

身体知の言語化とその情報学的な段階モデルの応用  
立位と歩行に注目して  
The Study of Information Scientific Stage Model  
to Verbalization of Embodied Knowledge  
Focusing on Standing and Walking

山田 雅敏<sup>†</sup>, 里 大輔<sup>†</sup>, 坂本 勝信<sup>†</sup>, 小山 ゆう<sup>†</sup>, 砂子 岳彦<sup>†</sup>, 竹内 勇剛<sup>‡</sup>  
Masatoshi Yamada, Daisuke Sato, Masanobu Sakamoto, Yu Koyama  
Takehiko Sunako, & Yugo Takeuchi

<sup>†</sup> 常葉大学, <sup>‡</sup> 静岡大学創造科学技術大学院  
Tokoha University, Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University  
yamada@hm.tokoha-u.ac.jp

## Abstract

Several studies have reported that the verbalization is effective to acquire the embodied knowledge as Tacit Knowledge. Research issue that is left are as follows. The problem seems that the studies have not focused on the interaction between learner and teacher. On the other hand, it is common that there are leaders who were skilled in the field. Therefore, it is important that the interaction about the effectiveness of the verbalization to acquire the embodied knowledge must be discussed. Purpose of this study is to build the stage model  $(X, Y, g)$  between teacher and learner by functional, and verify the validity of the stage model through the practice focusing standing and walking of middle power is needed sports like rugby or basketball. Thereby, it is possible to describe the stage model about embodied knowledge of verbalization. And it is evident from the verification of the validity that the verbalization of embodied knowledge interfere with the mastery of skill in some cases. The results from this study indicates that it is critical that the interaction between learner and teacher be discussed about verbalization of embodied Knowledge.

**Keywords** — embodied knowledge, verbalization, otherness, principle of least action

## 1. はじめに

### 1.1 身体知の熟達と言語化

近年, 身体知は, 多くの研究領域において, 大きく注目されている. 知的システムの構造・機能・発生における情報の流れを科学的に探る認知科学 [1] も例外ではなく, 活発に議論・研究がなされている. 身体知は, 知識を言語化できる形式知に対して, 言語化することが不可能な暗黙知に位置づけられる [2]. そのた

め, 身体知を熟達させるためには, 訓練によって生じる身体感覚を, 強く意識することが重要となる.

一方, ただ身体感覚に意識を向けるだけではなく, 身体感覚に対する言語化が, 身体知の熟達に有効なツールであると報告されている [3]. 先行研究によると, ダーツ投げについて, 多くの概念の関係を定常的にことばにできるようになることと, パフォーマンスの急上昇に深い関係があることを示唆している [4]. また, ボウリング [5] やスポーツフィッシング [6] についても, 同様の研究成果が報告されている.

### 1.2 問題提起

先行研究が主張する言語化とは, 時間と辛苦を伴いながらも, 他者からの知識や情報を鵜呑みにせず, 自身の身体で実践した時の意味を, 一人称視点で考えることを意味している [7]. たしかに, 方法論的独我論<sup>1</sup>によって, 心的状態を観察するという現象学的試みは, 還元された結論を導くことを可能にする. その一方で, 現象学は二人称である「他者性 (otherness)」に対して思索を試行錯誤してきた.

そこで, 本研究では, コーチングの現場から, 現象学において様々な議論を誘発してきた他者性を垣間見ることとする.

学習者が具体的経験をする環境には, 重要な他者に位置づけられる教授者がいることが, 一般的である. たとえ教授者がいない場合でも, 対象となる身体知に関する教材や資料・映像など, 何かしらの媒体を通して, 学習者へと教示されていることだろう.

たとえば, 諏訪らの報告には, ボウリングに関する

<sup>1</sup>方法論的独我論 (methodological solipsism): アメリカの哲学者 J.A. フォーダーが, 1980 年に唱えた認知科学の方法論上の立場であり. 心と外界の関係よりも, 心そのものの考察に重点を置き, 心を外界から切り離して単独で理解できるとする. これと酷似した考えとして, 遑れば, 外界の超越的存在との関係を捨象して, 心的状態をその純粋に内在的なあり方において考察しようとする純粋心理学の構想を, 現象学の一環として打ち出した E. フッサールに見出される [8]

教示について詳しい記載はないが [5], ボウリングは, 日本において, 一般的に広く普及されているスポーツであり, 約9か月間 (204日) ボウリング場に通ったと報告されていることから, スコアの高い競技者の動作を観察する機会が多々あったと推測される. ダーツ投げも同様に, 8ヶ月間 (56日) に, 413ゲームを友人と競いながら行っていると報告されており, 学習者は, 他者のパフォーマンスを身近で観察していたことだろう [4]. さらに, 山田らのスポーツフィッシングに関する文献では, 元プロアングラーの熟達者に帯同しており, 熟達者のことばが, 学習者のメタ認知記述化に対して, 影響を与えたと考えられる [6].

ここで, 先行研究では, 身体感覚に対する言語化を試行するにあたり「直感的に」「とりあえず」「気軽に」「正しい保証がなくてもいいから」, ことばにすることが, 重要であると主張している [9]. しかし, もし仮に, 学習者の正しい保証がない主観的な言語化だけで, 身体知がある程度上達しても, その道を専門とする教授者が評価した場合に, 正しい方向に向かっていないケースも考えられる. また, 教授者から見て間違った言語化が, 修正されずに継続された場合, 学習者の身体知の熟達を妨げる場合も, 十分あり得る. さらに, ある段階でスキル行使に必要な情報が, 次の段階で必要であるとは限らない [10]. この場合, 良い感覚を生み出した言語化自体が, 熟達の足枷となる可能性も考えられる. なお, 先行研究 [7] においても, 他者の存在の重要性について述べられているものの, 当該領域における実践検証の段階において, 議論やデータはほとんど示されておらず, 未だ十分であるとはいえない.

以上, 残された課題として, 現象学の盲点というべき他者性の課題に注目することは, 自然の流れであり, 主客を超えた知見を見出すことが可能となり得よう. そこで, 本研究では, 両者の言語的インタラクションを考慮した上で, 身体感覚に対する言語化の外延的なモデルを構築し, モデルの妥当性について, 実践的検証を行うことを目的とする.

## 2. 段階モデルの構築

### 2.1 初歩的な歩行の指導の例

ある初歩的な歩行を学びたい学習者がいると仮定し, 教授者の言葉がけによって, まず一歩目の歩行が可能になるように導くことを想定する (図1参照).

教授者と学習者は, 言葉のキャッチボールをしながら, 段階的な歩行の熟達を目指す. はじめに, 教授者が, 「50cm 右足を出す. 右足に体重を移し, 左足を50cm 出して, 左足に体重を移す」と指示する. その指示に対して, 学習者はその通りに実行できる場合もあれば, できない場合もあろう. ともかく, そのときの感覚を言語化してもらおうと, 「左右にぐらぐらす」と言うかもしれない. それを聞いて, 次に教授者



図1 初歩的な歩行指導の例

は「その左右のぐらぐらを大事にしながら, 歩いてみよう」と指導し, 学習者は再びそれを実行に移す. このときも, 上手くいくこともいかなないこともあり得るが, 上記の過程を見てもわかるように, 段階的に, 教授者は, 最初の具体的な数値を用いた指示から, 学習者が歩行のときに感じた左右の振り子感覚を, ことばで伝えるようになる. なぜならば, この抽象的な表現の振り子感覚が, 教授者の求める歩行を可能にする身体感覚だからである.

そこで, この歩行訓練の例をもとにして, モデルを構築を試みる. まず, 教授者による言語的指導「50cm 右足を出す」を  $x$  とする<sup>2</sup>. おそらく 50cm でなくともよいはずで, 48cm だろうが, 51cm だろうが, 大きな違いはさほどない可能性が高い. 一方, 学習者にとって, 教授者の言語的指導  $x$  の 50cm が, 最適な目安だったとする. すると, この言語的指導  $x$  は, 連続化して考えるとき, 極値を持つことが要請されることになる.

その理由は, 次の通りである. 教授者の言語的意味空間は, 言語の意味によって構成されたネットワークを示す. この言語的ネットワークにおいて, 教授者は, 自身が伝えたい意味の表現の近傍において学習者を評価することになる. この時, 差分あるいは, ネットワークに距離を入れて連続化することによって, 微分による極値を, 評価の指標とすることが可能となるためである.

### 2.2 言語的インタラクション

次に, 初歩的な歩行から, 高度な歩行を目指す. ことばによる教授者と学習者との言語的インタラクションを通して, 互いに身体感覚を共有していく様を表現する. 教授者の言語的指導を  $x$  で表し, それを実

<sup>2</sup>教授者の段階的指導内容を  $x^k$  で表すならば, 教授者の評価を指導段階に応じて与えることも意味がある. なぜなら, 賢明な教授者は, しばしば学習者に実行しやすい簡単な指導から始めて, 次第に難易度を上げる. この場合, 指導内容の評価もそれにつれて高くなるであろう.

行した学習者の主観的なことばによる表現（以下、言語化）を  $y$  とする。ここで、教授者の言語的指導  $x$  を実行した学習者に対して、学習者の身体表現、すなわちパフォーマンスが、学習者の言語化  $y^k$  に表われると仮定すると [4]、学習者の言語化  $y$  が、教授者が求める歩行の身体感覚に沿わないとき、さらなるアドバイスがなされる。一方、この教授者の身体感覚が、簡単に学習者に伝わればよいが、往々にして困難な場合が多いのではないだろうか。なぜならば、教授者が学習者に伝えたいことは、教科書に書かれたような形式知ではなく、暗黙知に位置付けられる身体知だからである [2]。

よって、教授者は、学習者に適した段階的な指導法を考案し、自らの身体感覚のいわば、技のコピーを試みる。コピーしたい技は、具体的な指示「50cm 右足を出す。右足に体重を移し、左足を 50cm 出して、左足に体重を移す」ではなく、ことばによって、伝え難い歩行に伴う抽象的な身体感覚である。そのため、教授者の言語的指導  $x$  と、学習者の言語化  $y$  は、段階的に交わされていき、教授者の感覚へ近づいていく作業が行われる。

ここで、教授者の言語的指導  $x$  と学習者の言語化  $y$  が、どのぐらい隔たりがあるのかを数値化できたとすると、それは学習者の身体知の熟達度合を評価したことと他ならない。そのため、各段階における学習者の言語化  $y$  を評価する必要がある。そこで、教授者による学習者の言語化  $y$  の評価関数を  $g(y)$  とする。

この評価関数  $g(y)$  が、教授者の指示にいかほど近づいているかを評価するものであり、評価の最も高い状態  $y$  が決められる。ここで、時間  $t$  に依存しない場合、この評価関数は、極値によって表される<sup>3</sup>。

$$\frac{dg(y)}{dy} = 0 \quad (1)$$

なお、この評価関数が、時間などのパラメータに依存する場合は、最小作用の原理すなわち、停留曲線を求める問題となる（付録 A 参照）。

次に、教授者の言葉の指導  $x^k$  は、その指示を忠実に実行した後に、学習者によって、気づかれることが期待されている。一方、学習者の気づきが不十分な場合、学習者の言語化  $y$  に対して、教授者は次の指示  $x^{k+1}$  を与えることになる。教授者の指導  $x^k$  のもとで、学習者がそれを実行した後、次の教授者の指導  $x^{k+1}$  が与えられて、それに対する学習者の言語化  $y^{k+1}$  がもたらされるという、 $k$  による段階ができる（各段階  $k = 1, 2, \dots, n$  に対して、 $x^k, y^k$  と定義）。この段階は、教授者が学習者の熟達状況を観て、熟達がなされたらと評価するまで続けられる。このモデルは、変数

$x^k$  および、変数  $y^k$  と評価関数  $g^k(y^k)$  によるものなので、段階モデルを  $(X, Y, g)$  と記すこととする。ただし、 $X = x^k$ ,  $Y = y^k$ ,  $g = g^k(y^k)$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$  とする。図 2 は、学習者の言語化が、熟達とともに、教授者の極値に、近づいていく様子が表現されている。なお、教授者の期待と、学習者の熟達度合のズレが認識できる最終手段は、教授者が学習者の身体動作を観察することにある。よって、言語的インタラクションに限って、モデルに資することが可能である点を確認したい。

## 2.3 関数化の工夫

構築した段階モデルから示されるように、教授者と学習者の言語的インタラクションのポイントは、評価関数にある。これは、教授者の伝えたい身体感覚を陽に与える（明示的にパラメータを指定する）ことを意味するため、評価関数を有効に決めることが重要な課題となる。

そこで、学習者の身体感覚に対する言語化の表現に対して、それを言語的意味空間と捉えて、教授者が期待する身体感覚に近い言葉と、遠い言葉のトポロジーを決める方法を提案する。これは、いくつかのパラメータに整理された身体感覚を表現した空間となる。言語的意味空間の設定は、そのまま評価関数に反映されるので、教授者と学習者双方にとって、参考になる空間モデルとなり得ると予想される。

たとえば、立位の指導として「80度の角度で立つ」ことを、教授者から指示されたと仮定する。実際は個人差があり、人によって80度から多少ずれて、最終的な達成として熟達した時の身体感覚が要請される。まず、 $x^1 = 80$ 度とする。これに対して学習者からさまざまな言語化  $y$  がある。このとき、80度近辺で、学習者の身体感覚が、教授者の要請する身体感覚になれば、指導の目的は達せられるとする。次に、その前後で、学習者の感覚が、教授者の身体感覚に僅かに近づけば、連続で滑らかな関数  $y^1$  によって与えられることとなり、このとき、 $y^1$  を言語的意味空間にとることができる。すなわち、教授者の身体感覚に近い表現、遠い表現を直線上に分布させて、滑らかに教授者の身体感覚の極小値をとるように、評価関数  $g^1$  を設定することにより、学習者の言語化を評価できる。

## 3. モデルの妥当性

### 3.1 実践的検証

段階モデル  $(X, Y, g)$  を理論的に構築できる見通しがあったことを確認した上で、実践的検証に移る。どのような数理モデルであれ、抽象化と本質的要素の抽出作業を通して、いったんは実践の世界を離れるが、再び、実践の世界と結び付けられることで、妥当性が

<sup>3</sup>一般的に、時間に依存するならば、 $g^k(y^k(t), dy^k(t)/dt)$  となるので、(1) 式は、変分  $\delta \int g^k(y^k(t), dy^k(t)/dt) dt = 0$  で表される。

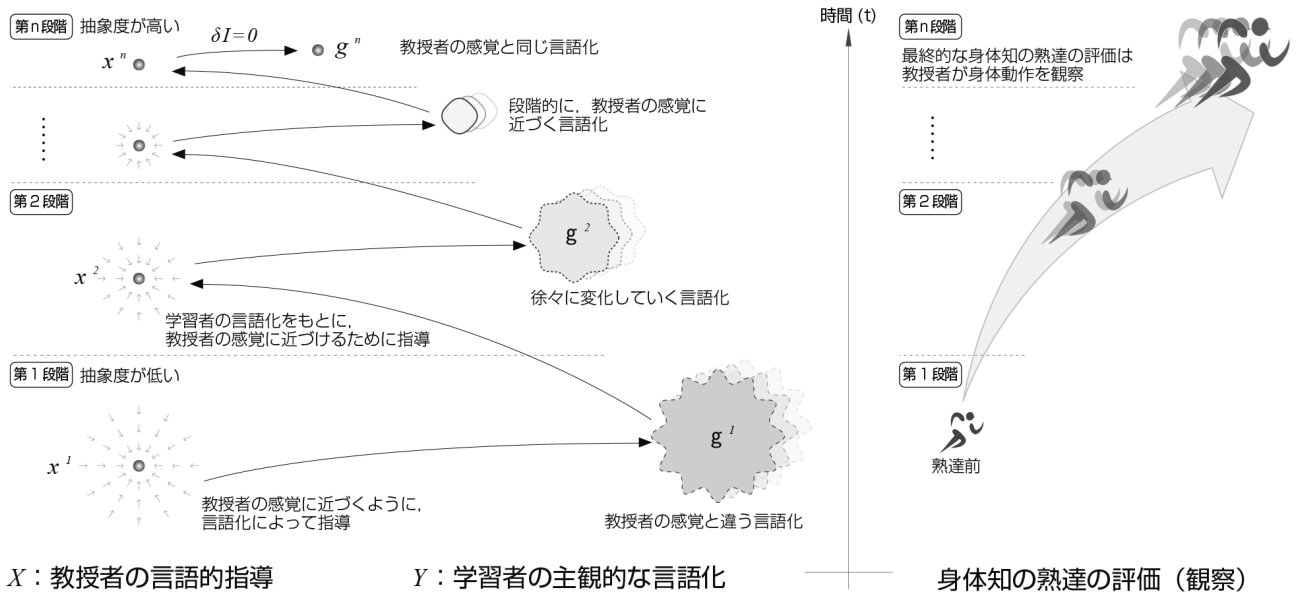


図2 教授者と学習者の言語的インタラクションの段階モデル (X, Y, g) と、身体知の熟達の評価 (観察)

確認されなければならない [13]. そこで、段階モデルの妥当性について、次の実践的検証を行った。

実践課題は、立位姿勢 (以下、立位) および、歩行動作 (以下、歩行) である。なお、スポーツの競技特性ごとに、理想とする形に違いがあるため [14][15], 本研究では、ラグビーやバスケットボールといったミドル・パワー<sup>4</sup> に適した立位と歩行を対象とする。

### 3.1.1 教授者と教授方法

本実践では、スポーツ教育学が専門の研究分担者 (第2筆者) を教授者とした。教授者の略歴として、中学時代の 100m 全国チャンピオンをはじめ、高校・大学時代には、全国レベルで活躍した。現在は、国内外のスポーツ選手を対象に走りの指導をしている。速く走るための、身体の軸を作る立ち方<sup>5</sup> や、効率的な歩き方の向上を重視した指導により、静岡市内の高校を全国高校ラグビー大会初出場に導き、強化に貢献した。立位と歩行を熟達させる独自の指導方法が評価され、日本ラグビー U-20・U-18・U-17・ユース7人制日本代表コーチに就任し、今に至る (2016年4月現在)。

教授方法は、次の通りである。教授者が考案した立位と歩行のプログラムを実験協力者 (以下、学習者) に課した。言語的インタラクション以外の要因があることを反駁するために、教授者の実演は行わず、言葉



図3 第1段階の指導風景 (教授者による立位指導)

がけのみの指導とした (図3参照)。その後、トレーナーが帯同のもと、同じプログラムを継続し、自らの身体の動かし方や体感、気付きや感想、環境への知覚などをできる限りノートに記録した。教授者は、ノートを定期的に確認し、なるべく学習者が使用した言葉を使って、言語の記述による指導を行った。

### 3.1.2 学習者、実施期間・場所

学習者は、本学女子バスケットボール部に所属する大学生 (女子 20.8 歳 ± 4.2) 8 名である。このうち、教育実習による途中不参加 (2 名) と、練習中による怪我 (1 名) の 3 名を除いた、計 5 名を対象に分析を行った。なお、熟達者の指標として、学習者が全員女子であることを考慮して、教授者が約 20 か月指導し、

<sup>4</sup>ミドル・パワーとは、一瞬にして大きなパワーを発揮する運動と、運動時間が長くパワーが低い運動の中間に位置し、運動時間が 30 秒から 3 分間持続するような力を意味する [16]

<sup>5</sup>教授者は、この立位の状態を「ゼロポジション」と命名し、スプリント理論を構築している

熟達のレベルに達したと評価された陸上競技部所属の大学生（女子 20 歳，以下，熟達者 X）1 名に協力を仰いだ。スポーツトレーナーが全ての実践に帯同し，安全に細心の注意を払い実施した<sup>6</sup>。実践期間は，2015 年 11 月 6 日から 12 月 5 日であった。場所は，本学の屋外陸上競技場と屋内体育館で実施した。

#### 4. 身体知の熟達に対する評価

学習者の立位と歩行を評価するに際し，いかに優れた機器によって，動作解析を行ったとしても，長年その道を専門とした教授者の直接的な観察に勝る手法はない。しかし，教授者の大局的な観察は，主観的な評価であるだけに，評価方法は多様化され，信頼性と妥当性を担保するには限界があるのも事実である [17]。そこで，信頼性の検証について，それぞれ促進前後に 2 回ずつ撮影された立位と歩行のデータのひとつを評価し，一定期間をあけて，もう片方のデータを再度評価する平行検査法を用いて検討した。また，教授者の評価に対する妥当性を検証するために，理学療法士の研究分担者（第 5 筆者）が，臨床的見地から視認による局所的な解析を行った。

### 4.1 立位と歩行の解析

#### 4.1.1 測定方法

測定機器は，デジタルカメラ Panasonic DMC-FZ200 LUMIX を使用した。立位の測定方法は，前面，側面（左右），後面の四方向から，全身が写る距離を保ち，それぞれ 2 回ずつ撮影した。歩行の測定方法は，無風状態のアリーナにおいて，1m 間隔にミニバーを設置し，20m の自由歩行（速さを一定に保つことを教示する以外は，自由に行う歩行）を実施した。定常の歩行を評価するのに適切な加速歩行路の距離を考慮し，デジタルカメラを中間地点（10m）に設置し，2 回の撮影を行った。デジタルカメラは，動画機能ハイスピードモード（120fpsHD）に設定し，右側面から撮影した。

#### 4.1.2 解析方法

理学療法士の研究分担者（第 5 筆者）と相談の上，臨床評価の基準に則り，次の解析を行った。

立位は，四方向の画像のうち，歩行と同方向である右側面に注目した。全身の傾斜は，外果を通る床への垂直線と耳垂の角度 $\angle\alpha_1$ と肩峰の角度 $\angle\alpha_2$ に，上肢の傾斜は，大転子を通る床への垂直線と耳垂の角度 $\angle\beta_1$ と肩峰の角度 $\angle\beta_2$ に，下肢の傾斜は，外果を通る床への垂直線と大転子の角度 $\angle\gamma_1$ にそれぞれ注目し，画像

解析ソフト Image J を用いて，解析を行った。

歩行は，一歩行周期に注目した。一歩行周期とは，片側の踵が接地（踵接地）し，両足で体を支えながら（両下肢支持期），次第に逆側の踵が地面から離れ（踵離地），片足で体を支える（単下肢支持期）状態から，再び両下肢支持期を経て，もう一度，単下肢支持期の状態となり，同側の踵が，再び踵接地するまでの動作（以下，重複歩）である。この重複歩が撮影された動画データを，動画編集ソフト Adobe Premiere に取り込む。その後，開始肢位と最大可動域到達時のフレームを視認にて抽出し，画像編集ソフト Adobe Photoshop に取り込み，画像化した。この画像をもとに，それぞれ大転子と肩峰を結んだ直線と肘関節との角度の肩関節屈曲 $\angle\theta_1$ と肩関節伸展 $\angle\theta_2$ ，歩幅  $W$  と身長  $H$  との比率を，画像解析ソフト Image J を用いて解析した（図 4 参照）。

#### 4.1.3 学習者全体の解析結果

図 1 に，立位および歩行の促進前後の解析結果を示す。ここで，先行研究に倣い，学習者全体として，熟達者の立位と歩行に近づいたかを確認する目的で， $t$  検定（対応あり）により統計的に検証した。

立位については，有意水準 5% で  $t$  検定（両側）により検証した。全体の傾斜を確認する $\angle\alpha_1$  ( $t(4)=2.88$ ,  $p<.05$ ) と $\angle\alpha_2$  ( $t(4)=2.97$ ,  $p<.05$ )，下肢の傾斜を確認する $\angle\gamma_1$  ( $t(4)=2.97$ ,  $p<.05$ ) は，促進前後で，有意な差があることが分かった。一方，上肢の傾斜を確認する $\angle\beta_1$  ( $t(4)=1.44$ ,  $n.s.$ ) と， $\angle\beta_2$  ( $t(4)=1.82$ ,  $n.s.$ ) は，有意な差が認められなかった。

次に，歩行については，立位と同じく有意水準 5% で  $t$  検定（両側）により検証した。肩関節屈曲 $\angle\theta_1$  ( $t(4)=2.84$ ,  $p<.05$ ) と 20m 歩行のタイム ( $t(4)=4.70$ ,  $p<.05$ ) には，促進前後で有意な差があることが分かった。一方，肩関節伸展 $\angle\theta_2$  ( $t(4)=0.70$ ,  $n.s.$ )，歩幅  $W$  と身長  $H$  との比率 ( $t(4)=1.27$ ,  $n.s.$ ) は，有意な差が認められなかった。

そこで，有意な差があった計測項目に対して，熟達者 X の値に近づいたかどうかを検証した。帰無仮説  $H_0$  を熟達者 X の計測値に設定し，有意水準 5% で  $t$  検定（対応なし）により検証したところ，促進前に有意な差があったすべての項目が，促進後は， $\angle\alpha_1$  ( $t(4)=0.17$ ,  $n.s.$ )， $\angle\alpha_2$  ( $t(4)=0.69$ ,  $n.s.$ )， $\angle\gamma_1$  ( $t(4)=1.09$ ,  $n.s.$ )， $\angle\theta_1$  ( $t(4)=1.80$ ,  $n.s.$ )，20m 歩行のタイム ( $t(4)=2.55$ ,  $n.s.$ ) と有意な差が認められなかった。

以上の結果から，促進前に有意差があった計測項目に関して，促進後で，学習者全体として熟達者 X の数値に近づいたことが確認された。

<sup>6</sup>本研究は，研究代表者の所属機関の平成 27 年度第 2 回研究倫理審査において承認されている

表 1 立位と歩行の解析結果および、教授者の評価

学習者	身長 cm	骨格筋量 (kg)		体脂肪率 (%)		$\angle\alpha_1$		$\angle\alpha_2$		$\angle\beta_1$		$\angle\beta_2$		$\angle\gamma_1$	
		前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
学習者 A	177.5	30.5	29.8	15.5	17.6	2.7	7.2	4.0	7.4	0.8	5.7	3.5	6.2	4.8	8.1
学習者 B	161.9	23.5	24.2	19.4	17.8	3.8	3.8	5.1	4.6	1.5	1.6	2.2	2.9	8.1	7.6
学習者 C	168.0	24.6	24.5	20.9	18.1	2.1	5.5	2.5	5.7	0.8	3.6	0.6	2.8	4.5	8.4
学習者 D	158.0	23.0	23.6	23.1	21.0	4.3	5.2	3.6	5.3	3.4	1.9	2.0	1.1	4.9	8.6
学習者 E	166.0	24.1	24.6	28.8	26.5	1.5	5.3	1.2	4.8	-0.4	1.3	-0.8	0.3	3.2	9.9
熟達者 X	169.0	-	-	-	-	-	5.3	-	5.2	-	1.9	-	1.6	-	9.0

学習者	$\angle\theta_1$		$\angle\theta_2$		歩幅/身長		20m 歩行		教授者の採点 <sup>1</sup>	立位の採点		歩行の採点	
	前	後	前	後	前	後	前	後		前	後	前	後
学習者 A	21.2	31.4	16.3	29.7	0.54	0.61	7"72	10"14	⇔	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3
学習者 B	22.2	22.1	33.9	25.7	0.68	0.58	8"68	10"33	⇔	1, 1	2, 1	1, 1	1, 1
学習者 C	24.8	28.8	42.4	43.0	0.62	0.59	8"73	9"51	⇔	2, 3	1, 1	3, 3	1, 1
学習者 D	22.7	32.2	18.3	29.2	0.58	0.53	9"13	11"40	⇔	3, 3	2, 2	3, 3	3, 2
学習者 E	41.7	45.5	49.0	46.5	0.62	0.55	8"72	12"24	⇔	3, 3	2, 2	3, 3	3, 2
熟達者 X	-	38.9	-	23.1	-	0.56	-	11"96	⇔	-	0	-	0

<sup>1</sup> 最少作用の原理の則り、教授者の身体感覚に近い立位および歩行ほど、低い得点（0点～3点の4件法）を与えた。

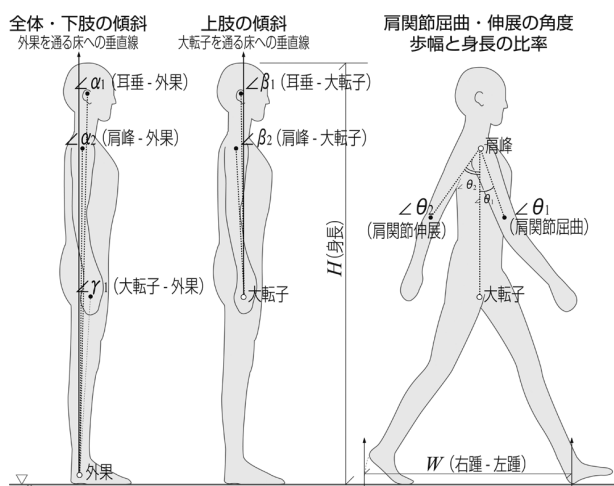


図 4 立位と歩行の解析項目

#### 4.2 学習者に対する教授者の採点結果

学習者全体として、統計的に熟達者に近づいたことを確認したところで、次に、それぞれ個々の学習者の熟達に注目する。

教授者が、学習者の立位と歩行が撮影された画像・映像データを視認し、平行検査法によって、2回ずつ採点した。採点に関しては、最少作用の原理に則り、教授者の身体感覚と同じ動作である場合は0点、近い場合は1点、遠い場合は2点、全く違う動作である場合は3点と、教授者の身体感覚に近い立位および歩行ほど低い得点（0点～3点の4件法）とした。その結果

は、図1（下段右側）に示す通りである。採点の信頼性を検証するために、得られた2回の評価について、Cronbachのアルファ係数（IBM SPSS Statistics22使用）を算出したところ、アルファ係数=.93 (>.80)と十分な値が得られた。ここで、教授者の評価の妥当性を検証するために、理学療法士の研究分担者（第5筆者）が、臨床的見地から視認による画像と映像の分析を行った。その結果、教授者の評価に対する妥当性が担保されたことが確認された。

#### 5. 学習者の言語化に対する評価

##### 5.1 言語化に対する採点方法

次に、段階モデルに基づき、学習者が記入した言語化に対して、教授者が採点を行った。評価方法に関しては、教授者の身体感覚に近い言葉と遠い言葉のトポロジーを決める言語的意味空間（図2.3参照）の方法とした。最少作用の原理に則り、教授者の感覚に近い言語化ほど、低い得点（0点～3点の4件法）を与えた。なお、教授者が評価できないと判断した言語化については、採点から除外した。

学習者の言語化に対する教授者の評価の信頼性について、学習者の言語化を評価し、一定期間をあけて、再度同じ言語データを評価する再検査法を用いて検討した。その結果、Cronbachのアルファ係数（IBM SPSS Statistics22使用）を算出したところ、アルファ係数=.85 (>.80)の値が得られた。2回の評価に違いがあった場合は、教授者が学習者の言語化を再度確認し、最終的に採点を行った。

## 5.2 パラメータ

### 5.2.1 パラメータの設定

学習者の言語化のパラメータについて、(1) 身体的パラメータ（知覚と行為に関する記述）と、(2) 思考的パラメータ（不安・疑問・願望などに関する記述）の2つに設定した。

### 5.2.2 パラメータの結果

各段階における身体的パラメータおよび思考的パラメータに属するの要素数の変化を図5に、教授者が採点した言語化の平均値の推移を図6と図7に示す（グラフ系列の誤差範囲は5%の値で表示）。

はじめに、各段階におけるパラメータの要素数の変化（図5参照）に注目すると、学習者Bや学習者Cのように、教授者からとても高い評価を得た学習者ほど、各段階における身体的パラメータの要素数が多く、思考的パラメータの要素数が少ない傾向にある結果が示された。一方、促進前後ともに評価がとても低かった学習者Aに関しては、身体的パラメータの要素数に比べて、思考的パラメータの要素数が多いことが確認された。

次に、身体的パラメータについて（図6参照）、それぞれ学習者の言語化と、身体知の熟達が対応している結果が示された。たとえば、促進前後ともに評価がとても低かった学習者Aの言語化の得点の平均に関して、第1段階2.0 (s.d.=0.0)、第2段階1.8 (s.d.=0.9) から、最終の第3段階で2.8 (s.d.=0.4) と得点が上昇し、教授者の感覚から遠ざかったことが示された。また、促進後にとても評価が高くなった学習者Cの言語化に関しては、第1段階2.4 (s.d.=0.9)、第2段階1.9 (s.d.=1.0)、第3段階1.0 (s.d.=0.5) と、教授者の感覚に段階的に近づいた結果が示された。

一方、思考的パラメータについて（図7参照）、第2段階から第3段階で、すべての学習者の言語化が、教授者の感覚から遠ざかったことが示され、学習者全体として、ほぼ同様の傾向を示した。

### 5.3 段階別の結果

第1段階では、それぞれの学習者が、教授者からの具体的な指導を受け、その言葉がけを自分なりに理解し、言語化を行っていることが確認された。また、学習者Aと学習者Eは、身体的パラメータの要素数に比べて、思考的パラメータの要素数が多く、「膝をスムーズに動かすって何だろう (2015/11/10:A)」「難しいけど、まずはやっぱり股関節の伸びと重心を意識しよう (2015/11/11:A)」などの言語化が確認された。

第2段階では、教授者の言葉がけを自分なりに理解しながら行為を実行し、体感した感覚を言語化していることが確認された。また、学習者Eを除く4名の学

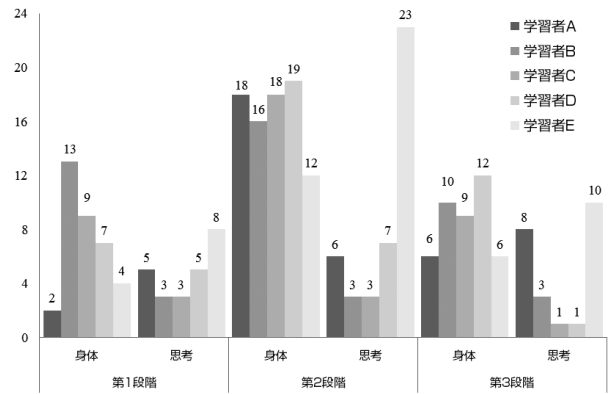


図5 各段階における身体的および思考的パラメータの要素数

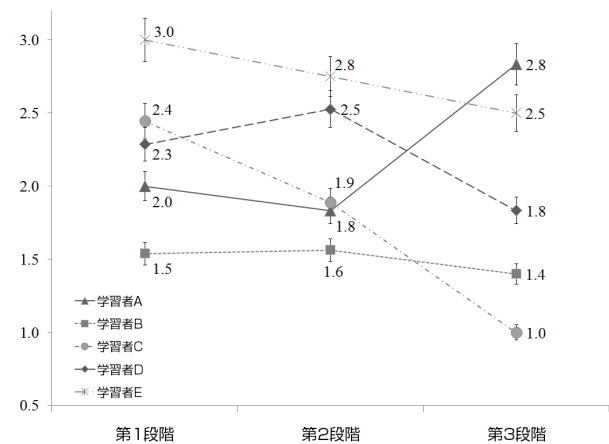


図6 身体的パラメータに属する言語化の得点の推移

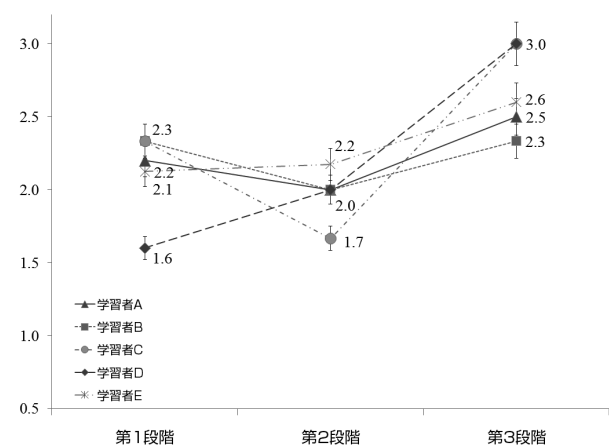


図7 思考的パラメータに属する言語化の得点の推移



習者において、思考的パラメータに比べて、身体的パラメータの要素数が多かった（図5参照）。

第3段階では、主体的な言語化や、教授者の身体感覚から遠い言語化が確認されるようになった。たとえば、学習者Aについて「今日は足をいつもより大きく前に出してみた（2015/11/27:A）」の言語化が確認された。しかし、教授者から見て、歩幅を大きくするオーバーストライドは、踵着地になり易く、スピード低下を引き起こす可能性が高いため、採点は3点と低かった。なお、歩幅と身長比率に関して、学習者Aのみが、促進後に増加した結果（0.54→0.61）となった。また、学習者Bは、「この前の計測で、モデル歩きっぽいって言われた（2015/12/1:B）」の言語化が確認された。しかし、一般的にファッションモデルの歩き方とは、両足を過度に交差しながら着地し、腰を捻るような動作であり、継続すると、将来目標とする疾走のパフォーマンスに影響する可能性が高いため、教授者の評価は3点と低かった。

## 6. 考察

本研究の目的に鑑み、(1) 他者性を考慮する必要性、(2) 実践から得られた新たな知見、(3) 段階モデルを構築する意義、の3つの視点から考察する。

### 6.1 他者性を考慮する必要性

段階モデルに基づいた実践結果から、学習者全体として有意な差が認められ、諏訪らの主張[3]と同様の傾向を示した。一方、学習者の熟達の度合いには、多様性が示され、さらには、教授者が求める立位と歩行には変化せず、熟達しなかったと評価された学習者Aも確認された。

阪田によれば、身体の学びの中で、学習者は、教授者からことば以上の何かを主体的に読み取る必要があると述べる[18]。たとえば、学習者Bに対する教授者の「腕は鳩尾から付いているイメージ（2015/11/26:教授者）」の言葉がけについても、当然のことながら、物理的に腕は鳩尾から付いていない。しかし、学習者Bは「どうすれば、腕が鳩尾から付いている感覚が得られるのだろうか？」と主体的に考えることが重要となる。

しかし、学習者の主体的な言語化は、必ずしも教授者の指導した内容や、求める身体感覚と一致するとは限らない。たとえば、学習者Aの主体的に歩幅を広げるような言語化を例にとっても、教授者からは身体感覚と全く違うものとして低く評価される。

もし、仮に教授者がいないとすると、間違っただ言語化は修正されないため、身体知の熟達を妨げる可能性は十分に考えられる。もちろん学習者のみでも、時間が経過すれば、いつかは歩幅を広げたことが、間違いであることに気づくことはあり得る。しかし、問題提

起でも、主張したように、スポーツのコーチングにおいて、学習者の持つ時間には限りがある。熟達の妨げになるような言語化を修正し、熟達に導くのは、その道を専門とする教授者にほかならないだろう。

次に、鈴木らは、学習者の身体を取り巻く環境は、常に変化しているため、ある段階でスキル行使に必要な環境の情報が、次の段階で必要であるとも限らないと述べている[10]。諏訪も、身体知の熟達の過程を、身体と環境の関係を常に再構築し続ける漸進的プロセスであると主張しているように[3]、身体が環境から取り出す情報は、常に変化しているわけである。ここで、学習者だけで、情報の変化に対応できれば問題ないのだが、実際のスポーツ現場では、往々にして難しいケースもある。

このような場合に、教授者の客観的な視点が重要となる。たとえば、本実践で良い身体感覚を生み出した「ファッションモデル」の言語化を見ても、教授者は、将来的にそれらの言語化が、次の疾走の段階で必要なくなり、その言語化自体が身体知の熟達を妨げる可能性があることを予測し、低い評価を与えている。

仮に、教授者が存在しなかったとしたら、学習者は、良い身体感覚を生み出した言語化を持ち続け、歩行を実行し続けることも予想される。特に、上手くいく身体感覚を生み出した言語化は、学習者にとって手放し難いものである。ある段階で必要な試行であった言語化が、次の段階で不要となったのにもかかわらず、そのことばを手放すことができない学習者に対して、データ提示や用具を変えたり、動作の原理を再度考えさせ[19]、新たな気づきや視点を持たせることができる一番近い存在こそ、対象の身体知に熟達した教授者なのである。

### 6.2 実践から得られた新たな知見

一般的に、数理モデルのパラメータ数が少ないほど、シンプルな現象への理解へ導く良いモデルとされる。そこで、本研究では、知覚と行為に関する身体的パラメータと、不安・疑問・願望などに関する思考的パラメータの2つに設定した。

その結果、身体的パラメータに関する言語化と、身体知の熟達に対応している結果が示された（図6参照）。一方、思考的パラメータについては、学習者全体として、ほぼ同様の傾向を示し、身体知の熟達と相関関係にないことが確認された（図7参照）。

運動療法学[20]では、身体の位置や動きについて気づいた印象の運動感覚<sup>7</sup>は、人それぞれ個人差があり、特に位置覚・運動覚（関節位置および四肢、または体幹の動きなどの感覚）などの深部感覚は、受容器が身体

<sup>7</sup>運動感覚：表在感覚にかかわる外受容器および深部感覚などの内受容器からの入力と、中枢性運動指令に伴う信号が統合された結果として、身体の位置と動きに関して気づいた印象と定義。



の深い所に位置（内受容器）しているため、知覚することが難しいことが明らかになっている。そのため、学習者によっては、身体の動きや体感をことばにする以前に、深部感覚を知覚すること自体が難しい場合も考えられる。実践結果から示された大きな特徴としても、身体知が熟達しなかった学習者は、身体的パラメータと比べて、思考的パラメータの要素数が多いことが挙げられた。たとえば、学習者Aは、ノートへの記述量としては他の学習者に比べてとても多かったが、「これが無意識にできるようになりたい（2015/11/25:A）」「力を抜くって大事ななあと思う（2015/11/25:A）」などの思考的パラメータの要素が多いことが確認された。これらの言語化は、学習者の気持ちを表現したものであり、深部感覚と比較して、ことばにし易い。

一方、先行研究では、身体知の言語化を試行するにあたり「直感的に」「とりあえず」「気軽に」「正しい保証がなくてもいいから」、ことばにすることが重要であると述べている [9]。また、諏訪も、身体知の言語化の対象として、「身体部位の働き」「五感的知覚」「自己受容感覚」に加えて、「思考」を挙げている [4]。

ここで、先行研究が主張するように、正しい保証がなくてもいいから、一人称視点で自由に言語化するならば、知覚することが難しい位置覚・運動覚の深部感覚について言語化するよりも、学習者Aのように、ことばにすることが簡単な思考の表現ばかりを記述することになるのは、十分に予想される。

もちろん、スポーツのコーチングにおいて、学習者の積極性ややる気などの思考は、重要な課題である。しかし、実践結果からも示されたように、いくら学習者が頭で理解をしたり、やる気などの意識が高くても、実際のスポーツ現場では、身体知が熟達するとは限らない。時として、スポーツや武道を指導する賢者たちも「考え過ぎない」ことや、「考えずに、感じる」ことといった、思考（考える）ではなく、感覚（感じる）が、技を覚えるために大切であることを説く場合があるが、つまるところ、最終的な目的とは、訓練によって、学習者の頭で技を覚えることではなく、学習者の身体が技を覚えることにある。

以上の議論と実践結果より、身体知を熟達させるための有効なことばとは、学習者の熟達段階によって主観的な思考を対象としない場合もある可能性が示唆された。

### 6.3 段階モデルを構築する意義

モデル化のメリットは、抽象化と本質的要素の抽出作業によって、現象の性質をより深く考察できることにある。本実践においても、表現が難しいとされる身体知の熟達過程を、段階的に分析した結果、身体的パラメータの推移が、身体知の熟達に対応していることが示された。今後パラメータの再検討は必要である

が、評価関数の蓄積によって、身体知の熟達現象が予測できる可能性が示された。

また、この段階モデルでは、最少作用の原理に則り、教授者の身体感覚の停留点に収束していく減算的な熟達過程を表現している。これは、従来のパフォーマンスを到達目標ごとに数段階に分けて記述し、熟達度合を加算的に示すループリックとは違った、新たな評価へと発展すると考えられる。

一方、本実践では、言語以外の要因が影響することを反駁するために、学習者に対して教授者の実演は行わなかったが、教授者と学習者との言語化のみのインタラクションの限界も見受けられた。さらに、ことばの曖昧性、多義性、類似性などの性格から、定量的な評価が困難となるとともに、学習者の言語化自体が、身体知の熟達を妨げる可能性も示唆された。

しかし、ことばに注目して、身体知の熟達をモデル化することに意味がないかという点、そうとは限らない。ことばは、意識の表現としては（曖昧性、多義性、類似性があるといえども）、自他を結ぶコミュニケーションの中でも、最も信頼できる手段のひとつであり、ことばによって、我々は目に見える形で、教授者と学習者のインタラクションが垣間見られるのである。

## 7. まとめと今後の課題

学習者と教授者の言語的インタラクションを考慮した上で、身体知の熟達に関する段階モデル ( $X, Y, g$ ) を、理論的に記述できる見通しがあった。また、妥当性の実践的検証により、実践の世界と結び付けることができ、さらには、実践から新しい知見が得られた。

今後の課題は、次の通りである。ひとつは、段階モデルの実践的検証の蓄積である。そのために、実験協力者を増やすことや、立位と歩行から発展した疾走の熟達、また、他の実践による段階モデルの妥当性の検証は、この研究テーマをより確かなものにするために必須と考えられる。

もう一つは、間身体性への発展である。本研究では、一人称研究からの発展として、教授者と学習者の間主観的インタラクションに注目した。一方、自他を超えたところに存在する感性の共有性すなわち、両者にとって無人称・非人称 [21][22] の体験である間身体性 [23][24] に注目している。

## 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 16K12986（研究代表者：山田雅敏）の採択を受けたものです。

## 参考文献

- [1] 鈴木宏昭（2016）“教養としての認知科学”東京大学出版会, pp.1-22
- [2] 日本認知心理学会 編, 三浦佳世編（2002）“知覚と感性”北大路書房, pp.213-236

- [3] 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” 人工知能学会誌, Vol.20, pp.525-532
- [4] 諏訪正樹, 高尾恭平 (2007) “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
- [5] 諏訪正樹, 伊東大輔 (2006) “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
- [6] 山田雅之, 栗林賢, 諏訪正樹 (2012) “スポーツフィッシングにおける身体知獲得支援ツールのデザイン” 第 26 回人工知能学会全国大会 1O1-OS-6-6
- [7] 諏訪正樹, 藤井晴行 (2015) “知のデザイン 自分ごととして考えよう” 近代科学社, pp.3-217
- [8] 廣松渉・子安宣邦・三島憲一・宮本久雄・佐々木力・野家啓一・末木文美士 (2006) “岩波哲学・思想辞典” 岩波書, pp.285, pp.567, pp.1481
- [9] 松原 正樹, 西山 武繁, 伊藤 貴一, 諏訪 正樹 (2010) “身体的メタ認知を促進させるツールのデザイン” 人工知能学会 身体知研究会 SIG-SKL-06-03
- [10] 鈴木宏昭, 大西仁, 竹葉千恵 (2008) “スキル学習におけるスランプ発生に対する事例分析的アプローチ” 人工知能学会論文誌 23 巻, 3 号 SP-AP, pp.86-95
- [11] Edmund Husserl 著, 浜渦辰二, 山口一郎監訳 (2012) “間主観性の現象学” ちくま学芸文庫, pp.15-506
- [12] Payk Parsons 編, Martin Rees 序言 (2013) “30 秒で学ぶ科学理論 示唆に富んだ 50 の科学理論” STUDIO TAC CREATIVE, pp.16-17
- [13] 長谷川計二 (2005) “「数理モデルと実証」によせて” 理論と方法, Vol.20, No.2, pp.135-136
- [14] ジェームズ・アマディオ著, 橋本辰幸監訳 (2006) “フェルデンクライス・メソッド WALKING 簡単な動きをとおした神経回路のチューニング” スキージャーナル株式会社, pp.8-17
- [15] 木寺英史 (2004) “本当のナンバ常歩” スキージャーナル株式会社, pp.143-150
- [16] 日本体育協会 (2012) “公認スポーツ指導者養成テキスト 共通科目 I 第 3 章 トレーニング論 I” pp.50-54
- [17] 対馬栄輝 (2005) “変形性股関節症患者における歩行分析について” 理学療法研究 22 号, pp.15-19
- [18] 佐伯胖監修, 渡部信一編 (2011) “「学び」の認知科学事典” 大修館書店, pp.495-524
- [19] 藤波努 (2006) “リズムで超える時間の壁 身体知へのアプローチ” 映像情報メディア学会技術報告 Vol.30, No.68, pp.71-76
- [20] 市橋則明編 (2014) “運動療法学 障害別アプローチの理論と実践第 2 版” 文光堂, pp.292-307
- [21] 奥井遼 (2011) “メルロー ポンティにおける「間身体性」の教育学的意義: 「身体教育」再考” 京都大学大学院教育学研究科紀要, pp.111-124
- [22] 砂子岳彦 (2015) “間身体性のモデル” 常葉大学経営学部第 2 巻, 第 2 号, pp.15-20
- [23] Maurice Merleau-Ponty 著, 竹内芳郎, 木田元, 滝浦静雄, 佐々木宗雄, 二宮敬, 朝比奈誼, 海老坂武訳 (1985) “シーニュ2” みすず書房, pp.1-39
- [24] 山田雅敏, 里大輔, 坂本勝信, 小山ゆう, 松村剛志, 砂子岳彦, 竹内勇剛 (2016) “身体知の言語化とその段階モデル 間身体性に注目して” 人工知能学会第 22 回身体知研究会 SKL-22-03

## 付録

### A 停留曲線とオイラー方程式

評価関数が、時間などのパラメータに依存する場合において、教授者の身体感覚と、学習者の身体表現が異なるときの様子は、汎関数の停留曲線を求める変分原理によって表現できる（付録 A 参照）。この停留曲線は、「自然の運動は、常に最も簡単で最短のルートを通る」という最少作用の原理（Principle of Least

Action）<sup>8</sup> に従う [8][12]。最少作用の原理とは、物事は常に最小の労力で起こることを意味する原理である。この原理の発見が、力と運動の関係を記述する方程式の定式化につながり、ポテンシャルエネルギーや運動エネルギーといった重要な概念を生み出した。

たとえば、学習者の身体表現に対して、一般的に評価関数  $g^k(y^k(t), dy^k(t)/dt)$  をとることができるので、作用積分  $J^k[y^k]$  が、次のように与えられる。

$$J^k[y^k] = \int_{t_0}^{t_1} g^k(y^k(t), dy^k(t)/dt) dt \quad (2)$$

この作用積分の停留曲線は、次のオイラー方程式、

$$\frac{dg^k(y^k(t), dy^k(t)/dt)}{dt} - \frac{d}{d(dy^k(t)/dt)} g^k(y^k(t), dy^k(t)/dt) = 0 \quad (3)$$

によって導かれる。そして、具体的に評価関数が与えられれば計算できる。一方、このように理論上の記述はできるが、実践研究の段階においては、重心・加速度など複雑な計算が含まれる。

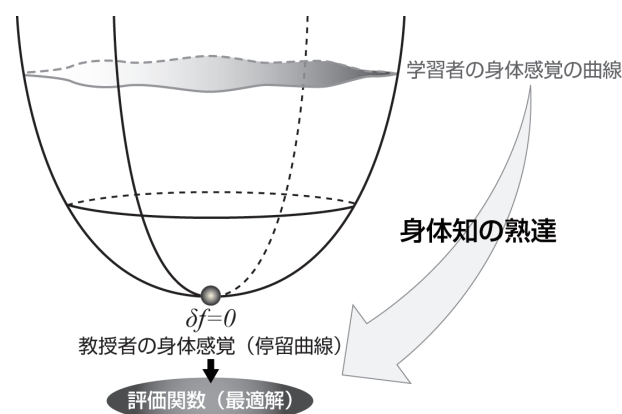


図 8 停留曲線と最少作用の原理の模式図

<sup>8</sup>自然界の現象が一定の物理量の最小値あるいは極値として表現されうるといふ観点は「自然はなんら無駄なことを行わない」というアリストテレスの言葉の中にも、萌芽的ながらすでに見られる