IV-84　数値解析による局所測量図の編集

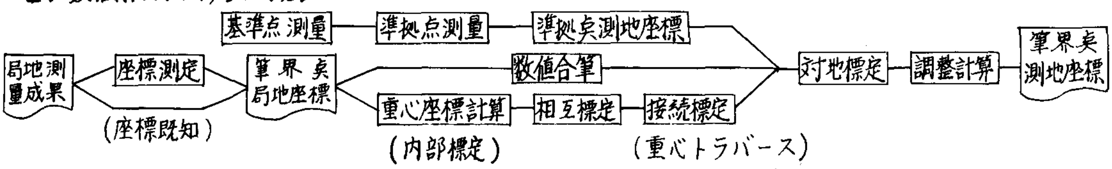
日本工事測量(株)　正会員○　福永宗雄
〃　　　　　　　滝村裕一

1. 逆工程の測量作業

測量作業は一般に広域から局地へ、即ち基準点測量→図根点測量→細部測量といった工程を辿るのが原則である。ところが用地測量では買収の都合上、一筆地測量が先行することも決して珍しくはない。また我国の登記制度では、土地の表示・分筆に地積測量図の添付を必要とし、既に大量の図面が登記所に提出保管されている。しかるに本格的な地籍図である法第17条地図はごく一部しか整備されていないのが実状である。

両例ともに原則に従って再度、全面的測量を行うならば、一筆地地積や筆界点の座標値に差異を生じ、後日、紛争の原因ともなりかねない。また作業の重複による経済的損失も著しい。かといって、縮尺・方位・精度・座標系など全てが不統一な現行の測量図をそのまま図解的に接合編集することは不可能である。従って誤差を最小限に止め、かつ既製図を有効に活用する方法としては数値解析が最も適していると考えられる。同じく細部測量が先行する例として解析空中三角測量がある。その技法を調整計算に随時適用することができる。

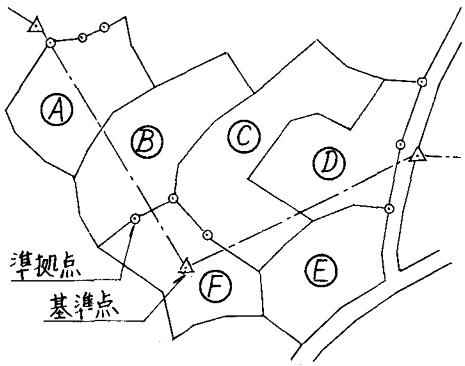
2. 数値解析システムの概要



(1) 座標測定　座標測定機を用いて計測する場合、縮尺・方位を原図と必ずしも一致させる必要はない。

(2) 数値合筆　2筆以上の土地を合筆して1筆とするとき、各筆の座標値を1つの座標系に統一することを数値合筆という。例えばB地の筆界点局地座標 $(x_i\ y_i)$ をA地の局地座標 $(X_i\ Y_i)$ に変換するには、

$$\begin{cases} X_i = a x_i + b y_i + c \\ Y_i = -b x_i + a y_i + d \end{cases} \qquad \cdots\cdots(1)$$



を用いる。いま共通筆界点を $1, 2, \cdots, n$ とすれば

$$\begin{array}{ccccccc} A & & V & & B & & K \\ \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \\ Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} & + & \begin{bmatrix} v_{X1} \\ v_{X2} \\ \vdots \\ v_{Xn} \\ v_{Y1} \\ v_{Y2} \\ \vdots \\ v_{Yn} \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & 1 & 0 \\ y_1 & -x_1 & 0 & 1 \\ y_2 & -x_2 & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_n & -x_n & 0 & 1 \end{bmatrix} & & \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} \end{array}$$

なる観測方程式が成立する。各筆界点の観測の重みは同一であると仮定して最小自乗法を適用し、

$${}^tB \cdot B = M \qquad {}^tB \cdot A = N \qquad より$$

変換係数 $K = M^{-1}N$，残差 $R = BK - A$ を計算することができる。残差が許容制限(不動産登記事務取扱手続準則)以内ならば、(1)式を用いて共通点以外の全筆界点の変換計算を行う。

(3) 連続分筆　前掲図$ABCD$のように鎖状に連結する土地では数値合筆計算を反復すればよい。EFのように網を形成する土地では、全筆を同時に調整する厳密解法と、数次に分けて調整する近似解法とがある。

(4) 重心座標計算（内部標定）　電子計算機を用いてデータ処理を行うときは、各筆毎に重心点の座標値を求め、それぞれの筆界点の座標値を重心を原点とする固有の値に換算する方がよい。

(5) 相互標定　共通筆界点の重心座標値を用いてヘルマート変換の係数を求める。B地の重心座標を隣地Aの重心座標に変換するとき、係数を$a_1\ b_1\ c_1\ d_1$とすれば相互標定要素は次の値をとる。

$$\begin{cases} \text{縮尺係数}: s_1=\sqrt{a_1^2+b_1^2} \\ \text{帰零角}: \varphi_1=\tan^{-1} b_1/a_1 \end{cases} \qquad \begin{cases} \text{重心}GA\rightarrow\text{重心}GB\text{距離}: L_1=\sqrt{c_1^2+d_1^2} \\ \quad〃\qquad\qquad\text{方向角}: \alpha_1=\tan^{-1} d_1/c_1 \end{cases}$$

B土地筆界点の固有重心座標$(x_i\ y_i)$、または極座標$(r_i\ \theta_i)$を使って、統一重心座標$(X_i\ Y_i)$を計算するには次の変換式を用いればよい。

$$\begin{cases} X_i=\ \ a_1x_i+b_1y_i+c_1 \\ Y_i=-b_1x_i+a_1y_i+d_1 \end{cases} \qquad \begin{cases} X_i=s_1r_i\cos(\theta_i-\varphi_1)+c_1 \\ Y_i=s_1r_i\sin(\theta_i-\varphi_1)+d_1 \end{cases}$$

(6) 接続標定　続いて$C\rightarrow B$接続に関する変換係数を$a_2\ b_2\ c_2\ d_2$，相互標定要素を$s_2\ \varphi_2\ L_2\ \alpha_2$とすれば、$C$土地筆界点の固有重心座標$(x_j\ y_j)$，$(r_j\ \theta_j)$と統一座標$(X_j\ Y_j)$には、

$$\begin{cases} X_j=\ \ ax_j+by_j+c \\ Y_j=-bx_j+ay_j+d \end{cases} \quad \text{但し}\begin{cases} a=a_1a_2-b_1b_2 \\ b=a_1b_2-a_2b_1 \end{cases} \quad \begin{cases} c=a_1c_2+b_1d_2+c_1 \\ d=-b_1c_2+a_1d_2+d_1 \end{cases}$$

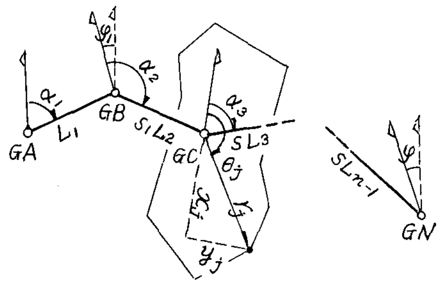
なる関係式が成立する。$a\ b\ c\ d$を特に統一変換係数と称する。同じく極座標の場合は

$$\begin{cases} X_j=sr_j\cos(\theta_j-\varphi)+c \\ Y_j=sr_j\sin(\theta_j-\varphi)+d \end{cases} \quad \text{但し}\begin{cases} s=s_1s_2 \\ \varphi=\varphi_1+\varphi_2 \end{cases} \quad \begin{cases} c=s_1L_2\cos(\alpha_2-\varphi_1)+c_1 \\ d=s_1L_2\sin(\alpha_2-\varphi_1)+d_1 \end{cases}$$

となる。$s,\ \varphi$を特に、統一縮尺係数，統一帰零角と称する。以下，筆数の増加に合わせて，同じ計算手順を反復すればよい。

(7) 重心トラバース　各筆の重心$GA,\ GB,\cdots,GN$をつないだものを重心トラバースという。相互標定要素から辺長・方向角を求め、一般の開放型多角測量の計算方式に準じて重心の座標値を計算すればよい。

筆番	0:A	1:B	2:C	-----	n:N
重心点	GA	GB	GC		GN
辺長		L_1	s_1L_2		sL_{n-1}
方向角		α_1	$\alpha_2-\varphi_1$		$\alpha_{n-1}-\varphi$
縮尺係数	1	$S=S_1$	$S=S_1S_2$	------	$S=S_1S_2\cdots S_n$
帰零角	0	$\varphi=\varphi_1$	$\varphi=\varphi_1+\varphi_2$	------	$\varphi=\varphi_1+\varphi_2+\cdots+\varphi_n$



(8) 準拠点測量　筆界点のうち移動の形跡のない堅牢な点を選んで準拠点とし、基準点測量・準拠点測量を経て、各点の測地座標を求める。なお準拠点は地区を取り囲む型で、均一に分散していることが望ましい。

(9) 対地標定　再びヘルマート変換を使って地区全域の統一座標を測地座標に変換する。

(10) 調整計算　重心点の測地座標・重心トラバースの平均辺長・方向角を計算し、各筆界点間の距離，地積等の最終調整値を求め、原始データと比較して精度の検討などを行う。

3. 問題点

各筆の測量精度がほぼ均一の場合はよい結果が出るが、実際には著しい較差を持つものが多く、異常・正常の判断，重量の定め方などに問題がある。また、とび地や道水路など長狭物が混在する場合の特殊計算方式の誘導も今後の研究課題となるであろう。