地球物理学（2024 年度春学期）（流体地球物理学分野）
期末試験　解答用紙（１）

学生番号：＿＿＿＿＿＿＿＿　**氏名**：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

１．（１）

固定された観測点で、10 分あたり 0.3 K の割合で気温が上昇しているから、

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{0.3}{10 \times 60} = \underline{5 \times 10^{-4}\ [\mathrm{K/s}]}$$

（１０）

（２）

観測点Ｂから Ａに向かって 10 m/s の風が吹き、風の吹く方向に向かって気温が 10 km につき 30.8－30.0＝0.8 K 低くなっているから、

$$\vec{u} \bullet \nabla T = 10 \times \left(- \frac{0.8}{10 \times 10^{3}} \right) = \underline{-8 \times 10^{-4}\ [\mathrm{K/s}]}$$

（１０）

（３）

（１）、（２）の結果より、

$$\frac{D}{Dt} T = \frac{\partial}{\partial t} T + \vec{u} \bullet \nabla T = 5 \times 10^{-4} - 8 \times 10^{-4} = \underline{-3 \times 10^{-4}\ [\mathrm{K/s}]}$$

（１０）

２．（１）

④より、

$$\frac{D}{Dt}K = u\frac{D}{Dt}u + v\frac{D}{Dt}v$$

①、②を代入して、

$$\frac{D}{Dt}K = fuv - u\frac{\partial \Phi}{\partial x} - fuv - v\frac{\partial \Phi}{\partial y}$$

$$= -u\frac{\partial \Phi}{\partial x} - v\frac{\partial \Phi}{\partial y}$$

$$= \underline{-\vec{u} \bullet \nabla\Phi}$$

（１０）

（２）

④より、

$$\frac{D}{Dt}\left(K+\Phi\right) = \frac{D}{Dt}K + \frac{D}{Dt}\Phi = -\vec{u} \bullet \nabla\Phi + \frac{D}{Dt}\Phi$$

一般に、

$$\frac{D}{Dt}\Phi = \frac{\partial}{\partial t}\Phi + \vec{u} \bullet \nabla\Phi$$

だから、

$$\frac{D}{Dt}\left(K+\Phi\right) = -\vec{u} \bullet \nabla\Phi + \frac{\partial}{\partial t}\Phi + \vec{u} \bullet \nabla\Phi = \frac{\partial}{\partial t}\Phi$$

⑦より、

$$\underline{\frac{D}{Dt}\left(K+\Phi\right) = 0}$$

（１０）

地球物理学（2024 年度春学期）（流体地球物理学分野）
期末試験　解答用紙（２）

学生番号：＿＿＿＿＿＿＿　**氏名**：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

３．（１）

①を p について $p_1 = 900$ hPa から $p_2 = 1000$ hPa まで積分すると、

$$\int_{p_1}^{p_2}\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\right)dp+\int_{p_1}^{p_2}\frac{\partial \omega}{\partial p}dp=0$$

$p = p_2$ で $\omega = 0$ だから、

$$\left(p_2 - p_1\right)\overline{\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\right)}-\omega\left(p=p_1\right)=0$$

したがって、

$$\omega\left(p=p_1\right)=\left(p_2-p_1\right)\overline{\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\right)}=(1000-900)\times 10^2\times\left(-9.8\times 10^{-6}\right)$$

$$=\underline{-9.8\times 10^{-2}\ \text{[Pa/s]}}$$

（１０）

（２）

②、③より、

$$w=\omega\frac{\partial z}{\partial p}=\omega\times\left(-\frac{\alpha}{g}\right)=-\frac{\omega\alpha}{g}$$

$\omega = -9.8\times 10^{-2}$ Pa/s 、$\alpha = 0.90$ m^3/kg 、$g = 9.8$ m/s^2 を代入すると、

$$w=-\frac{\left(-9.8\times 10^{-2}\right)\times 0.90}{9.8}=\underline{9.0\times 10^{-3}\ \text{[m/s]}}$$

（１０）

４．（１）

①の両辺を p で偏微分すると、

$$0 = -f\frac{\partial u}{\partial p} - \frac{\partial}{\partial p}\left(\frac{\partial \Phi}{\partial y}\right)$$

$$f\frac{\partial u}{\partial p} + \frac{\partial}{\partial p}\left(\frac{\partial \Phi}{\partial y}\right) = 0 \qquad ①'$$

一方、③の両辺を y で偏微分すると、

$$\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial \Phi}{\partial p}\right) = -\frac{R}{p}\frac{\partial T}{\partial y}$$

偏微分の順序を入れ替えて、

$$\frac{\partial}{\partial p}\left(\frac{\partial \Phi}{\partial y}\right) = -\frac{R}{p}\frac{\partial T}{\partial y} \qquad ③'$$

①’、③’より、

$$f\frac{\partial u}{\partial p} - \frac{R}{p}\frac{\partial T}{\partial y} = 0$$

$$\underline{\frac{\partial u}{\partial p} = \frac{R}{fp}\frac{\partial T}{\partial y}}$$

（１０）

（２）

（１）の結果より、

$$\frac{\partial u}{\partial p} = -\frac{2.87\times10^{2}}{1.0\times10^{-4}\times5\times10^{4}}\times\left(-1.0\times10^{-5}\right) = -5.74\times10^{-4}$$

$$\cong \underline{-5.7\times10^{-4}\ [\mathrm{m/s\,Pa}]}$$

（１０）

（３）

（２）の結果より、

$$u = -5.7\times10^{-4}\times\left(200-1000\right)\times10^{2} = 4.56\times10 \cong \underline{4.6\times10\ [\mathrm{m/s}]}$$

（１０）