

## 伝熱学 I レポート課題① (第 1 章 熱伝導)

コース名( ) 学籍番号( ) 氏名( )

注意 1) どのような考え方で答えを導いたかを出来るだけわかりやすく説明して下さい。記号、式、図は使わずに手書きで解答して下さい。記号、式、図を書いた場合やワープロ使用の場合には加点しません。自分で考えて解答して下さい。丸写し答案は零点です。

注意 2) 単位の表記方法にも注意して下さい。(数値を求める場合には)有効数字を考えて解答して下さい。(下記 URL で有効数字、単位表記方法について確認のこと)

注意 3) 明記の上、裏面を使用しても構いません。この用紙を印刷して手書きで解答を記入し、スキャンして PDF ファイル (2 ページ以内) で提出して下さい。ファイル名は課題の説明に記載の指定ファイル名にして下さい。氏名にふりがな忘れずに。

注意 4) 過去の伝熱学 I, 伝熱学 II レポート採点基準を参考にして下さい。https://www.mmlab.mech.tuat.ac.jp/mmlab/lect\_murata/ 以上の注意点は次回以降も同様です。

Question (解答は日本語で構いません。) Answer the following questions on the governing equation of heat conduction (equation (1.8) in the textbook) without using symbols, equations, and figures (graphs).

- How are the Fourier's law and the Taylor series expansion used in deriving the governing equation? (You do NOT have to explain the Fourier's law and the Taylor series expansion themselves.)
- The governing equation has second derivative terms with respect to the coordinates. Explain how and why the second derivative terms appear in the governing equation.
- As a differential equation, is the governing equation linear? Why or why not?
- Explain how and why the Laplacian term in the governing equation affects temporal change of the temperature and consequently the temperature profile at a steady state. (Hint: Consider specifically a sinusoidal initial temperature profile in one-dimensional case and explain how and why the Laplacian term affects the temperature-profile change and final profile.)

## 【解答例】【10 点満点】

説明不足の解答は、2 点部分は半分だけ加点、1 点部分は加点なし。

誤字、意味の分からない表現、(正解に加えての) 軽微な誤った表現・答が 2 つで 1 点減点。

加点対象の表現が別の設問部分に書いてあっても加点なし。

導出過程がない解答や答えのみの解答は加点なし (結論だけでは加点なし)。

記号、式、図が書いてあればその設問は 0 点。

- 熱伝導の基礎式の導出では、検査体積 (微小体積) の各面に熱伝導によって (微小時間内に) 流入・流出する熱量 (エネルギー) を計算し、その各方向での差を 3 方向に合計して正味の流入熱量を算出する。【1 点】この熱伝導による 流入・流出熱 (流) 量の算出にフーリエの法則を用いる。【2 点】また、検査体積の一边長さだけ距離が離れた面での熱流量 (温度勾配) を算出するところでテイラー展開を利用する。【1 点】

注 1) 問題文で何が問われているかをよく考えて答えること。記号を書いた答案あり。

注 2) フーリエの法則、テイラー展開がどこで使われているか明記なしの場合は後半 2 つの部分の加点なし。

注 3) 最後の部分で「温度勾配を求めるため」だけでは加点なし。

- 熱伝導による検査体積への正味の流入熱量を計算する際に、微小距離離れた面での温度勾配 (熱流量) の計算に テイラー展開を用いる (一次の項までで打ち切る) ので、温度勾配が再度微分され、二階の微分項が現れる。

【2 点】(理由が書けて)

注 4) 「テイラー展開を用いるから」だけでは説明不足で減点。

- 線形 (微分方程式) である。【2 点】(理由とセットで。結論だけや理由だけでは加点なし。)

理由は、導関数の係数が従属変数 (温度) およびその導関数の関数になっていないからである。

(別解: 「従属変数 (温度) およびその導関数の一次式になっているので線形である。」、「導関数の係数が定数なので線形である。」 2 点加点。)

注 5) 「従属変数の一次式なので線形」(導関数が抜けているので) 説明不足で 1 点のみ加点。

「全ての項が一次であるため」何について一次か不明なので加点なし。

「解の重ね合わせが出来るから」加点なし。(但し、解の重ね合わせが出来ることを証明していれば満点。)

注 6) 「密度や比熱が温度の関数なので温度伝導率も温度の関数になるので非線形」でも 2 点加点。(熱伝導率が温度の関数でないことは式(1.8)の形から明らか。)

- 右辺のラプラス項は温度分布が 上・下に凸の部分でそれぞれ負・正の値をとるので、上・下に凸の部分は時間的に温度がそれぞれ低下・上昇する。【1 点】(非定常変化の説明に) 従って最終的には (定常状態では二階微分がゼロなので一次元の場合には) 勾配一様の分布になる。【1 点】(定常状態の説明に)

- 注7) 「勾配一様」の他に、「温度分布は直線」、「温度分布が一様」「分布を平滑化(平坦化)する」でも後半部分に1点加点。「定常状態に近づく」や「温度分布が一定」は不明確なので後半部分に加点なし。
- 注8) 問題自体は3次元問題なので本当は「より滑らかな分布になる」のが正しい。勾配が一様となるのはカーテシアン座標1次元問題の場合であることに注意(今回は勾配一様で加点した)。

#### 全体的に

- 注9) 言葉や表現を正確に使うこと。式と項、一定と一様、演算子と関数、熱量と熱流量、など。
- 注10) 相手(読む人、この場合は採点者)に分かるように言葉で詳しく説明をすること。ぶっきらぼうに単語を並べないこと。主語が欠けた文、日本語として誤っている文が多く見られた。
- 注11) 類似答案は提出しないこと。