

ISSN 0287-6450

Denpa khōhō

ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW

# 電波航法



JACRAN. *51*

*2009*

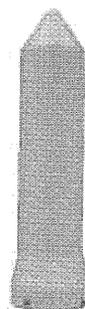
電波航法研究会 発行

Published by the Japanese Committee-  
for Radio Aids to Navigation

## 最先端の技術と英知を駆使し、船舶航行の安全を守る



SV型レーダービーコン



灯台用アンテナ



灯浮標用アンテナ

本装置は、船舶に搭載されているレーダーからの電波を受信後、局識別コードを発射し、船舶のレーダー画面上に表示させ、船舶が安全で効率的な航海ができるように情報を提供する装置です。

- 船用レーダー波帯のXバンド専用で周波数アジャイル方式を採用
- 応答符号は遠近によりパルス幅の切替えが可能
- 気密性はIP67規格を満足しており、通常運用下においてメンテナンスフリーが可能
- 保守用端末により、レーダービーコンの動作休止間隔、感度及び局識別コードを設定可能
- レーダービーコンの性能に関わる運用状況と周波数精度を監視する自己診断機能
- 空中線は、耐紫外線と耐候性にすぐれたレードームを採用
- 軽量でコンパクトな設計により、低消費電力を実現



# S-VANS セナーアンドバーンズ株式会社

本 社 〒144-0041 東京都大田区羽田空港1丁目6番6号  
TEL) 03-5708-7300 FAX) 03-5708-0151

札幌営業所 〒005-0004 北海道札幌市南区澄川4条2-10-17  
TEL) 011-823-2250 FAX) 011-823-2258

神戸営業所 〒650-0023 兵庫県神戸市中央区栄町通3丁目6番7号  
TEL) 078-331-7292 FAX) 078-331-7381

北九州営業所 〒802-0001 福岡県北九州市小倉北区浅野1-2-39  
TEL) 093-533-5371 FAX) 093-533-5372

— 目 次 —  
CONTENTS

巻頭言「ミケランジェロの時代から…」……………会長 林 尚吾……………(1)  
Chairman Syogo HAYASHI

講演の記録

[新技術の動向]

「LRITの現状と今後について」……………栗井次雄……………(3)  
Tsuguo Awai  
「AIS-Space…Contributing to global safety and security」 George T. Best……………(10)  
「月周回衛星「かぐや」の状況とミッションを支える通信技術」……………星野宏和……………(17)  
Hirokazu Hoshino

[小型船舶を対象とした航海計器]

「国際VHF無線電話について」……………入山政夫……………(28)  
Masao Iriyama  
「小型船用マリンレーダの紹介(MDC-900シリーズ)」……………田澤健一……………(33)  
Kenichi Tazawa  
「小型漁船救急支援連絡装置「救急コール」とデータ通信機能付き新型DSB無線機」  
……………伏間 圭……………(37)  
Kei Fushima  
「大中型プレジャーボートに最適！ ネットワーク対応、最新鋭航海電子機器」  
……………藤原啓修……………(41)  
Hironobu Fujiwara

[電子海図等]

「ENCの世界的な状況について」……………清水敬治……………(44)  
Keiji Shimizu  
「航海用電子参考図new pecについて」……………佐々木 稔……………(55)  
Minoru Sasaki  
「EFBの現状と展望」……………鈴木良一……………(64)  
Ryoichi Suzuki

臨時研究会報告

「AISの高度利用に関するシンポジウム開催報告」……………事務局 Secretariat……………(69)

特別研究会紀行

「特別研究会 in 国立天文台野辺山」……………事務局 Secretariat……………(74)

電波航法研究会事業報告(平成21年度)……………事務局……………(77)  
Secretariat of the Japanese Committee for Radio Aids to Navigation

電波航法 卷頭言  
(Foreword)

## ミケランジェロの時代から…

電波航法研究会

会長 林 尚吾

Chairman Shogo HAYASHI

ミケランジェロと聞いて皆さん何を思い浮かべますか？

彼は彫刻家、画家、建築家という面が良く知られているので、多くの方がダビデ像や天井フラスコ画などの作品を思い浮かべることと思います。実は彼にはもう一つ、詩人という肩書きもあるのだそうです。なぜ、ここでかの芸術家について述べるかと言いますと、先日、彼がこんな言葉を残していることを初めて知り、ご紹介したいと思ったからです。

「私達にとって、高い目標を目指して達成できないことは、失敗ではない。低い目標を達成して満足することこそ、最大の危機である。」

これは詩ではありませんが、非常に含蓄のある言葉であり、500年たった今でも通用する言葉だと思いました。

最近の日本人、特に若い人たちを見ていて、私は漫然とした危機感や歯がゆさを感じていました。近隣諸国のハングリーでパワフルな人々、お金はなくても元気な、大勢の子供達を見るにつけ、今の日本にはそのどちらも少なく感じ、輝く将来も見えてきません。デフレ・スパイラルという言葉をあちこちで目にするようになり、「夢を持って。元気を出せ」と言っても無理なのかもしれません。

しかし、日本が元気になるためには、夢に向かって科学技術を発展させていくことが必要でしょう。資源もなく、人口も減ってきた日本。頭脳で勝負し生き残っていかなくては、2流、3流国になってしまいます。私が感じていた漫然とした危機感は、今の若い人が、失敗を恐れ、経済的困難を避け、低い目標しか挙げなくなっており、それに甘んじているからだ、冒頭の言葉を目にしたとき、ストンと胃の腑に落ちたのです。

「どうして1位じゃなきゃダメなんですか？ 2位じゃだめなんですか！」と叫んだ人がいました。この場面は何度もテレビで放送されたのに対し、「最初から2番を目指したのでは2番にすらなれない」という反論もありましたがあまり注目されませんでした。政府からして、最初から低い目標では、まさに「最大の危機」を迎えていると思わずにはいられません。

ここで政治論議を展開するつもりはありませんが、政治の役割は、広く浅くお金を撒き、日常のささやかな目標達成に満足させることではなく、高い目標に向かう喜びから活力を生み出すことだと思います。

さて、我が身を省みて、反省するきっかけがありました。「どうせ年始の誓などすぐに忘れてしまい達成できないのだから、

今年「減量（ただし、飼い猫の）」にしよう」という新聞記事を読み、『うまい!』と感心しているようではいけませんでした。達成できないかもしれないことこそ目標に掲げ、ひたすらに努力する、その大切さと困難さは、ミケランジェロの時代から変わらないことだと思いました。かの芸術家ミケランジェロの名前は、聖書に出てくる天使の名「Michael」と天使「angel」を併せたものだそうで、崇高な目標を持つ人は名前からして気高いと思った次第です。

電波航法の世界に焦点を合わせれば、世界標準となりえるシステムを日本から発信することを目標にしたいと思います。「レーダ間通信」、「全ての船舶にAIS搭載。そして効率的な管制」、「固体化レーダ」、「小型船用のFM-CWレーダ」、「……………」などが現在進められています。さらにその上に行く何かを見つけたいと思案中です。会員の皆様と共に勉強し、議論を深めていきたいと思えます。「世界で2番」ではなく、「1番」を目指してこそ得られるものが大切であることを会員の皆様と一緒に叫びたいと思っています。現状の技術の単なる延長線上にあるものではなく、従来の枠を取り払い発想の原点を変えた、場違いの発想こそが面白い展開になるものかと思えます。恐れずに、また、実現性が乏しいと追いやらずに、「何とかできないかな？」と。

貧乏から世界第2位の経済力をつけるまでに働いた団塊の世代は定年を迎えつつありますが、余生を安らかに送る場合ではなさそうです。若者に「夢を見させる」ための努力をしましょう。

夢は実現していきます。夢なくして実現はありません。

夢のまた夢を目指しましょう!!

# 船舶長距離識別追跡システム (LRIT) の 現状と今後について

海上保安庁 総務部情報通信課 技術企画官

粟井次雄

2002年以来、国際海事機関 (IMO) が審議を続けてきたLRIT (Long Range Identification and Tracking of Ships: 船舶長距離識別追跡システム) は2008年12月31日にSOLAS条約の関連規則の実施が開始され、その1年後である2009年12月末には実施の期限が到来しました。これにより、対象となる船舶にはすべて条約の要件に適合、すなわち船上に設備を備えて旗国が指定するデータセンター (以後DC) に定時通報を送信するという義務が生じる

こととなります。

これにより、構想から10年近くを経たLRITはひとつの大きな区切りを迎えることとなりますが、IMOと各国が想定した、外洋の船舶動静を国際データ交換によって効果的に把握する、という状況が現在達成できているとはいえない状況となっています。本稿ではLRITについて簡単に説明した上で、その現状と今後について記述してみたいと思います。(本稿は2009年12月時点で記述しています。)

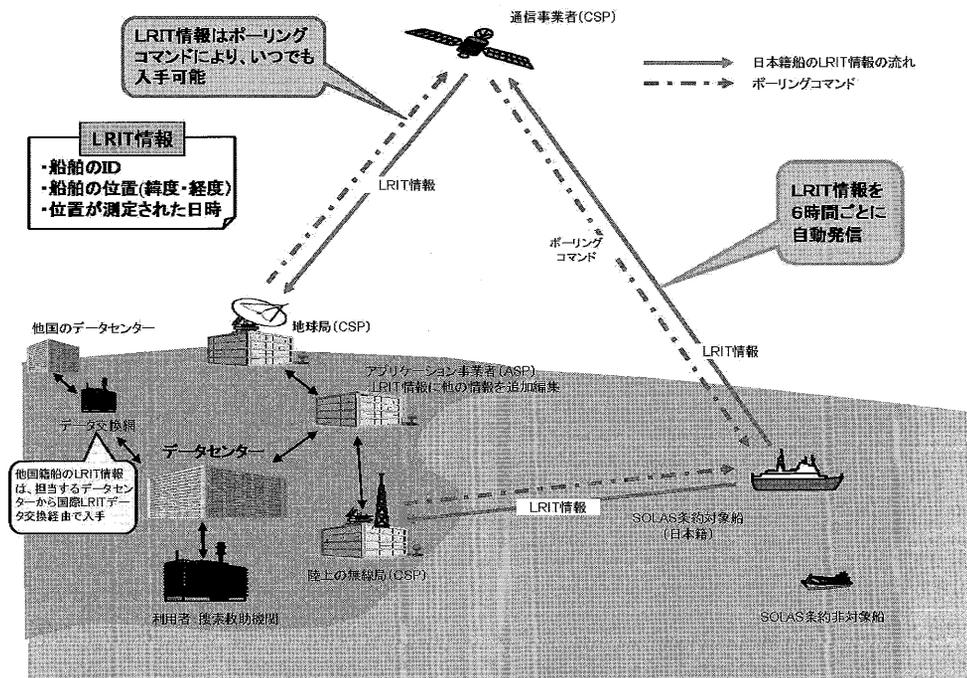


図1 LRITの概念図

## システムの概要

冒頭から釈迦に説法ですが、LRITそのものについてまず簡単に説明すると、LRITとは、2001年9月11日の米国同時多発テロを契機に、外洋を航行する船舶の動静を把握するための新たなシステムとして、米国が導入を提案したものです。LRITにおいて船舶は、船上に備えた衛星通信装置によって位置情報を陸上あてに送信し、これを受信した陸上のDCでは、条約に定められたスキームに従って情報を国際交換します。

SOLAS条約が定める船舶（国際航海旅客船および300トン以上の貨物船等）は船上搭載機器（事実上インマルサット）により、原則6時間ごとにID、位置、時刻の3要素からなる情報を、所属旗国のDCにあてて送信します。日本を含め、多くの締約国は自らDCを設置しますが、EUなどは地域内の締約国が共同で設置する形態のDCを設置する計画としています。

LRIT情報の送信にあたって船舶は経費の負担を要しないことになっており、簡単に言えばDCが着信払いの形で通信料を負担します。DCはその後、条約で認められた権限のスキームに従って情報を交換しますが、実際の交換はASP（Application Service Provider）と呼ばれる事業者が介在して行ないます。LRIT情報は6時間ごとの定時通報を基本としますが、必要がある場合、DC側からの設定によってこの間隔を最短15分まで短縮することができます。

また、最新の位置を送信させるコマンドを送り出すこともでき、この機能を「ポーリング」と呼びます。LRITはSARのツ

ルとしても有効と認識されていますので、搜索対象海域を円形または矩形で指定し、その中に所在する船舶対象にポーリングを行う機能も用意されています。この場合、SAR機関に経費の負担は求められないことになっています。

LRITによる情報の交換においては、内水、領海、沿岸1,000海里までの公海という3種類の海域に応じた情報の取得権限が定められていますが、公海上にある他国籍船舶の動静情報を入手する権限の設定は、船舶の法的地位の原則である「旗国主義」の例外ともいえる性格を持つため、制度設計にあたって慎重なスキーム作りが求められるとともに、適正な権利行使を保証するため、第三者国際機関（IMSO）による「監査」という制度も併せて導入されました。監査においてはSARの名を借りた無料利用が不当に行なわれないかといったことも監視することになっています。

船舶は原則6時間毎に旗国のDCに位置通報を行ない、旗国DCは所在位置を問わず自国籍船舶の位置情報を管理しますが、DCは自国籍の船舶がいずれかの国の内水または自国領海内にある場合はどこにも情報を提供する必要はなく、それらの海域を除いたいずれかの国の沿岸1,000海里内にある場合は当該沿岸国に対して情報を提供します。（1,000海里というきりの良い数字に格別の意味はありませんが、通常の船舶が2昼夜程度を要して航行する距離であり、なんらかの情報に対応するためには十分な時間的余裕であると考えられています。）

これが船舶に対する旗国主権と沿岸国の海上セキュリティ要求とを調和させた新たな海洋制度の原則ということになります

が、自国向けに航行する船舶については公海上の1,000海里という距岸制限なしに情報を入手できること及びSAR目的でも地理的制限なく情報が利用できること、という例外も設けられています。

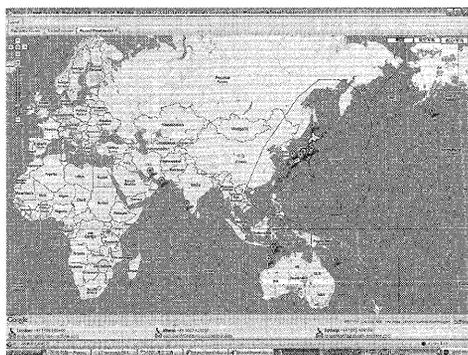


図2 LRITデータセンターの画面表示例

## LRITにかける米国の執念

沿岸船舶の動静把握を強化するため、AISの導入を前倒する決議が2002年6月カナダでのG8サミット及び同10月メキシコでのAPEC首脳会議において採択されましたが、LRITはこうしたセキュリティ強化策を外洋に広げる取り組みとして提案されたといえます。9.11テロの5ヵ月後に早くもこうした提案を行なった米国は、その後海上セキュリティ強化の国策で一貫しており、AIS全国網の整備やLRIT、MSSIS（AIS情報の国際交換）の実現は、MDA（Maritime Domain Awareness）という国家政策の一部として重要な部分を構成しています。

こうした提案は、2006年5月のMSC81で条約化されましたが、構想から実現までに10年以上を費やしたGMDSSに比べると、IMOの審議としては異例のスピード

とあってよく、海上セキュリティの強化に対する米国の強い関心を表しています。

そもそもLRITは各国が諸手で賛同するような制度ではありませんでした。船主にとってはなんら直接利益のないものに新たな義務と経費負担を課される警戒感、発展途上国はデータセンターというものを設置して運用することへの困惑、また便宜置籍国にとっては単に税法便宜を与えるだけで実質管理していない数多くの船舶から通報を受けるスキームを構築する負担といった多くのネガティブ面が懸念され、「海上セキュリティの強化」という誰もおおっぴらには反対できない大義と、一種強引ともいえる米国の主導によって何とか出来上がったとあってよいものです。

条約採択に至るまでには、「通報における船舶側の負担なし」「環境・安全にも有効」「SAR機関の無料利用」といった数々のセールスポイントが作り出され、最後は「誰がアメリカに正面から反対できようか」という雰囲気の後押しにより、条約が出来上がったといっても過言ではありません。SOLAS条約はTacit Protocolという、「期限内に明示の反対をしない限りは賛成とみなす」という発効手順を持っており、他の条約のように一定批准国数を満たすという要件がありません。

このため、いちど条約採択会議で署名したら後から異議通告を行なうことは心理的に難しく、批准せず発効を遅らせるという戦術も使えないため、本音では懐疑を含みつつも条約は発効要件を「満たしてしまった」というのが実際のところだったのではないかと感じています。このことは、条約発効後の実務論議の過程においてパナマ、

イラン、中国などから条約実施期限の見直しを求める要求が何度も出されていたことからもうかがうことができます。

## LRITの今

条約期限を目前に控えた今（12月1日現在）、LRITの状況はDC設置数38、DC参加国数67となっています。これはEU共同DCが29カ国（27カ国＋ノルウェー、フィンランド）を収容しているため、SOLAS締約政府は159ありますから、国数では未だ92カ国／地域がDCを設置しておらず、それらの国の船舶は情報を送信すべき先となるDCがないこととなります。ただし、67の中にはパナマ、リベリア、バハマ、マーシャル諸島、中国といった大船腹国が含まれているため、船腹ベースでは既に8割を上回る船舶がLRIT要件に適合している状況になっていると思われる。

しかしながら、DCが情報を国際交換するためには、データ交換により発生する料金の課金、収納代行、決済といった商業運用面を整理する必要があります。こうした業務は通常国の機関が直接行うことはなく、ASPと呼ばれる通信事業者が介在して代行するため、ASP間で料金、請求期間、決済通貨などを細かく定めた業務契約が必要ですが、こうした契約の締結がDC間で円滑に進んでいないため、有効な国際データ交換が活発に行われているとはいえない状況にあります。つまり、各DCは自国籍船舶の情報を日々受信蓄積し続けているだけ、ということで、海上保安庁が日々受信し続けている日本籍船舶のLRIT情報も、他のDCにはこれまでほとんど提供されて

いない状況です。

ASPは国際データ交換が行われることで利益を得るわけですから、LRITのこうした現状は大いに不満であると思われる。LRITはASPが継続的に利益を得ることで長期の運用が保証されますから、いつまでもデータ交換が開始できなければシステムの存続自体に黄信号が灯る可能性も否定できません。IMOは、DC間の契約は民事主導で決定されるべき事項であるとして距離を置いています。DC間契約の推進が今後の焦点のひとつであることは間違いありません。

DC間契約が進まない最大の理由は「経費負担」の問題が明らかになっていないところにあります。旗国は自国籍船舶からのLRIT情報を受信しますが、条約は情報送信にあたって船舶に負担を課さないことを規定していますから、必然的に旗国のDCは通信料などの経費を一義的に負担しなくてはなりません。その後国際データ交換網を通じて情報を必要とした他国に情報を提供する際にコストを回収するわけですが、各国が情報を購入し確実にコスト回収ができる見通しが無い以上、大量のデータを収納するパナマなどの大船腹国が警戒するのは当然とも言え、売れなかったデータ（不良在庫？）をオーバーヘッド（共通超過コスト）としてシステムに再配分するかどうか」という点の議論に多大な時間が費やされました。データが積極的に購入されない場合、大船腹国ほど「不良在庫データ」を抱え込むリスクが高くなります。

SOLAS船の数全世界で45,000～50,000隻程度といわれますが、我が国の約250隻、パナマの約8,000隻というように船籍国毎

の大きなばらつきがあり、国によっては「数隻」というところもあります。コストの問題は未だ明確な結論を得ておらず、DCはデータを他のDCに売るに際して経費回収分を上乗せしてもよいが、利益を上げてはならない、とのみ合意されており、あとはデータ交換事業者が商慣習に基づいて決定することである、というような漠然とした共通認識で現在に至っています。

### IDEをどうするか

DCがLRIT情報を国際交換するためには、IDEと呼ばれるデータ交換設備が必要になります。これはスイッチングのためのサーバーで、DCからのデータ要求を要求先DCに転送するとともに、提供されたデータを要求元に返します。IDEには監査のためのログが備えられますが、情報を保護するためデータのヘッダーのみを保存し、コンテンツの記録は保存しないようになっています。

IDEはLRITが国際データ交換システムとして機能するために必須のものですが、LRITの実現性自体に懐疑が持たれていた時点でこうした設備を請け負う国や商業機関はなく、LRIT提唱者である米国は仕方なく、期限付きで自ら「暫定IDE」を開発設置し、無料でLRITに提供しました。USCGは2012末を暫定IDEの提供期限として議会に約束しており、それまでに「恒久IDE」の引き受け先を見出す必要があります。

そのためのRFPが最近公示され、開発に数百万ドルを要したIDEの技術資産とノウハウのすべてを米国は無償で譲渡する、としています。IDEが確実な利益を

生むものとして引き受け者が現れるためには、データの活発な国際交換が安定して行われる状況になることが必要であり、その意味でもDC間の契約推進が重要要素として今後一層注視されると考えられます。

### LRITの誤解

誤解、といったのは問題があるかもしれませんが、LRITによる船舶動静情報取得にはいくつか考え違いをされていると思われる点があります。

ひとつは、特定船舶の動静をピンポイントで得られる、という理解で、通常沿岸国に自国1,000海里内の沿岸海域をどのような船舶が航行しているかを事前に知る方法はありません。従って、沿岸航行船舶の情報を得るためにはとりあえず1,000海里内に所在するすべての船舶についてLRIT情報を取得し、所在船舶の状況を知った上でそれらの中から関心対象とする特定船舶の通報頻度を短く（ポーリング）するなどして監視を行いません。

したがって、数多くの船舶の中から1隻または少数の船舶だけを抽出して効率よく監視するということは運用機能上実現されておらず、LRITは「船舶単位の監視」ではなく「海域単位の監視」であるということです。また、船舶単位の監視という機能もなく、某国船籍の船だけを対象にLRIT情報を取得する、という機能もありません。つまり、LRITで船舶を監視するには、広い海域を常時監視していることが運用の前提となるわけで、必要ときだけ特定の船舶をミニマムの経費で都合よく監視する、という機能がLRITにはない、ということです。

このことは、自国沿岸海域をLRITで監視するにはそれなりのデータ通信経費が必要ということで、ポーリングによって通報間隔を短くするという操作は定時通報の数倍のコストがかかりますから、それなりの経費措置が必要です。言い換えれば、LRITは各国が広大な海域の情報を常時継続取得することによって不審な船舶に監視の網をかけるという運用を前提としています。自国沿岸海域を航行している船の数は事前にはわかりませんから、請求書は運用してみないとわからない、という面があり、LRITがビジネスとして成り立つためにはデータ交換量が多いほど良いのは当然ですが、逆にこれがデータの国際交換が促進されない理由のひとつにもなっているように思われます。

### 海賊対策にLRITがあれば？

時刻と位置だけを通報するLRITと異なり、AISははるかに多くの情報を伝えることができます。これを利用し、ORBCOMなど、衛星によって広範囲にAIS情報を収集するという商業計画がいくつかあることは御承知の通りですが、反面LRITはAISのように簡単に周囲に傍受されることがなく、情報は国家によって管理されるため、活用方法次第でAISとは違う有効性があると考えられます。

その例として海賊対策があり、ソマリア沖のアデン湾を航行する船舶には海賊に位置を悟られないためAISを切って航行するものが多くあると伝えられていますが、LRITは旗国にのみ情報を送信し、情報は条約のスキームのみで国家により保護されることになっている（SOLAS条約は締約

国に対し、情報の商業的機微への配慮、不正アクセスからの保護、国際法に則った適切な利用を求めている）ため、旗国が自国籍船舶の位置を安全に把握する手段として有効に活用できると思われます。

もちろん、内水、領海、自国向け、沿岸1,000海里といった情報入手権限の制約により、いつでもどの船でも確実に情報を得られるわけではありませんが、本来自国に対する船舶の脅威に対処するためのLRITが、特定海域を航行する船舶一般の安全を確保するための手段として注目されるというのは当初予期しなかった副次効果といえます。実際、国によっては自国籍船舶が当該海域を航行する場合、ポーリング機能を用いて高頻度の位置把握を行なっているといわれています。

### LRITの今後

これまで書いたことの繰り返しになりますが、LRITが有効なシステムとして機能し、長期的に安定運用されるためにはDCの設置推進という条約実施面に加えて、各国のLRIT情報取得による国際データ交換の促進という運用面及び商業面での充実が求められます。2013年以降の恒久IDE設置も重要な問題です。

LRITは条約採択の迅速さと裏腹に、システムの実現は条約発効後においても諸議論が百出し現在に至っています。LRITの主導者米国は、条約不適合によるPSCの発動を当面猶予することに同意し、有効な設備を備えていれば実際の定時通報を行ってなくても規制の対象としない措置を本年9月まで実施してきました。LRITを理由とするDetention等がおこなわれたとい

う情報はこれまでにありませんが、名実ともに条約完全実施となる本年末以降、AISを適切に送信していないだけで高額な罰金を科すといわれる米国がどのような方針をとるか注目されています。

また、LRITでは各国の情報入手権限の根拠となる内水、領海、沿岸1,000海里という3種類の境界線が用いられていますが、特に領海については各国が自国主張海域をそのまま適用し、重複があっても構わない(LRIT領海は運用上の必要から設けるもので政治的に無色)とされているものの、それは建前だけのことであって、実際は各国の政治的思惑から無縁であるはずはありません。

これまで、自国の正確な領海を明確に对外公表していなかった国にあっても、LRITによっていやおうなしに自国領海を明らかにせざるを得なくなっているわけで、その情報はIMOのDDPサーバーというものを通じて世界に公表されていますから、今後LRITの線引きをめぐる予期せぬ(あるいは当然予想された?)争いが噴出することもありうるのではないかと思います。



図3 リスボンでのLRIT財務事項に関する作業部会風景

## 最後に

小職は、LRITのために開催された各種会合に出席するため、ロンドン、パリ、リスボンと場所を変えつつ10回以上各地に出張し、審議が進んで新たなシステムが姿を現す過程を直接体験するとともに、多くの知己を得ることができました。これは頻繁に異動する役人としては容易には得られない機会であり、テロを契機に着想されたLRITというものに感謝する面も個人としてはあります。

しかしながら、条約ができて発効したといっても、有効に使われないシステムが構築され、一部の事業者は利益を得たものの、船主に新たな義務を課しただけで社会的には効果を発揮せず無駄に塩漬け、というのは最悪のシナリオで、IMOは面子を問われ、各国主管庁も国費の無駄遣いとして国民や船主からの批判を浴びることが避けられなくなる事態です。

また、途上国等から高すぎると批判されているDC監査料金の問題や、監査実施の技術的手法など、実務面で解決されていない問題も存在しています。LRITはMSCの継続議題とされており、2010年5月のMSC87で条約完全実施後初の総括が行なわれますが、それに向けてLRITは正念場を迎えることとなります。

# AIS-Space…Contributing to global safety and security

ComDev社

George T. Best

## 概要

地域的経済から国際的経済へ発展が移行することにより海上船舶数は安定して増加している。この増加とともに、保安、環境、生命の安全に関する問題が全世界的な海上交通の監視方法について開発する必要性が出てきた。この様に、全世界的な船舶の監視能力の開発について商業、民間、軍用で関心が高まっている。

既存のデータ収集システムは、沿岸海域の情報提供を行うには限界があり、そのほとんどが全世界的な見地では十分適切なものとは言えない。さらに複雑な状況として、既存船舶の改良を船舶のオーナーや乗組員に強いることなく、そのシステムを実施することが望まれているのは事実である。全世界的に必要とされている適切な既存システムの1つに、自動識別システム (AIS) がある。国際海事機関 (IMO) により開発された AIS は、船舶間、船舶陸上間で衝突の回避や状況認識のために使用できるように設計されたものである。

広範囲な海域で AIS を受信できるように何年間にもわたり宇宙からの AIS 信号の収集について感心もたれており、初めに宇宙から AIS を収集できるか確認するための実験が行われ、実際に宇宙からの信号が受信できることが証明できた。そのシステムの技術的挑戦の結果に基づき、宇宙からの受信が可能となるように陸上の見通線無線

通信システムを適用することになった。またこれに加えて、多くの技術、セキュリティー、法律、ビジネス問題がある。

全世界的な AIS 監視システムを実施するためのチャレンジについて本紙では議論している。初めに、これまで追求してきた COM DEV の技術的挑戦の検証やアプローチ、次にプレゼンテーションに移り、チャレンジ実施期間中に開発する全世界的な政治的、法的、ビジネス的な試みについて議論していく。

## 1 はじめに

自動識別システム (AIS) は、船舶間や船舶陸上間において衝突回避の支援や船舶通航管理で利用できるシステムである。AIS 信号は、船舶の ID、位置、速度、針路等のショートメッセージで構成され、VHF で放送するものである。AIS 送信機は、特定クラスの船舶に義務付けられており、その他のクラスには任意で搭載できる (捜索救助船舶や航空機を含む)。国際航海に従事する 300 トン以上の全ての船舶、国際航海に従事しない 500 トン以上の貨物船、全ての旅客船に義務付けられたサービスである。クラス B は、プレジャーボートを対象にした AIS サービスである。そのシステムがより一般的となることで、AIS 受信機や表示システムは、船舶に搭載するローカルエリアでの共通認識ツールになってい

る。

通常、AISシステムは、50kmから100kmの電波到達領域を持っているが、長距離で船舶の位置を認識するには限界がある。さらに、AISシステムは、自己管理型時分割多元接続方式(SO-TDMA)を使用しており、同じセル内に他船からの情報がオーバーラップしないよう自船の情報を放送できるように自己管理するセル内で全ての船舶に割り当てる。オーバーラップするメッセージは、しばしば衝突メッセージとして注意している。

宇宙からAISメッセージを収集するための能力は、全世界的規模での海上交通の認識に関して重大な影響を持っており“シグナルオポテュニティー”を提供する。これは、捜索救助、国家セキュリティ、環境調査、船舶経済を含むかなり多くのアプリケーションの入力として提供される。以下の資料では、地上RFシステムからの信号の探知や配信の結果として生じる技術的チャレンジについて議論している。しかし、技術的チャレンジは、全世界的AISセンシングやネットワーク配信の開発期間に生じた困難な部分のみである。資料では、このシステムの法的及び経済的なチャレンジの議論に移っていく。

## 2 宇宙からのAIS技術の実施

先ほど述べたように、AISシステムは、実際には75km以内のセル内で地上使用できるよう最適化されたものであり、メッセージの衝突を避けるためにSO-TDMA(自己管理型時分割多元接続)方式にそれぞれのセルが従うことにより再現率が低下する。もし、そのシステムが複数のセルを

受信する能力を持っているとすると、メッセージがオーバーラップする可能性が出てくる。多くのメッセージを考慮すればするほど、メッセージのオーバーラップが発生する機会が多くなる。さらに、メッセージの衝突が増加する可能性として、宇宙空間にある受信機は、宇宙に向け放射された低い出力の信号を扱わなければならない、ドブラー効果が信号の劣化の原因となる。宇宙空間からAISメッセージの探知や抽出を行うための技術的問題について、数年間にわたり調査された<sup>(1)</sup>。

メッセージの衝突問題は、さらに解決が困難であり、標準RF設計技術を使用するために解決が必要な問題として残されている。図1は、オーバーラップ(衝突した)した信号とオーバーラップしていない(衝突していない)信号の違いについて例示している。非オーバーラップメッセージは、簡単にベースバンドシグナルを引き出すことができる。しかし、オーバーラップしたメッセージからの回収はとても困難なものである。いくつかのケースでは、オーバーラップにより、メッセージを区別することさえ困難であった。

### 2.1 特別な利益を提供する技術的

#### アプローチ

これまで、衛星により受信した全ての信号を復号化するためにはGMSK(ガウスマニマムシフトキーイング)復調と組み合わせた標準VHF受信機を使用することが一番の解決法である(専用アンテナを持つ標準AIS無線ターミナルの使用が不可欠)。メッセージの衝突問題を扱う場合、関心を持つ海域上で長期間、かつ頻繁に観察を行

うことが必要となる。船舶の密度が低い海域では、メッセージが衝突する可能性は低く、この方法により適切な能力を提供できる。

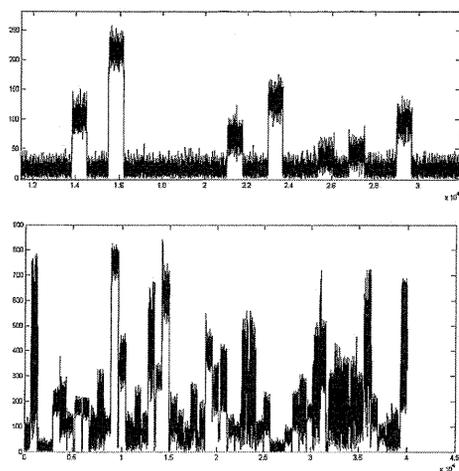


図1 きれいな非オーバーラップAIS信号（上図）と衝突したAIS信号（下図）の比較データはCOM DEV NTS衛星により収集されたものである。ピークはAISの船舶送信を示している。

アンテナの電波到達範囲は、船舶の探知数を増加できる別な方法である。しかし、同時に見通しセルを減少させる原因となり、全世界的に提供できるカバーエリアが増加する一方で、全てのセルを観察下に置く時間を減少させる。船舶のAIS送信率は様々であり、2秒ごとに頻繁に送信されるものから、3分毎でほとんど送信されないものがある。そのセルにおいて、全ての船舶から少なくとも1つのメッセージを確実に受信できるように、そのセルは見通し内に少なくとも360秒又はフットプリントが2,700kmになければならない。この制約されるフットプリントでさえ、複数のセルのカバレッジの原因となり、高いメッセージ

の衝突が起きる可能性がある。

## 2.2 現在の困難を早期克服する新たな取り組み

COM DEV Ltd. は、実験用のシミュレーションと航空機を使用して、異なった観点からのアプローチ、開発、実験を行った<sup>[2]</sup>。これは、AIS通信で宇宙空間からのAIS信号の受信に必ず発生する衝突問題を扱うものである。この無線通信の目的は、人工衛星の通過による船舶探知レベルをかなり高いものにするためである。地上実験で成功した後、COM DEVは引き続き航空宇宙研究大学（UTIAS / SFL）と共にNTS衛星（船舶追尾用ナノサテライト）の設計、開発作業を行い、打ち上げた（応答性宇宙空間プラットフォーム<sup>[3]</sup>）を使用し、COM DEV Ltd. AIS無線通信を搭載する）。図2に示すように、NTS衛星は宇宙空間からの低いAIS信号を収集することができるように非常に有効なものである。

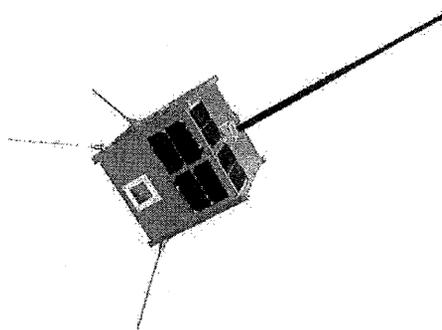


図2 NTS衛星の概観

非衝突プロセスは、当初宇宙空間からの観点で理論的に送信機の信号モデルからの入力を使用するものが開発された。このモ

デルは、飛行実験から得られたデータを使用するものに改良され、現在ではNTS衛星から受信した信号によるものに変更している。

その結果、商用受信機のアプローチに対し大幅に探知数が改善された。この対比を図3で示す。図4は、NTS衛星からの全世界的AIS探知の図を示している。このイメージから全世界的な船舶通行レーンやふくそう海域を明確に描写することができる。

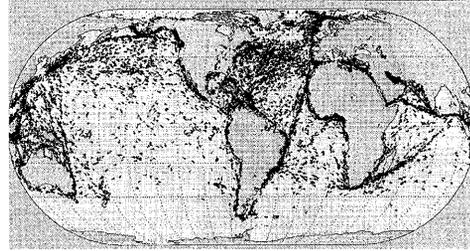


図4 NTS衛星からの総数23の90秒スナップショットによる全世界的な船舶の探知。この図には11,631隻のクラスA船、52隻のクラスB船、2機のSAR航空機、160の基地局が含まれている。ゲートハウスソフトウェアがデータ表示に使用されている。

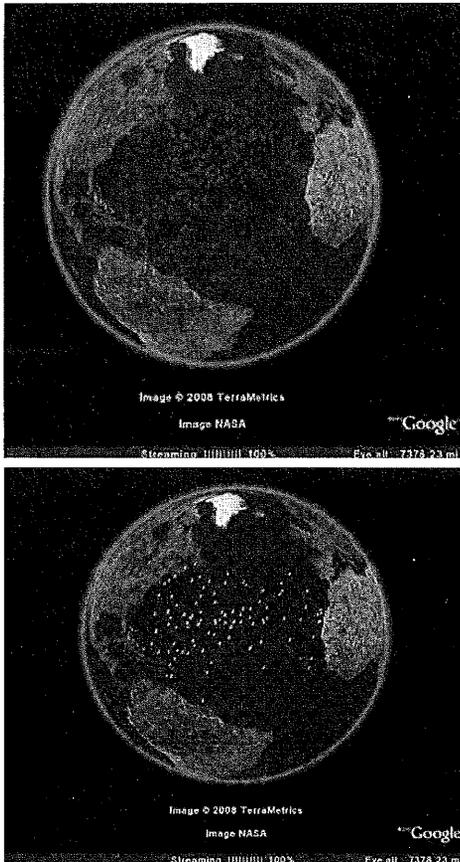


図3 90秒データセット間のCOM DEV Ltd. AIS無線（上）と商用受信機（下）の探知数比較

COM DEVのリアルワールド実験の結果は、かなりのレベルで忠実に早期シミュレートされ能力が証明された。これらの結果を市場調査した既存地上システムの性能と比較した。この比較により明らかになったことは、地上システムの目標となる視界領域（実際には陸上から75km未満）に対して、1つの衛星が通過する間に5,000kmの領域の船舶を平均探知し提供する能力をもっている。

地上AISシステムは、連続的なカバーエリアの利点を持っており、沿岸付近では100%に近い探知率を持っている。それらは、かなり制約された電波到達距離でありカバーエリアは平方マイルあたりかなりのハイコストとなる欠点がある。宇宙空間からのAIS（AIS-S）は、平方マイルあたりのカバーエリアは低コストであり、平均探知能力を比較すると完全に全世界をカバーして提供できる長所を持っている。欠点である低い探知能力は、陸上局のものに近づいており、断続的な船舶の更新が唯一の問題として残っている。それゆえ、AIS-S

及び地上システムは、共に海上ドメインの認識のために包括的に必要とされることを意味し、他ではできない特徴をそれぞれが提供する。

### 3 宇宙空間からのAIS受信により 生じるビジネス問題

全世界的AIS-Sを提供するシステムの開発は、大事業でありかなり高額な投資が必要となる。歴史的には、その様なシステムは、政府の宇宙当局で提供されているものだけである。これは、衝突問題を解決するためにそれぞれの衛星のカバーエリアの限界に依存することであり、特にシステム設計に言えることである。そのようなシステムは、その時点で、適切な船舶更新率を提供するために、かなり多くの衛星を配置しなければならない。

これは、すべてのAIS-Sシステムに関しサービスの品質を決定するための基本的な得失評価である。

COM DEVは、全世界的なAISイメージについて広範囲なユーザーニーズや潜在的要望の調査を実施している。この調査により、明らかになった主要ニーズは：

- 1) 各船舶からの頻繁な更新－（船舶のリフレッシュレート）
- 2) 高い補足率－地上システムと比較して同等又は良好となるような通過する間の船舶視認能力
- 3) データのセキュリティと品質－過去の船舶追尾データは、繊細でありかつ価値あるものであり、不注意な考えにより配信すべきではない。
- 4) 環境事故調査やその他のアプリケーションに必要な過去の船舶追尾へのアク

セス

これまで、これら必要条件のはじめの二項目は、衝突問題を解決するために必要とされる膨大な衛星系の配置に必要な高額な費用のために商用では不可能と考えられてきた。唯一の解決法として、他の目的で設計された衛星を標準AIS-S受信機として従事させるシステムが考えられた。これは、AIS-Sの配置を低コストにすることができ一方、市場の必要条件を直接扱うことはできず、本来のトレードオフは、常に様々な主要配備ミッションを扱うことになる。

前に説明したCOM DEVテクノロジーを使用することで、より小さい衛星群で市場ニーズを満足するに相応しいものになる。特に1、2時間オーダーの迅速な船舶更新率は、ごく少数の低コスト衛星で達成できる（依然として高キャプチャー率を提供する）全て手ごろな費用で。

後半の2つのマーケットニーズは、スペースセグメントでは扱わないが、実行する地上セグメントの質により扱う。AIS-Sデータの全ての無線通信は、末端から末端まで暗号化されなければならない。データは許可を受けたユーザーのみに提供されなければならない。国際的合意と理解に一致したユーザーに許可される。過去の航跡のデータベースは確実な設備で長期間保護されなければならない。

AIS-Sプロバイダーは、これらのマーケットニーズを十分満足するために、そのシステムの開発、方針、手続きについて追加投資を行う必要があり、データセキュリティの確実なデモンストレーションを実施しなければならない。

この投資は、技術的、経済的、運用的チャレンジを示しており、それ自体が衛星の配置とほとんど同じ複雑なものになっている。特にソフトウェア及びデータベースの解決が、物理的セキュリティや信頼性を確保するための高い信頼性を持った地上施設と共に、表示能力を提供することが必要とされている。

つまり、完全に徹底した解決が、AIS-Sマーケットのニーズを満足できる。

消費者の観点から、政府の海事当局は、AIS-Sの主要ユーザーを代表するものである。沿岸警備隊、海軍、環境庁及び水産省は、現在可能なものよりも海上ドメインのより完全な状況を強く必要としている。AIS-Sから利益を得ることができる多くの商業用アプリケーションが新たに出現しているが、商業用アプリケーションが、データセキュリティを確実に保持できるように注意深くなる可能性がある一方で、多くのアプリケーションが懸念を生じさせることなく残されたままである。

1つの例として、船主の認可を得た保険会社が、航海中の船舶確認や船舶の損傷や消失した場合に、過去の船舶の航跡を追尾するために独立した手段を要望することが考えられる。

オーナーにとって自船を追尾するために、他の多くの既存する無線通信手段について検討することは重要なことである。これらの手段には、イリジウム、インマルサット、及びその他のものが含まれている。船舶の正確な通報を単独で確認することは、かなり困難である。同様に、沿岸警備隊のような第三者にとって、その海域の船舶の追尾や無線通信を行う行為は困難で

ある。

LRIT（長距離識別追尾システム）は、国際海事機関が率先しているもので、特に宇宙空間の資産を活用したメカニズムで設計された断続的な通報を提供するものである。潜在的なユーザーについて考察すると、AIS-Sは、LRITシステムの目的を高め支援する補完的なシステムとして位置づけられる。AIS-Sは追加情報（例えばコースやスピード）を提供し、多くの海上アプリケーションに価値あるものとなる。AIS-Sは、ポーリングの必要が無く、頻繁に更新情報を提供できる。一方LRITは、ほぼ全ての政府により受諾された長距離通報用の世界的標準である。基本的なドメイン認識を6時間毎に行い、必要により船舶をポーリングする能力を持っている（変動費で未知のものであるが）。

ほとんどのインタビューを受けた潜在的顧客は、その国内でのLRIT開発の状況に関わらず運用できる独立した搜索能力を提供できるものとしてAIS-Sを見ている。両システムは必要とされており、相互的に支援する価値を市場に提供している。

データサービスの価格は、常に重要なチャレンジとなる。国際的に簡単で公平であることが重要である。多くの無線通信事業会社は、かなり複雑な支払いシステムの実施を試み失敗している。とはいえ、全世界的AIS-Sが目的とする価値はかなり高い。もし総合的な解決策がこの資料で示す費用対効果技術を使用して開発することができれば、有望な商業的解決法が実行可能となる。このマーケットで扱われている解決法はおそらく、そのシステムを配備するために税金を使用して政府の必要性を除去

することができ、政府間／各省庁間の航空宇宙海上計画よりも早くマーケットにAIS-Sを潜在的に導くことができる可能性がある。

#### 4 結論

結論として、AIS-Sは、これまでにいくつかの技術的な問題に直面してきたが、衛星の配置に莫大な投資をすることである程度解決できた。COM DEVは、信号衝突の問題の中核についてコスト効率上手く扱った強力な技術の組み合わせで開発した。現在ではこれらの技術はリアルワールドスペースアプリケーションとして証明されており、技術的で経済的に適した商業AIS-Sを提供する施設を作っている。商業AIS-Sサービスを提供するための開発や運用は、衝突のない信号受信の問題を解決するために、初期のものをはるかに超えた手ごわい挑戦となり、総合的問題の解決を必要とする。

一旦、衛星で補足されたAIS-Sデータは、その業務は費用効率のよい方法で地上の中央保管所に送信されなければならない。データは主として世界のあらゆる場所の船舶からのメッセージにアクセスできるよう許可を受けたユーザーに提供できるように保管される。データは処理され、保管され、送られ、タグを付けられ、品質をチェックされ、そして許可されたユーザーに配信されなければならない。この全世界的なネットワークは、監視され、連続して維持されなければならない。サポートを世界中のユーザーが利用できなければならない。必然的な問題が発生した場合は、ユーザーはシステムオペレーターに対し直ちに問い合わせ

せ、問題を連絡して、タイムリーな対応を必要とする。

高品質なAIS-Sビジネスは、完全なサービスを提供するためにこれらの全ての要因を扱わなければならない。包括的な手段により、AIS-Sは、多くの生命の保存、国境防御の支援、環境の保護、全世界的な80億ドルの海上貿易産業を効率的にする可能性を持っている。

# 月周回衛星「かぐや」の状況と ミッションを支える通信技術

宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

月・惑星探査プログラムグループ (JSPEC)

星野 宏和

## 1 はじめに

月周回衛星「かぐや (SELENE)」のミッションの目的は、「月の起源 (成り立ち) と進化 (熱史)」を解明することであり、手がかりとなる元素分布、鉱物分布、地形、地下構造、重力場、磁場などをより詳しく観測することである。「かぐや」のミッションは宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の SELENE プロジェクトチームが主体となり、バス系の開発は主に筑波宇宙センター、ミッション機器の開発と運用は JAXA 相模原キャンパスを中心に行われた。

本稿では、月周回衛星「かぐや」の状況とミッションを支える通信技術を中心に述べる。

## 1.1 月の特徴

これまでに分かっている月の特徴を簡単にまとめると、月には図1に示すように表裏の二分性があり、地球から見える表側 (Near-side) に多い「海」は濃色の (火山岩の一種で Mg, Fe が多い) 玄武岩に富み、低地であるのに対して、地球から見えない裏側 (Far-side) は「高地」が多く (「海」はほとんど存在しない)、白色の (Ca, Al が多い) 斜長岩に富み、クレーターが多い (古くから隕石衝突を受けている) 特徴がある。

月の起源 (成り立ち) としては、約46億年前に地球が誕生した直後に、原始地球に巨大な天体が衝突し、両天体の破片が

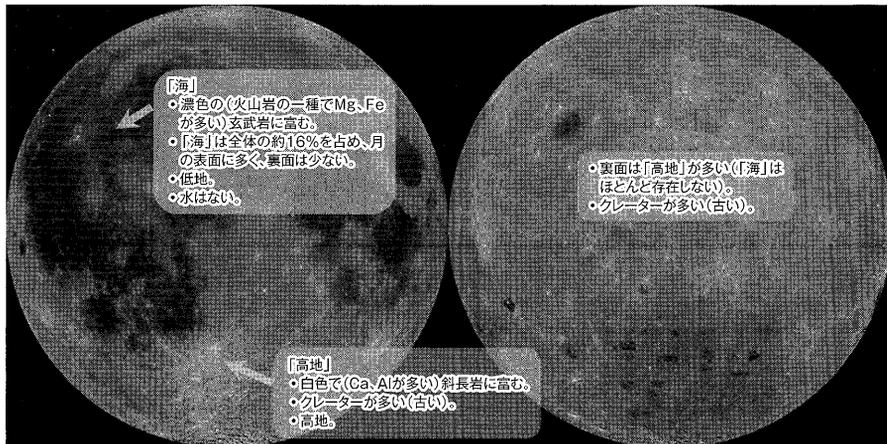


図1 月の表裏の二分性

集積して月が形成されたとする「巨大衝突（ジャイアントインパクト）説」が有力であり、その後の月の進化としては、月の表層数百kmを覆った熱いマグマの海（マグマオーシャン）が冷えた後、白色で軽い斜長岩質の上部地殻（高地）と、黒色で重いかんらん石や輝石に富む下部地殻やマンツルの大きく2層に分離され、地殻・マンツルが形成された後、月が形成されてから約10億年後頃からは、長い年月を経て月内部の放射性元素が崩壊した際の熱により暖められた溶岩が月面に噴き出して海を形成して、次第に冷えて物質移動や化学分化を伴う火山活動（海の形成）は表側でも約10億年前までに終了したとする「マグマオーシャン」説に基づく火山活動の変遷（熱史）が考えられている。

ンに加えてハイビジョンカメラHDTV（High Definition Television）を含む15のミッションがあり、図3に示す外観のようにミッション機器が搭載されている。観測手段としての電磁波の波長域も、電波から赤外線、可視光、紫外線およびX線、 $\gamma$ 線まで幅広く、これらの観測機器により、「月の科学」の他、「月での科学」、「月からの科学」をターゲットとしている。

月の科学	元素分布	蛍光X線分光計	XRS	放射線(X線、 $\gamma$ 線)
		ガンマ線分光計	GRS	
	鉱物分布	マルチバンドイメージャ	MI	電磁波(赤外-可視)
		スペクトルプロファイラ	SP	
	地形	地形カメラ	TC	レーザ
		レーザ高度計	LALT	
地下構造	月レーダサウンダ	LRS	電波	
重力場	リレー衛星中継器	RSAT		
	衛星電波源	VRAD		
月での科学	磁場	月磁場観測装置	LMAG	磁場
	粒子、イオン	粒子線計測器	CPS	放射線 ( $\alpha$ 線、電子、イオン)
		プラズマ観測装置	PACE	
月の電離層	電波科学	RS	電波	
月からの科学	地球磁気圏	プラズマイメージャ	UPI	電磁波(可視-紫外)

図2 「かぐや」の科学ミッションと観測手段

## 2 月周回衛星「かぐや」の運用状況と成果

### 2.1 「かぐや」の運用状況

「かぐや」は図2に示す14の科学ミッシ

「かぐや」は2007年9月14日（以下、日本標準時）にH-IIA ロケット13号機で種子島宇宙センターから打上げられた。「か

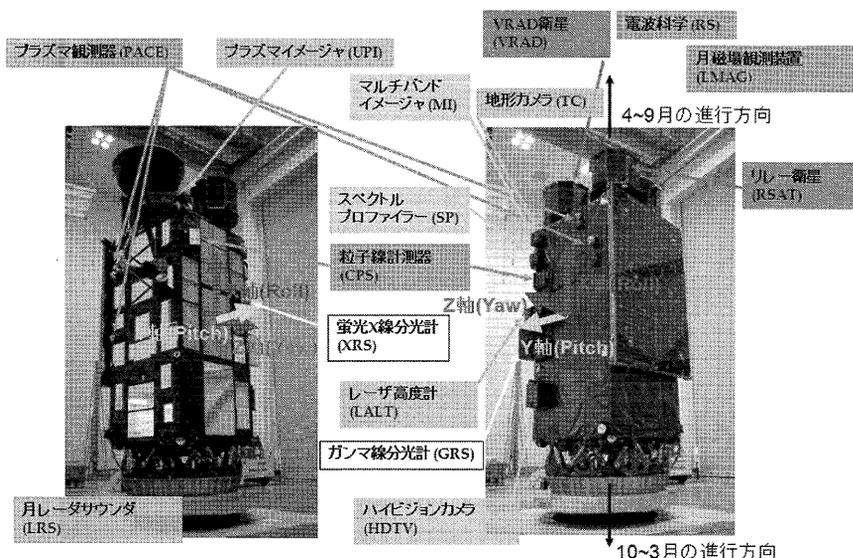


図3 「かぐや」の外観とミッション機器

ぐや」の運用はJAXA相模原キャンパスのSELENEミッション運用・解析センターSOAC (SELENE Operation and Analysis Center) で行われ、衛星分離、太陽電池パドルやハイゲインアンテナの展開後は、2.5週の月遷移軌道における軌道制御（マヌーバ）や月周回軌道投入LOI (Lunar Orbit Insertion)、子衛星「おきな（リレー衛星）」「おうな（VRAD衛星）」分離、15のミッションの初期機能確認を行った。図4に「かぐや」の初期運用シーケンスを示す。

初期機能確認では、月磁場観測装置LMAG (Lunar Magnetometer) の12mマストと月レーダサウンダーLRS (Lunar Radar Sounder) の15mバーステムアンテナ4本を伸展させた。約10ヶ月の定常運用期間中は「かぐや」は月面に対して軌道高度約100km上空にて軌道傾斜角約90度の

極軌道を約118分周期で周回しながら月の全球観測を行ったが、後期運用では、より低高度での観測も行われた。

「かぐや」は月面を観測するために、図3に示すように主に月面を観測する機器が多い+Z軸 (Yaw) 方向を月中心方向に±0.1° 以内で指向させるための姿勢制御を行っており、リアクションホイールで太陽風（太陽からの粒子の流れ）や重力などの影響による外乱トルクを吸収して衛星自体の姿勢を安定させているが、月の磁場は微弱なことから磁気トルカMTQ (Magnetic Torquer) は使用できないため、スラスタを使用したアンローディング (unloading) により蓄積角運動量を落とす運用を行った。

なお、4台のリアクションホイールを使用するコンフィギュレーションでは約6周

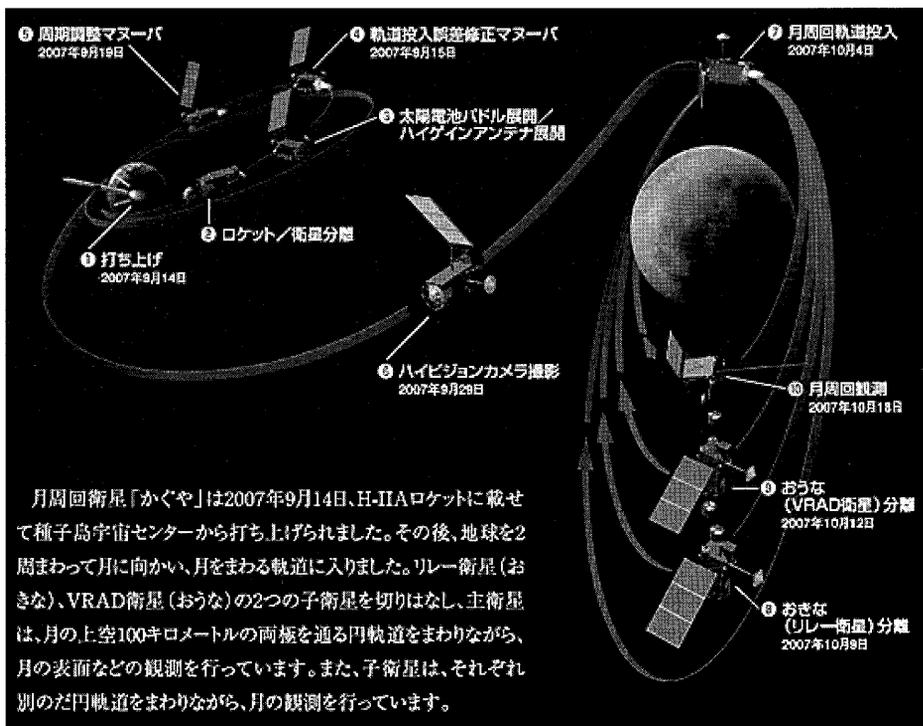


図4 「かぐや」初期運用シーケンス

回（約12時間）毎に極域上空で実施しているアンローディングの度に、LRSなど高圧電源を使用する機器は放電を避けるために観測を停止している。また、軌道高度を低下させないための軌道高度維持制御や視野角が狭い機器の特に赤道近辺での観測領域を補間するための軌道面制御を定期的に行うとともに、太陽電池パドルSAPが一翼のために、衛星軌道面と太陽方向とのなす角度 $\beta$ 角が $0^\circ$ をまたぐ半年毎にヨーアラウンド運用を行っており、進行方向が逆転している。

「かぐや」は残燃料をほぼ使い切り、2009年6月11日に月面に制御落下させたが、運用期間中に取得したデータの処理、解析は現在も進められており、2009年11月からはデータの一般公開も始まっている。

## 2.2 「かぐや」の成果

主に電波関係のミッションを中心にいくつかの成果を紹介する。

### (1) 月レーダサウンダー LRS

LRSは、月の地下構造を観測対象とするサウンダー観測SDR (Sounder)、木星などの惑星電波の自然波動を観測対象とするHF帯自然電波観測NPW (Natural Plasma Wave)、月周辺のプラズマ波動を観測対象とするVLF帯（低周波）プラズマ波動観測WFC (Wave Form Capture) を行っている。サウンダー観測では地下での減衰の少ない波長約60m (4-6MHz) の電波を送信出力約800W、パルス幅200 $\mu$ sで月面に送信する。月表面においても反射が起こるが、一部の電波は地下に伝搬し、地下物質の変化する境界(反射面)から反射が返っ

てくる。この反射の返ってくるタイミングを厳密に測定することで、地下の様子を調べることができる。サウンダー観測のデータ処理は、受信した波形データをFourier変換することによってA-scan図（レンジ-エコー強度）を得た後、横軸を観測時刻（あるいは月の緯度）、縦軸をレーダエコー反射面までの距離（反射面の「見かけの深さ」）として軌道に沿って並べることによってB-scan図（水平距離-レンジ）を得る。B-scan図はレーダグラムとも呼ばれ、近接した軌道でのレーダグラムを対比することで側方からの表面エコーと地下エコーの識別が可能となる。ここで「見かけの深さ」とは電波が真空中を進むと仮定した場合の到達する距離を尺度とした深さであり、電波が実際に岩石中を進む速度は、岩石の電気的な性質（誘電率）によって変わるため、実際の境界の深さは「見かけの深さ」の2分の1から3分の1程度である。

北緯26度/東経19度周辺の晴れの海(直径880km)の地下構造の観測により、月表面からの強いエコーに加えて、「見かけの深さ」で約500mと800m付近（LRSの深さ方向の空間分解能は75m）の地下の反射面からやや弱いエコーが観測されており、地下の反射面は地表のリッジの地形面と平行で玄武岩の溶岩流の間にレゴリス層がサンドイッチされたような構造になっていることから、海の玄武岩は粘性が低かったために、冷えて固まったときには表面が水平な溶岩原がつくられ、反射面と月面との間にある玄武岩の堆積後に褶曲構造が形成された（地層が堆積し終えてから背斜が成長した）ことを示している。晴れの海を覆っている玄武岩は約28億4千万年前に形成さ

れていることから、調査の結果、地下の反射面は約35億5千万年前に形成された海であり、その上に約1億年にわたってレゴリスが堆積して、内部から溶岩が噴出して現在の海が形成されたと推察されている。

また、リッジは晴れの海が形成された後にできたことを示唆しており、リッジが形成された原因としては、28億年前を過ぎても全球的冷却の度合いが予想外に大きく、冷却により月全体が収縮し、表面にしわとしてリッジができたものと考えられている（例えば水星では、表面積の縮小によってできる断層が知られており、全球的冷却がその原因とされている）。なお、アポロ17号（1972年）の実験的なサウンダー観測ALSE（Apollo Lunar Sounder Experiment）では、晴れの海において、表面からの「見かけの深さ」2.7kmと4.7kmに反射面が観測されているのに対して、LRSでは反射面は観測されていない。その他、LRSに関するサイエンス成果の詳細については、熊本（2009）に詳しい。

## (2) リレー衛星中継器RSAT

次の成果として、RSAT（Relay SATellite）により月の裏側の重力場計測が世界で初めて行われたことが挙げられる。月の重力は地球の約1/6であるが、地球の重力と同じく、月の重力は一様ではなく、地形や地下に存在する物質の密度に応じて地点毎にわずかな重力の強弱があるため、重力の強弱により衛星の軌道も摂動を受ける。よって、「かぐや」の軌道を解析することによって重力場を求めると。

各地点での重力の実測値から月全体の平均値を引いた差を重力異常と呼び、フリー

エア異常は測定点の高さの影響を補正した標準重力との差で、正の場合は地殻が浮き過ぎ、負の場合は沈み過ぎを意味しており、ブーゲー異常は基準面（ジオイド、仮想海面（0m））から測定点までに平均的な岩石が存在すると仮定して、その岩石による重力の影響を取り除いた値であり、基準面より下の質量異常あるいは密度の大小が反映され、正の場合は基準面下の質量が平均より大きく（密度が大きく）、負の場合は平均より小さい（密度が小さい）。

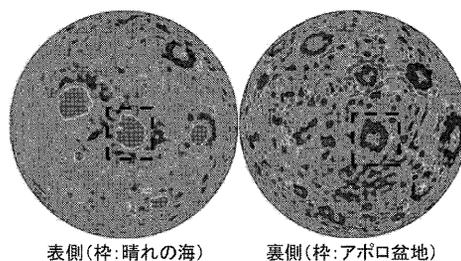


図5 月のフリーエア異常

図5で示されるように、晴れの海では地表面の玄武岩溶岩と地下のマントルの隆起によって正の重力異常が見られるのに対して、裏側の南緯36度/西経150度周辺のアポロ盆地（直径500km）などでは、リング状の負の重力異常（地形の凹み、地下に軽い物質）が見られる特徴がある。

## (3) レーザ高度計LALT

電波ではないが、波長1.064nmのレーザー光を使用したLALT（Laser Altimeter）により、月全球の高度情報の精度が向上した。高さ方向で約5mの距離測定精度で、ノミナルで1秒（月面では約1.6km毎に相当）間隔の計測を行っており、得ら

れた知見としては、オリエンタルベイスン（東の海）の多重リング構造など、200 - 300kmサイズ以下の地形再現が劇的に向上したとともに、高度基準を重心原点の半径1737.4kmの球面とすると、月の最高地点（Dirichlet-Jackson盆地の南端（北緯5.44度／西経158.64度）での+10.75km）、最低地点（Antoniadiクレーターの内部（南緯70.43度／西経172.58度）の-9.06km）の精度も向上した。

月の半径は地球の約1/4であるが、月表面の起伏は地球と匹敵している。この他にも、月の高度情報を元に特に（白夜の状況に似ている）月の極域における日照率を太陽の位置関係から求めたところ、クレーター内部などの「永久影」領域を特定するとともに、常時太陽光が受けられる永久日照は存在しないことも判明した（最大の日照率は89%（北極）、86%（南極）で、地球の1年の324日、314日に相当する）。

#### (4) 地形カメラTC

リモートセンシングとして、メインセンサーでもある月面撮像・分光機器LISM（Lunar Imager/SpectroMeter）の地形カメラTC（Terrain Camera）は、可視光で衛星の真下に対してやや斜め前方・後方を撮影する2台のカメラである。10mの分解能による月全球の立体視（ステレオ）観測を月の昼間の領域に対して行い、モザイク画像や図6のような立体視画像、数値地形モデルDTM（Digital Terrain Model）を作成する。

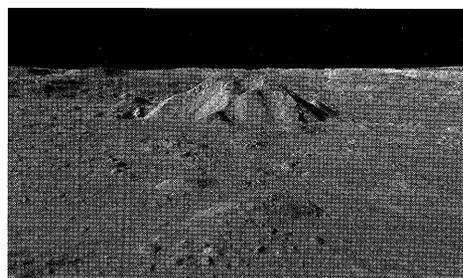


図6 地形カメラによるティコクレーター中央丘の立体視画像

また、10mサイズまでのクレーターが識別できることから、クレーターの個数密度が高いほど古いといった具合に、クレーターの個数密度からその場所の形成年代を推定するクレーター年代学的手法を用いて、これまで十分な研究がなされていなかった月の裏側の海（30数億年前に形成されたと考えられていたモスクワの海など）の形成年代を調べた結果、モスクワの海の一部領域などではクレーターの個数密度が小さい（すなわち若い）ことから、月の裏側においても海を形成するような内部活動が更に若い少なくとも約25億年前まで継続していたことが推定されたという知見が得られている。

### 3 「かぐや」ミッションを支える通信技術

#### 3.1 「かぐや」の電波通信

「かぐや」のミッションで使用される電波通信としては、「かぐや」S帯TT&C（テレメトリ、コマンド、測距および距離変化率RARR（Range and Range Rate））、X帯ミッションデータおよびLRSレーダ、「おきな」4wayドップラ（臼田局→「おきな」→「かぐや」→「おきな」→臼田局）、「おきな」「おうな」VLBI（Very Long

Baseline Interferometry) 観測、「おうな」電波科学RS(Radio Science)が挙げられる。

使用されるアンテナとしては、「かぐや」は通信用S/X帯ハイゲインアンテナHGA (High Gain Antenna) : 1、通信用S帯オムニアアンテナ : 4、LRSレーダアンテナ : 4 (送受信2対)、「おきな」は指向方向が水平方向 $\pm 16^\circ$ の通信用/VLBI用S/X帯垂直アンテナ (対臼田局) : 1、指向方向が法線方向 $\pm 70^\circ$ の4wayドップラ用S帯平面アンテナ (対「かぐや」) : 2、「おうな」は「おきな」と同じく指向方向が水平方向 $\pm 16^\circ$ の通信用/電波科学RS用/VLBI用S/X帯垂直アンテナ (対臼田局) : 1がある。なお、「おきな」「おうな」は月の公転面である白道面に対して垂直になるように「かぐや」から分離され、約10rpmでスピニングしている。

「かぐや」では64m径アンテナの臼田局、34m径の内之浦局、約10m径のGN(Ground Network)局および34m径のNASA深宇宙DSN(Deep Space Network)局を使用した。初期運用では「かぐや」は主にオムニアアンテナを使用したが、定常運用ではHGA経由で通信しており、10MbpsでダウンリンクされるX帯ミッションデータを臼田局(または内之浦局)で受信するとともに、S帯テレメトリ(ノミナル40kbps)/コマンド運用/追跡データ取得は、上記局の他、メインはGN局を使用している。なお、特に高い送信機出力の地上局の場合に、「かぐや」へのコマンド送信時に月面での反射に伴うマルチパスフェージングが発生したケースも発生した。初期運用および月食時の国内局非可視時間帯はNASA DSN局を主局として使用した。また、子衛星の「お

きな」「おうな」は臼田局を使用している。「かぐや」地上系システムの詳細については星野(2009)を参照されたい。

運用期間中に「かぐや」が軽負荷モードLLM(Low Light Mode)に移行した場合は自律化により太陽指向姿勢でスピニングを行いながらクルージングするが、その場合でもいずれかのオムニアアンテナで地上局との通信ができるように4つのオムニアアンテナが配置されており、地上側では、LLM発生および月心指向時のHGA異常発生を想定したS帯オムニアアンテナ切替え計画を立案して、予定の時刻に衛星側でアンテナを切り替えている。

基本的には各地上局から月が見えている時間帯が各地上局における「かぐや」の可視時間になるが、「かぐや」が月の裏側上空を周回中は掩蔽時間となる。HGAは地球上の各地上局のほか、「かぐや」が地上局とは通信できない月の裏側を航行中は「おうな」が電波を中継するように指向方向を制御する。地上側では、可視情報を元にした臼田局、内之浦局、GN局、「かぐや」-「おきな」間の運用計画と天頂通過などのHGA運用制限時間を算出して、計画立案している。

また、HGAからの特にX帯の電波には指向性があるため、地上局方向を指向するようにHGAを制御する必要があり、地上側にてHGA指向方向のパラメータを算出して、アンテナ駆動制御装置(APS)の運用スケジュールコマンドを作成している。図7に外観を示すハイゲインアンテナは、図3(左)に示すように-Z面に展開された1,600mm $\phi$ のセンターフィードパラボラであり、S/X帯共用である。利得は~

33dB@8GHz (X帯)、~24dB@2GHz (S帯)であり、熱制御、電波透過、表面導電に影響がないようにサンシールドとしてGeコーティングブラックカプトンを使用している。

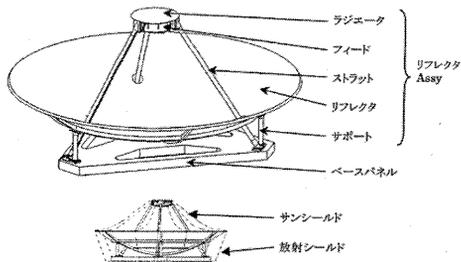


図7 「かぐや」ハイゲインアンテナ外観構造模式図

RSATは、月重力場のグローバルマッピングを行うことを目的とした4wayドップラ観測を行うための中継器である。「おきな」に搭載されるリレー衛星搭載中継器 (RSAT-1) と、「かぐや」に搭載されるリレー衛星対向中継器 (RSAT-2) から構成される。「おきな」の軌道決定には「おきな (Rstar)」の2way-RARRデータが用いられ、4wayドップラデータは、図8に示すように、白田局→「おきな」(RSAT-1) →「かぐや」(RSAT-2) →「おきな」(RSAT-1) →白田局とコヒーレントで伝搬され(S→S→S→X帯)、「かぐや」のドップラデータから主衛星「かぐや」の月の裏側における軌道が算出される。

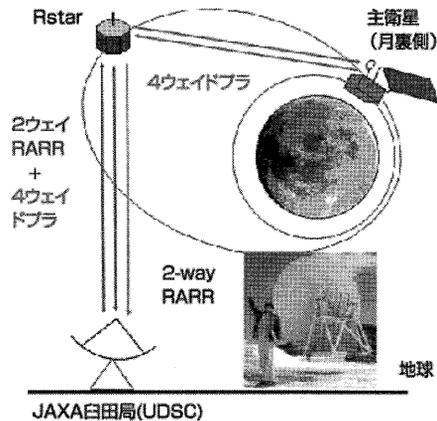


図8 RSAT ミッションの概要

VRAD (VLBI RADio source) については、テレメトリ、コマンド、RARRは「おきな」「おうな」は同一であるため、同時運用はできない(「おきな」「おうな」は排他運用である)が、「おきな」「おうな」からの相対VLBI用の電波は世界各地の複数のVERA (VLBI Exploration of Radio Astrometry) 局で同時受信して相関処理されるとともに、電波科学RS (Radio Science) として、「おうな」から送信される電波を利用し、月に存在する可能性のある荷電粒子層を観測するミッションも行われている。

月の高度0-50kmにわたる領域に荷電粒子層が存在するとの報告が旧ソ連の研究者によってなされたが、高い信頼性を認められず注目されないまま今日に至っているため、「おうな」が月の背後に回り込み、「おうな」からのS、X帯の無変調の送信電波が月の荷電粒子層を通過する際に周波数のごくわずかに変動することを利用して、荷電粒子層の検出を行うものであり、電波は白田局にて受信する。子衛星「おきな」「お

うな」の詳細については岩田（2009）を参照されたい。

### 3.2 「かぐや」の電磁適合性

「かぐや」では、システムおよびサブシステム／コンポーネントがミッション期間中に遭遇するあらゆる電磁環境下で、性能を劣化することなく機能を発揮するために電磁適合性EMC対策が取られている。関連するミッション機器としては、LRS、LMAG、プラズマ観測装置PACE（Plasma energy Angle and Composition Experiment）の3機器が挙げられる。

LRSは干渉雑音のうちで空間に放出される磁界・電界放射雑音限界RE（Radiated Emission）の仕様として、送信するレーダの4－6MHzの雑音を電界放射雑音限界の代表的な規定であるMIL-STD-461C（RE02）規格よりも低くする必要があり、衛星内部に搭載する機器は更に10dB低減、衛星外側に取り付ける機器は更に40dB低減およびRE限界ノイズ規制値を－10dB $\mu$ V/m（=0.1 $\mu$ V/m）以下とすること、コモンモード（不平衡）電流ノイズ規制値（LC01）として20dB $\mu$ A（=100 $\mu$ A）と設定した。

図3の「かぐや」の外観に見られるように、電気シールドとして伝導MLI（Multi Layer Insulation）（電気を通しやすい炭素が入った黒いサーマルブランケットとすることで遮蔽効果を高める）を使用している点に特徴がある。LMAGは月の残留磁気異常を検出するために、磁力計センサの磁気擾乱は0.1nTより低くなければならないため、磁気擾乱の効果を減少させるために12mマストの先端に取り付けられ、太陽電

池パドルのループ電流ができるだけ小さくなるようにした。PACEは、「かぐや」の電気潜在的分配を1V未満とする要件を満たすために、伝導MLIが採用されて、太陽電池のコーティングは伝導として作られて接地されている。「かぐや」におけるEMCの詳細については中澤（2008）に詳しい。

## 4 日本／各国の月・惑星探査の動向

本稿の最後に、日本／各国の月・惑星探査の動向を紹介する。現在は「かぐや」後継機として「SELENE-2」の着陸ミッションが検討されており、①着陸技術としては画像センサやレーザセンサLRF（Laser Range Finder）を用いた誘導・制御、②月面移動技術としてはレゴリス（月の砂）で覆われた斜面の登坂や不整地の走行で滑りや埋もれ（スタック）が生じたり、移動が容易ではない月面付近の微粉塵環境でも接地圧をなるべく小さくして機体がもぐらないようにしたりするためのクローラが装備されたローバ（探査車）で、微細な粒子も含まれ角張った外形であるために研磨剤のように作用するレゴリスに触れる走行系部材の磨耗対策や防塵対策（シール等）など、③温度対策（越夜技術）としては月面上の同一地点では夜が約2週間、昼が約2週間継続して、極域に近いほど最高温度は低く、大気がない月面上では夜は低温状態が続くなど、月の表面温度の温度変化が激しいのに対して、バッテリーの温度は0－30℃程度に収める必要があり、特にバッテリーの放電性能は低温では悪いため、日中に水を水素と酸素に電気分解し、夜間にその分解した水素と酸素を使って発電する再生

型燃料電池 (RFC) やリチウムイオン二次電池の熱設計が検討されている。

この他にも、2010年打上げの金星探査機PLANET-C「あかつき」では、金星の高度45～70kmまで厚い雲で覆われ、周りの大気は速度100m/sで金星を約4日間で1周している（大気が地面の60倍もの速さで回転している）スーパーローテーション（超回転、四日循環）の解明などを目的としている。また、水星探査機Bepi-Colomboはヨーロッパ宇宙機関（ESA）と共同のMMO（Mercury Magnetospheric Orbiter）、MPO（Mercury Planetary Orbiter）の2機構成であり、JAXAが担当するMMOでは磁場計測やプラズマ／粒子観測、プラズマ波動・電場観測などが行われることになっている。

世界的な宇宙探査の動向としては、月・火星探査と有人活動が挙げられ、NASAが2009年6月19日に打上げたLRO（Lunar Reconnaissance Orbiter）では、有人探査に必要な情報を低高度50kmで観測するとともに、相乗りのLCROSS（Lunar CRater Observation and Sensing Satellite）を南極近辺に衝突させて氷の存在を確認している。

また、2010年に退役予定のスペースシャトルに替わり、宇宙船オリオンを搭載するロケットのアレスIと、月面着陸機アルタイルを搭載するロケットのアレスVの開発が進められており、別々に打上げられて軌道上でドッキングした後、再度エンジンを点火して月に向かうシナリオになっている。月面着陸後は、太陽電池と再生型燃料電池を動力源として、クルー4名、6ヶ月間の滞在をターゲットとした構想が

描かれており、月資源利用ISRU（In-Situ Resource Utilization）に関しては、月の土壌からの酸素抽出、水生成を目的として、4～6人の年間消費量に匹敵する年間1～2tの酸素を月土壌から生成するための試験も始まっている。

## 5 終わりに

2009年6月11日午前3時26分に、南緯65.5度／東経80.4度のGillクレーター付近に予定通り「かぐや」を制御落下させたが、「かぐや」のデータの処理、解析は順調に進められており、ハイビジョンカメラによる地球、月面映像をはじめ、地形カメラによるモザイク画像、レーザ高度計による月全球地形図などのデータが一般に公開されている。

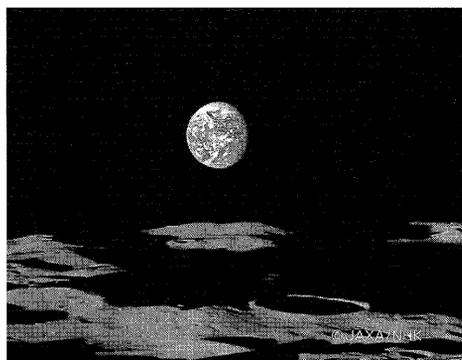


図9 ハイビジョンカメラ（望遠）で撮影した月の南極付近での「地球の入り」（2007年11月7日撮影）

以下に関連するサイトを紹介する。

月周回衛星「かぐや（SELENE）」プロジェクトサイト

<http://www.kaguya.jaxa.jp/>

「かぐや」データアーカイブ

<http://www.soac.selene.isas.jaxa.jp/>

「かぐや」画像ギャラリー

<http://wms.kaguya.jaxa.jp/>

「かぐや」3Dムーンナビ

<http://wms.kaguya.jaxa.jp/3dmoon/>

「かぐや」の観測データは、月利用可能性の調査を目的として、将来の月利用の可能性や月面上活動のための調査検討にも活用されるが、諸外国の月探査衛星のデータと合わせて、今後の有人月面活動に寄与されるものと期待される。同時に、電波通信や電波航法は今後も月・惑星探査でも必要不可欠な技術であり、これからの開発にも活かされていくことが期待される。

## 参考文献

- 1) 熊本 他, 「かぐや」搭載月レーダーサウンダー (LRS) による月地下探査及び自然波動観測, 日本惑星科学会誌「遊・星・人」, 18 (1), 18-25, 2009.
- 2) 星野 他, 月周回衛星「かぐや」地上系システムの開発と運用成果, 日本航空宇宙学会誌, 57 (660), 14-19, 2009.
- 3) 岩田 他, かぐや (SELENE) による測月ミッションの概要と, 子衛星おきな・おうな (Rstar・Vstar) の開発並びに軌道上特性, 測地学会誌, 55 (2), 135-150, 2009.
- 4) 中澤 他, 月周回衛星「かぐや」の電磁適合性 (EMC) 対策, 日本航空宇宙学会誌, 56 (659), 329 - 335, 2008.

# 国際VHF無線機器について

アイコム㈱ 国内営業部  
事業開発課 入山政夫

## 1 はじめに

1988年（昭和63年）7月潜水艦「なだしお」と遊漁船「第一富士丸」との衝突海難事故が起こった。このことを契機に1991年（平成3年）12月には、小型船舶向けにマリンVHFの導入が決定し普及展開が図られた。しかしながらマリンVHFは様々な理由から大きく普及することなく、不幸にも2008年（平成20年）2月に護衛艦「あたご」と漁船清徳丸との衝突海難事故が起きてしまった。

このことは船舶間同士で通信が出来ない現状の無線システムに原因の一つがあるのではとの考えから、行政当局としては異例とも思える速さで船舶共通通信システムとして、国際VHFを採用することとし制度改正が進められ今日に至った。

本日は、国際VHF無線機を海外向けに製造販売しているメーカーの立場から国際VHFについて述べることにする。

## 2 海難

### 2.1 海難の現状

平成20年3月海上保安庁統計資料「平成19年における海難及び人身事故の発生と救助の状況」によると

#### ① 海難の種類

衝突が一番多く海難船舶2579隻のうち衝突した船は892隻（35%）、次に多いの

は乗揚の357隻（14%）、機関故障337隻（13%）がそれに続いている。

#### ② 海難の発生場所

港内971隻（38%）、3海里未満（港内除く）1074隻（42%）、3～12海里358隻（14%）となり、岸から3海里未満が80%、12海里未満になると93%を占める。

#### ③ 海難の原因

見張り不十分636隻（25%）、操船不適切352隻（14%）にのぼる。

### 2.2 海難の背景

現在大型船は国際VHF、漁船は漁業無線（27MHz / 40MHz）、プレジャーボートは携帯電話（一部マリンVHF）で通信しているが、旅客船・貨物船と小型船舶、小型船舶同士でもレジャー船と漁船では相互に通信ができない、といった問題が起きている。

### 2.3 海難の対策

船舶の規模、船種を問わない船舶共通通信システムの早期導入が待望され、どの通信システムにするかの検討を経て、総務省は世界の共通通信システムとして定着している国際VHFをその根幹とすることにした。

### 3 国際VHFまでの道のり

1912年（明治45年）4月タイタニック号が流水と衝突沈没し、約1,500人の犠牲者を出した。このような多くの犠牲者を出したのは、船体構造上の問題や、最大客数の半分しか収容できない救命艇の設置（安全上の問題）の他に、タイタニック号から発信した遭難信号（SOS）を理解できなかったこと（それまでの遭難信号はCQD）及び無線設備に対する強制法規がなく、タイタニック号からのSOSの聴守が遅れたことによるものとされている。

これを契機にドイツ皇帝ウイヘルム二世の提唱により、1914年（大正3年）1月「海上における人命の安全のための国際条約（The International Convention for the Safety of Life at Sea, 1914）」が採択された。無線機についていえば「船舶には、モールス無線電信を設置し、500KHzの遭難周波数を24時間聴守する無線当直を行い、そのための通信士を乗船させなければならない」ことが決まったが、第一次世界大戦が勃発し、英国など5カ国が批准したのみにとどまり発効には至らなかった。

最初の条約としては1929年SOLAS条約が採択、1933年発効され、海上における人命の安全に関する基準が初めて国際的に統一された。その後の技術革新、社会情勢の変化を鑑み数度にわたる改正が試みられる中で、国際航海に従事する総トン数300 t以上の船舶に国際VHFの装備が義務付けられていった。さらに、海外ではSOLAS条約に規定されていない船舶（非SOLAS船）にも国際VHFを積極的に搭載する努力が重ねられていった。

我が国では潜水艦「なだしお」の衝突事

件の後、貨物船や客船等の国際VHF搭載船と交信可能な共通通信システムとしての役割も期待できるマリンVHFを導入したが、携帯電話の普及などからより手軽な方へとシフトし、手続き面及び価格の低廉化が進まない事等も有り普及は遅々として進まなかった。このため我が国の海上通信の実態は、漁船は27MHz、プレジャーは携帯電話、大型船は国際VHFの状況が続き、その後不幸にも護衛艦「あたご」の衝突海難事件が発生してしまった。

### 4 総務省のねらい

#### 4.1 基本的考え方

- ①すべての船舶間で共通の通信システムとして利用できること。
- ②外国船との交信も可能のように世界共通の周波数を使用するものであること。
- ③迅速な危険回避行動をとるために、他者（海岸局など）を介する必要なく、船舶間で直接交信することが可能であること。

この要件を備えた通信システムの構築を考えた。

#### 4.2 普及のための条件整備

##### ① 免許制度・技術基準の見直し

海上における人命の安全に直接関わるため、無線従事者免許制度を必要とし、また技術的条件を緩和することによって、安価な無線機の提供を期待している。さらに無線機は「技術基準適合証明」の対象にすることによって落成検査などを省き、ユーザーの時間的経済的負担を減らす。

## ② 無線従事者資格制度の見直し

携帯型（5W）は三海特免許、据え置き機（25W）は二海特の免許を必要とする。また、二海特の免許取得についても三海特をとれば二海特の国家試験ではなく講習会（1日）で代替できるようにしユーザーの時間的経済的負担を減らす。

## ③ 定期検査制度の見直し

携帯型（5W）は定期検査を廃止し、据え置き型（25W）は3年から5年へと延期することによってユーザーの時間的経済的負担を減らす。

## ④ 適切な利用の促進

船舶共通通信システムの意義を周知させ、免許制度の啓蒙、16CH聴守の義務促進など運用マナーを徹底させる。

## 5 国際VHFに対応するアイコム製品

### 5.1 発売される国際VHF

アイコム株は、総務省の意向に従った国際VHF無線機の発売に踏み切り、機種は、携帯型タイプでは、安価で水に浮くIC-M36J、電池が長持ちするスリムタイプIC-M72Jの二機種、据え置き型タイプでは25WでDSC：クラスD装備のIC-M504Jの一機種の計三機種の発売を決定した。

#### ・ IC-M36J

北米で売られているIC-M36を基本として日本国内にあわせた仕様でJを末尾につけ区別している。ノイズキャンセリングマイクを搭載し、騒がしい場所でのノイズ音を低減している。またオートマチックボリューム機能を加え周囲のノイズ状況に応じて自動的にボリュームレベルを大きくし

ている。また、この機種は海に落としても浮くということの特徴としている。

#### ・ IC-M72J

北米で売られているIC-M72を基本として日本国内にあわせた仕様でJを末尾につけ区別している。IC-M36Jに比較して最大の違いはリチウムイオンバッテリーを採用し長時間の運用が可能である（送信出力5W / 5（送信）：5（受信）：90（待ち受け）で約15時間）。

#### ・ IC-M504J

DSC Class Dを搭載し、DISTRESSボタンを押すと、自動的に遭難信号を発する。外部からGPSなどの機器を接続することで位置情報も同時に発信することができる。また、コマンドマイクを使用することで、フライデッキなど離れたところからの操作が可能となる。

### 5.2 実施された海上伝搬調査

アイコム製品を使った調査（平成20年12月16日～18日）では（「海難防止に共通に使用できる通信システムの構築に向けた海上伝搬調査報告書／平成21年2月」）、携帯同士では2～3海里、据え置き同士なら15～20海里飛ぶことが判明した。

これは海難事故の80%が岸から3海里未満に起きているため、まずはこの国際VHF無線機が海難事故の連絡手段としても有効になるものと思われる。

## 6 船舶共通通信システムを維持するために

### 6.1 予想される誤った運用

#### ① 無免許で運用されること

メーカーからの免許制告知が抜けていた

り、免許取得を故意に行わなかった場合には、無免許での運用が考えられる。

## ② 免許内で許可されている範疇を超えて運用すること

海上での運用を陸上で運用しようとすることが考えられる。このことは携帯型国際VHFを船から離れる時に一緒に持ち帰るケースが考えられるが、同じように持ち帰った友人へ携帯型国際VHFで連絡をする場合に起こりえる。

## ③ 悪質なケースでは、無免許で陸上連絡を取り合うことが考えられる。

特定小電力トランシーバー（500m）より飛び（海上では3海里＝5km）、業務用無線（8万円くらい）より安い（2万円）ため、不法無線局への誘惑にかられる人間が出てくることが予想される。

## 6.2 運用マナーの悪化

呼び出しチャンネル（16チャンネル）を私的会話に利用し続けたり、16チャンネルの聴守を怠ったりすることが想定されるが、重要な通信を確保するためにこれはあってはならない。

## 6.3 結論

この船舶共通システムを維持発展させるためには、誤った運用の防止及び運用マナーの徹底は非常に重要である。そのためには官民上げて免許制の告知・運用マナーの徹底を図るべきである。また、国際VHFの初期展開では免許制の面からその数は一挙に拡大するとは思えないが、徐々に使用するメンバーが増えるにつれてその

存在価値が高くなり、ある数量を境に急速に普及するものと思われる。普及のためにユーザーニーズに応じた無線機を出す努力はメーカーの我々で行うにしても、船舶共通通信システムのスキーム維持に向け、様々な角度から国民の理解を得られるような環境整備は急ぐべきであると考ええる。

## 参考資料

- 1) 海上通信 (<http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/system/satellit/marine/index.htm>)
- 2) 電波法施行規則、無線設備規則及び特定無線設備の技術基準適合証明等に関する規則の各一部を改正する省令案についての電波監理審議会からの答申並びに意見募集の結果 ([http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/02kiban15\\_000013.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02kiban15_000013.html))
- 3) 「平成19年における海難及び人身事故の発生と救助の状況」（平成20年3月海上保安庁統計資料）
- 4) 「海上における人命の安全のための国際条約（The International Convention for the Safety of Life at Sea, 1914）」
- 5) 「海上における船舶のための共通通信システムの在り方及び普及促進に関する検討会 報告書」（平成21年1月）
- 6) 「海難防止に共通に使用できる通信システムの構築に向けた海上伝搬調査報告書」（平成21年2月）



IC-M36J



IC-M72J



IC-M504J

## 小型船用マリンレーダの紹介（MDC-900シリーズ）

（株）光電製作所 マリン営業部 田澤 健一

2008年7月に技術適合基準を取得しました、新スプリアス対応の小型船舶用マリンレーダMDC-900シリーズの紹介をさせていただきます。

MDC-900シリーズは8.4インチ・VGA 640×480ピクセルのカラー液晶表示となっております。本機は小型漁船やプレジャー船向けの新しいデザインを採用しました。フロントパネルは取り外し可能で、プレジャー船などで主流となっているコンソールへの埋め込みが容易な造りとなっております。

本機の装備対象である小型のプレジャー船・小型漁船の場合、ブリッジが無い船も多く、朝夕の温度差により液晶保護フィルターの内面と液晶面の間で結露が発生し、従来の液晶機器では画面が曇り見えないと

いう問題も発生しておりました。その結露を防ぐために、本機ではダイレクトボンディングという方式を採用し、結露の発生を防止しています。これは液晶保護フィルタを直接液晶面に貼り付ける事により結露の原因である空間を作らないというものです。また、直射日光下の視認性を向上するためフィルタの表面にはARコート処理(写り込み防止・反射防止処理)を施しております。

次に操作部ですが、操作頻度の高い「感度」、「STC」をそれぞれ専用のツマミにすることにより、設定状態が一目で解り、また容易に調整することが可能となりました。また基本操作である「送信開始停止」、「レンジのアップダウン」も独立した専用キーにしました。F1、F2はファンクショ



小型船舶用マリンレーダ MDC-900シリーズ

ンキーで、お好みの機能をユーザ自信が設定（例えばF1にオフセンター、F2に真航跡機能を登録）登録することができ、よりユーザが使い易いようにカスタマイズすることが可能です。また、つまみである「感度」「STC」にもプッシュスイッチ機能（つまみを押すことでスイッチが入る機能）を有し、この2つのつまみにも「お好みの機能」を登録する事が可能となっています。

MDC-900シリーズの構成は2kW、4kWのレドームアンテナと、4kWのオープンアンテナを接続することが出来ます。

45cmのレドームと組み合わせたものがMDC-921で送信出力が2kW、最大レンジが24NM。64cmのレドームと組み合わせたものがMDC-941で送信出力が4kW、最大レンジが32NM。オープンアンテナと組み合わせたものがMDC-940で送信出力が4kW、最大レンジが48NMです。なお、4kW空中線駆動部には、アンテナの長さが3フィートのものと、4フィートのものとの選択が可能となっております。

次に、MDC-900シリーズのシステム構成について説明します。アンテナは、先ほど説明した3種類のアンテナを接続することが出来ます。電源は、DC10.8Vから31.2Vで動作可能です。また、小型レーダながらオプションですがATAインターフェースボードや、AISインターフェースボードを指示器内に内蔵することができます。当然のことながら、ATAにはジャイロまたはGPSコンパスによる高精度／高追従の針路情報とGPSによる正確な速度情報と自船の位置情報の入力が必要です。AISボードはAIS送受信機またはAIS受信機との接続が必要となります。

また、レーダ指示器であるMRD-103をリモートディスプレイとして増設接続する事により、それぞれの指示器よりレーダ操作の可能な2ステーション化が実現可能となります。さらに、市販の外部モニター（パソコン用のRGBモニター）と接続する事も可能で、ブリッジ外に出て操船をする小型漁船などが大型のモニターを付け、ブリッジ外からレーダ映像を見ながら操船する際に有効です。（この後のMDC-941の実装例で説明する、簡易な2ステーション化などにも活用されています。）

次に機能の所で再度説明いたしますが、市販のPAL、NTSC対応のCCDカメラと接続、レーダ指示器にカメラ映像を表示する事が可能です。

次にMDC-900シリーズの特徴を見てみますと、従来機に比べ、近距離感度・遠距離感度とも向上しました。これは、デジタルSTCや上位機種と同等のアナログ回路を採用したためです。また、従来機の機能で要望の強かった0.0625NMレンジの設定も可能にしました。また、従来このクラスでは実現していなかったスムーズに回転するヘッドアップモードを実現しました。船首方位の変化に応じて映像が回転しますので、映像がより分かりやすくなりました。さらに、従来機にも有りましたが、アンテナの高速回転もできます。（48回転）高速回転は、4kWレドーム、4kWオープンアンテナを接続したときに実行できます。

次に、MDC-900シリーズの特徴的機能について見ていきます。まずはじめに、真航跡機能（トゥールトレイル）ですが、真航跡機能は動いている物標のみ、その航跡をレーダ映像上に表示する機能で、移動物

標と固定物標を簡単に見分けることができます。また、移動物標の進行方向や速度も予測することができ、輻輳海域の航行にはATAの利用と併せ、衝突事故回避には非常に有効です。真航跡機能を最大限に活用するには、GPSコンパスやジャイロによる高精度／高追従の針路情報とGPSなどによる正確な速度情報、自船の位置情報の入力が必要です。

次にPPI / PPI画面について説明します。PPI / PPI画面は1つの表示器を上下2分割し、異なるレンジの映像を表示させることができます。アンテナ2回転ごとに上下の画面の映像を更新し、2画面表示を行っています。この例では、上が3NMレンジ、下が0.75NMレンジです。近距離の映像と遠距離の映像を同時に見ることで、情報量が増え、航海の安全に役立ちます。上のメイン画面のレンジはレンジキー、感度は感度つまみを回して設定します。下のサブ画面のレンジ、感度は感度つまみを押した後、上下キーを押して設定します。その他の設定は、メイン画面・サブ画面とも共通の設定となります。

次に、PPI/NAV画面について説明します。PPI画面とNAV画面を併記して表示することができます。NAV画面は、次の6種類から選択します。

- ① プロッタ等で設定された目的地までの方位、距離、コースズレの表示
- ② 魚探からの水深、水温の表示
- ③ 風向、風速の表示
- ④ コンパスのアニメ風表示（GPS等や方位センサからのデータをアニメーション表示します。）
- ⑤ AIS情報をリスト表示（5隻分のお船

情報を表示)

- ⑥ ATA情報をリスト表示（5隻分のお船情報を表示)

次にシステム構成にも出ましたが、市販のCCDカメラのインターフェイスを標準で内蔵、その映像をレーダ指示器に表示することができます。例えば、カメラをエンジンルームに設置すれば、その様子を指示機で監視することができます。また、遊漁船（釣船）などで、船尾の釣座の釣り客の転落の監視や、クルーザーにおけるデッキの監視などに実際活用されています。操作方法は、カメラを接続した状態でSTCつまみを押すとカメラ映像が表示されます。カメラ映像が表示中に再度STCつまみを押すと、カメラ映像の全画面表示と下半画面の表示が切り替わります。

次にオプション機能について説明します。オプション品であるATAインターフェースMRE-340を指示機内に組み込むことで使えるようになります。ATAの捕捉ターゲット数は自動・手動合わせて50個です。

続いてAIS表示です。AISのシンボル数は100個です。オプション品であるAISインターフェースAIS-110を指示機内に組み込むことで使えるようになります。東京湾内の作業船にてAIS機能を付加した船の話では、物影のレーダには映らないターゲットの探知に有効だけではなく、目的地をセットした、大型貨物船などは、その目的地から変針点の予測ができ、有用との話も聞いています。（全船、目的地のセットがされていれば…との事）ATAやAISの数値表示は、先ほど説明したPPI / NAV画面にリスト表示する以外に画面の下に1

隻分の情報を表示することもできます。

次に、MDC-941の実装例についてみていきます。これは現在、羽田空港の工事に従事している19トンの曳き船で、主に鋼管を積んだ「はしけ」を曳いて航行しています。東京湾という輻輳海域を航行するため、GPSプロッタ・レーダ・国際VHFを装備・他船の動きを監視するため、GPSコンパスを装備し、ATA・真航跡機能を多用しています。

当初、ブリッジにのみでのレーダ使用でしたが、後に市販の外部モニター（パソコン用14インチモニター）を船主が購入、アッパーブリッジに装備し、ブリッジのGPS、レーダの映像をモニターリングしています。また、本船は曳き船のため、ワイヤーを引っ張るウインチの監視を常時したいとの事で、アッパーブリッジの階段部分に市販のCCDカメラを装備、監視しています。

荒天の曳航時は画面を2分割し、上はレーダ、下はカメラにして、曳航ワイヤーの監視をしている事が多いとの事でした。本船のように、市販品を流用する事により安価に機能を拡張し、航行の安全に寄与できる事は販売したメーカーとしても幸いです。

以上で簡単ですが、小型船舶用マリンレーダMDC-900シリーズの紹介を終わらせていただきます。

# 小型漁船救急支援連絡装置「救急コール」と データ通信機能付き新型DSB無線機

太平洋無線(株) 伏間 圭

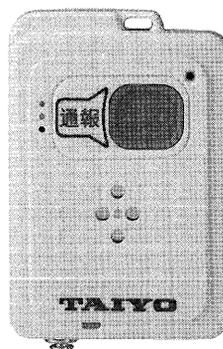
## 1 はじめに

近年、漁業就労者の減少と高齢化が進行しつつあり、沿岸漁業では、一人乗り操業や高齢者による操業が多くなってきている。このような状況の中で、小型漁船からの転落事故は後を立たず、海上保安庁の調査によると海中転落による死者・行方不明者は毎年100名以上で、その半数以上が漁業者である。

小型漁船は海象・気象の影響を受けやすく、大半が一人乗りであるため、海中転落や乗船者の高齢化に伴う急病など、緊急事態が発生した場合には対応が難しい。そのため、海難を防止する方策の検討・導入が急務となっている。

## 2 救急コールの開発

今回報告する「救急コール」小型漁船救急支援連絡装置は、平成15年度から3年間、水産庁委託事業で社団法人全国漁業無線協会が受託した事業に弊社も参画し、小型船で操業する漁業者に対するニーズの調査を全国に展開し、実証試験を千葉県勝浦港、静岡県伊東港、愛知県師崎港、茨城県大津港など各地で行った。さらに総務省東北総合通信局の沿岸漁業無線システムのネットワーク化に関する調査検討会において、普及促進のため、八戸・釜石・七ヶ浜など東北各地で実証試験を行った。



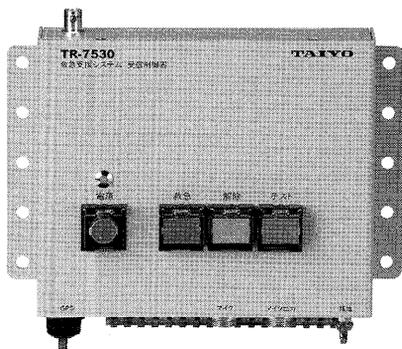
乗組員用  
救急発信器  
TV-S7

型名	TV-S7
無線機種類	小電力セキュリティ
送信電力	10mW
送信起動	自動(水センサ) / 手動ボタン
電池	LR-44 × 3個 (市販アルカリボタン電池) 原則1年交換
構造	防水構造JIS7級相当(浮揚型)
寸法	縦66 × 横45 × 奥行16mm
質量	約36g
使用温度範囲	-10℃ ~ 50℃
認証番号	001AZAB1002

漁業者が身に着ける救急発信器は、組み込まれた水センサが4秒以上水を検知し続けると自動で救急信号を発信する。また通報ボタンを押せば、すぐに救急信号を発信できる。本体は電源がボタン電池のため、軽量かつ小型、防水構造で水に浮くようになっている。通信には小電力セキュリティを採用しているため、従事者免許や開局手続は不要である。連続して4秒間水を検知しないと発信しないため、作業中の雨や波

しぶきがかかった程度では誤動作しない。

受信制御器 (TR-7530) は、転落者の身に着けた救急発信器より発せられる救急信号を受信すると、自動的に当該船舶に設置された漁業用 DSB 無線機 (27MHz、40MHz、150MHz) より海岸局に通報する仕組みとなっている。この伝送方式と電波型式 (A2D) は総務省海上無線通信委員会で審議され、都道府県番号・登録番号・船舶の種別・位置・時刻など伝送フォーマットが策定された。



船舶用受信制御器 TR-7530

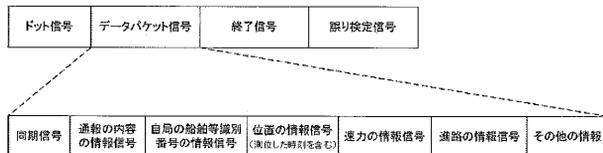
型名	TR-7530
受信周波数	426MHz (小電力セキュリティ)
感度	5dBμV
GPS接続	NMEA0183 Ver1.5 / 2.1
外部出力ポート数	エンジン停止・サイレン・回転灯などへの接点信号5ポート
電源	12Vまたは24V 0.5A以下
寸法	縦150×横180×奥行50mm
質量	約800g
使用温度範囲	-10℃～50℃
最大使用数	5人

### 3 伝送フォーマット

受信制御器は5台分 (5人分) の救急発信器のIDが記憶できる仕様となっている。

IDの一致する救急発信器からの救急信号を受信した場合に漁業用 DSB 無線機を通じて海岸局へ通報する。

漁業用 DSB 無線機から送信する救急時の伝送フォーマットの詳細は下図のとおりである。



データ通信1回分の伝送フォーマット

船舶等識別番号は10桁の番号で構成され、登録・申請が必要である。

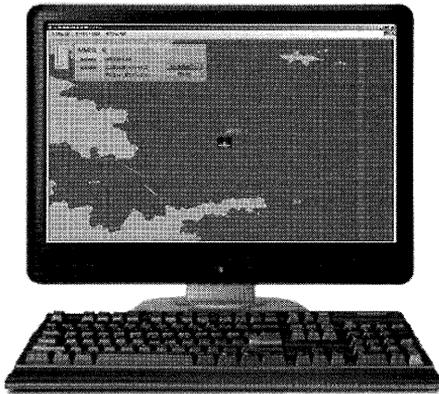
都道府県別番号	登録番号	種別番号
2桁	7桁	1桁

- 都道府県別番号  
電波法関係審査基準で定める2桁の番号。
- 登録番号  
漁船の場合は『漁船番号』の7桁、レジャー船の場合は『船舶番号』の7桁となる。設置工事業者は、管轄の総務省総合通信局／総合通信事務所に申請、所属の海岸局、及び(社)全国漁業無線協会へ報告する必要がある。
- 種別番号  
「漁船局」「レジャー船局」「グループ局」「海岸局」「その他船舶局」等に区分され、電波法関係審査基準で定める1桁の番号。

## 4 海岸局の設備

海岸局の受信設備は、船舶から発信された救急の通報を受信した場合、ただちに警報の発呼と船舶の識別を行い、位置や時刻

などの情報をディスプレイに表示させる。支局がある場合も、同様にネットワークで自動配信を行う。ただし、自海岸局所属外の船舶から救急信号を受信した場合は、船名に代わってID番号が表示される。



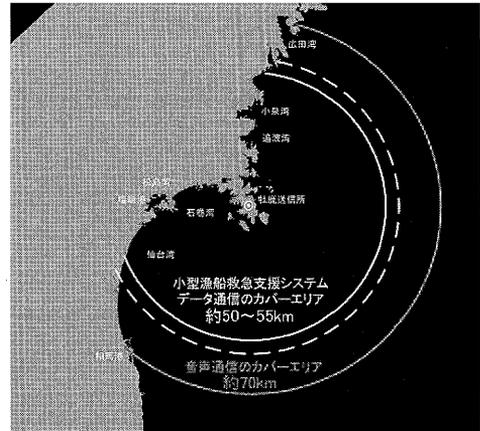
海岸局用救急信号表示器

海岸局の受信周波数について、当該船舶は27MHz帯であれば緊急通信波27.524MHz、40MHz帯であれば指定された陸船波で救急信号を送出する「周波数シフト方式」が望ましい。しかし、全国共通の受信体制をとるためには、受信27MHz(55波)、40MHz(82波)を「スキッピング受信方式」で対応する必要がある。

## 5 小型漁船搭載無線機のデータ通信の通達距離(東北総合通信局：音声通信とデータ通信の所要電界強度測定)

小型漁船には27MHz 1W DSB無線機がほとんど搭載されているが、本無線機に救急支援連絡装置を接続して海岸局への通達距離を測定した結果、電界強度測定と通信の確認により音声通信では約70km、デー

タ通信では50～55kmとなった。(海岸局アンテナ標高：400mの場合)

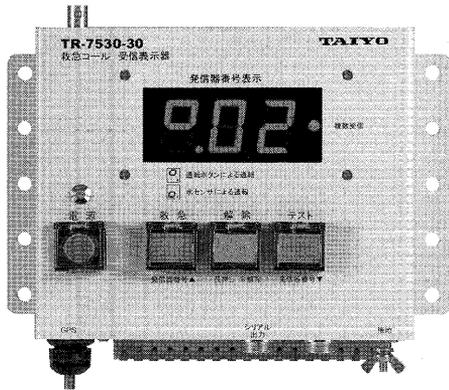


宮城県内の27MHz帯通信カバーエリア

## 6 多人数対応“救急コール”の開発

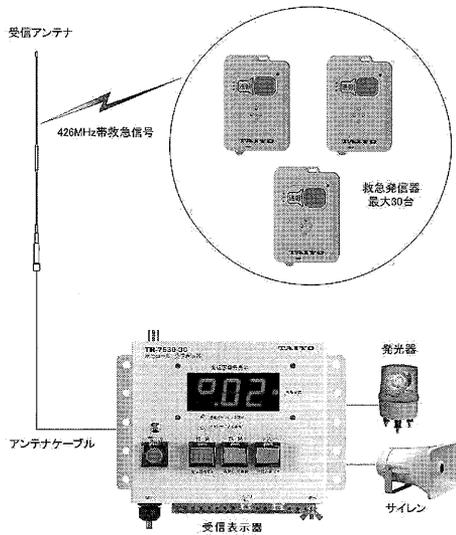
海中転落や、ケガ・急病など緊急事態が発生した場合の対応は、中・大型船舶においても例外ではない。そこで、遠洋漁船や学校実習船、官公庁船、旅客船など中・大型船舶向けに船内自動警報システム“救急コール (TR-7530-30)”を開発した。

TR-7530-30は、受信表示器1台で最大30台の発信器を登録・表示できる。表示部の搭載により、受信した救急発信器の番号や起動情報(通報ボタンによる手動起動/水センサによる自動起動)が一目でわかるようになった。複数の救急信号を受信した場合には交互に自動表示される。



受信表示器 TR-7530-30

一人が海中転落しても、他の乗組員が気付かないことが多いことから、警報灯やサイレンを接続してれば、救急信号受信時にすぐに自動で緊急事態を船内に知らせることができる。



システム概念図

## 7 今後の展開

新型 DSB 無線機の開発を予定している。本機は GPS が接続でき、船舶位置情報をプロッタなどに送信・表示が可能となる。データ通信 (A2D) の送受信もできるため、救急コール機能付きデータ通信端末 (開発予定) を接続すれば、海岸局からの海難、海象・気象、魚価などの文字情報を受信・表示ができ、自船からメッセージを送信することもできる。

## 8 最後に

本装置は信号伝送がすべて自動で行われるため、迅速かつ確実に情報が伝達される。転落者捜索を容易にするなどの効果が期待できるため、関係者からは即時導入を望む声が多く寄せられている。

また、ケガや急病の場合も、通報ボタンを押すことで、すぐに救急信号を発信することができる。

弊社では、漁業者ご自身のため、仲間や家族の安心のためにも、この新しいシステムの導入が一助となることを願い、さらなる普及活動に努めていきたい。

# 大中型プレジャーボートに最適！ ネットワーク対応、最新鋭航海電子機器

古野電気(株) 藤原 啓 修

プレジャーボート用最新鋭 マルチファンクション ナビゲーションギア「NavNet 3D」(ナブネット スリーディー) シリーズをご紹介します。

本システムは、チャートプロッタをコアシステムとしたマルチファンクションディスプレイ (MFD) と、航海用レーダーセンサー、魚群探知機センサー、AISセンサー、その他GPSなどのセンサー機能を集約融合させた最新鋭のネットワーク対応航海電子機器です。

特に、海底映像は3次元データにより即応力の高い立体画像を描画表示できますので、よりリアルで見やすい海図表示を実現します。

## 〈概要〉

本機は、最新テクノロジーの融合が生んだ「マルチファンクション ナビゲーションギア」です。

プレジャーボートの安全航行を第一に、ボートフィッシングやクルージングをバックアップする新世代の航海用電子機器統合システムとして、航海中の操作性・安全性を考慮したさまざまな新機能を搭載しています。

本システムは、TimeZero (タイムゼロ) 技術を用いたプロッタを組み込んだマルチファンクションディスプレイ (MFD) を中核として、デジタルフィルタによるレーダー・魚群探知センサーや、AIS受信機などの様々な周辺機器センサーとの接続を可



マルチファンクション ナビゲーションギア  
「NavNet 3D」(ナブネット スリーディー)

能としています。MFD 1台に各種センサーや様々な航海機器を集約できる高度な複合型マリンギアとして設計しています。

しかも、流線形の美しいフォルムに直射日光下でも見やすい高輝度LCD（液晶表示画面）を採用しています。外観デザイン、機能、性能、操作性、ソフトウェアまですべてが新しい「NavNet 3D」シリーズです。

### 〈特長〉

#### 「TimeZero」テクノロジー

本システムには、最先端技術「TimeZero」（タイムゼロ）を導入しています。このため、GPSプロットやレーダーのズームイン／アウトやスクロール時の描画を滑らかに表現します。

#### • 新しい3D表示を実現

海図に含まれる航路帯、灯台やブイなど、電子海図そのものを3Dで表示することができ、よりリアルな3D表示を実現します。また、3D表示のままレーダー映像信号を重畳表示させることができます。これにより現実に近い「操舵場所から見たまま」の視覚での操船性が得られます。

#### • 新デジタルレーダー

本機のレーダーには新機能のデュアルレンジモードを搭載しています。1つのレーダーアンテナで、遠距離と近距離の2つの映像を表示し、しかも各レーダー映像は同時に更新するため、あたかも2つのアンテナを利用しているかのような映像処理を行います。

さらにデジタルオート機能により、悪天候時に発生する不要波を自動で認識し消去

します。従来のオート機能と比べて、よきめ細やかな信号処理が可能となり、悪視界下での安全航行をサポートします。

また、高速航行に最適なアンテナ48回転にも対応し、送信パルス幅も連動可能です。

#### • 鮮明な映像表示・デジタルフィルタ搭載魚探

ネットワークサウンダー（魚探）には、独自開発のデジタルフィルタが搭載されています。このため、受信感度、発振線除去、送信出力などを自動調整することで、雑音のないクリアな映像表示を実現しています。特に、深場では従来魚探よりもさらに深く探知し、浅場では発振線が短くなるため表層魚群の探知性能が飛躍的に向上しています。

#### • 魚サイズがわかる ACCU-FISH 機能

本機には、フルノが長年培ってきたプロユース仕様をベースに駆使した新しい機能「ACCU-FISH」（アキュフィッシュ）を搭載しています。本機能は水深2 - 100m間に映し出される魚の大きさをセンチメートル単位で計測表示しますので、ターゲットを絞り込んだフィッシングが可能になり、刺激的で新しいパターンの釣行が実現します。また、小魚をターゲットから外すことができるなど、環境にも優しい機能といえます。（本機能を作動させるには専用の送受波器が必要です）

#### • プラグアンドプレイで広がる「NavNet 3D」の世界

外部センサーの接続には、イーサネッ

ト、NMEA0183 / 2000規格が使用できます。また、IPアドレスを自動割り当てするDHCP機能をサポートしているため、ケーブルを接続すればすぐに利用できるプラグアンドプレイを可能としています。

レーダー、魚探の他にも、気象FAX、AIS、インスツルメント、方位センサー、オートパイロットなどの従来の航海機器だけでなく、IPカメラやUSBマウス等も接続可能なため、自艇だけの「NavNet 3D」システムを構築できます。

# ENCに関する世界の動向

(財)日本水路協会 電子海図事業部

清水敬治

## 1 はじめに

本稿は、平成21年12月4日に開催された平成21年度電波航法研究会第3回研究会において筆者が講演した「ENCに関する世界の動向について」を紹介するもので、ECDIS搭載義務化を迎えるENCの現状を記すものである。

海難事故の多くはヒューマンエラーによるものが多いと考えられ、機械化を導入することによって航海者のブリッジワークを助け、このことによって海難事故の減少を図ろうとする動きが1980年代中頃より活発化し、北欧の先進国水路機関を中心に電子海図に関する研究が始められた。1985年、国際水路機関（International Hydrographic Organization：IHO）は、国際海事機関（International Maritime Organization：IMO）に対し電子海図の取扱に関する法的検討を要請し、電子海図開発の本格的な検討が開始されることになった。

そして今日、IMO SOLAS対象高速船には既にECDIS搭載が義務付けられ、更に、それ以外のIMO対象一般船舶に対してもECDIS搭載の義務化が合意されている。ECDIS搭載義務づけが採択された背景には、IHOが2010年迄に世界の主要な航路、港湾（上位800港）のENCを作製することを表明したことが大きく影響している。

## 2 ECDIS搭載義務化

### 2.1 IMO SOLAS対象高速船に対する適用

高速船（High-Speed Craft）に対するECDIS搭載の義務化は、2005年6月開催のIMO第51回航行安全委員会（Safety of Navigation：NAV）において合意され、2008年7月1日以降からの新規建造船に既に適用されている。2008年7月1日以前の建造船に対しても、2010年7月1日から適用されることになっている。

### 2.2 高速船を除く一般船舶に対する適用<sup>1)・2)</sup>

2008年7月開催のNAV54で取り上げられた高速船以外の一般船舶に対する搭載義務化は、2009年6月開催の海上安全委員会（Maritime Safety Committee：MSC）第86回総会で採択され、SOLAS条約改正案として承認された。図1は、NAV54で採択された国際航海に従事する船舶に対するECDIS搭載義務化の適用日程を示すものである。

ここで注目されることは、2014年7月以前に建造された10,000トン未満の貨物船は、ECDIS搭載義務を負わないということである。現在、SOLAS対象船舶（商船）は約48,000隻存在するとされ、このうち、IMOスケジュールに沿ってECDIS搭載が義務付けられる船舶は、約25,000隻程度と

いわれている。従って、約23,000隻の船舶には、ECDIS搭載義務が課されないことになる。SOLAS加盟国の中には500トン以上の船舶に対してECDIS搭載を義務付けるべきとの意見を述べた国もあり、今後も航海の安全を求めて更なる議論が行われる余地が残されている。

		'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19
旅客船	500 GT以上								
	500 GT未満								
タンカー	3,000 GT以上								
	3,000 GT未満								
貨物船 (タンカー以外)	10,000 GT以上								
	10,000 GT未満 3,000 GT以上								
	50,000 GT以上								
	50,000 GT未満 20,000 GT以上								
	20,000 GT未満 10,000 GT以上								

図1 国際航海に従事する船舶に対するECDIS搭載義務化の適用日程(2008年6月開催NZV54の採択)。棒グラフの網掛け部分は、猶予期間を示す。

### 2.3 ENC搭載要件

船舶への海図備え付けは、SOLAS条約第V章に規定されており、次のような規則が関係している。

- 第2規則：海図について定義。
- 第19規則：船種毎の搭載機器について規定。
- 第27規則：海図、水路書誌の最新維持の必要性を規定。

これら3つの規則から、船舶に備え付ける海図、水路書誌に対する要件は、

- 公式かつ最新維持された紙海図の備え付け、或いは、
- 型式認定済みECDISを搭載すること(IMOのECDIS性能基準の要求に従うも

ので、最新版の航海用電子海図を使用し適切なバックアップで補完されるもの)、となっている。

### 3 ENC作製の状況

IHOは、2010年迄に小縮尺ENCでほぼ全世界を、中大縮尺ENCでほぼ95%をカバーできると発表している。図2及び図3は、IHOによる2009年5月現在の各水路機関によるENC作製状況(世界のENCのカバレッジ)の取り纏めである。

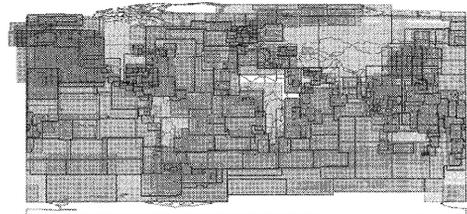


図2 小縮尺ENCによるカバレッジの状況 2008年5月のIHO取り纏めによる。小中縮尺ENCが世界中の海域をカバーしている。

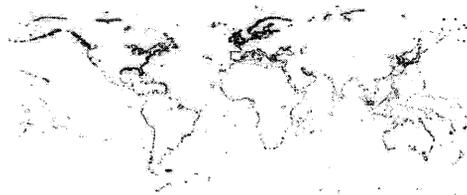


図3 大縮尺ENCによるカバレッジの様子 2009年5月のIHO取り纏めによる。海岸線状に大縮尺ENCが連なっており、刊行状況が分かる。

#### 3.1 ENCとは

航海用電子海図(Electronic Navigational Chart: ENC)とは、各国政府公認の水路当局或いはその他の関連政府機関により、又はその権限の下で作製され

たもので、データ内容、フォーマットについて標準化されたデータベースである。その他のベクトルデータは非公式なもので、海図備え付け要件には適合しない。我が国では、海上保安庁で作製・刊行されている。

### 3.2 ENCのセルとは

ENCは、IHOのENC作製仕様（IHO S-57 Appendix B “Product Specifications”）に基づいて作製されている。ENCは、その一つ一つを「セル」と呼び、セルはENCの最小単位である。セルは、図4のように2つの平行な経度線及び緯度線で囲まれた矩形をしている。ENCは航海目的区分毎に作製され、同じ航海目的区分内のセルは相互に重複してもかまわないが、セルに含まれるデータは相互に重複してはならない。また、1つのセルのデータ容量は、5MBまでに制限されている。

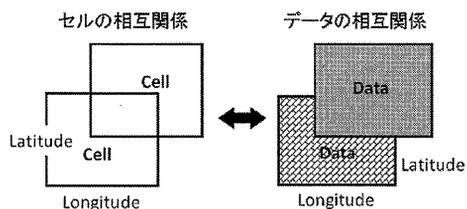


図4 ENCセル及びセルのデータ  
セルの重複は許されるが、セルの中に含まれるデータは相互に重複してはならない。

### 4 日本のENCの特徴

現在、世界のいずれの国のENCも紙海図を元に作製されている。諸外国のENC（厳密には日本以外のENC）セルは、紙海図1枚が1セルであり、紙海図とセルは1：1の関係になっている。一方、日本のENCは、紙海図単位のセルになっていない。図

5は日本のENCセルの索引図である。図のように、日本のENCセルは同一サイズで、同じ大きさのタイルを並べたようになっている。いずれのセルも、そのデータも相互に重複していない。

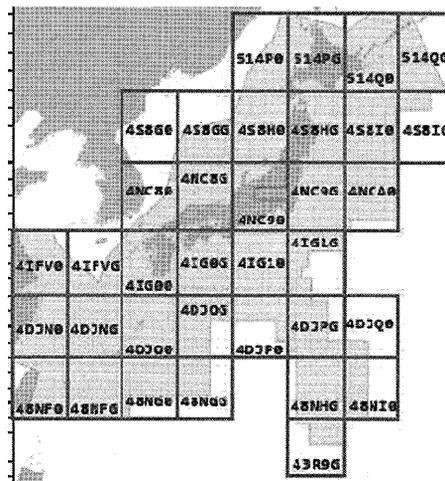


図5 日本のENCのセル索引図

日本のENCと紙海図の関係は、図6のようにになっている。日本のENCは編集する縮尺によって異なり、1枚の海図が4つのセルになることもある。このようなセルサイズ方式はデータベース管理に適しているものの、ユーザーにとっては分かり難くなっている。ところが韓国は、当初紙海図単位でENCを作製していたが、最近セルサイズを変更し、我が国と同じ方式を採用した。

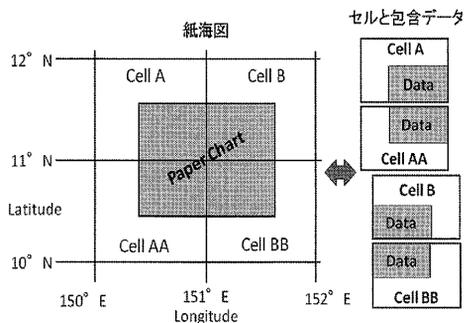


図6 日本のENCセル、ENCデータ及び紙海図の関係

#### 4.1 ENCの航海目的区分

ENCは、紙海図と同様に航海目的毎に作製されている。航海計画立案等に際し使用される小・中縮尺、沿岸航海に使用される中縮尺、狭水道航行や接岸・停泊時に使用される大縮尺のものなど6種類に区分されている。日本では最大縮尺ENCは作製されていない。図7は、日本のENCの航海目的区分及び縮尺等である。

#### 4.2 ENCの最新維持

ENCも紙海図と同様に、最新維持しなければ航海の安全は担保されない。最新維持情報（ERと呼ばれている）は、毎月の最終金曜日に電子水路通報として海上保安庁によって作製・刊行され、(財)日本水路協会によって暗号化処理が行われた後、複製・頒布されている。

ERは、できるだけ短い間隔で発行されることが望ましく、諸外国では紙海図と同様に毎週発行しているところもある。航海安全の観点から、諸外国と同様に我が国のERも週刊化されることが望まれる。

### 5 ENCデータの重複

各国水路機関が2012年7月からのECDIS搭載義務化に向けて自国のENC作製を促進した結果、ENCデータの重複問題が表面化ようになった。これは、各水路機関のENC作製に対する国際協調の

NP	航海目的	海図の縮尺 (上段は、日本の区分を示す)	セルサイズ	セル数
1	概観(Overview)	1:1,500,001 > (1:1,499,999 >)	8度以上	33
2	一般航海 (General)	1:300,001 ~ 1:1,500,000 (1:350,000 ~ 1:1,499,999)	4度	35
3	沿岸航海 (Coastal)	1:80,001 ~ 1:300,000 (1:90,000 ~ 1:349,999)	1度	150
4	アプローチ (Approach)	1:25,001 ~ 1:80,000 (1:22,000 ~ 1:89,999)	30分	160
5	入港(Harbour)	1:7,501 ~ 1:25,000 (1:4,000 ~ 1:21,999)	15分	327
6	停泊(Berthing)	>1:7,500 (> 1:4,000)	15分	0
H21.10.9現在取扱合計セル数				705

図7 ENCの航海目的毎の区分。海図の縮尺欄中、上段に記載の縮尺は日本のENCで用いられている縮尺区分であり、下段はIHOが勧告する縮尺。

欠如、ENCの重複問題の認識不足、或いは隣接国間の領海線が未確定等から生じている。

ENCデータが重複した場合は、ECDIS画面に海図情報が二重、三重に表示され情報が見難くなること、作製機関毎の最新維持情報に相違が生じること、或いは、同じ範囲に複数の機関が作製したENCデータが存在することになるため警報機能が正常に機能しない恐れがあること等の問題が生じる。

図8及び図9は、日本、韓国及びロシアのENCが重複している例である。我が国は、国際的なENC作製ルールに準拠してENCを作製・発行しているが、韓国は隣接国の発行しているENCを無視し、重複するENCを作製・発行している。IHOでは、重複問題については関係国で解決するように勧告している。我が国は、機会ある毎に韓国と解決に向けた協議を行っているものの、未だ解決していない。領土・領海問題が絡む海域ではENC作製が難しく、日韓間に係わらず世界の何カ所かで重複問題が起きている。ECDIS搭載義務化に向けて、今後解決されていくものと思われるが、それぞれに利害関係があり完全な解決は難しいかも知れない。

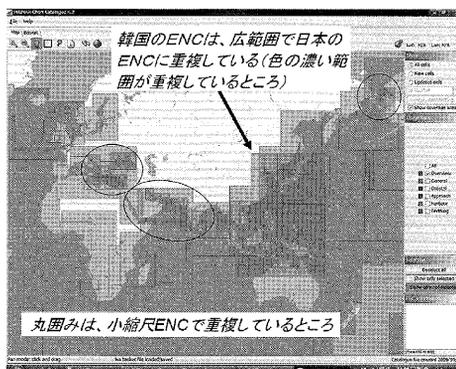


図8 世界の小縮尺ENCの重複状況

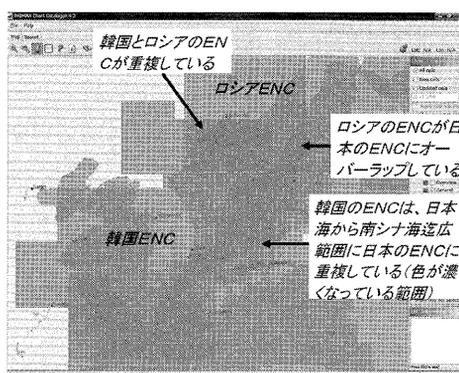


図9 日本、韓国及びロシアのENCの重複状況

## 6 ENCの保護

デジタルデータの取扱において、著作権侵害やデータ剽窃は大きな問題となっており、ENCもこれら問題の例外ではなく、経済的に、あるいは航海安全に対して重大な懸念が生じてくるようになった。このため、IHOは2003年10月ENCデータ保護スキームを策定した。これが、IHO S-63といわれるものである。

IHO ENCデータ保護スキームは、著作権保護、経済的保証及び航行安全保障等を目的とし、次の3つの部分からなっている。

- 剽窃保護

ENC情報を暗号化することにより、認可されていないデータの使用を防止する。

- 選択的利用

ENC情報へのアクセスを、ライセンスが与えられたセルだけに制限する。

- デジタル認証

ENCデータが、承認された出所からのものであることの保証を与える。

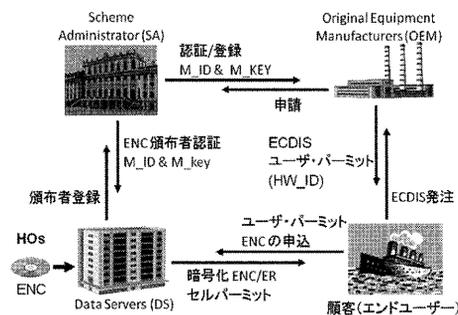


図10 IHOデータ保護スキーム

## 6.1 ENCデータの暗号化

ENC保護のため、ENCセルファイルはユニークなセルキーによって暗号化される。ENCセル及び更新情報は、40ビットキーで暗号化され、ユーザパーミット及びセルパーミット等の保護スキーム情報は、48ビットキーで暗号化されている。暗号化保護スキームには、唯一の暗号化アルゴリズムが使用され、Blowfishアルゴリズムが採用されている。Blowfishアルゴリズムは、64ビットで働くブロック暗号アルゴリズムであり、これは、元データが仮に8バイトの倍数でない場合は8バイトの倍数になるように詰め物をする方法である。

## 6.2 IHOデータ保護スキーム

図10は、IHOデータ保護スキーム構成者のそれぞれの相互の関係を示したものである。構成者の概要は次の(1)~(4)の通りである。

### (1) Scheme Administrator (SA) [IHO]

SAは、IHOデータ保護スキームの中では唯一であり、本スキームの維持と調整を行う責任者である。SAは、IHO加盟諸国の代わりにIHOの事務局である国際水路局によって運用されている。

SAは、認証を受けたOEMにユニークなOEMキー（16進法数字であるM\_ID）とアイデンティファイヤー（16進法数字であるM\_KEY）の組み合わせを発行する。

また、SAはOEMに発行したM\_KEY、M\_ID一覧を本スキームに加入している全てのDSに提供する。

### (2) Data Server (DS) [ENC頒布者]

DSは、本スキームによって定められたルールに従いENCデータを暗号化し署名した後、これを顧客に提供する。

また、OEMが作製したユーザパーミットを顧客経由で受け取り、SAから提供されたOEM一覧を参照してユーザパーミットの中からHW\_ID取り出す。このHW\_IDを使用して顧客が注文したENCセルのセルキーを暗号化し、セルパーミットとして顧客に提供する。

### (3) 顧客

顧客は、ENCのエンドユーザである。OEMからECDIS等と共に受け取ったユーザパーミットをDSに提示することにより、DSから保護されたENCを受け取ることができる。顧客のECDIS等は、DSから提供されたENCのデジタル署名を認証し、本スキームに定められた手続きに従って暗号化ENCを解読し、ENCを表示する。

表1 ユーザパーミット・フォーマット

HW_ID (暗号化)	チェックサム (非暗号化)	M_ID
16 文字 (16進法)	8 文字 (16進法)	4 文字 (16進法)

73871727080876A07E450C043031  


図11 ユーザパーミット例

### (4) Original Equipment Manufacture (OEM) [ECDIS等ENC表示システム製造者]

OEMは、顧客に提供するシステムの中にENC保護の安全なメカニズムを構築しなければならない。このため、OEMは、作製するシステムの各々にハードウェア証明 (HW\_ID) を割り当て、SAから渡されたM\_KEYでHW\_IDを暗号化後、そのコピーをユーザパーミットとしてECDIS等と共に顧客に提供する。

### 6.2.2 セルパーミットとは

ENCセルを解読するためには、顧客は、それを暗号化するために用いた暗号化キーが必要である。この暗号化キーはDSが知っているだけなので、DSはこれを暗号化し、セルパーミットとして顧客に提供する。

セルパーミットは、特定の顧客のHW\_IDによって暗号化されるため、他のENC表示システムでは使用できない。セルパーミットは、表2のフォーマットとフィールド長でASCIIテキストによって書かれている。図12は、セルパーミット例である。

### 6.2.1 ユーザパーミットとは

ユーザパーミットは、OEMによって作成されENC表示システムと共に顧客に提供される。それにより、顧客はデータサーバーから提供された暗号化ENCにアクセスすることが可能になる。S-63スキームに加入する全てのエンドユーザシステムは、ハードウェア証明 (HW\_ID) を持たなければならない。HW\_IDは、しばしばドングルとして利用されている。

ユーザパーミットは、ASCII 28文字の長さで、表1のフォーマットとフィールド長により記述されている。図11は、ユーザパーミット例である。

表2 セルパーミット・フォーマット

セル名	有効 期限日	暗号化 セルキー 1 (ECK1)	暗号化 セルキー 2 (ECK2)	暗号化 チェック サム (CRC)
8 文字	8 文字	16 文字 (16進法)	16 文字 (16進法)	16 文字 (16進法)

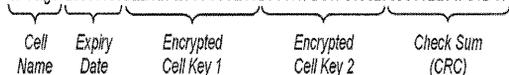
JP14lg1020000830BE99FE3C7C8CE68B16411FD09F96982795C77B204F54D48  


図12 セルパーミット例

## 7 ENCの頒布

世界の多くのENC作製機関は、自国のENCを直接提供・頒布するほか、2つの世界を代表する地域電子海図調整センター(RENC)を通して頒布している。その一つはPRIMAR(所在地はノルウェー水路部)で、もう一方はIC-ENC(所在地は英国水路部)である。両者は、ENC及び最新維持の取り纏め調整、暗号化処理等を行うものの、エンドユーザに直接ENCを提供しない。

ENCは、RENCの顧客である販売代理店を通じてエンドユーザに提供される。

### 7.1 ENCのオプション頒布

ENCのデータ構造は、水路関係データの転送基準として開発されたものであり、水路関係オブジェクト情報の取り込みには最適であるが、コンピュータ画面上に画像を素早く表示させるようなデータ構造にはなっていない。

ECDISは、ENCデータを迅速に表示できるデータ構造にするため、内部でENCをシステムENC(総称してSENC)と呼ばれるECDIS独自のフォーマットに変換している。このSENCへの変換には相当な時間がかかるため、ユーザーがストレスを感じることもある。

これを解決するものがENCのオプション頒布と言われるもので、ECDIS内部で行う変換処理をECDIS外部で予め処理し、変換したSENCをエンドユーザに提供する方法である。この方法は、ENCデータのローディング時間の短縮化、あるいは、ネットワーク利用を容易にする等のメリットがある反面、ECDISがメーカー毎に異

なった技術で作製されているためSENCへの変換方法もそれぞれ異なる。従って、SENC作製の標準化は難しく、IHO S-63データ保護スキームも適用されない。このため、ENCデータの保護が難しく、各国水路機関の多くはSENCの提供を許可していない。図13は、SENCの頒布概要を示したものである。

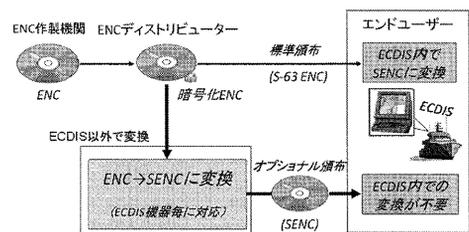


図13 SENC頒布の概要

## 8 ENC作製仕様の変更

IHO S-57は、デジタル水路データのための転送基準として開発されたが、今や、電子海図作製のための専用の基準となっている。このため、IHOは新たな水路データのための転送基準が必要であるとして、国際標準化機構(ISO)で定めている地理空間情報基準ISO-19100シリーズと互換になるS-100を設けた。このことにより、水路関係のデータや製品が他の様々な地理空間データや各種アプリケーションと一緒に利用できるようになる。

現在のENC作製仕様は、IHO特殊刊行物S-101として2012年6月にVer.1がリリースされる予定である。図14は、ISO-19100シリーズとS-100及びS-101の関係である。

## 9 ENC提供形態の多様化<sup>3)</sup>

2012年のECDIS搭載義務化に向けているいろいろなENC提供方法が出現している。特筆されるのは、最近、ヨーロッパのプロバイダーが発表したダイナミックライセンス方式である。これは、イリジウム衛星を利用して行うENCの提供サービスで、契約船舶の航行を常時追尾し、契約サービス区域内を航行する期間のみ課金する方法である。

今後、ECDISの導入をサポートするために、できるだけフレキシブルなENCの頒布・販売方式がでてくるものと想定される。

## 10 我が国のENC

我が国のENCは、国際基準であるIHO S-57仕様によって海上保安庁により作製、刊行されている。刊行されたENCは、複製頒布者である財団法人日本水路協会によりIHO ENC保護基準 S-63で暗号化された後、複製・頒布されている。

従って、ENCを利用する場合は、暗号

化ENC表示に対応したECDIS等入手し、付属のユーザパーミットをDSである財団法人日本水路協会に提示しなければENCを利用することはできない。

図15は、暗号化ENCの利用手順の概要を示したものである。

### 10.1 我が国ENCの価格

暗号化により保護されたENCを利用することは、CD等へ書き込まれたENCデータを買って利用することではなく、それを使用するための一定期間のライセンスを取得することである。従って、利用するライセンス期間によって、決められた料金の支払いが必要である。表3は、我が国の現在のENC利用契約期間と提供価格である。

表3 我が国のENC利用契約期間及び販売価格

契約期間	1年	9ヶ月	6ヶ月	3ヶ月
価格(税別)	550円	500円	400円	300円

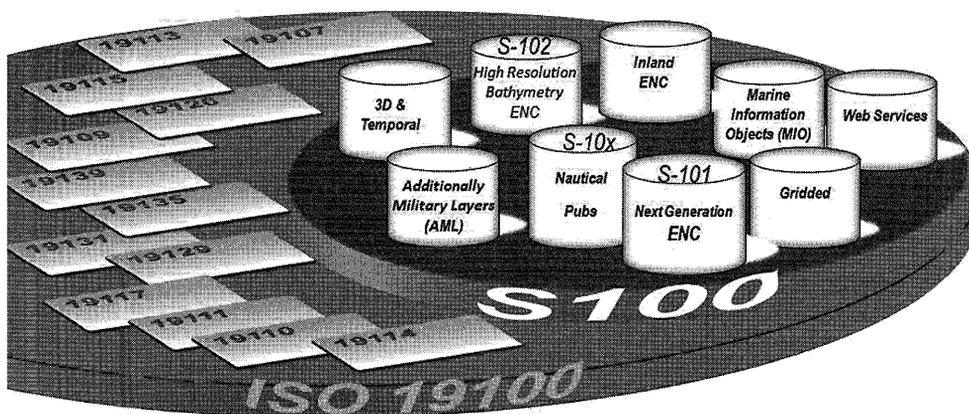


図14 ISO-19100シリーズとS-100及びS-101との関係

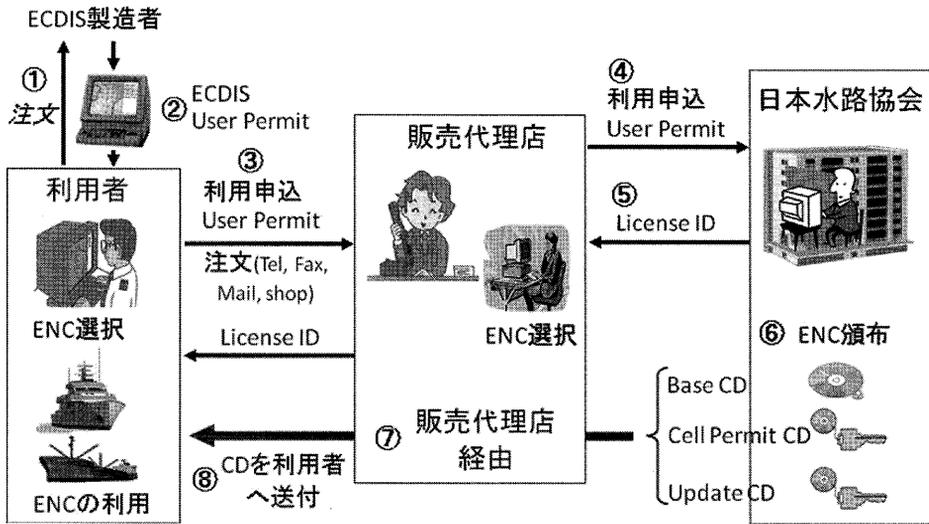


図 15 我が国の暗号化ENCの利用手順の概要

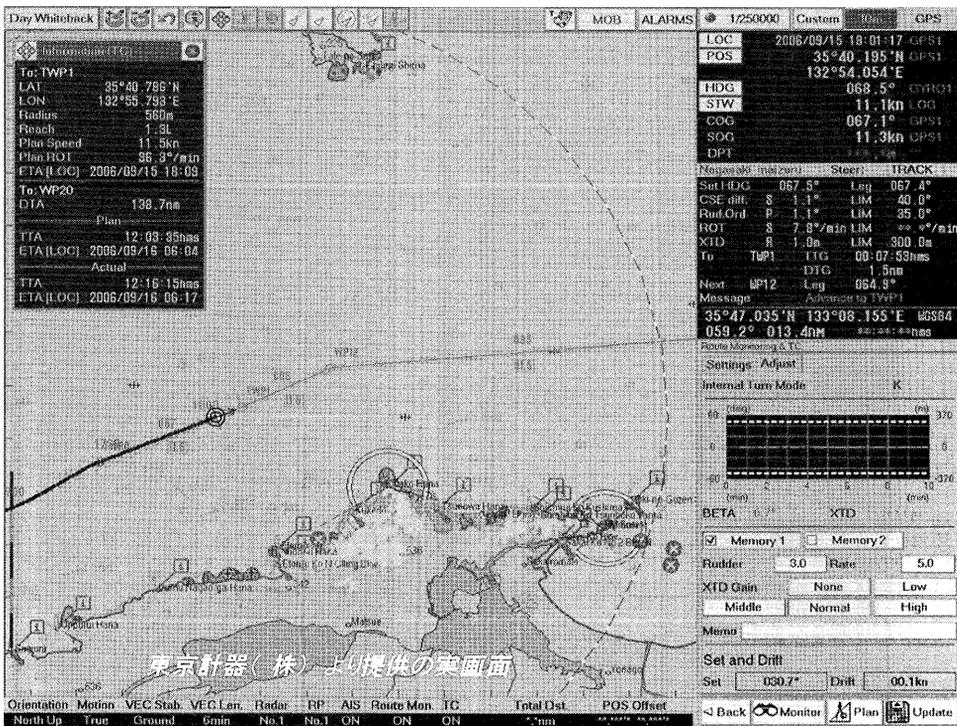


図 16 ECDIS画面表示例

## 11 むすび

ENCと共にGPS測位、レーダー・エコー、ARPA（自動衝突予防装置）あるいはAIS情報をリアルタイムで1つの画面上に重畳表示できることは、船舶航行の安全を図る上で効率的・効果的であり、航海者のブリッジワークを助け、海難事故或いはそれに伴う大規模海洋汚染の防止に大きく寄与するものである。図16は、ECDIS画面表示の実例であり、自船位置と共にレーダー、ARPA等の情報が重畳表示されている。図では、計画航路上に航跡がピッタリ重なっているため、オートパイロットによる航行と思われる。

- ENCの利用において、型式認定を受けたECDISの他に、バックアップ規定を満足するECDISを搭載すれば紙海図の搭載が不要になることについては、旗国の規則の違いにより各国海事当局の判断に任されている。このことは、ECDISを2台搭載した場合の紙海図搭載の要否についてユーザーを混乱させている。ECDIS搭載義務化の適用が始まる前に国際的な統一見解が望まれる。同様に、型式認定の取得に関しても明確にされるべきであろう。
- IMOではE-navigation戦略を推進中であるが、この構想は相当大規模なものであり、ECDISは最も大きなコンポーネントになる。その中において、ENCは基礎データとして重要な役割を担うであろう。
- 各国のENC作製当局はENC整備に力を入れており、今後、更にその利用価値は増すものと思われる。

## 参考文献

- (1) 金澤 輝雄：「ECDIS搭載の義務化へ向けて前進～第54回航行安全小委員会報告～」財団法人 日本水路協会発行「水路」147号、13-18、平成20年10月
  - (2) "The journey to "adequate" ENC coverage" Digital Ship, June/July, pp.46-49、2009
  - (3) "ENC Track offers new options in chart licensing" Digital Ship, 15 June、2009
- International Hydrographic Organisation, IHO DATA PROTECTION SCHEME, Special Publication No. 63, Edition 1.1-March 2008
- "Facts about electronic charts and carriage requirements", Prepared by Primar Stavanger & IC-ENC Joint Information Working Group (JIWG), 2nd edition 2007

# 航海用電子参考図 new pec について

(財)日本水路協会 佐々木 稔

## 1 はじめに

(財)日本水路協会では、小型船舶やプレジャーボート等に搭載可能な電子海図として、小容量ICメモリーカード方式による電子参考図 (Electronic Reference Chart : ERC) の提供を1993年に開始した後、2000年からパソコン上で使用するPC用航海参考図 (Personal Electronic Chart : PEC) を、また、2002年からは上記ERCのデータを国内船用機器メーカーの専用機搭載用に提供し、航海の安全に寄与してきた。

これらは、水路協会としては初期のデジタル製品であったことから、発売から年数を経るにつれ、掲載情報やその表現に対し多くのユーザーから改善要望が寄せられた。例えば、細密海岸線・等深線、漁具定置箇所、マリーナ・コンビニ等利便情報等の充実のほか、GPS受信機新機種対応インターフェースの追加・使用COMポートの機能の拡張などであった。また、近年、記憶媒体の大容量化やCPUの高速化に伴い多様な図表現・機能の拡張が可能となってきており、併せて無断複製を防ぐためのコピーガード機能の必要性も感じられてきた。

水路協会では、これらを踏まえ、利便性を向上させるとともに掲載情報を大幅に拡充させた電子参考図製品の普及促進を目的として、旧PECの利用範囲である関東から九州西部までの海域を、全日本域に拡大

する航海用電子参考図 (new pec : ニューベック) シリーズの開発を行ってきた。2009年7月には、CD搭載ビューソフト付「東京湾及び周辺」(NP01) を完成・発売し、2010年1月8日、2番目の「伊勢湾及び周辺」(NP02) の発売を開始した。NP02の発売時に、ビューソフトを大幅に改訂し、NP01の機能に航行支援モードを追加し、GPSを用いた航海時にユーザーにとって有効で便利かつ多彩な機能を付加し、シンボル、色合い、一部データセットも変更したので、この最新バージョン (2.10) に基づいて、製品の内容及び今後の計画・課題等について説明したい。

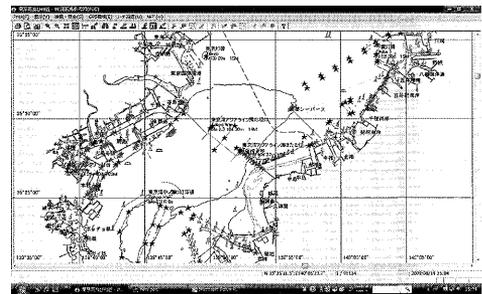


図1 旧PEC東京湾中部

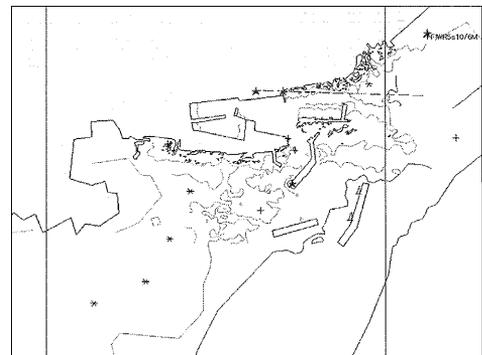


図2 旧PEC 安房白浜・乙浜港付近

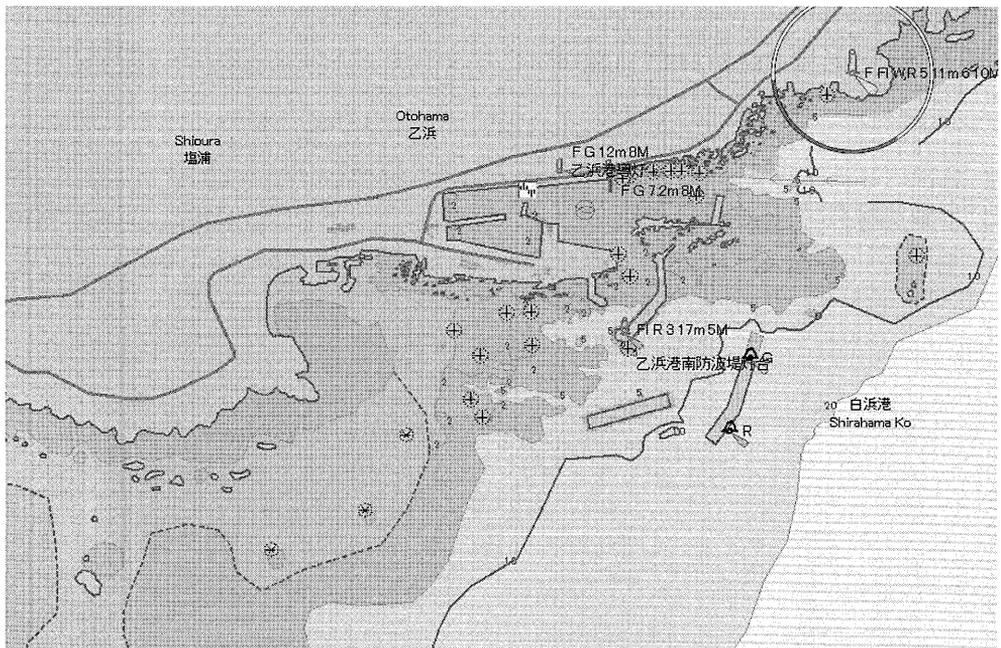


図3 new pec 同上 安房白浜・乙浜港付近

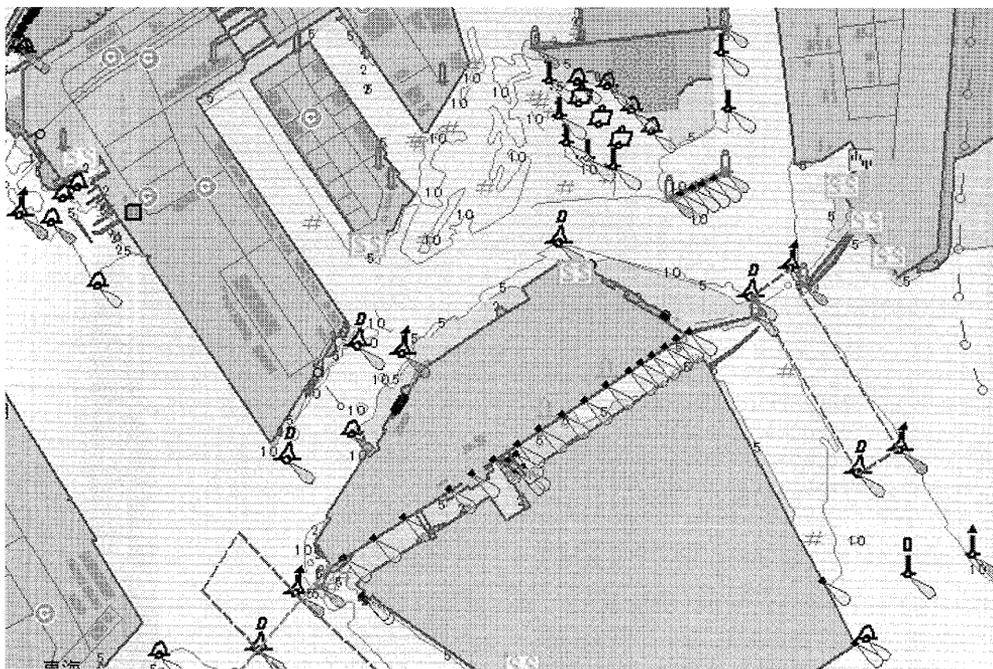


図4 S-52に基づく航路標識表示例（東京港部分拡大）

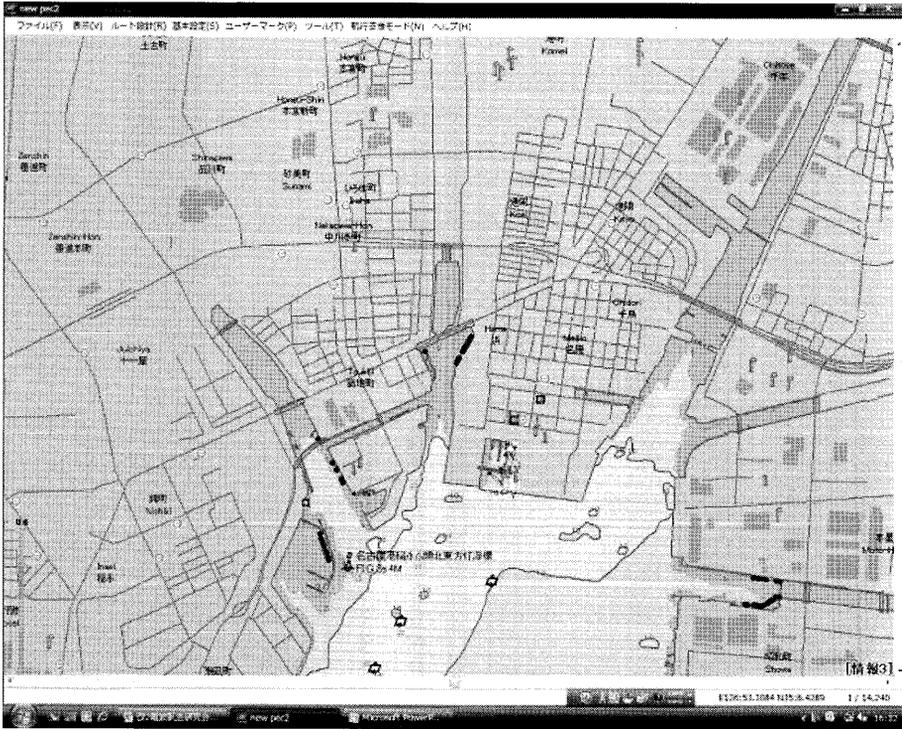


図5 陸部情報も豊富に掲載(名古屋港)

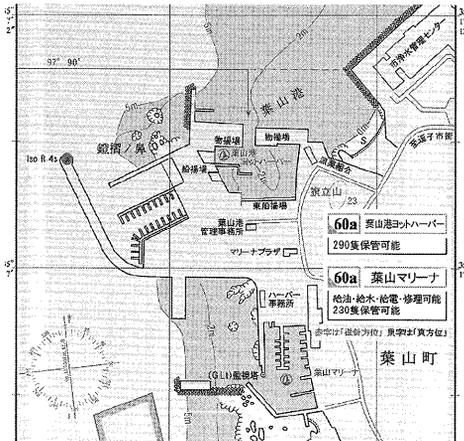


図6 ポップアップ画像例(葉山マリーナ)

Navigational Chart : ENC) の規格である国際水路機関S-57とは異なるGIS表示用レイヤー構造をもち、一方、表示シンボルは電子海図表示装置 (Electronic Chart Display and Information System : ECDIS) 用 国際水路機関S-52規格を可能な限り採用した。このため紙海図のシンボル・表記とは異なっている。また、GPS航海時の移動画面スクロールによるCPU負担の軽減化を図るため、大縮尺では海域画面の細分化を行っているが、表示は連続しており、ユーザーは気付かずに使用できる。このため、ポリゴン等データも同じ海域に細分化がなされている。

2) 掲載海岸線は、最大縮尺の海図と、小

## 2 new pecの主な特徴

1) new pecのデータ構造としては、既存の航海用電子海図 (Electronic

港湾については既存の「プレジャーボート・小型船用港湾案内」の大縮尺図、及び国土地理院の数値地図から採用した。低潮線、等深線は、最大縮尺海図（一部測量原図を含む）を基に、海底地形図情報を併せ旧PEC（図1 旧PEC東京湾中部、図2 旧PEC房総半島安房白浜・乙浜港付近）に比べ大幅に充実を図った（図3 new pec同 乙浜港付近）。航路標識については、海上保安庁刊行「灯台表」にある全ての標識（一部は明弧表示機能を付与）及びそれ以外の一部の標識を表示した（図4 航路標識表示例、表示シンボルは紙海図と異なるS-52規格）ほか、マリーナ等の航海支援情報も充実させた。

3)旧PECにはない、漁具定置箇所、海の駅、

フィッシャリーナの表示を行ったほか、道路、建物、コンビニ等の陸部情報を掲載し、地名も大幅に拡充した（図5 名古屋港付近陸域）。

4) 地名については、縮尺により表示コントロールがなされる縮尺制御を採用し、航路標識その他の表示情報についても、ユーザーの選択により表示・非表示を選択できる。

5) 新たに、小港湾、漁港、マリーナなどの拡大図をポップアップする機能を持たせた（図6 ポップアップ画像 葉山マリーナ）。

6) 等深線についてポリゴン表示を可能とし、等深線間を選択して色彩表示ができるものとし、当該船の喫水に応じた危険海域強調表示（図7）を可能とした。

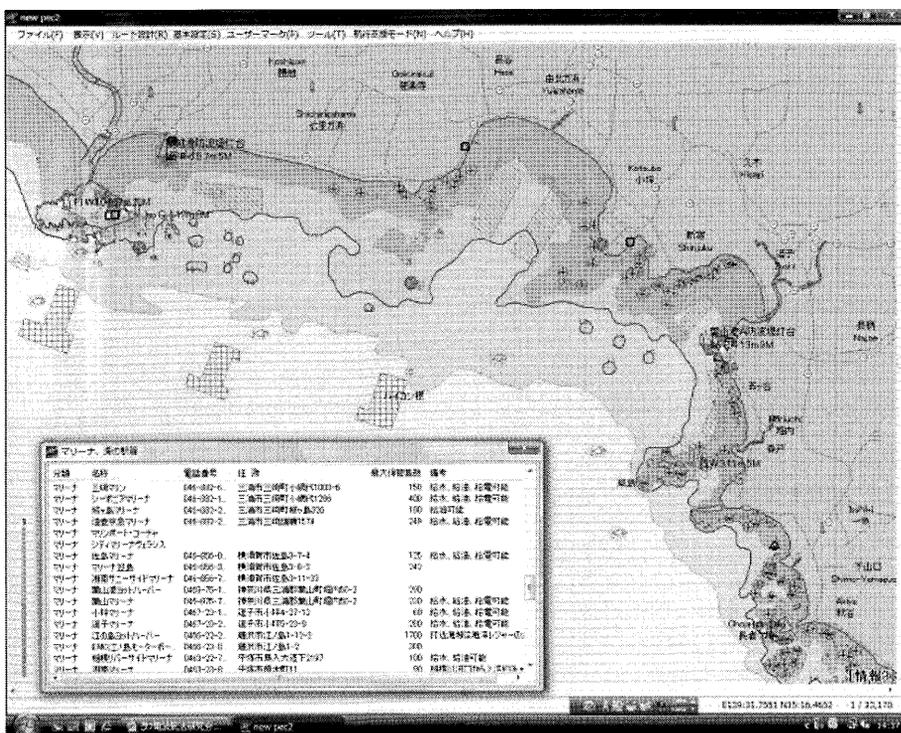


図7 海図等深線色分け・漁具定置箇所・マリーナデータベース等表示（江ノ島・葉山付近）

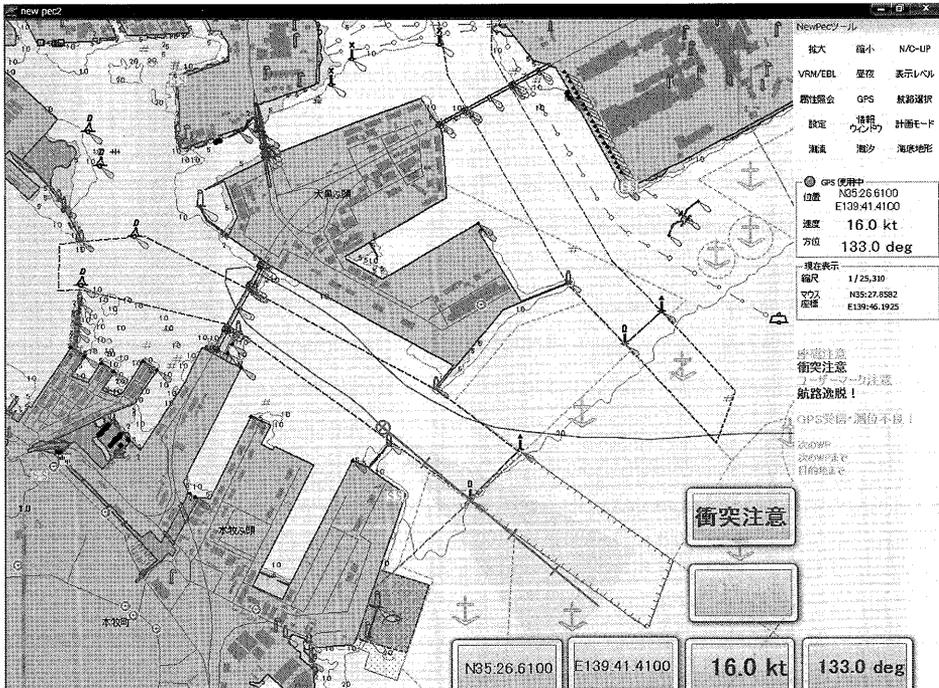


図8 航行支援モード採用では、GPS接続時、前方扇形内に選択した施設・物標が入った場合に警報音・表示ウィンドウで警告（横浜港）

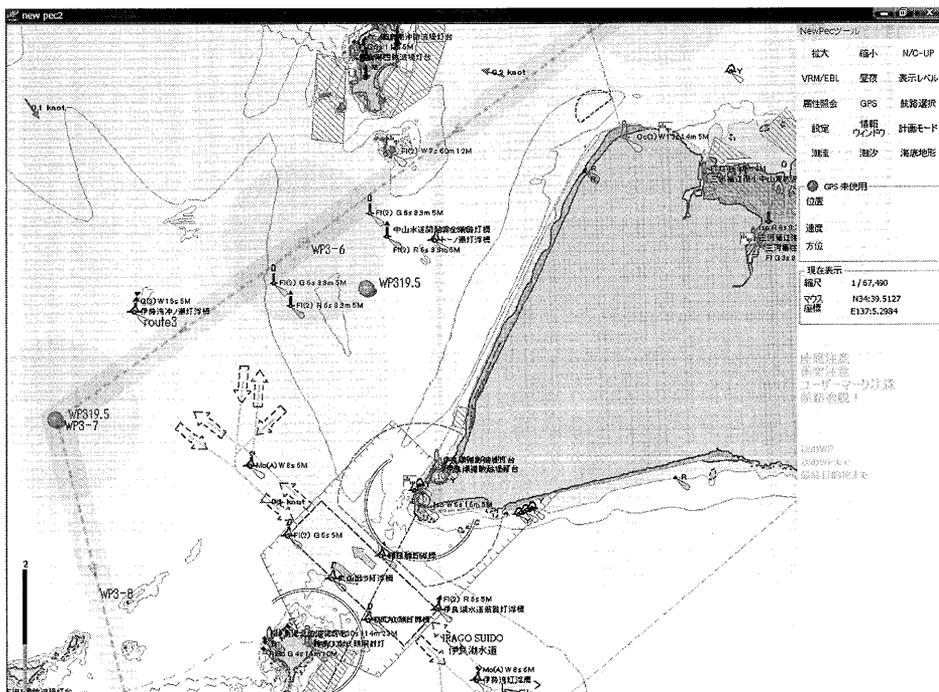


図9 ルート設定等航法機能の充実（伊良湖水道）

- 7) すべての表示項目にカーソルを当てると属性を表示し、また、マリナー一覧表を表示するデータベース機能（図7に併記）も充実させた。
  - 8) 従来、いわば航海計画モードに加えて、新たに、GPSによる位置表示による航海のためのリアルタイム航行支援モードを加えた。このモードでは、進行速度・方位の情報ウインドウ表示、自船進行前方の扇形に含まれる浅瀬・岩礁・暗岩・陸域、航路標識等への警報音と警告情報項目のウインドウ表示が可能である（図8 航行支援モードでの警報音・警告表示機能）ほか、ノースアップ・コースアップ表示の変換、夜間用ダーク画面表示も可能である。また、GPSログデータの格納、これを用いた航行再現シミュレーションも行える。さらに計画ルート編集、航海中のルート表示や、WAY POINT、USER POINTの設定・表示（図9 ルート設定等可能）、自船又は任意の地点間の距離測定も行える。表示画像データを手動または自動的に一定時間間隔で保存するスクリーンショット機能も付与してある。
  - 9) ヘルプ機能を充実させ、操作説明の記述、用語の説明、使用上の注意のほか、小型船のための航海マニュアルを充実（図10 日本沿岸の漁業図解例）させ、法令の解説、航法、GPS、通信連絡手段、航海に関する灯火・形象物・音響、航路標識の知識、管制信号、潮汐・潮流、日本沿岸域の漁業、漁船・漁具の視認と対策、地磁気と磁針方位、底質について、それぞれ図入りで詳しい説明を掲載し、検索機能も付与した。
  - 10) 新しいGPS機種への対応として、インターフェースの追加、使用COMポート機能の拡張を行った。通信規格はRS-232C、通信速度：4800～230400bps、パリティ、データ長、ストップビット調整可、更新間隔1～10秒可能。
  - 11) コピーガード機能（ドングル）を付加し、これによりユーザー管理も行える。
  - 12) 「沿岸海の基本図」等のデジタルデータを基に強化・改訂した海底地形等深線データの詳細な表示（図11 三浦半島周辺海底地形例）を可能とした。（オプション）
  - 13) 現在時刻、または任意の日・時刻の当該海域内の多数の験潮所における予報潮汐グラフ及び潮流データ地点の予報潮流表示（図12 ポップアップした潮汐グラフ及び潮流矢府）が可能である。（オプション）
- 以上に述べたように、結果として、new pecデータは、旧PECのもつ機能と情報量を大幅に上回り、航海用電子海図（ENC）とほぼ同様な細密情報を有し、個々の水深表示こそないが、海域によってはENCや紙海図を上回る精度をもつものもある。これに加えてENCにはない漁具定置箇所を表示や、オプションではあるが、詳細な海底地形・潮汐・潮流予報値のリアルタイム表示できる。表示ソフトウェアについては、諸シンボル・色使いはS-52に基づいており、上述した様々な航行支援機能を実現できることから、小型船用ではあるが、Windows環境でパソコンを用いながら、電子海図表示装置（ECDIS）とほぼ同様の機能を果たすことができるのではないかと

と考えている。

### 3 動作環境

対応するOSは、Windows XP、Vista、7となっており、推奨機能は、CPU 600MHz以上、メモリ1GB以上、ディスプレイ 1024×768以上、ハードディスク空き容量200MB以上である。

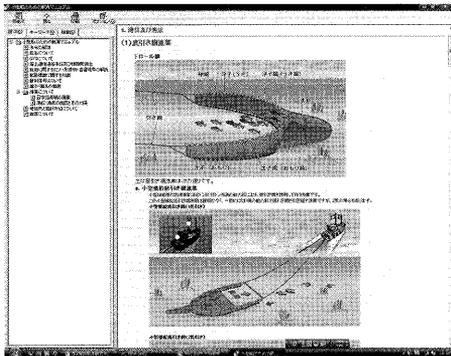


図10 日本沿岸の漁業図解 底引き網漁業例

### 4 今後の刊行計画と課題

new pecは、既刊の「東京湾及び周辺」、「伊勢湾及び周辺」に続いて、2011年秋までに、表1と図13に示す全国8海域について順次発行予定である。また、図14には、本ソフトウェアのテスト版（未発売）を用いて、館山沖で受信テストした自動船舶識別装置（AIS）の受信結果の一場面を表示した。AISは、既に300トンまでの国際航海船、500トンまでの内航船舶には搭載義務化がなされており、最近は多様な方式に基づき小型船舶・プレジャーボート、漁船等にも搭載船が出ているようであり、これらの船艇に向けて、今後、new pecにAIS受信データのリアルタイム受け入れ・表示機能を付与することについても検討したいと考えている。

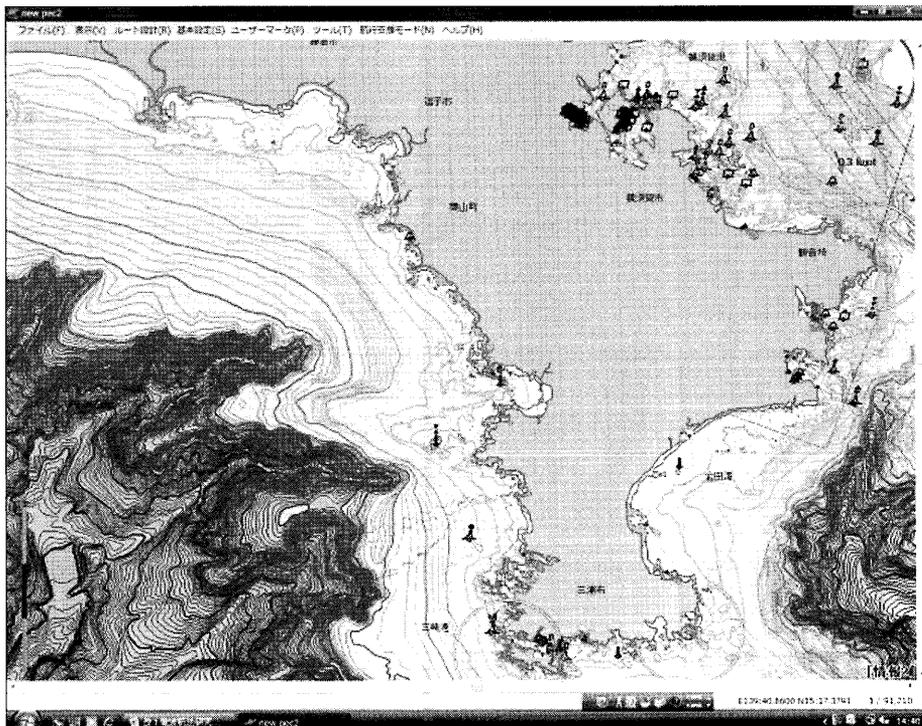


図11 海底地形データの色分け表示（オプション：相模湾東方及び浦賀水道西部）

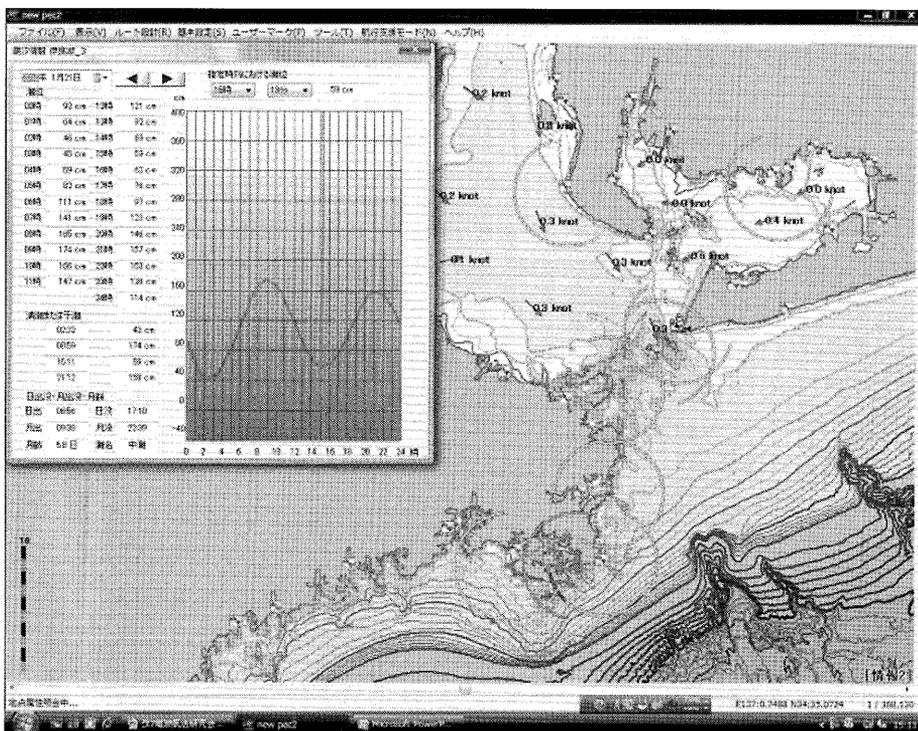


図12 ポップアップした潮汐グラフ（伊良湖）と潮流矢府（伊勢湾）

表1 new pec発行スケジュール

番号	海域名	発売状況
NP01	東京湾及び周辺	2009年7月発売
NP02	伊勢湾及び周辺	2010年1月発売
NP03	瀬戸内海及び四国周辺	2010年4月発売 予定
NP04	九州周辺	2010年発売予定
NP05	本州北西岸	2010年発売予定
NP06	北海道及び本州北岸	2011年発売予定
NP07	本州東岸	2011年発売予定
NP08	南西諸島	2011年発売予定

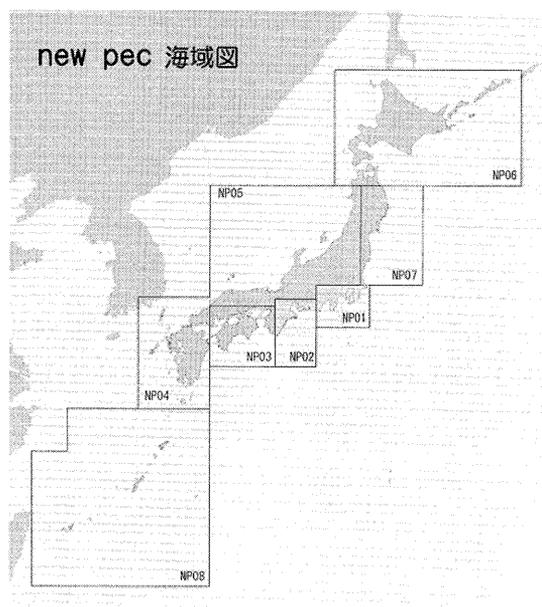


図13 new pec刊行計画海域図

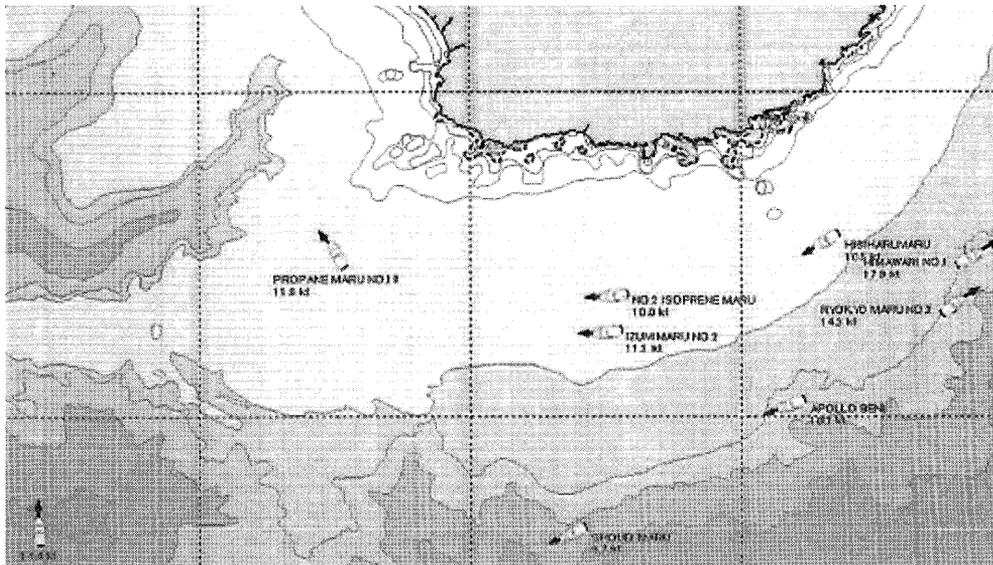


図 14 野島埼沖における AIS 受信テスト結果

このほか、海事局指定参考図（沿岸小型船舶法定備品）認定、new pec データの船用機器メーカーへの提供、水路通報等により入手した最新維持情報を掲載したアップデート版の発行、さらにはユーザーからの要望収集及び水路通報以外の海域の記載変更情報の収集（WEB利用等）と確認方策の調査・検討も今後の課題である。

なお、new pec の詳細は、以下の WEB <http://www.jha.or.jp/jp/shop/products/newpec/index.html>、販売価格については、[http://www.jha.or.jp/shop/index.php?main\\_page=categories&language=jp](http://www.jha.or.jp/shop/index.php?main_page=categories&language=jp) の航海用電子参考図 new pec の欄からご参照いただきたい。

# EFBの現状と展望

ANA 運航本部 運航サポート室 技術部 運用技術チーム

鈴木良一

## 1 はじめに

航空機においては、航空図や各種規程類など、出発時において必ず搭載されていなければならない書類が、法律によって定められている。現在、これらの書類はすべて紙媒体にて印刷・配布・差し替え等の運用が行われている。

これに対し、昨今のIT技術の進歩を受け、これらの書類を電子化し、法律によって定められている航空機搭載書類のペーパーレス化を行い、規程類をコックピット内で電子データとして閲覧するという流れが生じている。

Electronic Flight Bag (EFB) とは、電子化された航空図や規程類をコックピット内で閲覧するためのものである。

さらに、EFBはコンピュータ・システムであることから、性能計算機能や監視カメラの表示なども可能であり、様々な利用形態が考えられる。

これらEFB機能の活用により、運航効率の向上やコスト削減が見込まれている。

本稿では、航空機におけるEFBについて紹介し、現状と今後の課題について記述する。

## 2 EFBの分類

EFBは、その形態に応じて3つにClass分けされている。

### 2.1 Class 1 EFB

Class 1 EFBは既製品のポータブル・パソコンであり、機体に固定せずに使用される。(図1参照)

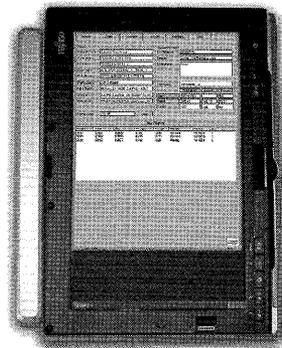


図1 Class 1 EFBの例

Class 1 EFBは機体に固定せずに使用されるため、離着陸時の使用は禁止されている。また、他の機上システムとのデータ送受信には制限がある。しかし、耐空性の承認は不要であるため、比較的容易に導入が可能である。

### 2.2 Class 2 EFB

Class 2 EFBもClass 1同様に既製品のポータブル・パソコンであるが、Class 2では固定器具により機体に固定させて使用される。(図2参照)

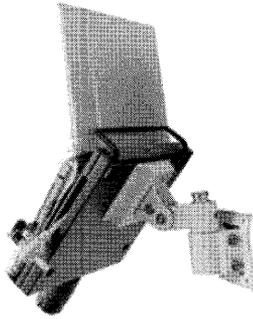


図2 Class 2 EFBの例

Class 2 EFBは機体に固定されて使用されるため、全フライトを通して使用可能である。また、他の機上システムとのデータ送受信も可能である。Class 2 EFB導入のためには、固定器具に対して耐空性の承認が必要となる。

### 2.3 Class 3 EFB

Class 3 EFBは、機体システムの一部として設置されているものである。(図3参照)



図3 Class 3 EFBの例

Class 3 EFBは他の一般的な航空機システム同様、使用時期およびシステム間のデータ送受信に制限はないが、耐空性の承

認は必要である。

### 3 ANAにおけるClass 3 EFB装備状況

ANAではClass 3 EFBを採用し、2007年5月以降に納入されたB777型機にそれが装備されており、現在6機が運航中である。また、2010年中に納入が予定されている新型機のB787型機においては、Class 3 EFBが標準で装備される。

他の航空機でも一部同様の流れがあり、EFBの標準装備は徐々に一般的なものとなりつつある。

ANAでは、これらEFBを活用した搭載規程のペーパーレス化は実現していないが、現在それに向けた準備を進めている。

### 4 Class 3 EFBの機器の構成

Class 3 EFBは、Display Unit (DU) およびElectronic Unit (EU) で構成されている。DUはモニター画面、EUはコンピュータの本体に相当する。

DUはコックピット内左右の操縦席に各一台が配置されている。それぞれのDUには独立したEUからデータが供給されており、冗長性が確保される設計となっている。

DU同士はリンクしており、反対側のDUに表示されている画像をトランスファーして両方のDUに表示することが可能である。

EUにはGPS等の機体システムから自機位置や出発・到着空港などのデータが供給されており、EFBの各機能にて使用される。

また、片方のEUはTerminal Wireless LAN Unit (TWLU) と呼ばれる無線LAN

装置につながっており、空港に設置されたアンテナを介しての規程類等のデータ更新が可能である（データ更新については後述）。

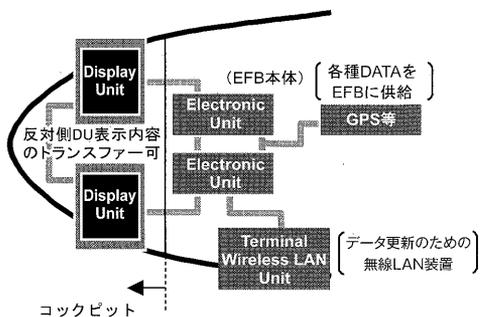


図4 機器の構成

## 5 EFBの機能

ANAのEFBには、主に以下の機能が含まれている。

表1 EFBの機能

機能	概要
Document Browser	運航マニュアル類をXML、PDFのフォーマットで表示させる機能。
Performance Calculation	離着陸の制限重量およびスピードの計算を行う機能。
Chart Browser	Chartを表示させる機能。(Chartの電子化については後述)
Moving Map	地上走行中に自機の位置が表示される機能。

## 6 Chartの電子化

電子化・ペーパーレス化の中でも、Chartは飛行のフェーズごとに閲覧する必要があり課題が多い。以下、Chartの電子化について記述する。

### 6.1 Route Manualの構成

航空機の飛行には、フェーズごとに名称が付されている。(図5参照)

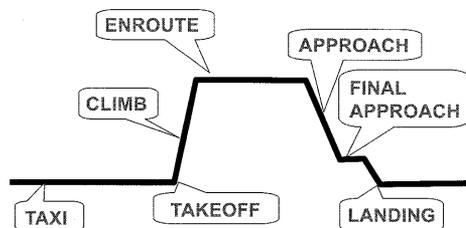


図5 飛行のフェーズ

飛行中、運航乗務員はそれぞれのフェーズに応じたChartを閲覧しながら飛行を実施する。飛行のフェーズに応じて、図6のChartが閲覧される。

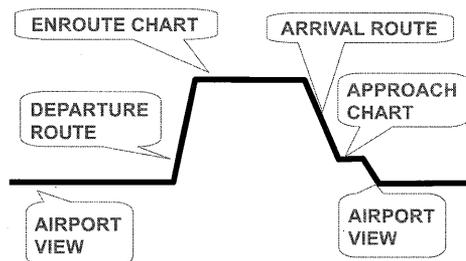


図6 飛行のフェーズに応じたChart

各Chartが含まれる規程であるRoute Manualの構成を図7に示す。

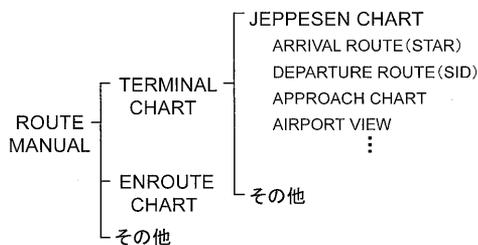


図7 Route Manualの構成

現在電子化が実施済みであるのは図7の Jeppesen Chartであり、Enroute Chart等の電子化は行われていない。現在、Enroute Chartを含めて電子化が可能となるようメーカーにて開発が進められている。

## 6.2 Chart Browserの機能

Chartを閲覧するChart Browserには以下の機能がある。

- 数あるChartの中から、予め必要とされるChartのみをClipしておくことにより、必要なChartの素早い閲覧が可能。
- 運航環境に応じてDay Mode (白背景に黒字)およびNight Mode (黒背景に白字)の切り替えが可能。
- Chartに含まれる数々の情報から、必要な情報のみを抽出するSplit Modeがある。

今後の予定としては、着陸時、自動的にChartからMoving Mapに切り替わる機能が追加予定である。また、Enroute Chartの電子化も予定されている。

## 7 データ更新

データ更新は空港において無線を通して実施する。また、PMATと呼ばれる機器で、

無線を通さずに直接EFBに接続し、データ更新を実施することも可能である。

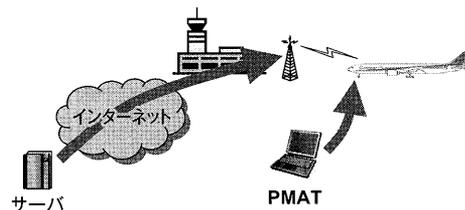


図8 データ更新

## 8 ペーパーレス運航に向けて

運航マニュアルやChartは、航空法により機体搭載が義務付けられた書類であり、ペーパーレス化には航空局による承認が必要である。

EFB故障時のバックアップとして短期的にバックアップ用のPC等で代替する方法を検討中である。

## 9 今後の展望および課題

現在、マニュアル類の電子化に留まらないEFBの新たな機能の開発がメーカーにて実施されている。(飛行計画情報の提供、Captain Reportの電子化など)

また、EFBは先述の通りB787型機等において標準で装備されるなど、標準装備化の流れが進んでいる。

今後の課題としては、EFB装備機の増加や送受信するデータ量の増大に伴う通信インフラの強化、およびコストメリットの向上が必要という点である。

## 10 むすび

EFB導入によるコスト削減や運航効率の向上などを受けてEFBは標準装備化が

進んでおり、航空機におけるメジャーなシステムの一つとなりつつある。しかし一方で、増大するデータ通信量への対処等の課題が残されている。

多くのエアラインにとって、EFBによるメリットを活かしつつ、さらにコストメリットを向上させるかが課題であり、これはANAにとっても同様の課題である。

## 11 参考文献

- 1) FAA AFS-400; Guidelines for the Certification, Airworthiness, and Operational Approval of Electronic Flight Bag Computing Devices; AC 120-76A; p24; 2003-03-17

# 平成21年度臨時研究会「AISの高度利用に関する 専門家会議公開シンポジウム」参加報告

電波航法研究会 事務局

## 1 はじめに

2009年11月10日から13日までの間、「AISの高度利用に関する専門家会議」が海上保安庁により実施された。本会議は船舶自動識別装置（Automatic Identification System:以下、AIS）の高度利用に関して、各国の調査研究に関する最新情報を交換し、情報通信技術を用いた次世代の航行支援システムの実現に資することを目的とするものであり、会議のほかにテクニカルツアーや公開シンポジウム等が実施された。当電波航法研究会では、この公開シンポジウムを平成21年度第1回臨時研究会と位置づけ、会長をはじめ多数の参加があった。本稿ではその概要について報告する。

## 2 会議開催の背景

AISは2000年12月に開催された国際海事機関（IMO）第73回海上安全委員会で、海上における人命の安全のための国際条約（SOLAS条約）の改正が採択され、一定の船舶にAISの搭載が段階的に義務付けられ、2008年7月1日までに全てのAIS適用船に搭載義務が発生した。

AISは船舶の位置特定や衝突防止といった本来目的に加え、安全かつ効率的な航海を支援するために様々な可能性を秘めている。そのため、AISはIMOの将来戦略e-Navigationの主要コンポーネントとして、その動向が注目されており、各国で高

度利用について調査および研究がなされている。欧米海運先進国においては、AIS信号を用いてグラフィカルディスプレイ上に航路標識を表示させる仮想AIS航路標識や、衛星や航空機からのAIS信号による通信などに関する試みがなされている。一方、わが国においてもAIS航路標識をディスプレイに表示するための記号や、海でカーナビのような情報提供を可能とする電子航法支援システム（ENSS）の開発、あるいはAIS情報とレーダ等の情報の統合表示システム（INTNAV）やAISを利用した航行意図の交換（NIESS）等様々な調査研究がなされ、国際的な場で提案しているところである。

ここで、各国が保持しているAISの高度利用に関する知見を交換することにより、安全かつ効率的な航海を推し進めることが可能になると言うことは論を俟たないところである。

このような背景の中、海上保安庁は、海洋政策研究財団の支援の下、会議を開催した。

## 3 招聘者およびスケジュール

海外および国内招聘者は以下のとおりである。

- Mr. William Cairns  
（米国沿岸警備隊主席技術官、IALA e-Navigation 委員会議長）

- Ms. Jillian Carson-Jacson  
(豪州海洋調査研究センター客員研究員)
- Mr. Jens-Kristian Jensen  
(丁国海上安全庁主任技術官)
- Mr. Rolf Zetterberg  
(瑞国海事監督局上級技術顧問)
- Mr. Alan Stewart  
(英国北部灯台局主任技術官)
- Mr. Jorge Arroyo  
(米国沿岸警備隊主任技術官)
- 今津隼馬 教授  
(東京海洋大学理事・副学長、電波航法研究会前会長)  
また、会議期間中におけるスケジュールを表1に示す。

Table1. The schedule of the meeting

11月10日	公開シンポジウム
11月11日	テクニカルツアー 会議議題1「AISによる情報提供」
11月12日	会議議題2「AIS航路標識」 会議議題3「GMDSSの一部としての将来のAIS」 会議議題4「AISデータの利用」
11月13日	会議結論作成

#### 4 公開シンポジウム概要

AISの高度利用に関する専門家会議公開シンポジウムは、平成21年11月10日(火)に日本財団ビル(東京都港区)で開催された。当該シンポジウムは海上保安庁交通部整備課安全システム開発室長五十嵐耕氏の司会の下、海外招聘者および海上保安庁交通部整備課安全システム開発室野口英毅主任安全システム開発技術官の講演が行われた。

#### 4.1 冒頭挨拶

海上保安庁 交通部整備課長

高橋敏男氏

高橋氏はまず、(財)海洋政策研究財団の支援、海外招聘者の来日、および多数の来場者に対し感謝の意を表した後、概ね以下のとおり述べた。「AISは本来の衝突予防機能に加え、情報提供機能や航路標識機能などさまざまな利用方法が期待されている。また、電子情報を利用した高度な航行支援システム、いわゆるe-Navigationの有力な要素としてIMOやIALAにおいてその役割が検討されている。本日は招聘者からAISの高度利用に関する最新情報が聞けることを期待している。日本からも先日実施した、ENSSに関する実海域実験の結果について発表する。当該シンポジウムが盛り多いものになることを期待している。」

#### 4.2 USCG Nationwide Automatic Identification System (NAIS) and the Role of AIS in e-Navigation

William Cairns氏 講演

Cairns氏はまず、米国全土を対象としたAISの業務事例(Nationwide Automatic Identification System: NAIS)について述べた。NAISはVTS業務、航路標識業務、捜索救助業務、環境保護などに役立っており、NAISの最終目的は、米国沿岸あるいはMDAにおいて船舶の動静を把握するため、あるいは船舶と情報交換をするために、各地域にあるシステムのネットワークを形成し、それらの相互運用を行うことであるとの説明があった。

また、同講演の中で、氏はe-Navigation

についても説明した。AISは現在の機能あるいは将来的に期待されている機能を勘案すると、e-Navigationの主要な要素であり、既存のAIS周波数を保護する必要があり、そして将来期待されている機能のために新しい周波数を割り当てる必要があることを話した。

#### 4.3 AIS developments 'down under'

##### Jillian Carson-Jackson氏講演

Carson-Jackson氏はまず、海上技術調査センター(ANCORS)について説明した。ANCORSはWollongong大学にあり、豪州沿岸における海洋資源及び海上安全に係る研究を行う機関である。ANCORSでは重点研究テーマの一つとして、AISによる船舶追跡および監視を行っているとのことである。Carson-Jackson氏はオーストラリアにおける研究事例として、オーストラリアにおけるAISネットワークについて、AIS航路標識に関する実験について、ヘリコプターからのAIS受信について、そして衛星からのAIS信号の受信についてそれぞれ説明した。

#### 4.4 Using experience to tackle the future challenges of AIS and e-Navigation

##### Jens-Kristian Jensen氏講演

Jensen氏は自国のAISの運用状況について説明した後、デンマーク海上安全庁が加入している2つのAISネットワークについて述べた。これらのうち一つはバルト海沿岸を対象としたものであり、もう一つは北海沿岸を対象としたものである。また、氏はデンマークがIALAのAISネットワー

クであるIALA-NETのデモシステムに加入している旨も説明した。

氏の講演では、AIS航路標識に関するDaMSAの実海域実験の報告に力点を置いていた。その結果、現在多くの船舶ではAIS航路標識をグラフィカルに表示できないことや、複数の記号の表示が重なること、記号を一目見て船員が認識できないことなどの問題があるとのことであった。これらの問題を解決するために、今回の専門家会議のように知識や経験を交換できる場が必要である旨を述べ、氏は講演を締めくくった。

#### 4.5 Advance on the use of AIS in Sweden

##### Rolf Zetterberg氏講演

Zetterberg氏はまず、自国のAIS運用状況について説明した。スウェーデンではVTS業務や水先案内の他、捜索救助あるいは砕氷業務などに利用しているとのことである。また、スウェーデン海事監督局では、AIS情報を国内の政府機関、他国の政府機関、バルト海海洋環境保護委員会(HELCOM)、EU、MSSISに提供しているとのことである。また、スウェーデンにおいては、海事監督局の規則に従って、AIS情報を提供している民間企業も存在するとのことである。

Zetterberg氏はIMOのAISバイナリメッセージに関するコレスポンスグループの議長を務めた経験から、AIS特定用途メッセージ(旧AISバイナリメッセージ、以下ASM)について力点を置いた発表内容であった。同メッセージについて、現在の運用方法、メッセージの見直しに係るプ

ロセス、新しく採用されるメッセージ等について、非常に分かりやすい説明があった。最後に、AISとASMはe-Navigationの最初のステップである旨を述べ、氏は講演を締めくくった。

#### 4.6 AIS SART Sea Trials.

##### Allan Stewart氏 講演

Stewart氏はイギリス北部灯台局が所管する航路標識について簡単に説明を述べた後、AIS-SARTおよびAIS-EPIRBに関して、氏が参加した2つの実海域実験とその結果について述べた。1つは、イギリスにおいて航路標識を所管する3つの機関がObanにおいて実施した実験についてである。この実験では、AIS-SARTの性能について、様々な条件で検証しているものであるとのことである。もう1つは、USCGが実施したKey West海での実海域実験についてであり、当該実験ではAIS-SART、AIR-EPIRBとレーダSARTなどAISを使わない他の装置との間で性能を比較したものであるとのことである。AIS-SART、AIS-EPIRBについて、これらの実験に立ち会ったヘリコプターの乗組員からの評判は非常に良かったとのことである。

#### 4.7 Satellite reception of AIS

##### Jorge Arroyo氏 講演

Arroyo氏はまず、NAISの概要について説明した。USCGではNAISの一部としてのAIS信号の長距離受信を実現するために、2006年からORBCOM社の衛星によりAIS信号の受信を実施しているとのことである。衛星によるAIS信号の受信については、全てのAIS搭載船舶から信号を捕ら

えることは困難であるが、性能のよい受信機を利用することで、捉えられる船舶数を増やすことができるとの事である。氏の発表ではそのような性能の良い受信機としてCOM DEV社のものを使った実験を行っていた。また、衛星からの通信目的に特化したAISメッセージ27の開発、あるいは3つ目の周波数を導入することで更に性能を向上させることができるので、これらを実現するためにIALAあるいは他の組織がITUを支援する必要がある旨を述べ、氏は発表を締めくくった。

#### 4.8 ELECTRIC NAVIGATION

##### SUPPORT SYSTEM –

##### Information Provision by AIS

##### 野口英毅氏 講演

野口氏はまず、AISを用いることで、本来に必要とする情報のみを船員に提供できる可能性について述べたのち、AIS情報をMKDに表示する際の問題点として、ディスプレイが小さいこと、表示が英語のみであることを述べた。このような問題点を解決するために船員にとって分かりやすい情報を提供できる装置として電子航行支援システム(ENSS)に関する調査を海上保安庁協力の下、日本航路標識協会が実施しているとのことである。本発表はENSSを実際に船舶に搭載し、瀬戸内海を航行した際の調査結果について述べるものであった。調査の結果、ENSSはいくつかの改善点があるものの、AIS情報の表示には非常に有効であり、e-Navigation時代の情報提供・交換手段として有効である旨をのべ発表を締めくくった。

## 5 おわりに

本臨時研究会は、AISの利用に関して国際的な最新動向を把握する上で非常に有益であった。公開シンポジウムの講演者をはじめ関係各位にこの場を借りて御礼申し上げます。

# 特別研究会 in 国立天文台野辺山

電波航法研究会事務局

## 1 はじめに

平成21年11月27日および28日にかけて、電波航法研究会の特別研究会を実施した。本年は、林会長ほか15名が長野県にある国立天文台野辺山を見学した。

## 2 国立天文台野辺山

### 2.1 国立天文台の紹介

国立天文台は、大学共同研究期間であり、理論および観測の両面から天文学を研究している他、観測装置の開発等も行っている。本部は東京都三鷹市にあり、その他、ハワイのすばる望遠鏡など、国内外に観測施設が存在する。今回見学させていただいた国立天文台野辺山には、宇宙電波観測所と太陽電波観測所が設置されている。これは、野辺山高原が標高1,350mで水蒸気量が少なく、周りを山に囲まれた平坦な地形で、また寒冷地でありながら雪が少ないことなどの理由から、電波観測に適しているからである。

さて、国立天文台野辺山には、「45m電波望遠鏡」、「電波ヘリオグラフ」、「太陽電波強度偏波計」などの観測装置があり、今回の見学では、職員の方からこれらについての説明をしていただいた。

### 2.2 電波望遠鏡

電波望遠鏡とは、天体からの電波を受信する装置である。前節の各観測装置も電波望遠鏡に該当する。太陽、星、銀河などは

微小な電波を放出しており、電波望遠鏡によりこれらを受信し、解析することにより可視光では分からなかった宇宙の姿を知ることが可能になった。

### 2.3 45m電波望遠鏡

国立天文台野辺山で一際目を引くのが直径45mの電波望遠鏡である(図1)。パンフレットでも表紙を飾っており、ご存知の方も多いと思うが、実物を見るとその巨大さに圧倒された。アンテナ諸元は以下のとおりである。

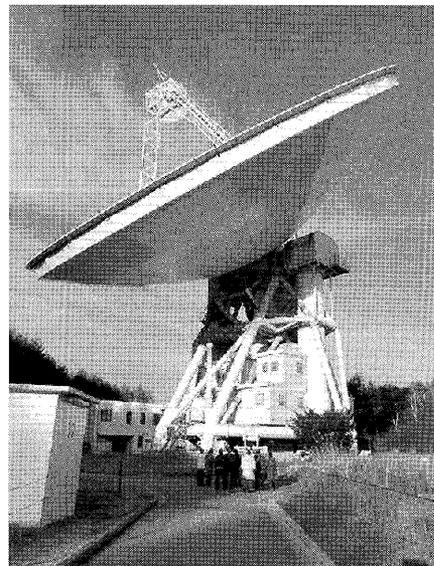


図1 45m電波望遠鏡

アンテナ方式	カセグレン変形クーデ方式
アンテナ直径	45m (面積 1590m <sup>2</sup> )
鏡面誤差	0.1mm
観測周波数	20GHz～150GHz
解像力最高	0.004° (人間の視力では4.0に相当)
アンテナ重量	約700t

これほど大規模な望遠鏡では、自重により主反射鏡の鏡面が変形してしまう。そこで、主反射鏡の骨組みをホモロガス構造という幾何学的に特殊な構造にし、主反射鏡が変形した後も放物面を作ることで、電波を焦点に集めるよう工夫がなされている。

今回は、国立天文台のご好意によりこの望遠鏡の内部に入ることができた。内部には観測機器が10数台設置されており非常に狭隘で人が1人通るのに精一杯であった。これらの観測機器は、研究者がそれぞれの研究テーマに合わせて製作しているとのことである。

45m 電波望遠鏡を用いた観測およびそれに基づく研究成果として、2300万光年の距離にある巨大ブラックホールや100億光年以上離れた銀河の発見等があるとのことである。

## 2.4 太陽観測

太陽観測は、国立天文台の重要な研究テーマの一つである。その歴史は古く、観測装置の変化はあるものの、1957年から50年以上にわたって継続的に実施されている。現在、国立天文台野辺山においては、「電波ヘリオグラフ」および「太陽電波強度偏波計」が設置されている。

### 2.4.1 電波ヘリオグラフ

電波ヘリオグラフは、太陽専門の望遠鏡で、84台のアンテナを東西490m、南北220mにわたって、T型に配置することで、直径500mの電波望遠鏡に相当する解像力を実現している。アンテナの配列としては、T字型、十字型、Y字型、円型などがあるが、経済性、効率性などを考慮しT型を採用したとのことである。

84台の電波ヘリオグラフでは、周波数17GHzおよび34GHzの電波を観測している。当該装置によって得られた信号は、大型計算機により、画像合成等がなされ、太陽のリアルタイムの様子を出力している。

### 2.4.2 太陽電波強度偏波計

#### (野辺山偏波計)

太陽電波強度偏波計は大きさの異なる8台のアンテナを用いて、1GHz、2GHz、3.75GHz、9.4GHz、17GHz、35GHz、80GHzの7周波数の電波を観測している。複数の周波数の電波強度および偏波を確認することで、太陽活動周期の変動や太陽フレアの様子を観察している。観測周波数のうち3.75GHzのものは50年以上継続して観察を続けており、そのデータは、世界でもまれで貴重なものであるとのことである。

この観測データから、太陽活動の周期がおよそ11年であることが分かり、太陽フレアによる電波障害が起こる時期を予測することが可能になったとの事である。

## 2.5 200MHz電波望遠鏡

国立天文台野辺山では最新の電波望遠鏡を見学できるだけでなく、日本における電

波天文学の歴史についても触れることができる。その代表例が200MHz電波望遠鏡である。これは、日本で初めて使用された電波望遠鏡を復元したものである。図2のように、現在とは形状もかなり異なっており、電波受信技術の発展をうかがい知ることができる。その他、構内の随所に非常に分かりやすい解説パネル等が設置されており、観測装置や研究成果について知ることができる。余談ではあるが、筆者は解説パネルなどを読み、電波天文学に非常に興味を持った。多少知識を蓄えた後、是非とも再び見学したいと考えている。

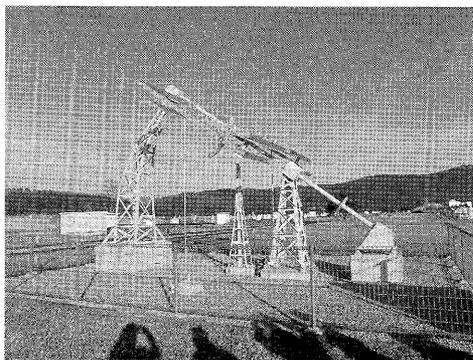


図2 200MHz電波望遠鏡

### 3 甲州・信州観光

特別研究会では、施設見学はもちろんのこと、観光も大きな楽しみの一つである。本年の特別研究会は11月下旬に実施したこともあり、野辺山天文台付近の木々は鮮やかに色づき、都会ではなかなか味わえない景色を堪能することができた(もちろん、甲州名物ほうとうも堪能した)。天文台見学後は、日ごろの疲れを海ノ口温泉で癒し、郷土料理に舌鼓を打ちながら、参加者の交流を深めた。2日目には、清里・清泉

寮、武田神社、恵林寺を訪れ、甲州および信州の歴史や文化に触れることができた。筆者はその中でも、ジャージー牛のソフトクリームが印象に残っている、滑らかな食感でなおかつコクがあり非常に美味であった。是非もう一度食したい逸品である。

### 4 おわりに

今回の特別研究会は、国立天文台で最新の電波天文学に触れることができ、また、甲州・信州の歴史や文化に触れながら日ごろの疲れを癒すことができ、非常に有意義であった。

最後になるが、今回の見学のアレンジをしてくださった国立天文台野辺山の職員の皆様に心より御礼を申し上げつつ筆を擱くこととする。

### 国立天文台野辺山

- 所在地 〒384-1305  
長野県南佐久郡南牧村野辺山462-2
- ホームページ [www.nro.nao.ac.jp](http://www.nro.nao.ac.jp)
- 見学時間 午前8:30～午後5:00  
(年末年始休業)

# 電波航法研究会 平成21年度事業報告

## Record of work carried out by the Japanese Committee for Radio Aids to Navigation in fiscal 2009

電波航法研究会事務局

Secretariat office of the JACRAN

### 総会

平成21年度総会は、平成21年5月29日14時30分から国立大学法人東京海洋大学越中島キャンパス越中島会館で開催された。会員総数91名のうち、出席者16名、委任状提出者44名の計60名であり規約第10条第4項の規定により総会は成立した。各議題の審議結果は次のとおりであった。

1. 平成20年度事業報告が事務局により行われた。
2. 平成20年度会計報告及び監査結果の報告が事務局から行われ、承認された。
3. 平成20年度会長選出に関して立候補者がいなかったが、東京計器 池田氏からの推薦で林会長の留任が満場一致で了承された。副会長については立候補者、推薦者がいなかったため、会長からの推薦で長岡栄氏及び新田太久三氏の両名の留任が了承された。なお、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21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21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21年5月29日、国立大学法人東京海洋大学越中島キャンパス越中島会館で総会に引き続き開催され、海上保安庁交通部整備課長高橋敏男氏から「航路標識の現状と今後の安全施策」、同交通部安全課課長補佐角野浩之氏から「新交通ビジョンを踏まえた海上交通の安全確保のための制度改正について」及び、独立行政法人宇宙航空研究開発機構月・惑星探査プログラムグループSELENEプロジェクトチーム星野宏和氏から「月周回衛星「かぐや」の状況とミッションを支える通信技術」と題する講演が行われた。出席者は45名であった。
2. 第2回研究会は、平成21年8月28日、海上保安庁海洋情報部7階会議室で開催され、テーマを「小型船舶を対象とした航海計器の展示及び紹介」とし、初の試みとして実機の展示を行うと共にその紹介が各メーカー担当者により行われた。アイコム株式会社入山政夫氏から「国際VHFについて」、株式会社光電製作所田澤健一氏から「小型船用マリンレーダの紹介（MDC-900シリーズ）」、太洋無線株式会社伏間圭氏から「データ通信機能付き新型DSB無線機と小型漁船救急支

援連絡装置「救急コール」、株式会社ニコン・トリンプル大橋徹也氏から「海上にて使用されるGPS製品のご紹介」及び、古野電気株式会社藤原啓修氏から「NavNet3D」の紹介があった。出席者は35名であった。

3. 第3回研究会は、平成21年12月4日、海事センタービル8階会議室で開催され、テーマを「電子海図等の現状」とし、財団法人日本水路協会清水啓治氏より「ENCに関する世界の動向」、同佐々木稔氏より「簡易版又は小型船用newpec（航海用電子参考図）について」及び、全日本空輸株式会社鈴木良一氏より「EFBの現状と展望」と題する講演が行われた。出席者は43名であった。

4. 第4回研究会は、平成22年2月22日、東京海洋大学越中島キャンパス越中島会館で開催され、テーマを「レーダ」とし、ケルビンヒューズ社 ナイジェルメローズ氏から「パルス圧縮レーダ（シャープアイ）」、独立行政法人電子航法研究所古賀禎氏から「航空用管制用レーダについて」及び、日本無線株式会社柳沢雅哉氏から「X帯船舶用固体化レーダの開発-スプリアス低減技術について」と題する講演が行われ、最後に東京海洋大学教授 林尚吾氏から「ボート用FMCWレーダ」について概要の紹介が行われた。出席者は54名であった。

### 特別研究会（見学会）

平成21年11月27日から28日に長野県の国立天文台野辺山を見学し電波望遠鏡等の

概要の説明を受けた。参加者は16名であった。

平成22年2月8日に海上保安庁の伊勢湾海上交通センターを訪れ、Xバンド固体化レーダの実験を見学し概要の説明を受けた。参加者は22名であった。

### 幹事会

幹事会は、平成21年4月24日、5月29日、6月22日（臨時）、8月28日、12月4日、平成22年2月22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51号を発行した。

ホームページで、研究会の案内等の掲載を行った。

### 会員数

平成22年3月1日現在

正会員 25名 47口

個人会員 12名

(12名のうち年会員7名、終身会員5名)

推薦会員 18名

特別会員 37名

計 92名

### 会員の異動

入会 推薦会員 長岡 栄 氏

---

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

平成22年3月27日 印 刷 2010

平成22年3月31日 発 行 No.51

編集・発行 電 波 航 法 研 究 会

Japanese Committee for Radio Aids to Navigation

印 刷 東京都江東区富岡1-26-10

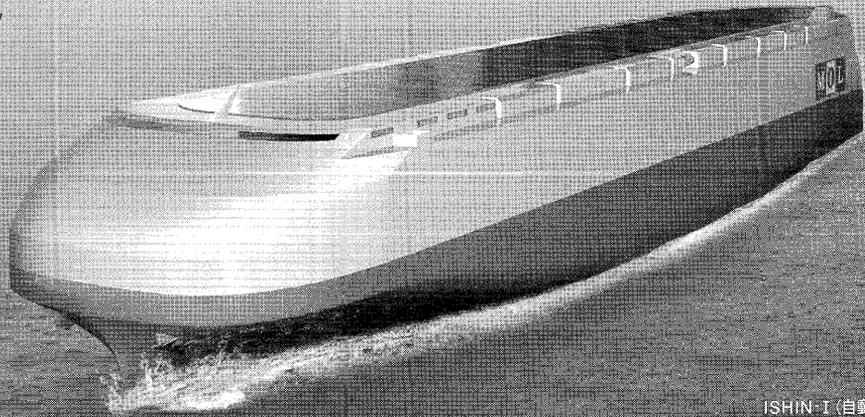
カクチョウ印刷株式会社

---

# 夢の技術ではありません。 今ある技術で可能でした。

商船三井は、世界の海運のリーディングカンパニーとして、エコロジーに積極的に取り組んでいます。私たちは、これまで開発・採用してきた技術を最大限に進化させ、近い将来、技術的に実用可能な次世代船構想を進めるべく「船舶維新プロジェクト」を立ち上げました。その第一弾が環境負荷軽減型の次世代自動車船(ISHIN-I)です。フェリーやタンカーなどの次世代船も順次発表します。エコロジーは未来の話ではなく、一刻も早く実現してこそ価値がある。商船三井の挑戦にご期待ください。

[www.mol.co.jp/ishin/](http://www.mol.co.jp/ishin/)



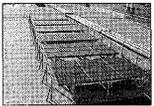
ISHIN-I (自動車船)完成予想図

## 自然エネルギーの利用と、技術力の集大成で、

- 港内航行と荷役中のゼロエミッション(排ガスゼロ)を実現。
- 大洋航海中のCO<sub>2</sub>排出を50%削減。

次の8つの技術を複合採用し、環境負荷の大幅な削減を図ります。

### ①自然エネルギー利用



自動車船“EUPHONY ACE”や“SWIFT ACE”に部分採用している太陽光パネルを大幅に拡大し、上甲板のほぼ全面に設置する。大容量の蓄電池(リチウムイオン電池)を搭載し、電動推進機関と組み合わせることで、港内航行・荷役中のゼロエミッションを実現する。

### ②推進効率最適化



(1) 二重反転プロペラ推進システム ディーゼル機関と電動推進機関を組み合わせた上で、プロペラを前後に配置。互いに負荷を分担し逆方向に回転させることで、前方プロペラの回転エネルギーを後方プロペラが吸収するなど、効率が大幅に向上する。

(2) 改良型省エネ装置「PBCF」(Propeller

Boss Cap Fins) 当社が開発し、世界中1700隻以上の船のプロペラに採用されている省エネ装置で、その改良型を装備する。

### ③改良型「風圧抵抗軽減船型」



当社が開発した、船首・船側方向からの風圧を軽減する形状の更なる進化。船尾の形状も滑らかにすることで、風の流れを更にスムーズにする。

### ④摩擦抵抗低減

塗膜にできる微細な凹凸に水をとらえて凹凸部分を減少させ、摩擦抵抗を少なくする超低摩擦型船底塗料の次世代型を採用する。

### ⑤最適運航支援システム



船舶の運航状況をモニタリングしながら最新の海気象データを利用し、船型毎に異なる性能特性を考慮

しながら最短航路、最小燃費航路を探索する。

### ⑥機関システム効率化

エンジンへの燃料供給量を電子制御し、最適燃料供給量で運転。排気ガスと共に廃棄していた熱エネルギーを高効率で回収し、再利用する。

### ⑦船体最適設計

水面下の船体形状を大幅に改善し、燃費向上効果を追求する。

### ⑧新パナマ運河に対応した船体大型化



船体大型化のニーズがあった場合、プロペラを2軸にし、推進性能および燃費効率の大幅な改善が可能。



# 航路標識のエキスパート“JANA”

安全で美しい海を

財団法人 日本航路標識協会

“JANA” *Japan Aids to Navigation Association*

平成二十二年三月二十七日印刷  
平成二十二年三月三十一日発行

電  
波  
航  
法

電波航法研究会 発行