

大阪大学・大学院理学研究科
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
(2015年10月24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。解答を表に記入しきれない場合には、裏面を使用して良い。解答用紙は1問につき1枚のみ使うこと。

[1]

以下の問い(1)～(10)に答えよ。

A. 回転座標系で速度をもった物体には慣性力として、遠心力とコリオリの力が働く。慣性系Sに対し、z軸を回転軸として一定の角速度 ω で回転する座標系S'を考える。時刻 $t=0$ でS系とS'系が一致していた場合、S系での質点のxy平面内での位置 (x, y) とS'系での位置 (x', y') の関係は

$$x = x' \cos \omega t - y' \sin \omega t$$

$$y = x' \sin \omega t + y' \cos \omega t$$

で書ける。慣性系Sにおいて、質量 m の質点がxy平面内で運動する場合を考え、この質点に働くx、y方向の力の成分を F_x 、 F_y とすると、運動方程式は

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_x \quad , \quad m \frac{d^2 y}{dt^2} = F_y$$

と書ける。この質点の運動に関して以下の問いに答えよ。

- (1) S系での加速度 $(\frac{d^2 x}{dt^2}, \frac{d^2 y}{dt^2})$ をS'系での速度 $(\frac{dx'}{dt}, \frac{dy'}{dt})$ 、加速度 $(\frac{d^2 x'}{dt^2}, \frac{d^2 y'}{dt^2})$ を使って書け。
- (2) S'系でみた力の成分 $F_{x'}$ 、 $F_{y'}$ と F_x 、 F_y の関係を書け。
- (3) S'系でみた運動方程式を書き、遠心力とコリオリの力が、それぞれどの項に対応しているか述べよ。
- (4) 地球の自転に起因するコリオリの力が働いていることを示す現象をひとつあげ、定性的に説明せよ。

B. 半径 a 、質量 M の一様な面密度の円盤の中心に、垂直な軸をつけたコマを用意し、水平な机の上で回転させる。軸の下端(支点)が机に接する点Oは動かないものとする。

- (5) このコマの軸周りの慣性モーメント I を求めよ。ただし軸の質量は無視できるものとする。

コマが一定の角速度 ω で軸周りに回転し続けている状態で、コマの軸が鉛直方向と一定の角度 θ を保ったまま、一定の角速度 Ω で首振り(歳差)運動をしている場合を考える。支点Oからコマの重心Gまでの距離は d とし、 $\omega \gg \Omega > 0$ であるとする。重力加速度は g として、コマの軸周りの慣性モーメントは、 I をそのまま使用してよい。

- (6) 重力によって生じる支点周りの力のモーメント \vec{N} の大きさを書け。
- (7) 以下、コマの全角運動量 \vec{L} はコマの軸周りの角運動量に等しいと近似する。 \vec{L} は鉛直軸との角度 θ を保ったまま角速度 Ω で回転する。微小時間 dt の間の角運動量の変化 $d\vec{L}$ の大きさを L 、 θ 、 Ω 、 dt を使って書け。ここで $L = |\vec{L}|$ である。
- (8) L を I 、 ω を使って書け。
- (9) 歳差運動の角速度 Ω を求めよ。

(10) ここで考えたコマの運動において、歳差回転の向きは、コマの自転の向きと同じである。地球の地軸は、公転軌道面の法線に対しておよそ 23° 傾いているが、地軸の方向は約 26000 年周期で歳差運動をしている。しかし、歳差運動の回転の向きは自転の向きと逆である。これは、地球の形が完全な球ではなく赤道付近が膨れた回転楕円体であることに起因している。このことを、図を用いて定性的に説明せよ。

[2]

以下の問い(1)～(6)に答えよ。

(1) 単位格子の体積に占める原子の体積の割合を充填率と呼ぶ。体心立方格子の充填率を計算せよ。計算の過程も書け。ただし、原子は剛体球で、互いに接しているものとする。

(2) 化学結合のうち、異なる4つの種類をあげ、結合力の強さの順に並べ、それぞれの結合の仕方を説明せよ。また、それぞれの結合を持つ典型的な物質を1つずつあげよ。

(3) 原子磁気モーメントの配列の仕方がさまざまな磁性を生じさせる。室温大気圧下において、Fe, Fe₃O₄, Fe₂O₃, FeSO₄の安定相が示す磁性を述べ、それぞれの物質中でのFeの原子磁気モーメントの配列を模式的に図示せよ。

(4) 一般的に絶縁体は無色透明、半導体は有色、金属は可視光を通さない。これらの理由をそれぞれ述べよ。

(5) 典型的な金属と半導体の電気伝導度の温度依存性を図示し、両者が異なる理由を述べよ。

(6) 物質科学ではX線を用いた実験がしばしば行われる。X線を用いた実験を1つあげ、その物理原理を説明し、それにより何がわかるかを述べよ。

[3]

以下の問い (1) ~ (6) に答えよ。

A.

(1) 鉱物名 (a) ~ (h) に相当する化学式を下の (ア) ~ (ク) から選べ。

- (a) anorthite (b) calcite (c) enstatite (d) fayalite
 (e) graphite (f) halite (g) pyrite (h) quartz

- ア Fe_2SiO_4 イ MgSiO_3 ウ $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ エ FeS_2
 オ SiO_2 カ CaCO_3 キ NaCl ク C

B. 玄武岩質の隕石を電気炉にて加熱し、メルトとカンラン石が共存するある温度に長時間保った後に、急冷した。取り出した試料を電子線微小分析装置 (EPMA) で分析したところ、ガラス (急冷前のメルト) 部とカンラン石の化学組成は表 1 の通りであった。以下の問いに対する答えを有効数字 2 桁で求めよ。

表 1 実験生成物の化学組成 (wt%)

ガラス部 カンラン石

SiO_2	49.96	36.65
TiO_2	0.71	0.04
Al_2O_3	13.23	0.09
Cr_2O_3	0.33	0.29
FeO	17.56	30.00
MnO	0.58	0.74
MgO	6.49	31.78
CaO	10.60	0.40
Na_2O	0.54	0.01
Total	100.00	100.00

(2) カンラン石の Fe/Mg 原子数比を $(\text{Fe}/\text{Mg})_{\text{カンラン石}}$ 、ガラス部の Fe/Mg 原子数比を $(\text{Fe}/\text{Mg})_{\text{メルト}}$ と表記する。それぞれを、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、分子量は、MgO:40.3、FeO:71.8 とする。

(3) Fe, Mg のカンラン石-メルト固液間の分配係数 K_D は式 1 で表される。この K_D を (2) で求めた値を用いて求めよ。

$$K_D = \frac{(\text{Fe}/\text{Mg})_{\text{カンラン石}}}{(\text{Fe}/\text{Mg})_{\text{メルト}}} \quad \dots \quad \text{式 1}$$

(4) K_D が 1 より大きい値を持つ鉱物 A と、1 より小さい値を持つ鉱物 B がある。それぞれの鉱物がマグマから晶出する時の残液の Fe/Mg 原子数比の増減がどうなるか説明せよ。

C. Fe と Mg の量比を表す量として、Mg # (Mg ナンバー) という指標がある。Mg # とは、 $Mg/(Mg+Fe)$ の原子数比のことである。

(5) Mg # が 0.8 のマグマと Fe-Mg 分配平衡状態にある輝石の Mg # はいくらか答えよ。なお輝石の Fe-Mg 固液分配係数 K_D は 0.30 であるとする。

(6) 月の地殻はマグマの海から晶出した鉱物が浮き上がってできたものだと考えられている。月探査機「かぐや」のリモートセンシングにより、月の地殻では地球側 (表) の Mg # は低く、反対側 (裏) の Mg # は高いことが示唆されている。月地殻の表裏の化学組成の違いがなぜできたかを説明するモデルを提案せよ。

なお、マグマの海の Fe と Mg は全てカンラン石か輝石として晶出すると仮定してよい。また、Fe-Mg 固液分配係数 K_D はカンラン石も輝石もほとんど同じ 0.3 程度であるとする。

[4]

以下の問い(1)～(6)に答えよ。

A. 隕石には、融解を経験していない始原的隕石と融解・分化を経験した分化した隕石が存在する。

(1) この2種類の隕石を調べることにより、どのような情報が得られるかをそれぞれ数行程度で述べよ。

B. 水星・金星・地球・火星といった地球型惑星の内部は、珪酸塩鉱物を主成分とするマントルと鉄合金を主成分とする中心核とに分離していると考えられている。このことに関して以下の問いに答えよ。

(2) 地球以外の地球型惑星内部が中心核とマントルとに分離していることは、どのような観測データに基づいて推測できるかを3～5行程度で説明せよ。

(3) 図1は惑星半径と惑星の平均密度との関係を示した図である。図中の点A, B, C, Dは、水星、金星、地球、火星のうちどれに相当するかを答えよ。

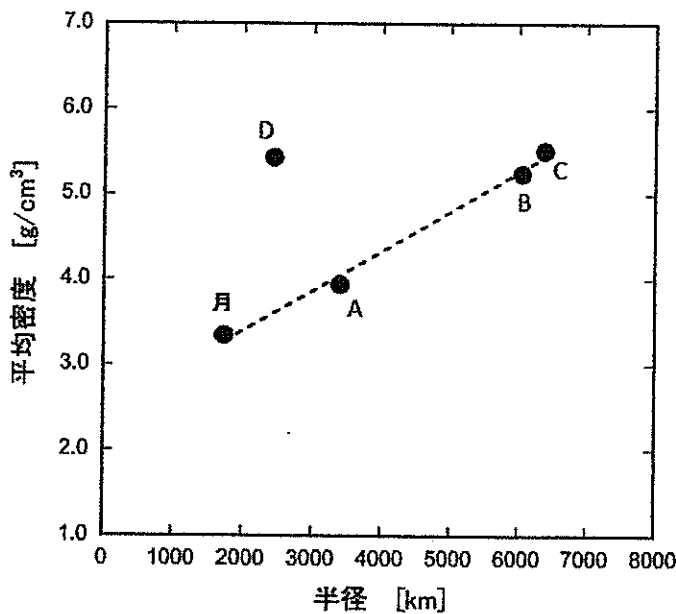


図1. 惑星半径と平均密度の関係

(4) 図1の月および惑星A, B, Cでは、点線で示されるように惑星サイズと平均密度は比例関係の傾向がある。惑星サイズと共に平均密度が増加する理由を3行程度で説明せよ。

(5) 図1の惑星Dは他の惑星と異なり、点線で示される傾向から外れている。そこから推測される惑星Dの内部構造に関する事柄を5行程度で説明せよ。

C. 惑星形成期には、惑星集積のエネルギーにより表層から大規模に溶融し、マグマの海が形成されていたと考えられている。図2はマグマの海から初めに晶出する鉱物Aの密度と共存するメルトの密度の深さに対する関係を示した図である。

(6) 図2から、マグマの海の深さの差によって形成されるマントル層構造の違いを5-10行程度で説明せよ。

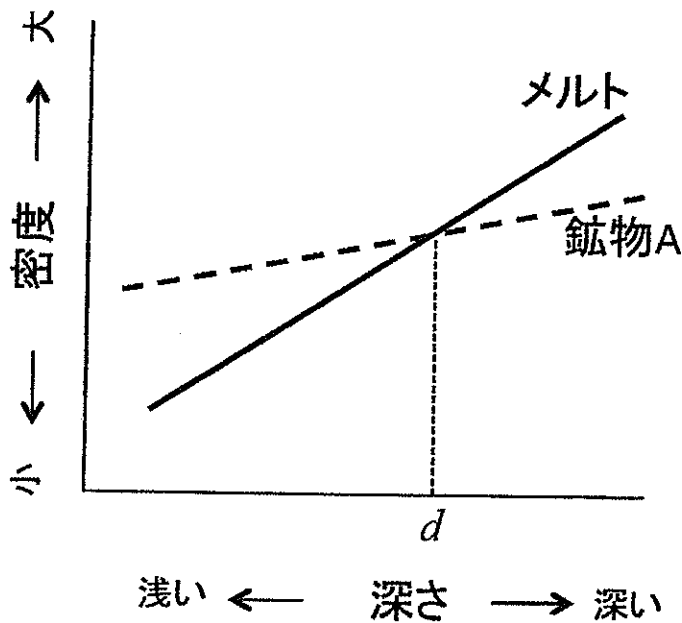


図2. 鉱物Aとメルトの密度の深さによる変化
(d はメルトと鉱物Aの密度が一致する深さである。)

[5]

以下の事項(ア)～(ケ)から、3つを選択して、それぞれについて知るところを、5～10行程度で論述せよ(図を用いてもよいが、行数には数えないこと)。また、選択した記号を、解答用紙に記入せよ。

- (ア) 太陽系外惑星
- (イ) 超新星爆発
- (ウ) 宇宙マイクロ波背景放射
- (エ) 火山噴火のメカニズム
- (オ) 変成作用
- (カ) ギブス自由エネルギー
- (キ) 反応速度
- (ク) タンパク質の機能と構造
- (ケ) 生体における硬組織