

科目	システム工学 (Systems Engineering)		
担当教員	小林 洋二		
対象学年等	機械工学科・5年D組・前期・選択・1単位		
学習・教育目標	工学複合プログラム	A4-3(100%)	JABEE基準1(1) (d)1,(d)2-a,(d)2-d,(g)
授業の概要と方針	状態方程式と出力方程式による物理システムのモデリング, 可制御性と可観測性, システムの構造, 安定性の解析について学ぶ。これらは大学, 専攻科で学ぶ, あるいは, 企業で使用する現代制御理論による制御系の設計手法を理解するための基礎事項である。本講義では, 理論の本質を理解する際の煩雑さを避けるために, 一入力出力の線形システムを対象として授業を行う。		
	到達目標	達成度	到達目標毎の評価方法と基準
1	【A4-3】物理システムの数式モデルを、状態方程式と出力方程式で表現し、ブロック線図を用いてシステムを図的に表現できる。あわせて、状態方程式で表されたシステムの解を求めることができる。		物理システムを記述する微分方程式から、状態方程式と出力方程式の導出、ブロック線図による図的表現ができ、状態方程式の解を計算することができる。以上の項目について、課題演習および中間試験で評価する。
2	【A4-3】可制御性と可観測性の意味を理解し、与えられたシステムの可制御性と可観測性を判定することができる。		システムの可制御性と可観測性について、その物理的な意味を理解し、判別条件を用いて、それぞれの性質について判別することができる。以上の項目について、課題演習および定期試験で評価する。
3	【A4-3】システムの等価変換の意味を理解し、システムを対角形式（場合によってはJordan形式）へ変換できる。対角形式（場合によってはJordan形式）のシステムと可制御性、可観測性の関係を理解することができる。		システムを対角化する過程とその変換法を理解できる。変換されたシステムのブロック線図から、そのシステムの可制御性、可観測性を判定できる。以上の項目について、課題演習および定期試験で評価する。
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
総合評価	授業で課される課題演習の解答レポートを評価（30%）する。あわせて、上記の各項目の理解度を中間試験、定期試験で評価（70%）する。		
テキスト	「システム制御の講義と演習」：中溝 高好、小林 伸明 著(日新出版)		
参考書	「システム制御理論入門」：小郷 寛、美多 勉 著(実教出版) 「現代制御論」：吉川 恒夫、井村 順一 著(昭晃堂)		
関連科目			
履修上の注意事項	半期を通して、行列の演算を中心とした線形代数の知識、簡単な微積分の知識(ラプラス変換を含む)が要求されますので、4年生の間にこれらの基礎を固めておいてください。また、並列して開講されている自動制御の内容とも関連しますので、自動制御をしっかりと理解してください。		

授業計画 1 (システム工学)

週	テーマ	内容(目標, 準備など)
1	古典制御理論と現代制御理論	システムの解析や設計を行う際に、周波数領域のツールである伝達関数を用いる古典制御理論と、時間領域のツールである状態方程式・出力方程式を用いる現代制御理論について、それぞれの手法が考案された歴史的背景、手法の違い、現在の状況、今後の動向などを概説する。
2	システムの記述	この講義を通して重要な概念である線形性と非線形性、静的と動的について定義を述べたあと、工学で扱う多くの物理システムは、近似的に線形動的システムとして線形微分方程式で表現されることを説明する。これに関連して、伝達関数、インパルス応答による表現を説明する。
3	状態方程式と出力方程式	線形微分方程式で表されたシステムは、1階の連立微分方程式(状態方程式)と代数方程式(出力方程式)で表されることを説明する。あわせて、これらの数式は、ブロック線図を使ってグラフィカルに表現できることを説明する。
4	状態方程式と出力方程式による表現のバリエーション	線形微分方程式から状態方程式と出力方程式を導く過程を変えることによって、最終的に得られる状態方程式と出力方程式が異なることを示す。また、係数行列の固有値が重複する場合のJordan形式についても説明する。
5	状態ベクトルの等価変換と等価系	システムを表す状態方程式、出力方程式は何通りも存在することを示し、このことは座標の取り方に起因していることを述べ、この座標変換を行う等価変換の方法について説明する。
6	遷移行列	まず、簡単のため、入力がゼロの自由系について、状態方程式と出力方程式の解を求める方法を説明する。スカラーの微分方程式の解法と対比させながら、遷移行列を導入し、この行列の性質について説明する。
7	状態方程式(自由系)の解	遷移行列を用いて自由系の解が求められることを説明し、バネ-質量系の振動を例に挙げて、状態方程式の解を求める手順を説明する。
8	中間試験	1-7週目までの理解度を確認するために中間試験を実施する。
9	状態方程式(強制系)の解	入力が非ゼロとなる強制系について、状態方程式と出力方程式の解を求める方法を説明する。関連する事項として、状態方程式から伝達関数とインパルス応答を計算する方法、マルコフパラメータについて説明する。
10	システムの可制御性	状態方程式で表されたシステムの可制御性について、その定義を説明し、その定義に基づいて、入力信号を計算することによって、可制御性のための必要十分条件を導出する過程を説明する。
11	可制御性の条件	10週目に導出した可制御性の判定条件を使って、さらに使い易い条件を導く。この新たに導出された条件を用いて、システムの可制御性を判定する例題を説明し、あわせて等価変換を行った場合でも、可制御性は保持されることを示す。
12	可観測性	状態方程式と出力方程式で表されたシステムの可観測性について、その定義を説明し、その定義に基づいて、システムの初期状態を計算することによって、可観測性のための必要十分条件を導出する過程を説明する。
13	可観測性の条件	12週目に導出した可観測性の判定条件を使って、さらに使い易い条件を導く。この新たに導出された条件を用いて、システムの可観測性を判定する例題を説明し、あわせて等価変換を行った場合でも、可観測性は保持されることを示す。関連する項目として、ハンケル行列について説明する。
14	システムの対角化	状態方程式と出力方程式を対角形式に等価変換する方法について説明する。また、対角形式で表されたシステムをブロック線図で表し、そこからグラフィカルに可制御性、可観測性を判別する条件を導出できることを説明する。
15	Jordan形式への変換	状態方程式の係数行列が重複する固有値を持つ場合に、そのシステムをJordan形式に等価変換する方法について説明する。また、Jordan形式で表されたシステムをブロック線図で表し、そこからグラフィカルに可制御性、可観測性を判別する条件を導出できることを説明する。
備 考	中間試験と定期試験を実施します。	