照。

電子海図の技術となると、CRT 表示装置、及び、プロセッサとソフトウェアの技術に大別されるが、大きく捕らえ、海図・水路図の制度と運用方法をソフトウェアと考えるならば、コンピュータのソフトウェアを含め電子海図装置をハードウェアと考えて、話を進めたいと思う。

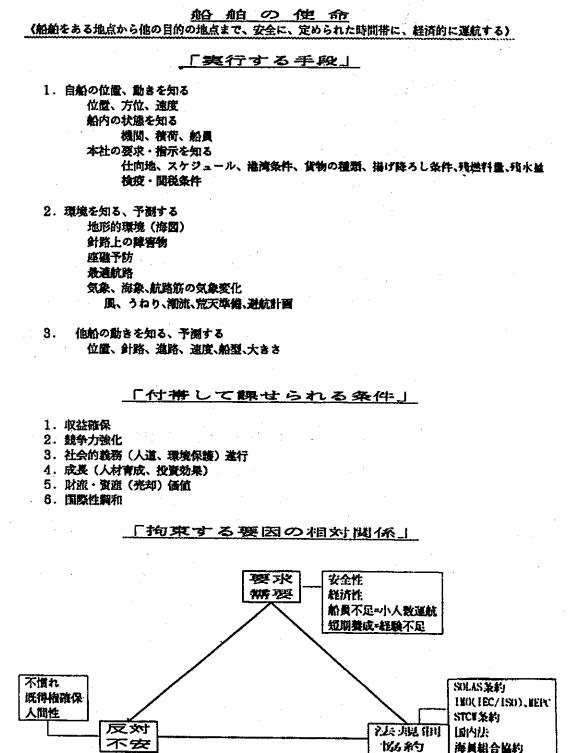


図-1

使命・目的を 実行する手段	航海・操船 作業(Tasks)	装置の 機能・性能 (Software)	装置 (Hardware)	MMI 配置・構成
I - B - S 実行する手段を、 設備の機能統合 により一人当直 者で可能にする 作業環境整備	① 自船 ② 環境 ③ 他船	針路監視 衝突回避 航路計画 航路ミタ 座礁予防 安全管理 警報・警告 海図表示 航海情報表示 操船	RADAR/ARPA ECDIS/ERS PILOT BW/NID PLANNER Nav. Sensors	サイズ・形状 傾斜 配置・距離 輝度・照度 色・光沢 操作性 コンソール 視野・視界
《評価基準》	《条件分析》	《作業分析》	《装置分析》	《操作性分析》
	⇒ 機関 ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ 船体・荷役 ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ 運用管理(Operation) ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ 船内管理(Administration) ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ 通信 ⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒	⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒	⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒	⇒ ⇒ ⇒ ⇒ ⇒
			Soft ware and Hard ware	

TOKIMEC

Diagram illustrating the IBS Block Diagram (Example) showing the integration of various marine electronic systems:

- Radar (BR-3440)** and **Radar (BR-3440)** are connected via **Inter-SW** and **Video Sig.** to the **ECDIS (EC-6000)**.
- ECDIS (EC-6000)** is connected to the **P.D.S.** (Plotting Display System).
- P.D.S.** receives input from **Gyro Compass**, **Speed Log**, **GPS**, **DGPS**, and **Loran-C**.
- P.D.S.** is connected to the **Network (Ethernet)**.
- Network (Ethernet)** connects to the **Bridge Monitor (BM-2000)** and the **I/F Unit** (Interface Unit).
- I/F Unit** is connected to **Radar (BR-3440)** via **(RS-422)** and to **Auto-Pilot (PR-8000)** via **Heading Sig. (RS-422)**.
- Auto-Pilot (PR-8000)** is connected to **Gyro Monitor** via **Heading Sig. (RS-422)**.
- Gyro Monitor** receives input from two **Gyro Compass (TG-6000)** units.
- Bridge Monitor (BM-2000)** receives input from **Weather Station**, **Rudder Angle Ind.**, **Echo sounder**, and **Engine Monitor**.
- Bridge Monitor (BM-2000)** outputs **General & Ext. Alarm**.

Figure 3

Marine System Div.

IMO性能基準で要求されるECDISの主な機能 — 1

(1) 海図情報の表示

- ・ Display Base 航海者が表示から取り去ることができないSENC情報
- ・ Standard Display 海図が最初に表示される時に表れるSENC情報
- ・ All Other Information

(2) 改補

- ・ ENCの内容は変更できないこと。
- ・ 自動/手動改補が可能なこと。

(3) 他の航海情報の表示

- ・ レゾ映像とARPA情報の重畳をしても良い（1回の操作で取り除くことができること）
- ・ その他の付加情報

(4) 航海計画

- ・ 直線又は曲線の線分で航海計画が立案できること。
- ・ 計画された航路は変針点の追加/変針点の削除/変針点位置の変更/変針点順序の変更ができること。
- ・ 自船の安全水深線或いは航行禁止区域や特別な条件のある地理的区域を横切って、航路を計画した場合は警告表示すること。

図-4 (a)

マリンシステム事業部

IMO性能基準で要求されるECDISの主な機能 — 2

(5) 航行監視

- ・ 選定された航路や自船の位置は、それが存在する海域を表示する時、必ず表れること。
- ・ 自船位置のある航行監視表示画面に単一の操作で直ちに直すことができること。
- ・ 自船が安全水深線の境界或いは航行禁止区域や特別な条件が存在する海域を越えて航行しようとする場合は、ECDISは航海者の選択に従って警報或いは警告表示を与えること。
- ・ 計画航路から設定距離以上偏位した場合は、警報が与えられること。
- ・ 可能な場合は必ず第2の独立した異なった型式の位置測定装置から与えられること。
- ・ 要求に応じて船の航跡に沿ったタイムベール、EBL/VRM或いは航海目的に必要な他のシグナルが表示できること。

(6) 航海記録

- ・ 次のデータが1分以下の間隔で記録されていること。
時刻、位置、船首方位や速力
ENC、編集日付、エラー、更新記録
- ・ 記憶された情報をごまかしたり、変更したりすることができないようになっていること。
- ・ 全航海の完全な航跡を4時間以下の間隔の時刻と共に記録すること。

(7) バックアップ装置

図-4 (b)

マリンシステム事業部

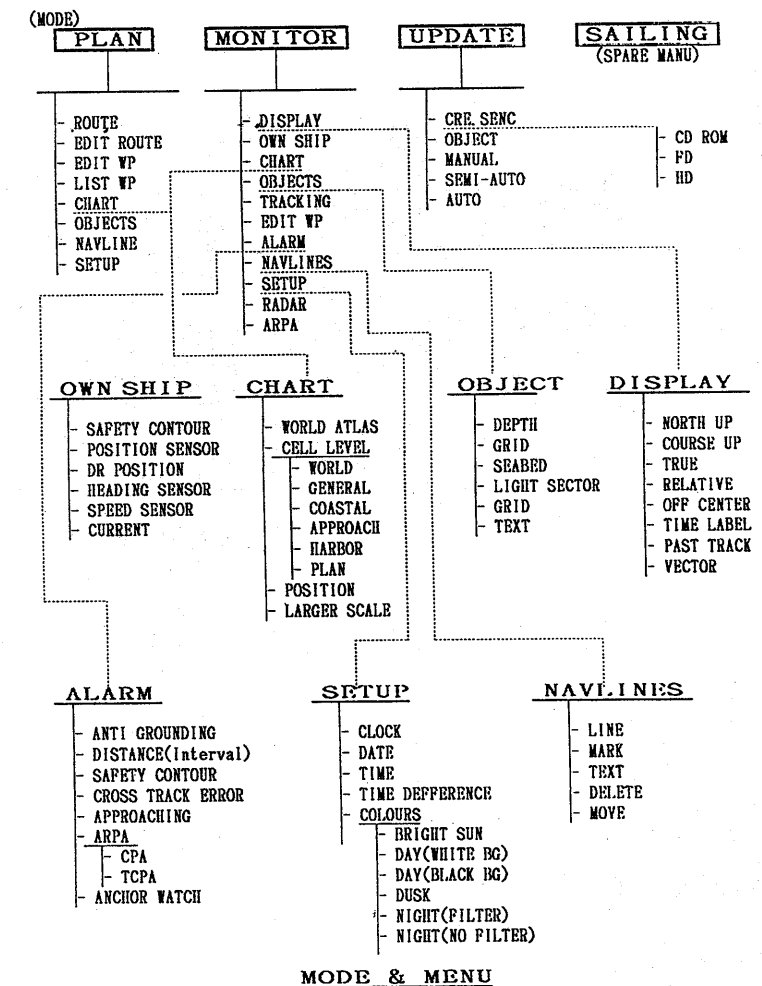
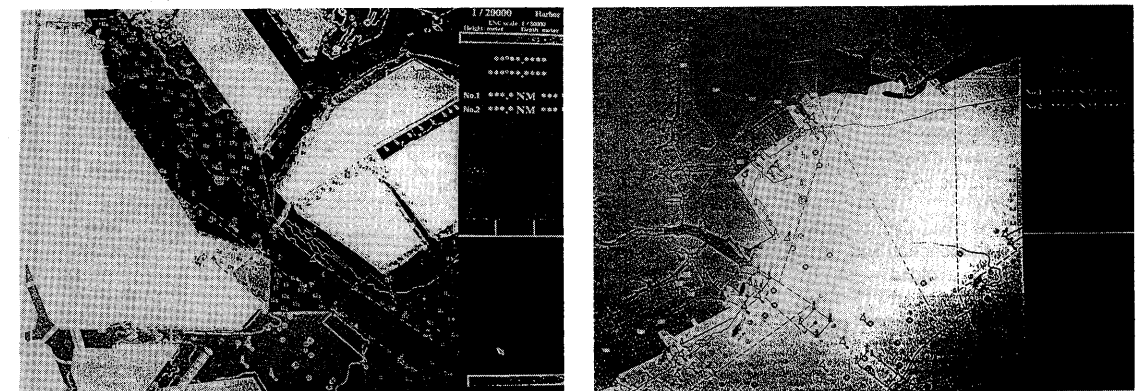


図-5



ECDISの表示例

図-6

要求機能と操作

基本操作 電源スイッチ デガウス 輝度調整	初期設定 カーソル速度 表示尺度補正 時刻設定 安全水設定 自船長巾設定 7m位置設定 接続位置選択	改針 来艇チェック 改針	色 色調選択
位置合わせ機能 ARPA情報	レーダー調整 画像重量 位置補正	物理量調整機能 距離 方位 緯度・経度 物標識別 EBL/VRM	
自船位置情報 WP情報 ETA 緯度・経度 速度 方位 CMG SMG XTE 水深	航路計画機能 計画モード ルート選択 WP設定 旋回半径設定 WPコメント WP-WP/DSTI 方位・距離・ETA・所要時間 大圏航法 初期針路 計画リストプリント	自船位置情報 目的地選定 開始・停止 海域選択 レベル選択 セル選択 スケール選択 スクロール 表示オン・オフ	
Waypoint 情報 WAYPOINT No. _____ 緯度 _____ N 経度 _____ E 新針路 140.9° 旧針路 334.4° 旋回半径 0.7nm 旋回角速度(20nm) 26.7°/m 次変針点までの距離 8.0nm / 時間 0 11 20 M 到達見込時間 0 13 45M 最後の変針点よりの距離 40.5nm	安全機能 座礁予防 余裕距離 加減速アラーム 航路幅 接近警報 接近距離 警報停止		

図-7

TOKIMEC

ECDIS

TOKIMEC ECDIS EC-6000

航海計画機能

- (1)入力方法
 - 画面入力/外部入力
 - 緯度経度入力(一覧表示)
- (2)計画航路の編集
 - 変針点の追加/削除
 - 変針点の変更
 - 変針点の順序変更
- (3)航法
 - 漸長緯度航法/大圏航法
- (4)登録可能航路 90ルート
 同時表示可能航路 5ルート
 変針点数 100点/ルート
- (5)変針点に於ける変針法
 - 旋回半径指定
- (6)座礁予防

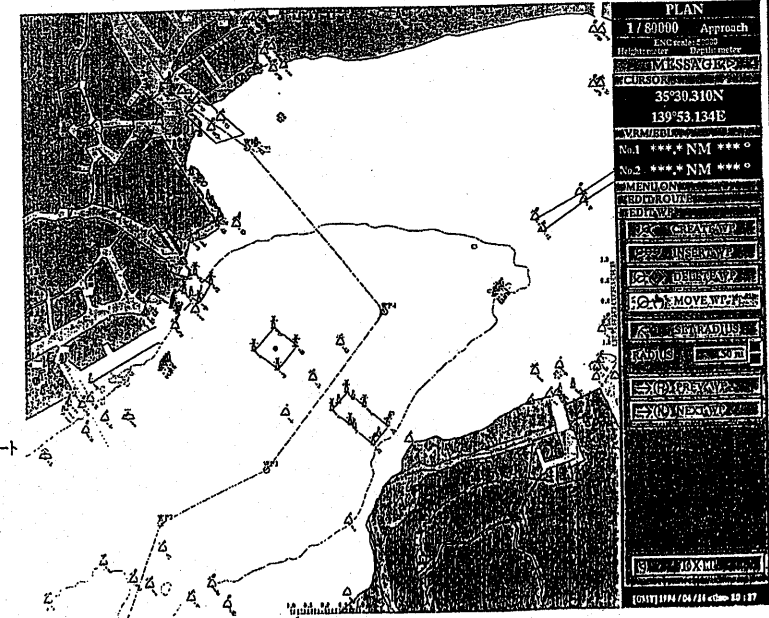


図-9

マリンシステム事業部

TOKIMEC

ECDIS

TOKIMEC ECDIS EC-6000

航行監視機能

(1)座礁警報

- 安全水深線
- 航行禁止区域や

特別な条件のある海域

- Traffic separation zone
- Traffic routing scheme crossing or roundabout
- Traffic routing scheme precautionary area
- Two way traffic route
- Deepwater route
- Recommended traffic route
- Inshore traffic zone
- Fairway
- Restricted area / Caution area
- Offshore production area
- Areas to be avoided
- Military practice area
- Seaplane landing area
- Submarine transit lane
- Ice area / Chanel
- Fishing ground/Fishing prohibited
- Pipeline area

ETC.(P.S. appendix 4参照のこと)

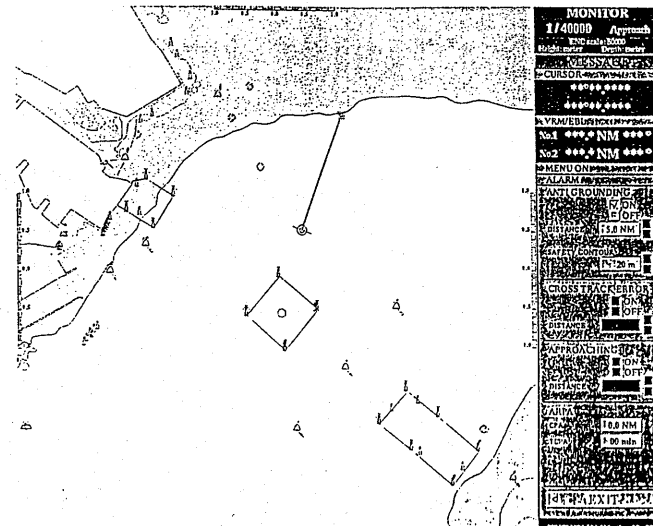


図-8

マリンシステム事業部

TOKIMEC

ECDIS

TOKIMEC ECDIS EC-6000

レーダー映像とARPA情報の重畳表示

(1)ARPA

- ①ベクター表示
- ②DAC表示
Dangerous Area of Collision
衝突危険範囲を表示
- ③アラート
NMEA-0183/RASCARフォーマット
最大入力数: 2チャンネル

(2)レーダー

- ①映像信号
ビデオ/トリガー
7m回転信号
- ②接続可能台数
最大2台

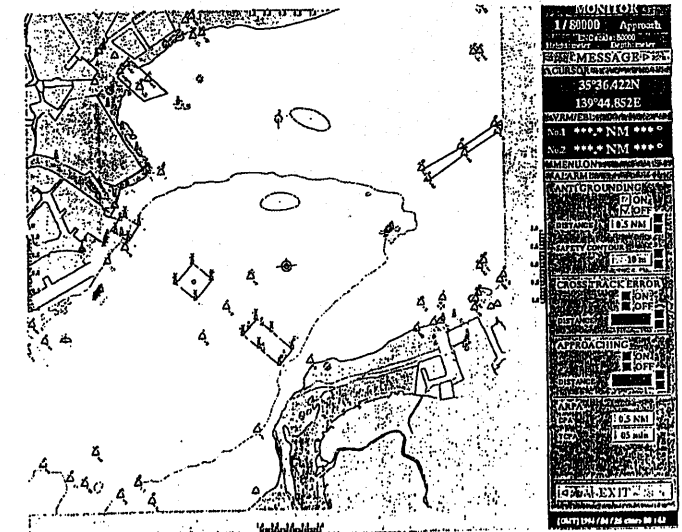


図-10

マリンシステム事業部

電波航法研究会 平成6年度事業報告

電波航法研究会事務局

Record of the Work Carried Out by the Japanese Committee
for Radio Aids to Navigation During Fiscal Year 1994

Secretariat Office of the JACRAN

総会

平成6年度総会は、平成6年5月20日14時から海上保安庁水路部大会議室で開催された。会員数91名の内、総会出席者33名、委任状提出者47名、計80名で、当会規約第10条第4項により本総会は成立した。各議題の審議結果は次のとおりであった。

1. 平成5年度事業報告が事務局により行われ承認された。
2. 平成5年度会計報告が事務局により行われ、会計監査 臼居 勲氏及び中村勝英氏の監査報告があり、承認された。
3. 平成6年度会長、副会長の選出が行われ、満場一致で会長に鈴木務氏が、副会長には濱田悦之氏、今津隼馬氏及び廣田直照氏が選出された。
また、各幹事の委嘱については原案のとおり了承された。
4. 平成6年度事業計画案について事務局から説明が行われ、原案どおり承認された。
5. 平成6年度予算案について事務局から説明が行われ、原案どおり承認された。

研究会

1. 第1回研究会は、平成6年5月20日、海上保安庁水路部大会議室で総会にさきがけて開催され、理化学研究所 特別招聘研究員 宇井理生氏の「生命を育む情報」と題する講演が行われた。その後引き続き、「時代は宇宙へ、星瞰大地」と題するビデオが上映された。
出席者は43名であった。
2. 第2回研究会は、平成6年7月22日海上保安庁水路部会議室において開催され、水産工学研究所 古澤正彦氏の「計量魚群探知機の進歩」、三井造船 石原智明氏の「ホログラフィ技術を用いたソナー」、海洋科学技術センター 中埜岩男氏の「海洋音響トモグラフィの現状」と題する講演が行われた。
出席者は42名であった。

3. 第3回研究会は、平成6年10月3日海上保安庁水路部会議室において開催され、古野電気(株) 林忠夫氏の「キネマティックGPS」、日本無線(株) 北條晴正氏の「GLONASSの現状」、沖電気工業(株) 松代寿治氏と東芝(株) 大崎英二氏の「名古屋港における船舶通航監視システム」と題する講演が行われた。
出席者は81名であった。

4. 第4回研究会は、平成6年12月6日海上保安庁水路部大会議室において開催され、海上保安庁 塩山壽男氏の「世界のロランCチェーンの動向について」、海上保安庁 川崎日出樹氏の「ロランCシステムの較正について」、電子航法研究所 大沼正彦氏の「衛星を用いた航空航法システムの動向」と題する講演が行われた。
出席者は56名であった。

5. 第5回研究会は、平成7年2月2日海上保安庁水路部大会議室において開催され、海上保安庁 小林正光氏の「最近における光波標識の技術動向について」、(株)日立製作所 洲崎保司氏の「レーザー追尾、測距(航空機/衛星)技術の動向」、日産自動車(株) 福原祐介氏の「自動車レーザー・レーダー応用システムの動向」と題する講演が行われた。
出席者は49名であった。

6. 第6回研究会は、平成7年3月16日海上保安庁水路部大会議室において開催され、東京工業大学、関根松夫氏の「レーダーとイメージセンサにおける雑音とクラッタ除去に関する国際会議 (ISNCR '94) の開催報告」、海上保安庁 赤石節雄氏の「VTS用トランスポンダに関する国際動向」、電気通信大学 早川正士氏の「地震に伴う前兆電磁波」と題する講演が行われた。
出席者は48名であった。

特別研究会

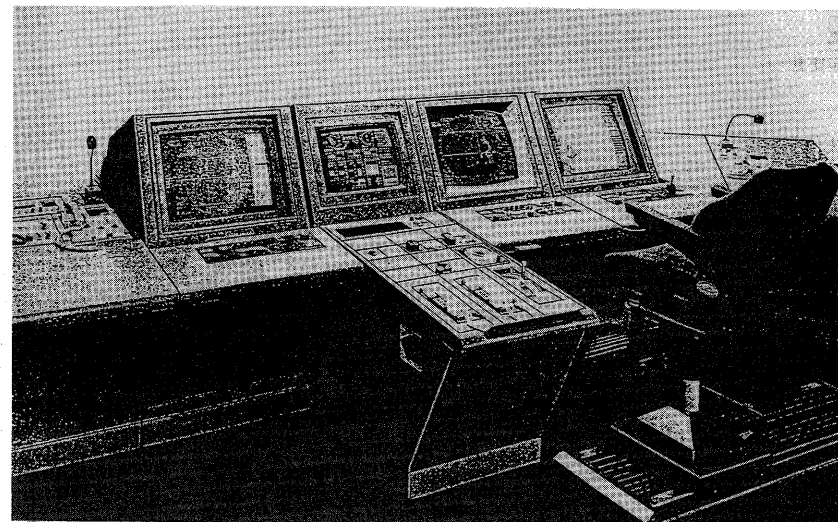
平成6年度の特別研究会(見学会)は、平成6年11月4日及び5日に開催され、新島ロランC局の見学を実

冒頭にも述べたように、電子海図装置は総合システムの中でその機能の有用性が発揮されるものである。これらの象徴としてIBSコンソールあるいはコックピットコンソールがある。(図-11 ECDISを配したIBSコンソール)(図-12 ERCSを配したコックピットコンソール)の例を示す。

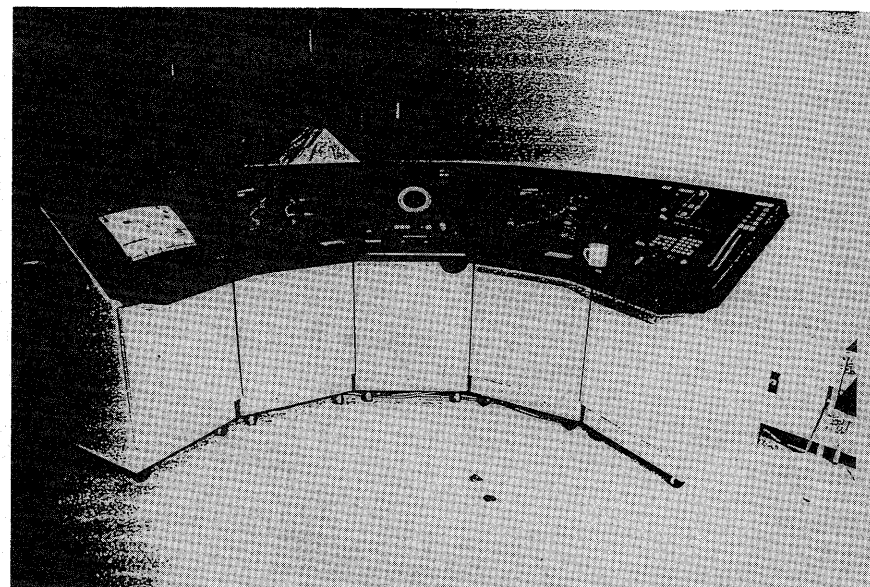
5. おわりに

本稿は、1993年12月に第4回研究会で講演した内容

のものであるが、事務局より機関誌「電波航法」に掲載する旨の連絡を受けた。電子海図装置のように国際的に急速に制度化が進められ、装置の開発が行われているものは、最新の動向情報は常に重要であるが、時間と共に情勢は大きく変わってしまうことがある。おおよそ3年前に講演を依頼された時期から考えると、現時点での解説をしなければならない程変化しているが、話しの趣旨を変えずに原稿を見直し注釈を入れたので読みにくいかと思うがご容赦願いたい。



電子海図 (ECDIS) を配した IBS コンソールの例
図-11



電子海図 (ERCS) を配したコックピットコンソールの例
図-12

施した。

出席者は26名であった。

幹事会

企画及び編集幹事会は、合同で平成6年5月20日、7月22日、10月3日、12月6日、平成7年2月2日及び3月16日に開催され、予算案、事業計画、研究テーマ、行事計画、会誌「電波航法」の編集刊行等についての審議が行われた。

会誌発行

会誌「電波航法」は、現在編集準備中である。

会員数

平成7年3月31日現在

正	会員	40社	86口
個人	会員	12名	5口（終身会員）
			7口（年会員）
推薦	会員	16名	
特別	会員	19名	（同一大学等は1名とする）

会員の移動

退会

正会員	ナビックスマリン(株)
個人会員	上月 敏明 氏
推薦会員	大岡 茂 氏

死 亡

個人会員	小野 確良 氏
------	---------

——電波航法——ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW——

平成8年2月20日 印刷 1996

平成8年2月25日 発行 No. 38

編 集 東京都千代田区霞ヶ関2-1-3 運輸省9階

発 行 海上保安庁灯台部電波標識課気付

電 波 航 法 研 究 会

Japanese Committee for Radio

Aids to Navigation

c/o Radio Navigation Aids Division

of Maritime Safety Agency

2-1-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo, Japan

印 刷 東京都文京区湯島1-2-4 神田セントビル7階

岩 城 印 刷 株 式 会 社

OKI
People to People
Technology

SYNHOLOGY
あなたの感性に響き合う。

ハイエンドPCサーバマシン
if Server 590/SL

**ハイコストパフォーマンス
ビジネスデスクトップマシン**
if Station DX Series

**高速CPU
最新のアーキテクチャで
次代のサーバ&
クライアントマシンを
フルラインナップ。**

**ハイパフォーマンス
デスクトップマシン**
if Station 590/DS

**Windows®95対応
Pentium™ ノートパソコン**
if Note 590C/590S



FAXで今すぐ資料をお手元へ。沖電気ファクシミリ情報サービス			
1	FAXから電話して下さい。 03-3503-2223 音声ガイダンスが聞こえます。	2	資料番号を 押して下さい。 〇〇〇
3	スタート ボタンを 押して下さい。	資料番号	if Server 511 if Station DX 512 if Station DS 513 if Note 502

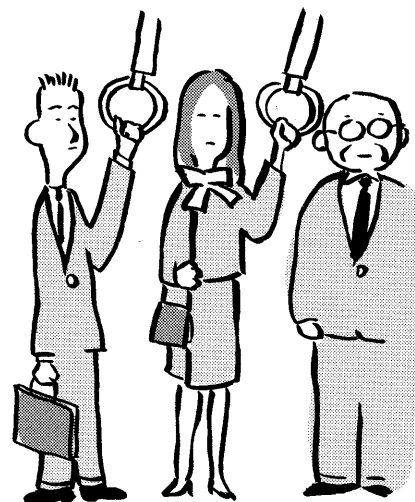
※Pentium™ Processorは、Intel Corporationの登録商標です。※Intel Insideロゴは、米国インテル社の米国での登録商標です。※MS、MicrosoftおよびWindowsは米国Microsoft Corporationの米国およびその他の国における登録商標です。※その他、記載されている会社名、製品名は一般に各社の商標または登録商標です。

■製品に関するお問合せは：
インフォメーションセンター ☎0120-490-988
受付時間9:00～17:00 月曜日～金曜日（祝日は除く）

沖電気工業株式会社 ■お問合せは：官公営本部 〒108 東京都港区芝浦4-10-3（本社別館） ☎（03）3454-2111（大代）

夢をかたちに
信頼と創造の富士通

FUJITSU



マナーのよい
携帯電話。



新登場

ふるえて、静かに、知らせます。

バイブレータ機能が、振動で着信をお知らせ。
電車内や美術館などでも、周囲に迷惑をかけません。

●オリジナル音で呼び出せる着信音選択機能 ●相手側の音声が大きくなる拡声機能

小さい!
130cc

軽い!
185g

NTT
ドコモ
グループ
デジタル800M
方式

NTTドコモ
デジタルムーバ F101 (HYPER)
800



※電池パックS装着時
※「ムーバ」はNTT DoCoMoの登録商標です。

① 今すぐ右の用紙を拡大コピーして、必要事項をご記入のうえ
FAXでお送りください。詳しい資料をお届けします。

東京 FAX (03) 5323-7544

(NTT DoCoMo代理店) 富士通株式会社 通信営業部

貴社名 _____ 業種 _____
お名前 _____ 所属/役職 _____
所在地 _____
TEL. () _____

デジタル携帯電話は富士通

高騒音下での作業に最適！

～遮音型トランシーバー～



特長

- 特殊マイク（骨伝導型、咽頭型）を使用しているため、騒音の多い場所でも明瞭な通信が可能です。
- 400 MHz 帯特定小電力無線を使用していますので、免許、資格が不要です。
- ハンズフリーで通信可能な二周波同時送受話方式と VOX（音声入力自動送信）による交互通話方式の2機種があります。
- すべての機能がヘッドセットに収納されているため、外部には不要なケーブルがありません。



長野日本無線株式会社

営業本部 〒151 東京都渋谷区千駄ヶ谷5丁目33番8号 ☎ 03 (5360) 4560

コミュニケーション空間の限りなき革新をめざし

営業品目

■ 機 器

無線応用・航法援助機器
無線通信装置
電子応用装置
事務器・OA関連機器

■ 電源装置

放送用通信機器用
電力プラント用
鉄道関係用
事務機器用

■ 部 品

コンデンサ、トランス
ラインフィルタ
バンドパスフィルタ
P F N



長野日本無線株式会社

本社・工場 〒381-22 長野市稲里町下水鉾1163番地 ☎ 026 (291) 1111
営業本部 〒151 東京都渋谷区千駄ヶ谷5丁目33番8号 ☎ 03 (5360) 4560