

スポーツにおける身体スキル探究のための姿勢表現 Visualization of Body Posture for Exploring Embodied Skill in Sports

西山 武繁[†], 諏訪 正樹[‡]
Takeshige Nishiyama, Masaki Suwa

[†]慶應義塾大学政策・メディア研究科, [‡]慶應義塾大学環境情報

[†] Graduate School of Media and Governance, Keio University

[‡] Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

tksg@sfc.keio.ac.jp

Abstract

In sports, acquisition of embodied skills is a complex and implicit process. Previous researches mechanically analyzed the motion data to understand the mechanism of the body's motion in attempts to support skill acquisition. Mechanical analysis can only clarify the motion logically, however, it is insufficient as a way to encourage athlete's skill acquisitions. In this study, we will discuss the methods to exploring embodied skills based on the data of motion measurement.

Keywords — Sports, Skill, Embodied Interaction, Motion Capture, Visualization

1. はじめに

芸術やスポーツにおいて目的を達成するためのスムーズなからだの動かし方を身体スキルという[1]。身体スキルを身につけることは困難な課題である。たとえばスポーツの現場では、ただ教えられた通りのからだの動かし方を漫然と繰り返しているだけでは不十分であり、アスリートが自らのからだの動かし方を考えなければならない、ということが経験的に知られている。

スポーツにおける身体スキルは、知はからだと環境の相互作用の上に生じるとする身体性の概念[2]を議論する格好のドメインである。スポーツにおいて身体スキルを成立させるからだと環境の相互作用とは、競技の場を構成するアスリートのからだや道具、空間の間に生じる無数の物理的関係性である。この無数の物理的関係性をアスリート自身が解釈することによって身体スキルが成立するのである。競技の場に生じる物理的関係性は時々刻々と変化し続けるため、アスリートは常に新たな解釈を行わなければならない。しかし、認知容量の存在や既に見出した解釈が新たな解釈を行うことのバイアスとなる。また、個人固有性故

に他者の行った解釈が必ずしも参考となるわけではない。このため、身体スキルを身につけることが困難な課題となるのである。

では、アスリートが身体スキルの探究、すなわち競技の場に生じる関係性に対して新たな解釈を行い続けるためにはどうすればよいのだろうか。

本研究では、これまで筆者らが取り組んできたアスリートによる身体知探究を促すことを目的とした事例研究を示しながら、知の身体性という観点から運動計測データを取り扱いについて論じる。

2. 身体スキル探究と運動計測

従来のスポーツ科学では、アスリートの見せる華麗なパフォーマンスを分析するべくカメラやセンサ等を用いた運動計測が盛んに行われてきた。運動計測は、それまで肉眼で確認することの出来なかった複雑な身体運動を数値データとすることとして扱えるようになる点において重要な意味を持つ。例えば、スポーツバイオメカニクスと呼ばれる研究領域では、トップアスリートのからだの動きは他のアスリートのそれと何が違うのか、モーションキャプチャなどを用いて身体各部の位置や速度、加速度などを可能な限り精密に計測して力学的な観点から運動の比較を行い、その応用として身体スキルの獲得支援が位置づけられてきた(例えば[3][4]など)。

知の身体性という観点に立って身体スキル探究という問題を捉えるならば、身体の動きの合理性を論じるだけでは不十分である。身体スキルの探究とは単に外形的な動きを模倣できるようになることではなく、競技の場にどのような物理的関係

性が生じ、それに対してアスリート自身がどのような解釈を行うようになったのが重要な問題である。

アスリートが行った解釈を研究の俎上にあげる方法論として、第2著者の諏訪は、認知科学において古くから知られるメタ認知(例えば[5]など)を身体性という観点に基づいて拡張した身体的メタ認知を提唱してきた[6]。身体的メタ認知はアスリート自身がからだと環境の間に生じる物理的関係性をことば化して新たな解釈を生み出し、からだと環境の関係性を進化させて身体スキルを構成的に理解すること目的としている(ことば化の対象等の身体的メタ認知の詳細は[6]に示す)。

筆者らは、このアスリートによる身体的メタ認知を促す触媒として運動計測データを用いることを検討してきた。従来研究のように外形的な特徴から動きの合理性を分析するのではなく、アスリートのからだの内外でどのような物理的な関係性が生じていたのかを記述して身体的メタ認知におけることば化の手掛かりとすることが筆者らの意図である。

3. 「関係性の総体」としての姿勢表現

競技の場に生じる無数の物理的関係性をどのように計測し、アスリートに提供すればよいだろうか。もちろんすべての関係性を記述することは不可能だが、アスリートが新たな解釈を見出すことができるような計測・記述方法を検討しなければならない。ここでは、筆者らが提案するモーションキャプチャ用の身体モデルMulti Triangleモデルと姿勢変化可視化手法カラーバーによる、身体各部の物理的関係性の総体として全身の姿勢を表現する方法について述べる(MultiTriangleモデルとカラーバーの詳細は[7]に示す)。

3.1 Multi Triangle モデル

Multi Triangleモデルはモーションキャプチャデータを用いて、図1に示すように複数の三角形によって全身姿勢を表す身体モデルである。

モデル内で三角形として表されているのは頭部、胴部、腕部、脚部といった身体を構成する主要な

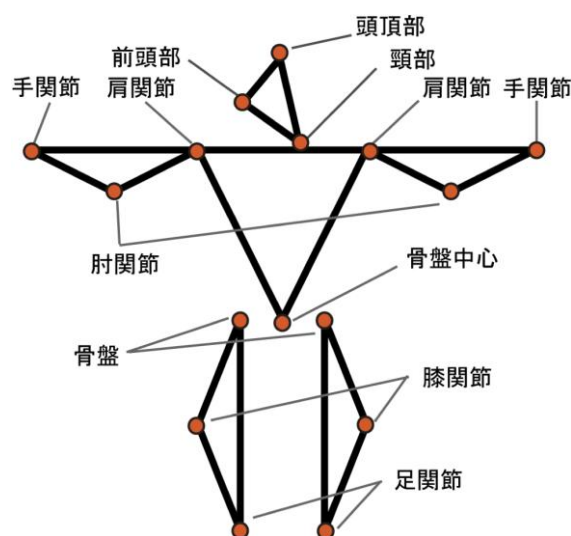
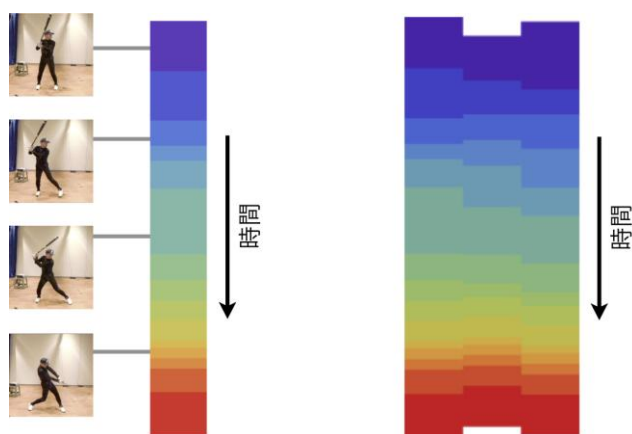


図1: Multi Triangle モデル: 複数三角形の組み合わせによる姿勢の表現

セグメントである。からだの動きは、各セグメントの形状やセグメント間の角度という物理的な関係性として表される。例えば、肘関節や膝関節の動きは腕部を表す三角形のなす角を変化させる。また、首関節や肩関節、股関節などセグメントを繋ぎ合わせる関節の動きは各セグメントのなす角(法線ベクトルの内積)を変化させる。従って、図1のように計6つの三角形で全身を表現する場合、各三角形の形状を表す角度情報(6種)と各セグメントの法線ベクトル同士がなす角(15種)の計21種の値で姿勢を表現することができる。さらに、Multi Triangleモデルは必要に応じて(たとえば、上腕や下腕を区別したい場合、あるいはバットやラケットなどの道具も身体の一部として表現したい場合など)三角形を追加して関係性の記述分解能を変化させることができる。

3.2 カラーバー

3.1に示すMulti Triangleモデルは、計測データの各フレームの姿勢を多次元ベクトルに変換することが可能である(例えば三角形6枚の場合、21次元ベクトル)。カラーバーは、この多次元ベクトルデータをK-means法を用いて姿勢の類似度を計算、図2のように色を用いて姿勢変化を可視化したものである。カラーバー生成の手続きを以下に示す。



a) 1 試行のカラーバー b) 複数試行のカラーバー

図2: カラーバー: 姿勢変化の可視化による総体的身体の振舞いの表現

- ・ モーションキャプチャを用いて身体運動を計測し、各部位の位置情報を獲得する (図 3a)
- ・ Multi Triangle モデルを用いてフレーム毎の姿勢を表現する (図 3b)
- ・ 姿勢(各セグメント・セグメント間の関係性)を表す数値データを多次元空間にマッピングする (図 3c)
- ・ K-means を用いて多次元空間にプロットした複数試行のデータをクラスタリング、同じク

ラスタに属する姿勢を「類似する姿勢」と見なす (図 3d)

- ・ 各クラスに色を割り当てる (図 5e)
- ・ 試行毎にもとフレームごとのクラスの変遷を色で表す (図 3f)

カラーバー内に現れる各色は計測データ内の類似する姿勢が継続する区間を示しており、同じ色が長く続くと緩やかな動き、短い色が並ぶ区間は急峻な動きを表す。また、図 2b のように複数試行分のデータからカラーバーを生成すると、複数の身体運動における姿勢変化の傾向を俯瞰することができる。例えば、試行毎に全く同じのからだの動きを繰り返すことが出来れば各カラーバーに現れる色の長さが全て揃い、水平方向に色の層が現れる。しかし、実際には同じ運動を繰り返しているつもりでもからだの使い方に微妙な差異が生じるため、カラーバーの全長や現れる色が変化してしまう。

Multi Triangle モデルによって角度の関係性によって記述した姿勢を、カラーバーとして総体的に表すことで、試行間の差異を直感的に把握し、その要因をアスリート自身が観察して新たな解釈

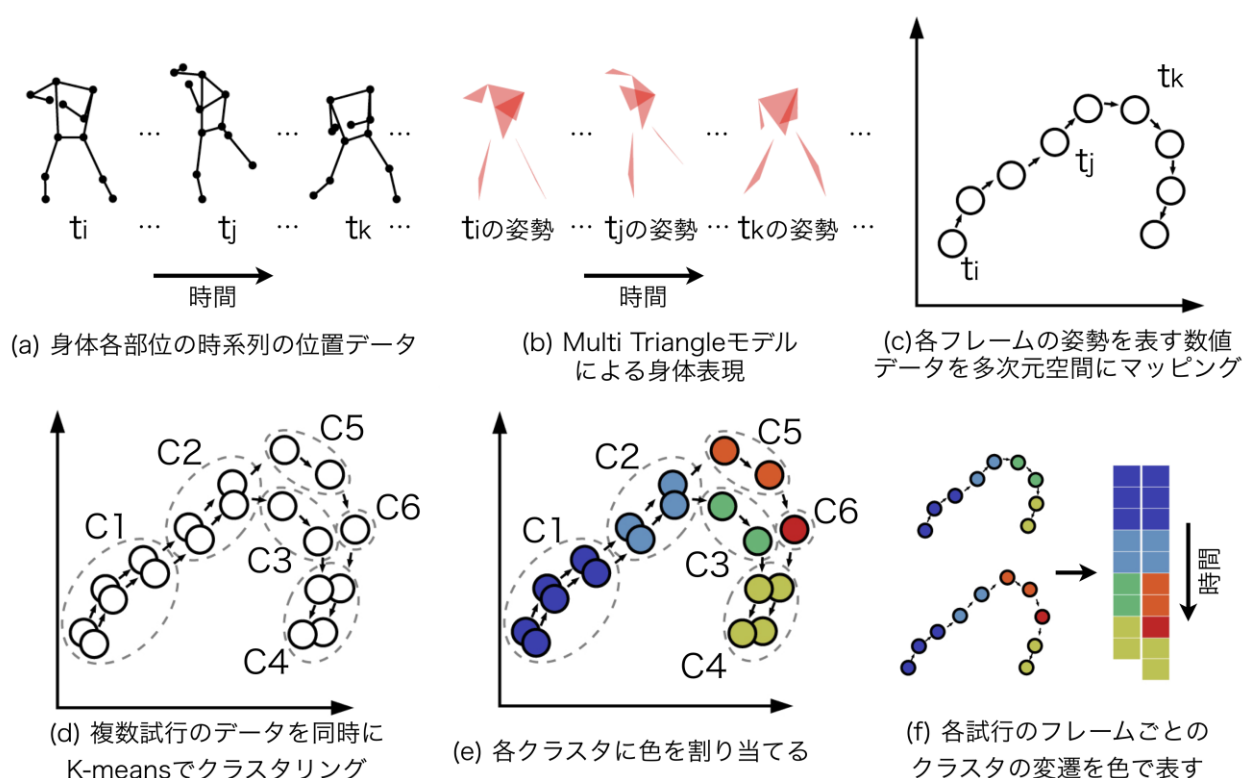


図3: カラーバー生成の手続き

を生み出すのである。

4. カラーバーの観察と新たな解釈

カラーバーという物理的関係性の総体的な記述は身体スキル探究に取り組むアスリートにどのような効用をもたらすのだろうか。

2008年6月から12月にかけてアスリートを対象として実施したカラーバーのフィードバック実験[7]を例に、その効用について考察を行う。このカラーバーのフィードバック実験では、現役の野球選手（草野球で年間20試合以上に出場）を被験者として上記期間中に計12回の運動計測を実施、合計311本のバットスイング（素振り）を計測しカラーバーを生成した。計測時に被験者は自身のスイングについて身体的メタ認知を実施しており、自身のスイングに対する解釈とあわせてカラーバーの観察に取り組んでいる。ここでは、図4に示す2008年8月21日に生成したカラーバーに関する事例を示す。

図4のカラーバーは、各試行の配色順に大きな変化が見られないことから、被験者が同じようなからだの動きを繰り返していたことが伺える。しかし、この日の身体的メタ認知の記述の中で、

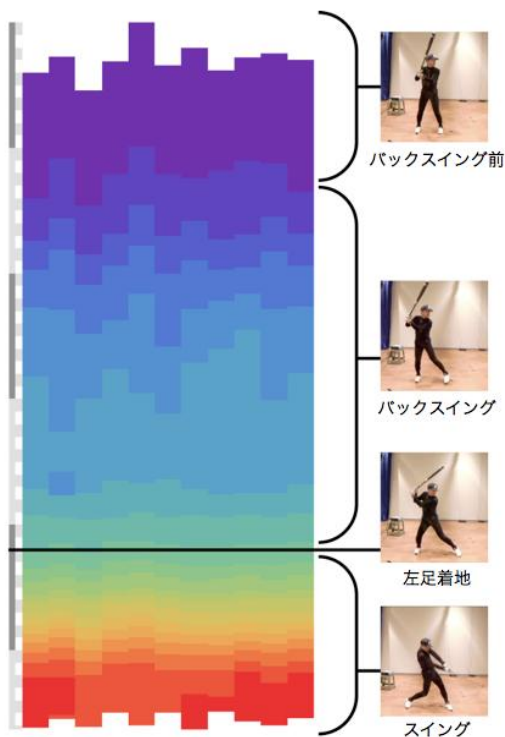


図4 2008年8月21日のカラーバー

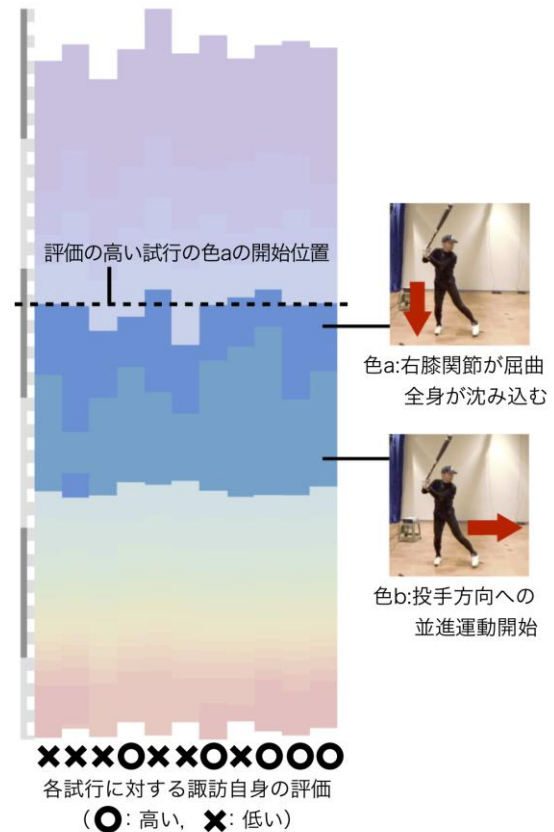


図5：被験者の試行に対する評価と注目する色a, b

各スイングに対する被験者の評価は、バックスイング時に「矯め」がつくっていたか否かによって二分された。そこで、スイングの評価ごとのカラーバーの特徴を考察したところ、図5に示す色a, bに注目。自身の評価が高い（バックスイング時に「矯め」ができていない）試行は色aの開始位置がほぼ一定であること、色bが色aよりも長いことという傾向があることを見出したのである。さらに、カラーバーから特定した色a, bが現れる個所のからだの動きを運動計測時に撮影した映像や計測データで確認したところ、色aは右膝関節が屈曲して全身が沈み込む、色bは沈み込んだからだが投手方向へ向けて並進運動を開始する箇所であることが明らかになった。

この一連の出来事は、被験者がカラーバーの観察を通じて、バックスイング時の「矯め」という自らのからだの動きに対する解釈がどのような物理的関係性に根差すものかを理解したことを示している。

5. からだと環境の関係性の記述

4.に示す野球のスイングの事例は、カラーバーによる、アスリートからだの内に生じる関係性をもたらす効用を示したものである。カラーバーによる関係性の記述はからだの内に限らず、アスリートのからだと周囲の環境の関係性を記述することも可能である。

競技の場において、アスリートのからだの周囲の環境の中でも特に重要な意味を持つのが他者の体である。例えば、対人競技において選手の間が生じる物理的な関係性は間合いとして解釈される。時々刻々と変化する間合いを読むことは、駆け引きを行うための重要な要素である。

そこで、筆者らは空手の組手競技を例に、Multi Triangleモデルとカラーバーを用いて間合いの可視化に取り組んできた[8]。図6が、組手競技中の両選手の姿勢をMulti Triangleモデルによって記述、各選手の姿勢変化のカラーバー（図6の下方に表示される下段、中段のカラーバー）と選手間関係性をカラーバー（上段のカラーバー）である。後者の選手間関係性を示すカラーバーは、それぞれのからだの内の関係性と両者の体幹がなす角および骨盤中心感の距離の記述をあわせてクラスタリングを行ったものである。

選手間関係性について、姿勢と同様の方法で類似度計算を行うことで、競技の場を総体として捉え、試合展開の類似性の比較や注目個所の発見

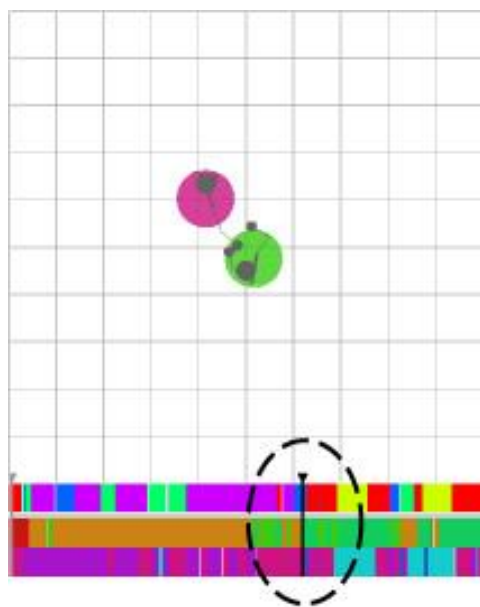


図6：カラーバーによる間合い可視化の試み

に取り組むことが可能となる。

6. おわりに

本研究では、知の身体性という観点から運動計測データを取り扱い、アスリートによる身体スキル探究を促す1つの方法として、Multi Triangleモデル及びカラーバーの事例を示してきた。

これらの方法は、単にからだの動きの特徴に留まることなく、競技の場の物理的関係性を色濃く記述することを意図している。Multi Triangleモデルは、からだを構成するセグメント間の角度関係性を網羅的に記述し、その総体として全身姿勢や選手間関係性を表現する。さらに、カラーバーによる可視化は、競技の場の物理的関係性を俯瞰し、その傾向をアスリート自身が直感的に理解することを可能にした。競技の場における物理的関係性をフィードバックすることで、アスリートがそれまで暗黙的に行ってきた場に対する解釈をことば化する機会をつくり出すことが期待される。

参考文献

- [1]古川康一編著, (2009), “スキルサイエンス入門”, オーム社
- [2]Pfeifer, R., Bongard, J., (2006), “How the Body Shapes the Way We Think: A New View of Intelligence”, Bradford Book.
- [3]阿江通良, 藤井範久, (2002), “スポーツバイオメカニクス 20 講”, 朝倉書店.
- [4]山田憲政, (2011) “トップアスリートの動きは何が違うのか”, 化学同人.
- [5]Brown, A. L., (1978), “Knowing when, where, and how to remember: A problem of metacognition”, In Glaser, R., (Ed.) “Advances in Instructional Psychology”, Vol.1, pp. 80.
- [6]諏訪正樹, 赤石智哉, (2010), “身体スキル探究とデザインの術”, 認知科学, Vol. 17, No. 3, pp. 417-429.
- [7]Nishiyama, T., Suwa, M. “Visualization Tool for Encouraging Meta-cognitive Exploration

of Sport Skill” International Journal of
Computer Science in Sport, Vol.9, Edition.3
(2010).

- [8] 西山武繁，松原正樹，諏訪正樹，(2011)，
“間合いの可視化による駆け引きスキルの体
得支援ツールのデザイン”，第25回人工知能
学会全国大会, 3D2-0S8-12.