

地 学

第1問 次の文章を読み、問1～3に答えよ。

天の川銀河の中での、太陽とそのまわりの星ぼしの運動を考える。星ぼしは、天の川銀河の中心付近の質量による万有引力を感じながら、銀河の中心のまわりをほぼ円軌道を描いて運動している。太陽よりも内側の軌道を運動する星は太陽より速く、太陽よりも外側の軌道を運動する星は太陽より遅い。このような運動を、太陽近くの星ぼしの観測だけから明らかにできるだろうか？

この問題を、図1—1のように簡単化して考えよう。太陽Sを原点とし、そこから見た天の川銀河の中心方向を x 軸、太陽Sの運動方向を y 軸とする。太陽の軌道半径に比べて十分小さい範囲を拡大し、円軌道を直線で近似する。さらに、軌道運動の速さ V は、太陽の近くでは x の一次関数、

$$V = V_0 + kx \quad \dots\dots\dots (1)$$

(V_0 は太陽の軌道運動の速さ、 k は定数) で表せると近似する。

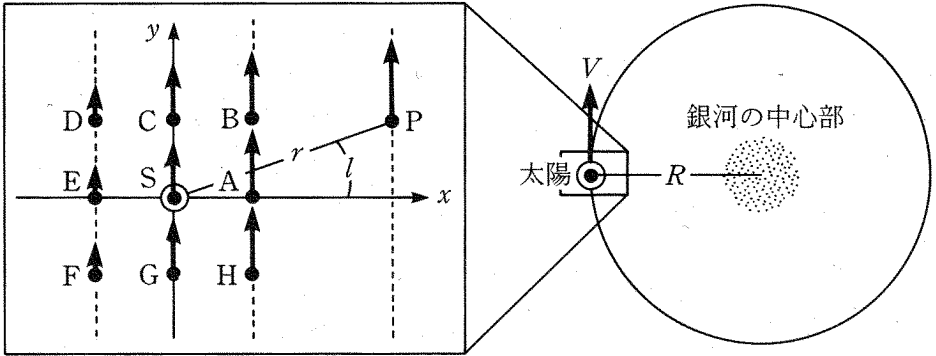


図1—1：天の川銀河の中での、太陽とそのまわりの星ぼしの運動。
左側は右の長方形の部分を拡大した図である。

問1 解答用紙に、図1—1の左側の太陽Sおよび星A~Hの配置を示す図を二つ書き写し、それぞれの図中に以下の(a), (b)の答えを示せ。ベクトルの長さは厳密でなくても良い。

(a) 太陽Sから観測したときの星A~Hの相対速度ベクトル。

(b) (a)で答えた相対速度ベクトルの、視線（観測者と観測天体を通る直線）に平行な成分。

問2 図1—1のように、太陽Sを中心に銀河中心方向から天の川にそって測った角度が l の方向にある星Pを観測する。太陽Sから星Pまでの距離を r とする。星Pの太陽Sに対する相対速度の、視線SP方向の成分を、視線速度 V_r とすると、以下の(a), (b)に答えよ。なお、天体が観測者から遠ざかるとき、視線速度は正の値を取るものと定義する。

(a) V_r を、 k , r , および l を含む式で表せ。式の導出も書くこと。

(b) さまざまな l にある、距離 r が2.0キロパーセクの星の視線速度の実際の観測データを l に対してグラフにすると、図1—2の●印のようになった。図中の曲線は(a)で求めた関数形で、実際のデータにできるだけ合うように式のパラメータを決めたものである。この図から(1)式の定数 k の値を〔km/s/キロパーセク〕単位で、有効数字2桁で求めよ。

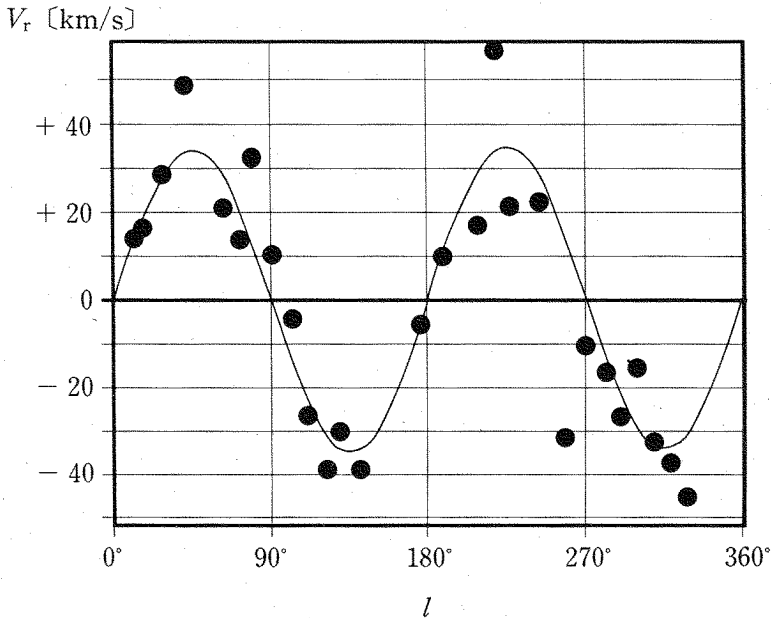


図1—2：距離が2.0キロパーセクの星の視線速度

(出典：Feast & Thackeray (1958) MNRAS 118, 134)

問3 このように、太陽とそのまわりの星ぼしの運動は一様ではなく、内側の星がより速く運動して外側の星を追い抜いてゆくことが観測からわかった。この運動が、圧倒的に大きな質量を持つ銀河の中心のまわりのケプラー運動であるとする（この仮定は正しくないことがわかっているが、今はあえてこう仮定する）。すなわち、太陽から R の距離にある質量 M の銀河の中心（質点と考える）の引力による加速度 GM/R^2 が、円軌道に沿った運動による遠心力の加速度 V^2/R と釣り合っているとす。ここで、 G は万有引力定数である。このとき、以下の(a), (b)に答えよ。

(a) 回転速度 V を G , M , R を含む式で表せ。

(b) 回転速度 V の R についての微分 dV/dR は、問2(b)で求めた k に対応する（正負は逆になる）。銀河中心から太陽までの距離 R を8キロパーセクとすると、銀河の中心の質量は、太陽の質量の何倍になるか有効数字1桁で求めよ。なお G は $6.7 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ 、1キロパーセクは $3.1 \times 10^{19} \text{ m}$ 、太陽の質量は $2.0 \times 10^{30} \text{ kg}$ とする。

第2問 あなたの気象の知識を使って、以下の疑問に、それぞれ50字以上100字以内で解答を与えよ。

問1 なぜ、「夕焼けは晴れ、朝焼けは雨」なのか。

問2 なぜ、晴れた夜は冷え込むのか。

問3 なぜ、山の天気は平野の天気より変わりやすいのか。

問4 地球表面の7割は海面で、海面から絶えず水蒸気が蒸発しているのに、なぜ大気全体が水蒸気で飽和しないのか。

問5 ロンドン（北緯51度）より札幌（北緯43度）の緯度が低いのに、なぜ、ロンドンの冬（1月の平均気温は $+3.8^{\circ}\text{C}$ ）のほうが札幌の冬（1月の平均気温は -4.6°C ）より暖かいのか。

第3問

I ある石切場において図3—1のような花こう岩と石灰岩が接した露頭が見られた。これについて以下の質問に答えよ。

問1 この花こう岩から岩石薄片を作製し、偏光顕微鏡で観察すると図3—2のような3種類の鉱物（ア、イ、ウ）が観察された。

- (a) この3種類の鉱物の晶出順序を早いものから並べて記せ。
- (b) アの鉱物中にはへき開という一定方向に平行な筋が観察される。その方向を決める原因として正しいものは次のア～エのうちどれか。
- ア 鉱物中の化学組成の不均一に起因する。
- イ 花こう岩の冷却過程に起因する。
- ウ 鉱物中の原子配列に起因する。
- エ 鉱物にかかる局所的な力の方向に起因する。

問2 石灰岩のAの場所から図3—3のような化石が観察された。この石灰岩の形成年代として考えられるものは次のア～エのうちどれか。

- ア カンブリア紀 イ 二畳紀 ウ ジュラ紀 エ 白亜紀

問3 花こう岩と石灰岩の境界近く（図3—1のB付近）の石灰岩を偏光顕微鏡で観察すると、その組織は境界から離れたところのもの（図3—1のA付近）と大きく違っていた。また花こう岩と石灰岩の境界（図3—1のC）に沿ってこの2つの岩石中にもともと存在しないけい灰石（ CaSiO_3 ）という②鉱物が見つかった。

- (a) 下線①の組織の特徴とその成因を合わせて100字以内で答えよ。
- (b) 下線②の鉱物の成因を化学反応式も使って120字以内（化学反応式を除く）で説明せよ。

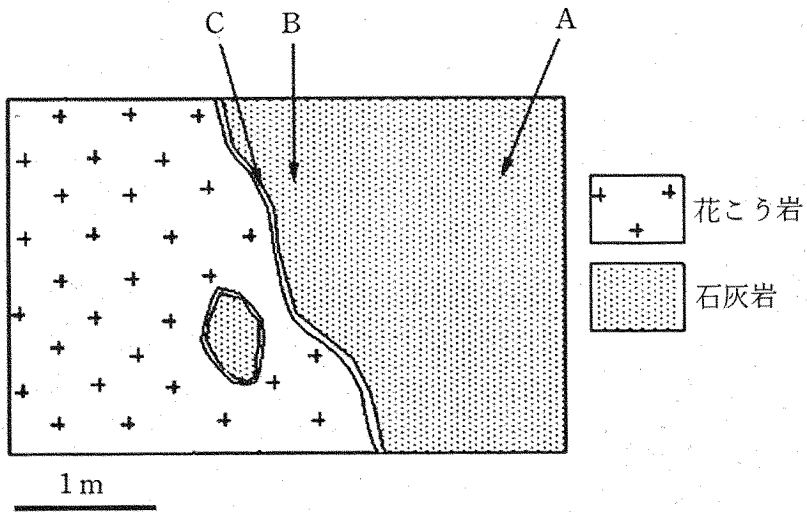


図 3—1

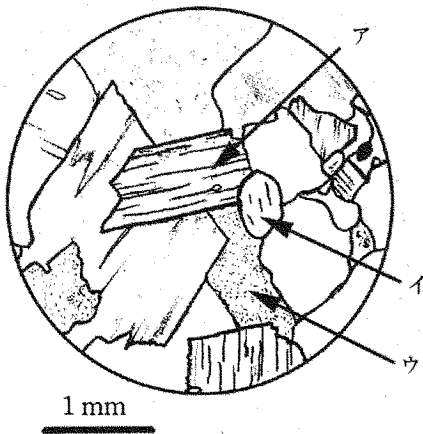


図 3—2

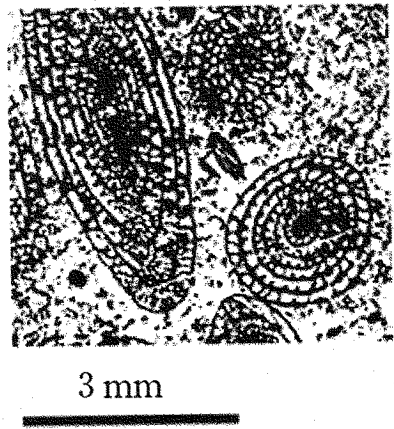


図 3—3

II 以下の文章を読み、問いに答えよ。

地盤沈下には、地盤を構成する堆積物中の水の圧力変化が関係している。この問題を調べるために図3—4のような実験装置を用いて室内実験を行った。まず、厚さ10 cmの粘土粒子と水からなるやわらかい堆積物を容器に入れ、水を通すことができるパイプがついた板をその上にかぶせる。次に、バルブを開け、パイプの中を水で満たす。この状態を初期状態とする。バルブを閉じ、おもりを板の上に乗せて荷重をかける。その後、バルブを一時的に開け、実験装置内の水を一部分逃がした後にバルブを再び閉じ、その時点における堆積物の厚さ h を測定するとともに、堆積物中の水の圧力の初期状態との差 ΔP を圧力計で計測した。この作業を繰り返すことによって、図3—5のような結果が得られた。実験では、単位面積あたりの荷重の初期状態との差 ΔS が、 1.0×10^5 、 5.0×10^4 及び $2.5 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ となるように三つの違ったおもりを用いた。図3—5において、各々の点の右横に示された数字は、圧力計によって計測された堆積物中の水の圧力の初期状態との差である。

問1 図3—5の結果から、 ΔS が 1.0×10^5 、 $5.0 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ の場合について、 h と ΔP との関係を表す式を求めよ。また、 ΔP が0、 $2.5 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ の場合について、 h と ΔS との関係を表す式を求めよ。

問2 問1の結果を利用して、 $(h_0 - h)$ を ΔS 及び ΔP を用いて表現する式を示せ。但し、 h_0 は堆積物の初期の厚さである。

問3 地下水をくみ上げた結果として地下水位が下がると、なぜ地盤沈下が発生するか。問2で導出した式を用いて200字以内で説明せよ。

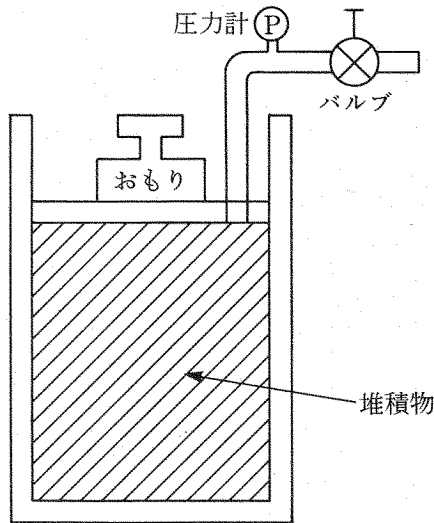
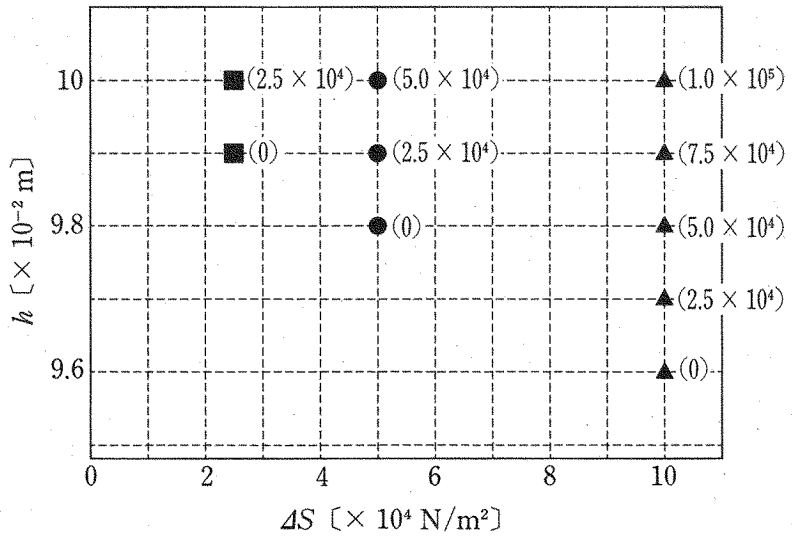


図3-4 実験装置の概要図



- ▲ $\Delta S = 1.0 \times 10^5$ N/m² の実験
 - $\Delta S = 5.0 \times 10^4$ N/m² の実験
 - $\Delta S = 2.5 \times 10^4$ N/m² の実験
- () の数字は、 ΔP [N/m²] をあらわす

図3-5 実験から求められた ΔS , ΔP , h の関係