

# 空中写真地質講座

## (2)

松野久也

### 空中写真の観察

#### 写真索引図 (photo index map)

地質判読に限らず すべて空中写真を使用する場合 その撮影が計画通り行なわれているか どうかはきわめて重要なことである。

空中写真を撮影する場合 撮影士は常に空中で航空機の位置を標定しながら 作業を続けるのであるが 連続撮影する写真1枚1枚に対して確実な標定をすることは不可能である。 1例をとってみると 飛行高度5,000m 焦点距離 21 cm (普通角) のカメラで撮影する場合 航空機上で地上を観察している撮影士が自分の足の甲の幅だけ撮影コースから外れて見えるときには すでに 800m ぐらい外れていることになるのである。

従って 写真が計画通りに撮影されたかどうかを点検する作業 (撮影標定) が必要となる。 すなわち 撮影作業中その日その日の撮影分のフィルムを迅速に現像しこれを点検し 種々の撮影上の不備を調べ 不備がある場合補備撮影が行なわれるのである。 撮影標定は目的によってそれぞれ基準が異なるが いずれの場合においても もっとも重要な項目は 次の通りである。

#### 1. 撮影区域全域が立体視できるように写真画面に含まれているか

これは撮影標定において もっとも重要な項目であって 各撮影コースの両端において 区域外に主点をもつ写真が各1枚はなければならない

#### 2. 撮影コースは直線であるか

第8図 a に示す通り 航空機の偏流 (drift) によるコースの湾曲がはなはだしい場合には 立体視有効面積が非常に小さくなる

#### 3. 飛行高度は正しいか

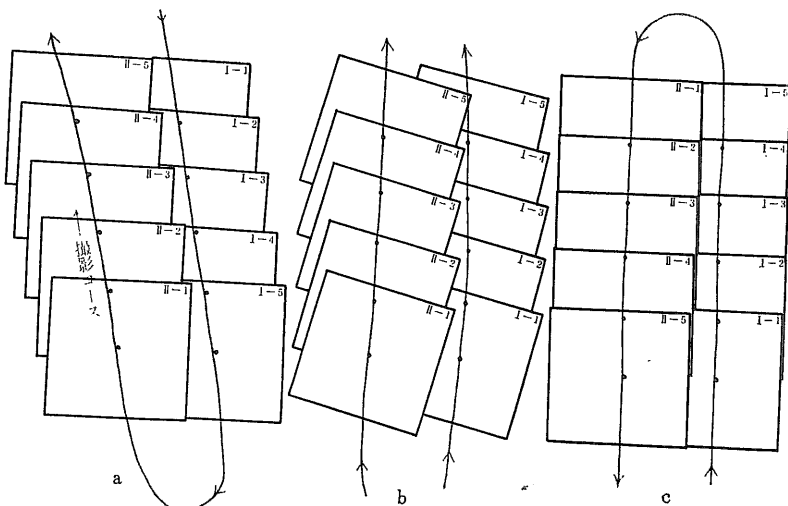
各写真ごとに記録されている高度計の目盛を撮影記録の大気温度で修正して 設計と照合されなければならない 飛行高度の変化は 撮影面積 (縮尺) の変化 ひいては重複度の過不足をもたらす (第10図)

#### 4. 写真画面の重複度は正しいか

すでに述べたように 重複度は同一コース内で隣り合う写真の間で 60% 隣り合うコース間で 30% を基準としており 前者において 55% 以下 後者において 10% 以下のものがあってはならない 地形の高低のはなはだしい所で高い所の重複度がいちじるしく不足したり 全くなくなることもあるので とくに注意を要する (第9図)

#### 5. 写真画面が水平であるか

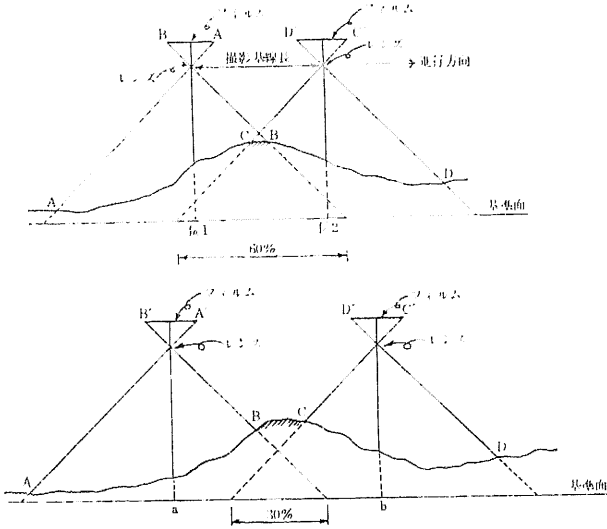
カメラ軸が鉛直線に対していちじるしい傾きがあってはならない たとえば森林判読の場合 5度以上あってはならない しかし これは標定に際して困難な問題である すなわち 概略の傾斜角は各写真に記録された水準器の気泡像によって判定できるが 水準器の気泡には 遠心力の作用や 移動における時間的遅れがあつて 地面と気泡とがたとえ同時に撮影されたとしても 気泡像の位置は必ずしも撮影瞬間におけるカメラの傾きを示していないのである



← 第8図  
撮影コースの点検結果 (各コースは南北方向で東風があつたと仮定)

- a. 航空士が drift の補正を失敗した場合
- b. drift の補正は行なわれたが撮影士が crab の補正を行なわなかった場合
- c. 航空士・撮影士共に必要な補正を完全に行なった場合

注 I. II: コース番号  
1~5: 写真番号



第9図 地形の高低による重複度の変化

図に示すような地形の高低がある場合 同コース内でNo.1およびNo.2の両写真間で 高所においてきわめてわずかな重複度(BC)しか得られず(上図) a, b 両コース間で BC間の重複が全く失われる(下図)ことがある

6. 飛行方向に対するカメラの旋回角

飛行機が風の影響を受けて 進行方向と機首方向とが一致しない(crab)場合でも カメラは常に進行方向に正対させて 写真の両側が撮影コースに平行に保たなければならない(第8図b)

以上のような撮影標定によって 撮影の万全を期するのであるが 何れも許容限度内の不備は避けられないものとみてよい。従って 空中写真を使用するに当たって 写真をならべて 上記の諸点について一応の点検を行ない(第11図a) 地形図がある場合には 各写真の主点を

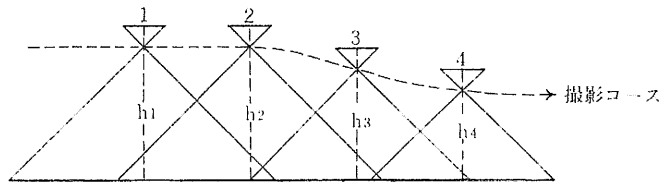
地形図にプロットし あわせて撮影コース番号および写真番号を記入した図面(写真索引図)を作っておく必要がある(第11図b)。この写真索引図によって 必要な場所の写真を容易に取り出すことができ かつ立体観察する場合の写真の位置が手早く決定できるのである。

観察方法

空中写真は 印画紙に焼付けられたものが広く用いられており 単写真あるいは集成写真(photo mosaic)として観察される場合も多いが もっとも普通には立体写真として反射光線のもとで観察される。立体鏡に应用される種々の高低を測定する器具の大部分は 印画紙に焼付けられた写真を使用するものである。

印画紙には光沢 半光沢 無光沢がある。光沢印画紙は膜面が薄く平滑であって 反射光効率がよく ことにフェロタイプ処理を行なった場合には微細な点がよく観察される。すなわち 透明ラッカーを塗った家具の木理が良く観察されるのと同じである。しかし 光沢印画紙は縁から捲れ上がりやすく ちょっとした折れ曲りによって膜面に亀裂を生じやすく また鉛筆やインキで直接記入できないと云う欠点がある。半光沢や無光沢のものは 微細な点が観察できないという欠点があるが 丈夫であり鉛筆やインキで直接記入できるという利点がある。従って室内研究には前者が 野外における使用には後者が便利である。また印画紙焼付写真を透過光線で観察するのも一方法であって 反射光の場合よりさらに微細な点を観察することができる。

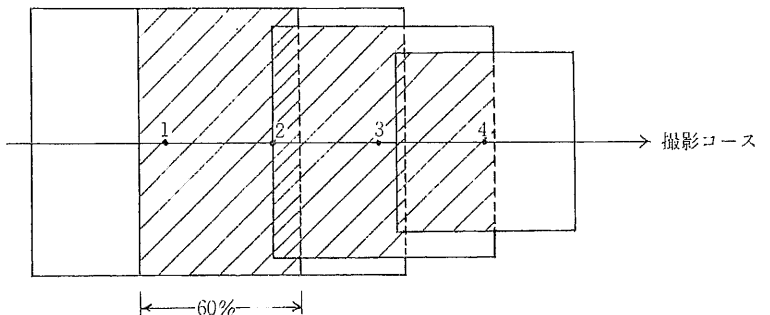
最近では 透明陽画を用いて立体模像を作る原理を応用した二重投影機 たえば ケルシュ・プロッターが



第10図

飛行高度の変化と撮影面積(縮尺)の変化

$h_1 = h_2 > h_3 > h_4$  になると撮影面積は  $1 = 2 > 3 > 4$  一定間隔において自動的に露出される場合 撮影基線長はほぼ一定であるから必要な重複(斜線)度が得られなくなる



漸次地質判読の分野において使われつつある。また黒白写真のほか 色彩写真も広く地質判読に用いられている。以上観察方法 照明 写真の種類の一覧表に示すと 第2表の通りである。すなわち 観察方法は大きく分けて

- 1. 単写真による観察
- 2. 集成写真 (あるいは orthophotograph) による観察
- 3. 立体対写真による観察

の3つである。

単写真による観察

写真を単写真として観察する場合 通常写真面に直角な方向から観察する。しかし 光源の位置を変えながら 斜方向のいろいろな角度から観察してみると ある位置で立体観が得られ 写真面に直角な方向からでは識

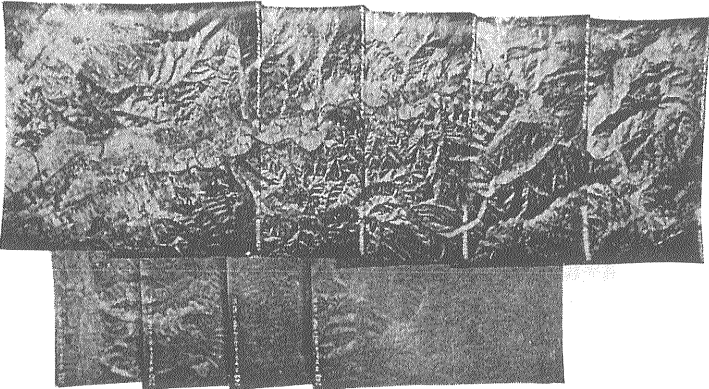
別できないような線状の特長まで観察できる。この場合撮影光線が観察者の前方から観察者に向かってきたような位置 換言すれば北半球の写真では 一般的にいて 写真上の北を手前側に置いた位置でみると 立体観察器具を用いなくても 単写真で立体感が得られる。

晴天時に撮影された写真の場合には 建築物や樹木の影がはっきり写真上で識別でき また山腹の北斜面は南斜面に比べてずっと暗くなっている。撮影時刻が正午であれば 影は短く北にのびており 午前中であれば北西に 逆に午後であれば北東に傾いている。

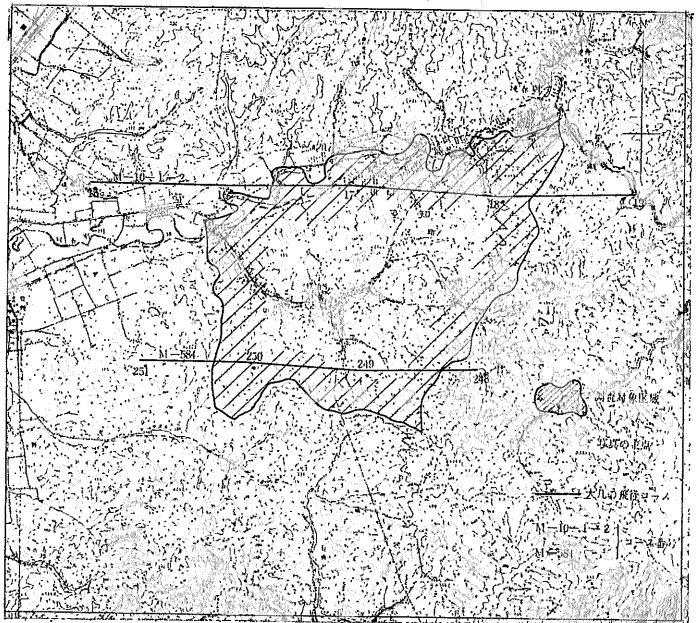
写真を観察する場合 何れの場合についてもいえることであるが 地質およびこれに伴う各現象の相互関係を広く把握する場合には 小縮尺の写真が便利であり 微細な特長を観察したり 種々の測定を行なう場合には 大縮尺の写真が便利である。

集成写真(あるいは orthophotograph)による観察

集成写真とは 調査あるいは研究対象地域を一望に収めるため 地域内の写真を貼り合わせたものである(第12図)。集成写真には 使用目的 換言すれば必要とする精度に応じて 厳密集成写真 半厳密集成写真および略集成写真に分けられる(後述) これらは必要に応じて適当な縮尺に縮小して用いられ 種々の基図あるいは工事の計画図としての目的が主である。地質学の研究の分野では 野外ならびに室内における立体写真からの観察事項のプロットに用いられ さらに適当地形



第11図 a 索引集成



→ 第11図 b 写真索引図

図のない地域の調査には 地質図の基図として使用される。 集成写真による観察は 調査あるいは研究対象地域を全面的にみることができ 多くの地質学上のあるいはこれに付随した特長の相互関係を 把握できる点で優れている。

orthophotograph (第13図) は 空中写真の映像が その高さと中心からの距離に比例して 放射状に偏位しているという欠点 ならびに高さに比例して 縮尺が変化するという欠点を除去された写真(後述)であって 地形図のように 全体的に一様な精度をもつように作られたものである。 この写真による観察とその効果は 集成写真と同様であるが 作成技術上避けられない欠陥があって 微細の特長の観察には適していない。

立体対写真による観察

単写真あるいは集成写真による観察からも かなり多くの現象が判読できるが 立体対写真による観察から得られる情報は前者の数10倍にもなり その有効なことはいくら強調しても 過大評価となることはないくらいである。(第14図)

細かい線や肌理 (texture) の差のような詳細は 単写真あるいは集成写真でははっきりみることができない。 さらに地表でさえ観察することのできない現象までその立体像にはっきり示されるのが普通である。 何といっても立体観察の最大の強みは 垂直距離が実際より誇張 (vertical exaggeration) されることである。 すなわち 立体対写真で観察される立体模像では 山は実際より高く 斜面は実際より急にみえるのである。 われわ

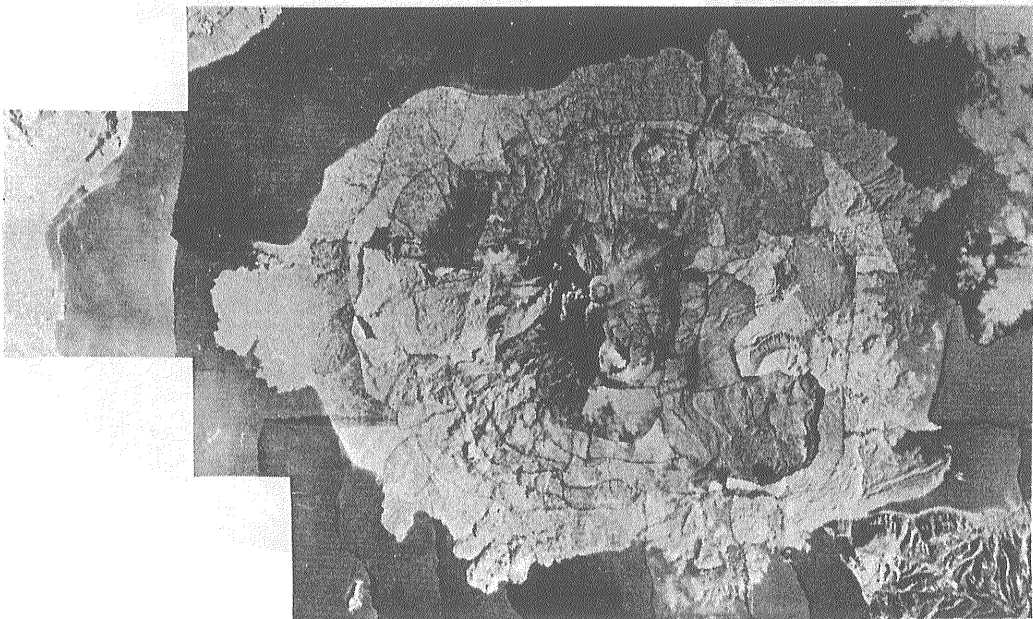
第2表 観察方法の分類

単写真	印画紙	反射光 (透過光)	肉眼 (透写台)
	透明陽画 { フィルム焼付 ガラス乾板焼付	透過光	透写台 肉眼
集成写真	印画紙	反射光	肉眼 *
orthophotograph	印画紙	反射光	” *
	印画紙	反射光	レンズ立体鏡、プリズムまたは鏡立体鏡 肉眼
立体対写真	印画紙	反射光	
	透明陽画 { フィルム焼付 ガラス乾板焼付	透過光	二重投影機

\* 集成写真および orthophotograph は地形図の代りとしての用途の方が主である orthophotograph は均一な縮尺をもち地形図のような性質を備えた写真である

れが明視距離(約25cm)で物を見るとき その視角は約7度である。 空中写真では この明視距離に相当する飛行高度に対して われわれの瞳孔距離に相当する撮影基線長が非常に長い。 すなわち 視角が非常に大きくなっている。 この大きな視角で撮影された写真を われわれの視角で見直すために垂直距離が水平距離に対して 数倍も誇張されてみえるのであって 撮影基線長が長くなればなるほど すなわち 重複度が少なくなればなるほど 垂直誇張率は大きくなる(第15図)。 このため 断層の破砕帯に沿う小さなくぼみも 数倍の深さとなって観察され 異なった岩石間の侵蝕による小さな起伏の差も 実際より強調されるなど地質判読には非常に偉力を発揮するのである。

また 左右の写真の位置をおきかえて 反立体 (pseudo-stereoscopic) 観察を行なうのも一方法である。 反立体観察では 山は谷のようにくぼんで見え 逆に谷



第12図

桜島の略集成写真(巖山・西村 作成)

は山のように突出してみえ あたかも地下から地表面を見上げているかのように見える(第16図)。 反立体観察の利点は水系があたかも細い切り立った稜線のようによく観察できることであり さらに 正常な立体観察では求められない細部が観察されることがある。

このように 立体観察は空中写真による地質判読に欠くことのできないものであるが 鏡立体鏡は野外に携行が不可能である。 また 野外用としてレンズ立体鏡があるが 視野が狭く 観察する場合 主点間隔を瞳孔距離に等しい約50~60mm (鏡立体鏡では約260 mm) に標準しなければならない。 この距離は写真の画割 (18 cm×18 cm ~ 23 cm×23 cm) に比べて著しく写真の取扱いがきわめて不便である。 したがって 野外で空中写真を使用する場合 肉眼で立体視できるよう修練しておくこと非常に好都合である。 また 本講座で すべての立体写真は 主点間隔を瞳孔距離に各々等しく 5 cm を基準として 2枚ないし 3枚の写真を配列し 肉眼で立体観察できるようにしてあるので 肉眼による立体観察を習得することを勧めたい。 肉眼による立体観察は練習以外にはない。 その習得は個人個人によって異なり 早くできるようになる人もあり 非常に努力を要する人もある。 以下 もっとも簡単であり 広く用いられている練習方法について述べてみよう。

この方法は 一對の立体写真 15cm×20cm 位の大きさの白い厚手の紙を使用するものである。 先ず始め

に 両方の写真上のある特定の映像を 約 5 cm 離しておき その間に前述の白い紙を立てる。 次に この紙の上端に顔を近づけ 右の眼で右の写真を 左の眼で左の写真が見えるようにする。 この状態で 両方の写真上の共通の非常に見やすい映像——例えば大きな建築物あるいは白く光った崖のようなもの——を左右それぞれの眼で注視し 両方の映像が互に重なり合うように努力する。 これでもし 両方の映像が合致しないときには 両方の写真を動かして 両方の映像が重なり合う所まで距離を調節する。 こうして 両方の像が完全に重なり合った所で立体的に映像が見えるのである。 これに成功したら 次に間は間の白い紙をとり除いて上述の練習を繰り返し ある一定時間持続して立体観察できるようにする。

1~2分これが持続できるようになったら ある程度の距離の違いは 眼球の動きによって調整できるようになる。 したがって こうして立体観察しながら 両方の写真の間隔を徐々に離すことを試みるのである。 筆者の経験では 眼からの距離 60cm で約 14cm の間隔にある両映像を完全に重ね合わせることも可能である。

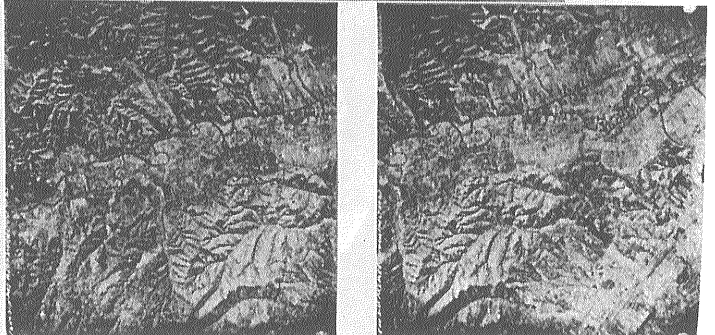
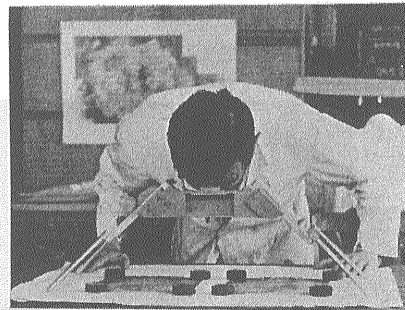
上述の方法で不可能な場合には 最初に実際の写真上の映像の代りに 白い紙に黒い点(径1~2 mm)を書いたものを 2枚用意し これを用いて練習し 両方の黒点が完全に重なり合うようになった上で 実際の写真で練習を行えば容易である。

(筆者は地質部)

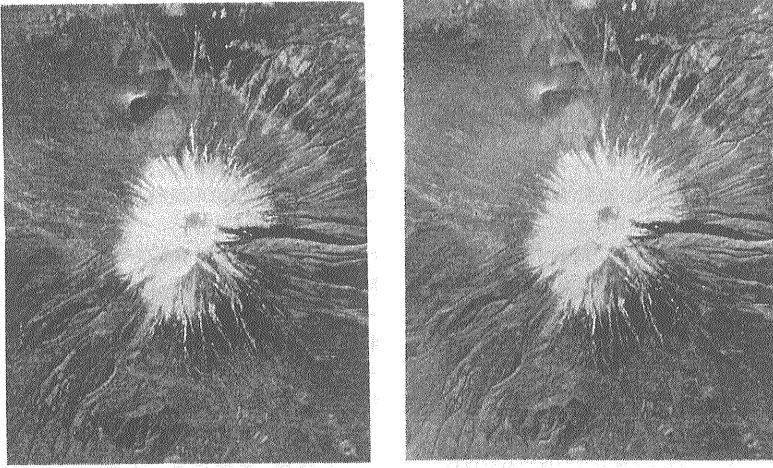
[注 図表の番号は 第1回からの通し番号]



第13図 orthophotograph と同一地域の鳥瞰写真  
左…鳥瞰空中写真の一部 映像の各点の起伏による偏位に起因する送電線の歪曲を示す 右…同一地域の orthophotograph 起伏による偏位が完全に除去されていることを示す (U.S.G.S. Professional Paper No. 373 Fig. 47 から)



第14図 鏡立体鏡による観察



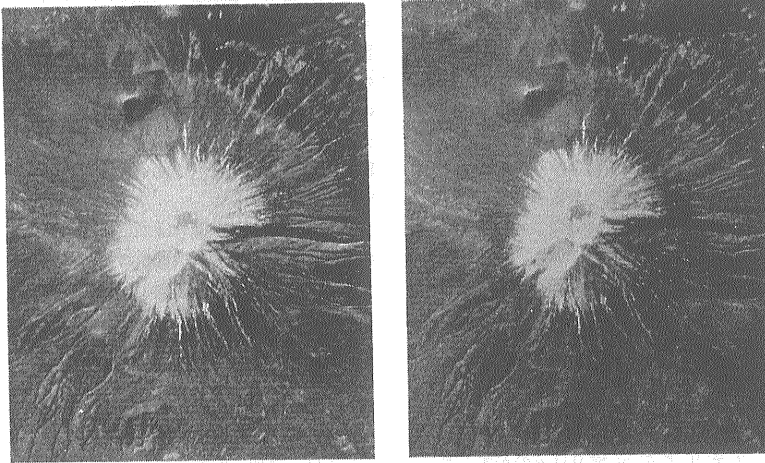
注  
 空中写真は国土地理院  
 で掲載承認済み

←

第 15 図  
 重複度の差と垂直誇張の  
 変化 (富士山)

上…約 85% 重複  
 下…約 94.5% 重複

下に比べて上がずっと  
 高さが誇張されている



→  
 第 16 図  
 反立体視観察の例

(本誌 No. 86 p. 4  
 第Ⅵ図版と同一  
 地域の一部)

