

# 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

## MaAI: A Maai Visualization Tool for Supporting to Design one's own Tactics

西山 武繁<sup>\*1</sup>      松原 正樹<sup>\*2</sup>      諏訪 正樹<sup>\*3</sup>  
Takeshige Nishiyama      Masaki Matsubara      Masaki Suwa

<sup>\*1</sup> 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科  
Graduate School of Media and Governance, Keio University

<sup>\*2</sup> 慶應義塾大学大学院理工学研究科  
Graduate School of Science and Technology, Keio University

<sup>\*3</sup> 慶應義塾大学環境情報学部  
Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

In Japanese martial arts, as represented by karate, "Maai" is one of the most important concepts for tactics. To design one's own tactics athlete needs to judge "Maai". "Maai" is a complex concept, incorporating not just the distance between opponents, but also the time it will take to cross the distance, angle and rhythm of attack. Thus "Maai" is regarded as tacit knowing, and hence to judge "Maai" is difficult for athletes. In this study, we propose MaAI: a supporting tool for designing one's own tactics by "Maai" visualization.

### 1. はじめに

対人競技の醍醐味は、対戦相手との駆け引きにある。駆け引きは、競技というルールで定められた状況下で競技者同士がおりなす一種のコミュニケーションであり、会話などに通ずる妙味があるといえよう。そこで重要となるのが間合いである。間合いとは、駆け引きによって生じる競技者とその対戦相手、周囲の環境との関係性のことである。例えば、空手の組手競技ならば、競技者の感じる対戦相手との距離や技を仕掛けるタイミング、コート上の位置関係などを指す。

競技者が間合いを読むのは決して容易ではない。競技者と対戦相手や周囲の環境の間には無数の関係性があり、時々刻々と変化するため、関係性への意味付けは競技者の個人固有性や状況依存性を孕むからである。また、人間には認知限界が存在し、全てに意識を向けることは不可能であり間合いを読むという行為は無意識の領域、すなわち暗黙知によるところが大きい。暗黙知であるがゆえに、形式知化することが難しく、語りにくい・学びにくい・教えるにくいという問題がある。例えば、第一筆者がコーチとして指導に携わる中学・高校の空手部には、相手に技が届かない・技を出すタイミングを逸する、いわゆる「間合いを読めない」部員が少なくない。彼らに競技中に何を意識していたのか問うと、自分が相手に対してどのように技を仕掛けようとしていたのか語ることは出来るが、相手の自分に対する振る舞いについて詳しく語る事ができないという傾向が見られる。間合いに含まれる要素のうち、相手から自分に対する働きかけに注意を向けることが出来ないのである。ではどうすればこのような部員に間合いを読むことを学ばせて、駆け引きのスキルを体得させられるのだろうか？これが本研究の根底にある問題意識である。

この問題を解決するために、本稿では空手の組手競技を例に、駆け引きスキルの体得支援を目的とした身体運動計測に基づく間合いの可視化ツールのデザインについて論ずる。

### 2. 暗黙知探究と可視化によるフィードバック

#### 2.1 暗黙知の探究

先述のように、間合いを読むという行為は暗黙知によるところが大きい。この暗黙知を競技者に学ばせるためにはどうすればよいのか。

我々の日常的な営為は暗黙知によって成り立っており、暗黙知は大変有意義な研究課題として多くの研究がなされてきた(例えば[Polanyi 03]や[野中 03]など)。身体スキルに関しては[古川 05]などを挙げられる)。さらに、暗黙知の探究は研究者に限らず多くの人々が取り組むべき課題であると筆者らは考えている。例えば、石原はアスレチックトレーナーとして様々な競技レベルのアスリートと接する中で、アマチュアはもとより、プロのアスリートであっても暗黙知の探究が不十分なのではないかという仮説を示している[石原 11]。本稿でドメインとして扱う空手の間合いも競技者自身が探究すべき暗黙知である。間合いは、競技者の身体特性に代表される個人固有性や、毎試合ごとに変化する状況によって変化する状況依存性を孕んでいるため、競技者一人一人が自身の経験した間合いを吟味しなければならぬからだ。

では、暗黙知をどのように探究すればよいのか。第三著者の諏訪は、これまで暗黙知を探究するための方法論として身体的メタ認知を提唱してきた[諏訪 10]。身体的メタ認知とは、言葉をツールとして用いて、言語化することが困難な身体と環境の間に生じる事柄を敢えて「可能なかぎり」ことば化するという方法論である。ことば化はあくまで手段であり、その目的は暗黙知を言葉で表現しようと試みることで、連想や想起によって新たな言葉が生まれ、新たに生まれた言葉によって認知プロセス自体を進化させることにある(ことば化の対象等の身体的メタ認知の詳細は[諏訪 10]に示す)。これまで、多くのドメインで、身体的メタ認知の継続的実践が認知プロセスを進化させ、自身の獲得した暗黙知に対する理解が深まる事が示されてきた(例えば[赤石 10]など)。身体的メタ認知の実践は、ときにことば化のストラップに陥ることもあり、実践継続を支援するためのツールが必要とされる。松原らは、暗黙知をシンボルとして表現するツールを提供することで、実践者にツールが提示するシンボルと体感とのずれを

感じさせることでことば化を促進することが可能であると主張している[松原 10].

本稿では、これらの先行研究を踏まえて、空手を例に間合いをシンボル化して競技者に暗黙知の探究を促すツールのデザインに取り組む。

## 2.2 間合いの可視化によるフィードバック

間合いをシンボル化して競技者にフィードバックするためにはどのような方法があり得るのだろうか。

今村らは、サッカーやフットサルを例に、身体運動中のリズムに注目し、競技者個人の身体運動の強調制御を身体重心と身体各部位の速度相関値、さらに競技者間の関係性を身体重心同士の速度相関値によって表現する方法を提案している[今村 10]. 高島らは、空手の組手競技を例に、競技者の間合いのモデル化を行うために、カメラや加速度センサ等を用いて、競技者の動きや位置情報、距離情報の記録するシステムを構築している[高島 04].

筆者らは、野球のバッティングを例に競技者の姿勢変化に注目し、姿勢の類似度に基づいて身体運動を分節化、色を用いてその結果を可視化する Motion Prism というツールを開発してきた[Nishiyama 10]. Motion Prism は、競技者の身体各部位の動かし方や意識の変化に基づくフォームの変化を図 1 に示すようなカラーバーというシンボルで簡単表現し、その意味解釈に取り組ませることで身体的メタ認知を促進することを目的としていた。

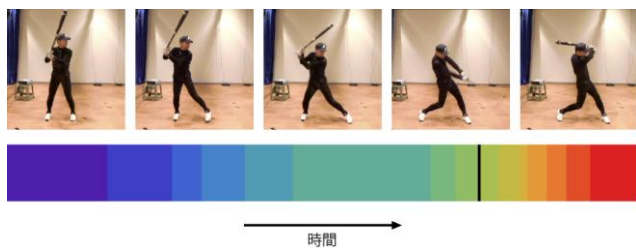


図 1: カラーバーによる姿勢変化の簡単表現

カラーバーは、姿勢の類似度に基づいて身体運動を分節化したシンボルで、同じ色で表された区間は類似する姿勢が持続していることを示す。

競技者の姿勢とその変化は、空手の間合いを表現する上で極めて重要な役割を果たす。組手の際の競技者の姿勢は、競技者の構えを表すといえよう。競技者の構えは、技を仕掛けるタイミングに密接に関わり、間合いを考察する上で必要不可欠な情報である。さらには、姿勢変化には身体運動のリズムや、技を仕掛ける動きやそれに対する反応なども表現れる。そこで、本稿に示す間合いの可視化ツールには、Motion Prism で用いたカラーバーによる姿勢変化の表現を導入することとした。ただし、野球の打撃動作を対象として開発した Motion Prism をそのまま間合いの可視化に導入することは困難であると考えられる。以下に、現時点で明らかになっている問題点を示す。

- 試行間の再現性が低いドメインの場合、カラーバーをどのように観察すれば良いか
- 可視化表現の際に用いる色の数をどの程度用意すればよいのか
- 色はどのようなアルゴリズムで割り当てるか
- 単に一人分のカラーバーを 2 本並べるだけでよいのか
- 姿勢情報以外のどのような情報をカラーバーの生成に活用するか

## 3. MaAI: 間合い可視化ツール

### 3.1 MaAIとは

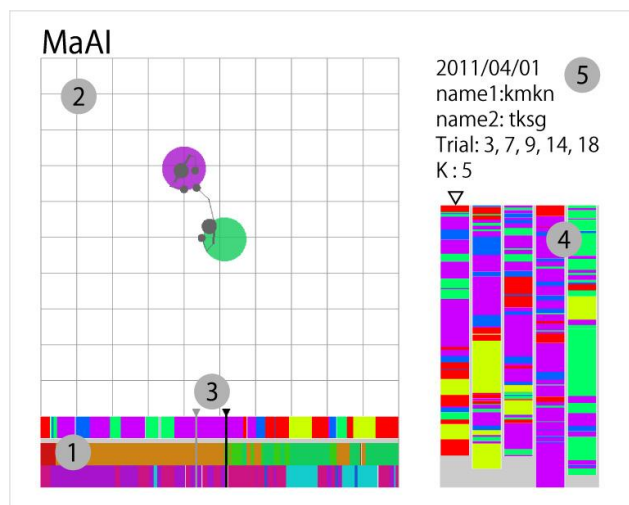


図 2: 間合い可視化ツール MaAI

前節に示した背景を踏まえて競技者による間合いの探究を支援すべく筆者らが開発したのが図 2 に示す間合い可視化ツール MaAI である。MaAI は、光学式モーションキャプチャシステムを用いて計測したデータをもとに、組手中の各競技者の姿勢や競技者間のなす角・距離を算出し、K-means を用いてクラスタリング、カラーバーとして間合いを可視化するツールである。ユーザはカラーバーとして簡単表現された各試行(組手)を観察したり、試行間の比較を行うことで、競技中の間合いや駆け引きについて考察する手がかりを得る。

ここでは、図 2 に示した MaAI のインターフェースについて概説する。

- ① 間合いと各競技者の姿勢を示すカラーバー: 上段は、両競技者の姿勢及び競技者間の距離、両競技者の体幹がなす角に基づいて生成された間合いを可視化したカラーバーである。中段・下段は、競技者の姿勢変化を表すカラーバーである
- ② 両競技者の位置情報と姿勢の簡易表現: 組手競技を実施するコートにおける両競技者の位置とコートの上からみた競技者の姿勢の簡易表現。姿勢の簡易表現はカラーバーの意味解釈を行う際に競技状況を把握するために用いる
- ③ シークバー: ②の位置情報の再生位置。黒いシークバーは現在の再生位置、灰色のバーはマウスカーソルの X 軸方向の位置に対応して移動し、ザッピング位置の決定に使用する
- ④ 間合いを示すカラーバー: 複数試行分の間合いを表すカラーバーが表示されている。複数試行を俯瞰し、試行間の比較を行うために用いる。また、ここで、①や②に表示する試行を選択する
- ⑤ 諸情報: 計測日や競技者名、カラーバー生成に使用した試行名の一覧、K-means のクラスタ数 (カラーバーに使用される色の数)

このインターフェースは本稿執筆時点のものであり、[Nishiyama 10]にて開発した MotionPrism の影響を強く受けているが、今後 MaAI の使用を重ねながら空手というドメイン向けのインターフェースへと改良する予定である。

### 3.2 間合いの可視化

本節では間合いの可視化手続きについて概説する。

まず、モーションキャプチャを用いて獲得した身体各部位の3次元座標データから、競技者ごとに頭部、体幹、右腕、左腕、右脚、左脚の各セグメントを三角形で表現し、各三角形をなす2つベクトルがなす角(例えば、腕であれば肘関節、足であれば膝関節など)と三角形の法線ベクトル同士がなす角から時間フレーム内での競技者の姿勢を計算する。さらに、競技者間の距離(例えば骨盤中心間の距離)と両競技者の体幹がなす角を算出し、各時間フレームにおける両競技者の姿勢と距離、身体の向きを多次元空間にマッピングする。例えば、モーションキャプチャのサンプリングレートが250Hzであれば、40秒のデータで100000個の点が空間状にプロットされることになる。それをK-means法によってクラスタリングし、各時間フレームが属するクラスを色で表すことによって、競技者の姿勢と競技者間の距離、両競技者の体幹がなす角からなる間合いを示すカラーバー(図2内①の上段や④のカラーバー)が生成出来る。複数試行のデータを同時にクラスタリングすることで、各試行のカラーバーを比較することが可能になる。尚、図2内①の中段・下段のカラーバーは、各競技者の姿勢の情報を別個に空間内にプロットしてクラスタリングを実施している。そのため、両競技者が類似する姿勢をとった場合は中段・下段のカラーバーに共通の色が出現する。

### 4. 間合いの可視化と駆け引きの考察

MaAIを用いた間合いの可視化によって、ツールのユーザは組手競技における駆け引きについてどのような考察ができるのだろうか?ここでは、図2内④のような複数試行のカラーバーの俯瞰と、図1内の中段・下段の試行内の両競技者のカラーバーの観察という2種類の利用方法について述べる。

#### 4.1 複数のカラーバーの俯瞰による着眼点の発見

図2内④のような複数試行のカラーバーを一度に俯瞰するというツールの利用方法は、過去に筆者らが開発したフォーム可視化ツール MotionPrism の運用を通じて見出されたものである。MotionPrismの運用は野球の素振りという試行間の再現性が高いドメインを対象に、ユーザの素振りのフォームをカラーバーとして表現するものであった。したがって、複数試行のカラーバーを並べた際に、色の出現順やそれぞれの色の長さがどの程度揃っているのかに注目することでユーザのパフォーマンスの安定性を直感的に知ることができた。

これに対して、MaAIが対象ドメインとするのは、試行ごとの再現がほとんど望めない組手競技であるため、同じカラーバーという表現方法を用いるがパフォーマンスの安定性とは異なる尺度でカラーバーの観察に取り組まなければならない。

現時点で筆者らが見出した MaAI における複数試行のカラーバーの観察方法は、あえてクラス数  $K$  を小さい値にして大雑把な分節化を行い、試行間の類似個所や、特徴的な試行を見出し、駆け引きについて考察する区間を絞り込むというものがある。

例えば、図3に示す5試行分のカラーバーの中で、右端に表示されたカラーバーだけが薄い緑色を中心にした配色となっている。この色は、一方の競技者が左手左足を前に出した構え、もう一方の競技者は反対に右手右足を前に出した構えをとっている状態を表している。他の4試行では両競技者とも右手右足を前に出した構えをとっているため、薄い緑色は殆ど現れない。

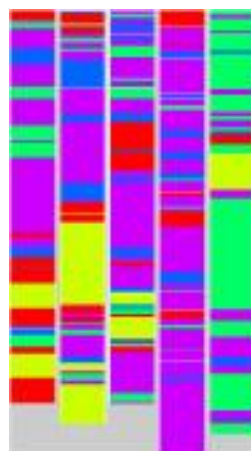


図3:5試行分の間合いを表すカラーバー

ただし、左端の試行や中央の試行に数回ずつこの色が現れている。これは、一方の競技者が相手に対して技を仕掛けた結果、構えの左右が入れ替わってしまった状況であった。組手の途中にて、どちらか一方の構えが急激に変化するという状況は、競技状況が動く(変化する)きっかけとなる。したがってこの事例では、右端以外の試行において薄い緑色を手掛かりに、カラーバーを観察する区間を絞り込み、駆け引きの考察に取り組むことができる。

#### 4.2 自身の仕掛けに対する相手の反応の確認

本稿の冒頭で紹介したように、「間合いを読めない」競技者には自身が相手に対してどのように技を仕掛けたのかを語るが、その仕掛けに対する相手の反応について語るができないという傾向がある。例えば、彼らに対して MaAI によるフィードバックを提供することで、対戦相手の反応に注意を向けさせるきっかけを与えることはできないだろうか?

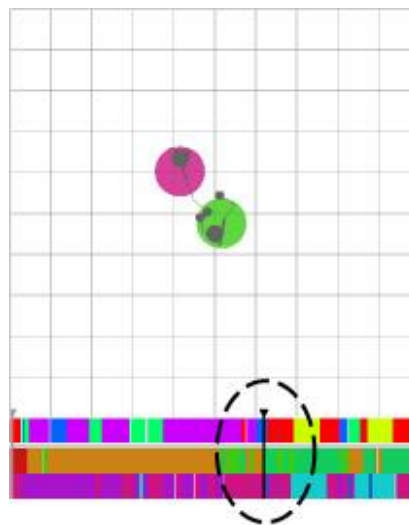


図4:カラーバーを用いた対戦相手の反応の観察

図4は、破線で囲んだ黒いシークバーの前後の時間帯に、下段のカラーバーの競技者(位置情報画面でピンク色の円

に囲まれた側)が、攻撃を仕掛けて対戦相手の構えを大きく崩した(中段のカラーバーがそれまでのオレンジ色から緑に変化する)にも関わらず、その直後に対戦相手との距離をあけてしまった(下段のカラーバーが水色に変化する)ために、更なる攻撃の機会を失ってしまった(中段のカラーバーは再びオレンジ色に戻る)事例である。

このようにカラーバーで各競技者の姿勢変化を追うことで、一方の競技者の仕掛けに対する相手の反応を観察することが可能になる。さらに、この局面に間合いを表すカラーバー(上段のカラーバー)の色がどのように変化しているのかに注目し、他の試行に類似する局面を探し出すことが可能である。

## 5. 展望

本稿は、空手の組手競技を例に、対人競技の駆け引きスキルの体得支援を目的とした間合い可視化ツール MaAI のデザインに取り組んだ。

同ツールは、競技者の姿勢、競技者間の距離、競技者の体幹と体幹のなす角を算出し、カラーバーというシンボルを生成することが競技者に間合いについて考える手掛かりとなりうることを示した。

MaAI のデザインはまだ始まったばかりである。このツールが競技者にどのような影響を及ぼすのか、どのようなデータをカラーバーの生成に用いればよいのか、ツールのインターフェースはどうあるべきか等、今後もツールを使用し続けながら吟味を重ねていく必要がある。

## 6. 参考文献

- [赤石 10] 赤石智哉. :身体性復活のためのプロセスを伝えるための方法論探究, 2009 年度慶應義塾大学総合政策学部卒業制作, 2010.
- [古川 05] 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, 本村洋一, 森田想平. :身体知研究の潮流 - 身体知の解明に向けて-, 人工知能学会論文誌, Vol.20, No.2, pp.117-128, 2005.
- [今村 10] 今村健一郎, 笈康明, 河添健, 仰木裕嗣. :リズム可視化による時空間協調表現ツールの提案, 第 24 回人工知能学会全国大会, 2010.
- [石原 11] 石原創, 諏訪正樹. :身体的メタ認知を通じた身体技の「指導」手法の開拓, 身体知研究会(人工知能学会第 2 種研究会)SIG-SKL-09-03, pp.19-26, 2011.
- [松原 10] 松原正樹, 西山武繁, 伊藤貴一, 諏訪正樹. :身体的メタ認知を促進させるツールのデザイン, 身体知研究会(人工知能学会第 2 種研究会)SIG-SKL-06-03, pp.15-22, 2010.
- [Nishiyama 10] 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.
- [野中 03] 野中郁次郎, 紺野登. :知識創造の方法論 -ナレッジワーカーの作法-, 東洋経済新報社, 2003.
- [Polanyi 03] Polanyi, M 著, 高橋勇夫訳:暗黙知の次元, 筑摩書房, 2003.
- [諏訪 10] 諏訪正樹, 赤石智哉. :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, 2010.
- [高島 04] 高島政実, 青島大悟, 坂根裕, 白井正博, 杉山岳弘, 竹林洋一. ;ユビキタスセンシング技術を用いた空手の試合

における駆け引きの記録, 第 18 回人工知能学会全国大会, 2004.