

釜山-濟州航路上에서 Loran C 位置精度

金珉奭 · 辛亨鎔 · 金基允 · 金三坤

釜山水產大學校

(1990년 4월 14일 접수)

Accuracy of the Loran C Fix on the Route between Pusan and Cheju

Min Seok KIM, Hyeong Il SHIN, Ki Yun KIM and Sam Gon KIM

National Fisheries University of Pusan

(Received April 14, 1990)

A number of studies for the improvement of the accuracy of the Loran C fix were carried out previously.

But most studies were performed when a ship was at anchorage, or in port. To investigate the accuracy of the Loran C fix when a ship was underway and in port, a series of observation was made on the route between Pusan and Cheju from Oct. 1988 to Oct. 1989.

The obtained results are summarized as follows :

1. There is little difference in the accuracy of the Loran C fix by daytime and night, and the higher the mountain nearby ship, the greater the error of ship's position.
2. When a ship is at anchorage and underway, the mean value of the error of ship's position is 0.188, 0.452 miles respectively, and the accuracy of ship's position is almost not affected by course while underway.
3. In order to promote the accuracy of the fixed position, a navigator must correct the propagation velocity and the geodetic system simultaneously, but in this paper the authors find that a most accurate position can be obtained by converting the geodetic system only.

緒 論

최근 전자공학의 급속한 발전은 航海裝備에도 많은 변화를 가져 왔으며 Loran C의 경우 수신기의 크기와 가격도 과거에는 대형, 高價이었던 것이 지금은 더욱 값이 싸고 소형이면서도 完全 自動化되어 조작이 쉽고 수신점의 경위도를 디지털 방식으로 구할 수 있어서 별도의 Loran C chart나 Loran table이 없어도 선위를 쉽게 구할 수 있고 Radar에 의한 위치측정이 불가능한 지역에서 Radar 대신으로 사용할 수 있을 정도로 그 測位精度가 매우 높아져서 소형어선에까지도

많이 장비해 가고 있는 실정이다.

그러나 Loran C 방법은 大氣의 屈折率, 對地 電導率, 誘電率, 透磁率 등에 따라서 電波의 經路長이 다르므로 電波의 傳播速度가 변화하여 측정위치에 오차를 가져 오게 된다^{1~5)}.

다른 방법과 마찬가지로 Loran C 방법에서도 이들 誤差를 개선하기 위한 많은 연구들이 이루어져 왔으나 대부분은 선박이 碇泊中일 때의 것이며^{6~8)}, 固定點에서 長期間 連續觀測에 의한 位置精度와 실제로 선박이 航海中일 때의 Loran C 位置精度에 관한 연구는 찾아보기 힘들다.

따라서 本 論文에서는 부산-제주간을 항해하는

선박의 航海者들에게 固定點 및 航海中일 때의 Loran C 位置精度에 관한 자료를 제공하기 위해 부산404호를 이용하여 1988년 10월부터 1989년 10월까지 실습선이 부산, 장승포, 여수, 완도, 제주도항에 정박중일 때와 부산-제주간을 항해하면서 관측한 자료를 가지고 固定點 및 航海中일 때의 位置精度를 분석·검토하였다.

資料 및 方法

1. 受信裝置 및 受信點의 位置

位置測定에 사용된 Loran C 受信機는 부산수산대학교 실습선 부산 404호에 설치된 Shin-A LC-86의 自動 Loran C 受信機로써 시간차와 경위도를 digital로 표시하여 주는 全自動受信機 이었다.

固定點에서의 受信點은 선박이 陸岸에 繫留중일때 축척 1/10,000인 항박도에서 구하였고, 이들과 Radar 위치와를 비교한 결과 그 距離誤差는 0.03mile 이하였으므로 航行中일때의 位置精度를 분석하는 기준으로써 Radar 위치를 사용하였으며, Radar 위치는 3물표의 수평거리에 의해 결정하였고 이때 선정된 물표와의 거리는 10마일 이내의 것을 이용하였다.

2. 資料 및 觀測方法

관측에 이용된 Loran 送信局의 配置圖는 Fig. 1과 같으며, 固定點에서 位置精度 분석을 위해 1988년 10월부터 1989년 10월까지 실습선이 부산, 장승포, 여수, 완도, 제주도에서 안벽에 계류중일때 9970 chain의 M-X, M-Y 組局을 이용하였고, 航行中일때의 位置精度 분석을 위해 실습선이 부산-제주간의 항로를 항해하면서 선박의 침로가 SW, NE행일때 9970 chain의 M-X, M-Y 組局을 이용하여 관측하였다.

측정결과 얻은 자료는 Table 1과 같다.

한편, 다음 식을 이용하여 位置精度의 분석을 위한 計算機 simulation을 하였다.

관측점(ϕ_1, λ_1)과 송신국(ϕ_2, λ_2)에 있어서 2 지점의 거리d는 다음 식으로 표현한다.

$$d = aX - A_0P - B_0Q \quad (1)$$

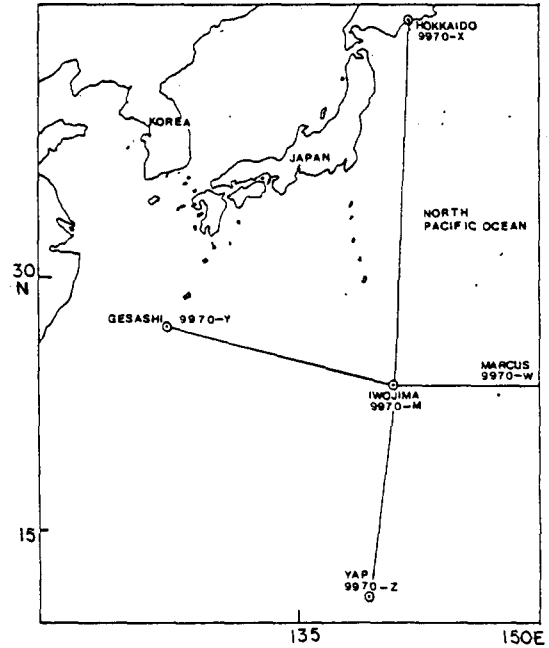


Fig. 1. Configuration of Loran C stations(9970 chain).

Table 1. The number of data at each position and in course

Position & Course	9970 chain
Pusan	130
Jangseungpo	22
Yeosu	19
Wando	24
Chejudo	31
NE	43
SW	36

$$\text{단, } \beta : \tan^{-1}(\tan \phi \cdot b/a)$$

$$\chi : \cos^{-1}\{\sin \beta_1 \sin \beta_2 + \cos \beta_1 \cos \beta_2 (\lambda_1 - \lambda_2)\}$$

$$A_0, B_0 : (\sin \beta_1 \pm \sin \beta_2)^2$$

$$P_1 Q : (a-b)(x \pm \sin \chi) / \{4(1 \pm \cos \chi)\}$$

$$a, b : \text{지구의 長半徑 및 短半徑}$$

일반적으로 電波의 傳播速度는 電波의 大氣의 屈折率을 진공중의 傳播速度로 나눈값으로 정하며, 大氣의 屈折率 ηr 는

$$\eta r = \left\{ \frac{103.49}{T} (P-e) + \frac{86.26}{T} \right\} \quad (2)$$

$$(1 + \frac{5748}{T})e / 10^6 - 1$$

단, T : 大氣溫度($^{\circ}K$)
 P : 大氣壓(mb)
 e : 水蒸氣壓(mb)

이다.⁸⁾

또한, Loran C에 사용하는 WGS-72 測地系를 우리나라 해도에서 사용하는 Bessel 測地系로 변환하는 식은 다음과 같다.¹¹⁾

$$\begin{aligned} X_e &= (D + \eta) \cos \varphi, \cos \lambda \\ Y_e &= (D + \eta) \cos \varphi, \sin \lambda \\ Z_e &= \{D(1 - e^2) + \eta\} \sin \varphi \end{aligned} \quad (3)$$

단, e : 離心率

D : 어느지점에 있어서 橢圓體 法線의 Z 軸까지의 길이

η : 안테나의 높이

結果 및 考察

1. 固定點에서의 長期間 觀測에 의한 位置精度

Fig. 2는 실습선이 부산항 안벽에 繫留中일 때 9970chain에 의해 관측된 자료로써 매시간마다 평균위치를 구하여 그 위치와 眞位置와의 距離誤差를 變緯, 變經으로 나타낸 것이다.

Fig. 2에서 變緯의 평균오차는 102m, 變經의 편경오차는 213m로서 經度方向으로 많이 편위되는 경향을 보였다.

한편, 晝夜間別로 位置의 精度를 고찰하기 위하여 평균 日出沒時刻를 구하고 그 사이의 시간을 晝夜間으로 구분하여 眞位置로 부터의 偏位距離와 方位를 Table 2에 나타내었다.

Table 2에서 眞位置로 부터의 偏位距離는 日

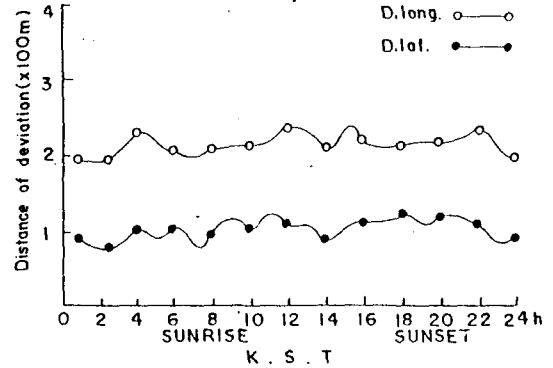


Fig. 2. Daily variation of D. lat. and D. long. from the true position.

出, 晝間, 日沒, 夜間의 경우 각각 0.116, 0.130, 0.132, 0.125 마일로서 位置의 精度는 日出, 夜間, 晝間, 日沒의 順으로 높았으나 精度가 가장 높은 日出과 精度가 가장 낮은 日沒과의 차이는 0.016마일로 차이가 거의 없었으며 偏位方位도 $290^{\circ} \sim 296^{\circ}$ 로 거의 같은 방향에 있었다.

이와 같이 晝夜間別 位置의 精度에 차이가 없는 것은 新型自動 Loran C의 受信機에서는 地表波만을 대상으로 하여 位置測定에 이용하고 있기 때문이라 생각된다.

따라서 固定點에서 長期間 연속관측해 본 결과 Loran C의 位置精度는 晝夜間別 차이가 없음을 알 수 있었다.

2. 地域別 位置의 精度

地域別 位置의 精度를 분석하기 위해 실습선이 부산, 장승포, 여수, 완도, 제주港의 陸岸에 繫留中일 때 각각 관측한 자료에 의해 地域別로 眞位置와 平均位置와의 偏位距離 및 68%誤差圓의 반경등을 나타낸 것이 Fig. 3이다.

관측한 자료 중 부산의 경우는 24시간 연속적

Table 2. The mean position, RMS, Variation of bearing with distance from the true position and probable radius, according to the daily variation

Time Zone	Mean position		RMS		Variation		Probable radius
	Lat	Long	D. lat	D. long	Bearing	Distance	
Sunrise	35° 07' .373	129° 03' .341	0.062	0.084	290°	0.116	0.104
Daytime	35° 07' .383	129° 03' .331	0.071	0.095	292°	0.130	0.118
Sunset	35° 37' .393	129° 03' .331	0.068	0.075	296°	0.132	0.101
Night	35° 07' .383	129° 03' .335	0.059	0.092	293°	0.125	0.108

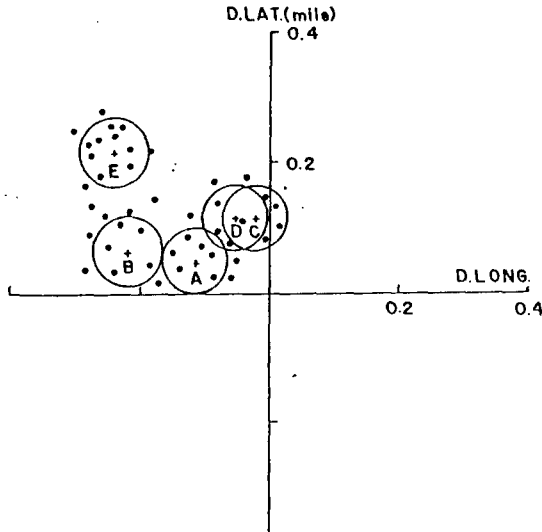


Fig. 3. Distribution of the ship's position by district while at anchorage.
 A : Pusan B : Jangseungpo
 C : Yeosu D : Wando
 E : Cheju

으로 장기간 관측된 자료를, 부산 이외의 지역에서는 주로 1800~2400시경 사이에 관측된 자료에 의했다.

부산이외의 지역에서도 엄격하게는 부산에서와 같이 24시간 연속관측된 자료에 의해야하나, 實習船 運航의 特性上 그렇게 관측하기는 대단히 어려우며, 또 Fig.2와 Table 2의 결과로 미루어 볼때 Loran C의 경우 晝夜間別 位置精度의 차이가 거의 없으므로 하루중 일부의 시간에 관측된 자료만으로도 24시간 連續觀測된 자료와 결과는 같으리라 생각된다.

Fig.3에서 眞位置로 부터 偏位距離는 부산, 장승포, 여수, 완도, 제주의 경우 각각 0.125, 0.238, 0.121, 0.127, 0.330 마일로서 이들의 平均은 0.188마일 이었고 誤差圓의 크기는 각각 0.107, 0.112, 0.106, 0.110, 0.119마일로 平均은 0.110마일 이었다. 偏位距離가 가장큰 제주와 가장 작은 여수와의 차이는 0.109마일로서 지역에 따라서 偏位距離에 차이가 있었다.

이와 같이 제주도의 경우 誤差가 크게 나타난 것은 電波가 높은 한라산을 통과하여 傳播되기 때문이라 생각된다.

한편 位置의 分布는 대부분 그 中心方位가

286°~349° 사이에 치우치고 있었는데 이것은 X, Y 縱局이 主局보다도 북·서쪽으로 치우쳐 있기 때문이라 생각된다. 따라서 受信點 부근에 높은 산이 있을 경우 偏位距離의 誤差가 크게 나타나며, 位置의 分布는 주로 서쪽에서 북서쪽 사이에 치우쳐 있음을 알 수 있었다.

3. 針路가 NE, SW일 경우의 位置精度

Fig.4는 선박이 실제로 부산-제주간 항로를 航

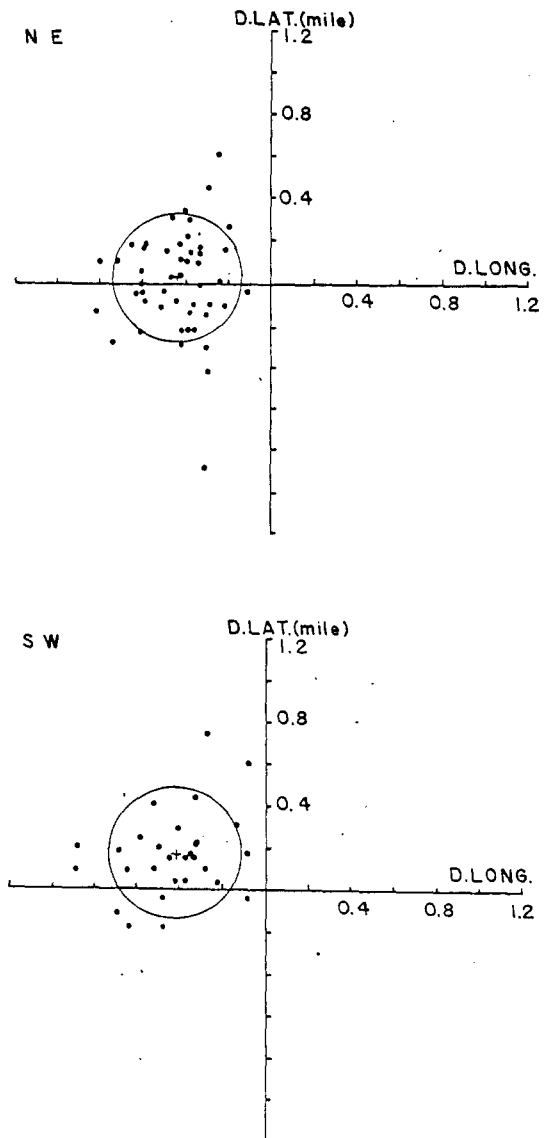


Fig. 4. Distribution of the ship's position by course while underway.

釜山 - 濟州航路上에서 Loran C 位置精度

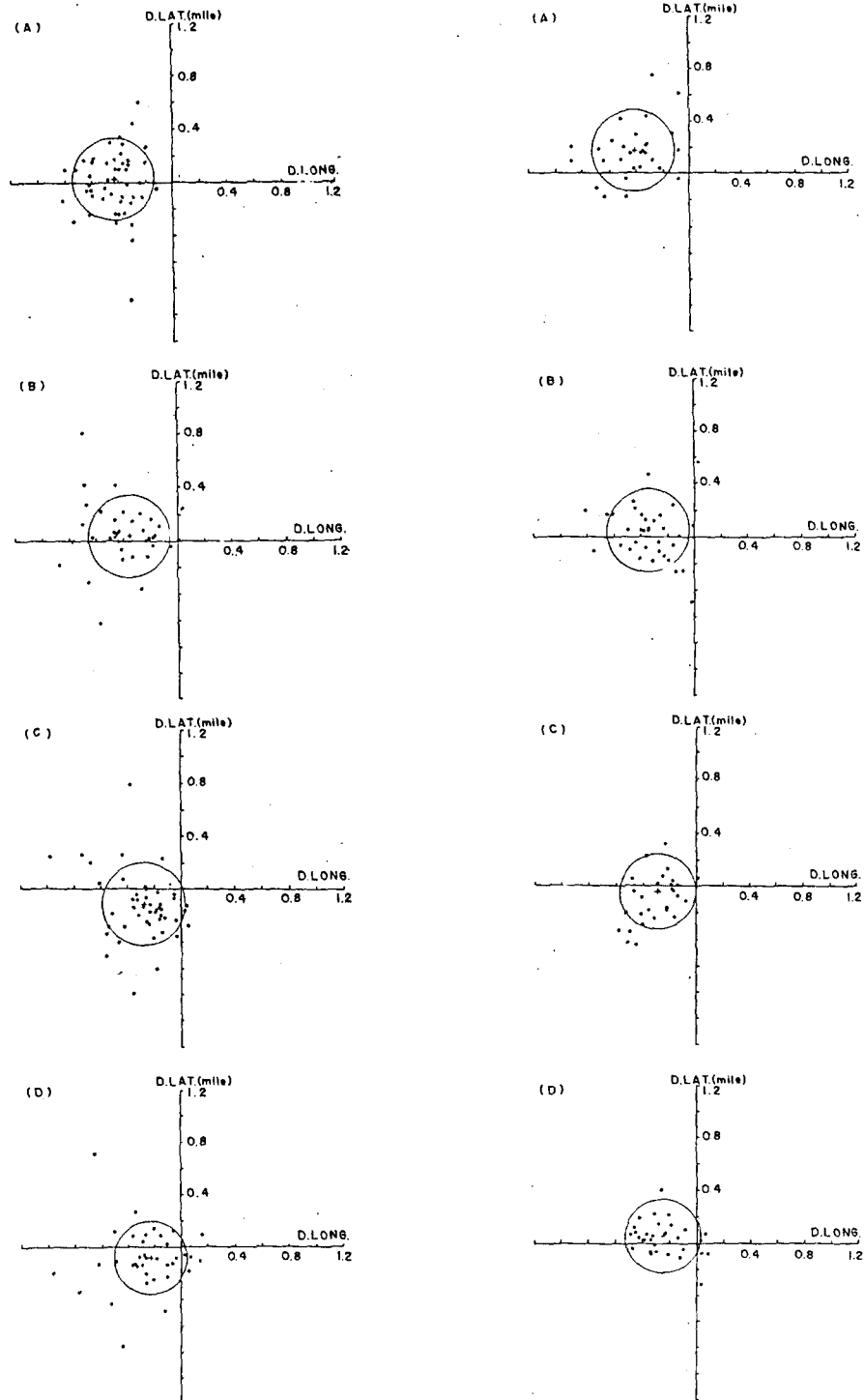


Fig. 5. Accuracy by NE(left) and SW(right), course, according to the correction of the geodetic system and propagation velocity.

- (A) : WFS-72, $V=299,691.2\text{km/sec}$, Incorrection of geodetic system
- (B) : WGS-72, Velocity correction by refractive index, Incorrection of geodetic system
- (C) : WGS-72, $V=299.2\text{km/sec}$, Correction of geodetic system
- (D) : Bessel, Velocity correction by refractive index, Correction of geodetic system.

行中 일때 선박의 針路가 NE, SW일 경우의 眞位置로 부터의 偏位距離와 68% 誤差圓의 반경등을 나타낸 것이다.

Fig. 4에서 선박의 針路가 NE, SW 일때 眞位置로 부터 偏位距離는 각각 0.444, 0.461마일로서 차이가 거의 없었고, 68%誤差圓의 크기도 각각 0.290, 0.303 마일로 차이가 없었으나 偏位方位의 中心點은 針路가 NE일 경우는 273°로서 거의 正西方向이었으나 SW일 경우는 293°로서 北西方向으로 치우쳤다.

따라서 부산~제주간을 항해하면서 Loran C로 위치를 측정할 경우 位置의 精度는 船舶의 針路에 따른 영향을 받지 않으나 偏位方位의 中心點은 針路가 SW일 경우가 NE일 경우 보다도 더 북쪽으로 치우침을 알 수 있었다.

4. 傳播速度 및 測地系變換에 의한 偏位誤差의 修正

Fig. 5는 부산~제주간을 항해하면서 針路가 NE, SW일때 觀測한 자료를 가지고 (1)~(3)식으로 구한 計算位置와 觀測位置와의 差를 針路別로 68%誤差圓에 나타낸 것이다.

Fig. 5에서 (A)는 어떠한 補正도 하지 않은 것. (B)는 速度補正을 한 것. (C)는 測地系變換을 한 것. (D)는 速度補正과 測地系變換을 한 것이다. (A), (B), (C), (D)에서 針路가 NE일 때 偏位距離는 각각 0.444, 0.365, 0.287, 0.249마일 이었고, 針路가 SW일 때는 각각 0.461, 0.378, 0.297, 0.261마일로서 針路가 NE, SW일 때 速度補正을 할 경우 각각 0.157, 0.164마일 測地系變換을 할 경우 각각 0.157, 0.164마일 速度補正과 測地系變換을 같이 할 경우 0.195, 0.198마일의 誤差를 줄일 수 있었으나 測地系變換만을 할 경우와 速度補正과 測地系變換을 같이 했을 경우 줄일 수 있는 偏位誤差는 針路가 NE, SW일 때 각각 0.038, 0.034마일에 불과했다.

따라서 航行中에 Loran C로 위치를 觀測할 경우 速度補正과 測地系變換을 동시에 하는 것은 너무 번잡하므로 測地系變換만 하여 주어도 位置의 精度를 높일 수 있었다.

要 約

부산-제주간 航路上에서 停泊中일 때와 航行中

일 때 Loran C 位置를 觀測하여 時間帶別, 地域別, 針路別 位置의 精度와 偏位誤差를 修正하여 분석·검토한 결과는 다음과 같다.

1. 晝夜間別 位置의 精度는 큰 차이가 없었고, 受信點주위에 높은 산이 있을 경우 偏位距離의 誤差가 더욱 커졌다.

2. 停泊中과 航行中에 偏位距離의 平均値는 각각 0.188, 0.452마일 이었고, 針路의 變化에 따른 測位誤差의 變動은 거의 없었다.

3. 位置精度를 높이기 위해서는 速度補正과 測地系變換을 동시에 하여야 하지만, 測地系變換만으로도 精度가 높은 位置를 구할 수 있었다.

參考文獻

- 1) 田口一夫(1976) : 最新航法システム. 海文堂, 45~63.
- 2) 電波航法研究會(1977) : 雙曲線航法. 海文堂, 54~71.
- 3) 木村小一(1975) : 船舶電子航法ノート(8). 船の科學 94~98.
- 4) _____(1975) : 船舶電子航法ノート(9). 船の科學 80~85.
- 5) _____(1982) : 船舶電子航法ノート(62). 船の科學 80~85.
- 6) Lee, W.W. and H.I Shin(1984) : Accuracy of hybrid nawigation system conwbing dead reckoning and Loran-C. Bull. Korean Fish. Tech. Soc. 20(2), 105~111.
- 7) An, J.Y(1984) : On the improvement of position fix by Loran C to compte with mirolomputer. Bull. Korean Fish. Soc. 20(2), 112~122.
- 8) 김광홍·신형일·장충식(1985) : 제주지역에서의 Loran C 위치정도. 어업기술 21(2), 123~130.
- 9) 木村小一(1976) : 船舶電子航法ノート(3). 船の科學 29(12), 93~97.
- 10) Toshio Furuya(1971) : Omega receiving data and data processor. Electronic Nawigation review, 68~76.
- 11) 檢美辛雄(1977) : 回轉橢圓體上の位置表ホにつしれて. 日本航海學會誌 54, 1~5.