ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW

電波航法

JACRAN. 7

1965

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……副会長　茂在寅男…(1)
Foreword　Vice-Chairman Torao MOZAI

研究調査
Research and Investigation

船用ミリ波レーダの性能と使用実績について……池田　勲…(3)
Experiments on the Efficiency of 8 mm Marine Radar　大本直宏
Isao IKEDA
Naohiro OMOTO

講座
Lecture

デツカシステムと日本の計画……只野　暢…(19)
Rroject for installation of Decca Navigational System in Japan　Tohru TADANO

展望
Observation

レーダ情報の使用について注意すべき事項に関する運輸大臣の勧告……牧田裕文…(29)
The Recommendation from the Minister of Transportation on the Use of Radar Information as an aid to Avoiding Collision at Sea　Hirobumi MAKITA

海上人命安全条約（1960年）にもとづくレーダに関する規則改正の要点……嶋本照夫…(31)
Amendment in the Japanese Regulation for Marine Radars under the "International Convention for the Safety of Life at Sea 1960"　Teruo SHIMAMOTO

第7回国際航路標識会議出席報告……余湖一郎…(36)
About The 7th International Technical Conference on Lighthouses and other Aids to Navigation　飯塚康雄
Ichiro YOGO
Yasuo IIZUKA

海外資料紹介
Introduction of Foreign Papers

I. 米国航空宇宙局の航行衛星計画について……木村小一…(42)
On the Navigation Satellite Systems Investigated by the National Aeronautics and Space Administration, U. S. A.　Koichi KIMURA

II. オメガ航法システム
The OMEGA Navigation System

長波による相対航法方式……田辺穣…(59)
A VLF Relative Navigation System　Yuzuru TANABE

新製品紹介
Introduction of New Products

ASM 型船舶速度測定装置（MARSMEC 2）……安立電波工業株式会社…(64)
New Radio Wave Speed Test Opparatus　Anritsu Electronic Works, Ltd

ローランタイマ JLM—1形……沖電気株式会社…(67)
Loran Transmitting Station Timer Model JLM—1　Oki Electric Industry Co., Ltd.

船舶用レーダーN—XB—405
Marine Radar Set Model N—XB—405

研究会記事
Record

電波航法研究会昭和39年度事業報告……電波航法研究会事務局…(72)
The Record of the Japanese Committee for Radio Aids to Navigation in Fiscal Year of 1964.

表紙は船用ミリ波レーダの映像・0.25海里レンジ右旋回
Cover : 0.25′, PPI Presentaion of The milli-meter wave radar of a ship turning starboad.

巻　頭　言

Greetings

*電波航法研究会副会長

茂　在　寅　男

*Vice Chairman of JACRAN,

Prof. Torao MOZAI

Let us look back the history of the world.

Concerning to the progressions and improvements of technics, it is very hard to find any examples of rapid advance like now. It is not only high speed but rather accelerative.

Even though the form is different, we feel some common factors between now and the ages of great navigations, from the end of 15 century to the beginning of 16 century, when the world was surprisingly widened year by year.

When the European firstly passed Cape Nun in 1434, people in those days were strongly effected in their minds by this event. At first, they mooved very slowly and passed Cape Verde, twelve years after the time they passed Cape Bojador. However, the adventurers widened the world acceleratively, and they crossed the equator in 1471, and at last they found the new continent in 1492.

In the present age, "The Rendezvous Plan" and "The Soft Landing to the Moon Plan" were succeeded already in the space; the speed of aeroplanes are approaching to Mach 3, and we are entering into the age of SST. As for the merchant marine, even though the first automated ship appeared on November 1961, but now we can hardly find any non-automated ships in new launched Japanese ocean going ships.

People were surprized by the super tankers of 40,000 DW tons in five years ago, but now we can see NISSHO-MARU of 130,000 DWT or TOKYO-MARU of 150,000 DWT are already working on the sea. Furthermore, IDEMTSU-MARU of 200,000 DWT are going to build

世界の歴史を振りかえつてみよう。

技術の発達と進歩において，現在程目まぐるしくも速く進行した例が，未だかつてあつたであろうか。進歩は単に高速であるばかりでなく，寧ろ加速度的である。それは丁度，形は違うとはいうものの，15世紀末から16世紀始めにかけての大航海時代に，あれよあれよという間に世界が広げられて行つたのと，一脈相通ずるものを持つている。

1434年に人間が始めてナン岬を越えた時，それは中世の人たちに精神的な計り知れない影響を与えた。始めは地中海からボハドール岬（アフリカのスペイン領サハラ西岸）まで進んだ後，ベルデ岬（ダカール附近すなわちアフリカの最西端）に辿りつくまでに12年の月日をおいたというような遅々たる動きから始まつた大航海時代の探険家達は，その後加速度的に世界を広げて1471年には赤道を越え，1492年には新大陸を発見している。

現代は，宇宙開発においては，すでにランデブー計画や月への軟着陸に成功しており，航空機の速力も既にマツハ3に迫つて今やわれわれはSST時代に突入しつつある。また商船の方では，1961年11月に最初の自動化船が出現してから，僅か5年の間に，現在では日本の新造船の大部分は自動化船となつている。僅か5年前に4万重量トンのマンモス・タンカーの出現に人々は驚きを示したのに，13万重量トンの日章丸，15万重量トンの東京丸は既に就航しており，新たに20万重量トンの出光丸が着工されている。

この間におけるわが電波航法研究会のメンバー

*住所　東京都江東区深川越中島　東京商船大学
Address: Tokyo University of Mercantile Marine' Etchujima, Fukagawa, Tokyo.

too.

It may not be appreciated lowly the achievements, that every members of the Japanese Committee for Radio Aids to Navigation worked in these days, as leaders of their fields. Yet, if we try to criticize ourselves quietly, there are many problems to be solved.

First, the form of the organization is not fixed idealy yet. Second, even though there lies many problems concerning to the electronic navigation in Japan, we can hardly say that we worked sufficiently to solve them in every time. Third, when we stand on the international view point, though we had to active to interchange the technical informations abroad, with the back ground of the Japanese technical engineering fields, but we could not do it effectively until now.

Of course, it is impotant thing that to have the pride about our achivements, but I rather want to recognize the weak points of us as they are, and want to have a good hope for the improvement of them in future.

Our Committee is beeing fifteen years old now. I should like to reccommend that to make effort to solve the following problems here. (1) Make up the organization more systematicaly. (2) Be more active fore the works of the original aims. (3) Keep the connections with the same organizations abroad.

I hope I can expect the great co-operations of the members and the persons concerned.

が，斯界におけるリーダーとして，それぞれに果たして来た役割は決して低く評価できるものではない。しかしふりかえつて静かに自己批判をするならば，そこには多くの問題がある。先ず第一に私達のこの電波航法研究会は，組織としても未だ決して理想的な形になつているとはいえない。また，日本における電波航法に関する諸問題について，より多くの解決策が本会から打ち出されなければならない時に，本会の作業が必ずしも満足な状態にまで活発になされたとはいい難い。更に国際的な視野に立つとき，われわれは日本の技術を背景として，情報の交換にもつと積極的でなければならないと思われるのに，この点でも現在までのところ，本会の活躍は決して満足とはいえなかつた。過去において我々がなし得た業績を誇ることは勿論必要ではあるが，今の私はむしろ，欠点は欠点として率直に認めて，将来これを改善する方に大きな希望をかけたい。

わが電波航法研究会は，発足以来すでに15年になろうとしている。私達は以上述べた諸問題，すなわち，(1)組織を強固にする (2)更に積極的な作業活動をする (3)国際的な活動にも力を入れる……などの問題と，いまや真剣に取り組むべき時ではないだろうか。

会員並びに関係者各位の絶大なる御協力を御願い申し上げる次第である。(1966. 2)

研究調査

Research and Investigation

舶用ミリ波レーダの性能と使用実績について

*航海計練所

進徳丸 船長　池田　勲

同　三航　大本直宏

Experiments on the Efficiency of 8 mm Marine Radar

*Institute for Sea Training

Isao IKEDA

Naohiro OMOTO

Abstruct.

In order to ensure safe navigation under poor visibility, the need for radar sets with the better definition is apparent.

To obtain the better definition, a milimetric wave marine radar, TYPE CPSH—4 has been developed by OKI Electric Industry Co. Ltd. and installed on the Training Ship "SHINTOKU-MARU".

During her domestic crew for over one year, various experiments on CPSH—4 were made, compareing with the conventional 3 cm radar, especially when she is passing narrow fairways, congested waters and harbour approach, were avoiding collision.

In these cases CPSH—4 showed a lot of advantages. The 8 mm radar would be preferable as a short range manouvering device while a 3 or 10 cm would be desirable for navigation use.

Turning circle was measured by CPSH—4 without any other instruments.

ま え が き

船舶用として今まで一般化されたセンチ波レーダは，その機器および映像についての研究が行なわれ，舶用レーダの持つべき必要条件に近づくべく努力が続けられてきた。レーダに限らず航海計器を利用する者は，その性能，機器の性質を理解し，計器の能力を最大に発揮して最適の運用を心掛けている。にもかかわらず舶用レーダに使用している波長がセンチ波であるために，分解能，最小探知距離等に制限されて，近距離用としてその性能に満足すべきものが得られなかつた。この点についてはすでに東京商船大学の茂在寅男教授が「航海術より見たレーダの映像に関する研究」論文の中に，「現在のレーダをもつてしては港内操船，狭水道航行などのレーダのみによる運航操船は事実上不可能であるから，別に近距離用として，例えば航路筋を進む場合，右の浮標までが何米で，左の浮標までが何米であるかなど，又岸壁に着けるのに，そこまで何米だから，ホーサーは何米伸ばせば良いかなどわかる程度のものを作り，現在のレーダと二重装備すべきである」と述べている。本船にはすでにセンチ波レーダ KELVIN HUGHES TYPE 2C を装備しているが，沖電気が接岸用として開発したミリ波レーダ CPSH—4 を本船に装備し，センチ波レーダとミリ波レーダの二重装備を行つた。ミリ波レーダはすでに空港，港湾用として一部実用化されてはいるが，一般船舶

*住所　東京都千代田区霞ケ関２の１
Address: 2-Chōme, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo.

としての装備は初めてである点，我々航海者が使用する観点から，その性能と応用について従来のセンチ波レーダと比較しながら若干の考察を試みた。撮影したレーダ写真はその各々について目的を持たせているので，それ以外の映像については説明を省略した。

§1 ミリ波レーダとセンチ波レーダの性能比較

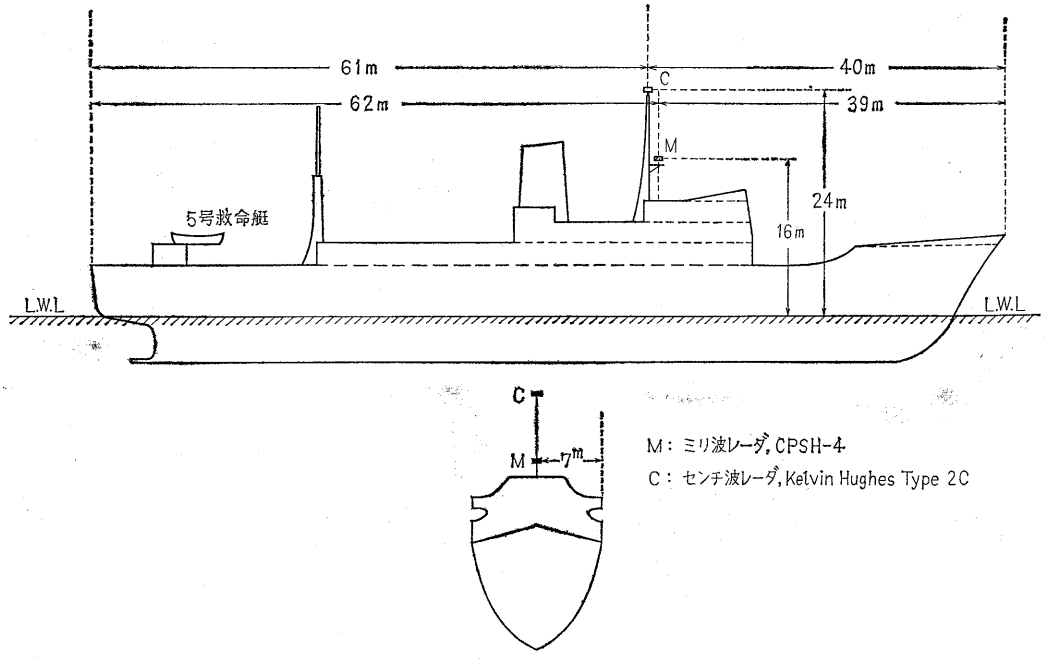
1. CPSH—4 の概要

1.1. スキヤナーの装備位置

ミリ波レーダ CPSH—4 とセンチ波レーダ KELVIN HUGHES TYPE 2C のスキヤナーは第1図に示すような位置に装備されている。CPSH—4 のスキヤナーの高さは，KELVIN HUGHES のそれよりも8m低く，海面上（満載吃水時）約16mであつて，エントツよりも低い位置である。船尾方向においてはこのエントツの影となつて最小探知距離などの性能に大きな影響をおよぼしている。

1.2. 要目比較表

CPSH—4 と従来の センチ波レーダの要目比較は第1表に示す通りである。センチ波レーダのうちで，パルス幅およびパルス 繰返数が RANGE によつて変化する TYPE の一例として，東京計器の MR—50 T をとりあげた。



第 1 図

2. 性 能 比 較

2.1. 分 解 能

(a) 方位分解能

方位分解能はアンテナの横幅に比例し，波長に反比例するので，3センチ波レーダが8ミリ波レーダと同じ分解能をもつにはアンテナの横幅を8ミリ波レーダの約3.5倍長くしなければならない。本船の CPSH—4 は1.3メートルミラーのスキヤナーであるが，3センチ波レーダでは約4.6メートルミラーを必要とする。これは船上におけるアンテナの大きさとして実現が困難である。要目表に見るビーム幅が CPSH—4 15′，KELVIN 1.3°，MR—50T 1.0°である。これをアンテナから一定距離の場所に於いてビーム幅のしめる長さ（メートル）で示すと第2表のようになる。アンテナから0.25マイル先の海上における2つの反射物標がスコープ面に分離された映像となるために必要な物標間の正横距離は，CPSH—4 で2m以上，KELVIN で10m以上，MR—50(T) で8m以上2物標は離れる必要があり，3センチ波レーダは約4～5倍の正横距離を必要とする。(第2表)

第1表　ミリ波レーダとセンチ波レーダの要目比較表

要　　目	CPSH—4	KELVIN HUGHES TYPE 2C	MR—50(T)　東京計器
周　波　数　(MC)	34,860	9,320～9,500	9,375±75
波　　長　(mm)	8.6	30	30
パ ル ス 幅　(μS)	0.022	0.2	0.1 (0.75, 1.5 range) 0.6 (24, 48 range
パルス繰返数　(c/s)	4,000	2,000	3,000 (0.75, 1.5 range 750 (3, 6, 12, 24, 48 range)
尖 頭 出 力　(KW)	30	60	50
水 平 ビ ー ム 幅	28分	1.3度	1.0度
垂 直 ビ ー ム 幅	15度	27度	16度
スキヤナー回転数 (r. p. m)	20	30	15
ブラウン管直径 (インチ)	12	12	16
測 定 範 囲　(浬)	0.25, 0.5, 1, 2, 5	1～5, 10, 25, 50	0.75, 1.5, 3, 6, 12, 24, 48
可 変 距 離 目 盛	0～5	0～10	0.3～20
S. T. C	あ り	あ り	あ り
F. T. C	あ り	な し	あ り

第 2 表

アンテナから物標までの距離 (浬)	ビーム幅のしめる長さ (メートル)		
	CPSH—4	KELVIN	MR—50(T)
0.25	2	10	8
1	8	42	32
2	16	84	64

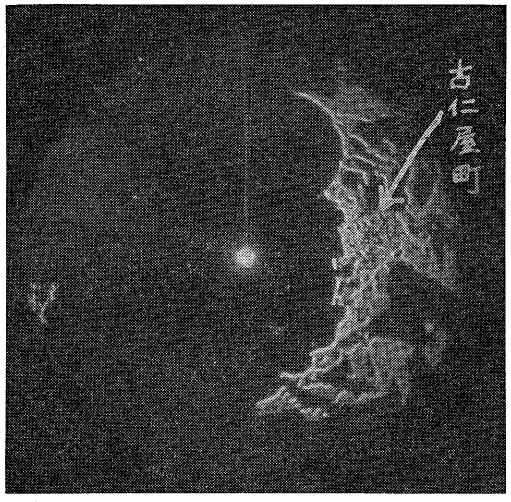
ただし，このビーム幅のしめる長さは，①ビームを直線状としたこと，②2物標が映像となるとき輝点の大きさのしめる長さを考慮してないこと，③反射物体の種類によつて分解距離が相違すること，④2つの像が分離して見えない場合でも映像の濃淡，形状などから実用上2物体であることを区別できることがあること，などの理由によつて正確な分解距離ではなく，ミリ波とセンチ波における方位分解能の比較をするためにあげた分解距離である。

(b)　距離分解能

レーダにより周囲の状況判断をする場合，像の分解能力は重要な要素の一つである。(a)で説明した方位分解能は横方向における像の分解能力を示し，距離分解能は縦方向における像の分解能力を示す。要目表に見るパルス幅が CPSH—4 で 0.022 μS, KELVIN で 0.2 μS, MR—50(T) で 0.1 μS と 0.6 μS であることから，このパルス幅に相当する反響の長さは，CPSH—4 3.3m, KELVIN 30m, MR—50(T) 15mと90mである。KELVIN およびMR—50(T) は CPSH—4 の5～10倍以上の長さをしめる。ただしこの数値は方位分解能の項で述べたと同じような理由によつて実用上の正確な数値ではなく，ミリ波とセンチ波の比較値である。よく調整された輝点でも直径では2mm程度の点になるので，12インチブラウン管上で輝点の大きさに相当する距離は0.25浬レンジで約2mであり，CPSH—4 の距離分解能は0.25浬の最小レンジにおいて約5mとすることができる。

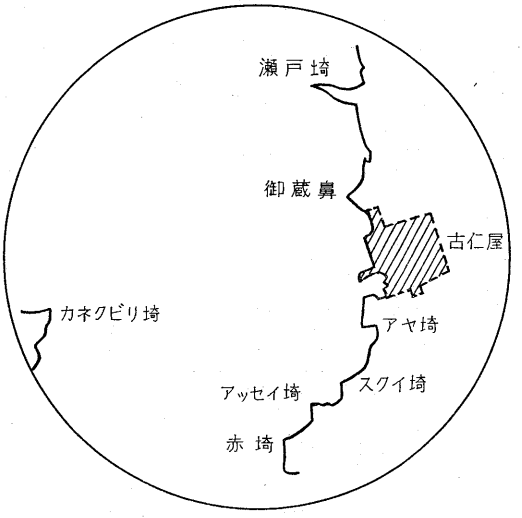
(c)　分解能の映像比較

(a)と(b)で述べた分解能の比較から，8mm波レーダ CPSH—4 は3cm波レーダに比較して，方位分解能において4～5倍，距離分解能において5～10倍能力が優れている。この分解能の違いが映像面でどのように表われてくるかの一例として（写1），（写2）を示す。これは古仁屋港における映像で（写1）は CPSH—4 の，（写2）は KELVIN の映像である。両者の海岸線を比較すると，（写2）の海岸線は岬がとぎれてはつきりしていないが（写1）の海岸線は精密に強く表われている。特に映像の中央付近に表われているアヤ崎，古仁屋港付近において顕著である。（写1），（写2）の説明図1において斜線の部分は古仁屋の町であつて，2～3mの道路をへだてて比較的小さな家屋が並んでいるが，それらの家屋が（写2）におけるよりも（写1）において細かく分解されて表われている。両映像を比較して見ると，8

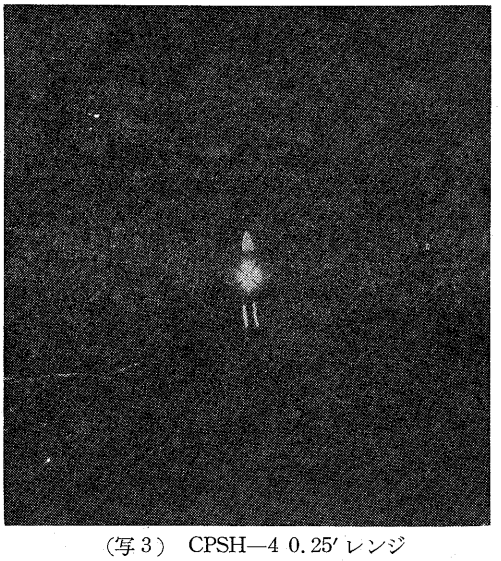


（写１） 古仁屋港，1′レンジ
Calm, CPSH—4

（写２） 古仁屋港，1′レンジ
Calm, KELVIN.



（説明図１）



（写３） CPSH—4 0.25′レンジ
本船の映像
ブラウン管上長さ約30mm

mm波レーダの分解能および映像の鮮明さが実感として理解される。

2.2. 最小探知距離

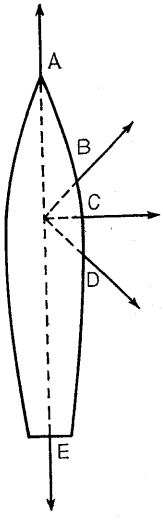
レーダの使用範囲を近距離用とする場合，最小探知距離は欠くことのできない性能の一つである。パルス幅だけに制限される最小探知距離は CPSH—4 で1.7m，KELVIN で15m，MR—50(T) で7.5であるが，アンテナ高，垂直ビーム幅など最小探知距離を左右する要素をかみ合わせて，公称性能にはそれぞれ CPSH—4 で６m，KELVIN で 15m，MR—50(T) で25mとされている。最小探知距離がセンチ波にくらべて2.5～４倍の性能を有する CPSH—4 のスコープ面に表われる特長が（写３）に示す本船の映像である。本船におけるスキヤナーの位置は船首から約40m，船尾から約60mであるが，本船の映像が表われるという事は，最小探知距離が短く探知能力がすぐれているだけでなくセンチ波レーダに見られなかつた大きな特長である。特にミリ波レーダの船舶応用が主として近距離を目的としているので本船の映像をスコープ面に表わすことは重要な要素である。

○海面上の小物標に対する最小探知距離の実測

(a) 実測の方法

小物標：機付救命艇（長さ８m，幅2.6m，水面上高さ約1.8m）

第２図に示すように本船の右舷側舷側にA～Eまで５つの場所を選び，各々の場所から救命艇艇尾にロープを



第 2 図

持たせ，スキヤナーの位置から45°ずつ離れた各場所から徐々に走らせて，スコープ上救命艇の映像が現われたときにそのロープの長さを測定した。

(b) 実測の結果

第2図におけるEの船尾方向を除いて，A～Dまではいずれもロープの長さが45mであつた。船尾方向は120 m位で初めて映像が現われたのであるが，アンテナの後方にある直径4.5 mのエントツの影となつて探知できなかつた。レーダビームを遮断する本船の構造物とアンテナ高の関係から，正横方向における死角は水面上舷側から約8 m，船首方向で，船首から約45mである。従つて，最小探知距離が6 mであれば1.8 mの水面高を有する救命艇は正横方向（第2図のC）において，舷側から8 mも離れれば十分探知できる計算であるが，垂直ビーム幅(15°)とアンテナ高の関係から探知距離は大きくなり，実測した結果は舷側から45mであつた。計測の際救命艇艇尾が本船の方に向けられていた為反射係数は比較的小さいと考えられ，強反射物体の場合には又違つた結果になると思われるが，海上の小物標に対する最小探知距離としては，本船の場合，船尾方向を除いて一様に舷側から約45mとすることができる。狭水道，港内操船のように雑種船，停泊ブイ等をも対象とする場合，レーダを運用する者として，必ずしも要目通りの最小探知距離とならないことを留意しておく必要がある。

2.3. 映像の鮮明度と残光性

映像の鮮明度と残光性については，機器の種類によつて大同小異ではあるが，経験と練度を積み，その機器に慣れるに従つて実用上，ほとんど支障は来たさない。以下に映像の鮮明度と残光性について CPSH—4 の性能を KELVIN と比較して述べる。

(a) 鮮 明 度

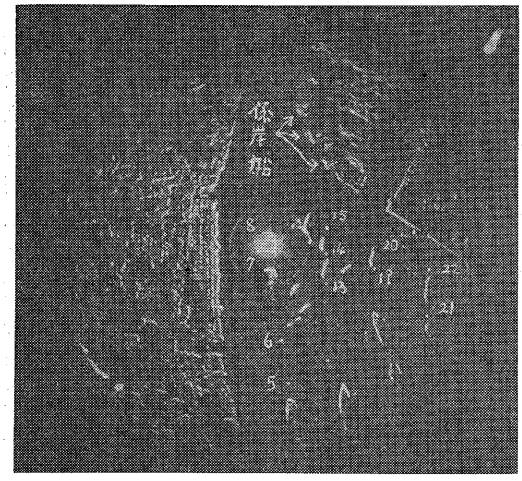
機器の持つ能力はスコープ面に発揮されて初めて効果を表わすものであつて，いかに分解能が良くてもそれをブラウン管上に表現できるだけの掃引線の数を必要とする。パルス繰返数とスキヤナー回転数から掃引線の数を比較すると CPSH—4 で8,000本，KELVIN で6,000本である。ブラウン管上の掃引線の数が KELVIN に比べて2,000本多いことは，分解能が優れていることと合わせ CPSH—4 における映像はきめ細かく鮮明であることが会得される。

(b) 残 光 性

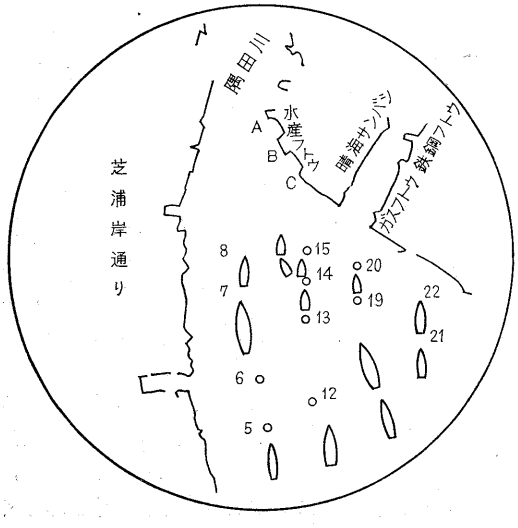
残光性が強すぎると，レンジ切換時および変針時に新旧両像が重なり合つて混乱を生じやすく，使用可能なまでに時間を要する。一方，残光性が弱すぎれば360°方向の映像が常時スコープ面に表われないことになる。これら，相矛盾する事項をどの程度考慮するかによつて機器に一つの特色を見る事ができる。CPSH—4 と KELVIN の残像時間を実測した結果，完全にもとの映像が消えるまでに要する時間は CPSH—4 で90秒，KELVIN は25秒であり，使用可能なまでに要する時間は CPSH—4 で30秒，KELVIN で10秒である。この残像時間は晴天の海面状態 Calm のときにおいて，Intensity, Gain を最良に調整して測つたものである。CPSH—4 の残光性が強いことによつて，旧像が残るために船舶の動静方向などが見分けやすい長所があるが，レンジ切換時および変針時に30秒間のブランクを必要とすることは，特に近距離におけるレンジ切換時期に関連して，留意しておかなくてはならない。

2.4. 探 知 能 力

探知能力を左右する要素として考えられるものは送信出力，受信感度，空中線高，空中線利得，物標の種類と高さ，使用波長などであるがここで問題とすべき点は遠方物標に対する探知能力ではなく，近距離における性能を比較することにある。同一条件下において反射波の強弱を3センチ波レーダと比較すると約4～13倍だけ8ミリ波レーダの方が強く反射することになる。従つて，センチ波レーダでは探知できにくい小物標に対する探知能力がすぐれている。1例として（写4）は CPSH—4 による東京港内の映像であつて，本船が No. 8 と No. 7 ブイ間にブイ係留中の映像である。本船の左舷正横付近で，近くの岸壁の映像が強く表われているのに対して，本船との距離が離れるにつれて芝浦岸壁の映像はうすくなつている。これはセンチ波レーダにおける変化よりも相当顕著であつて，レンジを切換えたときおよび本船と物標までの距離によつて，その物標の映像を最良の状態でスコープ上に表わすように GAIN, INTENSITY を細かく調整する必要がある。（説明図2）における5，6は No. 5, No. 6 ブイであつて，その間に係留船のない場合であるが15, 14, 13, 20, 19の各ブイの間には係留船がありそれぞれ係留ブイと係留船を分解して映像にしている。分解能とともに反射係数の少ない小物標の係留ブイを映している点で探知能力の高いことが理解される。なお（説明図2）におけるＡＢＣは係岸中の船舶である。



（写４）　東京港内，CPSH—4
smmooth sea，0.5′レンジ



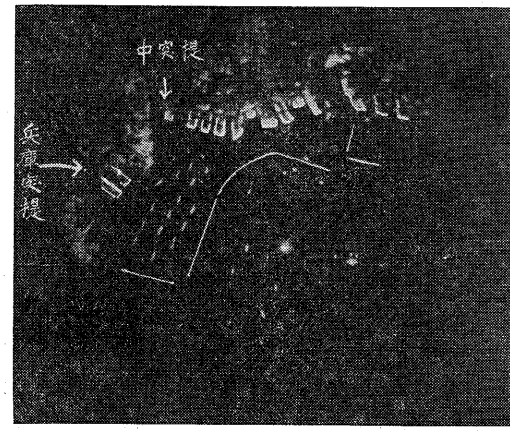
（説明図２）

§2　ミリ波レーダの応用とその問題点

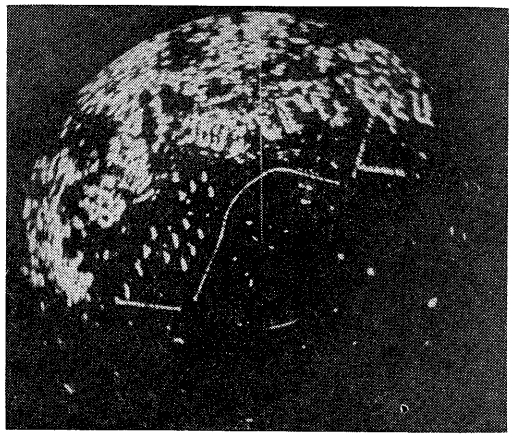
§1においてミリ波レーダの性能を３センチ波レーダと比較して述べたのであるが，機器そのものの性能を違つた立場から検討すればまだ残された要素は考えられる。しかし特に近距離用として両者を比較し，映像を見てそれを利用する立場から検討するには，分解能，最小探知距離，探知能力，鮮明度を比較検討することによつてミリ波レーダの性質を理解できる。このミリ波レーダの性能をどのように応用して有効であるか，又問題となる点は何かについて以下述べる。

1.　位置の決定

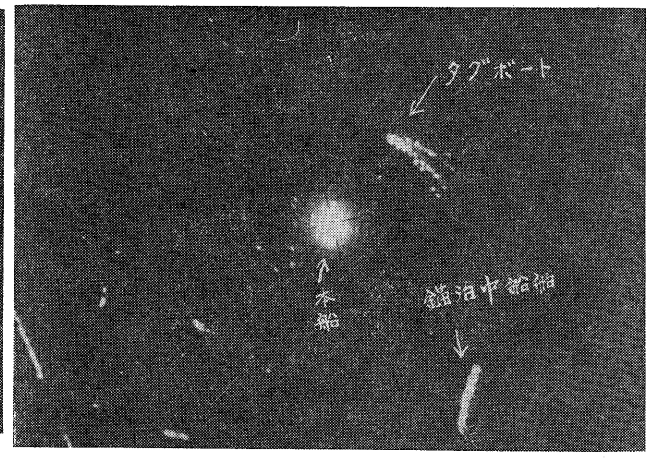
ミリ波レーダの目的は近距離を主眼としている為に，CPSH—4 の最大レンジは５マイルである。従つて，大型船の一般沿岸航海中，変針点および変針時期をレーダでとらえ，レーダ変針できる機会は少ない。レーダによつて位置を決定する場合，方位誤差が距離誤差より大きいためにレーダのみによる測定位置の正確さは，㋑距離のみによる測定位置，㋺１本の方位線と距離による方法，㋩方位線の組合わせによる方法と㋑㋺㋩の順序に精度は良いとされている。しかしながら距離のみによる位置の決定は自船の両側に陸地がある場合が少なく，海岸線はそのどこが映像となつているのか判断できにくい場合が多い点，距離を測定する目標地点が少ないこと。位置の決定に際し時間がかかることなどの理由から，方位誤差は入つてもほとんど㋺，㋩の方法によつて位置を求める場合が多い。ミリ波レーダによる方位線の精度は性能のところで述べたように，方位分解能，鮮明度がすぐれているために，方位測定精度の高い方位線を得ることができる。もちろん距離測定においても距離分解能が高く，測定距離誤差が少ない。この方位および距離の測定精度の高いことは，最小探知距離の短い事とあわせて，出入港，狭水道航行等，狭い水域においてもレーダのみによる測定船位がセンチ波に比較して信頼性の高いものである。探知能力の大きいところから位置を測定するための選定目標が多く，容易に迅速に位置の決定ができる事も利点である。（写５），（写６）は神戸港第３航路沖の映像で（写５）がミリ波，（写６）がセンチ波の映像である。突堤の映像を両者比較して見ると説明図３に示す中突堤の映像は KELVIN では出ていないのに対して CPSH—4 の方には現われている。兵庫第一突堤，兵庫第



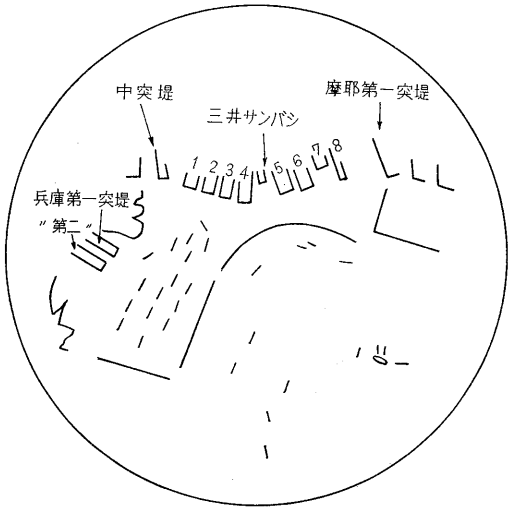
（写５）　神戸港第３航路沖
2′レンジ，CPSH—4



（写６）　同左，KELVIN



（写７）　神戸港第２防波堤沖
0.5′レンジ，CPSH—4，smooth sea

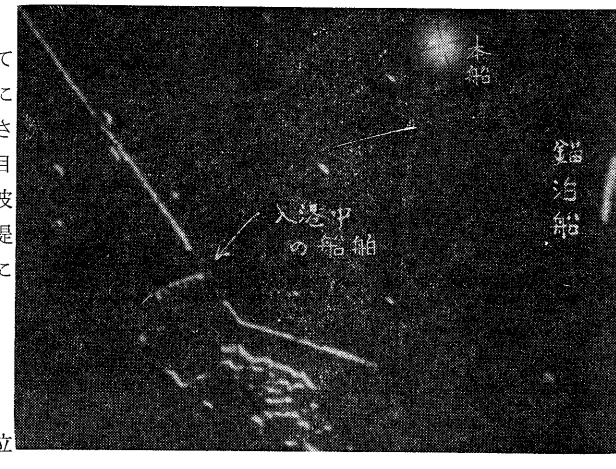


（説明図３）

二突堤は（写５）ミリ波でははつきり２突堤を分解しているのに（写６）センチ波ははつきりしない。防波堤に注目して見ると（写６）センチ波における防波堤は太さが違い，防波堤入口でないところにところどころ切れ目が入り，特に第３航路がまぎらわしいが（写５）ミリ波における防波堤の映像はするどい。従つて突堤や防波堤を位置決定の選定目標にする場合にも，ミリ波レーダによればより迅速に正確な位置を求める事ができる。

2. 港内操船用

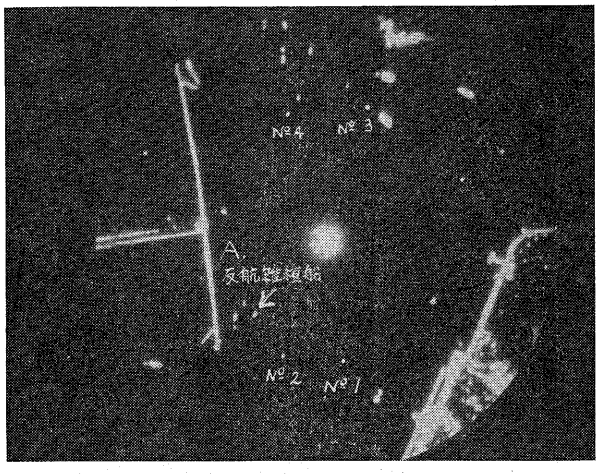
港内における操船は大型船の動静の他に，小型船舶，雑船の動きを無視することはできない。レーダによる位置の線精度が高いほかに，ミリ波レーダは小物標に対する探知能力の大きいことによつて，小型船，雑種船の航跡をスコープ面に表現することができる。１例として（写７）は錨泊中の本船の前を小型タグボートが右から左に横切ろうとしている映像である。このように港内の小型船舶の動きを瞬時にして判別できることは狭視界におけるレーダのみによる周囲の状況がより的確に判断できることをあらわしている。大型船については港付近において微速とするために，航跡の映像によつて進行方向を判断できることは少ないのであるが，陸地などの静物標と動いている船舶等のどちらもその映像が鮮明であることによつて，動目標と静目標の相互関係は，より正確によりはやく把握できる。従つて，大型船の動向は陸地，防波堤との相互位置の変化から容易に判断できる。（写８）は3,000トン級の汽船が神戸港第２航路入口から入港しようとしているときの映像である。この映像だけで



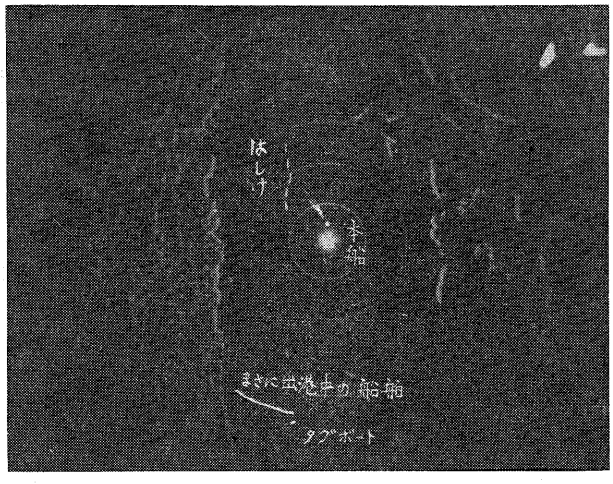
（写８）　神戸港第２防波堤沖
0.5′レンジ，CPSH—4，smooth sea

は航跡の映像が出ていないので，その航跡によつて進行方向はわからないが，防波堤との相互位置の変化によつて，その動きは短い時間内に容易に知ることが可能である。

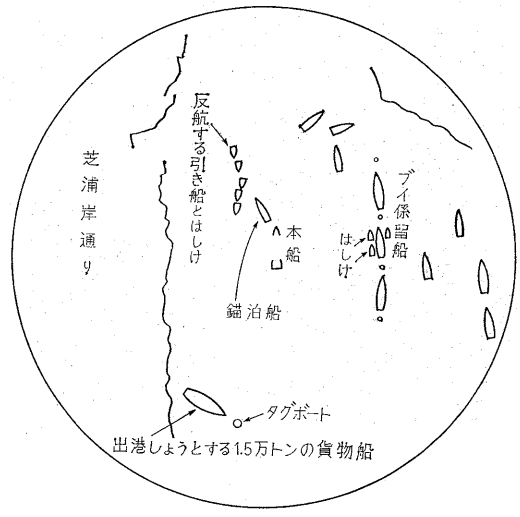
港内には雑種船のほかに小物標として航路ブイ，停泊ブイ，防波堤灯台などの航路標識が多く，レーダのみによる周囲の状況判断にはこれらの物標を鮮明な映像とすることが必要である。例えばこのままの状態で進行して入口の中央を通過できるかどうかの判断，本船と航路ブイとの関係から航路の中央を通つているかどうかの判断，錨泊船の船首尾線方向による風潮流の判断，数隻のはしけを引いている引き船の動きなど港内操船に必要な要素をレーダのみによつても得られなければならない。航路ブイの映像例として，（写９）は名古屋港指定水路の No. 1, No. 2, No. 3, No. 4 の航路ブイを示す。マークＡは反航する三隻の雑種船であるが，雑種船の船尾方向に尾を引いていることから航路ブイとの区別ができる。（写10）は港内において周囲の状況が，映像としてどのように表われるかの例である。（説明図４）に示すように本船の左舷船首約130メートルのところを反行する引き船とはしけが各々分解されて映像となつていること，右舷正横にあるブイ係留船はその船舶の両舷に，はしけをかかえて荷役中の係留船で他のブイ係留船と映像がはつきり区別できること，本船の船尾付近において，一隻のタグボートを使つてまさに出港しようとする15,000トン級の貨物船など，周囲の状況がより忠実に画面に現われている。



（写９）　名古屋港，0.5′レンジ
CPSH—4, slight sea
1，2，3，4は航路ブイ
マークＡは雑種船



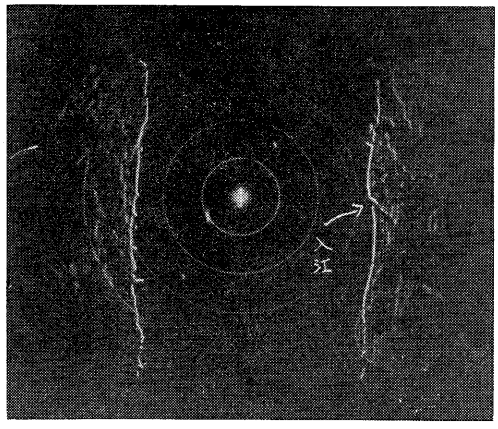
（写10）　東京区第２区，７，８番ブイ係留
0.25′レンジ smooth sea



（説明図４）

3.　狭水道通過用として

CPSH—4 の持つ性能と１，２で述べたような映像面に現われる特性を利用して狭水道通過にも有利な情報が得られる。この特性は㋑センチ波では映像とならない海岸線を映像とするだけでなく現われた海岸線はより明確であること，㋺最小レンジが0.25マイルで小さいこと，㋩小型船などの小物標に対する探知能力がすぐれていることなどである。CPSH—4 の示す海岸線の実例として（写11）は下関海峡大瀬戸付近の映像である。図面における矢印は門司区日本製粉の入江（幅約45m）で海岸線が鮮明かつ明確であることが理解される。海岸線がより忠実にスコープ面に現われることは陸地と自船の相対位



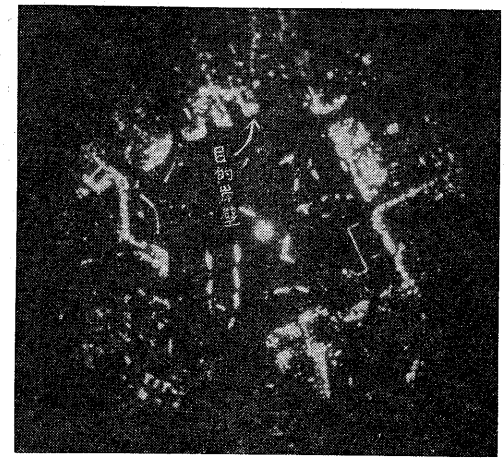
(写11)　下関海峡大瀬戸付近
0.5′レンジ，CPSH—4
smooth sea

置がより正確にわかることであり，加えて最小レンジが0.25マイルで小さいことから狭い場所を拡大して見れる。これは風潮流による圧流を知る上でわずかな変化でも早い時期に把握できる。また，狭視界および夜間レーダによつて船首目標を決める場合，選定し得る目標地点も多く，さらに，離岸距離による避険線の信頼度が高く，違つた角度から容易に避険線を定めることが可能である。これらは狭水道通過用に KCPSH—4 を応用して効果的な例である。CPSH—4 は1浬レンジまで自船の映像をスコープ面で見ることができるが，自船の映像の大きさから他船の船舶の大小を相当正確に認知し得ること，小型船，雑種船の動向はその航跡から瞬時に知る事ができることなど狭水道通過に必要な周囲の状況を的確に把握する要素を持つ。ただし，性能のところでふれたが，CPSH—4 の残光性が相当強く，彎曲部の大角度変針時とかレンジを切換えたときには新旧両映像が重なつて約30秒間は通常状態の映像でなく，混乱をまねきやすい恐れがあるので注意しなくてはならない。このことから，指示方式は少なくともジヤイロ結合の真方位表示方式が必要で，さらに True Motion 方式にすれば，一層画面は安定するだろう。

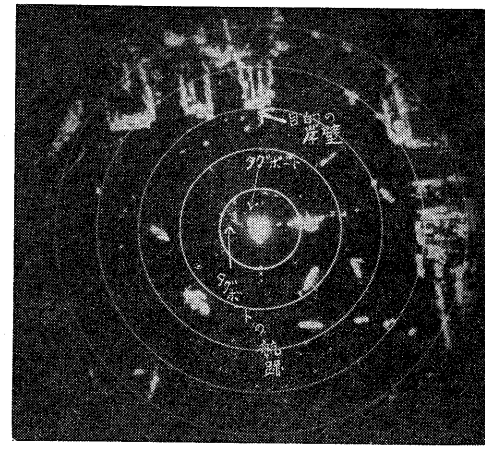
4.　接岸用として

(a)　岸壁との相互関係

レーダで接岸する場合，岸壁と本船との相互関係を知る上で，本船と岸壁とのなす角度，距離が必要である。特に距離は岸壁が近くなればスキヤナーからの距離では不充分で，船首からの距離がわかるものでなくてはならない。この意味から少なくとも自船の映像がスコープ面に現われることが重要な要素となる。従来のセンチ波レーダには見られなかつた自船の映像は，CPSH—4 の画面をよく調整すると1（マイル）レンジにおいてもスコープの中心に認めることができるのであつて，ミリ波レーダの持つ大きな特色である。0.25マイルの最小レンジにおける本船の映像は船首の型状と救命艇（船尾にある5，6号艇と考えられる）が写し出されたものと考えられるので，船の長さ，幅を正確につかむ事はできないまでもその型状から他映像に対する船自体の感じを読取ることができる。特に船首の形状（映像として現われる）は船首のブルワークを映像としていることから，船首から測つた物標までの距離は信頼性の高いものである。ただ，この自船の映像について注意すべきことは，FOCUS, GAIN, S. T. C., F. T. C. の調整によつて映像の大きさが変化することである。したがつて接岸時における最



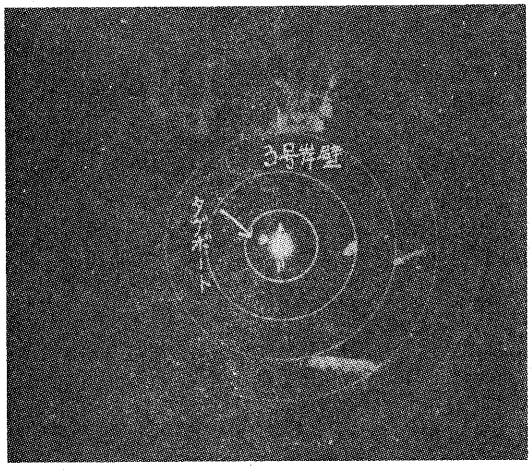
(写12)　1′ レンジ，岸壁まで1,200m
CPSH—4，smooth sea



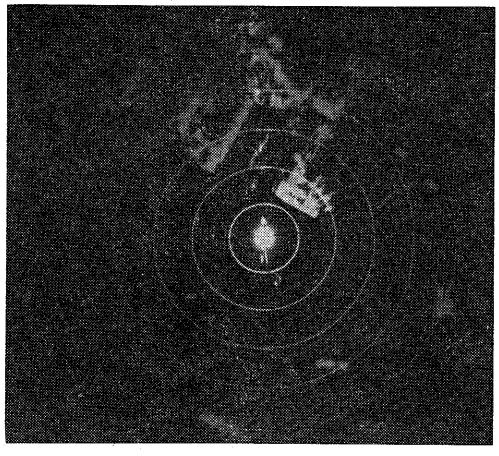
(写13)　0.5′ レンジ，岸壁まで550m
CPSH—4，smooth sea

も適当な自船の映像となるようにつまみを調整し，RANGE MARK と照らし合わせて映像の大きさを把握し，一定した自船の映像にする必要がある。

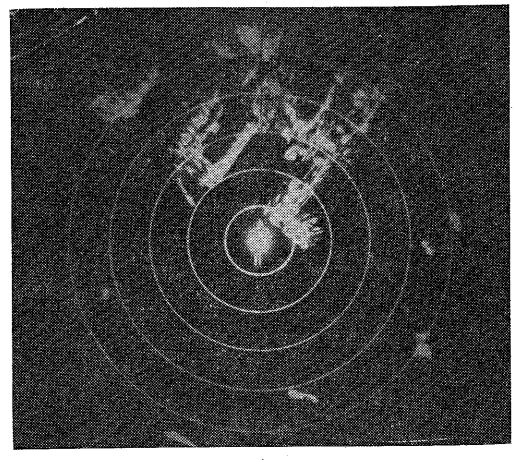
自船の接岸しようとする岸壁の位置が港内に停泊中のブイ係留船，錨泊船に視野がさえぎられてはつきり確認できない場合，停泊船の間を通つて岸壁に近づくべく操船する上で，自船の目ざす岸壁が鮮明な映像として現われることは明るい要素である。(写12) から (写16) までは名古屋港東ふとう3号岸壁に接岸するまでの一連の映像であつて (写12)，(写13) は岸壁と自船の相互位置が，1浬レンジ，0.5浬レンジでどのように表われるかの例である。(写12) はブイ係留船，錨泊船，雑種船の多い中を，東ふとうに直角に向かつている状態で，自船の位置と岸壁との相互関係が明確な映像として示されている。東ふとう3号岸壁に右舷付けする態勢で，自船の右舷前方には小型錨泊船，雑種船があつて，右前方にはほとんど余地がないため，岸壁に直角に向かわなくてはならないことが理解される。(写13) (写14) にあらわれているスポツトはタグボートの映像であるが本船の左側を10メートル程離れて随行している状態である。(写13) では本船を出向かえるべくフルスピードで近寄り反転して随行態勢に入つたことが航跡によつてわかる。(写16) はすでに Bow line を取つた後の状態であり，これ以後の接岸するまでの過程はレーダを応用する必要がほとんどない。なお左側船尾でタグボートが本船を押しているのであるが，それは映像として現われていない。



(写14)　0.25′ レンジ，岸壁まで船首から200m
CPSH—4，smooth sea



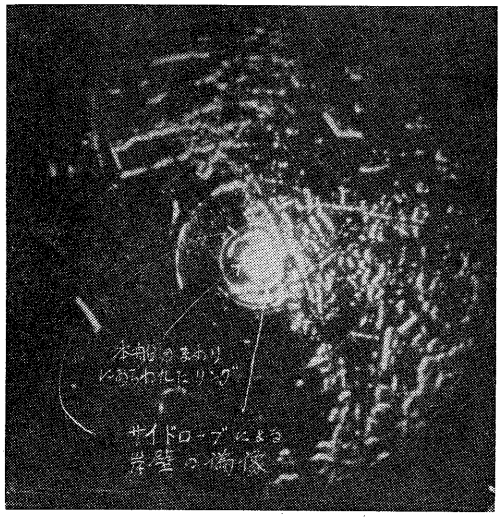
(写15)　0.25′ レンジ，岸壁まで船首より80m
岸壁と本船とのなす角度約55度
CPSH—4，smooth sea



(写16)　0.25′ レンジ，岸壁と船首との距離10m
角度約55度，CPSH—4

(b)　偽像について

CPSH—4 の探知能力の大きいことは，特に倉庫などの強反射物体の多い岸壁に近づいた場合に偽像が出やすい。従つて岸壁に近づくにつれて GAIN を適当にしぼるか，S. T. C. を適当にかけるかして画面を調整し，真像と偽像を混同しないように常に心掛ける必要がある。GAIN を上げ過ぎたために偽像の現われた実例として (写17) を示す。これは長崎港出島AB岸壁に艏10m，艉30mになつたときの映像であるが，船首と船尾にサイドローブによる岸壁の偽像があらわれて，岸線がコの字状となつて本船を囲つている。このコの字状岸線の内側にリングが現われているが，これも GAIN の上げ過ぎによるもので，GAIN，S. T. C. の調節によつて消えるものである。なお CPSH—4 の最小レンジは0.25マイルであるが，本船の大きさからして接岸用としてもつと小さいものがあれば確実に本船と岸壁の相互関係がわかる

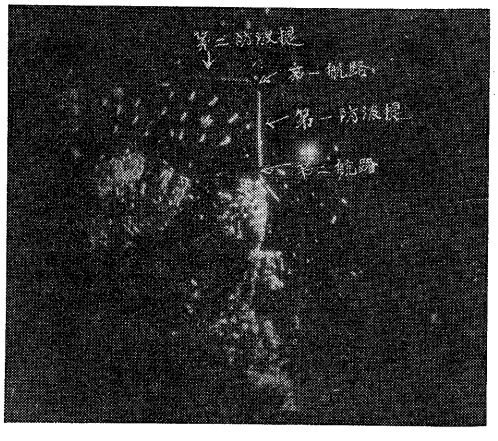


(写17)　0.25′ レンジ，長崎港出島ＡＢ岸壁
CPSH—4, slight sea
サイドローブによる偽像例

だろう。

(c)　岸壁の状況

(a)で述べた名古屋港東ふとう３号岸壁に接岸する場合のように突堤の頭にあたるところに自船だけを着岸する場合は別として，すでに他船の係岸している岸壁の間に入るような場合，自船の係岸位置を確認するためには，他船の係岸位置を含めて，岸壁の状況を映像で判断する必要がある。レーダの映像は同一条件下で反射物体の反射係数が大きければ大きい程その映像はスコープ上強くあらわれるから，CPSH—4 の映像も反射物体の平面がレーダに直角になり，反射係数が大きくなるにつれて映像は強くあらわれる。例えば（写18）における第一防波堤はその面を直角にレーダビームに当てるので強反射さ



(写18)　神戸港和田岬沖，2′ レンジ
CPSH—4, slight sea

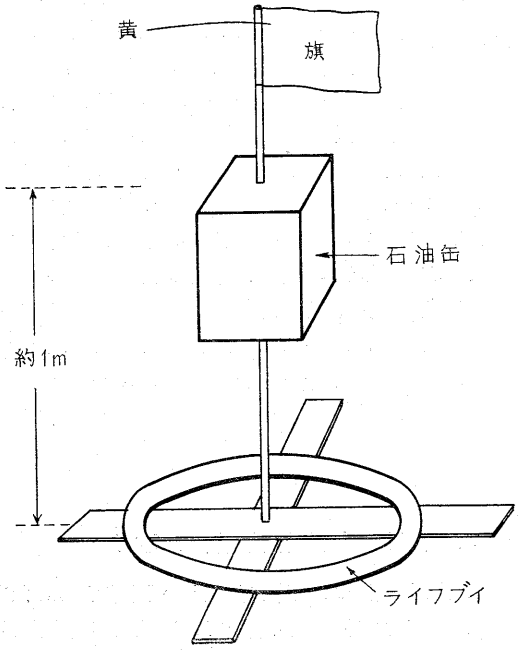
れているが，第二防波堤の方は映像がうすい。この変化は CPSH—4 の探知能力が大きいことから従来のセンチ波における変化より相当顕著である。従つて，係岸中の他船の映像はその船腹がレーダビームに直角に近くなる程その映像は強くなり，岸壁においてその船のしめる映像は強く凸状になつて現われる。係岸中の他船の映像が，岸壁とレーダビームのなす角度によつて変化するのであつて，岸壁の状況判断する上に留意すべき事項である。さらに岸壁の状況を映像で確認する上で注意すべき点は，岸壁の映像と倉庫などの強反射物体の映像が重なる恐れがあることで，スコープ上岸線として考えていたものが実は倉庫の映像であつたような場合，岸壁までの距離を測る上で大きな誤差を生じる。従つて，レーダのみによる接岸に安全性を持たせるためには種々の岸壁における岸線の映像を検討しておく必要がある。

5.　見張および衝突予防用として

見張の範囲について単に見張という目的だけのためには現用のセンチ波程度で満足できるが，近距離用としては浮標，小舟などに至るまで，十分に分離し，方位，距離の測定が可能であることが必要である。ミリ波レーダ CPSH—4 は既述したとおり，近距離における探知能力が大きく，船舶の航跡からその動静を一見して識別できるなど近距離の見張，衝突予防としてきわめて有効である。しかし，この探知能力の増大は同時に雨雪障害像や海面反射像を写し出すことであり，他の映像と区別できるかどうか，S. T. C., F. T. C. の調整によつて障害像が消去されてもなお浮標のようなものまで探知できるかどうか大きな問題点が残る。

(a)　海面反射の影響

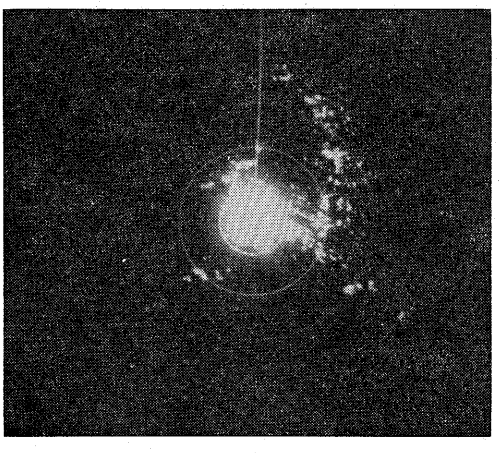
海面反射の影響はセンチ波レーダにおいても近距離ほど影響力が強く，小型船舶などの小物標と海面反射像との区別はつけ難い。ミリ波レーダの小物標に対する探知能力が優れている点は，同時にセンチ波レーダにおいては問題とされない程度の海面においても波浪の映像がスコープ面に現われてしまう短所をもつ。勿論 S. T. C. をかけて海面反射像を消す事は可能であるが，波浪と同じ程度の反射係数をもつ小物標も同時に消してしまうので，ミリ波レーダの持つ特長を生かしきれない。従つて，種々の海面状態における海面反射の影響力を機会あるごとに観測して実態を把握しておく事が必要となる。海面状態３，(slight sea) における海面反射の影響の一例として，備後灘においてブイ達着の操船演習を行なつた際，（風速 7 m/sec，海面状態３）において，小型漁船像と海面反射像との区別は㋑映像の大きさが違うこと，㋺海面反射像がスコープ上で位置が変わり不安定であること



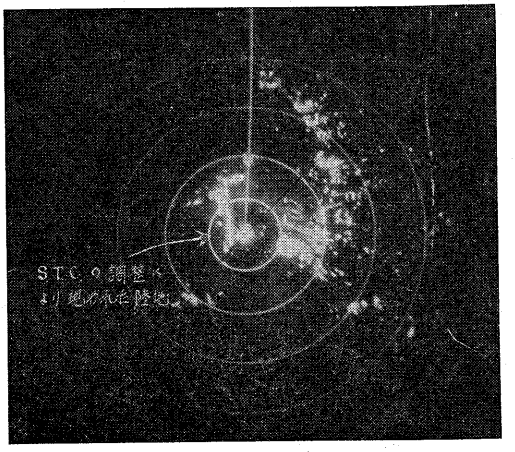
第　3　図

から容易に区別することができたが，操船演習用ブイとして作つた第3図のような目標は海面反射像にさまたげられて，スコープ上に捉らえることができなかつた。これから類推して，停泊ブイのように反射係数の少ない物標は海面状態3程度の状態でも海面反射像との区別は相当困難であると予想される。しかし，航路ブイについては東京区を出港した時に観測したが，同じような海面において，海面反射像と区別することができた。

(b)　雨雪反射の影響

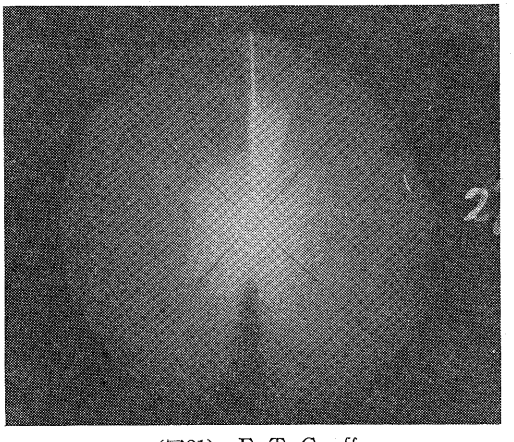


(写19)　下関海峡5′レンジ
若松区，八幌製鉄戸畑沖
F. T. C. on, S. T. C, O

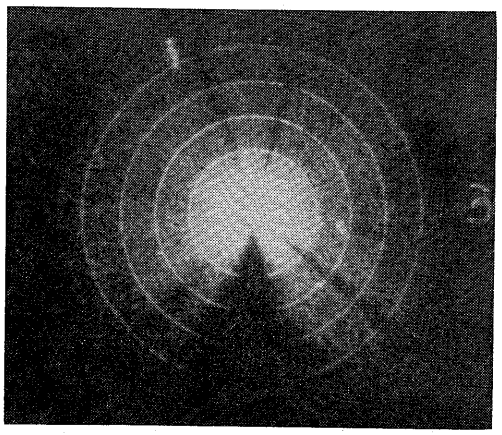


(写20)　同　上
F. T. C. on, S. T. C. 調整

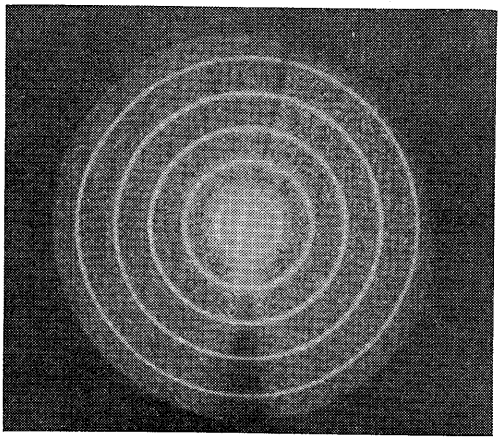
レーダの持つ根本的な使命は夜間および視界不良時に航海者の目となつて寄与することにある。雨雪の降る天候状態において，不必要な雨雪反射像が強く現われて，必要な物標の映像が消え，探知できなくなることはレーダにとつて致命的な欠陥となる。CPSH—4 の性格から雨雪反射像の影響もセンチ波にくらべて大きい。この雨雪反射の一例として示す（写19）は下関海峡西側入口付近の映像であるが，中心部半径約1マイルまで並雨（雨の階級で1）の反射像が強く，左舷側陸地の映像が見えなくなつた状態である。この映像は S. T. C. を全くかけないで F. T. C. を on にしたときのものである。これに対し（写20）は S. T. C. の調整を加えることによつて雨雪像が消され，左側陸地の映像が現われた状態である。この例から，CPH—4 の雨雪像の消去には F. T. C. のみでは不充分で，S. T, C. の調整が必要であることが理解される。CPSH—4 の F. T. C., S. T. C. の調整によつて並雨の映像がどのように現われ変化するか示



(写21)　F. T. C. off
S. T. C. On



(写22)　F. T. C. off
S. T. C. 調整

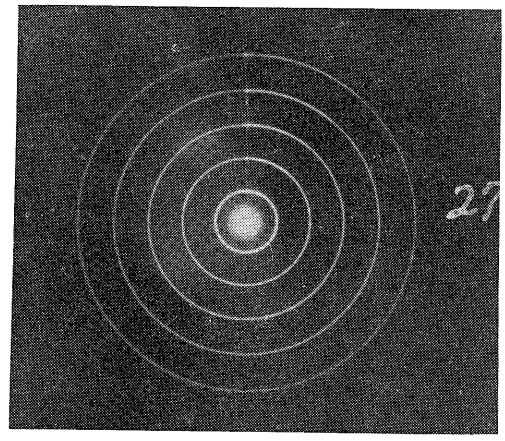


(写23)　F. T. C. on
S. T. C. O

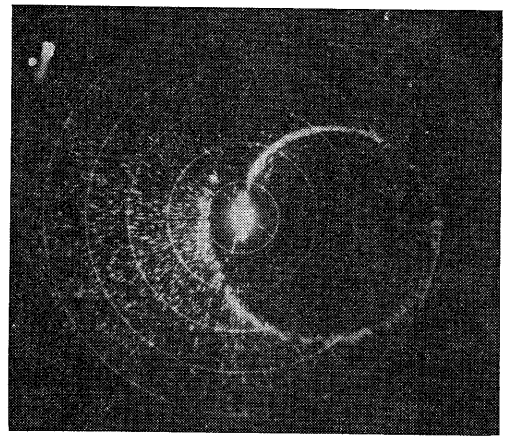
すのが（写21），（写22），（写23），（写24）である。0.25′レンジの映像であるが（写23）は F. T. C. のみ on にしても，S. T. C. の調整を加えなかつたために雨の反射像が残つた状態，（写22）は F. T. C. を off にしたままでは S. T. C. をいかに調整しても反射像が消えなかつた状態である。（写24）に示すように雨雪像の消去には F. T. C. だけの調整では不充分であり，S. T. C. の調節を加える必要が認められる。

6. 旋回性能の測定など

従来の旋回圏の測定には多人数と種々の準備を必要とするものであるが，ミリ波レーダの最小レンジが小さいこと，航跡を映像とすることから大略の旋回圏を簡単に測定することができる。（写25）は舵角35°で左旋回したときの航跡であるが，レーダ写真によつて，種々の舵角による旋回圏の大きさの比較，右旋回圏と左旋回圏の比



(写24)　F. T. C. on
S. T. C. 調整



(写25)　0.25レンジによる左旋回圏

較，色々の舵角による新針路距離の比較など，運動性能測定などに利用して非常に便利である。

あ と が き

今回の実船実験を通じて，ミリ波レーダのもつ性能は従来のセンチ波レーダの性能をもつてしては不充分である点を補つて，近距離において断然その特色を発揮するものであることが実証された。CPSH—4 における調整用つまみ類の特色は，(1)可変距離目盛がメートル単位で表示されることで近距離の測距に便利である，(2)画面調整用つまみは，僅かな調整でも映像に与える影響が大きく，センチ波レーダの調整感覚より微少な調整を必要とする。レンジ切換，周囲の状況変化に応じて適正な映像を得るべく，INTENSITY，GAIN，STC，FTC の調整をこまめにする必要がある。以下本船における実験結論は次の通り。

(1)　出入港時，錨地付近における障害物の有無，他船

の動向，停泊船の状況を正確詳細に把握できる。夜間および狭視界時に船舶多数停泊する狭隘な泊地への進入，指定錨地への投錨などの操船上極めて有利な情報を得られる。

(2) 接岸用として，付近海面および岸壁の状況，岸壁と本船との関係位置を正確に把握でき，余裕ある操船を行なうことができる。

(3) 見張および衝突予防用としてはミリ波の性質上，遠距離用としては不適であるが，5海里以内，近距離においては，小物標に対しても信頼性がある。船が高速化されつつある現在，大型船に対しては相当前広に余裕を持つべくセンチ波レーダを適正に使用し，近接時にミリ波レーダと併用すると効果的である。

(4) 昼間においてもフードなしで見られるようなデイスプレイ方式の採用が望ましい。船橋における限られた人員が一々のぞき込んで目を馴らしてから監視するのでは実際問題として利用価値が減少することは否めない。

(5) 前述した通り，ミリ波レーダは近距離（5浬範囲程度）用であるから，遠距離情報を必要とする航海用としてはセンチ波が必要であり，一般に航洋船としては，センチ波とミリ波を併設すべきである。

(6) CPSH—4 型は相対表示だけであるが，狭水道，港湾内操船および，衝突回避操船上，真方位表示とすることが望ましい，さらに，True-Motion 方式が加えられれば一層効果的であろう。

講　座

Lecture

デツカシステムと日本の計画

*海上保安庁電波標識課　只野　暢

Project for Installation of Decca Navigational System in Japan

*Radio Navigation Aids Section, Maritime Safety Agency

Tohru TADANO

Abstract.

This paper includes the following matters with respect to the Decca Navigational system; history of Decca Navigational sysiem, Decca chain in the world, project for installation of Decca system in Japan, principle of Decca system, outline of Decca transmitting station and Japapanese domestic receiver and planning of issue of Decca chart in Japan.

1. デツカの歴史と日本導入までの経緯

デツカは，正確には，デツカ・ナビゲーショナル・システム（Decca Navigational system）といわれ，第2次世界大戦の直前に米国人のオブライエンと，英国のデツカ会社の技師シユワルツの協力によつて発明され，英国運輸省と海軍省の指導と援助によつて改良され，今日に至つたもので，最初に使用されたのは，映画「史上最大の作戦」で有名な連合軍のノルマンデイ上陸作戦の時であつて，輝かしい成功を収めた。

戦後は，英国の運輸省の後援によつて，一般の航海・航空用の航行援助方式として発展を続けて，航行援助施設としての他に，測量用，船舶の速度や操縦試験，サルベージ，海底ケーブルの敷設等の特殊作業にも広く利用されている。

わが国では，昭和34～5年にこのデツカについて，海上保安庁灯台部電波標識課から公式に英国のデツカ社あてに十数項目に亘る質問が送られたが，電波標識に，デツカを採用しようという意向を示した最初である。その時の質問の内容は，

1. 日本全域をカバーするためには，幾チエインを必要とするか。
2. 日本から特許料を支払うならば，送信装置および受信機の国産を許可する意向があるか。又，その特
3. 許料はいくらか欧州では受信機はすべてレンタル制を採用しているが，日本では販売とレンタルの両制度を採用したいが，これについて反対はないか。利用者に対する販売価格またはレンタル価格を日本が自主的に決定することに反対はないか。
4. 欧州各国のデツカ送信局の運用の責任をもつている機関は何か。
5. 送信局運用に必要な職員数は何名か。

以上の質問に対して，デツカ社から比較的詳細な回答が来ており，その回答で，デツカ社が，特許料と引きかえに国産化を許可する意向をもつていることが分つた。しかし，日本の電子工業の水準についての認識が，現在ほどではなかつたと見えて，特許料については製造価格の10パーセントを要求し，その上，送信設備の主要部分は，デツカ社から購入すべきであると言つている。また，レンタル，販売の両制度については，非常に強い調子でレンタル制度を推奨し，日本におけるレンタル料の決定についても，デツカ社の希望する10パーセントの特許料を認めるならば，日本で自主的に決定することを認めても良いとしている。

*住所　東京都千代田区霞ケ関2の1

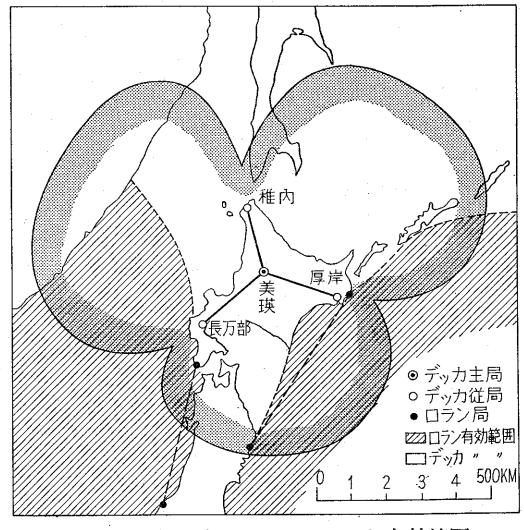
Address: 2-Chōme, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo.

その後，昭和38年には，北海道の漁業関係者から，北海道デツカチエイン建設について強い要望が国に対して行われ，これに応えて海上保安庁では39年度予算に，そのための調査費約500万円を要求した。海上保安庁の内外に，デツカ建設の気運が高まつてきていた当時，予算の獲得に先立つて，まず解決しなければならない問題があつた。それは，前述の特許権の問題で，これについて討議するために，海上保安庁では英国のデツカ社から代表の派遣を求めることとした。ときに昭和38年12月中旬で，デツカチエイン建設のための予算については，まだ海のものとも，山のものとも分らない状態の時であつた。わが方の要求に応じて，デツカ社からは国際方式部長ホワイト氏が代表として来日した。そして，この時の交渉の結果，送受信機の国産化が可能であること。特許料はさきの10パーセントにこだわらないこと。方式使用料（デツカ方式の使用実施権料のことで，チエイン・ロイヤリテイと云つているが，海上保安庁からデツカ社に支払う特許料）も，2,000万円を固執しないこと。受信機は世界中のデツカチエインが利用できるデツカ社の標準型のものの他に，日本で建設されるデツカチエインのみを利用できる特殊な型式の受信機を日本で開発しても良いこと。などが特許料の支払方法金額によつては，他の条件とともに検討された上で解決されるであろうとい云う予測が可能となつた。しかし，ここの交渉はまだ予算が成立していないことでもあり，これ以上突つ込んだ話合いは行われずに終つた。

昭和38年12月27日早朝，39年度予算で，デツカ調査費を認めてもよいとの大蔵省内示があり，いよいよデツカはその実現にはじめてその第一歩を踏み出した。かくしてデツカ社との交渉は，昭和39年に入つて，再度ホワイト氏の来日をきつかけとして第2段階に入り，交渉は以後幾多の変遷を経て，昭和39年3月21日，最終局な交渉の結果双方が一応の了解点に達し，4月7日に覚書が交換され，8月27日，契約書への調印が行われ，ここに，デツカ方式の日本への導入が正式に行われることとなつた。この導入の条件は次のとおりである。

1. 方式使用料　1,700万円
   （日本および沖縄にデツカ方式を実施するためのもので，チエイン数，時期には無関係で1回限りの支払いである）
2. 送信装置製造のための特許料
   a　1チエイン当り　1,300万円
   b　製造のための設計図，その他の技術援助代金（1回限り）1,300万円
3. 受信機製造のための特許料
   a　1台当り受信機製造価格の
      1000台まで　4パーセント
      2000台まで　3　〃
      2000台まで　2　〃
   b　製造のための設計図，その他の技術援助代金（1回限り）500万円

以上，デツカ方式の導入が本決まりとなり，調査費も認められたので，昭和39年度において，北海道にデツカチエインを建設すべく，電波伝搬実験が，9月中旬から10月上旬にかけて行われ，デツカチエイン建設のための多くの貴重な資料が得られ，北海道チエインとして，主局を，上川郡美瑛町に，3つの従局をそれぞれ，稚内，長万部厚岸におくことが決められた。第1図は各局の位置と，チエインの有効範囲を示したものである。



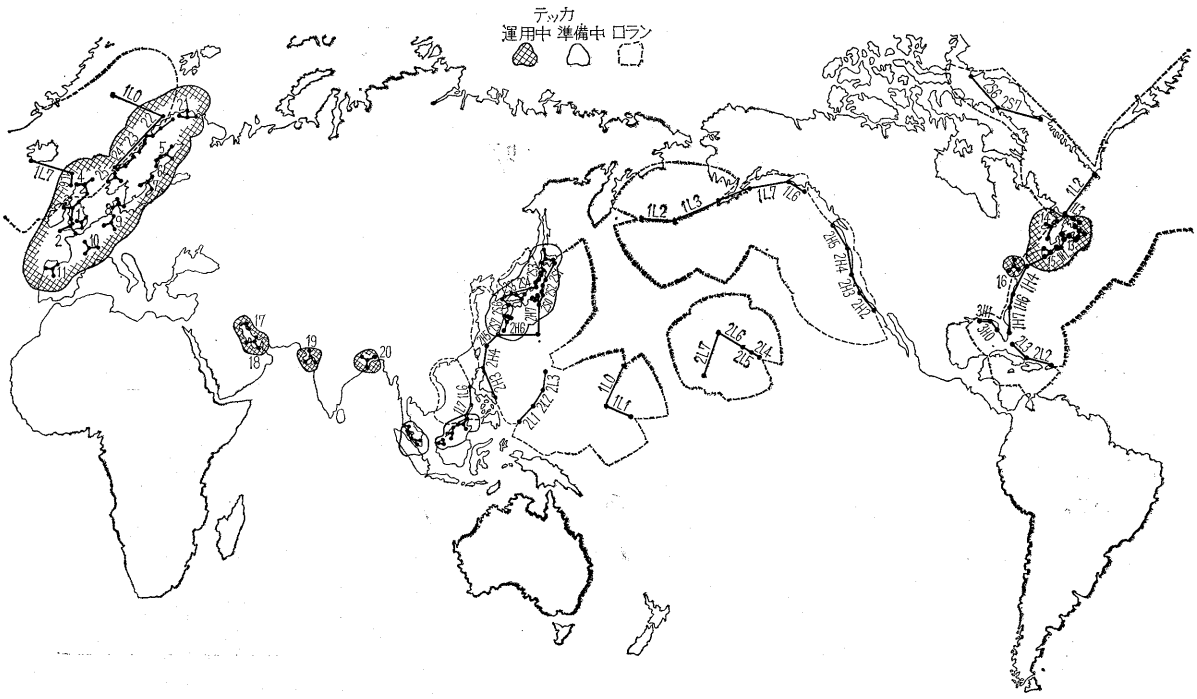
第1図　北海道デツカチエインと有効範囲

2. 世界におけるデツカチエインの現況

デツカシステムは，英国で開発され発達したために，西ヨーロツパで特に発達普及しており，西ヨーロツパの航路・航空路はすべてデツカを利用することができ，その有効範囲は，300万平方哩に及んでいる。

デツカは測定精度が高く，受信機の取扱いが簡単なために，最近はカナダ・メキシコを始め，ロランの本場であるアメリカにも建設され，世界3大漁場の中，ニユーフアウンドランド沖と北海は，ロランとデツカが併用されている。

最近，ペルシヤ湾，印度にも建設されて次第に東へ延び，東南アジアにも数チエインの建設が計画されている。デツカチエインの漸増につれて，利用船舶も増加し，1960年には5,700隻，1962年には7,500隻，1964年には8,600隻の多きに達している。現在，運用中のデツカチエインおよび建設中または計画中のものは第1表に示す



第2図 世界のデツカチエイン

とおりである。

第1表 世界のデツカチエイン

No.	建設年	チエイン名	コード	備考
1	1946	ENGLISH	5 B	西ヨーロッパ
2	1952	S·W·BRITISH	1 B	〃
3	1951	N·BRITISH	3 B	〃
4	1956	N·SCOTTISH	6 C	〃
5	1962	N·BOTHNIAN	5 F	〃
6	1962	S·BOTHNIAN	8 C	〃
7	1957	SWEDISH	4 B	〃
8	1948	DANISH	7 B	〃
9	1952	GERMAN	9 B	〃
10	1953	FRENCH	8 B	〃
11	1964	SPANISH		〃
12	1957	E·NEW FOUDLAND	2 B	カナダ
13	1957	W·NEW FOUNDLAND	6 B	〃
14	1957	ANTICOSTI	9 C	〃
15	1957	NOVA SCOTIA	7 C	〃
16	1964	NEW YORK		アメリカ
17	1960	NORTH PERSIAN GULF	5 C	ペルシヤ湾
18	1961	SOUTH PERSIAN GULF	1 C	〃
19	1962	WEST (BOMBAY)	7 B	インド
20	1964	EAST (CALCUTTA)	8 B	〃
21	1965	FINN MARK		ノルウエイ
22	1965	LOFOTEN		〃
23	1965	HELGE LAND		〃
24	1965	TRONDELAG		〃
25	1965	WEST COAST		〃

以上は，運用中または建設を完了し，評価試験中で近く運用開始されるチエインである。

建設中……ポルトガル・バファマ・パキスタン・日本

建設準備中……香港・マレーシヤ・オーストラリヤ・リビヤ・南アフリカ

増設準備中……インド・アメリカ・カナダ・イラン・イラク

3. わが国におけるデツカチエインの建設計画

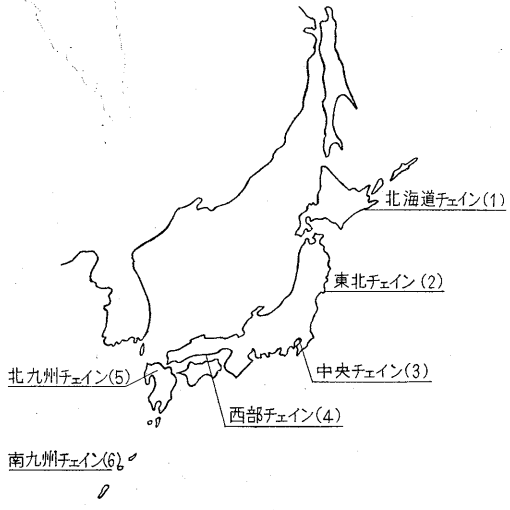
北海道チツカチエインを皮切りとして，わが国周辺の海域350浬までを完全に，デツカでカバーするためには，さらに数チエインの建設が必要である。

現在，建設中の北海道チエインは，1966年の秋には，建設が完了し，1967年の春には，正式に運用が開始できるよう評価試験が進められる予定である。

デツカ局の建設には，広大な平坦地（北海道チエインでは，1局あたり 40,000m² の敷地を取得している）を必要とするので，理論的な机上の置局計画は簡単にできても，実際には，用地難のため計画が大幅に修正されざるを得ないであろう事態に直面することは最近の土地ブ

ームからも容易にうなづける所である。さらに電波伝搬上も，伝播途中に急峻な山岳がある場合は，長波と云えども，異常に減衰することは，さきの北海道における伝播実験の結果からも明らかで，わが国の如く，中央部に山岳地帯のある地形では，太平洋岸と日本海岸を一丸とするチエインの建設は，きわめて困難と思考されるので，デツカチエインの建設が，さらに進むにつれて，チエインの数が，当初計画のチエイン数と相違する事態が生ずることが懸念される。

現在では，さらに北九州チエインをはじめとして5チエイン，計6チエインの建設が考えられているが，いまだ机上プランの域を出ていないが，これら6チエインについての使用周波数は第2表の如く，デツカ社との協議のもとに世界的な使用状況をも勘案して，一応の内定を見ている。



第3図　デツカチエイン配置計画

第2表　日本デツカ社チエイン計画周波数

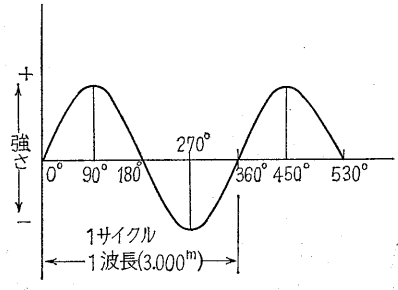
No.	コード	基準周波数	主局	赤従局	緑従局	紫従局
		kc	kc	kc	kc	kc
1	9 C	14.288	85.725	114.298	128.585	71.438
2	6 B		85.180	113.573	127.770	70.983
3	8 A		85.540	114.055	128.3125	71.2825
4	4 A		84.820	113.095	127.2325	70.6825
5	7 C		85.370	113.825	128.0525	71.1425
6	1 C		84.285	112.378	126.425	70.238

4. デツカシステム

4—1 原　理

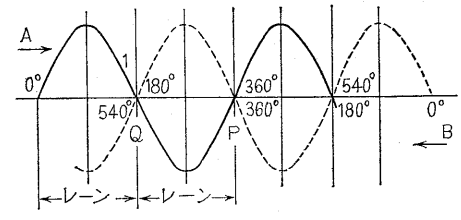
デツカはロランと並んで，双曲線航行援助施設の代表的なものであり，「2定点からの距離の差が一定な点の軌跡は，その2定点を焦点とする双曲線である」という双曲線の原理を応用したものである。

ロランが 1,700kc～2,000kc の中短波のパルスを利用して，2局からの波の到達時間差を直接，ロラン受信機により測定して距離差を求め，双曲線を決定して位置決定をしているのに対し，デツカは，70kc～130kc の長波



第 4 図

の持続波（CONTINUOUS WAVE）を使用し，2局からの距離の比較は2局から発射される電波の位相差を測定することで行つている。たとえば，デツカ局の発射する電波の周波数を 100kc とすると，その電波の波長は 3,000m である。第4図に示されるように，この 100kc の電波は，1サイクルの間に 3,000m 進み，その間に位相は 360 度変化する。0点を電波の発射源とすると，この発射源から 750m 離れた地点の位相は，発射源の位相と90度相違していることになる。このように電波が進んだ距離と，その点で測定される位相の間には，一つの定まつた関係があり，2局からの距離の差を測定するために，2局から発射された電波の位相の差を測定してもよいことが分る。すなわち，第5図のように，A・B 2局

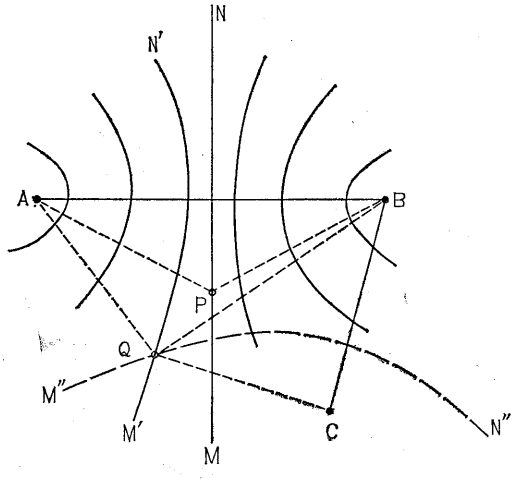


第 5 図

から等距離にある点（A，Bを結ぶ線の垂直2等分線上の点）であるP点では，A・B 2局からの電波の位相差は零であり，$\overline{AP}$と$\overline{BP}$は同じ長さであることが知れる。次に船が移動してA局に近いQ点に来たとすると，ここではA局からの電波が先に到達し（位相は180度），B局からの電波は遅れて（位相は360＋180度）受信される。A局からの電波とB局からの電波の位相差は（360＋180）

−180＝360度となり，両局からの距離の差は，3,000×$\frac{1}{2}$×$\frac{360}{360}$＝1,500m であることが知れる。この場合，電波の波長の½毎に，位相差360度の点が現れることに注意すること。

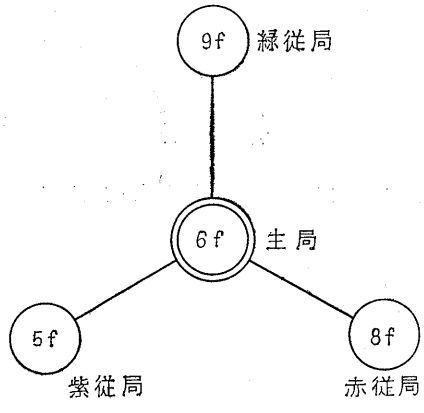
以上の様にして，両局から受信した電波の位相を比較して距離の差を知ることが出来る。A・B両局からの距離差（デツカでは位相差）が一定である点の軌跡は第6図に示されるように，AまたはBを焦点とする双曲線で



第 6 図

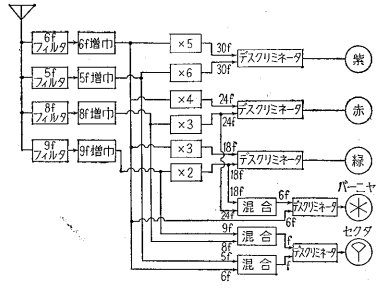
ある。A・Bについて位相差を測定して，双曲線 $M'N'$ を決定し，つぎに，B，Cについても同様な方法で双曲線 $M''N''$ を決定すると，測定者の位置は，双曲線 $M'N'$ と $M''N''$ の交点として与えられることはロランの場合と全く同じである。

実際のデツカの場合には，A・B・Cの各局の職別を



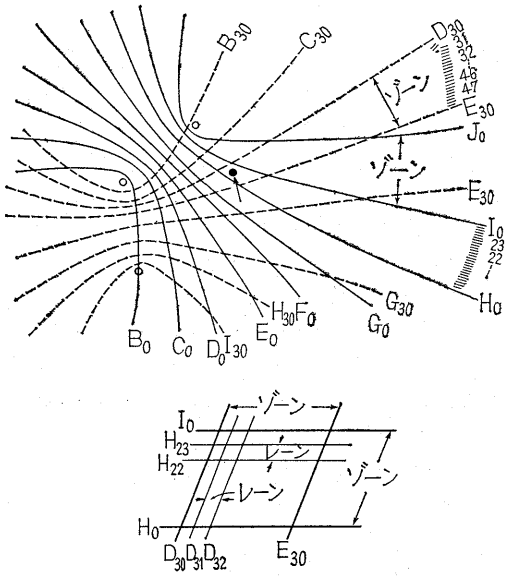
第 7 図　典型的デツカチエイン

可能にするために，それぞれ相違しているが，その間には，ある簡単な関係が成立するように決められている。デツカシステムでは通常1つの主局と3つの従局から形成されるデツカチエインが1つのグループとして運用されており，このチエインの中で，主局の周波数は6f（fを基準周波数といつて約 14kc），3つの従局はそれぞれ5f，8f，9fの周波数で動作している。ここで3つの従局を区別するために5fの局を紫従局（Purple slave station）8fの局を赤従局（Red slave station），9fの局を緑従局（Green slave station）と呼び，主局と1つの従局の間の位相関係を表わす双曲線は，デツカチヤート上で，その従局を表わす色で印刷されている。この様に，各局から発射される周波数は，実際にはすべて異なつているために，各局から発射された電波がある一定の距離を進む間の位相の変化も，すべて相違することになる。このため，主局と1つの従局の位相を比較して，双曲線を決定する場合に，直接その位相を比較することは出来ない。このため，第8図に示すようにデツカ受信



第8図　Mark 6 受信機系統図

機は，各局からの電波を受信した後で，位相を比較しようとする2つの周波数に共通したある周波数（最小公倍周波数）を受信周波数から作り出している。たとえば，主局の6f紫従局の5fを位相比較する場合，6fからの30fと5fからの30fとの間で位相比較している。この30fを「比較周波数」と云い，主局と赤従局の比較周波数は24f，主局と緑従局では18fである。この比較周波数に対して，位相差が零になる双曲線が数多く生ずるが，この双曲線間をレーン（lane）と呼ぶ。1レーンの幅は比較周波数によつて異なるが基線上では，大体 300m～600m であり，比較周波数の波長の½である。さらに，主局と各従局間の基準周波数fの位相差が零になる双曲線があり，この双曲線間にゾーン（zone）と呼ぶ。1ゾーンの幅は基線上で，基準周波数の波長の½で，約17,000mである。すなわち，第9図に示すように，デツカチヤートでは，大きな目盛としてゾーンがあり，AからJまでの符号がついており，1ゾーンの間にあるレーンの数は，赤については24，緑では18，紫では30で，それぞれのレーンには，赤については0～23，緑では30～47，紫では50～79までの番号がつけられている。デツカ



第9図　ゾーンとレーン

システムでは，レーンの間を100等して位相差が読み取られるようになつているので，距離に換算して読み取り得る最小距離は，ベースライン上で約数mであり，極めて高い精度が得られる。

4—2　レーン識別

デツカシステムでのデツカ受信機の動作は，主局とある特定の従局の1組の信号の間の位相差を正確に測定して，その位相差を指示器（デコメータと云う）に表示することである。デコメータは，主局紫従局，主局—赤従局，主局—緑従局の組合せに対してそれぞれ1個あり，紫・赤・緑デコメータと呼ばれる。デコメータは，送信局の有効範囲にある限り，受信機のスイツチを入れると，直ちに1つのレーンを100等分して位置を自動的に指示する。主局と1つの従局の信号が作り出すデツカパターンには，多くのレーンがあり，受信機がこのパターンの中でレーンを横切る毎に，デコメータの指針はレーンの数を自動的に記録する。通常の使用状態では，デコメータを始動する前に，正確にゾーンとレーンの値を合せておけば，受信機が動作を続けている間は，何時でもデコメータは正しい値を示し続ける。航海中に，受信機の動作が何等かの理由で中断された場合には，デコメータは正しい値を示さなくなるので，デコメータを修正する必要が生ずる。この様に航海中にデコメータの修正を行うことを，レーン識別（Lane Identification）と云う。

すなわち，レーン識別は

(1)　最初に位置を合せること。

(2)　何等かの原因でサービスが中断されたときに，デコメータを修正する。

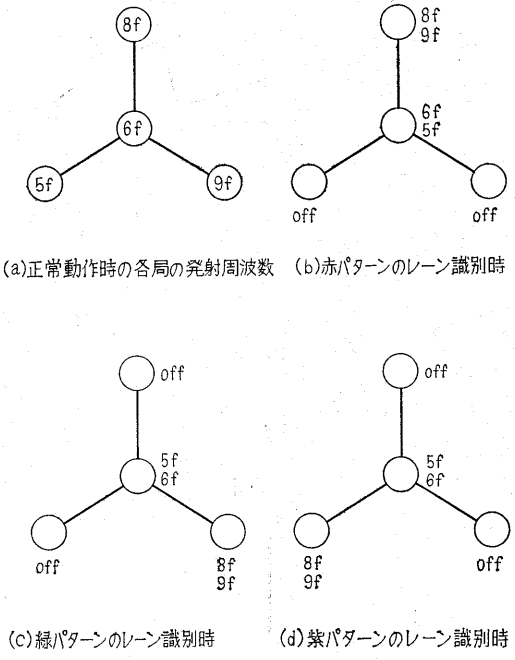
ことのために必要である。

4—3　レーン識別の原理

デツカシステムでは，ゾーンの間隔は十分に離れており（基線上で約17kM）航海者がゾーンの識別を必要とすることはまずないとしている。しかし，レーンの間隔は十分狭いので，レーンに居るかを正確に知ることは絶対に必要である。

レーン識別を行うことは，ゾーンの中のどの点に位置しているかを知ることに他ならない。デコメータの目盛板の全目盛は，1つのゾーンに対応しているから，ゾーンの幅に対応する基準周波数の位相差を主局と従局の周波数について表わすことができれば，その位相差がレーンを示すことになる。

前述したように，ゾーンは，基準周波数1f（約14kc）のときに，隣り合つた位相差が零になる点の間隔である。主局を1つの従局からの信号の1fについて位相比



(a)正常動作時の各局の発射周波数　(b)赤パターンのレーン識別時

(c)緑パターンのレーン識別時　(d)紫パターンのレーン識別時

第10図　Mark 5送信方式における
レーン識別時の各局の動作

較を行い，その値をデコメータ上に示せば，レーンの識別を行うことができる。

レーン識別の期間には，従局からの1fの信号と，主局から1fの信号との位相比較を行うために，主局からは5fと6f，従局からは8fと9fの信号を発射する。（この方法は，Mark 5方式と呼ばれるので，別にMark 10方式と呼ばれる新しい方式があるが，これについては後述する）。主局と従局の送信周波数の差は，いずれも

位相比較を行う基準周波数1ｆである。第10図に示すように，各送信局では次のように1分間隔でレーン識別信号を発射する。

(1)　0秒，赤パターンのレーン識別

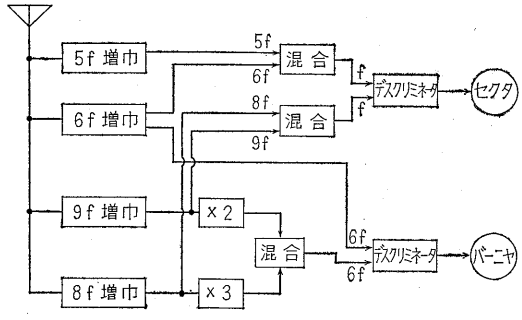
主局の通常の信号が6ｆから6ｆ—60c/s に，約60ミリ秒の間下げられる。これは各従局と受信機に対して，レーン識別動作を行わせるためのトリガー信号となる。それから約0.5秒後に，主局は，6ｆと5ｆの信号を発射し，赤従局は8ｆと9ｆの信号を発射し他の2従局は信号の発射を一時停止する。

(2)　0＋15秒，緑パターンのレーン識別

主局の通常の信号が6ｆから6ｆ＋60c/s に，約60ミリ秒の間上げられる。これは前と同様に，トリガー信号である。この0.5秒後に，主局は6ｆと5ｆ，緑従局は8ｆと9ｆを送信し，他の2局は送信を停止する。

(3)　0＋30秒・紫パターンのレーン識別

主局の通常の信号が60ミリ秒の間，6ｆ—60c/s に，次の60ミリ秒の間，6ｆ＋60e/s に変えられる。これはトリガー信号である。この約0.5秒後に，主局は5ｆと6ｆを，紫従局は8ｆと9ｆの信号を送信し，通常の紫局の5ｆと他の2従局の信号は1時停止される。上述の様な送信局の動作に対して，レーン識別時の動作は次のとおりである。第11図は，Mark 6受信機のレーン識別時の系統図である。前述した様に，レーン識別期間中，



第11図　レーン識別時における Mark 6受信機のブロック図

識別を必要とする従局からの，8ｆと9ｆの信号（24ｆと18ｆ）は混合されて6ｆの信号を生ずる。この6ｆが直接，主局の6ｆと位相比較される。もし直接，この信号がデコメータの可動部に加えられたとすると，1つのゾーンについて指針が6回転するので，位相弁別器の6ｆの出力は，6：1の歯車を通して，別のレーン識別メータにあるバーニア（Vernier）を回転させる。バーニアの隣接した指針の間隔は，1個のゾーンの⅙，すなわち，赤パターンでは4レーン，緑パターンは3レーン，紫パターンでは5レーンである。次に，従局の8ｆと9ｆの信号は混合されて，1ｆの信号を生ずる。同様に，主局からの5ｆと6ｆからも1ｆの信号を作る。これらの1ｆ信号が位相弁別器で比較され，その出力がレーン識別メータのセクタ指針を回転する。このセクタは，6個のバーニア指針のどれか1つを囲み，このセクタの中に入つたバーニア指針の示す所が知らうとするレーンである。以上の様にして，レーン識別期中に，セクタの母に囲まれたバーニアの指示が，正確なレーンを与える。

4—4　Mark 6船用受信機

Mark 6船用受信機は，Mark 5送信方式に対して開発されたものである。前掲の第8図は，通常動作中の受信機の主要部分を示す。これは原則的には9チヤンネルの受信機であり，その1つ1つが，各チエインの周波数に同調されており，共通の空中線から給電される。各回路は，特殊設計のA・G・C回路によつて制御されている。

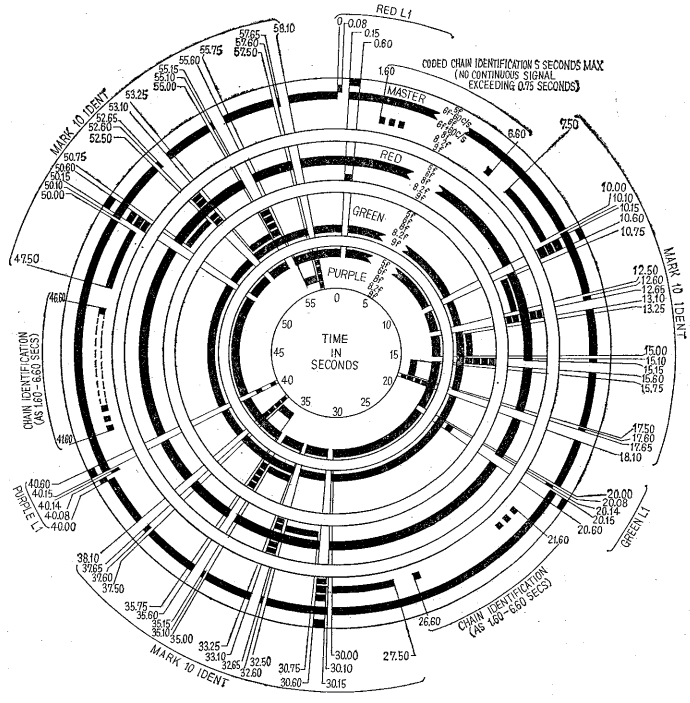
前述したように，2つの送信局からの等位相差の線が存在するためには，両局からの送信周波数が同一であることが必要であるが，もし，2つの局から同じ周波数で送信されたとすると，位相比較のために，各局を識別することが出来なくなる。そこで，逓倍と云う方法を使つて共通の比較周波数を受信機の中で作る方法が採られている。通常の動作中は，すべての信号が別々の増幅器を通つて周波数逓倍回路に入り，赤局，緑局，紫局の信号はそれぞれ最終的には，24ｆ・18ｆ・30ｆに変換される。主局のチヤンネルには，3個の逓倍回路があり，それぞれ24ｆ・18ｆ・30が作られる。これらの主局信号は，それぞれの従局逓倍周波数と位相弁別器で比較される。各弁別器の出力として，位相差が直流の形で与えられ，それぞれのデコメータに加えられる。デコメータのロータは，円盤であつて，直径に直角の方向に磁化されており，位相弁別器からの2つの出力は，互に直交する2組のコイルを通り，これによつて合成磁界が作られている。ロータにつけられた指針は，主局と従局の比較周波数の1つの位相サイクルに対して1回転する。この指針を，レーン分割指針（Lane Fractional Pointer）という。このレーン分割指針は，ギヤによつてレーン指示器に連結されており，レーン分割指針の1回転で1レーン動くようになつている。レーン指示器が360度1回転すると，ゾーンを示す文字盤がゾーンの変化を示すように，1目盛回転する。すなわち，赤デコメータ・緑デコメータ・紫デコメータは360度がそれぞれ24レーン，18レーン・30レーンに分割されており，レーン指示器が1回転するとゾーンの文字が変ることになる。前述したように，レーンの幅は基線に沿つて測つた場合，その比較周波数の波長の½である。そこで，24ｆ・18ｆ・30ｆの比較周波数

約 340kc・255kc・425kc の½波長は，それぞれ 440m・590m・350m である。レーン分割指針は，Mark 6 受信機の場合，1レーンの 1/100 まで読み取り出来るから，0.01レーンは，それぞれ 4.4m・5.9m・3.5m の長さを基線上で表わすことになる。

4—5　Mark 10送信方式と Mark 12受信機

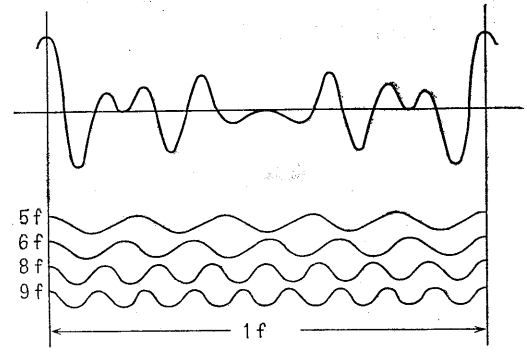
Mark 10送信方式

Mark 10送信方式は，自動レーン設定と，航空機用受信機に対して，ゾーン識別を与えることができる最新の送信方式である。Mark 10送信方式でも，位相比較のために，主局が6f，赤局が8f，緑局が9f，紫局が5fで通常送信しているが，Mark 5方式と異なるのは，レーン識別のための電波の発射方式である。Mark 10方式では，2つの方法でレーン識別のための送信を行つており，その1つは，Mark 5方式と同じであるが，Mark 5方式では，毎分0秒・15秒・30秒に行つているレーン識別信号の発射を，毎分0秒・20秒・40秒に変更して送信している。(第12図) 他の1つは，Mark10方式独特の



第12図　Mark 10送信方式のタイムスケジュール

もので，自動レーン設定およびレーン識別の時の空間波による干渉を小さくするように考慮した方法で，4局（1つの主局と3つの従局）から順番に，5f・6f・8f・9fの4波と8.2fの計5波を同時に短時間発射している。1局が5波を同時に発射している時には，他の3局は発射を停止している。このように，レーン識別のため，各局から順番に，5周波を発射することによつて，この1団の送信波が合成されて1fパルスを生じ，この1fのパルスを利用するのが Mark 10送信方式の特長で，別に Multi-Pulse 方式とも呼ばれる所以である。主局から送信された Mark 10レーン識別信号は，主局に引続いて送信される従局の Mark 10識別信号と位相比較を行なうために，受信機関に記憶される。5つの識別用周波数は，送信局で注意深く位相を合せられ，受信機関



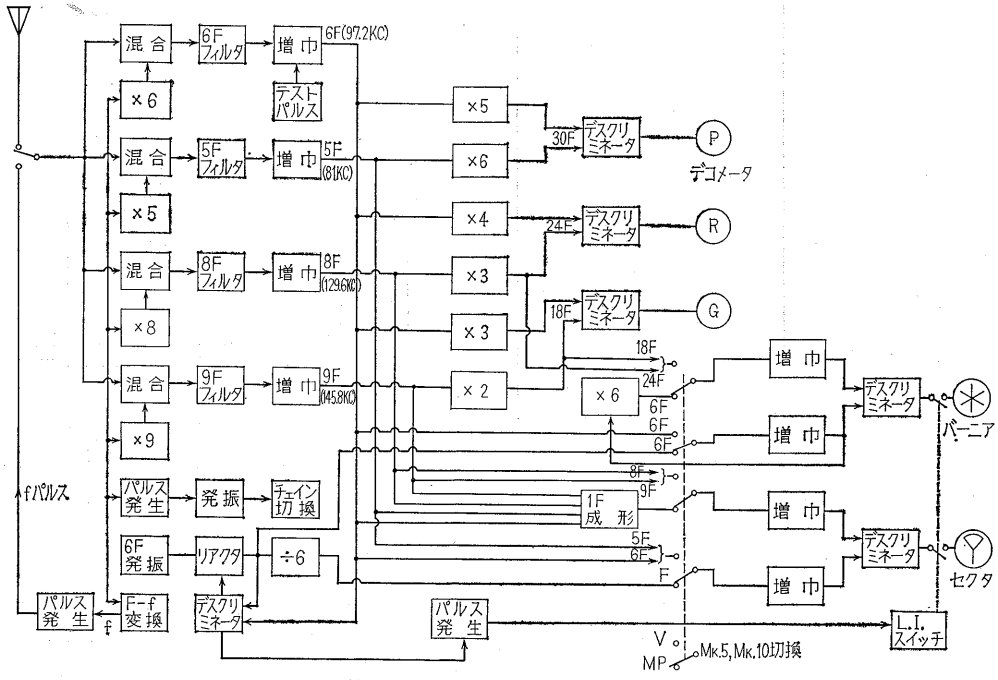
第13図　Mark 10送信方式の識別パルス

で必要な1fパルスとして取出される。この1fパルスは第13図のように，大きな振幅となるので他のものとは，

判然と区別することが出来る。この主局からの送信波の合成パルス（これは受信機の中に一時記憶される）と従局の送信波の合成パルス（これは１ｆである）の位相を比較することによつて，受信機のレーン識別機構を動作させ，レーン識別を行う。この１ｆの振幅は，各信号が相当大きな位相偏移を生じても他の周波数成分の振幅と同じになることはなく，空間波と地表波の比が50パーセントになるまでは，等振幅の不正パルスを生ずることはない。すなわち，Mark 5方式のレーン識別方法では，空間波と地表波の大きさの比が約28パーセントになるとレーン識別の機能を失つて了うが，この Mark 10方式では，上述の様に空間波と地表波の比が50パーセントになるまでは，十分レーン識別機能を持つので，それだけ有効範囲が拡大されることになる。

Mark 12受信機

Mark 12受信機は，Mark 10送信方式に対して開発されたもので，Mark 5送信方式に対しても使用できる。Mark 12受信機のブロックダイヤグラムは，第14図に示す。Mark 6受信機と Mark 12受信機が最も大きな相違点は，レーン識別が自動的に行い得ることであり，その他の位相比較の方法については，Mark 6受信機と同じである。Mark 10送信方式のもつゾーン識別機能は，航



第14図　Mark 12受信機系統図

海用受信機には附属して居らず，航空機用にのみ使用される。チエインが変ると，受信されるデツカ周波数（５ｆ・６ｆ・８ｆ・９ｆ）も変るので，受信機回路の特性が各チエイン毎に変り誤差が生ずることを防止するために，受信機のビート発振器の発信周波数を各チエイン毎に変化させて，中間周波数は常に一定になるようにしている。主局の送信周波数は，受信機の中にある主発振器の周波数に自動的に合せられ，これで主局の送信周波数は受信機の中に記憶される。こうして，受信された５ｆ６ｆ・８ｆ・９ｆらは中間周波の５ｆ・６ｆ・８ｆ・９ｆに変換される。ここで，Ｆは 16.2kc である。それ以後の受信機の動作は標準型のデツカ受信機と同じであり，レーン識別信号回跡を除けば，次表のチヤンネルおよび比較周波数で動作する Mark 6受信機と全く同一である。受信されるチエインが変つた時には，ビート周波数を変えて，簡単に，チエインを切換えることが出来る。

第３図

局　　名	周　波　数	比較周波数
主　　局	97.2kc（６Ｆ）	
紫　従　局	81.0　（５Ｆ）	486.0kc
赤　従　局	129.6　（８Ｆ）	388.8
緑　従　局	145.8　（９Ｆ）	291.6

5.　デツカとロランの比較

ロラン・デツカもともに双曲線航行援助方式であるが，使用周波数，有効距離，測定の方法に大きな相違があるので，その特長も自から相違する。下表は，その比較表

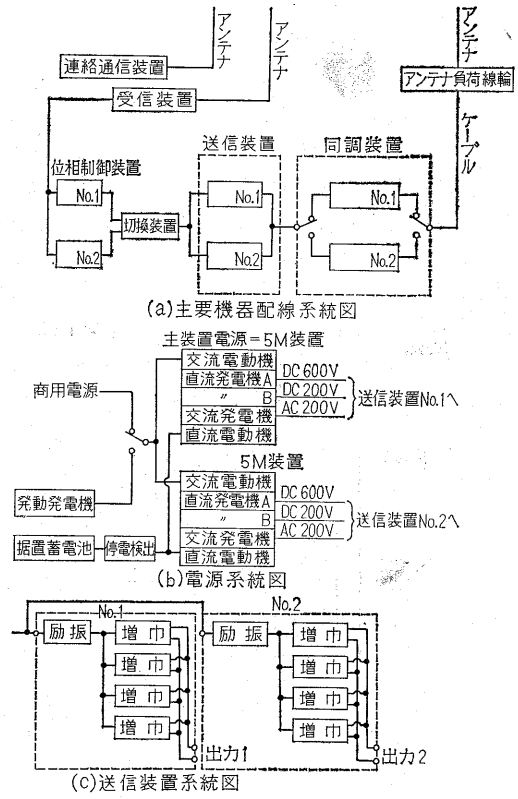
である。

第4表　デツカとロランの比較表

デ　ツ　カ	ロ　ラ　ン
○70～130kc の長波を使用	○1,700～2,000kcの中短波を使用
○持続波による位相比較方式	○パルスによる時間差測定方式
○基線が陸上でも可	○基線はなるべく海上であることが望ましい。
○測定精度が高く，理論的には基線上で，数mまで測定可能。	○基線上における理論的な測定精度は数十mである。
○受信機の操作は簡単で熟練を要しない。	○受信機の操作は，デツカほど簡単でなく熟練の度合いが幾分精度に影響する。
○受信機は，連続的に位置を出す積算方式	○受信機は，必要の都度操作する。
○夜間は測定の精度・有効距離とも減少する。	○夜間においても，空間波の分離が可能であるため，精度は低下しない。空間波測定を行うことにより，有効範囲は2倍に拡大される。
○有効距離は主局を中心として 350 浬	○昼間750浬，夜間1,500浬である。

6.　デツカ送信局の概要

デツカ送信局の機器構成は，各局とも，第15図に示すとおりである。位相制御装置，同調装置は，現用の装置の他に予備がおかれ，機器の障害のときは直ちに予備に切換えられる。位相制御装置は，デツカ送信局の心臓部で高安定水晶発振器があり，また発射電波の位相を自動的に調整できる装置がある。従局は，この位相制御装置により，自動的に主局信号に対して同期した信号を発射することができる。この他，述信装置に制御信号を送り，送信装置の切替，電波発射の停止等を行なつている。送信装置は，位相制御装置からの信号を増幅して，アンテナに送り込むもので，小電力の増幅器の集合から成り，電子管，回路部分の障害によつて，電波の不発射が生ずることを防止している。送信装置の出力は，同調装置，地下ケーブルを通して，アンテナ負荷線輪に送られる。発射電波であるため，送信機からの出力信号をアンテナにき電するために，大きなコイルが必要で，アンテナ負荷線輪は大きなものとなり，1つの建物（コイル舎と呼ぶ）が必要となる。受信部および制御装置は，主局では，



第15図　デツカ送信局機器系統図

主局と従局の信号が正確に同期しているかどうかの監視に使用され，従局では，主局と従局の信号の位相関係を位相制御装置に送り，自動同期を行うために使用される。電源装置は，デツカ主装置の電圧変動に対する要求がきびしいので，特殊な装置を使用する。図中「5M装置」として示したのがこれである。これは，常時は商用電源によつて交流電動機が回転し，直流発電機A・Bおよび交流発電機が，負荷に電力を供給しており，商用電源が停電すると，発動発電機が完全に起動し，電力を供給するまでの間は，据置蓄電池によつて，直流電動機を回転して，電力を供給するものであり，常に安定な電力を瞭時も休止することなく，負荷へ供給する。

7.　国産デツカ受信機の概要

デツカ航行方式を日本へ導入するに当つて，この方式に使用される一切の機器を国産化することを条件とした。ことは前述したこれにより送信局に設備される機器は勿論のこと，利用者が使用するデツカ受信機も国産される。国産されるデツカ受信機は，国際型と国内型の2種類で，国際型は現在デツカ社が製作，使用している Mark 12受信機と同じ性能をもつものであるが，国内型受信機は，わが国に建設されるデツカチエインのみが使用できるも

ので，使用者の大半が，漁船であると云う特殊事情から，小型，軽量化が計られている。国内型受信機に要求される点は，

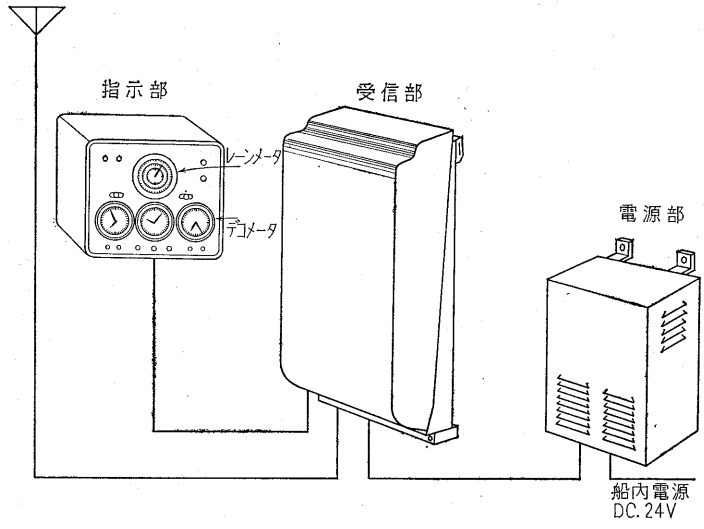
1. わが国利用者の大半を占める漁船，小型船に装備するため，出来る限り小型・軽量であること。
2. 取扱いを，さらに簡単にすること。
3. 使用条件が苛酷であるので，信頼度が高いものであること。
4. 消費電力が少ないこと。
5. 価格が安いこと。

以上の要求に応じて，新たに開発される国内型電信機の概略寸法・重量は下表のとおりである。

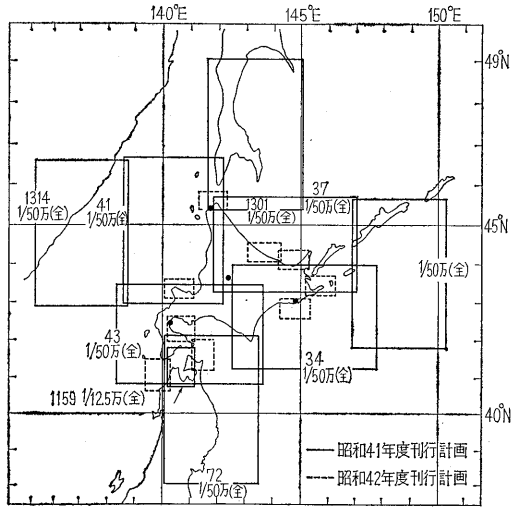
第5表　国内型デツカ受信機の寸法重量

区分	寸法(m. m.)	重量	備　　考
	高さ　幅　奥行	kg	Mark12受信機寸法
受信部	約 460×260×210	20	750×380×240
指示部	〃 205×240×125	8	320×450×290
電源部	〃 300×250×200	20	250×350×200
計		48	59kg

この表に示されるように，国内型受信機は，デツカ社のMark 12受信機に比べると，機能の単純化・回路の一部トランジスタ化によつて，小型・軽量化されている。この受信機の電源は，DC. 22.5V～26.5V（24V標準）を標準としているが，電源が特に不安定な場合には，別に電圧安定化装置を付加することにより，DC. 20V～30Vにも十分使用できる。第16図に，国内型デツカ受信装置の構成を示しているが，操作部分はすべて指示部とまとめてあるので，必要な配線さえ行えば，受信部・電源部は一切操作する必要がない。



第16図　デツカ受信機の構成（国内型）



第17図　デツカチヤート刊行計画

8. デツカチヤート刊行計画

北海道チエインのチヤートは，昭和41年度に1/50全図8種と，1/12.5全図1種（津軽海峡）の9種類を刊行し，昭和42年度には，重要港湾附近の1/10全図9種類を刊行する予定であり，昭和43年度以降は，必要に応じて部分的な海図を続刊する。第17図は，昭和41・42年度の刊行計画図である。

9. 結　び

以上，本邦におけるデツカ導入の経過からデツカの原理・今後の建設計画などについて記したが，本年は，いよいよ，北海道デツカチエイン建設の最終年度に入り，秋には，試験電波が発射される予定であるが，それまでには，さらに多くの紆余曲折を重ねることと思われるが，日本におけるデツカ発展のために，大方の理解ある御教示が得られれば幸甚の至りである。

展望

Observation

レーダ情報の使用について注意すべき事項に関する運輸大臣の勧告について

*運輸省海運局海務課 牧田裕文

The Recommendation from the Minister of Transportation on the Use of Radar Information as an aid to Avoiding Collision at Sea

*Nautical Section of Shipping Bureau, Ministry of Trdnsportation

Hirobumi MAKITA

レーダーをはじめとする電子機器の発達は船舶の航海に革命的な変化をもたらしたが，反面これら優秀機器にも未解決の部分があり，機器の取扱いの不馴れに加え，機器への過信に原因する事故が急激に増加していることは各国の共通の悩である。

一方国際的な海上の安全に関する問題を制度的な面から検討している国連の専門機関の IMCO においては急速に進歩してきた機器，とくにレーダー，原子力船等に対応するため各国の要請にこたえて1960年に海上における人命の安全のための国際会議 (SOLAS) を招集し，船舶の構造等の面からの堪航性を確保するための人命安全条約とその運航面を規制する国際海上衝突予防規則の改正について検討を加えた。条約においてはレーダー等を直接航海計器として設置することは義務付けなかつたが，勧告44において航行援助の利用研究を勧奨し，また45勧告においてはレーダーの標準規格を勧告している。運用面の規制に当る国際海上衝突予防規則においては，レーダー等の進出に対応するための改正が行なわれ，レーダーから得られる情報の法規制上の取扱いが主たる問題点であつたが，本件については会議に提案される以前から欧州における主要海運間で屢々討議され，その結論がこの改正会議においてリードしていた。

国際衝突予防規則の中で，レーダー関係で改正された事項は，レーダー情報は，一般的に，航法規定上航行の援助としての能力は認め難いということと，特定の場合においてのみレーダー情報の使用を規定に容認するという２点であつた。即ち，前者については，航法規定は２船が視野の内にある場合にのみ適用されるということと（航法前文４項），「視野の内にある」とはレーダーにより見た場合は含まれず，視覚によつて見た場合のみを云うことを定義（１条３項９号）した。また，注意規定としてレーダー情報を使用していても霧中航法及びその他の航法を守る義務は免除するものでないことを強調し，（３章前文項１），これら法規上の問題も含め，レーダー情報使用上の一般注意事項を運輸大臣が勧告することを明定した。（３章前文２項）。

特定の場合における容認とは，16規則C項として新たに入れられた条項であるが，霧中等視界が制限される状態となつた場合，特に十分の距離をおいて他船の存在を知つた場合は適当な動作で危険を回避し，若し回避が困難で相手船と接近するようになる場合は適度の速力に減速して本来の霧中航法にかえることを規定し，霧中信号を聞いたら16規則b項により機関の運転を止め注意して運航することとなつている。それ故今回新たに設けられたレーダーによる航法は従来からあつた霧中航法とは時間的にもかなり以前の動作である。

*住所 東京都千代田区丸ノ内１の１
Address : 1—1, Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo

運輸大臣から出された勧告は以上に述べた霧中における航法上のレーダー情報の使い方を含めたこまかい注意であるが，これは国際海上衝突予防規則に添付された勧告で，欧州等では国際規則の発効以前に既に船舶間に周知され相当の効果をあげているため IMCO 事務局から早急に船舶に周知するよう要請があり，我が国としても新法の施行と同時に出るように40年9月1日に告示の形で勧告したものである。

記

運輸省告示第305号

海上衝突予防法（昭和28年法律第151号）第3章前文第2項の規定に基づき，レーダー情報の使用について注意すべき事項を次のとおり勧告する。

昭和40年9月1日

運輸大臣　中村　寅太

1. 不十分なレーダー情報に基づいて周囲の状況を憶測してはならない。
2. 視界が制限される状態においてレーダーを使用して航行している船舶は，海上衝突予防法（以下「法」という。）第16条第1項の規定に従い適度の速力で進行しなければならない。この場合において，適度の速力の決定にあたつては，次の事項を注意しなければならない。
   一　レーダー情報のほか，他の周囲の状況をも考慮に入れなければならないこと。
   二　レーダーによつては小型船舶，小型氷山その他これらに類似する浮上物が探知できないことがあること。
   三　レーダーが付近に他の船舶の存在を示している場合における適度の速力とは，レーダーによらない場合において適度と考える速力よりもおそい速力でなければならないことを意味することがあること。
3. 視界が制限される状態で航行中，正横の前方に霧中信号を聞いた場合において，レーダーによる距離及び方位のみでは，他船の位置を確かめたことにはならず，法第16条第2項に規定する機関の運転を止め，注意して運航しなければならない義務を免除されるものではない。
4. 他船と著しく接近する状態を避けるために，法第16条第3項の規定に基づき動作をとつたときは，それが効果を得ているかどうかを確かめることが必要である。同項の規定に基づき動作をとる場合において，針路，速力又はその両方の変更を行なうにあたつては，その時の周囲の状況に十分注意しなければならない。
5. 他船と著しく接近する状態を避けるために針路のみを変更することは，次の場合にかぎり最も有効であることに注意しなければならない。
   一　十分広い行動区域があること。
   二　十分まにあうように行なうこと。
   三　大幅に行ない，小変針を連続して行なわないこと。
   四　他のすべての船舶と接近することとならないこと。
6. 変針方向を決定するにあたつては，その時の周囲の状況に十分注意しなければならない。この場合において，右変針は，特に他船が明らかに反対またはこれに近い方向から接近するときは，左変針よりも一般に望ましい。
7. 速力の変更は，これを変針とともに行なう場合であつても大幅に行ない。その小変更をたびたび行なつてはならない。
8. 他船と著しく接近する状態が差し迫つている場合における最も慎重な動作は，船舶のゆきあしを完全に止めることである。

海上人命安全条約（1960年）にもとづくレーダーに関する規副改正の要点

*郵政省電波監理局航空海上課　嶋本照夫

Amendment in the Japanese Regulation for marine Radars under the "International Convention for the Safety of Life at Sea, 1960"

*Adrondutical Maritime Section, Radio Regulatory Bureau,
Ministry of Post Telecommunications.
Teruo SHIMAMOTO

The "International Convention for the Safety of Life at Sea. 1960" has come into force on May 26, 1965. Japanese Administration, therefore, has amended Article 48 of Radio Equipment Regulations, provision for marine raders, considering Recommendation 45 of the Convention.

The conclusion of the Conference and the amended points in the regulation are as follows:

1. 条約について

1960年5月17日から6月18日までの間，ロレドンにおいて政府間海事協議機関（Inter-Governmental Maritime Consultative Organization, IMCO と略称）の主催により，海上人命安全条約（1948年）および海上衝突予防規則（1948年）の改正に関する国際会議が開催され，「1960年の海上における人命の安全のための国際条約」が採択された。

この国際会議は，わが国を含む45ケ国が全権委員を派遣したほか，10ケ国および9国際機関のオブザーバーが参加して行われ，8委員会および小委員会を設置して審議検討され，7回の総会を経て1960年海上人命安全条約は，6月17日署名締結の運びとなつた。

海上人命安全条約は，海上における人命の安全を確保するために船舶はどのような構造と設備をもつべきか，また，安全航海を行なうためにどのような方法をとるべきかについて，国際的に守るべき統一基準をしめす多数国間条約であり，「一船は他船の救命艇たらん」の言葉のように各国船舶の相互扶助による人命の保護を目的とするものである。この条約は1912年のタイタニツク号の沈没を契機として締結された1914年条約以後，今回で4回目の改正である。

この1960年条約は，その第11条において，それぞれ100万総トン以上の船腹を有する7カ国を含めて15カ国以上の国の受諾が IMCO に寄託された日の後12ケ月経過した日より効力を生ずることを定めているが，1964年5月26日リベリアが100万総トン以上の船腹を有する国として7番目，全体としては17番目の国として受諾を寄託したことにより条約の効力発生の要件が満足するところとなり，その寄託の日から1カ年経過した1965年5月26日からその効力を生じたものである。

2. 1948年条約におけるレーダーについて

1948年条約においては，レーダーおよびその他のエレクトロニクスを利用した航海援助施設（Navigational aids）の進歩が海上の航行安全について有する意義を認め，第5章第14規則並びに勧告18・19及び20において，会議で纏めた意見を各締約政府に提示し，技術の進歩を奨励し，進歩した新装置をできるだけ採用することと等を各政府に推奨しているが，それらは次のとおおりである。

第五章（航海の安全）第14規則（航海援助施設）

締約政府は，交通量により充分と認め，かつ，危険の

*住所　東京都港区麻布飯倉町6—13
Address: 6—13, Azabu Iikura-machi, Minato-ku, Tokyo.

程度により必要と認めるラジオ，ビーコン及び電子援助施設を含む航海援助施設を確立し，維持する措置並びにこれらの援助施設をすべての関係者が利用できることを通報する措置を執ることを約束する。

勧告18　電波航行援助施設

会議は，無線技術における最近の進歩が，海上輸送に対して大きな寄与をなしていることを認め，次のことを勧告する——

(a) 各政府は，無線の航海援助施設で，安全航海の増進に運用上有用又は必要なことが証明されている進歩した技術を取入れた新しい装置，考案又は方式を採用することが望ましいことを認識すべきであること。

(b) 各政府は，位置決定に電子を利用する諸方式の発達について，特に，その国における，又は，その国の船舶による使用上の適否にかかわる入手できるすべての情報を研究すべきであること。

(c) 各政府は，航空機及び船舶用の航行援助施設の諸方式を選定する場合に際し，双方の観点からみた諸種の方式の相対的な利点に重点をおくべきであり，船舶及び航空機の双方の必要を満たすことができる方式を選定した場合には，実行可能な限り充分に両者の必要を満たすように構成され運用されることを確保すべきであること。

(d) 各政府は，レーダーその他無線の航海援助施設に関するすべての課題について，定期的な情報交換に参加すべきであること。

(e) 「海上安全委員会」は，無線の航海援助施設に関する課題を，航海の安全増大のために基本的に重要なものの一つとみなし，必要又は望ましいと考えられる特別な研究を種々の観点から開始又は続行すべきであり，かつ，上記(a)編に関連して，この分野における情報活動に協力し情報の配布を引受けるべきである。

勧告19，レーダー等を備える船舶の航海

会議は，レーダーその他エロクトロニクスを利用する航海援助施設における最近の進歩が，海上輸送に対して大きな寄与をなしていることを認めるが，この種のいかなる装置を有していても，船舶の指揮者は，「国際海上衝突予防規則」で定める諸要件を厳格に守るべき義務，特に，同規則の第15条及び第16条に含まれている諸義務からなんら免れるものではないという意見である。

会議は，各政府が，この意見に対して，船舶の指揮者及び職員の注意を喚起すべきであることを勧告する。

勧告20，レーダー

会議は，

一，最小限の動作能力が適当であることが認められており，かつ，動作全般にわたる監視装置をもつている高分解能の船載レーダーは，衝突防止，水先案内，水上障害物発見のほか，探知距離内に自然又は人為の（能動的又は受動的な）いずれかの適当なレーダー目標物がある時，通常の位置決定及び海事において広い用途をもつ装置であること。高分解能レーダーは，次の諸特性を有しなければならないこと。

(a) 最小限探知距離　最小限百ヤードの距離の目標物を表示し得ること。

(b) 方位分解能　同じ距離にあつて方位角三度以内に離れている目標物を，各別個の映像として表示し得ること。

(c) 距離分解能　同じ方位角にあつて百ヤード離れている目標物を，最小距離のスケールに合せた時，各別個の映像として表示し得ること。

二，動作上の要件が引下げられ，一般に，大型船舶との衝突防止用レーダーと考えられるような船載レーダーは，位置決定及び沿岸や水先案内を要する水面での航行のための必要を充分満たすには不適当であることを認め，次のことを勧告する——

(a) 各政府は，これらの事実を考慮に入れて，その国の船舶に積載する船載レーダーの発生，製造，装備を奨励すること

(b) この種機器を製造している国の政府は，この種機器の工業及び購買者のために必要な，諸基準の指示に役だつ仕様書の発行の可能性を考慮すること

(c) 各政府は，船載レーダーを使用する人員の訓練を奨励すべきであること

3. 改正会議におけるレーダーに係る提案，審議等について

1960年の改正会議の招集に当り，1956年9月英国政府は各締約政府に対する招集の通報とともに同政府が提案したい事編を列挙した文書を送付してきたが，その中において，1948年条約における勧告および第5章第12規則（方向探知器の強制規定であるが，同等の効果をもつレーダーおよびデツカ受信機についての取り扱い）の再検討が含まれており，レーダーが如何に取り扱われるべきかを考慮すべきであることを提案する意図があることを提示していた。

事実，英国政府は，レーダー航法およびレーダー性能について相当な検討を行ない，改正会議に勧告19（レーダー等を装備した船舶の航海）および勧告20（レーダー）の全面改正を提案する新案文を提出した。

英国のほか，米国は，勧告20にレーダー映像が弱い船舶にレーダーレフクターを装備することを奨励することを追加すべきであることを提案し，フランスは船載レーダーを使用する職員の訓練に当り具体的なレーダー教育

計画を提示し，ドイツはレーダーに関する勧告の主旨を規則に入れることを提案した。

このような各国の提案に対し，わが国の見解を決定するため相応の機関で検討されたが，当時わが国におけるレーダー技術は諸外国に比してすでに劣らないこと等を勘案して，改正会議における意志表示については相応の結論を得ていたことはいうまでもない。

改正会議においては，レーダーを設備することを強制することおよび規則化するまでには至らず，1948年条約の20勧告に対する英国提案の全面改正案を主体とした新しい勧告45が採択された。また，レーダー航法については，航海安全委員会において分担された国際海上予防規則の第16規則の改正をめぐつて相当の論議が交わされたようである。特に英国は，Radar Navigation について航海，法律およびレーダー装置の各専門家による過去2カ年の研究結果にもとづく意見であることを述べ，勧告によつて Master 及び Officer の教育に力を注ぐべきことを主張し，第16規則の改正に強く反対した。これに対して，各国もそれぞれの研究結果あるいは所信を発表した。わが国も，レーダーに全面的に依存することも危険であり予防法も完全とはいえないが，その間において実際に Radar Navigation が行われ，Radar Collision といわれる衝突が起つている現状に鑑み，第16規則によつて何等かの防止の途を見出すため条文改訂の提案をしていることを主唱した。結局，第16規則(a)および(b)は従前通り残し，(c)編を新られに設け，英国提案の1948年条約の勧告19の改正案を骨子としたレーダー情報の使用を国際海上衝突予防規則附属書として，海上における衝突回避の援助としてのレーダー情報の使用に関する勧告を採択した。したがつて，1948年条約の勧告19（レーダー等を装備した船舶の航海）は削除され，1948年条約の勧告18（電波航行援助施設）は新条約では勧告44となり，勧告45（レーダー）の次に勧告46として船載レーダーと航空機搭載レーダーとの間の干渉の問題について研究すべきであることを勧告として採択された。

4. レーダーの性能に係る条件

1960年条約の勧告45は，レーダーに関する勧告であるが，この勧告45は，レーダー性能標準，レーダー使用訓練および小型船または残存艇用レーダー反射器の推奨の3点についての勧告を含むものである。

これらの中，性能標準については，次のことを考慮して

i）船載レーダー装置は，視界不良時に他船の存在，航海上の障害物および航路標識について早期の警告を得て，それらの距離および方位を測定し，他船の航跡を決定する補助手段としてますます多く利用されること。

ii）装置は，船舶が通常遭遇するあらゆる天候および海上の状態においてこれらの要素について必要とする充分な情報を得ることができ，有効な距離における適当な行動をとることができることは安全航海に寄与できることにおいて望ましいことであり，もしこれらの機能が低下している場合は確実で明確な表示をしなければならないこと。

iii）動作性能標準が十分でない船載レーダー装置は，安全航海に役立たないこと。

iv）すべての船載レーダーで与えられる映像の距離範囲の確実な均一化は，それによつてパイロツトや航海士は，彼等が使用するどの船にとりつけてある装置に対しても短期間に慣れる点において利益があること。

v）通常の目的の船載レーダーの有効性は，その情報が方位を安定して指示できる装置がある場合のみ完全に現実的なものとすることができること。

次のことを勧告するものである。

a）締約政府は，本条約の第1章が適用される船舶につき，以下に揚げる性能標準表に示す標準に劣らない動作標準に適合した船載レーダーの設置をすい奨すること。

b）締約政府は，船載レーダーの方位安定装置（azimuth stabilization faciliries）をすい奨すべきであること。

c）機関は，国際的に目的を達することができる船載レーダーの映像の距離範囲の均一化の程度を考慮すべきであること。

また，勧告による性能標準は次のとおりである。

A 有効距離

船舶がいずれの方向に10度ローリングしても，装置は次のものを明瞭に表示できること。

（i） いかなる方向においても7海里の距離にある総トン数5,000トンの船舶

（ii） 約10平方メートルのエコー面積を有するものであれば，2海里にある灯浮標のような目標

装置は，最小100ヤード（又は92メートル）の距離にある上記(ii)の目標を表示できること。雨雪等の降下物および海からの不要の反射の表示を最小にする装置を設けること。

B 分解能

(1) 方位一装置は方位が3度以上離れ，同一距離にある2目標を分離して表示できること。

(2) 距離一装置は，75ヤード（又は68.25メートル）離れ，同一方位にある2目標を装置の最小距離スケ

ールにおいて分離して表示できること。

C　測定精度

(1) 方位—装置は，¾海里以上の距離にあるいかなる物標のエコーも，方位2度以内の誤差で測定する手段を講ずること。

PPI 表示方式を使用する時は，船首線を電子的に表示すること。

(2) 距離—装置は，¾海里以上の距離にあるいかなる物標のエコーも，その距離の6パーセント以内の誤差で測定する手段を講ずること。¾海里以内の測定距離における誤差は，90ヤード（又は82メートル）以内であること。

D　耐候性

レーダー装置は，それが装備されている船舶が経験するような振動，湿度，温度変化のもとで連続動作できること。

E　操作

装置は，あらゆる点において当直航海士が操作するのに適当であり，主指示計器においてスイツチを入れ操作することができること。使用する必要のあるすべての制御部は，近接することが容易であり，使用し易いこと。装置は，1分以内に，Stand-by 状態が使用できる場合は，初めにスイツチを入れてから4分以内に，完全動作状態になるようになつていること。装置は，船舶で通常起り得る電源電圧の変動によつて役立たなくならないこと。

F　電気および磁気的影響と機械的騒音

レーダー装置と他の船載の装置との間の無線妨害の原因または供結源となることをできる限り防止する手段をとること。レーダー装置は，コンパスの動作に影響を与えないように設置されること。各ユニツトからの機械的雑音は，船舶の安全に関係するような可聴音の出ないように制限すべきであること。

このように1960年条約における勧告45のレーダーの性能に係る条件は，1948年条約の勧告20に比し相当詳細かつ実用的な技術標準を示すものであるといえる。

5. 電波法無線設備規則第48条の改正について

1960年条約の発効に併せて電波法関係規則の一部改正が行なわれたが，レーダー性能について規定する無線設備規則第48条は，次のとおり改正された。

設備規則第48条（レーダー）

船舶に設置する無線航行のためのレーダーは，次の各号に適合するものでなければならない。

一．その船舶の無線設備，羅針儀その他の設備であつて重要なものの機能に障害を与え又は他の設備によつてその運用が妨げられるおそれのない場所に設置するものであること。

二．4分以内に完全に動作すること。

三．指示器における不要な表示であつて，雨雪によるもの及び海面によるものを減少させる装置を有すること。

四．船首方向を表示することができること（極座標による表示方式のものの場合に限る。）。

五．次の条件に合致すること（郵政大臣が告示するものの場合を除く。）。

イ．その船舶が横に10度傾斜した場合において，13キロメートルの距離における総トン数5,000トンの船舶及び3.7キロメートルの距離における有効反射面積10平方メートルの灯浮標を表示することができること。

ロ．92メートルの距離における有効反射面積10平方メートルの目標を表示することができること。

ハ．次の分解能を有すること。

(1) 方位角3度以内の等距離にある2の目標（指示器に表示されるものに限る。(2)及び二の(2)において同じ。）を区別して表示することができること。

(2) 同一の方位にあり，かつ，相互に68メートル離れた2の目標を区別して表示することができること。

二．次の精度を有すること。

(1) 1.4キロメートルの距離における目標の方位を2度以内の誤差で測定することができること。

(2) その船舶を目標との間の距離を6パーセント以内（1.4キロメートル未満の距離については82メートル以内）の誤差で測定することができること。

六．郵政大臣が告示する条件に合致すること（前号の規定による告示に係るものの場合に限る。）。

以上のように今回のレーダーに係る条件の規則改正は，1960年条約の勧告45を考慮しての改正であり，成文上の表現の相違または行政判断の加味もあるが，本質的に矛盾するものでないことはいうまでもない。

いま，改正前の条件（1948年条約の勧告20を考慮した条件）との対比において異なる点について述べると次のとおりである。

i）適用範囲が従来の船舶に設置するレーダーから船舶に設置する無線航行のためのレーダーに改められた。

ii）改正前の本条の条件は，「できる限り」という勧奨規定であったが，強制規定に改められた。

iii）一般的条件として1号から4号までにおいて規定されているように，

1号においてはレーダーが与える妨害または受ける妨害の排除について例示を含む設置場所の条件

2号においては電源投入後完全動作するまでの時間的条件

3号においてはいわゆる STC および FTC 回路を装置すべきことの条件

4号においては PPI 表示の場合，船首方向の表示ができることの条件

が新しく追加された。

iv）レーダー性能に係る条件については，改正前の規則においては最小探知距離90メートル，方位分解能3度，距離分解能90メートル，の3つの条件が規定されていたが，今回の改正により，5号において規定するように，

イにおいては有効距離について実際的な必要条件が新しく追加され，

ロにおいて最小探知距離90メートルが92メートルに改められ，その目標が明確にされ，

ハにおいて距離分解能90メートルが68メートルに改められ（方位分解能は同じ。）

ニにおいて方位および距離測定の精度が新しく追加された。

v）しかし，5号において規定するレーダー性能は，現段階においては空中線電力5キロワット以上の9,000 MC 帯の周波数の電波を使用するレーダー性能についての条件であると限定して考えることが適当であるので，5号の本文において，この号に規定する条件を適用することが不適当であるものについては，郵政大臣が告示することにより除外することができるような措置を講じ，これについては昭和40年5月26日付郵政省告示第372号により次のように告示された。

「無線設備規則第48条第5号の条件に合致することを要しないレーダーは，次の各編の一に該当するものとする。

1. 周波数が9,300MCから9,500MCまでのもの以外のものであること。

2. 空中線電力が5キロワット未満であること。」

なお，これら除外されるレーダーは，6号に規定するように郵政大臣が告示する条件に合致しなければならないものであり，その条件については相応の検討を行ない告示するものであるが，これにより他の周波数帯の電波を使用するレーダーまたは特に小型船舶において使用するレーダー等，その開発について考慮している。

vi）この改正規則施行（昭和40年5月26日）の際現に船舶に設置されている無線航行のためのレーダーの条件については，改正規則附則第5項によりそのレーダーの設置が継続する限り，改正後の第48条の規定は適用されず改正前の条件が適用されるものである。

6. おわりに

このように今回の改正はかなり大幅なものであるが，今日のレーダー製造技術は，すでに相当進んでおり，改正による新しい条件が大きな負担となるとは考えられない。むしろ，今後の新技術または新方式等の開発および航法上の要請等を考慮し，適正な行政指導によるべきより多くの付随的条件があるといえる。

このような観点に加えて，実際に船舶に設置される各機種のレーダーが規定されている条件を満足する状態において動作するかどうかの判断または判定については相当難かしい要素が含まれていること等を考慮して，郵政省としては型式検定ではないが，新レーダー機種（指定事項およびレーダー性能に係る変更の場合を含む。）に対し，その設計内容および動作特性について相応の審査および確認（部内的に具体的審査および確認方法を定める認定基準による。）を行ない，規定の条件に合致していると認められる型式の機種のレーダーを設置するよう行政指導しているものである。

終りに，関係各位のより一層の御指導ならびに御鞭撻をお願いする次第です。

第7回国際航空路標識会議出席報告

*1 海上保安庁 余湖一郎
*2 沖電気工業株式会社 飯塚康雄

About The 7th International Technical conference on Lighthouses and other Aids to Navigation

*1 Maritime Safety Agency Ichiro YOGO
*2 Oki Electric Industry, Co., Ltd., Yasuo IIZUKA

1. 会議の由来

第7回国際航路標識会議が本年5月10日から29日まで，イタリーのローマ市（エウル地区，コングレスパレス）およびヴエニス市で開催された。この会議は世界各国の航路標識関係技術者が一堂に会して技術研究の発表，資料の交換を行ない，各国航路標識の発展に役立たせる事を目的として開催され，会議は自由かつ非公式な見解の交換，技術の交流を主眼にして運営されている。この会議の由来を歴史的に見ると，1923年から1926年の間に行なわれた国際航路会議の議題の中に航路標識業務の審議が提案されたが，時間がなかつたため僅かな討議がなされたのに過ぎなかつた。そこで航路標識業務については，別途世界の主要海運局航路標識関係者が集まつて会議を持とうと言うことになり，第1回灯台会議が1929年先ず英国のロンドンにおいて開催された。この会議開催に先立ち，英国のトリニテイー・ハウスからロンドン滞在の猪間通信事務官を通じて，日本からも灯台設備における最近の発達に関する資料を提出し，また代表を派遣するようにとの勧誘があつたが，代表の派遣は種々の都合で見合わされ，資料だけが送付されたと聞いているが，詳細は詳かではない。

第2回会議は1933年仏国パリにおいて，第3回会議は1937年ドイツのベルリンにおいて開催された。第4回会議は1941年オランダのハーグで開催予定であつたが，第二次大戦のため会議の開催が妨げられ，一時中断していたが，1950年になつて再びパリにおいて第4回会議が開催された。この会議において英国が仏国の支持を得て爾後の会議開催を5年毎にするよう主張し，各国もこれに従いその後は5年毎に開催され今日に至つている。我国はそれまで一度も参加しておらず，この第4回会議において20カ国が参加したにもかかわらず，我国は参加出来なかつたので，1953年から英，米，仏各国と密接に連絡をとり，1955年にオランダで開催予定の第4回会議に出席すべく諸準備を進めた結果，漸く我国の参加が実現し，元工務課長の藤野義男氏が出席した。ついで1960年米国のワンシトンで開催された第6回には元灯台部長安井正己氏とメーカーのオブザーバー4名が出席，この時は特別報告を多数提出して会議における日本の地位の向上に努めた。この会議については本研究会に報告済である。

そして本年5月第7回会議がローマにおいて開催され，発表者が日本代表およびオブザーバーとして出席した。

2. 会議の輪廓

本会議の参加者は29カ国33団体で，人員数は192名（約100名の同伴夫人を除く。）の多きに上つた。主催国イタリーがカラシヨロ準将以下28名で多いのは当然として，米国がローランド大将以下23名，英国がトリニテイーハウス灯台局長以下10名，スコツトランド灯台局長以下15名，アイルランド灯台局長以下10名と言う大陣容で参加したのを始め，西独が運輸省大臣官房参事官以下14名，スエーデンが船舶海運局長以下9名，仏国が灯台局長以下8名，以下デンマーク，オランダ，カナダがそれぞれ6名となつている。これに反し日本が僅か2名と言うの

*住所 1. 東京都千代田区霞ケ関2—1
2. 東京都港区芝浦4—1
Address: 1. 2—1, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo
2. 4—1, Shibaura, Minato-ku, Tokyo

は，ブラジルの3名，中国（台湾）の2名などに比較して海運国としての立場や，提出論文数，はたまたアジアの先進国としての立場から考えて非常に淋しい気がした。

本会議に提出される論文には，各国共通のテーマについて研究結果の報告を行なう一般報告と，各国が行なつた任意の研究結果を発表する特別報告の二種類がある。今回の会議の一般報告は，「航路標識の雷害防止」，「プラスチツクのブイに対する応用」，「音響信号」，「レーダービーコン」，「灯台の自動化に関する一般問題」，「無線電話による情報伝送方式」，の6件で我国は「音響信号」を除く5件について一般報告を提出した。

また各国の提出した特別報告は150件の多きに上り，そのうち討議に付されたものは91件で，西独22件を筆頭に，英国13件，日本，米国，ソ連がそれぞれ9件，仏国，カナダの8件，スエーデンの5件がその主なものである。内容別に見ると，エレウトロニクス関係20件，自動化，遠隔操縦に関するもの16件，学に関するもの23件，エネルギー源に関するもの7件，構造に関するもの11件，音響信号および組織管理に関するものがそれぞれ5件，ブイに関するもの4件となつている。

3. 会議日程

会議は5月10日の開会式に引続き第一回の委員会が開催された後，19日までの10日間に都合8回委員会が開催された。その後観光を兼ね見学旅行を行ない各地の港，工場を見学し，28日にはヴエニスで最終会議を行なつて29日閉会式を行なつた。なお報告者等は出張日数の都合でローマ会議のみに出席し，ヴエニスの会議および閉会式には出席出来なかつた。

4. 委員会の概況

会議は主として灯台施設全般をデイスカツシヨンするA委員会（CommissionA）と，主としてエレクトロニクス関係のデイスカツシヨンを行なうB委員会（CommissionB）に分かれ討議が行なわれた。

なお，A委員会は余湖が担当し，B委員会を飯塚が担当した。

議事が進行の方法としては，A，B各委員会とも，それぞれの議長のもとに，議長を補佐するテクニシアンと記録係がおり，その進行に当り，多くの場合テクニシアンが各論文をとり上げて先ずアブストラクトを読み上げる。

その後その論文の著者または代行者がこれに補足説明を加える発表を行なう。

然る後に各国代表から，その論文に対する質問なり，各国の類似施設の紹介あるいは意見などを発表すると言う方法がとられた。

会議用語は英語およびフランス語である°

5. CommissionAの紹介

CommissionAにおいては，前述のように灯台施設全般に関し審議が行なわれた。我国から提出された論文中本委員会にて討議に付されたものは次の5件である。

1) 海上における灯台の波力，風力，地震力に対する設計について。
2) 灯標の建設について。
3) 小型灯台に対する燃料電池の試験的応用について。
4) 太陽電池を応用した灯浮標について。
5) 集約管理計画について。

（5項の論文は実際はCommissionBにて審議されたが，その性質上ここに記載した。）

討議の詳細について，全貌をここに御紹介することは出来ないが，興味あるいくつかの議題について簡単に紹介する。

灯台関係の自動化無人化は各国においてかなりの信頼度をもつたものが設置されているようだが，その方式は我国のものと基本的には大差はないようである。灯火のコントロールはタイムスイツチによるものが多いが，無線による遠隔操作もかなりあるようである。しかしその他日光等によるもの，ケーブルによるもの等あつて一定しない。灯火の監視は電流感知による無線警報装置が用いられており，この電源としては蓄電池が用いられている。問題は霧信号であるが，英国，スエーデン，米国において自動化されているものもあるが，これらの国においてもケーブルまたは無線による遠隔操作で発停しているのが多く，従つて現在の所大型灯台で電波標識または霧信号を包含した完全自動化灯台は世界の何れの国においても未だ実現していないと言うのが実情のようである。

次に太陽電池灯台は我国が世界に先駆けて始めて設置したもので，詳細を第6回会議において発表し各国から非常な賞讃を博したのであるが，既に50基以上の実績を持ち，今回は灯浮標に応用した成果を発表した所これまた讃辞と質問が寄せられた。そしてイタリー，オーストラリアを始め10カ国以上から質問や資料請求，試用申込等があつた。

また今回発表の燃料電池についても航路標識に使用するものは世界でも初めてなので反響が大きかつたが，本件は我々としても未だ開発段階である。

以上の外に今回正式な論文の提出を行なわなかつた波力発電灯浮標が偶然の機会から，非常な反響を捲き起した件について少し触れよう。

ある日カクテルパーテイの席でCommissionAの議長タ

ラマソ氏（イタリー）から日本の技術研究について質問を受けた際，波力発電について試作実験中であると語つた所，翌日の会議に是非発表するよう強い要請を受け，概要を発表したのが始まりで，次回会議に正式なレポートを約束したが，早速詳細なデータを各国から要求を受けた。

以上簡単にトピツク的なものについて述べたが，興味ある問題としては霧信号の自動化，航路標識の管理，灯色の問題等があつた。

6. CommissionBの紹介

CommissionBにおいては前述のように主として電子応用関係につき審議を行なつた。主な内容は電波航法機器，システム，データ伝送方式，遠隔制御方式，各種自動制御方式等であつて，予め定められたデイスカツシヨン項目，及び自由なテーマによるペーパーが各国より提出され，それぞれについて活発な討議が行なわれた。

予め主催機関であるＩＡＬＡにおいて用意された本分科会のテーマは以下のとおりである。

○1960年以降の工事報告。（ＡＢ共通）
○ラジオビーコン，方探，ラジオリーデイングラインの新技術。
○能動または受動レーダレフレクタ技術。
○無線による気象データ伝送。
○灯台または灯台群のリモートコントロール，オートメーションについて。
○人員の教育，養成について。（ＡＢ共通）
○灯台の自動化
○自動化灯台のエネルギーソースについて。（AB共通）
○近接地域における各種航行援助施設の統合について。
○無線通信による情報授受。（港湾レーダのあるとき，ないとき）
○狭水路の諸問題。（ＡＢ共通）
○光学，機械，電気装置の運用と保守について。（ＡＢ共通）
　熱帯（特に酷暑の影響）
　温帯（霧，湿度）
　極地（厳寒の影響）

これらの項目は予め定めて各国に通知され論文が募集されたが，必ずしもすべてに提出論文がなく，また内容が不適であつたりしてすべてについて審議はされなかつた。

主として討議の対象となつたものは，上記中灯台の自動化，リモートコントロール，ラジオビーコン関係，レーダレフレクタ技術，無線によるデータ伝送等であつた。

本分科会の論文討議状況，各国代表とのデイスカツシヨン等から明かとなつたことは，この種施設の特質としてトピツク的な新技術，新方式等を安易に採上げることなく着実に研究改良を進めていると言うことであつた。

すなわち，一つのシステムを採用する際，必ず基礎調査，実験，評価，試用の常踏手段を経て，従来の施設との互換性を充分検討し現用に踏み切つていると言うことである。

この事は一見極めて当然の事柄であるが，何れの国も技術的興味，外部情勢等におぼれることなく着実に研究の歩を進めていることは，とかくトピツクに飛びつきやすい我々として反省させられるものがあつた。

提出論文およびデイスカツシヨンの動向としては，米，英が活躍することは既に予想されていたことであるが，カナダ，デンマーク，スエーデン，フランス，西独が活発であつて，中でもカナダおよびスエーデンの活動が目立つた。またヨーロツパ系各国は地理的条件が有利なためとも思われるが，技術的連携が極めてスムーズに行なわれているようで，一国があるテーマの発表を行なうと数カ国がそれぞれ関連した分担項目のコメンスメントを行なうと言う具合で，ヨーロツパ系に関する限り国際会議と言うよりは，国内における本研究会の如き雰囲気であつた。

6－1我国の提出論文並にその反響。

本国際会議に我国が提出した論文は総数12件，このうちCommissionBの関係7件である。論文名並に発表者は次のとおりである。

1) M. S. A. Report on the system of unattended MF rotating radio beacon station.
2) M. S. A. Report on the experiments of a corner refleetor and luneberg lens.
3) M. S. A. Introduction of Osaka Harbour Radar especially its ship identification
4) T. Okada, K. Orawa, Y. Iizuka. Automatic Tracking apparatus of Loran receiver.
5) I. Yogo. Application of SCR for lighting equipment of light house.
6) M. S. A. Remote monitoring of the Shiretoko-Misaki lighthouse.
7) M. S. A. Report on the alarms to indicate light failure.

M. S. A.……Maritime Safety Agency, Japan.

上記 1) のペーパーは現用されている中波ロータリービーコン局の無人化方式に関するもので，リモートコントロール技術の説明，使用結果等につき述べているが，

本論文に対してはリモートコントロール方式それ自身よりもロータリービーコンについての質問が仏，独，ソ連より出されたのは意外であつた。質問の内容は主としてコンソルとの比較，測定精度，施設の規模等であつて，会議後もデイスカツシヨンを続ける程の興味を示した。6)項のペーパーは知床岬灯台その他の遠隔監視，気象データ伝送等に関するもので，初期のモールスコードによる方式から，ピエレレフオークリードセレクタを使用しＦＳコードによるやや複雑な方式，そして最新の固体ロジツクを使用したより情報量の多い方式について記述してあるが，これ等に対し西独その他ヨーロツパ系各国はシステムが簡易なＦＳコード方式に，そしてカナダは固体化ロジツク方式に興味を持ち質問を集中した。3)項は海上保安庁が大阪港に建設した5cm 波と 8.6mm 波を利用したハーバーレーダシステムの概要の紹介と併設されている船舶識別方式の発表であるが，英 Southampton Harbour Board が 5cm 波を採用した理由につき，またオランダ，フイリツプス社の代表が船舶識別装置につき質問を行なつた。4)項は運輸省，海上保安庁の指導でメーカーにより開発したロランA自動追尾受信機の理論解析と実験結果であるが，米コーストガートおよび英デツカ社がその方式，精度，追尾速度等につき数多くの質問を出した。

2)項の発表は，今回の会議の主なテーマの一つであるだけに活発な質疑，討論が行なわれた。ペーパーの内容は海上保安庁その他の指導でメーカーが開発したルーネベルグレンズおよびダブルヘキサゴナル方式のレーダレフレクタの各種実験結果であるが，この発表に対しカナダ，英，西独よりそれぞれ同様の研究を行なつている旨の発表があり，中でも英国では大型のルーネベルグレンズをAirborn Navigatioal Target として実用している旨の発表があつた。しかし各国共，製造が極めて困難であると言うことを述べており，この面の研究を続行中のことであつた。

この外のペーパーについては特に質問あるいは討議は行なわれなかつた。全体として我国発表論文の技術的内容については，英，仏，カナダその他ヨーロツパ系諸国と比肩し得るものと考えられるが，信頼性の検討，その他の基礎技術面においていま一歩の研究促進の要が痛感された。

6－2 国外論文およびその討議結果

CommissionBにおいて提出された論文は総数75件であるが，この中で前記IALA委員会において審議の結果デイスカツシヨン項目に適合するものおよび特に興味あるもの等，28件が採り上げられ，論文毎に討議が行なわれた。前記の我国の提出論文も総数7件中4件がこの対象となつている。本会議はあるテーマを決め討議して結論を出すと言う性質のものでなく，各国が研究結果を発表しデイスカツシヨンを行ない技術交流をはかるのが主目的なので，その結果を取りまとめ難いが，以下項目別にとりまとめ記述して見よう。

ラジオビーコン関係

ラジオビーコン自体既に古い歴史を有するものであるが，各国共着実に改良研究を行なつており，また遠隔制御，自動化，高信頼度化にも大きな努力が払われているようであつた。

このテーマにおいて目立つたことの一つはソ連の発表であつてマーカービーコンに関しその評価試験，誤差解析，受信機等につき5件の発表を行ないビーコン受信機の実物展示も行なつていた。

Hydrographic Service の Kalinsky 氏より発表されたものは[1)2)] MPM—61 および KPM—100 形と称するマーカービーコンであつて前者は半導体化された可搬形で，後者はやや大電力の据置形である。何れも中波帯 285～320K c/s で動作するもので，識別用コード発生機および，354～1052c/sの中の一周波数のトーン発生器を有し，これ等で送信機を変調している。何れも完全自動化されており，無停電電源を使用しているもので，特に MPM—61形は現用予備の送信機切換えまでを自動化している。

また，これに関連してPlemyannikov氏により発表されたものは，[3)] このようなビーコンを使い位置測定する際の誤差を各種の地表面の状況，たとえば市街地，郊外，山，岡，等の各種条件の大地定数につき計算し実験結果と照合している。このようにソ連の方式は特に技術的に目新しいものではないが，高信頼度のビーコンネツトワークを広大な地域に施設運営を行なつているようである。

ヨーロツパ関係では，コンソルビーコンに関するものが多く，その一つとして仏 Highway Department, Min. of Transp. の Blaise 氏より発表されたコンソルビーコンの自動制御に関する論文があるが，[4)] これは各ビーコン局の発射電波そのものを管制局で受信し常時モニターする外管制局からのリモートコントロールにより現用予備切換その他電源関係の操作を行なうが，何れも高信頼度を要求されるため超狭帯域（5～10 c/s）の超低速データ伝送を行なつている。特別に新規の技術は使用していないが，長期間の度重なる実験により極めて安定な制御を行なつているとのことである。

一方西独では Koblenz/Rheindiv. (General Ministry of Transport) の Jäckle氏の発表した[5)] これも長年月の実験の集積であるビーコンアンテナの出力安定化に関する論文がある。これはアンプレラ形中波ビーコンアンテナのふく射電力を安定化するため碍子，ステイワイアの張り

方，アンテナ柱の材質，表面処理等を研究し一年中のあらゆる気候条件，海水のスプレイ等の悪条件においてふく射電力を数 dB の変動に抑えたと言われる

レーダービーコン関係

レーダービーコンに関しては，英，仏，オランダ，カナダより実用結果，実験結果の報告があつたが，これらをとりまとめたものとして英 Trnity House より General Report として発表[6] されたものを以下御紹介する。

一般に Radar Beacon と呼称されているものは次の3種類がある。

1) in-band racon
2) cross-band racon
3) ramark

これらの定義は次のとおりである。

1) in-band racon；トランスポンダ形式のもので商用レーダ波を受け，レーダバンド内で再送信しユーザーのスコープ上に racon 局との相対的方位と距離を表示するもの。
2) cross-band racon；トランスポンダ形式の racon で racon 局との相対的距離，方位をレーダバンド以外の周波数でユーザーに送りかえすもの。
3) ramark；無指向性レーダー波を送信しユーザーに ramark 局との相対方位を知らせるもの。

Trinity House の調査に対し回答の得られた国名およびその運用状況が発表されたが，これによれば in-band racon は英，スコツトランド，仏，また ramarks では日本，が現用しており，cross-band racon は実験のみで実用となつていない。

そして現用局に対し各国で調査したアンケートによれば，in-band type では，英国の調査で回答のあつた90%のユーザーが有用であるとし，また仏の調査では少ない回答であつたがユーザーは興味を示している。ramark については日本の調査では，有効とするもの31件，不必要とするもの2件，そして有効とするもののほとんどが沿岸航法において有用であると回答している。また実験局のみであるが，オランダの調査では522件の回答があり，そのうち95%が有用であるとしている。radar beacon の与える妨害については in-band racon および cross-band racon について僅かに報告されているが，ramark に対しては全く報告されていない。

これらを総合して言えることは，ユーザーのレーダに全く手を加えずに済む in-band type および ramark がより早く実用化され，そしてたとえ情報量が少なくとも，妨害を極度に抑えた英国 (in-band) 及び日本 (ramark) の方式が比較的成功をおさめている。

この事は Trinity House の報告の結論にも述べてあるが，ユーザーの機器をそのまま使用し，観測の妨害を与えることなく，随時必要な時に情報が得られることが必須条件であつて，前記二者の方式がややこれに近い性能を有していることがより早く実用化された理由と考えられる。勿論これらの方式も上記三項目の条件は満足していないわけで，報告の結論も Radar Beacon は漸く実用の途についたばかりなので充分研究開発を進める必要があると結んでいる。

レーダレフレクタについて

レーダレフレクタについては，船舶の Navigational Target として各国で活発に研究されているようで，能動形，受動形について数多くの論文およびコメンスメントがあつた。

論文として発表されたものは能動形が大部分であつて，バラクタ，進行波管，トンネルダイオードを用い，デイジタルコードまたは周波数偏移等により情報を返送する方式が，オランダ，英，スエーデンより発表されたが，何れも未だ実験の域を出ていない。また受動形については英国が1件ではあるが多数の形式を海面の種々の状況下にどのように識別されるかを長期間実験し報告を行なつた。

数件の論文発表時に各国がデイスカツシヨンを行ない共通して強調した意見としては sea-clutter または ground echo 等の妨害を除去し，明瞭にレフレクタを識別するためにデイジタルコード，または周波数偏移等の情報を用い，たとえばレーダのプツシユボタンを押すことにより，スコープ上のエコをすべて消去し，レフレクタのみを pip として描出する方法が理想的であると言うことであつた。

その他の興味ある論文について

米 Coast Guard の Duncan 氏より RATAN (Radar and Television Aid to Navgation) System について発表[7] があつた。この方式自体についてはかり古くから発表されているが，本論文は約5年にわたる評価試験により種々の改良を加えた経過について記述している。

本方式の原理は陸上に設置されたレーダ (3cm波) により得た PPI 像を走査変換装置により標準 TV 走査に変換し，VHF にて送信する。このようにすれば，ユーザーは標準 TV セツトを用意すれば大型レーダと同様の映像を得ることが出来，特にレーダを設置する余裕のない小型船に特に有効である。また送信側でビデイオマツピング装置を併用することによりビデイオまたはオーデイオで数多くの情報を併送することが出来る。

Coast Guard で実験したものは，レーダとして 3cm 波を用いしかも垂直偏波アンテナを用い Sea-clutter および他のレーダの干渉を軽減し良質の画像を送信するよう

留意した外，比種方式の致命的欠点であるTV受信機のゴースト像に対しては簡単な指向性アンテナを開発することにより解決している。この外，海面反射，構造物反射，ドツプラ効果，直線性向上等の各種の改良を加えた結果，港湾サービスとして満足すべき性能を有することが明らかとなつたので，将来の実用化計画を推進中とのことである。

その他，カナダのSmith氏よりRadio Distress Beaconと称する超小型の救難用ビーコン，[9] 西独Schönfeld氏よりサンプリング技術を用いたRadar Relay用Digital Frequency Band Compressor.[10] 米Coast Guardより発表された灯台用半導体フラツシヤの信頼性に関する5ケ年にわたる研究等が目を引くものであつたが，本稿にては省略させていただく。

以上でエレクトロニクス関係の出席報告を終るが最後に全体のとりまとめとして，提出された論文，会議中のデイスカツシヨン，あるいはローカルな質疑等から得た出席者の感想を記させていただきたいと考える。

1) 航法施設えのエレクトロニクス応用は急速に進められているが，無差別的導入の時期は既に去り，信頼性の問題が各所で着実に検討されている。
2) エレクトロニクス機器または電機機器の半導体化は慎重にその利害得失を充分考え実施すべきだと言う意見が多数あり，考えさせられるものがあつた。
3) 会議全体として特別のトピツクなり，我々の意見も知らぬような新技術は見当らなかつたが，その反面我々が既に過去の技術と考えているような方式についてその信頼性，安定性向上に莫大な労力が払われているのは反省させられるものがあつた。

7. むすび

以上で今回の出席報告を終らせていただくが，我国の航路標識の技術水準は諸外国に比して決して低くなく，あるものはトツプレベルにあるとさえ言えるようである。しかしこれはあくまでもトピツク的な事柄について言えることであつて，米，英，またはヨーロツパ諸国は何れも地味な努力を続け着実に施設の改善をはかつており，基礎研究にも非常なエネルギーを費していることが感ぜられた。このことは我々のともすればトピツクにおぼれやすい行き方と思い合わせて大いに考えさせられるものがあつた。

終りに本会議出席に際し種々御尽力をいただいた海上保安庁灯台部長，吉田徳朗氏，同電波標識課長清野浩氏に深謝する次第である。

引用論文（何れも刊行はVIIth I. C. L. A Rome-1965による）

1) Kalinsky. I. S.; Innovation in the Equipment of Marine Radio Beacons of the U. S. S. R.
2) Kalinsky. I. S.; Automatic Radio Beacon MPM-61,
3) Plemyannikov. A. N.; Influence of Surface Irregularity on Accuracy of Fixing a Vessel's Position By Means of Sector Radiobeacons.
4) P. Blaise; Automatic Methods of Controlling "Consol" Radio Beacons.
5) E. Jäckle; Antenna With Constant Radiation for Remotely Controlled Radio Beacons.
6) Trinity House. U. K; Genral Report on Radar Beacons.
7) Trinity House. U. K.; An Investigation into Radar Ranges Obtained from Various Types of Sea Marks Used For Navigational Purposes.
8) F. B. Duncan; Radar and Television Aid to Navigation.
9) H. R. Smith.; Radio Distress Beacon.
10) W.H. Schönfeld; Digital Frequency Band Compressor For Radar Installations.

海外資料紹介

Introduction of Foreign Papers

I. 米国航空宇宙局の航行衛星計画について

*運輸省船舶技術研究所 木村小一

On the Navigaiton Satellite Systems Investigated by the National Aeronautics and Space Administration, U. S. A.

Ship Research Institute, Ministry of Transportation*

Koichi KIMURA

Abstract

The National Aeronautics and Space Administration (NASA) has had under study a number of navigation satellite systems to aid non military ships and aircraft to obtain global, all weather positionfix and communication. For this project, General Electric Co. proposed a navigation system using simultanous range measurements from two satellites with cooperating ground stations. In this system, twenty-four simple pulse repeated satellites may be place in 5,600 nautical miles inclined circular orbits, and when used with six suitable located ground stations, they can provide continuous grobal counerage and position fix accuracy better than 1 nautical mile. On the other hand, Westinghouse Electric Co. proposed a navigation system using distance and direction measuremnt from a satellite. The Westinghouse's system consit of five satellites at synchronous orbit altitude, two ground control stations and eight ground reference stations, or eight satellites on 6,000 nautical miles orbits, six ground control stations and twenty-four ground reference stations. In this system, the directions of vehicles are measured at satellite by two sets of interferometer on long booms. UNIVAC Division of Sperry Rand Co. also studied the data processing requirements for the computors of ground stations.

An aeronautical satellite navigation system will require an accurate and reliable communication rink. NASA and Pan American Airline accomplished long range VHF teletype communication experiments using SYNCOM III satellite. The feasibility of using satellite to provide two-way ground-to-aircraft voise communication will be examined by NASA using first Application Technology Satellite (ATS) that will be launched into a synchronous orbit in late 1966.

1. はしがき

航行衛星システムを一番始めに考えたのはE. E. Haleという人だそうである[4] 彼は1873年に書いた「The Brick Moon, His Level Best, and Other Stories」という本の中で，4,000海里の円形の極軌道に直径60mの球状の衛星4個をうちあげ，これを六分儀で観測して高角を測定して経度を求め，航海に役立たせようとすることを提案している。彼の考えは今日の知識でみると実際的でないいくつかの点が，見られるが，それから約90年後の今日，彼の考えは別の形で実現されることになつた。1957年にソ連が初めて打上げた人工衛星スプートニツク1号からの電波を受信していた米国の Johns Hopkins 大学の Applied Physics 研究所の科学者たちは電波の周波数のドプラシフトを測定する航行衛星システムを提案し，米海軍用として開発した。このシステムは航海衛星

*所在地：東京都三鷹市新川700番地
Address : 700, Shinkawa, Mitak-shi, Tokyo, Japan

「トランシツト」として知られており，約5年間に亘つて10個以上の実験衛星が打上げられ，1964年7月にはNavy Navigation Satellite Systemとしてすでに運用段階に入つたことが報ぜられており，現在3個の衛星が地球を回つている。このシステムの概要についてはすでに本誌の第4号に要領のよい解説があるのでここで触れないが，この米海軍のシステムは軍の艦船を主たる対象として考えられているため，民間の船や航空機がこれを利用するには計算機を含む受信装置の複雑高価なことなどの理由で現在のところ適当でないとされている。これに対し，米国航空宇宙局（NASA）は純民間の船舶および航空機を主たる対象とした航行衛星システム1970を年代に運用に入ることを目標として開発を進めている。そのために航空宇宙局は初めTechnical Audit Co.という研究会社に予備調査として航行衛星の技術的可能性などについて研究を委託し，更にGeneral Electric Co.とWestinghause Electric Co.に別々の航行衛星システムの技術的な問題の検討および，そのシステム設計を委託し，またSperry Rand Co.のUNIVAC div.にデータ処理の問題の研究委託を行ない，これらの報告は1964年中に航空宇宙局あてになされている。ここでは発表されている文献中からこれらの概要について述べ，その後の動きについてもできるだけ触れるつもりである。

2. 米国航空宇宙局の航行衛星に対する基本方針

航行衛星システムは地球に対する人工衛星の時々刻々の位置を求め，ついでその衛星を基準点としてこれに対する船舶や航空機の相対位置を求めるという2段階の方法で利用者の位置を決定するという手段をとることではすべて同じであるが，航空宇宙局の考えには一致した共通点とみなされるものがある。それを列挙するとつぎのとおりである。

(1) 航空機および船舶の両方で利用できること。

(2) 利用者側機器はなるべく安価（一万ドル以下といわれる）で，簡単，軽量，所要電力が少なく，乗組員がこれを最小の時間と労力で利用できるか，または完全に自動化されていること。

(3) 航行援助業務のほかに陸地と利用者の間に常に通信リンクが確保され，航行管制運航管理，捜索救難，遠隔地の気象ダータの収集など多用途のものであること。

このような考えから航行衛星システムを検討する場合につぎの諸点に考慮を払う必要がある。

(a) 利用者側からの電波の発射の有無

軍用の艦船や航空機は電波の発射をきらうが，民間用の場合はそのような制限がなく，利用者側機器は電波を発射するほうが簡単になる。

(b) 測定および計算を行なう場所

利用者が電波を出さないときは，測定と計算は利用者自身が行なうことに限定されるが，電波を発射するときは測定および計算は利用者側でも，衛星または衛星経由で地上局ででも，選択が自由である。後者によるときは利用者の方に負担がかからない。

(c) 瞬時的測定と一定の時間をかけた測定の別

速度の遅い船舶の場合は何を採用しても利用可能であるが，速度の速い航空機，特に超音速ジエツト輸送機（SST）では測定時間中の移動距離の誤差が機位測定の誤差に大きく影響するので瞬時的測定が必要となる。

(d) 測定要素

衛星と利用者の相対位置の測定要素として可能なものには距離（距離の和または差，距離の時間変化率などを含む。）と角度（角度の和または差，角度の時間変化率などを含む，角度の場合は座標のとり方でいろいろな測定が考えられる。）とがある。1回の位置決定には原則として3つの要素の測定が必要であるが，船舶の場合は地球の形を利用して，地球中心から船までの距離が船位決定の一要素として利用可能であるが，航空機ではこのために高度計を利用して測定した高度と地球半径との和の値を使用する必要があるので，高度計の誤差が機位決定誤差に入つてくることになるのであまり好ましくない。

3. ゼネラルエレクトリツク社提案の航行衛星システム[1)]

GE社は衛星から利用船までの距離を測定し，これらの測定および計算（データ処理）をすべて地上局で処理する航行衛星システムを航空宇宙局との契約により研究し提案している。このシステムは6局の地上局と24個の衛星から構成されている。

3.1 システムの動作の概要

航行衛星として能動モード（利用者が電波を出す）と受動モード（利用者は電波を出さない）の両モードが用意されている。

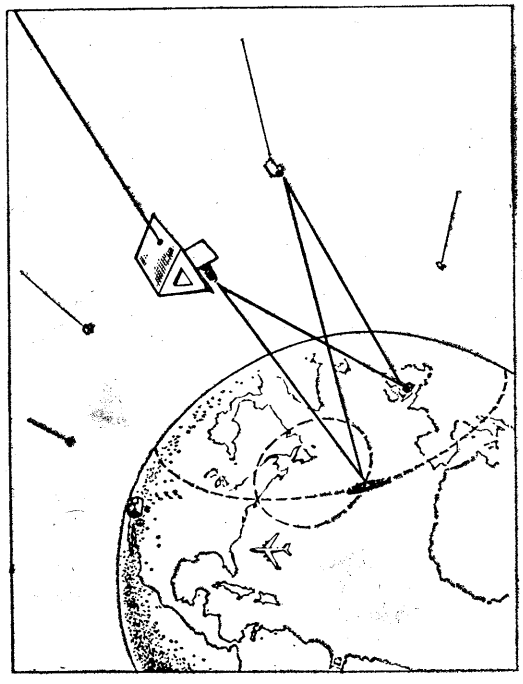
(1) 能動モードの動作

船や航空機などの利用者がこのシステムに入ろうとするとき，すなわち，出港または離陸の直前には，衛星を経由して最寄の地上局にその由を届け出る，地上局は利用者の種類に応ずる時間間隔——船舶は毎時1回または2時間に1回，航空機は8分または10～15分に1回超音速ジエツト旅客機（SST）は4分または3分に1回（この数字はここに示してあるように文献により若干異なる。）——の0.25秒の時間を割当て，測定の順番をきめる。その順番がくると，地上局は先ず1個の衛星に向け利用者

ごとに登録されている番地コード，衛星の番地コードなどより構成される前置パルスなどと数個の測距パルスとよりなるパルス列を送信する。これを受信した衛星は直ちに応答し，そのパルス列を地球面に向けて再送信する。利用者は自分の番地コードが受信されたときに限つてこれに応答し，測距パルス列を衛星に向けて再送信し，衛星は再びこれを地上局に中継する。地上局は衛星からの再送信を受信し，地上局→衛星→利用者→衛星→地上局と地上局→衛星→地上局との電波伝搬時間の差から，衛星と利用者の間の距離を測定できる。

この第一の呼びかけから数 ms 遅れて別の位置にある第2の衛星を使つた呼びかけが行なわれ，その衛星と利用者間の距離が測定される。利用者が航空機のときは機内の高度計の読みの値を測距パルス列のあとに付加して応答パルス列に含ませる必要があるが，もし第三の衛星が利用できるならば高度の値は不要となる。

別の位置にある2個の衛星を使用して2回の距離測定は，地球面上または航空機の高度に応じた仮想定に第1



第1図 GEの航行衛星システム

図に示すような2本の位置の円を画き，この円の交点の一方が利用者の位置となる。円の2つの交点は普通大きく離れているので推測航法によつて区別できる。一利用者に対する測距および計算は¼秒以内に終り，その位置はつぎの¼秒間に衛星経由で利用者に送信され，利用者用機器内の時計による時間表示とともに自動表示される。一方この同じ¼秒間にはつぎの測距が行なわれている。このようにして2(3)個の衛星と1局の地上局とは毎時14,000回以上の位置決定ができる。この位置情報は地上局にも表示および記録され，必要に応じ航行管制センターなどの外部機関に送られる。また管制上の指示事項は位置情報を送るのと同じパルス列に含ませてコード化し，衛星経由で利用者に送り，そこで自動表示することもできる。

(2) 受動モードの動作

軍艦など電波の発射を好まない利用者用で，30秒ごとの¼秒がこのモードに割当られている。このときは地上局は一対の衛星を選び，一般番地コードとそれにつづいて衛星の位置（緯度，経度および高度）情報を送信する。そのあとに両衛星からの再送信が約0.1μs の精度で同時に行なわれるよう，衛星までの電波伝搬時間を考慮して地上局から両衛星に別々の測距パルスを送信する。利用者は両衛星からの測距パルスの到来時間差を測定すると両衛星までの距離差が求まり，計算によつて両衛星を焦点とする双曲線面が得られ，その面と地球面との交線が1本の位置の線となる。地上局は30秒ごとに別の組合せによる一対の衛星を使つてこの動作を繰返すので，別の位置の線がつぎに得られ，航走中でも十分位置決定ができる。計算は手計算が可能とのことである。

以上の位置決定の両モードの他に，このシステムはつぎのような目的に使用しうる。

(3) 高精度の位置決定

前記各モードの位置決定精度は1海里以内であるが，測量船など特に高精度を要求するときは，高精度用に設計された利用者機器を使つて，衛星が最も都合のよい配置になるのを待つて数回の連続測定を行ないその平均をとれば0.1海里の精度の位置決定ができる。

(4) 非常モードによる海空の救難

利用者がその機器の非常用押ボタンを押すかまたはトランスヂユーサの働きによつて自動的にこのモードに入り，地上局で警報が鳴るとともに，その利用者の位置が決定され，また利用者には地上局へ警報が伝達されたことが知らされる。このモードの動作はすべてに優先して行なわれる。

(5) 長距離コード通信

(6) 遠隔地に置いた無人局からのデータの収集

気象データの収集や流氷監視などに利用できる。

(7) 全世界の1ms程度の時間同期

3.2 システムの構成要素

この提案のシステムの使用周波数は，衛星よりの送信は地上よりの送信は500Mc，地上よりの送信はすべて550Mc で，この周波数は電離層の影響，衛星搭載送信機

の出力，送受アンテナの共用とその指向性などを考慮して定められたものである。この他に 1500Mc 帯の利用も検討されているが，そのときは送信出力を 9 倍にするかまたは利用者用装置のアンテナを 40° 程度の指向性のものとし，衛星を自動追尾する必要が生じ，利用者側装置が高価なものとなるので採用されていない。送信はすべて PCM-AM で，5μs ごとに幅 1μs のパルスを送信し，パルスを送るときが 1，送らないときが 0 の 1 ビットとなり，1 回の送信は最大 100 ビットでそのあとに通信長さ 500μs の 500 倍，25ms の休止時間を置くので，衝撃係数は最大0.0004となり，尖頭出力 35KW に対し，平均出力は15W程度となる。この送信出力値は衛星，地上局，利用者とも同じである。

(1) 地 上 局

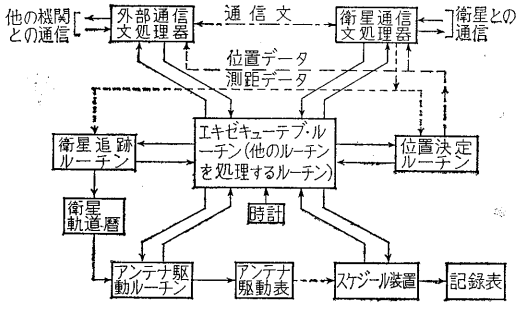
測定，計算などすべての複雑な機能は地上局に集中され，そのため衛星および利用者の機器は簡単で信頼性の高いものになる，地上局は衛星を追尾する指向性アンテナと無線装置，大型計算機を含むデータ処理装置，記録および表示装置，通信装置などから構成され，同時に数個の衛星と接触するために，予備を含めて 4 ～ 8 組のアンテナと無線装置が必要である。

地上局のデータ処理装置はつぎの機能が必要である。

(a) 追跡データから衛星の軌道要素の決定および衛星位置の予報とその精度
(b) 利用者に対する衛星の割当
(c) 測距データから利用者位置とその精度の計算
(d) 地上局アンテナを衛星に向けるための信号の発生
(e) 全利用者への測定時間の割当とその測定記録の保存

第 2 図は UNIVAC が考えた地上局計算機の主要ルーチンの構成である。

衛星の刻々の位置，すなわち軌道要素の決定は¼秒ごとに得られる地上局と衛星との間の測距データをするか，ときには 3 定点からの同時測距によつて行なわれる。地上局との連続測距データは 100 点の測点ごとに 1 点をサンプリングして地上局のうちの 1 局に設けられた中央計算装置に送り，ここで軌道をより正確に決定される。6 局の地上局の技術的にのみみた最適配置は第 1 表および第 7 図に示すとおりである。

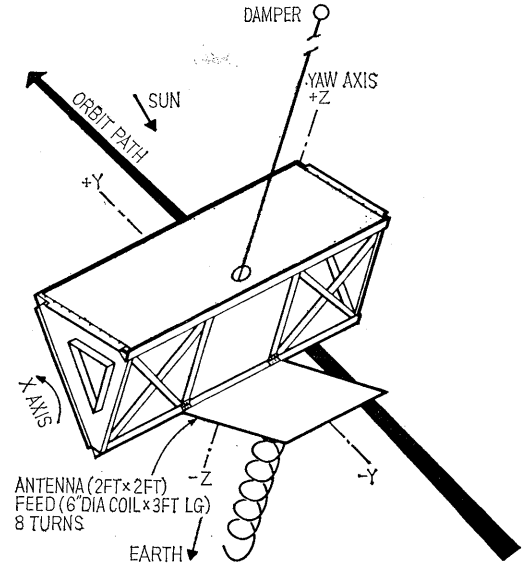


第 2 図 地上局の計算機のルーチンの構成

(2) 衛　　星

赤道に対し 51° の傾斜をもつた 4 つの高度5600海里の円軌道に 6 個ずつ，計24個を乗せる。打ちあげは Atlas Agena ロケツトにより 1 度に 6 個ずつ同時に行ない，ロケツトの最終段が軌道に乗つたのち，6 個の衛星がかたまらないようにしながらつぎつぎに打ち出し，同じ軌道上に分散配置させる。

各衛星は第 3 図に示すような 3 角プリズム型で本体の



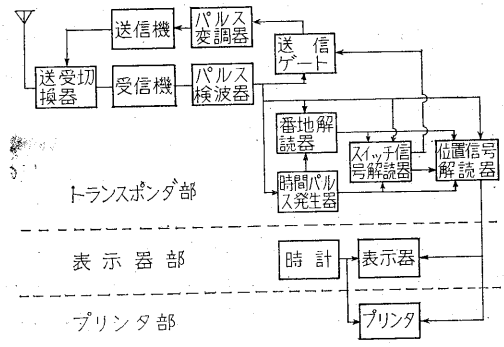
第 3 図 ＧＥ提案の衛星

大きさは 69×113×66cm，重量は68kg，アンテナを地球に向けるための重力傾斜による姿勢制御および太陽電池を太陽に向けるための姿勢制御を行なうことになつている。一次電源は 130W の太陽電池で衛星の 2 面に設けられ，アンテナは図に示すようなアース面付らせんアンテナ（直径 18cm，長さ76cm，6 T，円偏波，利得12dB）で 90dB のダイプレクサで送受共用している。受信機は雑音指数 5.6dB で帯域幅は 1 Mc である，なお136Mc のテレメータチヤンネルがある。

(3) 利用者用機器

能動および受動モード用の 2 種類に大別され，前者はまたコード通信用の符号化回路や表示器の付加などによつてより高級なものとすることも考慮されている。

第 4 図は能動モード用利用者機器の系統図である。アンテナは船舶では安定用ジンバルに取付けたアース面付



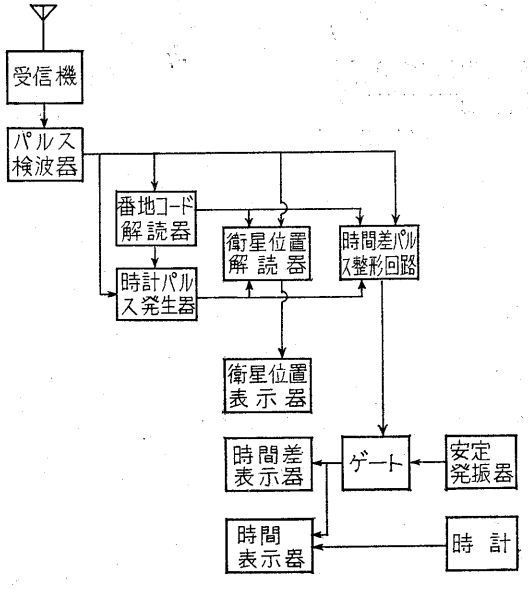
第4図

¼波長垂直スタブ，小型航空機では導電性機体上に取付けた¼波長スタブ，大型航空機では直径 30cm の表面マウントのループである。最も簡単な，基本的なもののみの機器の価格はトランスポンダ部1,700ドル，表示器部300ドル，計2,000ドルが予定されている。

第5図は受動モード用の機器の系統図で，アンテナ，受信機などは前者と同じであるが，測定部は1分間当り 10^{-8} の安定度をもつ 16,176,000c/s の発振器の周波数を2個の衛星からの測距パルスでカウントの開始と終了を行ない 1/100 海里までの距離差を直接表示する。

3.3　システムの性能

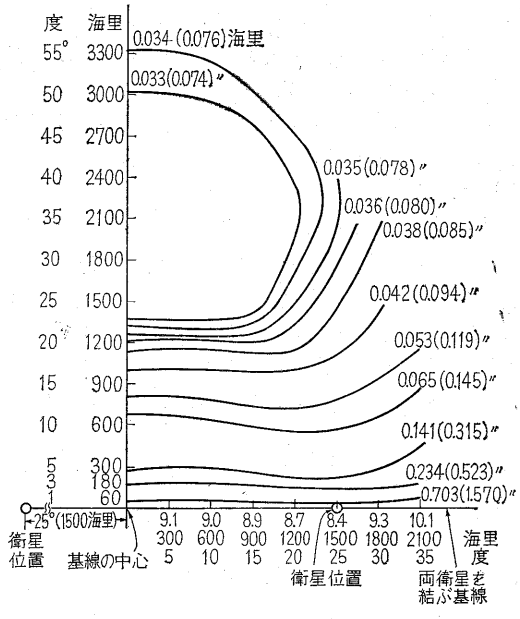
(1)　地上局の有効範囲



第5図

一つの地上局が利用者を呼びかけることのできる地域は，呼びかけを同時に2個の衛星によつて行なわなければならないという事実によつて定められる。つまり有効範囲は2個の衛星を利用者と地上局とで同時に見ることのできる地域となる。この場合に利用者または地上局が衛星を見る最小仰角は 5° にとつてある。図式解析と電子計算機による解析とが行なわれている。

図式解析は16個の衛星が理想化した4つの軌道パターンにあると仮定し，衛星の位置がいろいろな場合の有効範囲を地図上にプロットしたものである。第7図はカル



第6図　8局の地上局による有効範囲

フオルニア，ニユージランド，アルゼンチンの3局についての有効範囲を示しており，斜線で示したこれら3局の裏側にある小部分を除いて地球面の大半をカバーしているので，残りの3局の有効範囲を重ね合わせれば十分の余裕をもつて全地球面をカバーできることが想像される。

電子計算機による解析では，衛星が半不規則的に分布しているいくつかの例について解析され，その結果は全地球面が常にカバーされていることは証明されなかつたが，有効範囲に多くの重復部分のあることが判明した。この解析で衛星の個数を16個としているのは，前述の24個の衛星のうちの一部は予備として考えられているためである。

(2)　固定誤差の解析

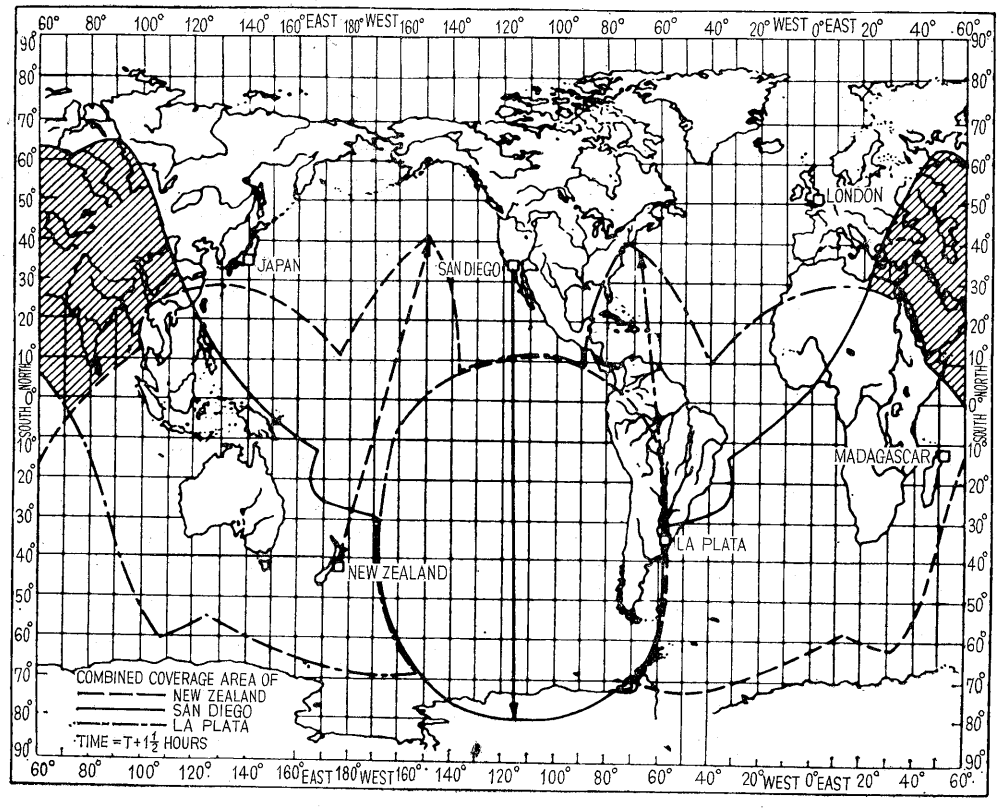
位置決定誤差の主な要素は衛星の位置誤差と測距誤差とである。前者に影響を及ぼすパラメータの一つは地上局位置の測量誤差である。これは2つの仮定，すなわち第1表の最右欄の場合と緯度，経度の標準誤差を 50ft，高度のそれを 20ft と第1表よりも良好な値とした場合

第1表 地上局位置とその推定測量誤差

局位置	経度	緯度	経度，緯度，高度の測量誤差の標準偏差 (ft)
長崎（日本）	130°E	33°N	213
クロイドン(英国)	0°	51.5°N	125
マダガスカル	49°E	19.5°S	175
ラフラタ（アルゼンチン）	58°W	35°S	115
ラモナ（カルフォルニア）	117°W	33°N	115
ニュージランド	174°W	36°S	223

とについて検討されている。衛星位置の誤差は打ちあげ後，時間の経過とともに測定データが増すのでよくなり，1日位たつと大体安定してきて，上記の仮定数値を使つた解析例では前者の場合で200ft，後者の場合は100ft をやや越える値に落ちついている。

測距誤差に影響するパラメータの主なものは，電波伝搬，特に電離層の屈折効果と測定機器の器差とである。前者は太陽の黒点活動の普通の場合，衛星を見る仰角5°で1,550ft，40°で750ftと大きいが電離層観測網の充実により，その大部分が補正可能で，周波数500Mcの



第 7 図

場合の残存誤差には100ft 以下に保ちうると述べられている。後者の器差による誤差は100ft よりかなり小さい。

第6図は上記の2誤差を組合せた位置決定の等精度曲線である。カツコ内の位置決定の誤差の値は ±200ft の測距誤差と ±100ft の位置誤差のあるとき，カツコ外の値は両誤差がともに ±100ft のときの値である。位置決定精度は使用する2衛星の直下点を結ぶ線付近では極めて大きい（この点がこのシステムの大きな欠点である）が，その他の地域では±1.0海里以内でその多くは±0.1海里の高精度をも満足している。

(3) 同期衛星の利用

このシステムは2個の同期衛星と地上局とで局地的なシステムとすることができるが，前項で述べた通り，2つの衛星の直下点を結ぶ線上，すなわち赤道付近で精度が非常に悪くなるのが欠点である。GE では15°W と50°W の赤道上にある2個の静止衛星によるシステムを提案しているが，この場合に，衛星のアンテナの指向性をより鋭くし，短軸5.3°，長軸11.5°の楕円形のビームを持つた指向性電波の中心を 38°N，32.5°W あたりに向けることにより，有効範囲を，北限76.3°N，32.5°W，

南限19.7°N，32.5°W，東限22°E，38°N，西限87°W，38°N の北大西洋に限定しており，所要送信出力を高度5,600 海里の衛星の場合よりも逆に少なくてすむように考えている。

(4) システム構成の推算費用

つぎのとおり推算されている（単位百万ドル）

システム開発費	50
地上局	6.0×6局
衛星	0.40×24個
衛星打りあげ	9.0×4回

（Atlas Agena で1度に6個の衛星を打ちあげ）

運用費　地上局	1.0×6局

（1年当り）衛星（3年ごとに更新するとして）22.8

5. ウエスチングハウス社提案の航行衛星システム[2)]

(1) システム動作の概要

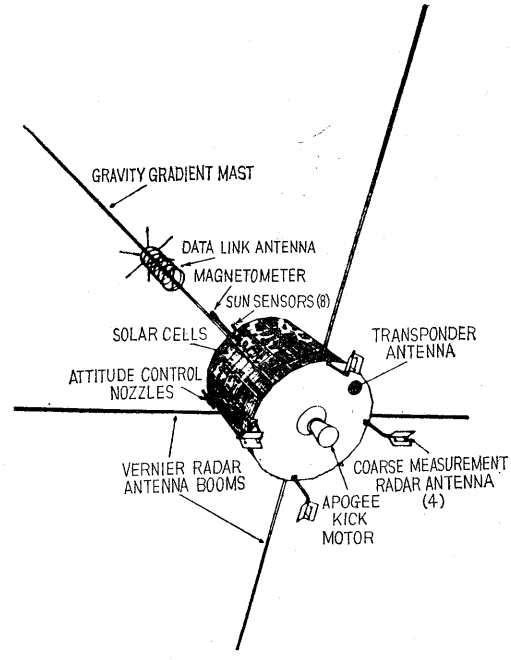
このシステムがGE提案のシステムと異なつているのは，1個の衛星からの距離と2つの角度との同時測定により利用者の位置を決定する方式であり，この場合も衛星は単に中継器としての動作をし，測定および計算はすべて地上局で処理されるようになつている。なお利用者が航空機の場合にも機上で測定する高度情報は全く不要である。また，利用者のシステムへの出入り手続などはGEの場合とほぼ同じである。

衛星に対する利用者の角度を測定するためには，衛星の位置とともに衛星の地球に対する姿勢をも精密に決定しなければならず，そのために地球上の既知の点に地上基準局と呼ばれる簡単な機器を一つの衛星について同時に3局の測定ができるように全地球面の適当な場所に配置する必要がある。これに対してGEの地上局に当る測定および計算を行なう局は地上制御局と呼ばれるが，この地上制御局はときどき衛星に指令して衛星に対する地上基準局の距離と角度とを測定し，衛星の位置と姿勢とを決定する。このシステムの各種の利用法は受動モードを含まない点を除いてはGEのそれとほぼ同じであり，位置決定精度も普通1海里，高精度0.1海里を目標としている。

(2) システムの構成と測定動作

2種類のシステムが提案されている。その一つは高度6000海里，赤道に対する傾斜角55°で互に直交する2つの軌道に4個ずつ，計8個を打ちあげた中高度衛星と6局の地上制御局，18局の地上基準局とからなるシステムであり，もう一つはすべて同期高度（19,300海里）にあり，そのうち2個は赤道上に静止し，残りの3個は極軌道をまわる衛星とから構成される5個の衛星と2局の地上制御局および8局の地上基準局とからなるシステムであり，動作原理などはすべて同じと考えられる。

提案されている衛星の一例は第8図に示すとおりであり，重量は約180kg 全面を太陽電池で覆い，重力傾斜による姿勢安定によりアンテナは常に地球を指向する。中高度軌道にこの衛星を乗せるためには推力増大 Delta ロケットが，また同期軌道に乗せるためには Atlas Agena ロケットが必要となる。

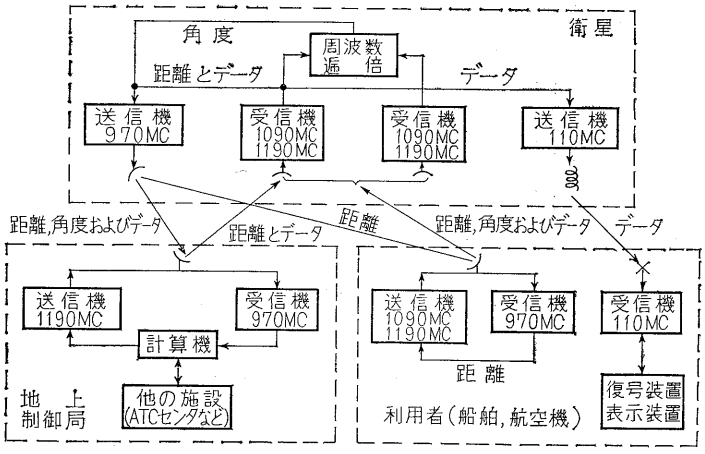


第8図　ウエスチングハウス社提案の航行衛星の一例

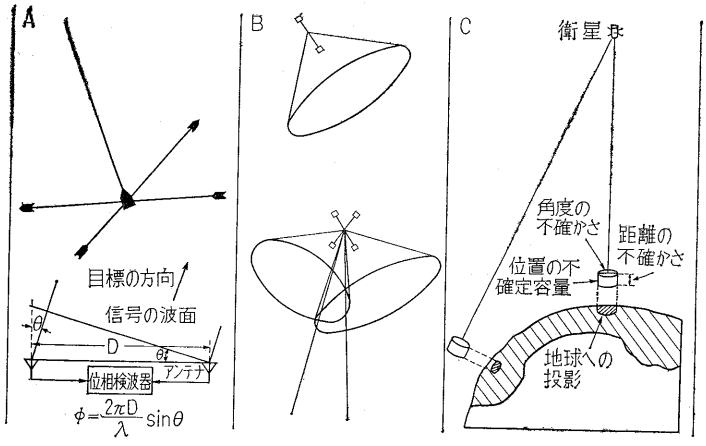
使用周波数は1,000Mc 帯であり，別に 110Mc がデータ伝送用に使用されている。全システムのブロック図は第6図に示す。

このシステムの距離測定の部分はGE提案のシステムとほぼ同じであるが，パルス圧縮レーダで使用されているFMパルス引伸し，技術を利用し，受信機帯域幅の圧縮と送信機の尖頭出力の減少を行なうことが考えられている。すなわち，地上制御局で幅 6.3μs の測距パルスは 318μs の幅に引伸ばされ，衛星と利用者での応答再送信を経たのち，再び地上制御局で元の 6.3μs に圧縮される。そのため衛星と利用者用機器の通過帯域幅は 159kc にとることがでる。またこの技術の使用による回路の複雑さは地上制御向にのみ集中される。

角度測定はこの測距パルスにつづいて利用者および地上基準局から送られる幅 7ms，尖頭出力 3.5KW の角度測定用パルスで行なわれる。衛星は図に示されているように互に直交し，かつ地球面に平行な4本の長い腕木を



第9図 ウエスチングハウス社提案の航行衛星システム（インタフエロメータのアンビギテイを除くために周波を使用する場合



第10図 角度測定用インタフエロメータの原理

本体から外につき出している。この腕木の先端にインタフエロメータのアンテナがとりつけてあり，互に向き合つた腕木同志のアンテナが1組となり，つまり2組のインタフエロメータを形成している。インタフエロメータ（電波干渉計）は天体電波の観測や最近の人工衛星追跡用のミニトラツク局で使用されているものと同じ原理で電波の到来方向の精密な測定ができるものである。インタフエロメータの原理は第10図に示してある。A図に示したようにDだけ離れた2個所にあるアンテナにアンテナの基線とθなる角度の波面で入射して来る電波は当然左側のアンテナでは遅れて，受信されそれを両アンテナの受信の位相角の差ϕで表わすと

$$\phi=\sin\theta\cdot 2\pi D/\lambda$$

となり，位相検波器の出力ϕと電波の波長λおよびDがわかればθを求めることができる。この衛星の腕木の長さは50ftであり，Dはほぼ100ftとなりまたλは上記周波数より0.8～0.9ftである。角度の測定は地上制御局で行なわれるのでこのϕのデータは衛星より地上にデータリンクされなければならない。その回路は第11図に示すとおりで，両アンテナへの受信入力は共通の第一局部発振器で第一中間周波（50Mc）に，更に互に正確に5kc異なる2つの第二局部発振器で第二中間周波に変換されたのち混合されたのち基準の5kcとともに地上制御局へ伝送，ここで分離して位相差が測定される。

より条件のきびしい同期衛星の場合について簡単に測角精度を検討してみると，同期高度の衛星が地球を見る角度は±15°以内であるから，インタフエロメータの感度は

$$d\phi/d\theta=\cos\theta\cdot 2\pi D/\lambda\simeq 2\pi D/\lambda$$

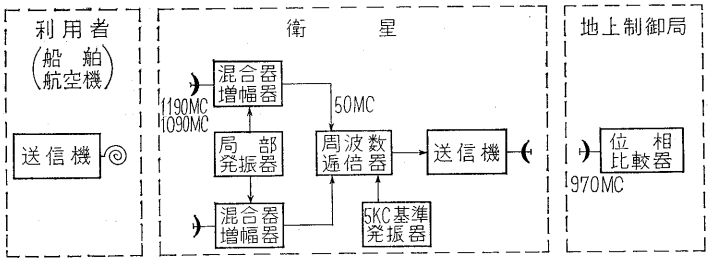
ただし$\cos 15°\simeq 1$とする。また前述のとおりのDおよびλを入れるとD/$\lambda\simeq 100$となる。もしSN比42dBのとき，電気角1°までの位相差測定が可能であると仮定すると

$$d\theta\simeq 6'$$

となる。これは同期高度の衛星では地球上で±0.6海里の距離に相当する。

一組のインタフエロメータによる測角の結果は図のBの上図に示すようにその頂点がインタフエロメータの基線の中心にあり，軸が基線に垂直な円すい面上に利用者がいることをきめる。従つて互に直交する2つのインタフエロメータによる測角ではBの下図に示すように2つの円すい面ができ，利用者はその2本の交線上の何れかにいることになる。多くの場合交線のうちの1本は地球以外を指向する。2組のインタフエロメータによる測角と測距とは図Cに示すように利用者の位置を決定し，航空機の場合でも，航空機からの高度情報は不要である。また測距と測角の精度がほぼ同程度のときは，位置誤差を示す円筒形の直径と高さはほぼ同じとなり，地球面上への投影である位置決定誤差は衛星に対する利用者位置の如何を問わず同程度となる。

インタフエロメータによる測角では基線長Dが使用波長λより長いときは一つの電気角ϕに対し多くの電波の入射角θが対応し，アンビギテイを生ずる。このアンビギテイは第9図および第11図に示すように2つの周波数



第11図　測角データの伝送

1,090Mc と 1,190Mc で測角を繰返すが，あるいは第8図の衛星本体の下方に示されているような，基線長の短かい別の粗測定用インタフエロメータ（図では Coarse Measurement Radar Antenna と書いてあるもの）で同じ周波数による測定を繰返すことで解決することが考えられているようである。

地上制御局の役割，内容等はGEの場合とはあまり変わらないが測定回数は毎時10,000回とやや少ない。また地上基準局は非常に簡単なものでよく，既存の大学や研究所の建物の屋上に簡単に設置でき，保守などもそこに委託することが考慮されている。使用者側装置は電気回路的なものは別として機能はGE提案のものとほぼ同じであり，その価格は5,000ドル程度であるという報告もある。

5. 地上局におかれた電子計算機の要件とシステムの容量[3)]

航空宇宙局からの委託によりUNIVACにおいて，主としてGEのシステムについて行なわれたもので，その一端は第2図に示してある。この研究では各ルーチンについて，所要計算時間が検討された，位置決定の計算は1回につき 1～2ms で完了することが求められ，毎時14,000回の測定を行なうとしても，1時間のうち約30秒がこの計算のために費されるにすぎない。位置決定に要する時間の大半は地球と衛星間の電波伝搬時間であり，高度5,600海里の衛星まで片道 30～50ms，1回の測距には2往復を要するので120～200msを要する。従つて，毎秒5回，毎時18,000回までの測距が可能である。第2表は1960年の交通量をもとにした1985年の北大西洋におけるピーク交通量の推定値であり，提案のシステムとしては十分の容量をもつていると述べている。

同時に2～3個の衛星を使つたGEシステムの測距では，それらの衛星との距離によつては利用者機器内などで測距パルスの同時到着による混乱がおきるおそれがある。その確率の予備的な解析が行なわれ，全測距回数の3%以下であることが求められた。この場合は測距をもう一度やり直すことになる。

第2図中コード通信の符号化，解読，測距スケジュールの決定などもその所要時間は位置決定ルーチンのそれとほぼ同じであるが，衛星の軌道の決定とその予報のルーチンは現在のところその精度維持のため実時間で求める必要があり，この計算過程は解析の結果極めて複雑であることが求められ，一局当り3～5個の衛星を追跡するとすれば，現在の大型計算機1～2台の全時間使用に見合う計算量を必要とするが，近い将来の計算機の計算速度の向上を考慮すれば各地上局は予備機を含めて2台の大型計算機を設置すれば十分であろうことが結論されている。

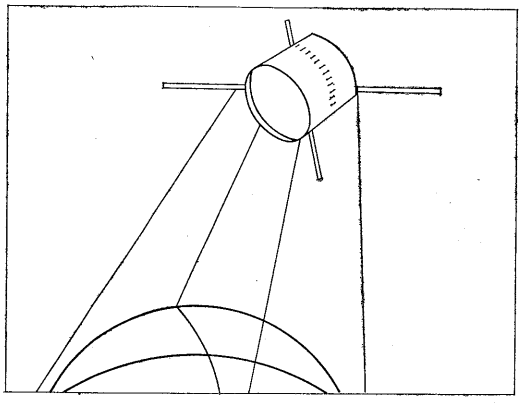
第2表　1960年と1985年の北大西洋のピーク交通量

利用者の種類	ピーク隻数		1隻1時間当りの位置決定回数	1時間当りの位置決定の合計
	1960	1985		
船　1000 t 以上	5,100	6,800	0.50	3,400
船　5～999 t	3,900	5,200	0.25	1,300
漁船航行中	9,375	12,500	0.25	3,125
漁船 On Station	40	40	60.0	2,400
測量船	10	10	60.0	600
SST		125	30.0*	3,750
ジエット機	65	30	6.0*	180
プロペラ機	120	50	4.0*	200
計				14,955

*印の数値は ATC システムによる最大管制回数によつている。

6. フイルコ社の提案する航行衛星システム

最近の航空宇宙局からの論文に見られるシステムであるが断片的な紹介のみであり詳細は不明である。衛星からの角度測定を利用するシステムで原理的には受動的システムである。このシステムの衛星はスピンによる姿勢安定を行ない，そのスピン軸は軌道面と垂直とする。衛星にはスピン軸と直角であり，かつ互に直交する2組のアンテナを持ち，このアンテナから第12図に示すような直交した2組の扇状の電波ビームを常時発射する。2つの扇状ビームの電波の周波数は若干異なつたものとする。この扇状ビームは衛星のスピンによつて2回転し，地球表面を円孤を画きつつ横切るだろう，いま扇状ビームが例えば衛星直下点のような既知の点を横切つたときに衛星から別のパルス電波を発射すると。利用者をそれぞれの扇状ビームが横切つたときとこのパルス電波の受信との間の2つの時間差の測定から衛星の直下点に対す



第12図　フイルコ社提案の航行衛星システム

る利用者位置が求まる筈である。このシステムは丁度現在の回転ビーコンと同じ原理を使うものであるが実現にはスピンの安定，扇状ビームの形成などいくつかの解決すべき困難な技術的問題を有している。なお計算は利用者が行なつても，利用者が測定データを衛星経由で地上局に送つて計算機で処理してもよい。

7. 計画のその後の経過[2)4)5)]

航空宇宙局は「航法」という言葉を「地球」上における1点から他の点への移動の援助」と解訳し，位置決定，通信，安全の援助，捜索救難，安全かつ効率的な交通のためのデータ（海洋学的，気象学的および放射線的なものを含む）の収集などを含むとしており，航行衛星をこれらのすべてに役立ちうるという観点から検討している。前述の研究委託により提案されたシステムに加えてミシガン大学連邦航空局 FAA よりの研究委託による），RCA，Cubic Co. などの提案になる航行衛星システムをも含めて航行衛星に対する要件，性能や価格などの面より見た各種システムの検討などを行なうため，関係の政府機関との間で Joint Navigation Satellite Committee（航行衛星連絡委員会）が1964年9月に設置され，この委員会は1965年末までに最終報告をとりまとめる意向である。

この動きとは別個に航行衛星システムの一つの大きな役割である通信の実験のためにシンコム3号が選定され，シンコム3号の 136Mc のテレメータチヤンネルを利用し，大平洋を飛行中のパンアメリカンの貨物機と陸上基地局との間で衛星経由の VHF テレタイプ通信の実験が行なわれ一応の成果をあげている。

現在，航空宇宙局が計画中の Application Technology Satellite（ATS）シリーズでは航行衛星のためのいくつかの実験が加えられているようである。例えば本年末，大平洋上空に打ちあげ予定の ATS—B には前述の VHF 対空通信実験を一層発展させるため，航空機と船の間の音声通信のできる VHF トランスポンダを搭載する予定となつており，米国内では各航空会社等への実験参加の呼びかけが行なわれている。また，6,000 海里軌道での重力傾斜姿勢制御の実験のための ATS も計画中に含まれている。これらの ATS シリーズの実験に引続いてその2年あとに北大西洋を主たる対象とした初の民間用航行衛星打ちあげが航空宇宙間によつて進められる予定といわれている。

主要参考文献

1) R. E. Anderson ; A Navigation System Using Range Measurements From Satellites With Cooperating Ground Stations, Navigation Vol. 11, No. 3, pp 315～334 (1964)

2) E. S. Keats ; Navigation Satellites ; beacons for Ships and planes, Electronics Vol. 38, No. 3 pp 79～86 (1965)

3) H. B. Horton ; Computational Feasibility of Navigation by Satellite Navigation, Vol. 11, No. 4 pp 387～392 (1965)

4) L. Jaffe ; Examining Satellite Techniques for Navigation Systems, American Astronautical Society a National Meeting (Aug. 1965) における講演予稿

5) E. Ehrlich ; Navigation Satellite for Worldwide Traffic Control, Astronautics & Aeronautics, pp 54～60 (Dec. 1965)

II. オメガ航法システム

抄訳 *船舶技術者研究所 木 村 小 一

II. The OMEGA Navigation System

by E. R. Swanson & M. L. Tibbales From NAVIGATION
Vol. 12, No. 1 Spring 1965

Translated by
*Ship Research Institute, Koichi KIMURA

1. はしがき

オメガ (Omega) は，10～14kc の電磁スペクトルの国際的に割当られた航法バンドで動作する (VLF) 超長波航法システムである。ロランと同様に，各一対の局が航行者に一群の双曲線の位置の線を与える。局と局との間の5,000～6,000海里の基線が最大限僅か8局で全世界を有効範囲にできる。

1.1 歴 史

双曲線の位置の線をその特性とした電波航法システムは，第二次世界大戦中に一般的に使用されるようになつた。この種の最も広く使用されたシステムはロランであつた。戦争以来，ロラン網は約80局で構成されるまでに拡張し，北半球の35%程度の航法上の有効範囲を与えている。

現在ロランAと呼ばれている標準ロランシステムは，地上局から600～1,200マイルの最大距離で，1～5マイルの間の位置決定精度を船と航空機に与えている。ロランAは 2,000kc 近くの周波数で動作している。

標準ロランシステムの距離を伸ばす努力は始め 180kc で動作する LF ロランが 1945～1947 年に実験的に着手され，1950年代の末にそれは 100kc 近くで動作する現在のロランCに発展した 。このシステムは0.1～0.5海里の精度と 2,000 海里までの有効距離を与える。

ロランに対し，初めからの寄与をしていた J.A. Pierce が双曲線航法システムの開発の努力を時間差の測定から，位相差測定へ変える指示を勧告したのは1947年であつた。Pierece は Radux[1] という 50kc 付近の周波数の 200c/s の正弦波変調で動作し，変調周波数の位相差測定によつて航海者の位置を決定する海軍のシステムを提案した。Radux は米国西海岸とハワイとの間で動作する実験システムにまで開発され，2,000 マイルをこえる範囲で，5マイル程度の二乗平均誤差精度であるという Pierce の予言が確認された。

50kcおよびそれ以下の非変調搬送周波数の伝搬媒体の安定性は，Radux 開発時の Navy Electronics Lab. と Pierce による 16kc 大西洋横断試験[2] によつて示され，1955年に VLF 搬送波の位相システムの可能性を示した。先ず始めに「粗位相」測定のための 200c/s 変調と 10kc における「精密位相」搬送波位相測定とを組合わせた 40kc のRadux が計画された。このシステムは Radux-Omega として知られたけれども二つの理由から短命であつた。その一つは基本的な精度の要求がより厳格になり，第二は変調帯域幅における大気雑音電力が 3,000 海里をこえる送信機電力の経済性をはるかにこえることであつた。完成時における全地球有効範囲には Radux-Omega は少なくとも 35 局が必要であり，陸上局としてのある地理的な場所は存在しない。

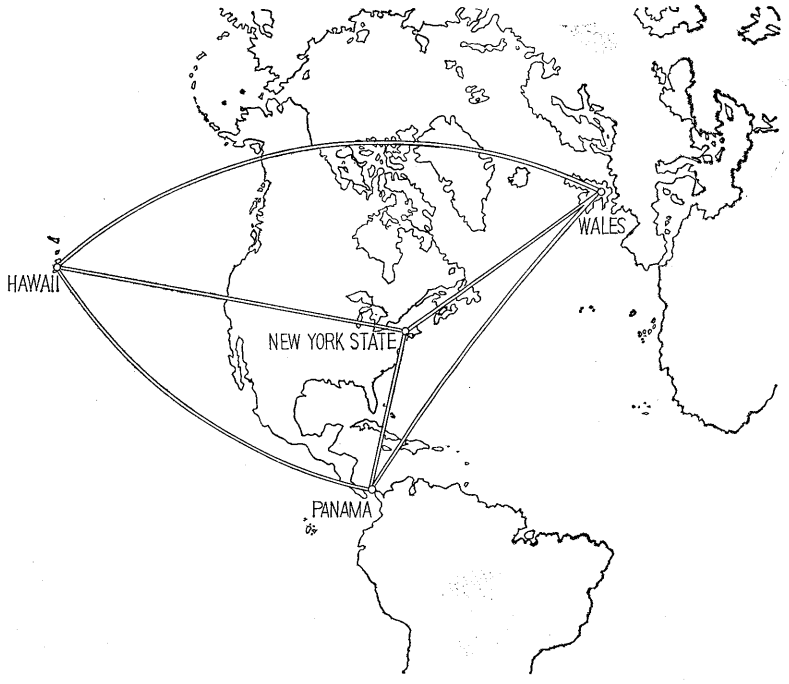
オメガ (OMEGA) と呼ぶ全 VLF システムのための予備的研究の始められたのは1957年であつた。1958年と1959年に初期の研究についての2つの論文が書かれている。[3][4] この論文は，それらに続いてシステムの現在の形と最近の運用結果の他に，全世界を有効範囲とするシステムへの発展の可能性について述べたものである。

2. システムの特性

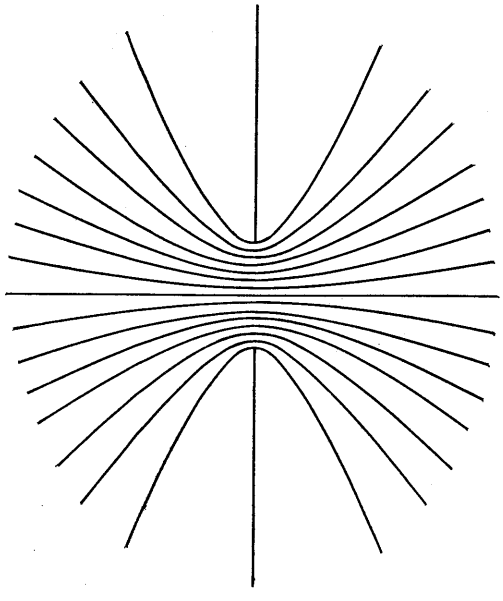
2.1 現在のシステムの地理的な配置

第1図に示す現在のオメガ実験システムはパナマ運河

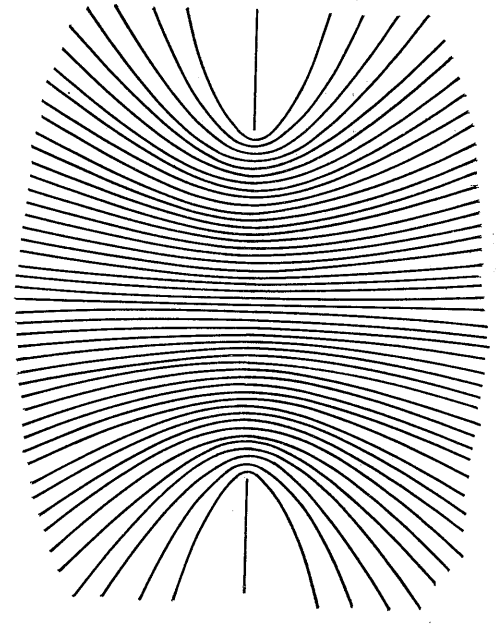
*住所 三鷹市新川 700
Address: 700, Shinkawa, Mitaka-shi Tokyo.



第1図 現在のオメガ実験局の配置



第2図 短基線の位置の線の発散



第3図 長基線の位置の線の発散

地帯にある主局とハワイ，ニューヨーク，英国にある従局とから構成されている。これらの局位置は現存のアンテナと建物との入手の可能性にもとづいて選定されたもので，最も都合のよいシステム幾何学に立脚したものではない。ここに示したシステムは十分な評価プログラムに役立ち，現在も役立ちつづけている。オメガの長い基線の能力はハワイと運河地帯の基線の4,552海里と米国と運河地帯の基線との4,483海里とで実現されている。ニューヨークと運河地帯の基線はオメガの完全な能力を実現するにはあまりにも短かい（2,070海里）。しかしこ

の一つの短基線は逆に，ある地域で過大な位置の線の発散を作り，現存のシステムからの結果を長基線運用システムへ引伸すことを可能にした。

2.2　全世界システムの幾何学

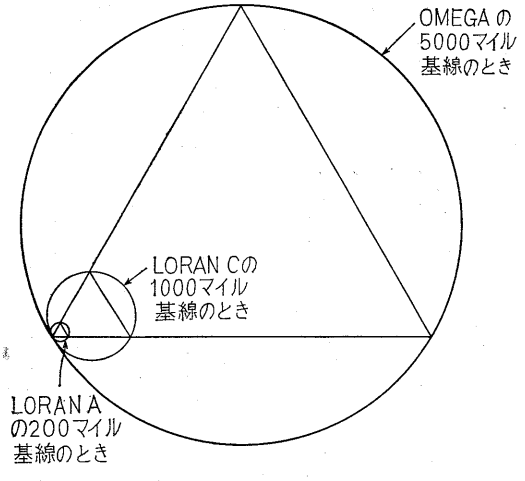
全世界に分布した8局からなる5,000～6,000海里のオメガ基線距離は，システム幾何学上の2つの利点があるであろう。

(1)　位置の線の発散が15%以上にならない。

(2)　利用可能の位置の線の交角が60°以下にならない。

基線距離の比が1：3のときにできる位置の線の発散の比較を第2図と第3図に示す。この場合に，例えば第2図は1,500マイルの基線を表わし，一方，第3図は4,500マイルの基線に対応する。後者は全世界オメガシステムで出合う最小距離となる予定で，それらの局は利用可能な陸上に置かれることになる。

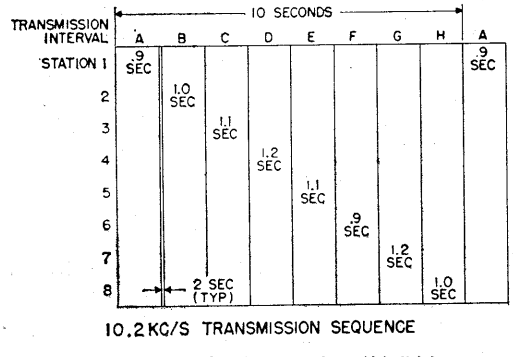
各システムの3局が等距離にあるときのロランA，ロランC，オメガの相対的な有効範囲を第4図に示す。



第4図　各種の航法システムの有効範囲の比較

2.3　現在の信号構成

基本的なオメガシステムでは，信号は各局から順序立てて送信されるVLF（10.2Kc）のCW（連続波）パルスから構成されている。全送信局は同期されている。各局は第5図に示す順序で精密な時間関係の10.2kcパルスを送信する。ここで報告されている運用結果は10.2kcから得られたものである。

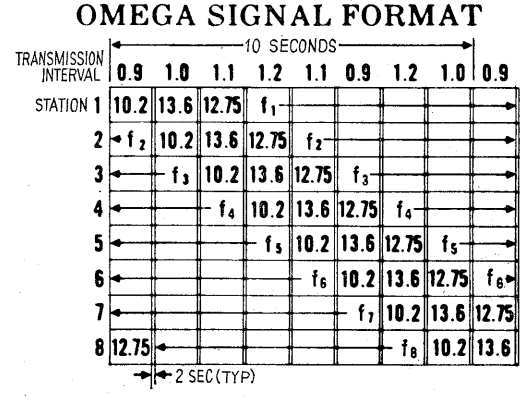


第5図　10.2kc単独のときの送信順序

10秒周期の中のパルス幅とその位置とは航海者の受信機内で送信局を識別する。全システムはUT—2時間の0000時で始まる10秒周期に同期し，10秒間隔で繰返される。8局の送信パターンは8局またはそれ以下の局からなる如何なるオメガシステムにも適用可能である。8局より少ないときには8局のパターンは1局またはそれ以上の局が各10秒周期中に2つの送信パルスのわくを占めることで一ぱいになる。第1図の現在の4局ネットワークでは各局は8つの利用可能のわくの2つの間送信をしている。

2.4　新らしい信号構成

現在，ここで述べてある装置は第6図に示したオメガの信号構成を実施するために Navy Electronic Lab で設計され製作中である。このシステムは3つの基本周波数10.2，12.75，13.6kc を各局から順序正しく送信する



第6図　新らしい送信順序

ことになるだろう。各周波数は一対の同期した2局間の位相差の測定によつて別々の位置の線群を作るだろう。各局のすべての周波数は共通の総合的関係の基準に対し位相固定されるだろう。これは航海者に各々の位置の線の組の間の一定の関係を保証するだろう。

こうして，第6図の信号構成は3つの別々の単一周波数のオメガシステムを構成している。比較的簡単な受信機を持つた船上の航海者は10.2，12.75，137kcを手動スイツチで切換可能で，単位周波数の位置の線，またはこれらの周波数の2つまたは3つの位置の線を順次追尾することができる。

有効範囲内では3つの周波数の総合的な関係はつぎの3組の位置の線の一致を作る。

(a) 10.2kcの3番目ごとのレーンは，13.6kcの4番目ごとのレーンと一致する。

(b) 10.2kcの4番目ごとのレーンは，12.75 kcの5番目ごとのレーンと一致する。

(c) 1.2kcの12番目ごとのレーンと13.6kcの16番目ごとのレーンと12.75kcの15番目ごとのレーンとは一致する。

基線にそつて移動すると，10.2kcの位相差測定は8海里ごとに0°と360°の間の変化をする。従つて，対応する位置の線はオメガ信号を連続的に追尾するかまたはレーン数を確認するために他の航法基準により4マイル以内に彼の位置の知識を持たなければあいまいさが残る。10.2kcと13.6kcとの位置の線を追尾することによつて，その組合せは10.2kcの3レーンのあいまいさが明らかになるだろう。このときはあいまいさは基線にそつて24海里ごとに生ずる。

ある種の利用者はより大きいレーン識別能力を必要とするだろう。12.75kcの位置の線の組を使うことで96マイルの幅の粗レーンが得られる。

第6図ではそれぞれ1，2，……8局によつて送信される周波数 f_1，f_2……f_8 を，追加の航法情報のために計画をされている。これらの周波数は，これを書いている時点では仮決定されているが，すべての他のシステムの周波数に総合的に関連し，10～14kcの間となるだろう。代表的な利用法は航空機のための距離—距離システムに利用できるだろう。各局から送信される単独の周波数は指定の局を識別する。これはすべての局が同じ周波数を時間分割で使用するときのような，受信機内での同期変換の必要性がなくなる。

運用オメガシステムでは各局はその信号構成を一群の原子周波数標準から作るのであろう。これと10秒間の繰返し送信周期な全世界の周波数と時間標準のサービスを与える。

3. 受　信　機

現在，実験システムで使用中のオメガ船載航法受信機は単一の周波数の装置である。1965年末には10.2kcと13.6kcで動作する2周波受信機が利用可能となる筈である。この受信機は両周波数を連続的に追尾し，10.2kcの「精密位相」位置の線と差周波数（13.6—10.2）kcの「粗位相」とを連続的に指示するだろう。位置の読み取りはレーン単位と $^1/_{100}$ レーン単位である。

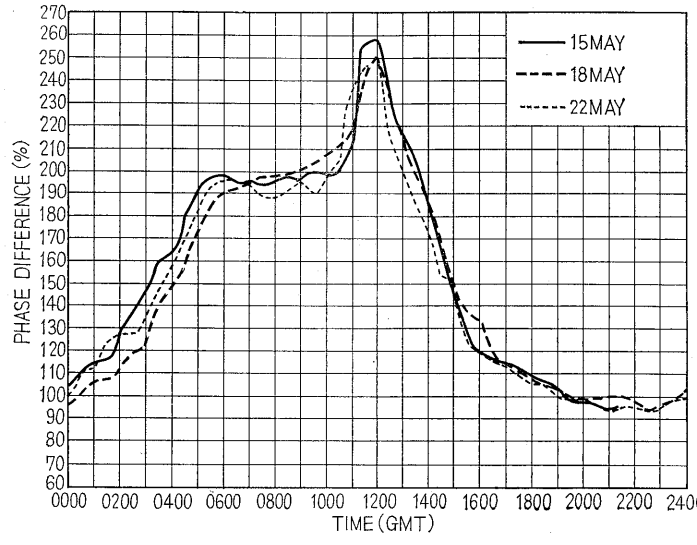
4. 伝　搬　媒　質

多くの近代的無線航法システムは，それが関連する伝搬媒質から最適の結果が得られるように設計される。したがつて，ほとんどの航法システムは伝搬の限界があり，オメガも例外でない。その能力と運用方法は VLF 伝搬特性にその大部分が依存する。

すべての航法システムの基本要件は位置とともに変化する要素を測定するか，あるいはそれを得ることである。星の方角は船の位置により変化するが，それは大気の屈折や他のパラメータによつても変化する。他の変化は二次的な希望しない変化で，精密航法のためには除かなければならない。オメガによつて測定される空間的な変化 VLF は信号の位相である。これは完全に規則的な有効成分と位置だけでなく時間や他の地理的パラメータでも変る二次成分とがあると考えられている。オメガはVLF伝搬特性にもとづく距離範囲と精度をもつた簡単なシステムで二次効果は大きいけれどもよく理解されている。容易に修正する方法がオメガの使用のために用意されている。

離れた静止した点で観測したオメガ VLF 位相差測定の明らかな特長は一日中の変化である。（第7図）10.2 kcでは昼と夜の位相速度は大きく変化するので，昼と夜との変り目は大きな位置変化に相当するけれども，それは完全に規則的であり，予報可能である。

現在では，実際の予報理論は種々の修正を伴なつた観測データーを使つた初期の努力を通して非常に進歩している。一般理論は，昼の長さの年間の変化による一日中



第7図　3日間の位相差の日変化の変動
（Whidbey Island における H—Bの観測値）

のパターン変化を含むとともに双曲線の簡単な任意の組合せによるパターンに関するものに進歩した。追加の変数として季節変化，昼間の太陽角度の変化，大地導電率による変化，地磁気経路の方向による変化がある。計算機による計算結果は簡単で容易に利用できる（第8図）

LOCATION: :10. ON 120. CW
LOP: HAIKU-BALBOA

DATE	GMT 00	01	02	03	04	05	06	07	08	…	23	24
1–15 JAN	1	10	50	91	122	123	123	123	123		–03	1
16–31 JAN	3	9	46	86	120	123	123	123	123		–03	3
1–14 FEB	5	10	…									
…											–07	–11
16–31 DEC	–05	10	53	95	123	123	123	123	123	…	–04	–05

LOCATION: 10. ON 120. OW
LOP: F. PORT-BALBOA

DATE	GMT 00	01	02	03	04	05	06	07	08	…	23	24
1–15 JAN	60	45	45	45	45	45	45	45	45		36	60
16–31 JAN	59	45	45	45	45	45	45	45	45		28	59
1–14 FEB	55	46	…									
…										…	49	56
16–31 DEG	58	45	45	45	45	45	45	45	45	…	45	58

第8図 計算機で作つたオメガ空間波補正表
（単位 cel）

4.1 位置決定方法

位置の決定は2本の位置の線をプロツトして得られる。普通は2本の位置の線が自動的に測定され，2列の記録紙上に表示される（第9図）。読みは位相差サイクルのパーセンテージ（Pierce はこれを centiline，略語 cel，とするよう提案した）である。完全な積算サイクルカウントは記録紙上に手で記入するか自動カウンタによる。この両者の組合せで完全な1本の位置の線が得られ，修正表による引算ののち双曲線図表上にプロツトできる。

例：(1)第9図の0700 Z の読みはH—B 277.67，F—B 167.73（H. B. Fは局の頭文字）

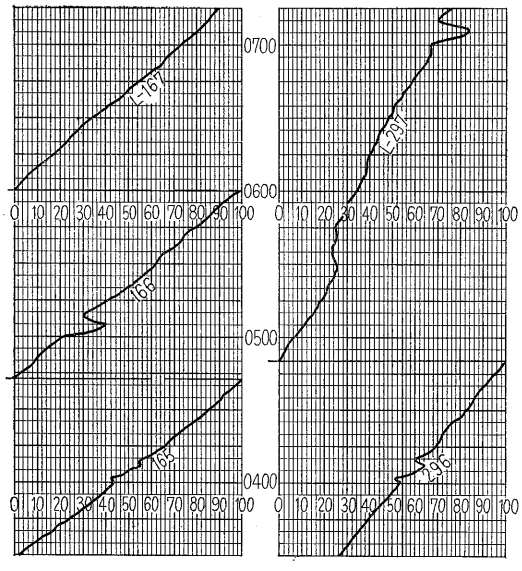
(2) 第8図の修正表の1—15 JAN の値から H—B 123，F—B 45，従つて

(3) H—B 276.44（=277.67—1.23），F—B 167.28（=167.73—0.45）

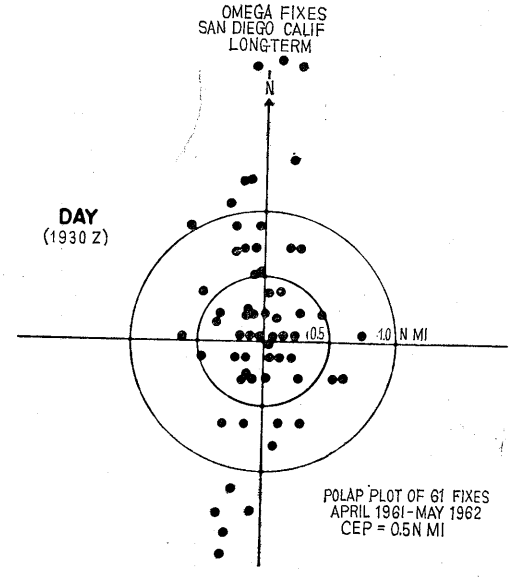
4—2 精 度

精度に影響する要素にはつぎのものが含まれる：例えば，特定の場所での日々の変化のような観測の再現性，実際の地形の特長に関連する精度および船載装置およびその操作の実際の動作で生ずる性能低下。

オメガのようなシステムでは，位置測定の再現性は基本的なタイミングの変化または不確かさで最もよくきまり，これとシステムの幾何学を知ることで位置の不確かさがわかる。全世界的に適用できるようなタイミングの不確かさは現在開発中のシステムから得られるが，このシステム配置はあまり都合のよいものではなく，同期方法も適当でない。昼間の位相差の読みの標準偏差は夏期でほぼ2～3 cel，冬期でほぼ4～5 cel で伝搬経路の全長には特別の関係はない。経路長 d（海里）の函数としての単一経路に対する夜間の信号安定度は大略つぎの近似式となる。



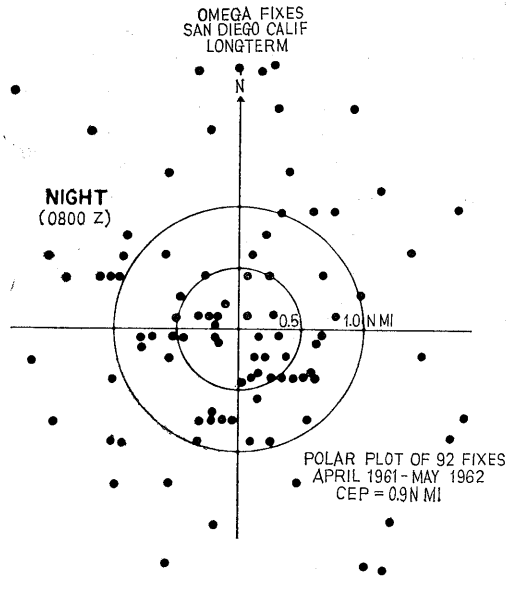
第9図 海上におけるオメガの測定記録例
左はF—B，右はH—B



第10図 San Diego における昼間の位置決定の極座標図

標準偏差 (cel)＝0.01 (d－904) ½

全世界システムを考えたときの互に5000海里の２つの伝搬経路に対する夜間のオメガが位相差の読みの標準偏差は約 8 cel となる。タイミングの不確かさはいろいろな著者[5][6][7][5][6][7]によつて考察されており，全世界システムにおける位置の不確かさに関係するのであろう。開発中のシステムでは位置の不確定さは固定受信機が位置の情報を連続的に得るので決定が容易である。第10図は



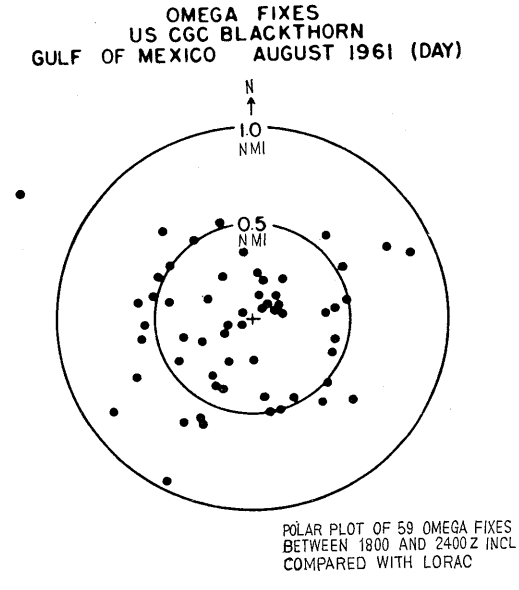
第11図 San Diego における夜間の位置決定の極座標図

H—BとF—Bとの位置の測定によつて San Diego で昼間に得られた決定位置のプロツトであり，第11図は夜間のそれである。

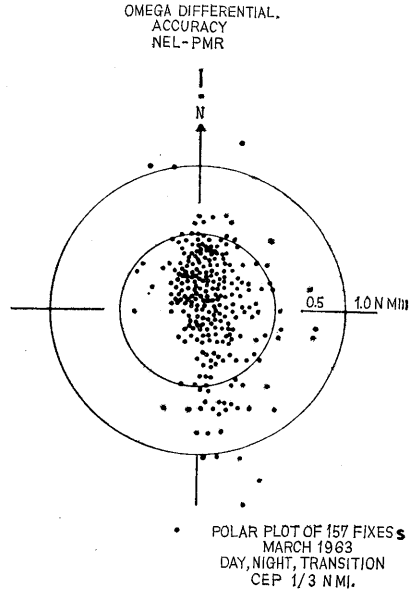
オメガの読みは実際上の地形の影響を受ける筈である。北極圏伝搬や短距離伝搬を含めた予測をも行なうにはより多くのデータが必要であるけれども，現在の予測理論は普通の温帯地方ではよく合つており，昼間３cel，夜間５cel のＲＭＳ誤差が観測され，より正確な決定に対しては昼夜とも ２½cel 以下となる。

予測の可能性は，航法が可能であるという決定の再現性と組合される必要がある。この報告[8]は４年間の観測データから無作意に抽出され４本の位置の線を含めて広範囲な地域に亘つている。現在の計算機プログラムがある決められたサイトに対する24時間の位相差の読みの予測に使用された。昼，夜，その境界のタイミングの平均誤差は 11cel で，現在の送信電力と予測能力のみを仮定すると，それは終局的な全世界システムの精度が約１マイルであることを示している。

実際の船上測定での性能低下は見られなかつた[9]。受信機の位相追跡回路は60ノツトの速力で誤差が無視できるよう設計されておりＬＯＲＡＣのような適当な基準位置システムが利用可能なときは第12図のような陸上と同じ精度が得られる。基準システムのないときのデータはシステム評価には適当でないが，25隻の船上装置での約50,000時間の動作では異常な位置誤差のないことを示した。



第12図 海上 (USCGC BLACKTHORN) における昼間の位置決定の極座標図



第13図 NEL—PMR の相対精度

オメガは一つの絶対システムであるけれども，多くの応用に対しては相対精度が重要である。オメガの精度上の限界は長距離に亘る伝送の位相の安定性であるが，近くにある2つの受信位置における遠方の送信機からの信号の位相の擾乱はほとんど同じになる筈である。従つて，相対精度は絶対精度よりも非常によくなる。約130マイル離れたＮＥＬとＰＭＲの間の相対精度を第13図に示す。

参 考 文 献

1. Pierce, J.A., "Radux", Cruft Lab., Harvard Uni., Tech. Report No. 17 (July 1947)
2. Pierce, J.A., "The Diural Carrier-phase Variation of a 16kc Transatlantic Signal", Proc. of IRE Vol.43. pp584～588 (May 1955)
3. Casselman, C. J., Heritage, D.P., & Tibbals, M. L. "VLF Propagation Measurements of the Radux-Omega Navigation System" Proc. of IRE Vol 47, No. 5, pp 829～839 (May 1959)
4. Casselman, C. J., and Tibbals, M. L.., "The Radux-Omega long-range Navigation System", Proc. 2nd Natl. Conv. on Mil. Elections, pp 385～389 (June 1958)
5. Navy Electronics Lab. Report 1185, "Accuracy of the Omega Navigation System" by M. L. Tibbals and D. P. Heritage, (2 Oct. 1963)
6. Navy Electronics Lab. Report 1188, Estimating the Accuracy of Navigation Systems", by E. R. Suanson (24 Oct. 1963)
7. O' Day. J., Sattinger, I., Scott, & Sallivan, J., "Study and Analysis of Selected Long-Distance Navigaiton Techniques" Nav. and Guidance Lab. Inst. of Science and Technology, Univ. of Michigan (March 1963, vol Ⅱ)
8. Navy Electronics Lab. Report 1226 "Omega Navigation Capability Based on Previous Monitoring and Present Prediction Ability", by E. R. Swanson (5 June 1964)
9. Navy Electronics Lab Report 1153, "Technical Evaluation of OMEGA Navigation System" by Omega System Group (18 Dec 1962)

長波による相対航法方式

抄訳 *東京商船大学 田 辺 穣

A VLF Relative Navigation System

by J. H. Stanbrough Jr. From "Navigation"

1964—1965 Vol. 11, No. 4

Translated by
Tokyo University of Marcantile Marine, Yuzuru TANABE

概 要

1963年のインド洋調査船 ATLANTIS II の航海で，固定局から発信される VLF を利用して，遠距離航行援助方式の実験が行なわれた。一台の精密発振器と三台の位相追従受信器（Phase Tracking Receiver）を船に装備して，既知の場所からの水平運動を，あらかじめ計算しておいた位相差で示される相対航法（Relative Navigation）を試みたのである。船位は米海軍水路部で特別に作成しておいた VLF 30 シリーズ番号の海図で決定するようにした。

本航法の装置は，市販の部品を利用して，きわめて安い値段で製作した。

この実験に対する海洋学者としての最大の関心は，遠距離航法に対する利用の可能性と，水路測量点，潮流観測点における船体のドリフトを測定する上での利用が可能であろうかとの検討と，本装置で附随的にえられる正確な時間情報という点であつた。

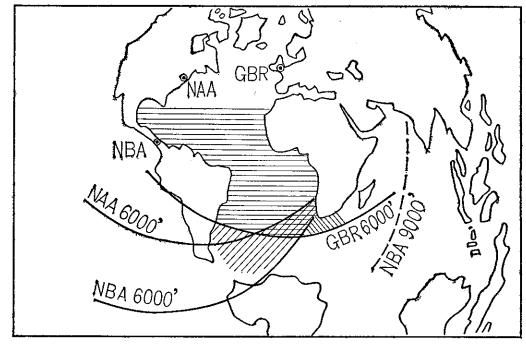
序 説

海洋学者は，一般の電波航法援助方式が利用できず，天測も不可能であつても海洋のただ中で船位を知るような手段を考え出してしまう。しかも6,000～8,000海里も彼方からの航行情報を利用する装置を，驚くほど安い値段で組立ててしまうのである。

この方式は，米国あるいは英国の局で発信している16～24 kc の信号を利用する相対航法である。これらの局は全世界に及ぶような通信や報時業務に従事している局である。広く世界の海洋へ遠距離からの情報を提供してくれるばかりではなくて，VLF による相対航法が，水路測量，潮流観測や定点業務にある船舶のドリフトを測定できる可能性をも提供してくれるのである。

更に本装置で利用できる正確な時間の刻みは，精密なグラフ記録，テープ記録，音響方式など海洋学上の航海に貴重な補助情報となるのである。

第1図は大西洋区域への局からの6,000海里等距離線と，インド洋に及ぶ NBA 局の9,000海里等距離線を示しているものである。



第 1 図

VLF 方 式

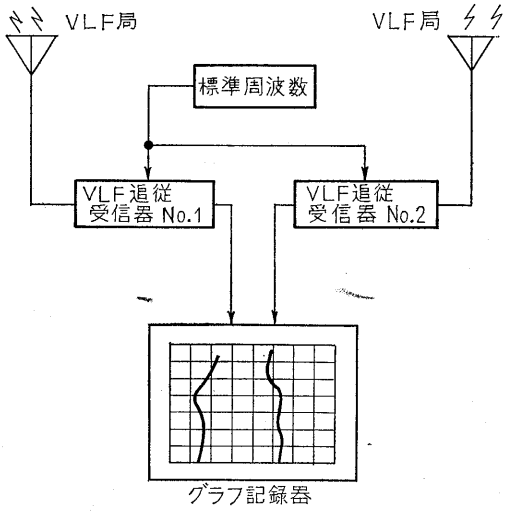
Transit 計画や Omega 計画のように，全世界を覆うような超遠距離航行援助方式が利用できる段階ではないし，海洋学者が簡単に手にいれられるような値段ではない。

しかし航海者は，慎重であるために新しい航行援助方式を採用するには保守的であるから，このように研究室的な効果があるからといつて，現状のままで実用に認められるとは思えない。

ある実測位置から，次に実測位置が求められるまでに，先の実測位置から相対的なものとして，相対位置を計算

*住所： 東京都江東区深川越中島
Address: Etchujima Fukagawa Koto-ku, Tokyo Japan

する方式が VLF を利用することによつて可能である。移動する船上に理想的な周波数標準を備え，これらの発信をモニタするだけで，緯度・経度で船位が求められる。二局またはそれ以上の VLF 標準周波数局からの発信を VLF 追従受信器で受信して，発振器で周波数比較が可能である。第2図が本方式のブロツク図である。



第 2 図

局と船の発振器は異なつた周波数で作動するので，VLF 追従受信器が発振器の出力周波数と局の周波数と，を比較する。位相比較は μs で計数されてグラフ記録をし，受信点の位置変化によつて μs で示される位相差が生じる。

この方式の精度は，次の諸点に左右される。

○ 局の周波数精度
○ 船上発振器の精度
○ 伝搬上の変化
○ 受信器安定度

これらの諸条件によつて，現状では全伝搬経路昼間状態で，約±1海里程度の限界がある。

ア号2世のインド洋航海時，本方式に好都合な局は米国及び英国に7局あつた。しかしこれらの局は，時として変更があるから実用を図るときには告示に注意する必要がある。

発　振　器

本方式で重要なのは発振器である。現状の技術でその精度は，数カ月で $1\sim2\times10^{-11}$ 程度で，このような発振器を利用すれば，1日で0.3海里程度の誤差におさえられる。水晶発振器は一定の割合で周波数が増加するが，これはあらかじめ測定しておいて補正値を知ることができる。Woods Hole にある Sulzer 研究所の Model 2.5 発振器は1962年から作動中であるが，現在 WWVL と比較して2週間で，10×10^{-11} である。

1963年12月のインド洋航海終了時における我々の発振器のレートは，2.6×10^{-11}/日であつた。

伝　搬　変　化

これら低周波数の減衰はきわめて少なく，主たる伝搬変化は日変化である。1日ごとに驚くほどとととのつた形でくり返される。しかし月が変るとあらかじめ予想できるかたちでドリフトする。受信々号の位相に及ぼす影響に不確定要素は多いが，VLF の伝搬はこれらにあまり左右されることなく安定度が高い。条件の良い時，VLF の変化 ±1 μs という値が観測された例がある。位相日変化表を潮汐表を作成するのと同じ要領で用意しておくことができる。

位相追従受信器

VLF 位相追従受信器の種類は多いが，航海用として利用するには選択に注意を要する。受信器はきわめて高感度でしかも安定しており，更に位相変化の μs 測読に信頼性がおけるものでなければならない。

更に私の考えでは，パネル前面で各部のテストができるような装置でなければならないと思つている。その上この受信器は出力を記録にとどめられるような適当な装置を備えていなければならない。

Woods Hole の調査では Textran Corporation の Model 599-CS 位相追従受信器が使用された。これらの受信器は 0.01 μV の入力に対して感度をもち，受信持続波に対して追従誤差 0.5 μs を越えぬと報告されている。

ある地点に設置した標準発振器と，安定した VLF 発信局との間で周波数ドリフトも，伝搬変化による位相変化もないと仮定すれば，受信々号と発振器との位相関係は，受信地が固定されていれば常に一定であるはずである。しかし，受信器に水平移動があれば（例えば船舶に設置した受信器のようなもの），受信電波の到達時間差または記録されている位相に変化が生じる。受信器が発信器から1海里移動したとすれば，位相追従受信器は6.18 μs の到達時間差を示すであろう。

もし発信局がしばらく送信を中止したとすれば，船が一波長またはこれ以上移動してしまうと位置を求めることができなくなる。しかしこの発信休止時における船の針路と航走距離から一波長以内の精度に船位を推測し，アンビギユテイを解決することはあまり困難なことではない。このアンビギユテイは，20 ke/s で 8 海里，16

kc/s で10海里を発信休止期間に航走した場合に生ずる可能性があることになる。

VLF 相対航法

VLF 相対航法は同心円距離圏方式で，これは希望する VLF 局の周囲に同心円を数多く描いたものと考えれば理解が早いだろう。この同心円は，μs で示しても海里で示しても都合の良い方法を採ればよい。局は天文航法における天体の位置と考えればよい。だから大圏距離，角度の計算も全く同様に適応される。局から充分離れた所で，位置の線は小範囲内では一直線とみなしてさしつかえない。また，発信局に対する船舶の移動量が小角度である時にも同様に直線とみなし得る。この場合には，船位から局の方位を求めて，この方位線上局からの距離の点に直交する直線を求めることによつて，位置の線が得られる。当然計算には，地球の楕円率を補正する必要がある。

調 査 研 究

Woods Hole における1962年以来の，本件に関する調査研究は，主として発振器のエージング，VLF 局の相対的安定度，日変化パタンを知ることにあつた。

1963年5，6月に初めて，Buzzards Bay と Vineyard Soud に短期航海を試みて，装置の点検，方法の検討を行なつた。Vineyard Sound での試験は，GBR・NPM（3,000～5,000海里）の VLF 局によつて遠距離航行の性能を知るためのものであつた。この短期航海では最大0.3 海里の誤差があつた，そして装置の不安定及び伝搬の日変化による誤差はきわめて少なかつた。6月末には2週間の航海が実施され，これらによつて，充分な位置の線情報を得るために3台の受信器が必要であることが分かつた（局が臨時に休止している時にこの必要性が大きい）。

1963年7月12月までのインド洋調査航海のために，海図や表の準備をした。インド洋及び大西洋の緯度・経度1度ごとに VLF 局からの相対距離を計算した。海軍水路部では，西インド洋区域に対する GBR，NBA 及び NPM 局に対する特別な海図を VL 30 シリーズで作成してくれた。これらの海図は，32.4海里（200 μs）の等距離に描かれており，ア号の航海ではきわめて有効であつた。更に我々は北太平洋，地中海に対する緯度・経度1度ごとの値も各々の局から計算しておいた。

インド洋各拠点から局までの電波伝搬経路を，昼間経路，夜間経路，昼夜間経路の別に1963年の米版天体位置表と航海暦とから求めた。

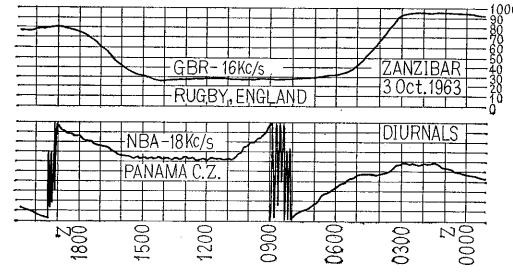
ATLANTIS II の航海

ア号の航海は，国際インド洋調査に参加したもので全航程30,000海里であつた。

1963年7月5日 Woods Hole を出帆し，この時3台の VLF 受信器を搭載して船の最上部研究室に設置して，1本の船用アンテナをこれらに接続した。船がモナコに到着した時，船上の発振器を GBR のものと比較して2μs 以内にあることをチエツクした。この値は当初の我々の期待を上まわるものであつた。Earl Hays 博士が Aden で同船に乗船し，可能なかぎり本方式の作動を実施した。Zanziber 附近の海図は準備されていたが，この附近の海図は作成されていなかつたので，船位の決定は断続的にしか得られなかつた。この間に同博士は 9,000 海里の距離にある NPM Hawaii の信号音の方が，より近距離にいる時よりも強力なものが受信できることを発見した。これがその後1964年4月の American Geographical Union での会合で，Observation of Standing Wave Patterns と題して同博士が発表されるところとなつた現象である。

私は1963年10月1日 Zanzibar で同船に乗船した。そして各機器が良好に作動していることを確認した。ここに3日間錨泊している間に日変化が記録された（第3図）。そして発振器の補正をごく基本的な方法で実施した。

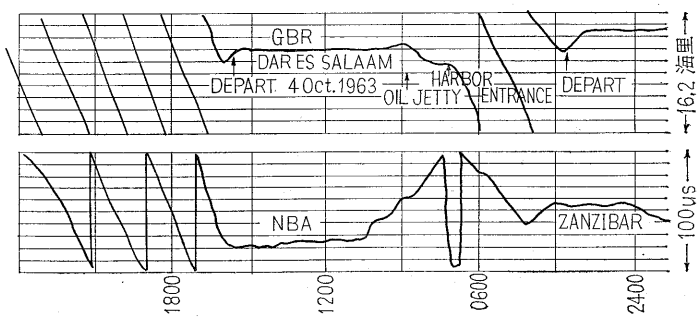
（訳注，第3図～第6図は訳者が原文よりトレースした）



第 3 図

第4図は VLF の可能性の例外的なものとして示されたものである。

それぞれ 100μs＝16.2海里の差を示す。第4図のGBR からの夜間信号軌跡は直線となつている。そして夜明と共に日変化が影響を与え始めている。しかし夜明後15分で軌跡が方向を変えて 100 に至り，これは 0 に連続している。この変化は Zanzibar を離れて南東約40海里にある Dar es Salaam に航行を開始したことによつて生じているのである。L時間後に港の河口に到達し，その後は油バースまで徐航を開始した。その後は油バースに係岸し昼間経路の信号であるので，軌跡は6時間後に離岸



第 4 図

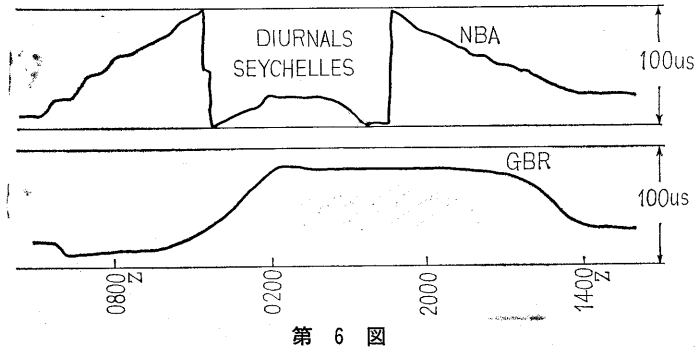
して，河口への航行を再開するまでほとんど直線状の記録を示している。

一方，下の記録の NBA 局では船が油バースに到着後しばらくは（約2時間後），日変化を示している。

Dar es Salaam を出帆して以来，GBR の軌跡は 100 μs（16.2海里）を約2時間で航走しているからア号は，英国の同局から約8ノットの速力で離れていることになる。

Zanzibar を出帆して一週間後，同船は Madagascar の北端附近に到達し，VLF 位置は天測位置と3海里以内のところに求められていることがチエツクされた。しかし NBA 局から 8,500 海里附近で，長距離伝搬による妨害が表われ始めている。これは特に NBA 局附近での日出前後2時間程度に大きく影響されるようである。

第5図は1963年10月13日と14日 Seychelles で記録された日変化パタンである。これによると Zanzibar を出帆以来，発振器への補正値が約 1×10^{-11}/日多すぎたことが明らかである。（訳注，第3図の GBR は10月3日で差が約65 μs，第5図10月13・14日では約75μs の差となり，NBA の局では第3図で約90 μs，第5図で約100μs となつているから約 1×10^{-11}/日の過補正とみなしているのであろう。）

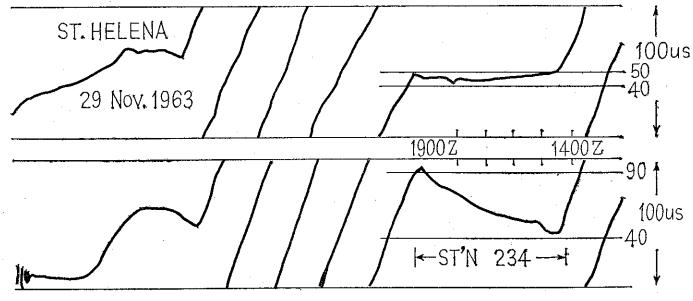


第 6 図

これまでは，1日おきに 10×10^{-11} ずつ補正してきたが，これがパタンをこのように変化させたのである。その後は 5×10^{-11} の補正を1日おきに行なうようにした。航海者がクロノメタ違差を積算していく方法とは異なり，我々はその変化にあわせて補正する方法をとり，定期的に記録を続けるようにした。

7月5日から12月9日の間に226の水路測量点が設定されたが，いずれも日変化を補正することによつて，記録のパタンから船のドリフトが求められた。

第6図は，測量点 No. 234 にある間のドリフトを示すパタンであるが，これによると信号は昼間伝搬経路で受信されていて，5時間で GBR のパタンは 42 μs 増加し，NBA は 3 μs 減少している。だからこの間に，船は GBR から 6.9 海里距離が増し，NBA 0.5 海里接近したことになる。



第 5 図

このインド洋航海は，遠距離である故に日変化影響及び昼夜にまたがる電波の，伝搬経路による影響その他の因子について検討を加えるための絶好の機会であつた。これらの影響は事実大きな意味と影響を与えたものであつたが，NBA 局が毎週水曜日に8時間発信を休止する間に，航海の続行を不可能と化すほど重大なものではなかつた。（NBA 局は西インド洋で経度情報を求めるのに必要であつた。）局の休止時間が突発的に，しかもそれが1時間であるのか，またはそれ以上であるのか分からずしかもその間に，船が数波長移動してしまうような場合が最も問題である。

本方式による船位は，船の航海士による船位と一般に3～10海里の範囲内にあつた。この誤差について論じる人は，インド洋において経度情報を与える NBA 局が前述の休止を行なうために，一週間区切りの方式と化してしまつていたこと

を考えてもらいたい。このような場合，推測位置か天測位置か，いずれにしても最も正確らしい位置を基準にして再スタートするようにしていたのである。

日変化補正は，港にいるうちの測定値や，大体位置表から得た局の日出没時によつて 10 μs 以内に正確な値をつかんでいた。またインド洋でのような遠距離における日変化の変動は，1,000海里ごとに 13～14μs であることもつかんでいたので，我々としては理想的な日変化補正値が得られていたと考えている。このように問題を単純化してしまうことは，理論家には気にくわないかもしれないが，これらの結果は8月中旬から11月下旬までの結果に基づくものである。

VLF 方式の考え方は決して目新しいものではなく，1950年米海軍では類似の方法でこれより高い周波数で試みている。しかしその目標は，使用の期間が短かくてよい航空機用として考えていたので，当時の貧弱な発振器でも充分であつた。

英国 Farnbrough の Royal Air Craft Establishment では VLF の可能性について，活発な研究を続けてきているが，その報告によると航空機用としては 1×10^{-9} の発振器精度で充分であるとしている。しかし1日で16海里の誤差になるこれでは，船舶用としては無意味である。

結　　論

この段階で結論を提するのは早計にすぎる。しかし海洋学者にとつて，世界中の海域で観測船の漂流及び短期間での潮流観測などに，きわめて有効な情報を提供してくれることは事実である。条件さえととのえば，6,000海里の彼方で，位置の不確定要素 100 メートルを越えないですむのである。

従つて私がここに述べた本方式は数多くの航海術上の問題に，きわめて経済的な可能性を将来に提起していると信ずるのである。現存の発信局がそのままで，有効に使用できそれらの発信同期の必要性など全くないのである。それらの局に望まれる唯一の要求は安定した周波数を保持することと，対象が観測船の場合発信休止時間が2時間以内であることである。

訳 者 追 記

現在米国の海洋測量船では，5隻が本方式を装備して活躍しているといわれる。

また，米国の NAVIGATION 誌 1964—1965, Vol 11 No. 4 の巻末 "Summary of Progress in Navigatinal Seience for the Marine Navigation" の大洋航法の項で本方式が紹介され，Woods Hole による実験がきわめて満足すべき状態で1964年度においても更に研究が続行されるであろうと報じている。

1965年9月末，黒潮観測に協力したア号2世が東京港晴海岸壁に係岸したので，同船を見学した。

全長 210 ft.，幅 44 ft.，吃水 17 ft.，の同船は，航海速力12ノットで 8,000 海里の航続距離をもち，Woods Hole 海洋研究所々属の5隻の観測船では最大の同船には，研究員25名，乗組員13名から構成きれていた。

案内してくれた乗組員の話では，今回の航海では，スタンブラフ博士のグループが乗船していないので VLF を目的とする実験は実施してしない。しかし VLF の記録だけはとつたと述べていた。案内してくれた同乗組員も，他の乗組員も本紙に紹介した以上のことは全く知らないと話していたが，いずれの見学者にも，本装置が VLF 装置であると紹介だけはしていた。

新製品紹介

Introduction of New Products

ASM 型船舶速度測定装置（MARSMEC 2）

*安立電波工業株式会社

New Radio Wave Speed Test Apparatus (MARSMEC 2)

*ANRITSU Electric Work. Ltd.,

Abstract

The type·ASM speed measuring apparatus (Pet name; MARSMEC 2) is a precise eiectronic speed measuring apparatus capable of measuring linear moving distance and the time interval required for the distance of travel.

This apparatus can be conventionaly employed for speed measurement at the trial test of launched ships instead of the former mile post method, exclusive of any human errors and any external effects such that poor visibility or limited test sea surface, making a great contribution to delivery and cost of shipbuilbing.

§1 はしがき

従来船舶の海上試運転における速度の計測は所謂試験標柱（マイルポスト）間を航走しそれを走りきるのに要する時間を計測し算出するという極めて原始的方法によつていた。この方法は簡単であるが個人誤差が入り易く，試験海面が標柱沖に限定され又天候による視界条件の制約をうける欠点がある。当社はさきに新三菱重工ＫＫの御協力の下に電波式船舶速度測定装置の開発を行なつたが，更にこれを改良した新方式の装置の開発に成功した。本方式は本年初頭より石川島播磨重工業において公式試験に実用し好成績をあげている。以下本方式の概略をのべる。

§2 方式，装置の概要

本方式は電波を用いて船舶の直線移動距離，その距離を移動するに要する時間を測定し船舶の速度を測定するものである。本方式を実現する装置は大別すると測定属（装置）と応答局（装置）とより成り，前者は被測定船舶上に後者は速度試験コース延長上の陸上の適当な地点におくのを原則とする。移動距離及び時間は数字表示管により直読可能であつて読取精度は0.1米及び0.01秒である。方式の原理は測定局より3000MC帯のマイクロ波に測定周波数成分（約7.5MC）をのせて応答局に発射する。応答局ではこれを受信し周波数を変換して実効的に測定局に向けて送り返す。測定周波数成分の位相情報は距離の情報を保有している。測定周波数成分の測定局における発射時と受信時との位相差ϕは下式となる。

$$\phi=\frac{4\pi f_0\cdot L}{C}+S$$

f_0：測定周波数成分の周波数
L：両局間の距離
S：固定位相偏差
C：大気中の電波の伝播速度

$f_0=\frac{C}{\lambda_0}$を代入し

$$\phi=\frac{2\pi}{\lambda_0}\cdot 2L+\delta$$

$\triangle t$ の間の変化量に注目すれば

$$\triangle\phi=\frac{2\pi}{\lambda_0}\cdot(2\triangle L)$$

今，f_0=7.5MC 従つて $\lambda_0\fallingdotseq$40 米のときは $\triangle$L の変化20米で $\triangle\phi$ は 360 度変化する。従つて $\triangle\phi$ の 1.8度毎に１つのパルスを発生させ，$\triangle t$ 時間内のパルス数を積算計数すると $\triangle$L は分解能20米$\times\frac{1.8}{360}$=0.1米で求めることが出来る。$\triangle t$は内蔵の水晶時計によつて分解能0.01秒で計測することは容易である。本方式の系統図，構成表及び主要性能は第１図，第１表及び第２表参照。

*住所　東京都世田谷区玉川用賀町2—550
Address: 2-055, Tamagawa Yōga-machi, Setagaya-ku, Tokyo

§3 従来の電波を用いる諸方式に比しての特徴

(1) 搬送周波数そのものは測定精度には原理的に関係ない。

(2) 位相差測定を低周波に巧妙な方式で変換して行なう事により位相測定の精度と全系の信号対雑音比を改善し，サービス範囲を拡げている。

(3) 中間周波数を両局搬送波の差にえらび送信管と受信局発管を兼用せしめ送受信機をコンパクトな一体の構造としたこと。

(4) 打合電話を内蔵しているので両局相互間の連絡用装置を別に設ける必要がない。

(5) 専用の速度試験器を備え全系の動作点検，精度点検を容易ならしめた。

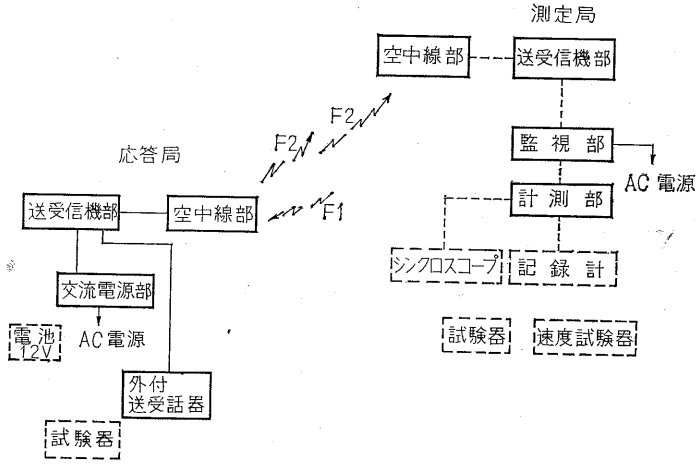
(6) 取扱い容易，設置撤収等が簡便にできるよう各ユニツトは寸法重量とも小型化した。

第1表 MARSMEC2 の 構 成 表

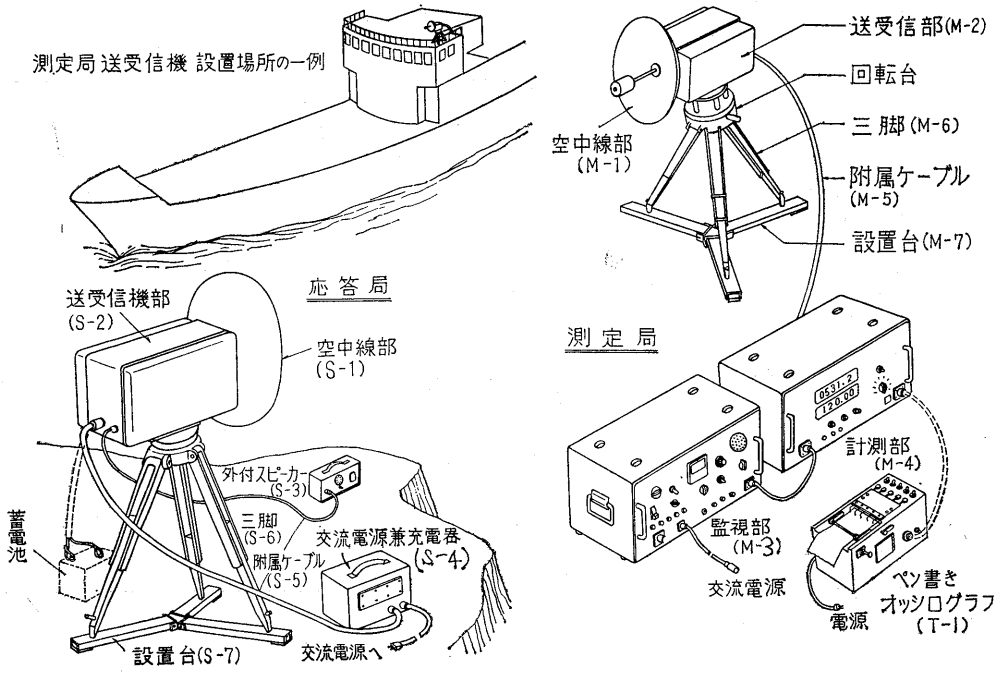
分類		整理番号	品名	員数
ASM型船舶速度測定装置	測定局装置 ASM—M	M— 1	空中線部	1
		M— 2	送受信機部	1
		M— 3	監視部	1
		M— 4	計測部	1
		M— 5	三脚	1
		M— 6	三脚設置台	1
		M— 7	付属ケーブル一式	1式
	応答局装置	S— 1	空中線部	1
		S— 2	送受信機部	1
		S— 3	外付送受話器	1
		S— 4	交流電源部（兼充電器）	1
		S— 5	三脚	1
		S— 6	三脚設置台	1
		S— 7	付属ケーブル一式	1式
	付属品	C—11/2	測定局装置予備品一式	1式
		C—12/2	応答局装置予備品一式	1式
		C— 2	工具類一式	2
			収納箱一式	1式
			収納袋一式	1式
	付属試験器	T— 1	ペン書きオツシログラフ（記録計）	1
		T— 2	試験器	2
		T— 3	シンクロスコープ	1
		T— 4	速度試験機	1

第2表　MARSMEC 2　綜 合 性 能

(1) 測定可能範囲	応答局より半径 30km の見透し可能地域 但し測定局，応答局のアンテナ高は共に20米とする。
(2) 測定可能速度範囲	約3～40ノット　即ち約1.5～20米/秒
(3) 読みとり精度	距離0.1米，時間0.01秒
(4) 計測精度	距離確度　±0.1米以下　(但し航法誤差は除く) 時間確度　0.01 秒以下



第1図　MARSMEC 2 全システム系統図
(注)　F2—F1=33MC＝中間周波数



第2図　ASM 1 型　船舶速度測定装置　実体装備図

ロ ラ ン タ イ マ JLM—1 形

Loran Transmitting Station Timer Model JLM—1

*OKI ELECTRIC INDUSTRY Co., Ltd.

Summary

The paper describes the brief aspects of the newly designed Loran Timer JLM—1 established by the Maritime Safety Agency, Japan.

The equipment is installed on Matsumae Loran Station, Hokkaido pref., which has proved to be practical and reliable.

1. 説 明

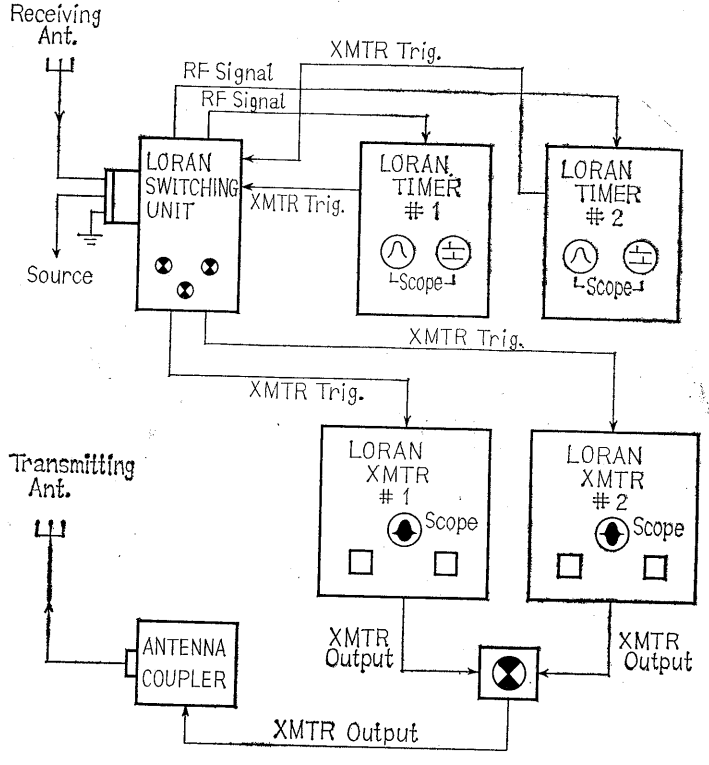
現在“ロラン”の略称で我国にも広く知られているロランA航行援助方式は経済性の高いシステムとして船舶，航空機の航行安全，運航の合理化，水産事業の収益向上に大きく貢献しております。

ロランAシステムの地上設備である送信局—ロラン局は我国領土内に9局が施設され全国チエーンを構成しており，そのすべては海上保安庁により運営され海外にも定評ある優秀な運管保守技術により円滑な業務が続けられております。

この度，海上保安庁においてこれらの局の機材をより高信頼度としまたより合理的運営を進めるため種々検討が進められ，その一環として純国産新方式ロランタイマの開発が行われました。

この開発計画の結果として新しい仕様が制定され，この仕様及び御指導により沖電気工業においてその製作が行われ，昨年北海道松前ロラン局にその第1号機を設置致しました。

その後各種の評価試験および運用結果により種々改良を加えた結果充分満足すべき機能を有する事が立証され



図—1

*住所: 東京都港区芝浦4の10の12
Address: 4, Shibaura Minato-ku, Tokyo Japan

現在現用機として良好に動作しております。以下このロランタイマ JLM—1 につき御紹介致します。

2. 特　　徴

ロラン局の機材としてはその局の性格により種々異つた組合わせがありますが，その1例を図—1に示します。

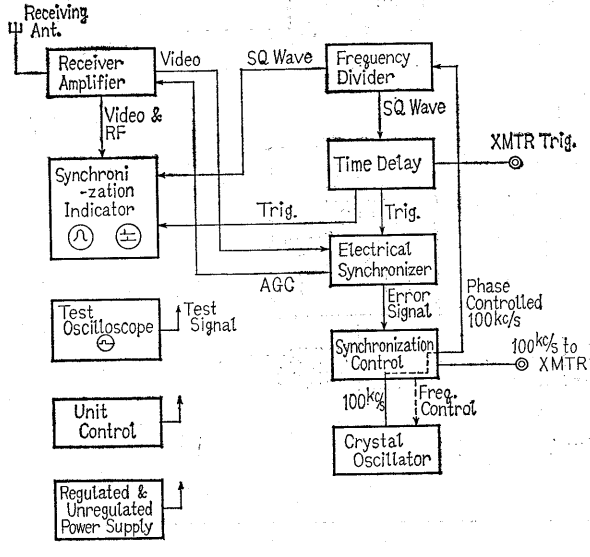
図—1の例によれば，ロランタイマが現用予備各1台，スイツチングユニツト1台，送信機が現用予備各1台より成つております。

このうちロランタイマは局のすべての動作指令を司どる重要な機能を有するもので，その主な動作は以下のとおりであります。

1) 同期すべき相手局電波の受信。
2) 相手局電波と同期すべき高確度同期パルスの発生。
3) 相手局電波と自己の同期パルスとのサーボ機構による同期。
4) 相手局との同期を一定の位相関係を保ち測定を便利とするための遅延動作。
5) 自局の送信機を駆動するためのトリガパルスおよび搬送波源周波数の発生
6) 各種の局動作監視。

ロランタイマ JLM—1 のブロツクダイアグラムを図—2に示します。

相手局の信号は受信アンテナに捕捉され，Receiver Amplifier で増幅検波され，Electrical Synchronizer へ送られます。又一方自局において相手局と同期すべきトリガパルスを発生するため Crystal Oscillator, Frequency Divider, Time Delay が装備されています。



図—2

先づ Crystal Oscillator はすべての基準となる原発振器であつて 100k c/s の 10^{-8}/day のオーダーの安定度を有する2重恒温槽付水晶発振器であります。この出力は Synchronization Control の中の位相調整回路を通つて後 Frequency Divider で 20 cps のオーダーのロランA規定繰返し周波数にステツプダウンし Time Delay へ送られます。Time Delay ではこの信号に同期してトリガパルスを発生し，このパルスを Electrical Synchronizer へ送つて前記受信信号とを比較し誤差信号を Synchronization Control へ送ります。

Synchronization Control ではこの誤差信号によりサーボモータを駆動し前記 Crystal Oscillator よりの 100 kc/s を移相します。

このような構成としてありますので，トリガパルスと受信信号が一致するまで，即ち誤差信号が最小となるまで移相を続けます。

この時 Time Delay においてシステム規定値の遅延を前記トリガパルスを基準として行いこの遅延トリガパルスで送信機を駆動します。

このようにすれば，相手局信号が受信されてから Time Delay で発生する時間差をおいて自局送信を行う事が出来ますが，実際にはより正確な同期を行うため，新しいサンプリング制御技術を用いて受信信号および自局の送信信号をサンプルし両者のサンプル出力の差が最小となるよう移相を行います。

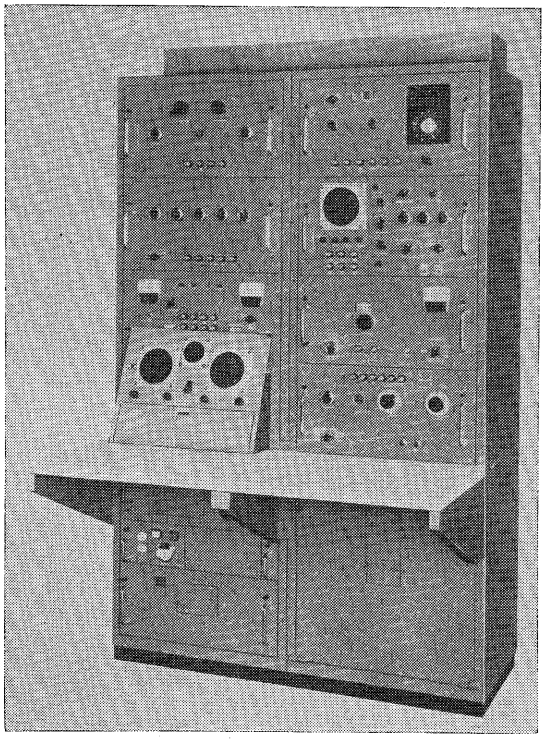
なお同様なサンプリング技術を用いて時間同期ばかりでなく，両者の振幅差が最小となるよう制御を行う AGC も併設してあります。

この外同期状態を監視測定するための Synchronization Indicator 各部の動作監視を行う Test Oscilloscope 動作制御を行う Unit Control 及び電源により構成されております。

従来使用されている米国 GE 及び ITT 製タイマと比較して JLM—1 の特長は略以下のとおりであります。

1) Frequency Divider として回路遅延変動を補償する高安定度計数回路を使用しております。
2) Time Delay の確度を向上するため高確度パルス選択遅延回路および温度補償された遅延線路を使用しております。
3) 同期用サーボ系として高確度サンプリングサーボシステムを使用しております。
4) AGC を採用し相手局の受信レベル変動を補償し安定な同期が可能な如く留意してあります。

本機の外観は写真—1に示します。上述の各ユニツトが夫々引出し可能のユニツトとして組込まれており，多くのユニツトは引出し後回転傾斜する如くなつており，



迅速容易なサービスが可能となつております。

3. 性　　能

ロランタイマ JLM—1 の主要性能は次のとおりであります。

受信周波数	1.850 kc/s
受信帯域幅	kc/s db
同期繰返し周期	S. L. H. 0～7
水晶発振器安定度	10^{-9}/day 以上
時間遅延量	0～14, 500 μs
同期監視	高速ビデイオスコープ・低速ビデイオスコープ・高速 RF スコープ
監視用オシロスコープ	重量 500 kc/s (6 db 低下 水平 5 μs～28 ms
信号同期	サンプリング方式サーボに依る。信号2次微分波形比較。
A G C	サンプリング方式サーボによる信号1次微分波形比較。
電　　源	AC 200 V 1ϕ 50～60 cps

船舶用レーダー N—XB—405

Marine Radar Set, Model N—XB—405

OKI ELECTRIC INDUSTRY Co., Ltd.

The radar, Model N—XB—405, is a compact, transistorized equipment of low power consumption designed especially for use on small vessels, where space is at a premium.

It is also suitable for use on larger vessels where a high-performance radar at minimum cost is required or where a second radar is needed.

1. 概　　要

N—XB—405レーダーはこのクラス随一の感度を持つているばかりでなく，複雑化する漁法あるいは操船に対処できるあまたの機能を備えた中形レーダーです。指示機がトランジスタ化されているため，消費電力が少なく，小形，軽量ですから，1,000トン級の船舶はもちろん20トン級の漁船にも装備できます。また，外観，構造，性能の点から大形船のサブ・レーダーとしても充分な性能を発揮します。

電源によりF形（AC 100V～115V），D1形（DC 100），D2形（DC24V）の3種類がありますので，船電源に合わせて選択できます。

2. 特　　長

(1) 出力20KWでこのクラス最高の感度を有しています。

パルス幅 1 μsec，バランスド・ミクサの使用により20KWクラスのレーダーのうちでは最高の感度を有し，10KWクラスとは格段の差があります。

(2) 全レンジをカバーする正確な可変マーカを付加してあります。

本船より0.1浬の至近距離から50浬の遠距離までの任意の点をすばやく，しかも正確に測ることができる可変マーカを付加してあります。

(3) オフセンタで50浬レンジまで画面を拡大して見ることができます。

オフセンタにより画面が大きく見易すくなります。最大距離も40浬から50浬に拡大されます。

(4) 消費電力が少なく，電圧変動に強い。

指示機の全トランジスタ化により，全消費電力は300Wで，従来の同種レーダーの½以下です。また，船内電源が20V～40Vまで変化しても性能を充分に発揮します。

(5) 信頼度の高いシリコン・トランジスタを使用しています。

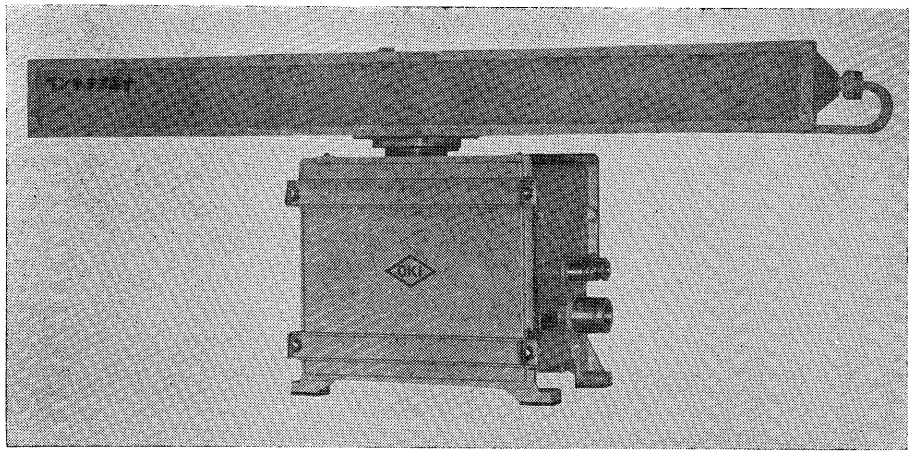
トランジスタの殆どがシリコン・トランジスタを使用していますので，高温，高湿の悪条件でも安定に動作します。

(6) 真方位装置も組込めます。

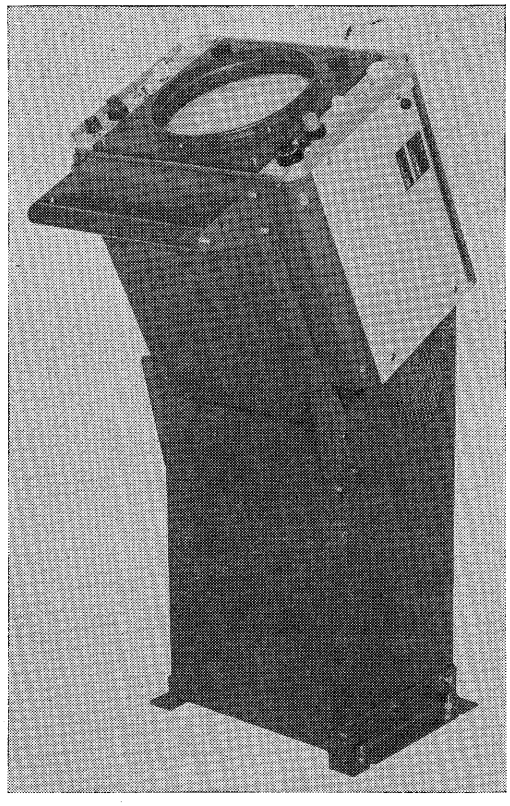
ジャイロに連動して常に真方位を指示するように，方位目盛板を回転させることができます。

3. 性 能 諸 元

送信周波数：9,375MC±30MC
送信尖頭出力：20KW以上
送信パルス幅：0.1 μs（1.4浬）
　　1 μs（12，20，40浬）
繰返し周波数：750 c/s
空中線回転数：15 rpm
水平指向性：1.75°（3 dB 降下点）
垂直指向性：22°（3 dB 降下点）
サイドローブ：−25 dB 以下（水平）
映像面直径：10吋（25cm）
距離範囲切換：1，4，12，20，40浬
固定距離目盛：½，1，4，5，10浬ごと
同上精度：±1％
可変距離目盛：0～50浬，連続可変
同上精度：±0.1浬
距離分解能：20m
方位分解能：1.75°
方位目盛：相対方位（手動真方位可能）
真方位装置：真方位目盛板
　　東京計器　ES—2
　　北辰電機　CMZ—103
オフセンタ：¼半径
受信同調：手動（メータ付）
付属回路：海面反射除去（STC）
　　雨雪反射除去（FTC）
　　船首方位指示（SHF）
　　動作時間累計（タイミスタ）
所要電力：F形　AC100V　4A
　　D1形　DC100V　6A
　　D2形　DC 24V　15A



空 中 線 外 観 図



指 示 機 外 観 図

研究会記事

Record

電波航法研究会昭和39年度事業報告

*電波航法研究会事務局

The Record of the Japanese Committee for Radio Aids to Navigation in Fiscal Year of 1964

***Secretary**

(1) 7 May, 1964: A regular general meeting was held at the council-hall in the new building of the Ministry of Transportation from 1400. The report of works and finance of fiscal year of 1963 were explained by secretary, and recognized by members. The staff members were elected afterwords. Prof. Toshitada MATSUYUKI of the Defence Academy was appointed to the chairman again, Prof. Minoru OKADA of University of Tokyo to the vice-chairman again and Prof. Torao MOZAI of Tokyo University of Mercantile Marine to the another vice-chairman newly.

Submitted a budget and the plans of works of the fiscal year of 1965 from secretary, and were approved by members. After that, a movie about "Satellite" was shown.

(2) 9 Iuly,. 1964: A general meeting was held at the radar simulator room in the Tokyo University of Mercantile Marine. Experiments and lectures were held about the radar simulator by Prof. Torao MOZAI and Assist. Prof. Kazutami SHŌJI of the Tokyo University of Mercantile Marine.

Reported about the investigation which was consigned to the committee from Japan Associaion for Preventing Sea Casualties by Prof. T. MOZAI.

After that, a movie "Quiet Sun" was shown.

(3) 9 Dec. 1964: A general meeting was held at the meeting hall of Mutual Benefit Association at TORANOMON. A lecture was held by Mr. Hiroshi KIYONO, Chief of Radio Navigation Aids Section, Maritime Safety Agency, about the subject of "The Decca Navigation System Plan in Iapan". Continuously, another lecture about "Auto-LORAN and Track Recorder" by Oki Electric Industry, Co., Ltd.

(4) From 27 Nov. to 28 Nov., an inspection travel was held and 25 members attended. Inspected the Space Communication Station at Kashima town Ibaraki prefecture, and also a 8 mm radar set of the Sea Wave Observing Station at Kashima port.

After the inspections, in MAKOMO-hotel at Itako town. Held a discussion meeting in the evening. Disolved in the morning of 28 at there.

(5) The report of the committee "The Electronic Navigation, No. 6." were published 20 Dec. 1964.

(6) 10 Feb. 1965: A general meeting was held at the meeting hall of Mutual Benefit Association at TORANOMON. A lecture was held by Assist. Prof. Kazutami SHŌJI about the subject of "Decca Navigator Receiver Mark XII." After that, another

*所在地 東京都千代田区丸ノ内 1~1 運輸省海運局海務課内 (1966 年4月より移転の予定, 移転先73頁)
Address c/o The Nautical Section of Shipping Bureau of Ministry of Transportation
1—1, Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan.
This Address will remove since Apr. 1966, New Address is in the page 73.

lecture was held by Mr. Koichi KIMURA, Chief of Traffic Control Section, Navigational Electronics Division, Ship Research Institute, Ministry of Transportation, about the subject of "The Navigational Satellite of N. A. S. A."

As for the record of fiscal year of 1965, will be reported in next issue.

1. 昭和39年5月7日14時から運輸省新館地下3階会議室において定例総会が開催され，事務局側から昭和38年度事業報告及び同年度の会計報告が行なわれ会員に承認された。この後，昭和39年度の役員選挙が行なわれ，会長に防衛大学校教授松行利忠氏（留任），副会長に東京大学教授岡田実氏（留任）及び東京商船大学教授茂在寅男氏（新任）が決定され，それぞれ本人の承諾を得た。次いで事務局側から昭和40年度予算案及び同年度事業計画が提出され，事務局の原案通り会員に承認された。次いで人工衛星（ダグラス社）の映画が上映され，閉会した。
2. 昭和39年7月9日14時から東京商船大学レーダ・シミュレーター実験教室において総会が開催され，東京商船大学茂在寅男，庄司和民の両氏の説明によりレーダ・シミュレーターの実験と見学を行なつた。この見学後，東京商船大学茂在寅男氏から日本海難防止協会第4専門委員会から本研究会に委託された研究課題についての経過報告が行なわれ，次いでアメリカ・ダグラス社製作による映画「静かなる太陽」上映後閉会した。
3. 昭和39年12月9日13時30分から虎の門共済会館において総会が開催され，海上保安庁灯台部電波標識課長清野浩氏から「日本におけるデツカシステム計画」について講演があり，次いで沖電気工業株式会社から「オートロラン・トラツクレコーダ」について講演があつた。
4. 昭和39年11月27日から翌28日にかけて，昭和39年度見学会が開催され会員25名が参加した。第1日目に全員佐原駅に集合し，バスに便乗，茨城県鹿島町にある郵政省電波研究所鹿島分室の宇宙通信所の施設並びに茨城県鹿島港波浪観測所のミリ波レーダを見学し，見学後再びバスに便乗，同夜茨城県潮来町の真菰旅館において懇談会が開かれ翌28日朝，現地において解散した。
5. 昭和39年12月20日に本研究会の機関紙「電波航法」第6巻が発行された。
6. 昭和40年2月10日14時から虎の門共済会館において総会が開催され，東京商船大学庄司和民氏から「デツカナビゲータ・マーク XII」について講演があり，次いで運輸省船舶技術研究所木村小一氏から「NASA（米国航空宇宙局）の航行衛星」について講演があつた。

追記　昭和41年4月より下記の通り電波航法研究会の事務局住所が変ります。
東京都千代田区霞ケ関2－1
海上保安庁電波標識課気付　電波航法研究会

P. S. The office of Japanese Committee for Radio Aids to Navigation will remove to as follows since April 1966.
c/o Radio Navigation Aids Section, Maritime Safety Agency
2-chome, Kasumigaseki Chiyoda-ku, Tokyo Japan

電 波 航 法

昭和 41 年 3 月 15 日 印 刷　　1965
昭和 41 年 3 月 20 日 発 行　　No. 7

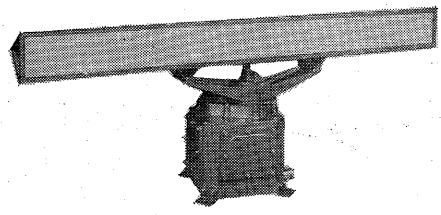
編 集　東京都千代田区丸ノ内1～1
発 行　運輸省海運局海務課内
電 波 航 法 研 究 会
Japanese Committee for Radio Aids to Navigation
c/o The Nautical Section
of Shipping Bureau of Ministry of Transportation,
1-1, Marunouchi,
Chiyoda-ku, Tokyo, Japan.

東京都中央区西八丁堀1～8
印 刷　株式会社 坂 根 商 店
電 話 (551) 5 2 0 5

昭和四十一年三月十五日印刷
昭和四十一年三月二十日発行

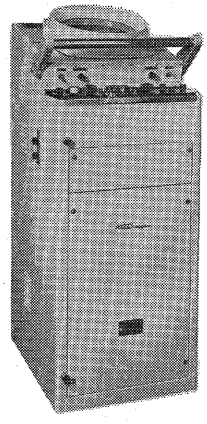
船舶の安全航行と操業に！

中型レーダーの決定版！
テンレーダー《MD－811》

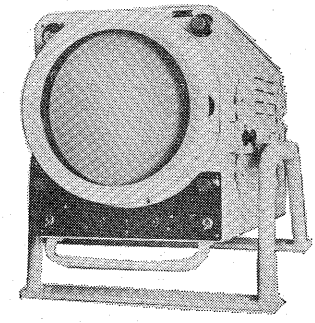


最大75マイルまで観測できる

- 初めて採用された可変スイープ装置
- 画期的高性能スロットアレイアンテナ
- 独特の高性能バランスド・ミクサー
- 移動マーカー装置の可変範囲が拡大
- 数字表示管によるマイルレンジ表示



画期的アイデアを結集した
超小形トランジスタレーダー《MD－808》



- トップヘビーや風圧の影響も心配ない新形アンテナ
- 小形レーダーの常識を破った10形ブラウン管採用
- 取付は極めて簡単です

トランジスタ化
ワンアッセンブリー
方式の

ＳＳＢ無線装置
《9H－50SM－2》

- **送信14波・受信16波**
  チャンネル数は、この機種最高の送信周波数14波、受信周波数16波をプリセットでき、しかも切換えは一挙動です
- **据付に場所を取らない**
  本体にトランジスタ安定化電源・トランジスタコンバータおよびスピーカを自蔵していますので、無線室には本体の取付場所しか要しません

■ **営業品目**

放送装置
レーダー
電子管
半導体製品
オートラジオ
放射線計器
精密機械

テン
無線装置
TEN
神戸工業

本　社／神戸市兵庫区和田山通1丁目5　　電話：神戸　67－5081
支　社／東京都港区新橋5丁目36番11号浜ゴムビル　　電話：東京　433－0151
営業所／大阪・名古屋・福岡・神戸・札幌・仙台・広島　出張所／金沢・高松・長野

電波航法研究会　発行