

船舶用 Radar의 誤差測定과 船位の 精度에 關한 研究

辛 亨 鎔

序 言

電子機器의 發達과 더불어 天象이나 海象 때문에 實測으로 船位를 測定할 수 없는 경우 電波의 特性을 利用하여 自船의 船位를 決定짓게 하는 電波航海計器들이 많이 發明되었다.

특히 第二次大戰中 軍事上의 目的으로 發達한 超短波 및 極超短波를 使用한 電波計器로서 航空 航海 標定 警戒用으로 使用되었고 戰後는 通商 交通等 平和의인 目的으로 使用되도록 되어 航空 航海計器로서 普及發達하여 航海上의 補助裝置로서 넓게 利用되어 夜間, 霧, 雨等으로 視界가 制限된 狀態에서, 人間の 視力에는 미치지 못하겠지만 船의 動向과 周圍의 狀況을 距離의으로나 方向의으로 直感할 수 있게 考案된 Radar는 거의 正確性을 지녔다고 할지라도 計器 그 自体만으로서는 도저히 解消할 수 없는 固有의 原因들 때문에 誤差가 생긴다. 이들 誤差들도 機器의 올바른 操作으로 거의 完璧하게 除去될 수 있으나 觀測上의 誤差等은 除去되지 않으며 이들 誤差를 勘案하지 않고 Radar로서 船位를 測定한 경우 船位에 誤差를 發生하게 함으로 船位의 不正確으로 因한 海上事故를 有發하게 하는 일은 종종 일어난다.

이런 觀點에서 本 論考는 Radar의 誤差와 誤差로 因한 船位の 精度를 研究한 것이다. 調査中 誤差測定의 海象狀態는 標準大氣狀態下에서 比較的 平穩한 海況일 때의 停泊中 또는 航海中이었을 때였고 Radar의 作動狀態는 가장 好條件인 狀態에서 測定하였으며 Radar 使用者의 操作의 잘못으로 因한 誤差나 電波固有의 誤差로 因한 僞像等으로 因한 誤差는 除外하였다.

海上狀態의 不條理와 乘船難易 등으로 여러 種類에 對한 것을 측정하지 못한 點을 遺憾으로 생각하며 本 研究는 文敎部學術研究助成費에 依하여 實施하였으므로 文敎當局에 感謝드리며 調査中 協力하여 주신 濟洋號, 五大山號 船長께 感謝를 드립니다.

資 料 및 方 法

實驗에 使用된 Radar는 Table 1의 規格을 가진 汽船 濟洋號(☎105¹⁹)에 裝備된 FR-151F型과 汽船 五大山號(☎1126⁵⁹)에 裝備된 MLC-168型이다.

Table 1. Dimention of Radar.

| Ship's Name | Je Yang Ho | O Dae San Ho |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Manufactory | Furuno Electric CO. LTD | Kyortsu Dempa CO. LTD |
| Type | FR-151F | MLC-168 |
| Frequency | 9275±30 MC | 9375±30 MHZ |
| Diameter of scope(inch) | 10 | 12 |
| Instruction Type | PPI | PPI |
| Range Scale(M) | 0.5 1.5 4 12 40 | 1 2.5 5 10 25 50 120 |
| Fix Marker | 1/4 1/4 1 3 8 | 1/4 1/2 1 2 5 10 20 |
| Distance Resolution | 20m | |
| Angular Resolution | less then 2 | |
| Length of scanner(Ft) | 6.1 | 8 |
| r. p. m of Scanner | 20 | 12 |
| Beam Width(H.V) | 1.8°, 2.5° | 1.6°, 1.8° |
| Peak Output(Kw) | 10 | 60 |
| Pulse Width(us) | 0.08, 0.6 | 0.08, 1.0 |
| Side Lobe | less than 24db | 25db or less |
| PRF | 40MC | 1000 PPS, 500PPS |
| Input | DC 100V, 10A | DC 100V, 10A |
| Output | AC 100V, 60HZ | AC 100V, 60HZ |

FR-151F型 Radar는 1973年 10月 21日~11月 7日 濟州港 停泊中과 濟州道 北, 西, 南 沿岸 航海 및 東支那海航海와 1973年 11月 12日~11月 15日 濟州 北西沿岸 航海中일 때 測定하였고 MLC-168型 Radar는 1973年 8月 19日~8月 22日 釜山南港 錯泊中 測定한 것이다.

測定中 海象은 標準大氣狀態下 比較的 平穩한 海象狀態였고 計器의 調整器類 즉 輝度調整, 感度調整, 同調調整, 距離目盛調整, 海面反射調整, 雨雪에 依한 反射波調整 등을 行하여 性能 限界가 最大가 되도록 調整하여 指示器의 映像이 雜音없이 明確하고 鮮明하게 나타날게 하여 異常傳播現象이나 僞像이 發生되지 않는 狀態로 作動되었을 때 Radar 映像으로 物標를 觀測하고 同時에 實測으로 物標를 觀測한 것을 比較하여 方位測定誤差 및 距離測定誤差를 測定하여 船位의 精度를 把握하였다.

結果 및 考察

1. 水平 Beam幅에 依한 誤差

Scope의 映像으로 나타난 物標의 3方位와 基準羅針儀로 物標의 3方位를 測定하여 Table 2와 같은 結果를 얻었다.

Table 2. Distance and Bearing of the landmark.

| Type | Landmark | Bearing of Landmark (Actual Observation) | | | 3 Bearing of Landmark (Screen) | | |
|---------|------------|---------------------------------------------|-----------|----------|-----------------------------------|-----------|----------|
| | | Left(A) | Center(B) | Right(C) | Left(A) | Center(B) | Right(C) |
| FR-151F | Biyangdo | 250° | 239° | 224° | 252° | 239° | 225° |
| | 3 Landmark | Jealmyungso | Hwado | Heaamsso | Jealmyungso | Hwado | Heaamsso |
| | | 65° | 120° | 147° | 64° | 119° | 146° |
| MLC-168 | Sengdo | Center Bearing of Landmark | | | Distance to Landmark | | |
| | | Actual | | Screen | Actual | | Screen |
| | | 130° | | 131° | 4.5' | | 4.4' |

Table 2에서 FR-151F인 경우 單一物標 飛揚島를 Fig1과 같이 物標의 左端, 中央, 右端의 3方

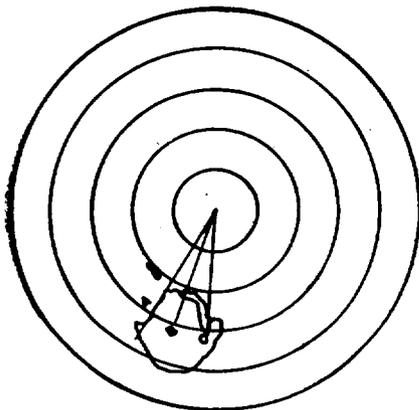


Fig. 1. Scope image of Biyangdo at 4 mile Range(FR-151F Type).

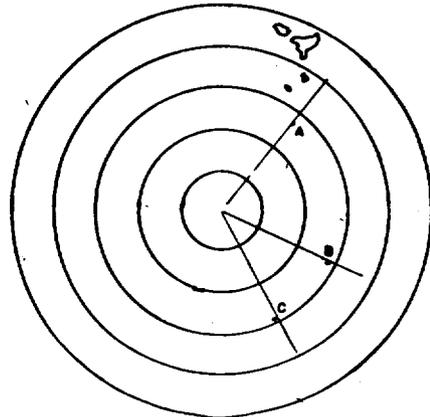


Fig. 2. Scope's image of Jealmyung, Hwado, Haeamsso at 12 mile Range(FR-151F Type).

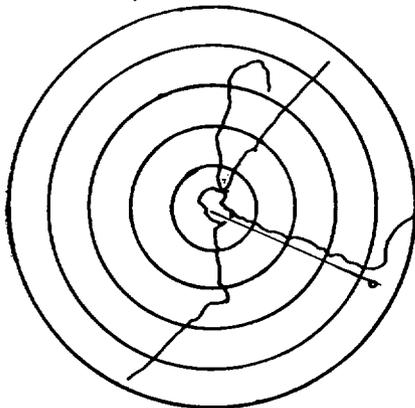


Fig. 3. Scope's image of Saengdo at 5mile Range (MLC-186 Type).

位로 觀測하였을때 實測으로와 映像觀測 사이에는 物標 左端은 2°의 差 物標 右端은 1°의 差를 가져왔다. 또 實測으로의 船位는 緯度 33°14.8N 經度 126°14.6E였고 映像으로 觀測한 船位는 緯度 33°24.6''N, 經度 120°14'2''E가 되어 1°~2°의 方位誤差로 因하여 船位는 船의 右側으로 0.2'偏位 되었다. 3物標 絕明嶼, 華島, 海岩嶼의 右端을 Fig2와 같이 觀測하였을때 實測方位와 1°의 方位誤差를 나타

내었고 映像으로의 船位는 緯度 $33^{\circ}47'6''N$, 經度 $126^{\circ}10'E$ 였고 實測으로의 船位는 緯度 $33^{\circ}48'N$ 經度 $126^{\circ}10'6''E$ 로 1° 의 方位誤差로 船位는 船의 右側으로 $0.5'$ 偏位 되었다.

單一物標의 3方位 觀測인 경우 Beam이 1.8° 이므로 理論上으로는 物標의 左右端으로 Beam 幅의 半인 0.9° 만큼 擴大되어야 하나 여기서 左端은 2° 右端은 1° 로 擴大된 것은 1° 의 눈금이 너무 微小하여 視力으로 分單位까지 讀度하기 困難하여 그로 因한 視差에 因한 것이다. 그러나 0.9° 以上으로 概略 Beam 幅의 半程度 擴大되어 方位誤差가 생겼다. 3物標의 方位 觀測인 경우 實測함에 있어 船의 移動으로 (交叉方位法에 依함) 誤差의 三角形이 생긴 때문에 船位가 單一物標의 3方位 觀測보다 많이 偏位된 것이다. MLC-168인 경우 單一物標 生島의 方位와 距離를 Fig3과 같이 映像으로와 垂直仰角距離法에 依하여 實測한 結果 方位誤差가 1° 이고 距離誤差는 $0.1'$ 이었다. 實測에 依한 船位는 緯度 $35^{\circ}9'N$, 經度 $129^{\circ}1'40'E$ 였고 映像에 依한 船位는 緯度 $35^{\circ}15'N$, 經度 $129^{\circ}2'$ 으로 $0.1'$ 偏位 되었다. 이것은 Beam 幅이 1.6° 이므로 그 半量인 0.8° 擴大되기 때문에 1° 정도의 方位誤差가 생겼고 距離誤差는 實測한 경우는 物標의 中央標高의 仰角을 측정하여 距離를 재었고 映像으로는 物標의 左端을 재었기 때문에 $0.1'$ 의 距離差를 가져온 것이다.

上記에서와 같이 Radar의 映像으로 方位를 관측하면 物標의 方位가 Beam 巾의 半程度 擴大되어 受信되므로 單一物標의 方位를 측정할 경우는 echo의 中心에 맞추어 측정하고 物標의 끝의 方位를 측정할 때는 Beam 巾의 半程度 內側으로 Cursor를 맞추어 측정하여야 方位誤差를 적게 할 수 있다.

2. 中 心 差

PPI의 回轉中心과 Cursor의 回轉中心이 一致하지 않을 때 생기는 誤差이며 PPI의 中心은 C. R. T의 交換으로 因하여 變化하고 또 緯度の 變化나 船首方向의 變化로 因하여 船體磁氣에

Table 3. Bearing of landmark when position of center was varied to $1^{\circ}, 2^{\circ}$.

| Type | Landmark | Position of Center | | | | | | | | Center |
|---------|------------------------------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|
| | | Upper | | Lower | | Left | | Right | | |
| | | 1° | 2° | 1° | 2° | 1° | 2° | 1° | 2° | |
| FR-151F | Jeju Port right side B. W. E. edge | 31° | 32° | 29° | 28° | $30^{\circ}30'$ | 31° | $29^{\circ}30'$ | 29° | 30° |
| MLC-168 | Pusan South Port B. W. E edge | 135° | 136° | 133° | 132° | $134^{\circ}30'$ | $135^{\circ}30'$ | $133^{\circ}30'$ | $132^{\circ}30'$ | 134° |

變化가 생겨서 中心點이 變化하여 中心差가 發生한다. 本 測定中은 위와같은 原因이 稀薄하여 中心位置調整輪을 變化시켜 Table 3의 結果를 얻었다.

Table 3에서 FR-151F型 MLC-168型 모두 中心位置調整輪을 上下左右로 各各 1°, 2°씩 變化시켰을 때 上下의 경우 1°, 2°의 中心位置의 變化로 1°, 2°의 方位誤差를 가져와 中心差는 中心位置가 左右로 變할때 보다 上下로 變할때 더욱 커짐을 보여주고 있다. 30'~2°의 方位誤差로 因한 船位의 偏位誤差는 物標까지의 距離에 따라서 다르나 距離를 d라면 偏位誤差는 $d\sin 30' \sim 2^\circ$ 가 되어 $0.009d \sim 0.035d$ 로 偏位된다. 이와같이 映像이 中心에 가까워 질수록 中心差는 커지므로 物標가 Scope의 外部에 있도록 Range Scale을 바꾸어 方位를 측정하는 것이 誤差를 減少시킬 수 있다.

3. 船의 傾斜에 依한 誤差

濟州道 南西沿岸을 航海中 FR-151F型 Radar로 33°30'N, 126°10'E에서 海岩嶼를 船이 左舷으로 10°, 20°, 30°로 Rolling하여 傾斜하였을 때 映像으로의 視方位와 羅針儀로 眞方位를 觀측하여 Table 4의 結果를 얻었다.

Table 4. Difference of Apparent B B and True B when ship had rolling(10°, 20°, 30°)

| Rolling | 10° | | 20° | | 30° | |
|---------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | True B | Error | True B | Error | True B | Error |
| 0° | 0° | 0° | 0° | 0° | 0° | 0° |
| 15 | 15.1 | +0.1 | 15.5 | +0.5 | 17 | +2 |
| 30 | 30.3 | +0.3 | 31.4 | +1.4 | 33.5 | +3.5 |
| 45 | 45.4 | +0.4 | 46.6 | +1.6 | 49 | +4 |
| 60 | 60.3 | +0.3 | 61.4 | +1.4 | 63.2 | +3.2 |
| 75 | 75.1 | +0.1 | 75.6 | +0.6 | 76.8 | +1.8 |
| 90 | 90 | 0 | 90 | 0 | 90 | 0 |
| 105 | 104.9 | -0.1 | 104.4 | -0.6 | 103.2 | -1.6 |
| 120 | 119.7 | -0.3 | 118.6 | -0.4 | 116.8 | -3.2 |
| 135 | 134.6 | -0.4 | 133.4 | -1.6 | 131 | -4 |
| 150 | 149.7 | -0.3 | 148.6 | -1.4 | 146.5 | -3.5 |
| 165 | 164.9 | -0.1 | 164.5 | -0.5 | 163 | -2 |
| 180 | 180 | 0 | 180 | 0 | 180 | 0 |

Table 4에서 船이 Rolling하고 있을 때 Scanner의 傾斜로 相對方位가 90°로 正橫의 物標를 向한 경우는 Beam이 物標를 垂直上으로 掃射할 瞬으로 方位誤差는 0가 되었으며 右舷船首方向

으로의 物標는 船體가 左舷으로 기울면 Beam은 物標의 左側으로 통과하여 Scanner가 物標보다 若干 右로 向한 때에 Beam가 物標에 닿으므로 物標의 方位는 映像의 方位보다 若干 左로 있게 되므로 傾斜誤差가 發生되었다. 傾斜誤差는 船首方向에서 象限으로 갈수록 커져 45°일 때 最大가(0.4°) 되고 차츰 減少하여 90°에서 0가 되었다. 또 船尾方向으로 갈수록 一誤差가 생겨 135°일 때 最大가 되고 180°일 때는 0가 되었다. Rolling이 甚할수록 誤差는 커졌다. 그러므로 Rolling時에는 될수 있는 한 正橫이나 船首尾方向의 物標를 선정하는 것이 傾斜誤差를 적게하므로 船位의 精度가 높아진다.

4. 距離測定の 誤差

Pulse 幅과 Spot의 크기에 따른 映像擴大로 인한 距離測定誤差 關係를 Table 5와 같이 調査하였다.

Table 5. Error of the observation's distance by means of a beam width and pulse width.

| Type | Range Scale (M) | Pulse Width (us) | Valid radius (mm) | Spot (mm) | Spot size (m) | Length of Beamwidth (m) | Length of Pulse width (m) | Size of spot on the scope | |
|---------|-----------------|------------------|-------------------|-----------|---------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------|
| | | | | | | | | Length(m) | Width(m) |
| FR-151F | 0.5 | 0.008 | 127 | 0.8 | 6 | 29.7 | 12 | 35.1 | 18 |
| | 1.5 | 〃 | 〃 | 〃 | 18 | 87.3 | 12 | 105.3 | 30 |
| | 4 | 0.6 | 〃 | 〃 | 48 | 232.3 | 90 | 280.3 | 388 |
| | 12 | 〃 | 〃 | 〃 | 144 | 698.4 | 90 | 842.4 | 234 |
| | 40 | 〃 | 〃 | 〃 | 480 | 2328 | 90 | 2808 | 570 |
| MLC-168 | 1 | 0.008 | 153 | 0.9 | 11 | 52 | 12 | 63 | 23 |
| | 2.5 | 〃 | 〃 | 〃 | 27.5 | 129 | 12 | 156.5 | 39.5 |
| | 5 | 〃 | 〃 | 〃 | 55 | 259 | 150 | 314 | 205 |
| | 10 | 1.0 | 〃 | 〃 | 110 | 517 | 150 | 627 | 260 |
| | 25 | 〃 | 〃 | 〃 | 275 | 1293 | 150 | 1568 | 425 |
| | 50 | 〃 | 〃 | 〃 | 550 | 2586 | 150 | 3136 | 700 |
| | 120 | 〃 | 〃 | 〃 | 1320 | 6205 | 150 | 7525 | 1470 |

Table 5에서 Beam의 相當量의 길이는 $1852 \times r \times \sin \theta^\circ$ (r : Scale, θ° : Beam)式에 따라 計算하였고 Pulse의 相當量의 길이는 150μ (μ : Pulse)式에 依하여 計算한 값이다. Scope上의 Spot의 크기는 長軸인 경우(圓周方向) Scale에 따라 $(\frac{1}{2}\text{Beam} \text{ 相當길이} \times 2) + (\text{Spot의 크기} \text{의 半徑} \times 2)$ 로 측정한 값이고 短軸인 경우는 (PPI 中心方向) Scale에 따라 (Pulse의 相當量의 길이) + (Spot의 크기의 半徑 $\times 2$)로 측정한 값이다. FR-151F에서 Range Scale이 0.5일 때, 0.5-mile 떨어진 距離에서는 6mm를 占하는 크기가 Scope上에 0.8mm로서 나타나게 되고 Scope上에 0.8mm 直徑을 가진 Spot는 0.5mile 떨어진 距離에서는 眞位置를 中心으로 하여 圓周方向으로는

Beam巾의 半의 2倍와 Spot 크기 半徑의 2倍로 擴大되고 PPI 中心方向으로는 Pulse巾 길이와 Spot의 크기 半徑의 2倍로 擴大되어 長軸 35.1m 短軸 18m인 橢圓型으로 占하는 크기에 相當하는 크기인 것이다. Range scale에 따라 Scope上에 占하는 Spot가 實物標에 相當하는 크기는 Table 5와 같이 달라졌다. Range scale이 크면 클수록 Spot에 相當하는 實物標의 크기가 커짐을 보여주었다. 또 FR-151F에서는 Spot의 直徑이 0.8mm이고 MLC-168에서는 0.9mm로 Spot의 크기는 Spot의 直徑이 클수록 크며 또 FR-151F에서는 Beam巾이 1.8°이고 MLC-168의 Beam巾은 1.6°로 Beam巾이 적을수록 Beam巾에 相當하는 길이는 적어지며 Pulse巾이 클수록 Pulse巾 相當量의 길이는 커짐을 나타내었다. 이와같이 映像으로 距離를 측정할 때는 Pulse巾과 Beam巾에 依하여 距離擴大效果를 가져오므로 距離上의 誤差가 發生되었다.

要 約

FR-151F型 Radar와 MLC-168型 Radar로서 方位와 距離의 觀測誤差와 船位誤差를 測定한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 物標의 實測方位와 Scope上의 映像의 方位에는 平均 1°~2°의 差를 가져왔고 그로 因하여 船位에는 0.2'~0.5'의 偏位를 가져왔다. 이것은 Beam巾(1.6°, 1.8°)의 半量 정도 만큼 方位가 物標端에서 擴大되었기 때문이고 擴大誤差로 因한 船位誤差를 減少시키기 爲하여 Beam巾 半量 만큼 物標端에서 內側으로 Cursor을 맞추어 方位를 測定하여야 한다.
2. PPI의 回轉中心의 中心位置變化로 因한 方位誤差는 中心位置가 上下로 變할 時가 左右로 變할 때 보다 커지며 距離를 d라면 偏位誤差는 0.009d~0.035d가 되어 物標가 中心에 가까울수록 커지므로 物標가 될 수 있는 한 Scope의 外側으로 가질수록 Range Scale을 바꾸어야 한다.
3. 船舶이 Rolling으로 傾斜할 때 Scanner의 傾斜로 因하여 方位誤差가 發生하였으며 Rolling이 甚할수록 誤差量이 커지며 象限附近의 物標를 觀測하였을 때가 誤差量이 커졌다. 그러므로 甚한 Rolling 時는 正橫附近의 物標의 觀測이 有利하다.
4. Pulse巾과 Beam巾이 클수록 또 測定範圍가 클수록 Spot가 占하는 實際길이 커지므로 距離誤差가 커진다.

參 考 文 獻

1. 松本吉春, 市瀬信夫(1967): 電波航法
2. 酒井進(1967): 新訂地文航海學
3. 韓國海洋大學圖書出版部(1968): 航海科要諦上卷
4. 岡山榮三郎(1936): 船用 Radar 및 Loran 取扱法
5. 尹汝政(1967): 航海表

— Summary —

Studies on the Observation of Ship's Radar Error and the Precision of Position

by

Sin Hyung-il

Observation's error and position's error of bearing and distance measured with FR151-F and MLC-168 type Radar. Its result is as follows.

1. Average 1° — 2° error was between actual observation's bearing and screen's bearing on the scope and then ship's position leant to 0.2'—0.5' on account of bearing expand with a half of beam width degree from landmark edge. In order to decrease position's error by expand error had to measure to adjusting cursor from landmark edge to the inner side.

2. Center position's transition of rotation center of PPI by bearing error was larger when it changed on the up and down than on the right and left. Leant position's error was $0.009d \sim 0.035d$, if distance is d . Because the error was large during landmark closed to center, as possible as range scale had to change on the outside of scope.

3. When the ship inclined by rolling, bearing error, occurred by inclination of scanner. The error was larger, when violently rolling and observed landmark of a quadrant. Therefore observation of beam was available during violently rolling.

4. The larger pulse width and beam width and range scale, the larger actual distance occupied spot. Therefore distance error was large.