（新）　作業規程の準則（平成 28 年 3 月 31 日一部改正版）	（旧）　作業規程の準則（平成 25 年 3 月 29 日一部改正版）
付録６　計算式集	**付録６　計算式集**
基準点測量 **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** **2.1.5　鋼巻尺の補正計算** $D=D_s+D_s\cdot\Delta\ell/\ell+\alpha\,(t-t_0)\,D_s+C_h+C_H$ ただし、 D　：基準面上の距離 D_s　：観測した距離 $\Delta\ell$　：尺定数 ℓ　：鋼巻尺の全長 $D_s\cdot\Delta\ell/\ell$：尺定数の補正（$\Delta\ell/\ell$：単位長当たりの補正量 ） α　：鋼巻尺の膨張係数 t　：測定時の温度 t_0：鋼巻尺検定時の標準温度 $\alpha\,(t-t_0)\,D_s$：温度による尺長の変化の補正量 h　：観測点間の高低差 C_h：傾斜補正　$-\dfrac{h^2}{2Ds}$ C_H：投影補正（標高Hによる補正）$-\dfrac{Ds\,(H+N)}{R}$ ただし、 H：両端点の平均標高 N：両端点の平均ジオイド高 R：平均曲率半径	**基準点測量** **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** **2.1.5　鋼巻尺の補正計算** $D=D_s+D_s\cdot\Delta\ell/\ell+\alpha\,(t-t_0)\,D_s+C_h+C_H$ ただし、 D　：基準面上の距離 D_s　：観測した距離 $\Delta\ell$　：尺定数 ℓ　：鋼巻尺の全長 $D_s\cdot\Delta\ell/\ell$：尺定数の補正（$\Delta\ell/\ell$：単位長当たりの補正量 ） α　：鋼巻尺の膨張係数 t　：測定時の温度 t_0：鋼巻尺検定時の標準温度 $\alpha\,(t-t_0)\,D_s$：温度による尺長の変化の補正量 h　：観測点間の高低差 C_h：傾斜補正　$\dfrac{h^2}{2Ds}$ C_H：投影補正（標高Hによる補正）$-\dfrac{D\,(H+N)}{R}$ ただし、 H：両端点の平均標高 N：両端点の平均ジオイド高 R：平均曲率半径

2.6　標高の計算（厳密高低網平均計算）

2.6.1 観測した高低角の標石上面への補正計算

〈補正計算の説明〉

H_i　：標高

A_i　：測点 i から観測した高低角

$d\alpha_i$　：A_iに対する補正量

α_i　：A_iの補正後の高低角

i_i　：セオドライト高

f_i　：目標高

i　：測点番号

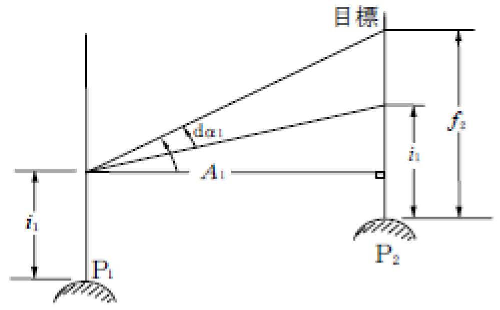

図２．９

(1)　正の高低角に対する補正量

$$d\alpha_1=\tan^{-1}\left[\frac{(f_2-i_1)\cos A_1}{\dfrac{S}{\cos A_1}-(f_2-i_1)\sin A_1}\right]$$

(2)　反の高低角に対する補正量

$$d\alpha_2=\tan^{-1}\left[\frac{(f_1-i_2)\cos A_2}{\dfrac{S}{\cos A_2}-(f_1-i_2)\sin A_2}\right]$$

2.9　座標を変換して経緯度、子午線収差角及び縮尺係数を求める計算

2.9.1　緯度 φ 及び経度 λ

$$\varphi=\chi+\rho''\sum_{j=1}^{6}\delta_j\sin 2j\chi,\quad \lambda=\lambda_0+\tan^{-1}\left(\frac{\sinh\eta'}{\cos\xi'}\right)$$

2.10　経緯度を変換して座標、子午線収差角及び縮尺係数を求める計算

2.10.1　X座標及び Y座標

$$x=\bar{A}\left(\xi'+\sum_{j=1}^{5}\alpha_j\sin 2j\xi'\cosh 2j\eta'\right)-\bar{S}_{\varphi_0},\quad y=\bar{A}\left(\eta'+\sum_{j=1}^{5}\alpha_j\cos 2j\xi'\sinh 2j\eta'\right)$$

2.6　標高の計算（厳密高低網平均計算）

2.6.1 観測した高低角の標石上面への補正計算

〈補正計算の説明〉

H_i　：標高

A_i　：測点 i から観測した高低角

$d\alpha_i$　：A_iに対する補正量

α_i　：A_iの補正後の高低角

i_i　：セオドライト高

f_i　：目標高

i　：測点番号

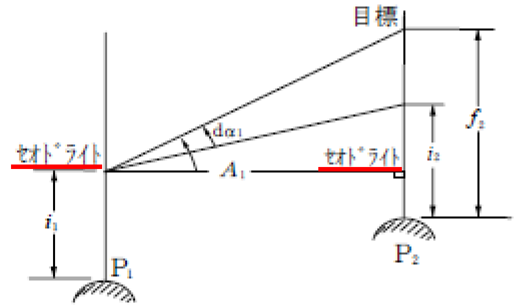

図２．９

(1)　正の高低角に対する補正量

$$d\alpha_1=\tan^{-1}\left[\frac{(f_2-i_1)\cos A_1}{\dfrac{S}{\cos A_1}-(f_2-i_1)\sin A_1}\right]$$

(2)　反の高低角に対する補正量

$$d\alpha_2=\tan^{-1}\left[\frac{(f_1-i_2)\cos A_2}{\dfrac{S}{\cos A_2}-(f_1-i_2)\sin A_2}\right]$$

2.9　座標を換算して経緯度、子午線収差角及び縮尺係数を求める計算

2.9.1　緯度 φ 及び経度 λ

$$\varphi=\chi+\rho''\sum_{j=1}^{6}\delta_j\sin 2j\chi,\quad \lambda=\lambda_0+\tan^{-1}\left(\frac{\sinh\eta'}{\cos\xi'}\right)$$

2.10　経緯度を換算して座標、子午線収差角及び縮尺係数を求める計算

2.10.1　X座標及び Y座標

$$x=\bar{A}\left(\xi'+\sum_{j=1}^{5}\alpha_j\sin 2j\xi'\cosh 2j\eta'\right)-\bar{S}_{\varphi_0},\quad y=\bar{A}\left(\eta'+\sum_{j=1}^{5}\alpha_j\cos 2j\xi'\sinh 2j\eta'\right)$$

3.　ＧＮＳＳ測量機を使用した場合の計算式

3.1 座標系の変換

3.1.2 地心直交座標系から経緯度及び高さへの変換

$$\phi = \tan^{-1}\left[\frac{Z}{P - e^2 N_{i-1} \cos\phi_{i-1}}\right]$$　（ϕは繰り返し計算）

$$\lambda = \tan^{-1}\left[\frac{Y}{X}\right]$$

$$h = \frac{P}{\cos\phi} - N$$

$$P = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

ただし、

ϕの収束条件：$|\phi_i - \phi_{i-1}| \leqq 10^{-12}$　(rad)

ϕ_i：i 回目の計算結果

ϕ_0：$\tan^{-1}\left[\frac{Z}{P(1-e^2)}\right]$

3.3　点検計算の許容範囲に使用する閉合差、較差及び環閉合差ΔX, ΔY, ΔZからΔN, ΔE, ΔUへの変換計算

3.3.1 既知点間の閉合差

$$\begin{bmatrix} \Delta N \\ \Delta E \\ \Delta U \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}$$

ただし、

ΔN：水平面の南北成分の閉合差
ΔE：水平面の東西成分の閉合差
ΔU：高さ成分の閉合差
ΔX：地心直交座標X軸成分の閉合差
ΔY：地心直交座標Y軸成分の閉合差
ΔZ：地心直交座標Z軸成分の閉合差

$$R = \begin{bmatrix} -\sin\phi\cos\lambda & -\sin\phi\sin\lambda & \cos\phi \\ -\sin\lambda & \cos\lambda & 0 \\ \cos\phi\cos\lambda & \cos\phi\sin\lambda & \sin\phi \end{bmatrix}$$

ϕ, λは、測量地域内の任意の既知点の緯度、経度値とする

3.　ＧＮＳＳ測量機を使用した場合の計算式

3.1 座標系の変換

3.1.2 地心直交座標系から経緯度及び高さへの変換

$$\phi = \tan^{-1}\left[\frac{Z}{P - e^2 N_{i-1} \cos\phi_{i-1}}\right]$$　（ϕは繰り返し計算）

$$\lambda = \tan^{-1}\left[\frac{Y}{X}\right]$$

$$h = \frac{P}{\cos\phi} - N$$

$$P = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

ただし、

ϕの収束条件：$|\phi_i - \phi_{i-1}| \leqq 10^{-12}$　(rad)

ϕ_i：i 回目の計算結果

ϕ_0：$\tan^{-1}\left[\frac{Z}{P}\right]$

3.3　点検計算の許容範囲に使用する閉合差、較差及び環閉合差ΔX, ΔY, ΔZからΔN, ΔE, ΔUへの変換計算

3.3.1 既知点間の閉合差

$$\begin{bmatrix} \Delta N \\ \Delta E \\ \Delta U \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}$$

ただし、

ΔN：水平面の南北方向の閉合差
ΔE：水平面の東西方向の閉合差
ΔU：高さ方向の閉合差
ΔX：地心直交座標X軸成分の閉合差
ΔY：地心直交座標Y軸成分の閉合差
ΔZ：地心直交座標Z軸成分の閉合差

$$R = \begin{bmatrix} -\sin\phi\cos\lambda & -\sin\phi\sin\lambda & \cos\phi \\ -\sin\lambda & \cos\lambda & 0 \\ \cos\phi\cos\lambda & \cos\phi\sin\lambda & \sin\phi \end{bmatrix}$$

ϕ, λは、測量地域内の任意の既知点の緯度、経度値とする

3.4 三次元網平均計算

3.4.3 観測の重み

(1) 基線解析で求めた値による計算式

$P=(\Sigma_{\Delta X,\Delta Y,\Delta Z})^{-1}$

(2) 水平及び高さの分散を固定値とした値による計算式

$\Sigma_{\Delta X,\Delta Y,\Delta Z}=R^{T}\ \Sigma_{N,E,U}\ R$

ただし、

P：重量行列

$\Sigma_{\Delta X,\Delta Y,\Delta Z}$：$\Delta X$，$\Delta Y$，$\Delta Z$の分散・共分散行列

$$\Sigma_{N,E,U}=\begin{bmatrix} d_N & 0 & 0 \\ 0 & d_E & 0 \\ 0 & 0 & d_U \end{bmatrix}$$

d_N：水平面の南北成分の分散

d_E：水平面の東西成分の分散

d_U：高さ成分の分散

$$R=\begin{bmatrix} -\sin\phi\ \cos\lambda & -\sin\phi\ \sin\lambda & \cos\phi \\ -\sin\lambda & \cos\lambda & 0 \\ \cos\phi\ \cos\lambda & \cos\phi\ \sin\lambda & \sin\phi \end{bmatrix}$$

ϕ，λは測量地域内の任意の既知点の緯度、経度値とする

3.4 三次元網平均計算

3.4.3 観測の重み

(1) 基線解析で求めた値による計算式

$P=(\Sigma_{\Delta X,\Delta Y,\Delta Z})^{-1}$

(2) 水平及び高さの分散を固定値とした値による計算式

$\Sigma_{\Delta X,\Delta Y,\Delta Z}=R^{T}\ \Sigma_{N,E,U}\ R$

ただし、

P：重量行列

$\Sigma_{\Delta X,\Delta Y,\Delta Z}$：$\Delta X$，$\Delta Y$，$\Delta Z$の分散・共分散行列

$$\Sigma_{N,E,U}=\begin{bmatrix} d_N & 0 & 0 \\ 0 & d_E & 0 \\ 0 & 0 & d_U \end{bmatrix}$$

d_N：水平面の南北方向の分散

d_E：水平面の東西方向の分散

d_U：高さ方向の分散

$$R=\begin{bmatrix} -\sin\phi\ \cos\lambda & -\sin\phi\ \sin\lambda & \cos\phi \\ -\sin\lambda & \cos\lambda & 0 \\ \cos\phi\ \cos\lambda & \cos\phi\ \sin\lambda & \sin\phi \end{bmatrix}$$

ϕ，λは測量地域内の任意の既知点の緯度、経度値とする