

## (1)多角(混合)測量における誤差について (誤差伝播の法測の検証含む)

(1)多角(混合)測量における誤差について、(2)測量器機の性能差による誤差について、(3)多角(混合)測量の計算方式による誤差について、(4)多角(混合)測量における相対誤差について のなかの(1)です。

境界(筆界)図の作成は角度と距離の観測値から二次元の位置を計算して図面に表しています、明治の初期にされた地租改正地引絵図、地押し調査更正図の作成から現代の地籍図、法17条地図、地積測量図でも基本は同じです。

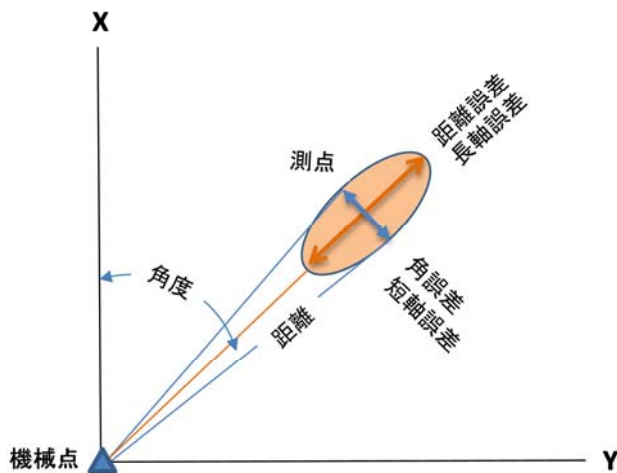
この方法を、角度と距離の混合測量といいます、アリダードを使った平板測量、トランシットと巻き尺を使った多角測量、TS(トータルステーション)を使った多角測量も基本的には同じです、明治時代に使われていた小方儀を使った導線測量は現在行われている混合測量と類似しているのですが、角度の求め方が違います、これについては後で説明します。

そこで意外と知られていない多角(混合)測量の計算誤差について計算してみました。一般的に行われている多角測量(以前はトラバース点測量とも言われていました。)において誤差がどのように発生して、境界点にどれだけ影響しているかを知ることによって境界(筆界)復元に役立たせたいと思います。

混合測量の角度と距離の誤差は同一点で観測されるものですがおのおのは独立した数値ですが計算の結果はX・Yの座標値、二変量の誤差であり、一般的な一変量の誤差と異なりますので新しい事実を知ることが出来ると思います。

### 誤差の展開説明

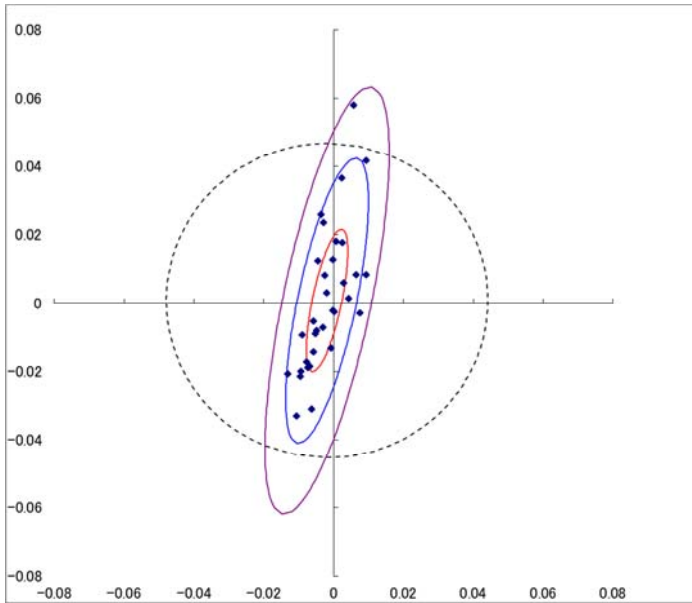
測量における誤差について説明します、下図はイメージ図です。TS(測量器機)を設置した点を機械点、測る点を測点とした時、機械点から測点の進行方向に前後して発生するのが距離誤差、進行方向に対して左右方向に発生するのが角誤差となります。



Y 座標値は  $= \sin \alpha$  (角度)  $\times$  距離, X 座標値は  $= \cos \alpha$  (角度)  $\times$  距離 で求められます, この時に角度には角観測誤差 + 角度端数読み誤差があります, 距離にも距離測定誤差があります。この X・Y 座標をプロットすると下図の様な楕円の分布になります。

角度端数読み誤差とは TS にはそれぞれ器機の性能に応じて角度を1秒単位で読む器機, 5秒単位, 10秒単位, 20秒単位で読む器機があります。つまりある角度が30度20分27秒だとすれば5秒単位の器機では27秒が25秒であり, 10秒単位の器機では30秒, 20秒単位の器機では20秒と読まれると言うことです, このことは測量していれば当たり前のことですが知らない人にとって「そうなの!」といった当感じでしょうか。距離については器機に関係なく1 mm 単位で読み込まれます。TSの読み誤差については「(2) 測量器機の性能差による誤差について」のところで説明します。

散布図を作成し誤差の分布状態を計算して誤差楕円を描いたのが次の図です。点は  $\angle x \cdot \angle y$  の散布図, 楕円は内側から一倍標準偏差, 二倍標準偏差, 三倍標準偏差の楕円を示し, 点線は三倍標準偏差の円を仮想して表示したものです。



下表はこの分布データの、 $\sigma_m$  (楕円長軸標準偏差)  $\sigma_n$  (楕円短軸標準偏差),  $\overline{\Delta X}$  (分布中心 X 座標),  $\overline{\Delta Y}$  (分布中心 Y 座標), 相関係数,  $\sigma_x$  (X 軸標準偏差),  $\sigma_y$  (Y 軸標準偏差),  $\sigma$  (二変量標準偏差), 楕円角 と言った二変量データに必要な計算結果を示しています。

分布データ

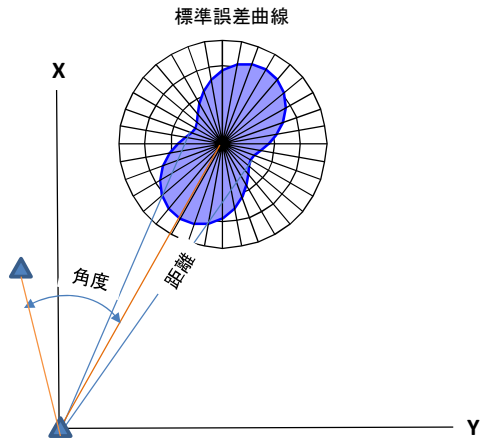
$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0213	0.0041	0.0008	-0.0019	-0.914
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0209	0.0059	0.0153	33	11

このように角度と距離を混合して計算するとX座標値、Y座標値に計算され、この二変量の分布は楕円状に分布する、これを誤差楕円といい、二つの標準偏差は誤差の混合から

$$\text{二変量標準偏差 } \sigma = \sqrt{\frac{\sigma_m^2 + \sigma_n^2}{2}} = \sqrt{\frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{2}} \quad \text{の関係があります。}$$

上の図から0度(X軸の+側)から180度(X軸の-側)に渡って各軸の標準偏差を計算してプロットすると下図のような繭型の曲線が出来ます、これを標準誤差曲線と言います。

データ量が少ないと繭型の真ん中がさらにくびれます、多いと楕円になります、また X・Y の誤差のバランスが良いと円に近くなります。標準誤差曲線をもって何かが出来ると言うことではありませんが知識として知っておいて下さい。

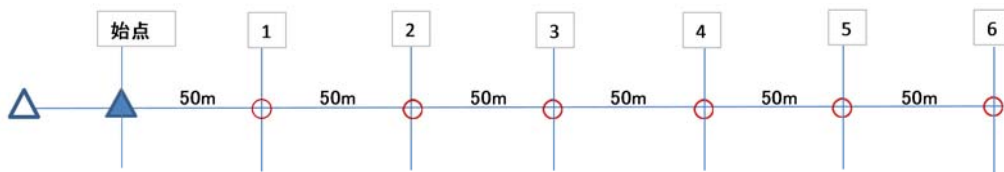


混合測量によって得られる誤差のデータ指標はこれほどに多いということです。

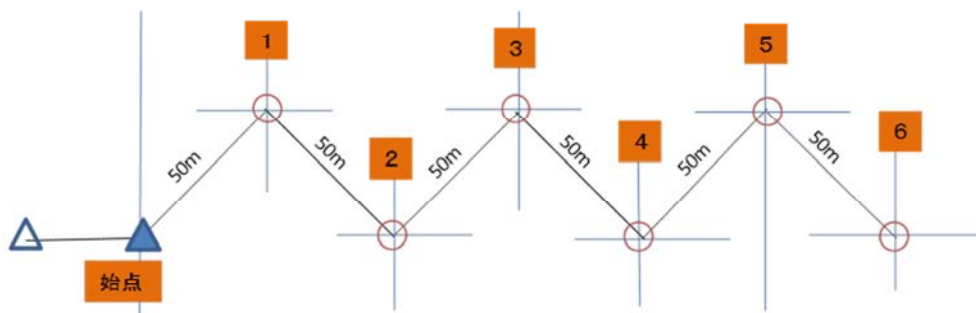
次の条件で誤差を計算します

多角測量の基本である路線を次の4つの代表的なモデルにして、発生する誤差を計算してみます。

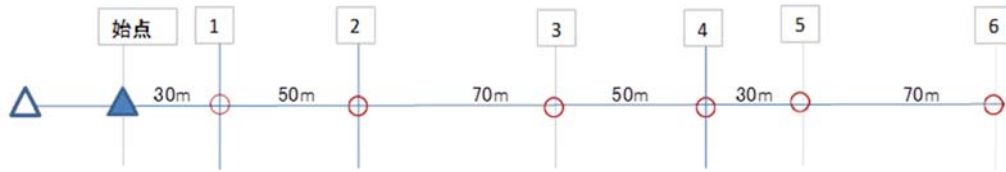
A, 直線, 50m ピッチ, 開放



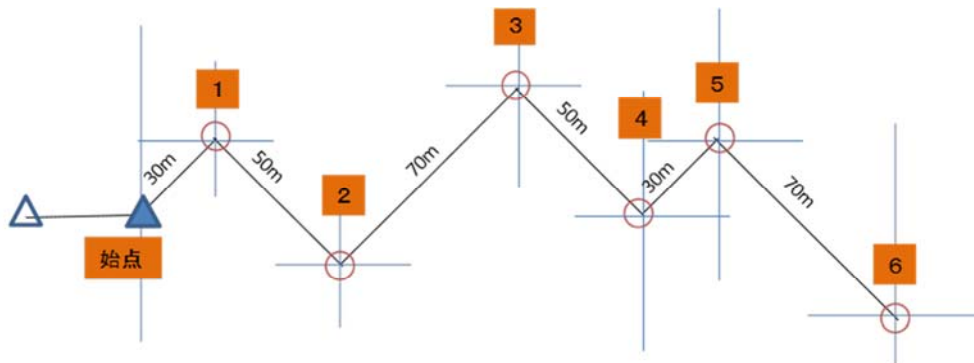
B, 90度交互, 50m ピッチ, 開放



C, 直線, 30, 50, 70m ピッチ, 開放



D, 90度交互 30, 50, 70m ピッチ, 開放



ザックリと大雑把なモデルを作って、分布データに示した誤差がどんな形で表れるのかを調べます、特に新しい分野ではないのですがここまで掘り下げて調べた書籍、報告書を見たことがありませんので役立つと確信しています。

この他に「(2) 測量器機の性能差による誤差について」「(3) 多角(混合)測量の計算方式による誤差について」「(4) 多角(混合)測量における相対誤差について」の四シリーズを予定しています。これらはいくまでも「境界(筆界)復元に関する誤差処理」に主眼をおいて解説したもので測量技術について考察したものではありません。

次の表は計算の基となる測角、測距の観測誤差を一定条件に収まるようにし、ランダムに作成したものです。角度は5秒読みの器機を想定し5秒単位の誤差には光波測距を想定し1mm単位としあります。表の上部に誤差の標準偏差(秒, mm)と平均値(秒, mm)を計算してあります。

誤差を実測で求めることは現実的ではないのでランダムで正規化されたデータを実際の観測条件を加味して99通り作成する、加味する条件は測量器機の求心誤差、測点を見たときの視準誤差、プリズムの正対誤差、当然観測者の視力などを加味しています。

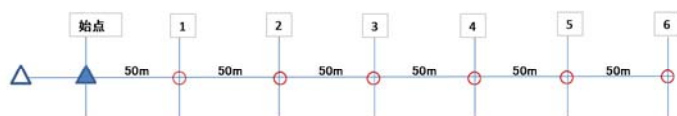
しく量機器、測角精度、読み取りとも5秒、測距精度±2mmでの測量による結果に近づくように、点間距離50m、角誤差は標準偏差で10~13秒、測距誤差は標準偏差で1.7~2.0mm、平均値は次表の通りで平均値は出来るだけ0に近い数値を作成しました。

4級基準点測量を前提としておおむね、路線長300m、始点~点6まで約200mの3級基準点相当の点間を想定し、誤差は誤差の三公理の原則によって発生するものとししました。

各点の測角、距離誤差(角は秒、距離はmm)												
視点から1へ												
標準偏差	10.786		12.233		12.903		11.397		12.197		12.206	
点間距離	50		50		50		50		50		50	
平均	-0.859	0.010	-1.768	-0.152	2.212	0.030	-3.687	-0.141	-1.869	-0.040	-2.929	-0.141
	誤差角(秒)	誤差距離mm	誤差角(秒)	誤差距離mm	誤差角(秒)	誤差距離mm	誤差角(秒)	誤差距離mm	誤差角(秒)	誤差距離mm	誤差角(秒)	誤差距離mm
1	-5	0	15	-2	33	1	-5	0	10	3	10	0
2	-5	5	-5	-1	0	-4	-10	2	-5	-1	-35	0
3	15	0	-5	1	12	1	-5	1	-15	2	10	3
4	25	0	15	-2	26	2	5	2	-15	2	-5	0
5	25	-3	-10	-1	27	-1	-10	-3	0	-3	-15	-2
6	20	1	-15	0	16	0	-10	-3	-10	1	-5	-1
7	-5	-1	-5	0	-6	6	-5	1	0	2	5	-1
8	-15	1	-15	-2	1	0	10	2	15	-2	20	0
9	15	-3	10	0	-8	0	-25	3	0	0	20	0
10	25	0	5	1	-10	-2	-15	3	20	2	-15	1
11	-5	0	-10	3	2	-1	0	-3	30	1	15	1
12	15	5	10	1	-11	1	-5	-1	-10	-4	-15	3
13	-5	-1	0	2	-15	1	-10	-1	-10	-1	-5	3
14	0	2	-10	-3	9	0	10	-1	5	-2	15	0
15	-15	0	5	0	22	-1	0	-1	-10	0	-15	0
16	-10	0	-5	5	-4	0	30	1	-15	0	5	-2
17	-10	2	-5	2	9	-2	15	0	10	2	0	-1
18	10	3	0	-2	-1	-1	-10	-1	-30	-1	-15	0
19	0	-1	-25	1	-12	-1	-15	-1	10	0	0	-1
20	10	-1	-15	-1	-7	0	-15	1	0	1	5	1
21	20	1	-5	-2	10	0	-5	-3	0	0	-10	2
22	-20	0	0	-1	-3	-1	-10	1	-10	1	-20	-1
23	5	-1	-15	-1	1	1	-15	-1	-15	0	-15	-1
24	-10	-2	-15	0	16	5	-10	-2	-20	-1	-15	-1
25	-5	0	10	0	-5	2	-15	-1	0	0	-15	-1
26	5	0	-15	-4	-3	1	-15	1	5	1	0	1
27	0	0	5	0	-5	-2	-15	-4	5	2	0	1
28	-5	3	0	-2	-9	2	-10	0	2	0	-5	0
29	-15	-2	-5	1	10	4	-10	2	25	4	-10	-1
30	15	1	0	4	3	0	-10	-2	-30	-3	15	0
31	0	3	5	-2	2	2	0	1	-15	-1	-25	-6
32	0	-4	-10	0	-2	1	-10	-3	0	-2	-15	-1
33	-10	-1	-10	0	18	0	5	-1	-25	2	10	1
34	0	-1	15	2	23	-2	-25	1	-5	0	-25	-1
35	5	0	-35	1	3	-1	-15	4	-10	0	-15	-1
36	0	2	-15	3	-2	0	0	-1	10	1	-5	-2
37	-20	0	0	-2	4	2	-25	0	30	-3	-20	-1
38	15	-2	15	-1	7	-3	0	-3	-5	0	10	-1
39	10	-1	25	-1	-14	-1	15	0	10	-2	25	-1
40	0	0	30	-2	-8	1	-30	0	-5	2	0	-2
41	-10	-1	10	0	-12	-2	0	-2	-10	-2	0	1
42	5	-1	-5	2	-14	0	15	-1	15	-2	0	-3
43	-10	-2	-10	3	12	-2	0	1	-5	-1	0	1
44	-5	-1	-10	-3	-2	1	-10	2	-10	-1	0	0
45	-5	1	-5	0	-4	1	5	3	15	1	0	-2
46	5	-4	5	-2	18	-4	0	1	0	-1	-25	0
47	5	-2	-5	-1	-30	0	-5	-2	-5	1	-10	2
48	0	-1	5	1	-3	0	-10	-1	-10	-2	-5	-1
49	-15	2	20	3	-19	4	10	-1	-10	-2	10	-1
50	15	-2	0	-3	1	-2	0	-1	-5	0	-5	-1
51	0	-1	-5	-1	-8	2	-25	-1	-5	2	5	-1
52	-5	-1	-10	2	15	-3	10	1	-15	-1	5	1
53	-15	-2	5	-2	30	2	10	3	10	1	0	4
54	-15	0	5	1	21	1	5	-3	-5	-3	15	2
55	-15	2	15	4	7	1	0	-1	-5	1	25	-3
56	10	4	20	1	7	2	-15	-1	-10	-2	20	1
57	0	0	-5	-2	21	-1	-15	-2	-10	2	-5	-4
58	-5	-2	-10	1	-23	1	-10	0	5	0	-10	-1
59	-5	1	10	-1	-3	0	5	6	20	6	-10	2
60	10	0	-20	2	-18	0	0	-3	0	-2	-10	1
61	5	3	10	2	8	-1	15	0	0	1	-15	-3
62	5	4	-5	-2	-6	-1	0	0	15	-1	-5	1
63	0	3	-5	-1	-13	1	-5	-2	-5	-2	0	-2
64	0	4	5	-2	14	-2	0	-1	5	1	-20	1
65	5	-2	-10	-1	26	1	-10	2	-10	4	0	2
66	-25	1	-15	0	-2	1	5	0	10	1	-5	-3
67	-5	2	5	1	-19	4	5	0	20	1	5	-1
68	-10	1	-15	-3	12	-4	20	0	-5	4	0	-1
69	-5	-2	-15	0	4	1	0	-2	-5	-4	10	1
70	0	0	5	-3	5	4	-20	-2	-10	-1	0	1
71	-5	4	-20	1	3	-3	10	0	-5	2	0	-2
72	-5	-1	-5	1	-2	1	-5	-1	15	0	-5	1
73	-10	0	-15	-5	1	2	-15	0	-30	2	-15	3
74	-10	2	-15	0	14	-4	0	-3	0	-2	5	1
75	10	-3	0	0	22	-2	0	-2	15	-2	0	-1
76	-5	-1	10	0	15	1	0	1	0	2	-20	0
77	5	2	20	0	19	-2	-10	4	10	-3	-20	0
78	0	3	0	4	-3	0	10	4	-10	0	-15	1
79	0	-2	20	-3	17	-2	25	-1	0	2	10	2
80	5	1	0	1	0	2	-5	-2	-10	-2	-5	3
81	-10	1	-5	0	-2	2	10	-1	-10	0	0	1
82	5	0	-15	0	-3	-4	-5	-1	10	-1	-10	1
83	-25	-3	-15	2	7	-1	-10	0	15	-1	-15	-3
84	-10	-2	15	-3	5	1	0	-1	0	0	-5	-1
85	-15	1	-15	1	1	-3	-10	-2	-15	2	5	0
86	10	-2	1	-20	-2	8	-2	5	0	-2	0	-2
87	-5	0	-15	-2	-1	-1	0	-4	0	0	15	0
88	10	0	10	1	-8	2	-10	1	-15	-5	-30	0
89	15	1	-10	-1	10	-2	-15	2	-10	0	0	-1
90	0	-2	-10	0	-18	-1	0	5	5	-2	-15	-1
91	-20	-1	0	2	-3	2	5	2	-10	0	-10	1
92	10	-1	-20	2	-4	0	-25	-4	5	-2	15	2
93	-5	-2	10	-5	-17	0	10	-1	0	1	-5	3
94	-5	1	-5	-2	15	3	-10	1	-20	4	5	-3
95	-10	-1	0	-1	-27	-2	-15	3	-10	0	10	1
96	-5	1	5	2	0	2	10	-3	-15	0	5	-2
97	-5	-3	0	3	-4	-1	0	1	0	0	-5	1
98	5	0	15	-2	19	1	-5	-2	-5	-2	5	-2
99	0	-1	20	0	1	-1	-20	1	-5	1	-5	1

多角路線毎に角度の誤差だけを与えて計算, 距離の誤差だけを与えて計算, 角度, 距離の混合誤差を与えて計算の三通りの計算をしています。四つの多角路線と三つ計算で合計12通り, 6点で都合72点の分布図と計算結果データを表示しました。

### 多角路線 A パターンの計算結果



A, 直線, 50m ピッチ, 開放で角度だけの計算

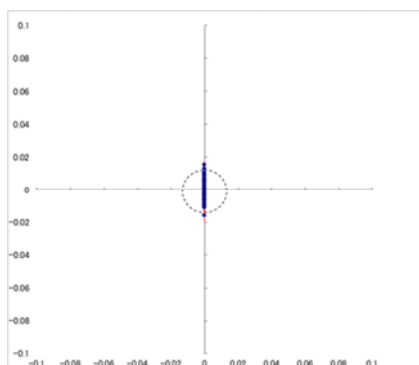
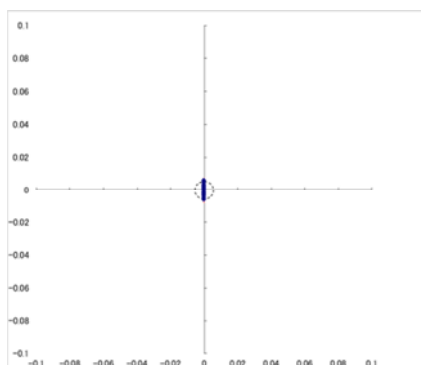
点 1

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0026	0.0000	-0.0002	0.0000	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0026	0.0000	0.0018	99	0

点 2

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0062	0.0000	-0.0008	0.0000	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0062	0.0000	0.0044	99	0

(スケール 0.100)

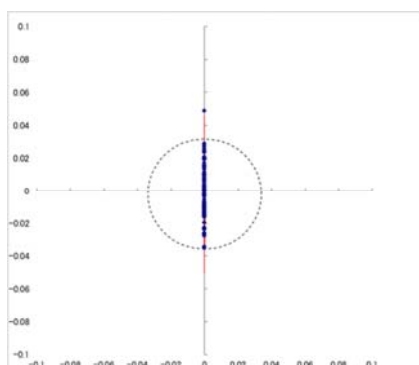
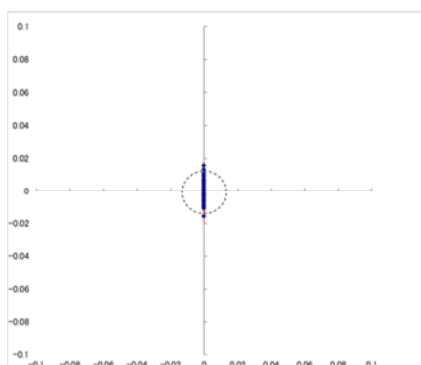


点 3

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0109	0.0000	-0.0009	0.0000	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0109	0.0000	0.0077	99	0

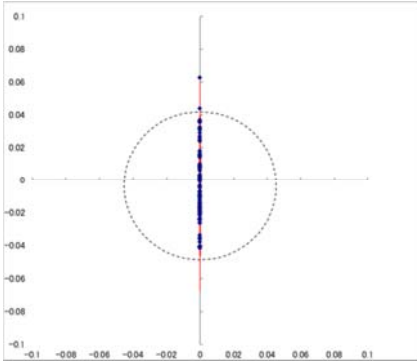
点 4

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0159	0.0000	-0.0019	0.0000	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0159	0.0000	0.0113	99	0



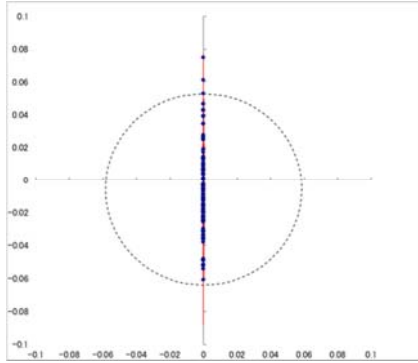
点 5

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0214	0.0000	-0.0034	0.0000	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0214	0.0000	0.0151	99	0



点 6

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0276	0.0000	-0.0055	0.0000	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0276	0.0000	0.0195	99	0

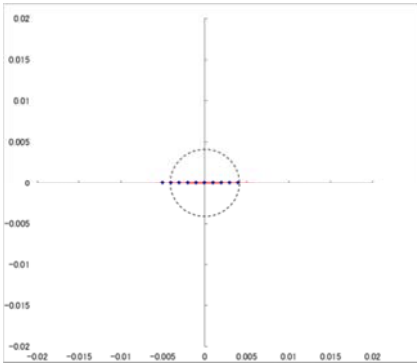


A, 直線, 50m ピッチ, 開放で距離だけの計算

点 1

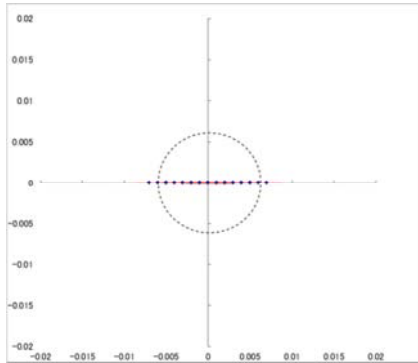
$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0019	0.0000	0.0000	0.0000	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0000	0.0019	0.0014	99	90

(スケール 0.020)



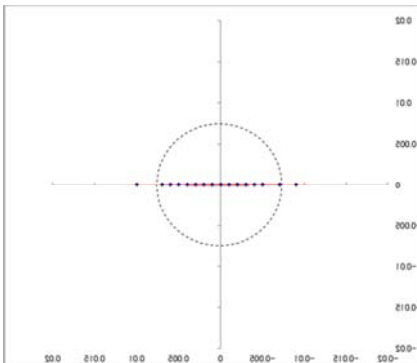
点 2

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0029	0.0000	0.0000	0.0001	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0000	0.0029	0.0020	99	-90



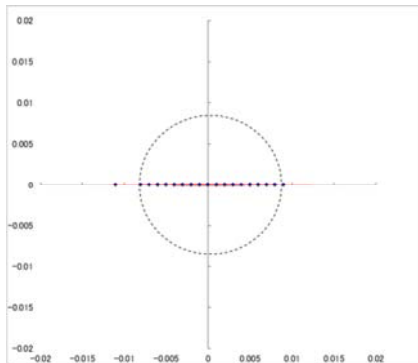
点 3

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0035	0.0000	0.0000	0.0001	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0000	0.0035	0.0025	99	-90



点 4

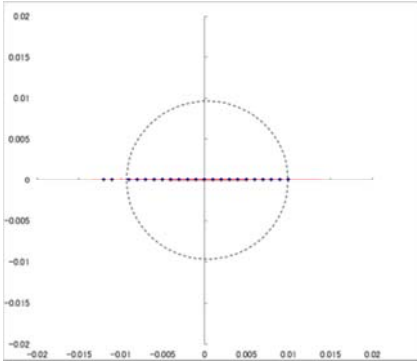
$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0040	0.0000	0.0000	0.0003	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0000	0.0040	0.0028	99	-90





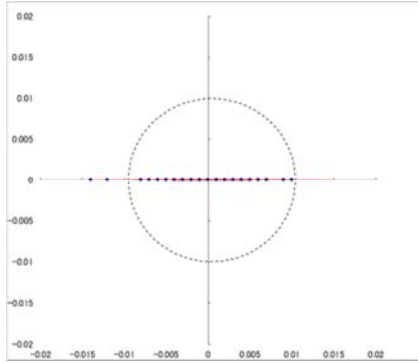
点 5

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0045	0.0000	0.0000	0.0003	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0000	0.0045	0.0032	99	-90



点 6

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0047	0.0000	0.0000	0.0004	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0000	0.0047	0.0033	99	-90

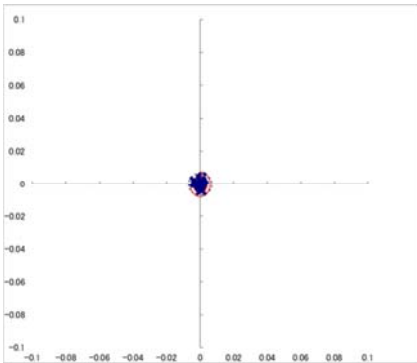


A, 直線, 50m ピッチ, 開放で角度と距離の誤差がある混合計算

点 1

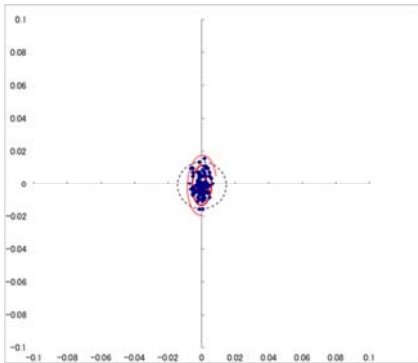
$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0026	0.0019	-0.0002	0.0000	-0.287
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0026	0.0019	0.0023	99	0

(スケール 0.100)



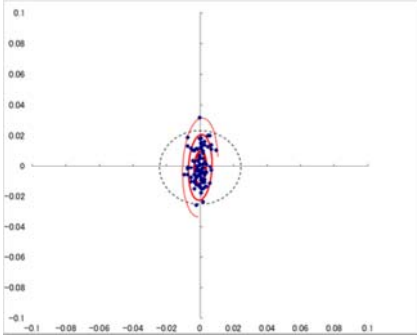
点 2

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0062	0.0029	-0.0008	0.0001	-0.646
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0062	0.0029	0.0048	99	1



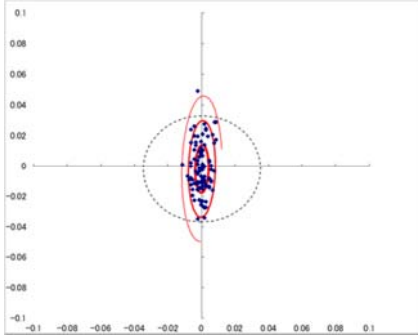
点 3

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0109	0.0035	-0.0009	0.0001	-0.813
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0109	0.0035	0.0081	99	2



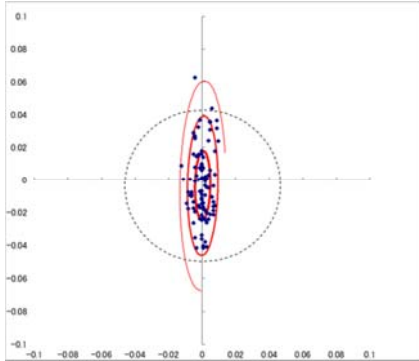
点 4

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0159	0.0040	-0.0019	0.0003	-0.882
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0159	0.0040	0.0116	99	1



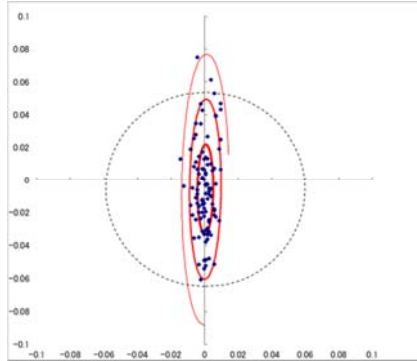
点 5

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\Delta x$	$\Delta y$	相関係数
0.0214	0.0045	-0.0034	0.0003	-0.914
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0214	0.0045	0.0154	99	1



点 6

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\Delta x$	$\Delta y$	相関係数
0.0276	0.0047	-0.0055	0.0004	-0.944
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0276	0.0047	0.0198	99	0



ここまでが多角路線 A パターンの結果です。下表は与えた誤差を数値で示したもので左下表は角度の誤差を「点毎の角誤差 mm」に計算したものです、その右は誤差伝搬の法測  $m^2 = m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + \dots + m_n^2$  による理論値を  $m$  で計算した結果を表示してあります。

下中表は与えた距離誤差を表示してあります、下左表は角誤差と距離誤差を混合したとき、混合計算したときに計算される誤差「角誤差 + 距離誤差の理論値」を誤差の伝播の法則に従って計算した結果を示しました。

角誤差 A, Bパターン 50mピッチ

点番	点毎の角誤差 d秒	距離 Sm	点毎の角誤差 mm	誤差伝播の理論値 m
1	10.786	50	2.615	0.0018
2	12.233	50	2.965	0.0028
3	12.903	50	3.128	0.0036
4	11.397	50	2.763	0.0041
5	12.197	50	2.957	0.0046
6	12.206	50	2.959	0.0050
平均	11.954	平均	2.898	

距離誤差

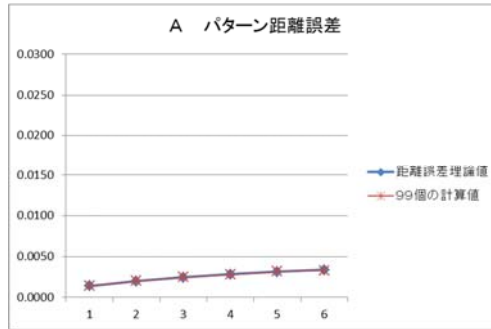
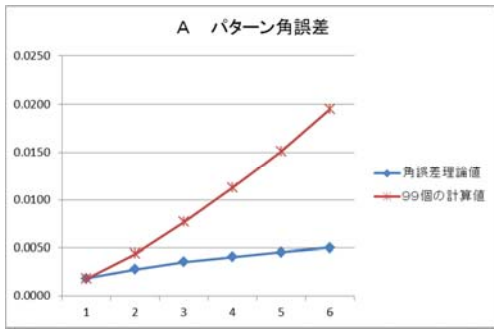
点番	点毎の距離誤差 m	誤差伝播の理論値 m
1	1.946	0.0014
2	1.997	0.0020
3	2.018	0.0024
4	2.045	0.0028
5	1.958	0.0032
6	1.726	0.0034
平均	1.948	

角誤差 + 距離誤差の理論

点番	角誤差 + 距離誤差の理論値
1	0.0016
2	0.0024
3	0.0031
4	0.0035
5	0.0039
6	0.0043

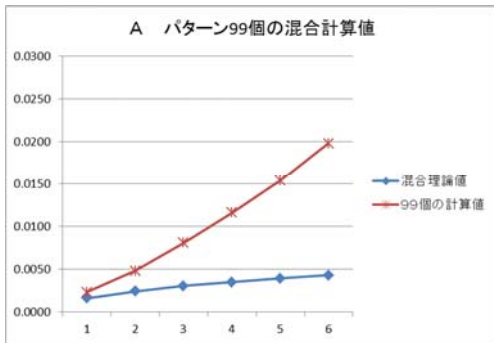
下左表は A パターンの角誤差のグラフです、◇のポイントは与えた誤差を誤差伝搬の法測にしたがって計算した値を折れ線で表しました、\*のポイントは99点のデータを計算した値です。

下右表は距離誤差の値で誤差伝播の式で求めた値と99点のデータから計算した値は一致します。



下表は99点からの混合計算値と誤差伝播の式からの値をグラフにしたものです、◇のポイントは与えた誤差を誤差伝播の法測にしたがって計算した値、\*のポイントは99点のデータを計算した値です。

このことから混合測量計算の多角測量方式では誤差は伝播の方式に従わないことが判ります、その原因は角誤差の影響である事が判ります。



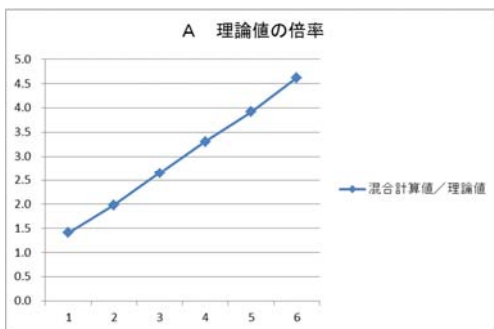
下表は計算結果です。

Aパターン 50mピッチの99個の計算結果

角誤差+距離誤差の混合計算結果

点番	角誤差 $\sigma_m$	角誤差 $\sigma_n$	角誤差 $\sigma$	距離誤差 $\sigma_m$	距離誤差 $\sigma_n$	距離誤差 $\sigma$	$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\sigma$
1	0.0026	0.0000	0.0018	0.0019	0.0000	0.0014	0.0026	0.0019	0.0023
2	0.0062	0.0000	0.0044	0.0029	0.0000	0.0020	0.0062	0.0029	0.0048
3	0.0109	0.0000	0.0077	0.0035	0.0000	0.0025	0.0109	0.0035	0.0081
4	0.0159	0.0000	0.0113	0.0040	0.0000	0.0028	0.0159	0.0040	0.0116
5	0.0214	0.0000	0.0151	0.0045	0.0000	0.0032	0.0214	0.0045	0.0154
6	0.0276	0.0000	0.0195	0.0047	0.0000	0.0033	0.0276	0.0047	0.0198

この角誤差による誤差量が増える影響を下表にしてみました、意外と大きいことが判ります。

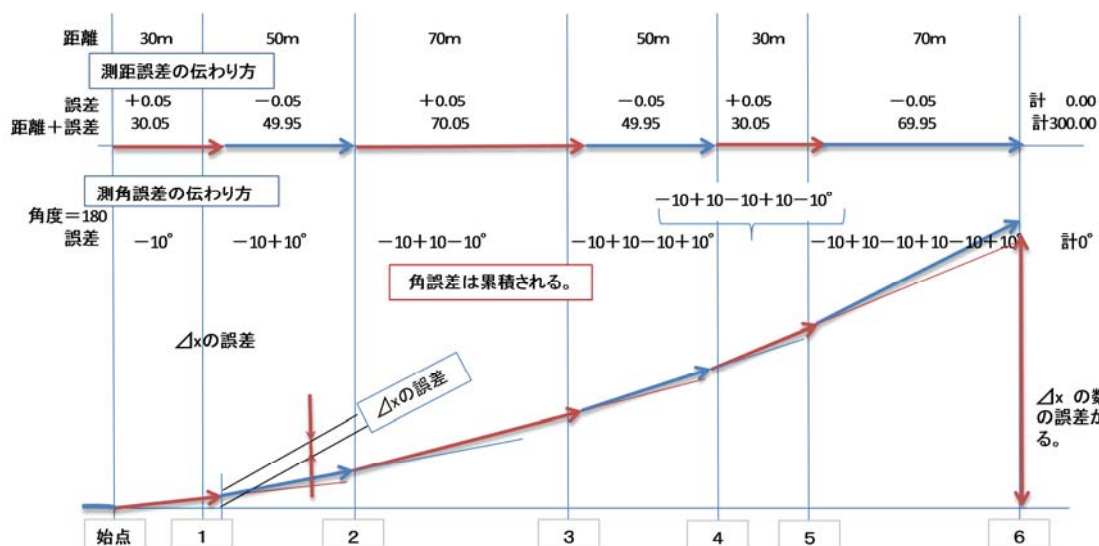


理論値の倍率

点番	混合計算値 /理論値
1	1.4
2	2.0
3	2.7
4	3.3
5	3.9
6	4.6

測角誤差の影響を図にしてみました、これを避けるには多角測量は既知点どうしで結合させ

ること、測点迄の間に開放による多角点の展開を出来るだけ避けることです。結合させると誤差がどのように減少するかは「(3) 多角(混合)測量の計算方式による誤差について」で説明を予定しています。



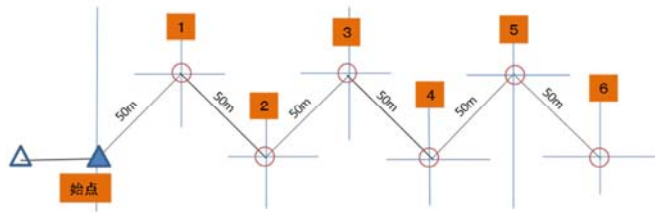
上図で距離誤差は測った距離を単独で計算に使う、そのため個々の誤差の影響を受けるだけなので誤差伝播の法測が成り立ちます。

角度は前点観測角度に計算点の角度を加算して計算する為に前の角度の誤差に計算点での観測角の誤差が加算され、それが次々と累積されていくため最終点での誤差は数倍になることがある。図では点2では観測した角度にその前の点1で観測した角度を加算して、その角度を使ってX座標値、Y座標値を計算します、測点1での観測角誤差がそのまま残っていますので測点2での角観測誤差をそのまま加算した値で計算されることで誤差伝播による誤差にさらに加算された誤差(図の $\Delta x$ )だけ計算誤差が増えます。

この誤差は観測誤差ではなく計算方式による計算誤差だと言うことですが、この数値を実際の多角測量計算で認識することはありません。しいてあげれば事情により開放多角測量を使って確認測量をした結果と、基準点測量によって測量された前の図面に対する評価、いわゆる精度・標準偏差が以外と低いと感じる程度ではないでしょうか、つまり図面の精度が悪いのではなくご自分の測った精度が悪いと言う場合です。

### B パターンの計算結果

次に B のパターンの計算結果をご覧ください、使う観測誤差データは同じです。



B, 90度交互, 50mピッチ, 開放で角度だけの計算

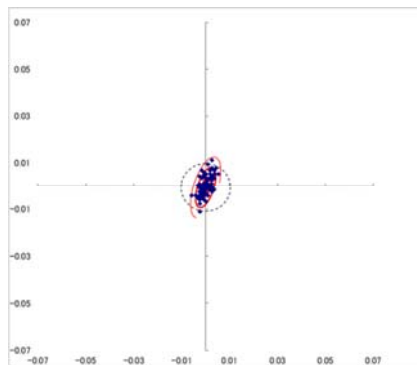
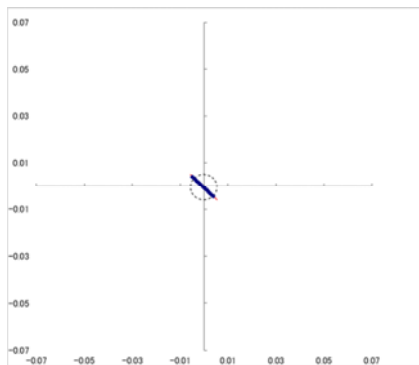
点 1

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0026	0.0000	-0.0005	-0.0002	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0018	0.0018	0.0018	99	-44

点 2

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0046	0.0017	-0.0006	0.0000	-0.757
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0044	0.0021	0.0034	99	17

(スケール 0.070)

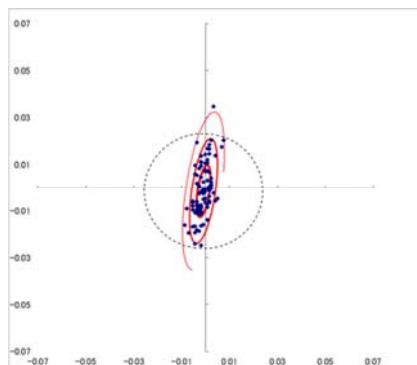
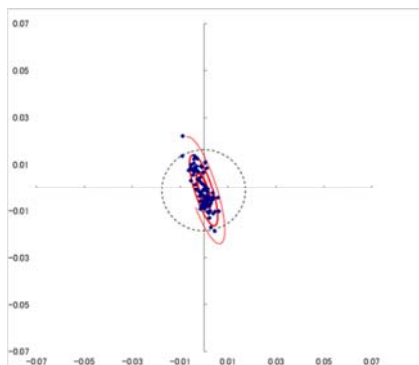


点 3

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0080	0.0019	-0.0010	-0.0002	-0.898
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0077	0.0029	0.0058	99	-17

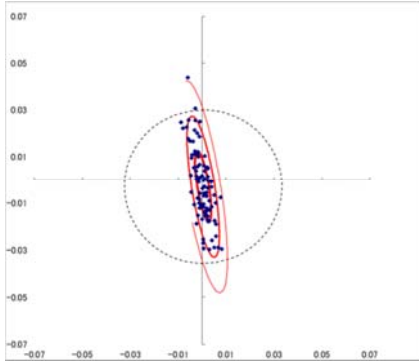
点 4

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0114	0.0024	-0.0014	-0.0009	-0.910
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0113	0.0029	0.0082	99	8



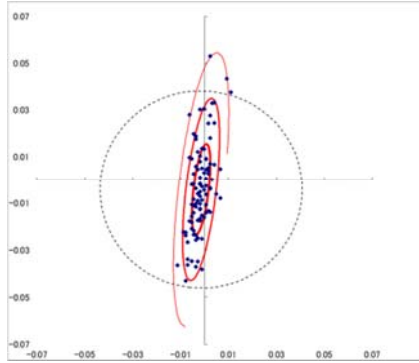
点 5

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0153	0.0024	-0.0027	0.0004	-0.951
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0151	0.0034	0.0109	99	-9



点 6

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0196	0.0031	-0.0039	-0.0015	-0.949
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0195	0.0039	0.0140	99	7

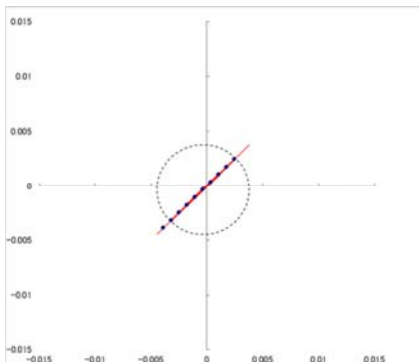


B, 90 度交互, 50m ピッチ, 開放で距離だけの計算

点 1

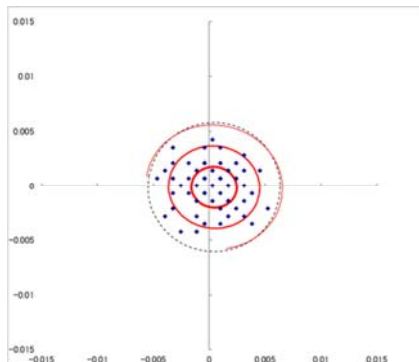
$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0019	#NUM!	-0.0003	-0.0003	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0014	0.0014	0.0014	99	45

(スケール 0.150)



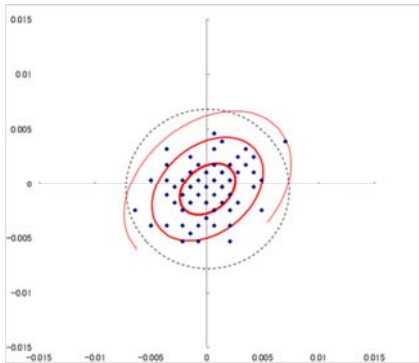
点 2

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0020	0.0019	-0.0001	0.0004	-0.076
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0019	0.0020	0.0020	99	-79



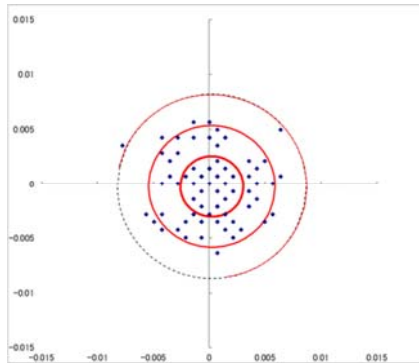
点 3

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0028	0.0020	-0.0005	0.0001	-0.330
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0024	0.0025	0.0024	99	47



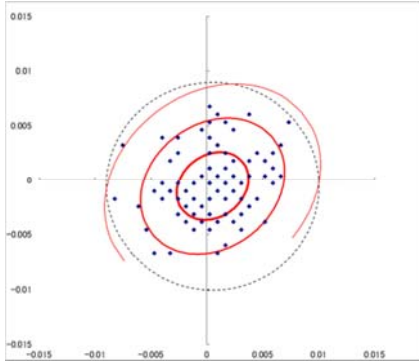
点 4

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0028	0.0028	-0.0002	0.0002	-0.013
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0028	0.0028	0.0028	99	-66



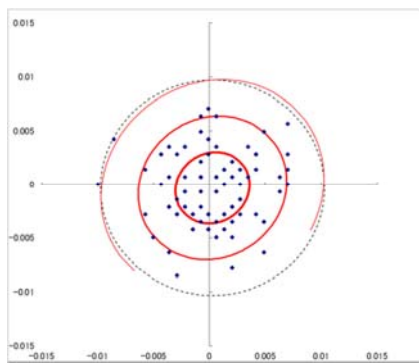
点 5

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0035	0.0029	-0.0005	0.0005	-0.210
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0031	0.0032	0.0032	99	50



点 6

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0035	0.0032	-0.0003	0.0003	-0.090
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0034	0.0033	0.0033	99	42

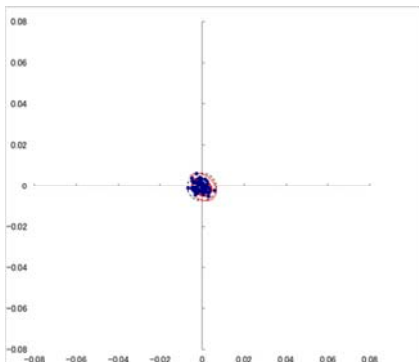


B, 90度交互, 50m ピッチ, 開放で角度と距離の誤差がある混合計算

点 1

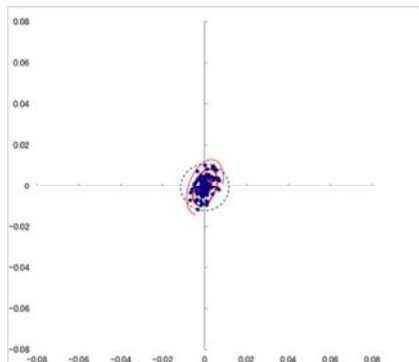
$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0026	0.0019	-0.0005	-0.0002	-0.287
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0023	0.0023	0.0023	99	-43

(スケール 0.080)



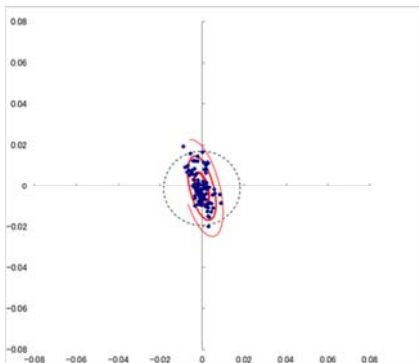
点 2

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0048	0.0026	-0.0007	0.0001	-0.543
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0046	0.0029	0.0038	99	18



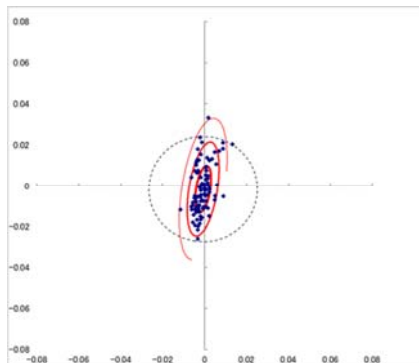
点 3

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0081	0.0029	-0.0011	-0.0002	-0.780
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0079	0.0034	0.0061	99	-13



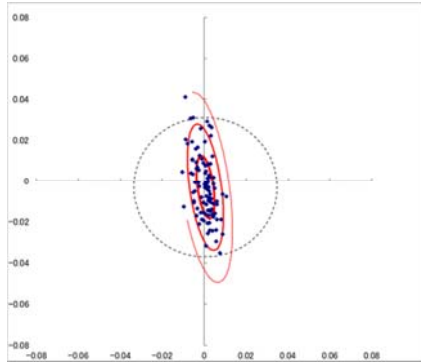
点 4

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0117	0.0033	-0.0016	-0.0007	-0.846
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0116	0.0038	0.0086	99	9



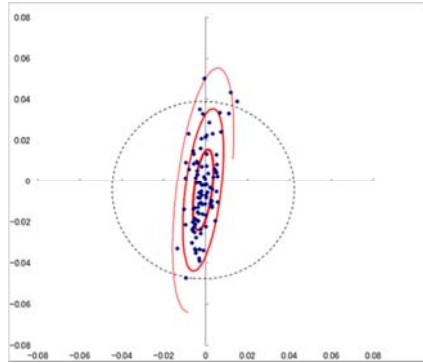
点 5

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\Delta x$	$\Delta y$	相関係数
0.0156	0.0038	-0.0029	0.0006	-0.889
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0155	0.0043	0.0114	99	-8

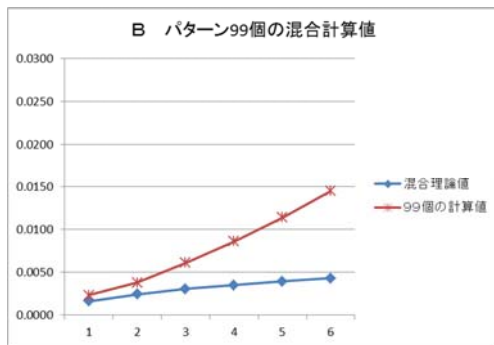
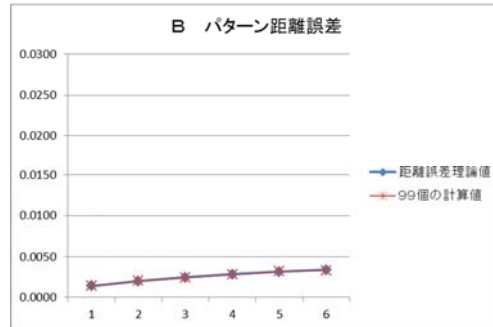
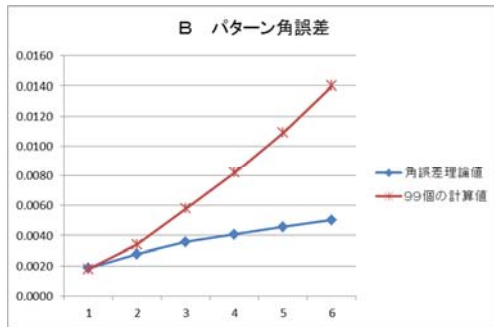


点 6

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\Delta x$	$\Delta y$	相関係数
0.0200	0.0042	-0.0042	-0.0012	-0.914
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0199	0.0049	0.0145	99	7



以下に結果の図, 表を示します, 説明はAパターンと同じなので省略します。

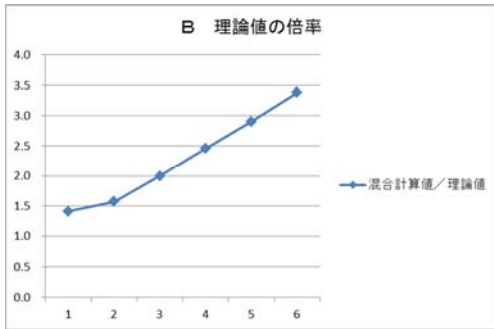


Bパターン 50m交互ピッチ99個の計算結果

点番	角誤差		角誤差		距離誤差			距離誤差		
	$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\sigma$	$\sigma$	$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\sigma$	$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\sigma$
1	0.0026	0.0000	0.0018	0.0019	0.0019	0.0000	0.0014	0.0026	0.0019	0.0023
2	0.0046	0.0017	0.0034	0.0020	0.0020	0.0019	0.0020	0.0048	0.0026	0.0038
3	0.0080	0.0019	0.0058	0.0028	0.0028	0.0020	0.0024	0.0081	0.0029	0.0061
4	0.0114	0.0024	0.0082	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	0.0117	0.0033	0.0086
5	0.0153	0.0024	0.0109	0.0035	0.0035	0.0029	0.0032	0.0156	0.0038	0.0114
6	0.0196	0.0031	0.0140	0.0035	0.0032	0.0032	0.0033	0.0200	0.0042	0.0145

角誤差+距離誤差の混合計算結果

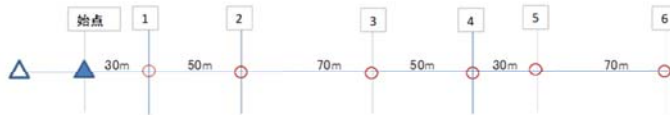




点番	混合計算値 /理論値
1	1.4
2	1.6
3	2.0
4	2.5
5	2.9
6	3.4

### C パターンの計算結果

次にCのパターンの計算結果をご覧下さい、使う観測誤差データは同じです。Aパターンとの違いは点間距離が違います、これによって角誤差による点の位置に与える誤差の量が違ってきます、つまり同じ角誤差で点間距離が長くなれば位置誤差大きく、距離が短くなれば位置誤差は小さくなります。



C, 直線, 30, 50, 70m ピッチ, 開放で角度だけの計算

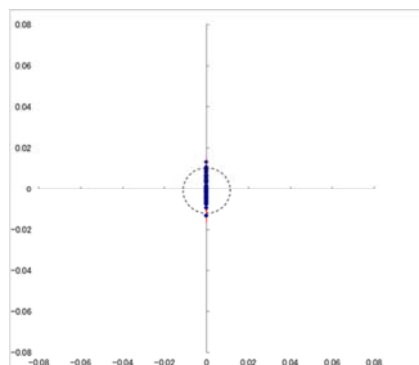
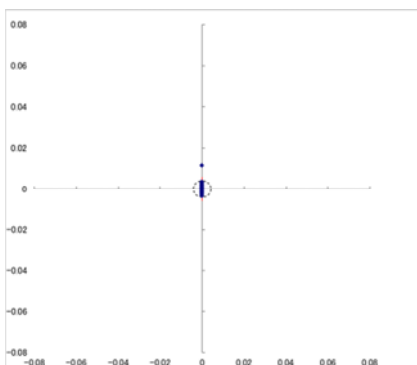
点 1

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0020	0.0000	0.0000	0.0000	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0020	0.0000	0.0014	99	0

点 2

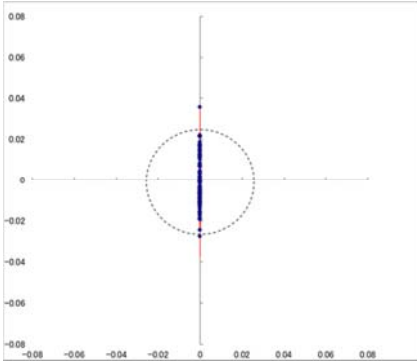
$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0053	0.0000	-0.0008	0.0000	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0053	0.0000	0.0038	99	0

(スケール 0.080)



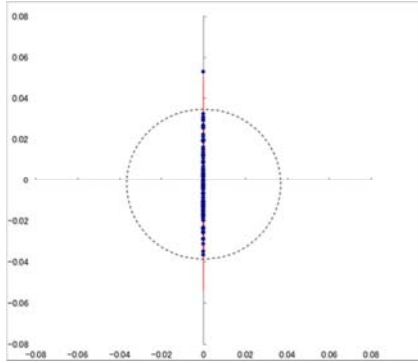
点 3

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0121	0.0000	-0.0009	0.0000	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0121	0.0000	0.0086	99	0



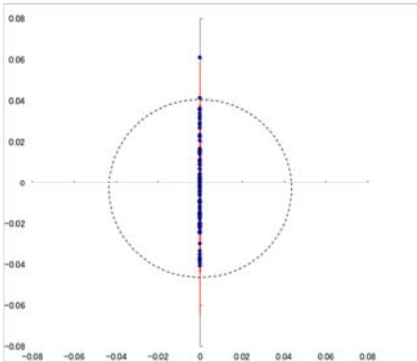
点 4

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0173	0.0000	-0.0019	0.0000	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0173	0.0000	0.0122	99	0



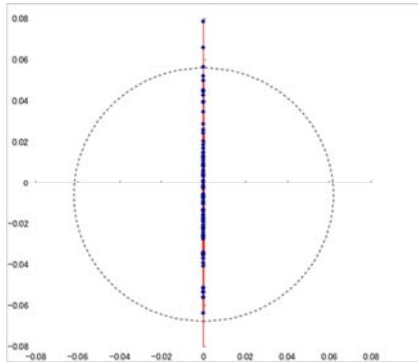
点 5

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0205	0.0000	-0.0028	0.0000	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0205	0.0000	0.0145	99	0



点 6

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0292	0.0000	-0.0058	0.0000	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0292	0.0000	0.0206	99	0

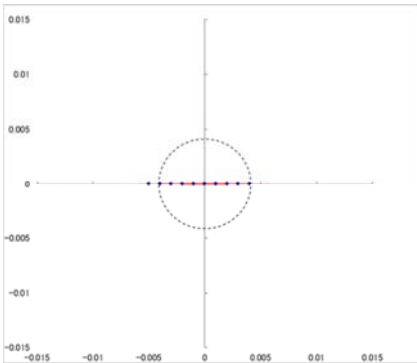


C, 直線, 30, 50, 70m ピッチ, 開放で距離だけの計算

点 1

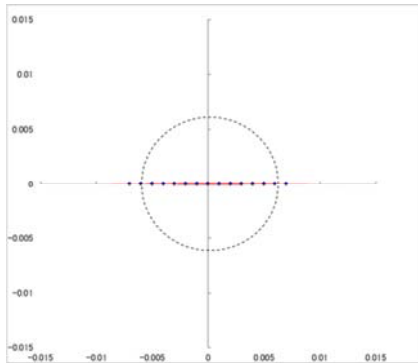
$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0019	0.0000	0.0000	0.0000	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0000	0.0019	0.0014	99	90

(スケール 0.015)



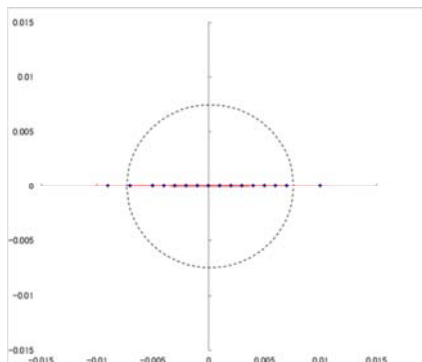
点 2

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0029	0.0000	0.0000	0.0001	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0000	0.0029	0.0020	99	-90



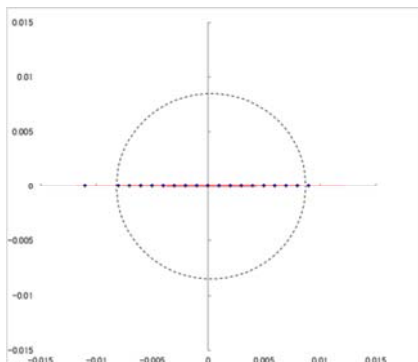
点 3

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0035	0.0000	0.0000	0.0001	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0000	0.0035	0.0025	99	-90



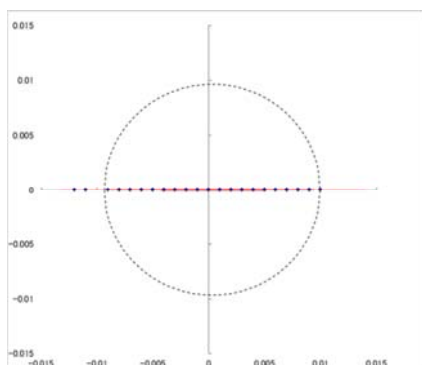
点 4

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0040	0.0000	0.0000	0.0003	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0000	0.0040	0.0028	99	-90



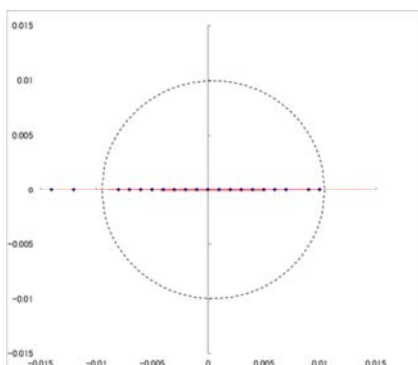
点 5

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0045	0.0000	0.0000	0.0003	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0000	0.0045	0.0032	99	-90



点 6

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0047	0.0000	0.0000	0.0004	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0000	0.0047	0.0033	99	-90

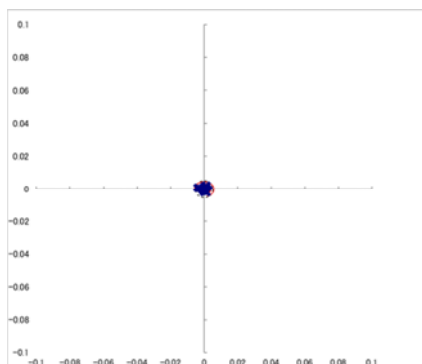


C, 直線, 30, 50, 70m ピッチ, 開放で角度と距離の誤差がある混合計算

点 1

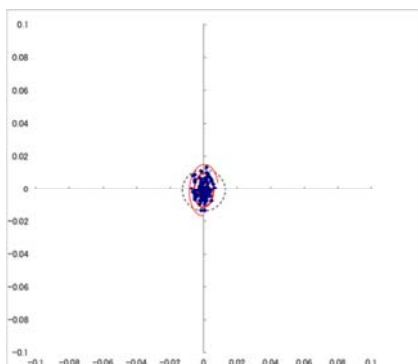
$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0019	0.0016	-0.0001	0.0000	-0.212
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0016	0.0019	0.0018	99	-89

(スケール 0.100)



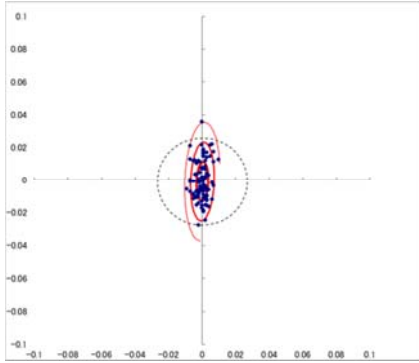
点 2

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0053	0.0029	-0.0008	0.0001	-0.546
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0053	0.0029	0.0043	99	2



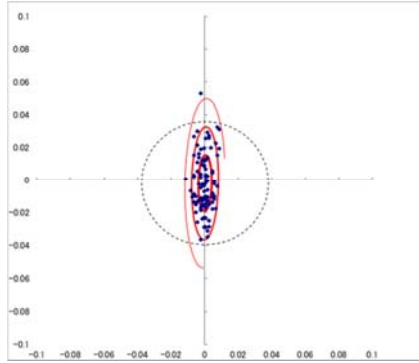
点3

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0121	0.0035	-0.0009	0.0001	-0.847
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0121	0.0035	0.0089	99	2



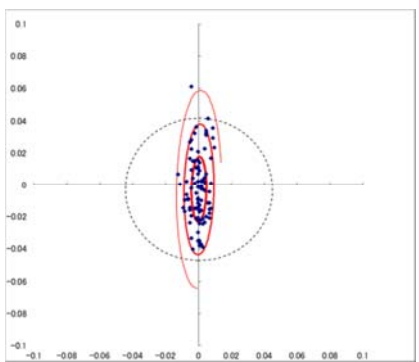
点4

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0173	0.0040	-0.0019	0.0003	-0.899
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0173	0.0040	0.0126	99	1



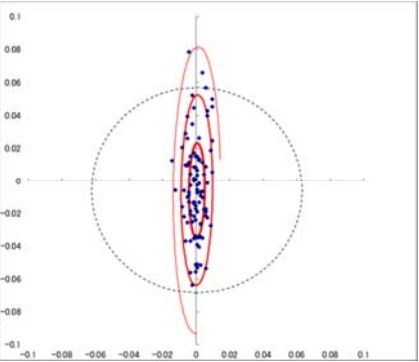
点5

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0205	0.0045	-0.0028	0.0003	-0.907
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0205	0.0045	0.0149	99	1



点6

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0292	0.0047	-0.0058	0.0004	-0.950
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0292	0.0047	0.0209	99	0



以下に結果の図, 表を示します, 説明はAパターンと同じなので省略します。

角誤差 C, Dパターン 30, 50, 70mピッチ

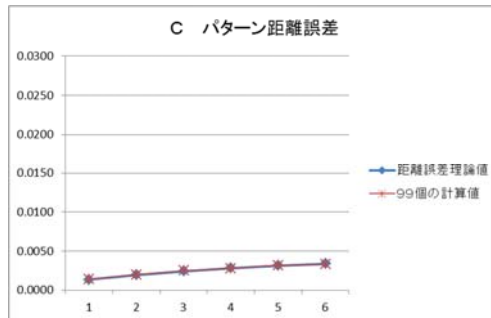
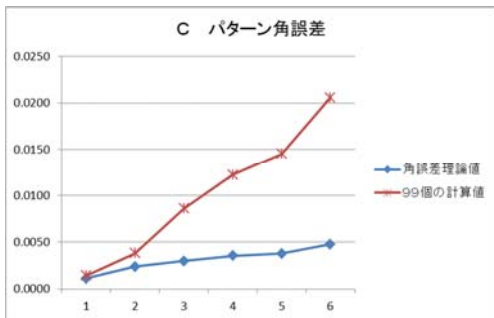
点番	点毎の角誤差 d秒	距離 Smm	点毎の角誤差 mm	誤差伝播の理論値 m
1	10.786	30	1.569	0.0011
2	12.233	50	2.965	0.0024
3	12.903	40	2.502	0.0030
4	11.397	50	2.763	0.0035
5	12.197	30	1.774	0.0038
6	12.206	70	4.142	0.0048
平均	11.954	平均	2.619	

距離誤差

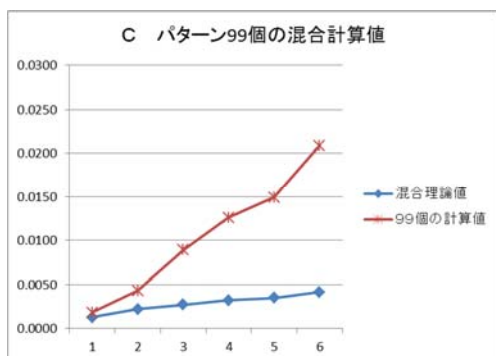
点番	点毎の距離誤差 m	誤差伝播の理論値 m
1	1.946	0.0014
2	1.997	0.0020
3	2.018	0.0024
4	2.045	0.0028
5	1.958	0.0032
6	1.726	0.0034
平均	1.948	

角誤差+距離誤差の理論値

点番	角誤差+距離誤差の理論値
1	0.0012
2	0.0022
3	0.0027
4	0.0032
5	0.0035
6	0.0041



表中の角誤差理論値は誤差伝播の法測によって計算した値です。距離誤差は誤差伝播の法測にしていますが角誤差は誤差伝播の法測は当てはまりません。

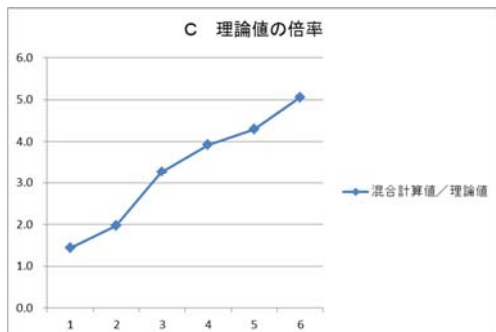


表中の角誤差理論値は誤差伝播の法測によって計算した値です。混合計算した場合は誤差伝播の法測は当てはまりません。

Cパターン 30, 50, 70mピッチの99個の計算結果

角誤差+距離誤差の混合計算結果

点番	角誤差 $\sigma_m$	角誤差 $\sigma_n$	角誤差 $\sigma$	距離誤差 $\sigma_m$	距離誤差 $\sigma_n$	距離誤差 $\sigma$	$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\sigma$
1	0.0020	0.0000	0.0014	0.0019	0.0000	0.0014	0.0019	0.0016	0.0018
2	0.0053	0.0000	0.0038	0.0029	0.0000	0.0020	0.0053	0.0029	0.0043
3	0.0121	0.0000	0.0086	0.0035	0.0000	0.0025	0.0121	0.0035	0.0089
4	0.0173	0.0000	0.0122	0.0040	0.0000	0.0028	0.0173	0.0040	0.0126
5	0.0205	0.0000	0.0145	0.0045	0.0000	0.0032	0.0205	0.0045	0.0149
6	0.0292	0.0000	0.0206	0.0047	0.0000	0.0033	0.0292	0.0047	0.0209

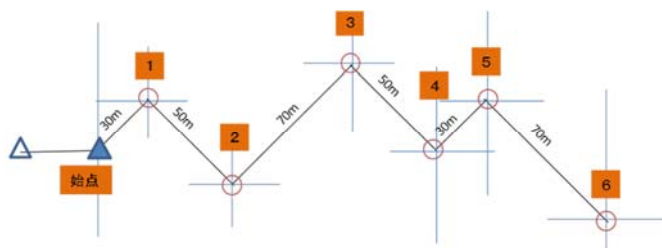


理論値の倍率

点番	混合計算値 / 理論値
1	1.4
2	2.0
3	3.3
4	3.9
5	4.3
6	5.1

## D パターンの計算結果

次にDのパターンの計算結果をご覧下さい、使う観測誤差データは同じです。Bパターンとの違いは点間距離が違います。

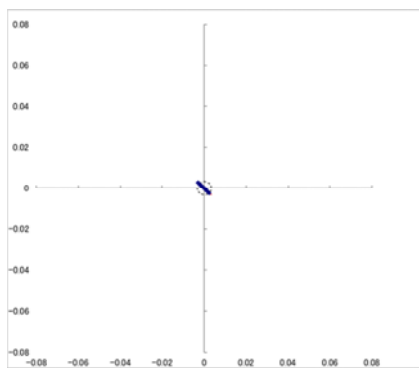


D, 交互, 30, 50, 70mピッチ, 開放で角度だけの計算

点 1

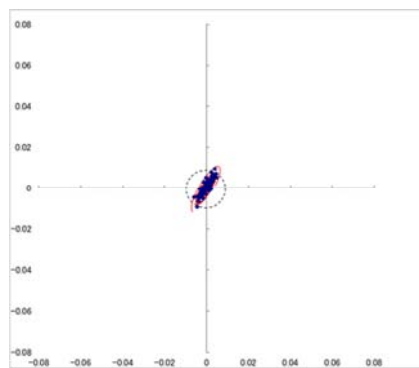
$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0016	0.0000	-0.0001	0.0001	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0011	0.0011	0.0011	99	-45

(スケール 0.080)



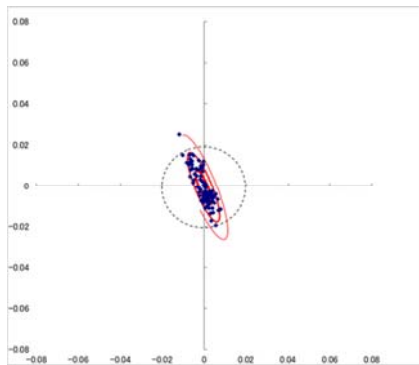
点 2

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0043	0.0010	-0.0005	-0.0004	-0.877
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0038	0.0023	0.0031	99	29



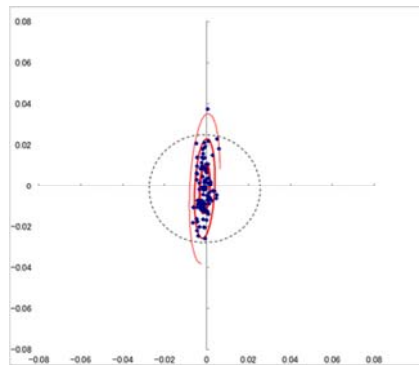
点 3

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0092	0.0020	-0.0007	-0.0003	-0.908
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0086	0.0038	0.0066	99	-21



点 4

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0123	0.0024	-0.0013	-0.0009	-0.928
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0122	0.0024	0.0088	99	3



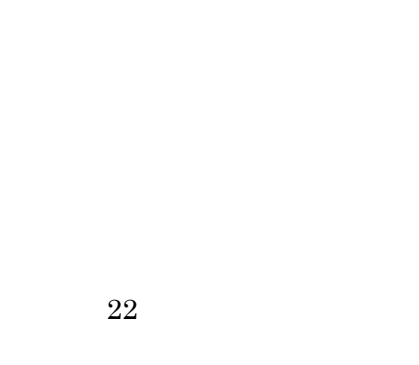
点 5

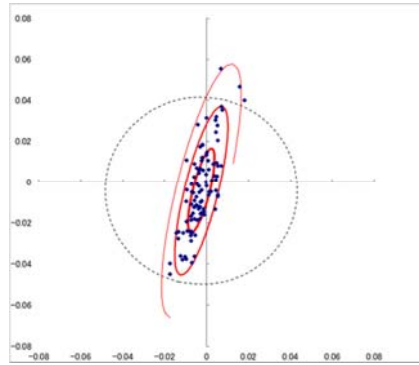
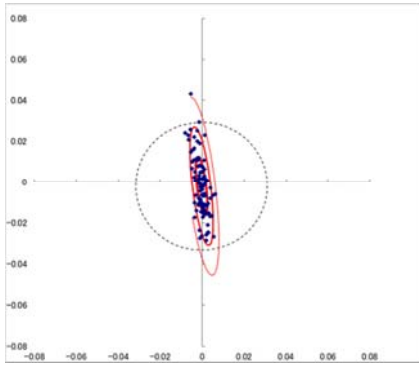
$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0146	0.0022	-0.0020	-0.0003	-0.957
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0145	0.0028	0.0104	99	-6



点 6

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0212	0.0038	-0.0041	-0.0025	-0.931
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0206	0.0063	0.0153	99	14





D, 交互, 30, 50, 70m ピッチ, 開放で距離だけの計算

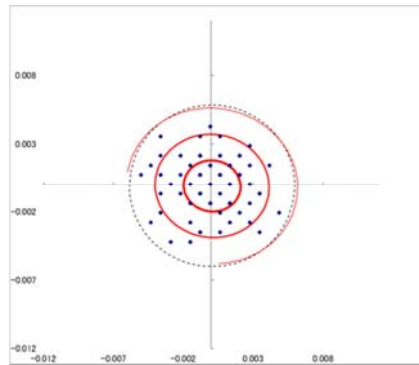
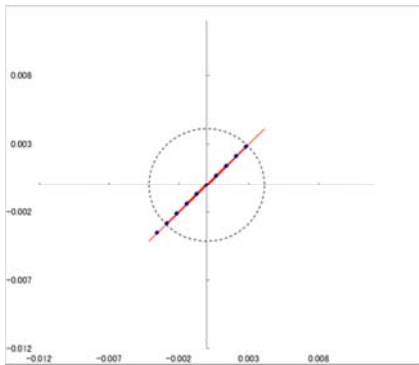
点 1

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0019	#NUM!	0.0000	0.0000	-1.000
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0014	0.0014	0.0014	99	45

点 2

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0020	0.0019	-0.0001	0.0001	-0.076
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0019	0.0020	0.0020	99	-80

(スケール 0.100)

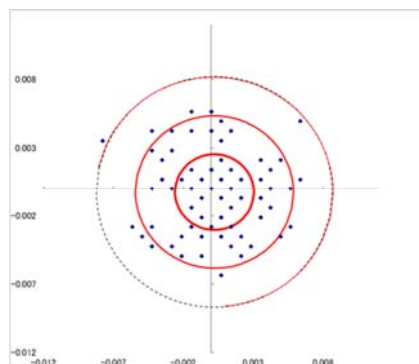
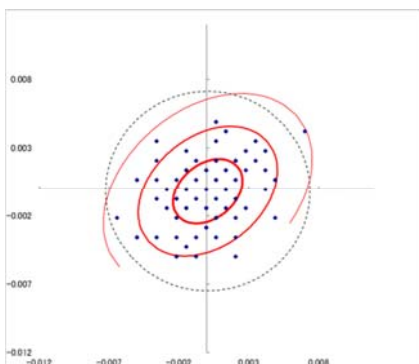


点 3

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0028	0.0020	-0.0002	0.0001	-0.330
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0024	0.0025	0.0024	99	49

点 4

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0028	0.0028	-0.0002	0.0002	-0.013
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0028	0.0028	0.0028	99	-66

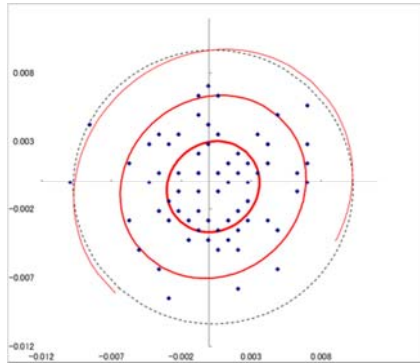
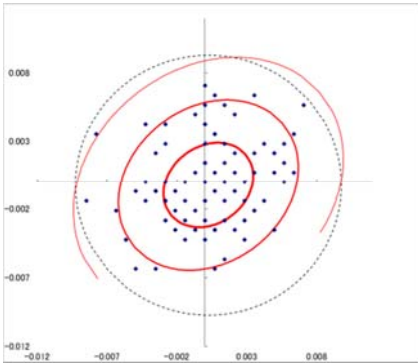


点 5

点 6

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0035	0.0028	-0.0002	0.0002	-0.210
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0031	0.0032	0.0032	99	49

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0035	0.0032	-0.0003	0.0003	-0.090
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0034	0.0033	0.0033	99	41



D, 交互, 30, 50, 70m ピッチ, 開放で角度と距離の誤差がある混合計算

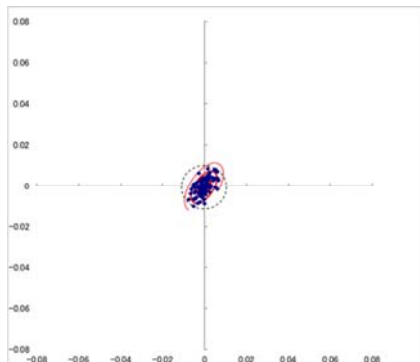
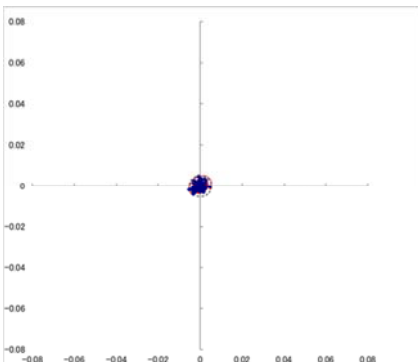
点 1

点 2

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0019	0.0016	-0.0001	0.0001	-0.212
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0018	0.0018	0.0018	99	46

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0045	0.0022	-0.0006	-0.0003	-0.603
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0040	0.0031	0.0036	99	32

(スケール 0.080)

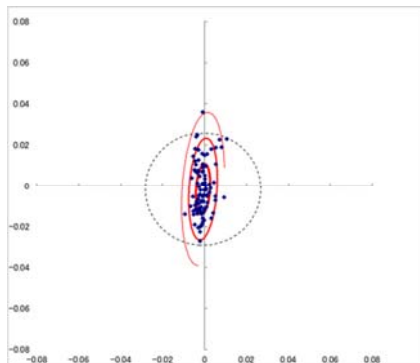
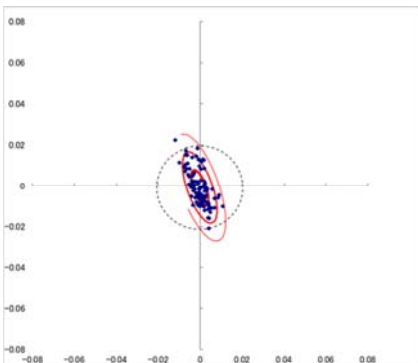


点 3

点 4

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0092	0.0030	-0.0008	-0.0002	-0.804
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0087	0.0041	0.0068	99	-19

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0125	0.0033	-0.0016	-0.0007	-0.869
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0125	0.0034	0.0092	99	4

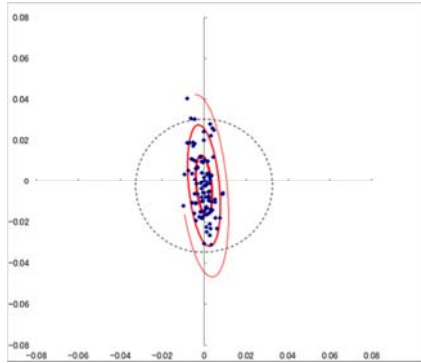




点 5

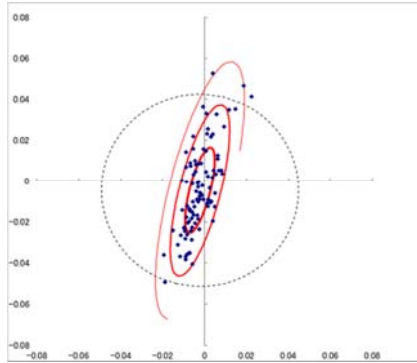
$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\Delta x$	$\Delta y$	相関係数
0.0149	0.0037	-0.0022	-0.0001	-0.887
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0149	0.0039	0.0109	99	-5

(スケール 0.080)

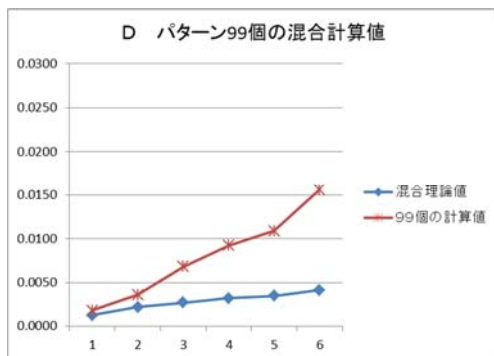
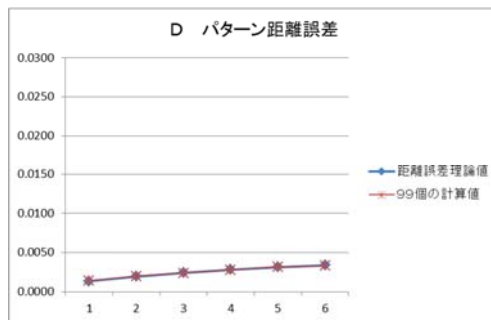
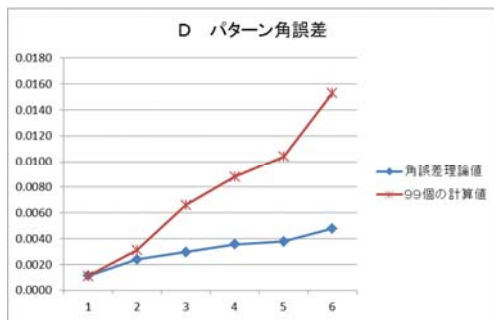


点 6

$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\Delta x$	$\Delta y$	相関係数
0.0216	0.0048	-0.0044	-0.0022	-0.901
$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma$	カウント	楕円角度
0.0210	0.0071	0.0156	99	15



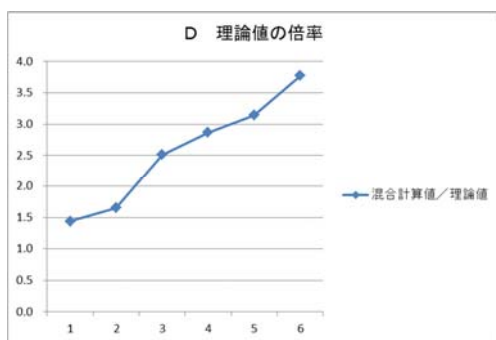
以下に結果の図, 表を示します, 説明はAパターンと同じなので省略します。



Dパターン 30, 50, 70m交互ピッチ99個の計算結果

角誤差+距離誤差の混合計算結果

点番	角誤差		距離誤差			混合計算結果		
	$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\sigma$	$\sigma_m$	$\sigma_n$	$\sigma$
1	0.0016	0.0000	0.0019	0.0000	0.0014	0.0019	0.0016	0.0018
2	0.0043	0.0010	0.0020	0.0019	0.0020	0.0045	0.0022	0.0036
3	0.0092	0.0020	0.0028	0.0020	0.0024	0.0092	0.0030	0.0068
4	0.0123	0.0024	0.0028	0.0028	0.0028	0.0125	0.0033	0.0092
5	0.0146	0.0022	0.0035	0.0028	0.0032	0.0149	0.0037	0.0109
6	0.0212	0.0038	0.0035	0.0032	0.0033	0.0216	0.0048	0.0156



点番	混合計算値 / 理論値
1	1.4
2	1.7
3	2.5
4	2.9
5	3.1
6	3.8

### 境界点測量に与える影響への考察

計算結果を中心に表示して、無駄な考察を避けました、見る方によって評価は様々でしょうが意義のあるデータ解析と思っています。

境界測量で多角点の展開を開放多角測量でする方は少ないと思うが念のため言えば、実際はDパターンの展開が多いと思う。そこから言えることは**想定された以上の誤差が計算されてしまうと言うことである。**

これは観測誤差の問題よりは計算方法の問題であって避けられないことである、したがって多角点(トラバー)の開放展開を出来るだけ避けるしかありません。

角誤差は誤差伝播の法則に従わないが距離誤差は誤差伝播の法則に従う、結果として**誤差伝播の法則は多角測量では当てはまらない**と言うことが確認できました。

### 小方儀を使った導線測量について

小方儀に限らず、明治時代の測量器はコンパス(磁石)を備えていて、磁北からの角度を測っていましたので現代の多角測量とは角度の計算方法が異なります。

仮定として、磁北が正確にセット出来るのであれば誤差の累積は生じません、したがって誤差の伝播の法則から誤差の量が想定出来ます。

2016/12/10

土地家屋調査士・測量士 小野孝治