

小論文課題 その1

山岳部に所属する高校生4人組が、雪山登山に挑戦している。

彼らは、電波受信機1台、ドローン3台および地図を持参していた。登山の途中、4人は道に迷ってしまった。さらに、気温が低い関係で、持っていたスマートフォンは通話機能と電卓機能以外が使えなくなっていた。そこで、4人は手持ちの装置と地図を活用して自分たちの現在位置を推定し、高校に救助の電話をかけることにした。

まず、ドローンを操縦して*1、図1に示すように異なる山頂 S, M, P に電波発信機があることを確認した。次に、各発信機からの電波信号と基地局 B*2 からの電波信号を受信できるように、電波受信機を設置した。発信機は、自らの位置情報と発信時刻情報を含む電波信号を発信する。受信機は、電波信号を受信すると同時に、その受信時刻を記録する。登山道を迷った際のモニタ故障により、高校生たちの受信機は、受信時刻は表示できず、基地局 B の信号を基準とした各発信機からの電波信号到着時間差を表示する仕様になっていた。

表1は、受信機を用いて得られた測定結果を示す。

表1

測定結果	到着時間差 (基地局 B を基準)
S からの信号が、B からの信号より進んでいる	1 μ s
M からの信号が、B からの信号より進んでいる	2 μ s
P からの信号が、B からの信号より進んでいる	5 μ s

ここで、

$$1 \mu\text{s} = 1 \times 10^{-6} \text{ s}$$

$$\text{電波の速さ } v = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$$

である。

*1 本文中のドローンの飛行は仮定である。現実には様々な法律や規制が存在し、無許可での自由な飛行は制限されている。

*2 基地局は、携帯電話やスマートフォンなどの無線通信などの電波を送受信する場所で、送受信機が設置されている。

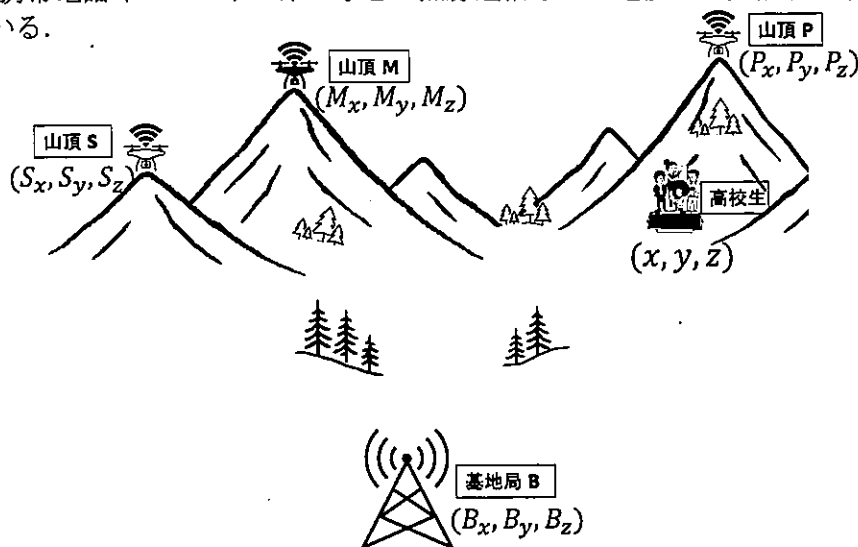


図1

受験番号

小論文課題 その2

高校生が持っている地図と、基地局および各山頂からの電波信号の内容をもとに、図2に示すように直交座標系を設定し、基地局と各山頂の位置を示した。

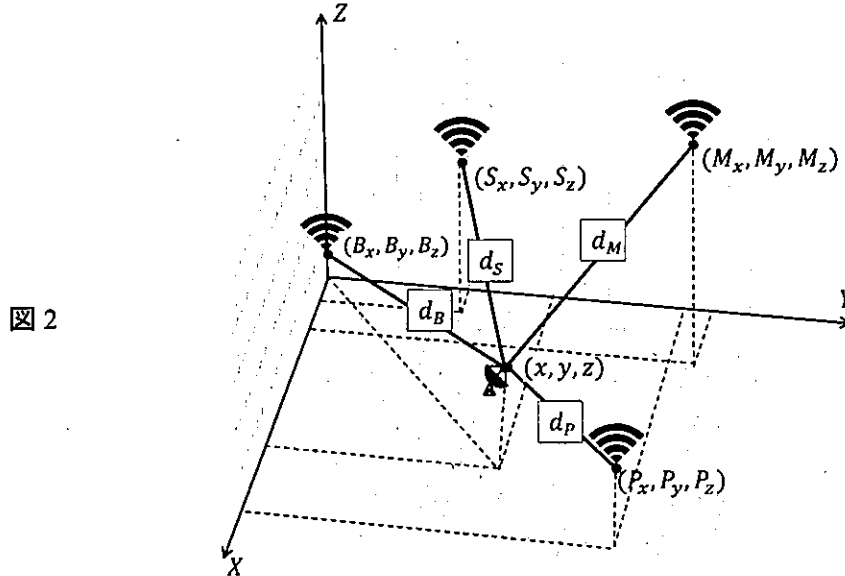


図2

表1の測定結果および図2を用いて、現在の位置 (x, y, z) を求める。以下の間に答えよ。

- (1) 現在の受信機の位置 (x, y, z) から、基地局および各山頂までの距離をそれぞれ d_B, d_S, d_M, d_P とする。図2に示された座標を用いて、 d_B, d_S, d_M, d_P を式で表せ。
- (2) 問(1)の d_B, d_M, d_S, d_P から、次の距離の差 Δ の関係式が成り立つ。

$$d_B - d_S = \Delta_{BS},$$

$$d_B - d_M = \Delta_{BM},$$

$$d_B - d_P = \Delta_{BP}.$$

表1に示された、基地局Bからの信号を基準とした山頂S, M, Pからの電波の到着時間差をもとに、それぞれの距離の差 $\Delta_{BS}, \Delta_{BM}, \Delta_{BP}$ を求めよ。

- (3) 高校生たちの位置 (x, y, z) はどのようにして求められるか。その計算式の形または求め方の考え方を説明せよ。
- (4) 日本上空（地上からおよそ20,200 kmの高さ）を飛行している4つの人工衛星に、それぞれ電波発信機が搭載されており、常に自らの位置と発信時刻の情報を電波で送信すると仮定する。あなたが、これらの電波信号4つを同時に受信し、その受信した時刻を記録できる受信装置を持っているとする。ただし、受信装置の時計は、人工衛星に搭載されている時計より精度が劣っているものとする。このとき、受信装置の時計の精度が、あなたの位置の特定に影響を及ぼすかどうかを、理由とともに説明せよ。
- (5) 問(4)の人工衛星上の電波発信機—地上の電波受信装置のシステムは、どのような場面に応用できるかを、その理由とともに説明せよ。

受験番号