

動態写真測量法について

高知工業高等専門学校 正会員 笠松 清

1. はしがき

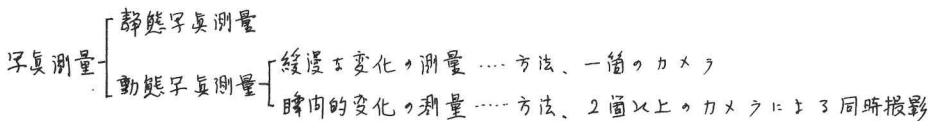
写真測量法によれば、ステレオ写真から、 X, Y, Z の3軸によつて点の位置を測定することができる。これにより各種地形図をつくり、あるいは各種応用測量に用いられている。しかしこれらすべて、静止する対象物の測定であるが、これに対しある所望の時間における位置の測定が必要になることがある。

すなわち対象物が静止せずして移動し、その位置が刻々変化する状態を測定するには X, Y, Z の外に時間 T の測定を行い、かつ T と X, Y, Z との関係を測定してやらねばならない。

一般の測量法では、瞬時的状態の測定はむづかしく、同時撮影のステレオ写真による写真測量法によりはじめて可能となる。この方法による撮影から測定までの方法は、必要の精度とこの方法を参考し計算されている現状に鑑み、この種測量法を容易にするため、一貫した原則を確立するを第一案とすることを試みた。

2. 動態写真測量法の分野

目標が動く速度によつて写真測量を分類すれば次のようになる。



この内緩慢な変化の測量とは、地盤変動、崩壊地、災害調査等々の時期と異にした写真からその変化を測定するもので、技術的には静止の場合と変わらない。瞬時の変化の測定には如何なるものがあるか、既往の事例を挙げると、

(1) 流速測定 河川、海面に流送物を流がし、これを空中写真法または地上写真法で測定する。

(2) 回転中の自動車タイヤのむすみの測定

(3) 気流測定 架橋、乱気流測定のため、空中に

目標物を放ち、これを測定し気象を明らかにする。

(4) 人工的な実験

(5) 船舶航跡図の作製

(6) 波浪等高線図の作製

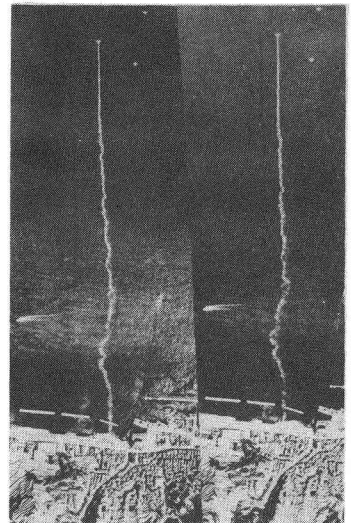
等がその具体例である。

3. 全般計画に共通の特異点

動態測量にありても、要求精度を得るための測量法を確立して実行に入ることが必要で、全般的に特に検討を要する主な事項は下記の通りである。

1) 時間の測定

動く目標物に対しては、撮影肉筒の精度と、ステレオカメラの同時性の精度に関し、測量要求精度を満足する



限度を検討しその方法を決定しなければならぬ。

(2) 撮影基線長と撮影高度

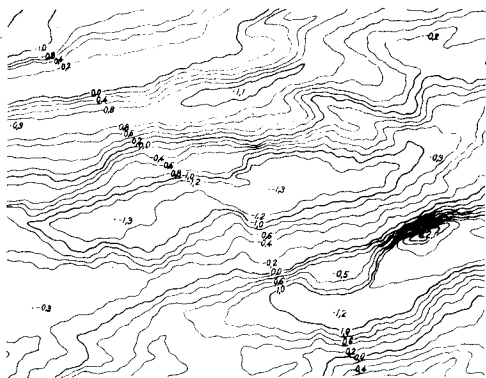
空中写真測量法においては、一般に 60% 重なりのある連続撮影を行うが、動態写真測量法においては、60% 保持は困難で 70% 重なりで計画する方が適当である。

撮影基線長は、地上写真法の場合には次式の表または線図を作製し、距離測定が所望の精度 Δd に応ずる基線長 B を決定する。

$$\Delta d = \sqrt{2 \left(\frac{D^2}{f \cdot B} \cdot 0.01^m \right)^2} \quad \begin{array}{l} f = \text{焦点距離} \\ D = \text{測定距離} \end{array}$$

また、空中写真法では、次式により表をつくり、所望の比高精度 ΔH に適する撮影高度を決定する。

$$\Delta H = \sqrt{2 \left(\frac{H^m}{b + 0.01} \cdot 0.01^m \right)^2} \quad b = \text{写真上の基線長}$$



(3) 特殊器材

写真測量器材は静止目標を前提に製作されているため、動くものに対してはステレオ撮影のため同時撮影装置、撮影肉隔短縮装置、場合によっては特殊カメラを製作した後に実行にうつす計画が必要となる。

(4) 測定

測定のために必要なステレオ写真の相関標定および絶対標定に特別の工夫を必要とすることが多い。

4. 撮影

(1) 空中写真法

(a) 空中に浮遊物を対象とし、その移動を測定し、あるいは水面の浮遊目標の移動を測定するための空中写真撮影では、次により撮影高度を定める。

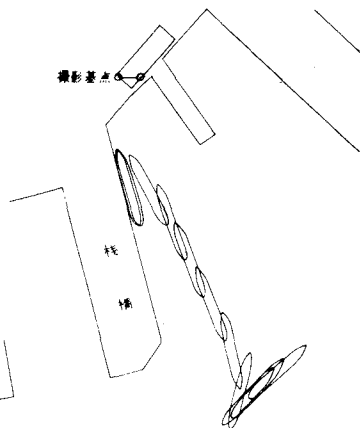
$$H = \frac{a \cdot f \cdot v}{d} + h \quad \begin{array}{l} \text{ただし} \\ a = \text{空中浮遊物の予定高度} \\ v = \text{飛行機の速度} \\ f = \text{カメラの焦点距離} \\ a = \text{カメラの回すステレオ撮影からカメラの回す撮影までの同一点か同一点か何れの写真にも撮影されることと露出肉隔の総和} \end{array}$$

(b) カメラの露出時間

移動速度によるフィルム上のズレ量を計算し、露出時間内を定めるが、実験の結果は計算で求めた露出時間内の 2 倍も必要が満ちることを確認した。

(c) 水面の撮影

水面の撮影には太陽の反射を避け、あるいは利用する必要がある。波浪の撮影ではある程度反射



があることが必要である。

(2) 地上写真法

(a) 地上写真の場合には、精度上の要求から基準長 \$B\$ を定めると共に、撮影範囲により止むを得ないと認められる撮影とする。

(b) 視内撮影の場合には、目標物 \$A\$ の位置を適切に撮影を正確に行へるようにする。

(c) 空中に地上より放射する場合には計測の通り標字が画面に入るようにカメラの方位、基準長を定める。その際には次式により放射弾道を計算し、予想撮影位置を定める。

$$\begin{cases} y = x \tan \varphi - \frac{g x^2}{2 V_0^2 \cos^2 \varphi} \\ y = x \tan \varphi - \frac{x^2}{4 h \cos^2 \varphi} \end{cases} \quad \begin{aligned} & \text{ただし、} V_0 \text{ は放射の初速} \\ & x \text{ は距離} \\ & g \text{ は重力の加速度} \end{aligned} \quad h = \frac{V_0^2 \sin^2 \varphi}{g}$$

5. 測定

(1) 概略法と解析法(計画法)

写真の標定に必要な時間 \$a\$、1点おける測定時間 \$b\$ とすれば、1ステレオモデルの1点おける測定時間 $t = a + b/n$ である。 \$a\$ の値は一般に解析法が \$b\$ の値は概略法の方が少いかう点数によつてその方法を定める。ただし地上写真の場合は Terragraph のような専用機械を用いるときは、いつでも概略法の方が有利のようである。

(2) 煙の測定法

空中に放出された煙の移動量を測定する場合には、連続撮影されたステレオ写真で煙の中の1点と次のステレオ写真で実体視できる必要がある。これをを行うには、1番目の写真と \$i+1\$ 番目の写真で写真を実体視すると、その時間が数秒以内である場合には、明瞭に実体視ができるから点の移動が容易である。もちろんこれは観望者実体視で真の高さを測るものではない。

(3) 煙の測定

一般の場合と異なり、一般に煙の等高線は \$20 \sim 30\$ 程度の傾度が必要で、縮尺も \$1/5000\$ 位となり、一般のステレオモデル中に絶対標定を行へる基準点がないことが多い。これがためフィルム上に \$5 \sim 10\$ 内閣の方眼交点に点刻し、モデルの4隅に近々4点を標高 \$0^m\$ と仮定し、概略標定を行う。これにより全部の交点を測定する。真高 \$\Delta Z_i\$ が得られる場合、 \$\sum \Delta Z = 0\$ になるような平面 \$O\$ は水平面であるとする。概略標定で測定した仮定水準面からの高さの測定値 \$Z_i\$ に垂つ水準面からの修正値を \$h_i\$ とし、真高 \$\Delta Z_i\$ が得られる。

平面 \$ax + by + c = z\$ の \$z\$ の値は不明であるから \$z\$ を用い、最小2乗法により係数 \$a, b, c\$ の最確値を求めれば点 \$i\$ においては $ax_i + by_i + c = Z_i$ によつて計算された \$Z_i\$ から $Z_i - \hat{Z}_i = \Delta Z_i$ を求めることができる。また、 \$\sum \Delta Z = 0\$ となる。

観測方程式 $\begin{cases} ax_1 + by_1 + c = Z_1 \\ ax_2 + by_2 + c = Z_2 \\ \vdots \\ ax_n + by_n + c = Z_n \end{cases}$ における正規方程式は $\begin{cases} a(x_1 + x_2 + \dots + x_n) + b(y_1 + y_2 + \dots + y_n) + c(n) = (Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n) \\ a(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2) + b(x_1 y_1 + x_2 y_2 + \dots + x_n y_n) + c(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = (Z_1 x_1 + Z_2 x_2 + \dots + Z_n x_n) \\ a(x_1 y_1 + x_2 y_2 + \dots + x_n y_n) + b(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2) + c(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = (Z_1 y_1 + Z_2 y_2 + \dots + Z_n y_n) \end{cases}$ となる。

概略標定に用いた4隅の点の \$Z\$ を改めて計算し真高とし、これにより絶対標定を行へる。等高線を描く。 (終り)