

# 空中写真地質講座

## (11)

松野久也

### 走向および傾斜の測定

走向の決定および傾斜の測定は 地質構造の判読には 欠くことのできないものである。

#### 走向の決定

地層が適当な範囲にわたって露出している場合 空中写真上できわめて容易に 走向を決定することができる

地形が全く平坦なところでは 帯状に露出する任意の地層の方向が そのまま走向であることは改めていうまでもない(第21図)。地層が直立する場合には地形には関係なく 直線帯状にあらわれる(第67図)。地形が深く侵食された山地のようなところでは 一定の層準上にあつて同じ高さの任意の2点を求め これら2点を結んだ線が走向に当たる。これら同じ高さの2点は 立体鏡下で谷が顕著な地層と交わる所(第19図)で決定することができ さらに 次に述べる視差測定棒を用い 同一層準上にあつて視差差(後述)の等しい点を求めれば より正確に決定することができる。傾斜がゆるくなればなるほど 走向の決定はむずかしくなり より精度の高い機器を必要とする。

#### 傾斜の測定

傾斜角の決定または測定には 次のような方法がある。これらはいずれも垂直対写真を用いる方法である。

1. 視覚による推定
2. 高低差と水平距離とから換算する方法
3. 直接測定

特殊な条件下では 単写真から傾斜角を決定する方法もいくつか知られているが 一般的でないので ここでは省略する。

##### 1. 視覚による推定

空中写真の立体模像上では 垂直誇張のために地物は 実際より数倍も高く見え したがって 傾斜角も実際より数倍も誇張されて見える。このために修練を積むと 立体対写真を用いて かなり正確に地層の傾斜角を推定することができる。

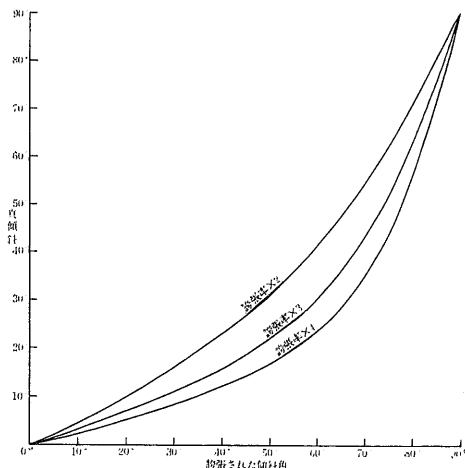
普通に用いられる垂直対写真から得られる立体模像上で

傾斜角はその正接(tangent)値で 2.5~3.5倍に誇張されているため 地表調査では感知できないような緩傾斜もはっきりと認めることができる。たとえば 真の傾斜が1°の場合 立体模像上では3°~4° 5°の場合にはおなじく15°~20°もあるかのように見えるのである。したがって 誇張された傾斜角を推定する際の数度未満の誤差は 真の傾斜に換算した場合 わずかな影響を与えるにすぎない(第82図)。ある場合には むしろ 立体模像上で推定した傾斜角の値の方が 自然露頭面あるいは掘り出されたごく狭い地層面で測定された値より正確であるとさえいえよう。しかし急傾斜角の場合には 真の傾斜角と誇張された傾斜角との関係が全く逆になり 誇張された傾斜角の推定値にわずかな誤差があつても 真の傾斜角に換算された場合 非常に大きな誤差となる。

以上からわかるように 傾斜角の推定値の精度は傾斜角の大きさに反比例するのである。したがって 急傾斜層の傾斜角は 推定された値そのままを信頼できないので 必ず写真測量あるいは実際に現地調査をして 補正を行わなければならない。

### 2. 高低差と水平距離とから換算する方法

ある斜面上にある傾斜方向に位置する2点 あるいは任意の3点の高低差と それぞれの間の水平距離を求めることができれば 簡単な計算によって その斜面の傾斜角を知ることができる。写真上でこれら高低差と水平距離を測定するためには 普通互いに60%宛重複する



第82図 この図は立体模像上の誇張された傾斜と真の傾斜との関係を示してある(傾斜は共に tangent の函数による)

立体対写真が用いられる。

### 高低差の求め方

#### 視差と視差差との関係

観察点が変わることによって地物が偏位してみえることを視差という。これは写真でも全く同様で撮影する位置によって地物が偏位して記録される。隣り合う2枚の写真  $C_1$   $C_2$  の撮影高度は一定で正しく鉛直写真が撮影されたとすると第83図上図に示すように旗竿  $PP'$  は左の写真上には  $P_1P_2$  右の写真上には  $P'_1P'_2$  というふうにそれぞれの写真の主点  $(C, C')$  から放射状に偏位して記録される。すなわち  $P_1$  および  $P'_1$  に対して  $P_2$  および  $P'_2$  は高さの違いのために主点から外方に向かってずれている。このとき両方の写真の主点から飛行コースに平行に互いに対応する映像点まで距離の代数差を絶対視差という。すなわち旗竿の基底部  $P$  の絶対視差は  $x - (-x') = x + x'$  同様に旗竿の頂部  $P'$  の絶対視差は  $y - (-y') = y + y'$  である(この場合主点から右へ向かって測られた距離が正(+), 逆に左へ向かって測られた距離が負(-)である)。この場合  $(y + y') - (x + x')$  を高さの異なる  $P, P'$  2点間の視差差  $(\Delta P)$  という。図に

$$y + y' + B = x + x' + A$$

$$y + y' - x - x' = A - B$$

$$(y + y') - (x + x') = A - B = \Delta P$$

示すとおりであり視差差は  $A$  および  $B$  の長さを測定することによって容易に求められる。

#### 視差測定桿

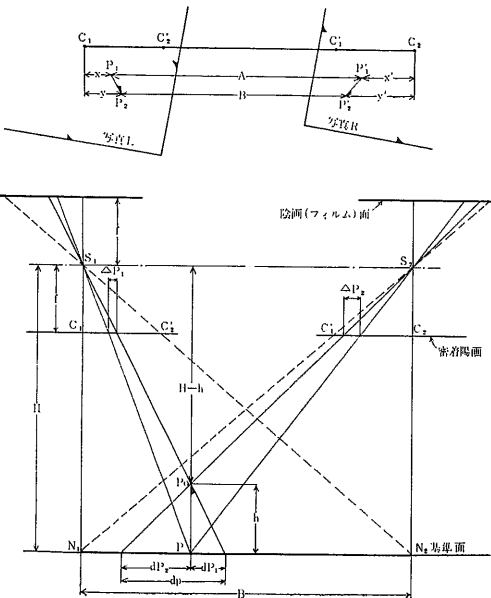
この視差差  $(A - B = \Delta P)$  を印画紙焼付写真上で測定する測定器が視差測定桿 (stereometer または parallax bar) であり広く用いられている。第84図～第87図はレンズ式や鏡式の各種の立体鏡に用いられる何種類かの視差測定桿を示したものである。これらは測標 (円または十文字 あるいはその両方) を刻んだ二枚のガラス板またはプラスチック板 (第86図) と これらを適当な間隔で水平に支持する桿とからなっている。桿の一端には両方の測標の間隔を調整するパネとネジがあり他の一端には微動調整ドラムがあつて さらに細かく測標の間隔を調整することができるようになっている。(第87図)

正しく標定された隣り合う2枚の立体対写真上の同一映像点の上に 各々の測標が正しく位置するように置かれたとき両方の測標は一点になって見え かつ空間に浮き上がって 立体模像上の映像点に密着しているように見える。このときの両方の測標の間隔が 桿軸に刻まれた  $mm$  単位の目盛と微動調整ドラムに刻まれた測微尺とによって  $1/100mm$  まで正確に測定できるようにしてある。もし写真  $C_1$  または  $C_2$  が前後または左右に傾いていたり撮影高度が等しくない場合には 図中  $\overline{P_1P'_1}$  と  $\overline{P_2P'_2}$  とは平行にならない。したがって両方の写真上で主点から飛行コースに直角な方向に測られた各々対応する映像点までの距離に差を生ずる。飛行コースに平行に測られた距離の差を横視差というのに対してこれを縦視差という。

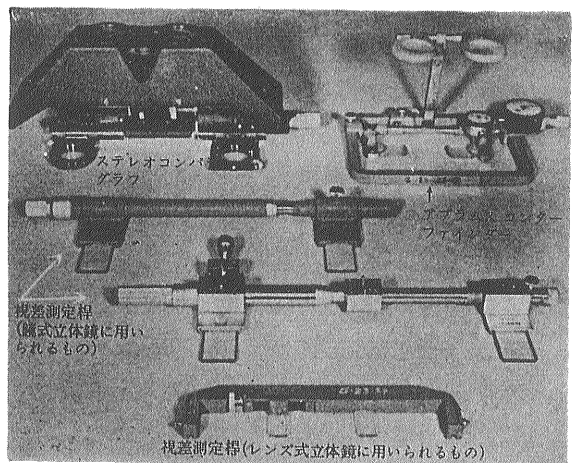
#### 視差差と高さとの関係

第83図の下図において

- $h$  = 旗竿  $PP'$  の高さ
- $H$  = 撮影高度
- $f$  = 焦点距離
- $B$  = 撮影基線長
- $b$  = 写真基線長
- $dP$  = 基準面上における旗竿の頂部  $P'$  の点の視差差



第83図 この図は  $s_1, s_2$  で互に60%宛重復した2枚の写真を撮影した場合地上における旗竿(高さ  $h$ )とその写真上における映像との関係を示したもので陰画面と密着陽画面とはレンズをはさんで全く逆の関係にある



第84図 各種の視差測定桿

$\Delta P = \Delta P_1 - \Delta P_2$  (主点から右に向かって測定した場合には正 (+) 左に向かって測定した場合には負 (-)) 写真上における P P。の映像点間の視差差

とすると

$$\frac{h}{H-h} = \frac{dP}{B} = \frac{\Delta P}{b}$$

$$h = \frac{H-h}{b} \Delta P \quad h = \frac{H}{b} \Delta P \dots\dots(1)$$

$$h = \frac{H \Delta P}{b} - \frac{h \Delta P}{b}$$

$$h(1 + \frac{\Delta P}{b}) = \frac{H \Delta P}{b}$$

$$h = \frac{H \Delta P}{b + \Delta P} \quad h = \frac{H}{b + \Delta P} \Delta P \dots\dots(2)$$

すなわち (1) (2)両式において同一の立体対写真においては 撮影高度(H)および 写真基線長(b)が一定であって 高低差 h は視差差( $\Delta P$ )によって変化する したがって視差差の変化を高さの変化に換算するため簡単な式として

$$\Delta h = \frac{H}{b} \Delta P \dots\dots(1)$$

が用いられる。これは起伏の小さい所の高低差の測定には適用することができるが 起伏の大きい所ではかなりの誤差を生ずる。この式で 撮影高度は写真縮尺で撮影レンズの焦点距離を除いて決定されるが 起伏の大きい山岳地帯では部分的に縮尺に非常な差がある。たとえば 桜島を撮影した写真縮尺 1:20,000 といわれる鉛直写真で 山頂部は山麓との著しい起伏差のために縮尺 1:12,000 となっている。また 撮影高度の変化による縮尺の変化もあり さらに写真の傾きに起因する部分的な縮尺の変化もある。焦点距離 15cm のレンズで撮影された写真縮尺 1:20,000 の鉛直写真の H=3000 m である。しかし縮尺 1:12,000 が用いられたときには H=1800m となる。もし H のとり方に 40% の誤差があれば 求める h にも同じ 40% の誤差として影響を与え

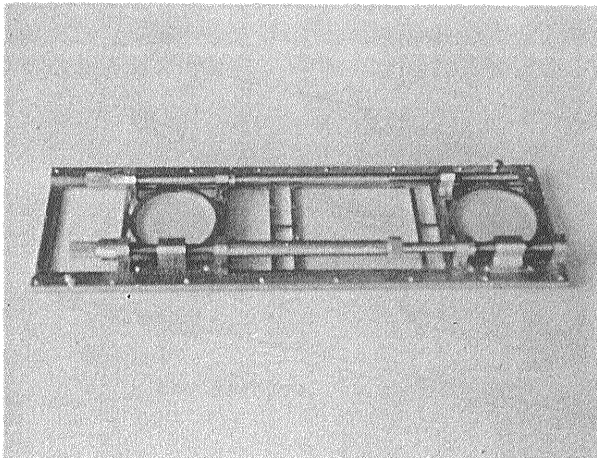
る。したがって H は 信頼できる既存の地形図あるいは地上における測量結果から算定しなければならない。

さらに 高低差 (h) を求める場合誤差の原因となるものも左右の写真の写真基線長を平均して求められた写真基線長 (b) である。高低差を求めようとする両立体映像点のうち低い方の点の高さが 右左の写真の主点の高さのほぼ中間の高さにある場合には 両方の写真の写真基線長を平均したものを写真基線長 (b) としてよい。また起伏の小さい地域では 高低差を求めようとする 2 点のうち低い方の点が 両方の写真の主点の高さのほぼ中間になくとも その両者の高さの間にあれば 誤差は無視しても差支えない。しかし 非常に起伏の大きいところでは 両方の写真の写真基線長を平均して求められた写真基線長 (b) を用いる場合における誤差は 5% 以上に及び これが高さにもほぼ同じ程度の誤差となってあらわれる。このようにこの式は 地形的に高低差の小さい地域において地物の高低差 (h) を迅速に測定する場合にだけ用いるべきである。

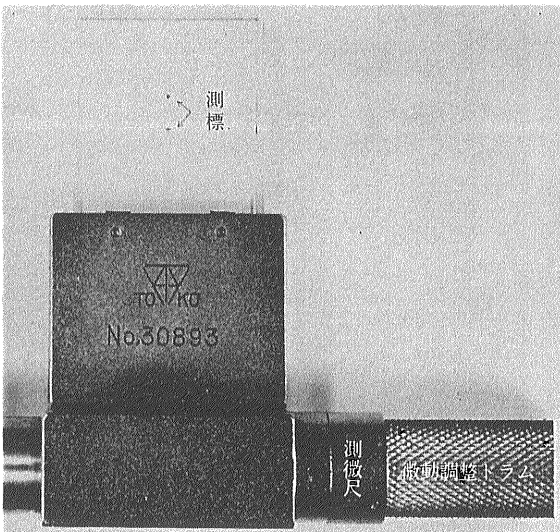
第4表 正しく60%の重複度をもつ立体対写真で $\Delta p$  1 mm に対する 高低差の変化 ( $\Delta h$ )

写真縮尺	広角カメラ (写角90°)	普通角カメラ
1: 1,000	1.7m	2.9m
1: 2,500	4.2"	7.3"
1: 5,000	8.3"	14.6"
1: 10,000	16.6"	29.2"
1: 15,000	24.9"	43.8"
1: 20,000	33.3"	58.3"
1: 25,000	41.6"	72.9"

実際に地物の高低差を求める場合 あらかじめ  $\Delta P$  1 mm 当りの  $\Delta h$  (m) を算出しておけば便利である(第4表) 起伏による影響の大きい所では 式(2)を修正した



第85図 G.S.式視差測定棒 (これと同種のものとしてアメリカに Isopachometer がある)



第86図 視差測定棒の測標板と測標および測微尺

次の式を用いなければならない。

$$\Delta h = \frac{H'}{a \cdot b + \Delta P} \cdot \Delta P \cdots \cdots (3)$$

$H'$  = 高低差を求めようとする2つの立体映像点中低い方の点からカメラまでの高さ

$a \cdot b$  = 低い方の立体映像点における縮尺に補正された写真基線長

ここで  $H'$  は 次の式によって算定する

$$H' = \frac{f}{s}$$

$f$  = 焦点距離

$s$  = 低い方の立体映像点あるいはその近くにおける信頼できる既成の地図あるいは地上の基準点から決定された写真縮尺

補正された写真基線長 ( $a \cdot b$ ) の求め方

- ① 写真を第88図のように標定する
- ② 物さしで 両方の写真の主点間の距離 (mm) を測定する
- ③ 同様に 高低差を測定しようとする2つの立体映像点中 低い方の点の同一映像点間の距離を測定する
- ④ ②で得られた値と ③で得られた値の差が低い方の映像点の高さ あるいは縮尺に補正された写真基線長である

同一の立体模像上でいくつかの高低差を測定しようとするときには 次の方法によると 上述の方法中 ③の段階を省くことができる。

- ① 写真を第88図のように標定する
- ② 物さしで 両方の写真中いずれか一方の写真基線長を測定する (0.5mmまで読む)
- ③ 視差測定棒を用いて 低い方の映像点と ②で写真基

線長を測定しなかった方の写真の主点との間の視差差 ( $\Delta P$ ) を測定する (0.5mm単位)

- ④ 低い方の立体映像点が ③の段階で測定した写真主点より低い場合には ②で得た値から ③で得た値を差し引く 逆に もし 高い場合には 両方の値を加える (共に単位は0.5mmまで) これが 低い方の映像点の高さに補正された写真基線長である

②で得られた写真基線長と ③で得られた写真主点上の視差測定棒の読取値は記録しておき これを同じ立体模像上で 他のいくつかの点間の高低差の測定に必要な補正された写真基線長を求めるために用いる。つまり ③における低い方の立体映像点の間隔の視差測定棒による測定は 高低両方の立体映像点間の  $\Delta P$  を測定する際になされ 補正された写真基線長を求める際繰り返して測定する必要がなくなるのである。

両方の立体映像点中低い方の点が 一方の写真主点と同一あるいはほぼ等しい高さにあるときには 近接した写真の写真基線長を補正された写真基線長としてじゅうぶんであり また低い方の点が両方の写真主点の高さのほぼ中間の高さにあるときには 両方の写真の写真基線長を平均すればよい。

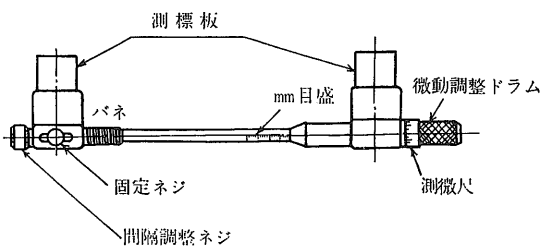
(筆者は 地質部)

前回に引き続き 参考文献掲げる

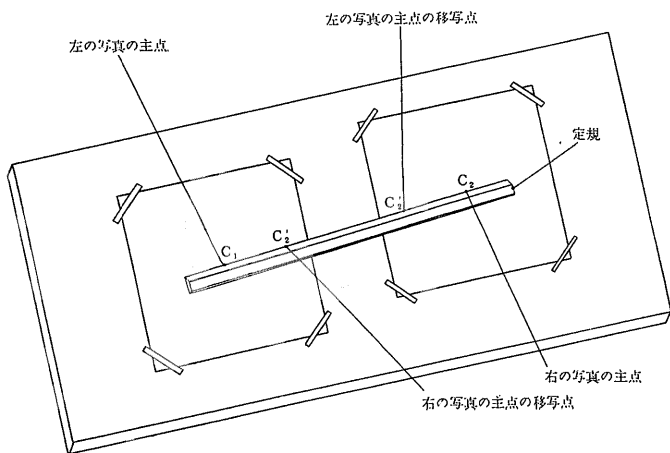
Visser, J. (1954): The Construction of the Datum-correction Graph for Map Compilation with Stereometer-type Instruments. Photogramm. Eng., vol. 20, no. 5, pp. 849-853

Wallace, R.E. (1950): Determination of Dip and Strike by Indirect Observations in the Field and from Aerial Photographs. Jour. Geology. vol. 58, no. 3, pp. 269-280

Witkind, I. J., Hemphill, W. R., Pillmore, C. L., and Morris, R. H. (1960): Isopach Mapping by Photogeologic Methods as an Aid in the Location of Swales and Channels in the Monument Valley Area Arizona, U. S. Geological Survey Bull. 1043-D.



第87図 視差測定棒



第88図 立体視察ならびに視差測定のための写真の標定