

身体的メタ認知を促進させるツールのデザイン

How to Design the Tools to Explore Own Body

松原 正樹¹ 西山 武繁² 伊藤 貴一² 諏訪 正樹³

Masaki Matsubara¹, Takeshige Nishiyama², Takaichi Ito², and Masaki Suwa³

¹ 慶應義塾大学大学院理工学研究科

¹ Graduate School of Science and Technology, Keio University

² 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

² Graduate School of Media and Governance, Keio University

³ 慶應義塾大学環境情報学部

³ Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

Abstract: The present paper discusses how to design the tools to explore own body, and advocates that making meaning afforded by “rough segmentation” and “bird’s-eye view” promotes embodied meta-cognition. This study presents three experimental episodes through supportive software environment, which are “MotionPrism”, “ScoreIlluminator”, and “ArekoreLink”.

はじめに

人は無限の可能性を秘めた生き物である。人間がより人間らしく生き活きと生きて行くために、自分自身と向き合い努力することで芸を磨き、技を磨き、感性を開拓し、目標を達成することができる。このような暗黙知のプロセスは如何にして行われるのか？それを推進するにはどのような方法論が有効か？

筆者らは、意識的に自らの身体を考えられるようになること、すなわち身体的メタ認知が生活をより豊かにする上で有効であると考えている。そして本稿は身体的メタ認知を促進させるキーワードとして、分節化と俯瞰によって意味付けがアフォードされることの重要性を主張するものである。筆者らが作成した3つのツールの事例をもとに身体的メタ認知が如何に促進されていったかを述べていきたい。

身体的メタ認知とは

人間によるあらゆる行為は身体単独で成立するものではない。身体は環境に存在し、環境との様々なインタラクションを通して行為が成立する。インタラクションは、身体の動きにより環境に働きかけること、環境中の何らかの着眼点（以下、変数と呼ぶ）を知覚・認識することからなる。通常、我々はほとんどのインタラクションの多くを意識することがで

きない。意識上で制御できることは氷山の一角である。身体的メタ認知とは、ひとこと言え、身体と環境の間で生起する事柄を、言語化などの外的表象化によって（可能な範囲で）意識上に持ち上げる努力を手段として、身体と環境のインタラクションそのものを進化させる行為である[1]。

外的表象化の対象は、

- 身体運動（どのような行為で環境に働きかけているか）とその影響（環境がどのように変容しているか）
 - 環境からの知覚（身体が環境中にどのような変数を知覚、認識しているか）
 - 自己受容感覚（いわゆる“体感”である。身体運動の結果として体内にどのような感覚が生起しているか）
- である。

ここで我々が言う身体運動とは単に芸や技のような直接的に体を動かすようなスキルにとどまらず、歩く、座る、立つといった日常的な行動から、喋る、呼吸する、まで人間のあらゆる行為のことを指している。また人間の体感、すなわち、味覚の豊かさ、聴く感覚の豊かさなど五感を通じた感性は、身体に深く根ざして成り立つものと考えている。また五感だけでなく筋肉を意識する感覚、骨を意識する感覚、血流を意識する感覚、これらも身体とは切っても切り離せない存在であると考えている。

すでに言語による外的表象化を用いた身体的メタ

認知は、剣道[2]、野球[3]、ダーツ[4]やボーリング[5]といった技に関する分野で有効性が示されている。また味覚[6]や聴覚[7]、ファッションの意識[8]といった感性の開拓に対してもある程度の効果が認められている。

暗黙知領域に属すること全てを言語化できるわけではない。「可能な範囲で」言語化する意識的努力は必要である。また「直感的に」「とりあえず」「気楽に」「正しい保証がなくてもいいから」言葉として外化することが重要である[9]。

このような意識で身体を言語化すると何が起こるのか？第一に、少量でもよいから言葉にすることによって、「言葉が言葉を生む」という現象が生じる。言葉を外化することにより、外化する前には意図しなかったような連想／記憶喚起が起こる。言葉を記録しておく、時期をまたいで外化された言葉相互に新たな関係性を見出すこともある。そうやって言葉が次々に生まれる。そして第二に、当初は意識していなかった新しい言葉が登場し始めると、その言葉を意識しながら身体と環境のインタラクションを再度見つめ直すことが可能になり、新たな体感が生まれてくる。これが「言葉が体感を進化させる」である。これは言語化以外の外的表象化においても同様な現象が起こると考えられる。

大リーグマリナーズのイチロー選手は「自分の身体がどのように動いてヒットを打っているかを説明できることが非常に重要である」という趣旨の言葉をテレビのインタビューで何度も口にしているが、これはまさに身体的メタ認知の意識である。

しかしながら、自分で自らの身体を意識するということはなかなか難しく万人が身体的メタ認知を行える訳ではない。それは複雑な身体運動や、目に見えない感性を簡単には意識できないからである。そのため近年では身体的メタ認知を促進させるツールや仕組みの研究が行われることが多くなった。本稿では、そのツールの共通点や相違点を観ていくことで身体的メタ認知を促進させるデザインとは何かについてこれから述べていく。

MotionPrism

MotionPrism (図1) は、身体運動を姿勢の類似度に基づいて分節化し、色を用いてその結果を可視化するソフトウェアツールである。このツールの目的は、アスリートの身体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すことにある。

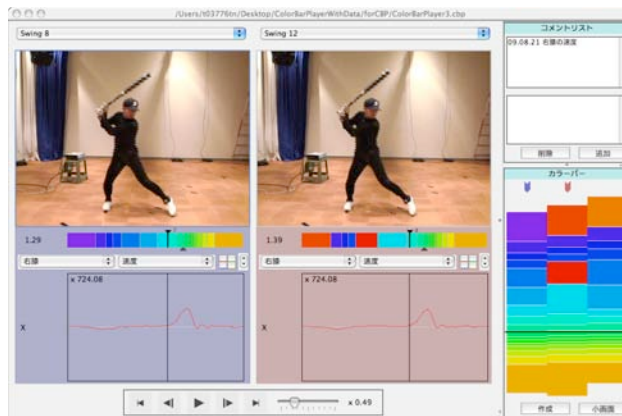


図1 フォーム可視化ツール MotionPrism

MotionPrism の有する機能を以下に示す。

- 姿勢の類似度に基づく身体運動の分節化及び色によるフォームの簡単表現
- 計測時に撮影された1試行分あるいは2試行分の映像の再生
- 映像が再生されている試行の各マーカークの位置・速度・加速度情報の表示
- 映像及びデータの観察中の気づきを記録するメモ機能

なかでも、ユーザの身体的メタ認知を促進させる上で重要な役割を果たすのが、身体運動の分節化及び簡単表現である。MotionPrism を用いて身体運動を分節化し、その結果を色によって簡単表現したものをカラーバー (図2) と呼称する。なおカラーバーの生成手法については文献[10]を参照して頂きたい。

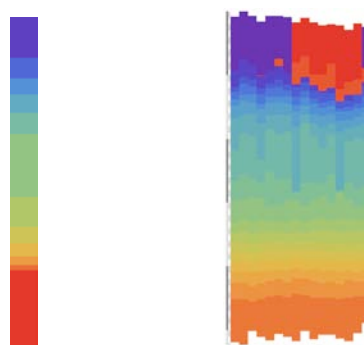


図2 1試行分と複数試行分のカラーバー

MotionPrism と身体的メタ認知

MotionPrism は、野球の打撃スキルを対称とした身体的メタ認知に取り組む1人のアスリートをユーザとして開発・運用を続けてきた[10]。ここでは、そのプロセスにおける経験に基づいて、MotionPrism の分節化や可視化といった機能が如何にして身体的メタ認知を促すのかを述べる。

分節化と意味解釈

MotionPrisimによって生成されるカラーバーは、連続的な姿勢変化を、ユーザの意思とは無関係に、各フレームの姿勢の類似度に基づいてツールが区切ったものである。ツール側が提示するカラーバーを観察するユーザは、カラーバーに対して「この色はどのような姿勢を意味するのか」「なぜそこで色が変わるのか」という疑問を抱く。この疑問に対して、ユーザが自身にとって納得のいく解釈を得るべく、自らの身体の動かし方に意識を向けるのである。

このカラーバーの効用は、空手の組手競技を対称とした事例でも確認されている[11]。この事例では、組手競技においてまだ技を仕掛けていない、いわゆる「間合いをとる」状況下でカラーバーに色の変化が現れた。競技者は、このカラーバーの意味解釈を通じて、それまで意識していなかった相手と対峙している際の自身の足捌きの変化に気付いた。

試行間の比較

ユーザがカラーバーの意味解釈に取り組む上で重要なのが、複数試行のカラーバーを俯瞰し試行間の比較を行うことである。例えば、1試行分のカラーバーを観察するだけでは、バーの中の位置と試行中の姿勢の変遷を照らし合わせることでしか意味解釈を行うことができない。複数試行分のカラーバーを観察することで、ユーザは試行間の比較を行うことが可能になる。試行時の体感の善し悪しを手掛かりとして、その差異が身体のどのような使い方に起因しているのかをユーザに探究させることができる。その結果、計測時のユーザの意識の変遷や、パフォーマンスの安定性という観点からも意味解釈に取り組むことが可能となった。

映像とグラフの役割

MotionPrisimには、生成されたカラーバーと併せて、計測時にDVカメラで撮影された映像の再生や、マーカーの位置・速度・加速度情報をグラフとして表示する機能がある。これらの機能は、ユーザがカラーバーの解釈を通じて獲得した身体の使い方に関する変数の振舞いをより詳細に観察し、意味解釈を促進するために用いられる。以下に、野球の打撃スキルのメタ認知に取り組むユーザが映像やグラフを使用したときの事例を示す。

ユーザは、ある日のカラーバーを観察するうちに、スイングにおける離地から着地にいたるまでの区間に

現れる2色の長さの割合に注目した(図3中の赤い破線の枠に含まれる2色)。ユーザによる評価の高い試行の注目箇所を構成する色a(離地寄りの色)と色b(着地寄りの色)に注目すると、

- ・色aの開始位置がほぼ一定
 - ・色の長さの割合がaよりもbの方が長い
- というパターンを見出すことができた。

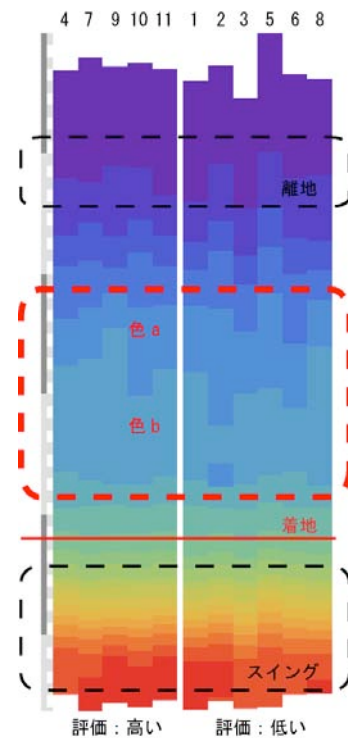


図3 ユーザによる評価ごとに分類したカラーバー

ユーザは、この離地から着地に至るまでの区間の運動の内容や、計測時の体感を記録したメモから、この2色には打撃スキルにおける「矯め」と表現される要素が強く関係しているという仮説を立てた。

ユーザは、運動計測の際に撮影されたビデオ映像をバーと併せて観察し、自らの立てた仮説を検証した。その結果、この2色が打撃フォームにおけるどの動作を示すものかという、より詳細な意味を理解するに至った。色aは左足の膝が最高到達点に達した後、右足膝関節が屈曲して身体全体が沈み込む動作、色bは左足足部の着地点への前進、及び身体全体が前方に動き始めるまでの姿勢を保持する区間を示すように解釈したのである。

このように、カラーバーにおけるグラフの表示機能は、単にツールがユーザに対して運動の特徴を示すものではなく、むしろユーザが能動的に自身の身体の使い方を探究する際の材料として用いられる。



図4 ScoreIlluminator のインターフェース

ScoreIlluminator

ScoreIlluminator はオーケストラのスコアのパートの役割を、音符をもとに計算した類似度に基づき分節化を行い、色付けスコアを表示する Web インタフェースである。このツールの目的は、オーケストラなどの多声部楽曲を聴き分けるために用いる色付けスコアを半自動で生成し、ユーザのスコアや音楽の意味解釈に対する身体的メタ認知を促進させるものである。

図4にインターフェースを示す。ユーザはシステムによって生成された色付き楽譜(A)を見ながら再生ボタン(C)で音楽を聴くことができる。ページめくりボタン(B)を使うことで該当する箇所楽譜を読むことができる。また+ボタン(D)によって分節化の数を変えたり、色を指定したり(D)、曲を変えたり(F)と様々な条件で楽譜を生成(E)し表示させることができる。楽譜の自動色付けを行うためのクラスタリングの距離尺度として使用している4つのパラメータの重み付けをスライダー(G)によって変化させることができる。色付け楽譜生成アルゴリズムについては文献[12]を参照して頂きたい。

ScoreIlluminator と身体的メタ認知

ScoreIlluminator は普段意識することのない聴く能力をスコアの色付けによって擬似的に可視化している。ユーザは自分自身の音楽に対する意味解釈と色付けスコアを比較することで共通点や相違点を見だし、それぞれの色に意味付けを行おうとする。以下にユーザの使用例を示しつつ、MotionPrism との関係性について述べる。

役割の分節化が意味解釈を生む

ScoreIlluminator が対象とするユーザは音楽家からそうでない人まで幅広い。それは ScoreIlluminator 自身が答えを示す訳ではないところにポイントがある。図5はある音楽経験のないユーザが作成した色付け楽譜である。オーケストラのスコアは縦軸が楽器名(役割軸)、横軸が小節(時間軸)となっており、左から右へと音楽が進んでいく。この色付け楽譜の緑色が何の役割であるか、青色が何の役割であるかはシステムは提示しない、しかしユーザがこの楽譜を見ることで、たとえ音楽経験がなくとも、2つの役割にわかれていて、動きの激しそうな緑色と動きの少なそうな青色にわかれているということがわかる。今回のユーザは楽譜も読めないくらい音楽は未経験だったが、音符を模様と見ることで緑色がメロディっぽいということがわかるようになった。



図5 色付け楽譜の例(フィガロの結婚序曲より)

このように MotionPrism と同じく、連続的な体の動きや役割の解釈など連続的なものを色等で分節化することにより、人は分節化されたシンボル(色)に対してつい意味付けをしたくなってしまおうということがわかった。

実体との比較が身体的メタ認知を促す

ScoreIlluminator のさらなる機能として、色付け楽譜を見ながら実際の音楽を聴くことができる点が重要である。図5のような色付け楽譜を見ながら音楽を聴くことでユーザは自分が聴覚から得ている情報と視覚から得ている情報を結びつけながら色分けされた音符について考えることができるようになる。このことにより、自分がどこに着目して聴いているかがわかるようになり、オーケストラのようにたくさんの楽器で演奏している音楽に対してそれぞれの楽器を聴きわける支援につながるということがわかっていく[7]。

このことは、MotionPrism も同様で、映像のように実体をそのまま映し出したものと分節化されたカラーバーを比較することでより詳細に自分の身体に関する変数を感じ取ることができるようになる。つまり現実起きて知覚していることと、記号化されたものを意味付けた時の差異や共通点が新たな身体に対しての理解となり身体的メタ認知を促したのである。

このことは ScoreIlluminator において音楽経験のあるユーザにも有効である。このユーザは 18 年ヴァイオリンを演奏してきたことのあるオーケストラ経験者で、スコアに関しては自分のパートを中心に読むことができるが全体の中での役割までは考えることができない。今まではメロディ中心（横軸を意識して）にスコアを読んでいたが、ScoreIlluminator の生成した楽譜（図 6）の色付け具合と実際に聴こえてきた音楽に対する解釈がずれていることに違和感を覚えた。その違和感が何であるかを考えていくうちに、役割が頻繁に入れ替わるのを見て、普段とは違う聴き方であるリズム中心に（縦軸を意識して）見るということがわかった。



図 6 色付け楽譜（モーツァルト作曲プラハ）

比較して俯瞰することがサイクルを廻す

さらに ScoreIlluminator にはもう一つの機能がある。楽譜を生成するためのパラメータを変化させることができる。ある時は自分の解釈と違和感がないように、ある時はメロディ中心に、ある時はリズム中心に、とユーザは様々な解釈の尺度を用いて音楽に向き合うことができる。これは身体的メタ認知を促す重要な項目で、システムが自動でアウトプットを出すのではなくユーザが能動的にツールを使用することで、ツールを含めた自分全体を一つの身体として捉えるようになるのである。

前節のヴァイオリン経験者のユーザは自分の気づきが何であるかをパラメータを変化させながら考えるようになった。そして、変化の具合を全体的に眺めることによって、図 7 のような自分の解釈にあった楽譜を生成した。赤丸の部分が主に変化した箇所です。フレーズの単位が 1 小節から 2 小節に変化している。このことからフレーズの長さをどのくらい意識して聴いたら良いかという新しい変数に気づくことになり、今度はフレーズの長さを変えながらスコアを読み音楽を聴くようになった。そのようにして自分自身の解釈と違う解釈が出た場合はそれがなぜ起きたのかを考え、自分の解釈と同じ解釈が出た時もそれがなぜ起きたのかを考えるようになった。結果、このユーザは ScoreIlluminator なしでも役割を意識しながらオーケストラを聴くことができるようになったのである。



図 7 図 6 のパラメータを変化させた色づけ楽譜

こちらでも MotionPrism と比較して考えると、カラーバーの複数試行の比較という行為と身体を表現するパラメータを変化させてカラーバーを作成し直すという行為が ScoreIlluminator の色付け楽譜の比較とパラメータ変化による生成と共通していることがわかる。

つまり、これらのツールの強みは役割をシステム側からあえて提示することはせず、あくまで全体の役割を分節化することにある。そのため可視化されたそれぞれの役割が何であるかを必然的に考えるようになり、そこに意味付けをしようとする様々な変数を読み取ろうと試みる。そして分節化をユーザのパラメータ変化という能動的行為により操作することで、分節化されたものを比較し俯瞰することができ、身体が読み取っている変数と解釈や実体との関係性が見えてくる。行為こそが身体的メタ認知であり、それはツールのデザインによってなされたものである。

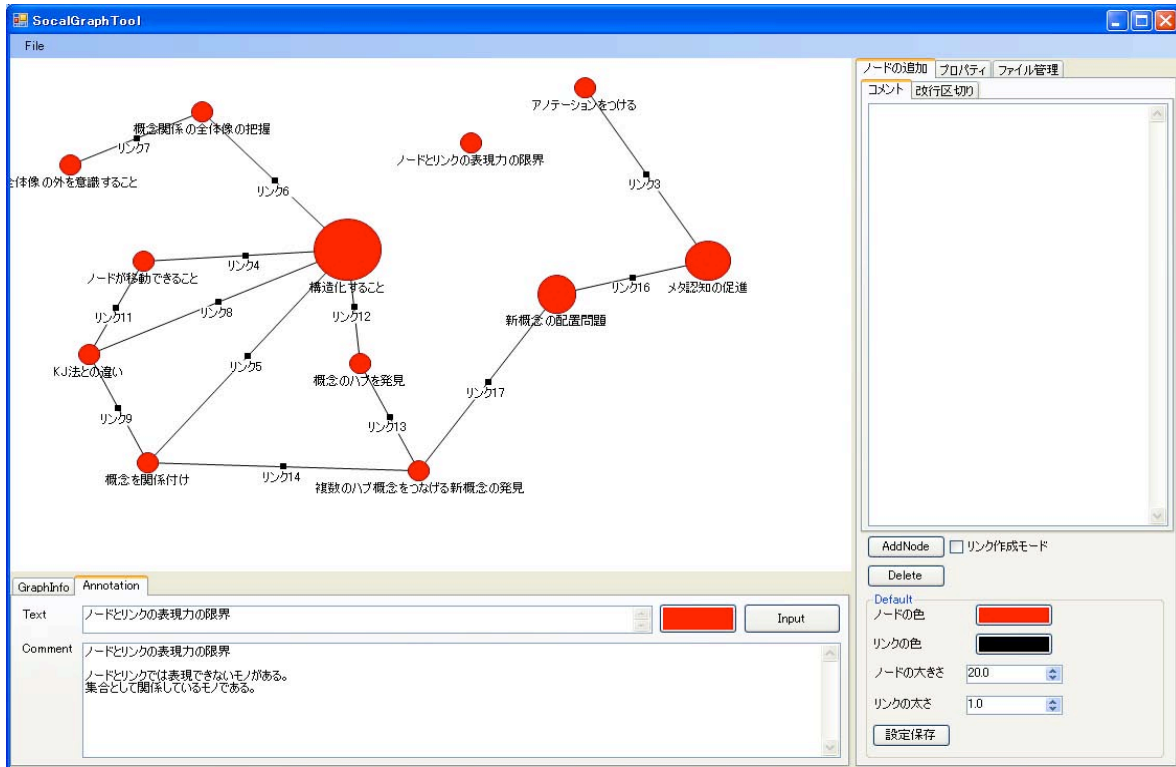


図8 あれこれリンクの使用例（あれこれリンクの説明を例に）

あれこれリンク

一つのことをただ記述することだけが、メタ認知に繋がるわけではない。ばらばらに意識があがっていたものが、ふとしたきっかけで繋がっていくプロセスがメタ視点の認知をすることの意味であり価値である。つまり、関係を創成することこそ、メタ認知的思考の本質的行為である。

今回、あれこれリンクの説明を書くためにツールを使い、作成したのが図8である。

このツールは、非常にシンプルで、手動でグラフを作るものである。データマイニングの処理を行い、インプット情報から自動的に生成したものではない。ツールを使う本人が自分で考えて作らなければならない。一つ一つ、ノードを作り、アノテーションを書いて、ノードどうしを関係づけるということをしていかない。アノテーションをする（外化したノードやリンクに、とりあえず注釈をつける）ことをしているうちに、新しい変数もみつかるとし、新しい関係づけも見えてくる。このように、現在考えていることの表出、構造化のループを常に行わなければならない。そして、その全体像を眺めることで、現在作りかけの構造の「外」というものを意識してしまう。この「構造の外」＝環境を考えることで、新たな変数を取得することを促進する。発見した新

たな変数を「どこの場所に配置し、どこのノードとつなげるのか？」ということも考えなければならない。新たな変数（ノード）を入れ込むためには、全体の構造を作り替えないといけないかもしれない。

また、作っていく過程で、ハブになるノード（概念）ができてくる。これを意識するようになれるというのも意味が大きい。ぼんやり考えていただけでは見えてこないし、ただひたすらに文章を書いても、一目で解ることはない。マウスでノードを動かしながら考え、リンクを張るからこそ見えてくるものである。そして、ハブ概念とハブ概念を繋ぐものはなにか？ということをもさらに考えることをさせる効果がある。

今までの「分節化」「俯瞰」の言葉を使って説明すれば、ここでの分節化とは、ノードを作り、アノテーションを書き込んでいくことであり、俯瞰は、そのノード群全体を見て思考することである。この「分節化」「俯瞰」の二つが、メタ認知を促進させる力になっている。

このことは、先に説明したメタ認知漸進的プロセス[1]（身体や環境に含まれる新しい変数の存在に気づき、新旧の変数を取り込んだ形で身体と環境の新たな関係を再構築し続ける）を実現している。

このツールを使う上で重要なことは考えることである。このツールを使い身体的メタ認知が進まなか

った事例をみると、アノテーションに十分な文章を書いていない、リンクを張ることを考えなしにどんどんやっているということが見られた。そのため、現在はノードを生成したときには、「無題ノード」と名前が付き、リンクを張ったときは、「リンク1」などと無機質な名前を見せることによって、考えて書き換えたいような仕組みにしている。また、現在は明示的に実装をされていないが、自己の認識が変化していく、成長していく、イノベーションしていくことを可視化するために、履歴を簡単に見ることができる機能を実装する予定である。

考察

3つのツールから身体的メタ認知がどう促進されていったかについて述べてきたが、実際には何が起きているのか？いずれのツールもある人間の行動や解釈を分節化と俯瞰することによって意味付けするアフォーダンスを生み出しているのではないだろうか？そのことにより人間が思わず考えたいようになり、意味付けた言葉が言葉を生み身体的メタ認知を促したのではないだろうか。

すなわち、人間の身体にある実体や解釈をツールを通して分節化することによって、自分自身にある解釈との相違点や共通点を用意に見いだせるようになり、それぞれの変数の意味付けをしやすくした。そして、ことばによって意味付けされた構造からはみ出した部分、収まった部分を考えることによって身体的メタ認知が促進されたのではないだろうか。

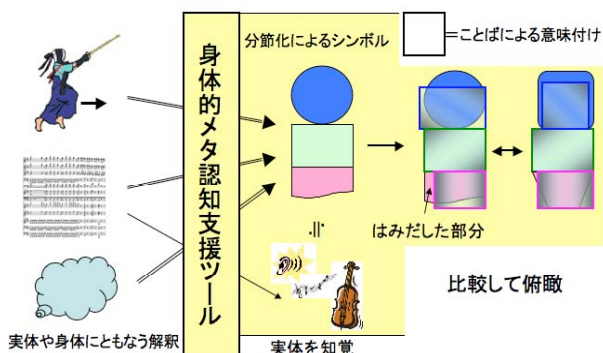


図9 身体的メタ認知支援ツールの本質

これは哲学者西田幾多郎の言葉を借りるとすれば不連続の連続性というキーワードで説明することができる[13].「有機体と環境との関係は、不断の転機による断絶にもかかわらず、全体として連続性を保っている。」つまり我々のツールで説明するならば、連続的な正確を持つ実体や解釈をツールにより分節

化することにより(不連続の連続)、その境目(転機)や分けられたものに対して人間は意味付けをしなくなってしまう(図9).この時、使用者による能動的パラメータの変更により新たな分節化されたシンボルが生み出され、それを比較して俯瞰することで、解釈の変数の分解と統合が起こっているのである。これは哲学者デリダが提唱する脱構築の概念と同様である。すなわち出力変数の分解と統合を繰り返すうちに本質である入力変数見いだすことができるのである。これは自分の身体を考え続けるという身体的メタ認知の精神そのものである。

それぞれのツールも少しずつ違っていることがわかる。MotionPrismは時間的に連続なものを分節化したのに対し、ScoreIlluminatorは同時期における役割を分節化した。どちらも色による可視化をすることで全体を俯瞰しやすくしている。また「あれこれりんく」については目の前に見えているものに対しノードとリンクという記号化の方法を用いて、目の前のものを生み出しているものや本質の存在を考えるようにしている。それぞれの使用例からも、身体的メタ認知にとって重要なファクターであることがわかった。

また身体的メタ認知において重要であるメタ認知のサイクルを繰り返すということも、それぞれのツールの編集可能性という点が促していた。ユーザが能動的にパラメータやノードの位置など、分節化の仕方を変更できることで分節化されたシンボルを比較し俯瞰することができる。そのことで意味付けをしなくなり、そこからはみ出したものを原動力としてユーザが繰り返し操作を行い、その都度サイクルを繰り返していたことがわかる。

以上のことから、身体的メタ認知を促進させるツールのデザインとは、分節化と俯瞰によって意味付けがアフォーダンスされ、編集可能性によりサイクルが繰り返されることであるといえる。

参考文献

- [1] 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
- [2] 諏訪正樹, 赤石智哉: 身体スキル探求というデザインの術, 日本認知科学会 2009 年冬のシンポジウム, pp.11-21, 2009
- [3] 諏訪正樹, 西山武繁: アスリートが「身体を考える」ことの意味, 身体知研究会(人工知能学会第2種研究会) SIG-SKL-03-04, pp.19-24, 2009
- [4] 諏訪正樹, 高尾恭平: パフォーマンスは言葉に表れる: メタ認知的言語化によるダーツの熟達プロセス,

第 21 回人工知能学会全国大会, 1H3-6, 2007

- [5] 諏訪正樹, 伊東大輔: 身体スキル獲得プロセスにおける身体部位への意識の変遷, 第 20 回人工知能学会全国大会, 2D1-6, 2006
- [6] 岡本真: ロ・体・そして心-味覚が磨かれるプロセス, 中京大学情報科学部 2007 年度卒業論文, 2007
- [7] 松原正樹, 諏訪正樹: ScoreIlluminator: 「音楽を聴くスキル」の熟達支援ツール, 日本認知科学会第 26 回大会, No.P2-10, 2009
- [8] 中村亜希: コンパクトな A ラインに至る軌跡-身体と環境への意識が着こなしを開拓する, 中京大学情報科学部 2007 年度卒業論文, 2007
- [9] 諏訪正樹: 身体性としてのシンボル創発, 計測と制御, Vol.48 No.1, pp.76-82, 2009
- [1 0] 西山武繁, 諏訪正樹: 身体運動時の姿勢変化の分節化によるスキル熟達支援, 身体知研究会(人工知能学会第 2 種研究会) SIG-SKL-01-03, pp.13-16, 2008
- [1 1] 西山武繁, 古川康一, 加藤貴昭: 伝統派空手における間合いスキルの考察, 第 22 回人工知能学会全国大会, 1B2-3, 2008
- [1 2] 松原正樹, 岡本紘幸, 佐野智久, 鈴木宏哉, 延澤志保, 斎藤博昭: ScoreIlluminator: スコア色付けによるオーケストラスコアリーダーディング支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol.50 No.12, pp.2937-2948, 2009.
- [1 3] 木村敏: あいだ, 筑摩書房, 2005