

釜山地方에서의 오메가電波의 傳播特性和 測定位置의 精度에 관하여

安長榮* · 辛亨鎰**

Accuracy of the Position Fix and the Propagational Characteristic of Omega Radio Wave at Busan

Jang-young AHN* · Hyeong-il SIN**

Accuracy of the position fix obtained by navigation with Omega in the capacity of worldwide navigation depends on the predicted propagation correction.

The authors observe continuously the phase differences of the A-C pair and the A-E pair from April 17 to October 14, 1980, at Busan(35°07'.9N, 129°06'.3E), and analyze the characteristic of daily variation the relation between the theoretical PPC and the measured PPC to study the accuracy of the position fix. The results are as follows:

1. The results of fourier's analysis for the theoretical PPC and the measured PPC are positive correlation in the coefficients a_0, a_2, a_3 with A-C pair and in the coefficients $a_0 \sim a_3$ with A-E pair, and those PPC are apparent to daily periodicity during all measured time. The initial phase is around to 230° with A-C pair and 180° with A-E pair.
2. Daily variations of the phase difference tend to decrease and the time width to narrow from April toward July, but these variations are opposed to those from July toward October.
3. Mean value of total errors of the position fix by theoretical PPC is 2.67 miles and its standard deviation is 0.90 miles.
4. Mean value of total errors of the position fix by the measured PPC is 0.63 miles and its standard deviation is 0.217 miles.

緒 言

오메가航法시스템은 現在 8局의 送信局이 모두 電波를 發射하고 있으며, VLF電波를 使用하고있기 때문에 傳播特性이 比較的 安定하고 그 有効範圍도 넓다. 또한, 이 電波는 規則的인 變動을 하므로 傳

播特性을 미리 豫測할 수 있어 精度가 높은 船位를 얻을 수 있다.

그러나, 오메가電波의 位相差는 受信位置, 受信時刻, 傳播經路, 組局 등에 따라 다르므로 傳播豫測式에 의한 空間波 補正值인 理論 PPC와 달라져 位置線에 誤差를 誘發하게 된다. 이러한 點에서 船位의 精度를 높이기 위하여 世界各國에서는 그 地域에 다

* 濟州大學 水産學部, Dept. of Fisheries, Jeju University

** 釜山水産大學, National Fisheries University of Busan

른 正確한 PPC表를 作成할 目的으로 많은 研究가 進行되고 있다.

우리나라에서는 金(1977)의 이에 관한 研究 報告가 있을 뿐 희소하다.

本 論文에서는 釜山地方에서의 오메가電波의 傳播 特性과 測定位置의 精度를 알기 위해 1980年 4月 17日부터 10月 31日까지 釜山水産大學 (35°07'. 9N, 129° 06'. 3E)에서 A-C pair와 A-E pair (10.2 KHz)를 連續觀測하여 오메가電波의 時刻別 및 月別 變動, 理論PPC와 實測PPC와의 關係, 이들에 의한 測定位置의 精度를 檢討, 分析하였다.

그리고, 釜山地方에서 利用할 수 있는 實測PPC表를 作成하여 實務에 도움이 되게 하였다.

資料 및 方法

測定에 使用한 오메가受信機(JRC)는 連續記錄式 JLA-102型이었으며, 組局의 觀測地點 부근에서 測定位置의 信賴度가 가장 높은 10.2KHz의 A-C pair와 A-E pair를 選擇하여 測定하였다.

觀測地點의 基準 lane 값인 A-C pair의 911.51 lane과 A-E pair의 817.20 lane에서 記錄紙上的 오

메가電波의 位相差를 뺀 것을 實測PPC로 하고, OMPUB224109(CA, CC, CE) 表에서 求한 값을 理論 PPC로 하였다. 그리고, 이들 各各의 값을 GMT 0時로 부터 每時間 間隔으로 반달마다 求하여 測定 資料로 하였다.

測定資料중에서 7月 1日부터 19日까지 E局의 停波로 觀測하지 못한 것과 急激한 變動이나 lane sleeping에 의한 것 또는 瞬間的인 停電으로 因하여 變動이 심한 것 등을 除外하여 測定資料總數는 A-C pair 2475個, A-E pair 2280 個로 하였다.

OMPUB 224109 PR (A-C, A-E) 오메가 表와 理論 PPC表 및 實測PPC表를 利用하여 求한 測定位置를 各各 眞位置와 比較 檢討하고, 그 結果를 統計的으로 考察하여 測定位置의 精度를 分析하였다.

結果 및 考察

1. 理論PPC와 實測PPC의 比較

A-C pair, A-E pair에 대한 理論PPC와 實測 PPC를 1時間 間隔으로 連續的으로 觀測한 結果는 Fig. 1, 2와 같다.

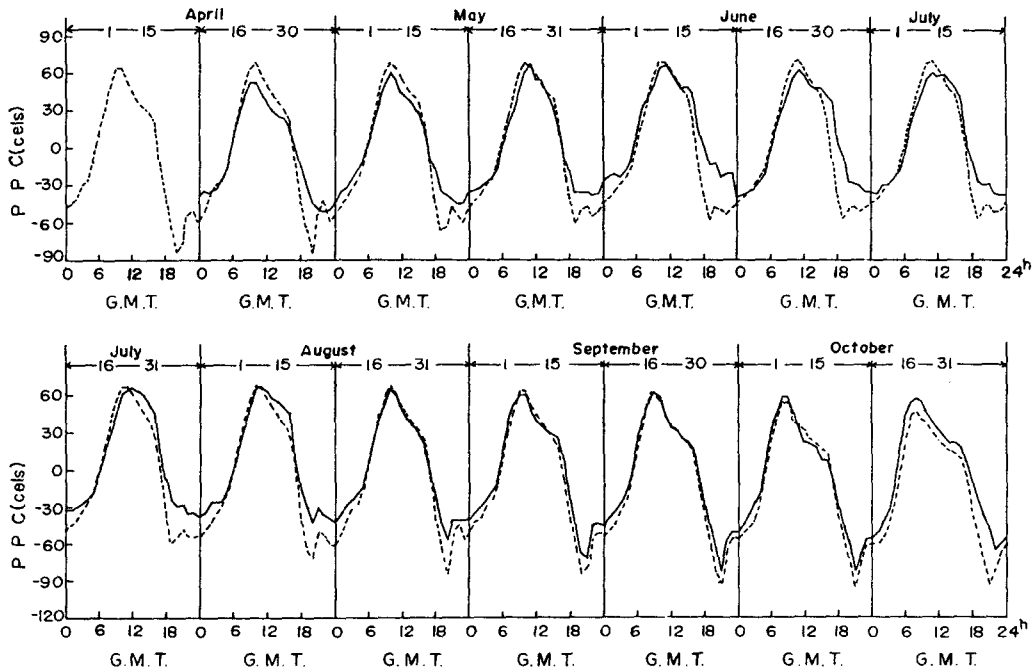


Fig. 1. Mean values of the measured propagation correction(solid line) and the predicted propagation correction (dotted line) concerning A-C pair.

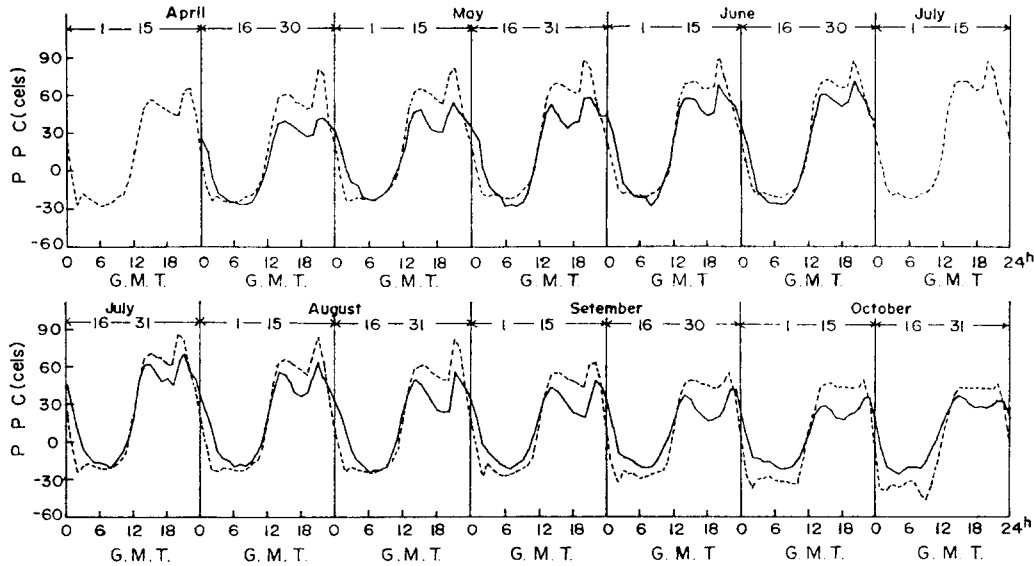


Fig. 2. Mean values of the measured propagation correction (solid line) and the predicted propagation correction (dotted line) concerning A-E pair.

Fig. 1, 2에서 全 測定期間을 通한 理論PPC와 實測PPC는 다소 不規則的인 것은 하나 周期的인 變動을 하므로, 各 PPC값을 時間[GMT(θ)]을 變數로 하는 周期函數로 보고

$$PPC = a_0 + \sum_{n=1}^{12} a_n \sin(n\theta + \beta_n) \quad (\text{단, } \beta_{12} = 90^\circ)$$

에 의한 fourier 分析을 行하여 係數 a_n 및 β_n 를 算出하였다. 여기서 n 가 4以上인 係數는 작았으므로 省略하였다.

A-C pair의 발달마다의 係數 $a_0 \sim a_3$, $\beta_1 \sim \beta_3$ 를 計算한 結果는 Fig. 3과 같다.

A-E pair의 발달마다의 係數 $a_0 \sim a_3$, $\beta_1 \sim \beta_3$ 를 計算한 結果는 Fig. 4와 같다.

Table 1. The coefficient of correlation between the theoretical PPC and the measured PPC

a_n	A-C pair	A-E pair
a_0	0.72	0.88
a_1	0.33	0.97
a_2	0.51	0.45
a_3	0.91	0.60

係數 $a_0 \sim a_3$ 에 대한 理論PPC와 實測PPC와의 相關係數를 求한 結果는 Table 1과 같다.

1. A-C pair에 關하여

Fig. 3에서 實測PPC의 係數 a_0 가 理論PPC의 係數 a_0 보다 크게 나타난 것은 Fig. 1에서와 같이 實測PPC가 理論PPC 보다 크기 때문이다. 兩 PPC사이의 相關係數는 0.72로서 全 測定期間동안 平均값의 變動은 거의 비슷하였다.

係數 a_1 은 그 값이 兩 PPC 모두 다른 係數보다 큰 값을 나타내었으므로 1日 周期性은 強하였으나, 相關係數는 0.33으로 같은 變動을 하지 않았다.

係數 β_1 은 位相이 280° 内外에서 理論PPC와 實測PPC가 거의 같은 값을 나타내었으며, 9, 10月에는 잘 一致하였다.

係數 a_2 는 5, 7 月後半, 8 月前後半에는 理論PPC와 實測PPC가 잘 一致하였지만 그 외의 달은 큰 差異를 보이고 있었다. 그러나, 相關係數가 0.51 이었으므로 相關係數는 있는 것으로 생각되었다.

係數 β_2 는 8 月까지는 거의 變動이 없었으나 9 月부터 兩 PPC가 모두 急激한 變動을 보였다.

係數 a_3 는 4 月後半 및 9 月前半을 除外하고 거의 같은 값으로 變化하였고, 相關係數는 0.91로서 有意性이 높았다. 따라서, 理論PPC와 實測PPC는 1/3日

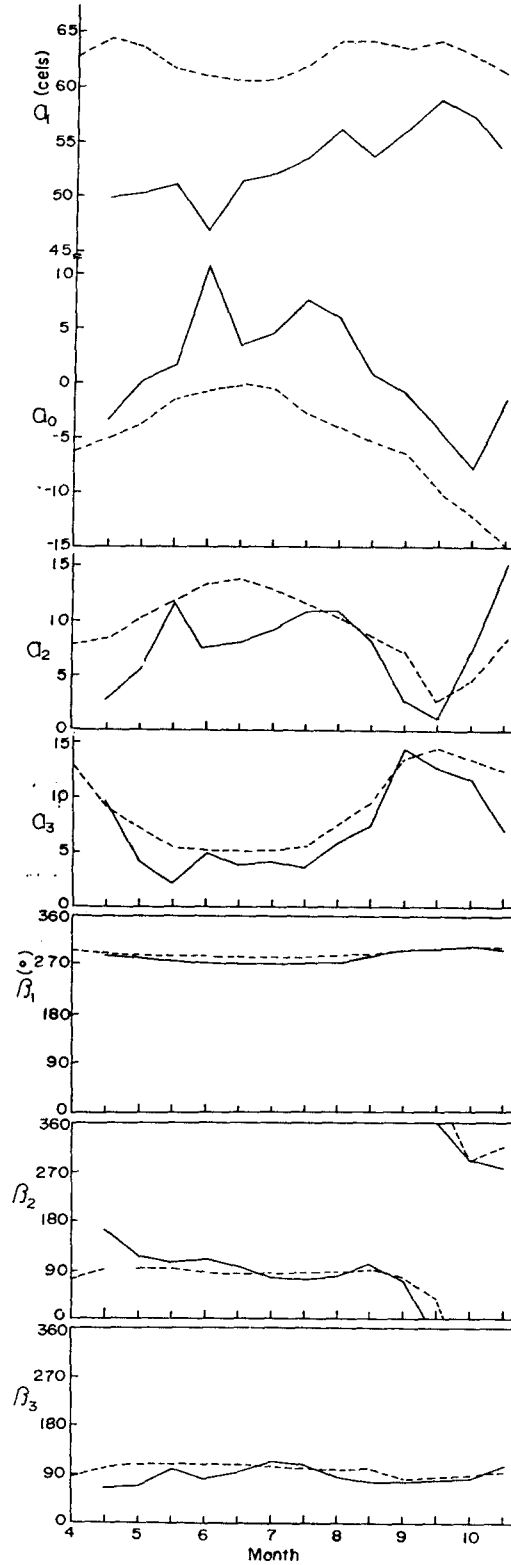


Fig. 3. Coefficients $a_0 \sim a_3$, $\beta_1 \sim \beta_3$ of the harmonic function concerning A-C pair half monthly.

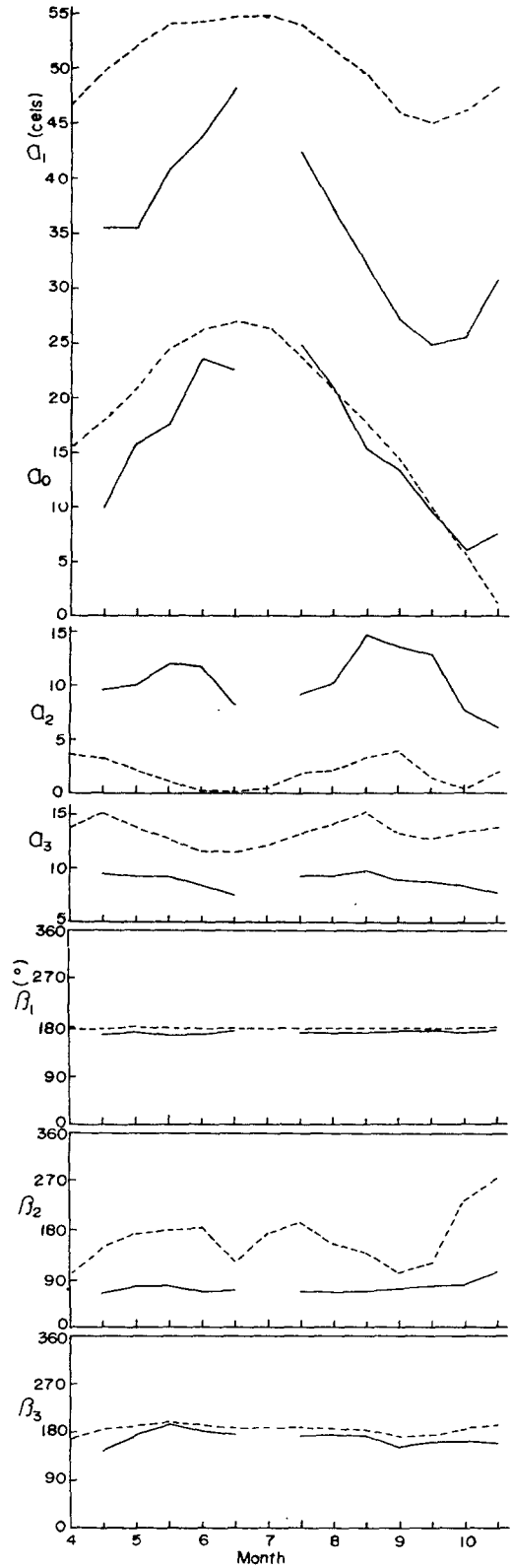


Fig. 4. Coefficients $a_0 \sim a_3$, $\beta_1 \sim \beta_3$ of the harmonic function concerning A-E pair half monthly.

周期의 變動이 비슷하였다.

係數 β_3 는 理論PPC와 實測PPC가 約 90° 에서 變動이 거의 없었다.

2. A-E pair에 關하여

Fig. 4에서 係數 a_0 는 理論PPC와 實測PPC가 4, 5, 6月 및 10月 後半은 큰 差異를 보였으나, 7月부터 10月 前半까지는 近似한 값을 나타내었다. 또한, 7月 後半과 10月을 제외하고는 理論PPC가 實測PPC보다 큰 現象을 나타내었다. 이러한 現象은 Fig. 2에서 兩 PPC의 平均값의 變動과 잘 一致한다는 것으로도 알 수 있으며, 相關係數도 0.88이었다.

係數 a_1 은 Fig. 2에서와 같이 兩 PPC가 같이 變動하는 경향을 보였으며, 相關係數도 가장 높은 0.97로서 높은 關連性을 가졌고, 1日 周期性이 강한 變動을 하였다.

係數 β_1 은 兩 PPC가 모두 180° 前後의 값을 나타내었으며 거의 같은 값으로 直線的인 變動을 나타내었다.

係數 a_2 는 理論PPC에 비해 實測PPC가 상당히 크고 相關性도 없었다.

係數 β_2 는 理論PPC는 큰 變動을 보이면서 變化하였고 實測PPC는 거의 直線的인 變動을 하였다.

係數 a_3 는 理論PPC가 實測PPC보다 크며 거의 같은 값으로 變化하였다.

係數 β_3 는 兩 PPC가 모두 거의 같은 값으로 直線的인 變動을 하였다.

2. 月別 日變化의 特性

으메가記錄紙에 記錄된 A-C pair에 대한 位相差를 半달마다 같은 時刻別로 平均한 값을 月別로 나타낸 結果는 Fig. 5(a)와 같다.

Fig. 5(a)에서 位相差가 4, 5, 6, 7月로 갈수록 점점 작아지면서 그 變化는 둔한 모양을 나타내었고 日出 및 日沒過度期사이의 時間幅은 좁아졌으나, 8, 9, 10月로 갈수록 이와 反對의 現象을 나타내었다. 이러한 現象은 晝夜의 長短에 起因되는 것으로 생각된다.

位相差의 日出沒過度期가 受信地點에서의 日出沒過度期보다 5~6時間 늦게 시작되는 것은 兩 送信局이 受信地點을 中心으로 서로 反對方向에 있기 때문에 서쪽에 있는 A局的 過度期가 受信地點의 過度期보다 그만큼 늦기 때문이다.

A-E pair에 대한 日變化를 나타낸 結果는 Fig. 5(b)와 같다.

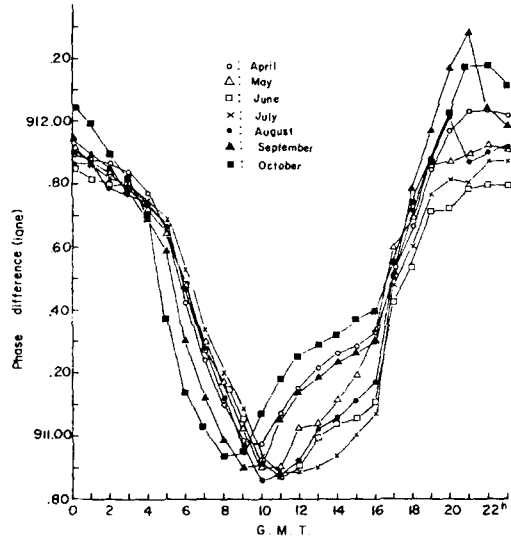


Fig. 5(a). Daily variation for the monthly mean values of the measured phase difference concerning A-C pair.

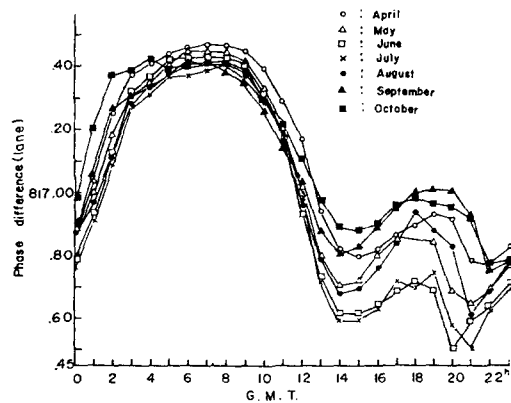


Fig. 5(b). Daily variation for the monthly mean values of the measured phase difference concerning A-E pair.

Fig. 5(b)에서 日出 및 日沒過度期사이의 時間幅과 位相差는 4, 5, 6, 7月로 가면서 작아지고, 8, 9, 10月로 가면서 反對로 커지는 경향을 보였다. 이러한 現象의 原因은 A-C pair의 경우와 같다.

位相差의 日出沒過度期가 受信地點의 日出沒過度期와 一致하는 理由는 A, E局이 모두 受信地點을 中心으로 서쪽에 치우쳐 있기 때문이다.

따라서, 兩 pair에 있어서 位相差의 日變化는 日出沒過度期, 夜間, 晝間 順으로 그 變化幅이 컸다.

3. 位相差의 季節變化

A-C pair, A-E pair에 대한 位相差의 季節變化를 時刻別로 나타낸 結果는 Fig. 6(a), (b)와 같다.

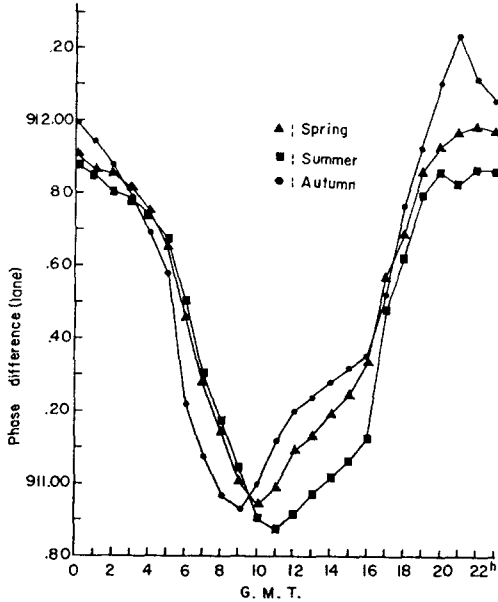


Fig. 6(a). Daily variation for the seasonal mean values of the measured phase difference concerning A-C pair.

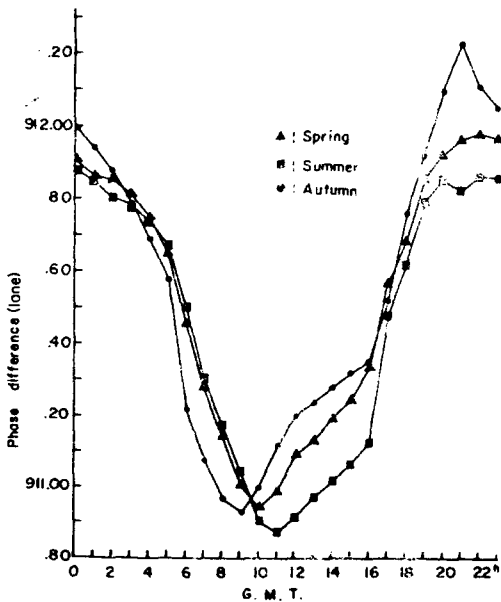


Fig. 6(b). Daily variation for the seasonal mean values of the measured phase difference concerning A-E pair.

Fig. 6(a)에서 A-C pair는 봄에서 여름으로 바뀌어짐에 따라 平均位相差가 작아지면서 日變化曲線은 夜間쪽으로 移動하였다. 그리고, 여름에서 가을이 되면서 이 現象은 정상대로 되었다.

Fig. 6(b)에서 A-E pair는 봄에 비해 여름의 位相差와 日出沒過度期 사이의 時間幅이 현저하게 작았으며 가을에는 여름보다 커지는 現象을 나타내었다. 따라서, A-C pair, A-E pair에 대한 오메가 電波의 位相差 變化는 季節的인 影響을 크게 받는다고 생각된다.

4. 測定值의 分布

全 測定期間을 통하여 時間에 대한 오메가 電波의 位相差의 偏倚의 程度를 알기 위하여 半달마다 同一時刻에 있어서의 測定值의 平均값을 0으로 하여 標準偏差를 求한 結果는 Fig. 7(a)와 같다.

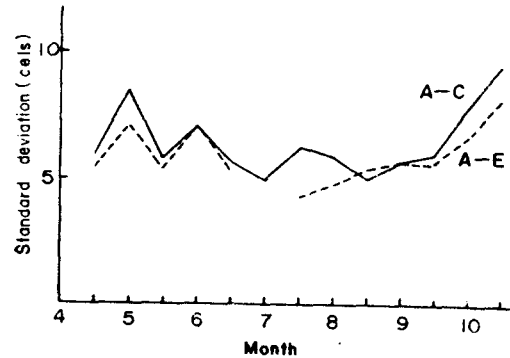


Fig. 7(a). Distributions of the standard deviation around mean values every hour.

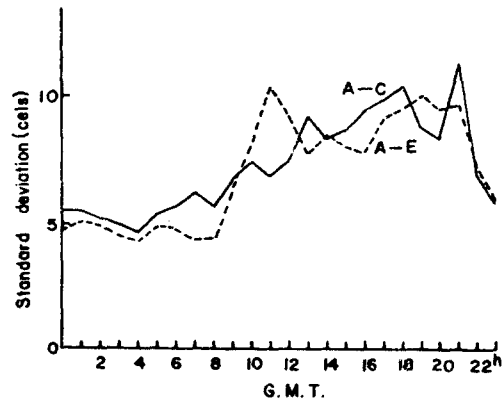


Fig. 7(b). Distributions of the standard deviation around mean values half monthly.

Fig. 7(a)에서 兩 pair 모두가 晝間에는 約 5cels로서 아주 安定하고, 夜間에는 急激한 變動을 보이므로 夜間보다 晝間에 測定位置의 精度가 높았다.

釜山地方에서의 오메가電波의 傳播特性과 測定位置의 精度에 關하여

A-C pair는 日出直前に 11.5cels, A-E pair는 日沒直後に 10.5cels로서 최고값을 나타내었으므로 兩 pair 모두 이때에 測定位置의 精度가 가장 낮았다.

반달마다의 同一時刻에 있어서의 測定值의 月別 標準偏差를 求한 結果는 Fig.7(b)와 같다.

Fig.7(b)에서 A-C pair와 A-E pair는 모두 全 期間을 통해 약간의 變動을 보이고 있으나 8,9月에 는 그 安定度가 높았다.

5. 測定位置의 精度

1. 理論PPC에 의한 경우

오메가受信機에 記錄된 A-C pair 및 A-E pair의 반달마다 平均位相差를 理論PPC表로써 補正하여 晝間, 日出沒過度期, 夜間 別로 求한 結果는 Fig.8의 a, b, c와 같다.

Fig.8의 a에서 晝間에는 測定位置들이 眞位置에서 대부분 북쪽으로 치우쳤으며 眞位置에서 1mile권 以內는 30%, 2mile권 以內는 65%, 3mile권 以內는 81%를 나타내었다.

이 原因은 A-C pair의 日出沒過度期가 受信地點의 日出沒過度期보다 5~6時間 늦기 때문이라 생각 된다.

Fig.8의 b에서 日出沒過度期에는 測定位置들이 두 群을 形成하고 있으며, 精度가 比較的 높은 群은 日沒過度期였으며 精度가 比較的 낮은 群은 日出過度期였다.

이 경우의 測定位置 精度는 1mile권 以內가 22%, 2mile권 以內가 44%, 3 mile권 以內가 66%였다.

Fig.8의 c에서 夜間에는 測定位置들이 眞位置에서 남서쪽으로 分布되었으며, 그 精度의 範圍는 1 mile권 以內가 16%, 2mile권 以內가 44%, 3mile 권 以內가 72%였다.

따라서, 理論PPC表에 의한 測定位置의 精度는 晝間, 日出沒過度期, 夜間의 順으로 높았으며 그 誤差 圈의 平均은 2.67mile, 標準偏差는 0.9mile이었다.

2. 實測PPC에 의한 경우

實測PPC에 의한 測定位置의 精度를 考察하기 위하여 測定位置誤差(δ)를 다음 數式에 의한 方法으로 計算하였다.

$$\delta = 0.08 \sqrt{\left(\frac{a}{\cos \alpha} + \frac{b}{\cos \beta}\right)^2 + \left(\frac{\tan \beta}{\cos \alpha} + \frac{\tan \alpha}{\cos \beta}\right)^2}$$

.....(1)

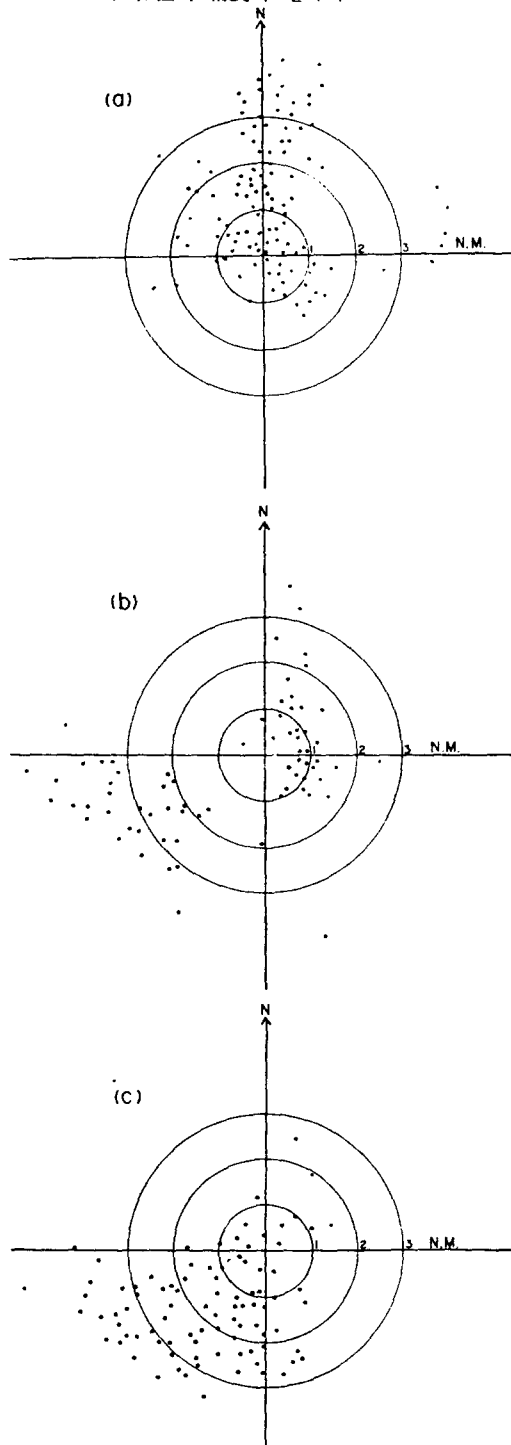


Fig.8. Distributions of the position fixed by the theoretical PPC table of A-C pair and A-E pair during a day.
a: Daytime
b: An hour around sunrise and sunset
c: Nighttime

但, a : 반달마다 同一時刻에 있어서의 A-C pair의 標準偏差

b : 반달마다 同一時刻에 있어서의 A-E pair의 標準偏差

α : A-C pair의 位置線과 緯度線과의 交角

β : A-E pair의 位置線과 緯度線과의 交角

(1)式에서 $\alpha=60.8^\circ$, $\beta=159^\circ$ 이므로

$$\delta = 0.08 \sqrt{1.02a^2 + 1.015b^2} - 0.259ab \dots\dots(2)$$

이다.

測定資料 275個를 (2)式에 의해 求한 誤差의 範圍는 0.16 mile~1.2mile이었다. 그 平均값 $m=0.63$ mile, 標準偏差 $\delta=0.217$ mile인 Histogram과 이와 同一한 平均값 및 標準偏差를 가지는 正規分布曲線을 Fig.9에 나타내었다.

Fig.9에서 Histogram과 正規分布曲線이 一致한다고 하면 이들 誤差의 範圍는 正規分布로 볼 수 있다.

이들의 適合度를 χ^2 檢定한 結果, 計算値는 $\chi^2=14.867$, 自由度 8, 危險率 5%에 의한 χ^2_{α} 의 값은 $\chi^2_{\alpha}=15.51$ 로서 이 假說은 有意性이 없다 따라서, 測定誤差는 正規分布를 이룬다.

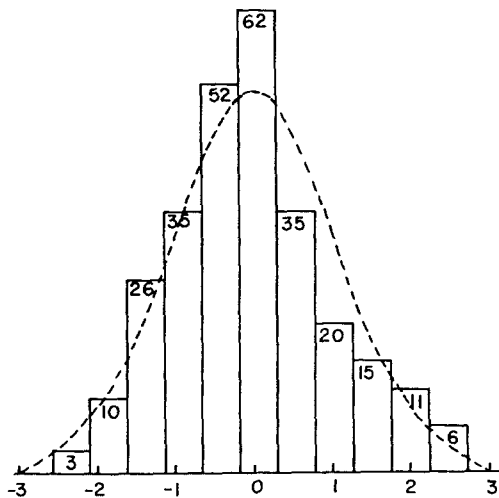


Fig. 9. Comparison between the distribution of the measured position error and normal distribution curve having the same mean value and the same standard variation.

要 約

釜山地方에서의 오메가電波의 傳播特性과 測定位置의 精度를 알기 위해 1980年 4月 17일부터 10月 31일까지 釜山水産大學 (35°07.'9N, 129° 06.'3E)

에서 A-C pair와 A-E pair (10.2KHz)를 連續觀測하여 오메가電波의 時刻別 및 月別 變動, 理論 PPC와 實測 PPC와의 關係, 이들에 의한 測定位置의 精度를 檢討 分析한 結果는 다음과 같다.

1. 理論 PPC와 實測 PPC에 대하여 fourier 分析한 結果, A-C pair에서는 a_0, a_2, a_3 가, A-E pair에서는 $a_0 \sim a_3$ 가 正의 相關關係였다. 그리고, 兩 pair는 모두 全 期間을 통해서 1日 周期性이 강했으며, 그 位相도 거의 같은 값으로 β_1 은 A-C pair에서는 280° , A-E pair에서는 180° 内外였다.

2. 月別 日變化의 特性은 兩 pair 모두 4, 5, 6, 7月로 갈수록 位相差가 적었고, 時間幅이 좁아졌으나, 7月에서 10月로 갈수록 位相差와 時間幅의 變化는 이와 反對였다. 또한, 兩 pair의 位相差의 日變化는 日出沒過度期, 夜間, 晝間 順으로 그 變化幅이 컸다.

3. 理論 PPC에 의한 測定位置의 誤差의 範圍는 0.16~4.11 mile이였으며, 그 誤差圈의 平均값은 2.67mile. 標準偏差는 0.90mile이었다.

4. 實測 PPC에 의한 測定位置의 誤差의 範圍는 0.16~1.2 mile이며 그 誤差圈의 平均값은 0.63mile. 標準偏差는 0.217 mile이었다.

文 獻

石井隆廣雄·羽倉幸雄·永井清二·大内長七(1975): 오메가電波의 傳播. 日航海學會誌 47, 18-29.
 伊藤 實·大澤謙一(1975): 日本における 오메가信號의 日變化와 地域的變位에 對하여. 同誌 47, 35-38.
 平岩 節·坂本有隣(1975): 函館における 오메가測定值의 統計的考察-I. 日航海論集 53, 33-40.
 坂本有隣·平岩 節·米田國三郎(1976): 上同 II. 同誌 55, 93-98.
 _____ (1976): 上同 III. 同誌 55, 99-105.
 _____ (1977): 上同 IV. 同誌 58, 23-32.
 _____ (1978): 上同 V. 同誌 59, 85-91.
 _____ (1979): 上同 VI. 同誌 60, 1-11.
 米田國三郎·佐々木成二(1978): 오메가 시스템에 의한 測得位置에 對하여. 日航海論集 60, 13-19.
 金東一(1977): 오메가電波의 位相豫測에 關한 研究. 韓國航海學會誌 1(1), 1-15.
 Toshio FURUYA(1971): Omega Receiving Data and Data Processor. ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW, 68-76.
 韓仁哲·朴斗碩·李弘民·元清六·金是憲(1979): 空 中線 電波傳播. 尚學堂, 207-236.
 鄭英鎭(1976): 近代統計學의 理論과 實際. 寶普齋, 71-74, 113-116.
 入江昭二·垣田高夫(1976): 푸리에의 方法. 內田老 鶴園新社, 8-12.
 田口一夫(1975): 오메가航法 시스템. 成山堂, 22-53.

Table 1. The value of the predicted propagation correction concerning A-C pair (120°E, 36°N)

GMT	00	10	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1-15 April	-48	-45	-41	-30	-26	-12	9	30	48	63	64	55	46	37	32	27	20	-11	-38	-62	-84	-76	-54	-51
16-30 April	-60	-52	-39	-31	-27	-13	8	28	47	63	68	59	50	43	37	31	22	-12	-41	-64	-85	-53	-43	-60
1-15 May	-53	-47	-41	-34	-26	-14	6	25	44	61	68	63	55	48	42	36	20	-15	-42	-66	-64	-47	-55	-59
16-31 May	-48	-43	-38	-31	-25	-13	4	23	41	59	68	67	59	52	44	40	20	-14	-41	-61	-50	-47	-55	-52
1-15 June	-45	-41	-36	-30	-24	-15	3	21	39	56	68	61	54	47	42	21	-15	-39	-58	-49	-50	-53	-49	-48
16-30 June	-44	-40	-35	-30	-24	-15	1	20	38	55	67	70	62	55	48	43	23	-12	-38	-57	-49	-48	-51	-48
1-15 July	-45	-42	-36	-31	-25	-16	0	20	38	54	67	69	62	55	47	43	25	-9	-37	-57	-48	-47	-52	-50
16-31 July	-49	-44	-39	-32	-25	-16	1	20	38	56	67	67	60	52	45	40	25	-9	-38	-59	-51	-48	-51	-54
1-15 August	-54	-48	-42	-35	-28	-16	3	23	41	59	68	65	57	49	41	35	25	-10	-38	-63	-71	-50	-52	-60
16-31 August	-61	-52	-41	-32	-28	-15	6	27	45	61	67	60	51	43	37	31	23	-10	-41	-63	-85	-51	-44	-57
1-15 September	-49	-43	-40	-30	-25	-11	10	32	51	64	63	53	44	36	31	25	18	-12	-40	-63	-85	-78	-56	-52
16-30 September	-54	-49	-44	-34	-25	-6	14	35	55	62	55	43	35	31	25	20	14	-12	-38	-61	-84	-93	-65	-57
1-15 October	-57	-52	-47	-40	-25	0	21	40	54	54	40	37	31	25	20	15	11	-12	-35	-57	-79	-96	-74	-63
16-31 October	-61	-57	-50	-43	-28	-1	25	43	43	40	35	29	23	19	15	12	9	-10	-34	-55	-74	-94	-82	-67

Table 2. The Values of the predicted propagation correction concerning A-E Pair (128°E, 36°N)

GMT	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1-15 April	23	-5	-27	-19	-22	-25	-27	-26	-25	-21	-19	-8	13	36	52	56	54	50	48	46	44	52	65	48
16-30 April	9	-12	-23	-20	-23	-25	-25	-24	-22	-20	-15	-5	18	44	58	60	60	55	52	49	50	80	76	35
1-15 May	16	-6	-24	-23	-21	-22	-23	-23	-21	-17	-13	-2	22	50	64	65	64	60	57	54	74	82	57	36
16-31 May	20	0	-19	-20	-19	-20	-22	-22	-20	-16	-12	-1	26	54	67	70	68	65	62	63	88	80	55	42
1-15 June	24	4	-14	-18	-17	-20	-20	-21	-19	-16	-11	-1	25	55	70	71	71	67	65	67	89	75	59	43
16-30 June	26	7	-12	-19	-17	-19	-20	-21	-19	-16	-12	-1	23	55	70	72	72	69	67	68	88	77	69	47
1-15 July	27	5	-12	-19	-17	-19	-20	-21	-19	-17	-13	-3	22	53	69	72	71	68	65	66	89	80	61	45
16-31 July	23	3	-25	-20	-18	-20	-22	-22	-21	-17	-13	-4	20	49	66	69	67	65	62	61	85	80	61	43
1-15 August	18	-2	-22	-24	-21	-24	-23	-23	-22	-18	-15	-4	18	47	62	65	63	60	57	53	65	83	61	37
16-31 August	10	-9	-24	-21	-23	-24	-25	-25	-23	-19	-16	-6	16	42	57	60	60	55	51	49	68	81	73	41
1-15 September	18	5	-27	-19	-23	-27	-28	-26	-24	-22	-19	-8	13	37	52	54	53	49	47	45	43	60	62	46
16-30 September	10	-16	-33	-24	-26	-26	-30	-29	-26	-25	-23	-13	9	33	46	49	48	46	45	43	42	47	55	40
1-15 October	4	-26	-37	-31	-30	-28	-31	-32	-32	-34	-34	-13	9	28	42	45	45	43	43	42	42	43	49	32
16-31 October	4	38	-39	-35	-37	-35	-32	-34	-43	-47	-35	-18	4	23	37	42	42	42	42	42	42	41	41	29

Table 3. The values of the measured propagation correction concerning A-C pair (129° E, 35°N)

GMT	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1-15 April	-39	-35	-36	-33	-26	-15	9	27	41	52	53	44	36	29	4	23	17	-2	-16	-34	-46	-52	-53	-51
16-30 April	-44	-36	-33	-26	-18	-11	6	23	38	51	60	55	43	39	36	29	18	-9	-18	-35	-37	-41	-45	44
1-15 May	-37	-35	-33	-29	-24	-17	1	19	29	46	61	66	54	54	43	33	18	-9	-19	-35	-36	-36	-39	-38
16-31 May	-28	-23	-22	-24	-19	-12	8	31	37	50	64	66	63	53	47	48	43	13	1	-14	-13	-24	-22	-21
1-15 June	-40	-38	-36	-33	-28	-20	-3	16	30	42	55	62	59	50	47	43	36	4	-7	-27	-29	-31	-36	-36
16-30 June	-38	-37	-31	-30	-25	-17	-4	17	31	42	54	61	58	54	48	41	1	-11	-28	-31	-30	-37	-38	
1-15 July	-34	-34	-39	-27	-23	-17	-1	17	30	43	62	65	66	63	60	53	46	4	-8	-24	-30	-29	-37	-35
16-31 July	-38	-35	-26	-27	-26	-17	0	18	35	53	65	67	64	56	54	49	45	4	-17	-31	-44	-31	-37	-40
1-15 August	-43	-36	-29	-24	-20	-13	6	29	43	54	65	59	51	41	35	30	22	-4	-24	-44	-58	-41	-41	-41
16-31 August	-40	-35	-31	-25	-18	-11	16	38	51	60	60	48	39	35	30	28	25	7	-25	-46	-68	-72	-46	-44
1-15 September	-46	-41	-35	-27	-18	-4	25	40	52	62	58	44	34	30	25	22	17	-7	-30	-47	-65	-82	-58	-51
16-30 September	-51	-45	-37	-27	-19	8	32	44	58	58	44	30	22	20	18	8	7	-10	-32	-46	-62	-82	-69	-58
1-15 October	-56	-51	-43	-34	-17	20	43	53	57	53	44	36	29	24	21	20	16	5	-14	-26	-39	-51	-65	-62
16-37 October																								

Table 4. The value of the measured propagation correction concerning A-E pair (129° E, 35°N)

GMT	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1-15 April	33	16	-5	-18	-21	-24	-26	-27	-27	-25	-19	-9	3	26	38	40	37	33	30	27	28	41	42	37
16-30 April	31	16	-1	-10	-12	-21	-23	-23	-21	-18	-10	0	17	36	47	49	41	33	31	31	45	54	47	42
1-15 May	37	24	4	-12	-17	-21	-28	-26	-28	-25	-17	0	20	44	52	47	38	34	38	40	58	58	53	44
16-31 May	45	31	12	-9	-14	-20	-21	-21	-28	-22	-12	5	27	47	57	55	48	44	44	47	69	61	56	52
1-15 June	38	23	3	-15	-20	-25	-25	-26	-26	-20	-13	1	26	45	60	61	58	55	53	55	71	62	56	45
16-30 June																								
1-15 July	44	29	11	-7	-11	-17	-17	-18	-21	-15	-9	2	21	46	60	60	56	48	50	45	62	70	57	50
16-31 July	36	25	11	-8	-13	-15	-19	-18	-19	-16	-10	4	23	41	55	54	48	39	37	40	50	64	51	43
1-15 August	33	21	5	-8	-14	-19	-25	-23	-22	-21	-10	4	23	39	48	46	39	31	25	23	24	55	50	42
16-31 August	35	19	-2	-9	-13	-18	-20	-21	-18	-15	-7	5	19	35	42	40	34	28	24	21	19	32	48	43
1-15 September	31	12	-10	-13	-14	-17	-20	-21	-20	-15	-5	4	17	30	36	34	26	21	16	17	19	24	41	41
16-30 September	25	4	-13	-13	-16	-16	-19	-22	-21	-20	-13	-4	5	20	28	28	25	19	17	20	22	26	35	35
1-15 October	19	-5	-21	-24	-26	-23	-21	-20	-21	-16	-6	3	13	24	33	36	34	29	26	27	27	30	31	30
16-31 October																								