函館におけるオメガ測定値の統計的考察—V.

——オメガによる測定位置の評価について——

平岩 節*・坂本 有隣*・米田国三郎*

Statistical Studies on Omega Measurements at Hakodate—V.

——Evaluation of Omega Position——

Takashi HIRAIWA, Yurin SAKAMOTO
and Kunisaburo YONETA

Abstract

Omega phase difference observations were made continuously at a fixed position ($41^{\circ}48'4N$, $140^{\circ}43'3E$) from February 1, 1974 till December 31, 1976, about A-D, A-C, C-D, A-H, C-H and D-H pairs. The statistics of each pair were calculated on the basis of one year of observation. From these results we have attempted to evaluate the accuracies of fixed positions with the above combinations.

- 1) Accuracies of determined positions when propagation corrections are carried out by the use of PPC tables

The standard deviations around theoretical values (obtained by correcting the values shown in the PPC tables to the phase differences between the observation point and two stations) are indicated in Table 1 assuming that the measured values have a normal distribution around each theoretical value. Based on the σ of each pair and the intersecting angle of two position lines the radii of 95 per cent probability circles were calculated (Table 2).

- 2) Accuracies of determined positions when propagation corrections are carried out by the use of measured ones

Each day was divided into 48 parts of 30 minutes and each month into 2 parts, thus a year was divided into 1152 parts, and all conditions were considered to be the same. The differences between the mean values and the measured values for each part presented observation errors, and the distribution around each mean value in the annual population was obtained by accumulating such errors over the 1152 groups respectively (Table 5 (a)). Based upon those data and the angles of cut the radii of 95 per cent probability circles were calculated and indicated in Table 6 (a).

1. 緒 言

筆者らはオメガの精度評価を目的として、1974年以来若干の組局につき、それぞれ1年間の資料測得を基準として連続測定を行ってきた。ここに周年統計を企図した理由はつぎのとおりである。

測定値は時刻・季節によって異なるのは当然であるが、短期間内同一時刻においても測定値の間かなりの差違がみられ、その変動が異常伝搬に基因するものかどうかの判定がつきにくいこと、まして航行船舶で利用する

* 正会員 北海道大学水産学部（函館市港町 3-1-1）

場合は至難であることのため、年間資料を調査対象とした。しかしこれら一連の測定は定点 ($41^{\circ}48'4N$, $140^{\circ}43'3E$) で行なったため、異常値であることが歴然としている資料は棄却した。したがって採択資料から導かれる結果は、全数統計によるものに比し幾分良好な数値を示すことになる。

いままでに、1974年2月1日から'75年1月31日に至る A-D pair, '75年2月1日から'76年1月31日に至る A-D pair, '75年1月1日より12月31日に至る A-C pair, C-D pair, '76年1月1日より12月31日に至る A-H pair, C-H pair および D-H pair について統計的考察を加えてきた^{(1)~(4)}。全組局についての評価を行なうには、さらに年月を必要とするが、すでに得られた延べ7年分の資料に基づいて、それらの組み合わせによる測定位置の評価を試みた。

通常の大洋航海においては、船の安全移動を可能ならしめるよう位置測定が行なわれ、針路決定がなされるのであるから、余程特殊な場合でない限り測定された位置の評価は厳密でなくても実務遂行上の支障は起らない。

漁船においては、従来からも点としての評価を必要とする漁法があったのであるが、200海里時代に入り、はるか沖合においてもその必要性が要求されるに至った。ある指定された測位手段による測定位置が、必要条件を満足すればよいのであれば容易なことであるが、地球座標において評価するには手段そのものの精度が問題となる。

一般的に、測定位置の精度は、位置の線の精度と位置の線の交角によって決まる。距離差測定による位置の線の精度は、測定値の精度と占位条件によって定まるものである。オメガの場合は、空間波補正值の精度、外界条件の変化にも左右される。したがって系統誤差、偶然誤差を含めて吟味するのが現在における評価法であろう。

将来 PPC 表が完成され系統誤差が除去される時点を想定すれば、偶然誤差のみを対象として論じることにも意義を見いだすことができる。このようなことより、PPC 表による場合の評価と、測得 PPC による場合の評価とを行なった。

2. PPC 表使用による測定位置の精度

測点と両局間の位相差を PPC 表によって補正した値と、測定値との差が現時点においては測定誤差と扱われる。

PPC 表は1時間ごと半月単位で作成されているので、1年を576の小集団に層化することになる。そしてそれぞれについて PPC 表によって補正を施した位相差を理論値と呼称することにし、測定値は理論値の回りに正規分布をするものと仮定して標準偏差を計算すると Table 1 のごとくである。

一般的に、測定位置の評価は位置確率または誤差界によってなされる。ここに前者の確率密度による方法は、相対的な比較・評価には便利であるが、位置そのものの評価には後者の方が適切である。必要とする位置確率を保有するために要求される範囲を示すには、等確率密度線によって囲まれる楕円が理論的には妥当であるが、長径、短径、軸方向を必要とするため、本報ではその範囲を概括的に捉えるという観点から確率円方式によることにした。そして各位置の線の精度と交角より比例定数を求め、それらの要素によって95%確率円⁽⁵⁾の半径を計算したのが Table 2 である。

次に理論値の回りにおける測定値の分布を cec 単位で月別に示したのが Fig. 1 である。時期的にみて各組局に共通した顕著な特徴はみられないが、夏期の方が冬期より幾分小さいので、次項と同様に5, 6, 7, 8, 9月分を抽出し標準偏差を計算すると Table 3 のごとくであり、さらにそれらの組み合わせによる測定位置の95%確率円半径を求めると Table 4 のようになる。これによれば Table 2 のものより良い数値が得られるのは当然

Table 1. Standard deviations around theoretical values on the basis of the whole data.

Pair	'74 A-D	'75 A-D	A-C	C-D	A-H	C-H	D-H
<i>n</i>	8427	7400	7811	7198	8008	8521	7861
σ	2.58	2.67	2.43	3.88	1.43	1.59	1.40

n: number of data

σ : standard deviation (n. m.) at the observation point

Table 2. Radii of 95 per cent probability circles by the whole data. (unit: n. m.)

Pair Pair	'74 A-D	'75 A-D	A-C	C-D	A-H	C-H	D-H
'74 A-D	—	—	14.9	10.3	5.4	13.7	6.9
'75 A-D	—	—	15.2	10.4	5.6	14.1	7.1
A-C	14.9	15.2	—	18.2	5.4	6.8	5.1
C-D	10.3	10.4	18.2	—	11.8	7.9	8.2
A-H	5.4	5.6	5.4	11.8	—	4.7	7.9
C-H	13.7	14.1	6.8	7.9	4.7	—	8.9
D-H	6.9	7.1	5.1	8.2	7.9	8.9	—

Table 3. Standard deviations around theoretical values by the data of May, June, July, August and September.

Pair	'74 A-D	'75 A-D	A-C	C-D	A-H	C-H	D-H
<i>n</i>	3547	2612	3275	2639	3486	3579	3455
σ	2.48	2.19	1.67	2.41	1.17	1.36	1.17

n: number of data σ : standard deviation (n. m.) at the observation point

Table 4. Radii of 95 per cent probability circles by the data of May, June, July, August and September. (unit: n. m.)

Pair Pair	'74 A-D	'75 A-D	A-C	C-D	A-H	C-H	D-H
'74 A-D	—	—	12.6	7.5	5.1	12.8	6.5
'75 A-D	—	—	11.6	7.1	4.6	11.7	5.9
A-C	12.6	11.6	—	11.6	3.9	5.0	3.7
C-D	7.5	7.1	11.6	—	7.6	5.1	5.2
A-H	5.1	4.6	3.9	7.6	—	3.9	6.5
C-H	12.8	11.7	5.0	5.1	3.9	—	7.5
D-H	6.5	5.9	3.7	5.2	6.5	7.5	—

であるが、得た結果について過大評価することは避けなければならないし、選局には充分な配慮を払う必要があらう。

3. 測得補正值使用による測定位置の精度

将来 PPC 表が完成し、系統誤差が除去され偶然誤差のみとなった場合を想定して、測定位置の精度を検討してみた。その理由は、現在においては非現実的であっても、将来偶然誤差のみとなるのが理想であり、これは除去不可能であるのでオメガによる測定精度の限界を示すものとして評価され、その未来像が個々の場合の測位目的を満足するか否かの判断資料を提供するからである。

半月内同一時刻における測定値は平均値の回りに正規分布をなすものと扱われる。したがって1年を半月ごと24に分け、1日を30分ごと48に分ければ、1年は同一状態とみなされる1152の小群に層化されることにな

Fig. 1. Standard deviations around theoretical values.

Fig. 2. Standard deviations around each mean value.

る。そして各群における平均値と位相差との差を測得補正值と呼ぶことにし、各測定値に測得補正值を加味したもの、すなわち〔測定値－平均値〕を月単位で集積し標準偏差を図示したのが Fig. 2 である。さらに 1 年という母集団を想定して各組局の標準偏差を求めたのが Table 5 (a) である。単位は cec を測点における長さ (n. m.) に置き換えた。

また微視的にみれば時期別に安定度が異なるので、1 年を安定時期と不安定時期とに大別し、前者には 5, 6, 7, 8, 9 月を含み、後者は 1, 2, 3, 4, 10, 11, 12 月を指すことにした。そしてそれぞれの標準偏差を掲記したのが Table 5 (b), (c) である。

これらの資料と位置の線の交角より比例定数を求め、95% 確率円の半径を計算すると Table 6 (a), (b), (c) のごとくなる。

Table 5 (a). Standard deviations around each mean value by the whole data.

Pair	'74 A-D	'75 A-D	A-C	C-D	A-H	C-H	D-H
n	16844	14784	15625	14390	16018	17042	15719
σ	1.63	1.72	0.87	2.08	0.87	0.51	0.88

n : number of data

σ : standard deviation (n. m.) at the observation point

Table 5 (b). Standard deviations around each mean value by the data of May, June, July, August and September.

Pair	'74 A-D	'75 A-D	A-C	C-D	A-H	C-H	D-H
n	7093	5221	6552	5279	6972	7156	6908
σ	1.26	1.17	0.67	1.26	0.68	0.38	0.68

Table 5 (c). Standard deviations around each mean value by the data of January, February, March, April, October, November and December.

Pair	'74 A-D	'75 A-D	A-C	C-D	A-H	C-H	D-H
n	9751	9563	9073	9111	9046	9886	8811
σ	1.86	1.94	0.99	2.43	0.99	0.58	1.01

Table 6 (a). Radii of 95 per cent probability circles by the whole data. (unit: n. m.)

Pair	'74 A-D	'75 A-D	A-C	C-D	A-H	C-H	D-H
'74 A-D	—	—	7.8	5.8	3.4	7.8	4.4
'75 A-D	—	—	8.1	5.9	3.5	8.2	4.6
A-C	7.8	8.1	—	9.0	2.3	2.4	2.2
C-D	5.8	5.9	9.0	—	6.4	4.2	4.4
A-H	3.4	3.5	2.3	6.4	—	2.2	4.9
C-H	7.8	8.2	2.4	4.2	2.2	—	4.3
D-H	4.4	4.6	2.2	4.4	4.9	4.3	—

Table 6 (b). Radii of 95 per cent probability circles by the data of May, June, July, August and September.

Pair Pair	'74 A-D	'75 A-D	A-C	C-D	A-H	C-H	D-H
'74 A-D	—	—	6.0	3.9	2.6	6.0	3.4
'75 A-D	—	—	5.7	3.7	2.5	5.6	3.2
A-C	6.0	5.7	—	5.7	1.8	1.8	1.7
C-D	3.9	3.7	5.7	—	4.0	2.5	2.8
A-H	2.6	2.5	1.8	4.0	—	1.7	3.8
C-H	6.0	5.6	1.8	2.5	1.7	—	3.3
D-H	3.4	3.2	1.7	2.8	3.8	3.3	—

Table 6 (c). Radii of 95 per cent probability circles by the data of January, February, March, April, October, November and December.

Pair Pair	'74 A-D	'75 A-D	A-C	C-D	A-H	C-H	D-H
'74 A-D	—	—	8.9	6.7	3.9	8.9	5.0
'75 A-D	—	—	9.2	6.8	4.0	9.3	5.2
A-C	8.9	9.2	—	10.4	2.6	2.7	2.5
C-D	6.7	6.8	10.4	—	7.4	4.9	5.2
A-H	3.9	4.0	2.6	7.4	—	2.6	5.6
C-H	8.9	9.3	2.7	4.9	2.6	—	4.9
D-H	5.0	5.2	2.5	5.2	5.6	4.9	—

4. 推定補正值使用による位置の線の精度

PPC 表が完成するまでには、世界各地における多年の観測資料の集積を必要とするであろうが、ある年における測得補正值を翌年以降の推定補正值とした場合の位置の線の精度を検討してみた。

その一例として、前記の 1974 年 2 月から '75 年 1 月に至る A-D pair の測得補正值を、'76 年 2 月から '77 年 1 月に至る測定値に適用した場合の標準偏差を図示したのが Fig. 3 であり、併せて PPC 表によった場合、測得補正值を用いた場合をも示した。図にみるように、推定補正值によった場合測得補正值によるものに比し、さほど遜色のない結果が得られた。このことは伝搬の再現性を巨視的に捉えたものといえよう。また通年の標準偏差として 10.44 cecs (1.75 n. m.) が得られ、測得補正值によった場合の 9.44 cecs (1.58 n. m.) に比しわずか 1.00 cecs (0.17 n. m.) の違いに過ぎないし、PPC 表によった場合の 15.94 cecs (2.67 n. m.) に比べると相当な減少である。

5. 組 局 の 選 択

現行の PPC 表によって補正を行なう場合、Table 2 および Table 4 にみるように高精度の位置を得ることは望まれない。

外洋における位置として要求される精度の下限は一

Fig. 3. Standard deviations of observation values.

I...sky wave corrections were carried out by PPC tables

II...sky wave corrections were carried out by estimated corrections (measured corrections of an other year)

III...sky wave corrections were carried out by measured corrections in the year

概にきめられないが、Table 2 より 5 n. m. 以下であるのは A-H, C-H pair の組み合わせのみであり、夏期に限ってみても A-C, A-H; A-C, C-H; A-C, D-H pair の組み合わせが付加されるにすぎない。

次に偶然誤差のみを対象とした場合、これは将来に向けての期待であるが、Table 6 (a) より上記の4つの組み合わせが半径 3 n. m. 以内に収まっている。また伝搬状態の比較的安定している 5, 6, 7, 8, 9 月においては Table 6 (b) より A-H, A-D; C-H, C-D; D-H, C-D の組み合わせも 3 n. m. を満足する。

また前述の4つの組み合わせについては、不安定期とした 1, 2, 3, 4, 10, 11, 12 月についてみても Table 6 (c) に示すように 3 n. m. 以内に収まっている。また 5~9 月についてみれば Table 6 (b) より 2 n. m. 以内という比較的高精度を期待できる。

6. オメガ位置の線の利用

オメガは全天候性、全世界的であるという点からみれば利用価値はある。しかし測位精度の観点からすれば Table 2 および Table 4 に示す結果が現状を示している。したがって要求精度のとり方によって評価がかわれる。

より高精度を期待するには、現在の補正值を使用するのが最善である。すなわちデファレンシアル方式がそれであるが、離隔距離と精度低下に関する問題が残されている。

次は過去の統計値によって補正を施す方法である。A-D pair についてみれば、前記のように前々年度の補正值を使用してかなり位置の線の精度をよくすることができた。しかし上記の方法と同様有効範囲の問題が残る。

広域にわたって現実的な活用法は、他の手段による位置の線との組み合わせであろう。古くから航行船舶における基準位置は、太陽の隔時観測による正午位置におかれてきた。このようなことより、太陽の正中時観測による位置の線とオメガ位置の線の組み合わせによる位置の評価を行なった。Table 1 に示すオメガ位置の線の σ と天測位置の線の σ (0.75 とする) および両位置の線の交角によって 95% 確率円の半径を求めると Table 7 のごとくである。これより本測点においては C-H pair または D-H pair と太陽観測を組み合わせれば、どのオメガ位置の線の組み合わせによるものよりも優れた結果が得られる。

注) オメガ位置の線の σ は正中時付近の値によるのが妥当であるが、年間を通じてみると時刻別に顕著な差がなかったので、Table 1 をそのまま適用した。ただし C-H pair については、昼間の方が小さいので表値よりも小となる。

Table 7. Radius of 95 per cent probability circle of a determined position fixed by Omega observation and noon sight by the sun. (unit: n. m.)

'74 A-D	'75 A-D	A-C	C-D	A-H	C-H	D-H
5.2	5.4	6.0	17.9	10.8	3.4	4.2

7. 結 言

A-D, A-C, C-D, A-H, C-H および D-H pair の組み合わせによる測定位置について、現在の評価および将来の見通しについて論議した。

残された組局については今後の課題とするが、オメガ位置の線の概略は Fig. 1, Fig. 2 より推測することができる。したがってオメガを測位手段として選択するかどうかは、使用目的、使用海域に応じて判断されるべきであろう。

参 考 文 献

- (1) 平岩 節・坂本有隣, 函館におけるオメガ測定値の統計的考察—I, 日航海論集 53, 33-40, 1975.
- (2) 坂本有隣・平岩 節・米田国三郎, 函館におけるオメガ測定値の統計的考察—II, 日航海論集 55, 93-98, 1976.
- (3) 坂本有隣・平岩 節・米田国三郎, 函館におけるオメガ測定値の統計的考察—III, 日航海論集 55, 99-

105, 1976.

- (4) 坂本有隣・平岩 節・米田国三郎, 函館におけるオメガ測定値の統計的考察—IV, 日航海論集 58, 23-32, 1977.
- (5) 平岩 節, 測定船位に関する 95% 確率円について, 日航海誌 35, 13-17, 1966.