

理学研究科博士前期課程（宇宙地球科学専攻・第2次募集）入学試験問題

## 小論文

（2008年11月8日 11時00分～12時30分）

次の〔1〕から〔5〕までの5問のうちから2問を選択して解答せよ。各問には別の解答用紙を用い、解答用紙上部にある問題番号の欄に選択した番号を記入すること。

[1] 以下の問いに答えよ。

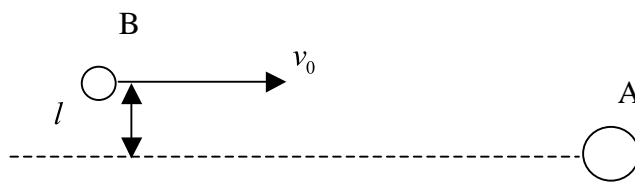
実験や観測において対象物の質量や密度を知ることが重要である。これらは直接測定が可能な場合もあるが、間接測定が必要な場合も多く、測定手段は可能な限り非破壊が望ましい。以下の項目中から質量や密度を測る方法として4項目を選び、各量を測定するための具体的な方法と測定原理に関して、項目ごとに5～10行で述べよ。解答用紙には選択した項目の記号を明記すること。

[項目] (ア) 中性子の質量, (イ) 特定地域における地表付近の大気密度, (ウ) 不特定形状をした焼結体の見かけの密度, (エ) 天然ダイヤモンド中の微小結晶包有物の密度, (オ) 密閉容器中にあるアモルファス金属球の密度, (カ) ボーリングコア試料における特定層の平均密度, (キ) 地球核の質量, (ク) 太陽の質量, (ケ) ある系外惑星の平均内部密度, (コ) ブラックホールの質量, (サ) 銀河団中のダークマターの質量, (シ) 銀河星間ガスの密度

[2] 天体の潮汐破壊に関して以下の問いに答えよ。

(1) 質量  $M$ 、半径  $R$  の天体 A を中心とする半径  $L$  の円軌道上を、質量  $m$ 、半径  $r$  の球状天体 B がケプラー運動しているとする。天体 B に働く潮汐力の大きさは、 $G$  を万有引力定数として  $\frac{2GmMr}{L^3}$  とかけることを示せ。ここで、天体 B に働く潮汐力の大きさは、(“天体 B 表面の天体 A に最も近い点においた単位質量の物体に働く力”と“最も遠い点においた単位質量の物体に働く力”の差)  $\times m/2$ 、と定義する。ただし、天体 B は自転していないものとし、 $M \gg m, L \gg r, L \gg R$  を仮定して  $r/L$  の 1 次の項まで求めればよいことにする。

(2) 天体 B の自己重力に比べて潮汐力が大きい場合、天体 B は破壊される可能性がある(潮汐破壊)。潮汐力が自己重力に等しくなる距離を  $L_t$  とすると、 $L \leq L_t$  を潮汐破壊が起こる条件とみなすことができる。 $L_t$  を求めよ。ただし、ここでは天体 B の自己重力の大きさは、天体 B の半分の質量  $m/2$  をもつ質点が距離  $r$  離れておかれた場合の万有引力の大きさに等しい、として概算する。



(3) 続いて、質量  $m$ 、半径  $r$  の天体 B が、質量  $M$ 、半径  $R$  の天体 A ( $M \gg m$  であり天体 A は静止しているとする) に遠方よりむかってくる場合を考える。天体 A から十分遠方にいるときの天体 B の速さを  $v_0$ 、衝突パラメータ  $l$  としたとき、天体 B が天体 A に最も近づいたときの A の中心と B の中心の距離  $L_{min}$  を求めよ。

(4) 超巨大ブラックホールに接近した恒星が潮汐破壊によってばらばらになり、質量降着の燃料となってクェーサー活動の源になっているというモデルがある。このモデルの根拠のひとつとして、クェーサー中心にある超巨大ブラックホールの質量に上限があり、およそ  $10^9$  太陽質量を超える超巨大ブラックホールはまれにしか観測されない、という事実をあげる研究者もいる。上記の問題を参考にこの説を考えてみる。まず、 $10^8$  太陽質量、 $10^9$  太陽質量の超巨大ブラックホールのシュバルツシルト半径を、それぞれ有効数字 1 桁でかけ。ちなみに、シュバルツシルト半径は古典的に考えると脱出速度が光速に等しくなる半径であり、太陽質量のブラックホールの場合は  $3 \times 10^3$  m である。太陽の質量は  $2 \times 10^{30}$  kg、 $G = 7 \times 10^{-11}$   $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$ 、光速  $c = 3 \times 10^8$   $\text{ms}^{-1}$  を使って計算してもよい。

(5) なぜ (4) の観測事実が潮汐破壊モデルの根拠になるのか、(2)、(4) の答えをもとに 10 行以内で説明せよ。太陽の半径が  $7 \times 10^8$  m であることを使ってもよい。

[3] 太陽系の惑星に関する以下の問いに答えよ。

(1) 惑星系がどのようにして太陽の周りに形成されたかについては、近年の理論および観測研究の結果、いわゆる「京都モデル」が標準理論として大多数の研究者に支持されるようになってきた。これによれば現在知られている太陽系の8個の惑星は3種類に分類することができる。この3種類の分類名とそれぞれの分類に属する惑星を書け。

(2) 上記3つの分類の惑星形成過程の違いは、標準理論でどのように説明されているか。5～10行で記述せよ。文章に加えて図を用いても良い(図は行数に数えない)。

(3) 一昨年の国際天文学連合総会において、従来「惑星」とされていた冥王星を惑星の分類から外す決議が採択された。冥王星が惑星に分類されなくなった主な理由の一つは、冥王星の形成過程が惑星とは異なると考えられるからである。どのように異なると考えられているかを5～10行で記せ。

(4) 上記の標準理論によっても、今なお十分に説明できない重要問題がいくつかある。たとえば、

①ダスト落下問題：原始惑星系円盤のダストは微惑星に成長する前に中心の恒星に落下してしまい、結果として微惑星が形成できない。

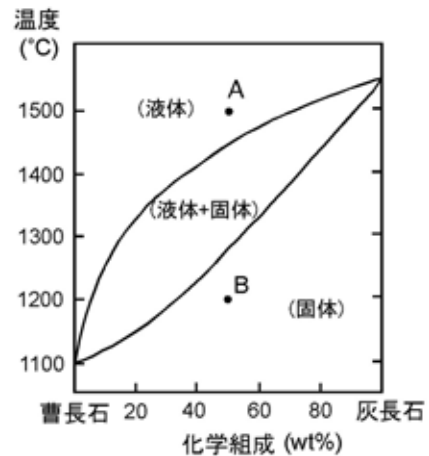
②惑星落下問題：形成された原始惑星が円盤ガスとの重力相互作用によって、短期間で中心の恒星に落下してしまい、結果として惑星が存在できない。

などである。①、②のどちらか一つを選択し、「問題を解決する方法としてどのような説が提案されているか」を5～10行で説明せよ。

[4] 以下に記す設問（ア）から（キ）のうち、3問を選択して、それぞれ5～10行で解答せよ。図を用いてもよいが、行数には入れないこと。なお、解答用紙には、選択した設問記号を記入せよ。

（ア） 岩石の年代決定法の1つとしてフィッシュトラック法がある。この方法の測定原理および具体的な適用例について述べよ。

（イ） 固溶体を成す二成分系の典型的な相平衡図として、1気圧下での曹長石-灰長石の相平衡図を右に示す。この系において、曹長石 ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ) 50wt%、灰長石 ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) 50wt%の化学組成を持つ液体を温度1500°C（右図A点）から1200°C（右図B点）までゆっくりと冷却する際に生じる現象を、晶出する結晶と残存する液体の化学成分の変化およびその結晶と液体の量比の変化に着目して、説明せよ。



（ウ） 半遠洋性堆積物が埋没する際に生じる物理的続成作用および化学的続成作用について具体的に述べよ。

（エ） プレート沈み込み帯での付加体の発達は、大陸の成長に少なからず寄与していると考えられている。付加体を構成する主要な岩石とそこに発達する地質構造およびなぜ付加体が大陸成長に寄与していると考えられるのかについて述べよ。

（オ） 地震の規模を示すマグニチュードについて、幾つかの種類（定義）が提案されている。そのうち2つの定義について述べよ。さらに、地震の規模と発生頻度について、どのような関係が一般的に存在するのか述べよ。

（カ） 地球上における気候変動の周期性について、ミランコビッチによって3つの変動要素が提案されている。これについて説明せよ。さらに、この変動要素と氷期-間氷期の周期性について述べよ。

（キ） 地球表層における酸素濃度は約 27～19 億年前頃から増大したと考えられている。この原因について説明せよ。さらに、この酸素濃度の増大に伴って形成された鉱床の名前とその成因について述べよ。

[5] 以下の問いに答えよ。

近傍の恒星系に、推定直径や推定表面温度が地球に似た惑星が発見され、無人地質探査機を送ることになった。探査テーマは以下の A, B, C から任意の一つ選ぶことができる。

#### 探査テーマ選択肢

- A 「火山活動の有無と、過去から現在までの活動度」
- B 「プレートテクトニクスの存在の有無と、過去から現在までの活動度」
- C 「(惑星に海がなかったと仮定して) 過去に海が存在したかどうか」

設問(1)～(3)では、テーマ達成を目指して3段階で行われる探査の各段階において、どのような観測装置・手法を用いて観測すればよいかを説明せよ。問題に書いていない条件は、自由に想定してかまわない。観測装置・手法は以下の例から選んでもよいし、例以外から提案しても構わない。

#### 観測装置・手法の例

紫外光カメラ, 可視光カメラ, 近赤外光カメラ, 熱赤外光カメラ, 重力探査, 可視近赤外分光, レーザー高度計, レーダー, ガンマ線分光, 地震計, 熱流量計, 蛍光 X 線分析, X 線回折装置, 質量分析装置, 放射化分析, X 線 CT 装置, 磁気計測, 電子線微小分析装置, 走査型電子顕微鏡, 透過型電子顕微鏡, 偏光顕微鏡

解答用紙の一行目にテーマ記号を記入した後、設問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 「段階1：周回衛星探査」 極軌道で惑星を周回し、全ての地域の上空をくまなく通過する周回探査衛星を送る。探査衛星で得られたデータは電波で地球に送信される。探査テーマの達成のために、この段階で実施すべき観測装置・手法のうち一つを挙げ、そのデータからテーマの何がわかるのかを、5～10行で説明せよ。
- (2) 「段階2：着陸探査」 探査機が惑星表面に軟着陸し、惑星表面上で探査を行う。10機以内で複数の探査機をそれぞれ別の場所に着陸させてもかまわない。探査機で得られたデータは電波で地球に送信される。この段階で実施すべき観測装置・手法のうち一つを挙げ、そのデータからテーマの何がわかるのかを、5～10行で説明せよ。
- (3) 「段階3：試料採取探査」 探査機が惑星表面に軟着陸し、表面物質試料を採取した後、それを地球に持ち帰る。この段階で解答する観測装置・手法は、試料に対して、地球上で使う観測装置・手法のことである。この段階で実施すべき観測装置・手法のうち一つを挙げ、そのデータからテーマの何がわかるのかを、5～10行で説明せよ。