

身体知の言語化とその段階モデル 間身体性に注目して

The Stage Model to Verbalization of Embodied Knowledge Focusing on the Intercorporéité

山田雅敏^{1,3*} 里大輔² 坂本勝信¹ 小山ゆう² 松村剛志¹ 砂子岳彦¹ 竹内勇剛³
Masastoshi YAMADA^{1,3} Daisuke SATO² Masanobu SAKAMOTO¹ Yu KOYAMA²
Takeshi MATSUMURA¹ Takehiko SUNAKO¹ Yugo TAKEUCHI³

¹ 常葉大学

¹ Tokoha University

² 浜松大学

² Hamamatsu University

³ 静岡大学創造科学技術大学院

³ Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

Abstract: Several studies have reported that the meta-cognitive verbalization is effective to acquire the embodied knowledge as Tacit Knowledge in sports. On the other hand, Research issue that is left are as follows. Few studies have focused on the interaction between learner and teacher. Therefore, it is important that the interaction about the effectiveness of meta-cognitive verbalization to acquire the embodied knowledge in sports must be discussed. Purpose of this study is to build the stage model (X, Y, f, g) of the mathematical coaching process between learner and teacher by functional. Thereby, it is possible to describe the coaching process of embodied knowledge that is very difficult or impossible to explain by verbalization.

1 はじめに

1.1 研究の背景と身体知の定義

スポーツは、生涯にわたり心身ともに健康で文化的な生活を営む上で、不可欠のものとなっている（文部科学省：スポーツ基本法平成23年法律第78号）。スポーツの持つ重要性は、幼児の発育から青少年の健全な育成、また、高齢者対象の生涯スポーツによる健康増進、そして、経済発展への寄与から国際友好への貢献など多岐にわたる [1]。加えて、東京五輪開催も決定しており、国民のスポーツに対する関心が、今後ますます高まると予想される。

このような社会的背景のもと、スポーツ活動を通して、身体が学び知る「身体知」は、多くの研究領域で注目されており、学術的重要性も高まっている。身体知は、ことばによる表現が難しい、もしくは、不可能な暗黙知に位置づけられる [2][3]。そのため、身体知の意味するところは、学問領域により、多少の異なりを見せるが、本研究では、古川らに倣い、「訓練によって身体が覚えた高度な技」と定義する [4]。

1.2 身体知の熟達と意識

高度な技を身体に覚えさせるためには、訓練の動作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 [3]。

たとえば、研究代表者が、長年コーチを務めるバスケットボールのフリースローを例に挙げてみよう。シューターの前に立ちただかるディフェンスはおらず、ゴールまでの距離は、一定である。この条件下で、シュートがすべて決まるかと言えば、入る場合もあれば、落ちる場合もある。時には、リングにすら当たらないときもあるだろう。もし選手が何も考えずに、ただ闇雲にシュートを打っていたならば、熟達は期待できない。フリースローを何度も繰り返す再現期間の中で、強い意識により身体がシュートが入るという感覚を覚え、確率良くシュートを決めることが可能になる。

藤波は、身体知の獲得のためには、意識的な練習が必要であるとした上で、(1) 学習者が気づきにくい点をデータで示す、(2) 用具を変えて異なった感覚を体験させる、(3) 動作の原理を考えさせる、などの点に配慮する必要があることを指摘している [5]。また、市川らのボールジャグリングの身体スキル獲得過程に注目した研究によると、高くパフォーマンスが向上した参加者の時間間隔の安定性と、意識的に着目していた点には、特徴的な差異があるものの、それらの相互対応の可能性を示唆している [6]。

*連絡先：常葉大学健康プロデュース学部健康柔道整復学科
〒431-2102 静岡県浜松市北区都田町1230番地
E-mail: yamada@hm.tokoha-u.ac.jp

1.3 身体知の熟達と言語化

一方、ただ身体感覚に意識を向けるだけではなく、積極的に身体の動きや体感について、言語化する試行が、身体知の熟達に関係するとの報告がされている。諏訪は、「身体知とは身体に覚え込ませることが重要な“知”であり、それを必ずしも言語化する必要はない。もしくは、言語化の試みは身体に覚え込ませることへの障害になるかもしれない」という多くの考え方があることを重重に理解した上で、次の仮説を立てている [7].

本来言語化を行うことが難しい“身体知”を敢えて言語化しようとする試みが、身体知の獲得を促進するという仮説を有している。つまり、言語化は身体知獲得のための有効なツールであるという主張である。『身体知獲得のツールとしてのメタ認知的言語化 (2015)』

諏訪らは、ボウリングに関して、学習者の身体部位の単語数・概念間関係の増加、詳細な意識から全体的な意識への変化が、パフォーマンス向上に関連していたことを明らかにしている [8]。また、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 [9][10]。その他、スポーツに関しては、スノーボーディング [7] やスポーツフィッシング [11] についても、同様の研究成果を報告している。加えて、研究代表者のこれまでの研究成果においても、疾走上達に関する言語化の変化と、パフォーマンス向上には強い関係があることが、実験的検証により明らかにされた [12]。

以上、身体知の熟達に対する言語化の研究については、多くの知見が蓄積されており、認知科学・人工知能学の研究領域の発展に寄与する成果をあげていると言えよう。

2 問題提起

2.1 身体性の枠組み

従来の特長は、主に学習者の身体性に焦点が当てられていることにある。本研究における身体性とは、認知科学事典に倣い、「知的な行動の多くが、身体と環境の自律的な相互作用から生じる」という考えを意味している [13][14]。

また、身体性については、哲学においても研究対象とされることが多く、たとえば、フッサール現象学により、身体性を徹底的に追求し、現象学的還元を行ったメルロ＝ポンティ (1959) が代表として挙げられる [15][16]。近年、この身体性の概念は、ロボットの開発・設計でも応用されており、環境の中でアフォーダンスを知覚しながら、様々な行動パターンを生み出すことが可能となっている [13]。

もちろん、当該研究領域においても、身体性は重要な概念となる。藤波は、認知科学・人工知能学の歴史を紐解いた上で、人間は何かしらの「環境」に埋め込

まれ、周囲から情報を取り出し、生きている以上、環境や状況の影響を考慮することが、必要不可欠な条件であると指摘している [5]。また、諏訪は、未だ知覚できていない環境要因が常に存在するとした上で、「(身体知の熟達とは) 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」と主張している [7]。

これらの意見を鑑みると、従来の諸研究における身体知の研究では、主に学習者の身体と環境との二項関係に焦点が当てられていたと言えよう。

2.2 残された課題

残された課題は、先行研究では、学習者の身体性のみが、その対象となり、教授者は、特に議論されてこなかったことにある。しかし、本来のスポーツ現場に照らし合わせるならば、学習者が具体的経験をする環境には、身体知に精通した教授者がいることが一般的である。特に、学習者自身が動作を確認できない場合、教授者からの言葉によるフィードバックが非常に重要となる [3]。たとえ教授者が存在しない場合であっても、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、教示されているだろう。

たとえば、市川らは、実験参加者に対して、ジャグリング用のボールの投げ方について、図解された解説シートを配布し、エキスパートの実践映像を視聴させている [6]。また、諏訪らの報告には、ボウリングに関する教示について詳しい記載はないが [8]、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日の期間に、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 [9][10]。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、ポイント移動を行っており、熟達者のことばが、学習者のメタ認知記述の言語化に対して、影響を与えたと考えられる [11]。

次に、学習者の有限なる時間 (特に、競技スポーツの場合) をいかに効率良く使い、パフォーマンス向上に結びつけるかは、スポーツのコーチングにおいて、無視することができない。たとえば、大武らは、投球動作のパフォーマンス向上に効果があるとされる言語化されたスキルを伝達する介入群と、伝達しない統制群に分け、投球の球速変化について、検討を行った。その結果、球速の変化に有意な差はなかったものの、両群ともに球速が向上した。一方、個人における球速変化の人数は介入群が多いことから、言語化された身体技能の伝達が、パフォーマンスの向上を短時間で引き起こす場合があることを報告している [17]。

ここで、もし仮に、学習者のみの言語化によって、対象となる身体知がある程度上達したとしても、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、続けられた場合、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、良い身体感覚を生み出した言語化が、次の段階で必要であるとは限らない [18]。この場合、その言語化自体が、常に変化し続ける身体と環境との関係を再構築することへの足枷となる可能性も考えられる。

以上のように、身体知の熟達に対する言語化を探究するにあたり、教授者と学習者の間（あいだ）に生じるインタラクションを考慮することが、当該領域における残された課題であると考えられる。

2.3 間身体性への端緒

身体の学びにおいて、教授者と学習者の身体の間（あいだ）に生じるインタラクションは、身体を視覚的に捉えることができる物理的な身体の形状だけで起こるものではなく、両者の体表を超えて広がる身体空間を含む [13]。この両者の体表を超えて、間（あいだ）に広がる身体空間に生み出される身体性こそ、メルロ＝ポンティが伝えた「間身体性¹」である [16][19]。阪田は、認知科学の視座から、身体の学びを論ずる中で、「我々の身体は他者からの影響を受けつつ、その一方で、他者に主体的に働きかけながら、相互に含み合う関係にある」と述べた上で、教授者と学習者のそれぞれの拡張する身体が、相互に含み合い、交錯する地点に、（身体の）学びは位置していると強調している [13]。

ここで、教授者と学習者のインタラクションを取り上げることによって、メルロ＝ポンティが伝えようとした間身体性について、すべてを語るができないことは重重に理解しているが、本研究の試みが、当該領域における間身体性への端緒となればと考える。

本研究では、より認知科学的・人工知能学的なアプローチを目指して、両者のインタラクションを考慮した上で、身体知の熟達に対する言語化の数理モデルを構築し、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。期待される研究成果として、伝えることが難しいとされる身体知のコーチングを、数理モデルの構築によって段階的に分析できるため、身体知の熟達に関する解明の一助を担い、新しい知見が得られることが予想される。

3 段階モデルの構築

3.1 初歩的な歩行の指導の例

歩行を例にとって、初歩から高度へと熟達する過程から、モデルを模索する。たとえば、教授者から初歩的な歩行を学びたい学習者がいると仮定する（図 1 参照）。教授者の言葉がけによって、学習者に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。

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する場合もあれば、できない場合もある。ともかく、そのときの感覚を言語化してもらおうと、「左右にぐらぐらする」と言うかもしれない。それを聞いて、教授者は、次の指示「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いこともあり得るが、上記の過程を見てもわかるように、教授者は、学習者に対して、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、伝えるようになる。なぜならば、その振り子感覚が、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、教授者による指示「50cm 右足を出す」を、指示 x とする。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。しかし、50cm が学習者にとって、最適な目安だったとすると、 x は極値を持つことが要請される。そして、 x に対して、実数に値をとる $f(x)$ を評価関数とする。この評価関数は、教授者の指示にいかにか近づけているかを評価するものであり、 $dx(t)/dt$ によって、評価の最も高い状態 x が決められる。すなわち、この評価関数の極値によって教授者の指示が表される。

$$\frac{df(x)}{dx} = 0 \quad (1)$$

これは、任意の微量だけ動いたとしても、関数の値が変化しない極値（定常）であることを意味する。

次に、教授者の指導を実行した学習者に、自らの身体感覚を言語化してもらおう。その学習者の言語化が、教授者が求める歩行の身体感覚に沿わないとき、さらなる言葉がけがなされる。一方、こ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、この感覚こそが、言語化が難しい、もしくは、言語化が不可能な暗黙知に位置づけられる身体知のためである。

それゆえ、教授者は、その学習者に適した段階的な指導法を考案して、自らの身体感覚のいわば、コピー



図 1: 初歩的な歩行の指導の例

¹私の二本の手が「共に現前」し「共存」しているのは、それがただ一つの身体の手だからである。他人もこの共現前 (compréence) の延長によって現れてくるのであり、彼と私は、言わば同じ一つの間身体性 (intercorporité) の器官なのだ / Maurice Merleau-Ponty : 哲学者とその影 (1985)

を試みる。コピーしたい技術は、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。この際、教授者の停留値と、学習者の曲線が異なるときは、齟齬となるので、教授者は学習者の認識に沿って、指導をする。この様子は、図2のように、汎関数の停留値を求め変分原理によって表現できる。ここでは、停留曲線が一点に収束する場合を停留値とする。たとえば、時間などのパラメータを取らない場合がこれに該当する。なお、この停留値は、「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²に従う[20]。

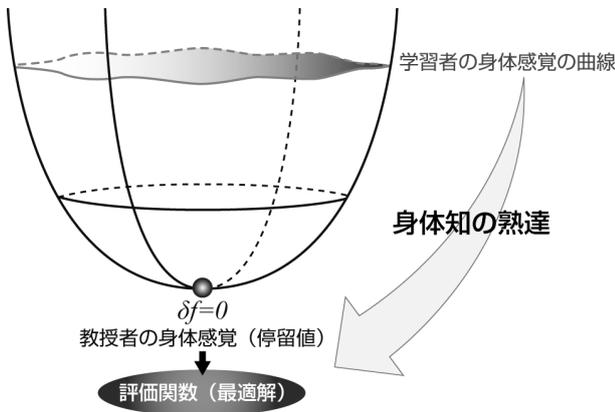


図 2: 身体知の熟達を表現した汎関数の模式図

3.2 教授者と学習者のインタラクション

次に、初歩的な歩行から、高度な歩行を目指して、教授者と学習者が言語的インタラクションによって、互いに身体感覚を共有していく様を表現する。はじめに、変数空間を設定し、教授者が要請する方向性を評価関数 f で示す。また、教授者の言葉による指導を x で表し、それを実行した学習者の言葉による感想の表現を y とする。指導表現 x と感想表現 y は、交互に交わされていき、次第に指導者の期待する目標に近づいていく。指導表現と感想表現は、何回か繰り返されるので、 $k = 1, 2, \dots, N$ に対して、 x^k, y^k とする。指導表現はいくつかの要素で構成されているとすると、

$$x^k = (x^k_1, x^k_2, \dots, x^k_{n_k}) \quad (2)$$

となる。ただし、 n_k は k 番目の指導の次元 (指導の数) である。 y についても同様であるが、次元は異なる。 x^k_l は、 k 回目の指導の l 番目の指導である。さらに、 x^k_l が時系列に変化する場合は、 t の関数 $x^k_l(t)$ となる。たとえば、第 1 回目の第 1 番目の「まず右足を、50cm 前に出す」という指導は、時間によって、その動作が実現されていくので、時間の関数 $x^1_1(t)$ によって

²最少作用の原理: Principle of Least Action / 物事は常に最小の労力で起こることを意味する原理。この原理の発見が、力と運動の関係を表す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

表される。実は、パラメータ t は時間である必要はない。その事例に対して適切なパラメータを選んでよいものとする。指導者のアドバイスに対して、学習者がそれを実行に移した結果、どのように実現したかを同じ変数 x で表すものとする。その学習者の実行結果に対して、教授者の指導からどのぐらい隔りがあるのかを数値化できたならば、それは評価関数を設定したことにほかならない。 k 回目の指導への学習者の実行結果 $x^k(t)$ に対する評価を、関数 $f^k(x^k(t), dx^k(t)/dt)$ で表すならば、これが評価関数となる。この評価関数 $f^k(x^k(t), dx^k(t)/dt)$ に対して、作用積分 $I^k[x^k]$ を、次のように定めることができる。

$$I^k[x^k] = \int_{t_0}^{t_1} f^k(x^k(t), dx^k(t)/dt) dt \quad (3)$$

この作用積分の停留値は、次のオイラー方程式、

$$\frac{df^k(x^k(t), dx^k(t)/dt)}{dt} - \frac{df^k(x^k(t), dx^k(t)/dt)}{d(dx^k(t)/dt)} = 0 \quad (4)$$

によって、導かれる。停留値は、教授者が要請する選手の動きである。それは単に指導 $x^k(t)$ を実行すればいいというわけではない。言葉による指導 $x^k(t)$ は、学習者が理解しやすい形に表した具体的な指示であって、教授者の伝えたい身体感覚は、その指示を忠実に実行した後、学習者によって、気づかれることが期待されている。学習者の気づきが不十分で、それが学習者の感想 $y^k(s)$ に表われると仮定する (ここで、 s は適当なパラメータとする)。そして、次に学習者の感想 y^k について、教授者は次の指示 $x^{k+1}(t)$ を与えることになる。そのためには、学習者の感想 y^k について、評価する必要がある。学習者の感想 y^k に対する教授者の評価関数を $g^k(y^k(s), dy^k(s)/ds)$ とすると、

$$J^k[y^k] = \int_{s_0}^{s_1} g^k(y^k(s), dy^k(s)/ds) ds. \quad (5)$$

となる。この作用積分 (汎関数) の変分が、指導者の期待する動作を表すように、評価関数 $g^k(y^k(s), dy^k(s)/ds)$ を設定する。教授者の指導 x^k と学習者の感想 y^k の間には、強い相関関係にあるが、個人差があるものと予想される。また、教授者の指導 x^k のもとの、学習者がそれを実行した感想 y^k に、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感想 y^{k+1} がもたらされるという、 k による段階ができる。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。モデルは、変数 x^k, t と評価関数 $f^k(x^k(t), dx^k(t)/dt)$ および、変数 y^k, t と評価関数 $g^k(y^k(s), dy^k(s)/ds)$ によるものなので、構築した段階モデルを (X, Y, f, g) と記すことにする [21]。ただし、 $X = (x^k(t), dx^k(t)/dt)$, $f = f^k(x^k(t), dx^k(t)/dt)$, $Y = (y^k(s), dy^k(s)/ds)$, $g = g^k(y^k(s), dy^k(s)/ds)$, $k = 1, 2, \dots, N$ とする。図 3 は、この段階モデルを表現したものである。学習者の言語化が、時間の経過とともに、教授者の停留値に、近づいていく様子が表

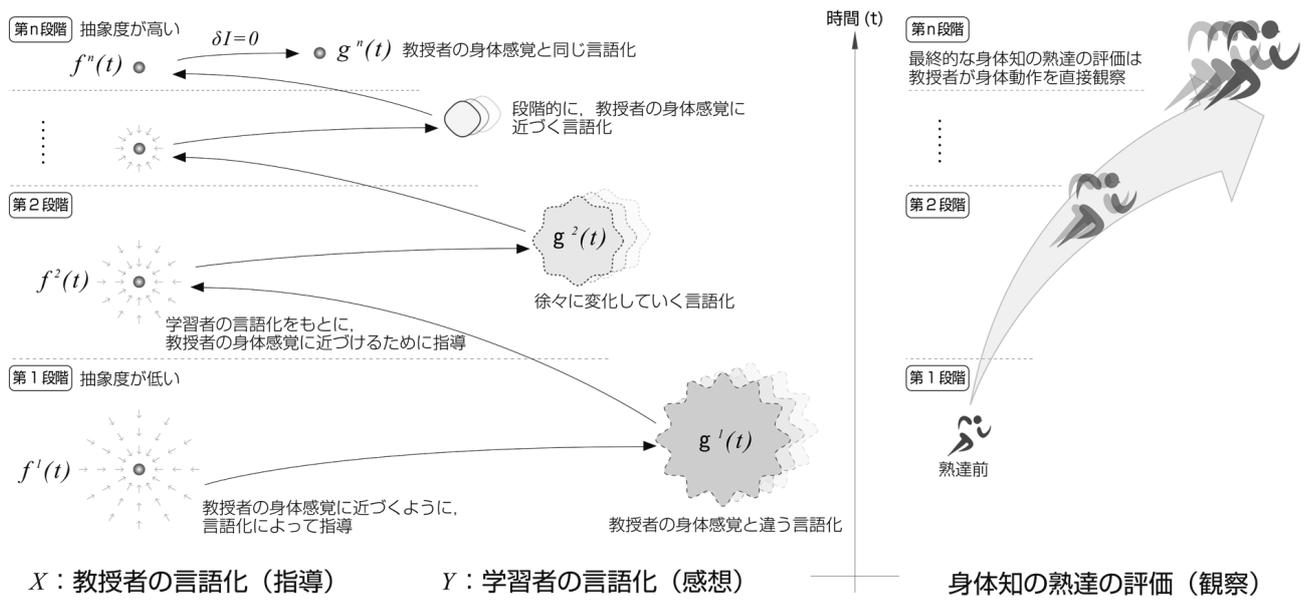


図 3: 指導の段階モデル (X, Y, f, g) と、身体知の熟達の評価 (観察)

現されている。
 ここで、最終的に、学習者の身体知の熟達を評価できるのは、学習者の言語化ではなく、教授者が学習者の身体動作を観察することにある。なぜならば、教授者の期待と、学習者の身体知のズレが認識できる最終手段が観察だからである。よって、言語的インタラクションに限っても、モデルに資することが可能であることを確認したい。

3.3 関数化の工夫

教授者と学習者の言語的インタラクションにおけるポイントは、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。教授者の指導 X や学習者の感想 Y が、定量的な場合は関数化しやすい。しかし、インタラクティブなコミュニケーションは、時間の経過とともに、次第に抽象度が増していき、最終的に、熟達者でなければ、うかがい知れないような抽象度の高い感覚的表現になると予想される。特に、「鳩尾をはめる」「身体を一本に」など抽象度のとても高いわざ言語のような身体感覚の表現は、パラメータによる関数化に工夫が必要となる。その工夫には、次の2つの方法が考えられる。

一つは、感覚的表現に対して、あくまで定量的表現にこだわれば、身体動作の解析ポイントを押さえ、厳密に行う方法である。そのためには、複合的な水準による変数を決定する必要がある。その複数ある水準の合成的関数とは、テンソル関数である。A_i という水準と B_j という水準によって、その合成的に得られる身体感覚をテンソル関数 C_{ij} とする。テンソル関数に対

して評価関数を与えることができる。しかし、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。

もう一つは、学習者の身体感覚の表現に対して、それを言語的な意味空間（以下、言語の意味空間）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である。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するので、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ると予想される。

4 モデルの妥当性の実践的検証

ここで、身体知の熟達に関する数理モデル (X, Y, f, g) を理論的に構築できる見通しがついたことを確認した上で、実践的検証に移る。数理モデルは、数学の性質上、明晰性・論理性を有しており、信頼性は担保されている。一方、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、それは再び、実践の世界と結び付けられることで、妥当性が確認されなければならない [22]。また、構築した数理モデルがより有意義のものであるためには、実践から何かしら新しい知見が得られることが求められる。そこで、本研究では、モデルの妥当性を検証するために、以下の実践を行った。

4.1 実践課題

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。この立位と歩行は、人が生

まれてから、生きていく中で自然に身につけた身体知である。そのため、これらの身体感覚を意識することはほとんどない。なぜならば、実際に、人は立つことができ、歩くことができるからである。それでは、熟達の伸び代がないのかということ、そうとばかりは言えない。実は、立位や歩行は、非常に複雑な姿勢・動作であり、身体が最適な筋運動の協調性と骨格の支持性を理解し、バランスを取りながら立ち、歩いている [23]。

一方、立位と歩行は、人間の基本的な身体動作であるが故に、スポーツの競技特性ごとに、理想とする形に違いがあることが分かっている [23][24]。そこで、本研究では、ラグビーやサッカー、バスケットボールといった、ミドル・パワーが必要とされるスポーツ種目に適した立位と歩行を対象とする。なお、ミドル・パワーとは、ハイ・パワー（一瞬にして大きなパワーを発揮する運動）と、ロー・パワー（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～3分間持続するような力を意味する [1]。

4.2 教授者

教授者は、上記の立位と歩行に熟達し、学習者を正しく評価できることが求められる。そこで、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（以下、教授者）とした。教授者の略歴は、次の通りである。競技実績として、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、大学および、実業団の陸上競技部監督に従事する傍ら、ドイツ・ブンデスリーガ所属のプロサッカー選手をはじめ、国内外のスポーツ選手を対象に指導をしている。速く走るための、身体の軸を作る立ち方³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、2015年日本ラグビーU-18・U-17日本代表コーチに就任し、現在に至る。

4.3 学習者

実験協力者（以下、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。すべての学習者は、本実践を受けるまでは、本格的な陸上指導を受けた経験はなかった。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、教授者が指導する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。熟達者Xは、約20か月間の指導を受け、教授者の身体感覚と同じ立位と歩行であると評価されている。なお、熟達者Xは、県陸上競技選手権大会400mリレーで優勝し、東海選手権出場資格を獲得するなどの競技実績を有している。

³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

4.4 教授方法

第1段階（2015/11/6）として、教授者が考案した立位と歩行のプログラムを学習者に課した。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、言葉がけのみの指導とした（図4参照）。なお、第1段階の指導は、「踵で立って、10度体を傾ける」「その状態で、お尻を10cm手前に出す」など、なるべく具体的な数値を用いて、指導を行った。その後、トレーナー指示のもと、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、ノートへの記述による指導（2015/11/12の第2段階と、2015/11/26の第3段階の2回）を行った。



図4: 立位と歩行の指導風景（第1段階）

4.5 倫理的配慮

学習者の同意のもと、言語化促進前（以下、促進前）と言語化促進後（以下、促進後）に、スポーツ栄養士・管理栄養士の研究分担者（第4筆者）による身体組成計測（体成分分析装置 InBody720 使用）を行い、コンディションチェックを行った。また、スポーツトレーナーが全ての実践に帯同・指示し、安全に細心の注意を払い実施した⁴。なお、熟達者Xの身体組成計測は行わなかった。

4.6 実践期間と場所

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。

5 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

⁴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

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 [25]。そこで、信頼性について、それぞれ同日に 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。一方、教授者の評価に対する妥当性を検証するために、促進前後の立位と歩行の測定を実施し、臨床的見地から局在的な解析を行った。

5.1 立位と歩行の解析

5.1.1 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（インテリジェントオートモード）した（図 5 参照）。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。さらに、20m 歩行タイムを記録した（図 6 参照）。

5.1.2 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、以下の解析を行った（図 7 参照）。

立位では、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。

歩行では、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。

5.1.3 学習者全体の解析結果

表 1 に、立位および歩行の促進前後の解析結果を示す。学習者全体で、実践による立位と歩行が、どの程度変化したかを確認するために、促進前後の各項目について、 t 検定（対応あり）により検証した。

立位については、有意水準 5% で t 検定（両側）に

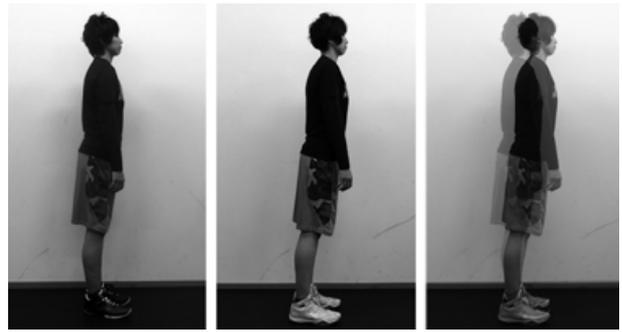


図 5: 促進前の立位（左）と促進後（中）と比較（右）



図 6: 20m 歩行の測定風景

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。

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 ¹	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

¹ 教授者の採点に関しては、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。

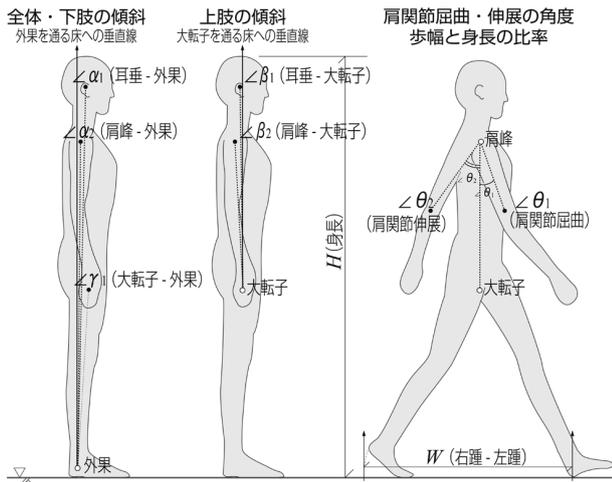


図 7: 立位と歩行の解析項目

5.2 学習者の立位・歩行に対する教授者の評価結果

統計的に学習者全体として、促進後に熟達者 X に近づいたことを確認したところで、次に教授者の身体知の評価に移る。教授者は、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、教授者に近い動作ほど低い得点 (0 点~3 点の 4 件法) を与えた。採点結果は、表 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 SPSSC 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。この採点結果より、学習者の立位・歩行に対する教授者の評価は、表 2 に示す通りとなった。

表 2: 身体知の熟達に対する教授者の評価結果

学習者	教授者の評価結果
学習者 A	促進前後ともに評価が低かった
学習者 B	促進前後ともに評価が高かった
学習者 C	促進後に評価がとても高くなった
学習者 D	促進後に評価が高くなった
学習者 E	促進後に評価が高くなった

5.3 教授者の評価に関する妥当性の検証

ここで、促進前後ともに評価が低かった学習者 A と、促進前後ともに評価が高かった学習者 B、そして、促進後に評価がとても高くなった学習者 C に注目する。教授者の評価の妥当性を検証するために、3 名の学習者に加え、熟達の指標として熟達者 X を加えた計 4 名について、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分析を行った。

はじめに、熟達者 X の立位については、骨盤がやや前方に移動し、体幹部を重力に対抗して垂直に伸展 (以下、抗重力伸展) させていた。歩行については、立位と同様に、体幹部が固定された抗重力伸展の歩行であり、手の振り出しが振り子様に前後へと送り出されていた。

次に、学習者 A の立位については、促進前は、上部胸椎が後弯しており、重心性が少し後方に位置している。一方、促進後は、上部胸椎の後弯は改善されたも

の、肩峰と大転子を結ぶ角度 ($\angle\beta_2=6.2$) が大きいため、体幹が傾斜し、前のめりの状態であった。歩行については、促進前は、体幹部が上部胸椎の後弯が強く、前傾姿勢となっている。一方、促進後は、上部胸椎の後弯を減少させた前傾姿勢であるが、上部体幹の前傾角度が大きく、立位と同じく前のめりの状態であった。以上、促進前後ともに、立位と歩行に変化は確認されたものの、教授者が求める変化ではないと考えられる。

次に、学習者 B の立位については、促進前は、骨盤をやや前方に移動して、抗重力伸展の姿勢で、比較的、熟達者 X に近い立位であった。一方、促進後は、骨盤が若干後方移動しており ($\angle\gamma_1=8.1 \rightarrow 7.6$)、肩峰と大転子の角度もやや減少していた ($\angle\alpha_2=5.1 \rightarrow 4.6$)。そのため、重心線が支持面の後方に若干移動している結果であったが、促進前と同じく熟達者 X とほぼ変わらない立位であった。歩行については、促進前後で、大転子と肩峰を結んだ線がほぼ垂直であり、視認による変化は確認できなかった。体幹部が固定された抗重力伸展の歩行であり、促進前後ともに、熟達者に近い歩行であった。

そして、学習者 C の立位については、促進前は、骨盤が前方に位置しているが、首が屈曲しているため、肩峰の位置がより後方に位置していた。これは、バランスを取るためと推測される。一方、促進後は、骨盤をさらに前方に移動しているが、体幹を重力に対抗して、垂直に伸展 (抗重力伸展) させている立位であり、熟達者 X に近い立位へと変化した。歩行については、促進前は、進行方向に対して、大転子の位置よりも肩峰の位置が後方にあるため、のけ反ったような歩行であったが、促進後は、逆に、進行方向に対して、肩峰の位置が、大転子の位置よりも前方に位置するようになり、熟達者 X に近い歩行へと変化したことが確認された。

以上、学習者 A、学習者 B、学習者 C の身体知の熟達に対する教授者の評価について、信頼性と妥当性ともに担保されたことが確認された。

6 学習者の言語化に対する評価

次に、学習者が記入したそれぞれの言語化に対して、教授者が評価を行った。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方法で採点した。教授者の身体感覚と同じ言語化である場合は 0 点、近い場合は 1 点、遠い場合は 2 点、全く違う言語化である場合は 3 点と、教授者に近い動作ほど、低い得点 (0 点～3 点の 4 件法) とした。なお、教授者が評価できない言語化や、気持ちの表現 (「皆も同じように、難しく感じているんだと共感できて、今日は良かった (2015/12/4)」) などの言語化については、採点から除外した。

言語化に対する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 SPSSC Statistics 22 使用) を算出したところ、アルファ係数=.87 (>.80) の値が得られた。2 回の評価に差異があった場合は、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。

6.1 パラメータの設定

段階ごとに、採点された学習者の言語化を、(1) 身体パラメータ (知覚や行為に関する言語化) と、(2) 思考パラメータ (意識・推測・不安・疑問に関する言語化) の 2 つに区分した。たとえば、身体パラメータの要素では、「腸腰筋が伸びる感じで歩けた (2015/11/13)」「ふわふわ感は、あまりなくなってきた (2015/11/14)」など、思考パラメータの要素では、「膝をスムーズに動かすって何だろう (2015/11/6)」「股関節伸展ができているか、まだ不安 (2015/11/10)」などが挙げられる。

6.2 言語的意味空間の結果

身体パラメータと思考パラメータについて、それぞれ評価の高い要素順に並び替えて関数化し、言語的意味空間を作成した結果が図 8 である。言語的意味空間は、学習者の言語化が、教授者の身体感覚に近づくほど、原点 (停留値) に収束していく様子が表現される。また、学習者の各段階における言語的意味空間の面積の推移を図 9 に、各段階ごとの身体パラメータと思考パラメータのそれぞれの要素数を図 10 に示す。

6.2.1 第 1 段階

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、身体感覚の気づきや体感、思考などを言語化していることが示された。学習者 A は、身体パラメータの要素数に比べて、思考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)」「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)」などの言語化が確認された。それに対して、学習者 B と学習者 C は、身体パラメータの要素数が多く、思考パラメータの要素数が少なかった。たとえば、学習者 B は「お尻の位置を少し変えただけで、重心が変わることが分かった (2015/11/6)」、学習者 C は「腰を前に出す時、お尻がキュッとなった (2015/11/11)」などの言語化が確認された。

6.2.2 第 2 段階

第 2 段階では、教授者の指導が、具体的であれ、抽象的であれ、その言葉がけを自分なりに理解しながら実行し、その行為を通して、体感した身体感覚を言語化していることが確認された。たとえば、教授者からの指導「すべての動作を三角定規の 45 度を意識する」に対して、学習者 A は「頭の中で三角定規を浮かべて歩けた (2015/11/14)」、教授者からの指導「フワフワしているのは、力が逃げているから」に対して、学習者 B は「ふわふわしないように意識したら、足の動きが悪くなった (2015/11/13)」、教授者からの指導「前に押し出す感覚で、お尻をキュッとする」に対して、学習者 C は「お尻とハムの間を意識して行った。前に出す感じでやった」など、指導に応えるような言語化が確認された。また、すべての学習者で、思考パラメータの要素数に比べて、身体パラメータの要素数が多く、

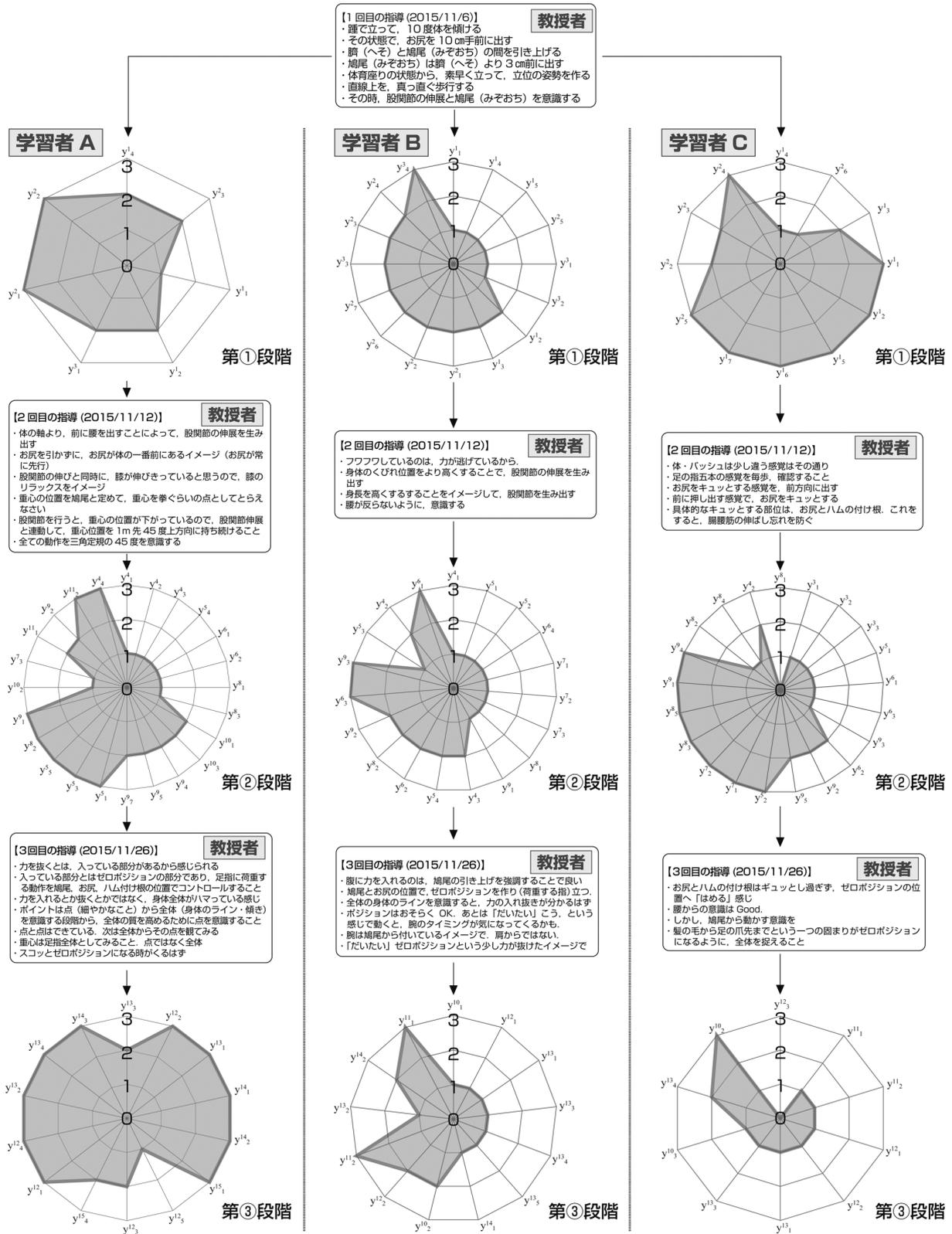


図 8: 学習者の言語的意味空間の推移

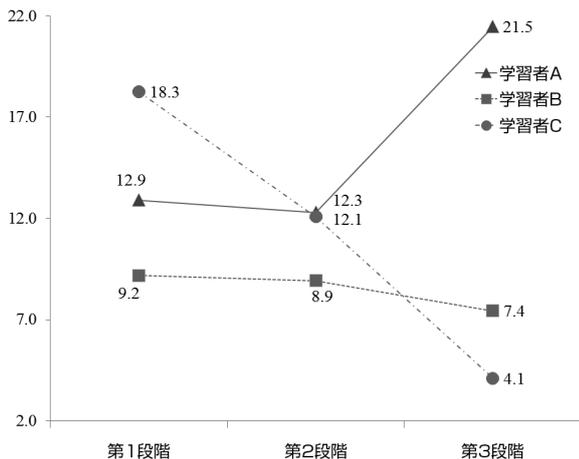


図 9: 言語的意味空間の面積の推移

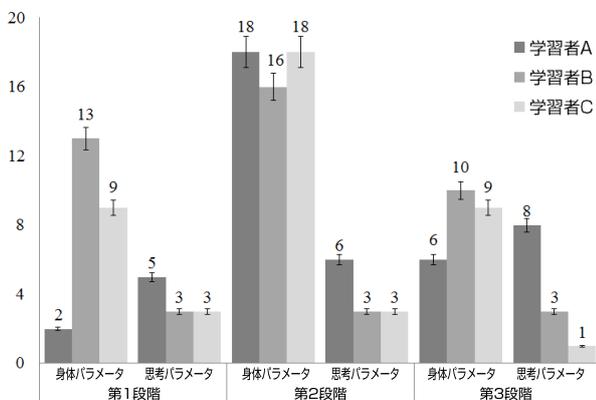


図 10: 各段階のパラメータの要素数

さらに、言語的意味空間が、教授者の身体感覚に近づいていることが示された。

6.2.3 第3段階

第3段階の結果、次の通りである。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)」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ライドは、パフォーマンスを低下させるため、評価は3点と低かった。なお、歩幅と身長比率の結果を見ると、学習者Aのみが、促進後に増加(0.54→0.61)している。また、第1段階から第2段階で収束していた言語的意味空間が、第3段階では大きな広がりを見せた。これは、学習者Aの言語化が、教授者の身体感覚から遠ざかったことを意味する。さらに、他の学習者と比べて、身体パラメータの要素が少なく、思考パラメータの要素が多かった。次に、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)」の言語化が確認された。この理由として、一般的にファッションモデルの歩き方は、股関節の伸展を使って上丹田や鳩尾を意識する歩行であり、教授者の身体感覚に近いと推測される。しかし、ファッションモデルの歩き

は、両踵を一直線上に着地しながら過度に腰を捻るような動作であり、継続して言語化すると、目標とする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。さらに、学習者Cに関して、「腰を振る(捻る)ようなイメージですと、腸腰筋が伸びていたと思う(2015/11/20)」の言語化が確認されたが、この表現についても、学習者Bと同じくファッションモデルの歩行に近いと、教授者の評価は低かった。

7 考察

本研究では、教授者と学習者のインタラクションを考慮した上で、身体知の熟達に対する言語化の数理モデルを構築し、その妥当性について、実践的検証を行うことを目的とした。その結果、数理モデル(X, Y, f, g)を理論的に記述できる見通しがつき、言語的意味空間により、実践の世界へ結びつけることができた。

一方、構築した数理モデルがより有意義なものであるためには、実践から何かしら新しい知見が得られることが求められる[22]。そこで、本研究の目的に鑑み、(1)教授者と学習者のインタラクションを考慮する必要性、(2)言語化に注目して、身体知の熟達をモデル化する意義、の視点から考察する。

ここで、留意すべきことは、実践課題の立位と歩行は、人間が生まれてから自然と身につけた基本的な身体動作であり、学習者の生活に密接に結びついている点にある。たとえば、「立つことを意識し続けるのは難しいけど、普段から心がけたい(2015/11/6)」「歩き方が体に染みついてきて、本当にいつも通り歩いている感じ(2015/12/5)」「これだけ歩行練習やってきて、みんな同じことを意識してやってるはずなのに、ちよとずつ歩き方が違う(2015/12/5)」などの言語化が確認されている。一方、学習者に対して、日常生活における立位と歩行の実行や、他者の観察を統制・管理することは、研究の遂行上、不可能である。以上を留意し、考察を始める。

7.1 教授者と学習者のインタラクションを考慮する必要性

先行研究の多くは、身体知の熟達に対する言語化に関して、多くの知見を蓄積してきた。本実践の教授者と学習者とのインタラクションを考慮した場合でも、先行研究を支持する結果が示され、諏訪らの主張と同様の傾向を示した。一方、学習者全体として統計的に熟達したものの、教授者が求める立位と歩行には変化せず、熟達しなかった学習者Aも確認された。

7.1.1 学習者の主体的な言語化

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。たとえば、本実践の「腕は鳩尾から付いているイメージ(2015/11/26)」の指導を見ても、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、実行す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、6.2.3で述べたように、学習者Aが、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。

7.1.2 良い身体感覚を生み出した言語化

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 [18]。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 [7]、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、身体感覚は人それぞれ差異があるため、往々にして難しいケースが多い。このような場合に、第三者から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」「腰を捻る」の言語化を見ても、教授者は、それらの言語化が次の段階で必要なくなり、将来的に、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、歩行を実行する可能性が高いと予想される。特に、良い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、その言語化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 [5]、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。

7.2 言語化に注目して身体知の熟達をモデル化する意義

一般的に、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、身体知の熟達に対応するような、特徴的な言語的意味空間の変化が見出された。たとえば、熟達しなかった学習者Aは、身体パラメータの要素数に比べて、思考パラメータの要素数が多く、最終的に言語的意味空間

が広がった。今後パラメータの再検討は必要であるが、数理モデルに関する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、数理モデル (X, Y, f, g) に基づく言語的意味空間は、学習者が持つ無駄な身体感覚の言語化から離れ、教授者の身体感覚に近くなるにつれて、停留点に収束していく除算的な評価である。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可能性を有すると考えられる。

一方、本実践では、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、言語の曖昧性、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、予想に反して、学習者の言語化自体が、教授者から評価して、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。言語化は、自他を結ぶコミュニケーションの手段であり、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）、最も信頼できる手段のひとつである。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。

8 まとめと今後の課題

本研究では、間身体性の視座から、教授者と学習者のインタラクションを考慮した上で、身体知の熟達に対する言語化の数理モデルを構築し、実践において、妥当性を検証することを目的とした。その結果として、数理モデル (X, Y, f, g) を理論的に記述できる見通しがついた。また、モデルの妥当性を実践的検証により、確認し、その結果、新しい知見が得られた。

今後の課題は、次の通りである。一つは、本研究の立位と歩行から発展した形として、疾走について実践的検証を行う計画である。ここで、ただ直線方向に速く走ることに注目するのではなく、疾走から止まる動作や、緩急ある走り方、サイドステップ・バックランなど、スポーツの競技特性に応じた疾走について、検証することも視野に入れている。

もう一つの課題として、教授者の変容である。本研究では、間身体性の端緒として、教授者と学習者のインタラクションを考慮することの重要性を主張した。しかし、これは学習者だけの熟達だけでなく、教授者も新たな視点を得て、学習者と共に変わっていくことを意味する。間身体性において、身体を経験の変容をめぐるとの未完結性 [27] を引き受けることは、教授者も同じなのである。よって、この検証は、この知見を確かなものにするために必須であると考えられる。

以上が今後の課題として挙げられるが、まずは、身体知の熟達に対する言語化の数理モデル (X, Y, f, g) について、理論的に記述できる見通しがつき、モデルの妥当性について、実践的検証を行ったことを再度確認し、稿を閉じることとする。

参考文献

- [1] 公益財団法人日本体育協会：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 (2012)
- [2] Polanyi, M.: *The Tacit Dimension*, Peter Smith, Gloucester, Mass (1983)
- [3] 日本認知心理学会監修, 三浦佳世編：知覚と感性, 北大路書房 (2010)
- [4] 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, 本村陽一, 森田想平：身体知探究の潮流 -身体知の解明に向けて-, 人工知能学会論文誌 20 巻 2 号 SP-A, pp.117-128 (2005)
- [5] 藤波努：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 (2006)
- [6] 市川淳, 三輪和久, 寺井仁：ノービスによる身体スキル獲得過程 身体動作と着眼点の検討, 第 29 回人工知能学会全国大会 (2015)
- [7] 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, pp.525-532 (2005)
- [8] 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 (2006)
- [9] 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 (2007)
- [10] 諏訪正樹：スポーツの技の習得のためのメタ認知的言語化：学習方法論 (how) を探究する実践, 情報処理学会 (2007)
- [11] 山田雅之, 栗林賢, 諏訪正樹：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 (2012)
- [12] 山田雅敏, 里大輔, 坂本勝信, 小山ゆう, 砂子岳彦, 竹内勇剛：疾走上達とメタ認知的言語化に関する情報学的研究, 常葉大学健康プロデュース学部第 10 巻第 1 号 (2016)
- [13] 佐伯胖監修, 渡部信一編, 阪田真己子, 小島秀樹：「学び」の認知科学事典, VI びとテクノロジー 2. 学びと身体空間 -メディアとしての身体から感性を読み解く, 3. 認知ロボティクスにおける「学び」, 大修館書店 (2011)
- [14] 日本認知科学会 編：認知科学事典, 共立出版 (2002)
- [15] 竹田青嗣：現象学入門, 日本宝生出版協会 (1989)
- [16] 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)：シーニュ 2, みすず書房 (1985)
- [17] 大武美保子, 荻原陽介, 豊田涼, 阿部健祐, 太田順：言語化された身体技能の伝達に関する研究：投球動作スキル伝達による球速変化の解析, 人工知能学会第 10 回身体知研究会予稿集, SKL-10-02 (2011)
- [18] 鈴木宏昭, 大西仁, 竹葉千恵：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, 人工知能学会誌 23 巻 3 号, SP-A (2008)
- [19] 砂子岳彦：間身体性のモデル, 常葉大学経営学部第 2 巻第 2 号, pp15-20 (2015)
- [20] Payk Parsons 編, Martin Rees 序言：30 秒で学ぶ科学理論 示唆に富んだ 50 の科学理論, STUDIO TAC CREATIVE (2013)
- [21] 山田雅敏, 里大輔, 坂本勝信, 小山ゆう, 砂子岳彦, 竹内勇剛：身体知の言語化とその階層モデル, 電子情報通信学会言語と思考研究会, pp.41-46 (2016)
- [22] 長谷川計二：「数理モデルと実証」によせて, 理論と方法, Vol.20, No.2:pp.135-136 (2005)
- [23] ジェームズ・アマディオ著, 橋本辰幸監訳：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 (2006)
- [24] 木寺英史：本当のナンバ常歩, スキージャーナル株式会社 (2004)
- [25] 対馬栄輝：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, (2005)
- [26] 市橋則明 (編)：運動療法学 障害別アプローチの理論と実践第 2 版 (2014)
- [27] 奥井遼：メルロ＝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 (2011)