

身体運動時の姿勢変化の分節化によるスキル熟達支援

Skill Learning-support by segmentation of posture change

西山武繁¹ 諏訪正樹²

Takehige Nishiyama¹, Masaki Suwa²

¹慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

¹Graduate School of Media and Governance, Keio University

²慶應義塾大学環境情報学部

²The Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

Abstract: Deep investigation and exploration about how to move body in performing a skill is crucially important for athletes. Meta-cognitive verbalization is one method for doing that. Recent studies on meta-cognition (e.g. [2]), although having shown its effectiveness in acquiring embodied skills, have pointed out the necessity of supportive environments and methodologies for athletes to continue meta-cognitive activities and get inspired for new discovery. Visualization of body movements and its quick feedback to athletes seem to be significant for that support. This study presents a supportive software environment in which athletes are able to easily interpret how his or her body posture changed during one trial of performance, e.g. batting swing in baseball, and compare multiple trials. Rough segmentation of body posture along the time frame is the key idea, enabling easy interpretation of one's own posture by athletes and promoting meta-cognition. Simply representing body by five triangles and representing body posture by relationships of those triangles are the basis for that rough segmentation.

はじめに:能々吟味するために

宮本武蔵の代表的な著作として知られる五輪書に「能々吟味すべし」という記述がある[1].武蔵は具体的な刀筋などについて述べた後,この一文を用いて読み手に記述内容を深く考察することを促している.剣術以外のスキルの熟達過程においても,競技者は上級者の模倣を行うだけではなく,自らのパフォーマンスを「能々吟味する」ことが極めて重要である.

競技者がパフォーマンスを「能々吟味する」ための方法の1つとして,メタ認知的言語化を挙げることが出来る.身体運動スキル獲得過程におけるメタ認知的言語化は,身体や環境,身体と環境との関係からスキルに関する新たな変数の発見を可能にし,変数間の関係性への気づきがスキルの熟達に影響を及ぼす[2].メタ認知的言語化は,アクティブな内部観測を続けることによって,それまで意識していなかった体感や身体と環境のインタラクションの中から変数を発見し,言語化する特殊な方法である.そのため,メタ認知的言語化を継続することが容易な環境を作り上げることは重要な課題となる.

本研究では,競技者のパフォーマンス中の姿勢変化を分節化し,新たな変数発見を促すためのアプリ

ケーション「カラーバー」開発し,野球の素振りをドメインとしてケーススタディに取り組んだ.本稿では,まず運動計測から被験者にフィードバックとして与えるカラーバーの生成までの手続きを記し,カラーバーによる姿勢変化の可視化がスキル学習プロセスをどのように支援できるかについて論ずる.

姿勢変化の分節化

運動計測

素振りの計測には光学式モーションキャプチャシステム(Motion Analysis 社製 MAC3Dsystem)を用いた.12台のカメラを使用し,フレームレートは240Hzに設定した.被験者の身体に12点の反射マーカを装着し,図1に示す計13箇所的位置情報を獲得した(左右の上前腸骨棘のマーカ間の midpoint を算出したため,実際のマーカ数よりも1点多い13箇所となる).

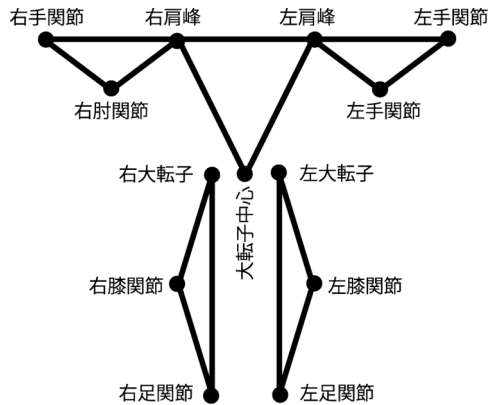


図 1:計測により位置情報を獲得した部位

一回の計測では、約 30~40 本の素振りを実施した。被験者は素振りの各試行間に、直前の素振りの評価と以降の素振りで意識すべきことをメタ認知的に書き下した。

K-means 法を用いた姿勢変化の分節化

獲得した 13 箇所の位置情報に基づき、試行中の各フレームにおける被験者の姿勢を図 1 に示す 5 面の三角形を用いて表現した。面はそれぞれ体幹、上肢、下肢を表す。体幹の面は左右の肩峰と左右の大転子の中心、上肢の面は肩峰・肘関節・手関節、下肢の面は大転子・膝関節・足間接で構成した。そして、各三角形の形(体幹の三角形は面積、それ以外の四肢の三角形は肘や膝などの主要な関節の角度)と各三角形の法線ベクトル同士の内積からなる 15 次元ベクトルによって姿勢を表した。計測後、被験者が選択した試行の計測データを上述の 15 次元ベクトルの時系列データに変換し、それら全てのデータを対象として K-means 法を用いて類似する成分をもつベクトル、つまり類似する姿勢ごとにデータを分類した。クラスタリング後のデータを再び元の時系列に配置し、試行中の被験者の姿勢変化をクラスタ名の記号列で表現した。

カラーバーによる姿勢変化の表現

クラスタ名ごとに色を割り当てることで試行中の姿勢変化を色の変化によって表現した。さらに、試行間の比較を可能にするために各試行を左足の着地した時点基準として並べた。本研究ではこの姿勢変化を表現する色の配列をカラーバーと呼称する。図 2 に 2008 年 6 月 18 日に計測したデータの中から被験者が可視化を希望した 16 試行のデータから生成されたカラーバーを示す。

図 2 の中に示す離地や着地などのイベントは左足関節に取り付けたマーカーの鉛直方向の高さに閾値を設け、マーカーが閾値を上回った時点を離地、再び

閾値を下回った時点を着地として定義した。

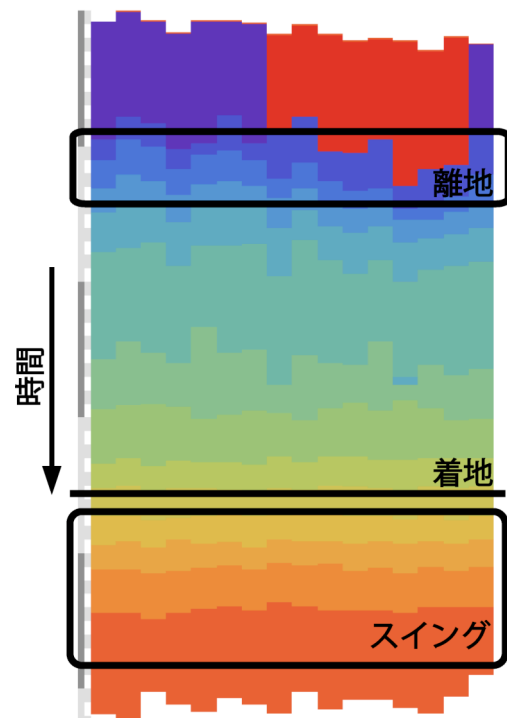


図 2:6 月 18 日の計測データから作成したカラーバー

メタ認知とカラーバー

計測終了直後に被験者が選択した試行のカラーバーを生成し、すぐ被験者フィードバックすることでメタ認知的言語化を支援することを試みた。

カラーバーが被験者のメタ認知的思考に何を与えられるか？ 被験者は自分の打撃フォームがどうであったのかを知りたい。つまり提示されたカラーバーを意味解釈することで自らのメタ認知を活性化させたいわけである。そのために、このような可視化が被験者に何を与えられるかについて、毎回の実験で実践しながら実験者と被験者で議論・模索を繰り返し、現在までのところ以下のような 3 種類の効用があることが判明している。

1. 毎回試行間に行うメタ認知で意識したことが次の素振り試行でどのように反映できたかをチェックするために利用する
2. 新しい変数や注目箇所に気付く
3. 一日の試行間での安定性を解釈する(将来的には、過去の素振りとその日の素振りの比較による長期的安定性も見ることができる)

例を以下に挙げる。図 2 (16 試行のカラーバーが横に並んだもの)の左から 8 番目のカラーバーを見て欲しい。素振りの前半部分(左足を上げる直前のスタンスの部分)の色が、8 番目のバーから色が変わっている(それまでは紺であるが、8 番目から後の素振りでは赤になっている)。この試行のひとつ前の

素振りを終わった時点で、被験者はスタンスで膝が曲がり過ぎていることに気づき、「次からは少し膝の曲げを少なくして立とう」と書いている。ビデオを見ても非常に微妙な程度の小さなスタンス修正であったが、カラーバーではその違いが如実に表現できている。被験者にとってみると、自分が意識して修正したことがきちんとフォームに現れているかをチェックすることは重要である。

その日の素振りの各試行がすべて全く同じ姿勢変化で行われたとしたら、複数のカラーバーを着地で揃えた図2には、完全に平行な横縞が出現するはずである。しかし通常は、色が変わるタイミングの試行間での差に応じて、色の変わり目の横線が段々状になって現れる。図2をみると、着地後の姿勢変化はほとんど各試行で安定しているが、足を大きく上げている最中（いわゆるバックスウィングの時）はそれに比して安定性が少ないことが見て取れる。

しかし図2の場合は、色の変わる順番はすべての試行で全く同じである。被験者の打撃フォームは一年半以上固定してきたものであり、ある程度の安定性が既に獲得されていることを示している。それに比べて図3を参照されたい。被験者はこれまでのフォームに限界を感じ始めており、7月初旬にフォーム改造に着手した。図3は2008年7月2日（フォーム改造を模索し始めた直後）の素振り実験で30試行（スウィング）したうちの14試行を選択して作成したカラーバーである。

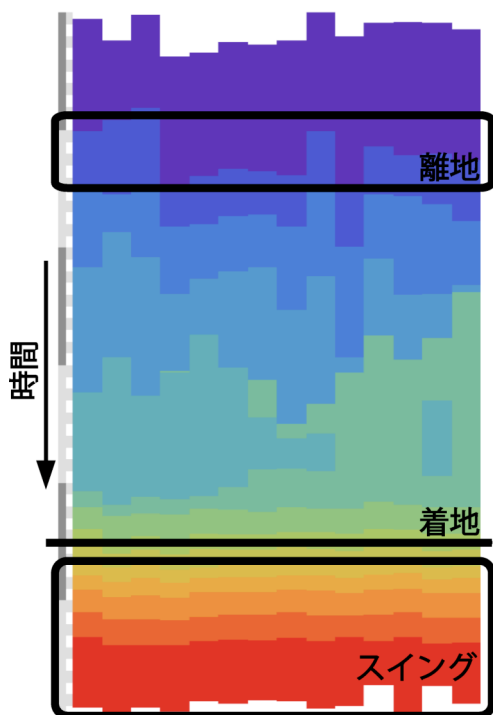


図3:7月2日の計測データから作成したカラーバー
着地の少し前の時間帯で、14試行の前半と後半

で色が異なることが観察できる（14試行分が同じ色で横に貫かれていない）。左足の離地から着地から間での各色の長さも、図2に比べると、試行間で明らかに差が大きい。フォーム改造直後であるため、スウィングが全く不安定であることを示すものと解釈できる。

熟達の過程において試行の安定性は、学習者本人だけでなくコーチにとっても重要な情報である。上記に示すように、カラーバーの比較（一日の試行間だけでなく、複数実験日の試行の比較も含む）はその情報を明確に可視化するものとして有効である。

カラーバーの複数試行間比較ではなく、カラーバーを単体に詳細に解釈しようとする、複雑な身体運動を分節化したものである以上、単体ではなかなか困難である。そこで、計測時に撮影した映像と併せて観察することで、カラーバーと試行との対応付けが可能となり、メタ認知的言語化を促進させることが出来ると考えられる。現在、図4に示すような既存のメディアプレイヤーのスライダー部分にカラーバーを表示するメタ認知支援ツールの開発に取り組んでいる（完成間近）。



図4:カラーバーを表示可能なメディアプレイヤー

今後の展望

本研究では、モーションキャプチャシステムを用いて獲得したデータを競技者にフィードバックするための新たな方法として、K-means法を用いた姿勢変化の分節化と色に姿勢変化の表現方法カラーバーの開発に取り組んだ。従来のモーションキャプチャシステムを用いた身体運動の解析は、精確に運動を計測するために計測点を増やし身体の各部位を詳細に

観察するために用いられてきた。本研究で用いた手法は、可能な限り少ない計測点の情報から複雑な身体運動を分節化することを可能にした。さらに、カラーバーを用いたフィードバックは、その意味解釈を通して競技者のメタ認知を活性化させることが出来ると考えられる。今後は、フィードバック用のツールとしてカラーバーの改良を継続するとともに、対象ドメインをより複雑な対人競技にも拡張し、競技者が自らのパフォーマンスについて「能々吟味する」ことを支援するためのツールの開発に取り組む。

参考文献

- [1] 宮本武蔵: 五輪書,岩波文庫,(1985)
- [2] 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(2005)