

III 地球物理学

以下の2問において、問題III-1と問題III-2はどちらか1問を選択して解答せよ。

問題III-1 (選択) 次の文中の ① ~ ⑩ に入る式または語句を完成させ、
下線部についてその間に答えよ。ただし、式については途中の計算も書くこと。

通常、我々は自転している地球の上での座標系によって物体の運動を扱っている。

この問題を最も単純化するために、一定の角速度で回転する円板上の座標を考えることに
する。その場合、静止座標系 (x, y) での運動方程式 $F_x = m \frac{d^2 x}{dt^2}$, $F_y = m \frac{d^2 y}{dt^2}$

(外力 \mathbf{F} の x 成分を F_x , y 成分を F_y とする) を原点 O の周りを一定の角速度 ω で回転
する座標系 (X, Y) に変換することになる。

それぞれの座標系における質点 \mathbf{P} の位置 (x, y) と (X, Y) の関係は

$$\left. \begin{array}{l} \text{①: } X = \\ \text{②: } Y = \end{array} \right\} (1) \quad \text{となる.}$$

これの時間微分により

$$\left. \begin{array}{l} \text{③: } \frac{d^2 X}{dt^2} = \\ \text{④: } \frac{d^2 Y}{dt^2} = \end{array} \right\} (2) \quad \text{が得られる.}$$

一方、両座標系での外力 \mathbf{F} の成分 (F_x, F_y) と (F_X, F_Y) の関係は

$$\left. \begin{array}{l} \text{⑤: } F_X = \\ \text{⑥: } F_Y = \end{array} \right\} (3) \quad \text{である.}$$

$F_x = m \frac{d^2 x}{dt^2}$, $F_y = m \frac{d^2 y}{dt^2}$ を(1)式, (2)式, (3)式等を使って書き換えると,

$$\left. \begin{array}{l} \textcircled{7} : \frac{d^2 X}{dt^2} = \frac{F_X}{m} + \\ \textcircled{8} : \frac{d^2 Y}{dt^2} = \frac{F_Y}{m} + \end{array} \right\} (4) \quad \text{となる.}$$

すなわち, 回転する座標系 (X, Y) 上の運動方程式では付加的な項があらわれる.

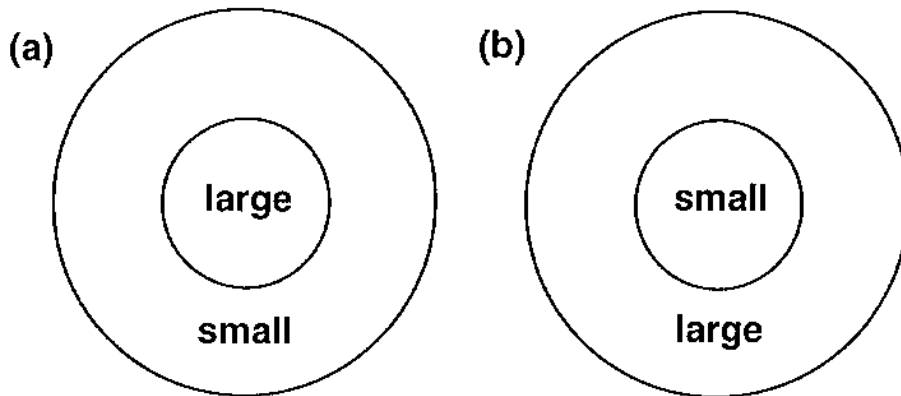
その項の一つは転向力 (コリオリ力) と呼ばれ, 他は $\textcircled{9} : \quad$ 力と呼ばれる.

問1 転向力 (コリオリ力) の方向はどちら方向か, またなぜ方向がそうなると言えるかを(4)式等を使って説明せよ.

問2 ここで, ω を地球上の緯度 φ の地点での天頂方向に関しての地面の角速度に対応させると, 地球の自転の角速度が Ω の場合, $\textcircled{10} : \omega = \quad$ となる. こうなることを説明せよ.

問3 なぜ $\textcircled{9} : \quad$ 力と呼んでよいのかを, (4)式等を使って説明せよ.

問題 III-2 (選択) 構成物質が地球に似ている惑星Xは、マントルと核の2層構造をしている。この惑星Xの内部の有効な熱伝導率の分布については、以下のような2つのモデルが提唱されている：(a) 核の熱伝導率がマントルに比べてはるかに大きい、(b) マントルの熱伝導率が核よりも大きい。

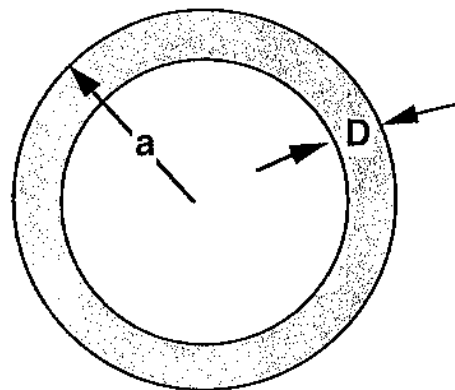


問1 この2つのモデルは、マントル対流が著しく激しい場合か、または対流の効果が少なく構成物質の物性の違いのみによる場合を示している。(a)と(b)のモデルはそれぞれどちらに対応しているか、理由も含めて答えよ。

問2 惑星Xの内部が十分に高温であるとして、定常状態での温度分布はどうなっているか、それぞれのモデルについて、概略図を描き、その理由を説明せよ。ただし、温度の絶対値は問わない。

問3 実際の惑星Xでは、地表近くに放射性元素(単位体積あたりの発熱量を $q(r)$ と表わす)が濃縮し、それが温度分布や熱流量に影響を与えている。ここでは簡単のために、下図のように、半径 a のうち、表面の厚さ D の層にのみ放射性元素が一樣に分布しているとする。半径 r で時間 t での温度分布 $T(r, t)$ は、次の熱伝導方程式による。

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 k \frac{\partial T}{\partial r} \right) + q(r)$$



ここで、 ρ は密度、 C_p は比熱、 k は熱伝導率であり、すべて一様と仮定する。

小問3-1 定常状態の場合、上式はどうなるか。

小問3-2 定常状態の場合、上式を半径 r について一回積分して、表面での熱流量 $k \partial T / \partial r$ を求めよ。

小問3-3 放射性熱源の分布する厚さは半径に比べてはるかに小さい ($D \ll a$) とした場合、小問3-2の答えの近似解を求め、その解の物理的意味を簡単に述べよ。

問4 (a)と(b)のどちらのモデルが正しいかを調べるために、惑星Xの表面の3点に探査機を着陸させ、地球物理学的な探査を行なう。どのような観測を行ない、得られたデータをどのように解析すれば最も有効と考えるか、簡単に論ぜよ。