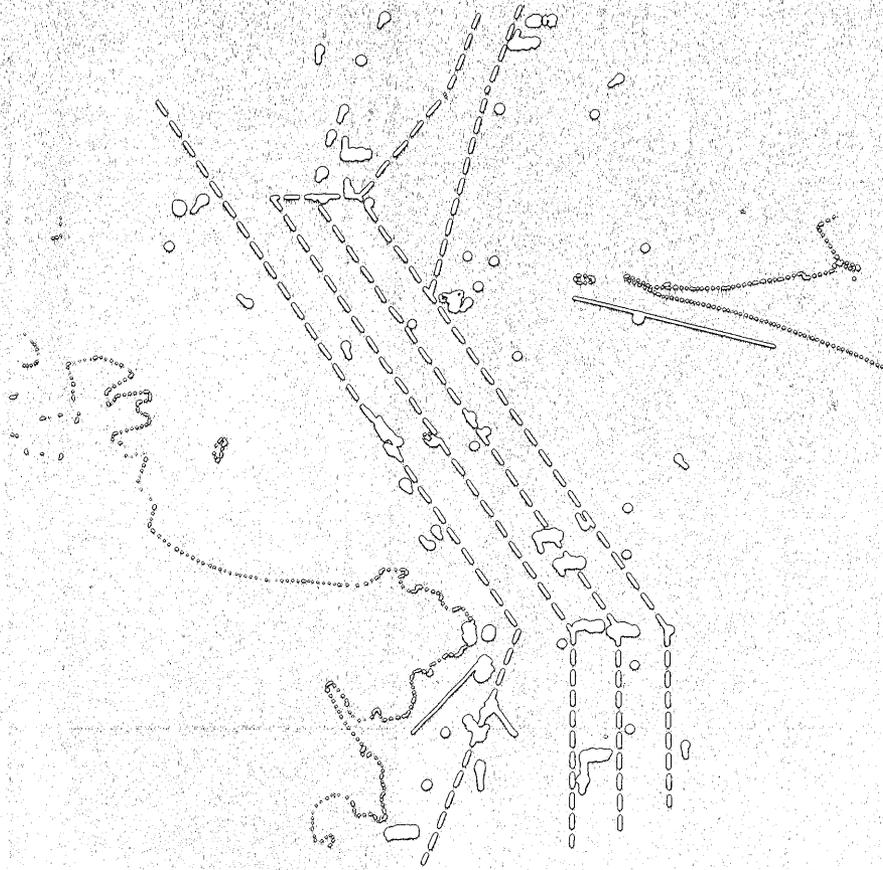


ISSN 0287-6450
Denpa khōhō

ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW

電波航法



JACRAN. 45

2004

電波航法研究会 発行

Published by the Japanese Committee-
for Radio Aids to Navigation

今、話題の装置を検証する

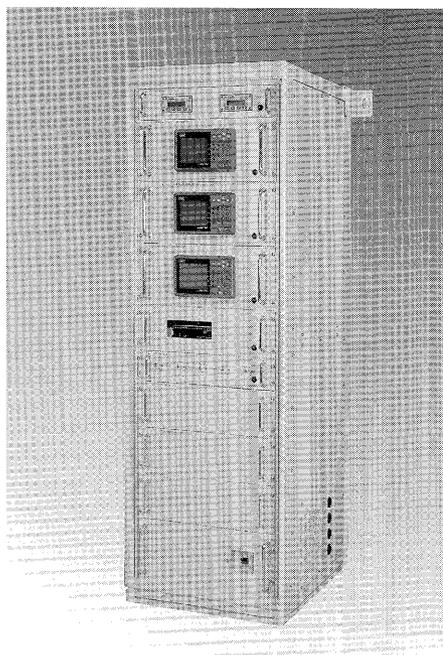
AISシステムの機能調査と評価に貢献

インテリジェントな船舶用システムの開発、設計はお任せください。

- 船内LANシステム
- UUCPメールサーバシステム
- AISシステム評価装置
- 各種システム評価装置

(AISシステム評価装置)

AIS 船舶局や AIS 陸上局等とのデータ送受信を行ない VHF データリンクを監視し、AIS システムの改善をはかるために必要な評価をします。



(AISシステム評価装置)



セナー株式会社

本社	〒100-0011	東京都千代田区内幸町 2-1-1(飯野ビル)	TEL 03-3506-5331	FAX 03-3593-3866
横浜事業所	〒225-0005	横浜市青葉区荻子田 2-1-2	TEL 045-903-5336	FAX 045-901-7488
葉山事業所	〒240-0111	神奈川県三浦郡葉山町一色 339 番地	TEL 0468-75-4141	FAX 0468-75-9721
札幌営業所	〒065-0042	札幌市東区本町二条 4-7-1(松長ビル)	TEL 011-787-5662	FAX 011-787-5662
名古屋営業所	〒465-0025	名古屋市名東区上社 3-102(東名ビル)	TEL 052-703-4421	FAX 052-703-4422
神戸営業所	〒650-0023	神戸市中央区栄町通 3-6-7(大栄ビル)	TEL 078-331-7292	FAX 078-331-7381
福岡営業所	〒810-0074	福岡市中央区大手門 3-3-24(小金丸ビル)	TEL 092-711-1451	FAX 092-711-1476

URL : <http://www.sena-jp.com>

E-mail : sales@sena-jp.com

— 目 次 —
CONTENTS

巻頭言 「望まれるシステムのために」	……………	会長 今津 隼馬 ……(1)
Foreword		Chairman Hayama IMAZU
講演の記録		
[レーダーに関する講演]		
「海流について —海洋短波レーダーによる海流観測—」	……………	寄高 博行 ……(2)
		Hiroyuki YORITAKA
[GPSに関する講演]		
「衛星航法システムGPS/WAASの現状」	……………	坂井 丈泰 ……(8)
		Takeyasu SAKAI
「実験用ヘリコプタによるDGPS測位評価」	……………	奥野 善則 ……(18)
		Yoshinori OKUNO
「GPSによる測量船の高精度な高さ測定」	……………	矢吹哲一朗 ……(24)
		Tetuichirou YABUKI
[AISに関する講演]		
「AISクラスBの動向」	……………	矢内 崇雅 ……(30)
		Takamasa YAUCHI
[VTSに関する講演]		
「伊勢湾海上交通センター運用開始」	……………	武田 健司 ……(36)
		Kenji TAKEDA
[その他]		
「海底プレート境界での地殻変動観測」	……………	藤田 雅之 ……(40)
		Masayuki FUJITA
「Our products of Long Range Tracking & Ship Security Alert System」	……………	伊藤 功 ……(46)
		Isao ITOU
「長波帯標準を利用した高安定発信器」	……………	甲田 正夫 ……(50)
		Masao KOUDA
特別研究会紀行		
「伊勢湾海上交通センターを見学して」	……………	奈良 豊勝 ……(57)
		Toyokatsu NARA
電波航法研究会事業報告（平成14、15年度）	……………	事務局 ……(61)
あとがき	……………	副会長 田中 仙治 ……(64)
Postscript		Vice-Chairman Senji TANAKA

電波航法 巻頭言 (2004 年)
(Foreword)

望まれるシステムのために

電波航法研究会

会長 今津 隼馬

Chairman Hayama IMAZU

1946 年に世界で初めてのコンピューター ENIAC が生まれ、これを契機として人工知能の研究が大きく進みました。また人間に取って代わる機械としては工場におけるロボットの出現があります。多くの人は、このような技術発展を見て、人間の仕事を全て機械が代行する時代がすぐに来ると思いました。しかしながら人工知能の実用化、商品化に直接結びつく研究成果は期待したほどではないのが現状です。船舶運航においても、その自動化の可能性について研究が行われ、ほぼ全てのフェーズでの運航自動化が可能であることが示されました。しかしながら 99%自動化が達成されても、システムとしては、99%の自動化された部分と、1%の在来部分から構成された共存システムです。こうした共存システムで重要なことは、2つのシステムの連携において齟齬があってはならないということです。このため自動化できる部分の全てを自動化するより、齟齬をきたすことのないシステムの構築が大事と言えます。言い換えれば、システム運用者にとって望ましいシステムを先ず考え、これに基づいてシステム設計をする必要があります。少し古い話になりますが、平成 5 年に船舶技術研究所及び内航タンカー海運組合と共に、2 名当直を 1 名当直にするためのシステム (One Person Bridge Operation System : OPBO システム) について共同研究をしたことがあります。この時、船橋に残る一人の運航者にとって、今までと同じかそれより楽に仕事ができる環境を与え、今までと同等以上の安全性と信頼性を確保

するシステムの開発を目指しました。この要件を満足させるために先ず取り組んだのが、音声入出力機能の開発と導入です。何故なら本システム導入前の船橋作業は乗組員 2 名による共同作業であり、その作業で使われるコミュニケーション手段は言葉でした。作業形態を変化させないシステムとするには、機械と人間のコミュニケーション手法として、音声入出力機能を持つことが不可欠と考えました。平成 9 年に「新プロパン丸」が建造され、これにより OPBO システムの有効性が実証されました。最近、船舶には数々の新しい技術が導入されています。しかしながらその導入において、望ましいシステムについての検討が不十分のまま、機器の導入進められているように見受けられます。これでは新しい技術を導入しても、その結果として使い難いシステムになってしまい、そのシステムは運航者から拒否されてしまいます。もちろん、現状のシステムが完全ではないことから、今後も新しい技術を導入してシステムの改善を図らねばなりません。幸運にも電波航法研究会には開発、製造、運用、利用に携わっている技術者が集まっています。最新技術を紹介することは研究会の重要な目的ですが、その一方で利用者に喜ばれるシステム開発のための有用なコメントを出すことも研究会の役割だと思います。このためにも課題の提供や活発な討論など、研究会における皆様の積極的な参加をお願いいたします。実用化の前に本研究会で揉んでもらうことを希望する人が増えること、これが目標です。

1. 海洋短波レーダー

海を漂流しながら自動的に浮上と沈降を繰り返す、水温・塩分の鉛直分布を観測するフロートを多数展開することにより、世界の海洋の変動をリアルタイムにモニターしようという国際プロジェクト Argo 計画が進行している。日本における Argo 計画としてのミレニアム・プロジェクト「高度海洋監視システムの構築」においては、フロートの展開の他に、平均 300km 間隔に配置されるフロートでは分解の難しい黒潮を監視することを目的として海洋短波レーダーの設置が進められた。黒潮流路変動の激しい伊豆諸島周辺海域を対象として、八丈島と房総半島野島崎がレーダー・サイトとして選ばれ、2001 年 8 月に観測が開始されている。

短波レーダーの海洋波浪による後方散乱は、Crombie (1955)によって発見された。図 1 に概念図を示す。陸上に設置した短波レーダー発信器からの電波は、その波長の $1/2$ の波長を持つ波浪とブラッグ共鳴し、強い後方散乱波を生じる。後方散乱波は共鳴した $1/2$ 波長の波浪の位相速度に応じたドップラーシフトを受けている。波浪の位相速度は重力波と見なすと波長によって定まり、また波浪にはレーダー局から遠ざかる成分と近づく成分が混在しているため、図 1 中段のように正と負のドップラーシフトを受けた一次散乱エコーと呼ばれる 2 つのピークが観測される。表面に海流が存在する場合には、波浪固有の位相速度に海流の流速が加わり、図 1 下段のように一次散乱エコーのピーク周波数にさらにドップラーシフトが生じる。この周波数のシフト量を測定することにより、海流のうちレーダー局からの視線方向成分を計測することができる。

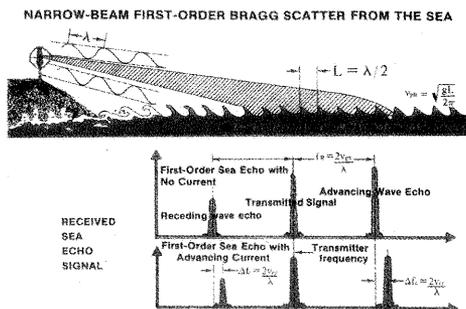


図 1. 海洋短波レーダーの観測概念図。

Barrick et al.(1977)により海洋短波レーダーは、複数のレーダー局における視線方向流速の合成により、海流測定方法として確立された。その Barrick 氏を中心とするチームによって開発された送受信システムがモノポール(送信) / クロスループ(受信) アンテナ 1 機づつとコントローラーというコンパクトな構成の海洋短波レーダー・システムを本プロジェクトでは導入し、八丈島と房総半島野島崎に送受信局を設置した。設置状況を図 2, 3 に示す。

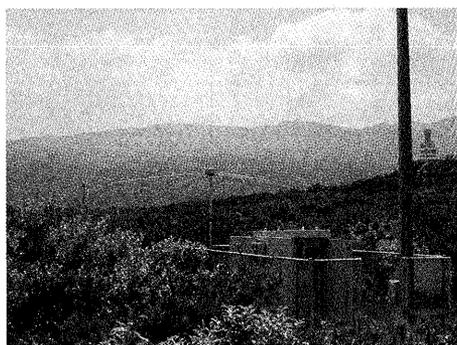


図 2. 八丈島局の受信アンテナとコントローラー

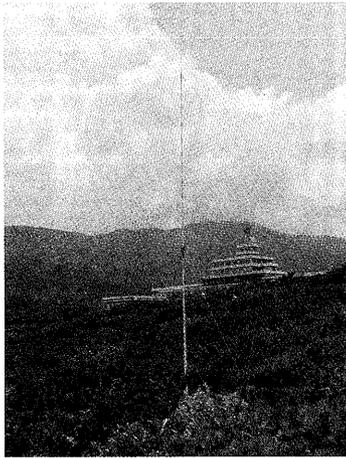


図3. 八丈島局の送信アンテナ。

測定原理で示した通り、1 レーダー局で得られる海流の流速成分は、その視線方向に限られる(図4, 5)。両局データの合成により海流場が得られるが、両局を結ぶ基線付近では、基線に直交する成分の算出誤差が大きくなりすぎるため、採用できない。図6に合成例を、表1に海洋短波レーダーの測定諸元を示す。海洋短波レーダーによる海流場のインターネット公開 (http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/hfradar/kairyu_inform.cgi?) に当たっては、基線付近において基線に直交する成分を内挿により求めている。

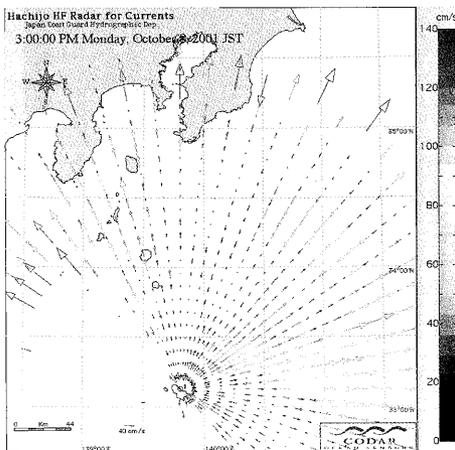


図4. 視線方向流速の測定例。八丈島局

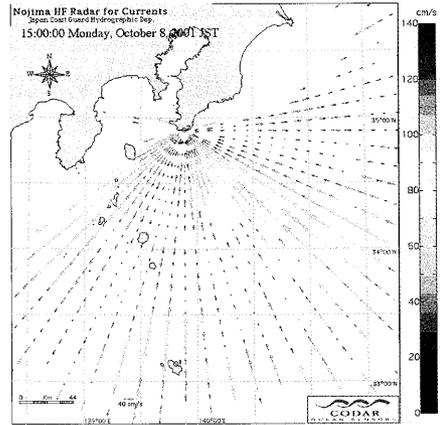


図5. 視線方向流速の測定例。野島崎局。

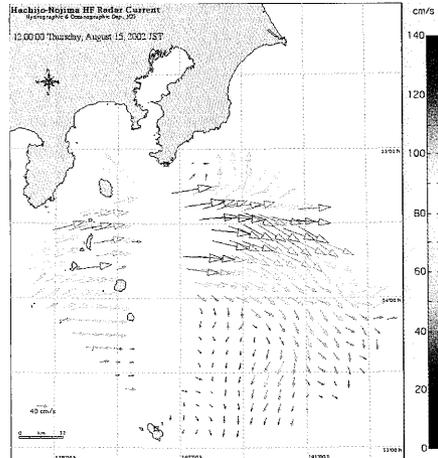


図6. 合成例

表1. 海洋短波レーダー諸元

製造元	CODAR社(米国)
周波数	5MHz帯(2波)
掃引幅	15kHz
観測範囲	約200km
距離分解能	約10km
観測間隔	3時間
平均電力	50W
受信アンテナ	モノポール1本(2.5m) クロスループ2本(2.5m)
送信アンテナ	モノポール1本(14.5m)

2. データ取得状況

2001年8月の観測開始以来、長期にわたる欠測はなく稼働している。図7に両局における2002年4月～2003年3月までのデータ取得率を示す。本システムは5MHz帯の電波によって200kmの観測範囲を持つが、局から遠ざかるに従い取得率が単調に減少しているのは、夜間の混信の影響によるカバーレージの低下による。図8、9に両局における同期間の平均視線方向流速及びその合成ベクトルを示す。黒潮が観測領域の西側から八丈島局の視線にほぼ直角に流入するため野島埼局のみに近づき、東

側で両局から遠ざかるように流出する状況が反映されている。視線方向流速の変動量(rms.)は分布、大きさともに平均流速とほぼ一致している。視線方向流速データは30分毎に計算され、3時間の平均値として出力される際にその時間内の変動量(3時間内のrms.)が記録される。その変動量の同期間(2002年4月～2003年3月)の平均値を図10に示す。両局ともに三宅島周辺において40～50cm/sという大きな変動量が見られ、ノイズまたは短周期変動が発生していると推定される。

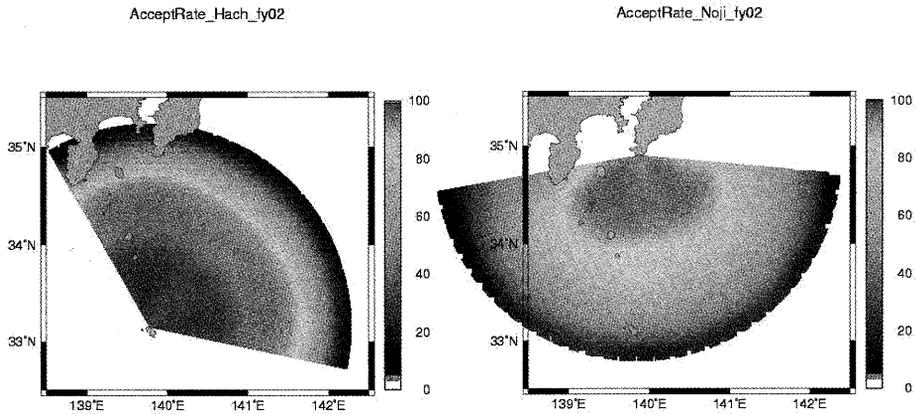


図7. 八丈島局(左)と野島埼局(右)におけるデータ取得率(単位は%)

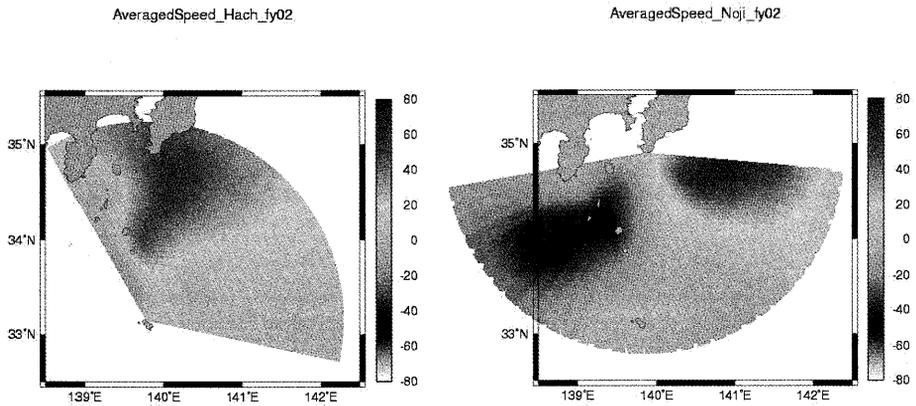


図8. 八丈島局(左)と野島埼局(右)における平均視線方向流速(単位はcm/s)

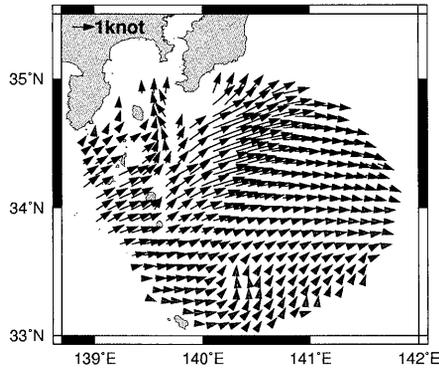


図 9. 八丈島局と野島埼局における平均視線方向流速の合成ベクトル

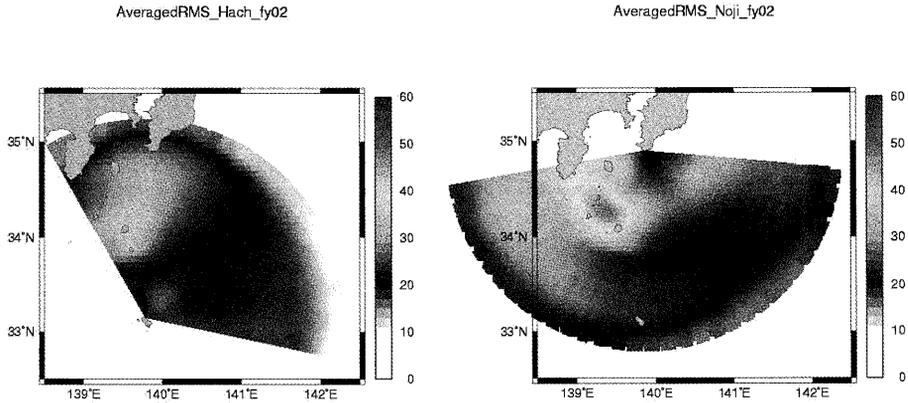


図 10. 八丈島局（左）と野島埼局（右）における 3 時間内 rms. の平均（単位は cm/s）。

3. 観測データの検証

海洋短波レーダーによる流速データを検証するため、2003年6月から8月にかけて、八丈島の北東（図 11 丸印）の水深約 350m の地点において、深度約 100m の地点に超音波ドップラー流速プロファイラー（ADCP）を係留し、表層から深度約 100m までの流速プロファイルの連続観測を行った。深度約 10m の ADCP 観測データに 3 時間間隔で平均処理を行った後、2 つの送受信局からの視線方向成分を抽出して海洋短波レーダー観測データと比較した結果を図 12 に示す。海洋短波レーダー観測デ

ータと ADCP 観測データの残差から、両者の相違は概ね 30cm/s であった。

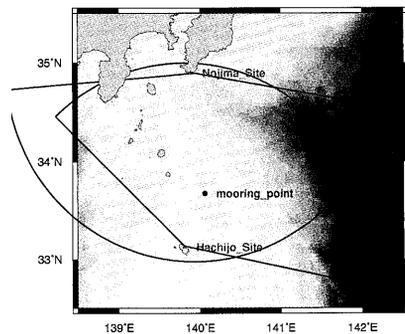


図 11. 検証用 ADCP 係留点。

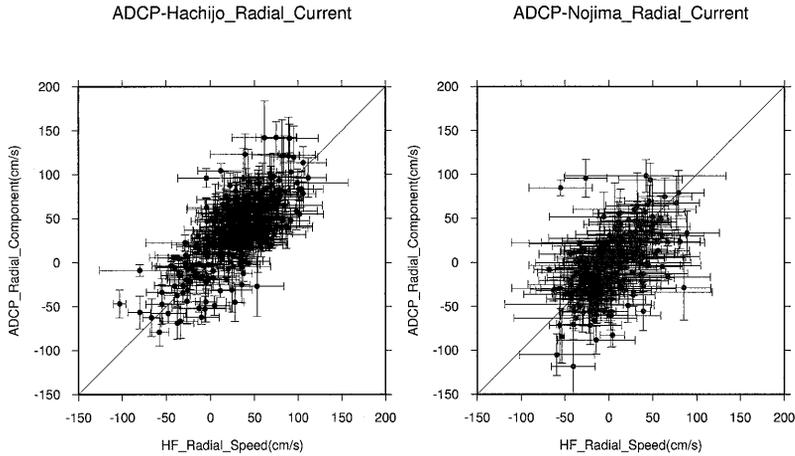


図 12. 八丈島局（左）と野島崎局（右）における海洋短波レーダー視線方向流速（横軸）と、ADCP による流速の視線方向成分（縦軸）の比較。

4. 黒潮の短期変動

八丈島—野島崎の海洋短波レーダーによる観測が開始された 2001 年には黒潮は離岸流路を取り八丈島の南を流れていたが、2001 年 12 月に接岸流路に移行した。野島崎局からの観測点のうち、伊豆諸島海域に流入する点列を設定し（図 13）、点列のうち最大流速が測定された点を黒潮流軸としてその時系列を図 14 に示す。2002 年 1 月以降の黒潮流軸は殆どが神津島と三宅島の間を通り、30~40 日周期で神津島付近と三宅島付近とを南北移動しているという変動状況が得られた、

RadialRawPoint_NOJI_03-08-01_1200

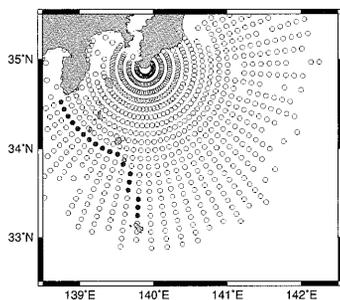


図 13. 野島崎局データ抽出点

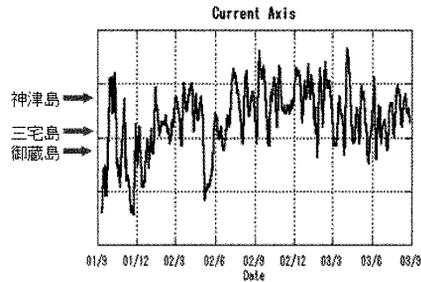


図 14. 伊豆諸島海域に流入する黒潮流軸の変動（横軸は年/月）

5. おわりに

海洋短波レーダーは、これまでの測器にはない高い時間・空間分解能を持ちながら広域をカバーできるという革新性を有しており、黒潮のモニタリングや海難発生時に必要な漂流予測に活用されるとともに、海洋現象の新たな側面がとらえられる可能性が期待される。

海洋短波レーダーの運用に当たっては、南房総航路標識事務所及び八丈水路観測所職員の方々にご協力頂いており、ここに深謝申し上げます。

参考文献

Crombie, D. D. (1955): Doppler spectrum of sea echo at 13.56 Mc/s. *Nature*, 175(4459), 681-682.

Barrick, D. E., M. W. Evans and B. L. Weber (1977): Ocean surface currents mapped by radar. *Science*, 198(4313), 138-144.

衛星航法システム GPS/WAAS の現状

坂井 丈泰
電子航法研究所

Current Status of Satellite Navigation System GPS/WAAS

Takeyasu Sakai
Electronic Navigation Research Institute

1. はじめに

1960年代の米海軍による NNSS (Navy Navigation Satellite System) に始まった衛星航法システムは、現在では同じく米軍による GPS (global positioning system) が実用化されて久しく、船舶あるいは航空機の航法のみならず日常生活に不可欠な社会基盤として認識されつつある。GPS の特徴は受信機さえあれば面倒な手間をかけることなく現在位置を知ることができる点にあり、情報技術の進展と相まって位置測定手段の実質的な標準となっている。

GPS の構築が始められたのは 1978 年で、80 年代後半から実用可能な状態となり、1993 年には所期の機能が達成された。その後もシステムの改良が続けられており、GPS の性能は年々向上してきている。一方、主に航空機用途において、GPS のみでは不足する機能を補うことを目的として補強システムの構築が進められている。ICAO (international civil aviation organization; 国際民間航空機関) による SBAS (satellite-based augmentation system; 静止衛星型衛星航法補強システム) の開発は 90 年代中頃から開始され、このうちのひとつ、米国の WAAS (wide area augmentation system) は 2003 年 7 月に正式運用を開始した。

一方では欧州が独自の衛星航法システムを構築する Galileo 計画を進めており、あるいは我が国も準天頂衛星システムとしてカバレッ

ジを限定したシステムを計画するなど、衛星航法をめぐる状況は大きく変化しつつある。本稿では GPS および WAAS を中心とした衛星航法システムの現状を整理し、今後の計画についても述べることにしたい。

2. GPS の現状と将来計画

まず最初に、GPS について現在の状況および将来計画を述べる。参考のため、機能的に類似した他システムや、補強システムについても触れることにする。

2-1 GPS の現状

1995 年に FOC (full operational capability) となった GPS は、その後民生利用が進められ、1996 年 3 月には大統領指令により民生ユーザーに対しては将来にわたって無料で開放することとされた[1]。よく知られているとおり GPS の民生用信号は SA (selective availability) と呼ばれる操作により精度を抑えられていたが、同じ指令によって 10 年以内に SA を解除する旨が表明され、実際には 2000 年 5 月に実施された。これに合わせて 2001 年 10 月には民生用信号の性能規定も改訂されている[2]。GPS の管理運営についても、1997 年以降は IGEB (interagency GPS executive board) という組織がつけられ、それまでの DOD (国防総省) および DOT (運輸省) に、国務省や商務省も加えて省庁横断的な仕組みが導入された[3]。GPS は元来軍民の二重利用システムと

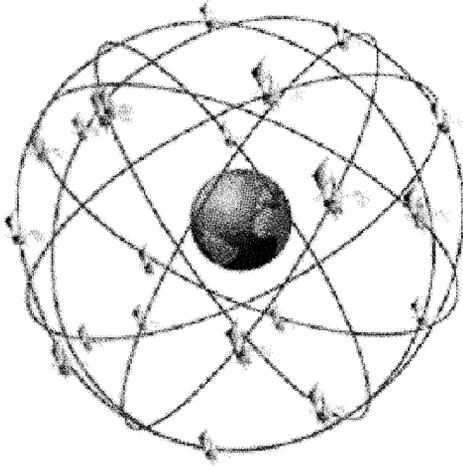


図1 : GPS の軌道配置 [4]

して開発されているが、完成と前後して民生利用が積極的に進められ、運用体制も改められたということになる。

プロトタイプであるブロック I 衛星に続いて運用型のブロック II/IIA シリーズが打ち上げられ、現在打ち上げられているのは改良型のブロック IIR シリーズ(「R」は replenishment)である。GPS は 24 機の衛星により運用されることとされているが、実際には 2004 年 2 月初旬現在で 29 機の GPS 衛星が運用されている。これらの衛星が軌道傾斜角 55 度の 6 軌道面に配置され、全体的には図 1 のような配置により運用されている。

GPS が放送している無線信号の周波数は基本的には 1575.42 MHz (L1 波) であり、この周波数に民間用の C/A コード (coarse/acquisition code) と呼ばれる信号が乗せられている。これはチップ速度 1.023 Mcps のスペクトル拡散符号であり、GPS ではこの符号の違いにより衛星を区別する CDMA (code division multiple access: 符号分割多重) 方式が採用されている。C/A コードによる測位機能を標準測位サービス (SPS: standard positioning service) といい、国防総省が発行

表 1 : GPS の測位精度の規定 (95%値)

時期	水平方向	垂直方向
SA あり [5]	100m	156m
SA 解除後 [2]	13m (平均) 36m (最悪)	22m (平均) 77m (最悪)

する文書によりサービスの内容や性能が規定され、一般に公開されている[2]。一方、軍用には P コード (precision code) が、L1 波に加えて 1227.6 MHz (L2 波) でも放送されている。P コードでは精密測位サービス (PPS: precise positioning service) が提供されるが、これは軍用信号でありメッセージの内容は秘密とされている。ただし P コード自体は公開されているから民間用受信機でも P コードで距離を測定することは可能であり、これを行うものは 2 周波受信機と呼ばれる。高精度な測量用受信機は 2 周波を受信するものが普通である。

民間用の標準測位サービスによる測位精度は、表 1 のとおり規定されている。表中の値はいずれも 95% 値であって、測位誤差の 95% がこの範囲に収まるという性質の規定である。ただし、こうした規定は標準的な受信機環境を想定しているから、状況によってはこれを外れる場合もあり得る。

GPS 衛星の運用・制御を統括する主統制局 (MCS: master control station) は米国コロラド州の空軍基地内におかれ、衛星が放送する航法メッセージもここで生成されている。この他にモニタ局が世界各地の 5 ヶ所 (うち 1 ヶ所は最近増設された)、また GPS 衛星との通信を行うアップリンク局が 4 ヶ所にある。

2-2 他システムの状況

GPS 以外の衛星航法システムとしては、ま

ずロシアが運用している GLONASS が挙げられる[6]. GLONASS は GPS に類似した衛星航法システムで、Lバンドの GPS に近い周波数で測距信号を送信している。GPS が CDMA 方式により衛星を識別しているのに対して、衛星毎に信号周波数を変える FDMA (frequency division multiple access; 周波数分割多重) 方式を採用している点が大きな違いといえる。GLONASS も仕様上は 24 機の衛星による運用がされることになっているが、実際に軌道上にある衛星は現在 7 機程度にとどまっている。

一方、欧州連合 (EU) は 1999 年 2 月に独自の衛星航法システム Galileo の計画を発表した[7]。すでに欧州は ICAO の標準仕様に沿った GPS 補強システム SBAS のひとつとして EGNOS の開発を開始しているが、欧州はこの EGNOS を GNSS-1 として位置付け、これに続く GNSS-2 として Galileo システムを開発している。Galileo 計画は、2000 年 4 月より具体的なシステム開発作業が開始されており、技術検証・試験を経たのち 2005~2008 年にかけて実用衛星を製造・配備し、2006 年には初期運用を開始、2008 年の完全運用を目指している。Galileo の特徴のひとつは設計段階から具体的な民生用アプリケーションに必要とされる性能要件を考慮していることといえる。つまり、GPS や GLONASS では補強システムにより補うこととなった部分が最初から取り込まれており、実現すれば使いやすいシステムになるものと思われる。

2-3 補強システム

海上分野ではすでに世界的に中波ビーコン DGPS が利用されている。これは従来より利用されている 280~320 kHz の中波ビーコン信号にディファレンシャル GPS 補強情報を重畳して放送する方式で、ITU (international telecommunication union; 国際電気通信連合) により国際標準が策定されている[8]。日

本では海上保安庁が整備を担当しており、1999 年 4 月より 27 局による正式運用を行っている。世界各国でも同様のシステムが整備・運用されており、特に米国では NDGPS (nationwide DGPS) として内陸部にも中波ビーコン DGPS 局を設置する計画を進めている。

民間ベースの補強サービスとしては、我が国ではカーナビゲーション用に FM 多重放送による DGPS サービスがすでに普及しており、各国でも AM 放送や TV 放送へのデータ多重による方式が実用化されている。また、洋上も含めたサービスとしては、Geostar あるいは OmniSTAR といった静止衛星 (インマルサット) による補強サービスが有料で提供されている。

航空用補強システムについては後述する。

2-4 国際機関の動向

ICAO や IMO (international maritime organization; 国際海事機関) といった国際機関では、所要の性能を有する衛星航法システムを GNSS (global navigation satellite system; 全世界的航法衛星システム) と総称し、これには GPS および GLONASS が含まれる。ICAO の場合は GNSS に補強システムも包含しており、将来的には Galileo なども対象となる方針である。

比較的早くから GPS が実地に利用されている船舶分野では、IMO が 1995 年に決議 A.819(19)「船舶搭載用 GPS 受信装置の性能標準」[9]を採択しており、すでに広範囲に実用されている。洋上では特に補強システムは必要とされないが、沿岸海域では測位精度を改善する必要があることから中波ビーコン DGPS が利用され、このための補正データ伝送フォーマットは前述のとおり ITU の勧告 ITU-R M.823-1 として規格化されている。

また、SOLAS 条約の改正にともない 2002

年 7 月より AIS (automatic identification system; 船舶自動識別装置) の搭載が開始されており、このための位置情報の取得には GPS が標準的に使用されている。

民間航空分野においては、ICAO が最近 GNSS の国際標準仕様 (SARPs; standards and recommended practices) [10] を定めたとのことである。ここでは GNSS は人工衛星の他に機上受信機や地上モニタ施設などをも含めた定義となっていて、具体的な姿は GPS (コアシステム) に補強システムを追加した構成とされている。ICAO GNSS では、補強システムは次の 3 種類に区分されている。

SBAS 静止衛星から補強情報を送信し、大陸規模の広域にわたって GPS の補強を行う。洋上航空路からターミナル空域まで広い範囲の航空機を対象とした補強システムである。

GBAS (ground-based augmentation system; 地上型衛星航法補強システム) 地上送信局からの補正情報により、局地的に GPS を補強する。空港周辺で進入着陸中の航空機に対して補強サービスを提供する。

ABAS (aircraft-based augmentation system; 機上型衛星航法補強システム) 航空機上で得られる情報により GPS を補強する。ABAS については、いまのところ詳細な規定はなされていない。

航空用広域 GPS 補強システムの標準仕様である SBAS は補強情報を静止衛星から放送するもので、実際のシステムとしては、米国の WAAS、欧州の EGNOS (European geostationary navigation overlay service)、そして我が国の MSAS (MTSAT-based satellite augmentation system) がそれぞれ整備中である。使用する衛星は、WAAS および EGNOS はインマルサット、MSAS は MTSAT

(multi-functional transport satellite; 運輸多目的衛星) となっている。米国 FAA (federal aviation administration; 連邦航空局) が開発中の WAAS は、後述するとおり 2003 年 7 月に認証作業が完了し、実用が開始された。SBAS により送信される信号は、ユーザ航空機に対して、(i) インテグリティ情報、(ii) レンズ機能、(iii) ディファレンシャル補正情報、を提供する。これらはすべて GPS L1 と同じ 1575.42 MHz で放送されるから、アンテナは GPS と共用できるメリットがある。

一方、GBAS は精密進入用の補強システムで、空港周辺に設置されて局地的な補強情報を航空機に送信する。これにより、SBAS では実現できない高水準の進入着陸を目指すもので、FAA が LAAS (local area augmentation system) と呼んで整備する方針である。マルチパス抑制およびインテグリティ確保のため GBAS 地上局には複数の基準受信機が設置され、VHF 波により補強情報を放送する。

2-5 将来計画

GPS については、初期のプロトタイプ衛星はすべてが実用型衛星に置き換えられ、現在は十分な数の衛星による安定した運用段階にある。軌道上にはまだ多数のブロック II/IIA 衛星があるが、現在打ち上げられている衛星はブロック IIR シリーズとなっている。GPS の開発から運用を通じて米軍がノウハウを蓄積していることもあり、同じ衛星を使用しているが初期に比べて測位精度は若干向上している。先に述べたとおり、最大の誤差要因であった SA は 2000 年 5 月をもって解除された。

こうした状況を背景として、すでに既存の L2 波に第二の民間用測位信号を追加し、さらに新しく L5 周波数で第三の民間用信号を放送することが決定されている。複数の周波数の測位信号を使えると、電離層遅延補正の精度が改善されるほか RTK-GPS の初期化を高速にで

き、また冗長性の増加により信頼性も向上するといったメリットがある。最終的には、2004年以降の打上げを予定しているブロック IIR-M 衛星（「M」は modified）から第二民間周波数が提供されることとなり、また第三民間周波数は2006年から打ち上げられるブロック F 衛星（「F」は follow-on）でサポートされる計画となった。L2 波の周波数は航空航法用に国際的に保護された帯域（ARNS バンド）ではないことから航空機の航法に使用できない難点があるが、L5 波で第三周波数が追加されればこうした問題点も解決されることとなる。

また、測位精度の向上をねらって、モニタ局の増設が計画されている。これは、GPS 衛星の精密軌道暦の作成に利用されている既存の NIMA（national imagery and mapping agency; 米国画像地図庁）受信局を GPS モニタ局に統合するもので、6 局を増設して局数は倍増することになる。現状では GPS 衛星を常時完全にモニタしているわけではないが、モニタ局の追加により軌道全周にわたって追跡することが可能となり、軌道予測精度の向上が期待できる。また、MCS についても西海岸に増設する方針が示されている。

一方で、次世代の GPS 衛星として、GPS ブロック III 衛星の概念設計がすでに開始されている。ブロック III 衛星初号機の打上げは2010年頃を目指しており、2030年頃までには軌道上の衛星がすべてブロック III となる計画とされる。こうした GPS の近代化計画は GPS Modernization と総称され、JPO（joint program office）により作業が進められている [11][12]。

我が国では、GPS 補強システムとして ICAO SBAS のひとつ MSAS を構築する計画を進めている。MSAS の MCS はすでに神戸および常陸太田の2局が整備されており、MTSAT 衛星の打上げに向けて準備が進められている [13]。また、2004年に打上げを予定している技術試

験衛星 ETS-VIII では衛星航法技術の開発がなされることとされており、

- (1) 原子時計の衛星搭載
- (2) 精密軌道決定
- (3) 衛星搭載クロックの時刻管理

の3技術について試験・実証することとされている。また、最近になって、準天頂衛星システムを開発する方針が決定された。これは日本周辺を中心として移動体向けに高品質な通信と航法のサービスを提供する衛星システムで、航法用信号としては GPS と互換性のある測距信号を放送し、GPS 衛星が見えないビル谷間でも高精度な測位ができるようにする構想である。いまのところ2008年前後の運用を目指して計画が進められている。

3. 米国 WAAS の開発状況

米国が開発した WAAS は ICAO SBAS のひとつであって、国際標準に準拠した全世界的航法システムの一部である。その開発経緯と現在の状況、今後の計画を述べる。

3-1 開発の経緯

航法システムを含む民間航空分野の各種国際標準の策定を担う ICAO は、1980年代後半には民間航空機の航法は衛星航法システムに移行すべきと認識しており、FANS (future air navigation system) 委員会による最終報告 (1991年) を踏まえて1993年に GNSS パネル会議を設置し、具体的なシステムの検討作業を開始した。翌年より開催されたパネル会議は GNSS を民間航空航法用に使用可能な性能を持つ衛星航法システムと定義し、その国際標準 (SARPs) の策定を目的として活動を始めた。SARPs には、

- (1) コアシステム (GPS/GLONASS) の定義
- (2) 補強システム (SBAS/GBAS/ABAS) の機能・性能

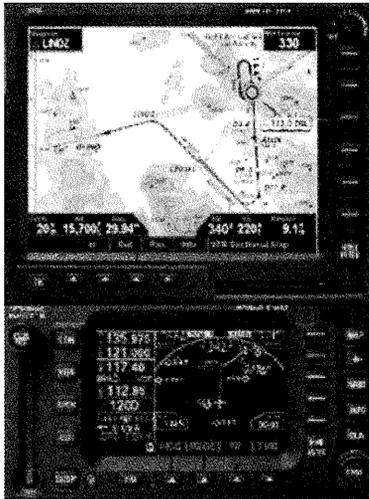


図2 : WAAS 機上装置の例
(Garmin AT, Apollo CNX-80)

が含まれ、3 度のパネル会議を経て 2001 年 11 月に発効するに至った。

WAAS とは米国 FAA が開発している SBAS の呼称であり、1991 年頃に研究が開始された当時は WADGPS (wide area differential GPS) と呼ばれていた。当初は 1997 年頃の運用開始が予定され、1993~94 年にはすでに研究開発用の試験システム (NSTB; national satellite test bed) による飛行実験を実施していた。

1996 年に実用システムの開発企業としてレイセオン社が選定されて最終的な開発作業が行われていたが、1999 年に実施された連続稼働試験で安全設計上の欠陥が判明したために本格運用は先送りされた。FAA はこの対策として WIPP (WAAS integrity performance panel) 委員会を設置して安全性設計の見直しを進める一方、2000 年 8 月から WAAS の試験放送を開始し、航空ユーザ以外には自己の責任において利用可能とした。WIPP は政府・産業界・学界の GPS およびシステム安全の専門家から構成された委員会で、WAAS の安全性設

計を独自に評価し、必要な設計変更を勧告した [14][15]。

WIPP による勧告を踏まえた修正ののち、FAA の認証を経て、WAAS は 2003 年 7 月 10 日より正式運用が開始された。試験放送との違いは航空機の主航法に利用可能となったことで、航空路上の飛行から、LPV と呼ばれる非精密進入までが WAAS によりサポートされることとなった。あわせて各空港の WAAS 進入手順も順次作成されている。

図 2 は市販されている機上装置の例で、Garmin AT 社の Apollo CNX-80 という製品である (ディスプレイ MX-20 MFD は別売り)。航空機用受信機の性能基準である TSO-C146a を満たした WAAS/GPS 受信機で、現在はこの他にもいくつかの製品が入手可能とのことである。

3-2 WAAS の構成と機能

WAAS (SBAS) は静止衛星による補強システムで、広い範囲の多数のユーザに対して一括してサービスを提供できるのが大きな特徴である。

全体のシステム構成を模式的に表すと図 3 のようになっており、ユーザは静止衛星 (WAAS 衛星) および GPS からの信号を受信して航法に利用する。米国内を中心に各地に合計で 25 のモニタ局が設置され、GPS および静止衛星からの信号を監視している。東海岸および西海岸にそれぞれ 1 局ずつ MCS が配置され、ここで生成された補強情報がアップリンク局から WAAS 衛星に送信されることになる。静止衛星は今のところ 2 機のインマルサット衛星でハワイやアラスカを含む米国全土をカバーしている。

WAAS が放送する信号の周波数は GPS L1 と同一 (1575.42 MHz) で、変調方式 (BPSK) や拡散符号の速度 (1.023 MHz) も変わらない。拡散符号についても GPS の C/A コードと同じ

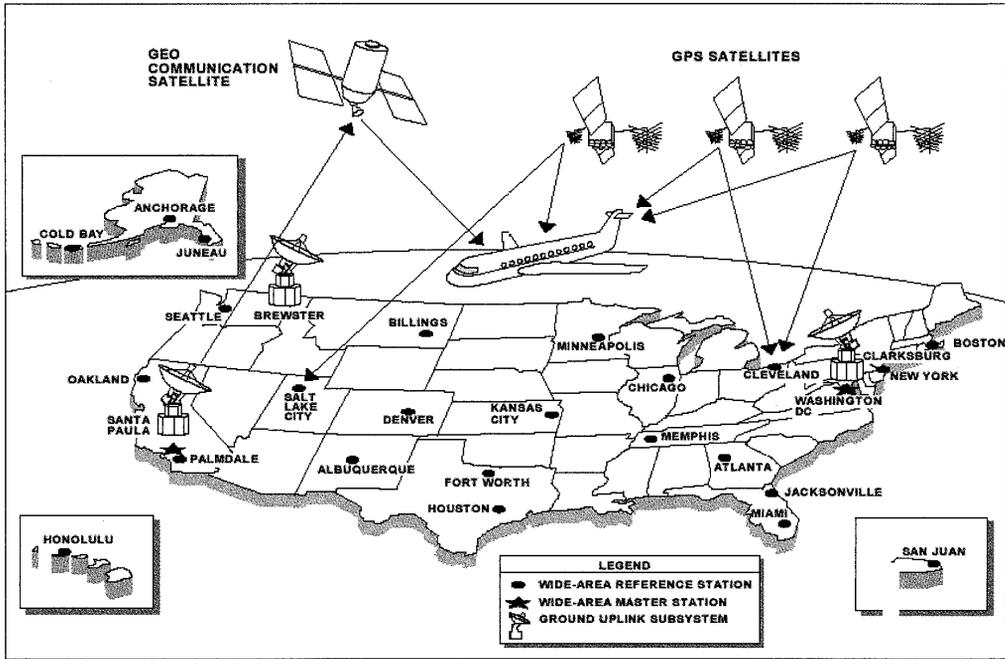


図3 : WAAS のアーキテクチャ [14]

体系であるが、PRN 番号が 120~138 として拡張されており、既存の GPS 受信機でそのまま受信することはできない(ただし、もし既存受信機でそのまま受信できたとしたら誤動作することになる)。

GPS と異なるのはメッセージの構成で、まずシンボルレートは GPS の 50 sps に対して 500 sps と高速化されている。FEC (forward error correction) 方式によるエラー訂正があるため実効データレートは 250 bps となる。情報はメッセージ単位で伝送され、1 メッセージは 250 ビットで構成される。このうちプリアンブルに 8 ビット、CRC コードに 24 ビットが割り当てられ、さらに 6 ビットでメッセージタイプを識別するため、残る 212 ビットが正味のデータ容量となる。

SBAS がユーザに提供する補強情報は、

- (1) インテグリティ情報(測位誤差上限の推定値)
- (2) レンズ機能(測距信号を追加)

(3) 誤差補正情報(測位精度を向上)

に大別できる。もっとも重要なのはインテグリティ (integrity; 完全性) 情報で、これにより各 GPS 衛星が正常に稼働しているかどうか、そして測距誤差がどの程度であるかが伝えられる。ユーザ受信機はこの情報により測位誤差の上限(これをプロテクションレベル protection level という)を見積もり、運用上の要件に照らして GPS/WAAS を利用可能か否かを判断する。SARPs では、現実の測位誤差がプロテクションレベルを超える確率は 1 回の着陸あたり 2×10^{-7} 以下でなければならないと規定されており、この高い信頼性により航空機の安全な運航を確保しようというのが SBAS の基本的原則である。

レンジング機能とは、ユーザ受信機が WAAS 信号を用いても測距動作が可能なのことを利用して、測位に利用する衛星を増やすことができるというものである。実際には、静止衛星を利用した場合は GPS 衛星ほどの測距精度

表 2 : WAAS (SBAS) メッセージ [10]

タイプ	内 容	更新 間隔	タイプ	内 容	更新 間隔
0	テストモード (使用不可)	6	17	GEO アルマナック	300
1	PRN マスク情報	120	18	IGP マスク情報	300
2~5	高速補正 (FC+UDRE)	60	24	高速補正・長期補正	6
6	インテグリティ情報 (UDRE)	6	25	長期補正	120
7	高速補正の劣化係数	120	26	電離層遅延補正, GIVE	300
9	GEO 航法メッセージ	120	27	SBAS サービスメッセージ	300
10	劣化係数	120	28	クロック・軌道共分散情報	120
12	SBAS 時刻情報	300	63	NULL メッセージ	—

(更新間隔の単位は[秒])

が得られないことから、測位精度の改善よりも冗長度を高める効果のほうが大きい。

誤差補正情報は、モニタ局での測定により実際に生じている測距誤差を把握し、これをユーザ受信機に伝送することで誤差を補正できるようにするもので、いわゆるディファレンシャル GPS と同じ発想である。ただし、WAAS は広い範囲にわたるカバレッジを有することから、モニタ局から遠く離れたユーザも有効な補正情報が得られるような工夫がなされている。

WAAS が放送する補強メッセージの一覧を表 2 に示す。メッセージタイプ 2~6, 10, 26 はインテグリティ情報、2~7, 24~26, 28 は補正情報に関連する。各メッセージは少なくとも表中の更新間隔以下の時間間隔で放送されることとされており、インテグリティに関連した安全上重要な情報は更新頻度が高く設定されている (更新間隔の最小値 6 秒は、精密進入で規定されている最大アラーム時間 6 秒に合わせてある)。実際には常に毎秒 1 メッセージが放送されているわけではなく、空いた時間はメッセージタイプ 63 で埋めている。

3-3 試験結果

WAAS は認証前にさまざまな試験が行われ

たが、図 4 はその結果の一例である。図の横軸は現実に生じた測位誤差で、これに対応して受信機が計算したプロテクションレベルを縦軸として、発生頻度を色で表示してある。左側の図が水平方向、右側が垂直方向の測位誤差に対応する。図中の対角線上では測位誤差とプロテクションレベルが等しくなるから、対角線より下側の領域はプロテクションレベルよりも現実の測位誤差のほうが大きいことを意味し (そのような事象を HMI = *hazardously misleading information* と呼ぶ)、ここにプロットがあってはならない。

この例ではそのような事象はなく、プロテクションレベルは常に余裕をもって計算されていたことになる。

3-4 今後の計画

WAAS は現在 Phase-I IOC (initial operational capability) として稼動しているが、FAA はこれを数年以内に Phase-I FOC とする計画である [14][15]。IOC にとどめられている原因のひとつは静止衛星の不足である。

WAAS で必要とされる信頼度を得るには、カバレッジ内のいずれの場所からも 2 機以上の静止衛星が見える必要があるが、現状の 2 機体

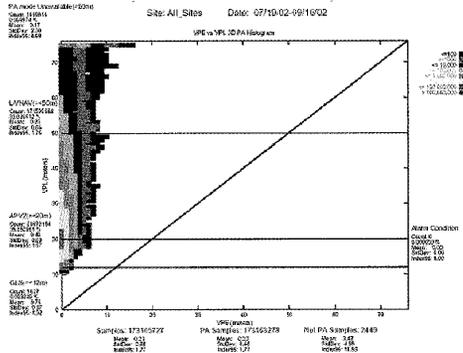
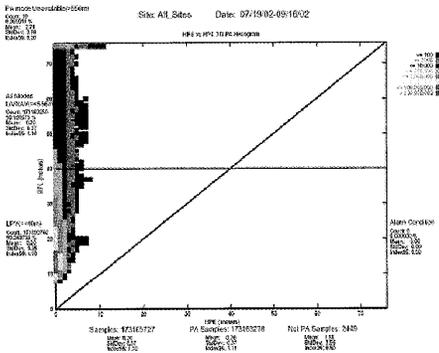


図4 : WAAS のインテグリティ試験結果 [16]

制ではこれは不可能である。このため、太平洋上に静止衛星を追加することが検討されている。また、磁気嵐に伴う電離層擾乱などの際にも安定した性能を得るにはモニタ局を追加する必要があり、現状の 25 局を 34 局に増設する方向である。今のところ、2007 年前後の Phase-I FOC が目標とされている。

2006 年より打上げ予定の GPS ブロック IIF 衛星からは民生用 L5 信号が追加されることとなっているが、WAAS もこれに合わせて 2 周波化する計画がある。耐干渉性と電離層遅延推定で大きなメリットがあるとされ、現在、米国 RTCA (radio technical commission for aeronautics; 航空無線技術委員会) が L5 SBAS の規格をほぼ固めつつある。なお、現在もすでに放送されている GPS L2 周波数については、航空航法用に保護されている帯域ではないことから、SBAS が放送する予定はない。

WAAS は米国を補強対象として開発されたシステムであるが、最近になってブラジルが WAAS を利用したいとの意向を示している。ブラジルは磁気赤道直下に位置するため電離層遅延補正に課題があり、このため試験的にモニタ局を設置してデータを収集している。

4. おわりに

GPS および WAAS を中心に、衛星航法シス

テムの現状について述べた。欧州による Galileo 計画をはじめ衛星航法を取り巻く状況は大きく変化しつつあり、我が国の MSAS 計画や準天頂衛星システムの果たす役割も大いに期待される所である。

GPS が汎用の位置センサとして機能する一方で、WAAS は航空用に設計されていることから安全性に関する要件が非常に厳しく、このために実用化が 6 年も遅れることとなった。しかし、今後 GPS の利用がさらに広がるにつれて信頼性および安全の確保は重要課題となるものと思われ、そのとき WAAS の考え方は参考になるだろう。

参考文献

- [1] M. Shaw, "GPS and Its Augmentations: Policy Overview and System Status," 4th CGSIC IISC Asia Pacific Rim Meeting, pp. 2-1~7, Nov. 2003.
- [2] Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard, DOD, Oct. 2001.
(<http://www.navcen.gov/> で入手可能)
- [3] D. Turner, "Interagency GPS Executive Board Structure and Activities," 4th CGSIC IISC Asia Pacific Rim Meeting, pp. 3-1~7, Nov. 2003.

- [4] FAA ホームページ (<http://gps.faa.gov/>)
- [5] Global Positioning System Standard Positioning Service Signal Specification, 2nd Edition, June 1995.
- [6] V. Bartenev, et. al., "GLONASS Navigation Satellite System Status and Development," 4th CGSIC IISC Asia Pacific Rim Meeting, pp. 5-1~8, Nov. 2003.
- [7] B. Forsell, "Galileo Status and Signals," 4th CGSIC IISC Asia Pacific Rim Meeting, pp. 11-1~8, Nov. 2003.
- [8] Technical Characteristics of Differential Transmissions for GNSS from Maritime Radio Beacons in the Frequency Band 283.5-315 KHz in Region 1 and 285-325 KHz in Regions 2 and 3, ITU-R M.823-1, 1996.
- [9] Performance Standard for Shipborne GPS Receiver Equipment, IMO A. 819 (19), 1995.
- [10] Appendix B: Detailed technical specifications for the global navigation satellite system (GNSS), International Standards and Recommended Practices, Aeronautical Telecommunications, Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation, vol. I, ICAO, Nov. 2002.
- [11] K. McDonald, "The Modernization of GPS: Plans, New Capabilities and the Future Relationship to Galileo," J. GPS, vol. 1, no. 1, pp. 1~17, 2002.
- [12] R. Garrett, "GPS Modernization - Brief to the CGSIC," 41st CGSIC Meeting, March 2003.
- [13] 今村純, 「運輸多目的衛星用衛星航法補強システム (MSAS) の概要」, 日本航海学会 GPS シンポジウム, pp. 81~85, Nov. 2002.
- [14] L. Eldredge, "WAAS Status - Briefing to ION NTM 2003," ION National Technical Meeting, pp. 24~36, Anaheim, CA, Jan. 2003.
- [15] S. Pullen, T. Walter, and P. Enge, "System Overview, Recent Developments, and Future Outlook for WAAS and LAAS," 日本航海学会 GPS シンポジウム, pp. 45~56, Nov. 2002.
- [16] T. McHugh, W. Wanner, Y. Vu, F. Lorge, and D. Nelthropp, "WAAS Observed Performance During 60 Day Test," ION National Technical Meeting, pp. 163~174, Anaheim, CA, Jan. 2003.

実験用ヘリコプタによる DGPS 測位精度評価

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構
総合技術研究本部 航空安全技術開発センター
又吉直樹、奥野善則

1. はじめに

平成 15 年 10 月 1 日に航空宇宙技術研究所(NAL)、宇宙開発事業団(NASDA)、宇宙科学研究所(ISAS)が統合され、宇宙航空研究開発機構(JAXA)が発足した。本稿では、JAXA 保有の実験用ヘリコプタ MuPAL-ε を用いたディファレンシャル GPS (DGPS) の測位精度評価飛行試験結果等について報告する。

2. 実験用ヘリコプタ MuPAL-ε

ミューパルイプシロン MuPAL-ε (図 1、文献 1) は、我が国初の純国産民間ヘリコプタである三菱重工製 MH2000A 型機を母機とし、ヘリコプタの



図 1 実験用ヘリコプタ MuPAL-ε

航法・誘導・制御の分野を中心とするさまざまな研究課題に幅広く対応可能な実験用ヘリコプタとして開発された。機内には機体の飛行状態を高精度に計測するための計測システム、統合表示方式等の研究を行うために自由にプログラムすることが可能な実験用ディスプレイ、機体の飛行安定を選択することができる可変安定システム、等の実験用システムが搭載されている(図 2)。

3. DGPS 測位精度評価飛行試験

3.1 DGPS/INS システムの概要

MuPAL-ε には機体の位置情報や慣性データを計測するためのセンサとして DGPS/INS 複合システムが搭載されている。本システムは多摩川精機(株)によって製作されたもので、同社製の INS と米国 Thales Navigation 社製の GPS 受信機(Z-Eurocard)を一つの筐体にパッケージ化したものである。なお、本装置は実験用として搭載されており、航法装置として承認されたものではない。



図 2 実験用システムの搭載状況

DGPS/INSでは、INSのドリフト誤差等をDGPSで補正することによって、高い精度と平滑度を両立することができる。図3に示した例では、旋回中に受信衛星数の断続的な変化やDGPS補正信号が受信できずにDGPSから単独GPSへの移行が生じているが、DGPS/INS複合解は安定して平滑度の高い位置情報を生成している。

DGPS補正情報源としては、当機構所有のVHFデータリンク(D/L)地上局、または海上保安庁が船舶用に全国に整備している中波ビーコン地上局(図4)のいずれかを利用することができる。

本システムが使用する各アンテナの搭載状況を図5に示す。GPSアンテナは右側操縦席付近の胴体上面に搭載されている。アンテナから見て左後方にエンジンやメインロータ・ヘッドが位置している(最大仰角約15度)が、母機装備品の航法装置のGPSアンテナが左舷側の同等の位置に装備されており、運用上問題は生じていない。しか

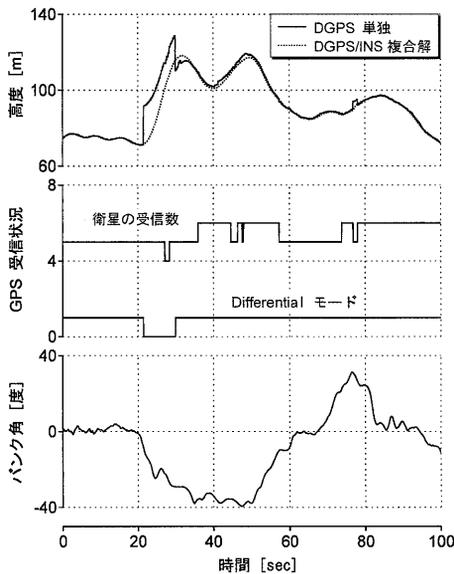


図3 複合化による位置情報の平滑度向上例

し、今回の飛行試験により、以下に示すように、高精度の測位を必要とする場合は電波遮蔽やマルチパスの影響による測位精度の劣化が問題となり得ることが判明した。

3.2 飛行試験結果

測位精度評価のための飛行試験は、帯広市の南に位置する北海道大樹町多目的航空

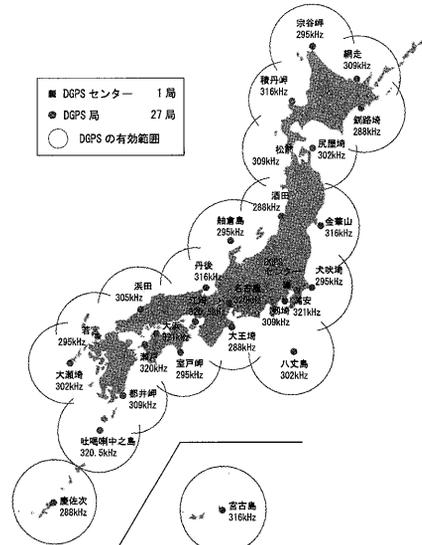


図4 海上保安庁 中波ビーコン局配置図

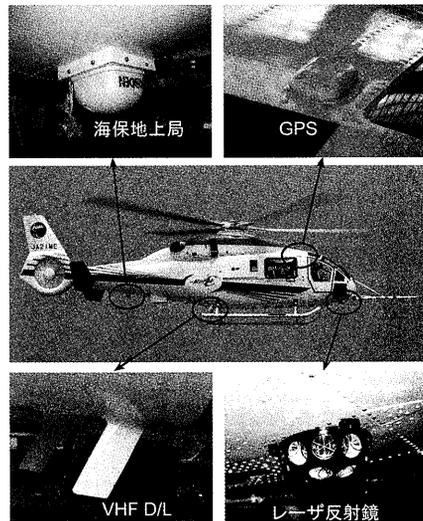


図5 各アンテナの搭載状況

公園周辺の空域で実施した。飛行試験中は、VHF D/L 地上局を滑走路に隣接した実験棟内に設置し、海保地上局とともに DGPS 補正情報源として用いた。測位精度の評価基準としては、誤差 20~30cm 以下の精度を達成することが可能なキネマティック GPS (KGPS) 解を使用し、さらにその精度をレーザ・トラッカにより確認した。使用したレーザ・トラッカは当機構で開発されたもので、設置点から数 km 以内の近傍では 1m 以内の測位精度を達成することができる。

a) 平均測位精度

評価結果を表 1 に示す。DGPS の効果は鉛直面内で大きく、単独 GPS では 20m 以上に達する高度方向の誤差が、DGPS では 1m 以下となっている。また、海保地上局の補正情報を用いた DGPS は、VHF D/L 地上局の場合と比較して、水平面内の精度が若干劣る。これは、両者の基線長の違い (VHF D/L 地上局は 20km 以内、海保地上局は 100km 程度) に起因するものと考えられる。ただし、ここに示した結果は、4 回の飛行における 13 ケースの試験結果で総データ量は 1 時間分程度であり、統計的に必ずしも十分なサンプル量ではないことに注意する必要がある。

表 1 平均測位精度

	水平面内	鉛直面内
単独 GPS (SA なし)	3.8 / 4.7 m	20.1 / 22.6 m
DGPS (VHF D/L)	0.2 / 0.4 m	0.6 / 0.9 m
DGPS (海保地上局)	0.9 / 1.0 m	0.5 / 0.8 m

(RMS / 95%確率値)

b) 周辺構造物による受信障害

図 6 はバンク角 15 度一定で旋回飛行を行った時の 2 つの GPS 衛星の捕捉状況を示したものである。仰角が高い衛星 No.5 は、旋回中も安定して C/A コード、搬送波位相ともに捕捉できており、メインロータ・ブレード (本機の場合複合材製) は C/A コード、搬送波位相ともに受信には影響を及ぼさないことが判る。一方、仰角が低い衛星 No.21 については、メインロータ・ヘッドの陰に入った後に捕捉不能となり、C/A コードは数秒後に信号出力が回復しているが、搬送波位相の出力の回復には 10 秒程度を要している。このような状況下ではアンビギュイティが正確に推定できず、KGPS 解の精度が数 m 程度まで劣化する可能性がある。

c) 高 PDOP 時の測位精度

衛星の配置状況を示す指標である PDOP は、受信地点の緯度や時間帯によって変化するが、機体搭載の GPS アンテナの場合には、機体の姿勢変化 (特に旋回中のバンク) の影響によっても変化する。図 7 はバンク角約 30 度で旋回中の機上アンテナから見た PDOP の時間履歴を示しているが、PDOP が瞬間値で 40 近くに達している。

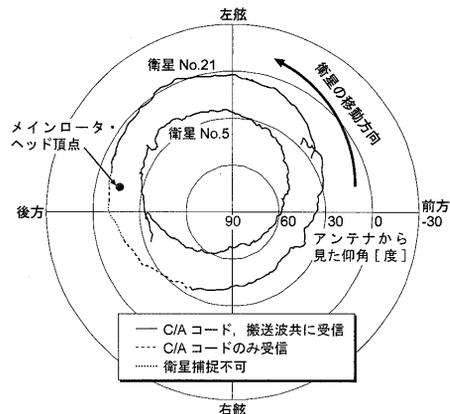


図 6 旋回中の GPS 信号受信状況

図の上2つのグラフは、DGPS解の精度変動を、GPSの測位精度の劣化の影響を受けにくいDGPS/INSの複合解を基準として評価したものである。PDOPが40近くに達した時点では、水平面内、鉛直面内ともに5m近い差が生じており、DGPSの測位精

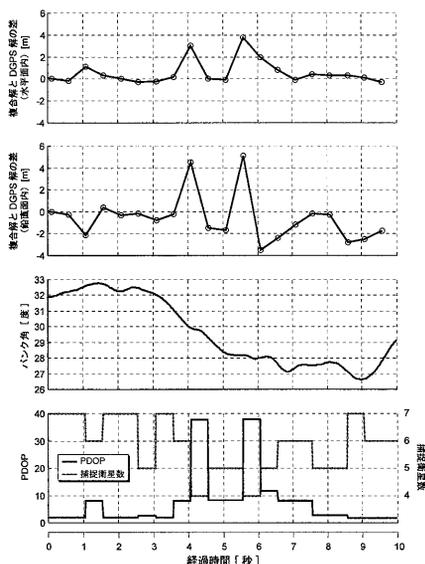


図7 高PDOP時における測位精度変動

度が劣化していることを示している。当機構で研究を進めているヘリコプタの曲線進入等では、進入経路の最終段階で機体の姿勢変化が生じるため、このような測位精度の劣化が問題となる可能性も考えられる。

d) マルチパスの影響

ヘリコプタは胴体の上にメインロータやエンジン等の構造物が位置しているためGPS衛星からの電波がマルチパスを生じやすい。ここでは搬送波位相を基準とする手法によりシュードレンジに対するマルチパスの影響を評価する。

図8は機体が旋回している間のシュードレンジと搬送波位相の差分を、初期値をゼロとしてそこからの変動分を計算した結果である。マルチパスの影響が少ない固定翼機(当機構の実験用航空機 MuPAL- α)の例と比較されている。両機ともに地上局にはない周期的な変動が機上の受信機で現れており、またその変動の周期が機首方位の変化に一致していることから、GPSアンテナ

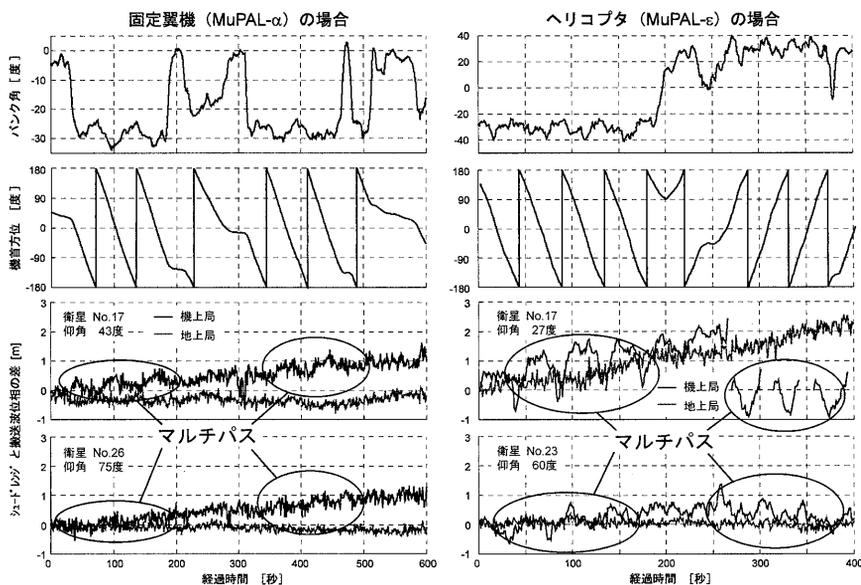


図8 シュードレンジに対するマルチパスの影響

ナ周辺の構造物によるマルチパスの影響と結論付けられる。変動の振幅はヘリコプタの方が大きく、また衛星の仰角が低い方が大きくなっており、特に仰角 27 度の衛星 No.17 については変動の振幅が 1~1.5m に達している。

e) 補正信号が途切れた場合の精度変化

機体の姿勢変化等の影響によって地上局からの補正情報の受信が一時的に途切れる可能性がある。図 9 は VHF D/L 地上局の補正情報を用いた DGPS モードでの飛行中に、補正情報を送信するデータリンクの電源を意図的に切断し、その前後での測位精度の変化を調べた結果である。切断後 1 分間は古い補正情報を使って DGPS 解が生成されているが、測位精度の変化は 1 分間で数十 cm 程度と通常の DGPS 解と同等で、急激な変化は見られなかった。ただし、電離層の活動が活発な時期等には、特異的に単独 GPS 測位の誤差量が短時間に大きく変化することがあり、このような場合は、補正情報の更新レートが測位精度に影響する可能性がある。

f) 海保地上局の受信可能空域

海保地上局は船舶用に整備されたものであり、航空機で利用した実績は少ないため、飛行中の受信の安定性について評価を行った。海保地上局を用いた 26 回の試験飛行について飛行軌跡と受信状況を図 10 に示す。沿岸部で実施した飛行については、常に安定して受信することができた。この間の飛行高度は平均的には 1000m 以下、最大で約 3000m であった。一方、内陸部で実施した計 5 回の飛行では、ほとんど受信できなかった。電波の受信状況は場所だけではなく飛行高度や大気条件等によっても左右され

るため受信限界を明確にすることは困難であるが、内陸 10 km 程度までならほぼ問題なく受信可能と思われる。

4. その他の飛行試験の紹介

実験用ヘリコプタ MuPAL-ε を用いて実施された飛行試験のうち、特に電波航法に関連の深いものをいくつか紹介する。

4.1 メガフロート ILS 誤差評価

平成 12 年に横須賀沖に設置されたメガフロート空港 (図 11) において、計器着陸システム (ILS) の精度評価を行った。メガフロートは海上に浮く構造のため、波浪や潮の干満の影響による動揺が懸念されるほか、全体が鋼鉄製のため ILS の電波に電磁的な影響を与えることが指摘された。特に

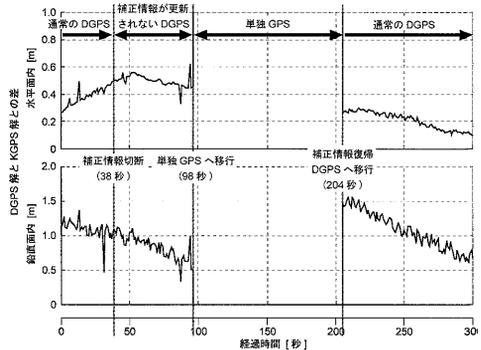


図 9 補正情報切断後の測位精度の変化

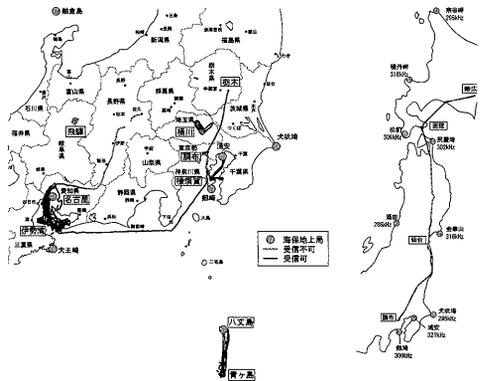


図 10 海保地上局補正信号の受信状況

横須賀沖メガフロートは試験的に建造されたものであり、面積が狭いため ILS のアンテナから放射された電波が浮体構造のエッジ部分等によって回折、反射し、基準経路信号の誤差の要因となる。

ILS の精度検証は一般に固定翼機による進入飛行や水平飛行で行われるが、今回の試験ではヘリコプタによる垂直上昇や左右横進を行う (図 12) ことにより、ILS の誤差の空間分布を直接計測することが可能となった。得られた飛行試験結果は電子航法研究所によって実施された理論計算結果と比較検討された (図 13、文献 3)。

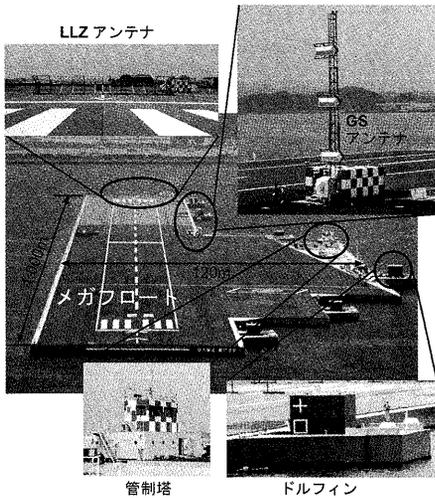


図 11 メガフロート上の ILS アンテナ設置状況

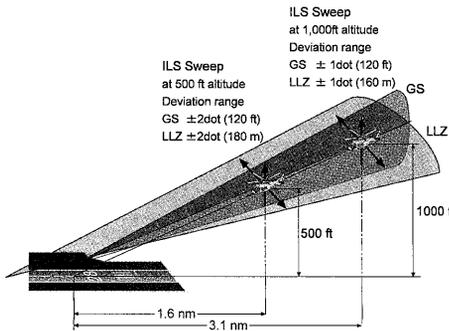


図 12 ILS 精度検証飛行試験の方法

4.2 その他

JAXA では航空機の次世代運航システムに関する研究を進めており、特に小型飛行機やヘリコプタを安全かつ効率的に運航するための分散自律型飛行管理システムの実現を目指して、トンネル型経路表示システム (図 14、文献 4) の飛行試験等を実施している。

参考文献

- (1) 奥野他, 「実験用ヘリコプタ MuPAL-ε の開発」, 航技研 TM-764.
- (2) 又吉他, 「実験用ヘリコプタ搭載 DGPS の測位精度等評価飛行実験」, 航技研 TR-1460.
- (3) 奥野他, 「実験用ヘリコプタ MuPAL-ε によるメガフロート空港評価実験-第 1 回 ILS 等評価実験-」, 航技研 TR-1429.
- (4) 船引他, 「トンネル型表示方式の開発と評価」, 日本航海学会誌第 149 号, 2001.

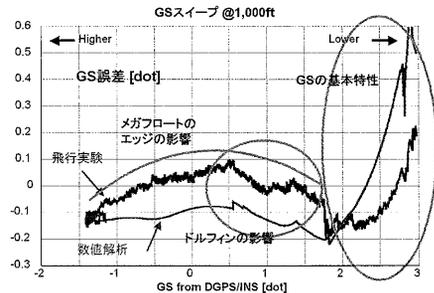


図 13 飛行試験結果と理論計算値の比較

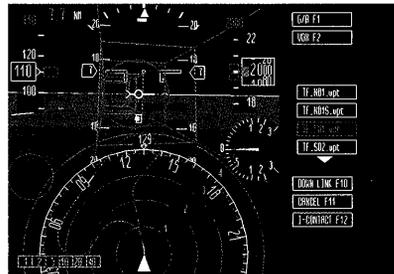


図 14 トンネル型経路表示システム

GPSによる測量船の高精度な高さ測定

海上保安庁海洋情報部 矢吹哲一朗

1. はじめに

海域での GPS(Global Positioning System)測位では、補助システムやデータ解析手法を用いることにより、1秒～0.1秒程度の時間間隔で、水平方向で5-10cm、上下方向で10-30cmの高精度測位を実現することができる。これにより、測量船等の海上移動体のダイナミックな動きを明らかにし、海域調査データの処理を行うことが可能となる。ここでは、特に高さ方向の高精度の測位の実態を、主に海上保安庁海洋情報部の測量船で得た実験結果で紹介する。

通常の単独測位では、高さ成分は20m程度の誤差、また、海上保安庁が運用するディファレンシャルGPS(DGPS)による測位では、1～2m程度の誤差を持つ(Selective Availabilityが解除されている時)。1mよりよい精度を実現するためには、キネマティックGPS(KGPS)と呼ばれる手法を用いる。搬送波位相の測定に基づく高分解能の距離測定データを、衛星軌道誤差や電波伝搬経路での誤差要因を取り除きながら解析するものである。なお、海域測量データの解析処理では必ずしもリアルタイムの測位は必須ではなく、データを収録した後処理で高精度測位結果を得てもよい点が、通常の航海での利用とは異なる点である。

最近のKGPS測位手法の発展はめざましく、いくつかの手法が開発されているが、それらは、主に2つに分類できる。一つは、陸上基準点をもうけてその近傍で高精度を

出す方法で、もう一つは、全世界で同じような高い精度を出すグローバルな手法である。前者は、基準点と測位移動点(船等)のデータを比較し差をとることにより共通の誤差原因をキャンセルする(以下では、干渉測位方式と呼ぶことにする)。一方、後者も、搬送波位相による高分解能データを利用するが、世界的な固定GPS観測点網で衛星を追跡監視しそのデータを用いて様々な誤差要因をモデル化し、各移動点の実際の誤差をモデルから推定し補正する。後者では、全世界どこでも、ほぼ同じような精度(高さで10～30cm)で測位が可能と言われている[1]。

本稿では、海上保安庁海洋情報部の実験データから、主に、前者の基準点方式の結果を実例として紹介する。

2. 高精度測位の必要性

測位の実例の前に、海域測量の立場から、特に測量船の高さ成分の高精度測位が必要な理由のうち、主立ったものを以下に示す。

(1)水深は、海面から海底までの深さであるが、海面が、潮汐潮位変動等の理由で上下変動し一定でないことから、同じ場所でも水深値は測定した時刻に依存してしまう。このため、実際の海面から海底までの水深を、水深の基準面(航海用海図の場合は最低水面)からの水深に変換することが必要である。測量船の測深時の高さを高精度(10cm程度)で測定できれば、この作業が効率的にできる。

- (2)地震や津波の被害の多い日本では、海域の海底地殻変動観測は重要なテーマである。このために、GPS 測位と海中音響測距を用いた方式が採用されているが、高精度の測量船測位は重要な測定項目の一つである。水平方向の地殻変動の観測では、高さ方向は必ずしも高精度が必要ではないが、10cm 以下に誤差を抑えることができれば、地殻変動観測の信頼性向上に大きく役立つと見られている。
- (3)海面の高さを大規模に左右する要因の一つに、海洋ダイナミクスがある。黒潮等の強い海流域の周辺では、平均海面が、重力的水平面（これをジオイドと呼ぶ）から最大で1 m程度の大きさをずれている。このずれを力学的海面高（ダイナミックハイト）という。広範囲にわたるダイナミックハイトの把握は、地球規模の環境変動とも結びついている。今後、海域の船を1mより良い精度で高さ測定することにより、これまでにわからなかった、力学的海面高の詳細な実体があきらかになると期待されている。

3. 実例 短距離基線での性能

最初に、基本的な情報として、どの程度まで正しく高さが決められるかを紹介する。図1は、2002年3月に、和歌山県下里で陸上の50mほど離れた2カ所に測量用GPS受信機（Trimble 4000SSE/SSi）を設置し、毎10秒で24時間にわたり搬送波位相を含むGPSデータを記録して、KGPS解析の手法で測位を行った結果である。ここでは、L1とL2の2つの周波数で求めたLcと呼ばれる衛星受信機アンテナ間距離から電離層影響をのぞいたデータ（距離）

を用いた。電離層の影響は基線長が短ければ無視できるので、通常、このように短い基線解析ではLcは使われないが、ここでは、実体を示す例として紹介する。

図のように、50mと短い基線でも、高さで、最大較差で10cm程度の上下誤差が出る。これはL1/L2の距離からLcへの変換、および各衛星までの距離から観測点の3次元位置への変換の2つの過程で、もともと個々のL1/L2の測距誤差が持っていた1cm程度の測定誤差が拡大されていったものである。Lcを使わず、L1（あるいはL2）で測定した距離を用いた干渉KGPS方式では、ばらつきはずっと小さくなる。また、後者の拡大係数は、VDOP（Vertical Dilution of Precision）と呼ばれ、3～5の数値をとることが多い。これら測位誤差のおおもとのGPS測定誤差は、ノイズやマルチパス等を減らすことで小さくできる。

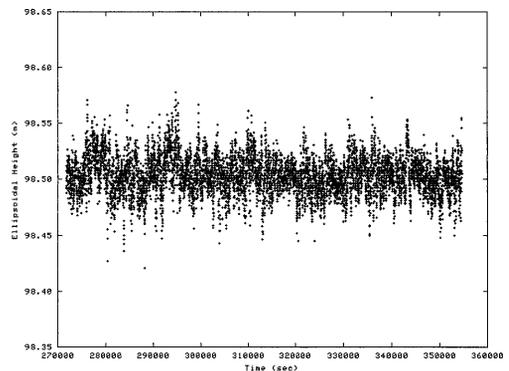


図1：固定50m基線での24時間データのKGPS解析結果。二周波数データを用いて電離層遅延補正をしたLc位相データを使用

4. 実例 仮想基準点方式

仮想基準点(VRS: Virtual Reference

Station)方式は、日本全国に展開されている国土地理院電子基準点を用いて、そのGPS測定値と移動点のデータと干渉処理により、高精度測位を行うもので、携帯電話によるデジタルデータ情報通信を用いたリアルタイム測位が可能である[2]。

2002年8月に、仙台湾で海上保安庁の測量船「天洋」の搭載艇の位置を、VRS方式で3時間にわたりリアルタイム測位する実験を行った[3]。船の航跡は図2のように数百メートル四方の狭い領域を格子状に走るものである。このとき求められた高さ成分について、DGPS測位結果、後処理KGPS測位結果とVRS測位結果を比較して図3に示す。後処理KGPSの結果は、GPSデータをパソコンに収録し、解析ソフトウェアで求めたものであり、用いるGPS衛星の組み合わせ等が最適化されているので、リアルタイムの結果と多少のずれがある。ここに見られる長期的な変動は、潮汐による海面高変動を示している。

なお、ここで示す高さは、船体の揺れ(傾き)と上下方向の短周期の動揺を、別に測定した動揺測定システムの結果で補正し、さらに、アンテナの船体への取り付け位置を考慮して、(波浪をのぞいた)海面の高さに補正した。

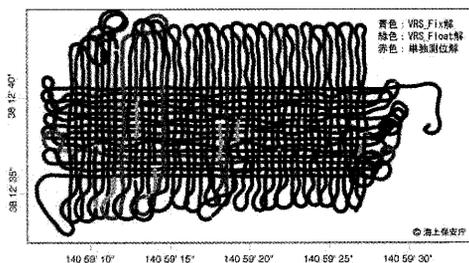


図2：仙台湾での測量艇の航跡図

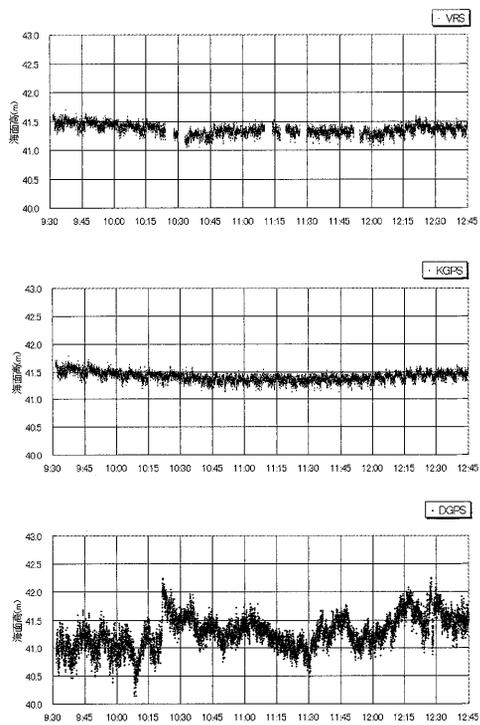


図3：仙台湾でのおよそ3時間にわたる測量艇の高さの時間変化。上から、VRS方式リアルタイムキネマティック測位、後処理キネマティックGPS測位、DGPS測位のそれぞれの時間変化。なお、測量艇の動揺センサーで短周期の動揺を取り除いてある。

5. 実例 長距離キネマティックGPS測位

陸から離れた洋上の広域を測量船が走る場合、潮汐に加えてジオイド(平均海面)の傾きが問題となる[4]。また測量船の航走により喫水が変化し、海面からGPSアンテナまでの高さが影響を受けていることが明らかとなっている[5]。

2001年7月に東北三陸沖、岸から100kmほど離れた太平洋で、海上保安庁の測量船「海洋」(およそ600トン)で得たGPS測

位データの後処理 KGPS 測位結果である。

このとき、測量船は 5 km 四方程度の比較的狭い領域の中をいったりきたりした。KGPS 解析は、毎 0.5 秒に取得した位相データを陸上の 2 カ所の基準点データとともに後処理で解析処理した[6]。ここで用いた方法は、後処理長距離キネマティック解析のために開発されたもので、先に述べた電離層遅延を補正した Lc 位相データを用い、基準点と移動点の間の大気遅延量の違いを推定し補正するようになっている。

三陸沖の海域では、GPS で用いられる WGS84 の準拠楕円体を基準とした場合、重力の鉛直方向と準拠楕円体に対する垂直線が一致せず、ジオイドが準拠楕円体に対して傾いている。この結果、ジオイドとほぼ一致する海面の高さを測ると傾いて見えてしまう。この傾きが、日本海溝周辺では大きく 1km あたり 10cm 程度にもなる。

図 4 には、このことがよく現れている。図 4 では、KGPS で求めた高さ、船体の波浪に伴う動揺を取り去るために高さの 2 分移動平均をとった結果に加え、船の水平位置に対応するジオイドの準拠楕円体からの高さのモデル[7]と潮汐変動モデル[8]をプロットした。特にジオイドの高さ変動と、の船の高さの移動平均に相関があることがわかる。

もしも、KGPS による測位が正確で、ジオイドモデル、潮汐モデルも理想的に正しいとし、しかも、ジオイド面と平均水面が同じ高さであるならば、KGPS の高さから、ジオイドと潮汐潮位を差し引くと船体に取り付けた GPS アンテナの海面からの高さが出るはずである。その結果を図 5 に紹介する。一定の値になっていないのは、KGPS

測位の高さ誤差、平均海面のジオイドモデルからのずれ、用いた潮汐モデルとジオイドモデルの誤差に加え、船が運動するときの喫水の変化（航走すると船体が沈み喫水が深くなる）が加わっていると考えられる。

これらのうち、特にジオイドモデルの誤差、及び、平均海面とジオイドの差、すなわちダイナミックハイトについては、まだ、詳しい実際が把握されておらず、今後の課題である。実際、図 5 で、後半（右側）が高くなっているのは、ジオイドモデルと平均海面のずれの可能性があるが、これが力学的海面高分布なのか、それとも、ジオイドモデルの誤差なのかは、はっきりわかっていない。

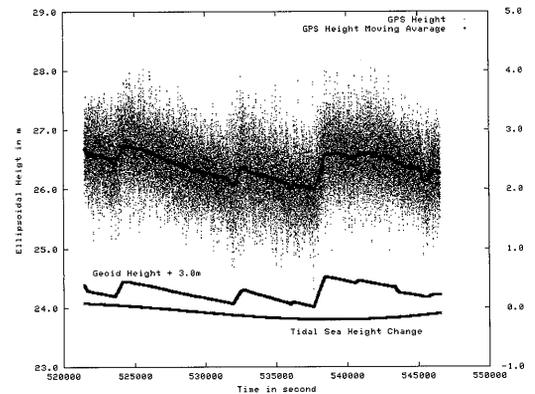


図 4 : 三陸沖の測量船「海洋」に取り付けた GPS アンテナの高さを後処理 KGPS 測位方式で決めた結果と、その 2 分間の移動平均を示す。また、同じ縦軸スケールで、船の緯度経度に対するジオイドの楕円体からの高さのモデル[7]と、潮汐潮位モデル[8]を示す。ジオイド高の変化は、測量船の動きに伴うものである。

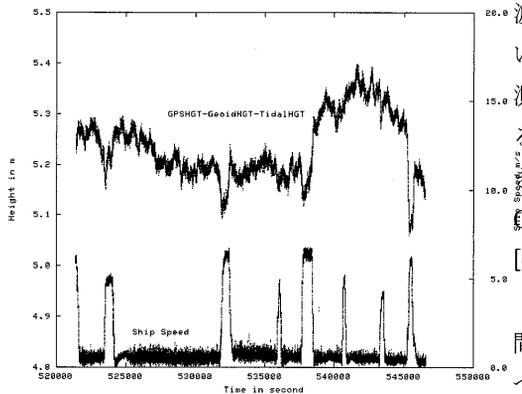


図5 : GPS アンテナの高さの2分平均から、ジオイド高と潮汐潮位変動を差し引いた結果で、理想的には、アンテナの海面からの高さを示す。また、この時の測量船の移動速度も示す。移動は、途中で数分間の航走を何回か挟みながら漂流を繰り返したものである。移動時に、GPS アンテナが低くなっているのは、海上に浮かぶ船の喫水変化の特徴を示す。

6. 終わりに

高さ 10cm というのは、今のところ、特に、基準点から 10km 以上離れた場所では、精度としてはかなり高い目標である。先に述べたように、グローバルな KGPS システムができていますが、高さ精度は、10cm 程度が期待されるもっとも良い値である。干渉方式の場合、長距離のキネマティック GPS 測位では、高さを悪くする要因は、少なくとも 2 つある。一つは、マルチパス等の位相データ測定時のノイズの問題で、数ミリメートルの誤差であっても、最終的には 10 倍近くまで拡大されて、高さの測位誤差になる。

もう一つは、大気遅延量の問題である。大気遅延は、電離層のそのように、2 周

波データから推定し補正することができない。基準点と移動点の間が近ければ、干渉測位でキャンセルできるが、10km を超えるような基線では、厳密には消すことができない。このため長距離キネマティック GPS では何らかの方法で推定し補正する [6]。ここでは、大気遅延量が、衛星の高さ（仰角）に大きく依存すること、また、時間的な変化はゆっくりであること、この 2 つの特徴を利用して、統計的な最適地を推定している。この推定が、先のマルチパス誤差などと干渉して、間違った結果を示すと、特に KGPS 高さに大きな誤差が生じ、ここでは詳しくは述べないが、最大で 30cm 程度の誤差は生じることもある。

このように、測量の立場から、常に 10cm かそれよりよい測位精度を実現するためには、受信機の測定誤差を減らすとともに、よりの確な大気遅延補正の方法を追求することが大きな課題である。

参考文献

- [1]Muellerschoen, R.J., Y.E.Bar-Sever, W.I.Bertiger and D.A. Stowers : Decimeter accuracy, NASA's global DGPS for high precision users, GPS World, Jan. 2001, p14-20, 2001
- [2] 都筑三千夫・西修二郎・松村正一：仮想基準点方式によるリアルタイム測位、国土地理院時報、96, 39-44, 2001.
- [3] 戸澤実・松本良浩・矢吹哲一朗・中條拓也・雨宮由美・植木俊明：測量船における VRS 方式を用いた RTK 測位により高さ方向の精度評価、海洋情報部技報、22, 2004
- [4] 藤田雅之・矢吹哲一朗：海底地殻変動

観測における KGPS 解析結果の評価手法について、海洋情報部技報, 62-66, 2004

- [5] 寺井孝二：船舶におけるキネマティック GPS 観測による高さ方向の精度評価と船体運動把握の試み、海洋情報部技法、21,51-61, 2003.
- [6] Colombo, O. L., Long-Distance Kinematic GPS, in “GPS for Geodesy 2nd Edition”, edited by P.J.E. Teunissen and A. Kleusberg, Springer, 537-568, 1998.
- [7] Fukuda, Y., P. Shi and J. Segawa : Map of geoid in and around Japan with JODC J-BIRD bathymetric chart in a scale of 1:1,000,000, Bulletin of the Ocean Research Institute, University of Tokyo, 31,1-6, 1993.
- [8] Matsumoto, K., T. Takanezawa, and M. Ooe, Ocean Tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter Data into Hydrodynamical Model: A Global Model and a Regional Model Around Japan, J. of Oceanogr., 56, 567-581, 2000

AIS Class Bの動向

矢内 崇雅*

Movement of Standardization for AIS Class B

Takamasa YAUCHI

Abstract

After having published the IEC61993-2 AIS class-A international standard at December 2001, IEC and IALA has started the development of international standards AIS equipment for Non-SOLAS convention ship. So this materials is described the now situation of development for Non-class A ship-borne AIS by IEC TC80 and the contribution by IALA.

1. はじめに

2001年12月にSOLAS対象船舶に対応するAIS クラスAに関する国際規格であるIEC61993-2Ed. 1が制定されたことを受けて、ITU-R M. 1371-1にも規定されているNon-SOLAS船舶向けのAIS クラスBに関する国際規格の策定作業が本格的に開始された。

AISの目的は陸上のVTS運用者と同様に船舶操船に対しても同様な情報提供が行えることであり、

- (1) 船舶の識別
- (2) 新たな、より正確な状況把握
- (3) 不鮮明なレーダターゲットの減少
- (4) デジタルデータ交換の利用

を実現することが出来ることである。

本説明では各国際機関にて議論が行われている現状、その論点と課題及び今後の方向性等について記述をする。

2. 国際機関の役割と進捗

AISにおける規格制定に関して、主な係わり合いを持っている国際機関として、IMO、ITU-R、IEC及びIALAが考えられる。これらの機関におけるAISクラスBに対する役割について記述をする。

2.1 IMO関係

AISクラスAに関するPerformance StandardsはMSC74(69)Annex3にて規定されている。クラスBに関しても、クラスAとの相互運用性の確保を図る必要があるが、IMOとして特に搭載要件の義務化を規定していないことから、クラスAにおけるVDL (VHF Digital Link)の確保を優先させる必要から、Nav49会議にて、

- (1) クラスBはITU-R M. 1371-1の当該要求を満足すること
 - (2) クラスBは当局の承認を受けること
 - (3) 当局は運用海域でのAISの無線周波数の完全性を確保すること
- の条件を採択し、VDLにおけるAISクラスB

* 沖コンサルティングソリューションズ (株)
(〒108-0023 東京都港区芝浦4-11-15)

の運用への一定の歯止めとAISクラスAとの相互運用性の確保を担保することになった。この条件は2002年12月に開催されたMSC76会議にて承認がなされた。これにより、規格化作業を推進しているIEC、IALA及びITU-Rにおける機能・性能要件に対してAISクラスAに対するVDL保護のため、クラスBの機能・性能要件に少なからず影響を与えることになった。

2.2 ITU-R関連

ITUはAISの公海上における運用周波数に関して、WRC97にて海事用周波数帯域から

AIS1: 161.975MHz

AIS2: 162.025MHz

を設定した。

本周波数はAISクラスBにおいても運用の基本周波数として適用される。

ITU-R M.1371-1において、AISクラスBとして専用に規定されている機能・性能要件は

- (1) 動的データの通報率
- (2) 動的データのメッセージ番号
 - *メッセージ18: 標準的な位置通報メッセージ
 - *メッセージ19: 拡張用位置通報メッセージ

AISクラスBにおいて、DSCポーリング機能の装備及びDSCによるChannel Management機能について、検討段階にあることだが、DSCポーリングにおける呼び出し指定である、All Ship Callテレグラムにおける運用は既存のDSC装置にてエラーメッセージを出力する等の影響があるとの日本からの提案があり、関連するITU-R Docum

entの改訂とVTS等の陸上局でのAIS運用ではこのAll Ship Callテレグラムを使用しない方向で調整が進んでいる。

2.3 IEC関連

AISに関連するIEC TC80(電子式航法装置)におけるWG(Working Group)は以下の通りである。

- (1) WG8A(船舶自動識別装置): AISクラスA、クラスBのInternational Standardsを作成
 - クラスA: IEC61993-2(SOLAS Convention ship)
 - クラスB: IEC62287(Non-SOLAS Convention ship)
- (2) WG6(デジタルインタフェース): AIS装置とそれに接続される外部装置とのインタフェース条件、通信文を定義
 - IEC/PAS61162-100として開発中
- (3) WG13(航法情報表示): AIS等航法装置における統一した表示が必要との認識から、現在使用されている航法情報表示の全体的な見直しと共通化を推進
 - IEC62288(Presentation of navigation related information)
- (4) WG1(レーダ/ARPA): SOLAS船舶搭載用レーダ装置へのAIS情報表示として、WG13での結論が出るまでは暫定的にIMO SNCir217の表示を採用
 - IEC60936-5(Guidelines for AIS information on Radar)
- (5) WG2a(小型レーダ装置): Non-S

OLAS船舶搭載用レーダ装置のIEC規格を策定中

IALA Recommendation on AIS shore station and network aspects related to the AIS services Ver. 1.0

2.4 IALA関連

AIS Committeeには大きく分けて技術系: Technical Subworking Groupと運用系: Operational Subworking Groupにて、各種のIALA AIS Recommendation、Guidelineを作成している。現在における各種資料は以下の通りである。

(1) AIS Committee担当

IALA AIS Guideline Ed1. 1

(2) Technical WG

Technical clarification on Recommendation ITU-R M. 1371-1 Ed. 1.3

(3) Operational WG

Binary Messageの運用基準とその分類

3 AISのカテゴリとクラスBの要件

IALA Guidelineにて分類されているAISのカテゴリは以下の表1の通りである。

表 1

種類	用途	備考
Cl. A	SOLAS船舶搭載、Delivatives(T/A)なし	IEC61993-2
Cl. B	Non-SOLAS船舶搭載(Industry Standard)	IEC62287
SAR	航空機搭載	今後の検討
AtoN	AIS for Aids to Navigation(AtoN, Synthetic AtoN、VirtualAtoN)	2003.9までに仕様確定
Base st.	Shore st. /Base st. (Base st. /Limited Base st)	Ed. 1.1に向け作業中
Repeater	SimplexとDuplexの機能・性能を規定	同上

注) 船舶搭載のAISの機能・性能及びテスト要件はIECにて規定。他のカテゴリはIALA Recommendationにて規定される方向である。

AISクラスBとしての要件として、先に記述した項目の通報率は以下の表2の通りである。

表 2

船舶のスピード	通報間隔 (クラスAの仕様)
<2Knots	3min. (<3Knotsで3min.)
2-14Knots	30sec (10sec)
14-23Knots	15sec (6sec)
>23Knots	5sec (2sec)

注) AISクラスAでは船舶の回頭率により通報間隔が規定されているが、AISクラスBではこの仕様は考慮されていない。

4 AISクラスBにおけるこれまでの経緯

IEC及びIALAにおける規格化作業における推進状況を記載する。

4.1 IEC関係

これまでに開催された会議日程とその会議状況として、

- 2000年9月のTC80 WG8Aオタワ会議にて、Non-SOLAS船舶を対象としたAIS規格の策定に向けたNew work item ProposalをIEC中央事務局に提案する原文として、

「Class B shipborne installation of the universal automatic identification system(AIS) using VHF TDMA technics」

なる内容の入力文書を作成。

- 2001年6月 IEC80/304/RNVな

る投票結果のレポートにて新たな規格作りの作業が承認されたことを受けて、IEC62287(Industry Standards)としてスタートすることになった。

以下、会議状況は

- (1) 第1回会議：2001年9月Canada New fundland・・・米国での同時多発テロにより次回の開催期日及び開催場所等を確認したのみで、実質的な討議成果なし
 - (2) 第2回会議：2002年2月南アフリカ Cape-town・・・クラスBの基本要件の確認
 - (3) 第3回会議：2002年5月米国San Diego・・・コストダウンの方針、DSCの適用問題、Channel Loading問題等を中心に議論
 - (4) 第4回会議：2002年10月スウェーデンStockholm・・・受信機機能のコストダウン、msg23の用途及び通報率の変更アルゴリズムを中心に議論
 - (5) 第5回会議：2003年1月：英国London・・・CDVに向けたCD案の整合が取れず、Frequency Agility、コストダウン、Channel Loadingに関するIALA TWGからの入力文書の検討を実施
- Non-SOLAS対象船舶の定義 IEC62287における謳い文句は、
「The application may be separate for the SOLAS 300GT down to 150GT, the fishing vessel under the Torremolinos Protocol and the SOLAS-exempt-work

boats and Letsure boats」
 として、Industy Standardsを策定する
 として始められたが、第5回のLondo
 n会議でのIEC62287ドラフトのScop
 eでは、

“This international standardsonAI
 S class Bfocuses on the use
 of a Class B devices on Plea
 sure craft”

なる記述が追加され、これまでのCom
 mercial Craft及びWork Boatの意識
 からPleasure craftに焦点を当てた方
 向性になりつつある。

4. 2 IALA関係

AIS CommitteeはAIS Technical W
 Gに対して2002年9月のAIS11会議に
 てAIS クラスBの進捗状況を十分に監
 視することを求めている。このTechnical
 WGではIECからの検討依頼事項として、

(1) 運用されているスロット占有率から
 クラスBが自動的にそのレポーティン
 グレート进行调整するアルゴリズムの論
 理的根拠の策定

(2) IEC London会議からのLiaison St
 atesmentとして記載された9項目に対
 する回答内容の主な項目は表3にまと
 められており、2003年3月に開催され
 るAIS CommitteeであるAIS12会議
 への入力文書を作成することになって
 いる。

さらに、IALAとしては現在作成している

(1) Clarification on Recommendation
 ITU-R M. 1371-1

(2) IALA AIS Guideline

に対して、AIS クラスBに関する記述の盛り
 込みを推進するとしている。

表 3

項番	検討項目	方向性
1	運用周波数 ・周波数帯域：161.500~162.025MHz ・12.5kHzセパレーション	この525kHz帯域での運用周波 数を選定、12.5kHzセパ レーションは不要
2	DSC運用	・DSCポーリング機能は不要 ・DSC Channel Management機能はOption
3	最大通報率 スロット占有率による通報率の変更	・5秒 ・5秒→15秒、15秒→30秒、 30秒→30秒
4	クラスBに対するGroup Assignment	新たにmsg23を定義
5	クラスBのSemaphore機能	クラスBの場合はSemaphore が必要
6	Long Transmission Packets	・最大2 Slots

5 今後のスケジュールと議論の焦点

5.1 今後のスケジュール

IEC TC80 W8AにおけるAISクラスB Industry StandardsのIS化に向けた当初のスケジュールは

CDV Circulate : 2002年4月

FDIS Circulate : 2002年12月

IS発行 : 2003年6月

として活動してきたが、現状の進捗状況を考慮すると、CDV Circulateは遅くとも2003年6月末が順当の線と考えられ、IEC中央事務局としては2003年中のIS化を目指したいと考えている模様である。

5.2 議論の焦点

現在IEC及びIALAにて議論がなされている項目は

- (1) Frequency Agilityを161.500MHz ~162.025MHzの525kHzとする
- (2) Channel Loadingによる通報率の可変機能
- (3) 市場要求に答え得るコスト削減であり、実現には相当な議論、調整及びシミュレーションが必要である。

6 終りにあたって

これまでの議論を踏まえて、国際機関のIEC、IALA及びITU-Rにおいて、AISクラスBの国際規格の策定に関して、今後検討・解決を目指して推進すべき課題等は以下が考えられる。

IEC :

- ・AISクラスAに対する改訂作業
- ・WG13にて進められている航法用情報表示の統一規格
- ・船舶搭載用レーダ装置でのAIS情報の

の利用とその表示に対するGuideline

- ・IEC61162規格とのセンテンスにおける整合性

IALA :

- ・AtoN AISへのChannel Loadingと通報率の考え方の適用
- ・IECからのLiaison Statesmentに対する技術的検討

- ・Long Rangeに関するGuidelineの修正

ITU-R :

- ・IEC、IALAから提案されている機能向上項目、msg23等を考慮したITU-R M.1371-1の改訂

AISクラスBについてはさらに注目していく必要がある。

伊勢湾海上交通センター運用開始

武田 健司*

Start on operation of Ise-wan VTS Centre

Kenji TAKEDA

1.はじめに

平成15年7月1日、わが国6番目の「マーチス」が誕生しました。海上交通安全法に定められた航路で唯一海上交通センターが設置されていなかった伊良湖水道航路を中心とした海域を業務の対象とし、名古屋港や四日市港などにアプローチする伊勢湾の入口に位置します。

伊良湖水道航路は、中部経済圏の表玄関となっており多くの船舶が航行し、好漁場であるために漁船やプレジャーボートが集まる海域です。航路の全長は短いものの航路幅が1,200mと狭く、巨大船との行き会いが危険なために一方通航となっており、巨大船等の通航時には全長130m以上の船舶は航路外待機を余儀なくされています。これらの船舶が効率良く、かつ安全に航行できるように、“いせわんマーチス”では高分解能レーダー、テレビカメラ、航路通報などにより得られたデータをもとに、航路管制と情報提供を行っています。伊勢湾海上交通センターの設置場所を図1に示します。



図1 設置場所と全景

2.業務概要とサービスエリア

海上交通センターがレーダー、テレビカメラ、気象観測機器などのセンサーや各所から収集したデータをもとに、自船位置・他船の動静、航行制限・海難情報、管制信号の現状と予告、巨大船等の入航予定、気象情報、操業漁船群の状況などの情報をいろいろな方法で提供し、また航路内で巨大船等と全長130m以上の船舶が行き会わないように、巨大船等及び全長130m以上または総トン数10,000トン以上の船舶からの航路通報により管制計画を立てて、この計画をもとにレーダー等を用いて船舶の動静をリアルに把握して航行管制を行っています。

これらの情報は、中短波放送(日本語:1,665kHz H3E 英語:2,019kHz H3E)、FAX(0531-34-2888)、インターネット(<http://www.isewan.kaiho.mlit.go.jp>)(iモード、EZweb、j-sky サービスあり)、テレホンサービス(気象:0531-34-2333 気象以外:0531-34-2666)、VHF無線電話(ch16,13/14,22)、一般加入電話(0531-34-2445,2446)、電光表示板(管制信号・情報信号)で提供しており、その概要を図2に示します。

また、船舶の類別ごとの通報の区分を図3に、レーダー、電光表示(管制・情報)によるサービスエリアを図4に示します。

* 海上保安庁交通部整備課信号施設室(〒100-8918

電光表示

情報信号

表示符号	信号の意味
	1時間以内に巨大船が南航(出港)する
	15分以内に巨大船が南航(出港)する
	1時間以内に巨大船が北航(入港)する
	15分以内に巨大船が北航(入港)する
	15分以内に巨大船が南航(出港)して転路を出た
	15分以内に他の巨大船が北航(入港)する
	15分以内に巨大船が北航(入港)して転路を出た
	15分以内に他の巨大船が南航(出港)する

管制信号

図5 電光表示に対する信号の意味

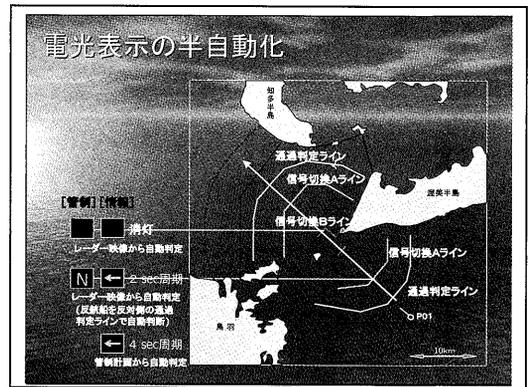


図6 電光表示の半自動化

3.2 電光表示の半自動化

表示される情報信号の矢印、管制信号の”S”, ”N”の文字の点滅周期と組合せの種類は図5に示すとおりですが、これらの信号の開始及び終了タイミングと組合せ信号となる場合の反航船の判定は、レーダーにより得られた船舶の動静から自動的に生成し、信号を発信しています。

管制信号を例にあげると、管制信号の対象となる船舶 P01 丸が伊良湖水道航路を南から北へ通過しようと航行している場合、南側の通過判定ラインを P01 が横切ると信号発信処理の準備に入る。次に南側の信号切換Aラインを通過したときに”N”の信号を開始するが、このときに北側の通過判定ラインを通過する船舶の有無と管制信号の対象となる船舶がどうかの反航船判定を行い、信号が”N”のみの発信で良いか、”N”から”NS”の信号に切替えるかを判断する。その後 P01 は北航を続け航路に入航し航路出口である北側の信号切替Bラインを通過したとき”N”信号を終了させるが、反航船判定で”NS”の信号に切替えると判断されている場合は、信号を終了させずに”S”信号を発信する。

これらの動作を図解したものが図6です。

3.3 船舶運航の効率化

伊良湖水道航路を巨大船が航行する場合、この船に行き会いとなる130m以上の船舶は航路外で待機しなければならない。これはまさしく巨大船が航行する間、130m以上の船舶にとって航路は一方通航となりその船舶に待ち時間が生じることを意味しています。

これらの船舶の交通を整理し待ち時間を最小限にするように航路管制を行っていますが、海上交通センターが設置される以前の旧伊良湖信号所では、巨大船等からの航路通報をもとにして管制計画を策定し、発光信号により航行船舶に管制信号を発信していましたが、船舶動静の把握を目視に頼っていたため通航の通過予定時刻変更に対してリアルタイムでの管制ができず、後続の巨大船の通航に影響を及ぼし、また130m以上の船舶は航路に接近してから発光信号を見て航路外待機するしかありませんでした。

海上交通センターの運用開始によって、レーダーなどにより船舶の動静をリアルタイムで把握できるようになり、また信号の半自動化によって、通過予定時刻変更等に対して柔軟に対応できるようになったので、巨大船等以外の130m以上の船舶からも航路通報を行ってもらい、すべての130m以上の船舶を管制計画に組み込むことにより、航路外待機となる船舶が発生しないようにしています。

また、巨大船同士の行き会いにおける入航間隔をこれまで45分としていましたが、これを25分に短縮するとともに、リアルタイムで管制することにより実航行における入航

間隔は行き会いで15分、同航で5分までの対応が可能となり、船舶航行の運航の効率化が図れることを期待するところです。

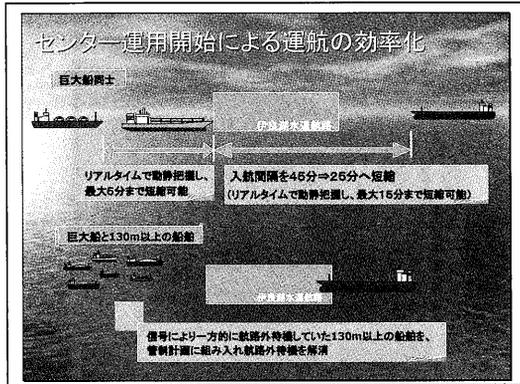


図7 船舶運航の効率化

4.まとめ

伊良湖水道航路をカバーする海上交通センターが設置されたことで、巨大船からプレジャーボートまですべての船舶交通の安全を確保し、通航船舶の運航の効率化を図るという相反するものを両立させることを目標としています。目標を達成するためには海上交通センターの努力はもちろんのことですが、船舶の協力がなければなし得ません。巨大船等を除く130m以上の船舶の航路通報、3,000トン以上の船舶の3時間前通報、1,000トン以上の船舶の位置通報などを確実に行うようにしていただきたい。また、図4に示す位置通報ラインに達した船舶は“いせわんマーチス”に位置通報を行い、レーダーサービスエリア内を航行中はVHF無線電話ch16を必ず聴取してください。

海上交通センターは陸上から24時間絶え間無く海上を見つめています。お互いの努力で安全で美しい海を守りましょう。

海底プレート境界における地殻変動観測

海上保安庁 海洋情報部 航法測地室 藤田 雅之

Masayuki FUJITA

1. はじめに

日本周辺は、頻繁に大きな地震に見舞われる。これはなぜであろうか。現在もはや定説となっているプレートテクトニクス理論によると、地球表面は複数の板(プレート)に覆われ、個々のプレートは水平方向に年間数 cm 程度相対的に移動しながら、その境界で互いに干渉し合っている。日本は、複数のプレートが複雑に配置する境界付近に位置しているため、それらのプレート間の相互作用により地殻に歪みが生じ、地震が多発するというわけである。

日本列島の太平洋側の海底では、海側のプレートが陸側のプレートの下に斜めにもぐりこむという現象が起きている。その際、陸側のプレートが海側のプレートに、その一部あるいは全部が固着したまま引きずられ、歪みの限界で元へと戻ろうとして爆発的な滑りが起きる。これが我が国における大地震の主要なメカニズムの一つであり、歴史上周期的に繰り返している南海・東南海地震や、現在いつ起きてもおかしくないと言われている東海地震もこの例である。

図1はこれらを含む大地震の震源域を示しているが、多くの大地震の震源域が、プレート沈み込み帯である日本海溝や南海トラフ沿いの海底に広がっていることがわかる。

こういった地震を含め、その予知や防災、

現象の物理的理解を目的として、これまで様々な観測が行われてきた。その柱の一つと言えるのが、日常の地面の動きを監視する「地殻変動観測」である。

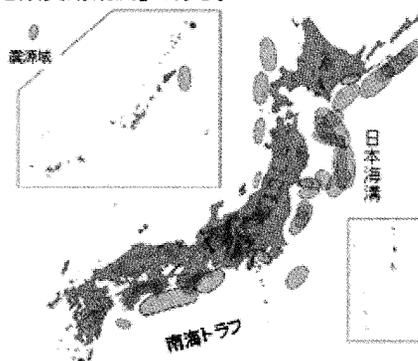


図1 日本周辺の大地震の震源域(総理府地震調査研究推進本部地震調査委員会編「日本の地震活動—被害地震から見た地域別の特徴—追補版(1999年3月)」に加筆)

陸上で地殻変動を観測する技術は、かなり熟しているといっても過言ではない。既に歴史の長い伸縮計や傾斜計等を用いた局所的な変動観測に加え、今では人工衛星を利用した広域変動観測が全盛の感がある。中でもカーナビなどでも馴染みのGPS衛星を利用した技術は、低コストで機動性に優れた高精度観測を実現している。

日本では国土地理院が、世界にも類を見ない約1000点にも及ぶ陸上のGPS基準点網

を全国展開しており、毎日の地面の動きが監視されている。しかしここで一つ不満がある。それは、大地震の震源域により近い海底に観測点がないことである。

図2は、プレート境界の固着状態から予測される表面での水平方向の変位を、固着部の異なる長さについて、最も簡単なモデルで計算した例である。図のように、プレート境界の固着部の場所や長さによって、変位量が有意に異なることがわかる。さらにその違いは、プレート境界近傍でより顕著である。すなわち逆に言えば、プレート境界の固着状態を知るためには、プレート境界近傍の変位量に関する情報が大変重要であることがわかる。

この観測の空白域を埋めるため、海上保安庁海洋情報部では、東京大学生産技術研究所との技術協力の下、海底地殻変動観測の技術開発及び海底における観測点の展開を行っている。本稿では、その手法、現状等を紹介する。

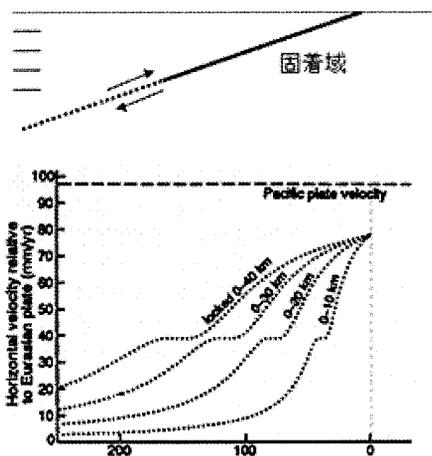


図2 簡単なモデルによる理論変位(Argus and Lyzenga (1993)の図を一部改変)

2. 観測システム

我々の開発している海底地殻変動観測システムの概略を図3に示す。このように、海底に複数の基準局を設置し、その動きをセンチメートルレベルで捉えることを目標としている。

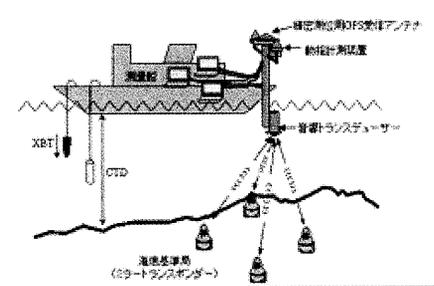


図3 観測システム

実際の測定量は、海底基準点と陸上基準点間の精密な位置関係である。このため、測量船を介在させて、海上と海中別々の二つの測距技術を組み合わせる。まず、陸上基準点から船までは GPS 衛星による測位技術(キネマティック GPS 測位)を用いる。また船から海底基準局までは、音波を用いた測距技術を用いる。

まずキネマティック GPS 観測は、通常の精密測量に用いられている2周波のアンテナと受信機を船上に設置して行う。

音響測距のための船上機器はトランスデューサー、海底局はミラートランスポンダーと呼ばれる。海底局は、システム全体を 17 インチ耐圧ガラス球に収めており、長期の動作安定性と低消費電力の実現により 5 年以上の長期観測が可能となっている。

測距に用いる音波信号は、M 系列と呼ば

れるコード化したパルス信号である。船上トランスデューサーから発信される信号は、二つのパルスを一組としており、最初のパルスは海底局識別用の前触れ信号、後続のパルスが測距のための本信号である。海底のミラートランスポンダーは、船上のトランスデューサーから発信されたパルスを受信し、これをそのままの波形で返信する。これを再び船上のトランスデューサーが受信し、発信波形と共に記録する。なお、用いている M 系列パルスの周波数は 10KHz(1 波長 15cm)である。

船上にある海上と海中それぞれの測距点、すなわち GPS アンテナとトランスデューサーは、約 8m の観測支柱の上下にとりつけ、船体に対して固定する。ここで、これらの位置関係を正確に把握することが重要であるが、船上では当然ながら、波浪による動揺のため支柱の傾きが刻々と変化し、固定した座標系に対してこの関係は一定していない。そこで、これを補正するため、観測支柱に動揺センサーを取り付け、その刻々の傾き及び方位の情報を同時に記録しておく。

これ以外に、海中での測位のためには海中の音速度構造が必要であるため、CTD による水温、塩分観測及び XBT による水温観測を適宜行う。

3. 海上保安庁の観測

図4に、我々が既に展開している海底基準点の概略位置を示す。現在までに、プレート境界とされる日本海溝及び相模トラフ、南海トラフ沿い陸側斜面に十数点、加えて、2000年6月から続いている三宅島火山活動に伴う変

動を監視する目的で、同島西方に3点の特別観測点を設置しており、それぞれの基準点の繰り返し観測を行っている。それぞれの点について、4局の海底基準局が、東西南北にほぼ正方形に設置されている。

観測には、海上保安庁の測量船「明洋」、「海洋」を用いている。航行中はエンジンのノイズが音響測距の障害となるため、船を漂流させて観測を行う。そのため、測線の自由なコントロールができないことが一つの問題である。観測現場では、そのときの風向きや流れを考慮して、測線の幾何学的配置を最適化するよう努めている。



図4 海上保安庁の海底基準点

4. データ解析について

上記システムによって取得されたデータの解析過程は、基本的に以下の3つの要素から成る。

(1)キネマティック GPS 測位解析

船上と陸上基準点双方で取得した GPS 衛星からの電波の位相データから、船上 GPS

アンテナの刻々の位置を求める。通常の測量等でのキネマティック測位は、移動点と陸上基準点との距離がせいぜい数 km 以内で行われるが、この観測では、陸から 100km 以上離れた長距離基線で測位を行わなければならない。この場合、GPS 衛星とアンテナの間にある電離層や大気の空間的不均質の影響が大きくなるため、これによる誤差を取り除く必要がある。

(2) 音響解析

音響測距観測によって得られた発信波形と受信波形から信号の往復時間を正確に決定する。この際、相関波形処理技術を用いる。これは、M 系列信号の特性を利用した手法であり、別途計算機上で作った M 系列信号との相互相関をとることによって、受信波形の立ち上がり、明瞭なピークとして高精度に決定する技術である。

(3) 局位置解析

上の二つの解析結果を結合し、海底局の位置を決定する。具体的には、刻々の船上 GPS

アンテナの位置を、動揺補正によりトランスデューサーの位置へと変換し、これと海中の音波の往復走時から、幾何学的原理に基づき最適な解を求める。その際、往復走時を距離に換算するため、海中の音速度構造を与える必要がある。

図5に、この手法により求められた海底局位置解析結果の例を示す。図は相模湾の海底基準点について、2002年8月と2003年1月の観測結果を比較したものである。プロットは、海底局4局それぞれの水平成分について、2002年8月の座標値を基準とした相対値を示している。

これを見ると、全成分共に数 cm の再現性を示している。この結果は、本手法が潜在的にセンチメートルレベルの測位精度をもつことを示している。ここで「潜在的」という表現を付け加えた理由は、実用性という観点から見ると、結果の安定性にまだ問題を残している点にある。これについて次に述べる。

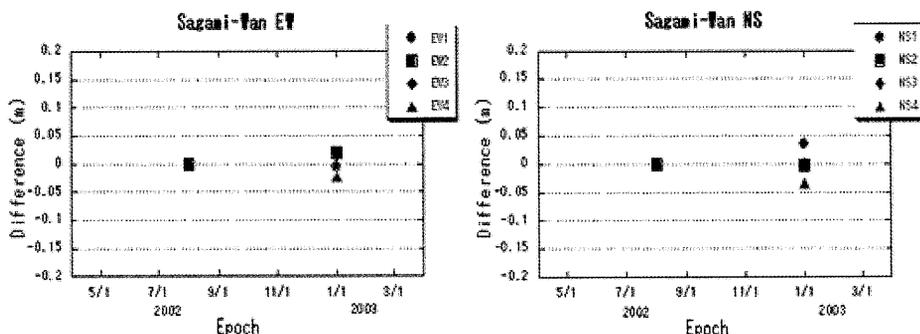


図5 測位結果の例: 相模湾海底基準点における2002年8月と2003年1月の決定座標値の比較

5. 誤差要因について

この観測手法における誤差要因は多くあるが、中でも大きなものとして2つあげられる。一つはキネマティックGPS測位の不安定性の問題、もう一つは音速度構造の誤差の問題である。

まずキネマティック測位の問題は、既に述べたように、主に測位海域が陸上基準点から遠く離れていることに起因する。長距離基線解析の際に必要な電離層や大気の空間不均質を補正するための工夫は既にある程度なされており、理想的な条件の下での試験観測では、ほぼ我々の要求精度を満たす結果が得られていると言ってよい。ところが、実際の適用においては、時に数十cmに及ぶドリフト等看過し得ない誤差を含んでいると思われる場合がある。

この原因としては、陸上基準点も含めた観測時のマルチパス、サイクルスリップ等によるデータの質の劣化が主因であると考えられる。これらを特定して解析の中で対処する、あるいはそもそもできる限り良好なデータを取得する工夫を行うことが必要である。ただし、海域での船上観測という限られた条件の中ではそれも限界があるため、むしろ測位結果の客観的な評価を行い、明らかに有意な誤差を含む結果は用いない等の実用的な工夫も重要である。

もう一つの誤差要因は、音速度構造の誤差である。我々の要求精度がセンチメートルレベルであるならば、得られた音波の往復走時をこの精度内で距離に変換しなければならぬ。しかしながら、現在の観測機器の測定

精度だけから言っても、有意な誤差を生じる上、時間・空間の音速度変化を観測で十分カバーすることはほぼ不可能である。そのため、解析過程においてある種の合理的な補正が必要であり、このための方法が解析精度を上げる重要な鍵である。

これら二大誤差要因のほか、観測原理にかかわるものとして、音響解析に係る誤差についても若干触れておく。解析手法の項で紹介した相関波形処理技術は、信号の立ち上がり時刻を決定するために大変有効であるが、この技術を用いると、受信信号の質によっては1波長分ピーク時刻を読み誤る危険性があり、その場合15cmの測距誤差が生じる。したがって、精度向上のため最善を尽くすには、人の目による丹念な確認作業が必要となる。しかし、作業効率も踏まえると、完全な自動化が望ましいことは言うまでもなく、ソフトウェアとしてどこまで判定を誤る率を下げられるかが課題となる。

その他にも、海洋における観測では、観測支柱のたわみや悪天候によるデータ不足等、さまざまな実際の問題にも悩まされる。これら一つ一つに根気良く対処していくことが必要である。

6. おわりに

最近宮城県や十勝沖などで立て続けに大きな地震が発生し、巨大地震に対する社会的不安が増大している。こういった中で、その重要な情報空白域を埋めることのできる海底地殻変動観測は今後さらにその重要性を増していくと思われる。これに応えるためにも、現在

抱えている様々な問題を克服し、システムの
抜本的改良も視野に入れつつ精度向上のため
の努力を続けていきたいと考えている。

Our products of Long Range Tracking & Ship Security Alert System

株NYK 輸送技術研究所
上級研究員 伊藤 功

1. はじめに

1998年11月より日本郵船(株)では、弊社が開発した船舶動静監視システム FROM (Fleet RemOte Monitoring) の利用を開始し、2003年7月までに同社運航船のうち、約500隻の動静管理を行っている。

また、今日、海賊・テロ事件が増加していることを、海運関係者に限らず多くの人々が、ご存知のことと思う。海賊やテロに対する安全対策として、FROMの機能を活用した緊急通報システム (Seajack Alarm) も、1999年末より運用を開始している。

更に、Seajack Alarmの機能を強化した、Ship Security Alert Systemの開発にも取り組んでいる。

本稿では、FROMとShip Security Alert Systemを中心に、安全対策への活用と今後の取り組みについて紹介する。

2. Long Range Tracking

2.1 FROMのシステム構成

FROMは、ネットワークを利用したWebベースの船舶動静監視システムで、ユーザは、FROMのホームページにアクセスすることで、本船位置やスケジュール情報を画面に表示することができる。

また、船陸間の通信には、インマルサットCを採用しており、船陸間通信の導入コスト・通信コストを低減することができる。インマルサットCはSOLAS条約の改正に

より1999年2月から正式にスタートした世界的な海上遭難安全システムであるGMDSSの義務設備として認定されており、ほとんどの外航船はインマルサットCの設備を搭載することとなった。多くのインマルサットC設備は、自船の位置情報等を低コストで自動的に送信する付加価値サービス (ポーリング・データレポーティングサービス) に対応しており、FROMはこのサービスを利用して船舶の位置情報を収集している。

2.2 FROMの機能

2.2.1 船舶の位置表示

今、船舶がどこにいて、安全に航行しているかという情報は、海運会社にとって最も重要で、すべての業務の根幹となる。

FROMは、図1のように船舶の位置を地図上に表示することができる。地図上にプロットされている点が各船舶の位置で、点から伸びている線が船舶の針路と速力を示している。従来、船からの位置情報は、テレックスによる、「北緯××度××分 東経○○度○○分」というような文字情報だけであったが、地図上にビジュアルに表示することで、直感的に本船位置を確認することができる。この機能を利用することで、戦争や紛争などの緊急事態に付近を航行している船舶がいないか、本船に問い合わせることなく迅速に位置を確認することができる。

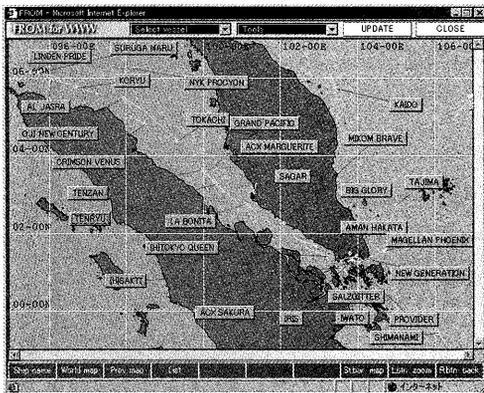


図1 船舶位置表示機能

2.2.2 気象・海象の表示

FROMのデータベースには、気象・海象情報も登録されており、船舶の位置と重畳して地図上に表示できる。登録されている情報は、波高、波向、風向、風速で、6時間毎の過去1週間の現況から、同じく6時間毎の1週間先の予報までが、データベースに登録されている。気象・海象情報は、1日1回、(財)日本気象協会より入手している。この表示情報から、台風の近くにいる船はいないか、船舶が荒天遭遇しているかどうかといったことが、容易に確認できる。

2.2.3 その他の運航支援機能

船舶の位置を把握し、安全運航に役立つほか、船舶の運航を支援する機能もFROMにはある。

FROMでは、船の最新位置から到着港までの最短距離航路を計算し、到着予定日時(ETA: Estimated Time of Arrival)を求めることができる。データベースには、1,000港以上の港の位置が登録されており、船がどこにしようと、これらの港への到着予定日時をいつでも計算することができる。

また、一部の船舶からは、位置データだけでなく、エンジン関係のデータも収集している。このエンジンデータと前述の位置データ、気象・海象情報を連携させて解析することで、船舶の性能解析をするシステムなどへの発展も考えられる。

3. Seajack Alarm の概要

最近の海賊は、金品を奪うという生易しいものではなく、船に積載している貨物を船ごと乗っ取ってしまう。このとき海賊は、乗組員が外部に連絡する手段を断つために、無線通信装置の電源を切ったり、装置を破壊したりすることが知られている。

FROMでは、インマルサットCを利用して船舶の位置を取得しているため、船が海賊に襲撃されると通信に異常が発生する。これを自動的に検知し、緊急通報に応用した機能がSeajack Alarmである。Seajack Alarmは、船舶との通信異常を検知すると、船舶安全担当者の社内メールと安全担当者が持っている携帯電話に、警報を自動的に送信するシステムで、1999年末より運用を開始した。

従来であれば、警報を発することなく、海賊などに襲撃され制圧されてしまった場合は、その事実を陸上側で把握することが困難であったが、Seajack Alarmにより、異常の発生を迅速に検知することが可能となった。

4. Ship Security Alert System の開発

4.1 開発までの経緯

Seajack Alarmでは、通信エラーなどにより、たまたま位置情報が取れなかったときに誤報が発生するのを防止するため、通信異常が発生してから警報を発するまでに、

約 12 時間の猶予時間を設けている。そのため、船舶で異常が発生してから陸上でその事実を把握するまで、最低でも半日程度の遅延があり、これを改善したいと考えていた。

また、Seajack Alarm では、海賊襲撃などの異常を検知することはできるが、異常発生後の船舶位置を把握することができなかった。

そこで、弊社では、船上での異常発生をより短時間で陸上に通報し、異常発生後の船舶位置を追跡できるシステムの開発に着手した。ところで、弊社が開発を進めると並行して、IMO では Ship Security Alert System (以下、SSAS) の導入が検討されていた。弊社で考案していたシステムと SSAS の機能要件とが、ほぼ合致していることが判明したので、開発中のシステムの機能を変更し、SSAS としてシステムを開発することとなった。

4. 2 弊社の SSAS の特徴

ここでは、IMO の機能要件と弊社の SSAS の機能を比較し、その特徴を紹介したい。

4.2.1 Activation points

IMO の機能要件では、「Activation Point (警報信号発信ボタン) は、船橋及びその他の 1 箇所から作動可能であること」となっている。弊社の SSAS は、2 箇所の有線式 Activation point の他に、3 つの無線リモコン式 Activation point をオプションで選択できる。

4.2.2 Power supply

電源については、「メインの船内電源により動作し、代替電源でも動作しなければならない」と定義されているが、弊社の SSAS は、バックアップバッテリーを内蔵しており、このバッテリーにより、約 1 週間の動作が可能となっている。

4.2.3 Radio system

「SSAS に利用する無線システムは、適切な国際標準でなければならない」と要件が定義されており、海外メーカーのシステムでは、インマルサットミニ C やインマルサット D+を採用していたが、いずれも日本国内では利用できないため、開発の当初は、Orbcomm (オーブコム) を採用した。ところが、日本でもインマルサット D+の利用が認められる可能性が出てきたため、現在は、インマルサット D+を採用したシステムを開発している。

4. 3 試作機による船上テスト

既に、SSAS の試作機を開発し、船舶に搭載したテストを実施したので、テストの結果について概要を紹介する。なお、この試作機は、通信システムに Orbcomm を採用したものであり、現在開発中のシステムとは異なっている。

写真 1 に、試作機を船舶のフライングブリッジに設置した状態を示した。本体とアンテナを固定し、本体に電源を給電するだけで、簡単に設置することが可能である。

この試作機から 1 時間毎に位置データを送信した結果が、図 2 である。船舶の位置を把握し、海賊やテロリストに襲撃された後の船舶を追跡することが可能である。

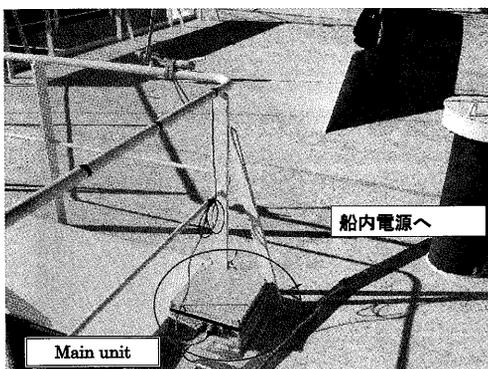


写真1 SSAS 船上テスト

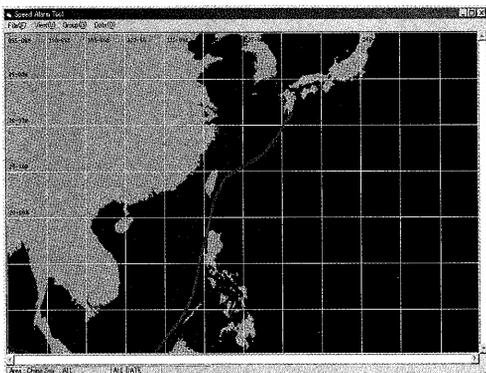


図2 船上テスト結果

5. おわりに

弊社独自の緊急警報システムの開発から国際標準システムの開発へ、また、採用する通信システムの変更など、紆余曲折はあったが、現在、弊社の SSAS の開発は、最終段階となっている。本会誌が発行される頃には、実際の船舶への搭載が始まっていると思う。

今後も、これまでのノウハウを活用するとともに、新規技術も積極的に取り入れ、船舶の安全運航に寄与できる研究開発を継続していきたい。

長波標準電波を利用した高安定発振器

甲 田 正 夫
日本無線株式会社

High Stability Oscillator using LF Band Standard Frequency

Masao KOHDA
Japan Radio Co., Ltd.

1. はじめに

近年、通信・放送システムの高度化に伴い、利用する周波数は、より高い周波数への移行が進み、また狭帯域化やデジタル化が行われ、その結果として、周波数安定度に対する要求は、益々厳しくなっている。

従来の基準発振器は、運用中の精度を維持するために、定期的な校正を必要とし、また要求される精度とともに価格は上昇し、システムを構築する上で、大きな負担になっている。

本稿では、これらの問題点を解決する手段として、長波標準電波を利用したメンテナンスフリーの高安定発振器を紹介する。

併せて、わが国の時間・周波数標準の概要と標準電波について説明する。

2. 長波標準電波について

標準電波（コールサイン JJY）は、国の機関である独立行政法人 通信総合研究所（CRL）が、標準周波数と日本標準時を日本全国に供給するための電波である。

標準電波の利用分野として、代表的なものは、電波時計であり、その正確さや時刻修正の手間が要らないことから、安価な高精度時計として、一般家庭や業務用として急速に普及している。

また従来からの周波数標準として、無線機器や

測定機器の校正などに使用されている。

また、地震計や気象観測など、離れた地点の精密な時刻同期管理が必要な場合などに有効である。以上のように、標準電波は、わが国の通信・放送ネットワークの周波数標準として、また市民生活における時間（時刻）の基準として、重要な役割を担っている。

標準電波は当初短波帯で運用されていたが、短波帯の標準電波は不安定な高層電離層で反射して遠距離に伝搬するので受信状態が不安定、また外国からの標準電波による混信妨害等により、受信周波数精度は 1×10^{-8} 程度、日没や日の出にはさらに低下し、周波数精度的な問題があった。

このため、CRL は平成 9 年度から高精度で時刻符号の供給が可能な長波標準電波の検討を開始した。長波帯電波は、波長が長いので地上波伝搬の減衰が小さく、また電離層伝搬波も安定している最下部電離層で反射するため、電波伝搬特性は安定しており、また混信も少なく、日本全国で安定した受信が可能である。

長波標準電波は、CRL が管理をしているセシウムビーム型原子周波数標準器を原器として、高精度で校正され、送信波は 1×10^{-12} の精度で送信され、伝搬路を含んだ受信周波数精度は 1×10^{-11} （24 時間平均）を得ることが出来る。

図 1 に長波帯電波伝搬の状況を示す。

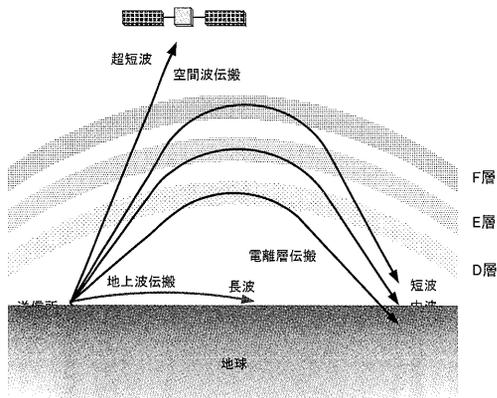


図1 長波帯電波伝搬

国内初の長波標準電波送信所の実用局は、平成9年度から福島県のおおたかどや山標準電波送信所で整備工事が開始され、平成11年6月10日の時の記念日から正式に運用が開始された。その約2年後の平成13年10月1日から運用バックアップと西日本への安定供給を目的として、福岡・佐賀県境に2局目のはがね山標準電波送信所を開設し、二局体制で24時間の連続運用を行い、長波標準電波需要に対する社会的責任を果たしている。

短波標準電波は、長波標準電波整備に伴い、その役目を終わり、平成11年3月に廃止された。

表1に、長波標準電波送信所の諸元を示す。

表1 長波標準電波送信所諸元⁽¹⁾

項目	おおたかどや山標準電波送信所	はがね山標準電波送信所
所在地	福島県田村郡都路村/同双葉郡川内村境界の大鷹島谷山(おおたかどややま)山頂付近	佐賀県佐賀郡富士町/福岡県前原市境界の羽金山(はがねやま)山頂付近
送信周波数	40kHz	60kHz
送信周波数精度	周波数国家標準に対し、 1×10^{-12} 以内	
送信電力	50kW	
電波形式	A1B	
アンテナ施設	地上高250m 傘型トッピングアンテナ	地上高200m 傘型トッピングアンテナ
運用開始	平成11年6月	平成13年10月

おおたかどや山送信所及びはがね山送信所か

らの標準電波のサービスエリアを図2に、標準電波送信所の写真を図3に示す。

2箇所の標準電波送信所によって、北海道から沖縄までの日本全国をカバーしている。

標準電波の到達範囲
2箇所の標準電波送信所で.....
・日本全国をカバー
・相互補完による運用信頼性の確保

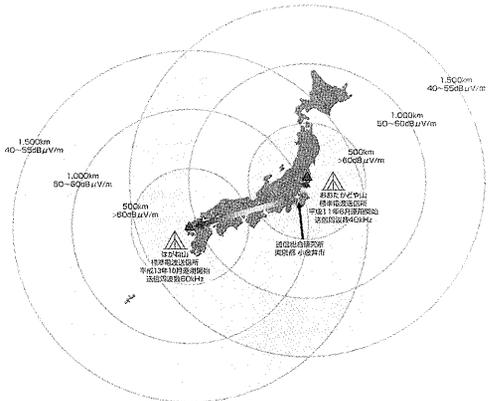
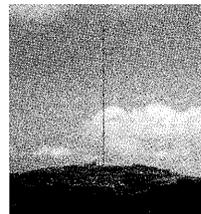


図2 標準電波のサービスエリア⁽¹⁾



はがね山標準電波送信所



おおたかどや山標準電波送信所

図3 標準電波送信所⁽¹⁾

長波標準電波には、時・分・通算日・年・曜日・うるう秒情報・停波状況などがタイムコードとして構成されており、40kHzまたは60kHzのキャリアを100%の出力から10%の出力に切り替えるパルス信号で表されている。パルスは1秒間隔で、3種類のパルス幅の組み合わせで構成され、60秒で年・月・日・時・分を表現している。

図4に、標準電波の信号構成を示す。

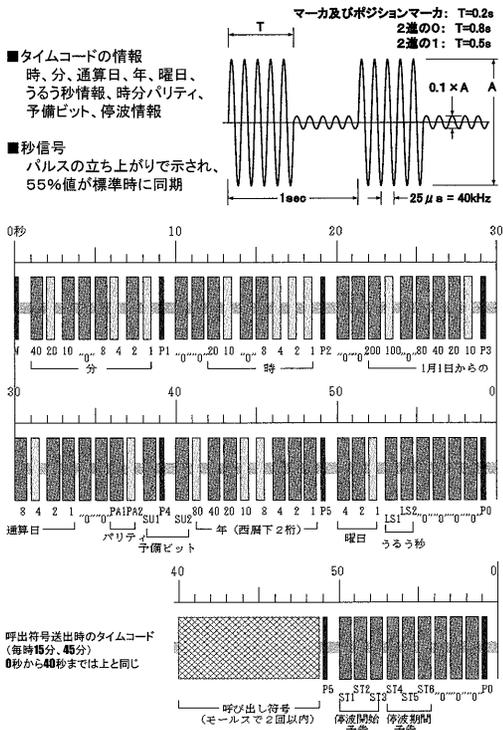


図4 標準電波の信号構成⁽²⁾

図5に、おおかたどや山送信所及びはがね山送信所の2003年4月から2004年1月中旬までの9.5ヶ月間の運用時間率と停波要因のデータを示す。2局の停波の要因は、機器・装置保守が78%、落雷対策が19%、機器故障が3.3%で、2局の同時運用時間率は、100%という結果であった。

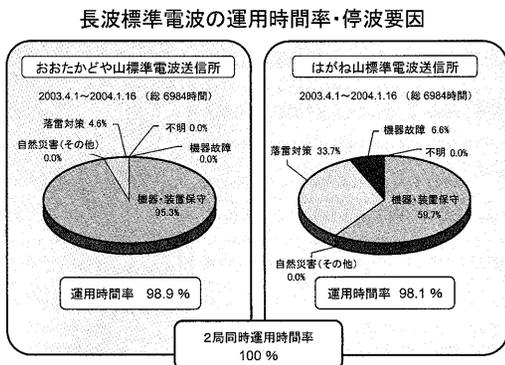


図5 長波標準電波の運用信頼性⁽³⁾

以上から、標準電波について、まとめる。

- ①おおかたどや山標準電波送信所(福島局)と はがね山標準電波送信所(九州局)の2送信所から日本全国に、標準周波数と日本標準時を供給している。
- ②国の機関であるCRLが運用している。
- ③電波時計・無線機器・測定器などの日本標準時・周波数校正などに利用されている。
- ④国家周波数標準により管理されており、受信周波数精度は、 $\pm 1 \times 10^{-11}$ (12時間平均)が得られる。
- ⑤2箇所の送信所の相互補完で、運用信頼度はほぼ100%を達成している。

3. 要求される周波数安定度と高安定基準発振器の現状

現在運用中の通信・放送システムで要求されている周波数安定度を表2に示す。周波数安定度に加えて、相手局との周波数同期を取るためには、それぞれの絶対周波数を合わせる必要があることから、周波数確度が要求される。

表2 要求される周波数安定度

システム名	許容偏差	要求される安定度	備考
HF無線(船舶局)	10×10^{-6}	1×10^{-5}	A1A
VHF移動無線	10×10^{-6}	1×10^{-5}	1Wを超えるもの
アナログTV(UHF)	3kHz 5Hz	3.8×10^{-6} 6.4×10^{-6}	中継放送局 精密オフセット方式
地上波デジタルTV	1Hz	1.2×10^{-6} 7.5×10^{-11}	放送波(UHF) 独立同期STL回線(~13GHz)
携帯電話(PDC)	0.5×10^{-6} 3×10^{-6}	5×10^{-7} 3×10^{-6}	基地局 移動局
携帯電話(CDMA)	0.05×10^{-6} $\pm 300\text{Hz}$	5×10^{-8} $\pm 300\text{Hz}$	基地局 移動局(基地局との同期偏差)

一方、高安定基準発振器の性能例を表3に示す。またこれらの発振器の周波数経時変化例を図6に示す。これから、1年後の周波数変動は、長期安定度の10~100倍くらいを見込む必要があり、

例えば1年後に 10^{-10} の周波数確度を要求すると、ルビジウム発振器が必要となる。また、約1年後には周波数校正が必要であると云える。

表3 高安定基準発振器の性能例

方式	TCXO	OCXO	Rubidium	Cesium	水素Masor
短期安定度 @1sec	10^{-9}	10^{-12}	10^{-11}	$10^{-11\sim12}$	10^{-12}
長期安定度 @1day	10^{-8}	10^{-10}	10^{-12}	$10^{-13\sim14}$	$10^{-14\sim15}$
精度 @1year	10^{-6}	10^{-8}	10^{-10}	$10^{-12\sim13}$	10^{-13}
温度特性	10^{-6} ($-10^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$)	10^{-9} ($-10^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$)	10^{-10} ($-10^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$)	10^{-13} ($0^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$)	10^{-14} ($0^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$)
寿命・消耗部品 など	None	None	Rb Lamp/Cell	Cs Beam Tube	Ion Pump H_2
その他	小型/軽量/安価 一般機器	小型/軽量/安価 高精度安定度 積層共振器	高安定/高精度 二次標準器 Rb基準発振器	高安定/高精度 一次標準器	最高安定度 教団/大型 LAB, VLB

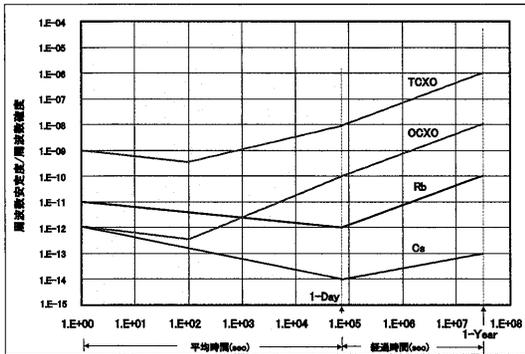


図6 高安定基準発振器の周波数経時変化例

4. 標準電波を高安定基準発振器に利用する

標準電波を高安定基準発振器に利用する場合、安定したサービス体制及び要求性能を満足することが要求されるが、国の機関であるCRLが運用していること、日本全国で均質なサービスが得られること、電波伝搬を含めて24時間平均で 1×10^{-11} の安定度が得られることから、必要要件を満足していると云える。

図6による高安定度基準発振器の周波数安定度のグラフに、標準電波の安定度を書き込むと、図7のようになる。基準発振器の周波数を標準電波によって制御することが出来れば、安定度改善且つ校正は不要となり、標準電波利用は基準発振器の問題点解決の有効な手段と云える。

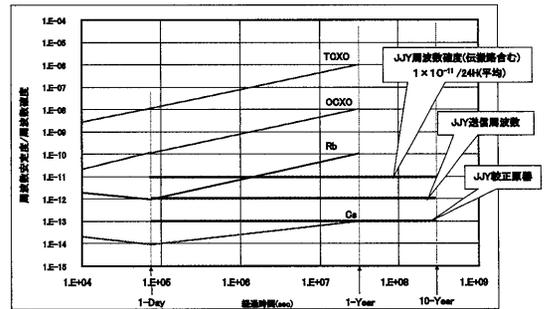


図7 高安定基準発振器と標準電波の性能

以上から、高安定基準発振器の問題点として、次のことが云える。

- ①長期安定度を含めた性能限界を考える必要がある。例えば1年後の目安として、OCXOは 10^{-8} 程度、ルビジウム発振器は 10^{-10} 程度となる。
- ②定期的な周波数校正が必要であり、高度な技術と設備及び時間を必要とする。
- ③高安定発振器は高価で、要求する安定度が上がるたびに価格も跳ね上がる。

5. 標準電波利用高安定基準発振器の性能

図8に標準電波利用基準発振器の構成を示す。基本原理は、標準電波の正確な搬送波周波数を再生して、この周波数を基準にして内蔵の電圧制御発振器を制御することで、正確な発振周波数を得ることが出来る。技術的なキーポイントは、断続したタイムコードの中から、いかに安定に搬送波周波数を抽出するか、また電波伝搬による変動をどのように吸収するかなどであり、これらを実現するためにハード及びソフト面において、様々な工夫が盛り込まれている。

10⁻¹¹ オーダの周波数安定度を必要とするときは、内蔵する電圧制御発振器はルビジウムが必要となる。

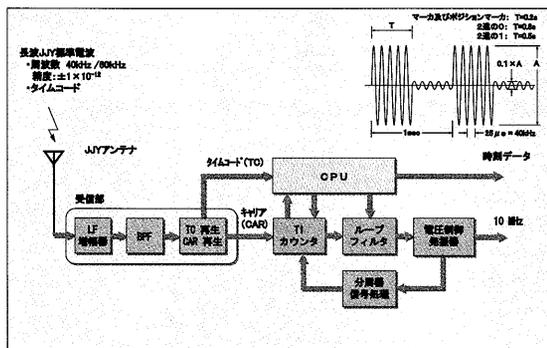


図8 標準電波利用基準発振器の構成

実際の標準電波利用基準発振器（ルビジウム発振器内蔵型）の評価試験データ例を、図9～11に示す。

- ・起動特性：電源投入から、約4日間の周波数変動を示す。電源投入から、1時間以下で 1×10^{-11} 以内となり、それ以降も安定している。
- ・周波数同期特性・停波試験：2台の発振器の周波数偏差は、 1×10^{-11} 以下に制御されている。また標準電波に不測の停波があった場合のシミュレーションとして、人為的に停波を発生させた時の周波数安定度を示す。1回目は1時間、2回目は2時間の停波期間中は内蔵のルビジウム発振器の安定度でホールドされるため、出力周波数には影響を与えない。
- ・温度試験：ルビジウム発振器の温度に対する周波数安定度は、高性能なものでも 1×10^{-10} 程度であるが、標準電波を利用することで、 10^{-11} オーダに改善されている。

評価データに示すように、標準電波を利用することで、基準発振器の問題点を解決するための基本性能を満足していることが検証できた。

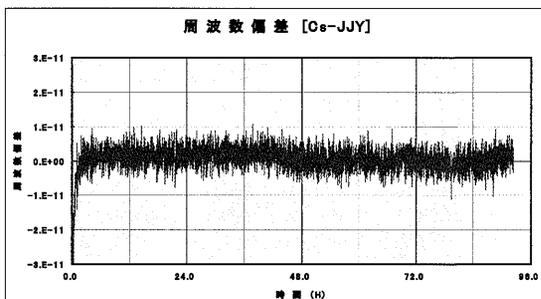


図9 起動特性

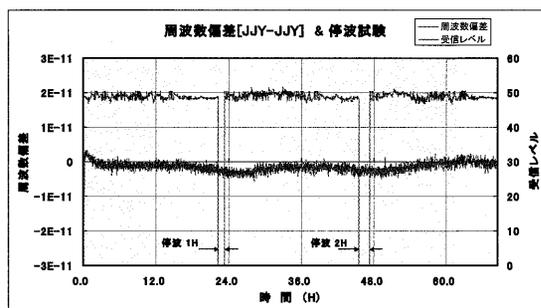


図10 周波数同期特性・停波試験

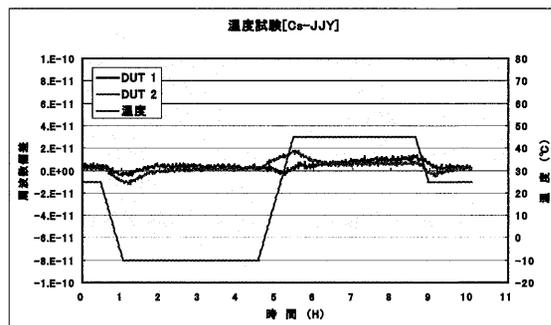


図11 温度特性

6. 標準電波利用高安定基準発振器の得失

以上から、標準電波利用基準発振器の得失を挙げると次のようになる。

長所

- ①高安定・高精度

標準電波に従属依存し、高安定・高精度である。

②メンテナンスフリー

常時自動校正を行っており、定期校正は不要である。

③廉価

廉価で高安定な発振器が得られる。

短所とその対策

①標準電波に依存している

精度管理は、他人任せで、自己管理が出来ない。
⇒国の機関が管理をしており、安心できる。

②標準電波の停波

機器のメンテナンスなどによる停波がある。
⇒福島局と九州局の2局による相互バックアップ体制が確立されていること及び内蔵発振器の精度でホールドするように工夫されており、性能は確保できる。

③外部アンテナが必要

外部アンテナが必要であり、工事やメンテナンスが面倒。

⇒電波時計は、タイムコードが再生できれば良いので、小型アンテナが使えるが、標準電波利用基準発振器は搬送波を再生する必要があり、C/Nの良い信号を受信するため、外部アンテナが必要である。

7. 標準電波利用高安定基準発振器の製品例

実際の製品例として、図12に標準電波利用基準発振器(NGJ-45 日本無線製)を示す。

主な特長

①高安定・高精度

内蔵のルビジウム発振器を、標準電波で制御することで国家基準のセシウム原子発振器に自動校正しており、長期周波数安定度 1×10^{-12} (月平均)を実現している。

②2波対応デュアル受信

常時、福島局の40kHzと九州局の60kHzの電波を受信し、停波時には自動相互バックアップ切り替えを行う。

③DSPによるソフトウェア受信

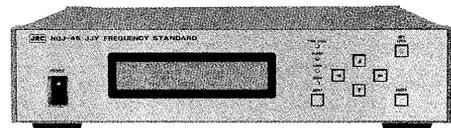
DSPによるソフトウェア受信技術を駆使し、小型・高安定・高性能な長波受信機を構成している。

④メンテナンスフリー

標準電波を利用して常時自動校正することで、従来のルビジウム発振器で必要不可欠だった定期的な周波数校正を不要とした。

受信アンテナの例を、図13に示す。

長波帯のアンテナは、小型で設置工事が簡単であることから、ホイップ型のアンテナを使用している。



仕様	
本体部	
受信周波数	福島局: 40kHz 九州局: 60kHz
基準周波数出力	10MHz 1V rms / 50Ω × 4系統
周波数安定度	長期: $\pm 1 \times 10^{-12}$ / 月 (平均) 短期: $\pm 2 \times 10^{-11}$ / 10sec
1PPS出力	TTLレベル
1PPS安定度	JST確度: 1ms以下
時刻情報	BCD (オプション)
電源	AC100V 50Hz/60Hz DC+36V
外形寸法	425 (W) × 99 (H) × 360 (D)mm (ラックマウント可能)

アンテナ部
ホイップ型アンテナ

図12 製品例 (標準電波利用基準発振器)

長波JJY受信アンテナ

- ・アンテナ
形式: ホイップアンテナ
長さ: 2005mm
プリアンプ内蔵
- ・接続ケーブル
5D2W



図13 製品例 (受信アンテナ)

8. まとめ

以上、高安定度基準発振器の問題点を解決する手段として、標準電波の利用は有効であることが実証された。

標準電波利用に当り、日頃からご指導・ご助言及び今回の講演のために運用信頼性データ等の資料を提供頂いた通信総合研究所日本標準時グループ殿に深謝いたします。

また、標準電波利用基準発振器の開発に当り、ご指導・ご協力を頂いた関係各位に感謝いたします。

参考文献

- (1) 通信総合研究所パンフレットから転載
- (2) 通信総合研究所日本標準時グループホームページ (<http://jjy.crl.go.jp>) より転載
- (3) 通信総合研究所日本標準時グループからの提供資料

(特別研究会紀行)

伊勢湾海上交通センターを見学して

(財) 日本航路標識協会
業務第二部長
奈良 豊勝
Toyokatsu NARA

1. まえがき

当会恒例の特別研究会「見学会」が本年は我が国7番目の海上交通センターとして7月1日業務を開始した、伊勢湾海上交通センターで11月28日に行われた。

この見学会に先立ち7月22日の第2回研究会で海上保安庁交通部の武田技術官が、同センターの紹介講演をされており重複する点もあるが、見学会報告をさせていただきます。

2. 海上交通センターの業務概要

海上交通センターは、海上保安庁が船舶航行の安全を図るため特に重要として、法令で指定した航路及び付近海域における船舶航行の安全を図るために設置しているもので、これまでに東京湾、備讃瀬戸、関門海峡、大阪湾、名古屋港、来島海峡が整備されている。

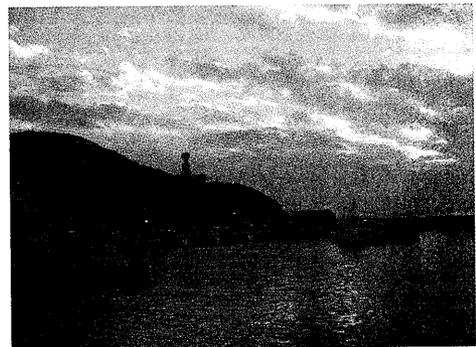
今回の伊勢湾海上交通センターでは、船舶交通がふくそうする伊良湖水道航路及びその付近海域における、船舶の安全かつ能率的な運航を確保するため、高性能レーダーにより、海域内の船舶の動静をは握するとともに、気象や海象の現況や海難等の状況や航路の航行制限状況等、海上交通に関する情報提供業務と海上交通安全法に基づく航行管制業務を行っている。

3. 交通手段等

伊勢湾海上交通センターへの関東方面からのアクセスは車のみの利用と、新幹線・私鉄・バスを乗り継ぐ方法等があるが、今回はマイクロバス利用で東京駅丸の内側の中央郵便局横から、当日8時過ぎに全参加予定者11名の内、途中合流の1名を除く

10名が、添乗員さんの名調子の案内のもとに勇躍として出発した、天気予報では午後には雨ということで先行きが案じられたが、東京の空は薄雲が広がっていたものの、日差しがあつて風も弱く穏やかな日和の中を、マイクロバスは一路伊良湖岬に向けて疾駆した。

車中では元電波航法研究会長のS氏が面白工夫生活法実践の近況を、ベテラン添乗員さん相手に漫談調に繰広げて、車中の笑いや相槌を引出したお蔭で、参加者一同は退屈する間もない内に車は浜松ICを下り、浜名湖岸から遠州灘を眺めながら渥美半島に入った。昼食場所が少なく到着時間を心配する声も聞こえたが、地元の地理に詳しい海上保安庁からの同行者の道案内があり、無事にお勧めの食堂でボリュームたっぷりの美味しい昼食にもありつき、ほぼ予定の時間に伊良湖岬先端にあるセンター下のサイクリング道路入口に到着した。



伊良湖港から伊勢湾海上交通センターを遠望

4. 伊勢湾海上交通センターの見学

当センターが建っている場所は伊良湖岬の先端部の丘の上で、センター建設以前に岬を一周するサイクリングロードが整備されていて、センターの建設時も完成後の現在も、車輛の乗入れは管理者の許可を受けた車以外に出来ないため、我々見学者は出迎えに来てくれた官用車への便乗組と徒歩組に分かれてセンターを目指した。

徒歩組も約十分でセンター所長ほかが待つ門前に到着して広場で記念撮影の後、センター用地の確保や局舎設計関連の簡略な説明があり、周辺一体が三河湾国定公園の一部で自然公園法も適用され、多数共有の民有地での建設許可の同意取付け対処、観光地として周辺眺望確保による施設高の制限があり、それらの地元対応例が壁面に彫られた渥美半島に多い「菜の花や渡り鳥のサンバ」のデザインであるとのことであった。

センター会議室での施設等の整備経過及び業務関連の見学説明会にはセンターの所長、次長とともにセンターの整備維持と業務指導を担当している、第四管区海上保安本部からも関係の部長と課長が出席されて、見学に際しそれぞれに適切な説明をいただいた。



センター局舎のレーダー及び信号タワー

以下にセンターの整備概要及び業務内容並びに業務用施設機器等に対する説明の概要を紹介したい。

(1) 伊良湖水道の特徴

伊良湖水道は伊勢湾口の北東側に位置する伊良湖岬と南西側の神島との間に挟まれ、その幅は4 km弱であり、外洋から伊勢湾及び三河湾に向う大型船にとっての唯一の入口である。

航路は東側の朝日礁及び西側の丸山出シとコズカミ礁に囲まれていて、その幅は約1,200 mと狭く、長さは約3,900 mの直線路で、海上交通安全法の適用を受ける巨大船等について、一方通行の航行管制及び種々の航行安全指導が行われている。

(2) 伊良湖水道の船舶通航実態

航行船舶の状況は1日平均約1,300隻であり、法令により規制を受ける狭水道の中でも明石海峡（大阪湾）、備讃瀬戸東部（瀬戸内海）に次いで多く、また、巨大船等（長さ200 m以上の船舶）の通航隻数は年間約7,200隻で他の航路と比べても、浦賀水道航路（東京湾）に次いで多く、その中でも危険物積載船を含む巨大船等の通航隻数は年間約5,000隻とその割合が高い。

(3) 自然環境と操業漁船の実態

伊良湖水道は霧の多発、強い北西風、黒潮の流向、及び流速、南方からのうねり等による気象、海象の変化や航路脇の朝日礁、丸山出シ、コズカミ礁の存在により、好漁場となっていて、年間を通じて漁船の操業が多く、船舶交通環境としては危険度の高い海域である。

(4) センター位置の選定理由

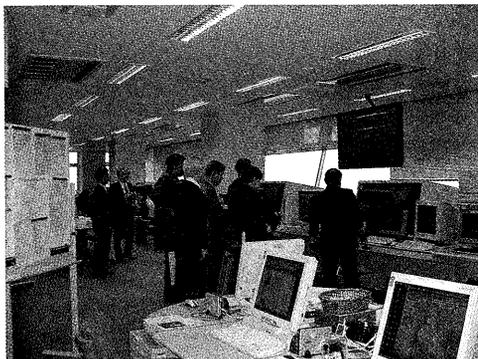
①主要航路及び付近海域の容易な状況は握への配慮（良質なレーダー画像の取得及び目視範囲の確保）

（注：敷地 GL=50 m、レーダー高 GL=91 m）

- ②用地確保の容易度及び工事施工の利便性
- ③業務遂行上の利便性確保(緊急時召集の利便さ、交信範囲の広さ、回線の整備及び保守の利便さ)

(5) センター業務の概要

- ①レーダー映像を基本とした、航行管制及び航行安全指導
(主な連絡手段は国際 VHF での情報伝達、管制信号の表示、航法指導船の配備等)
- ②航行安全用の各種情報の提供
(国際 VHF、テレホンサービス、FAXサービス、メールサービス、一般電話、電光信号板等)



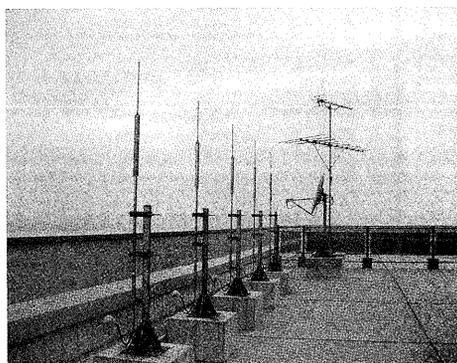
業務室の見学

(6) センターの主要な施設及び機器等

- ①センター局舎(3階建、建物高=18m、敷地高GL=50m、レーダー兼信号塔高GL=91m)
- ②レーダー(14GHz帯・映像処理=20km)
- ③レーダー運用卓(4卓)
- ④管制計画卓(2卓)
- ⑤編集放送卓(2卓)
- ⑥管制信号板(N, S字各1面、視認距離6km)
- ⑦情報信号板(矢印左右各1面、視認距離4km)
- ⑧国際VHF(13、14、16、20

ch 装備)

- ⑨無線回線等(情報放送用1,665kHz、専用回線用400MHz、6.5GHz、12GHz)
- ⑩その他の機器(予備電源用発動発電機ほか施設用と業務用多数)



屋上のVHFアンテナ群

(7) 新旧管制業務の交代

センターを見学して先ず感じたのが、業務の主要な対象である、伊良湖水道を運用室の広い窓から一望に出来る間取りと機器の配置、そして勤務者の動線が良いことであり、同所のようにセンター業務に最適な場所を確保するために行動された関係者の努力が、今後の業務成果に結びついて欲しいものだとの思いを強くしながら、各階の業務室及び屋上の関連構造物を見学させてもらうことができた。

1階の機器室や屋上のアンテナ設置コーナー等にも、今後のA I Sの整備を予想した設計が伺われ、大変に意義深い見学であった。センター及び第四管区の関係者にお礼をした後、一同はセンターを後にしてフェリーで当夜の宿がある三重県の二見町へ向うため、鳥羽行のフェリー乗場へとセンター西側の伊良湖水道に面した遊歩道を下り、その途中で今しがた見学してきたセンターの前身で、時計型の形状で管制信号を表示していた旧信号所跡に出た、ほんの数ヶ月前まではこの場所で、名古屋からの交代勤務により、昼夜の別なく管制業務を行っていた方々

のご苦労が偲ばれて、心の中でお礼を述べながら通り過ぎた。

さらに海岸際の伊良湖岬灯台を見てフェリー乗場へと遊歩道を巡り、栈橋前のマイクロバスに辿り着いたところで、周辺を雨雲が通って時雨に見舞われた。

5. 伊勢湾に思うこと

今回の見学会の帰路は伊勢湾を一周するコース取りのため、当夜の宿は鳥羽市の北隣の二見町に設定されており、一行は鳥羽行のフェリーからセンターの管制信号灯や伊良湖岬灯台の点灯を見ながら、神島や答志島や菅島の間を通ったが、帆船時代はこれらの島影で嵐を避けて順風を待ったのかなと熊野灘と遠州灘という東西に難所を抱えての航海に対する苦労が偲ばれた。フェリーは1時間弱で鳥羽に到着し、宿からの迎えのバスで二見浦の夫婦岩が見える部屋に荷をといて、数百メートルのポーリングで汲み上げた温泉風呂で旅の疲れを癒し、お楽しみ夕食では見学会のおさらい話が弾み、あっという間に時間が過ぎ、長い一日も終わりとなった。

明けて、翌1月29日は前夜からの雨の音で目覚めとなり、帰京コースは宿から近い夫婦岩と伊勢神宮内宮を經由することで出発したが、前夜からの雨は止まず、伊勢神宮にいた時間帯がもっとも強く、参加者一同は身も心も浄められた感じがし、本当にすっきりした気持ちで神宮を後にした。

伊勢を出発した途端に皆の気持ちは東京へ向って飛び出したようにも思えたが、小生には多少頭の隅に引っかかるものが残った、それは遠い昔に西の方からこの伊勢に来てかくも立派な神社を作り、かつ、遷宮の仕来たりを現在まで伝えた人々が、この伊勢の地に留まったのはどうしてだろうかという思いであった、海人なら船でさらに東に行ってもよかったのではないのか、太平洋岸の黒潮の流れの怖さを知っていたのだろうか、どんな事情でこの地に居ついたのであろうか、あるいは豊かな伊勢の海と雪のない気候を好んだのか、それとも別の理由なのだろうかなどと、種々な思いが頭

を巡った。

そのうちに車は伊勢自動車道、東名阪自動車を過ぎて、名古屋港沿いに建設が進んでいる伊勢湾岸自動車に入り、名古屋港海上交通センターを遠くに確認でき、名古屋港に直結された湾岸自動車道の立派さから、中部圏内はもちろんのこと、関東及び関西方面への陸上輸送能力の増強が着々と進んでいることを実感し、また、航空の方も伊勢湾北部で中部国際空港の整備が進んでおることから、伊勢湾内の海上輸送の面でも、今回見学した伊勢湾海上交通センターと、既存の名古屋港海上交通センター間の連携をより緊密にして、さらなる海上交通の安全と運航能率の増進が図られて欲しいものだと思う間もなく、車は三河湾沿いを過ぎて浜名湖のサービスエリアに到着し、遅めの昼食を急いで済ませるや否や車は再び一路東京へと疾駆を続けた。用賀ICまではまずまず予定のタイム経過であったが、首都高速道が大渋滞であったためにやっとのことで一般道に下り、予定よりも1時間程度の遅れでどうにか東京駅前に到着し、本年度の特別研究会も無事終了となった。

電波航法研究会 平成14年度事業報告

電波航法研究会事務局

Record of Work Carried Out by the Japanese Committee for Radio Aids to Navigation During Fiscal Year 2002

Secretariat Office of the JACRAN

総会

平成14年度総会は、平成14年5月30日14時から海上保安庁海洋情報部大会議室で開催された。会員数95名のうち、総会出席者34名、委任状提出者36名、計70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13年度事業報告が事務局により行われた。
- 2 平成13年度会計報告が事務局により行われ、会計監査中村勝英氏の監査報告があり、承認された。
- 3 平成14年度会長、副会長の選出が行われ、満場一致で会長に今津隼馬氏が、副会長には、林尚吾氏、長岡栄氏及び田中仙治氏が再任された。
また、各幹事の委嘱については事務局案のとおり了承された。
- 4 平成14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14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14年5月30日、海上保安庁海洋情報部大会議室で総会後に開催され、海上保安庁灯台部電波標識課 篠崎正夫課長から「電波標識の現状」及び電子航法研究所 電子航法開発部 長岡栄氏から「空のAIS—航空における通信・監視システム—」と題する講演が行われた。

出席者は52名であった。

- 2 第2回研究会は、平成14年7月25日、海上保安庁海洋情報部大会議室において開催され、山階鳥類研究所 吉井正理事から「渡り鳥とレーダー」、海上保安庁灯台部電波標識課 赤石節雄主任技術官から「ロランCを巡る世界の動向」、国土地理院 測地観測センター 松村正一 衛星測地課長から「電子基準点を利用したリアルタイム測位」と題する講演が行われた。

出席者は52名であった。

- 3 第3回研究会は、平成14年12月6日、海上保安庁海洋情報部大会議室において開催され、日本工業大学 渡辺康夫教授から「ミリ波・サブミリ波の新しい応用」、海上保安庁海洋情報部企画課 仙石新課長補佐から「世界測地系とナビゲーション」、三井造船 昭島研究所 織田博行部長から「RTK-GPSを用いた大型船の入港着枝支援システム」と題する講演が行われた。

出席者は52名であった。

- 4 第4回研究会は、平成15年2月26日、海上保安庁海洋情報部大会議室において開催され、日本無線システム機器事業部 甲田正夫氏から「長波帯標準電波を利用した高安定度発振器」、沖コンサルティング・ソリューションズ シニアマネージャー 矢内崇雄氏から「AIS クラスBの動向」、海上保安庁海洋情報部海洋研究室 矢吹哲一朗主任研究員から「GPSによる測量船の高精度な高さ測定」と題する講演が行われた。

出席者は34名であった。

臨時研究会

平成14年10月21日、麻布台 中央官庁合同会議所において米国メガパルス社 エリック・ヨハンセン社長の来日記念講演会として開催され、同氏から「ロラン・インテグリティ・パフォーマンス」、 「ロラン送信局装置近代化の現状と将来」について、また、通信総合研究所 時間・周波数計測グループ 今江理人氏から「標準時の国際的な仕組みと正確さと利便性の向上に向けた取り組み」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（見学会）

平成14年10月25日から26日に福島県において開催され、通信総合研究所おおたかどや山 標準電波送信所の施設を見学し、同所 日本標準時グループリーダー 栗原 則幸 氏から概要説明を受けた。

参加者は13名であった。

幹事会

幹事会は、平成14年4月18日、5月30日、7月25日、12月6日、15年2月26日に開催され、事業計画、講演テーマ、会誌発行等について審議が行われた。

会誌等発行

会誌「電波航法」第44号は、3月末に刊行された。

会員数

平成15年3月31日現在

正会員	28名	52名
個人会員	12名	(年会員7名、終身会員5名)
推薦会員	17名	
特別会員	38名	
計	95名	

会員の移動

変更 正会員 DXアンテナ(株)が 新会社設立により測位衛星技術(株)に移行になった。

電波航法研究会 平成15年度事業報告

電波航法研究会事務局

Record of Work Carried Out by the Japanese Committee for Radio Aids to Navigation During Fiscal Year 2003

Secretariat Office of the JACRAN

総 会

平成15年度総会は、平成15年5月30日15時から海上保安庁海洋情報部大会議室で開催された。会員数95名のうち、総会出席者30名、委任状提出者30名、計60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14年度事業報告が事務局により行われた。
- 2 平成14年度会計報告が事務局により行われ、会計監査 中村勝英 氏の監査報告があり、承認された。
- 3 平成15年度会長、副会長の選出が行われ、満場一致で会長に今津隼馬氏が、副会長には、林 尚吾氏、長岡 栄氏及び田中 仙治氏が再任された。

また、各幹事の委嘱については事務局案を一部修正のうえ了承された。

- 4 平成15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15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15年5月30日、海上保安庁海洋情報部大会議室で総会後に開催され、海上保安庁 交通部 計画運用課 金丸 侑二郎 課長から「組織改変 - 灯台部から交通部 - 」及び 同部 整備課 篠崎 正夫 課長から「電波標識の現状」と題する講演が行われた。

出席者は62名であった。

- 2 第2回研究会は、平成15年7月22日、海上保安庁海洋情報部大会議室において開催され、海上保安庁 海洋情報部 藤田 雅之 主任衛星測地調査官から「海底プレート境界での地殻変動観測」、NYK 輸送技術研究所 伊藤 功 上席研究員から「Our products of Long Range Tracking & Ship Security Alert System」、海上保安庁 整備課 武田 健司 信号施設技術官から「伊勢湾海上交通センターについて」と題する講演が行われた。

出席者は51名であった。

3 第3回研究会は、平成15年10月30日、海上保安庁海洋情報部大会議室において開催され、電子航法研究所 坂井 丈泰 氏から「衛星航法システム GPS/WASS の現状」、海上保安庁 海洋情報部 環境調査課 寄高 博行 課長補佐から「海洋短波レーダーによる海流観測」、宇宙航空研究開発機構 航空安全技術開発センター ヘリコプタ飛行安全チームリーダー 奥野 善則 氏から「実験用ヘリコプタによる DGPS 測位評価」と題する講演が行われた。

出席者は53名であった。

4 第4回研究会は、平成16年2月27日、麻布台の中央官庁合同会議所 大会議室において開催され、NHK 技術局 エグゼクティブ・エンジニア 生岩 量久 氏から「地上波デジタルTV放送システム」、海上保安庁 海洋情報部 佐藤 まりこ 氏から「人工衛星レーザー測距による海洋測地」、通信総合研究所 電磁波計測主幹 菊池 崇 氏から「太陽フレアと宇宙天気予報」と題する講演が行われた。

出席者は41名であった。

臨時研究会

平成15年10月1日、日本財団ビル 2F 会議室において海上保安庁主催で開催された「GPSのバックアップシステムに関する専門家会議」に参加し、FAA（米連邦航空局）、USCG（米沿岸警備隊）から「ロランCの評価と今後の計画」、NELS（North Europe Loran-C System）から「NELSの現状と課題」、IALA（国際航路標識協会）、ILA（国際ロラン協会）から「国際機関としての対応」と題するプレゼンテーションのあと、「ロランCのバックアップシステムのあり方」をテーマとするパネルディスカッションがあり今津 隼馬 会長が司会を務めた。

出席者は総勢70名であった。

特別研究会（見学会）

平成15年11月28日から29日に愛知県において開催され、7月に運用開始したばかりの海上保安庁 伊勢湾海上交通センターの施設を見学し、東 一之 所長から概要説明を受けた。

参加者は11名であった。

幹事会

幹事会は、平成15年4月23日、5月30日、7月22日、10月30日、16年3月10日に開催され、事業計画、講演テーマ、役員交代、会誌発行等について審議が行われた。

会誌等発行

会誌「電波航法」第45号は、4月末に刊行予定。

会員数

平成16年4月1日現在

正会員	28名	52口
個人会員	11名	（年会員6名、終身会員5名）
推薦会員	17名	
特別会員	38名	
計	94名	

会員の移動

退 会 個人会員、高橋 恵（死亡）

変 更 特別会員、東京商船大学と特別会員、東京水産大学が統合し、東京海洋大学となった。

特別会員、通信総合研究所が通信・放送機構が統合し、情報通信研究機構となった。

ここ数年、海事に係わりをもつ機関や関係者の間で AIS の有効利用について幅広い検討が進められています。その利用の範囲は、航行の安全確保はもとより、業務の効率化や海洋プロジェクトへの活用更には新規事業の開発にまで及んでいます。この様子は、20数年前、実用化が間近だった GPS について検討が行われた様子を髣髴とさせます。

当時は、航海における測位システムとしてはロラン A、ロラン C、デッカなどが主役であり、精密測位用として NNSS が一部で活用されていました。地球上の全域で高精度の測位がリアルタイムで可能である GPS は、海運における安全確保と運航の効率化に対してオールマイティであるかのようにとらえた検討が行われました。

学術的な専門分野で渡り鳥の飛行ルートの監視に使用することも検討されていました。その主要テーマの一つに GPS 受信機及び通信用送信機の軽量化が取り上げられました。当然のことながら、鳥に対する体力的な負荷の軽減を図る開発でした。

現在の GPS の利用は、海上はもとより、陸上及び航空の交通における移動体の測位を中心とした利用に加えて、動物の移動、センチメートル単位の測位精度を生かした地下資源の開発や地殻変動の監視にも活用されています。これらの GPS の利用拡大は、機器の小型軽量化と高機能化を実現した科学技術分野の開発と情報処理技術分野の発展によるものであり、一つのシステムの機能とそれを取り巻く周辺技術の開発成果とが複合的に結合して得られた結果と言えます。

VTS の嚆矢となった東京湾海上交通センターの開設当時、船舶相互間の危険回避に必要な船間通信の設定と仲介が主要業務の 1 つとして検討されました。船間通信が必要な船舶の判定、対象船舶の特定、船間通信の設定支援、相手船の判定支援などを海上交通センターで実施するのですが、その実施方法には、対象船舶の船種、船舶性能、乗組船員、

搭載通信機器など船舶の特性に応じたきめ細かい対応が求められました。しかし、すべての船舶についてその船舶特性を把握し、千差万別の海上環境に対して特性の異なる船舶の組み合わせについてその対応策をあらかじめ作成しておくことは不可能であり、細部については、センターの運用者の判断に負うところとなりました。当時としては最先端の機器と最大限の陣容を整えたとはいえ、運用者の精神的な負担と苦労は、想像を超えるものがあつたことと思います。

20 数年を経て、AIS の実現によりその苦労の大半が取り除かれようとしています。航行船舶は、周囲のすべての船舶と自動的に情報交換が可能となり、また、海上交通センターにおいてもその情報を完全に共有できるのです。

AIS がすべての船舶に完全に装備された段階を想定するとまさしく隔世の感さわるものがあります。

航行船舶にとって、通信回線の設定、相手船の判定、通信に要する時間と手間などのわずらわしさから開放され、しかも精度の高い情報が自動的に得られるこのシステムは、安全を確保する上で大きな成果をもたらすものと期待されます。GPS の場合から類推すると、すべての船舶が AIS を搭載した状況になれば、現段階で想定できる効果を遥かに超えた成果をもたらすに違いありません。しかし、AIS をすべての船舶に普及させるには解決困難な課題も、また、多くあります。

その点で、現在の海事関係者の知恵が問われ、努力が求められているといえます。

海上保安庁では、平成15年4月から灯台部を交通部に組織を変更して、航行援助と航行安全の両業務を一つの組織で担当することとしました。ハードウェアとソフトウェア、即ち海事関係のルールとその実行を支える技術が一体となって航行の安全と運航効率の向上を図ってゆく施策に期待すると共に注目してゆきましょう。

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

平成16年4月28日 印 刷 2004
平成16年4月30日 発 行 No. 45

編 集 東京都千代田区霞ヶ関2-1-3 中央合同庁舎3号館11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 東京都江東区富岡1-26-10
カクチ ヨウ印刷株式会社

電波と共に55年

船舶航行の安全と効率化をめざして—

加藤電気工業所は、人命の安全を確保するため、長年にわたって船舶用空中線の開発と海岸局並びに各種無線通信施設の設計・制作・施工にたゆまない努力と躍進をつづけております。

— 営業品目 —

設計・製作・建設・保守

- 海岸局・陸上局・各種無線通信局
- 船舶用FRPホイップ空中線
- 航路標識用灯浮標
- パラボラアンテナ回転装置
- TV・ラジオ・FM局用鉄塔と空中線
- テレビ共聴・都市型CATV



株式
会社

加藤電気工業所

Kato Electric Industry, Ltd.

本社 〒114-0022 東京都北区王子本町1-4-13 ☎(03)3905-7311 FAX(03)3905-5553
鳩ヶ谷工場 〒334-0013 埼玉県鳩ヶ谷市南7-2-1 ☎(048)288-2110 FAX(048)285-6301
板倉工場 〒374-0111 群馬県邑楽郡板倉町大字海老瀬北7118 ☎(0276)82-4711 FAX(0276)82-2240

JRC

<http://www.jrc.co.jp>

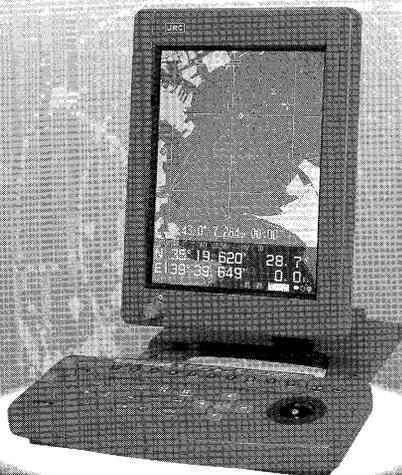
カラーレーダー
JMA-5100シリーズ



- フレキシブルな装備性
- トレーリング時間を2種類同時に記憶・表示
- New MARPA, Automatic Tracking Device - "ATD" - セミATA性能

世界の海に 世界の船に

カラープロッタ
JLZ-700



- 操作部を別体としたことにより、表示器と離れた所から操作可能
- JRCディファレンシャルGPS受信機がダイレクトに接続可能

カラー魚群探知機
JFC-130/130HP



- 場所をとらない高輝度TFTカラーLCDを採用
- 表層魚や根付き魚群を確実に探知

JRC 日本無線株式会社

官庁営業部

〒160-8328 東京都新宿区西新宿6-10-1日土地西新宿ビル
電話 (03) 3348-3790 (ダイヤルイン)



世界にはばたく

航路標識のエキスパート“JANA”

安全で美しい海を

事業内容

1. 航路標識用施設及び機器に関する調査，研究，開発及び維持管理
2. 航路標識用施設及び機器に関する啓蒙普及
3. 航路標識用機器の規格の制定，普及及び検査
4. 航路標識に関する国際協力
5. その他本会の目的を達成するために必要な事項

財団法人 **日本航路標識協会**

“JANA” **Japan Aids to Navigation Association**

(ホームページ <http://www.jana.or.jp>)

平成十六年四月二十八日印刷
平成十六年四月三十日発行

電
波
航
法

電波航法研究会 発行