

メタ認知的言語化による身体知言語化支援システム

A support system of verbalizing embodied expertise by meta-cognition

牧嶋直将*¹
Naoyuki Makishima

赤石美奈*²
Mina Akaishi

*¹ 法政大学 大学院 情報科学研究科
Graduates School of Computer and Information Sciences, Hosei University

*² 法政大学 情報科学部
Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University

This paper proposes a support system of verbalizing embodied expertise by meta-cognition. Today, there are many teaching situation such as playing sports or playing instruments. The teachers teach learners their embodied expertise in such situations. However, it is difficult to verbalize embodied expertise. Therefore, there are various studies to reveal embodied expertise. In particular, the study of meta-cognitive verbalization shows meta-cognitive verbalization promotes development of learners' embodied expertise. We claim that meta-cognitive verbalization influences not only development of learners' embodied expertise but also teaching contents. Therefore, this paper proposes a support system of verbalizing of embodied expertise by meta-cognition. The system gets motion data by Kinect. This motion data is three-dimensional coordinate data of twenty-five joints. Then, the system produces teaching contents by using motion data. The system also gets meta-cognitive verbalization of learners and produces teaching contents. It helps learners to promote development of embodied expertise.

1. はじめに

スポーツや楽器演奏における技のコツは身体知と呼ばれ、その解明は困難であることが知られている。その理由の1つとして、身体知の暗黙性が挙げられる。身体知は暗黙知とも呼ばれ、言語化が困難であることが知られている。その理由は、技のコツを身体が覚えこんでおり、頭で考えなくても身体が勝手に動く状態にあるからである。その為、指導者が自身の身体知を学習者に伝えようとしても、うまく伝えられないことがある。このように、身体知は言語化が困難だが、全く語る事が出来ないわけではない。

そこで近年、自分がどのような体感や意識で動作を行っているのかを言葉にする試行が、身体知を獲得する為のツールとして有効であるというメタ認知的言語化理論 [Suwa 04]が提唱された。この理論に基づく身体知獲得の創造支援や、この理論に基づいた様々な実践研究が行われ、学習者の技の熟達を促進することが報告されている。このことより、学習者のメタ認知的言語化が学習者だけでなく指導者の指導の言語化にも影響を与え、その指導を受けた学習者もまた熟達が進むのではないかと考えられる。

そこで本研究では、学習者のメタ認知的言語化を考慮することで指導者の身体知言語化を支援するシステムを提案する。本システムを用いることによって、指導者の指導内容の変化を促す。また、その指導内容を見た学習者の技の熟達の支援につなげる。

本論文は以下の構成からなる。2章にて、本研究に関連する既存研究について説明する。3章にて、提案システムの詳細を述べる。4章にて、システムの評価とその結果を示し、5章にて、それに対する考察を行う。最後に6章にて、本研究の総評を述べる。

2. 関連研究

身体知を解明する為に、様々なアプローチから研究がなされている。まず、植野らの研究 [植野 05]がある。ここでは、ピークタイミングシナジーという関節同士が時間の流れの中でどのような順序でピークを迎え動いているのかを示すパターンを用いて身体知を解明する方法が提案されている。植野らは、近赤外 3次元モーションキャプチャ Qtrac を用いて 3次元動作データを計測し、多角形近似によってどのような順序でどのようなデータがピークを迎えているのかを抽出し、その中で頻出するものをピークタイミングシナジーとした。

また、言語化に焦点を当てた研究には諏訪の研究 [諏訪 05]がある。ここでは、自身の認知過程を認知しそれを言語化するというメタ認知的言語化という方法による実践研究を紹介し、その方法により学習者の熟達が見られた。また、言語量とパフォーマンスには相関が見られ、言語化は熟達に影響を与えることが示された。さらに、メタ認知的言語化によって意識変革が起こったことがわかった。

このように身体知解明の為に言語化以外の研究や学習者自身の言語化によるアプローチは成されてきたが、指導者の言語化に焦点を当てた研究はあまり成されていない。また、言語化による技の熟達が見られたケースがあることから、言語化のアプローチが身体知の解明に繋がると考えられる。

3. 提案手法

メタ認知的言語化によって学習者の技の熟達が進んだというケースが報告されている。このことから本研究では、学習者のメタ認知的言語化内容を指導者に提示することで、指導者の身体知の言語化の支援、さらに学習者の熟達を支援するシステムを提案する。具体的には、まず、Kinect を用いて動作データを取得する。続いて、学習者の実力に合わせた指導を行う為に、学習者のレベル判定を行う。そして、本システムによる指導内容、指導者が学習者の動作画像のみを見た場合の指導内容、指導

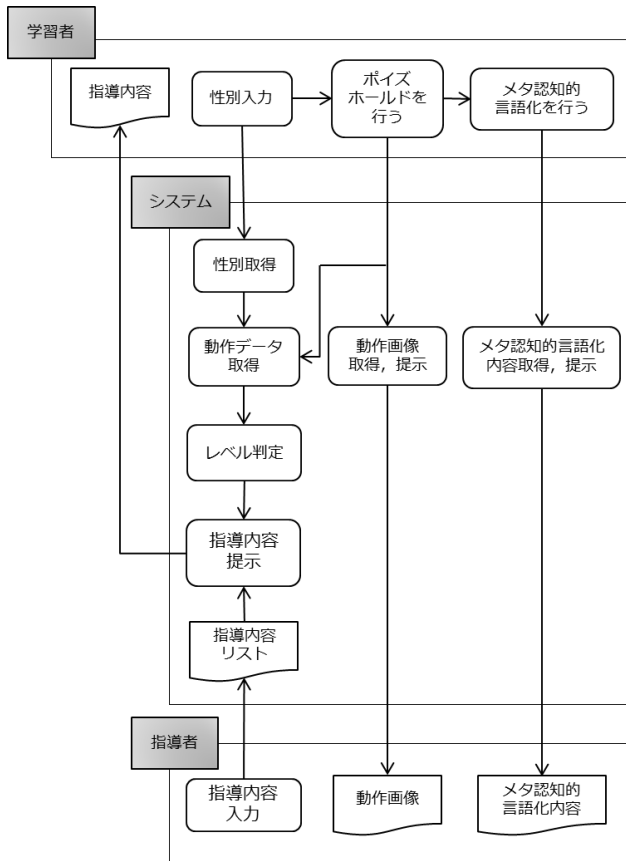


図 1: 提案手法の処理の流れ

者が動作画像、メタ認知的言語化内容を見た場合の指導内容をそれぞれ比較する為、判定されたレベルに対応した本システムによる指導内容を学習者に提示し、また、学習者の動作画像、メタ認知的言語化内容を取得し指導者に提示する。本システムでは、動作対象を競技ダンスのポイズ、ホールドとした。ポイズ、ホールドとは、競技ダンスを行う際の基本姿勢である。本システムの大まかな処理の流れを図 1 に示す。また、各々の処理に関しては以降の節で順に述べる。

3.1 準備

本システムでは、図 1 のシステム内の指導内容提示において指導内容の変化の比較基準として学習者に対してデフォルトの指導内容を提示するが、その指導内容は指導者が事前にシステムに入力し、システム内に指導内容リストとしてテキストファイル形式で蓄積しておく。指導内容は、レベル判定に用いる達成項目と対応しており、達成項目を満たさない場合に対応した指導内容を入力しておく。また、各々の指導内容に指導内容 ID を付与する。男性の達成項目と指導内容、指導内容 ID の対応例を表 1 に示す。また、同様に女性用の指導内容も蓄積する。さらに、同様の理由から、学習者には性別を入力してもらう。

3.2 動作データ取得

図 1 において学習者にポイズ、ホールドを行ってもらった際に Kinect v2 [中村 15] を用いて学習者の動作データの取得を行う。取得する動作データは、25 点の関節の 3 次元座標である。動作データは、学習者が動作を開始してから 5 秒間取得し、そのデータを用いてレベル判定、指導内容の提示を行う。

表 1: 男性指導内容 ID と指導内容、達成項目の対応例

| 男性指導内容 ID | 指導内容 | 達成項目 |
|-----------|--------------------------------|-------|
| 0 | お尻が抜けているので、骨盤を地面と平行になるように意識する。 | お尻の位置 |

表 2: 男性の達成項目

| 判定基準 | 男性指導内容 ID | 達成項目 |
|------|----------------|------------|
| ① | 16, 17, 21, 22 | 左右肘の角度 |
| | 20, 25 | 左右掌の向き |
| | 18, 19, 23, 24 | 左右掌の高さ |
| ② | 0 | お尻の位置 |
| | 1 | お腹の位置 |
| | 2, 3, 4, 5 | 身体の傾き |
| ③ | 6, 7, 8, 9 | 肩から肘までのライン |
| | 14, 15 | 肩の高さ |
| | 10, 11, 12, 13 | ホールドの位置 |

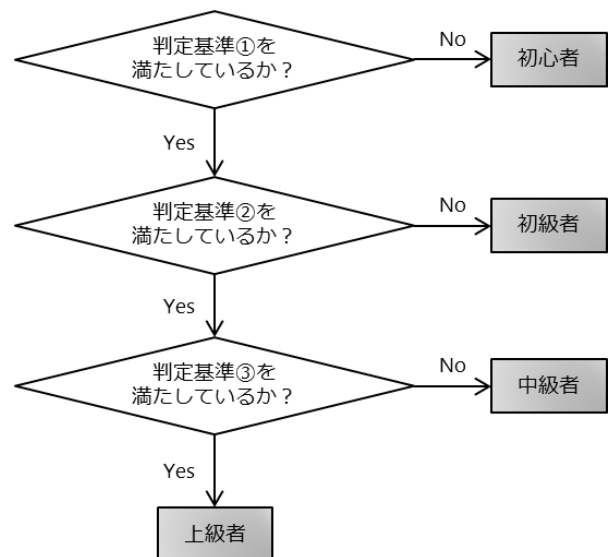


図 2: レベル判定の流れ

表 3: 男性の 3 次元座標を用いた判定方法の例。

| 男性指導内容 ID | 達成項目 | 3 次元座標を用いた判定 |
|-----------|--------------|---|
| 16, 17 | 左肘の角度 | $90^\circ \leq \text{左肘の角度} \leq 130^\circ$ |
| 6, 7 | 左肩から左肘までのライン | $-0.03\text{m} \leq d1 \leq 0.025\text{m}$ |

※ $d1 = (\text{左肘と地面の距離}) - (\text{左肩と地面の距離})$

3.3 レベル判定

図 1 の動作データ取得において取得した 3 次元座標を用いてレベル判定を行う。動作対象のポイズ、ホールドは男性と女性で違うので、取得した性別に対応した達成項目に従って、初心者、初級者、中級者、上級者の 4 段階のレベル判定を行い学習者に提示する。男性の達成項目を表 2、達成項目を用いたレベル判定の流れを図 2 に示す。女性の判定においても、女

性の達成項目を図 2 に示す流れで同様に判定を行う。判定基準①の達成項目を一つでも満たさない場合は初心者判定、すべて満たす場合は初級者判定、判定基準①、②の達成項目をすべて満たす場合は中級者判定、判定基準①、②、③の達成項目をすべて満たす場合は上級者判定となる。また、達成項目を Kinect で取得した関節の 3 次元座標を用いてどのように判定するかを例を表 3 に示す。この際、関節間の角度を用いる場合は、取得した 3 次元座標をもとに余弦定理を用いて関節間の角度を計算している [Webb 12]。

3.4 指導内容提示

図 1 におけるレベル判定において、満たしていないと判断された達成項目に対応する指導内容 ID を準備の段階で蓄積しておいた指導内容リストから見つけ、指導内容 ID に対応した指導内容を学習者に提示する。

3.5 動作画像取得, 提示

図 1 において学習者にポイズ、ホールドを行ってもらった際に、学習者の動作をスマートフォンのカメラを用いて学習者の正面、左、後ろ、右の 4 方向から撮影することで動作画像を取得し、指導者に提示する。

3.6 メタ認知的言語化内容取得, 提示

図 1 におけるメタ認知的言語化では、学習者がポイズ、ホールドを行った後、メタ認知的言語化を行ってもらい。メタ認知的言語化とは、ある動作を行う際にどのような意識を持って行ったのかを言語化する試行のことである。具体的には、身体のどの部位にどのような意識を持って行ったのか、どのようなテクニックを使って行ったのかを全て入力してもらい。入力してもらったメタ認知的言語化内容を取得しテキストファイルとして指導者に提示する。

4. 評価

まず、本システムのレベル判定の性能を評価する。また、本システムによる指導と、学習者の動作画像のみを見た場合の指導、学習者の動作画像とメタ認知的言語化内容を見た場合の指導を比較することで、メタ認知的言語化内容を考慮することによる影響があるかを評価する為の実験を行う。

4.1 レベル判定の性能評価

本システムのレベル判定において、学習者の実力にあったレベル判定がなされるかを評価するために以下の実験を行う。

ポイズ、ホールドの実力が初心者レベルである競技ダンス未経験の大学生 1 名と上級者レベルである競技ダンス歴 4 年の大学生 1 名に、ポイズ、ホールドを 5 回ずつ行ってもらいレベル判定を行う。競技ダンス未経験の被験者には、お手本のポイズ、ホールド画像を見もらった後、ポイズ、ホールドを行ってもらい、競技ダンス歴 4 年の被験者には、何も見ずに普段どおりポイズ、ホールドを行ってもらい。

本実験を行った結果、競技ダンス未経験の被験者は 5 回中 5 回とも初心者と判定され、競技ダンス歴 4 年の被験者は 5 回中 5 回とも上級者と判定された。実際の実力とシステムの判定に相違がないことより、本システムのレベル判定は妥当であると言える。

また、各被験者に関して、動きのブレがどれほどあるのか検証した。特にブレが出やすい左肘に関して、左肩を基準としてどれだけブレがあるかを 3 次元座標の変化としてグラフに示す。図 3 が、各被験者の左肘の Y 座標のグラフ、図 4 が、各被験

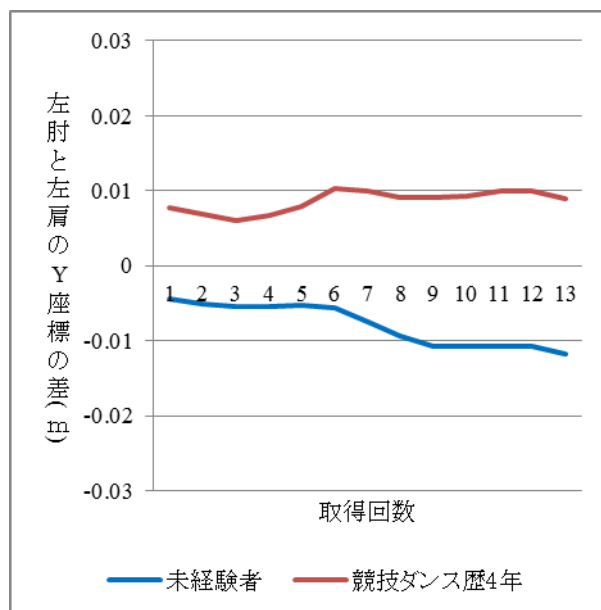


図 3: 各被験者の左肘の Y 座標のブレ

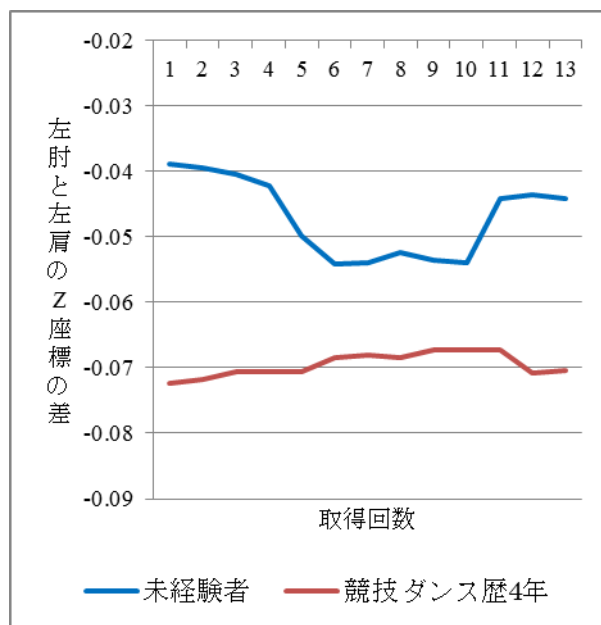


図 4: 各被験者の左肘の Z 座標のブレ

者の左肘の Z 座標のグラフである。

まず、図 3 に関して、両被験者に関してもあまりブレは見られなかった。しかし、このグラフを見ると、競技ダンス未経験者は徐々に肘の高さが下がっていることがわかる。このことより、この被験者に対しては、左肘が下がらないように意識させる指導をする必要があると分かる。一方、図 4 の左肘の Z 座標、つまり左肘の前後のブレに関しては、競技ダンス未経験者に大きなブレが見られた。このグラフより、はじめの左肘の位置から徐々に引けてしまっていることが分かる。このことから、この被験者に対しては、左肘を引かないように意識させる指導をする必要があるとわかる。

また、競技ダンス未経験者は、ある一瞬出来ていてもポイズ、ホールドにブレがある為、初心者判定になったと考えられる。一方、競技ダンス歴 4 年の被験者は、各達成項目に関してブレが少なく出来ていた為、5 回とも上級者判定となったと考えられる。

4.2 メタ認知的言語化の影響の評価

本システムを用いることにより指導者が指導を行う際、指導内容に変化が見られるか、また、本システムにより指導者の指導内容に変化が見られた場合、その指導内容によって学習者の熟達が見られるかを検証する。上記の内容を評価するために以下の実験を行う。

学習者は競技ダンス未経験の大学生 5 名、指導者は競技ダンス歴 4 年の大学生 1 名として本実験を行う。各学習者にお手本のボイズ、ホールド画像を見てもらった後、ボイズ、ホールドを行ってもらい、それに対して、以下の指導条件で指導を行う。

- (a) 本システムの指導内容リストによる指導の場合
- (b) 指導者が学習者の動作画像のみを見た指導の場合
- (c) 指導者が学習者の動作画像とメタ認知的言語化内容を見た指導の場合

これらの条件で(a)→(b)→(c)の順に指導を行い、以下の内容を比較する。

- I. 指導内容
- II. 指導内容提示後に行った学習者の動作に対するレベル判定
- III. 指導内容提示後に行った学習者の動作に対する本システムの指導内容

本実験を行った結果、条件(a)(b)(c)において表 4 のような指導内容が提示された。表 4 の指導内容 A のように、本システムによる指導内容は事前に指導者が入力したものであるため、学習者によく見られる熟達していない部分に対応した「一般的な内容の指導」となっている。また、表 4 の指導内容 B のように、学習者の動作画像のみを見た場合は、「外面的な内容の指導」が主となっている。それに対し、学習者の動作画像とメタ認知的言語化内容を見た場合は、メタ認知的言語化を考慮し、学習者に「別の観点から意識させる指導」となっている。具体的には、表 4 の指導内容 C のように、学習者の意識していた内容を「別の言葉で表現した指導」、表 4 の指導内容 D のように、学習者が思っているより「強く意識させる指導」となっている。また、表 4 の指導内容 E では、学習者のメタ認知的言語化内容を見ることで学習者が出来ていない「原因を考慮した指導」となっている。

また、条件(a)(b)(c)の指導後における、ある学習者に対するレベル判定結果と指導内容数、初心者項目達成度を表 5 に示す。初心者項目達成度とは、レベル判定の判定基準①の全達成項目のうちいくつ達成されているかの割合を示す。レベル判定では、条件(a)(b)(c)全ての場合において初心者と判定された。しかし、指導内容数、初心者項目達成度には変化が見られた。条件(a)において達成していなかった項目が、条件(c)においてはその項目が達成され、指導内容数が減少し、初心者項目達成度も上がっている。このことから、提示されなくなった項目が、動作画像とメタ認知的言語化内容を考慮した指導によって熟達したと考えられる。以上より、条件(c)のようにメタ認知的言語化内容を考慮した指導内容を提示することで学習者の熟達を促すことが可能であると言える。

5. 考察

以上の実験より、学習者のメタ認知的言語化内容を見た場合の指導では、その他の指導には見られなかった内容が提示された。このことより、学習者のメタ認知的言語化内容が指導者の指導内容の変化を促したと考えられる。また、レベル判定に関しては変化が見られなかったが、指導内容数や初心者項目達成度、指導内容に関しては変化が見られ、学習者のメタ認知的言語化内容を考慮した指導によって学習者の技の熟達を促すこと

表 4: 提示された指導内容例。

| 条件 | 指導内容 |
|-----|--|
| (a) | A. お尻が抜けているので、骨盤を地面と平行になるように意識する。 |
| (b) | B. 首が埋もれて見えるので、後頭部を上へ引っ張られているような感覚で首を伸ばす。 |
| (c) | C. 上半身は力を抜くことを意識していたが、力を抜くというよりは背伸びをするように身体を使う。 |
| | D. 腕の位置を意識していたが、自分が思ったより腕を上げないと地面と平行にならないので、自分で左右ホールドを見て地面と平行かを確認して行う。 |
| | E. 背筋を伸ばす事のみを意識すると身体が仰け反ってしまう原因になるので、背筋を伸ばすことに加えお腹を引っ込める意識を持つ。 |

表 5: レベル判定結果と指導内容数、初心者項目達成度。

| 条件 | レベル判定 | 指導内容数 | 初心者項目達成度 |
|-----|-------|-------|----------|
| (a) | 初心者 | 6 | 50% |
| (b) | 初心者 | 4 | 83% |
| (c) | 初心者 | 3 | 83% |

が可能であると言える。

6. おわりに

本研究では、学習者のメタ認知的言語化内容を指導者に提示することで、指導者の指導内容の変化を促し、さらにその指導を受けた学習者の熟達を促すシステムを提案した。実験より、メタ認知的言語化内容を考慮する場合では、考慮しない場合では見られない指導内容が得られ、指導者の指導内容の変化が見られた。また、メタ認知的言語化内容を考慮した指導内容を提示することによって、学習者の技の熟達が見られた。

今後の課題として、長期的に見てメタ認知的言語化内容を考慮するか否かで、どちらが効率的に熟達を促すのか検証していきたい。また、本研究における達成項目では、達成しているか否かの 2 値による判定を行っていたが、3 次元座標を用いた判定の値を細かく検証することが必要であると考えられる。さらに、運動が苦手な人など、メタ認知的言語化が上手くできない学習者からメタ認知的言語化を引き出す支援も検討していきたい。

参考文献

- [Suwa 04] M. Suwa: Does the practice of meta-cognitive description facilitate acquiring expertise?, Proceedings of Twenty-sixth Annual Conference of the Cognitive Science Society, Cognitive Science Society, 2004.
- [植野 05] 植野研, 古川康一: ピークタイミングシナジーによる動作スキル理解, 人工知能学会論文誌 vol.20 no.3 pp.237-246, 人工知能学会, 2005.
- [諏訪 05] 諏訪正樹: 身体知獲得のツールとしてのメタ認知的言語化, 人工知能学会誌 vol.20 no.5 pp.525-532, 人工知能学会, 2005.
- [中村 15] 中村薫, 杉浦司, 高田智広, 上田智明: KINECT for Windows SDK プログラミング Kinect for Windows v2 センサー対応版, 秀和システム, 2015.
- [Webb 12] J. Webb, J. Ashley: Kinect ソフトウェア開発講座, 翔泳社, 2012.