

地上写真測量とその應用

丸 安 隆 和
大 島 太 市 (土木)

われわれは左右两眼をもつおかげで、遠近を判断し奥行を感じる事ができる。異つた2点からとつた2枚の寫眞を實體視した場合、两眼で見たと同じように遠近感が得られる。この原理を應用したのが寫眞測量であるが、この寫眞測量が、どのような測量技術上どんな價値をもち、どのような應用面があるか、について紹介しよう。

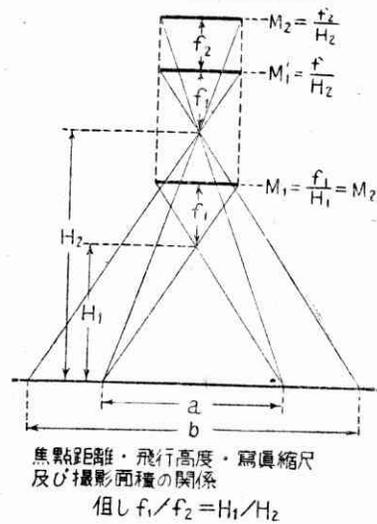
1 空中寫眞測量と地上寫眞測量のちがい

空中寫眞測量は、飛行機その他の方法で空中から下向きにうつした寫眞を使つて測量し、地上寫眞測量は、地上のある點から撮影した寫眞を使つて測量するという常識的な區別の外に、これの取扱いかたと利用法の上から、次のような大切な差異がある。

1. 空中寫眞は現在では飛行機から撮影したものをを用いるが、安定な飛行ができ、また速い飛行機から鮮明な寫眞をうつすには、飛行高度にある最低限度がある。撮影した寫眞の縮尺は、レンズの焦點距離が一定であれば、飛行高度によつてきまるものであるから(第1圖)その縮尺を一定以上に大きくすることはできない。それで、大縮尺の地圖を作るためには、どうしても地上寫眞測量によらなければならない。

2. 飛行機で撮影する場合には、地上の點に對して、撮影點の位置、撮影方向を正確に知ることはできない。しかし、地上寫眞測量では、撮影位置と撮影方向をいくらかでも精密に決定できる。このために、後の處理が非常に簡単になる。

その他細かい點で色々異なるが、要するに、精密な大きい縮尺の地圖を作つたり、測定を非常に精密にするためには、どうしても地上寫眞によらなければならない。わ



第1圖

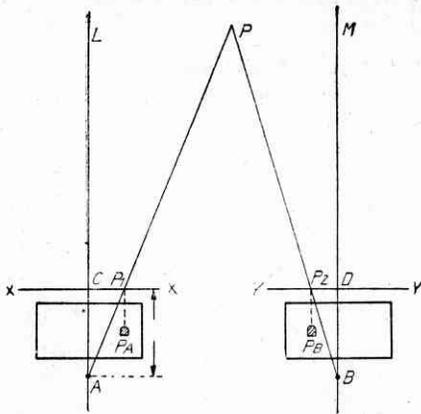
れわれの研究の目的もこの點にあるので、これを用いることによつて、測定の新しい分野が開かれるであろう。

2 寫眞を使つて物體の位置や高さを測る方法

2枚の實體寫眞を使つて、位置や高さをきめる方法を大別すると、次の3つになる。すなわち、(1) 圖解的に求める方法、(2) 計算による方法、(3) 寫眞を使つて光學的に實體像を作り、これを機械によつて連続的に測定して行く方法である。いずれの方法を用いるにしても、撮影點の位置と高さ、使つた寫眞機レンズの焦點距離などの撮影條件がわかつていなければならない。

2.1 圖解的測定法

點A・BからPを撮影した場合與えられた縮尺で、點A・Bを圖面の上にも定める、(第2圖)次に寫眞の撮影方向

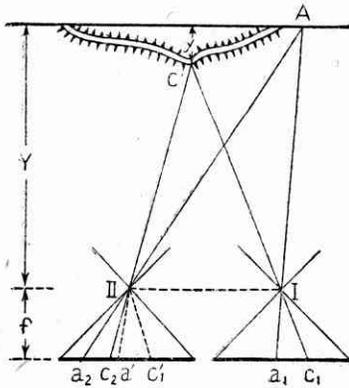


第 2 圖

AL, BM を定め、この線上に、A および B から焦点距離 f に等しく、C, D をとり、AL, BM に直角に線 X, Y をひく。寫眞の縦の中心線を AL, BM 線に合せて各寫眞の P の像 P_A, P_B から X, Y に垂線を下ろし、その交点 P_1, P_2 を定め、 AP_1, BP_2 を結ぶ直線が相交わる点 p を定めれば、これが P の圖面上の位置となる。P の A, または B に對する高低差も、同様な考え方から圖解的に定めることができる。

2.2 計算による方法

第 3 圖において、一点 A が I の寫眞上には a_1 , II の寫眞上には a_2 に寫つているものとする。いま、 $\overline{IIa_1'}$ を $\overline{Ia_1}$ に平行に引く。この場合 $\Delta IIa_1'a_2 \sim \Delta AI \cdot II$ であるから、



絶対視差

第 3 圖

$$\overline{II} / a_1' a_2 = Y / f$$

ここで

\overline{II} = 撮影基線長 = B, $a_1' a_2$ = A 點の絶対規差 = p_a

とおけば

$$p_a = fBY \text{ または } Y = fB / p_a$$

また A 點よりも、y だけ近い第 2 點 C に対しては、全く同様にして $p_c = fB / (Y - y)$ となる。

したがつて、2 點の視差の差を d_p とすれば

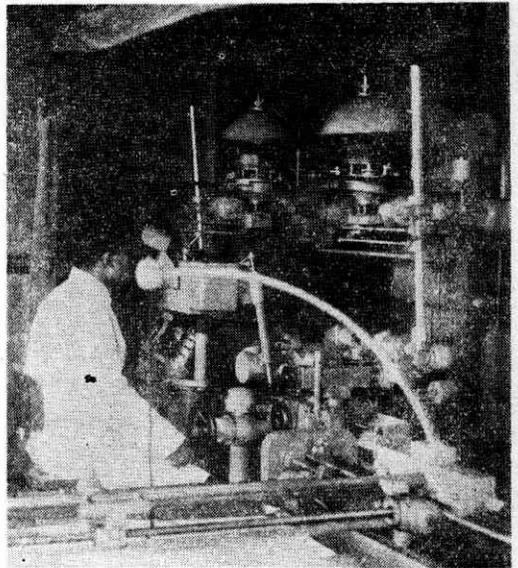
$$d = p_c - p_a = fB / Y \cdot y / (Y - y) = fBy / Y^2$$

となり、2 點までの距離 Y、距離の差 $Y - y$ (空中寫眞の場合には標高差) は、2 つの寫眞の視差を測れば知ることができる。

この場合、基線長と測定される點までの距離との割合は、點の位置を決定する上に大きい影響がある。1,000m 離れた點を ± 1 m の精度で測定するには、基線長はその點までの距離の 1/20 以上でなければならないことが、上式から導ける。逆に、基線長が餘り長いと、2 枚の寫眞の共通部分が狭くなるので不經濟となる。それで普通この比が 1/4 ~ 1/20 程度になるよう基線長を定める。

2.3 精密製圖機を用いる方法

自動製圖機という精密機械に一對の實體寫眞をかけて實體觀測をしながら自動的に平面圖および等高線を描いて行く方法である。この機械には種々のものがあるが、現在日本には Stereoplanigraph C5 が 1 臺あるだけである。(第 4 圖)

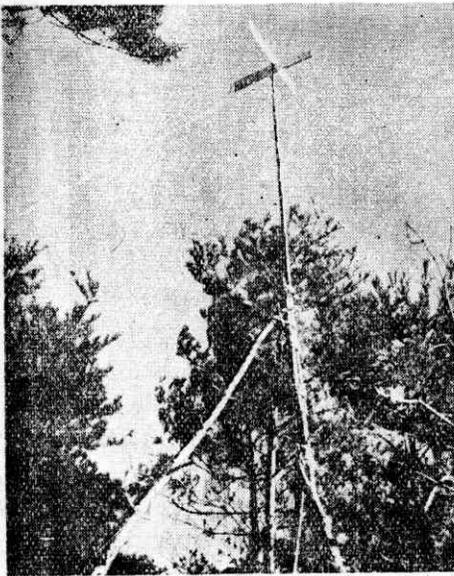


第 4 圖

3 實體寫眞測定の精度

地上寫眞測定の精度は、測定方法によつて異なるのは勿論であるが、その外に、レンズの焦点距離の正確さ、基線長およびその精度、寫眞標定の誤差などによつてもちがつてくる。寫眞の標定の正確度を検討するために三角測量その他の方法で正確に決定された點が、畫面上に少くとも 2~3 ある事が望ましい。それで、寫眞上で確認できるような標識 (第 5 圖) を立て、その位置と高さを決定しておくのがよい。

圖解法による場合、上述の標識を利用することによつ



第5圖

て、撮影方向の規正もできる。圖面上で2點を見分け得る限度は0.2mmとされているが圖上の0.2~0.5mm程度の誤差で、點の位置を決定することはそれ程困難ではない。

前記の製圖器械 Stereoplanigraph C5 では、3つのハンドルを廻すことによつて、任意の點の空間座標を定めることができる。圖を連続して描くための鉛筆は、ハンドルの廻轉ともなつて動き、その移動量は0.01mmまで読みとることができる。齒車の組合せを色々にかえると、本體と鉛筆の動きの比率を1/10から10倍までの間に33段に切換えられる。それで近接した寫眞を利用すると、0.01mm程度の精密測定ができるので、今後の測定技術に使用される範圍が廣いであろう。

地上寫眞では、畫面中の近い所では縮尺が大きいが、遠くなるにしたがつて小さく縮尺されている。それで、この寫眞を使つて作圖する場合には、遠近の差によつて得られる精度が異なるわけである。今までの經驗から1/1,000縮尺の圖を描いたとき、精密な三角測量の結果と比較すると次のような誤差が出た。これらの誤差は、實距離に直して書き表わしたものである。

點名	横方向の誤差	縦方向の誤差	高さの誤差
1	0.03 m	0.07 m	0.03 m
2	0.01	0.18	0.02
3	0.02	0.04	0.03
平均	0.02 m	0.10 m	0.03 m

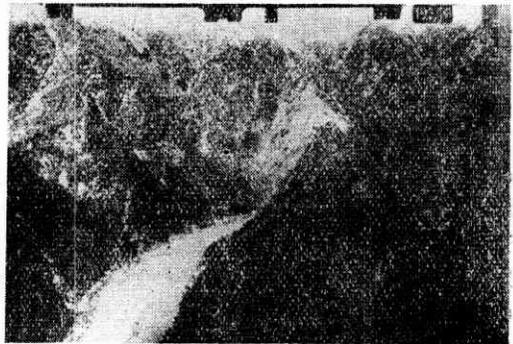
従つて、これが1/1,000縮尺の圖に用いられた場合には圖面上では誤差はあらわれない。

4 地上寫眞測量によるダム地點の測量

ダムを造るには、一般に河の兩岸が迫つてしかも屹立

している所が適當である。このような所を大縮尺で精密な測量をする事は、普通の方法ではほとんど不可能であるか、またできて莫大な勞力と時間を要し、また非常な危険をおかさなければならぬ。ところが地上寫眞測量はこの點最も都合がよいので、廣く利用して大いに効果をあげることができる。

著者等は、建設省の依頼によつて地理調査所と共同で天龍川佐久間地點で2kmの區間にわたつて地上寫眞による測量を実施した。(第6圖) その詳細な計畫や実施方



第6圖 天龍川ダム地點の地上寫眞の一例

法についての検討は別の機會にゆずり、ここでは、經濟的な面から、天龍川の測量の例をながめてみよう。目的とする地圖は1/500または1/1,000の縮尺であるが、このような大縮尺の測量を地上寫眞で行つたのは初めてであるために、研究途上の無駄も多く、また、直接の目的には必要でないことも研究のために相當行つたので、ここで述べる資料はかなり安全側にあるものである。

外業 10月下旬~11月上旬

技術者の延人員 118人(雨天2日半を含む)

人夫の延人員 98.5人(準備、片付の日を含む)

要した費用	技術員人件費	47,200 圓
	乾板代	12,072
	寫眞材料費	5,062
	人夫代	25,925
	其の他	27,550

合計 117,809 圓

これは作業中に要した全費用であるが、この資料からわかることは、普通の方法による測量に比べて、非常に少い経費でできることである。このような斷崖絶壁を寫眞測量で得られるような精度で測量しようとするれば、普通1人や2人の怪我人は覺悟しなければならない。その補償費だけで地上寫眞測量の全費用が出るのではないだろうか。

この程度の圖化作業は、2人で交替にやれば約2週間もあれば十分である。

寫眞測量によつてえがかれた地圖は普通の地圖とくらべて非常にちがつた感じをあたえる。それは、寫眞測量

によつて描かれた等高線は、同じ標高の點を極めて正確にたどるので、非常に屈折の多いごつごつした線となることである。しかし、普通の測量では、重要な點を選んで位置や高さを決定し、その間は適當に目分量で曲線を描くので、なめらかな曲線となり岩の一つ一つが圖面の上に出てくる寫眞測量の圖面に比べて非常にスマートな圖になるのである。

また、1度寫眞を撮影しておけば、あとで任意の縮尺の圖をこれから作ることができるし、普通の測量でよくおこる測量もれや不明確な點の再調査は、ほとんどやらずにすむことなども、寫眞測量のもつ大きな利點であろう。

5 農地の面積の測定

日本の土地臺帳は明治初年につくられたもので、その當時の測量技術や社會情勢から考えても、その測定がいかにお粗末なものであるかは想像にたかくない。ところが、土地資源の利用、食糧対策などの問題がおこつて、土地の再調査を必要とするようになってきた。しかし、従來の測量方法では、非常な勞力と日數をかけなければ徹底的な土地調査は望めない。こゝで誰もが寫眞測量の利用を考える。

航空寫眞を用いて耕地圖を作る方法は、非常に有利な方法であるが、前にものべたように航空寫眞から地圖を精密に作るには、その縮尺には限度がある。今日、連合軍の好意による航空寫眞を使つても、圖化し得る縮尺は1/5,000位である。

また、地上寫眞測量では、周圍に小高い適當な丘があり、見晴しのきく所では非常に都合がよいが、あまり平坦な所では、たゞ三脚に寫眞機をのせて撮影したのでは1枚1枚の田畑を描くことは不可能である。しかし、平坦な場所でも、電柱、獨立樹、その他の目標物は、地上寫眞測量で非常に精密に簡單にその位置を定めることができる。

航空寫眞から高い精度の地圖を作るには、寫眞の中になるべく多くの目標物があつて、それらの位置や高さが正確にきまつていることが望ましい。これを地上寫眞測量で補うと、航空寫眞の利用が非常に廣くなつてくる。

要するに、農地の調査をするのに、航空寫眞と地上寫眞とを組合して利用することが、經濟的にも、時間的にも非常に有利な方法となるであろう。

著者は、千葉縣檢見川町附近約 20 町歩にわたる耕地圖を作るのに、地上寫眞を利用して測量して、航空寫眞から求めた場合および普通の平板測量によつた場合と比較した。撮影基線は7、用いた乾板2ダース餘である。

地上寫眞から圖解法によつて求めた場合は、平板測量に眼鏡つきアリダートを使つた場合の精度に匹敵すると考えればよいであろう。機械的に處理するとさらに精度が上がることはいうまでもない。

	作業延人員	内業延人員	合計
地上寫眞測量	17 人	10 人 (圖解法) 6 人 (機械による場合)	27 人 23 人
普通の測量	40 人	5 人	4.5 人

測定された面積の1例 (單位 m²)

	地上寫眞を用いて圖解法によつた場合	マルチプレックスを用いて航空寫眞を圖化した場合	諸種の修正を施した1/10,000の寫眞から直接はかつた場合
(イ)	7,300	7,600	7,200
(ロ)	7,000	7,600	7,000
(ハ)	10,000	10,100	8,700
(ニ)	12,300	12,000	9,800
(ホ)	14,500	14,200	10,920

土地調査は、その所有者にとっては非常に大きい問題であるので、個々の田畑について直接の交渉をもたずに測量できることは、この種の測量の大きい特色となるであろう。

6 今市地震の地じりの測定

今度の今市地震は家屋の被害は非常に少ないが、山崩れ地じりの多い事が大きい特色である。今まで、地じりや山崩れを量的に測定した資料はまだないようである。特に、今度今市におこつた地じりには2種類あつて、一つは急斜面の山崩れ、いま一つは緩傾斜面の地じりであつて、兩者でその機構が異つており、これを量的な測定をすれば、これらの現象を研究するのに非常に役立つと思われる。地震研究所の依頼で、地上寫眞測量で山崩れの測量を行つた。そして、地震前の航空寫眞から作つた地圖と比較して、その機構を調べた。

最近、地じりが各所に頻々とおこつているので、これらの調査に役立つであろう。

7 地上寫眞測量の應用分野

地上寫眞測量の原理は、たゞ土地の測量にだけ應用されるものではない。前述のように近接撮影した寫眞を用いれば、精密な測定ができることを利用すれば、色々な利用面がひらけてくる。例えば

洪水流の測定

水理實驗における精密測定

水面の測定が0.01mmまで精密にはかれたら非常に實驗に役立つであろう

家屋、彫刻などの精密測定

醫學方面への利用

レントゲン寫眞の實體觀測

煙、焰などの測定

波、ヨットの帆のはらみなどの測定

など應用面はきわめて廣い。(1950.3.8)