

## 彙 報

第26卷第8號 昭和15年8月

## 空中寫眞測量用基準點決定に關する經驗

(憲兵司令部檢閲濟)

准員 武 田 通 治\*

**要 旨** 空中寫眞測量實施の基準となる三角點等の確認に關する經驗を吟味して測板測量法との差異を明かにし最後に最も妥當な方法に關する筆者の經驗を述べた。

## 1. 序 論

三角點等の基準點を空中寫眞上に表示する爲には、撮影直前に白布或は木板等を用ひて標識しておく事が最も良い事は言ふ迄もないが、天候障害による撮影日時を延引又は盜難等による、支障及び廣範圍に涉つて實施する爲の多大な經費・時日等に基いて、狭い地域の路線測量以外には其の實施が相當困難である。従つて撮影終了後に空中寫眞上に基準點の位置を確認する作業が重要な仕事となつて来る。然るに此の作業の實施に當つて従來は兎もすると表現結果の美しさと舊來の測板測量法との類似性によつて空中寫眞本來の性質を輕視して寫眞上の地物・地點を利用する前方或は後方交會法が推奨され、局部的地形地物による確認が輕んぜられ勝な傾向があつた。併し此の如き傾向は主として論者の寫眞判讀能力特に實體視の未熟に基因するものと判斷して居つたが、幸にして靜岡縣知毛地方に於て具體的に之を驗證する機會を得たから其の結果を報告し、併せて基準點測量に關する基礎的事項に就て従來の經驗を總括しておく。

## 2. 實驗方法並びに結果

實驗は 1/25 000 龜山圖幅の東北隅にある三角點柏谷村 ( $H=66.0$  m) を中心としたもので (圖-1 参照)、寫眞に見る様に三角點南方の耕地整理區域を中心として寫眞上に極めて明瞭に表れて居り、而も現地で確認し易い點を基準として

- (a) 地物に基づく前方交會
- (b) " 後方交會
- (c) 實體視を利用する地物的判定

の3方法によつて柏谷村三角點 A、地形圖根點 B 並びに其の他の適當地物を寫眞上に決定し比較検討したのである。但し作業者は6名で測板測量には熟達してゐるが、寫眞測量に關しては 1, 2 を除き當時尙未だ熟練して居らなかつた。測定には普通の地形測板上に寫眞を固定し測斜儀で覘つたが寫眞の固定法が不完全であつた爲に日射の影響を受けて捲くれ上がり多少測定精度を害するに至つた。

又 A 點, B 點には測旗を立て、其の位置を表示して置いた。尙地圖によれば前方及び後方交會の基準にとつた地點の高さは大體 13 m 位であるから三角點との比高は約 53 m となり、前方交會に使用した視線の傾斜は最大約  $1/9=0.11$  (視線長約 470 m)、平均約  $1/15=0.067$  (視線長約 750 m) であり、後方交會には  $1/35=0.04$  (視線長約 1300 m) のものも使用した。

實驗の結果を綜合すると次の様になる。

- (1) 前方交會によつて三角點 A 及び圖根點 B を覘つた視線は皆よく一致し殆んど示誤三角形を生じない。
- (2) A 點に於て前方交會の測站或は其の他の明瞭な地點 (高さ約 13 m) を利用して後方交會を行つたものも殆んど示誤三角形を生ぜず、又一、二生じたものも極めて小さいものである。此の場合視線の長短による影響は殆

圖-1. 前方(ゼ)後方(コ)交會並びに地物的(チ)に決定せる柏谷村三角點 A 及び圖根點 B  
[B:6:寫眞中心, CC 座標測定の原線]



\* 理學士 陸地測量師 陸地測量部

表-1. 各種決定法による柏谷村三角點の座標

寫眞		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	地物	前方	後方	備考
A	X	0	72.25	34.02	33.95	34.30	地中前中後
	Y	0	0	29.35	28.85	28.80	
B	X	0	72.25	33.90	33.85	33.85	地中前=後
	Y	0	0	29.40	28.62	28.62	
C	X	0	72.25	34.23	34.00	33.83	地中前中後
	Y	0	0	29.18	28.63	28.88	
D	X	0	72.20	34.00	34.09	34.09	地中前=後
	Y	0	0	29.40	29.05	29.05	
M	X	—	—	33.97	33.97	34.02	平均位置
	Y	—	—	29.38	28.80	28.84	
E	X	0	72.15	33.90	33.80	33.80	地中前=後
	Y	0	0	28.70	29.35	29.35	
F	X	0	72.20	34.00	34.00	34.00	地=前=後
	Y	0	0	29.40	29.40	29.40	

- 註 { 1. 單位=mm  
 2. 地物の M は A, B, D の平均  
 3. A~D≡B-6 號; E, F≡B-7 號

んど認められない。

(3) 圖-1 の C<sub>1</sub> を原點とし C<sub>1</sub>C<sub>2</sub> を x 軸として各寫眞毎に前方、後方及び地物的に決定した A 點の座標を測定した結果は表-1 の通りである。測定にはスイス製の直角座標測定機を使用した。之は顯微鏡を用ひて視尺によつて 0.1mm 迄讀めるものである。測定結果を 50 倍に擴大して展開したものが圖-2 である。

表-1 並びに圖-3 の示す處を文章で表すと次の様になる。

(4) C<sub>2</sub> の座標値が 1/700 以上の精度で一致してゐる事から寫眞梯尺は少くとも局部的には凡て同一である。

(5) 前方交會と後方交會で決定した點は一致するか或は極めて接近してゐるに反し之等を地物から決定した點に比べると平均 0.6mm 位距つてゐる。而も

A~D の如く B-6 號の寫眞を使用した爲に (圖-1 参照) 三角點が主點の東方約 35mm にあるものにあつては交會點は地物點の西方にあり (圖-2 の +y 軸は大體東方を示す) 反對に E, F の如く B-7 號の寫眞を使用した爲に三角點が主點の西方約 32mm にあるものにあつては交會點は地物點の東方にある。何れにせよ交會點は地物點より寫眞中心に近くなつてゐる。

(6) A~D の前方交會點は大體一直線上に分散し、後方交會點は梯形の頂點的に分散してゐるにも拘はらず、兩者の平均位置は極めて良く一致してゐる。又 A~D の交會點と E, F の交會點とは相當に距つてゐる。

(7) 圖-1 以外の寫眞は凡て省略してあるが前方交會の測站と殆んど同標高にある B 點に對する視線は凡て寫眞上の相當位置に於て良く交會してゐる。

(8) 知毛東方山地の諸點を視つた視線は凡て寫眞と相當位置の手前で交會してゐる。又 B 點南方臺地上の獨立樹に就ても大體同様である。

(9) A~D の地物點は作業者の寫眞的未完成にも拘はらず非常に良く一致してゐる。

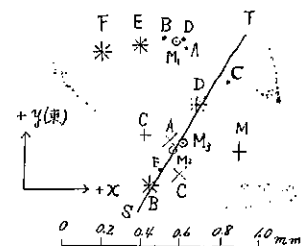
### 3. 吟 味

以上の結果を綜合吟味すると次の様な事が判る。

(1) 地物を利用する前方並びに後方交會の視線が良く一致し、殆んど示誤三角形を生じてゐない事は前方交會

圖-2. 各種決定法に於ける分散狀況

∴: 地物點, ×: 前方點, +: 後方點, ○: 平均位, M<sub>1</sub>: 地物, M<sub>2</sub>: 前方, M<sub>3</sub>: 後方, ST: 前方點の分散方向



の測站相互間或は後方交會に利用した地點相互間の寫眞上の關係位置が測斜儀を利用する交會法の精度以内に於て現地と相似形である事を示す。即ち偏歪修正しない撮影した儘の寫眞でも土地が平らでありさへすれば測板測量と同精度で正しいといふ事を示してゐる。此の事實は又 B 點の前方交會點が正しい位置に行く事によつて裏付けられてゐる。

(2) A 點を交會法的に決定した位置が地物的に定めた眞位置と異つてゐるのは周知の通り土地の比高による影像の偏移によるものであつて、其の關係は圖-3 に示す通りで寫眞上の移動量  $dr$  は

$$dr = \frac{h}{H} r$$

となり中心から外側に向ふ事圖に示す通りである（厳密に言へば鉛直點を中心とする）。

今、B-6 號寫眞に記録されてゐる高度計の讀みを求めると  $H = 8650 \text{ m}$  となり、測站と A 點との比高は既述の通り  $h = 66 \text{ m} - 13 \text{ m} = 53 \text{ m}$  であるから  $r = 35 \text{ mm}$  とすれば

$$\text{移偏位置 } dr = \frac{35 \times 53}{8650} = 0.5 \text{ mm}$$

となり圖-3 上の  $M_1$  と  $M_2$  又は  $M_3$  との距離  $0.6 \text{ mm}$  と方向・偏位置共に大體一致する。

(3) 以上の事實は基準點の確認のみならず一般に起伏地の寫眞測板測量的に取扱ふ場合に前方或は後方交會の結果が假令測板測量的には完全であつても寫眞的には必ずしも眞實を示すとは限らぬから、測板測量的成果の美しさに眩惑されてはならぬと云ふ重要事實を具體的に示してゐる。此の原因は投影中心が有限距離にある場合と然らざる場合との差に他ならぬ。

(4) (1) の所説を一步進めて更に圖-2 を吟味すると測板測量の精度に就て可成り面白い事實が見當る。即ち先づ第一に A~D の前方交會點と後方交會點との平均位置が  $0.07 \text{ mm}$  位に接近してゐる事は偶然と言つて了へば其れ迄であるが其れよりも交會法の標準状態を示すものと考へた方が妥當な様に觀察される。此の場合各測定値の平均位置からの偏差量は圖-3 から測ると表-2 の様になる。

此の様に一見交會法の精度  $\pm 0.2 \text{ mm}$  といふ從來の見解に一致する様に見へるが、前方點と後方點とが一致してゐる B と D が  $0.5 \text{ mm}$  も距つてゐる事は注目すべき事實である。

次に A~D の後方交會點が四邊形の頂點狀に分散してゐるに對して前方點が一直線上に配列してゐて、

而も其の走向が大體前方交會の測站の配列方向と平行してゐる事實は案外之等兩交會法の根本的な性質であるかもしれない。

又 B-6 號寫眞を使用した A~D の交會點と B-7 號寫眞を使用した E, F の交會點の平均位置とが約  $0.6 \text{ mm}$  距つてゐる事は測板測量の精度  $\pm 0.2 \text{ mm}$  を規準とすれば注目を要する事實であつて、一直線上に於ては表-1 の O<sub>0</sub> 點の座標に示される程度的一致を見る場合に於てもたとへ前方交會の視線に圍まれる程度の小範圍内に於ても B-6 と B-7 の寫眞は嚴密には一致してゐない。従つて又同じ程度に於て眞形とも異つてゐる事を示すと考へても良い事を示す様に思はれる。此の場合交會法の視線に殆んど示誤三角形を生じてゐない事實は測板測量の精度の一面を示すものと考へられ、嚴密に行へば本來凡てに示誤三角形を生ずる筈のものだといへる様に思ふ。此の場合 E, F の交會點は測定誤差であるといふ事は E の地物點の座標と比高による偏位置とを考慮すれば妥當でない事が判る。

以上の事實は從來、現地に行くが故に絶対に正しいと呼稱してゐる測板測量の精度に對して一應考慮の餘地ある

圖-3. 比高による投影像の偏位  $qp$

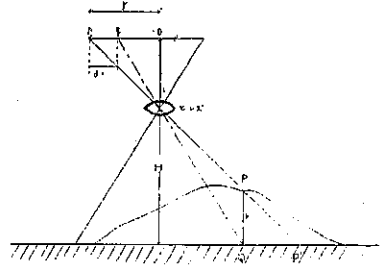


表-2. 前方及び後方交會點の平均位置からの偏差 (單位 mm)

	A	B	C	D	平均
前方	0.08	0.3	0.15	0.2	$\pm 0.18$
後方	0.3	0.3	0.2	0.2	$\pm 0.25$

可きを示すものと考へる。同様な現象は同一地域を測量した澤山の測板測量の結果を吟味しても見出される事である。此の如き比較に當つて實體視を應用するとよい。何故ならば個人差があれば地物や等高線が一平面上にならず高低様々に見へる。併し兎に角にも實體に見へる場合は非常に良く一致してゐるのであつて、実際にはとても實體には成りきれぬ程異つてゐる場合が多いのではないかと想像される。尙假令本回の測板測量の精度を  $\pm 0.2$  mm としても本回の實驗結果は相當な熟練者が測旗或は極めて明瞭な地物に基いて交會法を行つたのであるから、一般には之れ以下の精度と考へて良いと思ふ。然らば寫眞測量による圖化製品の現地點檢に於て 0.2 mm の誤差を云々する事は全く無意味である。特に動搖常無き樹上測板からの點檢は相當遠慮して然る可きものと信ずる。

(5) 最後に地物的に判定した位置が果して正しいか否かの問題であるが、之に就ては A, B, D の三者が極めて接近して居り而も本節(2)に示す通り偏位置が計算と良く一致してゐる事によつて間接に證明されてゐると思ふ。又實體視と現地判讀とに習熟してゐる人々には筆者の意見を疑はないと確信する。之と同様な事實は數年前神奈川縣秦野町附近の三角點に就ても經驗した處であつて、其の際は筆者と今一人の地物的決定點が針孔の精度で一致してゐたのに對し、其れ以前に多分後方交會で決定したと思はれる點とは約 1.5 mm 距つてゐたのである。

之等の例の様には山頂が相當平坦な場合に於ても地物的決定が可能であるといふ事實は此の方法の適用範圍を著しく擴大するものとして注目す可きである。但し其れには既述の通り確實な實體視能力と判讀力とを前提とする。

#### 4. 地物に依る位置の決定

以上の記述を確かめる爲に地物に基く位置決定法を説明する。此の方法を實行する場合の基本的注意は“測板測量と寫眞測量との差異を充分認識する事”にある。即ち、測板測量では現場に於て實物を見ながら重要地物のみを選択して梯尺化し記號化して表すに反して寫眞上では凡ての物が其の重要度とは全く無關係に一樣に 1/15 000 或は 1/30 000 の梯尺で表されてゐる。従つて寫眞上儘かに 0.1 mm 位で辛じて認め得るか否かといふ程度の微小物體でも現地では 1.5 m (1/15 000) 或は 3 m (1/30 000) の大さとなり、相當重要である場合も少くない。之れに反して地圖は凡ての物を記號化し重要地物のみを描畫する關係上知の作物の差異、草や樹木の高さの差、或は餘り重要でない立木や草叢等は全く無視せらるゝに反して寫眞では寫眞梯尺等によつて律せらるゝ銀粒子の表現能力の範圍内に於て撮影時の状態を細大洩らさず記録してゐる。其れ故基準點の確認といふ様に本來の測板測量の分野以外にある仕事をする場合には本能的觀察法となつてゐると思はれる“恒久的な物”“重要な物”といふ觀念を或程度迄變更し更に又撮影條件の如何によつては必ずしも妥當しない交會法の形式美に無限の信頼を寄せる事を改め寫眞測量的觀察を行はねばならぬ。此の立場に於て基準點確認は大體次の様な順序になる。

基準點確認の爲に準據す可き地點は寫眞上の微細な特徴を捉えて基準點の周圍に出来るだけ多くの地點を選定し、而も成可くは之を 10 m 以内位の處に求める事が原則である。但し之が爲には草叢、立木或は撮影時刻による影の變化等微細な處に迄氣を配る必要があり、極端に言へば枯草の山の様に測圖的には全く無價値なものも其れが撮影後變化してさへみなければ之れに準據して一向差支へない。尙又之れ等の特徴が少ない場合には多少精度は劣るが地勢線、傾斜變換線等に據つても良い。又三角點は通常其の附近の最高所にあるといふ事實も實體視を利用する判定法に於て相當な根據となり得るものである。

さて柏谷村三角點の決定法は次の通りである。

本點のある山頂は割合に廣く平坦で山の大部分は 2 m 位の樺林で覆はれてゐる。圖-1 の寫眞上で稍や白く見へる部分は木の少い頂上の緩傾斜部であつて、其の境界線が同時に大體の傾斜變換線を示す。此の場合判定の最大基準は圖-4 に示す様に寫眞上に白線として表れてゐる北方からの小徑 CA と西方の稜線頂上を通つてゐる小徑 BA である。即ち三角點は AC の小徑よりも東方に AB の延長線よりも稍、南にある事が現地では直ちに確認される。又 D には高さ 1 m 位の小松があり其の先端から三角點迄は 6.4 m 即ち寫眞上では 0.44 mm、又 E 點附近の樺林の末端から三角點迄は約 2 m 即ち寫眞梯尺で 0.15 mm となる。但し寫眞梯尺は高度計記録たる  $H=3600$  m と焦點距離  $f=0.25$  m により寫眞梯尺  $=f/H=0.25/3600=1/14400$  とする。

これだけの基準があれば三角點を確認する事は左程困難ではない。即ち AB, AC 等に則つて寫眞を標定し基準

地物からの距離を測つて決定すれば良い。尙愈の爲に標林と荒地との境界線では表はされてゐる傾斜變換線を利用して東南方の廣い稜線上に於て F 迄の距離を測り又南方の凹線の頭 G までの距離を測つておくと良い。距離の測定には凡て巻尺を利用した。

#### 5. 基準點確認の一般的原則

以上によつて基準點確認法を述べたが誤解を起さない様に其の原則的方向を述べておく。即ち“豫め撮影以前に標識するか或は新しい明瞭な視標の立つてゐる場合を除き基準點の確認は寫眞上の明確な地點への歸心測量によつて三角點のみならず歸心點の位置を決定し之れを利用するのを原則とする”。

此の事は輻射線法に於けるが如く直接印畫紙を使用する場合には刺針點の實體移寫能力が非常に發達してゐる今日に於ては餘り重要ではないが偏歪修正、マルチプレクス、プラグラフの様に實體移寫を行ひ得ない場合には是非共守らねばならぬ原則である。特に屢起る様に基準點が荒地、畑等の特徴の無い所にある場合には此の感を深くするものがある。尙歸心點は周圍に對して明瞭な對比を示し、直角に近い線で交つてゐる道路の四角中の一角の如き地點が最適であり又實體測定の精度を高める爲に成可く地物の豊富な地點を選定し、道路上に選ぶ場合には在來の獨立標高點の様に道路の中央に選ばず、何れか一方の側を選定するのを原則とする。又大都市に於て屢起る様に屋上に基準點を選ぶ場合には必ず其の一角に歸心し尙又地面の高さを決定し易くする爲に建物の高さを測定して地面高を決定しておかねばならぬ。特にマルチプレクスを用ふる場合には一度原板を縮寫したものを再び擴大し、而も投影レンズの焦點深度を利用してゐて嚴密に焦點を合はせない關係上畫像がぼやけて家屋等の小さなものは單に外廓が判るばかりで高さが判り難い場合が少くない(勿論寫眞梯尺に依存する事は言を俟たぬ)から此の種の考慮は是非必要である。

又寫眞撮影以前に基準點測量を行ふ場合には出来るだけ詳細な見取圖と全般的關係を示す比較的小梯尺の要圖とが欲しいものである。此の場合其の町の案内圖或は既製の小梯尺圖を利用し得れば更に便利である。尙又基準點の位置を示すに當つて第何號電柱から何米とか角の煙草屋或は何某氏邸宅入口から何米といふ様に現場に行かねば判らない様な表現法は極力避けねばならぬ。

尙又前方交會法の實施が容易確實である爲に兎角基準點となり易い避雷針、火の見櫓、細い煙突、著しくない抽出樹等の細い物體は餘程大梯尺寫眞でもない限り寫眞上では極めて不明瞭となつて使用し得ない。又工場等の大煙突は寫眞梯尺 1/10 000 位ならば寫つてはゐるが其の上の避雷針を目標にされると煙突に對する避雷針の位置を何等かの方法で明かにしておかないと寫眞に寫つてゐる煙突の太さだけの不確定さを生ずる事を考慮せねばならぬ。而して基準點誤差は其の量にもよるが寫眞測定の精度のみならず、作業速度に甚大な影響を及ぼすものであるから十二分の慎重さを以て處さねばならぬ。此の意味に於て寫眞測量用基準點設置者は少くとも寫眞判識に奮熟し出来るならば圖化作業の經驗者である事を希望する。

此の種の歸心作業は三角測量或は圖根測量と同時に實施するのが最適であり、此の觀點からすれば器材としては簡單正確なスタヂヤ測距法を利用し得る ツァイスの 12 秒讀經緯儀が最も適當だと思はれる。併し又所要の精度に應じては測板と巻尺とによつて適當な梯尺で交會法或は道線測量で歸心しても良い。此の場合は一測板中の凡ての基準點を一枚の測板上で歸心するのではなく、經緯儀による測量に代位するものとして、1 點或は 2 點毎に用紙を交換し 1/10 000 或は 1/5 000 等圖化梯尺並びに寫眞梯尺に相當する大梯尺で測量を行ひ歸心點の成果は經緯度又は座標として計算しておくのが最適である。

圖-4. 柏谷村三角點決定法

A: 三角點, D: 小松,  
E: 標林末端

