

復元の基本事例10

歪みのある日本測地系座標からの復元と世界測地系への変換

難易度 C

ソフトは

異常値の除去はHenkanV4.0のフルコンタクトt異常値検定、準拠点選択はHenkanV4.0の²正規分布適合度検定、層別はSoubetuV2.4、長尺層別はA_soubetuV0.1、ベクトル図作成はVector0.9

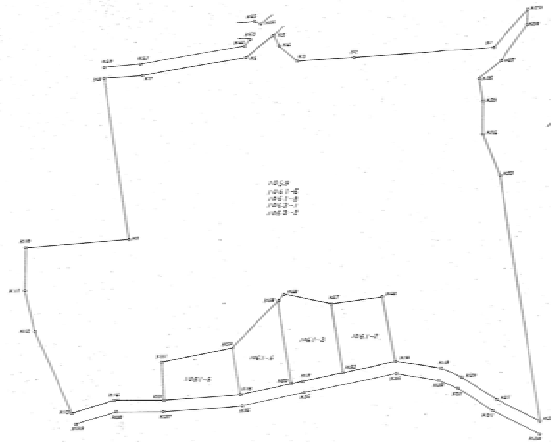
層別を使った事例は事例11、事例4にもあります、層別自体は普通の作業ではほとんど使われませんが偶に出てきます。

その時にまごつかないように準備しておくことが大事です。

2009/6/24、2009/11/24長尺層別プログラム作成に伴い再編集

事例10(測量図からの復元 資料)

平成7年の測量図&地積測量図



旧日本測地系座標値

139

元番	筆番	面積	座標
1	1	100.00	100.00
1	2	100.00	100.00
1	3	100.00	100.00
1	4	100.00	100.00
1	5	100.00	100.00
1	6	100.00	100.00
1	7	100.00	100.00
1	8	100.00	100.00
1	9	100.00	100.00
1	10	100.00	100.00
1	11	100.00	100.00
1	12	100.00	100.00
1	13	100.00	100.00
1	14	100.00	100.00
1	15	100.00	100.00
1	16	100.00	100.00
1	17	100.00	100.00
1	18	100.00	100.00
1	19	100.00	100.00
1	20	100.00	100.00
1	21	100.00	100.00
1	22	100.00	100.00
1	23	100.00	100.00
1	24	100.00	100.00
1	25	100.00	100.00
1	26	100.00	100.00
1	27	100.00	100.00
1	28	100.00	100.00
1	29	100.00	100.00
1	30	100.00	100.00
1	31	100.00	100.00
1	32	100.00	100.00
1	33	100.00	100.00
1	34	100.00	100.00
1	35	100.00	100.00
1	36	100.00	100.00
1	37	100.00	100.00
1	38	100.00	100.00
1	39	100.00	100.00
1	40	100.00	100.00
1	41	100.00	100.00
1	42	100.00	100.00
1	43	100.00	100.00
1	44	100.00	100.00
1	45	100.00	100.00
1	46	100.00	100.00
1	47	100.00	100.00
1	48	100.00	100.00
1	49	100.00	100.00
1	50	100.00	100.00
1	51	100.00	100.00
1	52	100.00	100.00
1	53	100.00	100.00
1	54	100.00	100.00
1	55	100.00	100.00
1	56	100.00	100.00
1	57	100.00	100.00
1	58	100.00	100.00
1	59	100.00	100.00
1	60	100.00	100.00
1	61	100.00	100.00
1	62	100.00	100.00
1	63	100.00	100.00
1	64	100.00	100.00
1	65	100.00	100.00
1	66	100.00	100.00
1	67	100.00	100.00
1	68	100.00	100.00
1	69	100.00	100.00
1	70	100.00	100.00
1	71	100.00	100.00
1	72	100.00	100.00
1	73	100.00	100.00
1	74	100.00	100.00
1	75	100.00	100.00
1	76	100.00	100.00
1	77	100.00	100.00
1	78	100.00	100.00
1	79	100.00	100.00
1	80	100.00	100.00
1	81	100.00	100.00
1	82	100.00	100.00
1	83	100.00	100.00
1	84	100.00	100.00
1	85	100.00	100.00
1	86	100.00	100.00
1	87	100.00	100.00
1	88	100.00	100.00
1	89	100.00	100.00
1	90	100.00	100.00
1	91	100.00	100.00
1	92	100.00	100.00
1	93	100.00	100.00
1	94	100.00	100.00
1	95	100.00	100.00
1	96	100.00	100.00
1	97	100.00	100.00
1	98	100.00	100.00
1	99	100.00	100.00
1	100	100.00	100.00

元番が1個あり他に8筆の土地は分筆された土地があります。

図面の座標は日本測地系です、これを世界測地系に変換してます。

北側の道路と南側の道路は市道で道路境界確定図と測量図は一致しています。

関係図面、公図(未整理地区)、地積測量図、道路境界図等は省略します。

事例10(目的・資料・注意事項・計算手順)

目的

元番1、分筆地8 の境界復元と日本測地系座標から世界測地系座標への変換

資料

測量図(平成7年頃実測旧日本測地系座標で作成)
地積測量図、道路境界図は測量図と一致につき省略、公図省略

注意事項

TSによる最近の測量図なのでヘルマート変換が優位になる。
標準偏差で10mm以下になる。
測点の履歴を調査して図面作成時からの不動点を特定する。

計算手順

全体で変換していく
コンクリート杭に絞って解析していく
層別して優位になるグループ分けをする
ベクトル図で全体を確認する

おおよそ、ここに書いてあることを調べてから実測します。
図面作成から10年以上の経過があるので測点の履歴調査はしっかりとしておくことが重要です。
最初は通常の手順で変換していくとアフィン変換が優位になりという問題点が出てくるので層別のを使ってデータ解析を試みる。

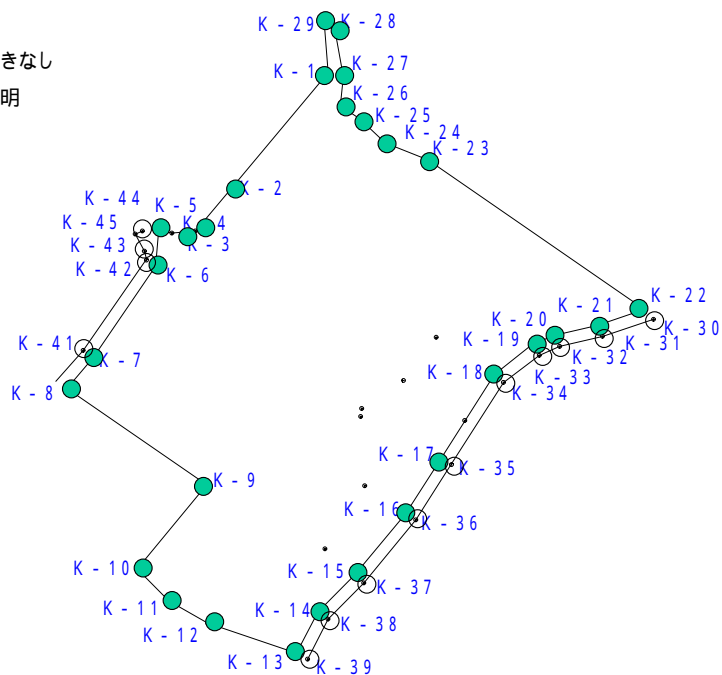
事例10(測点の履歴)

測点の履歴調査結果

本地側のコンクリート杭は動きなし

道路対側のPR杭の動きは不明

- PR杭
- コンクリート杭



がプラスチック杭で緑の がコンクリート杭です、実際の杭は15cm角の大きなもので動きは見られません。

プラスチック杭は埋設されたものか打設されたものかは不明、道路は未舗装で土のところに境界標が埋設されている。

区域は村落地区で全体がなだらかな傾斜地にある。

事例10(全体の座標変換)

全体で解析してみる。

準拠点:対象点	準拠点%&伸縮hel	変換方法	標準偏差	AIC	優位	コメント
38 :43	88	ヘルマート	0.012	199		TSの図面ならヘルマート優位になるのだが？
	0.999877	アフィン	0.010	190		

ヘルマート変換 & 検定準拠点選択

事件名		伸縮率		平均二乗誤差	
係数a	0.999871	伸縮率	0.999877	平均二乗誤差	0.017
係数b	-0.003348	指定伸縮率	<input type="checkbox"/> 1000 <input checked="" type="checkbox"/> huree	AIC	199
移動量x	351.479	回転角	-0°11'31"	標準偏差	0.012
移動量y	-290.809			標準偏差	0.17

指定数までリセット			指定数			標準点もアフィンAICへ			空欄の実測値戻す			H			点名セット		
変換される座標値(図面値)			標準点			変換の元となる座標値(実測値)			変換された座標値			AIC標準値					
点番	点名	Y	点名	X	Y	点名	X	Y	点名	X	Y	点番	点名	AIC			
1	K-1	-247.951	117.166	1CK	103.762	-174.486	HK-1	103.767	-174.486	43	247	28					
2	K-2	-276.066	93.584	2CK	75.115	-198.149	HK-2	75.135	-198.151	42	243	23					
3	K-3	-287.688	83.881	3CK	63.527	-207.870	HK-3	63.537	-207.902	41	231	22					
4	K-4	-288.392	77.997	4CK	62.871	-213.866	HK-4	62.863	-213.877	40	219	20					
5	K-5	-287.427	74.744	5CK	63.832	-217.036	HK-5	63.838	-217.037	39	207	19					
6	K-6	-296.871	73.332	6CK	54.378	-217.884	HK-6	54.388	-217.880	38	199	18					
7	K-7	-320.017	58.284	7CK	31.283	-233.605	HK-7	31.308	-233.594	37	191	18					
8	K-8	-328.065	51.492	8CK	23.286	-240.417	HK-8	23.283	-240.422	36	183	17					
9	K-9	-352.726	86.741	9CK	-1.496	-205.273	HK-9	-1.492	-205.260	35	176	16					
10	K-10	-374.224	69.168	10CK	-22.907	-222.993	HK-10	-22.929	-222.993	34	169	16					
11	K-11	-382.382	77.311	11CK	-31.114	-214.797	HK-11	-31.113	-214.788	33	161	15					
12	K-12	-388.042	86.937	12CK	-36.818	-205.181	HK-12	-36.805	-205.182	32	154	15					
13	K-13	-395.809	109.179	13CK	-44.651	-182.983	HK-13	-44.645	-182.969	31	148	14					
14	K-14	-395.284	114.695	14CK	-34.130	-177.422	HK-14	-34.140	-177.419	30	141	13					
15	K-15	-376.694	123.965	15CK	-24.477	-168.112	HK-15	-24.462	-168.097	29	135	13					
16	K-16	-359.980	136.822	16CK	-8.910	-156.215	HK-16	-8.913	-155.210	28	129	12					
17	K-17	-345.676	145.676	17CK	5.362	-146.284	HK-17	5.359	-146.309	27	123	12					
18	K-18	-324.427	158.959	18CK	26.569	-132.939	HK-18	26.561	-132.956	26	116	11					
19	K-19	-316.807	168.614	19CK	34.146	-123.245	HK-19	34.148	-123.277	25	109	11					
20	K-20	-314.508	174.092	20CK	36.440	-117.731	HK-20	36.427	-117.792	24	104	10					
21	K-21	-311.888	184.828	21CK	39.030	-107.036	HK-21	39.011	-107.049	23	98	9					
22	K-22	-307.723	196.715	22CK	43.147	-96.142	HK-22	43.137	-95.149	22	92	9					
23	K-23	-269.684	142.450	23CK	81.338	-149.288	HK-23	81.352	-149.280	21	87	8					
24	K-24	-265.309	131.497	24CK	85.720	-160.262	HK-24	85.763	-160.217	20	81	8					
25	K-25	-259.043	125.228	25CK	81.892	-166.484	HK-25	82.050	-166.464	19	76	7					

最初に全部の点でAIC概算チェックをかけてみます。

全体でアフィン変換が優位ですからアフィンプルコンタクト、t異常値検定で異常値を除きます。

結果は24と25が異常点として除かれます、再度AIC概算チェックをかけてみてもアフィンが優位となります。

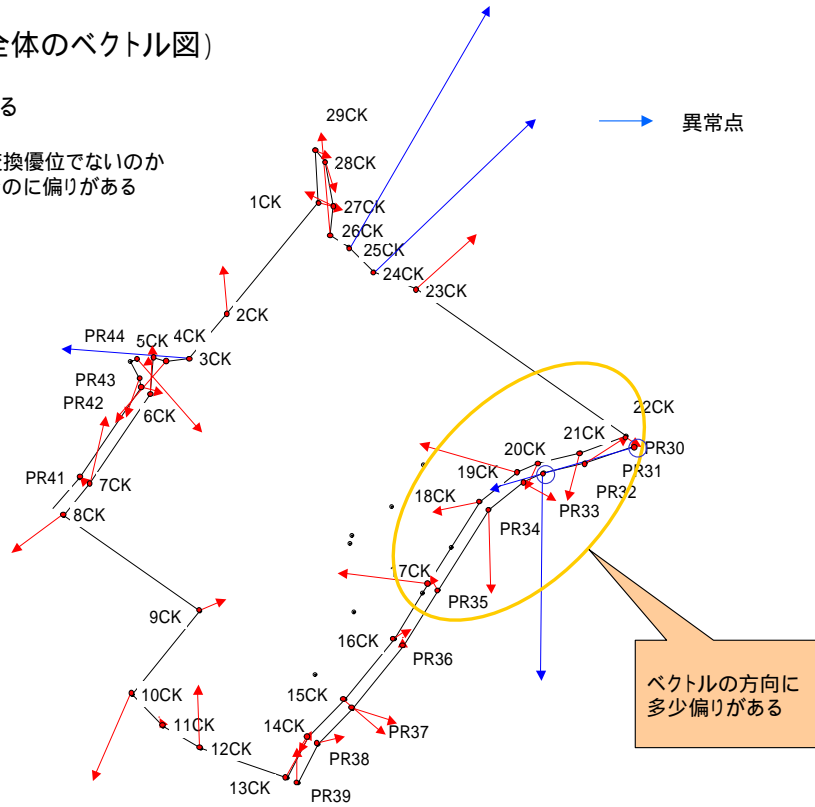
AICの差が明らかに違いますので図面が歪みをもっていることを意味しています。

解析結果は図に示したとおりです。

事例10(全体のベクトル図)

ベクトル図を作る

なぜヘルマート変換優位でないのか
なぜベクトル多少のに偏りがある



ベクトル図を書いてみます、

17~22に多少の偏りがみられます。

この図面の場合ヘルマート優位を期待しているにも関わらず決定的にアフィン優位になっていることです。

この2点が問題になります。

事例10(全体の層別計算)

全体で層別してみる

L_Soubetu

データソースAffine

1	2	3
20	6	7
0.0002	-0.0006	-0.0132
0.0032	-0.0008	-0.0088
0.0056	0.0074	0.0087
1グループ	2グループ	3グループ
PR41	21CK	10CK
PR42	PR31	27CK
PR35	20CK	PR34
PR37	22CK	4CK
PR38	18CK	8CK
15CK	2CK	
PR36		
6CK		
9CK		
14CK		
16CK		
28CK		
29CK		
PR39		
PR43		
1CK		
5CK		
13CK		
PR33		
11CK		

これではなぜ！アフィン優位なかわかりません。

フルアフィンの異常値 25, 24, 32, 30, 3

A_Soubetu

182	302	62	197	287	17	107	197	max	点名
302	62	182	287	17	107	197	max		
6	3	4	6	4	3	6			
	0.004			0.004					1CK
	0.019			0.019					2CK
			0.032						3CK
	0.019		0.013						4CK
		0.006		0.006					5CK
		0.021		0.021					6CK
	0.028				0.028				7CK
	0.014		0.004						8CK
		0.014			0.014				9CK
		0.021				0.02			10CK
		0.01			0.01				11CK
	0.017					0.017			12CK
		0.016				0.016			13CK
		0.01					0.01		14CK
		0.021					0.02		15CK
		0.007					0.01		16CK
	0.025			0.025					17CK
	0.019			0.019					18CK
	0.032			0.032					19CK
	0.017			0.017					20CK
	0.023			0.023					21CK
	0.013			0.013					22CK
		0.018			0.018				23CK
	0.033			0.033					26CK
	0.016			0.016					27CK
	0.004			0.004					28CK
		0.006		0.006					29CK
		0.002		0.002			0		PR31
		0.014		0.014			0.01		PR33
	0.028			0.028			0.03		PR34
	0.004			0.004			0		PR35
		0.004		0.004			0		PR36
		0.012		0.012			0.02		PR37
		0.011		0.011			0.014		PR38
		0.008		0.008			0.008		PR39
	0.012			0.012			0.012		PR41
	0.012			0.012			0.012		PR42
		0.002		0.002			0		PR43
		0.022		0.022			0.02		PR44

ここにグループの固まりがある。

トラバーに異常があったと推定して点17~22, 点30~35を一つの固まりと考える。

何か解るかもしれませんがL_Soubetuで層別を実行してみます、その結果、3つのグループに分かれますが1グループと2グループ、3グループとも一定の集合で層別されませんでした。

次にA_Soubetuで層別を実行してみます、その結果、点17~22、点34~35が一つのグループを形成しているようです、これを図から見て点17~22、点30~35をグループ、他の点をグループとして準拠点選択を実行し結果を比較してみます。

事例10(全体の層別結果)

グループで準拠点選択、座標変換

準拠点/対象点	準拠点%&伸縮hel	変換方法	標準偏差	AIC	優位	コメント
11 :12	92	ヘルマート	0.012	65		OK
	1.000055	アフィン	0.012	69		

グループで準拠点選択、座標変換

準拠点/対象点	準拠点%&伸縮hel	変換方法	標準偏差	AIC	優位	コメント
28 :31	90	ヘルマート	0.010	137		OK
	0.999801	アフィン	0.009	139		

この後の処置をどのようにするかは省略しますが、通常TSで測量したものであればヘルマート変換が優位になります。

それがヘルマート変換優位にならないのにはそれに強く働く要因があります、層別はその要因を探す一手段です。

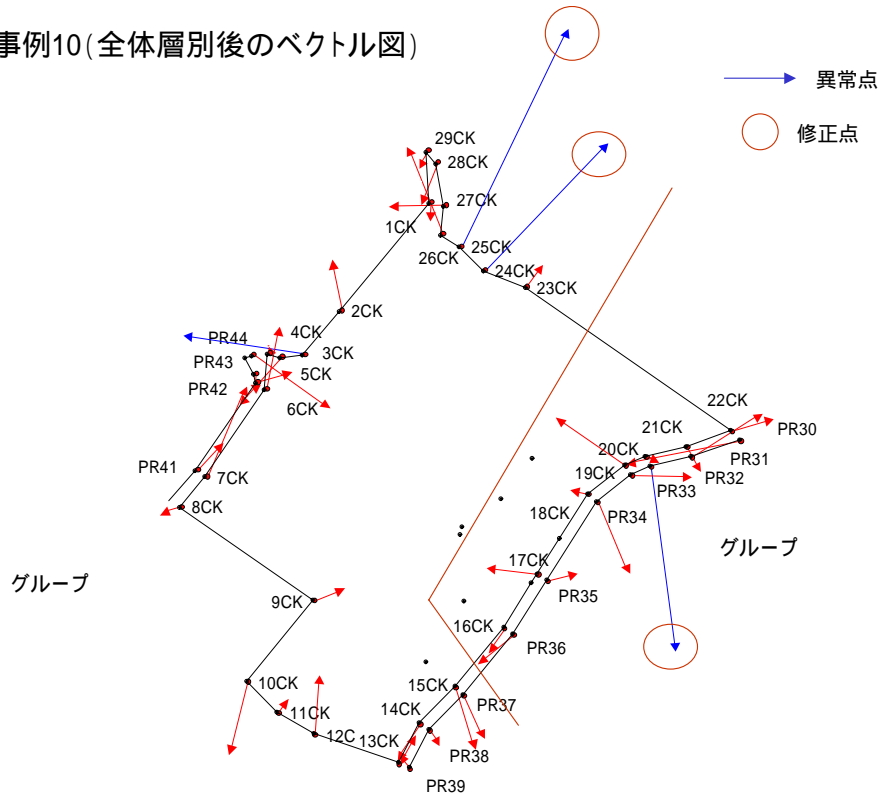
層別の結果はヘルマート変換優位になりましたので土地の外周にそった開放トラバーで測量され最終のトラバー点に誤測があったと考えられます。

グループ毎に準拠点選択とヘルマート変換とアフィンのどちらが優位か確認します。

結果は表の通りで、ヘルマート変換優位に成ったので点17~22 で座標軸の回転があったようです。

このことから土地の外周にそった開放トラバーで測量されたと考えられます。

事例10(全体層別後のベクトル図)



これでベクトル図を書いて確認してみます、異常値として除いた点も加えます。
いくつかの点でベクトル値が大きいのがありますがこれで充分と考えられます。

標準偏差で見れば層別前も層別後も10mm程度で大きな改善は見られない。

ただ、変換結果がアフィン優位からヘルマート優位に改善されている。

このベクトル図を見て気がつくことは「全体のベクトル図」とほぼ同じことが解ります、
ということはこの図が全体的に緩やかに歪んでいたこととなります。

ならば初めからアフィン変換でも良かったのか、事例11にも歪みと層別の事例がありま
す、そう簡単ではないということです。

「座標変換した場合の標準偏差の推測値」で見れば甲1の精度がある図面と思います。

目的に対する判断ですが、グループ毎に変換された値が世界座標の値になります、地積
測量図がすでにありますのでどのレベルまで境界標の位置を直すかですが基準があれば
それに従う、基準がなければ の標準偏差の平均が11mmなのでその3.7倍の41mmを限度
とすれば異常値とされた点24と25と点33の3点を修正すれば良いでしょう。

事例10(コンクリート杭の座標変換)

コンクリート杭だけで解析してみます。

準拠点:対象点	準拠点%&伸縮hel	変換方法	標準偏差	AIC	優位	コメント
27 :29	93	ヘルマート	0.013	150		TSの図面ならヘルマート優位になるのだが？
	0.999861	アフィン	0.011	144		

アフィン変換 & 検定準拠点選択

事件名		27		a		27	
係数a	0.999752	移動量x	351.423	伸縮率x	0.999757	平均二乗誤差	0.016
係数b	-0.003208	移動量y	-290.791	伸縮率y	0.999993	AIC	144
係数c	-0.003436			回転角x	-0°11'2"	標準偏差	0.011
係数d	0.999997			回転角y	-0°11'49"	尖頂	0.09
指定数	29	指定数までリセット	27	準拠点をヘルマートAICへ	a	点名セット	27

変換される座標値(図面値)		変換の基となる座標値(実測値)		変換される座標値				
点名	X	Y	点名	X	Y			
1K-1	-247.351	117.166	1CK	103.782	-174.486	JK-1	103.757	-174.476
2K-2	-276.066	93.594	2CK	75.115	-198.149	JK-2	75.125	-198.146
3K-3	-287.698	83.881	3CK	63.527	-207.870	JK-3	63.527	-207.899
4K-4	-289.392	77.907	4CK	62.871	-213.866	JK-4	62.852	-213.876
5K-5	-287.427	74.744	5CK	63.832	-217.036	JK-5	63.827	-217.035
6K-6	-296.871	73.932	6CK	54.378	-217.884	JK-6	54.388	-217.880
7K-7	-320.017	58.294	7CK	31.283	-233.606	JK-7	31.288	-233.597
8K-8	-328.065	51.492	8CK	23.286	-240.417	JK-8	23.274	-240.427
9K-9	-352.726	86.741	9CK	-1.496	-205.273	JK-9	-1.494	-205.263
10K-10	-374.224	69.168	10CK	-22.907	-222.903	JK-10	-22.930	-222.909
11K-11	-382.382	77.311	11CK	-31.114	-214.797	JK-11	-31.113	-214.795
12K-12	-388.042	86.937	12CK	-36.818	-206.191	JK-12	-36.802	-205.188
13K-13	-395.609	103.179	13CK	-44.651	-182.883	JK-13	-44.638	-182.973
14K-14	-385.284	114.695	14CK	-34.130	-177.422	JK-14	-34.134	-177.421
15K-15	-375.604	123.985	15CK	-24.977	-169.112	JK-15	-24.486	-168.998
16K-16	-369.980	136.822	16CK	-8.910	-155.215	JK-16	-8.907	-155.207
17K-17	-345.676	145.676	17CK	5.362	-146.284	JK-17	5.365	-146.304
18K-18	-324.427	158.959	18CK	26.569	-132.930	JK-18	26.566	-132.949
19K-19	-316.807	168.614	19CK	34.146	-123.245	JK-19	34.153	-123.267
20K-20	-314.699	174.092	20CK	36.440	-117.781	JK-20	36.433	-117.782
21K-21	-311.889	184.828	21CK	39.030	-107.036	JK-21	39.018	-107.037
22K-22	-307.723	196.715	22CK	43.147	-95.142	JK-22	43.145	-95.136
23K-23	-269.684	142.450	23CK	81.336	-149.288	JK-23	81.349	-149.289
24K-24	-265.309	131.497				JK-24	85.758	-160.207
25K-25	-259.043	125.228				JK-25	92.042	-166.454

AIC概算値		
27	144	150
26	136	143
25	128	137
24	122	129
23	116	122
22	108	116
21	100	111
20	91	107
19	82	102
18	73	95
17	65	88
16	57	81
15	50	77
14	44	72
13	38	67
12	33	63
11	28	58
10	24	52
9	20	47
8	16	43
7	13	39
6	10	34
5	7	30

ここからは参考に見てください。

さらに境界標の種類に注目してプラスチック杭とコンクリート杭に分けてみます、このように種類で分けることも層別といいます。

始めにコンクリート杭全部の点でAIC概算チェックをかけてみます。

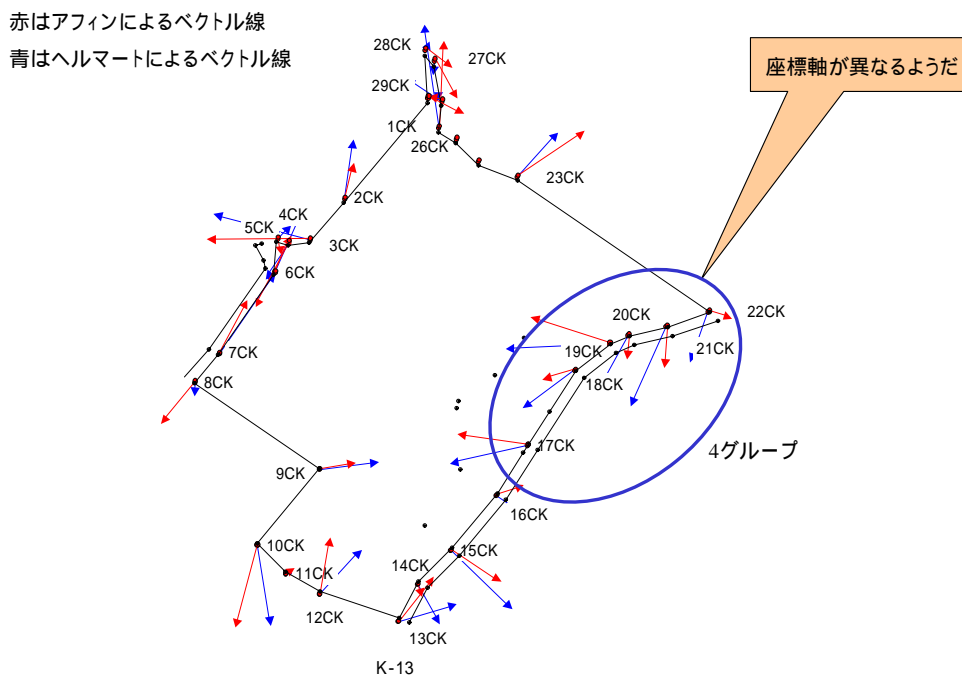
全体でアフィン変換が優位ですからアフィンフルコンタクト、t異常値検定で異常値を除きます。

結果は24と25が異常点として除かれます、再度AIC概算チェックをかけてみてもアフィンが優位となります。

AICの差が明らかに違いますので図面が歪みをもっていることを意味しています。

解析結果は図に示したとおりです。

事例10(コンクリート杭のベクトル図)



青丸のあたりが一定の傾向がありこのことが原因のようである。
ここがアフィン変換を優位にしている、つまり座標軸の回転があったと考えられる。

取得するデータはアフィンとヘルマートの両方で試してみるのが基本です。
通常のデータであればほとんどがアフィンで解析できますのでアフィンでどうしても解析できないときにヘルマートを使うようにします。

赤はアフィンによるベクトル線、青はヘルマートによるベクトル線でどちらにも傾向が見られます。

事例10(コンクリート杭の層別計算)

コンクリート杭のみで層別してみる。

L_Soubetu
データソースAffine

1	2	3
13	9	5
0.0001	-0.0053	0.0094
0.0038	-0.0049	-0.0009
0.0060	0.0127	0.0129
1グループ	2グループ	3グループ
2CK	15CK	19CK
5CK	16CK	26CK
11CK	17CK	7CK
12CK	18CK	13CK
14CK	23CK	21CK
20CK	3CK	
6CK	4CK	
9CK	8CK	
22CK	10CK	
29CK		
1CK		
27CK		
28CK		

3つのグループに成るが、一定の集合が見られない……このプログラムでは対応出来ない。

A_Soubetu

166	286	46	181	271	1	91	min	
286	46	166	271	1	91	181	max	点名
6	3	4	6		3	3	6	
		0.005			0.005			1CK
	0.017				0.017			2CK
-0.028			0.028					3CK
-0.013			0.013					4CK
	0.006				-0.006			5CK
	0.02				0.02			6CK
	0.028				0.028			7CK
-0.004			0.004					8CK
		0.017			0.017			9CK
-0.023						0.02		10CK
		0.012			0.012			11CK
	0.017				0.017			12CK
		0.017			0.017			13CK
		0.013				0.01		14CK
		0.024				0.02		15CK
		0.009				0.01		16CK
-0.023			0.023					17CK
-0.018			0.018					18CK
-0.03			0.03					19CK
-0.018			0.018					20CK
-0.025			0.025					21CK
-0.015			0.015					22CK
	0.017				0.017			23CK
	0.03				0.03			26CK
	0.012				0.012			27CK
-0.004			0.004					28CK
	0.009				0.009			29CK

17~22に一定の集合が見られる、これが原因か？

面の層別、アフィンデータからはグループ分けが上手く機能しないので角度の層別、長尺層別を使ってみます。

結果は17~22に一定の集合が見られるのでこれが原因と考えられます。

グループ17~22とグループを他の点で準拠点選択を実行してヘルマート、アフィンのAICの関係を調べて判断します。

8~16(12を飛ばして)も別のグループと考えられるがグループに対して数値が小さいのでなにかあれば後で再検討する(問題は無かったが)。

事例10(コンクリート杭の結果)

グループで準拠点選択、座標変換

準拠点/対象点	準拠点%&伸縮hel	変換方法	標準偏差	AIC	優位	コメント
6 :6	100	ヘルマート	0.007	33		OK
	0.999755	アフィン	0.006	36		

グループで準拠点選択、座標変換

準拠点/対象点	準拠点%&伸縮hel	変換方法	標準偏差	AIC	優位	コメント
21 :23	91	ヘルマート	0.011	110		OK
	0.999784	アフィン	0.010	112		

この後の処置をどのようにするかは省略しますが、通常TSで測量したものであればヘルマート変換が優位になります。

それがヘルマート変換優位にならないのにはそれに強く働く要因があります、層別はその要因を探す一手段です。

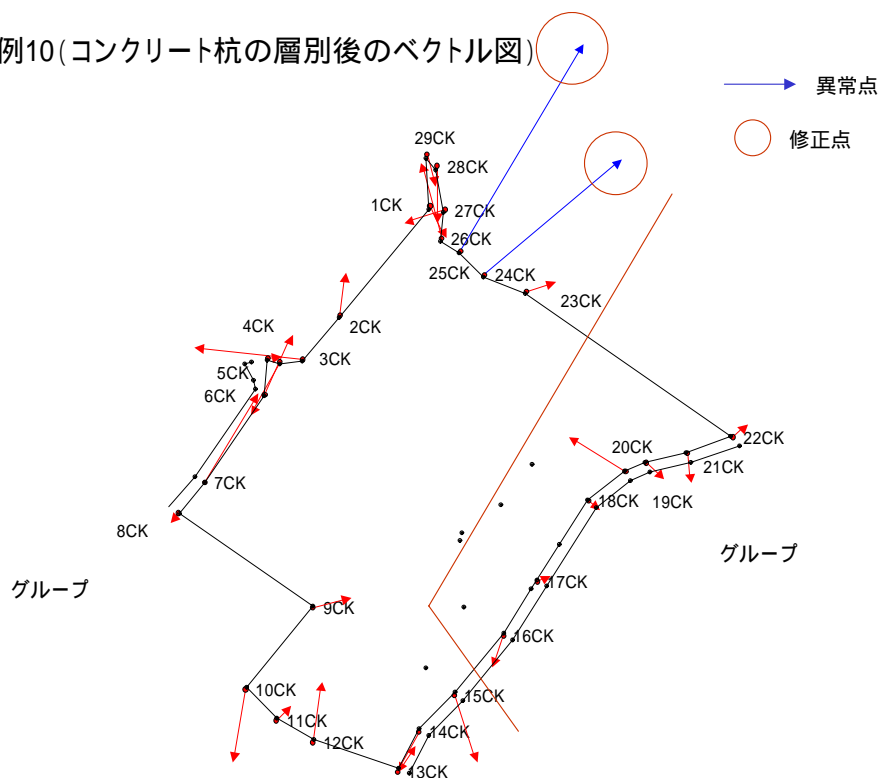
層別の結果はヘルマート変換優位になりましたので土地の外周にそった開放トラバーで測量され最終のトラバー点に誤測があったと考えられます。

グループ毎に準拠点選択とヘルマート変換とアフィンのどちらが優位か確認します。

結果は表の通りで、ヘルマート変換優位に成ったので点17~22 で座標軸の回転があったようです。

このことから土地の外周にそった開放トラバーで測量されたと考えられます。

事例10(コンクリート杭の層別後のベクトル図)



これでベクトル図を書いて確認してみます、異常値として除いた24と25も加えます。いくつかの点でベクトル値が大きいのがありますがこれで充分と考えられます。

ほぼTSで期待できる精度10mm程度にできていたことになる。

このベクトル図を見て気がつくことは「全体のベクトル図」とほぼ同じことが解ります、ということはこの図が全体的に緩やかに歪んでいたこととなります。

ならば初めからアフィン変換でも良かったのか、事例11にも歪みと層別の事例があります、そう簡単ではないということです。

「座標変換した場合の標準偏差の推測値」で見れば甲1の精度がある図面と思います。

目的に対する判断ですが、グループ毎に変換された値が世界座標の値になります、地積測量図がすでにありますのでどのレベルまで境界標の位置を直すかですが基準があればそれに従う、基準がなければ

については標準偏差の11mmの3.7倍の41mmを限度とすれば異常値とされた2点を修正すれば良いでしょう。

についても標準偏差の10mmの3.7倍の37mmを限度とすれば修正なし。