

空中写真地質講座

(5)

垂直誇張

これまで述べてきた識別要素のほかに 判読に非常に大きな影響を与える重要ないくつかの要素がある。なかでもとくに重要なものは垂直誇張—水平距離に対して垂直距離が数倍に誇張されて見えること—であってこれが起伏によって表現される地質的特徴の判読上きわめて有効な武器であることについてはすでに観察方法の所で述べたとおりである。このような垂直誇張はすべての立体模像—印画紙焼き付けの対写真だけでなく透明陽画を用いた二重投影機による立体模像にも—共通して認められるものである。この誇張の結果 立体模像では被写体の高さは実際よりずっと高く 斜面は実際よりずっと急傾斜であるかのように見えるのである。

この垂直誇張を理解することなしには 空中写真による正確な判読は不可能であるといってもよい。すなわち誇張された高さとこれに起因する不自然な立体観は起伏によって表現される特徴の識別を非常に容易にするばかりでなく 地層の傾斜の推定を容易にし 地質構造の判読の面でとくに有効である。しかし誇張率はいろいろな要素によって変化し 極端に言えば一対の写真ごとに また観察条件の変わることによって変化するのである。

誇張率についての詳細は後に譲ることにして 広角レンズ ($f=15\text{cm}$) で撮影された縮尺 1/20,000 の空中写真の立体模像上では垂直誇張のため 優に 30cm の高低差まで区別できるのである。従って 野外で感知することのできないような起伏量 小さな差までを容易に写真上で識別することができるのである。これは逆にいえば小さな起伏量の差をもたらした 非常にゆるやかなあるいはきわめて小さな地質構造をも 野外調査によるよりも容易に 写真上で識別できるということである。

立体模像における傾斜角の誇張は 傾斜角の正接 (tangent) 値の変化によるものである。すなわち 立体模像中における傾斜角が 3 倍に誇張されているということは 真の傾斜角の正接値に対して その正接値が 3 倍となっているということである。実際の傾斜角が何倍にも誇張されている結果 野外で 視覚によっては感

松野久也

知することのむずかしい ゆるやかな傾斜角をも容易に識別できるのである。またこの誇張された角度の推定値から算出された真の傾斜角はかなりの正確さをもっており 緩傾斜の場合にはむしろ野外における測定値よりも正確である(後述—傾斜の推定)。垂直誇張は前にも述べたとおり われわれの明視距離に対する瞳孔距離に比べて これらに対応する 撮影高度に対する撮影基線長の割合が大きく違うことに基因する。(第1図) その誇張率をあらわす式は これまでに多くの人々によって試みられているがいまだ完全なものはない。

Miller (1958) の式によると

$$E = \frac{S/e}{H/B} = \frac{SB}{eH}$$

E; 垂直誇張率

S; 眼から立体模像中の与えられた面までの距離

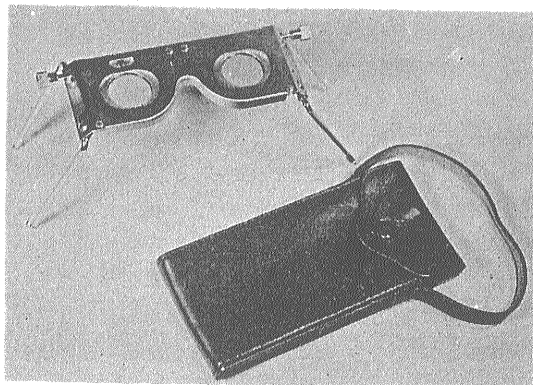
e; 瞳孔距離

H; 撮影高度

B; 撮影基線長

以上からわかるように 人によって瞳孔距離 (e) は一定であり 一定の観察器具では 眼から立体模像中と与えられた面までの距離 (S) が一定であるから 垂直誇張率 (E) は撮影基線長 (B) に正比例し 撮影高度に反比例する。したがって 撮影高度が一定である場合 撮影基線長が大きくなればなる程垂直誇張率も大きくなる。しかし 実際には撮影高度を一定にして 撮影基線長だけを無限に大きくすることは不可能である。なぜかという 同一撮影コース内で隣合う写真間で最少限 55%の重複率が保たなければならない 写真画面上に立体模像を作らない部分を生ずるからである。

一般的に ある一定の焦点距離のレンズを使用して撮



第36図 ポケット用レンズ立体鏡 本体180g ケース45g

影する場合 撮影高度を高くとればそれだけ撮影基線長を大きくとるため 比較的一定した基線—高度比が保たれ 垂直誇張率も一定に近い値が保たれるものとみてよいのである。しかし 上述の式からもわかるように有効誇張率は個人によって異なり また使用する観察器具によっても異なる。さらに観察する場合 2枚の写真の間隔は誇張率に関係がない。

写真縮尺

写真縮尺は撮影高度と使用カメラの焦点距離によって決定され これが肌理 模様 形態等の識別要素に重大な影響を及ぼすことについては すでに述べたとおりである。しかし 現段階においてわれわれが一般地質図作成のために使用することのできる空中写真は 他の目的のために撮影されたものである。現在 われわれが最も入手しやすい空中写真は 米軍が偵察用に撮影して全国をカバーしている撮影原縮尺約 1/40,000 のものである。これらは空中写真としては小縮尺の部類に属するものであって 一度に広い範囲を観察し 大きく各地質単元相互の関係を把握することができ 予察調査あるいは地質図幅等の広域調査に用いると非常に便利である。すなわち 一枚の写真(区画23cm×23cm) 画面に記録されている面積は 約80km² 立体有効面積は 38km² 内外である。さらに広い地域を一度に観察するためには 集成写真が用いられるほか 高空で撮影された低角度の斜写真が有効である。これらは地形的起伏の少ないところにおいては大きな効果が期待できる。

小縮尺の空中写真を撮影するには 撮影高度を高くとるか あるいは短焦点(広角)レンズが使用される。一般に小縮尺の写真では映像が小さくなり たとえば細かな節理の判読のような場合には不適當である。また超広角(焦点距離5cm以下)レンズを使用して撮影された写真では 地形的に低い所が高い所の陰にかくれて見えなくなるという欠点がある。ことにわが国のように起伏量に著しい差があるようなところでは全く不利である。従来 比較的小縮尺(撮影原縮尺1/25,000以上)のものとしては ダム 都市計画 鉱業用等特定の目的で撮影されたものがあつたが これらはきわめて部分的であり かつその所在を調査すること および入手方法が煩雑でほとんど利用価値がなかった。従つて上述の縮尺1/40,000のものから引伸されたものを入手していたが もともとこれらの原板として国土地理院に保存されているものは実は複製原板であつて これらから良好な引伸印画は得られない。ところが最近 国土基本図作成の

ため 平野部は国土地理院 山地部は林野庁が分担して新しく撮影原縮尺 1/10,000 1/20,000~1/25,000 でもって撮影しつつありすでに 作業はかなり進捗している。

大縮尺の空中写真は 小縮尺の空中写真で大略の見当をつけた所の細部の判読 ならびに種々の測定に使用される。しかし地質境界あるいは構造線等は大きな地質構成の区分から見出されることが多く 個々の大縮尺の写真上では全く見当もつかないことは われわれがよく経験するところである。

結論として 定性的判読のみを考える場合には 小縮尺の空中写真が 定量的判読のためには 絶対的に大縮尺の空中写真が有効である。したがつて最大の効果をあげるためには 両者を併用しなければならない。定性的判読を主として考える時には 測定値の信頼性が犠牲になるが 小縮尺のものの方がより便利である。また小縮尺の写真の場合 種々の判読を行なうにあつて必要なコントロールが最少限で済み 取り扱いに便利である。

一般地質調査における空中写真の応用

空中写真上の地質観察は 野外における露頭観察とは根本的に異なっている。そもそも地質図は観察資料の集積であつて 観察地点ならびに観察資料の多少によってその確実性あるいは精度が 左右されるのである。しかしながら 野外における露頭観察には 非常な労力と時間とを必要とし 観察できる露頭の数には自ら限度がある。空中写真上の観察と露頭観察とは方法ばかりでなく 観察の結果 得られる情報の種類も全く異なっている。なかでも もっとも著しい違いは 後者が点の観察であり 点と点の間は推定によらなければならないのに対して 前者は広い範囲を一度に観察して 各地質単元相互の関係を面として あるいは立体としてとらえることである。しかし 岩石の種類決定 地層の時代や堆積環境の決定のためには 野外において実際に露頭で観察を行ない さらに室内における研究を必要とし そのための岩石試料や化石を採集しなければならない。このような観点からみて 空中写真判読は地質調査法の一つであるが 全面的に野外調査にとって代わるものではない。いいかえると空中写真判読と野外調査とは それぞれ長所あるいは特徴をもつた地質調査法である。調査の方法が多くなるとそれだけ資料が多くなることはいうまでもない。したがつて 野外調査だけによって作られた地質図よりは 二つの調査方法を併せて作られた地質図の方がより精度の高い確実なものとなるのは当然である。

空中写真の使用目的

地質調査に空中写真を利用することによってどのような効果があるかは 調査地域の自然条件（主として気候および地質）によって違うので一概にはいえない。しかし一般地質調査では 空中写真は 次のような目的のために使用される。

- 1 案内図（経路・設営地点の選定・踏査ルート・露頭位置の決定等）
- 2 野外調査用基図（観察資料のプロット・野稿図ならびに地質図の作成）
- 3 地質単元の識別
- 4 測定（走向・傾斜・層厚・面積・水系密度等）
- 5 岩質ならびに地質構造の解釈

作業順序

空中写真を応用した一般地質調査については別に定まった作業順序があるわけではない。すなわち 空中写真から判読される情報の量によって 室内作業と野外作業との均衡が変化し また調査目的によっても変化する。しかしながら 一般的には次のような作業順序が最も普通に行なわれている。

1 調査地域に関する既存資料の検討

これは既に野外調査で実証されている各地質単元が 写真上にどのように写っているかを検討することに重点をおく。すなわち 各地質単元と写真上の映像とを階調・肌理・模様・形態・大きさ等によって注意深く対比する。もし既存の資料が全くない場合には 予察のため現地調査が行なわれることもある。

2 調査に必要な基図の準備

既存資料の検討と併せて 基図として適当な地形図が入手できるかどうかを調べてみなければならない。もし適当な地形図がない場合には これを新たに作成—この場合空中写真から図化されたものが最もよい—するか これに代るものとして集成写真あるいはその他の写真地図を作成する。

- ### 3 既調査資料の訂正ならびに全地域の予察図作成
- まず第一に既調査地域の地質図の訂正 野外調査では見落されていた新しい資料を追加補充する。次に 前記1の検討によって明らかにされた基準および 前に述べた種々の識別要素によって空白地域の地質判読を行ない 全域にわたる地質予察図を作成する。この地質予察図上には 判読結果の確実 不確実の区別 野外調査を必要とする地域等を明示しておくことが大切である。

4 野外調査

野外調査は 予察調査と判読結果の現地検討とであり 始めと終りの2回に分けて実施するのが最も良い。しかし 時間的余裕がない場合には 地質予察図ができて問題あるいは野外調査を必要とする地域がはっきりした後の方が良い。この際 現地に空中写真を携行し 野外調査と平行してこれを利用すると非常に有効である。

5 地質図編集

室内および野外における観察ならびに測定結果は 写真上に直接または その上にかぶせた透明ないし 半透明のマイラーベースに記録する。これらを後述する方法によって偏歪を修整し 適当な縮尺に直して地形図に転写 編集して地質図を作成する。

以上 一般的な使用目的ならびに作業順序について述べたが 一般地質調査における空中写真の応用は室内における応用と野外における応用とに分けられる。

室内における応用は 非常に露出が良い場合 地質図作成に必要な沢山の資料が得られるが これが全部ではない 一般には表土や植物の被覆によって得られる資料には 著しい限度がある。

野外における応用は 野外調査と平行してその進展に伴って 臨機応変に行なわれるもので 前者のような限度はない。

室内における応用

一般地質図作成のための空中写真の室内における応用は その目的から 次の4つに分けることができる。

1. 既存地質図の訂正・補充
2. 既調査地域周縁部の地質図作成
3. 未調査地域の概査
4. 野外調査のための準備調査

1 既存地質図の訂正・補充

これは野外調査だけによって作成された地質図の空中写真による再検討である。このような再検討によって 各地層あるいは各岩石の分布の状態や構造線の位置等が より正確に把握でき 地質図をずっと精度の高いものとすることができる。また 野外調査では 把握することの不可能あるいは見落としやすい小さな断層 岩脈等を補充することができ 節理系などを明確に把握することができる。

2 既調査地域周縁部の地質図作成

これは既に地質がよくわかっている地域の周縁部の地質図の作成であり いくつかの地域的な既存資料を利用して ある一定地域の編集地質図を作る場合など非常に有効である。

地質がよくわかっている地域から周縁に向かって写真上に表われた表面的な特徴を手がかりとして地層境界や構造線を追跡するのである。すでに作業順序の所で述べたように第1に野外調査によって実証されている地質単元が写真上にどのように表現されているかを注意深く対比し写真上で各地質単元の区分の手がかりを見出しこれを空白地域内に向かって追跡する。この際非常に条件がよい場合でもこれらがあまり遠くまで追跡される場合には適当な間隔で現地検討を行なう必要がある。

3 未調査地域の概査

きわめて短時間に緊急目的のため接近困難な地域の地質資料を必要とする場合全面的に空中写真判読だけによる暫定的な地質図が作られる。このような地質図は非常に条件がよく地層境界構造線等が非常に正確にプロットされていても厳密にはあくまでも暫定的地質図である。

4 野外調査のための準備調査

一般地質図作成のため空中写真が最も普通に用いられているのは野外調査のための準備調査である。この調査は作業順序において述べたような順序で行なわれる。しかしその程度および内容は調査地域の自然条件によって非常に違いがあるのはもちろん調査目的によっても違いがある。適当な地形図がない場合には地形図の作成あるいは写真地図の作成から始めなければならない。調査地域全域にわたって露出がよければほとんど完全に近い地質予察図ができ柱状図を作成するにはどのルートが最も適当であるかどこに野外調査の重点をおけばよいかははっきりわかる。露出が良くない場合には火成岩と水成岩の大きな分布地質構造の一般的傾向断片的な特徴ある地層の境界などがわかるだけにすぎない。しかしこれだけでも適当な踏査ルートの選定露頭の位置地層の境界線の位置等を予測することができ野外調査の労力と時間をかなり少なくすることができる。

露出が悪く地質構造が複雑なところでは地質に関する情報はほとんど得られない。このような場合には空中写真は地理的位置を知るための案内図として使われるだけであるしかし普通の地形図にない小路を発見したり思いがけない小屋などがみつかるなど地形図より優れた点が多々ある。

野外における応用

野外調査に空中写真を携行して日々の作業にこれを利用することは非常に効果的である。野外ではまず第一に空中写真は案内図代わりとして用いられまた調査結果を記録するための基図として用いられる。空中写真を地形図代わりに用いる場合非常に細かくすべての地物が記録されていることは不便な点であるがまた優れた点でもある。地形図上に正確な露頭の位置をプロ

ットするには空中写真を仲介とするとよい。すなわち空中写真上には細かな地物までが記号ではなくそのものの形態と相対的な大きさで正確に記録されているためこれらを目印として露頭位置を正確にしかも手早くプロットすることができるのである。

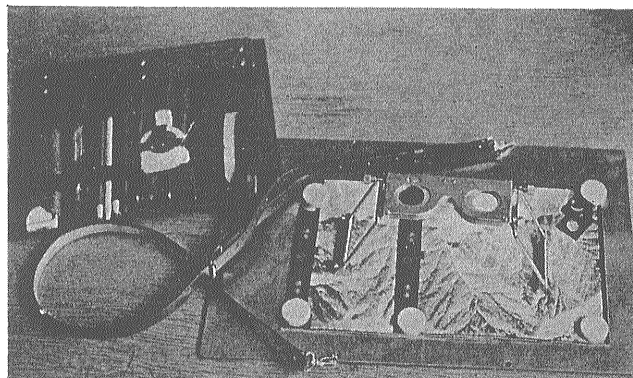
何といても野外における最も効果的な空中写真の利用は毎日これを現場に携行したり宿舎で検討することによって準備調査の結果およびその日その日の調査結果を確認・訂正しただちにその結果を次のルートあるいは次の日のルートの地質判読に活用できることである。このようにして毎日の調査ルートを無駄なく細かく決めることができ調査中にその時の情況に応じて有効に踏査ルートを変更することもできるのである。さらに写真上でとくに検討を要する地域において露頭がどこにあるかをすばやく見つけることもでき調査を必要としない地域—たとえば石炭調査を目的とした調査では火成岩分布地域—をあらかじめ調査の範囲から除外することもできる。

空中写真を野外に携行するにはいつでも手早く必要な写真を取り出すことができ野外用のレンズ立体鏡(第36図)あるいは裸眼で立体観察するのに便利なものがある。このような目的のためいくつかの保持具や保持具と立体鏡とが組み合わされたものが考案されている(第37図 第38図)。野外での観察資料は写真上に直接記録するのが手軽であるがこれは立体観察のじゃまになるからできるだけ早くマイラーベースに写し取って整理しておくことが望ましい。また観察地点を立体視しながら正確に写真上に指針し写真の裏面に番号を付し記録するのも1つの方法である。野外における露頭の観察結果は野帳に記録一時には見取り図をつけて—されるが多分に主観が入りがちである。したがってより客観性をもった露頭写真が記述に併用されている。

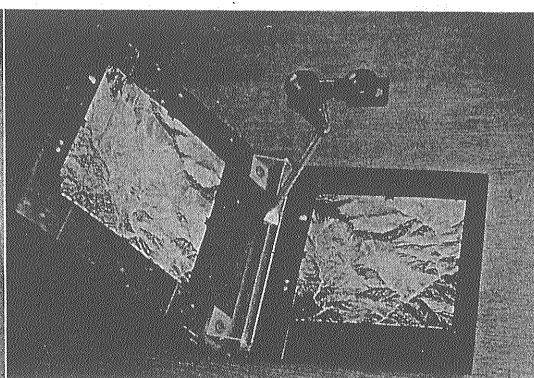
これに立体対写真を応用すれば野外立体鏡で簡単に3次元の姿が再現できて非常に効果的である。つまり同一露頭を適当な間隔の所から二度撮影すればよいのである。すなわちカメラから露頭面までの距離が撮影高度に相当し2つの露光地点の間隔が撮影基線長に相当するのである(第39図)。

さらに最近ポラロイドカメラの発達によって露頭の前ででき上がった写真に直接必要なデータを記入することができるようになりつつある。

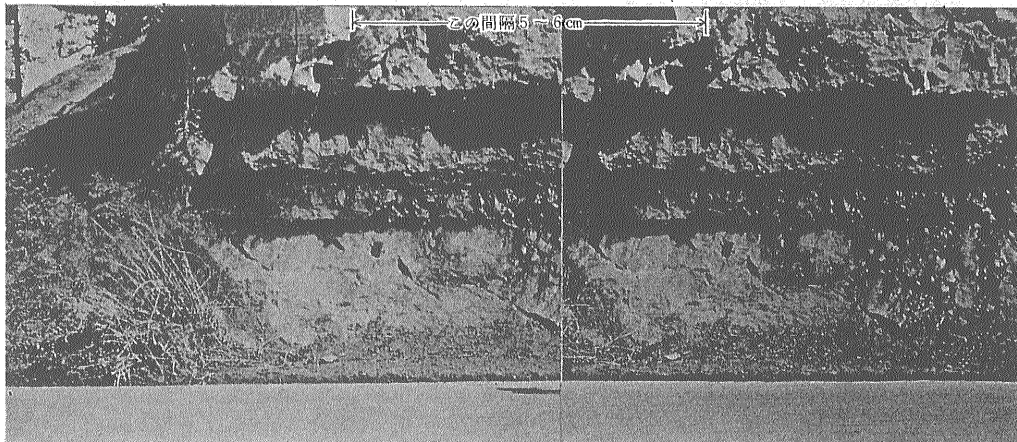
(筆者は地質部)



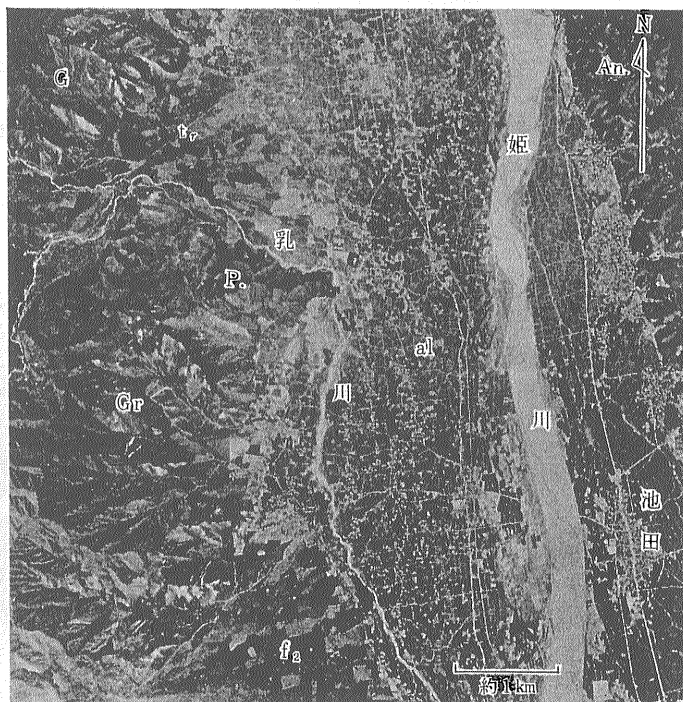
第37図 野外用レンズ立体鏡セット (保持板 立体鏡および文鎮500g) 付属品 (巻尺 刺針用針 コンパス マグニファイヤー 計算尺 文房具等およびケース) 2,520g



第38図 プリズム式野外用立体鏡 865g 左側の板には写真を入れるところがある



第39図 露頭の立体対写真 川崎市津田山における高津層の露頭面の一点から これに垂線を引き その両側の垂線に対して 約10°の角度をもって交わる線上から撮影したものである 本層は 細粒砂岩の薄層とシルト岩との互層からなり 砂岩は風化に弱く凹みシルト岩は上位のものほど風化に対して強く凹出している このような風化に対する抵抗の差によって生じた凹凸が 適度に誇張されている



第40図 長野県池田町付近姫川沿岸 西方の山地と東方の山地とは 極めて対称的な侵蝕地形の差が認められる。前者は主として花崗岩 (Gr) によって構成せられ 乳川の湾曲部に二疊紀の堆積物 (p) が小範囲に分布する。後者は新第三紀の安山岩からなる 西側の山脚部 河川の出口には見事な扇状地 (f_{1,2}) が 東側の山脚部には断続的に河岸段丘 (tr) が発達する。扇状地はその扇形の形態 頂部から放射状に発出する分流水系模様から 河岸段丘面は比較的明るい階調を示すこと、卓状をなす形態から それぞれ識別することができる。前者は主として果樹園として利用され 後者は居住地となっている。沖積地 (Al) は水田の示す土地利用の様相から容易にその範囲を知ることができ 現河床はもっとも明るい階調を示すこと、網状水系模様特徴的である