

#### IV 地球物理学

以下の問題 IV-1, IV-2, IV-3のうちから2題を選択して解答せよ.

##### IV-1 (選択)

地球を半無限一様な固体とする. 地表面の温度が周期的に変化した時に, 地下の温度が深さ ( $z$ ; 下向きを正とする) とともにどの様に変化するかを考察する. 熱拡散係数を  $\kappa$ , 時間を  $t$  とすると, 地下の温度分布  $u(z, t)$  は, 次の1次元熱伝導方程式に支配される.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \kappa \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (\kappa > 0, t > 0). \quad (1)$$

この場合, 境界条件は, 以下で与えられる.

$$u(0, t) = u_0 e^{i\omega t}, \quad u(\infty, t) = 0. \quad (2)$$

ただし, 温度の周期変化に対応する角周波数を  $\omega$  とする.

以下の問に答えよ.

問1 変数分離法を適用して, (1)の特解が次の形で与えられることを示し, 式中の  $B$  を求めよ.

$$u(z, t) = A e^{\lambda t} e^{Bz}$$

ただし,  $A, \lambda$  は定数である.

問2 (2)式で与えられた境界条件を考慮して, 最終的な解を求めよ.  
なお, 必要ならば, 次の関係を利用せよ.

$$\sqrt{i} = \pm(1+i)/\sqrt{2}$$

問3 問2の解から推定される地下の温度変化の特徴について述べよ.

問4 地殻を構成する岩石の一般的な熱拡散係数を  $\kappa = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$  とすると, 地表での気温の日周変化が  $1/e$  の値になる深さはどのくらいか?

IV-2 (選択)

次の文は空気塊の静的安定度についての説明文である。文章を読んで問いに答えよ。

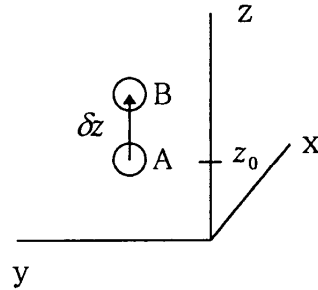


図1

周囲（平均場）の空気塊の密度を $\bar{\rho}$ とすると、密度 $\rho$ の空気塊の浮力はアルキメデスの原理によって単位質量あたり (ア)（鉛直上向きを正とする）で与えられる。

これを空気塊の温位 $\theta$  ( $\theta = T \left( \frac{p_0}{p} \right)^{\frac{R}{C_p}}$ ,  $T$ :気温,  $p$ :気圧,  $p_0$ :基準気圧(1000hPa),

$R$ :乾燥空気の気体定数,  $C_p$ :乾燥空気の定圧比熱)と周囲の温位( $\bar{\theta}$ )であらわすと

(イ)となる(ただし、空気塊内外での気圧は等しいとする)。したがって、単位質量あたりの空気塊の鉛直方向の運動方程式は、鉛直速度を $w$ 、時間を $t$ として、

$$\frac{dw}{dt} = \text{(イ)} \quad \dots \text{①}$$

となる。

次に、図1のように点A ( $z = z_0$ )の空気塊を点B ( $z = z_0 + \delta z$ )まで鉛直方向に $\delta z$ 変位させる場合を考えよう。点Aでの温位を $\bar{\theta}$ とすると空気塊の温位は鉛直方向の変位に対して (ウ)である。点Bにおける周囲の空気の温位は点Aでの値を用いてテーラー展開 $\delta z$ の1次までを考えて (エ)と書ける。 $w = \frac{d}{dt}(\delta z)$ であることを考慮し、線形化を行うと①式は次の $\delta z$ と $t$ の二階線形微分方程式となる。

$$\frac{d^2}{dt^2}(\delta z) + \frac{g}{\bar{\theta}}(\text{(オ)}) (\delta z) = 0 \quad \dots \text{②}$$

この方程式を解くことで空気塊の静的安定性を議論することができる。

問1 (ア)~(オ)を正しく埋めよ。

問2 ②式を解いて空気塊の静的安定度について議論せよ。

問3 空気塊が静的安定、及び、不安定の場合、それぞれ大気中ではどのような現象が起こるか。簡潔に論ぜよ。

IV-3 (選択)

陸上で地震が発生した時に、地表に断層が現われる場合がある。その断層の発生メカニズムについて考える。以下の問いに答えよ。

問1 図1に示すように、最大主応力 $\sigma_1$ と最小主応力 $\sigma_3$ が作用している物体について考える。水平から角度 $\theta$ をなす面に作用するせん断応力 $\tau$ は、次の式で表される。

$$\tau = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) \sin 2\theta$$

せん断応力が物質のせん断強度を超えた時にずり破壊(断層運動)が発生するという簡単な破壊論に基づいたとき、どの角度( $\theta$ )で破壊が発生すると予想されるか?

問2 図2は、ある地震に伴う地表に現われた断層とその運動(横ずれ断層; 矢印はずれの方向)を示したものである。上記破壊論に基づいて、この地震を起こした最大、最小主応力の方向を求めよ。

問3 断層には、横ずれ断層、正断層、逆断層が存在する。これらの断層は、最大、最小主応力の作用する方向、及びその結果としてのずれの方向から区別されている。それぞれの断層と最大、最小主応力の方向との関係について簡単に説明せよ。

問4 実際には、地表に断層が現われない地震、あるいは、海底下で発生した地震など、地震に伴う断層のずれを直接見ることのできない場合もある。このような場合に、地震に伴う断層運動を推定する方法について簡単に述べよ。

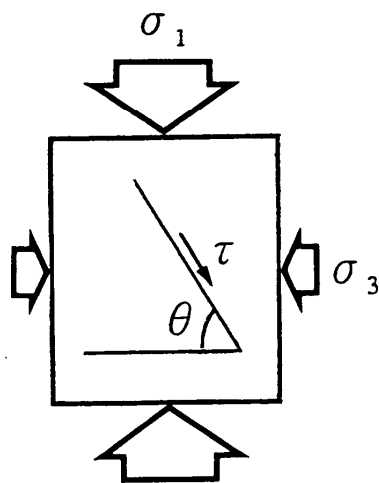


図1

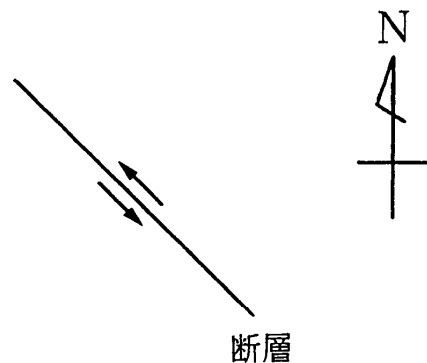


図2