

ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW

電波航法

JACRAN. 10

1969

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(3)
Vice-Chairman Torao MOZAI

研究調査
Research and Investigation

- 北海道デッカ測定試験結果(第2報).....清野 浩(4)
System Test Result on the Decca Chain in Hokkaido (Part II) Hiroshi KIYONO
- レーダエコーによる船舶の速力測定.....丸川 武志(11)
A Method of Measuring Ship Velocity Using Marine Radar Takeshi MARUKAWA
鈴木 義久
Yoshihisa SUZUKI
- 航海用電子計算機システムについて.....桜木 幹夫(16)
Development of Marine Process Computer System for Navigational Use Mikio SAKURAGI

展 望
Observation

- 本邦近海のデッカとロランの勢力分布図について.....川平 浩士(27)
On the Distribution of the Accuracies of Loran A and Decca Lines of Position in the Japanese Waters Koshi KAWAHIRA
- 宇宙平和利用国連会議参加記.....木村 小一(32)
Participation Report on the United Nations Conference on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space Koichi KIMURA

海外資料紹介
Introduction of Foreign Papers

- 見張り援助装置.....(42)
Lockout Assist Device
- レーザ・ジャイロ.....(44)
Laser Gyro

研究会記事
Record

- 電波航法研究会・昭和42年度報告.....電波航法研究会事務局(47)
Record of Work Carried Out by Japanese Committee for Radio Aids to Navigation during Japanese Fiscal Year 1967

Greeting

Vice Chairman,

Toraō MOZAI

By the success of Apollo No. 11, two men stepped firstly on a land outside of the earth. This is a most remarkable events of the human history.

Every one must be recalled the ages of great navigation of 15 century. When Gill Eannes first sailed to go over the cape Nun (Never) by the oder of Prince Henry the Navigator, he failed to pass it. They had believed that the sea beyond the Cape Nun is not only boiling by the sun heat, but also there lives dreadful monsters, so one can never sail back again, as it means the name of Nun.

On 1433 to 34, Gill Eannes stated again, by the strict order of Prince Henry. He passed over not only Cape Nun but also Cape Bojador, and backed safely. By this fact, they recognized that the superstition of saying "If one passed over the Cape Nun, all the ship plates will be burned out, and the crew will be changed to black instantaneously by the sun heat" is completely a lie. This can not be estimated too little the effect on the minds of people of the middle ages. They became to believe that "The sea is the sea itself, in everywhere if they go." This believing must be appreciated as a great mental support to progress into the ages of great exprolations.

The success of Apollo No. 11, appeares very similar with the navigation of passing the Cape, dose'nt it? We have no gift of prophecy, about what matter will happen after it.

We, of course, appreciate the power of American technology very highly, because the Apollo No. 11 has succeeded with them. At the same time, we know that quite many instruments which were used for it are made in Japan. So, we can say that so many members of our committee have some relations with it in some way or the other.

The present time is not so simple like the ages of 15 century. Everything has complicated, and if we want to appreciate some events, we find that, for instance, it is not enough to appreciate the success of the ship or the crew only, but the technological power of its back ground is more important problem.

In another hand, the cultivation of marine resources is also getting hilite in the new days, and in this field, our members of the JACRAN must make every effort for the aim, too.

I hope our investigation group will still more prosperous, in this wonderful age of progress.

巻 頭 言

副会長 茂 在 寅 男

アポロ 11 号の成功によつて、人間は始めて地球以外の地を踏んだ。それはまったくすばらしい歴史上の大事件だ。

ここで誰でもが思い起すのは、あの 15 世紀の大探検時代のことであろう。

ジル・エアンネスが、ヘンリー航海王子の命を受けてナン岬を越すべく最初に出発した時、彼はナン岬を越えることには失敗した。ナン岬(ここまで来てはいけない岬の意)を越せば、海は太陽熱で沸騰し、怪物が現われ、岬の名の示す通り、2 度と帰る希望がもてないといわれていたところである。

1433 年から 4 年にかけて、ヘンリーの敝命によつて、ジル・エアンネスは再度出発し、今度はナン岬ばかりでなく、はるかにボヤドール岬をも越えて帰つて来た。

これによつてナン岬を越えたが最後、船板は黒こげになり、人も一瞬にして黒ん坊になつてしまう」という迷信は、まったくうそであることが証明された。これが中世の人達に与えた精神的な影響は計り知れないものがあつた。「どこへ行つても、海は海でしかない」という確信が持てたことは、やはり次の大航海時代に進むための大きな足掛りとなつた。

アポロ 11 号の成功は、このナン岬を越えた航海の成功と、一脈相通ずるところがあるのではないか。私達には、その次に何が起るのかを簡単には予言できない。

アポロ 11 号はアメリカによって行なわれたのであるから、私達はアメリカの科学力をももちろん高く評価する。と同時に、それに使用された機器のうち、いくつかのものは日本製品が混じっている事実も知っている。わが電波航法研究会のメンバーもまた、いろいろの形でこれに関係したともいえる。

現代は 15 世紀の頃とは異り、すべてが複雑しており、一つのことの成功を評価するのに、例えばその船とかその乗組員とかの成功のみを高く評価するのでは当たらない場合が多い。その背後の科学力こそ問題である。

いま、宇宙開発と並行して、海洋開発も脚光を浴びつつある。ここにもまた、わが電波航法研究会のメンバーの活躍の場が待ち受けている。

この日進月歩の時に当たつて、本会の益々発展することを祈つてやまない次第である。

(以上)

研究調査

Research and Investigation

北海道デツカ測定試験結果(第2報)

海上保安庁 清野 浩

System Test Result on the Decca Chain in Hokkaido (Part II)

*Maritime Safety Agency Hiroshi KIYONO

Abstract

As a result of the system tests of Hokkaido Decca chain which have been performed so far, it have been known that the velocities over land in Decca frequency band (70—130 kHz) are distributed between 298.0 km/m sec and 299.2 km/m sec. And this paper shows the position fixing errors for many points on the sea in the area covered by this chain and the result of the correction of the chart which we have done by four different velocities depending upon their frequencies.

1. 序

現在までの測定の結果、デツカ周波数帯(70~130kHz)の陸上電波伝搬速度は 298.0 km/m sec~299.2 km/m secの間に分布していることが判明したが、この原因としては伝搬波の周波数の差異、および伝搬経路の地理的条件の差異等が考えられる。これら実際の伝搬速度とデツカチャート作成の際の仮定伝搬速度との相違は、デツカシステムの誤差として現れてくるためチャート作成に当つては、実際の伝搬速度に近い値を用いる必要がある。

本文は、海上における誤差の分布状況を把握し、伝搬速度が、周波数および伝搬路の地理的条件により変化する状況を解析し、チャート補正の資料を得ることを目的として、北海道周域の陸岸沿いに行なつた海上測定の結果をまとめたものである。

2. 測定

測定は 43年 7月 27日より 7月 27日まで、第1図に示す距岸 0.8海里~3.5海里の海域を灯台補給船「若草」

にて航行し、六分儀を用いた同時測角による三点両角法にて船位を測定しながら、デツカ受信機の LI メータおよびデコメータの指示値を読み取り記録することにより行なつた。

六分儀による同時測角の結果から、三桿分度器を用いて海図上に船位を求め、その点における計算レーン数を

(イ) 陸上伝搬速度 299.25 km/m sec

海上伝搬速度 299.60 km/m sec

と仮定した場合の計算値(B)と

(ロ) 陸上伝搬速度を次のように、周波数毎に異なつた値

6f 298.30 km/m sec

8f 298.06 km/m sec

9f 299.35 km/m sec

5f 298.88 km/m sec

海上伝搬速度 299.65 km/m sec

と仮定した場合の計算値(C)の通り 2の値を算出し、それらの値と実測値(A)との差を求め、各測定海域毎にそれらの差の平均値と標準偏差を求めた。その結果を第1表に示す。

なお、(イ)の伝搬速度はデツカチャート作成の際に用いた仮定値であり、(ロ)の伝搬速度は固定点測定の解析の結果求められた値でチャート修正図作成の際に用いられている。

チャート修正の効果を見るため、実測値とチャート値(B)の差、および実測値と(ロ)による修正値(C)の差を第2図~第4図に各パターン別に図示してある。

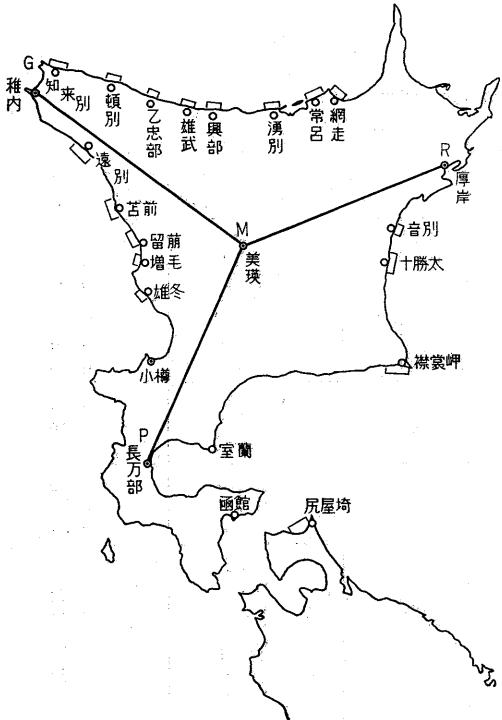
第2図より明らかなように、赤パターンについては、

* 所在地: 東京都千代田区霞ヶ関 Address: Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan

第1表 海域別誤差一覧表
Table 1: Position fixing errors in various sea areas.

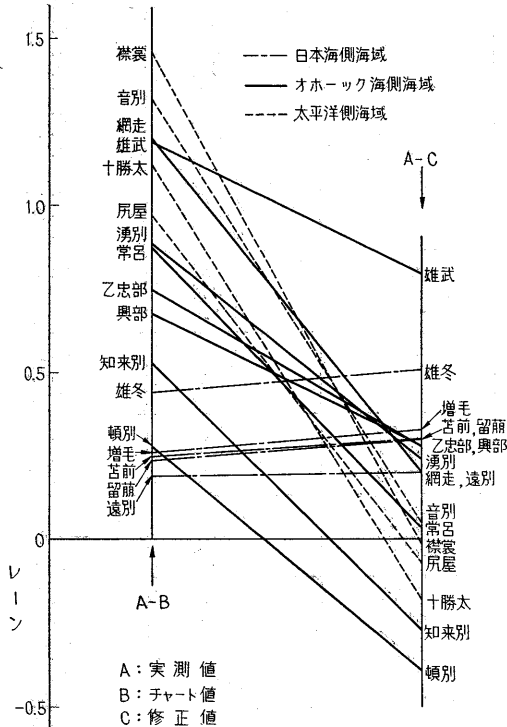
A: 実測値, B: チャート値, C: 修正値

海域	パターン	測定数	A-Bの平均値	A-Bの標準偏差	A-Bの平均値	A-Cの標準偏差	B-Cの平均値
雄 冬	R	3	0.44	0.003	0.51	0.003	0.08
	G		0.48	0.010	0.26	0.010	-0.22
	P		1.63	0.042	1.02	0.042	-0.60
増 毛	R	14	0.26	0.023	0.33	0.023	0.07
	G		0.31	0.039	0.12	0.040	-0.18
	P		0.27	0.126	-0.23	0.119	-0.50
留 萌	R	35	0.24	0.039	0.30	0.039	0.06
	G		0.38	0.042	0.20	0.042	-0.18
	P		0.44	0.086	-0.07	0.080	-0.51
苫 前	R	41	0.25	0.056	0.30	0.057	0.05
	G		0.42	0.074	0.21	0.073	-0.22
	P		0.54	0.134	-0.10	0.149	-0.64
遠 別	R	37	0.19	0.079	0.20	0.083	0.01
	G		0.38	0.070	0.06	0.073	-0.32
	P		0.36	0.086	-0.48	0.100	-0.85
知来別	R	15	0.53	0.032	-0.27	0.028	-0.79
	G		0.18	0.032	-0.31	0.033	-0.49
	P		0.11	0.032	-0.91	0.032	-1.02
頓 別	R	7	0.28	0.015	-0.39	-0.015	-0.66
	G		0.11	0.124	-0.30	0.125	-0.41
	P		0.59	0.026	-0.16	0.029	-0.75
乙忠部	R	8	0.75	0.036	0.28	0.036	-0.47
	G		0.24	0.051	-0.10	0.051	-0.33
	P		0.17	0.024	-0.32	0.023	-0.49
雄 武	R	11	1.19	0.039	0.79	0.039	-0.40
	G		0.02	0.076	-0.28	0.076	-0.30
	P		0.16	0.037	-0.25	0.037	-0.41
興 部	R	17	0.68	0.126	0.28	0.122	-0.41
	G		0.26	0.204	-0.04	0.204	-0.30
	P		0.31	0.088	-0.07	0.099	-0.38
湧 別	R	17	0.89	0.088	0.24	0.082	-0.65
	G		0.43	0.033	0.12	0.048	-0.32
	P		0.27	0.087	-0.07	0.116	-0.34
常 呂	R	28	0.88	0.072	0.03	0.056	-0.85
	G		0.51	0.041	0.13	0.033	-0.38
	P		0.19	0.028	-0.21	0.022	-0.41
網 走	R	31	1.20	0.045	0.20	0.047	-1.00
	G		0.68	0.027	0.27	0.027	-0.41
	P		0.65	0.068	0.20	0.069	-0.45
十勝太	R	42	1.12	0.067	-0.18	0.067	-1.30
	G		0.06	0.012	-0.36	0.012	-0.43
	P		0.29	0.056	-0.36	0.058	-0.65
音 別	R	5	1.32	0.023	0.04	0.023	-1.28
	G		0.09	0.016	-0.33	0.003	-0.43
	P		0.65	0.007	0.10	0.007	-0.55
襟 裳	R	121	1.46	0.101	-0.02	0.110	-1.48
	G		0.51	0.116	-0.05	0.122	-0.56
	P		1.59	0.093	0.37	0.102	-1.22
尻 屋	R	16	0.97	0.064	-0.07	0.063	-1.04
	G		0.36	0.040	0.01	0.040	-0.35
	P		0.89	0.124	0.06	0.125	-0.82



第1図 測定海域全図

Fig. 1 Areas where tests were performed



第2図 実測値と計算値の差(赤)

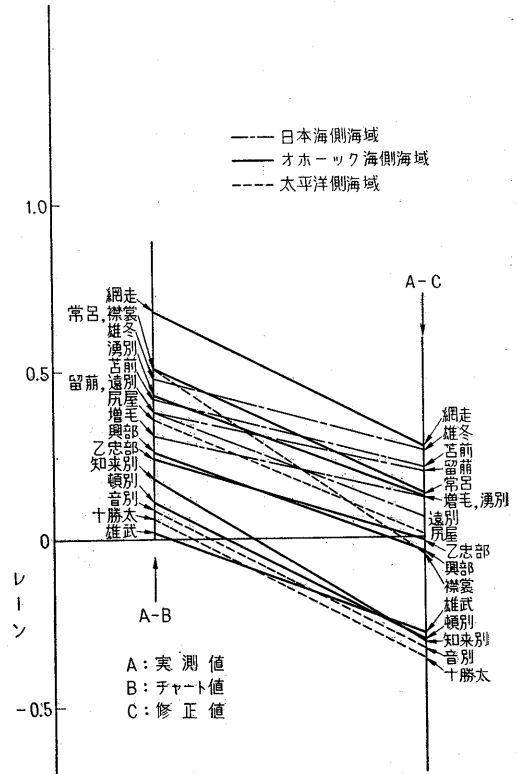
Fig. 2 Differences of observed value and computed value (Red)

(ロ) による修正値は、(イ) によるチャート値に比較して、日本海側海域を除いては実測値に近づく傾向を示している。しかし、固定点付近の海域を除いては、実測値と計算値の差は零には収束せず、誤差のばらつきの幅は、約 ± 0.4 レーンある。

日本海側海域については、この付近は赤パターンの主局側基線延長線に近いということ、およびチャート値算出の際の陸上伝搬速度 299.25 mk/m sec という値と、修正値算出の際の $8f$ の陸上伝搬速度との差が、他の周波数の伝搬速度との差より大きいということが相まって、上述のように修正値が実測値から遠ざかるという傾向を示している。

これは、 $8f$ の陸上伝搬速度として仮定した値を、すべての地域にわたって適用することは妥当でないことを示している。

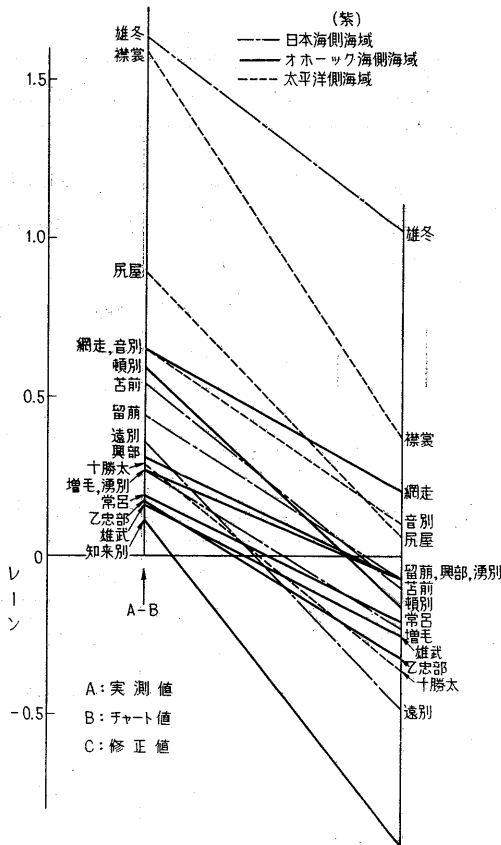
第3図および第4図の緑および紫パターンについても、赤パターンと同様、実測値と修正値の差は、実測値とチャート値との差より大きくなる傾向にあるが、誤差のばらつきは修正前と変わりなく、その幅は緑は約 ± 0.3 レーン、紫は約 ± 0.5 レーンとなっており、赤が約 ± 0.4 レーンであることを考えると、これらのばらつきの



第3図 実測値と計算値の差(緑)

Fig. 3 Differences of the observed value and computed value (Green)

A: 実測値
B: チャート値
C: 修正値



第4図 実測値と計算値の差 (紫)
Fig. 4 Differences of the observed value and computed value (Purple)

幅は、ちょうどデツ受信機において、受信周波数を通倍する際の、通倍数 (赤 4, 緑 3, 紫 5) の比になっている。

3. 検討

以上、各パターンとも、(ロ)による伝搬速度を用いてチャートの修正を行なった結果、各海域とも誤差は概ね小さくなる傾向にあり、固定点付近の海域では零に近い値となっているが、その他の海域では、誤差のばらつきの幅は、修正を行なってもほとんど変化なく、約 ±0.5 V レーンの幅がある。

このことはチャートの修正を行なうにあたっては、周波数毎に伝搬速度を与え、これをデツカ有効範囲全域に適用することは、妥当ではなく地理的条件別に伝搬速度を与えて修正を行なう必要があることを示している。

つぎに、計算レオン数の精度について検討する。まず船位決定の際の誤差を考えると、その原因としては次の2つが考えられる。

- (イ) 六分儀使用の際の測角誤差
- (ロ) 測角値から三稜分度器を用いて、海図へ船位を

記入する際の記入誤差、海図の伸縮による誤差および経緯度推算の際の読取誤差。

(イ)については、六分儀の読みの最小目盛は 30 秒であり、今回の測定では、目標までの距離は、ほとんどが 3 海里以内であつたので、測角誤差として、個人誤差および六分儀の器差等を考慮しても、精度は充分信頼出来るものと思われる。

(ロ)の誤差については、UTM (Universal Transverse Mercator) 法にて確認すると、大略±50メートル位と考えられ、レーン誤差に換算した場合、場所により異なるが、北海道周域では大略 0.1 レーン位と考えられる。つぎに船位を緯度、経度にて求めた後、レーン数を算出する際に、測定点から各局までの伝搬経路のうちの、海上部分の距離を 50 万分の 1 の地図より求め、別に送信局一測定点間の全距離は算出しておいて、陸上部分の距離を全距離と海上部分との差として求めたので、海上部分の距離を地図から読取る際に、読取りの誤差が生じる。この誤差はレーン誤差に換算して最大約 ±0.02 レーンになると考えられる。

徒つて、計算レオン数に現れる誤差としては、海図にて船位を決定する際の誤差が最も大きく、最大約 ±0.1 レーンになると考えられる。

4. デツカを利用した船舶の諸性能試験

デツカ海上測定試験の際、デツカを利用して船舶の速

第2表 速力試験結果
Table 2. Results of speed trials

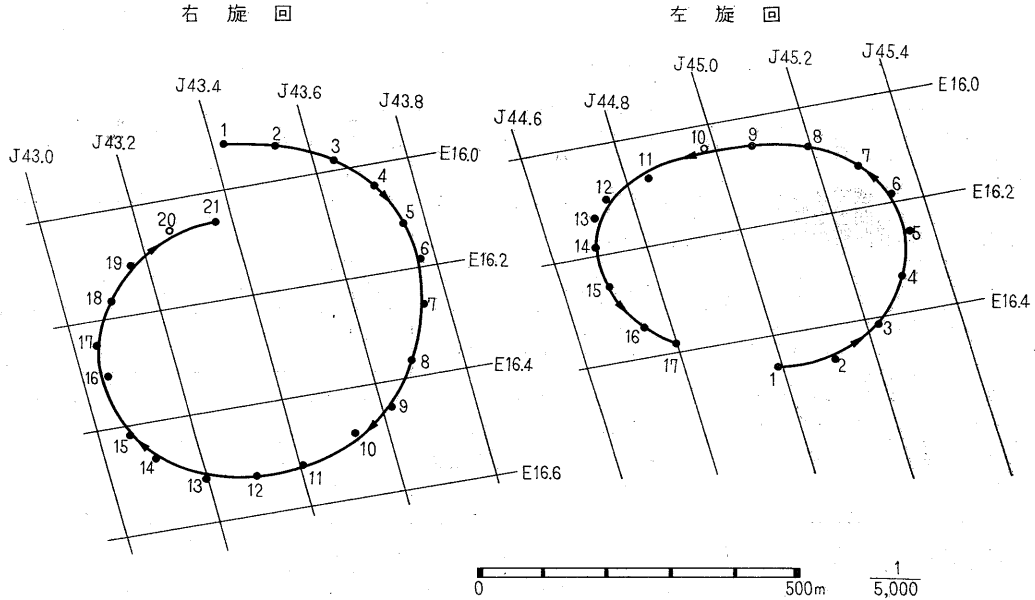
	回数	航走距離	航走時間	速力		平均速力
デツカ	1	2106 m	7 00 分 秒	9.75 ノット	往	9.91 ノット
	2	1849	6 00	9.98	復	
	3	2446	8 00	9.91	往	
標柱目視	1	1852	6 10	9.73	往	9.99
	2	1852	5 50	10.29	復	
	3	1852	6 13.5	9.64	往	

船名 若草
測定月日 43年7月11日
場所 函館港外
天候 晴(第1回, 第2回) 曇(第3回)
風向 SW(第1回, 第2回) S(第3回)
風力 3(第1回, 第2回) 2(第3回)
風浪 SW1(第1回, 第2回) S1(第3回)

電波標識一覧表 (海上保安庁所管 昭和44年1月31日現在)

局種	局数	方式	目的別分類	電波の型式	周波数	出力	精度	有効距離		
名無線航行陸上局	中短波	8	双曲線 (パルス)	遠距離用	P ₀	1,850 KHz	130 kW または 160 kW	基線上 330 m 最大 10 km	昼間 700 NM 夜間 1400 NM	
	長波	9	双曲線 (位相)	中距離用	A ₁	70 kHz ~ 130 kHz のうち5波	700 W	基線上 5 m 最大 750 m	昼間 590 NM 夜間 350 MN	
	マイクロ波	2	極座標	港湾用	P ₀	5,580 MHz (センチ波) 24.5 GHz (ミリ波) 32.6 GHz (ミリ波)	30 kW 40 kW	ミリ波 距離 20 km で 20 m 方位角 20 km で 90 m センチ波 距離 40 km で 120 m 方位角 40 km で 700 m	ミリ波 10 km センチ波 40 m	
無線標識局	中波	51	無指向 ロータリ ビーコン	直交座標 沿岸用	A ₂	285 kHz ~ 325 kHz (1.921 KHz)	400 W 又は 260 W	100 km で 1,750 m	昼間 100~200 NM 夜間 50 NM	
	マ イ ク ロ 波	2	ロータリ ビーコン	直交座標 沿岸用	P ₀ P ₉	9,310 MHz	P ₀ 7 kW P ₉ 40 kW	10 km で 500 m	20~30 NM	
		3	トーキング ビーコン	直交座標 沿岸用	P _{3E}	9,310 MHz	1 kW 1.5 kW	10 km で 500 m	20 NM	
		6	コース ビーコン		港湾用	P ₁	9,310 MHz	7 KW	10 m で 500 m	10 NM
		6	レーマーク ビーコン (短波)		陸地初 認用	P ₉	9,375 MHz ±40 MHz	600 mW	10 km で 500 m	30 NM
		1	トランス ポンド	極座標	特定地 点の確 認標識	P ₀	9,375 MHz ±40 MHz	20 mW	100 km で 500 m	5 NM

機 能	箇 所
<p>1つの主局と1つの従局で1レートを構成し、従局は主局に同期し各局は各レート毎にきまつた周期で常時パルスを発射し、1つの双曲線を作る。 利用者はロラン受信機で2つのレートの電波を個別に受信し、それぞれの電波の到達時間差を読みとり、ロランチャート、ロランテーブルを用い2つの双曲線の交点より位置を求める。</p>	<p>2S1 2S2 2S0 2S7 落石—大釜崎—波崎—八丈島…(硫黄島) 2S3 2S4 2S5 2S6 2S7 松前—新潟—米子—対馬—野間池—(沖繩)</p>
<p>1つの主局と3つの従局で1チェーンを構成し、従局は主局に位相同期して、各局常時持続電波を発射し、3つの双曲線群を作る利用者はデッカ受信機で主、従局からの電波の位相差を読みとり、デッカチャートを用いて、2つの双曲線の交点から自己の位置を求める。</p>	<p>北海道チェーン(9C) M-美瑛、R-厚岸、G-稚内、P-長万部、北九州チェーン(7C) M-前原、R-上県、G-長島、P-瀬戸、</p>
<p>方位分解能および距離分解能の特にすぐれた、ミリ波およびセンチ波の大型レーダにより、定められた監視区域を常時監視する。レーダ局と利用者は中短波およびVHF送受信機を用い、船舶の位置、他船の動向、障害物、気象状況、その他、航行の安全に必要な情報を得る。</p>	<p>釧路、大阪、</p>
<p>定時に指向性の電波を時計方向に回転させながら真北から2度毎に短点符号の信号を発射する。 利用者は、ラジオ程度の簡単な受信機で短点数を消音点まで数え、その数を2倍した値が局からの方位となる。 また定時に無指向性の電波を発射する局があり、利用者は自船に装備した方向探知機で局の方位を求める。</p>	<p>付図(26頁)に示す (但し、磯崎は中短波(1,921 KHz)を使用している)</p>
<p>送信局は低速回転空中線と、低速回転空中線が2度進むごとに一回転する高速回転空中線よりなっている。低速回転空中線が北を向いたときよりの高速回転空中線からの短点符号(低速回転空中線が北を向いたときの短点符号は音色をかえている)を停止音(低速回転空中線からの信号)が入ってくるまで数え2倍すると局に対する真北からの方位となる。 利用者は簡単なマイクロ波受信機により局からの方位を知ることができる。</p>	<p>綾里崎、閉伊崎、</p>
<p>15秒間隔で局名を無指向で発射し、方位信号は音声により変調され、指向性の電波を3°毎に回転させながら発射する。この方式は局からの方位のみがわかるだけであるので、他のマイクロ波標識局と併用するとよい。 利用者は簡単なマイクロ波受信機により局からの方位を音声により知ることができる。</p>	<p>加茂(かも) 小木(おぎ) 八戸(さめ)</p>
<p>局名を方位信号の前に指向性空中線で発射し、方位信号は音声で変調し、度毎に指向性空中線で回転させながら発射する。局は2または3局でチェーンを構成し、局の間では同期して電波発射をしている。 利用者は簡単なマイクロ波受信機により、局名と、その数字を、トーキングビーコン用チャートに入れ、他局の位置線の交点として位置を求める。</p>	<p>対馬{北(あか) 中(くろ) 南(あお)}</p>
<p>符号化された指向性の電波を、2個の空中線から交互に発射する。二つの空中線からのビームがかさなり電界強度の差を検出できなくなる連続音となり、これがコースとなる。コースの幅は約1°である。 利用者は簡単なマイクロ波受信機により受信された信号音を区別しコース等を知る。</p>	<p>稚内、厚岸、宮古、大船渡、伏木、新湊、</p>
<p>送信局はパルス変調された電波を9,375 MHz±40 MHzの範囲にわたって周波数を揺動しながら常時指向性電波を発射する。利用者は自船のレーダのブラウン管上にあらわれた輝線により局の方位を知る。この輝線に送信局があることになる。</p>	<p>襟裳岬、犬吠崎、野島崎、潮岬、観音崎、佐田岬</p>
<p>船舶のレーダから発射された電波によりトリガされたときのみ無指向性のパルス群を発射する。送信周波数は9,375 MHz±40 MHzの範囲にわたって揺動している。利用者はレーダのブラウン管上にあらわれる符号輝線の方向により局の方位が、ブラウン管の中心に一番近い符号輝線により局の位置がわかる。</p>	<p>布良鼻、</p>



第5図 雄武沖における旋回試験
 Fig. 5 Courses in the turning trials on the offing Ōmu.

力試験および旋回試験を行ない、この種の船舶性能試験にデツカの利用が可能であることを確認した。

以下にその結果を示す。

4.1 速力試験

函館港外の速力試験用標柱のある海域で、標柱間航走方式と並行してデツカによる速力試験を実施した。

速力は、測定開始時のデツカ指示値と、終了時の指示値とを、デツカチャートを拡大したものに記入し、その間の距離を求め、これと測定時間との比較により算出した。測定結果を第2表に示す。

デツカの位置決定誤差は、位置の双曲線の発散と、その交叉角が関係するので、速力試験を行なう場合にも、双曲線が密で、その交叉角が90°に近い場所で実施するのが望ましい。今回の測定場所の函館港外は、比較的條件のよくない地点であるが、デツカによる速力と、標柱間航走による速力は、約0.8%の差でよく一致している。

デツカによる速力試験は、条件により航路を自由に選択出来ること、天候や視界の状況に左右されないこと、任意の時刻に行なえること、および測定の際に個人誤差

の入る可能性が少ないこと等から、デツカを速力試験に使用することの利点は大きいと思われる。

4.2 旋回試験

小樽沖、雄武沖および室蘭沖にて旋回試験を実施したが、そのうちの雄武沖の測定結果を第5図に示す。

測定開始前、約10分~20分間漂泊して、船の流される方向と速さから風や潮流等の影響を調べておき、船の旋回開始から終了まで、デコメータの指示値を20秒毎に読み取り、これをデツカチャートを拡大したものにプロットし、上記の風や潮流の影響を補正して描いたものが、第5図の航跡図である。

これらの結果はかなり良好であり、デツカにより簡単に旋回性能試験が出来るものと思われる。

5. 結言

以上、43年7月に行なつた、北海道デツカ海上測定の結果の概要を述べた。

周波数毎に陸上伝搬速度を与え、これらの伝搬速度をすべての地域に適用して補正を行なうことは、困難であり、今後さらに伝搬経路の地理的條件別の伝搬速度の解析を行ない、これにより補正を行なう必要がある。

レーダエコーによる船舶の速力測定

*防衛大学校 丸 川 武 志
鈴 木 義 久

A Method of Measuring Ship Velocity Using Marine Radar

*Defense Academy Takeshi MARUKAWA
Yoshihisa SUZUKI

Summary

In this paper, a method of measuring ship velocity using marine radar is described.

When a ship is running toward an isolated target on sea with the radar antenna is holding to the direction of it, radar echo of the target shifts on time axis at A scope display. Therefore, if we set up a pair of gates which holds a fixed delay interval on time axis and detect a elapsed time which the echo passes through this interval, average velocity of the ship can be measured as the mile-post method.

The paper also discusses the accuracy in this procedure.

1. ま え が き

船舶の海上試運転における対地速力の測定には従来マイルポスト法が用いられ、1マイルの標柱間の平均速力がかかなり高い確度で求められている。しかしながらマイルポスト法は視程不良により測定不能となること、および標柱入出時の決定に際して個人誤差が入り易いこと等の問題を有しており、また最近では船舶の大型化、高速化および船数の増加等ともない試験海域に制約を生じるようになってきた。標柱入出時の決定については、写真記録による判定法が報告されているが⁽¹⁾、その他の問題に対して電波を用いる測定法は多くの長所を有しており、最近その開発が進められている。

電波による速力測定の原理はよく知られたドップラ効果の検出である。船舶のような比較的低速度の物体に対するドップラ周波数は一般に低い値となるから、瞬時速

力の測定の場合はカウンタの計数誤差が問題となるが、長い秒時にわたる位相回転数から平均速力を求める場合はマイルポスト法と同等以上の測定確度を期待することができる。これについて、従来トランスポンダ方式による測定装置があるが⁽²⁾⁽³⁾、最近では変調波の位相検出による高精度の方式が開発され、測定確度が $\pm 0.2\%$ 以下となることが報告されている⁽⁴⁾。この外、デッカ方式を利用した速力試験結果も報告されているが⁽⁵⁾、現在のところ誤差はやや大きい値を示している。

筆者等は、今回航海用パルスレーダを用い、複数ゲート受信法による船舶の速力測定を行なった。本法は船舶と固定目標間の距離の変化にともなうエコーの推移から自船の対地速力を求める簡易な測定法であるが、かなり良好な実験結果が得られたのでご報告する。

本文は、測定原理、回路構成、実験例および若干の検討事項について述べている。

2. 測 定 法

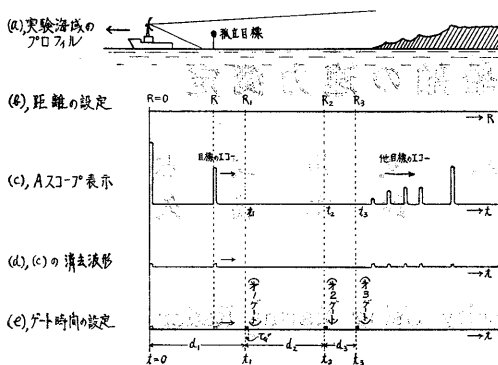
2.1 測定原理

第1図(a)に示すごとく、船が海上に孤立した固定目標から例えば離反して航走する場合を考えると、船と目標間の距離があらかじめ設定された既知の値 R_1 , R_2 に達するときの現象と時刻を検出すれば、この区間の平均速力が求められる。この場合、船の位置を基準とした相對距離関係は(b)図のごとくなる。

レーダは目標までの距離を電波の伝搬時間により測定するものであるから、(a)図についてそのAスコープの波形は(c)図のごとく表わされる。 t_1 , t_2 はそれぞれ R_1 , R_2 に対応し、 $t_1 = 2R_1/C$; $t_2 = 2R_2/C$ (C : 電波の速度) となるが、この値はレーダの送信パルスの発射時刻 ($t=0$)

* 所在地: 横須賀市走水 1-10-20

Address: 1-10-20, Hashirimizu, Yokosuka-shi, Japan



第1図 ゲート時間の設定

を規準にとつた遅延時間として設定することができる。本測定法は t_1 と t_2 においてゲートが開く複数個のゲート回路を設け、船の航走にともなつて目標のエコーがこれらのゲート回路を通過するときの急峻な出力を検出するものである。いま船の速力を v とすると、船の航走にともなうゲート出力の時間差 Δt_1 は式 (1) で与えられる。

$$\Delta t_1 = \frac{Cd_2}{2v} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 d_2 は第1図(e)における第1ゲートと第2ゲートの時間間隔 ($d_2 = t_2 - t_1$) で、既知の遅延時間で与えられるから、 Δt_1 を計測することにより v を直ちに求めることができる。

図1, (d) および (e) はゲート操作についての説明図で、ゲートパルスは船の航走コース上に設けられた電気的標柱の役を果たしている。

船が反対に目標に近接して航走する場合、目標のエコーは逆の順で現われるが、式 (1) の関係は同一となる。したがつて、レーダで目標を捕捉しながら船を往復航走させることにより対地速力を測定することができる。 d_2 は遅延回路により適当な値として設定されるが、これを大きくすると長い区間の平均速力が、またこれを小さくとると短い区間の瞬時速力が測定できる。

2.2 測定回路の構成

3個のゲートを用いた測定回路の構成を第3図に示す。測定回路へは、レーダ受信機の映像検波出力から分岐されたエコーが入力信号となり、一方レーダ送信機から分岐されたトリガ信号がゲートパルス発生回路を起動する。 t_1, t_2 はゲート出力波形の立上り開始点により検出するが、入力信号波形は一般に特性が悪いので、シュミット回

路を用いてあらかじめ立上りの急峻な波形に変換する。ゲートパルスの幅(τ_G)は測定に直接関係しないが、出力波形の立上りを劣化させ、またエコーのフェージングによる誤動作の原因となるので、送信パルス幅(τ)より狭くつた方がよい。

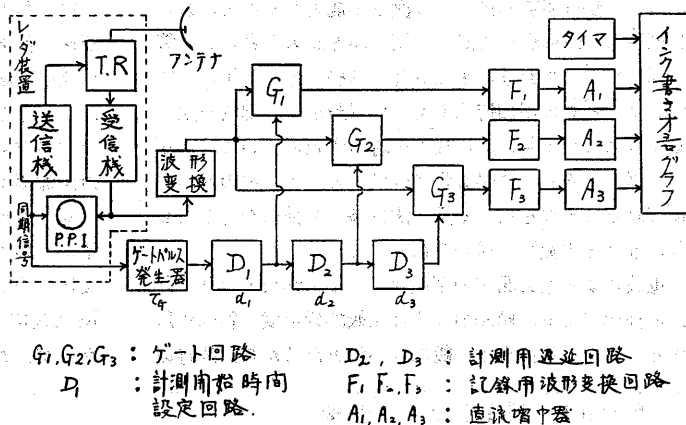
遅延回路について、 D_1 は計測開始時刻の調節を行なう回路で、単安定マルチバイブレータを用いることにより遅延時間 d_1 を連続可変とする。つぎに D_2, D_3 は計測距離区間を与える回路で、集中定数型遅延線路を用いることにより遅延時間 d_2 および d_3 はそれぞれ固定とする。各遅延回路は直列に接続されているから、全体の遅延時間はおのおのの和となる。ゲートパルスはそれぞれの遅延時間を経過した後、対応した G_1, G_2 および、 G_3 のゲート回路を T_G 時間だけ開く。

本装置では $d_1 = 0.2 \sim 50 \mu s$ (距離: 30 m ~ 7.5 km), $d_2 = 10 \mu s$ (距離: 1500 m), $d_3 = 2 \mu s$ (距離: 300 m) にとり、 d_3 は遅延線路の中間端子によりさらに $0.2 \mu s$ (距離: 30 m) ごとの10段の切替回路とした。

2.3 測定方法

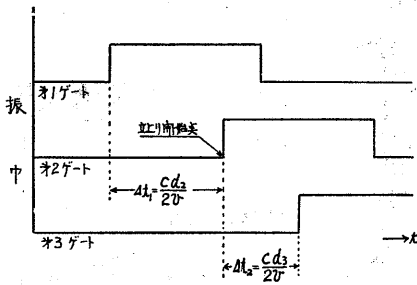
船が目標に近接または離反する場合、船首または船尾方向にアンテナビームを固定し、目標のエコーを捕捉しながら速力試験コースに入る。測定者は D_1 により、 d_1 を G_1 の動作開始点直前にくるように調節して固定する。間もなく G_1 が動作すると、船の直線航走にともなつて d_2 だけ経過した後 G_2 が動作する。船首のふれにより d_2 の中間においてエコーが消滅することは差しかえないが、 G_2 の動作時にこれが生じると欠測となる。この場合には、 d_3 による G_3 の出力を待つか、または d_3 を $0.2 \mu s$ づつ順に遅らせてエコーの回復をはかるようにする。

各ゲート回路の出力パルスは F_1, F_2 および F_3 の記録用波形変換回路⁽⁶⁾を経て、秒時信号と共にそれぞれに対応した3素子のインク書オシログラフに記録される。記録波形の様態を第3図に示す。記録紙上の各波形の立



G_1, G_2, G_3 : ゲート回路
 D_1 : 計測開始時刻設定回路
 D_2, D_3 : 計測用遅延回路
 F_1, F_2, F_3 : 記録用波形変換回路
 A_1, A_2, A_3 : 直読増中器

第2図 測定回路の構成



第3図 記録波形と速力の関係

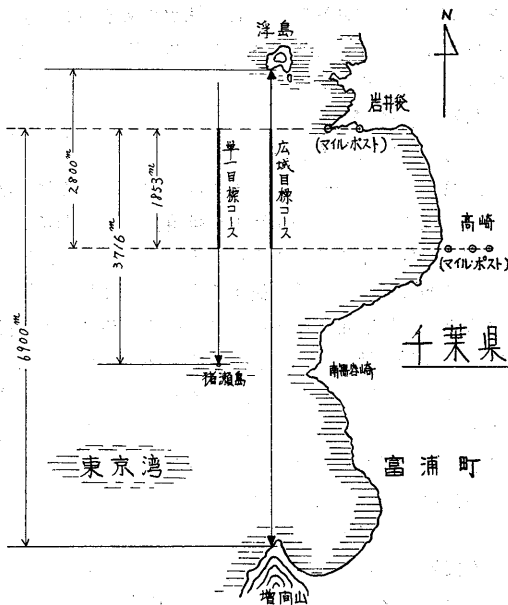
上り開始時刻を読み取ることから、 d_2 、 d_3 および $d_2 + d_3$ に対応した距離区間の速力が求められる。第3ゲート回路を設けることは測定量の増加および欠測に対する補充等に対して有効である。

3. 実験と結果

3.1 実験の条件

実験は昭和43年7月8日および9月20日の両日、千葉県館山マイルポスト海域において行なつた。海面の状態は両日共、南よりの弱風の下でうねりと風浪は殆んどなく、視程は3マイル以上であつた。実験場と試験コースを第4図に示す。

本実験では孤立固定目標として猪瀬島を、また自然の地形を利用した広域目標として浮島および増間山を選定



第4図 実験場と試験コース

(註) 猪瀬島は孤立岩礁で、目測による大きさは大略横、縦、高さ共に10m以下であるから、実験では点目標と見なした。

した。試験コースが陸岸にかなり接近するため100 ton ~ 200 ton 程度の小型艇を使用した。測定に用いたレーダの主要性能は、送信周波数: 9,375 MHz, 送信電力: 30 kW, パルス繰返周波数: 1,500 Hz, パルス幅: 0.25 μ s, 空中線の水平ビーム幅: 2.2° である。

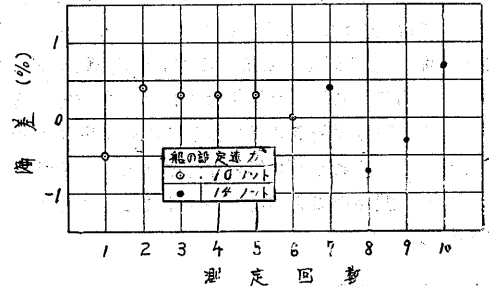
実験では、結果の比較をするためマイルポスト法と同時測定を行なつた。測定距離区間をマイルポスト区間に狭まれた位置にとるため、標柱入りの合図を受けた直後に G_1 のゲートを動作させた。またゲート通過時のエコーの消滅による欠測を防ぐため船首の横ぶれには特に配慮した。

3.2 結果と検討

猪瀬島を目標とした測定結果を第5図に示す。実験では船の設定速力を10ノットおよび14ノットとし、結果はマイルポスト法に対する偏差で表わした。図において偏差は最大 $\pm 0.7\%$ 以下となつている。

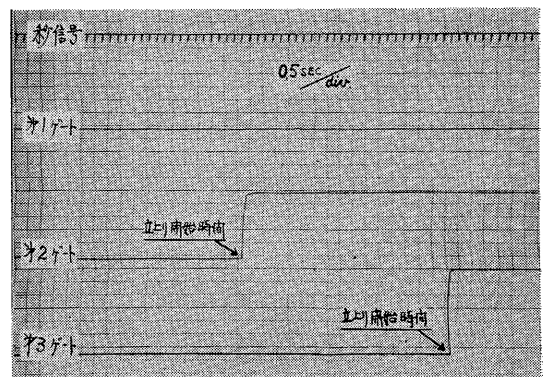
実験による記録波形の例を第6図に示す。図においてゲート出力の立ち上がり開始点の検出精度は1/10秒以下で、 $d_2 = 10 \mu$ s とした場合の測定精度は30ノット以下の速力に対して0.1%以下になる。

つぎに広域目標(浮島, 増間山)による測定結果を第

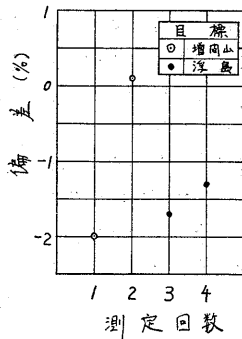


第5図 孤立目標による速力の測定結果 (目標: 猪瀬島)

$$\text{偏差} = \frac{(\text{レーダ法による速力}) - (\text{マイル・ポスト法による速力})}{(\text{マイル・ポスト法による速力})} \times 100(\%)$$



第6図 記録波形の例



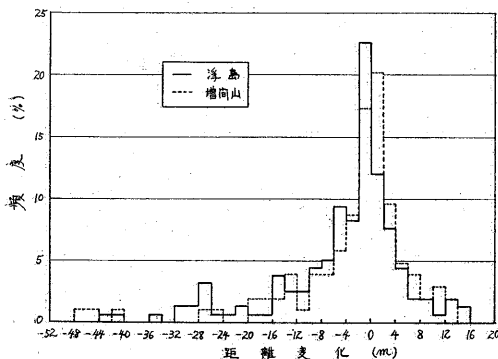
第7図 広域目標による速力の測定結果
(船の設定速力: 10ノット)

7図に示す。この場合の偏差は最大2%以下でかなり大きくなっている。測定の条件は猪瀬島の場合と同一であるから、偏差の最大の原因は船首の僅かなふれにもとづく広域目標の実効反射点の変化によるものと思われる。浮島と増間山について実効反射点の変化を測定した結果を第8図に示す。本測定では、1マイル区間の航走時間を10分割し、各分割時間ごとに $d_3=0.2\mu s$ とした速力の測定を行ない、マイルポスト法による測定結果と比較して得られた偏差を実効反射点の距離変化として表わした。図では $\pm 15m$ 以下の変化($d_2=10\mu s$ とした場合に $\pm 1\%$ 以下の誤差となる)の回数が約90%を占めているが、第7図に示した結果はこれよりやや悪い値となっている。実効反射点の変化は船の操船に関する問題であるが、風、うねり等の影響を考慮すると、広域目標について高い測定確度を常時期待することは困難であると思われる。

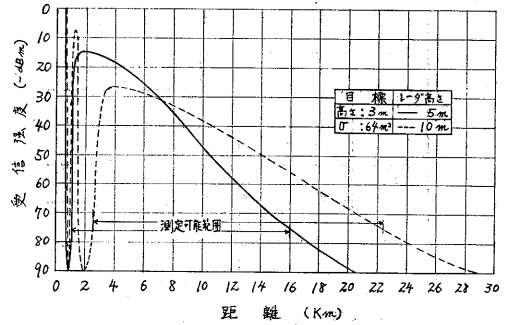
4. 検討事項

4.1 測定距離範囲

本実験では孤立固定目標としてパルスバケットよりかなり小さい岩礁を選んだが、他に良好な目標が得られな



第8図 実効反射点の変化



第9図 距離に対する受信強度の変化

い場合には浮標型コーナ・レフレクタを設標しなければならない。点目標を使用する場合、測定時間中に干渉性フェージングが頻繁に生ずると測定不能を生じる。この問題について、海面反射波の干渉による受信強度の例を示すと第9図のごとくなる。近距離は干渉性フェージングの多発領域となるから、放射パターンの第1ローブの極大値を含む図示の範囲が最適測定領域となる。

図の例では、レーダの性能は前記3.1による値を用い、その他目標の高さを3m、目標の反射断面積を $64m^2$ および海面の反射係数を -1 とした。レーダのアンテナが高くなると最適領域は遠くなるが、一方、遠地点に対しては R^{-8} による最大探知距離の制約を受ける。測定にあたっては良好なエコーの受信強度を必要とするから、最適測定領域は目標のレーダ反射断面積の大きさを考慮して決定される。なお、風浪のある海面の実効反射係数は1よりかなり小さくなるので⁽⁷⁾干渉の振幅は第9図より小さくなる。

4.2 測定誤差

(1) 回路による誤差

回路中、誤差の原因となるのは温度に対する遅延回路の安定度である。集中定数型遅延線路による遅延時間は高精度に校正して使用するが、その安定度は $0.01\%/deg$ 以下であるから、普通の測定環境の下では殆んど問題とならない。単安定マルチバイブレータ回路による遅延時間は、計測開始点を調節するものであるから、一回の測定に要する短時間内の安定度を考慮すればよい。実測によると、長時間にわたる $20^{\circ}C \sim 50^{\circ}C$ の温度変化に対して $\pm 1\%$ 以下を示したが、この場合、10分以下の短時間安定度は $\pm 0.1\%$ 以下となっている。

(2) 計時誤差

記録紙上の秒時信号の誤差は 1×10^{-8} 程度であるが、周波数カウンタを用いて校正すると精度は一段と向上する。この結果、記録波形の立上り検出精度と合わせて、計時誤差を 0.1% 以下とすることができる。

(3) エコーの立上りの変動による誤差

測定時間中、フェージングによりエコーの振幅が変動

すると、波形の立上り時間が変化し、このためシュミット回路の起動時間が変化する。ゲート入出時にこの変化を生ずると、その結果は、計測距離区間の誤差として無視できない値となる。いま、シュミット回路の起動時間の変化を最大 $\tau/8$ と仮定すると、本実験の条件に対してその誤差は約 3×10^{-3} となる。レーダの送信パルス幅が狭くなるほど、これによる誤差は小さくなる。

5. むすび

本測定法の測定原理と測定装置は、レーダ目標となる船舶以外の自動車両、航空機およびその他の高速物体に対してそのまま適用することができる。

電波による速力測定法の一般的長所はまえがきで述べたが、その他、本測定法の特長をまとめると次のとおりである。

(1) 船舶の航海用レーダをそのまま利用して、これに比較的簡単な複数ゲート回路を付加する簡易な方法である。

レーダ目標として海上の適当な孤立固定目標を選定するか、または設定することにより、試験海域を沿岸に広く求めることができる。

(3) 測定精度がかなり高い。

(4) パルスレーダを使用するため、CW ドップラレーダと比較して測定距離がかなり大きい。

(5) 計測距離区間は、計測用遅延線路を切替または交換することにより容易に変えることができる。

(6) 速力の測定範囲は、低速から高速に至るまで広範囲である。低速に対しては原理的な制限はないが、超高速に対してはレーダパルスの繰返周期が制限を与える。

(7) 船舶が、岩礁、島、陸岸の絶壁等の自然の地形を目標に選ぶとき、任意の場所で随時に速力のチェックを行なうことができる。ただし、この場合の測定精度はやや低下する。

本測定法では、良好な S/N を維持するため、エコー

のフェージングおよび sea clutter 等の影響について考慮する必要がある。

本文における実験例は比較的少ないが、測定原理と装置の性能を実験により確かめることができた。レーダの水平ビーム幅が狭くて目標の捕捉が困難となる場合は、アンテナの1次輻射器の側面をマスクすることにより、ビーム幅の拡大をはかるか、または分岐導波管により別途にホーンアンテナを設けることが考えられる。

謝 辞

本研究の実験にあたり、艦艇の運行およびマイルポスト法による測定について、海上自衛隊実用実験隊、谷浦司令および横須賀防備隊、荒木司令のご協力を頂いた。両隊の関係の方々に深謝致します。また、本研究についてご指導頂いた本校理工学研究科教授、松行利忠博士および実験に協力された今井征男助手、田中善吾技官に深謝致します。

参 考 文 献

- (1) 山内宏之 “写真による標柱計測法” 電子航法研究所第1回研究発表会講演概要10, 昭和43年11月
- (2) 宇和 完 “電波のドップラ効果を利用した船舶用速度計” 電気通信学会航空電子機器研究専門委員会資料, 1960年12月12日
- (3) 斎藤成文, 野村民也 “カツパロケットのDOVAP実験について” 電気通信学会航空電子機器研究専門委員会資料, 1961年2月27日
- (4) 紫田幸二郎, “電波を用いる試運転用船舶速度測定装置について” 電子通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会資料1967年7月31日
- (5) 清野浩, 只野暢, 山城芳郎 “北海道デツカチエーン測定試験結果” 神戸工業技報第34号, 昭和42年10月
- (6) 丸川武志, 平田衛, “パルスレーダにおけるエコーの記録受信の一方式” 電気通信学会全国大会予稿, 183, 昭和39年度
- (7) 丸川武志 “9GC帯における海面波浪と実効反射係数” 電気通信学会雑誌, 昭和37年8月

航海用電子計算機システムについて

*航海訓練所 桜木幹夫

Development of Marine Process Computer System for Navigational Use.

Institute For-Training. M.O.T.

Capt. Mikio SAKURAGI

Abstract

New type of Marine Process Computer System MODEL HOC-34NS was installed on the "Seiun-Maru" 5000 GT Training Ship of Institute for Sea Training, M.O.T. of Japan, which was built in Nov. 1968 at N.K.K. Tsurumi Shipyard.

Calculating items of this system are as follows.

1. Planing of Course and sailing of ship. Dead Reckoning and estimated positions are plotted respectively on the Marine Chart at the interval of 5 min, by two channels plotter and other miscellaneous data are displayed on Data Display Pannel and recorded on Log Sheet.

2. Calculation of collision avoidance information Connecting with Radar, e.g. CPA, trial manoeuvring. Results are displayed on Data Display.

3. Calculation of Stopping Distance and its time estimated for each engine motion.

4. Calculation of ship's condition.

G.M, Trim, Draft, and others are recorded on a log sheet by consol typewriter

5. Calculation of Engine Heat Ballance.

Data of Calculation relating to the Management of Propulsion machineries are also recorded on a log Sheet.

1. はじめに

船舶における運航技術の高度化、自動化の推進をはかるためには、電子計算機を多角的に利用した中央情報処理方式によるオンラインコントロールシステムの開発が必要である。

1968年11月、日本鋼管鶴見造船所で完工した航海訓練所練習船、青雲丸(5000GT)は、この目的の第一段階として、中型デジタルコンピュータ HOC34NS を搭載し、航海用として始めて実際に利用できる周辺装置を開発し、一応のシステム構成を行なった。

本システムでは、計算機を含む装置各部の信頼性およびプログラムの試行修正を行なうことなどから、計算機系を運航上の制御系(推進、操舵)からきり離してある。すなわち、検出端からの入力信号の変換、演算、表示、記録までであつて、いわゆるコンピュータによるコントロールは行なっていない。

計算機による演算項目は次の内容とし、入力は自動、手動を併用している。

- (1) 航法計算
- (2) 衝突条件計算
- (3) 停止惰力計算
- (4) 積付計画計算
- (5) 機関管理計算
- (6) 一般計算

青雲丸は就航後約1ヶ月の航海の間に、本装置のテストを行ない、若干のプログラム上の変更を行なったのみで、良好な作動結果を示した。

2. システムの構成

- (1) 構成

本システムの構成機器およびそれぞれの設置場所を第1表に示し、システム全体のブロック図を第1図に示す。

- (2) コンピュータの要目

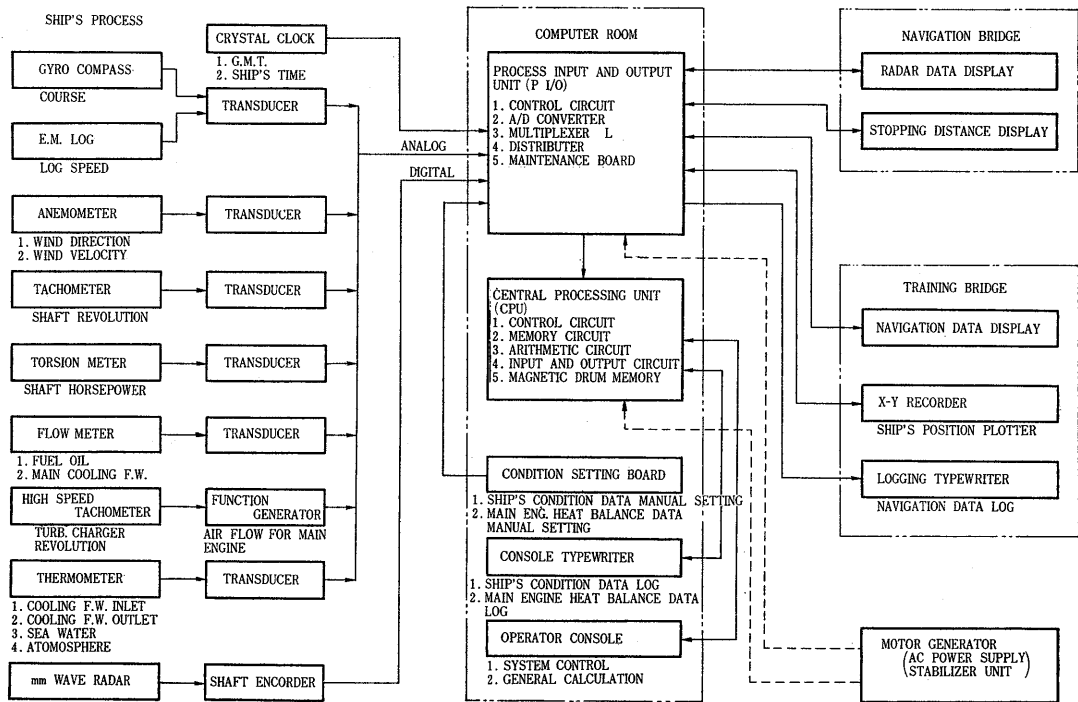
本システムに使用したコンピュータ HOC-34NS の要目は第2表の通り。

* 東京都千代田区霞ヶ関2の1の3
2-1-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo.

第1表 船舶用プロセス・コンピュータ・システムの構成機器

番号	機 器 名 称	数量	設置場所
1	コンピュータ本体 (CENTAL PROCESSING UNIT, CPU)	1 式	計算機室
2	プロセス入出力装置 (PROCESS INPUT AND OUTPUT DEVICE, PI/O)	1 式	同 上
3	万能入出力装置 (CONSOLE TYPEWRITER, FLEXOWRITER)	1 台	同 上
4	操作設定器 (OPERATOR CONSOLE)	1 台	同 上
5	ロギング・タイプライタ (LOGGING TYPEWRITER, IBM SELECTRIC TYPE)	1 台	実習船橋
6	航法計算設定表示器 (NAVIGATION DATA DISPLAY)	1 台	同 上
7	X-Y レコーダ (X-Y RECORDER)	1 台	同 上
8	衝突条件計算設定表示器 (STOPPING DISTANCE DISPLAY)	1 台	航海船橋
9	停止惰力計算設定表示器 (STOPPING DISTANCE DISPLAY)	1 台	同 上
10	積付計画計算設定器 (含機関管理計算設定器)(CONDITION SETTING BOARD)	1 台	計算機室
11	交流安定化電源装置 (MOTOR GENERATOR)	1 台	MG室
12	検出器および変換器	1 式	
13	内部記憶プログラム	1 式	

MARINE PROCESS COMPUTER SYSTEM BLOCK DIAGRAM



第1図

(3) 入出力周辺装置

(a) 入力信号

(i) アナログ信号

各検出器よりの電気信号を統一電流信号 (DC・2~10 mA) または統一電圧信号 (DC・0~4V または 1~5V) とするための変換器をおき, アナログ信号を入力切替器を介して本体 (CPU) 内の A/D コンバー

タに入れ 10 進 3 桁のデジタル信号に変換して利用する。

アナログ入力信号は 13 系あり, 内容を第3表に示す。

(ii) デジタル信号

レーダ情報と時刻信号の 2 種があるレーダ本体のカーソルおよび可変距離マーカの回転つまみに A/

第2表 船舶用プロセス・コンピュータシステム, HOC-34NS 性能表

1	回路素子	トランジスタおよびダイオード	
2	動作方式	スタティック フリップフロップ同期方式	
3	プログラム方式	内部記憶方式	
4	転送方式	2進10進直列	
5	単語	数値語	表現および桁数 小数点 内部2進10進 40ビット +符号 (10進10桁) 固定小数型
		命令語	表現 内部2進10進 28ビット Func. 8ビット O.P.A. 20ビット
6	命令種類	方式	約30種 1アドレス方式
7	記憶装置 ドラム元	容量	高速磁気ドラム (内部記憶) 6,400語
		平均待時間	8.3 ms
		トラック数	64
7	ドラム元 諸情報	寸法	250 mmφ × 80 mm ^l
		回転数	3,600 (60 Hz)
		トラック当りの容量	4,200 bits
7	ドラム元 諸情報	情報密度	5.35 bits/mm
		ヘッド数	64
8	クロック周波数	データ用 クロック用	64 3
8	クロック周波数	252 kHz	
9	加減算演算速度	0.56 ms	
10	誤検出	演算 転送	累算レジスタ (オーバーフロー) ドラム読出し (パリティ) 偶数方式, 零コード
11	タイプライター	型式 速度 コード, 文字 制御方式	12~30 inch アウトプットライター (IBM) 100 ms/字 純10進 (0~9, ., - 等指定のものおよび各種機能) プログラムによるキーマグネット駆動
12	入力	種点	任意
	入力切換	方速	トランジスタ スイッチ リードリレー 1 m sec/pt 5 m sec/pt
13	入出力装置	型動作速度 コード・テープ 制御方式	アープさん孔タイプライター (フレクソライター) [テープ読取] 128 ms/字 [さん孔] 91 ms/字 [タイプ] 120 ms/字 6~8 単位紙テープ (標準電信用) プログラム
14	出力	種切換速度	任意
14	出力	種切換速度	コード化パルス, 接点信号およびアナログ出力 100 ms/Pt
15	表示	表示装置 表示と記憶	光点式表示器, 投影式表示器, ネオン表示管 10進10桁 Max リレー記憶
16	消費電力	ドラム駆動用 回路電源	100 V 50~60 Hz 1φ 100 VA (起動時 30 sec 1.0 kVA) 100 V 50~60 Hz 1φ 400 VA

第3表 アナログ信号入力

番号	種類	検出器	変換器
1	針路	ジヤイロコンパス	ポテンシヨメータ式, DC電圧
2	対水速度	電磁ログ	同上
3	風向・風速	風向・風速計	同上
4	主軸回転数	DC タコゼネレータ, DC-40 V \sim 0 \sim +40 V	電圧—電流変換器, DC 電流
5	軸馬力	誘導式軸馬力計, DC0 \sim 10 mV/0 \sim 6,000 ps	同上
6	燃料流量	容積式流量計, 0 \sim 900 l/H	パルス—電流変換器, DC 電流
7	主機吸入空気量	ターボチャージャ用高速回転計 22.5 \sim 52.5 mV/4,500 \sim 10,100 R.P.M.	函数発生器, ターボ空気送風量特性 に合せる
8	主機冷却水量	容積式流量計 0 \sim 150 m ³ /H	パルス—電流変換器, DC 電流
9	冷却水入口温度(主機シリンダ)	測温抵抗体 Pt 50 Ω , 0 \sim 100 $^{\circ}$ C	抵抗—電流変換器, DC 電流
10	冷却水出口温度(主機シリンダ)	同上	同上
11	海水温度	測温抵抗体 Pt 50 Ω , -10 $^{\circ}$ C \sim +40 $^{\circ}$ C	同上
12	大気温度(百葉箱内)	測温抵抗体 Pt 50 Ω , -30 $^{\circ}$ C \sim +50 $^{\circ}$ C	同上
13	X, Y 値(X-Y レコーダ)	サーボモータ取付スライド抵抗	抵抗—電流変換器, DC 電流

D 変換器(10進3桁)を連結し, 目標の方位, 距離をデジタル信号にして PI/O に送る。

時計は, 時刻信号発信器として水晶発信器を PI/O 内に用意し, 世界時, 船内時に変換している。

(v) 接点信号

設定値等の手動設定のためのデジタルスイッチを設け2進4桁10進4桁までの信号を CPU に投入する。

(w) 割込信号

プログラムの優先順位を定め, 割り込みを行わせるための信号である。

(b) 出力信号

(i) 表示信号

光点式およびネオン管式表示器を使用し, 2進4桁10進4桁までの信号を受けて10進数で表示する。

(ii) XY レコーダ駆動信号

2打点素子の各々に対する XY 信号として2進4桁10進4桁の信号を出す。これをレコーダ内の D/A 変換器で電圧信号に変換して打点素子の位置決定を行なう。

(c) 入出力機器

(i) タイプライタ(第2表 11項参照)

(ii) XYレコーダ(推測, 推定位置プロット用)

(v) 設定表示器

各設定表示器に, 設定値投入のためのデジタルスイッチ, 押ボタンスイッチをおき, プログラムの選択, 計算結果, 設定内容の表示を行なう。

設定表示器はシステムのブロック別に次の4種類にわけた。

○航法計算設定表示器(Navigation Data Display)

○衝突条件計算設定表示器(Radar Data Display)

○停止惰力計算設定表示器(Stopping Distance Display)

○積付計画計算設定器(機関管理計算を含む)
(Condition Setting Board)

3. プログラムの構成および計算内容の概要

(1) システムプログラム

(a) 航法計算

自船の推測位置(Dead Reckoning)および推定位置を5分毎に計算表示するとともに, XYレコーダで常用海図上にその位置をプロットする。

実測位置(手動設定)が投入されると, それにもとずいて推定位置の修正を行なう。

船用時刻毎定時, および出発地, 実測位置投入時には, 航行データの計算結果をロギングタイプライタにより印字する。

主な計算内容は次の通り。

計画針路, 計画位置, 推測位置, 推定位置, 流向, 流速, 偏位量, 航走距離, 平均速力, 積算航程, 連成針路, 目的地点までの針路, 距離, 所要時間。

(b) 衝突条件計算

レーダにより隔時観測された他船の方位, 距離, および時計からの時間により演算し, 最接近点(CPA)

の方位，距離，到達所要時間ならびに他船の針路，速力を計算を表示し，また自船針路，速力の変換による試行操船の計算，結果の表示を行なう，他船は3目標について別個に演算表示可能である。

(c) 停止惰力計算

つぎの2条件のもとで機関停止，後進微速，半速，全速に機関を設定した場合の停止距離，所要時間を計算表示する。

- (i) 現対水速力（電磁ログ）の信号による場合
- (ii) 対水速力を任意に設定した場合

(d) 積付計画計算

設定器により設定された各水タンク重量燃料油容量，貨物重量その他を読みとり GM，排水量，喫水，トリム，清水，燃料合計量の計算を行ない，印字する。

排水量等曲線の所要データはメモリに記憶されているので，全項目自動計算印字を行なうが，等曲線図または表から，KM，TPC，MTC， ΔF を読みとり設定器によつて手動投入とし，半自動的に計算印字することも可能である。

(e) 機関管理計算

主機関のヒートバランス計算を行なう。これに必要な基本的データは検出器および変換器からのアナログ入力信号と手動設定器によつてあらかじめ設定するものがある。これらのデータにもとづいて計算を行ない4時間ごとに印字・作表する。任意記録も可能である。計算，記録内容は次の項目である。

1. 図示平均有効圧力
2. 図示馬力
3. 正味馬力
4. 正味平均有効圧力
5. 燃料消費量
6. 図示燃料消費率
7. 正味燃料消費率
8. 主機空気流量
9. 空燃比
10. 空気過剰率
11. 燃料油の低位発熱量
12. シリンダ冷却損失 (Kcal/H および %)
13. ピストン冷却損失 (Kcal/H および %)
14. 排気損失 (Kcal/H および %)
15. 摩擦損失 (Kcal/H および %)
16. 軸系損失
17. ノズル冷却損失
18. 掃気熱量 (Kcal/H および %)
19. 潤滑油損失 (過給機)
20. 冷却水損失 (同上)

21. 空気冷却器損失
22. 機械効率
23. 図示熱効率
24. 正味熱効率
25. ボイラ効率 (7t)
26. 排ガスボイラ蒸気発生量
27. タービンプラント正味熱効率 (発電機)

(2) メイン・プログラム

システムプログラムを管理するもので主として割込みの場合の判別ルーチンからなる。プログラムの優先順位は次のとおり。

- Level 1 衝突条件計算
- Level 2 航法計算
- Level 3 機関管理計算
積付計画計算

(3) ベーシック・プログラム

一般計算を行なうカリキュレータ用イニシヤルオーダーのプログラム。乗除算，三角，函数，平方根，自然対数等の演算プログラムからなっている。

(4) プログラム・アロケーション

本計算機 (HOC-34NS) は高速磁気ドラムによる内部記憶方式，容量 6400 の語で，第1表に示す通り，数値語の表現・桁数は2進化10進，40ビット + 符号となつている。

航海，機関計算それぞれのシステムメイン，ベーシックプログラム語数の割り当ては概算次表の通り。

第4表 Program Allocation

Item	Word
1. Calculator	300
2. absolute leader	140
3. Main Program	140
4. $\sqrt{\quad}$	140
5. sin, cos, tan, \tan^{-1} log e, $\log e^{-x}$	850
6. Sub routine	1260
7. Navigation Data Cal.	960
8. Stopping Data Cal.	130
9. Radar Data Cal.	780
10. Eng. Heat Balance Cal. (Condition Data Cal.)	820 (770)
11. Boot Strap (Code Conversion)	100
12. Spare	300
計	5920

4. 周辺装置の概要

(1) Operator Console

計算機本体に附属している操作設定器で計算機本体

の始動、停止、サブシステムの切換えのほかつぎの機能をもつ。

- (a) 手動設定による諸命令の実行、プログラムの変更およびチェック。
- (b) カリキュレータとしての加減、乗除・三角函数・対数計算。

(2) Consol Typewriter.

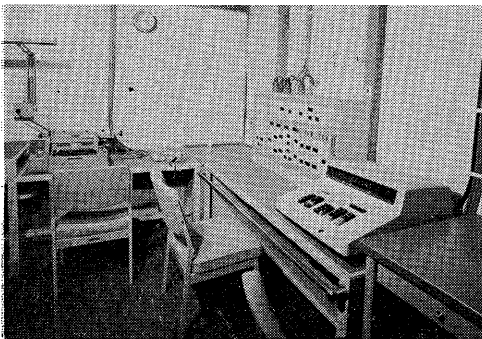
計算機室(第2図左卓上)においている Friden の Flexowriter である。機能としては

- (a) 一般プログラム作成用の紙テープさん孔
- (b) テープの読みとり
- (c) 演算結果の印字
 - (イ) 積付計画計算データの印字
 - (ロ) 機関管理計算データの印字
 - (ハ) 一般プログラムのデータ印字
 (プログラムによる演算途中へのデータ手動投入航法)

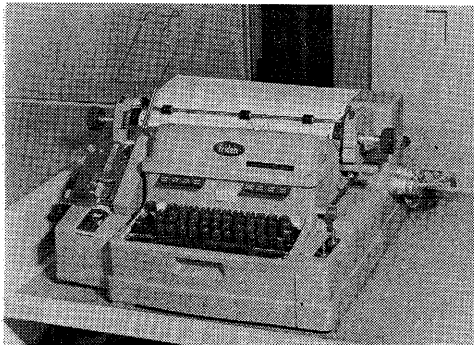
(3) 計算関係装置(第4図)

このシステムは、データ投入および演算結果を表示する Navigation Data Display, 計算位置を海図上にプロットする大型 XY レコーダ, および諸データを記録する Logging Typewriter で構成されている。

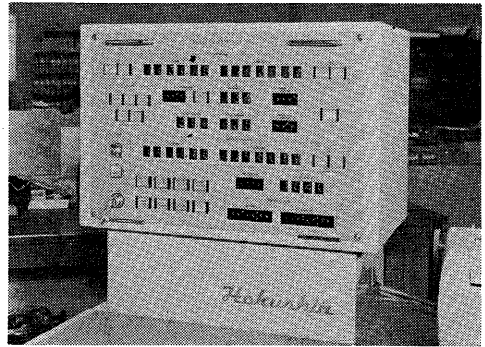
- (a) Navigation Data Display.



第2図 Operator Consol (右卓上)
Consol Typewriter (左卓上)



第3図 Consol Typewriter



第4図 Navigation Data Display

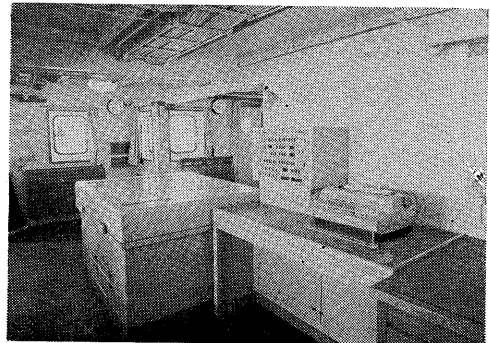
船位計算のためのデータ設定と計算船位(推測・推定位置)の表示, 時刻の設定・表示, XY レコーダ投入データの設定, その他警報の表示を行なう。

ここにいう推測位置とは, コンパスによる針路(3分間平均値)と, 電磁ログからの対水速力積算航程で求める位置である。

推定位置は, これを第一と第二に区別し, 推測位置に対し風圧偏位を加減したものを第一推定位置, これに海潮流の偏位を加減したものを第二推定位置とする。風圧流は風向風速計からの入力をも風圧横偏流速度に換算し, さらに位置計算を行なつて, 自動的に推定位置を出す。保針誤差, 風圧差が除去されている第一推定位置と, 同時刻における実測位置との差は, 海潮流の影響と考えてよい。この差を流向および1時間当りの rate にして計算流向, 流程を求める。求められた値, および海流図等を参考にその後修正すべき流向, 流程を決定し計算機に設定しておけば以後の推測位置は第二推測位置となり, ほぼ真位置に近い船位が計算, 表示, プロットされる。

航法計算はすべて漸長緯度航法で行なっている。

計算開始に先立ち, 予定位置として目的地を定める。この目的地は計画計路の変針点に同じと考えてよい。従つて変針点通過後も航算が中断しないように,



第5図 航法計算装置

目的地点として第1と第2の2地点を定め、予じめ計算機に与えておく、緯度、経度で表示する位置を投入するために位置設定器(Position Selector. 図-5の右下)を設けてある。次に出発点を定める。Departure point(計算上は Starting Point)は、実際に船が通過した実測位置をもつて定めるものであるから、Dep. p't. 通過後、その位置を Position Selector で、時刻を Time Selector で設定し、Dep. p't. の押ボタンを押せば、計算が開始される。

なお、目的地設定の際に、予定した速力(計画速力)を速力設定器で設定しておく。計算開始と同時に、出発点と目的地を結ぶ針路が計算され(計画針路)、結果は Program Course 表示器で表示される。計画針路上を計画速力で航走するものとした位置を計画位置と称し、位置計算は毎5分ごとに行ない、実測位置投入時の航路偏位置の基準位置とする。計画位置が、第一目的地に達したら、自動的に第二目的地が、第一目的地に入れかわり、第二目的地が空く。(第二目的地は次の変針点を改めて設定する)。

Dep. p't 設定後、計画位置計算と併行して、推測位置、推定位置の計算が開始される、いずれも5分間ごとの計算で、計算終了後、パネルの Calculated position 表示器に位置の表示、時刻は船内時で時刻表示器に示される。推定位置、推測位置の表示は、呼出ボタン(Call. DRPN. E.PN)で選択する。

実測位置の自動計算、記録は、その検出方法、計算方法が未開発であるために、手動設定とした。Loran(A または C) Decca, または沿岸近へでは Radar 等を利用して将来は実測位置の自動追尾が可能になるかと思われる。また航行衛星も実用段階に入れば、連続船位決定が可能であろう。目下のところ、あらゆる海域で、精度のよい実測位置を自動的に計算機に入れることは困難である。

陸測、天測、電波観測など、従来の方法で実測位置が求められたら、その位置および時刻を、Position, Time Selector で設定し、実測位置投入ボタン(OBS PN)を押せば、実測位置を中心とした諸計算が行なわれ、結果は、Logging Typewriter に赤字で印字される。このときの計算記録内容は次の項目である。

計算項目

- 1. 流向・流速: 出発地または前実測位置からの Calculated Current Set and drift 第一推定位置と実測位置を比較しその差を流向・流程としさらに時間単位に換算して毎時流速とする。
- 2. 偏位置: 実測位置と同時刻の計画位置を

Difference of position along & across programed Course. 比較し、計画針路に沿つて、前後、左右の偏位置を求める。

- 3. 連成針路: 出発地または前回実測位地からの直航針路。 Course made good
- 4. 航程 平均速力 前実測位置からの航程およびその間の平均速力(対地速力となる) Distance run and average speed
- 5. 積算航程 平均速力 出発地からの航程累計およびその平均速力。 Accumulated distance run and average speed
- 6. 目的地への針路、残航程、所要時間 実測位置から目的地 (No. 1. Destination) までの針路、航程および到達所要時間。 Couse, Distance, & Time to No. 1. Destination.

記録内容

前項計算内容の結果全部の他、次の項目が Log Sheet にタイプされる。

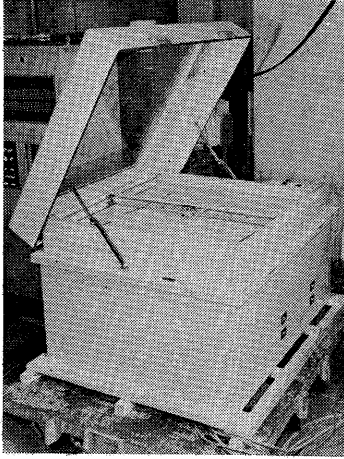
- 1. 世界時
- 2. 船内時
- 3. 出発地
- 4. 第一目的地
- 5. 計画針路
- 6. 計画速力
- 7. コンパス針路(直前3分間平均値)
- 8. 対水速力(ログ入力)
- 9. 計画位置
- 10. 推測位置
- 11. 風向、風速(3分間平均値)
- 12. 推定位置(実測位置に修正された位置)
- 13. 設定流向・流速(設定値)
- 14. 実測位置
- 15. 気温・水温

なお、Logging は船内時毎00分(1時間ごと)および任意時 On Demand で行なわれ、記録内容は実測位置のみを除外し、諸計算は推定位置を中心に行なつた結果を記録する。

Logging Typewriter は IBM セレクトリックを使用し、Log Sheet は略々1日分を記録できる専用シートを作成した。

(b) XYレコーダ(第6図)

推測位置・推定位置を常用海図上にプロットさせるための大型XYレコーダを開発し、航法計算システムに附属させた。



第6図 XY Recorder for position plotting.

このレコーダは一般に使用されている漸長海図を平面的におけるように外枠寸法を定め、尺縮は1/100から1/100,000まで設定可能である。XYレコーダに計算位置をプロットさせる手順（海図を取り替える場合も同じ）は次の操作を行なう。

1. XYレコーダ附属の“Chart Exchange”スイッチをONにする。
2. “Fan Motor”スイッチをOFFにするとキャリッジが端に移動し、海図の取付が可能となる。
4. 海図設定後“Fan Motor”をONにする。
5. 海図の基準緯度（海図に記載されている）を計算機に記憶させる。これは Navigation Data Display パネルにある Position Selector の緯度設定器で基準緯度を設定し X-Y Standard Lat. ボタンを押せば記憶される。（日本版北半球海図は 35°-00'N が殆んどである）
6. 使用海図縮尺をレコーダのデジタルスイッチに設定する。
7. 使用海図上の任意の一点を定め、その緯度経度を Position Selector に設定する。レコーダの“Manual Adjust”スイッチにより打点素子の位置を設定位置に精確に合わせ、Nav. Data Display の“XY Recorder”ボタンを押せば、使用海図の位置に対応する打点素子の位置が計算機に読み込まれる。
8. 以後5分ごとに計算される推測位置、推定位置が海図上に打点される。

海図上には、海図大の透写紙をおき、記録は透写紙上に残される。縮尺が大きい海図ではプロット間隔を30分毎にすることができる。

(4) 衝突条件計算装置（第7図）

このシステムは情報の検出を行なうレーダ本体と、

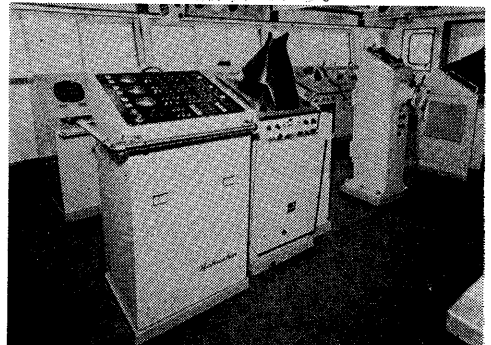
設定表示器からなる。設定表示の項目は次の通り。

設定項目

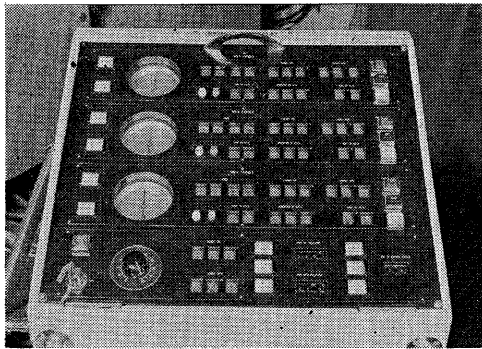
1. 危険範囲：自船を中心とした領域を“Dia of Danger Circle” デジタルスイッチで設定する。
この圏内に目標の相対針路がはいると警報ランプが点灯する。
2. 自船速力：目標の針路、速力算定を求めめる場合および試行操船を行なう場合の変換針路、速力の設定を行なう。設定は Own Course, Own Speed Selector による。

表示項目

1. 観測時刻：船内時刻
2. 目標の方位：レーダのカーソル
距離 Var. Marker に直結した Shaft encoder により、方位（真方位）距離（海里）信号が変換器を通して CPU に送られ、方位は 360° 方式、距離は小数点1位まで、ネオン管表示器に表わされる。
3. 最接近点：第二観測終了後目標との相対計算
方位 が始まり、結果として最接近点
距離 （CPA）の自船からの真方位、距
到達時間 離および第一観測点からの CPA
到達所要時間（分単位）が、それぞれ
の表示器に表示される。
4. 目標の針路：CPA 計算終了後、選択ボタン
速力 を押せば、目標針路・速力表示器に
結果が表示される。
5. タイマー：第一観測時からの経過時間をストップウォッチ式タイマーで表示する。このタイマーは計算機系とはまったく関係がなく、第二観測および以降の観測間隔の目やすとするために設置している。



第7図 衝突条件計算表示装置



第 8 図 Radar Data Display.

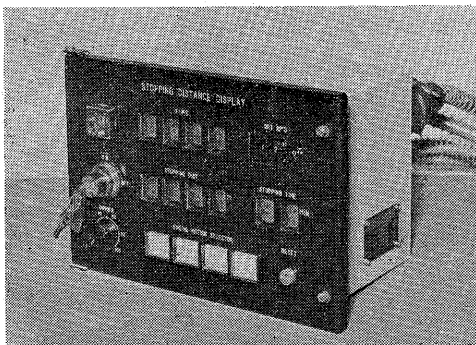
試行操船は目標の相対針路が設定した危険圏にはいつた場合、避航動作を決定する判断資料として、自船の針路、速力を変換した場合の予測相対関係を算定表示させるものである。すなわち、目標がそのまま進行するものとして自船針路、速力を設定値に変えるとき、新しい CPA 方位、距離、到達時間がどうなるかを計算し、その目標のそれぞれの表示器に結果を表示する。

全体構成としてパネルのスペースの関係から、3 目標まで同時計算、表示ができるものとした。

Display の操作。

レーダで目標を検出したら、カーソル、Var. Marker で方位、距離線为目标に合わせ Primary ボタンを押す。タイマーがスタートし、観測時刻、方位、距離が表示される。

一定時間経過後、レーダで同じ目標について、方位、距離を合わせ、Secondary ボタンを押す、時刻、方位、距離が表示され、さらに続いて CPA 方位、距離、到達時間が表示される。以後同様に第三、第四観測も Secondary ボタンで計算表示が行なわれる。但し、この場合の計算の基準はすべて第一観測からとしている。途中で結果に著しい変化を生じた場合は目標側が針路、速力の支援を行なつたのであり、Stop、Reset ボタンを押し、改めて第一観測から始める。



第 9 図 Stopping Distance Display.

自船が動作をとつた場合も同様である。第二観測後、自船速力、針路を設定器で設定し、No. 1 から No. 3 Target のうち計算中の目標のボタンを押せば、目標の真針路、速力が Target Co, Target Sp'd 表示器に示される。

試航操船を行なうときは、自船の変換針路、速力を路速力設定器で設定し、指定目標の選択ボタン (No. 1 ~ No. 3 Target Trial) を押すと結果が、その目標の Distance of CPA, Direction of CPA, Time to CPA の表示器に示される。

なお、パネル右端にある表示ランプは、各目標について、設定危険圏内にはいる、はいらぬ (Danger circle in 赤, out, 青) のランプで、もう一個は相対関係計算不能の表示ランプ (白) である。この場合表示器は 99 または 999 を示す。たとえば、第一観測より第二観測の距離が大きき、第二観測時に、すでに CPA を過ぎていた場合などがこれに相当する。

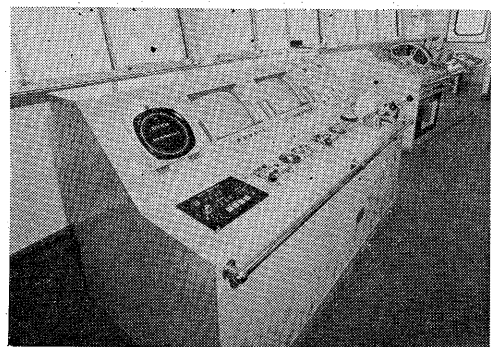
(5) 停止惰力計算装置

装置は航海船橋の副操縦盤 (Sub Console) に埋込みパネルと組み込んだ設定表示器である。

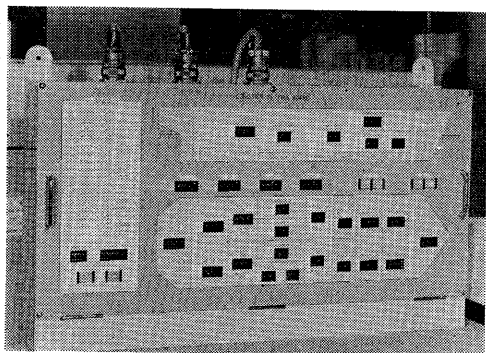
船体運動性能の一部として操船上重要な情報である船体停止距離、時間の算定を行ない表示するもので、入力として対水速力 (電磁ログから)、主機回転数 (主機回転計から)、時刻信号が既に計算機にはいつているので、それを利用している。電磁ログを使用していないときは、対水速力は設定器で手動設定する。

Engin Motion Selector は停止 (STOP) 後進微速 (S/AST) 後進半速 (H/AST) 後進全速 (F/AST) があり。現対速力に対し、機関停止、反転した場合の Head reach、その所要時間を表わすものである。機関停止の場合は、残速 2 ノットまでの計算とした。

いずれも予測計算であり、機関の運転操作系とは関係がない。計算プログラムに使用した運動方程式は、船体抵抗が速力の 2 乗に比例する領域に適合するもの



第 10 図 船橋 Sub Console.
(左下) Stopping Distance Display.



第11図 Condition Setting Board.

であり、したがって計算値が略々正しい値となる初期速力に限界がある。テストの結果、青雲丸の場合、前進11ノット程度以下のとき、各 Engine Motion に対し概ね実測値と合致している。なお計算に必要な各係数(船体抵抗係数、逆スラスト係数等)は、模型による水槽試験(船舶技術研究所依託)および理論値などから仮りに決定して設定した。

(6) 積付計画計算装置

船体各部重量分布による復原性、トリム、喫水計算を行ない、記録紙に所要事項と印字させる装置で、データ設定スイッチおよび計算印字指令ボタンをもつ計算設定器と、印字用 Typewriter からなる。

清水、バラスト、燃料、潤滑油等各タンクは遠隔指示計により重量(油については容量)を読みとり、各船倉、倉庫などは積載重量を事前に算定し、設定器の各タンク船倉のデジタルスイッチに設定する。GM・Trim 計算ボタンを押せば、計算機による計算が発動し、結果は直ちに指定ログシートにタイプされる。

GM・Trim 計算に必要な本船データ、(KM, TPC, MTC, δF , 軽荷重量等)は計算機に記憶させておき、自動計算させるが、手動設定で半自動計算もできる。

(7) 機関管理計算装置

Condition Setting Board の左側スペースにデータ設定デジタルスイッチ、計算プログラムのポイントナンバースイッチおよび Datu Set, Demand Logging 押ボタンを配置した。

計算は航海中毎4時間ごとに自動的に行ない Flexo-writer により指定ログシートに打ち出される。計算項目は3-(1)-(e)に示した通り27項あり、印字項目は、時刻、対水速力その他を加え48項となっている。

計算に使用するアナログ入力は

- 主機回転数
- 軸馬力
- 燃料流量

- 主機吸入空気量
- 主機冷却水量
- 冷却水入口温度(主機シリンダ)
- 同 出口温度(")
- 海水温度
- 大気温度

で、ポイントナンバーを付した手動設定項目は68項目ある。ただし手動設定値は、4時間の間に値が変らないものは、そのままとし、変動した値のみ、そのナンバーを指定して設定すればよい。定時印字の他、随時 On demand により印字させ得る。

5. 今後の問題

以上青雲丸搭載の運航用電子計算機システムについて、その概要を述べたが、計算プログラムの詳細、計算式、フローチャート等は紙数の関係で省略した。就航後のテストの結果および今後の実用化への対策として考えるべき問題点をあげれば概ね次のようなことがいえよう。

(1) 計算機本体

多目的用途の計算機としては容量が不足である。航法の自動化、機関コントロールを考えるならば、少くとも20k以上の容量が必要であろう。

(2) 船位プロット

実測船位を常用海図上にプロットする手段は検出回路の開発が必要である。位置が、計算であれ、測定位置であれ、とにかく緯度経度で計算機から出されるならば、そのプロットは本システムで開発した方式で実用可能である。

(3) 自動航法

出発地から目的地まで指定航路を追尾しながら航行させる手段を自動航法と考える。実測船位が連続的に得られるならば、本システムでいう計画航路からの偏位、修正針路をオートパイロットに指令するだけで自動航法が可能となる。この場合、大洋横断航路については計画航路を大圏航路または最適航路計算をさせる必要がある。

(4) 衝突避航法

本システムでは、レーダによる目標の捕捉および観測が手動である。自動避航システムとするには、第一に警戒目標を自動捕捉し、第二にその目標の自動追尾が必要で、この場合、船舶、障害物とノイズ、とくに海面反射との明確な識別手段の開発を要する。

本システムでは一般に行なわれているプロットング情報を作図のかわりに演算し結果を表示するだけとしたが、これだけでも作図に要する時間が殆んど不要と

なり一応有効である。

ただし衝突防止を自動的に行なわせるためにはレーダ情報だけでは甚だ不完全であり、目標の自動選択、追尾ができたとしても、そして高性能の計算機を使ったとしても、100% 安全な自動避航となれば、きわめて悲観的である。

船は他船の過去の情報だけでは、霧中を安全に航行できない。動作の安全性を高めるには、相互の協力動作と相手方の意志を正しく知るいわゆる Bridge to Bridge Mutual Understanding が不可欠と考えられる。レーダによる単独避航方式を自動化した場合、その運用プログラムを現行の航法ルールに適合させると、霧中輻奏海域では船はまったく行動を停止するだろう。

(5) 船体運動性能計算

Engine motion による head reach は操船上重要な情報であるが、すべての船の大きさ、機関の種類をカバーする単一の計算式はない。まずはできるだけ適合

範囲の広い運動方程式を策定し、その船独特の係数だけを設定する方式を開発すべきである。旋回性能の計算も併せて行なうことが望ましい。

6. むすび

青雲丸のシステムは航海用電子計算機システムとしてはわが国初めての例であり、周辺装置はすべて新規に開発する必要があつた。とくにソフトウェアに関しては非常に多くの問題を含んでおり、本システムでは、その第一歩を踏み出した程度である。

青雲丸は就航後、国内沿岸の訓練航海を継続中であり4月以降、世界一周の遠洋航海の途についた定である。この長期連続航海の間に本システムの信頼性、精度、利用効果、改良点などのチェックが行なわれる。これらの結果は同船帰航後、改めて報告されることになるう。

北海道デッキ測定試験結果(第2報)電波標識一覧表 付図(9頁参照)

- 回転指向性と無指向性または回転指向性のみを発射する局
- ✦ 無指向性電波のみを発射する局





Observation

本邦近海のデツカとロランの勢力分布図について

*広島商船高等専門学校 川平浩士

On the Distribution of the Accuracies of Loran A and Decca Lines of Position in the Japanese Waters

*Hiroshima Merchantile Marine College
Kōshi KAUHIRA

Abstract

First, I drew the contours of constant probability density of Decca fixes in the adjacent waters of Hokkaido and Kyushu, using the "probability formulae."

Secondly, by comparing these of Loran fixes with the abovementioned contours, I tried to make a practical chart of Loran and Decca coverages, with which navigators could select the appropriate chain and pair of the Decca system or the triplet of Loran stations to obtain the most accurate fix in the ditto waters in daytime and at night.

1. ま え が き

近年、本邦周辺のロラン網は整備されてきたが、いまだ充分とはいえない難い海域もあつた。しかし、一昨年より北海道チェーンを筆頭に、相次いでデツカ局が建設されつつあり、近い将来、本邦周辺の海域はロランA、C、およびデツカの電波で完全にカバーされることとなる。そこで、これらの電波を有効に利用して、高精度の測位作業をすることは、船舶運航実務者の念願とするところである。

筆者は、本邦近海のロランAと、北海道・九州のデツカチェーンとの精度分布を昼夜にわけて検討した。そして、運航実務者にとつて、最大関心事であると思われる、

ロラン、またはデツカの利用組局選定上の指針を与えることを目的とした、勢力分布図を試作した。この小文は、第39回航海学会で講演したもののうち、主として図の作用法につき解説するものである。

2. 確率密度と作図法

双曲線航法の確率密度は、次式によつて求めることが出来る。

$$K = k \cdot \{\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2 - \sin (\varphi_1 + \varphi_2)\}$$

ただし、 $k = \frac{0.0181}{b_1 \cdot b_2}$ b_1, b_2 は基線上の中央誤差。

上式において、ロラン地表波の場合は b_1, b_2 は相等しく 0.081 で $k = 2.759$ を得る。

しかし、デツカの場合、測定誤差は昼夜によつて変動し、 b_1, b_2 は使用チェーンと、選定組局によつて異なるので簡単でない。

筆者は、デツカの測定誤差を、本誌に発表された清野氏の資料より推定して求めた。その値は、次の如くである。(誤差はすべて 95% E'r)

- 昼間の平均的な誤差……0.1 レーン
- 夜間の平均的な誤差……0.2 レーン
- 夜間の悪条件の場合の誤差……0.3 レーン

上記の測定誤差より各チェーンの、それぞれの基線上の中央誤差を求めて確率密度を計算した。

つぎに、作図であるが、図はすべて水路部刊行海図 1009号を使用して統一を図つたが、本邦近海全体を同一

* 所在地：広島県豊田郡東野町
Address: Tono-machi, Toyoda-gun, Hiroshima-ken

図に図示することは、縮版した際、組部についての検討が困難となるので、北海道近辺と九州近辺とにわけて図示した。作図にあたっては、前述の確率密度を求める式により、まずロランの等価曲線とデツカのそれとを別々に描き、しかるのち、両図を比較して境界を求めた。附第1図、第2図は昼間の北海道近海および九州近海の勢力分布図であり、第3図、第4図は夜間のそれである。また、第5図、第6図は昼間、夜間、および夜間の悪条件を予想した場合の、それぞれの測定誤差による勢力分布の変動する模様を図示して参考とした。従つて、以下第1~4図につき、その使用法をのべる。

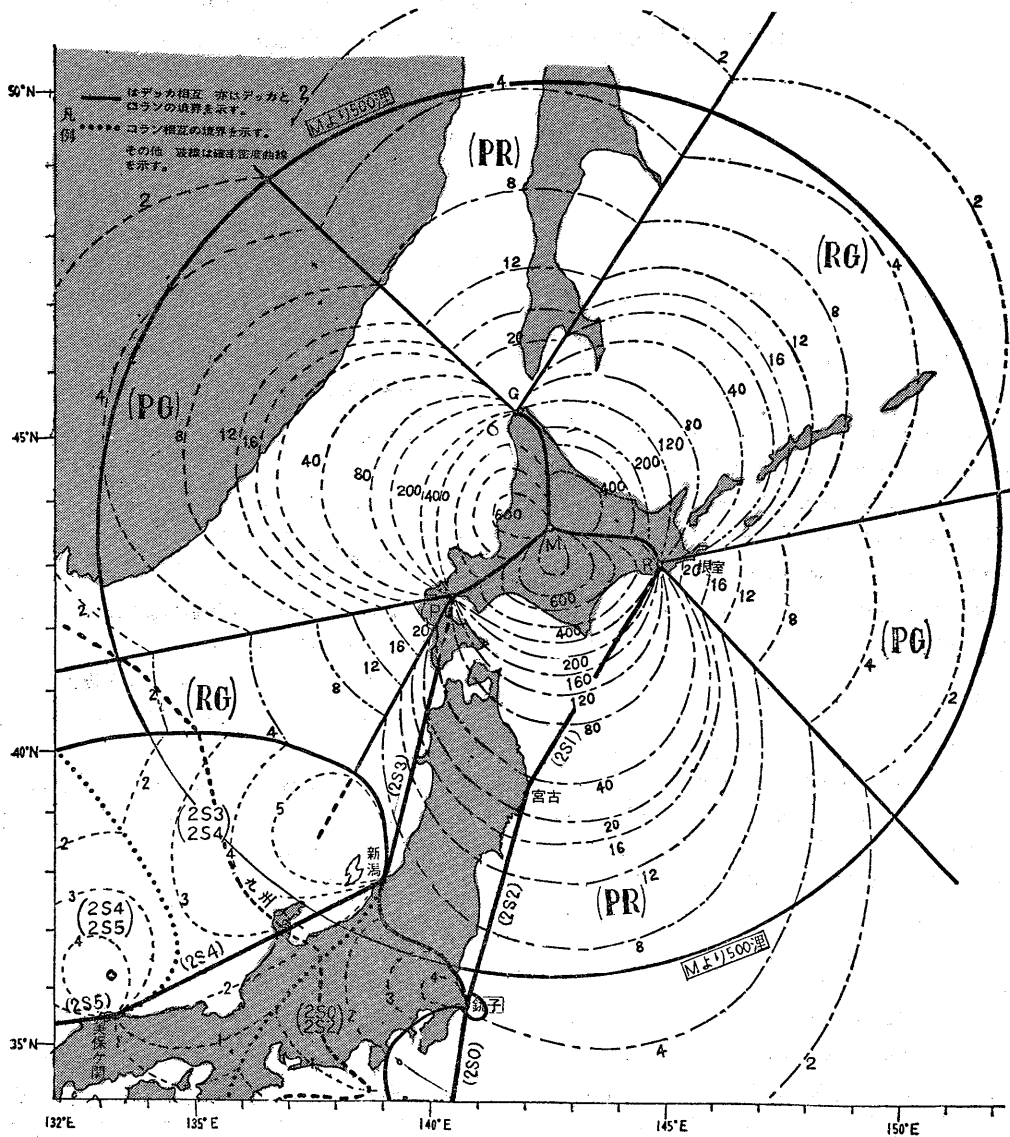
3. 勢力分布図の利用法

各図中、破線に附した数字は、確率密度を表わすもので、ロランの場合、その最大値は7.16強にすぎず、デツカが非常に高精度であることがわかる。

図中、500海里、300海里等の主局よりの等距離円は、デツカの昼夜別利用限界を示すもので、これらの円の内外に、50海里程度の幅をもたせ、利用可能範囲を設定することも考えられる。

3.1 第1図、第2図について

これらは共に、昼間のものであるが、第1図についてみ



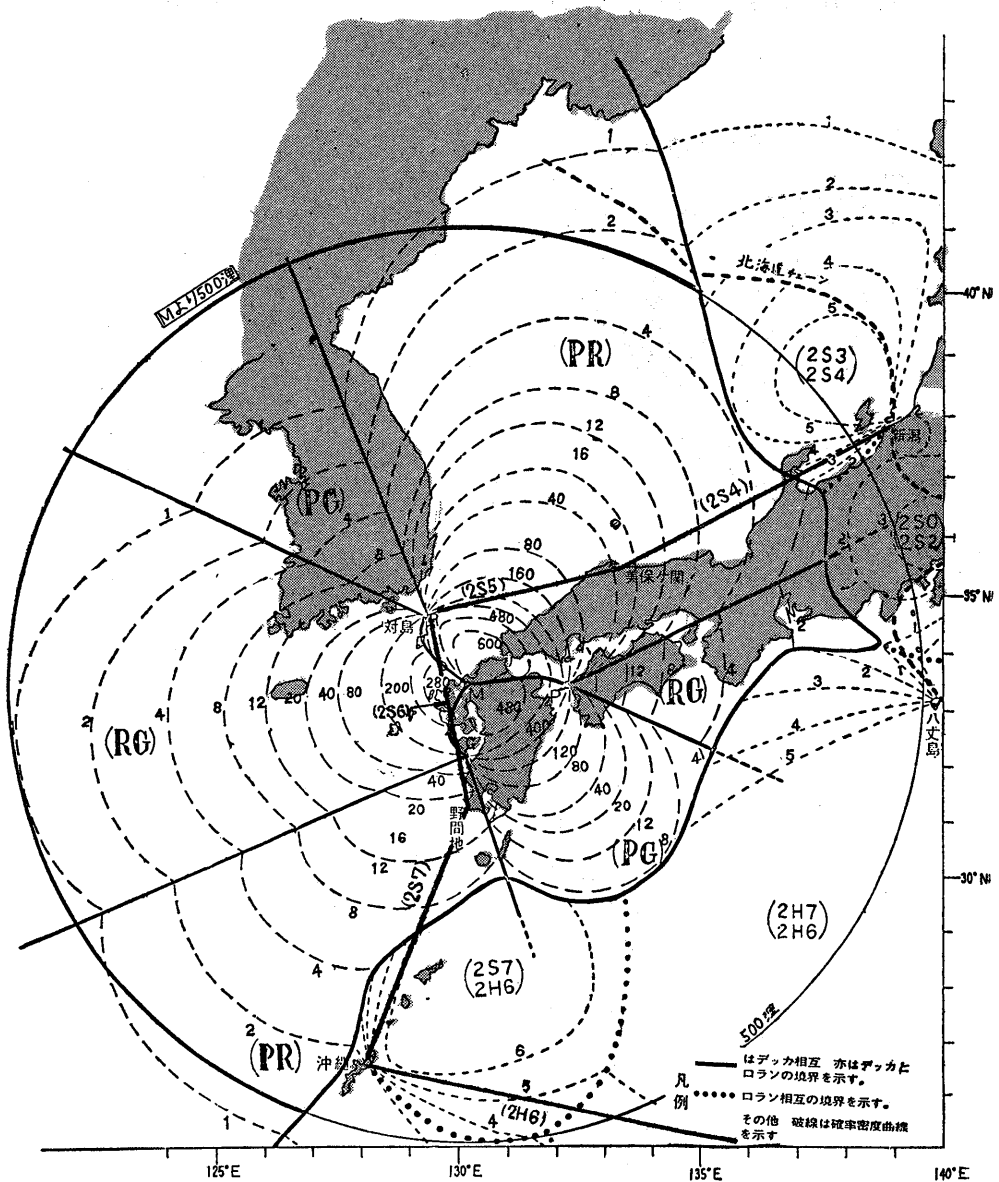
第1図 昼間における北海道近海の勢力分布図

れば、ロランの (2S1・2S2), (2S2・2S0) はデッカの (PR) 組局の勢力範囲内にあることがわかる。しかし、図に見る如く、(2S0・2S2) の主局、銚子は 500 海里圏の外にあるので、銚子より東南方に推定航位のある船舶は、当然 (2S0・2S2) を利用して測位すべきである。また、日本海側では、(2S3・2S4) が、新潟沖合でわずかに勢力範囲を保つのみで、日本海の大部分は、デッカの勢力が強い。

つぎに、図について見るに、太平洋岸の一部をのぞいて、ほとんどがデッカの勢力範囲である。すなわち、ロランの (2S4・2S5), (2S5・2S6) および (2S6・2S7) は、ほ

とんど昼間は使用される機会はなくなくなる。しかし、(2S7・2H6), (2H7・2H6) は、その基線が長大である点もあつて、利用される機会は相当ある。

第 1 図については、基線が陸地にあり船舶の場合問題ないが、第 2 図の場合、基線は海上を通るので、基線を横切つて航行する場合、利用組局の変更について留意する必要がある。たとえば、対馬海峡を東航する船舶にあつては、基線上にさしかかる手間で (RG) 組局より (PR) 組局に変更した方が、より高精度の船位を期待出来る。



第 2 図 屋間における九州近海の勢力分布図

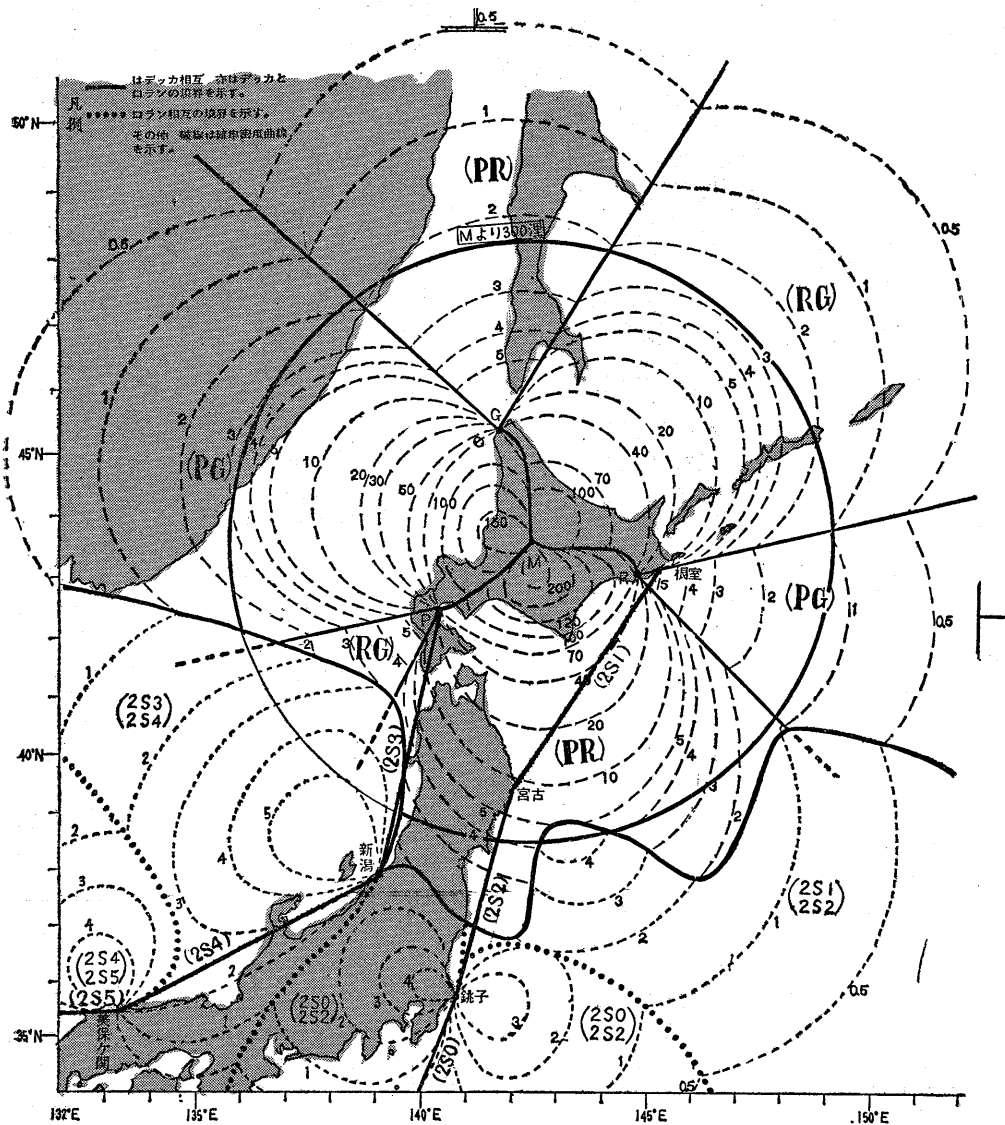
3.2 第3図, 第4図について

この両図は、共に夜間に使用するべきものであるが、図1, 2と比較して見れば、デツカの勢力範囲は非常に狭小となっている。とくに太平洋側では、勢力分布の境界線によつてより、デツカの利用可能距離の限界を示す300海里の等距離円で制約されていることは、第1図の場合と同様である。従つて、昼間は利用される機会に恵まれなかつた(2S1・2S2)も、その存在を示すこととなる。また、日本海方面でも、(2S3・2S4)の勢力が拡大されている。つぎに、第4図についてであるが、第3図の場合と同様、デツカの勢力分野は相当狭小となる。しかし、(2S5

・2S6)は昼間と同様、デツカの勢力範囲内に包含されて利用される機会はない。その反面、(2S4・2S5)はその勢力分野を拡大して、(2S4・2S3)と共に日本海での存在価値を改めて認識させられる。また、太平洋側および東シナ海では、(2H7・2H6)、(2S7・2H6)、および(2S6・2S7)がその勢力分野を拡大している。

4. むすび

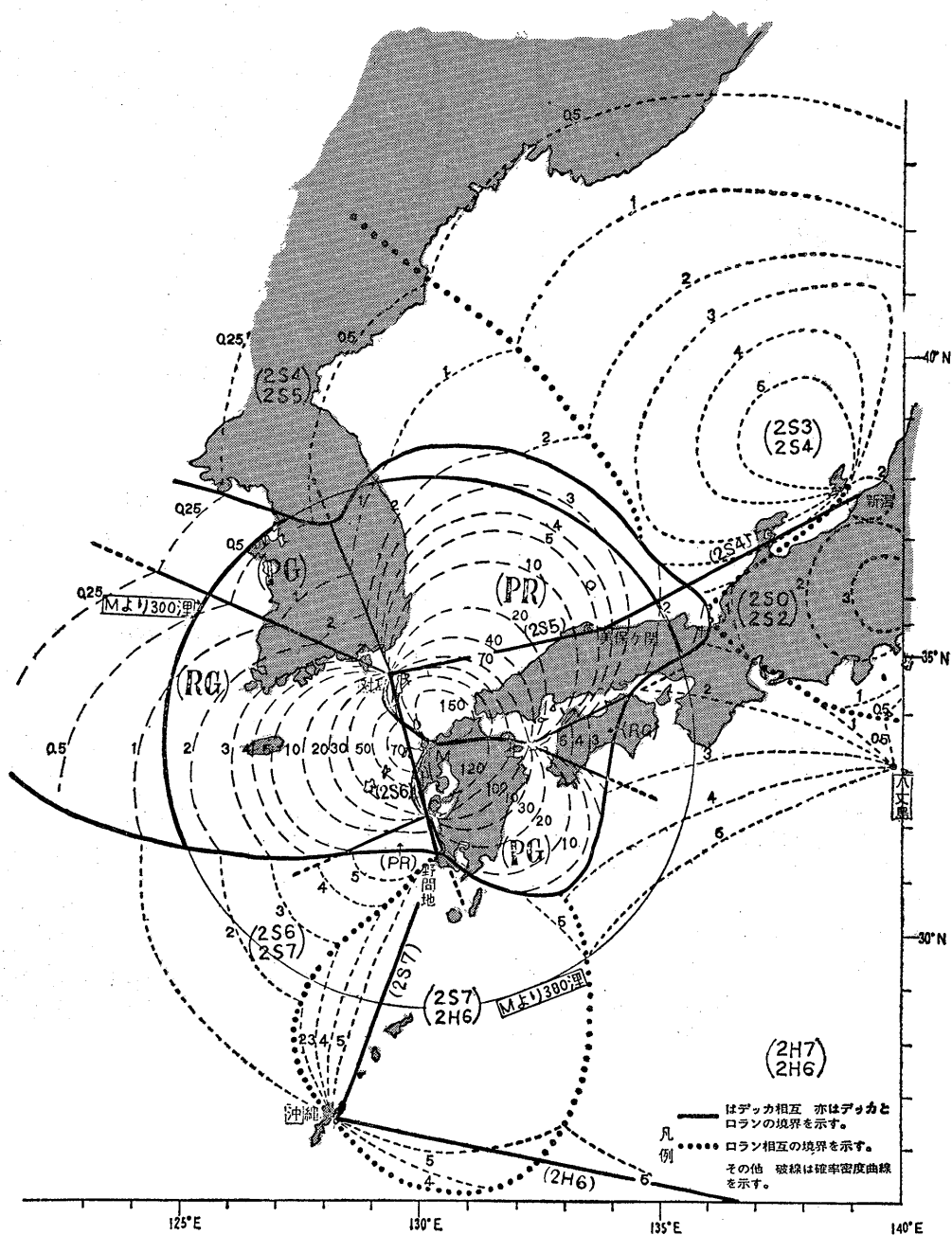
第5図, 第6図を見ればわかる通り、デツカの勢力範囲はその測定誤差の大小によつて大きく変動する。このことは、デツカの測定誤差の推定が重要であることを意



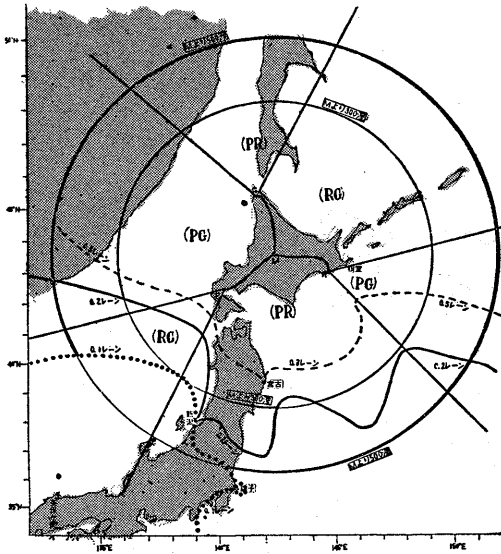
第3図 夜間における北海道近海の勢力分布図

味するものに外ならない。しかし、デツカの測位誤差に関する資料は少なく、確定的とはいえない。これ、筆者が推定誤差を3段階とし、各測位誤差の大小による勢力

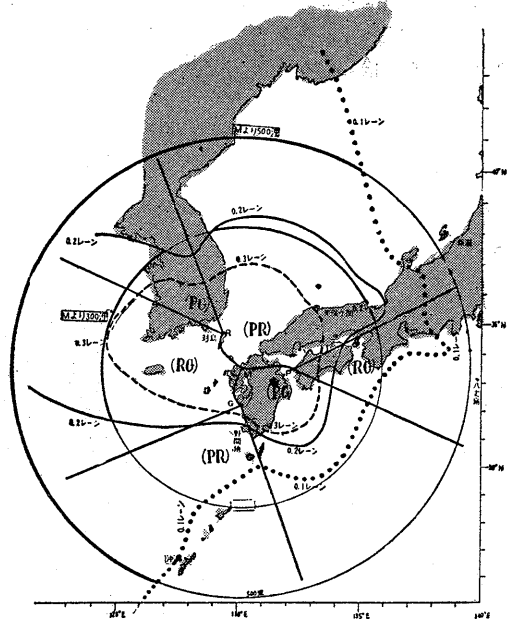
分布の変動する模様を図示して、参考に供する所以である。



第4図 夜間における九州近海の勢力分布図



第5図 北海道近海における勢力分布の変動を示す図



第6図 九州近海における勢力分布の変動を示す図

切手コーナー

電波航法の切手

写真は 1965 年 5 月 7 日にソ連が発行したラジオ発明 70 周年記念の小型シートです。この日はロシアの物理学者ポポフ (1859~1905) が最初のラジオ受信機を公開してから 70 年目に当たります。左上の図案がそのときの受信機を示します。その下が ARSR (航空路監視レーダ) または (空港監視レーダ) のアンテナと航空機、そしてその PPI 映像面を示しています。残りの図は上の中央が最近のトランジスタラジオと送信鉄塔、その下が電波天文用の電波望遠鏡のアンテナ、右上がスケートを写すテレビカメラとその映像、右下が通信衛星です。

ところで、この小型シートは変り種切手の一つです、今まで説明した各図案の部分には切手には必ずある国名の表示も、料金も書いてなく、通常は捨ててしまうシートの外側、いわゆる耳の部分の左下に 1 ルーブルという

料金とソビエト連邦郵便と書いてあり、ここに消印もしてあります、実はこの部分が切手で、あとの 6 枚はおまけのラベルであるというのでしょうか。

来年からは日ソ航空路に日本航空の自主運航がはじまります。ソ連の電波航法施設の状況なども知りたいものです。(KK)



宇宙平和利用国連会議参加記

電子航法研究所 木村小一

Participation Report of the United Nations Conference on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space

Electronic Navigation Laboratory,
Ministry of Transport

Koichi KIMURA*

Abstract

The first United Nations Conference on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space held in Vienna, Austria from 14 to 27 August 1968. The Author participated to the Conference as one of the members of Japanese delegation. This report describes about abstracts of papers which were submitted to thematic session III (navigation) and some impressions of the Conference and Vienna.

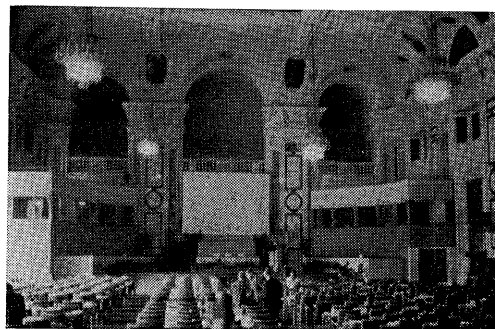
1. ウィーンという街

「ウインナソーセージ」「ウインナコーヒ」「ウインナワルツ」などの形容詞になつている街ウィーン、そこはオーストリア共和国の首都であるというよりは、音楽の都というほうがよく名前が通つていのではないだろうか。ベートーベン、モーツァルト、ヨハンシユトラウスなどの銅像や住んでいた家などが観光名所となつているが、8月のウィーンは残念ながらシーズンオフ。僅かに、市長の招宴で行つた市庁舎ホールのパーティーでのウインナワルツの演奏と夜の観光バスのコースであつたシテーパーク内のレストランでの同様の演奏によつて僅かにそのムードを味わうことができた。しかし、ウィーンの郊外グリーンツィングにある多くのホイリゲ（これは「今年の」という意味だそうで、出来たてのブドウ酒のピリピリしたのを安く飲ませる店、夜の観光バスのコースにもなつている）でバイオリン、アコーディオン、低音弦を加えた変形ギターの3人の楽士の演ずるワルツやかつての名画「会議は躍る」の「唯一度だけ」などなつかしの

名曲のメロデーは今でも忘れがたい思い出となつた。

そのウィーンはまた国際会議の街でもある。ウィーン1区、それは丁度東京都中央区に当るところ。その1区を囲む道をリングというが、これは約100年前フランツヨーゼフ皇帝が昔の城壁を取払つて作つた並木道で、市電が走り、パリのシャンゼリーゼに継ぐ欧州第2の美しい道と称せられている。従つて1区は旧城内ということになる。その中央付近に高くそびえているのは、ウィーン象徴、聖シコテファン寺院の尖塔でこれは1433年に完成し高さは137mもありまたその横は美しいモザイクの屋根になつている建物が大聖堂である。このあたりから国立オペラ座までのケルントナ通りが「ウィーン銀座」ともいふべきところで、日本大使館はその一すじ西側の通りにある。

大使館から西へ5分ほど歩いたところに延々と続いた建物がある。これがウィーンの当主ハプスブルグ家のホツプブルグ王宮であり、その中央正面の入口を入つて行くと「王様のアパート」とドイツ語で書かれた内部拝観



第1会議場（休憩時）

* 所在地：東京都三鷹市新川 6-38-1
Address: No. 6-38-1, Shinkawa, Mitaka, Tokyo

所の入口、ウィーン少年合唱団が毎日曜（ただし夏はシーズンオフで9月15日再と掲示してあつた）ミサをささげる教会などがある。この道をさらに行くと美しい芝生の広場「勇士の広場」へ出る、その左手は王宮つづきであるが、1880年頃より30年位かかつて建造された新王宮で、その一隅が国際会議場になつている、ここで昭和43年8月13日から2週間開かれたのが「宇宙空間の探査と平和利用に関する国際連合会議」であつた。

2. 宇宙平和利用国連会議の概要

1957年10月4日、ソ連が打上げた人工衛星スプートニク号は見事に地球をまわる軌道にのり、これが今日の宇宙時代のはじまりとなつた。それから10年米ソは人間の乗った衛星を含めて数百個の衛星を打上げ、フランスもまた自国のロケットによる人工衛星の打上げに成功した第三の国となつた。そのほかカナダ、イタリー、英国も人工衛星を製作し米国のロケットによる打上げを行なつている。これらの衛星中には軍事用のものもあれば、地球周囲の科学観測、月や他の惑星の観測などを目的としたもの、人間衛星、そして通信衛星をはじめとしてわれわれの生活に身近に影響を与える実用衛星など各種の用途に用いられるようになってきた。

国際連合はこのような宇宙時代に対処して、1961年以来総会において宇宙空間の平和利用およびそのための国際協力に関する決議を行なうとともに、宇宙条約の締結などの活動を行なつてきた、国連にはまた宇宙空間平和利用委員会が常置され、衛星の登録など多くの宇宙活動がこの委員会を中心として行なわれている。その委員会が宇宙開発10年を記念しての国際会議を提称し、これ

が実現することになつたが、10年目の1967年はたまたまソ連の革命50周年と重なるので、その主張によつて1年遅れの1968年8月ウィーンでの会議開催が決定されたのである。

会議の正式の名前は前節の終りに書いた長い名前であるが、その目的は

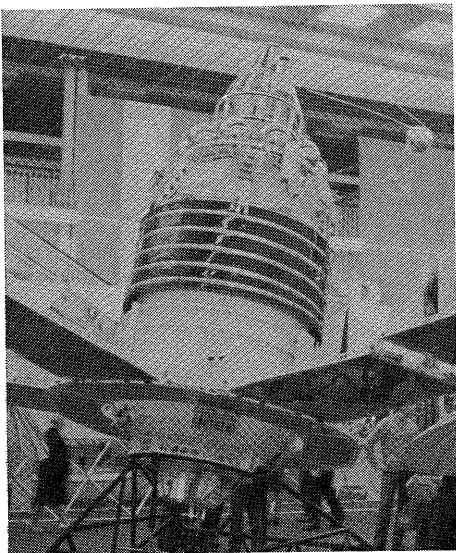
- (1) 宇宙開発から得られる利益を宇宙開発をまだやつていない国がどのように受けられるか。
- (2) 宇宙開発に現在宇宙開発をやつていない国がどのように寄与しうるか、また国際連合その他の国際機関が宇宙開発にどのように関与するか。

を自由討議することであつて、会議としては各国の政府に勧告を行なう権限も、政策の決定を行なう機能もないことがはじめから決定されていた。参加は各国政府代表の資格が必要で、論文も政府経由でなければ受付られないことに定められた。

ふたをあけて見ると、アメリカはウェット NASA 長官(当時)を主席とする63名の代表団を送れば、ソ連も42名の代表を派遣するなど、75か国、12国際機関五百数十名のほか新聞記者、事務局員など多数の出席者がウィーンに集まつた。わが国は新関オーストリア駐在大臣を主席代表に、高木昇東大教授、森田清博士(沖電気)が代表、穂崎大使官参事官、謝敦宇宙開発参事官(科学技術庁)、大沢駐オーストリア大使官一等書記官が代表代理、そのほか私を含めて代表顧問(Expert)10名、随員2名の計18名(うち現地参加4名)の代表団が構成された。代表の森田博士は電波航法研究会の第2代会長で、われわれとおなじみの方で、研究会からの推せんによつて代表となられ、後述するように航行セッションと議長をつとめられた。

3. 会議の様相

余儀ない公務のため代表団一行より1日遅れて羽田を立つたのは昭和43年8月13日夜10時半であつた。予定通りの旅行スケジュールで行けば開会式の後半には何とか会場へすべり込めるといふ目算があつた。羽田を離陸してやつと落つき2時間もうとうとするともう夜明け、6時間半後には日の高いアンカレッジへ、そしていよいよ北極趣である。航法の研究者として、この航路での航法には大きな興味があつたので機長に面会を申入れた。1時間ほど操縦席を見学し、いろいろナビゲータと話した結論では、現在でも最も信頼できるのは天測であるが、ドブナナビゲータができて大いに助かつている、この地域ではロランは使えない。またジャイロは良いのと悪いのが機によつていろいろである、等々であつた。



宇宙展会場でのモルニア通信衛星模型

時間が次第に逆行して行く感じで欧州の第一歩は早朝 6 時半のコペンハーゲンであつた、ここで乗りかえである、約 2 時間ほどの間通過客待合所へどうぞというのを思い切つて入国手続きのうえ、日本航空に世話をたのみ朝の市内 1 時間の観光タクシーに乗ることにした。観光のライセンスをもつというでつぷりとした運ちゃんを私を助手席にのせ、いろいろ説明をしてくれるだけでなく、人魚の像やアンデルセンの銅像前では写真までとつてくれるサービスぶり、私が技術屋と知ると「ニールス・ボアは平和のために原子爆弾を作つたんだ」といつていたのが特に印象に残っている。

ただ一人の日本人をのせたオーストリア航空のカラベル機はやや遅れて時半すぎウィーンへ向つた。機内では私にとって今日何食目(3 食目?)かの朝食がでる。眼下は一面の緑である。

若干の遅れはあつたが、ウィーン空港着、大使館より車つきのお向えを頂き、大使館の一室で Wシャツだけを更衣、登録手続もそこそこに開発式場へ予定通り 1 時間ほど遅れて飛び込むことができた。

会場は豪華なシャンデリアの下、映画の照明がかがやき、正副議長議長(ワイルドハイム・オーストリア外務大臣、副議長兼技術議長サラバイ・インド原子力委員長)のあいさつなどクライマックスと思われた、そのあと米ソの遭難宇宙飛行士に対する黙禱があり、各セッション(部会)の議長などが指名された。

その日の午後からはさつそく部会が開始された。少人数参加の国のことを考慮し、会場は 2 会場のみとし、土曜日を含めて午前は 9 時半から 1 時頃まで、午後は 2 時半から 5 時頃までそれぞれのセッション、グループ討論(9 テーマ)があり、夜はまた 6 時~7 時半の間各国の碩学による通俗講演があるなど息つくひまなきスケジュールであつたセッション(部会)は総論(宇宙開発を概論的に論じたもので 14 論文が発表された。通信(通信衛星とその地上局、放送衛星とその教育への利用などが主要テーマで 31 論文)、気象(気象衛星と気象ロケットおよびそれらの利用法がテーマで、最も論文数は多く 37 論文)、航行(航行衛星とその利用、宇宙航行、11 論文、詳細は後述)、宇宙技術のその他の応用(測地その他への宇宙技術について、衛星からの写真による海陸の資源探査が目された 20 論文)、生物と医学(宇宙生物学と宇宙飛行の医学など 12 論文)、波及効果(宇宙技術の宇宙以外への利用で材料関係や興味のあるものでは月面探査用の歩く椅子の医学用への転用など 15 論文)教育と訓練(主として宇宙技術の教育訓練が論じられ 13 論文)、国際協力と参加(国連などの各国際機関の活動と各国の協力例など 26 論文)、経済、法律、社会的問題(事故、

宇宙飛行士救助などの法律問題等 8 論文)にわかれており、日本からは総論(1)通信(1)気象(1)、航行(3)宇宙技術の応用(1)波及効果(1)の計 6 論文が発表され、また 2 人がグループ討論のパネラーとして参加した。

4. 航行部会での発表論文の概要

本誌に最も関係の深いのは航行部会であるので、その論文の内容をとりまとめ御紹介しよう、また航行部会は前述したように森田博士が議長を、また西独の Dr. Freisleben が副議長であつた。この Freisleben は学会誌を通じて名前はよく知られており、日本人にも知人が多いらしく、初対面のときに「おれは木村という人を知っているが君はその息子か」とか、またある夜レストランで会つたとき、向うから日本語で「今晩わ」と言葉をかけるなどなかなかの好々爺という感じの人であつた。

III. 1 Study on Navigation Satellite System (飯塚康雄)

日本における電子航法の特徴として、その最大の利用者が漁船であるということ挙げられる。したがって、日本周辺に航行衛星システムを適用する場合には、漁船を無視しては考えられない。そこで、技術的にも、経済的にも漁船の航法にマッチし、しかも、さらに高度の利用者にも使用できるシステム諸元が考察された。

主システムは同期衛星 3 個を赤道上に傾斜角 0°で有効範囲の中央とその両側士 30°の点に置き、地球局からの指令により、互いに同期した電波を送信する。さらに有効範囲の中央付近に傾斜角 15°で赤道を中心に 8 字形を描く同期衛星 1 個を置き、サブシステムとして赤道、または極付近の利用範囲を拡張する。方式の特徴は、衛星軌道の変動、大気圏、電離層などによる伝搬条件の変動等を地球局よりの指令電波発射のタイミングによつて、近似補正をして常に所要の誤差分布におさまるようにし、衛星を固定座標として考える受動方式を採用したことである。したがって、利用者は単にロランまたはデツカと同程度の受信機を持てばよい。

測位情報は複合正弦波を用いた狭帯域伝送を行なつて、衛星電力の節減を行ない、利用者受信機の雑音指数の特別の向上を不要にするよう留意してある。測位方式は衛星からの電波の位相差測定できる二つの双曲面と地球表面との交差から位置を求めるもので、受動方式であるから利用者の数に制限はない。

このシステムに関し、衛星所要電力、所要伝送容量、伝搬条件、受信電力などのシステム諸元をきめ、地球局、利用者局などのシステム設計と、実験室における部分的なシミュレータ実験を行なつた。

III. 2 Consideration on Requirements to Capacities

of Navigation Satellite System around Japan (安積 健次郎, 木村小一)

東経 120° から西経 120° までの地域における航行衛星システムの利用者と考えられるものの現在数と予測を行なった。この地域は地球面の 1/3 に当たり、日本近海と太平洋の大部分を含んでいる。この地域には数百機の航空機、2~3 千隻の商船および約一万隻の漁船が同時に存在することになる見込みである。商船および漁船のレーダおよびロラン受信機の現在の装備率を調べると、日本においては、50 トン以上の漁船の 50% 以上がレーダとロランを、また、1,000 トン以上の商船のほとんどが、レーダとロランを装備していることがわかった。

この日本周辺で最も適した航行衛星システムは、二つのサブシステムから構成するのがよいと考えられる。その一つは主システムで、地上局で利用者の位置を測定し、これを利用者に送信する方式であり、他はロランに使われているような受動的なシステムである。これは漁労中の漁船はたびたび船位を必要とし、その要求度は不規則だからである。このシステム実現のためのいくつかの技術的問題にも言及してある。

III. 3 The General Utility and Character of prospective Navigation Services Satellite System (by E. Ehrlich, USA, L. Jaffe が代読)

ここで論ずる航行衛星とは、地球上の船や航空機などが、一つの地点から他の地点へ移動する間の有効なサービスを行なうための衛星で、それによつて航行の経済性と安全性を向上させるためのものである。そのためのサービスには、(a) 船(機)上での、およびそれらとは別に航行管制や捜索救難のために、地上で行なう位置決定サービス、(b) 管制、捜索救難指示、位置情報、気象、海象などの環境データとその予報の通信、(c) 保守、事故解析用の機(船)上データおよび環境自動測定データのテレメータ、がある。

NASA (アメリカ航空宇宙局) は、全天候でほぼ連続的な位置決定を行なう各種の航行衛星について研究を行なってきたが、利用者側の要件をまとめ、システム評価や価値判断のための連絡委員会が設けられた。この委員会は、非衛星システムとは別でも組み合わせてもよいが、通信、航空交通管制用の探索および航法を組み合わせた衛星システムをより調査すべきであると勧告した。

この勧告に基づく計画が最近打上げの衛星を使つて計画途中である。それらは、(a) IRLS (Interrogation, Recording and Location System) 気象衛星 Nimbus B を使つて衛星の 2 位置からの測距を行なう実験 (b) OPLE (Omega Position Location Equipment) オメガの受信信号を ATS-III 衛星を使つて陸上に VHF で中継する実験、(c) 2 衛

星からの測距、ATS-I と ATS-III の両衛星の VHF トランスポンダを使つた測距実験であるが、精度は 3~5 n.m. になる見込み、(d) システム研究 1968 年中には終了予定である。

航行衛星は大きなものになる見込みで、重さは 1,000 lb (450 kg) 近くなる。VHF は周波数の使用に限界があるので UHF が有望である。数百機の航空機、数千隻の船舶、多数のその他の利用者を処理するようなトランスポンダとすべきであり、UHF で 16~20 dB の利得を採つ空中線が使用されるであろう。重力傾斜または能動的な姿勢制御を用い、太陽電池の容量は 500~700 W となるだろう。

利用者装置で最も問題となるのは、1,600 MHz を使つたときの航空機空中線で、18 dB の(利得ビーム幅約 20°) が要求され、表面マウント型の電氣的に指向させる位相空中線列が一つの解決策である。

III. 5 The U.S. Navy Navigation Satellite System (by R.B. Kershner, USA)

アメリカ海軍の航行衛星システム (TRANSIT システム) は Johns Hopkins Univ. の Applied Physics Lab. によつて 1959 年より開発が始められ、1964 年には運用にはいり、最近民間用としても使用できるようになった。このシステムは本質的には双曲線航法システムで、高度 600 n.m. の衛星が 2 分間に約 500 n.m. 移動することを利用して 1 本の双曲線を求める。衛星は安定な周波数を送信し、利用者は衛星と利用者との相対運動の結果生ずるドブラ周波数を 2 分間積分する。この値がその時間についての両者の距離差になる。

この場合、送信周波数が不明であるので、それと利用者の局部発振器の周波数との差の周波数、緯度、経度の三つの未知数を解くため 3 回の 2 分間測定を行なう。また、電離層屈折効果を補正するため、二つの周波数のドブラ値を比較する。低高度衛星を使用するため、衛星から 2 分ごとの衛星位置を放送し、この放送はドブラ計測を行なうのと同じ周波数の変調によつて行なう。この情報は衛星の追跡によつて 12 時間を予測し、衛星はこれを記憶する。2 分間の報時信号もまた衛星から送信する。

地上追跡局網は Maine, Minnesota, California と Hawaii にあり、計算センタは California にある。衛星への軌道情報の送信は Minnesota と California で行なう。

衛星内の 5 MHz 水晶発振器は $\pm 0.001^\circ\text{F}$ に制御される恒温槽中であり、 5×10^{-12} の短時間分安定度を持つている。送信電力は 400 MHz, 1.25 W, 150 MHz, 0.8 W である。記憶装置はコアメモリで、“permanent” メモリ、39 ビット、156 語、“ephemeral” メモリ、39 ビツ

ト、480 語からなっている。固体化検出器と加熱器で、電子装置と二次電池部は 70°F の上下 2~3 度以内に制御されているが、すべての電子回路は制御なしで動作可能である。衛星は電力傾斜姿勢制御されている。

現在作動している衛星は 3 個で、過去 2 年間の大部分はそうであつたが、4 個に増加することが期待されている。そうすると、地球上のすべてのところで、ほぼ 100 分ごとに利用可能で、高緯度のところでは、さらに頻度は大きい。衛星の故障するまでの平均時間は 1 年以上である。最初の航法装置は APL の設計組立で、SRN-9 として知られ Long Beach 号の世界 1 周に使用された。この装置は多数の海軍の船のほか、1964~1965 年に 2 隻の海洋調査船、Atlantis 号と Conrad 号に装備され好結果が報告された。USC & GSS Pioneer 号による評価の結果は、NASA CR-612 に報告されている。現在では Magnabox, ITT, Minneapolis-Honeywell が航法装置を製作し、計算機を含め \$30,000 で入手可能となるだろう。完全自動化の装置も作られている。

III. 6 The DIOSCURES System of Air Control and Navigation by Satellite (by J. Villiers and B. Manuali, France)

国際間主動脈の民間航空路の交通量の急激な増大は、航行、通信および交通管制に新しい問題を生じつつある。特に、北大西洋での航空交通管制では、昨年の夏には同時に 80 機がこの航路を飛び、経済的理由から、それらは同じ高度の同じ経路の飛行を希望する。それがいられないため、計算では年間 7.7 百万フランの損失を航空会社が負っていることになる。予測では 1975 年には、同時に 200 機がこの航空路を飛ぶことを示唆している。航法と通信とをこのまま放置すると、経費的な損失は大きなものとなる。現在の分離基準、前後 15 分、横方向、120 n.m. 高度 2,000 ft をせばめるための努力が、ICAO 中心にして行なわれており、2 組の慣性航法の採用は横方向の間隔を 60 n.m. に引き下げの可能性を示しているが、異常誤差発生の確率が 0.05% 程度であるので、その評価はきわめて困難である。並行的要望は、HF 通信の呼の増大で、質のよい 8~10 経路の新通信網の確立にある。

そのための解決策として宇宙技術の利用が検討され、5 分ごとに航空機位置を 3 n.m. の精度で求める見込みがつき、いかなるシステムが経済的かを数学的に解いた。航空機が異常な航路をとつたときの警報後の行動は、管制官とパイロットにまかし、電波検知なく航路の半分を航行する航空機は 0.05% 以下とすれば、横間隔 60 n.m. では 1.5 時間以下に 1 回の管制以下ですみ、200 機の同時飛行が可能となる。北大西洋の問題が解けれ

ば、太平洋などの解はより能率よく解けそうである。

二つの静止衛星を西経 10° と 60° におく DIOSCURES (神話の双子の名)計画は、周波数割当と電離層屈折および多経路伝搬防止の理由で Lバンドを使う。距離—距離方式で測距は低周波変調の位相測定で行なう。航空機には 12~14 dB の利得の二つの指向性空中線をのせ、それらが両衛星の方を向くようにするが、その実現はむずかしく、1969 年になる見込みである。通信は、二つの電話回線が同じ副搬送波にのせられる。このシステムの精度は高緯度ほど高く、20° で 2 km. 5° で 10 km, 1° で 35 km 程度である。衛星は重さ 150 kg, 電力 120 W ぐらいになるだろう。

ここに送ったのは一試案で、関係官庁および航空会社は、この開発を行なうための出資と新機構を考えるべきである。

III. 7 Satellite and Ocean Platform for Civil Aviation Operation over the North Atrantic (J.H. Briggs and L.J. Braybrock, UK)

北大西洋の航空路は 1975 年にはピーク値で 1 時間に 50 機の SST が飛び、毎日 280 機の SST と 270 機の垂直音速機が飛ぶことになるだろう。これらが最適以外の経路を通る損失は一飛行当たり \$300 である。現在の HF 通信は飽和し、1970 年には平均遅れ 6.8 分となるだろう。

一般的な大洋上の航空路監視の条件は 10 n.m. の位置決定精度か、200 機までの航空機の個々の位置を最大間隔 75 n.m. で求めることである。いろいろな方式が提案されているが、15°W と 50°W の赤道上の静止衛星からのパルス列、または CW 測距方式が提案されている。

VHF の使用は、周波数割当、適当な利得と円偏波用という要件に合う航空機空中線の設計の困難さ、多経路伝搬の干渉、オーロラなどによる電離層吸収、電離層屈折による測距誤差、地上局での低高角受信の問題がある。一方、1,540~1,660 MHz は伝搬上の問題は無視できるが、システムの特性をきめる以前になお研究開発が必要である。衛星は姿勢制御され、特定の地域を指向する空中線系によつて送信されているとする。そうすると、受信電力は航空機空中線の開口面積によつてきまり、それらを二つの衛星に指向させることが問題となる。

北大西洋の航空交通管制問題を解決する代案は、3~4 個の海上浮局を置くことである。これらは既知の点に繋留され、位置精度はよい。模型試験では動揺 0.5°, 6 in は、以上は上下せず、漂動は 500 ft であつた。SSR, NDB, VOR, DEM, VHF 通信装置がこの浮局には備えられる。

初めの考えは、これらの浮局は海底ケーブルで結ばれることであつたが、ATC センタと衛星でリンクするこ

とも可能である。こうすると、その位置の変更が簡単になる。3局を海底ケーブルで結ぶ10年間の全費用は約75百万ドルで、商用衛星を使っても額に大差はない。

航行衛星システムの費用は未確定の要素があるが、6チャンネルのVHF通信と測距を行ない、各チャンネル25dBWの出力の衛星1個は、打上げロケットとも8百万ドルで、これを基礎にした10年間の経費は100百万ドルで、Lバンドを使うとこの倍になるが、衛星の寿命によつて、この値はより低くなる。地上局は年間1.5百万ドルまでである。Lバンドでは航空機用装置、特に空中線に多くの研究開発が必要であるが、その価格は10万ドル程度となるだろう。VHFの場合の改装費は2,400ドル程度である。800機の年間200,000飛行(1977)を考えると、1飛行当たりVHF通信では15ドル、Lバンドシステムは45ドルとなる。

北大西洋におけるSSTの運航は、現在にもまして信頼すべき通信網とATC施設が必要となるが、浮局は3~4年で実行可能であり、経費も安い。1970年代の末に可能となるであろう衛星システムは、容易により広い範囲に拡大でき、経費的にも正当化できるものである。

III. 8 The Impact of Space Developments on Civil Aviation (by ICAO, C.C.E. Bellringer氏が発表)

宇宙技術にICAOが関係を持つたのは、1966年10月の航空通信の会合で、宇宙技術の応用が地対空通信の改善に役立てることが報告された。より重要な改善の可能性は、レーダが役立たないところでのATCの目的での監視で、これらの対象地域は北大西洋を初め、さらに他の海洋や人口の少ない陸地があげられる。

この会合のときには、アメリカのATS衛星による実験の経験を持つていなかったが、現在は実際の応用をきめるような時期になつてきた。このためASTRA (Application of Space Techniques Relating to Aviation) と呼ばれる専門家パネルが組織され、実現の見込みについて予測することが期待されている。

つぎの三つの応用分野については、すでに重要であることが認められている。すなわち、第一は地対空通信に衛星を利用することで、音声とデータ伝送の静止衛星による中継の技術的可能性は実際に確認されており、不安定なHF通信の代わりになることが見込まれている。第2は航空航法と監視で、これらをすべての地域について、非衛星システムで行なうことは、技術的にも経済的にも困難である。衛星を使つてこれを行なう各種の方法が提案され評価されつつある。航空交通を監視するシステムができれば、それから得られた機位を航空機に再送信することは容易である。第3は気象衛星の利用で、雲の写真からジェット気流、ある種の乱気流、台風などの

位置がわかり、最適航路の選定に役立つ。将来は定高度気球による観測の開発が行なわれるだろう。

宇宙技術と航空との関係は、宇宙船が大気圏を通るときの航空との同じ空間を通る問題、宇宙用と航空用と周波数の共用の問題、宇宙技術、特にエレクトロニクスの開発が航空用におよぼす波及効果にもある。

ICAOの宇宙技術利用についての興味は、IMCOのそれと共通するし、CCIRでも同じ問題を扱っている。これら関係国際機関との協調も重要である。

III. 9 The Use of Satellites for Navigation (by Chu Juowen, Republic of China)

地球上の点は、二つの衛星から距離一定の点を表わす円の交点とすることができる。6個の同期衛星は南北緯70°以上を除く有効範囲を持ち、その衛星から送信されるパルス変調マイクロ波は、全世界的航法システムを形成する。指示は二つの偏向コイルを持つた球面CRTを使用し、その掃引は衛星の送信に同期して衛星の直下点を出発してらせん状に外側に向かい、衛星からの電波を受信したときが、その衛星からの距離を示す円を描くようにする二つの円の交点が地球上の位置を表わす。

より精度をあげるためには、小さな曲率の矩形のCRTを別に用い、たとえば、その縦を25n.m., 横を10n.m.にし、その交点が縦の中心線にそつて動くことを見守るようにすればよい。距離をはかるには、25本の線を等間隔にけい光面のうしろに張り、電子ビームがその線を横切るとにカウンタを働かせる。不要のパルスをおさえるため、水平反射器を持つた空中線を航空機に使う。

システムの電力配分を考えると、困難がたくさんある。ピーク出力メガワットの衛星送信機と20dBのヘリカルアンテナを使えば、普通の受信機が使用できる。

III. 9 Consideration of Some Marine Uses of Navigation Satellites (by E.S. Keats, USA)

この論文は民間の船が航行衛星を使用することについて述べたものである。これを論ずるときには、その用い方、技術的な要素および政策的要素が相互関係を持ち、また、各種の用途によつて技術的要求が異なることがある。問題は誰がその費用を持つかということである。各種の多数の文献が技術面、政策面および用法の分野で出されている。40種類の応用が区別され、全費用は300万ドルと推定されている。航空機への用途が強調されているが、アメリカの連絡委員会では、航行衛星を使うと、1975年にはアメリカの船は年間600万ドルの節約ができると推定している。

つぎの6種類の用途が民間船舶用としてあげられる。

(a) 大洋航海 この分野では、航海は航行衛星なしで多年行なわれているけれども、最近では座礁事故が増加し

ている。航行衛星は高速のハイドロホイールに連続的に船位を与え、救難用としては独特の特徴を持ち、より頻度の高い気象情報を安定に与えることができる。その連続的な位置情報は自動化船上の計算機に入れられるので、航海の自動化を可能にする。要求精度は 2 km であり、連続的な位置および気象情報は安全を増加し運賃を減少する。たとえば、アラビヤ海から南ア経由でヨーロッパまでの航海と時間の 3% が節約できる。

(b) 漁船 ここでは漁群を見出すのに最大の時間を使い、同じ場所にもどつてくることが要求される。要求する有効範囲は大きく、要求精度は 1/10 km である。衛星の利用は人力と燃料の大きな節約となる。

(c) 小型遊覧船, (d) 無人センサ, (e) 研究調査船, 測量船など, (f) 商船の航行管制。

衝突防止の最も有効な方法は混雑を、あらかじめ除くことである。航行衛星は、船相互間の位置と運動を決定し、必要に応じて通信を中継する。航行管制のための要求精度は約 1/10 km, 速力決定精度は 1 km/h, 2 ウエイの通信が最小 1 回線あることである。交通管制によつて海損が 1/4 に減ればそれだけ保険料が安くなる (IMCO の代表は船の航行管制は実行しきわめて困難であるとコメントした)。

III. A. 1 Navigation Using the Altitude and Azimuth of the Artificial Satellite (巻島勉)

人工衛星の方位および仰角を電波六分儀で測つて船位を求める計算法と、六分儀の指向精度、安定台の垂直精度および北基準精度を仮定して位置決定精度を理論的に解析したもので、国内にはすでに「人工衛星の方位・仰角測定による船位決定法」、日本航海学会誌、第 33 号 (1965)、および「人工衛星の方位・仰角測定による船位決定法 II」、日本航海学会誌、第 37 号 (1967) で発表されており、これをまとめたものである。

(Freiesleben 氏はこの論文に興味をもたれ、モナコの国際水路局の Review に投稿をすすめられ、自から紹介の労をとられた。)

III. A. 2. On a New Method of Solving the Equations of Celestial Mechanics (by N. St. Kalitzin, Bulgaria)

宇宙航行に関する理論的解析で、天体力学の n 体の動きの古典理論を n が大で、運動時間が短いときに有効な解き方を述べたもので、宇宙船が月の近くを通るときの運動や、宇宙船の運動に対する隕石群の重力場の影響を解くのに役立つものである。

なお、IMCO は、このセッションでの論文提出はなかったが、多くのコメントを発言し、また、寄与文書 “A Satellite System for Maritime Service” を配布し

た。この文書の結論には、次のように述べられている。「衛星システムの利用は、海上の人命と機器の安全を増加するような長距離通信と航法の改善を行なうが、前者の必要性は大きく、それは (ATS-I と III で実験され実証されているので) 現在でも可能であるが、後者の実現には、なお研究が必要であろう。これらを行なう経済的利点はまだきめられないが、周波数スペクトルの利用の点では有利である。初期の通信中継には VHF が使用されるだろう。」

ついでに他のセッションで航海と関連のある 2, 3 の論文についても紹介しておくことにする。

INT. 5 Overview of Space Applications Program (by L. Jaffe, USA)

アメリカの実用衛星開発を総括的に展望したもので、ATS による地对空 VHF 通信実験、Transit 衛星などにも触れてある。

I. 8 The Role of Small Earth Stations in Future Civil Communication Systems by J.L. Blonstein, UK)

通信衛星の将来の応用分野を展望し、その中に航空交通管制、船舶通信および航法をあげ、その現在と将来の計画については簡単に述べてある。航空機の空中線と衛星のトランスポンダは 1973~4 年にはシステムができるよう開発することが期待され、また、船会社などが船載通信端局について調査しているとしており、1.5~3 m 径の空中線の局が船載用にも適当で、その平均価格は 6 万ポンドである。これは、もちろん、衛星上の電力増加が前提である。

II. D. 9 Meteorological Satellites and Safety of Navigation (by K.P. Vasil'yev, USSR).

航海や漁業のために、広い海の気象データを周期的にとることは多くの困難があるが、気象衛星から得た情報でこの問題は解決し、北極海の氷状や嵐が衛星からの写真で求められたことが述べてある。

IV. 5 Spacecraft Oceanography—Its Scientific and Economic Implications for the Next Decade (by J.W. Sherman & L. Cheney, USA)

衛星利用の海洋観測技術について述べてある。

VIII. 2 International Experimentation with Communication Satellite (by L. Jaffe, USA)

ATS-I と ATS-III による VHF 通信実験に日本も参加したことを述べ、ATC 用衛星の使用について ICAO が考慮中であるとしている。また、OPLE は VHF トランスポンダの興味深い利用法であり、IRLS 実験も計画中であることが触れてある。

5. 会議の側面

会議場の一階にはエグジビジョンルームがあり、各国より宇宙開発および関連産業などの展示があつた。アメリカは実用衛星を主とした写真、衛星模型、関連機器などの展示を行なつていた。インドはインドのTV放送を地上中継、衛星中継、両者の組合せの方法で行なうときの種々の比較をしたパネルをかざり、民族衣装のお嬢さんがいるなど、副議長を出した国としての会への熱意を示していた。ソ連は、この会場には宇宙飛行士の写真程度度の展示であつたが、別の会場で宇宙展を開いて多くの衛星の実物大模型の展示や映画の映写などを行い、ウィーン市民へのPRも忘れていない。(代表バッジを見せると無料で入れるが一般は有料であつた)。また、会議場前には気象衛星のAPT受画装置とアンテナを備えたマイクロバスが常に駐車し、人気を集めていた。

会議の発表中に多くの映画の映写があつたが、そのうちのいくつかは別にまとめて映写会が開かれた。アメリカのメトロ社は日本でも公開された「紀元2001年宇宙の旅(2001: A Space Odyssey)」の試写会に代表全員を招待した。

代表全員が招待された夕食会は前述のウィーン市長の招待会と議長であるオーストリア外相招待のものであつた。オーストリア外相の招待状には服装は男子はSmoking(独語、英語のBlack Tieのこと)女子はCocktailkleidのことに記してあつたが、日本を出るときよりダークスーツですということ、会議のJournalにも同じ注意が書いてあつた。会場はシェーンブルン王宮、ここはマリアテレージア女王が拡張をしたヨーロッパ有数の宮殿で、有名なウィーン会議の舞台となつたところである。ここでのパーティーは年に一、二回とのことで、最大級の御招待であつたらしい。広間入口で外相ご夫妻が一人一人に握手をし、広間でカクテルのサービスののち、多数の小部屋に設けられたテーブルで自由に飲み、自由に食事ができるようになっていた。各部屋はそれぞれの特徴をもつた装飾がほどこされ、日本の間、中間の間などもあり、大いに目を楽ませるところでもあつた。

6. ウィーン郊外

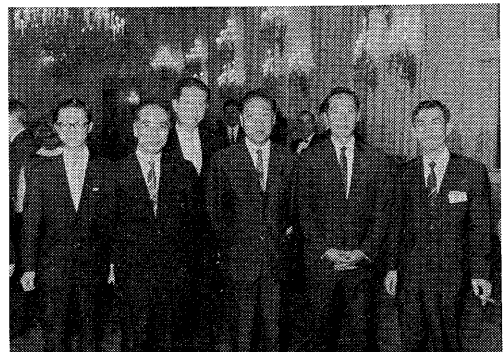
ぎつしりとスケジュールのつまつた会議ではあつたが、その間でウィーンの郊外へ出る機会に2度めぐまれた。その一つは大使館の御好意によつて、はじめの日曜日ベントのマイクロバスによるドナウ河畔のドライブ旅行を楽しんだ。案内は現地から代表団に参加されたO書記官、ITU代表として参加しておられるN氏御夫妻なども同行される。ウィーンの街なみを北に抜け、ドナウ河の本流から分れて、ウィーン1区に接して流れるドナ

ウ運河をさかのぼると、左手にウィーン市内をながめる展望台のあるカーレンベルグの丘が見える。このあたりはウィーンの森の北の方の端に当るのであろう、(丘のふもとにはベートーベンの遺跡などもある。)車はドナウの運河、そして本流を渡つて河の左岸に出、しばし河と別れる、この当りはブドーの産地とかで、ところどころに「ホイリゲ」の標識を出した飲み屋などもある。途中のグムスという街はそのブドーの集積地だそうである。

第一の下車地点はデュールンシュタインというところ、ここは山の上に古城の跡があるが、この城は十字軍の昔(1190年)、イギリス国王リチャード一世がエルサレムからの帰途、アドリア海で難破し、陸路帰国の途中オーストリア公レオポルド五世に捕えられ幽閉されたところである、王はその後王をさがしに来た吟遊詩人の詩の呼応によつて見出され、外交交渉の結果身代金と引かえに釈放された由である。河岸には教会、レストラン、土産物店などがあり、名所の一つになつている。ここで鱈料理の昼食を御馳走になる。ドナウ河の流れは流量もさることながら意外の激流でところどころ渦をまいており、泳ぐつもり?もあつたらしいM氏などもこれではという顔つきであつた。

バスは今度は流れに伴つて進む、いろいろな形の船の往復が仲々盛んである。第2の下車地は、小高い丘の上にある教会マリアターフェルであつた、ところが到着して見るとドシャ降りの雨で、やつと土産物屋の店先にとび込む仕末、ここは丘からのドナウの流れがすばらしいところとかである。幸い教会内のマリアの像などを見て出発というところで、夕立がからりと晴れ上つたので、漸時出発延期で青々とした野の中を流れる河の流れを見渡すことができた。

リンツまでの約2/3ほど来たあたりのダムでバスは河を渡つて今度は右岸を帰ることになり、帰途左岸からも見えていたメルクの僧院を見学した。ここは10世紀頃の建設の僧院で、現在の建物は18世紀頃のものとか、いわゆる後期バロック風の有数の建物で実にそう大なも



シェーンブルン宮での紹宴で

ので内部の礼拝堂なども筆ではあらわせないようなところであった。メルクからはハイウエイ(オートバーン)を通つて暗くなつた頃ウィーンへ帰着、同宿3人で夕食をしようとしたが、日曜の夜は大方のレストランが休業で餓鬼道に落ち入りかけたのは一寸した付録であつた。

2 度目の日曜日はオーストリア外相招待のバスツアーであつた。午後2時に会議場前に集合、英語、仏語、露語など書いたバスに分乗した。日本のように若いバスガイドでなく、しわくちやおばさんバスガールの説明で出発、ウィーンの森の中を南下する。第一の下車地はハイリゲンクロイツの僧院。ここは有名な映画「うたかたの恋(原名 Mayerling)」で皇太子ルドルフ太公が悲恋の末自殺をした狩の館のあつたマイエルリング村の近くだそうで、12 世期の建造による古い建物である。美しいステンドグラス、シュエベルトがひいたという古いパイプオルガンと礼拝堂などをゾロゾロと見物をした。

つぎの目的地は「オーストリアのロマンチックとリアリズム」ということで大いに期待をしていつたところが、ここが美術館、丁度カラー写真を見るような繊細な絵画がつぎからつぎへと並んでいる。例のおばさんガイドが老眼鏡片手に「This is most famous painter's……」ではじまる説明で、いささかその数の多さに逆にうんざりする始末であつた。夕食は保養地バーデン、ドイツ語でBaden とはお風呂という意味で、ここは大昔に温泉が発見され、ウィーン郊外の遊覧地でもあり、プールや公園などもある、そこのレストランで魚料理を主としたピエツフェーパーテーであつた。そこではカジノの入場券とオペラの入場券をもらい、バスの一部はオペラ終了まで待つとのこと。公園の野外劇場(といつてもちやんとした建物で屋根だけが布製であけ開めできる)で、ヨハンシユトラウスの「こうもり」を全幕観賞することができた。

7. むすび

8 月 27 日午後 3 時より閉会式が行なわれた。式はまず各部会の議長(またはその代理者)が、各部会の成果の概要報告が行なつた。航行部会の森田議長は、われわれも一部お手伝いをしてまとめらつたつぎのような報告を行なつた。

「われわれ皆は、空路または陸海路の交通手段によつてこの会議に参加するためウィーンにやつてきた。よく知られているようにこれらの交通機関は何等かの航行援助を必要とする。テーマ別セッション III は航空機と船舶の安全で経済的な航行への宇宙技術の応用という問題を取扱つた。

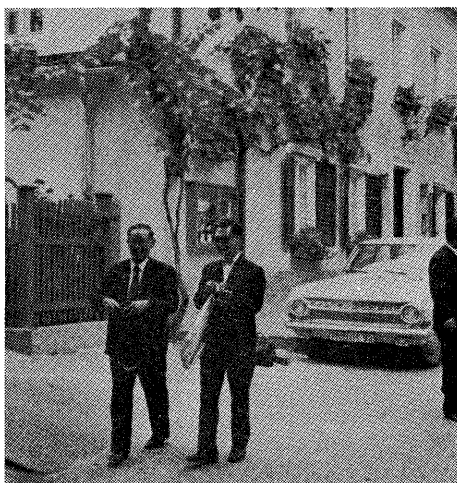
11 の論文のテーマ別セッション III と IIIA に寄せられた。これらの論文にはつぎの3つの分野があつた。

- (a) 航法への宇宙技術の応用の開発の展望
- (b) 衛星航法のシステム要件と経済分析および適当なシステムについての提案
- (c) 衛星航法への理論研究」

森田氏はさらに各論文についての要約的介绍を行なつたのちつぎのように報告を結んだ。

「これらの論文発表と討論を通じて、私はいくつかの国と関連国際機関とが、海空の航法への宇宙技術の応用を拡げるための衛星システムの開発により一層の務力を行なうことが重要であることを感じた。最後に私はのり多き論議に大きな貢献をした各発表者およびフロアより興味ある意見を述べた方々に心から感謝の意を表したい。そしてまた絶えざる興味をもつて協力をされた各代表およびオブザーバーの皆様へ感謝する次第である。」

つぎの宇宙技術のその他の応用部会報告はその部会の副議長をつとめたチェコ代表(V. Guth 氏)が行なつたが、そのときは万雷の拍手がしばしなり止まなかつた、これは会議がはじまつて間もなく例のソ連軍のチェコ侵入問題が起り、ウィーンはチェコとの国境からほんの数十 km のところにあるので、会議の進行も一時は危ぶまれ、またウィーン市内でのデモなどもあつたが、この拍手は西欧側のチェコへの同情と侵入事件に対する無言の抗議とも受取られた。閉会式はこのあとサラバイ副議長とワイルドハイム議長の演説ですべての日程を終つた。私はこのあと僅か一日の余裕を得てフランスのプレティニエ宇宙センターを見学、パリへ発で一途帰国した。



デュールンシコタインにて(左は森田博士)



Introduction of Foreign Papers

見 張 り 援 助 装 置

訳編 *株式会社 東京計器製造所

高 杉 将

Final Report On Lookout Assist Radar Evaluation Program

Sperry M.S.D.

Publication No. JA-240-0007-30 P.D. No. 1065-30, March, 1966

LAD A New Family of Devices For the Avoidance of Clissions at Sea

by Robert F. Riggs Sperry M.S.D.

7th November, 1968, Pre-Print of National Marine Navigation

Meeting held by The Instiute of Navigation

Translated and Edited by T. TAKASUGI

*TOKYO KEIKI SEIZHOSHO

1. ま え が き

Sperry 社の Marie System Division で 1963 年から行ってきた見張り援助装置の研究の関連文献の中から、上記の2文献を簡単に紹介する。

2. 概 要

Sperry Marine System Division は米国の Maritime Administration の依頼によつて、船橋機能の広範な研究を行なつている。この研究には船橋における見張機能の解析と、電子機械的手段によつて見張機能を向上させる研究が含まれている。

1963 年から理論的研究が開始され、この研究結果によつて実験用の近接警報レーダ R-LAD が作られ、1965 年後半から 1966 年始めにかけて Hmble Oil のタンカー ESSO BANGOR において実船実験が行なわれ可成りの成

果を修めた。その後直ぐ、聴音見張りの研究が開始され、1968 年 11 月現在、可能性研究用の試作機が Cleveland Cliffs Iron Company の五大湖運航貨物船 EDWARD B. GREENE において行なわれており、今迄のところその結果は非常に満足すべきものである。

実験は、近接警報レーダ R-LAD と、霧笛聴音見張装置 H-LAD を一つのシステムにまとめた装置で行なわれている。

3. 近接警報レーダ (Lookout Assist Radar, R-LAD)

ESSO BANGOR に装備された近接警報レーダの諸元は、つぎのようなものである。

送信機	
周波数	3.02 GHz
P R F	500 Hz
パルス幅	2 μs

* 所在地: 東京都大田区南蒲田 2-16
Address: No. 2-16, Minami-Kamata, Ota-ku, Tokyo.

劣頭出力	1 kW
平均出力	1 W
受信機	
方式	超再生型
最小検知信号	-70 dBm
アンテナ	
スロット・アンテナ	5 フィート
方位精度	±3°
回転数	6 r.p.m.

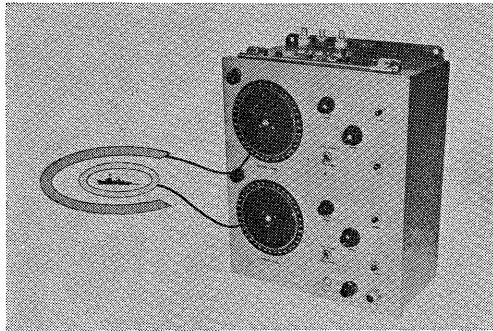
本装置は、警戒域に侵入してくる他船を発見して警報しようとするもので、外側警戒リングと、内側警戒リングを持つている。

外側警戒リングは 3~9 マイル可変で、リングの幅は 1 マイルである。内側警戒リングは 1~3 マイル可変で、リングの幅は 0.5 マイルである。

第 1 図は受信指示器で、指示器の左上部に外側警戒リングの指示部があり、左下部に内側警戒リングの指示部がある。両者の関係は図の左側にマンガ的に示されている。

方位指標はアンテナと同期して回転している。

連続表示モードと、間歇的表示モードがあり、連続表示モードでは警戒リングに引掛つた最初の目標に対して連続警報音を出し、方位指標は相対方位を示して止る。



第 1 図 R-LAD 指示機

方位指標はリセットされる迄そこに止っており、その警戒リング内の他のすべての目標は警報がリセットされるまで無視される。

間歇モードでは、方位指標は回転を続けており、警戒リング内の目標をアンテナがスキヤンする毎に可視および音響警報が一時的に出る。

ESSO BANGER は 2 万 7 千トンのタンカで、満載時の乾舷高 10 フィート、カラ船時の乾舷高は 30 フィートである。

アンテナ高は、満載時は水面より 50 フィート、カラ船時は 70 フィートである。

目標の最大発見距離は、

船の種類	カラ船時	満載時
タンカー	8.3 海里	6.0 海里
大型貨物船	8.0 海里	6.3 海里
小型貨物船	7.0 海里	6.0 海里

であつた。

同じトン数の船でも、船形、構造によつてレーダ・クロス・セクションが著しく異なるから上表によつて一概に判断するわけにはいかない。

鋼製商船の発見確率は、6 マイル・レンジにおいて 97 % 以上であつた。

しかし木造漁船、キャビン・クルーザ等は殆んど発見出来なかつた。

商船航路に入るすべての小形船、ポートがレーダ・レフレクタを付けるようになれば、これらの船の安全性は大きく改善されるだろう。またさらに危険なのは、背が低くて非常に長い曳航ハシケである。

誤警報と探知能力

探知距離を上げるために、感度を上げると、システムの内部ノイズ、雨滴反射、海面反射等による誤警報が増える。

実船試験において、本装置を使用した士官の平均的な意見として、誤警報は当直 1 に回の割合では多すぎる。少数のウルサイ人は 1 日に 1 回でも許せないといつていた。

本装置の目的は、当直士官の代りに自動的に侵入船を発見して警報することにあるので、発見確率を 100% に近くし且つ誤警報の発生率を当直士官が我慢し得る範囲に抑えなければならない。

また機器の信頼度を通常のレーダの 10 倍以上にし、航海用レーダ故障時のバックアップ、システムとして使えることを考慮して、前述のような 10 cm、5 フィートアンテナ、超再生型受信機を採用した。

ESSO BANGER における試作機の実験では、外側警戒リングを 6 哩にしたときに、発見確率および探知距離が最も大きくなつた。内側警戒リングについては、あまり問題にならなかつた。

評価

人間の見張能力は、視界良好のときは 18~20 海里であるのに対し、本装置の 6 海里では不十分である。しかし視界が 5 海里以下の場合には、本装置は普通の見張りに対して遙かに優れている。

探知距離は士官の操船上の要求からいうと 10~12 海里が望ましい。

木造漁船等の小形船に対して、本装置は無力であるので、他の装置との併用あるいは人間による見張りが必要である。

内側警戒リングの最小有効距離は2.5~3海里である。これより近距離で発見しても役に立たない。

視界の悪いときに、他船が前方の3海里ゾーンに入ることには特に危険である。

4. LAD 装置

見張り援助装置として、どんなセンサーを使えばよいか調べるため、現用のレーダ、マイクロウェーブ測定法、受動式ソナー、能動式ソナー、レーザ・レーダ、赤外線、空中音の聴音、霧笛の聴音等の比較を行った。その結果、価値係数(機能/ドル・コスト)が妥当なものは、レーダと霧笛聴音の二つだけだった。

ESSO BANGOR における R-LAD の実船試験の後、霧笛聴音装置 H-LAD の試作を行なった。

これは右前方、左前方および後方の3ヶのマイクロホンを有し、これらは約4フィートの直径の円形状に配列されている。

マイクロホン出力は増幅されてスピーカーを鳴らし、同時に録音される。録音された音は命令によつて、ハイファイ音で再生される。また音源の方向は、CRT 上に

45° 精度で表示される。

受信音がある値以上に大きいときには、自動警報が出る。

警報はボイス・アラームを駆動し、45° 精度の方位情報を音声で知らせる。

この H-LAD と、R-LAD は互にそれぞれの欠点を補いあう関係にあり、これらを組合わせて一つのシステムにしたのが LAD 装置で、現在 EDWARD B. GREENE においてテスト中である。

試験結果と将来計画

前述のように R-LAD は、距離6海里において、鋼船を97%の確率で発見出来る。

H-LAD は補助装置なしの見張りに対し、発見距離が1海里延びた。

実船試験により、自動録音、自動警報、風雑音の低下、方位精度向上、高忠実度等の研究が行なわれ、試作機より製品化に必要な各種のデータが集められている。

初度製品の R-LAD 部分は、感度向上により探知距離は10海里になり、小形漁船に対する発見率も向上する筈である。

H-LAD と、R-LAD の警報パネルは共用のものになる。

レ　ー　ザ　ジ　ヤ　イ　ロ

訳編 *東京商船大学 飯 島 幸 人

Laser Gyro

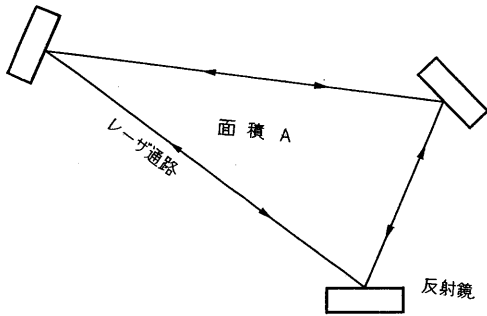
Translated and Edited by Yukito IJIMA
*Tokyo University of Merchantile Marine

検出要素として回転体を用いる従来のジャイロは素子のアンバランスや構造の不安定などにより誤差が生じたり、加速度の影響を受けたり、追従遅れを生じたり、など多くの誤差源があつて精度を上げることは困難であつた、レーザジャイロは回転体を用いないためこのような欠点は除かれ高精度で安価なジャイロができる可能性を

持つている。

その原理的な構造は第1図に示すように3枚の鏡を反射鏡としたレーザ共振器を形成し、この中に陰極と陽極とを含み全体が一つのレーザ共振器として作用するものである。このようなレーザをリングレーザと呼んでいるが、こうしておく、このリングを回わる光の一つは時

* 所在地: 東京都江東区深川趣中島2-2
Address: Fukagawa-Etchuzima, Koto-ku Tokyo



第1図 リングレーザ

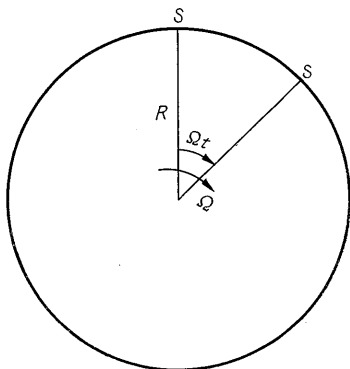
計回りに回わる波であり、もう一つは反時計回りに回わる波となる。レーザ発振器が動作を維持するためには二つの条件が満足されなければならない。一つは共振器中の光の利得は損失に打勝つだけ充分に大きくなければならない。他の一つは共振器中の波の数は整数でなければならない(あるいは共振器回りの位相変化は0でなければならない)。もし最初の条件が満足されなければ、光は反射鏡や媒質中を通過するときの損失のために減衰してついに発振が止つてしまう。また後の条件は実際にレーザの発振周波数を定めるものであつて

$$L = N\lambda \quad \dots\dots(1)$$

$\left\{ \begin{array}{l} L: \text{共振器の長さ} \\ N: \text{波の数} \\ \lambda: \text{波長} \end{array} \right.$

で与えられる。

この二つの条件が満足されたとしてリングレーザで発振が持続しているとき、この閉じたリングが慣性空間で回転すると、閉じた通路の曲りを走る光は同じ時間ではないことを一般相対性原理は示している。すなわち回転の順方向に走る光は少し長い時間を要し、逆方向に走るものは相対的に短い時間である。いま半径 R のリングレーザが Ω の角速度で回転しているとき、回転しない場合と比べてどれ程多くの時間がかかるか計算してみよ



第2図 時間差を求める図

う。まず第2図の S 点から出発して元の位置に戻るまでには

$$t = \frac{2\pi R + \pi t R}{C} \quad \dots\dots(2)$$

$$t = \frac{2\lambda R}{C - \Omega R} \quad \dots\dots(3)$$

だけの時間を要する。したがつてリングレーザが回転していないときとの時間差 t_a は

$$t_a = t - \frac{2\pi R}{C} \quad \dots\dots(4)$$

$$\doteq \frac{2A\Omega}{C^2} \quad \dots\dots(5)$$

ただし $C \gg \Omega R$

A : 光の通路が囲む面積

したがつて時計回りと反時計回りの光の時間差 Δt は

$$\Delta t = \frac{4A\Omega}{C^2} \quad \dots\dots(6)$$

となる。レーザジャイロではこの時間差は二つの通路の見掛上の長さの変化 ΔL として現われる。

$$\Delta L = C \cdot \Delta t = \frac{4A\Omega}{C} \quad \dots\dots(7)$$

見掛上の長さの変化は回転角速度と、リングレーザの閉じた面積に比例する。 A と Ω を与えて ΔL を計算すると次表のようになり、 ΔL は極めて小さい値となるから、この小さな ΔL を測定する技術が必要となる。

A (m ²)	Ω (°/hr)	ΔL (Å)
1	10	66.7×10^{-4}
10^{-2}	10	66.7×10^{-6}
10^4	10	66.7
10^6	10	667
1	10^6	667

このような微小な ΔL を測定するために、共振器の通路の変化を光の周波数変化として表わすことができる。

$$f = \frac{C}{\lambda} \quad \dots\dots(8)$$

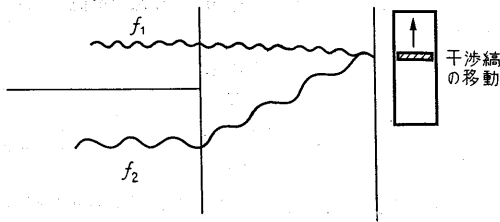
$$\Delta f = \frac{C}{\lambda^2} \Delta \lambda \quad \dots\dots(9)$$

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} \quad \dots\dots(10)$$

これに (7) 式を代入して

$$\Delta f = \frac{4A\Omega}{\lambda L} \quad \dots\dots(11)$$

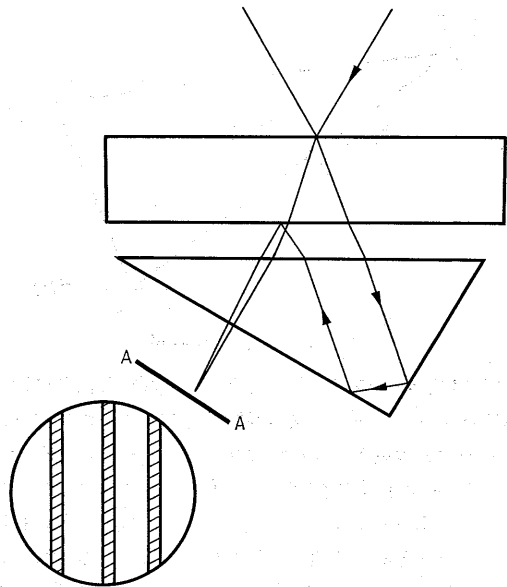
この式からわかるようにリングレーザの角速度は周波数差として表わすことができるのである。



第3図 干渉縞移動速度より周波数差を求める

この周波数差 Δf の読み取りは第3図に示すような原理によつてできる。いま二つのスリットを同じ周波数の光が通過して衝立の上に干渉縞を生ずるとき、この干渉縞は一定の位置に止つていて動かないが、もしスリットを通過する光の周波数が互いに違つていれば、衝立上では二つの光の干渉は、強め合い、弱め合う位置が異つてくるために干渉縞は移動してみえる。そして移動の速さは二つの光の周波数差 Δf に比例することになるから、衝立の上にスリットを作つておき、このスリットを干渉縞が毎秒何本通過したかを数えれば Δf が求められる。この原理をレーザジャイロに応用して第4図のような構造で互いに逆回りの二つ光を干渉させ、衝立に相当する位置に光電検出器を干渉縞の間隔の $1/4$ だけ離しておいてある。こうすると二つの検出器のどちらか方向に干渉縞が移動するかを知ることができ、どちらか一つの検出器からのパルスを実数カウンタで数えることによつて周波数差 Δf 、ひいてはリングレーザの角速度 Ω を知ることができる。たとえば $1^\circ/\text{hr}$ が Δf の 1Hz を作るならば $1^\circ/\text{hr} = 1''/\text{sec}$ であるから、毎秒 $1''$ の慣性回転は出力位相変化の 2π ラジアンまたは周波数差1サイクルとなり光検出器の各カウントは角度 $1''$ に相当する。したがつて 360° の回転は 126000 個のパルスを発生することになる。

レーザジャイロの誤差は基本的に空洞共振器の見掛上の長さの差を変えるようなものや、周波数変動が影響するから、これらの大きさ如何がレーザジャイロの精度と限界を決めるものである。このような観点から誤差源についてみると、レーザの自然放出による位相の乱れがあ



第4図 角速度検出機構

るが、これは大した量ではない、つぎに lock in と呼ばれる現象であつて、入力角速度が減少してくると二つの発振器が結合して、入力角速度が0となる前に周波数差が0となる現象である。この防止法は種々の方法が考えられるが、レーザジャイロの実用性への鍵を握る問題である。もう一つの問題は共振器中のガスの流れが不均一となることのために0点の移動が生ずるが、これについては巧妙な方法が考えられた解決されている。

レーザジャイロは積分ジャイロとして優秀なものであるが、今後実用とするためには解決しなければならない多くの問題があるが、理論的に優秀性が示され、実験室でその実証が行なわれた現在、これが実用となる日も間近いことであろう。その時にはレーザジャイロを使った安価な慣性航法装置が現われ、またジャイロコンパスもレーザジャイロコンパスに代わるかも知れない。

(The laser gyro, Joseph Killpatrick, Honeywell Inc.,) IEEE Spectrum October 1967 よりの抄読

研究会記事

Record

電波航法研究会・昭和42年度事業報告

*電波航法研究会事務局

Record of the Work Carried Out by Japanese Committee for Radio
Aids to Navigation during Japanese Fiscal Year 1967

*Secretariat

1. Regular General Meeting

2 June, 1967: A regular general meeting was held at the council hall in the building of the Maritime Safety Agency (MSA).

Reports on the activities and financing of the Committee during the fiscal year 1966 were explained by Mr. Hagino and Mr. Kitada of the Secretariat and approved by the members. Mr. Hagino then submitted the budget and work plans of the fiscal year 1967, containing "Research of Navigation Satellite", "Research and Study of New Electronics Navigation" and others.

These were approved by the members as drafted. As a result of the election held afterwards to appoint new staff members, Prof. Toshitada MATSUYUKI of the Defence Academy was appointed Chairman again, Prof. Minoru OKADA and Prof. Torao MOZAI were also re-appointed Vice-Chairmen.

The election was followed by a report by Mr. Takashi OKADA on the matter of incorporating this Committee.

Mr. SHIBATA and Mr. HISHIYA were then appointed as additional planning members. A lecture was given by Mr. Tsutomu SUZUKI of University of Electro-Communications on the subject: "The present state of the foreign electronic navigation".

2. First Research Meeting

15 June, 1967: A research meeting was held at the MSA's Council hall. Mr. HAGINO of MSA gave

1. 定例総会

昭和42年6月2日金曜日、午後2時より海上保安庁会議室において定例総会が開催された。松行議長の開会の宣言につづいて萩野幹事より41年度事業報告、北田幹事より収支決算報告があり異議なく了承された。ついで萩野幹事より42年度事業計画案の説明が行なわれ、「航行衛星についての調査」「新しい電子航法の調査研究」「その他」の項目の追加提案がなされ、了承された。

ついで役員改選の議事にうつり、岡田高幹事が仮議長に、大野、佐野、大岡、田島の各会員が選考委員に推選されて、選考委員の間で相談の結果、法人化までは引き続き従来の役員が留任することに決定した。

続いて42年度予算案が提出され了承された。次ぎに法人化についての報告が岡田高幹事より行なわれた。

つぎに企画幹事の増員の提案が行なわれ、柴田（安立電波）菱谷（太洋漁業）の両氏が選出された。

引き続き「海外における電子航法の現況について」の演題で電気通信大学鈴木務氏の講演があり、午後5時30分閉会になった。

2. 第1回研究会

6月15日木曜日午後2時より海上保安庁会議室において研究会が開催された。最初に「救難における電子

* 海上保安庁灯台部電波標識課気付（東京都千代田区霞ヶ関 2-1）
c/o Radio Navigation Aids Section of Maritime Safety Agency (No. 2-1, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo)

a lecture about “ Application of electronics technique to rescue operation ” and this was followed by other lectures given by Mr. TADANO of MSA on the subject of “ Requirements of fishing boats about the Navigation Satellite system ” and Mr. SUGISAKI of Tokyo University of Merchantile Marine about “ Weather Routing ”.

3. Second Research Meeting

26 July, 1967: A research meeting was held at the council hall of Japan Radio Co. (JRC). Mr. TSUMURA and Mr. KITAYAMA of Yokohama of JRC explained “ Radar Blip Recording equipment ” and the actual equipment was demonstrated. Mr. UEMATSU of Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd. gave a lecture about “ Application of electronics for shipbuilding ”.

4. Third Research Meeting

2 October, 1967: A research meeting was held at the MSA's council hall. Mr. UCHIDA of MSA gave a lecture about “ Operation of Kushiro Harbor Radar Station ” and Asst. Prof. SHOJI of Tokyo University of Merchantile Marine gave a lecture on “ Present state of foreign electronics navigation ”.

5. Extraordinary General Meeting and Annual Inspection Trip

18 November, 1967: An extraordinary general meeting was held at Tomiura experimental station of Tokyo University of Merchantile Marine.

Asst. Prof. SHOJI of Tokyo University of Merchantile Marine, explained about “ The future planning of Tomiura experimental station ”.

Pof. MATSUYUKI, Chairman, reported on the matter of incorporating this Committee;

Members discussed draft contract and prospectus to incorporate this Committee and approved after partial correction. Before the meeting, the members made an annual inspection trip to MSA'S Radio Navigation Aids facilities located at SUNOSAKI and NOJIMAZAKI.

6. 4th Research Meeting

29 February, 1968: A research meeting was held at the council hall of OKI Electric Co. in the new Toranomon building.

Mr. KUTSUMA of Ship Bureau, Ministry of Transport explained the basic policy of the Japanese Ministry of Transport in his lecture titled “ Research and Development of Automatic Control system of Ships ”.

This was followed by another lecture by Mr. FUKUSHIMA of MSA, on the subject: “ A Report of Sub-committee on Safety Navigation of IMCO ”.

技術の応用」の題で海上保安庁警備救難部通信管理課萩野芳造氏の講演があり、つぎに同庁灯台部電波標識課只野暢氏により「航行衛星方式に対する漁船の要求事項」について説明があった。最後に東京商船大学杉崎昭生氏により「最適航法 (Weather Routing)」について講演があった。

3. 第2回研究会

7月26日水曜日午後2時より日本無線株式会社会議室において研究会が開催された。最初に日本無線横浜工場の津村孝雄氏、北山昇氏により「レーダ映像記録装置」について紹介と説明があり、装置の実演が行なわれた。ついで石川島播磨重工業株式会社原子力船部の植松美郎氏により「造船における電子技術の動向と応用の演題で講演が行なわれた。

4. 第3回研究会

10月2日月曜日午後2時より海上保安庁会議室において研究会が開催された。最初に「釧路ハーバーレーダの運用状況」の題で海上保安庁電波標識課内田務氏の講演があり、ついで東京商船大学の庄司和民氏が「海外の電波航法の現況」についての演題で在外期間における調査研究の概要について講演を行なった。

5. 臨時総会ならびに調査見学会

11月18日土曜日東京商船大学富浦実験実習場において臨時総会が開催された。まず庄司幹事より商船大学における電波航法の実験実習場の将来計画について説明がなされた。

ついで電波航法研究会の法人化について、松行会長の報告のあと、設立趣意書、定款および役員人事の各案について審議が行なわれ、一部訂正のうえ承認された。

なお、臨時総会にさきだち州の崎、野島崎の無線標識の施設の調査、見学を行なった。

6. 第4回研究会

昭和43年2月29日木曜日午後2時より新虎の門ビルの沖電気工業会議室において研究会が開催された。まず「船舶の高度集中制御方式 (超自動化) の研究開発について」の題で運輸省船舶局の久津間裕良氏が運輸省の基本方針の説明があった。

ついで海上保安庁警備救難部航行安全課の福島弘氏から「IMCO航行安全小委員会に出席しての演題で講演があり、将来の船舶用レーダなど今後研究会として取りあげるべき問題があることがわかった。

編集後記

1. 研究会の法人化がいろいろな事情で一時見送りになつた反動ともいえるのか、このところ、研究会の活動も中休みの状態がやや続いてしまつた。会社発行もそんなことで遅れてしまつたが、ようやく 10 号を発行することができた。頭初の計画では今年度はもう一回出すことになつているので、その線に添つて努力したい。
2. 原稿の集まりがやや悪く、編数としては少ないが、

いずれも力作がそろつているので十分御満足頂けると思つている。特に桜木氏の青雲丸の電算機の紹介は、現在世界的に注目されている技術であるし、また、川平氏のデッカ、ロランの勢力分布図は航海学会で発表されたものを、特にお願ひして利用の立場から解説して頂いたものである。

3. 何時も書いているように読者諸兄からの御投稿をお待ちする。
(木村記)

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

昭和 44 年 11 月 25 日 印 刷 1 9 6 9
昭和 44 年 11 月 31 日 発 行 No. 1 0

編 集 東京都千代田区霞ヶ関 2-1
発 行 海上保安庁燈台部電波標識課気付
電波航法研究会
Japanese Committee for Radio
Aids to Navigation
c/o Radio Navigation Aids Section
of Maritime Safety Agency
No. 2-1, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo, Japan

印 刷 東京都文京区水道 2-7-5 井口ビル
(有) 啓文堂 松本印刷

昭和四十四年十一月三十一日印刷

電 波 航 法

電 波 航 法 研 究 會 發 行