

## e-nuvo WHEELを用いた 学生実験事例

第3回 ZMPフォーラム  
平成23年11月29日

金沢大学 理工研究域 電子情報学系  
金子 修  
o-kaneko@ec.t.kanazawa-u.ac.jp

1

## 本日の発表内容

e-nuvo WHEELを導入した学部学生向け  
実験事例(の経過)を紹介



2

## 学生実験のねらい(情操)

制御の本質や楽しさを、実験を通して体感

実在するモノに  
リアルタイムで働きか  
けることで目的の動き  
にする

何もしなければ  
倒れるものを制御で立た  
せる・・・達成感♪

3

## 学生実験のねらい(教育)

実験を通して制御の基礎を学ぶ

- 古典制御
- 現代制御(状態フィードバック)
- 制御系CADの有効な使用法  
(Matlab, Simulink (Mathworks))

グループによる協調の重要性・効果を考える

- 分担
- 話し合い・相談



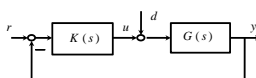
4

## 対象学生

- 電子情報学類 電気電子コース 3年後期  
(電気電子工学を学ぶ学部3年生)



- 実験まで習得している関連講義
- ✓システム制御の基礎的数学(2年後期)  
ラプラス変換, フーリエ変換など
- ✓古典制御(3年前期)
- ✓現代制御(3年後期)



5

## 実験の規模

- 1学年60~70名を4班へ...1班16~18名
- 1班を5グループへ...3~4名で1グループ
- 1グループ3~4名につき1台のe-nuvo WHEEL

- 学期中15回開講. うち12回が実験  
(残り3回はガイダンス, レポート指導日等)
- 1班の実験期間  
週1回4時間程度×3回



6

## 実験内容

- 1回目  
古典制御による倒立二輪の安定化制御
- 2回目  
現代制御(状態FB)による倒立二輪の安定化制御
- 3回目  
現代制御(状態FB)による倒立振り子の安定化制御

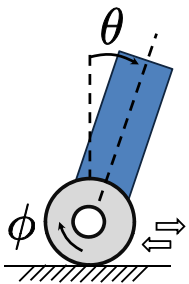
7

## 実験のポイント

- 対象の特性を理解しているか?
- 伝達関数・状態空間は導出できるか?
- 安定化制御器を設計できるか?  
PD(PID)制御, 極配置による状態FB
- シミュレーションはできるか?  
Simulink/Matlab
- 実装し立たせることができるか?
- 実験結果の考察は?

8

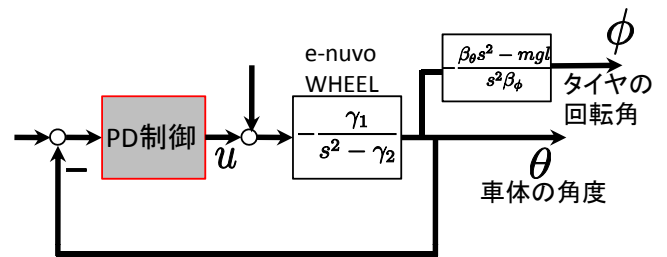
### 1回目 古典制御による倒立二輪の制御



- 伝達関数の導出
- P(I)Dによる安定化制御器
- シミュレーション  
Simulink/Matlab
- 安定化制御実験
- 実験結果の考察  
閉ループ根, ゲイン, 応答の関係

9

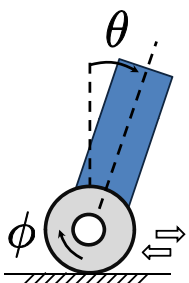
### 1回目 古典制御による倒立二輪の制御



タイヤには何も制御していないので  
車体は動き続ける⇒第二回目 現代制御へ

10

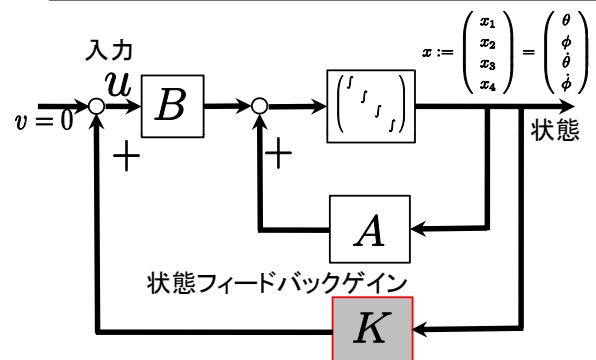
### 2回目 現代制御による倒立二輪の制御



- 状態空間モデルの導出
- 安定化FBゲインの設計  
極配置, Matlab
- シミュレーション  
Simulink/Matlab
- 安定化制御実験
- 実験結果の考察  
閉ループ根, ゲイン, 応答の関係

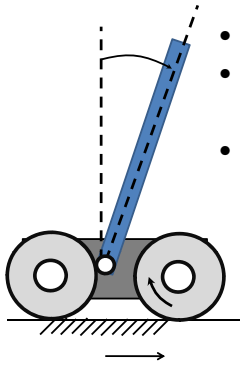
11

### 2回目 現代制御による倒立二輪の制御



12

### 3回目 現代制御による倒立二輪の制御



- 基本的な内容は倒立二輪と同じ
- 振子の慣性が小さいのでなかなか立たせにくい
- 「如何にして立たせるか」を考えさせる

立った時の喜びは格別



13

### 実験風景(その1)



設計の様子  
(Matlab, Simulink)



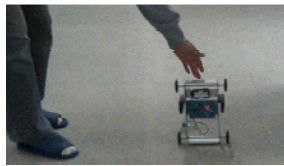
いざ、実験

14

### 実験風景(その2)



安定化が成功



つついても大丈夫

15

### 学生の反応(感想)

- 安定化させたときは達成感
- 制御の楽しさを感じた
- 立ったときは感動
- 細かいことはわからないが面白かった
- 実際に制御することの難しさを感じた
- ためになった

制御の「楽しさ」や「目指していること(本質の一部)」は体感できている様子

16

### 今後の進め方など

#### • 競技形式

※e-nuvo Wheelの制御をベンチマークとして(ロボコンのような)コンテストを開催するのはいかがでしょうか?

- 制御用プログラムも作成させる
- パラメータ同定(摩擦, トルク定数等)
- ライントレースも取り入れる

17

### 今後の進め方など

e-nuvo WHEELを用いた学生実験事例ということで、昨年1年間をとおして行った経過報告をさせていただきました。

「このようにしてみてもは？」

「このようなことはできるか？」

などご意見などいただけたら大変うれしいです

o-kaneko@ec.t.kanazawa-u.ac.jp

18