

## 2022年度 熱流体システム設計特論 試験問題 (2023年1月26日実施)

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。問1のみ使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は内容, 分量, 平易さとする。問題・解答用紙(2枚), 自筆メモ(2枚以内)全てに学年, 学籍番号, 氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。自分で導入した記号は全て単位と意味を明確に定義すること。

問1) 海の流れ(海流)の数値解析を行う。塩分濃度は一定であると仮定する。海流は当然時間的に変化する。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。但し, 式を書いてはいけません。言葉で説明して下さい。(式を書いたら加点なし)

- 1-1) この場合, 独立変数, 従属変数がそれぞれ何であり, いくつあるかを説明しなさい。
- 1-2) 各支配方程式は, 各従属変数についてどの独立変数に関する何階の微分方程式であるのかを説明しなさい。
- 1-3) 境界条件は各変数について, いつ, どこで(いくつ), どの様な条件を設定する必要があるかを説明しなさい。(空間座標の定義を明記のこと。設定した仮定も明記すること。)
- 1-4) 海流は海面上部を流れる気流によって影響を受ける。以下の設問では気流と海流の両方について考えるものとする。先ず, 気流と海流はどのようにして相互に影響するかを説明しなさい。
- 1-5) 気流流速が低く, 気流が非圧縮性流れと考えられると仮定する。この空気(気流)と海水(海流)が共存する流れの連続の式は, 通常非圧縮性流体の連続の式(速度ベクトルの発散がゼロ)とは異なるか?異なる場合にはどこがどのように異なるかを説明しなさい。異なる場合にはその理由を説明しなさい。

問2) 以下の各説明文が正しいか誤っているかを答えなさい。誤っている場合には, どの部分がなぜ誤っているのか, その部分をどのように訂正すれば良いのかも答えなさい。誤りは複数箇所あるかもしれません。(訂正箇所と訂正内容の対応が不明確な解答には加点なし。)

- 2-1) ニュートンの冷却則によれば対流熱伝達による熱流量は, 伝熱面積, 熱伝達率, 伝熱面・流体間温度差の積で表される。従って, 伝熱促進とはより大きな温度差をつける方策を考えることである。
- 2-2) 滴状凝縮と膜状凝縮を比べると凝縮液と伝熱面との接触面積がより大きい膜状凝縮の方が熱伝達率が高い。
- 2-3) 熱・物質・運動量輸送の間のアナロジー(類似)関係が成立する根拠は, この3つの輸送現象が同じ形の支配方程式で表されるからであり, この温度, 濃度, 速度という3つのスカラー量はプラントル数とシャーウッド数が1になるときに全く同一の式に支配される。
- 2-4) 熱量を含めたエネルギー保存の法則が熱力学第二法則であり, エンタルピーと言う変数を用いて自然に起こる変化の方向を調べることができる。

問3) 以下の全ての事項について答えなさい。

- 3-1) 乱流輸送とは何か, 乱流モデルとは何か, の2点についてそれぞれ下記の設問と重

複しないように説明しなさい。

- 3-2) Reynolds平均型の渦粘性モデルについて、どのような種類のモデルがあり、それぞれどのようなモデル化がなされており、そして、各モデルの問題点は何かの3点について説明しなさい。
- 3-3) Large Eddy Simulation (LES) について、Reynolds平均型乱流モデルとの違いとLESモデルの物理的根拠（なぜLESによる乱流輸送のモデル化はより正確なのか）の2点について説明しなさい。
- 3-4) 乱流の直接数値解析(Direct Numerical Simulation(DNS))がなぜ困難なのかについて説明しなさい。

以上3問。

## 2021年度 熱流体システム設計特論 試験問題 (2022年1月20日実施)

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。*問1のみ*使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は**内容**、**分量**、**平易さ**とする。問題・解答用紙(2枚)、自筆メモ(2枚以内)全てに学年、学籍番号、氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。自分で導入した記号は全て単位と意味を明確に定義すること。

問1) 90度曲がり部(ベント)を有する円管内での3次元非定常熱伝達現象を数値解析したい。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。但し、式を書いてはいけません。言葉で説明して下さい。(式を書いたら加点なし。)

- 1-1) この場合の支配方程式(基礎式)の導出方法をエネルギー方程式を例にとり説明しなさい。
- 1-2) この場合、独立変数、従属変数がそれぞれ何であり、いくつあるかを説明しなさい。
- 1-3) 各支配方程式の各従属変数についてどの独立変数に関する何階の微分方程式であるのかを説明しなさい。
- 1-4) 初期条件と境界条件は各変数について、いつ、どこで、どの様な条件を設定する必要があるかを説明しなさい。(空間座標と管軸方向・壁面垂直方向との関係を明記のこと。)
- 1-5) 水(液体)と油が混ざり合う流れを考えると、この流れは非圧縮性流れと考えられる。この水と油が混ざり合う流れの連続の式は、通常非圧縮性流体の連続の式(速度ベクトルの発散がゼロ)とは異なるか?異なる場合にはどこがどのように異なるかを説明しなさい。異なる場合にはその理由を説明しなさい。

問2) 以下の各説明文が正しいか誤っているかを答えなさい。誤っている場合には、**どの部分がなぜ**誤っているのか、その部分を**どのように訂正すれば良いのか**を答えなさい。誤りは複数箇所あるかもしれません。(訂正箇所と訂正内容の対応が不明確な解答には加点なし。)

- 2-1) 伝熱には必ず熱を伝える媒体が必要であるので真空中では伝熱は起きない。
- 2-2) 核沸騰と膜沸騰を比べると高い熱流束を生じるのは膜沸騰である。一方、滴状凝縮

と膜状凝縮を比べると熱伝達率が高いのは膜状凝縮である。これは、膜状凝縮では液膜が直接壁面に接することで熱抵抗が低くなるためである。

- 2-3) ナフタリン昇華法は熱輸送と運動量輸送の間のアナロジー関係を利用した熱伝達率計測方法である。
- 2-4) エクセルギーとは最大仕事のことであり、周囲環境状態とは無関係に値が決まる。

問3) 以下の全ての事項について答えなさい。

- 3-1) Reynolds応力とは何か、またそれはどのように（そして、なぜ）基礎式に入ってくるか、なぜ見かけの応力と呼ばれるのか、の3点について説明しなさい。
- 3-2) Reynolds平均型乱流モデルの基礎となる渦粘性モデルではこのReynolds応力をどのようにモデル化するのか、また、どのような問題点を有するのかの2点について説明しなさい。
- 3-3) Large Eddy Simulation (LES) について、Reynolds平均型乱流モデルとの違い、LESの物理的根拠（なぜLESによる乱流輸送のモデル化はより正確なのか）、LESの問題点、の3点について説明しなさい。但し、物理的根拠の説明には「局所等方性」, 「波数」, 「空間フィルタ」を必ず用いなさい。（指定用語には全て下線を付すこと。）

以上3問。

2020年度 熱流体システム設計特論は試験を行わず小テストの結果で評価した。

2019年度 熱流体システム設計特論 試験問題（2020年1月23日実施）

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。問1のみ使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は内容、分量、平易さとする。問題・解答用紙（2枚）、自筆メモ（2枚以内）全てに学年、学籍番号、氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。自分で導入した記号は全て単位と意味を明確に定義すること。

問1) ジャグジー（ジェットバス、気泡を含む噴流が出せる浴槽）内の流れと温度分布の数値解析を行う。この場合に以下の全ての問いに言葉で答えなさい。但し、設問1-3)までは水面は平滑で波立たないものとする。（式を書いたら加点なし。）

- 1-1) 噴流に気泡を含まない場合に、独立変数、従属変数がそれぞれ何であり、いくつあるかを説明しなさい。
- 1-2) 噴流に気泡を含まない場合の境界（初期）条件は各変数について、いつ、どこで（いくつ）、どの様な条件を設定する必要があるかを説明しなさい。（空間座標の定義を明記のこと。設定した仮定も明記すること。）
- 1-3) 噴流に気泡を含む場合と含まない場合で支配方程式（基礎方程式）は異なるのか？

異なる場合にはどの式のどこがどのように異なるかを、異なる場合にはその理由を、説明しなさい。

- 1-4) 噴流流速が大きい場合には水面が波立つ。(気泡に加え)この波立ちまで含めてジャグジー内の流れと温度分布の解析を行うことを考える。この場合の流れ場と温度場の基礎方程式は、通常の(講義で説明した)基礎方程式とは異なるか?異なる場合にはどこがどのように異なるかを、異なる場合にはその理由を、説明しなさい。

問2) 以下の各説明文が正しいか誤っているかを答えなさい。誤っている場合には、**どの部分がなぜ**誤っているのか、その部分を**どのように訂正すれば良いのか**を答えなさい。誤りは複数箇所あるかもしれません。(訂正箇所と訂正内容の対応が不明確な解答には加点なし。)

- 2-1) 粘性係数、熱伝達率は物性値であるが、熱伝導率は物性値ではない。一般に物性値は圧力によって変化しない。
- 2-2) 膜状凝縮についてのヌセルトの解析では、定常かつ放物型温度分布という仮定の下で傾斜平板上での凝縮熱伝達率を算出する。この解析結果は、層流と乱流の場合に適用できる。
- 2-3) 熱・物質・運動量輸送の間のアナロジー(類似)関係が成立する根拠は、この3つの輸送現象が同じ形の支配方程式で表されるからであり、この3つの支配方程式を無次元化すると、レイノルズ数、プラントル数、シャーウッド数という3つの無次元数が現れるので、これら3つが現象を支配する無次元数であることがわかる。
- 2-4) エクセルギーとエンタルピーの違いは、エクセルギーは流れる流体が保有するエネルギーであるのに対し、エンタルピーは絶対零度を周囲環境とした場合の有効仕事を表すという点である。

問3) 以下の全ての事項について答えなさい。

- 3-1) 乱流輸送とは何かについて説明しなさい。
- 3-2) 乱流モデルとは何かについて上記および下記の設問と重複しないように説明しなさい。
- 3-3) Reynolds平均型の渦粘性モデルについて、どのような種類のモデルがあり、それぞれどのようなモデル化がなされており、そして、各モデルの問題点は何かの3点について説明しなさい。
- 3-4) Large Eddy Simulation (LES) について、Reynolds応力方程式モデルとの違いとLESモデルの物理的根拠(なぜLESによる乱流輸送のモデル化はより正確なのか)の2点について説明しなさい。

以上3問。

平成30(2018)年度 熱流体システム設計特論 試験問題 (2019年1月24日実施)

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。問1のみ使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は**内容**、**分量**、**平易さ**とする。問題・解答用紙

(2枚), 自筆メモ(2枚以内) 全てに学年, 学籍番号, 氏名を必ず記入すること. 終了後全て回収する. 自分で導入した記号は全て単位と意味を明確に定義すること.

問1) 浴室内の流れと温度分布の数値解析を行う. 浴室には暖房用エアコンが設置されている. この場合に以下の全ての問いに言葉で答えなさい. (式を書いたら加点なし.)

- 1-1) この場合, 独立変数, 従属変数がそれぞれ何であり, いくつあるかを説明しなさい.
- 1-2) 境界(初期)条件は各変数について, いつ, どこで(いくつ), どの様な条件を設定する必要があるかを説明しなさい. (空間座標の定義を明記のこと. 設定した仮定も明記すること.)
- 1-3) エアコンからの吹き出し風量の大小によって浴室内の流れ場は層流と乱流のどちらにもなり得る. 層流と乱流の各場合で支配方程式(基礎式)は異なるのか? 異なる場合にはどこがどのように異なるかを, 異なる場合にはその理由を, 説明しなさい. 但し, 乱流モデルは用いないものとする.
- 1-4) 浴槽内やシャワーからのお湯の流れを含めて解析をすることを考える. この流れは非圧縮性流れと考えられる. このお湯と空気が混ざり合う流れの連続の式は, 通常非圧縮性流体の連続の式(速度ベクトルの発散がゼロ)とは異なるか? 異なる場合にはどこがどのように異なるかを説明しなさい. 異なる場合にはその理由を説明しなさい.

問2) 以下の各説明文が正しいか誤っているかを答えなさい. 誤っている場合には, **どの部分がなぜ誤っているのか, その部分をどのように訂正すれば良いのかも**答えなさい. 誤りは複数箇所あるかもしれません. (訂正箇所と訂正内容の対応が不明確な解答には加点なし.)

- 2-1) ニュートンの冷却則によれば対流熱伝達による熱流量は, 伝熱面積, 熱伝達率, 伝熱面・流体間温度差の積で表される. 従って, 伝熱促進とはより大きな温度差をつける方策を考えることである.
- 2-2) 滴状凝縮と膜状凝縮を比べると凝縮液と伝熱面との接触面積がより大きい膜状凝縮の方が熱伝達率が高い.
- 2-3) 熱・物質・運動量輸送の間のアナロジー(類似)関係が成立する根拠は, この3つの輸送現象が同じ形の支配方程式で表されるからであり, この温度, 濃度, 速度という3つのスカラー量はプラントル数とシャーウッド数が1になるときに全く同一の式に支配される.
- 2-4) 熱量を含めたエネルギー保存の法則が熱力学第二法則であり, エンタルピーという言葉を用いて自然に起こる変化の方向を調べることができる.

問3) 以下の全ての事項について答えなさい.

- 3-1) Reynolds応力とは何か, またそれはどのように(そして, なぜ)基礎式に入ってくるか, なぜ見かけの応力と呼ばれるのか, の3点について説明しなさい.
- 3-2) Reynolds平均型乱流モデルの基礎となる渦粘性モデルではこのReynolds応力をどのようにモデル化するのか, また, どのような問題点を有するのかの2点について説明しなさい.
- 3-3) Large Eddy Simulation (LES) について, Reynolds平均型乱流モデルとの違い, LESの物理的根拠(なぜLESによる乱流輸送のモデル化はより正確なのか), LESの問題

点, の3点について説明しなさい。但し, 物理的根拠の説明には「局所等方性」と「空間フィルタ」を必ず用いなさい。(指定用語には全て下線を付すこと。)

以上3問。

### 平成29年度 熱流体システム設計特論 試験問題 (2018年1月25日実施)

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。*問1のみ*使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は*内容, 分量, 平易さ*とする。問題・解答用紙(2枚), 自筆メモ(2枚以内)全てに学年, 学籍番号, 氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。自分で導入した記号は全て単位と意味を明確に定義すること。

問1) 直円管内での3次元非定常熱伝達現象を数値解析したい。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。但し, 式を書いてはいけません。言葉で説明して下さい。(式を書いたら加<sup>点なし</sup>。)

- 1-1) この場合の支配方程式(基礎式)の導出方法をエネルギー方程式を例にとり説明しなさい。
- 1-2) この場合, 独立変数, 従属変数がそれぞれ何であり, いくつあるかを説明しなさい。
- 1-3) 各支配方程式の各従属変数についてどの独立変数に関する何階の微分方程式であるのかを説明しなさい。
- 1-4) 初期条件と境界条件は各変数について, いつ, どこで, どの様な条件を設定する必要があるかを説明しなさい。(空間座標と管軸方向・壁面垂直方向との関係を明記のこと。)
- 1-5) 水(液体)と油が混ざり合う流れを考えると, この流れは非圧縮性流れと考えられる。この水と油が混ざり合う流れの連続の式は, 通常非圧縮性流体の連続の式(速度ベクトルの発散がゼロ)とは異なるか?異なる場合にはどこがどのように異なるかを説明しなさい。異なる場合にはその理由を説明しなさい。

問2) 以下の各説明文が正しいか誤っているかを答えなさい。誤っている場合には, *どの部分がなぜ*誤っているのか, その部分を*どのように訂正すれば良い*のかも答えなさい。誤りは複数箇所あるかもしれません。(訂正箇所と訂正内容の対応が不明確な解答には加<sup>点なし</sup>。)

- 2-1) 伝熱には必ず熱を伝える媒体が必要であるので真空中では伝熱は起きない。
- 2-2) 核沸騰と膜沸騰を比べるとより高い熱流束でより多くの蒸発が生じている膜沸騰の方が熱伝達率が高い。
- 2-3) ナフタリン昇華法は熱輸送と運動量輸送の間のアナロジー関係を利用した熱伝達率計測方法である。
- 2-4) 有効エネルギー(エクセルギー)とは熱機関の場合には高温熱源から受け取る熱量のことである。

問3) 以下の全ての事項について答えなさい。

- 3-1) Reynolds応力とは何か、またそれはどのように（そして、なぜ）基礎式に入ってくるか、なぜ見かけの応力と呼ばれるのか、の3点について説明しなさい。
- 3-2) Reynolds平均型乱流モデルである $k-\epsilon$  2方程式モデルではこのReynolds応力をどのようにモデル化するのか、また、どのような問題点を有するのかの2点について説明しなさい。
- 3-3) Large Eddy Simulation (LES) について、Reynolds平均型乱流モデルとの違い、LESの物理的根拠（なぜLESによる乱流輸送のモデル化はより正確なのか）、LESの問題点、の3点について説明しなさい。但し、物理的根拠の説明には「局所等方性」と「波数」を必ず用いなさい。（指定用語には全て下線を付すこと。）

以上3問。

## 平成28年度 熱流体システム設計特論 試験問題（2017年1月26日実施）

**自筆メモ（A4用紙2枚以内表裏書き込み可）のみ持ち込み可**

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は**内容**、**分量**、**平易さ**とする。問題・解答用紙（3枚）、自筆メモ（2枚以内）全てに学年、学籍番号、氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。

問1) 海の流れ（海流）の数値解析を行う。塩分濃度は一定であると仮定する。海流は当然時間的に変化する。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。但し、式を書いてはいけません。言葉で説明して下さい。（**式を書いたら加点なし** (*If you write an equation, no point.*）

- 1-1) この場合、独立変数(independent variable)、従属変数(dependent variable)がそれぞれ何であり、いくつあるかを説明しなさい。
- 1-2) 各支配方程式(governing equation)は、各従属変数についてどの独立変数に関する何階の微分方程式(differential equation)であるのかを説明しなさい。
- 1-3) 境界条件(boundary condition)は各変数について、いつ、どこで(いくつ)、どのような条件を設定する必要があるかを説明しなさい。（空間座標の定義(definition)を明記のこと。設定した仮定(assumption)も明記すること。）
- 1-4) 海流は海面上部を流れる気流によって影響を受ける。以下の設問では気流と海流の両方について考えるものとする。先ず、気流と海流はどのようにして相互に影響するかを説明しなさい。
- 1-5) 気流流速が低く、気流が非圧縮性流れと考えられると仮定する。この空気（気流）と海水（海流）が共存する流れの連続の式は、通常非圧縮性流体の連続の式（速度ベクトルの発散(divergence)がゼロ）とは異なるか？異なる場合にはどこがどのように異なるかを説明しなさい。異なる場合にはその理由を説明しなさい。

問2) 以下の各説明文が正しいか誤っているかを答えなさい。誤っている場合には、**どの部**

分がなぜ誤っているのか、その部分をどのように訂正すれば良いのかも答えなさい。誤りは複数箇所あるかもしれません。(訂正箇所と訂正内容の対応が不明確な解答には加点なし。)

- 2-1) 熱流体工学における輸送現象(transport phenomena)とは運動量, 熱, 物質の輸送のことである。ここで熱の輸送とは, 熱伝導による熱量の輸送のことである。
- 2-2) ステファン・ボルツマン(Stefan-Boltzmann)の法則によれば理想的な物体である黒体からの放射エネルギーは絶対温度の4乗に比例し, その係数であるステファン・ボルツマン定数は0から1の間の値をとる。
- 2-3) エネルギー・カスケード(energy cascade)とは, 各種工業の利用温度レベルが異なることを利用して, 排熱を温度レベル順に高温から低温まで連続的に利用して, 最終的に環境温度に至るまで無駄なく熱量を利用することである。
- 2-4) 対象とする物体を強制対流冷却する場合の熱流量を大きくするには物体の断面積, 熱伝導率, 温度のうちの一つまたは複数を大きくすればよい。

問3) 以下の全ての事項について答えなさい。

- 3-1) Navier-Stokes方程式は乱流を再現できるかについて理由とともに説明しなさい。
- 3-2) 乱流モデルとは何かについて以下の設問と重複しないように説明しなさい。
- 3-3) Reynolds平均型の乱流モデルについて, どのような種類のモデルがあり, それぞれどのようなモデル化がなされており, そして, 各モデルの問題点は何かの3点について説明しなさい。
- 3-4) Large Eddy Simulation (LES) について, Reynolds平均型乱流モデルとの違いとLESモデルの物理的根拠(なぜLESによる乱流輸送のモデル化はより正確なのか)の2点について説明しなさい。

以上3問。

平成27年度 熱流体システム設計特論 試験問題 (2016年1月28日実施)

自筆メモ (A4用紙3枚以内表裏書き込み可) のみ持ち込み可

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は**内容**, **分量**, **平易さ**とする。問題・解答用紙(3枚), 自筆メモ(3枚以内)全てに学年, 学籍番号, 氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。

問1) エアコン(air conditioner)の稼働した事務所(office)内の気流(air flow)と温度分布の数値解析を行う。エアコンは風向が時間的に変化するように設定されている。また, 事務所の窓とドアは全て閉まっている。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。但し, 式を書いてはいけません。言葉で説明して下さい。(式を書いたら加点なし(*If you write an equation, no point.*))

- 1-1) この場合, 独立変数(independent variable), 従属変数(dependent variable)がそ



れぞれ何であり、いくつあるかを説明しなさい。

- 1-2) 各支配方程式(governing equation)は、各従属変数についてどの独立変数に関する何階の微分方程式(differential equation)であるのかを説明しなさい。
- 1-3) 境界条件(boundary condition)は各変数について、いつ、どこで(いくつ)、どのような条件を設定する必要があるかを説明しなさい。(空間座標の定義(definition)を明記のこと。設定した仮定(assumption)も明記すること。)
- 1-4) エアコンからの吹き出し風量の大小によって事務所内の流れ場は層流と乱流のどちらにもなり得る。層流と乱流の各場合で支配方程式(基礎式)は異なるのか?異なる場合にはどこがどのように異なるかを説明しなさい。異なる場合にはその理由を説明しなさい。但し、乱流モデル(turbulence model)は用いないものとする。

問2) 以下の各説明文が正しいか誤っているかを答えなさい。誤っている場合には、どの部分がなぜ誤っているのか、その部分をどのように訂正すれば良いのかも答えなさい。誤りは複数箇所あるかもしれません。(訂正箇所と訂正内容の対応が不明確な解答には加点なし。)

- 2-1) エクセルギー(exergy) (有効エネルギー) とはエネルギーの有効度を真空(vacuum)かつ絶対零度(absolute temperature of zero)の状態と平衡になるまでの最大仕事で評価するものであり、蒸気原動所(火力発電所)においては、復水器(condenser)において最も多くのエクセルギーが失われている。
- 2-2) ステファン・ボルツマン(Stefan-Boltzmann)の法則によれば物体からの放射エネルギーは絶対温度の3乗に比例し、その係数であるステファン・ボルツマン定数は放射率(emissivity)とも呼ばれる。
- 2-3) 核沸騰(nucleate boiling)と膜沸騰(film boiling)を比べると高い熱流束を生じるのは膜沸騰である。また、滴状凝縮(dropwise condensation)と膜状凝縮を比べると熱伝達率が高いのは膜状凝縮である。これは、凝縮では液膜が生じた場合に熱抵抗(thermal resistance)が低くなるためである。
- 2-4) コルバーンのアナロジー(Colburn's analogy)は、層流の円管内流れにおいて導かれたものであり、摩擦係数と熱伝達率との関係を表し、摩擦係数の2乗がスタントン(Stanton)数にプラントル(Prandtl)数の2/3乗を掛けたものと等しくなることを示す。このアナロジー式は層流だけでなく乱流の場合にも良く成り立つことが知られている。

問3) 以下の全ての事項について答えなさい。

- 3-1) Reynolds応力について以下の全ての用語を用いて説明しなさい。「Navier-Stokes方程式」、「Reynolds分解」、「見かけの応力(superficial stress)」
- 3-2) 渦粘性モデルについて以下の全ての用語を用いて説明しなさい。「混合距離(mixing length)」、「渦粘度(eddy viscosity)」
- 3-3) 3つの乱流モデル(k- $\epsilon$  2方程式モデル、Reynolds応力方程式モデル、Large Eddy Simulation(LES))の違い(difference)に焦点を絞って説明しなさい。(それぞれを詳しく説明するのではなく、「違い」に焦点を絞って説明すること。)

以上3問。

平成26年度 熱流体システム設計特論 試験問題 (2015年1月22日実施)

自筆メモ (A4用紙3枚以内表裏書き込み可) のみ持ち込み可

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は内容, 分量, 平易さとする。問題・解答用紙(3枚), 自筆メモ(3枚以内) 全てに学年, 学籍番号, 氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。

問1) 3次元空間での非定常熱伝達現象を数値解析したい。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。但し, 式を書いてはいけません。言葉で説明して下さい。(式を書いたら加点なし。)

- 1-1) この場合の支配方程式(基礎式)の導出方法をエネルギー方程式を例にとり説明しなさい。
- 1-2) この場合, 独立変数, 従属変数がそれぞれ何であり, いくつあるかを説明しなさい。
- 1-3) 各支配方程式は, 各従属変数についてどの独立変数に関する何階の微分方程式であるのかを説明しなさい。
- 1-4) 直円管内流れでの熱伝達を考える場合に, 境界条件は各変数について, いつ, どこで(いくつ), どの様な条件を設定する必要があるかを説明しなさい。(空間座標と管軸方向との関係を明記のこと。)
- 1-5) 水と油が混ざり合う流れを考えると, この流れは非圧縮性流れと考えられる。この水と油が混ざり合う流れの連続の式は, 通常非圧縮性流体の連続の式(速度ベクトルの発散がゼロ)とは異なるか? 異なる場合にはどこがどのように異なるかを説明しなさい。異なる場合にはその理由を説明しなさい。

問2) 以下の各説明文が正しいか誤っているかを答えなさい。誤っている場合には, どの部分がなぜ誤っているのか, その部分をどのように訂正すれば良いのかも答えなさい。(訂正箇所と訂正内容の対応が不明確な解答には加点なし。)

- 2-1) 宇宙空間では放射伝熱だけが起きるとするのは誤りである。これは真空容器内に置かれた金属棒内部で熱伝導による熱移動が生じることからわかる。
- 2-2) ヌセルトの解析では, 定常, 対流伝熱を無視した直線温度分布という仮定の下で傾斜平板上での滴状凝縮による熱伝達率を算出する。
- 2-3) 物質伝達と熱伝達のアナロジーを用いたナフタリン昇華法計測では物質伝達率計測結果から熱伝達率を算出することができる。その際, 質量流束が熱流束に, シュミット数がヌセルト数に, シャーウッド数がプラントル数に, それぞれ対応する。
- 2-4) 伝熱促進とは熱伝達率を高めることであり, 前縁効果, 乱流, 相変化の利用という3つの方法がある。

問3) 以下の全ての事項について答えなさい。

- 3-1) 連続体とは何か、また連続体であるかどうかはどのようにして判定できるかについて説明しなさい。
- 3-2) レイノルズ応力とは何か、それはどのように（そして、なぜ）基礎式に入ってくるか、なぜ見かけの応力と呼ばれるのか、の3点について説明しなさい。
- 3-3) 乱流モデルと渦粘度についてそれぞれを区別して説明しなさい。

以上3問。

## 平成25年度 熱流体システム設計特論 試験問題 (2014年1月23日実施)

**自筆メモ (A4用紙3枚以内表裏書き込み可) のみ持ち込み可**

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は**内容**、**分量**、**平易さ**とする。

問1) 2次元空間での定常熱伝達現象を数値解析したい。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。但し、式を書いてはいけません。言葉で説明して下さい。(式を書いたら加点なし)

- 1-1) 層流の場合、独立変数、従属変数がそれぞれ何であり、いくつあるかを説明しなさい。また、支配方程式が、各従属変数についてどの独立変数に関する何階の微分方程式であるのかも説明しなさい。
- 1-2) 二平板間流れでの熱伝達を考える場合に、境界条件は各変数について、どこで、いくつ、どの様な条件を設定する必要があるかを説明しなさい。(空間座標と平板平行・垂直方向との関係を明記のこと。)
- 1-3) 圧縮性流体と非圧縮性流体の場合で支配方程式(基礎式)がどのように変わるかを説明しなさい。
- 1-4) ニュートン流体と非ニュートン流体の場合で支配方程式(基礎式)がどのように変わるかを説明しなさい。

問2) 以下の各説明文が正しいか誤っているかを答えなさい。誤っている場合には、どの部分がなぜ誤っているのか、どのように訂正すれば良いのかも答えなさい。

- 2-1) 熱伝導と対流熱伝達による熱移動はともに伝熱現象であり、熱伝導による伝熱が固体内の熱移動であるのに対し、対流熱伝達による伝熱は気体内の熱移動であることが両者の違いである。
- 2-2) 滴状凝縮と膜状凝縮を比べると膜状凝縮の方が熱伝達率が高い。その理由は、膜状凝縮の方が液膜が壁面に直接接触している面積が大きいからである。
- 2-3) ステファン-ボルツマンの法則では灰色体面からの単位時間、単位面積当たりの放出エネルギーがステファン-ボルツマン定数と絶対温度の4乗の積で表される。
- 2-4) エクセルギーとは最大仕事のことであり、周囲環境状態とは無関係に値が決まる。

問3) 以下の全ての事項について答えなさい。

- 3-1) Reynolds応力とは何か、またそれはどのように（そして、なぜ）基礎式に入ってくるか、なぜ見かけの応力と呼ばれるのか、の3点について説明しなさい。
- 3-2) Reynolds平均型乱流モデルである $k-\epsilon$  2方程式モデルではこのReynolds応力をどのようにモデル化するのか、また、どのような問題点を有するのかの2点について説明しなさい。
- 3-3) Large Eddy Simulation (LES) について、Reynolds平均型乱流モデルとの違い、LESの物理的根拠（なぜLESによる乱流輸送のモデル化はより正確なのか）、LESの問題点、の3点について説明しなさい。但し、物理的根拠の説明には「局所等方性」と「波数」を必ず用いなさい。

以上3問。

## 平成24年度 熱伝達システム特論 試験問題（2013年1月25日実施）

**自筆メモ（A4用紙3枚以内表裏書き込み可）のみ持ち込み可**

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は**内容**、**分量**、**平易さ**とする。

問1) 3次元空間での**非定常熱伝達**現象を数値解析したい。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。但し、式を書いてはいけません。言葉で説明して下さい。（**式を書いたら加点なし**）

- 1-1) 層流の場合、独立変数、従属変数がそれぞれ何であり、いくつあるかを説明しなさい。また、支配方程式が、各従属変数についてどの独立変数に関する何階の微分方程式であるのかも説明しなさい。
- 1-2) 直円管内での熱伝達を考える場合に、初期条件・境界条件は各変数について、どこで、いくつ、どのような条件を設定する必要があるかを説明しなさい。（空間座標と管軸方向の関係を明記のこと。）
- 1-3) 圧縮性流体と非圧縮性流体の場合で支配方程式（基礎式）がどのように変わるかを説明しなさい。
- 1-4) ニュートン流体と非ニュートン流体の場合で支配方程式（基礎式）がどのように変わるかを説明しなさい。

問2) 以下の各説明文が正しいか誤っているかを答えなさい。誤っている場合には、どの部分がなぜ誤っているのか、どのように訂正すれば良いのかも答えなさい。

- 2-1) 熱伝導と放射による熱移動はともに伝熱現象であり、熱伝導による伝熱が固体内の熱移動であるのに対し、放射による伝熱は流体（気体、液体）内の熱移動であることが違いである。
- 2-2) 核沸騰と膜沸騰を比べると高い熱流束を生じる膜沸騰の方が熱伝達率が高い。
- 2-3) エネルギー方程式は、流体が保有する全エネルギーの時間変化が、内部発熱量、熱

伝導による熱量輸送，対流によるエネルギー輸送の和と釣り合うことから導かれる。  
2-4) 内部エネルギーは物体の運動エネルギーと位置エネルギーの和である。

問3) 以下の全ての事項について答えなさい。

- 3-1) Reynolds応力とは何か，またそれはどのように（そして，なぜ）基礎式に入ってくるか，なぜ見かけの応力と呼ばれるのか，の3点について説明しなさい。
- 3-2) Reynolds平均型の乱流モデルではこのReynolds応力をどのようにモデル化するのか，また，各モデルはどのような問題点を有するのかの2点について説明しなさい。
- 3-3) Large Eddy Simulation (LES) について，Reynolds平均型乱流モデルとの違い，LESの物理的根拠（なぜLESによる乱流輸送のモデル化はより正確なのか），LESの問題点，の3点について説明しなさい。但し，物理的根拠の説明には「局所等方性」を必ず用いなさい。

以上3問。

## 平成23年度 熱伝達システム特論 試験問題（2012年2月3日実施）

**自筆メモ（A4用紙3枚以内表裏書き込み可）のみ持ち込み可**

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は**内容**，**分量**，**平易さ**とする。

問1) 3次元空間での**非定常熱伝達**現象を数値解析したい。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。但し，式を書いてはいけません。言葉で説明して下さい。（**式を書いたら加点なし**）

- 1-1) 圧縮性流体と非圧縮性流体の各場合で支配方程式（基礎式）がどのように変わるかを説明しなさい。
- 1-2) ニュートン流体と非ニュートン流体の各場合で支配方程式（基礎式）がどのように変わるかを説明しなさい。
- 1-3) 乱流と層流の各場合で支配方程式（基礎式）がどのように変わるかを説明しなさい。但し，乱流モデルは用いないものとする。

問2) 以下の各説明文が正しいか誤っているかを答えなさい。誤っている場合には，どの部分が誤っているのか，どのように訂正すれば良いのかも答えなさい。

- 2-1) 伝熱には必ず熱を伝える媒体が必要であるので真空中では伝熱は起きない。
- 2-2) 滴状凝縮と膜状凝縮を比べると液が壁面により多く接触している膜状凝縮の方が熱伝達率が高い。
- 2-3) ナフタリン昇華法は熱輸送と運動量輸送の間のアナロジー関係を利用した熱伝達率計測方法である。
- 2-4) 有効エネルギー（エクセルギー）とは熱機関の場合には高温熱源から受け取る熱量

のことである。

問3) 以下の全ての事項について答えなさい。

- 3-1) Reynolds応力とは何か、またそれはどのように（そして、なぜ）基礎式に入ってくるか、なぜ見かけの応力と呼ばれるのか、について説明しなさい。
- 3-2) Reynolds平均型の乱流モデルではこのReynolds応力をどのようにモデル化するのか、また、各モデルはどのような問題点を有するのかの2点について説明しなさい。
- 3-3) Large Eddy Simulation (LES) について、Reynolds平均型乱流モデルとの違いとLESモデルの物理的根拠（なぜLESによる乱流輸送のモデル化はより正確なのか）の2点について説明しなさい。

以上3問。

#### 平成22年度 熱伝達システム特論 試験問題 (2011年2月4日実施)

*自筆メモ (A4用紙3枚以内表裏書き込み可) のみ持ち込み可*

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は**内容**、**分量**、**平易さ**とする。

問1) 非圧縮性流体の3次元**非定常層流**熱伝達場を数値解析したい。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。

- 1-1) この場合の、独立変数、従属変数がそれぞれ何であり、いくつあるかを説明しなさい。また、支配方程式が、各従属変数についてどの独立変数に関する何階の微分方程式であるのか、初期条件・境界条件は各変数についていくつ必要かを説明しなさい。基礎式自体を書く必要はありません（書いたら減点します）。
- 1-2) 流れが層流か乱流かで設問(1-1)の答えは変わるか変わらないかを理由とともに答えなさい。

問2) 相変化を含む伝熱と伝熱促進について考える。以下の全ての問いに答えなさい。

- 2-1) 相変化を含む伝熱では相変化を含まない伝熱よりも熱伝達率が高くなるのはなぜか。
- 2-2) 核沸騰と膜沸騰ではどちらの方が熱伝達率が高いか。またそれはなぜか。
- 2-3) 滴状凝縮と膜状凝縮ではどちらの方が熱伝達率が高いか。またそれはなぜか。
- 2-4) 相変化利用以外の方法で伝熱促進を行うにはどのような方法があるかを説明しなさい。

問3) 乱流モデルについて考える。以下の全ての問いに答えなさい。

- 3-1) レイノルズ応力について説明しなさい。
- 3-2) 渦粘性について説明しなさい。
- 3-3) 3つの乱流モデル ( $k$ - $\varepsilon$  方程式モデル, レイノルズ応力方程式モデル, Large Eddy

Simulation(LES)の違いについて焦点を絞って説明しなさい。(それぞれを詳しく説明するのではなく、違いを説明すること。)

以上3問.

平成21年度 熱伝達システム特論 試験問題 (2010年2月5日実施)

自筆メモ (A4用紙3枚以内表裏書き込み可)のみ持ち込み可

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は**内容**, **分量**, **平易さ**とする。

問1) 非圧縮性流体の3次元乱流熱伝達場を数値解析したい。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。

- 1-1) この場合の、独立変数、従属変数がそれぞれ何であり、いくつあるかを説明しなさい。また、支配方程式が、各従属変数についてどの独立変数に関する何階の微分方程式であるのか、初期条件・境界条件は各変数についていくつ必要かを説明しなさい。基礎式自体を書く必要はありません(書いたら減点します)。
- 1-2) 直円管内流れを考えた場合、(1-1)での初期条件・境界条件はどの位置でどのような値を与えることが妥当かを説明しなさい。

問2) 運動量、熱、物質の各輸送現象間のアナロジーとは何か、なぜ成り立つのか、どのような場合に成り立たなくなるのか、の3点について説明しなさい。

問3) 以下の全ての事項について答えなさい。

- 3-1) Reynolds応力とは何か、またそれはどのように(そして、なぜ)基礎式に入ってくるかについて説明しなさい。
- 3-2) Reynolds応力はなぜ「みかけの応力」と呼ばれるのかを説明しなさい。
- 3-3) Reynolds平均型の乱流モデルではこのReynolds応力をどのようにモデル化するかについて説明しなさい。それぞれの乱流モデルの長所と短所についても説明しなさい。

以上3問.

平成20年度 熱伝達システム特論 試験問題 (2009年1月30日実施)

自筆メモ (A4用紙3枚以内表裏書き込み可)のみ持ち込み可

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は**内容**、**分量**、**平易さ**とする。

問1) 3次元空間での非定常流れ現象を数値解析したい。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。但し、式を書いてはいけません。言葉で説明して下さい。

1-1) このときの初期条件と境界条件について出来るだけ詳しく説明しなさい。

1-2) 温度が時間・空間的に一定・一様な場合とそうでない場合で流れ場は変化するか、それとも変化しないか?その理由とともに答えなさい。

問2) 相変化を含む伝熱について以下の全ての問いに答えよ。

2-1) 核沸騰と膜沸騰ではどちらの方が熱伝達率が高いか。またそれはなぜか。

2-2) 滴状凝縮と膜状凝縮ではどちらの方が熱伝達率が高いか。またそれはなぜか。

2-3) 膜状凝縮についてはヌセルトの解析が有名であるが、その仮定はどのようなものか。(解析結果は不要で、仮定についてだけ説明すれば良い。)

問3) 以下の全ての事項について説明しなさい。

3-1) Reynolds応力

3-2) 渦粘度

3-3) 伝熱の三形態

以上3問。

## 平成19年度 熱流体システム設計特論 試験問題 (2008年2月1日実施)

**自筆メモ (A4用紙3枚以内表裏書き込み可) のみ持ち込み可**

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は**内容**、**分量**、**平易さ**とする。

問1) 3次元空間での非定常熱伝達現象を数値解析したい。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。但し、式を書いてはいけません。言葉で説明して下さい。

1-1) 圧縮性流体と非圧縮性流体の各場合で支配方程式(基礎式)がどのように変わるかを説明しなさい。

1-2) ニュートン流体と非ニュートン流体の各場合で支配方程式(基礎式)がどのように変わるかを説明しなさい。

1-3) 乱流と層流の各場合で支配方程式(基礎式)がどのように変わるかを説明しなさい。但し、乱流モデルは用いないものとする。



問2) 熱の伝わり方には大きく分けて三通り(伝熱の三形態)あります。その各場合について例を挙げて詳しく説明しなさい。

問3) 以下の全ての事項について答えなさい。

- 3-1) Reynolds応力とは何か、またそれはどのように(そして、なぜ)基礎式に入ってくるかについて説明しなさい。
- 3-2) Reynolds平均型の乱流モデルではこのReynolds応力をどのようにモデル化するのか、また、各モデルはどのような問題点を有するのかの2点について説明しなさい。
- 3-3) Large Eddy Simulation (LES) について、Reynolds平均型乱流モデルとの違いとLESモデルの物理的根拠(なぜLESによるモデル化は正しいのか)の2点について説明しなさい。

以上3問。

#### 平成18年度 熱流体システム設計特論 試験問題 (2007年2月2日実施)

**自筆メモ (A4用紙3枚以内表裏書き込み可) のみ持ち込み可**

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は**内容**、**分量**、**平易さ**とする。

問題・解答用紙(3枚)、下書き用紙(1枚)、自筆メモ(3枚以内)全てに学年、学籍番号、氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。

問1) 以下の全ての事項について説明しなさい。

- 1-1) Navier-Stokes方程式
- 1-2) Reynolds応力
- 1-3) 渦粘性
- 1-4) Large Eddy Simulation

問2) 伝熱促進の方法と(もしあれば)注意点について説明しなさい。

問3) 熱流体工学の知識を用いて以下の現象・事柄全てについて詳しく理由を説明しなさい。

- 3-1) 見ないで触っただけでそれが金属か非金属かわかる。
- 3-2) 見ないでかつ触らないでも物体の温度が非常に高いことがわかる。
- 3-3) サウナでは温度が100℃を超えているにもかかわらずやけどをしない。
- 3-4) 層流よりも乱流の方が熱伝達率が高い。

以上3問。

平成17年度 熱流体システム設計特論 試験問題 (2006年2月7日実施)

自筆メモ (A4用紙3枚以内表裏書き込み可) のみ持ち込み可

以下の3問全てに解答せよ。解答は問題文の下の余白に記せ。使用すると明記の上裏面を解答に使用しても構わない。評価基準は**内容**、**分量**、**平易さ**とする。

問題・解答用紙(3枚)、下書き用紙(1枚)、自筆メモ(3枚以内)全てに学年、学籍番号、氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。

問1) 非圧縮性流体の3次元乱流熱伝達場を数値解析したい。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。

- 1-1) この場合の支配方程式(基礎式)の導出方法を**エネルギー方程式**を例にとり説明しなさい。(式を書いてはいけません。言葉で説明して下さい。)
- 1-2) この3次元乱流熱伝達場の、独立変数、従属変数がそれぞれ何であり、いくつあるかを説明しなさい。また、支配方程式は、各従属変数についてどの独立変数に関する何階の微分方程式であるのか、初期条件・境界条件は各変数についていくつ必要かを説明しなさい。式自体を書く必要はありません(書いたら減点します)。

問2) 発熱体を強制対流熱伝達によって冷却することを考える。

- 2-1) どのようにすればより冷やす(より低い温度にする)ことが出来るかを説明しなさい。
- 2-2) ある条件が成り立つ場合には、この発熱体からの熱伝達率を物質伝達実験(例えばナフタリン昇華法)によって調べることが出来る。それはなぜか、また、その「ある条件」とはどのような条件なのか、の2点について説明しなさい。

問3) 以下の全ての事項について答えなさい。

- 3-1) Reynolds応力とは何か、またそれはどのように(そして、なぜ)基礎式に入ってくるかについて説明しなさい。
- 3-2) Reynolds平均型の乱流モデルではこのReynolds応力をどのようにモデル化するのか、また、各モデルはどのような問題点を有するのかの2点について説明しなさい。
- 3-3) Large Eddy Simulation (LES) について、Reynolds平均型乱流モデルとの違いとLESモデルの物理的根拠(なぜLESによるモデル化は正しいのか)の2点について説明しなさい。

以上 3 問.

**平成 16 年度 熱流体システム設計特論 試験問題 (2005年2月4日実施)**

**自筆メモ (A4用紙 3 枚以内表裏書き込み可) のみ持ち込み可**

以下の 3 問全てに解答せよ. 解答は解答用紙に問題番号を記し, 一枚に各一問ずつ解答せよ. 評価基準は内容, 分量, 平易さとする.

試験問題用紙, 解答用紙 (3 枚), 下書き用紙, 自筆メモ全てに学年, 学籍番号, 氏名を必ず記入すること. 終了後全て回収する.

問 1) 非圧縮性流体の 3 次元乱流熱伝達場を数値解析したい. この場合に以下の全ての問いに答えなさい.

- 1-1) この場合の, 独立変数, 従属変数がそれぞれ何であり, いくつあるかを説明しなさい. また, もし支配方程式が微分方程式の場合には, 各従属変数について, どの独立変数に関する何階の微分方程式であるのか, 初期条件・境界条件は各変数についていくつ必要かを説明しなさい. 基礎式自体を書く必要はありません (書いたら減点します).
- 1-2) 平行二平板間流れを考えた場合, (1-1) での初期条件・境界条件はどの位置でどのような値を与えることが妥当かを述べなさい.

問 2) 運動量, 熱, 物質の各輸送現象間のアナロジーについて, なぜ成り立つのか, どのような場合に成り立たなくなるのか, の 2 点について説明しなさい.

問 3) 以下の全ての事項について答えなさい.

- 3-1) Reynolds 応力とは何か, またそれはどのように (そして, なぜ) 基礎式に入ってくるかについて説明しなさい.
- 3-2) Reynolds 平均型の乱流モデルではこの Reynolds 応力をどのようにモデル化するかについて説明しなさい.
- 3-3) 温度場についての乱流輸送はどのように表されるのかについて説明しなさい.

以上 3 問.

**平成 15 年度 熱流体システム設計特論 試験問題 (2004年2月6日実施)**

**自筆メモ (A4用紙 3 枚以内表裏書き込み可) のみ持ち込み可**

以下の3問全てに解答せよ。解答は解答用紙に問題番号を記し、一枚に各一問ずつ解答せよ。評価基準は内容、分量、平易さとする。

試験問題用紙、解答用紙（3枚）、下書き用紙、自筆メモ全てに学年、学籍番号、氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。

問1) 以下の全ての事項について説明しなさい。

- 1-1) Navier-Stokes方程式
- 1-2) Reynolds応力
- 1-3) 渦粘性
- 1-4) Large Eddy Simulation

問2) 伝熱促進の方法と（もしあれば）注意点について説明しなさい。

問3) 熱流体工学の知識を用いて以下の現象・事柄全てについて詳しく理由を説明しなさい。

- 3-1) 見ないで触っただけでそれが金属か非金属かわかる。
- 3-2) エアコン暖房は電熱式電気ストーブよりも効率がよい。
- 3-3) サウナでは温度が100°Cを超えているにもかかわらずやけどをしない。
- 3-4) 冬の寒い朝に窓ガラスの室内側に露がつく。

以上3問。

平成14年度 熱流体システム設計特論 試験問題（2003年1月31日実施）

*自筆メモ（A4用紙3枚以内表裏書き込み可）のみ持ち込み可*

以下の3問全てに解答せよ。解答は解答用紙に問題番号を記し、一枚に各一問ずつ解答せよ。評価基準は内容、分量、平易さとする。

試験問題用紙、解答用紙（3枚）、下書き用紙、自筆メモ全てに学年、学籍番号、氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。

問1) 3次元の乱流場を数値解析したい。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。

- 1-1) Reynolds応力とは何か、またそれはどのように（そして、なぜ）基礎式に入ってくるかについて説明しなさい。
- 1-2) Reynolds応力をモデル化する場合にどのような方法（モデル）があるのかについてそれぞれ方法の長所・短所とともに説明しなさい。
- 1-3) 層流場と乱流場で数値解析における取り扱いの困難さが異なる理由について説明しなさい。

問2) 運動量, 熱, 物質の各輸送現象間のアナロジーについて, なぜ成り立つのか, どのような場合に成り立たなくなるのか, の2点について説明しなさい.

問3) 熱工学の知識を用いて以下の現象・事柄全てについて詳しく理由を説明しなさい.

- 3-1) 見ないで触っただけでそれが金属か非金属かわかる.
- 3-2) 燃料電池自動車は効率が良い.
- 3-3) 絵を描く時に暖かいものは赤い色で表現する.
- 3-4) エアコン暖房は電熱式電気ストーブよりも効率がよい.

以上3問.

### 平成13年度 熱流体システム設計特論 試験問題 (2002年2月1日実施)

**自筆メモ (A4用紙3枚以内表裏書き込み可) のみ持ち込み可**

以下の3問全てに解答せよ. 解答は解答用紙に問題番号を記し, 一枚に各一問ずつ解答せよ. 評価基準は内容, 分量, 平易さとする.

試験問題用紙, 解答用紙(3枚), 下書き用紙, 自筆メモ全てに学年, 学籍番号, 氏名を必ず記入すること. 終了後全て回収する.

問1) 3次元乱流熱伝達場を数値解析したい. この場合に以下の全ての問いに答えなさい.

- 1-1) この場合の, 独立変数, 従属変数がそれぞれ何であり, いくつあるかを説明しなさい. また, もし支配方程式が微分方程式の場合には, 各従属変数について, 何階の微分方程式であるのか, 境界条件は各変数についていくつ必要かを説明しなさい. 基礎式自体を書く必要はありません(書いたら減点します).
- 1-2) 乱流場を取り扱う場合に, Reynolds平均を用いる方法と, Reynolds平均を用いずに時間変動成分を解く方法の2通りに分けることができます. それぞれ方法の長所・短所を説明しなさい.
- 1-3) Reynolds平均を用いずに時間変動成分を解く方法のひとつとしてLES(Large Eddy Simulation)が挙げられます. LESの考え方を説明し, また, このLESの考え方が物理的に成り立つ根拠をエネルギー・カスケードおよびKolmogorovの局所等方性乱れの理論を用いて説明しなさい.

問2) 運動量, 熱, 物質の各輸送現象間にアナロジーが成り立つ理由について説明しなさい.

問3) 熱工学の知識を用いて以下の現象・事柄全てについて詳しく理由を説明しなさい.

- 3-1) フライパンの柄はプラスチック製である場合が多い.
- 3-2) パソコンには(多くの場合)ファンがついている.

- 3-3) 冬は気温が夏よりも低い。
- 3-4) エアコンを用いて夏の室内を涼しくできる。

以上3問。

## 平成12年度 熱流体システム設計特論 試験問題 (2001年2月2日実施)

### 自筆ノートのみ持ち込み可

以下の2問全てに解答せよ。解答は解答用紙に問題番号を記し、一枚に各一問ずつ解答せよ。評価基準は内容、分量、平易さとする。

試験問題用紙、解答用紙(2枚)、下書き用紙全てに学年、学籍番号、氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。

問1) 3次元の流れ場を温度場とともに数値解析したい。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。

- 1-1) この場合の流れ場および温度場を記述する基礎方程式をどのような考え方で求めればよいかについて説明しなさい。基礎式自体を書く必要はない。
- 1-2) この流れ場が乱流場であったとする。この場合、乱流輸送の効果は時間平均(Reynolds平均) **温度場**の基礎式にどの様に入ってくるかについて説明しなさい。
- 1-3) 乱流モデル(乱流のモデル化)について説明しなさい。

問2) 伝熱の知識を用いて以下の現象全てについて詳しく理由を説明しなさい。

- 2-1) 夏の暑い日に湿度が高いと不快指数が高くなる。
- 2-2) 冬の寒い日に暖かい部屋の窓ガラスの室内側に露がつく。
- 2-3) 温室の中は暖かい。
- 2-4) 同じ温度(室温)の箱なのに金属製の方が木製よりも触ると冷たく感じる。

以上2問。

(平成11年度以前はBASEの生物情報反応システム特論Iとして開講)

## 平成11年度 生物情報反応システム特論I 試験問題 (2000年1月28日実施)

### 自筆ノートのみ持ち込み可

以下の2問全てに解答せよ。解答は解答用紙に問題番号を記し、一枚に各一問ずつ解答せよ。評価基準は内容、分量、平易さとする。

試験問題用紙，解答用紙（2枚），下書き用紙全てに学年，学籍番号，氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。

問1) 3次元の流れ場を温度場とともに数値解析したい。この場合に以下の全ての問いに答えなさい。

- 1-1) この場合の流れ場および温度場を記述する基礎方程式について説明しなさい。
- 1-2) この流れ場が乱流場であったとする。この場合，二次の相関量であるレイノルズ応力が上記1-1)の基礎式にどの様に入ってくるかについて説明しなさい。
- 1-3) 乱流モデル（乱流のモデル化）について説明しなさい。

問2) 伝熱の知識を用いて以下の現象全てについて詳しく理由を説明しなさい。

- 2-1) サウナでは温度が100℃を超えているにもかかわらずやけどをしない。
- 2-2) 星のきれいな晴れた夜は気温が急激に下がる。
- 2-3) 風呂上がりに湯冷めをして風邪をひく。

以上2問。

#### 平成10年度 生物情報反応システム特論Ⅰ 試験問題（1999年1月8日実施）

*自筆ノートのみ持ち込み可*

以下の2問全てに解答せよ。解答は解答用紙に問題番号を記し，一枚に各一問ずつ解答せよ。評価基準は内容，分量，平易さとする。

試験問題用紙，解答用紙（2枚），下書き用紙全てに学年，学籍番号，氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。

問1) 3次元の流れ場を温度場とともに数値解析したい。この場合に以下の問いに答えなさい。

- 1-1) この場合の流れ場および温度場を記述する基礎方程式について説明しなさい。
- 1-2) この流れ場が乱流場であったとする。この場合，二次の相関量であるレイノルズ応力が上記1-1)の基礎式にどの様に入ってくるかについて説明しなさい。
- 1-3) 乱流場を数値解析する際の，問題点（困難さ）について説明しなさい。

問2) 熱の伝わり方には大きく分けて三通り（伝熱の三形態）あります。その各場合について例を挙げて詳しく説明しなさい。

以上2問。

#### 平成9年度 生物情報反応システム特論Ⅰ 試験問題（1997年12月19日実施）

**自筆ノートのみ持ち込み可**

以下の4問中2問を選択し解答せよ。解答は解答用紙に問題番号を記し、一枚に各一問ずつ解答せよ。評価基準は内容、分量、平易さとする。

試験問題用紙、解答用紙、下書き用紙全てに学年、学籍番号、氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。

問1) 流体の運動を記述する基礎方程式について説明しなさい。

問2) 伝熱の三形態について説明しなさい。

問3) 熱・運動量輸送における相互のアナロジー関係について説明しなさい。

問4) 乱流について(基礎的な概念、基礎方程式、およびそのモデル化など)説明しなさい。  
以上。

**平成8年度 生物情報反応システム特論Ⅰ 試験問題(1997年1月24日実施)**

ノート持ち込み不可。

以下の4問中2問を選択し解答せよ。解答は解答用紙に問題番号を記し、一枚に各一問ずつ解答せよ。評価基準は内容、分量、平易さとする。

試験問題用紙、解答用紙、下書き用紙に学年、学籍番号、氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。

問1) 流体の運動を記述する基礎方程式について説明しなさい。

問2) 伝熱の三形態について説明しなさい。

問3) 熱・運動量輸送における相互のアナロジー関係について説明しなさい。

問4) 乱流について(基礎的な概念、基礎方程式、およびそのモデル化など)説明しなさい。  
以上。

**平成7年度 生物情報反応システム特論Ⅰ 試験問題(1995年9月25日実施)**

ノート持ち込み不可。

以下の4問中2問を選択し解答せよ。解答は解答用紙に問題番号を記し、表裏に各一問ずつ解答せよ。評価基準は内容、分量、平易さとする。

解答用紙、下書き用紙にも学年、学籍番号、氏名を必ず記入すること。終了後全て回収する。



- 問 1) 流体の運動を記述する基礎方程式について説明しなさい.
- 問 2) 伝熱の三形態 (熱伝導, 熱伝達, 放射) について説明しなさい.
- 問 3) 熱・運動量輸送における相互のアナロジー関係について説明しなさい.
- 問 4) 乱流について (基礎的な概念, 基礎方程式, およびそのモデル化など) 説明しなさい.
- 以上.