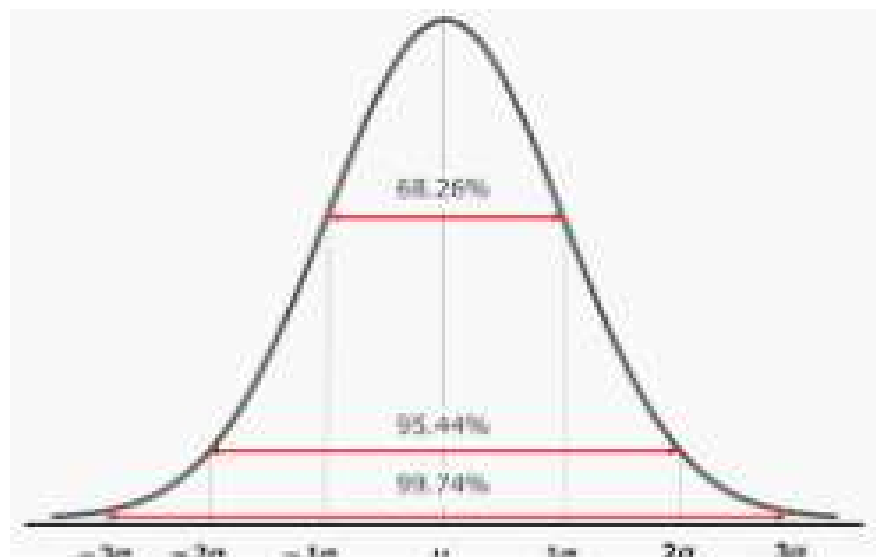


2022年10月25日 第2回基準点WG討議資料

測量成果の品質管理



平均値 μ と分散 σ^2 (標準偏差 : σ)

測技協 中根勝見

我が国初期の測量成果の品質管理

杉山正治測量師は、明治39年にドイツ留学を終了し帰国、日本の測地測量に関する次の10項目にわたる提案をした。

- ①基線測量に「ニッケル鋼基線尺」を使用すること
- ②総ての観測原簿を記するに鉛筆を以てする規定を廃し直に墨又は洋墨を以てすること
- ③三角及び水準測量の成果は某の中等誤差を計算して精度を明瞭ならしむること
- ④一等三角測量の際米国の如く「アセチレン燈」を使用し観測を迅速ならしむること
- ⑤一等三角造標中高測櫓建設の方法を改正すること
- ⑥一等及三等三角平均計算法を改正すること
- ⑦一等水準方法式を改正すること
- ⑧一等水準真高の際地球重力偏差により起る改正数を加ふること
- ⑨総て計算の際にもなるべく鉛筆を廃し直に墨又は洋墨を以て為さしむること
- ⑩三四等三角測量の際地形測量に必要な物体例えば煙突避雷針等は補点として測定せしむること

ここに示された改革案は、その後我が国の測地測量に取り入れられてきた。

20世紀の推測統計学に基づく測量成果の品質管理

母集団の母数（パラメータ）：平均値と分散

測量成果は、平均値と分散（標準偏差）を一对として扱う

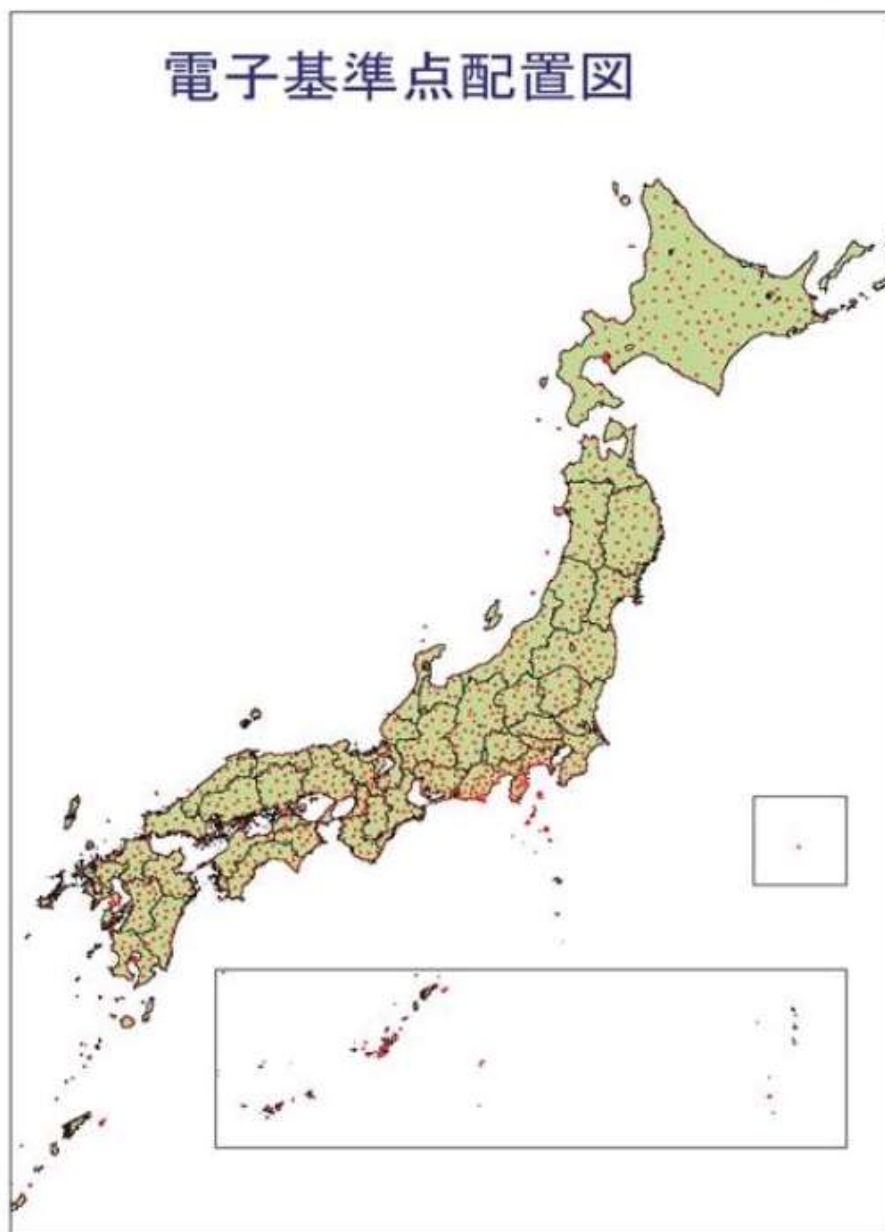
ITRFwebsiteより

File : ITRF94.SSCA : ITRF94 CLASS A STATION COORDINATES AT EPOCH 1993.0

DOMES NB.	SITE NAME	TECH. ID.	*	X/Vx	Y/Vy	Z/Vz	Sigmas		
							-----m/m/y-----		
10402M004	ONSALA	GPS ONSA	5 7	3370658.732	711876.975	5349786.833	.006	.007	.005
10402M004				-.0150	.0151	.0061	.0014	.0016	.0013
10402M006	ONSALA	VLBI 7211	1	3370642.025	711866.066	5349796.122	.006	.007	.006
10402M006				-.0149	.0141	.0075	.0015	.0015	.0016
10402S002	ONSALA	VLBI 7213	1 3 4 9	3370606.097	711917.432	5349830.697	.006	.007	.005
10402S002				-.0148	.0142	.0077	.0013	.0015	.0013
11001M002	GRAZ	GPS GRAZ	5 7	4194424.040	1162702.484	4647245.282	.005	.007	.006
11001M002				-.0166	.0184	.0098	.0014	.0017	.0014
11001S002	GRAZ	SLR 7839	8 9	4194426.597	1162693.967	4647246.602	.005	.006	.006
11001S002				-.0169	.0183	.0096	.0014	.0015	.0014
12734M004	MATERA	SLR 7541	9	4641990.233	1393042.404	4133231.945	.007	.008	.007
12734M004				-.0184	.0200	.0122	.0017	.0019	.0018
12734M005	MATERA	SLR 7540	9	4641984.504	1393057.828	4133233.544	.007	.008	.007
12734M005				-.0185	.0200	.0121	.0017	.0019	.0018
12734M007	MATERA	TIE GIG		4641950.843	1393056.801	4133280.342	.007	.008	.007
12734M007				-.0186	.0200	.0121	.0017	.0019	.0018
12734M008	MATERA	GPS MATE	5 7	4641949.798	1393045.205	4133287.278	.006	.007	.006
12734M008				-.0191	.0202	.0121	.0015	.0017	.0016
12734S001	MATERA	SLR 7939	8 9	4641964.971	1393070.030	4133262.315	.006	.007	.007
12734S001				-.0184	.0200	.0121	.0014	.0016	.0016
12734S005	MATERA	VLBI 7243	1 3 4	4641938.857	1393002.949	4133325.478	.005	.007	.006
12734S005				-.0197	.0185	.0121	.0016	.0015	.0017
13212M007	HERSTMONCEUX	GPS HERS	5 7	4033470.281	23672.691	4924301.176	.006	.007	.006
13212M007				-.0107	.0175	.0110	.0014	.0017	.0014
13212S001	HERSTMONCEUX	SLR 7840	8 9	4033463.773	23662.416	4924305.123	.005	.007	.005
13212S001				-.0112	.0179	.0115	.0012	.0015	.0014

電子基準点情報：座標はあるけど分散（標準偏差）無し

資料-2



基準点コード	EL15339563502
ICタグ(unicode)	
等級種別	電子基準点(付)
冠字選点番号	
電子基準点観測点番号	93016
基準点名	足立(付)
部号	
成果品質	1974年以降観測されている
電子基準点取り付け	取り付けられている
標高区分	GNSS水準による
ワンストップサービスの可否	<input type="radio"/>

基準点成果情報	登録年月日	成果状態
解説	<input checked="" type="radio"/> 2014/04/01	正常

20万分の1地勢図名	東京
5万分の1地形図名	東京東北部
成果区分	世界測地系(測地成果2011)
北緯	35°46'48".7526
東経	139°48'46".1388
標高(m)	2.513
楕円体高	39.80
平面直角座標系(番号)	9
平面直角座標(X)(m)	-24384.703
平面直角座標(Y)(m)	-1854.822
真北方向角(計算値)	0°00'43".18
縮尺係数(計算値)	0.999900
作業内容	標高改算
作業年月日	20140320

作業規程の準則から推定する基線ベクトルと電子基準点座標の精度

第42条 GNSS 基線ベクトルの閉合差

水平 $20\text{mm}\sqrt{N}$ 高さ $30\text{mm}\sqrt{N}$ N : 辺数

棄却基準 3σ とした場合の標準偏差

水平 $\sigma = 20\text{mm} \div 3 = 7\text{mm}$ 高さ $\sigma = 30\text{mm} \div 3 = 10\text{mm}$

一方、第43条 基線ベクトルの標準偏差

水平 $\sigma = 4\text{mm}$ 高さ $\sigma = 7\text{mm}$

と食い違いがある。

第43条 電子基準点間の閉合差の許容範囲

水平 $60\text{mm} + 20\text{mm}\sqrt{N}$ 高さ $150\text{mm} + 30\text{mm}\sqrt{N}$

から、棄却基準 3σ とした場合の電子基準点座標の標準偏差

水平 $= 60 / 3 / 1.41 = 14\text{mm}$ 高さ $= 150 / 3 / 1.41 = 35\text{mm}$

ただし、準則に示す数値の根拠は不明なので、正確な根拠で決め直す必要がある。5

準則 第42条

二 G N S S観測

イ 電子基準点のみを既知点とする場合以外の観測

(1) 観測値の点検は、全てのセッションについて、次のいずれかの方法により行うものとする。

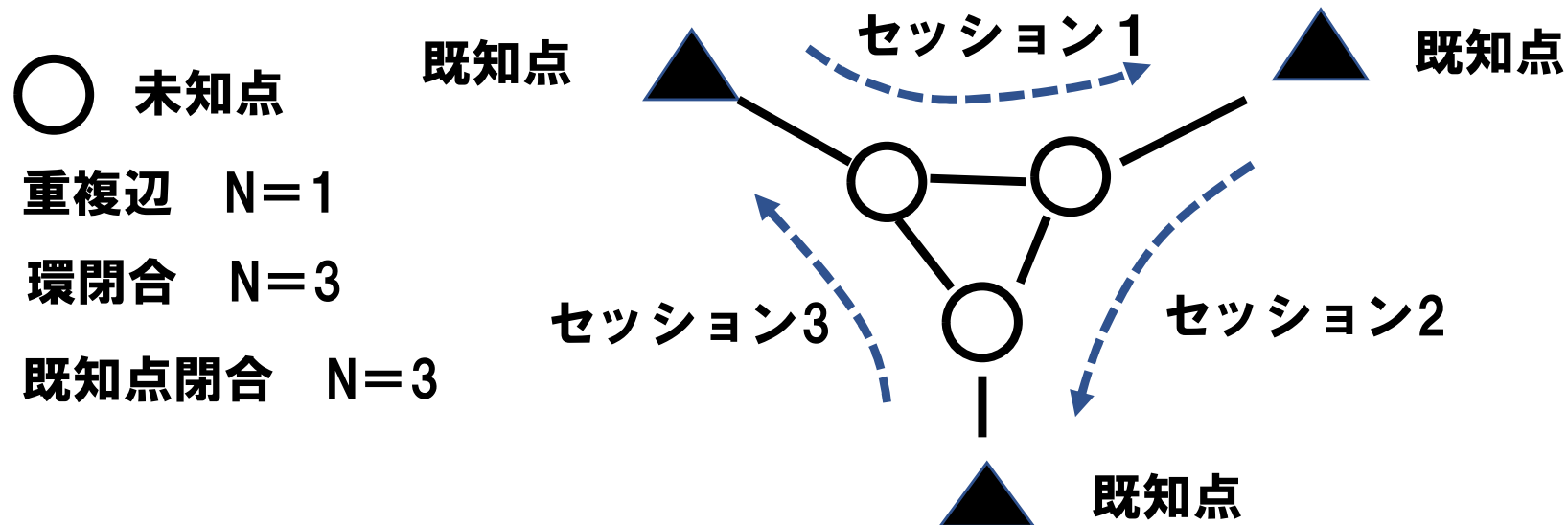
(i) 異なるセッションの組み合わせによる最少辺数の多角形を選定し、基線ベクトルの環閉合差を計算する。

(ii) 異なるセッションで重複する基線ベクトルの較差を比較点検する。

(2) 点検計算の許容範囲は、次表を標準とする。

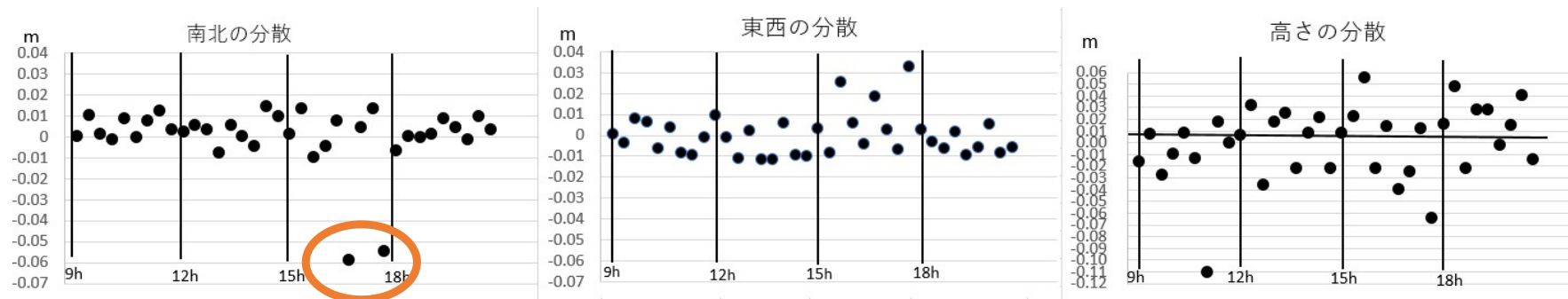
環閉合差及び重複する基線ベクトルの較差の許容範囲

項 目		許容範囲	備 考
基線ベクトルの環閉合差	水平 (ΔN , ΔE)	$20\text{mm}\sqrt{N}$	N : 辺数 ΔN : 水平面の南北成分の閉合差又は較差
	高さ (ΔU)	$30\text{mm}\sqrt{N}$	
重複する基線ベクトルの較差	水平 (ΔN , ΔE)	20mm	ΔE : 水平面の東西成分の閉合差又は較差 ΔU : 高さ成分の閉合差又は較差
	高さ (ΔU)	30mm	



**電子基準点座標観測値の異常値に対する棄却基準がない
与えられた座標値を無条件に正しいものとして受け入れる。**

ネットワーク型RTK観測値（当社の実証実験結果）



異常値

かつては、「1点1方向計算（フリー平均）」により、既知点の良否の点検を行っていた時期があった。GNSS測量になってから、既知点の良否の判定基準がなくなった。電子基準点の座標誤差は、無視できる状態か？

前頁の例では、水平＝14mm 高さ＝35mmであるが、異常値の発生する場合がある。上図の例によるネットワーク型RTK観測の異常値は、水平＝60mm、高さ＝100mm程度である。スタティック測位の場合の異常値は？

座標成果の異常値を棄却する方法が示されていない！

測量法第1条目的

1. 公費に基づく測量の効率的実施
2. 公費に基づく測量の品質管理
3. 測量事業者の適切な運営・管理・発達の促進

電子基準点の座標及び標準偏差を一对の成果として扱うことにより

1. 電子基準点成果の良否の判定
2. 電子基準点座標を確率変数とした処理が可能（現行：重量無限大）
正確な測量成果が得られるようになる。

測地学の基礎理論に基づいて、平均値と分散（標準偏差）で品質評価を行うのは当然。平均値の引き算だけで、品質評価するのは、如何か？