



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	眼高差について(1)
Author(s)	日向, 政明; HYUGA, Masaaki; 坂本, 有隣 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 18(3), 223-230
Issue Date	1967-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23320
Type	departmental bulletin paper
File Information	18(3)_P223-230.pdf



眼高差について (I)

日向 政明*・坂本 有隣*

Investigation into the Dip of the Sea Horizon

Masaaki HYUGA and Yurin SAKAMOTO

Abstract

The purpose of this study is to examine the effect of atmospheric and hydrographic conditions on the dip of the sea horizon. The observations were made by the authors during the cruise of the training ship Oshoro Maru of Hokkaido University on both outward and homeward passages around the Australian Continent between Nov. 1965 and Feb. 1966. The data obtained were analyzed. A number of dips of the sea horizon (d) were observed at 4 different heights by dipmeter with a reading scale of 0.5. At the same time, the temperature of the surface water (T_w), the temperature of the dry bulb (T_a) and the wet bulb, and the atmospheric pressure etc., were measured. By the conventional formula $d = a\sqrt{h} + b\Delta T$ [d : dip of the sea horizon ($^{\circ}$), h : height of the eye (m), ΔT : $T_w - T_a$ ($^{\circ}\text{C}$), a, b : coefficients], a and b were computed through the method of least squares for the entire data obtained:

$$d = (1.808 \pm 0.005)\sqrt{h} + (0.162 \pm 0.007)\Delta T \quad (1)$$

In like manner, coefficients a and b were computed for the data obtained at the respective heights (low, high, higher, highest):

$$\text{low: } d = (1.800 \pm 0.016)\sqrt{h} + (0.177 \pm 0.018)\Delta T \quad (2)$$

$$\text{high: } d = (1.787 \pm 0.011)\sqrt{h} + (0.170 \pm 0.014)\Delta T \quad (3)$$

$$\text{higher: } d = (1.810 \pm 0.007)\sqrt{h} + (0.156 \pm 0.011)\Delta T \quad (4)$$

$$\text{highest: } d = (1.823 \pm 0.007)\sqrt{h} + (0.149 \pm 0.011)\Delta T \quad (5)$$

The difference between the observed dip and dip computed through equations (2), (3), (4) and (5) with h and ΔT measured at the time when dip was observed respectively, is defined here as Δd . The relations between Δd and wind force, latitude, atmospheric pressure, temperature of the surface water and water vapour pressure are illustrated in Figs. 2, 3A, 3B, 4, 5 and 6.

In conclusion, it was found that in the relation between Δd and wind force, the mean of Δd s against wind scale 1 obviously differs in value from the means of Δd against other wind scales, and further, that Δd is not definitely related to water temperature, atmospheric pressure and water vapour pressure.

However, Δd is apparently closely correlated with the change of the sea boundary.

緒 言

洋上で天体観測により船位を決定する場合、その精度は種々の要因によって左右されるが、なかでも測高度の観測精度はそのまま位置の線の精度に影響をおよぼす。測高度の精度は六分儀器差、天文気差、眼高差等により定まるが、本報告はそれらのうち眼高差について解明するものである。

* 北海道大学水産学部漁業航海学教室

眼高差については、国の内外を問わず古くから多くの研究者により種々実験解析されてきたが、決定的な結論はなく現在に至っている。水温と気温との差による眼高差の変化量を求める温度差係数についても、各国におけるそれらの研究者によって異なり、温度差摂氏1度に対し最少は Michler の 0.02 より最大は Breitfus 氏の 0.57 とその係数の変動は大きく、わが国で一般に用いられている 0.20 も確定的な値とは思われない。また同じく一般に用いられている眼高差の基本式 $d=1.776\sqrt{h}$ [d: 眼高差(') h: 眼高(m)] の \sqrt{h} の係数 1.776 も決定的なものではない。

今回本学練習船おしよる丸が 1965 年度南方漁業実習として行ったオーストラリア大陸を廻る練習航海を機会に眼高差を測定して、その解析を試みたのでその結果について報告する。

なお本研究を行うにあたり格別の便宜と御懇切な助言を賜った海上保安庁水路部の進士見および大脇直明両博士および鈴木裕一氏、観測にあたり御協力を戴いたおしよる丸船長を始め士官各位に対し深甚の謝意を表する。

実 験

1) 眼高差測定器

海上保安庁水路部より、Carl Zeiss 製作の Kimmptiefenmesser を借用した。測定器の精度は目盛が 0.5 であり 0.1 まで目測により測定した。

2) 時期および海域

1965 年 12 月 2 日より 1966 年 1 月 31 日までの間 North Pacific Ocean, Molucca Sea, Banda Sea, Sawu Sea, Indian Ocean, Great Australian Bight, Tasman Sea および Coral Sea 海域を航行中観測を行なった。

3) 方法

航海中船上で眼高の異なる upper deck, boat deck, wheel deck および compass bridge に各一個所測点を定めて眼高差を測定した。眼高は船の出入港時および漂流中の吃水から逆算推定して観測日の吃水を算出した。なお吃水の最大は 3.96m 最少は 3.45m 平均は 3.74m であり、各甲板の測点の平均眼高は 3.81m, 6.01m, 8.21m および 10.51m であった。compass bridge に設けてある百葉箱内のアスマン通風乾湿計 (平均の高さは 10.5m) で乾湿両温度を、アネロイド気圧計で気圧を、また upper deck よりゴム製二重採水バケツを用いて海水を採水し棒状水銀温度計で水温を測定した。眼高差測定は同一個所で連続して正逆それぞれ 5 回測定し器差修正を行った後、その平均値をもってその個所における測定値とした。観測はできるだけ限り航海中朝昼夕の 3 回行ない各

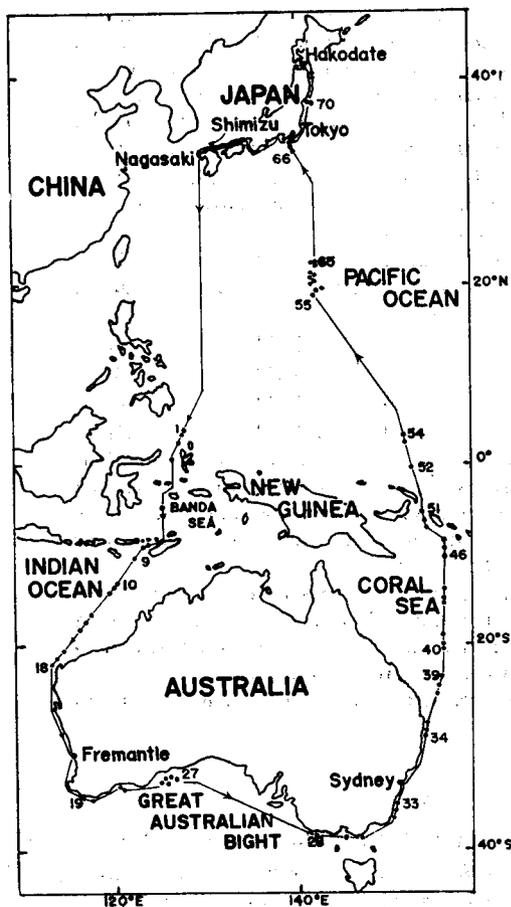


Fig. 1 Track and observation stations of the Oshoro Maru

1回の観測はそれぞれ眼高の異なる4つの甲板において下層甲板より順次上層甲板へと連続して行なった。総計102×4回行なったが水平線不良のとき、眼高差測定器の取り扱いが不慣れと思われる観測初期のものおよび荒天のため船体の動揺が烈しく眼高の変化が著しいとき（ウネリの階級3以上）のものを除き70×4回の観測値を資料とした。

結 果

おしよ丸の航跡図と資料とした観測値の観測点を Fig. 1 に示した。

1) 眼高差と眼高および水温気温差との関係

眼高差を d' 、眼高を h (m)、水温を T_w (°C) および気温を T_a (°C) として、 $T_w - T_a = \Delta T$ とする。 d , h および ΔT の関係を通常用いられる基本式 $d = a\sqrt{h} + b\Delta T$ (a , b は係数) により、全資料から a および b を最小自乗法で算出すると、

$$d = (1.808 \pm 0.005)\sqrt{h} + (0.162 \pm 0.007)\Delta T \quad (1)$$

となる。同様に各甲板別に算出すると

$$\text{upper deck では } d = (1.800 \pm 0.016)\sqrt{h} + (0.177 \pm 0.018)\Delta T \quad (2)$$

$$\text{boat deck では } d = (1.787 \pm 0.011)\sqrt{h} + (0.170 \pm 0.014)\Delta T \quad (3)$$

$$\text{wheel deck では } d = (1.810 \pm 0.007)\sqrt{h} + (0.156 \pm 0.011)\Delta T \quad (4)$$

$$\text{および compass bridge では } d = (1.823 \pm 0.007)\sqrt{h} + (0.149 \pm 0.011)\Delta T \quad (5)$$

となる。(± は m. e.)

2) Δd と風力との関係

各甲板別の眼高差測定値とそれらの観測時の h および ΔT の値を甲板別の (2), (3), (4) および (5)

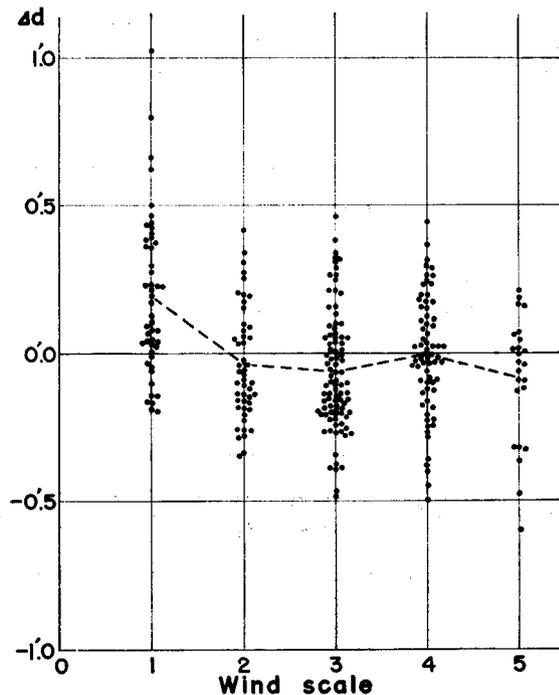


Fig. 2 Relation between Δd and wind scale

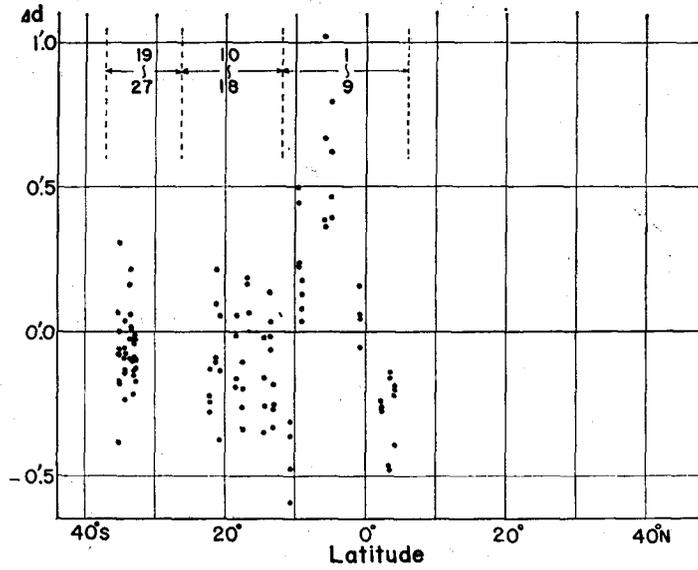


Fig. 3A Relation between Δd and latitude in terms of observations nos. 1-27

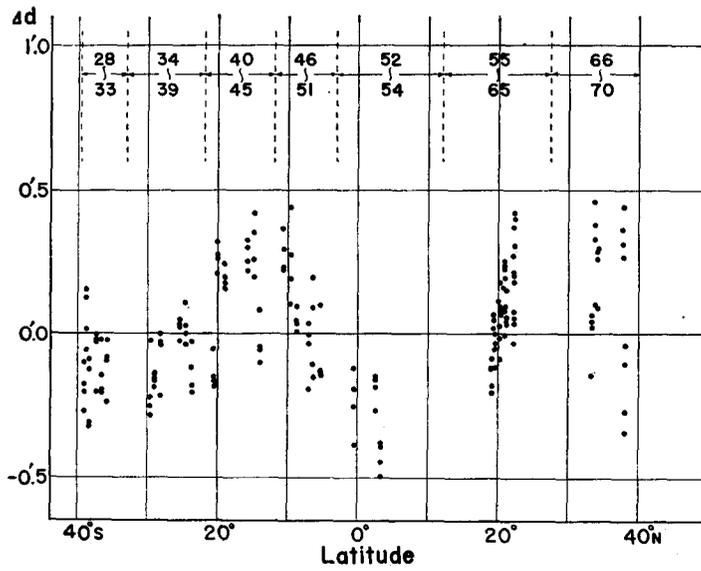


Fig. 3B Relation between Δd and latitude in terms of observations nos. 28-70

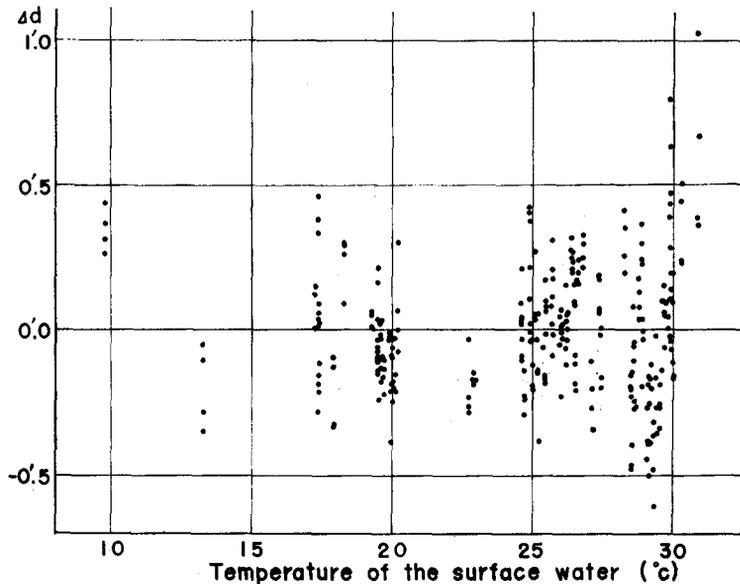


Fig. 4 Relation between Δd and temperature of the surface water

式に代入して得られた値との差を Δd とし、横軸に風力階級を、縦軸に Δd を取り plot すれば Fig. 2 のごとく各風力階級に対する Δd の平均値は 0.193, -0.037, -0.062, -0.004 および -0.082 となる。図中の破線は各風力の平均値を結んだ線である。

3) Δd と緯度との関係

横軸に緯度を、縦軸に Δd を取って plot すると Fig. 3A および Fig. 3B のごとくなる。図中上部の数字は点線内にある点の観測番号を示す。

4) Δd と水温、気圧および水蒸気圧との関係

Δd と水温、気圧および水蒸気圧との関係を Fig. 4, Fig. 5 および Fig. 6 に示す。

考 察

眼高差の解析を行うにあたり気温はその眼高の気温を用いなければならないが、気温の測定に不備な点があったため百葉箱内の気温を用いた。

全資料から算出した眼高および水温気温の係数は 1.808 および 0.162 となり甲板別の \sqrt{h} の係数のうち upper deck の値が大きいのは upper deck の測点がホックスルとブルワークに囲まれ通風が悪く輻射熱により気温が他の甲板と比べ高かったために起ったものと思われる。式 (2), (3), (4) および (5) は各甲板別の最確値を与えるものであり、 Δd はその値との残差を意味し h および ΔT の影響を取り除いた値であると考えて殆んど差支えないものとした。 Δd の算出に式 (1) を用いず (2), (3), (4) および (5) を用いたのは眼高および水温気温差の係数が眼高により異なる可能性が考えられるためであり、それについてはなお今後の研究に俟ちたい。この Δd を生じた原因についてはつぎのごとく考えられる。風力との関係は Fig. 2 に示すごとく、 Δd の風力 1 の平均値は他の風力の平均値と比べ約 0.2 大きく、風力 1 以外の各風力の平均値の間には余り相違が見られなかった。これは従来いわれてきた風力の小さいとき気差の異常になることの証左と思われる。つぎに Δd と水温および気圧に

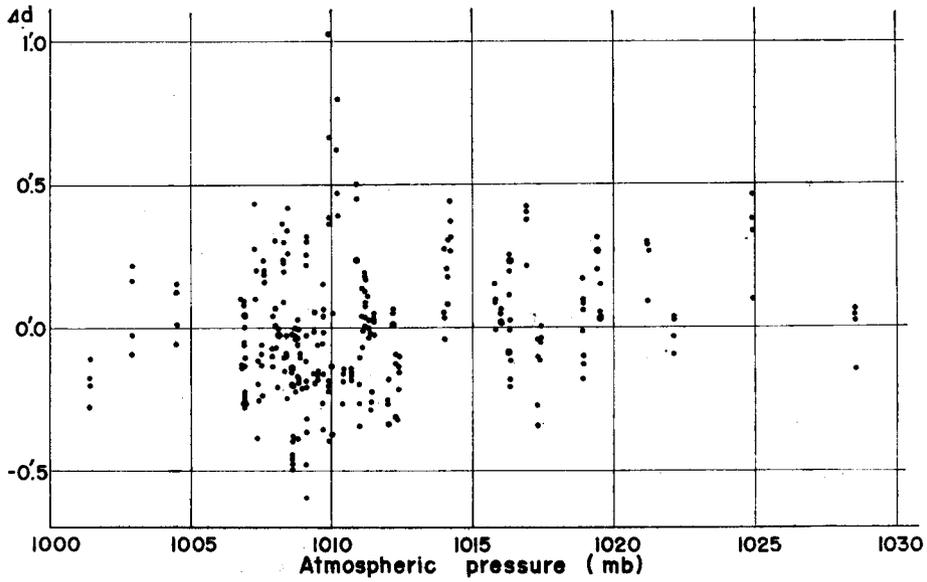


Fig. 5 Relation between Δd and atmospheric pressure

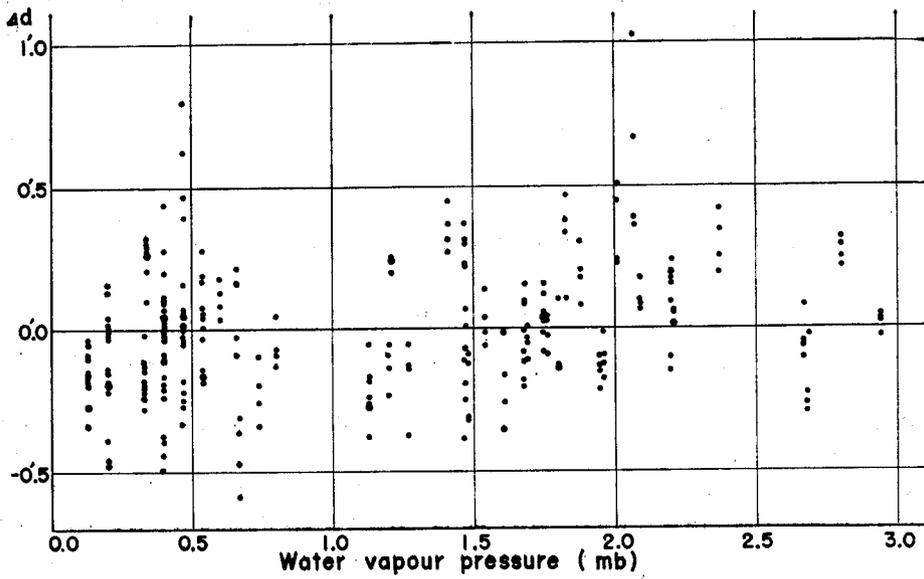


Fig. 6 Relation between Δd and water vapour pressure

については Fig. 4 および Fig. 5 に示すごとく、今回の観測では相関が見られない。水蒸気圧については Fig. 6 に示すごとく水蒸気圧の増加に伴い Δd も増加する傾向はあるが僅かである。その他気温、湿度についても同様ほとんど相関は見られなかった。

緯度と Δd との関係は Fig. 3A および Fig. 3B に示すごとく往航時の緯度 0° 附近と復航時の 0° 附近の Δd は大体同じ値を取るが、緯度 $10^\circ\text{S}\sim 20^\circ\text{S}$ 附近では異なる値を示し、 Δd が緯度の函数であるとは考えられない。しかしこれを海域ごとに調べると、観測番号 1~9 は Molucca Sea, Banda Sea および Sawu Sea 海域における観測であって風力 1 のときが 9 の中 4 もあり、これは異常気差により大きなばらつきを生じたものと思われる。観測番号 66~70 は日本近海の黒潮および親潮海域で、このばらつきは資料不足のため考察が困難である。観測番号 10~18 は Indian Ocean, 19~27 は Great Australian Bight, 28~33 は Tasman Sea のそれぞれの海域の観測を示し、10~18 および 19~27 のばらつきは大きく 28~33 は小さく一応纏っている。観測番号 34~39 (Coral Sea の南方海域), 40~45 (Coral Sea 海域), 46~51 (Bougainville 島南方および西方海域), 52~54 (New Ireland 島の北方海域) および 55~65 (小笠原諸島海域) では大体緯度の変北に伴い Δd が増減する傾向があり、とくに観測番号 46~51 および 55~65 ではその傾向が著しい。観測番号 9 および 45 はその附近の Δd と比べ値が小さく出たがその原因は不明である。また観測番号 1~9 および 66~70 の群を除き全体を通して見ると海域ごとにその Δd が孤立して集まるのでなく隣接海域に連続するとき状態で集まっている。しかし観測番号 40 の Δd の値が偶発的な値ではないとするならばこの 34~39 と 41~45 の群は 40 と 41 を境として Δd は階段状に変化したと見なされるが、今回の資料のみではその検証は無理である。以上のごとく Δd は海域によって変化するものと推定される。

要 約

今回の観測結果からつぎのことが認められた。

- 1) 眼高および水温気温差の係数は 1/808 および 0.162 となった。
- 2) 風力の小さいときの観測は気差が異常となることもあると思われるので注意を要する。
- 3) 眼高差は海域によって変化するものと推定される。

なお季節の変化によりあるいは著者等が、今回観測で果し得なかった他の要因による眼高差の変動についても疑問も残るが、今後も観測をつづけ今回の観測において不備であった点を改良することにより研究を深めて行きたい。

文 献

- 1) 秋吉利雄 (1928). 冬期潮岬附近における眼高差. 水路要報 7(6), 203~220.
- 2) ——— (1933). 軍艦春日における眼高差の観測. 同誌 12(1), 1~6.
- 3) ——— (1936). 本洲南方海面における眼高差について. 同誌 15(6), 223~232.
- 4) ——— (1936). 水温気温の差ある海面における灯光の初認距離について. 同誌 15(7), 267~276.
- 5) Freiesleben, H.C. (1950). Investigation into the dip of the horizon. *Jour. Inst. Nav.* 3(3), 270~279.
- 6) Hasse, Lutz (1964). Temperature-difference corrections for the dip of the horizon. *Jour. Inst. Nav.* 17(1), 50~56.
- 7) 上坂太郎 (1951). 眼高差の改正について. 日本航海学会誌 (3), 33~35.
- 8) 守永 晃・大脇直明 (1954). 眼高差について. 同誌 (10), 91~94.
- 9) 小倉伸吉 (1926). 眼高差について. 水路要報 5(5), 147~154.

- 10) Ross, J. E. R. (1945). Refraction. *International Hydrographic Review* (Monaco). 22, 35~40.
- 11) 鮫島直人外 (1949). 伊豆大島に於て行つた天測誤差の実際とその結果について. 海務学院研究報告 (2), 1~21.
- 12) ——— (1954). 船位誤差論. (p. 11~17) 東京; 天然社.