



Title	空間波によるロラン位置の線の測得誤差について
Author(s)	齋藤, 昭二; SAITO, Shoji
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 14(2), 65-71
Issue Date	1963-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23176
Type	departmental bulletin paper
File Information	14(2)_P65-71.pdf



空間波によるロラン位置の線の測得誤差について

齋藤 昭 二

(北海道大学水産学部練習船おしよ丸)

On the Error of Loran Lines of Position due to Sky Waves

Shoji SAITO

Abstract

In order to obtain the probable error of Loran lines of position measured by a ship at sea, on the cruises of the training ship "Oshoro Maru" of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University, the writer observed a number of errors of Loran lines of position during the period from 2nd of Nov. 1961 to 11th of Jan. 1963. An object of observation were sky waves at distances as shown in Fig. 2.

The method of obtaining error is as follows:

Estimating the ship's position fixed by cross bearing with gyro compass and radar at coasting.

The error is represented by the length of a perpendicular drawn from the ship's position to the Loran line of position.

Here, the error of the Loran line of position can be expressed as formula (1) of the present article.

Let eerror of Loran line of position
 ageometrically non-variable error
 b
 $0.081 \times \Delta t$ } ...error on the baseline due to error of measurement of time difference
 Δterror of measurement of time difference (μ sec)
 φthe angle between the two directions from the observer to the two stations

Thus, then substitute the number of observed errors e and their angle φ in formula (1); the values of a^2 and b^2 can be obtained by the method of least squares.

Transforming them into probable errors, one obtains formula (3).

The results of the calculation are shown in Table 3; it is expressed as the curve in Fig. 1.

I 緒 言

ロランを使用して位置の線を求める場合、空間波は地表波によるより多少誤差が大きいとされているが、その到達距離は約倍になるため動作範囲は数倍に及び、現在太平洋では南方の一部を除き全海域がその利用範囲となっている。

これらロラン局からの空間波を受信して得られる単一位置の線の定量的な誤差を知ることは、船舶の位置決定上重要であり且つ関心のもたれていることである。

さきに「地表波によるロラン位置の線の測得誤差について」¹⁾を報告したが、今回は地表波による場合とほぼ同じ方法により、空間波を受信して得られる位置の線の陸測船位に対する誤差を測定したので、その結果について述べる。

この測定実験は、おしよろ丸（北海道大学水産学部練習船）の航海を利用し本邦から南方諸島及びフィリピン諸島のロラン局を対象として行ったが、空間波の性質上ロラン局からの距離及び測定時刻に、又船位は陸測のみによったので受信位置に制約をうけ、昭和36年11月2日から昭和38年1月11日までの間に行われたものである。

II 測定及び方法

一組のロラン局からの空間波を受信して位置の線を求め、その時の船位から垂線を下し、その距離を誤差とした。またこの船位から双方のロラン局の夾角を測定した。

ロランの受信には Sperry Marine Loran Mark 2 Mod. 2 を使用し、船位は Sperry Gyro Compass Mark 14 により交叉方位法を主とし、状況に応じて Sperry Marine Radar Mark 2-DO を使用し、陸上物標の真方位及び距離の測定により求めた。

方法は、一組の発信局の双方からの空間波を受信し、高速走査の状態では fading や splitting がなく波形が安定するのを待って重ね合わせ、その後直ちに予定の著明な陸上物標を測定した。波形の重ね合わせを終わってから陸測し終るまでに要した時間は約 0.6 min 以内であった。

受信の際雑音レベルに対して信号が弱く波形の不安定なものは対象としなかった。なお位置の線はすべてロラン・テーブルにより計算し縮尺の大きい海図に記入して求めた。

III 測定結果

測定実験は総数 63 例で、そのうちシヨビネーの棄却法により棄却したもの 3 例を除き、60 例を夾角の順序にまとめ Table 2 に示す。これは各ロラン組局についての、夾角、位置の線の誤差、船位から近い方の発信局までの距離、測定中の船速の順に列挙したものである。

Table 1. Distribution of frequency of observation to each rate

Rates	Approx. base-line length mile	Frequency of obs.
2H0	214	1
2H2	207	4
2H3	230	8
2H4	324	7
2H5	725	17
2H6	600	5
2S1	274	1
1L4	487	1
1L5	410	12
1L6	228	3
1L7	240	1

この実験では、ほぼ地方平時の 21 時から 24 時までの間に行われたものが 46 例で総数の約 8 割を占め、他は日出没時の約 1~2 時間前及び後に行われたものである。

測定中の船速はまちまちで 12.0~13.3 kt が 24 例で総数の 4 割、8.0~12.0 kt 未満は 29 例で約 5 割、残りの 1 割は 8.0 kt 未満及び 0 kt である。

今ロラン組局別の実験回数をまとめて Table 1 に示すと、基線の長さの標準より長い 2H5, 2H6 の測定回数は 22 回で総数の約 36% で、他は標準局の測定とみなされる。さて標準ロランの基線の長さは約 300 mile が適当とされ通常 200~400 mile 離れて設けられるが、この 2H5, 2H6 は沖繩、硫黄島、大島に局をもつ二重局で、基線は長いが発信同期の保守は良好に保たれている²⁾ので、発信

Table 2. Observational results of errors of Loran lines of position

Rates	φ	e	Dist.	Ship's speed	Rates	φ	e	Dist.	Ship's speed
	°	mile	mile	kt		°	mile	mile	kt
2S1	3.5	6.6	724	12.5	2H4	16	0.8	580	13.3
1L4	4	6.5	888	9.7	2H3	16	1.0	680	12.5
2H4	5	2.5	805	0.0	1L5	16.5	0.7	1270	10.5
2H4	5.5	3.6	750	12.3	1L5	17	1.1	820	12.5
1L6	5.5	0.5	595	12.2	1L5	20	0.05	693	8.7
2H0	6	4.4	1100	12.2	2H2	21	1.2	570	8.5
1L7	6	0.6	671	5.8	2H3	22	0.65	578	13.0
1L6	6.5	2.2	840	9.0	2H3	23	2.3	565	13.3
2H3	8	0.7	1060	12.3	1L5	26	1.5	490	9.0
2H2	8	1.0	500	12.5	2H6	26	1.6	1204	10.0
1L6	8.5	1.4	860	10.0	2H5	29.5	1.4	742	12.3
2H2	8.5	1.1	505	12.5	2H5	36.5	0.2	1020	0.0
2H3	9	1.5	922	10.0	2H5	37.5	1.5	952	10.2
2H3	9	0.95	955	7.8	2H5	38	2.0	912	12.5
2H4	9	4.1	741	10.0	2H5	38	0.15	936	12.5
2H6	10	3.2	478	0.0	2H5	48	0.4	725	10.5
2H2	11.5	1.4	515	0.0	2H6	49.5	0.15	690	9.0
2H4	12	0.3	639	10.5	2H5	52	0.5	648	13.0
1L5	14	0.15	1110	9.0	2H5	54	2.8	629	13.3
2H3	14	1.05	680	0.0	2H5	54	1.6	629	13.3
1L5	14.5	1.9	1210	9.7	2H6	54	0.05	598	8.7
1L5	15	0.8	1070	9.2	2H5	54	0.4	630	10.5
1L5	15	3.4	1122	10.7	2H6	55	1.7	593	8.8
1L5	15	1.8	1066	11.1	2H5	62	0.1	599	9.7
1L5	15	3.6	1082	12.0	2H5	63	0.2	606	9.7
2H4	15	1.4	600	13.0	2H5	63	1.1	606	9.7
2H4	15.5	4.5	583	10.5	2H5	67	1.1	616	9.0
1L5	15.5	0.35	910	12.0	2H5	68.5	2.6	610	9.7
1L5	15.5	0.5	915	12.0	2H5	73.5	0.4	590	12.0
2H3	15.5	2.1	685	12.5	2H5	74	0.3	572	11.1

φ : Angle between the two directions from the observer to the two stations

e : Observed errors of Loran lines of position

Dist.: Distance from the observer to the nearer transmitter of a pair

同期による誤差はすべての例について一様に取扱った。

IV 実 験 式

ロランの単一位置の線の誤差は、時間差測定の誤差に基く位置の線の偏位誤差と、船位と発信組局との関係位置に無関係な定誤差的なものによることは既に知られている。

ロラン位置の線の偏位誤差 e はこれらの二つが総合されたものであると考えて、次のような一般式³⁾で表される。

$$e = \sqrt{a^2 + b^2 \operatorname{cosec}^2 \frac{\varphi}{2}} \left. \begin{array}{l} \\ \text{又は,} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

$$= \sqrt{a^2 + (0.081 \times \Delta t)^2 \operatorname{cosec}^2 \frac{\varphi}{2}}$$

- 但し a関係位置によって変化しない誤差
- b時間差測定誤差に基く基線上の偏位誤差
- φ船位から測った発信組局間の夾角
- Δt時間差測定誤差 ($\mu \text{ sec}$)
- 0.081.....光の速さの半分で、 $1 \mu \text{ sec}$ の時間差に対する基線上の偏位量 (mile)

さて、(1) 式から未知量 a, b の値を最小自乗法により求める。今 a, b それぞれの近似値を用いてテーラー展開し二次項以下を捨て一次式に改める。

$$e = f(a, b) = \sqrt{a + b \operatorname{cosec}^2 \frac{\varphi}{2}}$$

今 $a \equiv a_0 + \Delta a$
 $b \equiv b_0 + \Delta b$ とおけば、

$$e = f(a_0, b_0) + \left(\frac{\partial f}{\partial a}\right)_0 \Delta a + \left(\frac{\partial f}{\partial b}\right)_0 \Delta b$$

$$\therefore e - \sqrt{a_0 + b_0 \operatorname{cosec}^2 \frac{\varphi}{2}} = \frac{1}{2\sqrt{a_0 + b_0 \operatorname{cosec}^2 \frac{\varphi}{2}}} \Delta a + \frac{\operatorname{cosec}^2 \frac{\varphi}{2}}{2\sqrt{a_0 + b_0 \operatorname{cosec}^2 \frac{\varphi}{2}}} \Delta b \dots\dots\dots (2)$$

観測方程式 (2) 式から正規方程式を導き $\Delta a, \Delta b$ を求めることができる¹⁾。
 そこで Table 2 の誤差 e とその夾角 φ の測定値 60 例と、その近似値

$$a_0 = 1.0$$

$$b_0 = 0.04$$

とを用いて計算した結果、

$$\Delta a = -0.2687$$

$$\therefore a = 1 - 0.2687$$

$$= 0.7313$$

$$\Delta b = -0.0222$$

$$\therefore b = 0.04 - 0.0222$$

$$= 0.0178$$

故に $e = \sqrt{0.7313 + 0.0178 \operatorname{cosec}^2 \frac{\varphi}{2}}$

したがってこれを中央誤差に改めれば、

$$\begin{aligned}
 r &= 0.8453 e \\
 &= 0.8453 \sqrt{0.7313 + 0.0178 \operatorname{cosec}^2 \frac{\varphi}{2}} \\
 r &= \sqrt{0.5225 + 0.0127 \operatorname{cosec}^2 \frac{\varphi}{2}} \dots\dots\dots (3)
 \end{aligned}$$

実験式 (3) により, 各夾角に対する中央誤差を計算したのが Table 3 で, Fig. 1 の実線による曲線である。

以上から夾角が小さい場合は誤差が大きく, 急激に増加することがわかる。

又, 実験式 (3) の b^2 の値は 0.0127 であるから (1) 式により

$$0.0127 = (0.081 \times \Delta t)^2$$

$$\therefore \Delta t = 1.39 \mu \text{ sec}$$

となり, 空間波の時間差測定 of 中央誤差は $1.39 \mu \text{ sec}$ となった。

Table 3. Obtained probable errors of Loran line of position

φ	r	φ	r
2	6.50	30	0.84
4	3.81	35	0.81
6	2.27	40	0.79
8	1.77	60	0.76
10	1.48	80	0.74
15	1.13	100	0.74
20	0.97	120	0.73
25	0.89		

φ : Angle between the two directions from the observer to the stations
 r : Probable errors of Loran lines of position

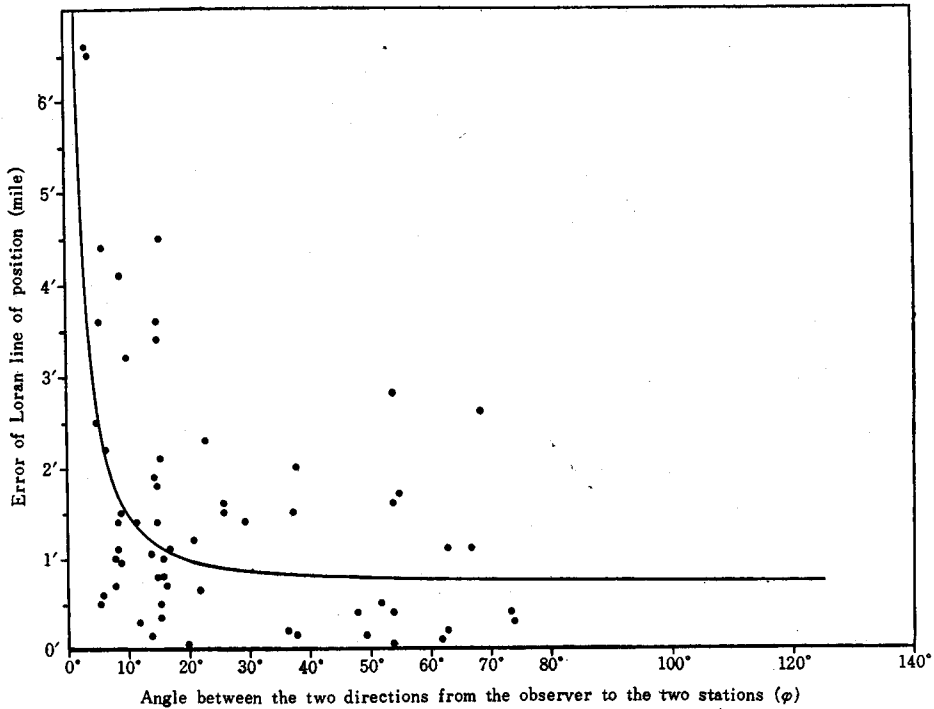


Fig. 1. Observed errors and curve of probable error of Loran lines of position

V 考 察

ロラン位置の線の偏位誤差のうち、船位と発信局との関係位置に無関係な定誤差的な性質のものは、ロランチャートやロランテーブルの精度、記入の巧拙、ロラン指示器の精度及び測定の間隔時間による船位のドリフト等に基因する。

この定誤差 α の値は実験式 (3) から 0.5225 である。船位のドリフトは Table 2 から 12.0~13.3 kt が 24 例であるが、信号の matching 終了から陸上物標測定までの経過時間は約 0.6 min 以内故ドリフトによる誤差は最大で 0'13 となる。地表波の測定実験では定誤差 α の値は 0.0736¹⁾ で小さい値であったが、空間波の場合これより大きいのはその性質上やむを得ないと考えられる。又鯨島の実験からの推定値は空間波の場合 0.45 であるが²⁾、これらを総合してみるに妥当な値が得られたものと考えられる。

Table 4. Probable errors of a sky wave reading due to distance

Dist.	Probable error
mile	μ sec
300	5
400	3.6
500	2.8
600	2.5
700	2.2
800	2
1000	1.9

Dist.: Distance from the observer to the nearer transmitter of a pair

次に時間差測定の間隔であるが、空間波の場合は空間波補正值が必要なので地表波とは異なる。即ち、電離層の高さは一定でないので、たとえ空間波の波形が完全な形で現われたとしても、真の空間波補正值は平均によって求めた値とは幾分異なるため、補正を行った空間波による測定値の誤差は近い方の発信局から船位までの距離によって変化するものである。

空間波による時間差測定の中央誤差を距離別に Table 4 に示すが³⁾、近距離程誤差の量が急激に増加する。今回は、夾角の大きい場合の例をできるだけ得ること、船位をすべて陸測で求めることを条件として実験を行ったので Table 4 より時間差測定の中央誤差が 2μ sec より幾分大きくなる 700 mile 以下の距離でも実際に船舶で利用する機会があること

Frequency

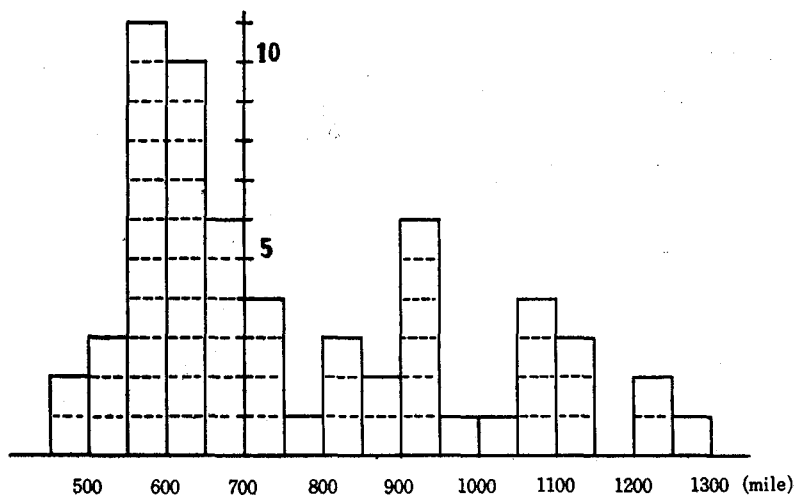


Fig. 2. Distribution of frequency of observation to each distance from the observer to the nearer transmitter of a pair

から、夜間地表波信号の現われてないときはすべて空間波の測定を行った。今近い方の発信局から船位までの距離を各組局ごとに Table 2 に示すが、これから距離別の実験回数の分布をみるため Fig. 2 に表してみると、450 mile 以上 700 mile までの測定数が 32 例、700 mile 以上は 28 例で約半々である。

以上の条件から求められた空間波の時間差測定の中央誤差は $1.39 \mu \text{ sec}$ で小さい値が得られたが、夾角の大きい場合の例が少なかったことにある程度影響されると考えられるが、地表波 $1.06 \mu \text{ sec}^{1)}$ に比較しそれほど大きな結果ではなかった。

これらのことを総合してみると、空間波利用に際しては夾角は勿論、近い方の発信局からの距離及び測定時間に注意を払うならば、その位置の線は相当な精度をもち利用しうるものと考えられる。しかし Fig. 1 の誤差の分布状況から時々大きな値が現われることに注意する必要がある。

VI 結 言

この実験は陸測のみにより船位を求め、船位から近い方の発信局までの距離が 450 mile 以上の空間波を対象として位置の線の誤差を測定した。又できるだけ電離層の安定する時刻に測定を行ったが、なお船位のドリフトを始め種々な誤差の介入は免れないが次の結果を得た。

(1) 空間波のロラン位置の線の中央誤差を示す実験式は、

$$r = \sqrt{0.5225 + 0.0127 \operatorname{cosec}^2 \frac{\varphi}{2}} \quad \text{で与えられる。}$$

但し r = 位置の線の中央誤差
 φ = 船位から測った発信組局間の夾角

(2) 時間差測定の中央誤差は $1.39 \mu \text{ sec}$ であった。

(3) 船位と発信局との関係位置に無関係な定誤差 a の値は 0.5225 でほぼ妥当な値であると考えられる。

(4) 空間波の利用に際して、両局間の夾角は勿論、測定時刻及び船位から近い方の発信局までの距離に注意するならば、その位置の線は相当な精度で利用しうるものと考えられるが、好条件下でも時には大きな誤差の現れることは測定結果から察せられる。

VII 文 献

- 1) 齋藤昭二 (1961). 地表波によるロラン位置の線の測得誤差について. 北大水産業報 12 (1).
- 2) Pierce, McKenzie & Woodward, (1948). Loran. Radiation Laboratory Series, No. 4, 476 P. New York; McGraw-Hill Book Company, Inc.
- 3) 鮫島直人 (1953). ロラン位置の線の精度について. 商船大研究報告 4 A, 138-140.
- 4) 鮫島直人 (1954). 船位誤差論. 253 P. 東京; 天然社.