

# ヒューマノイド型ロボットを用いた スポーツ指導支援システムの提案と評価

加藤 翔牙<sup>†</sup>

宇都宮 陽一<sup>‡</sup>

奥田 隆史<sup>‡</sup>

愛知県立大学 情報科学部 情報科学科<sup>†</sup> 愛知県立大学 大学院 情報科学研究科 情報システム専攻<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

スポーツ指導者は経験等で得られた動作を学習者に教える。この動作には言語化されていない身体知が含まれている [1][2]。優れた指導者は、学習者の動作レベルにあわせて身体知を言語化することに長けている。一方、一般的な指導者は身体知を言語化することが不得手である。

そこで本研究では、指導者が身体知を言語化することを支援するために、中間的なメディアとしてヒューマノイド型ロボット（以下ロボット）を利用するスポーツ指導支援システムを提案する。提案システムの基本的な流れは、まず (1) 指導者は学習者に動作を直接教えるのではなく、ロボットに教える（で表現する）。つまり指導者の動作を表現するためのロボットの制御コードを得る。同様に、学習者は自分が習う動作をロボットで表現する。次に、(2) これらの制御コードを分析することで動作に含まれている身体知を言語化する。

以下、第 2 節では提案システムの概要について述べる。第 3 節ではロボットを用いた動作の表現方法について述べる。第 4 節ではロボットの制御コードの分析方法について述べる。第 5 節ではある動作（空手の右手正拳突き）に含まれている身体知を提案システムにより言語化する。第 6 節では指導者によるシステムの評価について述べる。第 7 節でまとめる。

## 2 スポーツ指導支援システム

提案システムは次の 4 ステップにより身体知の言語化をおこなう (図 1 参照)。

**Step1 動作決定**：指導者は学習者に指導したい動作を決める。

**Step2 動作表現**：指導者は Step1 で決めた動作をロボットで表現する。同様に、学習者 ( $N$  人) は自分が習う動作をロボットで表現する。このとき、動作を表現するためのロボットの制御コードを得る。なお、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。

**Step3 制御コード分析**：分析者は Step2 で得られた制御コードを分析する。分析方法として  $P$  と  $A_i$  を比較して差分を出す差分法と  $P$  の特徴グラフから指導者の動作における関節の重要度を求める AHP 法で試みる。

**Step4 言語化**：分析者は分析結果より言語化された身体知を指導者に伝える。

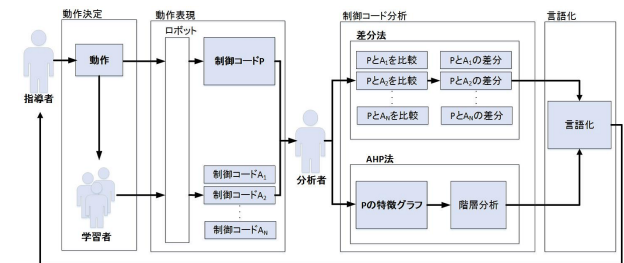


図 1 スポーツ指導支援システム概念図

## 3 Step2 動作表現

提案システムの Step2 では Step1 で決めた指導する動作を指導者は学習者に直接教えるのではなく中間的なメディアとして一度ロボットで表現する。同様に、学習者は自分が習う動作を表現する。ロボットへの動作表現（動作生成）は対話形式でおこなうため、動作を表現するためのロボットの制御コードが得られる。

なお、近年ロボット技術の発達 [3] によりロボットへの動作生成は簡易化されているため、指導者や学習者が直接動作生成することができる。しかしながら、より詳細に動作を分析したいときや動作生成ができないときなどはロボット動作生成の専門家に依頼する必要がある。

## 4 Step3 制御コード分析

提案システムの Step3 では分析者は Step2 で得られた  $P$  や  $A_i$  を差分法と AHP 法を用いて分析する。

差分法は  $P$  と  $A_i$  の関節を表すモータの値（移動目標値）を比較し、差分をだすことで指導者の動作において特徴のある関節を導く。ここで提案システムにおける差分とは同時刻において指導者と学習者の各モータの移動目標値が各モータの可動範囲の 10% 以上差が出たときとする。

AHP 法は  $P$  における移動目標値を特徴グラフとして出力し、この特徴グラフを元に AHP (Analytic Hierarchy Process) を用いて指導する動作において重要な関節の順位付けをおこなう [4]。

AHP で求める代替案は指導者が学習者に教えた動作において変動があった関節とする。

A supporting system of coaching skills for a sports coach using programmable humanoid robots

<sup>†</sup>Syogo KATO, Takashi OKUDA

<sup>‡</sup>Yoichi UTSUNOMIYA

<sup>†</sup>Department of Information Science and Technology, Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

<sup>‡</sup>Graduate School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

また、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[5]。ここで、パワーは強さの程度、力の調整を示す。スピードは速さの程度、一連の動作の流れを示す。リズムは動作の間隔調整、一定のテンポを示す。タイミングは実行効果を最大にする体制を示す。

以上の代替案と評価基準より指導者の動作において重要な関節の順位付けにおける階層図を図2に示す。

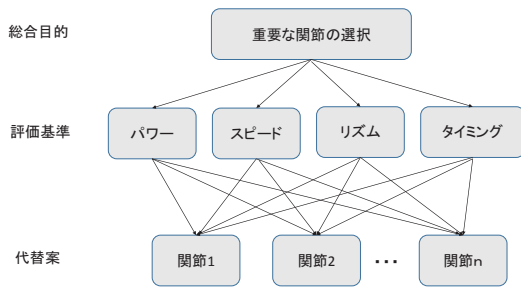


図2 重要な関節の順位付けにおける階層図

5 実験例

提案システムの有効性を示すため、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。指導する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。

本実験で、ロボットはAldebaran Robotics社のNAO<sup>®</sup>を用いた[6]。また、ロボットの動作生成ソフトウェアには同社のChoregraphe<sup>®</sup>を用いた。

実験より右手正拳突きにおいて使用された関節は右肩、右肘、右手首、右手の4つであった。

差分法によりPとA<sub>i</sub>における各モータの移動目標値を0.1秒毎に動作開始から終了までの3秒間比較し差分が出た回数を表1に示す。

表1 指導者と各学習者を比較して差分が出た回数

	Ama1	Ama2	Ama3	Ama4	Ama5
RShoulderRoll	0	0	1	10	1
RShoulderPitch	6	10	14	11	3
RElbowRoll	11	14	14	15	11
RElbowYaw	13	2	15	18	15
RWristYaw	19	19	18	20	15
RHand	0	0	0	0	0

表1より指導者と各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RWristYaw(RWY)と右肘のx軸回転を表すRElbowRoll(RER)である。RWYは多いものではAma4の20回と他のモータに比べても多く差分がでている。また、RERも動作時間の半分近く差分が出ている。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。また、右肩のx軸回転を表すRShoulderRoll(RSR)や右手の開閉を表すRHand(RH)は差分がほ

とんど出ていないことから未経験者でもわかる動きをしているといえる。

AHP法により指導者の動作における関節の重要度を求める。まず、指導者の身体知における各制御コードの移動目標値を表現した特徴グラフを図3、図4に示す。

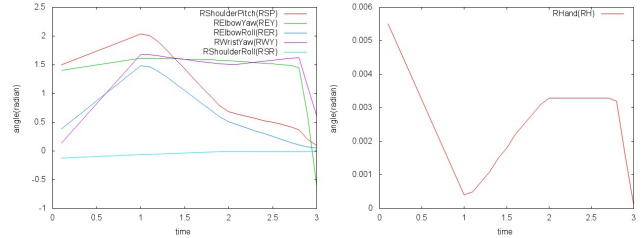


図3 指導者の特徴グラフ1 図4 指導者の特徴グラフ2

図3より、右肩のy軸回転であるRShoulderPitch(RSP)とRERは2段階に分けて速度が変化している。これより、RSPとRERはスピードが重要であるといえる。また、右肘のz軸回転RElbowYaw(REY)とRWYと図4のRHは動作終了間際に急激に変化している。これより、REYとRWYはタイミングが重要であるといえる。

次に特徴グラフを元に指導者の動作における重要な関節の順位付けをAHPを用いて求めた結果を表2に示す。

表2 各関節の重要度

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

表2より、指導者の動作において重要な関節の順位は右手首、右手、右肩、右肘の順である。

どちらの分析結果も指導者の動作では右手首に特徴があるとなった。これにより、指導者は右手正拳突きを指導する際、右手首を意識して指導する必要がある。

6 システム評価

提案システムで最も差分が出たのは手首であったが指導者が差分が出ると予測していたのは肩であった。また、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。これらから、提案システムは指導者に気付きを与える可能性があることがわかった。

7 まとめ

本研究では指導者の身体知を言語化することを支援するために、中間的なメディアとしてヒューマノイド型ロボットを利用するシステムを提案し、空手における動作を動作例として実験をおこなった。今後の課題として、本稿ではAHPを用いた主観的な分析をおこなったが客観的な分析をおこなうことなどがあげられる。

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, pp69-82, 2010. [2] 茨城大学健康スポーツ教育研究会編, 『健康スポーツの科学』, 大修館書店, 1999. [3] 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. [4] 木下栄蔵, 『わかりやすい意思決定論入門-基礎からファジィ理論まで-』, 近代科学社, 1996. [5] 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. [6] Aldebaran Robotics, “Humanoid robotics & programmable robots”, <http://www.aldebaran.com/en>, 2014 閲覧.