

気象学特論（b b）（2012 年度秋学期）
最終テスト 解答用紙（1）

学籍番号：_____ 氏名：_____

1. (1)

①を z で偏微分すると、

$$0 = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial}{\partial z} p' + \nu \nabla^2 \left(\frac{\partial}{\partial z} u \right) \quad \text{①'}$$

②を x で偏微分すると、

$$0 = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial}{\partial z} p' + \frac{g}{\theta_0} \frac{\partial}{\partial x} \theta' + \nu \nabla^2 \left(\frac{\partial}{\partial x} w \right) \quad \text{②'}$$

①'－②'より、

$$\underline{\frac{g}{\theta_0} \frac{\partial}{\partial x} \theta' + \nu \nabla^2 \left(\frac{\partial}{\partial x} w - \frac{\partial}{\partial z} u \right) = 0}$$

(10)

(2)

④を x で偏微分すると、

$$\bar{\theta}_z \left(\frac{\partial}{\partial x} w \right) = \kappa \nabla^2 \left(\frac{\partial}{\partial x} \theta' \right) \quad \text{④'}$$

(1) で得られた方程式に ∇^2 を作用させて、

$$\frac{g}{\theta_0} \nabla^2 \left(\frac{\partial}{\partial x} \theta' \right) + \nu \nabla^2 \nabla^2 \left(\frac{\partial}{\partial x} w - \frac{\partial}{\partial z} u \right) = 0$$

④'を代入して、

$$\frac{g}{\theta_0} \bar{\theta}_z \frac{\partial}{\partial x} w + \kappa \nu \nabla^2 \nabla^2 \left(\frac{\partial}{\partial x} w - \frac{\partial}{\partial z} u \right) = 0$$

$$\underline{N^2 \frac{\partial}{\partial x} w + \kappa \nu \nabla^2 \nabla^2 \left(\frac{\partial}{\partial x} w - \frac{\partial}{\partial z} u \right) = 0}$$

(10)

(3)

(2) で得られた方程式を x で偏微分して、

$$N^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} w + \kappa \mathcal{W}^2 \nabla^2 \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} w - \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial}{\partial z} u \right) = 0$$

③を代入して、

$$N^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} w + \kappa \mathcal{W}^2 \nabla^2 \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} w + \frac{\partial^2}{\partial z^2} w \right) = 0$$

$$\underline{N^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} w + \kappa \mathcal{W}^2 \nabla^2 \nabla^2 w = 0}$$

(10)

2. (1)

①において $l = kz$ とすると、

$$u_* = kz \frac{d\bar{u}}{dz}$$

$$\frac{d\bar{u}}{dz} = \frac{u_*}{k} \frac{1}{z}$$

両辺を z で積分すると、

$$\bar{u} = \frac{u_*}{k} \log z + C \quad (C \text{ は積分定数})$$

$z = z_0$ のとき $\bar{u} = 0$ だから、

$$\underline{\bar{u} = \frac{u_*}{k} \log \frac{z}{z_0}}$$

(10)

(2)

(1) より、 $\bar{u}$ は $\log \frac{z}{z_0}$ に比例するから、地上 1 m での風速は、

$$8 \times \frac{\log \frac{1}{10^{-3}}}{\log \frac{10}{10^{-3}}} = 8 \times \frac{3}{4} = 6 \quad [\text{m/s}]$$

6 m/s

(10)

気象学特論 (b b) (2012 年度秋学期)
最終テスト 解答用紙 (2)

学籍番号 : _____ 氏名 : _____

(3)

(1) より、

$$u_* = \frac{k\bar{u}}{\log \frac{z}{z_0}}$$

$z = 10$ [m/s] のとき、

$$u_* = \frac{kU_{10}}{\log \frac{10}{z_0}}$$

③より、

$$C_M = \frac{u_*^2}{U_{10}^2} = \frac{1}{U_{10}^2} \times \frac{k^2 U_{10}^2}{\left(\log \frac{10}{z_0}\right)^2} = \frac{k^2}{\left(\log \frac{10}{z_0}\right)^2}$$

(10)

3.

②、③を①に代入すると、

$$R_n = \sigma T_2^4 + 4\sigma T_2^3(T_s - T_2) + \rho C_p C_H U_{10}(T_s - T_2)$$

となるから、

$$\begin{aligned} T_s - T_2 &= \frac{R_n - \sigma T_2^4}{4\sigma T_2^3 + \rho C_p C_H U_{10}} = \frac{509 - 419}{6 + 1.2 \times 10^3 \times 0.0020 \times 5.0} \\ &= \frac{90}{18} = 5 \text{ [K]} \end{aligned}$$

したがって、

$$T_s = 20 + 5 = 25 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

25 °C

(10)

4. (1)

$\omega = 0$ を①に代入して、

$$0 = \bar{u}k - \frac{Nk}{\sqrt{k^2 + m^2}}$$

$$\bar{u} = \frac{N}{\sqrt{k^2 + m^2}}$$

$$k^2 + m^2 = \frac{N^2}{\bar{u}^2}$$

$$m^2 = \frac{N^2}{\bar{u}^2} - k^2$$

(10)

(2)

$m^2 > 0$ より、

$$\frac{N^2}{\bar{u}^2} - k^2 > 0$$

$$k < \frac{N}{\bar{u}}$$

(10)

(3)

①より、

$$c_{gz} = \frac{\partial \omega}{\partial m} = -Nk \left(-\frac{1}{2} \right) \frac{1}{(k^2 + m^2)^{3/2}} (2m) = \frac{Nkm}{(k^2 + m^2)^{3/2}}$$

$c_{gz} > 0$ より、

$$m > 0$$

正

(10)