

2003年度 地球流体力学 中間試験

担当：岩山隆寛

2003年6月3日

1. 流体力学の基礎方程式に関する以下の設問に答えなさい。

流体力学の基礎方程式は、物理学における3つの重要な保存則 (A), (B), エネルギー保存則を具体的に数式で書き表したものにより構成される。

例えば、重力場中における非粘性流体の基礎方程式は、以下の式で与えられる：

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} = -\frac{1}{\rho} \nabla p - g \mathbf{k}, \quad (2)$$

$$c_p \frac{DT}{Dt} - \frac{1}{\rho} \frac{Dp}{Dt} = J. \quad (3)$$

ここで、 ρ は密度、 \mathbf{v} は流速、 p は圧力、 g は重力加速度、 \mathbf{k} は鉛直方向の単位ベクトル、 c_p は定圧比熱、 T は温度、 J は単位質量あたりの加熱率、である。

- (a) (A) を具体的に書き表した数式が (1) である。(A) にあてはまる適切な言葉、及び (1) 式の名称を答えなさい。
- (b) (B) を具体的に書き表した数式が (2) である。(B) にあてはまる適切な言葉及び (2) 式の名称を答えなさい。
- (c) 流体力学には現象を記述する2つの記述法が存在する。それぞれの記述法の名称とその特徴について述べなさい。
- (d) 方程式 (1) ~ (3) に示されているように、流体力学には2つの時間微分 $\frac{\partial}{\partial t}$, $\frac{D}{Dt}$ が存在する。後者の微分の名称、それぞれの微分の特徴について述べなさい。さらに互いを結びつける関係式を書きなさい。(関係式は、ベクトル形式で表現しなさい。)
- (e) 流速 \mathbf{v} の x, y, z 方向の成分をそれぞれ u, v, w とするとき (1) の左辺第2項を u, v, w を用いて表現しなさい。
- (f) 前設問と同様に $\mathbf{v} \cdot \nabla$ を u, v, w を用いて表現しなさい。
- (g) (1), (2) を $\frac{D}{Dt}$ を用いて表現しなさい。
2. 静止流体中では、(2) から鉛直方向の力のバランスの式が導出される。

- (a) そのバランスの式を (2) から導きなさい .
 - (b) このバランスの式の名称を答えなさい .
 - (c) バランスの式の各項の物理的意味を答えなさい .
 - (d) 重力加速度 g を定数とする . このとき , バランスの式を鉛直方向に積分することにより , 重力場中の圧力の物理的意味について考察しなさい .
3. ある観測所の 50 km 北の地点では観測所よりも 3 K 気温が低いとする . もし 20 m s^{-1} の北東風が吹いていて , 空気塊は放射によって 1 K h^{-1} で温まっているとき , 観測所における気温の時間変化率を求めなさい .