

標準様式

目 次

1. 精度管理表

【基準点測量】

様式第1-1	基準点測量精度管理表 その1	146
様式第1-2	基準点測量精度管理表 その2	147
様式第1-3	水準測量精度管理表	148

【地形測量・数値地形測量】

様式第1-4	平板測量（地形図原図等・地形図修正原図）精度管理表	150
様式第1-5	標定点設置精度管理表	151
様式第1-6	簡易水準測量精度管理表	152
様式第1-7	対空標識設置（刺針）精度管理表	153
様式第1-8	撮影コース別精度管理表	154
様式第1-9-1	撮影ロール別精度管理表	155
様式第1-9-2	残存縦視差の測定	156
様式第1-10	細部測量・現地調査・地形補備測量・編集・数値編集・現地補測・補測編集・ 補測数値編集・地形図原図作成・地形図修正原図作成精度管理表	157
様式第1-11	空中三角測量精度管理表	158
様式第1-12	図化作業精度管理表	159
様式第1-13	写真図（現地調査・モザイク・編集・原図作成）精度管理表	160
様式第1-14	編集原図精度管理表	161
様式第1-15	数値図化作業精度管理表	162
様式第1-16	DM データファイル精度管理表	163

【応用測量】

様式第1-17	条件点測量精度管理表	166
様式第1-18	IP 設置測量精度管理表	167
様式第1-19	中心線測量精度管理表	168
様式第1-20	縦断測量精度管理表	169
様式第1-21	横断測量精度管理表	170
様式第1-22	用地幅杭設置測量精度管理表	171
様式第1-23	境界測量精度管理表	177

2. 成果等

【基準点測量】

様式第2-1	基準点成果表 その1	180
様式第2-2	基準点成果表 その2	181
様式第2-3	水準測量観測成果表	183
様式第2-4	地盤沈下調査水準測量成果表（変動計算簿）	184
様式第2-5	成果数値データファイル標準様式	185
様式第2-6	基準点現況調査報告書	186

【地形測量・数値地形測量】

様式第2-7	対空標識・刺針点明細票	188
様式第2-8	撮影記録	189

様式第2-9	空中三角測量成果表	190
様式第2-10	空中三角測量基準点残差表	191
様式第2-11	空中三角測量タイポイント較差表	192
様式第2-12	パスポイント及びタイポイント残差一覧表・交会残差一覧表	193

【応用測量】

様式第2-13	縦断測量成果表	196
様式第2-14	点の記	197
様式第2-15	土地境界立会確認書	198
様式第2-16	土地調査表	199
様式第2-17	建物登記簿等調査表（個人）	200
様式第2-18	権利者調査表	201
様式第2-19	用地実測図原図及び用地平面図表示記号	202

3. 建標承諾書

様式第3-1	建標承諾書（基準点）	206
様式第3-2	建標承諾書（水準点）	207

1. 精 度 管 理 表

基準点測量精度管理表

基準点測量精度管理表 その1

作業名		地区名		計画機関名		作業機関名		作業班長	㊟
目的		期間		作業量		主任技術者			㊟

路線番号	測点番号	路線長	内角数	辺数	点検計算				偏心	再測数	厳密網平均計算			摘要
					水平位置		標高				新点位置の標準偏差			
					閉合差	制限	閉合差	制限			X座標	Y座標	標高	

点検測量										主要機器名称番号		
測点番号	距離			水平角			鉛直角			永久標識の種別等		
	点検値	採用値	較差	点検値	採用値	較差	点検値	採用値	較差	種別	数量	標準様式
特記事項												

用紙の大きさはA4判とする。

基準点測量精度管理表 その2

(世界測地系)

作業名		地区名		計画機関名		作業機関名		作業班長	印
目的		期間		作業量		主任技術者		印	

基線解析辺		仮定三次元網平均						三次元網平均計		主要機器名称番号			
測点名		辺長 (斜距離)	ΔX 又は方位角		ΔY 又は斜距離		ΔZ 又は格円体比		斜距離の偏差				
自:	至:		偏差	許容範囲	偏差	許容範囲	偏差	許容範囲	偏差	許容範囲	種別	数量	埋設様式
											永久標識の種別等		

新点位置の標準偏差				
新点名	水平位置		標高	
	標準偏差	許容範囲	標準偏差	許容範囲

点検測量					
測点名		点検値	採用値	較差	許容範囲
自:	至:	(dN, dE, dU)	(dN, dE, dU)		

永久標識の種別等		
種別	数量	埋設様式
特記事項		

用紙の大きさはA4判とする。

水準測量精度管理表

作業名		地区名		計画機関名		作業機関名		作業班長	㊦
目的		期間		作業量		主任技術者		㊦	

路線番号	距離	閉合差	制限	観測者	距離	鎖部数	観測者毎標準偏差	正の回数	負の回数	零の回数	正の総和	負の総和	摘要	特記事項
							往復差から求めた全線の1km当たりの標準偏差					平均計算による1km当たりの標準偏差		

主要機器名称番号	観測路線図	再測率				
		点検測量				
		区間	距離	点検値	採用値	較差
永久標識種別等						

用紙の大きさはA4判とする。

地形測量精度管理表
数值地形測量精度管理表

平板測量(地形図原図等・地形図修正原図)精度管理表

地区名		縮尺		作業機関				主任技術者				点検者			
								印				印			
図名又は図面番号															
項目	指摘	誤記	脱落	誤記	脱落	誤記	脱落	誤記	脱落	誤記	脱落	誤記	脱落	誤記	脱落
		境界等													
道路															
道路施設															
鉄道															
鉄道施設															
建物															
建物附属構造物															
建物記号															
公共施設															
その他の小物体															
水部															
水部に関する構造物															
法面															
構囲															
諸地															
場地															
植生															
等高線															
変形地															
基準点															
注記															
接合															
整飾															
図郭・方眼寸法															

用紙の大きさはA4判とする。

注1. 社内点検紙の指摘件数を該当項目に記載する。「図郭、方眼寸法」は規定寸法より0.4mm以上の差が出たものを記載する。

2. 該当項目に集計する場合は、大縮尺地形図図式の図式区分に従って集計する。
3. 着墨又はトレースのずれ、画線の太さの相違及び図式の誤りは誤記に含める。
4. 着墨又はトレースの忘れ、画線の濃度の悪いものは脱落に含める。
5. 図面に該当項目のないものは斜線で該当欄を消す。

標定点設置精度管理表

地区名		作業量		作業機関		主任技術者		社内検査者		
						印		印		
点名	測量方式	平均法	座標較差(最大)		高低の誤差又は較差(最大)	内角の閉合差 方向角の較差(最大)				
			X	Y						
			m	m	m					
使用機械						備考				

用紙の大きさはA4判とする。

注 1. 測量方式は、結合多角、単路線等を記入する。
 2. 平均法は、厳密水平(高低)網又は簡易水平(高低)網、三次元網平均等を記載する。

簡易水準測量精度管理表

作業名又は地区名		作業量		作業機関		主任技術者		社内検査者				
		点				印		印				
路線番号	距離	閉合差の制限	閉合差	路線番号	距離	閉合差の制限	閉合差	路線番号	距離	閉合差の制限	閉合差	
	km	mm	mm									
使用機器								備考				

用紙の大きさはA4判とする。

注 閉合差の制限は、 $50\text{mm}\sqrt{S}$ （既知点から既知点までの閉合差）、 $40\text{mm}\sqrt{S}$ （環閉合差）により算出する。Sは観測距離（片道、km単位）とする。

対空標識設置（刺針）精度管理表

地区名		作業量	作業機関		主任技術者		社内検査者	
		点			印		印	
明細簿 ページ	点名	写真番号		型	像の 見え	偏心距離	計 算	備 考
		コース	写真					
磁針定数決定箇所		使用既知点数		定数の決定法		備 考		
箇所		点		算出		考		

用紙の大きさはA4判とする。

注 1. 4 倍以上の部分引き伸ばし空中写真上での対空標識の写りを次の判別記号で表示する。
 ◎：良く見える ○：なんとか判別できる ⊗：刺針又は間接（ p_2 ）表示
 2. 計算の欄は、再計算の有無等について記入する。

撮影コース別精度管理表

地区名		縮尺		対地高度	基準面高 地面高	撮影高度	コース間	No	%	※	※受付月日	平成 年 月 日
コース		計画		m	m	m	最小重複度	No	%	※	作業 機関名	
カメラ		No		m	m	m	現像記録				主任 技術者	印
飛行方向		No		m	m	m	現像月日	年 月 日		社内検査者		印
N	E	月	日	h.m	h.m	差	フィルム			社内検査		年 月 日
W	S	日	日	h.m	h.m	差	フィルム長	ロール番号			年 月 日	
				± m	%	m	液温	現像時間		年 月 日		年 月 日
				± m	%	m	印画紙					

写真番号		採 否	コース複 方向度		回転・傾斜角		航 跡の ずれ	調 査	光 輝 暗 影		シ ャ ド ー	ぼ け ぶ れ	現 像 乳 剤 む ら	ご み き ず	雲 霧 影	煙 霧	ケ ラ レ	静 電 気 リ	指 標 明 否	計 器 明 否	対 標 明 否	障 害 事 項 そ の 他			
No	編集 番号		最小 OL	主 基 線	点 長	κ			φ ω	ハ レ ー シ ョ ン													暗 影		
		※	%	%		g	m																		
平均及 び集計			%	%		g	%																		
※監 督 所 見																					月 日	監 督 員			
※検 査 所 見																					月 日	検 査 員			

用紙の大きさはA4判とする。

注 1. ※印の欄は、計画機関が記入する。
 2. ハレーションは、場所の判別（海、川、池、屋根等）を記入する。
 3. 撮影高度差は、大きい方の値を（撮影高度） - （計画撮影高度） = 差（m）
 差 ÷ （計画対地高度） = %

撮影ロール別精度管理表

作 業 名		作 業 量	km ²	作 業 機 関		社内点検者	印
地区（地方）名				主任技術者		印	作業班長

番号	ロール番号	撮影年月日	コース名	写 真 番 号		指 標 残 差 (mm)				残 存 縦 視 差 (mm)			備 考	
				左	右	左S. D	左MAX	右S. D	右MAX	0.020 以下	0.021~ 0.030	0.031 以上		

- 注 1. 指標残差の制限値は、空中三角測量作業の規定を準用する。
 2. 指標残差及び残存縦視差の測定は、解析図化機又はコンパレータを用い解析法による測定を行なう。
 3. 指標残差の測定は、撮影日当り1モデルの測定。(1ロール2モデルは必ず行なう。1ロール3日かかれば3モデル。1日2ロール撮れれば4モデルの測定となる)
 4. 写真座標の変換は、ヘルマート変換を用いること。残差は、S. D=0.020mm以内。MAX=0.030mm以内。

用紙の大きさはA4判とする。

残存縦視差の測定 (mm)

1 +	2 +	3 +	4 +	5 +
6 + ↓ 24	7 +	8 +	9 +	10 +
11 +	12 +	13 +	14 +	15 +
16 ○ + 1811	17 +	18 +	19 +	20 + ○ 1812
21 +	22 +	23 +	24 +	25 +
26 +	27 +	28 +	29 +	30 +
31 +	32 +	33 +	34 +	35 +

用紙の大きさは A 4 判とする。

- 注1. 残存縦視差の測定位置は、主点基線を軸として密着写真上で横 2 cm、縦 3 cmの間隔を標準とする。
2. 出力データと対比できるように、測点番号を明記する。また、縦視差が制限を超えた地点は、その大きさを明記する。

細部測量・現地調査・地形補備測量・編集・数値編集・現地補測
 補測編集・補測数値編集・地形図原図作成・地形図修正原図作成 精度管理表

作業名又は地区名		図名又は図面番号		縮 尺		作 業 量		作 業 期 間		作 業 機 関		主任技術者		社 内 検 査 者		
								自 年 月 日 至 年 月 日				印		印		
項 目		脱落	誤記	項 目		脱落	誤記	項 目		脱落	誤記	項 目		脱落	誤記	
境界等 (11**)	種類			公共施設	形状 (41**)			諸 地 (621*)	区域界形状			※ 整 飾 等	図名又は図面番号			
	形状				その他	記念碑等 (620*)				記号の種類				図郭及び方眼寸法		
道 路 (210*)	道路記号・道幅			その他	消火栓 (621*)			場 地 622*, 3*	記号の種類				座標値等	概見図行政区画図		
	形状				噴水・井戸(622*)				記号の位置					方位		
道 路 施 設	橋 (220*)			小 物 体	灯台 (624*)			植 生 (63**)	植生界等形状				図歴等	その他		
	階段・トンネル (221*)				観測所 (625*)				植生記号の種類					接 合		
	構造物 (222*)				輸送管 (626*)			等高線 (71**)	形状			※ 画 線 等	画線の濃度			
	側溝・並木(223*)				水 部	形状 (51**)			変形地 (72**)	種類					線号の統一	
	道路標識等(224*)				水部 構 造 物	栈橋 (520*)			基準点 (73**)	形状			かすれ・汚れ			
	付属物(22 5*, 6*)				護岸 (521*)			注 記		位置・種類			植字の接着			
鉄 道 (23**)	記号及び軌道幅			滝・水門 (522*)			行政名				画線ずれ0.2mm 以上					
鉄 道 施 設	形状			水制 (523*)					居住地名				その他			
	橋・トンネル(240*, 1*)			流水方向 (524*)			交通施設									
建 物 (30**)	種類			法 面	距離標 (525*)				建物等							
	形状				人工斜面 (610*)				建物等							
建物付属物 (34**)				構 囲	被覆 (611*)			小物体								
建物記号 (35**)	種類				法面保護 (612*)			水部等								
	位置			さく (613*)			土地利用									
公共施設	種類			へい (614*)			地形等									

- 注 1. 各工程作業ごとに、該当する項目を選んで図面単位に作成する。該当しない項目欄には斜線で抹消する。
 2. 各項目の脱落、誤記等は点検紙に基づいて集計し、その個数を記載する。
 3. ※印欄は、現地調査、地形補備測量及び現地補測作業の場合記載しない。
 4. (****)は、取得分類コードを示す。

用紙の大きさはA 4判とする。

空中三角測量精度管理表

作業名又は地区名		作業量		調整方法		作業期間				作業機関				作業班長		印			
		コース数				自 平成 年 月 日								社内		印			
		モデル数				至 平成 年 月 日								点検者					
コース番号	撮影高度	写真番号	モデル数	標定用基準点数		計算から除外した点数		基準点残差				多項式法				独立モデル法又はバンドル法			
										タイポイント較差				パスポイント・タイポイント較差					
				水平位置	標高	水平位置	標高	水平位置	標高	水平位置	標高	水平位置	標高	水平位置	標高	水平位置	標高	水平位置	標高
				標準偏差	最大	標準偏差	最大	標準偏差	最大	標準偏差	最大	標準偏差	最大	標準偏差	最大	標準偏差	最大	標準偏差	最大
	m	～						(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)						
		～																	
		～																	
		～																	
		～																	
		～																	
		～																	
		～																	
		～																	
		～																	
		～																	
		～																	
制限値																			
使用機械				作業者				社内検査期間						再測率		備考			
								人 日 数											

注1. パスポイント及びタイポイント残差の単位は、独立モデル法の場合はm、バンドル法の場合はmm単位で記入する。
 2. 計算から除外した点がある場合は、備考欄にその理由を明記する。
 用紙の大きさはA4判とする。

		標準偏差	最大
バンドル法	基準点	0.02%	0.04%
	それ以外	0.015mm	0.030mm
単コース法		0.04%	0.08%
多項式法		0.04%	0.08%
独立モデル法		0.02%	0.04%

図化作業精度管理表

図廓及びモデルの範囲

地区名	縮尺 1/	作業期間	自 年 月 日	至 年 月 日	作業機関	
図名又は図廓番号	作業量				社内検査者	印
					作業班長	印

--	--	--

モデル番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
図化機名										
作業員										

モデル番号	コース番号	写真番号	標定記録 (上段: 基準点、下段: パスポイント)													図化の点検記録							展開の精度						
			平面位置の標定誤差 (mm)						高さの標定誤差 (m)							道路	鉄道	建物	水部等	植生	等高線	標高点	図廓・方眼		基準点		パスポイント タイポイント		
			0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	脱	脱	脱	脱	脱	脱	脱	0.2mmを 超えた数	最大	0.2mmを 超えた数	最大	0.2mmを 超えた数	最大
			~	~	~	~	~	以上	~	~	~	~	~	~	~	以上													
1		.																											
2		.																											
3		.																											
4		.																											
5		.																											
6		.																											
7		.																											
8		.																											
9		.																											
10		.																											

備 考

- 注1. 図面単位に作成する。
 2. 標定記録は、標定記録簿に基づいてモデル単位に記載する。
 3. 図化の点検記録は、図化漏れの数を記載する。

用紙の大きさはA4判とする。

写真図（現地調査・モザイク・編集・原図作成）精度管理表

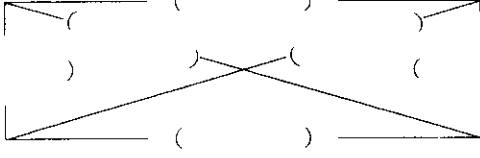
地区名		縮		作業量		作業期間	自	月	日	作業機関		主任技術者		印
図葉番号		尺					至	月	日	作業員		社内検査者		印

項目		脱落	記号等	摘要	項目		脱落	記号等	摘要
基準点	国家基準点				鉄道	鉄道・高架・橋トンネル名			
	公共基準点					駅 停留所名 操車場			
	新設基準点				河川関係	等高線との関係			
	標高点等					その他河川に関する人工物			
注記	行政名				地形	流水方向その他			
	居住地名					等高線			
	建物小物体名					変形地			
	場地植生名					等高線の標高値			
	山・谷・沢の名					比高・岸高			
	河川湖池 海湾名					区分			
道路	道路・橋・トンネル名				画線等	濃度の均一			
	その他道路に関する人工物					線号の均一			
	図葉番号及び隣接図葉番号					かすれ・汚れ			
整飾等	経緯度線及びその誤差				焼付モザイク等	植字の接着ミス及びずれ			
	座標地等					スポッティング			
	概見図・行政区画図					スリット跡			
	方位					モザイク法			
等	測量年次 使用写真の説明				ク等	ハレーション			
	その他					像の流れ			
						スキヤニング			

用紙の大きさはA4判とする。

編集原図精度管理表

縮 尺		図番号		図 名	
平成	年	編 集 修 正			
作 業 機 関			主任技術者	印	
作 業 員			社内検査者	印	

項 目	誤 記	脱 落	否
図郭辺長・方眼線の寸法	 	 	
取捨選択の良否	 	 	
総描の良否	 	 	
各種標高数値			
注 記			
各種小記号			
地形・地物			
各種記号の幅・大きさ	 	 	
画線のずれ	 	 	
画線の濃度	 	 	
画線の太さの良否	 	 	
接合の良否			
整飾			
きず・汚れ	 	 	
備 考	<p>(図 郭 線)</p> 		

用紙の大きさはA4判とする。

注 1. 記載件数は、社内検査紙又は成果検定紙の指摘事項数を該当欄に記載する。作成は図面単位とする。
 2. 図郭寸法は、規定寸法との差を+-の符号を付してmm単位で記入する。

数値図化作業精度管理表

図部及びモデルの範囲

地名	地図情報レベル	作業期間	自 年 月 日	至 年 月 日
図名又は図葉番号	作業量			
モデル番号	1	2	3	4
図化機名				
作業員				

作業機関	
社内検査者	印
作業班長	印

--	--	--

モデル番号	コ 番号	写真番号		対地標定記録 (上段: 基準点、下段: パスポイント)														標定使用点数 上段: 平面 下段: 標高	接合の良否 上段: 7日間 下段: 図部間	
				平面位置の標定残差 (mm)							標高の標定残差 (m)									
				左	右	0.0~	0.1~	0.2~	0.3~	0.4~	0.5以上	0.0~	0.1~	0.2~	0.3~	0.5~	0.7~			1.0~
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				

展開の精度		
項目	0.2mmを超えた数	最大 (mm)
図 郭 方 眼		
基準点		
パスポイント		
タイポイント		

モデル番号	図 式 分 類 (図化もれ数、誤コード数)																		備 考	
	上段: 図化漏れ 下段: 誤コード																			
	境界等 (11**)	道路 (21**)	道路 施設 (22**)	鉄道 (23**)	鉄道 施設 (24**)	建物 (30**)	建物 付属物 (34**)	建物 記号 (35**)	公共 施設 (41**)	その他 小物 (42**)	水部 (51**)	水部 構造物 (52**)	法面 構 (61**)	諸地 場 地 (62**)	植生 (63**)	等高線 (71**)	変形地 (72**)	基準点 (73**)		注 記 (81**)
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				

- 注1. 図葉単位に作成する。
 2. 「展開の精度」は描画台によるモニタリングの場合に記入する。
 用紙の大きさはA4判とする。

DMデータファイル 精度管理表

作業名又は地区名	図郭名又は図郭識別番号	地図情報レベル	作業量	作業期間	作業機関名	主任技術者	社内検査者
				自 年月 至 年月		印	印

項目	細 目		範囲	論理	目視	項目	細 目		範囲	論理	目視	項目	細 目		範囲	論理	目視	
ファイル形式	レコード長		ファイルごと			レコード	インデックス	座標系	レコード			レコード内容	注記	字隔	レコードごと			
	文字コード			計画機関名						線号								
	記述書式			図郭識別番号						注記データ								
	格納方式			内容記述						データの重複								
	ラベル			図郭	図郭名称					座標	方向性							
	ブロック長				地図情報レベル						属性		属性データ					
	記録密度				タイトル名					グリッド	方向性							
	テープマーク				座標値の単位					地図分類	取得分類							
レコード間相互関係	ファイル全体		ファイルごと			レコード	インデックス	作成年月	レコード			レコード内容	コード	コード	レコードごと			
	インデックス	図郭レコード		現地調査年月						レコードタイプ								
		要素ヘッダレコード		入力機器名						使用データタイプ								
		要素レコード		公共測量承認番号						方向規定区分								
		グリッドヘッダレコード		作業機関名						座標次元区分								
		2・3次元座標レコード		撮影コース番号						グループ処理								
	図郭	要素数		撮影年月						転位処理フラグ								
		レコード数		写真縮尺						間断処理フラグ								
		要素ヘッダ		要素	写真枚数						数値化区分							
		要素レコード		実データ	写真番号						図形区分							
グリッドヘッダ		グリッド	要素ヘッダ	取得年月			実データ区分											
レコード相互関係内	インデックスレコード		要素	数値化区分			精度区分					レコード内容	区分等	注記区分				
	図郭レコード		要素	取得年月			注記区分							注記	文字列の方向			
	要素ヘッダレコード		グリッド	取得年月			転位区分								座標	縦横区分		
	要素レコード		注記	文字列の方向			間断区分							属性		属性区分		
	グリッドヘッダレコード		注記	字大			属性区分								縦横	縦横区分		

注1. 図郭単位に作成する。

2. 該当しない項目欄は斜線で抹消する。

用紙の大きさはA4判とする。

応用測量精度管理表

路線測量精度管理表

仮BM設置測量精度管理表	……………	水準測量に準ずる
詳細測量精度管理表	……………	縦断測量及び地形測量に準ずる

条件点測量精度管理表

作業名		地区		計画機関		作業機関		点検者	⑨
路線名		期間	自 至	作業量		主任技術者		⑨ その他	

測 点	水平位置(距離)				摘 要	測 点	水平位置(距離)				摘 要	
	計算値	測定値	較 差	制 限			計算値	測定値	較 差	制 限		

用紙の大きさはA4判とする。

I P設置測量精度管理表

作業名		地区		計画機関		作業機関		点検者	⑩
路線名		期間	自 至	作業量		主任技術者		⑩ その他	

測 点	水平位置(距離)				摘 要	測 点	水平位置(距離)				摘 要	
	計算値	測定値	較 差	制 限			計算値	測定値	較 差	制 限		

用紙の大きさはA4判とする。

中心線測量精度管理表

作業名		地区		計画機関		作業機関		点検者	㊦
路線名		期間	自　　至	作業量		主任技術者	㊦	その他	

測 点	水 平 位 置 (距 離)				摘 要	測 点	水 平 位 置 (距 離)				摘 要	
	計 算 値	測 定 値	較 差	制 限			計 算 値	測 定 値	較 差	制 限		

用紙の大きさはA4判とする。

縦断測量精度管理表

作業名		地区		計画機関		作業機関		点検者	㊟
路線名		期間	自 至	作業量		主任技術者	㊟	その他	

路線番号	距離	閉合差	制限	摘要	路線番号	距離	閉合差	制限	摘要	観測者	
										主要機器の名称番号	
											レベル
											標尺(箱尺)
										手簿、計算簿の誤りの有無	
										再測率%	

用紙の大きさはA4判とする。

横断測量精度管理表

作業名		地区		計画機関		作業機関		点検者	印
路線名		期間	自 至	作業量		主任技術者		印 その他	

測点	水平位置(距離)								標高								摘 要	
	測定値		検測値		較差		制限		測定値		検測値		較差		制限			
	左側	右側	左側	右側	左側	右側	左側	右側	左側	右側	左側	右側	左側	右側	左側	右側		
																		手簿、計算簿の誤りの有無
																		使用与点の異状の有無

用紙の大きさはA4判とする。

用地幅杭設置測量精度管理表

作業名		地区		計画機関		作業機関		点検者	㊥
路線名		期間	自 至	作業量		主任技術者		㊥	その他

測 点	水 平 位 置 (距 離)				摘 要	測 点	水 平 位 置 (距 離)				摘 要	
	計 算 値	測 定 値	較 差	制 限			計 算 値	測 定 値	較 差	制 限		

用紙の大きさはA 4判とする。

河川測量精度管理表

距離標設置測量精度管理表	……………	中心線測量に準ずる
水準基標測量精度管理表	……………	水準測量に準ずる
定期縦断測量精度管理表	……………	縦断測量に準ずる
定期横断測量精度管理表	……………	横断測量に準ずる
法線測量精度管理表	……………	中心線測量に準ずる
海浜測量精度管理表	……………	横断測量及び地形測量に準ずる

用地測量精度管理表

用地実測図原図精度管理表	地形測量に準ずる
用地平面図精度管理表	地形測量に準ずる

境界測量精度管理表

作業名		地区		計画機関		作業機関		点検者	⑩
路線名		期間	自 至	作業量		主任技術者		⑩	その他

測 点	水平位置(距離)				摘 要	測 点	水平位置(距離)				摘 要
	計算値	測定値	較 差	制 限			計算値	測定値	較 差	制 限	

用紙の大きさはA 4判とする。

基準点成果表

世界測地系

調製 年 月 日

基準点成果表						
B X L Y N H ジオイド高 柱石長						
				距離		備考
				縮尺係数		
				真数		
				m		
埋標型式	地上	地中	屋上	標識 番号	標石 金属標	

紙の大きさはA4判とする

2. 成 果 等

基 準 点 測 量

基準点成果表 その 2

世界測地系

点の 番号	X	Y	辺 長	方 向 角	標 高	ジオイド高
			S	T	H	<u>m</u>
	m	m	m	''	m	m
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.
	.	.	.	- -	.	.

注 号線（1）より順に記載し、号線がかわるごとに 1 行あけて次の号線に記載する。

用紙の大きさは A 4 判とする。

水準測量観



自

至

観測者	1/50,000 図名	所在地			標尺番号	観測月日	水準番号	点号	距離	測点数
		県	郡市	町村						

成果数値データファイル標準様式

成果数値データファイルについては、基準点及び水準点は共通である。ただし、水準点の入力項目については点番号及び平均標高を標準とする。

フォーマット 720Mバイトを標準とする。
 レコード長 128バイト以下を標準とする。
 ファイル型式 1行1レコードのMS-DOSテキストファイルとする。
 漢字コード シフトJISコードとする。

レコード記述方法

記述内容

1) 説明文

データ区分： Z00～Z02

内 容： 作業内容のコメントを記載する。

00 作業区分：新設、改算による座標変換、改測による座標変換

01 作業年度、作業地域、基準点区分

02 測地系：0(世界測地系)、1(日本測地系)

02 平面直角座標系

2) 開始データ

データ区分： A00 (基準点)、S00 (水準点)

内 容： 成果表データの開始フラッグ

3) データ

データ区分： A01 (基準点)、S01 (水準点)

内 容： 点番号、点名称、緯度、経度、X座標、Y座標、座標系、標高、ジオイド高

①点番号 : 基準点は5桁の整数を標準とする。
 水準点11桁の整数を標準とする。

②名 称 : 40バイト以下

③緯 度 : 小数点形式とし秒以下4桁とする。(DD°.MM'SS"SSSS)

④経 度 : 小数点形式とし秒以下4桁とする。(DDD°.MM'SS"SSSS)

⑤X座標 : 小数点形式、m単位としm以下3桁までとする。

⑥Y座標 : 小数点形式、m単位としm以下3桁までとする。

⑦座標系 : 平面直角座標系

⑧標 高 : 小数点形式、m単位としm以下3桁までとする。水準点は、m単位としm以下4桁までとする。

⑨ジオイド高 : 小数点形式、m単位としm以下3桁までとする。

4) データの終了

データ区分： A99 (基準点)、S99 (水準点)

内 容： 成果表データの終了フラッグ

データ出力例

基準点の場合

Z00, 新設,

Z01, 平成14年度〇〇県〇〇市1級基準点測量成果表,

Z02, 0, 02,

A00,

A01, 00301, 深芝, , , -123039.210, -54040.030, 02, 263, 960,

A01, 00302, 奥の谷, , , -125791.280, -55528.910, 02, 246, 980,

.

A01, 00001, 宮乃原, 31.52287443, 130.2500583, -124621.218, -55168.826, 02, 144.614,

.

A99,

水準点の場合

Z00, 新設,

Z01, 平成14年度〇〇県〇〇市1級水準測量成果表,

S00,

S01, 10000002031, , , , , , 23.1605, ,

S01, 10000002932, , , , , , 24.9801, ,

.

S01, 00000000055, , , , , , 23.9825, ,

.

S99,

基準点現況調査報告書

調査年月日 年 月 日
 日間 年 月 日

作業名
 作業機関名
 調査者



1/5万 図名	等級名称 種類(番号)	所在地(県、市町村名)	現況区分	現況の 地目	備考

用紙の大きさはA4判とする。

地 形 測 量
数值地形測量

対空標識 刺 針 点明細票

等級点名		1/2.5万図名		作業者	
標識の様式	A B C	標識	標石より	m	点検者
	D E		偏心杭より	.	
標識の色	白	点	地面より	m	設置年月日
				.	年 月 日
座標系		X . N	Y . E	H	
点の座標	本点		m	m	m
	偏心点		.	.	.
	予備点		.	.	.
点付近見取図			地上写真		
N					
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> C - No. ↑ 北 C - No. </div> <div style="border: 1px dashed black; width: 80%; margin: 10px auto; height: 150px;"></div>					

用紙の大きさはA4判とする。

撮 影 記 録

地区名		作業機関		撮影士		操縦士		整備士						
撮影年月日		平成	年	月	日	基地	JA		カメラ	離陸	時	分		
撮影高度		ft	ft	基地標高		m		レンズ	F	mm	飛行時間	時	分	
A	m	B	m	基準面標高		A	m		B	m				No.
縮尺		1	1	計器高度		m		フィルム			計器速度	km/H		
				ft		ft						ML/H		
気象		天気	気流	風向	°	煙霧	気温	ft	°C	地上(離)	°C	気圧	離陸	hp.
				風速	L/H		ft	°C	地上(着)	°C		着陸	hp.	
コース No.	開始 時刻	終了 時刻	フィル ター	露出	絞り	修正 角	フィルムNo.	枚数	進行 方向	摘要	(撮影区域全域を表示する) N			
ロール No.	- コース		マガジンNo.				枚		合計					
	- コース		マガジンNo.				枚		枚					

- 注 1. 撮影されたコースは、中間検査後撮影略図のコースを赤線で表示する。
 2. 採用時に A, B コースと分割して採用されたときは、コースNo 欄に「○A, ○B」と記載し、撮影略図に A B コースの範囲を明確に表示する。
 3. 基準面を異にして撮影する場合は、A, B に区分する。

用紙の大きさは A 4 判とする。

空中三角測量成果表

コース名

点名	X(N)	Y(E)	Z(H)
	m .	m .	m .

用紙の大きさはA4判とする。

- 注 1. 電子計算機で出力した場合は、それを成果とすることができるが、点名を付記する。
2. 座標値の単位はm単位とし、m以下0.01位までとする。
3. 空中三角測量実施一覧図を添付する。

空中三角測量基準点残差表

地区名													
コース名	C-						作業機関名						
点名	変換座標			与件座標			残差						備考
	X	Y	H	X	Y	H	ΔX	ΔY	$\Delta X^2 + \Delta Y^2$	$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$	ΔH	ΔH^2	

$(\Delta X^2 + \Delta Y^2) =$ $(\Delta H^2) =$

- 注1. 基準点残差は、コース別又は地区別に記入する。
 2. δ_p , δ_H は、次式により算出するものとする。

1) 単コース調整の場合

$$\delta_p = \sqrt{\frac{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)}{2n-1}} \quad \delta_H = \sqrt{\frac{(\Delta H^2)}{n-r}}$$

2) ブロック調整の場合

$$\delta_p = \sqrt{\frac{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)}{n}} \quad \delta_H = \sqrt{\frac{(\Delta H^2)}{n}}$$

ただし、nは条件式の数、rは平均計算に使用した式の未知の数とする。

3. 電子計算機出力の場合は、上記の全ての事項を1枚の用紙の中にまとめて出力できる書式の場合には、当該電子計算機の固有の書式の出力で差し支えない。

用紙の大きさはA4判とする。

n =	
r =	
$\delta_p, \delta_H =$	
Max =	

空中三角測量タイポイント較差表

地区名							作業機関名					
コース名	C-			C-			較 差					備 考
点 名	X	Y	H	X	Y	H	ΔX	ΔY	$\Delta X^2 + \Delta Y^2$	$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$	ΔH	
Max =												

注 電子計算機で上記の全ての事項を1枚の用紙にまとめて出力できる書式の場合には、当該電子計算機の固有の書式の出力で差し支えない。

用紙の大きさはA4判とする。

パスポイント及びタイポイント残差一覧表（独立モデル法） 交会残差一覧表（バンドル法、セルフキャリブレーション付バンドル法）

地 区 名						残 差				備 考
コ ー ス 名						ΔX	ΔY	$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$	ΔH	
点 名	コースNo.	写真番号	X	Y	H					
セルフキャリブレーションの 補正式及び数値			この欄は、セルフキャリブレーション付バンドル法の場合のみ記入する			最大値	ΔX		%	
							ΔY		%	
						標準偏差	δ _v		%	
							δ _h		%	

- 注 1. 標題は、該当する方式を記載する。
 2. バンドル法では、Hに関する欄は除く。
 3. 最大値及び標準偏差は、ブロックごとに計算する。
 4. 標準偏差を求める式

$$\delta_v = \sqrt{\frac{\Sigma(\Delta X^2 + \Delta Y^2)}{n}} \quad \delta_h = \sqrt{\frac{\Sigma(\Delta H^2)}{n}}$$

Σは関連する点の和
 nはΣの計算に使用した点の数

用紙の大きさはA4判とする。

応用測量

点 の 記



路線番号	点 番 号	標 識 の 種 類	路線番号	点 番 号	標 識 の 種 類
		木杭、石杭、鋸、刻み			木杭、石杭、鋸、刻み
所在地			所在地		
要 図			要 図		
路線番号	点 番 号	標 識 の 種 類	路線番号	点 番 号	標 識 の 種 類
		木杭、石杭、鋸、刻み			木杭、石杭、鋸、刻み
所在地			所在地		
要 図			要 図		

用紙の大きさはA4判とする。

平成 年 月 日

土地所有者 住所
 氏名 _____ 印

隣接土地所有者 住所
 氏名 _____ 印

住所
 氏名 _____ 印

住所
 氏名 _____ 印

土地境界立会確認書

下記記載の土地の境界は、現地で立会いのうえ、相違ないことを確認しました。

都 市 町
 区
 県 郡 村

区分	大字	字	地番	地目	登記簿地積	登記簿名義人	摘要
対象地							
隣接地							

用紙の大きさはA4判とする。

土地調査表

整理 番号	
----------	--

不動産登記簿				分割の部	用地	土地登記簿調査	調	調
表題部		甲区欄			符合地積	法人登記簿又は 商業登記簿調査	査	査
所在地	都 郡 区	甲 区 欄	地 目	の	符合地積	権利者調査	年	日
	町 大字 字 村				現況調査	月		
地番	地目			部	残地	課税評価格		
地積				現況調査	符合地積	所有権以外の権利又は仮登記及び予告登記の調査		
所有者					地目	地積		
備考								
権登業 利記登 者簿記 法又簿 人は調 商査	その他土地等の評価に必要な資料の調査							

用紙の大きさはA4判とする。

建物登記簿等調査表（個人）

調査 年月日		調査者		整理 番号	
-----------	--	-----	--	----------	--

1. 建物登記簿調査						
所在地	都 県	市 郡	区	町 村	大字	字 番地
所有者	住所又は所在地					
	氏名又は法人・代表者氏名			生年月日		
家屋番号	主家・附属の別	種類	構造	床面積	建築年次	備考
所有権以外の権利者に関する事項及び仮登記等の事項				法定代理人等		
2. 立木登記簿及びその他の登記簿調査						

用紙の大きさはA4判とする。



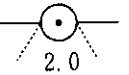
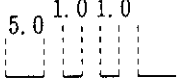
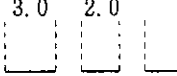

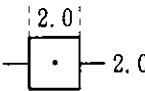
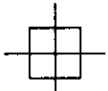
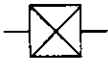
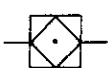
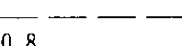
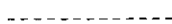
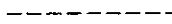
権利者調査票

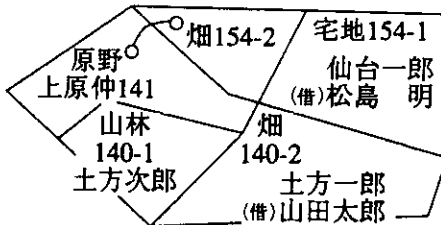




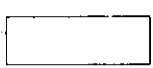

		調 査 年月日		調 査 者		整 理 番 号		
土地に関する権利者 (被相続人又は法人)	住 所 所 在 地			法定代理人又は保証人 の住所及び氏名	住 所			
	氏名又は名称 生 年 月 日				氏 名			
	本 籍 地			法人を代表する者の 住所及び氏名	住 所			
	相 続 年 月 日				氏 名			
相 続 人 の 氏 名	生 年 月 日 死 亡 年 月 日	被相続人との続柄	住 所	本 籍	相続分	摘 要	符 号	









(注) 1 「摘要」の欄には相続放棄、相続欠格などを記入のこと。
 2 相続系譜は別紙に作成すること。
 用紙の大きさはA4判とする。

用地実測図及び用地平面図表示記号

様式第2-19

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	
中心杭	 3.0mm	黒 0.2	字名は4.5mm直立等線体で表示すること。 測量に係る土地を取得し、又は使用するに当たり、分筆を要するものであり、かつ、当該土地に左に掲げる境界標がない場合においては、当該境界に代えて当該土地のうち取得し、又は使用する部分にそれ以外の部分との境界に存する適宜の境界点と近傍の恒久的地物（幅杭を含む）との距離、角度等の位置関係を記載するものとする。
中心杭番号	No.5  2.0mm	黒 0.2	
用地杭及び起業地の境界	 2.0	黒 0.15	
大字の境界	 5.0 1.0 1.0	黒 0.35	
字の境界	 3.0 2.0	黒 0.35	
土地の境界		黒 0.15	
土地の境界標			
イ 石杭	 2.0 2.0	黒 0.15	
ロ コンクリート杭		黒 0.15	
ハ 合成樹脂杭		黒 0.15	
ニ 不銹鋼杭		黒 0.15	
一筆内の異なる権利の境界	 0.8	赤 0.10	
一筆内の異なる地目の境界		赤 0.10	
一筆内の異なる占有者の境界		緑 0.15	

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	アラビア数字 左 横 書 字の高さ 2.0 字の間隔 2.0	黒 0.15		
同一所有者記号		黒 0.10		
所有者等の氏名	左 横 書 正方形直立等線体 字の大きさ 2.5 字の間隔 1.0 やむをえないときは縦書とする。	黒 0.15		
地 目	字の大きさ 2.5 字の間隔 2.5以内	黒 0.15		
三斜線 (底辺)		黒 0.10		
“ (垂線)		黒 0.10		
流水の方向		黒 0.10		
建物、工作物				
木 造		黒 0.15~ 0.35		無壁舎は破線で表示すること。
非 木 造		黒 0.35		表示は外側真形とする。

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				
配 電 線 路	 1.5	黒 0.15	柱の正位置を表示する 外枠は支持物の敷地の実測 内枠は支持物の基礎を表示 柱の正位置に表示する			
送 電 線 路	 1.5	黒 0.15				
通 信 線 路	 1.5	黒 0.15				
鉄 道 ・ 軌 道	 1.5	黒 0.15				
そ の 他	 1.5	黒 0.15				
井 戸	 2.0	黒 0.15				
肥 料 槽	 2.0	黒 0.15				
貯 水 槽	 2.0	黒 0.15				
業 務 名	縦	6.5cm	業 務 名	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○		
箇 所 名			箇 所 名	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○		
測 量 年 月 日	横	10.0cm	縮 尺	○○○○ 図面番号 ○○		
縮 尺			測量年月日	平成○○年○○月○○日		
請 負 者 等	黒		請 負 者	○○○○		
			調査者	計算者	検査者	照合者
			印	印	印	印

3. 建標承諾書

建 標 承 諾 書

平成 年 月 日

殿

所有者 住所

管理者 氏名



基準点	等級	冠字番号	名 称	標 識 番 号
	級			

所在地	都道府県	市 郡	町 村	大 字	字	番 地	俗 称	地 目

上記 地内に 級 点の標識を
設置することを承諾する。

注 1. この標識は○ ○で設置したもので各種測量の基準となる重要な標識でありますから、動かしたり、破損したり、しないよう御注意願います。

2. 不要の文字は抹消すること。

用紙の大きさはA4判とする。

建 標 承 諾 書

平成 年 月 日

殿

所有者 住所

管理者 氏名

㊟

	等級	冠字番号	名 称	標 識 番 号
水 準 点	級			

	都道府県	市 郡	町 村	大 字	字	番 地	俗 称	地 目
所在地								

上記 地内に 級 点の標識を
設置することを承諾する。

- 注1. この標識は○ ○で設置したもので各種測量の基準となる重要な標識でありますから、動かしたり、破損したり、しないよう御注意願います。
2. 不要の文字は抹消すること。

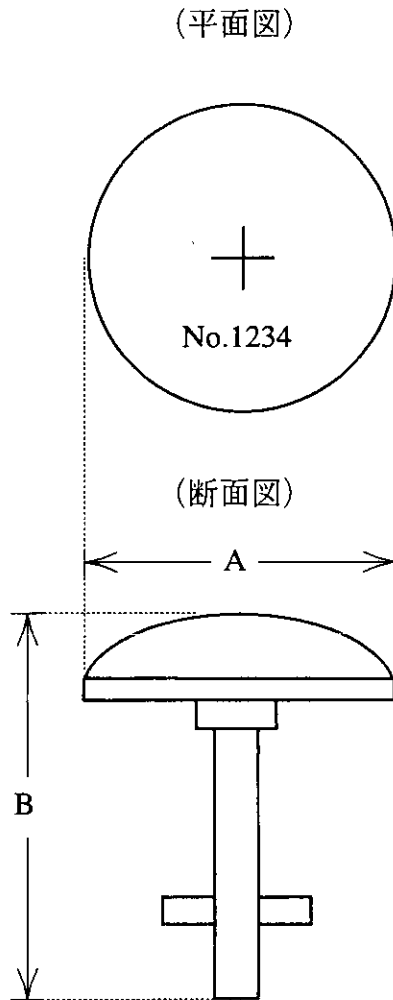
用紙の大きさはA4判とする。

永久標識の規格及び埋設方法

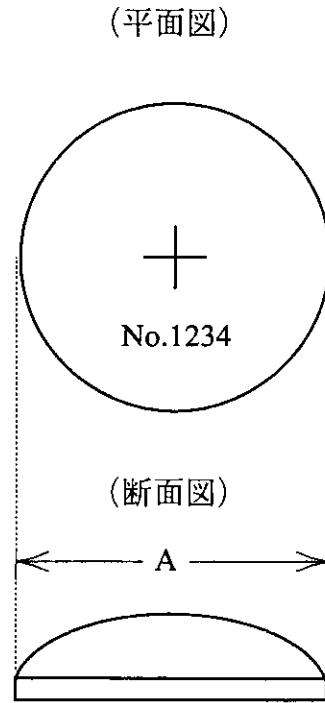
(1) 金属標の形状と標準規格

1) 地上、地下、屋上（その1）埋設用金属標

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。



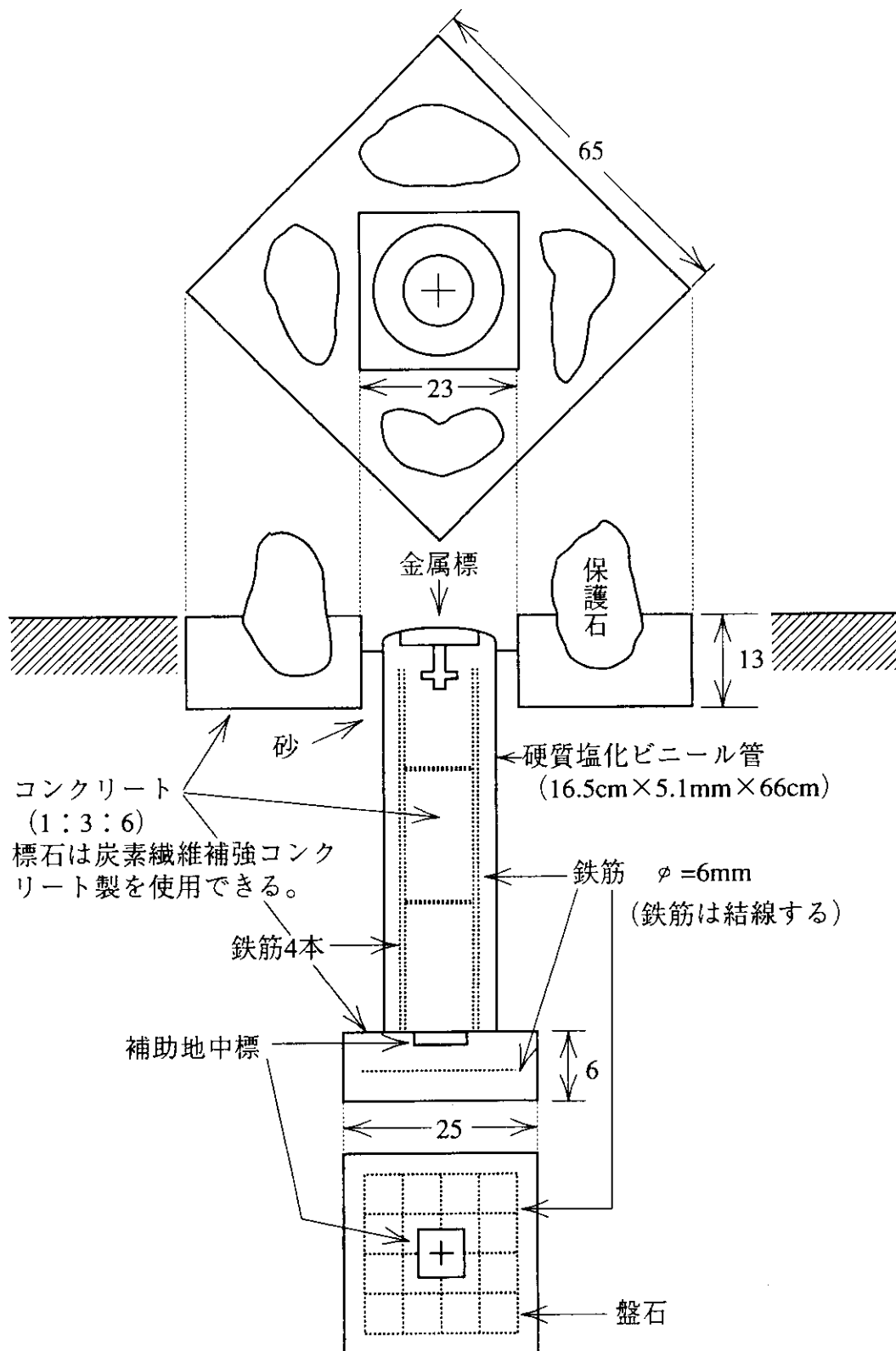
中央+印の下方に標識番号を記載する。

種 類	区 分		材 質
	A	B	
基準点金属標（その1）	cm 8	cm 9	砲金鑄造
基準点金属標（その2）	cm 8	---	
水準点金属標	cm 8	cm 9	

(2) 標準埋設形式

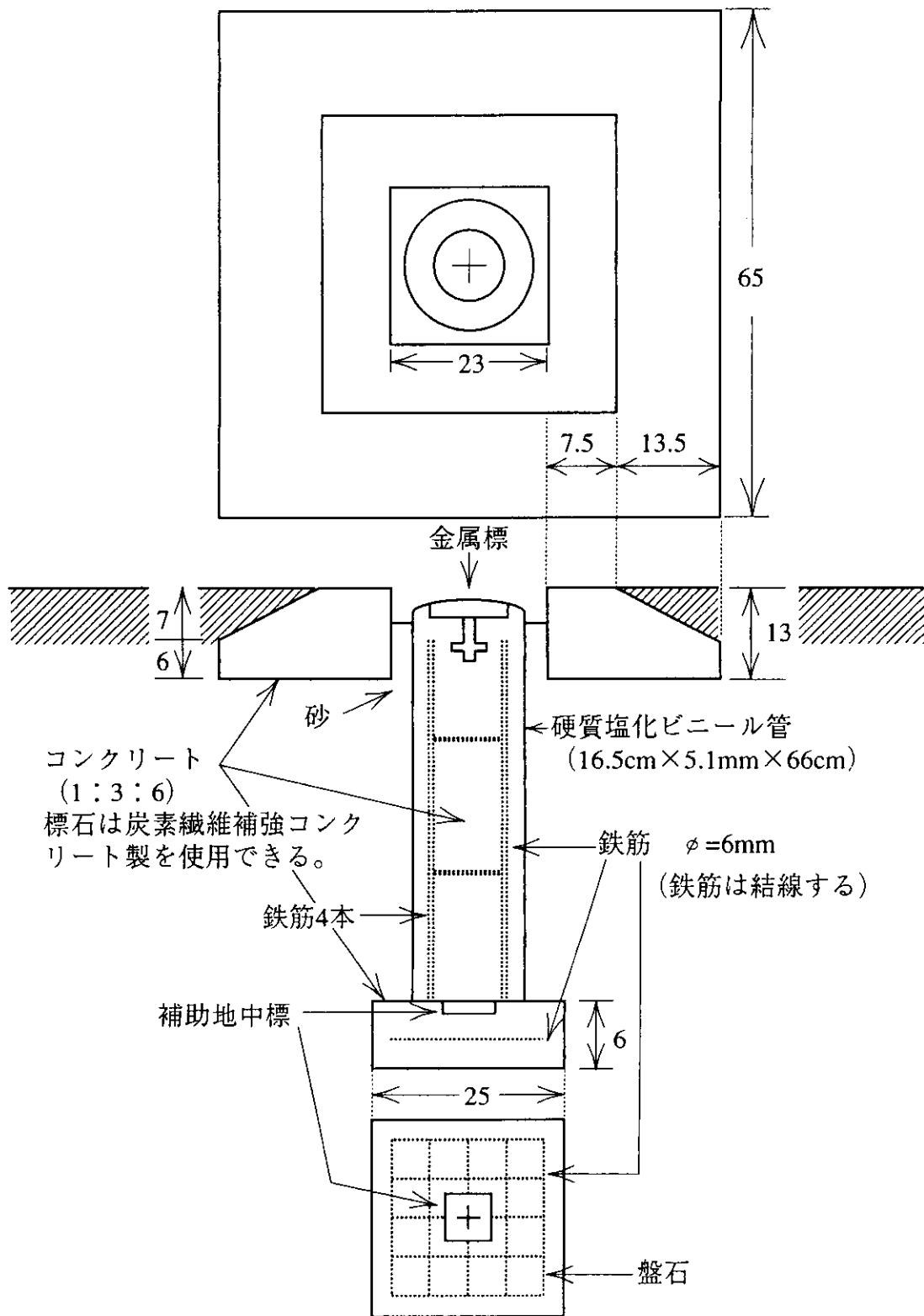
1) 基準点（金属標）地上埋設図（上面舗装）

単位 cm

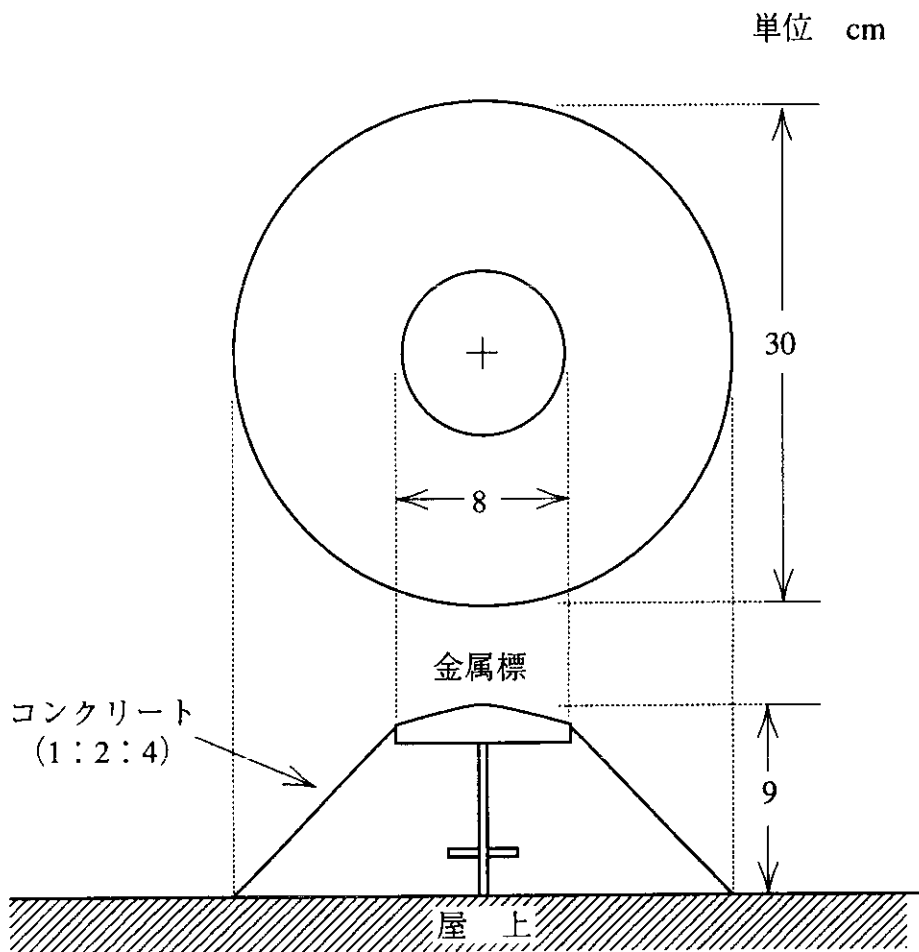


2) 基準点（金属標）地下埋設図

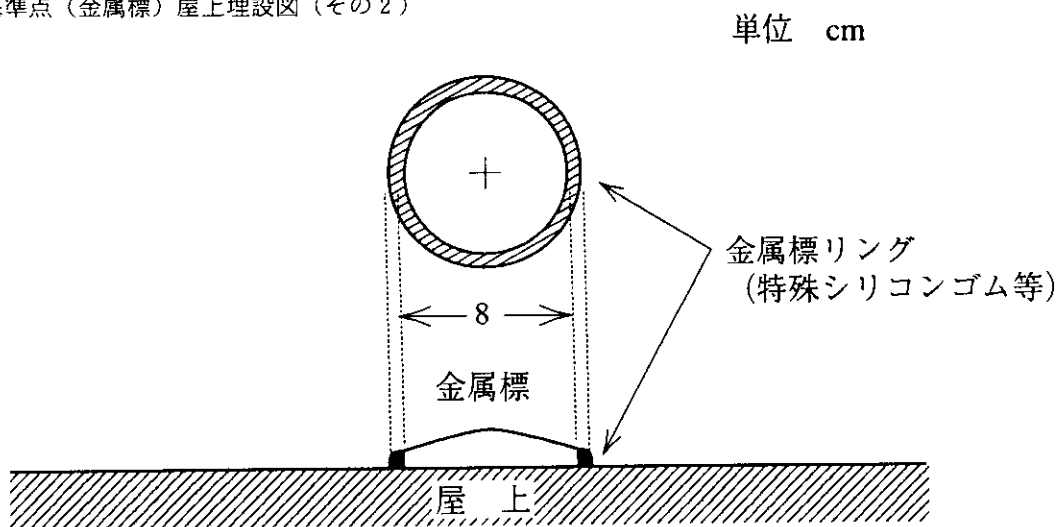
単位 cm



3) 基準点（金属標）屋上埋設図（その1）

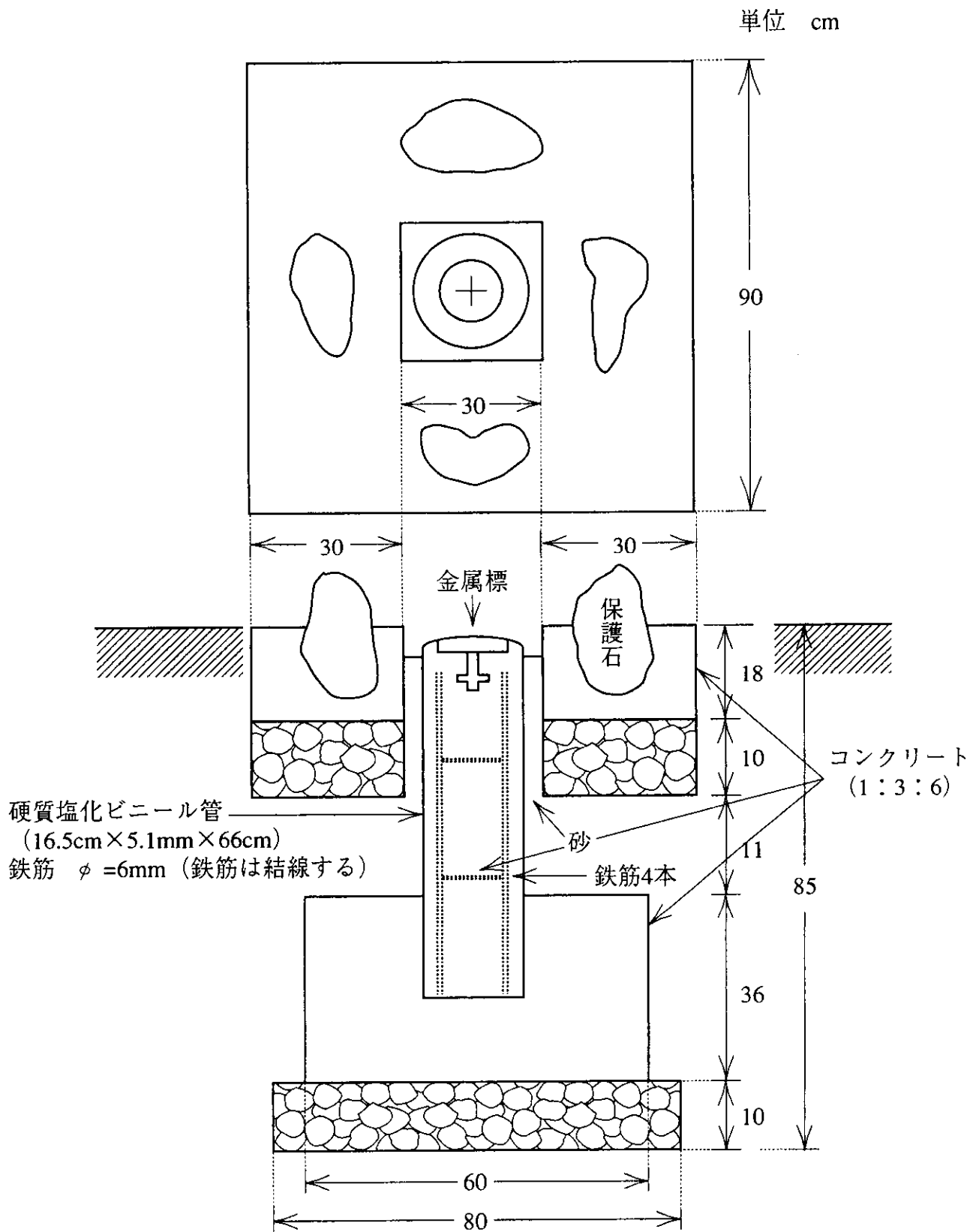


4) 基準点（金属標）屋上埋設図（その2）



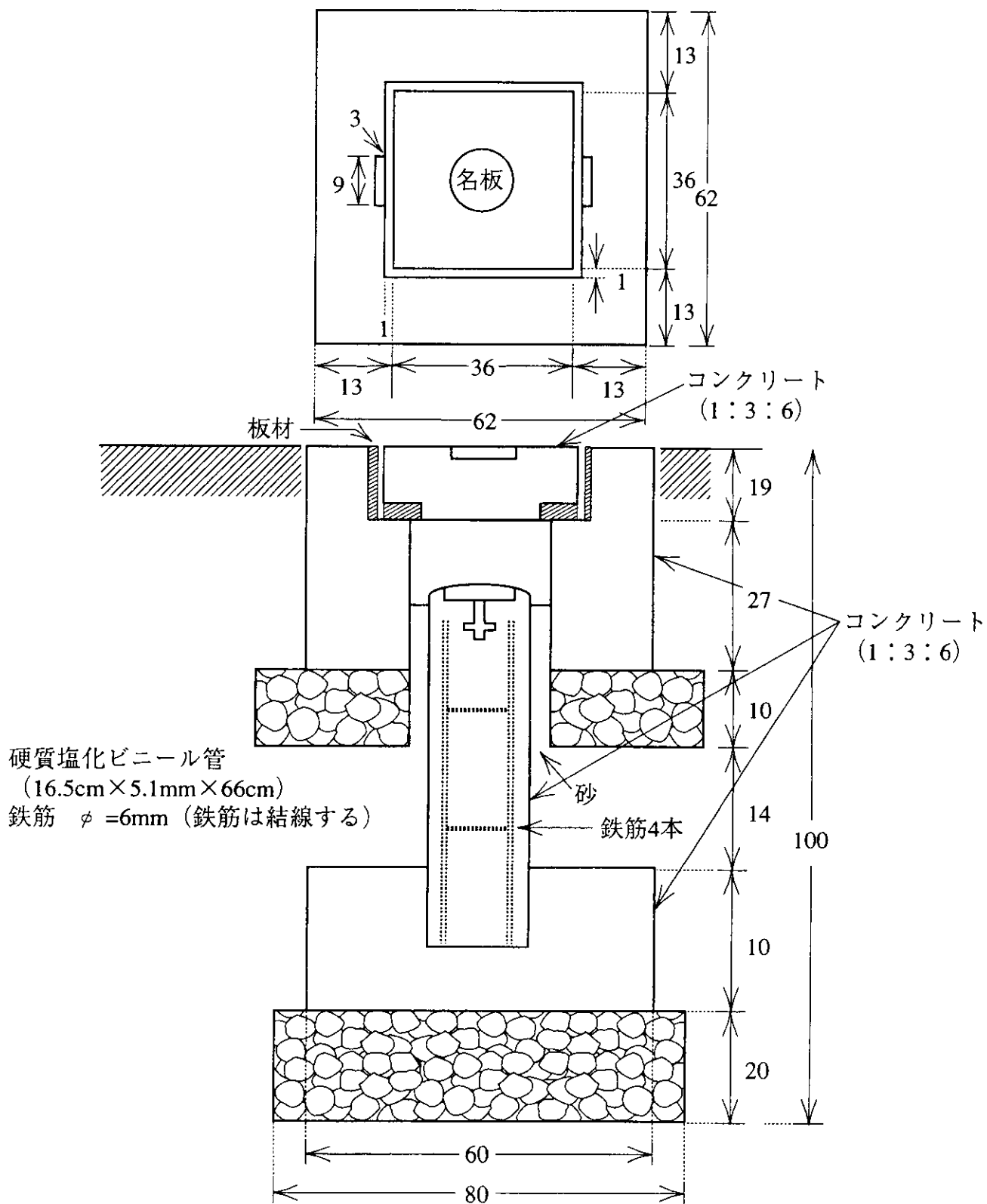
注. 屋上面に、接着剤により貼付ける。

5) 水準点（金属標）地上埋設図



6) 水準点（金属標）地下埋設図

単位 cm



計 算 式 集

基 準 点 測 量

1. 楕円体の原子及び諸公式

(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2条の2に定める楕円体の値による。

長半径 $a = 6,378,137\text{m}$

$$\text{偏平率 } f = \frac{1}{298.257222101}$$

(2) 楕円体の諸公式

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

$$R = \sqrt{M \cdot N} = \frac{a}{W^2} = \frac{c}{V^2}$$

$$W = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \phi}, \quad V = \sqrt{1 + e'^2 \sin^2 \phi}$$

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

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

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

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

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

ただし、

a : 長半径 R : 平均曲率半径

b : 短半径 e : 第一離心率

c : 極での曲率半径 e' : 第二離心率

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

とする。

2. セオドライト及び光波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

(1) 距離計算

(1). 1 光波測距儀の気象補正計算

$$D = D_s \cdot \frac{n_s}{n} = D_s + (\Delta s - \Delta n) \cdot D_s$$

$n_s = (1 + \Delta s)$: 光波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

$$\Delta n = a \cdot \frac{P}{273.16 + t} - E$$

$$a = \frac{273.16}{1013.25} (n_p - 1)$$

$$n_p - 1 = (287.604 + \frac{4.8864}{\lambda^2} + \frac{0.0680}{\lambda^4}) \cdot 10^{-6}$$

$E = 0.6 \times 10^{-6}$ …… 乾球温度18℃、相対湿度70%の場合

ただし、

D : 気象補正済みの距離 (m)

D_s : 気象補正をしていない距離 (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_p : 群速度に対する屈折率

λ : 光波の実効波長 (μm)

とする。

(1). 2 気圧、気温を求める計算

1) 標高による気圧の計算式

$$P_2 = 1013.25 \cdot 10^{-\frac{H}{67.587}}$$

2) 高低差による気圧の計算式

$$(i) P_2 = P_1 \cdot 10^{-\frac{\Delta H}{67.587}}$$

$$(ii) P_2 = P_1 - 1.20 \text{hPa} \cdot \Delta H$$

3) 高低差による気温の計算式

$$t' = t - 0.005^\circ\text{C} \cdot \Delta H$$

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 (℃)

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

ΔH : 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)

(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)

Hg : ジオイド高

ジオイド高は、既知点のジオイド高を平均した値

(1). 4 距離計算に必要な高低角に対する補正計算

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

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

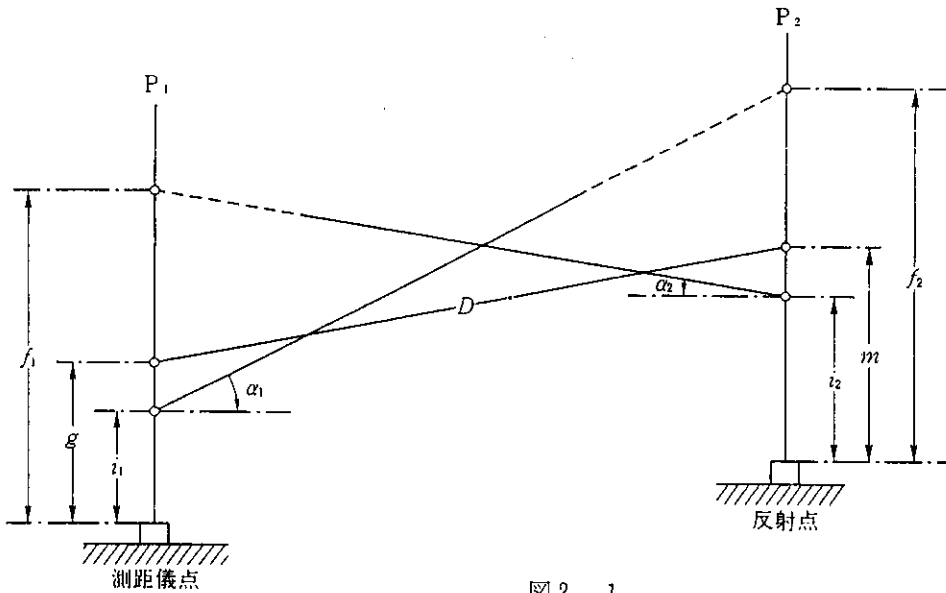


図 2. 1

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

α_i : 高低角 ($i = 1, 2$ 以下同じ)

f_i : 目標高

i_i : 経緯儀の器械高

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

$\delta \alpha_i$: 高低角に対する補正量

α'_i : 補正済みの高低角

補正量は角度秒で求める。距離の単位はm、角度の単位は、度分秒とする。

(2) 偏心補正計算

(2). 1 正弦定理による計算

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

〔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 二辺夾角による計算

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

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

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

$$\alpha = t - \varphi$$

t : 観測した水平角, φ : 偏心角

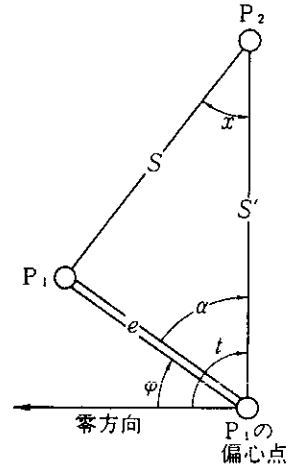


図 2. 2

(2). 3 相互偏心の計算

1) S' が既知の場合

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

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

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 : 観測した水平角

$$\alpha_1 = t_1 - \varphi_1$$

$$\alpha_2 = (360^\circ + t_2) - \varphi_2$$

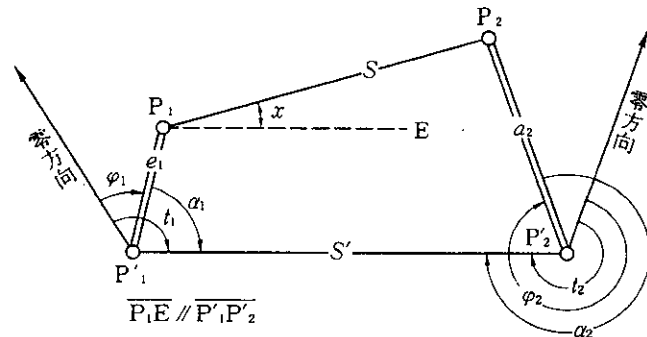


図 2. 3

(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 : +

(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>

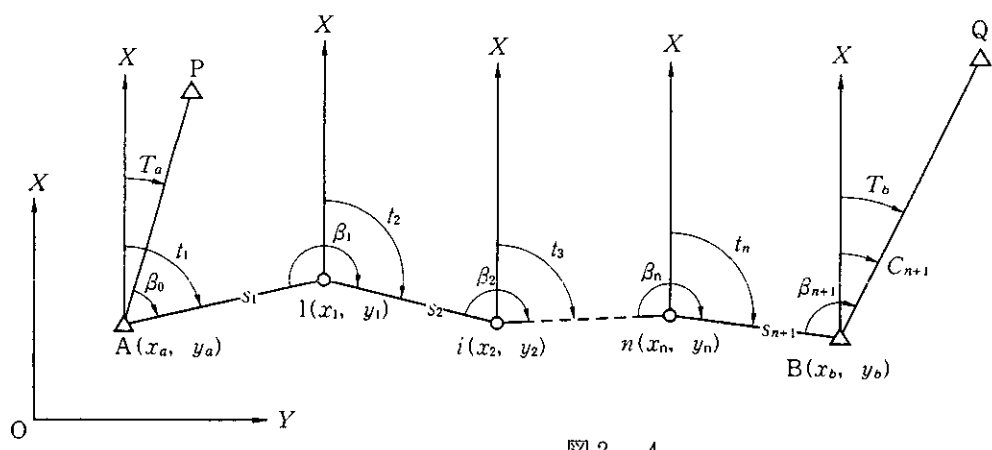


図 2. 4

(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 : 出発点における取付け点 (P) の方向角
- T_b : 結合点における取付け点 (Q) 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

(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 ($1' \cdot 2' \cdot B'$ は仮定の方角によって計算した各点の位置)

t'_{ab} : 仮定の方角 (A 点から B' 点に対する方向角)

$$t'_{ab} = \text{Arc tan} \left[\frac{y'_b - y_a}{x'_b - x_a} \right] \dots\dots (2-6-1)$$

t_{ab} : 出発点 A から結合点 B に対する方向角

$$t_{ab} = \text{Arc tan} \left[\frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} \right] \dots\dots (2-6-2)$$

θ : 仮定の方角に対する修正量

$$\theta = t_{ab} - t'_{ab} \dots\dots (2-6-3)$$

求件、A から 1 に対する方向角

$$t_{a1} = t'_{a1} + \theta \dots\dots (2-6-4)$$

(4) 座標の精算 (厳密水平網平均計算)

(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

$$\begin{aligned} & (t - T)''_{ij} \\ &= -\frac{\rho''}{4m_0^2 R_0^2} (y' + y'_i) (x' - x'_i) \\ & \quad + \frac{\rho''}{12m_0^2 R_0^2} (x' - x'_i) (y' - y'_i) \\ & t_{ij} = T_{ij} + (t - T)''_{ij} \end{aligned}$$

2) 距離の補正

$$\begin{aligned} \left[\frac{s}{S} \right]_{ij} &= m_0 \left\{ 1 + \frac{1}{6R_0^2 m_0^2} (y'^2 + y' y'_i + y'_i{}^2) \right\} \\ s_{ij} &= S_{ij} \left[\frac{s}{S} \right]_{ij} \end{aligned}$$

ただし、

t_{ij} : 平面座標上の観測方向角

T_{ij} : 基準面上の観測方向角

s_{ij} : 平面座標上の測定距離

S_{ij} : 基準面上の測定距離

m_0 : 座標系原点の縮尺計数 0.9999

R_0 : 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

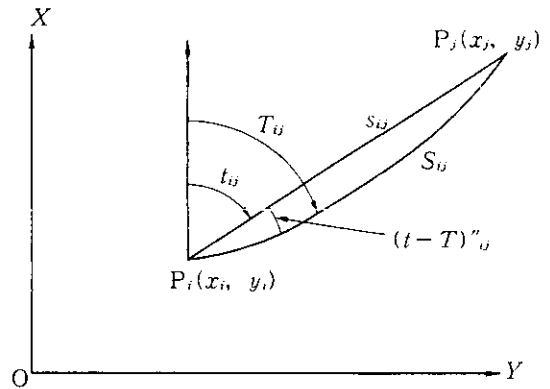


図 2. 6

(4). 2 観測方程式

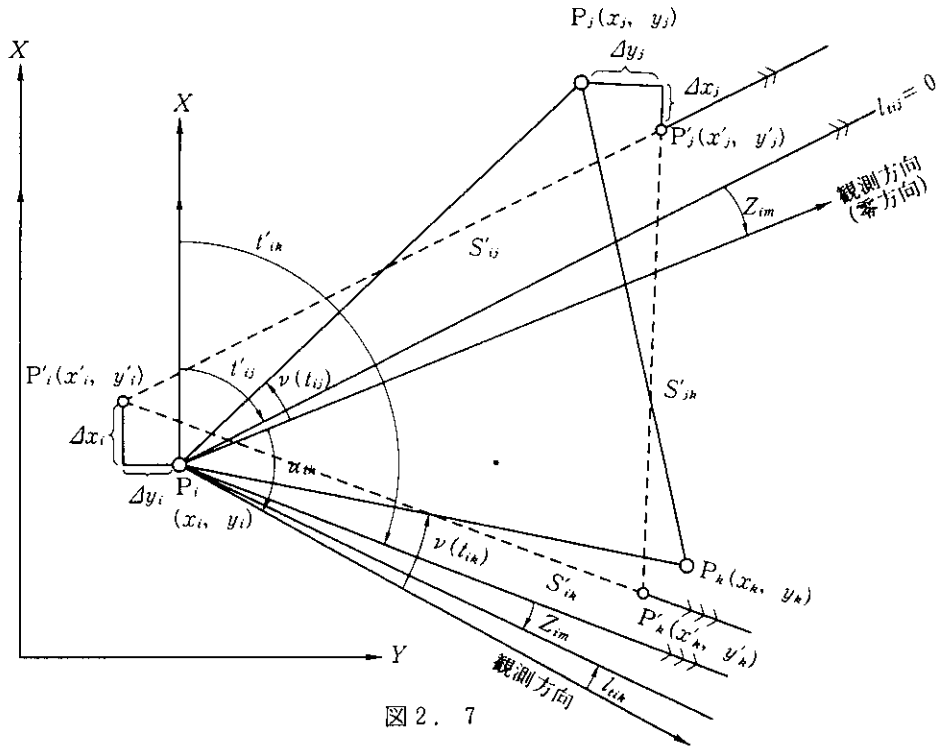


図 2. 7

1) 方向観測の観測方程式

$$v(t_{i,k}) = -z_{i,m} + a_{i,k} \delta x_i - b_{i,k} \delta y_i - a_{i,k} \delta x_k + b_{i,k} \delta y_k + l_{i,k}$$

重量 $p_{i,k} = 1$

2) 距離観測の観測方程式

$$v(s_{i,k}) = -b_{i,k} \delta x_i - a_{i,k} \delta y_i + b_{i,k} \delta x_k + a_{i,k} \delta y_k + l_{i,k}$$

重量 $p_{s_{i,k}}$

ただし、

x'_i, y'_i : P_i 点の座標の近似値、単位m

x_i, y_i : P_i 点の座標の最確値、単位m

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

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

$s'_{i,k}$: P_i, P_k 間の平面座標上の近似距離 $\{(x'_k - x'_i)^2 + (y'_k - y'_i)^2\}^{1/2}$

$a_{i,k}, b_{i,k}$: 観測方程式の係数

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

$s_{i,k}$: P_i, P_k 間の平面座標上の測定距離、単位m

$l_{s_{i,k}}$: 距離の観測方程式の定数項 $\rho'' (s'_{i,k} - s_{i,k})/s'_{i,k}$ 、単位秒

$l'_{i,j}$: P_i 点における P_j (零方向) 方向の仮定方向角 $\text{Arc tan} \{(y'_j - y'_i)/(x'_j - x'_i)\}$

$l'_{i,k}$: P_i 点における P_k 方向の仮定方向角 $\text{Arc tan} \{(y'_k - y'_i)/(x'_k - x'_i)\}$

$z_{i,m}$: 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、単位秒

$u_{i,k}$: 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

$l_{i,k}$: 方向の観測方程式の定数項、単位秒

$$l_{i,k} = l'_{i,k} - (l'_{i,j} + u_{i,k})$$

$l_{i,j} = 0$ (零方向)

$p_{i,k}$: 方向観測の重量、常に 1 とする

$p_{s,i,k}$: 距離観測の重量 $\frac{m_i^2 \cdot s_{i,k}^2}{(m_s^2 + \gamma^2 s_{i,k}^2) \rho''^2}$

m_i : 角の 1 方向の標準偏差、単位秒

m_s : 測距儀における距離に無関係な標準偏差、単位 m

γ : 測距儀における距離に比例する誤差の比例定数

$v(t_{i,k})$: 方向観測の残差、単位秒

$v(s_{i,k})$: 距離観測の残差、単位秒

単位 m の場合の残差 = $s'_{i,k} \cdot v(s_{i,k}) / \rho''$

3) 夾角観測の観測方程式

方向観測の観測方程式から導かれる夾角観測の観測方程式を用いることもできる。

(4). 3 平均計算

1) 観測方程式の行列表示

$$V = AX - L, P \dots \dots (2-7)$$

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

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

ただし、

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

A^T は、 A の転置行列

3) 解

$$X = N^{-1} U \dots \dots (2-9)$$

N^{-1} は、 N の逆行列である。

4) 座標の最確値

$$\left. \begin{aligned} x_i &= x'_i + \delta x_i \\ y_i &= y'_i + \delta y_i \end{aligned} \right\}$$

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

$$\sigma_x = \sigma_0 \sqrt{q_x} \dots\dots X座標の標準偏差$$

$$\sigma_y = \sigma_0 \sqrt{q_y} \dots\dots Y座標の標準偏差$$

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

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

(注) q_x, q_y は、 N^{-1} の対角要素である。

(5) 標高及び閉合差の計算

(5). 1 高低差の計算

〈標高計算の説明〉

H_1 : P_1 点の標高

i_1 : P_1 点の経緯儀高

f_1 : P_1 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_1 : P_1 点で観測した鉛直角

α_1 : P_1 点における高低角, $\alpha_1 = 90^\circ - Z_1$

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

(注) 必要に応じて正反に分けて計算を行う。

正方向 $H_2' = H_1 + D \sin \alpha_1 + i_1 - f_2 + K$

反方向 $H_2'' = H_1 - D \sin \alpha_2 - i_2 + f_2 - K$

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

ただし、

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

(5). 2 標高の閉合差

1) 結合多角路線の閉合差

$$\Delta H = H_b - H_a - \Sigma dH \dots\dots (2-10)$$

ただし、

ΔH : 閉合差, H_a : 出発点の標高, H_b : 結合点の標高

2) 閉合多角路線の閉合差

$$\Delta H = \Sigma dH \dots\dots (2-11)$$

(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。

$$H_2 = H_1 + dH \dots\dots (2-12)$$

(6) 標高の精算 (厳密高低網平均計算)

(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_1 : 標高

A_1 : 測点 i から観測した高低角

$\delta \alpha_1$: A_1 に対する補正量

α_1 : A_1 の補正後の高低角

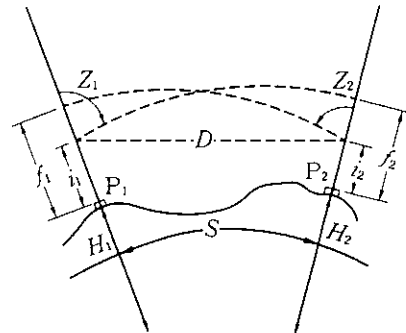


図 2. 8

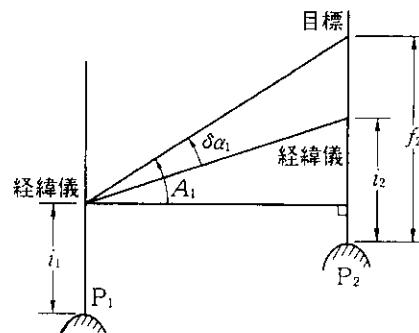


図 2. 9

i_1 : 経緯儀高

f_1 : 目標高

i : 測点番号

1) 正の高低角に対する補正量

$$\delta a_1 = \text{Arc tan} \left\{ \frac{(f_2 - i_1) \cos A_1}{\frac{S}{\cos A_1} - (f_2 - i_1) \sin A_1} \right\}$$

2) 反の高低角に対する補正量

$$\delta a_2 = \text{Arc tan} \left\{ \frac{(f_1 - i_2) \cos A_2}{\frac{S}{\cos A_2} - (f_1 - i_2) \sin A_2} \right\}$$

ただし、

S は基準面上の距離 (6の2) による)

3) 補正した観測高低角

$$a_1 = A_1 - \delta a_1$$

$$a_2 = A_2 - \delta a_2$$

(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

$$\alpha = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2}$$

α' : 近似標高により求めた高低角

$$\alpha' = \text{Arc tan} \left\{ \frac{H_2 - H_1}{S} \left[1 - \frac{H_1 - H_2}{2R} \right] \right\}$$

S : 基準面上の距離

R : 平均曲率半径

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、 $l_{12} = \alpha' - \alpha$

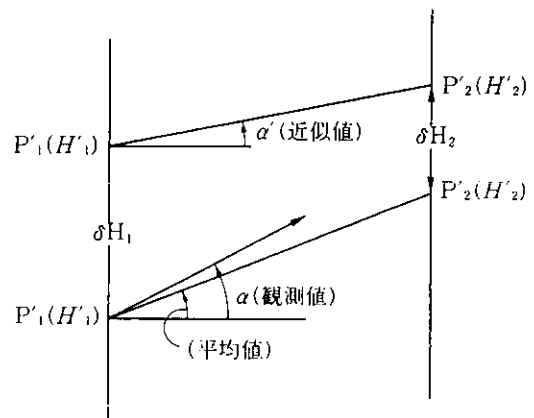


図 2. 10

$v(\alpha)$: 高低角の残差、単位秒

(6). 3 平均計算

- 1) 観測方程式の行列表示は、(2-7) 式による。
- 2) 標準方程式の行列は、(2-8) 式による。
- 3) 解は (2-9) 式による。
- 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。

m : 観測方程式の数

n : 新点の数

- 6) 標高の標準偏差 (σ_h)

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

ただし、 q は N^{-1} の対角要素である。

(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

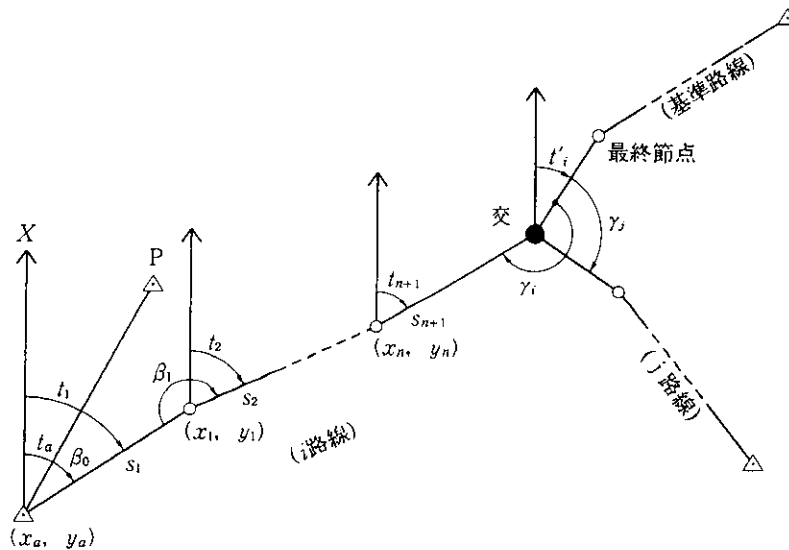


図 2. 11

(7). 1 単純重量平均による方法 (交点 1 点の場合)

(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

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

$$t_1 = t_a + \beta_0$$

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, …… n + 1)

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

出発点での方向角の取り付け観測がない場合 (k = 1, 2, …… n)

γ : 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, …… 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 ($\delta \beta$)

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

$\delta \beta_k$: 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, …… n)

(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 ($\delta x, \delta y$)

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

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

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

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

(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)

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

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

(7). 2 条件方程式による方法

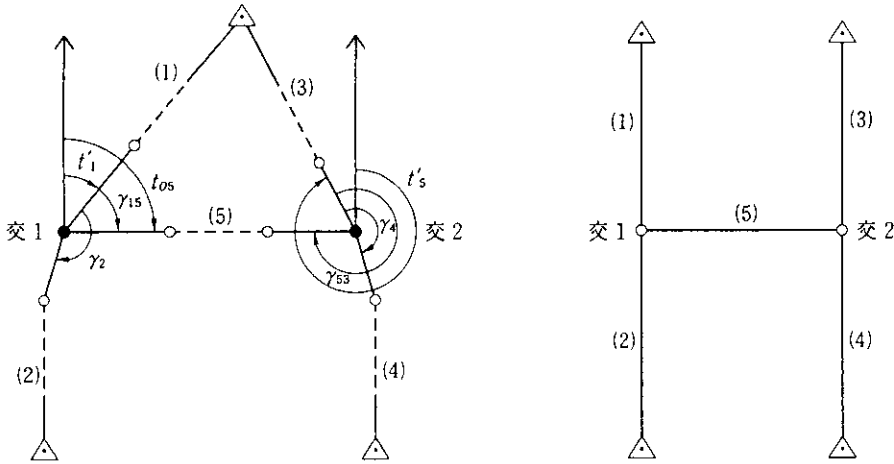


図 2. 12

(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

(7). 2. 2 観測方向角 (t') 及び閉合差 (W_i) の計算

交点 1 において

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

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

交点 2 において

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

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

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

$$t'_{05} = t'_1 + \gamma_{15}$$

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

$$W_{i1} = t'_1 - t'_2$$

$$W_{i2} = t'_3 - t'_4$$

$$W_{i3} = t'_5 - t'_3$$

(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

$$x'_1 = x_{01} + \sum_{k=1}^{n_1+1} dx_{1k} \quad y'_1 = y_{01} + \sum_{k=1}^{n_1+1} dy_{1k}$$

$$x'_2 = x_{02} + \sum_{k=1}^{n_2+1} dx_{2k} \quad y'_2 = y_{02} + \sum_{k=1}^{n_2+1} dy_{2k}$$

交点2において

$$x'_3 = x_{03} + \sum_{k=1}^{n_3+1} dx_{3k} \quad y'_3 = y_{03} + \sum_{k=1}^{n_3+1} dy_{3k}$$

$$x'_4 = x_{04} + \sum_{k=1}^{n_4+1} dx_{4k} \quad y'_4 = y_{04} + \sum_{k=1}^{n_4+1} dy_{4k}$$

$$x'_5 = x_{05} + \sum_{k=1}^{n_5+1} dx_{5k} \quad y'_5 = y_{05} + \sum_{k=1}^{n_5+1} dy_{5k}$$

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

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

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

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

(7). 2. 4 標高 (H') 及び閉合差 (W_H) の計算

交点1において

$$H'_1 = H_{01} + \sum_{k=1}^{n_1+1} dH_{1k}$$

$$H'_2 = H_{02} + \sum_{k=1}^{n_2+1} dH_{2k}$$

交点2において

$$H'_3 = H_{03} + \sum_{k=1}^{n_3+1} dH_{3k}$$

$$H'_4 = H_{04} + \sum_{k=1}^{n_4+1} dH_{4k}$$

$$H'_5 = H_{05} + \sum_{k=1}^{n_5+1} dH_{5k}$$

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

α_{ik} : i 路線の $(k-1)$ 番目の節点における高低角

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

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

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

(7). 2. 5 平均計算

1) 条件方程式

$$CV + W = 0$$

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

2) 相関方程式

$$V = (CP^{-1})^T K$$

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

3) 正規方程式と解

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

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

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

(7). 3 観測方程式による方法

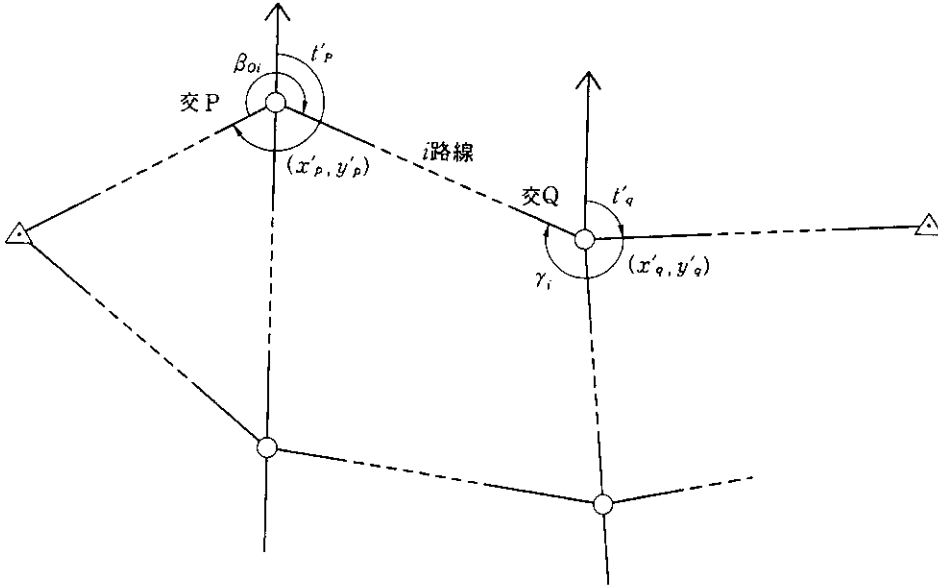


図 2. 13

(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

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

v_i : 偏差 (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

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

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

(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。

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

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

v_i : 偏差 (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

dx_i, dy_i : 交点 PQ 間 (i 路線) の観測座標差

$P_i = 1 / S_i$ (S_i : PQ 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。

$$v_i = \delta x_q - \{(x - x'_q) + dx_i\} \quad \text{重量 } P_i$$

$$v_i = \delta y_q - \{(y - y'_q) + dy_i\} \quad \text{重量 } P_i$$

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。

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

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

(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。

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

v_i : 偏差 (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

dH_i : 交点PQ間の観測高低差

$P_i = 1/S_i$ (S_i : PQ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。

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

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。

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

(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。

(7). 3. 5 補正值の配布

1) 交点PQ間 (i 路線) の各夾角 ($\beta_{i,k}$) への補正 ($\delta\beta_k$)

$\delta\beta_k = \Delta\beta_i / (\text{夾角の観測値の数})$: 夾角 $\beta_{i,k}$ への補正值

$\Delta\beta_i = \Sigma \delta\beta_k = \beta_i - dt_i$: PQ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PQ間の平均座標 (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PQ間 (i 路線) の各座標 ($x'_{i,k}, y'_{i,k}$) 及び各標高 ($H'_{i,k}$) 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

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

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

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

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

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

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

(8) 座標による方向角及び基準面上の距離の計算

1) 方向角

$$t_{12} = \text{Arc tan} \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} - (t - T)_{12}$$

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) 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 : 平均曲率半径

m_0 : 0.9999

3) 成果表に記載する縮尺係数

成果表に表示する縮尺係数は次式による。

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

ただし、

y : 当該点の y 座標

(9) 経緯度計算

座標を換算して緯度、経度及び子午線収差角を求める。

1) 緯度

$$\phi = \phi_1 - \left[\frac{\tan \phi_1}{2M_1 N_1} \right] \left[\frac{y}{m_0} \right]^2 \rho'' \\ + \left[\frac{\tan \phi_1}{24M_1 N_1^3} \right] (5 + 3 \tan^2 \phi_1 + \eta_1^2 - 9 \eta_1^2 \tan^2 \phi_1 - 4 \eta_1^4) \left[\frac{y}{m_0} \right]^4 \rho'' \\ - \left[\frac{\tan \phi_1}{720M_1 N_1^5} \right] (61 + 90 \tan^2 \phi_1 + 45 \tan^4 \phi_1) \left[\frac{y}{m_0} \right]^6 \rho''$$

2) 経度

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta \lambda$$

$$\Delta \lambda = \left[\frac{1}{N_1 \cos \phi_1} \right] \left[\frac{y}{m_0} \right] \rho'' - \left[\frac{1 + 2 \tan^2 \phi_1 + \eta_1^2}{6 N_1^3 \cos \phi_1} \right] \left[\frac{y}{m_0} \right]^3 \rho'' \\ + \left[\frac{5 + 28 \tan^2 \phi_1 + 24 \tan^4 \phi_1}{120 N_1^5 \cos \phi_1} \right] \left[\frac{y}{m_0} \right]^5 \rho''$$

3) 子午線収差角

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

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、

ϕ : 新点の緯度

λ_0 : 原点の経度

λ : 新点の経度

γ : 新点の子午線収差角

γ の符号は、新点の位置が当該座標系原点より東にあるときは負、西は正とする。

m : 新点の縮尺係数

$$m_0 = 0.9999$$

$$\eta_1^2 = e'^2 \cos^2 \phi_1$$

y : 新点の y 座標値

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

$$N_1 = \frac{c}{\sqrt{1 + \eta_1^2}}$$

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

$$a = 6,378,137 \text{ m}$$

$$e' = \frac{\sqrt{2 \frac{1}{f} - 1}}{\frac{1}{f} - 1}$$

$$f = \frac{1}{298.257222101}$$

5) 基準子午線と垂線（新点より）との交点の緯度

$$\phi 1 = (A_1 \theta + A_2 \sin 2 \theta + A_3 \sin 4 \theta + A_4 \theta \cos 2 \theta + A_5 \sin 6 \theta + A_6 \theta \cos 4 \theta + A_7 \theta^2 \sin 2 \theta \\ + A_8 \sin 8 \theta + A_9 \theta \cos 6 \theta + A_{10} \theta^2 \sin 4 \theta + A_{11} \theta^3 \cos 2 \theta) \rho''$$

ただし、

$$\theta = \frac{M}{a}$$

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

$$a = 6,378,137 \text{ m}$$

$$A_1 = 1.00167851427$$

$$A_8 = -0.00000000002$$

$$A_2 = 0.00251882660$$

$$A_9 = 0.00000000007$$

$$A_3 = 0.00000370095$$

$$A_{10} = 0.00000000008$$

$$A_4 = 0.00000845577$$

$$A_{11} = -0.00000000002$$

$$A_5 = 0.00000000745$$

$$A_6 = 0.00000002485$$

$$A_7 = -0.00000001419$$

S_0 : 赤道から座標系原点 ϕ_0 までの子午線弧長

$$S_0 = a(1 - e^2) \left[A\phi_0 - \frac{B}{2}\sin 2\phi_0 + \frac{C}{4}\sin 4\phi_0 - \frac{D}{6}\sin 6\phi_0 + \frac{E}{8}\sin 8\phi_0 - \frac{F}{10}\sin 10\phi_0 \right] \dots (2-13)$$

ただし、 $e = \sqrt{2f - f^2}$ (第1離心率)

$$\begin{aligned} A &= 1.005\ 052\ 501\ 813\ 087 & D &= 0.000\ 000\ 020\ 820\ 379 \\ B &= 0.005\ 063\ 108\ 622\ 224 & E &= 0.000\ 000\ 000\ 039\ 324 \\ C &= 0.000\ 010\ 627\ 590\ 263 & F &= 0.000\ 000\ 000\ 000\ 071 \end{aligned}$$

(注) ϕ_0 は、他の計算式を用いて求めることができる。

(10) 経緯度を換算して座標及び子午線収差角を求める計算

1) x 座標

$$\frac{x}{m_0} = (S - S_0) + \frac{N}{2}\sin\phi\cos\phi\left[\frac{\Delta\lambda}{\rho''}\right]^2 + \frac{N}{24}\sin\phi\cos^3\phi(5 - \tan^2\phi + 9\eta^2 + 4\eta^4)\left[\frac{\Delta\lambda}{\rho''}\right]^4 + \frac{N}{720}\sin\phi\cos^5\phi(61 - 58\tan^2\phi + \tan^4\phi)\left[\frac{\Delta\lambda}{\rho''}\right]^6$$

2) y 座標

$$\frac{y}{m_0} = N\cos\phi\left[\frac{\Delta\lambda}{\rho''}\right] + \frac{N}{6}\cos^3\phi(1 - \tan^2\phi + \eta^2)\left[\frac{\Delta\lambda}{\rho''}\right]^3 + \frac{N}{120}\cos^5\phi(5 - 18\tan^2\phi + \tan^4\phi)\left[\frac{\Delta\lambda}{\rho''}\right]^5$$

3) 子午線収差角

$$\gamma = \sin\phi\Delta\lambda + \frac{1}{3}\sin\phi\cos^2\phi(1 + 3\eta^2 + 2\eta^4)\frac{\Delta\lambda^3}{\rho''^2} + \frac{1}{15}\sin\phi\cos^4\phi(2 - \tan^2\phi)\frac{\Delta\lambda^5}{\rho''^4}$$

ただし、

x, y : 新点の座標

γ : 新点の子午線収差角

ϕ : 新点の緯度

$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ λ_0 : 座標系原点の経度 λ : 求める点の経度

S_0 : (2-13) 式による。

S : (2-13) 式の ϕ_0 を新点の緯度 ϕ で求める。

$$\eta^2 = e'^2 \cos^2\phi \quad N = \frac{c}{\sqrt{1 + \eta^2}}$$

m_0, e'^2 および c は前項(9). 4) と同じ。

3. GPS 測量機を使用した場合の計算式

(1) 楕円体の変換

(1). 1 経緯度及び高さから三次元直交座標系への変換

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

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

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

ただし、

ϕ : 緯度 λ : 経度

h : 楕円体高 N : 卯酉線曲率半径

a : 長半径 e : 第一離心率

f : 扁平度

とする。

(1). 2 三次元直交座標系から経緯度及び高さへの変換

$$\begin{aligned}\phi &= \tan^{-1} \frac{Z}{(P - e^2 \cdot N_{i-1} \cdot \cos \phi_{i-1})} \quad (\phi \text{ は繰り返し計算}) \\ \lambda &= \tan^{-1} \frac{Y}{X} \\ h &= \frac{P}{\cos \phi} - N \\ P &= \sqrt{(X^2 + Y^2)}\end{aligned}$$

ただし、

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

ϕ_i : i 回目の計算結果

$$\phi_0 : \tan^{-1} \frac{Z}{P}$$

とする。

(2) 基線ベクトルの各成分の計算

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

$$\Sigma \Delta X = \Delta X_1 + \dots + \Delta X_n$$

$$\Sigma \Delta Y = \Delta Y_1 + \dots + \Delta Y_n$$

$$\Sigma \Delta Z = \Delta Z_1 + \dots + \Delta Z_n$$

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 : 基線ベクトル X 軸成分の環閉合差

ΔY : 基線ベクトル Y 軸成分の環閉合差

ΔZ : 基線ベクトル Z 軸成分の環閉合差

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

ϕ : 緯度

λ : 経度

ϕ 、 λ は測量地域内の任意の既知点の値とする。

(3) 偏心補正計算

(3). 1 偏心補正計算に必要な距離計算

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

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

ただし、

D : 本点と偏心点の斜距離

D' : 測定した斜距離

α'_1, α'_2 : 観測高度角

i_1, i_2 : 器械高

f_1, f_2 : 目標高

とする。

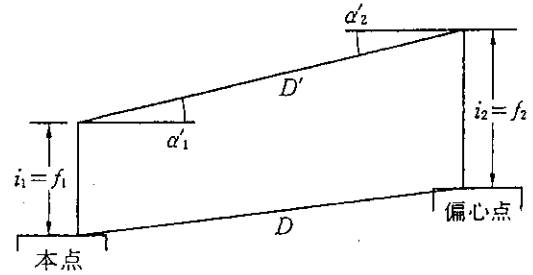


図 3. 1

(3). 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 : 本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 : 本点と偏心点の斜距離

i_1, i_2 : 器械高

f_1, f_2 : 目標高

とする。

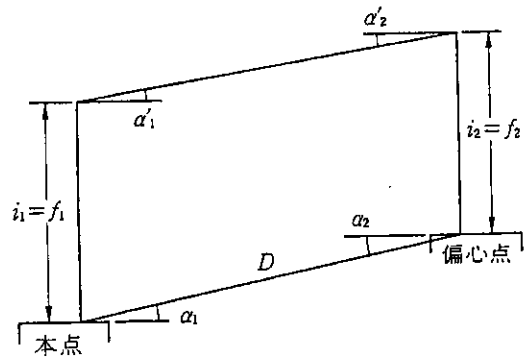


図 3. 2

(3). 3 偏心補正計算に必要な方位角の計算

1) 偏心点から既知点の方位角

$$T = T_0 + \phi$$

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

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

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 : 偏心角

D_x, D_y, D_z : 基線ベクトルの局所地平座標系における成分

ϕ : 偏心点の緯度 (当該楕円体)

λ : 偏心点の経度 (当該楕円体)

$\Delta x'$, $\Delta y'$, $\Delta z'$: 基線ベクトルの地心直交座標系における成分 (偏心点と方位標の三次元標差) とする。

2) 本点から偏心点の方位角計算

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

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

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

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

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

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

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

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

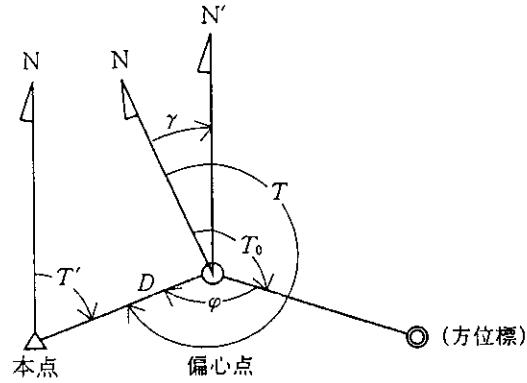


図 3. 3

ただし、

T : 偏心点から本点の方位角 (3. (3) -3 の 1) で計算した値を使用する。

γ : 本点を基準としたときの偏心点における子午線収差角

S' : 基準面上の距離

D : 本点と偏心点の斜距離

ϕ_1 : 本点の緯度

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 ϕ_1 とする)

R : 平均曲率半径 (引数は ϕ_1 とする) -

α_1, α_2 : 本点と偏心点の高低角

h_1, h_2 : 本点と偏心点の楕円体高

とする。

(注) γ の計算は最初、 $T_0' = T + 180^\circ$ の値で計算し、 $|T' - T_0'| \leq 0.1''$ を満たすまで反復計算する。

(3). 4 偏心補正計算 (基線ベクトルの局所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。)

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

$$\alpha = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)}{2}$$

ただし、

$\Delta x, \Delta y, \Delta z$: 偏心補正量

ϕ : 本点の緯度

λ : 本点の経度

D : 本点と偏心点の斜距離

α_1, α_2 : 本点と偏心点の高低角

T : 本点から偏心点又は偏心点から本点の方位角とする。

(3). 5 偏心補正の方法

1) 偏心点及び本点で偏心角観測をした場合

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

ただし、

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$: 偏心補正後の2点間の三次元座標差
(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点間の三次元座標差
(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) - 4「偏心補正計算」
で計算した値を使用する)

とする。

2) 偏心点の座標が未知の場合

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

ただし、

X, Y, Z : 偏心点の三次元座標 (地心直交座標系における成分)

X_1, Y_1, Z_1 : 本点の三次元座標 (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) - 4「偏心補正計算」で計算した値を使用する) とする。

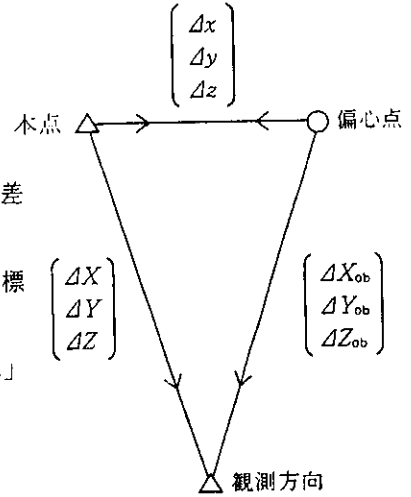
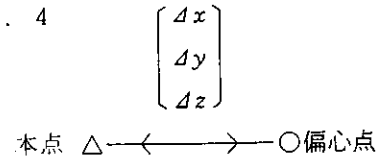


図 3. 4



(4) 三次元網平均計算

(4). 1 GPS 基線ベクトル

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

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

(4). 2 観測方程式

1) 測地座標 (緯度 ϕ , 経度 λ , 標高 H) による観測方程式

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix} = m_2 \begin{bmatrix} \delta \phi_2 \\ \delta \lambda_2 \\ \delta H_2 \end{bmatrix} - m_1 \begin{bmatrix} \delta \phi_1 \\ \delta \lambda_1 \\ \delta H_1 \end{bmatrix} + M_f \begin{bmatrix} \Delta X^0 \\ \Delta Y^0 \\ \Delta Z^0 \end{bmatrix} + M_n \begin{bmatrix} \Delta X^0 \\ \Delta Y^0 \\ \Delta Z^0 \end{bmatrix} + M_a \begin{bmatrix} \Delta X^0 \\ \Delta Y^0 \\ \Delta Z^0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X^0 \\ \Delta Y^0 \\ \Delta Z^0 \end{bmatrix} S + \begin{bmatrix} \Delta X^0 \\ \Delta Y^0 \\ \Delta Z^0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \Delta X_{ob} \\ \Delta Y_{ob} \\ \Delta Z_{ob} \end{bmatrix}$$

(残差) (未知量) (未知量) (概算値) (観測値)

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

$$M_f = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\cos \lambda_0 \\ 0 & 0 & -\sin \lambda_0 \\ \cos \lambda_0 & \sin \lambda_0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$M_n = \begin{bmatrix} 0 & -\cos \phi_0 & -\sin \phi_0 \cdot \sin \lambda_0 \\ \cos \phi_0 & 0 & \sin \phi_0 \cdot \cos \lambda_0 \\ \sin \phi_0 \cdot \sin \lambda_0 & -\sin \phi_0 \cdot \cos \lambda_0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$M_a = \begin{bmatrix} 0 & \sin \phi_0 & -\cos \phi_0 \cdot \sin \lambda_0 \\ -\sin \phi_0 & 0 & \cos \phi_0 \cdot \cos \lambda_0 \\ \cos \phi_0 \cdot \sin \lambda_0 & -\cos \phi_0 \cdot \cos \lambda_0 & 0 \end{bmatrix}$$

ただし、

- ϕ_0, λ_0 : 既知点 (任意) の緯度、経度
 ξ : 鉛直線偏差の子午線方向の成分に相当
 η : 鉛直線偏差の卯酉線方向の成分に相当
 α : 網の鉛直軸の微小回転
 S : 網のスケールファクター

とする。

- 2) 地心三次元直交座標 (X, Y, Z) による観測方程式

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

(残差) (未知量) (未知量) (概算値) (観測値)

- (4). 3. 1 基線観測値の重量

$$P = (\Sigma \Delta)^{-1}$$

ただし、 $\Sigma \Delta$ は 1 基線観測値の分散・共分散行列である。

- (4). 4 平均計算

- 1) 観測方程式 $V = AX - L$

ただし、 V : 残差ベクトル ($3m \times 1$)

A : 計画行列 ($3m \times n$)

X : 未知数ベクトル ($n \times 1$)

L : 定数項ベクトル ($3m \times 1$)

$$P = \begin{bmatrix} p_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & p_2 & \cdots & 0 \\ & & \cdots & \\ 0 & 0 & \cdots & p_n \end{bmatrix} \quad : \text{重量行列} (3m \times 3m)$$

m : 観測した基線値の数

n : 未知数の数

- 2) 正規方程式 $(A^T P A) X = (A^T P L)$

- 3) 解 $X = N^{-1} U$

ただし、 $N = (A^T P A)$, $U = (A^T P L)$

- 4) 平均計算後の観測値の単位重量当たりの標準偏差

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{V^T P V}{3m - n}}$$

- 5) 座標の平均値の標準偏差 (単位 m)

測地座標による観測方程式の場合

$$\sigma_s = \sigma_0 (M + H) \sqrt{q_s} \quad (\text{南北方向})$$

$$\sigma_{\lambda} = \sigma_0(N+H) \cos \phi \sqrt{q_{\lambda}} \quad (\text{東西方向})$$

$$\sigma_H = \sigma_0 \sqrt{q_H} \quad (\text{上下方向})$$

ただし、

q_{ϕ} , q_{λ} , q_H は、 N^{-1} の対角要素である。

直角座標による観測方程式の場合

$$\sigma_x = \sigma_0 \sqrt{q_x} \quad (\text{南北方向})$$

$$\sigma_y = \sigma_0 \sqrt{q_y} \quad (\text{東西方向})$$

$$\sigma_H = \sigma_0 \sqrt{q_H} \quad (\text{上下方向})$$

ただし、

$$Q_{xyH} = RQ_{XYZ}R^T, \quad Q_{XYZ} = N^{-1}$$

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

q_x , q_y , q_H は、 Q_{xyH} の対角要素である。

6) 観測値の平均値の標準偏差

$$\sigma_{\Delta X} = \sigma_0 \sqrt{q_{\Delta X \Delta Y \Delta Z}}$$

$$\sigma_{\Delta Y} = \sigma_0 \sqrt{q_{\Delta X \Delta Y \Delta Z}}$$

$$\sigma_{\Delta Z} = \sigma_0 \sqrt{q_{\Delta X \Delta Y \Delta Z}}$$

ただし、

$$Q_{\Delta X \Delta Y \Delta Z} = A Q_{XYZ} A^T$$

$q_{\Delta X}$, $q_{\Delta Y}$, $q_{\Delta Z}$ は、 $Q_{\Delta X \Delta Y \Delta Z}$ の対角要素である。

7) 斜距離の平均値の標準偏差

$$\sigma_s = \sigma_0 \sqrt{q_D}$$

ただし、

$$q_D = G Q_{\Delta X \Delta Y \Delta Z} G^T$$

$$G = [\Delta X/D, \Delta Y/D, \Delta Z/D]$$

$$D = (\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2)^{1/2}$$

4. ジオイド高算出のための補間計算

$$Z = (1-t) \cdot (1-u) \cdot Z_{(i,j)} + (1-t) \cdot u \cdot Z_{(i,j+1)} + t \cdot (1-u) \cdot Z_{(i+1,j)} + t \cdot u \cdot Z_{(i+1,j+1)}$$

$$t = \frac{\phi - \phi_i}{\phi_{i+1} - \phi_i} \quad u = \frac{\lambda - \lambda_j}{\lambda_{j+1} - \lambda_j}$$

ただし、

ϕ_i : i 格子の緯度

λ_j : j 格子の経度

$Z_{(i,j)}$: (i, j) 格子のジオイド高

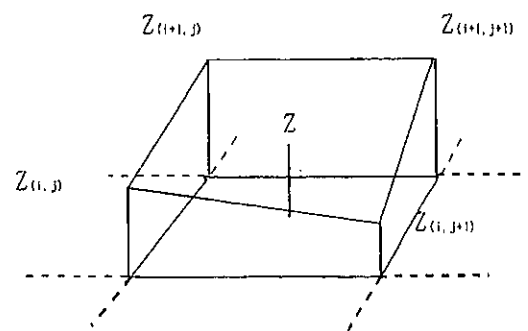
ϕ : 求点の緯度

λ : 求点の経度

Z : 求点のジオイド高

とする。

(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。



5. 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。

水準測量

1. 楕円補正計算

$$K = 5.29 \cdot \sin(B_1 + B_2) \cdot \frac{B_1 - B_2}{\rho'} \cdot H$$

ただし、 K : 楕円補正量 (mm単位)

B_1, B_2 : 水準路線の出発点及び終末点 (又は変曲点) の緯度 (分単位)

H : 水準路線の平均標高 (m単位)

$$\rho' : \frac{180^\circ}{\pi} \times 60'$$

2. 水準測量観測の標準偏差

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4} \cdot \left\{ \frac{U_i^2}{S_i} \right\} \cdot \frac{1}{n}}$$

ただし、 σ : 1 km当たりの観測の標準偏差 (mm単位)

U_i : 各鎖部の往復差 (mm単位)

S_i : 各鎖部の距離 (km単位)

n : 鎖部数

3. 水準網平均計算

(1) 観測方程式による場合

(1). 1 観測方程式

$$v_{ij} = -\delta H_i + \delta H_j - (H_i - H_j + dH_{ij})$$

ただし、 H_i, H_j : 水準点 ij の仮定標高

$\delta H_i, \delta H_j$: 水準点 ij の仮定標高に対する補正

dH_{ij} : 水準点 ij の観測高低差

v_{ij} : 水準点 ij の残差

これをまとめて、

$$V = AX - L \quad \text{重量 } P$$

ただし、各行列およびベクトルの内容は次のとおり。

$$\begin{aligned} \underset{(m, 1)}{V} &= \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_m \end{bmatrix}, \quad \underset{(m, n)}{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \\ \underset{(n, 1)}{X} &= \begin{bmatrix} \delta H_1 \\ \delta H_2 \\ \vdots \\ \delta H_n \end{bmatrix}, \quad \underset{(m, 1)}{L} = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \vdots \\ l_m \end{bmatrix}, \quad \underset{(m, m)}{P} = \begin{bmatrix} p_1 & & & 0 \\ & p_2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & p_m \end{bmatrix} \end{aligned}$$

ただし、 v_r : r 番目に関する v_{ij}

l_r : r 番目に関する $(H_i - H_j + dH_{ij})$

$$p_{ij} = \frac{1}{S_{ij}}$$

S_{ij} : 水準点 ij 間の路線長

(1). 2 正規方程式

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

$$\therefore X = (A^T P A^{-1}) A^T P L$$

(1). 3 平均の結果

イ) 単位重量当たりの観測の標準偏差

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

ただし、 m : 観測方程式の数

n : 未知点の数

ロ) 未知点の平均標高の標準偏差

$$\sigma_1 = \sigma_0 \sqrt{q_{11}}, \sigma_2 = \sigma_0 \sqrt{q_{22}}, \dots, \sigma_n = \sigma_0 \sqrt{q_{nn}}$$

ただし、

$$Q_{(n, n)} = (A^T P A)^{-1} = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1n} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{n1} & q_{n2} & \dots & q_{nn} \end{bmatrix}$$

(2) 条件方程式による場合

(2). 1 条件方程式

$$a_1 v_1 + a_2 v_2 + \dots + a_m v_m + w_1 = 0$$

$$b_1 v_1 + b_2 v_2 + \dots + b_m v_m + w_2 = 0$$

.....

$$r_1 v_1 + r_2 v_2 + \dots + r_m v_m + w_r = 0$$

ただし、 w : 環閉合差

v : 路線の高低差の補正量

これをまとめて、

$$C V + W = 0 \quad \text{重量 } P$$

ただし、各マトリックス、ベクトルの内容を次のとおり。

$$C_{(r, m)} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & \dots & a_m \\ b_1 & b_2 & \dots & b_m \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_1 & r_2 & \dots & r_m \end{bmatrix}, \quad V_{(m, 1)} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_m \end{bmatrix}, \quad W_{(r, 1)} = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_r \end{bmatrix}$$

(2). 2 相関方程式

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

ただし、

$$P^{-1}_{(m, m)} = \begin{bmatrix} \frac{1}{p_1} & & & 0 \\ & \frac{1}{p_2} & & \\ & & \ddots & \\ & & & \frac{1}{p_m} \\ 0 & & & & 0 \end{bmatrix}, \quad K_{(r, 1)} = \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_r \end{bmatrix}$$

(2). 3 正規方程式

$$(CP^{-1}C^T) \cdot K + W = 0$$

$$\therefore K = -(CP^{-1}C^T)^{-1} \cdot W$$

正規方程式を答解し、相関係数 k_1, k_2, \dots, k_r を求め相関方程式に代入して各路線の補正数を求める。

(2). 4 平均の結果

イ) 単位重量当たりの観測の標準偏差

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{-K^T W}{r}}$$

ただし、 r : 条件方程式の数

4. 変動補正計算

$$\Delta h = \frac{dH_2 - dH_1}{T_2 - T_1} (T - T_2)$$

ただし、 Δh : dH_2 に対する変動補正值

T_1 : 旧観測月日

T_2 : 新観測月日

T : 統一する月日

dH_1 : T_1 における観測高低差

dH_2 : T_2 における観測高低差

5. 渡海水準測量の計算

(1) 交互法の計算

$$dH = \frac{1}{m} \sum_1^m a - \frac{1}{n} \sum_1^n b$$

ただし、 dH : 高低差

a : 自岸の読定値

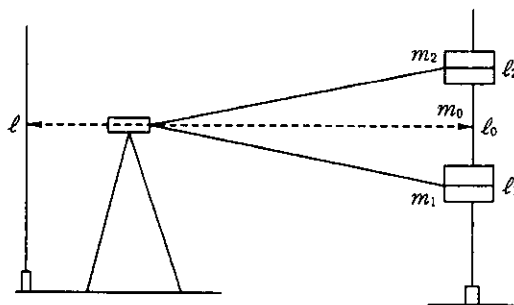
b : 対岸の読定値

m, n : 読定回数

(2) 俯仰ねじ法の計算

$$l_0 = l_1 + (l_2 - l_1) \frac{m_0 - m_1}{m_2 - m_1}$$

$$dH = l - l_0$$



ただし、 dH : 高低差

l_1, l_2 : 下段, 上段目標板位置の標尺目盛

m_1, m_2 : 下段, 上段目標板測定値 (俯仰ねじ目盛)

m_0 : 気泡合致の時の測定値 (俯仰ねじ目盛)

l : 後視標尺 (自岸標尺) の読定値

l_0 : 前視標尺 (対岸標尺) の m_0 に対する標尺目盛

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。

6. 正標高補正計算式

$$\Delta G = (g - \gamma_0) \cdot \Delta h / \gamma_0 + II_p (G_p - \gamma_0) / \gamma_0 - II_q (G_q - \gamma_0) / \gamma_0$$

$$g = (g_p + g_q) / 2$$

$$G_p = g_p + 0.0424 \times H_p$$

$$G_q = g_q + 0.0424 \times H_q$$

$$\gamma_0 = 980619.92 \text{mGal}$$

ΔG : 重力補正量

Δh : 水準点 P から Q の観測比高

g_p, g_q : 水準点 P、Q の地表重力値

G_p, G_q : 水準点 P、Q の地内平均重力値

H_p, H_q : 水準点 P、Q の標高

γ_0 : 基準緯度 (45°) における正規重力値