

画地調整とは

境界画地調整には復元型画地調整と分割型画地調整があります，分割型画地調整は幾何的に分割する計算方法で条件，例えばある線と平行に100㎡分割するなどの条件が分かれば簡単に計算できます。

ここで説明するのは境界(筆界)の復元型画地調整についてです。この方法による計算プログラムは2012年8月までは考えられておりませんでした。2012年9月に三斜→画地調整プログラムを公開しました，さらに2013年2月に面積→画地調整プログラムを公開し現在(2016年11月)に至っております。そこで復元型画地調整の考え方を簡単に解説します。

境界(筆界)復元のための画地調整

境界(筆界)図に与えられた要素から「最適な当て嵌め」を求めるためには最小二乗法による座標変換という手法を使います。

そのためには座標値が必要です，座標値の記載のない境界(筆界)図では当て嵌めに最適な座標を展開することが求められます。座標値の無い境界(筆界)図から最適な座標値を求めることを復元型画地調整といいます。

境界(筆界)図には土地台帳附属地図から始まって法 14 条1項の地図，登記申請に添付された地積測量図，区画整理事業によって作成された区画整理換地図，土地改良換地図等様々な図面があります。

境界(筆界)図には3つの要素があります，図上での点の位置要素，面積要素，辺長要素です，土地台帳附属地図，図解法による地籍図の場合，面積要素は図面からでなく土地台帳，登記記録から得られますが図面によっては面積要素が必須，必要条件ではありません。つまり面積要素は無くても出来ます。

三斜図面では面積要素は面積そのものではなく求積図に書かれている底辺と高さから得られます，面積そのものでは図形の整合性が得られにくいので底辺と高さを使います，そうすることによって適正な図形がえられると同時に座標値も適正なものとなります。明治初期の地租改正地引絵図，地押し調査更正図のように境界測量(土地の形を測る境界測量)と面積測量(面積を測る求積測量)が異なる条件で，かつ別々になされている場合で面積要素を使う場合は公図(土地台帳附属地図)から計算した面積と土地台帳面積の相関関係を検討する必要があります。図解法による地籍図の場合は登記面積を面積要素として使います。

図形の三要素の中で重要なのが辺長情報です，例えば平板測量によって作成された三斜図では底辺と高さは図上で求めた例が多いのですが辺長に関しては実測された値が記載されていることが多いからです，つまり図上での読み取り誤差を 0.3mmで縮尺が 500 分の1の場合， $0.3 \times 500 = 150$ mm にもなりますが辺長を測った場合の誤差は平板測量時代でも30mm～50mm程度と言われていて，平地では30mm以内にあることは容易に想像出来ます，このことから辺長の実測精度が高いと判断できるからです。

境界(筆界)図の種類

画地調整の対象となる境界(筆界)図は多種多様に渡ると言うほど種類は多いわけではありません。主な図面は次の8種類になります。

1. 公図(土地台帳附属地図)は明治に始めて作られ地租改正地引絵図, 地押し調査更正図から複製されたものが多く, 境界を表す境界(筆界)図として使われてきました, 現在でも使われている地域が多くあります, この図面には原始筆界と創設筆界が描かれています。創設筆界筆界については適当(けっこういい加減に)に加筆されたことから筆界復元には適さないとされています。原始筆界については地域差がありますが復元性のある図面が多くあります。
2. 平板によって作成された地籍図, 図解法図面ともいいます, この国土調査法(昭和26年に制定)によって作成された地籍図のうち, 昭和昭和40年代までは平板によって作成されました, 面積は図上で求められ, 地籍図には辺長の記載はありません。地籍図は精度管理がなされていますので復元性があります。
3. 土地の外周距離と面積が画かれた測量図, これは土地改良図とか区画整理図に見られます。それ相応の精度が期待できる境界(筆界)図です。
4. 土地の外周距離, 角度と面積が画かれた測量図があります, 土地改良図とか区画整理図に見られます。3. の土地改良図とか区画整理図以上の精度が期待できる境界(筆界)図になります。
5. 底辺と高さのみが画かれた三斜図, 地積測量図とか道路用地買収丈量図に見られます。道路用地買収丈量図の場合, 辺長を記載した図面が別に保管されている可能性がありますので管理者に必ず確認することが必要です。
6. 底辺と高さ+土地の外周距離が画かれた三斜図, これは地積測量図に多く見られます。これには平板図から作成された図解法図面か, 座標値のある数値法図面から作成された三斜図なのかを見極めてから画地調整をする必要があります。この判断はヘロンの公式を使って高さの精度から判断できます。
7. 土地の外周距離と襷(タスキ)掛け距離が画かれた三斜図は役所の道路図に見られます, タスキによって精度の高い画地調整が可能なのは意外と知られていない事実です。
8. 道路図面とか官民境界図の中には役所によってミリメートルの単位を切り捨てて書いてある場合がありますので末尾の処理が四捨五入なのか切り捨てなのか役所に確認することが必要です。センチメートル単位で丸められた座標値のある測量図は昭和50年代までは多かったのですが現在はミリメートルまで書いてあります。

画地調整をすれば境界(筆界)図に与えられた要素と計算された数値との差のバラツキが最小になるように計算します。バラツキを簡単に検証するには差から分散(標準偏差の二乗値)

を計算してその値がより小さいかで判断されます、したがって様々な画地調整方法があればその分散の比較でどちらの画地調整が優れているかが判り、優れている画地調整値を採用することになります。

境界(筆界)図に与えられた三つの要素、1. 測量図上にプロットされた境界点の相対位置情報、2. 土地の外周距離の距離情報、3. 個々の土地の面積情報 はそれぞれ重量、いわゆる重要度によって重さを与えて計算するためにこれらの判断を人的、感覚的に行うことは不可能です。

重量は全ての計算の根拠となるもので多くの土地家屋調査士の場合この重量を無視して計算していますので避けるべきです。

例えば、平板によって作成された図解法図では平板の測距精度が 50mm, プロット精度が 0.3mm, 読み取り精度が 0.2mmとすれば縮尺 500 で計算すれば

$$\sqrt{50^2 + (0.3 \times 500)^2 + (0.2 \times 500)^2} = 187 \approx 200\text{mm}$$
となります。重量は精度の二乗の逆数なので $\frac{1}{0.200^2} = 25$ となる。

土地の外周距離は実測されているとすれば精度は 0.05 といえる。重量は精度の二乗の逆数なので $\frac{1}{0.05^2} = 400$ となる。

三斜図で底辺と高さの精度は、底辺をデジダイザー等の拡大機器を使って図上から読み取ると平板の距離精度が 0.050m, プロット精度が 0.3mm, 読み取り精度が 0.05mmとすれば縮尺 500 で計算すれば $\sqrt{50^2 + (0.3 \times 500)^2 + (0.05 \times 500)^2} = 160$ となる。重量は精度の二乗の逆数なので $\frac{1}{0.160^2} = 39$ となる。

したがって、この場合の計算に使う重量は点の位置要素で 25, 辺長要素で 400, 面積要素で 39 と考え、それぞれに重量を与えて計算します。

画地調整の結果から何を知るか

画地調整の結果から知ることはその境界(筆界)図そのものの正確度です、高い正確度で画地調整が出来れば不明な境界点を境界(筆界)図から復元しても小さな誤差でもって復元が可能となり、信頼の高い境界復元が可能となります。

境界(筆界)図から画地調整図を作成する場合、測量図に誤った数値もしくは誤差の大きな数値が書かれていればその値を除いて画地調整図を作成する必要があります、この場合、統計の検定を使って除く必要があります経験や勘で判断することは避けることです。

画地調整が完了すれば座標値の無い境界(筆界)図の座標化が完了します、この座標値を図面成果として実測成果との間で最小二乗法による座標変換を行えば図面成果対実測成果の精度・標準偏差が判り、不明な点の復元計算が完了します。

境界(筆界)復元に関してはあらゆる面から検討を加えることが必要ですが画地調整の基本は手順どおりに勧めることです, その手順には意味はありますから手順だけ覚えるかその意味も含めて覚えるかによって他への応用能力が違ってきます。

画地調整は計算が複雑で電卓等での計算は不可能です, 復元型画地調整が理解されない大きな要因なのでしょう。

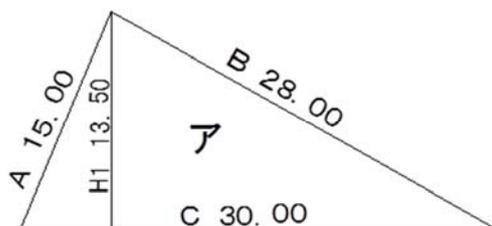
簡単な例で挑戦してみます

下図のような簡単な三角形を下に適正な図形を作って見たいと思います。

条件は① A,B,C の三辺と H1 の高さの誤差は距離長に関係なく一定とする。

② 辺長と調整した辺長の差と高さ調整した高さの差の二乗が最小となった辺長を最適な値とする。

③ 辺長は 0.01 の単位で決定する。



三角形のヘロンの式から

三辺 a, b, c (cは底辺), sは係数, Tは面積, Hは高さ

$$T = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

$$s = \frac{a+b+c}{2}$$

$$H = \frac{2T}{c}$$

を使って A,B,C の三辺から高さを求めると 13.882 で図の 13.50 との差が 0.382 です。

13.50 に近づけるためには各辺長を短くしていけばその接点が見つかります, 次の計算表を

作って (辺長の差の平均-高さの差)² = $\left(\frac{\Delta a + \Delta b + \Delta c}{3} - \Delta h\right)^2$

辺長 A 調整量 = Δa

辺長 B 調整量 = Δb

辺長 C 調整量 = Δc

図高さ-ヘロン計算高さ = Δh

が最小になる調整値を 0.01 単位で捜します, 下表では 1 1 番目の 0.000013 が最小値となります。

調整量	E: 辺長	D: 辺長	C: 底辺	H2: 高さ	差の絶対値					(辺の差平均-高の差) ²
図面值	13	25	30	10.4						
調整値	A-調整値	B-調整値	C-調整値	ヘロン高さ	Aの差	Bの差	Cの差	Hの差	(辺の差平均-高の差) ²	
1	0.10	12.90	24.90	29.90	10.591	0.1	0.1	0.1	0.191	0.008295
2	0.11	12.89	24.89	29.89	10.581	0.11	0.11	0.11	0.181	0.005091
3	0.12	12.88	24.88	29.88	10.572	0.12	0.12	0.12	0.172	0.002664
4	0.13	12.87	24.87	29.87	10.562	0.13	0.13	0.13	0.162	0.001017
5	0.14	12.86	24.86	29.86	10.552	0.14	0.14	0.14	0.152	0.000148
6	0.15	12.85	24.85	29.85	10.542	0.15	0.15	0.15	0.142	0.000058
7	0.16	12.84	24.84	29.84	10.533	0.16	0.16	0.16	0.133	0.000747
8	0.17	12.83	24.83	29.83	10.523	0.17	0.17	0.17	0.123	0.002215
9	0.18	12.82	24.82	29.82	10.513	0.18	0.18	0.18	0.113	0.004463
10	0.19	12.81	24.81	29.81	10.503	0.19	0.19	0.19	0.103	0.007490
11	0.20	12.80	24.80	29.80	10.494	0.2	0.2	0.2	0.094	0.011297
12	0.21	12.79	24.79	29.79	10.484	0.21	0.21	0.21	0.084	0.015884
13	0.22	12.78	24.78	29.78	10.474	0.22	0.22	0.22	0.074	0.021251
14	0.23	12.77	24.77	29.77	10.464	0.23	0.23	0.23	0.064	0.027399
最小値									0.000058	

下表のように、(辺長の平均-高さの差)² のア、イの和が最小になる調整量の位置をもとめれば下表のとおり 8 番目の値が適切な値となります。

(辺の差平均-高の差) ²	
ア+イ	
1	0.044018
2	0.033902
3	0.025307
4	0.018232
5	0.012679
6	0.008646
7	0.006136
8	0.005146
9	0.005679
10	0.007734
11	0.011311
12	0.016410
13	0.023032
14	0.031177
0.005146	

そこで ア図の 8 番目の辺長を確認しますと A=14.83, B=27.83, C=29.83 です。

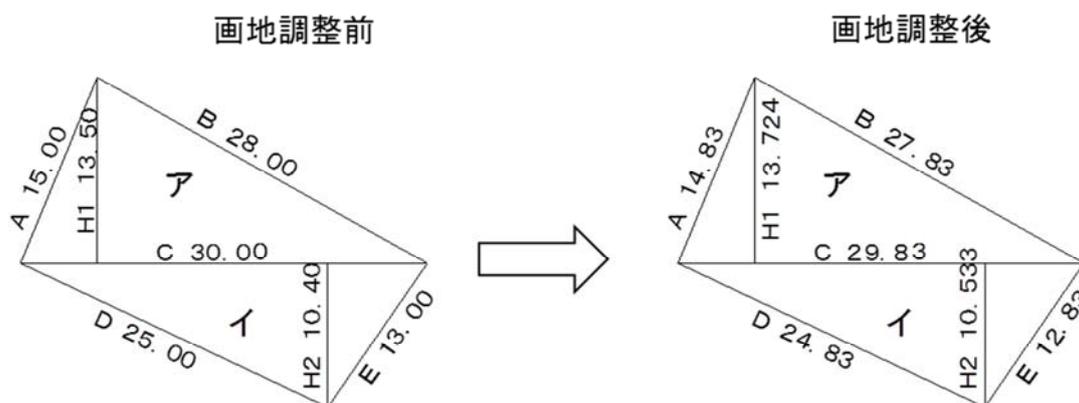
調整量	A: 辺長	B: 辺長	C: 底辺	H1: 高さ	
図面值	15	28	30	13.5	
調整値	A-調整値	B-調整値	C-調整値	ヘロン高さ	
1	0.10	14.9	27.9	29.9	13.789
2	0.11	14.89	27.89	29.89	13.780
3	0.12	14.88	27.88	29.88	13.770
4	0.13	14.87	27.87	29.87	13.761
5	0.14	14.86	27.86	29.86	13.752
6	0.15	14.85	27.85	29.85	13.743
7	0.16	14.84	27.84	29.84	13.733
8	0.17	14.83	27.83	29.83	13.724
9	0.18	14.82	27.82	29.82	13.715
10	0.19	14.81	27.81	29.81	13.706
11	0.20	14.8	27.8	29.8	13.696
12	0.21	14.79	27.79	29.79	13.687
13	0.22	14.78	27.78	29.78	13.678
14	0.23	14.77	27.77	29.77	13.669

イ図の 8 番目の辺長を確認しますと A=12.83, B=24.83, C=29.83 で, C の辺長 (底辺)

が同じことを確認して、

調整量	E:辺長	D:辺長	C:底辺	H2:高さ	
図面值	13	25	30	10.4	
調整値	A-調整値	B-調整値	C-調整値	ヘロン高さ	
1	0.10	12.90	24.90	29.90	10.591
2	0.11	12.89	24.89	29.89	10.581
3	0.12	12.88	24.88	29.88	10.572
4	0.13	12.87	24.87	29.87	10.562
5	0.14	12.86	24.86	29.86	10.552
6	0.15	12.85	24.85	29.85	10.542
7	0.16	12.84	24.84	29.84	10.533
8	0.17	12.83	24.83	29.83	10.523
9	0.18	12.82	24.82	29.82	10.513
10	0.19	12.81	24.81	29.81	10.503
11	0.20	12.80	24.80	29.80	10.494
12	0.21	12.79	24.79	29.79	10.484
13	0.22	12.78	24.78	29.78	10.474
14	0.23	12.77	24.77	29.77	10.464

図形はこの数値を当て嵌めると下図のようになります。



この図の寸法を使って任意な座標値を数学的に計算すれば画地調整図の完成です。この例では計算の重量と言いまして、各値の重みがみな同じと仮定して計算していることと、要素は長さだけですから簡単な例です。

計算重量の重要性を考える

境界（筆界）図には三つの要素があり、その要素はその図面に対してして、それぞれ関連性を持ちながら重要性があります。それぞれの重要性を重要度として計算重量に使います。座標値を持たない境界（筆界）図から画地調整をして座標をもたせるにはこの重要度が大きな役割を持ちます、先ほどのア・イの図面を使ってそれを体験してみます。

辺長 A, B, C, D, E はスチールテープ（金属製の巻き尺）で現地を実測した値で測定誤差が±30mmあるとします。

縮尺 200 分の 1 で図面を作成したときの作図誤差、図面に線を引いたときに起こる図上誤差が±0.3mmあったとします。

高さは、200分の1縮尺で作図された図面上の長さを物差しで測った値とします、こ

のときの読み取り誤差は±0.2mmとします。

この条件で高さの誤差が幾つになるかを誤差伝播の法則に従って計算します。

$$m^2 = m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_n^2$$

m : 誤差

$m_1, m_2, m_3 \dots m_n$: それぞれのもつ誤差

$$m_1 = 30\text{mm}$$

$$m_2 = 200 \times 0.3 = 60$$

$$m_3 = 200 \times 0.2 = 40 \quad \text{とすれば}$$

$$m = \sqrt{30^2 + 60^2 + 40^2} = 78$$

重量は誤差の二乗の逆数になるので

実測の精度 30mm を 1 とした時の図上の高さの重量は

$$g = \frac{30^2}{78^2} = 0.15 \dots \text{高さを 1 とした時の実測の重量は } 0.15 \text{ の逆数で } 6.76 \approx 7 \text{ となりま}$$

す。

この重量を使って先ほどのデータを計算すると下表のとおり 4 番目のデータとなります。

(辺の差平均-高の差) ²	
ア+イ	
1	0.002754
2	0.001355
3	0.000472
4	0.000104
5	0.000253
6	0.000917
7	0.002097
8	0.003793
9	0.006005
10	0.008733
11	0.011977
12	0.015737
13	0.020012
14	0.024804
	0.000104

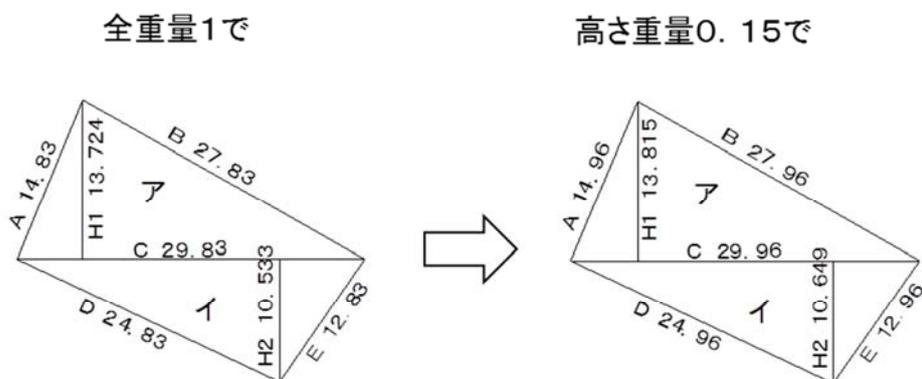
調整量を変えてあるので アの結果は下表のとおりになります、

調整量	A:辺長	B:辺長	C:底辺	H1:高さ	
図面值	15	28	30	13.5	
調整値	A-調整値	B-調整値	C-調整値	ヘロン高さ	
1	0.01	14.99	27.99	29.99	13.872
2	0.02	14.98	27.98	29.98	13.863
3	0.03	14.97	27.97	29.97	13.854
4	0.04	14.96	27.96	29.96	13.845
5	0.05	14.95	27.95	29.95	13.835
6	0.06	14.94	27.94	29.94	13.826
7	0.07	14.93	27.93	29.93	13.817
8	0.08	14.92	27.92	29.92	13.808
9	0.09	14.91	27.91	29.91	13.798
10	0.10	14.9	27.9	29.9	13.789
11	0.11	14.89	27.89	29.89	13.780
12	0.12	14.88	27.88	29.88	13.770
13	0.13	14.87	27.87	29.87	13.761
14	0.14	14.86	27.86	29.86	13.752

イの結果は下表のとおりになります。

調整量	E:辺長	D:辺長	C:底辺	H2:高さ	
図面值	13	25	30	10.4	
調整値	A-調整値	B-調整値	C-調整値	ヘロン高さ	
1	0.01	12.99	24.99	29.99	10.679
2	0.02	12.98	24.98	29.98	10.669
3	0.03	12.97	24.97	29.97	10.659
4	0.04	12.96	24.96	29.96	10.649
5	0.05	12.95	24.95	29.95	10.640
6	0.06	12.94	24.94	29.94	10.630
7	0.07	12.93	24.93	29.93	10.620
8	0.08	12.92	24.92	29.92	10.611
9	0.09	12.91	24.91	29.91	10.601
10	0.10	12.90	24.90	29.90	10.591
11	0.11	12.89	24.89	29.89	10.581
12	0.12	12.88	24.88	29.88	10.572
13	0.13	12.87	24.87	29.87	10.562
14	0.14	12.86	24.86	29.86	10.552

この結果を、重量は全て1の場合と高さの重量が0.15の場合の結果が下図になります、辺長で0.13ほど違って来ます、さほどに、重量の見極めが重要なことであるかと言うことです。



復元型画地調整の基本的な解説はいかがでしたか, 多少でも復元型画地調整を理解することが出来れば宜しいのですが。

2016/11/13

土地家屋調査士 小野孝治