

日本付近の地磁気経緯度を求める早見表

久保木 忠夫

概 要

最近地球内部の構造を調べるため、臨時の地磁気観測所が多くつくられた。このため観測所の地磁気経緯度を計算する機会が多い。この計算式は簡単なものであるが、無味乾燥で、計算に誤りをおかしやすく、計算に要する時間も短くない。

このためきわめて簡単に求められる便利な早見表を作成した。この表の使用法はきわめて容易で、地磁気経度 A ・緯度 ϕ ・計算上の偏角 ψ を求めるのに要する時間はわずか数分であり、求めた値の誤差は約 $\pm 0.6'$ できわめて正確である。

早見表は15組の表で構成されている。原点の北地磁気極の経緯度を 291.0°E , 78.5°N として、地理的経緯度 1° 毎の A ・ ϕ ・ ψ の主値に、' の補正値を2個ずつ加算するだけで暗算でも求められる。もし原点をずれた値にしたいときは、それにさらに2個の補正値を加えればよい。このほかに度分換算表、比例換入表がある。

この早見表は三角関数を用いる計算式とは異って、単なる加算だけで求めるものであるから誤り計算をすることが全くない。

また現在使用されている日本の各観測所の地磁気経緯度の値を示し、その2, 3の問題点を述べた。また誤差に関する計算についても少しふれた。

1. は し が き

日本付近には割合に多くの地磁気観測所がある。とくに地球内部開発 (Upper mantle project) の研究の一部として、1964年から1965年の IQSY の観測期間と期を同じくして、日本では数多くの臨時地磁気観測所が建設され、観測が行なわれた。このとき著者は資料の整理の一部を分担して、各観測所の地磁気経緯度の計算を行なった。

また柿岡などの地磁気経緯度の値は、ごくわずかであるが、それぞれ公表されている値が異なっている。この原因を山口又新が調査した結果、それは北地磁気極の経緯度の違いと計算の誤りであることが分った⁽¹⁾。

地磁気経緯度の計算式はよく知られている⁽²⁾ように、球面三角法で容易に求まる簡単な式である。しかも一般には 0.1° まで求めれば十分であり、計算は容易なはずである。しかし実際に求めてみると、角度の存在範囲のきめ方に手数がかかり誤りをおかし易く、意外に多くの時間を要する。慣れないと2時間もかかることがあり、労力も馬鹿にならない。

世界の任意の地点の地磁気経緯度を求めるため、A. G. McNish は北地磁気極を $\phi_0=78.5^\circ\text{N}$, $\lambda_0=291.0^\circ\text{E}$ として求めるノモグラムを作成した⁽³⁾。これはある地点の地理的経緯度 ϕ , λ を与えたときに地磁気経緯度 θ , A との差 $\phi-\theta$, $\lambda-A$ および地理的子午線と地磁気子午線のなす角 ψ を、それぞれ ϕ , λ の関数として与えたものである。それぞれ

の値は $\pm 0.1^\circ \sim 0.2^\circ$ まで求められる。

現在まで多くの観測所は、このノモグラムを利用して地磁気経緯度 θ , I および角 ψ を求めて、それを使用してきた。

地磁気経緯度の使用目的から言えば $\pm 0.1^\circ$ の誤差があっても十分であるが、報告した値がたとえ 0.1° の差であっても、ずれていると都合の悪いことが多く、印刷誤りなどととられる向きもある。また北地磁気極も最近の資料によると $\phi_0 = 78.5^\circ \text{N}$, $\lambda_0 = 291.0^\circ \text{E}$ とは少しずれた位置になっている。

このため著者は日本付近の観測所の地磁気経緯度 θ , I および ψ を求める早見表を作った。これは $\phi_0 = 78.5^\circ \text{N}$, $\lambda_0 = 291.0^\circ \text{E}$ として日本付近の経緯度 1° 毎の地磁気経緯度 θ , I および角 ψ を求め、この主値に地理的経緯度の λ の値に相当する分を補正として加算して求める。したがって2個の補正をすればよいし、北地磁気極が変わったときは、それに相当する補正をさらに2個加えればよい。この早見表は使用法が簡単で、便利で、しかも計算は正確で迅速にできる。

数百個に及ぶ地点の値を求めるならば、電子計算機を利用する方が賢明であるが、わずか2, 3個の計算をする場合はその準備作業にのみ労力をとられて、非常に不利である。しかも観測所はそれほどつぎつぎと建設されるのでないから、このような早見表の方がはるかにすぐれている。そして将来のことも考えて、早見表は $\pm 1'$ の精度が得られるようにした。

また最近の観測所の地磁気経緯度についても2, 3ふれてみたいと思う。とくに若干の差のある値について出典を明らかにしておき、混乱を避けるようにした。

近頃では補正磁気経緯度が利用され、羽倉によって多くの観測所の値が求められている⁽⁴⁾。これは実際の地球磁場の分布から求めた経緯度で、極付近の現象を取り扱うのに好都合である。しかしこのために従来の地磁気経緯度が不必要となる訳ではないし、とくに地磁気観測所の表示要素には必ず必要なので、著者の作った早見表も今後利用されることが多いと考える。

2. 地磁気極の経緯度

地磁気の極の位置は多くの観測結果を用いて、伏角が -90° または 90° 、あるいは水平分力が零になる南磁極と北磁極が求められている。一方地球上の多くの資料を用いてこれを球関数に展開して、地球の中心においた双極子による磁場におきかえて、その示す南、北地磁気極の位置が求められる。

最近のように、観測値とくに極地方の値が多くなると、地磁気の極の経緯度もどんどん新しいものに更新されていくことになる。

ここでは一般に知られている主な値について第1表に示した^{(2), (5)}。この表で Chapman, Bartels の1940年の値は Bauer の値の四捨五入したものであるが、この値が一般に地磁気経緯度を求めるときの北地磁気極の経緯度として用いられている。No. 7, 8, 9 はほとんど同じ資料を用いて計算されたもので、緯度は同じであるが経度に若干の差がある。このほかにもいくつか公表された値がある。

Table 1 The position of the geomagnetic pole

No.	Author	Epoch	North pole				South pole				Note
			Latitude		Longitude		Latitude		Longitude		
			Dip 90°	Geo-mag-netic	Dip 90°	Geo-mag-netic	Dip 90°	Geo-mag-netic	Dip 90°	Geo-mag-netic	
1	Shmidt	1885	—	78°32'N	—	291°30'E	—	—	—	—	
2	Admiralty chart (English)	1922	71°N	—	264°E	—	73°S	—	156°E	—	
3	Bauer	1922	—	78°—32'	—	290°—52'	—	—	—	—	
4	Chapman, Bartels	(1940)	—	78.5°	—	291°	—	—	—	—	
5	Meyer	1948	73°	—	260°	—	—	—	—	—	
6	Meyer	1952	—	77°—55'	—	296°—29'	68.7°	—	143°	—	
7	Finch-Leaton	1955	—	78.31°	—	291.03°	—	—	—	—	expand until P_6^8
8	Vestine-Sibley (U.S. charts)	1955	—	78.45°	—	290.89°	—	—	—	—	P_{12}^{12}
9	Vestine-Sibley (USSR charts)	1955	—	78.42°	—	289.83°	—	—	—	—	P_{12}^{12}

今後新しい観測値が増えたとしても、一般に用いられている No. 4 の値から大幅にずれた値になるとは考えられないから、実用上はこの値をそのまま使用してもそれ程の問題は起こらない。しかし地磁気経緯度を使用するときは、それが求められたときの北地磁気極の経緯度がどの値であったかは知っておく方がよい。そうすれば新しい北地磁気極の経緯度の値に換算するとき都合がよいし、値のずれによって混乱の起こることがない。

3. 地磁気経緯度と子午線間の交角（計算上の偏角）の求め方

3.1 第1の方法

第1図の説明図の球面三角形で考えてみる⁽²⁾。

- N: 地理的北極
- B: 北地磁気極 (北磁極ではない)
- P: 観測所
- B 点の経度 λ_0 , 緯度 ϕ_0
- P 点の経度 λ , 緯度 ϕ
- P 点の地磁気経度 A , 地磁気緯度 θ

計算から求まる磁気子午線と地理的子午線とのなす角 (ここでは“計算上の偏角”という) を ψ とする。

ここで経度は東経, 緯度は北緯, 計算上の偏角 ψ は東偏をそれぞれ正とする。図では ψ は

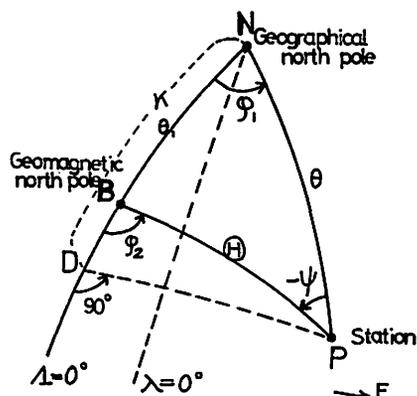


Fig. 1 Illustrating the calculation of the geomagnetic coordinates (Part 1)

西偏であるから $-\psi$ と表示した。

B, P 点の経緯度が分れば、球面三角法で容易に A, θ, ψ は求まる。対数計算が可能なように、 P 点より NB に垂直線 PD を引き補助角 $ND=K$ を用いる。

第1図で $NB=\theta_1, NP=\theta, BP=\theta, NBP=180^\circ-\varphi_2, NPB=\psi,$
 $BNP=\varphi_1, DBP=\varphi_2, ND=K$

とすれば $\theta_1=90^\circ-\phi_0, \theta=90^\circ-\phi, \theta=90^\circ-\theta$
 $\varphi_1=\lambda-\lambda_0, \varphi_2=A$

となる。Chapman の求めた式⁽²⁾と若干記号が異なるが本質的には変わらない。求める式は次のように表わされる。

$$\tan K = \tan \theta \cos \varphi_1 \dots\dots\dots (1)$$

$$\tan \varphi_2 = \tan \varphi_1 \frac{\sin K}{\sin (K-\theta_1)} \dots\dots\dots (2)$$

$$\cot \theta = \cos \varphi_2 \cot (K-\theta_1) \dots\dots\dots (3)$$

$$\sin \psi = -\sin \theta_1 \frac{\sin \varphi_1}{\sin \theta} \dots\dots\dots (4)$$

または $-\sin \theta_1 \frac{\sin \varphi_2}{\sin \theta} \dots\dots\dots (5)$

これは別に面倒な計算式でないが、角度のとり方に誤りをおかし易く、意外に計算に手間どるものである。

角度の存在範囲は McNish に詳しく述べられている⁽³⁾が、簡単に日本付近の例で述べる。

(1)式で φ_1 は負号であるから

$$\tan K < 0 \quad \text{ゆえに} \quad 90^\circ \leq K < 180^\circ \quad \text{または} \quad 270^\circ \leq K < 360^\circ$$

しかし K の定義より $0^\circ \leq K \leq 180^\circ$

ゆえに K の存在範囲は次のように限定される。

$$90^\circ \leq K < 180^\circ \dots\dots\dots (6)$$

この $K, \lambda, \phi_0, \lambda_0$ を考慮すると公式(2)から

$$\tan \varphi_2 > 0 \quad \text{ゆえに} \quad 0 < \varphi_2 \leq 90^\circ \quad \text{または} \quad 180^\circ < \varphi_2 \leq 270^\circ$$

(3)式から $0 < \varphi_2 \leq 90^\circ$ ならば $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$ または $270^\circ < \theta \leq 360^\circ$

$180^\circ < \varphi_2 \leq 270^\circ$ ならば $0^\circ < \theta \leq 90^\circ$ または $180^\circ < \theta \leq 270^\circ$

しかし θ の値は $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$

したがって θ と φ_2 の間には次の制限がつく。

$$180^\circ < \varphi_2 \leq 270^\circ \quad \text{と} \quad 0^\circ < \theta \leq 90^\circ \dots\dots\dots (7)$$

または $0 < \varphi_2 \leq 90^\circ$ と $90^\circ < \theta \leq 180^\circ \dots\dots\dots (8)$

一方(4)と(5)式から

$$\sin \theta \sin \varphi_1 = \sin \theta \sin \varphi_2 \dots\dots\dots (9)$$

(9)式で $\varphi_1 < 0$ したがって $\sin \theta \sin \varphi_1 < 0$

ゆえに $\sin \theta \sin \varphi_2 < 0$

ゆえに $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ と $180^\circ \leq \varphi_2 \leq 360^\circ \dots\dots\dots (10)$

または $180^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$ と $0^\circ \leq \varphi_2 \leq 180^\circ$ (11)

したがって φ_2 , θ の間で共通に存在するのは, (7), (8), (10), (11)式のうちで(7)と(10)式だけであり, その関係から制限の条件として次式をうる。

$0^\circ < \theta \leq 90^\circ$ で $180^\circ < \varphi_2 \leq 270^\circ$ (12)

したがって地磁気経度 A は次式になる。

$180^\circ < A \leq 270^\circ$ (13)

以上の(6)と(12)式が計算のとき必要になる。

次に計算の一例を楠岡について示す。計算は最終的な値が 0.1° 単位でよいから, $1'$ 単位の三角関数表を使用した。この計算例はだ足の感じがするが, 後に述べる著者の早見表が便

Table 2 Example of calculation of the magnetic coordinate at Kakioka (Part 1)

No.	Factor	Value	Note
(1)	λ_0	291°	East longitude
(2)	ϕ_0	$78.^\circ 5$	North latitude
(3)	λ	$140^\circ 11'$	East longitude
(4)	ϕ	$36^\circ 14'$	North latitude
(5)	θ	$53^\circ 46'$	$90^\circ - (4)$
(6)	$\log \tan \theta$	0.135025	$\log \tan (5)$
(7)	φ_1	$-150^\circ 49'$	$(3) - (1)$
(8)	$\log \cos \varphi_1$	9.941046 (-)	$\log \cos (7)$
(9)	$\log \tan K$	0.076071 (-)	$(6) + (8)$
(10)	K	$130^\circ 00'$	$(9) \rightarrow \text{antilog.}, \text{equation (6)}$
(11)	θ_1	$11^\circ 30'$	$90^\circ - (2)$
(12)	$K - \theta_1$	$118^\circ 30'$	$(10) - (11)$
(13)	$\log \tan \varphi_1$	9.747023	$\log \tan (7)$
(14)	$\log \sin K$	9.884254	$\log \sin (10)$
(15)	$\log \sin (K - \theta_1)$	9.943899	$\log \sin (12)$
(16)	$\log \tan \varphi_2$	9.687378	$(13) + (14) - (15)$
(17)	φ_2	$\begin{pmatrix} 25^\circ 57' \\ 205^\circ 57' \end{pmatrix}$	$(16) \rightarrow \text{antilog.}, \text{equation (12), (13)}$
(18)	A	$205^\circ 57'$	East
(19)	$\log \cos \varphi_2$	9.953845 (-)	$\log \cos (18)$
(20)	$\log \cot (K - \theta_1)$	9.734764 (-)	$\log \cot (12)$
(21)	$\log \cot \theta$	9.688609	$(19) + (20)$
(22)	θ	$63^\circ 59'$	$(21) \rightarrow \text{antilog.}, \text{equation (12)}$
(23)	ϕ	$26^\circ 01'$	$90^\circ - (22)$ North
(24)	$\log \sin \theta_1$	9.299655	$\log \sin (11)$
(25)	$\log \sin \varphi_2$	9.641064 (-)	$\log \sin (17)$
(26)	$\log \sin \theta$	9.906667	$\log \sin (5)$
(27)	$\log \sin \Psi$	9.034052 (-)	$(24) + (25) - (26)$
(28)	$-\Psi$	$-6^\circ 13'$	$(27) \rightarrow \text{antilog.}, \text{equation (4)}$
(29)	Ψ	$6^\circ 13'$ (East)	

利なものであることを実証するため、とくに比較し易いようにのせた。

この計算で K の値と符号, φ_2 の値と符号が最も誤り易い。大体の A, θ, ψ はわかっているからそれを参考にすればよいが, K を誤ると予想値にならなくなり混乱する。

この計算はなればば驗算まで入れて30分~40分で行えるが, まごつくと1時間半もかかり, 手元に適当な参考文献とくに McNish の論文⁽⁸⁾でもない2時間くらいかかることがある。

従来の値が古い北地磁気極の経緯度であるので, 新しいものに改めるために再計算する場合などは, つまらぬ労力を用いることになる。しかも値がたかだか 0.1° 単位でよいから余計につまらぬ労働であると感じる。

3.2 第2の方法

本質的には全く変わらないが, 角度の計算の誤りを少なくするため, 第2図のように考える。この方法は日本付近ではとくに好都合である。

第1図と同じく

- N 点; 地理的北極
- B 点; 北地磁気極, 経度 λ_0 , 緯度 ϕ_0
- P 点; 観測所 経度 λ , 緯度 ϕ
- P 点の地磁気 経度 A , 緯度 θ とする。

ここで経度は東経, 緯度は北緯, 計算上の偏角 ψ は東偏をそれぞれ正とする。図は第1図と同じく西偏に書いてあるから $-\psi$ と表示しておく。

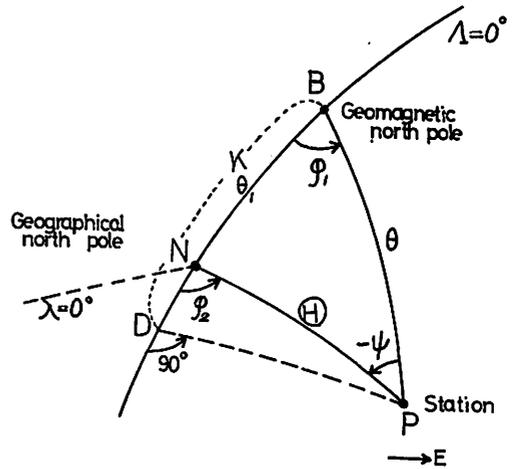


Fig. 2 Illustrating the calculation of the geomagnetic coordinates (Part 2)

第2図で

$$\begin{aligned}
 NB &= \theta_1, \quad NP = \theta, \quad BP = \theta \\
 NBP &= \varphi_1, \quad NPB = \psi, \quad BNP = 180^\circ - \varphi_2 \\
 DNP &= \varphi_2, \quad BD = K
 \end{aligned}$$

とすれば

$$\begin{aligned}
 \theta_1 &= 90^\circ - \phi_0, \quad \theta = 90^\circ - \theta, \quad \theta = 90^\circ - \phi \\
 \varphi_1 &= A - 180^\circ \quad (A \text{ は東経}) \\
 \varphi_2 &= 180^\circ - (\lambda_0 - \lambda)
 \end{aligned}$$

となる。したがって(1)~(5)に相当する式は次のようになる。

$$\cot(K - \theta_1) = \frac{\cot \theta}{\cos \varphi_2} \dots\dots\dots (14)$$

$$\tan \varphi_1 = \tan \varphi_2 \frac{\sin(K - \theta_1)}{\sin K} \dots\dots\dots (15)$$

$$\tan \theta = \frac{\tan K}{\cos \varphi_1} \dots\dots\dots (16)$$

$$\sin \psi = \sin \theta_1 \frac{\sin \varphi_1}{\sin \theta} \dots\dots\dots(17)$$

$$\text{または} \quad = \sin \theta_1 \frac{\sin \varphi_2}{\sin \theta} \dots\dots\dots(18)$$

次に日本付近の角度の存在範囲を考える。

(14)式で $0 < \theta < 90^\circ$, $0 < \varphi_2 < 90^\circ$ であるから

$$0 < K - \theta_1 < 90^\circ \dots\dots\dots(19)$$

$$\text{したがって} \quad 0 < K < 90^\circ \dots\dots\dots(20)$$

$$(15)式より \quad 0 < \varphi_1 < 90^\circ \quad \text{または} \quad 270^\circ < \varphi_1 < 360^\circ \dots\dots\dots(21)$$

$$(16)式より \quad \tan \theta \cdot \cos \varphi_1 = \tan K \dots\dots\dots(22)$$

(20)式より θ , φ_1 に次の関係がある。

$$-90^\circ < \varphi_1 < 90^\circ \quad \text{ならば} \quad 0 \leq \theta < 90^\circ \quad \text{または} \quad 180^\circ \leq \theta < 270^\circ$$

$$\text{または} \quad 90^\circ < \varphi_1 < 270^\circ \quad \text{ならば} \quad 90^\circ < \theta \leq 180^\circ \quad \text{または} \quad 270^\circ < \theta \leq 360^\circ$$

$$\text{しかし} \quad \theta \text{ の値は} \quad 0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$$

したがって θ と φ の間には次の制限がつく。

$$-90^\circ < \varphi_1 < 90^\circ \quad \text{と} \quad 0 \leq \theta < 90^\circ \dots\dots\dots(23)$$

$$\text{または} \quad 90^\circ < \varphi_1 < 270^\circ \quad \text{と} \quad 90^\circ < \theta \leq 180^\circ \dots\dots\dots(24)$$

(17)と(18)式から

$$\sin \theta \sin \varphi_1 = \sin \theta \sin \varphi_2 \dots\dots\dots(25)$$

$$\text{したがって} \quad \sin \theta \sin \varphi_1 > 0$$

$$\text{ゆえに} \quad 0 \leq \theta \leq 180^\circ \quad \text{と} \quad 0 \leq \varphi_1 \leq 180^\circ \dots\dots\dots(26)$$

$$180^\circ \leq \theta \leq 360^\circ \quad \text{と} \quad 180^\circ \leq \varphi_1 \leq 360^\circ \dots\dots\dots(27)$$

(23), (24), (26), (27)式で θ , φ_1 の共通に存在するのは(23)と(26)式および(24)と(26)式の2つの組合せであるから, (26)式のみとなる。しかるに(21)式で φ_1 に制限がつくので次の条件が求めるものとなる。

$$0 < \theta < 90^\circ \quad \text{と} \quad 0 < \varphi_1 < 90^\circ \dots\dots\dots(28)$$

以上の(19), (20), (28)式から $K - \theta_1$, K , θ , φ_1 はいずれも第一象限内にもみ存在しているから, 符号は一切考えないでよい。

したがって(14)~(18)式は角度の符号のとり違いが無くなり, 計算誤りがなくなり, 3.1で述べた第1の方法よりはるかにすぐれている。しかしこの方法も場所が大幅に変わると符号が変わるからまた若干の変形の必要がある。

前節と同様に計算例を示す。

この計算法は角度がすべて第一象限内であるから, 計算誤りが少ない。しかし計算の驗算まで入れると30~60分の時間を必要とし, 決して少ない時間ではない。

3.3 地理的経緯度, 北地磁気極の経緯度の変化に対する地磁気経緯度の変化

観測所の地理的経緯度が少し変わったり, 北地磁気極の経緯度が変わったりした場合に, 地磁

Table 3 Example of calculation of the magnetic coordinate at Kakioka (Part 2)

No.	Factor	Value	Note
(1)	λ_0	291°	East longitude
(2)	ϕ_0	78.5°	North latitude
(3)	λ	140° 11'	East longitude
(4)	ϕ	36° 14'	North latitude
(5)	θ	53° 46'	90° - (4)
(6)	$\log \cot(90^\circ - \theta)$	9.864976	$\log \cot(5)$
(7)	φ_2	29° 11'	180° - {(1) - (3)}
(8)	$\log \cos \varphi_2$	9.941046	$\log \cos(7)$
(9)	$\log \cot(K - \theta_1)$	9.923930	(6) - (8)
(10)	$K - \theta_1$	50° 00'	(9) → antilog.
(11)	θ_1	11° 30'	90° - (2)
(12)	K	61° 30'	(10) + (11)
(13)	$\log \tan \varphi_2$	9.747023	$\log \tan(7)$
(14)	$\log \sin(K - \theta_1)$	9.884254	$\log \sin(10)$
(15)	$\log \sin K$	9.943899	$\log \sin(12)$
(16)	$\log \tan \varphi_1$	9.687378	(13) + (14) - (15)
(17)	φ_1	25° 57'	(16) → antilog.
(18)	A	205° 57'	(17) + 180° East
(19)	$\log \tan K$	0.265236	$\log \tan(12)$
(20)	$\log \cos \varphi_1$	9.953845	$\log \cos(17)$
(21)	$\log \tan \theta$	0.311391	(19) - (20)
(22)	θ	63° - 59'	(21) → antilog.
(23)	ϕ	26° - 01'	90° - (22) North
(24)	$\log \sin \theta_1$	9.299655	$\log \sin(11)$
(25)	$\log \sin \varphi_1$	9.641064	$\log \sin(17)$
(26)	$\log \sin \theta$	9.906667	$\log \sin(5)$
(27)	$\log \sin \psi$	9.034052	(24) + (25) - 26)
(28)	ψ	6° - 13'	(27) → antilog. East

気経緯度がどの程度変るかについては、(1)~(5)式を微分すれば求まる。これについては山口の計算がある⁽¹⁾が、若干誤りがあるので訂正した。

$$dK = \frac{(\tan \theta + \cot \theta) \delta\theta - \tan \varphi_1 \delta\varphi_1}{\tan K + \cot K} \dots\dots\dots(29)$$

$$d\varphi_2 = \frac{\cot K - \cot(K - \theta_1)}{\tan K + \cot K} \cdot \frac{\tan \theta + \cot \theta}{\tan \varphi_2 + \cot \varphi_2} \delta\theta$$

$$+ \left\{ \frac{\tan \varphi_1 + \cot \varphi_1}{\tan \varphi_2 + \cot \varphi_2} - \frac{\cot K - \cot(K - \theta_1)}{\tan K + \cot K} \cdot \frac{\tan \varphi_1}{\tan \varphi_2 + \cot \varphi_2} \right\} \delta\varphi_1$$

$$+ \frac{\cot(K - \theta_1)}{\tan \varphi_2 + \cot \varphi_2} \delta\theta_1 \dots\dots\dots(30)$$

$$\begin{aligned}
 d\theta = & \left\{ \frac{\tan \varphi_2}{\tan \theta + \cot \theta} \cdot \frac{\cot K - \cot (K - \theta_1)}{\tan K + \cot K} \cdot \frac{\tan \theta + \cot \theta}{\tan \varphi_2 + \cot \varphi_2} \right. \\
 & + \left. \frac{\tan \theta + \cot \theta}{\tan K + \cot K} \cdot \frac{\tan (K - \theta_1) + \cot (K - \theta_1)}{\tan \theta + \cot \theta} \right\} \delta\theta \\
 & + \left[\left\{ \frac{\tan \varphi_1 + \cot \varphi_1}{\tan \varphi_2 + \cot \varphi_2} \cdot \frac{\cot K - \cot (K - \theta_1)}{\tan K + \cot K} \cdot \frac{\tan \varphi_1}{\tan \varphi_2 + \cot \varphi_2} \right\} \cdot \frac{\tan \varphi_2}{\tan \theta + \cot \theta} \right. \\
 & - \left. \frac{\tan (K - \theta_1) + \cot (K - \theta_1)}{\tan \theta + \cot \theta} \cdot \frac{\tan \varphi_1}{\tan K + \cot K} \right] \delta\varphi_1 \\
 & + \left\{ \frac{\cot (K - \theta_1)}{\tan \varphi_2 + \cot \varphi_2} \cdot \frac{\tan \varphi_2}{\tan \theta + \cot \theta} - \frac{\tan (K - \theta_1) + \cot (K - \theta_1)}{\tan \theta + \cot \theta} \right\} \delta\theta_1 \dots\dots\dots(31)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta\psi = & \left\{ \tan \psi \cdot \cot \varphi_2 \cdot \frac{\cot K - \cot (K - \theta_1)}{\tan K + \cot K} \cdot \frac{\tan \theta + \cot \theta}{\tan \varphi_2 + \cot \varphi_2} - \tan \psi \cot \theta \right\} \delta\theta \\
 & + \tan \psi \cdot \cot \varphi_2 \left\{ \frac{\tan \varphi_1 + \cot \varphi_1}{\tan \varphi_2 + \cot \varphi_2} \cdot \frac{\cot K - \cot (K - \theta_1)}{\tan K + \cot K} \cdot \frac{\tan \varphi_1}{\tan \varphi_2 + \cot \varphi_2} \right\} \delta\varphi_1 \\
 & + \left\{ \tan \psi \cdot \cot \theta_1 + \tan \psi \cdot \cot \varphi_2 \cdot \frac{\cot (K - \theta_1)}{\tan \varphi_2 + \cot \varphi_2} \right\} \delta\theta_1 \dots\dots\dots(32)
 \end{aligned}$$

一例として柿岡について、第2表の値を用いて値を求めると次の(33)式になる。(山口⁽¹⁾の値は若干違っている)。

ここで $\theta \cdot \varphi_1 \cdot \theta_1 \cdot \theta$ をそれぞれ $\phi \cdot \lambda$ と $\lambda_0 \cdot \phi_0 \cdot \theta$ におきかえて、見易くすると次のようになる。

$$\left. \begin{aligned}
 \delta K &= 1.032\delta\phi + 0.275\delta\lambda + 0.000\delta\phi_0 - 0.275\delta\lambda_0 \\
 \delta\theta &= 0.995\delta\phi + 0.087\delta\lambda + 0.899\delta\phi_0 - 0.087\delta\lambda_0 \\
 \delta A &= -0.120\delta\phi + 0.892\delta\lambda + 0.214\delta\phi_0 - 0.892\delta\lambda_0 \\
 \delta\psi &= 0.053\delta\phi + 0.195\delta\lambda - 0.488\delta\phi_0 - 0.195\delta\lambda_0
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(33)$$

また後で述べる早見表を利用して(33)式に相当するものを求めても同じ結果を得る。

$$\left. \begin{aligned}
 \delta\theta &= 1.00\delta\phi + 0.08\delta\lambda + 0.90\delta\phi_0 - 0.08\delta\lambda_0 \\
 \delta\lambda &= -0.12\delta\phi + 0.90\delta\lambda + 0.22\delta\phi_0 - 0.90\delta\lambda_0 \\
 \delta\psi &= 0.05\delta\phi + 0.20\delta\lambda - 0.48\delta\phi_0 - 0.20\delta\lambda_0
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(34)$$

山口⁽¹⁾は柿岡では $|\delta\phi| \leq 0.5$, $|\delta\lambda| \leq 0.5$, $|\delta\phi_0| \leq 0.005$, $|\delta\lambda_0| \leq 0.005$ に対して、 $|\delta\theta| \leq 1.2$, $|\delta A| \leq 0.9$, $|\delta\psi| \leq 0.4$ を与えると評価している。

しかし著者は(33)または(34)式から柿岡では $|\delta\phi| \leq 0.5$, $|\delta\lambda| \leq 0.5$, $|\delta\phi_0| \leq 0.005$, $|\delta\lambda_0| \leq 0.005$ に対して、 $|\delta\theta| \leq 0.9$, $|\delta A| \leq 0.8$, $|\delta\psi| \leq 0.3$ と評価し、山口の求めたものより少し小さいと考えている。

日本全土について考えると、 $\delta\phi, \delta\lambda, \delta\phi_0, \delta\lambda_0$ が $\pm 1'$ であるとする、大よそ $\delta A, \delta\theta, \delta\psi$ の最大値はそれぞれ $\pm 2.2', \pm 2.2', \pm 1'$ となり、日本の各地でそれ程の違いもない。

地磁気経緯度と計算上の偏角を 0.1° まで正しく求めるには、 0.1° の意味を $\pm 3'$ と解釈して、観測点および北地磁気極の経緯度を約 $\pm 1 \sim \pm 1.5'$ まで指定する必要がある。

4. 地磁気経緯度と計算上の偏角を簡単に求められる便利な“早見表”

4.1 構成

北地磁気極を次の値とし、(14)、(15)、(16)、(17)式を用い

$$\text{原点; } \lambda_0=291^\circ\text{E}, \phi_0=78.5^\circ\text{N}$$

として、緯度 $\phi=26^\circ\sim 45^\circ\text{N}$ 、経度 $\lambda=127^\circ\sim 146^\circ\text{E}$ の範囲の日本をつつむ地域について、緯度・経度それぞれ 1° 毎に、地磁気経緯度 A 、 θ および計算上の偏角 ψ を $1''$ 単位まで求め、それから地磁気経緯度と計算上の偏角を簡単に求める便利な表——早見表——を作った。

まず、求めた値を $1'$ 単位に四捨五入して経緯度 1° 毎に主値として示した。

次に A 、 θ 、 ψ は(29)~(32)式のように経度、緯度が変れば変化するから各経緯度 1° 毎にその変化量を示した。

次に北地磁気極の経緯度がそれぞれ 1° だけ上記の原点にとった値からずれたときに、 A 、 θ 、 ψ に与える変化量を $1'$ 単位で示した。これらの変化量は(29)~(32)式から求まるが、計算の手数と精度から考えて、各 1° 毎の A 、 θ 、 ψ の主値から求めた。

表は日本列島の陸上をつつむ地域に限定してある。

次に表の構成を示す。この表で経緯度はすべて東経・北緯で示し、計算上の偏角は東偏を正としてある。そしてこれらの表は本文とは別に末尾に付表としてまとめた。

付第1表 地磁気経度 A の主値

北地磁気極を $\lambda_0=291$ 、 $\phi_0=78.5^\circ$ としたとき、地理的経緯度 λ 、 ϕ の各 1° 毎の地磁気経度 A の値

付第2表 地理的経度 1° の変化に対する地磁気経度 A の変化値 (付表第1表から求まる主値に加える)

地理的緯度 λ が 1° 増加したとき A がどれだけ変化するかを示すものである。すなわち λ の ' の桁の数字に対する補正量で、東経で示して λ が 1° 増加すると、 $51\sim 56'$ A が増加することを示す。

付第3表 地理的緯度 1° の変化に対する地磁気経度 A の変化量 (付第1表から求まる主値より減ずる)

北緯で示して地理的緯度 ϕ が 1° 増加すると、 A は表の値だけ減少する。

付第4表 地磁気緯度 θ の主値

北地磁気極を $\lambda_0=291$ 、 $\phi_0=78.5^\circ$ としたとき、地理的経緯度 λ 、 ϕ の各 1° 毎の地磁気緯度 θ の値

付第5表 地理的経度 1° の変化に対する地磁気緯度 θ の変化量 (付第4表から求まる主値に加える)

東経で示して地理的経度 λ が 1° 増加するとき、 θ は表の値だけ増加する。

付第6表 地理的緯度 1° の変化に対する地磁気緯度 θ の変化量 (付第4表から求まる主値に加える)

北緯で示して地理的緯度 ϕ が 1° 増加するとき、 θ は表の値だけ増加する。

(この表は殆んど $60'$ である)

付第7表 計算上の偏角 ψ の主値

北地磁気極を $\lambda_0=291^\circ$, $\phi_0=78.5^\circ$ としたとき、地理的経緯度 λ , ϕ の各 1° 毎の計算上の偏角 ψ の値で、値は東偏で表示。

付第8表 地理的経度 1° の変化に対する計算上の偏角 ψ の変化量 (付第7表から求まる主値に加える)

東経で示して地理的経度 λ が 1° 増加するとき、 ψ は表の値だけ増加する。

付第9表 地理的緯度 1° の変化に対する計算上の偏角 ψ の変化量 (付第7表から求まる主値に加える)

北緯で示して地理的緯度 ϕ が 1° 増加するとき、 ψ は表の値だけ増加する。

付第10表 北地磁気極が経度 1° ずれたときの地磁気経度 A の変化量 (東経で 1° 増加すると表の値だけ A は小さくなる)

北地磁気極が東経 $\lambda_0=291^\circ$ から 1° 増加して 292° になると、地磁気経度 A は表の値 $56\sim 51'$ だけ小さくなる。この表は付第2表と同じ数値の表で符号が反対である。

付第11表 北地磁気極が緯度 1° ずれたときの地磁気経度 A の変化量 (北緯で 1° 増加すると表の値だけ A は大きくなる)

北地磁気極が北緯 $\phi_0=78.5^\circ$ から 1° 増加して 79.5° となると、地磁気経度 A は表の値だけ増加する。

付第12表 北地磁気極が経度 1° ずれたときの地磁気緯度 θ の変化量 (東経で 1° 増加すると表の値だけ小さくなる。)

北地磁気極が東経 $\lambda_0=291^\circ$ から 1° 増加して 292° になると、地磁気緯度 θ は表の値だけ減少する。この表は付第5表と同じ数値の表で符号が反対である。

付第13表 北地磁気極が緯度 1° ずれたときの地磁気緯度 θ の変化量 (北緯で 1° 増加すると表の値だけ大きくなる。)

北地磁気極が北緯 $\phi_0=78.5^\circ$ から 1° 増加して 79.5° になると、地磁気緯度 θ は表の値だけ大きくなる。

付第14表 北地磁気極が経度 1° ずれたときの計算上の偏角 ψ の変化量 (東経で 1° 増加すると表の値だけ小さくなる。)

北地磁気極が東経 $\lambda_0=291^\circ$ から 1° 増加して 292° になると、計算上の偏角 ψ は表の値だけ小さくなる。この表は付第8表と同じ数値の表で符号が反対である。

付第15表 北地磁気極が緯度 1° ずれたときの計算上の偏角 ψ の変化量 (北緯で 1° 増加するとき ψ は表の値だけ小さくなる。)

北地磁気極が北緯 $\phi_0=78.5^\circ$ から 1° 増加して 79.5° になると、計算上の偏角 ψ は表の値だけ小さくなる。

付第16表 小数位分、度換算表

分を度にしたり、度を分にするためのもので、与えられた数値や求めた値の単位をそろえるためのものである。

付第17表 比例捜入表

付第2・3・5・6・8・9・10・11・12・13・14・15表を利用するとき、いずれも1°にみたない場合にそれを補正するものである。たとえば付第10表1°での変化に対し54'で、経度が50'変化したとき補正量は $\frac{54}{60} \times 50'$ であるから、付第17表で差54' (横軸) に対し50 (縦軸) のとき45'が補正量として求まる。

以上の表の中で付第2と10, 5と12, 8と14表は同じ数値でただ符号が異なるのみであるが、計算の手順として便利なのでのせた。

4.2 早見表の使用法

早見表の使用法はきわめて簡単で説明の必要もない。前節で述べた計算例と比較するため、柿岡について説明する。1つの例として北地磁気極の経緯度が $\lambda_0=291^\circ$, $\phi_0=78.5^\circ$ の場合と、そうでないときのものを示した。

Table 4 Example of calculation of the magnetic coordinate at Kakioka using the ready reckoning table

No.	Factor	Value	Note
(1)	λ_0	291°	East longitude
(2)	ϕ_0	78.5°	North latitude
(3)	λ	140° 11'	East longitude
(4)	ϕ	36° 14'	North latitude
(5)	A_{matn}	205° 49'	Table 1
(6)	$\frac{\Delta A}{\Delta \lambda} 54'$	+ 10'	Table 2, 17
(7)	$\frac{\Delta A}{\Delta \phi} -7'$	- 2'	Table 3, 17
(8)	A	205° 57'	(5) + (6) + (7) East longitude
(9)	Φ_{matn}	25° 47'	Table 4
(10)	$\frac{\Delta \Phi}{\Delta \lambda} 5'$	+ 1'	Table 5, 17
(11)	$\frac{\Delta \Phi}{\Delta \phi} 60'$	+ 14'	Table 6, 17
(12)	Φ	26° 02'	(9) + (10) + (11) North latitude
(13)	Ψ_{matn}	6° 10'	Table 7
(14)	$\frac{\Delta \Psi}{\Delta \lambda} 12'$	+ 2'	Table 8, 17
(15)	$\frac{\Delta \Psi}{\Delta \theta} 3'$	+ 1'	Table 9, 17
(16)	Ψ	6° 13'	(13) + (14) + (15) East

第4表で示した No. (5) の値は、付第1表を用いて地理的経度 $\lambda=140^\circ$ 、地理的緯度 $\phi=36^\circ$ に対する地磁気経度 A_{matn} の値を示している。また第4表で No. (6) の値は、付第2表の地理的経度 $\lambda=140^\circ$ 、地理的緯度 $\phi=36^\circ$ に対する値54'を求め、次に付第17表で横軸の54の位置と縦の値11 (これは観測所の地理的経度の11'の値である) との交点から10を求め、表題に“加える”とあるから+10'とする。これは No. (7), (10), (11), (14), (15)すべて同じである。すなわちこれは付第1, 4, 7表の比例挿入の表である。

この早見表を用いる計算は、1つの要素について2ケの加算をすればよいから、暗算で十分である。また計算に必要な時間は驗算を含めて5~8分であり、計算の誤りをするとも全くない。

次に北地磁気極の経緯度が $\lambda_0=289.^\circ 83$, $\phi_0=78.^\circ 42$ の場合について求めた例を示す。第4表と重複する所があるが省略しなかった。

この計算は第4表に北地磁気極の経緯度がずれた分の補正を加えたにすぎない。No.(10),

Table 5 Example of calculation of the magnetic coordinate at Kakioka using the ready reckoning table

No.	Factor	Value	Note
(1)	λ_0	289.°83 (289° 50')	Table 16
(2)	ϕ_0	78.°42 (78° 25')	Table 16
(3)	$\Delta\lambda_0$	-1° 10'	(1) -291°
(4)	$\Delta\phi_0$	- 5'	(2) -78.5°
(5)	λ	140° 11'	East longitude
(6)	ϕ	36° 14'	North latitude
(7)	λ main	205° 49'	Table 1
(8)	$\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda}$ 54'	+ 10'	Table 2, 17
(9)	$\frac{\Delta\lambda}{\Delta\phi}$ -7'	- 2'	Table 3, 17
(10)	$\frac{\Delta\lambda}{\Delta(\Delta\lambda_0)}$ 54'	+ 54' + 9'	Table 10, 17
(11)	$\frac{\Delta\lambda}{\Delta(\Delta\phi_0)}$ -13'	- 1'	Table 11, 17
(12)	λ	206° 59'	(7)+(8)+(9)+(10)+(11) East longitude
(13)	ϕ main	25° 47'	Table 4
(14)	$\frac{\Delta\phi}{\Delta\lambda}$ 5'	+ 1'	Table 5, 17
(15)	$\frac{\Delta\phi}{\Delta\phi}$ 60'	+ 14'	Table 6, 17
(16)	$\frac{\Delta\phi}{\Delta(\Delta\lambda_0)}$ 5'	+ 5' + 1'	Table 12, 17
(17)	$\frac{\Delta\phi}{\Delta(\Delta\phi)}$ -54'	- 5'	Table 13, 17
(18)	ϕ	26° 03'	(13)+(14)+(15)+(16)+(17) North latitude
(19)	ψ main	6° 10'	Table 7
(20)	$\frac{\Delta\psi}{\Delta\lambda}$ 12'	+ 2'	Table 8, 17
(21)	$\frac{\Delta\psi}{\Delta\phi}$ 3'	+ 1'	Table 9, 17
(22)	$\frac{\Delta\psi}{\Delta(\Delta\lambda_0)}$ 12'	+12' + 2'	Table 14, 17
(23)	$\frac{\Delta\psi}{\Delta(\Delta\phi)}$ 29'	+ 2'	Table 15, 17
(24)	ψ	6° 29'	(19)+(20)+(21)+(22)+(23) East

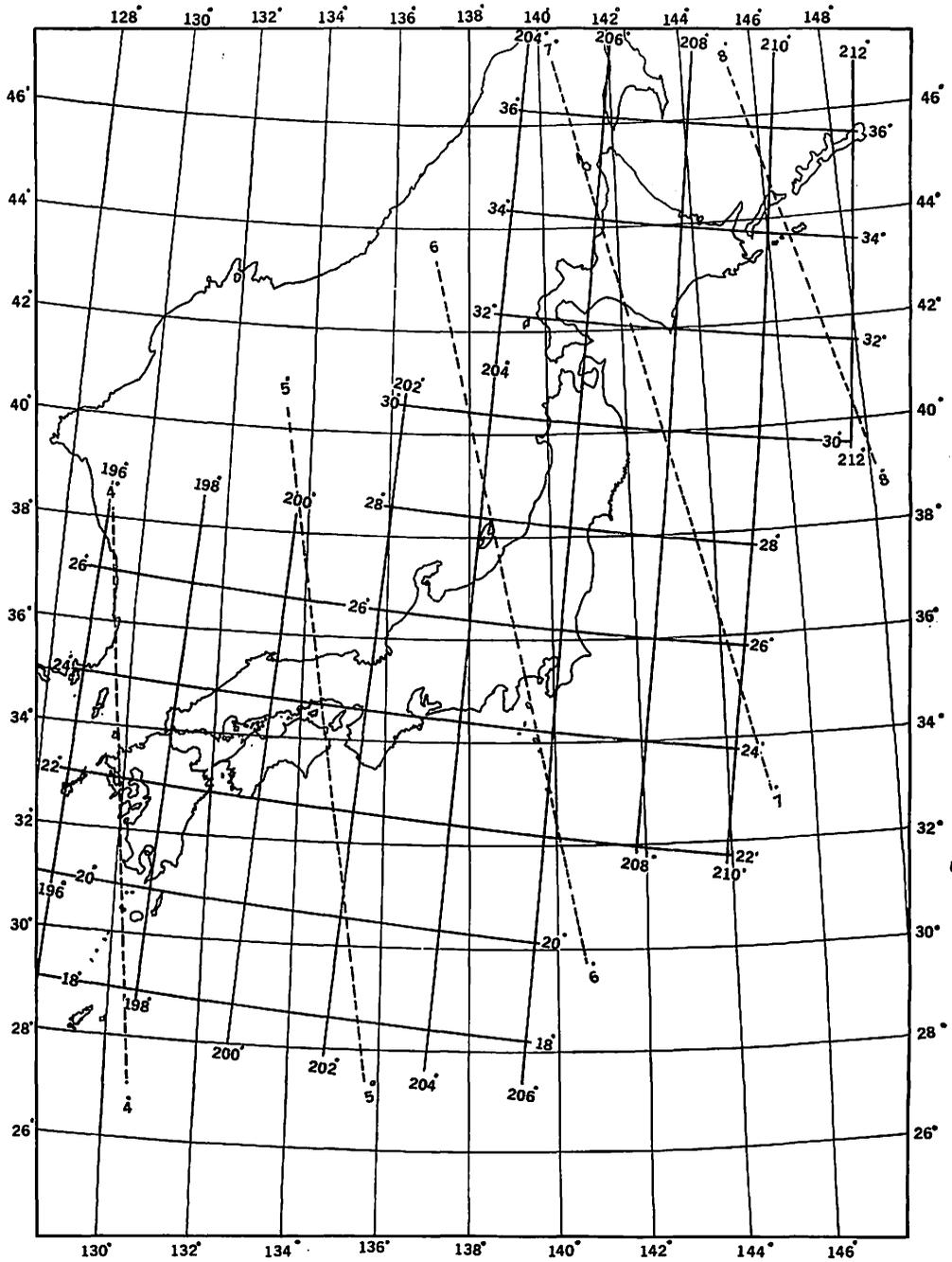


Fig. 3 Line of equal geomagnetic longitude, latitude (full line) and angle (dotted line) which indicates the difference in direction between geographic and geomagnetic meridians.

(16), (22) に 2 段に書いたのは 1° に対するものと $10'$ に対する補正量である。

この計算は驗算まで含めて 8~10 分でできる。第 4 表の場合に比べて若干長くかかるが、第 2・3 表の計算に比べれば問題にならぬほど短い。計算の段数としては、第 2・3 表がそれぞれ 29・28 段であり、第 5 表は 24 段でそれほどの差はないが、一方は表を引くだけであり、しかもそれが 60 以下の 2 桁の数字であるからきわめて簡単なものとなる。

また加減の符号は各表の表題に明記したから混乱することはない。付第 10・11・12・13・14・15 表は第 5 表の例のように、使用する北地磁気極が $\lambda_0=291^\circ$, $\phi_0=78.5^\circ$ より小さいときは、表題の符号を逆にすればよい。

また参考までに日本付近の地磁気経緯度と計算上の偏角の値を第 3 図に示した。

4.3 早見表の精度と 3.1 または 3.2 の計算公式から求めた値との比較

早見表はその構成が $1'$ 単位になっているから、 $\pm 1'$ の差は当然である。また最大誤差を考えると(34)式から分るように、地磁気経緯度で、 $\pm 2.2'$ 計算上の偏角 $\pm 1'$ と予想される。しかし実際に使用してみるともっと精度がよい。

IQSY 期間に行なわれた地磁気観測所 15 ヶ所について、山口⁽¹⁾は第 1 表の No. 7, 8, 9 の三つの北地磁気極を原点とする地磁気経緯度と計算上の偏角を求めた。この値は $1''$ 単位まで求められているので、比較するには好都合である。第 6a~6d 表にこれを示した。各観測所で()印の中に示した値は、著者の早見表から求めた値である。また参考までに $\lambda_0=291^\circ E$, $\phi_0=78.5^\circ N$ の時の値も示した。

この結果から公式(1)~(5)などから求めた値と著者の早見表から求めた値の差を比較すると第 7 表のようになる。

Table 6a List of geomagnetic coordinates of magnetic observatory in IQSY

Coordinate of geomagnetic north-pole	Station	Wakkanai	Urakawa	Asamushi	Uchiura
	Geograph. Long. Geograph. Lat.	$45 \overset{\circ}{24}$ $141 \overset{\circ}{41}$	$42 \overset{\circ}{12}$ $142 \overset{\circ}{54}$	$40 \overset{\circ}{53}$ $140 \overset{\circ}{52}$	$37 \overset{\circ}{08}$ $137 \overset{\circ}{14}$
$\lambda_0=291.03 \overset{\circ}{E}$ $\phi_0=78.31 \overset{\circ}{N}$	Geomag. Long. Geomag. Lat. Geomag. angle	$205 \overset{\circ}{57} (205 \overset{\circ}{56})$ $35 \overset{\circ}{05} (35 \overset{\circ}{05})$ $7 \overset{\circ}{15} (7 \overset{\circ}{15})$	$207 \overset{\circ}{28} (207 \overset{\circ}{28})$ $32 \overset{\circ}{02} (32 \overset{\circ}{02})$ $7 \overset{\circ}{15} (7 \overset{\circ}{16})$	$205 \overset{\circ}{54} (205 \overset{\circ}{54})$ $32 \overset{\circ}{32} (32 \overset{\circ}{33})$ $6 \overset{\circ}{43} (6 \overset{\circ}{43})$	$203 \overset{\circ}{10} (203 \overset{\circ}{09})$ $26 \overset{\circ}{30} (26 \overset{\circ}{32})$ $5 \overset{\circ}{44} (5 \overset{\circ}{44})$
$\lambda_0=290.89 \overset{\circ}{E}$ $\phi_0=78.45 \overset{\circ}{N}$	Geomag. Long. Geomag. Lat. Geomag. angle	$206 \overset{\circ}{07} (206 \overset{\circ}{06})$ $35 \overset{\circ}{13} (35 \overset{\circ}{13})$ $7 \overset{\circ}{12} (7 \overset{\circ}{13})$	$207 \overset{\circ}{38} (207 \overset{\circ}{38})$ $32 \overset{\circ}{10} (32 \overset{\circ}{10})$ $7 \overset{\circ}{12} (7 \overset{\circ}{14})$	$206 \overset{\circ}{03} (206 \overset{\circ}{04})$ $30 \overset{\circ}{41} (30 \overset{\circ}{41})$ $6 \overset{\circ}{42} (6 \overset{\circ}{42})$	$203 \overset{\circ}{19} (203 \overset{\circ}{18})$ $26 \overset{\circ}{38} (26 \overset{\circ}{40})$ $5 \overset{\circ}{42} (5 \overset{\circ}{41})$
$\lambda_0=289.83 \overset{\circ}{E}$ $\phi_0=78.42 \overset{\circ}{N}$	Geomag. Long. Geomag. Lat. Geomag. angle	$207 \overset{\circ}{00} (206 \overset{\circ}{59})$ $35 \overset{\circ}{17} (35 \overset{\circ}{16})$ $7 \overset{\circ}{27} (7 \overset{\circ}{27})$	$208 \overset{\circ}{33} (208 \overset{\circ}{33})$ $32 \overset{\circ}{14} (32 \overset{\circ}{13})$ $7 \overset{\circ}{27} (7 \overset{\circ}{28})$	$206 \overset{\circ}{58} (206 \overset{\circ}{59})$ $30 \overset{\circ}{45} (30 \overset{\circ}{44})$ $6 \overset{\circ}{55} (6 \overset{\circ}{56})$	$204 \overset{\circ}{15} (204 \overset{\circ}{14})$ $26 \overset{\circ}{42} (26 \overset{\circ}{43})$ $5 \overset{\circ}{56} (5 \overset{\circ}{56})$
$\lambda_0=291 \overset{\circ}{E}$ $\phi_0=78.5 \overset{\circ}{N}$	Geomag. Long. Geomag. Lat. Geomag. angle	$(206 \overset{\circ}{01})$ $(35 \overset{\circ}{15})$ $(7 \overset{\circ}{09})$	$(207 \overset{\circ}{33})$ $(32 \overset{\circ}{12})$ $(7 \overset{\circ}{10})$	$(205 \overset{\circ}{59})$ $(30 \overset{\circ}{43})$ $(6 \overset{\circ}{38})$	$(203 \overset{\circ}{13})$ $(26 \overset{\circ}{42})$ $(5 \overset{\circ}{39})$

() ; calculated by attendant table 1-17.

Table 6b List of geomagnetic coordinates of magnetic observatory in IQSY

Coordinate of geomagnetic north-pole	Station	Onahama	Tottori	Omaizaki	Suzaki
		Geograph. Long. Geograph. Lat.	36 58 140 55	35 30 134 15	34 37 138 14
$\lambda_p = 291.03^\circ$ E $\phi_p = 78.31^\circ$ N	Geomag. Long. Geomag. Lat. Geomag. angle	206 27 (206 28) 26 38 (26 40) 6 29 (6 29)	200 40 (200 41) 24 39 (24 40) 5 02 (5 02)	204 20 (204 20) 24 05 (24 05) 5 49 (5 50)	200 09 (200 10) 22 33 (22 34) 4 48 (4 48)
$\lambda_p = 290.89^\circ$ E $\phi_p = 78.45^\circ$ N	Geomag. Long. Geomag. Lat. Geomag. angle	206 36 (206 37) 26 47 (26 48) 6 27 (6 26)	200 49 (200 50) 24 48 (24 47) 5 01 (5 00)	204 29 (204 29) 24 13 (24 13) 5 47 (5 47)	200 18 (200 19) 22 41 (22 41) 4 46 (4 46)
$\lambda_p = 289.83^\circ$ E $\phi_p = 78.42^\circ$ N	Geomag. Long. Geomag. Lat. Geomag. angle	207 33 (207 34) 26 51 (26 51) 6 40 (6 40)	201 46 (201 47) 24 51 (24 50) 5 15 (5 14)	205 26 (205 26) 24 17 (24 16) 6 01 (6 01)	201 15 (201 15) 22 44 (22 44) 5 00 (5 00)
$\lambda_p = 291^\circ$ E $\phi_p = 78.5^\circ$ N	Geomag. Long. Geomag. Lat. Geomag. angle	(206 32) (26 50) (6 24)	(200 45) (24 50) (4 58)	(204 24) (24 15) (5 45)	(200 13) (22 44) (4 44)

() ; calculated by attendant table 1-17.

Table 6c List of geomagnetic coordinates of magnetic observatory in IQSY

Coordinate of geomagnetic north-pole	Station	Menambetsu	Onagawa	Kakioka	Nanie
		Geograph. Long. Geograph. Lat.	43 55 144 12	38 26 141 28	36 14 140 11
$\lambda_p = 291.03^\circ$ E $\phi_p = 78.31^\circ$ N	Geomag. Long. Geomag. Lat. Geomag. angle	208 20 (208 20) 33 51 (33 50) 7 40 (7 41)	206 45 (206 45) 28 09 (28 09) 6 41 (6 42)	205 53 (205 53) 25 51 (25 52) 6 18 (6 18)	- (206 26) - (27 10) - (6 31)
$\lambda_p = 290.89^\circ$ E $\phi_p = 78.45^\circ$ N	Geomag. Long. Geomag. Lat. Geomag. angle	208 30 (208 30) 33 59 (33 58) 7 37 (7 39)	206 55 (206 55) 28 18 (28 17) 6 39 (6 39)	206 03 (206 02) 26 00 (26 00) 6 16 (6 15)	- (206 35) - (27 18) - (6 28)
$\lambda_p = 289.83^\circ$ E $\phi_p = 78.42^\circ$ N	Geomag. Long. Geomag. Lat. Geomag. angle	209 24 (209 24) 34 04 (34 03) 7 52 (7 53)	207 50 (207 50) 28 22 (28 21) 6 52 (6 53)	206 59 (206 59) 26 04 (26 03) 6 29 (6 29)	- (207 31) - (27 21) - (6 42)
$\lambda_p = 291^\circ$ E $\phi_p = 78.5^\circ$ N	Geomag. Long. Geomag. Lat. Geomag. angle	208 25 (208 25) 34 01 (34 00) 7 36 (7 35)	206.8 (206 50) 28.3 (28 19) - (6 36)	205 57 (205 57) 26 01 (26 02) 6 13 (6 13)	206 30 (206 30) 27 21 (27 20) 6 26 (6 26)

() ; calculated by attendant table 1-17.

Table 6d List of geomagnetic coordinates of magnetic observatory in IQSY

Coordinate of geomagnetic north-pole	Station	Simosato	Hachijozima	Aso	Kanoya
	Geograph. Long. Geograph. Lat.	33 35 135 55	33 08 139 48	32 53 131 01	31 25 130 53
$\lambda = 291.03$ E $\phi = 78.31$ N	Geomag. Long. Geomag. Lat. Geomag. angle	202 22 (202 21) 22 52 (22 54) 5 19 (5 18)	202 55 (205 54) 22 44 (22 44) 6 04 (6 04)	198 01 (198 01) 21 49 (21 51) 4 17 (4 18)	198 00 (198 01) 20 21 (20 23) 4 13 (4 14)
$\lambda = 290.89$ E $\phi = 78.45$ N	Geomag. Long. Geomag. Lat. Geomag. angle	202 32 (202 31) 23 00 (23 01) 5 17 (5 16)	206 04 (206 03) 22 53 (22 52) 6 02 (6 01)	198 10 (198 10) 21 58 (21 58) 4 16 (4 16)	198 09 (198 10) 20 29 (20 30) 4 11 (4 12)
$\lambda = 289.83$ E $\phi = 78.42$ N	Geomag. Long. Geomag. Lat. Geomag. angle	203 28 (203 27) 23 04 (23 04) 5 30 (5 30)	207 01 (207 00) 22 57 (22 55) 6 15 (6 15)	199 04 (199 06) 22 03 (22 01) 4 29 (4 30)	198 06 (198 08) 20 32 (20 33) 4 25 (4 26)
$\lambda = 291$ E $\phi = 78.5$ N	Geomag. Long. Geomag. Lat. Geomag. angle	202.4 (202 25) 23.0 (23 04) - (5 14)	- (205 58) - (22 54) - (5 59)	198.1 (198 04) 22.1 (22 01) - (4 14)	198 03 (198 04) 20 32 (20 33) 4 09 (4 10)

() ; calculated by attendant table 1-17.

Table 7 Comparison between values by equation (1)~(5) and values by annexed tables 1~17, "Ready Reckoning Tables"
Difference; [{equation (1)~(5)} - {annexed table 1~17}]

Element	Difference	-2'	-1'	0'	1'	2'	Sum	Standard deviation
Geomagnetic longitude λ	Number	2	13	18	12	0	45	$\pm 0.87'$
	%	4	29	40	27	0	100%	—
Geomagnetic latitude ϕ	Number	6	9	15	13	2	45	$\pm 1.11'$
	%	13	20	33	29	4	99%	—
Geomagnetic angle ψ	Number	2	14	21	8	0	45	$\pm 0.83'$
	%	4	31	47	18	0	100%	—
Total	Number	10	36	54	33	2	135	$\pm 0.94'$
	%	7	27	40	24	1	99%	—

この表から分るように、どの要素でもその標準偏差は ± 0.9 である。確率誤差で表示すると ± 0.6 となる。また差が $2'$ になるのは全体の 8% にすぎないし、 $3'$ 以上ずれるものは全くない。したがって地磁気経緯度、計算上の偏角を 0.1° まで表示するにはもちろん十分であり、 $1'$ 単位で表示しても差しつかえない。

5. 現在公表されている日本の主な観測所の地磁気経緯度の値

Table 8 List of Geomagnetic coordinates of magnetic observatories in Japan

Station	No.	Geographical		Geomagnetic		North pole		Remark
		Long.	Lat.	Long.	Lat.	Long.	Lat.	
Kakioka 柿岡	(1)	^E 140°11'	^N 36°14'	^E 206.°0	^N 26.°0	^E 291°	^N 78.°5	Geomagnetism (1940)
	(2)	"	"	206.0	26.0	(291)	(78.5)	Description, Bul. 12 1~12r1
	(3)	"	"	206.0	26.0	(291)	(78.5)	A Center
	(4)	"	"	206.1	26.0	?	?	C ₂ Center
	(5)	"	"	205.9	25.8	291.0	78.3	資料目録 第3回 " 第5回
	(6)	"	"	205.9	25.9	291.03	78.31	Table 6
Memambetsu 女満別	(1)	144 12	43 55	208.4	34.0	(291)	(78.5)	Description, Bul. 12q1, 12r1 etc.
	(2)	"	"	208.3	34.1	?	?	Bul. 12i, 12m1~12p1
	(3)	"	43 54	208.4	34.0	(291)	(78.5)	A Center
	(4)	"	43 55	208.5	34.0	?	?	C ₂ Center
	(5)	"	"	208.1	33.9	291.0	78.3	資料目録 第3回
	(6)	"	"	208.4	33.8	291.0	78.3	資料目録 第5回
	(7)	"	"	208.3	33.9	291.03	78.31	Table 6
Kanoya 鹿屋	(1)	130 53	31 25	198.1	20.5	(291)	(78.5)	Description, Bul. 12q1, 12r1 etc.
	(2)	150 53	"	198.1	20.7	?	?	Bul. 12m1~12p1
	(3)	130 53	"	198.1	20.5	(291)	(78.5)	A Center
	(4)	"	"	198.2	20.5	?	?	C ₂ Center
	(5)	"	"	198.0	20.4	291.0	78.3	資料目録 第3回
	(6)	"	"	198.0	20.3	291.0	78.3	資料目録 第5回
	(7)	"	"	198.0	20.4	291.03	78.31	Table 6
Aso 阿蘇	(1)	131 01	32 53	198.0	22.0	291	78.5	Geomagnetism (1940)
	(2)	"	"	198.1	22.1	(291)	(78.5)	Description, Bul. 12m1~12r1 etc., C ₂ Center
	(3)	"	"	198.1	22.0	(291)	(78.5)	A Center
	(4)	"	"	198.1	21.8	291.0	78.3	資料目録 第3回
	(5)	"	"	198.0	21.8	291.0	78.3	資料目録 第5回
	(6)	"	"	198.0	21.8	291.03	78.31	Table 6

Table 8 List of Geomagnetic coordinates of magnetic observatories in Japan (cotinued)

Station	No.	Geographical		Geomagnetic		North pole		Remark
		Long.	Lat.	Long.	Lat.	Long.	Lat.	
Simosato 下里	(1)	135 56 ^{°E}	33 35 ^{°N}	202.4 ^{°E}	23.0 ^{°N}	(291) ^{°E}	78.5 ^{°N}	Description, Bul. 12q1, r1 etc.
	(2)	"	"	202.3	23.1	?	?	Bul. 12 l~12p1.
	(3)	"	33 34	202.4	23.0	(291)	(78.5)	A Center
	(4)	"	33 35	202.4	23.0	?	?	C ₂ Center
	(5)	"	"	202.3	22.9	291.0	78.3	資料目録 第3回
	(6)	"	33 34	202.4	22.8	291.0	78.3	資料目録 第5回
	(7)	"	33 35	202.4	22.9	291.03	78.31	Table 6
Onagawa 女川	(1)	141 28	38 26	206.8	28.3	291	78.5	Description
	(2)	"	"	206.7	28.4	?	?	Bul. 12 l~12r1 etc.
	(3)	"	"	206.8	28.3	(291)	(78.5)	A Center
	(4)	"	"	206.7	28.4	?	?	C ₂ Center
	(5)	"	38 27	206.8	28.2	291.0	78.3	資料目録 第3回
	(6)	"	38 26	206.8	28.1	291.0	78.3	資料目録 第5回
	(7)	"	"	206.7	28.2	291.03	78.31	Table 6
Toyohara 豊原	(1)	142.8	47.0	203.5	36.9	291	78.5	Geomagnetism (1940)
	(2)	142 45	46 57	206.7	36.9	291	78.5	Author
Otomari 大泊	(1)	142.8	46.7	206.8	36.6	291	78.5	Geomagnetism (1940)
	(2)	142 46	46 38	206.8	36.6	291	78.5	Author
Zinsen 仁川	(1)	126.6	37.5	193.8	26.4	291	78.5	Geomagnetism (1940)
	(2)	126 28	37 30	193.7	26.4	291	78.5	Author
Tingtau 青島	(1)	120.3	36.1	188.3	24.7	291	78.5	Geomagnetism (1940)
	(2)	120 19	36 04	188.3	24.7	291	78.5	Author
Tokio 東京	(1)	139.8	35.7	205.6	25.4	291	78.5	Geomagnetism (1940)
	(2)	139 45	35 41	205.6	25.5	291	78.5	Author
Simoda 下田	(1)	138.9	34.7	205.0	24.4	291	78.5	Geomagnetism (1940)
	(2)	138 59	34 40	205.1	24.4	291	78.5	Author

現在までに印刷公表されている日本付近の観測所の地磁気経緯度の主なるものを示すと、第8表のようになる。またこの表で Remark に示したものは出典で次のとおりである。

略号	文献名
Geomagnetism (1940)	S. Chapman and Bartels (1940) "Geomagnetism vol II." Oxford at the Clarendon press, T1~T5.
Description	: I.A.G.A. Comite des Observatoires: Description des Observatoires Geomagnetiques I (Mai 1957)
Bul. 12-1	: I.A.G.A. Bulletin No. 121, Geomagnetic data, 1957, Indices K and C, Rapid variations, 1961.
Bul. 12m1	: I.A.G.A. Bulletin No. 12m1, Geomagnetic data, 1958, Indices K and C, 1962.
Bul. 12m2	: I.A.G.A. Bulletin No. 12m2, Geomagnetic data, 1958, Rapid variation, 1962.
Bul. 12n1	: I.A.G.A. Bulletin No. 12n1, Gemagnetic data, 1959, Indices K and C, 1963.
Bul. 12n2	: I.A.G.A. Bulletin No. 12n2, Gemagnetic data, 1959, Rapid variation, 1963.
Bul. 12o1	: I.A.G.A. Bulletin No. 12o1, Gemagnetic data, 1960, Indices K and C, 1963.
Bul. 12o2	: I.A.G.A. Bulletin No. 12o2, Gemagnetic data, 1960, Rapid variation, 1964.
Bul. 12p1	: I.A.G.A. Bulletin No. 12p1, Gemagnetic data, 1961, Indices K and C, 1964.
Bul. 12p2	: I.A.G.A. Bulletin No. 12p2, Gemagnetic data, 1961, Rapid variation, 1966.
Bul. 12q1	: I.A.G.A. Bulletin No. 12q1, Gemagnetic data, 1962, Indices K and C, 1965.
Bul. 12q2	: I.A.G.A. Bulletin No. 12q2, Gemagnetic data. 1962, Rapid variation, 1967.
Bul. 12r1	: I.A.G.A. Bulletin No. 12r1, Gemagnetic data, 1963, Indices K and C, 1966.
A Center	: WDC-A, Catalogue of Data, World Date Center A, 1 July 1957~30 June 1967, Aug. 1967.
C ₂ Center	: WDC-C ₂ , Catalogue of Data, World Data Center C ₂ , Feb. 1965.
資料目録 第3回	: 日本学術会議国際地球観測資料室: 国際地球観測資料室資料目録, 第3回 (1958年1月—1964年1月受入れ), 1964.
資料目録 第5回	: 日本学術会議国際地球観測資料室: 国際地球観測資料室資料目録, 第5回 (1958年1月—1966年2月受入れ), 1966.
Author	: 著者が求めた値 (1' まで求め四捨五入してある)
Table 6	: 第6表の値

Table 9 The coordinate of observatories in Japan

Geomagnetic north-pole
 $\lambda_0=291.0^\circ\text{E}$, $\phi_0=78.5^\circ\text{N}$

	CSAGI No.	Station	Geographical		Geomagnetic		
			Longitude	Latitude	Longitude	Latitude	Angle
豊原		Toyohara	142 45 N	46 57 N	206.7E	36.9N	7.5E
大泊		Otomari	142 46	46 38	206.8	36.6	7.5
稚内	C 022	Wakkanai	141 41	45 24	206.0	35.3	7.2
礼文		Rebun	141 03	45 20	205.5	35.1	7.0
女満	C 034	Memambetsu	144 12	43 55	208.4	34.0	7.6
小清		Koshimizu	144 28	43 52	208.6	34.0	7.6
中標		Nakashibetsu	144 58	43 32	209.1	33.7	7.7
根室		Nemuro	145 35	43 20	209.7	33.6	7.8
幾寅		Ikutora	142 35	43 10	207.1	33.1	7.2
札幌	C 052	Sapporo	141 20	43 02	206.1	32.9	6.9
帯広		Obihiro	143 03	42 55	207.6	32.0	7.3
浦河		Urakawa	142 58	42 14	207.6	32.3	7.2
浦河		Urakawa	142 54	42 12	207.6	32.2	7.2
東幌		Higashihorobetsu	142 52	42 09	207.5	32.2	7.2
浅虫		Asamushi	140 52	40 53	206.0	30.7	6.6
秋田	C 100	Akita	140 08	39 44	205.5	29.5	6.4
盛岡		Morioka	141 01	39 42	206.3	29.6	6.6
水沢	C 106	Mizusawa	141 08	39 08	206.4	29.0	6.6
女川	C 117	Onagawa	141 28	38 26	206.8	28.3	6.6
仙台	C 088	Sendai	140 52	38 15	206.3	28.1	6.5
仙台	C 088	Sendai	140 33	38 06	206.1	27.9	6.4
間瀬		Maze	138 48	37 44	204.5	27.4	6.0
新潟	C 128	Niigata	138 49	37 42	204.6	27.4	6.0
原町		Haranomachi	140 56	37 37	206.5	27.5	6.4
仁川		Zinsen	126 28	37 30	193.7	26.4	3.4
浪江		Namie	140 58	37 29	206.5	27.3	6.4
内浦		Uchiura	137 14	37 08	203.2	26.7	5.7
小浜		Onahama	140 55	36 58	206.5	26.8	6.4
松代		Matsushiro	138 13	36 32	204.2	26.2	5.9
菅平		Sugadaira	138 21	36 31	204.3	26.2	5.9
平磯	C 144	Hiraiso	140 38	36 22	206.3	26.2	6.3
柿岡	C 147	Kakioka	140 11	36 14	206.0	26.0	6.2
福井		Fukui	136 11	36 07	202.4	25.6	5.4
乗鞍	C 150	Norikura	137 33	36 07	203.6	25.6	5.7
青島		Tingtau	120 19	36 04	188.3	24.7	2.0
小室	C 366	Komuro	139 37	35 59	205.5	25.7	6.1
東京板橋	C 160	Tokyo-Itabashi	139 43	35 45	205.6	25.5	6.1
東京関	C 160	Tokyo-Seki	139 45	35 43	205.7	25.5	6.1

Table 9 The coordinate of observatories in Japan (continued)

Geomagnetic north-pole
 $\lambda_0=291.0^\circ\text{E}$, $\phi_0=78.5^\circ\text{N}$

	CSAGI No.	Station	Geographical		Geomagnetic		
			Longitude	Latitude	Longitude	Latitude	Angle
東京馬橋	C 160	Tokyo-Mabashi	139 40	35 42	205.6	25.5	6.1
国分寺	C 161	Kokubunji	139 29	35 42	205.4	25.4	6.1
東京		Tokio	139 45	35 41	205.6	25.5	6.1
三鷹	C 162	Mitaka	139 33	35 40	205.5	25.4	6.1
横芝	C 365	Yokoshiba	140 30	35 38	206.3	25.5	6.3
大平	C 164	Ohira	140 30	35 37	206.3	25.5	6.3
鳥取		Tottori	134 15	35 30	200.8	24.8	5.0
鹿野		Shikano	134 04	35 27	200.6	24.8	4.9
岐阜	C 167	Gifu	137 02	35 27	203.2	25.0	5.6
鹿野山		Kanozan	139 58	35 15	205.9	25.0	6.1
油壺		Aburatsubo	139 37	35 09	205.6	24.9	6.0
丸山	C 182	Maruyama	139 58	35 01	205.9	24.8	6.1
京都	C 181	Kyoto	135 47	35 01	202.2	24.5	5.3
戸田		Heda	138 46	34 58	204.8	24.7	5.9
豊川	C 187	Toyokawa	137 22	34 50	203.6	24.4	5.6
伊豆大島		Oshima	139 22	34 44	205.4	24.5	6.0
生駒山	C 190	Ikomasan	135 55	34 41	202.3	24.2	5.3
下田		Simoda	138 59	34 40	205.1	24.4	5.9
御前崎		Omaizaki	138 14	34 37	204.4	24.3	5.8
小豆島	C 193	Shodo Jima	134 16	34 33	200.8	23.9	4.9
尾鷲		Owase	136 12	34 04	202.6	23.6	5.3
田辺		Tanabe	135 22	33 38	201.9	23.1	5.1
下里	C 214	Simosato	135 55	33 35	202.4	23.1	5.2
須崎		Suzaki	133 27	33 27	200.2	22.7	4.7
室戸		Muroto	134 17	33 17	201.0	22.6	4.9
八丈島		Hachijozima	139 48	33 08	206.0	22.9	6.0
阿蘇	C 223	Aso	130 01	32 53	198.1	22.0	4.2
都城		Miyakonojo	131 04	31 43	198.2	20.9	4.2
桜島		Sakurajima	130 39	31 33	197.9	20.7	4.1
鹿屋	C 245	Kanoya	130 53	31 25	198.1	20.5	4.2
山川	C 246	Yamagawa	130 37	31 12	197.8	20.3	4.1

また北地磁気極の経緯度の欄に () 印をしてあるのは、著者の早見表を用いて推定したものである。

第8表で柿岡・女満別・鹿屋・下里・女川・阿蘇の常統観測所では公表値として一般に“Description”の値を使用している。これは北地磁気極の経緯度を $\lambda_0=291.0^\circ\text{E}$, $\phi_0=78.5^\circ\text{N}$ とした値と一致する。北地磁気極の経緯度は新しい解析によってもそれほど大

幅に変わることがないから、今後長く使用しても問題ないし、いままでとのつながりにも問題が少なく都合がよい。

第8表で地理的経緯度に違いのあるものが多い。鹿屋の(2)経度 $150^{\circ}-53'$ 、女満別(3)の緯度 $43^{\circ}54'$ 、下里(3)・(6)の緯度 $33^{\circ}34'$ 、女川(5)の緯度 $38^{\circ}27'$ 、仁川(1)の経度 126.6° 、下田(1)の経度 138.9 は印刷誤りか、切上げのときの計算誤りと推定される。

また“Geomagnetism (1940)”の値は、北地磁気極の経緯度を $\lambda_0=291^{\circ}\text{E}$ 、 $\phi_0=78.5^{\circ}\text{N}$ として計算された値であるが、“Description”や著者の計算した値と少しずつ食い違っている。これは“Geomagnetism (1940)”の値が 0.1° 単位で計算をしたためと想像されるので、“Description”よりも著者の求めた値の方が正しい。また豊原(1)の地磁気経度 203.5° は印刷誤りで、 206.5° が正しい。

“A Center”の値は、この種の印刷物の値と同じであり、“Description”の値とも同じであるが、阿蘇(3)の地磁気経度 198.1 だけが 0.1° ずれている。

“C₂ Center”の値は“Description”の値に近いが、それでも 0.1° ずれており一致した所が少ない。北地磁気極の経緯度を推定してみたら、 $\lambda_0=291^{\circ}$ 、 $\phi_0=78.5^{\circ}$ であるらしい。これも 0.1° 単位で計算した結果と推定される。

“資料目録第3回”の値には、Geomagnetic station と Airglow station の2箇所にある柿岡・女満別・阿蘇の地磁気経緯度が同じ地理的経緯度でありながら、 $0.1^{\circ}\sim 0.3^{\circ}$ の差がある。“資料目録第5回”の値はそのようなことはない。しかし“資料目録第3回”と“第5回”では相互に $0.1^{\circ}\sim 0.3^{\circ}$ の食い違いがある。詳しくみれば各回の報告ごとで少しづつの差がある。念のため山口⁽⁴⁾によって求められた第6a~6b表の比較すると、これとも $0.1^{\circ}\sim 0.2^{\circ}$ の差がある。これは 0.1° 単位で計算された結果と考えられる。本質的に問題はないが、利用する側からみれば値が異なると混乱を起す結果となる。

この外にも公表されている値があるが、いずれも $0.1^{\circ}\sim 0.3^{\circ}$ の差があり、印刷誤りとばかりは言えぬ。とくに北地磁気経緯度が同じときには少なからず混乱を起こす。

一般には地磁気経緯度は $\lambda_0=291^{\circ}\text{E}$ 、 $\phi_0=78.5^{\circ}\text{N}$ を原点としていることが多い。この値を用いて、日本付近の観測所の値について、 $1'$ 単位まで求めて 0.1° 単位に四捨五入した値を第9表に示し参考にした。

6. ま と め

きわめて簡単な計算式であるが、地磁気経緯度などの計算は時間がかかり、意外に手数のかかるものである。実例について計算手順を説明し、誤り易い箇所を指適した。とくに日本付近で角度の存在範囲にふれて誤りをさけるよう注意しておいた。また角度が第一象限に限られる計算式についてもふれた。

地理的経緯度が変わったとき、地磁気経緯度や計算上の偏角がどの程度変るかを求める式を導入した。日本付近では地理的経緯度が $\pm 1'$ 変ると地磁気経緯度は $\pm 2.2'$ 、計算上の偏角は $\pm 1'$ 変る。詳しく言えばかなり複雑な形で関係し合っている。

地磁気経緯度や計算上の偏角を求める早見表を付表に示した。これは使用法がきわめて容易

で、三角関数を用いて求める計算式の方法が30分～2時間かかるのに比べて、この早見表ではわずか5～8分で求まり、しかも計算に誤りをおかすことがなく、求まる精度はどの要素についても確率誤差で示して $\pm 0.6'$ である。早見表で求めたものと計算式から求めたものが2'ずれるのは8%で、3'ずれることは全くない。

またこの早見表は北地磁気極が変わったときも、簡単に求めることができる。

この早見表は使用法が簡単で、迅速でしかも精度が高い。

また日本の固定観測所の公表されている地磁気経緯度を示し、相互にかなりの食い違いのあることを説明し、参考までに北地磁気極 $\lambda_0=291^\circ\text{E}$, $\phi_0=78.5^\circ\text{N}$ のときの観測所の値を示しておいた。

7. 謝 辞

著者は IQSY 期間の頃、同僚の山口又新氏といくつかの観測所の地磁気経緯度を計算したが、意外に多くの時間を労したことを思いうかべ、この早見表を作成した。同氏からの多くの助言に感謝し、またこの早見表の作成に当り小林要子氏の労をわずらわしたことを感謝すると同時に最後に本稿をまとめるにあたり御指導をうけた地磁気観測所長安井豊氏に感謝したい。

文 献

- (1) 山口又新, (1963), 地磁気座標の算出について, 地磁気観測所技術報告, 第3巻第4号 (第12号), 1—23.
- (2) S. Chapman and Bartels (1940): "Geomagnetism vol. II". Oxford at the Clarendon press, 644—646.
- (3) A. G. McNish (1936); "Geomagnetic coordinates for the earth" Terr. Mag. and Atom. electr. 41, 1, 37—43.
- (4) 羽倉幸雄, (1964), 電離層観測所の補正地磁気座標とそれを用いて画いた Polar Cap Blackout のパターンについて, 電波研究所季報, 第10巻第49号, 144—158.
- (5) S. Chapman and Bartles (1951): "Geomagnetism vol. II". Oxford at the Clarendon press, 644—646.

Ready Reckoner for computing Geomagnetic Coordinates
of Any Stations in Japan and its Vicinity

T. KUBOKI

Abstract

Recently, many temporary stations for magnetic observations are set up to research the construction of upper mantle of the earth or special survey. It is frequent to calculate the geomagnetic coordinates of those stations. Formulas for it are simple as problem on mathematics, but the calculating work by means of those formulas is laborious. It takes one or two hours, and beside it is open to frequent errors.

The author devised a method using a set of reckoner in order to reduce the labour and errors. The calculating work by this method takes only several minutes. Its results are very exact so that errors are within the limit of ± 0.6 .

This set of tables consist of 3 principal tables and 14 correcting tables. A principal table gives a principal value of geomagnetic longitude, latitude or angle for every 1° of arc of geographical coordinate. Geomagnetic angle is the angle between geographic and geomagnetic meridian. Reference axis of the principal geomagnetic coordinate intersects with the earth surface at 291°E and 78.5°N in geographic coordinates. Correcting tables give corrections for deviations of minute-order of arc in geographic coordinate and for change of geomagnetic reference axis and etc. This set of ready reckoner is usable only for stations in Japan and its vicinity.

Calculations of geomagnetic coordinates by the present method on some stations in Japan, whose geomagnetic coordinates have been reported already are shown, and some problems on them are discussed.

日本の地磁気経緯度，計算上の偏角を
求める早見表

(付第 1 ~ 17 表)

- 注 意
1. 経度は東経，緯度は北緯で示す。
 2. 計算上の偏角は地理的子午線と地磁気子午線とのなす角で，東偏である。
 3. 求められる精度は $\pm 1'$ である。
 4. 計算例は本文第 4・5 表にある。

Annexed table 1 Principal value of geomagnetic longitude

Standard : geomagnetic north-pole
 $\lambda_0 = 291^\circ E, \Phi_0 = 78.5^\circ N$

Geograph. Long. Geograph. Lat.	127°	128°	129°	130°	131°	132°	133°	134°	135°	136°	137°	138°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°
45°															205-30	206-22	207-13	208-04		
44°															39	31	22	14	209-06	
43°															48	40	31	208-23	209-15	210-07
42°													204-12	205-04	205-56	206-48	207-40			
41°															12	206-04				
40°															204-27	20	12	207-05	207-58	
39°															34	27	20			
38°															203-49	42	35	28		
37°								200-22	201-15	202-09	203-02	203-55	49	42	206-35					
36°						198-41	199-35	28	22	15	09	204-02	204-56	49						
35°					196-59	197-53	46	40	34	28	21	15	09	205-03	205-56	206-50				
34°	195-16	196-10	197-04	197-57	198-51	199-45	51	45	39	33	27	21	15	09	206-03					
33°	20	14	08	198-02	198-56	51	200-45	201-39	202-33	203-27	204-22	205-16	206-10							
32°	24	18	13	07	199-01	199-56														
31°	28	22	17	12	06															
30°	32	27	21	16	199-11															
29°	36	31	26	21																
28°	194-44	39	35	30	198-25															
27°	194-48	43	39	34																
26°	194-51	195-47	196-43	197-38																

付第1表 地磁気経度の主値

Annexed table 2 Correcting value of geomagnetic longitude for variation of 1° of arc on geographical longitude
(add to a principal value calculated from the Annexed table 1)

Geograph. Long. Geograph. Lat.	127°	128°	129°	130°	131°	132°	133°	134°	135°	136°	137°	138°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°
45°															51	51	51	51		
44°															52	52	52	52	52	52
43°														52	52	52	52	52	52	52
42°													52	52	52	52	52	52	52	52
41°													52	52	52	52	52			
40°													53	53	53	53	53			
39°													53	53	53	53	53			
38°													53	53	53	53	53			
37°													53	53	53	53	53			
36°													54	54	54	54	54			
35°													54	54	54	54	54	54	54	54
34°													54	54	54	54	54	54	54	54
33°													54	54	54	54	54	54	54	54
32°													54	54	54	54	54	54	54	54
31°													55	55	55	55	55	55	55	55
30°													55	55	55	55	55	55	55	55
29°													55	55	55	55	55	55	55	55
28°													55	55	55	55	55	55	55	55
27°													56	56	56	56	56	56	56	56
26°													56	56	56	56	56	56	56	56

付第2表 地理的経度 1° の変化に対する地磁気経度の変化量
(地理的経度の分の値に対する補正量で、付第1表から求めた主値に加える)

Annexed table 3 Correcting value of geomagnetic longitude for variation of 1° of arc on geographical latitude
(subtract from a principal value calculated from the Annexed table 1)

Geograph. Long. Geograph. Lat.	127°	128°	129°	130°	131°	132°	133°	134°	135°	136°	137°	138°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°
45°																				
44°																				
43°																				
42°																				
41°																				
40°																				
39°																				
38°																				
37°																				
36°																				
35°																				
34°																				
33°																				
32°																				
31°																				
30°																				
29°																				
28°																				
27°																				
26°																				

付第3表 地理的緯度の分の値に対する補正量で、付第1表から求めた主値から減ずる
地理的緯度 1° の変化に対する地磁気経度の変化量

Annexed table 4 Principal value of geomagnetic latitude

Standard i geomagnetic north-pole
 $\lambda = 291^\circ E, \phi = +78.5^\circ N$

Geograph. LONG. Geograph. LAT.	127°	128°	129°	130°	131°	132°	133°	134°	135°	136°	137°	138°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°
45°																				
44°																				
43°																				
42°																				
41°																				
40°																				
39°																				
38°																				
37°																				
36°																				
35°																				
34°																				
33°																				
32°																				
31°																				
30°																				
29°																				
28°																				
27°																				
26°																				

付第4表 地磁気緯度の主値

Annexed table 5 Correcting value of geomagnetic latitude for variation of 1° of arc on geographical longitude
(add to a principal value calculated from the Annexed table 4)

Geograph. Long. Geograph. Lat.	127°	128°	129°	130°	131°	132°	133°	134°	135°	136°	137°	138°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°
45°															5	5	6	6		
44°															5	5	6	6		
43°															5	5	6	6		
42°															5	5	6	6		
41°															5	5	6	6		
40°															5	5	6	6		
39°															5	5	6	6		
38°															5	5	6	6		
37°															5	5	6	6		
36°															5	5	6	6		
35°															5	5	6	6		
34°															5	5	6	6		
33°															5	5	6	6		
32°															5	5	6	6		
31°															5	5	6	6		
30°															5	5	6	6		
29°															5	5	6	6		
28°															5	5	6	6		
27°															5	5	6	6		
26°															5	5	6	6		

付第5表 地理的経度 1° の変化に対する地磁気緯度の変化量
(地理的経度の分の値に対する補正量で、付第4表から求めた主値に加える)

Annexed table 6 Correcting value of geomagnetic latitude for variation of 1° of arc on geographical latitude
(add to a principal value calculated from the Annexed table 4)

Geograph. Long. Geograph. Lat.	127°	128°	129°	130°	131°	132°	133°	134°	135°	136°	137°	138°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°
45°															60	60	59	59		
44°															60	60	59	59		
43°															60	60	60	59	59	
42°															60	60	60	60		
41°															60	60				
40°															60	60	60	60		
39°															60	60				
38°															60	60				
37°															60	60				
36°															60	60				
35°															60	60				
34°															60	60				
33°															60	60				
32°															60	60				
31°															60	60				
30°															60	60				
29°															60	60				
28°															60	60				
27°															60	60				
26°															60	60				

付第6表 地理的緯度 1° の変化に対する地磁気緯度の変化量
(地理的緯度の分の値に対する補正量で、付第4表から求めた主値に加える)

Annexed table 7 Principal value of geomagnetic angle ψ^*

Standard : geomagnetic north-pole
 $\lambda_p = +291^\circ E, \phi_p = 78.5^\circ N$

Geograph. Long. Geograph. Lat.	127°	128°	129°	130°	131°	132°	133°	134°	135°	136°	137°	138°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°
45°															6-58	7-12	7-25	7-37		
44°															53	06	19	32	7-45	
43°															49	7-02	14	7-27	7-39	7-52
42°															44	6-57	7-09			
41°															27	40				
40°															36	6-48	7-01			
39°															32					
38°												5-52	04	16	28					
37°							4-59	5-12	5-24	5-36	5-49	6-01	13	6-25						
36°							4-32	4-44	57	09	21	33	46	5-58	10					
35°					4-05	4-17	30	42	54	07	19	31	43	55	07	6-18				
34°		3-38	3-50	03	15	27	40	52	04	16	28	40	52	04						
33°		36	49	4-01	13	26	38	4-50	5-02	5-14	5-26	5-38	5-49	6-01						
32°		35	47	3-59	12	24	4-36													
31°		33	46	58	10	22														
30°		32	44	56	08	4-20														
29°		31	43	55	07															
28°	3-18	30	42	54	4-06															
27°	17	29	41	52																
26°	3-16	3-28	3-39	3-51																

ψ^* indicates the angular difference in direction at station between geographic and geomagnetic meridians, positive measured from north around by east.

付第7表 計算上の偏角の主値

Annexed table 8 Correcting value of geomagnetic angle for variation of 1° of arc on geographical longitude
(add to a principal value calculated from the Annexed table 7)

Geograph. Long. Geograph. Lat.	127°	128°	129°	130°	131°	132°	133°	134°	135°	136°	137°	138°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°
45°															13	13	13	13		
44°															13	13	13	13	13	
43°															13	13	13	13	13	
42°															13	13	13	13	13	
41°															13	13	13	13	13	
40°															13	12	12	12	12	
39°															12	12	12	12	12	
38°															12	12	12	12	12	
37°															12	12	12	12	12	
36°															12	12	12	12	12	
35°															13	12	12	12	12	
34°															12	12	12	12	12	
33°															12	12	12	12	12	
32°															12	12	12	12	12	
31°															12	12	12	12	12	
30°															12	12	12	12	12	
29°															12	12	12	12	12	
28°															12	12	12	12	12	
27°															12	12	12	12	12	
26°															12	12	12	12	12	

付第8表 地理的経度 1° の変化に対する計算上の偏角の変化量
(地理的経度の分の値に対する補正量で、付第7表から求めた主値に加える)

Annexed table 9 Correcting value of geomagnetic angle for variation of 1° of arc on geographical latitude
(add to a principal value calculated from the Annexed table 7)

Geograph. Long. Geograph. Lat.	127°	128°	129°	130°	131°	132°	133°	134°	135°	136°	137°	138°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°
45°															5	5	5	5	5	6
44°															5	5	5	5	5	6
43°														1	5	5	5	5	5	6
42°														1	4	4	4	4	4	5
41°															4	4	4	4	4	5
40°															4	4	4	4	4	5
39°															4	4	4	4	4	4
38°															4	4	4	4	4	4
37°															3	3	3	3	3	4
36°															3	3	3	3	3	4
35°															2	2	2	2	2	3
34°															2	2	2	2	2	3
33°															2	2	2	2	2	3
32°															2	2	2	2	2	3
31°															2	2	2	2	2	3
30°															2	2	2	2	2	3
29°															1	1	1	1	1	2
28°															1	1	1	1	1	2
27°															1	1	1	1	1	2
26°															1	1	1	1	1	2

付第9表
 地理的緯度 1° の変化に対する計算上の偏角の变化量
 (地理的緯度の分の値に対する補正量で、付第7表から求めた主値に加える)

Annexed table 10 Correcting value of geomagnetic longitude for variation of 1° of arc on geographical longitude of magnetic north-pole
 (if longitude increase n°, [tabular value] × n should be subtracted from a principal value calculated from the Annexed table 1)

Geograph. Long. Geograph. Lat.	127°	128°	129°	130°	131°	132°	133°	134°	135°	136°	137°	138°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°
45°															51	51	51	51		
44°															52	52	52	52		
43°														52	52	52	52	52		
42°													52	52	52	52	52	52		
41°													52	52	52	52	52			
40°													53	53	53	53	53			
39°													53	53	53	53				
38°													53	53	53	53				
37°													53	53	53	53				
36°													54	54	54	54	54			
35°													54	54	54	54	54	54		
34°													54	54	54	54	54	54		
33°													54	54	54	54	54	54		
32°													54	54	54	54	54	54		
31°													55	55	55	55	55	55		
30°													55	55	55	55	55	55		
29°													55	55	55	55	55	55		
28°													55	55	55	55	55	55		
27°													56	56	56	56	56	56		
26°													56	56	56	56	56	56		

付第10表 北地磁気極が経度 1° ずれたときの地磁気経度の変化量
 (東経で 1° 増加すると、地磁気経度は表の値だけ小さくなる)

Annexed table 11 Correcting value of geomagnetic longitude for variation of 1° of arc on geographical latitude of magnetic north-pole
(if latitude increase n°, [tabular value]×n should be added to a principal value calculated from the Annexed table 1)

Geograph. Long. Geograph. Lat.	127°	128°	129°	130°	131°	132°	133°	134°	135°	136°	137°	138°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°
45°															19	19	20	20		
44°															18	19	19	20	20	
43°													16	16	17	18	19	19	20	20
42°													15	16	17	17	18			
41°													14	15	16					
40°													14	15	15	16	16			
39°													14	14	15					
38°												13	13	14	14					
37°								10	11	11	12	12	13	13	14					
36°								9	10	10	11	11	12	12	13					
35°								8	9	9	10	10	11	11	12	12	13			
34°								7	8	8	9	9	10	10	11	11	12			
33°								6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	
32°								6	6	7	7	8	8							
31°								5	6	6	7	7								
30°								5	5	6	6	7								
29°								4	5	5	6									
28°								3	4	4	5	5								
27°								3	3	4	4									
26°								2	3	3	4									

付第11表 北地磁気極が緯度1°ずれたときの地磁気経度の変化量
(北緯で1°増加すると、地磁気経度は表の値だけ大きくなる)

Annexed table 12 Correcting value of geomagnetic latitude for variation of 1° of arc on geographical longitude of magnetic north-pole
 (if longitude increase n°, [tabular value] × n should be subtracted from a principal value calculated from the Annexed table 4)

Geograph. Long. Geograph. Lat.	127°	128°	129°	130°	131°	132°	133°	134°	135°	136°	137°	138°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°
45°															5	5	6	6		
44°															5	5	6	6		
43°															5	5	6	6	6	6
42°															5	5	6	6	6	6
41°															5	5	6			
40°															5	5	6			
39°															5	5				
38°															5	5				
37°															5	5				
36°															5	5				
35°															5	5				
34°															5	5				
33°															5	5				
32°															5	5				
31°															5	5				
30°															5	5				
29°															5	5				
28°															5	5				
27°															5	5				
26°															5	5				

付第 12 表 北地磁気極が経度1°ずれたときの地磁気緯度の変化量
 (東経で1°増加すると、地磁気緯度は表の値だけ小さくなる)

Annexed table 13. Correcting value of geomagnetic latitude for variation of 1° of arc on geographical latitude of magnetic north-pole (if latitude increase n°, [tabular value] x n should be added to a principal value calculated from the Annexed table 4)

Geograph. Long. Geograph. Lat.	127°	128°	129°	130°	131°	132°	133°	134°	135	136°	137°	138°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°
45°															54	54	53	53		
44°															54	54	53	53		
43°														54	54	54	53	53		
42°													54	54	54	54	53	53		
41°													54	54	54					
40°													54	54	54	53	53			
39°													54	54	54					
38°													55	54	54					
37°													55	55	54	54				
36°													56	56	55	54				
35°													57	57	57	54				
34°													57	57	57	56				
33°													58	57	57	56				
32°													58	57	57	56				
31°													58	57	57	56				
30°													57	57	56	56				
29°													58	57	57	56				
28°													58	57	57	56				
27°													58	57	57					
26°													58	57	57					

付第13表 北地磁気極が緯度 1° ずれたときの地磁気緯度の変化量 (北緯で 1° 増加すると、地磁気緯度は表の値だけ大きくなる)

Annexed table 14 Correcting value of geomagnetic angle for variation of 1° of arc on geographical longitude of magnetic north-pole
 (if longitude increase n°, [tabular value] × n should be subtract from a principal value calculated from the Annexed table 7)

Geograph. Long. Geograph. Lat.	127°	128°	129°	130°	131°	132°	133°	134°	135°	136°	137°	138°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°
45°															13	13	13	13		
44°															13	13	13	13	13	
43°														13	13	13	13	13	13	
42°													13	13	13	13	13	13	13	
41°															13	13				
40°																13	12	12	12	
39°																	12	12	12	
38°																		12	12	
37°																			12	
36°																				
35°																				
34°																				
33°																				
32°																				
31°																				
30°																				
29°																				
28°																				
27°																				
26°																				

付第14表 北地磁気極が経度 1° ずれたときの計算上の偏角の変化量
 (東経で 1° 増加すると, 計算上の偏角は表の値だけ小さくなる)

Annexed table 15 Correcting value of geomagnetic angle for variation of 1° of arc on geographical latitude of magnetic north-pole
 (if latitude increase n°, [tabular value] × n should be subtract from a principal value calculated from the Annexed table 7)

Geograph. Long. Geograph. Lat.	127°	128°	129°	130°	131°	132°	133°	134°	135°	136°	137°	138°	139°	140°	141°	142°	143°	144°	145°	146°
45°															31	32	34	35		
44°															31	32	33	34	35	
43°															31	32	33	34	35	
42°															31	32	33	34	35	36
41°															31	32	33			
40°															31	32	33			
39°															31	32	33			
38°															31	32	33			
37°															31	32	33			
36°															31	32	33			
35°															31	32	33			
34°															31	32	33			
33°															31	32	33			
32°															31	32	33			
31°															31	32	33			
30°															31	32	33			
29°															31	32	33			
28°															31	32	33			
27°															31	32	33			
26°															31	32	33			

付第 15 表 北地磁気極が緯度 1° ずれたときの計算上の偏角の変化量
 (北緯で 1° 増加すると、計算上の偏角は表の値だけ小さくなる)

Annexed table 16 Conversion of decimals of degree into minute of arc

minute	degree	minute	degree	fraction of degree	minute
0	0.00	31	0.52	0.0	0
1	0.02	32	0.53	0.1	6
2	0.03	33	0.55	0.2	12
3	0.05	34	0.57	0.3	18
4	0.07	35	0.58	0.4	24
5	0.08	36	0.60	0.5	30
6	0.10	37	0.62	0.6	36
7	0.12	38	0.63	0.7	42
8	0.13	39	0.65	0.8	48
9	0.15	40	0.67	0.9	54
10	0.17	41	0.68	1.0	60
11	0.18	42	0.70		
12	0.20	43	0.72		
13	0.22	44	0.73		
14	0.23	45	0.75		
15	0.25	46	0.77		
16	0.27	47	0.78		
17	0.28	48	0.80		
18	0.30	49	0.82		
19	0.32	50	0.83		
20	0.33				
21	0.35	51	0.85	0.00	0
22	0.37	52	0.87	0.01	1
23	0.38	53	0.88	0.02	1
24	0.40	54	0.90	0.03	2
25	0.42	55	0.92	0.04	2
26	0.43	56	0.93	0.05	3
27	0.45	57	0.95	0.06	4
28	0.47	58	0.97	0.07	4
29	0.48	59	0.98	0.08	5
30	0.50	60	1.00	0.09	5
				0.10	6

付第 16 表 小数位分, 度換算表

Annexed table 17 Interpolation table (1-30)

fraction minute	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30											
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2												
5	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3												
6	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3												
7	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4												
8	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4												
9	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5												
10	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5												
11	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6												
12	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6												
13	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	7												
14	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	7	7												
15	0	0	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	8												
16	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	8	8											
17	0	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	9												
18	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	10											
19	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	8	8	9	9	10												
20	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	8	9	9	10	10											
21	0	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	11											
22	0	1	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11											
23	0	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	12											
24	0	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12											
25	0	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	13										
26	0	1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	13	13										
27	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	14										
28	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	14	14										
29	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	15										
30	0	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15										
31	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	16										
32	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16										
33	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	17										
34	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	17	18									
35	1	1	2	2	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	17	18									
36	1	1	2	2	3	4	4	5	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	16	16	17	18	18								
37	1	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	17	17	18	19							
38	1	1	2	3	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	19							
39	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	19	20						
40	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	19	20						
41	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	8	8	8	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	20	21					
42	1	1	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8	8	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	20	21					
43	1	1	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	20	21	22					
44	1	1	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	20	21	22					
45	1	1	2	3	4	5	5	6	7	8	8	8	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	20	21	22	23				
46	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	20	20	21	21	22	23					
47	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	20	20	21	21	22	23	24				
48	1	2	2	3	4	5	6	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	20	20	21	21	22	23	24				
49	1	2	2	3	4	5	6	7	7	8	8	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	20	20	21	21	22	23	24			
50	1	2	3	3	4	5	6	7	8	8	8	9	10	10	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	20	20	21	21	22	23	24	25			
51	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	9	10	10	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	24	25	26	
52	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	10	10	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	24	25	26	
53	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	24	25	26
54	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	24	25	26
55	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	10	10	11	11	12	12																								

