

空中写真地質講座

(14)

基図作成

松野久也

地質に関する調査研究をはじめとして すべて土地に関する調査計画にとって 地図は不可欠なものである。すでに本講座の冒頭において述べたように 現在空中写真の最も主要な使用目的は 地形測量である。この分野は最近飛躍的に発達し 地形測量といえば 精度ばかりでなく費用の点からも空中写真測量が常識とさえなるところまで進んでいるといっても過言ではないようである。事実 わが国において縮尺も50,000分の1および25,000分の1の地形図が写真測量によって 修正され また改測されて次々に出版されつつあり また国土基本図をはじめとして 国土従貫道路や電源開発のような建設工事に必要な5,000分の1 2,500分の1 1,000分の1というような大縮尺の地形図の作成も 写真測量によって行なわれるようになってきている。

わが国のように 全国にわたって 縮尺50,000万分の1の地形図があり また部分的にはさらに大縮尺の地形図が作られており しかも容易に入手できるところは 全世界の陸地の何分の1かであり ほとんど大部分の陸地は地形測量が全く行なわれていない状態である。このようなところの地質調査はもちろんのこと わが国のようなところでさえ調査目的によっては その調査に見合った縮尺の地形図を新しく作成する必要がある。これには 地上の基準点の設置 基準点網の地上測量 撮影 (あるいは既存の空中写真上に基準点の刺針) 図化作業と—従来の測量法によるよりは非常に労力ならびに費用が軽減されるとはいうものの—多大の日数を要するのである。

本講座(5)において述べたように 空中写真は地表の詳細をそのまま記録しているため 等高線と記号とによって表現された地形図より 現地における案内図として ある点ではすぐれており とくに条件のよいところでは地層の境界 褶曲軸 断層などの特徴までをはっきり識別することができる。また 野外の観察データを写真上に記録された地物の関係位置から写真上に正確にかつ迅速にプロットすることができる。これら写真上に記録されあるいはプロットされた地質データは 地形図を作成する際 地物を地形図上にプロットするのと同様に かつ 同一精度をもって地形図上にプロットし あるいは 既成の地形図上に移写できるのである。したがって 空中写真さえ入手できれば 地形測量と平行

して あるいはその前にさえ地質調査を実施することができるのである。この場合あらかじめ ばらばらの写真から全域を含む応急的な平面図を作成しておくことが全体の関係を把握するのに必要であり また野外調査にあたって正しい平面位置や縮尺をチェックするためにも必要なことである。また 予察調査の場合には こうして作成された応急的な平面図だけでじゅうぶん目的を達成することができる。

以下 地形図作成については 多くの写真測量に関する参考書が出版されている (本講座10文献参照) ので これらに譲り ここでは簡単なほとんど設備や器機を必要としない基図として応急的な平面図を作成する方法について述べることにする。

写真地図 (photo-map)

空中写真を利用した最も簡単な平面図は 写真そのままを利用し これに方位 縮尺 必要な地名 行政区画 記号 (時に等高線も記入される) を記入した写真地図である。この場合1枚の単写真でしゅうぶんなこともあるが 普通は対象とする区域が何枚もの写真にわかれて撮影されているので これらをはり合わせて作られるのが普通である。このような写真地図を 集成写真 (photo-mosaic または単に mosaic) という。

集成写真 (mosaic)

集成写真は その集成方法によって 略集成写真と厳密集成写真とにわけられる。

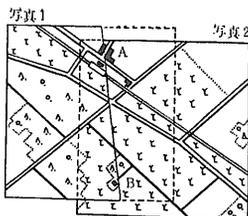
略集成写真 (uncontrolled mosaic)

略集成法とは 土地の起伏による映像の偏位 (relief displacement または radial displacement) 写真の傾き あるいは 飛行高度の変動に伴う写真縮尺の変化などを無視して 撮影されたままの1枚1枚の写真が正しい現地の地形を示すものと仮定し これをはり合わせた写真地図である。さらに必要に応じて 地名 行政区画のほか地物などを記号化して着墨したうえで 所定の縮尺に引延しあるいは縮小して 普通の地図のような形式のものとするのである。集成方法には 次のような方法

があるが それぞれ一長一短がある。

1. 地物集成

この方法は隣り合う写真の重複部を利用して 両方の写真上の顕著な同じ地物 たとえば第107図に示すようにA Bが重なり合うように写真を並べてはり合わせて行く方法である。この方法では 地物のつながりがあとに述べるような方法に比べて うまくゆが 各写真の相対的な位置を正しく決定することができないという欠点がある。この方法で多くの写真をはり合わせて行くと始めの写真と最後の写真とでは その方位が著しく斜交するようなこともおこってくる(略集成法の誤差—後述—を参照)。したがって 地物集成は狭い区域の数枚の写真をはり合わせるような場合にだけ 用いられる方法である。地物のつながりを重視するこの方法でも土地の起伏によって生ずる映像の偏位 写真の傾きによる縮尺の部分的変化があるために すべての地物を完全につなぎ合わせることは不可能である。

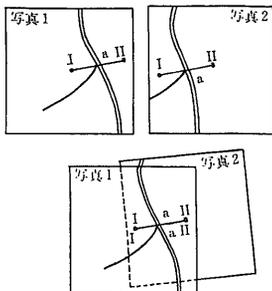


第107図 地物集成 接合の基準とする地物AおよびBは できるだけ同じ高さにあるような地物であり かつ写真基線をはさんで ほぼ対称的な位置にあることが望ましい

この方法は 前に述べた地物集成に比べて 地物のつながりはよくない。しかし 撮影コース全体としてみて 各々の写真の関係位置が正しく決定される点で 地物集成法よりすぐれている。写真基線集成法の1つとして 菱形鎖による集成法がある。これは 後に述べる射線法によって菱形鎖(第109図)を組んで 台紙上に展開された各写真の主点位置と基線方向に 各々の写真の主点と基線方向とが合致するようにはり合わせて行く方法である。この方法によれば 広い地域にわたって各写真の相対的な位置が正しく決定されるが 接合部における地物のつながりに対しては 全く配慮がなされない。

2. 写真基線集成

この方法は 隣り合う写真の写真基線のほぼ中央に近い所に選んだ適当な地物を 測針を用いて合致させ あわせて 両方の写真基線の方向を合致させ 次々と一連の写真をはり合わせて行くのである(第108図)。

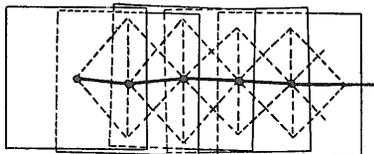


第108図 写真基線 写真1 2の写真基線のほぼ中央にある顕著な点a, a'を測針をもって合致させ かつ写真基線I II'とI' IIを重ね合わせて 写真の方向を決定する この場合 写真の接合部の地物のつながりは考慮されない

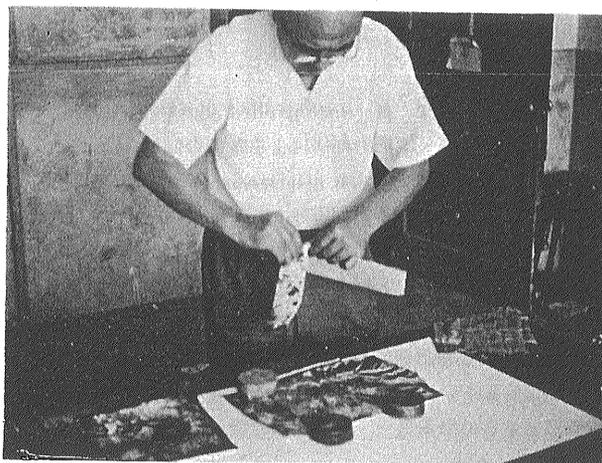
集成作業

ここでは略集成法の場合についてだけ述べる。これはあくまでも一つの基準であるから 事情に応じ適当に変更して作業を進める(第110~114図)。

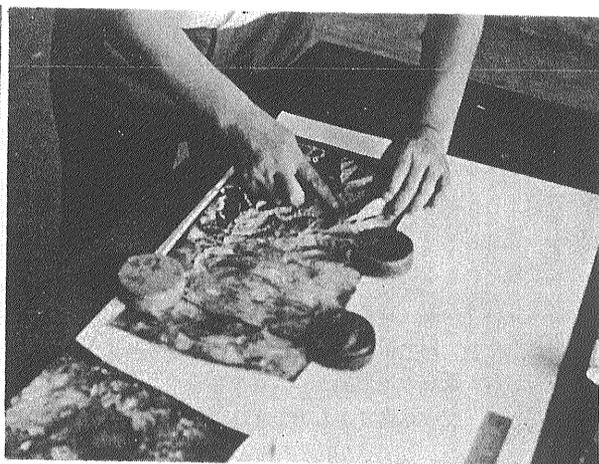
- 1) 集成しようとする全部の写真を地物の接合に従ってあるいは台紙上に展開した主点位置と写真基線の方向にしたがってならべ仮集成して 文鎮で圧定する。



第109図 射線法によって組まれた菱形鎖によって展開された各写真の主点(A-F)と写真基線の方向(太線)菱形鎖による集成は、上述の主点位置と写真基線の方向に従って写真をはり合わせる



第110図 あらかじめ展開した写真主点と写真基線に従って仮集成した後 重複部の中間に近いくい違いのあまり目立たないとこを境にして各写真を切断する



第111図 集成しようとする写真の関係位置を決定する 続いてはり合わせの目印線をつけながら はがして行く この場合は集成しようとする撮影コースの真中から両端に向かって集成を行なった

- 2) 写真間で接合部の食い違いのあまり目立たない しかもあるべく重複部の中間に近い所を境にして各写真を切断する。この場合あらかじめ切断線をグリス鉛筆その他で印をつけておき これに沿って鋭利な刃物で膜面に斜めに切り目を入れ必要な側の膜面を薄く残すように反対側を破りとる (第110図) さらに切口は裏から紙やすりをかけてはり合わせるときに目立たないように薄くしておくとい
- 3) 集成しようとする写真の関係位置が定まったならば 最後の写真からはじめて 次々にグリス鉛筆ではり合わせの目印線をつけながらはがして行く (第111図) はり合わせは上と反対に裏にのりをつけながら次々と目印線にしたがってはり合わせて行く このとき 目印線だけを頼りにしてはりつけ (第112図) このとき決して部分部分をさらによく合わせようとしてはいけない (第113図) もしそうすると全体の関係がくるって かえって収拾がつかないようになる
- 4) はり合わせが終わったら (第114図) 必要な部分を残してマスクをかけ 修正整飾を行なう 集成写真の台紙はなるべく紙質の硬いケント紙あるいはアルミケント紙などがよい または布の上に厚手 (150斤位) 模造紙をはりつけたものを使用する のりはショウフのりあるいはメリケン粉を煮たものがよい 着墨して脱銀する場合にはコンニャクのりを使用する

略集成法の誤差

空中写真は たとえ完全に飛行高度が一定で カメラの光軸が基準面に対して鉛直に保たれた上で 撮影されたとしても 土地が完全に水平かつ平坦でない限り 放射状偏位があるため隣り合う写真上の全部の地物を完全につなぎ合わせることは不可能である。略集成法ではとくに一部分だけをよく合わせると 必ず他の部分に大きくなるいがかでてくる。したがってとくに重要な部分をよく合わせて 他の部分を犠牲にするか あるいは全面にわたって誤差を均等に配分するかなければならない。単一の飛行コースだけを集成するのは 比較的簡単であるが 2つあるいはそれ以上のコースの写真を集成することは非常にむずかしい。

地物集成法による場合には とくに写真の傾きや地形

の起伏による部分的な縮尺の違いによって 一連の写真が著しく曲って集成されることがある。第115図は一連の写真が一樣な傾きをもって撮影された場合であり 第116図は飛行方向に平行して山地と低地がある場合である。

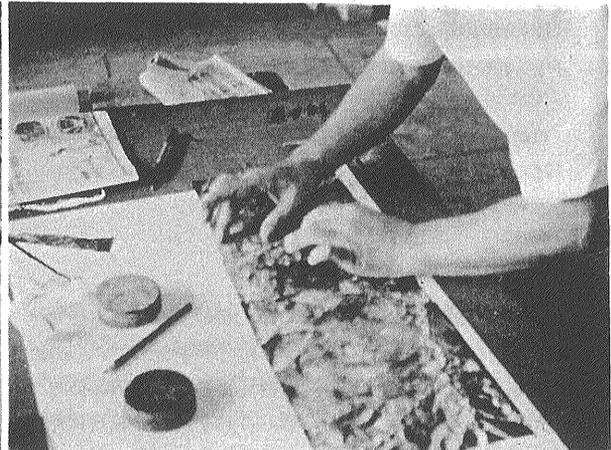
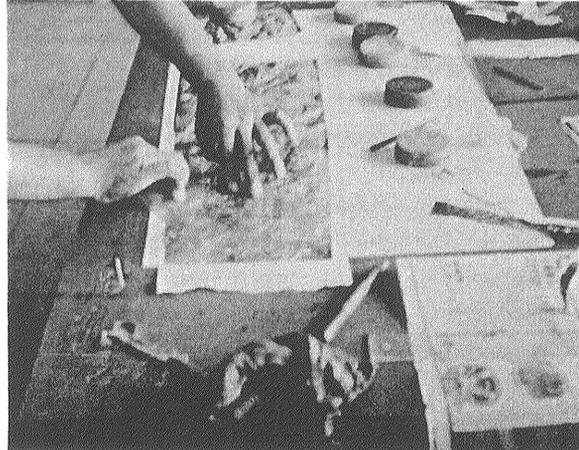
厳密集成写真 (controlled mosaic)

厳密集成は 偏歪修正機によって飛行高度の変動による写真縮尺の変化を補正 (第117図a) して 同時に撮影時における写真の傾きを修正して鉛直写真になおし (第117図b, c, d) 一定縮尺の写真を作り これらを台紙上に展開した基準点に合わせながらはり合わせて行く方法である。しかし 偏歪修正によっても 高さの違いによる放射状偏位は除去することができないため 自から厳密集成法にも適用限界が生まれてくる。厳密集成法の適用は 求める写真地図の精度によって決まるものである。これをきわめて厳格にいえば 水平で平坦な土地にだけ限られるものであるが 一般には求める写真地図の「縮尺の分母数の $1/250 \sim 1/500$ 」m以下の高低差の地域に適用するのが限度とされている。いま仮に 高低差の許容範囲を「縮尺の分母数の $1/500$ 」mとすると $1/5,000$ の写真地図を作ろうとする場合には 10m以内の高低差の所にだけ適用できることになる。いま仮に 焦点距離(f)=21cm の写真を用いて 縮尺(s)= $1/50,000$ の写真地図を作ろうとすると 23cm×23cmの画割の写真の周縁に近い部分 すなわち 主点から距離(r)=100mmのところで 起伏偏位量 (4d)=1mm 以内におさまる高低差(4h) を求めてみると (本講座(1)参照)

$$H = \frac{f}{s} = \frac{0.210}{\frac{1}{50,000}} = 10,000\text{m}$$

$$\Delta d = \frac{r \Delta h}{H} \text{ 式から}$$

$$\Delta h = \frac{10,000 \times 1}{100} = 100\text{m}$$



第112図 はり合わせは第111図に示した順序を逆に真中の写真から次々に裏に糊をつけて 目印線を頼りにしてはりつけて行く 写真ははりつけたら 中央部から外側に向かってこてでしごき 余分のりをしぼり出しぬれた雑巾でぬぐいとる

第113図 はり合わせる時 あくまでも接合部の目印線だけを頼りにして貼り合わせて行き 決して部分部分をもっとよく合わせようとしてはならない



第114図 はり合わせが終わったら 次に必要な部分を残してマスクをかけ 修正整飾を行なう 写真の縁に沿って目印線が残っていることに注意

となる。写真の重複度が大きい場合には 写真の真中の部分だけを使用して集成できるので r が $1/2$ となれば $4d$ を一定にすると $4h$ が 2 倍の 200 m が適用限界となる。この平面位置のずれは実長で 50 m となる。偏歪修正は地面が平坦であるという仮定で行なうのであって 高低差が大きくなるとそれだけ水平位置のずれが大きくなり 作業上不都合を生ずる。

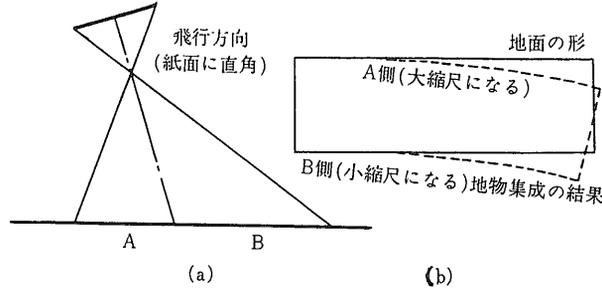
正射投影写真 (orthophotograph)

正射投影写真とは すでに本講座 (2) で触れたように 均一な縮尺で地形図のような性質を備えた空中写真である。これを簡単にいえば映像の歪がなく直接その上で水平距離を測定することができる写真地図である。現在 アメリカ合衆国では オルソホトスコープ (ortho photoscope) という機械を用いて長さ 10 mm 幅 1 mm の細いスリットを通して部分ごとに 高低差に起因する偏位と写真の傾きによる映像のずれを補正しながら 印画紙に焼き付ける方法がとられている (BEAN, R.K.D. THOMPSON, M. M. 1957)。しかしながら こうして作られた 正射投影写真は 高低差が約 15 m 以内の所では 経費の面ばかりでなくその精度の点でも 厳密集成写真には到底及ばない状態にあるようである。

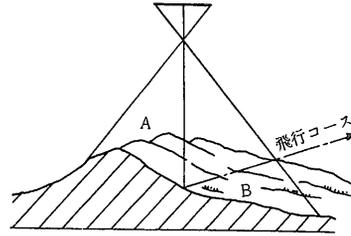
わが国でも 現在各方面で正射投影写真の開発のための研究が行なわれている。そのおもなものは 等高線と等高線の間ごとに 写真の引き伸し倍率を変えて焼き付けたものを はり合わせる方法 あるいは 始めから 1 枚の印画紙に部分的に縮尺を変えて焼き付ける方法である (第118図)。もし精度の高い正射投影写真が容易に入手できるようになると 種々の測量 土木工事 地質その他の調査のため ある面では写真の利用が非常に簡単になり かつ著しい効果があがることは 疑いのないところである。

無補正平面図

正確な測定を必要としないで 単に調査データをプロットしたり あるいは 大ざっぱな予察調査のための基図として使用する場合には 簡単に写真から直接必要な水系 道路 稜線等をトレースしこれを所要の縮尺に拡大



第115図 一様な傾きをもった写真を地物集成する場合に生ずる彎曲



第116図 飛行コースに平行して山地と低地がある場合 山地側(A)では写真縮尺が大きくなり 逆に低地側(B)では小さくなる この場合地物集成の結果は第115図に示した場合と同様になる

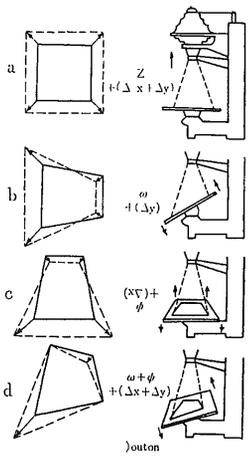
(縮小) 描図する方法が用いられる。単写真 (あるいは集成写真) を利用して 写真と同じ縮尺の平面図を作成するには 次のような方法が用いられる。

1. 直接透写

写真の上にトレース用のシートを重ねて 透写台上で 写真の裏面から光線をあててトレースする方法もあるが 普通には 立体対写真の一方にトレース用のシートを重ねて 立体鏡下で立体視しながらトレースする方法がとられる。トレース用のシートとしては 片面をつや消しにしたアセテートの厚さ 0.007~0.008 mm 位のものが 透明度もよく 伸縮が少なく 非常に効果的である。ただしこれを使用する場合 油は禁物であるから 墨入れする時はあらかじめ ベンジンで表面の油気や汗をよく拭いておき 手に汗取りのためベビーパウダーを散布しておくことよい。

2. 鏡立体鏡による移写

この方法は カメラリングの利用に似た方法である。左側の鏡の下に写真を置き 右側の鏡の下に用紙 (この場合には製図用紙がよい) を置いて 立体鏡を通してみると 用紙の上に写真像が重なってみる。このため 用紙の上に鉛筆の先を持って行くと 鉛筆の先が写真の上にあるかのように見え 写真上に記録された必要な地物や地質データを用紙上に移写することができるのである。この方法を用いるには 両眼の視覚が正常であり 写真と用紙を照らす照明のバランスがとれていなければならない。



第117図 偏歪修正機は正確なきわめて大きな引伸機である
 a: 飛行高度の変化による倍率(縮尺)の修正
 b: は前後の傾きの修正
 c: 左右の傾きの修正
 d: 斜め方向の傾きの修正

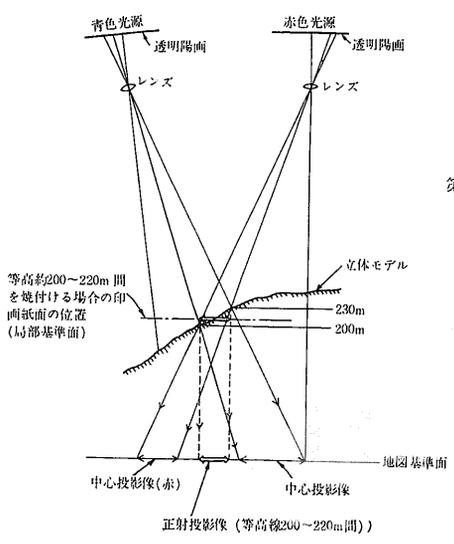
以上のほか写真上に耐水性のインキで直接墨入れして写真処理によって写真像を消す方法もあるが一般的ではない。こうして作られた平面図を所要の縮尺に引き伸ばしあるいは縮小する場合には 次のような方法が最も簡便である。

1. パンタグラフ

これは最も簡便であり 拡大(縮小)の倍率もかなり広範囲である。拡大には 精密なパンタグラフが必要であるが 縮小する場合には簡単なものでもじゅうぶんな結果が得られる。

2. スケッチマスター

第119図に示すように スケッチマスターは 半透明な鏡を利用して 別々においた写真と地図または製図用紙とを重ねてながめ 必要な地物や写真上にプロットさ



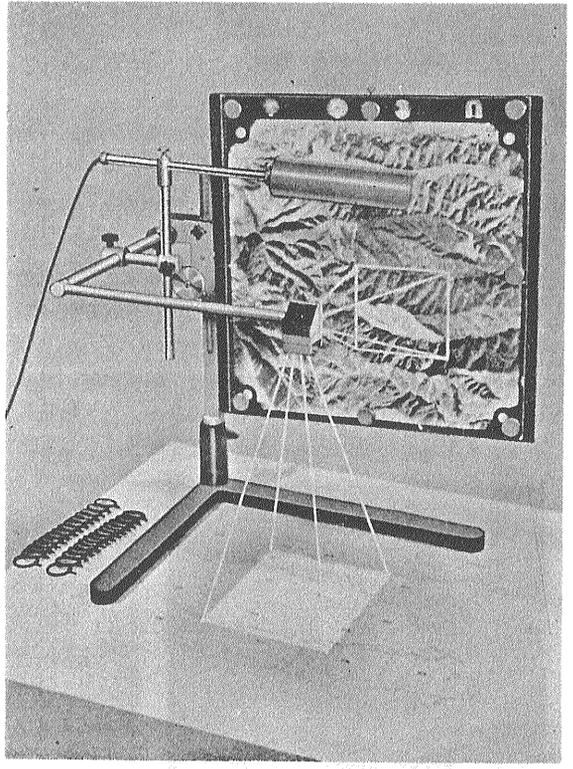
第118図 正射投影写真の原理 余色式立体図化機の立体モデル中 200mと220mの等高線の間を焼き付ける場合 印画紙の乳剤面をその中間の面(局部基準面)において露光する

れたデータを後者に移写する器械である。写真は垂直な台に固定し 接眼鏡の下に地図または用紙を置く。写真から出た光は プリズムと半透明な鏡で反射し 一方地図または用紙から出た光の一部は半透明な鏡をとおして 両方の光線が重なって目に入ってくる。この方法によれば接眼鏡から写真ならびに地図までの距離を適当に変えることによって 縮尺を調整することができ 写真の架台の傾きを変えることによって写真の傾きもある程度補正することができる。

3. 格子法

この方法は 全く器械を要しないが 最も時間のかかる方法である。まず写真の上に直接あるいは透明なアセテートシートに格子を書いて重ねる。格子の間隔は求める精度によっても 各自の経験や修練の度合によっても違ってくる。また 必要な地物の複雑さによっても適当にかえる必要がある。このほか反射幻灯器を利用する方法や写真操作によって引き伸ばしあるいは縮小する方法が用いられる。後者の場合には最初に 空中写真からは直接トレースした平面図を作っておき これを複写した陰画を作り 陰画から必要な縮尺に引き伸ばすのである。

(筆者は地質部)



第119図 スケッチマスター