로오란C 시스템에서 送信局의 配置에 따른 GDOP의 變化 및 有効範圍에 關한 硏究

安 長榮・鈴木 裕*
濟州大學校・*東京水產大學
(1990년 10월 10일 접수)

A Study on the Variation of the GDOP and Service Area in Accordance with Arrangement of Transmitting Station in Loran C System

Jang-Young AHN and Hiroshi SUZUKI*
Cheju National University, *Tokyo University of Fisheries
(Received October 10, 1990)

In this paper, the authors calculate GDOP(Geometric Dilution of Precision) with the mast and slave transmitting stations at the past and present and simulation positions in the 9970 chain and 5970 chain of the loran C system, and analyzed variations of the GDOP and effective ranges in accordance with the shifting of transmitting stations.

The results obtained are as follows;

1) The line 3.0 of equi-GDOP map that the Z slave station of 9970 chain is Guam island is falled on with line 2.0 of it's map that it is Yap island approximately, and units of GDOP of calculating with Guam island are increased then them with Yap island on the south parts of mast station.

2) If the control right of Z slave station of 9970 chain could be not transfered to japan and be closed on account of the territorial problems, the units of GDOP to calculate without it's station at any positions are very incleased and the accuaracy is down on the south parts of mast station. The line 5.0 of it's map is falled on with line 2.0 in case of Yap island, its Z station, and line 3.0 in case of Guam island with Z slave station approximately.

3) The X slave station of 9970 chain and 5970 chain are required rearrangement for the purpose of accurating position fix and expending service area in view of propagation route of wave and arrangement of transmitting station.

緖 言

로오란C 送信局은 원래 미국이 軍事上의 目的으로 世界의 곳곳에 配置해서 管理運用해 왔으나 그 시스템의 取扱이 簡便하고 經濟的일 뿐만 아니라 精度가 높고 使用範圍가 넓은 잇점이 있어서 漁船에도 넓게 普及되어 왔다. 그러나 1987년 當初 미국이 미국本土 및 沿岸에 있는 로오란C 시스템을 除外한 海外에 있는 모든 로오란C 시스템을 1994년말로서 軍事目的의 사용을 中止하고 그 送信局은 閉鎖한다(稱葉 ; 1989)고 하는 方針에 따라 周邊 關連國家에서는 送信局의 存續 및 移管등 그 對策樹立에 苦心하고 있다.

關連國이 로오란C 送信局을 미국으로부터 移

管받아 運用하는 데는 技術的, 經濟的인 問題등의 難點이 있을 수 있으나, 現 送信局의 配置狀態에서의 難受信地域을 解消하여야 하고, 또 領土問題로 인하여 送信局이 全部 移管이 되지 않을 경우 有効範圍에도 큰 變化가 일어나기 때문에 이러한 問題를 解決하기 위하여 送信局을 再配置하여야 할 必要性이 있다.

本 論文은 로오란C의 north pacific(9970) chain과 far east(5970) chain을 중심으로, 兩 시스템을 利用하여 位置를 測定하였을 때의 測定位置의 精度를 評價할 수 있는 GDOP(Geometric Dilution of Precision)를 시뮬레이션으로 計算하여, 現 送信局의 移設에 따른 變化, 送信局의 시뮬레이션 位置에 따른 變化 및 有効範圍에 관하여 檢討 分析하였다.

GDOP의 計算方法

본 시뮬레이션 研究에 使用된 GDOP計算式(SWANSON ; 1978-9)은 (1)式과 같으며,

$$GDOP = \frac{1}{\sqrt{2}\cdot \sin\gamma}\cdot\left(\operatorname{cosec}^2\frac{\alpha}{2}+\operatorname{cosec}^2\frac{\beta}{2}+\operatorname{cosec}\frac{\alpha}{2}\cdot\operatorname{cosec}\frac{\beta}{2}\cdot\cos\gamma\right)^{1/2} \quad (1)$$

受信點 P에서의 各 로오란C 送信局 A, B, C및 位置線 AB, BC의 幾何學的 關係는 Fig. 1과 같다.

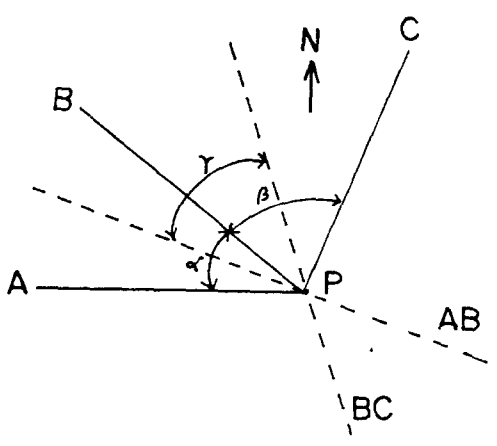

Fig.1. Geometry at a typical receiving site from three stations.

여기서 GDOP計算値는 4개의 送信局으로부터 獨立된 經路上의 信號에 의해서 구해진 rms 位置精度를 最小GDOP인 最適精度로서 나눈 값으로서, 같은 場所에서도 選擇하는 組局에 의하여 GDOP計算値가 달라지므로 精度가 높은 位置를 測定할 수 있도록 組局을 選擇하여야 한다.

Fig. 2는 로오란C 시스템의 5970 chain(1主局 3從局)과 9970 chain(1主局 4從局)에 대하여 實施한 GDOP의 計算시뮬레이션課程을 나타낸다. 임의지점에서의 GDOP의 計算値는, 5970 chain은 3組, 9970 chain은 6組의 GDOP의 값을 모두 計算해서 그 중에서 最小値를 各各 그地點에서의 GDOP의 計算値의 結果値로 하였다. 同時에 GDOP의 範圍를 Fig. 2및 Table 2와 같이 9等分하여 각 GDOP範圍別 DATA의 數를 集算하여 分析에 이용하였다. 또 GDOP의 計算시뮬레이션 地點의 範圍는 5970 chain은 經度 115°E~155°E, 緯度20°N~47°N, 9970 chain은 經度 110°E~172°E, 緯度 3°N~50°N이었다. 로오란C의 各 chain에 대한 送信局의 移動位置 및 시뮬레이션位置등은 Table 1과 같으며, 이에 따른 GDOP變化에 의한 有効範圍에 대하여 檢討하였다.

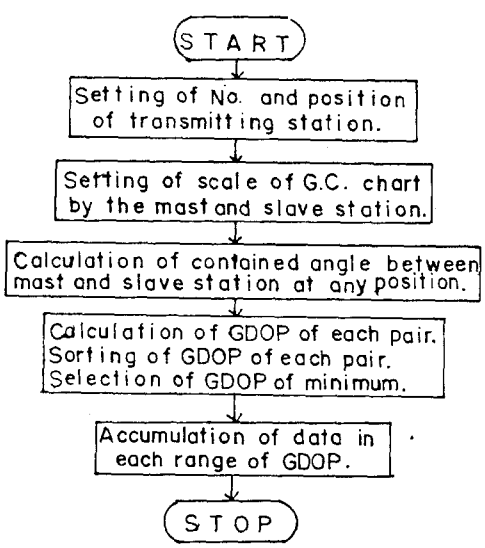

Fig.2. Flow chart of loran C simulation for calculating GDOP.

Table 1. The position and simulation positions of transmitting station of 9970 and 5970 chains for calculationg of GDOP

Chain & station	Position name	Position(Lat., Long.)
9970-M	Iwo Jima	24 48 03.734 N 141 19 30.857 E
9970-W	Marcus	24 17 08.026 N 153 58 53.786 E
9970-X	Hokkaido	42 44 37.217 N 143 43 09.799 E
9970-X′	* * *	37 05 00.000 N 138 44 00.000 E
9970-X″	* * *	39 05 00.000 N 142 25 00.000 E
9970-Y	Gesashi	26 36 25.110 N 128 08 56.999 E
9970-Z	Barrigrda	13 27 50.092 N 144 49 32.987 E
9970-Z′	Yap	09 32 45.790 N 139 09 54.970 E
5970-M	Pohang	36 11 05.921 N 129 20 27.833 E
5970-W	Hokkaido	42 44 37.217 N 143 43 09.799 E
5970-W′	* * *	39 05 00.000 N 142 25 00.000 E
5970-X	Hampyong	35 02 23.966 N 126 32 27.295 E
5970-X″	* * *	37 05 00.000 N 125 55 00.000 E
5970-Y	Gesashi	26 36 25.110 N 128 08 56.999 E

* * * ; Simulation position.

結　　果

Ⅰ. 9970 chain의 GDOP變化

Ⅰ-1. Z從局의 位置移動에 의한 GDOP의 變化

1987년에 9970chain의 Z 從局이 Yap島에서 Guam島로 移設된 後, 이 시스템의 GDOP 및 有效範圍에 多少의 變化가 있는데 그 結果는 Fig. 3 및 Fig. 4와 같다.

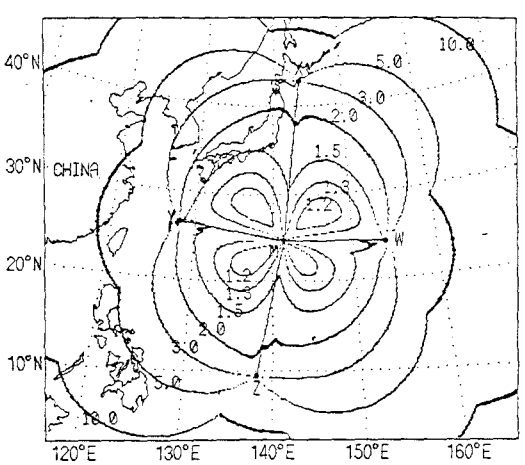

Fig.3. Equi-GDOP map in case of Yap island, Z salve station of 9970 chain in loran C system.

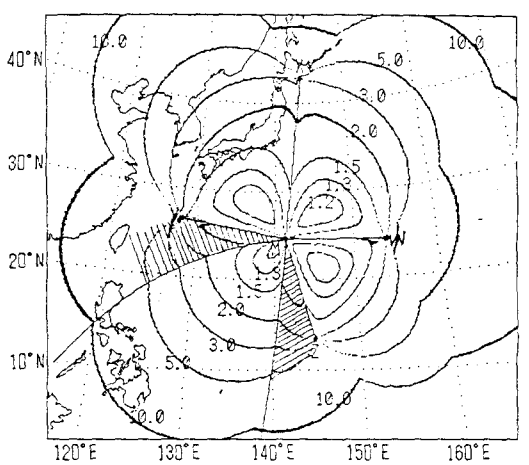

Fig.4. Equi-GDOP map in case of guam island, Z salve station of 9970 chain in loran C system.

Fig. 3은 Z局이 從来의 Yap島에 있을 때의 等 GDOP線圖로서, 送信局의 配置가 典型的인 十字形을 이루고 있음로 受信點이 어디에 存在하더라도 受信點에서 가까운 送信局을 選擇하여 位置를 測定하면 精度가 높은 位置를 구할 수 있다.

Fig. 4는 Z 局이 現存와 같이 Guam島에 있는 때의 것으로서, W, Z從局에 가까운 受信點(GDOP=3이하)에서 位置를 測定할 때 精度가 높은 位置를 구할 수 있는 地域이 從來보다 더 좁아지고, Y, Z從局에 가까운 受信點(특히 GDOP=5이하)에서 位置를 測定할 때 精度가 높

Table 2. The numbers of data in the respective ranges of GDOP.

Range Fig. No.	1.15 ~1.2	1.2 ~1.3	1.3 ~1.5	1.5 ~2.0	2.0 ~3.0	3.0 ~5.0	5.0 ~10.0	10.0 ~20.0	20.0 ~
Fig. 3	4978	9870	17916	26384	29594	50909	117504	35948	0
Fig. 4	4256	8912	16812	23013	25753	40234	102886	69776	1470
Fig. 5	3001	5906	11989	18740	24407	36096	81169	78360	33444
Fig. 6	2865	6502	14777	16564	16999	26912	78368	104083	26033
Fig. 7	3784	8070	15721	21062	20315	32728	92292	93152	5988
Fig. 8	120	662	1823	5189	11256	18805	39010	15982	15824
Fig. 9	154	692	1995	5997	12624	20852	40186	14968	11203
Fig. 10	275	862	2180	6210	11061	14105	31118	28367	14493

9970 chain: Lat. 3°N-50°N, Long. 110°E-172°E, Data No. 293103
5970 chain: Lat. 20°N-47°N, Long. 115°E-155°E, Data No. 108671

은 位置를 구할 수 있는 地域은 從來보다 더 넓어졌지만, Y, Z 從局에 가까운 곳에서는 部分的(斜線部分)으로 Y, Z從局은 選擇하는 것 보다 X, Y從局이나 W, Z從局을 選擇하는 편이 더 精度가 높은 位置가 구해지는 것을 알 수 있고, Z局이 移動함에 따른 GDOP의 變化는 主局以南의 部分에서 Fig. 3의 等GDOP線 2.0과 Fig. 4의 等GDOP線 3.0과 거의 一致하고 있음을 알 수 있었다.

Fig. 3, 4와 同時에 구한 各 範圍別 計算GDOP의 data數를 檢討해 보면, 緯圖 3°N부터 50°N까지, 經度 110°E부터 172°E까지 各各 0.1°(6*mile*) 間隔마다 計算한 GDOP의 總 DATA 數는 293103개로서 Table 2와 같다.

Table 2에서, Z 局을 移動前의 Yap 島로서 구한 各 範圍別 data數를 中心으로 移動後의 Guam島로서 구한 data數의 增減率을 보면, 같은 海域에서 位置를 測定한 경우 精度가 높아지는 곳이 적어지고 낮아지는 곳이 많아진 것을 알 수 있으며 특히 GDOP係數가 10이상되는 곳이 상당히 增加했다.

1-2. Z從局이 閉鎖되었을 경우의 GDOP

9970 chain의 Z 送信局이 領土問題로 關連國인 日本으로 移管되지 않고 閉鎖되었을 경우의 等GDOP線圖는 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에서 대체로 主局을 中心으로 北側인 日本 및 韓國 沿岸海域의 GDOP는 W, X, Y從局의 位置變動이 없으므로 Fig. 3, 4와 같으나, 南側인 Philippines 및 Guam島 附近海域은 Z局이 없어지므로 해서 GDOP의 값이 크게 높아져, 5.0의 等GDOP線이고, 이것이 Fig. 3에서는 2.0, Fig. 4에서는 3.0의 等GDOP線과 대개 一致하고 있다. 이것은 Table 2에서도 확인할 수 있다.

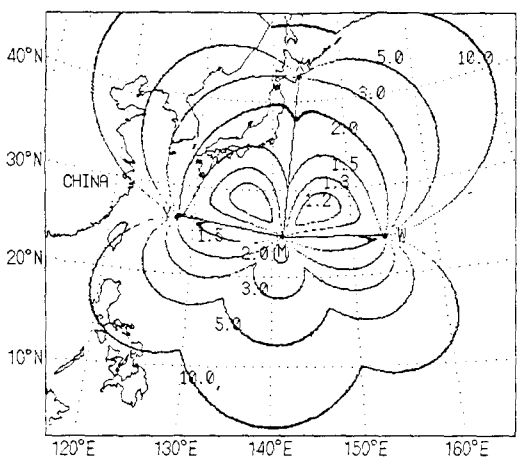

Fig.5. Equi-GDOP map when the Z station have not in 9970 chain of loran C system.

1-3. X 從局의 移動 再配置의 경우

現在의 9970 chain에 있어서의 問題點은 X 從局이 北海道에 있음으로해서 日本의 南部 및 西部海域에서는 X 從局의 電波를 利用할 수 없는 곳이 많다. 이것은 受信點까지의 傳播經路上에 陸上障害物이 많아서 생기는 경우가 대부분으로 局을 移動配置하여 解決할 수 있다.

Fig. 3, 4의 X 從局을 Table 1의 9970-X' 및 9970-X"의 곳으로 옮겼을 때를 假定한 等GDOP線圖는 Fig. 6 및 Fig. 7과 같다.

Fig. 6에서 陸上經路에 의한 電波障害를 줄이기 위해 富士山付近으로 移動하였을 때는 主局과 X 從局의 基線長이 짧아짐으로해서 GDOP는 既存

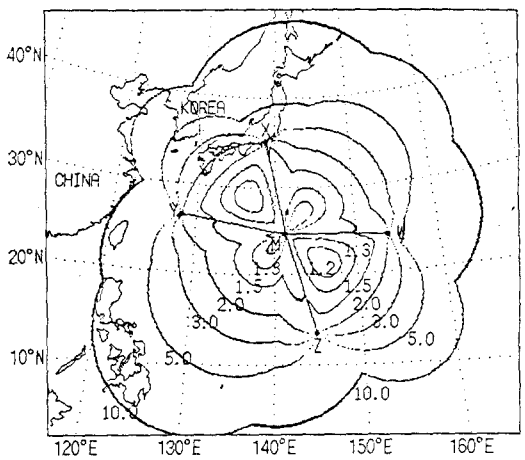

Fig.6. Equi-GDOP map to calculate with X slave station of simulation position, lat. 37° 5.0'N, long. 138° 44.0'E, in 9970 chain of loran C system.

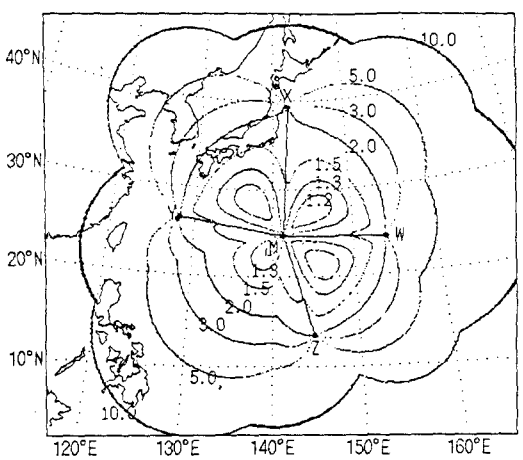

Fig.7. Equi-GDOP map to calculate with X slave station of simulation position, lat. 39° 5.0'N, long. 142° 25.0'E, in 9970 chain of loran C system.

보다 좋지않음을 나타내며 理論的으로 利用範圍도 극히 줄어들어 있다. 따라서 Fig. 7에서와 같이 主局과 X從局의 基線長을 크게 줄이지 않으면 GDOP의 變化도 그다지 나빠지지 않고, 또 比較的 높은 곳에 送信局을 設置하면 電波의 到達距離도 길어지게 될 것으로 豫想된다.

2. 5970 Chain

2-1. X 從局의 配置

Fig. 8은 現在의 5970 chain의 等GDOP線圖이다. Fig. 8에서 主局과 X 從局의 基線長이 짧고 X 從局이 韓國의 東南部에 位置함으로해서 西海에서의 主從局方向과의 交角이 작아 西海에서는 이 시스템을 利用할 수 없거나 극히 精度가 낮은 位置가 얻어진다는 것을 알 수 있다. 그래서 X 從局의 位置를 韓國의 西海中部沿岸으로 移動시켜 西海에서도 이 시스템을 利用할 수 있도록 再配置할 必要性이 있다.

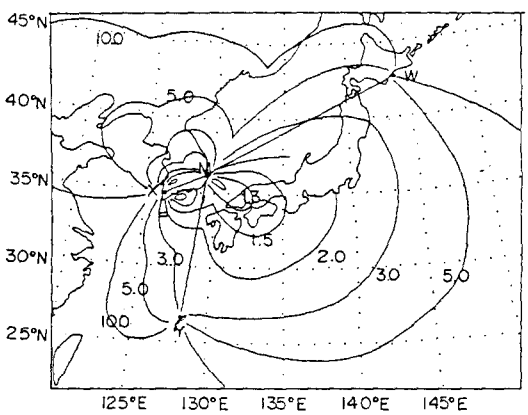

Fig.8. Equi-GDOP map to calculate with present transmitting stations in 5970 chain of loran C system.

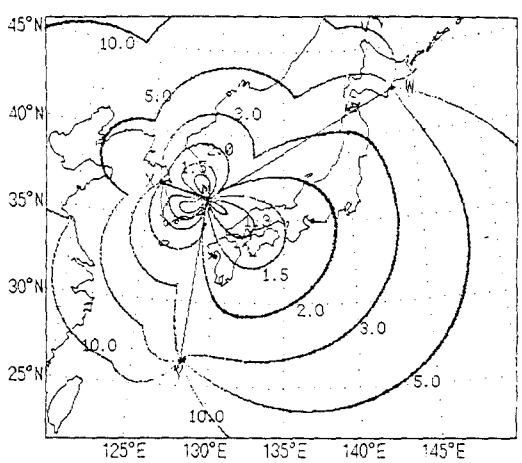

Fig.9. Equi-GDOP map to calculate with X slave station of simulation position, lat. 37°5.0'N, long. 125°55.0'E in 5970 chain of loran C system.

Fig. 9는 X 從局을 Table 5970-X'로 移動하였을 때의 等GDOP線圖이다. 西海의 대부분의 곳이 GDOP가 5以下로서 精度가 높아지게 되고 利用範圍도 한층 넓게 된다.

2-2. W 從局의 移動配置

北海道에 있는 로오란 送信局은 9970 chain의 X 從局이면서 5970 chain의 W 從局의 役割을 한는 複式送信局이다. 따라서 9970 chain의 X 送信局을 Fig. 7과 같이 移動配置할 경우 5970 chain의 W 送信局도 그것에 응하여 移動될 수 밖에 없다.

Fig. 10은 W 送信局이 5970-w'로 移動하였을 때의 豫想等GDOP線圖이다. 送信局의 配置도 理想的이면서 GDOP의 값도 向上되었다.

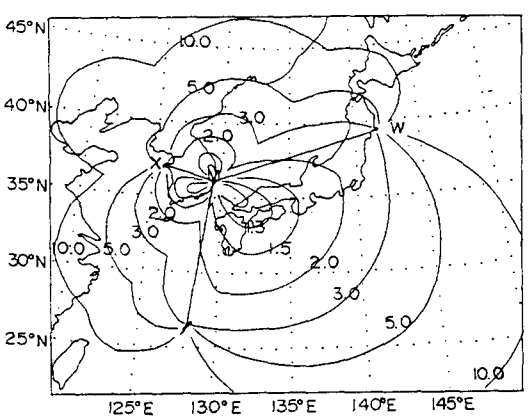

Fig.10. Equi-GDOP map to calculate with W slave station of simulation position, lat. 39° 5.0'N, long. 142° 25.0'E in 5970 chain of loran C system.

考　　察

最近 GDOP는 雙曲線航法시스템의 測位誤差 및 有効範圍에 많이 應用되고 있으며, 複數位置線의 測位誤差가 같다고 假定하여 그 測定誤差에 GDOP를 곱해서 測位誤差를 얻기도 한다. 또 測定誤差의 偏差値는 바로 測位誤差의 偏差値가 되는데 이것은 모두 GDOP의 定義에서 비롯되는 것이므로 送信局의 移動 및 再配置에 의한 測定誤差의 推定 評價에도 利用되고 있다.

그런데 GDOP와 有効範圍의 關係에 대해서는, 現在의 로오란C 시스템의 明瞭한 有効範圍를 모르는 狀態에서 오직 美國의 Coast guard라든가 많은 受信機製作所등에서 提供되는 利用範圍圖를 中心으로 等GDOP線圖와 比較해서 關係를 지으려고 하고 있다. 그러나 受信點까지의 傳播經路上의 陸地點有率, 大地導電率등에 의해서 傳播到達可能距離가 변할 뿐만 아니라 電波傳播速度도 변하기 때문에 位置線의 交角에 의한 理論的(정세모 ; 1980)인 GDOP計算만으로는 實際의 測定誤差가 豫想될 수 없다. 木村(1985)는 9970 chain의 경우에는 美國의 Coast guard의 有効範圍의 限界와 GDOP係數 5의 限界가 거의 겹치고 있고, 5970 chain의 경우는 동지나해에서는 GDOP係數10의 限界와 완전히 一致하고 있다고 報告하고 있다. 그러나 이것도 部分的인 比較에 불과하고 chain이나 지역에 따라서 달라 實際의 有効範圍에 대해서는 測定해 보지 않으면 알 수가 없어서 次後의 계속적인 研究가 必要하다고 하겠다.

그리고 9970 chain과 5970 chain은 送信局의 電波의 停波時에 相互對處性을 고려하여 유지되어야 한다고 사료된다.

要　　約

로오란C의 9970 chain과 5970 chain을 중심으로, 兩 시스템을 利用하여 位置를 測定하였을 때의 測定位置의 精度를 評價할 수 있는 GDOP를 시뮬레이션으로 計算하여, 現 送信局의 移設에 따른 變化, 送信局의 시뮬레이션위치에 따른 변화 및 有効範圍에 관하여 檢討 分析한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 9970 chain은 Z 從局이 過去 Yap島에서 現存의 Guam島로 移設된 후의 等GDOP線圖에서, 主局의 以南部分을 보면 Yap島였을 때의 GDOP 2.0과 Guam島였을 때의 GDOP 3.0이 거의 一致하였으며, 全體的으로 GDOP의 값이 높아져 位置測定의 精度는 낮아져 있다.

2. 9970 chain의 Z 從局이 領土問題로 隣接國인 日本으로 移管되지 않고 閉鎖되는 경우는 南側인 南支那海 및 Guam島 付近海域은 GDOP의

값이 크게 높아져, 5.0의 等GDOP線이 Fig. 3에서는 2.0, Fig. 4에서는 3.0의 等GDOP線과 대개 一致하였다.

3. 9970 chain의 X 從局과 5970 chain의 X 從局은 送信局이 移管될 경우 電波의 傳播經路 및 配置狀態上 再配置하여 位置의 精度를 높이고 利用範圍를 넓힐 必要性이 있다.

參考文獻

稱葉賢之助(1989) : ロラン局等の存續のための一運動等について. 水産電子, 4~7.

정세모 (1980) : 전파항법(기초편), 한국해양대학해사도서출판부, 103~179.

木村小一(1982) : 船舶電子航法 ノート(68). 船の科學, Vol. 35, 77~83.

木村小一(1985) : 雙曲線航法と衛星航法のGDOP. 日本航海學會論文集, 第72號, 41~48.

E.R. Swason(1978) : Geometric Dilution of Precision. Navigation, Vol 25, No. 4, 425~429.