

二変量・良率計算方法V2

2023/12/10 版の改良版です、最後尾に履歴を記載しています。

【注意】シート保護を解除（ホーム→書式→シートの保護解除（P））して使用すると計算不能に陥ることがありますのでご注意ください。

用意するもの

二変量・良率計算 V2 (ExcelBook)

測量 CAD プログラム。

楕円弓形の面積 - 高精度計算サイト (casio.jp) は casio.jp からアクセスします、Net への接続が必要です。

必要なデータ

境界（筆界）点の期待値（法 1 4 条地図成果など）、観測値（実測値）のそれぞれの座標値（X 値、Y 値）です。

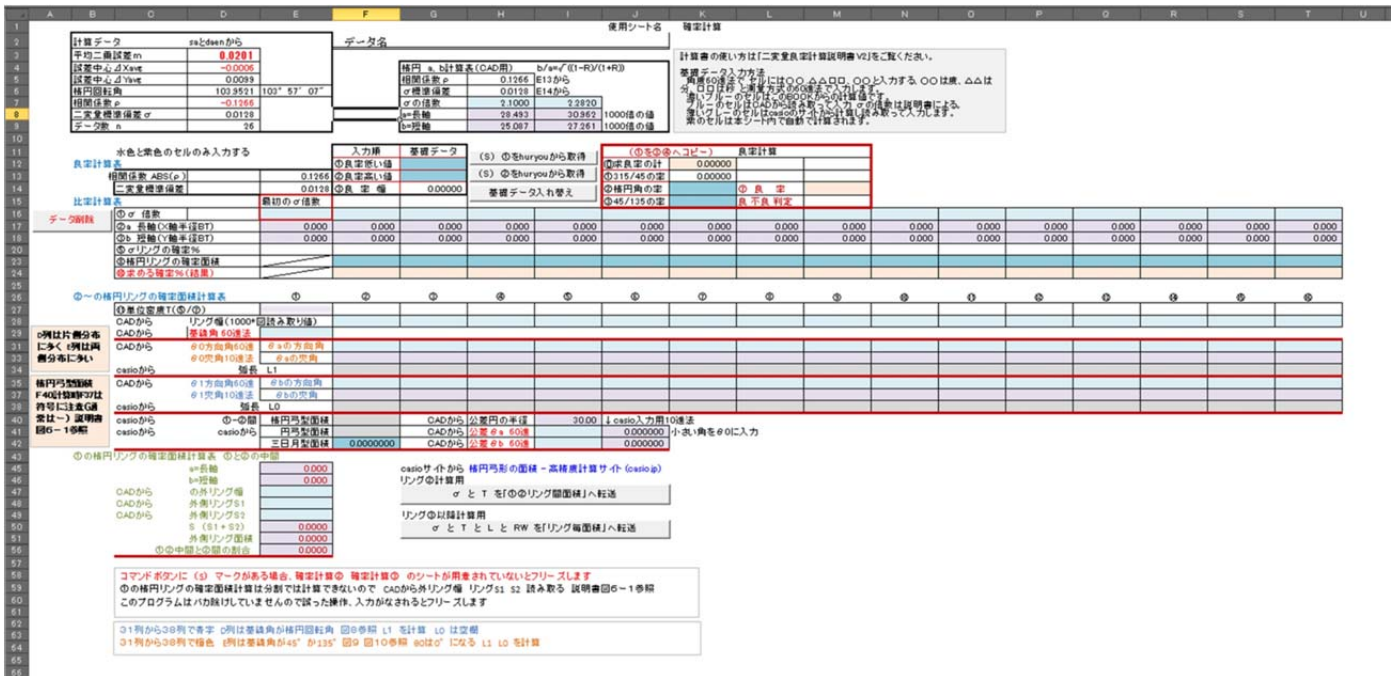
期待値は与点が既知であって与点が現地に存在すれば種類は問いません、その与点を基準に観測値が得られればデータとして使えます。

下図が二変量・良率計算.v2 ExcelBOOK です。

ここで使うシートは下図の左から 確率表 sa Kakuritu daen huryou 確率計算 ①②リング間面積 リング毎面積 です。

確率計算 はコピーして 確率計算③ 確率計算② を作るための基本シートです。

既に サンプルとして確率計算③ 確率計算② シートがある場合は シート削除 で削除してから使用してください。



(この図はイメージ図です、細部に実際と異なる部分があります)

1. 期待値（地図のデータ等）と実測値のデータを二変量料率計算 BOOK の sa シートに入力し

daen kakuritu huryou にデータを送る を実行します。

実行後 kakuritu シートが表示されます、処理 コマンドが実行されます。

削除	準拠点セット
処理	

完了すると huryou シートが表示されます。

手順 1～8 は 確率計算 シート上で行います、確率計算② 確率計算③ のシートは手順 1 2 で作成します。

削除		daen kakuritu huryou へ差データ送る				$\Delta\text{avg} \times 1000$ -0.577 9.904 法平均二乗誤差 0.02009	
データ数	相関係数	$\Delta X_{\text{avg}} \cdot \Delta Y_{\text{avg}}$		-0.000577	0.009904		
26	-0.1266	二変量標準偏差		0.012757	0.012757		
図面データ(法17条地図等)		軸標準偏差 σ_x, σ_y (STDVP)		0.010545	0.013364		
		実測データ		差			
	x	y	x	y	Δx	Δy	ds^2
1	-43870.350	-26024.937	-43870.350	-26024.947	0.000	0.010	0.0001
2	-43873.995	-26021.080	-43874.010	-26021.090	0.015	0.010	0.000325

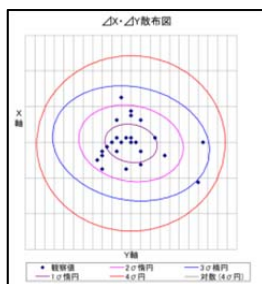
2. Kakuritu シートには 楕円回転角 が表示されます。

slope
-0.24351
楕円回転角
103.9521

3. Daen シートを開いて誤差楕円の形、楕円角を確認しておきます。

分布中心Y	分布中心X	楕円角	
0.0098	0.0140	103.9521	103° 57' 07"

4. 誤差楕円角（楕円の長軸の傾き、方向角で示されています）を確認して、このデータがどのような誤差の分布になっているかイメージしておきます。
楕円角は楕円長軸の方向角で表示されます、下図では $135^\circ 57' 07''$ です。



5. Huryou シートで 良率計算 を実行し良率を計算し、図を作成し分布の形を確認します。

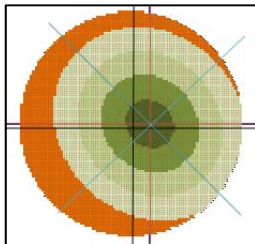
誤差楕円は 45° か 135° になっています。

相関係数がプラスでは 45° の楕円角（誤差楕円角）、相関係数がマイナスでは 135° の楕円角になっています。

二変量(位置)良率計算 87.7485618092 %

作図限界値10	3.129	良率計算	実際の誤差精円の判定ではあ	
標準偏差 σ	0.0128		不良です	
相関係数(-1~1)	-0.12662	Excelは縦軸がy、横軸がxです。		
法位置公差の1/2	0.0300	縦軸Xavg	横軸Yavg	公差控
公差からの距離	0.0099	-0.00058	0.00990	判定不良率
良率 %	87.749	0.03400 %		
不良率 %	12.251	20 ←図のズーム		
選択密度	222326	公差変更後の作図		
全体密度	253367			

作図させると計算の分布状況が示されます、この図では公差（外側の円）は作図の都合で2倍になっています。楕円角（楕円長軸の方向角）は135°で計算されています。



6. 良率を **確率計算** シートへ右の **①**を huryou から取得 を使って取得します。

入力順	基礎データ	
①良率低い値	98.90255	①をhuryouから取得
②良率高い値	99.43556	②をhuryouから取得
③良率幅	0.53302	基礎データ①②入れ替え

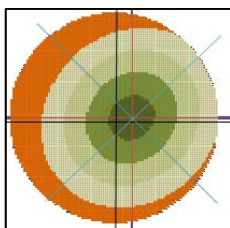
7. Huryou シートで相関係数の符号を反（プラスならマイナスに、マイナスならプラスに）して **良率計算** を実行し良率を計算します。

良率を **確率計算** シートへ右の **②**を huryou から取得 を使って取得します。

相関係数(-1~1)	0.12662
------------	---------

良率 %	87.789
------	--------

作図すると楕円回転角が45° または135° のどちらかで作製されます。下図は楕円角45°（楕円長軸の方向角）です。



計算終了後に相関係数の符号（プラス、マイナス）を戻しておく（忘れずに）。

8. ①に良率低い値、②に良率高い値になっていればそのまま逆なら

基礎データ①②入れ替え で入れ替えます。

入力順	基礎データ	
①良率低い値	98.90255	①をhuryouから取得
②良率高い値	99.43556	②をhuryouから取得
③良率幅	0.53302	基礎データ①②入れ替え

9. ここからは測量CADプログラムが必要です。

45° 誤差楕円の良率、135° 誤差楕円の良率は **huryou** シートで計算できていますのでこの特徴を使って誤差楕円の良率を計算していきます。

CAD図から角度、距離を正確に読み取る関係で $\angle X_{avg} \cdot \angle Y_{avg}$ を1000倍にして作図しています、精度を高くしたいからです。

測量CADは1mmの単位までですがこれですと1000分の1mmまで読めます。

楕円を描くためのa長軸とb短軸の値は良率計算Excelbookの確率計算シートで計算できます。

良率計算Excelbookの **sa** シートにある $\angle X_{avg} \cdot \angle Y_{avg}$ を表計算で1000倍にします。公差の円を描くための座標値も作成します、この成果は精度区分甲1ですから公差の半径の0.030m、公差中心位置は0なので半径を表す座標値は30.000、0.000です。

測量CADを準備しておいて、この値を **座標管理** に転写します。測量CADでは小数点以下三位までです。

【メモ】高い精度を望むなら $\angle X_{avg} \cdot \angle Y_{avg}$ を表計算で10000倍以上すれば良い、しかし測量CADでは角度は秒、距離はmmの単位までなので限界があります。ただ楕円a長軸 b短軸の桁が増えることによって精度の正確性が期待できます。

図1 公差円と誤差楕円（誤差楕円回転角90°）作成

公差円は公差中心点を中心として公差点を通る円を描く。

楕円は **楕円、a、b計算表** を使い、おおよその σ の倍数を入力し、楕円の長軸a、短軸bを求め、CADの **楕円個別訂正** を使って長軸a、短軸b、楕円回転角を入力すれば作図されます。

ここではa=、b=、楕円回転角90°の楕円の誤差中心点を誤差楕円の中心として描きます。

楕円 a、b計算表(CAD用)		$b/a = \sqrt{((1-R)/(1+R))}$	
相関係数 ρ	0.1266	E13から	
σ 標準偏差	0.0051	E14から	
σ の倍数	2.1000	2.2820	
a=長軸	11.397	12.385	1000倍の値
b=短軸	10.035	10.905	1000倍の値

a長軸、b短軸は σ 倍数、二変量標準偏差、相関係数の要素が必要で **5.** の表と連動しています。

円、楕円の作成方法はCADソフトメーカーによって異なりますが基本は同じです。

「**図1**」公差円と誤差楕円図 参照

【メモ】BT（測量CADブルートレンド）の場合 **楕円—入力（数値）—楕円中心をクリック—（半径入力ボックスで）X軸半径にa長軸、Y軸半径にb短軸、軸回転角に楕円回転角** を入力すれば楕円が作成されます。

10. 図2 三種類の誤差楕円

三種類の楕円（45° 誤差楕円と 135° 誤差楕円の良率の低いほう、実際の誤差楕円）を同じ楕円の長軸 a、短軸 b、楕円角は変えて作成します。楕円中心点をずらさないことがポイントです。

「[図 2](#)」三種類の誤差楕円図 参照

11. [図 3](#) 公差と①②③誤差楕円図

45° 誤差楕円と 135° 誤差楕円の良率の高いほうの誤差楕円を使って公差円に接する誤差楕円を作成する。

楕円 a、b 計算表 を使って微調整しながらその位置を探します（これが面倒ですがこのところだけは時間をかけて正確に行ってください）。

ここで確定した $\sigma = a = b$ がこの後の計算の基礎になります。

「[図 3](#)」公差と①②③誤差楕円の図 参照

12. [図 4](#) 誤差楕円の展開図

確率計算 シートのコピーを二つ作り、シート名を **確率計算②** **確率計算③** に変更します。（シート名の変更を誤るとコマンド実行でエラーになりますのでご注意ください）

K 1 セルに使用シート名が表示されます（①②リング間面積 リング毎面積 シートでの覚書のため プログラムの引数には使っていません）

使用シート名 **確率計算②** （シート名が **確率計算②** の場合）

[図 3](#) で求めた誤差楕円 $\sigma = a = b$ と公差円の間でできた三日月型の面積を求めるデータを作成します。

確率は **確率表** シートの下図を使って行います、確率（水色セル）に確率を入力し、

二変量標準偏差はここを実行 を実行すると σ 倍数（標準偏差）が計算されます。

二変量の確率から標準偏差を求める		標準偏差		確率	
精度0.001まで		2.146		0.9000000	
標準偏差から確率を求める		2.5		0.9560630664	

水色のセルに入力し実行、%ではない

二変量標準偏差はここ実行

この σ 倍数を **確率計算** シートの楕円 “a b 計算表”（下図）の σ の倍数 セルに入力すると楕円の長軸 a= 短軸 b=が計算されます。

測量 CAD で楕円の複製を作っておいて **複製** にこの値を **楕円個別訂正** データに入力すれば作図されます。

その他に必要な事項は図を参考にしてください。

楕円 a、b 計算表 (CAD用)		$b/a = \sqrt{((1-R)/(1+R))}$	
相関係数 ρ	0.1266	E13から	
σ 標準偏差	0.0051	E14から	
σ の倍数	2.4050	2.4086	
a=長軸	13.052	13.072	1000倍の値
b=短軸	11.492	11.510	1000倍の値

「[図 4-1](#)」誤差楕円展開図 基線の片側だけに展開する例 参照

「[図 4-2](#)」45° or 135° 誤差楕円展開図 参照

13. [図 5](#) 誤差楕円データ読み図

計算に必要なデータを求めます。求めた値を **確率計算②** シートに転写します。
必要事項は図を参考にしてください。

「図5-1」誤差楕円データ読み図 片側 参照

「図5-2」リング①の S1 S2 外リング幅入力例 参照

【メモ】角度の読み取り時 ピックモードを OFF にして拡大していくと これ以上拡大できないところがある そこまで拡大できれば理想ではある

そこに印をつけておいてから 角度の読み取りに使うと便利である。

14. 図6 実誤差楕円データ読み図 両側

計算に必要なデータを求めます。求めた値を **確率計算③** シートに転写します。
必要事項は図を参考にしてください。

「図6-1」誤差楕円データ読み図 両側 参照

「図6-2」リング①の S1 S2 外リング幅入力例 参照

CADからの必要なデータの 입력は完了しました。

15. 図7～図10は **楕円弓形の面積 - 高精度計算サイト (casio.jp)** への入力例です。

図5～図6で得られた数値の計算を行います。

下記のサイトを使って計算し、該当箇所にコピーし貼り付けます。

「図7」楕円弓型面計算 casio 入力例 参照

「図8」基線から片側分布の casio 入力例 弧長Lの計算 参照

「図9」基線から両側分布の casio 入力例 弧長Lの計算 参照

「図10」基線から両側で偏りのある分布の casio 入力例 弧長Lの計算 参照

ここまでで必要データの 입력は完了しました。

16. データ入力完了したら **確率計算②** シートで下図の

(リング②計算用) **σとTを「①②リング間面積」へ転送** を実行します

リング②計算用

σとTを「①②リング間面積」へ転送

①②間リング間面積 シート で **(S) 結果を確率計算②へ転送** を実行で **リング①②**

間の計算 は完了します。

操作中のシート名が分かるように **使用シート名** が表示されています。

↓使用シート名
確率計算②

(S) 結果を「確率計算②」へ転送

(S) 結果を「確率計算③」へ転送

シート名を間違わないように注意

17. つぎに、**確率計算②** シートの下図の

(リング③以降計算用) **σとTとLとRWを「リング間面積へ転送」** を実行します

リング③以降計算用

σとTとLとRWを「リング毎面積」へ転送

18. **楕円毎面積** シートで **楕円リングの面積計算** を実行します。

確率計算②

↑使用シート名

楕円リングの面積計算

結果（オレンジのセル）を確認します。

行	リングNo.	②	③	④	⑤	⑥
16	①σ 倍数	2.2900	2.3120	2.3400	2.3740	2.4095
27	⑩単位密度T	0.0454	0.0435	0.0410	0.0382	0.0351
39	L (L①+L②)	3.4802	5.4352	7.2231	8.9796	10.5791
28	リング幅	0.0805	0.1126	0.1431	0.1730	0.1815
⑧	楕円リングの確率面積		0.500246	0.897816	1.415169	1.786867

濃いオレンジが結果

次に (S) 計算 結果を「確率計算②」に転送 を実行します。

シート名を間違わないように注意

(S) 計算 結果を「確率計算②」に転送

19. 結果は **確率計算②** シートに転送されます。

確率計算② の **⑧楕円リングの確率面積** にデータが入力され、**⑩求める確率(結果)** に結果が表示されます。

⑧楕円リングの確率面積		0.093301	0.500246	0.8978163	1.4151689	1.7868667
⑩求める確率%(結果)		0.0042359	0.0217494	0.0368422	0.0540085	0.0627944

下図の **良率計算** **②楕円角の率** に結果が表示されます。

(①を③④へコピー)		良率計算	
①求良率の計	0.17963		
①315/45の率	0.00000		
②楕円角の率	0.17963	⑦良率	
③45/135の率		良不良判定	

確率計算② シートの計算は終了しました。

20. 16 から 19 に手順を **確率計算③** シートでも行います。
結果が出ます、データの **良 不良** が判定されます。

(①を③④へコピー)		良率計算	
①求良率の計	0.17963		
①315/45の率	0.00000		
②楕円角の率	0.17963	⑦ 良 率	98.52149
③45/135の率	0.56318	良 不良 判定	不良

これで **確率計算③** シートの計算は終了し、結果が表示されました、終了です。
良・不良の判定は別紙「法・平均二乗誤差について」を参照してください。
(g_23hou_heikinjiyougosa_nituite.pdf)

【計算結果の説明】

計算結果には±0.002%程度の計算誤差が推定されます。上の図でいえば良率は98.519%～98.523%の範囲にあるということです。

【注意事項】

二変量・良率計算 V2 Excelbook、は使用者の責任において使用ください。
作成者は 二変量・良率計算 V2 使用によって生じる結果に一切の責任を負いません。

【20240201 修正】

作成者自身もわかりにくい箇所があったので直しました、主に図表示の θa 、 θb と casio 高精度計算の $\theta 0$ 、 $\theta 1$ を分けました。

casio 高精度計算プログラムを理解しておく必要があります。

図 1 1 の左下の casio 高精度計算において「角度 $\theta 0$ 」の入力でマイナスの符号をつけてから入力することの注記を追加した、図 6 - 1 の右上に赤字でその場合の条件を追記した。

0.001%の計算誤差があった、判断には影響がない。

【20240501 改良】

リング内の面積、確率を二分の一の比例配分（一次式）で行っていたのを①～②間は 15 分割、②～は 20 分割の二次式にして計算精度の向上を図った。

$m=0.02004$ の例では前回 98.5231%、今回 98.5215% (0.0016%の差) となった。

資料 1 リング中心の検証

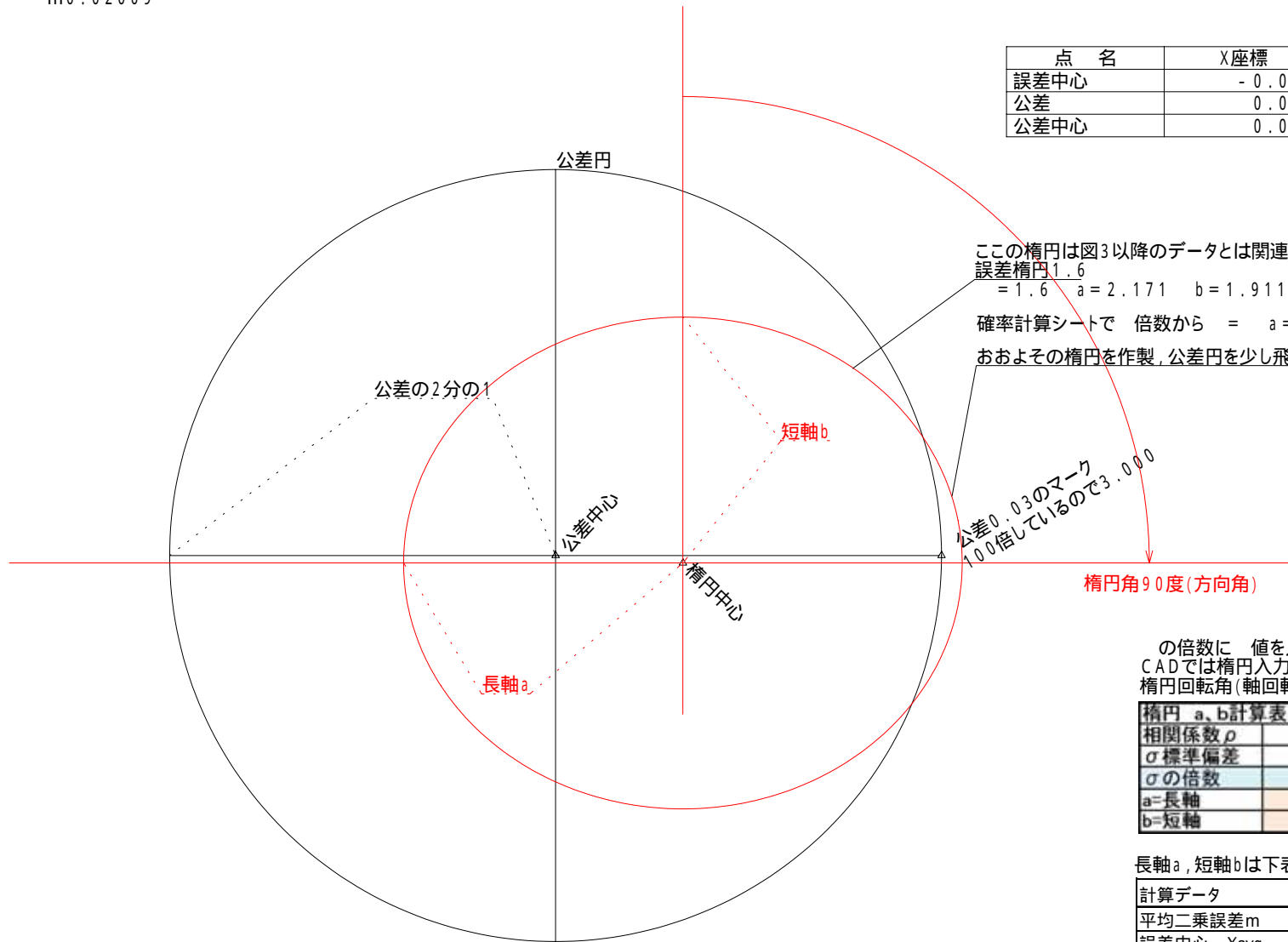
資料 2 ①②中間と②間の楕円面積の検証
を追加した。

20231210 公開
20240129 修正
20240420 V 2 公開
作成者 測量士 小野孝治

図1

m0.02009

公差円と誤差楕円図



点名	X座標	Y座標
誤差中心	-0.058	0.990
公差	0.000	3.000
公差中心	0.000	0.000

この楕円は図3以降のデータとは関係がありません
誤差楕円1.6

= 1.6 a = 2.171 b = 1.911

確率計算シートで 倍数から a = b = を求め

おおよその楕円を作製、公差円を少し飛び出す程度のサイズ

公差0.03のマーク
1.00倍しているのので3.0000

楕円角90度(方向角)

の倍数に 値を入力すると長軸a, 短軸bが表示される
CADでは楕円入力に長軸a(X軸半径), 短軸b(Y軸半径),
楕円回転角(軸回転角)を入力すれば楕円が作製される

楕円 a, b 計算表 (CAD用)		b/a = $\sqrt{((1-R)/(1+R))}$	
相関係数 ρ	0.127	E13から	
σ 標準偏差	0.013	E14から	
σ の倍数	1.6000		
a=長軸	2.171	0.000	100倍の値
b=短軸	1.911	0.000	100倍の値

長軸a, 短軸bは下表と連動してます

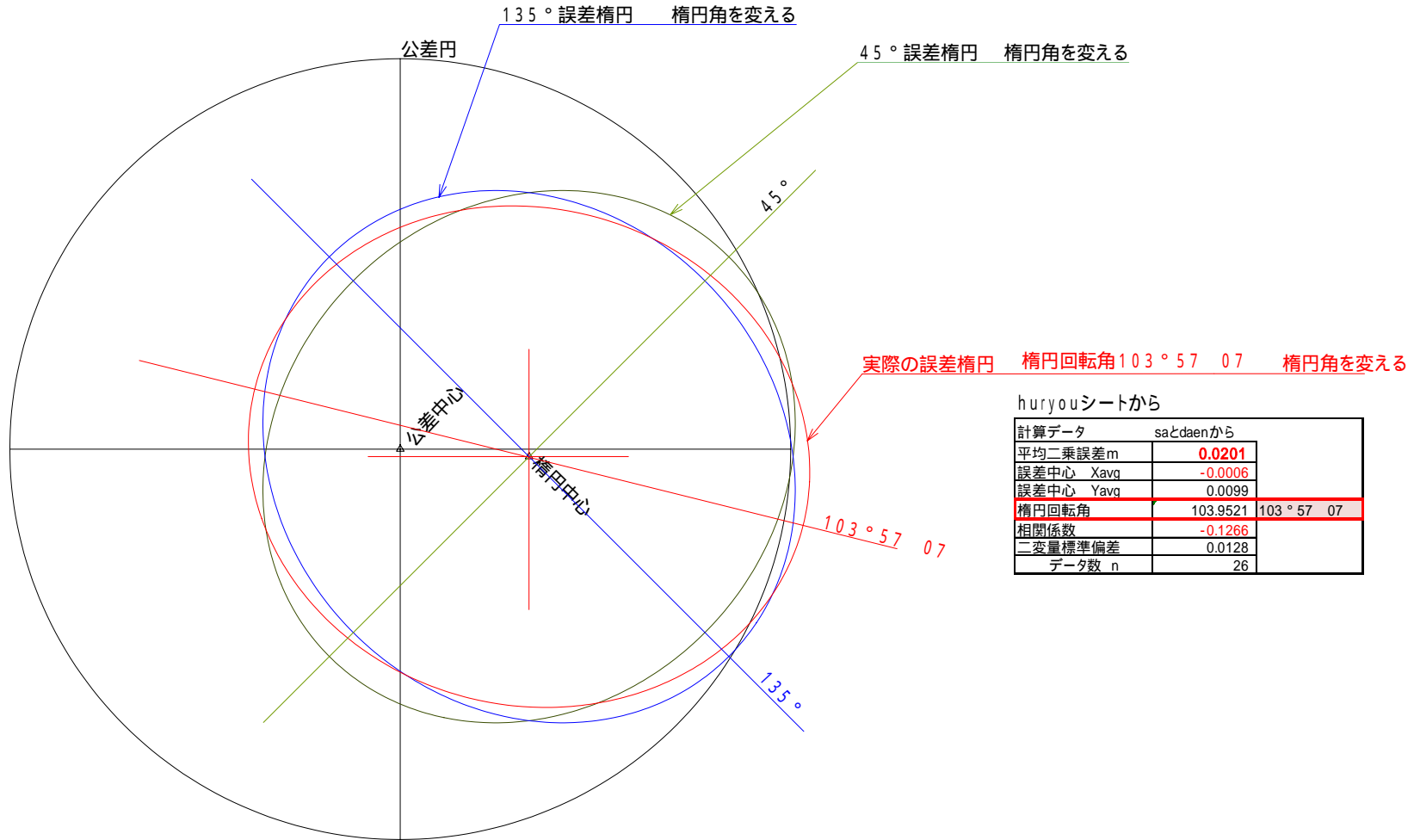
計算データ		saとdaenから	
平均二乗誤差m	0.0201		
誤差中心 Xavg	-0.0006		
誤差中心 Yavg	0.0099		
楕円回転角	103.9521	103° 57' 07"	
相関係数	-0.1266		
二変量標準偏差	0.0128		
データ数 n	26		

図2

m0.02009

三種類の誤差楕円の図

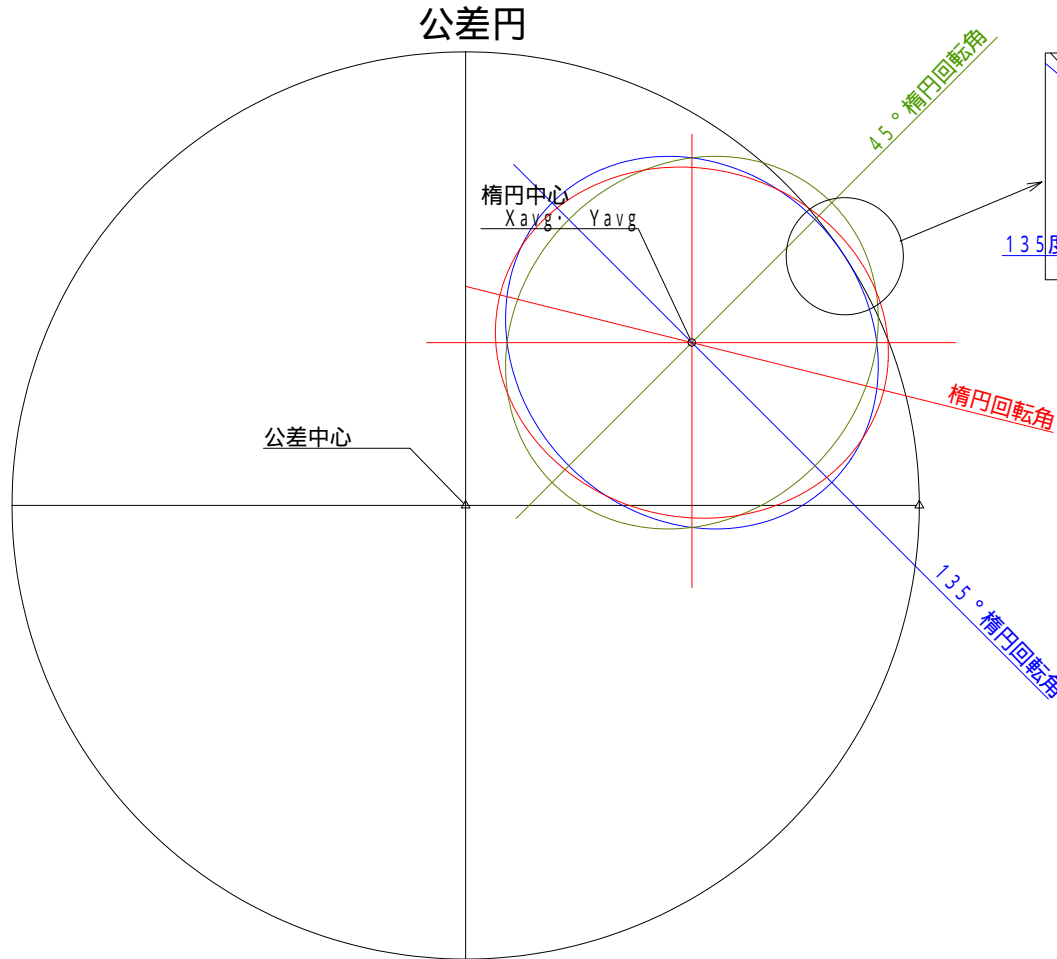
この楕円は図3以降のデータとは関連がありません
データ 誤差楕円 = 1.6 a=2.171 b=1.911 で三つの誤差楕円を作成
= 1.6はおおよその値



huryouシートから

計算データ	saとdaenから	
平均二乗誤差m	0.0201	
誤差中心 Xavg	-0.0006	
誤差中心 Yavg	0.0099	
楕円回転角	103.9521	103°57'07
相関係数	-0.1266	
二変量標準偏差	0.0128	
データ数 n	26	

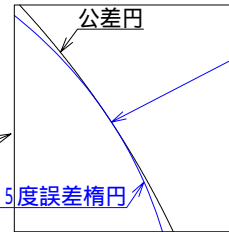
公差と 誤差楕円の図



45度誤差楕円と135度誤差楕円の確率の高い楕円を使って

誤差楕円が公差円からはみ出さないギリギリの $a = b =$ を探す
 ポイントは 図を可能な範囲で拡大して確認する(このプログラムの最大のポイント)

拡大図1/250



本図の場合は135度誤差楕円で

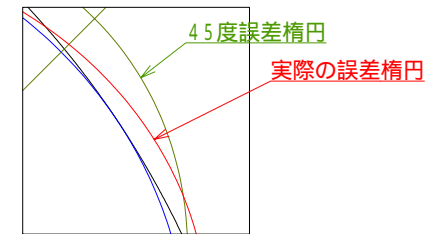
共通 $= 2.4095$ $a = 13.077$ $b = 11.514$ となる

確率計算シートから

楕円 a, b 計算表 (CAD用)		b/a = ((1-R)/(1+R))	
相関係数	0.1266	E13から	
標準偏差	0.0051	E14から	
の倍数	2.4095	2.4093	
a=長軸	13.077	13.076	1000倍の値
b=短軸	11.514	11.513	1000倍の値

その後で残りの誤差楕円(本図では45度誤差楕円)と実誤差楕円を同じ $a = b =$ に変更する(下図)

拡大図1/250



45°誤差楕円の良率, 135°誤差楕円の良率はhuryouシートで計算できます。
 この特徴を使って実際の誤差楕円の良率を計算します。
 良率計算BOOK(EXCEL), 測量CADソフト, casio高精度計算サイトから楕円弓形の面積計算プログラムが必要です。

良率計算ExcelBookは作者のHPで無料公開しています。
 測量CADソフトは福井コンピュータのブルートレンド(BT 有償)を使っています。
 楕円弓形の面積計算プログラムはcasio高精度計算サイトにあります。
 画面に入力して計算結果得ます。

実際の X_{avg} , Y_{avg} を1000倍にして作図しています。
 CAD図から角度, 距離を読み取る関係で精度を高くしたいからです。
 測量CADは1mmの単位までですがこれですと1000分の1mmまで読めます。

楕円を描く長軸と短軸の値は良率計算の確率計算シートで計算できます。

図4 - 1
m0.02004 図

誤差楕円展開図 基線の片側だけに展開する例

1000倍のデータ 1 / 500
実誤差楕円の展開図を 図とする
シート名を"確率計算"とする

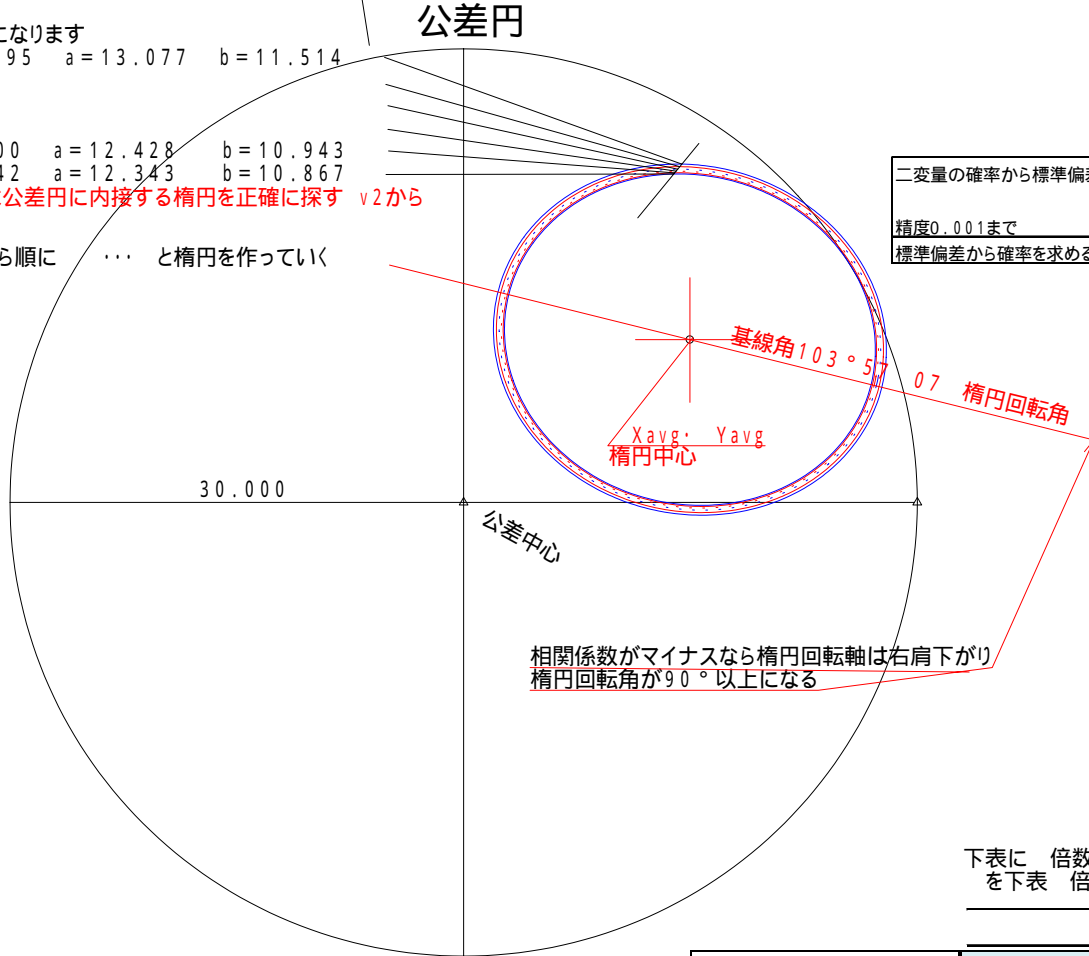
展開が完了する前は仮の番号, 展開完了後に ~ の番号を振る

共通 が基本になります
共通 = 2.4095 a = 13.077 b = 11.514

= 2.2900 a = 12.428 b = 10.943
= 2.2742 a = 12.343 b = 10.867

の楕円は公差円に内接する楕円を正確に探す v2から

共通 から順に ... と楕円を作っていく



二変量の確率から標準偏差を求める		水色のセルに入力し実行、%ではない	
	標準偏差	確率	二変量標準偏差はここ実行
精度0.001まで	2.248	0.9200000	
標準偏差から確率を求める	2.4095	0.9451331054	

番号は後で追加した

	確率
2.4095	0.945
2.373	0.94
2.339	0.935
2.307	0.93
2.277	0.925
	0.92
	0.915

相関係数がマイナスなら楕円回転軸は右肩下がり
楕円回転角が90°以上になる

下表に 倍数を入力すると楕円の a長軸, b短軸, リングの確率%が計算される
を下表 倍数に入力するさい, リング確率を微調整しているので上表と一致していない

倍数	2.27420	2.29000	2.31200	2.34000	2.37400	2.40950
a 長軸(X軸半径BT)	12.343	12.428	12.548	12.700	12.884	13.077
b 短軸(Y軸半径BT)	10.867	10.943	11.048	11.182	11.344	11.514
リングの確率%	92.4678738	0.2667492	0.3586339	0.4354872	0.4983581	0.4862082

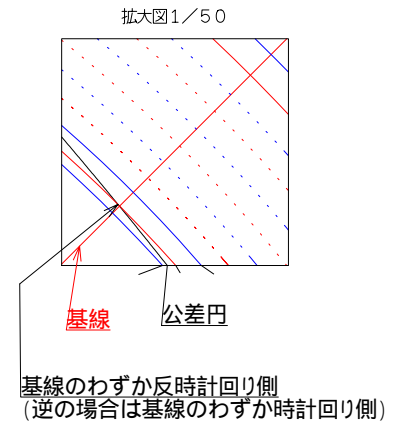
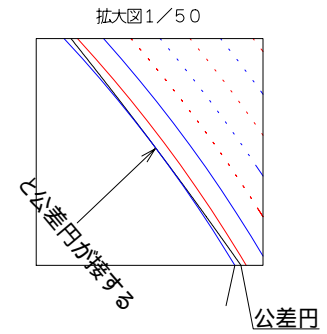
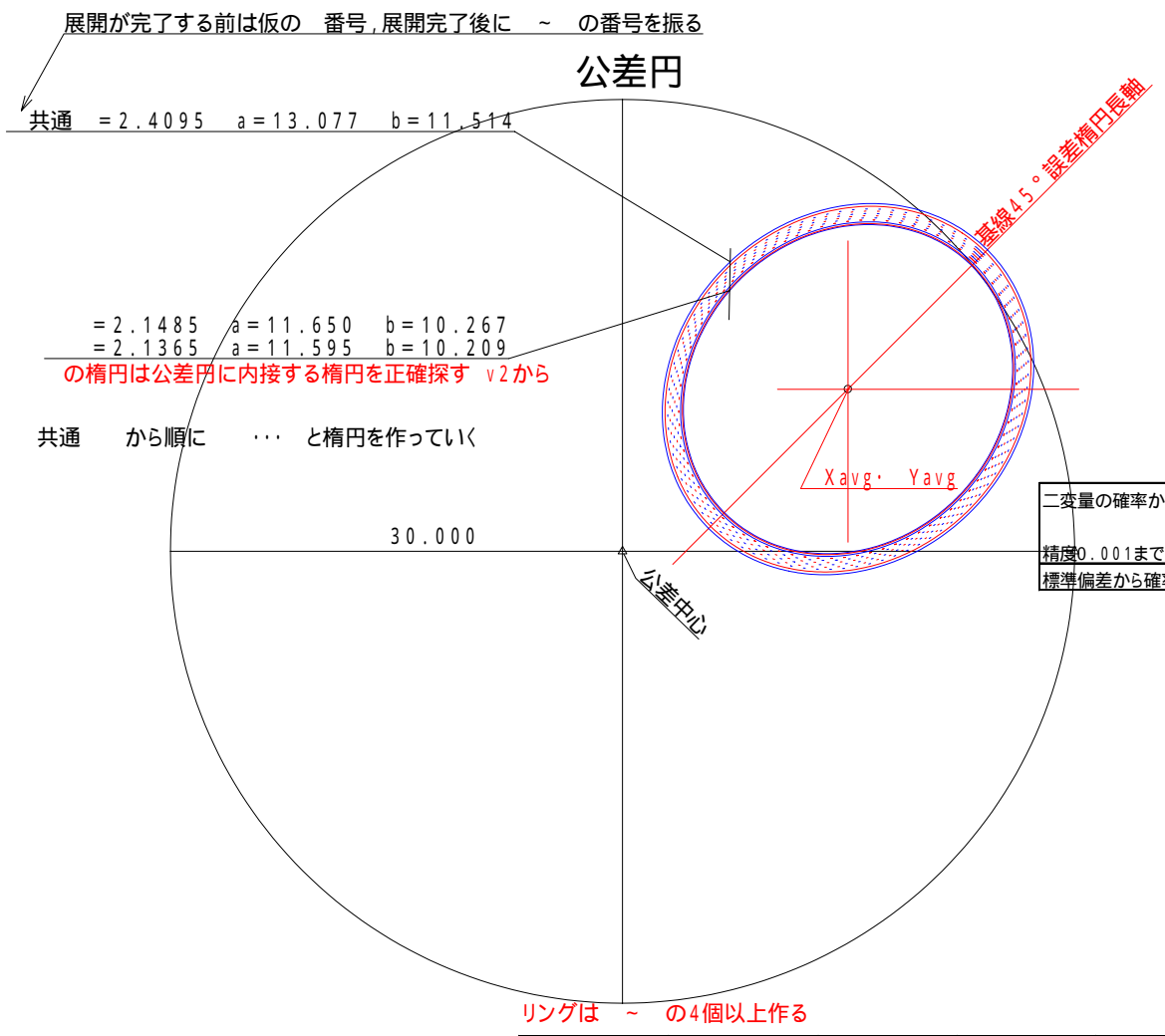
リングは ~ の4個以上作る
と の間の確率列 は0.3%以内が望ましい
~ の間の確率はそれぞれ0.5%程度にする

図4 - 2

m0.02004 図

45° or 135° 誤差楕円展開図 (これは基線45°の両側に展開する確率計算 例です)

1000倍のデータ 1 / 500
45度楕円の展開図を 図とする
シート名を"確率計算 "とする



二変数の確率から標準偏差を求める

精度0.001まで	標準偏差	確率
	2.248	0.9200000
標準偏差から確率を求める	2.4095	0.9451331054

水色のセルに入力し実行, %ではない

二変数標準偏差はここ実行

番号は後で追加した

	確率
2.4095	0.945
2.373	0.94
2.339	0.935
2.307	0.93
2.277	0.925
	0.92
	0.915
	0.91
	0.905
	0.9

下表に 倍数を入力すると楕円の a長軸, b短軸, リングの確率%が計算される
を下表 倍数に入力するさい, リング確率を微調整しているのて上表と一致していない

倍数	2.13650	2.14850	2.17200	2.19700	2.22400	2.25200	2.28100	2.31200	2.34000	2.37400
a 長軸(X軸半径BT)	11.595	11.660	11.788	11.924	12.070	12.222	12.379	12.548	12.700	12.884
b 短軸(Y軸半径BT)	10.209	10.267	10.379	10.498	10.627	10.761	10.900	11.048	11.182	11.344
リングの確率%	89.7952422	0.2590203	0.4923023	0.5024313	0.5185974	0.5121927	0.5038439	0.5096267	0.4354872	0.4983581

リングは ~ の4個以上作る

図5 - 1

m0.02004 2図の例

誤差楕円データ読み図 片側 公差円と誤差楕円の交点への方向角を読む

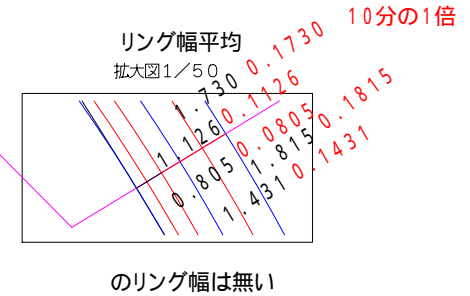
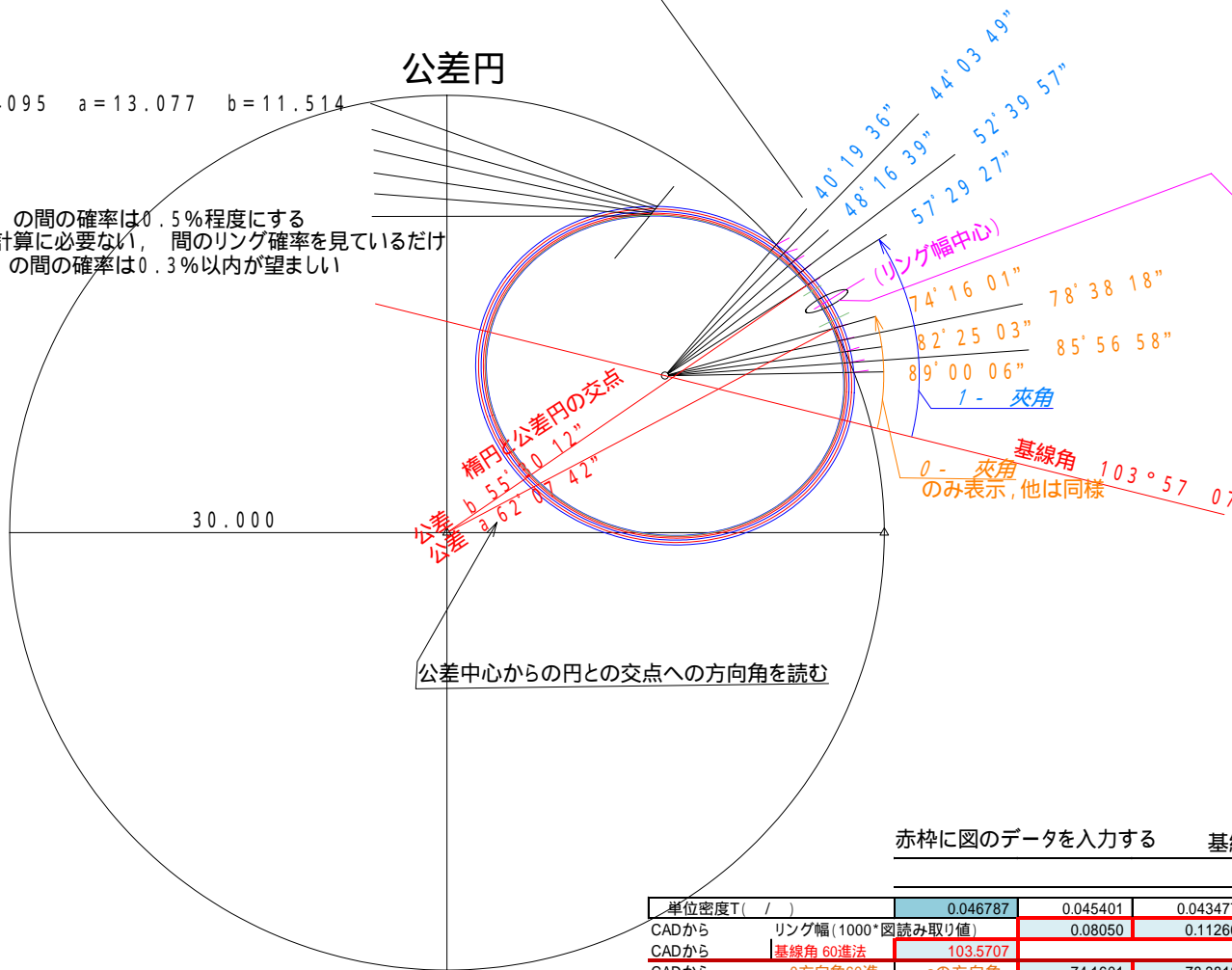
1000倍のデータ 1 / 500

角度の読み取りはピックモードOFFで、可能な限り拡大して交点を探す CADではこれ以上拡大出来ないところある
基線が の外側にある場合、確率計算のL のみ計算

の数値は確率計算表の数字と同じ

共通 = 2.4095 a = 13.077 b = 11.514

間の確率は0.5%程度にする
は計算に必要な、間のリング確率を見ているだけ
と間の確率は0.3%以内が望ましい



赤枠に図のデータを入力する 基線の片側に公差円と楕円の交点がある場合はL1のみの計算

単位密度T (/)	0.046787	0.045401	0.043477	0.041035	0.038164	0.035142		
CADから	リング幅(1000°図読み取り値)	0.08050	0.11260	0.14310	0.17300	0.18150		
CADから	基線角 60進法	103.5707						
CADから	0方向角60進	aの方向角	74.1601	78.3818	82.2503	85.5658	89.0006	
CADから	0夾角10進法	aの夾角	29.68500	25.31361	21.53444	18.00250	14.95028	
casioから	弧長 L1		3.48018	5.43517	7.2231	8.9796	10.5791	
CADから	1方向角60進	bの方向角	57.2927	52.3957	48.1639	44.0349	40.1936	
CADから	1夾角10進法	bの夾角	46.46111	51.28611	55.67444	59.88833	63.62528	
casioから	弧長 L0							
casioから	- 間	楕円弓型面積	0.3031784	CADから	公差円の半径	30.00	casio入力用10進法	
casioから	casioから	円弓型面積	0.1158673	CADから	公差 a 60進	48.4958	48.832778	小さい角を 0に <input type="checkbox"/>
casioから	casioから	三日月型面積	0.1873111	CADから	公差 b 60進	68.3008	68.502222	

リング の S1 S2 外リング幅入力例

リング と の中間の誤差楕円を作製して必要なデータを読み取る

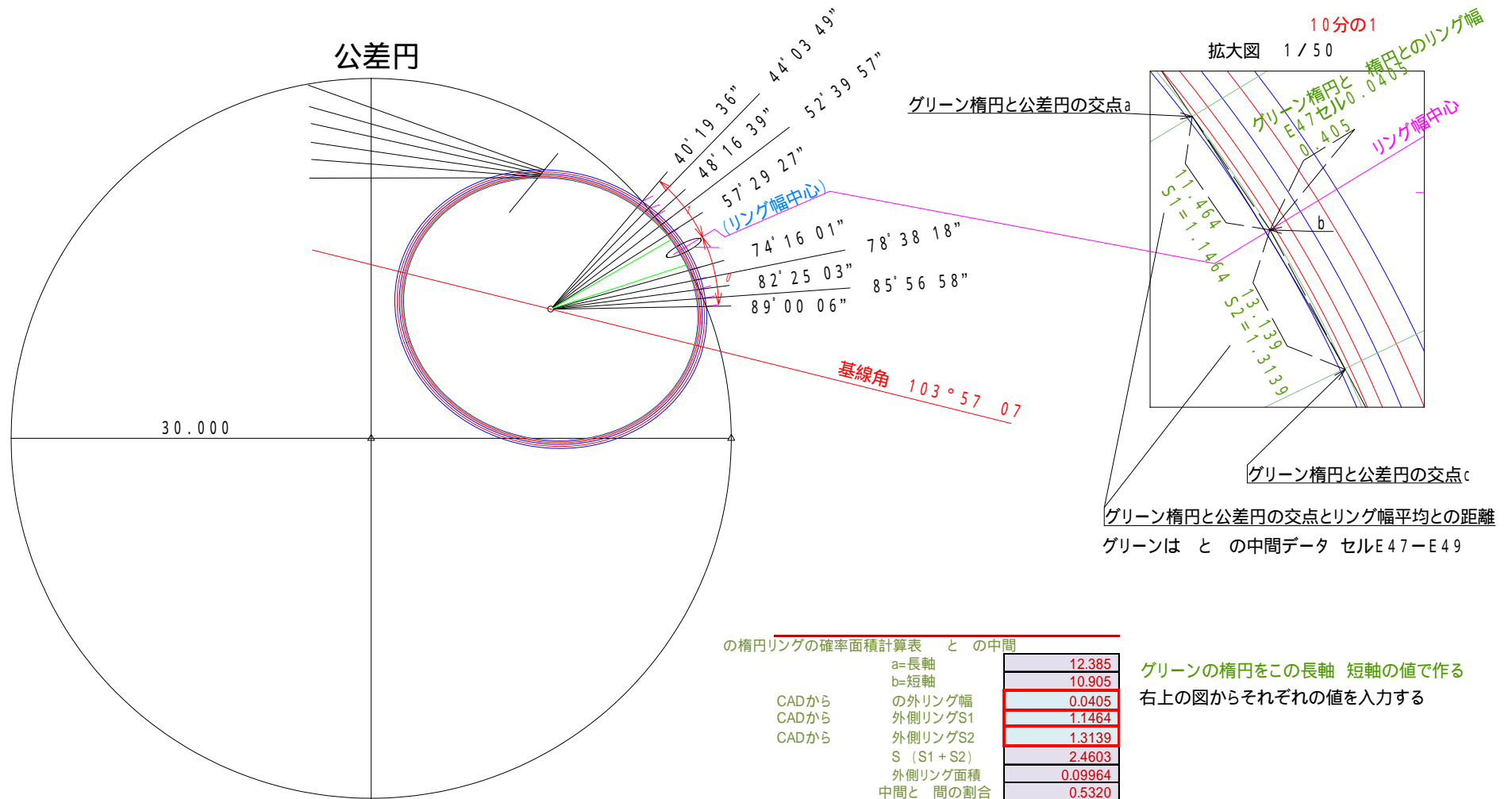
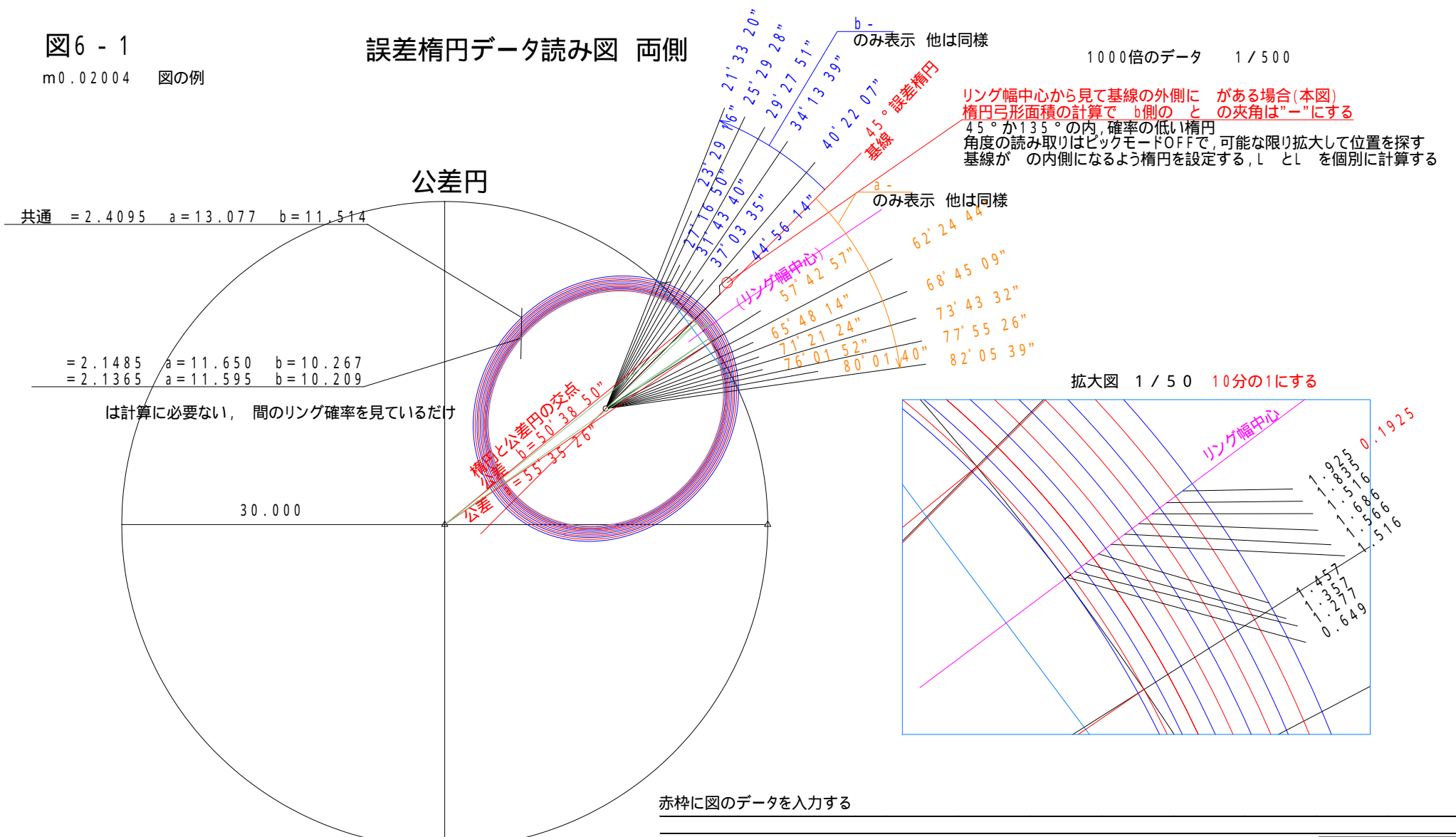


図6 - 1

m0.02004 図の例

誤差楕円データ読み図 両側

1000倍のデータ 1 / 500



赤枠に図のデータを入力する

単位密度T(/)	0.063211	0.061828	0.059513	0.056459	0.053325	0.050161	0.047043	0.043931	0.041035	0.038164	0.035142
CADから リング幅(1000°図読み取り値)	0.06490	0.12770	0.13570	0.14570	0.15160	0.15660	0.16860	0.15160	0.18350	0.19260	
CADから 基線角 60進法	45.0000										
CADから 1方向角60進	aの方向角	57.4205	62.2444	65.4814	68.4509	71.2124	73.4332	76.0152	77.5526	80.0140	82.0539
CADから 1夾角10進法	aの夾角	12.70139	17.41222	20.80389	23.75250	26.35667	28.72556	31.03111	32.92389	35.02778	37.09417
casioから 弧長 L1		2.58044	3.57101	4.3099	4.9742	5.5815	6.1529	6.7279	7.2158	7.7768	8.3464
CADから 0方向角60進	bの方向角	44.5614	40.2207	37.0335	34.1339	31.4340	29.2751	27.1650	25.2928	23.2916	21.3320
CADから 0夾角10進法	bの夾角	0.06278	4.63139	7.94028	10.77222	13.27222	15.53583	17.71944	19.50889	21.51222	23.44444
casioから 弧長 L0		0.0128	0.9526	1.6514	2.2666	2.8259	3.3481	3.8679	4.3070	4.8140	5.3201
casioから - 間	楕円弓型面積	0.1588187		CADから 公差円の半径	30.00		casio入力用10進法				
casioから casioから	円弓型面積	0.0481495		CADから 公差 a 60進	50.3850	50.647222					
	三日月型面積	0.1106692		CADから 公差 b 60進	55.3526	55.590556					

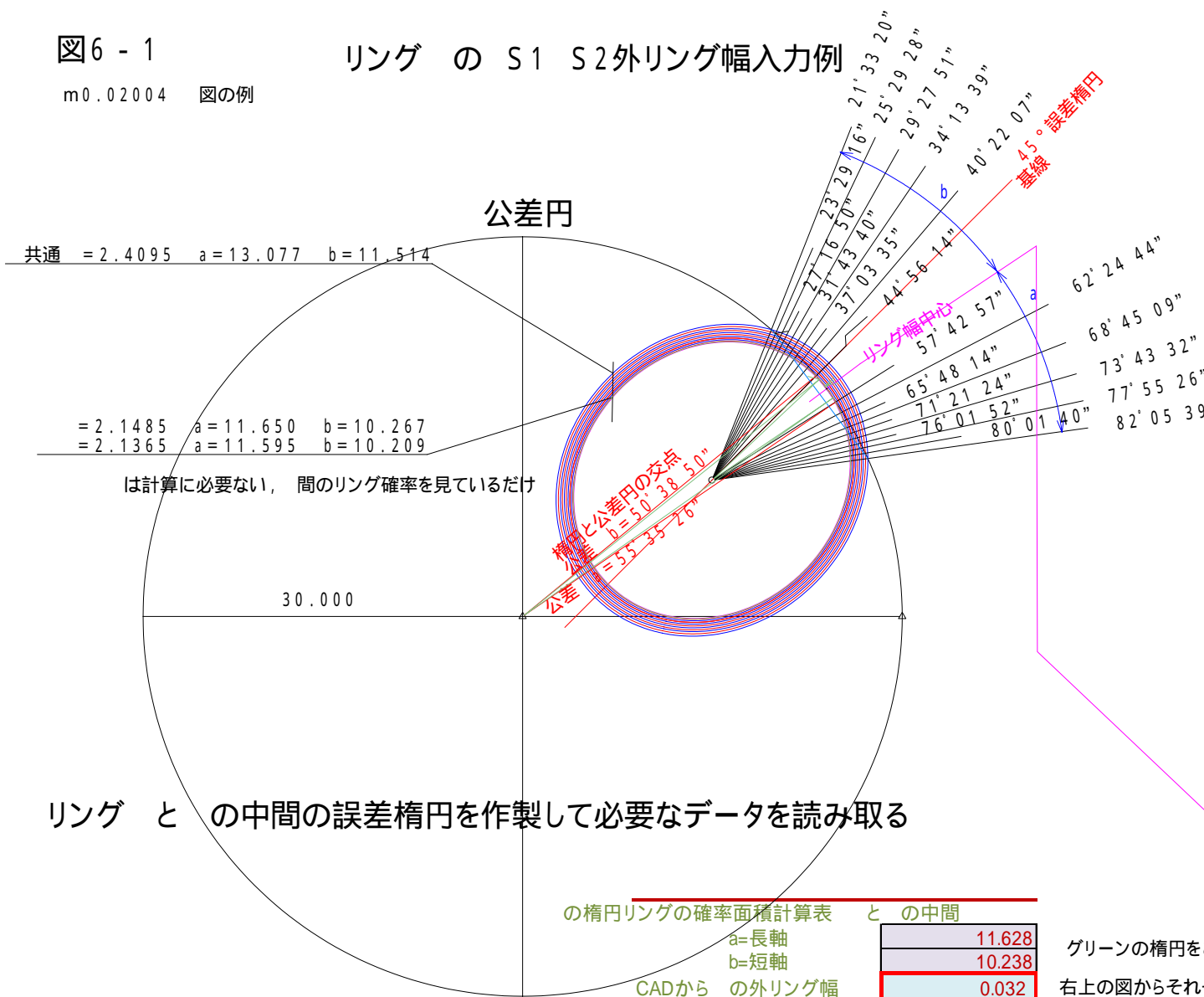
小さい角を 0に入力

図6 - 1

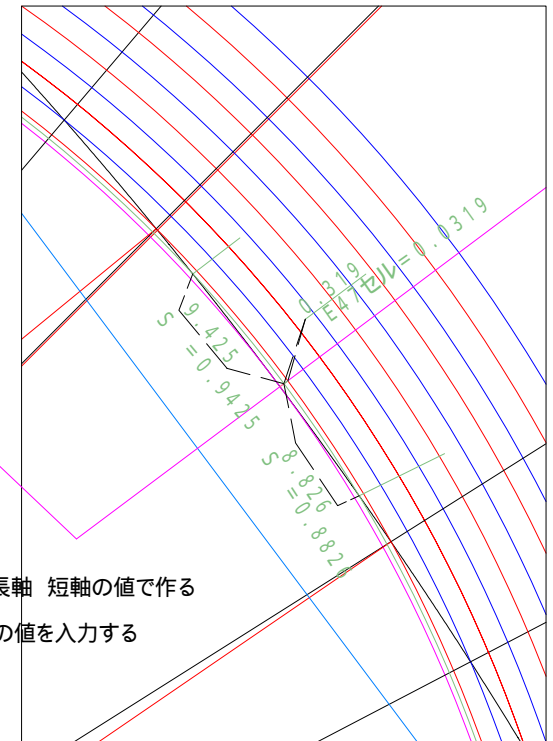
リングの S1 S2外リング幅入力例

m0.02004 図の例

1000倍のデータ 1 / 500



リングの中間と間の面積データ
拡大図1/50 10ぶんの1



リングとの中間の誤差楕円を作製して必要なデータを読み取る

の楕円リングの確率面積計算表 との中間

a=長軸	11.628
b=短軸	10.238
CADからの外リング幅	0.032
CADから外側リングS1	0.8826
CADから外側リングS2	0.9425
S (S1 + S2)	1.8251
外側リング面積	0.05822
中間と間の割合	0.5261

グリーンの楕円をこの長軸 短軸の値で作る

右上の図からそれぞれの値を入力する

グリーンは との中間データ セルE47-E49

= 2.1485 a = 11.650 b = 10.267
= 2.1365 a = 11.595 b = 10.209

は計算に必要な、間のリング確率を見ているだけ

楕円と公差円の交点
公差 = 50° 38' 50"
公差 = 55° 35' 26"

図7

楕円弓形の面積計算 casio 入力例

楕円の弧長, 楕円弓形面積, 円弓形面積のcasio高精度サイトへの入力説明

casio 楕円弓形の面積計算からコピー

楕円中心

b短軸

弧長L

基線からの夾角と考えれば判る
1夾角 bの 1夾角 (青字とオレンジ色の文字は確率計算シートとリンク) 円弓形面積では a bの大きい角度

基線からの夾角と考えれば判る
0夾角 aの 1夾角 円弓形面積では a bの小さい角度

基線角(計算データでは楕円回転角として計算されています)

a長軸(長軸には基線角があり, 図の様に90度ではありません)

角度 θ_0 0 度 ラジアン

角度 θ_1 90 θ_0 と同じ単位

半径 a 3 a長軸

半径 b 2 b短軸

計算 クリア 保存・呼出 14桁

10桁を選択する
小数点以下6桁を確保する

弓形の面積 S

弦の長さ c

楕円弧の長さ L

楕円弓形面積
円弓形面積
Cは使わない

弧長 L0 L1

図8, 9, 10の入力例サンプル

m0.02004の2図の例

倍数	2.27420	2.29000
a 長軸(X軸半径BT)	12.343	12.428
b 短軸(Y軸半径BT)	10.867	10.943

基線角 60進法	103.5707
0方向角60進	aの方向角 74.1601
0夾角10進法	aの夾角 29.68500
弧長 L1	3.48018
1方向角60進	bの方向角 57.2927
1夾角10進法	bの夾角 46.46111
弧長 L0	
- 間	楕円弓形面積 0.3031784
casioから	円弓形面積 0.1158673
	三日月型面積 0.1873111

公差円の半径	30.00	casio入力用10進法
公差 a 60進	48.4958	48.832778
公差 b 60進	68.3008	68.502222

小さい角を 0に

図8, 9, 10 は簡略した下表で説明します

一 間の F40 の楕円弓型面積入力例 角度は10進法

角度 0	29.68500	aと bの小さい夾角	符号に注意
角度 1	46.46111	aと bの大きい夾角	
半径a	12.428		
半径b	10.943		
[計算]を実行します			
弓型面積S	0.3031784	10桁で充分です	F40に転写

一 間の F41 の弓型面積入力例 角度は10進法

角度 0	48.832778	aと bの小さい角
角度 1	68.502222	aと bの大きい角
半径a	30	0.030を1000倍で作図しているので30です
半径b	30	
[計算]を実行します		
弓型面積S	0.1158673	10桁で充分です

F41に転写

列番号 のみで以降は同じ角度は10進法

角度 0	29.68500
角度 1	46.46111
半径a	12.428
半径b	10.943
[計算]を実行します	
楕円弧の長さL	3.48018

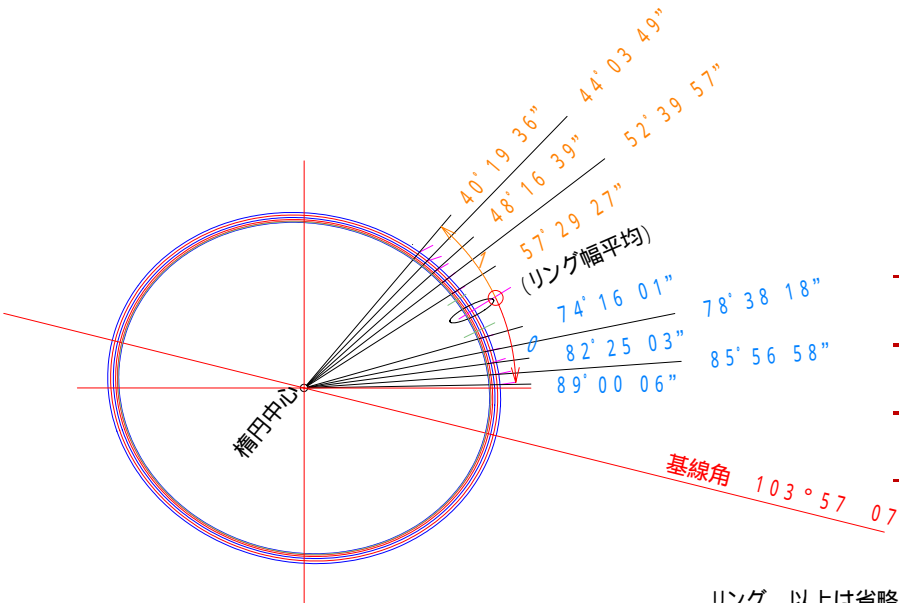
10桁で充分です F34~F38~に転写
転写は コピー 貼り付けで実行すること

図8

データ元 m0.02004 図

基準から片側分布のcasio入力例

弧長Lの計算



基準の片側に公差円と楕円の交点がある場合はL のみの計算

倍数	2.27420	2.29000	2.31200	2.34000	2.37400	2.40950
a 長軸(X軸半径BT)	12.343	12.428	12.548	12.700	12.884	13.077
b 短軸(Y軸半径BT)	10.867	10.943	11.048	11.182	11.344	11.514

0方向角60進	aの方向角	74.1601	78.3818	82.2503	85.5658	89.0006		
0夾角10進法	aの夾角	29.68500	25.31361	21.53444	18.00250	14.95028		
	弧長 L1	3.48018	5.43517	7.2231	8.9796	10.5791		
1方向角60進	bの方向角	57.2927	52.3957	48.1639	44.0349	40.1936		
1夾角10進法	bの夾角	46.46111	51.28611	55.67444	59.88833	63.62528		
	弧長 L0							
- 間	楕円弓型面積	0.3031784	CADから	公差円の半径	30.00	casio入力用10進法		
casioから	円弓型面積	0.1158673	CADから	公差 a 60進	48.4958	48.832778	小さい角を 0に代入	
	三日月型面積	0.1873111	CADから	公差 b 60進	68.3008	68.502222		

楕円弓形面積, 弓形面積の入力例は図7にあります。

リング 以上は省略

リング

casioの入力例(弧長L1を計算に使用している)

列番号 のみで以降は同じ 角度は10進法

角度 0	29.68500
角度 1	46.46111
半径a	12.428
半径b	10.943

[計算]を実行します

楕円弧の長さL	3.48018	10桁で充分です F34~F38~に転写 転写は コピー 貼り付けで実行すること
---------	---------	---

リング

casioの入力例(弧長L1を計算に使用している)

列番号 のみで以降は同じ 角度は10進法

角度 0	25.31361
角度 1	51.28611
半径a	12.548
半径b	11.048

[計算]を実行します

楕円弧の長さL	5.43517	10桁で充分です F34~F38~に転写 転写は コピー 貼り付けで実行すること
---------	---------	---

リング

casioの入力例(弧長L1を計算に使用している)

列番号 のみで以降は同じ 角度は10進法

角度 0	21.53444
角度 1	55.67444
半径a	12.700
半径b	11.182

[計算]を実行します

楕円弧の長さL	7.2231	10桁で充分です F34~F38~に転写 転写は コピー 貼り付けで実行すること
---------	--------	---

リング

casioの入力例(弧長L1を計算に使用している)

列番号 のみで以降は同じ 角度は10進法

角度 0	18.00250
角度 1	59.88833
半径a	12.884
半径b	11.344

[計算]を実行します

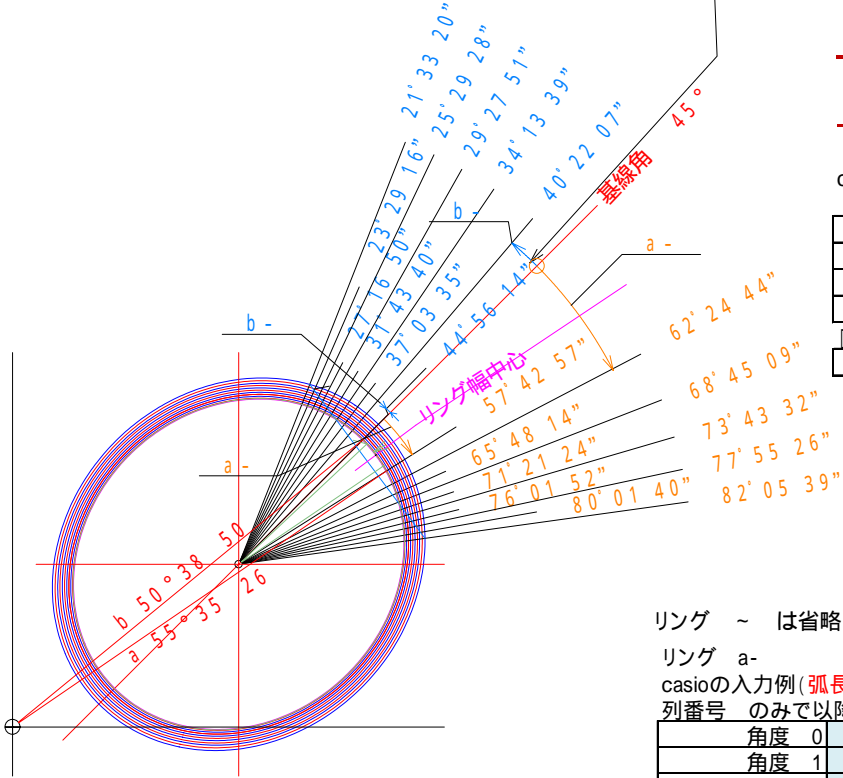
楕円弧の長さL	8.9796	10桁で充分です F34~F38~に転写 転写は コピー 貼り付けで実行すること
---------	--------	---

図9

データ元 m0.02004 図

リング幅中心から見て基線の外側に
楕円弓形面積の計算で b側の と
がある場合(本図) の夾角は"-"にする

リング幅中心から見て基線の内側に
楕円弓形面積の計算で b側の と
がある場合 の夾角は"+"にする



基準から両側分布のcasio入力例

弧長Lの計算

倍数	2.13650	2.14850	2.17200	2.19700	2.22400	2.25200	2.28100
a 長軸 (X軸半径BT)	11.595	11.660	11.788	11.924	12.070	12.222	12.379
b 短軸 (Y軸半径BT)	10.209	10.267	10.379	10.498	10.627	10.761	10.900

基線角 60進法	45.0000						
1方向角60進	aの方向角	57.4205	62.2444	65.4814	68.4509	71.2124	73.4332
1夾角10進法	aの夾角	12.70139	17.41222	20.80389	23.75250	26.35667	28.72556
弧長 L1		2.58044	3.57101	4.3099	4.9742	5.5815	6.1529
0方向角60進	bの方向角	44.5614	40.2207	37.0335	34.1339	31.4340	29.2751
0夾角10進法	bの夾角	0.06278	4.63139	7.94028	10.77250	13.27222	15.53583
弧長 L0		0.0128	0.9526	1.6514	2.2666	2.8259	3.3481
casioから	楕円弓型面積	0.1588187	CADから	公差円の半径	30.00	casio入力用10進法	
	円弓型面積	0.0481495	CADから	公差 a 60進	50.3850	50.647222	小さい角を 0に <input type="text"/>
	三日月型面積	0.1106692	CADから	公差 b 60進	55.3526	55.590556	

casioの入力例(面積Sを計算に使用している)

間の F40 の楕円弓型面積入力例 角度は10進法

角度 0	-0.06278
角度 1	12.70139
半径a	11.660
半径b	10.267

[計算]を実行します

弓型面積S	0.1588187
-------	-----------

別の方法
角度 0に0.00000を入力し
角度 1に0.06278 + 12.70139を入力しても良い

符号に注意
aと bの小さい夾角
aと bの大きい夾角

10桁で充分です F40に転写

casioの入力例(面積Sを計算に使用している)

間の F41 の弓型面積入力例 角度は10進法

角度 0	50.647222
角度 1	55.590556
半径a	30
半径b	30

[計算]を実行します

弓型面積S	0.0481495
-------	-----------

aと bの大きい方の角
aと bの大きい方の角
0.030を1000倍で作図しているので30で

10桁で充分です F41に転写

リング ~ は省略 同様に行う

リング a-

casioの入力例(弧長L1を計算に使用している)

列番号 のみで以降は同じ 角度は10進法

角度 0	0.00000	基線を0とした夾角
角度 1	12.70139	
半径a	11.660	
半径b	10.267	

[計算]を実行します

楕円弧の長さL	2.58044	10桁で充分です F34~F38~に転写 転写はコピー 貼り付けで実行すること
---------	---------	--

リング b-

casioの入力例(弧長L0を計算に使用している)

列番号 のみで以降は同じ 角度は10進法

角度 0	0.00000	基線を0とした夾角
角度 1	0.06278	
半径a	11.660	
半径b	10.267	

[計算]を実行します

楕円弧の長さL	0.0128	10桁で充分です F34~F38~に転写 転写はコピー 貼り付けで実行すること
---------	--------	--

リング a-

casioの入力例(弧長L1を計算に使用している)

列番号 のみで以降は同じ 角度は10進法

角度 0	0.00000	基線を0とした夾角
角度 1	17.41222	
半径a	11.788	
半径b	10.379	

[計算]を実行します

楕円弧の長さL	3.57101	10桁で充分です F34~F38~に転写 転写はコピー 貼り付けで実行すること
---------	---------	--

リング b-

casioの入力例(弧長L0を計算に使用している)

列番号 のみで以降は同じ 角度は10進法

角度 0	0.00000	基線を0とした夾角
角度 1	4.63139	
半径a	11.788	
半径b	10.379	

[計算]を実行します

楕円弧の長さL	0.9526	10桁で充分です F34~F38~に転写 転写はコピー 貼り付けで実行すること
---------	--------	--

図10

データ元 m 0.01894 図

基準から両側分布で偏りのある分布のcasio入力例

弧長Lの計算

楕円弓形面積と円弓形面積は図8, 図9と方法が同じなので省略した

求める弧長L

$$L = L0 - + L1 -$$

$$L = L0 - + L1 -$$

$$L = L0 - + L1 -$$

倍数		1.89000	1.89300	1.90900	1.92500
a 長軸(X軸半径BT)		25.644	25.684	25.901	26.119
b 短軸(Y軸半径BT)		22.578	22.614	22.805	22.997

基線角 60進法		135.0000			
0方向角60進	aの方向角	125.4227	133.2613	137.5401	
0夾角10進法	aの夾角	9.29250	1.56306	2.90028	
弧長 L1		4.16179	0.70658	1.3220	
1方向角60進	bの方向角	115.5303	107.3142	102.2328	
1夾角10進法	bの夾角	19.11583	27.47167	32.60889	
弧長 L0		4.3745	10.2868	14.7012	

ポイント

- a側は両側分布の入力例に倣って計算
- b側は片側分布の入力例に倣って計算
- 角度 0の入力値が違ってくるので注意すれば良い

$$L = L0 - + L1 -$$

リング a-
casioの入力例(弧長L1を計算に使用している)
列番号 のみで以降は同じ 角度は10進法

角度 0	0.00000
角度 1	9.29250
半径a	25.684
半径b	22.614
[計算]を実行します	
楕円弧の長さL	4.16179

リング b-
casioの入力例(弧長L0を計算に使用している)
列番号 のみで以降は同じ 角度は10進法

角度 0	9.29250
角度 1	19.11583
半径a	25.684
半径b	22.614
[計算]を実行します	
楕円弧の長さL	4.3745

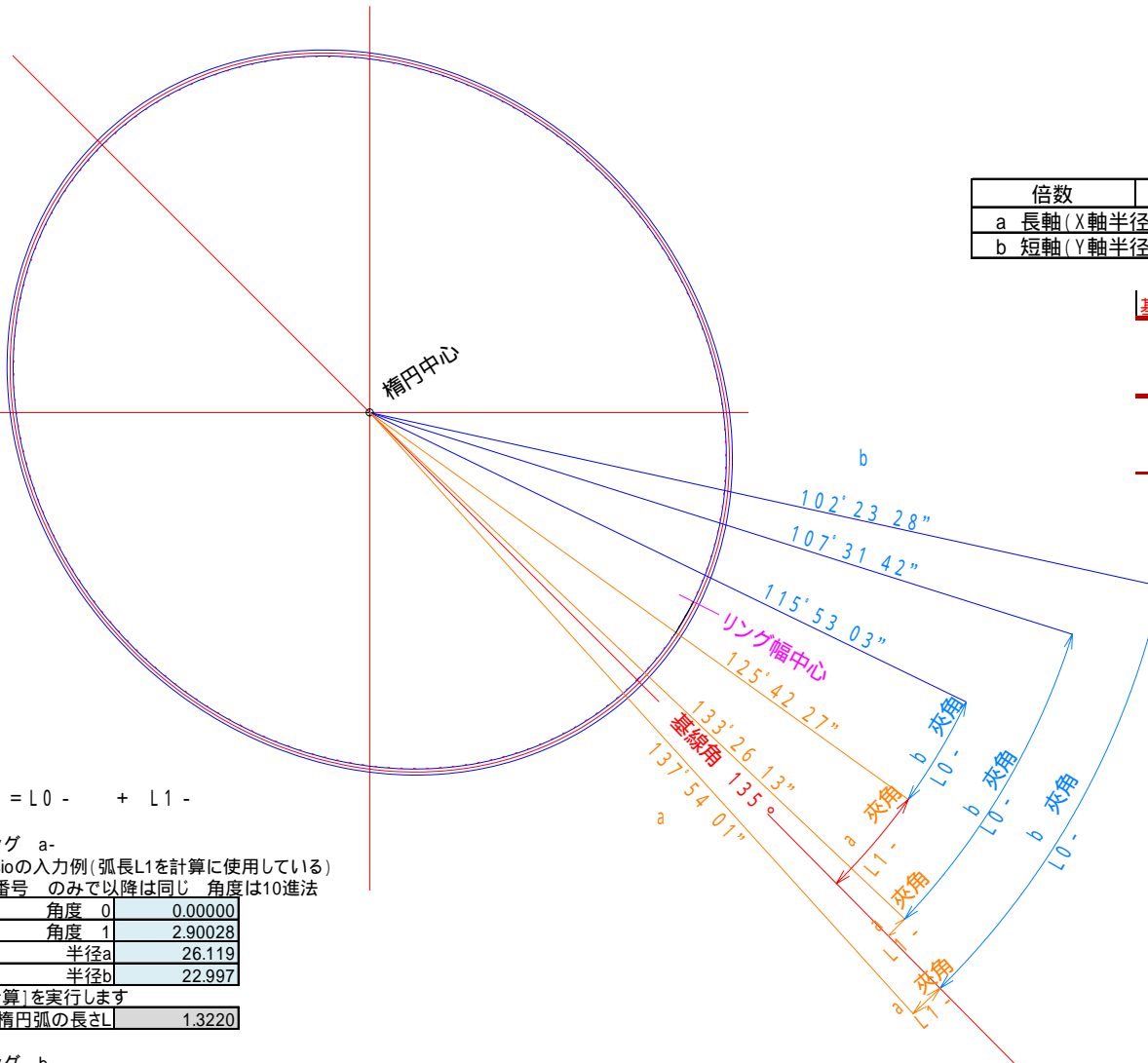
$$L = L0 - + L1 -$$

リング a-
casioの入力例(弧長L1を計算に使用している)
列番号 のみで以降は同じ 角度は10進法

角度 0	0.00000
角度 1	1.56306
半径a	25.901
半径b	22.805
[計算]を実行します	
楕円弧の長さL	0.70658

リング b-
casioの入力例(弧長L0を計算に使用している)
列番号 のみで以降は同じ 角度は10進法

角度 0	1.56306
角度 1	27.47167
半径a	25.901
半径b	22.805
[計算]を実行します	
楕円弧の長さL	10.2868



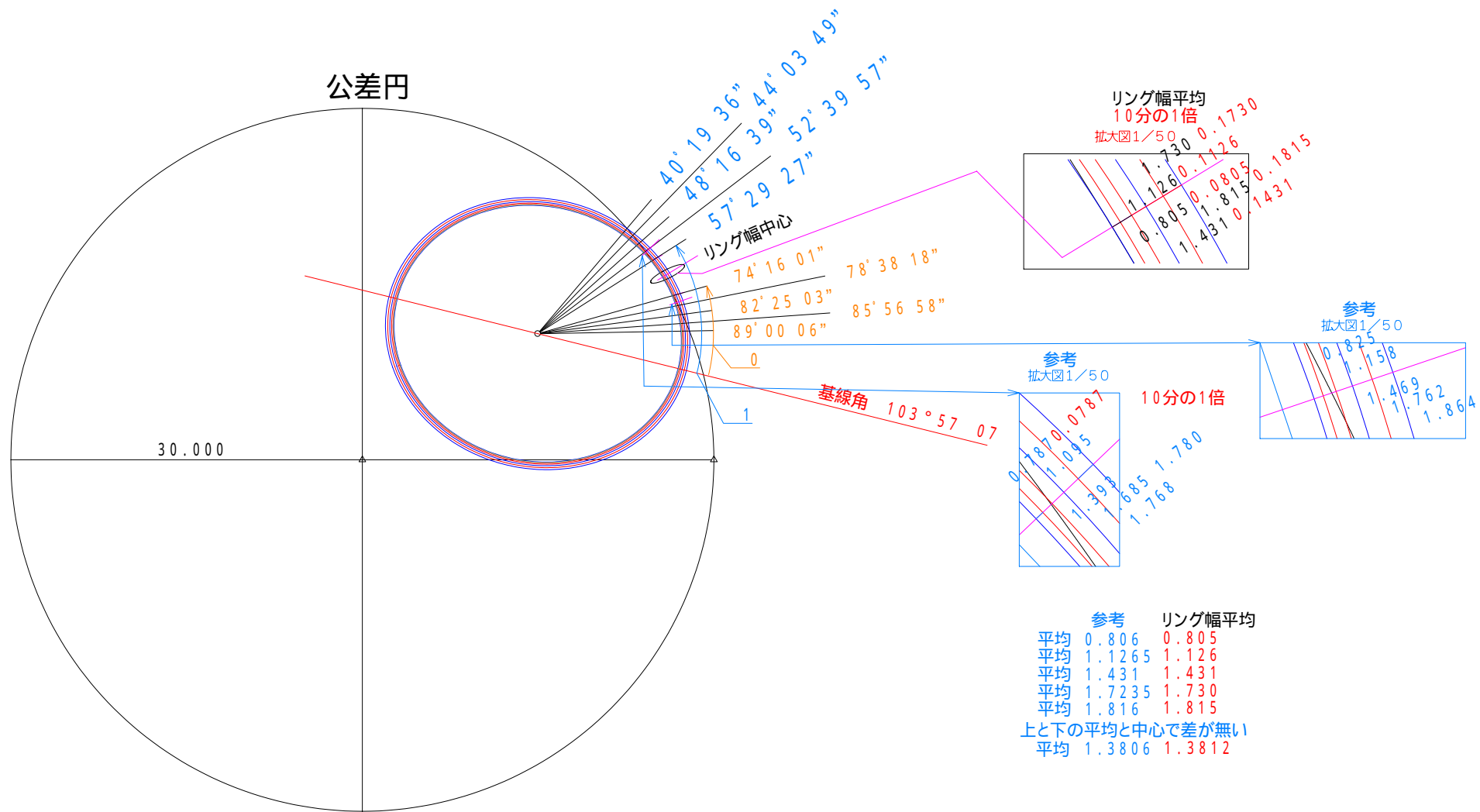
$$L = L0 - + L1 -$$

リング a-
casioの入力例(弧長L1を計算に使用している)
列番号 のみで以降は同じ 角度は10進法

角度 0	0.00000
角度 1	2.90028
半径a	26.119
半径b	22.997
[計算]を実行します	
楕円弧の長さL	1.3220

リング b-
casioの入力例(弧長L0を計算に使用している)
列番号 のみで以降は同じ 角度は10進法

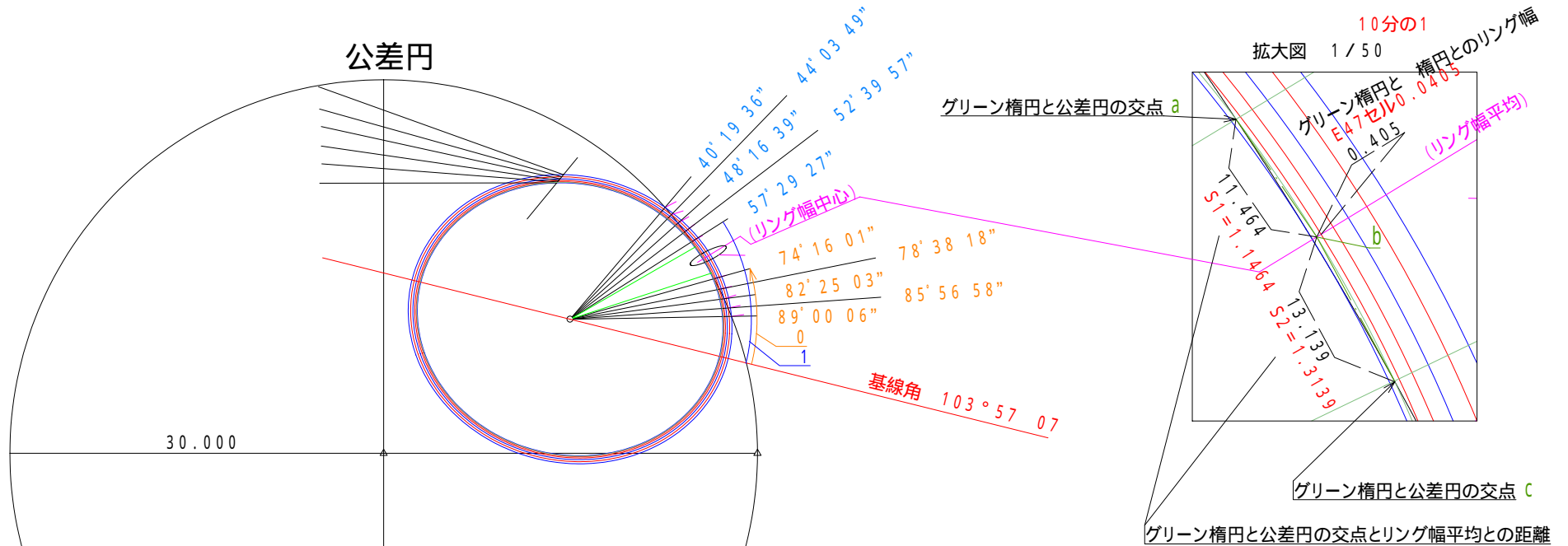
角度 0	0.00000
角度 1	32.60889
半径a	26.119
半径b	22.997
[計算]を実行します	
楕円弧の長さL	14.7012



	参考	リング幅平均
平均	0.806	0.805
平均	1.1265	1.126
平均	1.431	1.431
平均	1.7235	1.730
平均	1.816	1.815
上と下の平均と中心で差が無い	平均	1.3806
		1.3812

リング 中間と 間の楕円面積の検証

拡大図a-b-c間の距離を本来なら弧長Lを州買うべきところ
距離Sを使っても結果に影響がないかの検証



ブルー枠に図のデータを入力する

の楕円リングの確率面積計算表 と の中間	
a=長軸	12.385
b=短軸	10.905
CADから の外リング幅	0.0405
CADから の外側リングS	1.1464
CADから の外側リングS	1.3139
S (S + S)	2.4603
外側リング面積	0.09964
中間と 間の割合	0.5320

グリーンの楕円をこの長軸 短軸の値で作る

右上の図からそれぞれの値を求め入力する

弧長Lでなく距離Sを使っても精度に影響がないことの確認

1方向角 60° 00' 50"
 0方向角 71° 55' 02"
 基線角 103° 57' 07"
 0弧夾角 32.034722°
 1弧夾角 43.938056°
 Casio計算弧長 2.4616
 弧長合計 35.6972 + 2.4616 = 38.1588
 弧長合差 0.0013は0.0034%で結果に影響はない