

東シナ海東部海域における GPS と ロラン C の相対誤差

合田 政次, 久野 俊行, 中根 重勝

Relative Error between GPS and Loran C in the Eastern Area of the East China Sea

Masaji GODA, Toshiyuki KUNO and Shigekatu NAKANE

We measured the relative error between the position fixes obtained by GPS and Loran C in the eastern area of the East China Sea (from Nagasaki to Okinawa), and evaluated the accuracy of Loran C.

In advance of the evaluation, we considered the distance of propagation over the land, and divided the observation area into two parts along a line running from the master station to Satamisaki, i. e. the north area and the south area of the dividing line.

In the north area, the relative error was less than 1000 meters, and the constant error of Loran C was 700~900 meters. In the south area, on the other hand, the relative error was 1000~1350 meters, and the constant error of Loran C was 1200~1400 meters.

Furthermore, we examined the relative error while sailing and at anchor, the difference between the data obtained in daytime and at night, and found that there are few differences between them. We may say that the error of GPS (by three-dimensional positioning) was so small that the relative error of GPS and Loran C was made by Loran C itself.

Key words: 東シナ海 the East China Sea; GPS global positioning system
ロラン C long range navigation C system; 相対誤差 relative error

著者らは、これまで衛星航法システム NAVSTAR/GPS (以下 GPS と記す) とロラン C システムによるハイブリッド航法を行うため、およびロラン C システムの精度について基礎的知見を得るため、両システムによる位置の相対誤差を把握することを目的として、陸上定点と九州西岸の五島列島周辺海域において、それぞれ両システムの同時測定を行い、それらの測位精度と相対誤差について評価した^{1, 2)}。

本報では、測定海域を広げ長崎~沖縄間における両システムの同時測定を行い、航走中および錨泊中における相対誤差とロラン C の誤差について評価したので、その結果について報告する。

測定方法および資料

測定は、1990年7月14日~同15日の間、本学部練習船鶴洋丸で、又同年8月18日~同21日の間、本学部練習船長崎丸で、いずれも練習航海中に、長崎~沖縄間の東シナ海東部海域で行った。鶴洋丸と長崎丸の練習航海における航跡のうち、測定を行った海域について図示したものが Fig. 1 である。ロラン C の時間差値は電波が海上伝搬を行うものとして計算されているため、主従局から測定点までの電波伝搬経路上に陸地が存在すると、陸上伝搬距離の長短に相当する伝搬速度の遅れを生じ、測位精度に影響をおよぼす。本測定海域では X 局からの電波が最

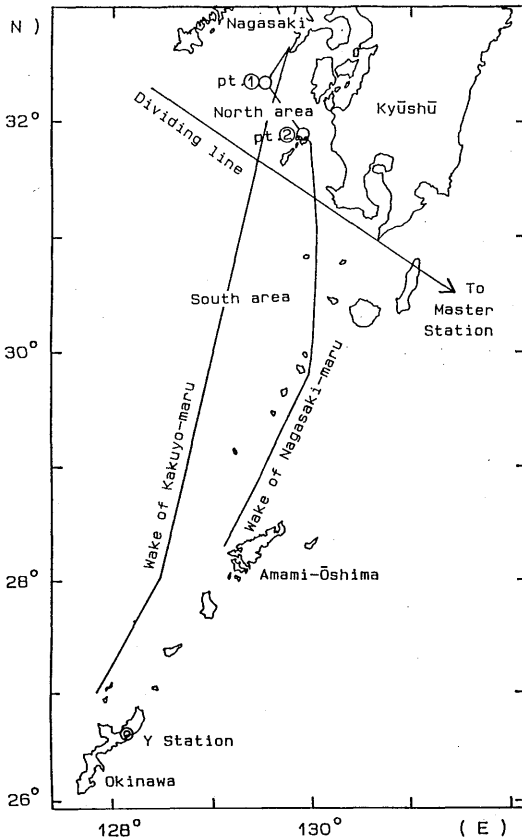


Fig. 1. The wake of the Kakuyo-maru and the Nagasaki-maru on the observation area and the dividing line.

も長く陸上を伝搬する。その長さは、 32°N 付近までは約 350 海里、それ以南は徐々に増加して 400~450 海里程度になる。そのため X 局電波の伝搬速度の遅れが全域で影響しているが、相対誤差の変化はゆるやかである。Y 局からの電波はほぼ海上伝搬のみと考えられ、M 局からの電波は九州南端の佐多岬と同局とを結ぶ線を境にして、それ以南はほぼ海上伝搬のみであるが、それ以北では九州横断の陸上伝搬が含まれる。従って、Fig. 1 に示した様に、M 局と佐多岬を結ぶ線（以下境界線と記す）の北側と南側で測位誤差が変化するであろうと考えた。そこで境界線の北側と南側とに分けて、GPS 位置に対するロラン C 位置の相対誤差を GPS 測位の次元別およびレベル別に計算した。なお両船の航跡が異なり、特に境界線以南では東西に約 40~50 海里離れていたため両海域とも別々に計算した。その結果を Table 1, 2 に示した。また長崎丸では境界線の北側の二地点で、それぞれ約 20 時間と約 17 時間錨泊した。この間の

データは航走中とは区別して計算し、その結果を Table 3 に示した。なお、測定期間中の衛星数は 13 個で、測位可能時間は 19 時間前後であった。

使用した GPS 受信機は、日本無線機製 JLR-4000F で、ロラン C 受信機は機光電製作所製 LR-717 全自動型ロラン C 専用受信機である。

GPS 受信機の使用モードは、これまでと同様に航法モード、最適衛星選択モードおよび L レベルモードに設定して全レベルについて測定を行った。本海域でロラン C 9970 チェーンにより測位する場合、位置の線の最適の組み合わせは X 従局と Y 従局であるので、M 局（主局）-X 局（以下 X と記す）と M 局-Y 局（以下 Y と記す）の時間差値および緯度、経度を測定した。両受信機から出力される緯度、経度などのデータは、両受信機とパーソナルコンピュータ（NEC PC-9801）を接続し、GPS による測位が可能な場合のみロラン C のデータの取り込みを行う様に設定して、3 分間隔でフロッピーディスクに記録した。なおロラン C 位置は測地系 WGS-72 に準拠しているため、これを測地系 WGS-84 に修正した。

結果および考察

1. 相対誤差

1.1. 航走中の測定

1.1.1. 境界線以北

Table 1 に示した様に、長崎丸での測定では、基準位置からの緯度方向の偏位（変緯、以下 D. lat と記す）の平均値は $-725 \sim -810\text{m}$ 、その標準偏差は 3 衛星による二次元測位（以下 2D3 と記す）で 125m であったが、他は 100m 以内であった。経度方向の偏位（東西距、以下 Dep と記す）の平均値は 275~300m で、その標準偏差は各次元とも 100m 未満であり、2D3 では約 30m で特に小さかった。従ってこの海域での最大相対誤差（平均偏位+標準偏差）は 900~1000m 程度を見込む必要がある。

鶴洋丸での測定では、D. lat の平均値は $-495 \sim -655\text{m}$ 、その標準偏差は長崎丸の場合と同様に 2D3 で最も大きくなり 159m であったが、他は 100m 以内であった。Dep の平均値は 180~237m で、その標準偏差は三次元測位（以下 3D と記す）では長崎丸の場合とほぼ同程度であったが、他は 200m 以上であった。従ってこの場合の最大相対誤差は 650~800m を見込む必要がある。

この海域における両船での測定結果、2D3 や 2 衛

Table 1. The mean values and standard deviations of D. lat, Dep and Distance for each level in the north area of the dividing line while sailing (unit in meter)

Ship's Name	Dimension	Level	No. of Data	D. lat		Dep		Distance	
				Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
N	3D	H	48	-727.2	87.4	293.3	64.7	788.9	100.9
		M	3	-686.7	33.3	320.7	78.6	763.5	60.1
		L							
		Total	51	-724.8	85.7	294.9	65.9	787.4	99.2
	2D3	H	7	-809.1	125.1	276.2	29.8	860.0	125.4
		M							
		L							
		Total	7	-809.1	125.1	276.2	29.8	860.0	125.4
	2D2	H	17	-766.1	71.7	292.5	60.3	825.1	84.2
		M	1						
L									
	Total	18	-772.6	74.7	302.2	70.9	835.0	91.3	
	Total	76	-743.9	92.3	294.9	65.1	805.4	103.6	
K	3D	H	43	-664.9	96.6	234.9	68.0	711.7	104.8
		M	6	-589.2	23.7	258.7	58.1	649.8	15.3
		L	2	-602.8	22.2	207.5	10.2	642.0	24.3
		Total	51	-653.6	93.1	236.7	66.3	701.7	99.3
	2D3	H	34	-596.4	69.7	185.5	205.4	660.0	88.1
		M	10	-660.4	206.9	263.8	185.1	755.3	133.4
		L	7	-528.9	296.8	388.3	272.0	761.1	117.9
		Total	51	-599.7	158.6	228.7	223.5	692.5	112.7
	2D2	H	32	-495.2	50.1	179.0	210.8	566.9	86.4
		M							
L									
	Total	32	-495.2	50.1	179.0	210.8	566.9	86.4	
	Total	134	-595.2	131.0	219.9	178.4	666.0	116.0	

N: Nagasaki-maru; K: Kakuyo-maru; 3D: three-dimensional positioning

2D3: two-dimensional positioning with three satellites

2D2: two-dimensional positioning with two satellites

H: high; M: middle; L: low; SD: standard deviation

星による二次元測位（以下 2D2 と記す）では、かなりの差が見られたものの、3D ではほぼ同程度であった。本システム完成後は 3D のみで測位できるであろう事から、この海域における最大相対誤差は 800~900m と言えよう。

1.1.2. 境界線以南

Table 2 に示した様に、長崎丸での測定では、D. lat の平均値は -755~-930m とやや大きくなり、特に 3D では以北の場合よりも 200m 程大きくなった。

Dep の平均値は 455~495m で、これも以北の値に比べ 150~200m 大きかった。標準偏差は D. lat, Dep とともに 100~170m 程度であったが、2D2 での D. lat のそれは 300m 以上であった。この海域での最大相対誤差は 1000~1300m 程度を見込む必要があり、境界線以北の海域よりやや大きな相対誤差となるが、それでも 0.7 海里程度であった。

鶴洋丸での測定では、D. lat の平均値は境界線以北の場合よりも 200~270m 大きくなった。特に Dep のそれは以北のそれよりも 450~540m 程大きくなり、

Table 2. The mean values and standard deviations of D. lat, Dep and Distance for each level in the south area of the dividing line while sailing (unit in meter)

Ship's Name	Dimension	Level	No. of Data	D. lat		Dep		Distance	
				Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
N	3D	H	98	-934.1	125.8	492.6	109.3	1061.3	143.8
		M	15	-909.0	63.0	520.7	33.0	1049.2	69.4
		L	3	-944.6	56.1	502.2	34.7	1071.9	64.3
		Total	116	-931.1	118.5	496.5	101.7	1060.0	135.0
	2D3	H	48	-770.0	153.9	469.7	76.4	905.0	161.7
		M	5	-748.1	52.8	383.5	129.4	847.9	104.6
		L	3	-553.9	327.2	390.8	52.7	699.2	284.3
		Total	56	-756.5	169.3	457.8	86.6	888.9	173.3
	2D2	H	47	-827.4	276.2	445.2	102.4	948.8	269.8
		M	4	-919.5	548.7	544.0	353.9	1070.1	652.3
		L							
		Total	51	-834.6	307.5	453.0	142.1	958.4	318.6
Total		223	-865.2	203.9	476.8	110.9	993.8	213.5	
K	3D	H	173	-864.4	115.8	690.9	162.9	1114.7	146.5
		M	36	-816.0	109.9	675.1	185.7	1066.7	171.2
		L	8	-741.3	132.5	628.0	177.9	978.7	184.4
		Total	217	-851.8	118.9	686.0	168.0	1101.7	155.3
	2D3	H	86	-864.5	168.4	734.8	226.4	1148.9	212.7
		M	19	-806.1	149.6	777.2	218.4	1133.6	188.3
		L	9	-701.0	237.4	852.7	229.4	1133.5	189.6
		Total	114	-841.8	178.1	751.2	227.8	1145.1	207.2
	2D2	H	79	-775.5	165.6	716.4	169.6	1065.5	181.7
		M	2	-686.2	175.9	929.5	332.5	1201.9	152.5
		L							
		Total	81	-773.3	166.5	721.7	178.5	1068.9	182.3
Total		412	-833.6	150.3	711.0	190.5	1107.3	178.4	

N: Nagasaki-maru; K: Kakuyo-maru; 3D: three-dimensional positioning

2D3: two-dimensional positioning with three satellites

2D2: two-dimensional positioning with two satellites

H: high; M: middle; L: low; SD: standard deviation

東西方向の差が顕著であった。標準偏差は3DのDepと2D2のD. latで以北のそれよりも100m程度大きかったが、その他の場合はほぼ同程度であった。従ってこの場合の最大相対誤差は1250~1350m程度を見込まねばならない。

以上のように、本海域では境界線以北の場合と比べ長崎丸でD. lat, Depともに約200m (1 μ sec), 鶴洋丸ではD. latが約200m (1 μ sec), Depが約450m (2 μ sec) 大きくなった。ロランCの時間差値は次式³⁾によって示される。

$$T = T_s - T_M + \delta + \beta$$

ただし T: 計算時間差値

T_s : 従局から測定点までの伝搬時間

T_M : 主局から測定点までの伝搬時間

δ : コーディングディレイ

β : 伝搬時間で表した基線長

本海域におけるXの位置の線は70°~80°方向で、主に緯度の誤差に関係し、Yの位置の線は160°~170°方向で、経度の誤差に関係する。また、測定時間差の増加により、Xの位置の線は南へ、Yの位置の線

は東へ移動する。従って、D. latの南への誤差と Depの東への誤差が大きくなるのは、本海域では X, Yともに測定時間差が大きくなる場合である。そのためには、従局からの伝搬時間が大きくなるか、主局からの伝搬時間が小さくなる必要がある。境界線以南で D. latの南への誤差が増大する主な原因は、Xの陸上伝搬距離が増加するためと考えられる。また、Depの東への誤差の増大については、Y局と主局からの電波はいずれもほぼ海上伝搬のみであり、距離の近いY局からの伝搬時間が大きくなったためとは考えられない。測定点までの距離は主局からが730~780海里なのに対し、Y局からは約320海里から40海里まで徐々に近くなっている。従って、断定はできないが、LF帯電波の伝搬に影響を与える大気屈折率が、温度、湿度、大気圧等の気象条件により変化し、その値が洋上と陸岸近くでは異なる事などの理由で、海上伝搬速度が、位置の線算出に使用される値(299.6929m/ μ sec)よりも速くなり、海上伝搬距離が長い主局からの伝搬時間が小さくなったため、測定時間差値が大きくなったのではないかと考えられる。

また、本海域においては長崎丸は陸岸に沿って航走し、鶴洋丸はその西方約40~50海里沖を航走した。D. latの平均値は3Dおよび2D2で鶴洋丸の方が小さく、2D3では長崎丸の方が小さくなったが、その差は100m未満であり、標準偏差はほぼ同程度であった。しかし、Depの平均値は各次元とも鶴洋丸の方が200~300m大きくなり、標準偏差は長崎丸で100m前後であるのに対し、鶴洋丸では200m前後と大きくなった。この理由としては、沖合いを航走した鶴洋丸の方がM局からの海上伝搬距離が長い事により計算上の伝搬時間よりも伝搬時間の減少が大きくなる事、長崎丸は沿岸を航走したため、その際、屋久島や奄美大島など東側(M局側)に位置する島々を越えて伝搬するM局電波に遅れが生じている事によるものと考えられる。

1.2. 錨泊中の測定

長崎丸は測定中2回錨泊した。Fig. 1に示した様に、この時の錨泊地点であるPoint ①と②はいずれも境界線以北であるがPoint ②は①より南東へ約35海里離れていた。Table 3に示した様に、両点のD. latの平均値はほぼ同程度であったが、DepのそれはPoint ②の方が20~90m大きくなった。しかし、D. latの標準偏差はPoint ②の方が約2倍大きくなった

のに対し、Depのそれはほぼ同じであった。全体的にはPoint ②の方が偏位量、標準偏差ともにやや大きくなった。その理由としては、両地点から主従局までの距離はほとんど同じであるが、Point ②では主局電波の陸上伝搬距離がやや短いこと、さらにY局電波の伝搬経路上に甑島が存在することによるものと考えられる。

これらの値を境界線以北の両船の航走中のものと比べると、Point ①の平均値は長崎丸の場合より小さく、鶴洋丸の場合より大きいが標準偏差は両船のいずれのものより小さい。Point ②の値は両船のものとはほぼ同程度である。各海域における相対誤差を次元別にFig. 2に示したが、同図に示した様に、境界線以北における航走中と錨泊中の相対誤差の差は小さい。従って、この海域で相対誤差を検討する場合には錨泊中と航走中を区別する必要はないと考えられる。

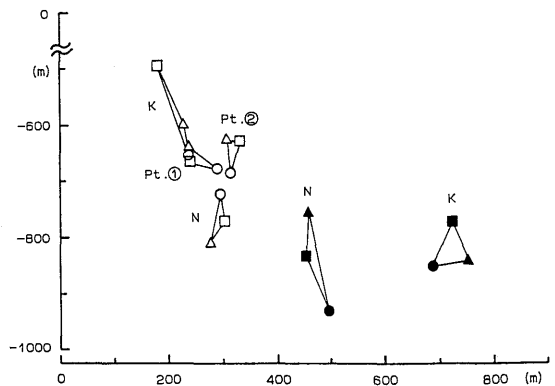


Fig. 2. The relative error between position fixes obtained by GPS and Loran C.

- North area of the dividing line:
 - open circle: three-dimensional positioning
 - open triangle: two-dimensional positioning with three satellites
 - open square: two-dimensional positioning with two satellites
- South area of the dividing line:
 - solid circle: three-dimensional positioning
 - solid triangle: two-dimensional positioning with three satellites
 - solid square: two-dimensional positioning with two satellites
- K: Kakuyo-maru ; N: Nagasaki-maru
- Point ①: 32° 20.0'N, 129°30.0'E
- Point ②: 31° 51.8'N, 129°53.8'E

Table 3. The mean values and standard deviations of D. lat, Dep and Distance for each level at two points (unit in meter)

Position	Dimension	Level	No. of Data	D. lat		Dep		Distance	
				Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Point ①	3D	H	121	-675.8	41.5	289.4	44.0	740.5	48.6
		M	13	-698.2	18.0	307.0	41.4	767.8	27.2
		L							
		Total	134	-678.0	40.4	291.1	44.0	743.1	47.6
	2D3	H	103	-648.0	42.0	244.0	37.8	698.2	45.8
		M	19	-605.9	23.0	218.9	39.0	650.4	26.6
		L	4	-545.4	49.6	213.9	38.6	593.1	32.3
		Total	126	-638.4	45.9	239.2	39.3	687.6	49.4
	2D2	H	41	-660.7	46.1	245.4	64.0	712.0	56.2
		M	7	-696.3	77.7	283.4	52.4	758.0	79.9
		L	4	-681.5	84.8	108.3	93.5	702.7	94.3
		Total	52	-667.1	56.6	240.0	76.7	717.5	65.5
Total		312	-660.2	49.2	261.6	55.6	716.4	57.6	
Point ②	3D	H	99	-686.6	93.9	313.9	58.7	757.8	106.3
		M	12	-672.0	67.6	312.2	46.3	744.0	74.2
		L	2	-776.0	42.6	343.7	26.0	851.1	49.3
		Total	113	-686.6	91.7	314.2	57.2	758.0	103.5
	2D3	H	75	-631.7	66.4	306.4	43.9	705.0	70.7
		M	7	-595.8	69.2	306.0	64.9	672.2	89.5
		L	2	-529.7	7.4	312.2	0.8	615.8	6.1
		Total	84	-626.3	68.3	306.5	45.5	700.1	73.4
	2D2	H	23	-627.8	86.2	325.3	54.9	710.0	93.3
		M	5	-655.6	163.9	355.1	51.5	747.6	169.2
		L	1						
		Total	29	-629.2	104.9	331.0	54.6	713.7	110.9
Total		226	-656.8	90.8	313.5	53.3	730.8	98.5	

3D: three-dimensional positioning; 2D3: two-dimensional positioning with three satellites

2D2: two-dimensional positioning with two satellites

H: high; M: middle; L: low; SD: standard deviation

Point ①: 32° 20.0'N, 129° 30.0'E; Point ②: 31° 51.8'N, 129° 53.9'E

2. ロランCの誤差

2.1. 補正值

相対誤差の値に定点におけるGPSの平均偏位量を補正することにより, ロランCそのものの誤差について検討した。補正值としては長崎丸が寄港した那覇港での測定値と既報⁴⁾の長崎大学における測定結果のうち, 平均値および標準偏差が最も安定している3DのHレベルの値(以下3D-Hと記す。他の場合についても同様に記す)を使用する事とした。両地における3Dの測定結果をTable 4に示した。両地の

D. latの平均値はいずれも10m以内であり, Depのそれは30~40mでほぼ同程度であるがわずかながら差があったので, 境界線以北は長崎の値により, 以南は那覇の値によって補正した。航走中の補正結果をTable 5に, 錨泊中のそれをTable 6に示した。なお, 3D-Hのデータが得られない場合には2D3-Hについて検討するため, その値も示したが, データ数10個未満のものについては省略した。また一般にロランCでは, 夜間には雑音の増加によるS/N比の低下などで, 測位精度が劣化するとされている⁵⁾。従っ

Table 4. The mean values and standard deviations of D. lat, Dep and Distance at Naha and Nagasaki (unit in meter)

Observation Position	Dimension	Level	No. of Data	D. lat		Dep		Distance	
				Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Naha	3D	H	255	3.3	17.7	30.0	9.9	30.2	20.3
		M	18	24.1	45.7	39.7	7.1	46.4	46.3
		L	6	14.4	5.2	46.4	7.3	48.6	9.0
		Total	279	4.9	21.0	31.0	10.2	31.4	23.4
Nagasaki	3D	H	1924	8.6	15.1	40.9	13.9	41.8	20.5
		M	309	7.6	25.7	41.1	17.4	41.8	31.0
		L	20	24.1	31.6	45.5	18.9	51.5	36.8
		Total	2253	8.6	17.2	40.9	14.5	41.8	22.5

H: high; M: middle; L: low; SD: standard deviation
3D: three-dimensional positioning

Table 5. The mean values and standard deviations of D. lat, Dep and Distance for each level while sailing (unit in meter)

Area	Day (D) or Night (N)	Dimension	No. of Data	D. lat		Dep		Distance	
				Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
①	D	3D	48	-718.6	87.4	334.2	64.7	790.0	100.9
	D	2D3	7						
②	D	3D	23	-610.4	69.5	226.7	33.6	653.8	66.4
	D	2D3	32	-578.3	59.9	217.3	208.3	651.1	80.4
	N	3D	20	-709.1	96.6	332.3	51.7	780.8	99.5
	N	2D3	2						
③	D	3D	32	-990.7	86.1	560.1	36.9	1130.0	90.9
	D	2D3	2						
	N	3D	66	-899.3	131.1	505.9	126.9	1028.7	152.8
	N	2D3	46	-756.5	151.0	500.2	78.0	897.8	160.4
④	D	3D	37	-895.9	80.5	795.4	54.9	1183.5	62.7
	D	2D3	60	-908.7	183.5	771.2	135.3	1180.4	203.6
	N	3D	137	-846.8	125.7	707.8	188.7	1099.7	160.9
	N	2D3	28	-773.0	113.9	789.9	373.3	1123.0	264.3

3D: three-dimensional positioning; 2D3: two-dimensional positioning with three satellites
SD: standard deviation

①: north area of the dividing line (observation on the Nagasaki-maru)

②: north area of the dividing line (observation on the Kakuyo-maru)

③: south area of the dividing line (observation on the Nagasaki-maru)

④: south area of the dividing line (observation on the Kakuyo-maru)

て、本報でもロランCの誤差を昼夜別に検討した。なお日出1時間後から日没1時間前までを昼間として、出没過渡期は夜間に含めた。

2.2. 航走中の測定

Table 5に示した様に、長崎丸では境界線以北の

測定結果は昼間のみで、その誤差は南に720m、東に330m程度で標準偏差は約100mであった。鶴洋丸では、平均値はD. lat, Depともに夜間が100m程度大きく、また標準偏差も同様の傾向で20~30m大きくなったが、この夜間の値は長崎丸の昼間のものと同程度であり、ロランCの最大位置誤差は700~900m

Table 6. The mean values and standard deviations of D. lat, Dep and Distance for each level at two points (unit in meter)

Observation position	Day (D) or Night (N)	Dimension	No. of Data	D. lat		Dep		Distance	
				Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Point	D	3D	19	-635.0	13.2	291.1	14.6	696.8	14.3
	D	2D3	49	-630.8	38.1	290.4	35.0	693.0	44.0
①	N	3D	102	-673.3	42.2	337.6	43.8	750.0	48.1
	N	2D3	54	-647.2	43.7	279.8	39.4	705.3	46.7
Point	D	3D	0						
	D	2D3	42	-600.7	53.7	354.2	31.3	688.5	58.3
②	N	3D	91	-678.4	93.0	354.1	55.1	759.1	104.0
	N	2D3	33	-651.6	69.9	338.4	54.6	728.9	78.4

3D: three-dimensional positioning; 2D3: two-dimensional positioning with three satellites

SD: standard deviation

Point ①: 32° 20.0'N, 129° 30.0'E (observation on the Nagasaki-maru)

Point ②: 31° 51.8'N, 129° 53.9'E (observation on the Nagasaki-maru)

を見込めば良いと考えられる。

境界線以南では、長崎丸が40~50海里東側を航走したが、長崎丸での平均値は夜間の方が、D. latで約90m、Depで約55m小さかった。また西側を航走した鶴洋丸では、平均値は昼夜で数10mの差があり、いずれも夜間の方が減少する傾向が見られたが、標準偏差は夜間の方が大きくなり、ことにDepの標準偏差は昼間の3倍程度になった。標準偏差が夜間に増大する一因は、X局電波の伝搬距離は境界線以北では890~950海里、以南では950~1200海里で、そのうちの400海里前後が陸上伝搬でもあることから、X局電波が夜間には、地表波ながらやや不安定になることによるものと考えられる。しかしながら、最大位置誤差はSSE~SE方向へ1200~1400mであり昼夜の差はほとんどなかった。

2.3. 錨泊中の測定

Table 6に示した様に、錨泊中のデータは全て境界線以北のものであった。しかもPoint ②では昼間に3Dのデータが得られず、両地点とも2D3のDepの平均値だけは夜間の方が小さかったものの、その他はいずれも夜間が大きくなった。標準偏差はすべての場合で、夜間の方が増大しているものの、その差は40m未満にすぎず、Pointの位置が異なることによって生じる誤差の変化量と同程度であった。従って最大位置誤差は700~900mを見込めばよく、ここでも航走中との差は認められなかった。

以上のようにロランCそのものの誤差は境界線以

北では、夜間の方がやや大きくなる傾向が見られたが、境界線以南では、標準偏差については夜間が大きくなるものの、最大位置誤差はほぼ同程度であった。

従って、今回の測定だけでは断定はできないが、昼間と夜間の差はそれほど顕著なものではなく、ほぼ同程度とみなすこともできよう。しかし、ロランCでは海域毎に異なる陸上伝搬距離や地形の影響、測定時期の違い、気象条件等、予測の極めて困難な要素によりその測位精度が異なる為、今後も機会ある毎に測定を重ね評価を続ける必要がある。

ま と め

長崎~沖縄間において、GPSとロランCの同時測定を行い、GPS位置を基準としてロランC位置の相対誤差を求め、さらに長崎、那覇におけるGPSの定点測定の結果より、GPS位置の補正を行ってロランC自体の誤差を求めた。

その結果、相対誤差を最大位置誤差で示せば、M局と佐多岬とを結ぶ線を境にして、それ以北では、M局とX局の電波の陸上伝搬による遅れが相殺されるため1000m未満となり、以南では、M局からほぼ海上伝搬のみのため1000~1350mとやや大きくなった。長崎丸における航走中と錨泊中の測定では、錨泊中の方がやや小さくなったが、その値は鶴洋丸の航走中における測定結果と同程度であり、航走中と錨泊中の差はそれほど大きくないと言える。

ロランCそのものの最大位置誤差は、境界線以北では700~900mであったが、以南の方が大きくなり、1200~1400mであった。この場合の昼間と夜間の差は、以北における鶴洋丸での測定で150m程夜間の方が大きくなったが、その他の航走中ではほぼ同程度であり、錨泊中における差も夜間の方が20~80m大きくなったにすぎない。従って、洋上において通常求めるロランCの位置については、昼夜の差はそれほど問題にする必要はないものと考えられる。なお、相対誤差の値に比べ、GPS自体の測位誤差は極めて小さいので、相対誤差をそのままロランCの測位誤差とみなしてもよいと考えられる。

本研究に際し、測定に御協力頂いた長崎丸船長 矢田殖朗教授および鶴洋丸船長 秋重祐章助教授をはじめ両船の乗組員各位に深甚の謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) 合田政次 他2名(1990) : GPSとロランCの陸上定点における相対誤差, 本誌, 68, 53-60.
- 2) 合田政次 他2名(1990) : 五島灘におけるGPSとロランC 9970チェーンの相対誤差, 日本航海学会誌 航海, 106, 1-8.
- 3) 濱田悦之 他2名(1980) : ロランCの陸上伝搬速度による補正とその効果について, 日本航海学会論文集, 63, 71-75.
- 4) 合田政次 他2名(1991) : GPSの測位精度-VII, 陸上定点における測定(2), 本誌, 69, 43-48.
- 5) 田口一夫(1987) : ロランCとデッカ電波の伝搬-II, 日本航海学会誌 航海, 93, 93-100.