函館におけるオメガ測定値の統計的考察—VII.

——位相差の再現性——

坂本 有隣*・平岩 節*・米田国三郎*

Statistical Studies on Omega Measurement at Hakodate—VII.

—Reappearance of the Phase Difference—

Yurin SAKAMOTO, Takashi HIRAIWA and Kunisaburo YONETA

Abstract

We have discussed the annual peculiarity of the phase differences of the Omega of 10 pairs.

The phase differences were observed continuously from Feb. 1, 1974 (A-D pair), from Jan. 1, 1975 (A-C and C-D), from Jan. 1, 1976 (A-H, C-H and D-H) and from Jan. 1, 1977 (A-E, C-E, D-E and E-H) until Dec. 31, 1978 at the Faculty of Fisheries of Hokkaido University.

In this paper we deal with the reappearance of these phase differences.

The standard deviations around mean values are indicated in Fig. 1~10 and Table 2 and the amplitudes a_n and phase β_n obtained from the following equation $PPC = a_0 + \sum_{n=1}^{12} a_n \sin(n\theta + \beta_n)$ (θ : U. T.) are indicated in Fig. 11~30.

The relation between the daytime standard deviation and the night-time are indicated in Table 3, 4.

As a result, except A and D station reappearance on the C-D, C-H and E-H pairs are better than other pairs and when both the receiver and the transmitter are used in the daytime, very good reappearances are found.

1. 緒 言

オメガ航法システムは現在7局が運用され、あとG局の開局を残すのみとなり、益々利用度が高くなってきた。

筆者らは1974年2月にA-D pairのオメガ電波の位相差の測定を開始し、それ以来BおよびF局を含まないpairについて連続測定を行ない現在に至っている。この間10 pairの周年傾向と2年間の資料に基づくA-D pairの再現性等について、解析しそれらの結果を報告した^{1)~6)}。

今回は現在運用されている局のうちBおよびF局を除いた5局の全組合せ、10 pairの観測資料を用いて、測得PPCの再現性の評価、年別、月別、昼夜別等の再現性について検討した。

観測期間はA-D pairについては1974年2月1日より1978年12月31日まで約5年間、A-CおよびC-D pairは1975年1月1日より1978年12月31日までの4年間、A-H, C-HおよびD-H pairは1976年1月1日より1978年12月31日までの3年間、そしてA-E, C-E, D-EおよびE-H pairは1977年1月1日より1978年12月31日までの2年間であり、前回と同様に北海道大学水産学部(41°48'.4N, 140°43'.3E)において観測を行なった。

2. 測定方法

オメガ受信装置は光電製作所・OR-160型受信機2台を使用し、10.2 kHzの位相差を世界時0時より30分間隔で観測し測定値とした。半月のうち欠射あるいは機器の故障等で6日以下しか測定できなかった半月は、その半月全

* 正会員 北海道大学水産学部(函館市港町3-1-1)

部の資料を棄却し資料数を 0 とした。また資料の採用に当って、明らかに急激に大きな位相差の変動のあった時、またはレインスリップを起こした時の資料は棄却した。1977年の C-D, C-E, D-E および D-H pair, 1978年の A-C, A-H, C-D および D-E pair は他の pair 測定値より算出した。全資料数は 451,508 であり、各 pair の総資料数および年度別資料数を Table 1 に示した。

Table 1. Number of the data on each pairs.

Pair Year	A-C	A-D	A-E	A-H	C-D	C-E	C-H	D-E	D-H	E-H
1974		15,618								
1975	15,623	14,595			14,392					
1976	16,143	15,867		16,018	15,819		17,042		15,719	
1977	14,798	14,990	15,350	15,937	14,682	13,528	15,608	13,620	14,630	15,841
1978	14,264	15,502	14,851	14,339	13,365	15,113	15,683	13,936	13,465	15,170
Total	60,828	76,572	30,201	46,294	58,258	28,641	48,333	27,556	43,814	31,011

各 pair の半月の内、同一時刻における測定値はその平均値の回りに正規分布をなすものとして、1 年を 24 に、1 日を 48 に分け、1 年を 1152 の小群に層化した。そしてその pair の測点のレーイン番号の値より各群の平均値を減じて求めた値を、その群の測得 PPC とした。またその群内の〔測定値－平均値〕を偏差とした。

3. 測定値の分布

3. 1 各年度別、各半月別の平均値の回りの標準偏差

各 pair の各年度別に、同一半月分の小群の偏差を用い、各半月別の標準偏差を算出した。この標準偏差を縦軸に、月を横軸にとって各 pair ごとに接続図示したものが Fig. 1~10 である。図中 2 点鎖線 (---) は 1974 年、1 点鎖線 (---) は 1975 年、破線 (---) は 1976 年、点線 (---) は 1977 年そして太線 (—) は 1978 年のものを表わす。

また各 pair の年度別に 1 年間の総べての小群の偏差を用いて、各年度別の標準偏差を算出し Table 2 に示した。

3. 2 全観測期間を通じての各半月別および全期間の平均値の回りの標準偏差

年度別半月別の標準偏差を求めたのと同様に全観測期間を 1152 の小群に層化し、各群の平均値を求め〔測定値－

Fig. 1. Standard deviations around mean values every half-month concerning A-C pair.

Fig. 3. Standard deviations around mean values every half-month concerning A-E pair.

Fig. 2. Standard deviations around mean values every half-month concerning A-D pair.

Fig. 4. Standard deviations around mean values every half-month concerning A-H pair.

Fig. 5. Standard deviations around mean values every half-month concerning C-D pair.

Fig. 8. Standard deviations around mean values every half-month concerning D-E pair.

Fig. 6. Standard deviations around mean values every half-month concerning C-E pair.

Fig. 9. Standard deviations around mean values every half-month concerning D-H pair.

Fig. 7. Standard deviations around mean values every half-month concerning C-H pair.

Fig. 10. Standard deviations around mean values every half-month concerning E-H pair.

Table 2. Standard deviations by the whole and each year data.

Pair Year	A-C	A-D	A-E	A-H	C-D	C-E	C-H	D-E	D-H	E-H
1974		9.36								
1975	8.59	10.00			11.34					
1976	8.52	8.98		8.23	10.74		5.73		10.38	
1977	8.24	9.12	8.62	8.13	10.48	6.47	5.53	10.94	10.54	5.76
1978	11.41	10.23	11.12	11.11	12.99	5.75	6.20	12.96	13.05	5.94
Total	10.46	10.51	10.96	10.34	12.44	7.10	6.46	13.04	12.69	7.00

平均値] を偏差とし同一半月分の偏差を用い、全期間各半月別の標準偏差を算出した。そしてその値を各 pair について Fig. 1~10 の図中細線 (—) で示した。

またこの群の偏差を用い、各 pair の全期間の標準偏差を求め Table 2 に Total として示した。

3. 3 分 布

C-E, C-H および E-H pair においては各年度半月別の標準偏差が 10 cecs 以上の値を示す月は C-H pair の 1 月前半および 2 月前半, E-H pair の 2 月前半のみであり、冬期に標準偏差が他の期よりわずかに大きくなるほかは、年によるばらつきが少なくほぼ一定の値を示している。

A あるいは D 局を含む pair においては 5 月後半から、A-C, A-E および A-H pair では 9 月前半まで、A-D pair では 9 月後半, C-D および D-H pair では 8 月前半まで、標準偏差は 10 cecs 以下であり、また年による違いも小さい。しかし他の月では 10 cecs を越える年が多く、A-D pair を除いては年によって違いの大きい月が多

い。

A-C, A-E, A-H, C-D, D-H および D-E pair の1978年9月後半の標準偏差が前後の半月と比べて大きな値を示しているが、A-D pair は前後の半月と殆んど違いがない。これらはAおよびD局の電波に異常があり、他の局が正常であったため起こったものと考えられ、A-D pair に起こらなかったのは、AおよびD局の電波の異常変化が同一の変化で位相差には異常が起こらなかったものと考えられる。これと同じ現象は1977年3月前半、1977年4月前半、1978年5月前半および1978年11月前半に顕著に見られる。また1977年11月後半においてはA局を含む pair のみが変化し、他の pair は変化が小さいが、これはA局の電波のみに異常が起こったものと考えられる。

次に1978年2月前半であるが、A-C, A-E および A-H pair では大きな変化をしており、D局を含む pair では大きな変化がない。であれば A-D pair に大きな変化が起こらなければならないのに余り大きな変化がない。また H局を含む pair にも変化が見られるから、A-H pair の変化は小さくならなければならないにもかかわらず大きい。これは前の例の1978年9月前半の説明と合致せずその原因は不明である。

Fig. 1~10 の中で細線で示された全期間各半月別の標準偏差は小群の平均値の回りについてのものであるから、測点のレーインの値から、平均値を減じて得た測得 PPC の回りの標準偏差でもある。また Table 2 の Total も測得 PPC の回りの全期間を通じての標準偏差であり、10 cecs 以下の pair は C-H, E-H および C-E pair であり、最高は D-E pair であった。また C-E pair を除いては年度別で1978年の値が一番大きく、その測定値に大きいばらつきがあったことを示している。

4. 各年度各半月別の測得 PPC の検討

測得 PPC の値を数量的にあるいは質的に明確にするため、前回と同様に PPC を世界時 (θ) をパラメータとする周期関数として

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

により調和解析を試みた。(資料は世界時0時から1時間置きの測定値を使用した。)

各 pair, 各年別各半月における係数 a_n および係数 β_n を算出し、 n は4までのみにとどめ以下は省略し、Fig. 11~30 に図示した。図中の線は Fig. 1~10 と同様の年を示す。

Fig. 11. Coefficients $a_0 \sim a_4$ of harmonic function concerning A-C pair every half-month.

Fig. 12. Coefficients $\beta_1 \sim \beta_4$ of harmonic function concerning A-C pair every half-month.

Fig. 13. Coefficients $a_0 \sim a_4$ of harmonic function concerning A-D pair every half-month.

Fig. 15. Coefficients $a_0 \sim a_4$ of harmonic function concerning A-E pair every half-month.

Fig. 14. Coefficients $\beta_1 \sim \beta_4$ of harmonic function concerning A-D pair every half-month.

Fig. 16. Coefficients $\beta_1 \sim \beta_4$ of harmonic function concerning A-E pair every half-month.

Fig. 17. Coefficients $a_0 \sim a_4$ of harmonic function concerning A-H pair every half-month.

Fig. 19. Coefficients $a_0 \sim a_4$ of harmonic function concerning C-D pair every half-month.

Fig. 18. Coefficients $\beta_1 \sim \beta_4$ of harmonic function concerning A-H pair every half-month.

Fig. 20. Coefficients $\beta_1 \sim \beta_4$ of harmonic function concerning C-D pair every half-month.

Fig. 21. Coefficients $a_0 \sim a_4$ of harmonic function concerning C-E pair every half-month.

Fig. 22. Coefficients $\beta_1 \sim \beta_4$ of harmonic function concerning C-E pair every half-month.

Fig. 23. Coefficients $a_0 \sim a_4$ of harmonic function concerning C-H pair every half-month.

Fig. 24. Coefficients $\beta_1 \sim \beta_4$ of harmonic function concerning C-H pair every half-month.

Fig. 25. Coefficients $a_0 \sim a_4$ of harmonic function concerning D-E pair every half-month.

Fig. 27. Coefficients $a_0 \sim a_4$ of harmonic function concerning D-H pair every half-month.

Fig. 26. Coefficients $\beta_1 \sim \beta_4$ of harmonic function concerning D-E pair every half-month.

Fig. 28. Coefficients $\beta_1 \sim \beta_4$ of harmonic function concerning D-H pair every half-month.

Fig. 29. Coefficients $a_0 \sim a_4$ of harmonic function concerning E-H pair every half-month.

これらの図から C-H pair を除いて a_0 の乱れは激しく、次いで a_1 が乱れ $a_2 \sim a_4$ および $\beta_1 \sim \beta_4$ の乱れは小さい。ことに β_1 は殆んど年による違いがなく一線をなしている。しかし $\beta_2 \sim \beta_4$ が年によって、その変化の方向が逆になるところがある。

Fig. 30. Coefficients $\beta_1 \sim \beta_4$ of harmonic function concerning E-H pair every half-month.

5. 測定値の分布と昼夜との関係

各 pair について全期間を通しての小群を測点の日出没時を境として昼と夜に分け、その小群の偏差を用いて測点の昼夜別の標準偏差を算出した。また二つの送信局についても同様に、昼夜別の標準偏差を求めた。これらの値を Table 3 に示した。各月共に月の前半は8日の、月の後半は23日の真日出没時をもって日出没時とした。

また各 pair について、全期間の層化され Table 3. Standard deviations by the daytime and night-time data at the receiver and the two transmitters.

	Hakodate		Master S.		Slave S.	
	D	N	D	N	D	N
A-C	9.76	11.12	10.49	10.44	9.59	11.27
A-D	10.19	10.83	9.36	11.58	10.02	10.98
A-E	10.18	11.67	10.81	11.09	10.58	11.32
A-H	9.48	11.13	10.19	10.48	9.70	10.94
C-D	11.60	13.24	12.41	12.48	12.39	12.50
C-E	5.39	8.43	6.79	7.38	6.34	7.79
C-H	4.14	8.15	5.25	7.47	4.34	8.03
D-E	12.24	13.78	13.87	12.20	11.74	14.23
D-H	11.83	13.50	12.69	12.69	11.93	13.40
E-H	5.08	8.47	6.44	7.51	5.13	8.43

D ; Day N : Night

Table 3 において標準偏差が昼より夜の方が小さいのは A-C pair の A 局と D-E pair の D 局のみで他は夜より昼の方が小さい。

また A-C, A-D および D-E pair を除いた他の 7 pairs では測点の昼に値が最も小さい。

C-H, E-H および C-E pair では昼と夜の違いが大きく、C-H pair では夜は昼の約 2 倍に達するが、しかし他の pair ではその差は余りない。

Table 4 に見られるように A-E, A-H および D-E pair を除いて測点および送信局が共に昼の時一番小さい値を示す。各 pair で最大値を示すのは C-D pair を除いて測点および送信局が総べて夜であるか、1 つが昼で

2 つが夜の組合せの時である。C-H, C-E および E-H pair においては最小値と最大値では約 2 倍以上の違いがある。

Table 4. Standard deviations of the eight combinations of the daytime and night-time at the receiver and two transmitters.

Hakodate Master S. Slave S.	D D D	D D N	D N D	D N N	N D D	N D N	N N D	N N N
A-C	7.38	10.11	9.49	12.45	9.52	11.61	11.02	10.74
A-D	6.44	8.64	10.00	12.07	8.54	11.85	12.27	11.29
A-E	9.24	8.70	11.04	10.48	11.24	12.39	10.08	12.08
A-H	8.60	7.38	9.98	10.15	12.41	10.97	12.86	11.14
C-D	10.55	12.63	-	11.48	13.75	-	12.56	13.37
C-E	4.16	5.68	5.58	-	-	8.95	7.44	9.73
C-H	3.57	4.86	4.86	-	-	7.36	7.21	8.64
D-E	-	12.57	11.40	14.13	11.27	15.16	12.41	-
D-H	11.00	12.00	12.12	-	-	13.35	13.58	13.83
E-H	4.18	-	5.57	7.78	8.38	8.20	-	8.67

D : Day N : Night

6. 考 察

Fig. 1~10 において見られる標準偏差が前後の半月と比べて大きく変化した半月の調和解析の係数 a_0 は前後の半月と比べて変化のある時とない時がある。また逆に a_0 に大きい変化があっても標準偏差に変化のある時とない時があり一定ではない。これは係数 a_0 は測得 PPC の平均値的なものを表わして、ばらつきには関係していないためと考えられる。そして係数 $a_1 \sim a_4$ および $\beta_1 \sim \beta_4$ は標準偏差が変化しても変化がない。このことは測得 PPC のパターンに大きい変化がないことを意味しており、標準偏差の大きい変化は他の要因によると考えられる。

A-D pair の年度別半月別標準偏差の乱れ方が他の A あるいは D 局を含む pair より小さいのは A および D 局の電波の伝搬経路が極冠を通り、そこでの異常伝搬は両電波に同じような影響が及ぼされ、位相差には異常値を表わさないものと考えられる。

Table 2 の Total で最も小さい値を示すのは C-H pair であり、次いで E-H, C-E pair である。A あるいは D 局を含む pair では 10 cecs 以上の値であり最大は D-E pair である。

測点の昼夜別および二つの送信局の昼夜別の標準偏差で、夜が昼の 30% 増になるのは A あるいは D 局を含まない C-E, C-H および E-H pair で、またその値も 9 cecs 以下である。これらの pair と比べ他の 7 pairs の値は 9 cecs 以上であり、昼夜の比率も小さいので日出没時を境とした昼夜別の関係は余りないと考えられる。

測点および送信局の昼夜の組合せ別の標準偏差で A-E および A-H pair の測点および送信局が全部屋の時より測点と主局が昼で従局が夜の時の方が小さいのは、前者がほぼ一年を通じて資料があるのに、後者は半月別標準偏差で見られるように夏期の小さい値の時にしか資料がないためと思考する。

各 pair において測点と二つの送信局の昼夜の組合せ別の標準偏差の最大値と総べてが昼の時の値を比べると最大値は昼だけの時の値の総べて 30% 以上である。また夜の多い組合せの方が少ない組合せより一つを除いては大きい値を示している。この組合せ別の標準偏差でも、A あるいは D 局を含まない pair が小さい値を示している。

各年度各半月別の標準偏差のうち、前後の半月と比べて大きい違いのある半月の記録紙を見ると、半月のうち二、三日分の測定値が他と非常に異った値を取っているが、記録紙のその部分を見る限りでは急激な変化もなく、まったく普通の状態で棄却することが出来なかった。そのため大きい標準偏差が得られたものであり、もしも測得 PPC を実際に使用したい時にはこれらの測定値は棄却した方が良くと思われる。

7. 結 言

半月別の測得 PPC の係数 $a_1 \sim a_4$ および $\beta_1 \sim \beta_4$ が年により余り大きいばらつきが見られないので測得 PPC

のパターンは年により余り変わらないが、 a_0 は年により非常にばらついているので、パターンは毎年平行的に移動していると考えられる。

AあるいはD局を含まない pair は各年度別および全期間の標準偏差が小さく、AあるいはD局を含む pair より再現性が良い。

C-E, C-H および E-H pair において、測点の昼は測点の夜より再現性が良く、他の pair では余り顕著でないが、測点および二つの送信局が共に昼の時は一般に再現性はよく、特にAあるいはD局を含まない pair では顕著である。

A-D pair は異常伝搬に対して、その位相差に影響を受けにくく、他のAあるいはD局を含む pair に比べ再現性は良かった。

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・坂本有隣・米田国三郎, 函館におけるオメガ測定値の統計的考察—V, 日航海論集, 59, 85~91, 1978
- 6) 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—VI, 日航海論集, 60, 1~11, 1978

質 疑 応 答

木村小一：1978年の標準偏差値が大きいのは太陽の活動期と関係があると考えられますか。

坂本有隣：太陽活動期は11年周期であり、今回の観測期間は5年以下ですので、それらの関係を正確にはあくすることはまだできません。

木村小一：Table 4 で送受信点が全部昼あるいは全部夜は、その伝搬経路全部もそうであったと考えてよいのでしょうか。

坂本有隣：今回の pair では全部昼の時は、時によりその伝搬経路の一部が夜である pair もありますが、全部夜の時は伝搬経路も全部夜です。