

自己進化型適応制御器を用いた 重量と重心変化を考慮した二輪型倒立振子の制御

廣野 亮[†] 井上 浩行^{††} 湊原 哲也^{†††}

† 津山高専専攻科機械・制御システム工学専攻 †† 津山高専総合理工学科機械システム系

††† 津山高専総合理工学科電気電子システム系

1. はじめに

近年、ロボットは介護、救助などといった多くの分野で用いられる。このような利用範囲の拡大に伴い、様々な環境に適応できる能力がロボットに求められている。そこで開発された制御器の一つに、自己進化型適応制御器(Self-Evolving Adaptive Controller: SEAC)¹⁾がある。SEACはこれまで理論およびシミュレーションによる制御の成功報告はあるが、実機を用いた制御の成功報告は成されていない。原因の一つとして、先行研究²⁾で使用されたロボットの仕様の問題があると考え、本研究では制御対象を見直すとともにSEACの適用を試みる。

2. SEAC

図1にSEACのアーキテクチャを示す。SEACは制御信号を出力する制御器と状態予測を行う予測器で構成されるモジュールを複数持ち、一つのモジュールが一つの制御対象に対応している。この制御器と予測器はニューラルネットワークで構成される。制御器は学習した制御対象に対して安定性を向上させる。予測器は制御対象の次の状態の予測を行うもので、実際の状態と予測した状態の次の状態の誤差の大きさによって使用するモジュールを切り替える。もし予測誤差が許容できないほど大きくなった場合は、既存のモジュールで対応できない未知の状態であると判断してモジュールを追加し、そのモジュールだけを用いて学習を特別に行う絶対学習時間を経て、制御対象に適したモジュールを獲得する。

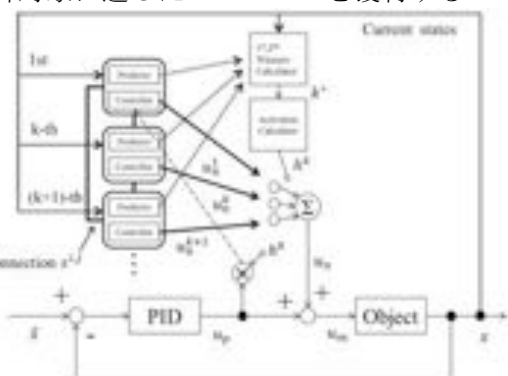


図1. SEACのアーキテクチャ

3. 実験方法

先行研究²⁾では、重りをラックギアで上下させることでロボットの状態変化を行わせていたが、この機構ではロ

ボットの重心位置は連続的に変化するため、モジュールを増やさずとも一つのモジュールのみで環境の変化に適応することが可能であった。そこで今回はロボットの上部に重りを乗せたり下したりする事で、離散的な状態変化が可能なロボットを作成し実験を行う。

まず、SEACを実装するロボットを「LEGO Mindstorms EV3」で作成しPID制御で倒立させる。この状態で制御器に学習させ、ロボットが安定するか確認する。次に予測器が次の時刻のロボットの角度を予測できるか確認する。重りを乗せ予測誤差が大きくなり、制御対象が別の状態に移行した事を判断できるかどうか確認する。最後にSEACとしての機能をすべて実装し、倒立中に重りを乗せても既存モジュールの切り替え、新規モジュールの追加と学習により倒立が安定する事を確認する。

4. 結果・まとめ

作成したロボットを図2に示す。ロボット上部に重りをのせるカゴを設置し、倒立中に重りを乗せかえる事により制御対象の特性を突然変異させる事を可能とした。

SEACの適用に際し、まずは図1下部のフィードバック系を安定にする必要がある。PID制御器をセルフチューニングにより設計したところ、倒立状態を約5秒間保つ事ができた。しかしながら、SEACの学習のためにはより長い時間倒立状態を保つ事が必要となるため、まずはそれを達成し、その後SEACを適用していく。

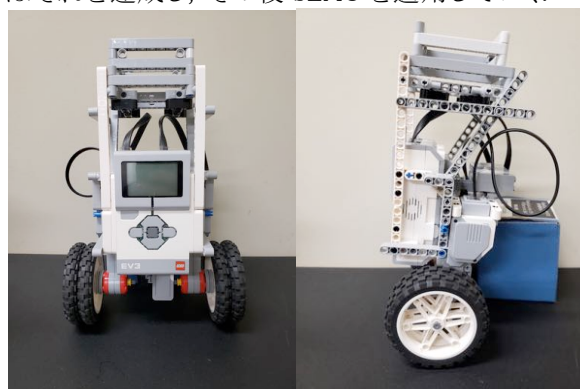


図2. 倒立振子ロボット (左)正面 (右)側面

参考文献

- [1] T. Minatohara, T. Furukawa: Simultaneous acquisitions of forward and inverse models using a self-evolving adaptive controller, ICIC Express Letters, Vol.8, 901/906(2014)
- [2] 芦田朋久: 自己進化型適応制御器を用いた重心変化する倒立振子の制御, 平成28年度 津山工業高等専門学校専攻科特別研究