

# 競技者による身体スキルの探究を促す環境の模索

## Explorations of Environments for Encouraging Meta-cognition

西山武繁<sup>†</sup>, 諏訪正樹<sup>†</sup>  
Takehige Nishiyama, Masaki Suwa

<sup>†</sup>慶應義塾大学  
Keio University  
tksg@sfc.keio.ac.jp

### Abstract

The present paper discusses to explore ways to encourage meta-cognition through two case studies. One is a case study of a development of software tools for encouraging meta-cognitive verbalization by an athlete. The other is a coaching in the field.

**Keywords — Embodied Skill, Visualization, Coaching**

### 1. はじめに

「能々吟味すべし」。宮本武蔵は彼の代表的な著作である五輪書において、兵法の極意を書き記した後に必ずこの言葉を付け加えている[1]。この「能々吟味すべし」という文言は、単に兵法に限ることなく様々な技芸を学ぶ上で極めて重要な意味を持つと考えられる。宮本武蔵の「能々吟味すべし」という言葉は、生田のいうところの「行為の目的や動機、価値を自分の内に取り込むこと」を、読み手に促すために記されているのではないだろうか[2]。

現在、筆者は中学・高校の部活動（空手部）のコーチとして、日々部員たちに自らのスキルを能々吟味させるべく日々コーチングに取り組んでいる。同時に、アスリートが自らのスキルを吟味する、より具体的に言えば「自らの身体について考える」きっかけを提供するための運動情報の可視化ツールの開発に取り組んでいる。

ここでは、アスリートに自らの身体について考えさせるための運動情報可視化ツールの開発と、競技の現場におけるコーチとしての取り組みという2つ事例から得た知見に基づいて、アスリートによる身体スキルの探究（吟味）を促すための環境について議論を行いたいと思う。

### 2. メタ認知：身体スキル探究の方法論

では、どのようなスキル探究の方法をアスリートに示せばよいのか。その方法論の1つとして身体的メタ認知を挙げることができる。身体的メタ認知とは、身体が体感していることをできるだけ言葉にし、言語領域の推論で新たな着眼点を得て、その着眼点を視点に加えて再度自分の身体の動きを見つめ直す内部観測的行為である[3]。近年の研究からメタ認知の実践は、身体スキルの熟達を促進する効果があることが明らかになっている（例えば [4] など）。

同時に、メタ認知の導入・継続を容易にする支援環境の必要性も示唆されており、センサ等を用いた外部観測によって取得されるデータを用いた運動情報の可視化や即時フィードバックの有効性が唱えられている[5]。

センサ等を用いることで、多様な運動情報を獲得することが出来る。そのデータを用いてアスリートによるメタ認知を支援するには、どのような情報を彼らに提供すればよいのだろうか。

従来のスポーツ科学で用いられてきた上級者と初心者、パフォーマンスの成功時と失敗時の運動情報の比較は、両者の間で何が異なっていたためにパフォーマンスに差異が生じたのかを推定することができる。しかし、パフォーマンスの差異を示すだけでは、メタ認知を支援するための情報として不十分であると考えられる。パフォーマンスの差異がどのように生じたのか、どのように良いパフォーマンスを実現したのかをアスリート自身がメタ認知的に思考するプロセスを省略させてしまうことになる。アスリートのメタ認知を促すためには、新たな運動情報の可視化方法が求められている。

次章ではモーションキャプチャシステムを用いて獲得した運動情報の可視化ツール、カラーバーについて述べる。

### 3. カラーバー：フォーム可視化ツール

カラーバーは、光学式モーションキャプチャシステムによって計測したアスリートの身体運動を姿勢の類似度に基づいて分節化、その結果を色を用いて表現するソフトウェアツールである。

ユーザとなるアスリートは、計測によって獲得したデータの中から可視化する試行を選択し、そのフォームを何色の色を用いて分節化するかを決定する。その結果、生成されるのが図1に示すような色を用いた運動中のアスリートのフォームの可視化表現である。

図1は4試行分の運動中の姿勢の変遷が可視化されている。それぞれの試行は、上から下に向かって時間が経過する。試行内及び試行間で、同じ色が出現する区間はスキルの行為者の姿勢が類似していることを示す。つまり、アスリートが試行ごとに全く同じ運動を繰り返せば水平方向に色の層が出現する。

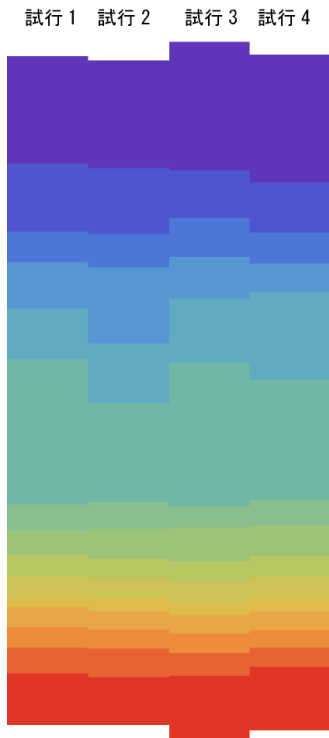


図 1 カラーバーによる運動の可視化

カラーバーによる可視化の方法を以下に示す。カラーバーを生成するためには、まず光学式モーションキャプチャシステム (MotionAnalysis 社製 MAC3DSystem) を用いた運動計測を実施する。カメラのフレームレートは 240Hz に設定する。

計測によって獲得したマーカー情報に基づき、運動中のアスリートの、各フレームごとの姿勢を図 2 に示すような複数の三角形を用いて表現する。

可視化するすべてのデータを対象に、全てのフレームにおけるアスリートの姿勢を図 2 に示した三角形の各三角形における主要な関節の角度、三角形同士の関係性 (法線ベクトルの内積) からなる多次元空間にプロットする。例えば 2 秒間の運動 1 試行を可視化する場合、480 フレーム分の姿勢が多次元空間にプロットされる。

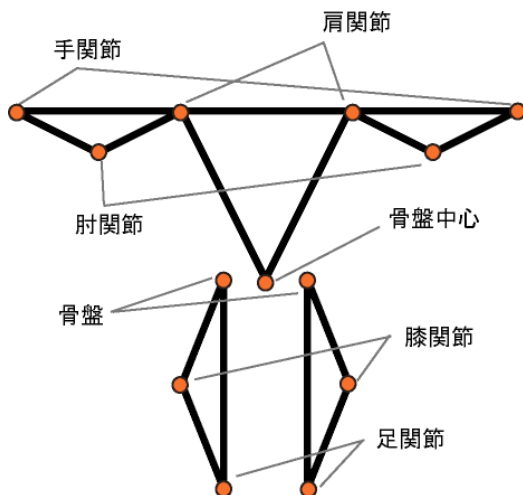


図 2 複数の三角形による姿勢表現

この多次元空間にプロットされたデータを K-means 法を用いてクラスタリングする。クラスタリングの結果、同じクラスタに配されたフレームの姿勢は類似している姿勢であると判定される。クラスタリングの結果明らかになる各フレームがどのクラスタに配されたかという結果を元のデータにラベリングし、各クラスタに配色する。

#### 4. カラーバーとメタ認知

カラーバーによるフォームの可視化は、従来の身体運動の解析方法とは異なり、身体運動のメカニズムの解明ではなくアスリートによるメタ認知的な思考を促すことを主な目的としている。カラーバーによるフォームの可視化自体は極めて簡単な表現であるため、単体では計測した運動の詳細を読み取ることはできない。

しかし、色によるフォームの可視化は一覧性が高く、複数試行を同時に俯瞰できるため、ユーザは試行間の差異の存在やある計測日のパフォーマンスの安定性を直感的に読み取ることができる。この気づきを手がかりとして、ユーザのメタ認知的思考を促すことができる。野球の打撃スキルを対象としたケーススタディでは、フォーム可視化ツールによるフィードバックがメタ認知に取り組む競技者の新たな変数発見を促し、パフォーマンス向上の一助となることが実証された。以下にケーススタディ中のデータを示す。

図 3 に 2008 年 6 月 18 日に計測したデータの中からユーザが可視化を希望した 16 試行のスイングを示す。

図 3 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。

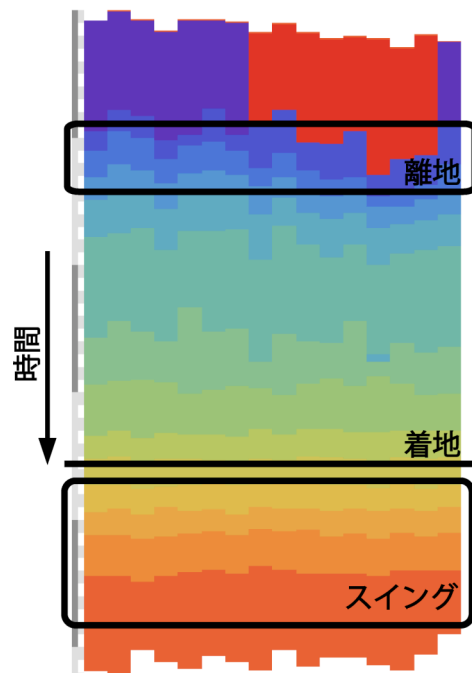


図 3 2008 年 6 月 18 日の打撃フォーム



a) 第10 試行



b) 第11 試行

図4 第10, 11 試行における離地前のフォームの比較

カラーバーによるフィードバックをうけて、ユーザは左から数えて8番目の試行から離地前の色が濃い青から赤に変化したことに注目した。8番目の試行は6月18日の計測における第11試行を示すものであった。競技者は、この1つ前の第10試行の計測が終了した時点で、離地前に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」という記述を試行間に書き留めたメタ認知的な記述に残している。

両試行の離地前のフォームにおける膝の屈曲角度の差異は、映像で比較してもかなり小さなものである。図4に離地前の姿勢の画像を示す。カラーバーは微細なフォームの変化を如実に表現可能であり、競技者は自らが試みたフォームの修正が狙い通りに機能したことを確認出来た。

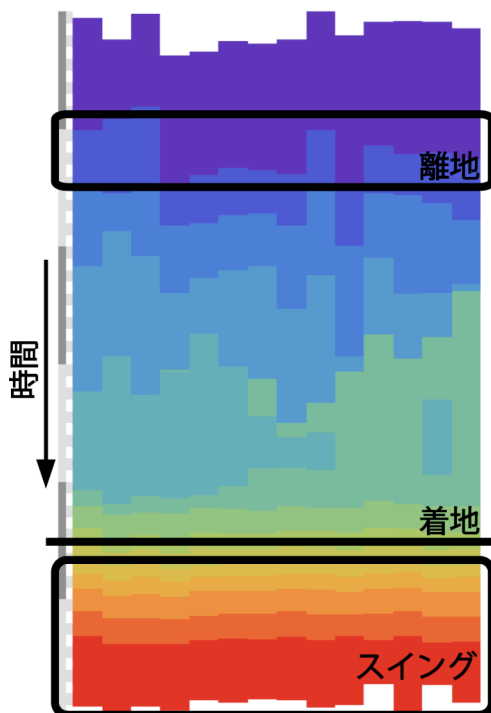


図4 2008年7月2日の打撃フォーム

2008年6月18日のユーザの打撃フォームは、先述の離地前のフォームの際を除けば、左足の離地と着地（バックスイング中）のフォームを比較的安定していることが図3から読み取ることができる。

しかし、この時期、ユーザの試合におけるパフォーマンスは低迷しており、この計測後にユーザはフォームの改造に取り組んだ。フォーム改造直後の7月2日のカラーバーによるフォームの可視化の結果を図5に示す。図3の計測日のフォームと比較すると、バックスイング中のフォームが全く安定していないことが分かる。ユーザは、これまでのもとは異なる新しいフォームに取り組み始めたため、まだスイングが試行間で安定していないことを確認することができた。

この後、ユーザのパフォーマンスは試合数を重ねるごとに向上し、8月21日に再び計測を行った結果、再びスイングに安定が見られるようになった。

## 5. メタ認知支援環境の模索

フォーム可視化ツールカラーバーの開発は、1名のメタ認知に取り組む競技者(野球)を対象として、2008年5月からツールの運用と開発者・ユーザ間の議論、仕様の変更という図6に示すようなループを繰り返しながら適応的に開発を進めてきた。特に、開発者・ユーザ間の議論は、ユーザのニーズを確認するだけに留まらず、両者が意図していなかったツールの使用方法の発見や新たな仕様の提案といった開発過程における気づきをもたらした。

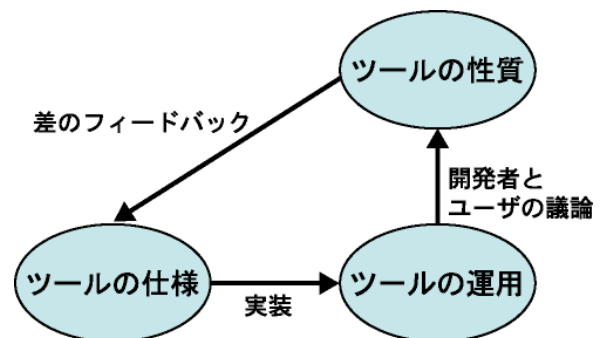


図6 カラーバー開発のループ

先述の通り、本研究を通じて構築することを目指す「競技者が自身のスキルを探究することを促す環境」がどのような要素から成るのかは明らかではない。そこで、スキル探究を促す環境の要素の同定を行いながら構成的に新たな環境を構築する必要がある。中島は、このように構成的に新しいシステムを造る場合、自然科学的には望ましくない内部観測的な視点に立たざるを得ないことを主張している[6]。カラーバーの開発は、たった1人のユーザを対象として進めてきた事例ではあるが、長期間の運用を通じて、分節化された身体運動のデータと一覽性の高い可視化という2つのスキル探究を促す環境の要素を見出すことが出来た。

## 6. 競技の現場における練習環境の構築

これまで述べてきたカラーバーの開発は、モーションキャプチャシステムのような運動計測の設備が整った状況下におけるスキル探究を促す環境の模索事例であった。将来的には、実際の競技の現場にカラーバーのような運動計測に基づいた支援ツールの導入することを目指している。

しかし、実際の競技の現場にこのようなツールを導入するためには、様々な問題が生じることが予想される。運動計測に用いる機材の簡略化やユーザとなるアスリートに支援ツールを使いこなすだけのリテラシーを身につけさせることを慎重に見当ししなければならない。

そこで本研究ではカラーバーの開発と平行して、筆者がコーチとして指導に携わっている中学・高校の部活動という実際の競技の現場で、部員たちに自らスキルの探究を促し、またそれを支援するような環境の模索に取り組んだ。より具体的にいえば、筆者がコーチとしてどのような練習環境を作り出そうとしたのかというコーチングに関するメタ認知の実践である。競技の現場で競技者による自身のスキルの探究を促す環境の構築を試みることで、将来的に投入する予定のスキルの探究を支援するツールに求められる要素を同定することがこの実践の狙いである。

ここでもカラーバーの開発プロセスと同様に、どのような指導を行うかという“仕様”を決定し、指導を実践、そして指導に対する部員たちの反応に基づいて新たな指導の“仕様”を決定するというループを繰り返した。

実際に行った指導の例を以下に挙げる。2008年9月から部員たちにメタ認知を実践させるべく、大学ノート配布し、自らの身体について考えたことを記述するように指示した。また、ノートに記述した内容を次の練習時にコーチである筆者に対して語るように求めた。この指示の意図は、コーチ側が選手に自身の身体について考える機会を作らせることで、メタ認知的な思考を習慣付けることにある。

結果的に当初の試みは失敗に終わった。部員達は、練習中の自らの身体について記述することを試みてはいたが、ノートに記された内容の殆どがどのような練習をやったのか、コーチや上級生にどのような

点をしどうされたのかという点になっていた。

しかし、ノートに記述した内容をコーチに見せ、部員がその内容について語るという行為は、ノートへの記述を継続しているか確認するという当初の意図を超える効用があった。

ノートの記述内容をコーチに見せ、その内容について語るという行為は、コーチと部員の間コミュニケーションを行うきっかけとなった。部員はコーチとの会話において、ノート上に表現しきれなかった自身の抱える課題について語り、コーチはそれによって各部員に対してどのような指導を行うかという方針を決定することができた。

この結果を受けて、新たな指導の方針として、部員に自身の身体について考えたことをノートに記述するよりも、コーチに対して語らせることを重視することとした。

## 7. 探究を促す環境の模索と事例の蓄積

アスリートによる身体スキルの探究を促すためにはどのような環境を構築すればよいのか。この問いに対する普遍的な解はまだ明らかにはなっていない。しかし、ここに挙げたツールや指導内容といった可視・不可視の環境の一部となる要素をデザインし、その運用を通じて仕様を適応的に更新することによって、対象とする事例に適した事例を構築することが出来る。こうした事例を蓄積していくことで、前述の問いに対する解を導くことができると考えられる。

## 謝辞

本研究の一部は、財団法人日産科学振興財団（2008年度特別研究課題）の助成によるものである。

## 参考文献

- [1]宮本武蔵, (1985) ”五輪書”, 岩波文庫.
- [2]生田久美子, (1987) ”「わざ」から知る”, 東京大学出版会.
- [3]諏訪正樹, 西山武繁, (2008) ”アスリートが「身体を考えること」の意味”, 人工知能学会第2種研究会「身体知研究会」2008年度研究会.
- [4]伊藤貴一, 諏訪正樹, 大澤幸生, (2008) “メタ認知を促進するツールとしての属性付きKeyGraph分析”, 人工知能学会第2種研究会「身体知研究会」2008年度第3回研究会.
- [5]諏訪正樹, (2005) ”身体知獲得のツールとしてのメタ認知的言語化”, 人工知能学会論文誌, Vol. 20, No. 2, pp. 525-532.
- [6]中島秀之, (2008) ”構成的研究の方法論と学問体系”, Synthesiology, Vol. 1, No. 4, pp. 305-312.