

自走式倒立振子に対する階層型知的制御システム

5AG-10

小林 貴生 西野 順二 小高 知宏
(福井大学工学部)

小倉 久和

1 はじめに

本研究ではレールなどを敷かない自走式の倒立单振子を制御対象として用い、不確実な、自由度の高い制御対象に対するファジィ制御の有効性についての検討[1]を行ってきた。この自走式倒立振子は、自走式であるため、様々な環境下で実験を行うことができる。

今回、状況が途中で変化するような環境下での有効な制御を検討するために、図1のような角度の違う坂道が連続する地面上で実験を行うことを考えた。水平面上での倒立姿勢制御、台車の移動制御については、すでに実験を行い、有効性を確認している[2]が、水平面上での制御と、斜面上での制御では制御方法が異っている。つまり、坂道上で坂道の角度を考慮せずに、普通の平面上での制御と同じ制御をしたのでは、有効な制御はできない。

状況の変化を、認識、判断して、それに応じた有効な制御を行うためにコントローラに、階層型知的制御システムを用いることにした。この階層型システムで、全体の制御として倒立振子を有効に制御できるかどうかの検討を行った。最終的には実機での実験を行う予定であるが、今回はコンピュータシミュレーション上で得られた結果について報告する。



図1：連続した平地と坂道

2 制御方法

図1のような状況下で有効な制御を行うためには、道の角度が変化する場所と、そこからの坂道の角度の情報が必要であると考えられる。ところが、制御対象である台車には、振子の角度センサ、台車の位置センサは装備しているが、台車の傾きセンサは装備されていない。そのため、直接的に、置かれている状況をマッピングすることはできない。

そこで、マッピングを行うための2つの制御モードを持たせ、台車が置かれている状況を認識し、その認識に基づいて適応的な有効な制御を行うことにした。

その2つの制御モードとは、坂道角度推論モードと、坂道開始位置検出モードである。この2つのモードを使

Hierarchical intelligent controller for Railless Inverted Pendulum System
Takao Kobayashi, Junji Nishino, Tomaohiro Odaka and Hisakazu Ogura

Department of Information Science, Fukui University

い分けて行くことにより、能動的に学習をし、置かれている状況をマッピングする。それについて説明する。

坂道角度認識モード 現在、台車が置かれている坂道の角度を推論、確定するモードである。制御対象の挙動を観察することにより、角度の推論を行っている。角度の推論方法については後述する。

坂道開始位置検出モード 坂道の開始する位置、つまり地面の角度の変化を検出するモードである。認識された坂道上で基本的な制御を行なながら、制御対象の挙動の変化により角度の変化を検出する。

坂道上の基本的な制御については後述する。

3 階層的ファジィ制御システム

自走式倒立振子への制御には階層的なファジィ制御システムを構成した。システム構成図を図2に示す。

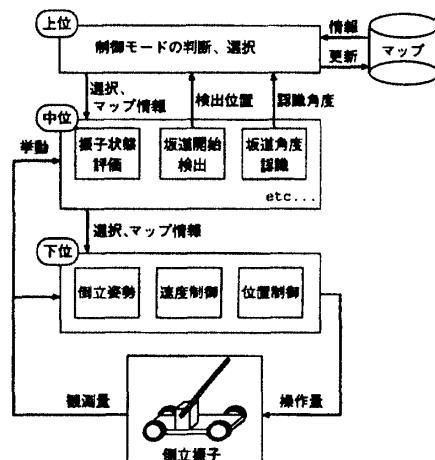


図2：階層的ファジィ制御システム

上位層 マップの情報と、現在の制御対象の状態から、マップを更新するための制御モードを選択する。角度認識モードでも、開始位置検出モードでも、どちらでもマップ上の認識確定されたデータを参照し、中位層に渡す。

中位層 制御対象の挙動についての、様々な評価を行う。評価の結果と、制御対象の挙動の変化から、上位層に認識された角度、検出された位置情報等を返す。また、下位層での基本制御を選択し、その制御に影響を与える。

下位層 振子の倒立姿勢制御、台車の移動制御などの基本的な反射的な制御から構成されている。

コンピュータシミュレーション上で、このような階層的なファジィ制御モデルを用いての実験、検討を行った。

4 実験と結果

4.1 坂道上での基本制御

坂道上で制御を行うことを考える。坂道上では、振子を、台車に対してではなく水平面に対して重力加速度の方向に倒立させなければ安定な制御をすることができない。そこで、振子の目標角は坂の角度分だけシフトさせ、さらに、影響を受ける重力加速度分だけ台車に与える操作量にも補正を掛けることにした。このような考え方によって、坂道上での倒立姿勢制御、台車の移動制御を行ってみたところ、水平面上と同じように有效地に制御できることができた。ただし、台車の最大加速度と、坂道における重力加速度との兼ね合いで平面上の制御よりは制御可能な範囲が狭まっていることが分かった。

4.2 坂道の角度の認識

水平面上で倒立姿勢制御をした場合には、台車の速度は、振子の状態が安定の場合、何の影響も受けず、変化しない。しかし、坂道上で倒立姿勢制御をした場合には、振子の状態が安定の場合のときに重力加速度分の影響を受けて、台車の速度が増減するという変化が起こる。

そこで、坂道上で倒立姿勢制御を行い、振子の状態が安定なときの、台車の速度の変化分に注目し、坂道の影響を推論するための以下のようなルールを構成した。

if	速度変化分 P	then	坂の影響 N
if	速度変化分 ZO	then	坂の影響 ZO
if	速度変化分 N	then	坂の影響 P

表 1: 坂道による影響の推論ルール

振子の状態が倒立安定状態でないときには、このルールを用いた推論を行わない。倒立安定な状態にあるときにだけ、速度の変化分から坂の影響を推論する。実際の坂道の角度を、坂道の影響がある間、その影響に応じて積算し計算することにした。

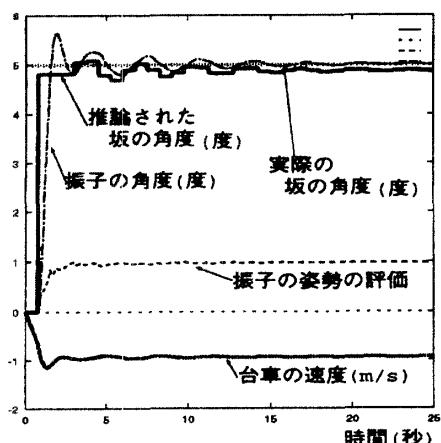


図 3: 坂の角度の推論

5 度の坂の上に台車を置いたときの坂道の角度の推論実験の結果を図 3 に示す。最初、坂の角度は 0 度と推論されているが、時間と共に実際の坂道の角度に近い値を推論しているのが分かる。

4.3 既知の状況下での制御

図 1 のような様々な角度の坂道が連続する状況での実験を行った。予め、角度が変化する接合部の位置、そこからの坂道の角度などの情報を与えておき、既知の状況下での速度制御を行った。実験結果を結果を図 4 に示す。速度制御がきちんと機能していることが分かる。他の基本制御についての実験も行ったが、接合部の位置、坂道の角度などが分かっていれば、どの制御も機能することが確認できた。

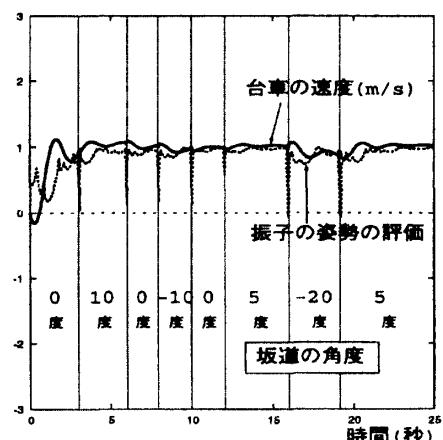


図 4: 既知の状況での移動制御

5 考察と今後の課題

坂道が連続していても、その坂の接合部の位置と、坂の角度があらかじめ分かっているならば、平地と同じように倒立姿勢制御、移動制御が行うことができる事が実験の結果から分かった。また、坂の上に置かれた台車を坂道の角度認識モードで制御することによって、台車の置かれている坂道の推論が可能であることが分かった。

今後の課題として、坂道の開始位置を検出するモードの制御ルールを構成し、2つのモードを有効に切り替えながら、状況の認識することが挙げられる。

参考文献

- [1] 小林 貴生, 西野 順二, 小高 知宏, 小倉 久和:「自走式倒立振子の階層的適応型ファジィ制御」, 第 54 回情報処理学会全国大会講演論文集 (2), pp.175-176(1997)
- [2] 小林 貴生, 西野 順二, 小高 知宏, 小倉 久和:「自走式倒立振子の階層的適応型ファジィ制御」, 第 13 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.35-38(1997)
- [3] 田中一男:「アドバンストファジィ制御」, 共立出版(1994)