

鉄棒体操における動作知識の言語表現の試み

6 G-8

田川 聡洋

西野 順二

小高 知宏

小倉 久和

(福井大学工学部)

1 はじめに

本研究は、動作知識を用いて多変数システムを制御することを通した、言語による鉄棒運動の動作知識の獲得を目的としている。

動作知識の言語表現の試みを行う対象として、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を取り上げた。実際に演技者が鉄棒をするのと同じような多関節多リンクからなるモデルに対してシミュレータを構築する。これを制御することにより各種演技をコンピュータ上で実現する。しかし、多次元自由度をもつ制御は困難であるばかりでなく、一つの演技を実現しようとした場合、肩、腰、膝などを連動させた複数の制御を、時間に依存して最良のタイミングで行う必要がある。そこで、数式を用いて実現するのではなく、体操競技教本、人の知識をもとに言語表現を用いてコンピュータ上で実現する方が望ましい。

2 システムの概要

鉄棒体操における知識を表現するために図1のシステムを構成した。

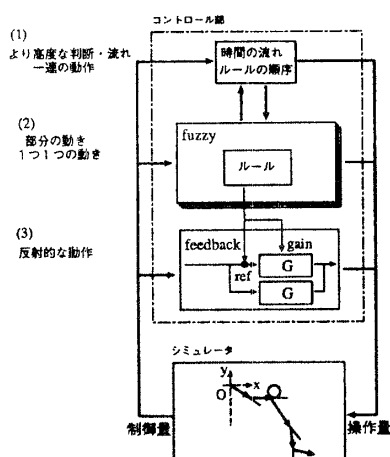


図1: システム構成

システムは、シミュレータとコントロール部(図1(1),(2),(3))から構成される。シミュレータは、操作量から制御量を計算する。コントロール部は、一連の動作、各動作要素(腰をまげる、のびす等)、反射的動作から構成されて、知識表現を階層的に表現する。ここでは、制御量が

Control knowledge for the horizontal gymnastic bar represented by fuzzy language
Akihiro Tagawa, Junji Nishino, Tomohiro Odaka and Hisakazu Ogura
Department of Information Science, Fukui University

ら操作量を推論する。コントロール部について説明する。

- (1) ルールの順序等がありプレーヤーの状態(角度、角速度、重心の座標 etc)によりどのルールを使用するか判断する。
- (2) 鉄棒体操の各動作要素を実現する上でのルールがたくさんある。このファジィルールを用いて各関節に加えるトルクや ref(目標値)を推論する。
- (3) (2)のルールによって推論された、ref、gain にしたがって feedback 制御を行う。

3 モデルの設定

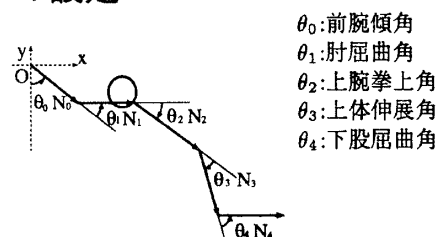


図2: プレーヤーのモデル

プレーヤーは、4関節5リンクで、各リンクは一樣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。図2のように鉄棒の位置を原点O、鉄棒に垂直な面上で、水平方向にx軸、鉛直上方にy軸をとる。プレーヤーは、このx-y平面で運動する。制御量は各関節の角度($\theta_0 \sim \theta_4$)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。

プレーヤーシミュレータは、今の時刻に各関節に加えられているモーメントから、次の時間における角度を算出する。

4 鉄棒体操動作知識の特徴

これは、「懸垂振動」と呼ばれる鉄棒体操の最も基礎となる運動である。

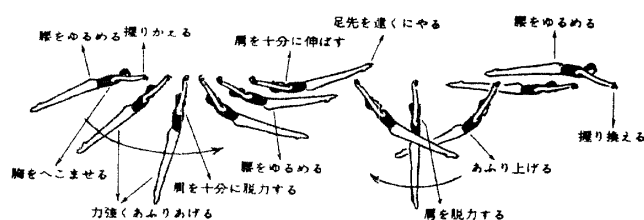


図 3: 連続図 文献 [2]p.18 より引用

図3は、左から右に時間が推移しており、演技者の状態が連続図により示されている。連続図により状態が表現され、注意書きに示される言葉により操作が記述されている。動作知識は、「体がある状態に達したときに適切な動作を行う」という形で人間の頭の中にイメージとして存在している。

5 動作知識の言語表現

実際の演技では、人間は自分の位置や姿勢から動作のきっかけを掴み、また、動作量を調整する。本研究では、まず動作知識(腰を曲げる等)を体操の教科書や経験者から得る。例えば、懸垂運動であると「前振りのあふり」、「足先を遠くにやる」等の動作知識、これらの一連の流れによる動作知識を体操競技教本から得る。またシミュレータから試行錯誤により獲得する。このようにして獲得した動作知識を、人間が運動をイメージするのに近い表現の一つとして、ファジィプロダクションルールを用いて表現することを検討する。

5.1 大車輪

大車輪を行う上での動作知識を体操競技教本 [2],[3] から獲得した。

if θ_0 真下より少し前 and θ_g 真下より少し前 and θ_{gx} 負方向 then 腰 のぼす
 if θ_0 真下通過 and θ_{gx} 負方向 then 腰 まげる
 if θ_0 真下通過 and θ_{gy} とまりはじめ then 腰 のぼす

上のルールを使用して動作した結果、大車輪に成功した。なお、ここでのプレーヤーの初期角度は、後方 165° である。

5.2 振り上げ

鉄棒体操の振り上げについて説明する。図4の各々の状態になった時、ルールを変更して次の動作をする。6つのルールを用いて振り上げを行う。

ルール適応時のプレーヤーの状態と次の動作を、言語で表現したものは以下のとおりである。図4の番号とここでの番号は、対応付けてある。

1. ふらさがっている時から 1.0° しかずれてない時、膝が見えるぐらいまで足をおおきくふりあげて鉄棒に足首を近づける
2. 膝が見えた時、ふりあげた足を利用して体をそる

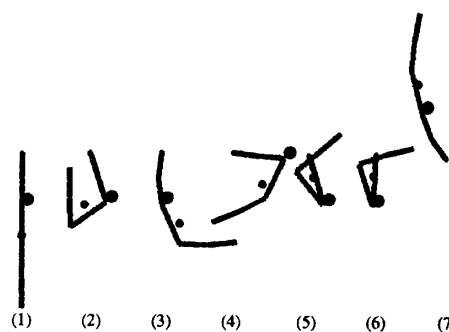


図 4: 振り上げ

3. 体が完全に真下を通過したら、そった体の反動を利用して上にはねあがる
4. 肩を鉄棒の高さまでもってきたら、鉄棒におなかと胸をひきつける
5. 重心が真下ぐらいになったら、膝をのぼす
6. 膝が -90° よりおおきくなったら、肘をのぼす

図5では、プレーヤーがふりあげを行った際の重心の軌跡を示したものである。

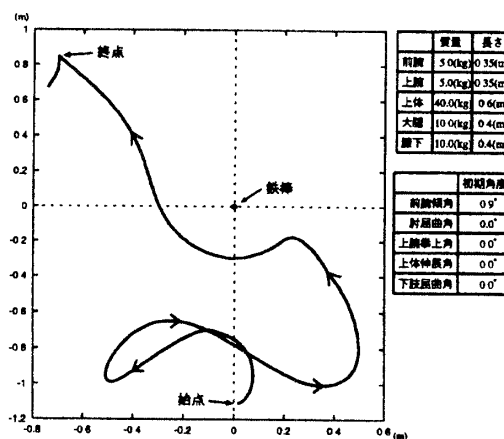


図 5: 重心の軌跡

6 今後の方針

実際人間が演技をしている最中に、次の動作にはいる前から、今行っている動作が成功か失敗かを判断できる。現状のシステムでは、制御に失敗したらそこで終了である。よって、一つ一つの動作の途中に演技の流れも考慮して、動作が成功か失敗かを判断する。また、失敗と判断されたら、モーメントを操作することにより一つ一つの動作を成功へと導く。このように判断するポイントを制御知識として追加していくことを考えている。

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言語表現の試み」平成7年度電気関係学会北陸支部連合学会
- [2] 金子明友著:「鉄棒体操教本 鉄棒編」不味堂
- [3] 京都大学体操研究会:「体操競技研究」タイムス(1984)