

身体技能支援における発想論理プログラミング言語の精緻化

Refinement of Abductive Logic Programming Language for Physical Skill Support

小林郁夫*¹

Ikuo Kobayashi

*¹慶應義塾大学 SFC 研究所
SFC Research Institute, Keio University

We had suggested support system for physical skills – including musical instruments playing, sport, etc. – using Abductive Logic Programming. In this article, I show the refined language for the system.

1. はじめに

楽器の演奏やスポーツをはじめとするさまざまな分野で、特定の目的を達成するために体をどう用いるかという問題を考えることができる [FurSuwKat 07]。体を目的をもって一定の仕方でも動かすことを演技、達成すべき目的を演技課題とよぶ。演技課題を満たすためには、一定の演技を、それを行う意図をもって実現する必要がある。すなわち、特定の演技課題に対し、場合によっては変化するその場の制約条件のもとで演技課題を結果として引き出せる体の動かし方を選択し、それを実現すべく制御する必要がある。このような意味で身体化された演技知識をスキルとよぶ。

スキルは身体の動かし方についての知識ではあるが、身体化されていることが重要であり、演技者は演技自体の詳細を言語で記述している必要はない。重要なのは、条件に応じて適切な体の動かし方を意図的に選択できることと、一定の演技を自らの意図のもとで実現できることである。

筆者らはこれまでに、演技者がスキルを獲得するのを支援するシステムとして、発想論理プログラミングを用いたものを開発してきた [KobFur 08]。このシステムの上で、チェロの演奏に関して、

- 複合課題
- 極限課題

と呼ぶ演技課題タイプの解決支援や、一部制約の条件付き緩和による解決の支援、誤った演技スキルの診断などを行えることを示した。ここで、複合課題とは演技者がすでに獲得している複数のスキルを組み合わせて演技する必要がある課題、極限課題とは演技者がすでに獲得しているスキルを、より速い速度や大きな振幅、制約のある姿勢などにおいて実現できるようにするスキルのことである。

本稿では、こうしたスキル獲得支援のより広範な課題で利用し、また、より理解のしやすい解決の導出のため、システムで用いる言語を整理する。

2. 言語の精緻化

われわれは、論文 [KobFur 08] において、われわれのシステムに登場する規則を分類した。規則の分類と語彙の分類とは整合的であることが望まれる。

連絡先: 小林郁夫, 慶應義塾大学 SFC 研究所,
ikuokoba@sfc.keio.ac.jp

われわれのシステムは、発想論理プログラミングシステム ProLogICA [RayKak 06] の応用として構築している。

2.1 準備:規則の分類

まず規則自体が発想論理プログラミングの構造上 2 種の現れ方を示す。

第一に、発想論理プログラミングにおいては可能な空間の絞り込みに一貫性制約規則が本質的な役割をはたす。われわれのシステムにおいては、身体の動きに関する一貫性制約を MIC (Motion Integrity Constraints) と総称し、これを用いることにしている [UenFurBai 00]。Horn 節集合としてあらわされる発想論理プログラミングにおいて、一貫性制約はその頭部に ic という命題記号を置いて宣言されるが、これは標準的な Horn 節表現における命題記号のない頭部をもつ節と同等の表現である。

- 力学的 MIC
- 神経・筋骨格系 MIC
- 時空間 MIC
- 外的環境 MIC

一方で、そのほかの規則をポジティブルールと呼ぶことにする。これらの規則には一つの命題または述語記号が頭部に示される。

- 複合課題定義
- 基本課題定義
- 基本動作定義
- 前向き分類
- 後ろ向き分類
- 動作伝播

2.2 語彙の分類

上記のような規則の分類に対し、以下のような語彙の分類を用意する。

筋の使い方 基本動作定義の本体部には、動作をおこなうために力を生み出す為の筋の使い方が用いられる。また、神経・筋骨格系の MIC にも用いられる。

記述の内容は、問題となる筋の特定、筋を用いる程度である。筋を用いる程度は、当該の筋の最大筋力に対してどれだけの力の出し方をするのかという観点で記述する。

神経への意識的介入 筋の動作は歩行などの基本的な動作において一定の群を形成し、姿勢の維持などに役立っている場合がある。こういった群は格別の意識を持つことによって一部の運動を解除することができる場合がある。高度な演技課題において、このような意識はしばしば重要である。

基本動作定義の本体部、力学的 MIC、神経・筋骨格系 MIC で用いる。

記述の内容は、無意識の状態でも連動している筋運動の群の特定である。特定された群の分解とその一部の使用を意図する場合にこの類の述語を使用する。

動作 一定の筋の動作が組み合わされて一定の動作が生成される。場合によっては、神経への意識的介入により、生成される動作の全体像や質が異なってくる場合もある。基本課題定義の本体部、基本動作定義の頭部、前向き分類の頭部または本体部または両方、後ろ向き分類の頭部および本体部、動作伝播の頭部および本体部にあらわれる。

記述の内容は、基本的な動作の場合で問題となる関節の特定、関節の運動の方向や軸の特定、その速度である。速度は、可能な最も早い速度に対して相対的に記述する。動作については、複合的なものを導入することができる。体幹から四肢の先までの連動や、複数の指の動作を組み合わせた動作などをひとつの大きな動作としてまとめることを想定している。部分的な動作を複合的な動作にまとめ上げるとは、前向き分類の規則を用いることで可能である。

前向き分類で頭部・本体部双方に動作が現れた場合、本体部の動作はより基本的で、頭部のそれはより発展的・複合的なものとなる。これらの間に一定の階層関係を設けることが十分考えられる。たとえば、四肢のうち複数を用いている場合をそうでないものと区別するといった分類があり得る。

基本課題 基本的ないし複合的な動作が基本課題定義の要素ないし原因として用いられる。基本課題自体は複合課題の要素として複合課題定義の要素として用いることができる。

複合課題 ある課題を達成するために複数の目標を同時に達成する必要がある場合、それぞれの目標を個別に課題として記述し、それらを同時に満たす解を探すというアプローチがあり得る。このようなアプローチの可能性については、前掲の論文 [KobFur 08] で実例を示している。

力学状態 神経への意識的介入と同様に、MIC の発動条件となる。力学状態の成立は、一定の筋の使い方や動作で決定する。

前向き分類の頭部、力学的 MIC、神経・筋骨格系 MIC で用いる。

姿勢状態 MIC の発動条件となる。状態の成立が筋の使い方や動作で決定する点も、力学状態と共通する。

前向き分類の頭部、力学的 MIC、神経・筋骨格系 MIC、時空間 MIC で用いる。

外部状態 外部の状態に強く影響される課題のために、この類の述語を設定する。球技において強い風に影響される場合や、演技者自身が高速に移動している場合の風圧・水圧、楽器演奏における音響の問題など、さまざまな高度な問題があり得る。

3. 時区間論理による表現の導入

課題の実現の度合いを筋力などと同時に測定する実験を行うことと、われわれのシステムを利用したスキル獲得支援とを有機的に関連させることは今後の目標のひとつである。金城らは、[KinSawFur 07] において時系列データからパターンを抽出する手法を提案している。

筋電計測データをパターンナイズした記号には、前節で述べた筋の使い方をなんらかの形で対応させることが望まれるが、[KinSawFur 07] の手法で導かれる記号はこれよりも短時間の現象に対応していると思われる。

このギャップを埋めるためには、複数の連続した導出記号にまたがる単位をさらに帰納的に抽出することが考えられる。

別のアプローチとしては、動作のレベルに対してどのような記号列が対応するかを調べることも考えられる。

参考文献

- [FurSawKat 07] 古川康一, 諏訪正樹, 加藤貴昭: 身体スキルの創造支援について. 人工知能学会論文誌 Vol.22, No.5, 2007.
- [KinSawFur 07] 金城敬太, 澤井啓吾, 古川康一: 局所モデリング時系列データマイニングと帰納論理による知識獲得. 人工知能学会全国大会 2007.
- [KobFur 08] Kobayashi, I., Furukawa, K.: 'Modeling Physical Skill Discovery and Diagnosis by Abduction', 人工知能学会論文誌, Vol.23, No.3, 2008.
- [RayKak 06] Ray, O., Kakas, A.: 'ProLogICA: a practical system for Abductive Logic Programming', Proceedings of the 11th Non Monotonic Reasoning Workshop, pp.304-314, 2006.
- [UenFurBai 00] Ueno, K., Furukawa, K., Bain, M.: 'Motor Skill as Dynamic Constraint Satisfaction', Electronic Transactions on Artificial Intelligence, Vol.4, Section B, pp.83-96, 2000.