



Title	磁氣羅針儀自差修正に就いて
Author(s)	日向, 政明; HYUGA, Masaaki
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 2(1), 100-108
Issue Date	1951-07
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/22706
Type	departmental bulletin paper
File Information	2(1)_P100-108.pdf



磁氣羅針儀自差修正に就いて

日向政明 (航海運用學教室)

STUDIES ON MAGNETIC COMPASS CORRECTION.

Masaaki HYUGA

(Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

The three following methods are generally used to correct magnetic compasses.

- (1) Method by observing azimuth.
- (2) Method by measuring magnetic field, -viz. by using deflector.
- (3) Method by observing azimuth, and chiefly by measuring magnetic field.

Methods in general use are (1) and (2); the former is a standard method, and when impossible to use the former, the latter is supplementarily used. In the former, one must fundamentally keep ship's head on cardinal and intercardinal points by magnetic bearings, while in the latter, one must get practised in the usage of deflector.

Taking into consideration the above points, the writer proposed of a few methods undermentioned to practise a simplified correction of compass with ship's head kept on cardinal and intercardinal points by compass.

(I) Simplified method of correction of compass chiefly by azimuth.

These are the methods to be practised by the observation of bearings of heavenly bodies.

The procedures are as follows;

§ 1. 1st method.

Note the change of bearing of the sun for every twenty minutes, using the azimuth tables, the approximate local apparent times, the latitude (correct to a degree), and the date of the month. A curve of the sun's change of bearing is then plotted on cross-section paper. A reference to the azimuth tables shows that an error of a few minutes in time, of a degree in latitude, or even of a day or so in date, makes practically no change of bearing of the sun, though of course, with such erroneous data, there is a decided error in the actual bearing of the sun; but with the actual bearing we are not now concerned.

(1) Set watch to local apparent time approximately. (2) Pick out from the azimuth tables as explained above, bearing of the sun at twenty minute intervals. Using cross section paper, taking ordinates as times and abscissae as degrees unnumbered as yet, draw in the curve ABC. (see Fig. A) (3) Head the ship North. Using the azimuth circle, take a very accurate bearing of the sun. Put the helm over and swing to South. Plot

point X, with the data, close to the change-of-bearing curve. (4) Steady on South. Take a bearing of the sun again. Plot this as point Y. Draw XX' parallel to ABC. X', therefore, represents the sun's bearing if headed on North at 2nd instant. Draw a curve parallel to ABC and through the point Z, which is halfway between Y and X'. (5) Using watch and curve, raise and lower athwartship magnets until the sun bears as it should. Then there will be no deviation, and South by compass will be correct south. (6) Correct on East and West, and then on any adjacent intercardinal points in the same manner.

§ 2. 2nd method.

Swing ship round, and take bearing of a distant terrestrial object or heavenly body. From the above bearings observed, one can know the magnetic bearing of the distant object, or the heavenly body at the one time (see Fig. B), from which the deviations and coefficients are obtained. With the ship's head kept on cardinal points and intercardinal points coefficients B, C and D may be taken out when the deviation on each point is less than 20°.

- (1) Head ship North or South by compass and compensate the deviation due to coefficient C with athwartship magnets.
- (2) Head ship East or West by compass and compensate the deviation due to coefficient B with fore and aft magnets.
- (3) Head ship any intercardinal point, and compensate with iron spheres.

In either 1st or 2nd method, the compensation for the deviation due to coefficient D may be practised at any time and at any ship's head by using the table showing the distance between compass card and sphere to be fixed. While compensating, an additional compass may be used to keep course.

(II)

To Correct Compasses- No Instrument Except Azimuth Circle (or Azimuth Mirror).
No Tables of Information of Any Kind.

Steady ship on one course; note bearing of the sun, and again about ten minutes later, from these two bearings one can tell whether bearing is increasing or decreasing, and approximate rate. By knowing the approximate rate, a curve of change of bearing of the sun may be assumed in the same manner as 1st method explained above, and then the compensation will be determined. To make the curve more accurate, take some additional actual bearings at time intervals on one course. Plot the changes of bearings on cross-section paper, taking ordinates as minutes, and abscissæ as degrees. Through the mean of these points, draw a line, which substitutes a curve so long as the time elapsed is short. This line represents the rate of change of bearing of the sun. (see Fig. C)

In the above explained methods, one must not forget to halve errors found on any uncompensated cardinal points or intercardinal points; by so doing the errors caused by overcorrection will be eliminated, and at last, swing ship round for residual deviations.

(III) Flinder's bar correction.

Flinder's bar corrections are best made after the compass has been compensated on

the magnetic equator and the additional deviation found on a change of latitude is taken out by using the bar. The compensation may also be made from observations of the error in some other latitude than the one compensated in, even though the compensation was not made at the magnetic equator. The above procedure is omitted here.

NOTES:

The above methods are certainly simple, easily taught, form a practical method of compass correction, and eliminate the difficulties ordinarily met with in this work.

In most vessels, the correction work of the compass is wholly left to the compass adjustor. The writer recommends that the ship officers attend to this work and compensate deviation by themselves.

1 緒 言

磁氣羅針儀の自差修正法は大別すると次の方法がある。即ち

- (1) 方位測定を主とする自差修正法
- (2) 磁場測定を主とする自差修正法、即ち偏針儀 (Deflector) に依る自差修正法
- (3) 方位測定並びに磁場測定を主とする自差修正法

然し、一般に用いられるものは(1)と(2)の方法である。(1)の方法は普通の場合基準となる方法で(2)は(1)を用いることの出来ない場合等に用いられる補的方法である。(1)の方法に依る場合は天體觀測に依るか、或いは地上物標の方位觀測に依るのであるが、原則として何れも船首を四方點或いは四隅點の磁針路に保つ必要があり、(2)の方法に依る場合は偏針儀の操作に可成習熟することを要する。以上の點を考慮して、船首を羅針路に保つた儘而も簡易な修正方法を試みんとするものである。

2 方位測定を主とする簡易法

§1. 第1法

この方法に依る場合係數 A は一般に微小値にして、亦係數 B も羅針儀が船首尾線中に在る場合は、殆ど考慮を要しない程度の微小値であるから、何れも之を零と見做して修正後殘存自差を測定して自差表を作成して置くものとする。

修正法:-

概略な地方視時、緯度 (精度は度迄) に依り時辰方位角表を用いて毎20分毎に太陽の方位の變化を求め、而る時は太陽の方位の曲線を方眼紙に記入出来る。時辰方位角表に於ては時間に於ける 1, 2 分の誤差、緯度に於ける 1 度の誤差、日付に於ける 1 日位の誤差は實際には太陽の方位の變化の割合には影響はない。勿論誤差があれば太陽の方位に變化のあるのは當然であるが、考慮を要しない程度である。

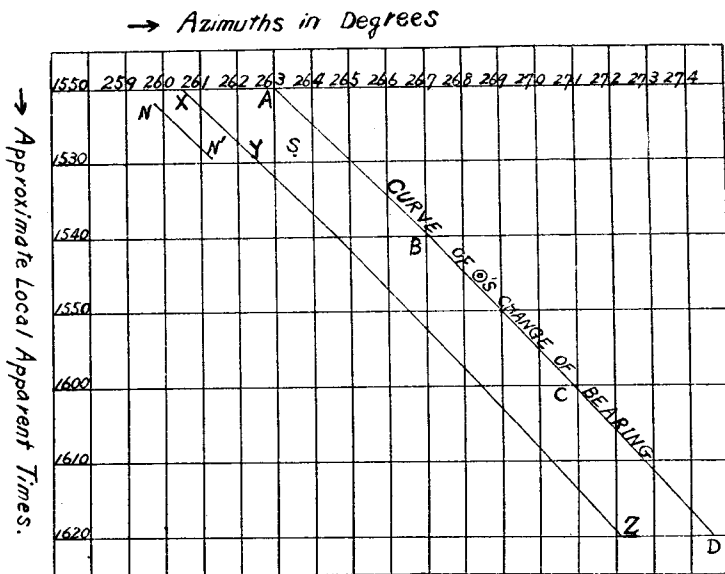
【例】 4月28日午後3時頃、緯度 $41^{\circ}47'N$ 、經度 $140^{\circ}43'E$ (函館) の地點に於て自差を修正せよ。

1. 時計を概略な地方視時に合わせる。
2. 緯度 42 度、日付は 4月28日を用いて 20 分毎に太陽の方位を求む。

Table 1

時間	太陽の方位	20分に對する方位の變化
1520	170.7	—
1540	103.6	4.1
1600	99.8	3.8
1620	96.1	3.7

Fig. A. Curve for Compass Correction.



針儀に依る South は正しい South となる。

6. 同様に East と NE に於て修正する。
7. 船首を North に向け方位を取り、若しその方位が曲線 XYZ に依り與えられた方位と異れば差の半分は South に於て修正過ぎに因るものであるから、差が $\frac{1}{2}$ になる迄横置磁針を上下して修正す可きである。
8. 他の方位の場合も同様自差の檢正を行い、後述第2法 B圖に倣ひ靜かに船を旋回して、遠方地上物標又は天體に依り殘存自差の測定を行う。

§2. 第2法

この方法は自差の實用係数を算出して修正する方法である。先づ自差を算出するには遠標方位法に依るか、又は同じく船を旋回して天體の羅針方位を測定する方法がある。

今天體觀測に依る方法に就いて述べると、B圖に示す方法に依れば便利と考える。即ち前例に倣い A圖より 1500 より 1600 迄の太陽方位の變化は $1\frac{1}{4}$ なることがわかるを以つて方位の變化を表わす直線 AB (精確には曲線であるが短時間である爲直線で代用する) を引く。船首を East に向け、次いで船を左に旋回して船首が North を過ぎるとき方位と時間を測り 15 時 15 分に $267\frac{1}{2}$ として N 點

方眼紙を用い縦軸に時間を取り、横軸に度数を取り方位の變化を記し A 圖に示す如く曲線 ABC を畫く。

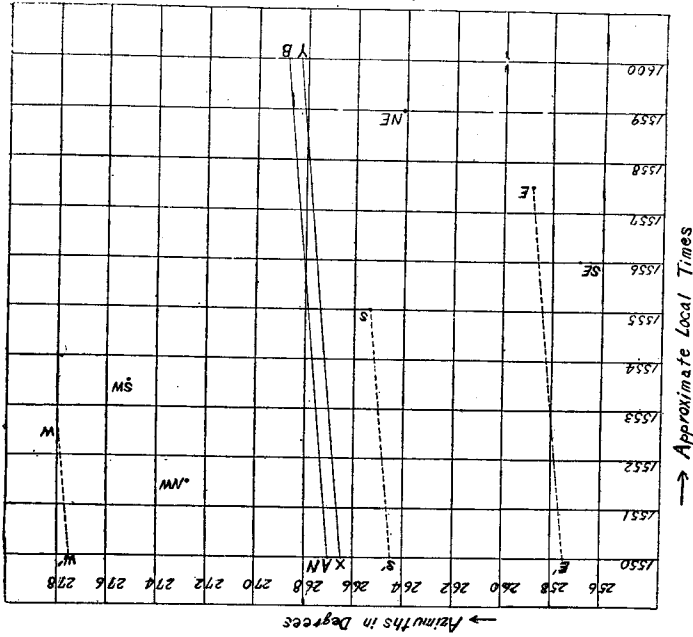
3. 船首を North (羅針方位以下倣之) に保ち方位環 (或いは方位鏡) を用いて、太陽の精確な方位を取る。15 時 22 分 $259\frac{3}{4}$ (磁針方位以下倣之) にして之を N 點に記入する。
4. 次に舵を取り船首を South に保つ。

太陽の方位は 15 時 29 分に $263\frac{1}{2}$ にして之を S 點に記入する。NN' を ABC に平行に引く。従つて N' は 15 時 29 分に船首を North に向けた場合の太陽の方位を表はす。

ABC に平行にして N' と S の中間の Y 點を通る曲線 XYZ を引く。

5. 時計と曲線 XYZ を用い、船首を South に保つた儘、太陽が正しくその方位になる迄横置磁針を上下する。而らば自差は無くなり羅

Fig. B. Curve Swinging for Deviations



を記入する。次に4點毎に方位を取り NW, W, SW, S, SE, E, NE の各點を記入する。

W, S, E の各點を通り AB に平行線を引き W', S', E' を求め、更に N, E', S', W' の平均から X 點を求め、X を通り XY を AB に平行に引く。記入した各方位の點とこの直線との差は自差である。B 圖より自差を求めると第 2 表の如くである。

- 以上より係数を求めると
- A = +0°15'
- B = -10°
- C = +1°30'

D = +2°15' E = -0°45'

Table 2

Ship's Head	Deviation
N	1 E
NE	4 W
E	9 W
SE	11 W
S	2 W
SW	8 E
W	11 E
NW	6 E

船首を羅針路 North に保ち、(要すれば補助用羅針盤を用う) 修正用横置磁針を用い赤の極を右舷にして、船首が羅針路 N1°30'W を指す迄修正する。而るときは C = +1°30' が修正されたことになり A - E = -30' が修正されないで残されたことになる。次いで靜かに舵を取り、船首を羅針路 East に保ち、修正用磁針を用いて赤の極を船尾に向け船首が羅針路 E10°N を向く迄修正する。而るときは B = -10° が修正されたことになり A + E = +55' が修正されないで残されたことになる。以上で半圓差の修正を終る。象限差の修正は係数 D の量が判つてゐるのであるから、ケルビン式羅針儀に於ては次の第 3 表の値を用いて時と場所に關係なく軟鐵球を用いて修正することが出来る。

第 3 表に依らない場合は船首を羅針方位に依る四隅點の一つに保ち、例えば船首を SE に保ち修正具を内側に移動して船首が SE 2°15'E を向く迄修正する。

以上を以つて修正を終るわけであるが、第 1 法及び第 2 法を理解するには自差の理論公式と實用公式の關係を知る必要がある。

自差の公式は

$$\sin \delta = A_0 \cos \theta + B_0 \sin \theta + C_0 \cos \theta + D_0 \sin (2\theta + \delta) + E_0 \cos (2\theta + \delta)$$

(δ : 自差、 A_0, B_0, C_0, D_0, E_0 : 精係數、 θ : 羅針路)

上式は大體に於て羅針路 θ の項で表わしてゐる。殊に D₀ 及び E₀ は實際上余り大きくないのである。若し自差が 20° 以下のときは大體に於て

$$\delta = A + B \sin \theta + C \cos \theta + D \sin 2\theta + E \cos 2\theta$$

(A, B, C, D, E : 略係數)

Table 3

修正すべき 係数 D の値	羅針儀の中心より軟鐵球の内端迄の距離								修正すべき 係数 D の値
	5.5吋 球	6吋 球	6½吋 球	7吋 球	7½吋 球	8吋 球	8½吋 球	10吋 球	
1°	12.54	13.68	14.82	15.96	17.10	18.24	19.38	22.80	1°
1½	10.61	11.58	12.51	13.51	14.47	15.44	16.40	19.30	1½
2	9.39	10.23	11.09	11.94	12.80	13.65	14.50	17.06	2
2½	8.51	9.29	10.06	10.84	11.61	12.38	13.16	15.48	2½
3	7.85	8.57	9.28	9.99	10.71	11.42	12.14	14.28	3
3½	7.33	7.99	8.66	9.32	9.99	10.65	11.32	13.32	3½
4	6.88	7.51	8.14	8.76	9.39	10.02	10.64	12.52	4
4½	6.51	7.10	7.70	8.29	8.88	9.47	10.06	11.84	4½
5	6.20	6.77	7.33	7.90	8.46	9.00	9.57	11.28	5
5½	5.92	6.46	7.00	7.53	8.07	8.62	9.15	10.77	5½
6	5.67	6.18	6.70	7.21	7.73	8.24	8.76	10.31	6
6½	5.44	5.94	6.44	6.93	7.42	7.92	8.41	9.90	6½
7	5.25	5.72	6.20	6.68	7.15	7.63	8.11	9.54	7
7½	5.06	5.51	5.97	6.43	6.90	7.35	7.81	9.19	7½
8	4.91	5.35	5.80	6.24	6.69	7.14	7.58	8.92	8
8½	4.75	5.18	5.62	6.05	6.48	6.91	7.34	8.64	8½
9	4.61	5.03	5.45	5.87	6.29	6.71	7.13	8.39	9
9½	4.48	4.88	5.29	5.70	6.10	6.51	6.92	8.14	9½
10	4.36	4.76	5.15	5.55	5.95	6.34	6.74	7.93	10
10½	4.25	4.63	5.02	5.40	5.79	6.18	6.56	7.72	10½
11	4.13	4.51	4.88	5.20	5.63	6.01	6.38	7.51	11
11½	4.04	4.41	4.78	5.14	5.51	5.88	6.25	7.35	11½
12	3.94	4.30	4.66	5.02	5.38	5.74	6.09	7.17	12

とすることが出来る。即ち自差の實用公式である。

A, B, C, D, E を度数で表わせば δ も度数で表わされる。第1法の場合

$$\theta = 0^\circ \text{ とすれば、 } \delta_0 = A + C - E$$

$$\theta = 180^\circ \text{ とすれば、 } \delta_{\pi} = A - C - E$$

$$\frac{\delta_0 + \delta_{\pi}}{2} = A - E \text{ ----- (1)}$$

$$\theta = 90^\circ \text{ とすれば、 } \delta_{\pi/2} = A - B + E$$

$$\theta = 270^\circ \text{ とすれば、 } \delta_{3\pi/2} = A + B + E$$

$$\frac{\delta_{\pi/2} + \delta_{3\pi/2}}{2} = A + E \text{ ----- (2)}$$

船首 North, South, East, West に於て B, C は修正され零となる。従つて

$$\delta = A + D \sin 2\theta + E \cos 2\theta \text{ となる。}$$

$$\delta = 45^\circ \text{ とすれば、 } \delta_{\pi/4} = A + D \text{ ----- (3)}$$

$$\delta = 135^\circ \text{ とすれば、 } \delta_{3\pi/4} = A - D \text{ ----- (4)}$$

$$\delta = 225^\circ \text{ とすれば、 } \delta_{5\pi/4} = A + D \text{ ----- (5)}$$

$$\delta = 315^\circ \text{ とすれば、 } \delta_{7\pi/4} = A - D \text{ ----- (6)}$$

上式で判る様に D の修正には(3)と(4), (3)と(6), (4)と(5), 或いは 5)と(6)を組合はせればよい。

第2法に於て

$$\theta = 0^\circ \text{ とすれば、 } \delta_0 = A + C - E \text{ ----- (7)}$$

$$\theta = 90^\circ \text{ とすれば、 } \delta_{\pi/2} = A - B + E \text{ ----- (8)}$$

$\theta = 0^\circ$, 即ち羅針路 North に於て現われる自差は $A + C - E$ となる。横置磁針を以つて C を修正する。

$\theta = 90^\circ$, 即ち羅針路 East に於て現われる自差は $A - B + E$ となる。縦置磁針を以つて B を修正する。North に於て C, East に於て B が修正されれば(2)式は

$$\delta = A + D \sin 2\theta + E \cos 2\theta \text{ となる。}$$

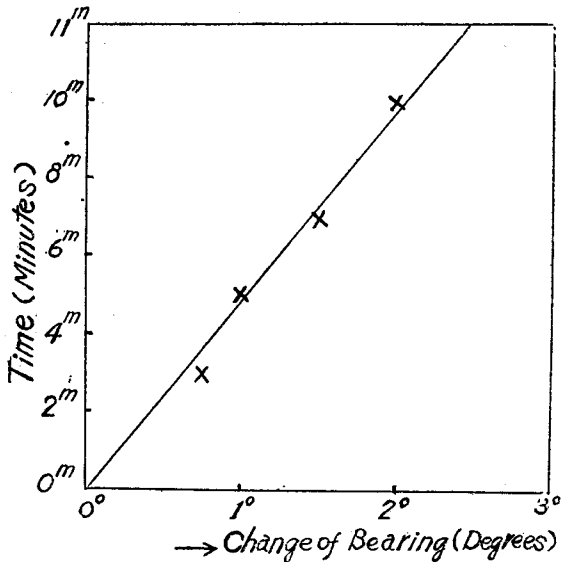
$\theta = 135^\circ$ とすれば $\delta_{3\pi/4} = A - D$ 即ち羅針路 SE に於て表われる自差は $A - D$ で、象限差修正具を以つて D を修正する。

3 時辰方位角表を使用しない修正法

船を一定針路に保ち、太陽の方位を測り、約10分の後再び方位を測れば之等二つの方位から方位が増してゐるか、或は減じてゐるかを知ることが出来る。又大體の方位の變化の割合を知ることが出来る。この場合毎10分に大體 $1^\circ \sim 2^\circ$ 變化することが分る。

これをより精確に知るには 2~4 分の間隔を置いて幾つかの太陽の羅針方位を精確に測り、方眼紙に簡単に時間に對する方位の變化を現わす點を記入し、之等の點を連ねて見れば C 圖に示す如く太陽の方位の變化を表わす直線となる。

Fig. C. Line of Rate of Sun's change of Bearing.



若し一直線とならざる場合はそれらの點に對する平均直線を描く。以上の方法に依れば時辰方位角表を用いずして方位の變化の割合を知ることが出来る。今毎5分間に對し方位の變化を 1° とする。

修正の順序:-

船首を North (羅針方位以下做之) に向けて太陽の方位を求め例えば 270° とする。次に South に向け 2, 3 分間針路を保つてから太陽の方位を測る。例えば $2^\circ 6'$ とする。兩方位の間の時間を例えば 5 分間とすればこの時間の間に太陽は事實方位 1° の變化を爲す。最初船首 North に於て測つた時に船首を South に向けたと假定すれば太陽の羅針方位は 275° になることになる。その瞬間に於ける North と South の方位の平均は $272\frac{1}{2}$ になる。5 分の後に船

首を South に向けた時に方位の平均は $273\frac{1}{2}$ になる。その瞬間に於ける船首 South に於ける觀測方位は 276° であつたのであるから船首 South に於て修正さる可き自差は $2\frac{1}{2}W$ となる。修正するには太陽の方位が $273\frac{1}{2}$ から 274° になる迄赤の極を右舷にして横置磁針を上下する。而る時は

South に於ける自差は無くなる。修正には若干の時間を要するから $273^{\circ}\frac{1}{2}$ よりも 274° に近くなる様にして太陽の方位の變化に對し、若干の余裕がなくてはならぬ。次に船首を East と West に向け、同様の順序に従つて自差を求め、縦置磁針を以つて修正する。次に船首を NW, SW (或いは任意の相隣れる四隅點) に向け、同様の方法に依り軟鐵球を以つて自差を修正する。SW 或いは NE に於ては自差は偏東である (一般の船に於ては $+D$ が現はれる)。若し偏西であれば修正過剰であるから軟鐵球を外側に動かせばよい。NW と SE では自差は偏西で若し偏東であれば修正過剰であるから外側に動かせばよい。以上何れの場合に於ても修正を終つたならば自差の檢正を行い殘存自差を測定して置くものとする。

4 Flinders bar に依る修正法

垂直軟鐵より生ずる係數 B の修正は磁氣赤道で永久磁氣に依る係數 B を修正した後に行うのが一番よい。緯度の變化の際現われた自差は修正用垂直磁針を用いて修正すればよい。修正は又磁氣赤道で修正しなくても任意の二つの緯度を用いて修正することが出来る。

以上二つの方法を説明すれば

§ 1. 磁氣赤道に依る法

磁氣赤道に於て自差が修正され、船が南北に行く場合に自差は East 或いは West に於て現はれる。Flinders bar を以つてこの自差を修正すれば、垂直軟鐵に因る自差は全ての緯度で正しくなる。Flinders bar は羅針儀の前方 (普通船橋後方の煙突の影響が一番大きい爲) に置き緯度の變化に因る自差を修正すればよい。

§ 2. 兩緯度修正法

磁氣赤道に行く機會の無い場合は、普通緯度の違つた二地點で Flinders bar を用いて修正する。緯度の違つた二地點に於ける垂直軟鐵に因る自差の變動は下式に依る。伏角 I_1 、水平磁力 H_1 の地點で自差を測定し自差係數 B_1 を得たとすれば

$$B_1 = p \left(\frac{P_1}{H_1} + c \tan I_1 \right)$$

伏角 I_2 、水平磁力 H_2 の地點で自差係數 B_2 を得れば

$$B_2 = p \left(\frac{P_2}{H_2} + c \tan I_2 \right)$$

但し P_1, P_2 は暫時磁氣の變動に因つて變化があつたものとする場合の永久磁氣 P の値、 p, c は常數である。

緯度の變化に因る B の差違は $B_2 - B_1$ で表わされる。それぞれの場合の鉛直磁力を Z_1 及び Z_2 とし、 P の値は前後變化がなかつたものとするれば

$$P = P_1 = P_2, \quad Z_1 = H_1 \tan I_1, \quad Z_2 = H_2 \tan I_2$$

$$\therefore B_1 H_1 = p (P + c Z_1) \quad B_2 H_2 = p (P + c Z_2)$$

$$\therefore p c = (Z_2 - Z_1) = B_2 H_2 - B_1 H_1$$

従つて第二の地點に於ける垂直軟鐵の一時磁氣に因る自差は

$$p c \tan I_2 = \frac{Z_2}{Z_2 - Z_1} \left(B_2 - \frac{H_1}{H_2} B_1 \right)$$

で表わすことが出来る。此處に於て最初の地點に於て $B_1 = 0$ であつたものが第二の地點で B_2 と

なつたものとすれば、第二の地點で現われる垂直軟鐵に因る自差は

$$p c \tan I_2 = \frac{Z_2}{Z_2 - Z_1} B_2 \text{である。}$$

これに相當する量を Flinders bar で修正し、その際新たに出來た半圓差を縦置修正用磁針で修正すればよい。

【例】 函館に於て船首 East に於て現われた自差をすべて修正用縦置磁針で修正した。船が鹿兒島に入港して同じ船首方位に對して $1^\circ E$ の自差を生じた場合、垂直軟鐵に因り生じた自差を Flinders bar を用いて修正せよ。磁氣要素は次の通りである。

	傾差	水平力	垂直力
函 館	55°	0.275 Gauss	0.393 Gauss
鹿兒島	45°	0.325	0.325

鹿兒島に於て垂直軟鐵より生ずる自差は

$$\frac{Z_2}{Z_2 - Z_1} B_2 = \frac{0.325}{-0.068} \times 1^\circ = -4.8$$

となる。従つて 4.8 だけを Flinders bar を用いて修正し、新たに出來た自差 5.8 を縦置磁針を赤の極を船首にして修正すればよい。

5 結 言

以上述べた方法は、簡易自差修正法として推奨したい。一般に自差修正は Compass adjustor に一任して腫れものに觸わる様な風が見えるが海上技術者たるものゝ試みて頂き度いと思ふ次第である。殊に漁船に於て十分な航海計器を持たず時辰方位角表すら持たない現狀に於て、洋上にて何とか修正の方法は無いかと思ひ付いた次第である。

(水産科學研究所業績 第74號)