

空中写真測量と空中写真解析法*

淵 本 正 隆**

はじめに

気象衛星から送られてくる写真像が我々にさまざまな情報を提供してくれるようになってからすでにずいぶん分が経ったようにも思われる。

この衛星から送られてくる情報は写真的な像として我々の目の前に現われる。テレビジョンの天気予報に時々現われるあれである。

このような、いわば衛星写真とも言うべき写真を含めて、いわゆる空中写真とはどんなものだろうか、どのように利用することができるのか。今日、広く利用されている航空機から撮影される、いわゆる航空写真を通じて概観してみたいと思う。

1. 写真測量

写真測量と写真判読

写真測量を広義にとらえると、いわゆる写真測量と写真判読とに分けてかんがえることができる。この場合、写真測量とは、写真を仲立ちにしてさまざまな対象物の測定をしたり図面を作ったりする技術ということができよう。つまり、対象物を一度写真に写しとりそれを通して対象物の形、大きさ、位置といったことがらを決定する技術であり、別な言い方をすれば、この種の情報の記憶装置である写真から、位置に関する情報をとりだす技術である。

これに対し、写真判読とは、写真を仲立ちにして対象物の性質、状態といったものを読みとる技術であり、色調、陰影、模様、きめといった形式で表現されている対象物の写真的な特徴から、たとえば、地質、植物生態、土地利用等々といったものに関する情報をとりだす技術ということができよう。

このような写真測量、写真判読というものは表裏一体となって在るもので、それぞれが独立して在るものではない。

いずれにせよ、写真として記録された対象物を測定し分析する技術を広い意味で写真測量と呼んでいる。

* Aerial Photogrammetry and photoanalysis

** M. Fuchimoto, Asia Air Survey アジア航測

K. K地質課長

—1968年10月29日受理—

写真測量の略歴

1850年、フランス人、ロスダは初めて写真から地図を作った。しかしながら今日のような立体測定ではなく、一枚の写真、つまり単写真を使ったもので、それも地上で撮った写真を測定したものであった。1858年になってはじめて気球を使った空中写真が撮られた。これまでは単写真を測定する方法がとられていたが、1892年ドイツ人、ストルツは一对の写像を用いた立体測定の研究を行い、いわゆる測標の原理を発見した。

ロスダから、約50年たった1901年、ドイツ人、ブルフリヒは立体写真測定機を作り、今日の写真測量の基礎を作った。

1903年、ライト兄弟の飛行機が飛んで以来第一次大戦を契機とした飛行機の発達、古くは、ダビンチにさかのぼるカメラや写真乳剤など写真術の発達にもなって写真測量は発展していった。そして、ついには人工衛星による宇宙写真の出現につながっていった。

我が国では、1907年のはじめて写真測量の理論が紹介されたが、実際に使われたのは、1914年大爆発をおこした桜島の測量のため今の国土地理院の前身である陸地測量部が地上写真を使って地図を作ったのがはじまりであるとされている。第二次大戦終結後、講和が締結され飛行機も使うことができるようになった1953年以来、第二次大戦中に熟生した技術とすぐれた写真測量機材の輸入や独自の研究開発により、さまざまな分野に広く使われるようになった。

この間には、赤外線写真や天然色写真の応用、電子計算機と直結した解析写真測量の実用化などもあり、きわめて広範囲な応用場面をもつ技術となったのである。

2. 写真測量の基礎

写真

写真測量では、すべての作業の前提が写真にある。写真上の測定は、現在のところ1/100mmから1/1000mm程度までの正確さで行うことができるので、写真上再現される像のヒズミやボケがこれ以下でなくてはならない。

このためレンズやカメラ、フィルム等は特別に設計されたものであり、手持カメラのものとは相当様子がちが

う。たとえば空中写真測量用のカメラ、レンズ、フィルムについてその特徴をあげると次の通りである。

レンズ

1. 焦点距離が望遠レンズに近い。
(11.5cm, 15cm, 21cm)
2. 画角が普通の広角レンズより広い。
(65°, 100°, 120°, 145°)
3. 収差(ひずみ)がきわめて小さい。
4. 解像力が優れている。
5. 周辺部でも光量が減少しない。

カメラ

1. 大きく重量もあり、レンズ、本体、フィルムマガジン、自動撮影装置を合わせると 120~150kg もある。
2. シャッタースピードが早い。
3. 普通60%以上重複させて撮影するため、その調整機がついており、その他すべての操作を自動的に行う自動撮影装置がついている。

フィルム

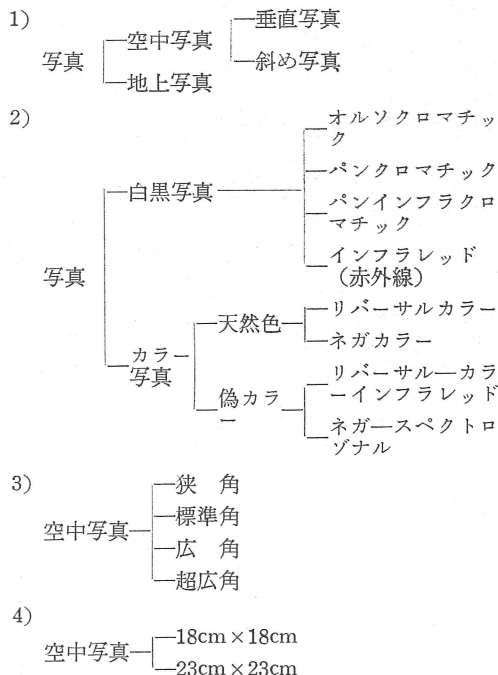
1. 大きい(幅 19cm または 24cm, 長さ 60cm~120m)。
2. 温度や湿度の変化による伸縮がほとんどない。

写真測量のための写真は、このようなレンズ、カメラ、フィルム、フィルターを用いて、原則として、60% ずつ重複させながら撮影される。

写真の分類

広い意味での写真測量で使う写真にはさまざまなものがあり、目的や用途によって使われられている。これらは、分類の基準のとり方によってさまざまな分類ができるが、1) カメラの位置および向き、2) film 乳剤の

種類、3) 焦点距離、4) 画角などからみて、次のような分類ができる。



写真像の性質

空中写真の画像を通して、地表の状態を測定し、判読するに際して写真像の性質を二、三調べてみよう。

中心投影

日頃、我々が目にする地形図は平行投影(正射影)で表現されているが、空中写真はレンズの中心を射影の中心とした中心投影になっており、これが写真測量の原理の基本になっている。

このため、単に一枚の写真だけで測定しようとするとき種々な問題が起る。例えば、写真が地上と平行に撮影されていない場合、つまり、レンズの光軸が鉛直でない場合、地上のある中点は写真上の中点とはならず、もし平行していたとしても比高のある地域の高い部分は、投影中心から外側へずれて写ることになる。

図1は、空中写真の撮影状態を模式的に示したものである。この図で A_1, A_2 点は実際には a_1, a_2 にあるはずであるが、写真上では a_1', a_2' に表われる。このずれは中心から遠ざかるにつれて大きくなる。また、写真の中心から同じ距離にあるものでも高さが異ると写真上では高い地点ほど外側へずれて写ることになる。すなわち、高さ(奥行)は、写真上では平面距離として表現されていることになる。言いかえれば、このような平面距



写真-1 航空機内で操作中の撮影士と航空写真機

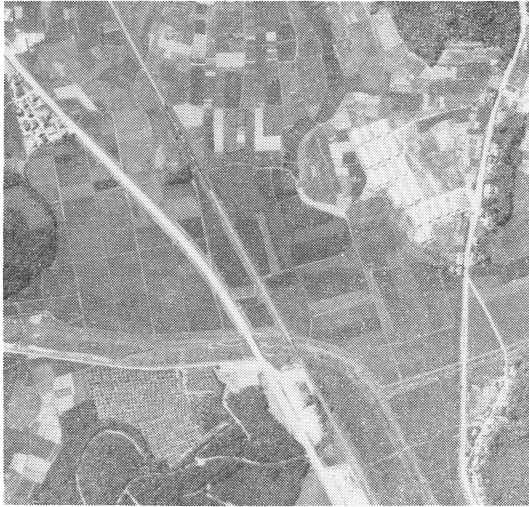


写真-2 パンクロマチック写真

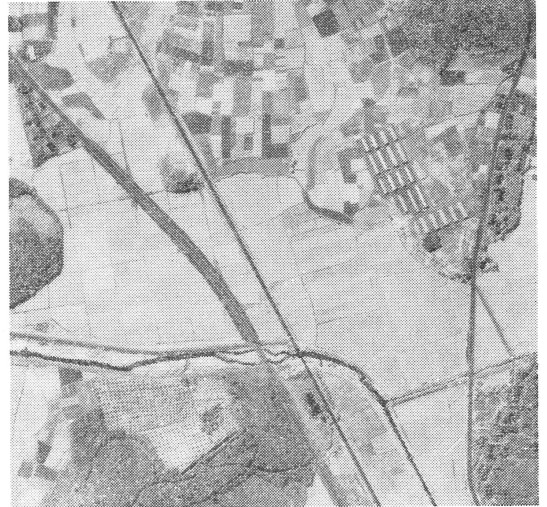


写真-2 赤外線写真

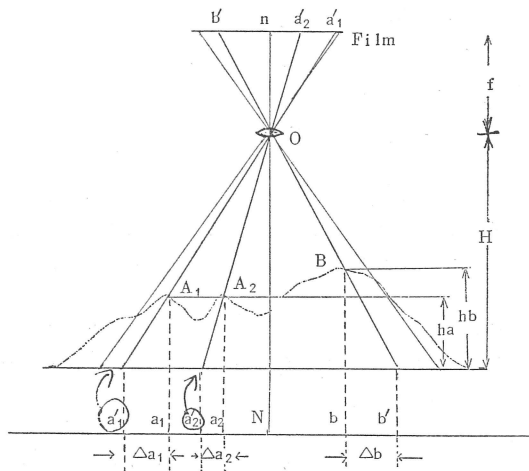


図-1

- A, B 地表の位置
- a, b (平行投影) — 地図
- a', b' (中心投影) — 写真
- N 鉛直点
- O レンズ
- H 撮影高度
- f 焦点距離
- ha, hb 比高

$\Delta a_2 < \Delta a_1, \Delta b < \Delta b$ $ha < hb$
 $\Delta a, \Delta b \dots$ は N から離れるまで、h が大きいほど大きくなる。

$$\text{縮尺} = \frac{f}{H}, \frac{f}{H-ha}, \frac{f}{H-Hb}$$

距離を測ることによって高さを知ることができ、これを半自動的に行う機械が、後にのべる図化機と呼ばれるものである。

写真上の特殊な点

中心投影である写真には、三つの特殊な点がある。すなわち、レンズの中心から写真面へ下した垂線と写真面との交点である主点、レンズの中心から地面へ下した垂線と写真面との交点である鉛直点、主点とレンズの中心および鉛直点とのなす角の二等分線と写真面との交点である等角点の三つである。

主点は、写真の中心であり、鉛直点は鉛直線の消失点であり、等角点は測角の中心となっている。

厳密な垂直写真では、この三つの点は一点にかさなる。

写真縮尺

写真の縮尺を知ることは写真を扱う際、大変重要なことである。図-1からも判るように写真縮尺は、地上の実物の大きさと写真上の大きさの比、つまり撮影高度と焦点距離の比である。

$$\text{縮尺} = \frac{\text{写真上の長さ}}{\text{地上の長さ}} = \frac{\text{焦点距離}}{\text{撮影高度}}$$

もっとも、写真上と地上の長さの比を直接とっても縮尺は求められるが、写真が傾いている場合はいけない。また、比高があれば撮影高度がちがうことになるので、場所によって縮尺は変化する。よって一般に写真の縮尺と言えは撮影地域の平均的な高さ基準とした概略の値を示すにすぎない。

実体視

机の上に小さな立方体を置いて、片目づつ交互につむってこの立方体をみる。そうするとこの立方体の各面の形が右の目だけでみた場合と、左の目だけでみた場合とではちがってみえる。また、片目でみたのでは立方体の

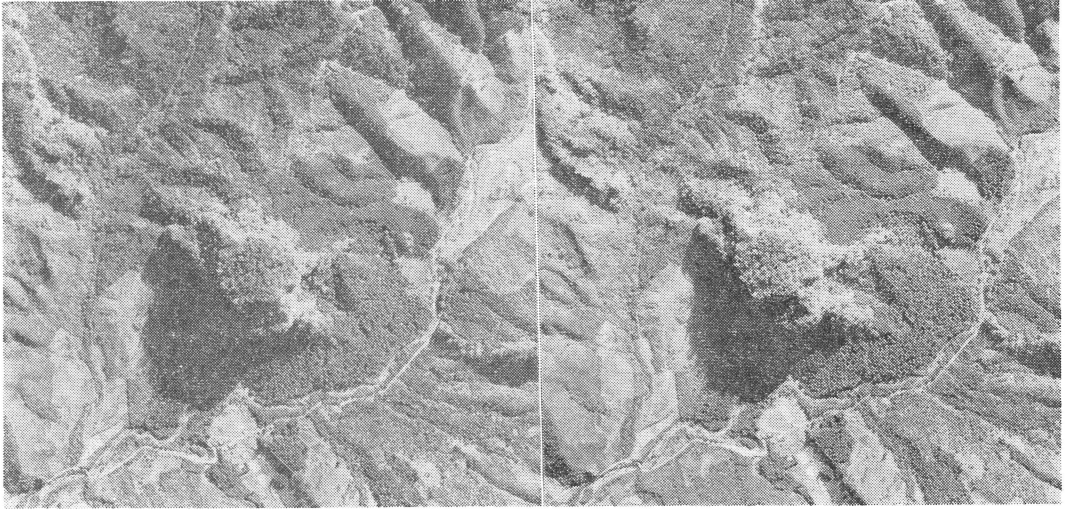


写真-3 実体写真 写真中央の残丘がつきでてみえる。
(左右写真の間についてを立て実体視の練習をして下さい。)

奥行が感じられないが、両目でみると奥行がついて立体的な感じになる。つまり、人間は自然に実体視をしていることになる。

この片目でみた時の状態、これが一枚の空中写真である。右目の位置で撮影した写真と左目の位置で撮影した写真を右と左にならべ、右の写真をもつて、左の写真を左の目で同時にみれば、奥行をもつた像をみることができる。これを実体視と言ひ、この時にみえる像を実体像と呼ぶ。

実体視をするためには、種々な型式の実体鏡があるが、このような道具を使わなくとも、右左の写真その人の目の間隔（これを眼基線といい普通は6.5cm）だけ隔してみれば肉眼で実体視をすることができる。

空中写真が60%づつの重複度をもって撮影されるのは、撮影点をかえて同じ物体を撮影した二枚の写真をみれば、実体像が得られることを利用して、ある地域全体の実体像を得るためであり、地形面の状態（比高のきわめて大きな場合）によっては重複度を80%にして実体像のブランクになることをふせぐことがある。

60%の重複度をもって、連続して撮影された空中写真は、目の間隔が数100mから1,000m以上もある巨人が地上を見おろしたと同じ状態で地上の様子を克明に正確にとらえていく。

実体視は、元来三次元的広がりをもつ地表の状態をそのまま三次元的に観察し測定することを可能にするばかりでなく、写真としてとらえた対象物の質感までも我々に伝えてくれるのである。

1969年1月

写真測量にしる、写真判読にしる、この実体視にはじまる。

過高感

写真を実体視すると地表が、特に斜面は非常に急峻にみえる。これは高さ（奥行）が実際より誇張されているため、この現象を過高感という。これは基本的には空中基線が数100mもあるので収束角が大きくなっているため生ずる。

しかしながら過高感はこの他にもいろいろな要素が組合わされて生ずるものであるように思われる。

過高度を P とし、レンズの焦点距離を f 、写真基線を B 、眼基線を b 、写真と目の距離を m とすると

$$P = \frac{Bm}{bf} \text{ と表現することができる。}$$

実体写真の写し方

このような実体写真は、我々が普通使っている小型カメラでも撮影することができる。ある被写体に向つて被写体までの距離を変えないようにカメラの位置を横にずらし（これを基線と言う）、二枚の写真を撮影すればいい。

この時、カメラを横にずらす距離はカメラから被写体までの距離の1/4から1/40ぐらいが適当である。この距離の幅は、被写体とカメラの距離が大きければ大きいほど横にずらす撮影間隔を長くする必要があるということである。

このようにして撮影した写真を実体視することによって、我々は、自由に実体像を楽しむことができる。