



Title	北日本におけるオメガの伝搬位相差について
Author(s)	米田, 国三郎; 佐々木, 成二
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 26(3), 249-255
Issue Date	1975-12
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/23564
Type	bulletin (article)
File Information	26(3)_P249-255.pdf



[Instructions for use](#)

北日本におけるオメガの伝搬位相差について

米田 国三郎*・佐々木 成 二*

On the Study of the Propagation Phase Difference
of OMEGA in Northern Japan

Kunisaburo YONETA* and Seiji SASAKI*

Abstract

We collected the records of the propagation phase difference of OMEGA A-D pair at two points in Hakodate (point H: $41^{\circ}46'16''N$ $140^{\circ}42'53''E$, point U: $41^{\circ}48'25''N$ $140^{\circ}43'18''E$) and Tokyo (point T: $35^{\circ}38'15''N$ $139^{\circ}45'05''E$) from the 15th of February, 1974. The logical phase difference of A-D pair at the points H and U showed the same value on the OMEGA chart. The otherside, records of the propagation phase difference were collected at the coast of northern Japan during the voyage of the T.S. Hokusei Maru from 13th to 26th of April, 1974. The analyzed results of these data are summarized as follows:

1) Value of the observed phase difference between point H and point U made a difference. There were differences of 6.7 cels on the maximum average of phase difference every hour.

2) The observed phase difference of A-D pair was unstability day after day, and so the phase reappearance was worse.

3) It did not coincide with the range of the logical phase difference and the observed phase difference between point T and point U. It seemed that there were specific propagation conditions in the neighborhood of Japan, so that, we necessitated an amended PPC table.

4) The propagation phase difference of A-D pair showed a variation of about 3 cels for one latitude on the same phase difference line at the coast of northern Japan.

緒 言

1960年代にオメガ航法システムの実験が種々なわれ、1970年代から実用化の段階に入ってきている。しかしながらオメガ送信局の建設工事は遅れており、1974年4月の時点で日本付近で受信可能なのは Aldra (A局) と North Dakota (D局) の2局であった。これらの局は日本から4,000マイル以上離れており、その伝搬には様々な影響¹⁾が考えられ、とくに位置を求める際の PPC が問題にされている。それらを解決する有力手段として Differential 方式²⁾³⁾がもちいられようとしている。

著者らは1974年2月中旬より函館における近接2地点でA-Dの伝搬位相差を測定し、同時に東京で受信した記録および北海道大学水産学部練習船北星丸による北日本沿岸の航海によって得られた記録を検討し、その伝搬状況と Differential 方式採用について二、三の知見を得たのでここに報告する。

* 北海道大学水産学部練習船北星丸
(Training Ship "Hokusei Maru", Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

実験および測定結果

1974年2月15日～3月31日まで函館港西ふ頭(41°46'16"N, 140°42'53"E, 以後H地点という)と北海道大学水産学部(41°48'25"N, 140°43'18"E, 以後U地点という)および東京芝浦(35°38'15"N, 139°45'05"E, 以後T地点という)でA-Dの位相差を受信し記録した。また1974年4月13～26日の間、北星丸による北日本沿岸の練習航海が行なわれ(図1), この時の記録をもちいてT, U地点をモニター局としたDifferential方式を検討した。航海時の船位はレーダーまたは交差方位法で求めた。船位に対する理論位相差の決定には、現在、日本付近のA-Dのオメガテーブルが発刊されていないためオメガチャートをもちいて行なった。受信周波数は10.2KHz, 受信機は沖電機工業(株)製NR-1005(H, T地点で使用), 光電製作所(株)製OR-160(U地点で使用)の2機種である。なおHとU地点の理論位相差は共に851.51lsで等しく, 2地点は2.2マイル離れている。T地点のそれは851.99lsで, U地点との距離は373マイルである。

同一受信機におけるLop値 使用した受信機は3Lopデジタル表示方式であるが, 各Lopの値はかならずしも一致しない。そこで上段より順次, Lop I, II, IIIとし, H地点の記録からLop間の差を検討した。これを図2に示す。

Lop I-IIの場合, $n=89, \bar{x}=0.4 \text{ cels}, s=0.79 \text{ cels}$ 。Lop I-IIIの場合, $n=89, \bar{x}=2.1 \text{ cels}, s=0.89 \text{ cels}$ であった。差は非常に小さく, ほぼ一定であり, 器差と考えられる。よって以後Lop Iの記録をもちいることにした。

日変化 例として図3に2月17～28日までのH地点の測得位相差の平均, 最大, 最小値およびPPC補正後の値とその95%信頼区間を示す。各時間ごとの位相差は日により大きく変化し, その変動の幅は最大47cels, 最小18celsを示し, 平均幅で32celsであった。補正後の値も理論値とは一致せず, その最大差は19cels, 最小差は4celsであった。

図4に2月後半, 3月前半, 後半の1時間ごとのT, H, U地点の測得位相差の平均値を示した。東京と函館において記録された位相差曲線に若干の変化は認められるが, おおむね一致した曲線を描いている。08時頃に最小値を記録し, 20～21時頃最大となるパターンがくり返されている。3月後半のH地点が00～08時にかけて他と異なるのは資料不足のためである。

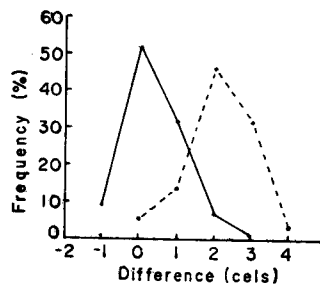
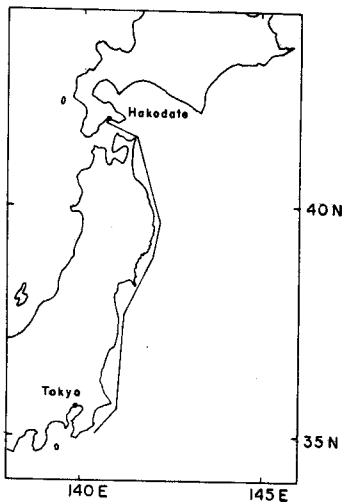


Fig. 2. Difference of each Lop value of the receiver.

—●—: Lop I-II - - -●- - -: Lop I-III

Fig. 1. Track of T.S. Hokusei Maru to the coast of northern Japan from 13th to 26th of April, 1974.

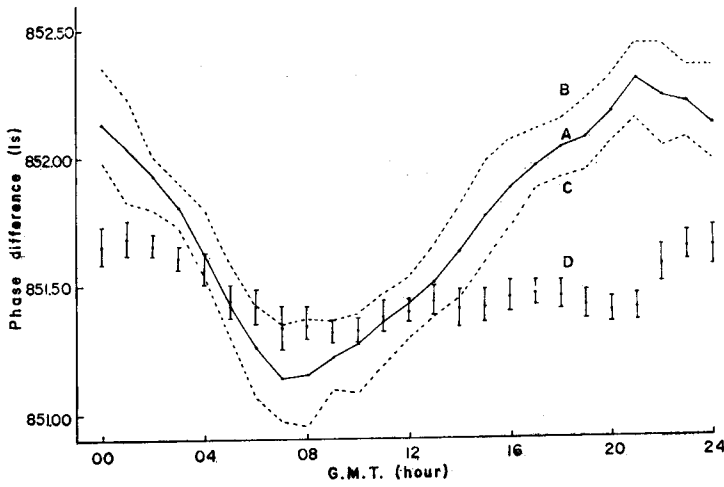


Fig. 3. Observed phase difference of A-D pair at point H from 17th to 28th of February, 1974.

- A: Average of phase difference. B: Maximum of phase difference.
- C: Minimum of phase difference.
- D: Average of corrected phase difference and 95% confidence limit.

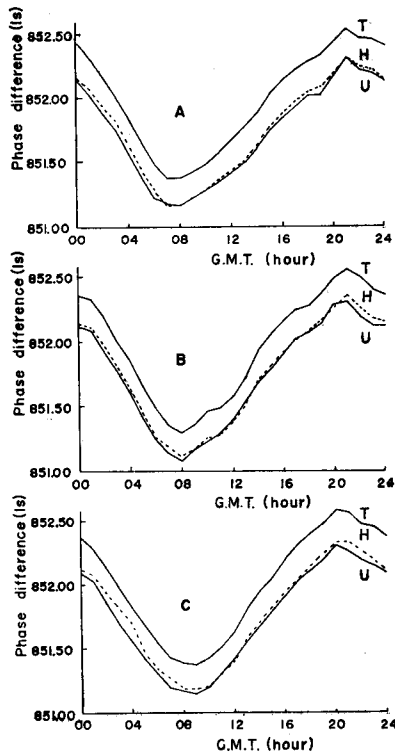


Fig. 4. Average of observed phase difference of A-D pair at points T, H and U.
 A: From 15th to 28th of February.
 B: From 1st to 15th of March.
 C: From 16th to 31st of March.

結果および考察

近接 2 地点 (H,U) の比較 図 5 に 2 月 17 日～3 月 31 日までの測得位相差の差 [H-U] の出現頻度を示す。平均は $2.4 \pm 0.3 (t_{0.99})$ cels, 標準偏差は 4.59 cels であった。H, U 地点の理論位相差は等しく、距離的にも近いことから、この 2 地点間の差は器差の範囲内に納まるはずである。平均値はさきき同一受信機における Lop 値の項で述べた Lop 間の差と変わらないが、標準偏差は大きく異なる。これは受信機の機種の違いによる差にとどまらず、受信地の局地的な地理条件やアンテナ設置個所の優劣等がかなりの影響をもたらしていると考えられる。つぎに 1 時間ごとの 2 地点の差の平均とその 95% 信頼区間を図 6 に示す。それぞれの時刻によりかなりの変動があり、最大差で 6.7 cels あった。00～08 時までの差の平均は全体的に大きく、09～18 時は小さく、その後再び大きくなっていて、この 2 地点の差に時間的な周期性が考えられる。

東京 (T) と函館 (U) との比較 図 7 に 2 月 15 日から 3 月 31 日において観測した T と U 地点のレーン幅の最大値, 最小値, 平均値および 1 時間ごとの平均とその 95% 信頼区間, 標準偏差を示す。この 2 地点の理論位相差の幅は 48 cels であるが、観測されたレーン幅は平均 25.7 cels であった。各時間ごとの平均に変動があり、函館の近接 2 地点の差の平均と同様に時間的な周期性がみられる。標準偏差は 3.45 から 6.63 cels であるが、大半は 5 cels 付近に分布していた。いま同一時間に T と U 地点で測得した位相差を a, b とし、それぞれの PPC を c, d とすると次式が成立つ。 $(a+c) - (b+d) = 48$ cels 観測された位相差から $(a-b)$ は平均 25.7 cels であるから $(c-d) = 22.3$ cels となる。すなわち T と U 地点の PPC の差が 22.3 cels でなければならないが、実際は表 1 に示すように $-8 \sim +5$ cels である。このことは正しい補正がなされていないことになる。

さて、函館付近におけるオメガ組局の位相差 100 cels を距離に換算すると、A-C pair は 9.7, A-D pair は 16.5, A-H pair は 10.2, C-H pair は 8.1, D-H pair は 8.2, 各マイルである。A-D の位

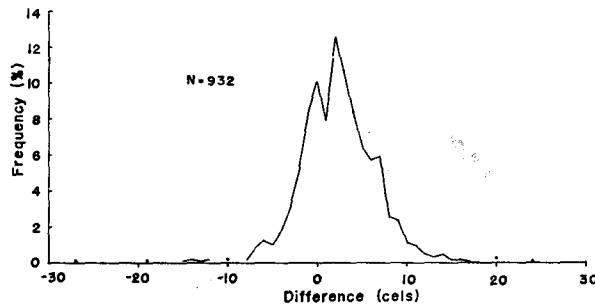


Fig. 5. Frequency distribution of difference of observed phase difference from point H to point U.

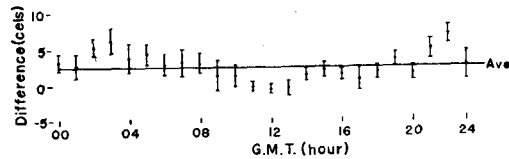


Fig. 6. Difference of observed phase difference from point H to point U and its 95% confidence limit every hour.

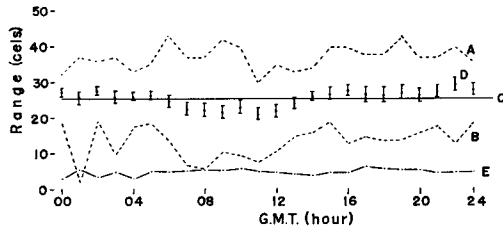


Fig. 7. Range of observed phase difference between point T and point U from 15th of February to 31st of March, 1974.

A: Maximum range. B: Minimum range. C: Average range. D: Average range and 95% confidence limit every hour. E: Standard deviation.

Table 1. Difference of PPC value from point T to point U with the previously published correction table.

G.M.T.	Feb.	Mar.		G.M.T.	Feb.	Mar.	
	late	early	late		late	early	late
00	-4	-2	-3	13	-1	0	-1
01	-3	-3	-1	14	-1	-2	-1
02	-1	-3	-4	15	0	-2	-1
03	2	1	2	16	-4	-2	-2
04	-2	-3	-1	17	-2	-4	-4
05	3	2	1	18	-2	-2	-2
06	0	0	1	19	-3	-5	-5
07	5	3	1	20	-6	-4	-8
08	2	2	3	21	-7	-7	-5
09	0	3	1	22	-7	-4	-2
10	1	-1	3	23	-2	-4	-5
11	0	-1	-2	24	-4	-2	-3
12	0	-1	0				

相差間隔が最も疎であり、100 cels に要する距離は他の組局の 1.6~2.0 倍である。それ故、A-D pair は他の組局より伝搬の変動が小さく、安定したものでなければ位置の線としての精度が劣るのは明らかである。しかしながら A-D の伝搬位相差は日々大きく変化し、再現性が悪く (図 3), 同一位相差線上にある近接した 2 地点でも時間ごとの平均で最大 6.7 cels の差を生じている (図 5)。そのうえ現在の補正表をもちいてもよい結果は得られず (図 3), 東京と函館間の位相差を検討しても補正が正しく行なわれていないことを示している。このような現状から Differential 方式が指向されるのはごく自然のことであろう。

Differential 方式の検討 オメガの位相差は図 4 に示されるように、ある範囲内では同じような状態で伝搬することが知られている²⁾。このことは陸上の固定点において刻々の位相差を測定し、[理論位相差-測定位相差] を求めれば、それがその範囲内における PPC として利用可能である。そこで 1974 年 4 月 13~26 日に北日本沿岸航海中に記録した A-D の位相差に、T または U 地点で求めた PPC を加減し、これを実測の位相差 (Y_2) とした。一方この時の理論位相差の値を Y_1 とした。そして Y_1 に対する Y_2 の偏差 (Y) の頻度分布を図 8 に示す。T 地点の PPC をもちいた場合、 Y の平均は -11.4 cels, 標準偏差は 7.82 cels であり、U 地点の PPC をもちいた場合、 Y の平均は 14.9 cels,

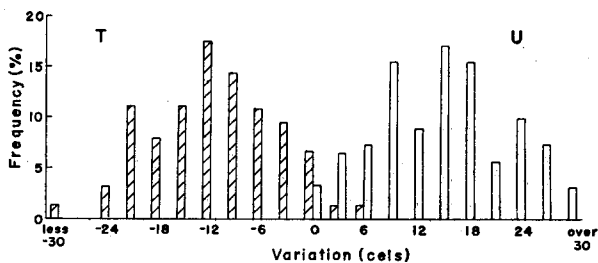


Fig. 8. Frequency distribution of variations from logical phase difference to actual phase difference in the differential mode.

T: Used PPC at point T. U: Used PPC at point U.

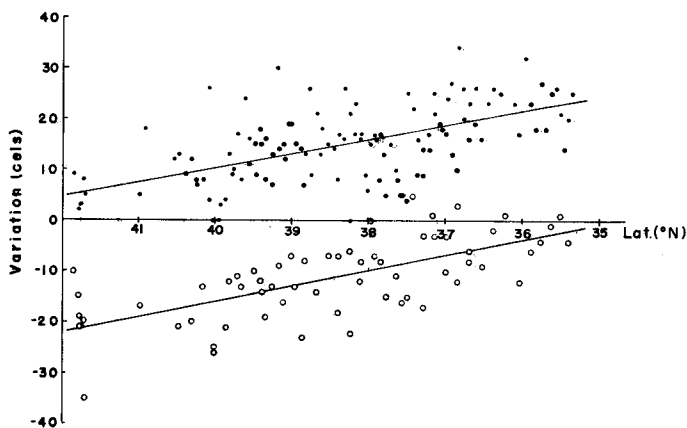


Fig. 9. Relationship between variation (Y) and latitude (X), and its regression line.

○: Used PPC at point T. ●: Used PPC at point U.

標準偏差は 7.71 cels である。T 地点の PPC をもちいれば、実測の位相差は理論値より東に偏し、U 地点のそれをもちいた場合は西に偏する。このことは両平均値の差が 26.3 cels であり、T, U 地点間の位相差幅が実測平均 25.7 cels であることとほぼ一致しているのとは同じ意味を持つ。すなわち実際の伝搬位相差は同一位相差線上でも位置の違いにより変化していることを示すものである。

そこで U 地点で得た PPC を加減した実測の位相差の値と理論値との差 (Y) と緯度 (X₁)、経度 (X₂) との関係を一次式で求めると、

$$Y = 115.13 - 3.31X_1 + 2.29X_2$$

(ただし、 $35^\circ < X_1 < 42^\circ \text{N}$, $10^\circ < X_2 < 13^\circ \text{E}$, $X_2 = \text{測得経度} - 130^\circ$)

の重回帰直線式が得られた。X₁, X₂ の回帰係数の有意性を検定すると、X₁ は $t=5.849^{**}$, X₂ は $t=1.188$, 自由度は 120 である。よってこの直線式は経度 (X₂) に重要性を有せず、緯度のみで決定してさしつかえない。差 (Y) と緯度 (X) との回帰直線を求めると、

$$\text{U 地点の PPC をもちいた時, } Y = 121.04 - 2.77X$$

$$\text{T 地点の PPC をもちいた時, } Y = 104.29 - 3.01X$$

Table 2. Relationship between variation (Y) and latitude (X).

Monitor	Regression line	r	n	β	Syx
U	$Y=121.04-2.77X$	-0.5909	123	$-3.45 < \beta < -2.09$	6.28
T	$Y=104.29-3.01X$	-0.6552	63	$-3.83 < \beta < -2.19$	5.77

U: Used PPC at point U. T: Used PPC at point T. r: Correlation coefficient.
 n: Number of sampling. β : Range of regression coefficient in population.
 Syx: Variation from regression.

となり、図9、表2に示すとおりである。両者共に相関係数は有意である。両者の回帰係数の間に有意差は認められない。よって、この海域において緯度1°につき約3 celsの伝搬差があることを示す。これら直線式からの各実測位相差のばらつき標準偏差は6.28 cels(U)と5.77 cels(T)であり、単にDifferential方式で行なうよりも精度は向上する。しかしながら図9にみられるように個々のばらつきが大きく、日本付近でA-D位相線は操業点、海洋観測点等の正確な位置を必要とする場合、その使用に適しているとはいえない。

要 約

1974年2月中旬から同一位相線にある函館の近接2地点および東京において、A-Dの伝搬位相差を受信、記録した。一方1974年4月13~26日の間、北星丸により北日本沿岸のA-Dの受信記録が得られ、これをDifferential方式により検討した。その結果、下記のことが要約される。

- 1) 函館の近接2地点においても伝搬位相差に違いがみられ、時間ごとの平均でも、最大6.7 celsの差があり、また、日々の再現性がきわめて悪い。
- 2) 東京(T)と函館(U)との理論位相差の幅と実測との幅とは大きく異なり、日本付近での伝搬状態に特殊性があると考えられ、PPC表の改正が必要である。
- 3) Differential方式により求めた位相差と理論値との差(Y)と緯度(X)との間に回帰直線式が成立つ。すなわち緯度1°につき約3 celsの伝搬差があり、この変化量をさらに補正することにより位置の線としての精度は向上する。しかしながら正確な位置を必要とする場合、このA-D位相差は使用に適しているとはいえない。

この報告を終るにあたり、オメガ受信機と東京における受信記録を提供くださった沖電気工業(株)電子航法グループ、ならびに御協力いただいた北海道大学水産学部漁業航海学講座、練習船北星丸関係者各位に深謝する。

文 献

- 1) 田口一夫(1970). オメガ/VLF航法システムの海上実験. 日航誌. 43, 113~120.
- 2) Beukers, J.M.(1973). Accuracy limitation of the OMEGA navigation system employed in the differential mode. Navigation. 20, 81~92.
- 3) 濱田悦之・鈴木 裕・柳川三郎・佐々木幸康(1973). 磁気テープ記録方式によるオメガシュミレーター I 東京湾周辺における測定船位の検討. 日航論文集. 49, 95~101.