

画像データからの知識獲得手法による卓球身体知の検討

Analysis of Embodied Knowledge Using Data-Mining Methods from Image Data

前田利之*¹ 林 勲*² 藤井政則*¹ 王 碩玉*³ 田阪登紀夫*⁴
 Toshiyuki Maeda Isao Hayashi Masanori Fujii Shuoyu Wang Tokio Tasaka

*¹ 阪南大学 Hannan University *² 関西大学 Kansai University *³ 高知工科大学 Kochi University of Technology *⁴ 同志社大学 Doshisha University

We present an analysis of embodied knowledge using knowledge acquisition from image data, focused on table tennis. We do not use body model, but use only hi-speed motion images, from which time series data are obtained and analyzed using knowledge acquisition methods such as C4.5 and so on.

1. はじめに

本報告では、画像データからの知識獲得手法による卓球身体知について検討する。身体知とは種々の研究者において種々の定義がされているが、本研究では言語（記号）的知識ではなく身体が覚え込んだ技能スキルとし、暗黙知 [Polanyi 66] のカテゴリーとしてとらえるものとする。

人間の動作と技能研究において、技能スキルは人の意図した単機能成果を生成する単機能技能と環境変化に適応したメタ技能との階層構造から構成されている [塩瀬 04]。しかし、どのような技能者であっても自らの内部モデルを完全に理解することは困難であり、通常は、自らの表象行動を客観的に観察して、内部モデルを微調整して高度な技能スキルを達成する。このように、単機能技能からメタ技能、表象行動への意図表現のボトムアップ処理、及び、表象行動からメタ技能、単機能技能への微調整のトップダウン処理とが潤滑に機能して、内部モデルを高精度化し熟練性が達成される。

一方、スポーツの技能動作の研究では、動作計測や生理的計測から身体的構造モデルや骨格構造モデルを用いる研究が推進されている。本報告では、スポーツ動作として卓球のフォアハンドストローク [葛西 94] を例にとり、身体的構造モデルや骨格構造モデルを用いることなく、知識獲得手法を用いて内部モデルを同定する。本報告では、卓球の技能スキルに着目し、被験者による卓球のフォアハンドストロークを動画で解析して、その熟練性を上級者、中級者、初級者の3段階で評価し、知識獲得手法を用いて内部モデルを同定し、単機能技能とメタ技能の熟練性との関係について議論する。

2. 卓球のフォアハンドストロークの分析

スポーツの動作解析の研究では、身体に装着した針筋電により筋線維が興奮する際の活動電位を記録する筋電図検査や身体に装着した複数の観測点によるマーキング観測法等により、身体的構造や骨格構造を明らかにすることを課題とした。本研究では、技能スキルは身体各部位の単機能技能とその上位層のメタ技能による階層構造の内部モデルから構成されていると仮定し、身体的構造や骨格構造を議論することなく、観測された画像データと表象行動に対する技能評価から数理モデルを用い

て内部モデルを同定する。ここでは、スポーツとして卓球を取り上げ、被験者のフォアハンドストロークによる動作軌跡の観測データと表象行動の技能評価から、卓球技能のスキルを解析する。本システムの構造を図1に示す。

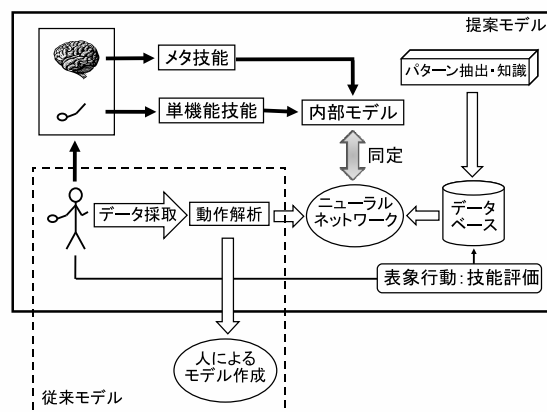


図 1: Proposed System

実験では、被験者として阪南大学の男子学生を選定した。表象行動の技能評価として、阪南大学卓球部に所属する者を上級者、中学校と高校において卓球部所属であった者を中級者、多くの卓球競技の経験がない者を初級者として分類した。

実験試技では、観測データのマーキング測定点として被験者の右上腕に9個所のマーキング点 ((1) 肩鎖関節点, (2) 肩峰点, (3) 橈骨点, (4) 尺骨点, (5) 橈骨茎状突起最下端点, (6) 尺骨茎状突起最下端点, (7) ラケット側端内向点, (8) ラケット側端外向点, (9) ラケット上端点) を施した。図2に測定マーキングの設定位置を示す。

被験者の対角線延長上の卓球台エンドラインから約30cmの距離に配球マシン(ヤマト卓球(株), TSP52050)を設置し、仰角20度、速度レベル25、ピッチレベル30で、ボールを配球した。被験者は、卓球台エンドラインから75cm内側に着地した配球ボールを相手コートのフォアクロスに返球する。フォアハンドストロークの動作軌跡の観測には、高速度カメラ((株)デジモ社, VCC-H300, 分解能: 512 × 512pixel, フレームレート: 90fps)を用いて、被験者前方360cm、高さ130cmに設置した。被験者がフォアハンドで打球している間に、観測時

連絡先: 前田利之 (阪南大学 経営情報学部)
 〒 580-8502 大阪府松原市天美東 5-4-33
 Tel: (072)332-1224, Fax: (072)336-2633
 E-mail: maechan@hannan-u.ac.jp

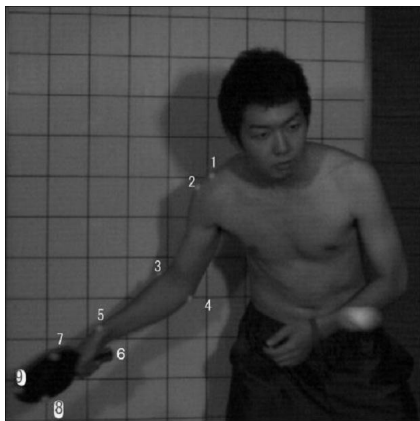


図 2: Measurement Markings

間：10 分間で各被験者の数回分のフォアハンドストロークを撮影した。撮影された連続画像から、配球されたボールに対して、被験者がテイクバックを開始した時点のフレームからフォアハンドストロークを振り切った時点のフレームまでの約 40 フレームから 120 フレームまでの静止画像を抽出した。

3. 内部モデルの同定

本実験での卓球の技能スキルは、観測マーキングの位置座標よりも位置の軌道に依存する。そこで、被験者のフォアハンドストロークの観測データを適用するため、9 名の被験者の静止画像のフレームの位置座標からなる観測データの各データタプルに対して、当該データタプルの 2 フレーム先から 6 フレーム先までの 5 フレーム分のデータを同一タプルで重複させて観測データを時系列データとして再構成した。なお、表象行動の技能評価は、上級者、中級者、初級者の 3 クラスとした。各観測マーキングの位置は (x, y) の 2 次元座標で表現されているので、再構成後の観測データは 90 入力、3 クラス出力からなる。

なお、上級者間では、相関係数の高い 2 名を学習用データとし、残りの 1 名を評価用データとした。

ここで、データマイニング統合ツールである weka [Wek 09]、を利用し、データマイニング手法である C4.5, Native Bayes Tree(NBT), Random Forest(RF) を用いて解析した結果を示す。また、評価用データ (CHD) において、各手法によるクラスの認識個数を表 2 に示す。さらに、各フレーム間でのマーカデータの差分をとり、そのデータに対して C4.5 で解析した結果もあわせて示す。この差分データは動作の加速度を近似的に表したものと考えることができる。

表 1: Recognition Rate of Modified Data Sets

	認識率 (%)		
	学習用データ	評価用データ	平均
C4.5	98.1	43.3	70.7
NBT	100.0	32.8	66.4
RF	100.0	25.4	62.7
C4.5(差分データ)	97.1	48.9	73.0

NBT と RF の学習用データに対する認識率は 100% と得られ、学習データに対する過学習と考えられる。評価用データ

に対する認識率は極めて悪い。C4.5 は学習用データと評価用データに対して良い結果を示した。一方、表 2 での各手法によるクラスの認識個数の結果から、NBT と RF は、評価データの上級者を中級者と認識し、初級者も中級者と認識する割合が高く、上級者と初級者からなる評価データに対して、それらの中間技能的レベルである中級者と誤認識する傾向がある。C4.5 は、評価データの上級者を初級者と認識しており、初級者も中級者と認識している。やはり、中間技能レベルの中級者として認識する傾向が見られる。

表 2: Discrimination of Classes

出力クラス	評価用データのクラス (個数)			
	上級者	中級者	初級者	
C4.5	上級者	14	0	2
	中級者	2	0	23
	初級者	11	0	15
NBT	上級者	1	0	2
	中級者	14	0	17
	初級者	12	0	21
RF	上級者	6	0	4
	中級者	13	0	25
	初級者	8	0	11

また、C4.5 について、わずかではあるが差分データによる認識率の向上がみられている。これは時系列データをそのまま認識機に入れるよりもその加速度情報のほうが重要であることを示唆しているが、さらなる検討が必要であると考えている。

4. おわりに

本報告では、卓球のフォアハンドストロークの熟練性を 3 段階で評価して、技能スキルの内部モデルを同定し、熟練性を向上させるための単機能技能とメタ技能について議論した。今後の課題として、観測データ自体の評価をさらにすすめる、必要に応じて精度の高いデータを採集し直し解析をさらにすすめることを考えている。なお、本研究の遂行には、阪南大学 卓球部員、阪南大学 経営情報学部学生、及び、関西大学 総合情報学部 原 正直君の協力を得た。ここに深謝する。

参考文献

[Polanyi 66] Polanyi, M.: *The Tacit Dimension*, Doubleday, Garden City, New York (1966)

[Wek 09] <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/> (2009)

[塩瀬 04] 塩瀬, 榎木, 川上, 片井: 生態心理学的アプローチからみた技能継承の技術化スキーム, 生態心理学研究, Vol. 1, No. 1, pp. 11-18 (2004)

[葛西 94] 葛西, 森, 吉村, 太田: DTL 法を用いた 3 次元解析による卓球のフォアハンド打法の研究, 早稲田大学人間科学研究, Vol. 7, No. 1, pp. 119-127 (1994)