

韓國 東南沿岸에서의 로란 C 한국체인의 測位精度에 關한 研究

신 형 일* · 정 세 모** · 김 진 건* · 박 주 삼*

A Study on the Accuracy of the Loran-C Fix of Korean Chain in Korean Southeast Coast

Hyeong-Il, Shin · Se-Mo, Chung** · Jin-Kun, Kim* · Ju-Sam, Park**

<목 차>	
Abstract	시간차의 일변화와 측위정도
1. 서 론	3.2 동남연안에서의 로란 C 시간차의 수신특성
2. 실험 장치 및 방법	3.3 동남연안에서의 로란 C 시간차의 측위정도
2.1 실험장치	3.4 GPS위치와 로란 C 위치와의 비교
2.2 송신국의 배치와 관측지점	4. 결 론
2.3 실험방법	참고문헌
3. 결과 및 고찰	
3.1 부산의 고정점에서의 로란 C	

Abstract

The accuracy for determining fishing ground and for setting fishing gear location, and the repeatability of ship position vary depending on fishing methods. Especially, Loran-C has been served to give fisherman highly accurate ship's position, and a number of fishing vessel are equipped with it's receivers.

In this paper, in order to evaluate the accuracy of Loran-C fix of Korean chain in Korean southeast coast, the authors examined and analyzed the data of the receiver of Loran-C(LC 90, Furuno) and GPS(AccNav SportTM, Eagle) measured automatically and continuously for 2 seconds at interval of 5minutes during 2hours from 11th to 21st, July, 1996 at six observed points, that is, Pusan, Wolnae, Pangojin, Ch ǒngja, Kampo and Kuryongpo in Korean southeast coast.

As the result obtained, Loran-C signals showed little fluctuation with good reproductibility. Good

* 부경대학교 수산과학대학
** 한국해양대학교 해사대학

stability of Loran-C signals was indicated by the small value of the standard deviation 0.064~0.094 μ s.

Although determination of the observed position could not be completely accurate, the extent of the error was estimated smaller than 0.35 nautical mile.

1. 서론

1942년 9월부터 실용화에 들어가게 된 로란항법 시스템은 개발 초기에는 군사상의 목적으로 그 위력을 발휘하게 되었으나 제2차 세계대전 후 민간에게도 공개되어 상선이나 어선의 안전을 기하는데 일조를 하여 왔다. 그 후 이용 범위도 상당히 넓어져 세계 주요 해역에서는 대부분 이용할 수 있도록 되었으며, 로란 수신기도 많이 개량되어 자동 로란 수신기까지 개발되었다. 특히, 우리나라 원양어업의 전성기를 이루었던 1960년대와 1970년대에 대형기선망어업, 소형연승어업 및 선망어업 등 어장의 위치와 선위의 정도를 요하는 어업에서는 로란항법 시스템이 없이는 어획 효과를 얻을 수 없다고하여 로란 어업이라 할 만큼 그 중요성이 높았다¹⁾.

우리나라에서는 1979년 12월 미국이 군사상의 목적으로 설치한 동아시아체인(GRI 5970)을 주로 이용하여 왔으나 위성항법의 발달로 미국이 미국 본토 및 연안에 있는 로란 C 시스템을 제외한 해외의 모든 로란 C 시스템의 송신국을 폐쇄한다는 계획을 세움에 따라 1989년 12월 포항과 광주 송신국을 한·미간 공동으로 운용하여 왔다.

또한, 1990년 9월 한국, 일본, 중국 및 러시아는 극동해역에서의 로란 C의 이용 범위를 확대하기 위하여 극동 로란 C 기술회의(FELT : Far East Loran-C Technical meeting)을 개최하게 되었다. 이를 계기로 3차례의 FELT회의와 1992년 9월부터 시작된 극동 전파 항법 시스템(FERNS : Fareast Radio Navigation System)회의를 4차례 개최한 결과 동아시아 체인(GRI 5970)에 러시아 체인(GRI 7950)의 X중국과 북서태평양 체인(GRI 8930)의 Y중국을 연합하여 한국 체인(GRI 9930)으로 변경하고, 1995년 7월부터 연말까지 실험 운용을 하였으며, 1996년 1월 1일부터 정식으로 운

용을 개시하게 되었다.

GPS의 출현으로 로란 C의 이용도가 다소 떨어진 것은 사실이지만 아직 수많은 어선들이 장비하여 사용하고 있으므로, 새로이 구성된 로란 C 한국 체인의 우리 나라 연안에서의 측위정도에 관한 연구는 시급히 이루어져야 함에도 아직 이에 대한 연구가 되어 있지 않다.

본 논문은 한국 동남 연안에서의 로란 C 한국 체인에 대한 측위 정도를 파악하기 위하여 1996년 7월 11일부터 21일 사이에 구룡포, 감포, 정자, 방어진, 월래, 부산 등 동남 연안 6개소의 해도상에서 명확히 확인할 수 있는 저명 고정점에서 로란 C 수신기(LC-90, Furuno)와 GPS수신기(AccNav SportTM, Eagle)로써 측위실험을 행하여 한국 체인의 관측지점별 시간차 변화와 편위오차를 분석하고, GPS위치와 로란 C 위치와의 상대오차를 비교하여 그 측위정도를 검토, 분석하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1. 실험 장치

로란-C 한국 체인(GRI 9930)의 측위 정도를 분석하기 위하여 이용한 로란-C 수신기(LC-90, Furuno)와 GPS 수신기(AccNav SportTM, Eagle)의 제원은 Table 1과 같고, 실험 장치의 계통도는 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에서 로란-C 수신기는 한국 체인으로 새롭게 변환된 위치 정보를 수신할 수 있도록 수신기의 중앙처리장치 중에서 ROM IC를 교체하였고, 2.5 Vdc인 로란-C 수신기의 출력 전압을 컴퓨터의 입력 전압인 5 Vdc로 승압하여 수신된 위치 정보를 연속적으로 컴퓨터에 자동 입력할 수 있도록 RS-232C 드라이버를 제작하였으며, 고정점에서 위치 정보를 매 2초 간격으로 컴퓨터에 수록하였다. 또한, 로란-C 수신기에 의해 수신된

위치 정보와 GPS 수신기에 의해 수신된 위치 정보와의 관계를 비교, 분석하기 위하여 GPS 수신기는 로란-C 수신기의 설치 장소와 동일한 장소에 설치하였으며, GPS 수신기에 의한 위치 정보는 NCD-1 아답터 케이블을 통해서 동일한 컴퓨터에 수록되도록 구성하였다.

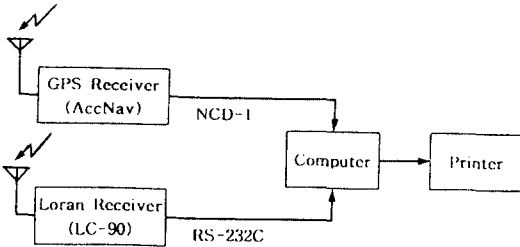


Fig. 1. Block diagram of the measuring system

Table 1. Specifications for GPS and Loran-C receiver

Receivers	Items	Specifications
GPS	Species	AccuNav Sport™
	Channels	Five Parallel (Four continuous for position)
	Update rate	One to five seconds-User adjustable
	Position	25 m CEP
	Velocity	0.25 m/sec RMS
	Input voltage	6-35 vdc
	Loran	Species
Frequency		100 kHz
Receiver		1 μV/m
Sensitivity		
Tracking Capacity		Master + 5 Secondaries (Max.)
Tracking Speed		80 Knots nominal
Input voltage		10-42 vdc

2.2. 송신국의 배치와 관측 지점

한국 체인의 주국과 각 종국의 체원은 Table 2와 같고, 송신국의 배치도는 Fig. 2와 같으며, 관측 점과 각 송신국 간의 대원거리는 Table 3과 같다.

Table 2. Specifications of the transmitting stations in Korean chain

Transmitting stations	Code	Emission delay(μs)	Coding delay(μs)	Power (kW)	Position (WGS-84)
Pohang	M			150	36° 11' 05.450"N 129° 27' 27.440"E
Kwangju	W	11946.97	11000	50	35° 02' 23.996"N 126° 32' 27.295"E
Gesashi	X	25565.52	22000	600	26° 36' 25.038"N 128° 08' 56.920"E
Niijima	Y	40085.64	37000	1000	34° 24' 11.943"N 139° 16' 19.473"E
Ussuriisk	Z	54162.44	51000	700	44° 31' 59.702"N 131° 38' 23.403"E

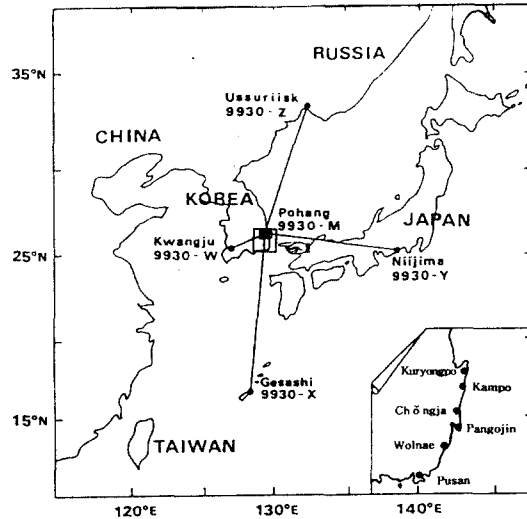


Fig. 2. Location of the observed point and configuration of Loran-C (Korean chain) stations.

Table 3. Distances from each transmitting stations to the observed points

Observed points	Latitude	Longitude	Distances from each station(km)			
			M	W	X	Y
Pusan	35° 07' 55.20"N	129° 06' 21.74"E	118.44	233.92	949.87	933.97
Wolnae	35° 19' 32.63"N	129° 16' 58.60"E	95.47	251.75	972.68	918.70
Pangjjin	35° 28' 43.87"N	129° 25' 37.23"E	78.72	267.10	991.14	906.87
Chjngja	35° 36' 56.37"N	129° 27' 09.80"E	63.96	272.33	1006.49	905.92
Kampo	35° 48' 01.69"N	129° 30' 25.57"E	45.21	282.28	1027.47	903.31
Kuryongpo	35° 59' 17.03"N	129° 33' 37.00"E	29.44	293.38	1048.74	901.35

2.3. 실험방법

로란-C 한국체인의 수신 신호의 안정성과 재현성을 파악하기 위하여 1996년 7월 11일~14일 사이에 부경대학교 항해학실험실의 고정점(35° 07' 55.20" N, 129° 06' 21.74" E)에서 연속 3일간 주·중국의 시간차를 5분 간격으로 측정하였으며, 그 때의 측위정도는 5분 간격으로 2초 동안 노트북 컴퓨터에 입력 저장시켜 분석하였다.

동남 연안의 지역별 수신 신호의 특성과 측위정도를 비교 분석하기 위해, 고정관측점은 구룡포, 감포, 청자, 방어진, 월내 그리고 부산 등 6개소를 택하였으며, 고정관측점의 선정은 수준표가 있는 곳에서는 수준표의 위에 안테나를 설치하여 측정하였고, 수준표가 없는 곳에서는 해도상에 표시된 정확한 실제위치를 확인하여 측정하였다.

측정은 1996년 7월 18일~21일 사이에 1관측점에서 2시간동안 행하였으며, 로란 C 측정 위치의 정도를 검토하기 위해 같은 시간에 GPS(AccNav Sport™, Eagle)수신기로서 함께 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 부산에서의 로란 C 시간차의 일변화와 측위정도

1996년 7월 11일~14일 사이에 부경대학교 항해학 실험실에서 로란 C 수신기(LC-90, Furuno)로 한국 체인의 M-W組局과 M-Y組局의 시간차

의 일변화와 측정 당시의 위도 및 경도의 일변화를 측정 분석한 결과는 각각 Fig. 3과 Fig. 4와 같다.

측정 당시에는 중부지방에 장마 전선이 걸쳐있어 7월 11일 18시부터 12일 09시까지의 우천으로 수신상태가 불량하였으며, 12일은 맑고 양호하였으나 13일 02시부터 07시까지 천둥과 번개가 잦고 소나기가 계속되었고, 그 이후 14일 12시까지는 흐렸으나 기상은 양호한 편이었다.

Fig. 3(a)에서 M-W조국은 연속 3일간 모두 주간(09:00~17:00)과 자정 전후 2시간은 12333.38 μ s를 중심으로 큰 변동이 없었으나, 일몰 1시간 전에서 일몰 6시간 후 사이와 일출로부터 3시간까지는 평균 0.69 μ s의 시간차 지연현상이 일어났다. 이러한 원인은 측정시기가 장마철 말기여서 大氣의 굴절율의 변화와 降雨로 大地의 임피던스가 변한 때문이라 생각된다.

Fig. 3(b)에서 M-Y조국은 측정 첫날인 7월 11일 12시와 18시 사이와 12일과 13일은 42807.50 μ s를 중심으로 거의 변동하지 않았으나 11일 18시부터 12일 12시까지는 약 10 μ s의 시간차 지연현상을 나타내었다. 이와 같은 원인은 Y중국이 일본 니지마에 있어 장마전선의 영향을 적게 받았기 때문이라 생각되고, 11일의 10 μ s시간차 지연 현상은 관측지점인 부산의 기상상태가 강우로 로란 C전파의 傳播特性이 불안정하였기 때문이라 생각된다.

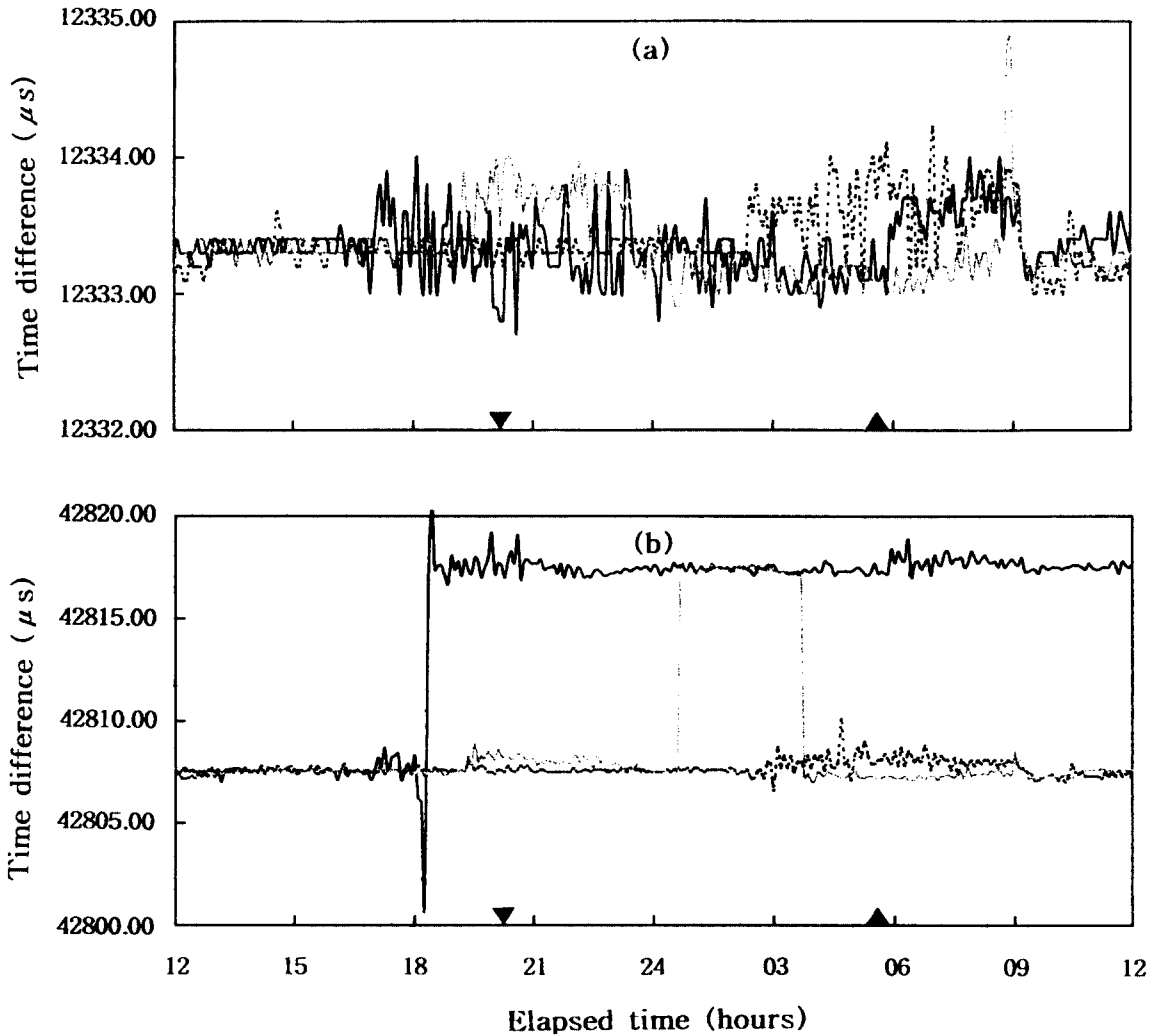


Fig. 3. Daily variation for the time difference of M-W pair(a) and M-X(b) at July 11th~14th, 1996, in pusan

— : July 11th, noon~12th, noon : July 12th, noon~13th, noon ▼ : sun set ▲ : sun rise
 ▨ : July 13th, noon~14th, noon

따라서, 실험한 관측점에서는 기상상태가 양호할 경우 M-W조국의 시간차는 평균12333.38 μ s, M-Y조국은 평균 42807.50 μ s임을 알 수 있었다.

Fig. 4는 7월 11일에서 14일까지 3일간 자동 연속 기록한 위도와 경도의 측위오차의 일변화를 각

각 나타낸 것이며, 여기서 로란 C 기준위치(35° 07' 55.20" N, 129° 06' 21.744" E)와 관측 위치와 측위 오차 방향은 편위 방향이 E와 N방향일 때는 정(+)방향으로 하였고, W와 S방향일 때는 부(-)방향으로 하였다.

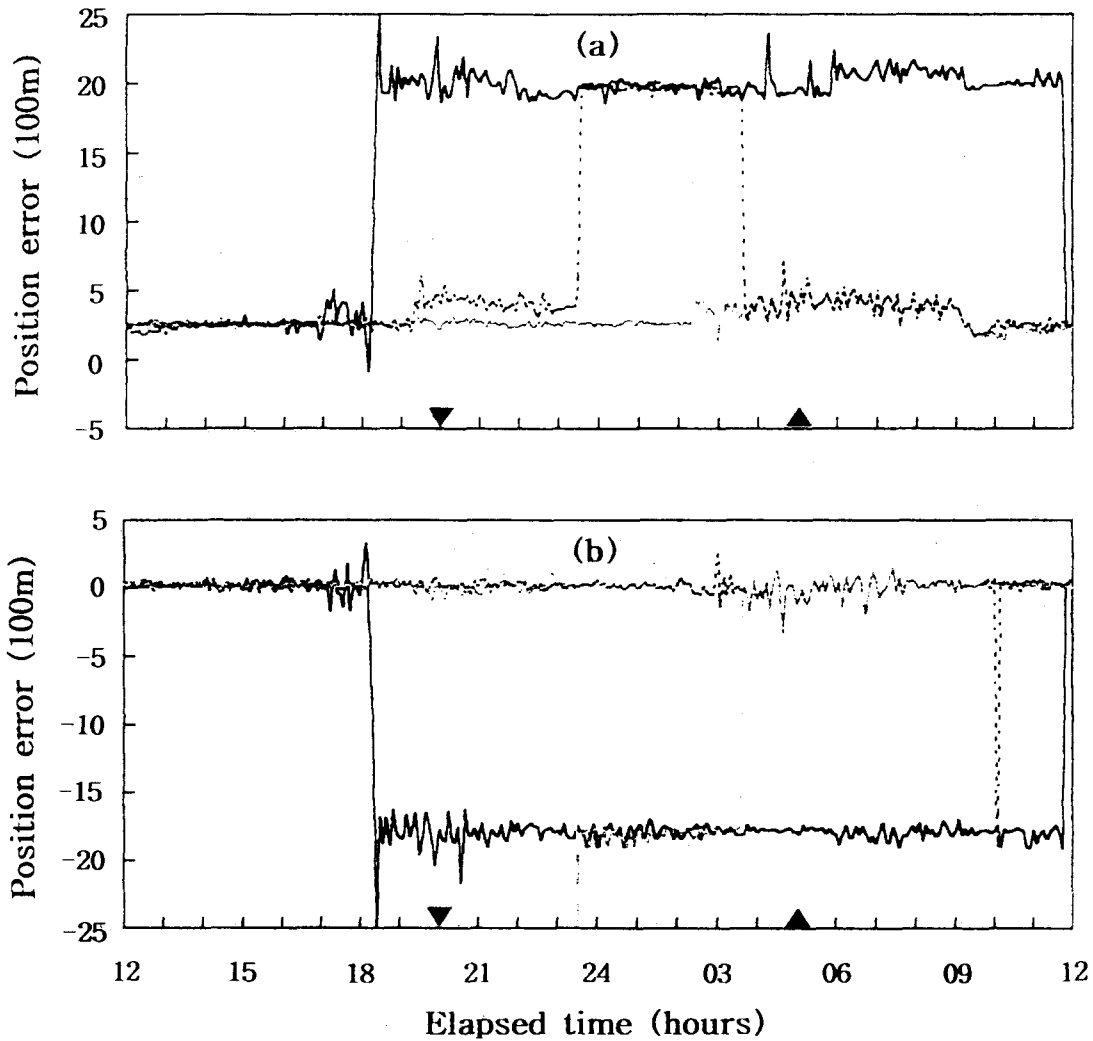


Fig. 4. Fluctuation of position error for the latitude(a) and longitude(b) by the elapsed time at July 11th~14th, 1996, in Pusan

— : July 11th, noon~12th, noon : July 12th, noon~13th, noon ▼ : sun set ▲ : sun rise
 ▨ : July 13th, noon~14th, noon

Fig. 4(a)에서 위도 방향의 편위오차는 측정 첫 날인 7월 11일 12시에서 18시 사이와, 12일에서 13일 11시 30분까지는 평균 227.3m 북쪽으로 편위하는 경향을 보였으나, 11일 18시부터 12일 12시까지 는 약 2000m 크게 북편하는 경향을 나타내었다.

이와 같은 현상은 주·중국의 배치관계로 M-Y조국의 시간차의 쌍곡선이 남북으로 변화된 때문이라 생각된다.

Fig. 4(b)에서 경도 방향의 편위오차는 Fig. 3(a)의 M-W조국의 시간차의 쌍곡선의 영향을 주로

받고 있으며, 측정기간 중 기상 상태의 영향을 받는 경우는 1792.1m 서쪽으로 편위하는 경향을 나타내었으나 평균적으로는 26.7m 동편하였으며, 위도 방향보다는 편위오차가 아주 작았다.

따라서, 부산에서의 측위정도는 위도 방향으로 는 평균 227.3m 북편하고, 경도 방향으로는 평균 26.7m 동편함을 알 수 있었다.

3.2. 동남 연안에서의 로란 C 시간차의 수신특성

1996년 7월 18일~21일 사이에 부산에서 구룡포 까지가동하면서 Table 3에서 나타낸 관측점에서 2 시간 동안, 5분 간격으로 M-W조국과 M-Y조국의 시간차를 측정하여 경과시간에 따른 시간차의 수신특성을 나타낸 것은 Fig. 5와 같고, 그 때의 관측 지점별 평균치와 표준편차는 Table 4와 같다.

Fig. 5에서 M-W조국, M-Y조국 모두 주국이 포함에 가까울수록 시간차가 커졌으며, Fig. 5(a)에서 M-W 조국은 부산, 감포, 방어진에서는 시간차의 변동폭이 0.1 μ s였고, 월내, 정자, 구룡포에서는 0.2 μ s로 변동폭이 다소 컸다. 이러한 원인은 관측 시간대와 관측지점과 송신국의 배치관계 때문이라 생각된다.

또한, Fig. 5(b)에서 M-Y조국은 부산, 감포, 방어진에서는 시간차의 변동폭이 0.1 μ s였고, 정자에서는 0.2 μ s, 월내와 구룡포에서는 0.4 μ s였다. 특히

구룡포에서는 M-Y조국은 수신되지 않았고 M-Z 조국이 수신되었다. 그 원인은 M-W조국에서와 같이 관측시간대와 관측지점과 송신국의 배치관계 때문이라 생각된다.

Table 4에서 M-W조국의 시간차의 표준편차는 0.054~0.094 μ s로 아주 안정성이 높았고, M-Y조국은 표준편차가 0으로 안정되어 있음을 알 수 있다.

따라서, 한국 동남 연안에서의 로란 C 한국 제인의 시간차는 관측시간대와 관측지점과 송신국과의 배치 관계에 따라 다소 다르며, M-W조국은 시간차의 변동폭이 0.054~0.094 μ s, M-Y조국에서의 거의 0 μ s에 가까워 아주 안정된 신호를 수신할 수 있음을 알 수 있었다.

3.3. 동남 연안에서의 로란 C의 측위정도

1996년 7월 18일~21일 사이에 부산에서 구룡포 까지 이동하면서 Table 3의 관측점에서 2시간동안 5분 간격으로 측정한 측정위치와 관측점의 기준위 치와의 편위를 계산하여 기준 위치를 중심으로하여 각 관측점의 측정위치 분포와 95% 확률원을 나타낸 결과는 Fig. 6과 같다.

Fig. 6에서 측정위치는 기준 위치로부터 거의 북 쪽으로 편위되었으며, 기준위치로부터의 편위거리는 부산, 월내, 방어진, 정자, 감포가 각각 251.7m, 582.5m, 707.6m, 795.3m, 853.2m를 나타내어 주국

Table 4. The mean values and standard deviations of the time difference in μ sec at each station

Station	Date		M-W pair		M-Y pair	
	Day	Time	Mean	RMS	Mean	RMS
Pusan	July 18	13:00-14:55	12333.35	0.054	42807.56	0.000
Wolnae	July 19	17:30-19:25	12471.27	0.087	42835.86	0.000
Pangojin	July 20	10:55-12:50	12578.82	0.068	42852.76	0.000
Chongja	July 20	14:55-16:50	12646.22	0.082	42898.54	0.000
Kampo	July 20	18:50-20:45	12742.05	0.029	42953.05	0.065
Kuryongpo	July 21	11:45-13:40	16071.87	0.094	70171.40*	0.000*

* M-Z pair

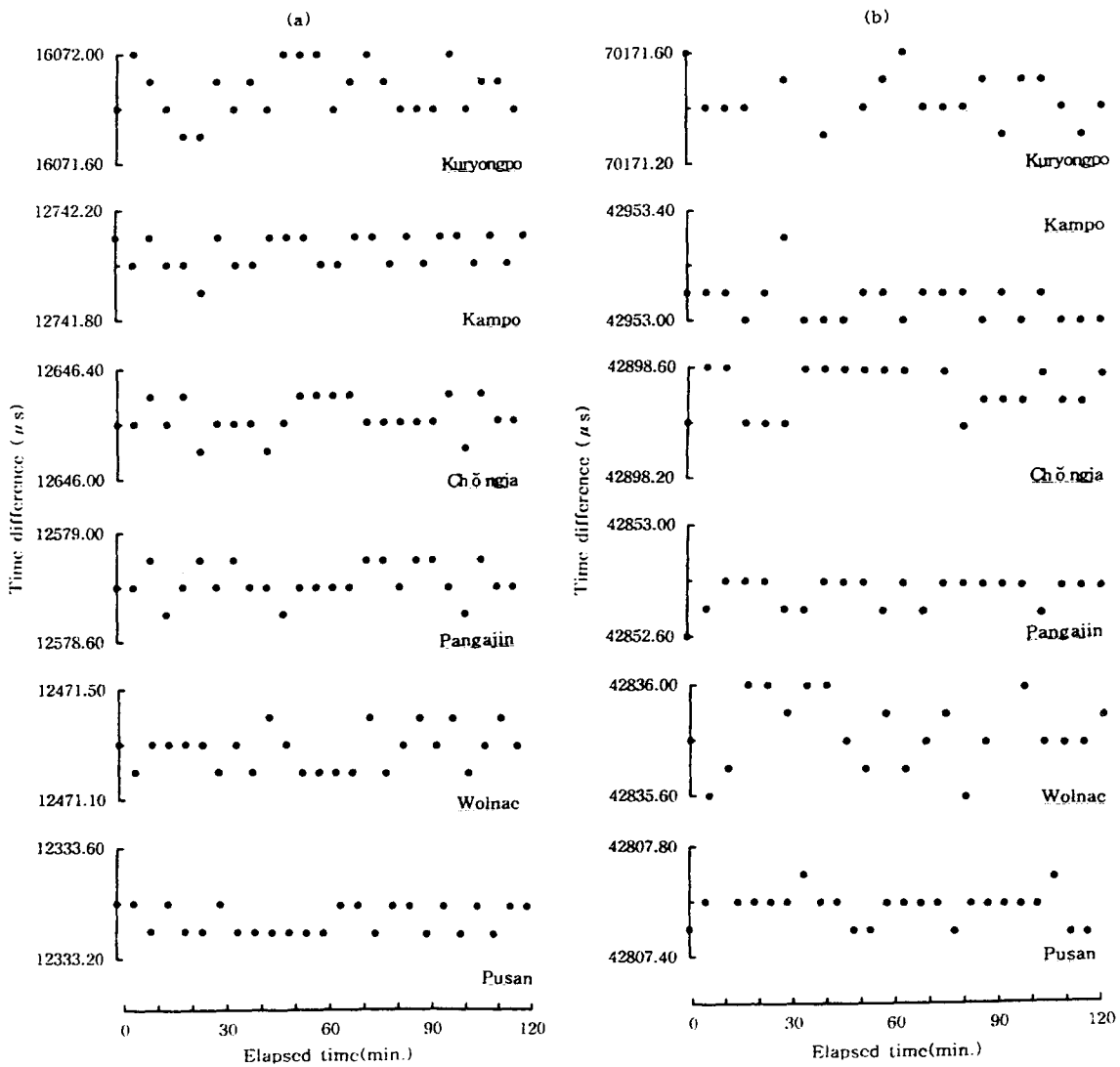


Fig. 5. Fluctuation of time difference of M-W pair(a) and M-X pair(b) by the elapsed time at July 18th~21st, 1996, in each observed points

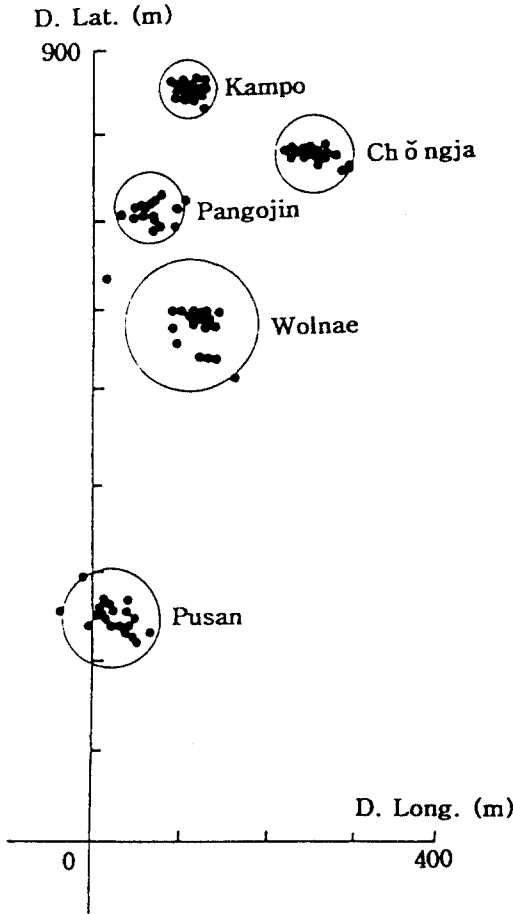


Fig. 6. Distribution of Loran-C fix and 95% probability circle at each observed points

인 포항에 가까울수록 편위거리가 커짐을 알 수 있었다. 또한 확률원 반경은 각각 54.7m, 73.4m, 38.8m, 43.4m, 29.8m를 나타내어 Table 3에서와 같이 주간중에 관측한 부산, 방어진, 정자 등에서의와 완전 야간인 감포에서는 비교적 안정된 신호를 수신할 수 있었으며, 확률원 반경이 작았고, 월내는 일몰과도기에 관측하여 신호 변동폭이 큰 때문이라 생각된다.

따라서, 동남 연안에서의 로란 C 위치는 주국으로부터 멀어질수록 편위거리가 작고, 일몰과도기보다 주간이나 야간이 95% 확률원 반경이 작아 안정된 위치를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

3.4. GPS 위치와 로란 C 위치와의 비교

1996년 7월 18일~21일 사이에 부산에서 구룡포까지 이동하면서 Table 3의 관측점에서 2시간동안, 5분간격으로 GPS로서 측정한 측정위치 및 로란 C로 측정한 측정위치를 기준위치를 중심으로 함께 나타낸 결과는 Fig. 7과 같다.

Fig. 7에서 GPS의 측정위치 분포는 방어진을 제외한 관측점에서는 기준위치를 중심으로 분포하고 있는 반면 로란 C에서는 주국에 가까운 관측점일수록 편위오차가 큰 현상을 나타내고 있다. 또한, Fig. 7에 나타낸 측정 위치의 기준위치로부터의 편위거리 및 95% 확률원 반경을 검토한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Position error of the GPS and Loran-C fix from standard position and then 95% probability circle

Station	GPS		Loran-C	
	PE	95% PC	PE	95% PC
Pusan	16.0	43.4	251.7	54.7
Wolnae	46.6	89.0	582.5	73.4
Pangojin	185.8	80.0	707.6	38.8
Chongja	55.8	219.4	795.3	43.4
Kampo	27.6	99.7	853.2	29.8
Kuryongpo	21.5	105.0	641.3	68.5

* PE : Position error(m), 95% PC : Probability circle(m)

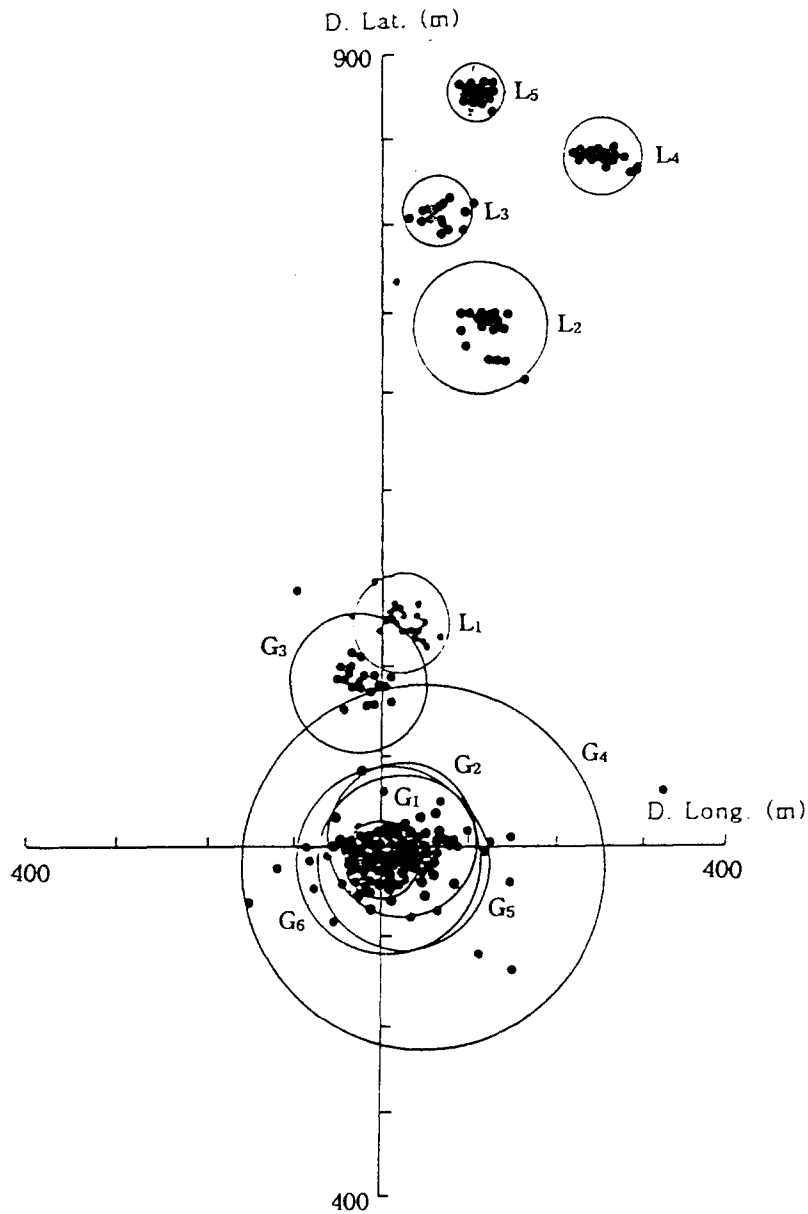


Fig. 7. Comparison between GPS fix and Loran-C fix of Korean chain in accuracy of position at each observed points

L₁, G₁ : Pusan, L₂, G₂ : Wolnae, L₃, G₃ : Pangojin

L₄, G₄ : Ch ǒ ngja, L₅, G₅ : kampo , G₆ : Kuryongpo

Table 5에서 GPS의 평균 측위오차와 평균 95% 확률원 반경은 각각 59.5m, 106.1m였고, 로란 C는 각각 638.6m, 51.4m로 GPS의 측위정도가 더욱 높은 것으로 나타났으나 고정점에서의 위치의 안정도는 로란 C가 더욱 높은 것으로 나타났다.

4. 결 론

한국 동남 연안에서의 로란 C 한국 체인(GRI 9930)에 대한 측위 정도를 파악하기 위하여 1996년 7월 11일부터 21일 사이에 구룡포, 감포, 방어진, 월내, 부산 등 동남 연안 6개소에서 해도상 명확히 확인할 수 있는 저명한 고정점에서 로란 C수신기(LC-90 Furuno)와 GPS수신기(AccNav SportTM, Eagle)로써 측위 실험을 행하여 한국 체인의 관측 지점별 시간차 변화와 편위오차를 분석하고, GPS 위치와 로란 C위치와의 상대오차를 비교하여 그 측정 정도를 검토, 분석한 결과는 다음과 같다.

(1) 부산의 관측점에서는 기상 상태가 양호한 경우 M-W조국과 M-Y조국의 시간차는 각각 평균 12333.38 μ s, 42807.50 μ s를 나타내었으며, 측위 정도는, 위도 방향으로서는 평균 227.3m, 경도 방향으로서는 평균 26.7m 편동함을 알 수 있었다.

(2) 한국 동남 연안에서의 로란 C위치는 주국으로부터 멀어질수록 편위거리가 적고 일몰과도기보다 주간이나 야간이 95% 확률원 반경이 작아 더욱 안정된 위치를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

(3) 한국 동남 연안에서의 로란 C 한국 체인의 시간차는 관측 시간대와 관측 지점과 송신국과의 배치 관계에 따라 다소 다르며, M-W조국은 시간차 변동폭이 0.054~0.094 μ s, M-Y조국에서서는 거의 0 μ s에 가까워 비교적 안정된 신호를 수신할 수 있음을 알 수 있었다.

(4) GPS의 평균 측위 오차와 평균 95% 확률원 반경은 각각 58.9m, 106.1m였고, 로란 C는 각각 638.6m, 51.4m로 GPS의 측위 정도가 더욱 높은 것으로 나타났으나, 고정점에서의 위치의 안정도는 로란 C가 더욱 높은 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 加藤増夫・算原喜代美・田島順次, “漁船におけるロラン受信機の理論と實際”, 月刊水産科學 第6卷 第5號, pp. 55-68(1964).
2. 合田政次・申根重勝・日高昇, “ロランCシステムの評價-I(日本海南西部の海上定點における測定結果について)”, 長崎大學 水産學部研究報告 第52號, pp. 51-61(1982).
3. 吉村浩・中根重勝・合田政次, “ロランCシステムの評價-II(南西太平洋における標泊中の相對精度について)”, 長崎大學 水産學部研究報告 第53號, pp. 19-25(1982).
4. 合田政次・中根重勝・吉村浩, “ロランCシステムの評價-III(日本海沿岸海域における9970チェーンの航走中の精度)”, 長崎大學 水産學部研究報告 第53號, pp. 27-32(1982).
5. Saburo Yanagawa, et al, “Accuracy and repeatability of ship position in fishing grounds, Transaction of the Tokyo University of Fisheries”, No. 4, pp. 21-30(1981).
6. 김광홍・신형일・장충식, “제주지역에서의 Loran-C위치의 정도, 한국어업기술학회지”, 21권 2호, pp. 123-130(1985).
7. 이원우・신형일, “추측항법과 Loran-C항법을 결합한 Hybrid항법의 정도”, 한국어업기술학회지, 20권 2호, pp. 105-111(1984).
8. Nishi, T., K. Taguchi and k. Miyazaki, “Seasonal variation of ECD of Loran C over sea”, Jour. Japan Ins. Nav. vol. 91, pp. 177-184(1994).
9. Kuno, T., M. Goda and S. Nakane, “Relative error between GPS and Loran C 9970 Chain in Western area of the North Pacific Ocean”, Jour. Jap. Nav., No. 121, pp. 31-35(1994).
10. Goda, M., T. Kuno and S. Nakane, “Relative error between GPS and Loran C at a fixed station on the land”, Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., No. 68, pp. 53-60(1990).