

確率と最小二乗法による土地の境界復元

座標変換の基礎

筆界とは（不動産登記法第123条1項（2006年1月））

「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。」

境界の生命線は書証、物証、人証とありますが書証の図面と物証の境界標です、境界標と図面が一致すれば誰も疑うことがなく境界と認識されます。

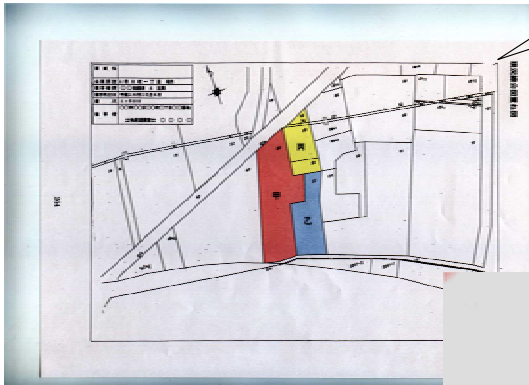
その上で境界の復元とは図面と現地を相対的に評価して図面の形を現地に復元する方法です。

図面が公図であっても基準点を使った最新の図面であっても、点数が数点であっても何百点であっても、民境界の境界であっても官境界であってもその手法と考え方は同じでなければなりません。

また、誰が計算しても資料が同じなら結果が同じでなければなりません。計算誤差をのぞいて。

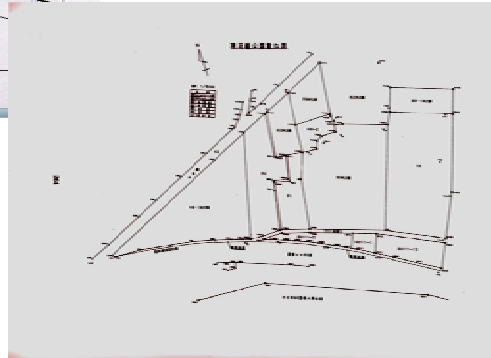
重ね図 1

公図



重ねる元の図
写真、公図、地籍図、14地図、
地積測量図、そのほかの図面
類と何でもあり。

実測図

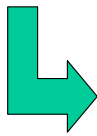


課題(土地境界基本実務V)

どの点、あるいはどの線を基準に
重ねるか？

図面の伸縮、歪みをどうやって修正
するか？

異常な点、線をどうやって除くか？



境界復元の最もオーソドックスな手法は重ね図です。

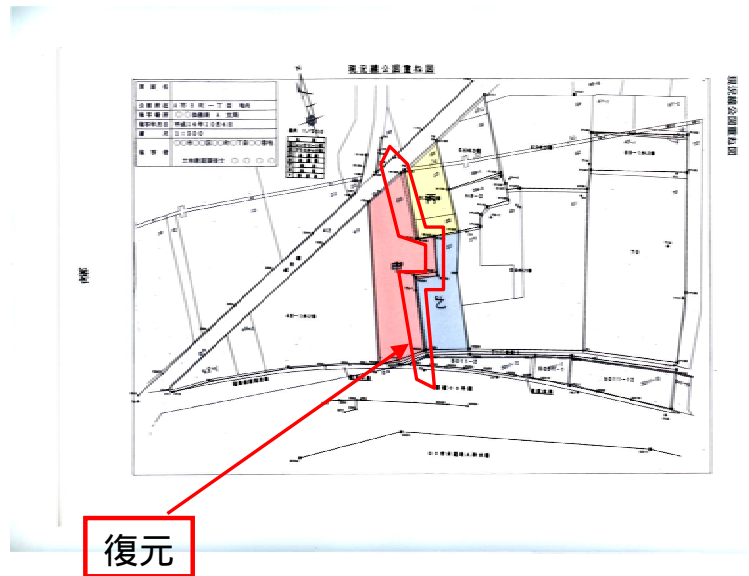
境界鑑定などに多用される重ね図について考えてみます、この図面は日調連発行の土地境界基本実務 の付録についてきた3セットの内の1セットです。

この例は公図と実測図を重ねて境界を復元しようとするものです。

実測図にあわせて公図を一定の法則の基で伸縮させて、点と線のバランスを見ながら重ねていきます。

この時にどの点、あるいはどの線を基準に重ねるか？、図面の伸縮、歪みをどうやって修正するか？、異常な点、線をどうやって除くか？という課題があります。

重ね図 2



重ねるルールが無いと駄目

このような疑問を解決していき、重ね図を完成させれば復元できます。

この例では重ねた図から赤線の枠の境界を復元するもので公図上の境界を実測図上に求める方法です。

といいましても、図では細かい数字は出ませんので、細かい数値、いわゆる座標値を得ることはできません。

細かい座標値を得るには最小二乗法による座標変換の技術が必要になります。

ここではその方法を具体的に説明していきます。

中には公図、写真を持ってきて勝手な伸縮をしながら重ねる例を見ますが説明出来る理由が無ければしてはならないことです。

ここで取り上げた日調連発行の土地境界基本実務 の付録についても同じことがいえま

す。

図面境界と現地境界が不一致の六つの要因

図面(境界を表す資料に起因する)

- 伸縮がある
- 歪みがある
- 回転がある
- 個々に誤差が有る

現地(境界標の管理に起因する)

- 経年変化(人的、自然的)
 - 線のデータが現地に存在する(方向杭)
- 概ね、この6点についてを解析すると準拠点が決まります。
図面对境界標の相対精度(標準偏差、伸縮率等)が確認できます。

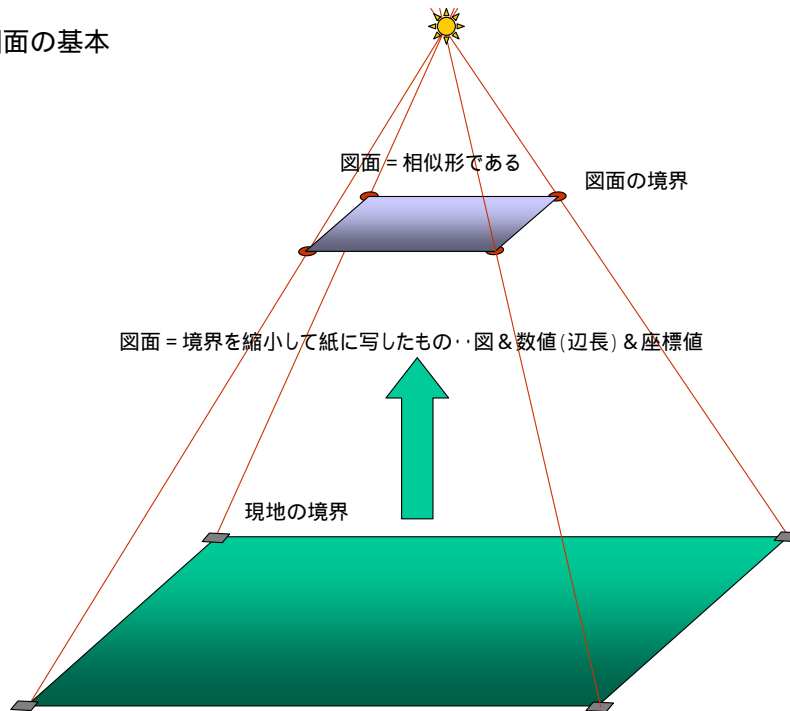
境界(筆界)の最小単位は点です、この点を様々な角度から計算してみれば以前の図面(図面值)と今回の実測値(実測値)の関係が判ってきます。

それが判れば復元が至って簡単です、この関係を調べる方法をこれから説明します。

図面と現地が不一致となる大きな原因が4つあります。その原因を上の表に ~ を列記してみました。

また、現地には の二つの不一致とる原因があります、この6つの要因を調べて問題点があれば修正又は除いて復元の基準とする点、準拠点選択が完了します。

図面の基本



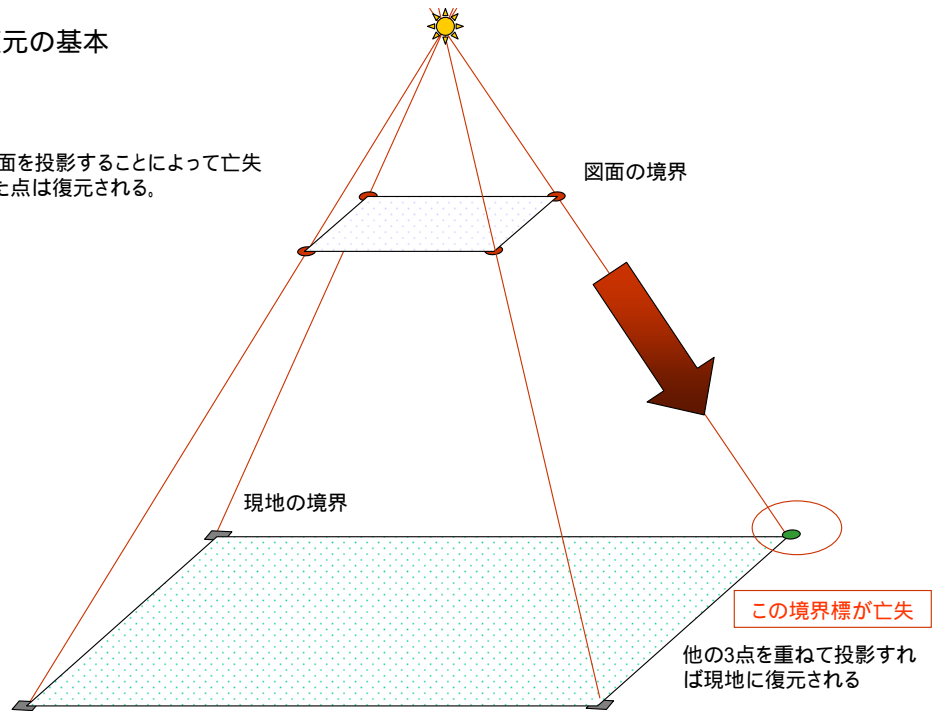
図面とは現地を縮小して紙に投影したものです、それが絵あっても数値であっても原則は変わりません。

現代の測量では絵として画くことはなく三斜又は座標値で表します。

このときの図に求められるものは相似形であることです。

復元の基本

図面を投影することによって亡失した点は復元される。



図面が現地を縮小したものであれば逆に投影すれば現地に図面の形を復元出来ます。

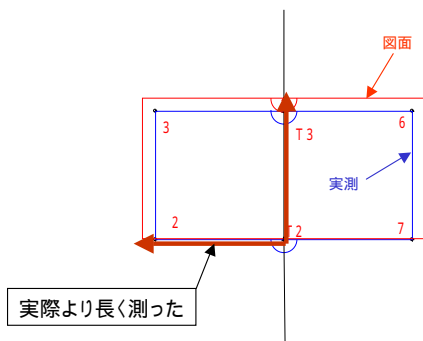
この図で右上の点を復元する場合、他の3点を重ねて投影すれば右上の点は現地に復元されます。

仮にこの3点がなければ復元はできません。

実際には図面を現地に投影はできないわけですが考え方の説明としては理解できると思います。

図の変形パターン（伸縮）

伸縮---伸縮率として計算できる



テープ測距に見られる

(スチールでは伸縮は1.005以下が目安)

尺常数補正

温度補正 (実際より気温が高いと短く測る)

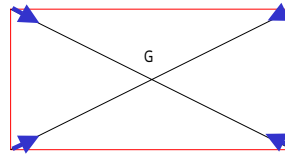
張力補正 (実際より短く長く測る)

傾斜補正 (実際より長く測る)

たるみ補正 (実際より長く測る)

光波

気圧&温度補正 (伸縮は1.0000で
ごまかしがきかない)



間尺

6尺5寸 (伸縮は1.08、歩伸び17%)

6尺3寸 (伸縮は1.05、歩伸び10%)

このように図に伸縮が起きる要因は測距の不正が主要因です。

概ね測量条件が同じであれば伸びか縮みのどちらかの傾向があります。

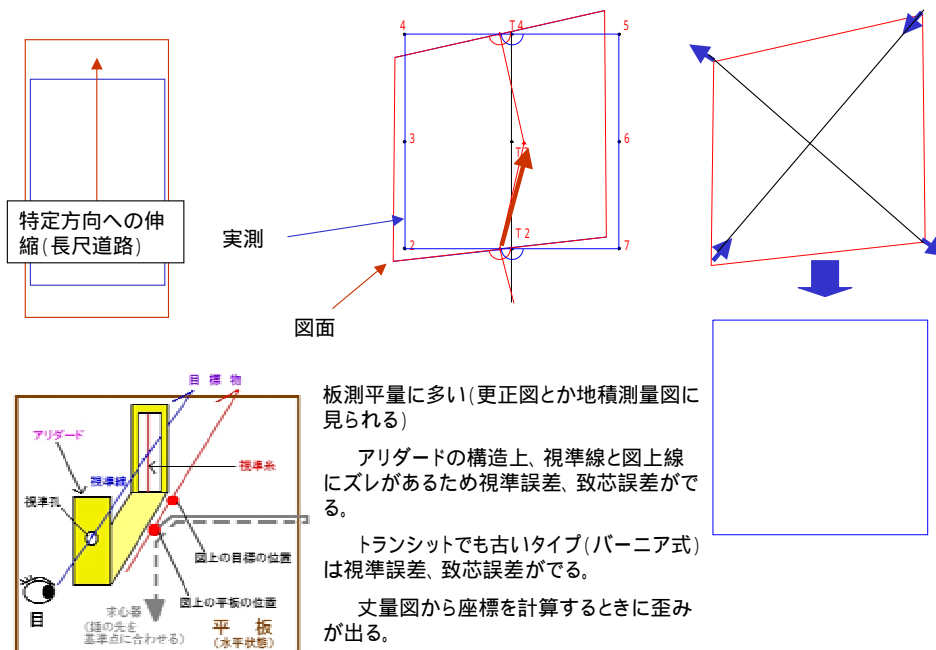
測距に使う機器によってほぼ同じ傾向が出ます、明治以降～テープ測量の時代には実際より短く測ろうという意識があったようです。

そのために現在の光波で測定したものと比べると現地は大きめになっている、伸縮率で言えば1.0より大きい傾向になり時代が古いほど伸縮が大きい。

特に明治に作られた公図で考える場合は地方で使われた間尺の伸びを差し引いた値で議論しないと公図の精度は語れないことになります。

図の変形パターン（歪み）

歪（つぶれ）---観測精度不良もあるが測量機器の構造上の問題もある



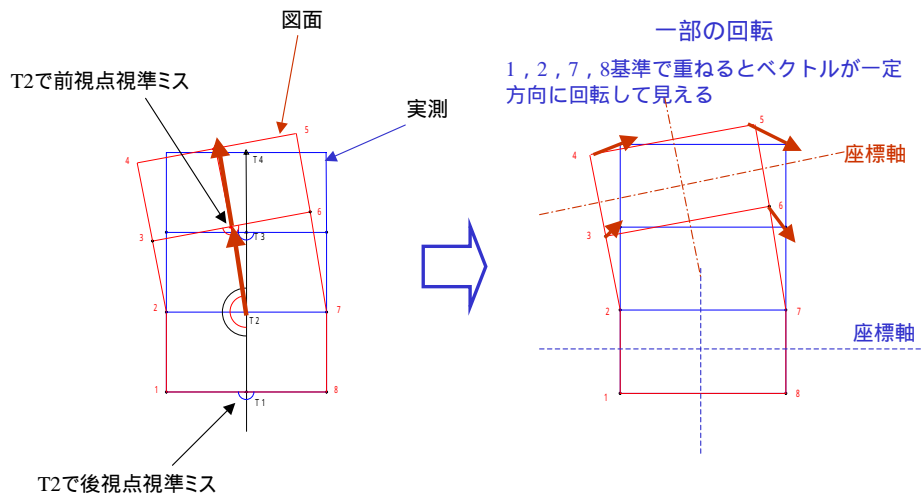
次に図に歪みがおきている場合です、図に歪みが生じる原因はいろいろありますが図のようなトラバナーの標定誤差によってトラバナーが本来の線に対して振れる時に起きます。平板測量の図面とか開放トラバナーで測距にテープを使った測量によく見られ、図が潰れている形と図が一定方向に伸びている形があります。

このように、図に歪が生じる原因は測距の不正に加えて測角の不正が要因で起きます。要因は開放トラバナー、平板測量での標定誤差、致芯誤差によって起きます場合と測距の不正による場合があります。

また平板で作成された測量図の辺長を使って座標値を作る際に図の角度が計算できない場合に図に計算上の歪みが生じます。

図の変形パターン（回転）

多角点の前視点視準ミス、後視点視準ミスなどで開放トラバーに多い

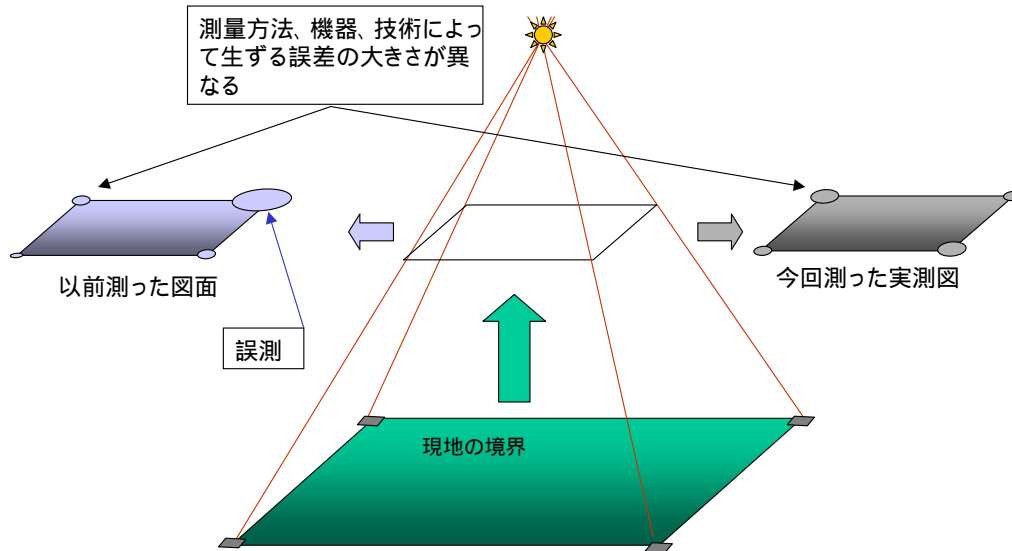


の歪みと似ていますが違いは座標軸が異なることです。

次に図の一部が回転している場合です、トラバー点の標定ミスでその測点が回転したり、移動したりしている状態で復元した点が既存の点との関連性を失っている場合があります。この場合はそのままのデータを使って復元しても良い結果は得られません。そこで復元計算に入る前に図面と実測の関係を調べていく事が必要になってきます。この関係を層別と言う方法を使って調べます。そうすれば図のようにトラバーが回転していれば下の座標群と上の座標群にデータが分けられます、この図の場合は上の座標群と下の座標群のデータと別々に座標変換することによって正しい結果が得られます。

図の変形パターン（個々に誤差）

図面を使って現地に直接復元出来ないので以前測った図面と今回測った実測図と比較して計算していく。

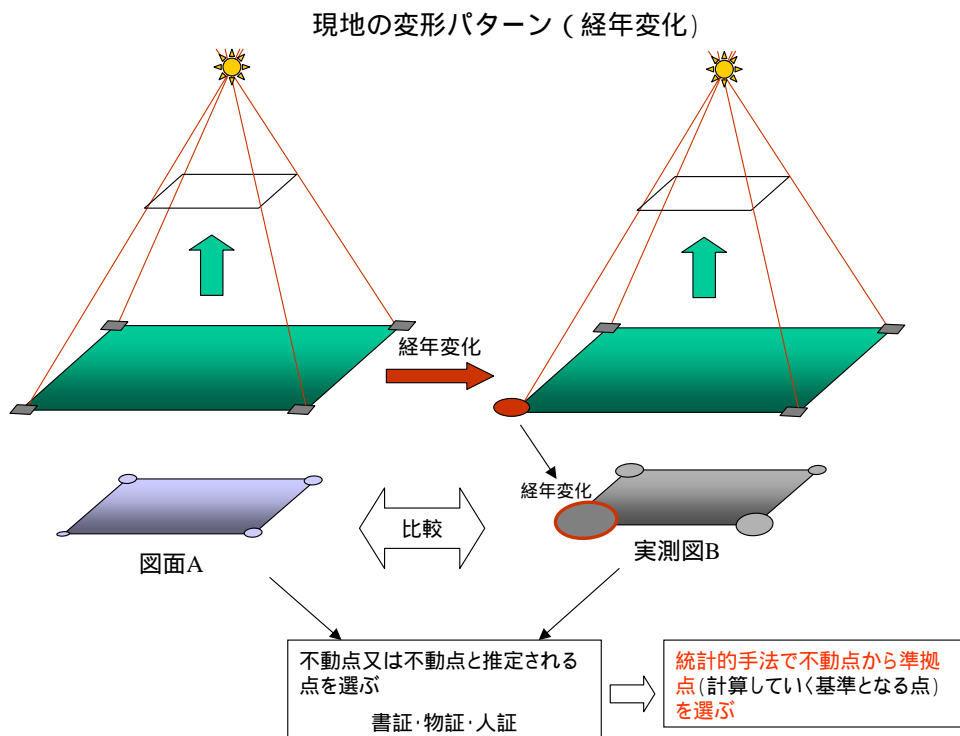


今までは投影すれば・・・で説明して来ましたが実際には投影はできませんので以前測った図面と今回測った図面の比較でおこないます。

この場合、境界標に動きがなければ今回測った図面が正確であるという前提考えていきます。

ここで注意しなければならないのは 以前測った図面の精度 > 今回測った図面の精度 の場合 今回測った図面の問題が指摘される、逆に 以前測った図面の精度 < 今回測った図面の精度 の場合前回測った図面の問題が指摘されることです。

一見して 以前測った図面の精度 > 今回測った図面の精度 の関係に有りそうですが必ずしもそうではなことに注意しなければなりません。



境界標の場合は境界標の経年変化があります、このことが復元計算をいっそう複雑にしている要因となってきます。

経年変化には自然現象、人為的なものがあります。

ここでは人為的なものが解析できると考えてください、つまり工事で境界標が動いた、動いた後の復元が正確でなかった等の状態です。

実際の計算で指摘されるのは経年変化でもある一定量以上の動きがあったものです。

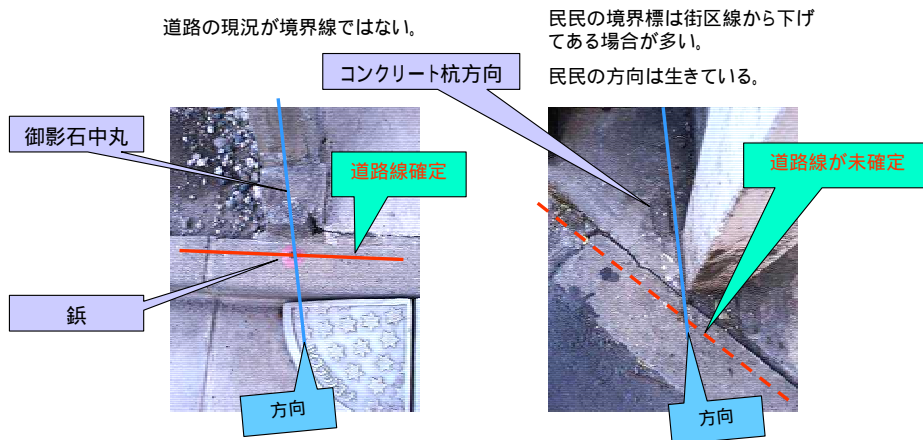
また当初から図面の点に大きな測量ミスがあった場合、境界標の埋設不良があった場合も当然同じように計算されます。

最終的に除かれた点がどのような理由によるものなのかは点の履歴を調べて判断していくことになります。

この点の履歴は計算を進めていく過程で重要なヒントになりますので必要です。

患者の病歴も解らずにいきなり治療する医者はいないでしょう。

現地の変形パターン（方向杭）



民民の境界標は民民相互は正確でも官民とは正確でない、多くの場合は若干道路から下げているのが普通(道路工事によって破壊されるのを防ぐため?)、これらは方向杭としては生きているのでこれらを生かした復元方法が必要になる。

座標変換によって境界復元をするためには可能な限り多くの点を準拠点にすることが求められます、特に区画整理図では高い復元精度が要求されますので点の数は多いほど良く、準拠点が図の全体に満遍なく散らばっている事が必要です。

区画整理図では街区線 = 道路境界になっています、古い区画整理地区では街区線が明確でないため街区線上の点の多くは街区線から宅地内に下げていてあるのが普通です。

理由は官民確定に多額の費用が掛かる、道路工事などで街区線に近い点は亡失の危険性があるなどの理由によるものと考えられます。

写真左は官民確定した状態、御影石は街区線から外れています。

右は未確定の状態、予定線から15cmぐらいさげて方向杭が埋設されています。

つまり、方向杭の持っている線情報を点情報に変換して復元計算に使えばより精度の高い復元が可能となります。

図面境界と現地境界が不一致への処置

伸縮がある

ヘルムート変換

歪みがある

アフィン変換

回転がある

層別による解析結果から計算方法を選択

個々に誤差が有る

準拠点選択から最小二乗法による計算

経年変化

資料、現地調査、さらに準拠点選択により排除

線のデータが有る(方向杭)

幾何計算と最小二乗法から計算

基本は次の通りです。

図面が作成された時からの不動点を探す。

この点から確率論によって変換の基準とする点、準拠点を選ぶ。

この準拠点を使って最小二乗法による座標変換をする。

それぞれの要因にたして座標解析を経て各要因を推定さいたらその要因を取り除くあるいは修正して計算していくことになります。

主に表のようなことをしながら、基本的には

図面が作成された時の不動点と推定される点を探す。

この点から確率論によって変換の基準とする点、準拠点を選ぶ。

この準拠点を使って最小二乗法による座標変換をする。

となります、意外と簡単なことです。

復元測量の注意点

注意点

図面の誤差に対して実測の誤差が大きい場合は
実測上の問題点が計算される。実測値の誤差をしる。

図面の誤差と実測の誤差が同じ場合は
図面と実測の相対的な関係が計算される。実測と図面の相対的な誤差。

図面の誤差に対して実測の誤差が小さい場合は
図面の問題点が計算される。図面の誤差を知る。

常に図面の問題点が計算されるわけではない。

図面の精度より高い精度で実測する

古い図面を基に測量する場合は図面の誤差に対して実測の誤差が小さいので測定誤差の問題は生じない。

復元測量で注意することは

図面の誤差が小さく実測の誤差が大きい場合は 実測上の問題点が計算されますが実測した者は自分の測量が正しいと思っていますから気がつかないことがあります。

次が図面の誤差と実測の誤差が近い場合は 図面と実測の相対的な問題が計算されます。

最後が図面の誤差が大きく実測の誤差が小さい場合は 図面の問題点が計算されます、普通はこのパターンです。

ですから測量精度によって常に図面の問題点が計算されるわけではありません。

実測には常に図面より高い精度で測量する必要があります、問題があって現地を再測したら自分の測量に間違いがあったなんてことの無いようにしなければなりません。

古い図面では常に の状態で計算されるはずですが。

結果の判断と処置

境界標等を筆界とする場合(原始筆界)

図面に誤測があったか 境界標が経年変化で動いたのか

図面を直す

境界標を筆界として追認する。

境界標を再設置する

図面はそのまま基準以上の境界標を再設置する。

計算された点を筆界とする場合(後発的原始筆界&創設的筆界)

図面に基づいて筆界が形成されたことが基本

図面に誤差は有りませんので図面の値をいかにして正確に現地に明示するか

区画整理図、土地改良、大規模分譲で原始筆界が含まれない場合

どの範囲まで境界標を修正するのか？

基準(出合差か位置誤差か)か 統計的判断か

数値法では計算された標準偏差の3.7倍以内が目安

(図解法では標準偏差の3倍が目安)

結果として境界標と計算された復元点が手元に有ります、これをどのようにするかは法理の範疇です。

官民境界に埋設された境界標は役所のマークの入ったものでこの境界標の所有権は役所に有ります、多くの役所では位置誤差の基準を持ち合わせていてそれ以下であれば放置、それ以上であれば再設置をするのが普通です。

ところが民境界標は国の財産ではないので仮に位置誤差の基準があっても処置を指示することはできず、所有者の判断を仰ぐこととなります、仮に都内で甲2であれば出合差では50mmで放置するか修正するかは所有者または管理者の判断を仰ぐこととなります。

数理の面から言えることは次の通りです。

計算された標準偏差の3.7倍以内は放置。ここで言う標準偏差の3.7倍とは図面对境界標がもっている相対精度を下げないことを条件とした数値で3 の10倍の精度という意味です。

3.0 は二次元の確率では99.0%で百の一つです。3.7 は二次元の確率では99.9%で千の一つです。

境界標を放置したら従来の図面の位置で放置か新しい座標位置で放置・・・か？