

電気電子情報実験・演習： 学生実験のリモート・ハイブリッド実施の紹介

大西 亘

(工学系研究科 電気系工学専攻)

- 電気電子情報実験・演習第一
(学部3年夏学期)
遠隔・ハイブリッド両対応の
新規課題開発

数理・情報教育研究センター

Mathematics and Informatics Center

ソフトウェアを活用した
新しい数理科学教育シンポジウム

～東京大学のMATLAB教育活用事例を中心として～

開催日 2022年2月22日(火)

開催時間 12:30- 15:30

対象: 東京大学教職員 および 学生

主催: 数理・情報教育研究センター

共催: 情報システム本部

教養教育高度化機構 初年次教育部門

東京大学MATLABユーザグループ

東大MATLAB アンバサダー

MathWorks Japan

オンライン
開催

お申込はこちら

<https://u-tokyo-ac-jp.zoom.us/webinar/register/82710096048>

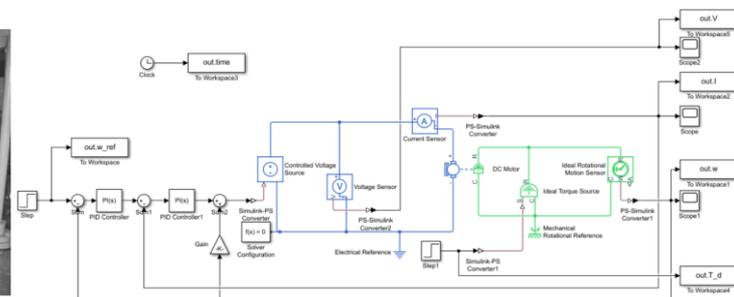
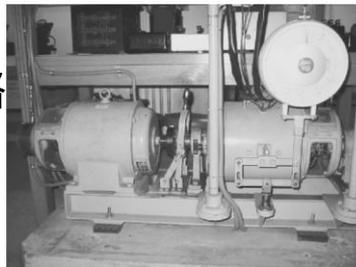
前期実験（学部3年夏学期）

- 例年

- E2実験 電気機器と整流回路

- 1日目：整流回路
 - 2日目：変圧器
 - 3日目：直流機
 - 4日目：誘導機

→ 2020年度は全てバーチャル化



Simscapeによる、電気・機械・制御
複合ドメインのシミュレーション

- 2020年度～

- 新課題「MATLABによる直流モータ制御とモーションコントロール」作成

- 1日目：MATLABによるフィルタ解析，フィードバックと安定性
 - 2日目：フィードバック制御器の設計，他励直流機を例とした電動機制御の基礎
 - 3日目：Simulinkの使い方，Simscapeの使い方と他励直流機の制御
 - 4日目：選択課題（シミュレーション）

- Arduinoを用いたモーション制御実験
 - 電気自動車の制御
 - ドローンの制御
 - ワイヤレス電力伝送の制御
 - 倒立振子の制御
 - 2慣性系の制御

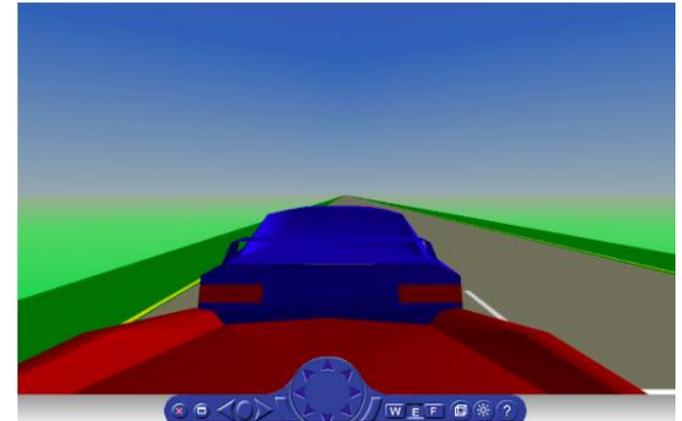
- 5日目：選択課題（実験，2021年度）
 - 6日目：**選択課題の発表会**（希望者）

工夫点

- Google Form, MATLAB Grader, Zoom poll機能によるFB
- LiveScriptによるレポート作成の時間短縮
- ブレイクアウトルーム, TA10名体制

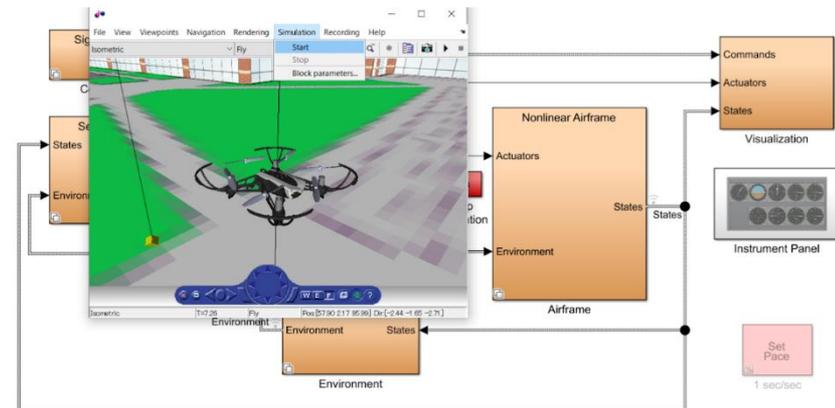
4日目：選択課題（シミュレーション）

- 電気自動車の制御
 - 様々な指令値に対する車両の制御
 - 外乱があった場合の車両の制御
 - センサの値が理想的でない場合の制御
 - 滑りやすい路面における車両の制御
 - クルーズコントロールの制御器設計
 - 速度制御器を内部に持つ制御器設計
 - 様々な運転状況に対応できる制御器の設計
- ドローンの制御
 - z軸モデルでの空気抵抗に負けない制御
 - 外乱オブザーバ
 - ヘキサコプターへの改造
 - Fault tolerance 制御
 - ヨー制御
 - 並進方向への進行
 - 力制御



電気自動車のシミュレーションを運転者視点で見た様子

- Simulink 3D Animation
- Powertrain Blockset
- Vehicle Dynamics Blockset
- Simulink Coder

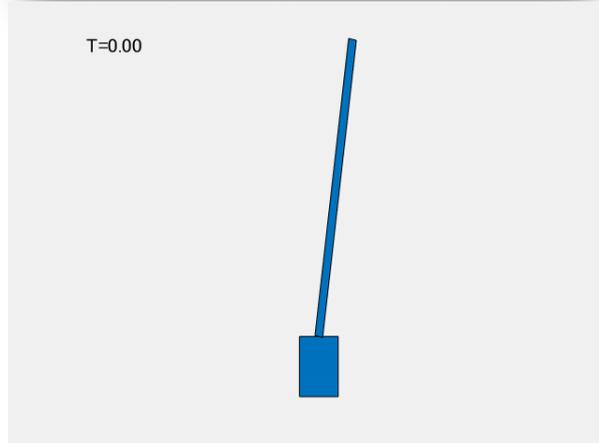
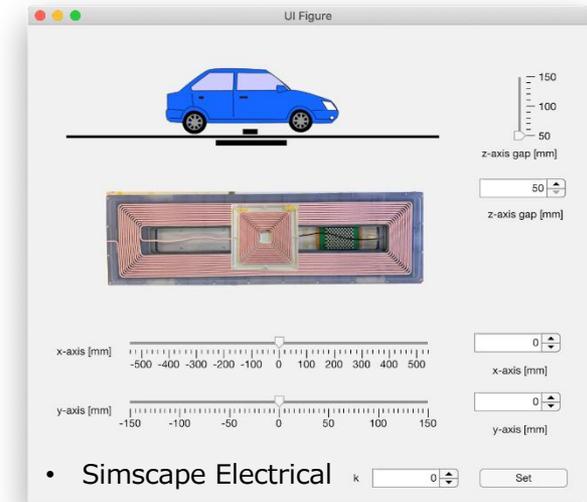


- Aerospace Blockset
- Aerospace Toolbox
- Optimization Toolbox
- Simulink Control Design
- Signal Processing Toolbox
- Computer Vision Toolbox
- Simulink 3D Animation

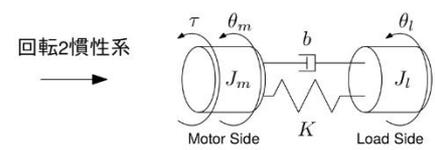
学生が自分でテーマを考える場合も

4日目：選択課題（シミュレーション）

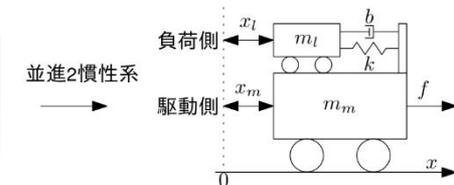
- ワイヤレス電力伝送の制御
 - コイル位置変動による結合係数変動にロバストなワイヤレス電力伝送
 - 走行中給電
 - 最適効率制御
 - 三相ワイヤレス電力伝送
 - インバータ・DC/DCコンバータを連携した制御
- 倒立振子の制御
 - 振り上げ制御
 - 状態フィードバック制御
 - 最適制御
 - リアプノフの安定理論
 - 振り子の長さや安定化の難しさの関係
 - 線形近似に対する考察
- 2慣性系の制御
 - 非整数次制御
 - 自己共振相殺制御（複数センサフィードバック）
 - 記述関数
 - PIDチューニングにおける新たな性能指標の提案



ロボットの関節

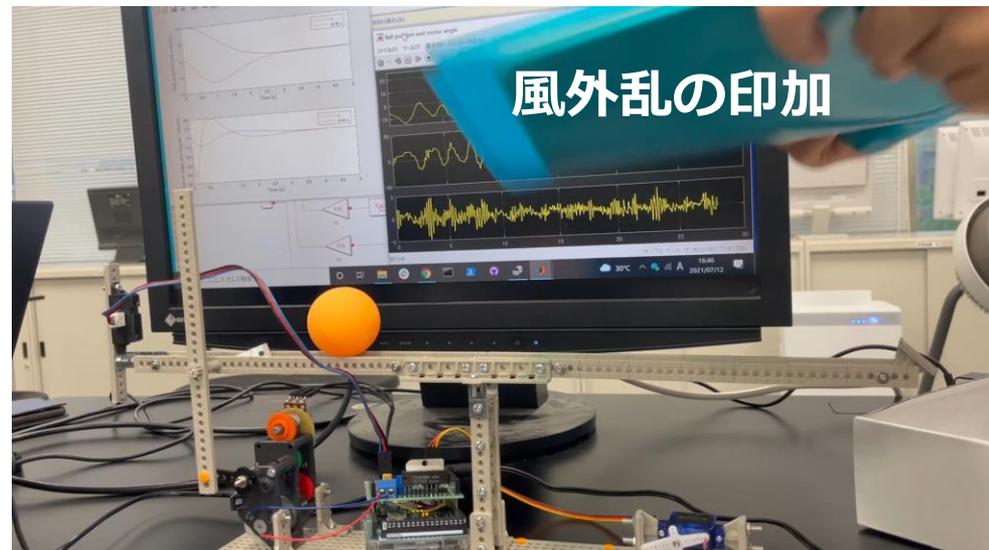
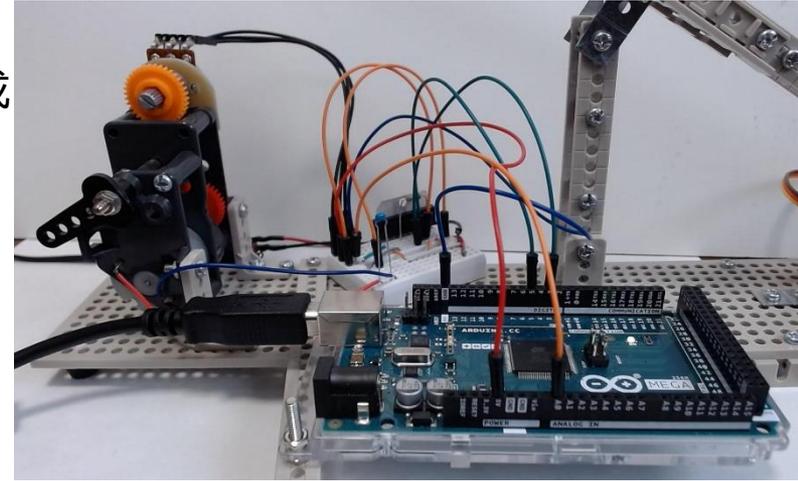


電気自動車と乗客



5日目：選択課題（実験，2021年度）

- Arduinoによるモーション制御実験
 - 平田光男「ArduinoとMATLABで制御系設計をはじめよう！」実験キット
 - 工夫点
 - ブレッドボードでなく基板をTAが作成
2日間の実験期間におさめるため
 - 電源を電池からACアダプタに
電圧変動の影響を抑えるため
 - 実験内容
 - センサキャリブレーション
 - モデル化
 - PID, PD, I-PDの違い
 - ゲインの極配置設計
 - 規範モデルを用いた
2自由度制御設計
 - 最適制御
 - 外乱抑圧実験 →



5日目：選択課題（実験，2021年度）

- 電気自動車の制御
 - 藤本研究室の電気自動車を利用@柏キャンパス
 - 4輪インホイールモータを備える
 - 各車輪での回転数・入力電流を測定可能
 - 滑りやすい地面（低 μ 路）の上におけるアンチスリップ制御
 - 外乱オブザーバによるスリップ抑制
 - MATLAB/Simulinkによるコーディングと実機実装

制御なし



空転しスリップ

5日目：選択課題（実験，2021年度）

- 電気自動車の制御
 - 藤本研究室の電気自動車を利用@柏キャンパス
 - 4輪インホイールモータを備える
 - 各車輪での回転数・入力電流を測定可能
 - 滑りやすい地面（低 μ 路）の上におけるアンチスリップ制御
 - 外乱オブザーバによるスリップ抑制
 - MATLAB/Simulinkによるコーディングと実機実装

制御あり



空転せず

5日目：選択課題（実験，2021年度）

- ドローンの制御
 - 安全性のためドローンネットを作成
 - ドローン制御モデルの学習
 - 安定性を可視化できる
- 安定な極配置



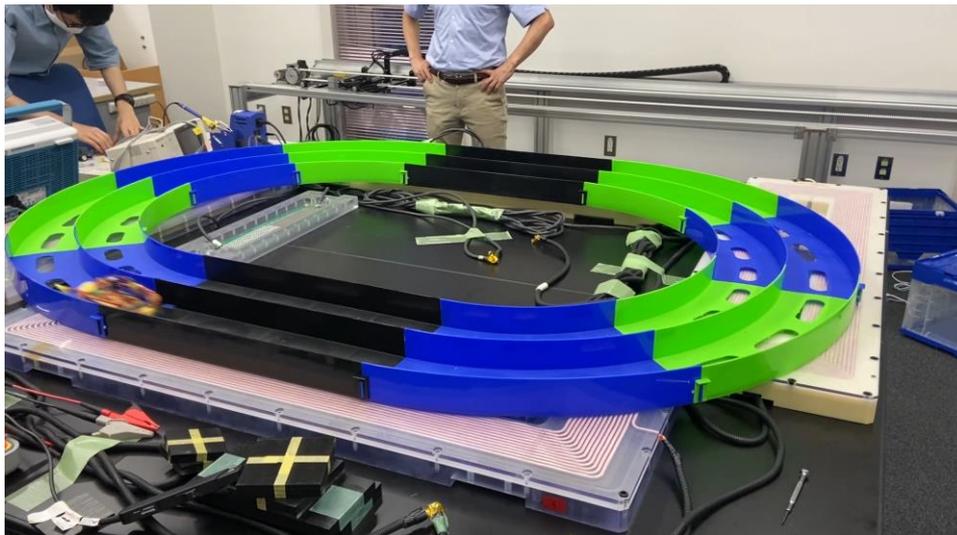
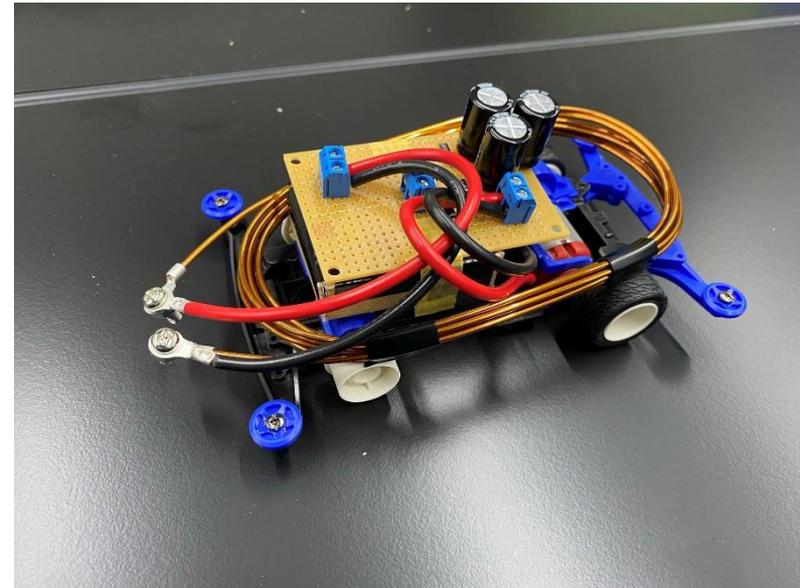
5日目：選択課題（実験，2021年度）

- ドローンの制御
 - 安全性のためドローンネットを作成
 - ドローン制御モデルの学習
 - 安定性を可視化できる
- 不安定な極配置



5日目：選択課題（実験，2021年度）

- ワイヤレス電力伝送の制御
電池のない，ワイヤレス給電で動くミニ四駆を自作
- 下に送電コイルのあるサーキットで走行
- 高周波の測定技術，コイルや電子回路の作製・調整技術を学ぶ
- Simscapeで電気回路からのシミュレーションを行った学生も

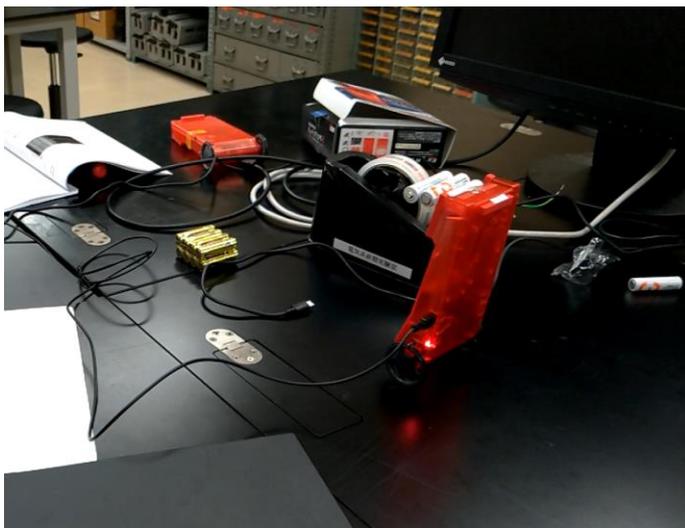


5日目：選択課題（実験，2021年度）

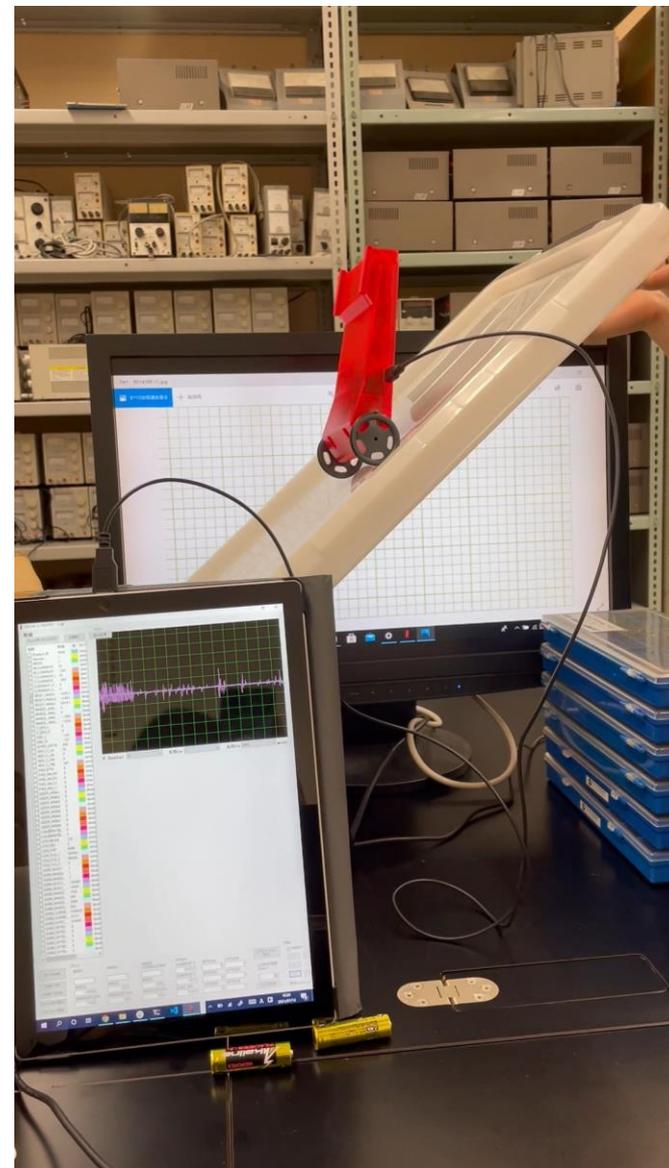
- 倒立振子の制御
ビュートバランサー2を使用



初期状態



重心位置を変えた実験

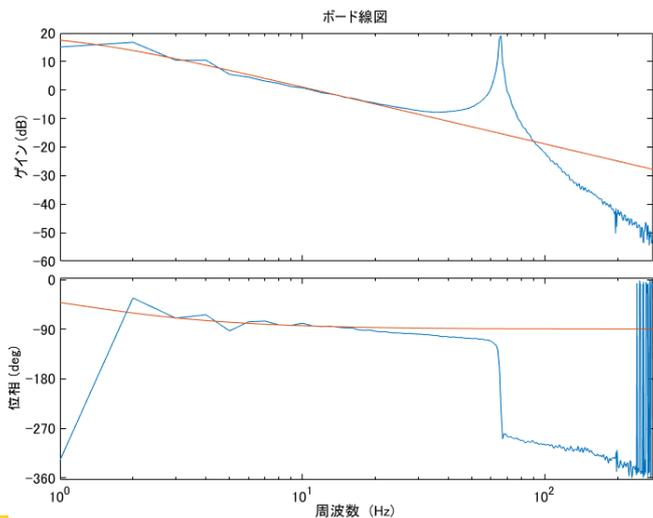
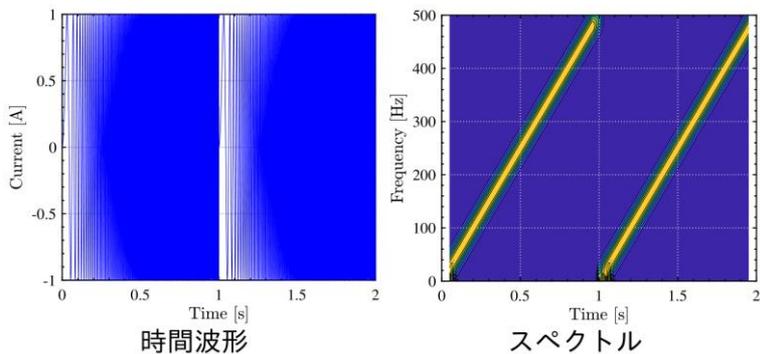


勾配を与えた実験（最適ゲイン）

5日目：選択課題（実験，2021年度）

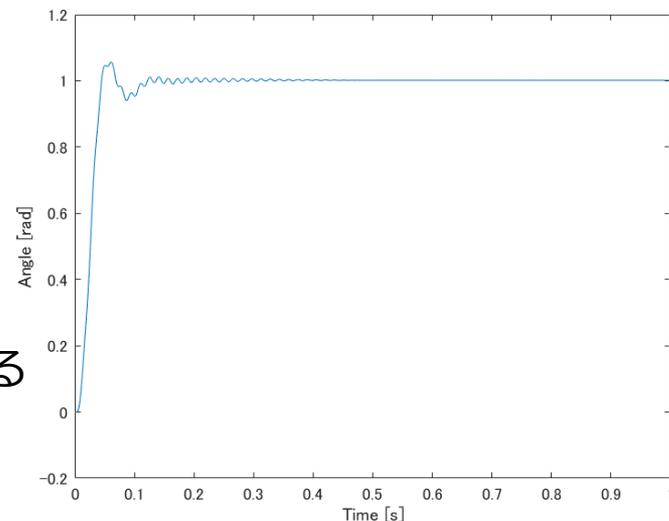
- 2慣性系の制御
- Chirp sineによるシステム同定

$$u(t) = A \sin \left[\phi_0 + 2\pi \left(f_0 t + \frac{k}{2} t^2 \right) \right]$$



← 周波数特性と
剛体モデル

剛体モデルへの →
PID極配置設計による
ステップ応答



まとめと謝辞

- 前期実験（学部3年夏学期）
 - 制御工学の復習から，Simulinkを用いた応用課題まで
 - 選択課題の開発
 - Arduino, 電気自動車, 無線給電, 倒立振子, ドローン, 2慣性系
 - 制御工学の応用先の意識, 理論と実際の違い, 実装法, を伝えた
 - リモート対応
 - アニメーションの活用, Simscape Electricalによる物理シミュレーションによって, 「実験する実感」をなるべく得てもらうようにした
 - ハイブリッド対応（1-day リアル実験）
 - シミュレーション内容に即した実験
 - 発表会
 - 学生のモチベーションと自主性につながった
- 謝辞
 - MathWorks Academic Support Program
TA費用, 実験装置整備費用, 教材のご支援をいただき深く感謝申し上げます
 - 課題作成・準備・指導にあたったTAの皆様

ご清聴をどうもありがとうございました