

入学試験問題

理科



(配点 120 点)

平成 25 年 2 月 26 日 9 時 30 分—12 時

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
- 2 この問題冊子は全部で 81 ページあります(本文は物理 4～17 ページ, 化学 18～35 ページ, 生物 36～61 ページ, 地学 62～81 ページ)。落丁, 乱丁または印刷不鮮明の箇所があったら, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 解答には, 必ず黒色鉛筆(または黒色シャープペンシル)を使用しなさい。
- 4 解答は, 1 科目につき 1 枚の解答用紙を使用しなさい。
- 5 物理, 化学, 生物, 地学のうちから, あらかじめ届け出た 2 科目について解答しなさい。
- 6 解答用紙の指定欄に, 受験番号(表面 2 箇所, 裏面 1 箇所), 科類, 氏名を記入しなさい。指定欄以外にこれらを記入してはいけません。
- 7 解答は, 必ず解答用紙の指定された箇所に記入しなさい。
- 8 解答用紙表面上方の指定された()内に, その用紙で解答する科目名を記入しなさい。
- 9 解答用紙表面の上部にある切り取り欄のうち, その用紙で解答する科目の分を 1 箇所だけ正しく切り取りなさい。
- 10 解答用紙の解答欄に, 関係のない文字, 記号, 符号などを記入してはいけません。また, 解答用紙の欄外の余白には, 何も書いてはいけません。
- 11 この問題冊子の余白は, 草稿用に使用してもよいが, どのページも切り離してはいけません。
- 12 解答用紙は, 持ち帰ってはいけません。
- 13 試験終了後, 問題冊子は持ち帰りなさい。

地 学

第1問 地球から20パーセク離れた恒星Xについての以下の問いに答えよ。数値での解答にはすべて有効数字2桁で答え、計算過程も示せ。なお、見かけの等級 m と見かけの明るさ l の間には $l = C \times 10^{-0.4m}$ (C は定数)の関係が成り立つ。また、必要に応じて $10^{0.1} = 1.26$, $10^{0.5} = 3.16$, $\log_{10} 2.1 = 0.322$, $\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 1.9 = 0.279$ を用いよ。

問I Xを長期間にわたって観測したところ、2つの主系列星からなる食変光星であり、図1—1のような周期1年の変光曲線を示すことがわかった。以下、主星をX1、伴星をX2と呼ぶ。また、X1とX2は円軌道で共通重心のまわりを公転していると仮定し、X2は食によりX1に完全に隠されるものとする。

- (1) 図1—2はX1に対するX2の軌道を描いたものである。図1—1の(A), (B), (C)は、図1—2の(1)~(4)のどれに対応するかを答えよ。
- (2) X1の絶対等級を求めよ。
- (3) X1の見かけの明るさを l_1 、X2の見かけの明るさを l_2 とする。この時、 l_1/l_2 の値を求めよ。
- (4) X2の絶対等級を求めよ。

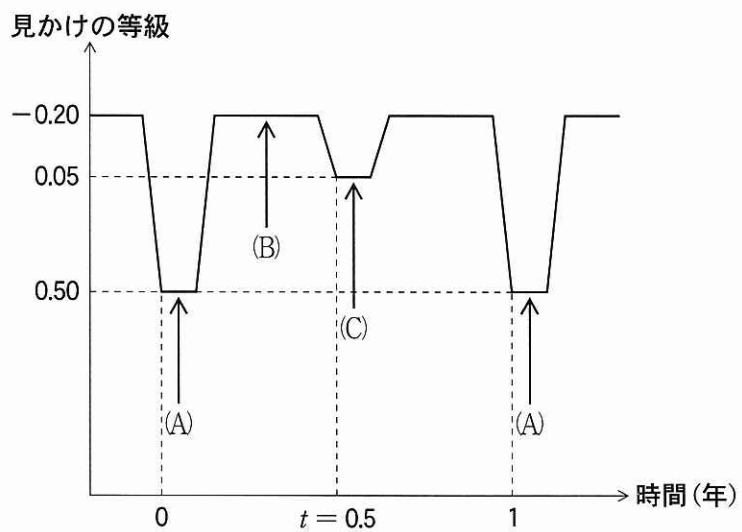


図 1—1 恒星 X の変光曲線

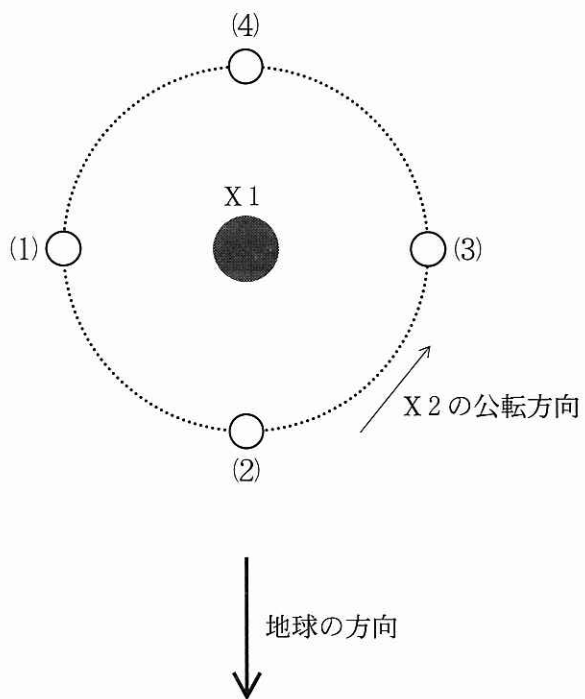


図 1—2 X1 に対する X2 の軌道

問Ⅱ さらなる観測を行ったところ、X 1 の質量は太陽質量の 4.5 倍、X 2 の質量は太陽質量の 3.5 倍であることが明らかになった。

(1) X 1, X 2 間の距離は何天文単位になるか、答えよ。

(2) 日本が有する最大の光学赤外線望遠鏡はハワイ・マウナケア山にあるすばる望遠鏡で、0.06 秒角離れた 2 つの点源を分解できる。恒星 X をすばる望遠鏡で観測したとき、X 1 と X 2 に分解して見ることができるか、理由とともに答えよ。

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

問Ⅲ 食変光星の軌道は一般には円軌道ではなく、楕円軌道である。X 1 に対する X 2 の軌道が図 1—3 に示されたような楕円軌道である場合、図 1—1 の t は円軌道の時の値である 0.5 年からどう変化するか、理由とともに答えよ。ただし、公転周期は 1 年のままであるとする。

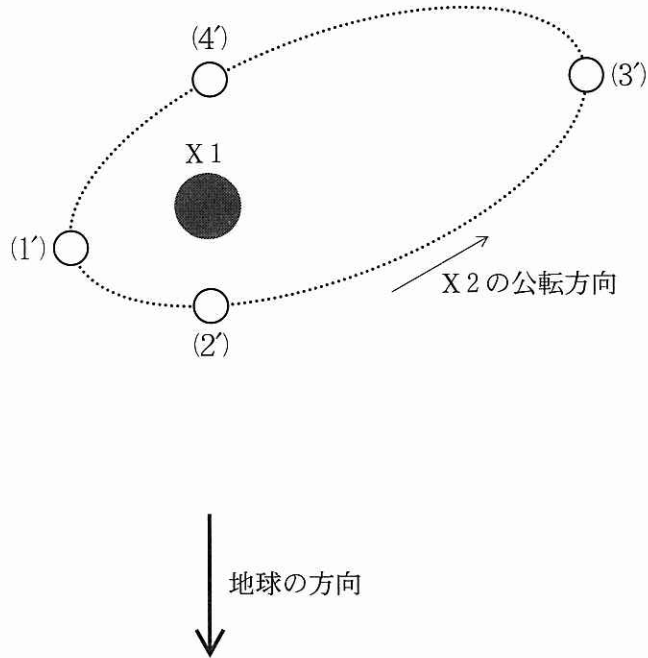


図 1—3 楕円軌道の場合の X 1 に対する X 2 の軌道

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

第2問 大気と海洋に関する以下の問Ⅰと問Ⅱに答えよ。

問Ⅰ 図2-1は、梅雨期のある日の850 hPaにおける高層天気図を示している。

この日は、前線の一種である梅雨前線が西日本の南海上を通り太平洋にまで伸びていた。梅雨末期には大雨が生じるが、その原因は中国付近の低気圧の周りの気流や、フィリピン方面からBの西縁を回り込むように梅雨前線に流れ込む気流である。そのとき、梅雨前線南方の伸びた多湿の部分はと呼ばれる。以下の(1)~(5)に答えよ。

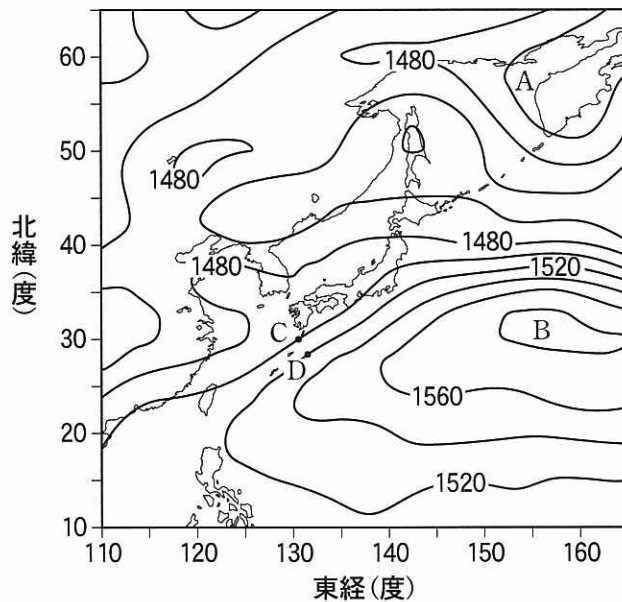


図2-1 梅雨期のある日の850 hPaにおける高層天気図。等圧面等高線(単位 m)は等間隔である。

- (1) 空欄 と に当てはまる語を答えよ。
- (2) 図2-1の気圧配置において、AとBはそれぞれ何と呼ばれているかを答えよ。また、梅雨前線はどのような環境のもとで作られているか、その特徴を1~2行程度で答えよ。

- (3) 図2—1の850 hPa等圧面上の点CとDの高さの差を h とすると、CとDの間にある単位質量あたりの空気にはたらく気圧傾度力は $\frac{gh}{L}$ で与えられる。ただし、 L はCとDの水平距離、 g は重力加速度である。気圧傾度力が gh に比例する理由を2～3行程度で説明せよ。
- (4) 単位質量あたりの空気にはたらく転向力は風速に比例し、比例係数は f である。地衡風のバランスがなりたつとして、図2—1のCとDの間の850 hPaでの風速を、 $g = 9.8 [\text{m/s}^2]$ 、 $L = 220 [\text{km}]$ 、 $f = 7.1 \times 10^{-5} [\text{/s}]$ として有効数字2桁で答えよ。
- (5) 梅雨前線のすぐ南方で水蒸気密度が $1.3 \times 10^{-2} \text{ kg/m}^3$ であった。大気の厚さを8.5 kmとし、ここに含まれる水蒸気がすべて凝結して降水になったとすると降水量は何 mm になるか、有効数字2桁で答えよ。ただし、水の密度を $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ とし、水蒸気密度は高さによらないとする。

問Ⅱ 図2—2はある年の冬に本州の南で観測された、東経137度線に沿う水温の南北断面を海面から2000mの深さまでの範囲で表している。また、図2—3はこのうちの北緯30度における水温と酸素飽和度の深さ方向の分布を海面から海底までの範囲で表している。なお、酸素飽和度は、海水に溶けることができる酸素の最大量(飽和量)に対する実際に溶けている酸素の量の割合であり、海水が海面で大気と接触しているときはほぼ100%であるが、海水が海面を離れてから時間が経つほど減少する。これらの図を見て以下の(1)~(4)に答えよ。

- (1) 150mから1000mくらいの深さまで、深さとともに急激に水温が下がる部分が見られる。この部分の名称を答えよ。
- (2) 海水の密度は水温と塩分により決まるが、図2—2に示される海域では主に水温によって決まり、水温が高いほど密度は小さくなる。また、海流は地衡流であり、流速は海面でもっとも大きく、深さとともに小さくなる。図2—2に示す北緯25~34度の範囲において、海面の高さおよび海面付近の東西方向の流速成分は東経137度線に沿ってどのような南北分布を示すか、理由とともに3~4行程度で答えよ。
- (3) 海面から150mの深さまで酸素飽和度がほぼ100%の部分が見られる。なぜこのような分布になるか、1行程度で答えよ。
- (4) 海底付近にも酸素飽和度が比較的高い水があるのはなぜか。海水の動きと関連づけて、1~2行程度で説明せよ。

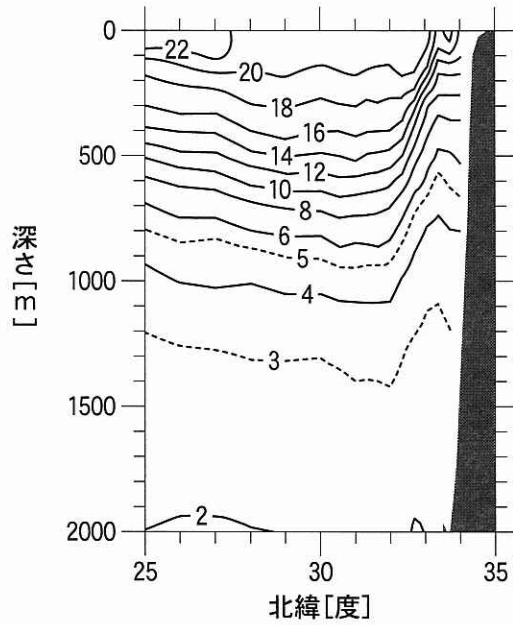


図 2—2 東経 137 度線に沿う水温 [°C] の分布。右側の黒く塗りつぶした領域は本州南岸の海底を示す。

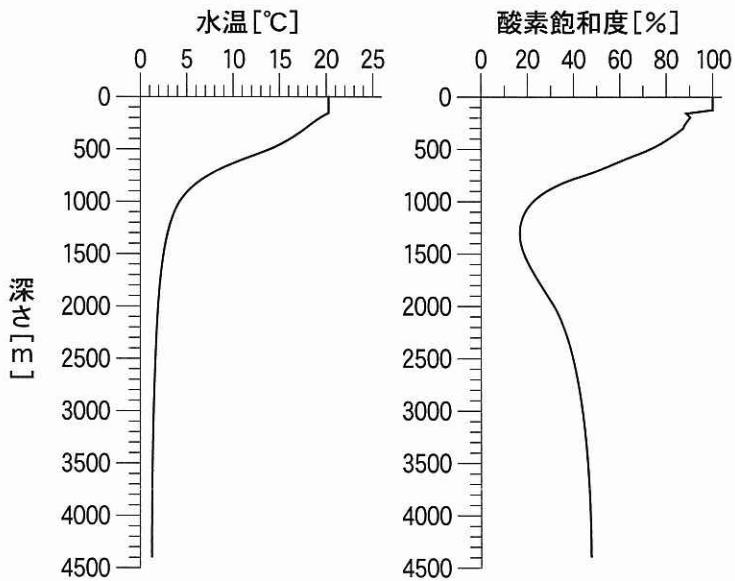


図 2—3 北緯 30 度，東経 137 度における水温と酸素飽和度の鉛直分布。

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

第3問 図3—1に示すように、ある火山周辺の3本の観測線に沿って多数の地震計を地表に並べて観測を行った。観測線の長さは8 kmであり、AA′, BB′は南北方向, CC′は東西方向の観測線である。地表面は平らであるとして、以下の問Ⅰ～Ⅲに答えよ。

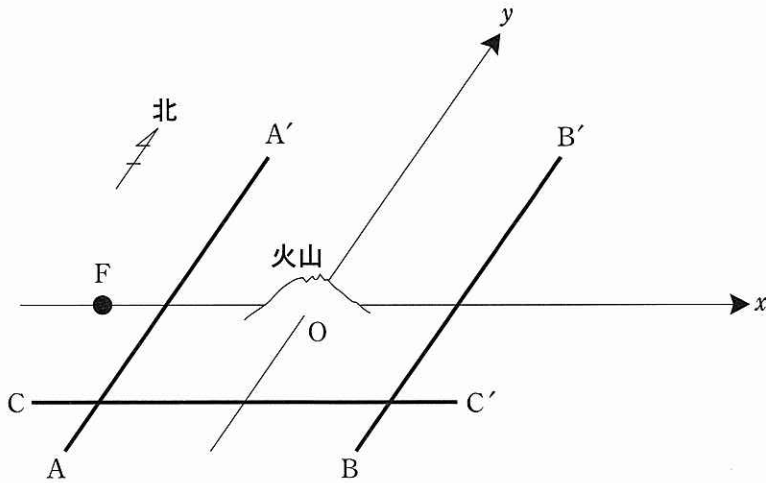


図3—1 火山と地震観測線 AA' , BB' , CC' を南東側から見た鳥瞰図。火山を原点, 東向きに x 軸, 北向きに y 軸をとる。原点から AA' , BB' , CC' までの最短距離は, それぞれ 3 km である。

問Ⅰ 観測期間中、いくつかの地震が発生した。そのうち地震①は、図3-1のFを震央とし南北に延びる横ずれ断層で発生した。震央Fは x 軸上の $x = -4$ [km]の地点にあり、震源の深さは2 kmと推定されている。この地震のAA'に沿う地震波到着時間を図3-2に示す。以下の(1)~(6)に答えよ。なお数値での解答には計算過程も示せ。

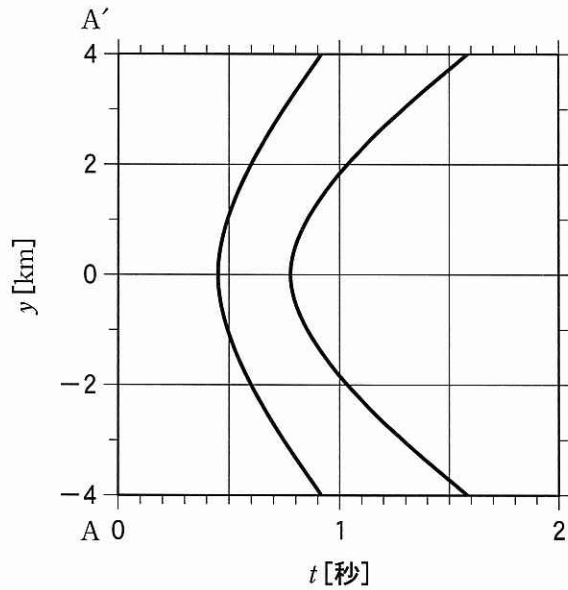


図3-2 観測線AA'に沿う地震計で記録した地震①のP波およびS波到着時間。なお t は地震発生からの時間を表す。

- (1) 図3—2でP波初動の方向は $y > 0$ [km]の観測点では地面の上がる向き、 $y < 0$ [km]では地面の下がる向きであった。この初動の向きから、横ずれ断層が右ずれか左ずれかを、理由とともに1～2行程度で記せ。
- (2) 地震①の断層運動を起こした圧縮の力の方位を答えよ。
- (3) 図3—2の $y = 2$ [km]での地震波到着時間から、P波の速度を有効数字1桁で求めよ。
- (4) 図3—2の $y = 2$ [km]でのデータを用いて震源距離に関する大森公式の係数を有効数字1桁で求めよ。
- (5) 図3—2でP波到着時間は、ある曲線上にある。その曲線の式を時間 t 、南北位置 y 、およびP波速度 v で表せ。
- (6) 地震①を観測線BB'で観測したところ、 -1 [km] $< y < 1$ [km]の範囲にある地震計で火山を通過するS波が見られなかったとする。このとき火山の地下の状態について推測できることを、1～2行程度で記せ。

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

問Ⅱ 図3-3, 3-4は別の2つの地震②, ③のP波到着時間を示している。

これら2つの地震の震源位置として最も適当なものを下記の(a)~(g)から、それぞれ1つ選び理由とともに記せ。

- (a) 観測網の南方約100 km, 深さ5 km
- (b) 観測網の北方約100 km, 深さ5 km
- (c) 観測網の西方約100 km, 深さ5 km
- (d) 観測網の東方約100 km, 深さ5 km
- (e) $x = 4$ km, $y = 0$ km, 深さ2 km
- (f) $x = -4$ km, $y = 0$ km, 深さ2 km
- (g) 原点付近で深さ2 km

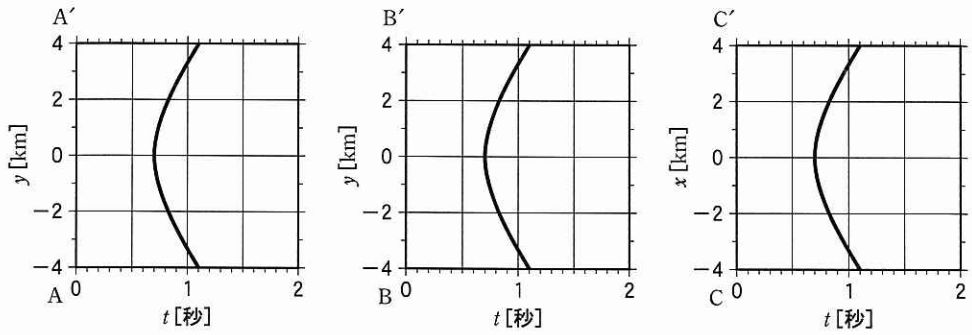


図 3—3 観測線 AA', BB', CC' に沿う地震計で得られた、地震②による P 波到着時間。t は地震発生からの時間を表す。

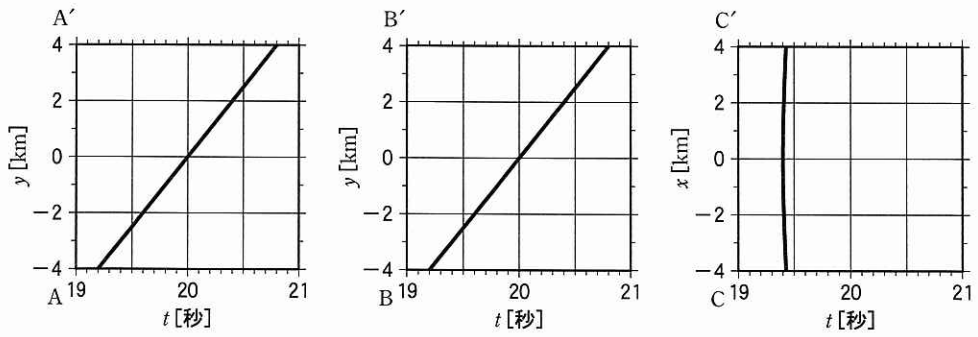


図 3—4 観測線 AA', BB', CC' に沿う地震計で得られた、地震③による P 波到着時間。t は地震発生からの時間を表す。

問Ⅲ 火山の活動が終わり、地殻が冷却されると、磁場の強さに変化が現れることがある。以下の(1)と(2)に答えよ。

- (1) このような磁場の変化が現れる理由を、1～2行程度で説明せよ。

- (2) 現在の地球磁場のもとで、このような磁場の変化が日本の火山で発生する場合に、地表面では火山の北側で磁場が弱く、南側で強くなる。その理由を2～3行程度で説明せよ。

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)