

## 筆界復元はなぜ座標変換なのか その1

筆界についての法的な説明は不動産登記法123条1項(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。)にある通りです。

筆界は現地に存在するものなのか登記された時の証書によるものなのかが境界(筆界)復元では大きな問題です。前者であれば筆界の位置の目標となる境界標かこれに類似した表示物の設置義務が必要ですが法律ではその決まりはありません、これはこれで問題なのですが。

そこで拠り所とされるのが筆界を決めるに至った証書、主に図面ですが、その図面によって筆界が形成されたと考えるべきなのか、どちらでしょうか。

筆界には原始筆界と後発的原始筆界と創設筆界に分類されます、明治の初期に地券の発行から地租改正地引絵図、地押し調査更正図作成を経て境界(筆界)は決められました、このときの境を筆界としたものを原始筆界といいます。筆界の形成には図面がないと位置、形が判りませんので必須です、したがって「表題部の一元化施行日」などと制度施行日で捉えるべきではありません。

登記法は明治19年8月31日に施行されましたのでこの時点で登記されていた土地の境界が原始筆界と解釈されます、不動産登記法123条第1項に相当する地図は当時、登記所にはありませんでした、この地図に相当する図面は土地台帳附属地図と言いまして税務署が所有しておりました。土地台帳附属地図は地租改正地引絵図、地押し調査更正図を元に作成されたものがほとんどです、このことから地租改正地引絵図作成時に確認された境又は地押し調査更正図作成時に確認された境が原始筆界と考えられます。

法的な解釈はここではせずに、原始筆界は基本的に現地に示された点を指します、この点に移動がなければ作成された境界を表した図面、地租改正地引絵図、地押し調査更正図が筆界を表した地図となります、この場合の筆界は現地に示された点ですから筆界は地図と乖離があるかないかに関係なく現地の点が筆界になります。

しかし、原始筆界はほとんどの場合、現地に示された点の位置に境界表示物がありませんでしたので原始筆界と認識されている点、つまりその点にある境界標等はその後に確認され設置されたものですから図面の位置とは違ってきます。地租改正は明治6年から11年頃に、地押し調査は明治18年から22年頃に実施されました、境が確認されてから140年経過していますので当時確認された点の位置と現在の位置は一致していないと考えるべきです。

しかし、境界(筆界)が長年土地所有者によって管理されてきたことを考慮すれば当時示された点の位置を中心にバラツキが生じていると考えるのが自然です。極希に土地所有者が境界確認に際して自らの有利な主張をする、隣地を不法占有するなどによって偏った位置に境界標が移動してしまうことは考えられます。

したがって、現地の位置が筆界とするには無理があると考えられます、原始筆界は市街地、

農地、山林原野に区分して地租改正地引絵図、地押し調査更正図の作成がされました、そのうえ測量するルールも違っていますので区分毎に点の移動量を考察する必要があります。

官民境界(道水路の国有地と民地との境)では役所が道路幅、水路幅を間単位(三尺単位が多い)確保する傾向が強く、現実にはその通りなされてきました、役所が道路幅は2間だと主張したとすれば2間幅で確定されるでしょう。明治時代に道水路が正確に2間幅で出来ていれば土地台帳附属地図の精度(標準偏差)は高度な精度(標準偏差)を持っているといっても過言ではありません。実際にはそれだけの精度はありませぬのはじめから無理な官民境界査定(今は確認とか協議と言いますが以前は査定といっていました、査定はお上が民にしてやると言った意味です。)がなされてきたわけです。その結果が現地と土地台帳附属地図の精度低下の原因のひとつになっていると考えられます。

このことを境界(筆界)復元の面からみれば、多くの官民境界は道路幅方向に根拠説明がなされないまま移動が行われているとして計算上修正して使用する必要が起きてきます。

これは地租改正地引絵図、地押し調査更正図に示された位置が境界(筆界)と考える、と言いますかそれでは判断出来ないということです。

次に後発的原始筆界について考えてみます、後発的原始筆界とはそれまであった筆界を無くし、更の状態から筆界を新たに決めたものです、耕地整理、区画整理、土地改良がこれにあたります、創設筆界とはある土地を分割することによって決められた筆界です、制度上は後発的原始筆界と創設筆界は別の筆界として説明されますが境界(筆界)復元では同じ性質の筆界として扱います。

後発的原始筆界は換地図を基に現地が区画されます、換地図面には誤差はありませんが設置された境界標の位置には誤差があります。創設筆界は分割前の土地の境界点を与点として分割したものです、このときの与点には誤差がないとして分割します。つまり図面には誤差がなく、分割点にも誤差がありません、したがって創設筆界は図面上の位置で示されますので後発的原始筆界と創設筆界は(筆界)復元では同じ種類の筆界として扱うことができます。この後発的原始筆界、創設筆界は図面上の点が筆界になりますので計算値が筆界になります。

## 境界(筆界)復元の方法は2種類

図面から境界(筆界)復元する方法は幾何的計算と最小二乗法計算の二つです。

幾何的には図上で交点計算する方法が一般的です、平板測量の時代には交会法と言いまして交点を現地に直接求める方法がありました。現在は実測座標から図面上の距離で交点を計算する方法が主に使われているようです、実測点を2点から計算する二円の交点計算もしくは実測点3点から3個の交点を求めてその中心、いわゆる平均値を計算点とする方法が主に使われているようです。“ようです”と言いますのは20年前の2007年頃までは私も使っていた記憶があります。1993年に購入した基準点測量ソフトにヘルマート変換のプログラムがあったのをきっかけに次のような方法で変換していました。

その後ヘルマート変換を使うようになったのが2000年からで、2001年からヘルマート変換を

使った境界(筆界)復元方法を公開してきました。

#### ヘルマート変換以前の交換方法

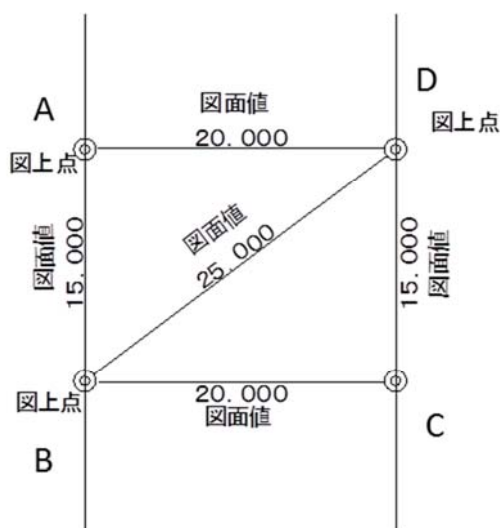
1. 図面の座標値の平均値を求める。
2. 平均値を基点にそれぞれの点の方向角と距離を求める。
3. 実測座標値の平均値を求める。
4. 平均値を基点にそれぞれの点の方向角と距離を求める。
5. 2の方向角の平均値と4の方向角の平均値の差を求め、差の分だけ図面値を回転させる。
6. 2の平均距離値と4の平均距離値の比を求め、比の分だけ2の各点の距離を伸縮させる。
7. 2の平均座標値と4の平均座標値に差の分だけ6の各座標位置を移動させる。  
(これで、実測座標値に図面座標値が重なります。)
8. 各点の実測座標値と7の図面座標値の点間距離を求め、ヒストグラムを作成する。
9. 確率論に基づいて、異常と思われる点を除いて、1～8を繰り返す、おおよそ2回か多くても3回程度繰り返す。

と、大まかな手順です、後年ヘルマート変換と比較したところ同じ結果が得られていました。

#### 交点計算方法

1. 求めたい求点から境界標等の表示物のある点までの図上距離を求める。

A,B,C,Dの4点の境界があつて、点Dの境界標が不明な場合の計算例です。点Dから図面で解る距離は3箇所です。

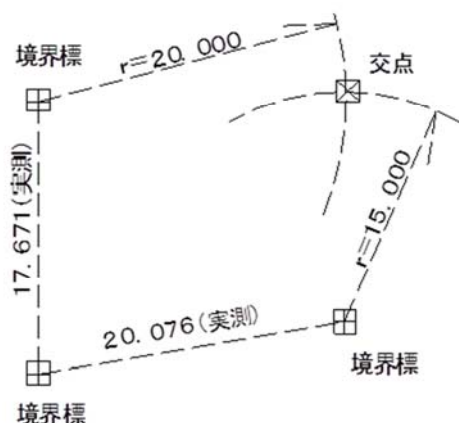


2. 境界表示物の点を2つ使って1で求めた図上距離の円を描き、その交点を求点の位置とする。

交点は境界標 A から図面の距離 20.000 で円を描き、境界点 C から図面の距離 15.000 で円を描いた交点を復元点 D とする方法です。

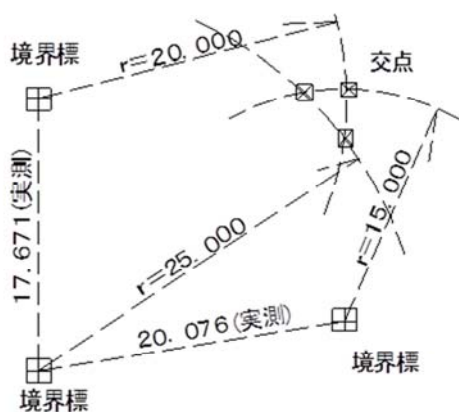
このとき、A,B,C の3点は図面上の A,B,C と位置関係が一致しません、それは境界標設置誤差、測量図作成時測量誤差、その後の境界標の経年変化等があるからです。ですから計算される交点Dはそれらの誤差の影響をそのまま受けます、つまり交点Dは境界標 A, C の誤差を含んでしまいます。

二元交点

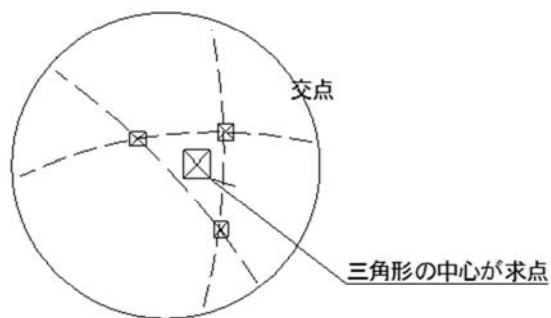


境界表示物の点を3つ使うと交点が3つ出来ます、この場合は交点付近に出来る小さな三角形の重心(3つの座標値の平均値)を求点の位置とします。

三元交点



拡大図1/250



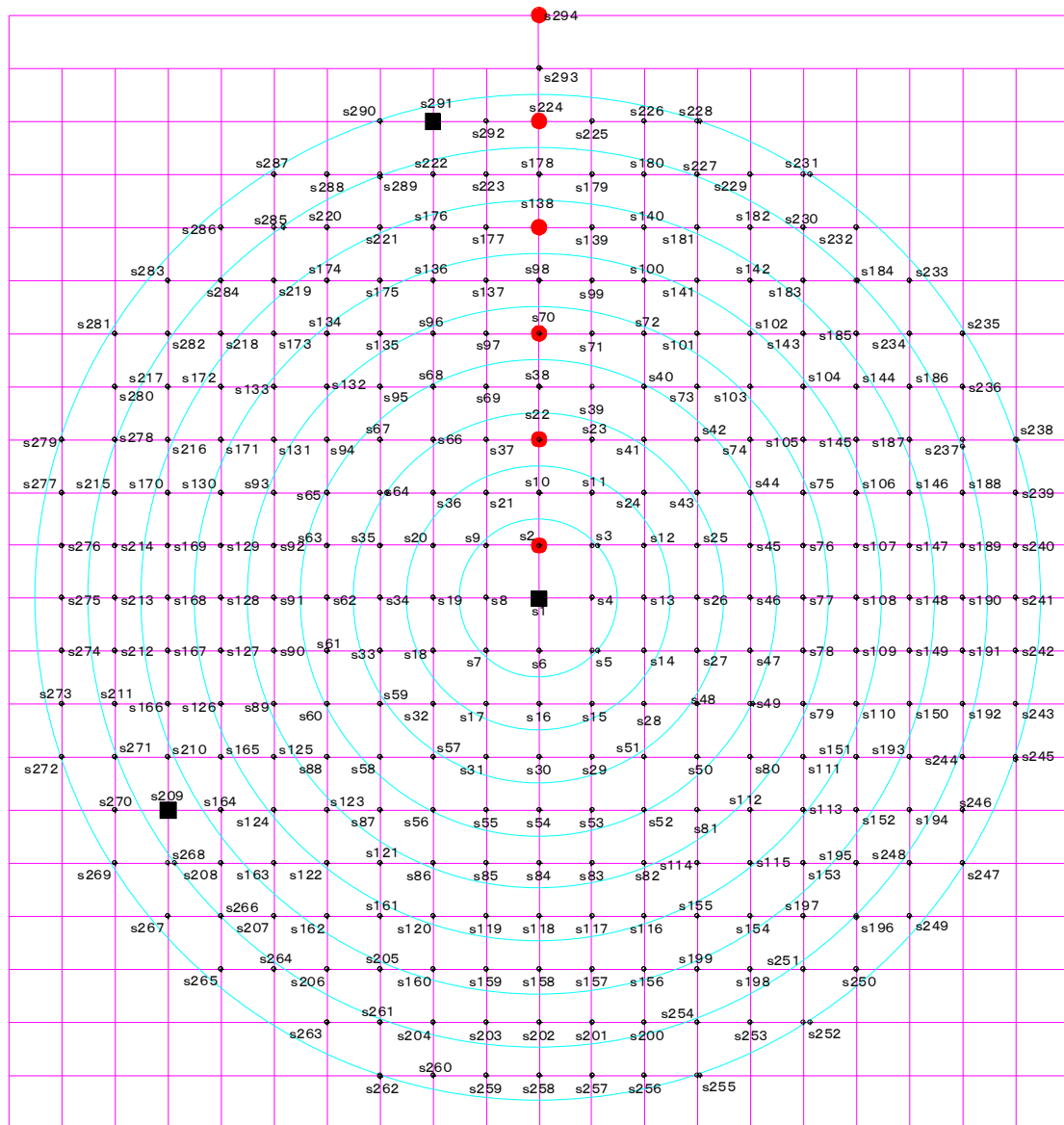
### 交点計算の復元精度（標準偏差）を確かめてみる

交点計算方法の欠点はそれぞれの境界表示物が持つ誤差が増幅されることです。求めた交点からさらに次の交点を計算するという方法も行われます、この方法では誤差がますます増幅されますので境界(筆界)復元にはよくない方法です。

にも、関わらず交点計算方法が使われるのか、それは簡単な計算だから、中学生レベルの数学の知識、円の方程式を知っていれば出来ますそれが最大の理由でしょうか。

そこで、二円交点計算と三円交点計算を例にしてどの程度誤差が増幅されるか計算して見ます、いままでこのような資料を見たことがありませんので挑戦してみました。

次の図にある294個所の位置でデータを作成して、それを使って様々な証明をして見たいとおもいます。



中心点を s1 として右回転に渦を巻くように s294 まで展開してあります。赤丸の6点が精度(標準偏差)を確認するために選んだ点です、この点で図面值と復元計算値の乖離(点間距離)を見ます。

黒四角の3点が  $\chi^2$  二乗検定より異常点とされた点です、ここでは境界標が不正確に設置されたか大きな経年変化があった点と見ますが交点計算では検定のような考えは不要ですから

この3点もそのまま使います。

データは下表の左から図面值, 誤差を標準偏差ベースで 0.0049 を与えた座標値, 誤差 0.049 とした座標値, 0.4868 を与えた座標値, 0.9736 を与えた座標値を作成しました。

図面值を区画整理などの換地図とみなします, 標準偏差ベースの誤差は, 0.0049 がトータスステーションを使い, 境界標を設置したときの境界標の設置誤差, 0.0487 はトランシットとスチールテープを使って設置したときの境界標の設置誤差, 0.4868 は平板測量で設置されたときの境界標の設置誤差で時代的には明治時代で技術的に高度な測量が行われた地域, 0.9736 は平板測量で設置されたときの境界標の設置誤差で時代的には明治時代で技術的に普通程度の測量が行われた地域を想定しております。

データはランダムに作成し, 与えた誤差が正規分布になるようにデータの正規化をしてあります, 分布上の異常値は出ないはずなのですが誤差 $\Delta x \cdot \Delta y$  の組合せの関係と思いますが $\chi^2$  二乗検定ではs1, s209, s291の3点がt検定ではs1, s34, s209, s291の4点が異常点となっていました。

今回, データを作るプログラム, 解析するプログラムの二本を作成しました。このプログラムの方がこの資料より価値があると思うのは作成者の独りよがりか。



| 図面値 | x       | y       | 実測値  | x       | y       | 実測値   | x       | y       | 実測値    | x       | y       | 実測値     | x       | y       | 実測値 | x | y |
|-----|---------|---------|------|---------|---------|-------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|---|---|
| s1  | 0.000   | 0.000   | 5z1  | 0.003   | 0.015   | 50z1  | 0.034   | 0.150   | 500z1  | 0.343   | 1.504   | 1000z1  | 0.685   | 3.008   |     |   |   |
| s2  | 10.000  | 0.000   | 5z2  | 10.002  | -0.002  | 50z2  | 10.024  | -0.022  | 500z2  | 10.238  | -0.221  | 1000z2  | 10.475  | -0.441  |     |   |   |
| s3  | 10.000  | 10.000  | 5z3  | 10.002  | 9.999   | 50z3  | 10.023  | 9.992   | 500z3  | 10.232  | 9.921   | 1000z3  | 10.465  | 9.844   |     |   |   |
| s4  | 0.000   | 10.000  | 5z4  | 0.004   | 10.002  | 50z4  | 0.037   | 10.015  | 500z4  | 0.372   | 10.151  | 1000z4  | 0.744   | 10.301  |     |   |   |
| s5  | -10.000 | 10.000  | 5z5  | -10.007 | 9.990   | 50z5  | -10.072 | 9.905   | 500z5  | -10.716 | 9.046   | 1000z5  | -11.432 | 8.093   |     |   |   |
| s6  | -10.000 | 0.000   | 5z6  | -9.999  | -0.004  | 50z6  | -9.987  | -0.035  | 500z6  | -9.875  | -0.355  | 1000z6  | -9.749  | -0.710  |     |   |   |
| s7  | -10.000 | -10.000 | 5z7  | -10.002 | -9.999  | 50z7  | -10.018 | -9.993  | 500z7  | -10.176 | -9.929  | 1000z7  | -10.352 | -9.858  |     |   |   |
| s8  | 0.000   | -10.000 | 5z8  | 0.000   | -9.994  | 50z8  | 0.004   | -9.938  | 500z8  | 0.041   | -9.380  | 1000z8  | 0.081   | -8.760  |     |   |   |
| s9  | 10.000  | -10.000 | 5z9  | 9.992   | -10.005 | 50z9  | 9.924   | -10.051 | 500z9  | 9.243   | -10.507 | 1000z9  | 8.487   | -11.014 |     |   |   |
| s10 | 20.000  | 0.000   | 5z10 | 20.001  | 0.002   | 50z10 | 20.012  | 0.019   | 500z10 | 20.118  | 0.191   | 1000z10 | 20.236  | 0.381   |     |   |   |
| s11 | 20.000  | 10.000  | 5z11 | 20.006  | 9.996   | 50z11 | 20.059  | 9.963   | 500z11 | 20.590  | 9.631   | 1000z11 | 21.180  | 9.261   |     |   |   |
| s12 | 10.000  | 20.000  | 5z12 | 9.993   | 19.999  | 50z12 | 9.925   | 19.990  | 500z12 | 9.252   | 19.902  | 1000z12 | 8.504   | 19.805  |     |   |   |
| s13 | 0.000   | 20.000  | 5z13 | 0.000   | 19.998  | 50z13 | -0.003  | 19.980  | 500z13 | -0.025  | 19.805  | 1000z13 | -0.051  | 19.610  |     |   |   |
| s14 | -10.000 | 20.000  | 5z14 | -9.989  | 20.002  | 50z14 | -9.895  | 20.021  | 500z14 | -8.948  | 20.211  | 1000z14 | -7.897  | 20.422  |     |   |   |
| s15 | -20.000 | 10.000  | 5z15 | -19.995 | 10.005  | 50z15 | -19.948 | 10.046  | 500z15 | -19.484 | 10.457  | 1000z15 | -18.968 | 10.913  |     |   |   |
| s16 | -20.000 | 0.000   | 5z16 | -19.998 | 0.011   | 50z16 | -19.975 | 0.106   | 500z16 | -19.753 | 1.062   | 1000z16 | -19.507 | 2.123   |     |   |   |
| s17 | -20.000 | -10.000 | 5z17 | -19.995 | -10.007 | 50z17 | -19.952 | -10.067 | 500z17 | -19.521 | -10.675 | 1000z17 | -19.042 | -11.350 |     |   |   |
| s18 | -10.000 | -20.000 | 5z18 | -10.004 | -20.002 | 50z18 | -10.041 | -20.021 | 500z18 | -10.408 | -20.214 | 1000z18 | -10.817 | -20.428 |     |   |   |
| s19 | 0.000   | -20.000 | 5z19 | 0.001   | -20.002 | 50z19 | 0.010   | -20.019 | 500z19 | 0.103   | -20.186 | 1000z19 | 0.206   | -20.371 |     |   |   |
| s20 | 10.000  | -20.000 | 5z20 | 10.007  | -20.002 | 50z20 | 10.065  | -20.019 | 500z20 | 10.655  | -20.187 | 1000z20 | 11.309  | -20.373 |     |   |   |
| s21 | 20.000  | -10.000 | 5z21 | 19.993  | -10.001 | 50z21 | 19.932  | -10.012 | 500z21 | 19.321  | -10.123 | 1000z21 | 18.641  | -10.246 |     |   |   |
| s22 | 30.000  | 0.000   | 5z22 | 30.002  | 0.002   | 50z22 | 30.023  | 0.024   | 500z22 | 30.228  | 0.245   | 1000z22 | 30.456  | 0.490   |     |   |   |
| s23 | 30.000  | 10.000  | 5z23 | 29.993  | 9.996   | 50z23 | 29.927  | 9.957   | 500z23 | 29.274  | 9.570   | 1000z23 | 28.548  | 9.139   |     |   |   |
| s24 | 20.000  | 20.000  | 5z24 | 20.003  | 19.998  | 50z24 | 20.025  | 19.975  | 500z24 | 20.251  | 19.952  | 1000z24 | 20.502  | 19.505  |     |   |   |
| s25 | 10.000  | 30.000  | 5z25 | 9.999   | 29.996  | 50z25 | 9.990   | 29.964  | 500z25 | 9.901   | 29.640  | 1000z25 | 9.801   | 29.279  |     |   |   |
| s26 | 0.000   | 30.000  | 5z26 | 0.004   | 29.998  | 50z26 | 0.037   | 29.984  | 500z26 | 0.369   | 29.835  | 1000z26 | 0.737   | 29.671  |     |   |   |
| s27 | -10.000 | 30.000  | 5z27 | -10.006 | 30.004  | 50z27 | -10.060 | 30.038  | 500z27 | -10.596 | 30.376  | 1000z27 | -11.191 | 30.752  |     |   |   |
| s28 | -20.000 | 20.000  | 5z28 | -19.999 | 20.006  | 50z28 | -19.986 | 20.064  | 500z28 | -19.858 | 20.645  | 1000z28 | -19.716 | 21.290  |     |   |   |
| s29 | -30.000 | 10.000  | 5z29 | -30.002 | 9.993   | 50z29 | -30.020 | 9.925   | 500z29 | -30.196 | 9.252   | 1000z29 | -30.392 | 8.504   |     |   |   |
| s30 | -30.000 | 0.000   | 5z30 | -29.995 | -0.002  | 50z30 | -29.954 | -0.023  | 500z30 | -29.545 | -0.230  | 1000z30 | -29.089 | -0.461  |     |   |   |
| s31 | -30.000 | -10.000 | 5z31 | -29.995 | -10.005 | 50z31 | -29.950 | -10.046 | 500z31 | -29.504 | -10.460 | 1000z31 | -29.008 | -10.920 |     |   |   |
| s32 | -20.000 | -20.000 | 5z32 | -19.991 | -20.001 | 50z32 | -19.909 | -20.006 | 500z32 | -19.094 | -20.064 | 1000z32 | -18.188 | -20.127 |     |   |   |
| s33 | -10.000 | -30.000 | 5z33 | -10.005 | -30.000 | 50z33 | -10.047 | -30.000 | 500z33 | -10.470 | -30.004 | 1000z33 | -10.940 | -30.009 |     |   |   |
| s34 | 0.000   | -30.000 | 5z34 | -0.002  | -30.015 | 50z34 | -0.022  | -30.148 | 500z34 | -0.222  | -31.480 | 1000z34 | -0.444  | -32.961 |     |   |   |
| s35 | 10.000  | -30.000 | 5z35 | 10.004  | -29.998 | 50z35 | 10.036  | -29.983 | 500z35 | 10.360  | -29.827 | 1000z35 | 10.719  | -29.653 |     |   |   |
| s36 | 20.000  | -20.000 | 5z36 | 20.007  | -19.994 | 50z36 | 20.067  | -19.937 | 500z36 | 20.667  | -19.366 | 1000z36 | 21.333  | -18.731 |     |   |   |
| s37 | 30.000  | -10.000 | 5z37 | 29.996  | -10.006 | 50z37 | 29.957  | -10.060 | 500z37 | 29.567  | -10.604 | 1000z37 | 29.133  | -11.208 |     |   |   |
| s38 | 40.000  | 0.000   | 5z38 | 40.001  | 0.003   | 50z38 | 40.014  | 0.025   | 500z38 | 40.138  | 0.252   | 1000z38 | 40.275  | 0.505   |     |   |   |
| s39 | 40.000  | 10.000  | 5z39 | 39.997  | 10.007  | 50z39 | 39.975  | 10.066  | 500z39 | 39.748  | 10.661  | 1000z39 | 39.495  | 11.322  |     |   |   |
| s40 | 40.000  | 20.000  | 5z40 | 40.001  | 19.993  | 50z40 | 40.009  | 19.927  | 500z40 | 40.094  | 19.266  | 1000z40 | 40.189  | 18.531  |     |   |   |
| s41 | 30.000  | 20.000  | 5z41 | 30.008  | 20.003  | 50z41 | 30.081  | 20.028  | 500z41 | 30.812  | 20.285  | 1000z41 | 31.624  | 20.569  |     |   |   |
| s42 | 30.000  | 30.000  | 5z42 | 29.993  | 29.997  | 50z42 | 29.925  | 29.973  | 500z42 | 29.254  | 29.732  | 1000z42 | 28.509  | 29.464  |     |   |   |
| s43 | 20.000  | 30.000  | 5z43 | 19.997  | 30.004  | 50z43 | 19.975  | 30.036  | 500z43 | 19.745  | 30.364  | 1000z43 | 19.491  | 30.727  |     |   |   |
| s44 | 20.000  | 40.000  | 5z44 | 19.995  | 40.006  | 50z44 | 19.947  | 40.062  | 500z44 | 19.466  | 40.619  | 1000z44 | 18.932  | 41.237  |     |   |   |
| s45 | 10.000  | 40.000  | 5z45 | 9.998   | 39.998  | 50z45 | 9.983   | 39.976  | 500z45 | 9.831   | 39.756  | 1000z45 | 9.662   | 39.512  |     |   |   |
| s46 | 0.000   | 40.000  | 5z46 | 0.001   | 40.003  | 50z46 | 0.010   | 40.031  | 500z46 | 0.103   | 40.311  | 1000z46 | 0.206   | 40.621  |     |   |   |
| s47 | -10.000 | 40.000  | 5z47 | -10.000 | 39.993  | 50z47 | -10.000 | 39.932  | 500z47 | -10.004 | 39.325  | 1000z47 | -10.009 | 38.649  |     |   |   |
| s48 | -20.000 | 30.000  | 5z48 | -20.002 | 30.003  | 50z48 | -20.024 | 30.034  | 500z48 | -20.239 | 30.339  | 1000z48 | -20.478 | 30.678  |     |   |   |
| s49 | -20.000 | 40.000  | 5z49 | -20.000 | 40.005  | 50z49 | -20.002 | 40.046  | 500z49 | -20.020 | 40.465  | 1000z49 | -20.040 | 40.930  |     |   |   |
| s50 | -30.000 | 30.000  | 5z50 | -29.995 | 29.997  | 50z50 | -29.950 | 29.966  | 500z50 | -29.496 | 29.658  | 1000z50 | -28.992 | 29.316  |     |   |   |
| s51 | -30.000 | 20.000  | 5z51 | -29.991 | 20.001  | 50z51 | -29.909 | 20.015  | 500z51 | -29.095 | 20.148  | 1000z51 | -28.190 | 20.297  |     |   |   |
| s52 | -40.000 | 20.000  | 5z52 | -39.993 | 19.991  | 50z52 | -39.933 | 19.914  | 500z52 | -39.331 | 19.139  | 1000z52 | -38.663 | 18.278  |     |   |   |
| s53 | -40.000 | 10.000  | 5z53 | -40.006 | 9.997   | 50z53 | -40.063 | 9.971   | 500z53 | -40.633 | 9.711   | 1000z53 | -41.265 | 9.422   |     |   |   |
| s54 | -40.000 | 0.000   | 5z54 | -39.997 | 0.000   | 50z54 | -39.972 | -0.003  | 500z54 | -39.720 | -0.028  | 1000z54 | -39.440 | -0.056  |     |   |   |
| s55 | -40.000 | -10.000 | 5z55 | -40.010 | -10.001 | 50z55 | -40.103 | -10.006 | 500z55 | -41.034 | -10.662 | 1000z55 | -42.067 | -10.125 |     |   |   |
| s56 | -40.000 | -20.000 | 5z56 | -40.004 | -19.998 | 50z56 | -40.038 | -19.978 | 500z56 | -40.378 | -19.779 | 1000z56 | -40.756 | -19.558 |     |   |   |
| s57 | -30.000 | -20.000 | 5z57 | -30.004 | -20.007 | 50z57 | -30.040 | -20.066 | 500z57 | -30.404 | -20.658 | 1000z57 | -30.808 | -21.315 |     |   |   |
| s58 | -30.000 | -30.000 | 5z58 | -30.003 | -30.004 | 50z58 | -30.030 | -30.041 | 500z58 | -30.304 | -30.409 | 1000z58 | -30.607 | -30.817 |     |   |   |
| s59 | -20.000 | -30.000 | 5z59 | -20.003 | -30.003 | 50z59 | -20.035 | -30.043 | 500z59 | -20.349 | -30.330 | 1000z59 | -20.698 | -30.659 |     |   |   |
| s60 | -20.000 | -40.000 | 5z60 | -19.997 | -40.004 | 50z60 | -19.970 | -40.033 | 500z60 | -19.703 | -40.428 | 1000z60 | -19.407 | -40.857 |     |   |   |
| s61 | -10.000 | -40.000 | 5z61 | -10.007 | -39.998 | 50z61 | -10.069 | -39.975 | 500z61 | -10.692 | -39.753 | 1000z61 | -11.383 | -39.507 |     |   |   |
| s62 | 0.000   | -40.000 | 5z62 | 0.002   | -40.007 | 50z62 | 0.023   | -40.071 | 500z62 | 0.226   | -40.713 | 1000z62 | 0.453   | -41.425 |     |   |   |
| s63 | 10.000  | -40.000 | 5z63 | 9.992   | -39.996 | 50z63 | 9.917   | -39.961 | 500z63 | 9.170   | -39.613 | 1000z63 | 8.339   | -39.225 |     |   |   |
| s64 | 20.000  | -30.000 | 5z64 | 19.999  | -30.002 | 50z64 | 19.990  | -30.016 | 500z64 | 19.898  | -30.160 | 1000z64 | 19.796  | -30.320 |     |   |   |
| s65 | 20.000  | -40.000 | 5z65 | 19.994  | -40.001 | 50z65 | 19.937  | -40.012 | 500z65 | 19.374  | -40.122 | 1000z65 | 18.747  | -40.245 |     |   |   |
| s66 | 30.000  | -20.000 | 5z66 | 29.996  | -20.004 | 50z66 | 29.961  | -20.040 | 500z66 | 29.613  | -20.395 | 1000z66 | 29.226  | -20.791 |     |   |   |
| s67 | 30.000  | -30.000 | 5z67 | 29.998  | -29.997 | 50z67 | 29.978  | -29.975 | 500z67 | 29.782  | -29.748 | 1000z67 | 29.564  | -29.495 |     |   |   |
| s68 | 40.000  | -20.000 | 5z68 | 39.999  | -20.005 | 50z68 | 39.988  | -20.047 | 500z68 | 39.878  | -20.474 | 1000z68 | 39.757  | -20.948 |     |   |   |
| s69 | 40.000  | -10.000 | 5z69 | 39.996  | -10.003 | 50z69 | 39.962  | -10.026 | 500z69 | 39.624  | -10.263 | 1000z69 | 39.248  | -10.526 |     |   |   |
| s70 | 50.000  | 0.000   | 5z70 | 50.001  | -0.003  | 50z70 | 50.008  | -0.026  | 500z70 | 50.080  | -0.258  | 1000z70 | 50.161  | -0.516  |     |   |   |
| s71 | 50.000  | 10.000  | 5z71 | 50.010  | 9.995   | 50z71 | 50.101  | 9.950   | 500z71 | 51.010  | 9.501   | 1000z71 | 52.020  | 9.002   |     |   |   |
| s72 | 50.000  | 20.000  | 5z72 | 50.006  | 19.999  | 50z72 | 50.063  | 19.992  | 500z72 | 50.629  | 19.923  | 1000z72 | 51.257  | 19.847  |     |   |   |
| s73 | 40.000  | 30.000  | 5z73 | 40.009  | 30.000  | 50z73 | 40.089  | 29.998  | 500z73 | 40.886  | 29.982  | 1000z73 | 41.772  | 29.963  |     |   |   |
| s74 | 30.000  | 40.000  | 5z74 | 29.997  | 40.003  | 50z74 | 29.975  | 40.033  | 500z74 | 29.747  | 40.330  | 1000z74 | 29.494  | 40.661  |     |   |   |
| s75 | 20.000  | 50.000  | 5z75 | 20.000  | 49.996  | 50z75 | 20.002  | 49.956  | 500z75 | 20.022  | 49.558  | 1000z75 | 20.044  | 49.116  |     |   |   |
| s76 | 10.000  | 50.000  | 5z76 | 10.010  | 50.000  | 50z76 | 10.103  | 49.996  | 500z76 | 1       |         |         |         |         |     |   |   |

|      |         |         |
|------|---------|---------|
| s101 | 50.000  | 30.000  |
| s102 | 50.000  | 40.000  |
| s103 | 40.000  | 40.000  |
| s104 | 40.000  | 50.000  |
| s105 | 30.000  | 50.000  |
| s106 | 20.000  | 60.000  |
| s107 | 10.000  | 60.000  |
| s108 | 0.000   | 60.000  |
| s109 | -10.000 | 60.000  |
| s110 | -20.000 | 60.000  |
| s111 | -30.000 | 50.000  |
| s112 | -40.000 | 40.000  |
| s113 | -40.000 | 50.000  |
| s114 | -50.000 | 30.000  |
| s115 | -50.000 | 40.000  |
| s116 | -60.000 | 20.000  |
| s117 | -60.000 | 10.000  |
| s118 | -60.000 | 0.000   |
| s119 | -60.000 | -10.000 |
| s120 | -60.000 | -20.000 |
| s121 | -50.000 | -30.000 |
| s122 | -50.000 | -40.000 |
| s123 | -40.000 | -40.000 |
| s124 | -40.000 | -50.000 |
| s125 | -30.000 | -50.000 |
| s126 | -20.000 | -60.000 |
| s127 | -10.000 | -60.000 |
| s128 | 0.000   | -60.000 |
| s129 | 10.000  | -60.000 |
| s130 | 20.000  | -60.000 |
| s131 | 30.000  | -50.000 |
| s132 | 40.000  | -40.000 |
| s133 | 40.000  | -50.000 |
| s134 | 50.000  | -40.000 |
| s135 | 50.000  | -30.000 |
| s136 | 60.000  | -20.000 |
| s137 | 60.000  | -10.000 |
| s138 | 70.000  | 0.000   |
| s139 | 70.000  | 10.000  |
| s140 | 70.000  | 20.000  |
| s141 | 60.000  | 30.000  |
| s142 | 60.000  | 40.000  |
| s143 | 50.000  | 50.000  |
| s144 | 40.000  | 60.000  |
| s145 | 30.000  | 60.000  |
| s146 | 20.000  | 70.000  |
| s147 | 10.000  | 70.000  |
| s148 | 0.000   | 70.000  |
| s149 | -10.000 | 70.000  |
| s150 | -20.000 | 70.000  |
| s151 | -30.000 | 60.000  |
| s152 | -40.000 | 60.000  |
| s153 | -50.000 | 50.000  |
| s154 | -60.000 | 40.000  |
| s155 | -60.000 | 30.000  |
| s156 | -70.000 | 20.000  |
| s157 | -70.000 | 10.000  |
| s158 | -70.000 | 0.000   |
| s159 | -70.000 | -10.000 |
| s160 | -70.000 | -20.000 |
| s161 | -60.000 | -30.000 |
| s162 | -60.000 | -40.000 |
| s163 | -50.000 | -50.000 |
| s164 | -40.000 | -60.000 |
| s165 | -30.000 | -60.000 |
| s166 | -20.000 | -70.000 |
| s167 | -10.000 | -70.000 |
| s168 | 0.000   | -70.000 |
| s169 | 10.000  | -70.000 |
| s170 | 20.000  | -70.000 |
| s171 | 30.000  | -60.000 |
| s172 | 40.000  | -60.000 |
| s173 | 50.000  | -50.000 |
| s174 | 60.000  | -40.000 |
| s175 | 60.000  | -30.000 |
| s176 | 70.000  | -20.000 |
| s177 | 70.000  | -10.000 |
| s178 | 80.000  | 0.000   |
| s179 | 80.000  | 10.000  |
| s180 | 80.000  | 20.000  |
| s181 | 70.000  | 30.000  |
| s182 | 70.000  | 40.000  |
| s183 | 60.000  | 50.000  |
| s184 | 60.000  | 60.000  |
| s185 | 50.000  | 60.000  |
| s186 | 40.000  | 70.000  |
| s187 | 30.000  | 70.000  |
| s188 | 20.000  | 80.000  |
| s189 | 10.000  | 80.000  |
| s190 | 0.000   | 80.000  |
| s191 | -10.000 | 80.000  |
| s192 | -20.000 | 80.000  |
| s193 | -30.000 | 70.000  |
| s194 | -40.000 | 70.000  |
| s195 | -50.000 | 60.000  |
| s196 | -60.000 | 60.000  |
| s197 | -60.000 | 50.000  |
| s198 | -70.000 | 40.000  |
| s199 | -70.000 | 30.000  |
| s200 | -80.000 | 20.000  |

|       |         |         |
|-------|---------|---------|
| 5z101 | 49.994  | 30.000  |
| 5z102 | 49.998  | 40.013  |
| 5z103 | 40.000  | 40.002  |
| 5z104 | 40.004  | 49.998  |
| 5z105 | 30.005  | 50.002  |
| 5z106 | 20.003  | 60.006  |
| 5z107 | 10.002  | 59.997  |
| 5z108 | 0.010   | 60.001  |
| 5z109 | -10.000 | 60.010  |
| 5z110 | -20.004 | 60.005  |
| 5z111 | -30.005 | 50.002  |
| 5z112 | -39.999 | 39.994  |
| 5z113 | -40.001 | 49.999  |
| 5z114 | -49.995 | 29.995  |
| 5z115 | -50.008 | 40.003  |
| 5z116 | -59.997 | 20.002  |
| 5z117 | -59.999 | 10.005  |
| 5z118 | -60.002 | 0.005   |
| 5z119 | -59.999 | -10.003 |
| 5z120 | -60.008 | -19.998 |
| 5z121 | -50.000 | -29.997 |
| 5z122 | -50.007 | -39.994 |
| 5z123 | -40.002 | -39.995 |
| 5z124 | -40.002 | -49.994 |
| 5z125 | -30.001 | -50.004 |
| 5z126 | -20.003 | -60.002 |
| 5z127 | -10.000 | -60.003 |
| 5z128 | -0.001  | -60.003 |
| 5z129 | 9.995   | -60.004 |
| 5z130 | 19.995  | -59.996 |
| 5z131 | 30.004  | -50.008 |
| 5z132 | 40.002  | -39.997 |
| 5z133 | 40.005  | -50.009 |
| 5z134 | 50.001  | -40.004 |
| 5z135 | 50.000  | -30.003 |
| 5z136 | 59.997  | -19.999 |
| 5z137 | 60.001  | -9.988  |
| 5z138 | 69.990  | -0.008  |
| 5z139 | 69.996  | 10.000  |
| 5z140 | 69.998  | 20.001  |
| 5z141 | 60.001  | 30.002  |
| 5z142 | 59.993  | 40.011  |
| 5z143 | 49.997  | 50.003  |
| 5z144 | 40.002  | 59.994  |
| 5z145 | 29.993  | 60.003  |
| 5z146 | 19.999  | 70.004  |
| 5z147 | 10.004  | 70.011  |
| 5z148 | 0.006   | 69.999  |
| 5z149 | -9.994  | 70.005  |
| 5z150 | -19.991 | 70.008  |
| 5z151 | -29.994 | 60.007  |
| 5z152 | -40.006 | 59.997  |
| 5z153 | -50.004 | 50.001  |
| 5z154 | -60.004 | 39.996  |
| 5z155 | -59.998 | 29.995  |
| 5z156 | -70.001 | 19.998  |
| 5z157 | -70.000 | 10.002  |
| 5z158 | -69.996 | -0.007  |
| 5z159 | -70.004 | -9.999  |
| 5z160 | -70.006 | -19.994 |
| 5z161 | -60.000 | -29.998 |
| 5z162 | -59.996 | -39.993 |
| 5z163 | -49.994 | -49.989 |
| 5z164 | -40.004 | -60.002 |
| 5z165 | -30.000 | -59.997 |
| 5z166 | -19.999 | -70.003 |
| 5z167 | -10.011 | -69.998 |
| 5z168 | -0.001  | -69.993 |
| 5z169 | 10.000  | -69.998 |
| 5z170 | 20.006  | -70.005 |
| 5z171 | 30.005  | -60.001 |
| 5z172 | 39.992  | -59.999 |
| 5z173 | 49.998  | -50.002 |
| 5z174 | 60.001  | -40.000 |
| 5z175 | 59.999  | -30.005 |
| 5z176 | 69.999  | -20.003 |
| 5z177 | 69.999  | -10.004 |
| 5z178 | 80.002  | -0.003  |
| 5z179 | 79.998  | 10.003  |
| 5z180 | 80.000  | 19.993  |
| 5z181 | 70.006  | 29.998  |
| 5z182 | 69.993  | 40.002  |
| 5z183 | 59.999  | 50.008  |
| 5z184 | 60.005  | 59.997  |
| 5z185 | 49.999  | 60.000  |
| 5z186 | 39.999  | 70.003  |
| 5z187 | 29.998  | 69.999  |
| 5z188 | 20.003  | 79.998  |
| 5z189 | 10.002  | 80.002  |
| 5z190 | 0.010   | 80.003  |
| 5z191 | -10.003 | 79.994  |
| 5z192 | -19.999 | 79.996  |
| 5z193 | -29.996 | 70.003  |
| 5z194 | -39.994 | 69.997  |
| 5z195 | -49.992 | 59.996  |
| 5z196 | -59.997 | 59.996  |
| 5z197 | -60.012 | 49.997  |
| 5z198 | -69.997 | 39.998  |
| 5z199 | -70.008 | 30.002  |
| 5z200 | -79.997 | 19.997  |

|        |         |         |
|--------|---------|---------|
| 50z101 | 49.943  | 30.003  |
| 50z102 | 49.983  | 40.132  |
| 50z103 | 40.004  | 40.137  |
| 50z104 | 40.038  | 49.976  |
| 50z105 | 30.045  | 50.022  |
| 50z106 | 20.030  | 60.062  |
| 50z107 | 10.023  | 59.972  |
| 50z108 | 0.104   | 60.009  |
| 50z109 | -10.000 | 60.102  |
| 50z110 | -20.041 | 60.050  |
| 50z111 | -30.046 | 50.020  |
| 50z112 | -39.994 | 39.940  |
| 50z113 | -40.005 | 49.987  |
| 50z114 | -49.949 | 29.952  |
| 50z115 | -50.081 | 40.026  |
| 50z116 | -59.970 | 20.017  |
| 50z117 | -59.987 | 10.053  |
| 50z118 | -60.022 | 0.050   |
| 50z119 | -59.991 | -10.027 |
| 50z120 | -60.080 | -19.984 |
| 50z121 | -49.998 | -29.971 |
| 50z122 | -50.068 | -39.938 |
| 50z123 | -40.020 | -39.950 |
| 50z124 | -40.019 | -49.939 |
| 50z125 | -30.012 | -50.040 |
| 50z126 | -20.026 | -60.019 |
| 50z127 | -10.004 | -60.033 |
| 50z128 | -0.009  | -60.032 |
| 50z129 | 9.946   | -60.042 |
| 50z130 | 19.955  | -59.956 |
| 50z131 | 30.036  | -50.075 |
| 50z132 | 40.023  | -39.971 |
| 50z133 | 40.051  | -50.091 |
| 50z134 | 50.009  | -40.044 |
| 50z135 | 50.003  | -30.031 |
| 50z136 | 59.966  | -19.992 |
| 50z137 | 60.012  | -9.983  |
| 50z138 | 69.902  | -0.081  |
| 50z139 | 69.963  | 9.999   |
| 50z140 | 69.980  | 20.014  |
| 50z141 | 60.006  | 30.022  |
| 50z142 | 59.932  | 40.112  |
| 50z143 | 49.967  | 50.032  |
| 50z144 | 40.020  | 59.945  |
| 50z145 | 29.926  | 60.028  |
| 50z146 | 19.986  | 70.041  |
| 50z147 | 10.039  | 70.109  |
| 50z148 | 0.060   | 69.989  |
| 50z149 | -9.939  | 70.047  |
| 50z150 | -19.911 | 70.083  |
| 50z151 | -29.945 | 60.070  |
| 50z152 | -40.060 | 59.970  |
| 50z153 | -50.043 | 50.012  |
| 50z154 | -60.042 | 39.957  |
| 50z155 | -59.980 | 29.947  |
| 50z156 | -70.010 | 19.985  |
| 50z157 | -70.001 | 10.016  |
| 50z158 | -69.961 | -0.069  |
| 50z159 | -70.040 | -9.986  |
| 50z160 | -70.056 | -19.944 |
| 50z161 | -59.999 | -29.977 |
| 50z162 | -59.958 | -39.931 |
| 50z163 | -49.935 | -49.984 |
| 50z164 | -40.037 | -60.016 |
| 50z165 | -29.997 | -59.974 |
| 50z166 | -19.989 | -70.033 |
| 50z167 | -10.108 | -69.981 |
| 50z168 | -0.009  | -69.928 |
| 50z169 | 10.004  | -69.982 |
| 50z170 | 20.057  | -70.048 |
| 50z171 | 30.053  | -60.014 |
| 50z172 | 39.924  | -59.987 |
| 50z173 | 49.978  | -50.020 |
| 50z174 | 60.011  | -40.003 |
| 50z175 | 59.985  | -30.054 |
| 50z176 | 69.991  | -20.033 |
| 50z177 | 69.991  | -10.035 |
| 50z178 | 80.025  | -0.030  |
| 50z179 | 79.978  | 10.027  |
| 50z180 | 79.999  | 19.931  |
| 50z181 | 70.057  | 29.981  |
| 50z182 | 69.932  | 40.018  |
| 50z183 | 59.990  | 50.077  |
| 50z184 | 60.050  | 59.971  |
| 50z185 | 49.995  | 60.001  |
| 50z186 | 39.995  | 70.035  |
| 50z187 | 29.982  | 69.990  |
| 50z188 | 20.033  | 79.978  |
| 50z189 | 10.021  | 80.022  |
| 50z190 | 0.102   | 80.035  |
| 50z191 | -10.033 | 79.937  |
| 50z192 | -19.986 | 79.964  |
| 50z193 | -29.965 | 70.034  |
| 50z194 | -39.940 | 69.969  |
| 50z195 | -49.919 | 59.962  |
| 50z196 | -59.973 | 59.956  |
| 50z197 | -60.120 | 49.968  |
| 50z198 | -69.969 | 39.984  |
| 50z199 | -70.079 | 30.016  |
| 50z200 | -79.971 | 19.973  |

|         |         |         |
|---------|---------|---------|
| 500z101 | 49.431  | 30.033  |
| 500z102 | 49.828  | 41.319  |
| 500z103 | 40.037  | 40.175  |
| 500z104 | 40.383  | 49.760  |
| 500z105 | 30.452  | 50.219  |
| 500z106 | 20.298  | 60.619  |
| 500z107 | 10.230  | 59.716  |
| 500z108 | 1.042   | 60.091  |
| 500z109 | -9.998  | 61.021  |
| 500z110 | -20.405 | 60.501  |
| 500z111 | -30.463 | 50.199  |
| 500z112 | -39.939 | 39.400  |
| 500z113 | -40.054 | 49.869  |
| 500z114 | -49.495 | 29.519  |
| 500z115 | -50.812 | 40.263  |
| 500z116 | -59.703 | 20.169  |
| 500z117 | -59.869 | 10.528  |
| 500z118 | -60.220 | 0.499   |
| 500z119 | -59.912 | -10.267 |
| 500z120 | -60.800 | -19.835 |
| 500z121 | -49.984 | -29.709 |
| 500z122 | -50.681 | -39.381 |
| 500z123 | -40.200 | -39.502 |
| 500z124 | -40.190 | -49.390 |
| 500z125 | -30.123 | -50.405 |
| 500z126 | -20.259 | -60.192 |
| 500z127 | -10.043 | -60.334 |
| 500z128 | -0.092  | -60.329 |
| 500z129 | 9.456   | -60.425 |
| 500z130 | 19.546  | -59.564 |
| 500z131 | 30.362  | -50.753 |
| 500z132 | 40.227  | -39.710 |
| 500z133 | 40.507  | -50.913 |
| 500z134 | 50.085  | -40.444 |
| 500z135 | 50.029  | -30.311 |
| 500z136 | 59.658  | -19.916 |
| 500z137 | 60.118  | -8.825  |
| 500z138 | 69.018  | -0.810  |
| 500z139 | 69.627  | 9.989   |
| 500z140 | 69.798  | 20.136  |
| 500z141 | 60.062  | 30.219  |
| 500z142 | 59.325  | 41.117  |
|         |         |         |



|      |         |         |       |         |         |        |         |         |         |         |         |          |         |         |
|------|---------|---------|-------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
| s201 | -80.000 | 10.000  | 5z201 | -80.005 | 9.998   | 50z201 | -80.052 | 9.976   | 500z201 | -80.521 | 9.760   | 1000z201 | -81.041 | 9.520   |
| s202 | -80.000 | 0.000   | 5z202 | -80.006 | 0.005   | 50z202 | -80.057 | 0.052   | 500z202 | -80.567 | 0.518   | 1000z202 | -81.134 | 1.037   |
| s203 | -80.000 | -10.000 | 5z203 | -80.003 | -9.993  | 50z203 | -80.026 | -9.932  | 500z203 | -80.262 | -9.318  | 1000z203 | -80.525 | -8.635  |
| s204 | -80.000 | -20.000 | 5z204 | -79.999 | -20.007 | 50z204 | -79.990 | -20.075 | 500z204 | -79.896 | -20.748 | 1000z204 | -79.791 | -21.496 |
| s205 | -70.000 | -30.000 | 5z205 | -70.012 | -29.996 | 50z205 | -70.119 | -29.963 | 500z205 | -71.192 | -29.628 | 1000z205 | -72.385 | -29.257 |
| s206 | -70.000 | -40.000 | 5z206 | -70.000 | -40.001 | 50z206 | -70.003 | -40.013 | 500z206 | -70.027 | -40.133 | 1000z206 | -70.055 | -40.265 |
| s207 | -60.000 | -50.000 | 5z207 | -60.000 | -50.004 | 50z207 | -59.998 | -50.043 | 500z207 | -59.980 | -50.427 | 1000z207 | -59.959 | -50.855 |
| s208 | -50.000 | -60.000 | 5z208 | -49.987 | -60.000 | 50z208 | -49.867 | -59.999 | 500z208 | -48.667 | -59.994 | 1000z208 | -47.334 | -59.988 |
| s209 | -40.000 | -70.000 | 5z209 | -40.004 | -70.015 | 50z209 | -40.042 | -70.148 | 500z209 | -40.419 | -71.480 | 1000z209 | -40.839 | -72.961 |
| s210 | -30.000 | -80.000 | 5z210 | -30.000 | -80.004 | 50z210 | -30.003 | -80.042 | 500z210 | -30.031 | -80.424 | 1000z210 | -30.061 | -80.849 |
| s211 | -20.000 | -90.000 | 5z211 | -19.995 | -80.004 | 50z211 | -19.949 | -80.039 | 500z211 | -19.491 | -80.390 | 1000z211 | -18.982 | -80.780 |
| s212 | -10.000 | -80.000 | 5z212 | -9.993  | -80.000 | 50z212 | -9.932  | -80.001 | 500z212 | -9.317  | -80.011 | 1000z212 | -8.634  | -80.021 |
| s213 | 0.000   | -80.000 | 5z213 | 0.001   | -79.994 | 50z213 | 0.013   | -79.943 | 500z213 | 0.126   | -79.427 | 1000z213 | 0.251   | -78.853 |
| s214 | 10.000  | -80.000 | 5z214 | 9.997   | -80.000 | 50z214 | 9.968   | -79.996 | 500z214 | 9.680   | -79.960 | 1000z214 | 9.360   | -79.920 |
| s215 | 20.000  | -80.000 | 5z215 | 20.004  | -79.996 | 50z215 | 20.037  | -79.958 | 500z215 | 20.374  | -79.575 | 1000z215 | 20.749  | -79.151 |
| s216 | 30.000  | -70.000 | 5z216 | 30.001  | -69.993 | 50z216 | 30.007  | -69.932 | 500z216 | 30.068  | -69.918 | 1000z216 | 30.135  | -68.636 |
| s217 | 40.000  | -70.000 | 5z217 | 40.004  | -70.004 | 50z217 | 40.038  | -70.038 | 500z217 | 40.378  | -70.381 | 1000z217 | 40.755  | -70.762 |
| s218 | 50.000  | -60.000 | 5z218 | 49.996  | -60.003 | 50z218 | 49.964  | -60.027 | 500z218 | 49.641  | -60.266 | 1000z218 | 49.282  | -60.532 |
| s219 | 60.000  | -50.000 | 5z219 | 60.001  | -50.005 | 50z219 | 60.009  | -50.052 | 500z219 | 60.086  | -50.516 | 1000z219 | 60.172  | -51.032 |
| s220 | 70.000  | -40.000 | 5z220 | 69.999  | -40.000 | 50z220 | 69.990  | -40.004 | 500z220 | 69.895  | -40.037 | 1000z220 | 69.791  | -40.073 |
| s221 | 80.000  | -30.000 | 5z221 | 70.004  | -30.000 | 50z221 | 70.044  | -30.004 | 500z221 | 70.435  | -30.041 | 1000z221 | 70.871  | -30.082 |
| s222 | 80.000  | -20.000 | 5z222 | 79.991  | -19.995 | 50z222 | 79.906  | -19.948 | 500z222 | 79.056  | -19.482 | 1000z222 | 78.111  | -18.963 |
| s223 | 80.000  | -10.000 | 5z223 | 79.998  | -10.007 | 50z223 | 79.985  | -10.066 | 500z223 | 79.845  | -10.661 | 1000z223 | 79.691  | -11.323 |
| s224 | 90.000  | 0.000   | 5z224 | 90.001  | 0.005   | 50z224 | 90.010  | 0.046   | 500z224 | 90.104  | 0.458   | 1000z224 | 90.209  | 0.916   |
| s225 | 90.000  | 10.000  | 5z225 | 89.991  | 9.993   | 50z225 | 89.913  | 9.927   | 500z225 | 89.130  | 9.266   | 1000z225 | 88.261  | 8.531   |
| s226 | 90.000  | 20.000  | 5z226 | 89.998  | 19.996  | 50z226 | 89.982  | 19.957  | 500z226 | 89.823  | 19.566  | 1000z226 | 89.645  | 19.131  |
| s227 | 80.000  | 30.000  | 5z227 | 79.999  | 30.002  | 50z227 | 79.995  | 30.023  | 500z227 | 79.946  | 30.226  | 1000z227 | 79.891  | 30.452  |
| s228 | 90.000  | 30.000  | 5z228 | 89.999  | 29.993  | 50z228 | 89.995  | 29.932  | 500z228 | 89.946  | 29.919  | 1000z228 | 89.891  | 28.638  |
| s229 | 80.000  | 40.000  | 5z229 | 80.002  | 39.999  | 50z229 | 80.025  | 39.988  | 500z229 | 80.246  | 39.884  | 1000z229 | 80.492  | 39.769  |
| s230 | 70.000  | 50.000  | 5z230 | 70.004  | 49.999  | 50z230 | 70.042  | 49.985  | 500z230 | 70.422  | 49.851  | 1000z230 | 70.843  | 49.702  |
| s231 | 80.000  | 50.000  | 5z231 | 79.998  | 50.000  | 50z231 | 79.977  | 49.999  | 500z231 | 79.773  | 49.989  | 1000z231 | 79.545  | 49.979  |
| s232 | 70.000  | 60.000  | 5z232 | 69.995  | 60.000  | 50z232 | 69.952  | 59.999  | 500z232 | 69.518  | 59.989  | 1000z232 | 69.036  | 59.979  |
| s233 | 60.000  | 70.000  | 5z233 | 60.002  | 70.008  | 50z233 | 60.022  | 70.075  | 500z233 | 60.223  | 70.751  | 1000z233 | 60.446  | 71.502  |
| s234 | 50.000  | 70.000  | 5z234 | 50.000  | 70.000  | 50z234 | 49.999  | 69.999  | 500z234 | 49.988  | 69.989  | 1000z234 | 49.976  | 69.979  |
| s235 | 50.000  | 80.000  | 5z235 | 50.011  | 80.000  | 50z235 | 50.105  | 79.999  | 500z235 | 51.052  | 79.989  | 1000z235 | 52.103  | 79.979  |
| s236 | 40.000  | 80.000  | 5z236 | 39.998  | 80.000  | 50z236 | 39.977  | 79.995  | 500z236 | 39.770  | 79.954  | 1000z236 | 39.540  | 79.907  |
| s237 | 30.000  | 80.000  | 5z237 | 30.004  | 80.000  | 50z237 | 30.037  | 79.995  | 500z237 | 30.373  | 79.954  | 1000z237 | 30.746  | 79.908  |
| s238 | 30.000  | 90.000  | 5z238 | 29.998  | 90.006  | 50z238 | 29.981  | 90.057  | 500z238 | 29.812  | 90.568  | 1000z238 | 29.623  | 91.137  |
| s239 | 20.000  | 90.000  | 5z239 | 20.001  | 89.994  | 50z239 | 20.006  | 89.936  | 500z239 | 20.063  | 89.357  | 1000z239 | 20.126  | 88.714  |
| s240 | 10.000  | 90.000  | 5z240 | 10.008  | 89.998  | 50z240 | 10.080  | 89.976  | 500z240 | 10.799  | 89.762  | 1000z240 | 11.597  | 89.524  |
| s241 | 0.000   | 90.000  | 5z241 | 0.007   | 90.001  | 50z241 | 0.072   | 90.015  | 500z241 | 0.720   | 90.147  | 1000z241 | 1.440   | 90.293  |
| s242 | -10.000 | 90.000  | 5z242 | -9.992  | 90.010  | 50z242 | -9.925  | 90.098  | 500z242 | -9.248  | 90.979  | 1000z242 | -8.497  | 91.958  |
| s243 | -20.000 | 90.000  | 5z243 | -19.995 | 89.993  | 50z243 | -19.951 | 89.931  | 500z243 | -19.508 | 89.306  | 1000z243 | -19.017 | 88.612  |
| s244 | -30.000 | 80.000  | 5z244 | -30.000 | 79.999  | 50z244 | -29.999 | 79.987  | 500z244 | -29.990 | 79.868  | 1000z244 | -29.980 | 79.736  |
| s245 | -30.000 | 90.000  | 5z245 | -30.012 | 90.001  | 50z245 | -30.122 | 90.012  | 500z245 | -31.224 | 90.120  | 1000z245 | -32.447 | 90.240  |
| s246 | -40.000 | 80.000  | 5z246 | -40.000 | 80.006  | 50z246 | -40.019 | 80.065  | 500z246 | -40.187 | 80.646  | 1000z246 | -40.373 | 81.291  |
| s247 | -50.000 | 80.000  | 5z247 | -50.001 | 80.008  | 50z247 | -50.007 | 80.080  | 500z247 | -50.067 | 80.799  | 1000z247 | -50.135 | 81.598  |
| s248 | -50.000 | 70.000  | 5z248 | -50.003 | 70.003  | 50z248 | -50.030 | 70.029  | 500z248 | -50.301 | 70.294  | 1000z248 | -50.603 | 70.587  |
| s249 | -60.000 | 70.000  | 5z249 | -60.000 | 70.006  | 50z249 | -59.998 | 70.064  | 500z249 | -59.984 | 70.639  | 1000z249 | -59.969 | 71.278  |
| s250 | -70.000 | 60.000  | 5z250 | -69.989 | 59.995  | 50z250 | -69.889 | 59.950  | 500z250 | -68.889 | 59.500  | 1000z250 | -67.779 | 59.000  |
| s251 | -70.000 | 50.000  | 5z251 | -69.998 | 49.997  | 50z251 | -69.979 | 49.969  | 500z251 | -69.786 | 49.692  | 1000z251 | -69.571 | 49.385  |
| s252 | -80.000 | 50.000  | 5z252 | -80.007 | 49.996  | 50z252 | -80.069 | 49.958  | 500z252 | -80.685 | 49.581  | 1000z252 | -81.370 | 49.161  |
| s253 | -80.000 | 40.000  | 5z253 | -79.998 | 39.998  | 50z253 | -79.977 | 39.977  | 500z253 | -79.769 | 39.770  | 1000z253 | -79.538 | 39.539  |
| s254 | -80.000 | 30.000  | 5z254 | -80.007 | 30.004  | 50z254 | -80.073 | 30.042  | 500z254 | -80.734 | 30.417  | 1000z254 | -81.468 | 30.834  |
| s255 | -90.000 | 30.000  | 5z255 | -90.005 | 29.993  | 50z255 | -90.047 | 29.927  | 500z255 | -90.473 | 29.272  | 1000z255 | -90.947 | 28.543  |
| s256 | -90.000 | 20.000  | 5z256 | -89.999 | 20.003  | 50z256 | -89.994 | 20.026  | 500z256 | -89.943 | 20.259  | 1000z256 | -89.885 | 20.517  |
| s257 | -90.000 | 10.000  | 5z257 | -90.006 | 10.005  | 50z257 | -90.064 | 10.052  | 500z257 | -90.644 | 10.518  | 1000z257 | -91.288 | 11.036  |
| s258 | -90.000 | 0.000   | 5z258 | -90.005 | -0.010  | 50z258 | -90.005 | -0.100  | 500z258 | -90.054 | -1.000  | 1000z258 | -90.109 | -2.000  |
| s259 | -90.000 | -10.000 | 5z259 | -90.001 | -9.996  | 50z259 | -90.005 | -9.963  | 500z259 | -90.054 | -9.626  | 1000z259 | -90.109 | -9.251  |
| s260 | -90.000 | -20.000 | 5z260 | -90.004 | -19.992 | 50z260 | -90.036 | -19.916 | 500z260 | -90.357 | -19.160 | 1000z260 | -90.715 | -18.320 |
| s261 | -80.000 | -30.000 | 5z261 | -79.997 | -30.002 | 50z261 | -79.969 | -30.021 | 500z261 | -79.686 | -30.212 | 1000z261 | -79.371 | -30.424 |
| s262 | -90.000 | -30.000 | 5z262 | -89.996 | -29.999 | 50z262 | -89.962 | -29.993 | 500z262 | -89.615 | -29.934 | 1000z262 | -89.231 | -29.868 |
| s263 | -80.000 | -40.000 | 5z263 | -79.994 | -40.006 | 50z263 | -79.940 | -40.053 | 500z263 | -79.401 | -40.551 | 1000z263 | -78.802 | -41.102 |
| s264 | -70.000 | -50.000 | 5z264 | -69.993 | -49.997 | 50z264 | -69.926 | -49.978 | 500z264 | -69.260 | -49.726 | 1000z264 | -68.519 | -49.452 |
| s265 | -70.000 | -60.000 | 5z265 | -70.003 | -59.997 | 50z265 | -70.030 | -59.975 | 500z265 | -70.301 | -59.750 | 1000z265 | -70.602 | -59.499 |
| s266 | -60.000 | -60.000 | 5z266 | -59.997 | -60.004 | 50z266 | -59.966 | -60.044 | 500z266 | -59.656 | -60.443 | 1000z266 | -59.312 | -60.886 |
| s267 | -60.000 | -70.000 | 5z267 | -60.003 | -69.999 | 50z267 | -60.027 | -69.995 | 500z267 | -60.272 | -69.948 | 1000z267 | -60.545 | -69.895 |
| s268 | -50.000 | -70.000 | 5z268 | -49.999 | -69.994 | 50z268 | -49.960 | -69.930 | 500z268 | -49.899 | -69.888 | 1000z268 | -49.799 | -68.775 |
| s269 | -50.000 | -80.000 | 5z269 | -50.009 | -80.007 | 50z269 | -50.089 | -80.068 | 500z269 | -50.895 | -80.684 | 1000z269 | -51.789 | -81.368 |
| s270 | -40.000 | -80.000 | 5z270 | -39.998 | -80.003 | 50z270 | -39.981 | -80.026 | 500z270 | -39.806 | -80.260 | 1000z270 | -39.612 | -80.521 |
| s271 | -30.000 | -80.000 | 5z271 | -29.997 | -79.996 | 50z271 | -29.966 | -79.961 | 500z271 | -29.659 | -79.606 | 1000z271 | -29.319 | -79.211 |
| s272 | -30.000 | -90.000 | 5z272 | -30.001 | -89.993 | 50z272 | -30.013 | -89.928 | 500z272 | -30.129 | -89.820 | 1000z272 | -30.258 | -88.559 |
| s273 | -20.000 | -90.000 | 5z273 | -19.999 | -89.996 | 50z273 | -19.988 | -89.963 | 500z273 | -19.875 | -89.632 | 1000z273 | -19.750 | -89.263 |
| s274 | -10.000 | -90.000 | 5z274 | -9.995  | -89.998 |        |         |         |         |         |         |          |         |         |

てありますので誤差量の設定は自由に出来ますので 0.4868 はその中の一例にすぎません。

### 二円の交点計算精度

下表が点毎(s2, s22, s70, s138, s224, s294)の復元値と図面値の乖離をランダムに35回調べた表です。空欄は交点計算が成立しなかった組合せです。

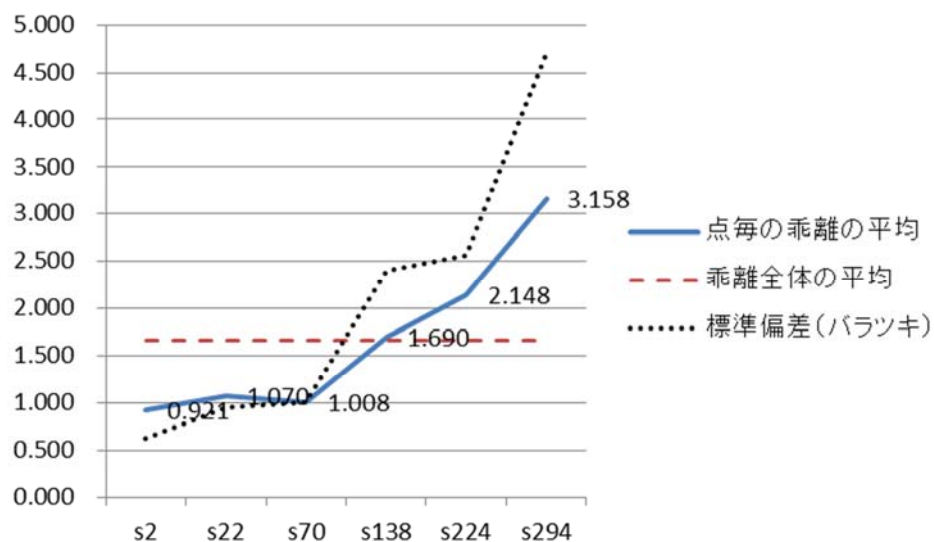
右上の 1.660 は乖離の全体平均です, 2.506 は標準偏差(バラツキ)の平均です。

### 誤差を標準偏差ベースで 0.4868 を与えた場合の表

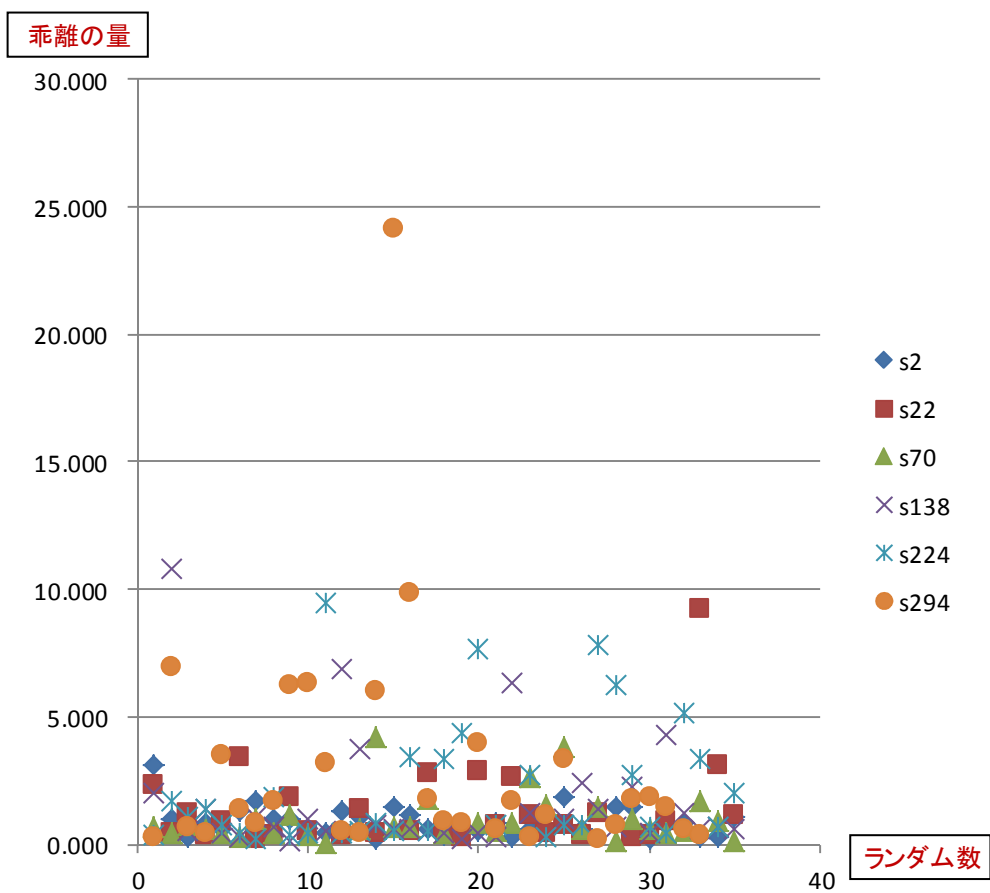
| 乖離平均 | 0.921 | 1.070 | 1.008 | 1.690  | 2.148 | 3.158  | 1.660 |
|------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 標準偏差 | 0.626 | 0.945 | 1.011 | 2.396  | 2.569 | 4.722  | 2.506 |
| 点名→  | s2    | s22   | s70   | s138   | s224  | s294   |       |
| 1    | 3.145 | 2.321 | 0.643 | 2.041  | 0.395 | 0.297  |       |
| 2    | 0.981 | 0.424 | 0.439 | 10.761 | 1.676 | 6.921  |       |
| 3    | 0.321 | 1.262 | 0.768 | 0.540  | 1.103 | 0.699  |       |
| 4    | 0.822 | 0.398 | 0.558 | 1.355  | 1.408 | 0.474  |       |
| 5    | 0.569 | 0.909 | 0.411 | 0.417  | 0.724 | 3.511  |       |
| 6    | 1.287 | 3.402 | 0.287 | 0.310  | 0.476 | 1.375  |       |
| 7    | 1.665 | 0.209 | 0.992 | 1.067  | 0.173 | 0.825  |       |
| 8    | 0.994 | 0.388 | 0.404 | 0.705  | 1.817 | 1.706  |       |
| 9    | 0.981 | 1.832 | 1.140 | 0.163  | 0.342 | 6.254  |       |
| 10   | 0.461 | 0.555 | 0.333 | 1.021  | 0.475 | 6.296  |       |
| 11   | 0.432 |       | 0.011 | 0.512  | 9.452 | 3.215  |       |
| 12   | 1.336 | 0.391 |       | 6.855  | 0.412 | 0.525  |       |
| 13   | 1.063 | 1.351 | 0.599 | 3.719  | 0.523 | 0.406  |       |
| 14   | 0.218 | 0.403 | 4.202 | 0.742  | 0.832 | 6.038  |       |
| 15   | 1.444 |       | 0.647 | 0.591  | 0.552 | 24.104 |       |
| 16   | 1.130 | 0.523 | 0.648 | 0.589  | 3.452 | 9.838  |       |
| 17   | 0.611 | 2.817 | 1.768 | 0.499  | 0.542 | 1.767  |       |
| 18   | 0.374 | 0.595 | 0.443 | 0.459  | 3.342 | 0.902  |       |
| 19   | 0.588 | 0.244 |       | 0.236  | 4.331 | 0.846  |       |
| 20   | 0.557 | 2.908 | 0.836 | 0.474  | 7.662 | 3.943  |       |
| 21   | 0.869 | 0.777 | 0.536 | 0.272  | 0.715 | 0.584  |       |
| 22   | 0.266 | 2.619 | 0.808 | 6.291  |       | 1.667  |       |
| 23   | 0.619 | 1.122 | 2.625 | 1.259  | 2.711 | 0.312  |       |
| 24   | 0.430 | 0.418 | 1.555 |        | 0.265 | 1.184  |       |
| 25   | 1.835 | 0.732 | 3.845 | 1.025  | 0.750 | 3.365  |       |
| 26   | 0.587 | 0.372 | 0.558 | 2.366  | 0.721 |        |       |
| 27   |       | 1.249 | 1.454 | 1.403  | 7.793 | 0.175  |       |
| 28   | 1.475 |       | 0.108 | 0.656  | 6.230 | 0.792  |       |
| 29   | 1.420 | 0.290 | 1.007 | 2.224  | 2.697 | 1.742  |       |
| 30   | 0.227 | 0.390 | 0.608 | 0.461  | 0.713 | 1.823  |       |
| 31   | 0.779 | 0.883 | 0.475 | 4.271  | 0.465 | 1.477  |       |
| 32   | 0.852 |       | 0.539 | 1.217  | 5.164 | 0.620  |       |
| 33   | 0.291 | 9.255 | 1.661 | 0.605  | 3.349 | 0.324  |       |
| 34   | 0.274 | 3.070 | 0.887 | 0.697  | 0.685 |        |       |
| 35   | 1.036 | 1.107 | 0.138 | 0.628  | 1.999 | 0.882  |       |
| 数    | 34    | 31    | 33    | 34     | 34    | 33     | 199   |

確率論から考えれば上の表データはそのまま使うべきではなく少なくとも赤塗りにセルの値を(11箇所, 5.5%)除いて考えるべきなのですがここではこの点を考慮せずに説明します。

下図は上の表をグラフにしたものです, 乖離の数值は点の位置に関係なく, 標準偏差(バラツキ)も点の位置に関係なく起こるのが交点計算の特徴です。

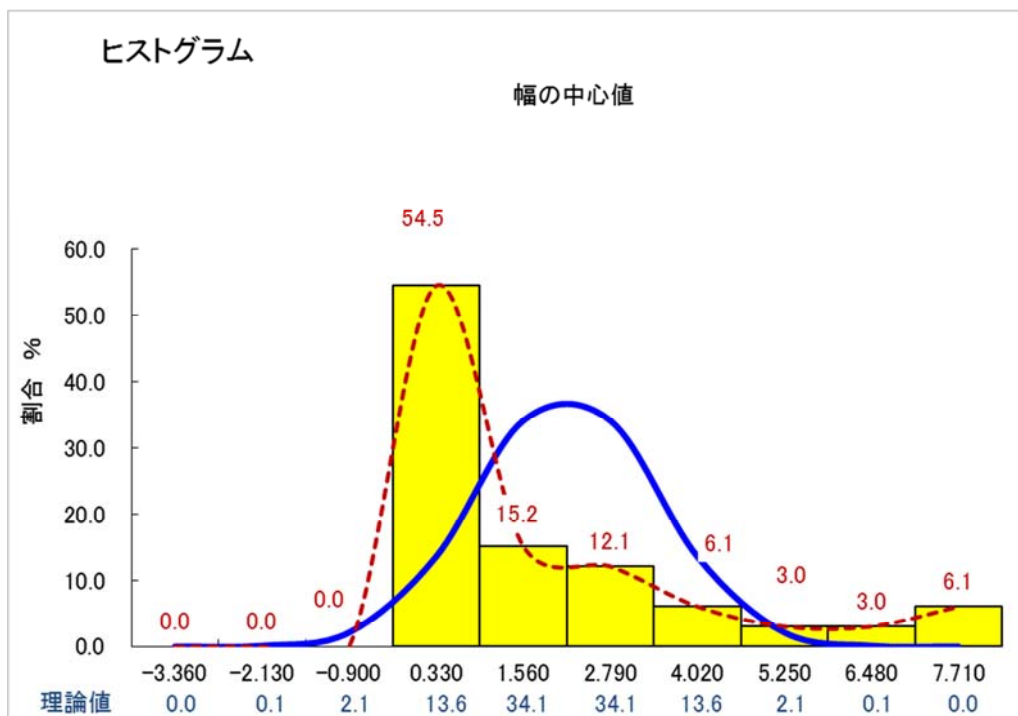


下表はバラツキの状態をみたものです。  
 抜き取り回別の乖離のバラツキ分布図



このグラフで判ることはこの乖離の量は正規分布になっていないということです, 点s224 の乖離の量をヒストグラムにすると次の図になります。このグラフの形は他の点でも同じです。

## 二円交点s224乖離の量ヒストグラム



これは離散型確率分布の中の幾何分布と言われるものらしいです、ここでは交点計算のデータ解析が目的ではありませんので簡単に補足しておきますと、結果から安易に平均値(幅の中心値)と標準偏差だけでは説明できないようです。

交点計算している方は感覚的にある一定以上の誤差のあるデータは使わないものなのです、そうでない方もおりますが、そこである一定以上の感覚とは、経験則で得られる誤差が与えてある誤差とほぼ同じとして、 $2.506$  (全体の標準偏差)  $\times 1.96$  倍 (有意水準5%の確率)  $= 4.911$  として、 $4.911$  以上の除くと

感覚てきな処置

$2.506 \times 1.96 = 4.91$ 以上を除く

| 乖離平均 | 0.921 | 1.070 | 1.008 | 0.966 | 1.246 | 1.397 | 1.095 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 標準偏差 | 0.626 | 0.945 | 1.011 | 0.824 | 1.157 | 1.121 | 0.959 |
| 点名→  | s2    | s22   | s70   | s138  | s224  | s294  |       |
| 1    | 3.145 | 2.321 | 0.643 | 2.041 | 0.395 | 0.297 |       |
| 2    | 0.981 | 0.424 | 0.439 |       | 1.676 |       |       |
| 3    | 0.321 | 1.262 | 0.768 | 0.540 | 1.103 | 0.699 |       |
| 4    | 0.822 | 0.398 | 0.558 | 1.355 | 1.408 | 0.474 |       |
| 5    | 0.569 | 0.909 | 0.411 | 0.417 | 0.724 | 3.511 |       |
| 6    | 1.287 | 3.402 | 0.287 | 0.310 | 0.476 | 1.375 |       |
| 7    | 1.665 | 0.209 | 0.992 | 1.067 | 0.173 | 0.825 |       |
| 8    | 0.994 | 0.388 | 0.404 | 0.705 | 1.817 | 1.706 |       |
| 9    | 0.981 | 1.832 | 1.140 | 0.163 | 0.342 |       |       |
| 10   | 0.461 | 0.555 | 0.333 | 1.021 | 0.475 |       |       |
| 11   | 0.432 |       | 0.011 | 0.512 |       | 3.215 |       |
| 12   | 1.336 | 0.391 |       |       | 0.412 | 0.525 |       |
| 13   | 1.063 | 1.351 | 0.599 | 3.719 | 0.523 | 0.406 |       |
| 14   | 0.218 | 0.403 | 4.202 | 0.742 | 0.832 |       |       |
| 15   | 1.444 |       | 0.647 | 0.591 | 0.552 |       |       |
| 16   | 1.130 | 0.523 | 0.648 | 0.589 | 3.452 |       |       |
| 17   | 0.611 | 2.817 | 1.768 | 0.499 | 0.542 | 1.767 |       |
| 18   | 0.374 | 0.595 | 0.443 | 0.459 | 3.342 | 0.902 |       |
| 19   | 0.588 | 0.244 |       | 0.236 | 4.331 | 0.846 |       |
| 20   | 0.557 | 2.908 | 0.836 | 0.474 |       | 3.943 |       |
| 21   | 0.869 | 0.777 | 0.536 | 0.272 | 0.715 | 0.584 |       |
| 22   | 0.266 | 2.619 | 0.808 |       |       | 1.667 |       |
| 23   | 0.619 | 1.122 | 2.625 | 1.259 | 2.711 | 0.312 |       |
| 24   | 0.430 | 0.418 | 1.555 |       | 0.265 | 1.184 |       |
| 25   | 1.835 | 0.732 | 3.845 | 1.025 | 0.750 | 3.365 |       |
| 26   | 0.587 | 0.372 | 0.558 | 2.366 | 0.721 |       |       |
| 27   |       | 1.249 | 1.454 | 1.403 |       | 0.175 |       |
| 28   | 1.475 |       | 0.108 | 0.656 |       | 0.792 |       |
| 29   | 1.420 | 0.290 | 1.007 | 2.224 | 2.697 | 1.742 |       |
| 30   | 0.227 | 0.390 | 0.608 | 0.461 | 0.713 | 1.823 |       |
| 31   | 0.779 | 0.883 | 0.475 | 4.271 | 0.465 | 1.477 |       |
| 32   | 0.852 |       | 0.539 | 1.217 |       | 0.620 |       |
| 33   | 0.291 |       | 1.661 | 0.605 | 3.349 | 0.324 |       |
| 34   | 0.274 | 3.070 | 0.887 | 0.697 | 0.685 |       |       |
| 35   | 1.036 | 1.107 | 0.138 | 0.628 | 1.999 | 0.882 |       |
| 数    | 34    | 30    | 33    | 31    | 29    | 27    | 184   |

標準偏差は0.959となり、与えた標準偏差ベースの誤差0.487の2.0倍(0.959/0.487)になる。この程度が交点計算による一般的な復元精度なのでしょう。

さらに厳密にされた場合は  $0.487$  (与えてある誤差)  $\times 1.96^2$  (有意水準5%の確率)の平方根  $= 0.911$ ,  $0.911 \times \cos 15^\circ$  (15度以下の交点計算はしない)  $= 0.880$ ,  $0.880$ 以上の値を除



いて計算して見ると下表の結果が得られる。

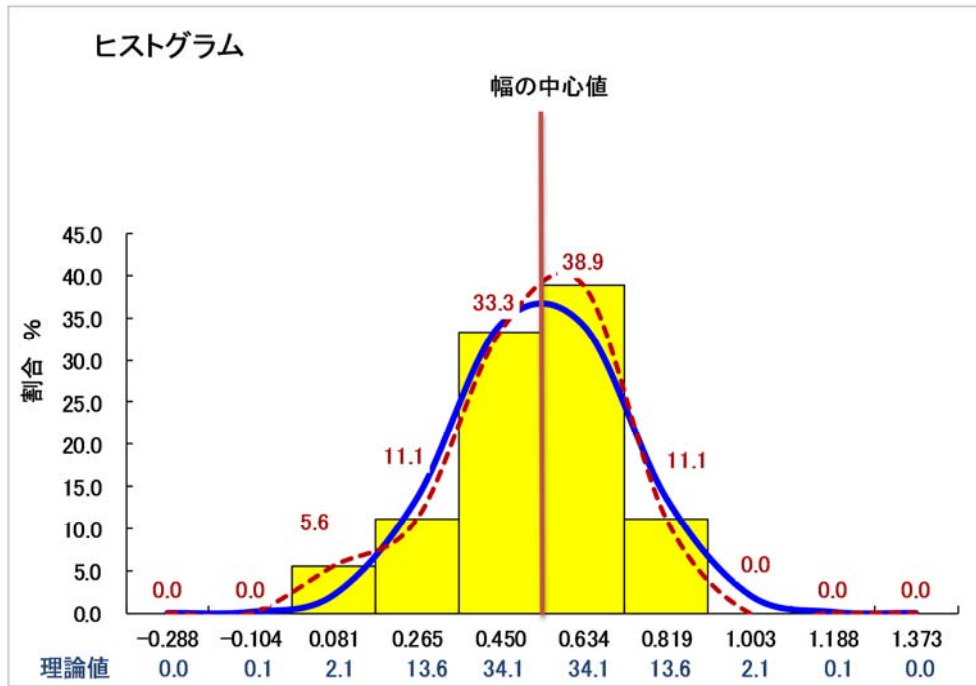
データ数はほぼ半分の108個に成ってしまう。標準偏差は 0.193, 乖離の平均は 0.502 となる。欲しいデータは乖離の平均ですから 0.502 でほぼ与えた標準偏差ベースの誤差 0.4868 と近い数値になると言うことです。

乖離の値のうち 0.880 以上を除いた表

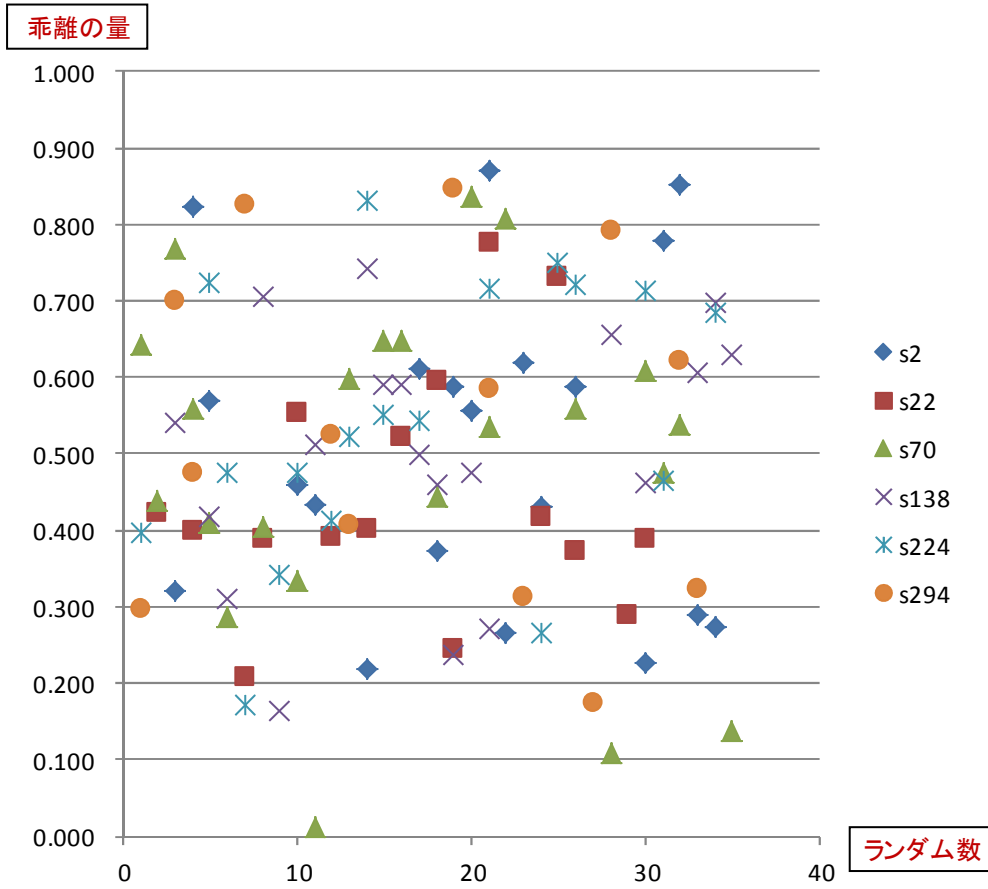
|      |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 乖離平均 | 0.497 | 0.444 | 0.508 | 0.477 | 0.538 | 0.539 | 0.502 |
| 標準偏差 | 0.193 | 0.158 | 0.219 | 0.167 | 0.192 | 0.231 | 0.193 |
| 点名→  | s2    | s22   | s70   | s138  | s224  | s294  |       |
| 1    |       |       | 0.643 |       | 0.395 | 0.297 |       |
| 2    |       | 0.424 | 0.439 |       |       |       |       |
| 3    | 0.321 |       | 0.768 | 0.540 |       | 0.699 |       |
| 4    | 0.822 | 0.398 | 0.558 |       |       | 0.474 |       |
| 5    | 0.569 |       | 0.411 | 0.417 | 0.724 |       |       |
| 6    |       |       | 0.287 | 0.310 | 0.476 |       |       |
| 7    |       | 0.209 |       |       | 0.173 | 0.825 |       |
| 8    |       | 0.388 | 0.404 | 0.705 |       |       |       |
| 9    |       |       |       | 0.163 | 0.342 |       |       |
| 10   | 0.461 | 0.555 | 0.333 |       | 0.475 |       |       |
| 11   | 0.432 |       | 0.011 | 0.512 |       |       |       |
| 12   |       | 0.391 |       |       | 0.412 | 0.525 |       |
| 13   |       |       | 0.599 |       | 0.523 | 0.406 |       |
| 14   | 0.218 | 0.403 |       | 0.742 | 0.832 |       |       |
| 15   |       |       | 0.647 | 0.591 | 0.552 |       |       |
| 16   |       | 0.523 | 0.648 | 0.589 |       |       |       |
| 17   | 0.611 |       |       | 0.499 | 0.542 |       |       |
| 18   | 0.374 | 0.595 | 0.443 | 0.459 |       |       |       |
| 19   | 0.588 | 0.244 |       | 0.236 |       | 0.846 |       |
| 20   | 0.557 |       | 0.836 | 0.474 |       |       |       |
| 21   | 0.869 | 0.777 | 0.536 | 0.272 | 0.715 | 0.584 |       |
| 22   | 0.266 |       | 0.808 |       |       |       |       |
| 23   | 0.619 |       |       |       |       | 0.312 |       |
| 24   | 0.430 | 0.418 |       |       | 0.265 |       |       |
| 25   |       | 0.732 |       |       | 0.750 |       |       |
| 26   | 0.587 | 0.372 | 0.558 |       | 0.721 |       |       |
| 27   |       |       |       |       |       | 0.175 |       |
| 28   |       |       | 0.108 | 0.656 |       | 0.792 |       |
| 29   |       | 0.290 |       |       |       |       |       |
| 30   | 0.227 | 0.390 | 0.608 | 0.461 | 0.713 |       |       |
| 31   | 0.779 |       | 0.475 |       | 0.465 |       |       |
| 32   | 0.852 |       | 0.539 |       |       | 0.620 |       |
| 33   | 0.291 |       |       | 0.605 |       | 0.324 |       |
| 34   | 0.274 |       |       | 0.697 | 0.685 |       |       |
| 35   |       |       | 0.138 | 0.628 |       |       |       |
| 数    | 20    | 16    | 22    | 19    | 18    | 13    | 108   |

これでヒストグラムを作るとほぼ正規分布になる。

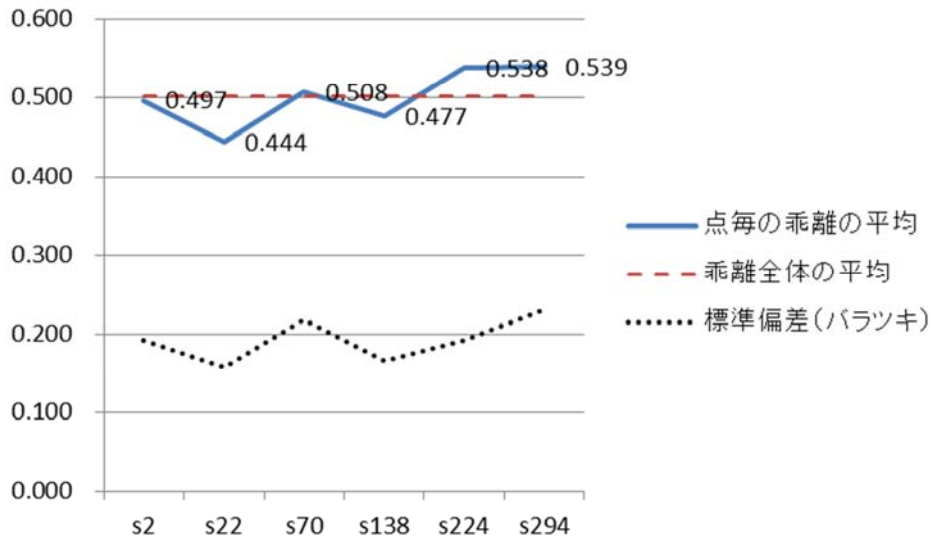
下図が二円交点s224のヒストグラムです。



下表はバラツキの状態, 乖離の量 0.880 以上を除いた場合です。



誤差を標準偏差ベースで 0.4868 与え, 乖離の量 0.880 以上を除いた場合



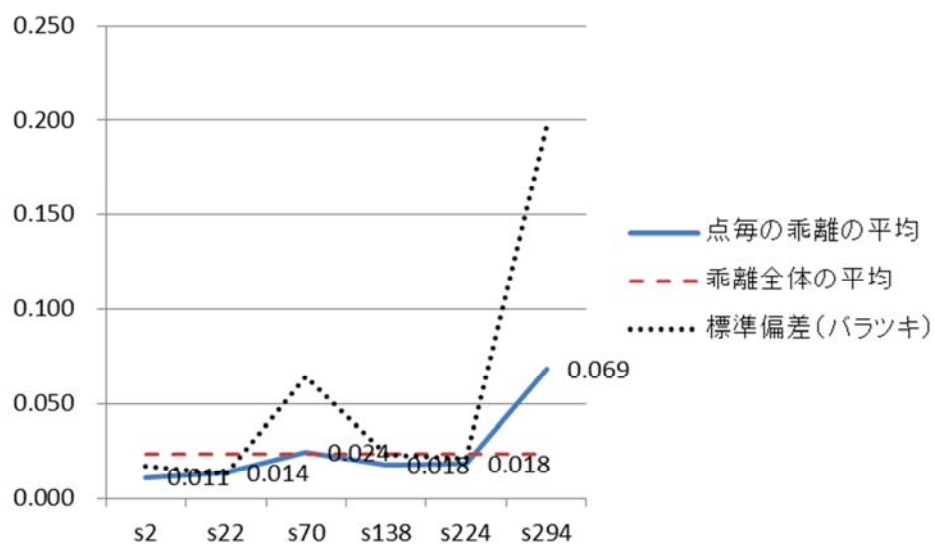
乖離の量, 標準偏差とも点の位置に関係なく安定しています, これが交点計算の特徴なのです。このレベルまで厳密に考える資格者であれば座標変換を使うでしょう。ここまで, 簡単に

説明しました。

参考までに誤差別の計算結果の表とグラフをしめします。

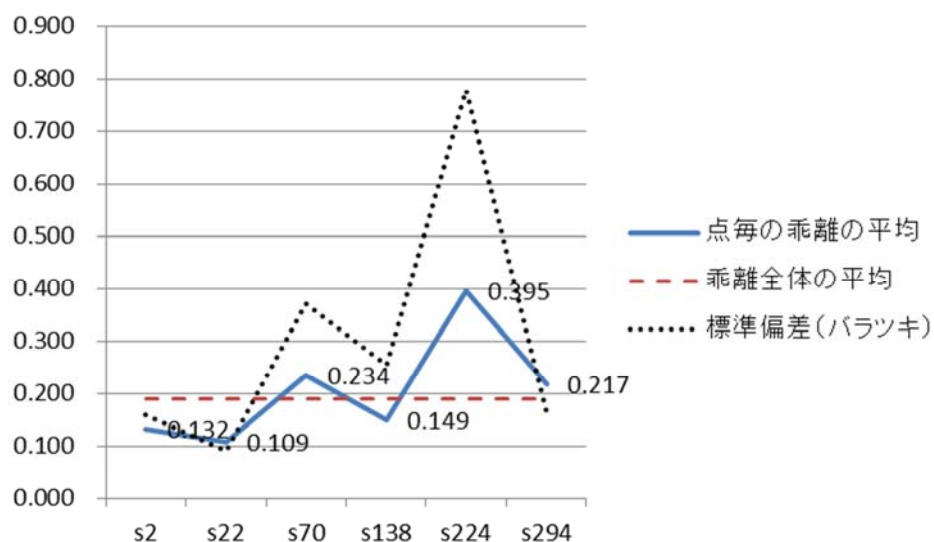
誤差を標準偏差ベースで 0.0049 を与えた場合

|      |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 乖離平均 | 0.011 | 0.014 | 0.024 | 0.018 | 0.018 | 0.069 | 0.024 |
| 標準偏差 | 0.017 | 0.013 | 0.065 | 0.023 | 0.021 | 0.197 | 0.080 |



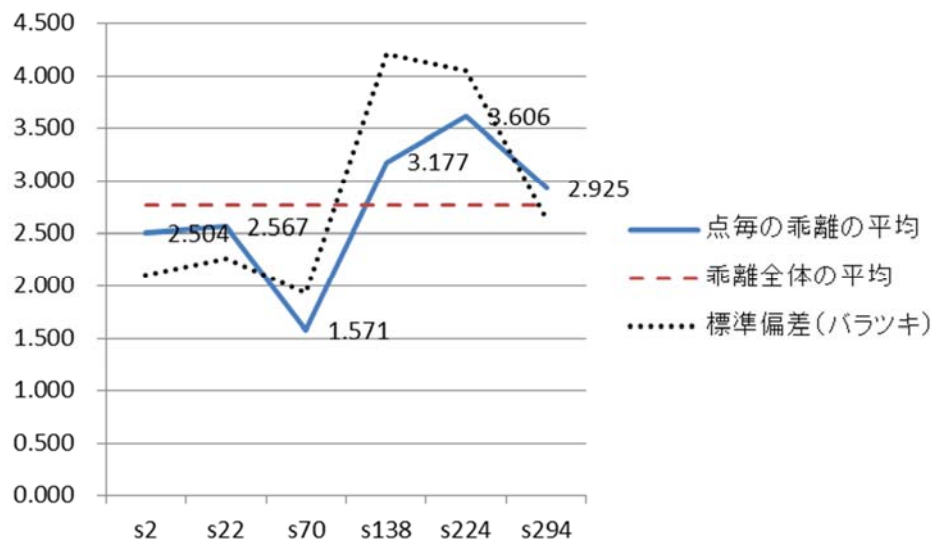
誤差を標準偏差ベースで 0.0487 とした場合

|      |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 乖離平均 | 0.132 | 0.109 | 0.234 | 0.149 | 0.395 | 0.217 | 0.190 |
| 標準偏差 | 0.160 | 0.090 | 0.372 | 0.255 | 0.778 | 0.161 | 0.360 |



誤差を標準偏差ベースで 0.9736 を与えた場合

|      |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 乖離平均 | 2.504 | 2.567 | 1.571 | 3.177 | 3.606 | 2.925 | 2.762 |
| 標準偏差 | 2.096 | 2.254 | 1.933 | 4.211 | 4.045 | 2.624 | 3.082 |



### 三円の交点計算精度

下表が点毎(s2, s22, s70, s138, s224, s294)の復元値と図面値の乖離をランダムに35回調べた表です。空欄は交点計算が成立しなかった組合せのセルです。

右上の2.743は乖離の全体平均です、3.652は標準偏差(バラツキ)の平均です。

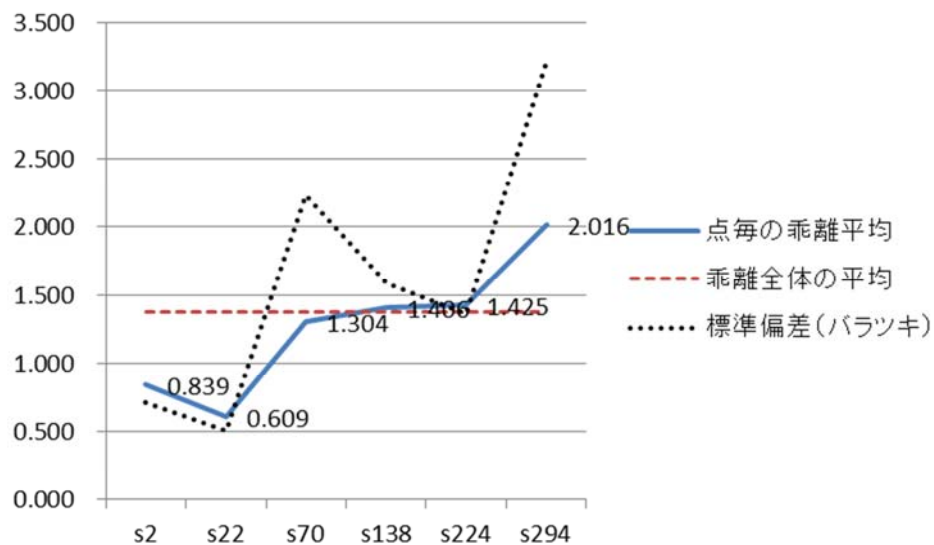
誤差を標準偏差ベースで0.4868を与えた場合

| 乖離平均 | 0.839 | 0.609 | 1.304  | 1.406 | 1.425  | 2.016  | 1.373 |
|------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|
| 標準偏差 | 0.707 | 0.502 | 2.233  | 1.583 | 1.360  | 3.221  | 2.036 |
|      | s2    | s22   | s70    | s138  | s224   | s294   |       |
| 1    | 1.607 | 0.731 | 3.553  | 1.142 | 0.559  | 0.591  |       |
| 2    | 0.689 | 1.262 | 1.668  |       | 1.365  | 3.216  |       |
| 3    | 3.464 | 0.141 | 0.257  | 6.920 | 0.169  | 1.797  |       |
| 4    | 1.619 | 0.242 | 0.610  |       | 0.589  | 7.371  |       |
| 5    | 0.355 | 0.730 | 4.539  | 1.111 | 1.192  | 0.727  |       |
| 6    | 0.383 | 2.452 | 0.464  | 1.567 |        | 9.019  |       |
| 7    | 1.753 |       | 0.226  | 5.133 | 1.464  | 3.283  |       |
| 8    | 1.575 | 0.731 | 0.401  | 0.340 | 0.637  | 1.401  |       |
| 9    | 0.145 | 0.576 | 1.033  | 0.369 | 1.304  | 0.170  |       |
| 10   | 0.709 | 0.278 | 0.556  | 1.931 | 1.377  | 1.166  |       |
| 11   | 0.363 | 1.146 |        | 0.567 | 1.815  | 1.224  |       |
| 12   | 1.238 | 0.410 | 11.537 | 0.725 |        | 0.216  |       |
| 13   |       |       | 0.159  | 0.690 | 0.644  | 0.213  |       |
| 14   | 0.211 | 0.402 | 0.184  |       | 0.567  | 0.240  |       |
| 15   | 0.845 | 0.685 | 0.470  | 2.897 |        | 0.606  |       |
| 16   | 0.250 | 0.043 | 0.583  |       |        |        |       |
| 17   | 0.592 | 0.217 | 0.624  | 0.189 | 1.449  | 1.474  |       |
| 18   | 0.598 | 0.423 | 0.117  | 0.238 |        | 1.784  |       |
| 19   | 0.763 | 0.320 | 1.106  | 1.516 | 1.066  | 0.595  |       |
| 20   | 1.324 | 1.290 | 0.417  | 0.363 | 5.926  | 0.185  |       |
| 21   | 0.390 |       | 0.076  | 0.710 | 0.612  | 0.652  |       |
| 22   | 0.744 | 0.407 |        | 0.964 | 0.748  | 0.107  |       |
| 23   |       |       | 0.639  |       | 0.650  | 0.061  |       |
| 24   | 0.753 | 0.560 | 1.232  | 2.954 | 3.710  | 0.562  |       |
| 25   | 0.511 | 0.485 | 1.099  | 0.876 | 4.133  | 1.126  |       |
| 26   | 0.484 | 0.337 | 0.729  | 0.888 | 1.430  | 14.926 |       |
| 27   | 0.703 | 0.102 | 1.474  | 0.682 | 2.066  | 1.022  |       |
| 28   |       | 0.617 | 0.850  | 0.812 |        | 2.732  |       |
| 29   | 0.349 | 0.349 | 0.798  | 0.645 | 0.469  | 0.288  |       |
| 30   | 0.236 | 0.890 | 1.122  | 0.916 | 0.259  | 1.703  |       |
| 31   | 0.825 | 1.100 | 2.011  | 4.531 | 11.300 | 0.166  |       |
| 32   | 1.027 | 0.392 |        | 4.654 | 1.543  | 0.221  |       |
| 33   | 1.735 |       | 0.868  | 0.369 | 2.217  | 0.113  |       |
| 34   | 0.091 | 0.758 | 1.469  | 0.264 | 4.485  | 0.719  |       |
| 35   | 1.484 | 0.605 | 1.049  | 1.251 | 8.165  | 0.556  |       |
| 数    | 32    | 30    | 32     | 30    | 29     | 34     | 187   |

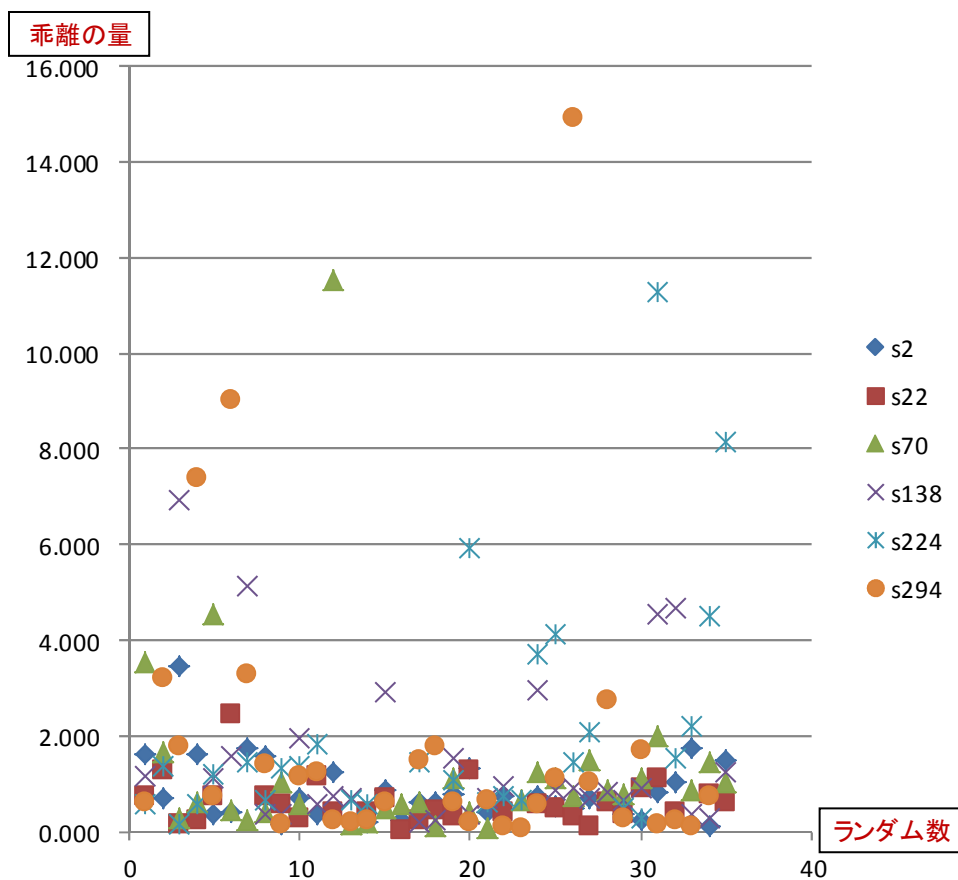
乖離の平均値は二円交点で1.660から三円交点で1.373と小さくなっている、標準偏差(バラツキ)も2.506から2.036と小さくなっているが精度向上には至っていないことが確認できた。



下図は上の表をグラフにしたものです、乖離の数値は点の位置に関係なく、標準偏差(バラツキ)も点の位置に関係なく起こるのが交点計算の特徴です。



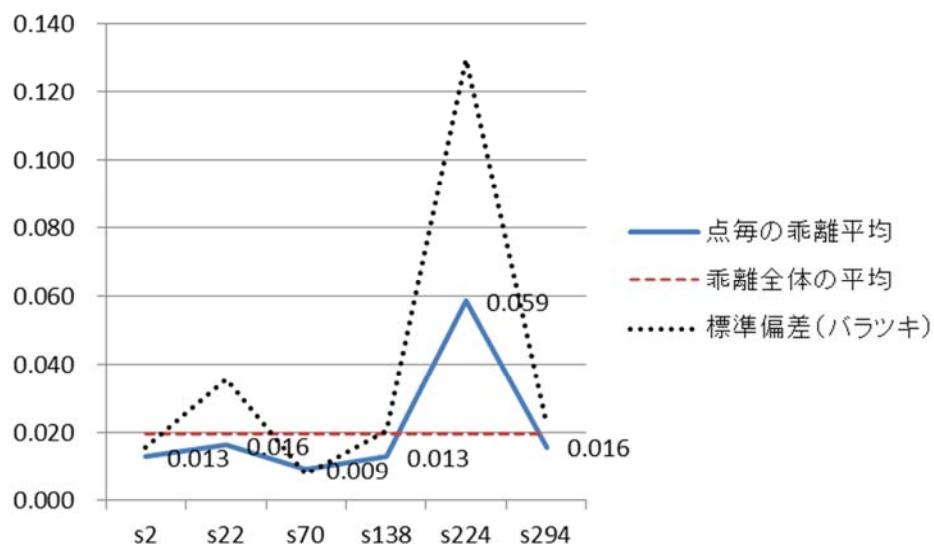
下表はバラツキの状態をみたものです。



参考までに誤差別の計算結果の表とグラフをします。

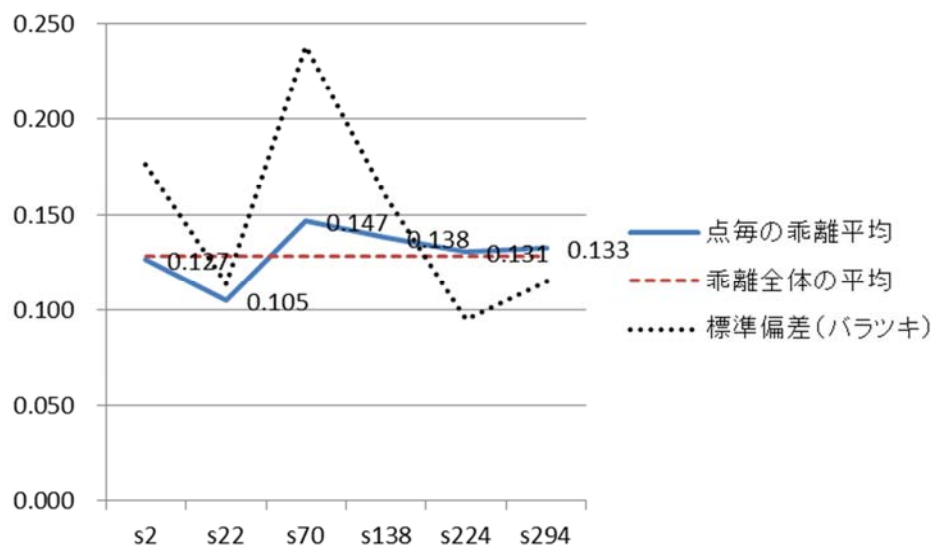
誤差を標準偏差ベースで 0.0049 を与えた場合

|      |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 乖離平均 | 0.013 | 0.016 | 0.009 | 0.013 | 0.059 | 0.016 | 0.020 |
| 標準偏差 | 0.016 | 0.035 | 0.008 | 0.021 | 0.130 | 0.022 | 0.055 |



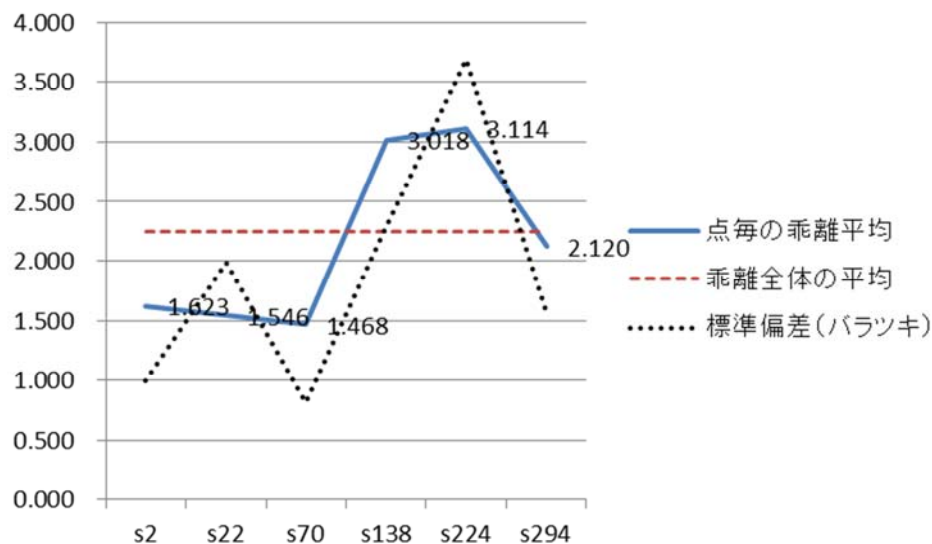
誤差を標準偏差ベースで 0.0487 を与えた場合

|      |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 乖離平均 | 0.127 | 0.105 | 0.147 | 0.138 | 0.131 | 0.133 | 0.128 |
| 標準偏差 | 0.176 | 0.114 | 0.238 | 0.159 | 0.095 | 0.115 | 0.151 |



誤差を標準偏差ベースで 0.9736 を与えた場合

|      |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 乖離平均 | 1.623 | 1.546 | 1.468 | 3.018 | 3.114 | 2.120 | 2.249 |
| 標準偏差 | 0.994 | 1.984 | 0.816 | 2.291 | 3.685 | 1.548 | 2.602 |



### 交点計算結果のまとめ

ここまでの結果を表にしました。

| 誤差 →  | 0.005 |       | 0.049 |       | 0.487 |       | 0.974 |       | 0.005を<br>除く平均 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|
|       | 乖離平均  | 標準偏差  | 乖離平均  | 標準偏差  | 乖離平均  | 標準偏差  | 乖離平均  | 標準偏差  |                |
| 二円交点  | 0.024 | 0.080 | 0.190 | 0.360 | 1.660 | 2.506 | 2.762 | 3.082 | 3.4            |
| 乖離/誤差 | 5.1   |       | 3.9   |       | 3.4   |       | 2.8   |       |                |
| 三円交点  | 0.020 | 0.055 | 0.128 | 0.151 | 1.373 | 2.036 | 2.249 | 2.602 | 2.6            |
| 乖離/誤差 | 4.3   |       | 2.6   |       | 2.8   |       | 2.3   |       |                |

ザックリと言えば、現地境界標の設置精度がある程度の時、2個か3個の境界標を準拠点(計算の基点にする点)にして計算したときの復元精度(図面值と計算値の乖離)は幾らぐらいかと言うことです。結果は上の表の通りで、与えてある誤差が大きい0.974のときは2.8倍で与えてある誤差が小さい0.005の時は5.1倍です、5.1倍は計算誤差の関係と考えられますので二円交点平均で3.4倍程度です(三円交点平均で2.6倍程度)、二円交点と三円交点で多少差があると言えます。想定以上に交点計算による復元精度(標準偏差)が悪いです。

14頁、15頁に説明にありましたように、交点計算結果をそのまま採用するか、しないかの判断を常識の範囲で処理していれば(無理があるかもしれませんが)、実際には標準偏差ベースで与えた誤差と乖離の量はほぼ**2倍**になると考えられます。

真値と変換値の差(較差)の標準偏差の一倍程度の復元精度が期待できるし、そうなっているであろうと言うことです、このことを頭に置いておいて次の座標変換と比較してください。