

比高による写真像のズレ

<試験合格へのポイント>

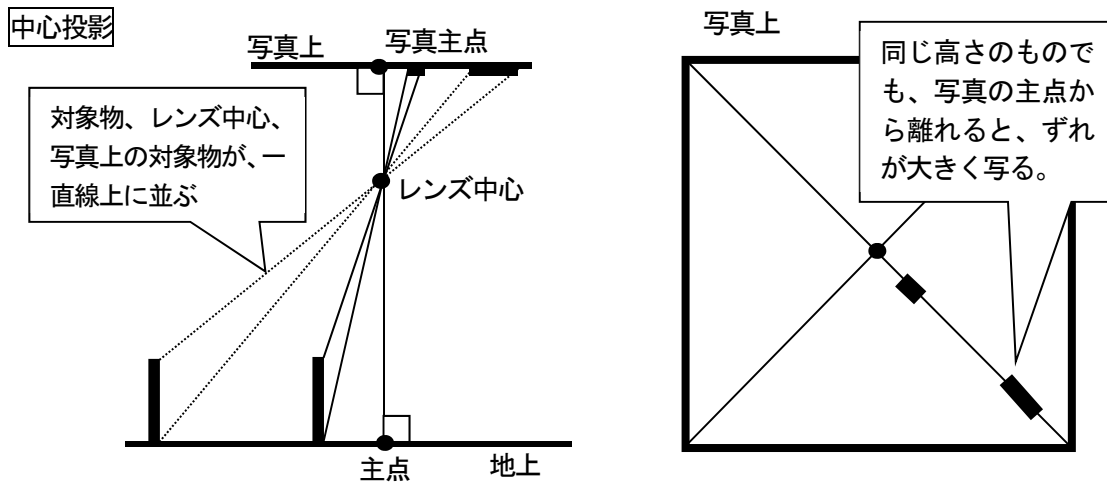
比高による写真像のズレとは、空中写真の像のズレを利用して地物の高さを求めさせる問題である。「撮影高度と縮尺」と「比高による写真像のズレ」の2つの出題形式は、共通項も多くセットで覚えておくと良い。

過去の出題文を見ると、やや文章が複雑に書かれているものが多いが、ある程度パターン化しているため、問題を丁寧に読み解き、図を描くようにすれば決して難しいものではない。

(★★★：最重要事項 ★★：重要事項 ★：知っておくと良い)

● 比高による写真像のズレについて ★★★

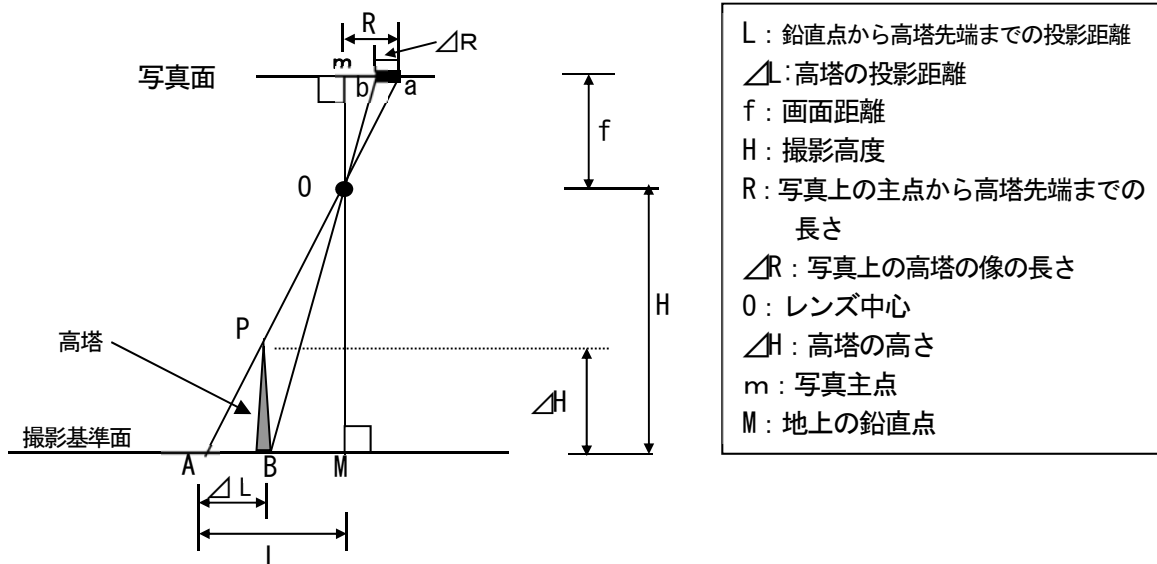
空中写真は、中心投影で撮影されるため、撮影された地物は次図の様に写真主点（鉛直点）を中心として、放射状に傾いて写る事になる。当然、高さのある建物や、対象物が主点から離れるほど、その傾きは大きく写る事となり、この傾きを「比高による像のズレ」と呼ぶ。また、空中写真の中心投影に対して、地図は「正射投影」によって描かれている。



建物が矢印の方向（主点方向）と反対向かって、傾いて写っている。

● 比高による写真像のズレに関する幾何学的性質 ★★★

比高による写真像のズレに関する問題を解くためには、次図のような関係を理解しておくことが必要であるが、証明式を全て覚える必要は無い。ようは、⑤の式を覚えてしまうか、問題文から次図のような図を描ける事が大切である。



ここで、 $\triangle OAM \sim \triangle Oam$ であるため、次の関係が成り立つ。

$$\frac{f}{H} = \frac{R}{L} \dots\dots ①$$

次に、 $\triangle OAM \sim \triangle PAB$ であるため、次の関係が成り立つ。

$$\frac{\angle H}{H} = \frac{\angle L}{L} \dots\dots ②$$

また、 $\triangle OAB \sim \triangle oab$ であるため、次の関係が成り立つ。

$$\frac{f}{H} = \frac{\angle R}{\angle L} \dots\dots ③$$

上記のような関係を元に、与えられた数値で、解答を導く式を組み立てればよい。

例えば、高塔の高さ $\angle H$ を求める式を組み立てると、次のようになる。

まず、前式の①と③式の左辺が同じである事を利用してまとめると、

$$\frac{R}{L} = \frac{\angle R}{\angle L} \quad \text{となり、ここから、} L \text{ を求める式に変形すると次のようになる。}$$

$$L = \frac{R \cdot \angle L}{\angle R} \dots\dots ④$$

ここで、④式を②式に代入すると次のようになり、これを $\angle H =$ の式に直すと、次のようになる。

$$\frac{\angle H}{H} = \angle L \times \frac{\angle R}{R \cdot \angle L} = \frac{\angle R}{R} \quad \angle H = \frac{\angle R}{R} \times H \dots\dots ⑤$$

よって、 $\angle H$ (高塔の高さ) を求めることができる。

◆ 過去問題にチャレンジ 1 (H21-17)

画面距離が 15cm、面画の大きさが 23 cm×23cm の航空カメラを用いて、海拔 2,200m の高度から撮影した鉛直空中写真に、鉛直に立っている高さ 50m の直線状の高塔が写っている。

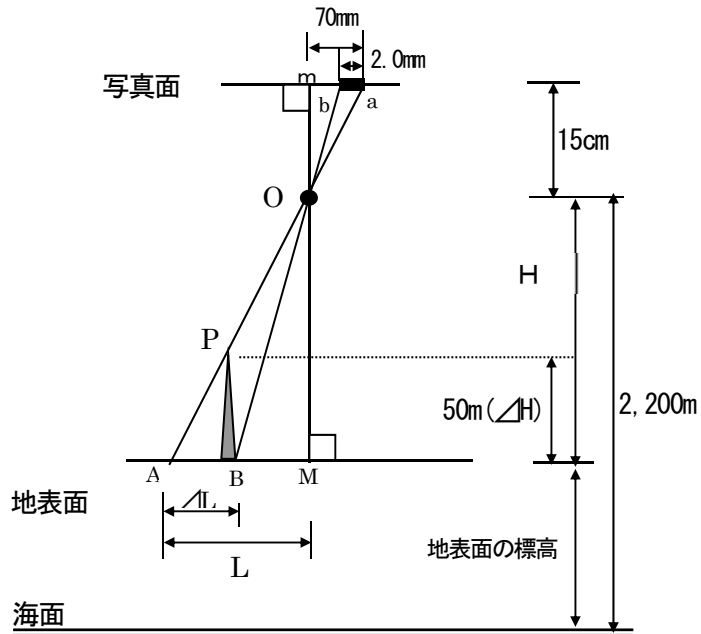
この高塔の先端は、鉛直点から 70.0mm 離れた位置に写っており、高塔の像の長さは 2.0mm であった。

この高塔が立っている地表面の標高はいくらか。最も近いものを次の中から選べ。

1. 30m
2. 400m
3. 450m
4. 750m
5. 850m

< 解 答 >

問題文を図に描くと次のようになる。



$$\Delta H = \frac{\Delta R}{R} \cdot H \quad \text{より、} = \frac{2\text{mm}}{70\text{mm}} \times H = 50\text{m} \quad \text{式を変換して、}$$

$$H = \frac{50m}{2mm} \times 70mm = 1,750m \quad \text{※単位換算に注意する。}$$

上式で求めたのは、高塔の撮影高度であるため、地表面の標高は次のように求める。

$$2,200\text{m} - 1,750\text{m} = 450\text{m}$$

よって、地表面の標高は450mとなる。

解答：3

◆ 過去問題にチャレンジ2 (H28-19)

図19のように、航空カメラを用いて、1,800mの高度から撮影した鉛直空中写真に、鉛直に立っている直線状の高塔が長さ9.5mmで写っていた。この高塔の先端は、主点Pから7.6cm離れた位置に写っていた。この高塔の立っている地表面の標高を0mとした場合、高塔の高さは幾らか。最も近いものを次の中から選べ。

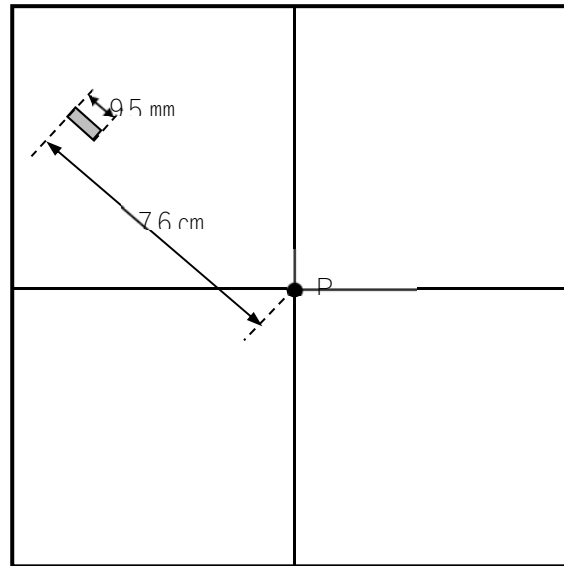


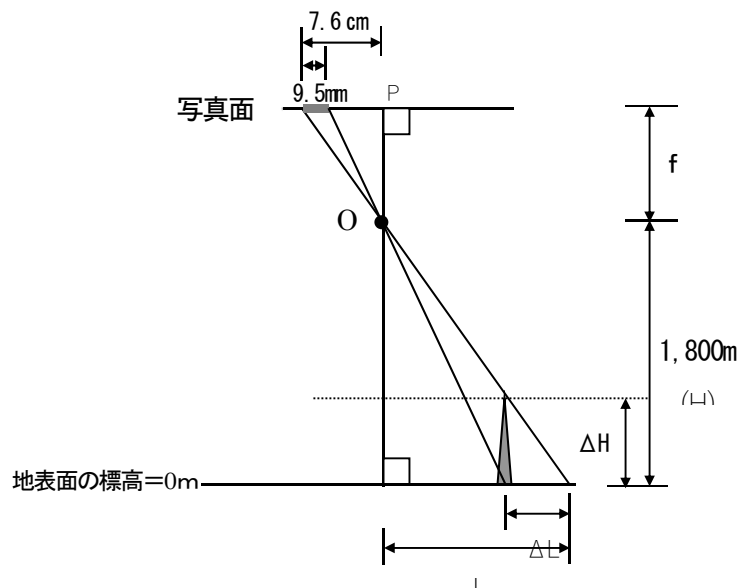
図19

1. 53 m
2. 136 m
3. 178 m
4. 225 m
5. 271 m

< 解 答 >

比高による像のズレに関する計算問題である。空中写真は中心投影であるため、問題文のように写真主点を中心に構造物などが放射状に倒れこむように写る。この問題はズレの長さと写真主点からの長さを基に対象物の高さを求める問題である。

問題文を図に描くと次のようになる。



$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{\Delta R}{R} \quad \text{より} \quad \Delta H = \frac{\Delta R}{R} \times H = \frac{9.5\text{mm}}{76\text{mm}} \times 1,800\text{m} = 225\text{m}$$

※単位換算に注意する。

よって高塔の高さは 225mとなる。

解答： 4

◆ 過去問題にチャレンジ3 (H17-5-B)

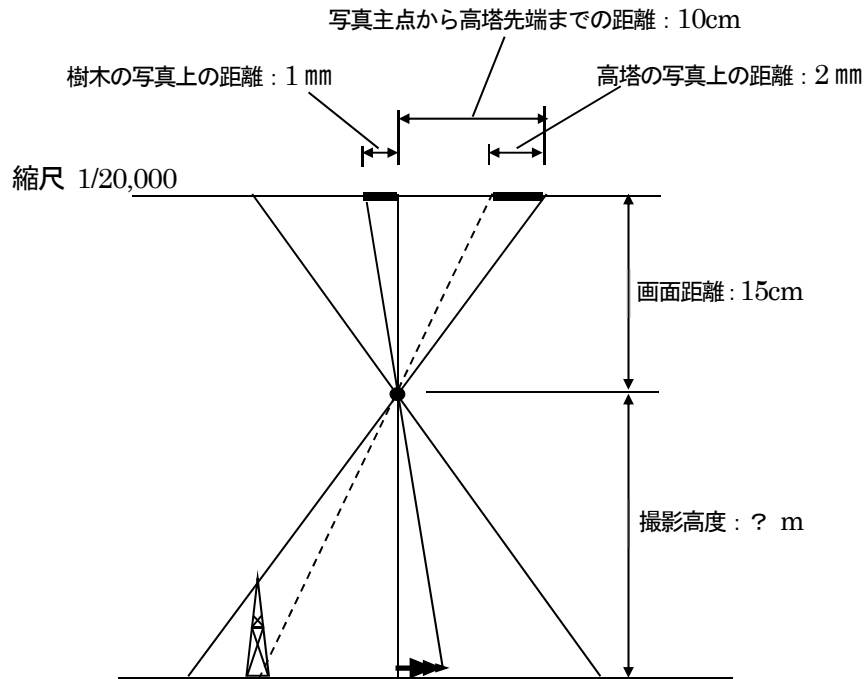
台風が過ぎ去った平たんな地域において、縮尺 1/20,000 で鉛直空中写真を撮影した。写真上には、台風の影響を全く受けていない高塔と、横倒しになった樹木が写っている。高塔は写真上に長さ 2mm で写っており、鉛直点から高塔先端までの写真上の距離は10cmであった。また、樹木は、鉛直点に生えていたものが根元から折れて完全に横たわり、長さ 1mm で写っていた。高塔の高さと倒れた樹木の元の高さの関係について正しいものはどれか。最も近いものを次の中から選べ。

ただし、航空カメラの画面距離は15cmとする。

1. 高塔は倒れた樹木の半分の高さである。
2. 高塔は倒れた樹木と同じ高さである。
3. 高塔は倒れた樹木の2倍の高さである。
4. 高塔は倒れた樹木の3倍の高さである。
5. 高塔は倒れた樹木の4倍の高さである。

< 解 答 >

この問題は、「比高による像のズレ」を利用し、高塔の高さと樹木の高さの関係を求めようとするものである。まず、問題文を図で表すと次のようになる。



前出の⑤式を利用して、問題を解くと次の手順による。

① 撮影高度（H）の計算

写真縮尺から撮影高度を計算すると、次のようになる。

$$\frac{1}{20,000} = \frac{15\text{cm}}{H} \quad H = 15\text{cm} \times 20,000 = 3,000\text{m}$$

② 次に高塔の高さ（ ΔH ）を求める。

$$\Delta H = \frac{\Delta R \cdot H}{R} \quad \text{より、} = \frac{3,000\text{m} \times 2\text{mm}}{100\text{mm}} = 60\text{m}$$

③ 倒木の高さを求める。

倒木の高さは、問題文より「鉛直点に生えていたものが、根元から折れて完全に横たわっている」ため、次のように、写真上の長さに、写真縮尺をかければその高さとなる。

$$1\text{mm} \times 20,000 = 20\text{m}$$

④ 高塔と樹木の高さを比較する。

$$60\text{m} (\text{高塔}) \div 20\text{m} (\text{樹木}) = 3$$

よって、高塔は倒木の高さの3倍となる。

解答：4