

日本周辺海域における ロラン簡易受信器による船位決定*

中 田 裕

Position Fixing Around Japan with Manual Loran Receiver

By

Yutaka NAKADA

The radio navigation aids are recently getting their importance for the purpose of fixing the ship's position not only for navigation but also for fishing. And Loran, Decca, and Omega are the representatives of them now in general use. The Loran C is used at present still not so widely, because it is not so long time since the establishment of the system station (SS3) in the Northwestern Pacific. But the Loran C may be used far more popularly near in future than today, because of its wide service area due to the use of low frequency wave, long base line, and accurate fixing of the lines of position crossing with appropriate angle each other.

At the 284 locations distributed all over the adjacent waters to Japan, the positions were fixed with at least the two of the following three methods: cross bearing, Loran A, and Loran C. And the accuracy of the position fixing with Loran C manual receiver was examined, and the results obtained are summarized as follows:

1. Loran A could fix the positions with considerable accuracy. But Loran C was lower than Loran A in the accuracy of position fixing, showing areal difference. In the Areas I and III the positions were fixed by Loran C more southward than by cross bearing, while in the Area II more northward.

2. The accuracy in position fixing with Loran A and C showed daily rhythmic change, being strict in the daytime but doubtful at dawn and from dusk to night.

3. To fix the position in Area III with Loran C, the sky wave correction could yield better results than ground waves.

It is natural that the Loran C is superior to Loran A in the accuracy of position fixing,

* 水産大学校研究業績 第608号, 1970年10月26日 受理.
Contribution from the Shimonoseki University of Fisheries, No. 608.
Received Oct. 26, 1970.

ロランCのSS3局は、硫黄島を主局としW・X・Y・Zの4つの従局をもつ5局チェーンであり、今回の測定では可能な限りすべての局の時間差を測定し、求めたLOPが実測位置（ここではクロス・ベアリングまたはレーダーによる船位）から大きくはずれているものは除いた。その結果、W・X・Y局およびX・Y局の組み合わせによる測定船位が多かった。また測定波はロランAの場合と同様に可能な限り地表波を用いたが、送信局から測定海域までの距離および電波の伝播経路により地表波の測定が困難な場合は空間波を用いた。実測船位はできるかぎりクロス・ベアリングによったが、その困難な場合はレーダーによって求めた船位を代りとして用いた。

3. 結 果

ロランAまたはCによって求めた船位の実測船位からのへだたり（方向・距離）の概要を第2図に示す。すなわち、実測船位からロランAによって求めた船位のへだたり（以下このような場合 Bg-A で表す）は第2・1図に、実測船位を基準としてロランCによって求めた船位のへだたり（Bg-C）は第2・2図に、ロランAを基準としてロランCによる船位のへだたり（A-C）は第2・3図に示した。これらの図から次の傾向がわかる。

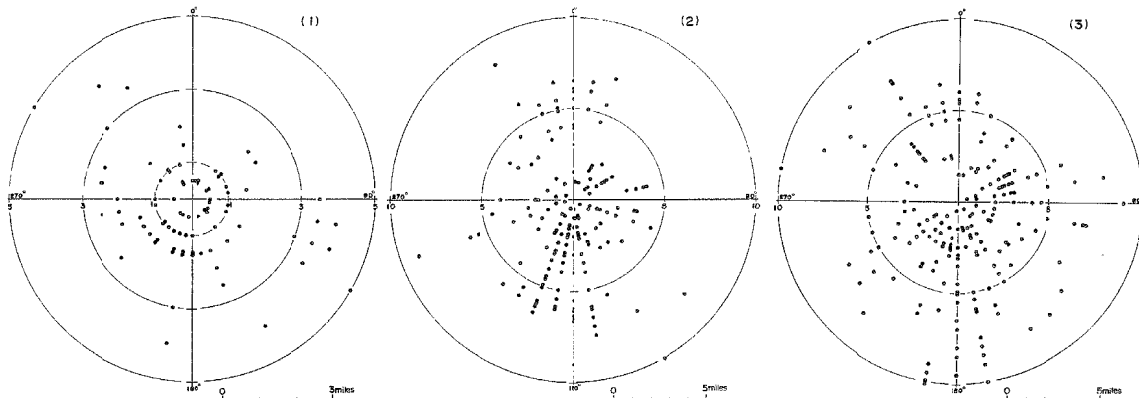


Fig. 2. The difference in the positions fixed with different methods.

- Note: (1) The difference of the position fixed with Loran A from that by cross bearing or radar (Bg-A).
 (2) The difference of the position fixed with Loran C from that by cross bearing or radar (Bg-C).
 (3) The difference of the position fixed with Loran C from that by Loran A (A-C).

Bg-A（第2・1図）は全方向に偏位し測点の65%は1.5浬以下（最大値5浬）であった。Bg-C（第2・2図）の場合、南北方向特に南側に偏位する測点が多いのに対し東西方向へ偏位する測点は少ない。偏位距離は3浬以下と5～6浬附近に多い。A-C（第2・3図）は南側に多く偏位し、距離は北～北東側を除いて全般に大きい。このような偏位の生ずる原因として、次のような要因が考えられる。1.測定海域 2.測定時刻 3.測定に用いた電波の種類 4.局の数および組み合わせ これらの諸要因による偏位の特徴を知ることがロラン測定上必要であると考えられる。

3・1 測定海域および局による偏位

ロランによる船位測定の際、測定地点のロラン送信局からの方位と距離および電波の伝播経路が重要な役

割を果す。そこで測定海域を太平洋沿岸（海域Ⅰ）、日本海沿岸（海域Ⅱ）、東支那海東部（海域Ⅲ）の3海域にわけて、各海域について偏位を検討した。

3・1・1 太平洋沿岸（第3図）

この海域におけるBg-A（第5・1図）は、陸岸による shadow のためロランAによる船位の測定できた地点が少なく資料は少ないが、大部分は南西側の3浬以内に偏っていた。特に遠州灘におけるロランAの測定は、2H6局と2H7局より求めたLOPから幾何学的に高い精度で位置が求められるため、偏位が小さくなっていると考えられる。Bg-C（第5・4図）の偏位は大部分の測点では6浬以内で南北方向に多い。測点の地理的分布を考えにいと、

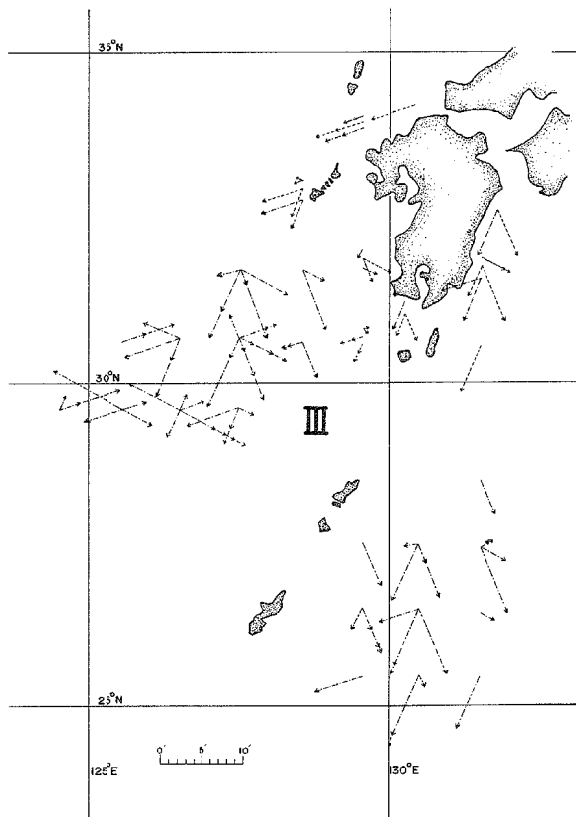


Fig. 4. The distribution of the points examined in the Area III and the difference in the fixed positions observed there.
Note: Fixing methods. Bg-A...solid line, Bg-C...broken line, A-C...chain line.

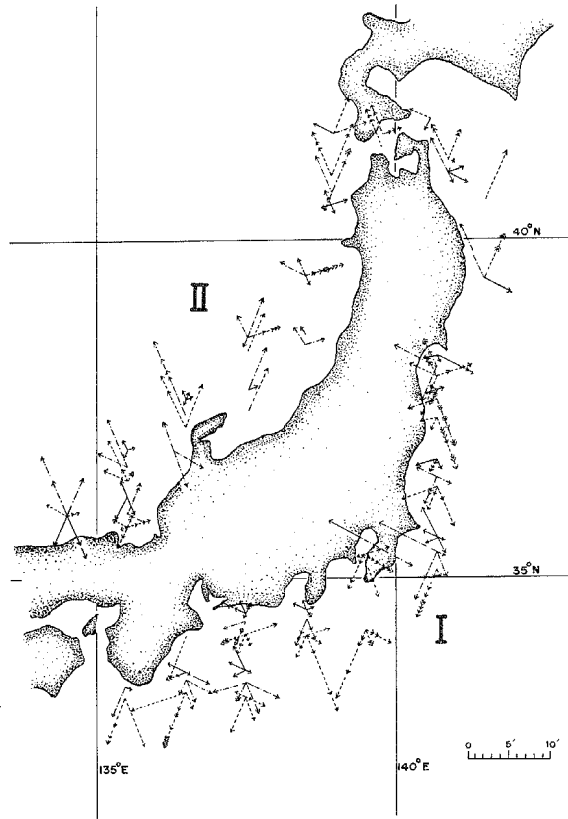


Fig. 3. The distribution of the points examined in the Areas I and II and the difference in the fixed positions observed there.
Note: Fixing methods. Bg-A...solid line, Bg-C...broken line, A-C...chain line.

北緯38度以北と以南で傾向が異なり以北では北方に以南では南に偏している。SS3局の4従局のうちW・X・Yの3従局とX・Yの2従局を用いて求めた船位は、ともに南に偏し距離もほとんど差が認められない。これに対し、その他の局の組み合わせによる測得船位は北に偏している。A-C（第5・7図）は、Bg-Cとほとんど同じ傾向にある。

3・1・2 日本海沿岸（第3図）

全般的にロランCによる船位は、海域Ⅰと逆に北に偏している場合が多い。Bg-A（第5・2図）は、測点が少ないが南北方向特に南側に偏位する傾向がみられる。Bg-C（第5・5図）は、ほとんどの測点が北側の2浬および5浬附近に集っている。W・X・Yの3従局を

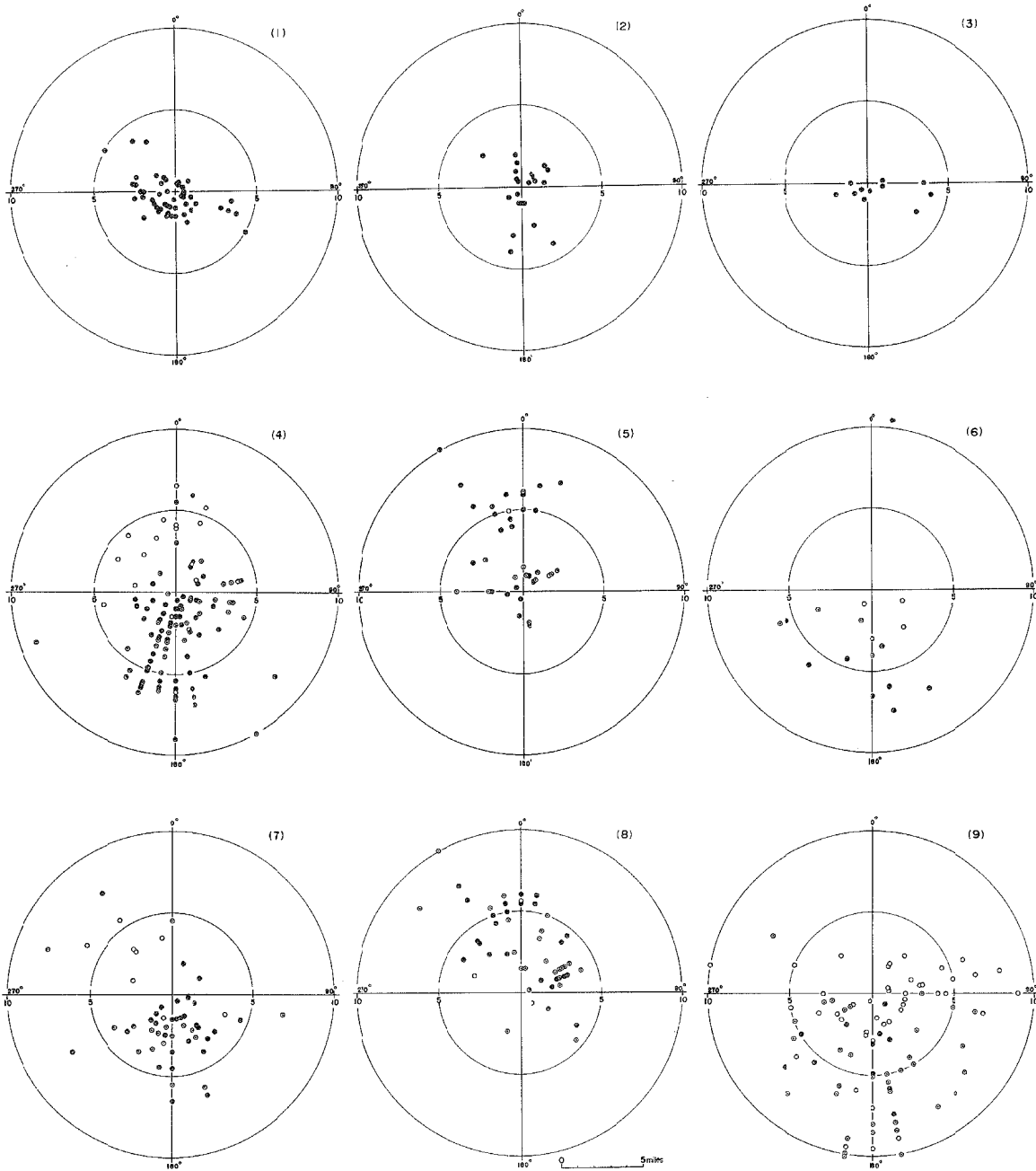


Fig. 5. The difference in the positions fixed with different combination of Loran C slave stations (SS3-W,X,Y, and Z).

Note: 1) The figures for Bg-A are added for reference.

2) Solid circle is for the combination of the slave stations W,X and Y; circle with center dot for the slave stations X and Y, and open circle for other combinations.

3) The numeral in parenthesis denotes the methods and areas as follows:

	Area		
	I	II	III
Bg-A	1	2	3
Bg-C	4	5	6
A-C	7	8	9

用いた場合は、X・Yの2従局を用いて求めた船位より偏位が小さいと一般に考えられるが、測定結果ではX・Yの2従局を用いた場合の方が偏位が小さくなっている。これは海域ⅡがW局からの距離が大きいためと考えられる。偏位方向は海域Ⅰと逆に北側に偏している。A-C(第5・8図)は、海域Ⅰの場合と同様にBg-Cと同じ傾向がある。

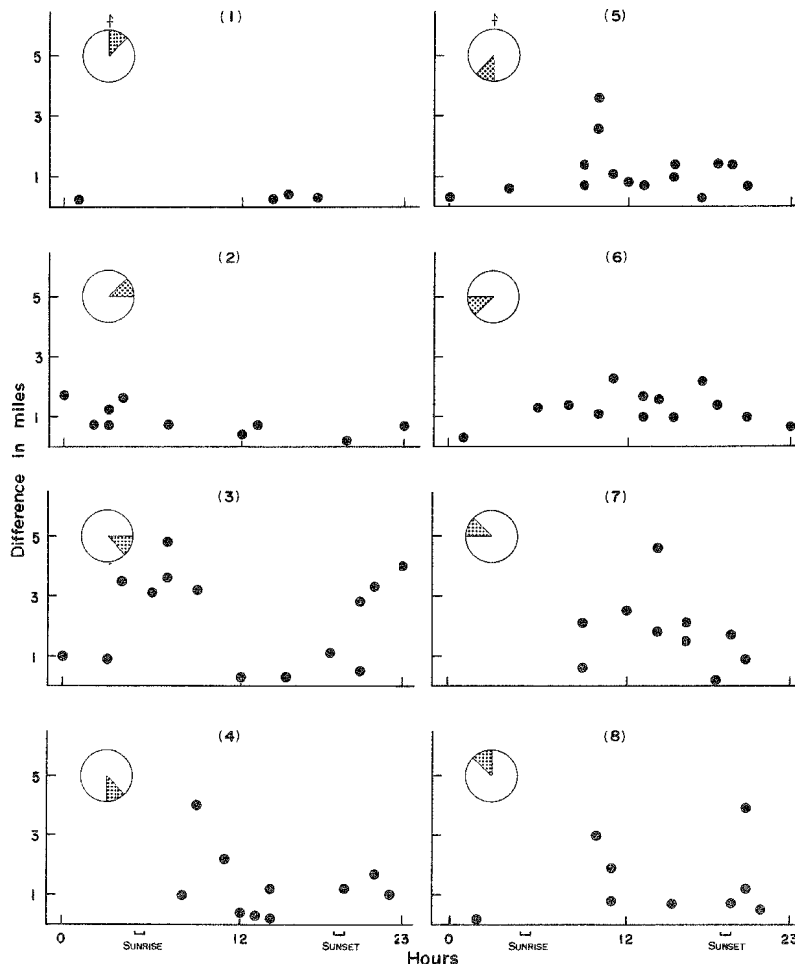
3・1・3 東支那海東部(第4図)

クロス・ベアリングまたはレーダーによって船位を確認できる測点が少なかったため、Bg-A, Bg-Cは少ない。Bg-A(第5・3図)は、東西方向の1浬と3浬附近に多く偏位し北側への偏位はまったくみられない。Bg-C(第5・6図)は、いずれの局を用いて船位を求めてもすべて南側に偏位し距離のパラッキも大きい。A-C(第5・9図)は、全体として南側に偏している。特にW・X・Y局および1点を除くX・Y局による測得船位はすべて南側に偏しているのに対し、その他の局の組み合わせ(おもにX・Y・Z局)による偏位は、東西方向特に東側に多い。距離はX・Y局による場合がもっとも大きく、その他の局を用いた場合は3浬以内に多い。W・X・Y局による測点が他の海域にくらべて少ないのは、W局からの距離が大きく、また基線の延長上になるため測定が困難であったことによる。

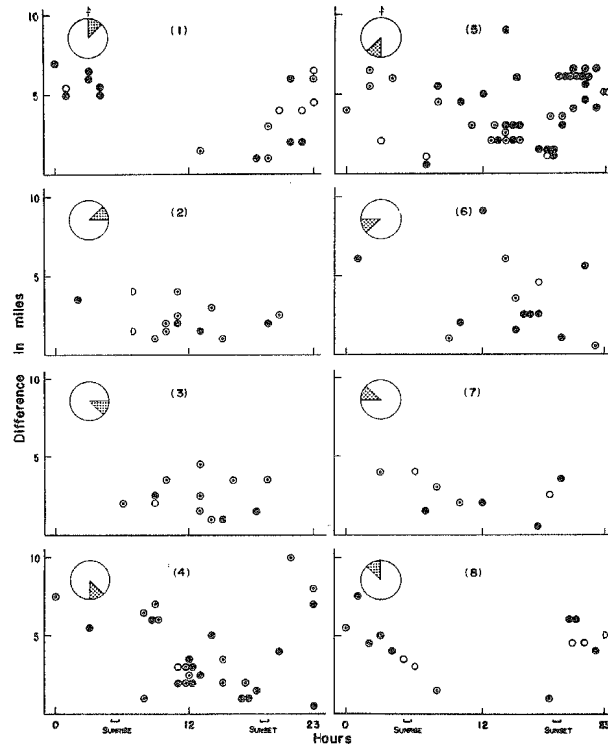
3・2 測定時刻による偏位

ロランのように地表波または空間波を用いて測定を行なう場合、大気雑音の増減によって日中は地表波の

1) Bg-A



2) Bg-C



3) A-C

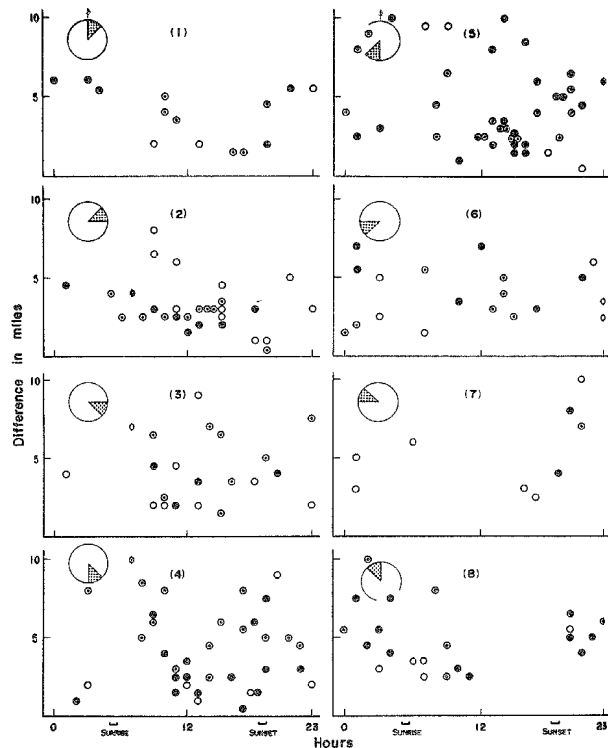


Fig. 6. Change of the difference in the fixed positions with passing of hour, especially in relation to sunrise and sunset.

Note: 1) Direction of difference is shown by shaded part in large circle.

2) Combination of slave stations is denoted with the same mark to Fig. 5.

伝播距離が大きく夜間は小さい。また時刻の変化による電離層の密度変化により空間波に強弱が生じ、一般に日中においては地表波が安定しているのに対し、夜間は空間波の受信感度が増加する。日没時（本測定期間中における日出時間は5時20分前後、日没時間は18時40分前後であった。）においては地表波の減衰と空間波の増大とが重なって、地表波・空間波ともに安定性が悪くその受信がもっとも困難となる。その結果、測定時刻が偏位の大きな要因と考えられるので各海域について測定時刻と偏位の関係を検討した。第6図にその結果を示す。Bg-A（第6・1図）は、前にのべたように海域Ⅲにおける実測船位が少ないので、おもに海域ⅠとⅡの結果である。第6・1・4図で明らかのように、日出後は東から南側への偏位が大きくなっているが、日中は数点を除いて大体安定している。Bg-CおよびA-Cは、第6・2図、第6・3図に示すようにロランAによる偏位が小さいため同じ傾向となっている。第6・2・1図、第6・2・8図、第6・3・1図、第6・3・8図にみられるように海域Ⅱにおける北側への偏位の場合、日出時および夜間における偏位が大きく、日中は割合安定している。海域ⅠおよびⅢにおける南側への偏位の時間的な差は顕著でなく一般にバラツキが大きい（第6・2・4図、第6・3・4図）。

局の組み合わせ別による偏位の時刻変化を検討すると、W・X・Y局の場合、日出時および夜間において偏位が大きく日中は安定している状態がBg-C、A-Cともに現れている。すなわち、海域ⅠとⅢでは南側に（第6・2・4図、第6・2・5図、第6・3・4図、第6・3・5図）、海域Ⅱでは北側に（第6・2・1図、第6・2・8図、第6・3・1図、第6・3・8図）偏位する傾向がみられる。X・Y局の組み合わせの場合にはこれらほど顕著な傾向はみられない。

3・3 ロランC局の測定波の種類による偏位

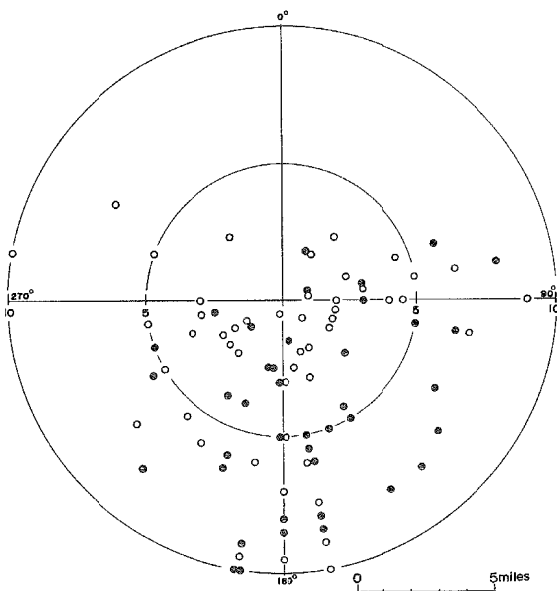


Fig. 7. The difference in the positions fixed by Loran C, using sky waves together with or without ground waves (Area III).

Note: Solid circle...The position was fixed using pairs of sky waves together with or without ground waves. Open circle... One or more lines of position were fixed with pairs of sky waves.

ロランC局の電波測定において可能な限り地表波の測定を行なったが、夜間は空間波の受信感度が大きくそのため地表波の測定ができなかった。特にWおよびZ局の測定の際、送信局からの距離が遠く日中においても地表波・空間波の判定が困難なことがあった。前にものべたように、ロランCは低い周波数を用いているためその到達距離は大きい。一般に地表波は日中1,300浬、夜間1,000浬、空間波は日中2,100浬、夜間2,300浬までの測定が可能といわれる。このロランCの電波を測定して船位を求める場合、安定性のよい地表波が測定可能であれば当然地表波を用いて測定を行なうが、送信局からの距離や測定時刻によっては空間波しか測定できない場合がある。また空間波を測定した場合、地表波に対する空間波の遅延量を補正しなければならない。そのため空間波の遅延量の補正(空間波補正)誤差が船位誤差に含まれる結果となる。そこで地表波のみを測定して得た船位と空間波を併用して得た船位を比較し補正の適否を検討した。

海域ⅠとⅡでは、通常地表波のみで船位が測定できるので空間波を併用して船位を求める場合はきわめてまれである。しかし海域Ⅲでは、

地表波だけで船位を測定できない場合が多いので前にのべたように空間波補正の誤差が実用上重要性をます。したがって海域Ⅲの資料を用いて論議をすすめる。この場合、船位の基準として実測船位を用いるべきであるが、この海域では実測船位が求められた測点が少ない。しかしロランAの偏位は小さいので、ここでは資料の多いA-Cを用いた。第7図に示すように空間波を併用した場合3哩以内に50%が存在するのに対し、地表波のみを用いた場合は30%にすぎない。すなわち地表波のみを用いた場合に偏位が大きい。偏位方向については余り差は認められない。この結果から、空間波補正は大体適正であると考えられる。

4. 考 察

実測船位を基準として、ロランAおよびCによる測定船位の偏位について比較した結果、精度が高いと考えられているロランCの方がロランAよりも測定船位の偏位が大きい結果が得られた。これはロランAが開局後経過年数が長く測定の習熟度が高いこと、設置局が多いため幾何学的に交角条件のよいLOPが求められること、および地表波の測定が可能だったため空間波補正を行なう場合の誤差が入らないため実測船位に対し偏位が小さいと考えられる。これに対しロランC受信器は装備後日が浅く、その操作に未熟なため測定誤差が混入したと考えられるが、ロランCにおけるcycle matchingはleading edgeより3 cycle (sampling point)を用いて測定を行なう際生じる $10\mu\text{s}$ の測定誤差があったとすると、 $10\mu\text{s}$ の時間差に対する偏位距離は、SS3-W局は海域Ⅰで約2.2哩、X局は海域Ⅰで1.0哩以内、海域Ⅱで約1.0哩、海域Ⅲで約1.3哩、Y局の場合海域Ⅰで約1.6哩、海域Ⅱで約1.8哩、海域Ⅲは1.3哩前後である¹⁾。このような測定誤差が混入していると、LOPの交角条件が悪い場合に著しい偏位誤差となる可能性は十分考えられる。しかし海域ⅠおよびⅡにおいてX・Y局を用いて船位を求める場合、両局のLOPの組み合わせによる船位は海域Ⅰ・Ⅱとも、その交角はほとんど差がないと考えられるので、測定船位は同一方向に偏位するか、または同一海域においても反対方向への偏位がある程度生ずると考えられる。しかし測定結果は、海域Ⅰでは南にⅡでは北にほとんどが偏している。これは測定誤差の影響のみとは考えられず、陸上における電波の伝播速度の遅れによる結果と考えられる²⁾。ロランCによるLOPを求める際使用したテーブル³⁾には、空間波補正值は記載されているが電波が陸上を伝播する場合の遅れに対する補正值がない。ロランAのように、中間の周波数を用いると陸上を伝播する電波の減衰が大きく、その測定は好結果を期待できないが、ロランCのように低い周波数を用いているものでは陸上を伝播してくる電波による船位測定の可能性は十分期待できる。しかし陸上伝播によって当然電波の到着時間の遅れが生ずるにもかかわらずその補正がなされていたために海域Ⅱでは前にのべたような結果が生じたと考えられる。特に海域Ⅱの測点は陸岸に近いので、その影響は強く現れると考えられる。

以上のように、電波の伝播経路などの地形的要因に対する補正の必要が考えられる。たとえば、SS3-X局について検討すると、主局からの電波の伝播が標準速度より遅い場合、測定時間差は小さくなる。そのためLOPは北側にずれる。また速い場合は逆に南側にずれる。一方SS3-Y局の場合、主局の電波の伝播が標準速度より遅い場合はそのLOPは西に偏し、速い場合は東に偏する。このため海域ⅡにおいてX・Y局を用いて船位を測定した場合、X局の主局の電波の遅れによるLOPの北側への偏位と、北方海域においては、Y局の従局の電波伝播の遅れのため東に偏するLOPとの組み合わせにより船位は北東方向に偏し、西方海域においては、逆にY局の主局の電波伝播の遅れのため西に偏するLOPとの組み合わせにより船位は北西方向に偏する。海域Ⅰにおいては、X・Y局による船位測定の場合、X局からの電波が陸の影響を受けて伝播が遅れるため求められるLOPは南にずれる。これは海域Ⅰの北緯38度以北においては、X局の電波が陸上の影響をあまり受けないため逆に北側に偏位していることから説明できる。Y局については、主従局とも海上伝播であるので伝播速度の変化による影響はあまりないと考えられる。海域Ⅲにおいては、海域Ⅰと同じ理由により偏位の方法も南側に多い。

偏位の測定時刻による変化については、ロラン測定の際日没時は電離層の密度の変化により空間波の受信が不安定となり、地表波・空間波ともに測定が困難となるため、求めた船位の誤差が大きくなる傾向がある。しかし日中および夜間は割合安定した電波が測定できるので、それによって求めた船位の誤差も小さくなると考えられる。本測定結果においても、その傾向が認められる。

ロランCの測定波の種類による偏位傾向の違いについては、海域ⅠおよびⅡでは地表波のみの測定が多く検討できなかったが、海域Ⅲにおける結果より空間波の補正値は適正であると考えられる。

5. 結 論

本測定の結果、ロランAの船位にくらべてロランCによる船位は精度がよいといわれているにもかかわらず偏位が大きかった。ロランCによる測定船位は、クロス・ベアリングなどによる実測船位より太平洋沿岸において南側に、日本海沿岸では北側に偏し、東支那海東部においては、ロランAの船位に対して南側に偏位した。これは次のような要因によると思われる。

1. ロランAは設置局が日本周辺に多いため、LOPの幾何学的交角条件のよい局の撰択ができるのに対し、ロランCの場合は海域によってはLOPの交角が小さくなり測定誤差に対する船位誤差が大きく現われる。

2. 地表波の陸上における伝播速度の遅れのため、海域によっては偏った方向に船位が測得される。

以上の結果、ロランCによる船位測定は電波の測定に習熟するとともに、測定海域の送信局からの距離と電波の伝播経路を十分考慮にいれて船位を決定すべきである。今後、陸上における電波の伝播速度の遅れに対する補正がなされることを望むとともに、伝播誤差に対する船位誤差を検討したい。

6. 要 約

ロランCはAにくらべて利用範囲も広く、その測定精度もよいといわれている。近年北西太平洋海域にもロランC局（SS3）が設置され、利用されはじめた。そこで、現在最も多く使用されているロランA—C兼用手動可視型受信器を用い、日本周辺海域における測定船位の精度について検討し、次のような結果を得た。

1. ロランAによる測定船位の実測船位からのずれは、最大5浬であるが65%の測点では1.5浬以内であった。

2. ロランCによる測定船位のずれは、最大10浬、大部分の測定では3浬または5～6浬である。

3. 偏位方向は海域によって異なる。すなわち、海域Ⅰでは南に、海域Ⅱでは北に、海域ⅢにおいてはロランAの船位に対して南側になる。

4. ロランAおよびCの測定時刻による偏位は、一般に考えられていると同様に、日没時および夜間に大きく、特にロランAの測定船位においてこの傾向が顕著である。

5. 海域Ⅲでは、ロランCの空間波を測定し補正を行なった方が地表波のみを用いるよりも、高い精度の船位が測定できた。

以上の結果から、ロランCがAよりすぐれた性能を発揮し広く利用されるためには、1) 幾何学的精度の低いLOPしか得られないような海域をカバーできる局の増設。2) 電波の陸上伝播の遅れに対する補正の研究が必要であると考えられる。

終りに、ご指導を賜った本校前田弘博士、神鳥昭助教授、測定に関しご協力をいただいた練習船乗組員各

位に甚大なる謝意を表す。

文 献

- 1) 米沢弓雄・四之宮博・小林忠吉・西谷芳雄, 1968: ロランC簡易受信指示器による観測結果に対する考察—II. 日航誌, 40.
- 2) 田口一夫, 1967: ロラン地表波測定値に変動を与える要因—V. 日航誌, 37.
- 3) U. S. Naval Oceanographic Office, 1967: Loran—C Table (H. O. Pub. No. 221).