

既設多角点の点検

1.はじめに

既知の多角点を使って境界の復元をすることがあります、このようなケースはこれから増えるでしょう。そのためには既知の多角点の精度が充分かどうかを確認する必要があります（簡単に言えば使えるか使えないか）。

基準となる数値は多角点を管理している役所が示すところもありますが「先生に任せます」といたお任せのところもあります。中には多角点は設置したがその後の維持管理がなされていなく亡失点が多く使えないケースもあります。

雪国では除雪の際に除雪車のブレードで多角点が失われたり、鋸が曲がったりと問題が多いようです

最初の例として A 市の場合、多角点の維持管理はなされているがその基準が示されない場合、次の例は S 市の場合で、多角点の維持管理なされていて基準が示される場合についてです（ただしその基準が位置誤差でなく点間距離差と夾角のとき）。

測量方法は 4 級基準点測量に準じて行います、測量に使う多角点を T S で放射トラバナー又は閉合トラバナー測量し計算します、計算は既知の基準点と同じレベルの各種補正をします。

その結果を図面值と実測値の間でヘルマート変換し、標準偏差が基準以下であれば既存の基準点がそのまま使えと判断します。標準偏差が基準以上の場合は精度の悪い点を除き標準偏差を基準以下にします。

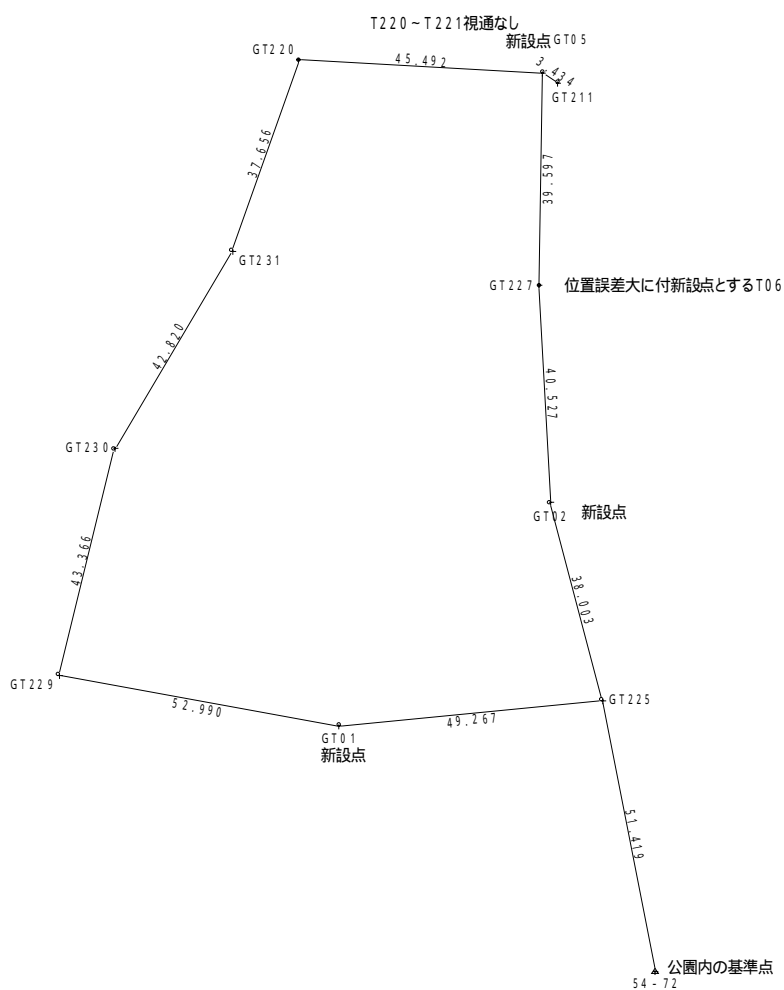
残った多角点を使って新しい多角点を展開して実測に入る・・・という手順です。

2.A 市の実際のデータから (役所が多角点を維持管理している) データ

	図面值		点の履歴	実測値	
T225	-26331.645	-636.342		GT225	-26331.645 -636.342
T229	-26326.937	-737.506	再現	GT229	-26326.931 -737.510
T230	-26284.821	-727.176	再現	GT230	-26284.814 -727.178
T231	-26248.048	-705.236	再現	GT231	-26248.041 -705.239
T220	-26212.462	-692.918	再現	GT220	-26212.457 -692.919
T211	-26216.740	-644.658		GT211	-26216.748 -644.648
T227	-26254.407	-648.101		GT227	-26254.411 -648.084

再現は工事で紛失した点をその近傍に復元した点 (市は道路工事の際、亡失した基準点の復元を義務付けている)

多角点配置図



平成7年に設置（日本測地系）された多角点を、平成18年に土地境界確定のために設置されている多角点をT225から出発して戻る閉合トラバで実測しました。

トラバ点の間距離が均等になるようにGT01、GT02の新点を追加してあります。

（閉合トラバは図形が回転しているので図面値と実測値を単純に比較してはならない）

伸縮率フリーのヘルマート変換してみる

成果と実測値の間でヘルマート変換してみました、準拠点選択と同じ要領で分布上の異常値を除いてみました。

事件名										
係数a		1.00002867		伸縮率		1.000029		ベクトル s		0.0021
係数b		-2.668E-05		指定伸縮率		<input type="checkbox"/> 1.000 <input checked="" type="radio"/> furee		AIC		14
移動量x		0.740		回転角		-0° 0' 6"		二次元		0.0015
移動量y		0.719		指定数		4		H		5
変換される座標値(図面値)			準拠点	変換の基となる座標値(実測値)			変換された座標値			
点名	x	y	点名	X	Y	点名	X	Y		
1 T225	-26331.645	-636.342	GT225	-26331.645	-636.342	HT225	-26331.643	-636.344		
2 T229	-26326.937	-737.506	GT229	-26326.931	-737.510	HT229	-26326.932	-737.510		
3 T230	-26284.821	-727.176	GT230	-26284.814	-727.178	HT230	-26284.815	-727.179		
4 T231	-26248.048	-705.236	GT231	-26248.041	-705.239	HT231	-26248.042	-705.237		
5 T220	-26212.462	-692.918	GT220	-26212.457	-692.919	HT220	-26212.455	-692.918		
6 T211	-26216.740	-644.658	GT211	-26216.748	-644.648	HT211	-26216.735	-644.657		
7 T227	-26254.407	-648.101	GT227	-26254.411	-648.084	HT227	-26254.403	-648.101		
8										

準拠点選択はフルコンタクト法による。

ヘルマートフルコンタクト									
指定数		4		二次元		0.0000		2	
変換される座標値(図面値)			準拠点	変換の基となる座標値(実測値)			変換された座標値		
点名	x	y	点名	X	Y	X	Y	異常値	残点数
1 T229	-26326.937	-737.506	GT229	-26326.931	-737.510	-26326.931	-737.510	×	7
2 T230	-26284.821	-727.176	GT230	-26284.814	-727.178	-26284.814	-727.178	×	6
3 T220	-26212.462	-692.918	GT220	-26212.457	-692.919	-26212.454	-692.916		5
4									4
5									3
6									2
									除番号
									標準偏差
									差
									0.006
									0.004
									0.002
									0.001
									0.001
									0.001
									0.000
									0.001

伸縮率 1.000000 のヘルマート変換してみる（既設多角点の点検にはこの方法）

事件名										
係数a		1		伸縮率		1.000029		ベクトル s		0.0028
係数b		-2.668E-05		指定伸縮率		<input checked="" type="radio"/> 1.000 <input type="radio"/> furee		AIC		17
移動量x		-0.014		回転角		-0° 0' 6"		二次元		0.0020
移動量y		0.699		指定数		4		H		5
変換される座標値(図面値)			準拠点	変換の基となる座標値(実測値)			変換された座標値			
点名	x	y	点名	X	Y	点名	X	Y		
1 T225	-26331.645	-636.342	GT225	-26331.645	-636.342	HT225	-26331.642	-636.345		
2 T229	-26326.937	-737.506	GT229	-26326.931	-737.510	HT229	-26326.931	-737.509		
3 T230	-26284.821	-727.176	GT230	-26284.814	-727.178	HT230	-26284.815	-727.178		
4 T231	-26248.048	-705.236	GT231	-26248.041	-705.239	HT231	-26248.043	-705.237		
5 T220	-26212.462	-692.918	GT220	-26212.457	-692.919	HT220	-26212.457	-692.918		
6 T211	-26216.740	-644.658	GT211	-26216.748	-644.648	HT211	-26216.736	-644.658		
7 T227	-26254.407	-648.101	GT227	-26254.411	-648.084	HT227	-26254.403	-648.102		
8										

アフィン変換してみる

アフィン 変換計算

事件名							
係数a	1.00001875	移動量x	0.453	伸縮率x	1.000018752	ベクトル s	0.0011
係数b	-6.379E-05	移動量y	0.184	伸縮率y	1.00003527	AIC	11
係数c	-6.1513E-06			回転角x	-0° 0' 13"	二次元	0.0007
係数d	1.00003527			回転角y	-0° 0' 1"		

変換される座標値 (図面值)			指定数	変換の基となる座標値 (実測値)			あ	変換された座標値		
点名	X	Y	準拠点	点名	X	Y	点名	X	Y	
1 T225	-26331.645	-636.342		GT225	-26331.645	-636.342	あT225	-26331.645	-636.342	
2 T229	-26326.937	-737.506		GT229	-26326.931	-737.510	あT229	-26326.930	-737.510	
3 T230	-26284.821	-727.176		GT230	-26284.814	-727.178	あT230	-26284.814	-727.179	
4 T231	-26248.048	-705.236		GT231	-26248.041	-705.239	あT231	-26248.042	-705.238	
5 T220	-26212.462	-692.918		GT220	-26212.457	-692.919	あT220	-26212.456	-692.919	
6 T211	-26216.740	-644.658		GT211	-26216.748	-644.648	あT211	-26216.737	-644.658	
7 T227	-26254.407	-648.101		GT227	-26254.411	-648.084	あT227	-26254.405	-648.101	
8										

標準偏差の目標値 3.0 mm以下 (注記)

の結果を表にすると7点中5点(2点を異常値と判断)伸縮率 1.000000 で標準偏差が 2.0mmです。

	ヘルマート変換伸縮率フリー	ヘルマート変換伸縮率 1.000000	アフィン変換
標準偏差	1.5 mm	2.0 mm	0.7 mm
A I C	14	17	11
分布の異常	2点/7点中	2点/7点中	2点/7点中

(座標を図面值と実測値を同じレベルの座標にしてあるのでヘルマート変換伸縮率 1.000000 のデータを使って判断します)

座標層別してみる

このデータを見ると1グループと単独点に分かれ、繋ぎ精度でみると1グループと単独点のグループは関係がないことになる。

1グループを データでみると再現点と既知点に分かれている、これは与点が異なるのか測量方法とか観測精度が明らかに異なることを意味しているがここではこのことには触れないで次に進む。

1	2	21
		3
0.0008		0.0039
1グループ		単独点
T230		T225
T231		T211
T220		T227
T229		

列指定	1	21
繋ぎ精度 t		
	【判定】低い。	
t	0.0062	****
0	0.0056	n
1	0.0008	4
2	0.0039	3
a	0.0026	****

標準偏差は 4.4mm以内

市に基準はないのでここでは都市再生街区基本調査作業規定の運用基準第 9 条、別表第 11、街区多角点測量の較差の制限（距離 15mm、水平角 4500/S 秒）の基準から街区多角点に於ける位置誤差としての標準偏差を計算してみる。

辺長差を位置誤差に計算すると $= (15^2/2) = 10.6 \text{ mm}$ 、多角点の平均辺長を 200m とすると $4500/200 = 22.5$ 秒で一方向の角度の誤差は $22.5^2/2 \text{ 秒} = 15.9 \text{ 秒}$ で $200000 \times 15.9/206265 = 15.4 \text{ mm}$ 、多角点の点の位置誤差 $= (10.6^2/2 + 15.4^2/2) = 13.2 \text{ mm}$ となる。（街区多角点の点間距離を 3 級基準点レベルの 200m とする、補助点の較差の基準がないので多角点の基準をそのまま補助点に当てはめる）

測量では公差 = $3 \times$ 標準偏差 と考えるようなので標準偏差は $13.2/3 = 4.4 \text{ mm}$ （平均二乗誤差では 6.2mm）となる。

結論：基準を 4.4mm 以内とすれば全体では 2.0mm で問題はない、層別結果から見ても再設点で 0.8mm、既設点の標準偏差が 3.9mm で問題ない。

3.S 市の実際のデータ

データ

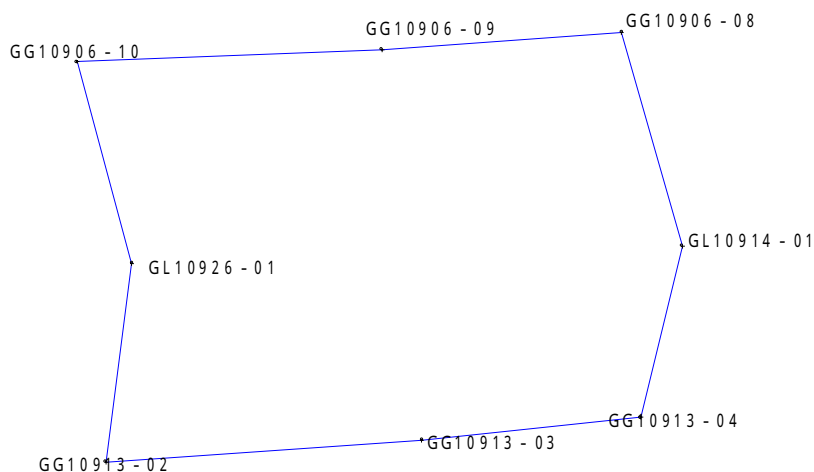
成 17 年に S 市が多角点（世界測地系）を設置したものを、平成 18 年に土地境界確定のために設置されている多角点を実測した（閉合トラバース）。

		図面值		実測値(閉合)		
	点名	X	Y	点名	X	Y
1	GG10913-04-1	-32363.076	-2090.372	GG10913-04	-32363.076	-2090.372
2	KGL10914-01	-32339.787	-2084.729	GL10914-01	-32339.788	-2084.730
3	KGG10906-08	-32310.828	-2092.899	GG10906-08	-32310.830	-2092.900
4	KGG10906-09	-32313.250	-2125.413	GG10906-09	-32313.253	-2125.413
5	KGG10906-10	-32314.883	-2166.726	GG10906-10	-32314.886	-2166.725
6	KGL10926-01	-32342.172	-2159.298	GL10926-01	-32342.174	-2159.298
7	KGG10913-02	-32369.114	-2162.835	GG10913-02	-32369.112	-2162.833
8	KGG10913-03	-32366.101	-2120.010	GG10913-03	-32366.101	-2120.010

（閉合トラバースは図形が回転しているので図面值と実測値を単純に比較してはならない。）

多角点配点図

多角点配置図



標準偏差の目安 2mm 以下

	ヘルマート変換 伸縮率フリー	ヘルマート変換 伸縮率 1.000000	アフィン変換
伸縮率	0.999963	1.000000	0.999957 (XY 平均)
標準偏差	0.9 mm	1.4 mm	0.6 mm
A I C	8	15	7
分布の異常	8 個中 0 個	8 個中 0 個	8 個中 0 個

参考までに層別してみると標準偏差が 1 mm 以下になり層別の意味合いがない（使う機械が持つ以上の精度の標準偏差を求めても無意味である、2 級 TS で 3mm ぐらいか）。

1	2	21
		3
0.0005		0.0008
1グループ		単独点
KGG10913-03		KGG10906-09
GG10913-04-1		KGG10906-10
KGL10914-01		KGG10913-02
KGG10906-08		
KGL10926-01		

列指定	1	21
繋ぎ精度 t		
[判定] やや低い。		
t	0.0008	****
0	0.0009	n
1	0.0005	5
2	0.0008	3
a	0.0006	****

標準偏差は 2.8 mm 以内

市の基準は多角点の「辺長差が 5 mm 以内、多角点の狭角が 20 秒以内」この両方を満足させるためには、辺長差を位置誤差に計算すると $= (5^2/2) = 3.54 \text{ mm}$ 、多角点の平均辺長を 25m とすると一方向の角度の誤差は $20^2/2 \text{ 秒} = 14.1 \text{ 秒}$ で $25000 \times 14.1/206265 = 1.7 \text{ mm}$ 、多角点の点の位置誤差 $= (3.54^2/2 + 1.70^2) = 2.8 \text{ mm}$ (平均二乗誤差 3.9mm) となる。(「辺長差が 5 mm 以内、多角点の狭角が 20 秒以内」は辺長差の標準偏差、夾角差の標準偏差として考えた)

これはかなり厳しい基準です。

結論：分布の異常が見られない状態で伸縮率 0.999963、標準偏差 1.4mm と標準偏差を満足しているので図面の値を使う（基準と比較する場合の伸縮率は 1 で標準偏差を計算）。