

○ 地籍調査作業規程準則運用基準（平成14年3月14日国土国第590号国土交通省土地・水資源局長通知）新旧対照表

（傍線の部分は改正部分）

改 正 後	改 正 前
<p>（作業の順序）——準則第42条</p> <p>第19条の4 （略）</p> <p>2 一筆地測量において、地形の状況等により細部図根点を設置する必要が生じた場合は、多角測量法又は放射法による細部図根測量を併行して<u>行うことができるものとする。</u></p> <p>3 <u>第15条の2第4項の規定に基づき筆界の位置を現地に復元する場合は、多角測量法又は放射法による細部図根測量と一筆地調査を併行して行うことができるものとする。</u></p> <p>（多角路線）——準則第54条</p> <p>第27条 （略）</p> <p>2 <u>地籍図根多角点を与点とした場合の多角路線の次数は、与点の最大次数に1次を加えるものとする。ただし、地籍図根多角点を与点とした多角路線について、当該多角路線における与点のうち2分の1以上が地籍図根三角点等であって、かつ、厳密網平均計算を行った場合には、与点とした地籍図根多角点の最大次数をもって当該多角路線の次数とすることができる。</u></p> <p>3～8 （略）</p> <p>（観測、測定及び計算）——準則第58条</p> <p>第31条 1～3（略）</p> <p>4 地籍図根多角点の座標値及び標高は、TS法の場合には厳密網平均計算により求めることを原則とし、GNSS法による場合にはジオイド・モデルを使用する三次元網平均計算により求めるものとする。この場合において、厳密網平均計算又は三次元網平均計算に用いる重量</p>	<p>第19条の4 （略）</p> <p>2 一筆地測量において、地形の状況等により細部図根点を設置する必要が生じた場合は、多角測量法又は放射法による細部図根測量を併行して<u>実施する</u>ことができるものとする。</p> <p>（新設）</p> <p>（多角路線）——準則第54条</p> <p>第27条 （略）</p> <p>2 地籍図根多角点を与点とした多角路線について、当該多角路線における与点のうち2分の1以上が地籍図根三角点等であって、かつ、厳密網平均計算を行った場合には、与点とした地籍図根多角点の最大次数をもって当該多角路線の次数とすることができる。</p> <p>3～8 （略）</p> <p>（観測、測定及び計算）——準則第58条</p> <p>第31条 1～3（略）</p> <p>4 地籍図根多角点の座標値及び標高は、TS法の場合には厳密網平均計算により求めることを原則とし、GNSS法による場合にはジオイド・モデルを使用する三次元網平均計算により求めるものとする。この場合において、厳密網平均計算又は三次元網平均計算に用いる重量は、別</p>

は、別表第13に定める数値を用いて計算するものとする。

5～6 (略)

7 地籍図根多角測量を行った場合は、別表第14に定めるところにより点検測量を行わなければならない。

8 (略)

(細部図根点等の密度) —— 準則第61条

第33条 細部図根点等の密度の標準は、別表第15に定めるところによるものとする。

2 (略)

(多角測量法による細部図根測量) —— 準則第63条

第34条 細部多角点を与点とした場合の多角路線の次数は、与点の最大次数に1次を加えるものとする。ただし、細部多角点を与点とした多角路線について、当該多角路線における与点のうち2分の1以上が地籍図根点等であって、かつ、厳密網平均計算を行った場合には、与点とした細部多角点の最大次数をもって当該多角路線の次数とすることができる。

2～6 (略)

7 多角測量法による細部図根測量における観測及び測定の方法は、別表第16に定めるところによるものとする。

8 多角測量法による細部図根測量における計算の単位及び計算値の制限は、別表第17に定めるところによるものとする。

9 細部多角点の座標値及び標高は、TS法による場合には厳密網平均計算により求めることを標準とし、GNSS法による場合にはジオイド・モデルを使用する三次元網平均計算により求めるものとする。この場合において、厳密網平均計算又は三次元網平均計算に用いる重量は、別表第18に定めるところによるものとする。ただし、地籍図根多角測量を省略した場合における1次の細部多角点を除き、標高を求めることを要しない。また、やむを得ない事情により簡易網平均計算による場合は

表第14に定める数値を用いて計算するものとする。

5～6 (略)

7 地籍図根多角測量を行った場合は、別表第15に定めるところにより点検測量を行わなければならない。

8 (略)

(細部図根点等の密度) —— 準則第61条

第33条 細部図根点等の密度の標準は、別表第16に定めるところによるものとする。

2 (略)

(多角測量法による細部図根測量) —— 準則第63条

第34条 細部多角点を与点とした多角路線について、当該多角路線における与点のうち2分の1以上が地籍図根点等であって、かつ、厳密網平均計算を行った場合には、与点とした細部多角点の最大次数をもって当該多角路線の次数とすることができる。

2～6 (略)

7 多角測量法による細部図根測量における観測及び測定の方法は、別表第17に定めるところによるものとする。

8 多角測量法による細部図根測量における計算の単位及び計算値の制限は、別表第18に定めるところによるものとする。

9 細部多角点の座標値及び標高は、TS法による場合には厳密網平均計算により求めることを標準とし、GNSS法による場合にはジオイド・モデルを使用する三次元網平均計算により求めるものとする。この場合において、厳密網平均計算又は三次元網平均計算に用いる重量は、別表第14に定める数値を用いて計算するものとする。ただし、地籍図根多角測量を省略した場合における1次の細部多角点を除き、標高を求めることを要しない。また、やむを得ない事情により簡易網平均計算によ

、方向角の閉合差は測点数、座標値及び標高の閉合差は路線長に比例して配分するものとする。

10 (略)

11 観測、測定及び計算結果が別表第16及び別表第17に定める制限を超えた場合は、再測をしなければならない。なお、再測は、観測中の諸条件を吟味し、許容範囲を超えた原因を考慮して行うものとする。

12～14 (略)

(放射法による細部図根測量) —— 準則第64条

第35条 (略)

2 準則第64条第1項の開放路線は、与点となる細部多角点等1点につき、節点1点の2路線まで形成することができる。この場合において、当該2路線の節点を同一とできる。

3～7 (略)

8 前項の点検に当たっては、別表第16に定める観測及び測定の方法によるものとし、点検の較差の標準は別表第21に定めるところによるものとする。

9～13 (略)

(航空測量の実施) —— 準則第76条の3

第44条の4 (略)

2 空中写真測量に係る作業のうち、本運用基準に定めのない事項については、測量法第34条に基づき定められた作業規程の準則(平成20年国土交通省告示第413号)第3編第3章、第4章又は同準則第17条第3項の規定に基づき国土地理院が定めるマニュアルの規定を準用するものとする。

3 航空レーザ測量に係る作業のうち、本運用基準に定めのない事項については、測量法第34条に基づき定められた作業規程の準則第4編

る場合は、方向角の閉合差は測点数、座標値及び標高の閉合差は路線長に比例して配分するものとする。

10 (略)

11 観測、測定及び計算結果が別表第17及び別表第18に定める制限を超えた場合は、再測をしなければならない。なお、再測は、観測中の諸条件を吟味し、許容範囲を超えた原因を考慮して行うものとする。

12～14 (略)

(放射法による細部図根測量) —— 準則第64条

第35条 (略)

2 準則第64条第1項の開放路線は、与点となる細部多角点等1点につき、2路線まで形成することができる。この場合において、当該2路線の節点が同一の点である場合は、その片方の路線については、当該節点を与点とする節点のない開放路線があるものとして、細部図根測量を実施することができる。

3～7 (略)

8 前項の点検に当たっては、別表第17に定める観測及び測定の方法によるものとし、点検の較差の標準は別表第21に定めるところによるものとする。

9～13 (略)

(航空測量の実施) —— 準則第76条の3

第44条の4 (略)

2 空中写真測量に係る作業のうち、本運用基準に定めのない事項については、測量法第34条に基づき定められた作業規程の準則(平成20年国土交通省告示第413号)第3編第5章、第6章又は同準則第17条第3項の規定に基づき国土地理院が定めるマニュアルの規定を準用するものとする。

3 航空レーザ測量に係る作業のうち、本運用基準に定めのない事項については、測量法第34条に基づき定められた作業規程の準則第3編第

第4章、第6章又は同準則第17条第3項の規定に基づき国土地理院が定めるマニュアルの規定を準用するものとする。

(航空レーザー計測データの解析) —— 準則第81条の4

第53条 (略)

2 点検における調整用基準点の残差等の制限の標準は、別表第34に定めるところによるものとする。また、前項の規定に基づき作成するDSM及びDEMの格子間隔の標準は、別表第36に定めるところによるものとする。

3～4 (略)

第5目 補備測量

(作業の順序及び補備測量における細部図根測量) —— 準則第82条及び第82条の2)

第55条の3 (略)

2 第19条の4第2項の規定は、準則第82条第2項の補備測量において準用する。

附則 (令和5年6月●●日国不籍第●●号)

この運用基準は、令和5年6月●●日から施行する。

10章又は同準則第17条第3項の規定に基づき国土地理院が定めるマニュアルの規定を準用するものとする。

(航空レーザー計測データの解析) —— 準則第81条の4

第53条 (略)

2 前項の規定に基づき作成するDSM及びDEMの格子間隔の標準は、別表第36に定めるところによるものとする。

3～4 (略)

第5目 補備測量

(補備測量における細部図根測量) —— 準則第82条の2)

第55条の3 (略)

(新設)

○ 地籍調査作業規程準則運用基準（平成14年3月14日国土国第590号国土交通省土地・水資源局長通知）別表 新旧対照表

（傍線の部分は改正部分）

改正後		改正前	
<p>別表第4 地籍測量又は地積測定に用いる器械及び器材の性能又は規格 〔第18条〕</p> <p>(1) 測量機器 (略)</p> <p>備考 1. 測量機器の性能は、<u>公共測量の作業規程の準則</u>の別表1「測量機器級別性能分類表」によるものとする。</p> <p><u>2. 2級トータルステーションについては、A型とする。</u></p> <p>3. ネットワーク型RTK法には、1級GNSS測量機を適用するものとする。</p> <p><u>4. DGPS測量機、デジタル方位距離計の性能は、次表のとおりとする。</u></p> <p>DGPS測量機 (略)</p> <p>デジタル方位距離計 (略)</p> <p>(2) 航空測量の機器等</p>		<p>別表第4 地籍測量又は地積測定に用いる器械及び器材の性能又は規格 〔第18条〕</p> <p>(1) 測量機器 (略)</p> <p>備考 1. 測量機器の性能は、公共測量作業規程準則の別表1「測量機器級別性能分類表」によるものとする。</p> <p><u>2. DGPS測量機、デジタル方位距離計の性能は、次表のとおりとする。</u></p> <p>3. ネットワーク型RTK法には、1級GNSS測量機を適用するものとする。</p> <p>(新設)</p> <p>DGPS測量機 (略)</p> <p>デジタル方位距離計 (略)</p> <p>(2) 航空測量の機器等</p>	
種 類	性 能 又 は 規 格	種 類	性 能 又 は 規 格
航空機	<ul style="list-style-type: none"> ・空中写真撮影又は航空レーザ計測に必要な装備をし、所定の高度で安定飛行を行えること。 ・GNSS/IMU装置のGNSSアンテナが機体頂部に、IMUが航空カメラ本体に取り付け可能であること。 ・その他、<u>公共測量の作業規程の準則</u>等に定める要件を満たすこと。 	航空機	<ul style="list-style-type: none"> ・空中写真撮影又は航空レーザ計測に必要な装備をし、所定の高度で安定飛行を行えること。 ・GNSS/IMU装置のGNSSアンテナが機体頂部に、IMUが航空カメラ本体に取り付け可能であること。 ・その他、公共測量作業規程等に定める要件を満たすこと。

無人航空機	<ul style="list-style-type: none"> ・自律飛行機能及び異常時の自動帰還機能を装備していること。 ・空中写真撮影又は航空レーザ計測の区域の地表風に耐えることができる航行能力を有すること。 ・空中写真撮影又は航空レーザ計測時の機体の振動や揺れを補正し、デジタルカメラ、航空レーザ測量システムその他の機器の向きを安定させることができること。 ・その他、公共測量の作業規程の準則等に定める要件を満たすこと。 	無人航空機	<ul style="list-style-type: none"> ・自律飛行機能及び異常時の自動帰還機能を装備していること。 ・空中写真撮影又は航空レーザ計測の区域の地表風に耐えることができる航行能力を有すること。 ・空中写真撮影又は航空レーザ計測時の機体の振動や揺れを補正し、デジタルカメラ、航空レーザ測量システムその他の機器の向きを安定させることができること。 ・その他、公共測量作業規程等に定める要件を満たすこと。
デジタル航空カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・撮像素子を装備し、撮影した画像をデジタル形式の写真として出力できること。 ・所要の撮影面積と所定の地上画素寸法を確保できるフレーム型のカメラであること。 ・その他、公共測量の作業規程の準則等に定める要件を満たすこと。 	デジタル航空カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・撮像素子を装備し、撮影した画像をデジタル形式の写真として出力できること。 ・所要の撮影面積と所定の地上画素寸法を確保できるフレーム型のカメラであること。 ・その他、公共測量作業規程等に定める要件を満たすこと。
航空レーザ測量システム	<ul style="list-style-type: none"> ・GNSS／IMU装置、レーザ測距装置及び解析ソフトウェアから構成されること。 ・その他、公共測量の作業規程の準則等に定める要件を満たすこと。 	航空レーザ測量システム	<ul style="list-style-type: none"> ・GNSS／IMU装置、レーザ測距装置及び解析ソフトウェアから構成されること。 ・その他、公共測量作業規程等に定める要件を満たすこと。
備考 (略)		備考 (略)	

別表第5 地籍測量又は地積測定における作業の記録及び成果〔第19条及び第56条〕

単 位 作 業		記 録 及 び 成 果	
1. 各単位作業共通		(略)	
2. 地上法による地籍測量	(1) 地籍図根三角測量	(略)	
	(2) 地籍図根多角測量	(略)	
	(3) 地籍細部測量	(略)	
	(4) 地籍図原図の作成	(略)	
3. 航測法による地籍測量	(1) 地籍図根三角測量	(略)	
	(2) 航空測量	I. 標定点等の設置	(略)
		II. 対空標識の設置	①対空標識点明細表 ②～③ (略)

別表第5 地籍測量又は地積測定における作業の記録及び成果〔第19条及び第56条〕

単 位 作 業		記 録 及 び 成 果	
1. 各単位作業共通		(略)	
2. 地上法による地籍測量	(1) 地籍図根三角測量	(略)	
	(2) 地籍図根多角測量	(略)	
	(3) 地籍細部測量	(略)	
	(4) 地籍図原図の作成	(略)	
3. 航測法による地籍測量	(1) 地籍図根三角測量	(略)	
	(2) 航空測量	I. 標定点等の設置	(略)
		II. 対空標識の設置	①対空標識点明細票 ②～③ (略)

		<p>Ⅲ. 空中写真測量</p> <p><空中写真撮影> ①～③ (略) ④GNSS / IMU <u>解析結果精度管理表</u> ⑤<u>撮影記録簿</u> ⑥ (略)</p> <p><空中三角測量> (略)</p> <p><基礎資料の作成> (略)</p>			<p>Ⅲ. 空中写真測量</p> <p><空中写真撮影> ①～③ (略) ④GNSS / IMU <u>計算精度管理表</u> ⑤撮影記録 ⑥ (略)</p> <p><空中三角測量> (略)</p> <p><基礎資料の作成> (略)</p>
		<p>Ⅳ. 航空レーザ測量</p> <p><航空レーザ計測> ①～② (略) ③GNSS / IMU <u>解析結果精度管理表</u> ④航空レーザ計測記録簿・航跡図・計測漏れ点検図 ⑤ (略)</p> <p><航空レーザ計測データの解析> (削る)</p> <p>①調整用基準点調査表</p>			<p>Ⅳ. 航空レーザ測量</p> <p><航空レーザ計測> ①～② (略) ③GNSS / IMU <u>計算精度管理表</u> ④航空レーザ計測記録・航跡図・計測漏れ点検図 ⑤ (略)</p> <p><航空レーザ計測データの解析> ①GNSS / IMU <u>調整計算成果表</u> ②調整用基準点調査表</p>

		②コース間点検箇所配点図 ③コース間点検精度管理表 ④航測図根点成果簿 ⑤航測図根点配置図 ⑥調整用基準点残差表 ⑦D S M成果簿 ⑧D S Mデータファイル ⑨D E M成果簿 ⑩D E Mデータファイル ⑪精度管理表 <基礎資料の作成> (略)			③コース間点検箇所配点図 ④コース間点検箇所残差表 ⑤航測図根点成果簿 ⑥航測図根点配置図 ⑦調整用基準点残差表 ⑧D S M成果簿 ⑨D S Mデータファイル ⑩D E M成果簿 ⑪D E Mデータファイル ⑫精度管理表 <基礎資料の作成> (略)
	V. 補備測量	(略)		V. 補備測量	(略)
	VI. 筆界点の座標値の算出	(略)		VI. 筆界点の座標値の算出	(略)
	(3) 地籍図原図の作成	(略)		(3) 地籍図原図の作成	(略)
4. 地積測定		(略)		4. 地積測定	(略)
備考 1～4 (略) (削る)			備考 1～4 (略) 5. 補備測量成果とは、筆界点成果簿等である。		

5. 選点手簿、選点図、観測手簿及び対空標識確認写真は、作業用のものを記録及び成果とする。

6. 併用法による地籍測量の場合には、3の(1)～(3)及び2の(3)を記録及び成果とする。

7. 測量標の設置状況写真は、地籍図根三角点の全点と地籍図根多角点の令別表第四に定める甲区分の全点については、埋設前、埋設中、設置後の近景と遠景を、乙区分の全点については設置後の近景及び遠景の撮影を行うものとする。

8. 地籍図根多角測量を省略した場合において、地籍図根多角点に準じた標識を設置した細部多角点については、7.により測量標の設置状況写真を撮影するものとする。

9. 航測法による地籍測量において、既存の空中写真又は航空レーザ測量の成果を活用したことにより、航空測量における作業の一部を省略した場合は、当該作業に係る作業の記録及び成果を作成することを要しない。

別表第6 地籍図根三角測量における観測及び測定の方法〔第25条〕

(1)～(3) (略)

(4) G N S S法による基線ベクトルの観測

1) (略)

2) G N S S観測のために設定する項目、単位及び位

設定項目	単位	位	備考
経度・緯度	秒	<u>0.0001</u>	自動入力装置のある機種は、自動入力で行う。
楕円体高	m	0.001	(同上)

6. 選点手簿、選点図、観測手簿及び対空標識確認写真は、作業用のものを記録及び成果とする。

7. 併用法による地籍測量の場合には、3の(1)～(3)及び2の(3)を記録及び成果とする。

8. 測量標の設置状況写真は、地籍図根三角点の全点と地籍図根多角点の令別表第四に定める甲区分の全点については、埋設前、埋設中、設置後の近景と遠景を、乙区分の全点については設置後の近景及び遠景の撮影を行うものとする。

9. 地籍図根多角測量を省略した場合において、地籍図根多角点に準じた標識を設置した細部多角点については、8.により測量標の設置状況写真を撮影するものとする。

10. 航測法による地籍測量において、既存の空中写真又は航空レーザ測量の成果を活用したことにより、航空測量における作業の一部を省略した場合は、当該作業に係る作業の記録及び成果を作成することを要しない。

別表第6 地籍図根三角測量における観測及び測定の方法〔第25条〕

(1)～(3) (略)

(4) G N S S法による基線ベクトルの観測

1) (略)

2) G N S S観測のために設定する項目、単位及び位

設定項目	単位	位	備考
経度・緯度	<u>度分秒</u>	<u>1</u>	自動入力装置のある機種は、自動入力で行う。
楕円体高	m	0.001	(同上)

アンテナ高	m	0.001	
-------	---	-------	--

3) ~ 4) (略)

別表第7 偏心要素の測定方法〔第25条及び第47条〕

(1) 偏心角の測定

偏心距離	器械・器具及び測定方法	測定の単位	測定値の制限
30cm 未満	(略)	(略)	(略)
30cm 以上 2 m 未満	偏心測定紙に無外心アリ ダード等を用いて方向線 を引き、計算により測定 する。	(略)	(略)
2 m 以上 10m 未満	(略)	(略)	(略)
10m 以上 50m 未満		(略)	(略)
50m 以上		(略)	(略)

(2) ~ (4) (略)

別表第8 地籍図根三角測量の計算の単位及び計算値の制限〔第25条〕

(1) (略)

(2) GNSS法

1) 環閉合差及び各成分の較差の制限

アンテナ高	m	0.001	
-------	---	-------	--

3) ~ 4) (略)

別表第7 偏心要素の測定方法〔第25条及び第47条〕

(1) 偏心角の測定

偏心距離	器械・器具及び測定方法	測定の単位	測定値の制限
30cm 未満	(略)	(略)	(略)
30cm 以上 2 m 未満	偏心測定紙に無外心アリ ダード等を用いて方向線 を引き計算により測定す る。	(略)	(略)
2 m 以上 10m 未満	(略)	(略)	(略)
10m 以上 50m 未満		(略)	(略)
50m 以上		(略)	(略)

(2) ~ (4) (略)

別表第8 地籍図根三角測量の計算の単位及び計算値の制限〔第25条〕

(1) (略)

(2) GNSS法

1) 環閉合差及び各成分の較差の制限

(略)

備考 1. 点検計算の制限は、上記(ア)又は(イ)の方法による。ただし、 ΔN 、 ΔE 、 ΔU はベクトル終点において、 Δx 、 Δy 、 Δz から計算式により算出する。

2. ΔN は水平面の南北方向の閉合差又は較差、 ΔE は水平面の東西方向の閉合差又は較差、 ΔU は高さ方向の閉合差又は較差である。

3. (略)

4. N は異なるセッションの組み合わせによる最少辺数である。

5～10 (略)

2) 電子基準点のみの場合

観測値の点検箇所等	点検数等
重複辺の較差、環閉合差の点検	1) の環閉合差及び各成分の較差の制限に準じる。
電子基準点間の閉合差の点検路線数	使用した電子基準点数－1 (点検路線は最小辺数路線とする。ただし、 <u>辺数が同じ場合は路線長が最短のものについて点検を行う。</u>)

備考 (略)

3) (略)

別表第11 地籍図根多角測量における観測及び測定の方法〔第31条〕

(1)～(2) (略)

(3) GNSS法による基線ベクトルの観測

1) (略)

(略)

備考 1. 点検計算の制限は、上記(ア)又は(イ)の方法による。ただし、 ΔN 、 ΔE 、 ΔU はベクトル終点において、 Δx 、 Δy 、 Δz から計算式により算出する。

2. ΔN は水平面の南北方向の閉合差又は較差、 ΔE は水平面の東西方向の閉合差又は較差、 ΔU は高さ方向の閉合差又は較差である。

3. (略)

4. N は異なるセッションの組み合わせによる最少辺数である。

5～10 (略)

2) 電子基準点のみの場合

観測値の点検箇所等	点検数等
重複辺の較差、環閉合差の点検	1) の環閉合差及び各成分の較差の制限に準じる。
電子基準点間の閉合差の点検路線数	使用した電子基準点数－1 (点検路線は最小辺数路線とする。)

備考 (略)

3) (略)

別表第11 地籍図根多角測量における観測及び測定の方法〔第31条〕

(1)～(2) (略)

(3) GNSS法による基線ベクトルの観測

1) (略)

2) G N S S 観測のために設定する項目、単位及び位

設定項目	単 位	位	備 考
経度・緯度	秒	<u>0.0001</u>	自動入力装置のある機種は、自動入力で行う。
楕円体高	m	0.001	(同上)
アンテナ高	m	0.001	

3) (略)

別表第 1 2 地籍図根多角測量の計算の単位及び計算値の制限〔第 3 1 条〕

(1) (略)

(2) G N S S 法

(略)

備考 1. 点検計算の制限は、上記 (ア) 又は (イ) の方法による。ただし、 ΔN 、 ΔE 、 ΔU はベクトル終点において、 Δx 、 Δy 、 Δz から計算式により算出する。

2. ΔN は水平面の南北方向の閉合差又は較差、 ΔE は水平面の東西方向の閉合差又は較差、 ΔU は高さ方向の閉合差又は較差である。

3. (略)

4. N は異なるセッションの組み合わせによる最少辺数である。

5 ~ 1 0 (略)

(削る)

2) G N S S 観測のために設定する項目、単位及び位

設定項目	単 位	位	備 考
経度・緯度	<u>度分秒</u>	<u>1</u>	自動入力装置のある機種は、自動入力で行う。
楕円体高	m	0.001	(同上)
アンテナ高	m	0.001	

3) (略)

別表第 1 2 地籍図根多角測量の計算の単位及び計算値の制限〔第 3 1 条〕

(1) (略)

(2) G N S S 法

(略)

備考 1. 点検計算の制限は、上記 (ア) 又は (イ) の方法による。ただし、 ΔN 、 ΔE 、 ΔU はベクトル終点において、 Δx 、 Δy 、 Δz から計算式により算出する。

2. ΔN は、水平面の南北方向の閉合差又は較差、 ΔE は、水平面の東西方向の閉合差又は較差、 ΔU は、高さ方向の閉合差又は較差である。

3. (略)

4. N は、異なるセッションの組み合わせによる最少辺数である。

5 ~ 1 0 (略)

別表第 1 3 削除

別表第 1 3 地籍図根多角測量における厳密網平均計算又は三次元網平均計算に用いる重量〔第 3 1 条〕

(略)
(削る)

別表第 1 4 地籍図根多角測量における点検測量の較差の許容範囲〔第 3 1 条〕

(略)

別表第 1 5 細部図根点等の密度の標準（1 km²あたり点数）〔第 3 3 条〕

見通し区分	縮尺区分					
	地形 傾斜区分	1/250	1/500	1/1000	1/2500	1/5000
水田・畑（果樹園等省く）等	平坦	(略)				
	中傾斜					
	急傾斜					
山林部及び山林部周辺等	平坦					
	中傾斜					
	急傾斜					
市街地及び市街地周辺等	平坦					
	中傾斜					
	急傾斜					

別表第 1 4 地籍図根多角測量における厳密網平均計算又は三次元網平均計算に用いる重量〔第 3 1 条及び第 3 4 条〕

(略)

備考 細部図根測量において厳密網平均計算に用いる重量のうち角の一方の標準偏差(Mt)については、精度区分に関わらず 13.5 秒とする。

別表第 1 5 地籍図根多角測量における点検測量の較差の許容範囲〔第 3 1 条〕

(略)

別表第 1 6 細部図根点等の密度の標準（1 km²あたり点数）〔第 3 3 条〕

見通し区分	傾斜区分					
	1/250	1/500	1/1000	1/2500	1/5000	
水田・畑（果樹園等省く）等	平坦	(略)				
	中傾斜					
	急傾斜					
山林部及び山林部周辺等	平坦					
	中傾斜					
	急傾斜					
市街地及び市街地周辺等	平坦					
	中傾斜					
	急傾斜					

備考（略）

別表第16 多角測量法による細部図根測量における観測及び測定の方法〔第34条及び第35条〕

(1)～(2) (略)

(3) G N S S法による基線ベクトルの観測

1) (略)

2) G N S S観測のために設定する項目、単位及び位

設定項目	単 位	位	備 考
経度・緯度	秒	0.0001	自動入力装置のある機種は、自動入力で行う。
楕円体高	m	0.001	(同上)
アンテナ高	m	0.001	

3)～4) (略)

別表第17 多角測量法による細部図根測量の計算の単位及び計算値の制限〔第34条〕

(1) T S法

制限 項目	計 算 の 単 位				計 算 値 の 制 限						
	角値	辺長値	座標値	標高	方向角の 閉合差	座標の 閉合差	閉合比	標高の 閉合差	新点位置の 標準偏差	単位重量 の 標準偏差	高低角 の 標準偏差
精度 区分									水平位置	標高	
甲一	(略)	(略)	mm位	(略)	(略)	1/3000	(略)	10cm	20cm	20"	70"

備考（略）

別表第17 多角測量法による細部図根測量における観測及び測定の方法〔第34条及び第35条〕

(1)～(2) (略)

(3) G N S S法による基線ベクトルの観測

1) (略)

2) G N S S観測のために設定する項目、単位及び位

設定項目	単 位	位	備 考
経度・緯度	度分秒	1	自動入力装置のある機種は、自動入力で行う。
楕円体高	m	0.001	(同上)
アンテナ高	m	0.001	

3)～4) (略)

別表第18 多角測量法による細部図根測量の計算の単位及び計算値の制限〔第34条〕

(1) T S法

制限 項目	計 算 の 単 位			計 算 値 の 制 限		
	角値	辺長値	座標値	方向角の閉合差	座標の閉合差	標高の閉合差
精度 区分						
甲一	(略)	(略)	(略)	(略)	(略)	(略)

甲二		mm位	(標準)				(標準)	(標準)
甲三		mm位						
乙一		mm位						
乙二		mm位	1/2000					
乙三		mm位	(標準)					

備考 1. 簡易網平均計算による場合の閉合比の制限は、1/2,000 を標準とする。

2. 結合する多角網の閉合差の点検計算は、与点から他の与点までとする。

3. nは当該多角路線の測点数、Sは路線長（m単位）、Nは当該多角路線の辺数とする。

4. 与点で方向角の取付観測がなく、かつ、厳密網平均計算の場合は、方向角の閉合差の点検を省略できるものとする。

5. 環閉合差により点検する場合は、方向角、座標及び標高の各制限式の定数項を省いたものとする。

(削る)

(2) GNSS法

(略)

備考 1. 点検計算の制限は、上記(ア)又は(イ)の方法による。ただ

甲二			
甲三			
乙一			
乙二			
乙三			

備考 1. 結合する多角網の閉合差の点検計算は、与点から他の与点までとする。

2. nは当該多角路線の測点数、Sは路線長（m単位）、Nは当該多角路線の辺数とする。

3. 厳密網平均計算による場合、単位重量の標準偏差は20秒、水平位置の標準偏差は100mmをそれぞれ標準とし、閉合比の制限は、甲一、甲二及び甲三においては1/3,000、乙一、乙二及び乙三においては1/2,000を標準とする。また、厳密網平均計算により標高を求める場合、新点位置の標高の標準偏差は20cm、高低角の標準偏差は70秒をそれぞれ標準とする。なお、厳密網平均計算に用いる重量は、別表第14によるものとする。

4. 簡易網平均計算による場合の閉合比の制限は、1/2,000 を標準とする。

5. 環閉合差により点検する場合は、方向角、座標及び標高の各制限式の定数項を省いたものとする。

6. 与点で方向角の取付観測がなく、かつ、厳密網平均計算の場合は、方向角の閉合差の点検を省略できるものとする。

(2) GNSS法

(略)

備考 1. 点検計算の制限は、上記(ア)又は(イ)の方法による。た

し、 ΔN 、 ΔE 、 ΔU はベクトル終点において、 Δx 、 Δy 、 Δz から計算式により算出する。

2. ΔN は水平面の南北方向の閉合差又は較差、 ΔE は水平面の東西方向の閉合差又は較差、 ΔU は高さ方向の閉合差又は較差である。

(削る)

3. 一つのセッションで観測を行う場合には、1 辺以上において重複辺の較差による点検を行う。

別表第 18 細部図根測量における厳密網平均計算又は三次元網平均計算に用いる重量〔第 34 条〕

T S 法	角 の 重 量		1.0
	距離の重量の係数	長さに関係しない標準偏差 (Ms)	10 mm
		長さによる誤差の比例定数 (γ)	5×10^{-6}
		角の一方向の標準偏差 (Mt)	13.5 秒
G N S S 法	平均計算に用いる重量は、次のいずれかの分散・共分散行列の逆行列を用いる。 ①基線解析で求められた値 ②水平及び高さの分散を固定値として求めた値 分散は、 $d_N = (0.004\text{m})^2$ 、 $d_E = (0.004\text{m})^2$ 、 $d_U = (0.007\text{m})^2$ とする。		

別表第 20 放射法による細部図根測量における観測及び測定の方法〔第 35 条〕

(1) ~ (2) (略)

(3) G N S S 法による基線ベクトルの観測

1) (略)

だし、 ΔN 、 ΔE 、 ΔU はベクトル終点において、 Δx 、 Δy 、 Δz から計算式により算出する。

2. ΔN は、水平面の南北方向の閉合差又は較差、 ΔE は、水平面の東西方向の閉合差又は較差、 ΔU は、高さ方向の閉合差又は較差である。

3. 三次元網平均計算に用いる重量は、別表第 14 によるものとする。

4. 一つのセッションで観測を行う場合には、1 辺以上において重複辺の較差による点検を行う。

(新設)

別表第 20 放射法による細部図根測量における観測及び測定の方法〔第 35 条〕

(1) ~ (2) (略)

(3) G N S S 法による基線ベクトルの観測

1) (略)

2) G N S S 観測のために設定する項目、単位及び位

設定項目	単 位	位	備 考
経度・緯度	秒	0.0001	自動入力装置のある機種は、自動入力で行う。
楕円体高	m	0.001	(同上)
アンテナ高	m	0.001	

3) ~ 4) (略)

別表第 2 2 放射法による細部図根測量の計算の単位及び計算値の制限
〔第 3 5 条〕

(1) (略)

(2) G N S S 法

(略)

備考 1. 座標値は、2セットの観測から求めた平均値とする。

2. ΔN は水平面の南北方向の較差、 ΔE は水平面の東西方向の較差である。

別表第 2 4 放射法等による一筆地測量における観測及び測定の方法〔第 3 8 条〕

(1) ~ (2) (略)

(3) G N S S 法による基線ベクトルの観測

1) (略)

2) G N S S 観測のために設定する項目、単位及び位

設定項目	単 位	位	備 考
------	-----	---	-----

2) G N S S 観測のために設定する項目、単位及び位

設定項目	単 位	位	備 考
経度・緯度	度分秒	1	自動入力装置のある機種は、自動入力で行う。
楕円体高	m	0.001	(同上)
アンテナ高	m	0.001	

3) ~ 4) (略)

別表第 2 2 放射法による細部図根測量の計算の単位及び計算値の制限
〔第 3 5 条〕

(1) (略)

(2) G N S S 法

(略)

備考 1. 座標値は、2セットの観測から求めた平均値とする。

2. ΔN は、 水平面の南北方向の較差、 ΔE は、 水平面の東西方向の較差である。

別表第 2 4 放射法等による一筆地測量における観測及び測定の方法〔第 3 8 条〕

(1) ~ (2) (略)

(3) G N S S 法による基線ベクトルの観測

1) (略)

2) G N S S 観測のために設定する項目、単位及び位

設定項目	単 位	位	備 考
------	-----	---	-----

経度・緯度	秒	0.0001	自動入力装置のある機種は、自動入力で行う。
楕円体高	m	0.001	(同上)
アンテナ高	m	0.001	

3) ~ 4) (略)

別表第 2 7 多角測量法による一筆地測量における観測及び測定の方法
〔第 3 9 条〕

(1) ~ (2) (略)

(3) G N S S 法による基線ベクトルの観測

1) (略)

2) G N S S 観測のために設定する項目、単位及び位

設定項目	単 位	位	備 考
経度・緯度	秒	0.0001	自動入力装置のある機種は、自動入力で行う。
楕円体高	m	0.001	(同上)
アンテナ高	m	0.001	

3) ~ 4) (略)

(4) (略)

別表第 2 8 多角測量法及び交点計算法による一筆地測量の計算の単位及び計算値の制限〔第 3 9 条及び第 4 0 条〕

(1) (略)

(2) G N S S 法

経度・緯度	度分秒	1	自動入力装置のある機種は、自動入力で行う。
楕円体高	m	0.001	(同上)
アンテナ高	m	0.001	

3) ~ 4) (略)

別表第 2 7 多角測量法による一筆地測量における観測及び測定の方法
〔第 3 9 条〕

(1) ~ (2) (略)

(3) G N S S 法による基線ベクトルの観測

1) (略)

2) G N S S 観測のために設定する項目、単位及び位

設定項目	単 位	位	備 考
経度・緯度	度分秒	1	自動入力装置のある機種は、自動入力で行う。
楕円体高	m	0.001	(同上)
アンテナ高	m	0.001	

3) ~ 4) (略)

(4) (略)

別表第 2 8 多角測量法及び交点計算法による一筆地測量の計算の単位及び計算値の制限〔第 3 9 条及び第 4 0 条〕

(1) (略)

(2) G N S S 法

(略)

備考 1. 点検計算の制限は、上記(ア)又は(イ)の方法による。ただし、 ΔN 、 ΔE 、 ΔU はベクトル終点において、 Δx 、 Δy 、 Δz から計算式により算出する。

2. ΔN は水平面の南北方向の閉合差又は較差、 ΔE は水平面の東西方向の閉合差又は較差、 ΔU は高さ方向の閉合差又は較差である。

3. (略)

(3) (略)

別表第29 単点観測法による一筆地測量における観測及び測定の方法
〔第41条〕

(1) ネットワーク型RTK法

1) 観測のための設定項目、単位及び位

設定項目	単位	位	備考
経度・緯度	秒	0.0001	自動入力装置のある機種は、自動入力で行う。
楕円体高	m	0.001	(同上)
アンテナ高	m	0.001	

2) ~ 4) (略)

(2) (略)

別表第30 単点観測法による一筆地測量の計算の単位及び計算値の制限
〔第41条及び第42条〕

(1) ネットワーク型RTK法

1) (略)

(略)

備考 1. 点検計算の制限は、上記(ア)又は(イ)の方法による。ただし、 ΔN 、 ΔE 、 ΔU はベクトル終点において、 Δx 、 Δy 、 Δz から計算式により算出する。

2. ΔN は水平面の南北方向の閉合差又は較差、 ΔE は水平面の東西方向の閉合差又は較差、 ΔU は高さ方向の閉合差又は較差である。

3. (略)

(3) (略)

別表第29 単点観測法による一筆地測量における観測及び測定の方法
〔第41条〕

(1) ネットワーク型RTK法

1) 観測のための設定項目、単位及び位

設定項目	単位	位	備考
経度・緯度	度分秒	1	自動入力装置のある機種は、自動入力で行う。
楕円体高	m	0.001	(同上)
アンテナ高	m	0.001	

2) ~ 4) (略)

(2) (略)

別表第30 単点観測法による一筆地測量の計算の単位及び計算値の制限
〔第41条及び第42条〕

(1) ネットワーク型RTK法

1) (略)

2) 計算値の制限

(略)

備考 1. (略)

2. ΔN は水平面の南北方向の較差、 ΔE は水平面の東西方向の較差である。

3) ~ 5) (略)

(2) (略)

別表第34 標定点及び調整用基準点の残差等の制限の標準〔第49条及び第53条〕

(略)

別表第37 空中写真又は航空レーザ測量データを用いた筆界点座標値の制限〔第55条の5〕

精度区分	計算の単位	計算値の制限
	座標値	再算出した座標の較差
乙二	mm位	0.5m以内
乙三	mm位	1.0m以内

2) 計算値の制限

(略)

備考 1. (略)

2. ΔN は、水平面の南北方向の較差、 ΔE は、水平面の東西方向の較差である。

3) ~ 5) (略)

(2) (略)

別表第34 標定点の残差等の制限の標準〔第49条〕

(略)

(新設)

新	旧
<p>1. 距離の計算(光波測距儀の場合)</p> <p>(1) 光波測距儀の気象補正計算</p> $D = D_s \frac{n_s}{n} = D_s + (\Delta_s - \Delta_n) \cdot D_s$ <p>$n_s = 1 + \Delta_s$: 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</p> $\Delta_n = \alpha \cdot \frac{P}{273.15 + t} - E$ $\alpha = \frac{273.15}{1013.25} (n_g - 1)$ $n_g - 1 = \left(287.6155 + \frac{4.88660}{\lambda^2} + \frac{0.0680}{\lambda^4} \right) \times 10^{-6}$ <p>$E = 0.6 \times 10^{-6}$……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 : 観測した気圧 (hPa) t : 観測した気温 (℃) n_g : 群速度に対する屈折率 λ : 光波の実効波長 (μm)</p> <p>とする。</p> <p>(2) 基準面上の距離の計算</p> <p>(削る)</p> $S = D \cos\left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2}\right) \frac{R}{R + \left(\frac{H_1 + H_2}{2}\right) + N_g}$ <p>ただし、 S : 基準面上の距離 (m)</p>	<p>1. 距離の計算(光波測距儀の場合)</p> <p>(1) 光波測距儀の気象補正計算</p> $D = D_s \frac{n_s}{n} = D_s + (\Delta_s - \Delta_n) \cdot D_s$ <p>$n_s = (1 + \Delta_s)$: 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</p> $\Delta_n = \alpha \cdot \frac{P}{273.16 + t} - E$ $\alpha = \frac{273.16}{1013} (n_g - 1)$ $n_g - 1 = \left(287.604 + \frac{4.8864}{\lambda^2} + \frac{0.0680}{\lambda^4} \right) \times 10^{-6}$ <p>$E = 0.6 \times 10^{-6}$……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 : 観測した気圧 (hPa) t : 観測した気温 (℃) n_g : 群速度に対する屈折率 λ : 光波の実効波長 (μm)</p> <p>とする。</p> <p>(2) 基準面上の距離の計算</p> <p>1) 直接水準測量により高低差を測定した場合</p> $S = \sqrt{D^2 - \Delta h^2} \times \frac{R}{R + H}$ <p>Δh : 直接水準測量で測定した高低差</p> $H = \frac{1}{2}(H_1 + H_2)$ <p>2) 三角水準測量より高低差を測定した場合</p> <p>① $S = D \cos \alpha_1 - \frac{D \cdot H_2}{R}$ 又は $S = D \cos \alpha_2 - \frac{D \cdot H_1}{R}$</p> <p>② $S = D \cos \alpha - \frac{D \cdot H}{R}$ 又は $S = D - \frac{(H_2 - H_1)^2}{2D} - \frac{D \cdot H}{R}$</p>

新

- D : 測定距離 (m)
- H_1 : 測点1の標高(概算値) + 測距儀の器械高 (m)
- H_2 : 測点2の標高(概算値) + 測距儀の器械高 (m)
- α_1 : 測点1から測点2に対する高低角
- α_2 : 測点2から測点1に対する高低角
- R : 平均曲率半径 (m) ($R = 6,370,000$)
- N_g : ジオイド高(既知点のジオイド高を平均した値)

(3) 距離計算に必要な高低角の補正量を求める計算

$$\alpha_i' = \alpha_i + d\alpha_i$$

ただし、

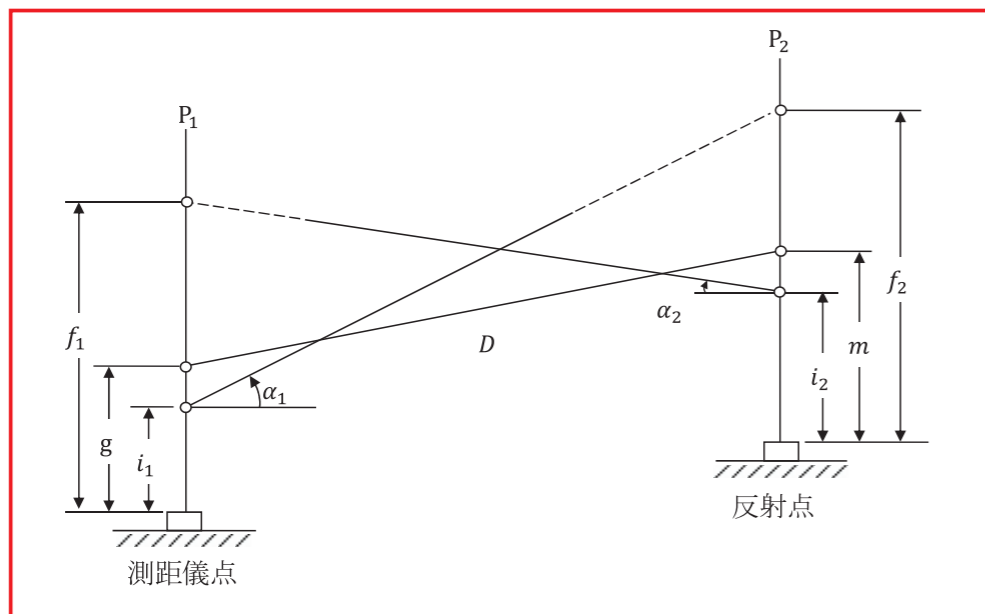
α_i' : 補正済みの高低角 ($i = 1, 2$ 以下同じ)

α_i : 観測した高低角

$d\alpha_i$: 高低角に対する補正量

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

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



P_1 : 測距の器械点

P_2 : 反射点

g : 測距儀の器械高

m : 反射鏡高

i_i : セオドライトの器械高

f_i : 目標高

D : 測定距離

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

旧

$$\textcircled{3} S = D \cos \alpha \cdot \frac{R}{R + H}$$

$$H_2 = H_1 + D \sin \alpha$$

$$H = \frac{1}{2} (H_1 + H_2) + H_g$$

$$\alpha = \frac{1}{2} (\alpha_1 + \alpha_2)$$

R : 平均曲率半径

S : 球面距離

D : 斜距離

H_1 : 測点1の標高

H_2 : 測点2の標高

H : 2点の平均楕円体高

H_g : 平均ジオイド高

(新設)

新

2. 距離の計算(鋼巻尺使用の場合)

$$D = D_s + D_s \cdot \Delta l / \ell + \alpha(t - t_0)D_s + C_h + C_H$$

ただし、

D : 基準面上の距離

D_s : 観測した距離

Δl : 尺定数

ℓ : 鋼巻尺の全長

$D_s \cdot \Delta l / \ell$: 尺定数の補正 ($\Delta l / \ell$: 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

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

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

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

(削る)

旧

2. 距離の計算(鋼巻尺使用の場合)

$$S = D + Ca + Ct + Cr + Ch$$

$$s = S \cdot \left(\frac{s}{S} \right)$$

s : 平面距離

S : 球面距離

D : 斜距離

Ca : 尺常数補正

Ct : 温度補正 $D \cdot (t - t_0) \cdot \beta$

Cr : 傾斜補正 $\sqrt{D^2 - h^2} - D$ とするか $-\frac{h^2}{2D} - \frac{h^4}{8D^3}$
又は $-D \cdot (1 - \cos\alpha)$

Ch : 投影補正 $-\frac{D \cdot H}{R}$

t : 測定温度

t_0 : 標準温度

β : 尺の膨張係数

α : 高度角

h : 比高 ($H_2 - H_1$)

H : 2点の平均標高 $\left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right)$

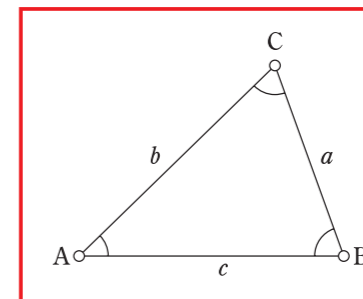
R : 平均曲率半径

$\left(\frac{s}{S} \right)$: s / S 補正

3. 三角形の計算

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$$

R : $\triangle ABC$ の外接円の半径



3. 偏心補正計算

(1) 正弦定理による計算

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

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

$S = S'$ として計算することができる。

(2) 二辺夾角による計算

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

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

偏心点：偏心角を測定した測点

x ：偏心補正量

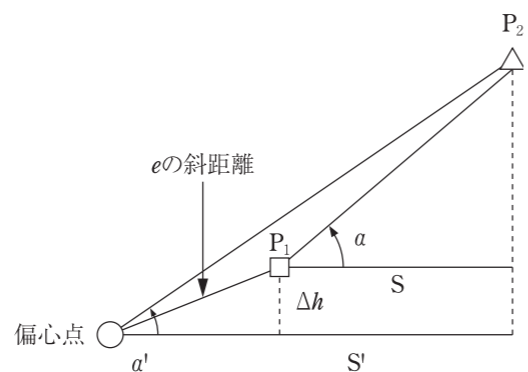
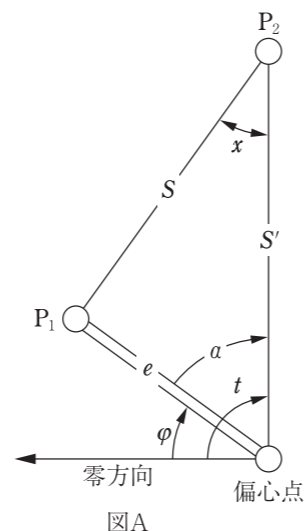
S ： P_1 と P_2 との距離

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



(3) 高度角の偏心補正計算

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{S' \tan \alpha' + \Delta h}{S} \right)$$

ただし、

α ：修正高度角

α' ：観測高度角

Δh ： P_1 を基準とする偏心点の高低差

((1)、(2)、(3)の適用で何点重複しても計算できる。従って相互偏心も含まれる。)

(削る)

(4) 偏心補正の符号

正とは、図Aにおいて、偏心点で観測した水平角 t 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加用することを示す。

4. 偏心補正計算

(1) 水平角の偏心補正計算

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

(2) 水平距離の偏心補正計算

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

ただし、

偏心点：偏心角を測定した測点

x ：偏心補正量

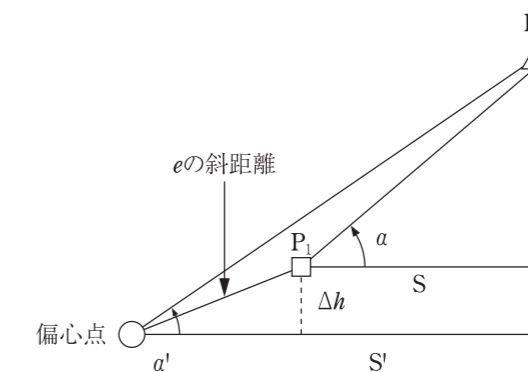
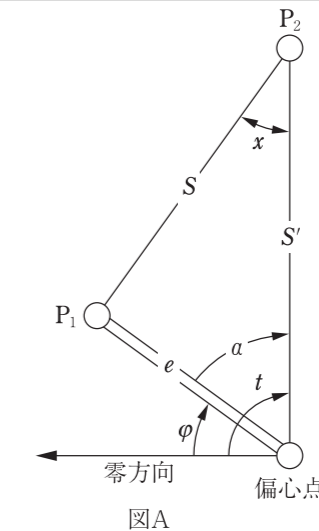
S ： P_1 と P_2 との距離

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



(3) 高度角の偏心補正計算

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{S' \tan \alpha' + \Delta h}{S} \right)$$

ただし、

α ：修正高度角

α' ：観測高度角

Δh ： P_1 を基準とする偏心点の高低差

((1)、(2)、(3)の適用で何点重複しても計算できる。従って相互偏心も含まれる。)

(4) S' の測定がない場合は、座標により計算で求める。

(5) 偏心補正の符号

正とは、図Aにおいて、偏心点で観測した水平角 t 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。

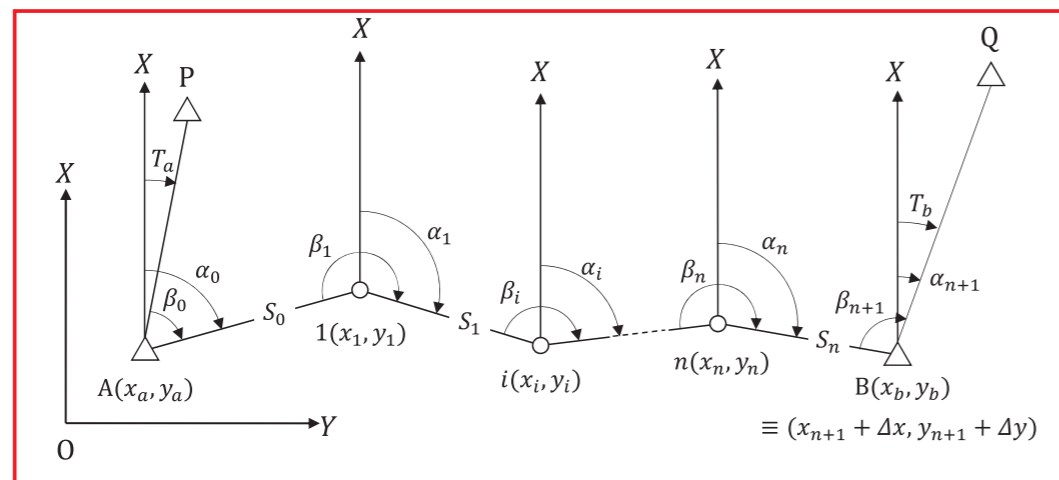
+は、計算した補正量の符号をそのまま加用する。-は、計算した補正量の符号を反し加用することを示す。

新

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 ・ +	正 ・ -	正 ・ +
	反 ・ +	反 ・ -	反 ・ +

4. 座標の近似値及び閉合差の計算 (多角測量方式)

〈多角路線の記号の説明〉



(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_i : 観測した水平角, (角数 = $n + 2$)

α_i : 測点で次の点に対する方向角, (角数 = $n + 2$)

S_i : 測点から次の点までの平面距離, (辺数 = $n + 1$)

i : 測点番号, (点数 = n)

(求件)

x_i, y_i : 測点 i の x, y 座標

$\Delta x, \Delta y$: 座標の閉合差, $\Delta \alpha$: 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

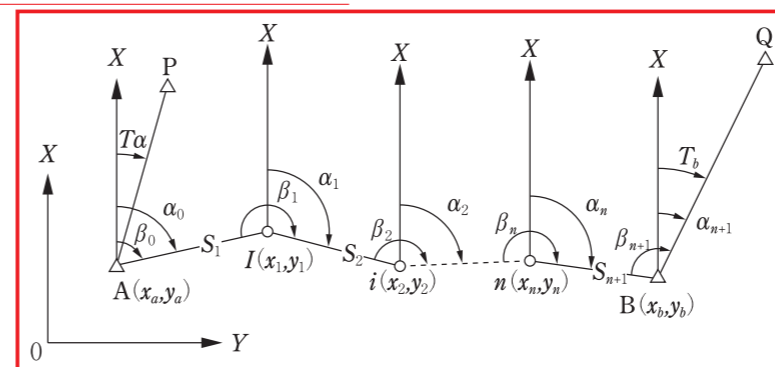
P, Q : 既知点

旧

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 ・ +	正 ・ -	正 ・ +
	反 ・ +	反 ・ -	反 ・ +

5. 座標の近似値及び閉合差の計算 (多角測量方式)

〈結合多角路線の記号の説明〉



(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_i : 観測した水平角, (角数 = $n + 2$)

α_i : 測点で次点に対する方向角, (角数 = $n + 2$)

S_i : 測点から次点までの平面距離, (辺数 = $n + 1$)

i : 測点番号, (点数 = n)

(求件)

x_i, y_i : 測点 i の x, y 座標

$\Delta x, \Delta y$: 座標の閉合差 $\Delta \alpha$: 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

新

(1) 方向角の計算

出発点 A の方向角 : $\alpha_0 = T_a + \beta_0$

測点 i の方向角 : $\alpha_i = \alpha_{i-1} + \beta_i \pm 180^\circ$

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

(2) 方向角の閉合差

$\Delta\alpha = T_b - \alpha_{n+1}$

又は

$\Delta\alpha = T_b - T_a - \Sigma\beta + (n \pm 1)180^\circ$

(3) 座標の近似値の計算

測点 1 の座標 : $x_1 = x_a + dx_1, y_1 = y_a + dy_1$

測点 i の座標 : $x_i = x_{i-1} + dx_i, y_i = y_{i-1} + dy_i$

ただし、

$dx_i = S_i \cos \alpha_i, dy_i = S_i \sin \alpha_i$

(4) 座標の閉合差

$\Delta x = x_b - x_{n+1} = x_b - x_a - \Sigma dx$

$\Delta y = y_b - y_{n+1} = y_b - y_a - \Sigma dy$

旧

(1) 方向角の計算

出発点 A の方向角 : $\alpha_0 = T_a + \beta_0$

.....

測点 i の方向角 : $\alpha_i = \alpha_{i-1} + \beta_i \pm 180^\circ$

.....

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

(2) 方向角の閉合差

$\Delta\alpha = T_b - \alpha_{n+1}$

又は

$\Delta\alpha = T_b - T_a - \Sigma\beta \pm (n + 1) \cdot 180^\circ$

(3) 座標の近似値の計算

測点 1 の座標 : $x_1 = x_a + dx_1, y_1 = y_a + dy_1$

.....

測点 i の座標 : $x_i = x_{i-1} + dx_i, y_i = y_{i-1} + dy_i$

ただし、

$dx_i = S_i \cdot \cos\alpha_{i-1}, dy_i = S_i \cdot \sin\alpha_{i-1}$

(4) 座標の閉合差

$\Delta x = x_b - x_{n+1} = x_b - x_a - \Sigma dx$

$\Delta y = y_b - y_{n+1} = y_b - y_a - \Sigma dy$

新

(5)座標の閉合比

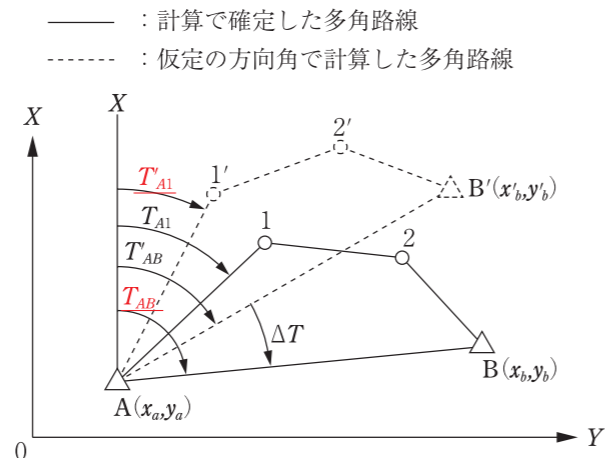
$$\frac{\Delta s}{S} = \frac{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}}{S} \quad S \text{は多角路線長}$$

(6)無方向トラバース(始点、終点で取付方向角なし)

- 1) 始点から、第1測点への方向角 T_{A1} の計算
始点Aから第1測点の方向角を0°としてトラバース計算を行い $\Delta x, \Delta y$ を求める。

$$T_{A1} = T_{AB} + \Delta T$$

$$\Delta T = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right)$$



- 2) 多角計算
取付方向角のあるトラバースと同じ。(省略)

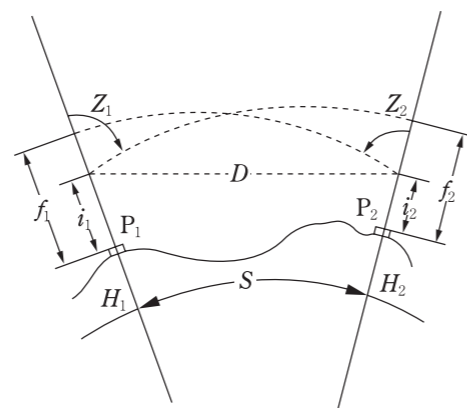
5. 標高の近似値及び閉合差の計算(多角測量方式)

(1)標高差の計算

<標高計算の説明>

- H_i : P_i 点の標高
- i_i : P_i 点の器械高
- f_i : P_i 点の目標高
- h : P_1 点と P_2 点との高低差
- D : 斜距離
- S : 球面距離
- Z_i : P_i 点で観測した鉛直角
- α_i : P_i 点における高度角、 $\alpha_i : 90^\circ - Z_i$

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



旧

(5)座標の閉合比

$$\frac{\Delta s}{S} = \frac{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}}{S} \quad S \text{は多角路線長}$$

—— : 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

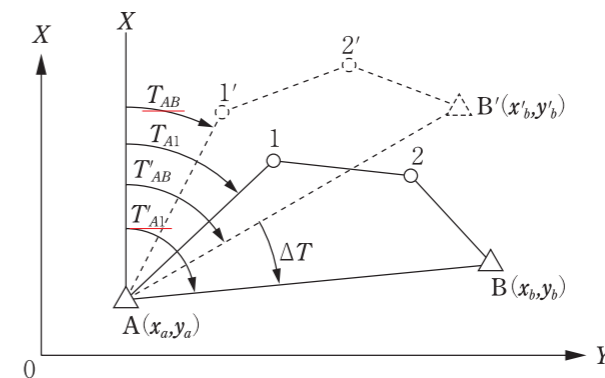
(6)無方向トラバース(始点、終点で取付方向角なし)

- [1] 始点から、第1測点への方向角 T_{A1} の計算
始点Aから第1測点の方向角を0°としてトラバース計算を行い $\Delta x, \Delta y$ を求める。

$$T_{A1} = T_{AB} + \Delta T$$

$$\Delta T = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right)$$

- [2] 多角計算
取付方向角のあるトラバースと同じ。(省略)



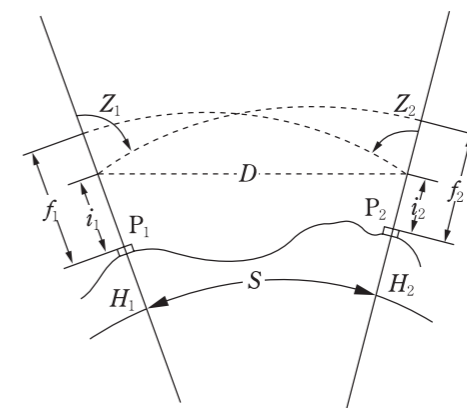
6. 標高の近似値及び閉合差の計算(多角測量方式)

(1)標高差の計算

<標高計算の説明>

- H_i : P_i 点の標高
- i_i : P_i 点の器械高
- f_i : P_i 点の目標高
- h : P_1 点と P_2 点との高低差
- D : 斜距離
- S : 球面距離
- Z_i : P_i 点で観測した鉛直角
- α_i : P_i 点における高度角、 $\alpha_i : 90^\circ - Z_i$

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



(2) 標高の閉合差

1) 多角路線の閉合差

$$dh = H_b - H_a - \sum h$$

ただし、

dh : 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

$$dh = \sum h$$

3) 標高の近似値の計算

高低網平均における近似値は、標高の概算値とする。

$$H_2 = H_1 + h$$

6. 厳密網平均計算(水平)

(1) 観測値を平面直角座標系上へ変換する補正計算

1) 方向角の変換

$$(t - T)''_{ij} = \frac{\rho''}{6m_0^2 R_0^2} (x'_i - x'_j)(2y'_i + y'_j)$$

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

2) 距離の変換

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

$$s_{ij} = S_{ij} \left(\frac{s}{S}\right)_{ij}$$

ただし、

t_{ij} : 平面直角座標上の観測方向角

T_{ij} : 基準面上の観測方向角

s_{ij} : 平面直角座標上の測定距離

S_{ij} : 基準面上の測定距離

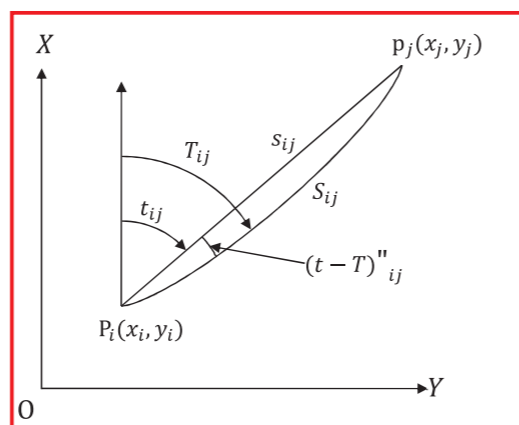
m_0 : 平面直角座標系の X 軸上における縮尺係数 0.9999

R_0 : 平面直角座標系原点の平均曲率半径

x'_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

$$\rho'' = \frac{180^\circ}{\pi} 3600''$$



(2) 標高の閉合差

1) 多角路線の閉合差

$$dh = H_b - H_a - \sum h$$

ただし、

dh : 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

$$dh = \sum h$$

3) 標高の近似値の計算

高低網平均における近似値は、標高の概算値とする。

$$H_2 = H_1 + h$$

7. 厳密網平均計算(平均)

(1) 観測値を平面直角座標系へ変換する補正計算

1) 方向角の補正

$$(t - T)_{1,2} = -\frac{\rho''}{4m_0^2 R_0^2} (y'_2 + y'_1)(x'_2 - x'_1) + \frac{\rho''}{12m_0^2 R_0^2} (x'_2 - x'_1)(y'_2 - y'_1)$$

$$t_{1,2} = T_{1,2} + (t - T)_{1,2}$$

2) s / S の補正

$$\left(\frac{s}{S}\right) = m_0 \left\{1 + \frac{1}{6R_0^2 m_0^2} (y'^2_1 + y'_1 y'_2 + y'^2_2)\right\}$$

$$s = S \cdot \left(\frac{s}{S}\right)$$

ただし、

t : 平面座標上の観測方向角

T : 基準面上の観測方向角

s : 平面距離

S : 球面距離

m_0 : 0.9999 : 座標系の X 軸上における縮尺係数

R_0 : 座標系原点の平均曲率半径

x'_i, y'_i : 測点 i の x, y 座標 (近似値)

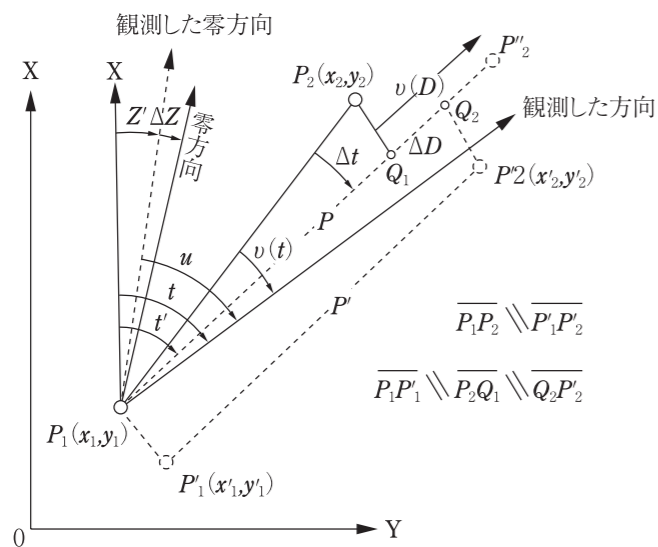
腰符 1, 2 は、測点 1 から測点 2 を示す。

腰符 2, 1 は、測点 2 から測点 1 を示す。

新

(2) 観測方程式

< 平均値・観測値・近似値等の関係 >



1) 測点

- P_1 : 測点 1 の決定位置 x_1, y_1 : P_1 の x, y (最確値)
- P_2 : 測点 2 の決定位置 x_2, y_2 : P_2 の x, y (最確値)
- P'_1 : 測点 1 の近似位置 x'_1, y'_1 : P'_1 の x, y (近似値)
- P'_2 : 測点 2 の近似位置 x'_2, y'_2 : P'_2 の x, y (近似値)
- P''_2 : $\overline{P'_1 P'_2}$ に平行で $\overline{P'_1 P''_2} = s$ の位置

X : 座標の X 軸の方向 Y : 座標の Y 軸の方向

2) 角

Z' : 標準角

ΔZ : 標定誤差 (標準角に対する補正量)

u : 測点 1 において観測した零方向と測点 2 の平面直角座標上の夾角

t : 方向角 (観測方向角), $t = z' + u$

t' : 座標の近似値により計算した方向角 (近似方向角)

$$t' = \tan^{-1} \left(\frac{y'_2 - y'_1}{x'_2 - x'_1} \right)$$

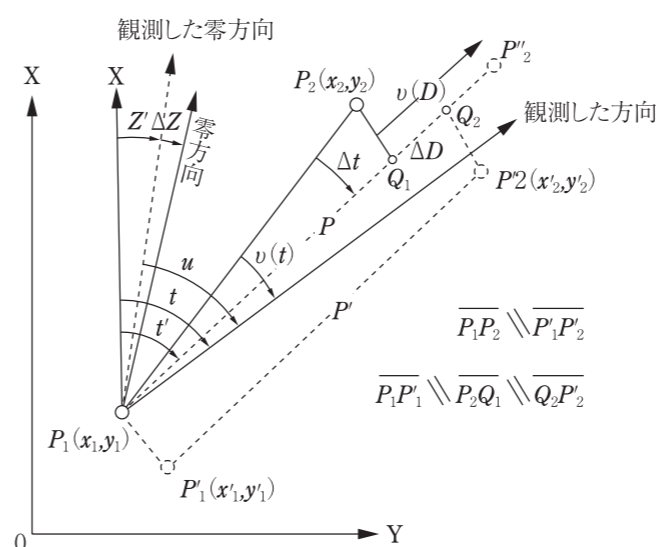
Δt : 近似方向角に対する補正量 (方向角の補正量)

$v(t)$: 方向角の残差

旧

(2) 観測方程式

< 平均値・観測値・近似値等の関係 >



1) 測点

- P_1 : 測点 1 の決定位置 x_1, y_1 : P_1 の x, y (最確値)
- P_2 : 測点 2 の決定位置 x_2, y_2 : P_2 の x, y (最確値)
- P'_1 : 測点 1 の近似位置 x'_1, y'_1 : P'_1 の x, y (近似値)
- P'_2 : 測点 2 の近似位置 x'_2, y'_2 : P'_2 の x, y (近似値)
- P''_2 : $\overline{P'_1 P'_2}$ に平行で $\overline{P'_1 P''_2} = s$ の位置

X : 座標の X 軸の方向 Y : 座標の Y 軸の方向

2) 角

Z' : 標準角

ΔZ : 標定誤差 (標準角に対する補正量)

u : 測点 1 において観測した零方向と測点 2 の平面直角座標上の夾角

t : 方向角 (観測方向角), $t = z' + u$

t' : 座標の近似値により計算した方向角 (近似方向角)

$$t' = \tan^{-1} \left(\frac{y'_2 - y'_1}{x'_2 - x'_1} \right)$$

Δt : 近似方向角に対する補正量 (方向角の補正量)

$v(t)$: 方向角の残差

新	旧
<p>3) 距離</p> <p>S : 球面距離</p> <p>s : 平面距離</p> <p>s' : 座標の近似値により計算した距離 (近似値)</p> $s = \sqrt{(x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2}$ <p>Δs : 近似距離に対する補正量 (距離の補正)</p> <p>$v(s)$: 測定した距離の残差</p> <p>4) 座標</p> <p>$\Delta x_i, \Delta y_i$: 測点 i の座標の近似値に対する補正量</p> <p>(3) 観測値の重量</p> <p>各観測方程式には観測精度に応じた重みをつける</p> <p>1方向の重みを1とし</p> <p>距離の重み P_s は、$P_s = \frac{m_i^2 \cdot S_{ij}^2}{(m_s^2 + r^2 S_{ij}^2) \rho''^2}$ とする。</p> <p>ただし、</p> <p>P_s : 距離の重量</p> <p>m_i : 水平角の1方向の平均二乗誤差 (角度)</p> <p>m_s : 距離の平均二乗誤差の定数項 (m)</p> <p>r : 距離の平均二乗誤差の比例係数</p> <p>(4) 観測方程式の係数</p> $a_{1,2} = \frac{y'_2 - y'_1}{S'^2} \rho''$ $b_{1,2} = \frac{x'_2 - x'_1}{S'^2} \rho''$ <p>(5) 方向角の観測方程式</p> $v(t_{1,2}) = -\Delta Z + a_{1,2}\Delta x_1 - b_{1,2}\Delta y_1 - a_{1,2}\Delta x_2 + b_{1,2}\Delta y_2 + lt_{1,2}$ <p>重量 = 1</p> <p>ただし、</p> $lt_{1,2} = t'_{1,2} - t_{1,2} \quad \Delta Z : \text{標定誤差}$	<p>3) 距離</p> <p>S : 球面距離</p> <p>s : 平面距離</p> <p>s' : 座標の近似値により計算した距離 (近似値)</p> $s = \sqrt{(x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2}$ <p>Δs : 近似距離に対する補正量 (距離の補正)</p> <p>$v(s)$: 測定した距離の残差</p> <p>4) 座標</p> <p>$\Delta x_i, \Delta y_i$: 測点 i の座標の近似値に対する補正量</p> <p>(3) 観測値の重量</p> <p>各観測方程式には観測精度に応じた重みをつける</p> <p>1方向の重みを1とし</p> <p>距離の重み P_s は、$P_s = \frac{m_i^2 \cdot S_{ij}^2}{(m_s^2 + r^2 S_{ij}^2) \rho''^2}$ とする。</p> <p>ただし、</p> <p>P_s : 距離の重量</p> <p>m_i : 水平角の1方向の平均二乗誤差 (角度)</p> <p>m_s : 距離の平均二乗誤差の定数項 (m)</p> <p>r : 距離の平均二乗誤差の比例係数</p> <p>(4) 観測方程式の係数</p> $a_{1,2} = \frac{y'_2 - y'_1}{S'^2} \rho''$ $b_{1,2} = \frac{x'_2 - x'_1}{S'^2} \rho''$ <p>(5) 方向角の観測方程式</p> $v(t_{1,2}) = -\Delta Z + a_{1,2}\Delta x_1 - b_{1,2}\Delta y_1 - a_{1,2}\Delta x_2 + b_{1,2}\Delta y_2 + lt_{1,2}$ <p>重量 = 1</p> <p>ただし、</p> $lt_{1,2} = t'_{1,2} - t_{1,2} \quad \Delta Z : \text{標定誤差}$

新

(6) 距離の観測方程式

$$\frac{v(s_{1,2})}{s'_{1,2}} \rho'' = b_{1,2} \Delta x_1 - a_{1,2} \Delta y_1 + b_{1,2} \Delta x_2 + a_{1,2} \Delta y_2 + ls_{1,2}$$

重量 : Ps

ただし、

$$ls_{1,2} = \frac{s' - s}{s'} \rho''$$

(7) 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	} 行列要素の配列順位は それぞれ対応している。
A : 係数行列	
X : 未知数のベクトル	
L : 定数項のベクトル	
P : 重量行列	

2) 標準方程式の行列

$$NX = -U$$

ただし、

$$N = A'PA, \quad U = A'PL$$

A' は、A の転置行列 [A = (α_{ij}) のとき、A' = (α_{ji})]
である。

3) 解

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

N⁻¹ は、N の逆行列である。

4) 座標の最確値

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

旧

(6) 距離の観測方程式

$$\frac{v(s_{1,2})}{s'_{1,2}} \rho'' = b_{1,2} \Delta x_1 - a_{1,2} \Delta y_1 + b_{1,2} \Delta x_2 + a_{1,2} \Delta y_2 + ls_{1,2}$$

重量 : Ps

ただし、

$$ls_{1,2} = \frac{s' - s}{s'} \rho''$$

(7) 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	} 行列要素の配列順位は それぞれ対応している。
A : 係数行列	
X : 未知数のベクトル	
L : 定数項のベクトル	
P : 重量行列	

2) 標準方程式の行列

$$NX = -U$$

ただし、

$$N = A'PA, \quad U = A'PL$$

A' は、A の転置行列 [A = (α_{ij}) のとき、A' = (α_{ji})]
である。

3) 解

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

N⁻¹ は、N の逆行列である。

4) 座標の最確値

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

新

5) 単位重量の平均二乗誤差

$$M = \pm \sqrt{\frac{\sum Pv^2}{q - (r + 2n)}}$$

M は、角度で表示する。

ただし、

M : 単位重量の平均二乗誤差

P : 観測値の重量 v : 残差

q : 観測方程式の数 n : 新点の数

r : 方向観測の組の数

6) 座標の平均二乗誤差

$$M_x = \frac{M}{\sqrt{P_x}} \cdots \cdots X \text{ 座標の平均二乗誤差}$$

$$M_y = \frac{M}{\sqrt{P_y}} \cdots \cdots Y \text{ 座標の平均二乗誤差}$$

$$M_s = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \cdots \cdots \text{座標の平均二乗誤差}$$

M_x, M_y, M_s は、長さで表示する。

ただし、

P_x : Δx の重量 P_y : Δy の重量

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

旧

5) 単位重量の平均二乗誤差

$$M = \pm \sqrt{\frac{\sum Pv^2}{q - (r + 2n)}}$$

M は、角度で表示する。

ただし、

M : 単位重量の平均二乗誤差

P : 観測値の重量 v : 残差

q : 観測方程式の数 n : 新点の数

r : 標準角の数

6) 座標の平均二乗誤差

$$M_x = \frac{M}{\sqrt{P_x}} \cdots \cdots X \text{ 座標の平均二乗誤差}$$

$$M_y = \frac{M}{\sqrt{P_y}} \cdots \cdots Y \text{ 座標の平均二乗誤差}$$

$$M_s = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \cdots \cdots \text{座標の平均二乗誤差}$$

M_x, M_y, M_s は、長さで表示する。

ただし、

P_x : Δx の重量 P_y : Δy の重量

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

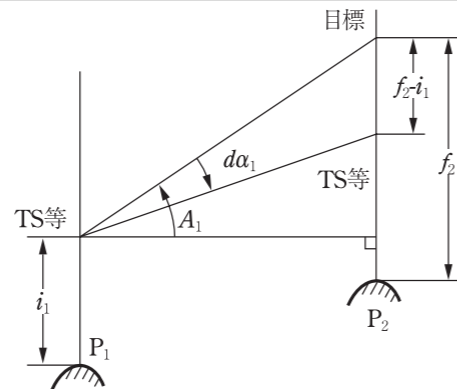
新

7. 厳密網平均計算(高低)

(1) 観測した高度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 から観測した高度角
- $d\alpha_i$: A_i に対する補正量
- α_i : A_i に補正後の高度角
- i_i : 器械高
- f_i : 目標高
- P_i : 測点番号



1) 正の高度角に対する補正量

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

2) 反の高度角に対する補正量

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

ただし、 S は球面距離

3) 補正した観測高度角

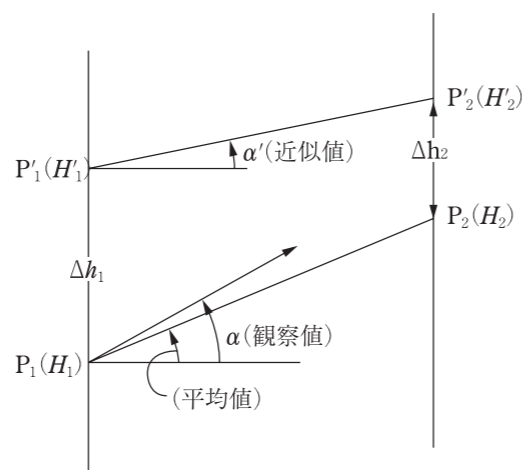
$$\alpha_1 = A_1 - d\alpha_1$$

$$\alpha_2 = A_2 - d\alpha_2$$

(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 : 観測高度角
- α' : 近似標高により求めた高度角



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

$$\alpha' = \tan^{-1} \left\{ \frac{H_2 - H_1}{S} \left(1 - \frac{H_2 + H_1}{2R} \right) \right\}$$

S : 球面距離

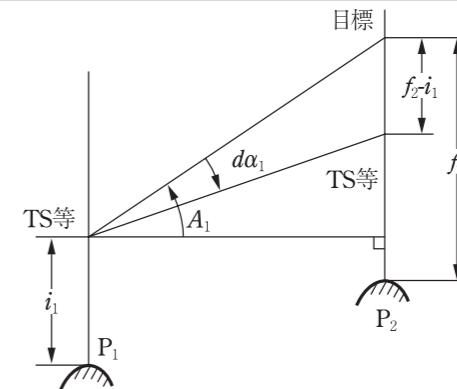
旧

8. 厳密網平均計算(高低)

(1) 観測した高度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 から観測した高度角
- $d\alpha_i$: A_i に対する補正量
- α_i : A_i に補正後の高度角
- i_i : 器械高
- f_i : 目標高
- P_i : 測点番号



1) 正の高度角に対する補正量

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

2) 反の高度角に対する補正量

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

ただし、 S は球面距離

3) 補正した観測高度角

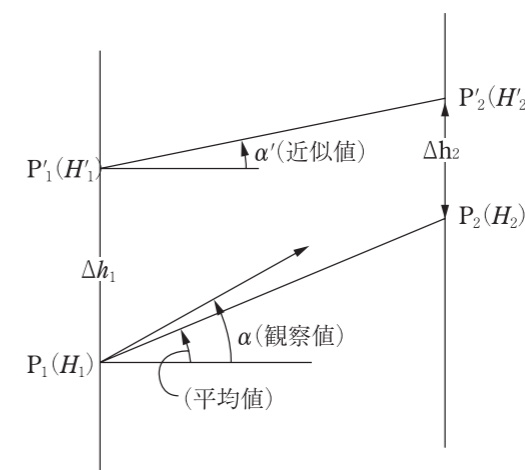
$$\alpha_1 = A_1 - d\alpha_1$$

$$\alpha_2 = A_2 - d\alpha_2$$

(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 : 観測高度角
- α' : 近似標高により求めた高度角



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

$$\alpha' = \tan^{-1} \left\{ \frac{H_2 - H_1}{S} \left(1 - \frac{H_2 + H_1}{2R} \right) \right\}$$

S : 球面距離

新

 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

$$v(\alpha) = -C_1 \Delta h_1 + C_2 \Delta h_2 + l_{1,2}$$

重量=1

ただし、 $l_{1,2} = \alpha' - \alpha$ **(3) 平均計算**

1) 観測方程式の行列表示 行列及び解は、厳密網平均計算(水平)に準ずる。

2) 標高の最確値

$$H_i = H'_i + \Delta h_i$$

3) 重量1の平均二乗誤差

$$M = \pm \sqrt{\frac{\sum PV^2}{q - n}}$$

 M は、角度で表示する。

4) 標高の平均二乗誤差

$$M_h = \frac{M}{\sqrt{P_h}}$$

 M_h は、長さで表示する。ただし、 $P_h : \Delta h$ の重量

旧

 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

$$v(\alpha) = -C_1 \Delta h_1 + C_2 \Delta h_2 + l_{1,2}$$

重量=1

ただし、 $l_{1,2} = \alpha' - \alpha$ **(3) 平均計算**

1) 観測方程式の行列表示 行列及び解は、厳密網平均計算(水平)に準ずる。

2) 標高の最確値

$$H_i = H'_i + \Delta h_i$$

3) 重量1の平均二乗誤差

$$M = \pm \sqrt{\frac{\sum PV^2}{q - n}}$$

 M は、角度で表示する。

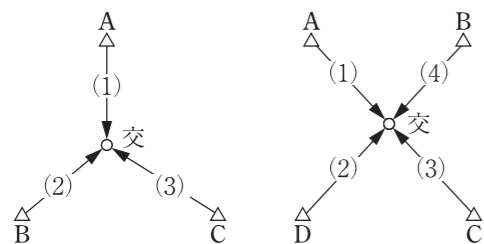
4) 標高の平均二乗誤差

$$M_h = \frac{M}{\sqrt{P_h}}$$

 M_h は、長さで表示する。ただし、 $P_h : \Delta h$ の重量

8. 簡易網平均(水平及び高低)

(1) 重量平均による方法(X、Y型)



1) 方向角の計算

既知点 A,B,C,D から順次交点までの観測方向角

$$\alpha'_1 = \alpha_{0,1} + \sum_1^n \beta_1 - (n \pm 1)180^\circ - 0^\circ$$

$$\alpha'_2 = \alpha_{0,2} + \sum_1^n \beta_2 - (n \pm 1)180^\circ - \gamma_2$$

.....

$$\alpha'_i = \alpha_{0i} + \sum_1^n \beta_i - (n \pm 1)180^\circ - \gamma_i$$

α'_i : 交点における零方向に対する観測方向角

α_{0i} : 出発点における第1節点の観測方向角

β_i : 多角節点の夾角

γ_i : 交点において路線番号の若い路線に属する隣接多角節点を零方向とした、他の多角路線の隣接多角節点に対する水平角

n_i : 当該多角路線の節点数

i : 多角路線の番号

ただし、括弧内の複符号は $\alpha_{0i} + \sum_1^n \beta_i - \gamma_i > (n + 1)180^\circ$ のときは正、

$\alpha_{0i} + \sum_1^n \beta_i - \gamma_i < (n + 1)180^\circ$ のとき負となる。

2) 方向角の平均計算

$$\alpha = \frac{P_1\alpha'_1 + P_2\alpha'_2 + P_3\alpha'_3 + \dots}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots}$$

$$\sum d\beta_i = \alpha - \alpha'_i$$

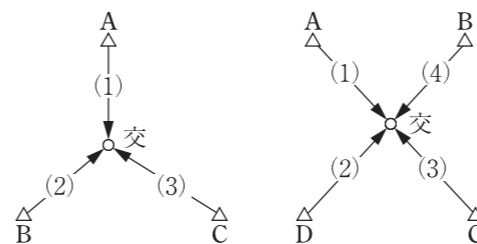
α : 平均方向角

$P_i = \frac{1}{S_i}$: 重量 (S_i は i 多角路線の路線長。方向角の平均計算においては、 S_i に替えて、多角路線の観測点数 N_i を用いる。)

$\sum d\beta_i$: 各路線の補正角

9. 簡易網平均(水平及び高低)

(1) 重量平均による方法(X、Y型)



1) 方向角の計算

既知点 A,B,C,D から順次交点までの観測方向角

$$\alpha'_1 = \alpha_{0,1} + \sum_1^n \beta_1 - (n \pm 1)180^\circ - 0^\circ$$

$$\alpha'_2 = \alpha_{0,2} + \sum_1^n \beta_2 - (n \pm 1)180^\circ - \gamma_2$$

.....

$$\alpha'_i = \alpha_{0i} + \sum_1^n \beta_i - (n \pm 1)180^\circ - \gamma_i$$

α'_i : 交点における零方向に対する観測方向角

α_{0i} : 出発点における第1節点の観測方向角

β_i : 多角節点の夾角

γ_i : 交点において路線番号の若い路線に属する隣接多角節点を零方向とした、他の多角路線の隣接多角節点に対する水平角

n_i : 当該多角路線の節点数

i : 多角路線の番号

ただし、括弧内の複符号は $\alpha_{0i} + \sum_1^n \beta_i - \gamma_i > (n + 1)180^\circ$ のときは正、

$\alpha_{0i} + \sum_1^n \beta_i - \gamma_i < (n + 1)180^\circ$ のとき負となる。

2) 方向角の平均計算

$$\alpha = \frac{P_1\alpha'_1 + P_2\alpha'_2 + P_3\alpha'_3 + \dots}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots}$$

$$\sum d\beta_i = \alpha - \alpha'_i$$

α : 平均方向角

$P_i = \frac{1}{S_i}$: 重量 (S_i は i 多角路線の路線長。方向角の平均計算においては、 S_i に替えて、多角路線の観測点数 N_i を用いる。)

$\sum d\beta_i$: 各路線の補正角

新

3) 座標計算

① i 路線から求めた交点の座標

$$\begin{aligned} X_1 &= X_{0,1} + \sum_1^{n+1} \Delta X_1 & Y_1 &= Y_{0,1} + \sum_1^{n+1} \Delta Y_1 \\ X_2 &= X_{0,2} + \sum_1^{n+1} \Delta X_2 & Y_2 &= Y_{0,2} + \sum_1^{n+1} \Delta Y_2 \\ X_3 &= X_{0,3} + \sum_1^{n+1} \Delta X_3 & Y_3 &= Y_{0,3} + \sum_1^{n+1} \Delta Y_3 \\ \Delta X &= scos\alpha & \Delta Y &= ssin\alpha \end{aligned}$$

② 交点における平均座標の計算

$$\begin{aligned} X &= \frac{P_1 X_1 + P_2 X_2 + P_3 X_3 + \dots}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots} \\ Y &= \frac{P_1 Y_1 + P_2 Y_2 + P_3 Y_3 + \dots}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots} \end{aligned}$$

③ 各路線の閉合差

$$\sum_1^{n+1} dX_i = X - X_i \quad \sum_1^{n+1} dY_i = Y - Y_i$$

X_i, Y_i : 交点の概算座標

X, Y : 交点の平均座標

dX_i, dY_i : 各路線の節点の補正量

$\sum dX_i, \sum dY_i$: 各路線の閉合差

4) 高低計算

① i 路線から求めた交点の標高

$$\begin{aligned} H_1 &= H_{0,1} + \sum_1^{n+1} \Delta h_1 \\ H_2 &= H_{0,2} + \sum_1^{n+1} \Delta h_2 \\ H_3 &= H_{0,3} + \sum_1^{n+1} \Delta h_3 \end{aligned}$$

Δh_i : 直接水準測量又は間接水準測量で測定した高低差

H_i : 交点の標高

H_0 : 与点の標高

② 交点における平均標高の計算

$$H = \frac{P_1 H_1 + P_2 H_2 + P_3 H_3 + \dots}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots}$$

旧

3) 座標計算

1》

$$\begin{aligned} X_1 &= X_{0,1} + \sum_1^{n+1} \Delta X_1 & Y_1 &= Y_{0,1} + \sum_1^{n+1} \Delta Y_1 \\ X_2 &= X_{0,2} + \sum_1^{n+1} \Delta X_2 & Y_2 &= Y_{0,2} + \sum_1^{n+1} \Delta Y_2 \\ X_3 &= X_{0,3} + \sum_1^{n+1} \Delta X_3 & Y_3 &= Y_{0,3} + \sum_1^{n+1} \Delta Y_3 \\ \Delta X &= scos\alpha & \Delta Y &= ssin\alpha \end{aligned}$$

2》

$$\begin{aligned} X &= \frac{P_1 X_1 + P_2 X_2 + P_3 X_3 + \dots}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots} \\ Y &= \frac{P_1 Y_1 + P_2 Y_2 + P_3 Y_3 + \dots}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots} \end{aligned}$$

3》

$$\sum_1^{n+1} dX_i = X - X_i \quad \sum_1^{n+1} dY_i = Y - Y_i$$

X_i, Y_i : 交点の概算座標

X, Y : 交点の平均座標

dX_i, dY_i : 各路線の節点の補正量

$\sum dX_i, \sum dY_i$: 各路線の閉合差

4) 高低計算

1》

$$\begin{aligned} H_1 &= H_{0,1} + \sum_1^{n+1} \Delta h_1 \\ H_2 &= H_{0,2} + \sum_1^{n+1} \Delta h_2 \\ H_3 &= H_{0,3} + \sum_1^{n+1} \Delta h_3 \end{aligned}$$

Δh_i : 直接水準測量又は間接水準測量で測定した高低差

H_i : 交点の標高

H_0 : 与点の標高

2》

$$H = \frac{P_1 H_1 + P_2 H_2 + P_3 H_3 + \dots}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots}$$

新

③各路線の閉合差

$$\sum_1^{n+1} dH_i = H - H_i$$

H : 交点の平均標高

$\sum dH_i$: 各路線の標高閉合差

dH_i : 各路線の節点の標高補正量

(2) 観測方程式による方法

1) 方向角の観測方程式

$$v_{ij} = T'_j - T'_i + dT_j - dT_i - \Delta T_{ij} \quad \text{重量 } P_{ij}$$

$$\Delta T_{ij} = \beta_{0i} + \sum_1^n \beta_i - (n \pm 1)180^\circ - \gamma_i$$

T'_i, T'_j : 点 i 及び j における零方向の仮定方向角

dT_i, dT_j : T'_i, T'_j に対する補正量

ΔT_{ij} : 点 i, j 間の観測夾角

v_{ij} : 点 i, j 間の観測値の偏差

β_{0i} : 出発点における観測夾角

γ_j : 結合点における観測夾角

2) X座標、Y座標の観測方程式

$$v_{ij} = X'_j - X'_i + dX_j - dX_i - \Delta X_{ij} \quad \text{重量 } P_{ij}$$

$$v_{ij} = Y'_j - Y'_i + dY_j - dY_i - \Delta Y_{ij} \quad \text{重量 } P_{ij}$$

X'_i, X'_j (Y'_i, Y'_j) : i, j の仮定 X (Y) 座標

dX_i, dX_j (dY_i, dY_j) : X'_i, X'_j (Y'_i, Y'_j) に対する補正量

ΔX_{ij} (ΔY_{ij}) : 点 i, j 間の観測緯距 (経距)

v_{ij} : 点 i, j 間の観測値の偏差

3) 標高の観測方程式

$$v_{ij} = H'_j - H'_i + dH_j - dH_i - \Delta H_{ij}$$

$$\Delta H_{ij} = \sum \Delta h$$

H'_i, H'_j : 点 i, j の仮定標高

dH_i, dH_j : H'_i, H'_j に対する補正量

ΔH_{ij} : 点 i, j 間の観測高低差

v_{ij} : 点 i, j 間の観測値の偏差

ただし、点 i, j は各路線の始終点とし既知点の場合は仮定方向角、座標、標高は既知点成果を用い、補正量の項はないものとする。

旧

3》

$$\sum_1^{n+1} dH_i = H - H_i$$

H : 交点の平均標高

$\sum dH_i$: 各路線の標高閉合差

dH_i : 各路線の節点の標高補正量

(2) 観測方程式による方法

1) 方向角の観測方程式

$$v_{ij} = T'_j - T'_i + dT_j - dT_i - \Delta T_{ij} \quad \text{重量 } P_{ij}$$

$$\Delta T_{ij} = \beta_{0i} + \sum_1^n \beta_i - (n \pm 1)180^\circ - \gamma_i$$

T'_i, T'_j : 点 i 及び j における零方向の仮定方向角

dT_i, dT_j : T'_i, T'_j に対する補正量

ΔT_{ij} : 点 i, j 間の観測夾角

v_{ij} : 点 i, j 間の観測値の偏差

β_{0i} : 出発点における観測夾角

γ_j : 結合点における観測夾角

2) X座標、Y座標の観測方程式

$$v_{ij} = X'_j - X'_i + dX_j - dX_i - \Delta X_{ij} \quad \text{重量 } P_{ij}$$

$$v_{ij} = Y'_j - Y'_i + dY_j - dY_i - \Delta Y_{ij} \quad \text{重量 } P_{ij}$$

X'_i, X'_j (Y'_i, Y'_j) : i, j の仮定 X (Y) 座標

dX_i, dX_j (dY_i, dY_j) : X'_i, X'_j (Y'_i, Y'_j) に対する補正量

ΔX_{ij} (ΔY_{ij}) : 点 i, j 間の観測緯距 (経距)

v_{ij} : 点 i, j 間の観測値の偏差

3) 標高の観測方程式

$$v_{ij} = H'_j - H'_i + dH_j - dH_i - \Delta H_{ij}$$

$$\Delta H_{ij} = \sum \Delta h$$

H'_i, H'_j : 点 i, j の仮定標高

dH_i, dH_j : H'_i, H'_j に対する補正量

ΔH_{ij} : 点 i, j 間の観測高低差

v_{ij} : 点 i, j 間の観測値の偏差

ただし、点 i, j は各路線の始終点とし既知点の場合は仮定方向角、座標、標高は既知点成果を用い、補正量の項はないものとする。

新

4) 方向角、座標、標高の観測方程式をおのこの答解し、交点の平均値を求める。

①各観測夾角に対する補正

$$d\beta = \frac{\sum d\beta}{n}$$

$d\beta$: 各観測夾角に対する補正量

$\sum d\beta$: 多角路線の補正量

n : 多角路線の観測点数

②各多角辺の座標差及び高低差に対する補正

$$dX = \sum dX \frac{s}{S}$$

$$dY = \sum dY \frac{s}{S}$$

$$dH = \sum dH \frac{s}{S}$$

dX, dY, dH : 各多角辺の座標差及び高低差に対する補正量

$\sum dX, \sum dY, \sum dH$: 多角路線の座標差及び高低差に対する補正量

s : 各多角辺の辺長

S : 路線長

旧

4) 方向角、座標、標高の観測方程式をおのこの答解し、交点の平均値を求める。

1) 各観測夾角に対する補正

$$d\beta = \frac{\sum d\beta}{n}$$

$d\beta$: 各観測夾角に対する補正量

$\sum d\beta$: 多角路線の補正量

n : 多角路線の観測点数

2) 各多角辺の座標差及び高低差に対する補正

$$dX = \sum dX \frac{s}{S}$$

$$dY = \sum dY \frac{s}{S}$$

$$dH = \sum dH \frac{s}{S}$$

dX, dY, dH : 各多角辺の座標差及び高低差に対する補正量

$\sum dX, \sum dY, \sum dH$: 多角路線の座標差及び高低差に対する補正量

s : 各多角辺の辺長

S : 路線長

新

9. 座標差による方向角及び基準面上の距離の計算

(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 及び測点 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 : $(y_2 - y_1) < 0, (x_2 - x_1) > 0$

$$(t - T)_{12} = \frac{\rho''}{6m_0^2 R_0^2} (x_1 - x_2)(2y_1 + y_2)$$

$$\rho'' = \frac{180^\circ}{\pi} 3600''$$

(2) 基準面上の距離

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

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

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)

(3) 成果表に記載する縮尺係数

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

ただし、

y : 当該点の y 座標

旧

10. 座標差による方向角及び基準面上の距離の計算

(1) 方向角

$$T_{1,2} = \tan^{-1} \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} - (t - T)_{1,2}$$

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

$$(t - T)_{1,2} = - \frac{\rho''}{4m_0^2 R_0^2} (y_2 + y_1) (x_2 - x_1) + \frac{\rho''}{12m_0^2 R_0^2} (x_2 - x_1) (y_2 - y_1)$$

(2) 基準面上の距離

$$S_{1,2} = \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{\frac{s}{S}}$$

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

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

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

10. 座標計算

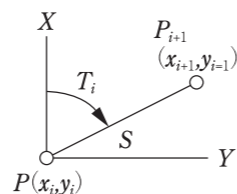
(1) 放射法

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) 2直線4点座標の場合

$$m_1 = \frac{B}{A}$$

$$m_2 = \frac{F}{E}$$

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

$$M = m_1 - m_2$$

$$\Delta x = \frac{L}{M}$$

$$\Delta y = \Delta x \cdot m_1$$

$$X = \Delta x + x_1$$

$$Y = \Delta y + y_1$$

ただし

$$A = x_2 - x_1$$

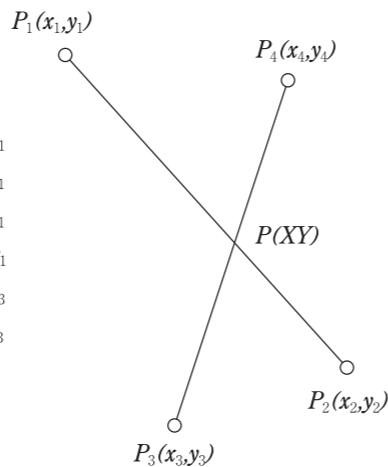
$$B = y_2 - y_1$$

$$C = x_3 - x_1$$

$$D = y_3 - y_1$$

$$E = x_4 - x_3$$

$$F = y_4 - y_3$$



2) 2方向及び2点座標の場合

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

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

ただし、 $\theta = \beta - \alpha$

$$\Delta X_2 = S_1 \cdot \cos \alpha$$

$$\Delta X_3 = S_2 \cdot \cos \beta$$

$$\Delta Y_2 = S_1 \cdot \sin \alpha$$

$$\Delta Y_3 = S_2 \cdot \sin \beta$$

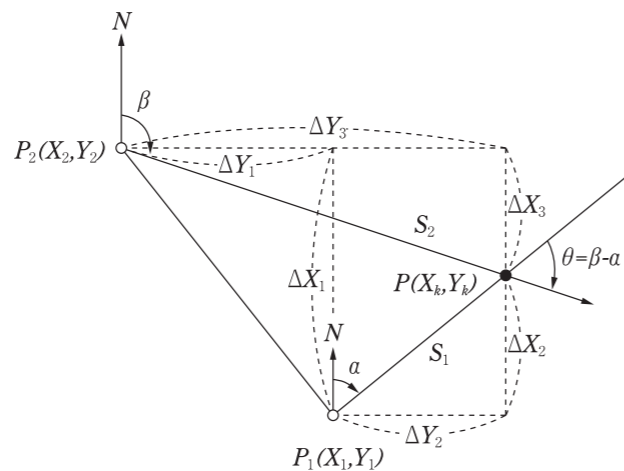
$$X_k = X_1 + \Delta X_2$$

$$Y_k = Y_1 + \Delta Y_2$$

$$X_k = X_2 + \Delta X_3$$

$$Y_k = Y_2 + \Delta Y_3$$

} より求点座標 (X_k, Y_k) を算出する。



11. 座標計算

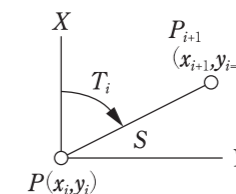
(1) 放射法

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) 2直線4点座標の場合

$$m_1 = \frac{B}{A}$$

$$m_2 = \frac{F}{E}$$

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

$$M = m_1 - m_2$$

$$\Delta x = \frac{L}{M}$$

$$\Delta y = \Delta x \cdot m_1$$

$$X = \Delta x + x_1$$

$$Y = \Delta y + y_1$$

ただし

$$A = x_2 - x_1$$

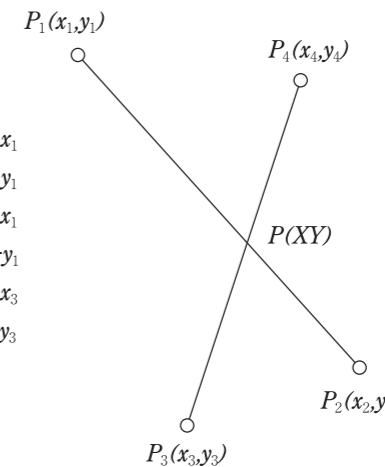
$$B = y_2 - y_1$$

$$C = x_3 - x_1$$

$$D = y_3 - y_1$$

$$E = x_4 - x_3$$

$$F = y_4 - y_3$$



2) 2方向及び2点座標の場合

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

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

ただし、 $\theta = \beta - \alpha$

$$\Delta X_2 = S_1 \cdot \cos \alpha$$

$$\Delta X_3 = S_2 \cdot \cos \beta$$

$$\Delta Y_2 = S_1 \cdot \sin \alpha$$

$$\Delta Y_3 = S_2 \cdot \sin \beta$$

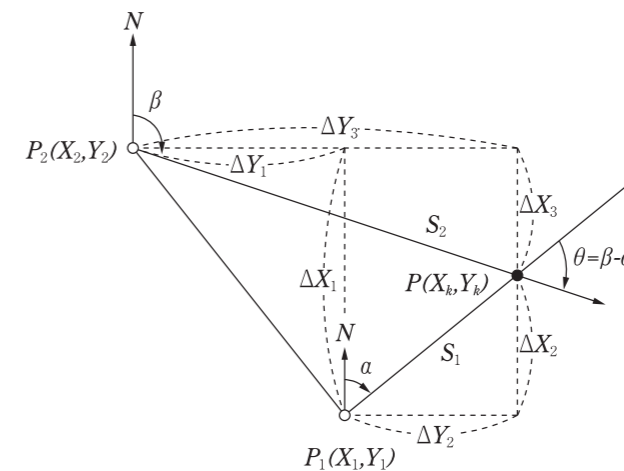
$$X_k = X_1 + \Delta X_2$$

$$Y_k = Y_1 + \Delta Y_2$$

$$X_k = X_2 + \Delta X_3$$

$$Y_k = Y_2 + \Delta Y_3$$

} より求点座標 (X_k, Y_k) を算出する。



新

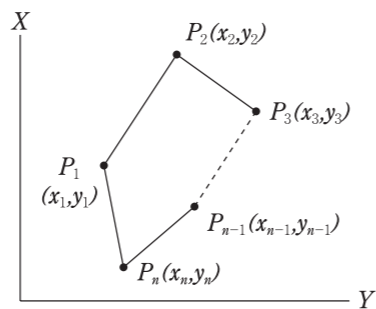
11. 面積の計算

(1) 座標法

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

または、

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



12. GNSS測量機を使用した場合の計算

(1) 座標系の変換

1) 緯度、経度及び高さから地心直交座標系への変換

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

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

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

ただし、

ϕ : 緯度

λ : 経度

H : 楕円体からの高さ

N : 卯酉線曲率半径

e : 第一離心率

とする。

2) 地心直交座標系から緯度、経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、

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

ϕ_i : i 回目の計算結果

$$\phi_0 : \tan^{-1} \left\{ \frac{Z}{P(1 - e^2)} \right\}$$

旧

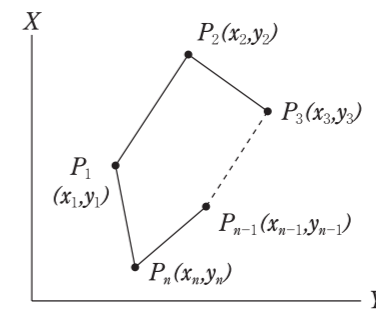
12. 面積の計算

(1) 座標法

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

または、

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



13. GNSS測量機を使用した場合の計算

(1) 楕円体の変換

1) 経緯度及び高さから三次元直交座標系への変換

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

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

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

ただし、

ϕ : 緯度

λ : 経度

H : 楕円体からの高さ

N : 卯酉線曲率半径

e : 第一離心率

とする。

2) 三次元直交座標系から経緯度及び高さへの変換

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

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

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

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

ただし、

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

ϕ_i : i 回目の計算結果

$$\phi_0 : \tan^{-1} \frac{Z}{P} \quad \text{とする。}$$

新

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 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ から $\Delta N,$

$\Delta E, \Delta U$ への変換計算

①既知点間の閉合差

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

ただし、

ΔN : 水平面の南北成分の閉合差

ΔE : 水平面の東西成分の閉合差

ΔU : 高さ成分の閉合差

ΔX : 地心直交座標 X 軸成分の閉合差

ΔY : 地心直交座標 Y 軸成分の閉合差

ΔZ : 地心直交座標 Z 軸成分の閉合差

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

ϕ, λ は、測量地域内の任意の既知点の緯度、経度値とする。

②重複辺の較差

①の内 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ を

ΔX : 基線ベクトル X 軸成分の較差

ΔY : 基線ベクトル Y 軸成分の較差

ΔZ : 基線ベクトル Z 軸成分の較差

③基線ベクトルの環閉合差

①の内 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ を

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

旧

3) 点検計算の制限に使用する環閉合差及び重複辺の較差 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ から $\Delta N, \Delta E,$

ΔU への変換計算

$$\begin{pmatrix} \Delta N \\ \Delta E \\ \Delta U \end{pmatrix} = R \cdot \begin{pmatrix} \Delta X_e \\ \Delta Y_e \\ \Delta Z_e \end{pmatrix}$$

ただし、

ΔN : 水平面の南北方向の環閉合差・重複辺の較差

ΔE : 水平面の東西方向の環閉合差・重複辺の較差

ΔU : 高さ方向の環閉合差・重複辺の較差

ΔX_e : 基線ベクトル X 軸成分の環閉合差・重複辺の較差

ΔY_e : 基線ベクトル Y 軸成分の環閉合差・重複辺の較差

ΔZ_e : 基線ベクトル Z 軸成分の環閉合差・重複辺の較差

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

ϕ, λ は、測量地域内の任意の与点の緯度、経度値とする。

(2) 偏心補正計算

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

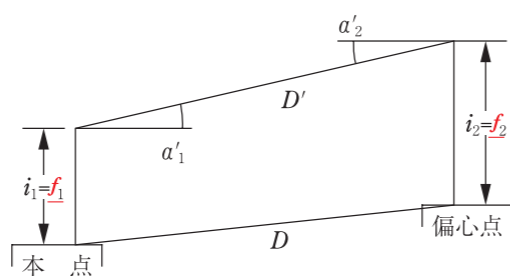
D' : 測定した斜距離

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。



2) 偏心計算に必要な高度角に対する補正計算

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

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

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

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

ただし、

α_1, α_2 : 本点と偏心点の高度角

α'_1, α'_2 : 観測高度角

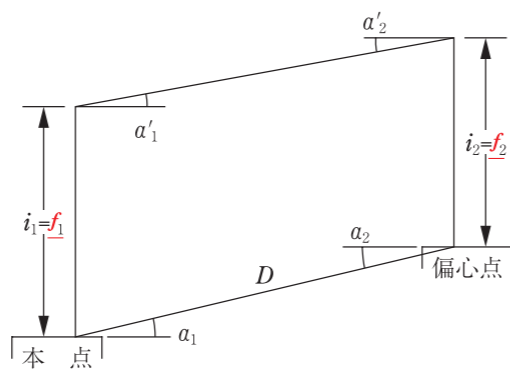
$d\alpha_1, d\alpha_2$: 高度角の補正量

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。



(2) 偏心補正計算

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

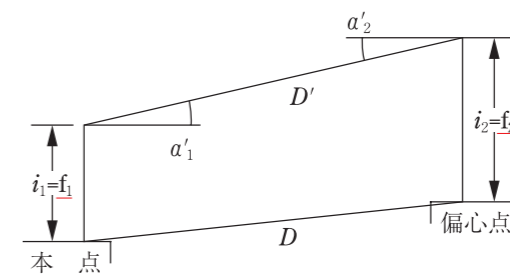
D' : 測定した斜距離

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。



2) 偏心計算に必要な高度角に対する補正計算

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

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

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

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

ただし、

α_1, α_2 : 本点と偏心点の高度角

α'_1, α'_2 : 観測高度角

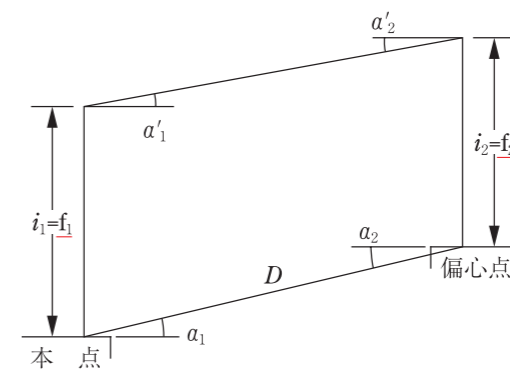
$d\alpha_1, d\alpha_2$: 高度角の補正量

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。



新

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計算

$$\beta = \beta_0 + \theta$$

$$\beta_0 = \tan^{-1} \frac{D_y}{D_x}$$

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

ただし、

β : 偏心点から本点の方位角

β_0 : 方位標の方位角

θ : 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座標差)

②本点から偏心点の方位角計算

$$\beta' = \beta \pm 180^\circ - \gamma$$

$$\gamma = \frac{S' \cdot \sin\beta' \cdot \tan\phi_c}{N_c}$$

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

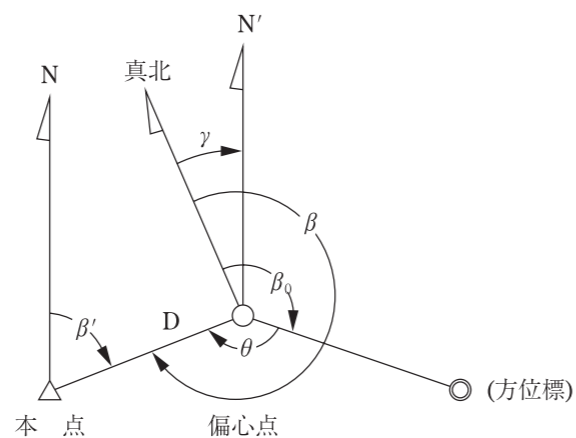
$$\phi_c = \phi_1 + \frac{x}{M}$$

$$x = S' \cdot \cos\beta'$$

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

$$H_m = \frac{(H_1 + H_2)}{2}$$

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



ただし、

β : 偏心点から本点の方位角 (3) 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 (当該楕円体)

D : 本点と偏心点の斜距離

旧

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計算

$$\beta = \beta_0 + \theta$$

$$\beta_0 = \tan^{-1} \frac{D_y}{D_x}$$

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

ただし、

β : 偏心点から本点の方位角

β_0 : 方位標の方位角

θ : 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座標差)

②本点から偏心点の方位角計算

$$\beta' = \beta \pm 180^\circ - \gamma$$

$$\gamma = \frac{S' \cdot \sin\beta' \cdot \tan\phi_c}{N_c}$$

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

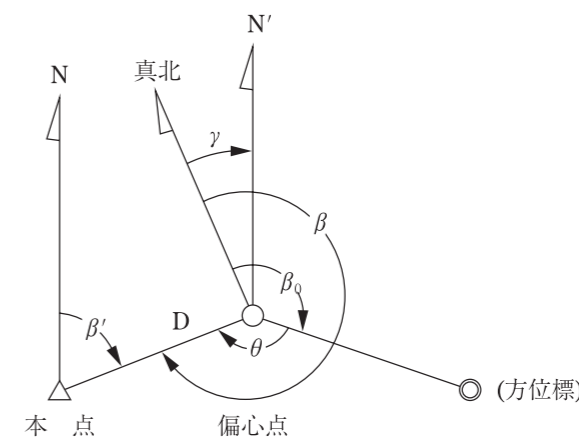
$$\phi_c = \phi_1 + \frac{x}{M}$$

$$x = S' \cdot \cos\beta'$$

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

$$H_m = \frac{(H_1 + H_2)}{2}$$

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



ただし、

β : 偏心点から本点の方位角 (3) 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 (当該楕円体)

D : 本点と偏心点の斜距離

新	旧
<p>φ_1 : 本点の緯度 (当該楕円体)</p> <p>N_c : 卯酉線曲率半径 (当該楕円体; 引数は φ_c とする)</p> <p>M : 子午線曲率半径 (当該楕円体; 引数は φ_1 とする)</p> <p>R : 平均曲率半径 (当該楕円体; 引数は φ_1 とする)</p> <p>α_1, α_2 : 本点と偏心点の高度角</p> <p>H_1, H_2 : 本点と偏心点の楕円体高</p> <p>とする。</p> <p>(注) γ の計算は、最初、$\beta'_0 = \beta + 180$ の値で計算し、$\beta' - \beta'_0 \leq 0.1''$ を満たすまで反復計算する。</p>	<p>ϕ_1 : 本点の緯度 (当該楕円体)</p> <p>N_c : 卯酉線曲率半径 (当該楕円体; 引数は ϕ_c とする)</p> <p>M : 子午線曲率半径 (当該楕円体; 引数は ϕ_1 とする)</p> <p>R : 平均曲率半径 (当該楕円体; 引数は ϕ_1 とする)</p> <p>α_1, α_2 : 本点と偏心点の高度角</p> <p>H_1, H_2 : 本点と偏心点の楕円体高</p> <p>とする。</p> <p>(注) γ の計算は、最初、$\beta'_0 = \beta + 180$ の値で計算し、$\beta' - \beta'_0 \leq 0.1''$ を満たすまで反復計算する。</p>
<p>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。)</p> $\begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sin\varphi \cdot \cos\lambda & -\sin\lambda & \cos\varphi \cdot \cos\lambda \\ -\sin\varphi \cdot \sin\lambda & \cos\lambda & \cos\varphi \cdot \sin\lambda \\ \cos\varphi & 0 & \sin\varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D \cdot \cos\alpha_m \cdot \cos\beta \\ D \cdot \cos\alpha_m \cdot \sin\beta \\ D \cdot \sin\alpha_m \end{pmatrix}$ $\alpha_m = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2)}{2}$ <p>ただし、</p> <p>$\Delta x, \Delta y, \Delta z$: 偏心補正量</p> <p>φ : 本点の緯度 (当該楕円体)</p> <p>λ : 本点の経度 (当該楕円体)</p> <p>D : 本点と偏心点の斜距離</p> <p>α_1, α_2 : 本点と偏心点の高度角</p> <p>β : 本点から偏心点又は偏心点から本点の方位角 (当該楕円体)</p> <p>とする。</p>	<p>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。)</p> $\begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sin\phi \cdot \cos\lambda & -\sin\lambda & \cos\phi \cdot \cos\lambda \\ -\sin\phi \cdot \sin\lambda & \cos\lambda & \cos\phi \cdot \sin\lambda \\ \cos\phi & 0 & \sin\phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D \cdot \cos\alpha_m \cdot \cos\beta \\ D \cdot \cos\alpha_m \cdot \sin\beta \\ D \cdot \sin\alpha_m \end{pmatrix}$ $\alpha_m = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2)}{2}$ <p>ただし、</p> <p>$\Delta x, \Delta y, \Delta z$: 偏心補正量</p> <p>ϕ : 本点の緯度 (当該楕円体)</p> <p>λ : 本点の経度 (当該楕円体)</p> <p>D : 本点と偏心点の斜距離</p> <p>α_1, α_2 : 本点と偏心点の高度角</p> <p>β : 本点から偏心点又は偏心点から本点の方位角 (当該楕円体)</p> <p>とする。</p>

新

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

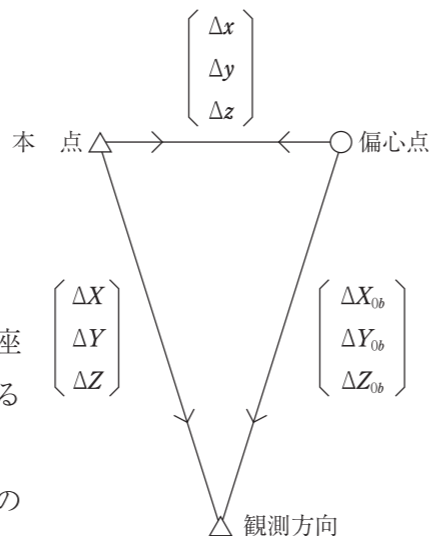
$$\begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta X_{0b} \\ \Delta Y_{0b} \\ \Delta Z_{0b} \end{pmatrix} \pm \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix}$$

ただし、

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$: 偏心補正後の2点間の三次元座標差 (地心直交座標系における成分)

$\Delta X_{0b}, \Delta Y_{0b}, \Delta Z_{0b}$: 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 [4) 偏心補正計算で計算した値] とする。



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 [4) 偏心補正計算で計算した値] とする。

(削る)

(3) 三次元網平均

1) GNSS 基線ベクトル

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

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (N_i + h_i) \cdot \cos\phi_i \cdot \cos\lambda_i \\ (N_i + h_i) \cdot \cos\phi_i \cdot \sin\lambda_i \\ \{N_i(1 - e^2) + h_i\} \cdot \sin\phi_i \end{pmatrix} \quad i = 1, 2$$

旧

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

$$\begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta X_{0b} \\ \Delta Y_{0b} \\ \Delta Z_{0b} \end{pmatrix} \pm \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix}$$

ただし、

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$: 偏心補正後の2点間の三次元座標差 (地心直交座標系における成分)

$\Delta X_{0b}, \Delta Y_{0b}, \Delta Z_{0b}$: 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 [4) 偏心補正計算で計算した値] とする。

②偏心点の座標が未知の場合

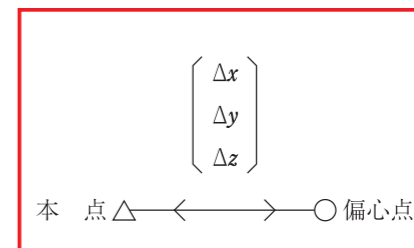
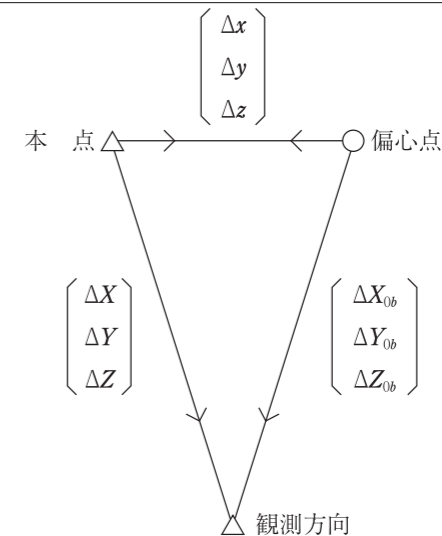
$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} \pm \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix}$$

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 [4) 偏心補正計算で計算した値] とする。



(3) 三次元網平均

1) GNSS 基線ベクトル

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

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (N_i + h_i) \cdot \cos\phi_i \cdot \cos\lambda_i \\ (N_i + h_i) \cdot \cos\phi_i \cdot \sin\lambda_i \\ \{N_i(1 - e^2) + h_i\} \cdot \sin\phi_i \end{pmatrix} \quad i = 1, 2$$

新

2) 観測方程式

①測地座標（緯度 φ 、経度 λ 、楕円体高 h ）による観測方程式

$$\begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix} = m_2 \begin{pmatrix} \delta\varphi_2 \\ \delta\lambda_2 \\ \delta h_2 \end{pmatrix} - m_1 \begin{pmatrix} \delta\varphi_1 \\ \delta\lambda_1 \\ \delta h_1 \end{pmatrix} + M_\xi \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} \xi + M_\eta \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} \eta + M_\alpha \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} \alpha + \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \Delta X_{0b} \\ \Delta Y_{0b} \\ \Delta Z_{0b} \end{pmatrix}$$

(補正量) (未知量) (未知量) (概算値) (観測値)

(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。

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

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

$$M_\eta = \begin{pmatrix} 0 & -\cos\varphi_0 & -\sin\varphi_0 \cdot \sin\lambda_0 \\ \cos\varphi_0 & 0 & \sin\varphi_0 \cdot \cos\lambda_0 \\ \sin\varphi_0 \cdot \sin\lambda_0 & -\sin\varphi_0 \cdot \cos\lambda_0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M_\alpha = \begin{pmatrix} 0 & \sin\varphi_0 & -\cos\varphi_0 \cdot \sin\lambda_0 \\ -\sin\varphi_0 & 0 & \cos\varphi_0 \cdot \cos\lambda_0 \\ \cos\varphi_0 \cdot \sin\lambda_0 & -\cos\varphi_0 \cdot \cos\lambda_0 & 0 \end{pmatrix}$$

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

とする。

旧

2) 観測方程式

①測地座標（緯度 ϕ 、経度 λ 、楕円体高 h ）による観測方程式

$$\begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix} = m_2 \begin{pmatrix} \delta\phi_2 \\ \delta\lambda_2 \\ \delta h_2 \end{pmatrix} - m_1 \begin{pmatrix} \delta\phi_1 \\ \delta\lambda_1 \\ \delta h_1 \end{pmatrix} + M_\xi \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} \xi + M_\eta \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} \eta + M_\alpha \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} \alpha + \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \Delta X_{0b} \\ \Delta Y_{0b} \\ \Delta Z_{0b} \end{pmatrix}$$

(補正量) (未知量) (未知量) (概算値) (観測値)

(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。

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

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

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

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

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

とする。

新

②地心直交座標 (X, Y, Z) による観測方程式

$$\begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \delta X_2 \\ \delta Y_2 \\ \delta Z_2 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \delta X_1 \\ \delta Y_1 \\ \delta Z_1 \end{pmatrix} + M_\xi \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} \xi + M_\eta \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} \eta + M_\alpha \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} \alpha + \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \Delta X_{0b} \\ \Delta Y_{0b} \\ \Delta Z_{0b} \end{pmatrix}$$

(補正量) (未知量) (未知量) (概算値) (観測値)

(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。

3) 観測の重み

①基線解析で求めた値による計算式

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

②水平及び高さの分散を固定値とした値による計算式

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

ただし、

P : 重量行列

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

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

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

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

φ, λ は、測量地域内の任意の既知点の緯度、経度値とする。

旧

②地心直交座標 (X, Y, Z) による観測方程式

$$\begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \delta X_2 \\ \delta Y_2 \\ \delta Z_2 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \delta X_1 \\ \delta Y_1 \\ \delta Z_1 \end{pmatrix} + M_\xi \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} \xi + M_\eta \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} \eta + M_\alpha \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} \alpha + \begin{pmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \Delta X_{0b} \\ \Delta Y_{0b} \\ \Delta Z_{0b} \end{pmatrix}$$

(補正量) (未知量) (未知量) (概算値) (観測値)

(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。

3) 観測の重み

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

ただし、

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

新

4) 平均計算

$$V = AX - L$$

$$(A'PA)X = (A'PL)$$

$$X = (A'PA)^{-1}A'PL$$

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

ただし、

V: 偏差のベクトル

A: 未知数の係数行列

X: 未知数のベクトル

L: 定数項のベクトル

P: 重量行列

B: ΔX 、 ΔY 、 ΔZ の分散・共分散行列

とする。

旧

4) 平均計算

$$V = AX - L$$

$$(A'PA)X = (A'PL)$$

$$X = (A'PA)^{-1}A'PL$$

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

ただし、

V: 偏差のベクトル

A: 未知数の係数行列

X: 未知数のベクトル

L: 定数項のベクトル

P: 重量行列

B: ΔX 、 ΔY 、 ΔZ の分散・共分散行列

とする。

新

(4) 平均計算後の観測値の単位重量当たりの標準偏差

$$m_0 = \frac{\sqrt{V^t P V}}{3(m-n)} \quad \begin{array}{l} m : \text{基線数} \\ n : \text{未知点数} \end{array}$$

(5) 未知点座標の平均値の標準偏差

1) 地心直交座標

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

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

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

2) 測地座標

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

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

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

ただし、

$$\underline{\sigma_{\varphi\varphi}, \sigma_{\lambda\lambda}, \sigma_{hh} : \text{重み係数行列の対角要素}}$$

$$\underline{M : \text{子午線曲率半径}}$$

$$\underline{N : \text{卯酉線曲率半径}}$$

旧

(4) 分散・共分散行列及び相関行列

1) 分散・共分散行列

① 直角座標 (X, Y, Z) による分散・共分散行列

$$\underline{\Delta X, \Delta Y, \Delta Z \text{ の分散・共分散行列} : \sum_{\Delta X, \Delta Y, \Delta Z} = \begin{pmatrix} \sigma_{\Delta X \Delta X} & \sigma_{\Delta X \Delta Y} & \sigma_{\Delta X \Delta Z} \\ \sigma_{\Delta Y \Delta X} & \sigma_{\Delta Y \Delta Y} & \sigma_{\Delta Y \Delta Z} \\ \sigma_{\Delta Z \Delta X} & \sigma_{\Delta Z \Delta Y} & \sigma_{\Delta Z \Delta Z} \end{pmatrix}}$$

② 測地座標 (緯度、経度、高さ) による分散・共分散行列

$$\underline{\sum_{\phi, \lambda, h} = R \cdot \sum_{\Delta X, \Delta Y, \Delta Z} \cdot R^t}$$

ただし、

$$R = \begin{pmatrix} \frac{-\sin\phi \cdot \cos\lambda}{(M+H)} & \frac{-\sin\phi \cdot \sin\lambda}{(M+H)} & \frac{\cos\phi}{(M+H)} \\ \frac{-\sin\lambda}{(N+H) \cdot \cos\phi} & \frac{\cos\lambda}{(N+H) \cdot \cos\phi} & 0 \\ \cos\phi \cdot \cos\lambda & \cos\phi \cdot \sin\lambda & \sin\phi \end{pmatrix}$$

とする。

2) 分散・共分散行列と相関行列の関係

$$\underline{\rho_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sqrt{\sigma_{ii} \cdot \sigma_{jj}}}}$$

3) 相関行列

$$C = \begin{pmatrix} 1 & \sigma_{\Delta X \Delta Y} & \sigma_{\Delta X \Delta Z} \\ \sigma_{\Delta Y \Delta X} & 1 & \sigma_{\Delta Y \Delta Z} \\ \sigma_{\Delta Z \Delta X} & \sigma_{\Delta Z \Delta Y} & 1 \end{pmatrix}$$

4) 標準偏差

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

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

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

$$\underline{\text{斜距離 (D) の標準偏差} : \sigma_D = \sqrt{\sigma_{DD}}}$$

ただし、

$$\underline{\sigma_{DD} = G \cdot \sum_{\Delta X, \Delta Y, \Delta Z} \cdot G^t}$$

$$\underline{G = \begin{pmatrix} \frac{\Delta X}{D} & \frac{\Delta Y}{D} & \frac{\Delta Z}{D} \end{pmatrix}}$$

$$\underline{D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}}$$

新

(6) ジオイド高算出のための補間計算

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

$$t = \frac{\varphi - \varphi_i}{\varphi_{i+1} - \varphi_i} \quad u = \frac{\lambda - \lambda_j}{\lambda_{j+1} - \lambda_j}$$

ただし、

φ_i : i 格子の緯度

λ_j : j 格子の経度

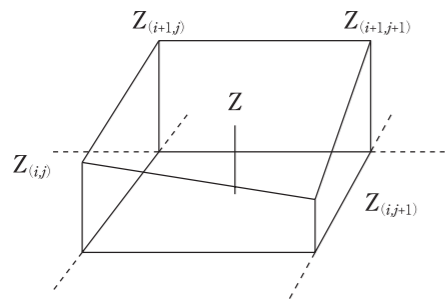
$Z_{(i,j)}$: (i,j) 格子のジオイド高

λ : 求点の経度

φ : 求点の緯度

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。

13. 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

(1) 緯度 φ 及び経度 λ

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

旧

(5) 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

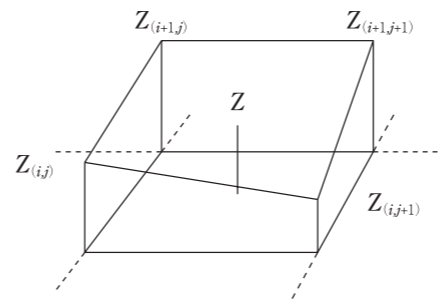
$Z_{(i,j)}$: (i,j) 格子のジオイド高

λ : 求点の経度

ϕ : 求点の緯度

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。

14. 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

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

2) 経度

$$\begin{aligned} \lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda \\ \Delta\lambda = & \left(\frac{1}{N_1 \cos \phi_1} \right) \left(\frac{y}{m_0} \right) \rho'' - \left(\frac{1 + 2\tan^2 \phi_1 + \eta_1^2}{6N_1^3 \cos \phi_1} \right) \left(\frac{y}{m_0} \right)^3 \rho'' \\ & + \left(\frac{5 + 28\tan^2 \phi_1 + 24\tan^4 \phi_1}{120N_1^5 \cos \phi_1} \right) \left(\frac{y}{m_0} \right)^5 \rho'' \end{aligned}$$

新

(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 軸上における縮尺係数 (0.9999)

a, F : 楕円体の長半径及び逆扁平率

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

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

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

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

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

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

$$\delta_1 = 2n - \frac{2}{3}n^2 - 2n^3 + \frac{116}{45}n^4 + \frac{26}{45}n^5 - \frac{2854}{675}n^6,$$

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

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

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

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

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

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

旧

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

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

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

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

$$a = 6,378,137m$$

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

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

新

旧

5) 基準子午線と垂線（新点より）との交点の緯度

$$\phi_1 = \left(\begin{array}{l} A_1\theta + A_2\sin 2\theta + A_3\sin 4\theta + A_4\cos 2\theta + A_5\sin 6\theta + A_6\theta\cos 4\theta \\ + A_7\theta^2\sin 2\theta + A_8\theta\sin 8\theta + A_9\theta\cos 6\theta + A_{10}\theta^2\sin 4\theta \\ + A_{11}\theta^3\cos 2\theta \end{array} \right) \rho''$$

ただし、

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

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

$$\alpha = 6,378,137m$$

$$A_1 = 1.00167851427$$

$$A_8 = -0.000000000002$$

$$A_2 = 0.00251882660$$

$$A_9 = 0.000000000007$$

$$A_3 = 0.00000370095$$

$$A_{10} = 0.000000000008$$

$$A_4 = 0.00000845577$$

$$A_{11} = -0.000000000002$$

$$A_5 = 0.00000000745$$

$$A_6 = 0.00000002485$$

$$A_7 = -0.00000001419$$

S_0 : 赤道から座標系原点 ϕ_0 までの子午線弧長

$$S_0 = \alpha(1 - e^2) \left(\begin{array}{l} A\phi_0 - \frac{B}{2} \sin 2\phi_0 + \frac{C}{4} \sin 4\phi_0 - \frac{D}{6} \sin 6\phi_0 \\ + \frac{E}{8} \sin 8\phi_0 - \frac{F}{10} \sin 10\phi_0 \end{array} \right) \quad (14-1)$$

ただし、

$$e = \sqrt{2f - f^2} \text{ (第1離心率)}$$

$$A = 1.005052501813087$$

$$D = 0.000000020820379$$

$$B = 0.005063108622224$$

$$E = 0.000000000039324$$

$$C = 0.000010627590263$$

$$F = 0.000000000000071$$

(注) ϕ_1 は、他の計算式を用いて求めることができる。

新

14. 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

(1) X座標及びY座標

$$x = \bar{A} \left(\xi' + \sum_{j=1}^5 \alpha_j \sin 2j\xi' \cosh 2j\eta' \right) - \bar{S}_{\phi_0}, \quad y = \bar{A} \left(\eta' + \sum_{j=1}^5 \alpha_j \cos 2j\xi' \sinh 2j\eta' \right)$$

(2) 子午線収差角 γ 及び縮尺係数 m

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

ただし、

ϕ, λ : 新点の緯度及び経度

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 軸上における縮尺係数 (0.9999)

a, F : 楕円体の長半径及び逆扁平率

$$n = \frac{1}{2F-1}, \quad \xi = \frac{x + \bar{S}_{\phi_0}}{\bar{A}}, \quad \eta = \frac{y}{\bar{A}}$$

$$\bar{S}_{\phi_0} = \frac{m_0 a}{1+n} \left(A_0 \frac{\phi_0}{\rho''} + \sum_{j=1}^5 A_j \sin 2j\phi_0 \right), \quad \bar{A} = \frac{m_0 a}{1+n} A_0$$

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

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

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

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

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

旧

15. 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 : (14-1) 式による。

S : (14-1) 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 14. 経緯度計算 4) 縮尺係数と同じ。

新	旧
<p>15. ヘルマート変換</p> <p>X座標及びY座標のシフト量、回転、スケールファクターの変換パラメーターを求め、座標変換補正量を求める。座標変換補正量は、次式から導く。</p> $\Delta Xz = x + S \cos \theta \cdot X - S \sin \theta \cdot Y$ $\Delta Yz = y + S \sin \theta \cdot X + S \cos \theta \cdot Y$ <p>ただし、x：X座標の平行移動量 y：Y座標の平行移動量 S：スケールファクター θ：回転量 X、Y：平面直角座標</p> <p>16. その他</p> <p>本計算式のほか、これと同精度又はこれを上回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。</p>	<p>16. ヘルマート変換</p> <p>X座標及びY座標のシフト量、回転、スケールファクターの変換パラメーターを求め、座標変換補正量を求める。座標変換補正量は、次式から導く。</p> $\Delta Xz = x + S \cos \theta \cdot X - S \sin \theta \cdot Y$ $\Delta Yz = y + S \sin \theta \cdot X + S \cos \theta \cdot Y$ <p>ただし、x：X座標の平行移動量 y：Y座標の平行移動量 S：スケールファクター θ：回転量 X、Y：平面直角座標</p> <p>17. その他</p> <p>本計算式のほか、これと同精度又はこれを上回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。</p>