地球物理学（2022 年度春学期）（流体地球物理学分野）
最終テスト　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 10.0－9.6＝0.4 K 高くなっているから、

$$\vec{u} \bullet \nabla T = 10 \times \frac{0.4}{10 \times 10^{3}} = \underline{4 \times 10^{-4}\ [\mathrm{K/s}]}$$

（１０）

（３）

（１）、（２）の結果より、

$$\frac{D}{Dt}T = \frac{\partial}{\partial t}T + \vec{u} \bullet \nabla T = 5 \times 10^{-4} + 4 \times 10^{-4} = \underline{9 \times 10^{-4}\ [\mathrm{K/s}]}$$

（１０）

２．（１）

⑤、⑥において $r = 0$ を代入し、さらに定常であるから時間微分をゼロとすると、

$$\frac{d}{dt}u = fv = 0 \qquad ⑤'$$

$$\frac{d}{dt}v = -fu + G = 0 \qquad ⑥'$$

⑤'、⑥'より、

$$\underline{u = \frac{G}{f}}, \qquad \underline{v = 0}$$

（１０）

（２）

（１）と同様に考えて、

$$\frac{d}{dt}u = fv - ru = 0 \qquad ⑤”$$

$$\frac{d}{dt}v = -fu + G - rv = 0 \qquad ⑥”$$

⑤”より、

$$v = \frac{ru}{f}$$

⑥”に代入して、

$$\left(-f - \frac{r^2}{f}\right)u + G = 0$$

$$\underline{u = \frac{G}{f + \frac{r^2}{f}} = \frac{fG}{f^2 + r^2}}$$

$v = \dfrac{ru}{f}$ だから、

$$\underline{v = \frac{rG}{f^2 + r^2}}$$

（１０）

（３）

（２）の結果より、

$$\frac{dv}{dr} = \frac{\left(f^2 + r^2\right)G - 2r^2G}{\left(f^2 + r^2\right)^2} = \frac{\left(f^2 - r^2\right)G}{\left(f^2 + r^2\right)^2}$$

だから、$0 < r < f$ で $\dfrac{dv}{dr} > 0$、$f < r$ で $\dfrac{dv}{dr} < 0$ である。したがって、v は $r = f$ のとき、最大値 $\underline{v = \dfrac{G}{2f}}$ をとる。このとき、$u = \dfrac{G}{2f}$ である。u と v の絶対値が等しいから、風ベクトルと等高度線のなす角は＿４５°＿（$\underline{\dfrac{\pi}{4}}$）である。

（１０）

地球物理学（2022 年度春学期）（流体地球物理学分野）
最終テスト　解答用紙（２）

学生番号：＿＿＿＿＿＿＿　**氏名**：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

３．（１）

①、②より、

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

だから、

$$\omega = \int \frac{\partial \omega}{\partial p} dp = -D\int \cos\left(\pi \frac{p - p_1}{p_2 - p_1}\right) dp$$

$$= -\frac{D(p_2 - p_1)}{\pi}\sin\left(\pi \frac{p - p_1}{p_2 - p_1}\right) + C \qquad (C\text{は積分定数})$$

$p = p_1, p_2$ で $\omega = 0$ だから、$C = 0$ となって、

$$\underline{\omega = -\frac{D(p_2 - p_1)}{\pi}\sin\left(\pi \frac{p - p_1}{p_2 - p_1}\right)}$$

（１０）

（２）

$p_1 = 300$ hPa、 $p_2 = 900$ hPa、 $p = 600$ hPa のとき、

$$\sin\left(\pi \frac{p - p_1}{p_2 - p_1}\right) = \sin\frac{\pi}{2} = 1$$

だから、

$$\omega = -\frac{D(p_2 - p_1)}{\pi} = -\frac{1.57 \times 10^{-4} \times (900 - 300) \times 100}{3.14} = -3.00\ [\text{Pa/s}]$$

したがって、

$$-3.00 \times 3600 \times \frac{1}{100} = -1.08 \times 10^2 \cong \underline{-1.1 \times 10^2\ [\text{hPa/h}]}$$

（１０）

４．（１）

③より、

$$\frac{dT}{dp}=\frac{\alpha}{C_p}$$

だから、$\alpha=\frac{1}{\rho}$ より、

$$\frac{dT}{dp}=\frac{1}{C_p\rho}$$

④より、

$$\frac{dT}{dz}=\frac{dT}{dp}\times\frac{dp}{dz}$$

$$=\frac{1}{C_p\rho}\times\left(-\rho g\right)$$

$$=\underline{-\frac{g}{C_p}}$$

（１０）

（２）

⑥より、物理量θが保存量であるためには、

$$d\theta=\theta\left(\frac{1}{T}dT+\frac{\kappa}{p}dp\right)=0$$

$$\frac{1}{T}dT+\frac{\kappa}{p}dp=0 \qquad ⑧$$

⑦をみたすすべてのdT、dpが⑧を常にみたすためには、dTとdpにかかる係数の比が、⑦と⑧の間で等しくなければならないから、

$$-\frac{RT}{C_p p}=\frac{\kappa T}{p}$$

したがって、

$$\underline{\kappa=-\frac{R}{C_p}}$$

（１０）