

地 学

第1問 次の文章を読み、問いに答えよ。

1929年、ハッブルは次のような観測に基づいて宇宙が膨張していることを発見した。遠方にある銀河までの距離 D を推定し、その後退速度 v をスペクトル観測から導いた。この観測を多くの銀河について行った。その結果、ハッブルは両者の間に成り立つ関係（ハッブルの法則）を発見した。天体までの距離を測る手段には年周視差を用いる方法があるが、銀河系外の天体では年周視差が小さすぎて測れない。他の方法のうち、セファイド（ケフェウス座 δ 型変光星）の変光周期と絶対等級の間に成り立つ関係を用いる手法が最も確立していて、過去には銀河系内の球状星団などの距離を推定するのに用いられてきた。最近では、ハッブル宇宙望遠鏡などの優れた観測技術によって、セファイドを用いる手法が遠方の銀河にまで適用できるようになった。（以下の問で必要があれば、次の数値を用いよ。光速 $c = 3.0 \times 10^8$ m/s, $\log_{10} 2 = 0.30$, 1パーセク $= 3.1 \times 10^{16}$ m, 1年 $= 3.2 \times 10^7$ s）

問1 ハッブルの法則を式で表せ。ただし、ハッブル定数を H とせよ。

問2 ハッブル宇宙望遠鏡によって渦巻き銀河 M 100 にある 52 個のセファイドの見かけの等級 (m_v) の変化が測られた。ここでは、そのうちの 1 つの星について変光曲線を図 1-1 に示す。図 1-1 から推定される周期 P と平均等級 \overline{m}_v との組み合わせを下の(ア)~(エ)から選んで記せ。

- (ア) $P = 100$ 日, $\overline{m}_v = 24.8$ (イ) $P = 50$ 日, $\overline{m}_v = 24.8$
(ウ) $P = 50$ 日, $\overline{m}_v = 25.0$ (エ) $P = 100$ 日, $\overline{m}_v = 25.0$

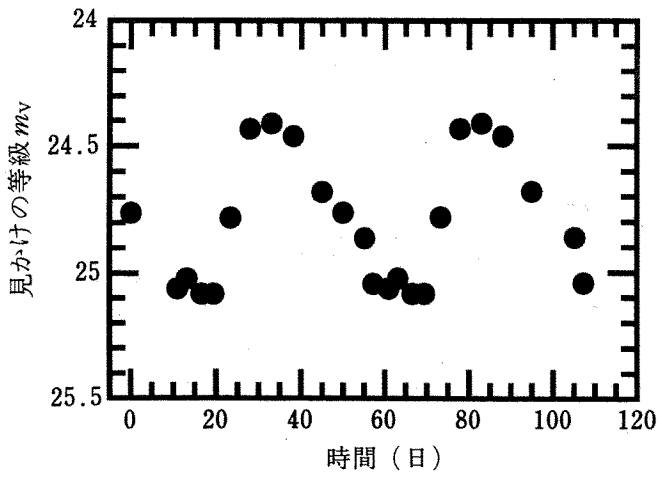


図 1-1

問3 セファイド変光星の周期 P (日) と平均絶対等級 M_V の間には

$M_V = -2.9 \log_{10} P - 1.8$ という関係が成り立つとして、この星までの距離 D (パーセク) を求めよ。

問4 この銀河にある水素ガスから放射される輝線 (スペクトル線) の強度がその波長 λ の関数として図 1—2 に示されている。この輝線の波長はもともと 656.3 nm であるが、この銀河が観測者に対して運動しているためにドップラー効果によって波長がずれている。($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)

(a) 輝線 (スペクトル線) の中心波長 (図 1—2 の破線) から銀河の後退速度 v (km/s) を計算せよ。

(b) この後退速度とハッブルの法則を用いてハッブル定数 H (km/s/メガパーセク) を求めよ。メガパーセクとは百万パーセクのことである。

問5 宇宙の年齢について次の問に答えよ。

(a) この銀河が過去にも同じ速度で運動をしていたとして、我々との距離が 0 であった時から現在までの時間 T (年) を推定せよ。また、 T はハッブル定数とどのような関係になるか、簡潔に述べよ。

(b) 実際の宇宙年齢は T より短くなると考えられる。その理由を述べよ。

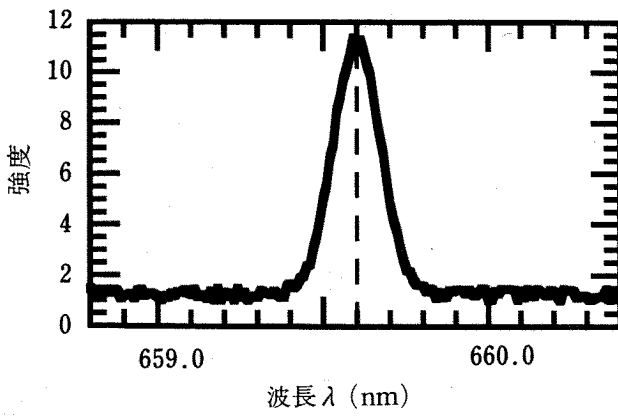


図 1 - 2

第 2 問

I 地表に置いた火薬を爆発させて人工地震を発生させ、爆破点からさまざまな距離に置いた地震計で地震波を観測した結果、図 2—1 のような走時曲線（実線部分）を得た。この地域は、水平で均一な厚さ d を持つ A 層の下に B 層が存在している。次の問いに答えよ。ただし、地表面は平面で近似でき、地球が球体である効果は無視できるものとする。

問 1 A 層および B 層を伝わる地震波の速度 V_A および V_B を求めよ。

問 2 図 2—2 に示すように、2 層 A, B の境界を通過するとき地震波は屈折するが、境界面に立てた垂線から測った入射角 α_A 、出射角 α_B と、地震波速度 V_A 、 V_B との間には次のような関係がある。

$$\frac{\sin \alpha_A}{V_A} = \frac{\sin \alpha_B}{V_B}$$

この関係を用いて、A 層から B 層に入射した地震波が、B 層の内部を A, B の境界面に沿って進むようになるときの入射角 α_A を求めよ。

問 3 A 層の厚さ d を有効数字 2 桁で求めよ。必要ならば、 $\sqrt{2} = 1.4$ 、 $\sqrt{3} = 1.7$ 、 $\sqrt{5} = 2.2$ を用いよ。

問 4 もし仮に、 V_A はそのまま、 V_B が V_A よりも小さかった場合、期待される走時曲線はどのようなものになるか。爆破点から 15 km までの範囲について図示せよ。

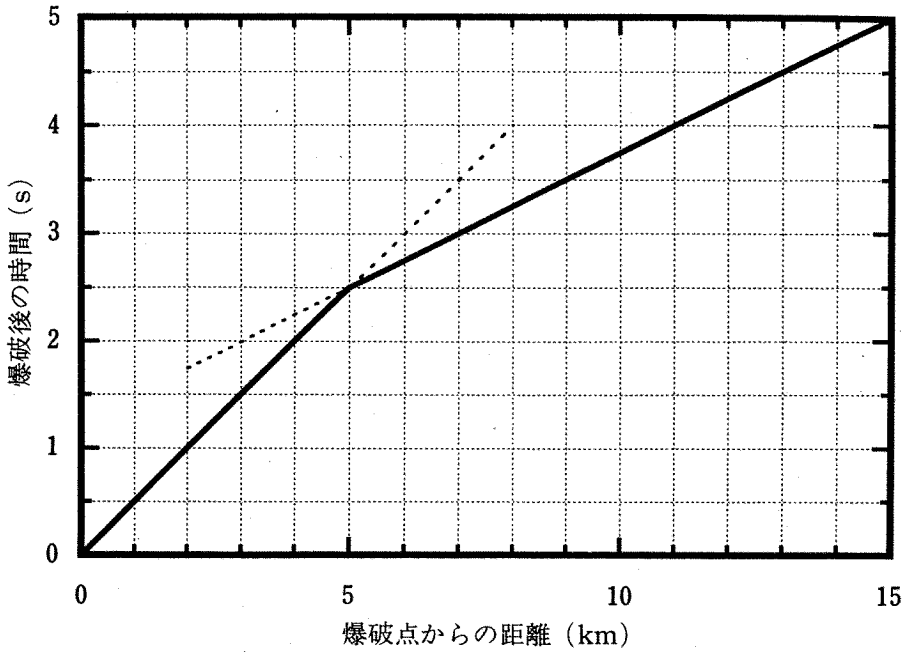


図 2 - 1

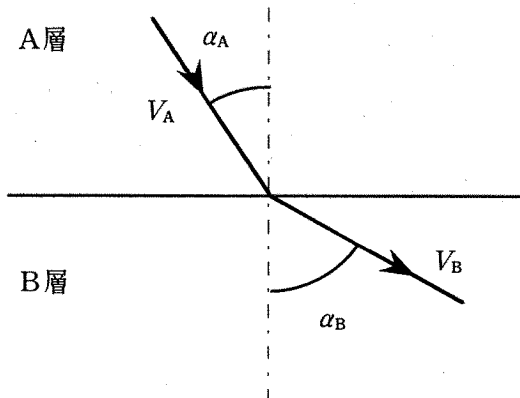


図 2 - 2

II 地震波の走時曲線を地球全体にわたって解析することにより、地球内部における地震波速度の分布を知ることができる。その結果、表層部分を除くと、地球内部は大局的に3層（層 a, b, c）からなることがわかった。図2—3は、地球内部の地震波のP波の道筋（P波の地震波線）を示したものである。図を見ながら以下の問いに答えよ。

問1 層 a, b, c の名称を記せ。

問2 波線 OA に顕著なように、層 a を通る地震波線はある深さで大きく曲げられる。これは層 a 内に深さとともに急激に P 波速度が増加する部分があるためである。この P 波速度の急激な増加の原因は何か、20 字以内で記述せよ。

問3 波線 OB は層 a と層 b の境界で大きく屈折している。屈折の様子から層 a, 層 b における P 波速度の大小関係についてわかることを記せ。

問4 S 波について地球内部を伝わる地震波線を描いた場合、図2—3とは大きく異なる部分が出てくる。何が違っているか。またその原因は何か、簡潔に記述せよ。

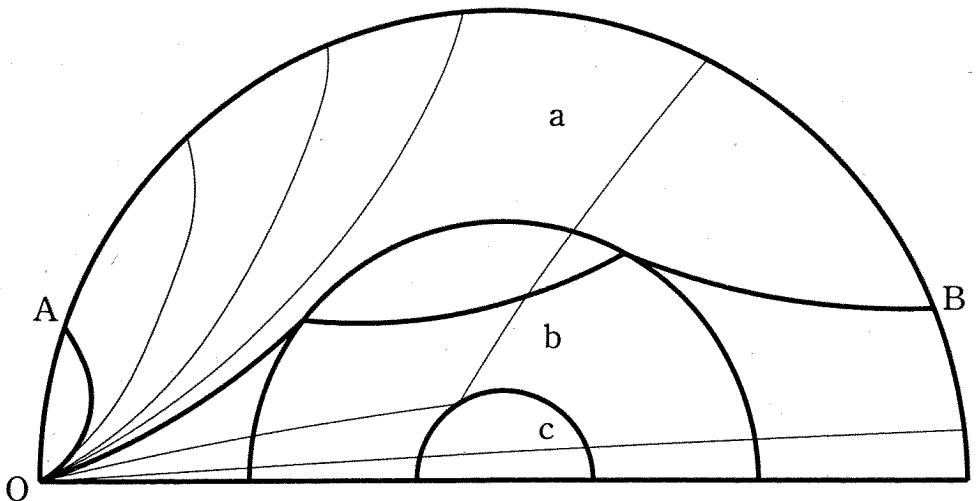


図 2—3

第3問 次の文章を読み、問1～4に答えよ。

東西方向に走る道を西から東へ歩いていくと、露頭1が左手（道の北側）に見えた。ここでは、図3—1のスケッチに示すように、上部にほぼ水平に堆積するれき岩や砂岩の地層A、その下には不規則な境界面Bをはさんで、西に向かって傾斜するれき岩、砂岩、泥岩からなる地層C、さらにその下部には境界面Dをはさんで花こう岩の岩体Eが観察された。この岩体の直上のれき岩には、同じ花こう岩から由来したと考えられる巨れきが多く含まれていた。さらに道を東へ進むと、やはり道の左手に露頭2が見られた（図3—2）。ここでは、露頭1で見られたものと同じ花こう岩の岩体Eが見られ、その右側と上部には、^{シユウキョク}褶曲した砂岩や泥岩の地層Fが見られた。地層Cと地層Fからは化石が見つかっている。

問1 地層や岩体が接している境界B, G, Iそれぞれの名称を答えよ。

問2 A, B, C, D, E, F, G, Hを形成された順に古いものから新しいものへと並べよ。

問3 Eの花こう岩のできた年代を推定するための方法を2つ挙げ、それぞれを100字以内で述べよ。

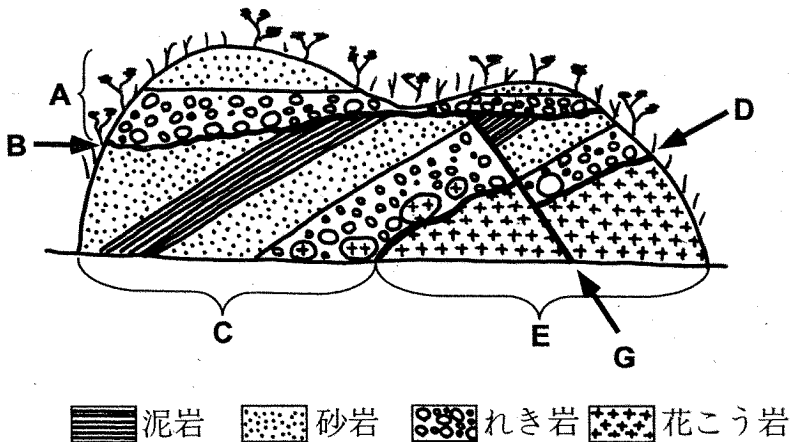


図3—1 露頭1のスケッチ

問4 以下は、花こう岩の岩体Eと、地層Fが接するところで観察される現象に関する文章である。

マグマが地下深部で固結すると、周囲の地層はマグマからの熱エネルギーおよび揮発成分の供給による（ア）作用を受ける。たとえば、白雲母および石英が含まれていた泥質堆積岩には、この作用の結果として、カリ長石（正長石）、きんせい石および紅柱石などの鉱物が新たに生成する。紅柱石は、（イ）およびらん晶石と、化学組成は同じであるが結晶構造が異なり、互いに（ウ）の関係にある。これらの鉱物の安定関係から、周囲の岩体が置かれた温度および圧力などを推定することができる。一方、主としてカリ長石（正長石）、（エ）、黒雲母および石英などの鉱物から構成されている花こう岩は、ゆっくり冷却してできた（オ）組織を基本とするが、特に地層Fとの境界部分では、花こう岩岩体中心部とは異なる岩石組織が観察される。

(a) (ア) から (オ) に、最も適切な語句を記入せよ。

(b) 下線部に関して、地層Fとの境界部分で観察される岩石組織の特徴、およびそのような組織が形成された理由を70字以内で説明せよ。

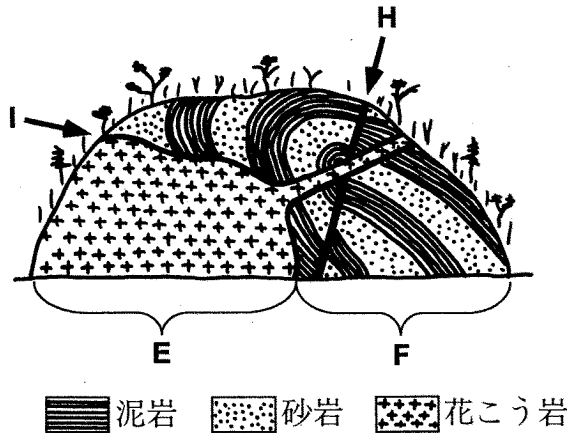


図3-2 露頭2のスケッチ