写真測量の作業工程と内容

＜試験合格へのポイント＞

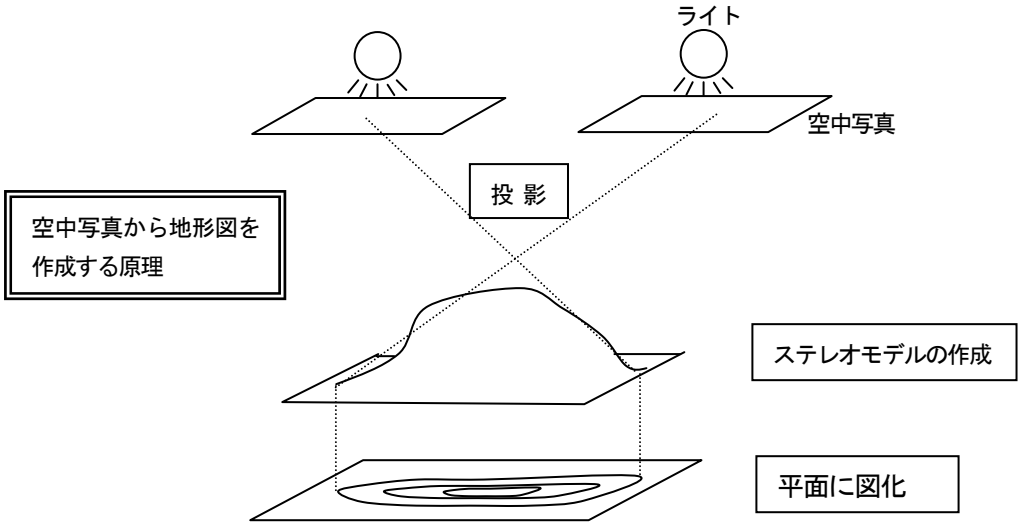
写真測量の作業工程であるが、H25 年 3 月の改正に伴い「現地調査」→「空中三角測量」　の順が、「同時調整」→「現地調査」となった。こでは先ず作業工程を明示し、これに関連する事項を説明する。用語とその内容をしっかりと理解しておくとよい。

（★★★：最重要事項　　★★：重要事項　　★：知っておくと良い）

●　空中写真測量とは

空中写真測量は、航空機から撮影された連続する空中写真を用いて、地形図（数値地形図）を作製する作業である。写真測量における地形図の作成の原理を簡単にまとめると次のようになる。

① 重複する２枚の空中写真を用いて撮影時の状態を再現。
② 空間的な位置関係をあわせることにより、対象地域のステレオモデルを作成。
③ ステレオモデルと実際の地形との整合性を取る事により、縮尺や空間位置（方位や座標）を決定。
④ 整合性の取れたモデルから平面に図化し、地形図（数値地形図）を作製。



◆ 標定

前記の中で、図化以外の作業を総称して「標定」と呼ぶ。標定作業は、次のように行われる。

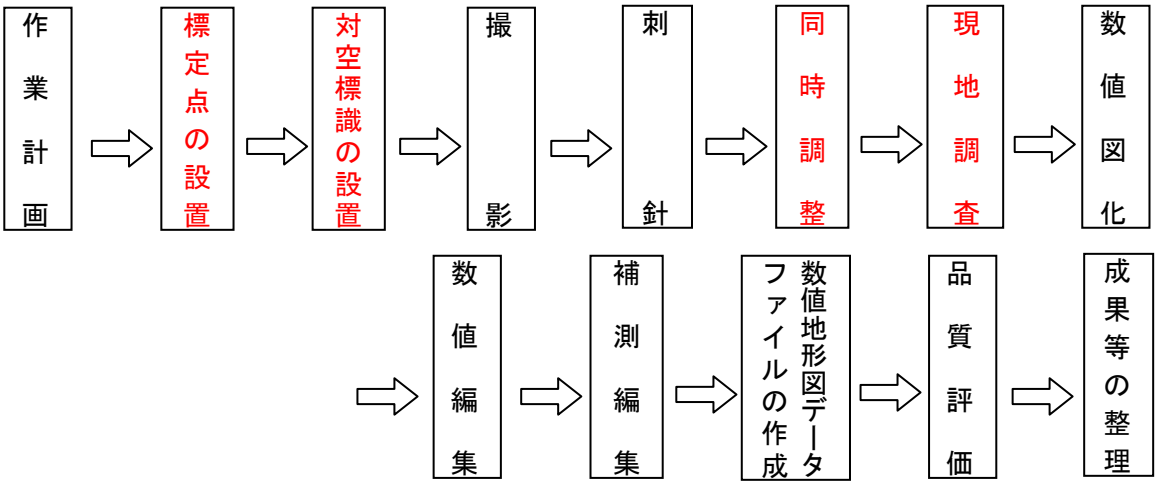
・内部標定：写真座標（写真上の座標値）と画面距離（カメラのフィルムからレンズ中心までの距離）を定める作業。
・相互標定：写真座標からモデル座標への変換。隣り合う写真のステレオモデルが空間に表されるように再現する作業。
・接続標定：隣り合うモデル同士を接続して、統一したコース座標にする作業。
・絶対標定：コース座標を、地上の座標（３次元直交座標）に変換し、さらに経緯度、標高による測地座標系に変換する作業（対地評定とも呼ばれる）
・外部標定：撮影時のカメラの x, y, z 軸に対する傾き（ω, ϕ, κ）と、写真中心の地上座標を（外部標定要素を）求める作業。つまり、撮影時のカメラの状態を再現する事である。

http://www.kinomise.com/sokuryo/　測量士・測量士補 試験対策 WEB　© Matsubara P.O

従来の図化機と調整法では、これら全ての標定作業が必要であったが、現在用いられている、デジタル図化機によるバンドル法では、内部標定から調整計算を行う事により直ちに測地座標が決定される。

● 空中写真測量の作業工程 ★★

空中写真測量の作業工程は、次のようである。



● 標定点と対空標識ついて ★★

標定点とは、空中写真と地上点を対応付けするために必要な基準点又は水準点の総称であり、後の空中写真測量や数値図化において、写真座標を測定する場合に用いられる。

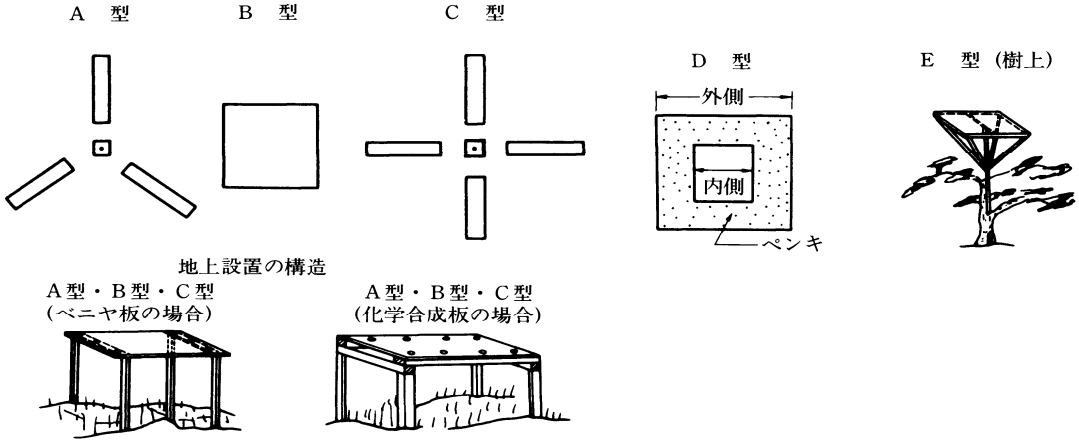
空中写真を地上点と対応させる作業を標定と言うが、このためにはあらかじめ水平位置や標高が明確な地上の点、つまり基準点や水準点（以下、基準点等）の「標定点」が必要である。
標定点はできるだけ既知の基準点等を使用するが、空中写真測量の対象エリアに十分な基準点等が存在しない場合、新たに標定点として設置する必要がある。
標定点の設置には標定点測量を行うが、撮影前にあらかじめ設置する場合と、明瞭な構造物（道路交差部の角など）を利用し、撮影後に行う場合がある。

また、対空標識は、標定点が空中写真に明瞭に写り込むために設置する標識のであるが、明瞭な構造物がある場合は、これを対空標識に代える事ができる。

● 対空標識の設置について

対空標識の設置作業は、拡大された空中写真上で確認できるように、空中写真の縮尺や地上画素寸法を考慮し、大きさ、形状、色等を選定する必要がある。

1．対空標識の形状と色 ★



※出典：公共測量 作業規程の準則

対空標識板の形状は、上記にあるようにA～E型までが定められているが、基本形はA、B型としている。E型は地上に設置できない場合。建物の屋上等に設置する場合は、A、C、D型を基本として、直接ペンキで描くことができる。

対空標識板の寸法は、次に示す表を標準とする。

地図情報レベル	A・C型	B・E型	D型	厚さ
500	20×10 cm	20×20 cm	内側 30cm・外側 70cm	4～5mm
1000	30×10 cm	30×30 cm		
2500	45×15 cm	45×45 cm	内側 50cm・外側 100cm	
5000	90×30 cm	90×90 cm	内側 100cm・外側 200cm	
10000	150×50 cm	150×150 cm		

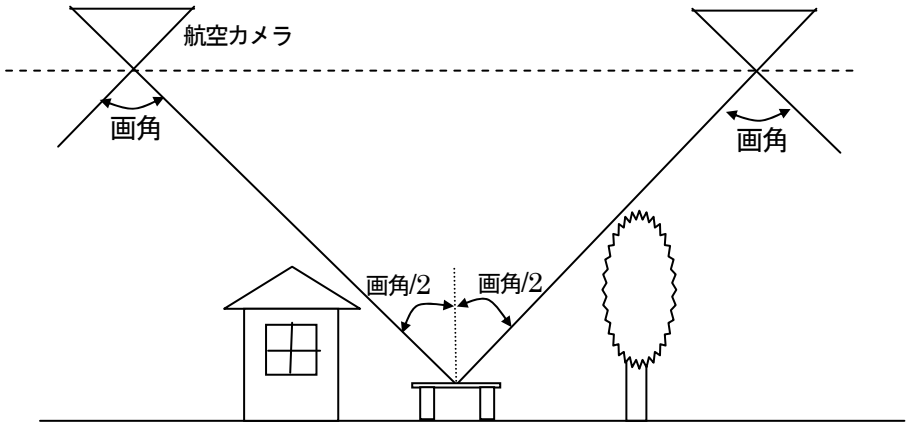
また、対空標識板の色は白を基本とするが、周囲の状況（水際等）では、空中写真上で周囲との判別が困難になるため、黄色や黒色を用いることができる。ただし黒色にした場合は、空中写真上の画像が小さく映るため、規程のサイズより大きくする。
その材質は、空中写真の撮影終了まで良好な状態で保存される必要があるため、耐水性のある合板や化学合成板を用いる。

2．対空標識板の設置に関する注意事項 ★★★

- 土地所有者又は管理者の許可を得て設置する。
- 空中写真撮影の終了まで、壊れないよう堅固に設置する。
- 航空カメラの画角に応じた上空視界を確保する。※
- 空中写真上で明瞭に判別できるように、周辺の状況（背景・バックグラウンド）に注意する。
- 空中三角測量等における測定を考慮して、周辺より若干高くなるように設置する。

- 樹上に設置するＥ型では、空中写真の撮影時までに樹木等が標識を覆い隠さないよう、あらかじめ周囲より 50㎝ ほど高くなるように設置する。
- 偏心が必要な場合は、偏心点に標杭を設置し、これの周囲に対空標識板を設置する。
- 対空標識板の保全等のために、公共測量・計画機関名・作業機関名・保存期間を明記する。
- 空中写真上で判読しやすいように、対空標識板の設置点付近の見取図を作成し、地上写真を撮影する。
- 空中写真の撮影終了後、対空標識板は速やかに撤去する。

※ 画角と上空視界の関係



アナログ航空カメラには、画角が 90° が多いため、対空標識板の上空視界は、45° 以上にすればよい。また、それ以上の広角カメラを用いる場合には、それに応じた対空標識の上空視界を確保する必要がある。

デジタル航空カメラでは、機種や航空機の進行方向、直角方向の画角が異なる。また、アナログ航空カメラより画角が小さくなるため、注意が必要である。

◆ その他

１．対空標識の偏心

対空標識は、物理的に設置する事が困難な場合や土地所有者・管理者の許可が得られない場合、上空視界を確保できない場合、周囲の状況から明瞭に写らないと判断される場合、道路上や住宅地内にあり交通等に支障を与える場合などに、偏心して設置される。

対空標識を偏心して設置した場合、偏心要素（偏心距離や偏心角）を測定し、偏心計算を行う。

２．対空標識の確認及び処置 ★

撮影終了後は、空中写真上に対空標識が写り込んでいるかを、拡大された写真上で確認する必要がある。

また、対空標識が明瞭に確認できない場合は、道路の角や明瞭な構造物を刺針（針で穴を開ける）し、標定点測量を行う必要がある。また、刺針は対空標識総数のおおむね 30%を超えない範囲で行う事ができる。

http://www.kinomise.com/sokuryo/ 測量士・測量士補 試験対策 WEB © Matsubara P.O

● 同時調整 ★★

同時調整とは、デジタルステレオ図化機を用いて、空中三角測量により、パスポイント、タイポイント、標定点の写真座標を測定し、標定点成果及び撮影時に得られた外部標定要素を統合して調整計算を行い、各写真の外部標定要素の成果値、パスポイント、タイポイント等の水平位置及び標高を決定する作業をいう。また、同時調整の調整計算にはバンドル法(解析法)が用いられる。

※空中三角測量:画像座標の計測と空中写真撮影時の状況を再現し、これを計算により測地座標(地上の座標)に変換する作業。
※バンドル法 :重複した写真上の共通する点を結び付ける事により、これらを一つのブロックとして調整する計算手法で、現在主流の調整計算法。

～ 空中三角測量と同時調整 ～
旧 作業規程の準則では、空中三角測量により行う事とされていた、測地座標を決定する作業であるが、「空中三角測量」が「同時調整」となったのは、GNSS/IMU 装置を用い、撮影と同時に空中写真の撮影位置と傾き(いわゆる外部標定要素)を計測する事が可能になったためである。これにより、従来からの空中三角測量より、外部標定要素の算出時間が大きく短縮されるようになった。
現行の作業規程の準則からも「空中三角測量」の節は削除されている。

● 現地調査 ★

空中写真測量における現地調査とは、人口地物や自然物、境界などの各種表現事項や名称などについて、地図情報レベルを考慮して現地にて調査・確認し、後の数値図化作業や数値編集作業に必要な資料を作成する作業を言い、特に空中写真から判読が困難なものに関して行う必要がある。

現地調査は、以下の手順において実施される。

① 予察
現地調査の着手前に空中写真や参考資料等を用いて、調査事項やその範囲、作業量等を把握するために行う作業。主な予察事項は、次の通りである。
- 収集した資料の良否
- 空中写真の判読困難な事項及びその範囲
- 判読不能な部分
- 撮影後の変化が予想される部分
- 各資料間の矛盾

② 現地調査の実施
実施事項は予察の結果について実施され、その内容は次の通りである。
- 予察結果の確認
- 空中写真上で判読困難又は判読不能な事項
- 空中写真撮影後の変化状況
- 図式の適用上必要な事項
- 注記に必要な事項及び境界
- その他特に必要とする事項

http://www.kinomise.com/sokuryo/ 測量士・測量士補 試験対策 WEB © Matsubara P.O

③ 調査結果の整理

調査結果は現地調査の終了後速やかに実施し、整理中の疑問事項等は現地にて解決しておく必要がある。調査結果の整理内容は、次の通りである。

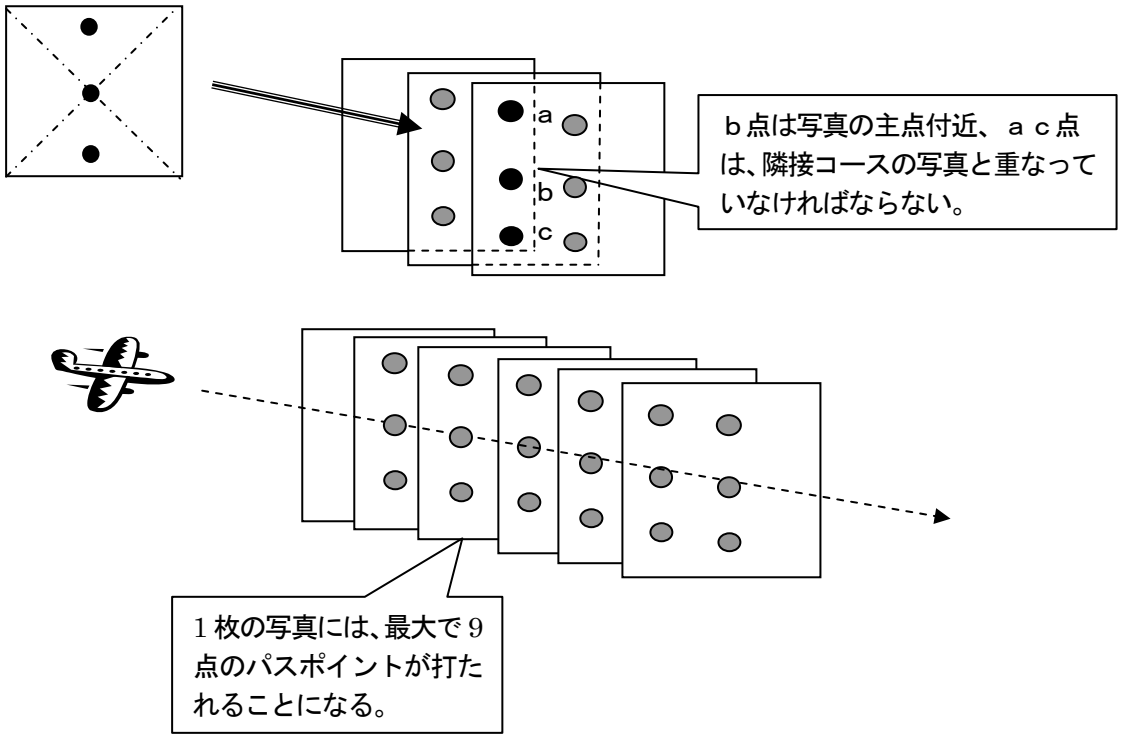
- 調査結果は、地図情報レベルに対応する縮尺相当の空中写真上に脱落や誤記のないように整理する
- 調査事項は、真形及び真位置を明確に描示する
- 真位置への描示が困難な場合は、真位置へ刺針し他位置からの明確な表示による
- 地名及び境界を整理する空中写真は、他の調査事項に用いたものと、異なるものを使用することができる
- 調査結果が錯雑する場合は、必要に応じてオーバレイや調査野帳を併用して整理できる
- 整理する空中写真は、各コース１枚おきとする

④ 成果等

成果については、現地調査を整理した空中写真と精度管理標、その他資料となる。

● パスポイント ★★★

パスポイントとは、同一コース内の隣接写真の連結に用いられる点を言う。言い換えると、2 枚以上の空中写真を、コース方向に連結させるために設けられる点の事である。パスポイントは、重なり合う部分の、中央（主点付近）と両端に１点ずつ３点を選ぶ。

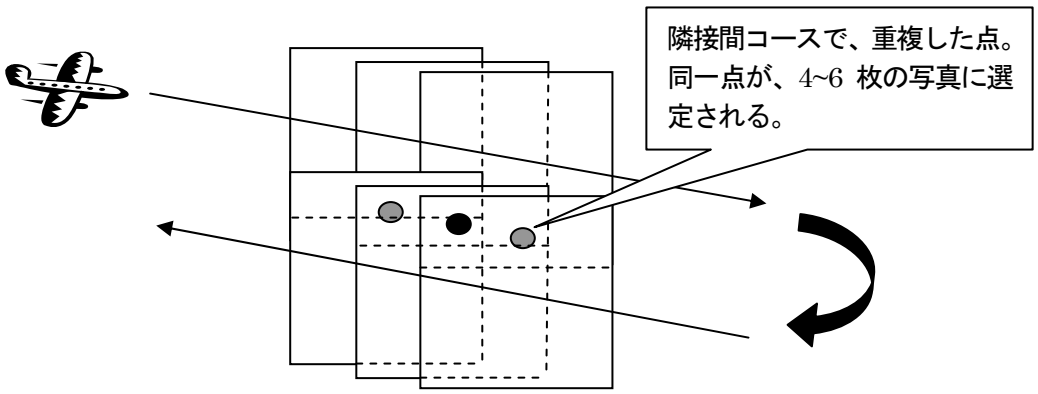


パスポイントの選点上の注意

- 付近がなるべく平坦で、連続する３枚の空中写真上で実体視ができる明瞭な場所を選ぶ。
- a、ｂ、ｃの各点に区分し、主点付近をｂ点、上をａ点、下をｃ点とする。

● タイポイント ★★

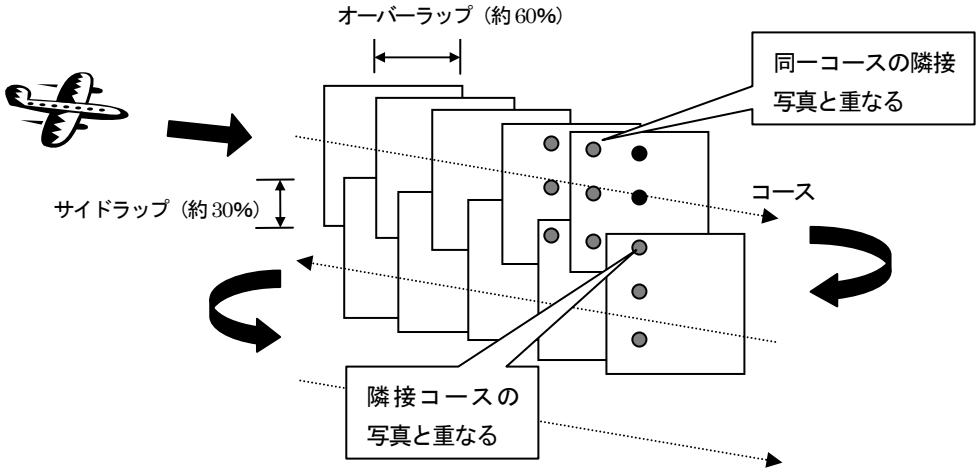
タイポイントとは、隣接コース間の接続に用いられる点で、隣接コースと重複している部分で、関係空中写真上で、明瞭に認められる位置に選定する。



タイポイント選点上の注意

- 単コース調整では、2 モデルに 1 点、ブロック調整においては、1 モデルに 1 点を標準とし、ほぼ等間隔に配置する。
- パスポイントで兼ねる事ができる。
- ブロック調整では、タイポイントが一直線上に並ばないようにする。

パスポイントとタイポイントの関係



http://www.kinomise.com/sokuryo/ 測量士・測量士補 試験対策 WEB © Matsubara P.O

● 単コース調整とブロック調整

空中写真は、前図のように１つの区域を一直線状に、写真を重複しながら撮影する（これをコースと呼ぶ)。しかし、必要な区域が広く、１つのコースでは撮影できない場合、複数のコースに分けて、隣接コースを重複しながら撮影する。

１ つのコースのみで、空中三角測量を行う場合を「単ブロック調整」と呼び、複数コースにわたって同時に空中三角測量を行う場合を「ブロック調整」と言う。

複数コースに渡って、対象区域が撮影されている場合は、必要な基準点が少なくてすむ事や、互いのコースが同程度の精度で撮影されているため、全体をブロック調整する事が殆どである。

● 図化機

図化機とは､前述のような標定作業を行い図化する､つまり作成されたモデルの３次元の計測と、それを平面に図化する作業を行える装置を言う。

図化機はその精度と機能により、エンコーダ（座標読取装置）付アナログ図化機や解析図化機、デジタルステレオ図化機に分類される。

現在は、デジタルステレオ図化機が用いられ、モデルの作成後３次元の数値データとして出力され（数値図化)、ＣＡＤによる地形図の作成や、ＧＩＳ（地理情報システム）などの様々な分野に応用されている。

◆ デジタルステレオ図化機の特徴 ★★

・デジタルステレオ図化機は、コンピュータ上で動作するデジタル写真測量用ソフトウェア、コンピュータ、ステレオ視装置、ディスプレイ、三次元マウス又はＸＹハンドル及びＺ盤などから構成され、数値図化データを画面上で確認することができる。

・デジタルステレオ図化機で使用するデジタル画像は、フィルム航空カメラで撮影したロールフィルムを、空中写真用スキャナにより数値化して取得するほか、デジタル航空カメラにより取得する。

・デジタルステレオ図化機では、デジタル画像の内部標定、相互標定及び対地標定の機能又は外部標定装置によりステレオモデルを構築する。

・一般にデジタルステレオ図化機を用いることにより、数値地形モデルを作成することができる。数値地形モデルの作成とは、デジタルステレオ図化機を用いて、自動標高抽出により標高を取得し数値地形モデルファイルを作成する作業をいう。標高の取得には、自動標高抽出技術、等高線法、ブレークライン法及び標高点計測法又はこれらの併用法がある。

◆ 過去問題にチャレンジ！（対空標識） （ H15-5-A）

次の文は、対空標識設置作業について述べたものである。間違っているものはどれか。次の中から選べ。

1. 対空標識は、あらかじめ土地の所有者又は管理者に設置の許可を得て、雨、風などで破損しないよう堅固に設置する。
2. 対空標識が空中写真上で明瞭に識別できないと思われる場合は、標識板を標準の 2 倍の大きさで設置する。
3. 対空標識を樹上に設置する場合は、付近の樹冠より 50cm 程度高くして設置する。
4. 対空標識の保全などのために、標識板上に計画機関名、作業機関名、保存期限などを表示する。
5. 設置した対空標識は、危険防止、環境保全などに配慮して、撮影作業完了後速やかに撤収する。

＜ 解 答 ＞

1. 正しい。他人の土地に無断で建造物を構築する事はできない。このため、必ず土地の所有者や使用者等の権利者に対して、設置許可を得る必要がある。
また、対空標識板の設置から空中写真の撮影までは、数日から数週間の期間が必要になる。
このため、その間に天候などの自然状況や人的に破壊されないよう堅固に設置する必要がある。

2. 間違い。明瞭に撮影できない場合は、バックグラウンド（周辺地域の植生や形状）が原因と思われる。このような場合には、標識に判別しやすい色を施しておく必要がある。問題文のように、むやみに大きくすると空中写真上に大きく写り、その精度が落ちてしまう。対空標識板は、認識できる最小限の大きさで設置する必要がある。対空標識が認識できる最小限の大きさは、写真縮尺を 1/ｍｂ とすると、１辺がｍｂ×40,000m と言われているが、一般的には、ポイントに記した基準を元に作成される。

3. 正しい。樹上に対空標識板を設置する場合（Ｅ型）、空中写真の撮影までの期間に、枝や葉が生茂り、対空標識板を覆ってしまう恐れがある。このため問題文のように、付近の樹冠より 50cm ほど高くして設置する必要がある。

4. 正しい。対空標識の重要性は、作業関係者以外には理解されないものである。そこで保全のためにポイントにある項目を表示しておく必要がある。表示の大きさは、標識板１枚の 1/3 以下とする。

5. 正しい。設置された対空標識板は、あくまで仮設構造物である。このため作業終了後も放置しておくと、自然崩壊による、飛散や周辺の景観破壊などが起こる可能性もある。また、危険防止のためにも作業終了後は速やかに撤収する必要がある。

解答：２

http://www.kinomise.com/sokuryo/ 測量士・測量士補 試験対策 WEB © Matsubara P.O

◆ 過去問題にチャレンジ！（対空標識） （ H20-5-B & H24-18：複合 ）

＜H20-5-B：選択肢1･2＞

1. 対空標識は、設置を予定した場所の上空視界が得られない場合には、樹上などに偏心して設置する事ができる。
2. 対空標識は、あらかじめ土地の所有者又は管理者に設置の許可を得て、雨、風などにより破損しないよう堅固に設置する。

＜H24-18：選択肢1･2＞

1. 撮影した空中写真上で明瞭な構造物が観測できる場合、現地のその地物上で標定点測量を行い対空標識に代えることができる。
2. 刺針は、基準点等の位置を現地において空中写真上に表示する作業で、設置した対空標識が空中写真上で明瞭に確認できない場合に行う。

＜ 解 答 ＞

＜H20-5-B：選択肢1･2＞

1. 正しい。

   対空標識は、天頂からおおむね45° の上空視界を確保する必要がある。上空視界が得られない場合、樹上に設置できるが、この場合は、附近の樹幹より50㎝ほど高くして設置する。また、対空標識は、偏心して設置する事ができる。
2. 正しい。

   選択肢の通り、対空標識は事前に土地の所有者又は管理者に許可を得て、堅固に設置する。

＜H24-18：選択肢1･2＞

1. 正しい。

   標定点とは、空中写真上の位置と地上の位置を対応付けるための点であり、対象地域に既設の基準点や水準点が不足している場合は、標定点測量を行い新たに標定点を設置する必要がある。標定点測量は基準点測量に準じて行われる（水準点は簡易水準測量）。
2. 正しい。

   空中写真の撮影後は、対空標識が明瞭に写っているかを確認する必要がある。明瞭に写っていない場合には、道路の角や明瞭な構造物を刺針（針で穴を開ける）し、標定点測量を行う必要がある。また、刺針は対空標識総数のおおむね30%を超えない範囲で行う事ができる。

◆ 過去問題にチャレンジ！（作業工程）（ H26-16 ）

図 16 は、公共測量における、空中写真測量により数値地形図データを作成する場合の標準的な作業工程を示したものである。 ア ～ オ に入る語句の組合せとして最も適当なものはどれか。次の中から選べ。

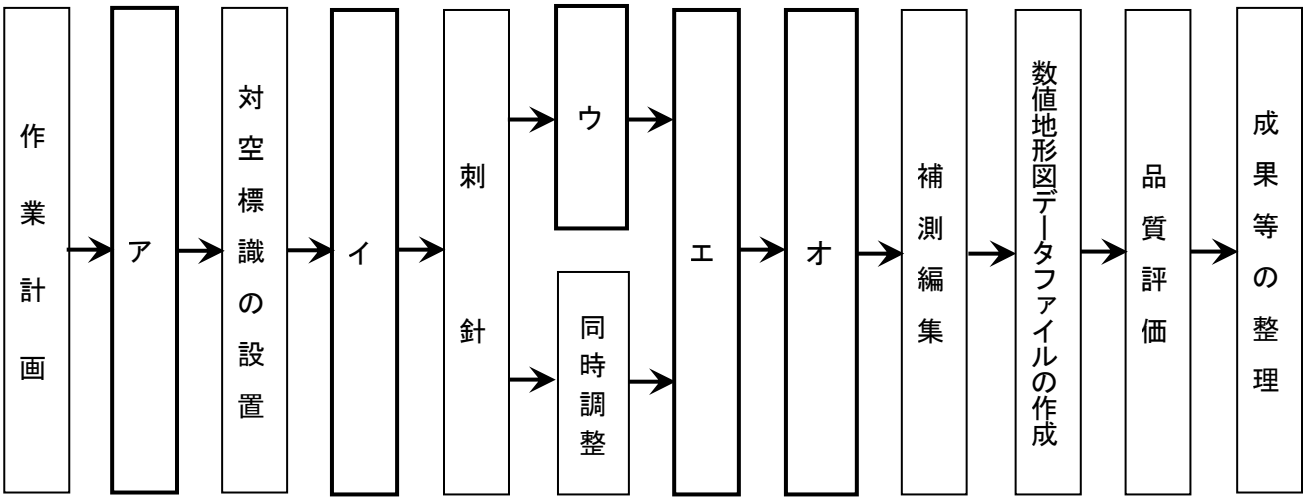
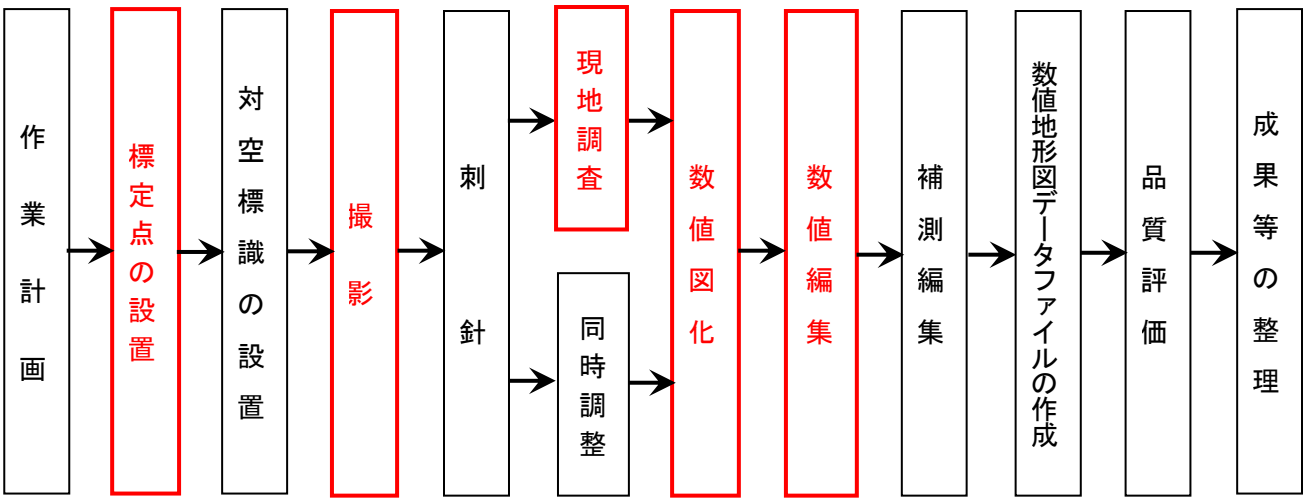


図 16

	ア	イ	ウ	エ	オ
1.	標定点の設置	撮影	現地調査	数値図化	数値編集
2.	標定点の設置	現地調査	撮影	数値地形モデルの作成	数値編集
3.	計測用基図作成	現地調査	撮影	数値地形モデルの作成	数値図化
4.	標定点の設置	撮影	現地調査	数値地形モデルの作成	数値図化
5.	計測用基図作成	撮影	現地調査	数値図化	数値編集

＜ 解 答 ＞

問題文に正しい語句を当てはめると次のようになる。



よって、正しい語句の組合せは、１となる。

解答： 1

◆ 過去問題にチャレンジ！（パスポイント・タイポイント） （ H26-17 ）

次の文は、同時調整におけるパスポイント及びタイポイントについて述べたものである。明らかに間違っているものはどれか。次の中から選べ。

1. パスポイントは、撮影コース方向の写真の接続を行うために用いられる。
2. パスポイントは、各写真の主点付近及び主点基線に直角な両方向の、計３箇所以上に配置する。
3. タイポイントは、隣接する撮影コース間の接続を行うために用いられる。
4. タイポイントは、撮影コース方向に直線上に等間隔で並ぶように配置する。
5. タイポイントは、パスポイントで兼ねて配置することができる。

＜ 解 答 ＞

パスポイントとタイポイントに関する出題である。選択肢はH19、H22とほぼ同じであった。
問題各文について解説すると次のようになる。

1. 正しい。パスポイントとは、同一コース内の隣接写真の連結に用いられる点を言う。つまり２枚以上の空中写真を、コース方向に連結させるために設けられる点の事である。

2. 正しい。パスポイントの配置は、主点付近及び主点基線に直角な両方向の３箇所以上に配置することを標準とし、主点基線に直角な方向は、上下端付近の等距離に配置することを標準とする。

3. 正しいタイポイントとは、隣接コース間の接続に用いられる点で、隣接コースと重複している部分で、関係空中写真上で、明瞭に認められる位置に選定する。

4. 間違い。タイポイントは、ブロック調整の精度を向上させるため、撮影コース方向に一直線に並ばないようジグザグに配置する必要がある。

5. 正しい。問題文の通りである。また、パスポイント及びタイポイントを選定しようとする場所の近辺に基準点があり、対空標識が明瞭に写っている場合は、基準点で代用する事もできる。

よって、明らかに間違っているのは４である。

解答： ４

http://www.kinomise.com/sokuryo/ 測量士・測量士補 試験対策 WEB © Matsubara P.O

◆ 過去問題にチャレンジ！（現地調査）（ H16-5-B ）

次の文は、標準的な公共測量作業規程に基づき実施する空中写真測量の現地調査について述べたものである。明らかに間違っているものはどれか。次の中から選べ。

1. 空中写真は完成図に合った取捨選択を行うために図化縮尺とほぼ同一に引き伸ばした。
2. 予察では、空中写真判読が確実なもの、不確実なもの、不能なものに分類しておいた。
3. 空中写真撮影以後の変化状況については、図化が不可能なため調査を行わなかった。
4. 市町村界の位置は空中写真に写っていないので現地で確認をした。
5. 地名及び境界の整理は、一般調査事項を整理した空中写真とは別の空中写真を使用した。

＜解　答＞

以下に、問題各文について解説する。

1. 正しい。
   空中写真には、その撮影範囲にあるものが全て写されている。しかし、地上にある全てを地図上に書き込むのは不可能であるため、成果品となる地図では、縮尺に応じた取捨選択を行わなければならない。このため現地調査においても、ほぼ同縮尺の空中写真を用いることにより、完成図にあった実際の描画イメージが得られるため、効率的に現地調査作業を行うことができる。

2. 正しい。
   写真上から判読可能な項目についてまで、現地調査を行うことは非効率的である。そこで現地調査前には、問題文にある予察を行い、調査ポイントを明確にしておく必要がある。

3. 間違い。
   空中写真測量の最終目的は、地図を作成することである。空中写真の撮影後に対象地域の現況変化があれば、当然地図にも反映されなければその地図を作成する意味がない。このため調査作業では、工事現場やがけ地などの、あらかじめ変化が予測できる部分について、その後の変化状況を調査する必要がある。

4. 正しい。
   境界等の空中写真には写らないが、地図作成上必要なものに関しては現地調査にて確認する必要がある。

5. 正しい。
   都心部等の調査対象物の多い地域では、同じ空中写真上に地名や境界等を記入すると、後続作業におけるミスの原因のとなる恐れがある。また、境界や地名は判読することは不可能である。このため作業規定では、地名及び境界を整理する空中写真は、一般調査事項を整理した空中写真とは異なるものを使用することができると定めている。

解答：３

http://www.kinomise.com/sokuryo/　測量士・測量士補 試験対策 WEB　© Matsubara P.O

◆ 過去問題にチャレンジ！（図化機）（ H26-18 ）

次の ａ ～ ｄ の文は、デジタルステレオ図化機の特徴について述べたものである。明らかに間違っているものは幾つあるか。次の中から選べ。

a. デジタルステレオ図化機では、デジタル航空カメラで撮影したデジタル画像のみ使用できる。

b. デジタルステレオ図化機では、数値地形モデルを作成することができる。

c. デジタルステレオ図化機では、外部標定要素を用いた同時調整を行うことができる。

d. デジタルステレオ図化機では、ステレオ視装置を介してステレオモデルを表示することができる。

1. ０（間違っているものは１つもない。）
2. １つ
3. ２つ
4. ３つ
5. ４つ

＜ 解 答 ＞

デジタルステレオ図化機の特徴に関する問題である。問題各文につて考えると次のようになる。

a. 間違い。デジタルステレオ図化機では、デジタル航空カメラで撮影したデジタル画像と、従来からのフィルム空中写真をスキャナで数値化（デジタル化）したものが用いられる。つまり、ステレオ視（実体視）が可能な数値（デジタル）写真であればよい。

b. 正しい。数値地形モデルの作成とは、デジタルステレオ図化機を用いて、自動標高抽出により標高を取得し数値地形モデルファイルを作成する作業をいう。標高の取得には、自動標高抽出技術、等高線法、ブレークライン法及び標高点計測法又はこれらの併用法がある。

c. 正しい。同時調整とは、デジタルステレオ図化機によりパスポイント及びタイポイント並びに基準点等の写真座標を自動及び手動測定し、GNSS／IMU 装置により得られた外部標定要素との調整計算を行った上、各写真の外部標定要素及びパスポイント、タイポイント等の水平位置及び標高を定める作業をいう（いわゆる空中三角測量作業である）。

d. 正しい。デジタルステレオ図化機では、デジタル画像の内部標定、相互標定及び対地標定の機能又は外部標定装置によりステレオモデル（立体モデル）を構築する事ができる。

よって、間違っている文書は ａ となり、ｂ～ｄは間違っていない。

解答： ２