

発想制約論理プログラミングによる演奏スキルの発想支援

Aid for Suggestion of Music Playing Skills by Abductive Constraint Logic Programming

小林郁夫*1 古川康一*1*2
Ikuo Kobayashi Koichi Furukawa

*1 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科
School of Media and Governance, Keio University

*2 慶應義塾大学 環境情報学部
Faculty of Environment and Information Studies

In this paper we aim to suggest music playing skills for playing a given tune; where we focus in the violin cello case. Playing a musical instrument includes skills in diverse difficulty levels. In the first steps of practice, the player learns basic single skills each of which includes components of skills. A contradiction of skill components may occur, however, in the situation where plural basic tasks are required simultaneously. For example, two tasks may go wrong with each other for activation of a specific muscle. We obtained compound skills as solutions by interpreting such contradiction as *integrity constraints* for Abductive Constraint Logic Programming.

1. 概要

楽器の演奏は身体を用いた技能のひとつであり、近年のスキルサイエンスの枠組みの中でもスポーツと並んで重点的に取り上げられてきた [古川ら 06a, 古川ら 06b, 金城ら 06]。

本稿ではチェロの演奏について取り上げる。演奏者は基礎的な技能としていくつかの奏法を初心者のときから訓練するが、演奏したい曲によってはそのような基礎的な奏法のみでは対応しきれない場面が出てくる。典型的なのが、複数の基礎的な奏法を同時に、あるいはごく短時間の間に引き続いて行わなければならないような場面である。本稿ではこうした困難な複合的奏法を要求する演奏スキルを複合課題とよぶことにする。

複合課題を演奏しようとするときに問題となるのは、組み合わせたいと演奏者が考えている複数の奏法がもたらす効果を実現するためには工夫が必要になることである。そのような課題に初めて直面する演奏者にとって単純には解決ができない場合が多い。本稿で検討する手法は、これを演奏者自身、または指導者によって分析的に解決するための支援となることを目指すものである。

2. 複合課題の困難性と動作一貫性制約

[Ueno et al. 00] は、身体の動きの中で必ず満たさなければならない諸条件を動作一貫性制約 (Motion Integrity Constraints, MIC) と呼んでいる。これらのいずれかに違反した運動は不可能であるような、そのような制約のことである。彼らの考え方を採用すれば、複合課題、複合的奏法の困難さは、組み合わせる基礎的な奏法間相互の矛盾が原因であると考えることができる。奏法間の矛盾はなんらかの MIC に関係していると推定するのである。

MIC にはほとんどの人にとって自明とも言えるものも含むことができる。例えば、右腕が運動する軌跡の中を左腕が通るような運動はありえるが、両腕が同じ時点に同じ空間を占めることはありえない、といったことは空間的な MIC である。

しかしながら、同じ関節を動かす筋同士は、しばしば拮抗する関係にあるということ、具体的には同時に双方の筋を同時に

活性化させることはできないということは、空間的な制約ほど明瞭に認識されてはいないだろう。

このような考え方から、さまざまなタイプの運動制約を MIC として統一的な表現にまとめることである運動の論理的な一貫性を確認するという方法が発想される。演奏技法を提案するというわれわれの目的からは、複合課題に矛盾は存在するのか、存在するとすればどこにあるのか、さらには矛盾を回避する方法はあるのか、あるとすればどのようなものなのかが判明するとありがたい。

3. 複合課題の論理表現と発想制約論理プログラミング

上記の解明したい事柄のタイプのうち、矛盾を回避した解の候補を求めることは論理プログラミングのうち発想制約論理プログラミング (Abductive Constraint Logic Programming, ACLP) がこれに相当する。発想論理プログラミング (Abductive Logic Programming, ALP) は論理プログラムがゴールを演繹するように命題/述語の組み合わせを選ぶものである [Kakas et al. 98]。

ACLP は一貫性制約 (integrity constraints, IC) に抵触しないようにこれを行う。ACLP は以下の形式をとる [Ray and Kakas 06]。論理プログラム P 、一貫性制約を表す論理式の集合 IC 、候補仮説を表すアトム集合 A 、目標 G について、

$$P \cup \Delta \models G \\ P \cup \Delta \cup IC \not\models \square$$

を満たすような $\Delta \subseteq A$ を求める。

プログラム P の中身として、組み合わせられた基本奏法の実現における身体の各部位の働かせ方や、その効果、相互の依存関係などを記述する。

A はしばしば *abducibles* と呼ばれる。 A は P に登場するアトムの部分集合である。矛盾を導いていると思われる制約 MIC を ACLP に IC として導入することで、矛盾を回避する *abducibles* の組み合わせを推測することができる。

連絡先: 小林郁夫, 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 古川康一研究室, 〒 252-8520 神奈川県藤沢市遠藤 5322, Tel:0466-47-5000 ext.53231, Fax:0466-47-5350, ikuokoba@sfc.keio.ac.jp

```

rapid_position_shift_with_vibrato :-
    rapid_position_shift,vibrato.

rapid_position_shift :-
    rapid_add_abdOfShoulder,add_abdOfElbow.
rapid_position_shift :-
    in_exCycloOfUpperarm,add_abdOfElbow.

big_inertia_moment :- add_abdOfShoulder.
small_inertia_moment :- in_exCycloOfUpperarm.

rapid_movement :- rapid_add_abdOfShoulder.

vibrato :- fixUpperarm,add_abdOfElbow_vibrato.
vibrato :- pronosupinationOfForearm_vibrato.

ic :- fixUpperarm, add_abdOfShoulder.
ic :- rapid_movement, big_inertia_moment.

modeh(*,rapid_add_abdOfShoulder).
modeh(*,add_abdOfElbow).
modeh(*,in_exCycloOfUpperarm).
modeh(*,fixUpperarm).
modeh(*,add_abdOfElbow_vibrato).
modeh(*,pronosupinationOfForearm_vibrato).

```

図 1: 複合技法を表現する ProLogICA のためのプログラム

4. ACLP システム ProLogICA を利用した 実例

前節で述べた枠組みに基づいて、実際のチェロ演奏における複合課題を ACLP のシステム ProLogICA に適合させる形でコード化した。これを図 1 に示す。また、その推論結果を図 2 に示す。なお、このコード化は [Ray and Kakas 06] よりも新しい ProLogICA の版 [Ray 07] に沿って行っており、同論文におけるものと若干異なっている。

この例では、ピブラートをかけながら、弦を押さえる左手の位置をすばやく変えることが複合課題 (*G*, *rapid_position_shift_with_vibrato*) となっている。ピブラートをかけることと弦押さえる手を移動することが左半身の筋の拮抗や運動の大きさ・速さのギャップによる慣性モーメントの矛盾などとして現出する様子が表現されている。これらの矛盾の素となっているであろう MIC が *ic :- ...* という形で記述されている。また、操作可能と思われる命題を中心に、いくつかの原子が *modeh/2* という述語によって指定されている。

図 2 に、ACLP が提案する矛盾の回避方法が 4 案列挙されている。たとえば最下段の解は、前腕の回内回外によるピブラートと、上腕の内外転および内外旋によるポジション移動を提案している。

5. 本手法について:問題点と考察

2. 節で触れたように、困難な演奏課題において自らの身体をどのように操作したらよいかわからない演奏者にとっては、矛盾点がどこに存在するのか理解できることが望ましい。今回検討した手法によって、演奏者は ACLP からどの演奏方法が複合課題において適切かについて支援を得ることができるが、矛盾の原因となっている MIC を知らなければ有効に活用することは難しいであろう。

よって、今後はどのように MIC を探し出してゆくかが問題

```

| ?- demo([rapid_position_shift_with_vibrato],[],D).

D = [add_abdOfElbow_vibrato,fixUpperarm,add_abdOfElbow,
    rapid_add_abdOfShoulder] ? ;
D = [pronosupinationOfForearm_vibrato,
    add_abdOfElbow,rapid_add_abdOfShoulder] ? ;
D = [add_abdOfElbow_vibrato,fixUpperarm,
    add_abdOfElbow,in_exCycloOfUpperarm] ? ;
D = [pronosupinationOfForearm_vibrato,
    add_abdOfElbow,in_exCycloOfUpperarm] ? ;

```

図 2: 計算された候補仮説の組み合わせ

となる。困難な課題に直面している演奏者における躓きを実際のデータから解析したり、上級の演奏者の体の働きから実際にいかなる戦略がとられているかを検討することも必要であろう。

また、論理形式による推論を適切に使用するためには、命題や述語を指定する際の言語作りのルールが必要であろう。操作はどのような骨格レベル・時間単位で記述されるのか、空間的制約のオブジェクトはどのような単位になるのか、力学的な効果はどのように記述されるのかなど検討すべき課題は多い。

そのような問題を含みながらも、この手法には優れた点も存在する。演奏者自身によるコーディングにより、ACLP の推論結果の参照以上に、本人の身体に対する認識を具現化し、考え直させる効果がある。このような手法の発展には、演奏家本人による参加が欠かせない。

参考文献

- [古川ら 06a] 古川康一, 清水聡, 吉永早織, "演技スキル表現系について", 人工知能学会論文誌, Vol.21, No.2, SP-A, 2006.
- [古川ら 06b] 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", 日本機械学会ジョイント・シンポジウム 2006「スポーツ工学シンポジウム」, 222-227, 2006.
- [Kakas et al. 98] Kakas, A. C., Kowalski, R. A. and Toni, F.: "The role of abduction in logic programming", Handbook of logic in Artificial Intelligence and Logic Programming 5, Oxford University Press, 235-324, 1998.
- [金城ら 06] 金城敬太, 古川康一: "局所モデリングと時区間論理を用いた時系列データマイニング", 人工知能学会基本問題研究会, 大阪, 2006.
- [Ray and Kakas 06] Ray, O. and Kakas, A.C.: "ProLogICA: a practical system for Abductive Logic Programming", Proc. of the 11th Non Monotonic Reasoning Workshop, 304-314, 2006.
- [Ray 07] Ray, O.: Communication via e-mail, 2007.
- [Ueno et al. 00] Ueno K., Furukawa K. & Bain M.: "Motor Skill as Dynamic Constraint Satisfaction", Electronic Transactions on Artificial Intelligence, Vol.4, Section B, 83-96, 2000.