

倒立 2 輪ロボットの安定化制御

生産システム工学専攻 佐藤 光

1. 緒 言

近年、セグウェイ等に代表されるような倒立 2 輪ロボットの開発、研究が盛んに行われている。そこで本研究では、実際に一から倒立 2 輪ロボットを製作し、そして製作したロボットをモデル化することにより、線形制御理論を応用して、倒立 2 輪ロボットの倒立の実現を目指した。倒立 2 輪ロボットは、不安定なシステムかつ、モデル化においても、非線形な運動方程式で実現される。つまり、摩擦係数等の不確定要素も多く、物理パラメータの同定は困難な課題である。また車輪の角度や本体の姿勢等もリアルタイムで計測しながら制御する必要がある。

本研究では、システムのモデル化誤差を考慮し、倒立したまま車輪の速度を一定に保つことができるように、最適ロバストサーボ制御法をコントローラに用いて、倒立 2 輪ロボットの倒立制御を試み、提案した制御手法がこの倒立問題に有効であることを報告する。

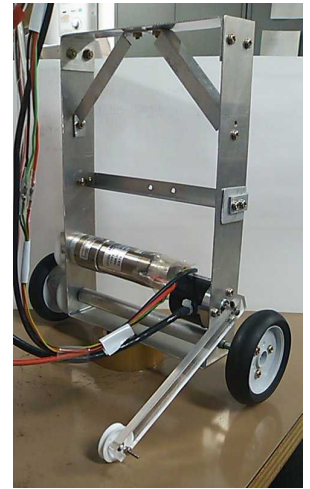


Fig.1 ロボットの外観

2. 研究方法

Fig.1 に設計した倒立 2 輪ロボット外観を示し、Fig.2 にこのシステムの模式図を示す。倒立 2 輪ロボットの車輪角度はエンコーダ付き DC モータにより、また本体の姿勢角度はエンコーダに取り付けられた棒状の部品から随時検出される。そしてその角度情報がターミナルボードを介して、Realtec 社のデジタルコントロールボードに送られ、その情報をもとに MATLAB/Simulink を利用して PC 内で演算され、制御に必要なモータトルクの指令信号がデジタルコントロールボード上の D/A コンバータを介してモータアンプに送られ、DC モータをコントロールする。

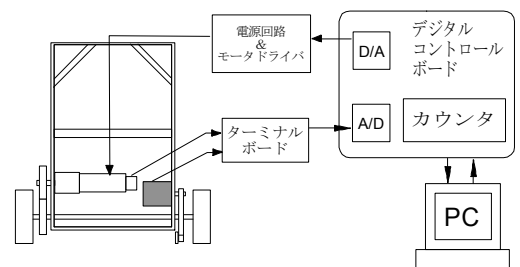


Fig.2 システムの模式図

3. 研究結果

倒立 2 輪ロボットの安定化の実験結果について Fig.3 に、倒立 2 輪ロボットの姿勢角度応答を示す。図は本体の姿勢角度 θ の時間応答である。図より、姿勢角が $0[^\circ]$ に漸近し安定に倒立していることが分かる。Fig.4 は車輪の角速度 $\dot{\phi}$ の時間応答である。本コントローラの仕様において車輪の角速度を $r(t)=\dot{\phi}(t)=0$ [rad/sec] としたが、図においても車輪はほぼ静止していることが分かる。

以上の実験の結果より、十分倒立のための安定性が確保できた。本研究では、最適ロバストサーボ制御法をコントローラに用いて、倒立 2 輪ロボットの倒立制御を試み、提案した制御手法がこの倒立問題に有効であるかを検討した。その結果、倒立 2 輪ロボットの安定化制御において、最適ロバストサーボ制御は有効であることが確認された。

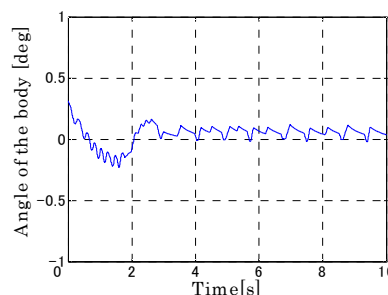


Fig.3 本体の姿勢角度

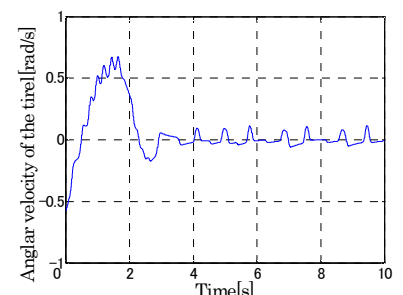


Fig.4 車輪の角速度