

科目	制御工学Ⅱ (Control Engineering II)		
担当教員	田原 熙昂 講師		
対象学年等	電子工学科・5年・通年・必修・2単位【講義】(学修単位Ⅲ)		
学習・教育目標	A4-D3(100%)		
授業の概要と方針	4年次の制御工学Ⅰを基礎とし、状態方程式に基づくシステムの表現、制御系の設計、評価方法を講義する。また、実際にコンピュータを用いて制御を行う場合に必要となるデジタル制御についても講義する。		
	到達目標	達成度	到達目標別の評価方法と基準
1	【A4-D3】古典制御と現代制御の違いを説明できるようになる。		それぞれの特徴を理解できているか、前期中間試験により評価する。
2	【A4-D3】単純な連続系システムのモデル化ができ、状態方程式による線形システムの記述ができるようになる。		電気回路、物体の運動などを例として、レポート及び前期中間試験により評価する。
3	【A4-D3】可制御性、可観測性の意味を理解し、与えられ線形システムに対して、可制御、可観測の評価ができるようになる。		簡単な状態方程式を例として、可制御性・可観測性の判定をレポート及び前期定期試験により評価する。
4	【A4-D3】連続系線形システムにおいて、安定性について説明ができるようになる。		安定であるということがどういうことか、またその判定をどう行なうかなどについて、前期定期試験により評価する。
5	【A4-D3】連続系線形システムにおいて、状態フィードバック制御のコントローラを設計できるようになる。		幾つかの制御方法について制御器の設計ができるか、前期定期試験および後期中間試験により評価する。
6	【A4-D3】最適制御とはどのような制御であるか説明ができ、線形システムにおいて最適制御を設計できるようになる。		最適制御について説明ができ、簡単な線形システムにおいて最適制御を設計できるか、後期中間試験で評価する。
7	【A4-D3】オブザーバについて説明でき、簡単なシステムのオブザーバを構成できるようになる。		オブザーバの説明ができ、簡単なシステムのオブザーバが設計できるか、レポート及び後期中間試験で評価する。
8	【A4-D3】離散時間信号を数学的に表現する方法(Z変換)を学び、実際に簡単な離散信号をZ変換を用いて表現できるようになる。また、システムのパルス伝達関数を求めることができるようになる。		代表的な関数についてZ変換を求めることができるか、レポート及び後期定期試験により評価する。簡単なシステムを例として、パルス伝達関数を求められるか、後期定期試験により評価する。
9	【A4-D3】離散時間系システムでの安定性について学び、離散系での安定条件を説明できるようになる。また、双一次変換による連続系へ変換して連続系での判定基準により安定判別ができるようになる。		簡単な離散系システムを例として安定判別できるか、後期定期試験により評価する。
10			
総合評価	成績は、試験80% レポート20% として評価する。試験成績は前期と後期の中間試験と定期試験の単純平均とする。状況により臨時試験を行なうことがあるが、その場合は最高60点とする。総合評価は100点満点で60点以上を合格とする。		
テキスト	「シリーズ知能機械工学3 現代制御」: 山田・矢野・毛利・遠藤共著(共立出版)		
参考書	「演習で学ぶ 現代制御理論 新装版」: 森泰親著(森北出版) 「はじめての現代制御理論」: 佐藤和也・下本陽一・熊澤典良共著(講談社) 「例題で学ぶ 現代制御の基礎」: 鈴木隆・板宮敬悦共著(森北出版)		
関連科目	D4「制御工学Ⅰ」, D3「電気数学」, D4「応用数学Ⅰ」, D4「応用数学Ⅱ」		
履修上の注意事項	本講義では、4年次で学習する制御工学Ⅰに加えて、線形代数(行列など)の知識が必要となるので、十分復習しておくこと。		

授業計画(制御工学II)

	テーマ	内容(目標・準備など)
1	古典制御と現代制御	4年次の制御工学Iと比較しながら、今年度行う制御工学IIの内容について説明を行う。特に、現代制御では、行列を用いた、線形代数、微分方程式をよく用いるので、行列に関する復習を行う。
2	状態空間表現(状態方程式によるシステムの表現)	4年次に学んだ古典制御では伝達関数法により制御システムを表現し、制御系の設計などを行ってきた。この方法は便利であるが、不十分な点がいくつかある。これらを解消する表現の1つとして状態空間表現がある。具体的な制御対象として航空機などを例として、両者を比較しながらその違いを説明する。
3	状態空間法によるシステム表現1	連続時間関数となる制御対象となるシステムの多くは微分方程式で表現される。ここでは、まず最初に線形常微分方程式で表されるものについて、状態方程式という形で整理し、議論する。また、非線形要素を有する制御対象について、平衡点の近傍で線形近似する方法について説明する。
4	状態空間法によるシステム表現2	複雑な機械システムの運動方程式を導出する方法としてラグランジュの運動方程式がよく用いられる。ここでは、ラグランジュの運動方程式を用いた運動方程式の導出を例題を用いて紹介する。
5	状態方程式の解とシステムの安定判別	状態方程式の解法について説明する。これまで習ってきた微分方程式と考え方は変わらないが、変数(状態変数)がベクトル、係数が行列になるため、新たに行列指数関数を導入する。また、この解より、システムが安定となる条件を考える。
6	システムの安定性	今回は、状態方程式の解より安定判別を行ったが、方程式の解を導出することなく安定判別を行う2つの方法(ラウスフルビッツの安定判別、4年次の復習、リアプノフの安定判別法)について学ぶ。リアプノフの安定判別法は、線形、非線形の場合でも利用できる適用範囲の広い方法である。
7	演習	1週から6週までに習ったことを演習問題を通して、さらに理解を深める。
8	前期中間試験	1週目から7週目に学んだ内容について、到達目標がどの程度達成されたか試験を行う。
9	試験の解答説明、次節の概要説明	前期中間試験の解答を詳細に解説し内容の理解を深める。また、残りの時間で、次節で習うことの概要を説明し、その導入とする。
10	可制御性と可観測性	伝達関数に基づく制御(古典制御)では、入力によって出力が変化するものを扱っている。しかし、実際のシステムでは全ての内部状態が入力の影響を受けるとは限らず、また、全ての内部状態が出力に影響を与えとも限らない。それらを可制御性、可観測性として判別することができる。これらの考え方と判別方法について学ぶ。
11	線形システムの構造	システムの状態変数表現は一意ではなく、線形変換によってもシステムの特長(伝達関数と固有値など)は変化しない。したがって、モデルを状態方程式で表現する場合、制御系を設計する場合など、状況に応じて取り扱いやすい表現をとることができる。いくつかの代表的な標準形式について学ぶ。
12	状態フィードバックによるシステムの安定化	可制御なシステムでは、各状態変数に適切な係数を掛けた和を制御入力に戻すことにより(状態フィードバック)、任意の応答が実現できる。すなわち、システムの安定化、応答改善が可能である。このことを示すとともに、改善させたい極への配置法について学ぶ。
13	状態フィードバック以外のフィードバック制御設計	状態フィードバック以外のフィードバック制御手法として、出力フィードバック制御、直列補償器などがあり、その特徴と設計手法について説明する。
14	フィードバック制御系の設計	これまで説明してきた制御設計についてモータなどの簡単なものから航空機のように複雑なものを具体例として示すとともに、同様のシステムについて制御系設計の演習を行う。
15	総合演習	前期に学習した内容(特に10週から14週)について総合的な演習を行う。
16	線形システムの最適制御(1)	最適制御の基本的な概念を説明し、最適レギュレータを設計する。
17	線形システムの最適制御(2)	最適制御が2次形式で表現された評価関数を最小にする意味を説明する。評価関数の重みの違いによって最適レギュレータを適用したときの応答特性が異なることを確認する。
18	最適制御の性質	最適制御は与えられた評価関数を最小にするだけでなく、安定性に関して優れた特性を持っている。最適制御のロバスト性について説明する。
19	オブザーバ1(同一次元オブザーバ)	システムの入出力より全状態変数を推定するオブザーバ(同一次元オブザーバ)について説明する。
20	オブザーバ2(最小次元オブザーバ)	今回は全状態を推定するオブザーバについて説明したが、実際には、観測できない状態だけを推定できればよい。それを実現する最小次元オブザーバについて説明する。
21	オブザーバを用いたフィードバック制御	オブザーバで推定した状態を状態フィードバック制御に用いた場合の特性とオブザーバの極配置、制御系の極配置の関係について説明する。
22	演習	16週から21週までに習ったことを演習問題を通して、さらに理解を深める。
23	後期中間試験	16週目から22週目までに学んだ内容について、到達目標がどの程度達成されたか試験を行う。
24	試験の解答説明、次節の概要説明	後期中間試験の解答を解説し内容の理解を深める。また、残りの時間で、次節で習うことの概要を説明し、その導入とする。
25	離散時間システム	デジタル技術の進歩により、複雑な制御器もマイクロコンピュータやDSPを利用して実現できるようになってきた。離散時間システムについて概要と離散時間系の数学的な取扱について説明する。
26	Z変換法	離散時間を表現する場合、従来のラプラス変換では、時間遅れが有理式とならず、システムの合成、応答などを求めることが難しくなる。その点を解決する手段として、Z変換を導入し、その基本的な性質を理解する。
27	状態方程式の離散化とパルス伝達関数	連続時間で表現されている状態方程式を、一定時間間隔でサンプルしたときに同値となる離散時間方程式(状態推移方程式・差分方程式)を導出する。また、状態推移方程式をZ変換し、連続時間系での伝達関数に相当するパルス伝達関数を求める。
28	閉ループ系の安定性と双1次s-z変換法	離散時間系では、サンプリングで区切られた連続応答素子で1つのブロックとなり、システムの合成を行う場合には、どこでブロックを区切るか注意する必要がある。これらの注意点を例題により確認する。また、離散時間系でのシステムの安定性、双一次変換により連続時間での安定判別の利用などについても説明を行う。
29	離散時間システムにおける状態フィードバックとオブザーバ	連続時間システムで学習した状態フィードバックとオブザーバについて、離散時間システムに適用するために状態フィードバックとオブザーバがどのように変わるかを説明する。
30	総合演習	24週から29週に習ったことを演習問題を通して、さらに理解を深める。
備考	前期、後期ともに中間試験および定期試験を実施する。 本科目の修得には、60時間の授業の受講と30時間の事前・事後の自己学習が必要である。	