

[説明資料(提出ファイル)] 発明・工夫作品コンテスト 製作の動機または目的, 利用方法, 作品自体やその製作過程で工夫したことを, 文章, 写真, 図などで説明。この用紙1枚に記入し, PDFに変換した後, web提出フォームにて提出する。

個人・グループ名	脇谷至恩	大学名	静岡大学
作品名	全方向移動型倒立振り子教材の開発	人数	1名

全方向移動型倒立振り子教材の開発

静岡大・教育 ○脇谷至恩 (院生), 紅林秀治

目的

中学校技術や高等学校工業科で扱う“**全方向へ移動可能**で**小型**かつ**軽量**な**車輪型倒立振り子教材**”を開発する。

背景

- ・2つの車輪を用いた倒立振り子が普及している。
- ・電子計測制御の学習において人間生活を支えるロボットや自動制御技術を学ぶ教材として本教材が適していると考えた。



結論

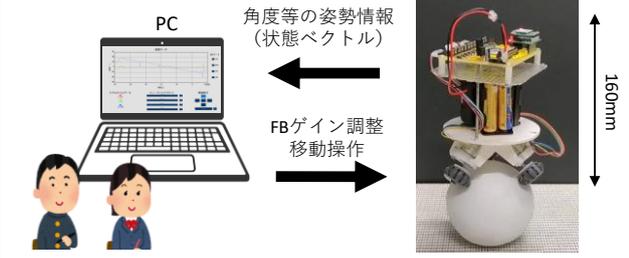
- ・玉の上で**1分以上倒立**し, 指示通り**前後左右へ移動**した。
- ・中学校の**計測・制御の授業で実践**を行った。



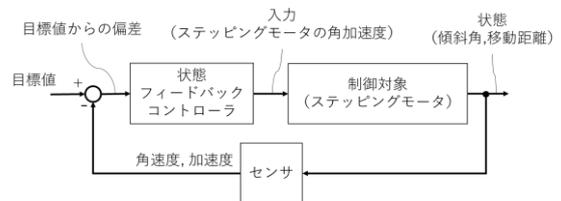
今後の展望

- ・**高等学校工業科でも授業実践**を行い, 引き続き計測制御教材としての有用性を検証する。
- ・**よりスムーズな移動動作**を実現する。

本教材の概要



制御ブロック図



センサで制御対象の状態を観測&推定し, 目標値との偏差を**フィードバック**することで倒立を目指す。

制御回路

センサ部

- ・複合センサ**MPU6050**を使用
- ・X/Y/Zの**加速度**と**角速度**を計測



引用: <https://www.mouser.jp/product/1261814/DK-04-ver01.00/MPU-6050?qs=ref%3Fpage%3F48349%3Fp%3F303630>

コンピュータ部

- ・PICマイコン**32MX250F128B**を使用
- ・角度, 角速度, 移動距離, 移動速度を観測&推定し, 以下の状態フィードバックコントローラにより**モータ操作量 u_x と u_y を算出しモータを制御**



引用: <https://www.microchip.com/en-us/product/pic32mx250f128b>

$$u_x(t) = k_1\theta_x(t) + k_2\dot{\theta}_x(t) + k_3(x - x_0) + k_4v_x$$

$$u_y(t) = k_1\theta_y(t) + k_2\dot{\theta}_y(t) + k_3(y - y_0) + k_4v_y$$

※ $k_1 \sim k_4$: フィードバックゲイン

- ・命令した移動速度を積分したものを目標位置 x_0, y_0 として移動
- ・Bluetoothモジュール**RN42**でPCと無線通信



引用: <https://www1.microchip.com/downloads/en/development/rn-42-ds-v2.3zr.pdf>

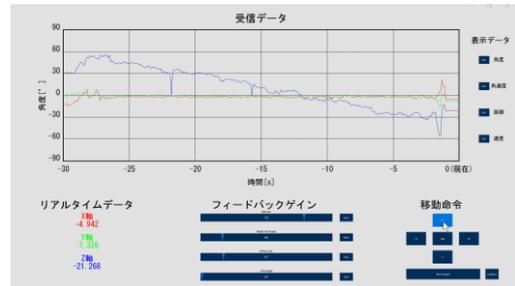
アクチュエータ部

- ・ステッピングモータ**SPG20-332**を3つ使用
- ・車輪には円周上に自由タイヤが付いた**オムニホイール**を使用
- ・**3Dプリンタ**でモータの土台を作成



倒立振り子制御アプリ

※Processingで制作



- ・倒立振り子の姿勢情報を**グラフ化**
- ・右下の4つのバーで $k_1 \sim k_4$ の**FBゲイン**を調整
- ・左下のコントローラで前後左右の**移動操作**

制御回路図

