

# 身体知指導支援メソッドに関する研究

## -ヒューマノイド型ロボットの対話的動作生成による-

A supporting method for coaching skills for a coach using programmable humanoid robots

情報科学科 情報システムコース 加藤 翔牙

指導教員：奥田 隆史

### 1 はじめに

スポーツなどの身体の動作を教える指導者は自身の経験や練習で得られた知識(身体知)[1]を含んだ動作を、学習者に教える(身体知指導)。身体知指導では指導者は学習者に動作を正しく伝えるために自身の動作に含まれる身体知を言語化する必要がある。しかしながら、多くの指導者は身体知を言語化できない。それは、指導者の身体能力が優れているため、身体知を意識せずに自然と動作することができるからである。そのため、指導者の身体知を言語化する支援が必要である。

そこで本研究では、指導者の身体知指導を支援するために、ヒューマノイド型ロボット[2](以下ロボット)を中間的なメディアとして利用し、指導者の動作に含まれる身体知を言語化する身体知指導支援メソッド(OKURA メソッド)を提案する。提案メソッドは、まず、指導者は学習者へ動作を教える前にロボットに動作を教える。次に、動作を表現するロボットの制御コードを分析する。これにより、指導者の身体知を言語化し、支援する。本研究では動作例として空手の動作を例に提案メソッドの評価をおこなう。

### 2 身体知指導支援メソッド

提案メソッドは4つのステップにより支援をおこなう(図1参照)。(1)指導者は学習者に指導する動作を決める(動作決定)。(2)指導者は指導動作を学習者に教える前にロボットで表現する。同様に、学習者(N人)は教わる前に自分が思う指導動作をロボットで表現する。このとき、ロボットへの動作生成は対話形式でおこなう。これより動作を表現するロボットの制御コードを得る(動作生成)。ここで指導者の動作の制御コードを $P$ 、学習者 $i$ の動作の制御コードを $A_i(i=1, 2, \dots, N)$ とする。なお、指導者や学習者の動作生成が困難なときはロボット動作生成の専門家に依頼する必要がある。(3)制御コードの分析者(指導者又はコード分析の専門家)は得られた制御コードを差分法、AHP法、クラスター分析法の3種の分析方法により分析する(制御コード分析)。(4)制御コード分析者は分析により言語化した身体知を指導者に伝える(言語化)。

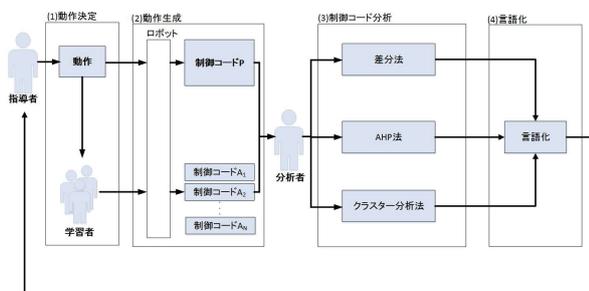


図1 提案メソッドの概念図

### 3 制御コード分析方法

提案メソッドではロボットの制御コード分析方法として差分法、AHP法、クラスター分析法を用いる。

**差分法：** $P$ と $A_i$ における関節を表すモータの値(移動目標値)を比較し、差分を出すことで指導者の動作において特徴のある関節を導く。ここで提案メソッドにおける差分とは同時刻において各モータの移動目標値がモータの可動範囲のうち10%以上差が出たときとする。

**AHP法：** $P$ の移動目標値を特徴グラフとして出力し、特徴グラフを元にAHP(Analytic Hierarchy Process)を用いて指導者の動作において重要な関節の順位付けをおこなう[3]。AHPで求める代替案は指導動作において使用した関節とし、評価基準は動作を規定する代表的な4つのパラメータ(パワー、スピード、リズム、タイミング)とする[4]。

**クラスター分析法：** $P$ の特徴グラフをグラフの傾きで分割し、各範囲ごとにクラスター分析[5]によりモータを、少数のまとまり(クラスター)することで動作における関節の関係を調べる。

### 4 実験例

提案メソッドの評価のため、空手の指導者(Protagonist)と空手未経験の学習者(Amateur)5名で実験をおこなった。指導動作は右手正拳突きとした。なお、今回の実験でロボットへの動作生成は指導者と学習者がそれぞれおこなった。また、本実験で、ロボットはAldebaran Robotics社のNAO<sup>®</sup>を用いた[6]。

実験より右手正拳突きにおける使用関節は右肩、右肘、右手首、右手の4つであった。

差分法より指導者と全ての学習者との間に多くの差分が見られたのは右手首の $z$ 軸回転を表すRWYと右肘の $x$ 軸回転を表すRERであった。これより、右手正拳突きにおいて指導者には右手首と右肘に特徴があることがわかる。

AHP法により求めた指導者の指導動作における関節重要度を表1に示す。

表1 指導者の指導動作における関節重要度

代替案	右肩	右肘	右手首	右手
重要度	0.18323	0.16322	0.39329	0.27071

表1より、指導者の指導動作において重要な関節の順位は右手首、右手、右肩、右肘の順であった。つまり、指導者は右手正拳突きにおいて右手首の動きが最も重要であると考えている。

クラスター分析法により、モータの動きから動作を3つの範囲に分け、各範囲ごとにクラスターにまとめた結果を表2に示す。

表2 各範囲のクラスター分析の結果

	範囲1	範囲2	範囲3
第1クラスター	RER, RSP	RER, RSP	RH, RSR, RER, RSP
第2クラスター	REY, RWY	RH, RSR	REY
第3クラスター	RH, RSR,	REY, RWY	RWY

表2より、全ての範囲でRERと右肩の $y$ 軸回転を表すRSPは同じクラスターに属している。これより、この二つは関係が強いといえる。つまり、動きが連動している可能性がある。また、右手の開閉を表すRHと右肩の $x$ 軸回転を表すRSRにおいても同様のことが言える。一方、RWYと右肘の $z$ 軸回転を表すREYは範囲1と範囲2では同じクラスターに属しているが範囲3においてはそれぞれ独立している。これより、この二つは範囲2までは関係が強い(連動している可能性がある)といえる。

以上の分析より指導者の右手正拳突きに含まれる身体知を言語化した。提案メソッドの結果に対して指導者は右手正拳突きの指導において右手首が最も重要であることを意識していなかった。また、右手首に特徴があるのも意識していなかった。一方、右肩の $y$ 軸回転右肘の $x$ 軸回転が連動していることはわかってきた。これらから、提案メソッドは指導者に新たな身体知の気付きを与える可能性があることがわかった。

### 5 おわりに

本研究では指導者の身体知指導を支援するために、ロボットを中間的なメディアとして利用するOKURAメソッドを提案し、空手における動作を動作例として実験をおこなった。結果、提案メソッドは指導者に新たな身体知の気付きを与える可能性があることがわかった。今後の課題として、学習者の動作レベルによって分析方法を変えるような発展などがあげられる。

#### 参考文献

- [1] 田中彰吾, “身体知の形成-ボールジャグリング学習過程の分析-”, 人体科学, vol. 19, pp. 69-82, 2010. [2] 産業技術総合研究所, “ヒューマノイドロボット”, [https://www.aist.go.jp/sst/ja/exhibition\\_guide/03.html](https://www.aist.go.jp/sst/ja/exhibition_guide/03.html), 2014 閲覧. [3] 木下栄蔵, 『わかりやすい意思決定論入門-基礎からファジイ理論まで-』, 近代科学社, 1996. [4] 藤野 良孝, “運動学習のためのスポーツオノマトペデータベース”, 日本教育工学会論文誌, vol. 29 (Suppl), pp. 5-8, 2006. [5] 柳井晴夫, 『多変量データ解析法-理論と応用-』, 朝倉書店, 1994. [6] Aldebaran Robotics, “Humanoid robotics & programmable robots”, <http://www.aldebaran.com/en>, 2014 閲覧.