

別記5 網図及び平板確定図一覧図作成要領(第34条、第58条関係)

網図及び平板確定図一覧図の標準的な作成要領は、以下のとおりとする。

1 網 図

(1) 路線番号の付け方

- ① 確測基準点の路線番号は、当該路線の出発点及び閉合点の属する市町村内区画の番号を併記(例：CD)し、この後に当該路線の確測基準点測量の級数(1級は1、2級は2・・・)をハイフンを前に付けて付加し、この後に当該路線の次数に応じた次数表示番号(1次は1、2次は2、3次は3)を付加し、さらに、路線内番号(選点順に01、02、03・・・)を付加する。

ただし、路線内番号が1桁のとき、頭の0は省略できるものとする。

(例) CD－3 1 0 5 (又はCD－3 1 5)

- ② 出発点と閉合点が同じ市町村内区画に属する場合は、当該市町村区内番号を重ねて表示する。

(例) DD－3 1 0 5 (又はDD－3 1 5)

(2) 点番号の付け方

- ① 確測基準点の点番号は、確測基準点の級別区分に対応した冠字を付し、この後に以下のとおり番号等をハイフンを前に付けて付加するものとする。

ア 1、2級確測基準点

冠字の後に一連番号(1, 2, 3, ...)を付加するものとする。

(例) 基Ⅰ－3 (1級確測基準点)

基Ⅱ－5 (2級確測基準点)

イ 3、4級確測基準点

- a 冠字の後に当該点の市町村内区画の番号を付加し、さらに、市町村内区画ごとに一連番号(1, 2, 3, ...)を付加するものとする。

(例) A－C 2 (3級確測基準点)

B－D 7 (4級確測基準点)

- b 同一市区町村内区画番号内に10点以上となる場合は、10点目からは101、102・・・とする。

(例) A－C 1 0 2

B－D 1 0 7

- ② 当該点が確測基準点測量の多角網の交点である場合は、上記の番号の前に「交」の文字を付す。
- ③ 3級及び4級確測基準点に永久標識を埋設した場合には、①の番号にカタカナの「コ」の文字を付加する。

(例) A-C 4 コ

(3) 網図の作成要領

- ① 確測基準点の網図等に記載する記号等は、別紙2の記号等を参考に表示するものとし、その他使用した記号について、網図の余白に凡例を記載するものとする。
- ② 網図の右下余白には、次表に示した整理表題を記載する。ただし、市町村名欄には、必要に応じて大字名又は地区名を付記する。

調査区域を含む市町村名
網図の縮尺 網図名 (当該測量終了年月)
当該網図を含む1/50,000地形図の図名
測量実施機関名

- ② 網図の縮尺は、1/25,000 (1級及び2級確測基準点のみ)、1/10,000、1/5,000又は1/2,500を標準とする。
- ③ 厳密網平均計算によって座標値を求めた場合は、「(厳密網平均計算による)」の文字を網図の余白に表示する。
- ④ 水平と標高の網平均計算の図形が異なる場合には、水平、標高別々に網図を作成し、表題に「(水平)」又は「(標高)」の文字を添えて表示する。
- ⑤ 既設の地籍図根三角点又は国土調査法第19条第5項の規定に基づき指定された公共基準点を与点として用いた場合には、当該点付近の余白に認証又は指定された年、月を表示する。

(例) 平成9年に認証された場合 → 9.4 認証

平成9年に指定された場合 → 9.4 指定

2 平板確定図一覧図

(1) 平板確定図一覧図の記載要領

① 平板確定図一覧図には、次に掲げる事項を記載する。

ア 名称

イ 市町村界、地番区域界及び名称、隣接市町村又は地番区域の名称

ウ 市区町村内区画線とその座標値、平板確定図の図郭に应じる区画線

エ 市町村内区画番号、図郭番号

オ 平板確定図の精度別・縮尺別枚数

カ 縮尺区分界（破線又は点線）

キ 整理表題

② 記号の表示方法及び整理表題については、確測基準点網図に準ずる。

③ 縮尺区分界は、必要に応じて点線又は破線で表示する

④ 縮尺は、原則として3～4級確測基準点の縮尺と同一にする。

別記6 (第43条運用基準関係)

〔I〕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 $a = 6,378,137\text{m}$

扁平度 $f = \frac{1}{298.257222101}$

1.2 楕円体の諸公式

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

$$R = \sqrt{MN} = \frac{b}{W^2}$$

$$W = \sqrt{1-e^2 \sin^2 \phi}$$

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

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

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

ただし、

a : 長半径 R : 平均曲率半径

b : 短半径 e : 離心率

f : 扁平度 ϕ : 緯度

F : 逆扁平度

M : 子午線曲率半径

N : 卯酉線曲率半径

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

$$D = D_s \frac{n_s}{n} = D_s + (\Delta_s - \Delta_n) D_s$$

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

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

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

(2) 高低差による気圧の計算式

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

$$(ii) P_2 = P_1 - 0.12 \cdot \Delta H$$

(3) 高低差による気温の計算式

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

ただし、

P_2 : 求めようとする測点の気圧 (hPa)

P_1 : 計算の基準とした測点で観測した気圧 (hPa)

$T = 273 + t$: 絶対温度 (°K)

t : 計算の基準とした測点で観測した気温 (°C)

t' : 求めようとする測点の気温 (°C)

H : 求めようとする測点の標高

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

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

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) + 測距儀高 (m)

H_2 : 測点 2 の標高 (概算値) + 測距儀高 (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

$R=6370000$: 平均曲率半径 (m)

H_g : ジオイド高 (既知点のジオイド高を平均した値)

2.1.4 距離計算に必要な高低角の補正量を求める計算

$$\alpha'_i = \alpha_i + \delta \alpha_i$$

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

$\delta \alpha_i$: 高低角に対する補正量

$$\delta \alpha_1 = \arcsin \left\{ \frac{(m - f_2 + i_1 - g) \cos \alpha_1}{D} \right\}$$

$$\delta \alpha_2 = \arcsin \left\{ \frac{(g - f_1 + i_2 - m) \cos \alpha_2}{D} \right\}$$

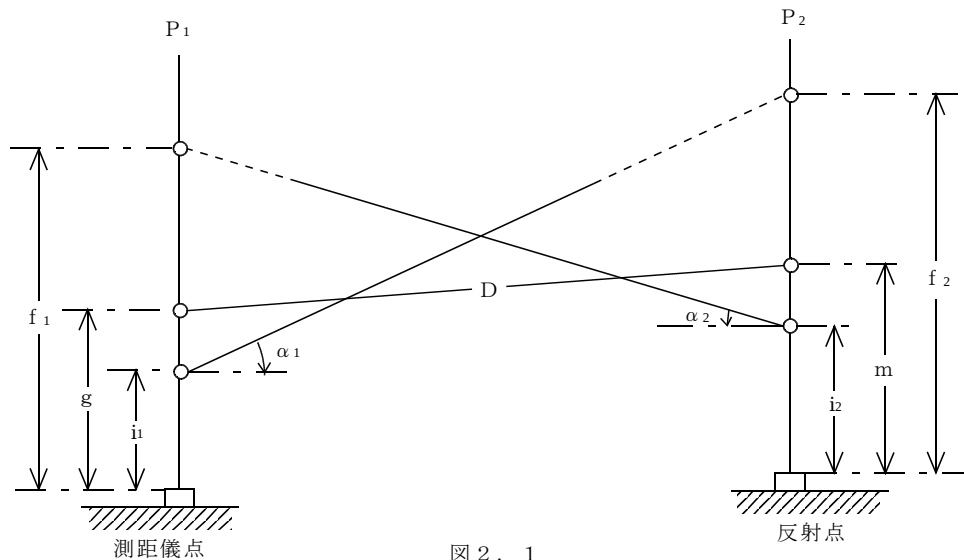


図 2. 1

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 : セオドライト高

f_i : 目標高

D : 測定距離

補正量 $\delta \alpha_i$ 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。

2.1.5 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 $-\frac{h^2}{2 D_s}$

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

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

2.2 偏心補正計算

2.2.1 正弦定理による計算

$$x = \arcsin \left(\frac{e}{S} \sin \alpha \right)$$

〔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。

2.2.2 二辺夾角による計算

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

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

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

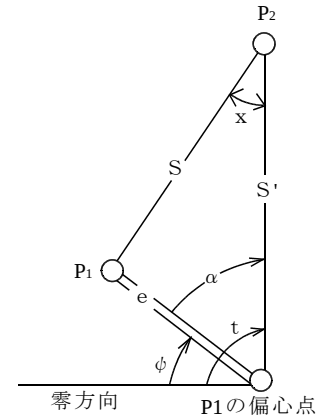


図 2. 2

2.2.3 相互偏心の計算

(1) S' が既知の場合

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

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

(2) S が既知の場合

$$x = \text{arc sin} \left(\frac{e_1 \sin \alpha_1 + e_2 \sin \alpha_2}{S} \right)$$

- 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
 $\alpha_1 = t_1 - \phi_1$
 $\alpha_2 = (360^\circ + t_2) - \phi_2$

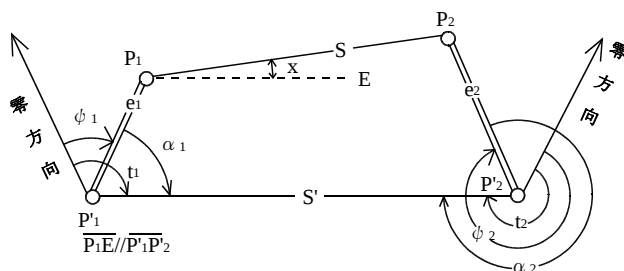


図 2. 3

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
$(B=P) \neq C$	正 : +	正 : -	正 : +
	反 : +	反 : -	反 : +
$(B=C) \neq P$	反 : -	反 : -	反 : +
$B \neq (C=P)$	正 : +	正 : -	正 : -
$B \neq C \neq P$	(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〉

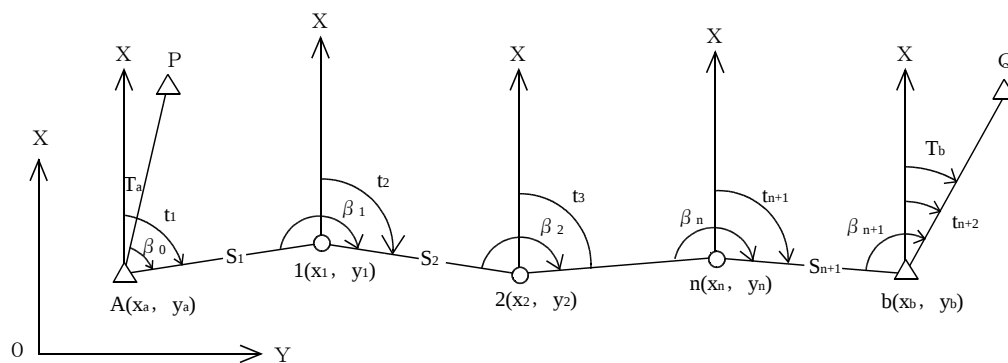


図 2. 4

(既知件)

A : 出発点 (既知点) x_a, y_a : A の x, y 座標

B : 結合点 (既知点) x_b, y_b : B の x, y 座標

T_a : 出発点の方向角

T_b : 結合点の方向角

(観測件)

β_k : 観測した水平角, (角数 = $n + 2$)

t_k : 測点で次の点に対する方向角, (角数 = $n + 2$)

s_k : 測点から次の点までの平面上の距離, (辺数 = $n + 1$)

k : 測点番号, (点数 = n)

(求 件)

x_k, y_k : 測点 k の x, y 座標

$\Delta x, \Delta y$: 座標の閉合差, Δt : 方向角の閉合差

(その他の記号)

X : 座標の x 軸の方向 Y : 座標の y 軸の方向

P, Q : 既知点

2.3.1 方向角の計算

出発点 A の方向角 : $t_1 = T_a + \beta_0$

測点 k の方向角 : $t_k = t_{k-1} + \beta_k \pm 180^\circ$

結合点 B の方向角 : $t_{n+2} = t_{n+1} + \beta_{n+1} \pm 180^\circ$

2.3.2 方向角の閉合差

$\Delta t = T_b - t_{n+2}$

又は

$\Delta t = T_b - T_a - \sum \beta \pm n \cdot 180^\circ$

2.3.3 座標の近似値の計算

測点 1 の座標 : $x_1 = x_a + d x_1, y_1 = y_a + d y_1$

測点 k の座標 : $x_k = x_{k-1} + d x_k, y_k = y_{k-1} + d y_k$

ただし、

$d x_k = s_k \cdot \cos t_k, d y_k = s_k \cdot \sin t_k$

2.3.4 座標の閉合差

$\Delta x = x_b - x_{n+1} = x_b - x_a - \sum d x$

$\Delta y = y_b - y_{n+1} = y_b - y_a - \sum d y$

2.3.5 方向角の計算 (取付観測がない場合)

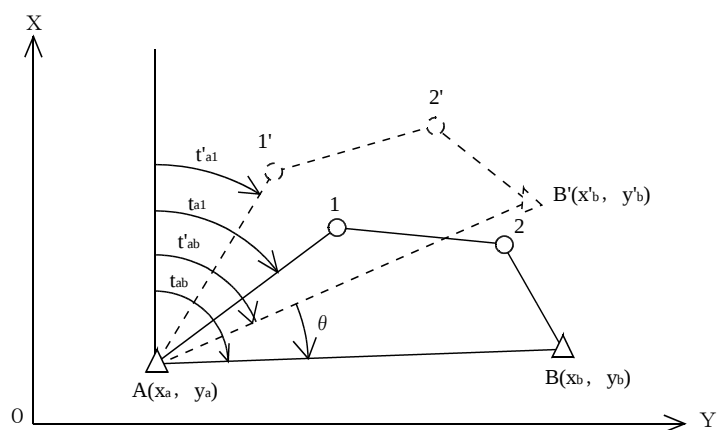


図 2. 5

————— : 計算で確定した多角路線
 ----- : 仮定の方角角で計算した多角路線

(既知件)

A : 出発点 x_a, y_a : 出発点の x, y 座標

B : 結合点 x_b, y_b : 結合点の x, y 座標

(観測件)

多角路線の辺長と新点及び節点における水平角

(求 件)

t_{a1} : A から 1 に対する方向角

(計算式および記号)

t'_{a1} : 地形図等から求めた A 点から 1' 点に対する仮定の方角角

(1' ・ 2' ・ B' は仮定の方角角によって計算した各点の位置)

t'_{ab} : 仮定の方角角 (A 点から B' 点に対する方向角)

$$t'_{ab} = \arctan \left(\frac{y'_b - y_a}{x'_b - x_a} \right)$$

t_{ab} : 出発点 A から結合点 B に対する方向角

$$t_{ab} = \arctan \left(\frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} \right)$$

θ : 仮定の方角角に対する修正量

$$\theta = t_{ab} - t'_{ab}$$

求件、A から 1 に対する方向角

$$t_{a1} = t'_{a1} + \theta$$

2.4 座標の精算（厳密水平網平均計算）

2.4.1 観測値を平面座標上へ変換するための補正計算

(1) 方向角の補正

$$(t - T)''_{ij} = -\frac{\rho''}{4m_0^2 R_0^2} (y'_j + y'_i)(x'_j - x'_i)_{ij} \\ + \frac{\rho''}{12m_0^2 R_0^2} (x'_j - x'_i)(y'_j + y'_i)_{ij}$$

$$t_{ij} = T_{ij} + (t - T)''_{ij}$$

(2) 距離の補正

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

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

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'_i, y'_i : P_i 点の近似座標値

x'_j, y'_j : P_j 点の近似座標値

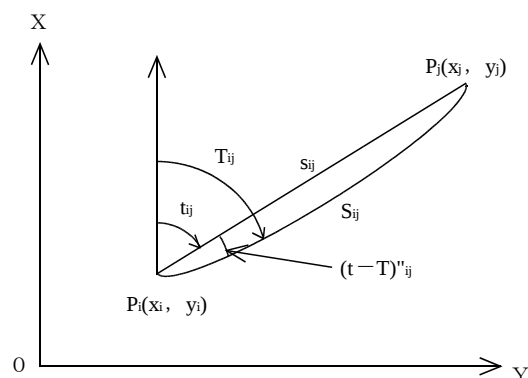


図 2. 6

2.4.2 觀測方程式



(1) 方向観測の観測方程式

$$v(t_{ik}) = -z_{im} + a_{ik} \delta x_i - b_{ik} \delta y_i - a_{ik} \delta x_k + b_{ik} \delta y_k - l_{tik}$$

重量 $p_{ik} = 1$

(2) 距離観測の観測方程式

$$v(s_{ik}) = -b_{ik} \delta x_i - a_{ik} \delta y_i + b_{ik} \delta x_k + a_{ik} \delta y_k - l_{sik}$$

重量 p sik

ただし、

$$x'_i, y'_i : P_i \text{点の座標の近似値 (m単位)}$$

x_i, y_i : P_i 点の座標の最確値 (m単位)

$$\delta x_i, \delta y_i: P_i \text{ 点の座標の補正值} \quad x_i = x'_i + \delta x_i, \quad y_i = y'_i + \delta y_i$$

P_i 点が既知点のとき $\delta x_i = \delta y_i = 0$

$$s'_{ik} : P_i, P_k \text{間の平面座標上の近似距離} \quad \{(x'_k - x'_i)^2 + (y'_k - y'_i)\}^{1/2}$$
 a_{ik}, b_{ik} : 観測方程式の係数

$$a_{ik} = \frac{(y'_k - y'_i)}{S'^2_{ik}} \rho'', \quad b_{ik} = \frac{(x'_k - x'_i)}{S'^2_{ik}} \rho''$$

S_{ik} : P_s , P_k 間の平面座標上の測定距離 (m単位)

$$l_{sik} : \text{距離の観測方程式の定数項} \quad \rho'' \quad (s_{ik} - s'_{ik}) / s'_{ik} \quad (\text{秒単位})$$
$$t'_{ij} : P_i \text{点における } P_j \text{ (零方向) 方向の仮定方向角 } \arctan \{ (y'_j - y'_i) / (x'_j - x'_i) \}$$
$$t'_{ik} : P_i \text{点における } P_k \text{方向の仮定方向角 } \arctan \{ (y'_k - y'_i) / (x'_k - x'_i) \}$$

Z_{im} : 標定誤差、 P_i 点における m 組目の方向観測を方向角に換算するときの
仮定方向角 (t') に対する補正值 (秒単位)

u_{ik} : P_i 点における零方向 (P_j 方向) を基準とした P_k 方向の観測角

 l_{tik} : 方向の観測方程式の定数項 (秒単位)

$$l_{tik} = (t'_{ij} + u_{ik}) - t'_{ik}$$

$$l_{tij} = 0 \quad (\text{零方向})$$

p_{ik} : 方向観測の重量、常に 1 とする

$$p_{sik} : \text{距離観測の重量} \quad \frac{m_t^2 \cdot s_{ik}^2}{(m_s^2 + \gamma^2 s_{ik}^2) \rho''^2}$$

$$m_t : \text{角の1方向の標準偏差 (秒単位)}$$

$$m_s : \text{測距儀における距離に無関係な標準偏差 (m単位)}$$

$$\gamma : \text{測距儀における距離に比例する誤差の比例定数}$$

$$v(t_{ik}) : \text{方向観測の残差 (秒単位)}$$

$$v(s_{ik}) : \text{距離観測の残差 (秒単位)}$$

$$m \text{ 単位の場合の残差} = s'_{ik} \cdot v(s_{ik}) / \rho''$$

2.4.3 平均計算

(1) 観測方程式の行列表示

$$V = AX - L, \quad P$$

ただし、

V : 残差のベクトル
A : 計画行列
X : 未知数のベクトル
L : 定数項のベクトル
P : 重量の行列

行列要素の配置順位は、それぞれ対応している。

(2) 正規方程式の行列

$$NX = U \cdots \cdots (2-8)$$

ただし、

$$N = A^T P A, \quad U = A^T P L$$

A^T は、Aの転置行列

(3) 解

$$X = N^{-1}U$$

N^{-1} は、Nの逆行列である。

(4) 座標の最確値

$$x_i = x'_i + \delta x_i$$

$$y_i = y'_i + \delta y_i$$

(5) 単位重量当たりの観測値の標準偏差 (σ_0)

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{V^T P V}{m - (r + 2n)}}$$

σ_0 は、角度で表示する。

ただし、

V^T : Vの転置ベクトル r : 方向観測の組の数

P : 観測値の重量行列 n : 新点の数

m : 観測方程式の数

(6) 座標の標準偏差

$$\sigma_x = \sigma_0 / \sqrt{q_x} \quad \cdots \cdots X \text{座標の標準偏差}$$

$$\sigma_y = \sigma_0 / \sqrt{q_y} \quad \cdots \cdots Y \text{座標の標準偏差}$$

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad \cdots \cdots \text{座標の標準偏差}$$

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_s$ は、長さで表示する。

ただし、 q_x : δx の重量 q_y : δy の重量

[注] $1/q_x, 1/q_y$ は、逆行列 N^{-1} の対角要素である。

2.5 標高及び閉合差の計算

2.5.1 標高及び高低差の計算

標高 H_2 (H_1 を既知とした場合)

$$H_2 = (H'_2 + H''_2) / 2$$

H'_2 , H''_2 正反に分けて計算を行う。

$$\text{正方向 } H'_2 = H_1 + D \sin \alpha_1 + i_1 - f_2 + K$$

$$\text{反方向 } H''_2 = H_1 - D \sin \alpha_2 - i_2 + f_1 - K$$

高低差 h は

$$h = D \sin \left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2} \right) + \frac{1}{2}(i_1 + f_1) - \frac{1}{2}(i_2 + f_2)$$

ただし

H_i : P_i 点の標高

i_i : P_i 点のセオドライト高

f_i : P_i 点の目標高

h : P_1 点と P_2 点との高低差

D : 測定距離

S : 基準面上の距離

Z_i : P_i 点で観測した鉛直角

α_i : P_i 点における高低角, $\alpha_i = 90^\circ - Z_i$

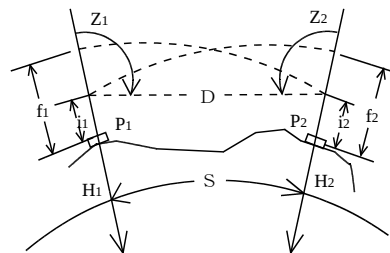


図 2. 8

$$K : \text{両差 (気差及び球差)} = \frac{(1-k)D^2}{2R}, \quad k : \text{屈折係数 (0.133)}$$

R : 平均曲率半径

2.5.2 標高の閉合差

結合多角路線の閉合差

$$\Delta H = H_b - H_a - \Sigma H$$

ただし、

ΔH : 閉合差, H_a : 出発点の標高, H_b : 結合点の標高

2.5.3 標高の近似値の計算

高低網平均の近似値は標高の概算値を使用する。

$$H_2 = H_1 + H$$

2.6 標高の精算 (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

$\delta \alpha_i$: 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

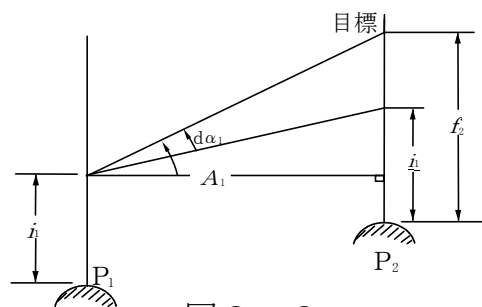


図 2. 9

- (1) 正の高低角に対する補正量

$$\delta\alpha_1 = \arctan \left\{ \frac{(f_2 - i_1) \cos A_1}{\frac{S}{\cos A_1} - (f_2 - i_1) \sin A_1} \right\}$$

- (2) 反の高低角に対する補正量

$$\delta\alpha_2 = \arctan \left\{ \frac{(f_1 - i_2) \cos A_2}{\frac{S}{\cos A_2} - (f_1 - i_2) \sin A_2} \right\}$$

ただし、

S は基準面上の距離 [2.6.2による]

- (3) 補正した観測高低角

$$\alpha_1 = A_1 - \delta\alpha_1$$

$$\alpha_2 = A_2 - \delta\alpha_2$$

2.6.2 観測方程式

〈平均値・観測値・近似値の関係〉

P_i : 平均計算で確定した測点

H_i : 標高の最確値

P'_i : 近似値による測点

H'_i : 近似標高

δH_i : 近似標高に対する補正量

α : 観測した高低角

$$\alpha = \left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2} \right)$$

α' : 近似標高により求めた高低角

$$\alpha' = \arctan \left\{ \frac{H'_2 - H'_1}{S} \left(1 - \frac{H'_1 - H'_2}{2R} \right) \right\}$$

S : 基準面上の距離

R : 平均曲率半径

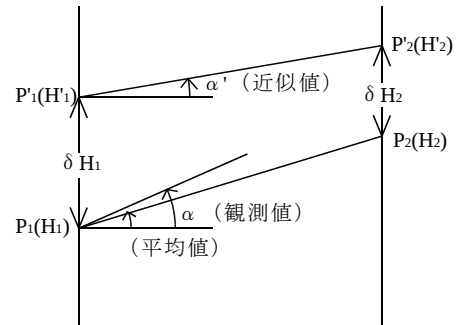


図 2. 10

- (1) 観測値の重量

正反を 1 組とした、 $\alpha = \left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2} \right)$ の観測値の重量を 1 とする。

- (2) 観測方程式の係数

$$C_1 = \frac{\cos^2 \alpha'}{S} \left(1 - \frac{H'_1}{R} \right) \rho''$$

$$C_2 = \frac{\cos^2 \alpha'}{S} \left(1 - \frac{H'_2}{R} \right) \rho''$$

- (3) 観測方程式

$$v(\alpha) = -C_1 \delta H_1 + C_2 \delta H_2 - l_{12}$$

重量 = 1

ただし、 $l_{12} = \alpha - \alpha'$

$v(\alpha)$: 高低角の残差 (秒単位)

2.6.3 平均計算

- (1) 観測方程式の行列表示は、2.4.3(1)による。
- (2) 標準方程式の行列は、2.4.3(2)による。
- (3) 解は2.4.3(3)による。
- (4) 標高の最確値

$$H_i = H'_i + \delta H_i$$

- (5) 単位重量当たりの観測値の標準偏差 (σ_0)

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{V^T P V}{m-n}}$$

σ_0 は、角度で表示する。

ただし、記号は2.4.3(5)と同じである。

- (6) 標高の標準偏差 (σ_h)

$$\sigma_h = \sigma_0 / \sqrt{q}$$

σ_h は、長さで表示する。

ただし、 q は δH の重量

2.7 簡易XY網平均

n : 1 路線内の節点数 ($k = 1, 2, \dots, n$)

m : 路線数 ($i = 1, 2, \dots, m$)

$S_i: \sum_{k=1}^{n+1} S_k$: i 路線の観測距離の総和, s : 節点間の平面距離

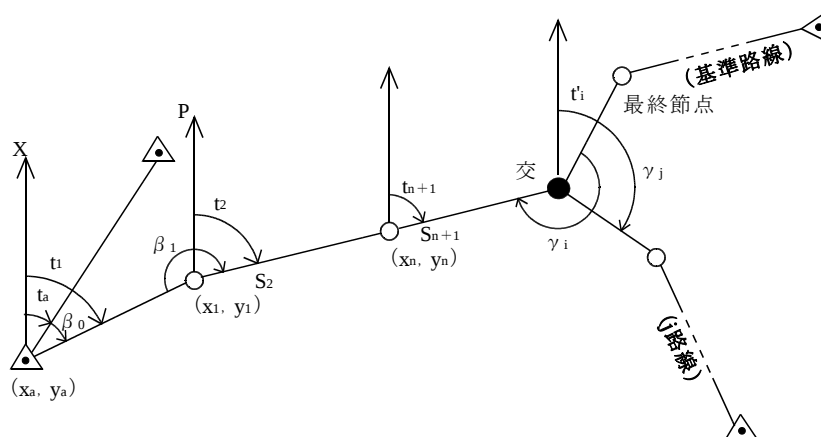


図 2. 11

2.7.1 単純重量平均による方法（交点1点の場合）

2.7.1.1 方向角の計算

- (1) i 路線から求めた交点における基準路線の最終節点の方向角 (t_i) の計算

$$t'_i = t_1 + \sum_{k=1}^n \beta_k - (n \pm 1)180^\circ - \gamma_i$$

$$t_1 = t_a + \beta_0$$

t_a : 出発点における取り付け点 (P) の方向角

t_k : ($k-1$) 番目の節点における方向角 ($k=1, 2, \dots, n+1$)

β_k : k 番目の節点における夾角 ($k=0, 1, 2, \dots, n$)

出発点での方向角の取り付け観測がない場合 ($k=1, 2, \dots, n$)

γ_i : 交点における基準路線の最終節点と i 路線の最終節点との夾角

($i=1, 2, \dots, m$), 基準路線の場合 $\gamma=0$

- (2) 交点における基準路線の最終節点の平均方向角 (t) の計算

$$t = \frac{\sum_{i=1}^m P_i t'_i}{\sum_{i=1}^m P_i}$$

P_i : i 路線の重量 (i 路線の夾角の観測数の逆数)

- (3) 閉合差 (Δt) とその路線の夾角への補正值 ($\delta \beta$)

$$\Delta t = t - t'_i = \sum_{k=0}^n \delta \beta_k \quad : i \text{ 路線の方向角の閉合差}$$

$\delta \beta_k$: k 番目の節点の夾角 β への補正值

出発点において方向角の取り付けのない場合 ($k=1, 2, \dots, n$)

2.7.1.2 座標計算

- (1) i 路線から求めた交点の座標 (x'_i, y'_i)

$$x'_i = x_0 + \sum_{k=1}^{n+1} dx_k \quad y'_i = y_0 + \sum_{k=1}^{n+1} dy_k$$

x_0, y_0 : 出発点の座標

$dx_k = s_k \cos t_k$: ($k-1$) 点から k 点までの x 座標差

$dy_k = s_k \sin t_k$: ($k-1$) 点から k 点までの y 座標差

- (2) 交点における平均座標 (x, y) の計算

$$x = \frac{\sum_{i=1}^m P_i x'_i}{\sum_{i=1}^m P_i} \quad y = \frac{\sum_{i=1}^m P_i y'_i}{\sum_{i=1}^m P_i}$$

$$P_i = 1 / S_i$$

- (3) 閉合差 ($\Delta x, \Delta y$) とその路線の節点座標への補正值 ($\delta x, \delta y$)

$$\Delta x = x - x'_i = \sum_{k=1}^{n+1} \delta x_k \quad : i \text{ 路線の交点における } x \text{ 座標の閉合差}$$

$$\Delta y = y - y'_i = \sum_{k=1}^{n+1} \delta y_k \quad : i \text{ 路線の交点における } y \text{ 座標の閉合差}$$

$$\delta x_L = (\Delta x / S_i) \sum_{k=1}^L S_k \quad : L \text{ 番目の節点座標 } (x_L) \text{ への補正值}$$

$$\delta y_L = (\Delta y / S_i) \sum_{k=1}^L S_k \quad : L \text{ 番目の節点座標 } (y_L) \text{ への補正值}$$

2.7.1.3 高低計算

- (1) i 路線から求めた交点の標高 (H_i)

$$H'_i = H_0 + \sum_{k=1}^{n+1} dH_k$$

H_0 : 出発点の標高

dH_k : $s_k \tan \alpha_k$

α_k : $k-1$ 番目の節点における高低角

- (2) 交点における平均標高 (H) の計算

$$H = \frac{\sum_{i=1}^m P_i H'_i}{\sum_{i=1}^m P_i}$$

$$P_i = 1 / S_i$$

- (3) 閉合差 (ΔH) とその路線の節点標高への補正值 (δH)

$$\Delta H = H - H'_i = \sum_{k=1}^{n+1} \delta H_k \quad : i \text{ 路線の交点の座標の閉合差}$$

$$\delta H_L = (\Delta H - S_i) = \sum_{k=1}^L S_k \quad : i \text{ 路線の } L \text{ 番目の節点標高への補正值}$$

2.7.2 条件方程式による方法

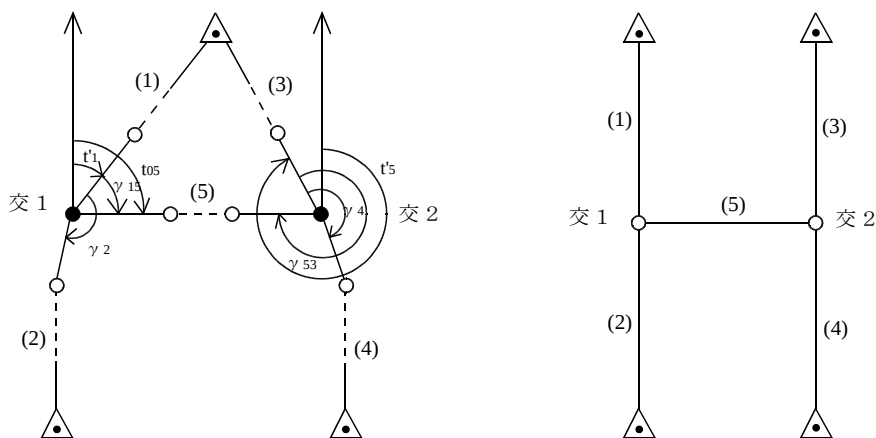


図 2. 1 2

2.7.2.1 条件方程式の組成

交点の平均方向角、平均座標及び平均標高の計算は次例により条件方程式（共通）を設ける。

$$v_1 - v_2 + W_1 = 0$$

$$v_3 - v_4 + W_2 = 0$$

$$v_1 - v_3 + v_5 + W_3 = 0$$

$v_1, v_2, \dots, v_5$: 各路線の方向角、座標、標高の補正量

W_1, W_2, W_3 : 各路線の方向角、座標、標高の閉合差

2.7.2.2 観測方向角（ t' ）及び閉合差（ W_t ）の計算

交点 1 において

$$t'_1 = t_{01} + \sum_{k=1}^{n1} \beta_{1k} - (n_1 \pm 1)180^\circ - 0^\circ$$

$$t'_2 = t_{02} + \sum_{k=1}^{n2} \beta_{2k} - (n_2 \pm 1)180^\circ - \gamma_2$$

交点 2 において

$$t'_3 = t_{03} + \sum_{k=1}^{n3} \beta_{3k} - (n_3 \pm 1)180^\circ - 0^\circ$$

$$t'_4 = t_{04} + \sum_{k=1}^{n4} \beta_{4k} - (n_4 \pm 1)180^\circ - \gamma_4$$

$$t'_5 = t_{05} + \sum_{k=1}^{n5} \beta_{5k} - (n_5 \pm 1)180^\circ - \gamma_{53}$$

$$t'_{05} = t'_{01} + \gamma_{15}$$

γ_{15} : 交点 1 における 1 路線の最終節点（零方向）と 5 路線の隣接節点との夾角

γ_{53} : 交点 2 における 5 路線の最終節点（零方向）と 3 路線の隣接節点との夾角

$$W_{t1} = t'_{01} - t'_{02}$$

$$W_{t2} = t'_{03} - t'_{04}$$

$$W_{t3} = t'_{05} - t'_{03}$$

2.7.2.3 座標（ x' ， y' ）及び閉合差（ W_x ， W_y ）の計算

交点 1 において

$$x'_1 = x_{01} + \sum_{k=1}^{n1+1} dx_{1k} \quad y'_1 = y_{01} + \sum_{k=1}^{n1+1} dy_{1k}$$

$$x'_2 = x_{02} + \sum_{k=1}^{n2+1} dx_{2k} \quad y'_2 = y_{02} + \sum_{k=1}^{n2+1} dy_{2k}$$

交点 2 において

$$x'_3 = x_{03} + \sum_{k=1}^{n3+1} dx_{3k} \quad y'_3 = y_{03} + \sum_{k=1}^{n3+1} dy_{3k}$$

$$x'_4 = x_{04} + \sum_{k=1}^{n4+1} dx_{4k} \quad y'_4 = y_{04} + \sum_{k=1}^{n4+1} dy_{4k}$$

$$x'_5 = x_{05} + \sum_{k=1}^{n5+1} dx_{5k} \quad y'_5 = y_{05} + \sum_{k=1}^{n5+1} dy_{5k}$$

$$dx_{ik} = s_{ik} \cos t_{ik} \quad dy_{ik} = s_{ik} \sin t_{ik}$$

$$W_{x1} = x'_1 - x'_2 \quad W_{y1} = y'_1 - y'_2$$

$$W_{x2} = x'_3 - x'_4 \quad W_{y2} = y'_3 - y'_4$$

$$W_{x3} = x'_5 - x'_3 \quad W_{y3} = y'_5 - y'_3$$

2.7.2.4 標高 (H') 及び閉合差 (W_H) の計算

交点 1 において

$$H'_1 = H_{01} + \sum_{k=1}^{n1+1} dH_{1k}$$

$$H'_2 = H_{02} + \sum_{k=1}^{n2+1} dH_{2k}$$

交点 2 において

$$H'_3 = H_{03} + \sum_{k=1}^{n3+1} dH_{3k}$$

$$H'_4 = H_{04} + \sum_{k=1}^{n4+1} dH_{4k}$$

$$H'_5 = H_{05} + \sum_{k=1}^{n5+1} dH_{5k}$$

$$dH_{ik} = s_{ik} \tan \alpha_{ik}$$

α_{ik} : i 路線の (k-1) 番目の節点における高低角

$$W_{H1} = H'_1 - H'_2$$

$$W_{H2} = H'_3 - H'_4$$

$$W_{H3} = H'_5 - H'_3$$

2.7.2.5 平均計算

(1) 条件方程式

$$CV + W = 0$$

$$C = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad V = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{pmatrix}, \quad W = \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ W_3 \end{pmatrix}$$

(2) 相関方程式

$$V = (C P^{-1}) K$$

$$P = \begin{pmatrix} 1/P_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/P_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/P_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/P_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/P_5 \end{pmatrix}, \quad K = \begin{pmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{pmatrix}$$

(3) 正規方程式と解

$$(C P^{-1} C^T) K + W = 0$$

$$K = - (C P^{-1} C^T)^{-1} W$$

$$V = (C P^{-1})^T (C P^{-1} C^T)^{-1} W$$

2.7.3 観測方程式による方法

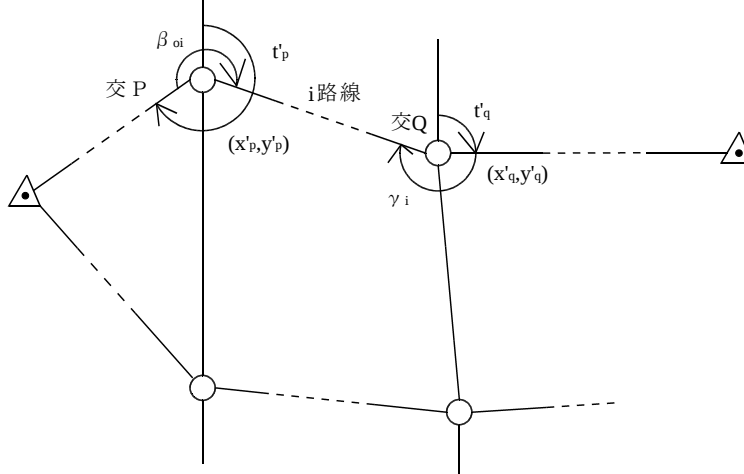


図 2. 1 3

2.7.3.1 方向角の観測方程式

交点 P から交点 Q まで (i 路線) の方向角の観測方程式は次式による

$$v_i = -\delta t_p + \delta t_q - \{ (t'_p - t'_q) + d t_i \} \quad \text{重量 } P$$

v_i : 残差

t'_p, t'_q : 交点 P 及び交点 Q における零方向の仮定方向角

$\delta t_p, \delta t_q$: t'_p, t'_q に対する補正值

$$d t_i = \beta_{0i} + \sum_{k=1}^{n_i} \beta_{ik} (n_i \pm 1) 180^\circ - \gamma_i$$

β_{ik} : k 番目の節点における観測夾角

β_{0i} : 出発点における観測夾角

γ_i : 結合点における観測夾角

$P_i = 1 / (\text{観測夾角の数})$: 図の場合, 観測夾角の数 ($n_i + 2$)

n_i : 節点数

2.7.3.2 座標の観測方程式

(1) 交点 P から交点 Q まで (i 路線) の座標の観測方程式は次式による。

$$v_i = -\delta x_q + \delta x_p - \{ (x'_p - x'_q) + d x_i \} \quad \text{重量 } P_i$$

$$v_i = -\delta y_q + \delta y_p - \{ (y'_p - y'_q) + d y_i \} \quad \text{重量 } P_i$$

v_i : 残差

$(x'_p, y'_p), (x'_q, y'_q)$: 交点 P 及び Q の仮定座標

$(\delta x_p, \delta y_p), (\delta x_q, \delta y_q)$: 仮定座標に対する補正值

$d x_i, d y_i$: 交点 P Q 間 (i 路線) の観測座標差

$P_i = 1 / S_i$ (S_i : P Q 間の観測路線長)

(2) 既知点 (x, y) から交点 (x'_q, y'_q) までの観測方程式は次式による。

$$v_i = \delta x_p - \{(x - x'_q) + d x_i\} \quad \text{重量 } P_i$$

$$v_i = \delta y_p - \{(y - y'_q) + d y_i\} \quad \text{重量 } P_i$$

- (3) 交点 (x'_p, y'_p) から既知点 (x, y) までの観測方程式は次式による。

$$v_i = -\delta x_p - \{(x'_p - x) + d x_i\} \quad \text{重量 } P_i$$

$$v_i = -\delta y_p - \{(y'_p - y) + d y_i\} \quad \text{重量 } P_i$$

2.7.3.3 標高の観測方程式

- (1) 交点 P から交点 Q まで (i 路線) の標高の観測方程式は次式による。

$$v_i = -\delta H_p + \delta H_q - \{(H'_p - H'_q) + d H_i\} \quad \text{重量 } P_i$$

v_i : 残差

H'_p, H'_q : 交点 P 及び Q の仮定標高

$\delta H_p, \delta H_q$: 仮定標高に対する補正值

$d H_i$: 交点 P Q 間の観測高低差

$P_i = 1 / S_i$ (S_i : P Q 間の観測路線長)

- (2) 既知点 (H) から交点 (H_q) までの観測方程式は次式による。

$$v_i = \delta H_q - \{(H - H'_q) + d H_i\} \quad \text{重量 } P_i$$

- (3) 交点 (H_p) から既知点 (H) までの観測方程式は次式による。

$$v_i = -\delta H_p - \{(H'_p - H) + d H_i\} \quad \text{重量 } P_i$$

2.7.3.4 正規方程式の組成及びその答解

方向角の観測方程式から正規方程式を組成し答解を行い、方向角の平均値を求める。この方向角の平均結果から仮定座標を計算し、座標の正規方程式を組成し答解を行い、平均座標値を求める。

標高の観測方程式から正規方程式を組成し答解を行い、標高の平均値を求める。

2.7.3.5 補正值の配布

- (1) 交点 P Q 間 (i 路線) の各夾角 (β_{ik}) への補正 ($\delta \beta_k$)

$\delta \beta_k = \Delta \beta_i /$ (夾角の観測値の数) : 夾角 β_{ik} への補正值

$\Delta \beta_i = \Sigma \delta \beta_k = \beta_i - d t_i$: P Q 路線の方向角の閉合差

$\beta_i = (t'_q + \delta t_q) - (t'_p + \delta t_p)$

- (2) 交点 P Q 点の平均座標 (x_p, y_p) (x_q, y_q) 及び平均標高 (H_p, H_q)

$$x_p = x'_p + \delta x_p \quad x_q = x'_q + \delta x_q$$

$$y_p = y'_p + \delta y_p \quad y_q = y'_q + \delta y_q$$

$$H_p = H'_p + \delta H_p \quad H_q = H'_q + \delta H_q$$

- (3) 交点 P Q 間 (i 路線) の各座標 (x'_{ik}, y'_{ik}) 及び各標高 (H'_{ik}) への補正 ($\delta x_k, \delta y_k, \delta H_k$)

i 路線における L 番目の節点への補正值

$$\delta x_{iL} = (\Delta x_i / S_i) \sum_{k=1}^L s_k + \delta x_p$$

$$\delta y_{iL} = (\Delta y_i / S_i) \sum_{k=1}^L s_k + \delta y_p$$

$$\delta H_{iL} = (\Delta H_i / S_i) \sum_{k=1}^L s_k + \delta H_p$$

$\Delta x_i = \delta x_q - \delta x_p$: 交点 P Q 間 (i 路線) の x 座標の閉合差

$\Delta y_i = \delta y_q - \delta y_p$: 交点 P Q 間 (i 路線) の y 座標の閉合差

$\Delta H_i = \delta H_q - \delta H_p$: 交点 P Q 間 (i 路線) の標高の閉合差

2.8 平面直角座標による基準面上の方向角及び基準面上の距離の計算

2.8.1 基準面上の方向角

$$T_{12} = \tan^{-1} \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) - (t - T)_{12}$$

ただし、

x_i, y_i : 測点 1 および測点 2 の座標

象限 : 第 1 象限 : $(y_2 - y_1) > 0, (x_2 - x_1) > 0$

第 2 象限 : $(y_2 - y_1) > 0, (x_2 - x_1) < 0$

第 3 象限 : $(y_2 - y_1) < 0, (x_2 - x_1) < 0$

第 4 象限 : $(y_2 - y_1) < 0, (x_2 - x_1) > 0$

$$(t - T)_{12} = \frac{\rho''}{4m_0^2 R_0^2} (y_2 + y_1)(x_2 - x_1) + \frac{\rho''}{12m_0^2 R_0^2} (x_2 + x_1)(y_2 - y_1)$$

2.8.2 基準面上の距離

$$S_{12} = \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{\frac{s}{S}}$$

$$\frac{s}{S} = m_0 \left\{ 1 + \frac{1}{6R_0^2 m_0^2} (y_1^2 + y_1 y_2 + y_2^2) \right\}$$

ただし、

R_0 : 平面直角座標系原点の平均曲率半径

m_0 : 平面直角座標系の X 軸上における縮尺係数 0.9999

2.8.3 成果表に記載する縮尺係数

$$m = m_0 \left\{ 1 + \frac{3y^2}{6R_0^2 m_0^2} \right\}$$

ただし、 y : 当該点の y 座標

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

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

2.9.2 子午線収差角 γ 及び縮尺係数 m

$$\gamma = \tan^{-1} \left(\frac{\tau' + \sigma' \tan \xi' \tanh \eta'}{\sigma' - \tau' \tan \xi' \tanh \eta'} \right), \quad m = \frac{\bar{A}}{a} \sqrt{\frac{\cos^2 \xi' + \sinh^2 \eta'}{\sigma'^2 + \tau'^2} \left\{ 1 + \left(\frac{1-n}{1+n} \tan \varphi \right)^2 \right\}}$$

ただし、

x, y : 新点の x 座標及び y 座標

φ_0, λ_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 座標上における縮尺係数 (0.9999)

a, F : 楕円対の長半径及び逆扁平率

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.10 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

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

2.10.2 子午線収差角 γ 及び縮尺係数 m

$$\gamma = \tan^{-1} \left(\frac{\tau \bar{t} \lambda_c + \sigma t \lambda_s}{\sigma \bar{t} \lambda_c - \tau t \lambda_s} \right), \quad m = \frac{\bar{A}}{a} \sqrt{\frac{\sigma^2 + \tau^2}{t^2 + \lambda_c^2} \left\{ 1 + \left(\frac{1-n}{1+n} \tan \varphi \right)^2 \right\}}$$

ただし、

φ, λ : 新点の緯度及び経度

$\varphi_0, \lambda_0, m_0, a, F, n, \bar{S}_{\varphi_0}, \bar{A}$: 2.9による。

$$t = \sinh \left(\tanh^{-1} \sin \varphi - \frac{2\sqrt{n}}{1+n} \tanh^{-1} \left(\frac{2\sqrt{n}}{1+n} \sin \varphi \right) \right), \quad \bar{t} = \sqrt{1+t^2}$$

$$\lambda_c = \cos(\lambda - \lambda_0), \quad \lambda_s = \sin(\lambda - \lambda_0), \quad \xi' = \tan^{-1}\left(\frac{t}{\lambda_c}\right), \quad \eta' = \tanh^{-1}\left(\frac{\lambda_s}{t}\right)$$

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

$$\alpha_1 = \frac{1}{2}n - \frac{2}{3}n^2 + \frac{5}{16}n^3 + \frac{41}{180}n^4 - \frac{127}{288}n^5, \quad \alpha_2 = \frac{13}{48}n^2 - \frac{3}{5}n^3 + \frac{557}{1440}n^4 + \frac{281}{630}n^5,$$

$$\alpha_3 = \frac{61}{240}n^3 - \frac{103}{140}n^4 + \frac{15061}{26880}n^5, \quad \alpha_4 = \frac{49561}{161280}n^4 - \frac{179}{168}n^5, \quad \alpha_5 = \frac{34729}{80640}n^5$$

3. GNSS測量機を使用した場合の計算式

3.1 楕円体の変換

3.1.1 経緯度及び高さから三次元直交座標系への変換

$$X = (N + h) \cos \phi \cos \lambda$$

$$Y = (N + h) \cos \phi \sin \lambda$$

$$Z = \{N(1 - e^2) + h\} \sin \phi$$

$$h = H + N_g$$

ただし、

ϕ : 緯度 λ : 経度
 h : 楕円体高 N : 卯酉線曲率半径
 N_g : ジオイド高 e : 第一離心率
 H : 標高

とする。

3.1.2 地心直交座標系から経緯度及び高さへの変換

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

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{Y}{X} \right)$$

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

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

ただし、

ϕ の収束条件 : $|\phi_i - \phi_{i-1}| \leq 10^{-12} \text{ (rad)}$
 ϕ_i : i 回目の計算結果
 $\phi_0 : \tan^{-1} \left(\frac{Z}{P(1-e^2)} \right)$

とする。

3.2 偏心補正計算

3.2.1 偏心補正計算に必要な距離計算

$$D = \sqrt{(D' \cdot \cos \alpha_m)^2 + (D' \cdot \sin \alpha_m + i_1 - f_2)^2}$$

$$\alpha_m = \frac{(a'_1 - a'_2)}{2}$$

ただし、

D : 既知点と偏心点の斜距離

D' : 測定した斜距離

α'_1, α'_2 : 観測高低角

i_1, i_2 : TS等の器械高

f_1, f_2 : 目標高

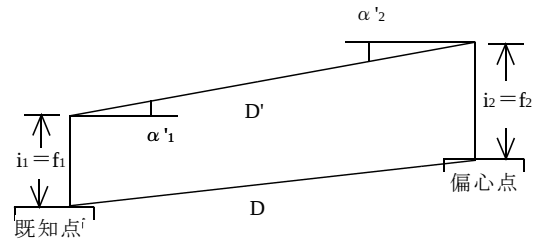


図 3. 1

3.2.2 偏心補正計算に必要な高低角に対する補正計算

$$\alpha_1 = \alpha'_1 + \delta \alpha_1$$

$$\alpha_2 = \alpha'_2 + \delta \alpha_2$$

$$\delta \alpha_1 = \sin^{-1} \frac{(i_1 - f_2) \cdot \cos \alpha'_1}{D}$$

$$\delta \alpha_2 = \sin^{-1} \frac{(i_2 - f_1) \cdot \cos \alpha'_2}{D}$$

ただし、

α_1, α_2 : 既知点と偏心点の高低角

α'_1, α'_2 : 観測高低角

$\delta \alpha_1, \delta \alpha_2$: 高低角の補正量

D : 既知点と偏心点の斜距離

i_1, i_2 : TS等の器械高

f_1, f_2 : 目標高

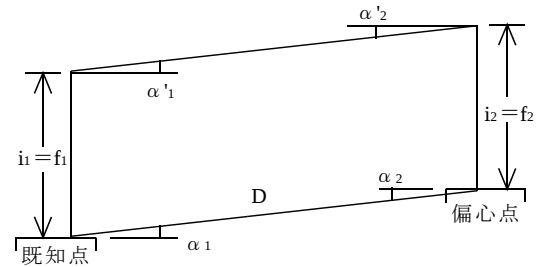


図 3. 2

3.2.3 偏心補正計算に必要な方位角の計算

(1) 偏心点から本点の方位角

$$T = T_0 + \phi$$

$$T_0 = \tan^{-1} \frac{D_y}{D_x}$$

$$\begin{pmatrix} D_x & -\sin \phi \cdot \cos \lambda & -\sin \phi \cdot \cos \lambda & \cos \phi \\ D_y & -\sin \lambda & \cos \lambda & 0 \\ D_z & \cos \phi \cdot \cos \lambda & \cos \phi \cdot \sin \lambda & \sin \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x' \\ \Delta y' \\ \Delta z' \end{pmatrix}$$

ただし、

T : 偏心点から既知点の方位角

T_0 : 方位標の方位角

ϕ : 偏心率

D_x, D_y, D_z : 基線ベクトルの局所測地座標系における成分

ϕ : 偏心点の緯度

λ : 偏心点の経度

$\Delta x', \Delta y', \Delta z'$: 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)

(2) 既知点から偏心点の方位角計算

$$T' = T \pm 180^\circ - \gamma$$

$$Y = \frac{S' \cdot \sin T' \cdot \tan \phi_c}{N_c}$$

$$S' = \frac{D \cdot \cos \alpha_m \cdot R}{(R + h_m)}$$

$$\phi_c = \phi_1 + \frac{X}{M}$$

$$X = S' \cdot \cos T'$$

$$\alpha_m = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2)}{2}$$

$$h_m = \frac{(h_1 - h_2)}{2}$$

$$R = \sqrt{M \cdot N_c}$$

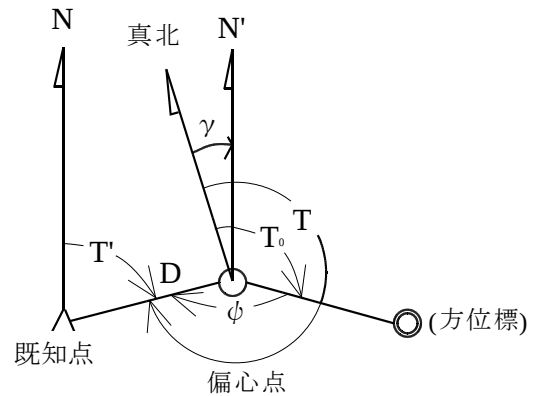


図 3. 3

ただし、

T : 偏心点から既知点の方位角 3.2.3(1) で計算した値を使用する。

γ : 偏心点における子午線収差角

S' : 基準面上の距離

D : 既知点と偏心点の斜距離

φ₁ : 既知点の緯度

N_c : 卯酉線曲率半径 (引数は φ_c とする)

M : 子午線曲率半径 (引数は φ₁ とする)

R : 平均曲率半径 (引数は φ₁ とする)

α₁, α₂ : 既知点と偏心点の高低角

h₁, h₂ : 既知点と偏心点の楕円体高

(注) γ の計算は最初、T₀' = T + 180° の値で計算し、| T' - T₀' | ≤ 0.1'' を満たすまで繰り返す。

3.2.4 偏心補正計算

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。

$$\begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sin \phi \cdot \cos \lambda & -\sin \lambda & \cos \phi \cdot \cos \lambda \\ -\sin \phi \cdot \sin \lambda & \cos \lambda & \cos \phi \cdot \sin \lambda \\ \cos \phi & 0 & \sin \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D \cdot \cos \alpha_m \cdot \cos T \\ D \cdot \cos \alpha_m \cdot \sin T \\ D \cdot \sin \alpha_m \end{pmatrix}$$

$$\alpha_m = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2)}{2}$$

ただし、

Δ x, Δ y, Δ z : 偏心補正量

φ : 既知点の緯度

λ : 既知点の経度

D : 既知点と偏心点の斜距離

α₁, α₂ : 既知点と偏心点の高低角

T : 既知点から偏心点又は偏心点から既知点の方位角

3.2.5 偏心補正の方法

(1) 偏心点及び既知点で偏心角観測をした場合

$$\begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta X_{ob} \\ \Delta Y_{ob} \\ \Delta Z_{ob} \end{pmatrix} \pm \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}$$

ただし、

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$: 偏心補正後の2点間の座標差
(地心直交座標系における成分)

$\Delta X_{ob}, \Delta Y_{ob}, \Delta Z_{ob}$: 偏心点で観測した2点間の座標差
(地心直交座標系における成分)

$\Delta x, \Delta y, \Delta z$: 偏心補正量
(3.2.4で計算した値を使用する)

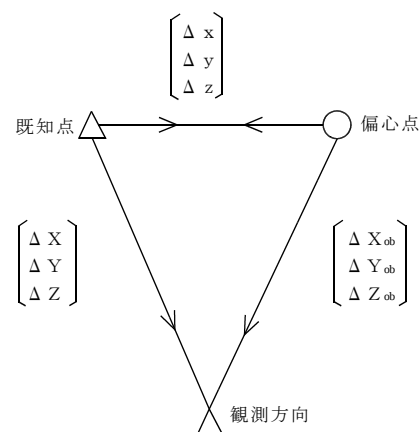


図 3. 4

(2) 偏心点の座標が未知の場合

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} \pm \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}$$

ただし、

X, Y, Z : 偏心点の座標 (地心直交座標系における成分)

X_1, Y_1, Z_1 : 既知点の座標 (地心直交座標系における成分)

$\Delta x, \Delta y, \Delta z$: 偏心補正量 (3.2.4で計算した値を使用する)

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 $\angle X, \angle Y, \angle Z$ から $\angle N, \angle E, \angle U$ への変換計算

3.3.1 既知点間の閉合差

$$\begin{pmatrix} \angle N \\ \angle E \\ \angle U \end{pmatrix} = R \cdot \begin{pmatrix} \Sigma \angle X \\ \Sigma \angle Y \\ \Sigma \angle Z \end{pmatrix}$$

ただし、

$\angle N$: 水平面の南北成分の閉合差

$\angle E$: 水平面の東西成分の閉合差

$\angle U$: 高さ成分の閉合差

$\angle X$: 地心直交座標X軸成分の閉合差

$\angle Y$: 地心直交座標Y軸成分の閉合差

$\angle Z$: 地心直交座標Z軸成分の閉合差

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

ϕ, λ は、測量地域内の任意の既知点の緯度、経度値とする。

3.3.2 重複辺の較差

3.3.1内の $\angle X, \angle Y, \angle Z$ を

- $\angle X$: 基線ベクトルX軸成分の較差
 $\angle Y$: 基線ベクトルY軸成分の較差
 $\angle Z$: 基線ベクトルZ軸成分の較差

3.3.3 基線ベクトルの環閉合差

- 3.3.1内の $\angle X$, $\angle Y$, $\angle Z$ を
 $\angle X$: 基線ベクトルX軸成分の環閉合差
 $\angle Y$: 基線ベクトルY軸成分の環閉合差
 $\angle Z$: 基線ベクトルZ軸成分の環閉合差

3.4 三次元網平均計算

3.4.1 GPS 基線ベクトル

$$\begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} \pm \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (N_i + H_i) \cdot \cos \phi_i \cdot \cos \lambda_i \\ (N_i + H_i) \cdot \cos \phi_i \cdot \sin \lambda_i \\ \{N_i \cdot (1 - e^2) + H_i\} \cdot \sin \phi_i \end{pmatrix} \quad i=1, 2$$

3.4.2 観測方程式

(1) 地心直交座標 (X, Y, Z) による観測方程式

$$\begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \delta X_2 \\ \delta Y_2 \\ \delta Z_2 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \delta X_1 \\ \delta Y_1 \\ \delta Z_1 \end{pmatrix} + M_\xi \begin{pmatrix} \Delta X^0 \\ \Delta Y^0 \\ \Delta Z^0 \end{pmatrix} \xi + M_\eta \begin{pmatrix} \Delta X^0 \\ \Delta Y^0 \\ \Delta Z^0 \end{pmatrix} \eta + M_\alpha \begin{pmatrix} \Delta X^0 \\ \Delta Y^0 \\ \Delta Z^0 \end{pmatrix} \alpha + \begin{pmatrix} \Delta X^0 \\ \Delta Y^0 \\ \Delta Z^0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \Delta X_{0b} \\ \Delta Y_{0b} \\ \Delta Z_{0b} \end{pmatrix}$$

(残差) (未知量) (未知量) (概算量) (観測量)

(注) 測量地域の微小回転を推定しない場合は、 ξ , η , α の項は除く。

$$M_\xi = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -\cos \lambda_0 \\ 0 & 0 & -\sin \lambda_0 \\ \cos \lambda_0 & \sin \lambda_0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M_\eta = \begin{pmatrix} 0 & -\cos \phi_0 & -\sin \phi_0 \cdot \sin \lambda_0 \\ \cos \phi_0 & 0 & \sin \phi_0 \cdot \cos \lambda_0 \\ \sin \phi_0 \cdot \sin \lambda_0 & -\sin \phi_0 \cdot \cos \lambda_0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M_\alpha = \begin{pmatrix} 0 & -\sin \phi_0 & -\cos \phi_0 \cdot \sin \lambda_0 \\ -\sin \phi_0 & 0 & \cos \phi_0 \cdot \cos \lambda_0 \\ \cos \phi_0 \cdot \sin \lambda_0 & -\cos \phi_0 \cdot \cos \lambda_0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\xi = \phi - \phi_0$$

$$\eta = (\lambda - \lambda_0) \cos \phi_0$$

ただし、

ϕ_0, λ_0 : 既知点 (任意) の緯度、経度

ξ : 測量地域の南北成分の微小回転
 η : 測量地域の東西成分の微小回転
 α : 網の鉛直軸の微小回転

(2) 測地座標（緯度 ϕ ，経度 λ ，標高 H ）による観測方程式

$$\begin{pmatrix} V \\ V \\ V \end{pmatrix} = m_2 \begin{pmatrix} \delta \phi_2 \\ \delta \lambda_2 \\ \delta H_2 \end{pmatrix} - m_1 \begin{pmatrix} \delta \phi_1 \\ \delta \lambda_1 \\ \delta H_1 \end{pmatrix} + M_\xi \begin{pmatrix} \Delta X^0 \\ \Delta Y^0 \\ \Delta Z^0 \end{pmatrix} \xi + M_\eta \begin{pmatrix} \Delta X^0 \\ \Delta Y^0 \\ \Delta Z^0 \end{pmatrix} \eta + M_\alpha \begin{pmatrix} \Delta X^0 \\ \Delta Y^0 \\ \Delta Z^0 \end{pmatrix} \alpha + \begin{pmatrix} \Delta X^0 \\ \Delta Y^0 \\ \Delta Z^0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \Delta X_{0b} \\ \Delta Y_{0b} \\ \Delta Z_{0b} \end{pmatrix}$$

(補正量) (未知量) (未知量) (概算量) (観測量)

(注) 鉛直線偏差及び鉛直軸の微小回転を推定しない場合は、 ξ ， η ， α の項は除く。

$$m_i = \begin{pmatrix} - (M_i + H_i) \cdot \sin \phi_i \cdot \cos \lambda_i & - (N_i + H_i) \cdot \cos \phi_i \cdot \sin \lambda_i & \cos \phi_i \cdot \cos \lambda_i \\ - (M_i + H_i) \cdot \sin \phi_i \cdot \sin \lambda_i & (N_i + H_i) \cdot \cos \phi_i \cdot \cos \lambda_i & \cos \phi_i \cdot \sin \lambda_i \\ (M_i + H_i) \cdot \cos \phi_i & 0 & \sin \phi_i \end{pmatrix} \quad i=1, 2$$

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

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

ただし、

P : 重量行列

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

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

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

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

ϕ 、 λ は測量地域内における任意の既知点の緯度、経度値とする。

3.4.4 平均計算

$$V = AX - L$$

$$(A^T P A) X = (A^T P L)$$

$$X = N^{-1} U$$

$$P = \begin{pmatrix} \sigma_{\Delta X \Delta X} & \sigma_{\Delta X \Delta Y} & \sigma_{\Delta X \Delta Z} \\ \sigma_{\Delta Y \Delta X} & \sigma_{\Delta Y \Delta Y} & \sigma_{\Delta Y \Delta Z} \\ \sigma_{\Delta Z \Delta X} & \sigma_{\Delta Z \Delta Y} & \sigma_{\Delta Z \Delta Z} \end{pmatrix}^{-1}$$

ただし、

V : 残差ベクトル

A : 未知数の係数行列

X : 未知数ベクトル

L : 定数項ベクトル

P : 重量行列

3.4.5 平均計算後の観測値の単位重量当たりの標準偏差

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{V^T P V}{3m-n}} \quad \begin{array}{l} m : \text{基線数} \\ n : \text{未知点数} \end{array}$$

3.4.6 未知点座標の平均値の標準偏差

(1) 地心直交座標

$$X \text{ の標準偏差} : \sigma_X = m_0 \sqrt{\sigma_{\Delta X \Delta X}}$$

$$Y \text{ の標準偏差} : \sigma_Y = m_0 \sqrt{\sigma_{\Delta Y \Delta Y}}$$

$$Z \text{ の標準偏差} : \sigma_Z = m_0 \sqrt{\sigma_{\Delta Z \Delta Z}}$$

(2) 測地座標

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

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

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

ただし、

$\sigma_{\phi \phi}$, $\sigma_{\lambda \lambda}$, σ_{hh} : 重み係数行列の対角要素

M' : 子午線曲率半径

N : 卯酉線曲率半径

3.5 ジオイド高算出のための補間計算

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

ただし、

ϕ_i : i 格子の緯度

λ_j : j 格子の経度

$N_{g(i,j)}$: (i, j) 格子のジオイド高

ϕ : 求点の緯度

λ : 求点の経度

N_g : 求点のジオイド高

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

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

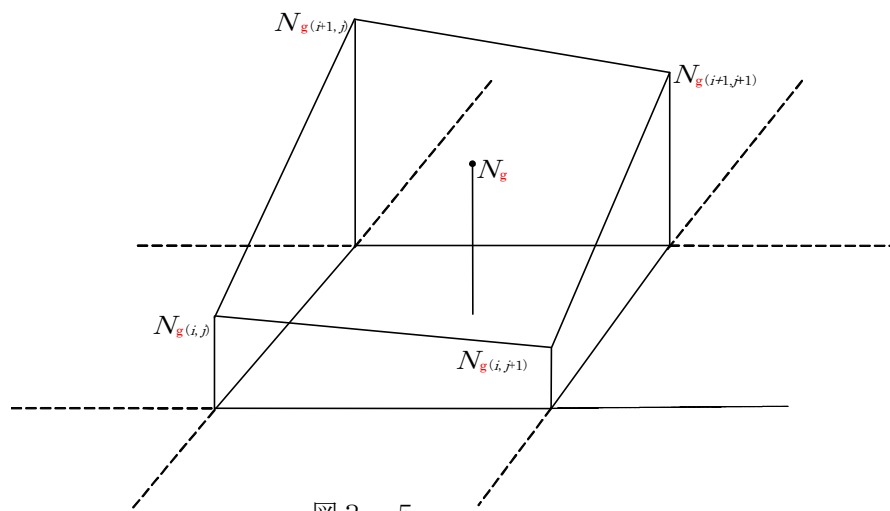


図 3. 5

(注) 求点のジオイド高は、求点を最も近く取り囲む4格子のジオイド高から求める。

4. 本計算式のほか、これと同精度もしくはこれをうわまわる精度を有することが確認できる場合には、当該計算式を使用することができる。

〔Ⅱ〕一筆地測量

座標計算

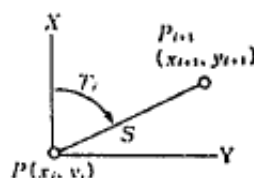
(1) 放射法

P_i から P_{i+1} の座標値を求める。

$$x_{i+1} = x_i + S \cdot \cos T_i$$

$$y_{i+1} = y_i + S \cdot \sin T_i$$

T_i : P_i 点から P_{i+1} に対する方向角



(2) 交点計算

1) 二直線 4 点座標の場合

$$m_1 = \frac{B}{A} \quad m_2 = \frac{F}{E}$$

$$L = D - C \cdot m_2$$

$$M = m_1 - m_2$$

$$\Delta x = \frac{L}{M} \quad \Delta y = \Delta x \cdot m_1$$

$$X = \Delta x + x_1 \quad Y = \Delta y + y_1$$

ただし

$$A = x_2 - x_1$$

$$B = y_2 - y_1$$

$$C = x_3 - x_1$$

$$D = y_3 - y_1$$

$$E = x_4 - x_1$$

$$F = y_4 - y_1$$

2) 2 方向及び 2 点座標の場合

$$S_1 = (\Delta Y_1 \cdot \cos \beta - \Delta X_1 \sin \beta) \cdot \operatorname{cosec} \theta \cdots \cdots (1) \quad \theta = \beta - \alpha$$

$$S_2 = (\Delta Y_1 \cdot \cos \alpha - \Delta X_1 \sin \alpha) \cdot \operatorname{cosec} \theta \cdots \cdots (2)$$

$$\Delta X_2 = S_1 \cdot \cos \alpha \quad \Delta X_3 = S_2 \cdot \cos \beta$$

$$\Delta Y_2 = S_1 \cdot \sin \alpha \quad \Delta Y_3 = S_2 \cdot \sin \beta$$

$$\left. \begin{array}{l} X_K = X_1 + \Delta X_2 \\ X_K = X_2 + \Delta X_3 \end{array} \right\} \text{より求点座標}(X_K, Y_K)$$

$$\left. \begin{array}{l} Y_K = Y_1 + \Delta Y_2 \\ Y_K = Y_2 + \Delta Y_3 \end{array} \right\} \text{を算出する。}$$

3) 直線及び曲線の交点座標計算

角 α の計算

$$\alpha = T_{AD} - T_{AB}$$

ただし, T_{AD} : A 点から D 点の方向角

T_{AB} : A 点から B 点の方向角

角 β の計算

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha \cdot f}{R}$$

f : A 点 B 点間の距離

R : 半径

角 γ の計算

$$\gamma = 180 - \beta$$

角 θ の計算

$$\theta = 180 - (\alpha + \gamma)$$

辺 g の計算

$$g = \frac{R \cdot \sin \theta}{\sin \alpha}$$

直線、曲線の交点(C点)の座標計算

$$\begin{cases} \Delta X_1 = g \cdot \cos T_{AD} \\ \Delta Y_1 = g \cdot \sin T_{AD} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta X_2 = R \cdot \cos T_{BC} \\ \Delta Y_2 = R \cdot \sin T_{BC} \end{cases}$$

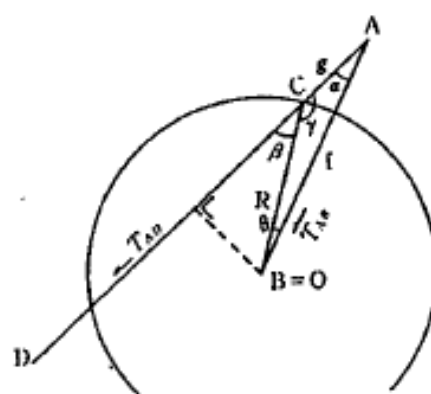
$$X_C = X_A + \Delta X_1$$

$$X_C = X_B + \Delta X_2$$

$$Y_C = Y_A + \Delta Y_1$$

$$Y_C = Y_B + \Delta Y_2$$

ただし T_{AD} は A 点から D 点の方向角
 T_{AB} は A 点から B 点の方向角



4) 曲線及び曲線の交点座標計算

$AC = b =$ 半径 r_1 , $BC = a =$ 半径 r_2

$X_A - X_B = \Delta X$, $Y_A - Y_B = \Delta Y$

$\tan \alpha = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$ より α を求め ΔX ,

ΔY の符号により方向角 T を定める。

$$S(c) = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha}$$

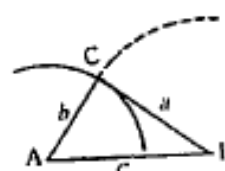
角 A, B, C の計算

$$\cos A = \frac{-a^2 + b^2 + c^2}{2bc}$$

$$\cos B = \frac{-b^2 + a^2 + c^2}{2ac}$$

$$\cos C = \frac{-c^2 + a^2 + b^2}{2ab}$$

角 A, B, C を求め A 点及び B 点より方向角と距離(半径)を使い交点 C の座標を算出する。



〔Ⅲ〕地積測定

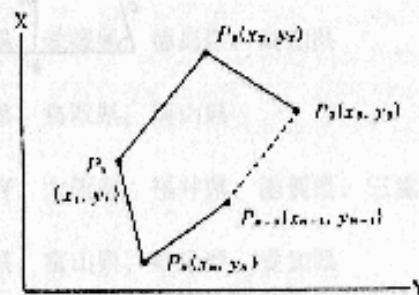
地積の計算

(1) 座標法

$$A = \frac{1}{2} \{ x_1(y_2 - y_n) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_4 - y_2) + \dots + x_{n-1}(y_n - y_{n-2}) + x_n(y_1 - y_{n-1}) \}$$

又は

$$A = \frac{1}{2} \{ y_1(x_2 - x_n) + y_2(x_3 - x_1) + y_3(x_4 - x_2) + \dots + y_{n-1}(x_n - x_{n-2}) + y_n(x_1 - x_{n-1}) \}$$



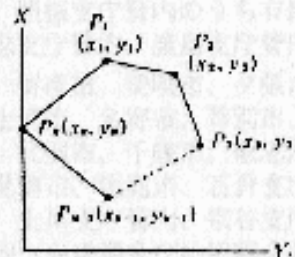
(2) 倍横距法

$$A = \Delta x_1 \cdot \frac{\Delta y_1}{2} + \Delta x_2 \left(\Delta y_1 + \frac{\Delta y_2}{2} \right) + \Delta x_3 \left(\Delta y_1 + \Delta y_2 + \frac{\Delta y_3}{2} \right) + \dots + \Delta x_n \left(\Delta y_1 + \Delta y_2 + \Delta y_3 + \dots + \Delta y_{n-1} + \frac{\Delta y_n}{2} \right)$$

ただし

Δx_i : 当該 i 点から次の点までの総距 $\Delta x_i = x_{i+1} - x_i$

Δy_i : 当該 i 点から次の点までの総距 $\Delta y_i = y_{i+1} - y_i$



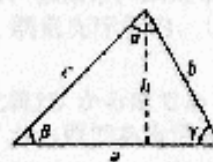
(3) 三斜法

$$A = \frac{1}{2} a h \quad h = c \cdot \sin \beta = b \cdot \sin \gamma \text{ より}$$

$$A = \frac{1}{2} c \cdot a \cdot \sin \beta$$

$$A = \frac{1}{2} a \cdot b \cdot \sin \gamma$$

$$A = \frac{1}{2} b \cdot c \cdot \sin \alpha$$



(4) 台形法

$$A = \frac{1}{2}(a+b) \cdot h$$

$$M = (\cot \alpha + \cot \beta) \cdot 2A$$

$$b = \sqrt{a^2 + M}$$

$$a = \sqrt{b^2 + M}$$

$$h = \frac{2A}{a+b}$$

$$c = h \cdot \operatorname{cosec} \alpha$$

$$d = h \cdot \operatorname{cosec} \beta$$

ただし A : 面積

a : 上辺

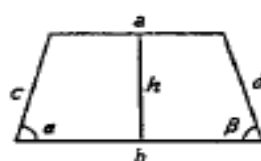
b : 底辺

α, β : 夾角

c : 左辺

d : 右辺

h : 高さ



附表 1 平成14年国土交通省告示第 9 号に規定する平面直角座標系（第 7 条関係）

系 番号	原点の経緯度	適 用 区 域
I	B = 33° 0′ 0″ .0000 L = 129° 30′ 0″ .0000	長崎県、鹿児島県のうち北方北緯32° 南方北緯27° 西方東経128° 18′ 東方東経130° を境界線とする区域内（奄美群島は東経130° 13′ までを含む。）にあるすべての島、小島、環礁及び岩礁。
II	B = 33° 0′ 0″ .0000 L = 131° 0′ 0″ .0000	福岡県、佐賀県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県（I系に規定する区域を除く。）
III	B = 36° 0′ 0″ .0000 L = 132° 10′ 0″ .0000	山口県、島根県、広島県
IV	B = 33° 0′ 0″ .0000 L = 133° 30′ 0″ .0000	香川県、愛媛県、徳島県、高知県
V	B = 36° 0′ 0″ .0000 L = 134° 20′ 0″ .0000	兵庫県、鳥取県、岡山県
VI	B = 36° 0′ 0″ .0000 L = 136° 0′ 0″ .0000	京都府、大阪府、福井県、滋賀県、三重県、奈良県、和歌山県
VII	B = 36° 0′ 0″ .0000 L = 137° 10′ 0″ .0000	石川県、富山県、岐阜県、愛知県
VIII	B = 36° 0′ 0″ .0000 L = 138° 30′ 0″ .0000	新潟県、長野県、山梨県、静岡県
IX	B = 36° 0′ 0″ .0000 L = 139° 50′ 0″ .0000	東京都（XIV系、XVIII系及びXIX系に規定する区域を除く。）、福島県、栃木県、茨城県、埼玉県、千葉県、群馬県、神奈川県
X	B = 40° 0′ 0″ .0000 L = 140° 50′ 0″ .0000	青森県、秋田県、山形県、岩手県、宮城県
XI	B = 44° 0′ 0″ .0000 L = 140° 15′ 0″ .0000	小樽市、函館市、伊達市、北斗市、北海道後志総合振興局の所管区域、北海道胆振総合振興局の所管区域のうち豊浦町、壮瞥町及び洞爺湖町、北海道渡島総合振興局の所管区域、北海道檜山振興局の所管区域
XII	B = 44° 0′ 0″ .0000 L = 142° 15′ 0″ .0000	北海道（XI系及びXIII系に規定する区域を除く。）
XIII	B = 44° 0′ 0″ .0000 L = 144° 15′ 0″ .0000	北見市、帯広市、釧路市、網走市、根室市、北海道オホーツク総合振興局の所管区域のうち美幌町、津別町、斜里町、清里町、小清水町、訓子府町、置戸町、佐呂間町及び大空町、北海道十勝総合振興局の所管区域、北海道釧路総合振興局の所管区域、北海道根室振興局の所管区域
XIV	B = 26° 0′ 0″ .0000 L = 142° 0′ 0″ .0000	東京都のうち北緯28° から南であり、かつ東経140° 30′ から東であり東経143° から西である区域

XV	B = 26° 0' 0" .0000 L = 127° 30' 0" .0000	沖縄県のうち東経126° から東であり、かつ東経130° から西である区域
XVI	B = 26° 0' 0" .0000 L = 124° 0' 0" .0000	沖縄県のうち東経126° から西である区域
XVII	B = 26° 0' 0" .0000 L = 131° 0' 0" .0000	沖縄県のうち東経130° から東である区域
XVIII	B = 20° 0' 0" .0000 L = 136° 0' 0" .0000	東京都のうち北緯28° から南であり、かつ東経140° 30' から西である区域
XIX	B = 26° 0' 0" .0000 L = 154° 0' 0" .0000	東京都のうち北緯28° から南であり、かつ東経143° から東である区域

〔 備考 〕 座標系は、地点の座標値が次の条件に従ってガウスの等角投影法によって表示されるように設けるものとする。

- 1) 座標系のX軸は、座標系原点において、子午線に一致する軸とし、真北に向かう値を正とし、座標系のY軸は、座標系原点において座標系のX軸に直交する軸とし、真東に向かう値を正とする。
- 2) 座標系のX軸上における縮尺係数は、0.9999とする。
- 3) 座標系の原点の座標値は、次のとおりとする。

$$X = 0.000 \text{メートル} \quad Y = 0.000 \text{メートル}$$

附表2 標杭の規格(第14条、第33条、第49条関係)

標杭の規格は次に掲げるものを標準とする。

種 別	材 質	形状（単位cm）
3、4級確測基準点	木又はプラスチック	6 × 6 × 60
筆 境 界 杭	〃	4.5 × 4.5 × 45
補 助 基 準 点 杭	〃	4.5 × 4.5 × 45

- (注) 1 必要に応じ、コンクリート杭又は金属標を使用することができる。
- 2 前項のコンクリート杭の規格は、原則として7×7×60cm以上とし、鉄線入りのものとする。
- 3 第1項の金属標は附表3第1項第4号に掲げるものに準拠する。

永久標識の規格及び埋設方法

1) 確測基準点 (金属標) 地上埋設図 (上面舗装)

65

23

金属標

保護石

13

砂

コンクリート (1:3:6)

標石は炭素繊維補強コンクリート製を使用できる。

硬質塩化ビニール管 (16.5cm×5.1mm×66cm)

鉄筋 $\phi=6\text{mm}$ (鉄筋は結線する)

鉄筋4本

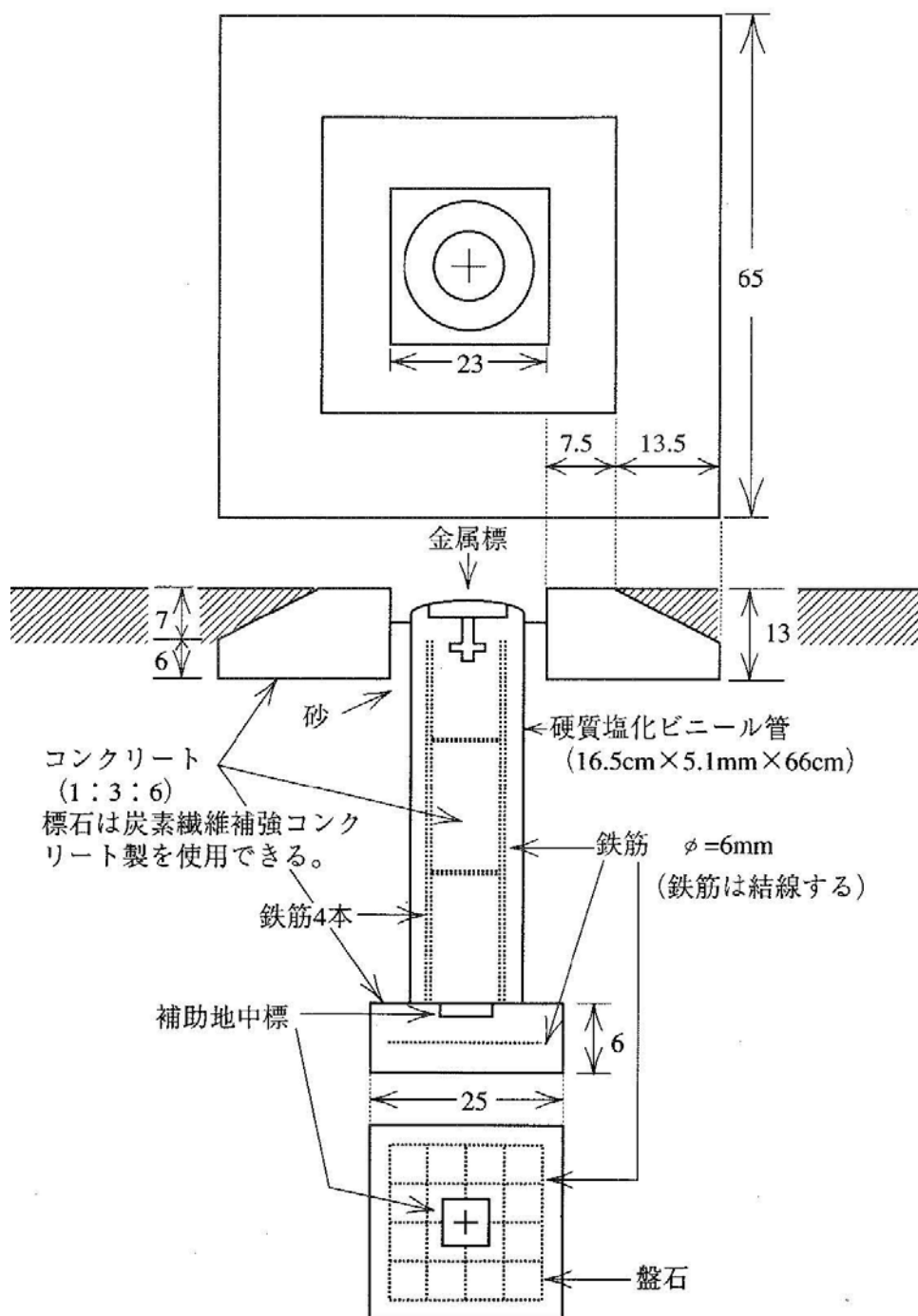
補助地中標

6

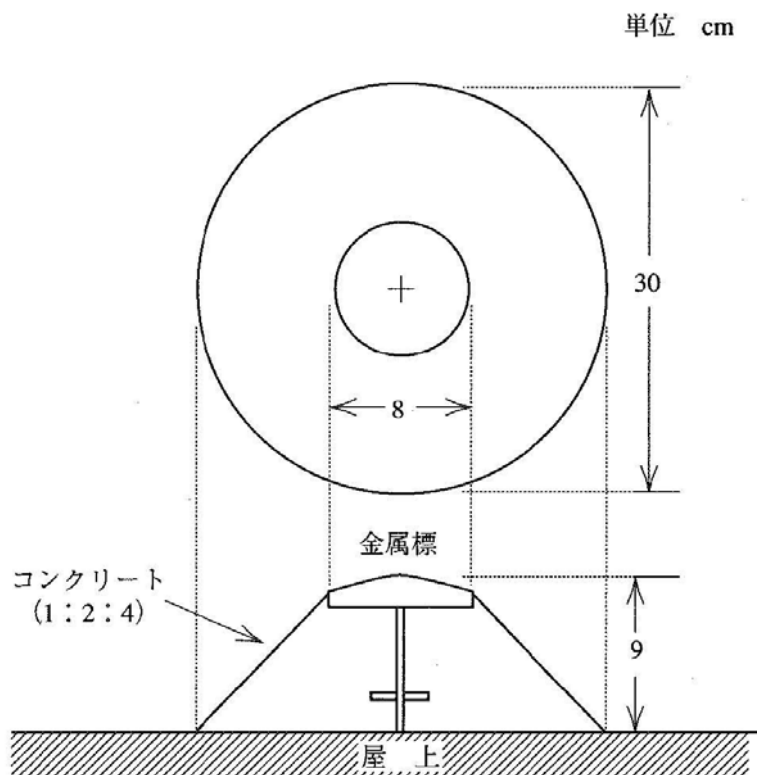
25

盤石

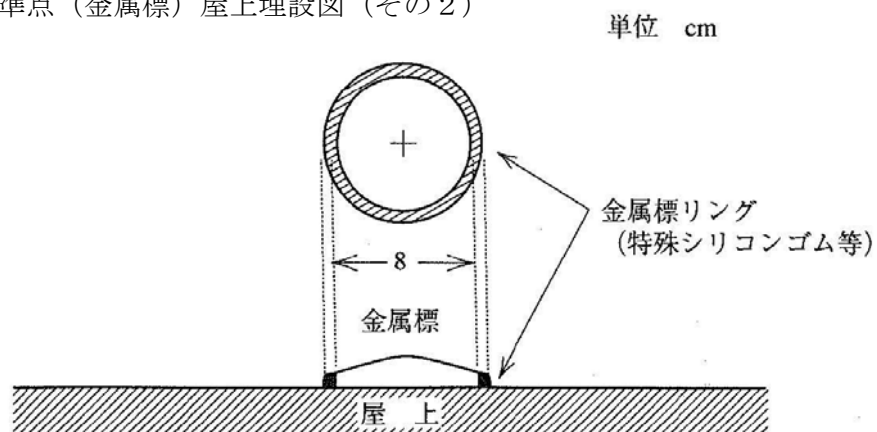
單位 cm



3) 確測基準点（金属標）屋上埋設図（その1）



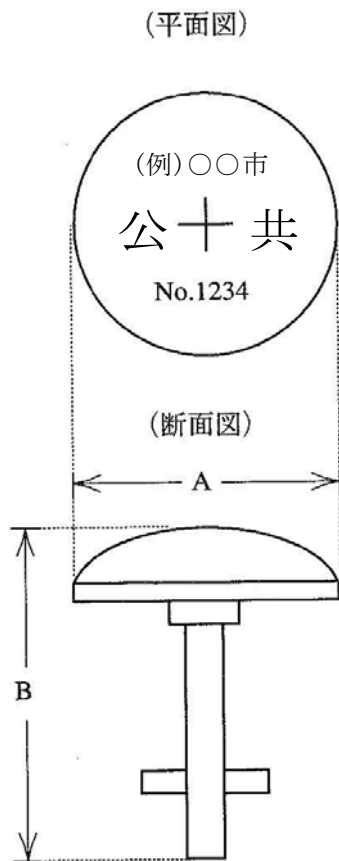
4) 確測基準点（金属標）屋上埋設図（その2）



注. 屋上面に、接着剤により貼付ける。

5) 金属標の形状と標準規格

1) 地上、地下、屋上（その1）埋設用金属標



中央＋印の下方に標識番号を記載する。

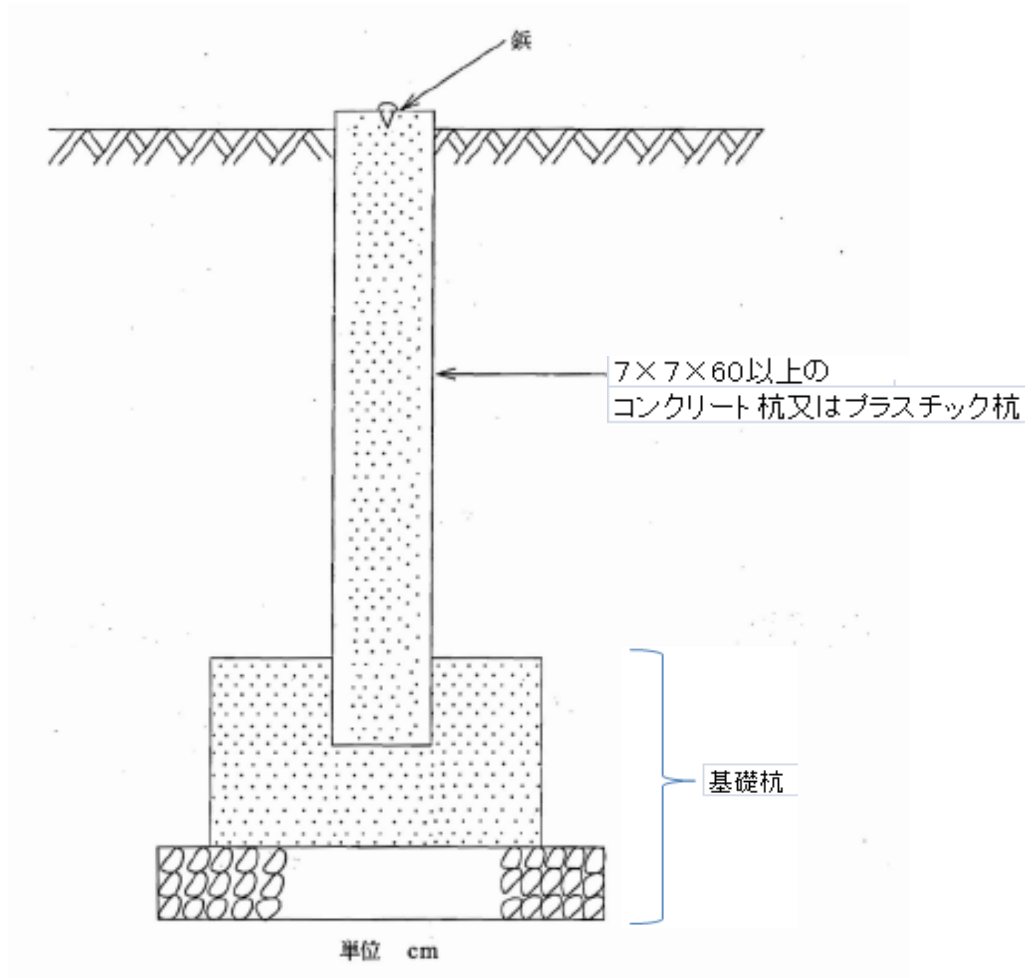
2) 屋上（その2）埋設用金属標



中央＋印の下方に標識番号を記載する。

種 類	区 分	A	B	材 質
基準点金属標（その1）		cm 8	cm 9	真鍮・ステンレス
基準点金属標（その2）		cm 8	—	
水準点金属標		cm 8	cm 9	

6) 3・4級確測基準点地上埋設図



- 注 1. 基礎部の形状等について、精度の保持に支障のない場合には、変更又は省略することができる。
2. 鋺は、杭頭に設けた十字線に代えることが出来る。

別紙2 確定図の図式・記号

1. 確測基準点等の表示

単位：mm

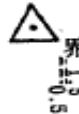
区 分	記 号		記号の表示の方法又は図例
	形状及び大きさ	線幅及び線色	
基本三角点 及び 四等三角点		0.2 赤	0.2、1.0、3.5等の数字は、それぞれ0.2mm、1.0mm、3.5mm等を表示するものとする（以下同じ）。
1級確測基準点		0.1 赤	
2級確測基準点		0.1 赤	
3級確測基準点		0.1 赤	
4級確測基準点		0.1 赤	
空測基準点		0.1 赤	
補助基準点 平板点		0.1 赤	

参 考（作業要領第22条）

4 確測基準点測量において、地籍調査作業規程準則（昭和32年10月24日付け総理府令第71号）第43条に規定する地籍図根三角点は3級確測基準点に、地籍図根多角点は4級確測基準点に、第60条に規定する細部図根点は4級確測基準点に相当するものとする。

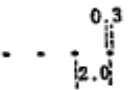
2. 境界標等の表示

単位：mm

区 分	記 号		記号の表示の方法又は図例
	形状及び大きさ	線幅及び線色	
基本水準点 基準水準点		0.2 赤	
市町村境界標		0.2 赤	永久的な標識を設置したものを表示するものとする。
筆界基準杭		0.2 赤	筆界点の中心に円の中心を合わせて表示するものとする。
特定の記号が他の事項を兼ねて表示する場合の付加記号			主体となっている記号の右下に当該付加記号を表示する。ただし、筆界その他重要な図形と重複する場合には、指摘を誤らない範囲で適宜の場所に表示することができる。
(1) 市町村境界標又は筆界基準杭が地籍図根多角点、航測図根点又は細部図根点を兼ねて表示する場合		0.1 赤	 (筆界基準杭が地籍図根多角点を兼ねる場合の例)
(2) 地籍図根三角点等が市町村境界標を兼ねて表示する場合		0.1 赤	 (基本三角点が市町村境界標を兼ねる場合の例)

3. 一筆地調査事項の表示

単位：mm

区 分	記 号		記号の表示の方法又は図例
	形状及び大きさ	線幅及び線色	
地 番 区 域 界			地番区域界の記号は、地番区域界である筆界の線上に当該筆界の一辺ごとに、そのおおむね中央に表示するものとする。ただし、おおむね5 cm以上の長さの辺にあっては、おおむね5 cmごとに表示するものとする。 地番区域の境界が市町村、大字又は字の境界以外の境界である場合には、字の境界である場合の記号で表示するものとする。 筆界の長さが短いため、地番区域界の記号を筆界の記号の線上に表示することができない場合には、次の要領によって当該地番区域界を表示することができる。 (1) 指摘を誤らない範囲で当該記号を構成する各点の間隔を短縮する。 (2) 地番区域界特示記号を付加する。 (3) 筆界の当該辺の長さが5 mm未満の場合には、当該筆界の記号の線上に直径が0.3mmの大きさの1個の円点を表示する。 (大字の境界である場合の例)
市町村の境界である場合		黒	
大字の境界である場合		黒	
字の境界である場合		黒	
筆 界		0.1 黒	地籍図上に真位置に表示するものとする。 筆界未定地がある場合には、次の要領によって表示するものとする。 (1) 筆界未定地が一地籍図の区域内に存する場合には、当該関係地が一括表示され

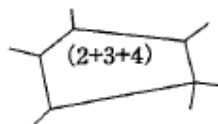




0.1
黒

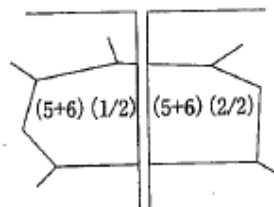
た地籍図の図形の上部適宜の箇所（将来図面修正等において支障がないと認められる箇所）に当該関係土地の地番を各地番の間に「+」印を付して列記し、これに括弧を付する。

（地番が2番、3番及び4番の土地相互の筆界が未定である場合の例）



(2) 筆界未定地が数個の地籍図の区域にまたがる場合には、それぞれの地籍図に(1)による表示をなし、かつ、これに地番分属記号を付する。

（地番が5番と6番の土地相互の筆界が未定で、二つの地籍図にまたがる場合の例）

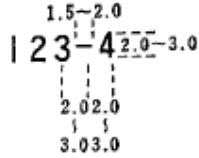
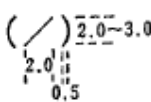
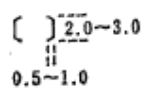
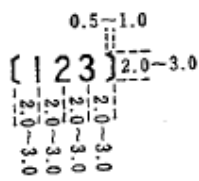
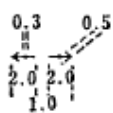
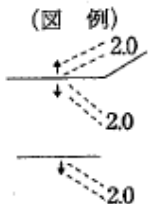


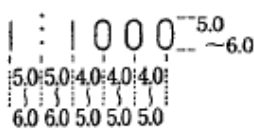
(3) 長狭物の筆界が未定である場合には、(1)による表示をなし、かつ、長狭物との境界を現況により鎖線を表示する。

（地番が42番の土地と道の相互の筆界が未定である場合の例）



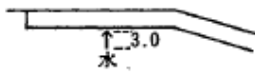
地籍図の図郭外における筆界等の表示は、おおむね3mmを標準とする。ただし、必要がある場合には、3cm以内の延伸により表示することができる。

地 番	アラビア数字 横書 ゴシック体 字高2.0～3.0 字隔2.0～3.0	0.2 黒	
地番数字接統記号		0.2 黒	 (地番が123 番の4である 場合の例)
地番分属記号		0.2 黒	分数の分母は分属する地籍図の総数を、分子は分属の順序を表示するものとする。 一地籍図の区域内に同一の地番分属記号が二以上ある場合には、ローマ字大文字をAから順次添えて表示するものとする。 (一地籍図の区域内に同一の地番分属記号が二以上ある場合の例) 
地籍明細図存在記号		0.2 黒	(地番が123番の土地に地籍明細図がある場合の例) 
地番区域界特示記号		0.1 黒	記号の線の虚部の中央に地番区域界を表示する線を直角に挟むものとする。ただし必要がある場合には、相対する矢印のうちのいずれか一方のみを表示することができる。 (図 例) 

隣接区域縮尺表示 記 号	アラビア数字及び びコロン 横書 ゴシック体 字高5.0～6.0 字隔4.0～6.0	0.2 黒	当該隣接区域内のほぼ中央に表示するものとする。 (縮尺が1/1,000の場合の例) 
調査除外区域表示 記 号	横書又は縦書 正方形直立等線体 字高5.0～6.0 字隔10.0～15.0	0.2 黒	当該調査除外区域内のほぼ中央に国有林、湖沼、土地改良事業、土地区画整理事業の他の除外理由を表示するものとする。

4. 土地利用及び工作物の現況の表示

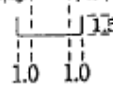
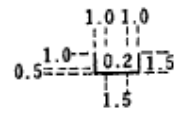
単位：mm

区 分	記 号		記号の表示の方法又は図例
	形状及び大きさ	線幅及び線色	
長 挟 物	正方形直立等線体 字大3.0～5.0 字隔2.5以上	0.1 黒	長挟物内の中辺部に表示するものとする。ただし、長挟物内の表示が困難である場合には、長挟物外に表示し、矢印により当該長挟物との関係を示すものとする。この場合において、矢印の筆界線は交ささないものとする。 (長挟物内の表示が困難である場合の例) 
公 衆 用 道 路	道		国道の場合は、「国道 (○号)」とする。都道府県道の場合は、「都道」等とする。市町村道の場合は、「市道」等とする。その他の公衆用道路は、「道」とする。
運 河 用 地 用 悪 水 路 堤	運 水 堤		

非 鉄 軌 道 河	溝 道 用 地 川	溝 鉄 軌 川		名称のある場合はその固有名称を表示する。
-----------------------	-----------------------	------------------	--	----------------------

5. 注記の表示

単位：mm

区 分	記 号		記号の表示の方法又は図例
	形状及び大きさ	線幅及び線色	
辺 長 の 数 値	アラビア数字 横書 ゴシック体 字高1.0 字隔1.0 小数点を入れる 間隔は1.5	0.1 黒	メートル単位で必要に応じて表示するものとする。 表示しようとする辺長のおおむね中央に当該線から0.5mm離れて、これに並行な字列で表示するものとする。この場合において、数字は、図郭の下辺に倒立しないようにするものとする。
幅 の 数 値	アラビア数字 横書 ゴシック体 字高1.0 字隔1.0 小数点を入れる 間隔は1.5	0.1 黒	メートル単位で少数第1位まで必要に応じて表示するものとする。ただし、特に必要がある場合には、少数第2位まで表示することができる。表示しようとするものから0.5mm離れて、そのものに平行の字列で表示する。この場合において数字は、図郭の下辺に倒立しないようにするものとする。
一線で表示されているものの幅の数値	左端の数字の中心  右端の数字の中心 	0.1 黒	(幅が0.2mである場合の例) 

6. 表示についての注意事項

(1) 基準点又は境界線の記号の表示についての注意事項

基準点又は境界線の記号は、当該記号の中心点を地籍図上の真位置に表示するものとする。ただし、付加記号については、この限りでない。

(2) 競合する二つ以上の記号の表示についての注意事項

二つ以上の記号を近接するためこれらが重複又は接着する場合には、記号の種類の混同を生ぜしめない範囲内において、記号の大きさを縮め又は記号の一部を欠いて表示することができる。

(3) 筆界と競合する線の表示についての注意事項

筆界の記号とその他の線である記号とが競合する場合には、筆界の記号のみを表示してその他の線である記号は、表示しないものとする。

(4) 地番の記号の表示についての注意事項

地番の記号は、一筆地が表示されている区域のおおむね中央に表示するものとする。ただし、当該地籍図上において表示されている一筆地の形状が小さいか又は長狭であるために、当該図形の内部に表示することが困難である場合には、次の要領で表示することができる。

ア 地番の記号の大きさを、誤解を生じない範囲内において縮小して表示する。

イ やむを得ない場合には、字列の方向を図郭の下辺と斜め又は多少弧状にすることができる。

ウ 当該一筆地の図形の内部には、片仮名のイロハ順の記号を表示しておき、このイロハ順の記号を図郭外に表示し、これに地番の記号を表示する。

エ 当該地籍図上に表示されている一筆地の形状が極めて小さいか又は極めて狭いために、当該筆の区域内に前号によるイロハ順の記号を表示することができない場合には、引出線をつけて地番又はイロハ順の記号を表示するものとする。この場合において、引出線は、幅0.1mmの黒線とする。

確定測量工程管理及び検査要領

第 1 目 的

この要領は、換地を伴う土地改良事業（国営又は国庫補助を受けて行うものに限る。）の確定測量の成果及び中間成果を、確定測量作業要領の定めるところに適合させ、作業の能率化及び換地処分の適正化を図ることを目的とする。

第 2 監 督 者

- 1 監督者は、作業従事者が行う測量作業の円滑化及び適正化を図るため、指示、監督、検査等を行うものとする。
- 2 監督者は、測量技術を修得し、かつ、換地業務に精通している者であって、直接に測量作業に従事しないものとする。

なお、測量作業を発注する場合にあっては、監督者は受注者に属さないものとする。

第 3 工 程 管 理

監督者は、確定測量作業要領の定めるところに従って作業従事者に作業を行わせるものとする。

第 4 点 検

1 自己点検

作業従事者は、作業実施日ごとに、その作業内容、記録等の点検を全数について行うものとする。点検の際誤りのない個所には、黒鉛筆を使用して記入事項の右肩にV印を付けるものとする。

2 作業従事責任者点検

作業に従事し、かつ、指揮監督する作業従事責任者は、各作業工程を終えるごとにその作業内容、記録等の点検を全数について行うものとする。

点検の際誤りのない箇所には、赤鉛筆を使用して自己点検済みのV印の隣に、同様にVを付けるものとする。

3 点検表の作成

各作業工程の作業従事責任者点検が終わったときには、監督者又は作業従事者以外の者で監督者が指名する者（測量作業を発注した場合には、受注者に属さないものとする。）は、別表 1 の点検基準により別表 2 の点検表を作成する。ただし、別表 1 の点検測量については、監督者が点検箇所を指定して作業従事者に行わせることができる。

第 5 完 了 検 査

測量作業の全行程が終わったときには、検査員（第 2 の 1 及び 2 の要件を満たす者で監督者と異なるものとする。）は、確定測量の成果及び別表 2 の点検表により、測量作業全体につき所定の作業量、作業内容及び精度が達成されているかを検査し、別表 3 の検査結果を作成する。

別表 1 (第 4 関係)

点 検 基 準

作業 工程	検査項目	検査内容及び方法	検査個所及び その取り方	合 格 基 準
確 測 基 準 点 測 量	選 点 手 記 簿 計 算 簿 成 果 簿 網 図 観 測 値 計 算 値	密度、配置 検符もれ 〃 〃 プロット位置、出来 映え 照合	全 般 〃 〃 〃 〃 全点又は全路線の 10%を無作為抽出	良 な し 〃 〃 良 不良点なし
一 筆 地 測 量	手 記 簿 計 算 簿 原 図 辺 長	検符もれ 〃 換地計画書との照合 計算と現地辺長との 比較のための点検測 量	全頁の20%以上を 無作為抽出 〃 全原図枚数の10%以 上を無作為抽出 全辺数の2%以上 を無作為抽出	検符もれのある頁が10%以内 〃 不良個所が抽出した枚数の全 筆数の5%以内 作業要領第9条に規定する公 差を超える不良辺長が1%以 内
地 積 測 定	測 定 簿 計 算 簿 成 果 簿 筆 地 積	検符もれ 〃 〃 成果簿地積と現地実 測地積との比較のた めの点検測量	全頁の20%以上を無 作為抽出 〃 〃 全筆数の2%以上 を無作為抽出	不良個所がある頁が10%以内 〃 〃 作業要領第9条に規定する公 差を超える不良筆数が1%以 内

留意事項

- (1) 検査により不良個所が確認されたが、合格基準に達している場合には、これらの個所を訂正させた上で合格とする。
- (2) 不良個所が多く、合格基準に達しない場合には、検査項目のすべてについて作業のやり直しを行わせるものとする。

別表 2（第 4 関係）

点 検 表

作業 工程	検査項目	検査内容及び方法	検査箇所及び その 取 り 方	合 格 基 準
確 測 基 準 点 測 量	選 点 手 記 簿 計 算 簿 成 果 簿 網 図 観 測 値 計 算 値			
一 筆 地 測 量	手 記 簿 計 算 簿 原 図 辺 長			
地 積 測 定	測 定 簿 計 算 簿 成 果 簿 筆 地 積			

別表 3（第 5 関係）

検 査 結 果 表

作業工程	検査項目	検査内容及び方法	検査対象数	抽出率	検査数	訂正個所数	訂正比率	検査者	検査月日
確測基準点測量	埋 標 手 記 簿 計 算 簿 成 果 簿 網 図 観 測 値 計 算 値	規格、埋標状況 検符もれ 〃 〃 プロット位置、出来映え 照合 〃							
一筆地測量	手 記 簿 計 算 簿 原 図 辺 長	検符もれ 〃 換地計画書との照合 計算と現地辺長との比較のための点検測量							
地積測定	測 定 簿 計 算 簿 成 果 簿 筆 地 積	検符もれ 〃 〃 成果簿地積と現地実測地積との比較のための点検測量							