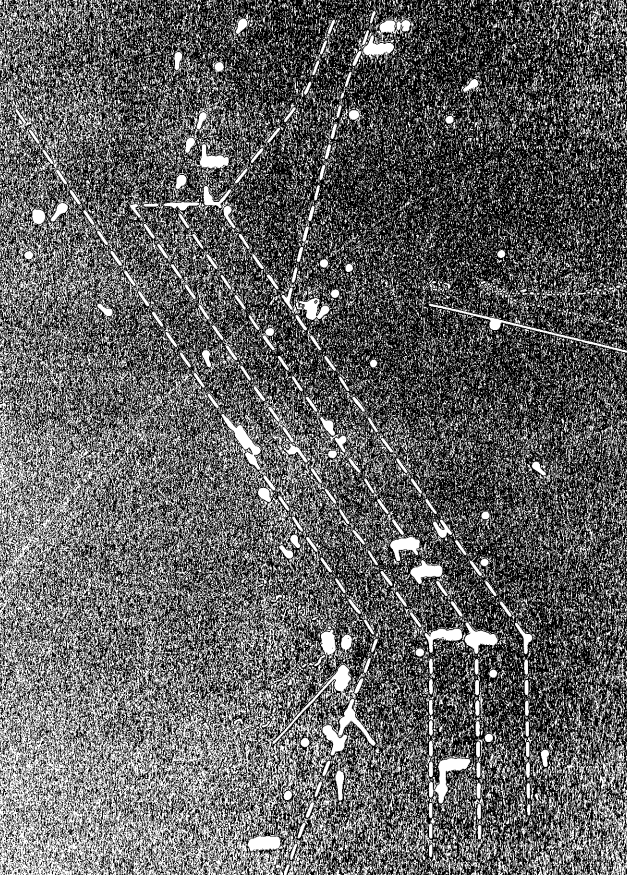


ISSN 0287-6450

Denpa koho

ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW

電波航法



JACRAN. 37

1990

電波航法研究会 発行

Published by the Japanese Committee
for Radio Aids to Navigation

—目 次—
CONTENTS

巻 頭 言	飯 島 幸 人…(2)
Foreword	Yukihito IJIMA
IMO における最近の話題	庄 司 和 民…(3)
Topics at the subcommittees of IMO/COM & NAV	Kazutami SHOJI
PIANC (国際航路会議) に出席して	飯 島 幸 人…(18)
The Report of 27th International Navigation Congress	Yukihito IJIMA
ION GPS-90 に出席して	木 村 小 一…(27)
The Report of the International Meeting of ION GPS-90	Koichi KIMURA
海洋における音響技術	土 屋 利 雄…(31)
Acoustic Technology at the Ocean	Toshio TUCHIYA
海洋音響トモグラフィーについて	中 埜 岩 男…(44)
Ocean Acoustic Tomography	Iwao NAKANO
デジタルインタフェースの現状について	渡 辺 健…(50)
Trends on Digital Interface	Takeshi WATANABE
IEC におけるデジタルインタフェースの規格化の動向について	横 井 行 雄…(56)
Status of IEC draft of digital interface for marine navigational equipments	Yukio YOKOI
自動車の情報化に関するマンマシーン・インタフェース	遠 藤 寛…(62)
Man Machine Interface from Automotive Information Systems Viewpoint	Hiroshi ENDO
衛星航法システムの現状と将来について	木 村 小 一…(73)
Present Status and Future of Satellite Navigation Systems	Koichi KIMURA
研究会記事	事 務 局…(86)
Records	Secretariat Office

巻 頭 言

(Foreword)

会 長 飯 島 幸 人

President Yukihiro IIJIMA

最近が目まぐるしい世の中である。つい先頃まで好景気で世の中にはお金がごろごろしていて、泡のごとくであると言われていたものが、あっと言う間に不景気だという。人手が足りなくて引張りだこだったものが、ほんの数カ月の間に人員整理の大会社の名前が新聞に載るようになった。私のような経済に素人の者にとっては何が何だか一向に分からぬが、やはり、科学的なというか、学問的なというのか、原因と結果の十分な相関関係があるのであろうが、世に経済学者とか研究者といわれる多くの人がいても、大海の大きなうねりのような世の中の動向は、人力をもってしては、いかんともしがたいのであろうか。

科学の世界も、経済はひとの世界の話だと、超然としているわけにはいなくなっている。我々が直接関係している、船関連の社会を見ても10年前の船はもう経済的な寿命が尽きようとしており、なにか新しい付加価値を付けるか、今までの概念を覆すような、画期的な船を導入する必要にも迫られている。船の特徴は、他の輸送機関に比べて輸送効率の高いこと、即ちトン・マイル当たりの運賃が安いことであつた。従つて大量のバルクを長い距離運ぶのに最も適しているわけであるが、最近の経済事情の中では今までの技術を守り、それを延長して行きさえすれば良し、は許されなくなっている。例えば、高価貨物は飛行機の独占市場となっているが、船が今の2倍から3倍の早さで走れるならば、付加価値の高い航空貨物を船に引き込むことが出来るであろうし、また、広大な海の資源は漁業を除いては殆ど手が付けられていない。これらに対応できるような船には新しい、あるいは画期的な技術が要求されようが、我が電波航法研究会も航法の部門において、これから貢献が期待されるどころ大なるものがあると思われる。

IMO における最近の話題

東京商船大学 名誉教授
庄 司 和 民

Topics at the subcommittees of IMO/COM & NAV

Professor Emeritus Tokyo Univ. of Mercantile Marine
Kazutami SHOJI

まえがき

この原稿の原文は、平成2年12月4日の電波航法研究会において行った講演をもとにしたものであって、同年2月のIMO第35回無線通信小委員会(COM35)、及び同年9月のIMO第36回航行安全小委員会(NAV36)における話題であった。しかし、その直後12月10日から14日にわたって開催されたIMO第36回無線通信小委員会(COM36)における話題、及び1991年7月に開催されたIMO第37回無線通信小委員会(COM37)における話題も追加し、topicsをup-to-dateした。

1. IMO第35回無線通信小委員会における話題

IMO第35回無線通信小委員会(COM35)は1990年2月5日から9日にわたって開催された。その会合における主な話題は次のようであった。

1.1 GMDSSの保守要件に関するガイドライン

(1) A3, A4海域を航行する船舶の保守要件に関するガイドラインは、米国及びデンマークの提案に基づいて検討され、次のような決定を見た。

- ① 設備の二重化については、米国案をもととして基本的な装備の二重化でよい。
- ② 陸上保守については、詳細を定めずに各主管庁が受入れられる方法でよいことを内容とする柔軟な表現に留める。
- ③ 船上保守については、RR(国際無線通信規則)に基づく資格に加え主管庁が同等と認めた資格でもよい旨を明記するか否かについて合意が得られず、次回再検討する。

(2) 設備の二重化及び陸上保守を採用した場合であっても、最小限の保守に関する措置が必要であることを

勧告する西独提案は、スペイン、ギリシャ等の支持はあったが、ノルウェー、英国、米国等の先進海運国から強い反対があり、受入れられなかった。

1.2 海上遭難安全のための料金及び財政問題

INMARSATを利用した遭難安全に関する通信料金は、出来るだけ広範囲に無料とすべきであるとするICS(国際船主協会)を中心とするユーザー意見と、船舶からの遭難呼出のみを無料とするというINMARSATの意見が平行したが、一応の料金マトリックス案が作成された。これを次回小委員会で検討することにし、それまでにMSC(海上安全委員会)は、CCITT(国際電気通信諮問委員会)に対して関連勧告D.90の修正を延期するよう要請すること、及びMSCが本件に関するIMOとINMARSATとの合同会議を開催するように要請することとし、各国主管庁はその合同会議及び次回小委員会に意見又は提案の提出が求められた。

1.3 GMDSSの有効性について

ICFTU(国際自由労連)から提出されたGMDSSの有効性に関する疑問については、INMARSAT、CCIR(国際無線通信諮問委員会)及び多くの国によって幾多の実証実験及び技術的検討が行われ、また既に実用化しているものも多数あり、GMDSSの有効性及び優秀性は十分に実証されていると小委員会は確認した。

1.4 GMDSSのマスタープランの作成

各国から提出された資料に基づき表が更新された。GMDSS海域の海図への表示方法とそのシンボルについてはIHOに検討を依頼することとした。

GMDSSの海域に関する航海者への情報提供は、無線局の位置とその範囲の表を作成するか、又は海図の中に表示することとなったが、詳細は次回小委員会で検討することとした。

更に詳細な GMDSS のマスタープランを作成し、海上安全情報の提供を行うために、DSC、HF の MSI 及び INMARSAT 施設についての詳しい質問状を作成した。

A1船が船舶通行分離方式に従って航行する時、A2海域に多少入る場合がある。これについて、ノルウェー、英国及びオランダは、A2船の装備が必要になるとの意見であったが、ギリシャ等は、このような場合 A2 海域内の航行は、5～6 哩に過ぎないから NAV 小委員会の見解を求めたいとし、本件については NAV 小委員会の見解を求めたうえ、次回再検討することとなった。

GMDSS マスタープランは、INMARSAT CES、MCC 及び RCC 間の通信情報をも含めることとなった。

1.5 海上安全情報 (MSI) の放送

NAVTEX 業務に関する各国の情報を加えて改訂された NAVTEX 局のリストを、効果的に航海者に周知するために MSC に対してこのリストを MSC サーキュラとして各国に回章するよう要請することとした。

INMARSAT SAFETY NET のマニュアルガイドラインの原案が作成され、これを WMO、IHO、LSR 小委員会へ、それぞれが関係する運用事項の項目部分を完成するように要望を付して回章することを事務局に要請した。また MSC に対して、本案を予めの情報として各国に回章するよう要請することとなった。

HF による自動 MSI 放送が完成するまでは、MSI 放送受信機の自動受信の規定を手動のものでもよいよう柔軟に取扱うとの米国の要望が認められた。

電子海図 (ECDIS) の更新情報を MSI の範囲に含めるか否かが検討され、技術の発展を阻害したくないという西独の意見がオランダ、スウェーデン等の支持を得て、MSI に含めることで合意された。

1.6 船舶に備える無線設備の性能基準について

INMARSAT SES-A の自動警報に関して、SES-A にも自動警報が必要であり、このために INMARSAT のオペレーション上で解決する必要があることが認識され、一方 SES-A の性能基準 A.608 (15) にアラーム要件を含むよう改正することが WG (作業部会) で合意された。

また同じく A.608 (15) 中の電源瞬断の規定も、SES-C に合せ 60 秒に改正することも WG で合意された。しかしこれらの改正は次回の COM 小委員会で再審議されることとなった。

406MHz EPIRB のコーディングに関し、9 digits の本船 ID による方法に統一することが、簡潔で安全上望ましく RR にも従っていると主張する西独、ノル

ウェー、オランダ、ITU (国際電気通信連合) 等と、多数の既存 EPIRB がシリアル・ナンバーでコーディングされて居り、どのコーディング方式でも必要な情報をデータベースに持たなければならずその手数は同じで、主管庁が選択すればよいとするソ連、米、仏等の意見が平行線をたどり、本件は次回 COM 小委員会で再び審議されることとなった。

SART に関する IMO の基準 A.604 (15) 中の「15m のレーダーアンテナにより 10 海里より作動する」との規定は (理論上) 満足できない件について審議され、当該距離を 5 海里としても問題がないとの合意が WG でもなされたが、本委員会では、更に LSR 小委員会でも検討がなされるよう要請することとなった。

2. IMO 第36回航行安全小委員会における話題

IMO 第36回航行安全小委員会 (NAV 36) は 1990 年 9 月 3 日から 7 日まで にわたって開催され、その会合における主な話題は次のようであった。

2.1 電子海図関連

ECDIS に関する審議は、航海装置関係 WG の下に設けられた Sub WG (IHO/IMO-HGE) で行われ、次のような結果が小委員会に報告された。

(1) ECDIS 暫定基準案についての IEC の質問に関する審議

IEC より次のような質問があり、審議の結果大部分試行の結果を待って検討するとされ、回答案が作成された。

1. 2 表示器の代りにウィンドウを用いることの是非
2. スケール及び機能の切替時間の限定
3. 1.2 項の「accurate and up-to-date」と、7.3 項の「accuracy」の定義の違い
4. 信頼性 (MTBF) と利用率 (MTTR) の確定
5. 4.3 項の「the sailing area at a different scale」の意味の確定
6. 5.2.5 項にある特別区域への入域の検知のためには船位測定装置が必要であり、船位測定装置が ECDIS というシステムの一部として要求されるか。
7. 5.3 項に要求される航海記録の最低要素の確定
8. 7.3 項の IHO の精度要件に適合という内容の明確化
9. APPENDIX 2 の「Non chart symbol」の確定、及びその最低要件の確定

(2) スウェーデンより 3.2 項の標準表示情報の項目に「Location names」の追加を求める提案があったが、これも試行の結果を待って再検討するとされた。

(3) オーストラリアからの、Minimum display として、standard display, minimum display, enhanced standard display の3種類の提案に対しては、これも試行の結果を踏まえて検討していくこととされた。

(4) 同じくオーストラリアからの、レーダー画像重畳に関する注意の喚起については、ECDIS の表示装置を主要な衝突防止援助装置として使用してはならないという文章を追加することとした。

(5) 同じくオーストラリアからの、電子海図データの更新情報の放送は、NAVAREA のような分担海域を各国水路部に持たせ、これらの地区センター局より衛星放送で、全世界の更新情報が得られるようなタイム・スケジュールで放送するのがよいとの提案に対しては、これを IHO, CCIR の検討に加えるよう要請することとした。

(6) ノルウェーより、「ノルウェーは、IHO との協議により ENC の作製及び更新のためのセンターの設立を考慮中である」との報告がなされた。

(7) 紙海図と同等でない電子海図装置については、日本より提出したガイドライン案が説明され、次回 NAV 小委員会にこれに関する各国のコメントが要請された。

2.2 全世界的航法装置

IEC からロラン-C 受信機、デッカ受信機、オメガ並びにディファレンシャル・オメガ受信機の技術基準が提出された。また GPS 受信機の技術基準を検討する WG が設立され、1991年から作業が始められる旨の紹介があった。

ソ連からロラン-C/Tchaika の組合せチェーンについての米ソの合意がなされた旨報告があった。これに対して、IEC にロラン-C 受信機の技術基準は Tchaika にも適合するよう再検討するように要請した。

また、IEC に対して、GLONASS 受信機の技術基準の検討も考慮するよう要請した。

このように技術基準は IEC で検討されるが、これらの運用に関する問題は本小委員会が開発すべきでありとし、次回37回 NAV 小委員会に各国よりの提案が要請された。

INMARSAT から、測位機能を第3世代 INMARSAT 衛星に搭載することについて、今年末までに費用回収の観点から結論を出すつもりであることが報告され、NAV としては原則的に INMARSAT の測定機能搭載を支持することとした。

第35回の NAV 小委員会で、現在運用中の電波航法装置及び計画中の電波航法装置についての一覧表が作成されているので、参考までに表1及び表2として掲げた。

将来の全世界的に統一されたシステムの採用に関する検討項目について、次回の第37回 NAV 小委員会(1991.9.23~27)で審議することとなった。

2.3 レーダートランスポンダについて

安全目的でのレーダートランスポンダの使用に関するガイドライン案を作成し、次回 NAV 小委員会で審議の上最終化することとした。この件については、各種トランスポンダの実態に即して、その名称を「安全目的でのレーダートランスポンダの使用に関するガイドライン」とすることが合意された。

高速掃引レーダービーコンは、CCIR での検討結果のとおり総会決議 A.615に従うものではないことが確認されたが、当ビーコンはその数も少なく、近い将来交換される見込みであることから、A.615の改正は必要ないことが合意された。

2.4 APRA シンボルの統一

IEC から原案が提出され、我国から再度試行操船とテストのシンボルを、「T」及び「X」から「TRIAL」及び「TEST」にする方が認識しやすく誤認を防ぐことができるという意見を述べた。しかし、IEC の審議結果が支持されそのまま承認された。今後各国は APRA の型式認定手続きを整備することとし、1993年7月1日以前の出来るだけ早い時期に型式承認を受ける ARPA は、新たなシンボルを使用することで合意された。

2.5 暗時単独見張り試行のガイドライン

第57回海上安全委員会において、暗時単独見張り試行のガイドラインを作成するよう指示された NAV 小委員会は、前回第35回 NAV 小委員会においてガイドライン案を作成し、これを STW 小委員会及び第58回 MSC に回章した。今回は STW 委員会のコメントに留意し、その最終案を作成した。(本案は、1991年1月の第22回 STW 小委員会において一部修正され、第59回海上安全委員会で承認された。)

試行に参加できる船種については、既に旅客船には適用しないことが合意されているが、主として海洋環境保護の立場からタンカー、ガス・キャリア、ケミカル・キャリアと対象から除くべきであるとする仏国、米国、中国、メキシコ等と、これらの船は設備構造及び取扱等厳しい規則にのっとって運航されており、安全性の観点から言えば他の船と変わらないので試行を許可すべきであるとする西独、ノルウェー等との間で激論がかわされたが、案文には一応これら3船種は試行の対象としないと記載することとし、再度次の第59回 MSC で審議することとなった。西独、ノルウェー、デンマークはこれに留保を付した。

試行を行う海域については、船舶分離通航帯及びそ

表1 Information about operational satellite and terrestrial based systems Technical and operational aspects

Information items	GPS-NAVSTAR (DOD/USA)	TRANSIT (USA)	GLONASS (USSR)	D I F F E R E N T I A L O M E G A	DECCA-NAVIGATOR	LORAN-C	TCHAIKA
Principle including system description	Satellite based system. Atomic clock on board the satellites. Position determination of satellites by mathematical model, updated by ground segment. Position determination of user equipment by one way ranging to four satellites.	Satellite based system. Position determination of user equipment by measurement frequency shifts of signals (Doppler) as the satellite approaches and passes the user.	Similar to GPS-NAVSTAR.	Transmission of corrections by a local transmitter for each Omega station received locally, in accordance with Res. A. 425(11).	CW, hyperbolic phase comparison system arranged in Chains normally comprising one Master and three Slave transmitters. Each station radiates four harmonically related frequencies in the band 70-130kHz. Each slave is phase locked to master transmitter.	High-powered wideband 100kHz pulsed hyperbolic system arranged in Chains comprising 3, 4 or 5 transmitting stations. Stable time source provided by cesium standards.	Similar to LORAN-C.
Status of system	Test with reduced number of satellites.	In full operation.	Tests with reduced number of satellites.	Some stations in operation.	42 fully operational Chains around the world comprising 42 master stations and 119 slave stations.	16 Chains comprising 67 stations.	2 chains consisting 8 stations.
Estimated date of introduction	1992.		1990 (12 satellites). 1995 (24 satellites).	In operation in selected areas. 2000.	In operation.	In operation.	In operation.
Phase in Phase out		Anticipated 1994					
Operational control	US Dept. of Befence.	US Dept. of Defence.	USSR.	By the country in which the correction transmitter is.	National.	US Dept. of Transport Chasins is Continental USA at least until the year 2000. Operation of US Dept. of Defence Chains overseas beyond year 1994 subject to discussions with Host and other Administrations, other Chains not specified.	USSR.
Key elements			Satellite shore-based stations.	1 station can cover an area up to 500nm. depending on transmitter power.			Shore-based stations.
No. of Satellites	24.	4.	24. (3 spares).				
Orbit	6 orbits, 20,000km	Polar.	6 orbits, 19,000km				
Signal	CDMA, different codes for military and civil application.	Continuous on 150 and 400MHz.	Published.				
Ground segment	Centralized system. One main station, 4 monitor satations.	4 monitor stations.	Will be published later.				
User segment	Different equipment according to the required accuracy.	Accuracy depends on the accuracy to which ship's speed, course and time are known.	Different jquipment in the stage of production.	Different equipment according to manufacturer.	Wide range of equipment.	Wide range of equipment.	Different serial of equipment.
Availability (System availability) (Coverage)	Continuously all over the world.	99% when satellite is in view. Fix rate varies with lat. Approx. 110mins at equator, 30mins at 80'.	Continuously all over the world.	Local coverage continuous. Potential for complete coastal coverage.	Very high in excess of 99.95%	Very high in excess of 99.95%.	Local coverage continuous.
Reliability	High.	99%	High.	3 stations joint signal availability of 97%	In excess of 99.95%.	95% level of probability.	95% level of probability.
Accuracy	General users 100m. differential GPS below 5m.	Dual frequency : 25m. Single freq. : 500m.	100m. (2 drms.)	1~3nm. up to 300nm.	Typical coastal accuracy 50m. day 200m. night.	Typical coastal accuracy 50 to 200m.	50~200m.
Estimated life-time	7.5 years each generation (satellite lifetime).		At least until year 2000.	Until at least 2000.	Not specified.	US Dept. of Transport Chains in Continental USA will operate into the next century. Operation of US Dept. of Defence Chains overseas beyond year 1992 subject to discussions with Host and other Administrations.	

Information items	GPS-NAVSTAR (DOD/USA)	TRANSIT (USA)	GLONASS (USSR)	DIFFERENTIAL OMEGA	DECCA-NAVIGATOR	LORAN-C	TCHAIKA
Limitations concerning	System is operated by military authority. User input limited.	System is operated by military authority. User input limited.	No limitation.	No limitation.	No limitation.	No limitation.	No limitation.
Users	Degree of accuracy of civil code is adjustable by ground segment.	User, speed, course and time must be known.	No limitation.				
Redundancy	High, because of redundant satellites.	High, because of redundancy.	High.	Same as OMEGA	High, due to high level of redundancy designed into transmitter station equipment and provision for reserve antenna systems.	High.	High.
Additional service			Borne by USSR.				Borne by USSR.
Installation costs (incl. no-recur-rent development costs)	Operation costs borne by US Government.	Unknown. Costs borne by US Government.	Borne by USSR	US\$ 100,000 per station if the radio beacon exists. US\$ 140,000 if not.	Variable according to country, site, services and configuration.	Variable according to country, site, transmitter size, service and configuration.	Borne by USSR.
Operation costs per year	No user fee planned	Unknown. Cost borne by US Government. No user fee.	No user fee.	Less than US\$ 1,500 per station.	Some user fees.	None.	No user fee.
Number of world user					Approx. 100,000.	Approx. 76,500. Other estimates higher.	Approx 1,000.
Growth of users					At least 20% per annum.	At least 20% per annum.	at least 10% per annum.
Development					Ground station equipment continuing. Receivers, continuous, to provide maximum facilities at lowest cost.	Ground station equipment continuing. Receivers, continuous, to provide maximum facilities at lowest cost.	Ground station and equipment receivers continued.

表2 Information about planned satellite and terrestrial based systems Technical and operational aspects

Information items	NAVSAT (ESA)	GRANAS (FRC)	INMARSAT	RDSS (USA Corporation)
Principle including system description	Satellite based system. No atomic clock on board the satellite. Position determination of satellites by corresponding ground segment. Position determination of user equipment by one-way ranging to 3 satellites or by doppler effect. Notice of satellite malfunction to user within 3 to 9 seconds.	Satellite based system. No atomic clock on board. Satellites determine their own position continuously by two-way ranging to three ground stations. Position determination of user equipment by one way ranging to four satellites.	Geostationary augmentation of GPS/GLONASS through overlay of similar spread spectrum navigation signals and transmission of GPS/GLONASS integrity information. Satellite position and augmentation signal generation by ground stations. No onboard atomic clock. Position determination by oneway ranging of 4 satellites (INMARSAT overlay and GPS and/or GLONASS). Satellite malfunction notification to users within 10 s.	Satellite based system. No atomic clock on board. Position determination of satellites by ground segment consisting of benchmark transceivers and control centres. Position determination of used equipment by measure of communication path between time delays between the user and RDSS control centre.
Status of system	System concept development.	System development simulated.	System concept development; simulation through a PN test bed on existing TNMARSAT satellites (1989). Nav. payload proposed for incorporation on INMARSAT-3 satellites.	Coverage of continental United States under development.
Estimated date of introduction	1991.	Not yet determined.	From 1994 in phased manner.	COMUS 1988 Worldwide 1989 ~1991.
Phase in Phase out				Undetermined.
Operational control	Not yet determined. International implementation and control envisaged.	Not yet determined. International control envisaged.	INMARSAT, an international intergovernmental co-operative.	Presently by GEOSTAR Corp. International control possible.
Key elements			Future satellites (INMARSAT-3 and beyond) with navigation payloads, associated satellite position determination facilities and ground stations for generation of navigation signals; integrity monitoring network.	
No. of satellites	12+6.	20.	3+3 Geostationary.	2 or 3 for CONUS 6 for coverage between 75°N and 75°S and 8 for world-wide coverage.

Information items	NAVSAT (ESA)	GRANAS (FRC)	INMARSAT	RDSS (USA Corporation)
Orbit	TDMA PN sequence and Doppler.	TDMA PN sequence.	Signal structure being defined for maximum possible compatibility and interoperability with GPS, GLONASS, NAVSAT; presently, CDMA (1.023 Mbps pseudonoise Gold codes) preferred.	TDM Binary Phase Shift Key Carrier.
Ground	5 or 6 ground stations and 11 mission control centre.	Decentralised, 15 unmanned stations, 1 manned station.	Decentralised employing INMARSAT Coast and Ground earth stations and TIBC stations world-wide.	3 control stations.
User segment	Different equipment according to the required accuracy.	Simple. No codefinding.	Different equipment depending on whether working with GPS or GLONASS or GPS+GLONASS, the required accuracy, and whether a combined Communications and Navigation use.	Simple.
Availability (system availability) (coverage)	Continuously all over the world.	Continuously all over the world.	Continuous, worldwide except for high latitude/polar coverage until such time an orbiting satellite component is added.	continuously all over the world.
Reliability	High, graceful degradation of system.	High.	High.	High.
Accuracy	Doppler mode: 100m. Pseudorange: 5~30m. Better than 1m. with co-operative transponder.	15m. CEP.	Pseudorange: 30m., can be better with differential corrections.	Several metres.
Estimated lifetime	10 years each generation (satellite lifetime).	10 years each generation (satellite lifetime).	A continuing system. Individual satellites: 10+ years.	10 years each generation (satellite lifetime).
Limitations concerning	No limitations.	No limitations.	Initial phase is in augmentation of GPS and GLONASS; can evolve gracefully to an independent civil CNS system.	No limitations.
Users		No limitations.	No limitations. A passive system open to all international civil users.	No limitations.
Redundancy	High, because of redundant satellites.	High, because of redundant satellites.	High, because of redundant satellites; both in terms of in orbit backup for satellites carrying navigation payload but also as a complement to GPS/GLONASS constellations.	
Additional service	Addition of communications and search and rescue function under study.	Communication service: low speed data transmission without additional primary power (space in the timeframe).	A full array of worldwide mobile satellite (maritime, aeronautical and land-mobile communications) services data as well as voice, messaging, data/position reporting, monitoring and control, etc. Integration of functions allows for greater integrity than provided by separate systems.	Distress location. Message transmission. EPIRB capabilities. Homing capabilities. False alarm interrogation capabilities. Secondary radio system capabilities.
Installation costs (inc. non-US\$ 150 million recurrent development costs)	US\$ 950 million.	US\$ 600 million.	Under review. Navigation package estimated to add about 5% to mass of INMARSAT-3 satellites. Support ground-segment costs also marginal because existing infrastructure can be employed.	Unknown.
Operating costs per year	US\$ 150 million.	US\$ 100 million.	Under review.	Unknown. US\$ 20 per month user fee and US\$ 450 transceiver cost.

の付近の海域は、船舶の通航が整理されているため安全性はむしろ高い場合もあるので許可されるべきであるとする西独、英国、デンマーク、カナダ、ノルウェー等と、船舶の輻輳する海域では試行を行うべきではないとする米国、中国等と意見が対立し、合意に至らず小委員会では海域に言及しないこととなった。

3. IMO 第36回無線通信小委員会における話題

IMO 第36回無線通信小委員会 (COM 36) は、1991年12月10日から14日までにわたって開催され、その会合における主な話題は次のようであった。

3.1 海上遭難安全システムについて

(1) 船と航空機間の通信について

1) 船舶・航空機間の通信

航空機の航行管制 (ATC) の周波数4,125kHz (HF帯) に対して船舶用 MF (1,605~4,000kHz) 装置の多くは同調可能 (ILF, デンマーク, ギリシャ等, 但し日本の装置は困難) という事より, ICAO より将来衛星通信に代って HF 帯は残すとの発言があった。結論として船舶・航空機間の通信は、陸上局が聴守している航空 ATC 用4,125kHz を船舶との共用の第一基礎とし、応答がない時は船舶用 MF 装置で有効な3,023kHz に切り替えて交信することとし、以下の手順を確認した。

- ① 洋上で遭難した航空機は ICAO の定める手順で ATC 用周波数で管制官の助言を求める。

- ② 航空機が海上に不時着したと思われる場合、管制官は最寄りの助言を求め、RCC は救助可能海域に居る船舶に通報する。
- ③ この通報を受けた船舶は、可能な場合、4,125 kHz での聴守を行う。交信不能な船舶は、3,023 kHz で聴守する。
- ④ 遭難航空機は4,125kHz で交信を試み、交信不能の時は、3,023kHz で試みる。
- ⑤ 航空機が不時着を要しなくなった場合、その航空機はITU/ICAOの規則に基づき、遭難通報の解除を通報する。

なお、船舶・航空機間の通信に関し、英国より SAR 用ヘリコプターには既に船舶用 VHF/MF 装置を搭載済みである旨の発言があった。

2) SAR 活動中のヘリコプターノイズ

オーストラリアより、救助手段として有効なヘリも、ノイズによる無線交信の妨害、ローターの気流による救出活動の阻害等の欠点とヘリ同志の衝突等の潜在的危険性がある旨説明された。本件は COM 小委員会における技術的検討だけでなく、LSR 小委員会での運用面の研究がなさるべきであることから、「IMO 搜索救助マニュアル」にオーストラリア提案の以下の内容を追加することとした。

「救助区域における衝突の潜在的危険性及びヘリ活動によるノイズを考慮して当局は救助活動を指揮することが必要であり、ヘリ活動区域や高度の情報を提供し、ノイズ及びローター気流による海面上の救助隊への妨害を少なくすべきである。」

(2) GMDSS 無線保守ガイドラインについて

第35回 COM 小委員会において準備された A3及び A4海域を航行する船舶の GMDSS 無線保守ガイドラインに関して以下の事項について審議を行った。

1) 信頼性確保の基本要件

ギリシャより、全ての船舶は航行中遭難安全通信の機能を維持するべきであるとの一文を追加するよう提案があったが、SOLAS 規則 IV/4 に含まれているとの理由から支持されなかった。なお、この議論からタイトルに「A3及び A4海域を航行する船舶に関する」という記述を追加することとなった。

2) 設備の二重化

オーストラリアより、見通し内通信における MF 設備の重要性を考慮すると A3海域を航行する船舶で船舶地球局 (SES) 設備を備えた船舶も MF 設備を二重化すべきであるとの提案があったが、MF 設備が故障した場合は SES が利用出来ることから、本提案は支持されなかった。

また、CIRM より設備の二重化についてガイドラ

インの解釈を明らかにして欲しいとの意見があったので、解釈の妥当性を審議しその内容を加盟国政府に回章することとした。

3) 陸上保守

オーストラリアより、保守要件として陸上保守を選択する場合、適当な陸上保守が利用出来ない期間は最大 4 週間以内とすれば高い信頼性が得られるという主旨の記述を追加するという提案があったが、同提案の基礎となった統計データが不十分であること、提案の中で用いられている信頼性基準が IMO の標準として認められていないこと等から、この提案は支持されなかった。

また、ギリシャの提案をもとに、陸上保守についての配置の型式を示すものを設備の記録の中に含めるよう 3.1 項を修正した。

4) 船上保守

船上保守の資格要件について、種々の提案があり、これらについて審議を行った。作業部会においては、前回の案を一部修正の上支持することとしたが、小委員会においてスペインから表現が曖昧であるとの指摘があり議論の結果、再度作業部会を開き審議することとなった。作業部会では、今会合で最終案をまとめる必要があるとの共通認識に立って再審議を行った結果、RR の規定する証明書に関する記述は原案のままとし、主管庁が認める同等の資格については規則 15.7 に準じた記述とすることで合意した。これに対して小委員会では再びスペイン及びギリシャより一部修正案が出されたが支持がなかったことから、議長は意見がある場合は MSC に提出することとして作業部会案は採択された。

(3) GMDSS 関連通信の料金

1990年12月4日から7日にかけて開催された IMO とインマルサットとの合同会議における審議結果が紹介され、料金表などが確認された。なお WMO から提起されていた気象情報の通信料金の取扱いに関しては、関連する CCITT 勧告との間に不整合が見受けられることから、CCITT 事務局長に対しこの点を明確化するよう要請することとした。また、ポルトガルは、CES と連携していない RCC からの通信に課金することに対して懸念を表明したが、この問題については LSR 小委員会での検討が必要であるとされた。表 3 に上記料金表の抜萃を掲げた。

(4) 船長のための遭難時における GMDSS 操作手順について

日本船長協会が国際船長協会 (IFSMA) を通じて提出した標記文書は、英国、オランダ、独等より非常に有益な提案である旨の意見の開陳がなされたが、多少

表3 インマルサット GMDSS 料金案の表 (第36回 COM)

Recommendations of 2nd Meeting of Experts				Inmarsat Council Decisions
Service	Charge to Originator?	Charge to Addressee?	Type of Charge	
SHIP TO SHORE				
Distress alerts	No	No	No charge	No s. s. charge
SAR coordination (1)	No	No	No charge	Reduced s. s. charge for calls to associated RCCs. Call to other RCCs are charged at the standard s. s. rate.
Meteorological Report	No	Yes	Special	Currently charged at the standard s. s. rate.*
Navigational/Meteorological danger reports	No	No	Special and Indirect	Reduced s. s. charge via record comms using Code 42. Other reports charged at the standard s. s. rate.
Ship reports	No	Yes	Special	Currently charged at the standard s. s. rate.*
Medical advice and/or assistance	No	No	Special and Indirect	Currently charged at the standard s. s. rate.*
SHORE TO SHIP				
a) Distress alerts	No	No	No charge	No s. s. charge.
b) SAR coordination (1)	No	No	No charge	Reduced s. s. charge for calls from associated RCCs.
c) Meteorological Forecasts	Yes	—	standard	Safety Net (TM) s. s. charge.
d) Meteorological Warnings	Yes	—	standard	Safety Net (TM) s. s. charge.
e) Navigational Warnings	Yes	—	standard	Safety Net (TM) s. s. charge.
f) Other Urgent Messages	Yes	—	standard	Safety Net (TM) s. s. charge.

* : The Inmarsat Council will be requested to consider these matters at a future session.

(1) : including communications subsequent to initial distress alerts.

s. s. : space segment.

の修正意見もあり、次会に検討するための原案作成のためのドラフティング・グループが設置された。同グループによる審議の結果、① Safety Call, Urgency Call, Distress Call の場合を明確に区別できるようにする、②行動モードを5モードとし、適切に色分けをする、③救命艇(又は筏)に乗乗する時、持ち込むものとして、VHF 及び SART の他に「可能ならば EPIRB」を追加する、等の修正がなされ説明文及び流れ図が作成された。この原案を STW 小委員会及び LSR 小委員会に紹介しコメントを求めることとされた。なお、捜索救助マニュアルにこれをガイダンスとして含めることが推奨された。

(5) 貨物船の補助及び非常電源

オランダより提案のあった標記については、補助又は非常電源が要求される下限の総トン数が、設備規則と無線規則で異なることの問題は確認されたものの、同文書の配布が遅れ、十分に検討する時間が得られなかったことにより、次回以降引き続き検討することとなった。

3.2 マスタープランの進展

(1) MSC の回章に対する回答及び会場での各国各団体から提供された情報をもとに、① GMDSS の海岸施設、② A1海域のための VHF 海岸局、③ A2海域のた

めの MF 海岸局、④ A3及び A4海域のための HF 海岸局、⑤インマルサット宇宙局及び海岸地球局、⑥コスパス・サーサット MCC 並びに⑦ NAVTEX サービスの表を新しくした。

(2) インマルサットから提出された船舶から海岸局への遭難通信の通信網図は、GMDSS マスタープランに追加されることとなった。

(3) コスパス・サーサットに関する資料の中の LUT の表とそのカバレッジの図は、ビーコンの周波数が 121.5MHz から 406MHz に移行して、全世界的に遭難信号を受信出来るようになるので、GMDSS マスタープランから削除することとなった。

(4) A1及び A2海域の境界線を海図に表示することで合意されたが、具体的な記載方法は、IHO に意見を求めることとなった。

(5) 米国の NAVTEX に関する提案を受けて IMO 決議 A.659 (16) の改正案を作成した。次回の COM 小委員会でこれを審議し、その後総会に送付するよう MSC に承認を要請することとした。

(6) INMARSAT より、現在南米東方海域にある通信不能区域を解消するため、従来の 3 衛星システムを 4 衛星システム (図 1) とすることを計画中である旨の情報提供があった。(この計画は進展し、現在は図 1

INMARSAT GLOBAL COVERAGE SHOWING 0° & 5° ELEVATION CONTOURS

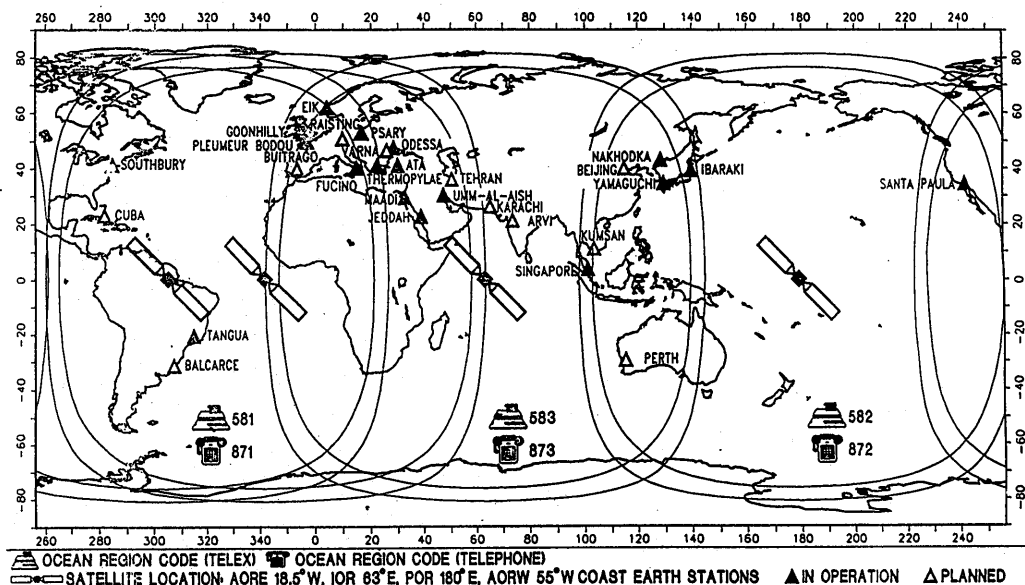


図1 インマルサット4衛星のカバレッジ

のような4衛星システムとなっている。)

3.3 海上安全情報の放送について

(1) インマルサット・セーフティ・ネット

IHO/WMO 及び各国の情報に基づき改訂されたセーフティ・ネット・マニュアル案の見直しを行い「暫定国際セーフティ・ネット・マニュアル」を作成した。この Annex 4 Section C 搜索救助業務の項は、第22回 LSR 小委員会で審議される予定であるが、その他このマニュアルはセーフティネットのサービスの正式導入(1992年2月1日)までの試行期間中に得られる運用経験を基に改訂の余地があるので、最終版は第38回 COM 小委員会にて審議することとし、暫定版の刊行を決めた。また MSC (海上安全委員会) に対し各国への事前情報として、この暫定版を回章するよう要請することとした。このマニュアル最終版作成のため、各国は放送試行期間中に得た経験及び意見をインマルサット・セーフティ・ネット放送パネルに対して提出するよう要請された。

(2) NAVTEX 業務

NAVTEX 調整パネル議長より、第35回 COM 小委員会以来各国から寄せられた情報及び MSC/Circ. 468/Rev. 1 に対する各国の回答に基づき NAVTEX リストが改訂され、このリストは、「GMDSS 関連陸上施設マスタープラン」に編入されている旨報告があっ

た。

米提案に基づき NAVTEX サービス・エリアに関する情報をマスタープランに含めるため、各国は必要な情報を NAVTEX 調整パネルに提出するよう要請された。さらに、NAVTEX の実際の受信可能範囲は航行中の船舶にとって重要な情報ではないが、NAVTEX サービス・エリアを計画するにあたっては有効と考えられるので、技術作業部会長が最終的にまとめる予定の件に関する基準を NAVTEX マニュアルに記載することで合意した。

NAVTEX 調整パネル議長より、NAVTEX 放送時過大な出力により電波障害が発生している例が報告され、あらためて NAVTEX マニュアルの10.6項に示されているように担当海域をカバーする必要最小限度の出力を使用するよう申し合せた。

(3) 総会決議 A.419(XII)「世界航行警報サービスの手引き」の見直し

「IMO/IHO 世界航行警報サービスの手引き」の見直しを行うとともに、改訂版が GMDSS 導入と同時に発効するよう、総会決議案の作成を行った。

(4) 船舶通信設備のための米国新国内規則について

GMDSS の要件にない設備の設置を義務づける国内法を他国の船舶にも適用することは好ましくない旨、日本より発言した。この意見は大勢の支持を得て、こ

れが小委員会の結論となった。米国に対しては、必要であれば米国各港の水先人が携帯する無線設備にそのような機能を持たせるよう提言した。

(5) 船舶による気象通報の運用及び料金体系変更に関する CCITT の勧告について

WMO は、最近の CCITT の気象通報に関する運用及び料金体系変更に関する CCITT の勧告により、気象通報を行う船舶の特別待遇が認められなくなると、料金が大幅に増えるほか、優先処理も行われなくなり、気象通報の数が減少し予報精度が低下するおそれがあることに対して注意を喚起した。本小委員会は、これが海上における人命の安全に係わる事を憂慮し、IMO 事務局長より CCITT に対して意見を具申するよう要請した。

3.4 船舶に備える無線設備の性能要件

(1) 406MHz 衛星系 EPIRB のコーディング

WG の審議では、既に国内でシリアル・ナンバーでコーディングされた EPIRB が普及している米国、英国、カナダ、オーストラリアがシリアル・ナンバーの利点及び必要性を説明し、これを認めるべきであると主張した。

これに対して、シリアル・ナンバーを採用する場合、①ビーコンの登録のための膨大なデータベースが必要となること。②ビーコンの登録から本船 ID を検索する時間が必要となり、これは SAR 活動の開始を遅くすること。等を大きな問題とし、ITU の 9 digits の本船 ID を利用してコーディングした場合には、これらの問題はなく、これを採用すべきであると独国が主張した。この独国提案をデンマーク、オランダ、ギリシャ、スペイン等が支持した。両者の間で激しい議論がなされた後、シリアル・ナンバーでコーディングされた多くの EPIRB が存在すること、及び 9 digits の本船 ID を使用した場合でもそれなりのデータベースが必要なことを考慮し、WG では 3 つのコーディング方法を選択出来る案とした。

この WG の決定に対して、小委員会で独国が WG と同様の主張を行い、意見がなかなかまとまらず、投票が行われ、結局① EPIRB のコーディングは 1995 年 2 月 1 日までは 3 つの方法が使用できる。②それ以後に新しく装備される EPIRB については、新船・現存船とも、ITU の 9 digits のコーディング方法のみを認める。③ 1995 年 2 月 1 日という日付は、シリアル・ナンバーで使用されている EPIRB の現状をよく調査した上で、それまでに小委員会で見直される。という決定がなされた。(但しこの決定は更に 1991 年 5 月の海上安全委員会において 1999 年 2 月 1 日まで 3 つの方法が使用できると変更された。)

(2) 標準 A 型船舶地球局 (SES-A) 総合決議の改正

1) SES-A の電源瞬断における衛星再捕捉時間に関しては 60 秒以内とする我が国の提案は、賛同が得られ改正総会決議案に盛り込まれた。

2) 陸から船舶への警報伝達に関しては、インマルサットシステムに優先呼出しがなく、技術的な解決策でなくて運用的に解決するとの案がスウェーデンより提出され、インマルサットはまたテレックスによる警報信号パターンは少年でも陸のテレックス回線から意図的に誤発射が出来るので問題があるとの指摘があったが、出来る限り運用的な解決策で解決したいとする考えが大勢を占め、「陸からの警報を受信する手段がなく、電話呼出し音又はテレックスの音が不十分な場合には、適切な可視可聴警報手段を設置する」との文を改正案 3.3 項の文と入れかえることとなり、MSC に提案されることとなった。

(3) 海岸地球局 (CES) の性能基準

本件に関する米国提案に対し、IMO が海岸局設備の性能基準を作成することに疑問が出たが、CES 及びインマルサット衛星の特定に関するオーストラリア提案とともに次回の COM 小委員会で検討されることとなった。

3.5 ウインドプロファイラレーダーのコスパ・サーサット衛星に対する干渉

標記の問題に対しては、本小委員会直前に行われた CCIR でその周波数のウインドプロファイラレーダーの周波数変更を極力薦めるという検討結果が紹介され、各国の賛同が得られた。

3.6 ビーコンの登録に関するガイドライン

ビーコンの登録に関し、本小委員会はその必要性を認め、ビーコン登録のデータベース及びそのデータの恒常的な最新化システムの確立に関する総合決議を作成するよう LSR 小委員会に依頼することとなった。

3.7 電子海図の改補更新に関する情報

この件についての CCIR の審議状況が説明された。CCIR は 1991 年末の次回会合において本件を審議する予定であり、その審議の終了は 1993～1994 年頃となるとの見解が示された。これに対し、オランダより電子海図の暫定基準は 1992 年内に検討を終えることとなっており、CCIR の審議は間に合わないのではないかと、その意見が表明され、その旨 MSC に注釈をつけて回章することとなった。

また、米国より電子海図更新に関する情報の放送の現在の EGC を利用する案は、一応満足出来るものではあるが、他の方法も考慮する必要があること、及び海上安全情報の量が過大になるおそれがあることが指摘された。

3.8 トレモリノス漁船安全条約第9章の見直し

本件については、ドラフティング・グループ (DG) が設けられて、第21回 LSR 小委員会の報告書及びポルトガル提案を基に COM 35/WP. 4 の逐条審議が行なわれた。その主な結果は以下のとおりであった。

(1) 適用期日

現存漁船への GMDSS の適用を SOLAS と同様に、1999年2月1日までとするのが適当であるとしたものの、プロトコル発効日が不適合であることから、COM の段階では [1999年2月1日又はプロトコル発効日のどちらか遅い時期] として、今後 SLF 小委員会での検討を待つこととした。その他期日に係る規定については、原則的に SOLAS と同じ期日のままとして [] を付して審議されることとなった。

(2) 第Ⅲ章 (救命設備) 関連

双方向無線電話 (Reg. 122) 及びレーダートランスポンダー (Reg. 123) は45m 以上の船に適用するとし、45m 未満に係る規定を削除した。

Reg. 122 に新たにパラグラフ(2)として、SOLAS と同様の「既に双方向無線電話の設備があり、この設備がIMO 基準を満たさなくても [1999年2月1日又はプロトコル発効日のどちらか遅い時期] まで、主管庁はこれを認めることが出来る」旨の規定が挿入された。

Reg.123 のレーダートランスポンダーの積付けに関して、SOLAS と同様の「生存艇に迅速に持ち込める場所に設置すること、または各生存艇に1台のレーダートランスポンダーを積込むこと」という規定を加えることとした。

また、Reg. 122 及び Reg. 123 は、新船と現存船の両者に適用する旨の規定を第Ⅶ章に設けることとした。

(3) 第Ⅸ章 (無線設備) 関連

①適用 (Reg. 128)

長さ45m 以上の新船と現存船の両者に適用することとした。

なお、中国提案の集団操業の従船に対する緩和措置については、45m 以上の該当船がないこと、主船が沈んだ場合連絡手段がなくなること、及び Reg. 130 (免除) で読めることから削除することとしたが、これに対し中国は再度 SLF 小委員会又は MSC で問題を提起する権利を留保した。

②無線電話遭難周波数聴守受信機 (Reg. 133)

専用聴守受信機の設置については、この設備が1999年2月1日以降 unnecessary になるものであり、また漁船には新たな設備となることが考慮されて、遭難周波数 (2,182kHz) の聴守を維持できる無線

受信機 (専用でなくてもよい) を備えることでよいこととなった。

③2,182kHz の無休聴守 (Reg. 138)

上記②に関して、実行可能な場合無休聴守を維持することとされた。

④電源 (Reg. 139)

新船は3時間、現存船で非常電源 (Reg. 55) の規則を満たすものは3時間、満たさないものは6時間を確保することとなった。さらに、非常電源として6時間確保する場合は、新船と現存船とを問わず1時間となった。

⑤保守要件 (Reg. 141)

本章が45m 以上の漁船に適用となり、また45m は500GT に相当すること、一方 SOLAS は300GT 以上に適用されることを考慮すると、適用の時点で既に漁船の特殊性を考慮して緩和されているので、これ以上技術要件を緩和することは適当でないということから、原案どおり、A3, A4海域については、2つの保守を選択することとなった。

4. IMO 第37回無線通信小委員会における話題

IMO 第37回無線通信小委員会 (COM37) は、1991年7月8日から12日までにわたって開催され、その会合における主な話題は次のようであった。

4.1 海上遭難安全システムについて

(1) SOLAS 条文中の GMDSS 関連規定の明確化

①300~500GT 新造貨物船の補助電源

標記の補助電源については、ポルトガル提案の主旨で条約の改正を行うことが合意された。なおこの改正は第60回 MSC における審議の後回章され、第61回 MSC において旅客船の防火関連の条約改正と共に採択される予定である。また、上記改正規定が発効するまでの間、主管庁はその主旨に従うことが合意され、そのための適当な措置をとるよう MSC に要請することとなった。

② SOLAS 条約詳細解釈

SOLAS 第Ⅳ章の個別規則の解釈については、COM サーキュラーとして回章することとなった。ただし、この解釈は既に主管庁により承認されている設備については、適用しないことを明記した。

③補助電源の解釈

補助電源 (Ⅳ/13.6) は再充電型蓄電池に限る旨のオランダ提案については、今後の技術開発により、この規則に適合するようなものが出現する可能性が十分あることを考慮し、補助電源の限定は行わないこととした。しかし、発電機をもってこの規定を満たすものとはしないことが合意された。

(2) 遭難時における船長のための GMDSS 運用ガイドライン

第22回 LSR 小委員会において作成されたガイドラインは、文章のみからなり、船橋に表示するポスターとしては、流れ図形式のものがよいという意見が国際船長協会 (IFSMA) より述べられ、英国、日本等より支持された。また、スウェーデン、ポーランド等より単純化した流れ図では、数多くのオプションは画けない旨の指摘があったが、基本的ポスターを作成して、種々の船ではそれをもとに個別のポスターを作成することで合意された。これを受けて設けられたドラフティング・グループ (DG) で流れ図の簡略化が図られ、従来4枚あったものを1枚にまとめると共に、日本が上記 DG で提案したフローの流れを緊急性の高い方向から低い方向への流れとすることで流れ図案が作成された。

その後の全体会議において、医療救助の取扱いについて問題が提起され、更に英国、オーストラリア、スウェーデン等の小 DG で検討して小修正を行ったもの (図2) が示され合意された。これを LSR 小委員会に対し、適宜 MERSAR への取入れを検討するよう要請することとなった。

(3) その他

- ① アルゼンチンより、406MHz、121.5MHz 及び Channel 70 の EPIRB による送信実験の結果が紹

介された。

- ② 遭難発生時の船舶と航空機との間の通信については、前回小委員会で作成された方法に若干の改正を行い、これを IMOSAR 及び MERSAR マニュアルに含めるよう LSR 小委員会に対し要請することとした。

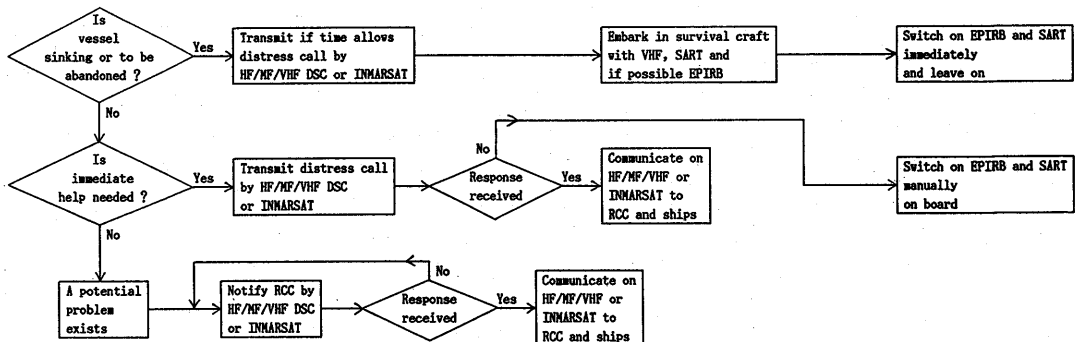
- ③ DSC 及び HF の NBDP については、1992年2月の前に、これらをこのまま GMDSS システムの中に残すかどうか検討することになっていたが、ノルエーよりこのまま GMDSS 設備として最終的に認めるべきだという提案があり、そのように合意された。

また MF の DSC システムの恒常的な試験の実施に関する英国提案があり、その有効性は認められたものの、あまり頻繁に試験を行うと実際の遭難通報に支障がある可能性も指摘された。そして今次会合において試験の方法が作成され、これを COM サーキュラーとして回章することとなった。

4.2 GMDSS マスタープランの改訂

全体会議において、日本等より夫々の国における GMDSS マスタープランの現状の説明がなされた。また米国から GMDSS マスタープランに、HF の NBDP による海上安全情報の放送予定表を付け加える旨の提案がなされた。これらを受けてワーキング・グループ

GMDSS OPERATING GUIDANCE FOR MASTERS OF SHIPS IN DISTRESS SITUATION



1. One EPIRB should float-free and activate automatically if it cannot be taken into survival craft.
2. Where necessary, ships should use any appropriate means to alert other ships.
3. Nothing above is intended to preclude the use of any and all available means of distress alerting.

RADIO DISTRESS COMMUNICATIONS			
	Digital selective calling (DSC)	Radiotelephone	Radiotelex
VHF	Channel 70	Channel 16	
MF	2187.5 kHz	2182.0 kHz	2174.5 kHz
HF 4	4207.5 kHz	4125.0 kHz	4177.5 kHz
HF 6	6312.0 kHz	6215.0 kHz	6268.0 kHz
HF 8	8414.5 kHz	8291.0 kHz	8376.5 kHz
HF 12	12577.0 kHz	12290.0 kHz	12520.0 kHz
HF 16	16804.5 kHz	16420.0 kHz	16695.0 kHz

図2 船長のための遭難時 GMDSS 運用上ガイドライン

(WG)を設けて検討され、COM37/INF.9の内容を更新した。

このマスタープランの附属書として新たに、①救助調整本部として利用する陸上の船舶地球局の一覧表、② HF による海上安全情報の放送予定表、及び③セーフティネットシステムにより海上安全情報の放送局の一覧表を作成して付け加えた。

また、事務局が各国からの情報提供に基づいて作成した GMDSS の地図を、附属書12として追加することが検討された。この審議の際スウェーデンから GMDSS マスタープランは、船舶が遭難した時使用するものであり、この地図に搜索救助区域と救助調整本部を明示すべき旨の提案がなされた。そして1992年2月1日から GMDSS がスタートすることを考慮すると、2 国間で合意に達していない搜索救助区域の境界線については、暫定的手段として ICAO の飛行情報区域 (FIR) の線を引用して表示すべきとの意見が述べられ、数ヶ国がこれを支持した。これに対し、日本から世界的には搜索救助区域の確定していない海域も多く、その境界線を地図に明示することは時期尚早であり、また、暫定的手段として FIR の線を引用することにも無理があると反対した。トルコ等からも同様な意見が述べられ、本件については、次回の LSR 小委員会で検討されることとなった。

また、附属書 2, 3, 4, 5 及び 6 に“Associated RCC”について明記することになり、そのための各国あて質問書が作成された。

今回作成した GMDSS マスタープランは、COM の回章として、各国、IMO、WMO 及び ITU に送付されることにされた。以上の WG における検討結果は、全体会議に報告され承認された。

4.3 海上安全情報の実施

(1) NAVTEX

NAVTEX サービスエリアの境界について検討し、COVERAGE AREA 及び SERVICE AREA の定義を定めた。

(2) GMDSS における無線業務に関する総会決議案の見直し

エディトリアルな修正の後、第17回総会に送付することが合意された。

(3) NAVAREA 副区域調整機関に関する会議の検討委託事項

ベルシャ湾における NAVAREA 副区域調整機関決定のための地域会議に対する検討委託事項に関し、第59回 MSC で作成された原案を見直し最終化した。なお、同会議はイランをホストとして開催し、その結果は、次回 COM 小委員会に報告されることとなった。

(4) 国際 NAVTEX サービス

①海上安全情報専用の EGC 受信機の搭載勧告を作成すべきとの米国提案に対し、英国、ICS より無線設備の保守に係る二重化の要件を上回る要件を課すことは望ましくない旨の指摘があったが、大勢は搭載勧告することに肯定的であり、WG としては専用受信機の搭載をあくまで勧告に止めることを前提とした総会決議案を作成し、第17回総会に送付することに合意した。しかし全体会議において事務局より、総会に送付するには MSC の承認を得る必要があることが指摘され、審議の結果早急に回章すべきであるとの判断から、取敢えず次の第60回 MSC に送付して、MSC/Circ.として採択後回章することとし、最終的には第18回総会に送付して総会決議とすることに合意した。

②オーストラリアより自国におけるセーフティ・ネット・サービス実施の経験に基づき、その問題点な改善方策に関して紹介があり、この要約を MSC へのレポートに記載することとした。

(5) HF の NBDP による海上安全情報の放送に関し、コレスポンデンスグループの幹事である米国より現状の説明と共に、同システムによる海上安全情報の放送を計画している各国はその情報を提供しよう要請があった。

(6) 海員に対する海上安全情報に関する運用上の情報提供

海上安全情報の放送に関し、その区域、周波数、放送時刻等を海員に周知する方法については現行の SOLAS 条約による航海用書誌類の備付・整備義務で十分達成出来ると考えられるが、新たに設定される A1, A2, A3海域や NAVTEX, 国際セーフティ・ネット・サービスの区域に関する情報を盛り込む必要があると ITU, IHO 及び WMO と検討する必要があると確認された。

4.4 船上 GMDSS 設備の性能基準

(1) EPIRB の性能モニターに関するスペイン提案については406MHz EPIRB には ID があって誤発射か否かはすぐに判明すること、1 回の誤発射でもたまたま衛星が上空を通過すれば信号が検出されモニターの意味が小さいこと、コスパス・サースアットより承認された試験以外遭難状態でない状況での発射をすべきでない旨意見を提出したこと、121.5MHz, 243MHz の検出器は安価に出来るが GMDSS 対象機器ではないこと等から、本モニターを載せる有効性はあると思われるが強制するものとはしない点で意見が一致した。

(2) 前回の小委員会で問題が提起された保守のガイドラインに追記された「補助電源の単一故障が基本設

備と二重化設備の両者に影響しない」旨の記述に関し、単一故障の定義について議論があり、「基本設備及び二重化設備は各々単一の電源故障で影響が出ないように設備すること」の表記で合意された。

(3) DSCの走査手順の文書を含む北海及びバルチック海沿岸国の会合報告があり、これに関してはSTWハンドブックに取り入れた方が良いこと、STW小委員会への送付にあたり再検討が必要と思われること、RR(無線通信規則)及びCCIRの規定を完全には満足していない怖れがあること等の議論がなされ、次回の本小委員会に各主管庁での検討結果を求めることとなった。

(4) NAVTEXのカバー範囲の計算式のパラメータ(COM 36/21 Annex 4)に関しては、デンマークよりS/N比の表現は1 Hzバンド換算で行うより、500Hzバンドで表現すること、文字誤り率よりBER(ビットエラーレート)での表現をする方が誤解を生じないとのエディトリアルな修正案が出され合意された。

4.5 海岸地球局の性能基準

米国より提案されたGMDSSに参加する海岸地球局の性能基準に関する総会決議案については、本来「性能基準」は船舶に搭載される無線設備に適用されるものであることから、陸上施設である海岸地球局については、GMDSSのための無線業務の整備に関する総会決議案(MSC 59/33 Annex 11)の中のア3海域の業務を提供する場合の基準として含められるのが適当であると合意された。これを受けて陸上のINMARSAT C/A衛星システムの基準について、今後更に検討するための作業計画を準備した。各加盟国は、基準及び作業計画についての意見を次回小委員会に提案するように要請された。

4.6 CCIR 関連事項

WARC-MOB-87の結果、人が遭難した場合の遭難呼出しが認められたが、CCIR勧告にはこの種の遭難に対するDSCフォーマットがないことが指摘された。しかしこの種の遭難に対しては“undesignated distress”で対応できるので、勧告の修正は提案しないこととした。

4.7 WARC 関連事項

(1) 生存艇用8,364kHzの聴守

WARC-MOB-87でHF帯の使用周波数が変更されたことによって1991年7月1日以降、海岸局が8364 kHzを聴守しなくなる可能性があることがノートされた。この周波数はGMDSSの要件を満たさない船舶の生存艇において、まだ使用されることがあるので、小委員会では加盟国に対して、注意を喚起することとした。

4.8 衛星サービス関連事項

INMARSATから、急速に需要が伸びてくるINMARSAT A サービス、及び整備が進められているCサービスの状況が紹介された。INMARSAT C サービスは、太平洋、インド洋及び大西洋(東)で既にサービスが開始されて居り、大西洋(西)でも今秋には利用可能となる予定であるとの説明があった。

また、遭難呼出しの誤報についての統計が紹介され、その中で運用者による誤操作の割合が大きいとの説明があった。

406MHz EPIRBについては、昨年末既に1万台の登録があり、今後も増加の傾向にあることが紹介されたが、121.5MHzを含めた利用状況の詳細データは把握していないとのことであった。

なお、406MHz EPIRBの非遭難時の使用に関しては、定められた方法によるテストなどの場合を除き、差し控えるよう要請があった。

4.9 電子海図の更新情報の送信

INMARSAT EGC以外の電子海図の更新情報の提供方法については、CCIRの検討結果が本年12月のCCIR会合で報告されるので、その結果を待って改めて検討されることとなった。

4.10 DSC コード(HSC コード)第13章の見直し

[注:この項のDSCはDinamically Suported Craftの略であるが、Digital Selective Callingの略語であるDSCと紛らわしいので、最近Dinamically Suorted Craft: DSCに代わって、High Speed Craft: HSCが用いられるようになった。]

GMDSSの導入に対応して現行DSCコード(HSCコード)を見直す件については、前回の第36回COM小委員会にてHSCに対し88年改正SOLAS条約第三章、IV章の無線設備を備えることで合意が得られていたが、それらを満たさない場合の規定を明確にすべく、香港、ポルトガル、英国から提案があり審議が行われた。

(1) 補助電源の容量について

ポルトガルより提案された、無線設備に対する補助電源の容量を88年改正SOLAS条約の要件に合せ6時間とすることについては、オランダが支持したものの、スエーデンは、自国とソ連との間の航路に於いて、「搜索と救助を1時間以内」としていることから6時間は長すぎる旨指摘した。更に中国も、HSCが一般に小型船であることを理由に現行コードどおり4時間でよしとし、英国は現存船に対しバッテリー増設の困難さを主張した。日本は、「HSCには種々のケースが考えられるので、コードには88年改正SOLAS条約の要件を取

り入れ、適用困難な個別の案件については、コード改正案第1章の同等物規定によればよい」との代案を出したが支持は得られなかった。

審議の結果、船舶が条約II-1章に適合する非常電源を搭載していない場合の補助電源の容量は6時間とするものの、救助に要する時間を考慮し、旗国と寄港国との検討によって緩和してよい旨の改正案が作成された。

(2) HSCの保守要件の緩和について

HSCの保守要件の緩和に関し、その航行時間が短いことから、A3、A4海域を航行する船舶であっても、A1、A2海域を航行する船舶と同等とすべきであると英国から提案されたが、ノルウェー等が反対し、〔 〕が付され次回さらに検討することとなった。

(3) その他

ポルトガルから提案されていた「HSCのレーダーの一つは9GHz波を使用するものであるべきとの要件」はNAV小委員会の検討に任された。

また、香港から提案されていた「船舶が衝突等でショックを受けた時に備えバッテリーが適切に固縛されている旨の規定を追加すること(13.3.3)」については、そのまま合意された。

さらに、英国より提案されていた「バッテリーの容量チェックの間隔を1ヶ月とすること」については、現行の試験方法が完全充電から完全放電まで非常に時間がかかることから非現実的であるとし、容量チェックは12ヶ月毎に実施することで合意された。

以上の審議については、次回COM小委員会において最終化が図られる他、それ以前のNAV及びDE小委員会においても関連審議が行われる予定であるので、その対応が必要である。

なお又、次回COM小委員会以前に1992年2月1日を迎えることとなるが、コード第13章の改正案はHSCに対してもSOLAS船と同様、同日付でGMDSSの要件を適用する主旨であり注意する必要がある。

4.11 その他

前回MSCでの審議を踏まえ、本小委員会における

1977年トレモリノス条約関係の審議の最終化を図るべく作業が行われた。

(1) 捜索救助用レーダートランスポンダ(SART)の搭載要件

中国より漁船に対するSARTの積付要件が国際航海に従事する貨物船に比して厳しい旨指摘があり、これに関してポーランドより、45~55mの漁船には1個、55m以上の漁船には2個のSARTを搭載させる等の提案が出されたが、漁船の長さトン数の関係が不明確であることから、長さが45m以上であり、且つトン数が500トン未満の漁船の取扱いについてSLF小委員会に検討を依頼することとなった。

(2) トレモリノス条約採択会議の付録3勧告10~12、及び付録4勧告6と7について

中国より提案された標記勧告の改正については、そもそも勧告自体が現行の通信制度に関する措置であることから、GMDSSがトレモリノス条約議定書に盛り込まれ採択された時点で無効とされるべき旨合意された。

また、現存漁船に対するGMDSS関連規定の適用は、1992年2月1日又はトレモリノス条約議定書発効日のいずれか遅い時期に発効することから、海上の一つの通信体系として、漁船とSOLAS条約船のスケジュールを合せるため、トレモリノス条約議定書発効前でも1992年2月1日までに各主管庁が現存漁船に対して議定書IX章の規定の適用を図る旨の勧告決議の作成を検討するようSLF小委員会に要請することとし、検討用の決議案を事務局が準備することとなった。

(3) 小型漁船のためのガイドラインの作成について

45m未満の小型漁船のためのガイドラインの作成にあたり、各国における小型漁船の航行海域、操業形態の違い等を考慮すべき旨の中国提案については、ポーランド等より各海域毎にローカル・ルールを作成するとGMDSSが有効に働かないとの反対があったが、将来IMOにおいて本件を作業計画に含める際に同提案の主旨を考慮することが合意された。

PIANC (国際航路会議) に出席して

東京商船大学

飯 島 幸 人

The Report of 27th International Navigation Congress

Tokyo University of Mercantile Marine

Yukihito IJIMA

1. ま え が き

1990年5月20日から26日の間大阪において第27回PIANC (国際航路会議) が開催された。PIANC は前回1985年ブラッセルで行われた第26回大会が百周年であったから、百年以上の歴史を持つ航路、港湾に関連する国際的技術会議であるが、アジアで開催されるのは初めてである。

この背景には、日本のこの分野の発展は世界中の専門家によって興味があること、アジアで初めて開催されることにより、アジア地域のPIANCの活動への関心の喚起と参加の促進ができること、さらに最近の日本の経済発展が各国の参加の意欲をわかせたことなどがあったものと思われる。したがって日本政府総裁に皇太子殿下を戴き、開会式には殿下の御臨席を賜り、開会式に引続いて「交通路としてのテムズ川」と題

して特別御講演を戴いた。殿下は長らく水上交通について御研究しておられ、学習院大学御在学中は日本中世の海上交通について、また、オックスフォード大学御留学の折には「18世紀におけるテムズ川の水上交通」について御研究になっておられるので、この分野では専門家であられるが、各国の代表は、そのお話しぶりと、自分達の専門分野である水運についての学識の深さに大きな感銘を受けたようだった。

大会を盛り上げるイベントも盛沢山で、大阪港および関西国際空港建設状況や明石大橋の建設などの大型プロジェクトの海からの視察、「日本丸」、「海王丸」の見学、「国際花の博覧会」の見学等を行い、さらにレセプションやパーティーの席では、能、狂言の鑑賞、茶道、華道、着物の着付けなど日本文化の紹介なども行われた。

PIANC は団体会員681、個人会員2,068人と世界の



図1 皇太子殿下の御講演

大多数の国が加盟しているため、今回の大阪大会も外国人623名、日本人516名と、日本で開かれた会議であるにもかかわらず外国人の多い異例の会議で極めて成功裡に行われた。

筆者は「航行安全の改善策」という分科会の Reporter general：総括レポートということでこの会議に参加したので、PIANC 大阪大会の模様を報告する。

2. PIANC とは

PIANC (Permanent International Association of Navigation Congresses) は1985年ベルギーにおいて開催された第1回国際内陸航路会議を、その出発点としている。これは19世紀後半のヨーロッパの国際情勢に対応し、航路の国際的管理に対する必要性の高まりから開催されたものであるが、内陸航路のみでなく外洋航路も検討されるようになった。1902年の第9回会議においてヨーロッパ20ヶ国政府の資金援助を受けて今日の PIANC の姿が確立された。その後本会議は2度に亘る世界大戦による長期間の空白を乗り越え1985年に開催された第26回会議で百年を迎えたのである。

PIANC の本部は発祥の地ベルギーのブラッセルに置かれ次のような活動を行っている。

1) 活動目的

人類福祉のために、内陸航路、外洋航路、港湾、漁港及び沿岸域の設計、建設、改良、維持、運営の発展を図り、もって内陸及び海洋における船舶航行の維持、運営を推進する。

2) 運営方法

PIANC の活動の基本方針は、年1回開催される各国の政府会員により構成される常設国際委員会において決められる。決定にあたっては年2回開催される各国の政府会員代表が構成する評議会において事前審議され、その執行は執行委員会が行う。

PIANC はその目的を達成するために4年に1回国際航路会議が開催されるほか、技術課題等を調査、研究するため、常設委員会、常設開発途上国協力委員会などが設けられている。この組織図を図2に示す。

3) 会員

政府会員、団体会員、個人会員および終身個人会員より構成されており、それぞれ会費を納入することにより会員となることができる。

4) 活動内容

PIANC はその目的に沿った多様な活動を展開しているが、その中で定期的に行われている活動は次の通りである。

a. 国際航路会議

これは通常4年に1回開催される会議で、内陸航路、外洋航路、港湾、漁港及び沿岸地域に関する研究成果の発表・討議が約1週間にわたって行われるものである。さらに技術的に興味深い港湾、漁港等の技術視察も併せて企画されている。

b. 常設技術委員会

この委員会は通常年2回開催され、内陸航路、外洋航路、港湾、漁港及び沿岸地域の調査研究に関して、

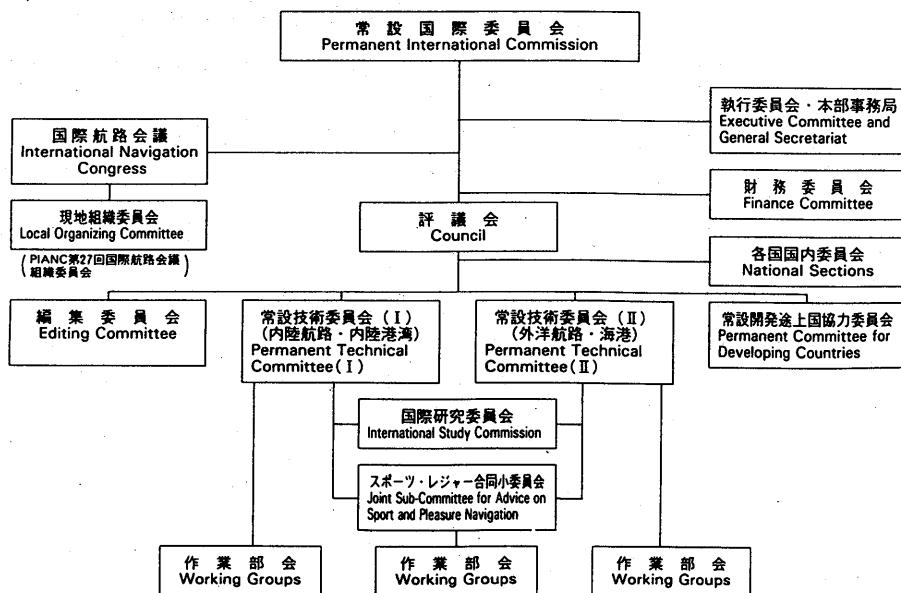


図2 PIANC の組織

活動方針の企画立案を行っている。

具体的な研究活動は、常設委員会の下に会員有志から成る作業部会が設置されて実施されている。現在活動中の作業部会は、内陸航路開発の経済効果、航路の断面と配置、港湾埠頭施設の開発、スポーツ・レジャーにおける環境問題等31の作業部会がある。

C. 常設開発途上国協力委員会

この委員会は通常年2回開催され、開発途上国問題に関してPIANCが貢献し得る分野、役割について研究し、具体的な活動の企画及びその実施の促進に当たることを目的としている。

最近の活動は開発途上国の港湾が抱える技術上の問題の一つが、施設の維持にあることに着目して、途上国向けの指針となるハンドブックを作成する計画が進められている。また1987年にモロッコで初めてセミナーが開催され、1991年にはインドネシアのスラバヤにおいて第2回のセミナーの開催が計画されている。

d. 機関紙の出版

PIANCの機関紙「Bulletin」は、会員に技術情報を提供すると共に、PIANCの活動状況を報告する目的で年4回会員に配布されている。

e. グスタブ・ウイレム賞

グスタブ・ウイレム賞は、前PIANC会長であったグスタブ・ウイレム氏の貢献を記念して各国会員の拠出金をもって1983年に設立され、35歳未満の若い技術者の秀れた研究に対し授与されている。

3. 我が国とPIANCとの係わり

我が国は、我が国の港湾技術の向上、発展を計るため、運輸省が1952年閣議決定を経て政府会員としてPIANCに加盟し、さらに水産庁が1965年に政府会員として加入した。以来国際航路会議、常設国際委員会等の各種会議及び調査研究活動に積極的に参加し、諸外国の港湾、漁港、航路関係者との意見交換及び技術

	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	24:00
5/18 (金)						執行委員会 P C D C								
5/19 (土)		P	I	C	PIC昼食会						PIC晩餐会			
5/20 (日)	国際国内委員会 総務局長会談		分科会委員会		開会式	PMMA				歓迎 レセプション				
5/21 (月)		分科会				PCDCパネルディスカッション PTC作業部会特別会議				歓迎 レセプション				
		同伴者プログラム(京都観光)												
5/22 (火)		分科会						花博						
		同伴者プログラム(料理教室)												
5/23 (水)		分科会				展示会		帆船	海遊館					
		同伴者プログラム(文化教室)												
5/24 (木)		分科会				ジャパン・テクニカル・セッション					日本のタペ			
		同伴者プログラム(奈良観光)												
5/25 (金)		分科会				技術視察								
		同伴者プログラム(大阪観光)												
5/26 (土)						全体会議 (I, II)	閉会式					晩餐会		

図3 プログラムスケジュール

情報の収集に努めると共に、我が国の研究成果等の発表も行ってきた。1978年には各国の強い要請を受けてPIANCの常設国際委員会を初めてアジアの東京で開催し、18ヶ国から106名の参加を得た。この国際委員会の東京開催を契機として、我が国におけるPIANCの活動の一層の活発化を計るためPIANC日本国内委員会が1977年に設立された。

国内委員会の活動目的は、PIANCの目的を達成すること、PIANCの日本国内における活動に協力すること、日本国内においてPIANCの目的及び活動について関心を高めることである。1990年2月現在団体会員50、個人会員150名を数えている。

我が国における主なPIANC活動は以下のとおりである。

- 1) 調査研究活動
 - a. 国際油槽船委員会 (1961～1969)
 - b. 波浪研究委員会 (1979～1980)
 - c. 防舷材研究委員会 (1978～1984)
 - d. 大水深捨石防波堤の安全性作業部会 (1981～1983)
 - e. 港湾埠頭施設作業部会 (1984～1987)
 - f. 航路の断面と配置作業部会 (1983～)
 - g. 捨石防波堤の解析作業部会 (1986～)
 - h. 漁港計画作業部会 (1988～)
 - i. 浚渫土の有効利用と水面下投棄 (1987～)
 - j. 港湾内の航路に関する容量シミュレーションモデル作業部会 (1988～)
- k. 海洋環境下におけるフレキシブル護岸 (1987～)

2) 開発途上国に対する協力

- a. メンテナンスハンドブックの作成
- b. 開発途上国港湾関係者の国際航路会議出席に対する資金援助

4. 技術会議

技術会議は主として研究発表会であり、図3に示すように6日間にわたり、図4に示すように12の分科会があり、26ヶ国、2機関から合計121編の論文が紹介された。紹介といったのはPIANCでは分科会の運営方法は詳しく定められており、普通の研究発表会とは異なり、論文執筆者が発表するのではなく、その分科会の全論文をReporter generalが紹介・発表するのである。それに対して執筆者から補足説明があれば、短時間それが許され、さらに討論が行われる。これらの論文と討論の結果をまとめてReporter generalは全体会議で報告し、異論がなければ国際会議の結論として採択される。したがってReporter generalの役割りは重要でまた大変な仕事でもある。

小生の担当した分科会はSⅡ-1「航行安全の改善策」で、表1のように8ヶ国とIALAから11の論文が提出された。詳しい内容は省略するが、これらが大別すると次の三つのカテゴリーに分けることができる。

論文テーマ	国名	オーストラリア	ベルギー	ブラジル	カナダ	チリ	フランス	ドイツ	ギリシア	インド	イタリア	日本	オランダ	ノルウェー	ポルトガル	スペイン	スウェーデン	英国	米国	ソ連	ユーゴスラビア	その他	合計
SⅠ-1 最新技術を利用した内陸水路の航行管理の改善				○	○	○	○	○			○	○	○		○		○	○	○	○			13ヶ国
SⅠ-2 最近の内陸水路の水結対策					○	○		○			○	○			○				○	○			8ヶ国
SⅠ-3 内陸水路の多目的利用の動向				○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○				○	○			12ヶ国
SⅠ-4 内陸水路における水質・底質改善の動向		○				○	○	○			○	○		○		○		○	○	○			12ヶ国
SⅠ-5 スポーツ・レジャーのための航行支障施設の動向							○				○	○	○	○		○		○	○	○			9ヶ国
SⅡ-1 航行安全の改善策		○				○	○				○	○		○		○		○				IALA	8ヶ国1機関
SⅡ-2 海洋工学の最近の動向		○						○	○	○	○			○		○							8ヶ国
a) 海岸保全		○						○						○		○							6ヶ国
b) 海岸保全のための環境問題		○					○						○		○			○					8ヶ国
c) 汚泥処理		○	○								○												3ヶ国
SⅡ-3 港湾及び沿岸の構造物の設計、建設及び維持管理		○	○	○	○		○				○	○	○	○	○	○	○	○	○				16ヶ国
SⅡ-4 港湾及び沿岸計画の動向		○					○	○				○	○		○	○		○	○				11ヶ国
SⅡ-5 開発途上国におけるコンテナ輸送		○	○			○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○					12ヶ国

IALA: 国際航路協議会

図4 論文提出国一覧 (26ヶ国2機関121編)

表1 分科会II討論テーマ1：航行安全の改善策

	国 名	論文名
1	ベルギー	狭水路における船舶航行監視の水理気象 —軟泥地域の高図水深との関係—
2	フィンランド	シミュレーション・データを使用した航路の安全性の評価
3	フランス	part1：泥質水路における航行の安全性 part2：水位予測システムの構築 part3：海上交通システムの理念に関する最近の研究
4	日本	湾内における航路ネットワークの安全性評価
5	オランダ	オランダにおける海上輸送の安全性
6	ポーランド	係船システムにおける風力分布
7	スペイン	スペインにおける波浪観測ネットワーク (REMRO)
8	英国	船舶の入出港に関する技術
9	国際航路標識協会 (IALA)	VTSに係るIALA技術委員会の研究

分科会I討論テーマ1：最新技術を利用した内陸水路の航行管理の改善

	国 名	論文名
1	カナダ	水路の交通管制—WELLAND 運河の交通管制システムの発展
2	チェコスロバキア	LABE—VLTAVA 水路の交通管理の手法
3	フィンランド	遠隔操作される閘門と可動橋について
4	フランス	現代的な方法を用いた内陸水路の交通管理の改良
5	西ドイツ	NEEDERRHEIN 川における河川の流れの監視のための今後の考え方；陸 上設置のレーザーシステムの応用による測深精度の向上
6	イタリア	無人化閘門の遠隔操作と自動化—PADAN—VENETIAN 水路への適用
7	日本	日本における狭水路の航行安全対策
8	オランダ	内陸水路の設計と管制の現代的な方法
9	ポーランド	内陸水路における船舶交通量をふまえた閘門の最適な選択
10	スウェーデン	狭い内陸水路における船舶の航行とその安全 —TROLLHATTE 運河における実際の適用
11	米国	MELVIN PRINCE 閘門およびダムのコンピュータ化されたコントロール システム
12	ソ連	ソ連における河川交通の管理の方法
13	ユーゴスラビア	交通容量、荷役施設および倉庫を最適化するための貨物港湾の数理モデル化

分科会I討論テーマ2：最近の内陸水路の水結対策

	国 名	論文名
1	チェコスロバキア	チェコスロバキアにおける運河化された LABE 川, VLTAVA 川の冬季交 通
2	フィンランド	SAIMAA 運河と SAIMAA 湖の冬季交通における水結問題
3	西ドイツ	第1部：氷の荷重に対する、構造物の諸元の原則 第2部：ELBE 川を事例とした河川利用の水結対策
4	日本	港湾、沿岸および潟湖における水結対策
5	オランダ	オランダにおける RHINE 河とそのデルタ地帯における氷の生成
6	ポーランド	河川や運河における氷の生成と流れの状況や航行に与える影響
7	米国	内陸水路における氷の状況
8	ソ連	結氷下における航行

分科会Ⅰ討論テーマ３：内陸水路の多目的利用

	国 名	論文名
1	カナダ	水力発電を含む多目的利用水路における航行に対する水位と水量の規制の課題
2	チェコスロバキア	チェコスロバキアにおける水路の多目的利用と DANUBE—ODER—ELBE システムの計画における多目的利用のあらまし
3	フランス	水理ネットワーク理論にもとづく運河航行中の船舶の後流と抵抗モデル化 第１部：水路の多目的機能の紹介 第２部：航行以外の分野の水路の経済的重要性の定量的評価 第３部：航行ルートにおける洪水制御 第４部：エコロジーに配慮した水路の開発，保全計画
4	東ドイツ	
5	西ドイツ	
6	インド	
7	イタリア	IWT による重量かつ分割不可能な貨物の輸送のケーススタディ Po 河の状況
8	オランダ	自然の水資源の利用における利害の衝突
9	ポーランド	航行と水資源開発における多目的水路開発の影響
10	ポルトガル	DOURO 川水力発電開発
11	米国	多目的水路
12	ソ連	ソ連の水路の複合利用

分科会Ⅰ討論テーマ４：内陸水路における水質・底質改善の動向

	国 名	論文名
1	ベルギー	汚染された河川における水底に設置したシートによる水質汚濁防止
2	フィンランド	ポンプ浚渫の余水の高度な浄化
3	フランス	可航水路における水底質—Rhone 川と Saone 川
4	東ドイツ	港口部の水理模型実験
5	西ドイツ	河川を水路として使うことによる水質，底質および生物に対する影響
6	日本	日本における水域環境改善プログラム
7	オランダ	有害底質と河川の改修の水域環境に与える影響
8	ポーランド	河口部の環境を保全するための水理／気象監視システム
9	スペイン	事故による汚染の水流中での伝播
10	米国	可航河川および運河システムへの環境への影響：英国の経験
11	米国	処分場の選択，評価手法およびしゅんせつ土砂の管理
12	ソ連	河川水路の水質とたい積汚染物質の航行への影響

分科会Ⅰ討論テーマ５（共通）：スポーツ・レジャーのための航行支援施設の動向

	国 名	論文名
1	フランス	フランスにおけるスポーツ・レクリエーション航行の現況
2	日本	日本における海洋性レクリエーション航行と政策の展開
3	オランダ	オランダ—水の国，オランダにおけるレクリエーション航行と政策の展開
4	ノルウェー	ボックスタイプの浮防波堤に作用する波力と係留力の模型実験について
5	ポーランド	ポーランドのヨットハーバー
6	スペイン	マリーナのためのトレンチタイプの防波堤
7	英国	イギリスにおけるビレッジマリーナの考え方
8	米国	アメリカにおけるスポーツ・レクリエーション航行のための支援施設の計画，設計，利用の最近の動向
9	ソ連	水位差のある区間における小型高速船舶のための通行施設

分科会II討論テーマ2 トピックa：底質（砂，シルト）の移動，海岸相に与える海上工事の影響，養浜

	国 名	論文名
1	ベルギー	ベルギー西海岸における漂砂，養浜および海上工事の影響
2	西ドイツ	砂丘島 Wangerouge における外部影響力とその保全手段
3	ギリシア	ギリシアの海岸相に与える港湾工事の影響
4	イタリア	Lido Di Ostia（ローマ）における養浜
5	日本	日本における海岸保全技術の開発
6	ポーランド	漂砂の数学物理モデルと海浜発達
7	ポルトガル	ポルトガル海岸の漂砂問題
8	英国	英国における海岸管理と海岸保全技術の動向

分科会II討論テーマ2 トピックb：海岸，砂丘，洲およびさんば礁の防護のための環境に配慮した解決策

	国 名	論文名
1	ベルギー	深海測量とリモートセンシングの両技術を用いた海岸および砂丘形態変動の監視
2	フランス	沿岸工学の諸問題
3	オランダ	最近建設された沿岸構造物の環境に及ぼす影響
4	ポーランド	沿岸保全に関する基本問題
5	スペイン	沈船の固型バラ貨物の海岸への拡散
6	米国	港口における砂のバイパス供給

分科会II討論テーマ2 トピックc：汚染されている浚渫土の処理および処分

	国 名	論文名
1	ベルギー	汚染物質の浚渫と処分に関する総合戦略
2	カナダ	北米五大湖における汚染浚渫土の取扱い
3	日本	水俣港における水銀汚染スラッジの処分

分科会II討論テーマ3：商港，漁港および海洋における構造物

	国 名	論文名
1	オーストラリア	コンクリートの破損を受けた岸壁の補修
2	ベルギー	商港における施設設計，建設，監督，改善の経験 part1：ゼーブルジー港の大水深岸壁の設計と監督 part2：アントワープ港のコンテナ埠頭建設 part3：ウーステン港の古い岸壁の改良
3	カナダ	航路を横断する橋梁の保安システムに関する新しい理念
4	キプロス	重要港湾の舗装に用いられる鋼繊維補強コンクリート
5	フランス	各種構造物の設計概念，建設工事と維持管理
6	イタリア	イタリア南部プリンディシにおける新しい防波堤
7	日本	新形式防波堤の最近の開発状況
8	オランダ	ロッテルダム港の新航路における防潮堰
9	ノルウェー	オルビスサンド漁港の防波堤の延伸
10	ポーランド	近代化港湾における水工構造物の現場試験と安定解析
11	ポルトガル	多目的雑貨埠頭の設計と建設工事
12	南アメリカ	テーブル・ベイ港の主防波堤の再設計，補修と監視作業
13	スペイン	主要乾バラ貨物取扱装置の改良規準
14	スウェーデン	碎波帯相似パラメータについての考察
15	英国	商港・漁港における構造物 part1：ブロック積岸壁 一途上国における設計，工事と供用一
16	米国	part2：フェリクスストウ港における岸壁の増深と整備 港湾施設の耐用年数の改訂のための調査と維持管理

分科会II討論テーマ4：港湾および沿岸域計画

	国 名	論文名
1	ベルギー	港湾の革新プロジェクトの完成事例
2	フィンランド	輸出入貨物輸送の最適化
3	フランス	一港湾施設の集中、分散の国家的見地からの効果一 part1：古い港湾区域の再開発による新しい都市機能の創出 part2：港湾情報管理システム part3：港湾のシステム設計と管理評価のシミュレーション・モデル
4	西ドイツ	海港革新のための技術とシステム
5	日本	都市港湾整備期の到来
6	ノルウェー	ノルウェーの沿岸陸域、水域における諸計画
7	ポーランド	コンテナ埠頭、Ro-Ro 埠頭の近代化計画
8	ポルトガル	港湾と沿岸域計画
9	スペイン	バレンシア港におけるコンピューターの導入
10	英国	ダル・エスサラム港の整備 一荷動きパターンの変化への対応一
11	米国	港湾の変革の方向

分科会II討論テーマ5：発展途上国におけるコンテナ輸送

	国 名	論文名
1	ベルギー	開発途上国に注目した内陸水路輸送効率の基礎的解析手法
2	ブラジル	コンテナ産業とその環境への影響
3	フィンランド	空コンテナの港湾における問題点
4	フランス	途上国におけるコンテナ化の問題点と操作訓練プログラム
5	インド	インドにおける海上輸送と港湾開発
6	日本	途上国における港湾政策に及ぼすコンテナ化のインパクト
7	オランダ	リスク・アナリシスの港湾の計画、設計、管理運営への適用
8	パキスタン	カラチ港の荷役作業の改善
9	ポーランド	途上国港湾におけるいくつかの問題点 part1：2 次的な港湾における構造物の調査、維持、補修、改良 part2：部分的に航行可能河川における水陸輸送システム
10	スペイン	途上国に固有な複合輸送の問題
11	英国	ペラワン（インドネシア）港の整備
12	米国	フィーダーポートへの選択

カテゴリー1：底質ヘドロの航路を航行する船の喫水と速力の問題

カテゴリー2：気象状況と水位；潮流等に関する問題

カテゴリー3：海上交通管理と航路の問題

他の分科会については出席していないので内容はわからないが、参考までに論文名のみ挙げておく。

5. あとがき

PIANC 大阪大会は、PIANC 百余年の歴史の中で初めてアジア地域で開催された記念すべき大会で、その意義も大なるものがあつた。その意義は次のように集約されることができよう。

- 1) 討議、意見交換によって今後開発すべき港湾、漁港及び航路に関する有益な技術、情報が得られた。
- 2) 技術視察やジャパン・テクニカル・セッションを通じて、我が国の技術水準について各国関係者の認識を高め、これにより国際的会合において我が国の地位

を高めることができる。

- 3) アジア地域からの多数の参加者により、これら諸国の港湾、航路整備の促進に対する認識が深まり、アジア諸国の経済発展に寄与する。

等であるが、以上は自画自賛の感なきものであるかも知れない。面白いのは本大会終了直後にオランダ国内委員会で簡単なアンケート調査が行われ、表2に示

表2 オランダのアンケート結果

質 問	最高点数	平均点数	最低点数
会議の運営	10	9.1	8
分科会テーマの選択	8	7.3	6
分科会論文の内容	7	6.4	5
分科会での質疑応答	8	6.2	4
結論の内容	7	6.3	4
連絡折衝の機会提供	9	7.5	6
出席者の得た満足感	8	6.9	6

すように10点満点で評価が与えられた。これを見れば必ずしも大成功だと主催者側が嬉んでばかりはおれないかも知れないし、多少マンネリになっている会議自体の内容も反省しなければならないかも知れない。

論文一覧からもわかるように PIANC の主要議題は

土木工学の分野が主で、航路会議となっても船舶関係、特に航海関係のものは関係が薄いようである。したがって、電波航法研究会にはなお遠い存在かも知れないが、会員の中には興味を持たれる方も居るものと思われ、筆をとった次第である。

ION GPS-90 に出席して

東京商船大学講師 (株)トリンブルナビゲーション技術顧問

木 村 小 一

The Report of the International Meeting of ION GPS-90

Lecturer, Tokyo University of Mercantile Marine
Consulting Engineer, Trimble Navigation (Japan) Ltd.
Koichi KIMURA

1. はじめに

ION GPS-90 は、ION (アメリカの航法学会 (The Institute of Navigation) の衛星研究部会 (Satellite Division) が主催して、Global Positioning System (GPS) をテーマに1990年に開催した国際シンポジウムを意味する。この国際シンポジウムは1990年9月19日から3日間、アメリカのコロラド州のコロラドスプリングスで開催され、それに出席する機会があったのでその概要について報告する。GPS に関しては、民間では現在は航法以外の測地・測量などの分野での利用の方がむしろ盛んである。そのため、航法を含めたそれらに関する多くの研究集会がアメリカだけでなく世界各国でも開催されている。このIONの会合はそれらの中心的なものであり、その発表論文には、注目すべきものも少なくない。会議の論文集は、かなり遅れて最近手に入ったので、余り参照できなかったが、出席した印象を中心に報告する。

ION GPS-90 までの動向

今回のシンポジウムは、国際シンポジウムとしては1988年以来、毎年同じコロラドスプリングスで開催さ

れ、今回はその3回目であるが、同種の会合が、その前年の1987年に第一回の技術ミーティングとして同じコロラドスプリングスで開催されているので、実質的には4回目である。これらの会合では、数か月後に論文集が発刊されている。それらによって現在までの経過を見てみると、表1にある通り年々論文集、参加者とも増加し、ことに今回は、格段と盛会になっていることが分る。学生論文というのは、1988年以降、大学院生を含む学生論文の競演があり、英国やカナダの大学などからの応募もあって、最終的に優秀論文の表彰が行われているものである。この学生論文は、前2回は別冊になっていたが、今回は本論文と一冊になっている。括弧内は学生論文の別冊のページ数を示した。

これらの論文の内容を、ION GPS-90 のセッション別に分類すると表2になる。年によってセッションの

表1 発表論文数と参加者数

開催年	論文数	学生論文数	論文集の頁数	参加者数
1987	38	—	294	470
1988	61	6	519(112)	520
1989	65	4	492(68)	690
1990	82	7	767(学生論文とも)	950

表2 発表論文の分野別の分類

発表年	展望と現状	受信機	測量	時刻伝送	電波伝搬	民間利用	国際的開発	試験レンジ	インテグリティ	総合航法	ディファレンシャルGPS	軍用	予備	学生	計
1987	2	10	1	—	—	5	1	—	5	7	4	3	—	—	38
1988	7	6	8	6	—	6	6	—	6	5	4	7	—	6	67
1989	2	7	4	3	6	9	5	5	6	6	7	4	—	4	69
1990	3	6	7	5	3	8	7	6	8	7	7	8	7	7	89

分類も少しずつ異なっていると、各セッションの論文数を平均化するための無理な分類もなされているようであるが、ある程度の研究の傾向が明らかになると思われる。また、受信機関係（民間利用と軍用のセッションにも受信機関係が含まれている）、ディファレンシャル GPS、航空利用のためのインテグリティ問題などかなりの論文が集中していることが分る。時刻の伝送や測地・測量関係は、他にも発表の場が多くあることと、この学会が航法学会であることを考慮する必要があるだろう。今回の場合、この前の週（9月10～13日）には、カナダのバンフで、「KIS 1990、測地、測量とリモートセンシングにおけるキネマティックシステムの国際シンポジウム」が、また、前々週（9月3～7日）には、同じくオタワで「GPS' 90、GPSによる高精度測位の第2回国際シンポジウム」が開催されていることなども考慮する必要があるだろう。それにしても、3週連続にも拘らず多数の人が参加したものである。

ION GPS-90 の概要

ION GPS-90 の開催地であるコロラドスプリングスは、デンバーの南、約100kmにある。高地であるために、陸上長距離選手の練習の地であり、オリンピック訓練センターもおかれ、わが国の男女選手の合宿も行われたことがある。街の東方、約10kmにヘンダーソン空軍基地と隣接した空港があり、数社の中型機が毎日数便乗入れている。筆者の場合、ユナイテッド航空を利用したので、デンバー乗換えてほんの十数分の飛行であった。

会場は、街の東西の景勝の地にあり、ゴルフ場などの施設をそなえた高級リゾートホテル Broadmoor Hotel の付属の大きな会議場（Colorado Hall, International Center, South と North）を3室使用し、主会議場である Colorado Hall のロビーでは30数社の展示も行われた。

毎年の例の通り、シンポジウムは水曜日から金曜日の午前中までで、月曜日と火曜日は街に近い別のホテル Red Lion Inn で学会に近い組織で、学会関係者である権威者が講師を勤める Navtech Seminars 社のセミナーが行われた。この Red Lion Inn の近くのもう二つのホテルも指定され、会議場とこれらのホテル間は15分おきにバスの巡回サービスがあり、比較的安価なホテルを利用しても交通の心配はなかった。

特別のイベントを先に述べておくと、初日と三日目には昼食会があり、初日は、大会委員長の簡単な挨拶だけであったが、最終的なのは、事実上の閉会式であって、各種の表彰が行われたはずであるが、筆者は後の

スケジュールの関係で中座したのでここではその様子は報告できない。2日目の夜はディナーパーティで、この学会の恒例のようであるが、インフォーマルな服で来いというパーティであり、今回は街中のアイスアリーナを借り切り、観覧席の各所で飲物のサービス、食事は交代で上のクラブでのバイキング、その間にスケートの自由滑走とアイスショー2回の予定であったが、にわか編成のチームによる靴ばきでのアイスホッケーが始まり、とうとうショーは1回だけになってしまった。

このシンポジウムがコロラドスプリングスで開催されてきた理由は、その東方の郊外にあるファルコン（Falcon）空軍基地に GPS の主制御局が置かれていて、その見学会が1987年から恒例になっていたからである。今回は、予め登録された人だけについて水曜日の午後と金曜日の午前と午後の3回行われることになっていたほか、初めて、北方の郊外にある空軍士官学校（Air Force Academy）などの見学ツアーも実施された。筆者は1988年に、Falcon 基地を見学しているので今回はこの企画には参加しなかったが、その際の様子では、ここは空軍の通信・航法・監視（CNS）のいろいろな衛星システム（各種の通信衛星、GPS、早期警戒衛星、気象衛星）の集中管理センターであって、その出入りは相当やかましうであった。その際の見学では、まず、スライドでセンター全部の業務を説明した後、衛星のハウスキーピングを担当している GPS のミッション管理センター室と GPS 衛星の航法機能を管理している制御センター（こちらのほうは見学室から）とを見せてもらっている。

この基地は日本からは何人かの自衛隊関係者と訪れているようで、そのときの記念品が展示されていた。

なお今回は、はじめてわが国から取消し一つを含めて、4論文の申込があった。

開会式と GPS の展望と現状

開会式では衛星研究部会長の Dr. B. W. Parkinson、大会委員長の Dr. R. Kalafus、学会長の K. D. McDonald（1989年の大会委員長）の3氏の挨拶があった。Parkinson 氏は、来年の開催場所に触れ、次回はニューメキシコ州のアルバカーキで開催することになったから期待してほしいと述べた。引続いたセッション1の最初の「GPS の展望と現状」は、恒例により JPO（Joint Program Office）の室長らがシステムの現状を述べたが、ブロック II R 衛星の製作の現状の他は特に新しい情報はないように思われた。次の「運用制御部分」の講演は、「GPS の利用者システム」に差替え（論文集の目次はそのままになっている）になり、軍用と

しての利用者装置の調達スケジュール、運用試験の現状、マンパックと小型機用の装置の計画などが述べられた。3番目は、国防省本省のMcNeff中佐(代理)の「政策の展望」で、SAやASについての政策、ディファレンシャルGPSは評価中で、国防省は何等かの制限を考えるかもしれないなどを述べ注目された。このセッションまでは、主会場のみで行われ、数百人分用意されていた椅子が足らず、周囲に多数の人が立って聴講していたが、参加者が予定より多かったことの証拠であろう(この3発表のみは論文集にはOHPの写しのみが掲載されている)。

この後は、2会場または3会場が並行して進行し、前述のように当日は原則として予稿もない(発表者は200部の予稿を用意し、発表後に希望者に配布することを義務づけられているとのことであるが、その完全な入手は不可能である)ので、このシンポジウムの全貌を紹介するには、後日90を超える論文をまとめる必要がある。そこで、以下にいくつかの筆者が興味をもった論文を中心に紹介を進めていく。筆者名と表題は省略したので、詳細は論文集を参照されたい。

GPS受信機、民間利用、測量、時刻伝送と電波伝搬のセッション

セッション2(受信機のハイライト)では、まず、座長のMcDonald氏が彼がこの学会の1月の技術ミーティングで発表した測量用の受信機のチャンネル数、質量と価格の傾向についてかなりの時間を使って述べた。次いで、英国からのインマルサット標準CとGPS受信機との共用部分の検討の報告の後、英国からのGPS受信機とインマルサット標準Cの組合せ装置の問題点、Trimble NavigationのPコード使用の測量用受信機、フランスからの航空機用受信機、MagnavoxのMX-4200受信機、Trimble Navigationの航空機用のロランCとの組合せ受信機の3000型などの新製品(論文なし)、CollinsのSpinsat受信機、FURUNOのGP-500受信機とGP-1500プロッタ、英国の海軍用の受信機の発表があった。

翌日のセッション6(民間利用)もそのいくつかは受信機関係で、その冒頭に日本無線の自動車用の受信機、受信機のマーケティングが発表された他、このセッションでは、GPSとロランCの共用問題、静止衛星によるGPSの補強問題(このテーマは他のセッションのフランスからの発表にもある他、インマルサットからの発表でも触れている)と北大西洋航空路におけるGPSによる衛星利用の自動従属監視(ADS、機上のGPSの位置のデータを移動体通信衛星で管制センタに自動送信するシステム)の利用で、衛星の故障時

も含めて、衝突の危険度と管制間隔の検討が報告されている。

セッション3(測量)と4(時刻伝送)にも興味のある論文があるが、聴講の機会がなかったので省略する。セッション4には、衛星搭載の原子標準の論文も含まれている。

セッション5(電波伝搬)の座長は空軍研究所のKlobuchar氏で、1周波数での電離層補正方法の発案者である。

国際システムの開発とその将来および試験レンジのセッション

二日目の午前は、専らセッション7(国際的開発と将来)を傍聴した。座長は英国のLeeds大学のDaly教授で、まず自ら最近のソ連のGLONASSシステムの傍聴結果を報告した。同システムは1990年8月現在で8衛星が運用されて、システムとしては、1990年6月20日にGLONASS時間がモスクワ標準時からUTC(SU)(モスクワの協定世界時)に変更されたとして、各衛星の時計の動きも説明した。MagnavoxのGPS/GLONASSの使用の大半は、すでに会誌に発表されているGPS/GLONASS両用受信機(NAVIGATION誌1990夏号所載)と同じ報告であった。前に触れたインマルサットのGPSへの静止衛星上乗せのその後の研究結果がここで発表された。これは、インテグリティ情報送信のシステム構成を全世界と北米に限ったものについて検討し、また、送信のフォーマットについて考慮したものである。わが国の宇宙開発事業団と東芝との共同発表は、計画されている無人の宇宙往還機HOPEとそれに搭載されるGPS受信機とその利用計画などについてであった。インマルサットからの報告として、インマルサットが大西洋で現在実験送信しているインマルサット衛星からのGPSと同様の信号の地球局での作成の性能向上とその結果が示された。この性能向上は、衛星への送信と受信を閉ループにすることで衛星からの送信を衛星上の原子時計の制御と同じ効果をとるために行われた。インテグリティ情報送信実験のための海岸局装置の改造がまだ残っている。アメリカのコムサット(COMSAT)社からは、インマルサットの解説的な説明にかなりの時間をとったのち、COMSATが開始したインマルサット大西洋衛星からメキシコ湾の船舶へのディファレンシャル補正値の放送とその全米の海域への拡張の計画を述べた。

別室でのセッション8(試験レンジ)は、ミサイル、航空機などの試験場の計装を中心としたセッションで、GPS Translatorに関するものが多かった。このTranslatorはミサイルなどの上では、衛星からの信号

を受信するが、受信したそのままの形で地上へ向けて再送信する装置で、測定と計算は地上で行うものである。

インテグリティと総合航法のセッション

二日目の午後は、セッション9（インテグリティ）を中心に聴講した。周知の通り、インテグリティの解決法には、地上で衛星の信号をモニタして、衛星の故障を利用者に放送するGPSインテグリティチャンネル（GIC）と受信機の中で衛星の故障を感知する受信機自立インテグリティ監視（RAIM）とがあり、後者の冗長性の測定のためにGPSとGLONASSの共用が進められている。GICのシステム提案者の報告、GICとRAIMに加えた3番目の方法として、本来のモニタ局と主制御局を使用するSATZAPと呼んだ方法の提案、GPSの制御部分の建設を担当したIBMからの、ブロックII衛星と運用制御部分によるインテグリティ機能について報告があった。RAIMの場合の多くは、数式を伴う論文が多いが、GPSと慣性センサとによるRAIMのアルゴリズムとその期待特性などがそれである。連邦航空局（FAA）がMITのLincoln Lab.に研究委託をしているGPS/GLONASS共用受信機の開発とその運用上の問題点の第1報では、共用システムのカバレッジと測位データの質を調査する目的でGPSの測定をして、たまたまその時期に行われた選択利用性（SA）の統計的な性質から明らかにされている。

総合航法のセッションの論文のほとんどは、慣性航法（INS、IMUまたはIRS）との総合であるが省略する。

ディファレンシャルの考え方と軍用のセッション

3日目は、主な行事は昼までで、セッション12（ディファレンシャル）を聞いた。座長は、コーストガードの研究開発センターの方で、取消し論文があったせいもあって、約20分間、座長席から議題にないコーストガードにおけるディファレンシャルGPSの開発の現状を述べた。アメリカの港湾における航法精度の要求が8～20m（2 rdm）s）であり、ディファレンシャルGPSはそれに対応して開発されており、その構成を示し、利用者で重要なのはそのディスプレイである。RTCMの送信のフォーマットが2.0版に改正された。現在、Montaukの中波の電波標識で補正値の放送実験が行われていると報告した。その後の発表順序も一部変更になり、まず、ドイツからディファレンシャルGPSを使用する航空機の進入の実験結果が報告され、4番目に発表されたオランダからの同じような報告と

ともに、航空機の進入実験がアメリカ以外から報告されたことは興味が深い。Stanford大学からの報告の一つは、広域のディファレンシャルシステムで、そのためアメリカ全土の電離層遅延値の等高線を描く形で適用した計算機シミュレーションの結果である。Stanford大学からはもう1件、フィルタの利用に関する報告があり、この両発表は発表者がいずれも東洋人であった。ディファレンシャル補正値の放送に使用される電波システムを幅広く上げてその長所と短所を比較した論文が発表され、また、JPLからは、衛星軌道誤差と位置誤差の関係を、理論的に検討してシミュレーションをした結果が報告された。

軍用のセッションが別会場で行われていたが、省略する。

ま と め

以上、聴講した論文を一行程度にまとめたものを中心に、ION GPS-90の概要を報告した。初めに述べたように、この大会の論文集は750ページを超える大部なものになっており、年々それは増ページされているのでこの小文で会議の全容は語りにくい。詳しくは論文集を参照されたい。前述したように、主会議場の前室で約30社の展示が行われ、出展は各種のGPS受信機その他、測定器、衛星製造者、ソフトウェアなどで、このほうも前年の5割増しで、初日の夜はこれら出展者によるカクテルパーティが開催された。会場が狭いのでどうなることかと心配したが、主会議場の数百の椅子が1時間ほどの間に片付けられ、つまみもののカウンターが設営され、舞台では楽士1人のロックの演奏があるなど例年と異なった趣向であった。3日目の午後、日本無線の方々などと登山電車でPikes Peakに登った。ここは、町からも良く見える高峰で、標高は4000mを越えたところであるが、簡単に登ることができる。途中から植物もなくなり、岩がごろごろとしたところを上っていくが、頂上には浴雪が残っており、大きな山小屋風の売店がある。さすがに氣息奄々として活発には動けなかったが、眺望は素晴らしかった。自動車道路も頂上まで通じているが、ドライバーが高山病にかかることがよくあるという。

この報告が印刷になる前に、ニューメキシコのアルバカーキ（Albuquerque）で開催される予定のION GPS-91は終わっているだろう。今回は前3回は会場も変わるので、どんな大会になるのだろうか。追録：アルバカーキのION GPS-91は益々盛会裡に開催された。1992年9月に同じアルバカーキでION GPS-92が予定されている。

海洋における音響技術

海洋科学技術センター 深海開発技術部
土 屋 利 雄

Acoustic Technology at the Ocean

Japan Marine Science and Technology Center
Toshio TUCHIYA

1. はじめに

今日、海洋における音響技術は、様々な海洋の現象の把握や情報の伝送の手段として不可欠なものであり、最近の信号処理技術やコンピュータ等の発達は、更にその利用範囲を拡大してきている。

本文では、主に潜水調査船システムの分野における最新の海洋音響技術の応用について取り上げ、それぞれの項目について簡単に解説を行う。

2. 海洋における音響利用の歴史的背景⁽¹⁾

海中における音響技術の歴史は古く、古代人も水の中では音が良く伝搬することに気がついていたと思われる記述が残っている。

例えば、紀元前2世紀頃アルキメデスが、通信に用いたという説や、古代のセイロン人が陶器製の道具を海中で叩き、数マイル離れたところでボートの船底に耳を当ててその音を聞いたというようなものである。また、15世紀にはレオナルドダビンチが細い管の一端を海中に入れ、付近を航行する船舶の音を聞いたという記録も残っている。

しかし、本格的な水中音響技術の発展は、今世紀に入ってからであり、1912年豪華客船「タイタニック号」が北大西洋上で沈没し、約1500人以上の人命が失われてから始まったと言っても過言ではない。すなわち、船舶の安全な航行のために、その沈没の原因となった氷山の探知が急務となったからである。また、ほぼ同時期の1914年に勃発した第1次世界大戦がそれらの技術の発達を加速する結果になった。そして、それ以後の海洋音響技術の開発は、主に潜水艦の探知を目的とした軍事的な分野を中心として行われてきた。第2次大戦では、主に米国において、ドイツの潜水艦Uボ-

トに対抗するために優秀なソーナーが必要とされ、それらが開発されるようになった。

大戦後、これらの軍事技術の民生技術への転用が始まり、まず測探機や魚群探知機が製造されるようになった。その後、電子工学、材料工学の発達やコンピュータや信号処理技術の発達は、急激にその応用分野を拡大させ、陸上における電波のように、様々な情報の伝送や海洋観測に広く使われるようになった。

3. 海中音響技術の概要

3.1 海中における音響の特性

海中で情報伝送の手段として音響が使われるのは、陸上や宇宙空間に於て自由に通信ができる電波の利用が海中では極めて困難なためである。

海水中の音波は、次のような2面性を持つ。

(1) 音響信号を情報収集の手段と考えた場合の利点

- ① 海中の伝搬過程の吸収減衰が少なく、海底等の固体の中でも伝搬する。
- ② 媒質中の変化が周波数（ドプラー偏移）や信号強度（音波減衰特性）及び伝搬時間（音速）等の変化としてあらわれやすいので、それらの値を計測することにより、逆に媒質中の変化を容易に検出できる。

(2) 通信媒体として考えた場合の障害

- ① 音響信号の伝搬速度が遅く（約1500m/秒）その速度は、水温・塩分・水深等のパラメータに依存して変化する。
- ② 海面、海底、温度傾度、海中生物等による反射、屈折、干渉、残響、及び気泡等による吸収損失等の現象が発生する。

そのため、水中音響技術においては、上記の利点を生かし、障害を克服するための様々な技術が使われる。

表1 海洋調査における音響技術の利用

調査範囲	調査対象	調 査 手 法	得られる情報
数千～ 数十km (調査船) (係留体)	海洋構造	海洋音響トモグラフィ	海洋の大構造
	海 底 面	遠距離用サイドスキャンソナー	海底面の概略地形
	海 底 下	多重受信音波探査	海底下の大構造
数十km～ 数百m (調査船) (曳航体)	海洋構造	ドブラープロファイラ	流向・流速構造
	海 底 面	マルチナロービーム測深機	海底地形図
		サイドスキャンソナー	海底の微細地形
	海 底 下	サブボトムプロファイラ	海底下の微細構造
数百m～ 数十cm (潜水船) (曳航体) (無人機)	障害物探知 地 形	前探ソナー，観測ソナー	障害物・地形情報
		高度・深度ソナー	高度・深度情報
		ドップラソナー	速度情報
	測 位	LBL, SSBL, SBL 方式	測位情報・航海情報
通 信	アナログ通信	水中通話器	音声情報の伝送
	デジタル通信	データ伝送装置	制御信号・観測データの伝送 画像情報の伝送

3.2 音響送受波器

音響送受波器は，海中に音波を放射したり，音響信号を受信したりするためには欠かせないものであり，海洋音響機器の最も基本的な要素技術である。

現在これらの音響送受波器は，圧電現象を利用した電気・音響変換器が最も多く使用されており，用途によっては，磁器歪型の変換器も利用されている。

3.2.1 圧電型変換器

圧電効果は，ある種の結晶に応力を加えて歪を与えると電界を発生し，また逆に電界を印刷すると歪や応力を発生する効果であり，圧電型の電気音響変換は，この効果を利用したものである。様々な結晶で圧電効果が知られているが，初期の音響送受波器としては，水晶，ADP(燐酸2水素アンモニウム)，ロッシェル塩等の結晶が使用されていたが，これらは安定性や出力の点で問題があり，現在は音響送受波器として殆ど使用されていない。これに替わって，チタン酸バリウムやチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)等の粉末を成形焼結し，さらに高電圧をかけて分極加工したセラミックが使用されている。これらは目的の周波数，出力，指向特性に応じて，円盤，円筒または棒状に加工され，また，高圧下でも使用できるように油や樹脂に充填されたりして，音響機器の大部分の送・受波器として利用されている。

3.2.2 磁気歪型変換器

磁気歪型の変換器は，ニッケル，フェライト等の磁気歪材料を磁化すると歪を生じ，逆に歪を与えると磁

化の変化を生じる効果を利用したものである。現在は，フェライトが主に使われており，一部の測深器(例えば「シービーム」)や漁群探知機等に利用されている。

3.3 海洋で利用されている音響技術

表1に現在海洋で利用されている音響技術全般(軍事利用を除く)について表1に目的別に掲げた。以後の章において個別の技術についてできるだけ最新のものの，特に「しんかい6500」システムや深海調査に使われている技術に重点をおいて紹介する。

4. 海底面の探査

今日，海底の資源探査や，海底地震のメカニズムの解明のための地球物理学的な研究にとって，詳細な海底の地形情報は，益々重要なものとなってきている。現在，音響技術や電子工学技術，信号処理技術，また，特にコンピュータの発達にともない，音波によっても従来とは比較にならないほど詳細に海底地形等を調査することができるようになった。

4.1 マルチナロービーム音響測深機(海底地形図の作成)⁽²⁾

昔から，海底地形図は，測深ビームが一本しかない単ビーム型の音響測深機を基に作成されてきた。しかし，米国のGI社が一度に多くの測深データを得ることのできるマルチナロービーム音響測深機(MNBES)を開発し，それを1975年にオーストラリア海軍のHMAS COOKに搭載してから，測深技術は線から面への技術的な革新が行われた。このGI社のマルチナ

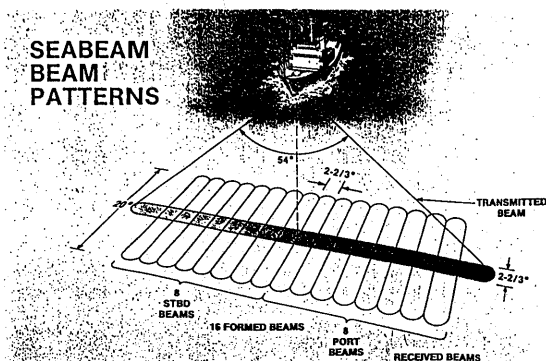


図1 シービームの概念図

ロービーム音響測深機は、「シービーム」(Sea Beam)と呼ばれ、原理的には、図1のように扇形のビームを送受信直交するように形成し、そのクロスする部分でいわゆるペンシルビームを作り、そこから得られる16個の測深データからコンピュータが地形図を作成するもので、これにより、一度にほぼ、水深の7割程度の幅の海底の深度データを得ることができるようになった。「シービーム」は、世界中で十台以上使用されており、わが国では海洋科学技術センター「かいよう」をはじめとし、海上保安庁水路部の「拓洋」や東大海洋研の調査船にも搭載され、詳細な海底地形図が得られるようになってきた。実際には、これらの深度データは、陸上の大型コンピュータで処理され、海底地形図が作成される。また、更に進んで、大型コンピュータによる画像処理を施すことにより、立体的な鳥瞰図も得ることができるようになった。

しかし、近年この「シービーム」よりも調査効率の向上を目的として、測深ビーム本数を増加させ、測深幅を大きくしたGI社の「ハイドロチャート」(Hydro Chart)やシービーム2000(水路部の「明洋」に搭載)クループアトラス社の「ハイドロスweep」のようなマルチナロービーム音響測深機が開発されてきた。また、以下に述べるように国内でも古野電気で製作されるようになった。

4.2 「しんかい6500」システムのマルチナロービーム音響測深機⁽³⁾

「しんかい6500」を安全かつ効果的に運航するためには、調査海域潜水艦の測地系に基づく精密な海底地形図による潜航地点の検討が必要となった。そのため従来のマルチナロービーム音響測深機よりも測深幅の広い(±45度)音響測深機を「よこすか」に搭載することとした。また、潜水艦の潜航調査のために海底面の底質や表面粗度を推定することができるようにするた

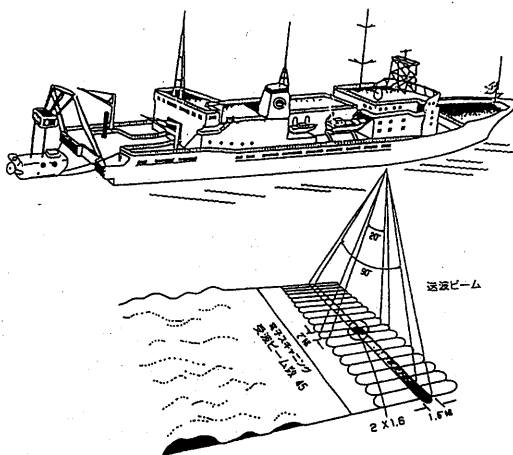


図2 「よこすか」に搭載されたMNBSの概念図

め、海底からの反射強度を検出できるように考慮した。

従来からのマルチナロービーム音響測深機の代表であるシービームは、ビーム数があまり多くない(16本)のでいわゆるプリフォームドビームといわれる待ち受け型のビームを構成している。これは、船体に固定したビームを所定の角度とビーム数に対応した遅延回路を通してナロービームを形成する方式で、各ビームの受信信号は、並列に連続的に検波されて処理される。しかしながら、この方式では、本装置のように測深幅を大きくするためにビーム数を数多く必要とする場合は、ビームの本数分だけ遅延回路が必要となるためハードウェアの構成が非常に大規模となる。

そこで本装置では、最近の信号処理技術によって可能となった電子スキャンと呼ばれる方式により、自船の左右方向に高速で走査する方式を採用した。これは、受信信号に対し高速でデジタル信号処理を施し、瞬時的に所定の方向にビームを形成し、その方向の測深値と信号強度を検知する方式である。プリフォームドビーム方式と比較して受信系統が単純になるため、各ビーム間の特性のパラツキが少なくなる利点がある。本装置では、この方式により、図2のように船の直下左右舷方向±45度を45本のビームにより測深できるようにした。そして、各ビームによって得られた測深値を「よこすか」に搭載した汎用の計算機システムで処理することにより、海底地形図をほぼリアルタイムで作図できるようにした。

実海域での試験を実施した結果、「しんかい6500」の潜航地点の測深値は、その潜航で得られた深度計の読み値とほぼ同様な値が得られた。また、図3のようにマリアナ海溝域において、最大10,900m以深(世界最深部)で測深能力を確認することができ、ここで得ら

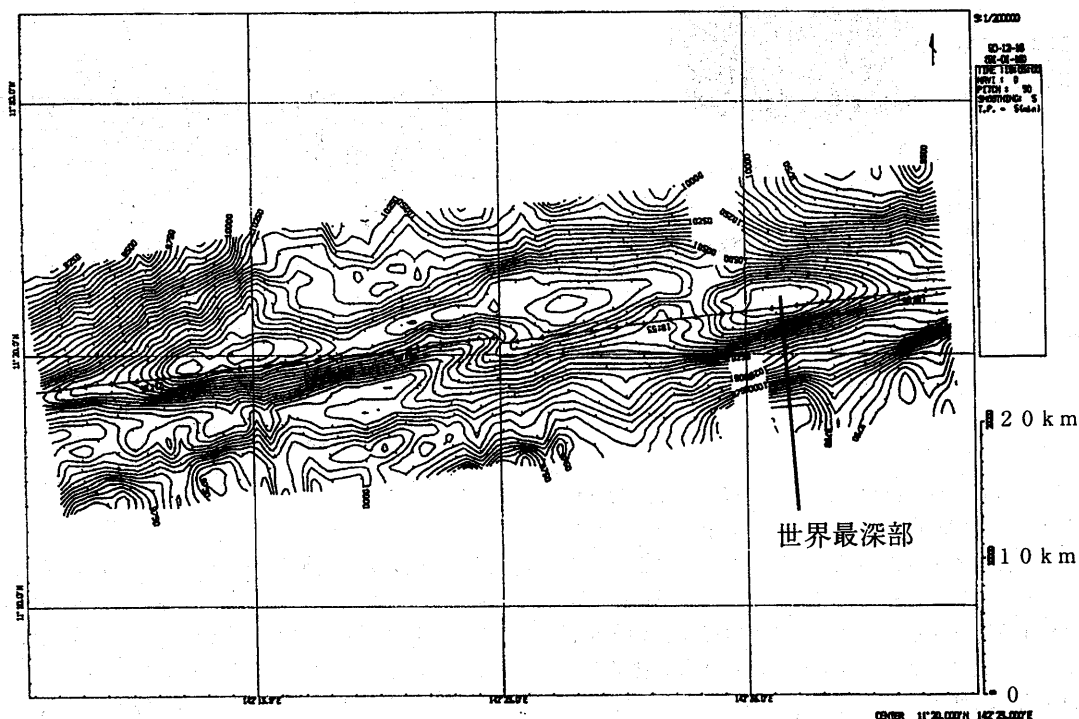


図3 MNBESによる海底地形図の例(アリアナ海溝)

れた測深幅は、約20kmになり、測深範囲は計画値どおりほぼ±45度を確保することができた。

また、反射強度の計測機能は、今後データの蓄積によって、海底面の有効な観測手段となると考えられる。

これらのマルチナロービーム音響測深機は、従来の単ビーム型の測深機に比べて、調査エリアの広さや精度も飛躍的に向上し、いままではっきりしなかった複雑な海底地形もだんだん明らかにされてきている。しかし、調査海域の広さに比べて、まだまだ台数も十分とは言えない現状である。海底調査の基本となるこれらの充実が望まれている。

4.3 サイドスキャンソナー（海底の微細地形の調査）⁽¹⁾

いままで述べてきた測深機は、陸上のいわば地図に相当するものを作成するもので、これよりも更に詳しく、例えば森や建造物のようなものを調査するために航空写真に相当するビジュアルなデータが必要となる。しかし、海中では、光の情報は極めて近距離しか収集できないので、音波を使って似たようなデータを得ることのできるサイドスキャンソーナーという装置が開発された。

これは原則的には、図4に示したように、海底からある高度を保って曳航してそこから扇のような形の薄

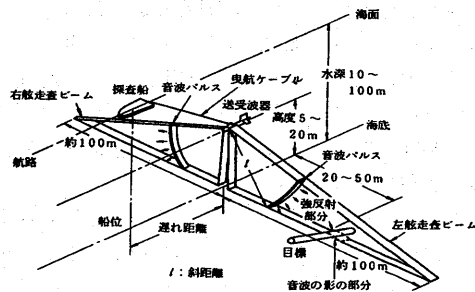


図4 サイドスキャンソナー（浅海用）の概念図

い音響ビームを斜め上方から発射し、海底の凹凸にぶつかって戻ってくる音波の時間から距離を出し、更に音波の強さを色の濃淡に変えて、白黒のテレビのように平面的に現わすものである。このサイドスキャンソナーは、最初、米国の原子力潜水艦の沈没事故等の調査を行うために開発されてきたものであるが、音響技術、電子工学及びコンピュータによる画像処理の発達により、画質が向上し海底の地形や資源調査に盛んに使われるようになった。

一般的に近中距離型のサイドスキャンソナーは、数十 kHz～数百 kHz の周波数が使用され、探査幅は

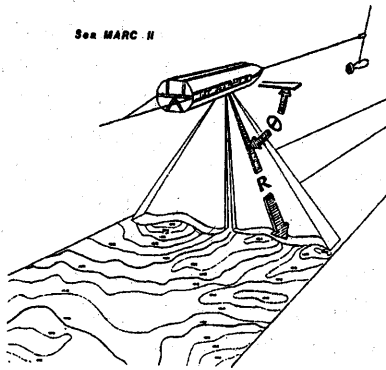


図5 等高線作成の原理

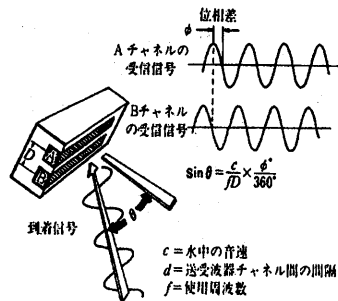


図6 入射角計測の原理

図5, 6 シーマークIIの原理

数百m～数km（解像度は数m～数十m）で、これらは陸上における航空写真に相当する。これとは別に、人工衛星からの写真に相当するものもある。これは、英国のIOSによって設計された「GLORIA」で、6 kHz 付近の減衰の少ない低い周波数帯を利用し海面付近を曳航され、その最大探査幅は60km（解像度は約45m）にもなる。米国のUSGS（地質調査所に似た組織）は、この「GLORIA」を使って経済水域のほとんどのエリアを探査して、崖、海盆および海谷などの地形を詳しく描き出すことができています。これらの画像は、米国では、出版物として刊行されており、資源探査や地球物理的な研究に利用されている。

また、最近図5, 6のような原理に基づき、反射波の位相情報を利用する、新しいタイプのサイドスキャンソナーも登場してきている。⁽⁴⁾これは、IST社、ラモントドーハティ地質調査所及びハワイ大学地質研究所とが共同で開発した「Sea Mark II」をはじめとする、一連の「シーマーク」システムと呼ばれるものである。これらの装置では、水深が1000m以上の海域で5 km以上の幅の非常に分解能の高い海底の画像を得ることができ、また、一緒にマルチナロービーム音響測深機と同じような水深のデータも得ることのできる装置も開発されている。最近、わが国でも「Sea Mark」シリーズの新しい「Sea Mark IZANAGI」という装置が東大海洋研で使われ始めており、今後とデータの蓄積が期待されている。

これらの海底面の探査技術は、現在ソフト、ハード両面から改良が行われている。しかし、これらの装置の運用は、非常にコストがかかるものであり、最適な運用技術の確立も欠かせない。

5. 音響測位装置⁽⁵⁾

5.1 測位装置の概要

水中で音波を利用して位置を求める技術は、海底の精密な調査や探索には欠くことのできないものである。この研究は、1960年代にワシントン大学、米海軍及びウッズホール、スクリプス両海洋研究所等の手によって実用化され、更に1970年代にパーソナルコンピュータの普及によって一般に使用されるようになり、現在までに測位精度や探知距離の向上のための努力が

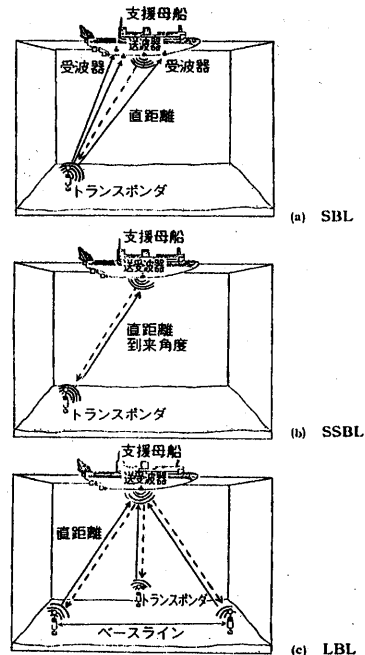


図7 音響測位システムの概念図

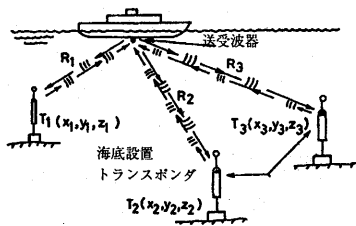


図8 LBLの概念図

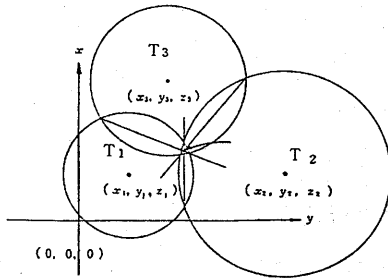


図9 LBLによる本船測位

続けられてきた。

この技術は基本的には、海底に船からの呼掛け（質問信号）に应答する音源（トランスポンダ）また、発振間隔を正確に制御された音源（同期ピンガ）を設置し、これを基準に海上または海中の船の位置を精密に測定するものであり、図7に示したように、音源の探知方式によって以下の三つの方式が使われている。

(a) SBL (Short Base Line) システム

SBL方式の例を図7に示した。船底に3個の受波器を配置（通常は三角形）し、海底のトランスポンダからの应答信号を各受波器で受信し、各々の時間差と音速によってトランスポンダまでの距離を求め、それによって船位を求める方式である。

(b) SSBL (Super Short Base Line) システム

SSBL方式は、SBLの時間差の代わりに非常に狭い間隔で配置した一対の受波器で位相差を検出し、それによって求めた余弦角 θ を用いる方法である。

(c) LBL (Long Base Line) システム

上記(a)、(b)の方式は基本的に探知距離が延びると誤差が大きくなるが、このLBL方式では、誤差は探知距離に依存しない。

図8に示すように、海底に3個以上のトランスポンダを既知の位置関係に設置して、各々に同時に質問信号を送る。その信号に対する应答信号の時間から各々の距離を算出し、図9のようにその距離を半径とする円（実際は球の断面）の交点から船位を求める方法である。このトランスポンダの位置関係を既知とする作業をキャリブレーションという。これはLBL方式の精度が決定されるため重要な作業であり、精度向上のためにデータの取得方式や計算の方式が研究されてきた。

5.2 深海潜水調査船システムにおける音響測位システム

潜水調査船システムにおいて、その調査活動や安全な運航には音響測位システムは、不可欠なものであり、海洋科学技術センターの「しんかい2000」システム（以

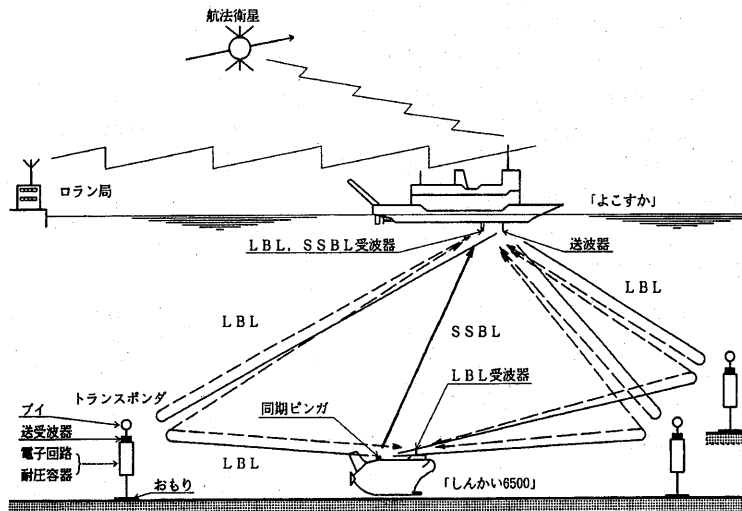


図10 「しんかい6500」システムにおける音響航法システムの概念図

下2 k システムと略す) では、わが国で初めて本格的な音響航法システムを搭載した。

「しんかい6500」システム (以下6.5K システムと略す) の音響機器の設計にあたっては、これらの2 K システムの技術をベースにして様々な検討を行った。そして、様々な音響機器について、母船と潜水艦との距離が伸びることによって生じる多くの問題点を解決するために技術的な対応を行った。

2 k システムでは、作業効果の観点から潜水船の位置は、ほとんど SSBL 音響測位方式により求められている。しかし、上述したように、この方式では、測位距離の伸びるにともなって測位精度が悪化することが避けられない。測位距離が2 k システムの3倍以上にもなる6.5k システムでは、この点を考慮して、測位精度が距離に依存しないLBL 方式を主たる測位方式とすることにした。また浅海域では、SSBL 方式も利用できるようにした。更に、潜水艦の調査効率の向上のために、装置を小型化し潜水船自身での測位を可能とし

た。

図10に潜水船による調査モードにおける送受信の関係を示した。この図のように測位には、海底設置のトランスポンダと潜水船から発生する雑音による影響の排除とデータレートの向上のために、潜水船には同期ピンガを搭載し、これら組み合わせで行っている。

また、将来装備予定の、1万 m 級の無人探査システムを考慮して、最大深度を10,050 m とし最適周波数の検討を行なった。その結果、水平測位範囲を深度の100%とした場合に、15 m 程度の測位誤差を確保するためには、5 k $\sim$ 8 kHz の周波数範囲の使用が最適であるという結論となり、それにしたがって周波数の割当を決定した。

キャリブレーションは、2 k システムの実績から SSBL キャリブレーションと LBL キャリブレーション方式を搭載することとした。6.5k システムでは、それらに加えて、作業時間の短縮のための航走を省略することのできるダイレクト・キャリブレーション方式

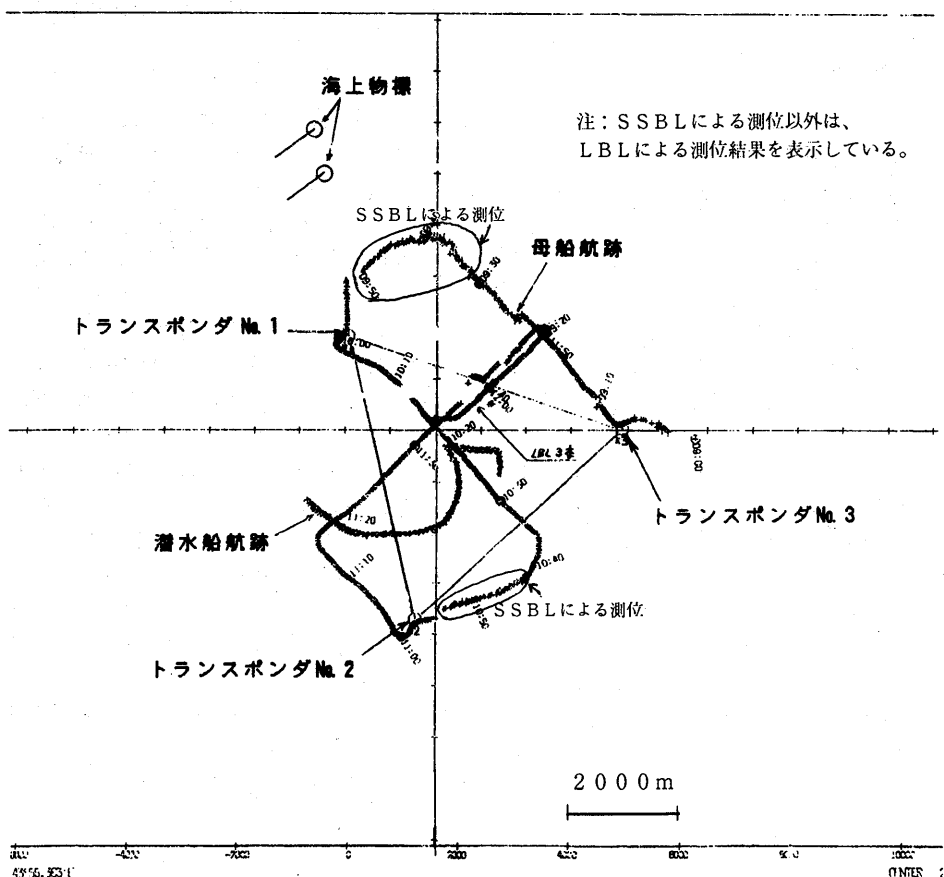


図11 「しんかい6500」システムの音響測位試験結果
—SSBLとLBLの比較(水深6500m)—

を採用した。これは、トランスポンダをインテリジェント化し、その深度計測機能、及びトランスポンダ相互間のベースライン計測機能によって直接得られたデータを海上の母船に伝送し、これをキャリブレーションの演算に使う方法である。また、これらの演算には、精度の向上のために、潜水船が潜航時に直接測定する音速データを使った補正ができるようにした。

平成元年2月、母船「よこすか」での単独海上試験により、水深6,000mの海域で、母船の測位について試験を実施した。また、その後、8月には、6,500m海域で潜水船との総合海上公試において潜水船と母船の両者を使った測位を行ない、図11のような結果を得た。この図のように、LBL方式では潜水船、母船の双方とも非常に安定した測位結果が得られることが分かった。また、SSBL方式では、データのばらつきが増加するものの水深が小さい場合は十分実用になることも分かった。

平成2年12月にはマリアナ海溝の世界最深部(10,924m)において、トランスポンダを3本設置し母船測位を行い、最大20km以上の測位範囲において、安定した航跡を得ることができた。

6. 海中物体の探知

海中では、よほど条件の良いところで強力なライトを使っても、せいぜい数十mの視程が限界であり、このため起伏の多い海底を航行する場合には、目視やTVカメラ等の工学的な情報だけでは十分とは言えない。しかし、潜水船や無人探査機が海中で行動する際には、進行方向の障害物など水中物体をできるだけ早く確認する必要があり、そのため、音響による長距離の障害物の探知が必要となる。また、調査対象の地形等を詳しく観察する必要も生じてくる。

「しんかい2000」ではこのような目的でCTFMソナーが搭載されている。これは、周波数を直線的に変化させた変調波を周期的に送信し、障害物からの反射波の周波数から伝搬時間を求め、距離を算出するものであり、機械的にビームを振ることにより、レーダーのようなPPI表示の画像が得られ、調査等に活用されてきた。

しかし、「しんかい6500」では、観測対象の多様化、更なる観測精度の向上を求められたために、分解能の高い音響ホログラフィー法を用いた水中映像装置(観測ソナー)を搭載することとした。

6.1.1 観測ソナー⁽⁶⁾⁽⁷⁾

音響ホログラフィー法は、物体からの反射波を平面的に配列した受波器群で受波し、各々の受波器の振幅情報と位相情報を処理して映像を得る方法であり、海

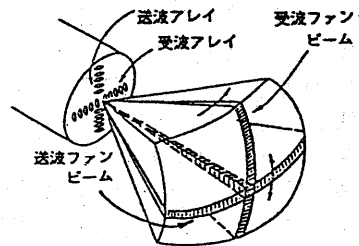


図12 観測ソナーのビーム形成

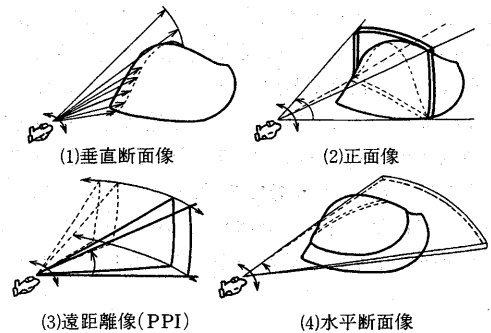


図13 観測ソナーで得られる画像

水の擾乱や濁化による影響が比較的少なく、また、対象とするターゲットから比較的多い情報を得ることができる優れた方式である。

この装置では、送信に図12のように48個の送波器素子を垂直方向に配列し、また、水平方向には、64個の受波器素子を配列し、クロスファンビームによるペンシルビームを任意の方で形成する。これから得られた受信信号から、ディジタル的に振幅情報と位相情報を得て、図13のような表示モードにおいて、立体的な映像表示を行うことができる。この装置では精査を行う場合は、300kHzの周波数で110mまでの範囲で正面像や断面像を得ることができ、さらに、概査の場合は通常のレーダー画像のようなPPI表示となるが、100kHzで300mまで探知が可能である。

浅海域の試験の後、「しんかい6500」の実海域潜航試験において、実際に様々なターゲットを探知した。その結果、計画通りの性能を持っていることを確認し、様々な作業において、極めて有効に利用できることが分かった。

7. 海洋構造の観測

海洋の構造(海水の物理・化学的特性や海水の運動)を計測することは海洋や気象現象のように海洋が他におよぼす影響を調べるためには欠くことのできない要

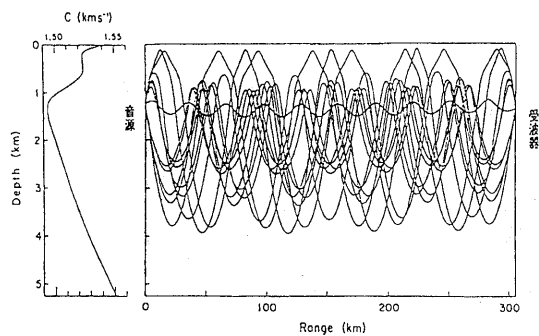


図14 音速プロファイルと音線

素である。ここでは、音響を使った計測として代表的なものを2つ紹介する。

7.1 海洋音響トモグラフィ (海洋の大構造の計測) ⁽⁸⁾

近年、「地球規模での環境問題を考えなければならない」ということから、少なくとも数百 km のオーダーで海洋構造を明らかにするために、1980年代から米国

を中心に海洋音響トモグラフィという観測手法が使われるようになってきた。

通常の深海域においては、図14に示したように中緯度地方では、水深1000m付近に音速が最小となる層(ソファ層または音速極小層と呼ばれる。)があり、その層の中から発射された音波は、上下の音速の速い層で、屈折を繰り返しながら海中を極めて遠距離まで伝搬する性質がある。このとき、音波は伝搬経路における音速分布によって影響を受け、多くの異なる経路(音線)に分かれて伝搬し、結果的にそれぞれ違った時刻で受波されるようになる。この音速分布は、海水中の物理的なパラメータ、すなわち水温・塩分・水圧流速などによって変化することができれば、多くの音線の伝搬時間を高精度(1ミリ秒以下)で計測することによりこれらのパラメータを推定することが可能となる。

音響信号の伝搬過程における減衰は、通常、周波数が低くなるほど少なくなるので、数百 km~数千 km もの長距離伝搬では、通常500Hz 以下の低い周波数が使用される。従って、従来の送波器では、必要な出力が得られないので、このために特殊な共鳴管の付いた

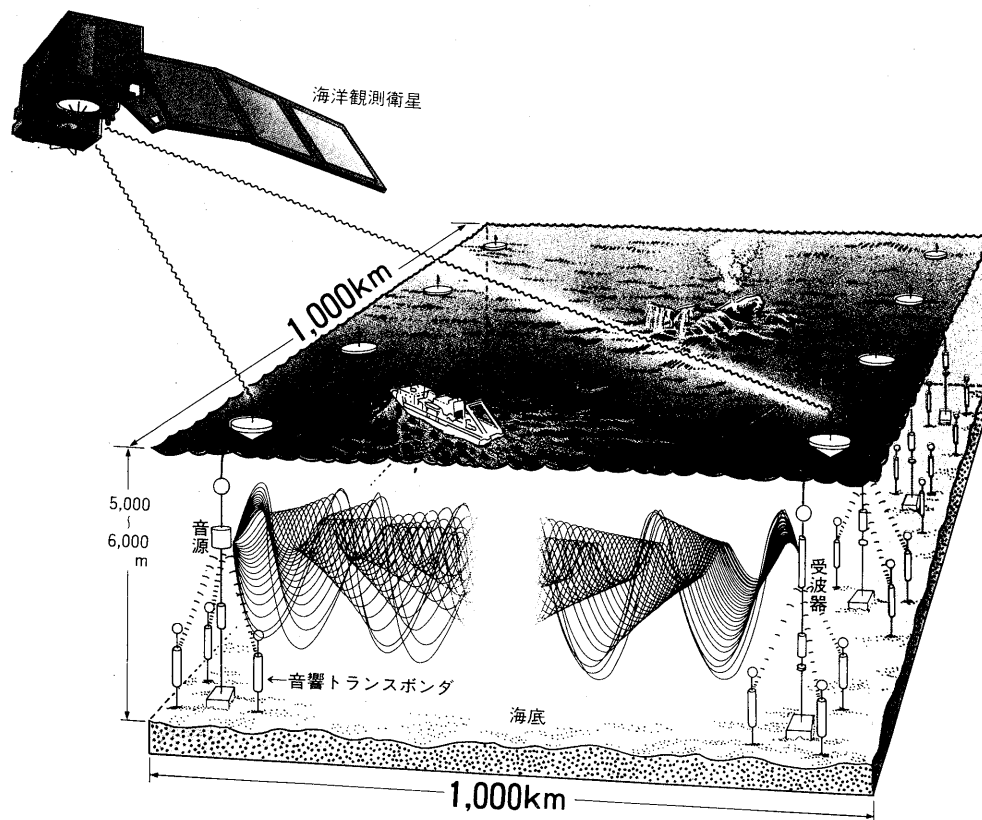


図15 音響トモグラフィの概念図

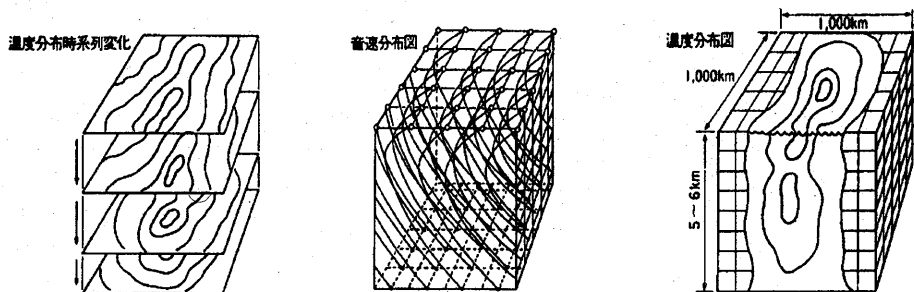


図16 音響トモグラフィによって得られる出力例

ものが開発された。また、受信信号は、極めて微弱になるため、送信信号は M 系列信号と呼ばれるデジタルコードで送信し、そのコードを基に信号処理を施し、信号対雑音比を向上させた後、大型計算機で解析を行う。

この音響トモグラフィのための装置は、トモグラフィ・トランシーバとして既に米国において市販されており、送・受波器、送・受信器、データ記録器（大容量ハードディスク）制御用コンピュータ、正確なクロック、電源用電池等が一つの耐压容器に封入されている。

最近では極めて低い周波数（57Hz）を利用した超遠距離の伝搬試験が実施され、インド洋から発射された音波が太平洋を越えて米国の西海岸で受信されたという報告がある。

現在、海洋科学技術センターでは、音響トモグラフィの実用化のための研究を行っており、要素技術の研究と平行して、数回にわたって400Hzを使った3000km程度の音波伝搬試験を実施した。研究の最終目標は、図15に示すように多くの送受波装置を展開して、1000km四方の海洋観測を目指しており、図16に示したように、海洋立体的な水温分布図のような形にまとめられ、地球温暖化現象の解明や大規模海洋構造の解析等が行われるようになる。

7.1 ドップラ・プロファイラ⁽⁶⁾

海水の水温、塩分、PH、溶存酸素、音速等の物理的・化学的な特性を計測するために、それぞれ目的に合った優れたセンサが開発され使用されている。

しかし、海水の流れすなわち海流は、それ自体地球規模の気象・海象構造を決定する重要な要因である。従来、海流の計測には、電磁海流計（地磁場に対して導体である海水が移動した際に生じる超電力を検出する方式）が用いられていた。しかし、精度・計測範囲の上で十分とはいえなかったため、近年の水中音響技術の発展に伴い、音響により深さ方向に関する多層の

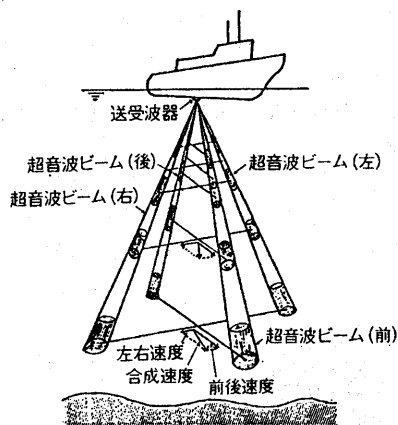


図17 ドップラプロファイラの原理

流向、流速及び音響散乱強度を計測するドップラ・プロファイラが開発された。

送波器から海中にパルス波を放射すると、海水とともに移動している微小浮遊物や海底でパルス波が散乱・反射され、受波器に戻って来る。送受波器と反射又は散乱物体の間には相対速度がある場合、ドップラ効果により送波と受波の間に周波数の偏移が生じる。ドップラ・プロファイラはこの周波数偏移を計測し、海水の流向・流速等を得るものである。

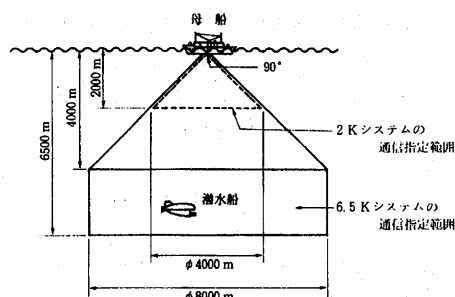
図17に「よこすか」に装備されているドップラ・プロファイラの原理図を示す。本装置では船の前・後・左・右、合わせて4方向にシャープなビームを放射し、前・後のビームで生じる周波数偏移から前後方向の速度ベクトルを、左・右のビームで生じる周波数偏移から左右方向の速度ベクトルをそれぞれ得る。この二つの直角方向のベクトルを合流すれば、任意の水深における水平面層の流向・流速が求められる。測定する層については受信信号に時間のゲートをかけて分割する。

本装置の使用周波数は70kHz、4本の送受波ビームの傾角は±30°、ビーム層はそれぞれ5°である。本装置では深度400mまでを32層に分けて、流向・流速・音響散乱強度を計測できる。船体座標系で得られた流向は船のジャイロ・コンパスによる船首方位を用いて地球座表系に変換される。また、海底の深度検出は約1000mまで可能であり、これより浅ければ海底からの明確な反射信号が得られ、ドップラ・プロファイラ自体で対地流速を求めることができる。しかし、海底の底質にもよるが、水深が1000mより深くなると海底反射信号の減衰が大きくなり、周波数偏移を検出するのが難しくなる。このような場合は高精度航法装置から得られる対地速度データにより補正される。

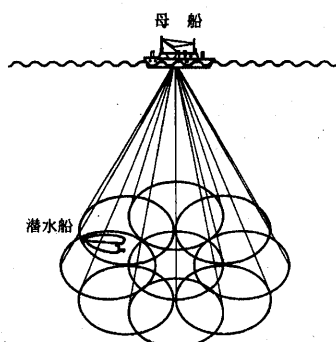
8. 音響による海中通信

音響信号は、海洋における重要な通信手段として、潜水調査船と母船との交信、海洋機器に対する命令・制御データの伝送、測定データ・画像情報の伝送等に用いられている。

ここでは、音声通信の例として、「しんかい6500」システムの水中通話器を紹介して、画像情報の伝送について紹介する。



(a) 水中通話機の通信指定範囲



(b) 母船水中通話機のビーム形成

図18 「しんかい6500」システムの水中通話器の概念

8.1 水中通信器⁽⁹⁾

8.1.1 装置の概要

水中通話器での通信方法は、陸上で通常使われる無線機とのそれとほとんど変わるところがないが、基本的に違う点は、電波の代わりに音波を利用している点である。この通話機は、米国で市販されているものがベースとなっており、遭難時の救難を考慮して、以下のように世界的に同じ規格になっている。

搬送周波数 8.571kHz

変調方式 SSB-AM (搬送波抑圧単側波帯振幅変調) 方式 (ただし上側波帯)

伝送帯域 約2.5kHz

8.1.2 「しんかい6500」システムの水中通話器

2Kシステムと6.5Kシステムでも潜水船側はほぼ同様の装置が使われている。6.5Kシステムでの母船からの通話範囲は図18(a)に示す範囲と定められた。この通話範囲を確保するために、図17(a)に示したように、母船側の通話機のビームを鋭くし、そのビームを潜水船に向けることにより受信レベルの向上を図ることとした。

この通話範囲をカバーするためにこのように位相合成によって合計9本のビームを形成し、自動的に潜水船を追尾している。本装置の試験は、「しんかい6500」の潜航試験の際に水深250mから最大6,500mまでの様々な深度において、予め定められた通話文を母船と潜水船とでお互いに送受信し、通話文を記録する方法で行った。その結果、いずれの場合にも通常の電話と同程度の明瞭度を持つ通話が可能であった。

8.2 音響によるデータ通信⁽¹⁰⁾

8.2.1 音響によるデータ通信

海中における調査活動や作業が多様化し、複雑になるに従い、従来からの水中通話器での音声通信では、対応ができなくなってきた。また、更に伝送量の多いデジタルデータ伝送方式が望まれてきた。

海中におけるデータ伝送と、図19に示すように基本

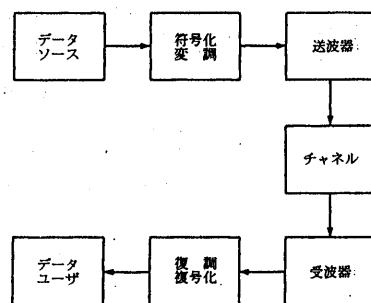


図19 海中におけるデータ伝送

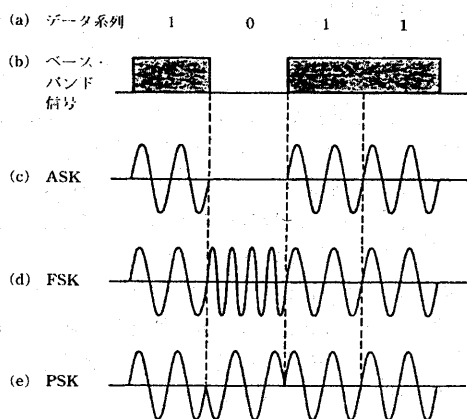


図20 デジタル伝送方式

的には陸上の無線通信と同じで、伝送チャネルの部分
が海水に、アンテナの部分が発・受波器に変わったと
考えてよい。しかし、伝送チャネルとしてみた海洋は、
空気中などと比べて決して「きれい」ではない。海水
中では、硫酸マグネシウム等の塩や海水の粘性で信
号の高周波成分が吸収される。また、送波器から送波
された信号の受波器までのマルチパス伝搬や、送・受
波器の相対運動や波浪等が引き起こすドプラー散乱な
どが発生する。これらの現象は、通信の広帯域化を妨
げ、様々な障害を引き起こすので、技術的な対応が良
好な通信を行うために必要となる。

既存のシステムでは、簡単なデータ、例えば深海係
留物の回収や海洋観測データの伝送等が主な目的であ
り、データ伝送速度は、概ね数百ビット/秒以下であり、
最も高速で数キロビット/秒程度であった。

一方、高画質画像情報のような多量のデータ伝送に
は、数十キロビット/秒以上の伝送容量が要望されてお
り、技術的な革新が必要となった。

8.2.2 画像情報の伝送

海洋科学技術センターでは、潜水船による作業効率

の向上を目的として、深海底からの高画質画像情報の
伝送の研究を進め、実用的な装置を製作することがで
きた。

海中において図20(a)のような1または0のようなデ
ジタルのデータ系列を送信する方式としては、同図
(c)のASK (振幅変調) や(d)のようなFSK (周波数偏移
変調) が使われてきた。しかし、限られた伝送帯域で
伝送速度の向上を図るためには、同図(e)のPSK (多値
の位相変調) 方式が理論的に優れている。そのために、
まず伝送の基本となる送波器について検討した。その
結果、高速のデータ伝送に適合する伝送帯域が広く、
かつ送波感度の高い音響送波器を製作した。

一般にPSKの信号伝送においては、情報の伝送に
位相情報の変化を利用する。そのため、信号伝送路の
周波数特性が、定振幅・直線位相の理想特性から偏差
を生じる場合は、位相歪が発生し、信号の信頼性が劣
化する。

前述したように、海中の音波は、振幅や位相が伝送
路中の音波の吸収損失、伝搬距離の変動、音響送受波
器の特性、及び船舶の動揺により、時々刻々変化する。
伝送路の特性変化の補正は、DSPを使用した適応型等
価器を試作し、使用した。

その結果、最大20キロビット/秒の伝送速度を実現す
ることができた。さらに画像情報を効率よく伝送する
ために、画像情報の高効率符号化法(DCT)を開発し、
画像の情報量を約1/12に圧縮することができた。

このような設計思想により、試験装置を製作し、実
海域で伝送試験を実施し、基本的なデータを得た。そ
の結果を基に、「しんかい6500」のための実用機を製作
した。この実用機は、中心周波数20kHzで伝送帯域約
8kHzを使っており「しんかい6500」に搭載された後、
琉球海溝の水深約6500mの海域で伝送試験を行ない、
8秒に1枚の鮮明な海底のカラー画像を連続的に伝送
し、母船「よこすか」で良好に受信することができた。

この実用機は、継続的に「しんかい6500」システム

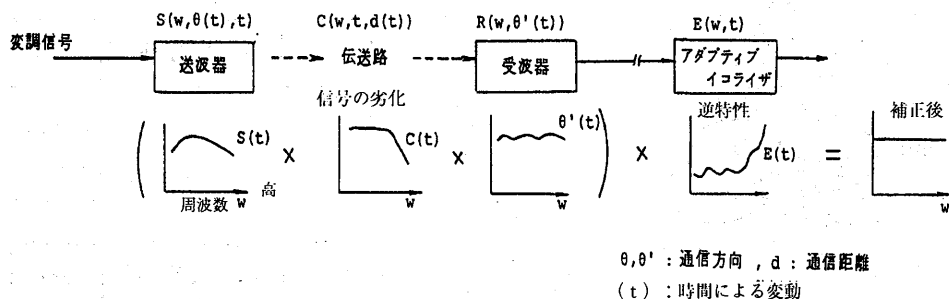


図21 適応等化器 (アダプティブイコライザ) によるPSK信号の補正

に搭載されるため、今後は有人潜水調査船の更なる有効利用が期待できる。

また、海中における高速データ伝送は、様々なデータの高速伝送にも利用することが可能であり、今後は、この技術を、無索・無人探査器の操縦等や海中観測機器のデータ伝送等に应用することも考えられる。

9. 放射雑音の低減

海洋音響機器を有効に使用するためには、受信信号の信号対雑音比をできるだけ改善することが重要である。従って、まず船舶の放射雑音を十分に低減することがきわめて重要な要素であるが、この作業が最も費用と手間のかかる問題である。

一例として、「しんかい6500」システムの支援母船の「よこすか」の雑音低減対策について簡単に紹介する。⁽¹¹⁾

「よこすか」の建造に先立ち、

- 潜航支援システムの要となる水中通話器、
- 音響測位装置
- マルチナロービーム音響測深機

がその能力を十分発揮するように雑音の低減目標値を設定した。次に、同船型（「なつしま」）の雑音計測結果や、使用構成機器の振動・雑音計測データを基に、水中放射雑音の予測シミュレーションを行い、それを基礎として次のような対策を行った。

- ① 主機、主発電機、補機及びそれらの周辺において、必要に応じて防振支持・制振材の施工・防音カバーを取り付けた。
- ② 空中騒音の著しく大きい機関室に吸音材による防音隔壁を設ける。
- ③ プロペラの形状を改良し、キャビテーションによる雑音発生を抑える。
- ④ 雑音の少ない運転モードで操船する。

この他に、バウスラストのトンネルには扉をつけて気泡の巻き込みを防止し、更に、船底の雑音の少ない場所に音響機器を配置するなどの対策を行った。最終

的には海上試験において音響インテンシティ法により水中放射雑音を計測した。これらの結果から、本船は低減目標値を十分クリアしており、商用の調査船としては、「世界で最も静かな船」と言えるためになった。

10. おわりに

海洋音響技術は、海洋調査や海洋開発の様々な分野にわたって利用されている。それらのすべてについて網羅できなかったことについて読者の皆様にお詫びする。

なお、更に詳細な解説を希望される場合は、以下の参考文献を参照されたい。

参考文献

- 1) 中西俊之、「水中音響技術について」、第14回造船学会夏期講座「新しい造船学」予稿集 p21～46, 昭和63年 9月
- 2) 森末秀治他、「マルチナロービーム音響測深装置の基本的性能」、海洋音響学会誌17巻第3号 p22～25, 1990年 7月
- 3) 中西俊之他、「マルチナロービーム音響測深装置による海底地形図の作成」、海洋調査技術学会誌, 第1巻第2号, p21～p23, 1989年 9月
- 4) 山本富士夫他、「海底イメージングシステム IZANAGI の概要」、海洋調査技術学会誌, 第1巻第2号, p45～p51, 1989年 9月
- 5) 中西俊之他、「「しんかい6500」音響航法システムの開発」、海洋音響学会誌17巻第3号 p10～13, 1990年 7月
- 6) 許正憲著、「海中のリモートセンシング」可視化情報誌 Vol. 10 No.17 p17～23, 1990年 4月
- 7) 海法宇治他、「しんかい6500」観測ソーナーの開発、海洋音響学会誌17巻第3号 p26～30, 1990年 7月
- 8) 中西俊之、「海洋音響トモグラフィ」、月刊海洋, Vol.23, No. 6, 1991年, p329～335
- 9) 鈴木道也他、「多ビーム型水中通話機について」、海洋音響学会誌17巻第3号 p14～17, 1990年 7月
- 10) 土屋利雄他、「音響による TV 画像の伝送」、月刊海洋 Vol. 23 No.7, 1991, p406～414
- 11) 佐野正他、「6500m 潜水調査船支援母船「よこすか」の雑音低減対策及びその成果について」、海洋科学技術センター試験研究報告24号 p15～40, 1990年 9月

海洋音響トモグラフィーについて

海洋科学技術センター

中 埜 岩 男

Ocean Acoustic Tomography

Japan Marine Science and Technology Center

Iwao NAKANO

1. 海洋現象

海洋は地球上の表面積の70%を占めています。しかも、海洋を作っているのは、海水という非常に重要な物質です。海水は、水に種々な化学物質が溶け込んだものです。水は、特異な振いをする液体です。まず、固体である氷よりも、液体である水の方が密度が高いというのも面白い性質です。氷山が水に浮かんでいるからタイタニック号のような悲劇も起きたのです。水が出来る時、海水中の塩分が一部はじき出されます。その結果、周囲の塩水の塩分が増大し、海底まで沈み込むのに十分な密度になります。南極・北極圏で全海洋の底層水、深層水がこのように作られています。大きくみると、冷やされて沈んだ水が、水平に広がっている運動をしています。このことは海洋の形状が大きく影響しています。例えば、太平洋は巾1200km、深さ6 kmとしますとその比は2000:1になります。水平方向に一様になろうとする傾向が強くなります。

また、海底に大きな熱源がないことも重要です。海底から海面まで大きくかきまぜて均一にする運動は、海洋では一般的ではありません。風呂のように、下から温かい水が出てくれば上下の熱交換は活発になります。熱伝導よりも対流の方が、熱を効率よく運びます。この最も顕著な例は気象現象です。大気中では、地面や海面によって暖められ、また水蒸気が交率良く供給され、大気の駆動源となります。

海洋と大気の大きな違いは、それだけではありません。一つは大気は気体、海洋は液体、特に水という地球上でもっともありふれているが、しかし、特異な物質 H_2O で構成されていることです。大気と海洋では、現象のスケールは10:1、寿命の点では1:10、また、密度差では1:1000となっています。水温差は約30°C

で、気温差は100°C以上となります。水の流れは最大3 m/sですが、空気の方は、60m/s 以上もありますから20:1以上です。更に、大気現象は、地球上に境界がありませんが、海洋は大陸に雅魔されて、南極環流しか地球を一周できません。海洋では地球が変形する地球潮汐の影響が顕著です。

このような海洋を正しく把握するためには、まだまだ、海洋観測機器は進歩しなくてはなりません。

2. 海洋音響トモグラフィーの概要

音波は、海水中では、約1500m/sの速さで伝わります。ジャンボジェットは1000km/s (278m/s) で飛んでいます。従って音波は、ジャンボジェットの5倍の速さで伝わります。ジャンボジェットは20時間で地球を半周しますが、音波なら4時間で地球を半周します。これほどの速さで海洋観測ができれば、画期的なことです。これが可能だと言い切ったのが、W. Munk 博士であり、C. Wunsch 博士です。Ocean Acoustic Tomography 即ち、海洋音響トモグラフィーの誕生です。これは、X線CTの成功に刺激されたものですが、海洋でも可能と見通したのは卓見です。

海洋音響トモグラフィーは、水中音響、海洋観測技術、測時技術、解析技術、海洋の音速分布の特異性により成り立っています。基本的な考えは、水中で音を出して、ある距離を離れた水中で音を受ける。この間の音の伝わる時間を msec 以下の高精度で測定する。音速分布を推定する。また逆に、受けた所で音をだし、出した所で受けて、流れの分布を推定する。本質的にはこれだけです。

幸いなことに、一点で出した音が、複数本に分かれて、互いに相対的に時間遅れをもって受波されます。この一本一本を分離するために特別な音響信号が必要

です。これは、レーダなどの距離測定に使われているもので基本的には0, 1の組み合わせでできる信号列であり、M系列と略称されています。

この信号を能率良く発射できる音源が必要です。出力音圧レベルが大きく、同時に、帯域巾が広いことが重要です。一方、受波器は、雑音と紛れやすい信号を効率よく測定することが必要です。

トモグラフィでは、絶対時間の測定を基本としています。従って、音響信号を発射する時間を、受波器は予め知っておく必要があります。音源と受波器が同一の時計を持ち、同期が取られていることが重要です。トモグラフィの時計は1 msecの精度を1年間保証する必要があり、そのため $10^{-3}/(365 \times 24 \times 60 \times 60) = 3 \times 10^{-11}$ /年の精度が要求されます。原子時計を必要とする大きな理由です。

位置測定も重要です。1 msecの測時精度では、位置測定には1.5mの誤差しか許されません。音源や受波器の水中での位置変化は、音響トランスポンダ航法を利用すると2~3 m/s程度の精度で測定が可能です。このように、測定装置は、現在の技術の延長線上で構成することができます。

海洋音響トモグラフィの基本システムは、音を出す音源を4個、音を拾う受波器を4個使うもので、百万km²の海域を三次元的に相当詳しく調べられます。上述の原理から、音源と受波器を結ぶ断面の様子が分かります。この断面が通常のCTの一断面に相当し、(音源の数)×(受波器の数)の16面あります。この16面を組み合わせると海域全体の立体的な姿が捉えられます。

3. 音速分布と多重音線

海洋では、一般的に日中太陽熱を吸収し海面が温められます。海水は比熱が大きいので太陽熱を蓄えます。一方海底近くは、南極北極で生まれた低温高塩分の深層水があります。そのため、水温は、海面に近いほど温かいが、1000mより深くなると、深層水で冷やされ、ほとんど温度(ポテンシャル温度: 現場温度から深さの影響を除いたもの)は一定となります。一方、水圧は直線的に増加します。音速は温度が高いほど、また圧力が高いほど大きくなる性質があります。

海面近くでは温度の影響が大きく、音速は大きい。次に深海底に近づくと圧力の効果が大きくなり音速が増加します。このため海洋の中間に自然に音速の極小層ができます。海中に極小層があるということは、音波の伝搬にとって非常に重要なことです。なぜなら、音速極小層に対してある傾きをもって上昇する音速極小層に対してある傾きをもって上昇する音波は、屈折

率が上に行くほど大きくなるので、音波の進む方向は、屈折率の小さい層に引き寄せられるように曲げられます。これは、音波の上の部分が速く、下の部分が相対的に遅いので、波面が自然に曲げられてしまうからです。下降の場合も同じで、音速極小層の方に押し戻されます。すなわち音速極小層がある場合、音波のエネルギー分散が防がれ、海面または海底での反射によるエネルギー損失を被らない音波即ち屈折波があることが分かります。これは海洋音響トモグラフィにとって本質的なことです。

音波の波面は連続的に分布しているので、音源から発射された音波は、極小層を中心に、上に行ったり下にいたりしながら伝搬します。音源からある距離の所に受波器が置かれていて、ちょうど受波器のすぐそばを通る音波のみが受波されます。音波は全方向に連続的に発射されているので、音速極小層の周りを振動しながら伝わる音波は一つに限らず無数にあります。そのうちのある条件を満足するものだけが受波されます。一般にこの数は距離に比例して多くなります。この現象は、多重音線経路といい表されています。受波される音波は、発射された角度が特定のものだけに限られます。一般に、音波はその角度が大きいほど上下の振動が大きくなり、それだけ運んで来る海洋の情報量が多くなります。

4. 音 響 信 号

海洋音響トモグラフィの音響信号として専らM系列の信号が使われています。M系列は、Linear Maximal Length Shift Register Sequences又はPseudo-Noise Sequencesといわれ、0と1の二重のみで構成される数値列です。

M系列の定義では、2値系列 $\{a_i\}$ のうち

$$a_k = \sum_{i=1}^m c_i a_{k-i} \pmod{2} \quad (k > m)$$

を満足し、周期 $(2^m - 1)$ をもつ系列をM系列と言います。

$m=3$ の時には、

$$a_k = c_1 a_{k-1} + c_2 a_{k-2} + c_3 a_{k-3}$$

$$c_1 = 0, c_2 = c_3 = 1 \text{ とすると,}$$

$$a_k = a_{k-2} + a_{k-3} \pmod{2}$$

$$a_1 = a_2 = a_3 = 1 \text{ とおくと,}$$

$$a_4 = a_2 + a_1 = 0$$

$$a_5 = a_3 + a_2 = 0$$

$$\begin{aligned}
 a_6 &= a_4 + a_3 = 1 \\
 a_7 &= a_5 + a_4 = 0 \\
 a_8 &= a_6 + a_5 = 1 \\
 a_{10} &= a_8 + a_7 = 1 \\
 \{1, 1, 1, 0, 0, 1, 0\}
 \end{aligned}$$

となり、周期 7 の M 系列となります。その性質は図 1 のようになります。受信信号が、1 つの信号列と、それから 4 ケ遅れた信号が重なって受信されたとします。相関処理をすればきれいに 2 本に分離されます。

一般的な M 系列の性質は次のようになります。d はパルスの時間長とし、コード列 $\{a_i\}$ に対応する函数 $S(x)$ を、新しく、

$$S(x) = \begin{cases} -1 & id \leq x < (i+1)d \quad a_i = 1 \\ 1 & ib \leq x < (i+1)d \quad a_i = 0 (i=1, \dots, N) \end{cases}$$

と定義すると、

$$S(x) = S(x + Nd)$$

と周期 Nd の周期関数となります。

この函数 $S(x)$ の自己相関函数 $R(\tau)$ は、

$$R(\tau) = \frac{1}{Nd} \int_0^{Nd} S(x) S(x + \tau) dx$$

となります。M 系列では、

$$R(\tau) = \begin{cases} 1 - \left(1 + \frac{1}{N}\right) \frac{|\tau|}{d} & |\tau| \leq d \\ -\frac{1}{N} d \leq |\tau| \leq \frac{Nd}{2} \end{cases}$$

となります。

また、パワースペクトラム函数 $S(f)$ は、

$$S(f) = F[R(\tau)] = \int_{-\infty}^{\infty} R(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau$$

となるので、Wiener-Khinchine の定理により、

$$S(f) = \frac{N+1}{N^2} \text{sinc}^2(fd) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta\left(f - \frac{n}{T}\right)$$

と表されます。ただし、ここで、

$$\text{sinc}(fd) \equiv \frac{\sin(\pi fd)}{\pi fd}$$

$$T = Nd$$

となります。

中心周波数 f_0 のキャリアの時には、

$$F[R(t) e^{j2\pi f_0 t}] = S(f - f_0)$$

となり、極大値が $0 \rightarrow f_0$ に移動します。

5. 解析手法

固有音線の経路を Γ で表し、音速分布を $c(\mathbf{r}, t)$ で表すと、経路 Γ 上を走る音波の伝搬時間 T は、

$$T = \int_{\Gamma} \frac{ds}{c(\mathbf{r}, t)} \quad (1)$$

となります。ds は Γ 上の線ベクトルを表します。次に、 $c(\mathbf{r}, t)$ が、平均値 $c_0(\mathbf{r})$ と変動成分 $\delta c(\mathbf{r}, t)$ で表されるとすると

$$c(\mathbf{r}, t) = c_0(\mathbf{r}) + \delta c(\mathbf{r}, t) \quad (2)$$

となります。(2) 式を用いて (1) 式を展開すると、

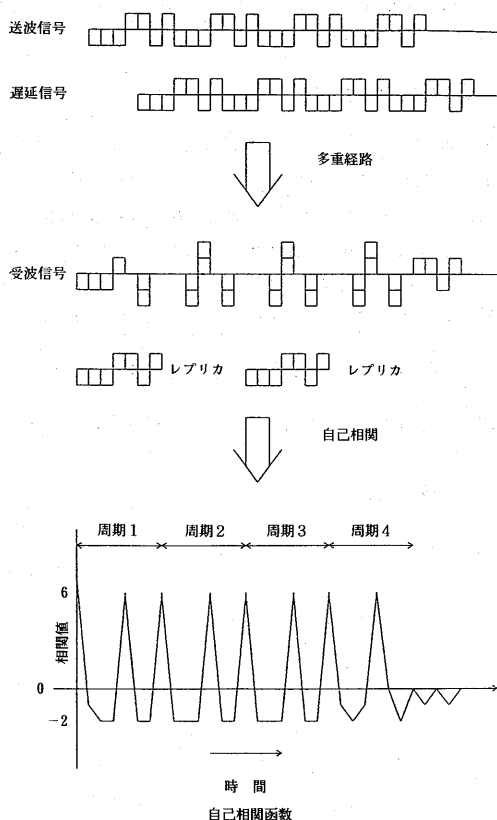


図 1 M 系列の性質

$$T = \int_r \frac{ds}{c_0(\mathbf{r})} \left\{ 1 - \frac{\delta c(\mathbf{r}, t)}{c_0(\mathbf{r})} + \left(\frac{\delta c(\mathbf{r}, t)}{c_0(\mathbf{r})} \right)^2 - \dots \right\}$$

$$= \int_r \frac{ds}{c_0(\mathbf{r})} - \int_r \frac{\delta c(\mathbf{r}, t)}{c_0^2(\mathbf{r})} + O\left(\frac{R}{c_0} \cdot \frac{\delta c(\mathbf{r}, t)^2}{c_0^2(\mathbf{r})}\right)$$

一般に $|\delta c(\mathbf{r}, t)| \ll c_0(\mathbf{r})$ ですから、 δc の 2 次以上の項を省略すると、

$$T = \int_r \frac{ds}{c_0(\mathbf{r})} - \int_r \frac{\delta c(\mathbf{r}, t)}{c_0^2(\mathbf{r})} \quad (3)$$

が得られます。しかし、音速分布 $c(\mathbf{r}, t)$ に対する固有音線 Γ を求めることは難しいので、平均音速分布 $c_0(\mathbf{r})$ に対する固有音線 Γ_0 で代用します。これに対する伝搬時間 T_0 は

$$T_0 = \int_{\Gamma_0} \frac{ds}{c_0(\mathbf{r})} \quad (4)$$

と表されます。従って、 T の T_0 からのずれを δT で表すと

$$\delta T = T - T_0$$

$$= - \int_r \frac{ds \cdot \delta c}{c_0^2(\mathbf{r})} \quad (5)$$

次に、(5) 式の右辺第 1 項の積分表示を離散化するために、観測海域を m 個の小海域に分割します。この小海域が切り取る固有音線の長さを Γ_{0j} とします。このときの通過時間を δT_j とすると、

$$\delta T = \sum_j \int_{\Gamma_{0j}} \frac{-ds \cdot \delta c(\mathbf{r}, t)}{c_0^2(\mathbf{r})}$$

$$= \sum_j G_j \delta c_j(t)$$

となります。ただし、

$$G_j = \int_{\Gamma_{0j}} \frac{-ds}{c_0^2(\mathbf{r})}$$

$$\delta c_j(t) = \frac{1}{G_j} \int_{\Gamma_{0j}} \frac{-ds \cdot \delta c(\mathbf{r}, t)}{c_0^2(\mathbf{r})}$$

です。固有音線は複数本存在するので、これに対応する伝搬時間変動も n 本存在し、次のように書けます。

$$\delta T_i = \sum_{j=1}^m G_{ij} \delta c_j \quad (i=1, \dots, n)$$

ただし、 δc_j は小海域 j の平均音速変動です。ベクトル表記すると、

$$\delta T = G \cdot \delta c \quad (6)$$

となります。しかし、 δT には諸々の誤差が含まれています。これらを明らかに書くと、

$$\delta T = G \cdot \delta c + \begin{matrix} E_p & + & E_r & + & E_N & + & E_L \\ \text{(位置の)} & & \text{(クロックの)} & & \text{(測時)} & & \text{(離散化)} \\ \text{不確定)} & & \text{(ドリフト)} & & \text{(誤差)} & & \text{(誤差)} \end{matrix} \quad (7)$$

従って、補正すべき項はすべて補正した残りの誤差を δT_N とすると、 δT は、

$$\delta T = G \cdot \delta c + \delta T_N \quad (8)$$

と書き表すことができます。

伝搬時間変動ベクトル δT を用いて、音速変動ベクトル δc の推定値 $\hat{\delta c}$ を計算する線形演算子を L で表すと、 $\hat{\delta c}$ は、

$$\hat{\delta c} = L \delta T \quad (8)$$

と表されます。

L を求める方法として、最適推定理論や最小自乗法などがあるが、基本は、推定誤差 e の分散を最小にする L を求めることです。ここでは、最適推定理論 (Liebelt 1967) を適用します。

δT と δc はランダム変数と考えられるので、 $\delta T \delta c$ の分散・共分散行列が存在しかつ正則ならば、ガウス・マルコフの定理により、 L は次のように与えられます。

$$L = C_{\delta c \delta T} C_{\delta T}^{-1} \quad (16)$$

同時に、推定値 $\hat{\delta c}$ の推定誤差行列 C_e は

$$C_e = C_{\delta c} - C_{\delta c \delta T} C_{\delta T}^{-1} C_{\delta c \delta T}^T \quad (17)$$

$$= C_{\delta c} - L C_{\delta c \delta T}^T \quad (18)$$

と与えられます。ただし、右肩の T は転置行列を表し、

$$C_{\delta T} = E(\delta T \delta T^T) \quad (19a)$$

$$C_{\delta c} = E(\delta c \delta c^T) \quad (19b)$$

$$C_{\delta c \delta T} = E(\delta c \delta T^T) \quad (19c)$$

であり $E(\quad)$ は変数の期待値を表します。これらの関係式から、 δT が測定できると、 $\hat{\delta c}$ が推定できることがわかります。流れもほぼ同じ方法で推定できます。

6. トモグラフィの現状

海洋音響トモグラフィは、初期には音源と受波器を別々に設置する、温度トモグラフィが盛んでしたが、次第に、音源と受波器が一体化した、トランシーバの開発により、主体は、温度分布と流速分布を同時に測れる速度トモグラフィへと移行していきました。

海洋音響トモグラフィの研究開発の最重要課題は、低周波音源の開発と解析手法の確立です。数百 km オーダ用の 400 Hz 音源までは既存の技術に依り達成

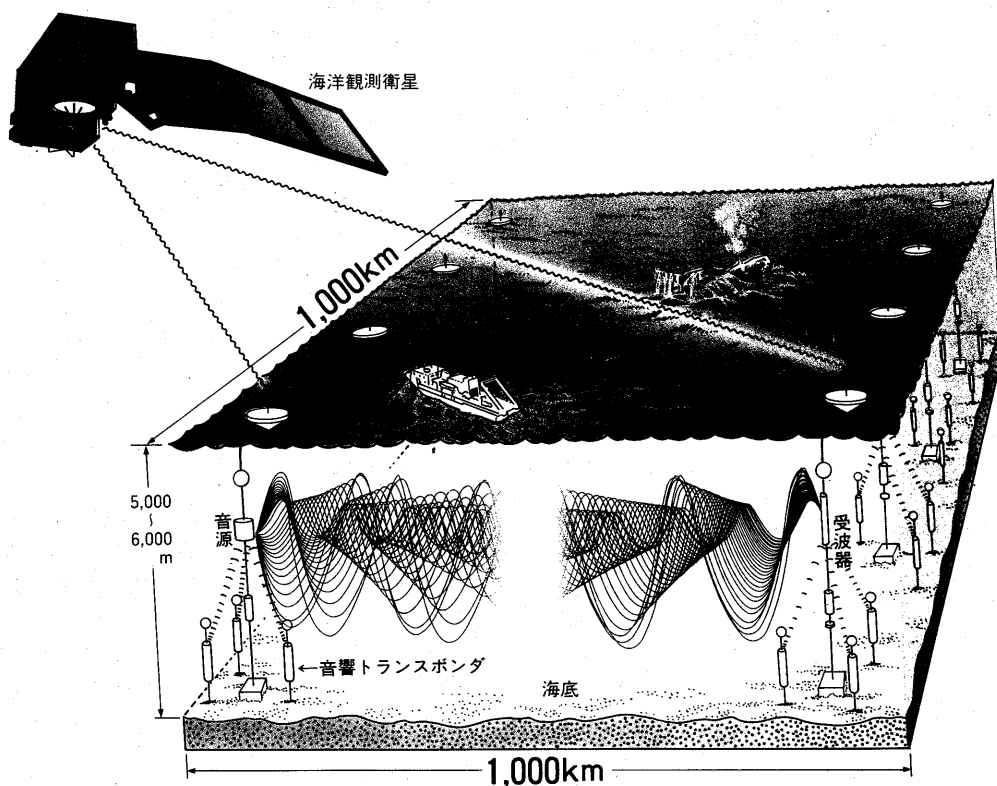


図2 海洋音響トモグラフィ観測システム

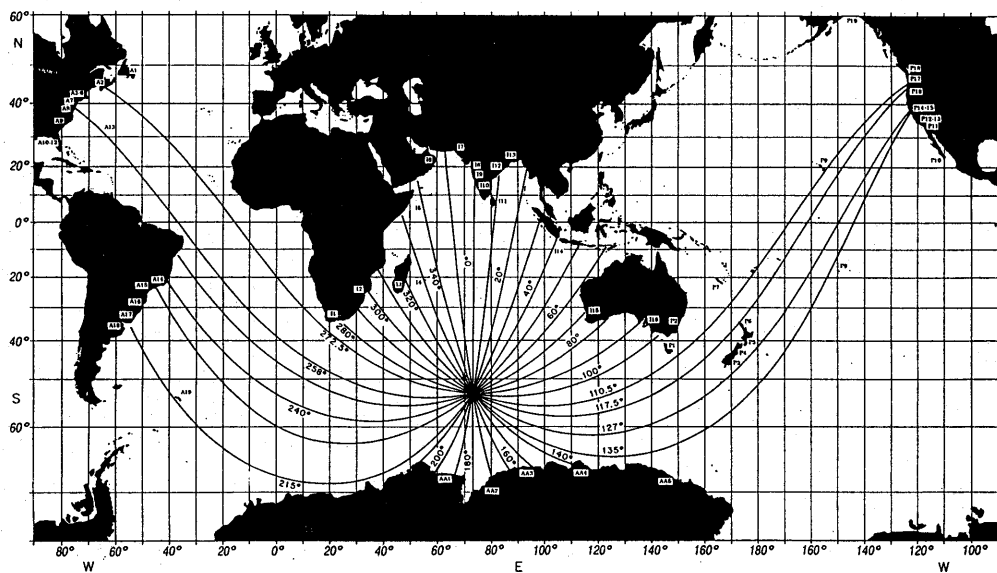


図3 南インド洋のハード島から発射された音波の伝搬経路推定図
(Munk and Forbes, 1989 による)

でしたが、数千 km オーダを目指す200Hz 音源では新規に技術開発することが必要です。米国では油圧制御の250Hz 音源を実用化しています。日本では超磁歪材を駆動材とする200Hz 音源の開発に取り組んでいます。

解析手法は、数百 km オーダで確立されたアルゴリズムが数千 km オーダに適用可能かどうか検証しているところです (Spiesberger and Metzger, 1991)。

7. トモグラフィーの将来

海洋音響トモグラフィーには、積分モードとマッピングモードの二種類があります。積分モードは、全体として、どう変化するかを観測します。マッピングモードは、いわゆるトモグラフィーで、できるだけ情報量を増やして、細部まで推定しようとするものです。これまでは、主にマッピングモードの研究開発が盛んでした。しかし、数万 km オーダになると、海底地形の影響が大きくなり、積分モードが見直されるようになりました。

マッピングモードは、スクリップス海洋研究所、ウッズホール海洋研究所、ミシガン大学、海洋科学技術センター等で盛んに研究・開発が行われています。ここ10年以内に、太平洋や大西洋全域を対象するトモグラフィー観測ネットワークが実現するものと期待されます。

海洋科学技術センターが平成7年までの4ヶ年計画で開発を進めている海洋音響トモグラフィー観測システムは、図2のように1000km×1000kmの海域をリアルタイムで観測しようとするものであり、真の海洋広域立体同時連続観測システムとして機能するものと期待されます。

積分モードの応用として、地球温暖化が海洋にまで浸透しているかどうかを調べようという提案がなされています。(Munk & Forbes, 1989)。この計画によれば、57Hz 209dBの低周波音源を南インド洋で鳴らして東太平洋、西大西洋、インド洋でこの音を受波し、各点での精密な伝搬時間の年々変動により、海洋の平均水温の変化を観測しようとするものです(図3)。1991年1月に世界9ヶ国の共同により予備試験が実施され、20000km離れた点でも有意な測定ができ大成功でした。1995年から10年計画の本格的な観測が開始されようとしています。

参 考 文 献

- 1) W. Munk and C. Wunsch: "Ocean acoustic tomography: a scheme for large-scale monitoring", Deep Sea Res. 26A; pp 123-161 (1979)
- 2) R. Spindel: "OCEAN ACOUSTIC TOMOGRAPHY: A new measurement tool", Oceanus 25 (2), pp 12-21 (1982)
- 3) P. Liebelt: "An Introduction to Optimal Estimation", (Addison-Wesley, Reading, Mass), (1967)
- 4) R. C. Spindel: "Signal Processing in Ocean Tomography: NATO ADVANCED STUDY INSTITUTE ON ADAPTIVE METHODS IN UNDERWATER ACOUSTICS", (Liineburg, Germany), (1984)
- 5) B. Cornuelle, C. Wunsch, D. Behringer, T. Birdsall, M. Brown, R. Heinmiller, R. Knox, K. Metzger, W. Munk, J. Spiesberger, R. Spindel, D. Webb and P. Worcester: "Tomographic maps of the ocean mesoscale, part 1: Pure acoustics", J. Phys. Oceanogr. 15, pp 133-152 (1985)
- 6) J. Spiesberger and K. Metzger: "Basin-Scale Tomography: A New Tool for Studying Weather and Climate" J. Geophys. Res. 96 (C3), pp 4869-4889 (1991)
- 7) W. Munk and A. Forbes: "Global ocean warming: an acoustic measure?", J. Phys. Oceanogr. 19, pp 1765-1998 (1989)

デジタルインタフェースの現状について

古野電気株式会社 開発部
渡 辺 健

Trends on Digital Interface

FURUNO Electronic Co., Ltd Research & Development Div.
Takeshi WATANABE

1. はじめに

船用関係においても各種機器を相互に有機的に結合し、機器固有の情報をシステムティックに活用したいといった要望は20年位前からあった。近年の著しい電子技術の発達がこのような要望を可能にした。

このような要望を満たすためには、機器間のインタフェースの標準化といった問題が非常に重要であり、これらの考え方と現実の問題あるいは、今後の方向等を多少の偏見を交えて論じてみる。

2. データ通信の基礎

デジタルインタフェースを論じるためには、データ通信の基礎的知識を必要とするのでここで少し触れておきたい。

1) データ通信の定義

- ① 通信とは、ある場所から別の場所へ情報を伝達すること
- ② 信号とは、物理現象に与えた時間に依存する値であって、データを伝達するもの
- ③ データとは、人間または自動的手段によって行われる通信・解釈・処理に適するように形式化された事実、概念または指令の表現
- ④ 情報とは、一定の約束において人間がデータに割り当てた意味
- ⑤ データ通信 (Data Communication)
CCITT (Committee of Consultative International Telegraph and Telephone) によると「データ伝送とは、機械によって処理される、あるいは処理された情報の伝送」と定義されている。従って、データ通信とはコンピュータ処理技術とデータ伝送技術の融合した

ものである。

コンピュータはデータ処理をする。

データ通信 = データ処理 + データ伝送

1) ブロード通信とローカル通信

① ブロード通信

公道にまたがって通信回線を引き、通信を行う

② ローカル通信

事業所の構内やビルの内部のような範囲で通信を行う

LAN (Local Area Network) とは、データ通信専用回線の中で高度な機能を持つもの

3) 伝送速度

送信側と受信側の伝送速度が合っていないと通信できない。

• bps (bit per second)

一秒間に送れるビット数である。

600/1200/2400/4800/9600bps 等

4) 同期方式

同期とは、送信側と受信側とのタイミングを合わせること。

• 調歩式同期方式

1文字づつ送る、文字の前後にスタートビットとストップビットを入れる

• 同期方式

① ビット同期

データ線とクロック線が必要

② キャラクタ同期

ビット同期があることが前提であり、送信側は文字の先頭に同期を表す制御文字を付ける。受信側はこの制御文字を検出してデ

ータの区切りを見付ける。

5) 伝送方式

・パラレル（並列）伝送

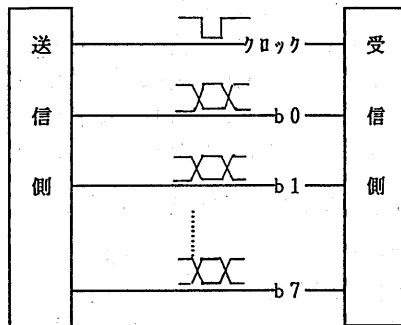


Fig-1

・シリアル（直列）伝送

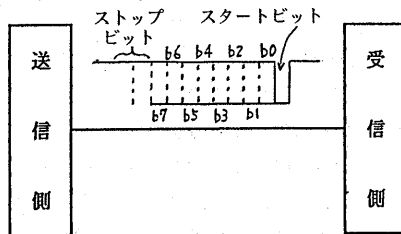


Fig-2

6) 通信方式

・全二重方式

送信用と受信用の2組の回線がある、送信と受信が同時にできる

・半二重方式

1組の回線を切り換えながら使う

・単向方式

送信専用から受信専用へ一方的に送る

7) 伝送制御

・制御無（無手順）

送信側は好きな時にデータを送る

・制御有

① ポーリング・セレクトイング方式（中央制御方式）

② コンテンション方式（回線争奪方式）

8) 誤り制御

・誤り検出

① 垂直パリティチェック

② 水平パリティチェック

・誤り訂正

9) 伝送コード

・JISの8単位

・JISの7単位

・ASCIIコード

American Standard Cord for Information Interchange

・EBCDICコード

IBM社が独自に規格化したコード

10) レイヤ（階層）

ISO (International Organization for Standardization: 国際標準化機構) が定めた OSI (Open System Interconnection: 開放型システム相互接続) は次の7つのレイヤ（階層）に分かれている。

7	アプリケーション層	データの意味、内容の制御
6	プレゼンテーション層	データの表現形式の制御
5	セッション層	会話単位の制御
4	トランスポート層	最終2点間のデータ制御
3	ネットワーク層	ルートの選定と制御
2	データリンク層	伝送誤りの制御
1	フィジカル層	回線の電氣的・物理的制御

Fig-3

3. 規格化への背景

デジタルインタフェースの規格化への背景及び経緯について少し触れてみる。

今から約20年前に、ロラン受信機を用いた測位装置にコンピュータを利用して船の位置を緯度・経度に直接変換するものが出現した。勿論この頃のコンピュータはいわゆるミニコンと呼ばれるもので、非常に高価なものであった。

その後、1970年代の後半には半導体の発達によりワンチップのマイクロコンピュータが航法装置関係、特に測位装置の分野で応用されだした。

技術の発展はユーザのニーズをも多様化せしめ、これらの状況が機器間のインタフェース標準化へのトリガーとなったといえよう。

① 機器にコンピュータが利用されてきた

② 高性能のマイクロコンピュータの出現

③ 単機器の情報を集めて、別の機能を生み出したという要求が出てきた

④ ユーザ及びメーカーの意識の変化

・一つの装置に総ての機能を持たせるより、必要に応じて単一機能の装置を組合せて別の応用装置を作り上げる方が得策

・船内の情報の統合化を計る

⑤ 陸上の汎用の世界でデータ通信が定着してき

た。

即ち、「多様化し、拡大化するユーザニーズに応えるために、各種装置や機器の性能がより高度化、複雑化する傾向にある。一方これらの装置を有機的に結合することで、最適で品質の良い総合システムを構築運用することが求められる。そのためには、各々の装置で入出力される必要な情報の内容と様式を統一する必要がある。」といったことになる。

4. 規格化への動き

1980年代に入ると、日本国内のメーカ各社は、自社装置間のデータの共有化を計るために独自のデータフォーマットと伝送規格を作成し運用を始めた。

ユーザは他社の装置との結合を要望し出すと、たちまち各社独自の規格に様々な問題が出てきた。

米国では、すでに1980年にディーラーの任意団体である NMEA により、ロラン-C とオートパイロットの接続のため NMEA-0180 規格が制定され、1982年には NMEA-0182 が、1983年には NMEA-0183 とバージョンアップされている。

現在では、日本国内のメーカ各社は NMEA-0183 規格を採用することによりメーカ間の整合を取ろうとしている。又、このような認識は日本、米国だけでなくヨーロッパでも高まり、最近 IEC で国際的な規格作りが行われている。

IEC : International Electrotechnical Commission (国際電気標準会議)

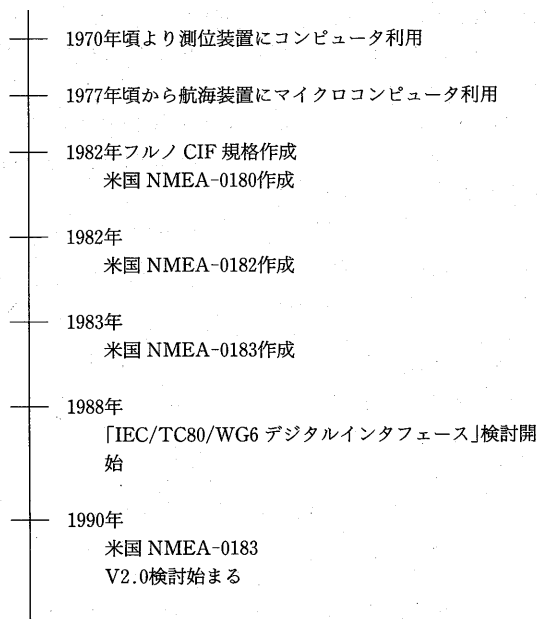


Fig-4

NMEA : National Marine Electronics Association (全米船用電子協会)

- ①1980年5月 NMEA-0180制定
- ②1983年5月 NMEA-0180 V-1.0
- ③1987年12月 NMEA-0180 V-1.5
- ④1990年4月 NMEA-0183 Version 2.0 Draft-1
- ⑤1990年8月 NMEA-0183 V-2.0 Draft-2
- ⑥1990年11月 NMEA-0183 V-2.0 Draft-3
- ⑦1991年5月 NMEA-0183 V-2.0 Draft-4

5. 規格化における問題点

デジタルインタフェースの規格化のために以下のような検討が必要である。

- ① 対象とする装置・機器類と用途の想定
- ② データの量、時間（周期）
最大何バイトのデータをどのくらいの周期で伝送するのか
- ③ データを表現するコード
ASCII, バイナリコード, その他どのようなコードを適用するのか
- ④ データ群の識別方法と最大識別数
必要な情報を含むデータ群の識別方法はどのようにするのか, さらに最大何種類のデータ群を識別できる体系にするのか
- ⑤ 伝送のタイミング
受信側の状態を考慮せずに, 送信側のタイミングで自由に送信するのか, 受信側とハンドシェイクするためのプロトコルを必要とするのか
- ⑥ 通信する相手の数
1対1か1対Nを想定するのか
- ⑦ 伝送方式
シリアル伝送, パラレル伝送いずれを採用するのか
- ⑧ 通信規格は何を適用するのか
RS-***, IEEE-***等或いは独自の規格を適用するのか
- ⑨ 電気通信の定義
マーク, スペースの電圧（又は電流）の定義をどうするか

規格化或いは標準化にあたっては、少なくとも以上の事項を十分に検討する必要がある。

6. 現状について

現実の各メーカの考え方や、抱えている問題点等について考えてみる。

- 1) 各メーカのデジタルインタフェースに対する考え

方

- ① 高速、大量のデータを対象とせず、比較的低速（2400～4800BPS）で調歩同期式のシリアル伝送を採用している。
- ② 規格としては、自社独自のものか或いはNMEA-0183を採用している。電気的規格としては、カレントループ（ホトカプラー結合）、RS-232Cが多く、まれにRS-422もある。
- ③ プロトコルは特になく、送信側は受信側を意識せずに無手順でデータをタレ流しているものがほとんどである
通信方式は単向方式である
- ④ デジタルインタフェースの入出力ポートは標準的に装備させたいが、そのためコスト的に

はあまり負担となつてはならない

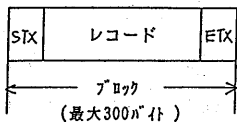
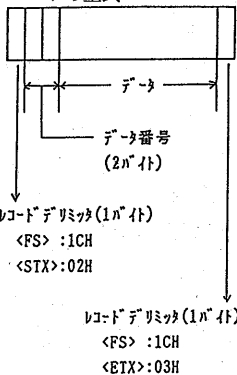
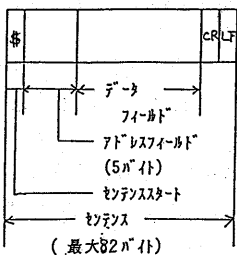
- ⑤ 相互抗続する規模に応じて、必要なデータの集合、分配、フォーマット変換等には別途インタフェース装置で対応する

といった考え方が基本になっており、廉価タイプの装置（機器）でも十分コスト的に対応できるものとしている。

2) 他メーカ機器との接続時の問題

- ① HOT と COLD の間違い
相手の回路図を十分認識、理解できるに、自分側の常識で見してしまう
- ② 入力回路はホトカプラーで電気的に絶縁されている場合が多く、
・電流感度の良いホトカプラーでの微小電流

項 目	古野C I F	NMEA-0183
伝送形態	調歩式の直列伝送方式	調歩式の直列伝送方式
キャラクター仕様	スタートビット……………1 データ……………7 パリティ（偶数）……………1 ストップビット……………2 スタートビット データ パリティ ストップビット	スタートビット……………1 データ……………8 パリティ……………なし ストップビット……………1以上 スタートビット データ ストップビット
信号レベル	ストップビット……………電流オフ ロジカル '1' スタートビット……………電流オン ロジカル '0' (16mA)	ストップビット ……0.5V 以下 ロジカル '1' スタートビット ……+4.0V 以上 ロジカル '0'
伝送速度	600 BPS 1200 BPS 2400 BPS 4800 BPS	4800 BPS
送信側のドライブ能力	アクティブ状態（ロジカル '0'） で32mA以上の供給能力を持つこと	アクティブ状態（ロジカル '0'） で15mA以上の供給能力を持つこと
受信側の絶縁性	ホトカプラーで受けること	オプティカルアイソレーション または同等なもので受けること
通信プロトコル	DSR, DTR による制御を標準としていたが、現在は無手順である	無手順
標準回路	 ホトカプラーは 47Ωの抵抗部に 16mA程度流れる ものを選択	特に規定はない

項 目	古 野 C I F	NMEA-0183
データ形式	基本形  ①レコードリミッタは〈FS〉である ②レコードのパリッドキャラクターは20H~7Fである レコードの型式  ①フィールドのデリミッタは“,”である ②データフィールドの最後に“*”で始まるチェックサムフィールドをオプションとして付加できる ③パリティキャラクターは20H~7FHである、但しODH, OAHはセンテンスの区切りとして予約されている	基本形  ①フィールドのデリミッタは“,”である ②データフィールドの最後に“*”で始まるチェックサムフィールドをオプションとして付加できる ③パリティキャラクターは20H~7FHである、但しODH, OAHはセンテンスの区切りとして予約されている

での誤動作

- ・電流感度の悪いホトカプラーでの入力ミス
- ③ 入力側の処理が高速リアルタイムになっていない場合、
・データの1バイトの切れ目の時間間隔が少ないとき、入力処理に問題が生じる場合がある
- ④ データが可変長の場合、入力側のソフトウェアの負担が多くなる
- ⑤ データコードの出力側と入力側との認識の違いによるトラブルが多い

以上は現実に結構多く見られる問題である。

3) 古野電気の現状

当社でも1980年に自社機器間のデータ共有化のために、CIF (Communication Inter-Face) 規格なるものを作成し運用を始めた。この規格は現在も運用されている。当社の CIF 規格は当時としてはかなり先進的な考えで、その後の NMEA-0183 規格化に大きな影響を与えている。

他メーカ機器との接続の必要性が生じてくるにしがたい NMEA 規格の採用に踏み切り、現在では CIF と NMEA-0183の両規格で運用している。

7. ま と め

現在のデジタルインタフェースをまとめると、「OSI のモデル層でいえば、第1層と第7層のみの低機能、低価格の通信形態」といえる。

今後、より高速で大容量のデータ、例えば画像データに対応し、そして特定の機器を選択できる通信を可能とするプロトコルの定義を必要としてくるであろうことは十分想定出来る。

現実にはコストとの兼ね合いもあり、そのような高機能のプロトコルを各機器で標準的にサポートするのは困難である。

しかし今後、半導体の発達により OSI のモデル層の第2層から第6層までサポートする IC が現われてくれば話はかわろう。現状ではまだそのような IC は出現しておらず、とりあえず現在のような低機能、低価格のものとは別に高機能対応の規格も必要であろう。

これからの規格は、出来るだけ国際的にも認められる標準的な規格にすべきであろう、勿論これは将来的に出現するであろう通信プロトコル用の IC を期待する意味も込めてである。近年は船内だけでなく衛星通信を介して陸上のシステムをも巻き込んだ大きなネッ

トワークを構築する時代もすぐそこに来ており、従って当然陸上の汎用コンピュータとの接続の容易性も考えておかなければならない。

最後に、通信プロトコル等のようなソフトウェア面に於いては、船舶用と陸上用との区別は益々なくなってくるであろう。しかし、使用環境の違いに対するハードウェア面の基準の違いは残るであろう。

いずれにしても、現在のデジタルインタフェースは船舶におけるローカルエリアネットワークの端緒であり、今後より高機能の通信規格の議論がなされてくる

であろう。

参 考 文 献

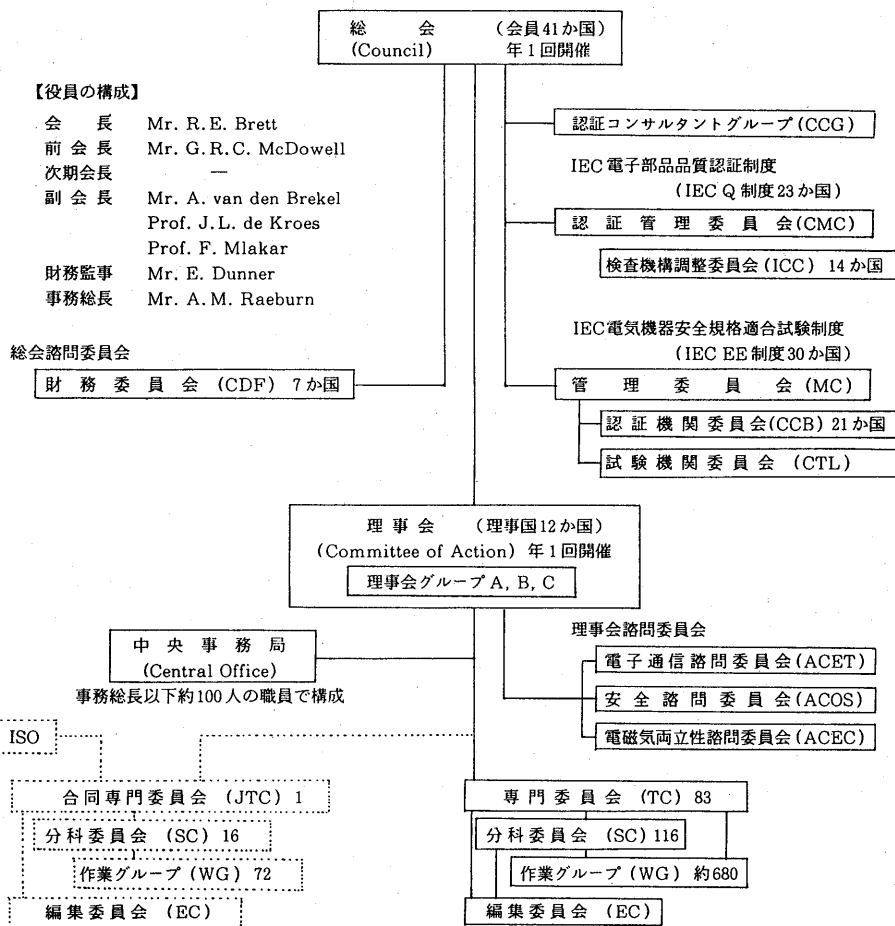
- 1) 「データ通信技術センター」CQ 出版社
- 2) 「パソコン・データ通信プロトコルハンドブック」朝日新聞社
- 3) 「TCP/IP によるネットワーク構築」bit 別冊，共立出版
- 4) 「NMEA 0183 STANDARD FOR INTERFACING MARINE ELECTRONICS NAVIGATIONAL DEVICE Version 1.5」

IEC におけるデジタルインタフェースの規格化の動向について

日本無線株式会社 技術第二部
横 井 行 雄

Status of IEC draft of digital interface for marine navigational equipments

Japan Radio Co., Ltd
Yukio YOKOI



注：委員会の数 (CISPR, CMT を含む) 等は 1989 年 7 月現在

図 1 国際電気標準会議の構成

1. 背景

船用機器相互の接続（インタフェース）を標準化してシステム構築を容易に行いたいという要請は、従来独立に使用されてきた機器が、電子技術の発達と社会的・経済的ニーズの増大に伴い、コンピュータ等を紹介し、有機的にシステム化され、自動化されるに従い、ますます強くなってきている。

従来は各機器メーカーが自社製品相互の接続について独自のインタフェース方式を開発してきたので、ユーザが各社の多様な機器を用いた合理的なシステムを必要とする場合に多くの困難があった。この問題は1980年以來 NMEA（米国船用機器工業会）において主として小型船舶を念頭において電気仕様のみならずセンテンスフォーマットを含む仕様の検討が重ねられ、NMEA0180および0183として規格が制定されている。

IEC（国際電気標準会議）の TC80（航法計器専門委員会）では国際航海を行う船舶の IMO（国際海事機構）により義務化された機器も含めたデジタルインタフェースの規格化の必要性を認め、この為の作業部会 WG6を1988年に設置し、国際規格化の草案作成作業を続けており、上記 NMEA 規格との整合性を積極的にとる為 NMEA との協議も重ね、草案 (WD) の作成が終了し委員会原案 (CD) の作成中である。

わが国には有力な航法機器メーカーが多くあるので、この IEC の作業部会での国際規格草案作成には国内作業部会を（株）日本電子機械工業会内に設置し、当初より積極的に参加している。

本稿では、IEC/TC80/WG6における審議の経過、国際規格草案の主要点ならびに今後の見通しについて紹介する。

2. IEC/TC80委員会⁽¹⁾

IEC は図 1 に示すように加盟41ヵ国から成り、各国間での電気・電子機器・部品の互換性と安全性を保つための国際規格の作成を任務とし、ISO（国際標準化機構）との緊密な連絡の下に活動している。TC80は IEC の83ある専門委員会の一つで IMO（国際海事機構）と緊密な関係にあり、IMO の勧告に基づき航法計器の個々の機器の性能要件、検査規格の作成を行っている。日本国内では工業技術院のもとで TC80国内専門委員会（委員長：飯島東京商船大教授）が組織され、（株）日本電子機械工業会の中に TC80小委員会が設置され、審議を行っている。IEC で制定された国際規格は、加盟各国の国内規格にすみやかに反映することが要請され、日本の場合は必要に応じ、JISC 又は、JISF として国内規格化されることとなっている。

TC80には現在、以下の9個のWGや設置されている。

WG1：船舶用レーダー

WG2：ARPA

WG3：SDME（速度・距離計）

WG4：電波測位装置（SWG4a として GPS 受信機）

WG5：一般要件（EMI, EMC を含む）

WG6：デジタルインタフェース

WG7：ECDIE（電子海図装置）

WG8：GMDSS

WG9：IBS（Integrated Bridge System）

3. IEC/TC80/WG6 における審議経過

WG6での審議経過の概要を紹介する。

1) 第1回 WG

1988年5月ロンドンで開催された TC80の総会の席上、作業部会 WG6の設置が決議され、事務局を CIRM（国際船用無線機器協会、本部ロンドン）が担当することとなった。日本からの早急に規格を制定する必要性の指摘にもとづき、各国で対象機器を分担し、NMEA 規格を念頭に草案を作成することとなり、日本は測位システムとエコーサウンドを担当した。

2) 第2回 WG

1989年7月に英国ブライトン市にて開催された IEC の総会にあわせて第2回のWGが持たれた。

第1回で要請されたドラフトの提出は3件のみで電気仕様、センテンスフォーマット等体裁の完備した日本のドラフトをベースに討議が進められ、規格化の第一段階として日本提案通り、single talker-multi listener 方式に限って事務局でWGドラフトを作用することとなった。この会議には初めて TC80に参加したソ連の代表も含め NMEA 規格をベースにすることが改めて確認された。

3) 第3回 WG

1990年4月ロンドンにおいて開催され、事務局で作成したWGドラフトの検討を行った。この会議では TC80の性格にもとづき、機器を IMO にて勧告のある機器とそうでない機器に区分けし、各機器ベースの規格とすることで合意がなされた。更に NMEA より新バージョン NMEA0183Vx, x draft No.1 がもたらされその検討も行った。

4) 第4回 WG

1990年11月ロンドンにおいて開催され改定されたWGドラフトの検討を行った。NMEA より、V.2.0 draft No.2 がもたらされその検討をあわせ行くと共に、NMEA と緊密な連絡の必要性が改めて指摘され、合同会議の開催が提案された。

5) 第5回 WG

1991年5月ロンドンで開催され、その直前4月に米国 San-Diego 市でもたれた IEC と NMEA の非公式会議の結果ならびに NMEA の V.2.0 draft No.4 を検討した。この席に NMEA の代表が初参加し、詳細な検討を行った結果、電気仕様については IEC の提案を入れ、RS-422を標準とすること、フォーマット等については NMEA0183の新バージョンの中に IEC の検討結果を反映させることが合意された。この結果 NMEA と IEC との整合性についての問題点はおおむね解消した。

6) 第6回 WG

1991年10月ベルリンで開催される TC80総会にあわせ開催された。基本的な問題は全て解決されたので総会の席上、WGドラフトをCDに格上げし加盟各国の投票に付すことが提案され承認された。NMEAはこの検討を待って一足早く米国国内に新バージョン (Version 2.00, Jan. 1, 1992) を公表した。

4. 国際規格草案の内容

1) 適要対象

IEC/TC80の役割から明らかなように、国際規格の対象はIMO/SOLASで規制される機器を用いる国際航海を行う船舶である。一方 NMEA は、その成立から

表1 トーカの機器コード (アドレスの1, 2文字目)

TALKER DEVICE	IDENTIFIER
AUTOPILOT: General	*AG
Magnetic	AP
COMMUNICATIONS: Digital Selective Calling (DSC)	*CD
Satellite	*CS
Radio-Telephone (MF/HF)	*CT
Radio-Telephone (VHF)	*CV
Scanning Receiver	*CX
DECCA Navigation	DE
Direction Finder	*DF
Electronic Chart Display & Information System (ECDIS)	EC
Emergency Position Indicating Beacon (EPIRB)	*EP
Engineroom Monitoring Systems	ER
Global Positioning System (GPS)	GP
HEADING SENSORS: Compass, Magnetic	*HC
Gyro, North Seeking	*HE
Gyro, Non-North Seeking	HN
Integrated Instrumentation	II
Integrated Navigation	IN
LORAN: Loran A	LA
Loran C	LC
OMEGA Navigation System	OM
Proprietary Code	P
Radar and/or ARPA	*RA
Sounder, depth	*SD
Electronic positioning system, other/general	SN
Sounder, scanning	SS
Turn Rate Indicator	*TI
TRANSIT Navigation System	TR
VELOCITY SENSORS: Doppler, other/general	*VD
Speed Log, Water, Magnetic	VM
Speed Log, Water, Mechanical	VW
TRANSDUCERS:	YX
TIMEKEEPERS, TIME/DATE: Atomic Clock	ZA
Chronometer	ZC
Quartz	ZQ
Radio Update, WWV or WWVH	ZV
Weather Instruments	WI

明らかなように小型プレジャボートを含む全船舶を対象としている。しかし、本規格が唯一のデータフォーマットを含むインタフェース規格であることから、制定後は海上用のみならず、陸上用、航空用の各分野で利用されることと思われる。

2) 電気仕様

Single Talker-Multi Listener の直列非同期伝送方式を国際規格の第1段階における検討対象とし、その後 Multi Talker 方式の検討を行うこととなっている。データ伝送の主要諸元は次の通りである。

ボーレート : 4800
データビット : 8 (d7=0)
パリティ : 無
ストップビット : 1
信号レベル : RS-422準拠

なお NMEA の V.2.0 においては現行の V.1.5 との整合性をとる上で Listener は従来の方式 (Opto-Isolator) を認めている。この為従来の NMEA と整合する為には受信側の負荷を軽くする等若干の改造が必要な場合が生ずる。

表2 航海機器の IMO 勧告および IEC 規格化による分類

	NAVIGATION INSTRUMENT	TALKER	LISTENER	NOTES	IMO RESOLUTION		IEC/ISO SPECIFICATION	
1.	MAGNETIC COMPASS	YES	NO	HC	A382(X)		ISO10316	
2.	GYRO COMPASS	YES	YES	HE	A424(XI)		ISO8728	
3.	RADAR	YES	YES	RA	A477(XII)	A278(VIII)	IEC936	
4.	ARPA	YES	YES	—	A422(XI)		IEC872	PLUS APPENDIX
5.	ECHO SOUNDER	YES	YES	SD	A224(VII)		ISO9875	
6.	SPEED & DISTANCE LOG	YES	NO	VD	A478(XII)		IEC1023	
7.	RDF	YES	YES	LIMITED DF	A665(16)		—	
8.	RATE OF TURN INDICATOR	YES	NO	TI	A526(13)		—	
9.	COMMUNICATIONS-SAT	YES	YES	CS	A608(15) A663(16)		IN PREPARATION	Sea also Appendix IIA
10.	COMMUNICATIONS-OTHER		YES	*	SEE GMDSS SCHEDULE, APPENDIX IIA			
11.	EPIRB	NO	YES	EP	SEE GMDSS SCHEDULE, APPENDIX IIA			
12.								
13.	ELECTRONIC NAVAID	YES	YES	*	A574(14)	A479(XII)	LORAN C=1075 OMEGA=1110	GPS-IN PRED DEOCA-IN PRED
14.	RUDDER ANGLE IND	YES	NO	YD	—		—	
15.	WIND SENSOR	YES	NO	WI	—		—	
16.	AUTOPILOT	YES	YES	AG	A342(IX)		ISO ACTION IS NOW CONTEMATED	
17.	PLOTTING SYSTEM	YES	YES	EC	DRAFT RESOLUTION		IEC ACTION IS NOW CONTEMATED	
18.	ENGINE REVS IND	YES	NO	YT	—			
19.	NAVIGATION COMPUTER	YES	YES	IN	—			
20.								

表3 認定文の識別コード (センテンスフォーマット)

AAM	Waypoint Arrival Alarm
ALM	GPS Almanac Data
APB	Autopilot Sentence "B"
*ASD	Autopilot System Data
BEC	Bearing & Distance to Waypoint, Dead Reckoning
BOD	Bearing, Origin to Destination
BWC	Bearing & Distance to Waypoint
BWR	Bearing & Distance to Waypoint, Rhumb Line
BWW	Bearing, Waypoint to Waypoint
DBT	Depth Below Transducer
DCN	Decca Position
*DPT	Depth
*FSI	Frequency Set Information
GGA	Global Positioning System Fix Data
GLC	Geographical Position, Loran-C
GLL	Geographic Position, Latitude/Longitude
GSA	GPS DOP and Active Satellites
GSV	GPS Satellites in View
GXA	TRANSIT Position
*HDG	Heading, Deviation & Variation
*HDT	Heading, True
HSC	Heading Steering Command
LCD	Loran-C Signal Data
MTW	Water Temperature
*MVW	Wind Speed and Angle
OLN	Omega Lane Numbers
*OSD	Own Ship Data
RMA	Recommended Minimum Specific Loran-C Data
RMB	Recommended Minimum Navigation Information
RMC	Recommended Minimum Specific GPS/TRANSIT Data
*ROT	Rate of Turn
*RPM	Revolutions
*RSA	Rudder Angle Indicator
*RSD	RADAR System Data
RTE	Routes
*SFI	Scanning Frequency Information
STN	Multiple Talker ID
TRF	TRANSIT Fix Data
*TTM	Tracked Target Message
*VBW	Dual Ground/Water Speed
VDR	Set and Drift
VHW	Water Speed and Heading
VLW	Distance Traveled through the Water
VPW	Speed, Measured Parallel to Wind
VTG	Track Made Good and Ground Speed
WCV	Waypoint Closure Velocity
WNC	Distance, Waypoint to Waypoint
WPL	Waypoint Location
XDR	Transducer Measurements
XTE	Cross-Track Error, Measured
XTR	Cross-Track Error, Dead Reckoning
ZDA	Time & Date
ZFO	UTC & Time from Origin Waypoint
ZTG	UTC & Time to Destination Waypoint

表4 認定文の構造の基本型

"\$"	HEX 24—Start of sentence
<address field>	TALKER identifier and sentence formatter
["," <data field>]	Zero or more data fields
.	
.	
["," <data field>]	
["*" <checksum field>]	Optional checksum field
<CR> <LF>	Hex 0D 0A—End of sentence

3) トーカ識別記号

データの送出元の情報は重要な情報の一つである。NMEA と IEC の合意にもとづき両者共通のコード表 (表1)を用いることとなっている。IEC 規格での機器一覧を表2に示す。

4) 認定センテンス

トーカ識別記号と共に認定センテンスは機器間の情報交換を保証する上で重要な要素である。このセンテンスも NMEA と IEC は共通とすることで合意されている (表3)。その為 NMEA には、IMO 勧告の機器のセンテンスが追加されている。

認定センテンスは表4の構造をしている。<address field> は表1の機器コードの2文字および表2のセンテンスフォーマット3文字の計5文字が対応する。<data field> はセンテンスの種類によりデータ数が規定されている。しかし最長センテンスは\$から<LF>までで82文字以内でなければならない。

5) メーカーコード

規格化されたセンテンスのみでは各機器の多様な要求の全てを満たすことは困難であるので、各メーカー固有のセンテンスが許容されている。今回の NMEA の改訂に伴いこのメーカーコードの見直しも行われた。このPで始まるコードは、各メーカーで独自に設定可能であり、規格改訂までの拡張性をカバーすると共に各メーカー固有の機器の初期化データ等をカバーすることとなる。

5. 米国の動向

現在 WG ドラフトの作成のベースになっている米国 NMEA 規格の成立経過を以下にまとめておく。

1) 1980年5月; NMEA0180の制定

ロランC受信機とオートパイロットの接続の標準化を目的とした規格。

2) 1980年11月: NMEA0180の拡張

一般的な接続に拡張し、COMPLEX フォーマットを導入した。

3) 1983年5月; NMEA0183V.1.0の制定

初めて Single Talker-Multi Listener 方式のインタフェースを制定した。

- 4) 1987年12月；NMEA0183 V.1.5 の制定
現在普及しているバージョンに改訂した。
- 5) 1990年4月；NMEA0183 V.X.X. Draft No.1 V.1.5 の見直しに着手した最初のバージョン。
- 6) 1992年1月；NMEA0183V.2.0
IEC と協調の結果 Talker を RS-422仕様とした。
国際規格に先立つものとして改訂発行された。

6. 日本国内での対応

1) ㈱日本電子機械工業会 TC80小委員会

工業技術院の委託を受け IEC/TC80の審議を担当している㈱日本電子機械工業会の中で、TC80小委の下に7社の代表から成るデジタルインタフェース委員会が設置され、IEC の各文書の検討を行っている。IEC での審議は表5のように最終的には各国の投票に付されるが、現在は WG ドラフト (WD) が完了し、委員会原案 (CD) の作成中である。

2) ㈱日本船舶標準協会デジタルインタフェース委員会

日本国内における JISF (船用機器) の標準化のために活動しており、デジタルインタフェース規格も IEC 規格の制定と歩調を合せ、国内 JISF 化のための検討がデジタルインタフェース委員会 (委員長：飯島東船大教授) を組織して行われている。

7. ま と め

1988年5月以来行われてきた船用機器のデジタルインタフェースの規格化は WG ドラフト草案作成の作業が NMEA との協調をとりながら終了した。(IEC での国際規格作成の流れは表5に示すような段階をとることとなっている。)当初、主要な航法機器メーカを有する日本として早急な国際規格化を提起したが、既に

表5 IEC 国際規格作成の段階

プロジェクトの 段 階	関 連 文 書	
	名 称	略 号
1. 提 案 段 階	新業務項目提案 (New work item proposal)	NP
2. 作 成 段 階	表 案 (Working draft (s))	WD
3. 委員会段階	委員会原案 (Committee draft (s))	CD
4. 承認段階	国際規格案 (Draft International Standard)	DIS
5. 発行段階	国際規格 (International Standard)	—

3年半が経過してしまっただ。しかし国際規格化の舞台で日本の果すべき役割を主張できた意義は非常に大きいと感ずると共に、終始日本の意見のリード役を果たしていただいた東京商船大学飯島教授に、デジタルインタフェース WG 一同感謝すると共に今後この規格の船舶用のみならず各分野における普及を期待したい。

なお TC80 WG6 は1991年10月のベルリンでの第6回 WG で当初の目的である Single Talker-Multi Listener 方式の原案作成作業を終了した。

引き続き次のテーマである Multi Talker-Multi Listener 方式のデジタルインタフェース規格の検討に着手することとなっており、日本の果すべき役割が一層強く期待されている。

参 考 文 献

- 1) ㈱日本船舶標準協会, ISO 及び IEC の概要について (第3回), 船舶標準化技報, No.60, 1991年12月。
- 2) NMEA0183, Standard for Interfacing Marine Electronic Devices, Version 2.00, January 1, 1992
- 3) ㈱日本電子機械工業会, 航法計器専門委員会；IEC/TC80ベルリン会議報告書, 平成3年10月

自動車の情報化に関するマンマシーン・インタフェース

日産自動車株式会社 電子技術本部

遠 藤 寛

Man Machine Interface from Automotive Information Systems Viewpoint

Nissan Motor Co., Ltd Electronics Development Department

Hiroshi ENDO

1. はじめに

自動車におけるマンマシーン・インタフェースについては、自動車の情報化が急速に進んでいることを考慮して情報関連技術を中心に考えてみたい。このインタフェースの向上によって自動車交通の安全性向上、交通の経済性向上（混雑の緩和、省資源など）および環境保全を図ることができる。ここではマンマシーン・インタフェースに関する具体的課題とその課題を解決するための技術開発の動向を説明すると共にインタフェース向上に関する将来像を展望してみたい。

2. 自動車の情報化とマンマシーン・インタフェース

車を目的地まで安全且つ円滑に運転するには①走行環境を的確に認識・把握して安全に走行すること、②自車の現在位置を正確に知り所要の道路交通情報をタイムリーにキャッチし、ルールを守りゆとりのある走行をすること、③話したい時にいつでも職場・家庭等と自由に通信出来ることが必要である。このような車におけるマンマシーン・インタフェース全体像を図1に示す。

3. 移動通信

移動体である自動車が他者（周囲の他車も含め）と自由に会話出来ることがマンマシーン・インタフェースの原点である。自動車における移動通信の将来像を考えてみると図2に示すように自動車電話他のセルラーシステム基地局、広域あるいはグローバル通信のために使用される通信衛星などのエアーク・インタフェースを介して ISDN の地上側ネットワークに自由

にアクセス出来るようになり、自動車は何時でも家庭、オフィス等の交信、交通情報の入手、レジャー・サービスなどの各種のサービスが受けられるようになるだろう。

また移動通信における自動車側の課題をまとめてみると

- (1) 操作性、安全性を向上するために、走行中の運転操作に負担をかけない音声認識を利用した自動ダイヤルシステム、エコキャンセルを利用したハンズフリー会話システムなどのマンマシーン・インタフェースが必要である。
- (2) 車のデザインと調和したコンフォーマル・アンテナの開発も大切である。

これらを整理してみると図3のように表すことがで

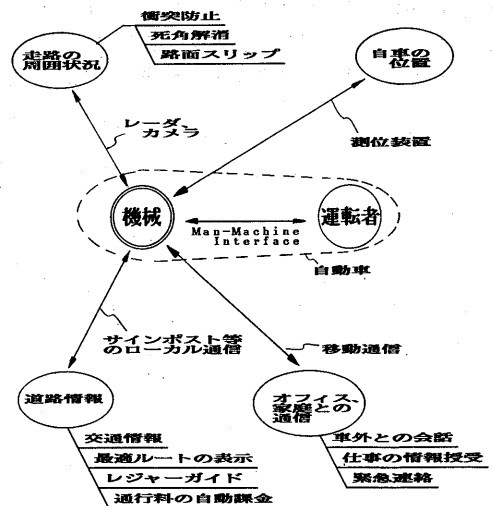


図1 自動車の情報化

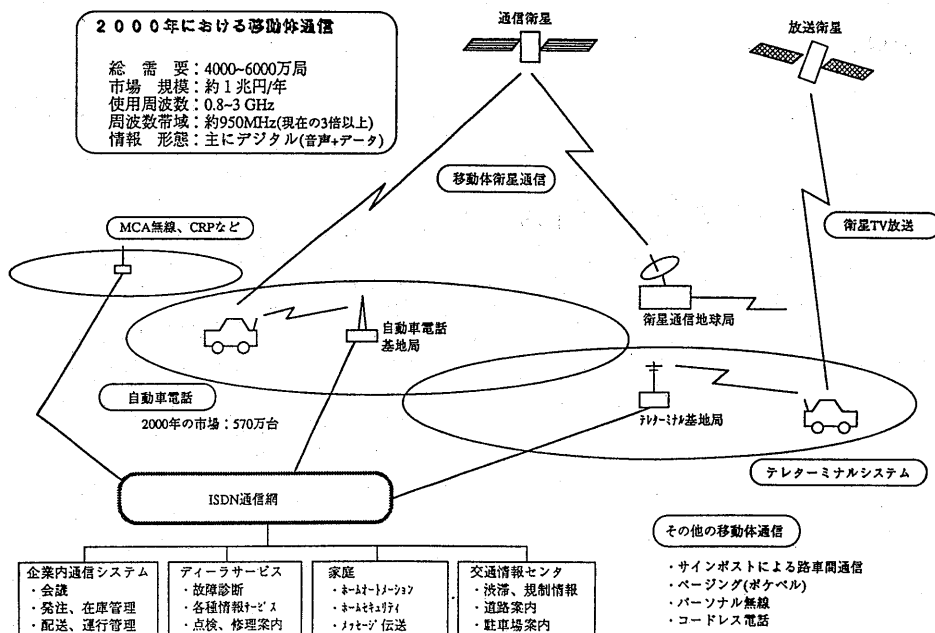


図2 将来の移動体通信

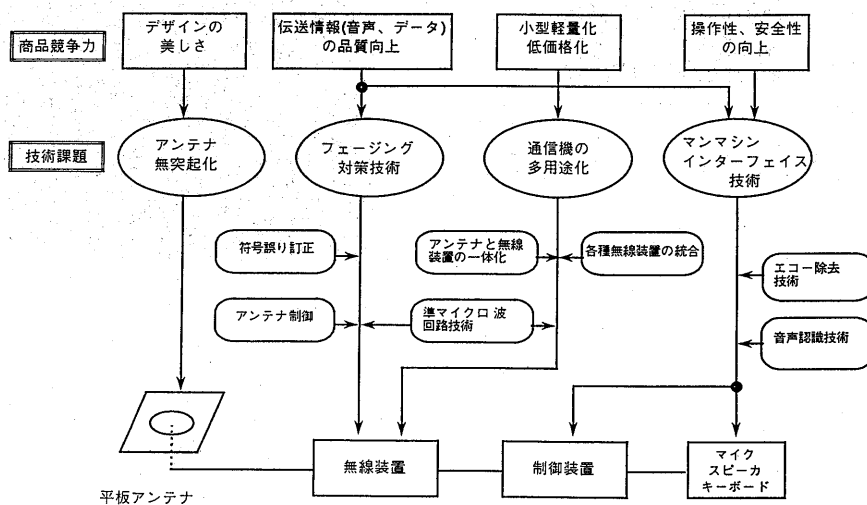


図3 移動通信に関する自動車側の課題

きる。

4. ナビゲーション

自動車に於ける測位とそれに基づく地図上での現在地表示を基本とするナビゲーションは今後のインフラ側(ビーコン設置、交通管制センタ、交通情報ネットワーク等)の急速な整備に伴い個々の運転者側のニ

ズ、道路管理者側のニーズあるいは運行管理者側のニーズなどの多様なニーズに木目細かく対応できるようになりマンマシン・インターフェースの重要な役割を担うようになろう。このナビゲーションに対する代表的なサービスは次の通りである。①目的地までの最適経路誘導、②公共報、営業車の運行管理、③道路交通情報サービス、④レジャー・タウン情報サービス、

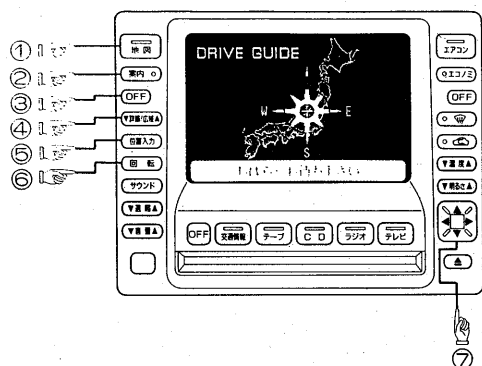
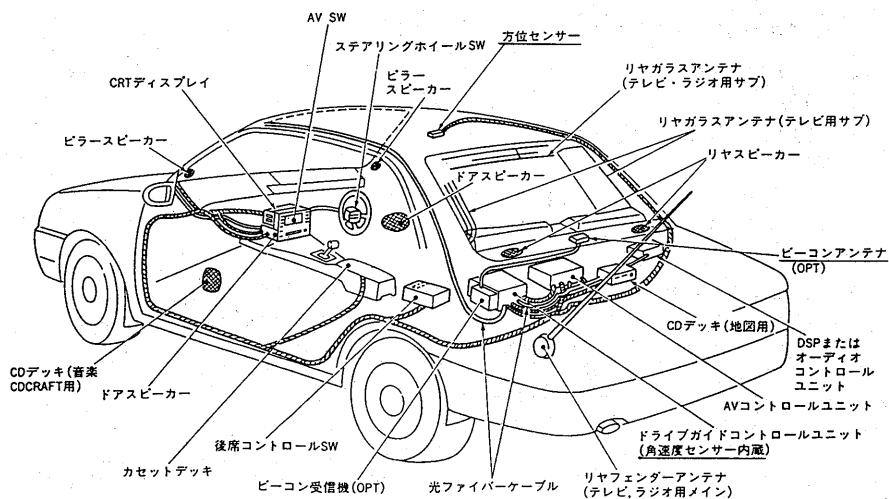


図7 自動車用ナビゲーションに関する技術的課題

項 目		技 術 課 題	対 策 例
推測航法	地磁気センサ	1. 車体の着磁 2. 走路環境における地磁気の乱れ(鉄道、地下鉄、鉄骨建造物など)	着磁補正
	ジャイロ	・ドリフト	電波航法
	マップ・マッチ	・道路条件によってマッチングが困難 (直線路, Y字路, 平行路など)	(位置ビーコンを含め) と推測航法の複合化
電波航法	GPS	・建物、立木等によるシャドウイング	
	LORAN	・内陸部では測位精度が数百 m に低下する	
マンマシン・インターフェース		・表示の視認時間、頻度が多い	ヘッドアップ・ディスプレイの採用

⑤事故、故障、急病、防犯などの緊急援助サービス。

当社の最新のナビゲーションにおける測位・航法は地磁気方位センサと光ファイバジャイロによる回転角速度センサを併用し車輪速センサを組み合わせた推測航法を基本としており、走行軌跡と道路形状のパターン・マッチング（マップマッチ法）により累積測位誤差を吸収して航法精度の大幅向上を実現している。更にビーコンを用いた絶対測位により所定地点を通過する度に残留測位誤差を解消するようにしている。地図は1/1.25万、1/2.5万、1/10万、1/40万の4種類を有し、スイッチ操作による地図の拡大・縮小表示と車両の進行に伴う地図の自動スクロール機能が用意されている。このシステムの車側の構成を図4に、ディスプレ

イ装置を図5に、地図表示例を図6に示す。ディスプレイ上でのカーソル操作による現在地、目的地の設定に加えて全国の主要な施設（駅、ホテル、ゴルフ場、フェリー、インターチェンジなど）の選定による現在地、目的地の設定も出来るようになっている。このようなナビゲーションの自動車側の技術課題を分析してみると図7のように測位精度向上と表示を中心とするマンマシーン・インターフェースの向上に大別される。

次に自動車について電波航法の技術動向を知るために米国における衛星利用測位システムの開発動向を図8を用いて説明する。GEOSTAR 社が商用サービスの準備を進めている静止衛星利用測位システムは北米について欧州、オーストラリア、日本への導入が計画さ

図8 米国に於ける衛星利用測位システムの開発動向

所見：自動車全般から見た場合の衛星測位は端末条件（価格・搭載性等）、測位条件（頻度・トラフィック他）を考慮してGPSが最も実用性が高く、次いでGEOSTAR, QUALCOMM になる。ディファレンシャルGPSが実現すると新しい用途（衝突防止等の交通安全向上システム他）が開拓され衛星測位の市場は更に拡大するだろう。

測位方式	通信サービス事業者	サービス開始時期 (現 状)	測位精度	移動体側等の所要の条件	備 考
静止衛星 利用測位	GEOSTAR	1991年	50m (95%)	1. Lバンド (1.6GHz ; 40 W _p 送信)使用 2. 測位静止衛星間隔20deg	数社が2～3年後に日本向けシステム導入を計画中
静止衛星 利用測位	QUALCOMM	数年先 (米国内で実験中)	200～300m (r. m. s.)	1. Kuバンド (T ; 14GHz, R ; 12GHz) 使用 2. 測位静止衛星間隔 6 deg	衛星自動追尾アンテナを使用 (移動体側)
ディファレンシャル GPS	COMSAT	未 定 (5ヶ月前に 構想を発表)	* 5 m (95%) (基準局より 500km 離れて)	地上の所定間隔 (例1000Km) に設置された基準局でGPS位置情報の補正値を検出し静止衛星 (Inmarsat) を経由して加入者に同放する	*衛星から基準局と移動局に電波が届く場合に電離層を通る長さが異なるため、基準局から移動局迄の距離 (Km) に比例して測位誤差 (2 cm/Km 以下) が増大する。

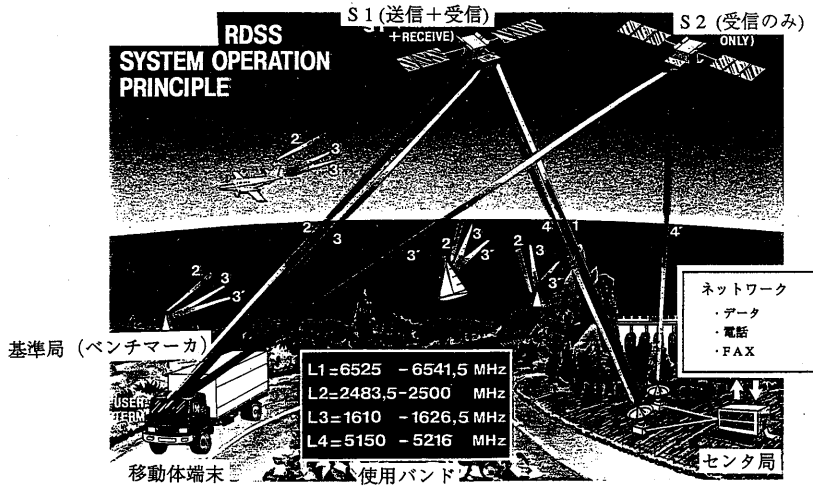


図9 フェーズ、2のシステムの全体像

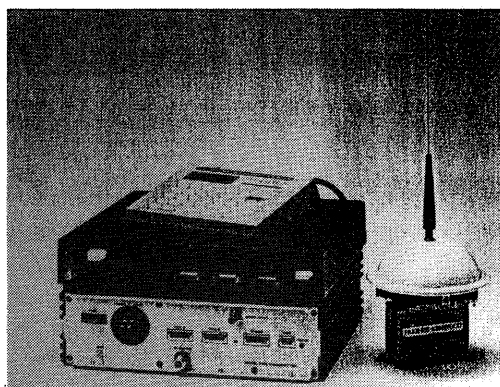


図10 フェーズ. 1の移動体端末装置 (Hughes 製)

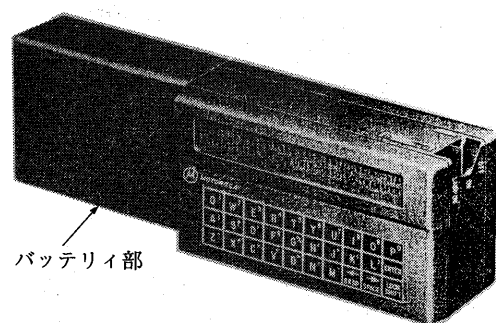


図11 フェーズ. 2のポータブル端末機 (Motorola 製)

れている。同システムのフェーズ2では図9のように測位機能に合わせて電話、データ等の通信機能も複合される。図10に現在サービス中のフェーズ.1システムの車載端末を、図11にフェーズ.2のポータブル端末を示す。(残念ながら GEOSTAR 社は91年春に倒産) また COMSAT 社が計画している静止衛星 (Inmarsat) 通信回線利用のディファレンシャル GPS サービスでは測位精度を著しく向上できるため新しい効用 (衝突防止等の交通安全, 防犯他) が期待される。なお米国の Coast Guard も同様サービスの数年内実用化を目指して準備を進めている。

5. 交通安全

5.1 交通事故の要因解析と自動車の安全装置

車の運転動作についてそのプロセスを分析してみると図12のようになる。①外部の刺激を五感で受信, ②目と耳で車の周辺状況を的確に認知, ③運転のための最適な判断, ④適切な運転操作。

また重大事故について事故統計を要因分析してみると全体の8割が運転者のヒューマン・エラーに係わるものである。図13の統計分析 (大阪大学長山教授の調

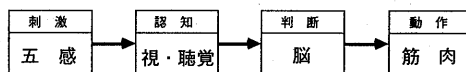


図12 人間の運転動作

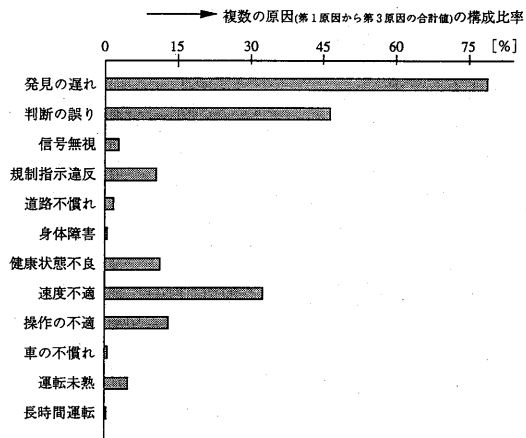


図13 運転者原因の内容分析

査) を引用すると「発見の遅れ」が第一位であり第一原因から第三原因までの複数原因を合計すると実に75%を越える。第2位は「判断の誤り」で複数原因の45%に達する。上記内容を考察してみると、交通事故の大半は運転者のヒューマン・エラーに起因するものであり運転動作の原点である状況の的確な認知および運転のための適切な判断を援助する追突警報等の手段、即ちマンマシーン・インターフェースを提供することは事故低減に大きな効果をもたらすものと思われる。

このような事故回避のためのマンマシーン・インターフェース並びに事故時の乗員保護システムとして既に商品化されているものおよび現在研究開発中のものをまとめると図14のように表される。

5.2 HUD (Head Up Display)

運転の安全性, 操作の容易性を向上するために既に車載されているマンマシーン・インターフェースの代表例として HUD を紹介しよう。車速の表示を図15に, 官庁プロジェクト VICS (Vehicle Information & Communication System) のナビゲーション実験車に搭載された経路誘導の表示を図16に示す。図15の HUD の構成を図17に示す。

昼間の路面の強い反射光に対比しても十分なコントラストが得られるような高輝度の蛍光表示管 (Vacuum Fluorescent Tube) を光源として使用し, フロントウインドの表面に装着されたコンバイナ (波長選択性を有する反射膜) の作用により VFD の車速表示を前景に重ねて結像する。この HUD の具体的効果と

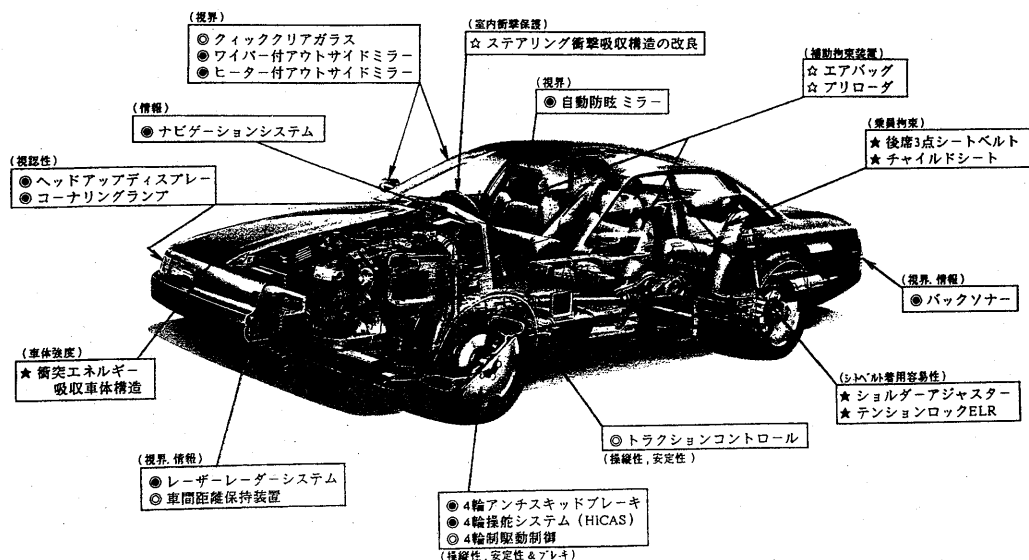


図14 自動車用安全装置 (例)

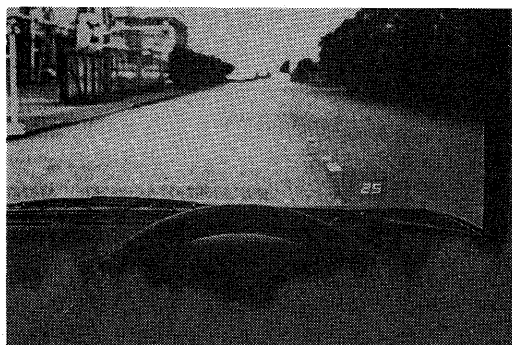


図15

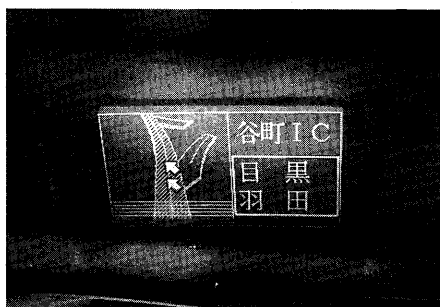


図16

して従来ディスプレイ (Head Down Display) との比較で視認所要時間の20~30%低減が得られていることが図18より分かる。

5.3 衝突防止用レーダ

自動車交通の安全性向上に関する研究開発は図19に示されるように衝突時の安全性を向上するもの、事故回避性能を向上するものから未然に事故を予防しようとするもの、例えば衝突警報レーダ、交通情報通信システム、あるいはインフラ側と自動車側を協調・融合させた総合的安全システム (PROMETHEUS 計画, Intelligent Vehicle Highway Systems 他) へと進んでいる。ここでその代表的事例である衝突防止用レーダについて開発動向とその技術課題について説明する。

衝突防止の目的に適用しうるレーダ方式としては図20に示すように超音波、光 (レーザ他) および画像認

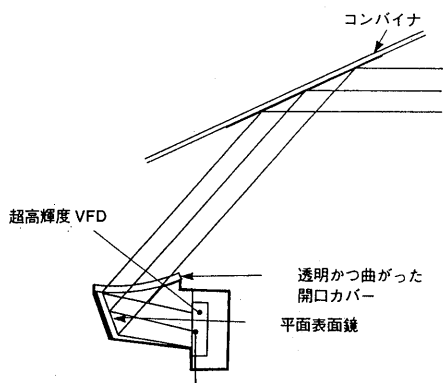


図17 プロジェクタの断面図

図18 HUD と HDD による視認所要時間の比較

道路条件		直 線 路			曲 線 路	
平均速度		40km/h	70km/h	100km/h	40km/h	70km/h
視認所要 時 間 (秒)	HDD	0.47±0.08	0.45±0.02	0.48±0.07	0.48±0.08	0.44±0.02
	HUD	0.34±0.08	0.31±0.02	0.30±0.07	0.37±0.08	0.35±0.02
差 (秒)		0.13	0.14	0.18	0.11	0.08

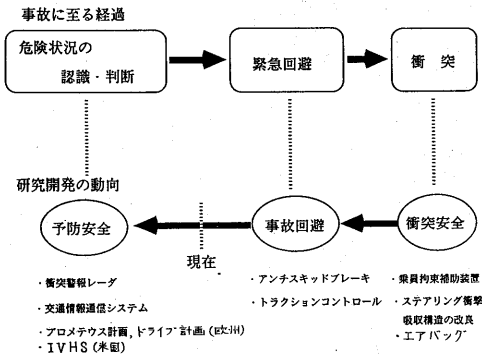


図19 自動車の安全性向上に関する研究動向

識が有る。超音波レーダでは探知距離が高々20m程度であり衝突防止の用途には不向きと思われる。その他のレーダについては電波ではフロントエンドのミリ波ヘッドの価格がミリ波回路技術の未成熟と市場未形成のために極めて高価である、レーザでは雨、汚れ等の悪環境で検知能力の低下が著しい、またTVカメラによる画像認識では暗い所では見えないなどの問題点がある。その中で周辺技術が成熟してきているレーザレーダは価格と検知性能を考慮して実用に一番近い状況にあると思われる。

(1) ミリ波レーダ

郵政省主宰のミリ波センシングシステム調査研究会の調査結果によると、ミリ波レーダは検知能力に優れ車載環境に適しているため衝突防止用レーダとして有望である。周波数としては空気中の酸素分子で吸収される60GHzのミリ波が大気中の伝播損失によって他のシステムに及ぼす電波干渉を防ぐことが出来るため自動車の衝突防止用レーダに適している。

電波レーダは過去10年以上にわたって主要な自動車メーカーで研究開発が継続されており今後とも衝突防止用レーダの主流であろう。ここでは前記調査研究会の報告書よりトヨタ自動車㈱で開発した50GHzのFM-CWレーダについて紹介する。図21に同レーダのV字型アンテナ部の構造と図22にその電気的回路構成を示す。図23には同アンテナによって形成される合成ビームの検知領域を示す。このミリ波レーダを使用した衝突警報装置を路上走行でテストした結果について図24にまとめてある。走行テストの結果ではレーダは先行車等の物標を確実に検知し必要な状況での警報発生へのフィードバックは良好である。また警報の誤動作は全体の1割以下でありその大半はカーブで発生し、特に、ガードレール、壁、ポール等の路側物の反射で多く発生する。

(2) レーザレーダ

当社が開発したレーザレーダを利用してトラック用

図20 各種レーダの検知能力の限界

		超音波レーダ	電波レーダ	レーザレーダ	TVカメラ画像認識
車両検知能力	最大探知距離	約20m	約100m	約100m	100m以上
	距離分解能	0.1m	1m	1m	3m (100mの距離にて)
	50m前方の車を検知できるカーブ最小半径	—	800R	800R	300R
主たる問題点		1. 風による検知能力低下 2. ドップラ効果により速度増加で盲になる	1. ミリ波ヘッドのコスト極高 2. 路側の不要反射多い	1. 霧、雨と汚れによる検知能力低下著しい 2. 汚れた車は見えない	1. 夜間、トンネルは見えない 2. 対向車のライトで目潰し

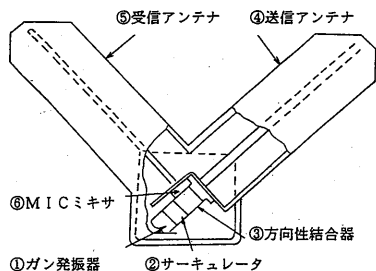


図21 レーダセンサの構成

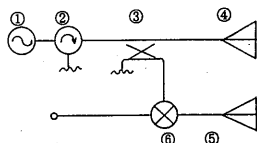


図22 電気的回路構成

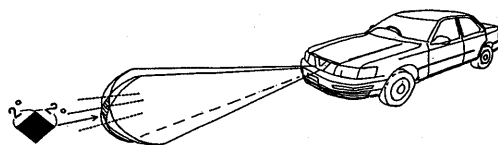


図23 ミルズクロス複合アンテナによる合成ビーム

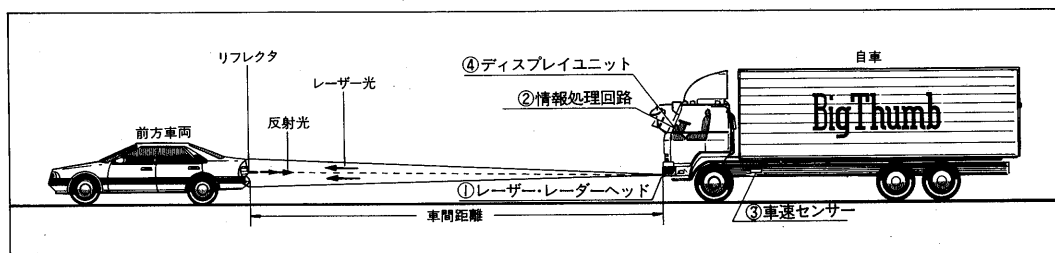
図24 路上走行テストの結果

道路の種類 (走行距離)	警報発生回数	誤警報発生回数	誤作動率
市街地道路 (215km)	310回	22回	7.1%
郊外道路 (482km)	314回	32回	10.2%
高速道路 (378km)	135回	2回	1.5%
合 計 (1075km)	759回	56回	7.4%

の追突警報装置（図25）として日産ディーゼル工業（株）が商品開発した「トラフィックアイ」の概要を説明する。

このシステムはパルス状のレーザー光を発射し反射物標に対する伝播遅延時間を検出して車両前方に存在する物標までの車間距離を測定するレーザーレーダを車両

前面に搭載し、先行車等の物標と自車との相対的運動関係（車間距離、相対速度等）をコンピュータで判断し、追突等の危険な状況を予測して警報を2段階（警告、緊急）に発生する。レーザーレーダの具体的内容については図26にその構成を、図27に反射物標に対する



■警報を発します。(自車速度35km/h以上の場合)

●前方に速度の遅い車両があるとき

●前方に停止車両があるとき

●直前に割り込み車両があったとき

●カーブ路の最初のガードレールリフレクタにレーザー光があったとき

警報が出ません。

●前方車との速度差が3.6km/h以下のとき(等速、等車間)

●前方車との距離が10m以下、又は80m以上のとき

●自車速度が30km/h以下になったとき(装置作動中止)

●2回目以後の連続しているリフレクタ

図25

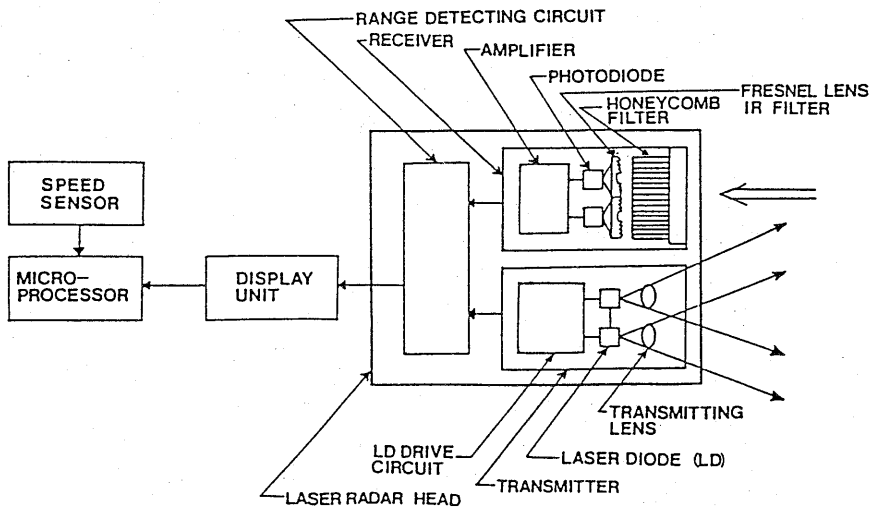


図26 Block diagram of the laser radar system

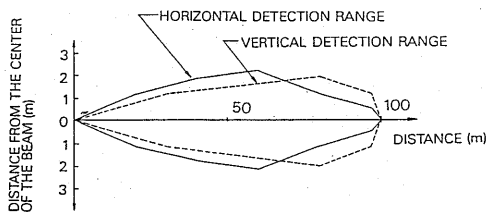


図27 Detection area in free space

検知領域を示す。ここで使用されているレーザレーダの主な問題点は次の通りである。

- ① 霧、強雨、泥の汚れで物標の検知能力がかなり低下する。
- ② カーブでは路側のリフレクタ、標識等で誤警報を発生する、またきついカーブでは先行車を見失ったり隣接レーンの先行車を誤検知する。

(3) 衝突防止の将来

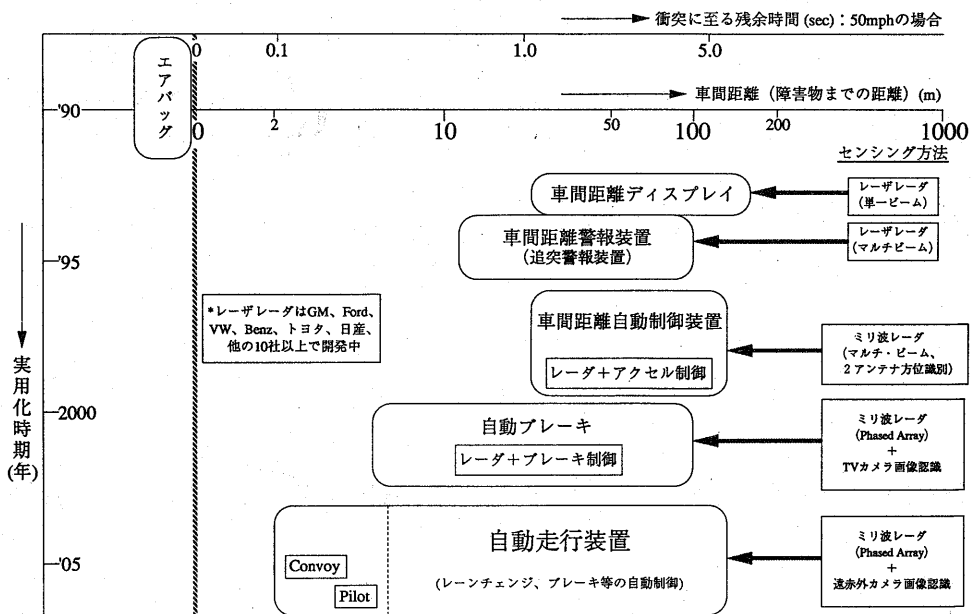


図28 衝突防止に関する将来展望

このようなレーダを利用した衝突防止の将来展望を図28に示す。2000年前後にはミリ波レーダを使用した車間距離制御装置、自動ブレーキ装置などが実用化され、21世紀初頭には操舵、制動まで含めた自動走行装置が実現されよう。

6. 自動車のマンマシーン・インターフェースの将来像

安全走行を一層向上させるためにはインフラの活用が有効であると思われる。自動車の走行環境に存在する様々な遮蔽要因により自動車が単独で認識・判断できる領域は図29のように車両の周辺に限定されているが、これを改善するために各車両とインフラ、あるいは各車両間で通信等の手段を用いて意志疎通、所要の情報授受を円滑に行なうことにより安全走行等に必要の認識・判断の能力を大幅に向上することが出来よう。インフラと協調・融合しインフラと自動車を一体化した将来像こそマンマシーン・インターフェースの極致ではないだろうか。このような自動車におけるマンマシーン・インターフェースの最終像を想定すると図30のように表現できる。車の状態、走行環境等を的確に認識し、運転に対する最適な判断・指示を行なうCopilotと呼ばれる運転支援コンピュータ並びに同コンピュータと運転者の円滑なインターフェース機能により自動車の走行制御が最適化され、道路交通の自律制御に調和し、安全且つ運転者のフィーリングに応える走行が実現される。ここで最後にマンマシーン・インターフェースの基本である自動車の航法（測位、経路誘導、追突防止等の安全性向上など）についてその将来像を考えてみたい。図31に示すように航法の将来システムとしての代表例は次の4項目である。①目的地までの最適経路誘導、②防犯、急病等に対するセキュリティ、③交差点等での出会い頭事故の防止、④追突

事故の防止。
③の事故防止の具体的イメージを図32に示す。ナビゲーションの地図上に自車、他車の存在状況を表示することにより出会い頭等の事故を未然に防止できる。

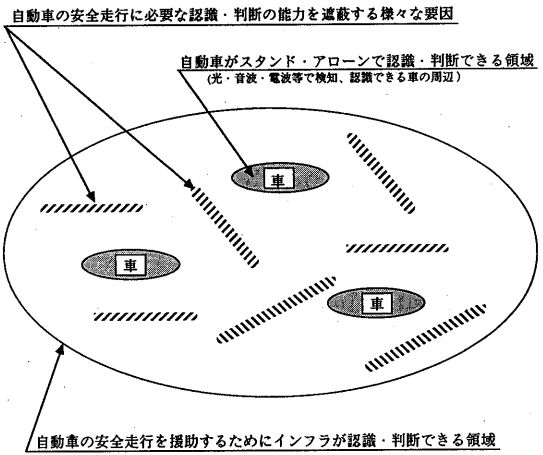


図29 安全走行を向上させるために有効なインフラの活用

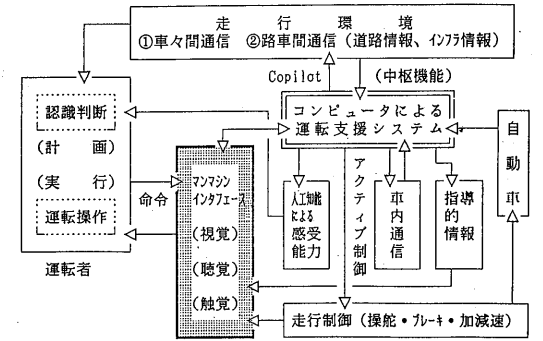


図30 自動車マンマシーン・インターフェースの将来像

図31 自動車の航法に関する将来システム

項目	要求 測位精度	システム構成	概要
1. 経路誘導	10m 以内	・双方向通信 ・高精度測位	各区間の走行所要時間を予測し、目的地まで最適経路で案内する
2. セキュリティ	10m 以内	・双方向通信 ・高精度測位	盗難・強盗、病気・事故などの緊急対策のため対象車両の確認・連絡を行なう
3. 出会い頭事故の防止	10m 以内	・双方向通信 ・高精度測位	地図上に自車を中心に半径百 m 以内の他車を表示し、状況判断により出会い頭の事故予防の警報を発生する
4. 追突事故の防止	数 m	・高精度測位 ・ビーム掃引レーダ	道路上に於ける車両の座標 (位置) を確認して衝突防止用レーダの検知領域を道路形状に合わせて拡大し、検知能力を向上する

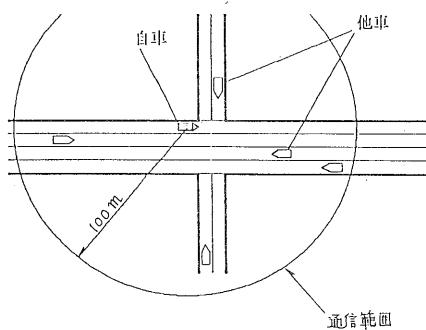


図32 自動車交通の安全を向上する通信の具体例

また④のイメージを図33に表す。レーダ機能と測位機能を融合させることにより衝突防止レーダの検知能力等を飛躍的に向上させることが出来る。

7. おわりに

自動車におけるマンマシーン・インターフェースを技術進歩の目覚ましい情報化の観点から眺め、安全性向上に対する効果を中心に各システムの機能とその課題を説明した。

交通事故の大半がヒューマンエラーに係わることを考慮すれば運転者に対する人間科学・行動科学についてより深く探求し、安全性をさらに向上するマンマシーン・インターフェースの好ましい姿を探りそれを実現するための研究開発を進めることが大切である。

参 考 文 献

- 1) 日産技報第25号 (1987-7) : 自動車に関する移動通信技術の現状と将来

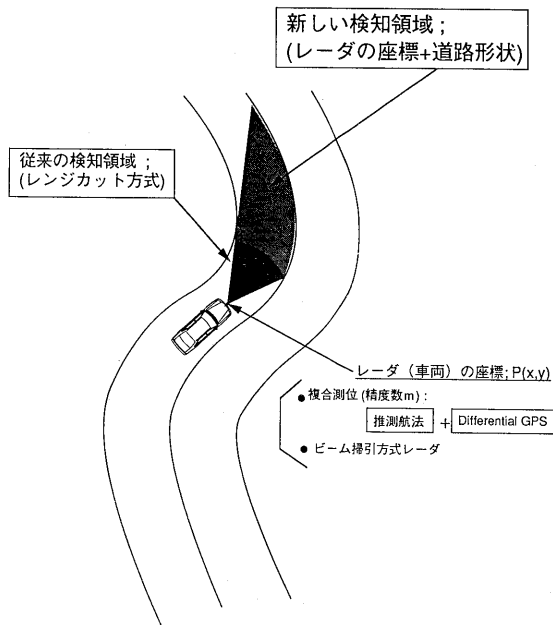


図33 ナビゲーションによる衝突防止用レーダの性能向上

- 2) 工業調査会「自動車エレクトロニクス」
- 3) アイ ジー アイ ジャパン : 北米における移動体衛星通信の動向に関する調査報告書
- 4) 勲電波システム開発センター : 電波利用シンポジウム'91「車載用衝突防止レーダ」
- 5) "A Collision-Avoidance Warning System Using Laser Rader" SAE Technical Paper Series 881859 (1988 Nov.)
- 6) "Development of Practical Head-Up Display for Production Vehicle Application" SEA Technical Paper Series 890559 (1989 March)

衛星航法システムの現状と将来について

東京商船大学講師 (株)トリンブルナビゲーション技術顧問

木村 小一

Present Status and Future of Satellite Navigation Systems

Lecturer, Tokyo University of Mercantile Marine,
Consulting Engineer, Trimble Navigation (Japan) Ltd.

Koichi KIMURA

1. はじめに

最近、特に航空の分野では広い意味での航法は、CNSとしてC(通信)、N(航法)とS(監視)を一括して考え、また、航空、船舶、陸上車両を通しての分野での衛星利用は、移動体衛星通信と測位として述べられる場合も多い。ここでは、それらの傾向から離れて、衛星航法と衛星監視(この衛星監視にも、移動体が測定した位置データを自動的に衛星通信で陸上局に送る自動従属監視(ADS)とその衛星システムで移動体の位置を測定する(協調)独立監視((C)IS)とがあるが主として後者)の現状を紹介し、また、若干の将来展望をすることにしたい。

但し、この場合も従来あまり、取上げられていない事項を中心にご紹介するつもりであり、そのため、今日なお多くの船舶で使用されている、アメリカのNNSSとそのソ連版であるTsikadaシステム(最近はこのシステムには軍用のシステムと民間用のシステムとがあり、衛星も別でTsikadaは後者の呼び名であるとされている)、わが国の技術試験衛星ETS-Vのシステムとその試験結果、および、最近、遭難警報システムとして注目されているCOSPAS/SARSATシステムについても触れないことにしたので了承されたい。また、アメリカのGPSについては、そのシステム構成や、測位原理等は既によく知られているので省略をした。

現在、航空、船舶関係の国際機関では、衛星技術を含む電波航法システムの将来像に関する研究が行われている。すなわち、国際民間航空機関(ICAO)では、1984年より25年先である2010年を目途とした航法の新概念と新技術を研究する将来の航空航法(FANS)委

員会においてその研究を続け、一応の結論をえて、1990年以降からは舞台は新しい委員会であるFANS-IIに移っている。FANS委員会では取上げられた衛星システムは、通信の分野ではAMSS(Aeronautical Mobile-Satellite Service)、航法の分野ではGNSS(Global Navigation Satellite System)、そして、監視ではADSと将来の開発の可能性として衛星によるCISである。ここで、GNSSは一応のところアメリカのGPSとそのソ連が同じようなシステムとして開発をしているGLONASSを考えており、ソ連がそのGLONASSの民間利用が可能になるよう、そのシステムの民間部分の内容を明らかにしたもの、この委員会の審議を通してである。

一方、国際海事機関(IMO)でも、その航行安全(NAV)小委員会などで1983年以来、将来の全世界的な電波航法システムの運用要件などの審議を続けてきており、1989年秋のIMO総会においてその研究結果が一応の結論として総会決議A.666(16)となっている。この決議の中で取上げられているのは、運用されている衛星航法システムとしては、アメリカのGPS-NAVSTARとTRANSIT(NNSS)、ソ連のGLONASSであり、計画中のシステムとして、欧州宇宙機構(ESA)のNAVSAT、西独のGRANAS、IN-MARSAT(国際海事衛星機構)のシステムとアメリカ私企業のRDSSが上げられている。ソ連はここでも小委員会にICAOに提出したのとはほぼ同じ情報文書を提出している。

そこで、ここではこれらのシステムを中心にその動向を展望することにした。

2. GPS の現状

GPS は、よく知られている通り宇宙部分、制御部分と利用者部分より構成されている。その宇宙部分である衛星は、1978～1985年に打上げられたブロック I と呼ばれる実験衛星の11衛星（内1衛星はロケットが爆発）の内、4衛星（PRN No.11, 13, 12, 3）が健康であるが、一部その寿命を超えている衛星もあり、何時不健康になっても不思議でないものもある。運用型の衛星はブロック II および II A と呼ばれ、II が9, II A が19の計28が製作され、1989年2月に最初の打上げがあり、同年6月からは原則として2か月おきに打上げられ、1990年10月までに合わせてIIの9衛星が軌道に上がっている（RRN14, 2, 16, 19, 17, 18, 20, 21, 15）。II A 衛星は、II 衛星より若干大型の衛星であるが、1990年11月の打ち上げ後に太陽電池の制御回路に不具合が発見され、また、姿勢制御の不具合もあって、約半年の改造期間の後1991年7月から打ち上げが再開された（PRN23, 24, 25, 28）。システムは1993年末には21衛星による運用が宣言されることになっている。

更に、ブロック II R と呼ばれる補充（Replenishment）用の衛星20も発注されている。この衛星は、衛星間通信の機能などもつ新設計の衛星であり、製造会社も Rockwell 社から GE 社に変わり、1994年以降に納入される。

衛星の軌道配置の計画も、1988年に大幅に改正された。それによると当面は、運用される予備3衛星を含む前述の21衛星の構成を完成させるが、その軌道配置は、予備を含めて21衛星を6軌道面に不等間隔で最適のカバレッジになるように配置するもので、これは21衛星最適軌道配置と呼ばれる。この配置では南北緯度60°～70°付近に10分程度のカバレッジの欠陥はあるが、以前の計画ではあった緯度40°付近に短時間生ずるカバレッジの欠陥はなくなっている。この配置で1～3衛星が故障すると、仰角5°以上で4衛星が3分以上 POOP が10を超えない地球面も時間の分数値（軌道配置値）が、それぞれ、0.9996～0.9962, 0.9987～0.9788, 0.9962～0.9318となる。この軌道構成の完成後、1990年代の中頃までには、予備3衛星を含めて24衛星を6軌道面に4衛星ずつ同じく不等間隔に配置する運用になり、これを21主衛星軌道配置といい、その1～3衛星の故障に対する軌道配置値は、1.000～0.9997, 1.0000～9.9961, 0.9998～0.9769である。衛星軌道のもう一つの改正は、軌道高度を50km 高くする変更である。従来の軌道高度では、衛星は時間的に約4分早くなりながら、毎日同じ地上の上を通ることになっていた。これは、少数の衛星のときに、定

められた試験場で連日良い配置の衛星で試験を続行するために要求された条件である一方で、衛星が地球の同じ位置の上を回るために、地球の重力異状の影響を受けて軌道面の摂動が大きくなり、450日に一度程度は、3日間衛星の運用を止める軌道修正を必要とした。この軌道高度の変更での軌道修正は、衛星の生涯にわたって不要⁽¹⁾になると解析されている。この変更は、軌道上の衛星の数がある程度増える1989年末頃を予定されていたが、まだ実施されず、その代わりに1990年3～12月に新しい軌道配置にするために現在の衛星の位置を変更する、軌道上の位置（位相）の変更が行われた。

地上施設関係は、そのすべてが一応完成しているようで、主制御局は、コロラド州のコロラドスプリングス郊外のファルコン空軍基地の空軍集中宇宙管制施設内にある。この施設は、空軍の各種の通信衛星、GPS、気象衛星および早期警戒衛星の総合管制センタで、筆者は1988年秋にこのGPSの運用管制室とミッション管制センタを見学する機会があった。前者は、衛星からの航法メッセージの作成とその衛星への送信、衛星の管制などをするための多数の管制卓のある見学室つきの広い部屋で10人程度の管制官が作業している。後者は研究室然とした部屋で、衛星のハウスキーピングの担当である。この他に、この施設には、モニタ局の一つが置かれているはずであり、運用管制室の見学室に、海外のモニタ局の写真が掲示してある。

3. GPS の測位精度

最近GPSは単に位置の測定をするだけの航法以外にいろいろな方法で、各種の用途に使用されている。それらを理解するには、よく知られている衛星からの信号をもう一度整理してみる。衛星からの航法信号は、154対120の二つの搬送波 L1 (1575.42MHz) と L2 (1227.6MHz) で送信される。二つのコヒーレントな搬送波が使用されているのはそれらの電離層伝搬遅延がその周波数の2乗に逆比例するのを利用して、それを除去するためである。L1電波は、Pコード（チップレート10.23Mbps）とC/Aコード（チップレート1.023Mbps）と呼ばれる擬似雑音コードで、L2電波はPコードのみで変調されている。

これらのコードは50bpsの航法メッセージで変調されている。C/Aコードはアメリカの安全保障のために、それによる航法の精度が劣化するような操作が加えられることがあることになっており、それを選択利用性（Selective Availability, SA）という。この操作には衛星の原子時計で制御されるC/Aコードのチップのタイミングなどにゆっくりとしたランダムな揺れ

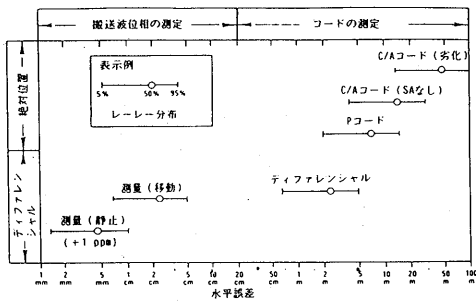


図1 GPSの測位精度

をかけることと、C/Aコードで放送される航法メッセージの中の衛星の軌道データを故意に悪いものにすることが含まれるもので、1990年3月25日からその試行が開始され、湾岸戦争でその試行が中止されていたが、1990年7月から再開されている。Pコードは本来秘密のコードとされているが、必要に応じてYコードと呼ばれる秘密度のより高いコードに変えられるようになっており、これを Anti-Spoofing, AS という。

図1はGPSの各種の測位精度を示したものである。最近の測位精度の表現は、確率50%の測位精度を表す確率誤差円(球)の半径(CEPまたはSEP)か、95%の2 drms かで示すことが多く、後者は前者の2.5倍とされている。図はそのような精度も分かるように示されているが、SAをかけたC/Aコードの測位では、CEPで40m、2 drmsで100mまで、また、99.99%で、300m劣化することがあるとされている。図の右上はそれを示している。

C/AコードとPコードの測位精度の差はその衛星から受信機までの擬似距離の測距に使用されるコードのチップレートが1桁違う(その受信電界強度がC/Aコードの方が3 db高いので測距精度は10倍にならない)のと電離層伝搬誤差の補正の有無(C/Aコードでは航法メッセージのデータを使用してその誤差を50%程度補正できるが)である。ディファレンシャルモードについては、後述する。

搬送波の位相の測定の場合は、例えばL1信号を使用すれば、その波長は約19cmであるので、その1/100位相まで測定できれば、測距の分解能は2 mmとなるので、図の左下にあるような精度の測定が可能となる。問題は、整数波長のアンビギュイティの解決策であって、現在のところ、100km程度離れている2受信機の場合は、コード測距の残りのアンビギュイティは1時間程度の連続受信の間の分かっている衛星移動と積算ドップラー値と位相の変化等を総合して最も確からしい整数位相値を求めるが、2受信機を近くにおいてか

ら離すキネマティック測量や連続移動測位などの場合には、よく分かった基線の使用、アンテナの交換などの方法でより短時間でそれが可能とされている。いずれにしても、現在のところこの位相測定の方法は、ディファレンシャル的な利用のみが可能である。

4. GPS 受信機の動向

GPS 受信機は、軍用と民間用に分けられる。軍用の受信機は、システムの開発の当初に、数種類、各数台の受信機が三つの製造者によりシステムの試験のために作られ、更に、第二段階で、二つの製造者が更に試作と試験を続けた後、量産の前段階として、Rockwell-Collins 社が AV/ASN-149, R-2331/URN, R-2332/AR など数種類の受信機を数百台単位で製造している。また、別の会社は NATO 諸国用に Euronav を試作し、NATO 諸国自身の試作機もある。この他、米陸軍などの特別の調達(湾岸戦争では米陸軍は民間用の数千台の携帯式の民間用受信機を使用し、そのために、SA が掛けられなくなったとされている)もあり、一方、民間用の受信機としては、本来の航法用の他に後述する特殊な用途の受信機も各種製作されており、大胆な推定をすれば、現在までの製作台は万を超えていると考えてよいだろう。

航法用の受信機についていえば、GPS の測位への利用は、ほぼ一日中二次元測位が可能になりつつあるので、本格的に航法用にシステムを利用する傾向が進んでいる。応用分野としては、航空機用、船舶用は勿論のこと、自動車用、個人用もあり、また、他の航法装置などへの組込み用のシャーシも作られていて、慣性航法装置などとの総合が各方面で研究されている。民間用の航法受信機は、一二の例外を除いて全て一周波数 C/A コードのみの受信機であり、回路的にみた分類は、その受信チャンネル数であろう。チャンネル数としては、1、2 および 4 以上の多チャンネルがあるが、機能別にこれを見ると、順次受信と同時受信、それに、特殊なものとして急速順次受信(多重受信)とに分れる。GPS では、三次元測位には、4 衛星に対する測距を要するので、全衛星からの信号を受信し、測距データと衛星からの航法データの取得をするには、4 チャンネルの受信回路を必要とする。このほか、スペクトル拡散変調の衛星信号の捕捉には、若干の時間を要するので、衛星の瞬時の切り換えのため、次に受信予定の衛星信号を予め捕捉しておくとか、測位に冗長データを使用するなど、5 以上のチャンネルの受信機もある。

順次受信の受信機は、4 衛星からの信号を 1 秒前後で切り換えて、一つのチャンネルで受信し、測位計算は、これらの測距データなどを同じ時間に外挿して揃える

ことで行う方式である。受信回路の簡単、低電力、小型化のために行われ、動きの比較的安定している移動体用としては、同時受信に比べて測定データに若干のバラツキはでるが、測位性能は十分である。しかし、衛星からの航法データを取得するには、一衛星当たり少なくとも毎時18秒の連続受信を必要とし、その間の測位の中断が生ずる。このため、航法データの取得と新衛星信号の捕捉用に別のチャンネルを備えたのが、2チャンネルの受信機である。

これらに対して、各衛星からの航法データは50b/sで、全衛星のデータは時間的同期が取れているので、航法データの1ビット分の時間20msに、4衛星からの信号を急速切換え受信し、1チャンネルで、全衛星の測距データと航法データを同時に得られるのが、多重受信方式である。この方式は、初め Texas Instruments社で作られたが、最近は、わが国でも作られている。この方式で、20msに4衛星を受信すると、4 dBの信号対雑音比の劣化が生ずるとされている。

一般的な受信機の傾向としては、全般的なデジタル化である。最近の受信機では、アンテナから中間周波までの高周波以外はほとんどがソフトウェア化されている。回路素子としては、高周波デバイスにおけるGaAs素子、超高速集積回路(VHSIC)の使用、特種用途の集積回路としてチャンネル処理を1チップで行うものとともに、2チャンネル、3チャンネルを1チップで処理するチャンネルプロセッサ等の開発が計られ、装置の小型化、低電力化に寄与し、多チャンネル化が容易になり、6以上の衛星を同時受信できる受信機、順次受信の受信機であるが、3チャンネル以上の受信機など、受信機が多チャンネル化が進んでいる。携帯式の受信機で今後問題になるのは、消費電力の画期的な減小であろう。

5. ディファレンシャル GPS

航法にあるディファレンシャルシステムとは、分かった位置で測位誤差を決定し、その決定誤差または補正値を同じ地域の利用者に送信してシステム精度を改善する技術と定義され、ディファレンシャルGPSもその一種である。この手法は、公的なシステムのほかに、私的に構成するシステム、例えば海洋調査船の位置の高精度の測定と記録などにも使用できるようになっている。このディファレンシャルGPSの補正値の送信のフォーマットの標準化、送信のための無線回線の検討、基準局と地上の擬似衛星を兼ねる装置の問題点が、海上無線技術委員会(RTCM)の特別委員会(SC-104)で審議のうえ勧告され⁽²⁾、最終報告では一部の改正がなされた⁽³⁾。

これらに基づいてアメリカコastsガードでは、その測位精度として8~25mが要求される港湾海域などへの使用を考へて、試験を実施し、また、放送電波には、中波の無線標識の利用を考へ、方向探知に影響のない変調法の解析と実験も報告されている。このような中波の使用のほかに、静止衛星からの補正値の放送も実施され、この場合は補正値の有効範囲を画的に拡大することが必要となり、複数の基準局の配置、一部の誤差要因、例えば、電離層伝搬誤差は別途補正するなどの方法の検討も行われている。SAの操作をした電波の場合は、その時計のゆるぎを刻々補正しなければならないが、現在のブロックII衛星での実測データでは、RTCMが勧告した放送の頻度で実用上十分な補正ができることが確認されている⁽⁴⁾。この他、RTCMの勧告を基本としたソフトウェアがいくつかのGPS受信機に対して入手可能であり、また、そのソフトウェアを組込んだ装置もあるので、基準局と航法局との間に何等かの通信手段があれば実時間でのディファレンシャル測位が、また通信手段がなくても事後のデータ処理でその利用が可能である。わが国においてもその通信手段として、NTTの自動車電話や船舶電話によるデジタル伝送も試みられている。各種の試験では、C/Aコードのみの利用者でも図1に示す通り、3m程度の測位誤差が達成されることが可能であり、多くの実験でも確認されているが、マルチパス誤差がその測位精度に大きく影響するというデータも示されている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。この方法の精度は、つぎに述べる測量への応用ほどではないが、簡易な測量への用途には十分であろう。ディファレンシャルGPSは、当初は基準局の周囲のせいぜい数百キロメートル程度までを有効範囲としていたが、最近、複数基準局のデータを使用し、別途処理をした補正値を衛星回線から放送するなど、千キロメートル以上にその有効範囲を拡大することも考えられている⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

6. GPSの測地・測量への利用

この利用法では衛星から送信される信号電波の位相の測定を使用し、すでに述べたようなミリメートルオーダーでの基準の測定をする。このような目的に使用される技術としては、測地用の最初の受信機でスペクトル拡散のコードはまったく使用せずに、二乗検波によって搬送波のみを使用する。初めは車両搭載、後には携帯用ではあるがかなり大型の受信機がまず開発され、この場合は二つの受信機間の時間同期用の原子時計なども必要であった。その後、一般用の受信機を基本にC/Aコードを使用して搬送波を取得すると同時に、基準時間と時間のタグ、衛星位置の航法データの

取得もできる装置が作られるようになった。

この種の受信機は、数キロメートルないし百数十キロメートル間隔に同種の受信機を設置して、できれば、4以上の同じ衛星の信号を一時間程度連続受信をして、メモリ容量の関係もあるので、その搬送波の位相とドップラー周波数、C/Aコードの位相などを、例えば数秒ないし十数秒ごとに時間のタグとともに測定し記憶しておく。両受信機が記録した測定データは、フロッピーディスクまたはテープの形で回収され、事後処理ソフトウェアで、測定データと衛星の移動に伴うその変化を総合的に処理して波長のアンビギュエティを解くとともに、各衛星から両受信機までの距離差の多数のデータを処理して、両受信機のアンテナの位相中心の間の三次元の距離を求める。この際、同じ衛星からの信号を2台の受信機で受信すれば、両受信機の時計の差だけ距離差が異なり擬似距離差となるが、これは、単独差と呼ぶ。これに対して、2衛星と2受信機間の測定データによる距離差は、それぞれの時計の誤差が入るのでこれは二重差と呼ばれるが、これは、四つの測定値を組み合わせることによって、衛星または受信機の時計の差を打ち消すことができる。普通はこの二重差の手法で、データ処理をし、残った単独差を多くのデータの最小二乗法処理で解く。更に、各データを検証して質の悪いデータは棄却する。異なる時間のタグの付いた2衛星と2受信機のデータは、三重差と呼ばれ、このデータが事後処理に使用されることもある。

このような2点間の三次元距離の測定は、距離の百万分の一以下の精度で求めることができ、これら10kmの距離に対しては10mmであり、従来技術の測量に匹敵するものである。予め測量計画を立てれば、必ずしも24時間のカバレッジを必要とせず、毎日の測定も簡単に可能であるので、地殻変動の監視などに大幅に使用されている。

両受信機間の基線が長くなると、電波が通過する電離層の影響が異なるので、電離層誤差が無視できなくなる。そのためL1/L2の2周波用受信機も作られており、そのL2搬送波の取得には、Pコード使用のものと二乗検波でコードを使用しないもの、その両者を併用したものがある。

この分野での最近の発展は、測量のキネマティック化である⁹⁾。GPSによる測量では、最初の頃は前述のように2点に受信機を置いて、ある時間の静止しての測定が必要であった。キネマティック測量では、初め、近くの2点に受信機をおいて、衛星と受信機間の搬送波の整数位相のアンビギュエティを解決（前述のように両受信機のアンテナ位置を交換するとより短時間の

アンビギュエティ解決ができる）した後、一方の受信機を、衛星信号と同期をとったまま、次々の測量点に移動し、それら測量点で短時間停止して測定値を集める手法で、ミリメートルオーダの測量精度を期待できるものである。この方法では、一つ以上の余分な衛星の信号を移動中も受信して、衛星信号のサイクルスリップの発生を検出する必要がある。試験的な測量結果の報告も数多く発表され、衛星の打上げによる衛星数の増加、受信機のチャンネル数の増加が容易になったこと、ソフトウェアの改良などでキネマティック測量はすでに実用段階に入っている他、移動側の受信機を時間を置いて二度測量点を訪れると、前回と衛星の配置が大幅に異なるので短時間の測定で、搬送波の整数位相のアンビギュエティを解決でき、これを擬似キネマティックと呼んでいるが、これはむしろ静止測量の高速化である。キネマティック技術は、更に一時停止なしの移動体の位置の高精度な相対測位に進むことは当然で、その際にアンビギュエティの解決も移動体の位置の高精度な相対測位に進むことは当然で、その際にアンビギュエティの解決と移動体上で行う方法も提案され、それらの実験も各方面で行われている。また、同じ方法を使用して船舶の針路や姿勢を測定する実験もアメリカ海軍などで進められており、この場合の実験では18チャンネルという受信機とソフトウェアが使用されている⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。

7. GPSの時刻同期と周波数分配への利用

NAVSTAR衛星は、原子周波数標準を搭載し、それを原振とした時間信号を送信している。この時間信号は、衛星からの航法メッセージによって、GPSシステム時間と呼ばれる時系にナノ秒（ns）のオーダで補正できる。GPSシステム時間は常時アメリカ海軍天文台の原子時系の協定世界時（UTC）と比較され、その差は衛星から放送され、更に、UTCは、パリの国際時報局（BHI）のUTCと比較されている。従って、まず受信点の位置を正確に測定して、その測定位置と衛星位置から両者の間の距離、すなわち、衛星からの受信信号の伝搬遅れを計算することで、地上の時計（と周波数）と、衛星の時計との差が10nsのオーダで決定できる。これは、従来は見られなかった簡単かつ高精度な時刻合わせの方法である。この用途のためのGPS受信機が作られており、24時間のカバレッジの必要はないので、アメリカは既に数百台が使用されている由である。

8. GPSのインテグリティ監視

インテグリティ監視は、GPSを民間航空が利用する

表1 GPSのインテグリティの要件と目標

	飛行段階	大洋上エンルート	国内エンルート	ターミナル空域	非精密進入
要 件	警報限界	12.6nm	1.6nm	1.1nm	0.3nm
	警報時間	120s	60s	15s	10s
目 標	警報限界	5km	1km	500m	100m
	警報時間	30s	30s	10s	6s

ときに避けて通れない問題点である。インテグリティとは、システムを航法に使用すべきでなくなったときに、使用者にタイムリーにそれを警報するシステムの能力と定義され、多くの航空航法システムで実施されている。GPS衛星は、航法メッセージの中でその衛星の健康状態を放送しているが、それは、民間航空は要求するタイムリーなものではない。航空無線技術委員会 (RTCA) の特別委員会 (SC-159) は3回の作業部会を作り、このインテグリティの解決策を研究している。この部会ではまず、GPSシステムにおけるインテグリティ警報の警報限界と警報までの時間を、現行の航法システムとの比較で定めた絶対的な要件と連邦電波航法プランなどで定められた目標値とに分けて、表1のように定めている⁽¹²⁾ (その後表は改訂されている)。

表から明らかなように最も厳しいのは非精密進入 (計器着陸をしない航空機な滑走路に進入するとき) の目標値となっているのは、衛星の信号が100m以上の測位誤差の原因となるような衛星の故障が生じたときに、それを6秒以内に航空機に警報すべきことを示している。研究部会では、この問題の解決のために、従来、研究されてきた方法を整理して、二つの方法を検討している。その第一は、GPSインテグリティチャネル (GIC) と呼ばれる方法で、地上に衛星信号の監視局網を置いて、衛星の故障を通信 (または衛星通信) で航空機に知らせる方法であり、そのためのいろいろな判定方法などが研究されている。もう一つの方法は、受信機自立インテグリティ監視 (RAIM) で、受信機に、

システム自身の冗長性のある使用または他の航法システムのデータとの比較をし、航法フィルタの使用などで、受信機自身が故障衛星を検知するものである。

GICについては、米本土の周辺4か所に監視局を置いて、それらのインテグリティ監視情報を1局で総合して、静止衛星経由で航空機に警報するMITRE社の提案があり、それをカナダ、アラスカとハワイを含む地域に拡大して、2静止衛星経由に変更したのが図2である。作業部会の第二年度は、GIC作業部会として、GICのインテグリティ情報の送信の具体的な内容などについて研究が行われた。システムの考え方を、システム全体を一括して良・不良を与えるか、衛星ごとに良・不良を指示するか、その誤差の程度を指示するか、航空機を一括するか、飛行段階別に分けて警報を与えるかなどの別にシステムを七つに分けて、それぞれの長短の比較検討がなされている。その結果、限定した地域に早期に適用するシステムとしては、全飛行段階の航空機にシステムの使用の可・不可を警報するシステムが、また、広範囲で利用するシステムとしては、故障衛星の誤差のベクトルを放送して、航空機の受信機で飛行段階に応じたインテグリティ警報の限界を判定するのがよいと判定した。そして、25mで量子化した衛星の誤差の補正値を5ビットで+375〜-375mの範囲 (± 375 mは全飛行段階で使用不可) で放送する送信フォーマットを勧告し、送信衛星回線についても検討している⁽¹³⁾。この作業部会の報告のほかに、作業部会の7分類のそれぞれに必要なアルゴリズムを検討したもの⁽¹⁴⁾、非精密進入での警報限界を100mに設定すると、SAが実施されると、誤警報率が非常に高くなるので、その限界の緩和の可能性をVORでの進入のときの高層妨害物を除去する地域の面積で比較したときに、VORの設置場所が最も好条件のときと比べても、警報限界200m以上としてもほとんど面積としては変わらない⁽¹⁴⁾などの研究結果が発表されている。

三回目の作業部会は、RAIMについて研究をしているが、その結果はいまのところ明らかでない。しかし、この部会の座長のR.G.Brownは、RAIMとGICは互いに相補的な性質があるので、両者とも使用するのが

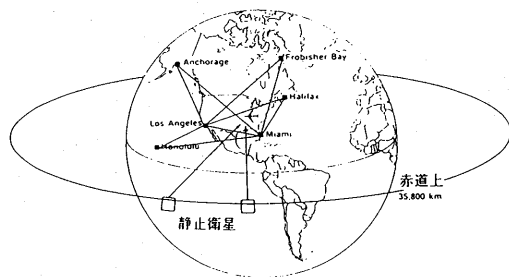


図2 アメリカを対象としたGPSインテグリティ網

より良いという論文を発表している⁽¹⁵⁾。GPSの衛星が5以上視野の中にあれば、どれかの衛星に故障で誤差が多いことを見出すことができるし、6以上の衛星が視野の中にあればその衛星を特定することができるが、24衛星の軌道構成では、この条件を100%満足できない。そこで、RAIMでは⁽¹⁶⁾、気圧高度計(地球の中心に1衛星追加と等価)、慣性航法装置(INS)、ロラン-Cとの総合化の他、次節で述べるソ連のGLONASSとの総合化も考えられている。気圧高度計の利用では、その高度測定の精度に問題があるが、ある飛行段階、例えば大洋上のエンルートでのインテグリティの警報限界用には、十分な精度である。INSとの総合では、INSは時間とともにその位置誤差が増大する傾向があるので、例えば、INSの精度を2 nm/hとすると、国内と大洋上のエンルートでのインテグリティの警報要件は満足できると考えられている。ロラン-Cは、単独で現在アメリカ国内では補間的な航空航法システムとして認められ、そのカバレッジも、航空用(と陸上車両用)に米本土中央部に拡大されつつあり、特にアメリカではGPS/ロラン-Cの総合化は両システムそれぞれのインテグリティ改善の可能性があり、この両システムのタイミングの同期が取れば更に良い結果をもたらすだろうと期待されているが、問題は、アメリカ以外でのロラン-Cのカバレッジであろう。

GLONASSとの総合化は節を改めて論ずる。

9. GLONASS システム

はじめに述べたように、ソ連ではGPSと類似の衛星航法システムGLONASSを開発中で、そのシステムの民間利用の部分の詳細が国際会議の場などで明らかにされている。また、このシステムは詳細の公表以前から英国のLeeds大学のDaly教授らのグループによって、その信号が傍受解析されており、測位や時間伝送の実験なども行われてきている。

GLONASSの信号などの内容を、GPSと対比しながら述べると次の通りである。運用衛星の数は同じく予備3を含む24であるが、傾斜角 64.8° の三つの軌道面に、8衛星ずつが配置され、その軌道高度は、19,100 kmとGPSより1,080 km低く、軌道周期は11時間15.73分で、衛星は8日ごとに地球の同じ位置の上を通ることになっている。

変調は擬似雑音コードによる周波数拡散変調であるが、衛星ごとに送信周波数を変える周波数多元接続方式を使用しており、各衛星の擬似雑音コードは同じパターンである。各衛星の送信周波数は F_1 と F_2 の二つについて、次の通りである：

$$F_{1j} = f_1 + (j-1)\Delta f$$

ここで、 $j=1, 2, \dots, 24$ ：チャンネル番号

$$f_1 = 1,602.5625 \text{ MHz}$$

$$\Delta f = 0.5625 \text{ MHz}$$

$$F_{2j} = (7/9) F_{1j}$$

GPSのC/Aコードに相当する粗測距のコードは、9段のシフトレジスタ1個で作る最長系列の擬似雑音コードで、レートは0.511 Mb/s、長さは511ビットといづれもGPSの半分で、コード長は同じ1 msである。この他にPコードに相当する5.11 Mb/sのコードもあるが、この方は公表されていない。Daly教授は独自にその調査結果を発表している。

航法メッセージは、これらのコードに100b/s、2ビットで1シンボル(従って、データレートは同じ50b/s)が重畳されている。この方は、1フレームが2.5分で、30秒ごとの5サブフレームに分かれ、このサブフレームは15のラインに分かれ、その最初の5ラインがその衛星の軌道と時計のデータ、残りの10ラインがシステムの全衛星の内の5衛星ずつの暦(アルマナック)のデータである。各ラインの終りから30シンボルはプレアンブル、その前の8シンボルがハミングの誤り訂正符号で、結局、72シンボルがデータである。ここでの衛星の軌道データは、それぞれの時間の地球中心地球固定(ECEF)の直交座標系の位置と速度、それに撮動に相当する加速度で示されている。これは、GLONASSの先行のシステムであるTshikadaのときからのソ連のシステムの伝統である。ライン6以降の暦は、2ラインで1衛星の軌道データなどが、この方はケプラーの軌道要素で示されており、1フレームで25までの衛星のデータが放送できる。

GLONASS衛星は、同時に3衛星を打上げる方法がとられ、1990年12月をはじめ現在で、8衛星で試験運用がなされ、1995年末には運用に入るとされているが、その衛星の寿命が現在までの実績では平均2年で、数か月のものもある点が問題になるだろう。

10. GPS/GLONASS 両用受信機の開発

ICAOのFANS委員会での審議と1988年5月のシュルツ國務長官とシュワルナゼ外相による運輸科学技術の米ソ双務協定の調印によって、GPSとGLONASSの両システムの相互利用の気運が急速に進んでいる。米ソの政策担当者と技術者は相互に会合を持ち、1989年4月のFANSの作業部には今後の米ソの作業手順などを示した共同文書が提出されている。GPSとGLONASSの両信号を切替えて受信できる受信機は、すでに英国のLeeds大学で試作されているが、アメリカのFAAはマサチューセッツ工科大学(MIT)のLincoln Lab.に両システム用の総合受信機

の開発と評価の研究委託をしており、地上試験とセスナ機による飛行試験のための試験装置とそのソフトウェアの製作を含めて、RAIMのアルゴリズムなど、各種の試験が予定されている⁽¹⁷⁾。その他、Trimble社はインマルサットとインテグティシステムの研究を含めた両用受信機の試作を、Ashtech社はソ連の技術公社との間で両用受信機の開発を契約している。また、Magnavox社もその開発を行っている。

GPSとGLONASSの両システムを組み合わせると、システムに属する衛星の数は、42～48となり、カバレッジとインテグリティの問題の解決に大きく前進する。現在問題とされているのは、両システムの時間の基準が、アメリカ海軍天文台(USNO)の協定世界時(UTC、前述したように、これは国際報時局のUTCとよく合っている)とモスクワ標準時のUTC-SU(以前はモスクワ時間であったが1990年6月に切換)となっており、モスクワの方はロラン-Cによる同期とかで、UTCとの同期精度が落ちるといったことで同期がとれていないこと、また、基準測地系もアメリカはWGS-84、ソ連はソ連測地系1985年(SGS-85)と異なっていることなどがあげられている。GPSの航空での利用にとってこの両システムの共用問題は、今後注目すべき問題の一つであろう。

11. NAVSATとGRANASシステム

NAVSATシステムは、ヨーロッパ各国の協同宇宙開発組織である欧州宇宙機関(European Space Agency, ESA)がアメリカのGPSとソ連のGLONASSに対抗して、純民間用として開発の提案をしている衛星航法システムである。一方、GRANAS(Global Radio Navigation System)は、西独政府の支援のもとに西独のStandard Elektrik Lorenz(SEL)社が提案している同じく純民間用を掲げている

システムであり、この両者はIMOがまとめた全世界的な航法システムの中に“計画されている”システムの表の中に取り入れられている。しかし、西独はESAの一員でもあるので、二つのシステム提案をするのは適当でないということで、これら二つのシステムの統合が考えられたこともあるが、いずれも実現の可能性はなく、システム設計の結果の一部が後述のインマルサットのシステムの一部に生かされているか、将来生かされる可能性が残っている。

NAVSATの提案⁽¹⁸⁾の大きな特長の一つは、その衛星の軌道であり、それは、静止衛星と軌道傾斜角をもった長楕円軌道の同期衛星の組合せの構成であって、地域的にシステムを運用し、それを徐々に拡張できる特長をもっている。NAVSATの静止衛星には移動体通信衛星などの適当な衛星に航法パッケージ(簡単に低電力のC/L変換の中継器)を搭載することが考えており、地上から送信されるCバンド(6GHz)の信号を中継器でLバンド(1.6GHz)の航法信号に周波数変換して再送信をする。このようにして、このシステムの衛星は、原子時計を搭載するといった高度な衛星技術を使用する必要はなく、すでによく確立されている通信衛星の技術を利用するだけでよいのもう一つの特長である。

12. インマルサットにおける無線測位

最近、国際海事衛星機構(インマルサット)条約の改正により、この機構は海事移動通信のほかには、航空移動通信と陸上移動通信も可能になることになったが、設立当初よりその目的に無線測位能力の改善が上げられていた。数年前よりこの無線測位能力の改善方策についてのインマルサット事務局の考え方が、各種の研究集会で発表されるようになり、次第にそれが明らかになってきている。それらは次の通りである。

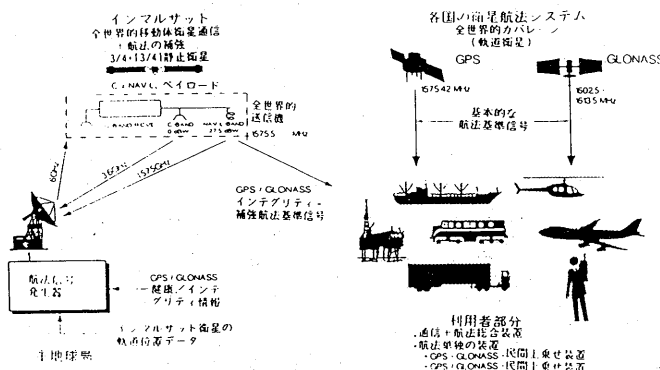


図3 GPSとGLONASSへの静止衛星の上乗せ

この静止衛星の上乗せの機能は、前項で述べた NAVSAT の静止衛星のものと同じであるので、インマルサットはこの研究を ESA と協同で行い、ESA はその衛星からの信号を TDMA に代わって連続信号とし GPS と GLONASS の両者の信号と両立するような信号についても研究をしている。図 3 は、静止衛星上乗せのシステム構成である⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾。インマルサット衛星に航法パッケージを搭載し、何処かの海岸局から送信した C-バンド (6.4GHz) のスペクトル拡散信号を中継して L-バンドの信号に変える。この中継器からの L-バンドの送信周波数には GPS の周波数 1575.42 MHz かそれに近い (20kHz 離れた-PN コード再使用のとき) 周波数の使用は可能であるが、GLONASS の周波数 (約 1610MHz) は、通信用の中継器の受信周波数に近接しているので、それを衛星から送信するわけにはいかない。そのため、GLONASS 用の上乗せ周波数も送信する場合には、GPS の周波数の近くで GLONASS 衛星からの送信周波数間隔である 0.4625 MHz の 1/16 である 35.15625kHz 間隔の一連の周波数の使用が考えられている。インテグリティ情報の送信フォーマットの検討もまた行われている。これらは、現行の GPS と GLONASS のそれぞれの航法メッ

インマルサットではその第3世代の衛星 INMAR-SAT-3にこの種の航法パッケージの搭載を決定しているし、現在、その大西洋衛星の一つ MARECS B2と英国の Coonhill 海岸地球局との間で、その通信用の中継器の一部を使用した静止衛星からの GPS と同様の信号の送信実験を1542MHz の下り回線で実施している(図4)⁽²¹⁾。

STARFAX システムは、アメリカで商業用の C バンド (4/6GHz) の通信衛星を利用して行われている精密測位システムで、一部の石油会社などが利用している。衛星は、軌道の間隔が20°前後で、221°E の RCA の Satcom F1R, 240°E の GTE の Spacenet, 261°E の Western Union の Wester IV, 286°E の Hugh の Galaxy の 4 静止通信衛星の一部の回線が使用されている。主局と予備の主局はテキサス州のヒューストンとオースティンにあり、衛星の追跡とディファレンシャル基準局の役をする遠隔局が全米各地に置かれており、主局とこれらの局の間は陸線で結ばれていて、その測定値が1/2秒ごとに伝送する。主局は、衛星からのその送信が正しいタイミングで行われるように、上り回線の伝搬時間と中継器での群遅延を考慮して、スペクトル拡散変調の測距信号を衛星に送信する。測距信号の擬似雑音コードは、チップレートが2.4576Mb/s、長さが16,384ビットであり、次の内容の航法メッセージの放送のための150ビットのデータ伝送が付加されている。

- これらのデータ内の1)は、主局で遠隔地からのデー

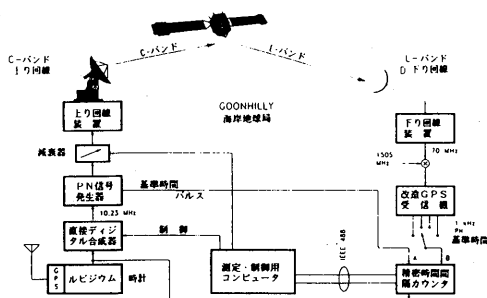


図4 インマルサットによるGPS信号の送信実験

タを円滑化し、四次の多項式に最適整合したそのパラメータの形で送信される。また、3)項は、ECEF 直交座標系の三次元の位置と速度の値を、静止衛星であるのでシステム時間の11秒ごとに送信される。

利用者の受信機は初めは、4個の衛星ごとのホーンアンテナを径76~122cmの方位安定台に乗せた物が使用されていたが、その後、最新技術の高周波回路とデジタル処理技術の採用により無指向性のアンテナを使用した受信機も使用されている。

このシステムとディファレンシャルGPSとの比較試験では、両者の測位値の差は5m、超えることはなかったとされている。

14. RDSS (無線測位衛星システム)

RDSS (無線測位衛星システムまたは業務) は、国際電気通信条約の付属無線通信規則によれば「1以上の宇宙局を使用する無線測位のための無線通信業務、この業務はその運用に必要なフィードリングを含む」と定義され、上に述べてきた無線航行衛星業務とは異なる範疇の業務である。はじめに述べた分類では、CIS (協調独立監視) に相当するシステムということになる。アメリカではGEOSTARという名の会社他3社がこのシステムの電波利用を申請し、その結果、アメリカ国内で実施が認められた。次いで無線通信規則の改正によって国際的にその実施が認められたものである。その使用周波数は、衛星対移動体の上り回線に1610~1626.5MHz、下り回線に2483.5~2500MHzの各16.5MHzが、基地局対衛星の下り回線には5150~5216MHzの66MHzがそれぞれ割当てられることになった(第2地域、その他の地域では条件などが若干異なる)。基地局から衛星への回線は、通信衛星に使用されている6GHz帯が使用されるので、とくに割当てられていない。ここで、衛星から基地局への

回線に66MHzと4倍の周波数帯が割当てられているのは、衛星対移動体の回線は、アメリカ本土を8ビームでカバーして、それらの対基地局の回線を衛星上で偏波分割と周波数分割で並べるから4倍の周波数帯があるためである。

これらの周波数帯を使用するシステムは、現在までは前記のGEOSTARシステムのみである。そのGEOSTARも、表2にあるごとくシステム1と2までは、このシステムの衛星による測位はせず、移動体で決定した位置のデータを衛星経由で基地局へ送るADS(自動従属監視)の業務である。すなわち、GEOSTARシステム1.0は、フランスの衛星測位システムARGOS(このシステムは地上の小型の送信機からの信号を衛星で受信し、その送信機の位置を衛星での測定値に基づいて地上局で計算するもので、海上を漂流するブイや渡り鳥の追跡などにも使用されるもの)を使用して、移動体の位置を測定するだけのシステムで、これはARGOSそのものに過ぎない。システム2.0になると、移動体はロランCの受信機(GPS受信機も考慮されている)を搭載して、その測位データをGTEの通信衛星Spacenet 3Rに搭載したLバンドのGEOS-

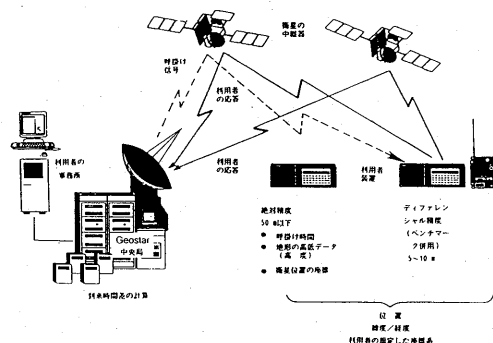


図5 GEOSTAR システム 3 の測位方法

表2 GEOSTAR の各システムの機能的な進展

システム名	業務範囲	カバレッジ	測位方式 (精度)	タイム リーさ	メッセージ量	業務開始
1.0	世界的 可能	世界的	ドップラー (5nm)	時		1987年 7月
2.0	国内	北アメリカ	ロランC (1nm)	分	内向 100文字	1988年 6月
2.0	外向通信 追加	同上	同上	分	外向 100文字 追加	1989年 2/4期
3.0	専用地区	北アメリカ ヨーロッパ	衛星測距 (5~10m)	秒	内向・外向 100文字	1991/ 1992年
4.0	全世界	地域を結び 全世界に	同上	秒	同 上	1992年

TARの中継器で基地局に送り、移動体の配車センターなどに通知してもらうシステムである。RDSSでのメッセージは規則では、測位関連のものに限られているとともに、システム2.0では、通信は、移動体からの一方向に限定されているので、システム2Cでは別の通信衛星のCバンドの回線を借上げて、送受でかなり異なる周波数を使用することになるが、双方向の通信を可能なシステムとしたものである。

システム3.0からが本格的なRDSSシステム(図5)となるが、このためには専用または専用に近い2衛星の打上げが必要であり、その実現が危ぶまれている。

GEOSTAR3.0では、基地局、衛星、移動局間の測距信号の往復により、2衛星と移動局間の距離を測定(衛星の位置が分かれば基地局と衛星間の距離は分かっている)して移動体の高さから移動体の位置を基地局で計算をする。使用周波数は上述の通りで、測距信号には、8 Mb/sの擬似雑音コードの周波数拡散信号を使用することになっている。全米各地に位置の分かった無人の較正局においてその位置を時々測定するディファレンシャルモードを使用するので、普通は数メートルの測位精度が期待されている。誤差の原因の大きなものは、陸上の移動体の場合、アメリカ全土の地形図のデジタル化における高さの精度と分解能である。例えば、距離100m程度にデジタル化をすると、30m程度の高度誤差の可能性が生じ、それに応じた位置誤差となる。

RDSSは、GEOSTARの提携によりフランスなどヨーロッパでも計画されており、そのシステムはLOC-STARと呼ばれているが会社自身が業績不振であり、実現が危ぶまれている。

15. OmniTRACK システム

QUALCOMM社のOmniTRACKシステム⁽²²⁾は移動体上のロランC(またはGPS)受信機の測位データを通信衛星回線を通して基地局に自動的に送信をする、ADSシステムの一つである。その特長は、kuバンド(12.40~18.00GHz)、すなわち、サブミリメートル波の通信衛星を使用している点である。衛星への上り回線は14.5~14.5GHz、下り回線は11.7~12.2GHzであり、この下り回線は固定衛星業務の周波数であるが、その信号の中に移動体を受信する信号を含んでいても特に問題はない。これに対して上り回線の周波数は、固定衛星業務に加えて、二次業務として陸上移動衛星業務に割当てられている。ということは、このシステムを使用している自動車と同じ衛星(GTE SpacenetのGSTAR-1)を使用している地球局からの上り回線に干渉を与えないことがその使用の条件である。その

ため、移動体からの送信は、1 Mb/sの擬似雑音コードで直接拡散のスペクトル拡散変調をした上に、48 MHzにわたって周波数ホッピングされている。さらにまた、この送信は基地局からの呼掛けに対応したときのみに限られているように注意深く制御されている。

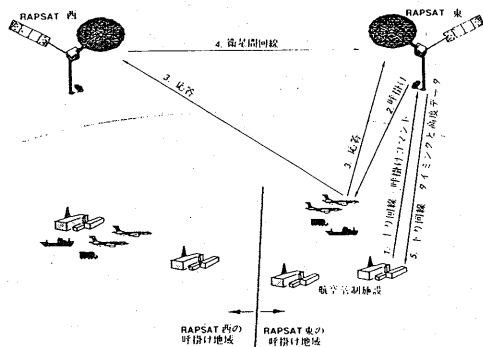
このシステムのもう一つの特長は、初めてサブミリメートル波を移動体衛星通信に使用した点である。移動体側は仰角が約40°方位角が約3°のビーム幅をもつアンテナを使用し、方位角のみを制御するのでアンテナの最大利得は19dBiである。このアンテナは常に衛星信号を捕捉するように制御されており、送信をする場合でも、周期が15.1msで、送信時間の50%が受信に当てられていて、それによってアンテナの制御が継続されている。送信中に受信信号が失われれば、送信はただちに中止される。こうして、基地局からの信号は約4,900~14,800ビットの可変レート、移動体からは33.1ボーのFSK信号が送信され、上り回線は250チャネルある。

このシステムは我が国においても運用実験がなされた例がある。

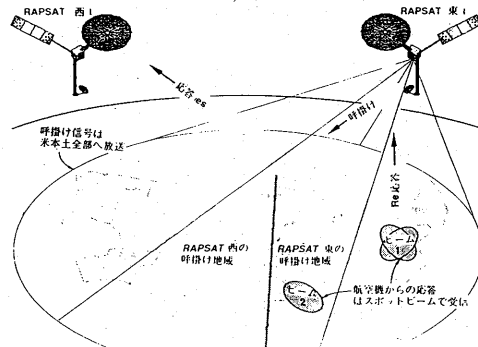
16. 将来の衛星航法システム

将来の衛星航法システムの一例として、まずRAP-SATと呼ばれるシステムを紹介する。RAPSATはRanging And Processing Satellite(測距とデータ処理衛星)の略である。このシステムはアメリカのMITER社が提案⁽²³⁾⁽²⁴⁾したもので、これを“将来の”とする理由は、21世紀初頭には実現するであろうと考えられている先行的な衛星技術である衛星間通信の衛星上(データ)処理(onboard processing)を取入れているためである。RAPSATには、航空専用のシステムとして考えられているものと、移動体全体を対象としたものと二つの論文があり、システム構成などはほとんど同じであるが、航空専用としたほうは、システム容量の見直しなどはより具体的である。この航空用のシステムは、同社が先に提案したASTRODABSと名付けたシステムを更に発展させたものと考えられ、当時DABSと呼ばれていた二次監視レーダのモードSの宇宙技術化と考えることができ、同じ衛星システムで、国内航空のADSとCISの両機能も合せ持たせられ、衛星上データ処理によって各航空管制センタは、随時、独立して衛星を使用することができる。

図6(a)(b)はRAPSATの構成と信号の流れを示す。アメリカ南方の赤道上に二つの静止衛星を上げ、各衛星は米本土を東西に分けてその半分ずつを担当する。各地の航空管制施設はその管内の航空機をいずれか一



(a) RAPSAT の動作；2 静止衛星が CONUS をカバーする。地上交通管制施設の半分は、各衛星に通信し、衛星は、その航空交通管制施設の監視下にある航空機に呼掛ける責任がある。このシナリオで、1) 東地上管制施設は、RAPSAT 東に一連の呼掛けをアップロードする；2) 衛星は、それぞれの番地の方法で航空機に個々に呼掛ける；3) 航空機はその呼掛けに応答し、気圧高度計の高度と GPS で求めた位置データを含めて、両衛星にメッセージを送信する。4) RAPSAT 西は、応答の到来時間を記録し、それを RAPSAT 東に衛星間回線経由で送信する；そして RAPSAT 東は、メッセージの一回りの時間を計算し、これらの時間と航空機の高度と位置データとを、それぞれの航空交通管制施設に送信する。



(b) 下りと上り回線のデータ捕捉方法；この例は、RAPSAT 東で呼掛けられる航空機のための多重接続の概念を説明する。衛星は連続的に放送し、各航空機は、そのそれぞれの番地の CONUS の受信者の東半分を受信をする。応答回線では、両衛星はスポットビームアンテナで航空機からの応答を受信する。ここで示した二つのスポットビーム内の航空機を交互に呼掛けることで、RAPSAT 東は、RAPSAT 西で受信する航空機の応答のガブルを防止する。ビーム 1 に対する RAPSAT 東からの呼掛けがビーム 2 に対する呼掛けとを時間的に組合わせるときは、各組の呼掛けは、他の組の呼掛けのガードタイムで行われ、こうして、使用周波数帯を増加することなくシステム容量を増加する。アメリカの地図の上では、I で始まる各 3 文字のコードが、IAA の地域管制施設 (ACI) の管制下の地域を指定する。多くの受信ビームは一つ以上の ACI をカバーしているので、航空機の固有の区分を保つためには、RAPSAT の衛星上のプロセッサが必要である。

図 6 RAPSAT システム

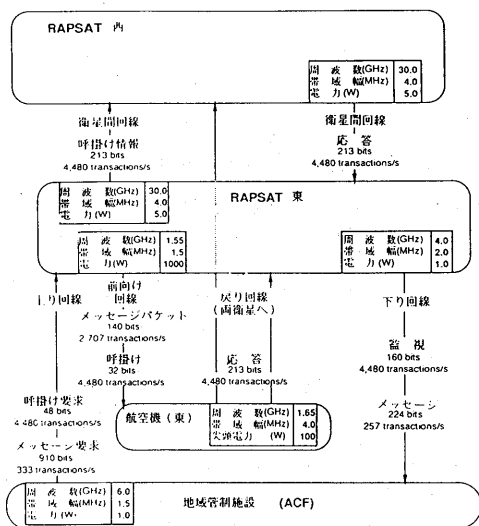
方の衛星に登録する。衛星は登録された航空機を後述するような順序で、それぞれの航空機に呼掛け信号を送信する。この呼掛けは、衛星ごとに別の周波数で(b)図に示すように米本土をカバーする広いアンテナビームで、連続して航空機のアドレスを付して行われる。この航空機の登録とそれへの呼掛けの順序づけは中央化した地球局が制御することなく衛星自身のデータの処理による。航空機の受信機はそれぞれの管轄衛星の送信周波数に同調しておき、その受信をした呼掛け信号に应答するが、それには機上の航法装置の位置データが含まれ、それにより ADS 機能を持つことになる。この航空機からの応答は、二つの衛星のスポットビームで受信される。このスポットビームは、径15mのアンテナで、米本土を約30のビームでカバーする程度の大きさである。航空機からの応答を受信した呼掛け衛星は、呼掛けから応答受信までの時間によって、衛星と航空機間の距離を決定する。呼掛けしないほうの衛星は、その応答の受信時間を呼掛け衛星に、衛星間通信によって通知をする。両衛星の時計は衛星間通信で

正確に合わされているので、非呼掛け衛星と航空機間の距離は正確に測定できる。

こうして、2 衛星からの距離と航空機の高度とから衛星は航空機の位置を計算し、その結果を航空管制施設に通知をする。

航空機のみを対象とした RAPSAT は、2010年の米本土上の70,000ft までのピーク瞬時航空機数と予測されている50,000機に対応するように設計されている。この航空機のうちの15%がターミナル地域にあり、4秒ごとに呼掛け、残りのエンルートにいる85%の航空機は6秒ごとに呼掛けるとすると、各衛星は毎秒4480航空機を呼掛けることになる。一方、メッセージ伝送のほうは、モード S のメッセージ長、1機当りの毎時のメッセージ数、衛星のデータ回線の能力とから、地対空と空対地について決定され、その結果、衛星の処理と通信に必要な消費電力は4.5kW 以下と考えられた。各通信回線のパラメータを図7に示す。

各航空機への呼掛けの順序は応答受信のガブルを防ぐために各受信アンテナのカバレッジの中を、その



回線の特性と処理すべきデータのまとめ; RAPSAT の容量の解析は五つの回線の各々について注意深く考察された。この図は重要な結果を示している。全回線で 10^{-6} の BER を達成するために QPSK 変調とともにレート $1/2$ のコーディングが使用された。航空機への回線の 1000W の衛星送信電力は、CONUS がパレゾの衛星アンテナと利得 0 dB の無指向性航空機アンテナの使用からの結果である。航空機からの上りの直径 15m のスポットビームの衛星受信アンテナは航空機が満足な性能で $2 \sim 3$ 秒ごとの 100W の $100\mu\text{s}$ のバーストの送信を可能にする。衛星は実際には同じものでよく、ここの各項は CONUS の東半分にいる航空機の処理すべきデータのみを反映してある。

図7 RAPSATの信号の流れ

直径が20海里程度で高さが70,000ftの六角柱の空域に区分してこれを距離順セルと呼び、このセルの中の航空機をグループ化して、距離順に呼び掛ける方法を取る。一つのセルではその呼掛け頻度が足りないときは遠く離れた二つまたはそれ以上のアンテナビームの中のセルについて同時に呼掛けを行えばよい。このシステムではまた、航空管制の他、海上交通管制や陸上車両の運行管理などを総合的に処理することも考えられている。

将来の衛星航法システムとしては理想的なのは、一つの静止衛星によるシステムであろう。例えば、衛星上のレーダは全く移動体上にそのための装置を必要とすることなく航空機などの移動体の動きを監視できるが、そのような衛星レーダは2010年頃までには実現はしないだろうというのが RTCA での研究の結果である。1 静止衛星による航行衛星の提案は、古くは Philco Ford 社の提案がある。これはスピンする衛星から十文字に交差する2本の扇状ビームを出し、別にそのビームの交点が衛星直下点の地上を通ったときに無指

向性の基準信号を送信する考えである。最近のもので、ほとんどが同じ考え方の Starfind という衛星の提案がある。Starfind 衛星は、径18mm で長さが24.4m の多数の受信アンテナを傘の骨状に組合わせた直径が49m の衛星で、中心軸でスピンするとともに、衛星の中心が円運動をする。この二つの衛星の動きと各受信アンテナの受信電力とから地上の送信機の衛星に対する方位の決定ができると提案者は主張している。

このような指向性の電波を出すか、角度を測定する静止衛星システムは、距離測定の静止衛星システムのような赤道の周辺での緯度の測定不能がないが、その角度の測定精度を確保するために大形のアンテナを必要とするので、将来の衛星システムといえるであろう。

参考文献

- 1) G. B. Green, P. D. Massatt & N. W. Rhodus : NAVIGATION, Vol. 26, No.1 (1989)
- 2) R. M. Kalafus, A. J. VanDierendonik & N. A. Pealer : NAVIGATION Vol. 33, No 1 (1986)
- 3) R. M. Kalafus : RTCA Annual Meeting (1989)
- 4) G. T. Kremer R. M. Kalapfus P. V. W. Loomis & J. C. Reynolds : ION GPS-89 (1989)
- 5) D. Pietraszewsky, J. Spalding, C. Viehweg & L. Luft : NAVIGATION, Vol. 35, No. 1 (1988)
- 6) G. T. Kremer, R. P. Denaro, S. L. Swale & T. Rulon : Proc. ION Nat'l. Tech. Meeting (1989)
- 7) A. K. Brown : Proc. ION Nat'l. Tech. Meeting (1989)
- 8) R. P. Denaro & R. M. Kalapfus : NAV 89 of RIN (1989)
- 9) C. C. Goad : On the Move with GPS, P. O. B., Apl./May (1989)
- 10) L. R. Kruczynski, P. C. Li, A. G. Evans & B. R. Hermann, ION GPS-88 (1988)
- 10) L. R. Kruczynski, P. C. Li, A. G. Evans & B. R. Hermann, ION GPS-89 (1989)
- 11) A. K. Brown : NAVIGATION, Vol 35, No. 1 (1988)
- 13) R. M. Kalapfus : ION GPS-88 (1988)
- 14) A. Brown & C. Fosha : ION GPS-88 (1988)
- 15) R. G. Brown : NAVIGATION, Vol 36, No. 2 (1989)
- 16) A. Brown : Annual Assembly Meeting of RTCA (1989)
(この論文には RAIM についての多くの論文の引用がある)
- 17) T. Bayiss, R. R. LaFrey & R. N. Misra : Annual Assembly Meeting of RTCA (1989)
- 18) C. Rossetti & C. Carnebianca : IEEE PLANS (1986)
- 19) G. V. Kinal & J. P. Singh : ION GPS-89
- 20) G. V. Kinal & J. P. Singh : Annual Assembly Meeting of RTCA (1989)
- 21) G. V. Kinal & O. Razumovsky : ION GPS-90
- 22) A. Saimasi : ION GPS-89
- 23) W. R. Hershey, T. Hsiao, C. A. Shively & K. J. Viets : IEEE PLANS (1988)
- 24) R. Braff : IEEE Trans. Vol. ANS-24, No. 1 (1988)

電波航法研究会平成2年度事業報告

Records of the Work Carried Out by the Japanese Committee
for Radio Aids to Navigation During Fiscal Year 1990

Secretariat Office of the JACRAN

総会

平成2年度総会は、平成2年5月11日14時から、海上保安庁水路部会議室で開催された。出席者31名、委任状提出者54名、計85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. 平成元年度事業報告が事務局により行われ承認された。
2. 平成元年度会計報告が事務局により行われ、会計監査 臼居 勲 氏及び倉繁貴志子 氏の監査報告があり、承認された。
3. 平成2年度会長、副会長の選出が行われ、満場一致で会長に 飯島幸人 氏が、副会長には 鈴木 務 氏、只野 暢 氏及び 萩野芳造 氏が選出された。
また、各幹事の委嘱については原案どおり了承された。
4. 平成2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2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. 平成2年度第1回研究会は、平成2年5月11日、海上保安庁水路部会議室で総会に引き続き開催され、(株)トリプルナビゲーション 木村小一 氏の「衛星航法の現状と将来について」と題する講演が行われた。
出席者は31名であった。
2. 第2回研究会は、平成2年7月20日、海上保安庁水路部会議室において開催され、電気通信大学、鈴木 務 氏の「ISNCR-89及びIEEE レーダー90(レーダーに関する国際会議)に出席して」、東京商船大学 飯島幸人 氏の「PIANC(国際航路会議)に出席して」、と題する講演が行われた。
出席者は29名であった。
3. 第3回研究会は、平成2年9月21日海上保安庁水路部会議室において「小型GPS受信機」をテ-

マで開催され、(株)東芝、日本無線(株)、古野電気(株)、横河ナビテック(株)及び(株)トリプルナビゲーションの各メーカーによる製品の紹介並びにその開発方針等について説明が行われた。

出席者は51名であった。

4. 第4回研究会は、平成2年12月4日、東京商船大学85周年記念会館において開催され、(株)トリプルナビゲーション 木村小一 氏の「ION GPS-90に出席して」、海上保安庁 森山英隆 氏の「第12回国際航路標識会議について-1990年IALA フェルトホーヘン会議-」、日本海技協会 庄司和民 氏の「IMOにおける最近の話題」、と題する講演が行われた。

出席者は37名であった。

5. 第5回研究会は、平成3年1月16日、海上保安庁水路部会議室において開催され、古野電気(株)、渡辺 健 氏の「インターフェイスの現状と問題点について」、日本無線(株) 横井行雄 氏の「IECにおけるデジタルインターフェイスの規格化の動向について」、日産自動車(株) 遠藤 寛 氏の「MAN-MACHINE インターフェイスについて」、と題する講演が行われた。

出席者は34名であった。

6. 第6回研究会は、平成3年3月12日海上保安庁第一会議室においてGMDSSをテーマに開催され、関連の機器について古野電気(株)及び日本無線(株)から紹介があった。また、船舶機装品研究所 吉田公一 氏の「406EPIRBについて」、海上保安庁 山本哲雄 氏の「コスパス・サースットの地上局について」、と題する講演が行われた。

出席者は50名であった。

特別研究会

平成2年度の特別研究会(見学会)は、平成2年10月25日、26日開催され、25日は海上保安庁関門海峡海上交通センターの見学を、また翌26日は船から関門海峡の見学を実施した。

参加者は27名であった。

幹事会

12口（年 会員）

企画及び編集幹事会は、合同で平成2年5月11日、7月20日、9月21日、12月4日、平成3年1月16日及び3月12日に開催され、予算案、事業計画、研究テーマ、行事計画、会誌「電波航法」の編集刊行等について審議が行われた。

推薦 会員 15名

特別 会員 18名（同一大学等は1名とする）

会誌発行

会誌「電波航法」は現在編集途中であり、発行は6月の予定である。

会員数

平成3年3月31日現在

正 会員 46社 103口

個人会員 19名 7口（終身会員）

会員の移動

1. 入会

正 会員 地球科学総合研究所

個人会員 小平 昇 氏

2. 退会

推薦会員 岡田 實 氏（死亡）

個人会員 佐尾和夫 氏

特別会員 羽倉幸雄 氏

〔資料2〕

電波航法研究会 平成2年度決算報告

項 目	金 額		摘 要
	予 算 額	決 算 額	
前年度より繰越	1,950,322円	1,950,322円	
収 入 会 費	1,403,000円	1,329,485円	当年度分 正会員 98口×12,000 -515=1,175,485 個人会員 7口×2,000=14,000 年会員 昨年度未収分 正会員 11口×12,000=132,000 個人会員 3口×2,000=6,000 年会員 一昨年度未収分 個人会員 1口×2,000=2,000 年会員
雑 収 入	5,000円	12,000円	
広 告 料	170,000円	84,485円	
銀 行 利 子	5,000円	27,280円	
計	3,533,322円	3,403,572円	

項 目	金 額		摘 要
	予 算 額	決 算 額	
会 議 費	240,000円	268,555円	研究会 6 回，幹事会 6 回
会誌出版費	1,800,000円	40,168円	
事 務 出 版	180,000円	203,174円	
費 会 計	20,000円	20,000円	
謝 金	40,000円	40,000円	
通信交通費	73,000円	73,000円	
予 備 費	150,000円	96,457円	
小 計	1,030,322円	70,816円	特別研究会補助 47,953 香典，弔電 22,863
次年度へ繰越	3,533,322円	812,170円	
計	———	2,591,402円	会誌36号，37号出版費を含む
計	3,533,322円	3,403,572円	

〔資料 4〕

平成3年度事業計画

- (1) 航法の自動化の調査研究
- (2) 双曲線航法の調査研究
- (3) 衛星航法の調査研究
- (4) レーダー航法の調査研究
- (5) 電子航法技術の調査研究
- (6) 交通管制の調査研究
- (7) 省エネルギー航法の調査研究

- (8) 衝突防止装置の調査研究
 - (9) レーダービーコン及びトランスポンダについての調査研究
 - (10) 諸外国における電子航法の調査研究
 - (11) 通信システムの調査研究
 - (12) その他
2. 会誌発行及び資料配付
- (1) 会誌「電波航法」36号、37号、38号の出版

- (2) 内外資料の配付
- (3) 専門用語集の作成、出版
- (4) ニュースレターの発行
3. 研究会
年6回開催する。
4. 特別研究会

- 秋に実施する。
5. 電波航法研究会創立40周年記念事業
 - (1) 特別講演会
 - (2) 表彰
 - (3) 電波航法記念号（38号）出版
 - (4) 記念祝賀会

〔資料5〕

電波航法研究会 平成3年度予算

収入の部	項 目	金 額	摘 要	支出の部	項 目	金 額	摘 要
	前年度より繰越	2,591,402円			会 議 費	260,000円	研究会，幹事会
	会 費	1,332,000円	当年度分 正会員 103口×12,000=1,236,000 個人会員 12口×2,000=24,000 年会員		会 誌 出 版 費	2,700,000円	会誌36，37，38号分
			昨年度未収分 正会員 5口×12,000=60,000 個人会員 6口×2,000=12,000 年会員		事 務 費	100,000円	
					編 集 費	20,000円	
					会 計 費	40,000円	
					謝 金	73,000円	
	雑 収 入	5,000円	会誌販売等		通 信 交 通 費	100,000円	
	広 告 料	170,000円	会誌36，37，38号分		予 備 費	810,402円	
	銀 行 利 子	5,000円			計	4,103,402円	
計	4,103,402円						

電波航法研究会平成3年度役員

会 副 会 長	長 飯 島 幸 人	〔東京商船大学〕	☎ 03-3641-1171〕
〃	鈴 木 務	〔電 氣 通 信 大 学〕	☎ 0424-83-2161〕
〃	只 野 暢	〔ア ロ カ ㈱ 研 究 所〕	☎ 0428-32-3131〕
企 画 幹 事	萩 野 芳 造		
〃	林 尚 吾	〔東京商船大学〕	☎ 03-3641-1171〕
〃	山 田 秀 光	〔㈱ 東 京 計 器〕	☎ 03-3490-1961〕
〃	渡 辺 泰 夫	〔電 子 航 法 研 究 所〕	☎ 0422-41-3187〕
〃	谷 川 邦 男	〔全 日 本 空 輸 ㈱〕	☎ 03-3745-8648〕
〃	中 村 彰	〔日 本 無 線 ㈱〕	☎ 0422-45-9222〕
〃	町 野 硯 治	〔大阪商船三井船舶㈱〕	☎ 03-3587-7111〕
〃	浅 田 昭	〔海上保安庁水路部〕	☎ 03-3541-3811〕
〃	森 勝 三	〔海上保安庁灯台部〕	☎ 03-3591-6361〕
編 集 幹 事	長 岡 栄	〔電 子 航 法 研 究 所〕	☎ 0422-41-3171〕
〃	藤 城 稔	〔日 本 郵 船 ㈱〕	☎ 03-3284-5775〕
〃	廣 田 直 照	〔沖 電 氣 工 業 ㈱〕	☎ 03-3454-2111〕
〃	荒 井 郁 男	〔電 氣 通 信 大 学〕	☎ 0424-83-2161〕
〃	谷 口 雅 文	〔海上保安庁装備技術部〕	☎ 03-3591-6361〕
会 計 監 査	白 居 勲	〔㈳ 日 本 船 主 協 会〕	☎ 03-3264-7177〕
〃	倉 繁 貴 志 子	〔水 洋 会〕	☎ 03-3486-0217〕
出 版 幹 事	浜 田 悦 之	〔東京水産大学〕	☎ 03-3471-1251〕
会 計 幹 事	今 津 隼 馬	〔東京商船大学〕	☎ 03-3641-1171〕
〃	山 越 国 利	〔海上保安庁灯台部〕	☎ 03-3591-6361〕
庶 務 幹 事	佐 藤 辰 雄	〔海上保安庁灯台部〕	☎ 03-3591-6361〕
〃	高 野 昌 浩	〔 〃 〕	〕
〃	中 島 正 幸	〔 〃 〕	〕

——電波航法——

——ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW——

平成 5 年 2 月 20 日 印 刷 1990
平成 5 年 2 月 25 日 発 行 No. 37

編 集 東京都千代田区霞ヶ関 2-1-3 運輸省 9 階
発 行 海上保安庁燈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 東京都新宿区早稲田鶴巻町 565-12 啓文ビル
(有) 啓 文 堂 松 本 印 刷

FUJITSU

夢をかたちに
信頼と創造の富士通



マーティに
チャンネルを
合わせる



©Mr.T



HYPER LAND 一動物の世界—
マルチメディア 知育図鑑

知育タイム

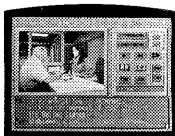
お子様の知識と創造力をスクリーンで育てる。
学ぶ番組盛りだくさん。



HYPER OCEAN (ハイパーオーシャン)

教養スペシャル

自然科学の世界を動画や自然画で
シミュレーション、探究心がめざめます。



NHK 英会話生会話
—ENGLISH CONVERSATION PROGRAM—

スーパースタディ

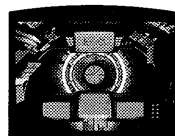
英会話のマスターに、学校の成績UPに。
自分のペースで自由に学べます。



アンの夢の国

ホームバラエティ

パズルゲームから音楽クイズ、カラオケまで。
家族みんなで楽しめます。

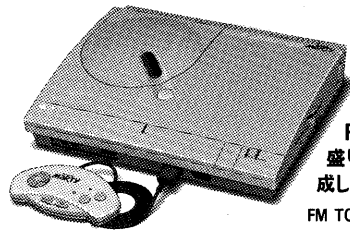


PSYGNOSIS'S MICROCOSM

ゲームフラッシュ

CDならではのダイナミックサウンド、臨リアルな
動画、自然画。本格派ゲーム勢ぞろい。

●上記ソフトには近日発売のものも含まれております。ソフト名は一部変更になる場合があります。
●記載されている商品名は各社の商標または登録商標です。



①美しい自然画から漢字などの文字まで、多彩な表現力でテレビに表示。②CD-ROMを入れて、パッド中心に動かすだけのカンタン操作。③学べる遊べる内容が盛りだくさん。約250タイトルの番組を提供します。④作成した絵の保存や、学習成績・ゲームの記録もできます。

FM TOWNS マーティ本体標準価格 98,000円(税別) パッド1個付き

新登場

TVにつなぐ
情報ブレイク

FM TOWNS マーティ
MARTY

FMインフォメーションサービス(お問い合せ時間) 10:00AM~6:00PM 月~土(祝日を除く)

●札幌(011)222-5476 ●東京(03)3646-0816 ●名古屋(052)261-5141 ●大阪(06)346-5415 ●福岡(092)713-4392