

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                            |      |                                                                 |                                                                  |                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 奈良工業高等専門学校                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                            | 開講年度 | 平成31年度 (2019年度)                                                 | 授業科目                                                             | 輸送現象論                                                     |
| 科目基礎情報                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                            |      |                                                                 |                                                                  |                                                           |
| 科目番号                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0042                                                                                                                                                                                                                       |      | 科目区分                                                            | 専門 / 選択                                                          |                                                           |
| 授業形態                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 講義                                                                                                                                                                                                                         |      | 単位の種別と単位数                                                       | 学修単位: 2                                                          |                                                           |
| 開設学科                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | システム創成工学専攻（機械制御システムコース）                                                                                                                                                                                                    |      | 対象学年                                                            | 専2                                                               |                                                           |
| 開設期                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 後期                                                                                                                                                                                                                         |      | 週時間数                                                            | 2                                                                |                                                           |
| 教科書/教材                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 自作プリントを使用する                                                                                                                                                                                                                |      |                                                                 |                                                                  |                                                           |
| 担当教員                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 島岡 三義                                                                                                                                                                                                                      |      |                                                                 |                                                                  |                                                           |
| 到達目標                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                            |      |                                                                 |                                                                  |                                                           |
| 1）拡散現象に関する基本的な事項が理解でき、物質拡散、運動量拡散および熱拡散のアナログを理解でき、説明できること。<br>2）非定常熱伝導方程式（直交、円筒、球座標系）の導出法が理解でき、境界条件式とその取扱いが理解でき、さらに説明できること。<br>3）1次元定常熱伝導（多層平板、多層円筒、フィンなど）に関する具体的現象が理解でき、説明できること。<br>4）変数分離法による定常、非定常方程式の解法、熱伝導方程式の無次元化とラプラス変換法による解法が理解できること。<br>5）相変化を伴う場合の潜熱の取扱、熱伝導方程式の近似解法（解析的、数值的）とその適用限界を理解できること。 |                                                                                                                                                                                                                            |      |                                                                 |                                                                  |                                                           |
| ルーブリック                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                            |      |                                                                 |                                                                  |                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 理想的な到達レベルの目安                                                                                                                                                                                                               |      | 標準的な到達レベルの目安                                                    |                                                                  | 未到達レベルの目安                                                 |
| 評価項目1                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 拡散現象に関する基本的な事項が理解できること。物質拡散、運動量拡散および熱拡散のアナログを理解できること。さらに説明できる。                                                                                                                                                             |      | 拡散現象に関する基本的な事項が理解できること。物質拡散、運動量拡散および熱拡散のアナログを理解できる。             |                                                                  | 拡散現象に関する基本的な事項が理解できず、物質拡散、運動量拡散および熱拡散のアナログも理解できない。        |
| 評価項目2                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 非定常熱伝導方程式（直交、円筒、球座標系）の導出法が理解でき、境界条件式とその取扱いが理解でき、さらに説明できる。                                                                                                                                                                  |      | 非定常熱伝導方程式（直交、円筒、球座標系）の導出法が理解でき、境界条件式とその取扱いが理解できる。               |                                                                  | 非定常熱伝導方程式（直交、円筒、球座標系）の導出法が理解できず、境界条件式とその取扱いが理解できない。       |
| 評価項目3                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1次元定常熱伝導（多層平板、多層円筒、フィンなど）に関する具体的現象が理解でき、説明できる。                                                                                                                                                                             |      | 1次元定常熱伝導（多層平板、多層円筒、フィンなど）に関する具体的現象が理解できる。。                      |                                                                  | 1次元定常熱伝導（多層平板、多層円筒、フィンなど）に関する具体的現象が理解できない。                |
| 評価項目4                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 変数分離法による定常、非定常方程式の解法、熱伝導方程式の無次元化とラプラス変換法による解法が理解できる。                                                                                                                                                                       |      | 変数分離法による定常、非定常方程式の解法、熱伝導方程式の無次元化は理解できるが、ラプラス変換法による解法の理解が十分ではない。 |                                                                  | 変数分離法による定常、非定常方程式の解法、熱伝導方程式の無次元化、ラプラス変換法による解法のいずれも理解できない。 |
| 評価項目5                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 相変化を伴う場合の潜熱の取扱、熱伝導方程式の近似解法（解析的、数值的）とその適用限界を理解できる。                                                                                                                                                                          |      | 相変化を伴う場合の潜熱の取扱、熱伝導方程式の近似解法（解析的）を理解できる。                          |                                                                  | 相変化を伴う場合の潜熱の取扱、熱伝導方程式の近似解法（解析的）のいずれをも理解できない。              |
| 学科の到達目標項目との関係                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                            |      |                                                                 |                                                                  |                                                           |
| JABEE基準 (d-2a) JABEE基準 (d-2b)<br>システム創成工学教育プログラム学習・教育目標 D-1                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                            |      |                                                                 |                                                                  |                                                           |
| 教育方法等                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                            |      |                                                                 |                                                                  |                                                           |
| 概要                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 熱、運動量、物質の輸送（移動）現象は相似性があり、数学的取扱いは全く同じである。熱、運動量、物質の移動現象は基本的に非定常問題であり、熱力学や流体静力学とは異質である。また、現象を支配する基礎方程式を解くことにより、現象の変化過程を伺い知ることができ、より現実的な対応ができて輸送現象の理解が深められる。現象を支配する基礎方程式とその解法を中心に解説する。                                         |      |                                                                 |                                                                  |                                                           |
| 授業の進め方・方法                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 熱、運動量、物質の移動現象は視覚的にとらえにくいものであるが、固体内の熱伝導を主体にして、現象の支配方程式の導出とその解法、特に数式展開を詳細に解説し、自然科学・現象の理解だけではなく、数学力の向上を図り基礎工学力が育成されるようにする。また、支配方程式は解析的に解けない場合が多いことから、数値的に解く方法も解説し、情報技術の注意点も述べて、熱輸送現象の問題設定・解決能力を高められるようにする。講義が主体になるが、若干の演習も行う。 |      |                                                                 |                                                                  |                                                           |
| 注意点                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | いろいろな事象の解説をするが、各自十分な予習また復習をすることが大切である。さらに、詳細な資料を配付するので、ノートをとるのは最小限にして授業中に理解するように心がけ、活発な質問・討論を期待する。                                                                                                                         |      |                                                                 |                                                                  |                                                           |
| 学修単位の履修上の注意                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                            |      |                                                                 |                                                                  |                                                           |
| 授業計画                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                            |      |                                                                 |                                                                  |                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                            | 週    | 授業内容                                                            | 週ごとの到達目標                                                         |                                                           |
| 後期                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 3rdQ                                                                                                                                                                                                                       | 1週   | 輸送現象論とは(総論)                                                     | 輸送現象とはどのようなものか、また、熱、運動量、物質の輸送現象の相似性とはどのようなことかを考察する。              |                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                            | 2週   | 熱移動現象の支配方程式                                                     | 熱移動のフーリエの法則、熱エネルギー収支式に基く熱移動現象の支配方程式、円筒座標系や球座標系の場合の支配方程式について考察する。 |                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                            | 3週   | 定常熱伝導                                                           | 2次元定常熱伝導方程式の変数分離法による解析解の導出について考察する。                              |                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                            | 4週   | 非定常熱伝導                                                          | 1次元非定常熱伝導方程式の変数分離法による解析解の導出について考察する。                             |                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                            | 5週   | 熱伝導方程式の無次元化                                                     | 熱輸送現象における重要な無次元数（フーリエ数、ピオード数など）について考察する。                         |                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                            | 6週   | 半無限体の熱伝導（1）                                                     | ラプラス変換法により支配方程式を解く方法について考察する。                                    |                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                            | 7週   | 半無限体の熱伝導（2）                                                     | 対流境界熱伝達条件等の場合の温度分布の解析解の導出方法について考察する。                             |                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                            | 8週   | 1次元熱伝導（1）                                                       | 多層平板、多層円筒の熱通過率について考察する。                                          |                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4thQ                                                                                                                                                                                                                       | 9週   | 1次元熱伝導（2）                                                       | 矩形フィンのフィン効率の求め方および他の形状のフィンのフィン効率について考察する。                        |                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                            | 10週  | 相変化を伴う熱伝導                                                       | 凝固過程での凝固潜熱の取扱い方について考察する。                                         |                                                           |

|  |  |     |                   |                                                                                    |
|--|--|-----|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | 11週 | 近似解法（1）           | 物体内の温度分布をあらかじめ、ある関数形に近似し、境界条件等により関数形を確定する、プロファイル法について考察し、2物体を接触させた場合の熱移動についても考察する。 |
|  |  | 12週 | 近似解法（2）           | 多次元非定常熱伝導問題では解析解の導出は極めて困難である。コンピュータを使用して、支配方程式を差分法・陰解法について考察する。                    |
|  |  | 13週 | 熱輸送現象が関係する装置・システム | 原子力発電システム並びに原子力発電システムと熱輸送現象の関連について考察する。                                            |
|  |  | 14週 | 筆記試験              | これまでの学習内容に関する筆記試験を実施する。                                                            |
|  |  | 15週 | レポート作成            | いくつかの熱移動現象に関する課題を課す。そのレポート作成の時間とする。                                                |
|  |  | 16週 | 総括                | 学習した熱移動現象を総括的に振り返り、技術者として果たすべき役割とどう結びつけていくか各人で考察する。                                |

#### モデルコアカリキュラムの学習内容と到達目標

| 分類 | 分野 | 学習内容 | 学習内容の到達目標 | 到達レベル | 授業週 |
|----|----|------|-----------|-------|-----|
|----|----|------|-----------|-------|-----|

#### 評価割合

|         | 試験 | 発表 | 相互評価 | 態度 | ポートフォリオ | その他 | 合計  |
|---------|----|----|------|----|---------|-----|-----|
| 総合評価割合  | 40 | 0  | 0    | 0  | 60      | 0   | 100 |
| 基礎的能力   | 10 | 0  | 0    | 0  | 10      | 0   | 20  |
| 専門的能力   | 20 | 0  | 0    | 0  | 30      | 0   | 50  |
| 分野横断的能力 | 10 | 0  | 0    | 0  | 20      | 0   | 30  |