

**平成24年度**

**－公共測量－ 作業規程の準則の一部改正**

## **付録6 計算式集**

### **新旧対照表**

付録 6 計算式集

改正 (案)	現 行	コメント
付録 6 計算式	付録 6 計算式	
基準点測量	基準点測量	
<p>1.2 楕円体の諸公式</p> $M = \frac{a(1-e^2)}{W^3}, \quad N = \frac{a}{W}$ $R = \sqrt{MN} = \frac{b}{W^2}$ $W = \sqrt{1-e^2 \sin^2 \phi}$ $f = \frac{a-b}{a} = 1 - \sqrt{1-e^2} = \frac{1}{F}$ $b = a\sqrt{1-e^2} = a(1-f) = \frac{a(F-1)}{F}$ $e = \sqrt{\frac{a^2-b^2}{a^2}} = \sqrt{2f-f^2} = \frac{\sqrt{2F-1}}{F}$ <p>ただし、  <math>a</math> : 長半径                      <math>R</math> : 平均曲率半径  <math>b</math> : 短半径                        <math>e</math> : 離心率  <math>f</math> : 扁平率                        <math>\phi</math> : 緯度  <math>F</math> : 逆扁平率  <math>M</math> : 子午線曲率半径  <math>N</math> : 卯酉線曲率半径</p>	<p>1.2 楕円体の諸公式</p> $M = \frac{a(1-e^2)}{W^3} = \frac{c}{V^3}, \quad N = \frac{a}{W} = \frac{c}{V}$ $R = \sqrt{MN} = \frac{b}{W^2} = \frac{c}{V^2}$ $W = \sqrt{1-e^2 \sin^2 \phi}, \quad V = \sqrt{1+e'^2 \cos^2 \phi}$ $f = \frac{a-b}{a} = 1 - \sqrt{1-e^2} = \frac{1}{F}$ $b = a\sqrt{1-e^2} = \frac{c}{1+e'^2} = a(1-f) = \frac{a(F-1)}{F}$ $c = \frac{a^2}{b} = \frac{a}{\sqrt{1-e^2}} = a\sqrt{1+e'^2} = b(1+e'^2) = \frac{a}{1-f} = a \frac{\frac{1}{f}}{\frac{1}{f}-1} = \frac{aF}{F-1}$ $e = \sqrt{\frac{a^2-b^2}{a^2}} = \sqrt{\frac{e'^2}{1+e'^2}} = \sqrt{2f-f^2} = \frac{\sqrt{2F-1}}{F}$ $e' = \sqrt{\frac{a^2-b^2}{b^2}} = \sqrt{\frac{e^2}{1-e^2}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{f}-1}}{\frac{1}{f}-1} = \frac{\sqrt{2F-1}}{F-1}$ <p>ただし、  <math>a</math> : 長半径                      <math>R</math> : 平均曲率半径  <math>b</math> : 短半径                        <math>e</math> : 第一離心率  <math>c</math> : 極での曲率半径          <math>e'</math> : 第二離心率  <math>f</math> : 扁平率                        <math>\phi</math> : 緯度  <math>F</math> : 逆扁平率  <math>M</math> : 子午線曲率半径  <math>N</math> : 卯酉線曲率半径</p>	<p>削除箇所</p> <del><math display="block">M = \frac{a(1-e^2)}{W^3}, \quad N = \frac{a}{W}</math></del> <del><math display="block">R = \frac{b}{W^2}</math></del> <del><math display="block">W = \sqrt{1-e^2 \sin^2 \phi}</math></del> <del><math display="block">f = \frac{a-b}{a} = 1 - \sqrt{1-e^2} = \frac{1}{F}</math></del> <del><math display="block">b = a\sqrt{1-e^2} = a(1-f) = \frac{a(F-1)}{F}</math></del> <del><math display="block">e = \sqrt{\frac{a^2-b^2}{a^2}} = \sqrt{2f-f^2} = \frac{\sqrt{2F-1}}{F}</math></del> <del><math display="block">e' = \sqrt{\frac{a^2-b^2}{b^2}} = \sqrt{\frac{e^2}{1-e^2}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{f}-1}}{\frac{1}{f}-1} = \frac{\sqrt{2F-1}}{F-1}</math></del> <p>第 一 離 心 率</p> <p>極での曲率半径      第二離心率</p>
2.1 距離計算	2.1 距離計算	
<p>2.1.1 測距儀の気象補正計算</p> $D = D_s \frac{n_s}{n} = D_s + (\Delta_s - \Delta_n) D_s$	<p>2.1.1 測距儀の気象補正計算</p> $D = D_s \frac{n_s}{n} = D_s + (\Delta_s - \Delta_n) D_s$	

ただし、

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

$n = (1 + \Delta_n)$  : 気象観測から得られた屈折率

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

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

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

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 (°C)

$n_g$  : 群速度に対する屈折率

$\lambda$  : 光波の実効波長 ( $\mu\text{m}$ )

## 2.1.2 気圧、気温を求める計算

### (3) 高低差による気温の計算式

ただし、

$\Delta H$ : 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

$$S = D \cos \left[ \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2} \right] \frac{R}{R + \left[ \frac{H_1 + H_2}{2} \right] + N_g}$$

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)

$\alpha_1$  : 測点1から測点2に対する高低角

$\alpha_2$  : 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)

ただし、

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

$n = (1 + \Delta_n)$  : 気象観測から得られた屈折率

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

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

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

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 (°C)

$n_g$  : 群速度に対する屈折率

$\lambda$  : 光波の実効波長 ( $\mu\text{m}$ )

## 2.1.2 気圧、気温を求める計算

### (3) 高低差による気温の計算式

ただし、

$\Delta H$ : 計算の基準とした測点 ( $H_1$ ) と求めようとする測点 ( $H_2$ ) との  
高低差  $H_2 - H_1$  (m)

## 2.1.3 基準面上の距離の計算

$$S = D \cos \left[ \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2} \right] \frac{R}{R + \left[ \frac{H_1 + H_2}{2} \right] + N_g}$$

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)

$\alpha_1$  : 測点1から測点2に対する高低角

$\alpha_2$  : 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)

### 2.1.5 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

$\ell$  : 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)

$\alpha$  : 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

$$C_h : \text{傾斜補正} \quad \frac{h^2}{2 D_s}$$

$$C_H : \text{投影補正 (標高Hによる補正)} \quad -\frac{D(H+N)}{R}$$

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

鋼巻尺の補正計算式を追加

### 2.4 座標の計算 (厳密水平網平均計算)

#### 2.4.1 観測値を平面直角座標上の値へ変換するための計算

(2) 距離の変換

$$\left[ \frac{s}{S} \right]_{ij} = m_0 \left\{ 1 + \frac{1}{6 R_0^2 m_0^2} (y'_{i^2} + y'_i y'_j + y'_{j^2}) \right\}$$

$$s_{ij} = S_{ij} \left[ \frac{s}{S} \right]_{ij}$$

ただし、

$t_{ij}$  : 平面直角座標上の観測方向角

$T_{ij}$  : 基準面上の観測方向角

$S_{ij}$  : 平面直角座標上の測定距離

$S_{ij}$  : 基準面上の測定距離

$m_0$  : 平面直角座標系の X軸上における 縮尺係数 0.9999

$R_0$  : 平面直角座標系原点の平均曲率半径

$x'_{ij}, y'_{ij}$  : Pi 点の近似座標値

$x'_{ij}, y'_{ij}$  : Pi 点の近似座標値

### 2.4 座標の計算 (厳密水平網平均計算)

#### 2.4.1 観測値を平面直角座標上の値へ変換するための計算

(2) 距離の変換

$$\left[ \frac{s}{S} \right]_{ij} = m_0 \left\{ 1 + \frac{1}{6 R_0^2 m_0^2} (y'_{i^2} + y'_i y'_j + y'_{j^2}) \right\}$$

$$s_{ij} = S_{ij} \left[ \frac{s}{S} \right]_{ij}$$

ただし、

$t_{ij}$  : 平面直角座標上の観測方向角

$T_{ij}$  : 基準面上の観測方向角

$S_{ij}$  : 平面直角座標上の測定距離

$S_{ij}$  : 基準面上の測定距離

$m_0$  : 平面直角座標系 原点の 縮尺係数 0.9999

$R_0$  : 平面直角座標系原点の平均曲率半径

$x'_{ij}, y'_{ij}$  : Pi 点の近似座標値

$x'_{ij}, y'_{ij}$  : Pi 点の近似座標値

<p>2.6 標高の<b>計算</b> (厳密高低網平均計算)</p>	<p>2.6 標高の<b>精算</b> (厳密高低網平均計算)</p>	
<p>2.7 簡易<b>網平均計算</b> (簡易水平網平均計算及び簡易高低網平均計算)</p>	<p>2.7 簡易<b>X Y網平均</b></p>	
<p>2.8 平面直角座標による<b>基準面上</b>の方向角及び基準面上の距離の計算</p> <p>2.8.1 <b>基準面上</b>の方向角</p> $T_{12} = \tan^{-1} \left[ \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right] - (t - T)_{12}$ <p>2.8.2 基準面上の距離</p> $S_{12} = \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{\frac{s}{S}}$ $\frac{s}{S} = m_0 \left\{ 1 + \frac{1}{6 R_0^2 m_0^2} (y_1^2 + y_1 y_2 + y_2^2) \right\}$ <p>ただし、  <math>R_0</math> = 平面直角座標系原点の平均曲率半径  <math>m_0</math> = 平面直角座標系<b>のX軸上における</b>縮尺係数 0.9999</p> <p>2.8.3 成果表に記載する縮尺係数</p> $m = m_0 \left[ 1 + \frac{y^2}{2 R_0^2 m_0^2} \right]$	<p>2.9 平面直角座標による<b>平面直角座標上</b>方向角及び基準面上の距離の計算</p> <p>2.8.1 <b>平面直角座標上</b>の方向角</p> $t_{12} = \tan^{-1} \left[ \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right] - (t - T)_{12}$ <p>2.8.2 基準面上の距離</p> $S_{12} = \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{\frac{s}{S}}$ $\frac{s}{S} = m_0 \left\{ 1 + \frac{1}{6 R_0^2 m_0^2} (y_1^2 + y_1 y_2 + y_2^2) \right\}$ <p>ただし、  <math>R_0</math> = 平面直角座標系原点の平均曲率半径  <math>m_0</math> = 平面直角座標系<b>原点の</b>縮尺係数 0.9999</p> <p>2.8.3 成果表に記載する縮尺係数</p> $m = m_0 \left[ 1 + \frac{3y^2}{6 R_0^2 m_0^2} \right]$	
<p>2.9 <b>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</b></p>	<p>2.9 <b>平面直角座標による経緯度計算</b></p>	
<p>2.9.1 緯度 <math>\phi</math> 及び経度 <math>\lambda</math></p> $\phi = \chi + \rho'' \sum_{j=1}^6 \delta_j \sin 2j\chi, \quad \lambda = \lambda_0 + \tan^{-1} \left( \frac{\sinh \eta'}{\cos \xi'} \right)$ <p>2.9.2 子午線収差角 <math>\gamma</math> 及び縮尺係数 <math>m</math></p> $\gamma = \tan^{-1} \left( \frac{\tau' + \sigma' \tan \xi' \tanh \eta'}{\sigma' - \tau' \tan \xi' \tanh \eta'} \right), \quad m = \frac{\bar{A}}{a} \sqrt{\frac{\cos^2 \xi' + \sinh^2 \eta'}{\sigma'^2 + \tau'^2} \left\{ 1 + \left( \frac{1-n}{1+n} \tan \phi \right)^2 \right\}}$	<p>座標を換算して緯度、経度及び子午線収差角を求める。</p> <p>2.9.1 緯度</p> $\phi = \phi_1 - \left[ \frac{\tan \phi_1}{2M_1 N_1} \right] \left[ \frac{y}{m_0} \right]^2 \rho''$ $+ \left[ \frac{\tan \phi_1}{24M_1 N_1^3} \right] (5 + 3 \tan^2 \phi_1 + \eta_1^2 - 9 \eta_1^2 \tan^2 \phi_1 - 4 \eta_1^4) \left[ \frac{y}{m_0} \right]^4 \rho''$ $- \left[ \frac{\tan \phi_1}{720M_1 N_1^5} \right] (61 + 90 \tan^2 \phi_1 + 45 \tan^4 \phi_1) \left[ \frac{y}{m_0} \right]^6 \rho''$ <p>2.9.2 経度</p> $\lambda = \lambda_0 + \Delta \lambda$ $\Delta \lambda = \left[ \frac{1}{N_1 \cos \phi_1} \right] \left[ \frac{y}{m_0} \right] \rho'' - \left[ \frac{1 + 2 \tan^2 \phi_1 + \eta_1^2}{6 N_1^3 \cos \phi_1} \right] \left[ \frac{y}{m_0} \right]^3 \rho''$ $+ \left[ \frac{5 + 28 \tan^2 \phi_1 + 24 \tan^4 \phi_1}{120 N_1^5 \cos \phi_1} \right] \left[ \frac{y}{m_0} \right]^5 \rho''$	<p>2.9 すべて改正</p>

ただし、

$x, y$  : 新点の  $X$  座標及び  $Y$  座標

$\varphi_0, \lambda_0$  : 平面直角座標系原点の緯度及び経度

$m_0$  : 平面直角座標系の  $X$  軸上における縮尺係数 (0.9999)

$a, F$  : 楕円体の長半径及び逆扁平率

$$n = \frac{1}{2F-1}, \quad \xi = \frac{x + \bar{S}_{\varphi_0}}{A}, \quad \eta = \frac{y}{A}$$

$$\xi' = \xi - \sum_{j=1}^5 \beta_j \sin 2j\xi \cosh 2j\eta, \quad \eta' = \eta - \sum_{j=1}^5 \beta_j \cos 2j\xi \sinh 2j\eta$$

$$\sigma' = 1 - \sum_{j=1}^5 2j\beta_j \cos 2j\xi \cosh 2j\eta, \quad \tau' = \sum_{j=1}^5 2j\beta_j \sin 2j\xi \sinh 2j\eta$$

$$\beta_1 = \frac{1}{2}n - \frac{2}{3}n^2 + \frac{37}{96}n^3 - \frac{1}{360}n^4 - \frac{81}{512}n^5, \quad \beta_2 = \frac{1}{48}n^2 + \frac{1}{15}n^3 - \frac{437}{1440}n^4 + \frac{46}{105}n^5,$$

$$\beta_3 = \frac{17}{480}n^3 - \frac{37}{840}n^4 - \frac{209}{4480}n^5, \quad \beta_4 = \frac{4397}{161280}n^4 - \frac{11}{504}n^5, \quad \beta_5 = \frac{4583}{161280}n^5$$

$$\chi = \sin^{-1} \left( \frac{\sin \xi'}{\cosh \eta'} \right)$$

$$\delta_1 = 2n - \frac{2}{3}n^2 - 2n^3 + \frac{116}{45}n^4 + \frac{26}{45}n^5 - \frac{2854}{675}n^6, \quad \delta_2 = \frac{7}{3}n^2 - \frac{8}{5}n^3 - \frac{227}{45}n^4 + \frac{2704}{315}n^5 + \frac{2323}{945}n^6,$$

$$\delta_3 = \frac{56}{15}n^3 - \frac{136}{35}n^4 - \frac{1262}{105}n^5 + \frac{73814}{2835}n^6, \quad \delta_4 = \frac{4279}{630}n^4 - \frac{332}{35}n^5 - \frac{399572}{14175}n^6,$$

$$\delta_5 = \frac{4174}{315}n^5 - \frac{144838}{6237}n^6, \quad \delta_6 = \frac{601676}{22275}n^6$$

$$\bar{S}_{\varphi_0} = \frac{m_0 a}{1+n} \left( A_0 \frac{\varphi_0}{\rho''} + \sum_{j=1}^5 A_j \sin 2j\varphi_0 \right), \quad \bar{A} = \frac{m_0 a}{1+n} A_0$$

$$A_0 = 1 + \frac{n^2}{4} + \frac{n^4}{64}, \quad A_1 = -\frac{3}{2} \left( n - \frac{n^3}{8} - \frac{n^5}{64} \right), \quad A_2 = \frac{15}{16} \left( n^2 - \frac{n^4}{4} \right),$$

$$A_3 = -\frac{35}{48} \left( n^3 - \frac{5}{16}n^5 \right), \quad A_4 = \frac{315}{512}n^4, \quad A_5 = -\frac{693}{1280}n^5$$

### 2.9.3 子午線収差角

$$\gamma = \left( \frac{\tan \phi_1}{N_1} \right) \left( \frac{y}{m_0} \right) \rho'' - \left( \frac{\tan \phi_1}{3N_1^3} \right) (1 + \tan^2 \phi_1 - \eta_1^2) \left( \frac{y}{m_0} \right)^3 \rho'' \\ + \left( \frac{\tan \phi_1}{15N_1^5} \right) (1 + \tan^2 \phi_1)(2 + 3\tan^2 \phi_1) \left( \frac{y}{m_0} \right)^5 \rho''$$

### 2.9.4 縮尺係数

$$m = m_0 \left( 1 + \frac{y^2}{2M_1 N_1 m_0^2} + \frac{y^4}{24M_1^2 N_1^2 m_0^4} \right)$$

ただし、

$\phi$  : 新点の緯度

$\lambda_0$  : 原点の経度

$\lambda$  : 新点の経度

$\gamma$  : 新点の子午線収差角

$m$  : 新点の縮尺係数

$y$  : 新点の  $y$  座標

$a$  : 長半径

$e'$  : 第二離心率

$f$  : 扁平率

$$m_0 = 0.9999, \quad \eta_1^2 = e'^2 \cos^2 \phi_1$$

$$M_1 = \frac{c}{\sqrt{(1 + \eta_1^2)^3}}, \quad N_1 = \frac{c}{\sqrt{1 + \eta_1^2}}$$

$$c = a \sqrt{1 + e'^2}$$

### 2.9.5 基準子午線と垂線（新点より）との交点の緯度

$$\phi_1 = ( \theta + A_2 \sin 2\theta + A_4 \sin 4\theta + A_6 \sin 6\theta + A_8 \sin 8\theta + A_{10} \sin 10\theta ) \rho''$$

ただし、

$$\theta = \frac{\pi S_m}{2 S_p}, \quad A_2 = \frac{3}{2}n - \frac{27}{32}n^3 + \frac{269}{512}n^5, \quad A_4 = \frac{21}{16}n^2 - \frac{55}{32}n^4,$$

$$A_6 = \frac{151}{96}n^3 - \frac{417}{128}n^5, \quad A_8 = \frac{1097}{512}n^4, \quad A_{10} = \frac{8011}{2560}n^5, \quad n = \frac{1}{2F-1}$$

$S_p$  : 赤道から極までの子午線弧長

$S_m$  : 与えられた子午線弧長

$F$  : 逆扁平率

$$S_m = S_0 + \frac{\text{新点の } x \text{ 座標}}{m_0}$$

$S_0$  : 赤道から座標系原点  $\phi_0$  までの子午線弧長

$m_0$  : 座標系の X 軸上の縮尺係数  $m_0 = 0.9999$

$$S_0 = \frac{a}{1+n} ( B_0 \frac{\phi_0}{\rho''} + B_2 \sin 2\phi_0 + B_4 \sin 4\phi_0 + B_6 \sin 6\phi_0 + B_8 \sin 8\phi_0 + B_{10} \sin 10\phi_0 )$$

$$B_0 = \left( 1 + \frac{n^2}{4} + \frac{n^4}{64} \right), \quad B_2 = -\frac{3}{2} \left( n - \frac{n^3}{8} - \frac{n^5}{64} \right),$$

$$B_4 = \frac{15}{16} \left( n^2 - \frac{n^4}{4} \right), \quad B_6 = -\frac{35}{48} \left( n^3 - \frac{5}{16}n^5 \right),$$

$$B_8 = \frac{315}{512}n^4, \quad B_{10} = -\frac{693}{1280}n^5$$

$$S_p = \frac{\pi}{2} \frac{a}{1+n} \left( 1 + \frac{n^2}{4} + \frac{n^4}{64} \right)$$

注)  $\phi_1$  は、他の計算式を用いて求めることができる。

<p><b>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</b></p> <p>2.10.1 X座標及びY座標</p> $x = \bar{A} \left( \xi' + \sum_{j=1}^5 \alpha_j \sin 2j\xi' \cosh 2j\eta' \right) - \bar{S}_{\phi_0}, \quad y = \bar{A} \left( \eta' + \sum_{j=1}^5 \alpha_j \cos 2j\xi' \sinh 2j\eta' \right)$ <p>2.10.2 子午線収差角 <math>\gamma</math> 及び縮尺係数 <math>m</math></p> $\gamma = \tan^{-1} \left( \frac{\tau \bar{t} \lambda_c + \sigma t \lambda_s}{\sigma \bar{t} \lambda_c - \tau t \lambda_s} \right), \quad m = \frac{\bar{A}}{a} \sqrt{\frac{\sigma^2 + \tau^2}{t^2 + \lambda_c^2}} \left\{ 1 + \left( \frac{1-n}{1+n} \tan \varphi \right)^2 \right\}$ <p>ただし、</p> <p><math>\varphi, \lambda</math> : 新点の緯度及び経度  <math>\phi_0, \lambda_0, m_0, a, F, n, \bar{S}_{\phi_0}, \bar{A}</math> : 2.9による。</p> $t = \sinh \left( \tanh^{-1} \sin \varphi - \frac{2\sqrt{n}}{1+n} \tanh^{-1} \left( \frac{2\sqrt{n}}{1+n} \sin \varphi \right) \right), \quad \bar{t} = \sqrt{1+t^2}$ $\lambda_c = \cos(\lambda - \lambda_0), \quad \lambda_s = \sin(\lambda - \lambda_0), \quad \xi' = \tan^{-1} \left( \frac{t}{\lambda_c} \right), \quad \eta' = \tanh^{-1} \left( \frac{\lambda_s}{\bar{t}} \right)$ $\sigma = 1 + \sum_{j=1}^5 2j\alpha_j \cos 2j\xi' \cosh 2j\eta', \quad \tau = \sum_{j=1}^5 2j\alpha_j \sin 2j\xi' \sinh 2j\eta'$ $\alpha_1 = \frac{1}{2}n - \frac{2}{3}n^2 + \frac{5}{16}n^3 + \frac{41}{180}n^4 - \frac{127}{288}n^5, \quad \alpha_2 = \frac{13}{48}n^2 - \frac{3}{5}n^3 + \frac{557}{1440}n^4 + \frac{281}{630}n^5,$ $\alpha_3 = \frac{61}{240}n^3 - \frac{103}{140}n^4 + \frac{15061}{26880}n^5, \quad \alpha_4 = \frac{49561}{161280}n^4 - \frac{179}{168}n^5, \quad \alpha_5 = \frac{34729}{80640}n^5$	<p><b>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</b></p> <p>2.10.1 x座標</p> $\frac{x}{m_0} = (S - S_0) + \frac{N}{2} \sin \phi \cos \phi \left[ \frac{\Delta \lambda}{\rho''} \right]^2 + \frac{N}{24} \sin \phi \cos^3 \phi (5 - \tan^2 \phi + 9\eta^2 + 4\eta^4) \left[ \frac{\Delta \lambda}{\rho''} \right]^4 + \frac{N}{720} \sin \phi \cos^5 \phi (61 - 58 \tan^2 \phi + \tan^4 \phi) \left[ \frac{\Delta \lambda}{\rho''} \right]^6$ <p>2.10.2 y座標</p> $\frac{y}{m_0} = N \cos \phi \left[ \frac{\Delta \lambda}{\rho''} \right] + \frac{N}{6} \cos^3 \phi (1 - \tan^2 \phi + \eta^2) \left[ \frac{\Delta \lambda}{\rho''} \right]^3 + \frac{N}{120} \cos^5 \phi (5 - 18 \tan^2 \phi + \tan^4 \phi) \left[ \frac{\Delta \lambda}{\rho''} \right]^5$ <p>2.10.3 子午線収差角</p> $\gamma = \sin \phi \Delta \lambda + \frac{1}{3} \sin \phi \cos^2 \phi (1 + 3\eta^2 + 2\eta^4) \frac{\Delta \lambda^3}{\rho''^2} + \frac{1}{15} \sin \phi \cos^4 \phi (2 - \tan^2 \phi) \frac{\Delta \lambda^5}{\rho''^4}$ <p>ただし、</p> <p><math>x, y</math> : 新点の座標  <math>\gamma</math> : 新点の子午線収差角  <math>\phi</math> : 新点の緯度  <math>\Delta \lambda = \lambda - \lambda_0</math>    <math>\lambda_0</math> : 座標系原点の経度    <math>\lambda</math> : 新点の経度  <math>S_0</math> : 2.9.5による。  <math>S</math> : 2.9.5の <math>S_0</math>を求める式を用いて、<math>\phi_0</math>を新点の緯度 <math>\phi</math>にして求める。</p> $\eta^2 = e'^2 \cos^2 \phi, \quad N = \frac{c}{\sqrt{1 + \eta^2}}$	<p>2.10 すべて改正</p>
<p><b>3.1 座標系の変換</b></p> <p>3.1.1 経緯度及び高さから地心直交座標系への変換</p> $X = (N+h) \cos \phi \cos \lambda$ $Y = (N+h) \cos \phi \sin \lambda$ $Z = \{N(1-e^2) + h\} \sin \phi$ $h = H + N_g$ <p>ただし、</p> <p><math>\phi</math> : 緯度                      <math>\lambda</math> : 経度  <math>H</math> : 標高                      <math>N_g</math> : ジオイド高  <math>N</math> : 卯酉線曲率半径        <math>e</math> : 離心率  <math>h</math> : 楕円体高</p>	<p><b>3.1 座標系の変換</b></p> <p>3.1.1 経緯度及び高さから地心直交座標系への変換</p> $X = (N+h) \cos \phi \cos \lambda$ $Y = (N+h) \cos \phi \sin \lambda$ $Z = \{N(1-e^2) + h\} \sin \phi$ $h = H + N_g$ <p>ただし、</p> <p><math>\phi</math> : 緯度                      <math>\lambda</math> : 経度  <math>H</math> : 標高                      <math>N_g</math> : ジオイド高  <math>N</math> : 卯酉線曲率半径        <math>e</math> : 第一離心率  <math>h</math> : 楕円体高</p>	



<p>3.1.2 地心直交座標系から経緯度及び高さへの変換</p> $\phi = \tan^{-1} \left[ \frac{Z}{P - e^2 N_{i-1} \cos \phi_{i-1}} \right] \quad (\phi \text{ は繰り返し計算})$ $\lambda = \tan^{-1} \left[ \frac{Y}{X} \right]$ $h = \frac{P}{\cos \phi} - N$ $P = \sqrt{X^2 + Y^2}$	<p>3.1.2 地心直交座標系から経緯度及び高さへの変換</p> $\phi = \tan^{-1} \left[ \frac{Z}{(P - e^2 N_{i-1} \cos \phi_{i-1})} \right] \quad (\phi \text{ は繰り返し計算})$ $\lambda = \tan^{-1} \left[ \frac{Y}{X} \right]$ $h = \frac{P}{\cos \phi} - N$ $P = \sqrt{(X^2 + Y^2)}$	
<p>3.2. 偏心補正計算</p> <p>3.2.3 偏心補正計算に必要な方位角の計算</p> <p>ただし、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>T</math> : 偏心点から既知点の方位角</li> <li><math>T_0</math> : 方位標の方位角</li> <li><math>\theta</math> : 偏心角</li> <li><math>D_x, D_y, D_z</math> : 基線ベクトルの局所測地座標系における成分</li> <li><math>\phi</math> : 偏心点の緯度</li> <li><math>\lambda</math> : 偏心点の経度</li> <li><math>\Delta x', \Delta y', \Delta z'</math> : 基線ベクトルの地心直交座標系における成分 (偏心点と方位標の座標差)</li> </ul> <p>3.2.4 偏心補正計算</p> <p>基線ベクトルの局所測地座標系における成分を地心直交座標系における成分に変換する</p> $\begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \phi \cos \lambda & -\sin \lambda & \cos \phi \cos \lambda \\ -\sin \phi \sin \lambda & \cos \lambda & \cos \phi \sin \lambda \\ \cos \phi & 0 & \sin \phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D \cos \alpha_m \cos \beta \\ D \cos \alpha_m \sin \beta \\ D \sin \alpha_m \end{bmatrix}$ $\alpha_m = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2)}{2}$	<p>3.2.3 偏心補正計算</p> <p>3.2.3 偏心補正計算に必要な方位角の計算</p> <p>ただし、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>T</math> : 偏心点から既知点の方位角</li> <li><math>T_0</math> : 方位標の方位角</li> <li><math>\theta</math> : 偏心角</li> <li><math>D_x, D_y, D_z</math> : 基線ベクトルの地平座標系における成分</li> <li><math>\phi</math> : 偏心点の緯度</li> <li><math>\lambda</math> : 偏心点の経度</li> <li><math>\Delta x', \Delta y', \Delta z'</math> : 基線ベクトルの地心直交座標系における成分 (偏心点と方位標の座標差)</li> </ul> <p>3.2.4 偏心補正計算</p> <p>基線ベクトルの地平座標系における成分を地心直交座標系における成分に変換する</p> $\begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \phi \cos \lambda & -\sin \lambda & \cos \phi \cos \lambda \\ -\sin \phi \sin \lambda & \cos \lambda & \cos \phi \sin \lambda \\ \cos \phi & 0 & \sin \phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D \cos \alpha_m \cos \beta \\ D \cos \alpha_m \sin \beta \\ D \sin \alpha_m \end{bmatrix}$ $\alpha_m = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2)}{2}$	
<p>3.4 三次元網平均計算</p> <p>3.4.3 観測の重み</p> <p>(1) 基線解析で求めた値による計算式</p> $P = (\sum_{\Delta x, \Delta y, \Delta z})^{-1}$ <p>3.4.6 未知点座標の平均値の標準偏差</p> <p>(1) 地心直交座標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Xの標準偏差 : <math>\sigma_x = m_0 \sqrt{\sigma_{\Delta x \Delta x}}</math></li> <li>Yの標準偏差 : <math>\sigma_y = m_0 \sqrt{\sigma_{\Delta y \Delta y}}</math></li> <li>Zの標準偏差 : <math>\sigma_z = m_0 \sqrt{\sigma_{\Delta z \Delta z}}</math></li> </ul>	<p>3.4 三次元網平均計算</p> <p>3.4.3 観測の重み</p> <p>(1) 基線解析で求めた値による計算式</p> $p = (\sum_{\Delta x, \Delta y, \Delta z})^{-1}$ <p>3.4.6 未知点座標の平均値の標準偏差</p> <p>(1) 地心直交座標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Xの標準偏差 : <math>\sigma_x = m_0 \sqrt{(\sigma_{\Delta x \Delta x})}</math></li> <li>Yの標準偏差 : <math>\sigma_y = m_0 \sqrt{(\sigma_{\Delta y \Delta y})}</math></li> <li>Zの標準偏差 : <math>\sigma_z = m_0 \sqrt{(\sigma_{\Delta z \Delta z})}</math></li> </ul>	

(2) 測地座標

$$\phi \text{ の標準偏差} : \sigma_n = m_0 \sqrt{\sigma_{\phi\phi}} (M+h)$$

$$\lambda \text{ の標準偏差} : \sigma_e = m_0 \sqrt{\sigma_{\lambda\lambda}} (N+h) \cos \phi$$

$$h \text{ の標準偏差} : \sigma_h = m_0 \sqrt{\sigma_{hh}}$$

(2) 測地座標

$$\phi \text{ の標準偏差} : \sigma_n = m_0 \sqrt{(\sigma_{\phi\phi})} (M+h)$$

$$\lambda \text{ の標準偏差} : \sigma_e = m_0 \sqrt{(\sigma_{\lambda\lambda})} (N+h) \cos \phi$$

$$h \text{ の標準偏差} : \sigma_h = m_0 \sqrt{(\sigma_{hh})}$$

3.5 ジオイド高算出のための補完計算

$$N_g = (1-t)(1-u) N_{g(i,j)} + (1-t)u N_{g(i,j+1)} + t(1-u) N_{g(i+1,j)} + t u N_{g(i+1,j+1)}$$

ただし、

$\phi_i$  :  $i$  格子の緯度

$\lambda_j$  :  $j$  格子の経度

$N_{g(i,j)}$  :  $(i, j)$  格子のジオイド高

$\phi$  : 求点の緯度

$\lambda$  : 求点の経度

$N_g$  : 求点のジオイド高

$$t = \frac{\phi - \phi_i}{\phi_{i+1} - \phi_i}$$

$$u = \frac{\lambda - \lambda_j}{\lambda_{j+1} - \lambda_j}$$

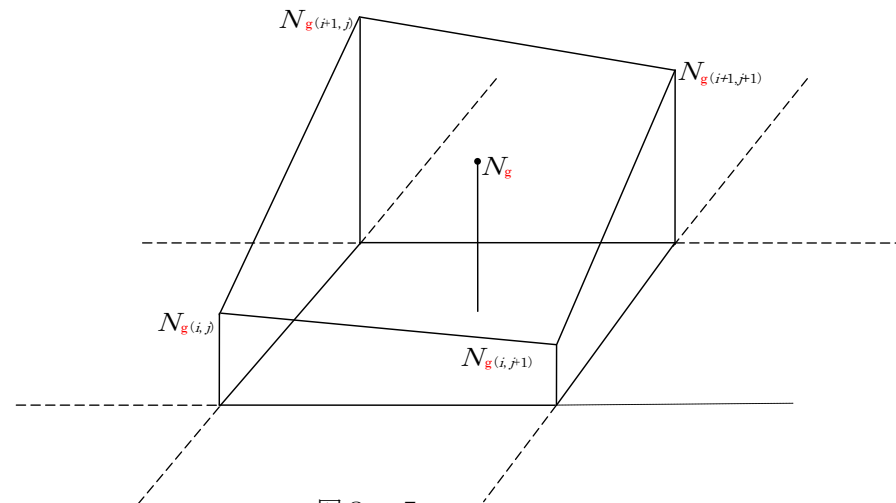


図 3. 5

3.5 ジオイド高算出のための補完計算

$$N_g = (1-t)(1-u) N_{g(i,j)} + (1-t)u N_{g(i,j+1)} + t(1-u) N_{g(i+1,j)} + t u N_{g(i+1,j+1)}$$

ただし、

$\phi_i$  :  $i$  格子の緯度

$\lambda_j$  :  $j$  格子の経度

$N_{g(i,j)}$  :  $(i, j)$  格子のジオイド高

$\phi$  : 求点の緯度

$\lambda$  : 求点の経度

$N_g$  : 求点のジオイド高

$$t = \frac{\phi - \phi_i}{\phi_{i+1} - \phi_i}$$

$$u = \frac{\lambda - \lambda_j}{\lambda_{j+1} - \lambda_j}$$

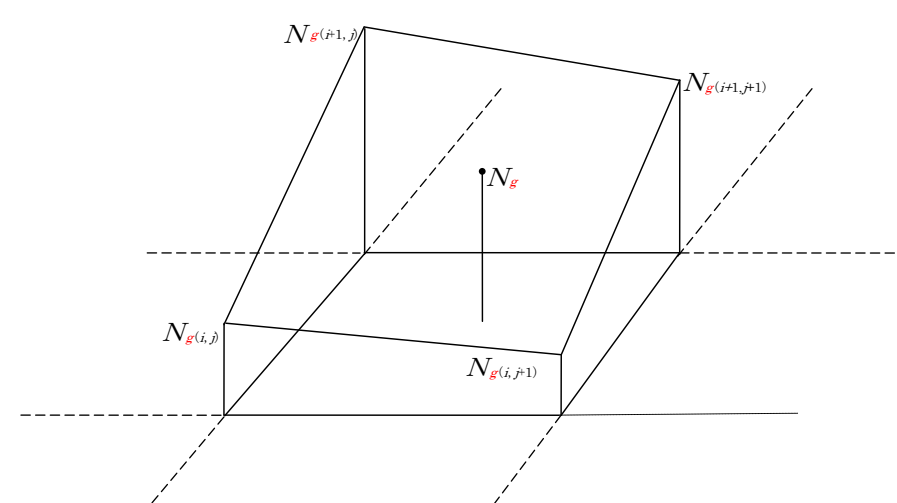


図 3. 5

水準測量	水準測量	
<p><b>1.1 標尺補正計算</b></p> <p>ただし、  <math>C_0</math> : 基準温度における標尺<u>改正数</u> (単位長さあたりの補正量) (m単位)</p>	<p><b>1.1 標尺定数補正</b></p> <p>ただし、  <math>C_0</math> : 基準温度における標尺<u>定数</u> (単位長さあたりの補正量) (m単位)</p>	
<p><b>3.1 観測方程式による場合</b></p>	<p><b>3.1 観測方程式による場合</b></p>	
<p><b>3.1.3 平均計算結果</b>  (1) 単位重量当たりの観測の標準偏差 (<math>m_0</math>)</p> $m_0 = \sqrt{\frac{V^T P V}{m-n}}$	<p><b>3.1.3 平均計算結果</b>  (1) 単位重量当たりの観測の標準偏差 (<math>m_0</math>)</p> $m_0 = \sqrt{\frac{V^T P V}{(m-n)}}$	
<p><b>5.4 標準偏差の計算</b></p>	<p><b>5.4 標準偏差の計算</b></p>	
<p><b>5.4.3 観測の重み</b></p> <p><math>m_i</math> : 1セット観測の標準偏差  <math>M_i</math> : 平均値の標準偏差  <math>m_{i2}</math> : 器械の配置別標準偏差の平均値  <math>\delta_i</math> : <math>\Delta H_i - \Delta H_0</math>  <math>\Delta H_i</math> : 各セットの高低差  <math>\Delta H_0</math> : 各セットの高低差の平均値  <math>n</math> : セット数  <math>n_p</math> : 器械の配置別の数</p>	<p><b>5.4.3 観測の重み</b></p> <p><math>m_i</math> : 1セット観測の標準偏差  <math>M_i</math> : 平均値の標準偏差  <math>m_{i2}</math> : 器械の配置別標準偏差の平均値  <math>\delta_i</math> : <math>\Delta H_0 - \Delta H_i</math>  <math>\Delta H_i</math> : 各セットの高低差  <math>\Delta H_0</math> : 各セットの高低差の平均値  <math>n</math> : セット数  <math>n_p</math> : 器械の配置別の数</p>	