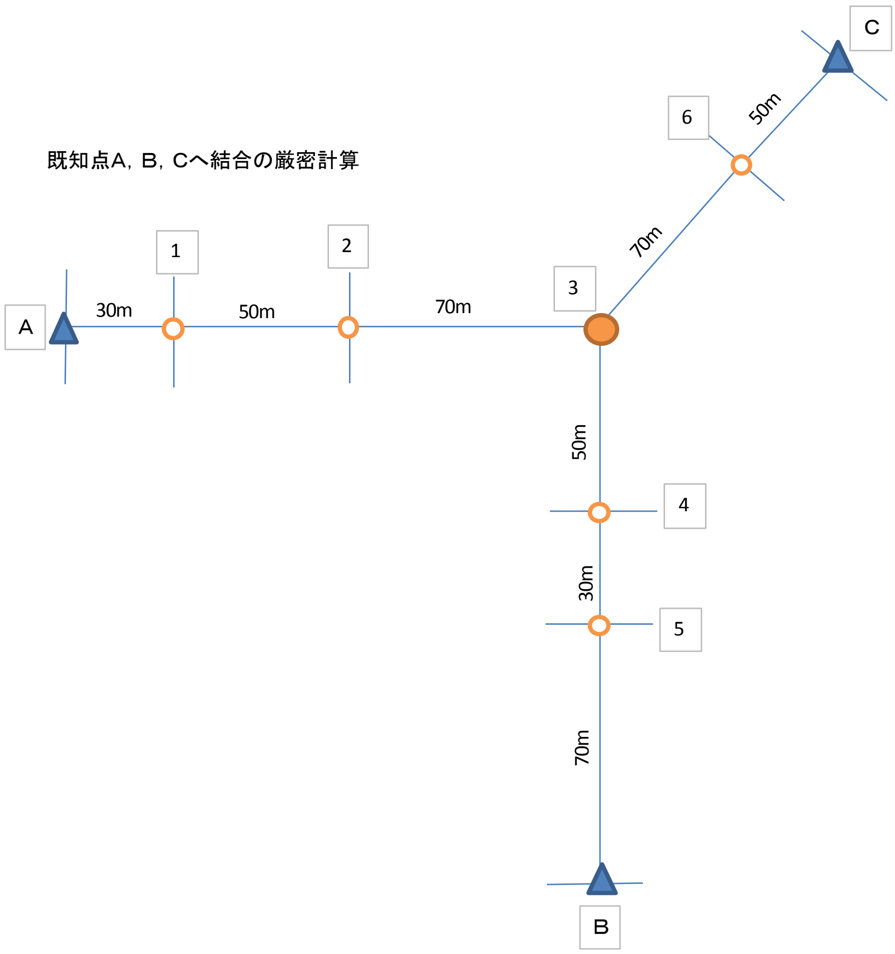
ＴＳ測量に於ける多角網別計算精度

多角（トラバー）は厳密計算しなさい　と言うけれど本当はどれほどの効果があるのだろうか，そこで下図の形の多角（トラバー）路線計算を例に測量誤差を検証してみた。

網図　その１



N=20 通りの計算

出来れば 50 通り以上の計算が必要なのだろうけれど，データを厳密計算ソフトにその都度入力して計算するに根気と時間がかかるので 20 通りで諦めました。

結合計算で一番誤差が大きいのが点３になります，これは角誤差の影響からです。次の４通りで点３の位置誤差を計算してみました，結果は以下の通りです。

データ

点名	1		2		3		4		5					6			
σ		0.0084		0.0070		0.0070		0.0080		0.0071		0.0076					
σx・σy	0.006	0.010	0.004	0.009	0.002	0.010	0.004	0.011	0.005	0.009	0.002	0.010	0.002	0.004	0.010	0.009	
角度換算	21 秒		13 秒		7 秒		13 秒		19 秒		9	秒	8	13 秒			
点間距離		30		50		70		50		30		70			70	50	70
	厳密不要	A01−1	1−2	1−2	2−3	2−3	3−4	3−4	4−3	5−4	5−4	B01−5	厳密不要	3−6	3−6	C01−6	6−3
	角mm	距離mm	角mm	距離mm	角mm	距離mm	角mm	距離mm	角mm	距離mm	角mm	距離mm	角mm	角mm	距離mm	距離mm	角mm
1	−0.0028	−0.0009	−0.0010	0.0073	−0.0024	0.0112	0.0007	0.0049	0.0014	−0.0094	0.0028	0.0021	0.0049	0.0023	0.0086	−0.0020	−0.0017
2	−0.0022	0.0119	−0.0029	0.0078	−0.0040	0.0037	−0.0013	−0.0008	−0.0038	0.0097	0.0029	0.0053	0.0011	−0.0003	−0.0111	−0.0032	−0.0025
3	−0.0008	−0.0033	0.0039	−0.0034	0.0015	−0.0103	−0.0059	−0.0254	−0.0029	0.0046	−0.0028	−0.0007	−0.0011	0.0021	0.0017	0.0087	−0.0030
4	0.0028	−0.0100	−0.0046	−0.0023	−0.0002	0.0068	−0.0091	−0.0134	0.0015	0.0038	0.0025	−0.0106	−0.0013	−0.0004	0.0016	−0.0046	−0.0021
5	−0.0028	0.0064	−0.0059	0.0243	0.0007	−0.0036	−0.0008	−0.0132	−0.0083	−0.0029	−0.0034	0.0183	0.0026	0.0019	−0.0037	0.0109	0.0045
6	−0.0051	−0.0084	0.0067	0.0009	0.0020	−0.0233	−0.0015	−0.0024	−0.0003	0.0120	0.0046	0.0064	−0.0020	−0.0007	−0.0040	−0.0159	0.0009
7	0.0067	−0.0134	−0.0004	−0.0091	0.0023	−0.0147	0.0010	0.0242	−0.0048	−0.0025	0.0025	0.0060	0.0001	−0.0019	0.0079	0.0033	−0.0009
8	−0.0050	−0.0035	0.0019	−0.0139	0.0000	0.0013	−0.0035	0.0039	0.0033	−0.0132	−0.0010	0.0008	−0.0036	0.0026	0.0044	0.0126	0.0000
9	−0.0028	0.0097	−0.0024	0.0106	−0.0030	0.0013	0.0014	−0.0087	−0.0068	0.0146	0.0009	−0.0034	0.0008	0.0061	−0.0046	0.0121	0.0008
10	0.0096	0.0064	−0.0007	0.0048	0.0035	0.0100	0.0005	−0.0080	−0.0002	−0.0013	0.0015	0.0155	−0.0029	−0.0076	0.0111	0.0139	0.0013
11	−0.0024	0.0012	0.0020	−0.0054	0.0010	0.0053	0.0002	−0.0100	0.0085	0.0048	0.0021	0.0045	0.0009	0.0023	0.0043	0.0130	0.0016
12	−0.0034	0.0306	−0.0039	−0.0118	−0.0026	−0.0005	−0.0027	0.0195	−0.0006	−0.0060	−0.0016	0.0058	−0.0019	−0.0018	−0.0236	−0.0061	−0.0073
13	0.0014	−0.0024	0.0003	−0.0095	−0.0042	−0.0091	0.0003	−0.0019	0.0021	−0.0096	0.0019	−0.0012	0.0008	0.0020	0.0044	−0.0022	0.0025
14	0.0043	0.0125	−0.0056	0.0085	0.0022	0.0188	0.0026	−0.0022	−0.0064	−0.0133	0.0038	0.0024	0.0020	0.0020	−0.0174	0.0050	0.0032
15	0.0056	−0.0022	−0.0005	0.0095	−0.0034	0.0084	0.0034	0.0010	0.0021	−0.0150	0.0007	0.0072	0.0025	0.0003	0.0011	0.0077	0.0009
16	−0.0074	−0.0156	0.0062	0.0019	−0.0044	−0.0037	0.0021	0.0012	0.0041	−0.0088	−0.0009	0.0068	−0.0020	0.0064	0.0017	−0.0154	0.0050
17	−0.0124	−0.0120	0.0012	0.0063	0.0037	−0.0186	−0.0010	0.0187	0.0024	−0.0033	−0.0011	0.0076	−0.0009	−0.0015	−0.0303	0.0030	−0.0068
18	−0.0008	−0.0050	−0.0008	0.0038	0.0022	−0.0053	0.0034	−0.0001	−0.0037	0.0111	−0.0007	−0.0028	0.0002	−0.0047	−0.0069	0.0213	0.0031
19	0.0031	−0.0046	0.0013	−0.0008	0.0031	0.0126	0.0044	−0.0250	−0.0006	0.0066	−0.0050	0.0033	0.0008	−0.0040	−0.0064	−0.0095	0.0012
20	0.0024	0.0009	0.0022	−0.0081	−0.0004	0.0000	−0.0036	0.0175	−0.0009	0.0029	−0.0059	−0.0112	0.0031	−0.0032	−0.0079	−0.0039	0.0010

角平均　　12 秒

距離平均　　0.010 m　　通常0．002程度なので距離誤差が大きすぎる

チョット、距離誤差を大きく見ていますが比較なので問題はないと思います。

点毎の誤差表

結果（点３の位置精度）

簡単に比較するため二変量標準偏差を計算してあります，Ｙ型厳密計算標準偏差 0.008，単路線厳密計算で 0.010，結合計算（簡易）で 0.012，開放計算で 0.024 となります。

この値は標準偏差なので通常認識出来る確率 68%を見込んで 1.5 倍の値が認識される数値になります。つまり，Ｙ型厳密計算 0.012，単路線厳密計算で 0.015，結合計算で 0.018，開放計算で 0.036 となります。安全を見るなら 95%の 2.5 倍でもいいのだろうけれど。

Ｙ型厳密計算 0.008 と開放計算で 0.024 何倍の精度なのという場合は $1/0.0008^2$ 対 $1/0.0024^2$ で９倍となります。

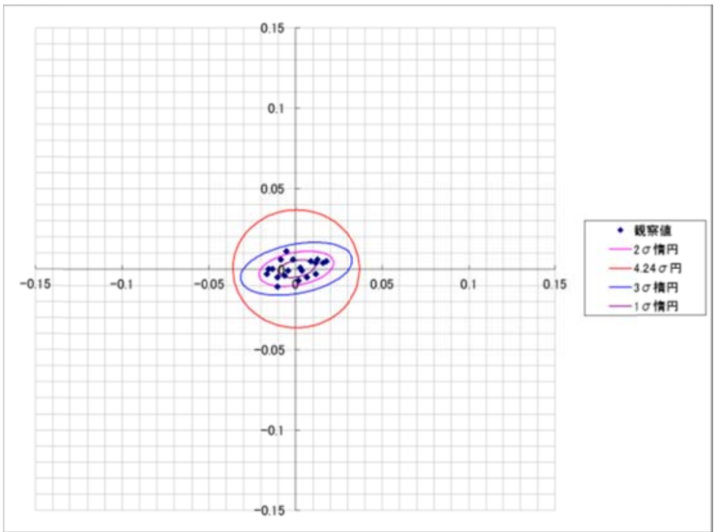
Ｙ型厳密計算 0.008 と結合計算（簡易）で 0.012 何倍の精度なのという場合は $1/0.0008^2$ 対 $1/0.0012^2$ で２．２５倍となります。

以下に点３の偏差Ｘ，Ｙの散布図，誤差楕円図を示す。座標の位置誤差はσx（X 軸標準偏差），σy（Y 軸標準偏差）で見ても誤差の状態が把握できないので必ずσm，σn，ρの関係を調べます。σm は誤差楕円長軸の標準偏差，σn は誤差楕円短軸の標準偏差，誤差楕円の潰れ具合を知るために相関係数ρです。

Ｙ型厳密計算（図参照）点３

σm	σn	Xav	Yav	相関係数
0.01091	0.00475	0.0004	0.0004	−0.645

二変量標準偏差 $\sqrt{(\sigma m^2/2+\sigma n^2/2)}=0.008$

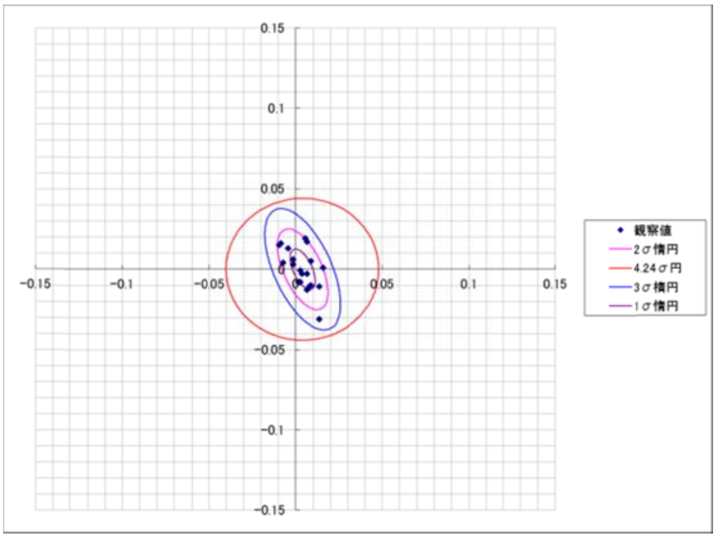


マックススケール 0.15 に統一してある。

単路線厳密計算（図のＡ～３～Ｂ）点３　Ａ，Ｂに零方向の取付け有り

σm	σn	Xav	Yav	相関係数
0.01339	0.00559	0.0000	0.0039	−0.624

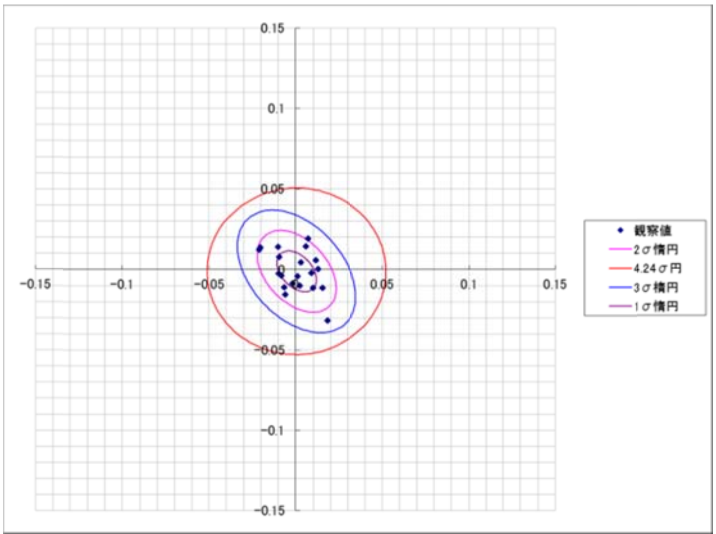
二変量標準偏差√（σm²/2＋σn²/2)＝0.010



結合計算（図のＡ～３～Ｂ）点３　Ａ，Ｂに零方向の取付け有り

σm	σn	Xav	Yav	相関係数
0.01436	0.00912	−0.0011	0.0005	−0.427

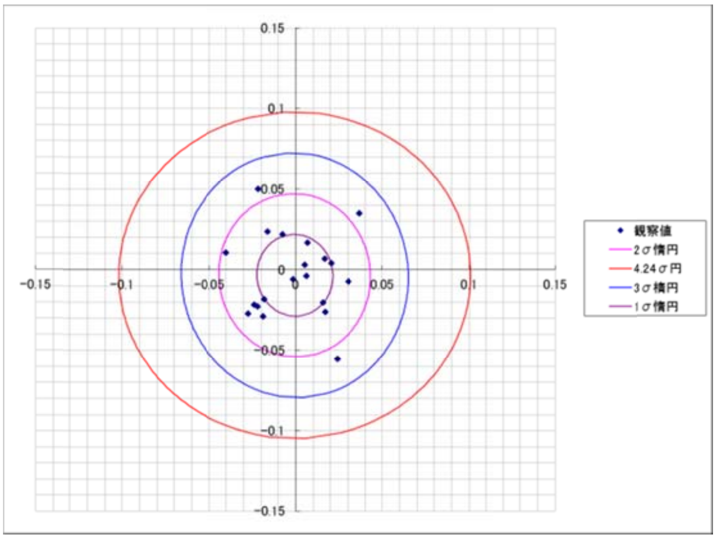
二変量標準偏差√（σm²/2＋σn²/2)＝0.012



開放計算（図のＡ～３～Ｂ）点３　Ａに零方向の取付け有り

σm	σn	Xav	Yav	相関係数
0.02533	0.02183	−0.0034	−0.0005	−0.155

二変量標準偏差$\sqrt{(\sigma m^2/2+\sigma n^2/2)}=0.024$



Ｙ型厳密計算の点毎の散布図

点１

点２

点３

点４

点５

点６

単路線厳密計算　網図

単路線厳密計算の点毎の散布図

点１

点２

点３

点４

点５

点６

結合計算　網図

結合計算の点毎の散布図

点１

点２

点３

点４

点５

点６

開放計算　網図

開放計算の点毎の散布図

点１

点２

点３

点４

点５

点６