

電子制御工学 (Electronics and Control Engineering)		5年・通年・2学修単位(β)・選択 機械工学科・担当 酒井 史敏	
〔準学士課程(本科 1-5年) 学習教育目標〕 (2)	〔システム創成工学教育プログラム 学習・教育目標〕 D-1 (80%), B-2 (20%)	〔JABEE 基準〕 (d-2a), (d-1)	
〔講義の目的〕 コンピュータなどの急速な進歩にともない複雑な演算も容易となり、現代制御理論の実用化が進んでいる。本講義では現代制御理論の基礎を学習し、様々なシステムの状態空間表現を導出することができ、状態空間における制御系解析・設計論を理解することを目的とする。			
〔講義の概要〕 制御工学で学ぶ古典制御理論ではシステムの伝達関数表現を用いるのに対し、現代制御理論では、システムの内部状態を記述する状態空間表現を用いる。状態空間表現に基づく制御系解析・設計論では、伝達関数では取り扱いが難しかった多入力多出力系への設計に有効に利用できることが知られている。本講義では、現代制御理論における制御系解析・設計論の基礎を学ぶ。物理法則から状態空間表現を導くことから始め、安定性や可制御・可観測性の判別法などの解析論、極配置、状態オブザーバ、最適レギュレータなどの設計論を簡単な具体例を通じて学ぶ。また、状態空間表現と伝達関数表現との関係、非線形システムの線形化についても学ぶ。			
〔履修上の留意点〕 講義項目ごとに演習問題およびコンピュータを用いた演習を実施する。授業中は積極的に質問や発言ができるように準備しておくこと。ノートをきちんととり、配布プリントを整理しておくこと。			
〔到達目標〕 前期中間試験： 1) 現代制御理論に必要な数学的知識を習得する。 2) システムの状態空間表現を導出することができる。 3) 状態空間表現の座標変換を行うことができる。 4) システムの時間応答を求めることができ、漸近安定性について理解する。 前期末試験： 1) Lyapunov の安定定理を理解する。 2) Lyapunov 方程式に基づきシステムの安定性を説明することができる。 3) システムの可安定性と可制御性について理解する。 4) システムの可検出性と可観測性について理解する。 後期中間試験： 1) 状態オブザーバを用いた状態フィードバック制御の構成を理解する。 2) 最適レギュレータの設計問題を理解する。 3) サーボ系の構成について理解する。 学年末試験： 1) 線形システムと非線形システムの違いを理解する。 2) 非線形システムを平衡点まわりで線形化することができる。 3) コンピュータを用いて制御系設計を行うことができる。			
〔評価方法〕 定期試験成績 (60%) に演習レポート点 (40%) を含めて総合評価する。			
〔教科書〕 プリントを適宜配布する。 〔補助教材・参考書〕 「フィードバック制御入門」、コロナ社、杉江俊治、藤田政之、 「線形システム制御入門」、コロナ社、梶原宏之			
〔関連科目・学習指針〕 応用数学、応用物理、メカトロニクス、振動工学、制御工学などとの関連が深い。 数学的な取り扱いが多いが、実際のシステムを考えながら取り組んで欲しい。			

講義項目・内容

週数	講義項目	講義内容	自己評価*
第1週	現代制御理論の概要	古典制御理論と現代制御理論の概要を含め、本講義で学習する内容について説明する。	
第2週	状態空間表現の導出	物理法則からシステムの状態空間表現を導出する手順について説明する。	
第3週	状態空間表現の性質	状態空間表現の直列結合などについて説明する。	
第4週	数学的準備(1)	本講義で必要とする数学的な知識について説明する。	
第5週	数学的準備(2)	本講義で必要とする数学的な知識について説明する。	
第6週	システムの時間応答と安定性	時間応答の表現式、ステップ応答、インパルス応答について説明する。	
第7週	状態遷移行列、正則変換	状態遷移行列の計算方法、正則変換とその利点について説明する。	
第8週	中間試験		
第9週	伝達関数と状態空間表現	伝達関数と状態空間表現との関係について説明する。	
第10週	システムの漸近安定性	安定性に関する定義と線形システムの安定定理について説明する。	
第11週	Lyapunov の安定性理論	一般の非線形システムに対する安定性を判別する方法および線形システムに対する Lyapunov の安定定理について説明する。	
第12週	状態フィードバック	状態フィードバックの構成と目的について説明する。	
第13週	可制御性	可制御性の意味とその判別方法について説明する。	
第14週	可制御正準系	可制御なシステムを可制御正準系に変換する方法について説明する。	
第15週	極配置問題	閉ループ系の安定性を保証する状態フィードバックゲインの設計方法について説明する。	
前期期末試験			
第16週	可観測性と状態オブザーバ	状態オブザーバの必要性と可観測性について説明する。	
第17週	同一次元オブザーバ	同一次元オブザーバの構成とオブザーバゲインの設計方法について説明する。	
第18週	オブザーバベースコントローラ	状態オブザーバで推定された状態変数を用いた状態フィードバック制御について説明する。	
第19週	最適制御問題	評価関数に基づく状態フィードバックゲインの設計について説明する。	
第20週	最適レギュレータ問題の解	最適レギュレータの設計手順について説明する。	
第21週	コンピュータを用いた演習	これまでに学習した内容についてコンピュータを用いたシミュレーション等により確認する。	
第22週	サーボ問題	出力を目標値に追従させる制御系の設計問題について説明する。	
第23週	積分型最適レギュレータ	評価関数に基づいてサーボ系を設計する方法について説明する。	
第24週	中間試験		
第25週	非線形システムのモデリング	倒立振り子系を例に非線形システムのモデリングについて説明する。	
第26週	非線形システムの線形化	非線形システムを平衡点まわりで線形化する方法について説明する。	
第27週	非線形システムに対する線形制御理論の適用	平衡点まわりで線形化したモデルに対して線形制御理論を適用した例を説明する。	
第28週	コンピュータを用いた制御系設計(1)	コンピュータを用いて制御系の設計および解析を行う。	
第29週	コンピュータを用いた制御系設計(2)	コンピュータを用いて制御系の設計および解析を行う。	
第30週	まとめ		
学年末試験			

* 4 : 完全に理解した, 3 : ほぼ理解した, 2 : やや理解できた, 1 : ほとんど理解できなかった, 0 : まったく理解できなかった。
(達成) (達成) (達成) (達成) (達成)