

# 測量界の現状

正員 工学博士 丸 安 隆 和\*

## 1. 概観

(1) 一般 一般の科学や技術は戦後いちじるしい発達をとげたが、測量に関する技術も決してその例外ではなかつた。比較的地味な仕事であるために、一般の人にはあまり関心をもたれてはいないが、土木機械の発展が土木施工技術をすつかり変貌させたように、測量の技術も、写真測量の発達と一般化によつて、従来の測量方法は変貌し、写真測量によつてすつかり取つてかわられようとしている現状である。

今度の戦争が終るまでは、大規模な測量は軍の手によつてなされ、工学一般における測量は、古い昔のままの技術を踏襲して、測量とは学でなく、測量術であるといわれるほど、一般の人々から敬遠され、これを専門に勉強しようとする人もほとんどなく、一般社会においても測量する人はまず技術者としては最下級のものとなつていたのである。

ところが、終戦によつて陸地測量部がなくなり、建設省に地理調査所が創られて、従来の陸地測量部において行つていた仕事を引継ぐとともに、国土開発、戦災復興などに関する公共測量の新しい仕事をはじめ、陸地測量部に温存されていたいろいろな優れた技術が、一般工学の測量に開放され、利用できるよつた。測量は、すつかり一つの体系にとけこんで、新しい活動を始めることができるよつたのである。

(2) 測量法の施行 この中で最もめざましく、一般に関係の深い仕事は測量法の制定であつた。測量法が施行され、測量士、測量士補の国家試験が始められて、一般の測量に対する関心が非常に高まつたよつたのである。

測量法の施行、国土調査の実施、これらの関連した仕事のおかげで、測量の精度に関する考え方が相当厳格になつたこと、基本三角測量の成果の利用が普及されてきたこと、などが表面にあらわれないが、一つの大きい進歩であつたことは見逃すことはできない。

(3) 航空写真の利用 また、これとほとんど時を同じくして、米軍がわが国全土にわたつて撮影した縮尺約 1/40 000 の航空写真が、産業復興を目的とする場合にかぎつて貸与されることになり、航空写真測量が広く工学の目的に利用できるよつた。しか

し、この航空写真を利用する測量も、残念ながらこれを図化するための機械が終戦とともにわが国からなくなり、ただ一般には multiplex が数台利用できる程度で、これととも 1/10 000 縮尺の図が精一杯、これ以上の大きい縮尺の図面は作成不可能であつた。その他の図化作業はもつぱら図解の作業による輻射線法により、これに視差測定桿その他の簡単な器械が併用できる程度であつた。

従つて航空写真測量による測定精度は、われわれ土木技術者が期待するものよりもはるかに下まわるもので、そのために航空写真測量に対する信用が全く低調であつたよつたのである。しかし、航空写真が土木、農林、鉱山などの各分野に広く利用されはじめたことは一つの大きい進歩であつたことはいふまでもない。

この間に、わが国でも精密図化機 (Triplex) なども製作されている。

その後、わが国に民間航空が開始されるよつたよつて、航空会社はその事業の一つとして必ず航空写真撮影を加え、自由に、任意の縮尺の撮影ができ、撮影カメラの進歩、図化機械の輸入、その他によつて航空写真測量の仕事も面目を一新するよつたよつてきた。

従来、大学などで測量の講義をするのに、写真測量は特殊測量として取扱われてきたが、この頃では、大きい仕事をしようとすれば、調査であれ、計画であれ、必ず航空写真測量の助けをかりるよつたよつてきた。すなわち写真測量は、トランシット測量と同じ程度に一般性をもつてきて、特殊な測量ではなくなつたよつたよつたのである。

測量の進歩の状況をさらにくわしく眺めるには (1) 測量器械の進歩、(2) 航空写真測量に関する進歩、(3) 新しい測量技術の台頭と三つにわけてみるのが適當であろう。

## 2. 測量器械の進歩の状況

測量器械が非常にかわつてきた。精密な測量を能率的に行うことができるよつたよつたに種々の改良がなされているのである。ここではその二、三のものについてその一端を眺めてみよう。

(1) 微動レベル (水準儀) の一般化 従来の土木工事にともなう水準測量には、ワイレベルまたはダンピーレベル、時として可逆レベルが使用されていた。しかし、最近になつて微動レベルが、これに代つて非

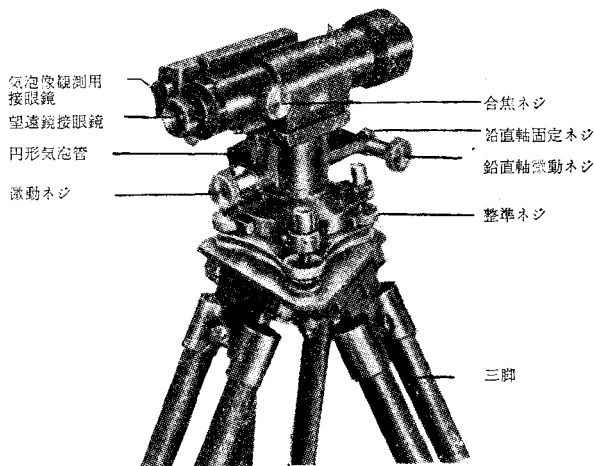
\* 東京大学教授、生産技術研究所

常に広く用いられる傾向にあるようである。

微動レベルは、いままでも精密水準測量には用いられており、Wildの精密水準儀(写真-1)、Zeissの一等水準儀などももちろんこの型式のものである。日本光学社で新しくこのタイプのレベルが製作されてから、その精度、能率などについての利点が認められ、広く一般に普及されるようになってきた。一つの進歩といえるであろう。

微動レベルは、鉛直軸を大体鉛直にすれば、あとは微動ネジによつて鉛直軸とは無関係に視準線を水平にすることができ、また、気泡管の気泡の位置はプリズムによつて望遠鏡を視準した位置で観測できるようになつている。従つてワイレベルでは助手を1人そばに

写真-1



つけて観測の瞬間に気泡が中央にくるようにしなければならなかつたが、微動レベルではこのような手数が省けること、また気泡は合致式であるために、気泡を正しく中央に持つてくる操作が非常に正確にできること、などが、この微動レベルの特長である。

もうワイレベルの時代が過ぎて、次第に微動レベルが多く使われるようになるのではないだろうか。

(2) 内部焦準式望遠鏡の一般化 これは別に新しいことではない。対物レンズを移動させて焦準を合わす外部焦準式のいろいろな欠点を補つた内部焦準式の望遠鏡は、最近の新しい器械には例外なくといつてよいくらいに、トランシットにもレベルにも用いられている。このために視準線の調整が容易になり、スタジア測量のときの加常数が0となり、その他いろいろな点で便利になつた。

(3) 気泡管水準器を用いないレベルの出現(Zeiss社製レベル Ni 2) 直接水準測量に用いるレベルは、水平な視準線を与えるために、従来はすべて気泡管水準

器を用いてきた。このために、レベルを据えつけて観測するまでには、ワイレベル、ダンピーレベルでは整準ネジを用いて整準しなければならぬし、微動レベルでは気泡像が合致するまで微動ネジを操作しなければならない。ところが、最近気泡管水準器を全然使わないで、円形気泡管で大体望遠鏡を水平にすれば、そのあとは自動的に望遠鏡の視準線が水平になるようなレベルができた。Zeiss Opton Level Ni 2 というレベルがそれである(写真-2)。

この器械には compensator がついていて、子供の時分に鉄棒にぶらさがつた人形が体操する玩具があつたが、あんな具合に、器械を大体水平に据えつければ、あとは自動的に器械軸が鉛直になり、望遠鏡の視準線が水平になるのである。水平になるまでに必要な時間は1/2秒といわれ、すぐに振動がダンプするところが特長の一つでもある。

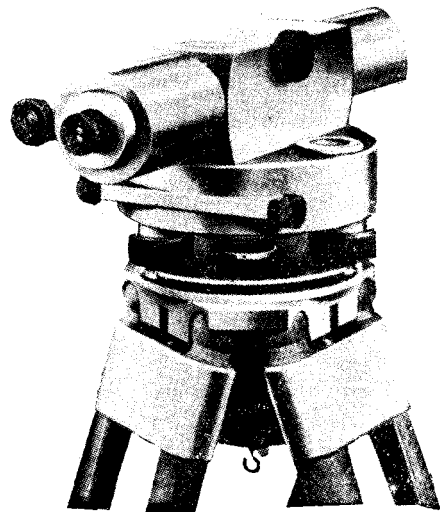
このために、測量の作業は、いちじるしく速くなり、1時間に2kmの測定が可能であるといわれている。これは普通の方法で、熟練者が測量する場合の2~3倍の速さであろう。

えられる精度は実験結果によると1km往復測定の差が $\pm 1.5 \sim 2.0$ mm程度といわれ、地理調査所の一等水準測量にも使えるような好結果である。ワイレベルではと

おいて不可能な程度のものである。

さらに注目すべき点は鉛直軸を固定するための締付

写真-2 Zeiss Opton Level Ni 2



ネジがなく、その代りに **Permanently adjusted brake** で任意の位置に自然に固定できました、これに付属している微動ネジは左右いずれの方向にも、その操作が無限にできるようになっている。従つて、標尺を視準するときの操作が本当に簡単なのである。

レベルとしては画期的な発明であるといわれている。しかし、これは西独 Zeiss 社の製品であつて、わが国では輸入して使うより道がないのは残念である。

### 3. 航空写真測量の現状

航空写真測量が、自由に飛行機をとばすことができ撮影も自由にできるようになつて、その利用の道が急速に開け、現在では、少し大規模な測量になるとほとんど大部分が航空写真測量の助けをかりているようである。

航空写真測量の利用が盛んになるにつれて、小縮尺の測量から大縮尺の測量に、より高い精度の測量に、またより経済的な測量にと、次第に進歩発達してゆくことはいうまでもない。これらの目的のために、新しい改良されたカメラが輸入され、精巧な図化機械も輸入されて、わが国の航空写真測量が面目を一新しつつあるようである。これらの新しい器械の中で、特に、スイス Wild 社製のカメラ RC 5 a と西独 Zeiss 社製の図化機械 Stereoplanigraph C 8 について、どんなに改良され精巧なものになつているか、その一端を述べよう。

(1) **Wild RC 5 a** カメラ (写真—3) 航空写真測量の経済性は、使用するカメラ、特にその光学的な性質によるところが多い。ウィルドのカメラには Aviator 及び Aviogon というレンズを用い、その光学的性質はきわめて優秀なものである。

第一に、このレンズの分解能は従来の同種のレンズ

にくらべて非常に高い。およそ 70~80% ぐらゐは向上しているといわれている。航空写真は一般に平調で、コントラストが小さいので、分解能の大きいことは非常に大切なことである。

このために飛行高度を 50% ぐらゐ高くして撮影でき、各写真に含まれる面積は約 2 倍になる。従つて、図化作業や歪み修正に必要な基準点の測定や標定の作業が簡単になり、これに要する費用は半減できる。また、測定作業がいちじるしく速くなる。

第二に、このレンズのひずみは非常に小さい。0.01 mm 以内といわれ、ほとんどひずみがないといつてよいぐらゐである。明るさ  $f:4.2$  で広角でひずみの小さいことは、測量用レンズとして最も重要な特性をもつているといえるのである。

第三に、3つのレンズコーンがあり、これらはその撮影目的によつて、飛行中に自由に取替えられる。従つて一つのカメラで3つのカメラの代用となるのである。

第四に、撮影に関する必要な操作は、観測者がその席から、すべて迅速に正確に行える。例えば自動重複度調整機の操作、カメラの撮影の開始、280枚撮影が終えたときフィルム槽を交換する操作、などである。撮影が開始されれば、すべて機械の操作は自動的に行われるようになっている。

その他、いろいろの点で改良され、これは現在世界の最高級のカメラといえるであろう。そして、従来のものにくらべてはるかに優れた結果を示しており、わが国にもすでに輸入されて活躍している。

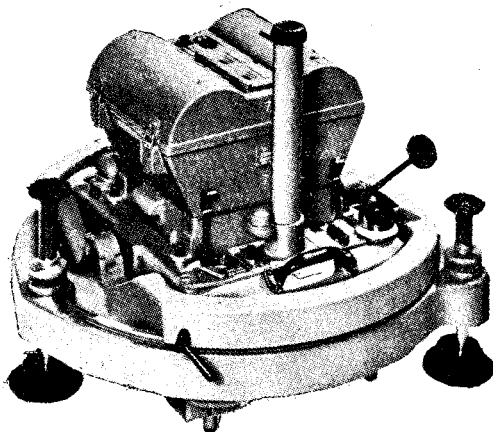
(2) **Stereoplanigraph C 8** (写真—4) 航空写真から地図をつくるときに用いる機械(図化機械)には各種のものが工夫され、改良されてきている。その中で最も精巧な図化機械として、Zeiss の Stereoplanigraph と Wild の Autograph がある。

わが国には戦争前から Stereoplanigraph のなかの C 5 というタイプのものが輸入されていたが、終戦とともにただ一つ水路部に波の研究にという名目で残されただけで他はなくなつてしまつた。これが最後のただ一つの精密図化機械であつたわけである。

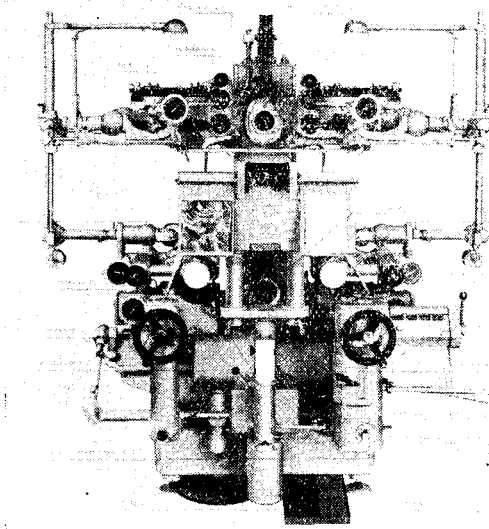
しかし、昨年地理調査所に同じ Zeiss 製の Stereoplanigraph であるが、戦後さらに改良された C 8 という型のものが輸入された。C 8 は、戦争後西ドイツの技術の驚異的な進歩の跡をまざまざと見るきわめて優秀な機械である。その特に目をひく新しい構造の一、二を紹介しよう。

(a) **photocarrier** (投影装置)について(写真—5) 航空写真を製図機にかけてこれに光を投じ、光学的に

写真—3



写真—4



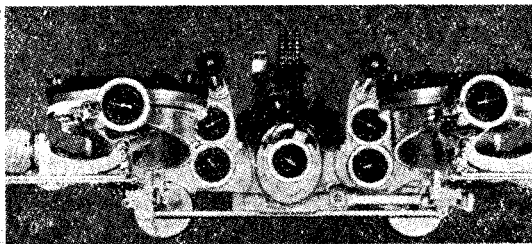
再びもとの地形を正しく再現させるために、投影器には撮影に用いたのと同じ焦点距離でひずみなどの光学的性質が全く同じであるレンズを用いなければならないということが、いままでの常識となつている。撮影に用いるカメラのレンズの焦点距離が投影器のそれとあまり異なつては精密図化機の利用ができなかつたのである。

Stereoplanigraph C8 では、航空写真が非常に広い、種々の目的に利用されるようになり、従つて、またいろいろのカメラが使用されることを考えて、容易に種々のカメラに適応できるような universal photocarrier を取りつけたのである。

レンズ常数の値が相当広い範囲にわたつて変る場合でも lens cone と plate holder を取りかえるだけで使用でき、また、レンズ常数は同じであるが、レンズの光学的性質のちがう場合には、補正板を取りかえればよいのであつて、いままで写真測量では最も基本的に重要な Porro-Koppe の原理もこのような改良によつてずいぶん広範囲な意味をもつようになつてきたわけである。

航空写真測量が広範囲に利用されるようになればな

写真—5



るほど、この万能投影装置のもつ意味は大きくなるわけで、C8 における一つの大きい進歩であるといえるであらう。

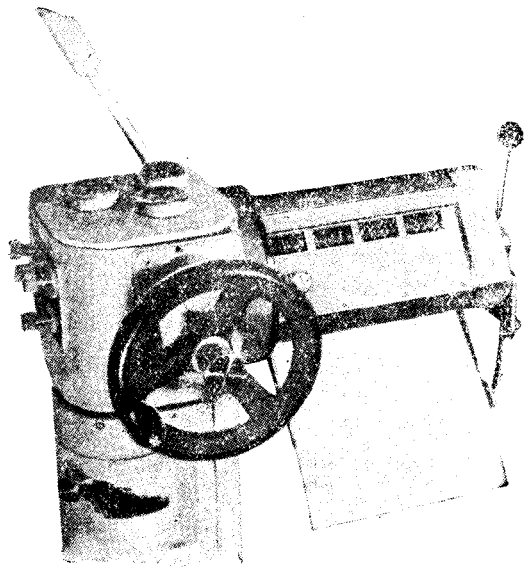
(b) 読取装置 (printing counter) について 読取装置について航空写真を基準点測量や地籍測量に利用する場合には、写真に多くの点を定め、その点の位置及び高さを測定しなければならない。

従来、測量では細かい読みをとるのにはもつぱらバーニヤの助けをかりていた。Stereoplanigraph でも、いままでのタイプのものでは主として読取りにはバーニヤが使われていたが、C8 では全く異なつた読取装置を施した (写真—6)。

ハンドルの回転にとまう鉛筆の動きは5桁の数字であらわれ、 $x, y, z$  の3つの座標値合計15の数字と測点番号3桁の数字、合計18個の数字がそのまま読みとれるようになってゐる。また、左側のネジを操作することによつて、その数字は m 単位から ft 単位に転換でき、また mm 単位にも転換できる。

さらに、これらの数字を記録するには、右側のレバーを引けばよい。それらの数字はただちに印刷され、

写真—6



さらにコピーもとることができるようになってゐる。

その他、標定に必要な数、その他の読取装置はすべて、全くいままでにわれわれの用いてきた方法とは異なつたもので、読取誤差や記帳の過失をとまうことなく、きわめて早くその成果が得られるので、読取装置の飛躍した発展といわなければならない。

(c) その他 標定に必要な各種の数の読取り、測標の改良、機械の安定、その他にきわめてめざましい

発展がみられる。

(3) **むすび** このようにして航空写真測量の機械、カメラの発展は、測量精度の向上と測量費用の軽減にきわめて大きい役割を示しているのであつて、わが国においても、各測量会社がこれらの優秀な外国品の入手に大いに競つている現状である。先般 Zeiss からきた技術者の話によると、トルコでは Stereoplanigraph C 8 はすでに 10 台を超え、これによつて国土調査の事業がきわめて活発になされているそうであるが、わが国ではまだ地理調査所に 1 台納入されているに過ぎない。

しかし、航空写真測量が、普通の測量にとつてかわるぐらい普及し、利用されるようになるのは、そう遠くではないことを信じている。

4. 新しい測量技術

測量方法のうちでは三角測量は最も精度の高い方法であるとして、基本測量の中心になつている。これは直接距離を測定するより、角を測定する方が容易であり、高い精度がえられるという理由によるものと思われる。従つてもし距離をもつと正確にかつ迅速に測定することができれば、もはや三角測量の厄介にならなくてもよいであろう。現在では角測量の精度がすでに限度にきていると考えられ、さらに高精度の測量を行うために、辺長をさらに正確に測ることが必要であるというような考えがおこつてきた。

この直接距離に測る方法として、光レーダーを用いる Geodimeter がつくられ、また電波による距離測量が実用化してきた。そして、三角測量にかわつて三辺測量 (Trilateration) という言葉が生れるようになったのである。

(1) **光レーダーによる測量** 光レーダーで距離を測定するためにつくられた Geodimeter は Sweden の Berstrand が発明したもので、光を断続して送り、光のパルスが反射鏡に当つて帰つてくるまでの時間を測るパルス式と、光の強さを高周波で変調し、反射波が元に戻ると始めとは位相が變つているので、それから測距するものがある。

Berstrand は光の速度を有効数字 7 桁まで正確に求めた。この値が正確であれば、距離測量の精度が非常に正確に求められる。測定結果によると 20 203.59 m  $\pm$  0.04 m、のように 20 km 以上の距離で cm のところまで測つており、1/100 000 以上の精度がえられている。geodimeter はわが国にも輸入されようとしている。なお、赤外線望遠鏡及びこの焦点にある photocell でうけ、電気的に方向を定め角を測定しよとすることも試みられ、約 1" の精度がえられるとい

うことである。もしこれが実用化すれば肉眼ではみえないような場合でもまた空気が悪いときでもよく測定できるというので角測定に大いに役立つであろう。これを **Electric-eye** とよんでいる。

(2) **電波による距離測定** ショーラン SHORAN (SHOrt RANge Navigaton) は米国が戦時中に発明したレーダーの一種である。

ショーランは送受信器を一組備えた機上局と、地上の局とからなつている。地上の一方を Drift (猫) 局、他を Rate (ねずみ) 局と名づける。送受信の電波は周波数 220~320 Mc (波長 1.4~0.94 m) の超短波を用い、機上局から 2 波を交互に出す。例えば地上局 R に対しては 230 Mc、D 局に対しては 250 Mc のパルスを送るのであるが、R 局に 1/30 秒送つてから 1/60 秒休み、次に D 局に 1/30 秒送つて 1/60 秒休むというように毎秒 10 回の切替えを行う。地上局ではこのパルスを受信機で受けてパルスを取り出し送信機を變調する。送信の周波数は受信周波数とは変え、D 局 R 局ともに 310 Mc とする。これを機上局でうけてブラウン管にあらわす。

ブラウン管では図-2のように円形に掃引し、D 局及び R 局からうけたパルスを逆極性にして示す。機上局から送信パルスを発射した瞬間の位置をマーカーで示し、マーカーから右廻りに R 及び D パルスまでの長さを測つて距離を知るのである。

測りうる航空機と地上局間の距離は航空機の高度できまる。例えば高度が 5 000 ft で 100 mile、50 000 ft で 280 mile となる。従つて 2 つの地上局間の距離はこの倍で 500 mile となる。ショーランの誤差は  $\pm$  20 ft とされ、距離の大小には無関係である。

三角測量では相手方の視標が見えなければ観測はできないが、shoran ではこの範囲よりも相当離れた 2 点の距離の測定ができ、三等三角程度の精度を必要とする測量には十分

利用できるといわれ、カナダの森林地帯の測量にすでに利用されたという報告がある。このような新しい測量技術は続々と考えられやがてはわが国にも輸入されて大いにその威力を示す時期が待たれるわけである。

