

# LORAN CHART

## ロラン海図

### 双曲線航法の現状と将来

著 名 景 義\*  
坂 戸 直 輝\*\*  
中 条 久 雄\*\*

陸地から幾百裡も離れて大洋を航行する船舶や漁船にとって、自船の位置を正確に把握していることはほど大切なことはない。晴天のときならば天測で位置の決定を行なって、一応はまにあうが、天候はいつも天測に適したよい状態の時ばかりではない。悪天候の場合には、たちまちにして、自船の位置がわからなくなり、このために大きな事故を起した例は限りを知らない。このような場合には、自船の位置を、どんな方法で、どんな海図を使って決め、その難をまぬがれているか、最近よくいわれているロラン海図を中心に、双曲線航法図について解説を試みる。勿論ここでは Cartography の立場を離れないで、それに主体をおいて、予備知識的なことには、多少言及する程度にしたいと思う。

#### 1. 世界における電波航法の発達

##### (1) 航法における3つの種類

「航法」「Navigation」とは、船舶が、ある目的をもって所要のコースを航海する仕方をさすことをいい、これは (a) 地文航法、(b) 天文航法および (c) 電波航法の3種類に分けられる。

###### (a) 地文航法

沿岸の地物の方位または距離を測定して船舶の位置を決定し航海する方法をいう。これは沿岸航海の場合の視認距離の範囲内に限られており、位置決定は一番正確である。

###### (b) 天文航法

天体を観測して自船の位置を決定する方法で、天体の水平線からの高度を六分儀（普通 sextant と呼んでいる）によって測定し、その時の精密な時刻をクロノメーターで読み取り、それを基として経度、緯度を算出して位置を知る方法である。主として、陸地を遠く離れた大洋中での遠洋航海等の場合に用いられる。

###### (c) 電波航法（特に双曲線航法等）

最近の電子工学の加速的な発達によって生れた航法で、電波の到達距離が、光や音に比べて甚だ大きく、天候に左右されず、昼夜の区別の必要もなく、

迅速、正確に位置決定ができる航法である。大洋航行の船舶や、遠洋操業の漁船等に盛んに利用されている。ロラン方式、デッカ方式による航法がこれに属する（比較的陸地近くで使われるレーダ、ビーコン等も勿論これに入る）。

##### (2) 電波航法の誕生とその発達

電波が航法に利用されたのは、航海の歴史から見れば極めて新しい。双曲線航法の誕生は第二次世界大戦中のことで、それまでわが国では、大正末期から昭和初期にかけて、船舶用の無線標識として利用されたのが始りである。レーダとか双曲線航法は第二次大戦中、軍事用として大いに発達を遂げた。戦後これが民間に開放されてから、その便利なが一般に認められ、今や航海者で電波航法の概念を知らないものは、殆んどないといってよい。

電波は光と同様に 30 万 km/sec (161,987/sec) の速度で進行するので、このような速度を利用して距離や位置を測定するためには、少なくとも 100 万分の 1 秒 (microsecond =  $\mu$ sec,  $\mu$ s と書く) まで正確に測定できる装置が必要である。第二次大戦中、米、英では、真空管工業に著しい進歩をきたし、また水晶時計の考案によって、この 100 万分の 1 秒という短時間が測定できるようになり、従って電波の到達する時間も、正しく測定できるようになった。

\* 海上保安庁水路部水路通報課 「地図」 Vol. 3 No. 4 1965

\*\* 海上保安庁水路部海図課

### (3) 電波航法の種類

電波航法は、その利用対象範囲、要求される精度、測定の簡易さなどにより、長波を利用するもの、中短波あるいは超短波を利用するもの等種々開発されてきた。一応それらをあげてみれば次のようになる。

ビーコン (Beacon)  
 ロタリービーコン (Rotary Beacon)  
 トーキングビーコン (Talking Beacon)  
 ショーラン (Shoran)  
 コンソル (Consol)  
 ロラン A (Loran A)  
 ロラン C (Loran C)  
 ロラック A (Lorac A)  
 デッカ (Decca)

ここでロラン A 以下のものを双曲線航法といっており、これに使われる図がロラン海図 (Loran Chart)、デッカ海図 (Decca Chart) である。これらは世界の目ぼしい国々で刊行されており、日本でも先年 (昭和 34 年) からロラン海図が新刊され、また近い将来デッカ海図が新たに刊行されようとして計画されている。これらについては後章でのべよう。

## 2. 双曲線航法 (Hyperbolic Navigation System) の原理と効用

航法には前述したように 3 つの柱があるが、その第 3 番目の電波航法、特にその中で双曲線航法と呼ばれるものには、前の 2 つに比べて次のような特性がある。

- 1) 電波を使用するため、天文航法のように天候に左右されたり、測定時刻に制限されたりしない。
- 2) 天文航法等に比べ測定に要する時間が極めて短

かい。

3) 測定には他の航法ほど熟練を必要とせず、誰れでも一定した精度で測定結果が得られる。

4) 地文航法やレーダ、ビーコン類を使用するよりはるかに有効範囲が広い。

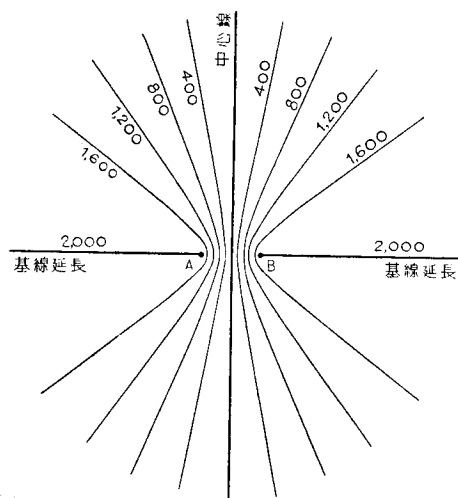
それでは双曲線航法の中でも最も一般的なロラン A 方式およびデッカ方式について簡単にその原理を説明する。

双曲線とは、誰れもが知っているように、2 定点からの距離の差の一定な点の軌跡をいう。また 2 定点が定まっている時、或る 1 つの距離の差に対して 2 定点の中央を除いては、2 定点を結んだ線の垂直 2 等分線を軸として、対称な 2 本の双曲線が得られる。双曲線航法はこの双曲線の原理を応用したものである。そして 2 定点からの距離の差の測定方法の違いが、ロラン方式、デッカ方式の基本的な差となっている。

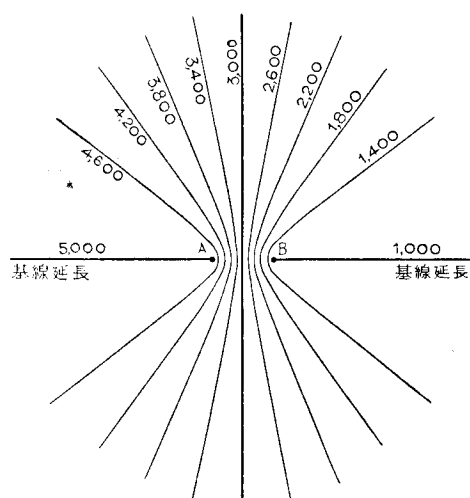
### ロラン方式 (Loran A system, Standard Loran system)

ロランは **LONG R**ange Navigation の略であることはもうよく知られている。これは米国 the Radiation Laboratory of the Massachusetts Institute of Technology および米国海上警備隊 (U. S. Coast Guard) ならびに米国海軍によって開発されたものである。

ロラン A 方式は前述の双曲線の原理を応用して位置を求めるものである。この方式は電波を発射する 2 つの固定局、即ち主局 (master station) と従局 (slave station) とが、1 つの組となるロラン局 (ロラン組局, Loran Rate, レート等と呼んでいる) の電波を



第 1 図



第 2 図

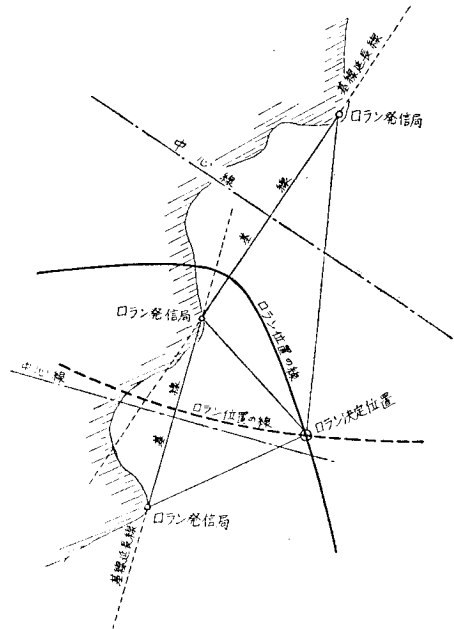
ロラン受信機で受信し、その電波の到達する時間の差を測定することにより距離の差を知り、これにより所要の双曲線即ち位置の線を求める方式である。電波は1秒間に数十回発射せられ、測定は  $\mu s$  単位で行なわれる。

ロラン方式では主局および従局を結ぶ線を基線といい、その垂直2等分線を中心線という。ロラン組局は通常200海里～400海里程度離れて設けられるが、地理的条件その他の理由で必ずしもこの範囲ではなく、基線の短い組局の場合は100海里程度、長い組局の場合は約700海里も離れていることがある。また発信局の数を節約するために1つのロラン発信局が、他の組局のうちの1発信局を兼ねていることもある。これを重局(double station)という。重局は主局と主局、主局と従局、従局と従局のいずれの場合も存在する。

ロラン局では、特定の周波数(1,750 kc～1,950 kcの中短波)の電波に一定の間隔で発射されるパルス波(pulse wave)をのせる。もし主局と従局で同時にこのパルス波を発射したとすれば、中心線の上ではどこでも同時にこの電波が受信できる。即ち2つの局からのパルス波の到達時間差(time difference)は0となる。逆にこの到達時間差を測定してその値が0ならば、受信者は中心線上のどこかにいることになる(第1図参照)。受信者が中心線以外にいる場合には、先ず近い方のロラン局のパルス波を受信し、続いて遠いロラン局のパルス波を受信することになる、即ち到達時間差は0ではなくなる。この到達時間差は、中心線を離れる程増大して、基線の延長線上で最大の値となる。しかしこの場合第1図で判るように、1つの時間差に対して双曲線即ち位置の線が、中心線を対称に2本得られ、受信者はどちらの線上にいるのか判断できない。そこで実際の運用では、主局が発射する電波を従局が受信し、更にある一定時間遅らせて従局は電波を発射するようにする。こうすると到達時間差は、従局側の基線の延長線上で最小の値(coding delayという)となり、主局側に順次増大して、主局側の基線延長線上で最大の値となる。

そしてある1つの到達時間差に対しては、位置の線が一本だけ求められるようになる(第2図参照)。

受信者は2つ以上の組局を選定し、ロラン受信機によりそれぞれの到達時間差を測定し、それに対応する双曲線即ち位置の線を求めれば、それらの線の交点として自分の位置を知ることができる。ロラン海図には、これらの位置の線群のうち、ある特定の値のものが描いてあり、その値以外は比例挿入で、任意の線を求めることができる。



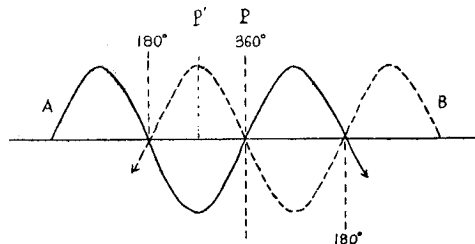
第3図

### デッカ方式 (Decca system)

デッカは正確には Decca Navigator System といい、米人の手により考案され、第二次大戦中英国海軍の推進によって著しく発達した。

デッカ方式は、双曲線の原理を応用していることはロラン方式と同様であるが、ロラン方式が中短波のパルス波を利用して、2局からの電波の到達時間差を直接測定して、双曲線を決定し、位置を求めるのに対し、この方式では70 kc～130 kcの長波の持続波(continuous wave)を利用し、2局から発射される電波の位相差を測定することで距離の差を知り、双曲線即ち位置の線を求めている。

電波の速度を300,000 km/secとし、デッカ局から発射される電波の周波数を100 kcと仮定すると、その波長は3,000 mとなる。即ち電波は1サイクルの間に3,000 m進んで、その位相は360°変化することになる。即ち位相360°は距離3,000 m相当することになる。今第4図で、AB2局から同時に同一周波数の電波を発射すれば、受信者がAB2局から等距離のP点

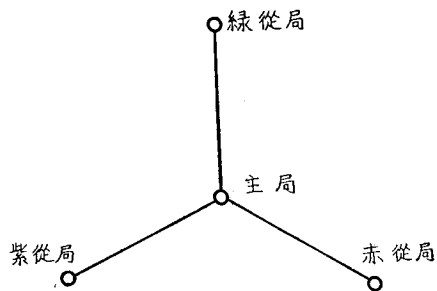


第4図

では、同時に電波を受信し、その位相は同一で、位置差は0である。P'では、先ずA局の電波を位相  $270^\circ$  で受信し、続いてB局の電波を位相  $90^\circ$  で受信する。即ち2つの電波の位相差は  $180^\circ$  となり、両局からの距離の差が1,500mであることを知る。このようにして、位相差即ち距離を知って、それに相当する双曲線を求めることができる。

デッカ局の配置は普通第5図に示すように、主局を中心に赤、緑、紫の各従局が、大体正三角形の頂点となるように配置される。この組局をチェーン(chain)と呼んでいる。従局は主局からの信号に同調して電波を発射するようになっている。

主局と従局間の距離は、おおむね120 km~200 km になるように配置する。主局と1つの従局間で1組の双曲線群を作るから、1チェーンでは3組の双曲線群をつくる。主局と各従局の電波の位相差は、デッカ受信機で識別され、デコモーターと呼ばれる指示機に(赤、緑、紫と3つあるが)主局と各従の値がそれぞれ常時



第5図 デッカ局配置図

示されるようになっているから、このメーターの日盛を、デッカ海図上の該当双曲線に移せば、双曲線の交点として直ちに自分の位置を求めることができる。

### 3. ロラン方式とデッカ方式の特性の比較

ロラン方式、デッカ方式は、前述のように同じ双曲線航法でありながら、その使用周波数、距離の測定方法に差があるため、それぞれ異なった特性を有してい

表1 ロラン方式・デッカ方式の比較表

	ロラン A 方式	デ ッ カ 方 式	ロラン C 方式
1. 使用周波数	1,750 kc~1,950 kc の中短波	70 kc~130 kc の長波	100 kc
2. 電波発射方式 および距離測定方法	ロラン局よりパルス波を発射し、その到達時間差を測定する。	デッカ局より持継波を発射し、その周波数を比較して距離を求める。	ロラン局よりのパルス波(パルス群)の到達時間差およびパルス群の比較で測定する。
3. 局 の 組 方	主局および従局が1つの組局を作る。これをレートという。1つの局が他のレートの1局を兼ねることがある。この場合これを重局という。1レートで1本の双曲線が決まるから、2レート以上を測定することにより位置が決定できる。	1つの主局を中心に3つの従局(赤局、緑局、紫局)が1組になっており、これをチェーンと呼ぶ。1チェーンは3つの双曲線群を作り、1チェーンの電波だけで位置が決定できる。	1つの主局と2つ以上の従局が1つのチェーンをつくる。
4. 受信機 の 操作	受信機の操作はデッカ方式よりむずかしく、熟練の程度が多少測定精度に影響する。受信はブラウン管上の主局、従局のパルス波形の重合による。	操作は極めて簡単で、最初にデコモーターをセットすれば、同一チェーンの有効範囲内では、メーターを読み取るだけである。	ロランA、デッカに比べて複雑である。雑測定、精密測定の2操作に分れる。
5. 受 信 特 性	昼間は地表波を受信し比較的精度が高い。夜間は空間波(E層反射波)を受信測定し、測定精度は低下するが有効範囲は約2倍に拡大される。	昼夜間とも地表波を受信し測定精度が高い。夜間は空間波の影響等で精度、有効範囲とも多少減少する。	
6. 有 効 範 囲	海上においては昼間700~900海里、夜間1,500海里。陸上においては地表波の減衰が大きくせいぜい200海里、空間波は比較的影響が少ないが300~1,200海里が有効とされている。	主局を中心として350海里、陸上海上の差はあまりない。	原則として地表波を使用するが空間波を利用すれば約2,800海里(夜間3,000海里)に達する。
7. 精 度	ロラン局間の基線の長さ、局の配置のしかた等により異なるが、一般には基線の中心からの距離の0.5%の誤差といわれる(基線上の理論上の測定精度は数十メートル、地表波においては1~2海里、空間波においては2~4海里といわれる)。	測定精度が極めて高く、理論的には基線上で数メートルまで測定可能。局から50海里以内では誤差50メートル以内といわれる。しかし局から150海里以上(特に夜間やそれに前後する時間)では、信号が弱くなり、240海里以上では精度が低下する。	地表波の有効範囲が広く、基線の長さも長く、精密測定の場合はロランAに比較して相当精度が高い。
8. チャートの縮尺	大洋中で使用するよう比較的小縮尺の図が作られている。一般には1/50万~1/500万程度が多いが米国などでは1/10万程度まで作られている。	比較的沿岸付近で使用。普通1/100万より大縮尺図である。又場所により1/1万クラスの図も作られている。	現在ではVLC-30 seriesの縮尺(30海里=図上1inch)のものだけである。
9. チャートを刊行している国	日本、米国、英国、カナダ。	英国、カナダ、ドイツ、フィンランド、ノルウェー。	米国

る。それらを比較すれば表1のようになる。

このようにロラン方式、デッカ方式にはそれぞれの特徴があり、その利用目的もおおずと分れてくる。ロラン方式は多少測定精度は低いが、その有効範囲の広いことによって主として大洋において利用されている。

既設のロラン網の有効範囲は、北太平洋のほとんど全域、北大西洋の主要部、Greenland Sea, Baffin Bay, Gulf of Mexico, Caribbean Sea を覆っている。ロラン組局は総数52(1965.10.現在)にも及び、これらの区域では1台のロラン受信機があればいつでも位置が求められる。

世界のロラン組局

日本周辺	9 レート	アメリカ東岸	7 レート
アジア地区	4 "	メキシコ海灣	4 "
中部太平洋地区	5 "	カリブ海	4 "
北太平洋地区	4 "	カナダ東岸	2 "
ハワイ地区	4 "	バフィン湾	2 "
アメリカ西岸	5 "	北大西洋地区	6 "

デッカ方式は、ロラン方式に比べその有効範囲は狭いが、高い測定精度で、主として沿岸航海に使用される。また港湾の出入りや海峡の通過のような場合も利用できる。ある特定の条件のもとでは測量用としても利用されている。デッカ・チェーンは現在20組あり、英国を中心とするヨーロッパ周辺に11、ニューファウンドランドからカナダ東岸にかけて5、ベルシア海灣に2、ボンベイ周辺、カルカッタ周辺にそれぞれ1つづつある。

日本でもロランの盲点とされている北海道周辺をサービス・エリアとする北海道チェーン(主局=美瑛、緑局=稚内、赤局=厚岸、紫局=長万部)を海上保安庁灯台部で建設中であり、開局は昭和42年4月を予定している。

#### 4. 米国、英国の双曲線航法図

先に述べたように、ロラン方式は米国において開発され発達してきたものだけに、ロラン海図は米国で刊行されているものが最も多彩であり、またロラン海図の歴史は、米国のロラン海図の歴史によって表わされている。ロラン海図は、ロラン航法が沿岸よりも、むしろ大洋中においてその特性が生かされるという点を反映してか、初期のものは比較的小縮尺の図として刊行されていた。米国水路部(U. S. Naval Oceanographic Office)から刊行されたロラン海図は最初は航海航空両用形式のものが殆んどで、これらは比較的小縮尺のものであった。これらの図はロランを用いて位置を求めるためだけのもので、その目的に添うように図が作られている。即ち一般航海図に比べ相当密に描か

れた経緯線と、ごく大ざっぱな陸地の上にロラン・カーブが海陸の区別なく描いてある。この図は、その目的がロラン航行用に限られているため、カーブの間隔も密で、いくつものレートが重複して描かれている。これらの図はその縮尺によってVL-30(約1/220万)とかVRL(約1/400万)とかのシリーズを作り、規則正しい連続図として太平洋、大西洋をカバーしている。その後記載内容等に多少の訂正が加えられたが、その基本は変わらず現在に至っている。米国水路部では、これら航海航空両用ロラン図の他に、若干一般航海用海図にロラン・カーブを加刷したものを刊行しているが、これは比較的縮尺が大きく、記載組局の数も少ない。しかしこれらは内容的にはあまり見るべきものがない。米国水路部で他にロラン・カーブを加刷している図としてはContour position plotting chartsがある。この図の縮尺は経度 $1^{\circ}=4$  inchであり、北太平洋、北大西洋、地中海をカバーする水深および等深線図のシリーズがある。近年これに順次ロラン・カーブが加刷されている。記載レート数は、必要最小限に限られ、大洋中での位置決定というロランの特性をよく生かした図である。ロラン・カーブは目ざわりでない程細い線で適当な間隔で描かれ、この図の一構成要素となっている。

これに対し米国沿岸測地局(U. S. Coast and Geodetic Survey)では、最初普通の海図の裏面にその海図と全く同区域、同縮尺で経緯線および地形を描き、そこにロランのデータを加刷する方式を採ったようである。即ち米国水路部の海空両用型と同じく、純然たるロラン位置決定用図であった。ただそれが、普通の海図の裏面に同区域を入れたに過ぎなかった。この場合もロランが陸地付近よりも、大洋中においてより有効に活用されるという特性から、比較的小縮尺の図が多かった。しかしこの初期時代を過ぎると、普通航海図上に、ロラン・データを加刷する方式に変ってきた。即ち、ロランは位置決定の要素であると同時に、それが他の航海目標と同様に、海図構成の1要素として取扱われるようになってきた。このことは裏面加刷時代には番号の前にLを付けて、ロラン海図であることを明示していたのが、この方式になってから、ロラン加刷図であることを特別に示していないことからもうなずける(但し索引図にはロラン加刷図であることが示されている)。加刷は順次大縮尺の図にも行なわれ、1/8万程度の図にも及んでいる。しかしロランの精度からいって、よほど条件のよい場所でなければ、このような大縮尺図への加刷は疑問である。縮尺が大きくなるに従って、記載するレートもいたずらに多くせず、最も有効と思われるもの2~3組に限定するようにな

った。この加刷図は、その対象が船舶におかれているため、陸部は勿論、海部でも陸岸付近等の図の使用対象区域外では、カーブが省略されている場合が多い。特に最近では、ロラン・カーブは非常に細く、その印刷も淡彩で、海図を使用していてもぜんぜん苦にならない程同化されてきた。この外英国でもいわゆるロラン海図を刊行しているが、1/100万～1/400万の非常に小縮尺の図であり、経緯度線と非常に簡単な地形に、ロラン・データを加刷したもので、単に大洋中での位置決定用として編さんされたもので、別に見るべきものはない。以上のことからいえることは、ロラン海図は最初はロランの特性即ち非常に有効範囲が広く小縮尺の図であったが、C. & G. S. 海図では、順次それが航海要素の一つとなって海図にとけ込み、大縮尺図にも記載されるようになったことである。

デッカ方式は英国で実用化し発達したものだけに、デッカ海図の歴史も英国のデッカ海図のそれによって代表されるといえる。デッカ方式はロラン方式に比べてその有効範囲は狭いが、位置決定の精度は高い。また同一チェーンでは連続観測ができる等の点が、その図にも生かされている。デッカ海図の歴史は 1946 年英国において English chain が開局した時から始まるが、当時われわれはまだその図に接することができなかった。戦後日本が国際水路局に再加入し、図類の交換が行なわれるようになった昭和 26 年頃、初めてわれわれの目に触れたのである。デッカ海図は、最初から一般航海用海図にデッカ・カーブを加刷したものであるが、初期のものはその基図として単に普通海図を使用したというのみで、あくまでもデッカ方式でもって位置を求めるための図というようであった。それは局の色（赤、緑、紫）でもって描かれた太いどぎつい曲線が、海陸の区別なしに描かれていた。その後この状態がしばらく続いたが、昭和 30 年頃は主としてカーブは海部を覆うように改められた。昭和 31 年から 32 年頃にかけて、英国デッカ海図は大改革期を迎えたのである。それはこの頃より、デッカ・カーブは海部のみに記載されるようになり、カーブは細く淡彩になり、その色も同系統色の、目を刺激しないものに改められ、更に製版工程でスクリーンを使用して非常にソフトな感じにするようになった。他の一つの変化は、今まで図の出版後の通報維持をしなかったのが、普通海図と同様に、通報維持をするようになったことである。このことは英国がデッカ海図に対して、はっきり航海用という線を打ち出してきたことに外ならない。そしてデッカ資料もまた一つの航海要素であるという考えをはっきりさせてきたのであろう。ロラン海図に比べた場合のデッカ海図の大きな特色の 1 つは、

1 図には 1 チェーンのみしか記載されていないということである。同一区域を数チェーンがカバーしている場合には、同一の基図に、必要に応じ異なったチェーンを加刷して別の図として発行している。これは、デッカではチェーンを切り換えない限り連続測定ができるという特性を生かしたためであろう。

英国でのデッカ海図の刊行方針は、1/50 万～1/100 万でそのサービス・エリアをカバーし、海岸の主要部を 1/15 万～1/30 万で埋め、更に海峡、港湾等には必要に応じて 1/10 万～1/5 万、またさらに大縮尺図に及び、テムズ河等では 1/1.2 万の図が刊行されている。これはデッカの特性をよく語っているといえよう。

デッカ海図は、英国以外にもカナダ、スウェーデン、ドイツその他の国で刊行されており、細部では色々異なった点もあるが、その基本はいずれも英国のそれによっており、図に対する思想も英国のものと同一とみられる。

### 双曲線航法図の新しい分野

双曲線航法図は、そのほとんどがそれによって位置を決めるだけのもの、あるいは一般航海用図への加刷形式であったが、ここに新しい分野が開けつつあるように思われる。

その 1 つは前述の米国水路部刊行の Contour position plotting charts であり、他の 1 つはカナダ水路部刊行の漁業用図（本誌 Vol. 3 No. 2 p.p. 43 参照）、或は英国、ドイツ、オランダ、ノルウェー、デンマークの 5 ヶ国で協定分担刊行する北海の漁業用図（North Sea Fisheries Charts）である。加刷方式では双曲線が航海要素として同化されているとはいえ、まだ 1 つの壁があるように思われる。しかしこれらの図においては、それは水深や等深線、底質と同格で、図の構成の 1 つの要素となっている。これはその図を使用する上に、船が常に正確な位置を知る必要から生れたものであろうけれども、このような特定の分野では、その重要性が如何に大きいかがわかる。

## 5. 日本の双曲線航法図

### (1) 日本におけるロラン海図刊行までの経過

日本におけるロラン海図の歴史は、いたって新しい。海上保安庁管理のもとに新しく大釜崎（宮古）を主局とし、波崎（銚子）と落石（根室付近）を従局とする新ロラン局が昭和 34 年 11 月に開局される以前から日本周辺には米国の管理するロラン局が既にあった。松前、新潟、三保、釜山、野間池、沖縄、硫黄島そして伊豆大島等がこれであるが、これらのカーブを記載したロラン海図も既に米国水路部（U. S. Naval Ocea-

nographic Office) から刊行されていた。これは前述のように航海航空兼用 (AIR/SURFACE Loran Navigation Chart) のもので日本近海を航行の船舶はこれを大いに利用したものであった。このなかでも VL30-17R という番号の日本海方面の図は非常にこの方面の航海に役立ったことをきいている (水路要報第 34 号, 昭和28年2月 p.p. 45 参照)。

しかし、日本東方海域については、これらの局のサービス・エリアの及ばないところであり、位置決定に際しては余りよい状態ではなかった。それは銚子沖からアリューシャン列島にかけて北太平洋の大圏航路に当る部分であり、この暗黒地帯にぜひとも良好なサービス・エリアを持つ新しいロラン局を新設しなければならないということになった。ちょうど昭和 32 年のことであった。これらの新局の開設により北米航路や北洋漁業に対するロラン網の盲点解決となったことはもちろんであり、日本としてはじめてのロラン局であるので当時は大分注目をあびたのであった。

海図を作製するわれわれとしても新局開局の計画と相まって開局までには、その資料を図示したロラン海図が使用できるように刊行の計画を樹立しなければならなかったのである。ロラン局が業務を開始してもロラン海図やロラン・テーブルが刊行されていないことにはどうにもならないからである。

さし当てるの目標は関係海域の海図とロラン・テーブルの刊行であったが、水路部としては何しろはじめてのことであるので今後これら双曲線航法図を刊行していくためその基本的な考え方を十分検討する必要がある。当時はできる限りの使用者からの要望にその重点をおいて再三関係者との打合わせをしたことを記憶している。

## (2) ロラン海図の刊行方針

ロラン海図を編さんするに先立って次の諸点を検討した。

- 1) ロラン海図の基本的刊行計画
- 2) ロラン海図の形式の決定
- 3) 使用する図法の決定
- 4) 記載内容の決定
- 5) 製図方法、印刷効果
- 6) 刊行後の維持方式

### 1) ロラン海図の基本的刊行計画

つまりこれは、一口にしていえば、どんなロラン海図を出版するか、いわゆる出し方の問題である。先ず問題になるのは、使用の対象をどこにおくかということである。当時も今もそう変りはないが、ロラン受信機をもっている船は商船よりも漁船の方が圧倒的に多いのである。これは航海者はさておき一般の人たちに

は余り知られていないのではあるまいか。商船と漁船とは船に变りはないとしても、航空機の利用ということも対象に考えなければならない。

現在でも航空機のほとんどはロランによってその位置を決定しているのである。スピードの高速化しつつある航空機用のロラン・チャート、船舶用のロラン海図を別個に刊行するかどうかが問題点であった。これは種々の問題が関係して結局船舶用ロラン海図にふみきるようにした。そして航空機用にはそれをかねて使用してもらうか、米国の水路部で刊行の AIR/SURFACE Loran Navigation Chart を使用してもらうという方法をとった。すなわち当面の対象を船舶においたのである。当時としてはこの考え方がせい一杯のところであったであろう。各国ともそれ程種類のちがったこの種の図を出していたわけでもなく、せいぜい英国の Decca chart と米国水路部の上記の Loran Chart と米国沿岸測地局 (U. S. Coast & Geodetic Survey) の海図に加刷した Loran Chart のわずかの種類にすぎなかった。従って外国版の双曲線航法図はこの程度のものしか参考にする事ができなかった。結論的に基本的刊行計画としては、

- (1) 開局予定の新ロラン局が十分活用できる範囲の包含区域の図を計画する。
- (2) できるだけ早い時期に、そのサービス・エリアをカバーする図を刊行する。
- (3) なるべく経済的な方法で要望にこたえる。

ロランの特徴は、前述のように沿岸よりも大洋においてその効果を見出すことができることから、1/100 万～1/400 万程度の航洋図を対象におき、これにロラン・カーブを記入するのがよいこととなったが、これはとりもなおさず上の(2)の条件に比例する好結果となり、比較的少数の版数で所要の範囲をカバーすることが可能となった。

### 2) ロラン海図の形式の決定

図の使用対象を船舶用のロラン海図にふみきったとしても、その形式としては新しいタイプの図を新刊する方式 (体裁、区域、縮尺等新しい立場で吟味する) と現在出版されている航洋図程度の海図にカーブを加刷する方式との2つが問題となった。

しかしこれはロランを使用したといって海図の包含区域、縮尺が、そのものために直接変化する要望が出てくる筈のものでもないし、ロラン自身が航法の一つと考えることにより、ことさら特別扱いする必要もないということになり、普通の航海用海図にこれを加刷して使用上便利な data を記入する方が有利であるとの結論に達した (英版の Decca Chart がこの例である)。従って航洋図程度の 1/250 万の日本周辺の海

図を対象にこれらの既版図に加刷することにきまった。この方針は見方によっては一得一失であるが、われわれとしては将来この種の海図ではロラン資料が加刷してあるものが普通の航海用海図というようになってほしいと思っている。それは今のような色刷のこい色のカーブではだめで、英国等でやっている網版カーブの利用が印刷技術の面で可能とならなければむりであろう。現に米国水路部の海図ではロラン資料が入っているのが普通の航海用図として出版されている例がある。印刷の問題はあとで図の表現法のところでまたふれたい。

### 3) 使用する図法の決定

海図に使用される投影法としてはメルカトル図法（漸長図法）をはじめとして、多円錐図法、ランペルト正角円錐図法、大圏図法、横メルカトル図法等数多くあるが、その大部分が漸長図法であり、日本の水路部も大部分はこの図法を使用していることは周知のとおりである。しかもロラン海図の形式として現在の海図上にロラン資料を加刷するとすれば、当然基図の投影法と同一であることはいうまでもない。将来別の全く新しいロラン海図を考えるという場合には、また違ったその目的に合うような投影法を考えようということで落付いた。従って、完成した図面の上で見ると、このことは、地図学上から考えることも知れないが、1/250万クラスの縮尺の海図にロラン曲線を作図した場合、当然平面上ならば双曲線はその焦点をはなれるに従って左右に発散する曲線となるが、それが漸長図上に座標変更するので曲線がやや複雑になって表現される。若し円錐系統の図法を使用するならば、平面上の双曲線に近い形で表示されよう。

### 4) 記載内容の決定

まずロラン曲線について説明しよう。ロラン海図である以上、ロラン曲線がその大半をしめるように見える。つまり図中には一見、格子状の曲線（lattice curve）が網目のように沢山入っている。はじめて手がけた場合は実験データがほとんどなかったので理論的に有効と思われるいくつかのレート（rate）を記載することにした。従って十分条件でカーブが入っている図もいくつもある。ことに北方においてはカーブのクロスが非常に悪くなるので、一本のレートで位置の線（lop）がとれないときは、他の線を使用することもあるからということで平行線に近いようなレートが大分記入してある図もある。それらは改版の際、徐々に改めていくことにしている。現在でもそれ程資料が十分に収集できないので、われわれとしては船舶、漁船関係にこれらの図を使用したとき、どうであったかということについて報告してもらうようにつとめている。

次に baseline extension（基線延長線といっている）付近においては、位置決定の精度が非常に悪いので、これらのところは極力曲線を省略するようにしてある。sky-wave（空間波）の修正、systematic correction（システム誤差の修正）、ならびにロラン関係の一般的説明、例えばレートに付記してある記号・数字の説明は、ロラン・テーブルに記載してあるうち、必要なものだけを、図の余白に掲載するようにした。

これらは一見、ただ加刷するのであるから簡単に考えられがちであるが、加刷してないものは一般航海用海図として十分効力を発揮するとともに、加刷したものにおいてもその基図となった海図の重要な箇所を妨げないようにしなければならないという細かい点において、その編さん計画に当っては十分注意をはらった。

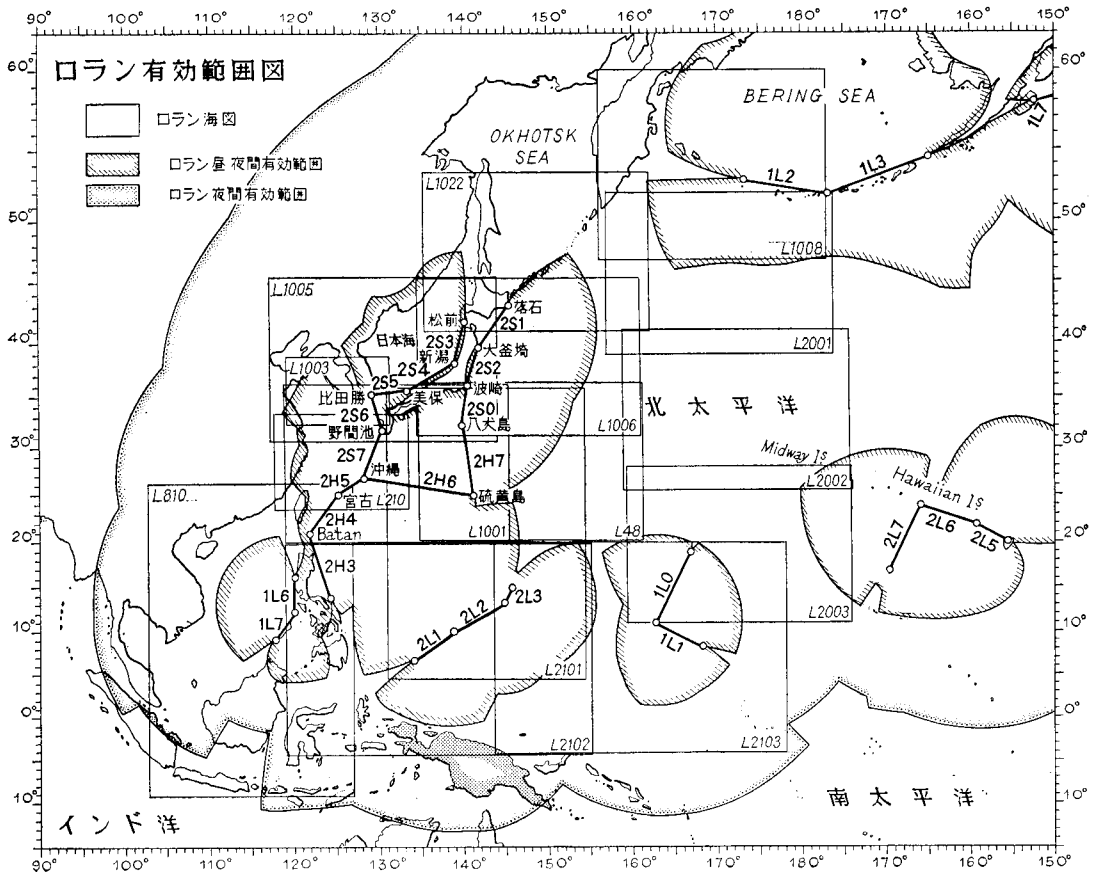
ロラン曲線の間隔、曲線をどの程度までかくか、またその線の太さの問題、レート番号の要素の記載位置、その大きさなど、その編さんの細部に亘っての吟味が必要とされた。

### 5) 製図方法、印刷効果

さて、ロラン海図の製図、印刷の問題について少しふれておく。ロラン海図は普通の航海用海図と違い、多色刷りを必要とするので、少くとも7色の異った色版が必要とされた（普通の航海用海図は、墨版、地色版…陸地を示すもの、棕色版…灯台等の航路標識を棕色の●印で示すもの、の3色で、このほか重要な港の港泊図には水色版…7m以浅の海面を水色で印刷して一つの日じるしの線として、みお筋などをはっきり表現させる方法、をもう1色加えた4色刷りがせいぜい最大の色数といっている）。つまりロラン曲線はパルスのくりかえし数などにより色が、緑色、褐色、青色そしてマゼンタ色等あり、それに基図となる海図の色数加わるわけである。海図は一般の印刷物では考えられないような精度を要求されることは衆知のとおりであるが、この場合、重ね刷りに対する図の精度が更に要求されることになる。このため、原図には当時としては伸縮の非常に少ない、スクライビング方式（scribing method）をはじめて採用した。

当時すでに国土地理院をはじめ民間会社でも実験的に利用されており、その効果のよいことが知られていたもので、これを採用したわけである。スクライビング方式は写真製版の工程を経て作られるネガティブ原稿を製図の工程で直接作図してしまう利点があった。しかし全紙の大きさの海図（標準図幅95.00×62.00）のような大きな版を何枚も合わせ刷りにして限られた精度内に収めるためには、なかなかの慎重さが必要であった。現在では、むしろマイラーペースの方がステープルであるので、これを昔よく使用した映臨紙（trac-





第6図 注: レート 2SO, 2H7 は昭和42年7月変更の予定であるが、本図中に記載した。

ing paper) の代りに使用した方が図の校正・審査などの際は透視して作業ができるのでよいという意見も大分できてきている。これらは印刷物の鮮明さからも考えて見る必要があろう。いずれにしても今後ロラン海図に限らずこの種の双曲線航法図には多数の曲線が、それも、複雑な曲率を持つ曲線を記入しなくてはならないことから、そしてデッカ海図の新刊計画もまづかに迫っていることから考えると、その製図方法も、最も効果的で、短時間で、しかも精度の高いものを選び出さなければならない段階に来ている。米国などでは、電子計算機で予めテープしたものと、自動図化機とを連動させて、所要の曲線を描画する方法をすでにはじめていることを知るとき、これらの作図機をできるだけ利用しなければならないと考えている。

なお、現在では、必要な点をプロットして曲線定規を用いて描画しているので、相当の時間を要している。さらにこのほか、ロラン海図作成に当っては、編図上の問題ばかりでなく、印刷上の問題として印刷インキが関係する図の鮮明度について、改良しなければならない点が多々あることを忘れてはいけない。

## 6) 刊行後の維持方式

普通の航海用海図は出版後の変化を現状に合致させていくということが、陸の地図などと違う海図の特色であることは、たびたび本誌上でべられているので説明は避けるが、ロラン海図についても勿論このことはいえるのである。それはロラン海図といっても何等海図と変りはないわけで一般航海用海図の具備すべき条件は皆完備しているわけである。

国際水路局 (I. H. B.) では、この種の海図についても他の航海用海図と同様水路通報その他の手段により、改補 (correction) を行なうことを勧告している。

次にロラン局の位置が変わったり、レート記号が変わることがある。これらの時には図の改版を行なわなければならない。レート記号が変更になった場合にはその記号を訂正するだけで比較的短期間に作業が進むが、局の位置が相当量変更になった場合には、そう簡単ではない。この場合には、つまり双曲線の焦点距離が変わることになるので、双曲線群全部を描き直さなければならない、その座標値を計算するなど、なかなかめんどろなことになる。しかも何月何日からその局が開局に

表2 十勝沖におけるロラン測定船位の精度

月 日	時 分	ロ ラ ン			デ ッ カ	誤 差	
		2S1 ( $\mu$ s)	2S2 ( $\mu$ s)	位 置		$\mu$ s	海 里
8-21	15 16	1,871	3,770	42-42.8 143-50.1	42-43.0 143-50.5	2S1 nil 2S2 nil	0 0
	16 37	1,863	3,766	42-40 143-54	42-43.0 143-52.0	2S1 3 $\mu$ s 2S2 1 $\mu$ s	0.3 2.0
8-23	10 22	1,661	3,759	42-47 144-18.5	45-45 144-23	2S1 5 $\mu$ s 2S2 1.5 $\mu$ s	0.5 3.0
8-26	15 30	1,673	3,764	42-53 144-10	42-47.5 144-17.0	2S1 nil 2S2 3 $\mu$ s	0 5.0
8-30	12 35	1,823	1,757	42-30.5 144-15.5	42-29 144-18	2S1 nil 2S2 1.5 $\mu$ s	0 2.5
	14 19	1,935	3,738	42-09 144-33	42-08 144-34	2S1 5 $\mu$ s 2S2 1 $\mu$ s	0.5 1.8
	15 13	2,073	3,730	41-56 144-32.3	41-53.8 144-33.6	2S1 10 $\mu$ s 2S2 3 $\mu$ s	1.2 2.0
8-31	10 26	2,260	3,750	41-53.7 144-01.1	41-50.4 144-04.9	2S1 10 $\mu$ s 2S2 3 $\mu$ s	1.0 3.5

注 2S1 の 1  $\mu$ s の長さは約 0.1 海里  
2S2 の 1  $\mu$ s の長さは約 0.8~1.2 海里

なるという場合、それに間に合わすことを考慮に入れて、それまでに使用者に十分入手できる余裕をとった刊行計画を樹立しなければならない。漁船のように長期の遠洋操業にでかける場合など運悪く操業期間中その変更の日にあたったりすると、新旧ロラン海図とロラン・テーブルとを出航まえに準備しなくてはならないなど、それらを考慮に入れての改版計画には思わないところにそのかくれた苦心がある。以上でロラン海図の作成のあらましをのべたので次はこれを使う場合のことに言及しよう。

## 6. ロラン航法に使用上の注意

ロランは前述のようにデッカに比べると、精度はかなり悪いが、その有効範囲が広く、地文航法の不可能な陸地より遠くはなれた海域において、従来の天文航法より以上の精度で、天候の如何に拘らず、容易に船位が求められるために、一般商船および漁船に広く用いられている。

特に漁船乗組員にとっては、天文航法による船位測定は、かなりの負担になるし、さらに沖合漁場に到達する場合または新漁場を発見した場合、その地を通るロラン曲線を覚えておけば、容易にかつ正確に目的地に達することができ、漁獲高の増大に大いに貢献することが判り、現在遠洋漁船の大半はロラン受信機を装備するに至った。

このようにロランは船位決定上極めて有効であるが余り過信すると却って危険を招くおそれがあるので注意を要する。

洋上におけるロランの精度については他に正確な船位を出す方法が少いため、十分な調査を行なう機会が

なく、はっきりした資料がないが、たまたま水路部において釧路沖でデッカ測量を行なった際（デッカの精度は極めてよいので一応正しい船位と見なした）デッカによってロランの精度を調査したので参考までに次に示そう（表2参照）。

これによると 2S1（大釜埼、落石）については、誤差は  $\mu$ s では nil~10  $\mu$ s で距離誤差としては最大 1 海里であった。2S2（大釜埼、波崎）については  $\mu$ s では nil~3  $\mu$ s であるが、この付近の 1  $\mu$ s の長さは 0.8~1.5 海里であるため、距離誤差は 3~5 海里ある場合もあった。2S2 は基線の延長線上のため特に誤差が大きいと思われる。

一般に地上波を利用する場合は誤差 1~10  $\mu$ s の範囲内で測定できるが、空間波の場合は誤差もかなり大きくなる（1  $\mu$ s の長さは基線からの距離により 0.1~1.5 海里と異っている）。そのほかに空間波の状態の悪いとき、基線の延長線に近いとき、またロラン曲線が陸部を大きく横ぎるとき（overland といっている）、ロラン曲線のクロスが鋭角のとき等には、精度がかなり落ちる。ロラン使用に当っては、これらの事を考慮し、日頃からどの海域においてはどの曲線を使うべきか、また海域ごとのロランの精度等について研究しておく必要がある。終りにのぞみ、ロラン海図をより使い易いものにするために、水路部としてはいろいろ研究はしているが、実際に使用している方からの適切な意見、情報を望んでやまない。

なお、本稿執筆にあたり、会員太田健次氏に多大の協力を得た。紙上をかりて謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 杵名・重広: デッカ航法利用による船舶の運動性能, ロラン位置の精度, 海流の測定について. 航海学会誌 第22号
- 2) 坂戸・中条: わが国のロラン海図の現状. 航海 第15号
- 3) 茂在寅男: 解説ロランC. 航海 第20号
- 4) 只野 暢: デッカについて. 航海 第21号
- 5) 長谷川健二: Separate Pairs のローラン局による船位測定について. 航海 第9号
- 6) 今吉文吉: デッカ測位機について. 航海学会雑誌 第4号
- 7) 山崎 真義: ロラン空間波補正值について. 航海学会誌 第22号
- 8) 並川・長谷川: ローラン航法図について. 航海学会誌 第15号
- 9) 並川能正: ロラン位置の線と平面曲線. 航海学会誌 第14号
- 10) 豊田清治: 日本近海に於けるローラン測定精度の分布図について. 航海学会誌 第13号
- 11) 鮫島直人: ロラン位置の線の精度について. 商船大学研究報告 第4号A
- 12) 書誌第651~653号: ロラン・テーブル (日本周辺). 海上保安庁 水路部
- 13) 藤崎正治: Loran Chart 及び Decca Chart の幾何学的作図法. 海上保安大学校研究報告 (昭33年度) 第2部
- 14)\*Pierce, McKenzie & Woodward: Loran, M. I. T. Radiation Laboratory Series
- 15) Simo Laurila: Electronic Surveying & Mapping The Ohio State University
- 16) Silvo Ballarin: Geometric Properties of Position Lines in Hyperbolic Navigation and their Lay-out on the Reference Ellipsoid I. H. B. Hydrographic Review XXVII-2
- 17) Knox: Loran Chart I. H. B. Hydrographic Review XXIX-2
- 18) Department of Navigation & Direction: Admiralty Manual of Navigation Vol. I p.p. 155~218
- 19) H. O. Pub. No. 216: Air Navigation p.p. 345~365 U. S. Naval Oceanographic Office
- 20)\*I. H. B. Special Publication No. 39: Supplementary Paper 5 Chapter II Loran Radio Aids to Maritime Navigation & Hydrography I. H. B.

上記のうち\*は少し詳しく知りたい場合には手頃の参考書であり, ことに 20) は水路局 (I. H. B.) で刊行している良書で, ロラン A, B\* および C について比較的詳述してある。

ロラン海図の使用にあたり (添付図について)

ロラン海図上には, ロランの双曲線以外にも多くの記号が記載されている。これらについてはロラン海図上に一応その説明がしてあるが, 図を更に有効に使うためにそれらを中心に, 注意すべき事項を簡単に述べる。

1. レート記号

ロランの曲線にそって記載されている記号で, ロラン組局の種類を表わす。これは3文字からなり, この記号に続いてパルス到達時間差の数字が記載されている。

場所によっては時間差数字のみ記載されているところもある。3文字からなるレート記号の中, 最初の字は1~4の4種類あり, その組局 (レート) の使用周波数を表わす。2番目のローマ字は S, L, H の3種類ありパルスの基本繰返し数を, 最後の数字は0~7の8種類ありパルスの特殊繰返し数をそれぞれ表わす。実際の運用ではこれが組合わさって24種類の繰返し数を形作っている。表はこの繰返し数を周期に直したものである。例えば 2S6 は周波数 1,850 kc でパルス周期は 0.0494 sec であることを示している。ロラン受信機は切換スイッチをこの記号に合せるだけで所要のレートを受

パルス周期表

	S	L	H
	sec	sec	sec
0	0.0500	0.0400	0.0300
1	.0499	.0399	.0299
2	.0498	.0398	.0298
3	.0497	.0397	.0297
4	.0496	.0396	.0296
5	.0495	.0395	.0295
6	.0494	.0394	.0294
7	.0493	.0393	.0293

信できるようになっている。

2. ステーションレクター

局の近くにレートの色と同じ色でその局固有のアルファベットの文字が記載されているが, 使用上は特別な意味はない。

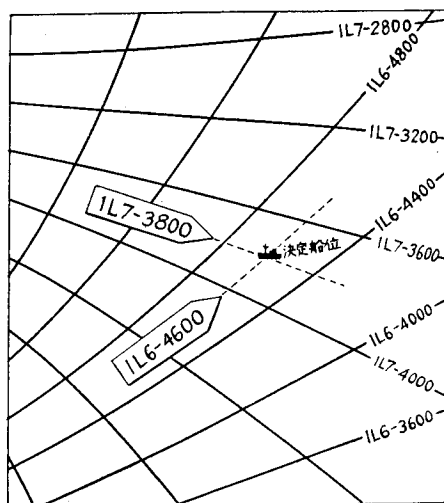
3. 空間波の補正值

ロランの電波には, 地表波 (地球表面上を伝播するもの) と, 空間波 (電離層で反射して地上にもどるもの) とがある。ロラン海図にはこの地表波に対する曲線が描いてあるので, 空間波を用いて位置を決定する場合には, そのための補正が必要になってくる。この補正を空間波補正という。電離層にはE層, F層等種々あるが, ロランではE層の一回反射波を使う。ロラン海図には適当な間隔で, レートの色と同じ色でこの補正值を記載してある。しかしE層の高さは一定ではなく補正を必要とする値も範囲内で変動するが, 海図にはこれらの平均値が記載されている。空間波はロラン局から遠い程安定してくる。

4. 受信者がロランで位置を求める手順

(1) 適当な組局を選んで, 周波数, 基本パルス繰返し数, 特殊パルス繰返し数の3つの切換スイッチを希望するレート記号に合せる。

(2) 受信機のブラウン管上に, 主局, 従局のパルス波形が表われるから, ダイアルを回わしてこの波形を重ね合わせる。重なった時のダイアルの示す数字が, ロラン局からのパルスの到達時間差であり, 1/100 万秒単位で表わされる。この時間差に対する曲線を海図上に求めれば, 一本のロラン位置の線が決まる。もしその時の時間差数字が海図上に記載されている曲線の値でない場合は, 図上の比例尺を使って比例挿入すればよい。このようにして



第 7 図

2 本以上の曲線を決めれば、その交点として位置が決まる。空間波を使用する場合はダイヤルの読みにその補正值（＋と－があるが）を加えればよい（第 7 図参照）。

#### 5. 実際の測定に当たって注意する事項

- A. ロラン・レートを選定する場合には、なるべく地表波の受信できるような組局を選ぶ。空間波はフェージング、スプリッチングなどの影響を受けるため、弱い地表波であっても強い空間波より精度がよい。
- B. 曲線の交角がなるべく直角に近い組合せになるよう組局を選ぶ。交角が  $15^\circ$  未満の時は非常に精度が悪い。
- C. 地表波の受信できないときは、両局とも空間波を受信して測定する。地表波と空間波で時間差を測定することは、特定の区域（ロラン・テーブルに示してある）を除いてはしてはならない。

地表波の受信可能な区域は、伝播経路に陸地があると狭くなり、特に受信者あるいはロラン局のある陸地が、伝播経路に広がっている時には影響が大きい。また、ロラン局から

250 海里以内と、基線延長線上付近では不安定であるので、使わない方がよい。

#### 6. 精 度

ロランによる位置決定の精度はロラン・カーブ（位置の線）の精度とその線の変る角度により定まる。

カーブの精度は次の項目によって左右される。

- 1) 送信局の同期の精度
- 2) ロラン受信機を使用する者の熟練の程度
- 3) 空間波補正值の精度
- 4) ロラン局と受信者の相対位置
- 5) ロラン海図（ロラン・テーブル）の精度

受信機の操作は使用者が熟練すれば普通  $1\mu\text{s}$  以内で、信号の弱い時でも数  $\mu\text{s}$  の精度で測定できる。

空間波は 800 海里以上の地点では補正值で補正すれば誤差は  $2\mu\text{s}$  程度になる。空間波使用の場合は局の近くでは精度が悪く、250 海里付近では誤差は  $7\mu\text{s}$ 、ときにはこの倍にもなることがある。しかし局の近くでは基線延長線付近を除いてはカーブの密度が大きいため実際の決定誤差はそれ程大きくはならない。

位置の線の密度からだけ考えると、最も精度のよいのは基線上である。そして基線延長線に近づくにつれて悪くなるから注意を要する。

ロランによる位置決定の精度を上げるには、3 本以上のカーブを用いることが望ましい。そのとき船位を決めるには、カーブの間隔の狭いものの方がよい。

#### 7. 番号のつけた

現在日本では一般航海用海図にロラン曲線を加刷したもの以外のロラン図は刊行していないので、それらの海図と区別するため、海図番号の前に L（L は Loran）の頭文字をとってある）を付けてロラン海図であることを明かに示してある。たとえば、L210 は 210 号の海図に関係ロラン曲線を加刷したものである。

◎添付地図「ロラン・チャート」L210（あるいは L810）は現行版の海図ではなく、最近これらの図が改版になったため廃版されたものを海上保安庁水路部から寄贈を受けたものである。勿論航海に使用してはならない。

## The Present and Future of Hyperbolic Navigation Charts

by Kageyoshi Kutsuna  
Naoteru Sakato  
Hisao Chūjō

In recent year, the development of Hyperbolic Navigation in voyage is remarkable. Thinking the specific character of it from the viewpoint of map makers, there are several problems concerning to Hyperbolic Navigatison Charts. That is 1) the development of electronic Navigation in the world, 2) a principle of Hyperbolic Navigation, 3) the comparison with the character

of Loran system and Decca system, 4) the Hyperbolic Navigation Charts in the world, 5) the Hyperbolic Navigation Charts in Japan, 6) the future of Hyperbolic Navigation Charts, and 7) usage on navigation with Loran Charts.