

必覚 測量士補

直前重要項目 60

<2013年度版>

測量士・測量士補 試験対策WEB

重要01：測量の目的と分類（法規）

◆測量法の「目的」と「分類」を覚えよう！

※以下の文書は測量法の一部を抜粋・改変してあります。

<測量法の目的：第一条>

国若しくは公共団体が費用の全部若しくは一部を負担し、若しくは補助して実施する土地の測量又はこれらの測量の結果を利用する土地の測量について、その実施の基準及び実施に必要な権能を定め、測量の重複を除き、並びに測量の正確さを確保することを目的とする。

<測量とは：第三条>

この法律において「測量」とは、土地の測量をいい、地図の調製及び測量用写真の撮影を含むものとする。

<測量法による測量作業の分類>

（基本測量：第四条）

基本測量とは、すべての測量の基礎となる測量で、国土地理院の行うものをいう。

（公共測量：第五条）

公共測量とは、基本測量以外の測量で

・その実施に要する費用の全部又は一部を国又は公共団体が負担し、又は補助して実施する測量

（基本測量及び公共測量以外の測量：第六条）

基本測量及び公共測量以外の測量とは、基本測量又は公共測量の測量成果を使用して実施する基本測量及び公共測量以外の測量をいう。

※ 測量法により制約を受けない測量

建物に 関する測量その他の局地的測量又は小縮尺図の調製その他の高度の精度を必要としない測量で政令で定めるものを除く。

<測量標：第十条>

測量標とは、永久標識、一時標識及び仮設標識を言う。

重要02：測量の基準（法規）

◆測量の基準をしっかりと覚えよう！

※以下の文書は測量法の一部を抜粋・改変してあります。

<測量の基準：第十一条>

基本測量及び公共測量は、次に掲げる測量の基準に従って行わなければならない。

- ・位置は、地理学的経緯度及び平均海面からの高さで表示する。ただし、場合により、直角座標及び平均海面からの高さ、極座標及び平均海面からの高さ又は地心直交座標で表示することができる。
- ・距離及び面積は、回転楕円体の表面上の値で表示する。
- ・測量の原点は、日本経緯度原点及び日本水準原点とする。
- ・地理学的経緯度は、世界測地系に従って測定しなければならない。

- ・世界測地系とは、地球を次に掲げる要件を満たす扁平な回転楕円体であると想定して行う地理学的経緯度の測定に関する測定の基準をいう。
- ・その**長半径及扁平率**が、地理学的経緯度の測定に関する国際的な決定に基づき**政令で定める値**であるものであること。
 - ・その**中心が地球の重心と一致**するものであること。
 - ・その**短軸が地球の自転軸と一致**するものであること。

重要03：土地の立入（法規）

◆土地の立入りは絶対に覚えよう！

※以下の文書は測量法の一部を抜粋・改変してあります。

＜土地の立入及び通知：第十五条＞

- 基本測量を実施するために必要があるときは、国有、公有又は私有の**土地に立ち入ることができる**。
- ・宅地又はかき、さく等で囲まれた土地に立ち入ろうとする者は、**あらかじめその占有者に通知**しなければならない。
 - ・土地に立ち入る場合においては、その**身分を示す証明書を携帯**し、関係人の請求があったときは、これを**呈示**しなければならない。

＜障害物の除去：第十六条＞

基本測量を実施するためにやむを得ない必要があるときは、**あらかじめ所有者又は占有者の承諾を得て**、障害となる植物又はかき、さく等を**伐除**することができる。

＜測量標の保全：第二十二条＞

何人も、**国土地院の長の承諾**を得ないで、基本測量の**測量標を移転し、汚損し、その他その効用を害する行為をしてはならない**。

＜測量標の使用：第二十六条＞

基本測量以外の測量を実施しようとする者は、**国土地院の長の承認**を得て、**基本測量の測量標を使用**することができる。

●公共測量

＜公共測量の基準：第三十二条＞

公共測量は、基本測量又は公共測量の測量成果に基づいて実施しなければならない。

＜作業規程：第三十三条その2＞

公共測量は、前項の承認を得た**作業規程に基づいて実施**しなければならない。

重要04：資格の登録（法規）

◆「登録された…」は絶対に覚えよう！

※以下の文書は測量法の一部を抜粋・改変してあります。

＜測量士及び測量士補：第四十八条＞

- 技術者として**基本測量又は公共測量に従事**する者は、**登録された測量士又は測量士補**でなければならない。
- ・測量士は、測量に関する計画を作製し、又は実施する。
 - ・**測量士補は、測量士の作製した計画に従い**測量に従事する。

重要05：測量業（法規）

◆「営業所に測量士を一人…」を覚えよう！

※以下の文書は測量法の一部を抜粋・改変してあります。

＜測量業者の登録及び登録の有効期間：第五十五条＞

測量業を営もうとする者は、この法律の定めるところにより、**測量業者としての登録**を受けなければならない。なお、登録の有効期間は5年間である。

＜測量士の設置：五十五条の十三＞

測量業者は、その**営業所ごとに測量士を一人以上**置かなければならない。

重要06：計画機関と作業機関（法規）

◆計画機関と作業機関の意味を理解しよう！

※以下の文書は測量法の一部を抜粋・改変してあります。

＜測量計画機関：第七条＞

測量計画機関とは、前二条に規定する**測量を計画する者をいう**。測量計画機関が、自ら計画を実施する場合には、測量作業機関となることができる。

＜測量作業機関：第八条＞

測量作業機関とは、測量計画機関の指示又は委託を受けて**測量作業を実施する者をいう**。

重要07：測量作業の注意事項（法規）

◆測量作業の注意事項は一般常識で考えよう！

- ・道路を測量作用で使用する場合は、**2つの許可**が必要となる。

→ **道路使用許可**：道路交通法により、道路本来の目的（通行など）以外に利用する場合に必要。
届出は所轄警察署。

→ **道路占用許可**：主に道路法により、道路上などに物を設置して継続的に使用する場合に必要。
届出は道路管理者（国道、都道府県道、市区町村道の管理課）。

・測量作業の注意事項

1. 安全確保：

観測作業中やその前後において、起こりうる**事故を予測し**、これを**未然に防ぐ体制を確保**するとともに、作業員及び関係者に対し、**安全教育を実施**する。

2. 作業実施の現地説明：

作業実施に伴う、その目的や内容、工程等の説明資料を作成し、作業地域**利害関係人**（関係市区町村含む）へ、説明を通して**理解・協力**を求める。

3. 個人情報の管理：

個人情報保護法に基づき作成された、所属機関が定める**プライバシー・ポリシー**に則り、漏洩、毀損、滅失の防止に**最大限の努力**を図る。

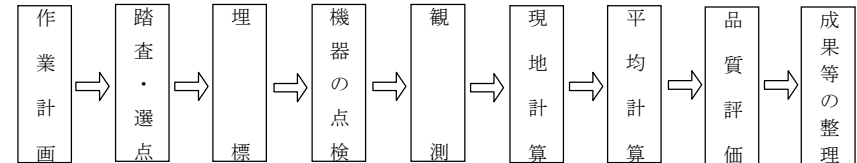
重要08：基準点測量（トランシットの器械誤差）

◆ 名称と原因・消去法は必ず覚えよう！

名 称	原 因	消 去 法
トランシットの三軸誤差	視準軸誤差 トランシットの 視準軸と望遠鏡の視準線が一致していない ため、水平角の測定に生じる誤差。 誤差の大きさは高度角に比例する。	望遠鏡正反観測の平均値を取る ことにより消去
	水平軸誤差 トランシットの 水平軸と鉛直軸が直交していない ため、水平角の測定に生じる誤差。 誤差の大きさは、高度角に比例する。	望遠鏡正反観測の平均値を取る ことにより消去
	鉛直軸誤差 トランシットの 鉛直軸と鉛直線の方向が一致していない ため、水平角の測定に生じる誤差。 誤差の大きさは、高度角に比例する。	なし （補正値を算出することにより、低減することが可能）
偏心誤差	目盛盤の中心と鉛直軸がずれているために、水平角の測定に生じる誤差。	望遠鏡正反観測の平均値を取ることにより消去
外心誤差	視準軸（望遠鏡）が回転軸の中心からずれているため、水平角の測定に生じる誤差。	望遠鏡正反観測の平均値を取ることにより消去
目盛誤差	目盛板の目盛間隔が均等でない場合に、水平角の測定に生じる誤差。	目盛板を均等な間隔ごとに使用することにより、誤差を小さくはできるが、完全に消去はできない。

重要09：基準点測量（作業工程）

◆ 作業工程は並べられるようにしよう！



重要10：基準点測量（設置条件）

◆ 特にGNSS機械を用いた場合の条件を覚えよう！

- ・測量地域全般に既知点の配点とあわせた、基準点の配点密度が均等であること。
- ・地盤が堅固であること。
- ・見通しがよく、利用、保存に適していること。
- ・路線長は極力短くし、節点数を少なくすること。
- ・敷地所有者の承諾が得られること。
- ・上空視界の確保すること。（GNSS）
- ・電波障害の有無を確認すること。（GNSS）
※ （GNSS）とあるものは、GPS 測量機を用いた場合のみ適用されるものである。

重要11：基準点測量（TSの特徴）

◆ 特徴は絶対に覚えよう！

- ・トータルステーションによる観測では、**水平観測 鉛直角観測、距離測定を同時**に行える。
- ・トータルステーションによる距離測定では、観測時に気温、気圧の測定値を入力すると**自動的に気象補正**を行う。
- ・データコレクタに記録された観測データは**速やかに**他の媒体に**バックアップ**を取ることが望ましい。
- ・観測前に定められた許容範囲を入力することにより、**観測終了後直ちに観測の良否が判断**できる。
- ・再測となった観測値は、**データコレクタ内の記録から削除してはならない**。

重要12：基準点測量（光波測距儀の誤差）

◆ 観測距離に「比例するもの・しないもの」を、確実に覚えよう！

<観測距離に比例する誤差>

- ・気象（気温・気圧・湿度）に関する測定誤差
- ・変調周波数による誤差

<観測距離に比例しない誤差>

- ・器械定数の誤差
- ・プリズム（反射鏡）誤差
- ・位相差測定の誤差
- ・致心誤差

重要 13：基準点測量（平面直角座標系）

◆ 地図分野にも出題 — 平面直角座標系の特徴を確実に覚えよう！

- ① 適用範囲として、全国を 19 の区域に分けている。
- ② 座標は縦座標を X 軸。横座標を Y 軸とする。
- ③ 座標の原点は、 $X=0m$ 、 $Y=0m$ とする。
- ④ 原点から東及び北方向を+（プラス）、西及び南方向を-（マイナス）の値とする。
- ⑤ 座標原点より東西 130km を適用範囲とする。
- ⑥ 中央子午線から東西に離れるにしたがって平面距離が大きくなっていくため、その誤差を 1/10000 に収めるために、座標原点を通る中央子午線上の縮尺係数を 0.9999、中央子午線から東西 90km での縮尺係数を 1、原点 から東西 130km の縮尺係数を 1.0001 としている。
- ⑦ ガウス・クリューゲルの等角投影法（正角図法）である。
- ⑧ 座標原点を通る子午線が等長に、図形は等角の相似形に投影される。

重要 14：基準点測量（基準点成果表）

◆ 例を見て書かれている内容を理解しよう！

（例）

世界測地系(測地成果 2000)		
基準点コード	4930-36-4601	
1/50000 地形図名	菊池	
種 別	四等三角点	基準点名称及び等級
冠字番号	尽 14	
点 名	横平	
緯 度	32° 57' 35".0932	基準点の経緯度
経 度	130° 19' 43".4036	B：緯度（北緯）・L：経度（東経）
標 高	128.02 m	
座 標 系	2系	平面直角座標系
X	-4450.632 m	平面直角座標系原点からの X 座標値
Y	-16012.038 m	と Y 座標値
縮尺係数	0.999903	下記参照
ジオイド高	32.80m	ジオイド面からの高さ

- ・ 縮尺係数（楕円体面上の距離（球面距離）を、直角座標系上の距離（平面距離）にするための係数）成果表には、球面距離が記載されているため、 $(\text{平面距離}) = (\text{球面距離}) \times (\text{縮尺係数})$ で表される。

重要 15：基準点測量（方向角と方位角）

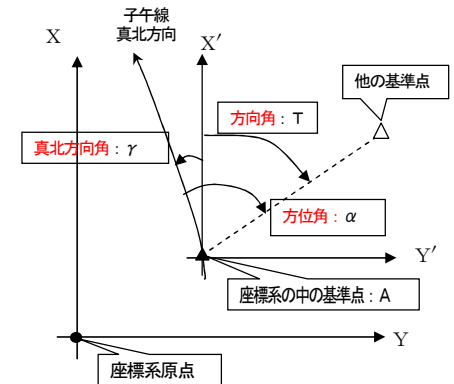
◆ 図を見て関係を覚えよう！

方位角：基準点（A）を通る子午線の北から、他の基準点（目標）までを右回りに観測した角。

方向角：基準点（A）を通る X' 軸（座標原点の X 軸に平行）から、他の基準点までを右回りに観測した角。

真北方向角：基準点（A）を通る X' 軸から、その基準点を通る子午線までの角度。符号を持ち、時計回りが正（+）、反時計回りが負（-）となる。

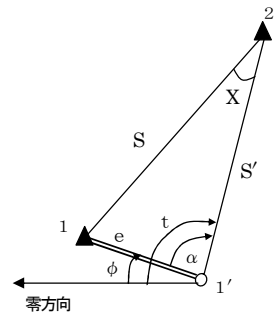
真北方向角、方位角、方向角の間には、
「真北方向角 = 方位角 - 方位角」の関係がある。



重要 16：基準点測量（正弦定理による偏心補正計算）

◆ 正弦定理による計算は絶対に覚えよう！

正弦定理による計算は、「測点間距離が偏心点に対して、対向する辺」である場合に用いられる。



x：偏心補正量
S：基準点 1～2 の距離
S'：偏心点 1'～2 の距離
e：偏心距離
φ：偏心角
t：観測した水平角
α：t - φ

$$x'' = \frac{e}{S_1} \rho'' \sin \alpha$$

ここで、測点間距離 S がわかっている場合は、正弦定理を用いて、偏心補正の公式により偏心補正量を求めることができる。

重要 17：基準点測量（光波測距儀の器械定数）

◆ 式を導けるようになるよう！

A-B、B-C、A-C の距離を光波測距儀で観測した場合、光波測距儀の器械定数を求めるには、次のように計算すれば良い。

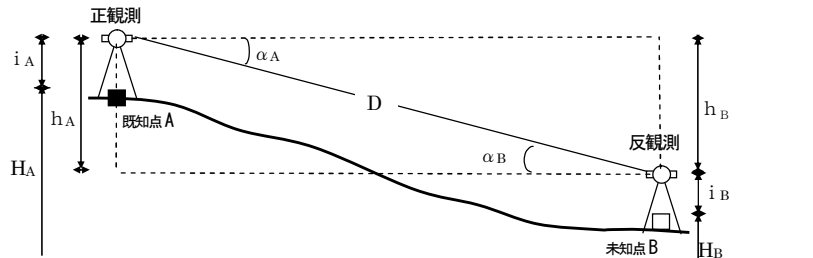
$$(AB+k) = (AC+k) + (CB+k) \text{ より } (k: \text{器械定数 とする})$$

$$k = AB - (AC+CB)$$



重要 18：基準点測量（間接水準測量）

◆問題文から図を描き、式を導けるようになろう！



<正観測からの式>

$$h_B + i_B + H_B = i_A + H_A \text{ より, } H_{B正} = i_A + H_A - h_B - i_B + K \quad \text{ここで, } h_B = D \sin \alpha_A$$

<反観測から求める式>

$$h_A + i_B + H_B = i_A + H_A \text{ より, } H_{B反} = i_A + H_A - h_A - i_B - K \quad \text{ここで, } h_A = D \sin \alpha_B$$

※ Kは両差を表す。

※両差 (K) とは、球差と気差を合計したもので、両差は常に「+」の値となるのが普通である。

※両方向からの観測では、上式の値を平均するため、両差を考慮する必要はない。

重要 19：基準点測量（GNSS 測量 — 基本 —）

◆ GNSS 測量の定義をしっかりと覚えよう！

GNSS (Global Navigation Satellite Systems: 全地球衛星航法 (または測位) システム) とは、

- ・アメリカの GPS (ジーピーエス: Global Positioning System)
 - ・ロシアの GLONASS (グロナス: Global Navigation Satellite System)
- などの衛星航法 (または測位) システムの総称であり、衛星からの電波を専用アンテナで受信しそのアンテナ位置を決定するシステムを言う。

※ 現在、国内の電子基準点が GPS のみの観測となっており、また日本の QZSS が GPS 衛星を補間するためのシステムであることから、GNSS についてはその概要だけを理解し、GPS 測量について覚えておけば、士補試験には対応できると考える。

GPS 衛星は、地球の赤道面に対して約 55 度傾いた地上高度約 20,000km の 6 つの軌道の上に、合計 24 個 (1 軌道につき 4 個) ※あり、周囲周軌道 0.5 恒星日 (11 時間 58 分) で、常時電波を発信しながら地球の周りを回っている。この GPS 衛星が発信する電波 (搬送波) には、衛星の位置を計算するための軌道情報や時刻などの「航法メッセージ」と、観測に用いる周波である「C/AコードやPコード」が含まれている。

重要 20：基準点測量（GNSS 測量 — 受信機 —）

◆ GNSS 受信機の特徴を理解しよう！

1 級 GNSS 測量機	L1 周波数帯 (L1 帯) と L2 周波数帯 (L2 帯) の電波を同時に受信可能。2 周波受信機
2 級 GNSS 測量機	L1 帯のみを受信する。1 周波受信機

※ 観測距離が 10 km 未満の観測では、通常 1 周波受信の 2 級 GNSS 測量機が用いられる。

重要 21：基準点測量（GNSS 測量 — 観測方法 —）

◆ 代表的な観測方法とその特徴を理解しよう！

GNSS 測量方法	特 徴
スタティック法	GNSS 受信機を複数の観測点に据えた後、60 分～120 分ほど、GPS 衛星のみでは 4 個以上 (GPS と GLONASS の組合せでは 5 個以上) の GNSS 衛星からの電波を連続して受信し、各測点間の「基線ベクトル」を求める方法。 観測距離が 10 km を超える場合は、1 級 GNSS 測量機により 2 周波による観測を行う。ただし、節点を設けて観測距離を 10 km 未満にすることで、2 級 GNSS 測量機により観測を行うこともできる。(1～4 級基準点測量)
RTK 法	RTK (リアルタイム キネマティック: Real Time Kinematic) 観測法とは、既知点 (固定点: 基地局) から無線や携帯電話 等により送信された補正観測データと、新点 (移動局) で取得された GNSS 電波により 2 点間の基線ベクトルを求め、瞬時に新点の座標値を計算し、移動局のパソコンモニター上に表示させるものである。 これにより、1 点の観測にかかる時間が短くリアルタイムでの観測が行え、効率的である。(3～4 級基準点測量)
ネットワーク型 RTK 法	ネットワーク型 RTK 法では、3 点以上の基準局 (電子基準点) からのリアルタイムデータ (データ配信事業者) を利用し観測できるようにした。これにより基地局と移動局の距離の制限が無く、さらに受信機 1 台での観測作業が可能となったため、効率的に観測作業が行えるようになった。 また、ネットワーク型 RTK 法には、作業規程の準則により VRS 方式 (仮想基準点方式) と FKP 方式 (面補正パラメータ方式) の 2 方式が規定されている。(3～4 級基準点測量)

重要 2 2 : 基準点測量 (GNSS 測量 — 誤差 —)

◆誤差の種類とその内容を理解しよう！

誤差の種類	内 容
サイクルスリップ	上空にある GNSS 衛星からの電波が遮られ、観測データが不連続となり、位相記録が欠落する現象。欠落したデータは、解析結果に誤差となって現れる。 (対策) 上空視界の開けた場所で観測する。木の枝などにも注意。
電波障害	観測点近辺にレーダーや電波塔など、障害電波発生源がある場所は GNSS アンテナの受信障害の原因となる可能性がある。 (対策) 電波発生減 (電波塔や無線機) 近傍では観測作業を行わない。
マルチパス	GNSS 衛星からの電波が障害物等に反射して GNSS アンテナに到着する現象。GNSS 衛星は本来の電波と反射した電波の両方を受信する事となり、誤差の原因となる。 (対策) 高いビルや金属製品 (トタンや車など) の近傍では観測作業を行わない。
電離層遅延誤差	電離層を GPS 衛星からの電波が通過する際に、屈折し電波到達時間が遅くなるために生じる誤差。(10 km 以上の長距離で発生する。) (対策) 2 周波の観測により軽減できる。
対流圏遅延誤差	対流圏を GPS 衛星からの電波が通過する際に生じる速度遅延による誤差。 (対策) 基線解析ソフトに設定されているデフォルト値を用いて気象補正が行われる。

重要 2 3 : 基準点測量 (GNSS 測量 — 観測作業の注意事項 —)

◆ GNSS による観測作業の特徴を理解しよう！

- ① GNSS による基準点測量は干渉測位法によって行われる。
- ② アンテナ高は、アンテナ底面高をミリメートル単位まで測定する。
- ③ GNSS 衛星の動作状態、飛来情報等を考慮し、片寄った衛星配置の使用は避ける。
- ④ GNSS 衛星の最低高度角は 15° を標準とする。
- ⑤ スタティック法 (短縮スタティック法を含む) については、次の通り行う。
 - ・観測図には、同時に複数の GPS 測量機を用いて行われる観測範囲 (セッション) を記入する。
 - ・観測は、1 つのセッションを 1 回行う。
- ⑥ スタティック法で行う場合、使用する衛星の数は、
 - ・GPS 衛星のみを使用する場合は同時に 4 衛星以上。
 - ・GPS 衛星と GLONASS 衛星を併用する場合 (または GLONASS のみ) は、同時に 5 衛星以上。
 ただし、観測距離が 10 km 以上の観測、短縮スタティック法及びキネマティック法、RTK 法 (ネットワーク型を含む) を行う場合は
 - ・GPS 衛星のみを使用する場合は、同時に 5 衛星以上。
 - ・GPS 衛星と GLONASS 衛星を併用 (または GLONASS のみ) する場合は、同時に 6 衛星以上とする。

⑦ GNSS 観測による基線解析の結果は F1X 解とする。(F1X 解: 基線解析で得られる整数値)

⑧ PCV (Phase Center Variation) 補正

スタティック法及び、短縮スタティック法による基線解析では、原則として PCV 補正を行う必要がある。

PCV 補正とは、アンテナの機種ごとに異なる受信位置 (ベクトルのズレ) を補正するために行う方法。PCV 補正を行う事により、同一セッション、同一機種が原則であった GNSS 測量において、異機種間の観測を精度を維持したまま行う事ができるものである。

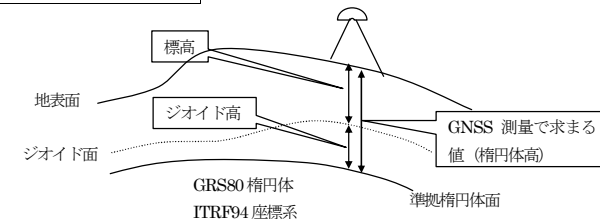
⑨ セミ・ダイナミック補正

セミ・ダイナミック補正とは、地殻変動による基準点の位置誤差を補正する手法であり、公共測量では、1 級基準点測量のうち、電子基準点 (付属表を除く) のみを既知点として用いる測量に適用される。

重要 2 4 : 基準点測量 (GNSS 測量 — 高さの観測 —)

◆ 楕円体高と標高の関係を覚えよう！

図のように、GNSS 測量機で観測された「高さ」は、楕円体高である。

つまり、
(標高) = (楕円体高) - (ジオイド高) となる。

重要 2 5 : 基準点測量 (最確値の標準偏差)

◆最確値の標準偏差を求める式を覚えよう！

最確値 (算術平均) の標準偏差を求める式は、
$$M = \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{n(n-1)}}$$
 となる。ここで、M: 標準偏差 δ : 偏差 n : 観測回数 となる。また、 $\delta = (\text{観測値}) - (\text{最確値})$ によって、求められる。

次のような距離の観測を行った場合、最確値の標準偏差は、

観測回数	観測値 (m)	δ	δ^2
1	60.246	-0.038	0.001444
2	60.282	-0.002	0.000004
3	60.324	0.04	0.001600
合 計			0.003048

$$M = \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{0.003048}{3(3-1)}} = \sqrt{\frac{0.003048}{6}} = \sqrt{0.000508} \approx \pm 0.0225\text{m}$$

となる。

重要 2 6 : 基準点測量 (座標値の計算)

◆ 図を描き方向角と距離から座標値を求められるようにしよう !

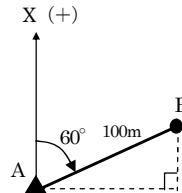
既知点 A と未知点 B がある場合、方向角 60° 、A-B 間の距離を 100m とすると、B 点の座標位置は、次のように求められる。

Y 座標の値

$$y = 100\text{m} \times \cos 30^\circ = 100\text{m} \times 0.866\cdots = 86.60\text{m}$$

X 座標の値

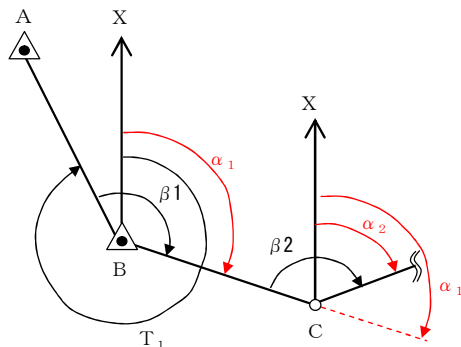
$$\sin 30^\circ = x / 100\text{m} \quad \text{より、} x = 100\text{m} \times \sin 30^\circ = 50.00\text{m}$$



重要 2 7 : 基準点測量 (方向角の計算)

◆ 方向角を求められるようにしよう !

図を基に方向角 α_2 を求める場合を考えると次のようになる。



まず、B 点の C 点に対する方向角を求めると次のようになる。

$$\alpha_1 = (T_1 + \beta_1) - 360^\circ$$

次に、路線 B—C を延長すると図の破線ようになり、ここから前出の α_1 を用いて、 α_2 (次点の方向角 : C 点の D 点に対する方向角) を求めると、次のようになる。

$$\alpha_2 = (\alpha_1 + \beta_2) - 180^\circ$$

※このように、順次求めていく事により、各点 (節点) における方向角が求められる。

重要 2 8 : 水準測量 (レベルの特徴)

◆ 3 種類のレベルの特徴について理解しよう !

	チルチングレベル	オート (自動) レベル	電子レベル
電源 (バッテリー)	不要		必要
読取装置	望遠鏡で視準し、マイクロメータ等により、読取る		望遠鏡で視準し、バーコード (画像処理) にて読取る
視準線の合致	チルチングネジ (または俯仰ネジ) (気泡管水準器の合致)	コンベンセータ (振子による自動調整)	
標尺	一般標尺 (インバール など)		バーコード標尺 (レベルの専用標尺)
据付作業	必 要		
視準距離	限界がある (作業規程による制限)		
点検・調整	必 要		
取 扱	3 種のレベルともに基本的に同じであるが、電子レベルに関しては「バッテリーの消耗」と「視野の遮断 (障害物による標尺の見え方)」や「標尺の背景にある反射物」に注意する必要がある。		
観測作業	気泡管の不等膨張などによる視準軸誤差を防ぐために、洋傘などにより、直射日光が当たらない様にする (1~2 級水準測量)	コンベンセータを用いているため、これらを省略することができる。(公共測量作業規定では)	コンベンセータを利用してはいるが、電子機器であるため、内部の温度上昇を防ぐ意味から、直射日光が当たらないようにする

重要 2 9 : 水準測量 (電子レベルの特徴)

◆ 電子レベルの特徴を理解しよう !

- 電子レベルはバーコード状の目盛の刻まれた標尺 (パターンスタッフ) を検出器で認識し、電子画像処理を行い高さ及び距離を自動的に読取る。
- 観測作業にはその器械 (メーカ) 専用の標尺を用いる。
- データコレクタやパソコンに接続することにより、観測したデータを自動記録することができる。
- 電子レベルはバッテリーや電池を使用するため、作業中は予備の電源を持つ必要がある。
- 望遠鏡でパターンスタッフを視準し、ピントを合わせボタンを押すだけの作業であるため、標尺の読取り誤差など、観測者個々の個人誤差が生じにくい。
- 自動レベルと同様、コンベンセータを内蔵し、軽微な視準軸の傾きは補正される。
- 観測時の注意事項
 - 太陽や建物のかげ等により、標尺に明暗 (日陰) ができないようにする。
 - 標尺の背景に反射物 (窓ガラス、ビニールハウス、看板、水面) が無いようにする。
 - 望遠鏡の視野に、障害物 (木の葉、金網等) が無いようにする。

重要 30 : 水準測量 (器械の誤差と消去法)

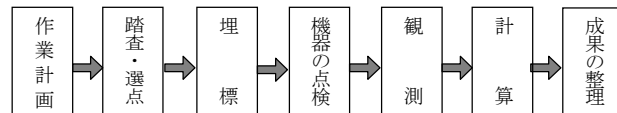
◆ 誤差と原因・消去法を必ず覚えよう！

誤差の種類	原因	消去法
視準軸誤差	望遠鏡の視準軸と気泡管軸が平行でないために生じる誤差	視準距離 (レベルと前後標尺の距離) を等しくする。
球差	地球が球面体であるために生じる誤差	
気差の変化 (気差による誤差)	気温の変化等による大気密度の変化に伴う、光の屈折誤差。	観測順序を、後視準→前視準→前視準→後視準とすることにより、小さくできる。視準距離を短くする。
鉛直軸誤差	鉛直軸が傾いているために生じる誤差	レベルの望遠鏡と三脚の向きを、特定の標尺に対向させるように据付け、観測する。(完全に消去することはできない)
三脚の沈下による誤差	地盤の弱い場所に三脚を据付けた場合、三脚の沈下により生じる誤差	脚杭や足場によって、三脚が沈下しないようにする。地盤堅固な場所に据えかえる。
視差による読取誤差	望遠鏡の対物レンズと接眼レンズの焦点が合っていないために生じる誤差	接眼レンズを調節し、十字線が明瞭に見えるようにしてから観測する
レフラクション (大気の屈折誤差)	地表面に近いほど、大気密度が大きくなるために生じる光の屈折誤差	標尺の下方を視準しない。視準距離を短くする。
標尺の傾きによる誤差	標尺が鉛直に立てられていないために生じる誤差	鉛直気泡管や支持棒を用いて、標尺を鉛直に立てるようにする。
零目盛誤差 (標尺の零点誤差)	標尺底面の磨耗等により、零目盛の位置が正しくないために生じる誤差	測定回数を偶数回にする。(出発点に立てた標尺を終点に立てる)
標尺の目盛誤差	標尺の目盛が正しくないために生じる誤差	所定精度の標尺を使用する。尺定数により補正する。
標尺の沈下・移動による誤差	観測中の標尺の、沈下や移動により生じる誤差	標尺台を用いて、観測する。標尺台の爪を地面にしっかりと食込ませる。

重要 31 : 水準測量 (現地計算)

◆ 水準測量の現地計算について理解しよう！

公共測量作業規程における水準測量は、次のような作業工程で行われる。



この中で、「計算 (現地計算：観測値への補正)」は次の工程で行われる。

往復観測比高の平均 → 標尺補正 → 橋円体補正 → 路線標準偏差の計算

※ 標尺補正及び橋円体補正は、1～2級水準測量について行う。ただし、2級水準測量における標尺補正計算は、水準点間の高低差が70m以上の場合に行うものとし、補正量は、15℃における標尺改正数を用いて計算する。

重要 32 : 水準測量 (観測作業の注意事項)

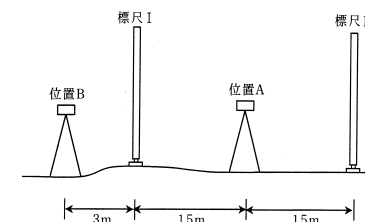
◆ 観測作業における注意事項を必ず覚えよう！

- ・ 特定方向に誤差が累積した場合に生じる、系統的誤差を避けるため、簡易水準測量を除き往復観測とする。
- ・ 目盛誤差を消去するため、標尺は2本一組とし往と復では入れ替えて観測する。また、標尺の零目盛誤差を消去するため、設置回数は偶数回とする。
- ・ 視準線誤差を防ぐため、観測する両標尺までの視準距離を等しくする。
- ・ レベルを支持する三脚は特定の2脚と視準線とを常に平行にし、進行方向に対して左右交互に設置する。
- ・ 1視準1読定とし、1級水準測量の場合、後視小目盛→前視小目盛→前視大目盛→後視大目盛の順で観測する。
- ・ 気温測定は標尺目盛の温度補正を正確に行うため、温度計を十分に野外にさらしてから気温測定をする必要がある。
- ・ 主気泡管の不等膨脹による誤差を防ぐために傘などにより、レベルに直射日光が当たらないようにする。
- ・ 観測作業に作為が無いことを明確にするため、手簿に記入した読定値を訂正してはならない。
- ・ 1級水準測量においては、大気による屈折 (レフラクション) 誤差の影響を少なくするため、標尺の下方20cm以下を読定しない。
- ・ 1日の観測作業は、水準点に取り付けて終わることを原則とする。なお、やむを得ない場合でも、固定点の異常を点検できるようにする必要がある。
- ・ 新設点の観測は、埋設後1週間程度経過してから行うことが望ましく、やむを得ない場合でも24時間以上経過してから行う。
- ・ 永久標識には、必要に応じ固有番号等を記録したICタグを取り付ける事が出来る。
- ・ 4級水準点及び簡易水準点には、標杭を用いる事ができる。
- ・ 永久標識の設置された点については、ネットワーク型 RTK-GPS 測量の単点観測等により座標を求め成果表に記載するものとする。

重要 33 : 水準測量 (くい打ち調整法)

◆ 例題で解法手順を覚えよう！

自動レベルの視準線を点検するために、図のようにレベル位置A,Bで観測を行い、表の結果を得た。この結果をもとにレベルの視準線を調整するためには、標尺Ⅱの読定値をいくらにすればよいか。



表

レベル位置	標尺Ⅰの読定値	標尺Ⅱの読定値
A	1.357m	1.406m
B	1.436m	1.475m

手順 1：観測結果から調整量を判断する。レベル位置 A : $1.406\text{m} - 1.357\text{m} = 0.049\text{m}$ レベル位置 B : $1.475\text{m} - 1.436\text{m} = 0.039\text{m}$ (レベル位置 A) - (レベル位置 B) = 0.010m となり、調整が必要であると言える。**手順 2：解答の目安をつける。**

レベル位置 B の高低差は視準線誤差を含んだものであり、その大きさは、手順 1 より、 0.010m である。これにより、レベル位置 B において視準線誤差を消去しようとするれば、 0.010m 高い、標尺 II の $1.475\text{m} + 0.010\text{m} = 1.485\text{m}$ 付近を見ればよいと言える。**※これが解答ではない。**

手順 3：レベル十字線の調整後の標尺読定値の計算

ここで、B において標尺 I までの距離 3m で誤差は無視できるが、標尺 II まではその 11 倍の 33m であることに注意する。

レベル十字線の調整量は比例式により次のように計算される。

$$\frac{33\text{m}}{30\text{m}} \times 0.010\text{m} = 0.011\text{m}$$

この値がレベル位置 B における標尺 II への補正量である。

よって、レベル位置 B における視準線調整後の標尺 II の読定値は、次のようになる。

 $1.475\text{m} + 0.011\text{m} = 1.486\text{m}$

※ 上式の、 $33\text{m}/30\text{m}$ の数値は、公共測量作業規程に記載されているものである。この数値が変わることは考えにくい。

重要 34：水準測量（往復観測の較差と制限）**◆較差の式は必ず覚えよう！**往復観測値の較差の許容範囲（制限）は、次の式で与えられる。 $m = \pm k\sqrt{S}$

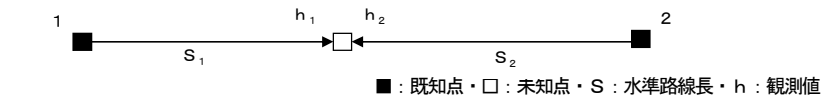
(m：較差の許容範囲、k：1km 当りの較差の許容値、S：水準路線長 (Km、片道))

※較差の許容値は与えられる（もしくは求める）ため、覚える必要はない。

(例題) 観測距離が 2km の水準測量を、往復観測値の較差の許容範囲を 28mm として行った。これと同じ精度で、観測距離が 4km の水準測量を行う場合、往復観測値の較差の許容誤差はいくらにすべきか。

(解答) 観測距離 2km の水準測量から、1km 当の較差の許容範囲 (k) を求める。 $k = \pm 19.8\text{mm}$ 4km の観測のため、 $m = \pm 19.8\sqrt{4}\text{km} = 39.6\text{mm}$ **重要 35：水準測量（標高の最確値の計算）****◆重量平均は絶対に覚えよう！**重量 (P) は路線長 (S) に反比例する。 $P = 1/S$

既知点 1, 2 から未知点に向かって水準測量を行い、結果 h_1 、 h_2 を得た。未知点の標高（最確値）を求める。



$$\frac{(P_1 \times h_1) + (P_2 \times h_2)}{P_1 + P_2} = (\text{最確値})$$

ここで、 $P = 1/S$ の値は、整数にしておくと計算しやすい。**重要 36：地形測量（TS を用いた細部測量）****◆まとめの文書はそのまま覚えよう！**

<細部測量の方式>

- ・**オンライン方式**：観測データを直接取込みながら、地形図の編集までを**現地で行う方法**。現地で直接地形図の描画を行うため、作業能率がよくミスが発見しやすい。
- ・**オフライン方式**：観測データを一旦、データコレクタ等に取込みその後、**事務所等**で地形データの追加や修正を行う方法。**オフライン方式を用いた場合は**、数値データの編集後に重要事項の確認や必要部分の**補備測量を実施する必要がある**。

<TS 点の設置方法>

- ・基準点に TS を設置し**放射法**により求める。
- ・TS 点に TS を設置し、**後方交会法**により求める。

<細部測量の方法>

TS を用いた地形・地物などの水平位置及び標高の測定は、**放射法、支距法、前方交会法や、他の有効な測定法を用いることができる**。

- ・**放射法**：TS を用いた細部測量は、**放射法によるのが一般的**であり、これは TS の特性を最大限に活かし、効率よく観測作業を行う事ができる方法であると言える。
- ・**支距法**：支距法とは、基準となる側線を既知点間に設け、求点から基準線へ下ろした垂線の長さで、求点位置を求めようとするものである。
- ・**曲線部分の測定**：道路や河川など曲線部分を持つものは、その**始点と終点及び変曲点を測定する必要がある**。変曲点とは、曲線部分を持つ地物等において、その形状が変化する点を言う。
- ・**等高線の測定**：等高線の描画には、直接測定法と間接測定法があり、間接測定法を簡単に説明すると、地性線をもとに比例計算により等高線の地点を求め、これをつないで等高線を作成方法である。

<まとめ>

T S を用いた細部測量とは、**基準点又は T S 点**（T S を用いて水平位置及び標高を求めた点）に T S を設置し、数値地形図の作成に必要な地形・地物を測定して、**数値データを取得する作業**をいう。地形・地物の水平位置及び標高の測定では、作業効率を考慮して適切な地点を選ぶことが大切であり、T S の特性を活かして**放射法が多く利用**されている。

また建物など**直線で囲まれている地物の場合は、そのかどを測定**する。また、測定の結果得られた地形・地物の水平位置及び標高には**属性を表すための、分類コードを付与**する。

重要 37：地形測量（RTK法を用いた細部測量）

◆ T S 点の設置と細部測量の違いを覚えよう！

< T S 点の設置 >

- ・ **キネマティック法又は RTK 法による T S 点の設置は**、基準点に GNSS 測量機を設置し、**放射法**により行うものとする。
- ・ **ネットワーク型 RTK 法による T S 点の設置は**、間接観測法又は単点観測法により行うものとする。
- ・ **観測は、干渉測位方式により 2 セット行い**、1 セット目の観測値を採用値とし、**観測終了後に再初期化**をして、**2 セット目の観測**を行い、2 セット目を点検値とする。
- ・ **使用衛星数は、5 衛星以上とする。**

GLONASS 衛星を用いる場合は 6 衛星以上で、それぞれ GPS 衛星、GLONASS 衛星を 2 衛星以上使用する。GLONASS 衛星を用いる場合は、同一メーカーの GNSS 測量機を使用する。

< 細部測量（地形、地物の測定） >

	RTK 観測	ネットワーク型 RTK 観測
使用機器	1 ～ 2 級 GNSS 測量機	1 級 GNSS 測量機
観測方法	放射法 干渉測位法により 1 セット	単点観測法・間接観測法 干渉測位法により 1 セット
使用衛星数	5 個 （ただし GLONASS 衛星を用いる場合は 6 個）	
標高の測定	必要に応じ水準測量により行うことができる	

※初期化について

初期化には、O T F（オンザフライ）やアンテナスワッピングなどがある。

RTK 法（ネットワーク型を含む）観測では、初めに既知点と観測点間において、**初期化の観測を 2 セット行い**、セット間の格差が許容範囲内にある事を確認した後に、**細部測量を行う必要がある。**

また、障害物等で衛星からの電波が遮られた場合も**再初期化を行う必要がある。**

重要 38：地形測量（既成図数値化とデータ形式）

◆データ形式とその特徴を確実に覚えよう！

既成図数値化 → 既成図から数値地形図データにする作業

データ形式は、**ベクタデータとラスタデータ** に分類される。

一般的に、**デジタイザ**により取得されたデータは**ベクタデータ**、**スキャナ**により取得されたデータは**ラスタデータ**となる。また、既成図数値化の**標準データ**は、GIS への活用と、属性データの付与から、**ベクタデータ**となっている。

<ベクタデータ>

いわゆる CAD データのことで、**図形の形状を、「点」・「線」・「面」に分け**、それぞれを座標と長さ、**方向（ベクトル）の組合せで表現する方法**。座標位置で表される点の情報や線の情報を表すのに適している。

直接取得では T S や G P S を用いた細部測量によって行われ、**既成図からのデータ取得では主にデジタイザが用いられる。**

<ラスタデータ>

いわゆる画像データのことで、図形を細かいメッシュ（画素：一般的には正方形）の集合体で表現する方法。メッシュ型のデータとしては、数値標高モデル（DEM）が良く用いられ、その他にも対象物の平面上における分布（土地利用や人口密度など）の表現に適している。

空中写真や既成図からのデータ**取得（マッピング：MD）**では、**スキャナが用いられる。**

<ラスターデータとベクタデータの特徴>

データ形式	ベクタデータ	ラスタデータ
地図表現	・ 正確に表現できる ・ 地図縮尺を大きくしても、形状は崩れない。	・ メッシュ内部の情報は不明である。 ・ 縮尺を大きくすると、地図表現が粗くなる。
※ 地図の特性：地図に使用されているデータは、座標を持った点（学校等の建物）と、線（道路や鉄道等の線状構造物）と、面（土地や湖沼など線で囲まれた物）にその全てが分類される。		

<ラスター・ベクタ（ラスベク）変換>

既成図を数値化する場合、スキャナによる数値化が多く用いられている。**スキャナによる数値化は、得られたデータがラスターデータのため、ラスター・ベクタ変換を用いてベクタデータに変換される。**

ラスベク変換の代表的な手法は、細線化と芯線化である。

<数値編集>

数値編集とは、計測されたデータを基に、図形編集装置（CADソフト）のスクリーン（モニター）上で対話処理により、計測データの取得漏れ、誤り、接合部分の座標不一致などを訂正し、編集済みデータを作成する作業である。

編集済みデータの点検は、**点検用の出力図やモニター上で行われ**、論理的矛盾（線の結合など）は、**点検プログラムにより行われる。**

重要 39 : 地形測量 (数値地形モデル : DEM)

◆DEMの意味を確実に覚えよう！

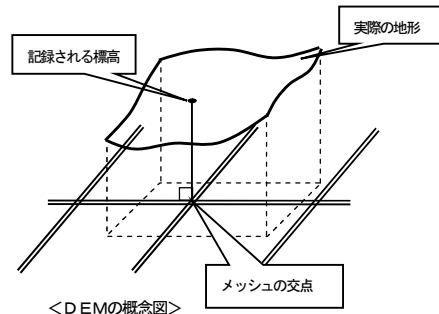
DEM (数値標高モデル) とは、数値地図の一種であり、ある地域を格子 (メッシュ) 状に区画し、その中心点の高度 (標高) データを記述したものである。

DEMの作成は、既存の地形図から等高線を読み取る方法と、航空レーザスキャナ測量 (地形をレーザでスキャンし、地盤高を計測する方法) による方法がある。

<DEMで解ること>

基本的に「標高」のデータであるため、「高さ」に関する事項は、DEMにより解る。

- ・DEMの格子点間隔が**小さくなるほど詳細な地形**を表現できる。
- ・DEMは**等高線から作成できる**。
- ・DEMから二つの格子点間の視通を判断できる。
- ・DEMから二つの格子点間の傾斜角を計算できる。
- ・DEMを用いて水害による浸水範囲のシミュレーションを行うことができる。



<DEMの概念図>

<DEMとDTM, DSM>

DSM : 地表面に存在する建物や樹木などの高さを含んだデータ。

DTM : 建物や樹木の高さを除いた、地表面の高さ。DEMと同義語で用いられる。

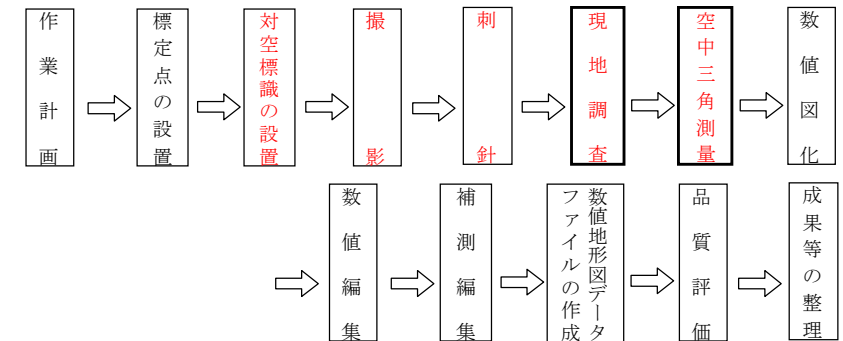
重要 40 : 写真測量 (対空標識の設置)

◆設置作業の注意点を覚えよう！

- ・対空標識は、引き伸ばし空中写真上で確認できるように、**空中写真の縮尺等を考慮し、大きさ、形状、色等を選定する**。撮影縮尺に応じてサイズがある。
- ・対空標識は、撮影作業が完了するまで**保存できるような材料を使用して設置する**ものとする。
- ・設置した対空標識は、**撮影作業完了後速やかに撤収する**ものとする。
- ・土地所有者の**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**。上空視界 45° 以上
- ・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**。
- ・空中三角測量に配慮し、周辺の地盤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50cm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**。

重要 41 : 写真測量 (作業工程)

◆作業工程は、絶対に覚えよう！



<現地調査>

空中写真測量における**現地調査は、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**。

<現地調査の手順>

① 予察

- ・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

- ・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

③ 調査結果の整理

- ・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指示する
- ・真位置への指示が困難な場合は、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

重要 4 2 : 写真測量 (空中三角測量)

◆ タイポイントとパスポイントの意味を覚えよう！

<空中三角測量の作業>

- ・ **標定点** (パスポイント及びタイポイント) や **基準点の写真座標** をデジタル図化機 (解析図化機やデジタルステレオ図化機) により **測定する作業**。
- ・ 写真座標、基準点成果 等を用いて調整計算を行い、**パスポイントやタイポイントの水平位置と標高 (測地座標)** と **外部標定要素を決定する作業**。

<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。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**。

パスポイントは、**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**。

<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**。

タイポイントは、ほぼ等間隔に配置し、一直線上に並ばないようにする。また、パスポイントで兼ねる事ができる。

<内部標定>

標定とは、重複する 2 枚の空中写真を用いて撮影時の状態を再現し、対象地域の小規模ステレオモデルを作成。さらに、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) を決定する作業である。

標定は各作業段階において、**内部標定・相互標定・絶対標定の 3 つに大別される**。多項式法や独立モデル法では、これら全ての標定作業が必要であったが、**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**。

<図化機>

図化機とは、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、解析図化機、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。

重要 4 3 : 写真測量 (アナログ空中写真の特徴)

◆ 重要事項を覚えよう！

<空中写真の特殊 3 点>

- ・ **主点** : 空中写真面上の中心点であり、**四隅や中央部にある指標を結ぶことにより求められる**。いわゆるレンズ中心を通る光軸と写真面の交点である。
- ・ **鉛直点** : レンズ中心を通る円直線と空中写真面の交点。**建物や土地の起伏による「ずれ (ひずみ)」は、鉛直点を中心に放射状に起きる**。
- ・ **等角点** : 主点とレンズ中心を結ぶ線 (光軸) とレンズ中心を通る鉛直線の交角を 2 等分した線と空中写真面の交点。

<空中写真に関する重要事項>

- ・ **中心投影である**。(高塔や高層建物は、写真の鉛直点を中心として放射状に広がるように写る)
- ・ 撮影された写真を**正射変換**すると、得られた画像の**縮尺は画像全体で一定になる**。
- ・ 写真の**主点は、周囲の指標から求めることができる**。
- ・ 撮影高度が同一であれば**広角カメラより普通角カメラで撮影する方が写真縮尺は大きくなる**。
- ・ **山間部を撮影した空中写真は、同一写真の中でも場所により縮尺が異なる**。
- ・ 普通角カメラより**広角カメラのほうが、高さの測定精度が高い**。

重要 4 4 : 写真測量 (アナログ空中写真の判読)

◆ 判読ポイントを覚えよう！

学 校 : 同じ敷地内に L や I、コ型の大きな建物。グラウンド、プール、体育館の有無

鉄 道 : 交差点の有無、ゆるいカーブ、直線の長さ

道 路 : 交差点の有無、カーブの多さ、通行車両の有無

橋 : 地形と道路・鉄道・河川などの位置関係

住宅地 : 特殊な形状、ほぼ定まった形状の密集

送電線 : 適度な間隔 (ほぼ等間隔)、高塔が線状に並ぶ

針葉樹 : 階調が暗い (黒色)、とがった樹幹、円錐形

広葉樹 : 階調が明るい (灰色)、楕円状の樹幹、樹幹表面の凹凸

竹 林 : 階調が明るい (淡灰色)、ヘイズ (ちり) のかかったきめ、樹幹は不明瞭

果樹園 : 土地の形状 (扇状地や耕地など)、規則正しい配列 (基盤の目) 樹幹、

茶 畑 : 土地の形状 (台地や丘陵の緩斜面など)、灰色と黒灰色が交互に列をつくる

水 田 : 土地の形状 (平坦、長方形など)、一様なきめ、連続性、耕地と耕地の間のあぜ

畑 : 耕地一面ごとの異なる階調、あぜがない

牧草地 : きめの細かい植生、色ムラがない、あぜがない、サイロや厩舎等の構造物、柵の有無

重要 4 5 : 写真測量 (航空レーザ測量の概要)

◆ 航空レーザ測量の概要とデータ形式を覚えよう！

航空レーザ測量とは、飛行機に搭載された GNSS、IMU、レーザ測距儀（航空レーザ測量システム）により地形を計測し、グリッドデータ（格子状の標高データ）等の数値地形図データファイルを作成するシステムである。

GNSSにより飛行機の位置、IMUにより飛行機の姿勢を計測し、レーザ測距儀により地上を左右にスキャンしながら飛行する。

<データ形式>

◆三次元計測データ：航空レーザ測量により直接得られた計測データを解析し、ノイズ等のエラーデータを除いた標高データ。

◆オリジナルデータ：調整用基準点等を用いて、三次元計測データの点検調整を行った標高データ。

◆グラウンドデータ：オリジナルデータから、地表面の遮蔽（しゃへい）物※データを除いた地表面の標高データ。

※植生では樹木が密生した個所、構造物では高層建築物のある個所、地形では直壁など急激な地形変化のある場所。

◆グリッドデータ：グラウンドデータを必要に応じた任意のグリッド（格子状）に整理した、数値標高モデル（DEM）。

◆等高線データ：グラウンドデータ又はグリッドデータから、編集ソフトにより自動発生させた等高点のデータ。

◆航空レーザ用数値写真：航空機に搭載されたデジタル航空カメラにより、空中から地上を撮影した画像データで、レーザ計測結果の点検に用いられる。

重要 4 6 : 写真測量 (写真地図の概要)

◆ 写真地図の概要と特徴を覚えよう！

<写真地図とは>

写真地図とは中心投影である空中写真を、地図と同じ正射投影に変換した写真画像である。つまり、同縮尺の地図に重ねれば一致する写真画像である。

写真地図作成における正射変換とは、空中写真をスキャニングして数値化した数値写真又はデジタルカメラで撮影した数値写真を、デジタルステレオ図化機を用いて、内部標定や空中三角測量を PC 上で半自動化し、モニタリングしながら正射投影写真画像（デジタルオルソフォト画像）を作成する作業を言う。

<数値地形モデルの作成>

デジタル化した空中写真（アナログ写真のスキャンやデジタルカメラでの撮影）を、デジタルステレオ図化機の自動標高抽出技術を用いて標高を取得し、数値地形モデルが作成される。

<モザイク>

モザイクとは、隣接する正射投影画像の重複部分について、位置と色を合わせ接合する作業を言う。モザイクの手順は、次の通りである。

濃度補正 → 濃度変換による色あわせ → 接合点の探索 → 接合点周辺の濃度の平滑化

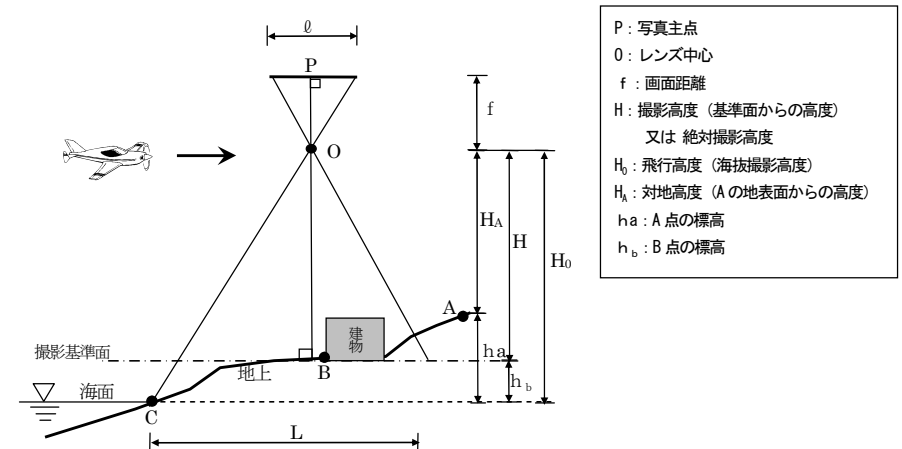
<写真地図の特徴>

- デジタルステレオ図化機で使用するデジタル画像の取得方法には、写真測量用スキャナを使用して空中写真フィルムを数値化する方法のほか、デジタル航空カメラを使用して直接取得する方法がある。
- 作業状態の保存が可能のため、標定の終わった任意のモデルの図化作業をいつでも実施、中断、再開することができる。
- 一般に、デジタルステレオ図化機を用いることにより、デジタルオルソフォト画像を作成することができる。
- デジタルオルソフォト画像は、対象地域の標高データがあれば、1枚の空中写真からでも作成できる。
- デジタルオルソフォト画像は、地形図のように縮尺は均一である。このため、縮尺が分かれば画像計測により二地点間の距離を求めることができる。

重要 4 7 : 写真測量 (撮影高度と縮尺)

◆撮影高度と縮尺の関係を覚えよう！

撮影高度と縮尺に関する問題を解くためには、問題文から下図を描けるか否かが、正誤の分岐となる。



・空中写真の縮尺と撮影高度の関係式は次のようになる。

$$\frac{f}{H} = \frac{l \text{ (mm)}}{L} = \frac{l \text{ (mm)}}{m}$$

ここで、m : 写真縮尺分母 L : 地上距離 l : 写真上に写された距離 H : 撮影高度

重要 48：写真測量（撮影基線長の計算）

◆オーバーラップと基線長の関係式を覚えよう！

$$B = b m \quad B = S \left(1 - \frac{OL}{100} \right)$$

B：撮影基線長　b：主点基線長　m：写真縮尺分母。　S：写真に写る地上距離

重要 49：写真測量（比高による写真像のズレ）

◆比高と投影距離の関係式を覚えよう！

$$\triangle H = \frac{\triangle R}{R} \times H$$

H：撮影高度　R：主点から構造物先端までの長さ　△R：写真上の構造物の像の長さ
△H：構造物の高さ

重要 50：地図編集（地図の投影法）

◆各投影法の特徴を覚えよう！

<投影要素で分類した地図の投影方法>

- ・正角（等角）図法：地図上の任意の 2 点間を結ぶ線が、北（経線）に対して正しい角度となる。
（正射図法、メルカトル図法、ガウス・クリューゲル図法）
- ・正距（等距離）図法：地図上の任意の 2 点間を結ぶ距離が地球上の距離と正しい比率で表される。
（正射図法、正距円筒図法）
- ・正積（等積）図法：任意地点の地図上の面積とそれに対応する地球上の面積を正しい比率で表す。
（ランベルト図法、モルワイデ図法）

※ 一つの図法の中で、投影要素「正角」「正距」「等積」の 3 つをを同時に表すことはできない。
2 つは OK であるが、正積と正角だけが同時に表す事はできない

<投影方法による分類>

- ・方位図法：地球の形を球として、直接平面に投影する方法。
- ・円筒図法：地球に円筒をかぶせてその円筒に投影し、切開いて平面にした方法。
（ガウスクリューゲル図法：日本で用いられている）
- ・円錐図法：地球に円錐をかぶせてその円錐に投影し、切開いて平面にした方法。

重要 51：地図編集（平面直角座標系と UTM 座標）

◆平面直角座標系と UTM 座標系の違いを覚えよう！

<平面直角座標系>

- ① 適用範囲として、全国を 19 の区域に分けている。
- ② 座標は縦座標を X 軸。横座標を Y 軸とする。
- ③ 座標の原点は、X=0m、Y=0m とする。
- ④ 原点から東及び北方向を+（プラス）、西及び南方向を-（マイナス）の値とする。
- ⑤ 座標原点より東西 130km を適用範囲とする。
- ⑥ 中央子午線から東西に離れるにしたがって平面距離が大きくなっていくため、その誤差を 1/10000 に収めるために、座標原点を通る中央子午線上の縮尺係数を 0.9999、中央子午線から東西 90km での縮尺係数を 1、原点から東西 130km の縮尺係数を 1.0001 としている。
- ⑦ ガウス・クリューゲルの等角投影法（正角図法）である。
- ⑧ 座標原点を通る子午線が等長に、図形は等角の相似形に投影される。

<UTM座標系>

- ① 地球表面を 6° ごとに 60 の経度帯に分け 1～60 までの番号を付けて、経度帯ごとに投影した図法。
- ② 適用範囲は北緯 80° ～ 南緯 80° まで。
- ③ 各経度帯の中央経線と赤道との交点を原点としている。
- ④ 座標の原点は、N=0.000km、E=500km（北半球）、N=1000km、E=500km（南半球）としている。
- ⑤ 原点の縮尺係数は 0.9996、約 180km 離れると、1.0000、約 270km 離れると最大の 1.0004 となる。
- ⑥ 赤道以外の緯線は曲線、経線は両極で交わるために弧を描く。このため、これら緯経線を図郭とする地図の形は四辺形となる。

重要 52：地図編集（地形図の編集作業）

◆編集作業の描画順序は絶対に覚えよう！

編集作業の基本 → 縮尺の大きな地図から、縮尺の小さい地図を作成する。

<編集作業の描画順序>

基準点 → 骨格構造物（河川、水涯線、道路、鉄道 等） → 建物・諸記号 → 地形
→ 行政界 → 植生界・植生記号

編集作業は、図式に従って地形や地物の取捨選択・転位・総描の作業を行い作成される。

<重要事項>

- ・取捨選択
- ① 公共性のあるものや、重要な地物は省略しない。（学校や病院、神社・仏閣 等）
- ② 同じ地物であっても、地域的に重要なものは省略しない。
- ③ 地域的な特徴を持つ建物は、特に注意し編集の目的を考え取捨選択を行う。

・転位

- ① 位置を表す基準点の転位は許されない（水準点は場合により許される）。
- ② 有形自然物（河川や海岸線、湖沼の水涯線 等）の転位は許されない。
- ③ 有形線と無形線（等高線や境界など）では、無形線を転位する。
- ④ 有形の自然物と人工地物（建物 等）では、人工地物を転位する。
- ⑤ 骨格となる人工地物（道路や鉄道 等）とその他の地物では、その他の地物を転位する。
- ⑥ 同重要度の人工地物が 2 個重なる場合は、互いの中間を中心線として真位置に表示する。3 個以上重なる場合は、中央にある地物を真位置に表し、他は互いの関係を損ねないように転位する。

・総描

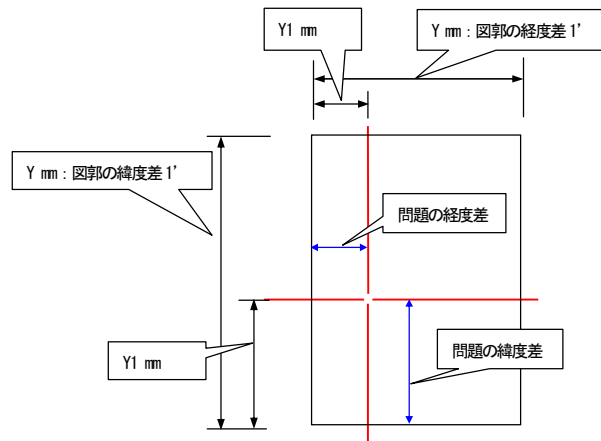
- ① 必要に応じ、図形を多少誇張してでもその特徴を表現する。
- ② 現地の状況と相似性を持たせる。
- ③ 形状の特徴を失わないようにする。
- ④ 基図と編集図の縮尺率を考慮する。

重要 53：地図編集（地形の読図）

◆経緯度計算は絶対に覚えよう！

<経緯度計算>

問題で与えられた場所等の位置を中心として、定規で下図のように線を引き、さらにその長さを測り比例計算を行うだけである。



<建物の位置>

建物記号の場所が実際の建物の位置と勘違いしないことが大切である。地図記号を建物の位置として計算を行ってしまうと、選択肢の中にその数値がないなどの問題が起きる。

図は、H17 年度出題の例である。



<注意すべき地図記号 (1/25,000 地形図)>

● 148.6	標高点（標石あり）
● 149	標高点（標石なし）
△	電子基準点

(16)	国道及び路線番号
(単線) (複線以上)	J R 線
・ ・ ・	送電線

◎	市役所・東京都の区役所	電波塔	記念碑	老人ホーム
○	町村役場・指定都市の区役所	小・中学校	高等学校	博物館
△	裁判所	税務署	警察署	風車
X	交番・駐在所	図書館	高塔	

畑・牧草地	桑畑	果樹園
広葉樹林	針葉樹林	

重要 5 4 : 地図編集 (GIS・地理情報システム)

◆用語と意味は絶対に覚えよう！

- ・**メタデータ** : 「どこに、どんな形で存在して、どうすれば利用できるか」等の利用者にとって必要かつ十分な情報が、**共通の様式で記述されている**。
- ・**クリアリングハウス** : 活用したい空間データを検索するシステム自身を指す言葉であり、その**検索対象が「メタデータ」である**。クリアリングハウスにより、他のデータベースに存在する、空間データを検索することが可能となり、様々な組織や団体等がもつ、**空間データを共有することが可能**となり、空間データ整備における**重複投資を回避することができる**。

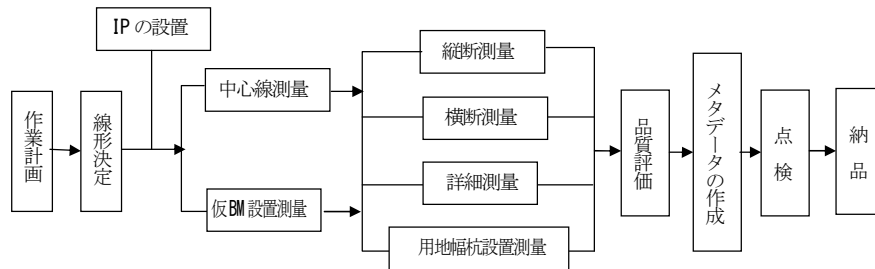
<GIS のデータ構成>

地理情報は、**図形情報** (地理上の位置や範囲を表す) と**属性情報** (内容や常態を表す) の 2 つの情報から構成される。

- ・GIS の機能の一つに、**地図の重ね合わせ機能**がある。
(図形情報と属性情報を重ねる事により、ユーザーのほしい情報を得る事ができる)
- ・GIS の機能の一つに、**地図の任意部分の切り出し機能**がある。
(ユーザーが求める情報を一定の縮尺によりその任意の部分を抽出し、ディスプレイ上やプリントアウトされたもので確認する事ができる)

重要 5 5 : 応用測量 (路線 : 路線測量の作業工程)

◆作業工程は絶対に覚えよう！

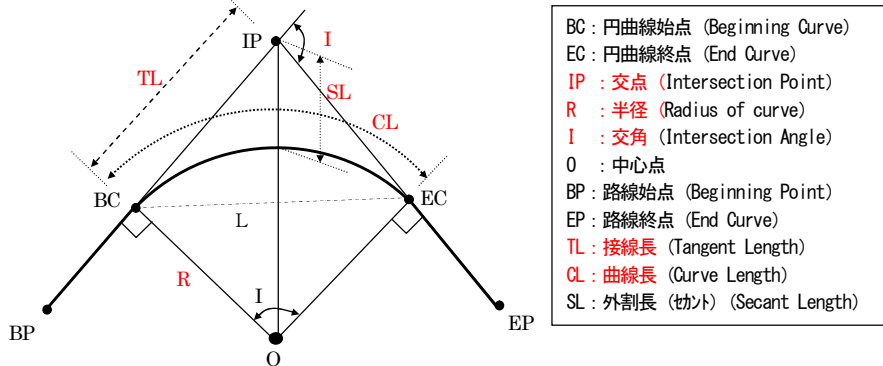


IP の設置	線形決定で定められた、IP の座標を現地に測設または、直接に基準点等から測量して座標値を与える作業。 IP は、 4 級以上の基準点 に基づき放射法等により設置される。また、 IP には標杭 (IP 杭) を設置する 。
中心線測量	主要点、中心点を現地に設置し、線形地形図を作成する作業。 中心杭の設置は、 4 級以上の基準点 、IP 及び主要点に基づき、放射法等により行われる。
仮 BM 設置測量	縦断測量、横断測量に必要な水準点 (仮 BM) を現地に測設し、標高を求める作業。 仮 BM 設置測量は、 平地においては 3 級水準測量、山地においては 4 級水準測量 により行う。 仮 BM の設置間隔は 0.5 km を標準とする 。
縦断測量	中心杭高、中心点ならびに中心線上の地形変化点の地盤高及び、中心線上の主要な構造物の標高 を仮 BM またはこれと同等以上の水準点に基づき、 平地においては 4 級水準測量、山地部においては簡易水準測量により測定する 。また、縦断測量の結果に基づき、 縦断面図データファイルを作成する作業 。 横断面図データファイルを図紙に出力する場合は、距離を表す 横の縮尺は、平面線形を表した地形図と同一 。高低差を表す 縦の縮尺は、横の縮尺の 5 倍又は 10 倍を標準とする 。
横断測量	中心杭等を基準として、 中心点における中心線の接線に対して直角方向の線上にある地形変化点や地物について、中心点からの距離及び地盤高を定め、横断面図データファイルを作成する作業 。 横断測量は、直接又は簡易水準測量で実施する。 縦断面図データファイルを図紙に出力する場合は、 縦断面図の縦の縮尺と同一とする 。
詳細測量	主要構造物の設計に必要な詳細平面図、縦断面図、横断面図 (各データファイル) を作成する作業。 縦断面図の作製は縦断測量。横断面図の作製は横断測量によって行う。 この場合の 横断測量は、平地においては 4 級水準測量、山地部においては簡易水準測量とする 。 詳細平面図データファイルの地図情報レベルは、250 を標準とする 。 詳細平面図等のデータファイルを図紙に出力する場合は、 縦断面図の横の縮尺は詳細平面図の縮尺と同一 。縦の縮尺は横の縮尺の 1/100 とする。 また、横断面図の縮尺は、 縦断面図の縦の縮尺と同一とする 。

重要 56 : 応用測量 (路線 : 単曲線の設置)

◆ 3つの式は絶対に覚えよう !

<単曲線の各部の記号と公式>



$$TL = R \tan \frac{I}{2}$$

$$CL = R I \cdot \frac{\pi}{180^\circ}$$

$$SL = R \left(\frac{1}{\cos \frac{I}{2}} - 1 \right)$$

$$L = \sqrt{TL^2 + R^2} - R$$

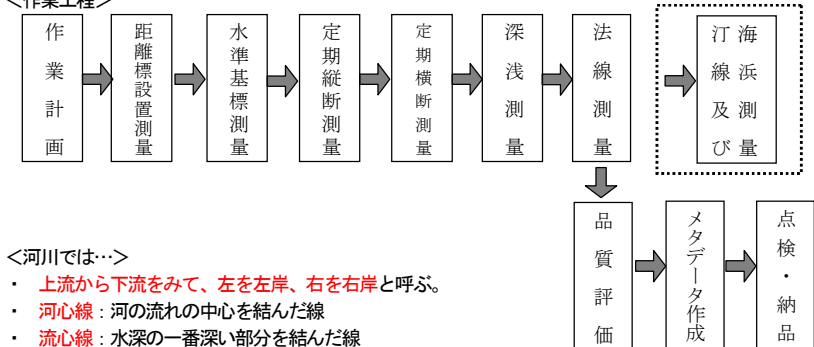
覚えておくべき単曲線の性質

- ① 接線が半径と交わる角度は、 90°
- ② 単曲線の内角は、交角 I と等しい
- ③ $\angle IP-O-BC$ は、交角の半分 ($I/2$)
- ④ $\angle IP-BC-EC$ ($IP-EC-BC$) は、交角の半分 ($I/2$)
- ⑤ $\angle BC-IP-O$ は、 $(180^\circ - I) / 2$
- ⑥ BC-EC 間の距離 (L : 長弦) は、 $L = 2R \sin I/2$

重要 57 : 応用測量 (河川 : 全般)

◆用語と各測量の定義を覚えよう !

<作業工程>



<河川では…>

- ・ 上流から下流をみて、左を左岸、右を右岸と呼ぶ。
- ・ 河心線 : 河の流れの中心を結んだ線
- ・ 流心線 : 水深の一番深い部分を結んだ線

<距離標設置測量>

河心線の接線に対して、直角方向の兩岸の堤防法肩又は法面等に距離標を設置する作業。あらかじめ地形図上で位置を選定し、その座標値に基づいて近傍の3級基準点等から放射法により設置する。

距離標は、河床の変動状況等を調査するための横断面図等を作成するための基準点となる。このため、亡失や破損の恐れのない場所に設置する必要がある。

設置間隔は、河川の河口や幹川の合流点などの起点から、河心に沿って 200m 間隔を標準とし、設置後は、点の記を作成する。また距離標は、水準基標を兼ねる事が多い。

- ・ 距離標は河川の左岸、右岸の両岸に設置するものとする。
- ・ 構造物 (橋等) がある場合は、追加距離をもって表す。
- ・ 設置場所は、河心線の接線直角方向の堤防または、法 (のり) 面とし、破損や、地盤変動の無い場所に行う。
- ・ 未改修河川では、河心線を洪水時の流心線で想定する。
- ・ 近傍に適当な基準点が無い場合は、3級基準点測量により距離標を設置する。

<水準基標測量>

定期縦断測量の基準となる、水準基標の標高を定める作業で、2級水準測量により実施される。標

<定期縦断測量>

河川の維持管理や調査を目的とし、距離標や構造物等の縦断測量を定期的に行い、縦断面図データファイルを作成する作業を言う。

定期縦断測量は、平地においては3級水準測量、山地においては4級水準測量にて実施される。

縦断面図データファイルを図紙に出力する場合は、横の縮尺 1/1,000 ~ 1/100,000、縦の縮尺は 1/100 ~ 1/200 を標準とする。

<定期横断測量>

河川の維持管理や調査を目的とし、定期的に左右距離標の見通し線上について、**地盤の変化点の標高や左岸からの距離を求め、横断面図データファイルを作成する作業。**

定期横断測量は、**水際杭を境にして陸部と水部**について実施される。**陸部は路線測量**における横断測量と同様に、地盤の変化点や構造物等の標高を観測し、横断起点 (No 0) を左岸距離標にとり、右方向 (右岸方向) をプラスの追加距離、距離標から左方向をマイナスの追加距離で表す。また、**水部は深淺測量**にて行い、水深の観測は音響測深機、浅い場合にはロッド (測深棒) やレッド (測深鐘) が用いられる。

横断面図データファイルを図紙に出力する場合は、**横の縮尺は 1/100 ~ 1/1,000、縦の縮尺は、1/100 ~ 1/200** を標準とする。

<深淺測量>

河川、貯水池、湖沼又は海岸において、水底部の地形を明らかにするため、**水面を基準として、水深、測深位置 (船位) 及び水位 (潮位) を同時に測定し、横断面図データファイルを作成する作業**を言う。

- ・ **水深の測定**：音響測深器を用いるのを標準とし、浅い場合はロッドやレッドを用いる。
- ・ **測深位置の測定**：測深位置 (船位) の測定には、ワイヤーロープや TS、GNSS が用いられ、水際杭からの距離が測定される。
- ・ **水位の測定**：水位 (潮位) の測定には、水位標から直接読取の方法や、水際杭から直接水準測量を行って決定する方法などがある。

重要 58：応用測量 (河川：流量測定)

◆2点法と流量の公式は覚えよう！

<流速計による流速測定>

- ・ 2 点法 (水面から水深の 20%、80% の深さの流速)

$$V_m = \frac{1}{2} (V_{0.2} + V_{0.8})$$

V_m ：平均流速

$V_{0.2}$ (0.8)：水深 20 (80) % の部分の流速

<流量計算>

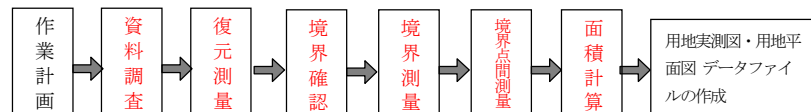
$$\text{流量 (Q)} = \text{平均流速 (V)} \times \text{断面積 (A)}$$

※各断面の流量を計算し、合計すれば良い。

重要 59：応用測量 (用地：全般)

◆作業工程と各作業の概要は絶対に覚えよう！

<作業工程>



資料調査	土地の取得等に係わる土地について、 用地測量に必要な各資料※を整理作成する作業。 ※公図等の転写、土地の登記記録、建物の登記記録、権利者確認 等
復元測量	境界確認に先立ち、地籍測量図等により 境界杭の位置を確認し、亡失等があれば、権利関係者に事前説明を実施した後、復元すべき位置に仮杭 (復元杭) を設置する作業。
境界確認	現地において 一筆ごとに土地の境界を権利者立会いの上確認し、標杭を設置する作業。
境界測量	現地において 境界点を測定し、その座標値等を求める作業。 ・境界測量は、近傍の 4 級基準点以上の基準点に基づき、放射法等により行うものとする。ただし、やむを得ない場合は、補助基準点を設置し、それに基づいて行うことができる。 ・観測は、TS または、RTK-GPS もしくはネットワーク型 RTK-GPS 法による。
境界点間測量	隣接する境界点間の距離を測定してその精度を確認する作業。 境界点間測量は、 境界測量・用地境界仮杭設置・用地境界杭設置 の各測量が 終了した時点で実施される。
面積計算	境界測量の成果に基づき、 取得用地及び残地の面積を算出する作業。 面積計算は、 原則として座標法によって行われる。

重要 60：応用測量 (用地：面積計算)

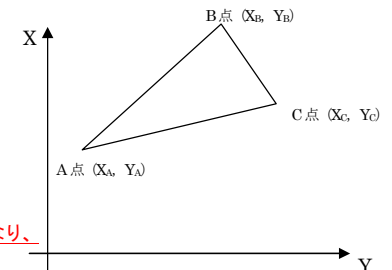
◆手順で覚え表を書けるようにしよう！

座標法による面積計算の手順

- ① 問題文より、座標で囲まれた面積の図を描く。

※平面直角座標系であるため、**X 軸と、Y 軸の向き**に注意する。

※ **原点を適当に移動することにより、端数がなくなり、計算が容易になる。**



- ② 次のような表を作成する。

点	X	Y	$Y_{n+1} - Y_{n-1}$	$X \times (Y_{n+1} - Y_{n-1})$
A				
B				
C				
合計 (倍面積)				
面積 (倍面積 ÷ 2)				

※ ここで、

$$Y_{n+1} - Y_{n-1} : (1 \text{ つ先の } Y \text{ 座標の値}) - (1 \text{ つ前の } Y \text{ 座標の値})$$

$$X \times (Y_{n+1} - Y_{n-1}) : (\text{その点の } X \text{ 座標の値}) \times \{Y_{n+1} - Y_{n-1}\}$$

$$(\text{倍面積}) = \left| \sum (\text{その点の } X \text{ 座標値}) \times \{ (1 \text{ つ先の } Y \text{ 座標値}) - (1 \text{ つ前の } Y \text{ 座標値}) \} \right|$$

ここで計算される面積は、「**倍面積**」であるため 2 でわり面積を求める。