

(4) 混合測量における相対誤差について

(1) 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) 多角測量の計算方式による誤差について、(4) 混合測量における相対誤差について の(4)です。

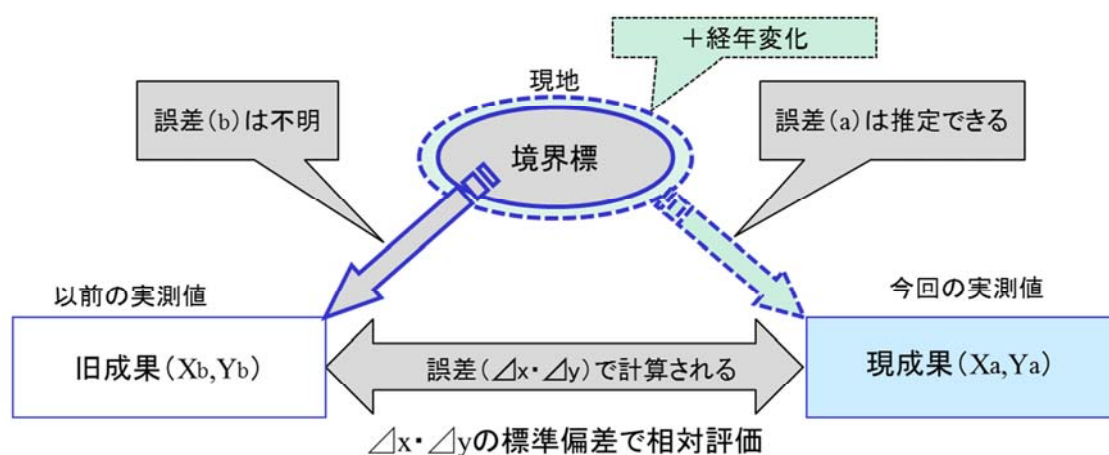
次の図は境界(筆界)図精度のイメージ図です、現地にある境界標とかその他の地物を以前に測った結果を旧成果とします、今回実測した結果を現成果としますとこの二つの精度は 現成果－旧成果＝較差 から較差を誤差として標準偏差を計算して精度として評価します。

ところが、境界標と旧成果の間にも誤差が存在します、この誤差の値は不明です、仮にその当時の測量器機、計算方法、観測者の技量が判ればある程度推測が出来ますが境界(筆界)図にはそのような情報が書き込まれていることはほとんどありませんので推し測ることは出来ません、旧成果が古ければそのような情報は全く期待できません。

現成果についての情報は揃っているはずですが、しかし現成果には現地の境界標の経年変化が含まれており、これをある程度予測して修正することは可能ですが完全に修正することは出来ません。

したがって、計算された標準偏差の中にはこの経年変化が含まれていることが前提になります、ある一定以上に大きな経年変化はデータ解析によって見つければ修正出来るか検定によって除ける可能性はあります。

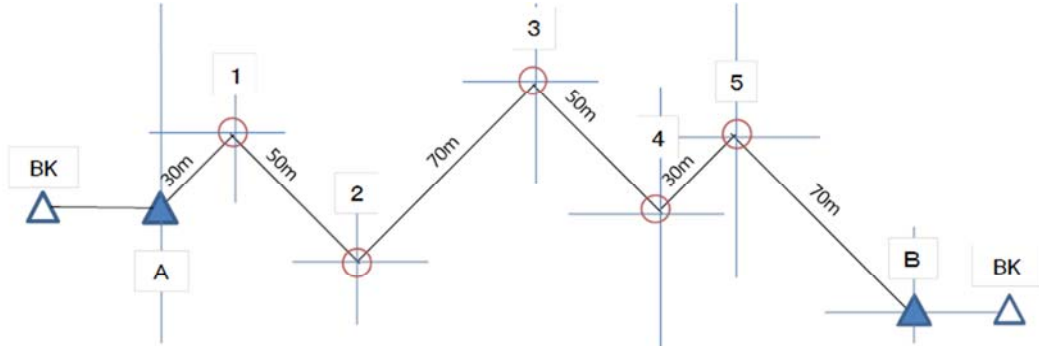
以下に説明する内容にはこの経年変化については考慮しておりません。それでも相当に複雑であり今まで誰も証明したことがなかったと思います。



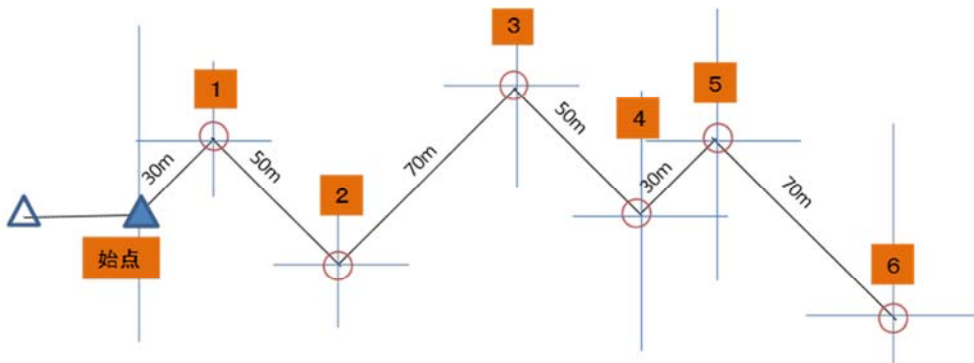
データ

データは「(2) 測量器機の性能差による誤差について」で作成したデータを使います，図にある境界標対旧成果の誤差は判りません，そこで理論上の境界標の成果を作成します。この理論上の成果にたして大きめの誤差を与え，旧成果とします，次に同じ理論上の成果に小さめの誤差を与えて現成果とします。

A, 90度交叉, 30, 50, 70m ピッチ, 結合多角



B, 90度交叉 30, 50, 70m ピッチ, 開放多角



旧成果と現成果は通常計算している方法，現成果－旧成果＝較差(Δx ・ Δy)から標準偏差を計算します。

この結果から誤差 b ，誤差 a ，誤差 Δx ・ Δy の関係を確認してみます，実際のデータでは誤差 b は不明です，誤差 a は使用している測量器機，測量法法等から理論的に推定出来ます，旧成果(図面值)と現成果から誤差 Δx ・ Δy 計算できます。上図の三つの誤差の関係がわかれば誤差 b を推定することができます。仮定として境界に動きがなければ明治時代に作成された地租改正地引絵図，地押し調査更正図がどの程度の測量誤差をもって測量されたかが推測出来ます。そこによって境界確認，筆界特定，境界確定訴訟などで必ず役立つと信じます。

仮定として，誤差伝播の法測によって誤差 σ (誤差 Δx ・ Δy (成果 X_b －成果 X_a ，成果 Y_b －

成果 Y_a), は σ_1 (誤差 a), σ_2 (誤差 b)として $\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$ 関係にあると推測出来ませんがこれを確認してみます。

データは「(2) 測量器機の性能差による誤差について」で作成したものの中から適当に選んだ4つの例を表示します。

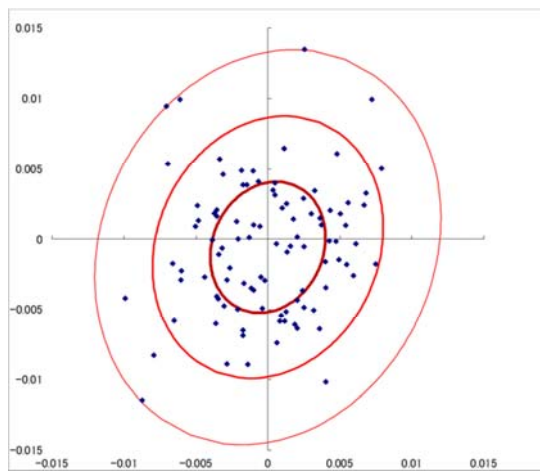
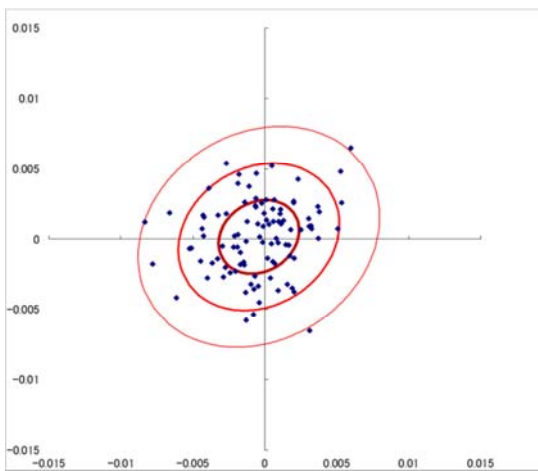
1. 誤差 a(5sec, 結合, 点 2)と

誤差 b(20sec, 結合, 点 2)の関係

σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0030	0.0023	0.0002	-0.0004	-0.191
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0026	0.0028	0.0027	99	57

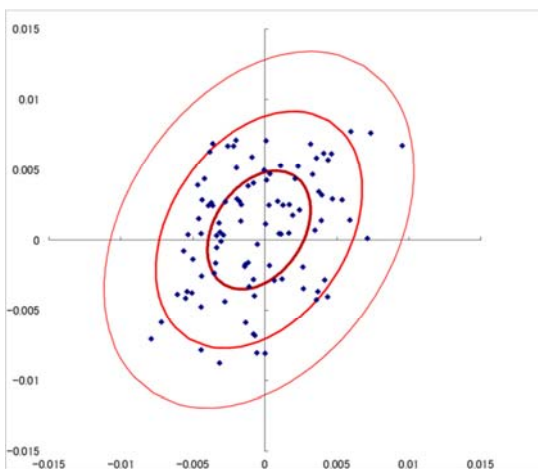
σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0048	0.0039	-0.0006	0.0000	-0.212
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0047	0.0040	0.0044	99	21

(スケール 0.015)



誤差 $\Delta x \cdot \Delta y$ (成果 X_b - 成果 X_a , 成果 Y_b - 成果 Y_a)

σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0046	0.0030	0.0007	-0.0004	-0.369
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0042	0.0036	0.0039	99	30



誤差伝播の法測で計算すれば $\sigma = \sqrt{0.0044^2 + 0.0027^2} = 0.0052$ となり、実際に計算された 0.0039 とは全く違う数値になり、この法測ではないことが判りました。

$$\sigma = \sqrt{0.0044^2 + 0.0027^2} = 0.0052 \text{ (誤差 } \Delta x \cdot \Delta y \text{ の差 } -0.0013)$$

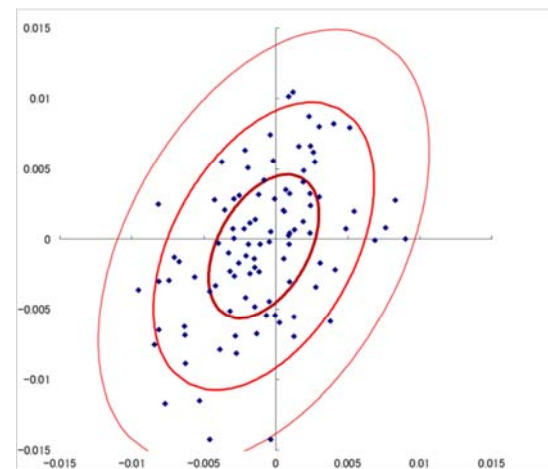
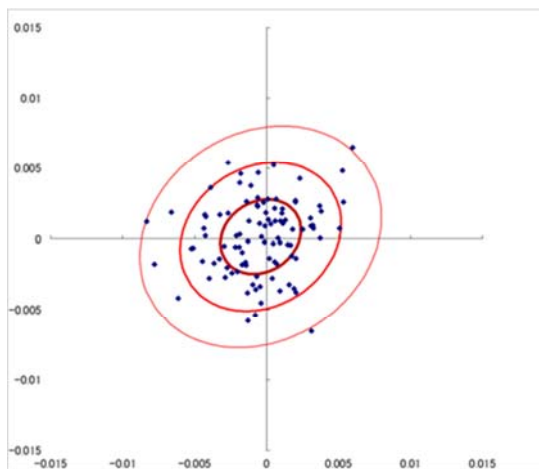
標準偏差の大きい方 0.0044 (誤差 $\Delta x \cdot \Delta y$ の差 -0.0005)

2. 誤差 a(5sec, 結合, 点 2) と誤差 b(10sec, 開放, 点 2) の関係

σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0030	0.0023	0.0002	-0.0004	-0.191
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0026	0.0028	0.0027	99	57

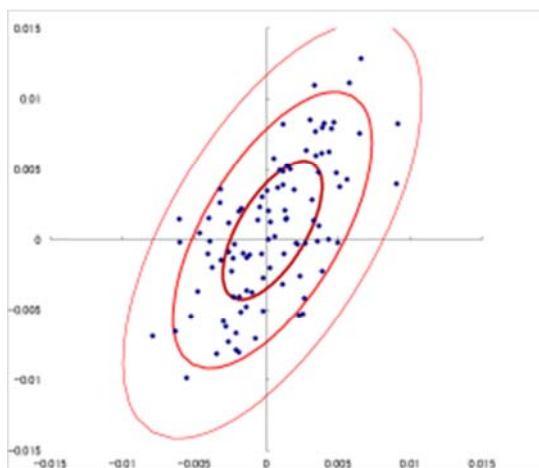
σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0056	0.0031	-0.0005	-0.0008	-0.507
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0051	0.0038	0.0045	99	29

(スケール 0.0015)



誤差 $\Delta x \cdot \Delta y$ (成果 $X_b - 成果 X_a$, 成果 $Y_b - 成果 Y_a$)

σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0055	0.0023	0.0007	0.0004	-0.688
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0049	0.0035	0.0043	99	30



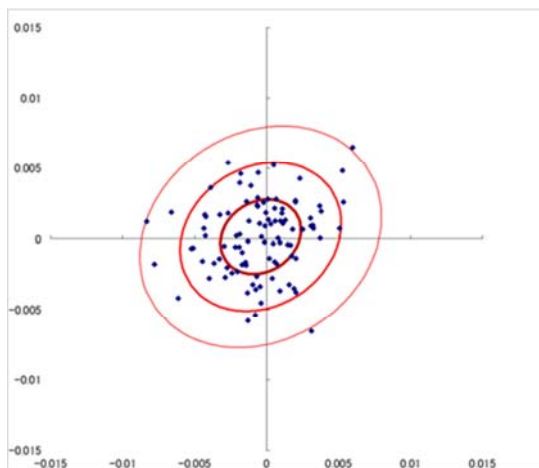
$$\sigma = \sqrt{0.0045^2 + 0.0027^2} = 0.0052 \quad (\text{誤差 } \Delta x \cdot \Delta y \text{ の差 } -0.0009)$$

標準偏差の大きい方 0.0045 (誤差 $\Delta x \cdot \Delta y$ の差 -0.0002)

3. 誤差 a(5sec, 結合, 点 2) と誤差 b(30sec, 開放, 点 2) の関係

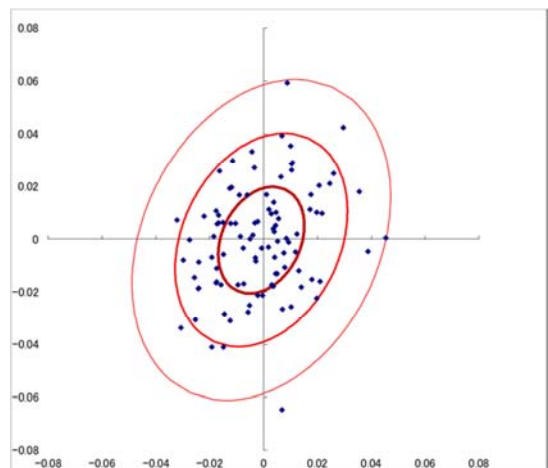
σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0030	0.0023	0.0002	-0.0004	-0.191
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0026	0.0028	0.0027	99	57

(スケール 0.0015)



σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0212	0.0147	-0.0003	-0.0009	-0.351
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0203	0.0160	0.0183	99	24

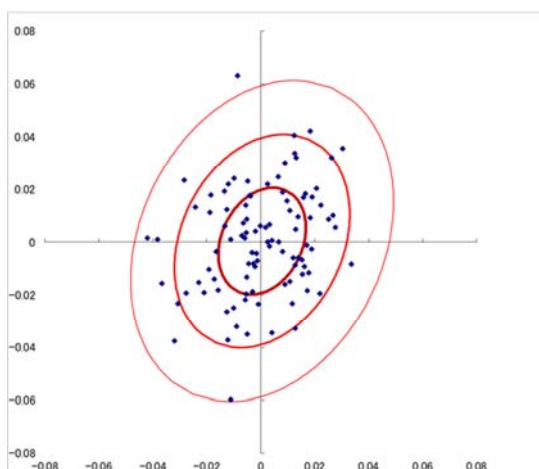
(スケール 0.080)



誤差 $\Delta x \cdot \Delta y$ (成果 X_b - 成果 X_a , 成果 Y_b - 成果 Y_a)

σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0212	0.0150	0.0005	0.0005	-0.327
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0203	0.0162	0.0184	99	24

(スケール 0.080)



$$\sigma = \sqrt{0.0183^2 + 0.0027^2} = 0.0185 \quad (\text{誤差 } \Delta x \cdot \Delta y \text{ の差 } -0.0001)$$

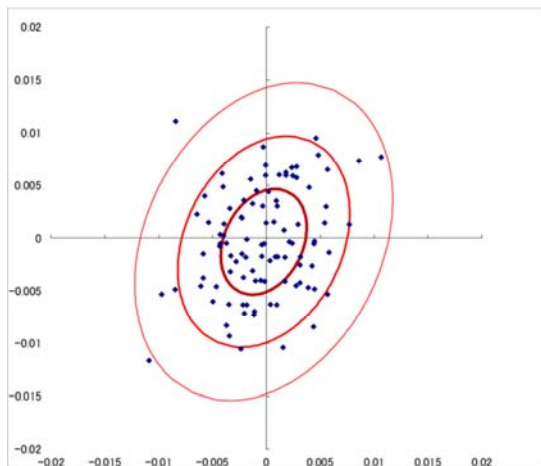
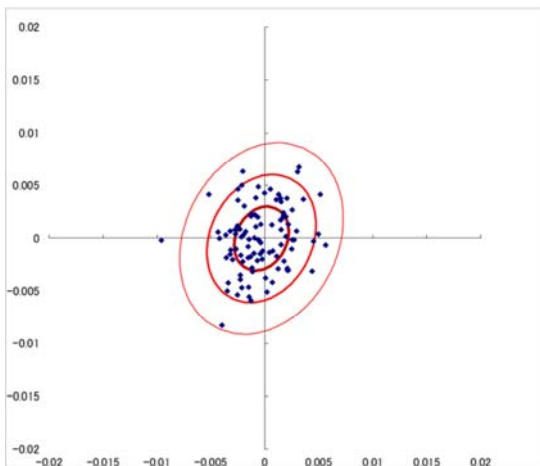
標準偏差の大きい方 0.0183 (誤差 Δx ・ Δy の差+0.0001)

4. 誤差 a(5sec, 結合, 点 4)と誤差 b(20sec, 結合, 点 4)の関係

σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0032	0.0024	0.0000	-0.0003	-0.276
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0030	0.0025	0.0028	99	25

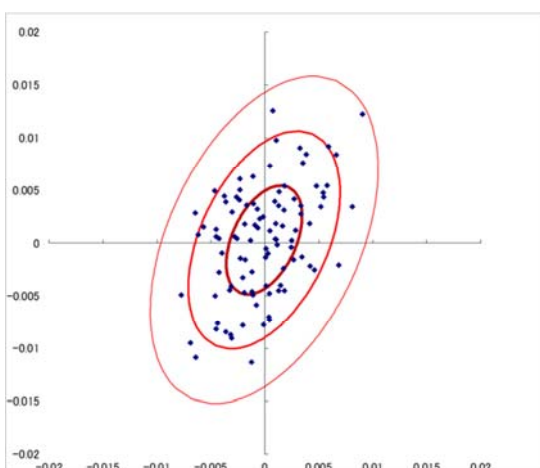
σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0053	0.0037	-0.0003	-0.0003	-0.344
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0050	0.0040	0.0045	99	25

(スケール 0.02)



誤差 Δx ・ Δy (成果 X_b - 成果 X_a , 成果 Y_b - 成果 Y_a)

σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0055	0.0029	0.0003	-0.0001	-0.548
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0052	0.0035	0.0044	99	24



$$\sigma = \sqrt{0.0045^2 + 0.0028^2} = 0.0052 \quad (\text{誤差}\Delta x \cdot \Delta y \text{の差}-0.0008)$$

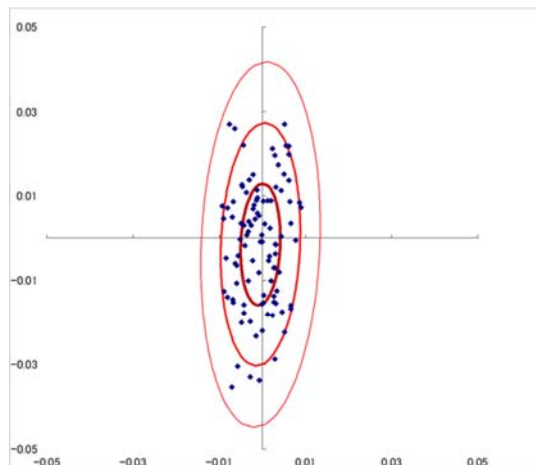
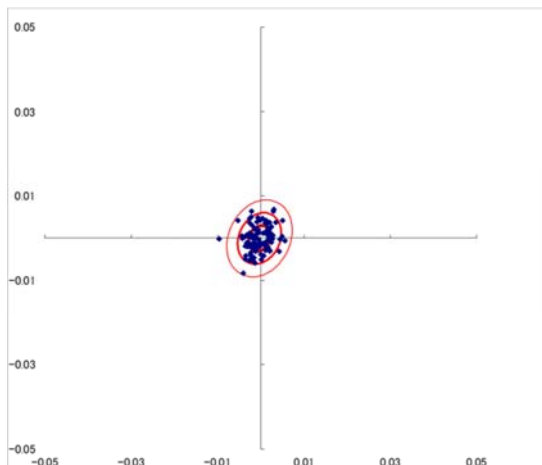
標準偏差の大きい方 0.0045 (誤差 Δx ・ Δy の差-0.0001)

5. 誤差 a(5sec, 結合, 点 4)と誤差 b(10sec, 開放, 点 4)の関係

σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0032	0.0024	0.0000	-0.0003	-0.276
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0030	0.0025	0.0028	99	25

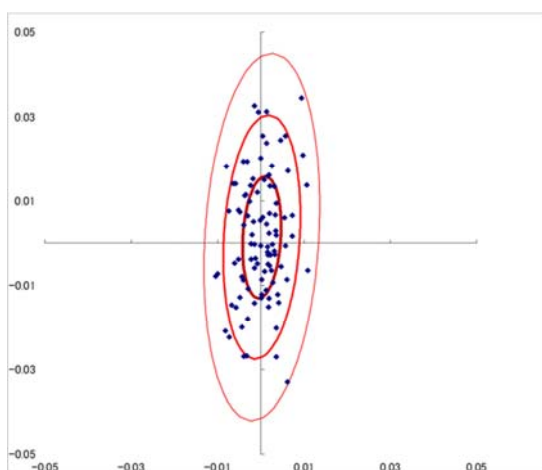
σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0144	0.0046	-0.0015	-0.0004	-0.817
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0144	0.0046	0.0107	99	2

(スケール 0.050)



誤差 $\Delta x \cdot \Delta y$ (成果 X_b - 成果 X_a , 成果 Y_b - 成果 Y_a)

σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0145	0.0044	0.0014	0.0002	-0.832
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0145	0.0045	0.0107	99	3



$$\sigma = \sqrt{0.0107^2 + 0.0028^2} = 0.0111 \quad (\text{誤差 } \Delta x \cdot \Delta y \text{ の差 } -0.0004)$$

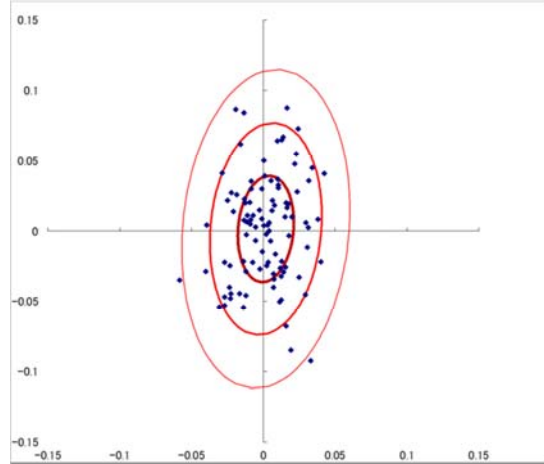
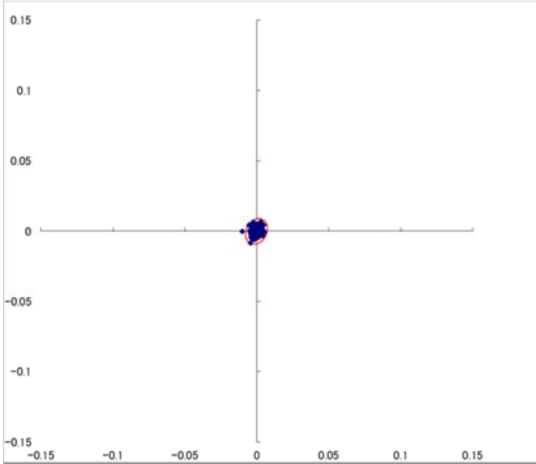
標準偏差の大きい方 0.0107 (誤差 $\Delta x \cdot \Delta y$ の差 -0.0000)

6. 誤差 a(5sec, 結合, 点 4)と誤差 b(30sec, 開放, 点 4)の関係

σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0032	0.0024	0.0000	-0.0003	-0.276
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0030	0.0025	0.0028	99	25

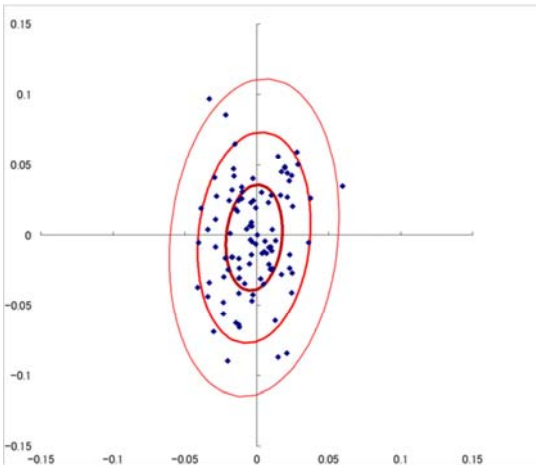
σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0379	0.0193	0.0017	0.0017	-0.589
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0378	0.0195	0.0301	99	5

(スケール 0.150)



誤差 $\Delta x \cdot \Delta y$ (成果 X_b - 成果 X_a , 成果 Y_b - 成果 Y_a)

σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0378	0.0194	-0.0017	-0.0019	-0.584
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0377	0.0196	0.0300	99	6



$$\sigma = \sqrt{0.0301^2 + 0.0028^2} = 0.0302 \quad (\text{誤差 } \Delta x \cdot \Delta y \text{ の差 } -0.0002)$$

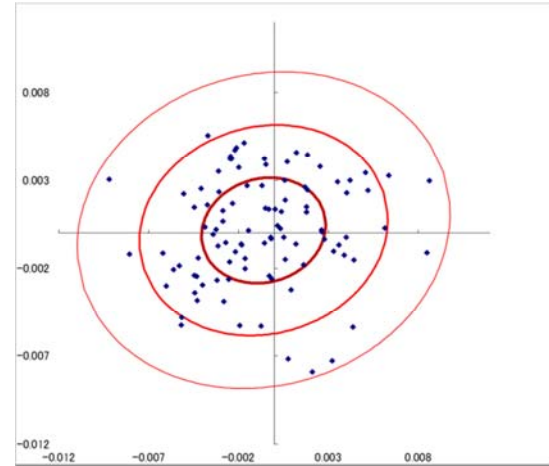
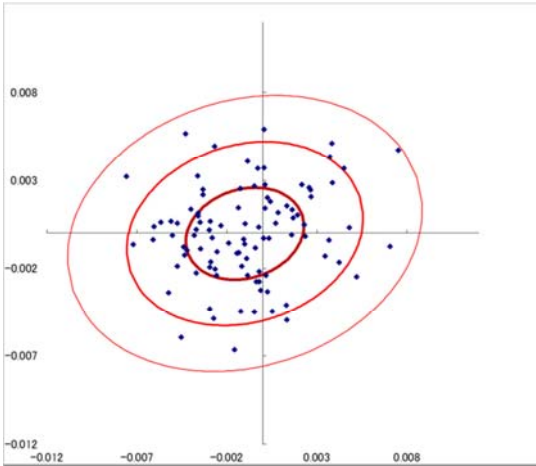
標準偏差の大きい方 0.0301 (誤差 $\Delta x \cdot \Delta y$ の差 -0.0001)

7. 誤差 a(1sec, 結合, 点 3)と誤差 b(5sec, 結合, 点 3)の関係

σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0034	0.0022	0.0000	-0.0010	-0.280
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0026	0.0033	0.0030	99	74

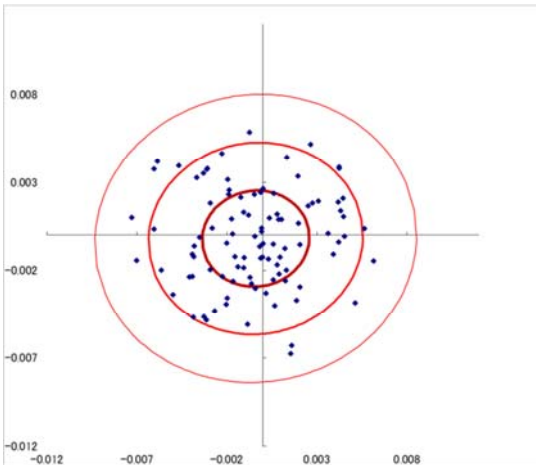
σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0035	0.0027	0.0002	-0.0006	-0.174
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0030	0.0035	0.0032	99	74

(スケール 0.012)



誤差 $\Delta x \cdot \Delta y$ (成果 $X_b - 成果 X_a$, 成果 $Y_b - 成果 Y_a$)

σ_m	σ_n	$\overline{\Delta x}$	$\overline{\Delta y}$	相関係数
0.0030	0.0025	-0.0002	-0.0004	-0.091
σ_x	σ_y	σ	カウント	楕円角度
0.0027	0.0030	0.0029	99	78



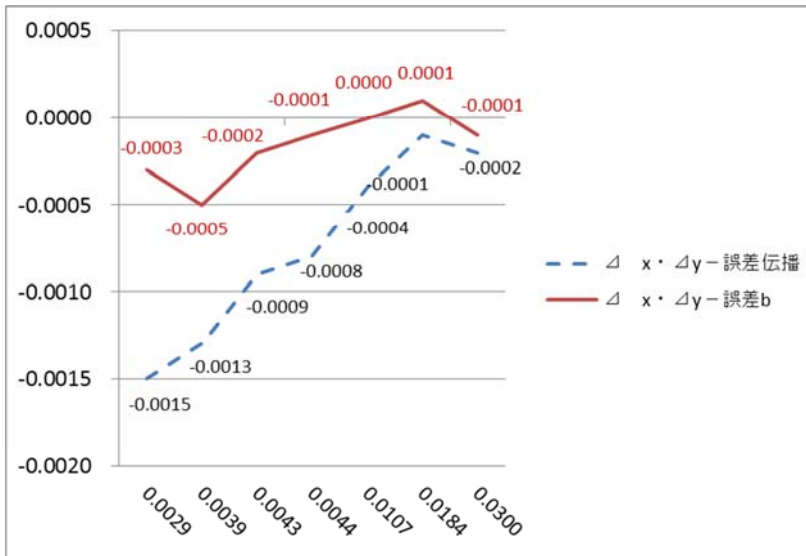
$$\sigma = \sqrt{0.0032^2 + 0.0030^2} = 0.0044 \quad (\text{誤差 } \Delta x \cdot \Delta y \text{ の差 } -0.0014)$$

標準偏差の大きい方 0.0032 (誤差 $\Delta x \cdot \Delta y$ の差 -0.0003)

まとめ

次の表は標準偏差の小さい順にここまでの結果を並べたものです, この結果をさらにグラフにしたのが次のグラフです。

No.	$\Delta x \cdot \Delta y$	誤差伝播	誤差b	$\Delta x \cdot \Delta y$ -誤差伝播	$\Delta x \cdot \Delta y$ -誤差b
7	0.0029	0.0044	0.0032	-0.0015	-0.0003
1	0.0039	0.0052	0.0044	-0.0013	-0.0005
2	0.0043	0.0052	0.0045	-0.0009	-0.0002
4	0.0044	0.0052	0.0045	-0.0008	-0.0001
5	0.0107	0.0111	0.0107	-0.0004	0.0000
3	0.0184	0.0185	0.0183	-0.0001	0.0001
6	0.0300	0.0302	0.0301	-0.0002	-0.0001
	平均			-0.0007	-0.0002

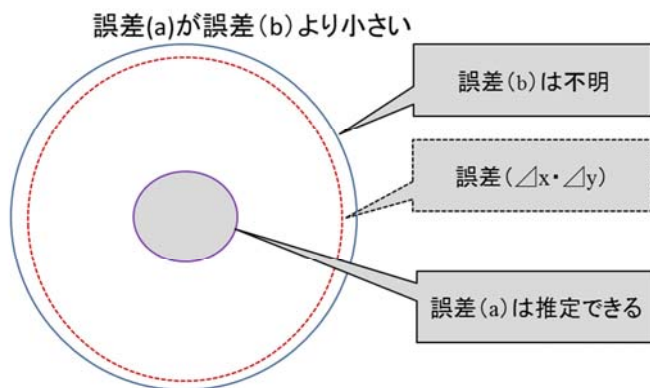


標準偏差が 0.010 (10mm) を超えると誤差(a)と誤差(b)のどちらかの大きい方の標準偏差と誤差 $\Delta x \cdot \Delta y$ (成果 X_b - 成果 X_a , 成果 Y_b - 成果 Y_a)に差がないことが判ります。

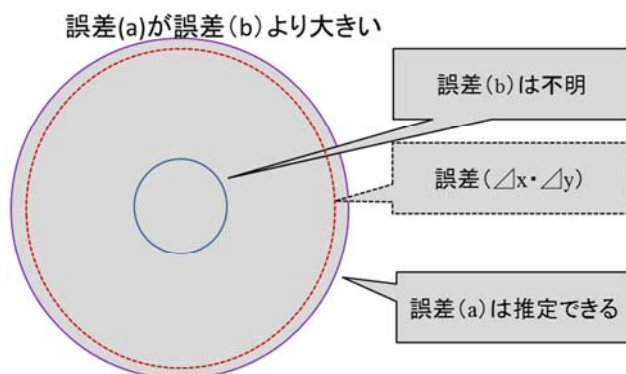
たぶん、現成果の標準偏差を5mm以下と想定(測量器機の性能差による誤差についてを参照)すれば誤差(a), 誤差(b)と誤差 $\Delta x \cdot \Delta y$ の間には関係を示す式が存在しないのだろう。

単純に誤差(a), 誤差(b)のどちらかの大きな誤差と誤差 $\Delta x \cdot \Delta y$ はイコールの関係にあり, 誤差(a), 誤差(b)のどちらかの小さな誤差は大きな誤差に含まれてしまっていると考えられます。

イメージとして, 誤差(a)は小さいはずなので下図のとおりなのであろうから現成果, 誤差 $\Delta x \cdot \Delta y$ が正しいと信じて様々な計算処理を行えば良いということになります。いずれにしても1mm以下の数値なので何らかの影響が出る程の差がないということですが, このことはこれで終了とします。



ところが、現在の測量においては測量器機の性能が頭打ちにあります、下図のように逆転伝承が起こる可能性があります。



これは、旧成果の標準偏差が 0.003(3mm)の時に現成果の標準偏差が 0.005(5mm)の時に本来持っている旧成果対境界標の精度を落としてしまうことがあります、ということです。

もっと、たくさんのデータを見たいのですがなんか無駄な心配がするので止めます。正直、予想外の結果に驚いています。

以下が今回使用したデータです。

データ解析の関係で小数点以下4位まで表示、計算はエクセルの可能範囲で行っています。

7 のデータ一覧

No.	点名3 点3元		点名3 7. 誤差a1sec. 結合		点名3 7. 誤差a5sec. 結合	
	x	y	x	y	x	y
1	35.3553	106.0660	35.3594	106.0646	35.3626	106.0627
2	35.3553	106.0660	35.3494	106.0659	35.3510	106.0684
3	35.3553	106.0660	35.3551	106.0690	35.3555	106.0662
4	35.3553	106.0660	35.3559	106.0732	35.3578	106.0703
5	35.3553	106.0660	35.3577	106.0685	35.3579	106.0685
6	35.3553	106.0660	35.3581	106.0662	35.3541	106.0642
7	35.3553	106.0660	35.3547	106.0652	35.3556	106.0661
8	35.3553	106.0660	35.3547	106.0694	35.3523	106.0654
9	35.3553	106.0660	35.3548	106.0670	35.3560	106.0678
10	35.3553	106.0660	35.3543	106.0640	35.3515	106.0634
11	35.3553	106.0660	35.3574	106.0686	35.3540	106.0688
12	35.3553	106.0660	35.3554	106.0698	35.3549	106.0698
13	35.3553	106.0660	35.3496	106.0703	35.3518	106.0691
14	35.3553	106.0660	35.3502	106.0621	35.3508	106.0641
15	35.3553	106.0660	35.3556	106.0659	35.3577	106.0704
16	35.3553	106.0660	35.3598	106.0654	35.3601	106.0711
17	35.3553	106.0660	35.3596	106.0689	35.3585	106.0650
18	35.3553	106.0660	35.3550	106.0612	35.3524	106.0625
19	35.3553	106.0660	35.3525	106.0638	35.3536	106.0683
20	35.3553	106.0660	35.3539	106.0673	35.3534	106.0654
21	35.3553	106.0660	35.3561	106.0704	35.3537	106.0697
22	35.3553	106.0660	35.3539	106.0658	35.3538	106.0704
23	35.3553	106.0660	35.3586	106.0657	35.3582	106.0700
24	35.3553	106.0660	35.3547	106.0716	35.3550	106.0656
25	35.3553	106.0660	35.3563	106.0685	35.3564	106.0722
26	35.3553	106.0660	35.3544	106.0643	35.3571	106.0643
27	35.3553	106.0660	35.3555	106.0688	35.3574	106.0716
28	35.3553	106.0660	35.3572	106.0707	35.3554	106.0694
29	35.3553	106.0660	35.3556	106.0670	35.3526	106.0667
30	35.3553	106.0660	35.3571	106.0783	35.3522	106.0752
31	35.3553	106.0660	35.3602	106.0687	35.3555	106.0654
32	35.3553	106.0660	35.3528	106.0693	35.3551	106.0674
33	35.3553	106.0660	35.3598	106.0665	35.3587	106.0704
34	35.3553	106.0660	35.3566	106.0625	35.3560	106.0624
35	35.3553	106.0660	35.3549	106.0720	35.3559	106.0648
36	35.3553	106.0660	35.3612	106.0705	35.3606	106.0667
37	35.3553	106.0660	35.3548	106.0637	35.3529	106.0608
38	35.3553	106.0660	35.3619	106.0675	35.3606	106.0679
39	35.3553	106.0660	35.3561	106.0664	35.3538	106.0642
40	35.3553	106.0660	35.3532	106.0633	35.3556	106.0632
41	35.3553	106.0660	35.3569	106.0617	35.3518	106.0609
42	35.3553	106.0660	35.3512	106.0668	35.3531	106.0710
43	35.3553	106.0660	35.3567	106.0669	35.3605	106.0711
44	35.3553	106.0660	35.3528	106.0672	35.3506	106.0682
45	35.3553	106.0660	35.3531	106.0693	35.3583	106.0720
46	35.3553	106.0660	35.3550	106.0662	35.3549	106.0658
47	35.3553	106.0660	35.3578	106.0608	35.3539	106.0659
48	35.3553	106.0660	35.3576	106.0697	35.3564	106.0681
49	35.3553	106.0660	35.3503	106.0686	35.3541	106.0656
50	35.3553	106.0660	35.3572	106.0689	35.3552	106.0633
51	35.3553	106.0660	35.3527	106.0634	35.3507	106.0647
52	35.3553	106.0660	35.3577	106.0658	35.3530	106.0619
53	35.3553	106.0660	35.3506	106.0584	35.3550	106.0598
54	35.3553	106.0660	35.3546	106.0711	35.3528	106.0701
55	35.3553	106.0660	35.3564	106.0674	35.3607	106.0616
56	35.3553	106.0660	35.3543	106.0696	35.3567	106.0702
57	35.3553	106.0660	35.3533	106.0657	35.3566	106.0621
58	35.3553	106.0660	35.3535	106.0655	35.3523	106.0617
59	35.3553	106.0660	35.3559	106.0670	35.3530	106.0691
60	35.3553	106.0660	35.3556	106.0656	35.3539	106.0665
61	35.3553	106.0660	35.3547	106.0707	35.3504	106.0681
62	35.3553	106.0660	35.3564	106.0673	35.3577	106.0662
63	35.3553	106.0660	35.3551	106.0697	35.3565	106.0740
64	35.3553	106.0660	35.3525	106.0658	35.3559	106.0678
65	35.3553	106.0660	35.3603	106.0646	35.3539	106.0663
66	35.3553	106.0660	35.3526	106.0664	35.3514	106.0665
67	35.3553	106.0660	35.3521	106.0736	35.3497	106.0697
68	35.3553	106.0660	35.3554	106.0644	35.3563	106.0627
69	35.3553	106.0660	35.3542	106.0696	35.3515	106.0679
70	35.3553	106.0660	35.3554	106.0710	35.3580	106.0692
71	35.3553	106.0660	35.3516	106.0663	35.3511	106.0683
72	35.3553	106.0660	35.3586	106.0661	35.3632	106.0638
73	35.3553	106.0660	35.3546	106.0689	35.3569	106.0685
74	35.3553	106.0660	35.3541	106.0651	35.3529	106.0641
75	35.3553	106.0660	35.3549	106.0683	35.3558	106.0687
76	35.3553	106.0660	35.3516	106.0659	35.3511	106.0665
77	35.3553	106.0660	35.3510	106.0622	35.3568	106.0615
78	35.3553	106.0660	35.3557	106.0721	35.3592	106.0688
79	35.3553	106.0660	35.3572	106.0672	35.3591	106.0703
80	35.3553	106.0660	35.3577	106.0668	35.3509	106.0684
81	35.3553	106.0660	35.3555	106.0636	35.3555	106.0620
82	35.3553	106.0660	35.3540	106.0643	35.3527	106.0643
83	35.3553	106.0660	35.3538	106.0646	35.3512	106.0653
84	35.3553	106.0660	35.3587	106.0712	35.3625	106.0652
85	35.3553	106.0660	35.3560	106.0589	35.3520	106.0596
86	35.3553	106.0660	35.3528	106.0633	35.3567	106.0676
87	35.3553	106.0660	35.3562	106.0694	35.3526	106.0675
88	35.3553	106.0660	35.3559	106.0679	35.3546	106.0688
89	35.3553	106.0660	35.3598	106.0672	35.3560	106.0691
90	35.3553	106.0660	35.3524	106.0621	35.3564	106.0575
91	35.3553	106.0660	35.3566	106.0703	35.3551	106.0633
92	35.3553	106.0660	35.3581	106.0663	35.3573	106.0676
93	35.3553	106.0660	35.3563	106.0702	35.3572	106.0713
94	35.3553	106.0660	35.3516	106.0615	35.3501	106.0676
95	35.3553	106.0660	35.3521	106.0696	35.3559	106.0665
96	35.3553	106.0660	35.3575	106.0662	35.3579	106.0661
97	35.3553	106.0660	35.3557	106.0623	35.3523	106.0573
98	35.3553	106.0660	35.3569	106.0689	35.3568	106.0654
99	35.3553	106.0660	35.3539	106.0700	35.3551	106.0692

2016/12/29

土地家屋調査士・測量士 小野孝治