

境界の信頼限界

計算によって求められた境界正確度を推定する

1. はじめに

境界を現地に表示する場合、果たして計算された位置でいいのだろうかと悩む事があります。計算値の近傍に古くから所有者間で認識してきた境界を示す地物(以下、本項では境界地物又は境界表示物とします)があればなおさら悩みます。

境界復元計算の基になっている地図(不動産登記法第14条1項の地図, 2項の地図に準ずる図面), 地積測量図(分筆申告図, 地積測量図), 測量図等にはその当時の測量誤差が含まれています, また現時点の測量成果にも測量誤差があります。

境界(筆界)復元計算のときに基準にした多角点, 境界点, 引照点にもそれぞれ程度の差があるにしても測量誤差が含まれています。

境界に境界標があっても管理している土地所有者, 管理者が認識している位置と計算位置との間に認識のズレがあることもあります, 境界標には自然な移動, 人的な移動が起きていますこのような様々な条件の中で「位置誤差の範囲」をどの程度まで認めていいのだろうかという事が重要となります。

例えば, 明らかに動きのない境界地物が存在する点において境界の位置を復元したらその境界地物から数センチ離れたところに復元された, あるいは復元されているのを見かけることがあります, これは様々な誤差が生じていることの結果なのです。

このような場合, 不動点の位置, 境界地物が境界なのか復元した位置が境界なのか境界(筆界)の専門家である実務者によっても判断が異なります。

原則は境界地物が境界ですが, 境界地物を境界として良いものなのか計算点を境界にするべきか迷った時に技術的な裏付けのある数値が欲しいと言うのが実務者の本音でしょう裏付けを持たせることが必要です。このようなことを筆界特定とか境界確定訴訟のなかだけでなく日常業務のなかでもサラリと計算しておくことが境界(筆界)のプロ, 特に土地家屋調査士には求められます。

境界の復元は境界が形成されたときの境界地物の中で不動点とされる数個の境界地物のデータを使って計算しているのですが同じ精度であっても基になっているデータの数が違えばそのデータの信頼度も違ってきます, 仮に標準偏差 0.030 と計算されたデータで, A群のデータ数 10 個とB群のデータ数が 30 個とでは信頼度が違います, データ数が多ければ少ないデータ群より信頼度が高いのは当たり前のことです, これを数値で表す必要があります。

具体的には標準偏差 0.030 のでデータ数が 10 個の信頼限界を求めると, 下限 0.021~上限 0.055 です。データ数 30 個では下限 0.024~上限 0.040 となります(計算方法は後で説明します)。この値を標準偏差がもつバラツキの限界値として考えます。

“土地家屋調査士は境界(筆界)のプロである”と土地家屋調査士自身がいますが、測量士と土地家屋調査士の違いを説明出来る方は少ないと思います。

その違いはいつて簡単で、土地家屋調査士の最大の特徴は土地の境界復元と確認(所有者・管理者に立ち合って了解を取ることを意味ではなく)をする行為を技術、法的、制度面から解釈が出来ることですが残念ながらこれらの技術力、知識を備えているとは言い難いと思います。

ここでは技術的な面を取り上げているのですが筆界について法的な面、制度面に少し触れておきます。

1.1 筆界とは(法的な面)

境界(筆界)について法務局の筆界特定制度 PR, ホームページでは“**「筆界」とは、土地が登記された際に、その土地の範囲を区画するものとして定められた線をいい、所有者の合意などによって変更することはできません。**”と解説されております。

一方不動産登記法第 123 条において筆界とは“この章(筆界特定)において、次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。一 筆界 表題登記がある一筆の土地(以下単に「一筆の土地」という。)とこれに隣接する他の土地(表題登記がない土地を含む。以下同じ。)との間において、当該一筆の土地が登記された時にその境を構成するものとされた二以上の点及びこれらを結ぶ直線をいう。”とされております。

1.2 隣接する他の土地との間とは(技術面)

さて、「隣接する他の土地との間において」とありますので「筆界は隣接地との相対位置関係で決める」と解釈できます、つまり地球上の絶対的な位置、緯度経度によって位置が決まるのではなく土地が繋がっている場合はその相対位置関係によって決まる、土地は延々と繋がっていますので相対位置関係も延々と影響を受けると解釈する、果たしてこのような考えは可能なのであろうか。

隣接する土地だけで筆界を決めるとその位置決定にある誤差がどのように隣地、さらにその隣地へと影響するのであろうか、水面に石を投げると波紋が生じるがその波紋は伝わるほどに小さくなります、誤差もこの原理と同じです。この逆で中心部の筆界を決定する際に周囲の情報を織り込めば中心部の情報が明確にできます、そのためには、このような結果を生み出せる技術的な手法を使うということになります。

1.3 当該一筆の土地が登記された時とは(制度面)

筆界とは土地の範囲を区画するものですから、「当該一筆の土地が登記された時」の解釈ですが、“登記”された時とは具体的に何時なのでしょう、明治 20 年 2 月 1 日施行の登記法(明治 19 年法律第 1 号)を指すのか、あるいは明治 22 年 4 月 1 日土地台帳規則施行を指すのか、昭和 35 年の登記簿一元化の時か、その他にもその人の立ち位置によって様々な意見が

あり定かではありません。いずれにしても境界(筆界)は不動産登記法があつて説明されるものですから明治20年2月1日施行の登記法でもって土地が登記されたときと解釈するのが妥当と考えられます。

土地の区画の原型は明治5年7月4日の大蔵省達83号で「地券渡方規則」により地券(その土地の所有権が誰にあるかを証明した証書)が発行されたときの範囲が境界であり後の筆界とされたと考えるべきでしょう、つまり明治6年7月28日以降の地租改正地引絵図、明治18年2月18日以降の地押し調査更正図によって確認されたものとする確認説が有力ではないでしょうか。

筆界は書証、物証、人証の三証によって形成されないと考えなければなりません、机上で形成されることは技術的にありませんので、明治初期の地租改正地引絵図、地押し調査更正図の作成時に筆界が書証となったとの考え方が現代の技術的な復元の基礎になっているといえます。

土地の書証には土地の形状の他に面積があります、面積に関しては地租改正地引絵図、地押し調査更正図の作成に当たっては市街地、郷村地、山林原野の区分でそれぞれ異なった求積がなされたと記録されていますので面積から境界(筆界)復元する場合は注意が必要です。

1.4 境を構成するものとされた二以上の点とは(技術面)

次に、“境を構成するものとされた二以上の点”のこの個所です、地上に於ける点を指すのかそれが描かれた図面、地租改正地引絵図、地押し調査更正図改正なのか、これを基に作成された土地台帳附属地図を指すのかです、法律はそこまで踏み込んでおりません、またそこまで踏み込んだ解説を見たことがありません。

いずれにしても境界(筆界)を復元するためには原始筆界に関して言えば地租改正地引絵図、地押し調査更正図をもとに作成された土地台帳附属地図が基本になるでしょう、さらに地租改正地引絵図、地押し調査更正図作成の時までさかのぼることが必要になりますが、地租改正地引絵図、地押し調査更正図から土地台帳附属地図作成の間に「絵図面の訂正」がされていたわけですから土地台帳附属地図と地租改正地引絵図、地押し調査更正図の相違があつても短絡的に地租改正地引絵図、地押し調査更正図が正しいと判断することには注意が必要です。

地租改正地引絵図、地押し調査更正図は公的には使用はされていませんので公図(土地台帳附属地図)を使用することが原則です。

その他に土地の分筆によって創設された筆界、区画整理図等によるそれまであった筆界を更にして、新たに形成した筆界があります。この二つの筆界は形成された時点での資料、分筆申告図、地積測量図、換地図を境界(筆界)復元資料として復元できますので資料が紛失していなければそれ相当の復元が可能です。

1.5 境界(筆界)は地上に於ける境界地物と図面がなければ復元できません

地上に於ける境界地物(境界標, 地物, 地形, 境木などをいいます。)と図面の両方がなければ境界(筆界)は復元できません。

このときに重要なのは図面對境界との相対精度とデータの信頼度です。この二つの指標と境界地物の状況, さらに人証等を参考にしながら決めていくしか方法がありません。しかし人証に関しては“言い伝え”なのでどこまで信用するかが課題です, 証言者が決して嘘をついていると言うことではなく思いこみ, 勘違いが多々あることです。

明治初期には市街地, 農耕地(郷村地), 山林原野に分類されそれぞれ異なった取り決め, 方法等によって地租改正地引絵図, 地押し調査更正図が作成されました, その中で現在において争いの多い農耕地(郷村地)についていえば, 郷村地の地租改正地引絵図, 地押し調査更正図の測量時には境界に木の枝, 竹, 笹などで明示しそれを測ったと言われています, それらのものは亡失していますから所有者の記憶としては畦畔の際とか中心とか, 何らかの目標物から何尺何寸の距離とかと言った記憶で残っている訳です, その後境界標が設置されると本来の位置からのズレが当然起きています, このズレ量が重要なのですが誰も証明はできません, こう考えれば人証は意外と当てにならないのかもしれないかもしれません。

いずれにしても誤差, 確率, 最小二乗法の理論から得られたデータの範囲で信頼区間, 信頼区間限界を求め, その範囲以内で境界(筆界)を復元し明示することになります。

そこで, 信頼区間と信頼限界の計算が必要になります。信頼区間と信頼限界はデータ数と図面對境界標との相対精度, いわゆる標準偏差から求められます。

1.6 考え方

同じ精度であっても元になるデータ数が違えばデータの信頼度は異なります。データ数が多ければ信頼度は高いですしデータ数が少なければ信頼度が低いと言えます。

例えば, 精度はいいがデータ数が少ない, 精度は多少悪いがデータ数が多いと言った場合にどのように比較するかということも含めて判断できるようにすることです。

2. 信頼限界(χ^2 分布)

信頼限界というのは標本, いわゆる一筆～数筆の測量データから得られた精度(標準偏差)から本来持っている精度(標準偏差)を計算して, その精度(標準偏差)から通常認識ができる精度(標準偏差)の範囲を計算するものです。

境界復元計算において, 信頼限界を超えた結果が得られた場合にどうするかは議論のあるところですが, その原因を明らかにして対処する, あるいは合理的な理由付けをすることになります。

計算式は次のとおりです。

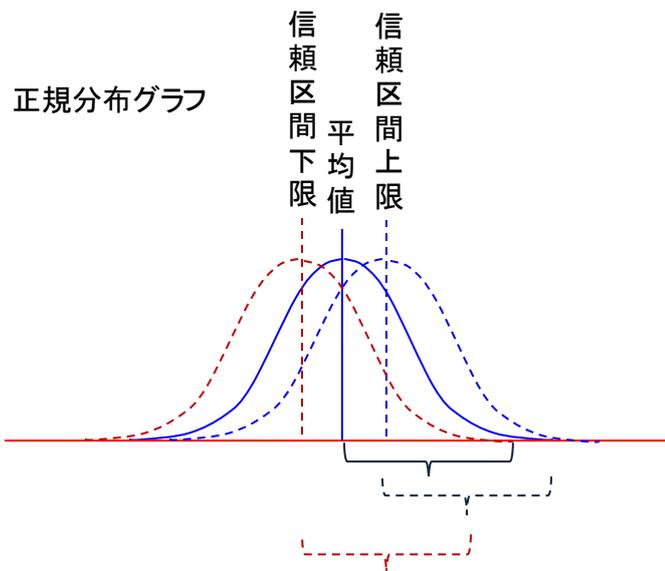
$$k_1 = \chi^2_{(1-\frac{\alpha}{2}, n-1)}, k_2 = \chi^2_{(\frac{\alpha}{2}, n-1)} \quad (\alpha \text{ は有意水準, } n \text{ はデータ数})$$

エクセル関数では $\text{CHINV}(\frac{1-\alpha}{2}, n-1)$ $\text{CHINV}(\frac{\alpha}{2}, n-1)$ α は有意水準, n はデータ数で求めます。

$$\text{母標準偏差下限} = \sqrt{\frac{n\sigma^2}{k_1}} \quad \sigma \text{ は標本標準偏差}$$

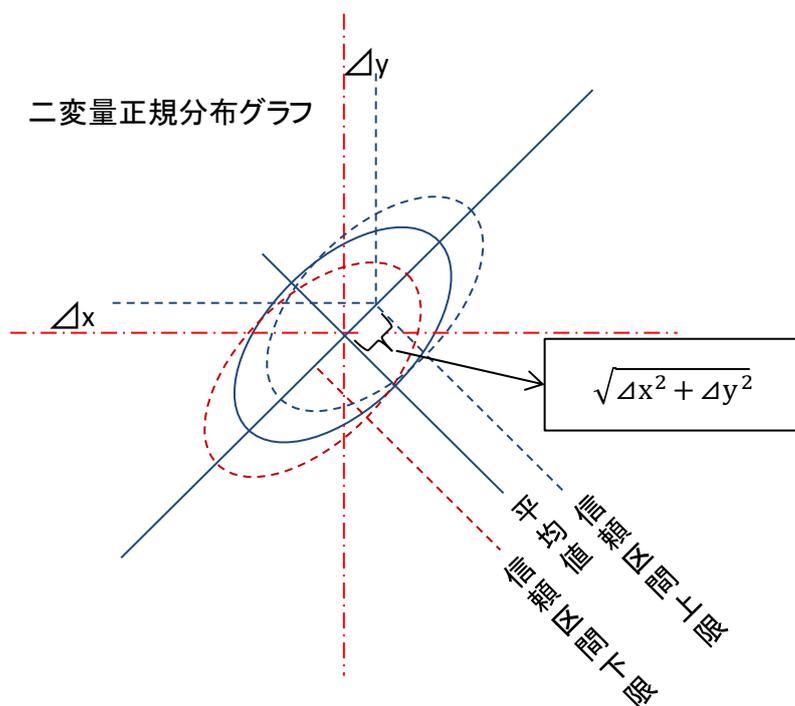
$$\text{母標準偏差上限} = \sqrt{\frac{n\sigma^2}{k_2}} \quad \text{です。}$$

図は一変量イメージ図です。



バラツキは変わらず, 平均値の位置が移動する。

図は二変量イメージ図です。



二変量の信

頼区間の幅は計算されるX軸の上限値とY軸の上限値の $\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$ の位置まで分布中心が移動することになると考えられる。

3. 平均値の信頼区間(t分布)

標本、いわゆる一筆～数筆の測量データから得られた平均値には幅があります、母集団の平均値がこの幅の中にあるとします、標本データ数が少ないほど幅は大きくなり、データ数が多いとこの幅は小さくなります。

計算式は次のとおりです。

$$k = t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-1\right)} \quad (\alpha \text{ は有意水準, } n \text{ はデータ数})$$

エクセル関数 $TINV(\alpha, n-1)$ * α は有意水準, n はデータ数 で求めます。(エクセルは $\frac{\alpha}{2}$ ではなく α)

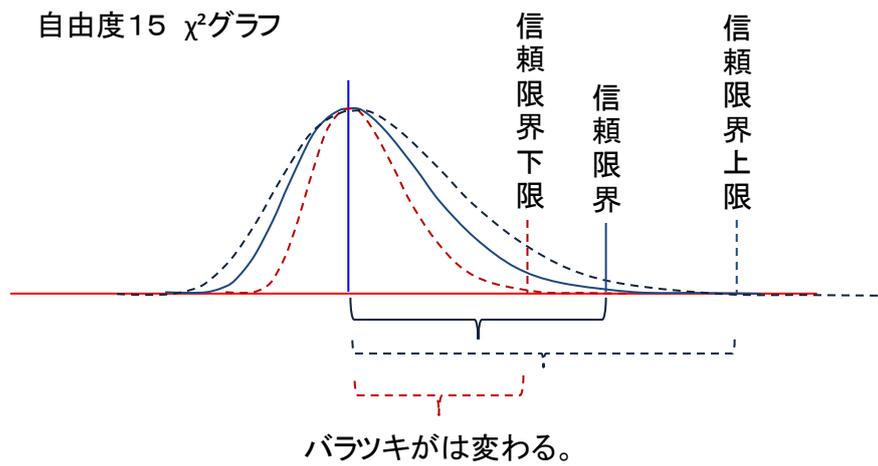
平均値の信頼区間

$$\text{下限} = \bar{X} - k \times \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}} \quad \bar{X} \text{ は平均値}$$

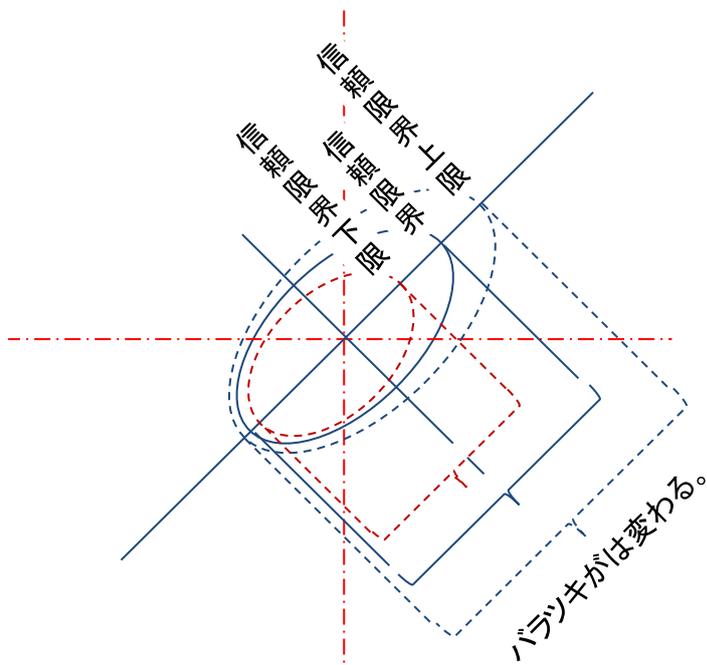
上限= $\bar{X} + k \times \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}$ の範囲になります。

*1 エクセルでは確率からt値を求める場合は両側確率からしか計算が出来ない。

図は一変量イメージ図です。



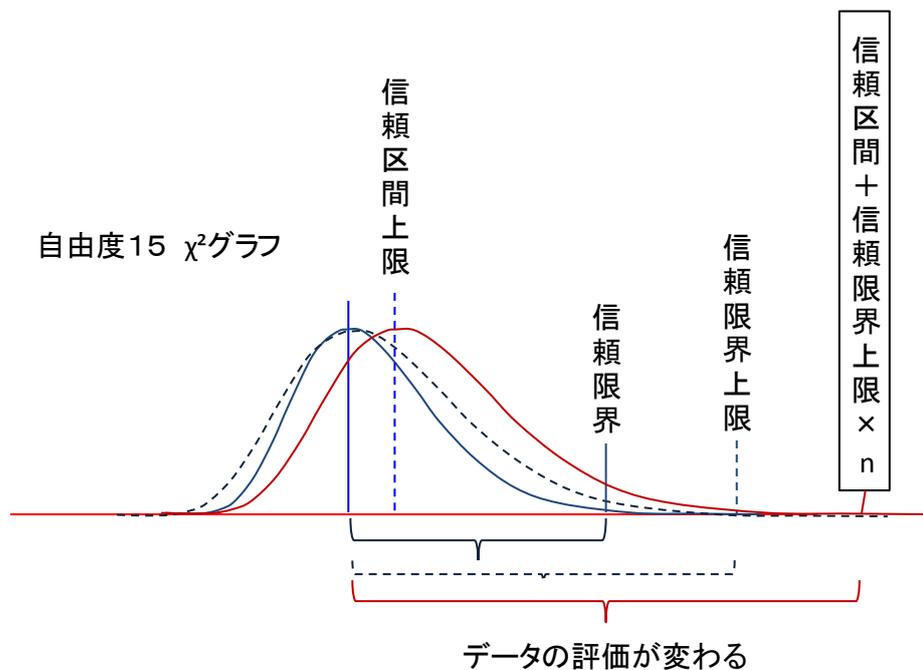
図は二変量イメージ図です。



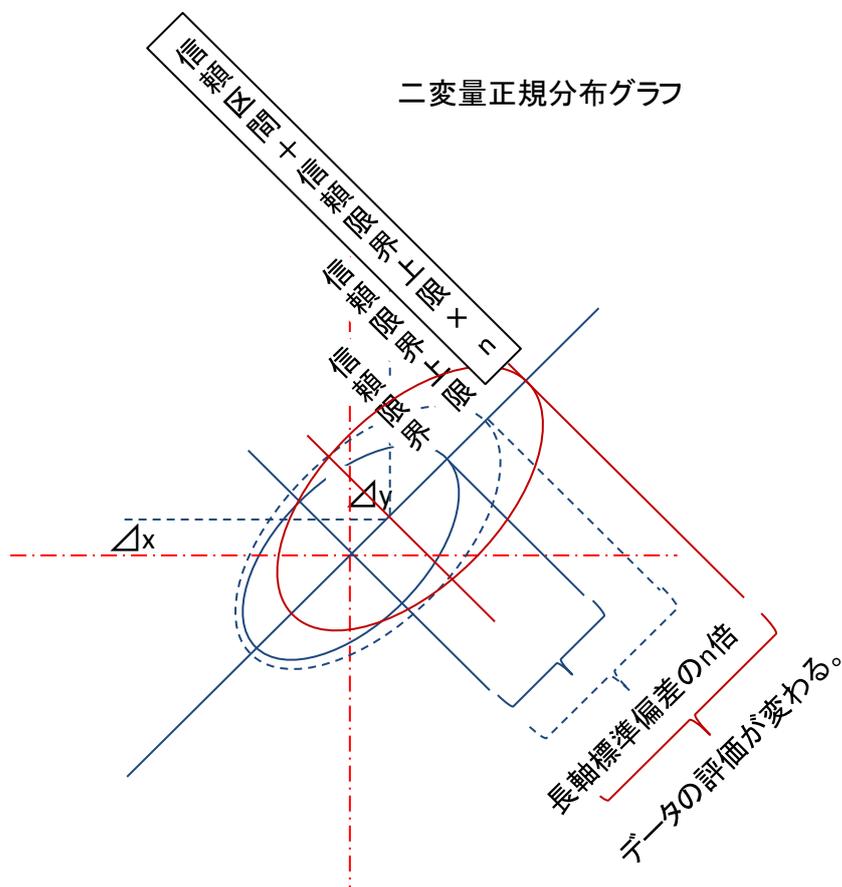
二変量のバラツキでは、長軸と短軸の標準偏差が求められるが短軸の標準偏差は長軸の標準偏差より小さいので長軸について確認すれば良いことになる。

信頼限界と信頼区間を合わせて評価すると、信頼区間上限 + (信頼限界上限 × 倍数) となる、信頼限界の倍数を幾つに設定するかが必要です。

一変量のイメージ図



二変量のイメージ図



4. “sinrai”シートの使用説明, 使用プログラムは Henkan3.0~

このような計算をするにはプログラムを提供するしかありませんので, 信頼限界と信頼区間を計算で求める方法を紹介いたします。Henkanプログラム)の“sinrai”シートで結果が表示されますので, 実際の決定はこの値を参考にしてください。

境界(筆界)の指標には「筆界点の位置」「二点間距離差」「面積差」の3つあります, 「筆界点の位置」は二変量データで, 「二点間距離差」「面積差」は一変量データですから一変量の計算と二変量の計算の二つを紹介します。

“sinrai”シートは左上表「一変量の計算」, 左下表「公差からの辺長差判定」, 右上表「二変量の計算」からの3つのジャンルから構成されています。

それぞれ, 目的によって使い分けます。

信頼限界・平均値の信頼区間計算

(全体の注記)データは水色のセルに直接入力してください。

一変量の計算			
サンプルデータ	入力値	下限	上限
有意水準	0.05		
データ数	20		
標本標準偏差	0.020	標準偏差信頼限界	0.015 0.029
平均値	0.000	平均値信頼区間	-0.009 0.009
		対公差限界値上限99.99%区間	0.123
		対境界標準95%一致上限	0.025 0.062

(注)「信頼限界」の解説を参考にしてください。
(注)対公差限界値上限が公差内か公差内ならOKです。

精度区分	公差からの辺長差判定		公差から辺長差判定計算	
	甲2	乙	縮尺	図解線
数値法と図解法	数値法	縮尺	500	図解線
辺長	m			A級
有意水準	0.05			
辺長の公差	±	0.079		
データ数	100000		下限	上限
公差からの標準偏差	0.020	標準偏差信頼限界	0.020	0.020
		対公差判定一致上限 *1.96	0.040	0.040
		対境界標準95%一致上限	0.040	0.040

(注)「σ法」の解説を参考にしてください。
(注)データ入力の際に「公差から辺長差判定計算」を実行してください。
(注)フリーのセルはリストから選択します。セルをクリックすると選択できます。
(注)平均値は0です。データ数は100000で固定です。
(注)国土調査法施行令別表5の式から辺長公差から計算されます(DID地区除く)。
(注)辺長の公差が対公差判定上限内なら「一致」です。

二変量の計算は「sinrai」シートからデータを取得して実行されますので「Helmert”Affine”Muhen」の各シートの分布はマント実行後にデータ取得を実行してください。[データ取得]と同時に計算は完了しています。

ヘルマート 二変量の計算		データ取得	
サンプルデータ	入力値	下限	上限
有意水準	0.05		
データ数	20		
短軸標準偏差σm	0.019	長軸標準偏差σm	1.014 0.028
平均値x	0.000	平均値信頼区間x	-1.009 0.009
短軸標準偏差σn	0.016	短軸標準偏差σn	1.012 0.023
平均値y	0.000	平均値信頼区間y	-1.007 0.007
		標準偏差信頼限界	1.014 0.028
		平均値信頼区間	-1.012 0.012
		対公差限界値上限99.99%区間	0.120
		対境界標準95%一致上限	1.022 0.060

(注)「信頼限界」の解説を参考にしてください。
(注)データは水色のセルに直接入力もできます。
(注)データ数が5点以下では「データ取得」を実行してもデータの取り込みができません。この場合、二変量計算は機能しておりませんので注意してください。
(注)対公差限界値上限が公差内か公差内ならOKです。

公差からの二変量標準偏差信頼限界表

精度区分	図解法		数値法	
	公差	上限	公差	上限
DD地区			0.00	0.005
甲1	0.060	0.015	0.00	0.008
甲2	0.200	0.051	0.00	0.013
甲3	0.450	0.116	0.00	0.023
Z1	0.750	0.193	0.00	0.031
Z2	1.500	0.386	0.00	0.041
Z3	3.000	0.771	0.00	0.051

(注)公差とは2点以上の端部図解点等を基礎として測量した場合の標準差をいう。

参考です

対境界標準95%一致の目安(数値以下は)	
一変量	
1	0.025 土地台帳附属地図
2	0.037 図解法地図
3	0.050 数値法+境界準拠点
4	0.062 数値法+公共基準点
二変量	
1	0.022 土地台帳附属地図
2	0.035 図解法地図
3	0.048 数値法+境界準拠点
4	0.060 数値法+公共基準点
公差からの辺長差判定	
1	0.020 一致
2	0.040 どちらかといえば一致
3	0.059 どちらかといえば不一致
4	0.079 不一致
5	0.079 以上は完全不一致

下表が一変量のデータの計算です。

一変量の計算

サンプルデータ	入力値		下限	上限
有意水準	0.05			
データ数	20			
標本標準偏差	0.020	標準偏差信頼限界	0.015	0.029
平均値	0.000	平均値信頼区間	-0.009	0.009
		対公差限界値上限99.99%+区間		0.123
		対境界標95%一致上限	0.025	0.062

下表が公差からの辺長差判定の計算です。

公差からの辺長差判定

精度区分	甲2	公差から辺長差判定計算			
数値法&図解法	数値法	縮尺	500	図解級	A級
辺長 m	15.000				
有意水準	0.05				
辺長の公差 ±	0.079				
データ数	100000		下限	上限	
公差からの標準偏差	0.020	標準偏差信頼限界	0.020	0.020	
		対公差判定一致上限 *1.96		0.040	
		対境界標95%一致上限		0.040	

(注)「σ法」の解説を参考にしてください。

(注)データ入力のもと「公差から辺長判定計算」を実行してください。

(注)緑色のセルはリストから選択します、セルをクリックすると選択できます。

(注)平均値は0です。データ数は100000で固定です。

(注)国土調査法施行令別表5の式から辺長公差から計算されます(DID地区除く)。

(注)辺長の較差が対公差判定上限内なら「一致」です。

下表が二変量のデータの計算です。

ヘルマート二変量の計算

データ取得

サンプルデータ	入力値		下限	上限
有意水準	0.05			
データ数 n	20			
長軸標準偏差 σ_m	0.019	長軸標準偏差 σ_m	0.014	0.028
平均値 Δx	0.000	平均値信頼区間 Δx	-0.009	0.009
短軸標準偏差 σ_n	0.016	短軸標準偏差 σ_n	0.012	0.023
平均値 Δy	0.000	平均値信頼区間 Δy	-0.007	0.007
		標準偏差信頼限界	0.014	0.028
		平均値信頼区間	-0.012	0.012
		対公差限界値上限99.99%+区間		0.120
		対境界標95%一致上限	0.022	0.060

(注)「信頼限界」の解説を参考にしてください。

(注) データは水色のセルに直接入力もできます。

(注) データ数が5点以下では「データ取得」を実行してもデータの取り込みが出来ません。

ので「一変量計算」にデータを手入力してください。

この場合、二変量計算は機能しておりませんので注意してください。

(注) 対公差限界値上限が公差内か出合差内ならOKです。

判断は“対公差限界値”が公差内か公差外で判断します。

5. 対公差限界値

有意水準と標準偏差が同じであれば、データ数によって信頼限界、信頼区間が変化します、信頼限界、信頼区間ともデータ数が少ないほど数値が大きくなります。

信頼限界、信頼区間とも上限値と下限値が求められますが境界復元測量では上限が問題なので下限については考えません。

公差に対しての評価、異なるデータの比較では信頼区間上限+信頼限界×n倍であれば良いので、境界測量では公差に対して不良率一万分の1、つまり確率99.99%(0.9999)と考え、確率0.9999の標準偏差は3.891倍から信頼限界上限×3.891倍とすればよいこととなります。

異なる成果のデータを比較する場合は“対公差限界値”の大小で判断します、小さい値が精度がよいです。

6. 入力説明 (共通)

1) 有意水準入力値の説明(共通)

境界測量では0.05(5%)で計算します。

2) データ数の説明(共通)

データ数はサンプル数、又は準拠点数です。

3) 標準偏差の説明(共通)

標準偏差はサンプルの標準偏差(実際に計算された標準偏差)です。

二変量の標準偏差(長軸)(短軸)の値はHenknプログラムで **分布** コマンド実行後に求められ“bunpu”シートに σ_m 、 σ_n で表示されます。”bunpu”シートで **sinrai** の後、“sinrai”シートで **データ取得** コマンドが実行されればこの値が転送されてきます。

水色のセルに直接入力も出来ますのでHenkanプログラムに関係なく単独で計算できます。

4) 平均値の説明(共通)

平均値はデータの平均です、最小二乗法による場合は^{ゼロ}0です。

6.1 一変量の入力説明

一変量の計算

サンプルデータ	入力値		下限	上限
有意水準	0.05			
データ数	20			
標本標準偏差	0.020	標準偏差信頼限界	0.015	0.029
平均値	0.000	平均値信頼区間	-0.009	0.009
		対公差限界値上限99.99%+区間		0.123
		対境界標95%一致上限	0.025	0.062

- 1) 有意水準に根拠がなければ通常は0.05(5%)を入力します。
- 2) データ数を入力します。
- 3) 標本標準偏差はデータから計算した標準偏差を入力します。

数個の辺長からの標準偏差の計算は 1) 実測辺長－図面辺長＝較差 を求めます。

較差から標本標準偏差 σ を求めます, この時の分母は $n-1$, エクセル関数ではSTDEV関数で計算します。

- 4) 平均値は公差の中心値又は較差の平均値を入力します, 原則 0 です。

入力が終了すると, 標準偏差信頼限界, 平均値信頼区間, 対公差限界値の下限, 上限が計算されます。

6.2 公差からの辺長差限界値計算入力説明

辺長の公差から信頼限界値を求め, それを判断基準に使うことは適切な方法はありません, なぜなら公差とは最悪の場合を想定した値になっているからです, 通常は公差より小さい, 精度の高い状態で測量がされているからです, しかし辺長の公差の場合, 得られるデータが1個のみで比較しなければなりません, この場合は公差の枠を最低限超えないようにしておかなければなりません, このような特殊な場合に使うものです。

国土調査法施行令別表4の「筆界点の位置誤差公差」の3分の1が平均二乗誤差とされています, $\text{平均二乗誤差} = \sqrt{2} \times \text{標準偏差}$ ($3 \times \text{平均二乗誤差} = 4.25 \times \text{二変量標準偏差}$) の関係がありますので基本的には10000分の1の不良率(99.99%の確率)の基に国土調査法施行例別表4は作成されています, この不良率(99.99%の確率)ベースに考えてあります。DID地区用の計算式もこの考えに基づいて作成してあります。

公差からの辺長差判定

精度区分	甲2	公差から辺長差判定計算			
数値法&図解法	数値法	縮尺	500	図解級	A級
辺長 m	15.000				
有意水準	0.05				
辺長の公差 ±	0.079				
データ数	100000		下限	上限	
公差からの標準偏差	0.020	標準偏差信頼限界	0.020	0.020	
		対公差判定一致上限 *1.96		0.040	
		対境界標95%一致上限		0.040	

1) 精度区分はセルをクリックし、ドロップダウンリストから DID, 甲1, 甲2, 甲3, 乙1, 乙2, 乙3 から選択します。



左の表がリストのサンプルです。

2) 数値法&図解法はセルをクリックし、ドロップダウンリストから 数値法, 図解法から選択します。

3) 縮尺は図面の縮尺を入力します。

4) 図解級はセルをクリックし, A級, B級から選択します, 図解法図面では「B級」が適切と考えます, 各自で判断してください。

5) 辺長はm単位で図面辺長を入力します。

6) 有意水準に根拠がなければ通常は 0.05 (5%) を入力します。

7) データ数を入力します, その図面にある辺の数です (境界点の数でもかまいません。)

入力が終了したあと **公差から辺長差判定計算** コマンドボタンを実行すれば, 土辺長の公差, 公差からの標準偏差, 標準偏差信頼限界, 対公差判定の下限, 上限 が計算されます。この表の計算結果から必要なのは対公差判定の上限の値です。

辺長の公差は国土調査法施行例別表4の計算式によっています。

国土調査法施行令別表4にないDID地区は別表4と同じベースで考察し, 公差 40mm, 平均二乗誤差 13mm, 辺長差の計算式= $0.013+0.002\sqrt{s}$ で計算しています。

6.3 二変量の入力説明

1) “Helmert” “Affine” “Muhen” シート等から準拠点 (基準にする点) 選択完了後に **分布** コマンド実行後に “sinrai” シートに移動してから **データ取得** コマンドを実行してください。

実行後, データ数 n , 標準偏差 σ_m , 平均値 \bar{x} , 標準偏差 σ_n , 平均値 \bar{y} が入力されていることを確認します。

これらの値は直接入力もできます。

2) 有意水準に根拠がなければ通常は 0.05 (5%) を入力します。

入力が終了すると, 長軸標準偏差 σ_m , 平均値信頼区間 \bar{x} , 短軸標準偏差 σ_n , 平均値信頼区間 \bar{y} , 標準偏差信頼限界, 平均値信頼区間, 対公差限界値の下限, 上限 が計算されます。

ヘルマート二変量の計算		データ取得		
サンプルデータ	入力値		下限	上限
有意水準	0.05			
データ数 n	20			
長軸標準偏差 σ_m	0.019	長軸標準偏差 σ_m	0.014	0.028
平均値 Δx	0.000	平均値信頼区間 Δx	-0.009	0.009
短軸標準偏差 σ_n	0.016	短軸標準偏差 σ_n	0.012	0.023
平均値 Δy	0.000	平均値信頼区間 Δy	-0.007	0.007
		標準偏差信頼限界	0.014	0.028
		平均値信頼区間	-0.012	0.012
		対公差限界値上限99.99%+区間		0.120
		対境界標95%一致上限	0.022	0.060

6.4 二変量公差からの標準偏差の上限値(参考)

図解法の公差は国土調査法施行令別表4の「筆界点の位置誤差公差」から、数値法の出合差は国土調査法、地籍調査作業規程準則別表26及び DID 地区の出合差は都市再生街区基本調査作業規定、別表22(放射法における街区点測量における観測点の点検較差の標準)からです。

公差からの二変量標準偏差信頼限界上限

精度区分	図解法		数値法	
	公差	上限	出合差	上限
DID地区			0.020	0.005
甲1	0.060	0.015	0.030	0.008
甲2	0.200	0.051	0.050	0.013
甲3	0.450	0.116	0.090	0.023
乙1	0.750	0.193	0.120	0.031
乙2	1.500	0.386	0.160	0.041
乙3	3.000	0.771	0.200	0.051

(注) 出合差とは2点以上の細部図根点等を基礎として測量した場合の座標差をいう。

7. 境界表示物の判断(参考です)

計算値の近傍に古くから所有者間で認識してきた境界を示す石垣とかの地物とかがある場合、それを境界標とするかしないかの判断目安です。

較差の大きい方向(プラス側)だけを評価し、小さいほう(マイナス側)は考えないで

$$\text{下限値} = \frac{\text{標準偏差信頼限界下限値} \times 3.891 - (\text{信頼区間上限値})}{3.891} \times 1.96$$

$$\text{上限値} = \frac{\text{標準偏差信頼限界上限値} \times 3.891 - (\text{信頼区間上限値})}{3.891} \times 1.96$$

$$\text{間隔} = \frac{\text{上限値} - \text{下限値}}{3}$$

間隔毎にランクを4つ分けて「対境界表示物一致の目安」としました。

計算表の右側に対境界標一致の目安が計算され表示されます。元になっている図面を基準に計算値を中心にして数値内(計算値中心に半径の円内)に境界を示す地物が存在する場合にその物を境界標とみなすか否かの判断値になります。

表は右から“ランク”“判定数値”“元になった図面の種類”になっています。同じ精度(標準偏差)であれば元になっている図面の精度が高いほどその範囲は大きくなります,つまり信頼性が高いということです。

公差からの判定は“σ法”の解説に基づいていますのでそちらのファイルを参照してください。

参考です

対境界標95%一致の目安[数値以下は]	
一変量	
1	0.025 土地台帳附属地図
2	0.037 図解法地籍図
3	0.050 数値法+筆界準拠点
4	0.062 数値法+公共基準点
二変量	
1	0.022 土地台帳附属地図
2	0.035 図解法地籍図
3	0.048 数値法+筆界準拠点
4	0.060 数値法+公共基準点
公差からの辺長差判定	
1	0.020 一致
2	0.040 どちらかといえば一致
3	0.059 どちらかといえば不一致
4	0.079 不一致
5	0.079 以上は完全不一致

ランク1は地租改正地引絵図, 地押し調査更正図等から作成された土地台帳附属地図から評価する場合など, 安定筆界の場合であって安定筆界以外は幅広く考える。

ランク2は図解法による地積測量図, 底辺+高さのみの丈量図なから評価する場合など。

ランク3は数値法図面, 座標値, 他に角度, 距離などが既知な図面から評価する場合など。

ランク4は数値法図面で基準点が明確な場合, あるいは公共基準点を使った図面で基準点の再現が出来る図面から評価する場合など。

という区分で, 計算値からその数値以内に境界を示す石垣とかの地物, 境界標があれば, その位置を境界(筆界)とする。

土地台帳附属地図を境界図として復元計算したところ、計算値を中心として半径0.012(上表の場合)の範囲内の石垣があった場合、その石垣を境界標とするという判断をします。

標準偏差の値が同じ、データ数が同じであれば、基になっている図面の精度が悪いほど範囲は狭くなると考えます。

8. 追加説明

信頼限界、 σ 法の考え方は土地家屋調査士に与えられた境界(筆界)復元分野で最も専門性を発揮できる分野なのですが残念ながら土地家屋調査士にはそのような認識はないです。

それどころか、誤差、確率、最小二乗法を基礎とした境界(筆界)復元をすることへの認識も相当に低いものがあります。非常に残念なことです。

信頼限界は χ^2 分布、信頼区間は t 分布の理論を使用しております、 χ^2 分布、 t 分布については統計学の書籍に解説されていますので別途学習してください。

二変量の分布は原則楕円の分布ですから楕円の長軸標準偏差と短軸標準偏差が計算されます、最悪の場合は長軸標準偏差で計算する必要性も考えられますが1点だけで捉えた場合そこまで考慮する必要性があるか疑問です、したがって平均標準偏差(短軸と長軸の分散の平均値)を使って計算しています。

どうでしょうか、ここまでできれば土地家屋調査士も技術者の端くれに加わることができるのではないのでしょうか。

このシートの活用は今後に期待するしかありません。

9. 問

データ数 5 個, 標準偏差が 0.007 の A データ群とデータ数 10 個, 標準偏差 0.010 の B データ群で信頼度はどちらが高いか。

1. A 群
2. B 群
3. 同じ

答え B 群

対公差限界値上限の小さいほうが正確度, 信頼度は高いと判定します, したがって表で計算すれば A 群の対公差限界値上限は 0.087, B 群の対公差限界値上限は 0.078 となります。

A 群, 標準偏差 0.007, データ数 5 個の計算例

一変量の計算

サンプルデータ	入力値		下限	上限
有意水準	0.05			
データ数	5			
標本標準偏差	0.007	標準偏差信頼限界	0.004	0.020
平均値	0.000	平均値信頼区間	-0.009	0.009
		対公差限界値上限 *3.891+区間		0.087
		対境界表示物一致判定	0.004	0.035

B 群, 標準偏差 0.010, データ数 10 個の計算例

一変量の計算

サンプルデータ	入力値		下限	上限
有意水準	0.05			
データ数	10			
標本標準偏差	0.010	標準偏差信頼限界	0.007	0.018
平均値	0.000	平均値信頼区間	-0.007	0.007
		対公差限界値上限 *3.891+区間		0.078
		対境界表示物一致判定	0.010	0.032

2016/03/10 初リリース

2017/12/01 解説見直し

土地家屋調査士・測量士 小野孝治