

航空レーザ測量

<試験合格へのポイント>

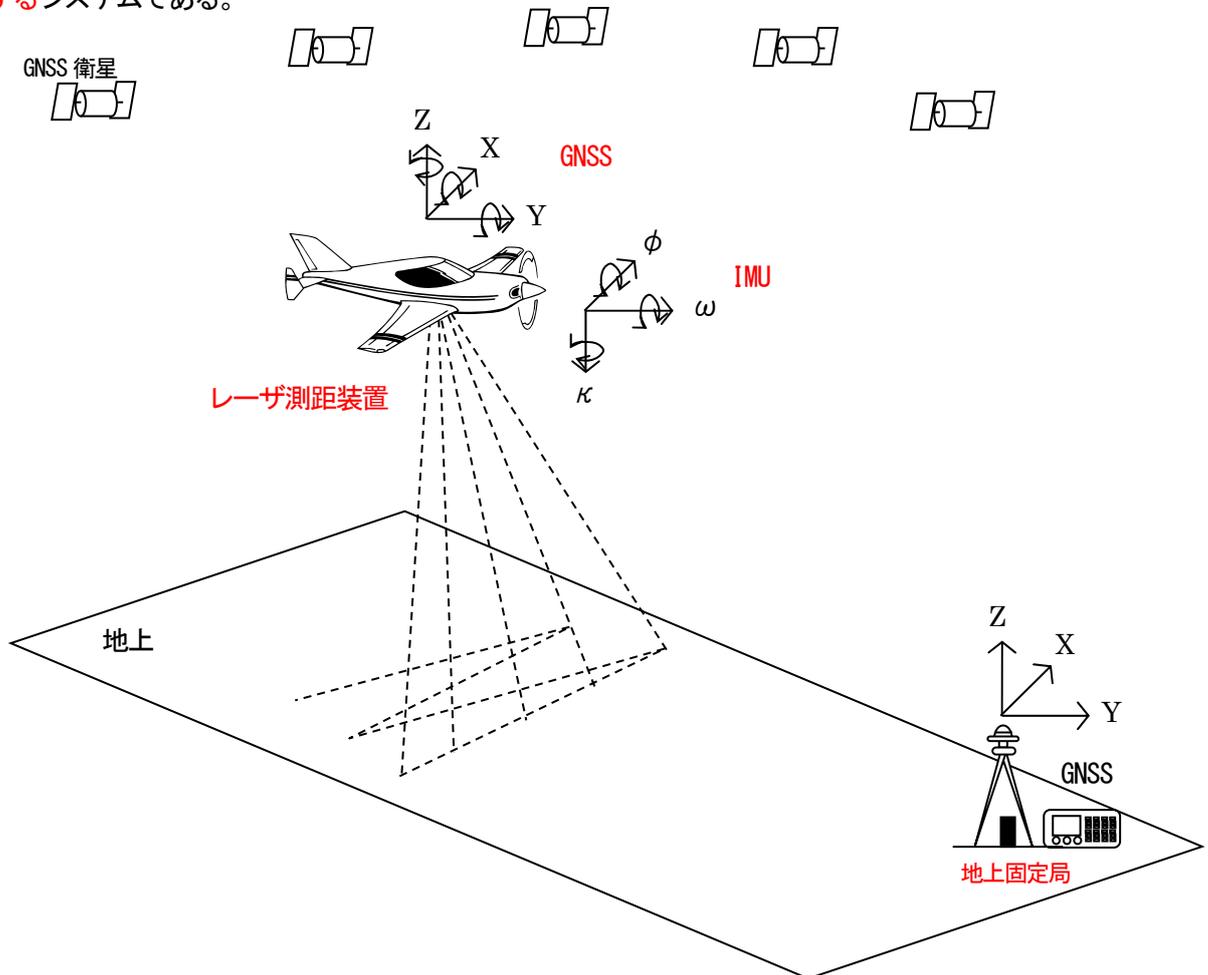
航空レーザ測量は、H20年3月の「作業規程の準則」の改正により新たに加わった項目である。

試験問題としてはH21年度試験より頻繁に出題されている。概要に関する出題が多いため、その内容をしっかりと理解しておく必要がある。

(★★★：最重要事項 ★★：重要事項 ★：知っておくと良い)

● 航空レーザ測量の概要 ★★★

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。



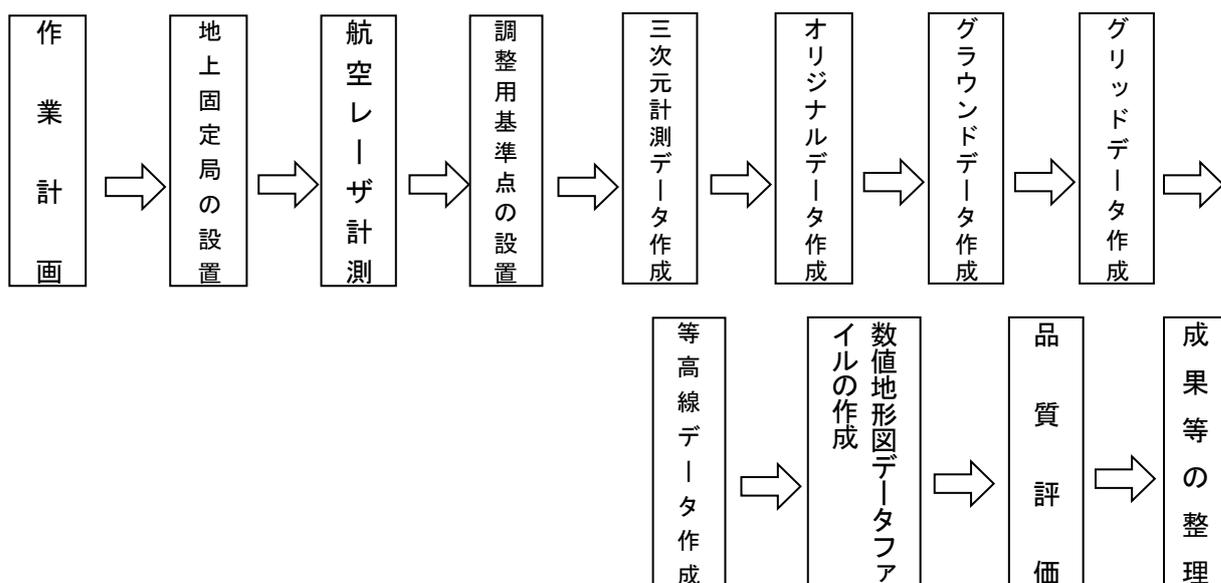
GNSSにより飛行機の位置、IMUにより飛行機の姿勢を計測し、レーザ測距儀により地上を左右にスキャンしながら飛行する。

レーザの照射方向と地表からの反射時間により飛行機と地上との距離を決定し、地上固定局（電子基準点）とキネマティック法により飛行機のレーザ測距装置の位置を決定して地上のレーザ反射位置の標高と位置（ x, y, z ）が決定される。

● GPS/IMU (位置・姿勢計測システム) ★

GNSS/IMU とは、GNSS (Global Navigation Satellite System) と、慣性計測装置 (Inertial Measurement Unit : IMU) を系統的に組合せたもので、これによりレーザ測距装置の位置と姿勢情報をリアルタイムで計測・記録できるものである。

● 航空レーザ測量の作業工程



◆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。このような場所では、レーザが遮られる事や、レーザの到達率が下がる事があり、計測条件がよくない。また、建築物の表面素材によっては、レーザの反射率に影響を与えるなど、グラウンドデータの作成に慎重に対応する必要がある。

◆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線のデータ。

● 航空レーザ計測

1. 航空レーザ測量のシステム

◆GNSS アンテナ及び受信機

- ・ GNSS 観測データを 1 秒以下の間隔で取得でき、2 周波で搬送波位相を観測できる事

◆IMU

- ・ センサ部のローリング、ピッチング、ヘディングの 3 軸の傾き及び加速度が計測可能で、その取得間隔が 0.005 秒以上である事。
- ・ レーザ測距装置に直接装着できる事。

◆レーザ測距装置

- ・ ファーストパルスとラストパルスの 2 パルス※以上計測できる事。
- ・ スキャン機能を有し、人体への悪影響を防止する機能を有する事。

※ファーストパルスとは、レーザ反射の最初に返り認識されたもので、ラストパルスとは最後に認識されたものを言う。また、ファーストパルスとラストパルス間のパルスは中間パルスと呼ぶ。パルスとは衝撃電波とも言われ、ごく短時間だけ変化（脈を打つような）する電波を言う。信号電流。

2. 計測データの取得

GNSS 基準局、航空レーザ測量システムの GNSS、IMU、レーザ測距の各データが取得される。以下にその注意事項等を記す。

◆航空機

同一コースのレーザ測距は、直線かつ等高度で行い、対地速度は一定の速度を保つようにする。

◆GNSS

基準局及び航空機上の GNSS 観測データは、取得間隔が 1 秒以下とし、取得時の衛星数は 5 個以上（GPS・準天頂衛星のみを使用の場合）とする。

3. 航空レーザ用数値写真の取得

航空レーザ用数値写真は、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、レーザ計測と同時期に撮影される。航空レーザ用数値写真は、レーザ計測結果の点検に用いられる。

● 三次元計測データの作成

三次元計測データとは、航空レーザ計測により得られたデータを解析し、ノイズ等のエラーデータを除いた三次元座標データである。

1. 三次元計測データのノイズ（大誤差）

ノイズとは、地形地物以外の計測値などであり、具体的には

- ・ 雲や水蒸気に反射し、極端に標高の高いデータ
 - ・ 鏡面壁の高層建築物などに一旦反射したレーザが再度地上で反射して届いた、地形より低いデータ
- などがある。

2. 航空レーザ用写真地図データの作成

写真地図データの作成は、三次元計測データ等を用いて航空レーザ用数値写真の正射変換を行い作成する。

3. 水部ポリゴン(面)データの作成

水部ポリゴンデータは、写真地図データを用いて、水部（海、河川、池などの地上が水でおわれた部分）の範囲を対象に作成される。

これは、レーザが水面に吸収される事や、波や汚濁などで反射されるなど、水面の状況によって、標高データがばらついたデータを除去し、一定の標高を水面に与えるために行われる。

● オリジナルデータの作成

オリジナルデータはGNSSで計測された高さが、標高値と一致しているかを点検・確認し、補正された標高データである。

GNSSによる標高データは、WGS84を基準にしているため、ジオイド補正が必要である。この補正されたデータが、標高と整合しているかを確認し、調整用基準点を用いて整合させ、その後の各データ作成に用いられる。

● グラウンドデータの作成 ★

グラウンドデータは、**オリジナルデータからフィルタリング**（地表面以外のデータを除く作業）を行い作成された**地表面の三次元座標データ**である（数値地形モデル）。以下にフィルタリング作業の対象項目を記す。

1. フィルタリング作業の標準対象項目例

交通施設	道路	道路橋・高架橋・信号・道路情報板 等
	鉄道	鉄道橋・高架橋・プラットホーム 等
	車両等	駐車車両・鉄道車両・船舶 等
建物等	建物・付属施設	住宅・工場・倉庫・公共施設・駅舎 等
小物体		記念碑・貯水槽・給水塔・高塔・輸送管 等
水部	水部の構造物	栈橋・水位観測施設 等
植生		樹木・竹林・生垣 等
その他		大規模工事地域・地下開削部 等

2. 欠測と誤測

欠測とは、レーザが反射されなかったデータで、原因として次のようなものが考えられる。

- ・水面・凍結面・黒色の物体・アスファルト（打設直後）

誤測とは、レーザが地上に到達する前に反射したデータで、誤測の原因として次のようなものが考えられる。

- ・煙・動体（自動車など）・電線・建物（壁面の鏡面反射など）・森林・低木（笹の群生など）

● グリッドデータの作成 ★

グリッドデータは、南北及び東西方向に定められた間隔で配置された、標高データである。グリッドデータの作成には、グラウンドデータが用いられ、**ランダムなグラウンドデータから、内挿補間（ランダムデータを格子データに変換する手法、最近隣法や平均法などがある）により、作成される。**

● 等高線データの作成 ★

等高線データは、グラウンドデータ又はグリッドデータからコンピュータシステムの自動作成機能を用いて作成される。

◆ 過去問題にチャレンジ！ 1 (H24-20)

次の文は、公共測量における航空レーザ測量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. 航空レーザ測量は、レーザを利用して高さのデータを取得する。
2. 航空レーザ測量は、雲の影響を受けずにデータを取得できる。
3. 航空レーザ装置は、GNSS 測量機、IMU、レーザ測距装置等により構成されている。
4. 航空レーザ測量で作成した数値地形モデル (DTM) から、等高線データを発生させることができる。
5. 航空レーザ測量は、フィルタリング及び点検のための航空レーザ用数値写真を同時期に撮影する。

< 解 答 >

1. 正しい。
航空レーザ測量の概要に関する文章である。問題文の通り。
2. **間違い。**
航空レーザ測量は、航空機からレーザパルスを照射して計測を行うため、天候条件に左右される。特に、レーザ照射に影響を与える降雨や降雪、濃霧、雲（の上。雲の下では計測が可能）のある状況では計測が困難である。
3. 正しい。
GNSS 装置は、GNSS 観測データを1秒以下の間隔で取得でき、2周波で搬送波位相を観測できる事。IMU 装置は、センサ部のローリング、ピッチング、ヘディングの3軸の傾き及び加速度が計測可能で、その取得間隔が0.005秒以上である事。レーザ測距装置は、ファーストパルスとラストパルスの2パルス以上計測できる事、スキャン機能を有し、人体への悪影響を防止する機能を有する事。などが要求される。
4. 正しい。
航空レーザ測量とは、格子状の標高データである、数値標高モデル（グリッドデータ）を作成する測量である。等高線データは、グリッドデータ（グラウンドデータからも作成できる）からプログラムを使用して自動的に作成される。
5. 正しい。
航空レーザ測量のシステム構成は、GNSS 装置、IMU、レーザ測距装置で構成されており、その他に、デジタル航空カメラが併載されている。このカメラは、航空レーザ計測結果の点検用に搭載されており、フィルタリング（地表面以外のしゃへい物データを取り除く作業）に利用される。

解答： 2

◆ 過去問題にチャレンジ2 (H28-18)

次の文は、公共測量における航空レーザ測量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. 航空レーザ測量は、航空機からレーザパルスを照射し、地表面や地物で反射して戻ってきたレーザパルスを解析し、地形を計測する測量方法である。
2. 航空レーザ測量では、レーザ測距装置、GNSS/IMU 装置などにより構成されたシステムを使用する。
3. 航空レーザ測量では、計測データを基にして数値地形モデルを作成することができる。
4. 航空レーザ測量で計測したデータには、地表面だけでなく、構造物や植生で反射したデータも含まれる。
5. 航空レーザ測量では、雲の影響を受けずにデータを取得することができる。

< 解 答 >

航空レーザ測量に関する問題である。問題各文について考えると次のようになる。

1. 正しい。問題文の通り。航空レーザ測量は航空機に搭載したレーザ測距儀からレーザを照射し、地上からの反射時間により飛行機と地上との距離を決定し、GNSS 測量機、IMU(慣性計測装置)から得られる航空機の位置情報より、地上の標高や地形の形状を調べる測量方法である。またレーザパルスとは、短い時間間隔で点滅を繰り返すレーザである。
2. 正しい。問題文の通り。航空レーザ測量のシステム構成である。
3. 正しい。数値地形モデル(DTM)とは、建物や樹木の高さを除いた地表面の高さモデルの事である。DTMはグラウンドデータとも呼ばれ、オリジナルデータからフィルタリング(地表面以外のデータを除く作業)を行い作成された地表面の標高データである。
4. 正しい。航空レーザ測量で計測されたデータは交通施設や建物、植生などレーザを反射させるものの高さが含まれる(水部は吸収)。これを地表面以外のデータを取除く作業(フィルタリング)を行って、グラウンドデータ(数値地形モデル:DTM)となる。
5. **間違い**。航空レーザ測量は、航空機からレーザパルスを照射して計測を行うため、天候条件に左右される。特に、レーザ照射に影響を与える降雨や降雪、濃霧、雲(の上。雲の下では計測が可能)のある状況では計測が困難である。

解答： 5