

[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	石嶺達騎	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

目的



- 球体の回転により倒立する全方向移動型倒立振り子教材の開発を行う。
- 学習者が瞬間的なフィードバック制御について理解・活用する。
- 車輪型倒立振り子では学習することのできなかった安定性やベクトルの概念を考慮した制御設計の力を養う。

結論

- 全方向移動型倒立振り子の筐体の製作を行った。制御システムを構築した。
- 3Dモデルやグラフにより学習者が視覚的にフィードバック制御を理解できる表示・ゲイン調整システムを構築した。

研究背景

現在、世の中には多くのフィードバック制御が用いられている。



人間が知覚しにくいフィードバック制御
・ドローンの姿勢制御
・カメラのAF

制御が瞬間的であったり、制御量が細かいため知覚しにくい。
⇒瞬間的なフィードバック制御を学ぶことができる教材の必要性

今後の展望

- 全方向移動型倒立振り子教材の完成
学習者が簡単に制御プログラムを作成できるシステムを構築する。
モータ駆動用電源の検討。
- 工業高校での実践を通して、学習者に瞬間的なフィードバック制御を理解させるために有効な教材であることを検証する。

倒立振り子とは

- 振り子を逆さにした状態で姿勢制御を行うロボット
- Segwayなどの車輪型倒立振り子ロボットや村田製作所チアリーディング部の全方向移動型倒立振り子ロボットなどに応用されている。



システムの概要



倒立振り子の制御式

- 加速度操作型の制御式により制御を行う。

$$a_x = k_1\theta_x + k_2\omega_x + k_3v_x + k_4x_x$$

$$a_y = k_1\theta_y + k_2\omega_y + k_3v_y + k_4x_y$$

a: 操作加速度 x: 変位
θ: 角度 k₁~k₄: それぞれの計測値に関するフィードバックゲイン
ω: 角速度 添字x,y: それぞれの軸に対する状態量
v: 移動速度

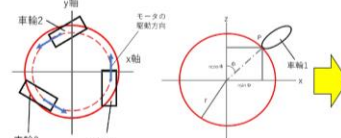
k₁~k₄のフィードバックゲインを調整することにより加速度の操作量を調整し、倒立振り子を立たすことができる。

モータ制御式

- 積分で各軸の操作加速度を速度へ変換

$$a_x \Rightarrow v_x \quad a_y \Rightarrow v_y$$

- 各ベクトル方向へ分解



- 各モータの速度制御式

$$v_{s1} = -v_x \cos\theta - r \sin\theta \omega_z$$

$$v_{s2} = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}v_x + \frac{1}{2}v_y\right) \cos\theta - r \sin\theta \omega_z$$

$$v_{s3} = \left(-\frac{\sqrt{3}}{2}v_x + \frac{1}{2}v_y\right) \cos\theta - r \sin\theta \omega_z$$

v_{s1}~v_{s3}: モータの回転速度 θ: 天頂角
ω_z: 船首方向の角速度 r: 球の半径

開発するロボット

- 熊谷らが開発した「玉乗りロボット BallIPMini」を参考に3次元CADと3Dプリンタを用いて製作。



制御基板部

- 制御用ICと通信用ICにPIC32MX220を使用。
- モータ制御用ICとしてPIC12F1822を3つ使用
- 各基板で役割が分かっているためどの基板でどのような処理をしているかわかりやすい。



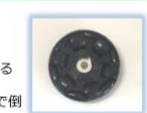
モータ部

- 加速度操作型の制御式で制御をしているため、速度・角度制御が容易なステッピングモータを使用する。
- ステッピングモータを使用したことで、直流サーボモータよりも大きなトルクが得ることができる。

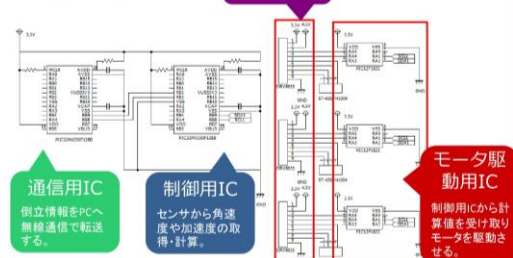


車輪部

- 車輪にはオムニホイールを使用。
- オムニホイールとは回転方向と垂直にフリーで回転する小輪がついている車輪を指す。
- 他の車輪の回転を邪魔せずに回転するため3つの車輪で倒立振り子を立たせることが可能。



回路図



表示・ゲイン調整システム

- 3Dモデルにより、車体の実際の動きと計算上の動きを比べることが出来る。
- 角度や速度のグラフにより、車体のフィードバックを確認できる。

