

ライフスキルの学習支援ツールの開発 ——身体と意識の共創様態の探究方法論——

Tools to Facilitate Learning of Life Skills : A Methodology for Studying Co-creation of Body and Thoughts

諏訪正樹 寛 康明 矢島佳澄 仰木裕嗣



人工知能や認知科学といった知能研究で、様々な研究アプローチ／方法論による探究が進んだ今日でも身体知の研究は乏しい。ロボティクスをはじめとする身体性探究は昨今盛んになってきたが、意識や言語的推論の研究と身体の研究をつなぐ研究はほとんどない。知の研究が、客観的外部観測による自然科学方法論に固執し、内部観測的な方法論に基づく研究を軽視してきたことに一因がある。身体知の解明には、身体と意識の共創関係を探究することが重要である。身体と意識の共創関係を明らかにする方法論として身体的メタ認知がある。本稿では、メタ認知を行いながらライフスキルの学習を目指す生活者が、身体スキルと意識を共創的に進化させるプロセスを促すための情報技術支援システムについて論じる。支援パラダイムは、学習者が身体への意識を能動的に変えたときに身体の状態がどう変わるのかをリアルタイムに可視化して見せるといったものである。

キーワード：身体知、ライフスキル、メタ認知、スキル学習支援、リアルタイムフィードバック

1. はじめに

人間の知の理解は知能に関する情報処理研究の歴史的目標そのものである。情報処理理論⁽¹⁾を基底にした人工知能や認知科学の研究は、専門家が持つ専門知識やヒューリスティクスを形式言語で記述し、コンピュータ上に知的システムを構築するという方向に進んだ。知的システムを構築して分かったことは、人間の知と計算機の知の厳然たる違いである。その代表はフレーム問題⁽²⁾である。人間は、推論するときに何が関係があり何が関係ないかをあらかじめ定めているわけではなく、状況に応じ臨機応変に決める。計算機に臨機応変な知を持たせることはいまだ達成できていない。

人間はなぜその能力を有するのかの答えとして、1980年代後半から「知の身体性」⁽³⁾という概念が注目され始

めた。物理的な身体を持ち環境と相互作用するからこそ、考えるフレームが臨機応変に決定されるという考え方である。それまでの知能研究は概念／意識／言語的知識をモデル化／処理するいわばソフトウェア研究であり、身体性の側面に欠けていた。昨今のロボティクス研究は、知が宿る場としての身体を装備し、身体性を理解せんとする試みである。

しかしロボティクス研究は、“ものとしての身体”の研究の域を出ていない。知の身体性を理解するためには、身体と意識の共創の様態を探究せねばならない。人間の認知は環境と対峙するものではなく、環境と一体となって生起するという状況認知（situated cognition）の思想⁽⁴⁾もそれを示唆する。

ではなぜ、情報処理研究で身体と意識の共創の探究が進まないのか？ 筆者は、知の探究が客観的外部観測という自然科学的方法論に固執してきたことが大きな原因であると考え。例えば、スポーツ科学やロボティクスの研究は、“ものとしての身体”の計測と制御に偏重気味である。身体を動かしたときに生じる自己受容感覚は科学的探究の域外とみなされている。自己受容感覚の客観的外部観測が困難である現状では、本人の意識を言葉のデータとして取得する以外に研究手法がない。しかし主観的なデータでは科学的探究とはいえないと一蹴する風潮が強い。意識のデータを研究対象にするには、身体

諏訪正樹 慶應義塾大学環境情報学部

E-mail suwa@sfc.keio.ac.jp

寛 康明 慶應義塾大学環境情報学部

E-mail ykakehi@sfc.keio.ac.jp

矢島佳澄 慶應義塾大学環境情報学部

E-mail t08946ky@sfc.keio.ac.jp

仰木裕嗣 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

E-mail Ohgi@sfc.keio.ac.jp

Masaki SUWA, Yasuaki KAKEHI, Kasumi YAJIMA, Nonmembers (Faculty of Environment and Information Studies, Keio University, Fujisawa-shi, 567-0047 Japan), and Yuji OHGI, Nonmember (Keio University, Fujisawa-shi, 567-0047 Japan).

電子情報通信学会誌 Vol.95 No.5 pp.377-384 2012年5月

©電子情報通信学会 2012

を流れる感覚や思考内容を本人が内部観測して、言葉として外化するしか方法はない。身体と意識の共創の様態を探究するためには、外部観測と内部観測の併用が必要である。

自然科学の方法論が内部観測を認めない理由は、観測行為自体が対象に影響を与え客観性が失われる⁽⁵⁾からであろう。しかし、知とは何かを真に問うのであれば、客観性という方法論に縛られるべきではない。自分や他者の知を理解しようと観測する行為と、自分の知を観測することにより身体や意識が変化することは、知の営みの両輪である。意識と身体が共創して知が“現在進行形”で進化の様態を捉える構成的方法論^{(6), (7)}が必要であるというのが本稿の主張である。それに対し、観測行為が対象に影響を与えない範囲で知の探求を行うことは、時を止めて知を静的に捉える消極的方法論ではないか。情報処理技術は、知を客観的に観測するだけではなく、意識と身体が共創するプロセスを促進支援することにも積極的に利用し、それによりダイナミックに進化する知の様態を探究すべきである。

本稿では、身体知の例としてライフスキルの学習を扱い、ライフスキルの学習を目指す生活者の身体と意識の共創プロセスを支援するための情報処理支援システムを論じる。

2. ライフスキル——“身体を考える生活”から生まれるスキル——

学問における“知の身体性”の議論と同じくして、社会的にも身体意識の欠如は問題視されてきた。家電、車、情報ツールなど生活の隅々までコンピュータが入り込み、face-to-face のコミュニケーションよりネットでのコミュニケーションを楽しむ大人が増え、身体を使った遊びよりも屋内でのゲームに興じる子供が増えている。身体意識の欠如は現代の社会問題である。

筆者らは“身体を考える生活”があるべき知的生活の姿だと考える。そういう生活から生まれるスキルをライフスキルと呼び、その学習プロセスを支援する方法論を探究している。“身体を考える”とは、身体（筋肉や骨、呼吸、姿勢、声）を操ることと、意識（論理的思考、五感に対する意識、感情）を操ることから成り、各要素が相互連携を持ちながら自らの認知プロセスを成立させる行為を指す。あらゆる認知行為は、身体と環境が相互作用することを意識することに基づいて成立する。そのためには自分の身体や意識で何が生じていて、それが環境とどのような相互作用をしているのかを認知する必要がある。その行為を身体的メタ認知と呼ぶ。身体的メタ認知はライフスキルを学習するための有効な手段である。本章では、身体的メタ認知という手法で促される“身体を考える生活”がどのようなものかを概説する。

2.1 身体的メタ認知

諏訪は身体的メタ認知のケーススタディを通じて、理論基盤の整備と実践方法論を探究してきた。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、動作により環境に働きかけること、環境中の変数を知覚・認識することから成る。ほとんどのインタラクションは意識下で生じる。身体的メタ認知とは、一言で言えば、身体と環境の間で生起する事柄を言葉化によって意識上に持ち上げる努力をすることによって、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^{(8)~(10)}。

言葉化の対象は、(a)身体運動とその影響、(b)環境からの知覚、(c)自己受容感覚（いわゆる“体感”）である。敢えて意識的に言葉にしようとしなければ時間とともに消失する認知である。全てを言葉化することは不可能であるが、ほんの少しでも語って外化することによって、更なる言葉が生まれる。人は言葉を使って考える生き物であるため、連想や推論により、言葉にする前には気付かなかった新たな視点を得るのである。すると、新たな言葉の観点で身体を見直すことが可能になる。すると身体が成す行為や体感も進化する。更に言葉化できる事柄も進化する。自分に対する言葉化は1. で論じた内部観測的な行為である。内部観測行為は本人の意識や身体を進化させる原動力として働く。身体的メタ認知の行為が身体と意識の共創を促す⁽⁸⁾のはそのためである。

2.2 運動スキルの学習を促す身体的メタ認知

スポーツ等の身体運動のスキル学習に、身体的メタ認知が有効に働くことはボウリング⁽¹¹⁾やダーツ⁽¹²⁾などの多くのケーススタディで検証されている。身体的メタ認知は、①身体や環境に重要変数を見いだすこと、②変数の関係性を模索した結果、身体環境統合モデルを構築すること、③モデルを身体で実践すること、④新しい変数の出現によるモデルを破壊すること、⑤①からのプロセスを繰り返しモデルの再構築すること、というサイクルをもたらす⁽⁹⁾。既往研究^{(11), (12)}によれば、①、②のフェーズでは学習者の言葉は詳細になり、③のフェーズでは言葉は大雑把になる。内部観測的なデータであっても、長期にわたる大量の言葉と身体のパフォーマンスには相関があるのである。

2.3 運動スキルからライフスキルへ

2.2. の知見は運動スキルの学習だけにとどまらない。あるドメインで身体と意識をつなぐ成功体験を得ると、別のドメインでも全く同じ方法論で身体と意識をつなぐ試みを模索できる。例えば、バッターボックスで力まず姿勢良く立ってスイングをするスキルを体得した野球選手は、おのずと日常生活でも姿勢を考え、身体と意識の在り方を模索し始めるであろう。日常を野球に生かすと

いう打算から始まったとしても、次第に日常で“姿勢良く生きる”ことに目覚めるかもしれない⁽¹⁰⁾。

より一般的な言い方をすれば、“姿勢の良い立ち方”は一つであり、野球でも日常生活でも共通に適用できる“身体と意識の使い方”なのである。異なるドメインでは、身体の状態、意識の在り方、それらの意味を異なる語彙で語るだけのことである。共通基盤としての“身体と意識のつながり方”を土台として、様々なドメインでのスキルが成り立つという考え方がまさに“知の身体性”であると主張したい。共通基盤としての“身体と意識のつながり”を言葉にする生活が“身体を考える生活”であり、“身体を考える生活”から様々なライフスキルが生まれる。

2.4 “身体を考える生活”を促す支援ツールやシステムの必要性

2.2. に述べたように、数多くの変数に気付き、関係性を模索することは学習の本質である。しかし認知限界の問題もあり、ややもすると狭い範囲の変数群の中で考えが堂々巡りする。学習を促すには、変数や関係性への気付きを促してくれるようなツールやシステムが必須である。

人は自分の身体の状態に意識を向け逐一把握することはできない。身体の状態が現在どうなっているかに関する情報を本人にフィードバックしてくれるツールやシステムがあれば、新たな変数やそれらの関係性への気付きは生まれやすい。3., 4. で、筆者らが開発したフィードバックシステムを挙げ、議論する。

3. 発声のメタ認知を促す “いい声マイク”システム

発声は姿勢や呼吸と関わる代表的なライフスキルである。多くの生活者は普段余り意識することなく声を出す。スポーツ等の明示的な運動スキルとも関連が深い。最初に紹介するフィードバックシステムは、学習者に発声に関する身体的メタ認知を促す支援システム“いい声マイク”である。本研究は筧、矢島との共同研究である。詳細は論文⁽¹³⁾に任せ、本稿ではその概説を行う。

3.1 概要

“いい声”とは「音がしっかりと発せられ、響く」声であると本研究では解釈する。いい声かどうかの判別仮説に基づき、本システムは声をリアルタイムに評価し、マイク台の光の色とモニタ上のグラフで可視化する（図1）。発声の仕方についてアドバイスを行うものではない。ユーザは、呼吸や姿勢、身体の使用方を試行錯誤し、その結果としての声の評価値をリアルタイム（5～10秒間隔）に見る。それにより発声にまつわるメタ認

知が自発的に活性化され、スキル向上が支援される。

3.2 “いい声”の判別仮説

判別基準の仮説を立てるために2種類のパイロット実験を行った。まず、野球のバットの素振り音に関する実験である。“音が低くて鋭い”のが良い素振りであるという定説が野球界には存在する。諏訪（野球歴40年弱）が10本の素振りを行い、振った体感と音から素振りの良さを主観的に判断した。その横で（オーケストラを含む）音楽経験25年の被験者（野球経験は皆無）が同時に“音の良さ”を主観判定した。被験者には上記の定説は知らされていないかった。驚くべきことに、最も良いと判定された素振りとは、最も悪いと判定された素振りは、両者で完全に一致した。最も良い素振り、悪い素振りの音の周波数分析を行った結果、その差異は低周波数のパワーにあることが判明した。良い素振りは低周波のパワーピーク値が、それより高い領域にある二つのピークのパワーと同程度であるが、悪い素振りは明らかに低周波数のパワーが弱かった。

第2のパイロット実験は、ある劇団の舞台俳優4名と諏訪、筧を含む一般人3名（発声訓練の経験なし）の声の違いを分析した実験である。7名が同じ詩（長さは約1分）を朗読し、マイク録音した音声周波数解析した。俳優の一人はその劇団の主力俳優である（25年以上のキャリア）。主力俳優は、人間の声領域であるといわれている周波数領域でのパワーピーク値がほぼ同程度にそろっている（図2）のに対し、諏訪は声領域の中の高周波数側でパワーが弱い。筧は比較的主力俳優に近い傾向が見られたが、実は、彼は実験前に俳優陣から「いい声をしていますね」といわれていたのである。

声領域でのパワーが同程度にそろっているという傾向は、良い素振りの傾向と一致している。更に、主力俳優の場合、声領域より高い周波数領域でのパワー減少度合いが綺麗な直線を描いている（図2）。他の3名の俳優は、いずれも主力俳優と一般人の中間的傾向を示していた。

そこで我々は“いい声”の判定仮説として



図1 マイクスタンドとグラフで評価値を可視化

- ・ 第2フォルマント領域（人間の声領域といわれる周波数領域）のパワーの分散が低いこと
- ・ 第3フォルマント領域以上の直線回帰残差が低いこと

を挙げ、図2に観察できるような台形状の折れ線にフィッティングしたときの残差が小さいことをもって“いい声”と判定するアルゴリズムを考案した。2. までに示すとおり、これは少数数実験における主観的判断に基づく仮説である。しかし、バットスイングと人間の声という全く異なる領域の実験が同じ傾向を示唆していることから、本研究はこの作業仮説を基にシステムを構築した。

3.3 システム運用実践

本システムを諏訪が生活の中で使用した。家で iPod 音声に合わせて何曲かの課題曲を歌う実践を半年以上（2010年11月～2011年6月）継続し、発声の身体的メタ認知を行った。歌う場合は5秒ごとに評価値が可視化されるという時定数が最も適切であると感じる。発声に関する自分なりの意図がどう評価されるのかをその都度見ながら、体感を制御するのに適した時間間隔である。

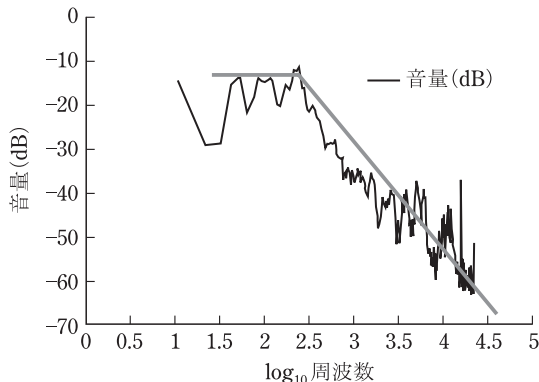


図2 “いい声”の判別基準（台形フィッティング）

しゃべる際には5秒では短過ぎる感覚がある。10秒くらいが望ましい。

運用実践実験時の発声に関する筆者の重要変数（主に入力変数）は以下のとおりである。

- ・ 喉には息を通し続けることを意識し、力を入れずゆるゆるの状態を保つ。
- ・ 口を大きく開けて喉に息を通すことを意識すると、自然に腹から声が出る体感が得られる。
- ・ 口や頬周りの筋肉を柔軟にして形を変えることで「発音」する。
- ・ 息を口蓋に当てて反響させることで高音を出す。当てる位置が前であるほど高音になる。ただし、これは歌う場合には体感を伴って実践できるが、しゃべる際には体感できない。

コブクロという歌手の“蕾”という曲を歌った際の5秒ごとの評価値のグラフを図3に示す。青グラフは2011年2月20日のデータである。正規の音程ではさびの高音を歌えない感覚が明らかにあり、半音下げて歌ったデータである。赤グラフは2011年6月10日の半音下げたケース、緑グラフは同日の正規音程のケースである。（図における記号、0220、0610はそれぞれの日付、1m、2mは各々、午前の時間帯に歌った1回目、2回目のデータであることを意味する。）6月には上記の重要変数の関係性を体感し実践することができるようになっており、正規音程でも“響く声”で歌える感覚を得つつあった。赤グラフと緑グラフを比べると曲全編を通じてほぼ同じ評価値で推移している。半音下げても正規音程でもほぼ同じように歌えるように進化した証である。半音下げたケースの両時期比較では余り差が観察できない。2月に比べて6月には声が出るようになった体感はあるが、歌いやすい半音下げのケースで向上が見られるということはなかった。

システムを使用して感じるのは、5秒ごとに評価値が見える環境の中で歌うことにより、発声における身体の

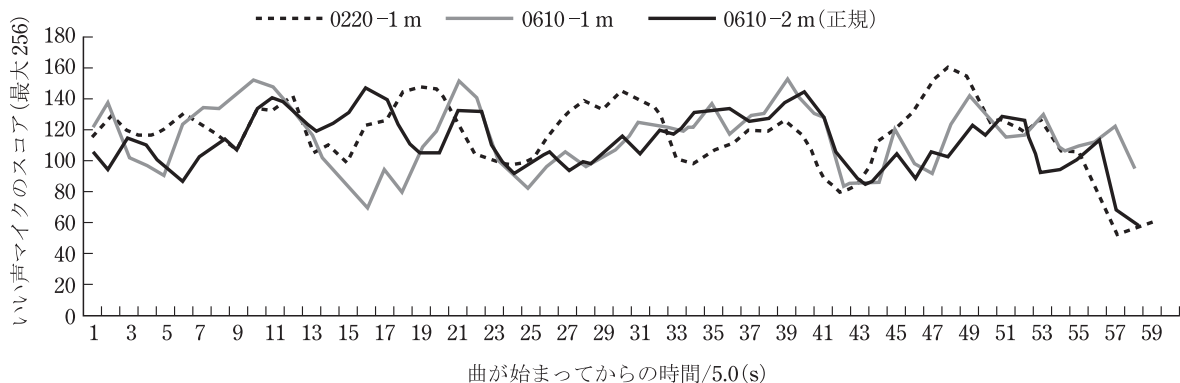


図3 コブクロの“蕾”の評価値

使い方をリアルタイムに意識する時間分解能が詳細になったという点である。高音を出そうとして喉を緊張させたり、肩に力が入ったりすると、明らかに次の瞬間に評価値が下がる。筆者のケースでは、常に身体をリラックスさせて、喉に太い息を通しながら頬の筋肉で発音するという入力意識が響く声を出すことに寄与するのだという確信と体感が、このシステムを使用して芽生えた。

4. 筋電加速度計測に基づく 姿勢フィードバックシステム

姿勢が運動パフォーマンスに影響を及ぼすことは、スポーツ界では常識である。生活動作である歩行においても、姿勢は解剖学的・生理学的負荷に直接関与する。姿勢は、生活の中で、あるいは専門的活動領域の中で重要であるにもかかわらず、自らの姿勢をメタ認知的に顧みることがなかなか難しいことは誰しもが痛切に感じている。そこで筆者らは、筋電位と加速度を同時計測して、姿勢状態を本人にリアルタイムにフィードバックし、姿勢の身体的メタ認知を促すシステムを開発した。本研究は諏訪と仰木との共同研究である。詳細は研究報告書⁽¹⁴⁾に任せ、本稿では概要のみを記す。

4.1 加速度センサと筋電位センサによる同時計測

運動計測によく用いられる光学式モーションキャプチャは、複数カメラのデータを統合して、関節に貼ったマーカの位置推定を行う補完作業が計測後に必要であり、身体の状態をリアルタイムでフィードバックする用途には向いていない。これに対して、加速度センサをはじめとする慣性センサは、無線計測によってリアルタイ

ムにデータ取得が可能である。

本研究では加速度センサを使用する。身体に貼り付けた加速度センサには重力加速度が常に観測され、それは姿勢の変化に応じて、加速度計のXYZの3軸成分の変化として現れる。本システムは、その変化具合から姿勢が推定できるという思想に基づくものである。スポーツのような激しい運動は伴わない生活行為（例えば、座ってコンピュータに向かう、ゆっくり歩く）では、姿勢変化が加速度計の値に影響を与える最大ファクタであるという仮説に基づくシステムである。

予備実験の結果、加速度センサを貼り付ける位置は、僧帽筋と三角筋後部の交差する肩の平らな部分が適切であるという結論を得た。そこは姿勢変化に伴い、地軸に対する傾きが大きく変わる。

直立姿勢の維持に関わる筋肉に、脊柱に沿って走る脊柱起立筋がある。医療行為ではない人間工学、スポーツ科学分野では、皮膚表面に表出される5 mV程度の表面筋電位を計測し、筋の活性度を観測する。本研究では、脊柱起立筋（L5/L6付近の脊柱起立筋の左右膨隆部）の活性度と、肩に貼り付けた加速度センサの重力加速度の分配成分信号を同時に計測する。

4.2 無線筋電加速度センサによる姿勢可視化システム

筋電図観測と加速度観測を可能にする装置は、以下の仕様を満たすものとした。

- ・ 筋電図は2 ch 計測できることとし、それぞれ1 kHz以上のサンプリング周波数とする。
- ・ 筋電電極は雑音軽減のため、アクティブ電極とす



図4 筋電加速度計測システム

る。

- ・ 加速度は3軸成分を測れるものとし、サンプリング周波数は可変とする。
- ・ 無線到達距離は、大学の講義室を想定して、30 m 程度は確実に網羅すること。
- ・ 計測装置自体は、小形で人の運動行為を妨げない大きさと形であること。
- ・ 無線計測と同時に運動状態を把握するため、映像撮影を同時に実現するアプリケーションとする。

以上の条件を満たす装置の開発を行った（以降これを「無線筋電加速度センサ」と呼ぶことにする）。

無線筋電加速度センサのハードウェアは(株)ロジカルプロダクトに依頼し開発した。アクティブ電極は(有)追坂電子機器による開発である。映像の同時計測を行うアプリケーションの開発は(有)CAP が担当した。図4は計測システム全体像（左上）、PC にUSB 接続されたセンサ親機、（右上）、筋電加速度センサ子機（左下）、筋電電極（2 個まで同時計測可能）（右下）を示す。

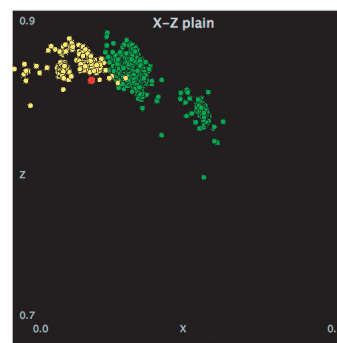
無線筋電加速度センサから計測データがリアルタイムで無線転送され、親機を経由してPC 内のアプリケーションにデータが蓄積される。アプリケーションではリアルタイムに計測値をグラフ化するとともに、そのままポート番号 10380 にて TCP/IP で送出する。したがって、計測 PC の IP アドレスとポート番号を指定することで、TCP/IP の通信によって他のいかなるアプリケーションからも観測データを取得することが可能である。本システムでは Processing 言語によって、加速度データからリアルタイムに姿勢状態を視覚化する別アプリケーションも制作した。

4.3 システム使用のケーススタディ

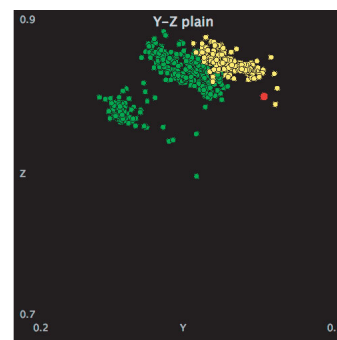
生活の中で本システムにより姿勢判別ができるかどうかを、椅子に座ってコンピュータタイプ/ブラウズする、家の中で歩く、という二つのシチュエーションで検証した。被験者は諏訪である。生成される加速度データ (200 Hz) を Processing プログラムで受信して、加速度計の xyz 成分に乘る値の比率をリアルタイムに領域表示した。

図5はコンピュータに向かって座っている際に、「本人が良い姿勢だと思っているケース」と「悪い姿勢だと思っているケース」で、 xyz 成分の領域表示をしたものである。左が $x-z$ 平面、右が $y-z$ 平面である。良い姿勢（緑色のプロット群）と悪い姿勢（黄色）は領域が分別できている。赤いプロットが現在進行形の姿勢であり、それがどちらの領域にあるのかは一目瞭然である。図6は歩行時であり、これも領域が分別できている。

つまり加速度計測の成分を領域表示するだけで、姿勢に関する被験者の意図は、姿勢が良い場合と悪い場合で

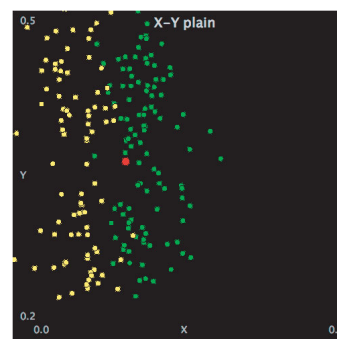


(a) $x-z$ 平面

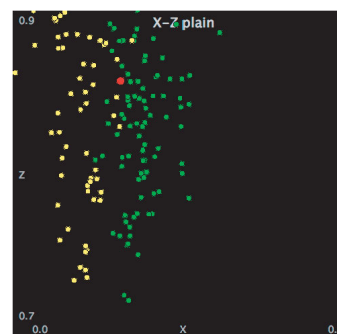


(b) $y-z$ 平面

図5 コンピュータタイプ時の姿勢判別 緑：良い姿勢，黄：悪い姿勢。



(a) $x-y$ 平面



(b) $x-z$ 平面

図6 歩行時の姿勢判別 緑：良い姿勢，黄：悪い姿勢。

領域分別でできることが判明した。無線加速度計の重力加速度成分を簡易計測するだけで、本人が「良い姿勢」と思う領域、「悪い姿勢」と思う領域と、現在の姿勢がリアルタイムに比較できる。本稿で紹介した Processing アプリケーションの仕様を変更することによって、例えば姿勢が悪くなったら部屋の照明の色を変えたり音を出したりして、警告するシステムも構築可能である。姿勢の良し悪しがリアルタイムにフィードバックされるシステムを運用しながら生活することによって、ユーザの姿勢に関する身体的メタ認知は促される。

本稿執筆中の現在、生活の中での運用実践を遂行中である。姿勢に関する身体的メタ認知を遂行すると、ユーザが思う良い姿勢と悪い姿勢の領域自体も変化を遂げる可能性は大きい。それらの領域がどのように変化するかもライフスキルの学習において重要なデータになると考えられる。

4.4 筋電位計測値とユーザの姿勢意識の関係

姿勢の良し悪しが脊柱起立筋の筋電位にどのような傾向をもたらすかをコンピュータタイプ時と歩行時で分析した。結果を表1に示す。座っている際（タイプ/ブラウズ）には、姿勢の良し悪しは筋電位の標準偏差に現れることが判明した（筋電値の平均は姿勢が良いときも悪いときも変わらない）。姿勢が悪いときに標準偏差が大きくなる。つまり、姿勢が悪いと脊柱起立筋に負担をかける度合いが時に極端に高くなることを示している。脊柱起立筋が果たす役割から考えて、この傾向は至極妥当である。これは、被験者が思う「良い姿勢」「悪い姿勢」はそれほど間違っていないことを検証するデータでもある。歩行時には、運動に伴う筋活動に隠れてその効果が見えなくなっていると考えられる。

以上のことから、座っているときの脊柱起立筋の筋電位を計測することは、加速度データを補完する意味で姿勢判別に使えるようである。ただし、筋電位センサを身体に貼り付ける作業は、加速度センサを肩に貼り付けるのに比べて、非常に煩雑な作業である。生活で常に筋電位センサを使用することは現実的ではない。あくまでもユーザが思う「良い姿勢」「悪い姿勢」と現在進行形の姿勢の比較をフィードバックするシステムである以上、それが本当に良い姿勢か悪い姿勢かをチェックする意味で、筋電位センサを時々使用するのがよい。

表1 筋電計測値と姿勢の関係

	タイプ/ブラウズ テスト1 平均値（標準偏差）	タイプ/ブラウズ テスト2 平均値（標準偏差）	歩行 平均値 （標準偏差）
良い姿勢	194.6 (43.5)	196.7 (54.8)	1,889.5 (1,018.6)
悪い姿勢	181.2 (102.5)	212.7 (128.1)	2,682.9 (1,044.5)

5. 議 論

5.1 身体を考えさせるための支援パラダイム

本稿で挙げたフィードバックシステムは、生活者に主体的に“身体を考えさせる”という思想に基づくものである。“身体を考える”ことの基本は、身体や環境に偏在する様々な変数に意識を当て、その関係性を身体で実践しながら考えることである。二つのフィードバックシステムに共通する支援パラダイムは、学習者が身体への意識を能動的に変えたときに身体状態がどう変わるのかをリアルタイムに可視化して見せることである。ライフスキルの学習が身体と意識の共創プロセスの継続で達成されるとすると、身体や環境への意識変化と身体状態の変化の対応関係を生活者本人が意識できる支援が必要なのである。

更なる共通点は、フィードバックシステムが提供する情報が、学習者にとって必ずしも詳細で親切な情報提供ではない点が挙げられる。逆説的に聞こえるが、「親切ではない」からこそ、主体的に考えるというメタ認知を促すのである。“いい声”マイクシステムは、“響いている声”かどうかの結果しか提示しない。「学習者が発声時の身体への意識を注入しリアルタイムに判定結果が出る」というサイクルの時定数を、学習者の意識サイクルの速さに応じてうまく調節すれば、本人に身体を考えさせる（どのような意識を注入して発声すると響く声が出るのかを模索する）ことができる。ヒントは何も与えてくれないが、半年に及ぶ使用感是不思議に悪くない。

姿勢可視化システムでは、日常的には本当に「良い姿勢」であるかどうかの情報すら提示しない。提示されるのは、現在の身体の状態が本人が思う「良い姿勢」の領域にあるかどうかの判別結果のみである。時々定期的に筋電位センサも併用すれば、本人が思う「良い姿勢」が正しそうであるかどうかの推定はできる。このシステムも姿勢に関する意識注入と、それに伴う身体状態の変化の対応付けを学習者本人が見ることによって、日常レベルで簡易的に姿勢に関する意識変革をもたらす。

5.2 身体を考える生活に対象分野の壁はない

本稿で紹介したライフスキル学習支援システムは、一見、それぞれ全く異種のシステムであるように見受けられるかもしれないが、そうではない。更にいえば、生活者の呼吸と姿勢に関するスキルは、スポーツにおける身体スキルとも無縁ではない。スポーツの身体スキルで最も重要なことの一つに脱力が挙げられる。脱力して地に足が着いた状態で立つには呼吸は吐いている状態でなければならないことは、身体に関するほとんど全ての書物で論じられている（例えば、野口体操に関する書物⁽¹⁵⁾）。“いい声マイク”が扱う発声においても、吐く息に声を乗せ、口腔内あるいは身体全体で響かせることが重要で

ある。姿勢が良くないと、身体部位のどこかの筋に緊張が走り、身体で声を響かせることはできない。スポーツ時であろうが、日常生活であろうが、姿勢良く立つ／座ることにおいて重要な変数はほぼ共通なのである。

したがって、スポーツをしているときに“身体を考える”ことは、日常生活において“身体を考える”ことを誘発し、そのまた逆の現象も生じる。剣道のスキルの獲得を目指し身体的メタ認知を継続した剣道家が語ることが、途中からものはや剣道スキルの域を超え、“生きること”という日常レベルの身体の御し方に到達した事例⁽¹²⁾も、“身体を考える生活”に本来、対象分野相互の壁はないことを示唆している。身体と意識の共創プロセスとして、一つの身体で成り立っているのであるから、当然のことである。知の身体性とはまさにこのことを指す。

6. 結 論

身体知の学習は身体と意識の共創プロセスにより達成される。その様態を捉えるためには、学習者の意識のデータを内部観測的に取得するとともに、その観測行為が身体に影響を与える様をダイナミックに捉えるための外部観測を行い、身体と意識のデータの相関を構成的に探究する必要がある。情報技術システムによる学習プロセスの支援も、学習者の身体と意識に変化を促す環境の内にあると考えられる。支援システムに必要なパラダイムは、学習者が身体への意識を能動的に変えたときに身体の状態がどう変わるのかをリアルタイムに（若しくは事後にできるだけ早く）可視化して見せるということである。身体や環境への意識の変化と身体の状態の変化がどのように対応するのかを学習者本人が陽に意識できるような支援こそ、学習者本人の身体的メタ認知を活性化し、学習を加速する。あくまでも本人に主体的に“身体を考えさせる”ための支援である。

文 献

- (1) A. Newell and H.A. Simon, Human Problem Solving, Prentice Hall, 1972.
- (2) J. McCarthy and P.J. Hayes, “Some philosophical problems from the standpoint of artificial intelligence,” Mach. Intell., vol. 4, pp. 463-502, 1969.
- (3) R. Pfeifer and J. Bongard, 細田 耕, 石黒章夫(訳), 知能の原理—身体性に基づく構成論的アプローチ—, 共立出版, 東京, 2010.
- (4) W.J. Clancey, Situated Cognition: On Human Knowledge and Computer Representations, Cambridge University Press, Cambridge, 1997.
- (5) 中村雄二郎, 臨床の知とは何か, 岩波新書, 岩波書店, 東京, 1992.
- (6) 中島秀之, “構成的情報学と AI,” 人工知能学会論文誌, vol. 21, no. 6, pp. 502-513, 2006.
- (7) H. Nakashima, M. Suwa, and H. Fujii, “Endo-system view as a method for constructive science,” Proc. of the 5th International Conference on

Cognitive Science (ICCS2006), pp. 63-71, 2006.

- (8) 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,” 人工知能誌, vol. 20, no. 5, pp. 525-532, 2005.
- (9) 諏訪正樹, “身体性としてのシンボル創発,” 計測制御, vol. 48, no. 1, pp. 76-82, 2009.
- (10) 諏訪正樹, 赤石智哉, “身体スキル探究というデザインの術,” 認知科学, vol. 17, no. 3, pp. 417-429, 2010.
- (11) 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, no. 2D1-6, (CD-ROM), 2006.
- (12) 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, no. 1H3-6 (CD-ROM), 2007.
- (13) 矢島佳澄, 寛 康明, 諏訪正樹, “発声のメタ認知促進システム“いい声マイク”の提案,” インタラクシオン 2011, CD-ROM, 2011.
- (14) 諏訪正樹, 仰木裕嗣, “身体的感性に応じたデザインの基盤技術としてのメタ認知方法論の探究—一言語化による身体知開拓の学習支援—,” (財)日産科学振興財団特別研究課題最終報告書, 2011.
- (15) 野口三千三, 原初生命体としての人間—野口体操の理論, 岩波書店, 東京, 2003.

(平成23年12月13日受付 平成24年1月29日最終受付)



すわ まさき
諏訪 正樹

1984 東大・工・原子力卒, 1989 同大学院博士課程了(工博), 同年日立製作所基礎研究所入社, 1994~1996 スタンフォード大にて客員研究員, 1997 シドニー大・建築デザイン・主任研究員, 2000 中京大・情報科学・助教授, 2004 同教授, 2008 慶大・環境情報・教授, 身体と言葉の共創現象を科学する方法論としてのメタ認知に注目し, 身体スキル学習, 感性開拓手法, コミュニケーション場のデザイン, コミュニティ形成の研究に従事。



ひろなか かずまさ
寛 康明

2007 東大大学院学際情報学府博士課程了, 科学技術振興機構さがけ研究員を経て, 2008 慶大・環境情報・専任講師, 2011 から同学部准教授, 現在に至る。光学, センサ, ディスプレイ技術を用いて, もの・身体・記号の関係や, 人と人との関係性を操るインタラクティブメディアのデザイン及びメディアアートに関する研究に従事。博士(学際情報学)。



やじま よしか
矢島 佳澄

2008 慶大・環境情報・入学, 現在在学中, 発声支援や, おにぎり成型支援など日常の身体スキルの獲得を促すインタラクティブメディアの研究に従事。



おき ゆうじ
仰木 裕嗣

1990 筑波大・体育専門学群卒, 1992 同大学院体育研究科修士課程了(体育学修士), 1997 同大学院体育科学研究科博士課程単位取得退学, 同年, 個人事業 SPINOUT を設立, 代表就任, 1999 慶大・環境情報・嘱託助手, 同専任講師を経て, 現在, 同大学院政策・メディア研究科准教授, 豪グリフィス大・工・無線計測応用研究所・客員准教授, スポーツをはじめとする人の身体運動の計測・解析方法の開発に従事。博士(政策・メディア)。