

鉄棒体操演技のシミュレーションを用いた演技知識の表現と獲得

4L-7

真下 正行* 西野 順二** 小高 知宏** 小倉 久和**

(*福井大学工学研究科 **福井大学工学部)

1 はじめに

時間に依存するモデルを扱ううえで、時間に依存した知識の表現は欠かせない。本研究では、この時間に依存した知識の表現方法について検討する。この知識表現の対象として、器械体操の種目の一つであり、初等体育教育にも含まれている鉄棒による運動を取り上げる。我々はこれまで鉄棒体操演技の知識をファジィ言語表現による知識の一般化を試み、鉄棒体操演技シミュレーションを実現できた。[1][2]。本研究で演技知識をコンピュータで処理する枠組をもとに、実際ファジィ知識の生成という課題を検討する。ファジィ知識は、さまざまな知識が絡み合っており複雑で、簡単には得にくい。実際に我々は何回もの試行錯誤によって得てきた。本報告では、進化的計算論の手法を用い知識の獲得を試みた結果について報告する。進化的計算論の手法を用いることにより、試行錯誤の自動化により人の労力を軽減し、先入観による知識の偏りをなくすことが期待できる。時間に依存する知識を遺伝的アルゴリズムで獲得できるかを確かめるため、知識の構成を簡単にし予備的な実験を行った結果について報告する。

2 鉄棒体操演技シミュレーション

鉄棒体操演技者のモデルの設定およびシミュレーションシステムについて説明する。

2.1 モデルの設定

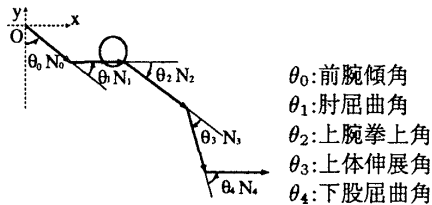


図 1: プレーヤーのモデル

プレーヤーは、4 関節 5 リンクで、各リンクは一様な剛体としてモデル化した。頭は簡単のため質量をゼロとした。プレーヤーは、x-y 平面で運動する (図 1)。制御量は各関節の角度 ($\theta_0 \sim \theta_4$) 及びその時間依存性 ($\omega_0 \sim \omega_4$) で、操作量は各関節に加えるトルク ($N_0 \sim N_4$) である。運動エネルギーを T 、重力によるポテンシャルエネルギー V として、ラグランジュ関数 $L = T - V$ により、 $\theta_0 \sim \theta_4$ に対するラグランジュ方程式から運動方程式が求まる。

$$T = \sum_{i=0}^4 \left(\frac{1}{2} m_i (\dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2) + \frac{1}{2} I_i \dot{\phi}_i^2 \right)$$

$$V = \sum_{i=0}^4 m_i g y_i$$

ただし、 x_i, y_i は、 i 番目のリンクの重心座標、 ϕ_i は鉛直下法を基準とした角度、 I_i は慣性モーメントである。運動方程式は 4 次のルンゲクッタ法により離散化した。

2.2 鉄棒体操シミュレーションシステム

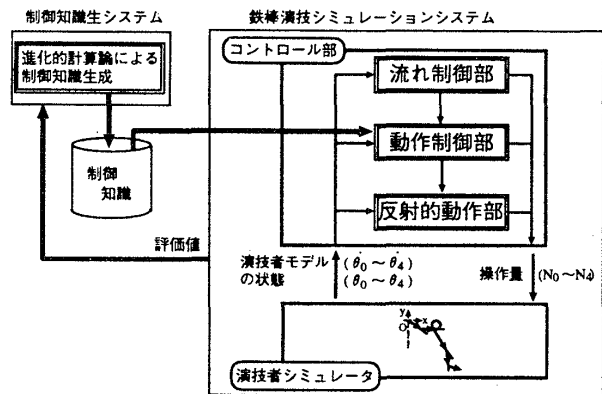


図 2: システム構成

鉄棒体操演技シミュレーションはシミュレータとコントロール部で構成する (図 2)。シミュレータはコントロール部から受け取る操作量 (トルク) によって、モデルの状態を変化させ、コントロール部にモデルの状態を返す。コントロール部は、階層的構造になっている。再下層の反射的動作部では、上位層から受け取った各関節の目標角度、gain、および、モデルの状態から実際の

The rule expression and acquisition for the simulation system of horizontal bar exercises
 Masayuki Mashimo* Junji Nishino**
 Tomohiro Odaka** Hisakazu Ogura**
 *Graduate school of Engineering, Fukui University
 **Faculty of Engineering, Fukui University

操作量を計算する。動作制御部は上位から受け取った動作ルール、制御知識、および、モデルの状態から目標とするモデルの姿勢を決定し、反射的動作部に各関節の目標角度として与える。

3 演技知識の表現

制御知識は時間・状態に依存しており、いつどのような動作をするかの知識である。本研究ではこの制御知識の獲得を目標としている。

一般の演技の知識は熟練者の経験などから時間のながれ・状態によってどのような演技をするのかという知識が得られている。しかし、そのままの知識をコンピュータ上で扱うのは困難であるため処理しやすい表現方法を検討する。

演技知識の中で最も扱いにくいものは、特定の状態になったら次の動作にうつるといった曖昧な記述の知識である。このような状態を扱うのは困難なため、動作の切替えは時間によって実現する。遺伝的アルゴリズムによる知識獲得を考慮し、演技の知識は動作、その強さ、その動作の継続時間の組の動作要素の連続した形で簡単な表現することとする。

動作は、各関節の曲げる、伸ばす、まっすぐにする、維持する、力を抜くの5種類の組合せによって表現している。各動作要素、動作の強さを決めれば反射的動作部によってトルクを算出する。

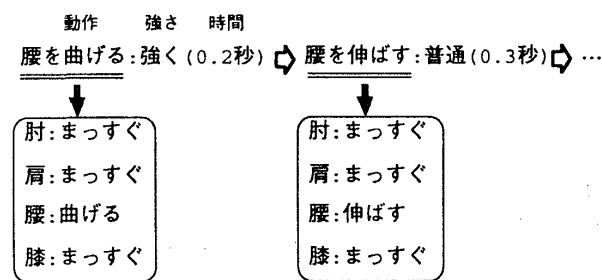


図 3: 演技知識表現

4 演技知識の獲得

獲得を試みる知識は、動作要素のうちの強さ・継続時間である。動作は、教本や実際の体操選手の演技から比較的容易に表現できる。よって、一連の動作の強さ・継続時間についての知識の獲得を試みる。

制御知識を獲得するためには、さまざまな方法が考えられるが、人が直接知識を構成し、シミュレーション結果をみて知識を修正していくといった試行錯誤的作業では、人の負担は大きい。このため人の負担が軽減

される進化的計算論の手法での知識の獲得を検討する。今回は、遺伝的アルゴリズムによる獲得を試みる。

遺伝的アルゴリズムによる制御知識の獲得が可能かを確かめるため比較的簡単な演技として懸垂振動を例にとり、予備的な実験を行った。懸垂振動は比較的簡単な演技ではあるが鉄棒体操を行う上で最も基本となる重要な動作である。この懸垂振動を腰の曲げ伸ばしだけによって行うことを目標にする。肘、肩、ひざの各関節はまっすぐにするという動作をし、腰は曲げる、伸ばす、維持するの動作を繰り返す。この、曲げる・伸ばすといった動作の強さ、それぞれの動作の継続時間を学習すること目標である。

評価関数は、鉛直下向きからの重心の角度の絶対値の最大値とした。また、モデルの初期状態は手首の角度を後方30度とし、他の角度、および角速度は0とした。

GAのパラメータを変え、繰り返し実験したところ、2回の振りで重心の振れ幅を140度ぐらいにする知識が得られた。

しかし、1個の遺伝子の評価、すなわちシミュレーションにかかる時間は、5秒間の演技を行うためには、約6秒の計算時間を必要とする。このため、遺伝子プールや打ちきり世代を大きくとると多くの時間がかかるという問題を避けることができない。

5 考察と課題

演技知識のうちの一連の動作の知識を与え、懸垂振動演技の知識を獲得することができた。しかし、け上がり、巴といった複雑な演技では、一連の動作の組合せの知識が重要になると考える。懸垂振動の知識も完成された美しい演技にはなっておらず、これを実現するには動作の組合せの知識の改善が不可欠である。また、遺伝子を評価するためには実際にシミュレーションを行うしかなく、シミュレーションを行うには時間がかかるため、GAの適応方法も検討する必要がある。

参考文献

- [1] 田川聡洋, 西野順二, 小高知宏, 小倉久和:「鉄棒体操における動作知識のファジィ言語表現」第13回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.421-424(1997)
- [2] 田川聡洋, 西野順二, 小高知宏, 小倉久和:「鉄棒体操の連続技における動作知識の言語表現」情報処理学会第55回全国大会講演論文集(2), pp2-563-2-564(1997)
- [3] 大須理英子, 宇野洋二, 小池康晴, 川人光男:「運動軌道データから計算される評価関数による軌道計画規範の検討」医用電子と生体工学 34-4, 394/405(1996)