

中華鍋操作技能の教授・習得過程の説明的分析

An Explanatory Analysis of Teaching and Learning Process of Wok Handling Skill

水山 元^{1*} 山田佳代¹ 田中和人² 牧 淳人³

Hajime Mizuyama¹, Kayo Yamada¹, Kazuto Tanaka² and Atsuto Maki³

¹ 京都大学

¹ Kyoto University

² 同志社大学

² Doshisha University

³ 東芝欧州研究所

³ Toshiba Research Europe Ltd.

Abstract: Receiving advice from an instructor often accelerates the process of mastering a skilled motion, and this implies that a piece of advice functions as a trigger that introduces a structural change into how the learner performs the motion. Taking a basic motion of wok handling as an example, this research observes several actual processes of learning it with advice, and characterizes the processes based on the sequence of advice and how the motion performance changes along it. As a result, it is found that the process differs among learners and that the instructor determines the set of advice to give based not only on the observable characteristics of the current motion performance but also on the history of the interaction with the learner.

1. はじめに

ある程度の熟達を要する動作，すなわち技能動作は，ものづくり，スポーツ，舞踊，調理など，あらゆる分野に存在し，それらの習得に関しては，従来から，様々な研究がなされてきた[1]．しかしながら，現状では，技能動作の習得過程に関する理解はまだ不十分であり，その支援のあるべき姿に関する認識も定まっているとは言い難い．そこで本研究では，技能動作を習得していく過程において，アドバイスの有無でその効率が大きく異なり得る[2][3]ことに着目し，アドバイスが動作に構造変化をもたらす引き金としての役割を果たすと考え，そして，指導者からアドバイスを受けながら実際に技能動作を習得していく過程を状態遷移として捉えることによって，技能動作の教授・習得過程とその支援に関する基礎的な知見を得ることを目的とする．

以下では，まず，中華鍋の操作を対象としたモーションキャプチャ実験について述べた後，指導者からのアドバイスの内容をいくつかの項目に分類した上で，動作データをそれらと関連付けることによっ

て，アドバイス項目の選択とそれに伴って動作が変化していくプロセスについての説明的分析を試みる．

2. モーションキャプチャ実験

実験期間内にある程度の上達が見込め，モーションキャプチャで特徴が把握でき，指導者の協力が得られるという条件から，対象動作として，中華鍋の前後振り操作をとりあげた．左手に鋼製の広東鍋，右手にオタマを持ち，五徳の上で，鍋の中の具材（実験では，押し麦を用いた）を前後に混ぜ合わせる操作である．男子大学生3名（学習者A, B, Cと呼ぶ）にその習得に取り組んでもらい，指導者役は，中華鍋操作とその指導の双方に経験豊富な，調理師学校の中国料理のベテラン教師にお願いした．

各学習者に，対象動作を4回に分けて約30秒ずつ実演してもらった．学習者は，連続する試行間に，指導者から約60秒間の指導を受けるとともに，それを踏まえて練習を行う．また，それらとは別に，模範動作として，指導者の動作データも取得した．各試行は，光学式モーションキャプチャシステム（Motion Analysis 社製 MAC3D System）[4]で，複数マーカーの3次元軌跡として記録し，筋骨格モデリン

* 連絡先：京都大学工学研究科機械理工学専攻
〒606-8501 京都府左京区吉田本町
E-mail: mizu@me.kyoto-u.ac.jp

グソフトウェア（MusculoGraphics 社製 SIMM）で、全身 32 自由度の関節角データに変換した後、1 階差分によって、角速度データに変換した。

3. 模範動作の特徴

中華鍋操作の動作データは 32 次元の時系列データであり、そのままでは自由度が高すぎて、説明的分析のための解釈は困難である。既報[5]では、主成分分析を適用し、左腕と右腕の動きが動作の主要部分を占めることを確認したが、主成分は合成変数であり、その意味付けは必ずしも自明ではない。そこで、ここでは、解釈の容易さを重視して、合成変数ではなく、左右の腕の肩関節、肘関節、手首関節からそれぞれ最も標準偏差が大きかった自由度の一つずつ選択し、それらあわせて 6 自由度のデータで動作の主要部分の特徴付けを行うことにする。具体的には、（クロス）スペクトル分析によって、前後振りの基本周期、その寄与率、および各関節間の位相差を求め、標準偏差を振幅とした六つの正弦波で動作をモデル化する。

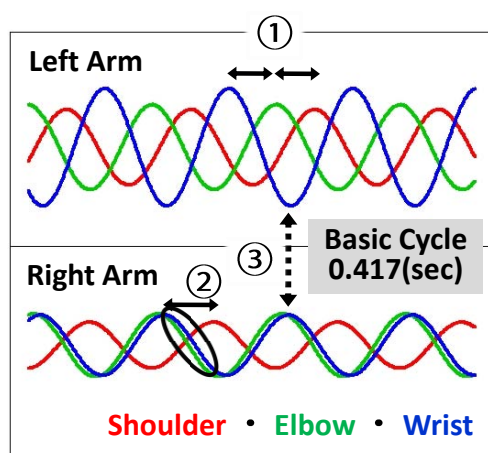


図 1. 模範動作の正弦波モデル

図 1 は、指導者に実演してもらった模範動作の正弦波モデルである。正弦波の振幅から動きの大きさが分かる。さらに、図から、①左腕は、肩から肘、手首にかけてほぼ均等に位相差がつけられ、鞭のように柔らかく使われている、②右腕は、各関節がほぼ同期して動いており、左腕とは違って、固く使われている、③左手首と右手首は逆位相である、といった特徴が見てとれる。また、図には表現していないが、基本周期の寄与率はすべて 9 割前後の高い値をとっており、前後振りの周期は、約 2 秒に 5 回で、非常に安定していた。

4. アドバイス項目の分類

次に、上述のような特徴を学習者に身につけさせるために、指導者が主としてどのようなアドバイスをういたかを整理した。その結果、次の 7 種類の項目が得られた：

- A: 左手首を動かさない。
- B: 鍋を大きく振る。
- C: 鍋を一定のリズムで振る。
- D: 鍋を素早く振る。
- E: 鍋を軽く持つ。
- F: おたまで具材を押し出す。
- G: おたまを鍋と反対に動かす。

これらのうち、A～E は主に左腕に、F, G は主に右腕に、それぞれ関する項目である。項目 A は、左手首の力を抜かせ、項目 E とともに、①の特徴を獲得させるためのアドバイスのようなものである。項目 B は、左腕の動きの大きさの補正、項目 C は、基本周期の寄与率の向上、項目 D は、基本周期の速さの補正、とそれぞれ理解できる。項目 F は、右腕の動きの大きさとともに、特徴②に関連しており、項目 G は、特徴③に関連している。

表 1. 学習者別のアドバイス項目

	Trial 1-2	Trial 2-3	Trial 3-4
Novice A	F	A, F, G	B, C
Novice B	B, F	C, F	B, F, G
Novice C	A, D, F, G	B, D, F, G	E, F, G

表 2. アドバイス項目が与えられたタイミング

	Trial 1-2	Trial 2-3	Trial 3-4
Advice A	1	1	
Advice D	1	1	
Advice B	1	1	2
Advice F	3	3	2
Advice G	1	2	2
Advice C		1	1
Advice E			1

表 1 は、学習者別に、与えられたアドバイス項目を整理したもので、表 2 は、項目ごとにそれが与えられたタイミングを示したものである。アドバイスに含まれる項目は、ランダムではないが、完全に規則的であるわけでもなく、学習者およびタイミング

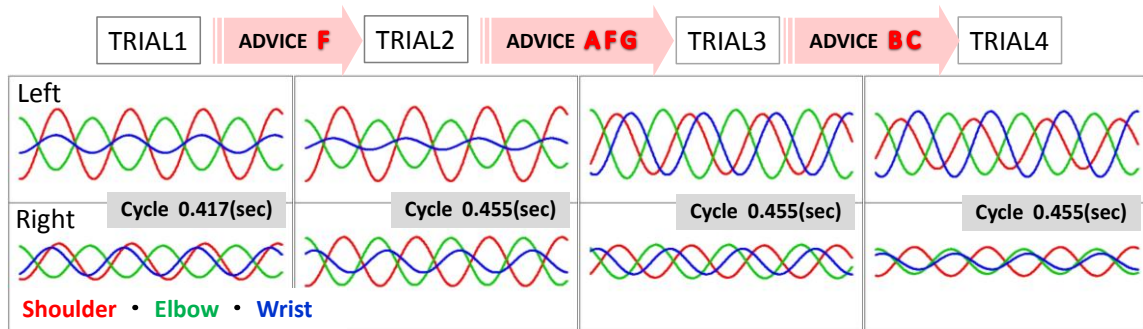


図 2. 学習者 A の動作モデルの推移

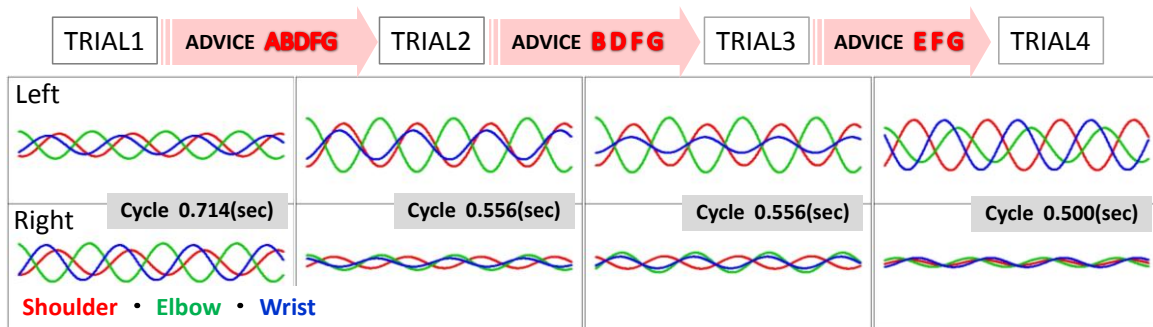


図 3. 学習者 C の動作モデルの推移

によって異なることがわかる。これは、指導者が、学習者とタイミングによる何らかの差異を認識し、それによって項目を選択しているからとも考えられるが、各項目に関連する特徴量（例えば、項目 D に対する鍋振りの基本周期など）で、当該項目の有無を機械的に判別するのは困難であった。

5. アドバイスと動作変化の関連

動作の特徴とアドバイス項目との間の単純なマッピングは難しかったので、次に、動作が変化していくプロセスとアドバイス項目との間の関係に注目して、その説明的な分析を試みた。ここで、その結果の一例を示す。

5.1 学習者 A のケース

図 2 は、学習者 A の動作モデルが、試行間でどのようなアドバイス項目を受け、それによってどのように変化していったかを表したものである。指導者は、右腕に関する指導から始めている。試行 1 後の項目 F で右腕の位相差が模範動作に少し近付き、試行 2 後に項目 G が加わることで、特徴③が獲得されている。項目 A に着目すると、これは、試行 2 後に与えられ、それによって、期待した通り、左手首の振幅が大きくなり、肩から肘、手首にかけての柔ら

かな位相差が出現している。また、図には表現していないが、左腕の基本周期の寄与率は、試行 1 で 7 割程度あったのが、試行 2, 3 では、5, 6 割程度にそれぞれ低下した。試行 3 後のアドバイス項目 B, C は、左腕の動きを大きく安定させ、基本周期の寄与率を高めるためのものであったと考えられる。結果として、試行 4 では、基本周期の寄与率は 8 割程度に改善された。

5.2 学習者 C のケース

次に、上述のケースを、学習者 C のケースと対比してみる。図 3 は、学習者 C について、図 2 と同様の内容を表したものである。試行 1 での左腕の動きが小さかったためか、学習者 C に対しては、指導者は左右両腕の指導を同時にスタートさせている。右腕については、一貫して項目 F と G が与えられているが、試行 2 以降はほとんど動きがなくなっており、学習者 C は左腕にかかりっきりで、右腕にまで意識が回っていないのではないかと推察される。左腕については、項目 A の影響が興味深い。試行 1 後に与えられているが、学習者 A のときのように、柔らかな位相差は出現しなかった。これを受けて、指導者は、試行 3 後に、項目 E を与えている。項目 A が期待した通りには伝わらなかったことを受けて、表現を変えたことが見てとれる。

5.3 説明的分析の含意

各タイミングでのアドバイス項目の選択は、上述のような説明的分析のモデルに沿って見ると、指導者の自然な判断として理解できる。また、その一方で、動作の特徴とアドバイス項目との間の単純なマッピングが難しかったことも、次のような点から容易に納得できる。

- 動作に拙い点が複数存在したとしても、必ずしも、それらすべてが網羅的に指摘されるというわけではない。
- 項目 A の例のように、同じアドバイス項目でも学習者によってその解釈が異なり得る。
- 指導したい内容が期待した通りに伝わらなかった場合、指導者は、同じ内容を、表現を変えて伝えようとすることがある。

最初の点は、指導の仕方には選択肢があり、技能動作の指導は個性のあるプロセスとして捉えられるべきであることを示している。また、二つ目の点は、学習者の側にも個性があることを表しており、三つ目の点は、指導のプロセスを通じて、指導者が学習者の個性を理解していくことを示している。逆に、学習者の側も、このプロセスを通じて、指導者の個性についての理解を獲得していくはずである。したがって、技能動作の教授・習得の過程は、指導者と学習者の間の相互理解、相互適応のプロセスであるといえる。

ただし、このことは、ある意味では、当たり前のことにすぎない。ここでは、さらに、動作の特徴をデータに基づいてわかりやすく視覚化し、その推移についての解釈を添えた、上述のような、説明的分析のモデルが、アドバイス項目の選択と、それによる動作変化のプロセスについての、自然な理解につながったことに注目し、次の仮説を提起したい。

- 上述のような説明的分析のモデルは、指導の疑似体験システムとして有効である。

技能動作の指導が、ある種の属人的な戦略から導かれる個性的なプロセスであり、その戦略が、指導経験にともなって育っていくものであるとした場合、この種の疑似体験は、(特に、経験の浅い)指導者にとって、指導戦略を獲得・高度化する助けになり得る。また、指導者が代わっても継続性のある指導を可能にするためのカルテのような役割も期待できる。さらに、学習者にとっても、指導の疑似体験は、自学自習のために有用である可能性がある。

6. まとめと今後の課題

本研究では、中華鍋の操作を例にとり、指導者からアドバイスを受けながら技能動作を習得していく過程をデータ化した上で、その視覚化と説明的分析を試みた。その結果、動作の特徴をデータに基づいてわかりやすく視覚化し、その推移についての解釈を添えた、説明的分析のモデルが、アドバイス項目の選択と、それによる動作変化のプロセスについての、自然な理解につながることを確認した。そして、そうした説明的分析のモデルが指導の疑似体験システムとして有効ではないかという仮説を得た。

今後の課題としては、まず、上述のような説明的分析のモデルによる指導の疑似体験システムが、指導戦略の獲得・高度化、指導の継続性確保、自学自習の支援などの面で、実際に有用であるかどうかを検証することがあげられる。また、ここで取りあげた中華鍋の操作以外の技能動作でも、同じように、理解しやすい説明的分析のモデルが得られるかどうかを確認し、上述のアプローチの一般化可能性を検討することも重要である。

謝辞

本研究は、辻調理師専門学校から多大な協力を得た。ここに謝意を表す。また、科学研究費補助金(学術創成 19GS0208)の補助に感謝する。

参考文献

- [1] 古川康一, 植野 研, 尾崎知伸, 神里志穂子, 川本竜史, 渋谷恒司, 白鳥成彦, 諏訪正樹, 曾我真人, 瀧 寛和, 藤波 努, 堀 聡, 本村陽一, 森田想平: 身体知研究の潮流—身体知の解明に向けて—, 人工知能学会誌, Vol. 20, No. 2, pp. 117-128 (2005)
- [2] 柴田庄一, 遠山仁美: 技能の習得過程と身体知の獲得—主体的関与の意義と「わざ言語」の機能—, 言語文化論集, Vol. 24, No. 2, pp. 77-94 (2003)
- [3] 永山貴洋, 北村勝朗, 斎藤 茂: 優れた少年野球指導者の身体知指導方略の定性的分析, 教育情報学研究, Vol. 5, pp. 91-99 (2007)
- [4] 青木 慶: 使いたい!教えて最新技術: 動作解析装置編—Motion Analysis 社製 MAC3D System 編—, バイオメカニズム学会誌, Vol. 32, No. 3, pp. 167-172 (2008)
- [5] Yamada, K. and Mizuyama, H.: A State Transition Model for the Process of Teaching Skilled Motion, The Proceedings of the 9th Asia-Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, CD-ROM, (2008)