科目ナンバリング	U-LAS70 10002 SE50						
授業科目名<英訳>	ILAS Seminar-E2 :Introduction to Quadrotor Unmanned Flight Control -Principles and Applications（クアッドローター無人飛行制御入門ー原理と応用） ILAS Seminar-E2 :Introduction to Quadrotor Unmanned Flight Control -Principles and Applications			担当者所属職名・氏名	工学研究科　講師　Tam Willy Nguyen		
群	少人数群	単位数	2単位	週コマ数	1コマ	授業形態	ゼミナール（対面授業科目）
開講年度・開講期	2026・前期	受講定員(1回生定員)	14 (10) 人	配当学年	主として1回生	対象学生	全学向
曜時限	木5	教室	共北12			使用言語	英語
キーワード	Unmanned Aerial Vehicle / Modeling / Sensor / Flight Control / Software Implementation						

[授業の概要・目的]

This course introduces modeling and control of quadrotor UAVs, focusing on attitude dynamics and stabilization using SO(3) representations. Students will learn how to describe, simulate, and control UAV motion using mathematical models and numerical methods, progressing from basic mechanics to feedback control implementation. If time allows, final sessions will extend to sensor integration and embedded programming for real-world control.

この講義は、SO(3)表現を用いた姿勢力学と安定化に焦点を当て、クアッドローターUAVのモデリングと制御を紹介する。学生は、数学的モデルと数値的手法を用いて、UAVの運動を記述し、シミュレーションし、制御する方法を学ぶ。内容は、基礎的な力学からフィードバック制御の実装へと進む。時間が許せば、最終回ではセンサー統合や実世界制御のための組込みプログラミングにも触れる。

[到達目標]

1. Model UAV dynamics and represent rotations using SO(3), Euler angles, and quaternions.
2. Simulate kinematics and dynamics in Matlab using numerical solvers.
3. Design and analyze PD and cascaded feedback controllers for attitude and position control.
4. Implement basic sensor fusion and real-time control concepts.
5. Extend control algorithms to embedded platforms if time permits.

1. UAV**の力学をモデル化し、**SO(3)**、オイラー角、クォータニオンを用いて回転を表現する。**
2. **数値解法を用いて、**Matlab**で運動学と力学をシミュレーションする。**
3. **姿勢および位置制御のために、**PD**制御器とカスケード型フィードバック制御器を設計し、解析する。**
4. **基本的なセンサフュージョンとリアルタイム制御の概念を実装する。**
5. **時間が許せば、制御アルゴリズムを組込みプラットフォームに拡張する。**

[授業計画と内容]

Weeks 1-2: Fundamentals and Modeling
- Overview of UAV systems and flight control concepts
- Coordinate frames, forces, and basic mechanics

Weeks 3-5: Attitude Representation (SO(3))
- Rotation matrices, Euler angles, and quaternions
- Relationship between parameterizations and gimbal lock issues
- Matlab implementation and visualization of attitude motion

Weeks 6-8: Simulation of Dynamics
- Numerical integration: Euler, RK4, ODE45
- Simulating attitude and translational motion
- Basic animation of UAV kinematics and dynamics in Matlab

Weeks 9-11: Feedback Control Foundations
- Review of control systems: open loop vs. closed loop
- PD control and Coriolis cancellation for attitude stabilization
- Simulation-based state feedback control design

Weeks 12-13: Cascaded Control Structure
- Inner attitude and outer position control loops
- Tuning and performance analysis through simulation

Week 14: Experimental Applications (if time permits)
- Microcontroller interface basics (PWM, IMU data acquisition)
- Implementing PID/PD control on embedded hardware

Week 15: Final Review and Feedback
- System integration summary
- Discussion of extensions to autonomous flight

第1~2**週 基礎とモデリング**
- UAV**システムと飛行制御の概要**
- **座標系、力、基本的な力学**

第3~5**週 姿勢表現**（SO(3)）
回転行列、オイラー角、クォータニオン

各パラメータ表現の関係とジンバルロックの問題
- Matlab**による姿勢運動の実装と可視化**

第6~8**週 力学シミュレーション**
- **数値積分法：オイラー法、**RK4、ODE45
- **姿勢運動と並進運動のシミュレーション**
- Matlab**による**UAV**運動学・力学の基本アニメーション**

第9~11**週 フィードバック制御の基礎**
- **制御系の復習：開ループと閉ループ**
- **姿勢安定化のための**PD**制御とコリオリ項補償**
- **シミュレーションに基づく状態フィードバック制御設計**

第12~13週 カスケード制御構造
- 内側の姿勢制御ループと外側の位置制御ループ
- シミュレーションによるチューニングと性能解析

第14週 実験応用（時間が許せば）
- マイコンインターフェースの基礎（PWM、IMUデータ取得）
- 組込みハードウェア上でのPID／PD制御の実装

第15週 最終レビューとフィードバック
- システム統合のまとめ
- 自律飛行への拡張に関する議論

[履修要件]

A basic understanding of Algebra, Programming, and Mechanics is recommended to help grasp the fundamentals of the lectures. The course content will be adapted to the class level as needed.

講義内容の基礎を理解するために、代数学、プログラミング、および力学の基本的な知識を持っていることが望ましい。授業内容は、必要に応じて受講者のレベルに合わせて調整する。

[成績評価の方法・観点]

Evaluation Methods and Policy:
- Attendance: 5%
- Punctuality: 5%
- Quizzes and Tests: 10%
- Midterm report: 30%
- Final report: 50%

Important Notes:
- Students who are absent more than four times will not be able to pass.
- Submission of the final report is mandatory.

評価方法および方針：
- 出席：5%
- 時間厳守：5%
- 小テスト：10%
- 中間レポート：30%
- 期末レポート：50%

重要事項：
- 4回以上欠席した学生は合格できない。
- 期末レポートの提出は必須である。

[教科書]

Randal W. Beard and Timothy W. McLain 『Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice』 （Princeton University Press）ISBN:978（0691149219）

[参考書等]

（参考書）

Brian L. Stevens, Frank L. Lewis, Eric N. Johnson 『Aircraft Control and Simulation: Dynamics, Controls Design, and Autonomous Systems』（Wiley-Blackwell,2015）ISBN:978（1118870983）

[授業外学修（予習・復習）等]

The students are expected to read the provided materials before each class and actively ask questions after the class about unclear points. It is also recommended that students review their class notes regularly.

学生は、各授業の前に配布された資料を読んでおくことが求められる。
また、授業後に不明点について積極的に質問することが望ましい。
さらに、授業ノートを定期的に復習することを推奨する。

[その他（オフィスアワー等）]

[主要授業科目（学部・学科名）]