計 算 式 集

基　準　点　測　量

1.　楕円体の原子及び諸公式

1.1　楕円体の原子

地球の形状及び大きさについて、測量法施行令第３条に定める楕円体の値による。

長半径 $a = 6{,}378{,}137\mathrm{m},$　　扁平率 $f = \dfrac{1}{298.257222101}$

1.2　楕円体の諸公式

$$M = \frac{a(1-e^2)}{W^3},\quad N = \frac{a}{W},\quad R = \sqrt{MN} = \frac{b}{W^2}$$

$$f = \frac{a-b}{a} = 1 - \sqrt{1-e^2} = \frac{1}{F},\quad e = \sqrt{\frac{a^2-b^2}{a^2}} = \sqrt{2f - f^2} = \frac{\sqrt{2F-1}}{F}$$

$$b = a\sqrt{1-e^2} = a(1-f) = \frac{a(F-1)}{F},\quad W = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}$$

ただし、

a：長半径　　b：短半径　　f：扁平率　　F：逆扁平率　　e：離心率

M：子午線曲率半径　　N：卯酉線曲率半径　　R：平均曲率半径　　φ：緯度

2.　セオドライト及び測距儀又はトータルステーションを使用した場合の計算式

2.1　距離計算

2.1.1 測距儀の気象補正計算

$$D = D_s \frac{n_s}{n} = D_s + (\varDelta_s - \varDelta_n) D_s$$

ただし、

$n_s = (1 + \varDelta_s)$　：測距儀が採用している標準屈折率

$n \ = (1 + \varDelta_n)$　：気象観測から得られた屈折率

$$\varDelta_n = a \frac{P}{273.15 + t} - E$$

$$a = \frac{273.15}{1013.25}(n_g - 1)$$

$$n_g - 1 = \left(287.6155 + \frac{4.88660}{\lambda^2} + \frac{0.06800}{\lambda^4}\right) \times 10^{-6}$$

ただし、

$E = 0.6 \times 10^{-6}$

D　：気象補正済みの距離（m）

D_s　：観測した距離（m）

P　：測点１と測点２の平均気圧（ｈＰａ）

t　：測点１と測点２の平均気温（℃）

n_g　：群速度に対する屈折率

λ　：光波の実効波長（μm）

2.1.2 気圧、気温を求める計算

(1) 標高による気圧の計算式

$$P_2 = 1013.25 \times 10^{-\frac{H}{67.58T}}$$

(2) 高低差による気圧の計算式

（ｉ）$P_2 = P_1 \times 10^{-\frac{\Delta H}{67.58T}}$

（ⅱ）$P_2 = P_1 - 0.12\Delta H$

(3) 高低差による気温の計算式

$$t' = t - 0.005\Delta H$$

(4) 温度補正計算（鋼巻尺使用）

D＝Ds＋Ds（ｔ－ｔ$_0$）α

Ds：測定距離（定数補正ずみの値）

ｔ：鋼巻尺の温度（℃）

ｔ$_0$：標準温度

α：膨脹係数

ただし、

P_1　：計算の基準とした測点で観測した気圧（ｈＰａ）

P_2　：求めようとする測点の気圧（ｈＰａ）

T　：絶対温度（Ｋ）（$T = 273.15 + t$）

t　：計算の基準とした測点で観測した気温（℃）

t'　：求めようとする測点の気温（℃）

H　：求めようとする測点の標高（ｍ）

ΔH　：計算の基準とした測点の標高（H_1）と求めようとする測点の標高（H_2）との高低差$H_2 - H_1$（ｍ）

2.1.3 基準面上の距離の計算

$$S = D\cos\left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2}\right)\frac{R}{R + \left(\frac{H_1 + H_2}{2}\right) + N_{\mathrm{g}}}$$

ただし、

S　：基準面上の距離（ｍ）

D　：測定距離（ｍ）

H_1　：測点１の標高（概算値）＋測距儀の器械高（ｍ）

H_2　：測点２の標高（概算値）＋測距儀の器械高（ｍ）

α_1　：測点１から測点２に対する高低角

α_2　：測点２から測点１に対する高低角

R　：平均曲率半径（ｍ）（$R = 6370000$）

N_{g}　：ジオイド高（既知点のジオイド高を平均した値）

2.1.4 折れ基線（三辺測量）

$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos A$

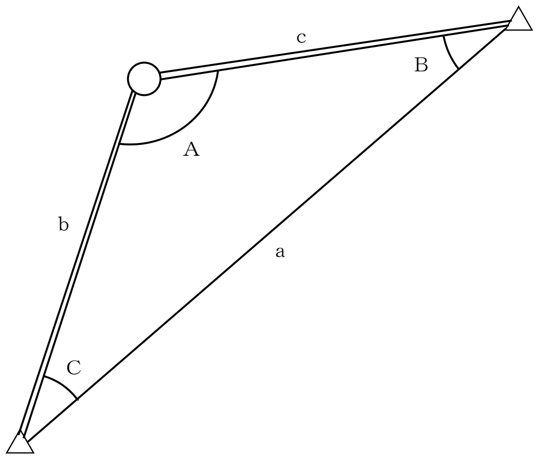
又は、

$a = (b + c)\sin(A/2)\cos\{(B-C)/2\}$

ただし、

$(B-C)/2 = \tan^{-1}\{(b-c)/(b+c)\} \times \tan^{-1}(A/2)$

$(B+C)/2 = 90° - A/2$



2.1.5 三角形内角の計算

$A = \cos^{-1}\{(b^2 + c^2 - a^2)/2bc\}$

$B = \cos^{-1}\{(c^2 + a^2 - b^2)/2ca\}$

$C = \cos^{-1}\{(a^2 + b^2 - c^2)/2ab\}$

又は、

$$\mathrm{A} = 2\tan^{-1}\sqrt{\frac{(s-b)\ (s-c)}{s(s-a)}}$$

$$\mathrm{B} = 2\tan^{-1}\sqrt{\frac{(s-c)\ (s-a)}{s(s-b)}}$$

$$\mathrm{C} = 2\tan^{-1}\sqrt{\frac{(s-a)\ (s-b)}{s(s-c)}}$$

2.1.6 距離計算に必要な高低角の補正量を求める計算

$\alpha_i' = \alpha_i + \mathrm{d}\alpha_i$

ただし、

α_i' ：補正済みの高低角（$i = 1, 2$ 以下同じ）

α_i ：観測した高低角

$\mathrm{d}\alpha_i$ ：高低角に対する補正量

$$\mathrm{d}\alpha_1 = \sin^{-1}\left\{\frac{(m - f_2 + i_1 - \mathrm{g})\cos\alpha_1}{D}\right\}$$

$$\mathrm{d}\alpha_2 = \sin^{-1}\left\{\frac{(\mathrm{g} - f_1 + i_2 - m)\cos\alpha_2}{D}\right\}$$

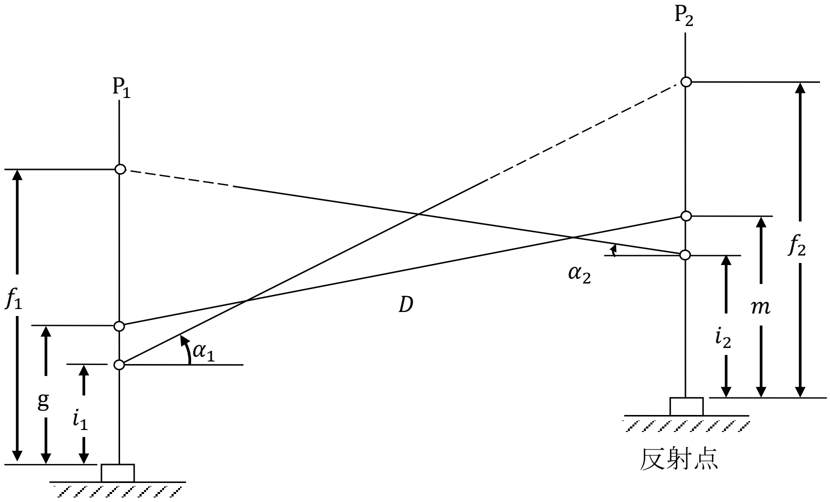


図２． １

P_1	：測距の器械点	P_2	：反射点
g	：測距儀の器械高	m	：反射鏡高
i_i	：セオドライトの器械高	f_i	：目標高
D	：測定距離		

補正量 $\mathrm{d}\alpha_i$ は角度秒で求める。距離の単位はm、角度の単位は、度分秒とする。

2.2　偏心補正計算

2.2.1 正弦定理による計算

$$x = \sin^{-1}\left(\frac{e}{S}\sin\alpha\right)$$

（注）$\frac{e}{S}$ 又は $\frac{e}{S'} < \frac{1}{450}$ のときは、

$S = S'$として計算することができる。

2.2.2 二辺夾角による計算

$$x = \tan^{-1}\left(\frac{e\sin\alpha}{S' - e\cos\alpha}\right)$$

$$S = \sqrt{S'^2 + e^2 - 2S'e\cos\alpha}$$

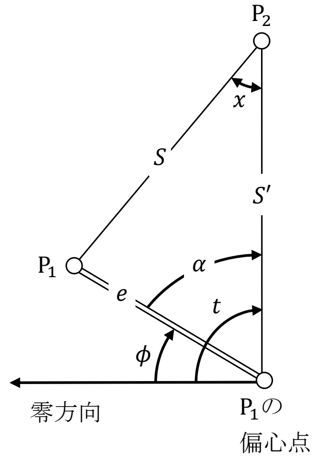


図２． ２

偏心点：偏心角を測定した測点

x　：偏心補正量

S　：P_1 と P_2 との距離

S'　：偏心点と P_2 との距離

e　：偏心距離

$\alpha = t - \phi$

t　：観測した水平角，ϕ：偏心角

2.2.3 相互偏心の計算

(1) S' が既知の場合

$$x = \tan^{-1}\left\{\frac{e_1 \sin\alpha_1 + e_2 \sin\alpha_2}{S' - (e_1 \cos\alpha_1 + e_2 \cos\alpha_2)}\right\}$$

$$S = \sqrt{(S' - e_1 \cos\alpha_1 - e_2 \cos\alpha_2)^2 + (e_1 \sin\alpha_1 + e_2 \sin\alpha_2)^2}$$

(2) S が既知の場合

$$x = \sin^{-1}\left(\frac{e_1 \sin\alpha_1 + e_2 \sin\alpha_2}{S}\right)$$

P_1 ：測点 1
P_2 ：測点 2
P'_1 ：P_1の偏心点
P'_2 ：P_2の偏心点
x ：偏心補正量
S ：P_1とP_2との距離
S' ：P'_1とP'_2との距離
e_1, e_2 ：偏心距離
ϕ_1, ϕ_2 ：偏心角
t_1, t_2 ：観測した水平角
$\alpha_1 = t_1 - \phi_1$
$\alpha_2 = (360° + t_2) - \phi_2$

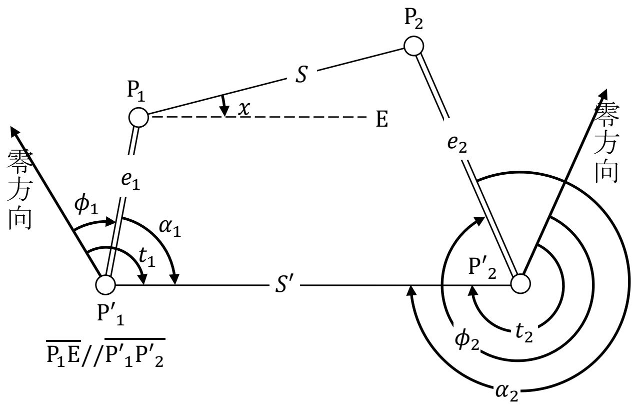


図２．３

2.2.4 偏心補正の符号

正とは、図２．２において、P_1での水平角に補正する。反とは、P_2での水平角に補正することを示す。＋は、計算した補正量の符号をそのまま加用する。－は、計算した補正量の符号を反して加用することを示す。

Ｂ・Ｃ・Ｐの関係	偏心角を測定した位置の区分		
	水平角観測を行った観測点Ｂ	測点の中心Ｃ	目標の中心Ｐ
（Ｂ＝Ｐ）≠Ｃ	正　：　＋ 反　：　＋	正　：　－ 反　：　－	正　：　＋ 反　：　＋
（Ｂ＝Ｃ）≠Ｐ	反　：　－	反　：　－	反　：　＋
Ｂ≠（Ｃ＝Ｐ）	正　：　＋	正　：　－	正　：　－
Ｂ≠Ｃ≠Ｐ	（Ｂ≠Ｃ） 正　：　＋	（Ｂ≠Ｃ） 正　：　－ （Ｃ≠Ｐ） 反　：　－	（Ｃ≠Ｐ） 反　：　＋

2.3　座標及び閉合差の計算（方向角の取付を行った場合）

〈多角路線の記号の説明〉

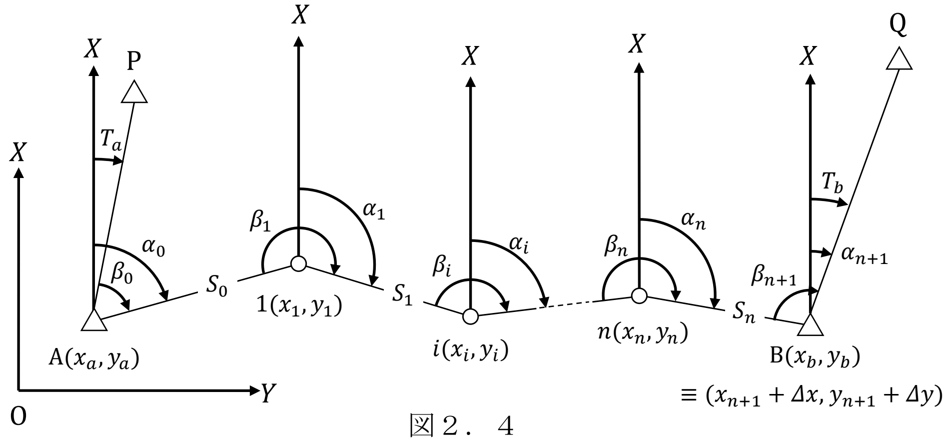


図２．４