

空中写真地質講座

(15)

松野久也

前回において述べた方法で作られた平面図は 写真の映像の偏位を全く無視して作られたものであって 測地学的に正しい平面図ではない。また部分によって縮尺が違っており 精度も著しく悪い。今回はもっと精度の高い平面図(補正平面図)を作る方法について述べる。

補正平面図

空中写真から平面図を作る場合 次のような補正が必要である。

1. 地形の起伏による映像の偏位の除去
2. 使用する写真中 写真毎の縮尺の違いの補正
3. 各写真の相互間の標定誤差の除去
4. 地上基準点による精度の検査
5. 写真の傾きによる映像の歪の除去

以上のうち 写真の傾きによる映像の歪の除去は 今ここに述べるような簡単な図解法では困難である。とくに写真の傾きが著しい場合には あらかじめ偏歪修正を行なった写真を用いなければならないが 実際には現在撮影されている垂直写真は傾きが3度以内であってここに述べるような図解法ではほとんど問題になくともよい。さらに 平面図の精度をあげるためには地上基準点と写真基準点がきわめて重要である。すなわち写真から補正平面を作るには 一少なくとも2枚以上何枚かの写真から作られるものであって一各々の写真の相互関係を標定(相互標定)するために写真基準点(picture control point)が 対地関係を標定(絶対標定)するために地上基準点(ground control point)が必要なのである。これら写真基準点と地上基準点がどれ位必要かというところは それぞれ求める平面図の精度によって一定ではない。要は最少の基準点で最大の精度を挙げることが大切である。



第120図 対空標識の例 これら正方形 十字形のほかにY字形のものなどがある。対空標識は 地上基準点の位置が写真上に 明りように示されるように設置されるものであって 普通白あるいは橙色の塗装がほどこしてある。標識の大きさは 撮影される写真の縮尺によって異なる。

地上基準点

地上基準点は 測地学的に平面位置(測地座標 X, Y)のはっきりした位置基準点と 高さのはっきりした標高基準点とにわけることができる(三角点は平面位置も標高もわかった基準点であり 水準点は後者にあたる)。この章では 高さに関する要素は必要がないので 位置基準点についてだけ述べることにする。

地上基準点のとりかたには2とおりの方法がある。

すなわち 写真撮影前に設定する方法と撮影後に選定する方法とである。前者では あらかじめ測量された基準点の位置を示す対空標識(第120図)をおいた上で撮影し 後者では撮影された写真を立体鏡によって観察して適当な点を選定し あとでその測地座標 X, Y を測定するのである。これら基準点には余計な労力や経費を省くためできるだけその測量成果のわかっている国土地理院の三角点やその他の目的で設けられた測量標をそのまま 標識をつけたり帰心したりして用いるように心がけるべきである。

上述のような測量成果の全くない未開地の場合には使用する基準点の位置は 経度・緯度の天体測量によって決定される。

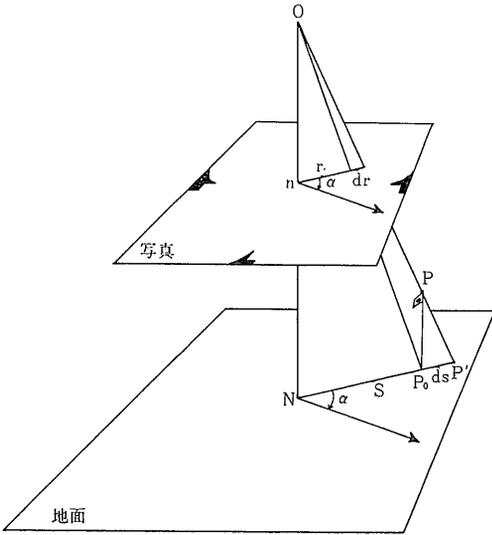
このような位置基準点はなぜ必要かというところ

1. 平面図の方位と縮尺の決定
2. 平面図作成法のいかんによって生ずる累積誤差補正の基準
3. 平面図の測地学的位置の決定

のためである。地上基準点の分布および密度は 求める平面図の精度によって一求める精度によって適当な間隔で基準点の位置をチェックして平面図作成上の誤差を補正して行かなければならない一決まるものである。単に方位および縮尺を決定するだけならば遠く離れた2点だけでじゅうぶんであり 同じく緯度・経度を決定するためだけに1点だけでじゅうぶん事足りるのである。

射線法(radial line method)

この方法は 高価な機械を必要としないで 簡単に手早く補正された平面図を作ることができるので 機械図化が行なわれている今日なお写真測量の有力な一方法として広く用いられている。その方法には いくつかの



第121図 射線法の原理 鉛直写真では 高低の違いによる映像の偏位は 地面鉛直点を中心にして 放射状に生ずるので Nを中心として測った水平角には高低(あるいは起伏)の影響はない すなわち点Pの正射影PoもOPの延長P'も Nを通る同一直線上 NPoP'にある

種類があるが いずれも 1) 起伏に基因する偏位は鉛直点を中心として放射状に 2) 写真の傾きに起因する偏位は等角点から放射状に生じ 3) 實際上鉛直点 等角点および主点は一致すると仮定してよいという原理に基づいている。これをことばを変えて表現すると 写真の主点を中心として測定された角度は 偏位の距離のいかんにかかわらず実際に地上の対応する位置にトランシットをすえ付けて測定された水平角に一致する(第121図)ということであり 写真の傾きが3度以内の場合は 鉛直写真(鉛直写真では鉛直点等角点および主点は完全に一致する)と見なしても実際上問題はないといえることである。

射線法には 前にも述べたとおり いくつかの種類があるが ここでは 図解法についてだけ述べることにする。

射線法……図解法 {
 ハンド図解法 { 透写紙法
 ハンドテンプレート法
 機械図解法 { スロットッドテンプレート法
 金属枝テンプレート法

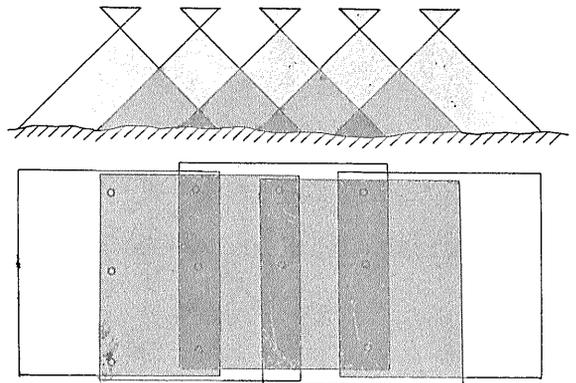
ハンド図解法

ハンド図解法とは全然機器を使わない全く手細工でやる方法であって これを行なう場合 正確な製図がもっとも大切である。点の刺針および移写には細心の注意を払って正確を期し 刺針はきわめて細い針で写真の膜面に直角に行ない 線はできるだけ細く正確に書くことである。

準備

1. 各写真の主点を求め刺針して 本講座(12)で述べたように印をつける
2. 各写真に隣の写真の主点を移写し印をつける (本講座(12)参照) 主点および移写主点を 中軸写真基準等と呼ぶ
3. すべての地上基準点を各写真上に刺針し 前者と区別して印(たとえば△等の印)をつける かつ必要な事項を写真の裏面に記入しておく
4. 側方写真基準点——以下簡単にパス・ポイントという一を選定する パス・ポイントはできるだけ主点ならびに移写主点をはさんで両側に 基線にはほぼ直角な線の近くに選定する 2コース以上の写真を用いる場合には これらはコース間の重複部のほぼ中間にあるような点を選ばなければならない したがって 各写真の両側には各3点づつのパス・ポイントがあつて 各点は同一コース内の隣り合う3枚の写真上の共通点である(第122図)また 2コースの場合は6枚の写真上の共通点となる パス・ポイントを選ぶ場合 各写真上で明瞭に識別できる点を選び たとえよく識別できても 写真ごとに位置の変る点状の陰影や動く被写体は避けなければならない これらのパス・ポイントもすべて刺針してそれぞれ一定の方式に従って印をつけ 必要があれば記号または番号をつける 中軸写真基準点 地上基準点および側方写真基準点(以上を第一次基準点という)が決定すれば 次にこれを基にして 基準点網図が作られるのである
5. その前に必要な第2次写真基準点を選び これに印をつける つまり偏位を補正して平面図上に表現しようとする川の分岐点 屈曲部 山頂 稜線の分岐点 崖 露頭位置 地層の境界 断層 道路などである 第2次写真基準点の密度は地形の複雑さによって非常に異なり また地形的に起伏量の差が著しいほど多くなるし 求める地図の精度によっても異なってくる

以上ですべての写真基準点ならびに地上基準点が写真上に求められ 次にこれを基準点網図として編成するのであるが 編成方法には次の2つの方法がある。



第122図 連続写真の重なりと相互標定のための写真基準点の位置

- a) 透写紙法
- b) ハンド・テンプレート法

a) 透写紙法

透写紙法は もっとも簡便かつ材料を要しない方法である。しかしこの方法は編成の途中で基準点網の部分的なあるいは全面的な再調整が困難であるから 再調整を必要とするような場合には始めから次のハンド・テンプレート法による方がはるかに好都合である。

この方法で 基準点網を編成しようとするときには 最初に写真の上に直接 写真基線の方向 主点ならびに主点から各基準点を通る放射線を引き 必要な記号を記入しておく。まず最初に一連の写真を — それぞれの重複関係をなるべく正しく重ね合わせて — 一応ならべてみる。次に適当な大きさの半透明な透写シート（片面を艶消した0.08mm位の厚さのアセテートシートがよい）を用意し 並べた写真の上にかぶせて どこから編成を始めたらいいか 適当な位置を決めて印をつけておく。こうして準備が出来たら 次のような順序で編成作業を進める(第123図……この図は便宜上写真より基準点網の縮尺が大きくしてある)

1. 最初の写真(I)の上に透写シートをおいて その主点(C₁)と主点(C₁)から各基準点(p₁ g₁ a₁ b₁ c'₁)を通る放射線の方向をシート上に透写する
2. 透写シートを写真(II)の上に重ねて $\overline{C_1C_2'}$ と $\overline{C_2C_1'}$ の方向が一致し かつ両方の写真の主点間の距離($\overline{C_1C_2}$)が両方の写真の写真基線長 $\overline{C_1C_2'}$ および $\overline{C_2C_1'}$ の平均値に等しくなるように調整する ただしあらかじめ決定された縮尺で編成を行なうときには 地上基準点に合わせて $\overline{C_1C_2}$ を調整する(第123図) 続いて前と同じように C₂ を中心として透写シート上に写真(II)の上の基準点を通る放射線を引く $\overline{C_1a_1}$ と $\overline{C_2a_2}$ $\overline{C_1b_1}$ と $\overline{C_2b_2}$ の交点が点 A B の位置である

3. 透写シートを写真(III)の上に重ねて 前と同じように $\overline{C_2C_3'}$ と $\overline{C_3C_2'}$ との方向が一致し $\overline{Ca_3}$ および $\overline{C_3b_3}$ がそれぞれ A B 点を通るように $\overline{C_2C_3}$ の距離を調整する この位置で 写真(III)の上の各点を通る放射線を透写する これで $\overline{C_2c_1}$ と $\overline{C_3c_2}$ $\overline{C_2d_1}$ と $\overline{C_3d_2}$ との交点が求められ C および D の位置が決まる

4. 以下 同様にして以上の操作を繰り返してゆく

以上の操作で 3本の放射線が正しく一点に交わらないで示誤三角形を生ずる事がある。この場合できるだけ示誤三角形が小さくなるように調整する。これは点の移写の誤差 標的誤差などのような偶然誤差にもよるが それよりも各点の標高差と写真の傾斜などによる定誤差の方が大きな原因となることが多い。

縮尺および方位の決定

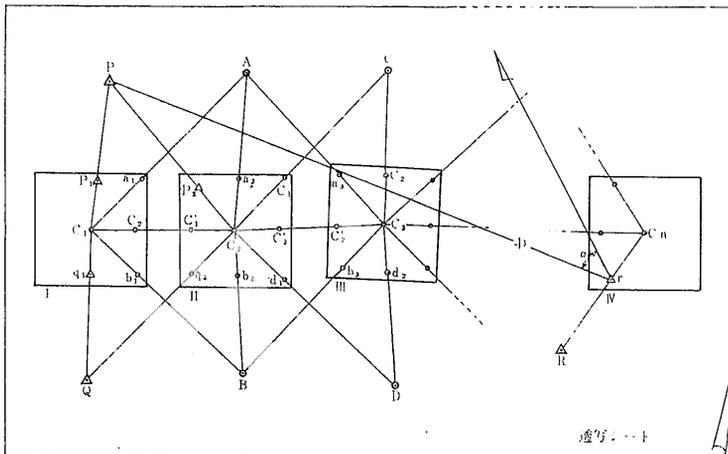
編成された基準点網の両端に近い地上基準点 P および R(第123図)の間の距離(D)を透写シート上で測定し P R間の実長(Dg)との比を求めると 縮尺(S)が決定される。

$$S = \frac{D}{Dg}$$

\overline{PR} の方位角(α)は計算によって求めることができる。したがって \overline{PR} から($-\alpha$)の方向が北となる。

縮尺の調整

はじめに写真縮尺で基準点網を編成しておき のちに縮尺の調整を行なうこともできる。しかし あらかじめ ベースシート上に所定の縮尺で地上基準点を展開(第125図 P.R)しておき 編成された基準点網の一端に近い点 P を展開された P 点に一致させると同時に基準点網図上の \overline{PR} の方向とベースシート上の \overline{PR} の方向とを合致させておき P 点から基準点網上の各点を通る放射線を引く。次に 基準点網の他の端に近い Q 点を中心に同じことを繰り返し 両方の放射線の交点を求め

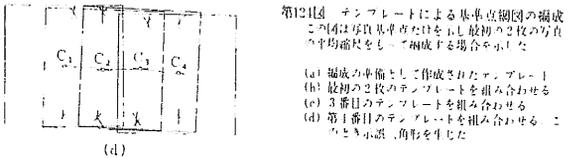
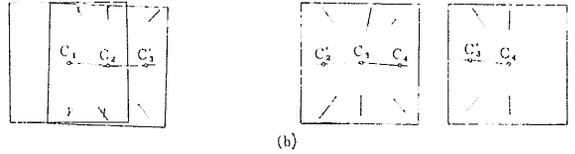
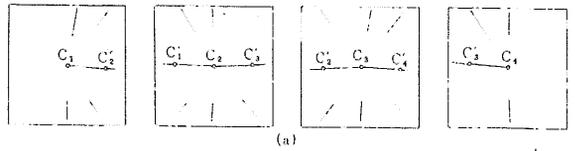


第123図 透写法 最初の2枚の重複部に地上基準点 pq があるときには 所定の縮尺に展開された PQ にしたがって $\overline{C_1C_2}$ を調整する 所定の縮尺で編成を行なう場合 最初の写真の主点位置(C₁)を決定するには さらに もう1点の地上基準点を必要とする

ばよいのである。

b) ハンド・テンプレート法

テンプレート (template あるいは templet) とは型板と言う意味であって この方法は最初に各写真のテンプレート (型板) を作り これを組み合わせることによって基準点網を編成する方法である(第124図)。テンプレートには 折れ曲らない程度のじゅうぶんな厚さで 透明あるいは半透明なセルロイドあるいはプラスチックの板が使われる。



第124図 テンプレートによる基準点網の編成
 この図は写真基準点だけをとり最初の2枚の写真の平均縮尺にして編成する場合を示した。
 (a) 編成の準備として作成されたテンプレート
 (b) 最初の2枚のテンプレートを組み合わせる
 (c) 3番目のテンプレートを組み合わせる
 (d) 第4番目のテンプレートを組み合わせる。このとき小紙の角形を生じた

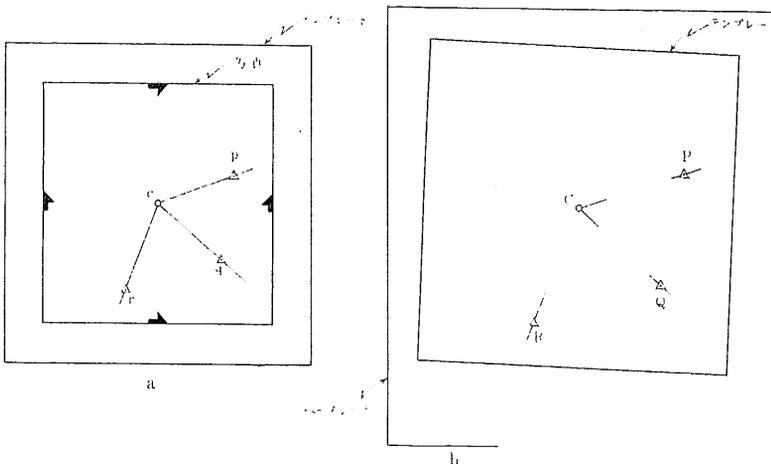
- 最初に 各写真にテンプレートをかぶせて 各々の主点と主点から基準点を通る放射線を写しとり 記号をつけておく。この場合 最初の2枚の写真の平均縮尺そのまま編成しようとする場合には テンプレートの大きさは写真と等しいかあるいは少し大き目位でよいが あらかじめ決定された縮尺で基準点網を編成しようとするときには それに見合った大きさのものが必要である (たとえば写真縮尺の1.5倍の縮尺で編成しようとする場合には 写真の大きさの約1.5倍) テンプレートに放射線を引く場合には鉛筆でもよいが 正確を期するためには細い針がよい。針で線を引いたあとに石墨をつめておくといくつかりした線が引かれる。

- テンプレートを組み合わせる場合 写真縮尺で基準点網を編成するか あるいはあらかじめ決定された縮尺で編成するかによって 最初の2枚の写真的組み合わせ方が異なる。写真縮尺で編成しようとする場合には 透写法と同じく最初の2枚の写真的主点位置は 両方の写真的写線基線長の平均値をとって決める。あらかじめ決められた縮尺で編成しようとするときには 1枚の写真上に少なくとも3つの地上基準点が必要である (これは透写紙法を用いる場合についても同様である) すなわち第125図のように 連続する写真中1枚の写真的対地標定ができればこれに続けて 次の写真的相互標定を行えばよいのであって 以上 どんな場合でも方法は全く同じである。

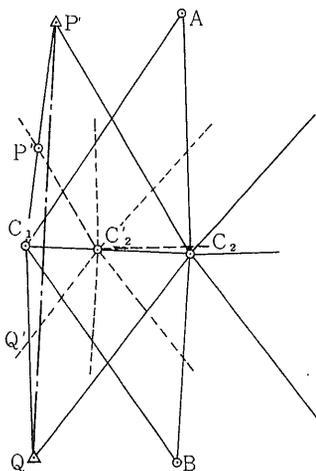
- ベースシートの上に固定された最初のテンプレートに次のテンプレートを組み合わせるには 写真基線 C_1C_2 と $C_1'C_2'$ とを一致させ 写真縮尺で編成する場合には C_1C_2 を $C_1'C_2'$

と $C_1'C_2'$ との平均値に等しくなるようにとればよいことは前述のとおりである (第124図 b) あらかじめ決定された縮尺で編成する場合には C_1C_2' と $C_1'C_2$ の方向を一致させ C_2 をずらして $C_2'P$ 、 $C_2'R'$ がそれぞれ P Q 点を通るように調整する (第126図)

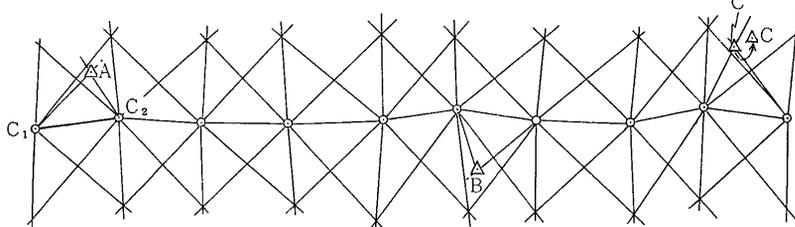
- 3番目のテンプレートを組み合わせるには C_2C_3 と $C_1'C_3$ の方向を一致させ 3枚のテンプレートの重複部における放射線が互いに一点に交わるように C_2 と C_3 との間隔を調整し テンプレートを固定する (第124図 c) 以下同様にして次々とテンプレートを組み立ててゆく。
- 1コースの組み立てが終わったならば 基準点をベースシート上に展開された地上基準点に合わせて くいちがいを調整する (第127図) 誤差が少ない場合には 組み立てたテ



第125図 3点による主点位置の求め方
 あらかじめ決められた縮尺で 基準点網を編成しようとする場合 まずベースシート上に所定の縮尺で 地上基準点 P Q R を展開しておく 次に写真上にテンプレートをかぶせて 主点から P Q R の映像点 p q r を通る放射線をテンプレートに写しとる (a) このテンプレートをベースシートの上に移し 放射線がベースシート上に展開された P Q R の上を通るようにして テンプレートをプラスチックテープで固定し C点にテンプレートを通して刺針する (b)



第126図 $\triangle P$ および $\triangle Q$ 地上基準点の展開位置 P' および Q' が最初の2枚の写真の平均縮尺で編成された地上基準点の位置

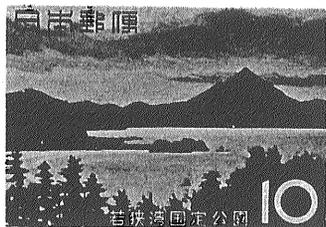


第127図 射線法によって編成された基準点網と地上基準点との関係 C_1, C_2 は最初の2枚の写真の主点であってこれによって基準点網内の基線が決定される A, B, C は地上基準点であって基準点網は A から B まで正しく編成されている しかし B から C までの間は正しく編成されていない すなわち C に一致すべき点が C' とずれているので再調整する必要がある

ンプレートを少しづつずらして引き延ばしたり 縮めたり 撓めたりして調整する。あまりにもくいちがいが大きい場合には ばらしてもう一度組み立てなおさなければならぬ。この場合 各写真の主点間隔をつめたり 引きのばしたりして 全体の誤差を各重複部に配分するようにする。

6. 同様にして次のコースのテンプレートの組み立てを行なう。両方のコース間の共通の点でくいちがいが出れば再調整を行なう。こうして全コースのテンプレートの組み立てを行なう。
7. 全コースのテンプレートの組み立てと調整が終わったならば 各写真基準点その他に二次基準点をベースシート上に 刺針し各点の記号を同時に記入する。

(筆者は地質部)



若狭湾 国定公園

地学と 切手②

堀内 恵彦

福井県西部の若狭地方から京都府北東部の東丹後地方にわたる日本海岸で 本州がもっとも細くくびれた部分が若狭湾です。この地は 瀬戸内海や琵琶湖盆地と同時にできた断層地帯の一部分であって 古生層からなっている丹波高原の北部が敦賀湾の越前岬付近の断層海岸と与謝半島東側の断層海岸の間が 海に向かって同心円状あるいは放射線状の多くの複雑な断層によって モザイク状地塊となり陥没したため 出入りの多い地形となり しかも地質の差があるため海食の程度が異なり 断崖 洞窟 岩礁などの連なった特色のある景観ができたわけです。出入りのおもなものをあげると 東から敦賀 常神 内外海 大島 内浦 大浦 栗田等の半島 敦賀 久々子^{からす} 田島 小浜 高浜 内浦 舞鶴 栗田 宮津等の湾があり また御神

島 蒼島 冠島 毛島 赤礁 沖の石など多くの島礁をかかえています。

この湾岸の大部分である敦賀半島から与謝半島東南岸までの延長87kmにわたる間が リアス式海岸の代表として国定公園に指定されたものです。区域内には日本三景の1つとして有名な 天橋立 若狭富士あるいは円後富士の別名ある 青葉山 古生層の直立海食崖で260mにおよぶ音海 断崖 花崗岩の海食崖として雄大な景観の 蘇外門 陥没湖水群の 三方五湖 オオミズナギドリ 繁殖地である 冠島 暖地性植物の自生地 蒼島 ビワ ツバキの自生地 大島 半島などの風景のほか さらにこの地域はわが国唯一のコウノトリの生息地でもあります。また「山嶽夫」伝説地の由良川川口 小倉百人一首に「わが袖は 潮干に見えぬ沖の石の…」とうたわれた沖の石などに加えて 古くから日本海交通の中心として大陸との交渉の要地でもあるなど 歴史的にも興味ある土地柄からです。1月25日から発売される切手の図案は 高浜海岸から眺めた青葉山(若狭富士)の景観で 公園指定は昭和30年6月1日 その後の追加指定をも含めて総面積は約203,616km²です。

(筆者は元所員 現科学技術情報センター)