

F-038

# モバイル端末を用いたロボットの学習教示インターフェース作成に関する基礎研究

Fundamental researches about the learning instruction interface making of the robot using the mobile

照屋 唯智郎<sup>†</sup> 兼城 正樹<sup>†</sup> 山田 孝治<sup>‡</sup> 遠藤 聡志<sup>‡</sup> 當間 愛晃<sup>‡</sup> 赤嶺 有平<sup>‡</sup>

Ichiro Teruya Masaki Kaneshiro Koji Yamada Satoshi Endo Naruaki Toma Yuhei Akamine

## Abstract

ロボットへ動作の学習を行う場合、強化学習や進化的計算を用いて満足できる解を得るには多数の試行が必要であり、実機に学習結果を随時適応させていくと機械的負担を多くかけてしまう。そこで、モバイル端末をロボットのリモートセンサーとみることで、ロボットの学習教示インターフェースとして使用し、学習試行回数の削減ができないかを検討する。本研究では倒立振り子問題のファジィ制御 [1] において、ファジィルールを学習により生成する際、モバイル端末のセンサーを用いて取得した”人の動き”を教師信号にすることにより、より早く適切な評価値へ収束することができるか確認する。

## 1 はじめに

ロボットの動作の学習は強化学習 [2][3][4] や進化的計算 [5] を用いた研究が盛んである。しかし、これらの手法により満足できる解を得るには多数の試行が必要であり、実機に学習結果を随時適応させていくとロボットに多大な機械的負担がかかる。そこで、簡易な動作の学習の効果を高めるべく、モバイル端末をロボットのリモートセンサーとみることで、ロボットの学習教示インターフェースとして使用することを検討する。

本研究では、3次元空間における倒立振り子問題を扱う。iPhone 上で倒立振り子のシミュレーション (図1) を行い、人が倒立振り子を行う際の傾きの値を、iPhone のセンサーを用いて取得する。取得した傾きの値を、ニューラルネットワークの教師あり学習での教師信号として用いることで学習の試行回数削減をめざす。また、学習結果は if-then 形式のファジィルール (1) で得られる。ファジィはいまいちな人間的表現が可能であるため、ロボットに人の動きを模倣させるのに相性が良いからである。

$$\text{If } x \text{ is } A, \text{ then } y \text{ is } B. \quad (1)$$

$x \text{ is } A$  が「前件部」

$y \text{ is } B$  が「後件部」

それぞれ入力と出力に相当する。

複数のルールから推論を行い、実行すべき制御を決定する。

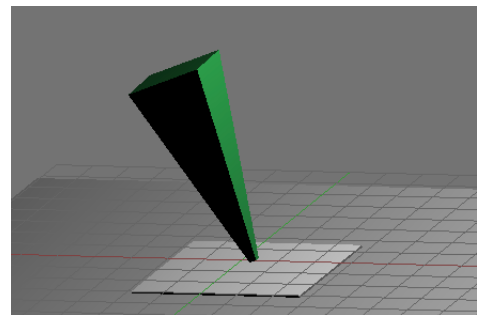


図1: 3次元空間での倒立振り子シミュレーション

## 2 倒立振り子に関する先行研究

倒立振り子は任意の初期状態から制御をはじめ、振り子を垂直に立たすことを目標とする。倒立振り子に関する研究は数多くなされており、機械学習において人の動きを教師信号として用いるもの [6]、ニューラルネットワーク群で学習を行っているもの [7]、倒立振り子の対称性に着目し制御ルールを半分だけ作成しているもの [8]、制御にファジィルールを用い、ハンドチューニングでルール修正を行っているもの [9]、ファジィルールを学習により生成しているもの [10] などがある。

倒立振り子問題解決にファジィを用いることには利点がある。現代制御論などでは問題解決のために数理モデルの導出が必要であり、以下の作業が求められる。

i) 力学系にもとづき運動方程式を求める

ii) 重さや重心長などのパラメータ計測

<sup>†</sup>琉球大学 大学院 理工学研究科

<sup>‡</sup>琉球大学工学部情報工学科

## iii) 平衡点近傍での線形化を行う

実際の現象を数理モデルに仕立てるのは難解、面倒である。しかし、ファジィルールを用いた制御では、制御論がルールに基づいているため数理モデルの導出が不要である。倒立振子の場合、制御の目的が目標の位置で振子が倒れないことだけであるため比較的単純なルールでの制御が可能である。

## 3 提案手法

ファジィを用いて倒立振子を解くのは比較的容易である。だが、ファジィルールはハンドチューニングを行うことに向いていないため、学習を用いて生成する。学習にはニューラルネットワークの教師あり学習、教師信号として”人の動き”を用いる。人の動きはiPhoneのセンサーから取得する。iPhone上の倒立振子シミュレーションを人が行う際に、どう動かすかを検出し、値化したものである。教師信号を用いることで、人の動きを模倣させ、適切な評価値への収束を早めることを目的とする。ファジィは人のあいまいさを表現できるので、教師信号の値を学習結果にうまく反映できるのではないかと考える。

以下、図2に提案手法のフローチャートを載せる。

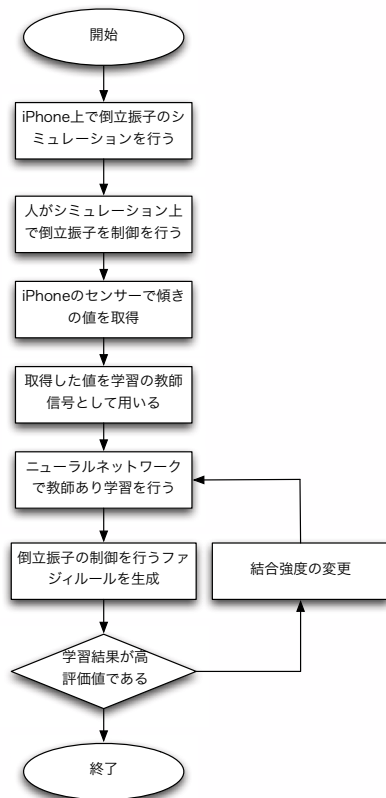


図2: 提案手法のフローチャート

## 4 まとめ

ファジィがあいまいな人間的表現が可能であることに着目し、モバイル端末のセンサーから取得した人の動作の値をロボットの学習にフィードバックする手法を提案した。これにより学習試行回数の削減を行うことが目的である。この手法について実装実験を行い発表時に報告する。

## 参考文献

- [1] 柏倉寿彦, 富樫一弘: ファジィ制御プログラムの開発, 山形県立産業技術短期大学校知能電子システム科渡辺研究室卒業論文, 1996
- [2] 鄭英美, 井上将志, 原正之, 黄健, 藪田哲郎: 強化学習による二次元移動ロボットの行動獲得とその学習知識の操作, 日本機械学会論文集. C編 75(749), 122-131, 2009-01-25
- [3] 川辺直人, 原正之, 黄健, 藪田哲郎: 強化学習によるスポーツロボットの大車輪運動に関する研究, 年次大会講演論文集: JSME annual meeting 2008(5), 167-168, 2008-08-02
- [4] 三上貞芳, 田野浩明, 嘉数侑昇: 強化学習による多足歩行ロボットの適応的歩様獲得に関する研究, 日本機械学会論文集. C編 60(580), 4252-4259, 1994-12-25
- [5] 神尾正太郎, 三橋秀行, 伊庭斉志: 遺伝的プログラミングと強化学習の統合に基づく実ロボットの行動獲得, 情報処理学会論文誌. 数理モデル化と応用 45, 134-143, 2004-02-15
- [6] 兼城正樹: モバイル端末を用いたロボットへの学習教示について, インテリジェントシステムシンポジウム, 2011
- [7] 熊谷徹, 秋田敏, 和田充雄: ニューラルネットワーク群を用いた倒立振子の学習制御, 日本機械学会論文集. C編 58(550), 1781-1786, 1992-06-25
- [8] 井上博行, 亀井且右: GAによる倒立振子の対称性を利用したファジィ制御ルール生成, ファジィシステムシンポジウム講演論文集 17, 615-618, 2001-09-05
- [9] 水野洋介, 都築信陽: ファジィ制御による倒立振子の制御, 南山大学数理情報学部数理科学科高見研究室卒業論文, 2003
- [10] 高濱徹行, 阪井節子:  $\alpha$ 制約法による倒立振子ファジィ制御規則の学習, 全国大会講演論文集 第57回平成10年後期(1), 270-271, 1998-10-05