

|                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                         |                     |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------|
| 沼津工業高等専門学校                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                | 開講年度                                                                                                                                                                                                 | 令和02年度 (2020年度)                                                                                                                                                                                         | 授業科目                | システム制御工学 |
| 科目基礎情報                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                         |                     |          |
| 科目番号                                                                                                                                                                                                                                            | 2020-708                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                      | 科目区分                                                                                                                                                                                                    | 専門 / 選択             |          |
| 授業形態                                                                                                                                                                                                                                            | 授業                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                      | 単位の種別と単位数                                                                                                                                                                                               | 学修単位: 2             |          |
| 開設学科                                                                                                                                                                                                                                            | 新機能材料工学コース                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                      | 対象学年                                                                                                                                                                                                    | 専2                  |          |
| 開設期                                                                                                                                                                                                                                             | 後期                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                      | 週時間数                                                                                                                                                                                                    | 2                   |          |
| 教科書/教材                                                                                                                                                                                                                                          | なし                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                         |                     |          |
| 担当教員                                                                                                                                                                                                                                            | 三谷 祐一朗                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                         |                     |          |
| 到達目標                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                         |                     |          |
| 1. MIT適応則を用いたモデル規範型適応制御の数値シミュレーションができる。<br>2. リアプノフ安定定理による適応則を用いたモデル規範型適応制御の数値シミュレーションができる。<br>3. LMSアルゴリズムによるFIRモデルの導出ができる。<br>4. Filtered-X LMSアルゴリズムを用いた適応逆制御の数値シミュレーションができる。<br>5. 適応制御の数値シミュレーションにおいて、工学的観点から仮説を立て、パラメータの適切な値を設定できる(C3-4). |                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                         |                     |          |
| 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                                                                                                                                                                                               |                     |          |
| 1. MIT適応則を用いたモデル規範型適応制御の数値シミュレーションができる.                                                                                                                                                                                                         | <input type="checkbox"/> MIT適応則の説明ができ、ブロック線図を描くことができる.<br><input type="checkbox"/> MIT適応則のアルゴリズムを数式化でき、パラメータの意味を説明できる.<br><input type="checkbox"/> MIT適応則の数値シミュレーションができ、結果を工学的に考察できる.                          | <input type="checkbox"/> MIT適応則を説明できる.<br><input type="checkbox"/> MIT適応則のアルゴリズムを数式化できる.<br><input type="checkbox"/> MIT適応則の数値シミュレーションができる.                                                          | <input type="checkbox"/> MIT適応則を説明できない.<br><input type="checkbox"/> MIT適応則のアルゴリズムを数式化できない.<br><input type="checkbox"/> MIT適応則の数値シミュレーションができない.                                                          |                     |          |
| 2. リアプノフ安定定理による適応則を用いたモデル規範型適応制御の数値シミュレーションができる.                                                                                                                                                                                                | <input type="checkbox"/> リアプノフの安定定理を用いた適応則を説明でき、ブロック線図を描くことができる.<br><input type="checkbox"/> リアプノフの安定定理を用いた適応則を数式化でき、パラメータの意味を説明できる.<br><input type="checkbox"/> リアプノフの安定定理を用いた適応則の数値シミュレーションができ、結果を工学的に考察できる. | <input type="checkbox"/> リアプノフの安定定理を用いた適応則を説明できる.<br><input type="checkbox"/> リアプノフの安定定理を用いた適応則を数式化できる.<br><input type="checkbox"/> リアプノフの安定定理を用いた適応則の数値シミュレーションができる.                                | <input type="checkbox"/> リアプノフの安定定理を用いた適応則を説明できない.<br><input type="checkbox"/> リアプノフの安定定理を用いた適応則を数式化できない.<br><input type="checkbox"/> リアプノフの安定定理を用いた適応則の数値シミュレーションができない.                                |                     |          |
| 3. LMSアルゴリズムによるFIRモデルの導出ができる.                                                                                                                                                                                                                   | <input type="checkbox"/> LMSアルゴリズムを説明でき、ブロック線図を描くことができる.<br><input type="checkbox"/> FIRモデルをIIRモデルと比較して説明できる.<br><input type="checkbox"/> FIRモデルを、LMSアルゴリズムを用いて導出でき、その結果を工学的に考察できる.                            | <input type="checkbox"/> LMSアルゴリズムを説明できる.<br><input type="checkbox"/> FIRモデルを説明できる.<br><input type="checkbox"/> FIRモデルを、LMSアルゴリズムを用いて導出できる.                                                          | <input type="checkbox"/> LMSアルゴリズムを説明できない.<br><input type="checkbox"/> FIRモデルを説明できない.<br><input type="checkbox"/> FIRモデルを、LMSアルゴリズムを用いて導出できない.                                                          |                     |          |
| 4. Filtered-ε LMSアルゴリズムを用いた適応逆制御の数値シミュレーションができる.                                                                                                                                                                                                | <input type="checkbox"/> Filtered-ε LMSアルゴリズムを説明でき、ブロック線図を描くことができる.<br><input type="checkbox"/> Filtered-X LMSアルゴリズムを用いた数値シミュレーションができ、その結果を工学的に考察できる.                                                          | <input type="checkbox"/> Filtered-ε LMSアルゴリズムを説明できる.<br><input type="checkbox"/> Filtered-X LMSアルゴリズムを用いた数値シミュレーションができる.                                                                             | <input type="checkbox"/> Filtered-ε LMSアルゴリズムを説明できない.<br><input type="checkbox"/> Filtered-X LMSアルゴリズムを用いた数値シミュレーションができない.                                                                              |                     |          |
| 5. 適応制御の数値シミュレーションにおいて、工学的観点から仮説を立て、パラメータの適切な値を設定できる (C3-4) .                                                                                                                                                                                   | <input type="checkbox"/> 適切な適応制御系が構築でき、数値シミュレーションにおいて、その評価をすることができる.                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/> 適応制御の数値シミュレーションにおいて、各パラメータの意味を説明できる.<br><input type="checkbox"/> 適応制御の数値シミュレーションに結果より、工学的観点から仮説を立てることができる.<br><input type="checkbox"/> 適応制御の数値シミュレーションにおけるパラメータの適切な値を設定できる. | <input type="checkbox"/> 適応制御の数値シミュレーションにおいて、各パラメータの意味を説明できない.<br><input type="checkbox"/> 適応制御の数値シミュレーションに結果より、工学的観点から仮説を立てることができない.<br><input type="checkbox"/> 適応制御の数値シミュレーションにおけるパラメータの適切な値を設定できない. |                     |          |
| 学科の到達目標項目との関係                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                         |                     |          |
| 【プログラム学習・教育目標】 C 実践指針 (C3) 実践指針のレベル (C3-4)                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                         |                     |          |
| 教育方法等                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                         |                     |          |
| 概要                                                                                                                                                                                                                                              | 適応制御に焦点を当て、数値シミュレーションを通じて制御系の設計方法を習得し、使いこなせるようになる事を目標とする。適応制御は制御手法の一つに過ぎないが、適応制御を使い、その結果を考察することによって、制御システムを見渡せる能力を養成することを目指す。                                                                                  |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                         |                     |          |
| 授業の進め方・方法                                                                                                                                                                                                                                       | 授業は以下の進め方とする。<br>1) 教員が講義を行う。<br>2) 適応制御に関する専門書（洋書）を学生が訳して説明する。<br>3) 数値シミュレーション結果を学生がレポートにまとめて配布し、説明する。<br>授業内容は主として、(1)モデル規範型適応制御、(2)LMSアルゴリズムによる適応制御の2分野とする。                                                |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                         |                     |          |
| 注意点                                                                                                                                                                                                                                             | 1.評価については、評価割合に従って行います。ただし、適宜再試や追加課題を課し、加点することがあります。<br>2.中間試験を授業時間内に実施することがあります。                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                         |                     |          |
| 授業計画                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                         |                     |          |
|                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                | 週                                                                                                                                                                                                    | 授業内容                                                                                                                                                                                                    | 週ごとの到達目標            |          |
| 後期                                                                                                                                                                                                                                              | 3rdQ                                                                                                                                                                                                           | 1週                                                                                                                                                                                                   | シラバス・ルーブリック、レポートの作成方法、適応制御の概要、"Adaptive Control" pp.1-2の読み合わせ・解説                                                                                                                                        | 適応制御の概念および意義を説明できる。 |          |
|                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                | 2週                                                                                                                                                                                                   | Adaptive Control<br>Chapter 1 What is adaptive control?<br>1.1 Introduction<br>1.2 Linear feedback                                                                                                      | 適応制御の概念および意義を説明できる。 |          |

|  |      |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                         |
|--|------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|  |      | 3週  | Adaptive Control<br>Chapter 5 Model-reference adaptive systems<br>5.1 Introduction<br>5.2 The MIT rule                                                                                                                                                                                 | モデル規範型適応制御の概念およびMIT適応則を説明できる。                           |
|  |      | 4週  | Adaptive Control<br>Chapter 5 Model-reference adaptive systems<br>5.2 The MIT rule<br>5.3 Determination of the adaptation gain                                                                                                                                                         | MIT適応則の適応ゲインの決定方法を説明できる。                                |
|  |      | 5週  | Adaptive Control<br>Chapter 5 Model-reference adaptive systems<br>5.4 Lyapunov Theory<br>5.5 Design of MRAS Using Lyapunov Theory                                                                                                                                                      | リアプノフの安定定理を用いたモデル規範型適応制御のアルゴリズムを説明できる。                  |
|  |      | 6週  | 1) MRASを, MIT適応則・リアプノフの安定定理から求めた適応則の, 2種類の適応制御のシミュレーション結果の報告<br>2) Adaptive Inverse Control に関する論文紹介<br>3) Adaptive Inverse Control の概要                                                                                                                                                | MIT適応則およびリアプノフの安定定理を用いたモデル規範型適応制御を応用して, 数値シミュレーションができる。 |
|  |      | 7週  | 1) MRASを, MIT適応則・リアプノフの安定定理から求めた適応則の, 2種類の適応制御のシミュレーション追加課題<br>2) Adaptive Inverse Control<br>Chapter 1 The Adaptive Inverse Control Concept<br>1.1 Inverse Control                                                                                                                    | 適応逆制御の概念を説明できる。                                         |
|  |      | 8週  | Adaptive Inverse Control<br>Chapter 1 The Adaptive Inverse Control Concept<br>1.1 Inverse Control<br>1.2 Sample Application of Adaptive Inverse Control<br>1.2.1 Dynamic Control of a Minimum-Phase Plant<br>1.2.2 Dynamic Control of a Nonminimum-Phase Plant                         | 最小位相系・非最小位相系における, フィードバック制御の特徴を説明できる。                   |
|  | 4thQ | 9週  | 1) Adaptive Inverse Control<br>Chapter 1 The Adaptive Inverse Control Concept<br>1.2 Sample Application of Adaptive Inverse Control<br>1.2.3 Canceling Disturbance in the (Non)Minimum-Phase Plant<br>1.2.4 Canceling Disturbance in the Minimum-Phase Plant<br>2) LMS Algorithm の概要説明 | 適応逆制御アルゴリズムを用いた外乱キャンセレーションのアルゴリズムを説明できる。                |
|  |      | 10週 | Adaptive Inverse Control<br>Chapter 2 Wiener Filter<br>2.0 Introduction<br>2.1 Digital Filters, Correlation Functions, z-Transforms<br>FIRモデルおよびLMS Algorithm の導出                                                                                                                      | ウィナーフィルタの概念を説明できる。                                      |
|  |      | 11週 | Adaptive Inverse Control<br>Chapter 3 Adaptive LMS Filter<br>3.0 Introduction<br>3.1 An Adaptive Filter<br>FIRモデルおよびLMS Algorithm の詳細 (計算方法)                                                                                                                                           | 適応LMSフィルタの概念を説明できる。                                     |
|  |      | 12週 | 1) 一次遅れ要素における, LMSアルゴリズムを用いたシステム同定のシミュレーション<br>2) LMSアルゴリズムを用いた逆モデルの推定方法                                                                                                                                                                                                               | LMSアルゴリズムを用いた簡単なシステム同定のシミュレーションができる。                    |
|  |      | 13週 | 1) 逆モデルの推定シミュレーション結果報告<br>2) Filtered- $\epsilon$ アルゴリズム                                                                                                                                                                                                                               | LMSアルゴリズムを用いた簡単な逆モデル同定のシミュレーションができる。                    |
|  |      | 14週 | Filtered- $\epsilon$ アルゴリズムによる適応制御シミュレーション結果の報告                                                                                                                                                                                                                                        | Filtered- $\epsilon$ アルゴリズムを用いたシミュレーションができる。            |
|  |      | 15週 | 授業アンケート, 総評                                                                                                                                                                                                                                                                            | 授業アンケートを活用した, 授業内容における教員へのフィードバックができる。                  |
|  |      | 16週 |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                         |

#### 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                                                           |    |        |           |       |     |
|                                                                |    | レポート課題 | 発表        | 合計    |     |
| 総合評価割合                                                         |    | 70     | 30        | 100   |     |
| 1. MIT適応則を用いたモデル規範型適応制御の数値シミュレーションができる。                        |    | 14     | 6         | 20    |     |
| 2. リアプノフ安定定理による適応則を用いたモデル規範型適応制御の数値シミュレーションができる。               |    | 14     | 6         | 20    |     |
| 3. LMSアルゴリズムによるFIRモデルの導出ができる。                                  |    | 14     | 6         | 20    |     |
| 4. Filtered- $\epsilon$ LMSアルゴリズムを用いた適応逆制御の数値シミュレーションができる。     |    | 14     | 6         | 20    |     |
| 5. 適応制御の数値シミュレーションにおいて, 工学的観点から仮説を立て, パラメータの適切な値を設定できる (C3-4)。 |    | 14     | 6         | 20    |     |