

研究成果報告書：
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
－ 言語化による身体知開拓の学習支援 －

研究代表者：慶應義塾大学環境情報学部・教授

諏訪正樹

研究分担者：慶應義塾大学政策・メディア研究科・准教授

仰木裕嗣

1. 目標：「身体を考える生活」の提言と普及基盤の確立

本研究が目指したゴール、及びその研究の未来像をまず簡潔に述べる。「身体的感性に応じたデザイン」という社会消費変革を伴うような文言がタイトルに含まれているが、それは未来像である。本研究が3年間で目指した目標は「身体を考える生活」の提言と普及基盤の確立である。(1)その主要方法論として“メタ認知的言語化”の方法論を探究し、(2)生活でメタ認知的言語化を普及させる手法やシステムをデザインすることを2つの柱として設定した。

「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）を操ることからなり、各要素が相互連携をもちながら自らの認知プロセスを成り立たせることを意味する。あらゆる認知行為は、身体と意識が相互連携することを自分で意識することに基づいて成立する（図1）。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（身体的メタ認知[1]）必要がある。

2003年頃より研究代表者（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。身体的メタ認知の行為のエッセンスをまとめると、ことばと身体の共促進サイクルであると言っても過言ではない。図2に示すように、からだは環境とインタラクション（行為）をしながら様々な体感（知覚）を得ている。身体が現在進行形で何を為しているかを敢えて意識的に語ろうとしなければ、多くのことは時間の経過とともにそのまま流れて消えてしまう。すべてをことばにすることは不可能であるが、(1)身体が現在進行形に為していること（体感や行為）をことばにすると、(2)ことばがことばを生むという現象が生じる。我々はことばを使って考える生き物であるから、連想や推論により、最初言葉にする前には気づかなかった新しいことばの視点を獲得するのである。すると、(3)その新しいことばの観点で自分のからだを見直すことが可能になる。すると身体が為す行為や体感も進化する。更にことばに出来る事柄も進化する。このように身体とことばが共に影響を与えながら進化するプロセスが身体的メタ認知である[2]。

従来 of 知能に関する研究は身体の研究とことばの研究が分断して行われて来たと言っても過言ではない。旧来の人工知能はことばや思考の研究であった。運動計測/生体計測、スポーツ科学、Dynamic systems理論研究などは身体の研究の代表である。身体が暗黙知性をもつが故に行為や体感を正しく言語化できないことや、意識やことばは客観的に外部観測できないことが障壁となって、身体とことばの研究が分断されて来たことは否めない。しかし人間の身体は両者の相互関係の上に成り立っているという厳然たる事実から目を背けるわけにはいかない。身体的メタ認知におけることばのデータは内部観測的

すべてが相互連携



図1：身体を操ることと意識を操ること

- 体感を「できるだけ」言葉にする
- 言葉は言葉を生む(解釈)
- 身体を見直す

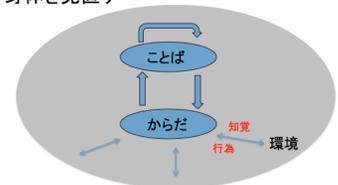


図2：身体とことばの共促進サイクル

データであるとしても、それを扱い、身体との関係性を探究する研究が行われない限り、身体知の探求は進まない[1]。本研究は身体を考える生活の提言と普及を目指す基盤研究であるが、その学問的意義はここにある。

身体を考える生活を提言し世に普及する基盤を築くために、本研究では以下の5つの要素研究を設定した。

1. 身体を考えるプロセスのwhatとhowの探究
2. 身体の計測とフィードバックシステムの開発
3. 言語化／考えることの支援ツールや方法論の開拓
4. 身体と意識の開拓プロセスを伝える方法論の探究
5. コーチング（教えること）の方法論の探究

以下の章では、各要素研究の成果を簡単にまとめる。

2. 身体を考えるプロセスのwhatとhowの探究

身体を考えるプロセスとは何か？がここでの問いである。更に問いをブレイクダウンすると、

- メタ認知をすると何が起こるのか
- メタ認知のプロセスをどう推進させるのか
- 身体を操ることと意識を操ることはどう関連するのか
- 身体を考える生活とはどんなものか

などの問いが立てられる。そのすべてに答えることはできないが、本研究期間中に得られた成果をここにまとめる。

2. 1 研究の方法論

研究代表者の諏訪が、幾つかのドメインにおける身体知を開拓する被験者になるという態勢、つまり研究者兼被験者という方法論で臨んだ。探究ドメインは、野球の打撃に関するスキルを学習すること、生活における基本動作（しゃべることや歌うことにおける発声、呼吸や姿勢の制御）を向上させることである。自らメタ認知的言語化の習慣をつくり、自分の身体と意識に何が起こるかをつぶさに観察しないと、身体を考える生活とは如何なるものかの仮説は生成できないと考えるからである。更に、そのような内部観測的視点に立つことが、身体の生活を送るために必要な支援システムやツールに関する真に生産的なアイデアを得るために必須であると考えたからである。

被験者かつ研究者であることで貯まる日々のデータを分析することは本研究期間中には行わず、身体を考える生活を模索しながら構成する実体験を、2-5の研究要素に関する仮説、洞察、アイデアを得て、更に研究全体の方向性を模索する源泉とすることに主眼を置いた。

2. 2 メタ認知をすると何が起こるか：身体を考えるプロセスのサイクルとは？

この問いに対する答えは、本研究期間前に行った諏訪の研究が雄弁に語ってくれる。ボウリングのスキルに関する学習をメタ認知方法論によって推敲したプロセスに関する研究である[3][4]。メタ認知をすると

- 身体や環境に偏在する様々な変数に気づく
- 変換の関係性にも気づき出す
- ある日突然数多くの変数の関係性に一気に意識が及ぶという出来事が到来し、身体統合モデル（身体が環境の中でどのようにどう振る舞うとよいのかに関する、この時点での本人モデル）が完成する
- 身体統合モデルを身体で実行するための大局的変数を獲得し、パフォーマンスがよくなる
- パフォーマンスがよくなったが故に気づく変数が出現し始める

- 新たに気づき始めた変数を取り込む必要性を切に感じ模索し始めると、身体統合モデルを破壊して再構築しなければならず、パフォーマンスが悪化する
- 再度、変数とその関係性の探究に進む

というサイクルが生じる。身体統合モデルの構築、体现、破壊、再構築というサイクルである。ボウリングやダーツの研究[5]によれば、変数やその関係性を模索するフェーズでは学習者のことばは詳細になり（詳細な身体部位への意識が増え）、身体統合モデルを体现する大局的変数を獲得した後は学習者のことばは大雑把になる（身体の全体性への意識が増す）ことが判明している。更に、何種類の変数間の関係性に気づいているかを分析した研究[5]から、以前よりも多数の変数間の関係性に初めて気づき始めた時期と、パフォーマンスが向上する時期はほぼ一致するという結果も得られている。内部観測的な本人のことばのデータであっても、数ヶ月以上に渡る長期間に書き貯めた大量のことばと、身体のパフォーマンスには有意な相関があるというケーススタディが得られていることが重要である。

2. 3 ことばの分析手法に関する知見の蓄積

内部観測的なデータとしてのメタ認知のことばを時系列に貯めると、長期間の学習における意識変遷が分析可能になる。本研究において蓄積した分析手法を以下に列挙する。

2. 3. 1 詳細度分析

ボウリングの研究[3]で明らかのように、学習者が意識している変数を詳細が大雑把かに分類し、その比率の移り変わりを可視化することは有効である。図3の下の図は詳細な身体部位に対する意識（紫領域）と身体の全体性に対する意識（青領域）の比率の8ヶ月に渡る変遷である。メタ認知を始めると詳細な意識が増加し、或る時期から逆に全体性意識の増加に転換するという現象が2度繰り返されている。それぞれの境目で学習時期を区切ると、パフォーマンスの安定/不安定と相関が見られる（安定/不安定はスコアの平均値と分散値で判定した）。この傾向はダーツの研究[5]でも観察でき、ある程度普遍的な現象ではないかと仮説立てしている。前節で論じたサイクルとも大きな関係がある。この例は身体部位に関する詳細度分析であるが、身体に限らず一般的に適用可能な分析手法であろう。どの範囲の変数に注目するかに応じて、詳細度/全体性の定義ができれば、分析可能である。

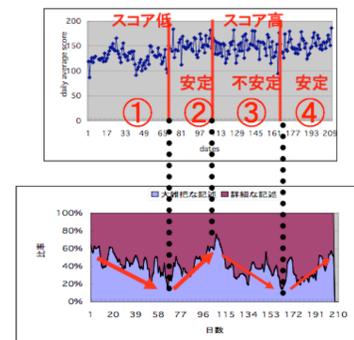


図3：意識の詳細度とパフォーマンスの関係（文献[4]より引用）

2. 3. 2 関係性分析

ダーツの研究で有効性が認められた手法である。学習者が何種類の変数間の関係性に気づいているかを分析し、その関係数（何種類の変数であるかの数）の百分率割合を可視化したものが図4である。多項の関係数が現れる時期（図の中の3つの赤丸）があり、その時期とパフォーマンスの向上の時期が一致しているという結果が得られている。

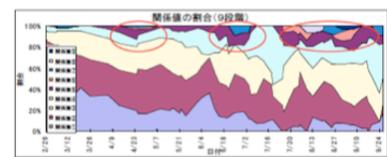


図4：概念間の関係数の割合の変遷
図4：関係数とパフォーマンスの関係（文献[5]より引用）

日々メタ認知的に言語化したことばを残す際に、あわせて、その日留意した変数をリストアップしておくことがとても重要であるという知見が本研究の実践を通じて得られた。後から分析するに比べ、日々、自分のことばを振り返り、変数として整理しておくこと、詳細度分析や関係性分析を気軽に行える環境を整えることになる。また変数を意識することがメタ認知を活性化することにもなる。

2. 3. 3 “引き出しとしての変数”に関する分析

今までに意識したことのない変数に留意することが身体知の学習に必須であることが本研究で得た一つの洞察である。であるとする、どのような時期にどんな新しい変数を獲得し、それがその後本人にとっての“引き出し”（常に留意できる変数）になったかを分析することは重要である。図5は、毎日抽象画などの絵を書き続ける実践実験において、どんな色を使用したかに関する変遷を示した図である。縦軸が色の種類であり、横軸が日にちである。新しい色が使われるたびにその色をプロットする場所が縦軸方向に確保される。その後同じ色が繰り返して“引き出し”として使われた場合には、縦軸の位置は同じまま横軸の該当日の位置にプロットする。グラフ全体の見方は以下の通りである。新たな色が続々と出現している時期は、右斜め上に延びるプロット包絡線が形成される。新たな色が出現しない時は、包絡線がx軸と平行になるか、もしくは窪みが観察される。日付ごとに使用した色の数の変遷をみることもできる。引き出しとして本人にとっての定番になる色は、横軸方向のプロット密度が高くなる。本実践における色は、一般的には変数である。変数への留意の形態の変遷が如実に観察できる分析手法である。

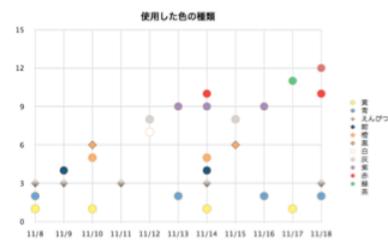


図5：留意した変数群の変遷

2. 4 身体を考えるプロセスに関する知見

本研究を通じて（3章以降に述べる様々な研究実践を通じて）「身体を考える」プロセスに関する洞察が蓄積された。ここにリストアップし、簡単に説明する。

2. 4. 1 体感はすぐ崩れる／失われる

パフォーマンスを行っている際の体感とパフォーマンスの出来不出来の関連性は、身体知学習の被験者であれば誰もが感じる点である。パフォーマンスの好調時の体感は、好調な時は身体に染み付いていると学習者は感じる。しかしそこに罅がある。体感はずぐ崩れやすい。体感を保っているつもりであっても、いつの間にかそれがずれている／失われていることはしばしばであることを本研究を通じて体験した。

したがって、体感をことばで表現しておくことは非常に重要である。もちろん暗黙知性が強いいため完全に正しく体感を言語化することはできない。しかし変数のリストアップ等を通じて整理された形で言語化をしておくことにより、後からそれを頼りに体感を再構成することは可能である。これは1章で述べた言語化の効用（ことばにすることが体感を進化させる）とは別のもうひとつの効用である。過去のからだの状態をヒントに現在のからだを再構成するための有力な手がかりになるという効用である。

2. 4. 2 メタ認知をするとアンテナが及ぶ範囲が増す

1章で述べたように、言語が言語を生むサイクルを積極的に駆使するからこそ、そこで生まれたことばの観点から身体を見直すことが可能になり、新たな体感や変数への気づきが生まれやすくなる。環境には様々な変数が内在している。新たな環境変数と自分の身体の関係性に気付くことが学習そのものである。この考え方は生態的心理学のギブソニアン達の考え方も相性が良い[6]。つまり、身体知の学習において積極的にことばを駆使するからこそ、変数を獲得するアンテナ力が養われるのである。人間には認知限界がある。身体はほとんど無数の情報に囲まれているが、我々人間が留意できる変数群はそのほんの一部である。その道のプロと素人の違いは、留意できる領域の境界がどこにあるかにある。積極的なメタ認知はそれまで認知限界の外側であった領域を内側にする。

2. 4. 3 身体と環境の界面／接面に留意して変数を探索するのがよい

身体は環境のなかに存立している。身体のみを意識して、そのなかに変数を探そうとするのではなく、身体と環境の関係性を留意する方がいい。例えば、立つということや姿勢を意識する際には、身体が地面と接している面、つまり足の裏を意

識することは必須であろう。どんな地面か、足の裏はそれをどう捉えているか、その捉え方の違いが姿勢とどんな関係にあるかなどを考えてみるのがよい。道具を使っているのであれば、その接地面は手のひらや指である。指や手のひらでどう操作し、どんな触り心地で、自分の指や手のひらにどんな力を使っているかを意識するのがよい。界面/接面を意識できれば、その両側にバリエーション豊かな変数を見つけることができる。それは2. 4. 2節で書いた認知限界の拡大に繋がる。

2. 4. 4 入力変数と出力変数を区別する

身体がよいパフォーマンスを達成できているとき、身体部位の様々な変数は、環境の変数とある一定の関係を為しているはずである。例えばバットの素振りでもいいスウィングをしているときには、ピッチャー側の腰や膝が開くことはない。だからといって、腰や膝が開いていいスウィングが出来ていない人に、膝や腰の開きという変数を意識せよと言うことは必ずしも得策ではない。ピッチャー側の腰や膝が開くことがないという事実は、結果としてそうなっている（出力変数）かもしれないからである。何に意識して素振りをすれば腰や膝が開くことがないのかを考えることが学習者にとっては重要である。学習者が注意を入力する変数を入力変数と呼ぼう。異なる学習者は入力変数が異なるはずである。一人一人固有の身体を有している（身体固有性の問題）ことが原因である。ある学習者は膝や腰の開きが入力変数かもしれない。したがって、学習者にとっては、自分の入力変数は何かを模索することが必須である。

例えば研究代表者の諏訪にとって、球を呼び込んでインパクトを迎えることを意識すると、ほぼ詰まって強いインパクトを生み出すことはできない。球を呼び込もうとすると、重心が後ろ（キャッチャー側）に残ってしまい、左足（諏訪は右打者なので、左足はピッチャー側の足）への踏み込みが不十分になるのである。それよりも重心がピッチャー側に大きく移動してもよいから、左足へきちんと踏み込むことに留意した方が、結果的に球を呼び込むことにつながり、強いインパクトを生み出すことができる。つまり、呼び込む意識は諏訪にとって入力変数ではなく、出力変数であった。

それは他者（例えばコーチ）から教わることができない可能性も大きい。コーチの入力変数と学習者の入力変数が異なっている場合は、そうなることも多々あるだろう。後に述べるコーチングの方法論にも関係するが、学習者もコーチもともに、入力変数と出力変数の区別を明確に意識して事にあたるべきであろう。

更に誤解がないように付け加えれば、身体的メタ認知という認知手法は、個人で学習を行うself learningを強く意識したものではない。我々人間は人に囲まれて生きている。自分の入力変数を模索するためには様々な変数の存在に気づく必要がある。自分独自で気づく場合もあるが、他者のアドバイスや振舞いの中に変数を見出すことも多い。換言すれば、他者から如何に変数を盗み出すかが重要である。自分の入力変数は自分の身体や意識の固有性に基づくが故に固有であると主張するだけであって、身体を考える生活はself learningの勧めでは決していない。

2. 4. 5 変数間の関係性を見つけるための支援が必要

身体知の学習プロセスにおいて変数間の関係性の模索が最重要であることは既に述べた。しかし、認知限界の問題もあって、ややもすると狭い範囲の変数にしか意識が及ばず、同じことを堂々巡りのように考えることに陥りがちである。様々な変数間の関係性を模索できるツールやシステムの開発が必須である。

2. 4. 6 身体を考えるプロセスは常に新たな問いを生む行為である

新しい変数や変数間の関係性を見つけると、それは新しい問題意識や目標を生むチャンスである。設定した目標を達成すればそれで終わりではなく、常に目標をバージョンアップしながら新しく問い続けることが身体を考えるプロセスの本質である。

2. 4. 7 問い続けると自分らしさを得ることにつながる

問題意識は意識だけの問題ではなく、身体と意識の関係性に関する問いである。身体は固有性を有するため、それを基盤として生まれる問題意識は当然「自分性」を含むものになる。身体を考えると、自分の身体の固有性を知り、意識の固有性を知り、その関係性を知ることであり、それは自分らしさの探究でもある。球を呼び込むことよりも、球に向かって踏み込むことの方がよいスイングを生み出すという諏訪の身体に生じた現象は、諏訪の身体の固有性だけではなく、性格や精神構造にも関係するはずである。

自分らしさを追い求めるという意図は、身体を考えるプロセスには必要はない。自分の“この身体”が環境とインタラクションする「(自分の身体にとっての)正しいあり方・姿」を追い求めれば、自ずと自分らしさは生まれるものである。

2. 4. 8 「身体を考える」とはどういう行為か

上記の知見を総合して、「身体を考える」とは如何なる行為かをまとめる。身体を考えると、

- 自分の身体と環境がどのようにインタラクトするのかに意識を当て、
- 身体と環境の中に変数を発見し、
- その関係性を見出し、
- それらの注目変数や関係性が自分の身体や意識にとってどのような意味があるのかを考える事を通じ、
- 身体と意識をデザインすることである。
- ルーチンを黙々とこなすだけでは身体知の進化は望めない。現状維持が関の山である。
- 身体に新しい感覚を発見し、
- 発散的な言語化を行うことを通じて、身体の新しい感覚を吟味、模索し、
- 次なるルーチンへと育てる
- という繰り返しこそ、身体を考えることである。
- 特定分野のスキルを探究していても、それはいつしか生きることのスキルの探究を行うことになる。例えば、野球の打撃スキルの探究は、脱力すること、重心を下げること、筋肉や骨を制御することを通じて、呼吸を制御すること、姿勢を制御すること、体重の反力を感じながらきちんと地面に立つこと、身体で観ることなどの意識につながる。それはもはや野球のスキルを越え、生きることに関するスキルの探究である。

3. 身体の計測とフィードバックシステムの開発

3. 1 身体を考えることを促すフォーム可視化システムMotionPrism

詳細は発表論文[7][8][9]に任せ、本稿では概要だけを記す。MotionPrismは、モーションキャプチャシステムのデータを用いて身体運動を姿勢の類似度に基づいて分節化し、色で可視化するソフトウェアツールである(図6)。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シンボル化し、その意味解釈に取り組みせることで、身体的メタ認知を促すことにある。

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と色による可視化
- 計測時に撮影された1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中の各マーカーの位置・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

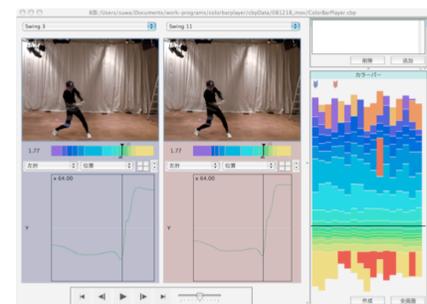


図6：フォーム可視化システムMotionPrism

様々な機能のなかでも、学習者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色によ

る可視化である。可視化されたものをカラーバーと呼称する。カラーバーは、身体運動中の行為者の姿勢の変化を MotionPrism が姿勢の類似度に基づいて生成するシンボルである。従来のスポーツ科学などの研究領域において実施される運動計測は、身体運動という現象を可能な限り詳細に分析し、身体各部の振舞いを数値データ等として表すことに主眼がおかれている。つまり、計測の結果は最初からいわば“ことば”として扱われる。これに対して、MotionPrism は運動計測によって獲得したデータを敢えておおまかに分析した状態にとどめ、シンボルとして機能させることを意図している。MotionPrism が分節化する身体運動は、本来連続的なものであり、「どこで区切れればよい」という正解は存在しない。したがって、カラーバーとして表現される分節化の結果は、何通りも考えられる身体運動の解釈のうちの 1 つにすぎない。この MotionPrism による解釈は、ユーザが自身の運動に対して抱くイメージ、あるいはことば化することと必ずしも完全に一致しない。このユーザと MotionPrism の解釈のずれが身体的メタ認知を促進するために重要な役割を果たす。ユーザはそれまでメタ認知的思考の対象としなかった領域に意識を向ける機会を得る。その結果、意識の変化によってユーザは新たな体感を得て、新たなイメージやことばを得るのである。

このシステムを実際使用し、2008年の野球シーズン中に諏訪はフォームの改造を試みた。図7に示すように、7月までの平均打率は1割にも満たない状態であった。長年慣れて来たフォームであるが故に、6月の実験でのカラーバーでは綺麗な横縞を示し、フォームが安定していることを示している。フォーム改造中の7月の実験では、ちょうどボックススウィングにあたる時間帯でのカラーバーの色が素振りごとの異なるという不安定さを示している。フォームの改造にもなつて、みぞおちを制御しながらボックススウィングから左足への踏み込みまでを推敲するという大局的変数を手に入れた。結果として打撃スキルは大幅に向上し、平均打率が大きく跳ね上がっている。新しいフォームが安定した8月に実験した際のカラーバーは再度綺麗な横縞を示している。綺麗な横縞ではあるが、その微妙な色の違いの中に、ボックススウィングにおける矯めに関する新しい変数を見出すことができ、新しい打撃スキルを定着させることができた。その後3ヶ月間の高い打率がその証である。

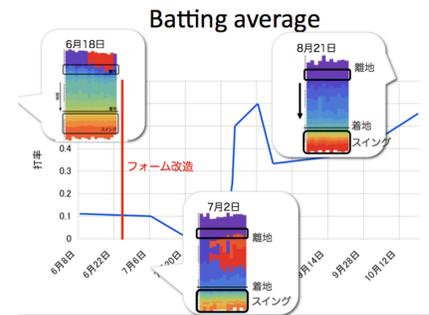


図7：打率の変遷とカラーバー

3. 2 発声のメタ認知を促す“いい声マイク”システム

発声という暗黙的な要素の濃い身体スキルを向上させるために、学習者のメタ認知を活性化させる支援システム“いい声マイク”を制作した[10].

“いい声”とは「音がしっかりと発せられ、音響として響く」声であると解釈している。いい声かどうかの判別基準を仮説立てし、本システムはユーザの声をリアルタイムに評価し、マイク台の光の色とモニター上のグラフで可視化する(図8)。「これこれこのように発声せよ」というアドバイスを行うものではない。発声に際して呼吸や身体の使い方、姿勢などをユーザが試行錯誤し、その結果としての評価値をリアルタイム(5-10秒間隔)にみることで、発声にまつわるメタ認知を自発的に活性化させる。それはスキル向上を支援することになる。



図8：マイクスタンドとグラフで評価値を可視化

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、野球におけるバットの素振り音に関する実験である。は重要な練習である。“音が低くて鋭い”ことがよ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よ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)も同時に“音のよさ”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。驚くべきことに、最もよいと判定された素振りと、最も悪いと判定された素振りは、両者で完全に一致した。最もよい素振り、悪い素振りの音の周波数分析から、その差異は低周波数のパワーにあることが判明した。よ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2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い。

第二は、ある劇団の舞台俳優4名と諏訪を含む一般人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名が同じ詩を朗読し（長さは約1分）、マイク録音した音声を周波数解析した。俳優のひとりはその劇団の主力俳優であり、25年以上のキャリアである。主力俳優は、人間の声領域であると言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揃っている（図9）のに対し、諏訪は声領域中の高周波数側でパワーが弱い。一般人のひとは比較的主力俳優に近い傾向がみられるが、実は、第2著者は実験前に俳優陣から「いい声してますね」と言われていた。声領域でのパワーが同程度に揃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。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”の判定基準の仮説として、(1)第1, 第2 フォルマント領域（人間の声領域と言われる周波数領域）のパワーの分散が低いこと、(2)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た。図9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。前節までに示す通り、これは少人数実験における主観的判断に基づく仮説である。しかし、バットスウィ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構築を開始した。

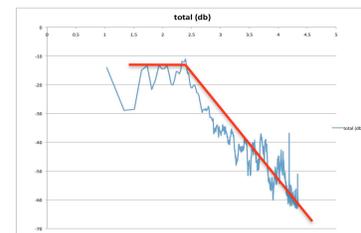


図9：“いい声”の判別基準（台形フィッティング）

本システムを諏訪が生活のなかで使用した。家でiPod音声に合わせて何曲かの課題曲を歌う実践を数ヶ月継続し、発声のメタ認知を行った。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は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。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。現時点での発声に関する重要変数の関係性は以下の通りである。

- 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、現時点でしゃべる際には体感できない。

コブクロの蕾をいう曲を歌った際の5秒ごとの評価値のグラフを図10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。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あま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。



図10：コブクロ“蕾”の評価値

3. 3 筋電加速度計測に基づく姿勢簡易判定システム

姿勢の善し悪しが運動パフォーマンスに影響を及ぼすことは、スポーツの世界ではよく知られることである。ゴルフや野球のスイングなどにおいては、打撃前の姿勢には多くの注意点が挙げられる。ヒトの基本的動作である歩行においても、姿

勢の善し悪しが解剖学的・生理学的負荷として注意されるだけでなく、足部の障害を引き起したりする可能性も示唆されている。このようにヒトの姿勢は、生活のなかで、あるいは専門的活動領域のなかで、高い関心を持たれることであるが、日常生活の中で自らの姿勢を顧みることが、気をつけていてもなかなか実践出来ないということは誰しもが感じている。

そこで我々は、筋電位と加速度を同時計測するシステムを開発し、姿勢判定に利用した。ヒトの運動を観察する代表的な方法のひとつとして、映像解析法やその延長である光学式モーションキャプチャが挙げられる。運動の観測後には関節マーカーの読み取り、あるいは読み取れなかったマーカーの補間などの事後作業が発生するために、運動の様子をリアルタイムで運動者に対して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近年急速に発展し、無線計測によってリアルタイムでデータを得ることが可能である。本研究では、加速度センサを使用した。運動するヒトに装着した加速度センサは、まさにヒトの運動状態を示すわけであるが、加速度センサの性質から重力加速度も常に観測される。したがって、加速度センサの傾き、すなわち「姿勢」によって定まる重力成分がXYZの3軸加速度センサのそれぞれの軸に表れる。

日常生活におけるヒトの姿勢については、我々の研究と同様に加速度センサを用いた運動計測が過去にも行われている。本井らは、加速度センサとジャイロセンサを同時に複数箇所身体に装着することで、ヒトの生活行動を観察している。代表的なヒトの姿勢変化、例えば、仰臥位、座位、立位、起き上がり動作、などを加速度センサの信号から推定している。さらに歩行時を割り出し、大腿部装着のジャイロセンサからの信号によって歩行速度を推定している[11]。高齢者が今後増え続ける社会において、独居高齢者の見守り介護の重要性が叫ばれているが、こうした独居高齢者の日常生活を常時モニタリングすることが求められている。特に自宅内での転倒事故は骨折をひき起こす可能性を有しているが、転倒による骨折は脳卒中、老衰などとともに寝たきりになってしまう原因のひとつである。転倒したことを早期に検知し、通報することは生命の危機に関わる重大事でもあるために研究対象として精力的に進められている[12]。田村によれば、加速度センサの応用として、いつ倒れたかだけでなく、どのように倒れたのかまでが明らかになれば転倒の防止につながるとしている。同様に、吉村らは、傾斜センサによって重力加速度の検出によって体幹が60度以上傾くことが1.5秒以上続いたら転倒とみなし警報を発するシステムを提案している[13]。こうした応用事例は、連続して常に日常をモニタリングすることが期待されているが、単にモニタリングするだけではなく、時々刻々の変化をフィードバックする研究も過去には行われてきた。大内、土井が提案する Activity Analyzer[14]は、日常生活で記録される加速度の変化と、音によって日常生活の行動認識を行う物である。加速度による動作状態の把握には安静、座位作業、歩行が挙げられている。音による行動パターンの識別対象の例としては、歯磨き、ドライヤーの使用、トイレ、掃除機かけ、皿洗い、などが分類対象としてあげられている。これらの行動パターンは加速度センサと音響マイクロフォンによって記録され、リアルタイムであればBluetoothによる無線で、オフラインであればSDカードに記録されたデータが解析に用いられる。10秒間のデータを用いた解析を加速度のみ、音響データのみ、の二通りで実施しているが、分類のための手法にはサポートベクターマシンが用いられ、加速度のみによる行動識別の方が高精度であることを述べている。

ヒトの姿勢を決めるのは、当然のことながら筋骨格系の物理的な構造と筋の働きに由来する。特に直立姿勢を維持するのは、体幹における脊柱起立筋とされる。1mにも及ぶこの筋は、脊柱に沿って走るが直立時や歩行時には、姿勢維持のためにこの脊柱起立筋が常に、あるいは周期的に活動する。筋活動の動態は、通常筋電図観測によって明らかになる。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5mV程度の微弱な筋電位を観察することが普通である。これを表面筋電図とよぶが、表面筋電図によって筋活動の様子、すなわち個々の筋が休息しているのか、積極的に活動しているのか、といったことがわかる。この筋活動による姿勢維持と、重力加速度の分配成分として加速度センサによって観測される加速度信号は、言ってみれば原因と結果のような関係にあり、両者の同時観測は姿勢の評価として適当であると我々は考えた。

川上らのグループでは、日常生活行動のモニタリング手法として、加速度センサと筋電センサ、さらには局所的な位置を捕捉するためのロケーションセンサを用いて、子供の遊具における危険箇所の時空間記述を行っている[15]。遊び行動計測

モデルと称されるこのシステムでは、登攀する壁の遊具における危険箇所を筋電の賦活レベルによって識別するベイジアンネットワークモデルが搭載されている。幼児がより筋活動を活発にして登ろうとしている箇所には危険が潜んでいる、という仮説である。同時に加速度センサによっても姿勢変化を捉える試みがなされている。

加速度センサを用いた姿勢計測を概観してみると、主にヒトの行動計測において、危険回避や、転倒防止といった用途が強く意識されてきたことがわかる。また姿勢と筋電の関連は明らかであるとはいえ、これまでの筋電図研究の多くは、筋活動量と本人の努力度や負担といったことを述べていることが多かった。「良い姿勢」がもたらす副次的な効果、発声や運動パフォーマンスといったことへの波及を考えた際に、長時間、運動者に負担を与えることなく、姿勢の検出と姿勢を司る筋活動の検出の同時観測が必要であろうと我々は考えた。

日常生活における姿勢計測と題したこの個別テーマのなかで、まず姿勢計測をリアルタイムでフィードバックするための計測装置の開発を進めた。この計測装置によって、姿勢を司る脊柱起立筋をはじめとする体幹の筋活動と、姿勢そのものともいえる重力加速度の三軸成分の観測することを目的とした。

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2ch 計測出来ることとし、それぞれ 1kHz 以上のサンプリング周波数とする。
- 筋電電極はノイズ軽減のため、アクティブ電極とする。
- 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。
- 研究対象の最初のドメインを教室における授業を想定し、計測持続時間（バッテリー持続時間）は、1 時間半以上とする。
- 無線到達距離は、大学の講義室を想定して、30m 程度は確実に網羅すること。
- 計測装置自体は、小型でヒトの運動行為を妨げない大きさと形であること。
- 計測データは、事後に解析に用いることが可能なテキストデータとして保存が可能であること。
- 計測データは無線でリアルタイム転送すると同時に、子機内部のフラッシュメモリに記録出来ること。
- 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を行った。アクティブ電極については、(有) 追坂電子機器による開発である。(株) ロジカルプロダクト社による、標準アプリケーションでは筋電計測と加速度計測のみしか実現出来ないため、映像の同時計測を行うソフトウェアの開発については(有) CAP が担当した。図 1 1 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。図 1 2 はシステム構成である。



図 1 1 : 筋電加速度計測システム

ソフトウェアとして(有) CAP が担当し開発したアプリケーションは、Apple 社製 Macintosh 上で動作する。対象とする環境は、Mac OS 10.6 (Snow Leopard)である。計測システムはPC と親機が接続され、子機との間は 2.4GHz 帯の無線によって行われる。映像を取得するためのカメラは、Macintosh 自体が認識するものであれば、IEEE1394, USB, 内蔵カメラのいずれでも動作する。無線筋電加速度センサ親機を USB ケーブルで Macintosh とつなぎ、アプリケーション、「EMGVideolP.app」起動し。ファイル保存ダイアログが出てくるので、適当なファイル名を入力して指定する。ファイルには映像/計測信号（筋電2ch, 加速度3ch 分）が記録される。MacBook Pro であれば、標準搭載の Web カメラが選べるが、IEEE1394 ポートにつながったデジタルカメラなども選択が可能。計測終了後には、筋電および加速度データの数値を CSV ファイルとして出力することが可能。なお、計測データはリアルタ

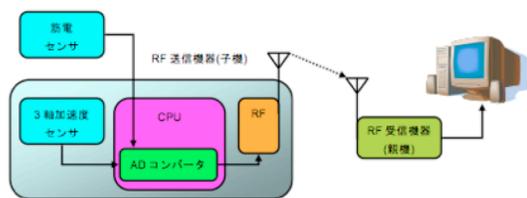


図 1 2 : 筋電加速度計測システム構成

イム観察のために、無線で親機へと転送されるが検証のため、子機上のフラッシュメモリ上に欠落なく保存可能である。

無線筋電加速度センサからは、計測データがリアルタイムで無線転送されるが、親機を経由してPCに蓄積されるデータは、そのままポート番号10380にてTCP/IPで送出される。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されるデータを確認することが可能である。ここでは、ビジュアルプログラミング言語、Processingによって姿勢を示す加速度データを視覚化する別アプリケーションを導入した。

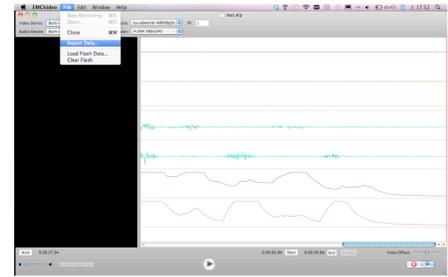


図13：リアルタイム計測値visualizer

予備実験において、子機が観測する重力加速度を鋭敏にとらえ、姿勢の判定に用いることのための電極部位を探し、僧帽筋と三角筋後部の交差する位置(肩)に子機を装着することが妥当である、との結論に至った。また、姿勢を制御すると考えられる筋については、先述した脊柱起立筋が適当であると考えられた。L5/L6付近の脊柱起立筋の左右膨隆部に電極を1個ずつ配置した。計測システムの開始と同時に、映像の記録とセンサデータの受信が行われ、データは受信親機が接続されているPC上に記録される。計測終了後には、保存されたデータを再生することで映像と照らし合わせながら筋電信号、加速度信号を表示させることが可能である。

生活の中で実際に本システムで姿勢判別ができるかどうかを、(a)椅子に座ってコンピュータタイプ/ブラウズ、(b)家の中で歩く、という2つのシチュエーションで検証した。本システムからリアルタイムに生成される加速度データ(200Hz)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14はコンピュータに向かって座っている際により姿勢をしたケースと悪い姿勢をしたケースで、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。よい姿勢(緑色のプロット群)と悪い姿勢(黄色)は明らかに領域が分かれている。図15は歩行時であり、これも明らかに領域が分かれている。つまり、加速度計の各成分を領域表示するだけで、リ合うタイムに姿勢を簡易判定できることが示されたわけである。本システムによって、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。

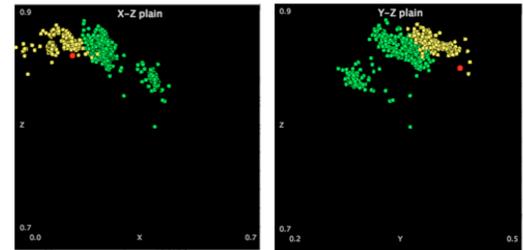


図14：コンピュータタイプ時の姿勢判別
(緑：良い姿勢，黄：悪い姿勢)

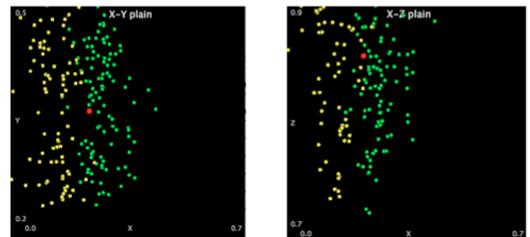


図15：歩行時の姿勢判別
(緑：良い姿勢，黄：悪い姿勢)

更に姿勢がよい時と悪いときで、脊柱起立筋の筋電位はどのような傾向を示すかを、コンピュータタイプ時と歩行時で計測分析した。表1に示すように、座っている際(タイプ/ブラウズ)には、姿勢の善し悪しは筋電池の分散(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よい時も悪いときもほぼ変わらない)。姿勢が悪いときに分散が大きくなる、つまり、時々脊柱起立筋に負担をかける度合いが増すということを示している。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。座っている時の脊柱起立筋の筋電位を計測することは、姿勢判別に使える(加速度計のデータを補完する意味)。

表1：筋電計測値と姿勢の関係

	タイプ/ブラウズ test1 平均値(標準偏差)	タイプ/ブラウズ test2 平均値(標準偏差)	Walking 平均値(標準偏差)
よい姿勢	194.6(43.5)	196.7(54.8)	1889.5(1018.6)
悪い姿勢	181.2(102.5)	212.7(128.1)	2682.9(1044.5)

我々の開発したシステムの最大の特徴は、小型であり長時間計測が可能であるという点である。同時に無線計測の恩恵に

よってリアルタイムで姿勢変化を知ることができる。これまで開発された装置、たとえば川上らの装置と比較するとロケーションセンサはないものの、加速度／筋電計測装置としてはサンプリング周波数では大幅に上回っており、実用に堪えるものであると考えている。その用途を考えてみても、計測を行うユーザー自身が自らの姿勢を感じとり、気づくためのツールとして開発された我々の装置はこれまでの研究対象と目的とは異なり、新規性を有すると考えている。

慣性センサによる姿勢の変化、姿勢変化をひき起こす原因ともいえる筋活動の両方を観察するためには、我々が取り組んだ、「無線」、「小型」であることにくわえて、「簡便」、「頑健」という機能が必要である。姿勢計測が加速度センサのみの装着で済むことに比べると、筋電電極の装着は、装着部位が背面で見えないこともあり、他社の手助けが必要であり、装着後のケーブル取り回しなどの使用上の不便さがある。したがって、電極自体が無線機能をもつ、といった超小型の装置が今後も望まれる。頑健さを考えたとき、筋電電極の性能はシステム全体の信頼性を左右することになる。通常、医療やスポーツ科学、人間工学分野における筋電計測では、皮膚表面に貼付けた電極の上に衣服の着用をせずに、計測を行う。しかしながら、本研究のドメインが、日常生活であることを考えたとき、衣服を着用しないという選択肢はない。我々は、電極装用時にたとえ冬であっても、相当の汗をかくことを確認した。この汗が電極間を導通させることで筋電波形の観測が出来なくなることもしばしば見られた。したがってヒトと機械との境界面ともいえるセンサそのものの頑健性が今後期待される。

4. 言語化／考えることの支援ツールや方法論の開拓

4.1 変数の関係性の模索を支援するツールその1：EARTH

EARTHとはExternalize, Annotate, Relate, and Thinkの略称である。言葉を表出し、アノテーションをつけ、それらを関係づけ、それによって考えるツールである[16]。この目的に特化して、グラフの作成はあくまで手動で行う。データマイニング的処理により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。ノードやリンクを生成するたびに、どんなノードなのか、どういう関係性を示すリンクなのかに関するアノテーションを書くことを奨励するツールである。

ひとつひとつアノテーションをつけることで、そのノードやリンクに関して暗黙的な事柄が徐々に顕在化する。それが新たな変数発見や関係発見につながる。新たな変数を発見したらノードを生成し、新たな関係を発見したらリンクを生成する。そのようにして連鎖的に変数と関係を発見する。したがって、あのアノテーションをつけるという行為がこのツールにおける鍵である。変数とその関係性の発見が身体知学習における重要行為であるという知見に基づき、その行為を気軽に促すツールとして利用可能である。

また、手動で自由にノードが動かすことを本システムは奨励する。なにを近づけるべきか？遠ざけても大丈夫か？などと、配置を考えなければならない。配置を試行錯誤的に模索することが、現在考えていることの暗黙的な部分を表出し、構造化させることになる。

このツールは、基本的に言葉の関係図を作るものなので身体から言葉を生みだし、言葉が言葉を生むプロセスを主に促す。単に言葉の関係だけでなく、配置をも含む。関係図を作ること（シンボル化）が、いまだ表出されていない「関係図の外」を意識させる作用がある。ただ文章を書く以上に、新たな変数を発見し、取り込むきっかけになる。

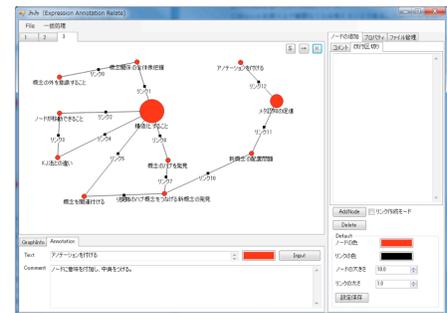


図16：EARTHのインターフェース

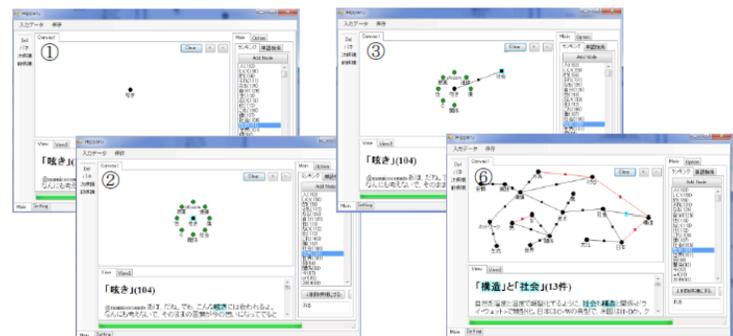


図17：Hipparuのインターフェース

4. 2 変数の関係性の模索を支援するツールその2 : Hipparu

学習者がメタ認知のこぼれを残したものが大量に蓄積されて来たときに、それを本人が振り返り、自分が書いたことば(単語)の潜在的な関係性を発見することを支援するツールとして、Hipparuを開発した[17]。大量の文章と対面しながら、自分の興味にしたがって、関係性を発見することを目論んでいる。

EARTHとの最大の違いは、文章集合にデータマイニング処理を行っている(言葉の共起関係を導出)点である。それをもとに言葉の関係をj作る。言葉の関係をj作ることは意味を発生させる。しかし、言葉の関係性は多様である。ある頻度以上、ある共起関係以上の条件で客観的に言葉のネットワークを作ると、多数のノードとリンクで構成される複雑ネットワークになってしまう。このような複雑ネットワークでは情報量が多すぎてその意味を解釈することは困難である。

そこで、ユーザ自身が言葉のネットワークを自分の興味に応じて作るという方法をとる。ユーザ自身が徐々に作ることで、少しの情報を把握しつつやることができる。多くのデータマイニングシステムでは、システムが全て分析した共起関係を一挙に見せるという手法をとることとは対照的である。

ツールの機能や使い方を順に説明する。ツールは文章を形態素分析し、単語の頻度ランキングを作る(図17の各画面右のリスト)。ユーザーが自分が見たいと思う単語を選択すると画面にノードとして表示される(図17の①)。ノードをクリックするとその単語と共起関係が強い言葉の複数候補が緑の円環で表示される(図17の②)。その候補ノードの中から自分が注目する言葉を選択し、引っ張る(Hipparu)と採用され(③)、元の単語と選ばれた単語の共起関係だけがリンクとして形成される。この過程を繰り返すプロセスで、もしすでにあるノードとの関係の高いものがあつた場合、赤いリンクで表示される。この作業を繰り返すことで自分の興味に応じたネットワーク図(概念空間)が形成されるわけである。

文章に含まれている潜在的な概念を探り出す作業に向いていると考えている。図18は、ある建築家が施主の家の設計にあたってコンセプトデザインをまとめる際に、施主に対して数回に渡りインタビューした会話データを基に、建築家が文章

を振り返って施主の内なる潜在的な意図を掘り出そうとしてつくつた概念空間である[18]。ユーザーの興味の赴くままに、共起関係というデータマイニング技術を使いながら概念空間を探索することは、身体を考える生活においてメタ認知を活性化させるツールとして有効である。

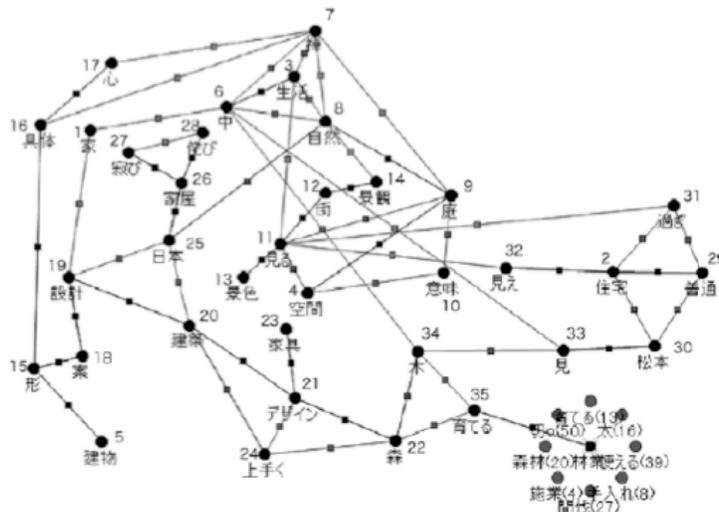


図18 : 施主に対する建築家のインタビュー文章を Hipparuで探索した例

4. 3 書いて並べて考えさせるメモ帳その1 : hex

身体的メタ認知の実践に用いる文房具のありたき姿を模索する過程で生まれた文房具の1つがhexである[19]。hexは、一辺45mmの正六角形、白色無地・半透明(裏側が若干透ける程度)のメモ帳である。60枚のhexが糊で綴じられ、1冊のメモ帳となっている。1枚1枚のhexは容易に切り取ることが出来るようになっている。冊子本体と切り取つたhexを保管・携行する為jにケース(革製)を用いる。

hexの使用方法は、日頃ふとしたメタ認知的な気づきを書き留め、ときどき書き貯め



図19 : 書いて並べて考えさせるメモhex

た hex を並べ、hex の並べ方や記述内容同士の関係性を考察する、というサイクルの繰り返しから成る。なかでも、書き貯めた hex を並べ、記述内容をふり返りながら考えるという点にその特徴がある。ただメタ認知的な気づきを記述するだけのメモ帳ではなく、並べるという操作は、記述した順番に捕われることなく書き貯めた hex をどのように配置するかを検討することによって、記述内容や hex 間の関係性を解釈する機会をつくり出す。例えば記述内容が類似する hex を近くに並べようとした場合、記述内容に含まれるどのような変数に類似性を見出すかを解釈する必要がある。hex を並べる時点で、すべての記述内容や関係性を解釈することは困難である。並べた結果、偶然隣り合う hex も存在し、並べている時点で意識することのなかった関係性についても解釈する機会が与えられる。

hex の「並べて・考えさせる」という特徴は、hex 自体の形に依るところが大きい。綴じられた状態で使用するのではなく、1枚1枚を冊子から切り離してカードとして用いることで、並べるという操作を可能にしている。六角形という形状は平面充填形である。平面上に複数の hex を敷き詰めたとき、その外周部の輪郭が不在の六角形の存在を強調し、さらに hex を並べることを促す。また、hex は必ずしも平面上に敷き詰めるように並べる必要はない。敢えて、頂点で接するように並べたり、hex 同士が重なるように並べたり、様々な並べ方を組み合わせて、一見すると規則性がないように見える使い方しても構わない。並べ方によって、hex 間の関係性に対する解釈の度合いを表現することが可能になる。

一辺 45mm という大きさは、当初は場所を選ばずに hex に記述出来るよう、手の上で扱いやすい大きさとして設定した。hex の面積は一般的なノートや手帳等と比較すると小さくなり、1枚の hex に書き込める分量が制限された。その結果、1枚の hex には1種類の内容のみを記述するようになり、hex を並べた際、配置の変更を容易に実行できるようになった。複数の内容が1枚の hex に書き込まれていると、ある内容については別の hex と隣接するように配置したいのにも関わらず、残りの内容は現在の位置に配置しておくことが望ましいという事態が生じてしまう。

我々はインタビューにおいて、インタビューウイヤーの暗黙知を顕在化させるツールとしても hex を試用し始めている。現時点までに考案した使い方は以下の通りである。

- インタビューをしながら、インタビューウイヤーの回答に含まれる重要変数をひとつひとつ hex にメモする（インタビュワーとは別に記録者がいるのが望ましい）
- 書き溜めた hex をインタビューウイヤーに渡し、hex を並べながら各々の変数の関係性を模索してもらう
- 並べながらインタビューウイヤーが新たに気づいた重要変数は、その場で書くことを奨励し、すぐ並べてもらう。
- 様々な並べ方が出現する (図 20)。hex の辺をきちっと揃えて並べたり、頂点を少し重ねるように直線上に並べたり、コラージュのように規則性なく重ねて置くというような行為があり得る。hex の密度が大きいエリアや、hex が置かれていない空白エリアが発生する。様々な並べ方が存在していることに当のインタビューウイヤーは必ずしも気づいていないことが多い。そこでインタビュワーがそれを指摘しながら、変数間の関係性を考えるよう促す。例えば、「ここは何故直線的配置なのか?」「辺を揃えて (or 頂点を重ねて) 並べているのは何故で、両者にどのような違いがあるのか?」「この空白エリアは何故空いているのか? そこに入りそうな概念はあるか? もしあるとしたら何か?」などの質問をする。
- 1で書き溜めた (もしくはインタビューウイヤーが3で書いた) 変数のなかで特に重要だと思う少数の変数の並べ位置を確認し、なぜその位置関係で並べているのかを質問する
- 3に戻る。新しい変数を書き足したり、インタビュワーの質問に答えることがきっかけになって思考が変化すれば、たとえ大規模な並べ替えでも奨励する。



図 20 : hexインタビュー

各々の hex に書かれたことは思考の断片である。六角形であるが故に、並べた際に様々な配置関係が顕在化される。意図的/偶発的に生じた配置の意味付けを、他人 (例えばインタビュワー) の指摘を受けながら強制的に考えてみるのが、

未だことば化されていない暗黙的な情報を顕在化させてくれる。図20は、建築家がマイホームの設計コンセプトをクライアントにインタビューするプロセスにおいて、諏訪が試みたhexインタビューの様子である。インタビュワーとインタビュウイーがhexを媒介にして喋り合うことで、インタビュウイーが単に喋るだけでは顕在化しなかった情報や思考があぶり出される。

4. 4 書いて並べて考えさせるメモ帳その2：まるめも

まるめもは図21に示すように3種類の直径(80mm, 50mm, 30mm)と4種類の色(赤, 青, 黄, 白, 各色ともhexと同様に半透明)からなる円型のメモである[19]。hexとは異なり冊子状に綴じず、カードの状態で保管する。

まるめもも、ただ書くためのメモではない。書いた後に、並べて、考えるという使い方を意図してデザインした。しかし、まるめもはhexとは随分異なる並べ方をアフォードする。まるめもには3種類の大きさ、4種類の色からなる計12種類が存在し、これらと同じ平面上に並べることが可能である。並べ方のバリエーションが豊かである。更に、丸という形が醸し出すアフォードダンスが「並べる」以上の使い方を促す。諏訪研究室で様々な使い方を模索してきた。その事例の一部を紹介する。



図21：まるめも

まるめも1枚に一つの内容を書いて並べると、様々な概念の集まりや重ね合わせの構造を俯瞰し、頭を整理することができる。ポストイットを代表とする四角形のメモで実践するよりも、“集まりと重なり”感を自然に醸し出す。丸い形は、重ねたときに威力を発揮するのではないかと考えている(図22参照)。2つのまるめも置き方は基本的には離れた状態、接する状態、重なる状態に分類できる。離す場合や重なる場合には、距離や重なり程度に様々なバリエーションを持たせることができ、各メモに書かれた概念の関係性の程度に応じて自由に表現可能である。更に、角ばる箇所がひとつもないため、重ねても(完全に覆わない限り)下のまるめもに書かれた文字の一部がよく見えることは見逃すことのできない重要ポイントである。



図22：重ねて威力を発揮する

文字は通常直線的に書くが故に、その直線性とまるめもの丸い形の関係でこの効果が生まれる。ポストイットに代表される四角いメモの場合、重ねると下のメモの文字が見にくくなるのは対照的である。見にくくなると重ねることを躊躇してしまう。躊躇があれば、当然、重ね方にバリエーションは得られない。

KJ法においては、似た概念を近くに配置し、それらを要約するタイトル付けを頻繁に行う。要約を示す上位概念を、元の概念に使用したのとは色や大きさが異なるまるめもに書き込めば、要約メモとして表現しやすい図23(左)はあるユーザーが、ある日の晩ご飯に食べたものを並べ、それを俯瞰したときに結構「しょんぼりめし」だったと認識したときの事例である。「しょんぼりめし」と書かれたまるめもは一種のWrap-upである。図23(右)は、パスタとビーフシチューを食べたことを書いたまるめもを並列に貼った際に、どちらも主食級なのに二つとも食べてしまったことに気がつき、「主食はひとつにすべき」というまとめの言葉を書いたことを示している。ダイエットを目指す人は、自分の食事に関してこのような外化を日常的に行えば効果的かもしれない。複数概念の要約、関係性、統合的情報など、元の概念とは異なるレベル情報や発見を書くという使い方がWrap-upである。あくまでも元の概念を書き込んで並べた後に、統合的情報を思いついたり、新たな発見や感想を抱いたりする(順序はその逆ではない)点が重要である。

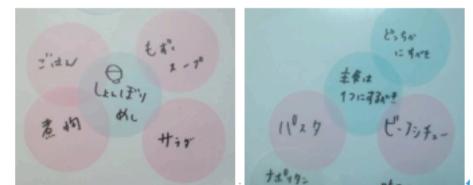


図23：食事を振り返ってWrap-up

まるめもが概念集合を重層的に自由に操作することをアフォードし、半透明であり、更に多様な色と大きさがあるからこそ、この使い方がアフォードされる。

4. 5 議論の空気や自分の役回りをリアルタイムに考えるためのメモ：AIRMEMO

議論において、メンバーやその日の議題に応じて、自分がどのような役回りを演じるべきかを意識し、実践しながらリアルタイムにメタ認知して問題点を考え、即座に自分の会話行動に反映させることを促すためのメモ帳AIRMEMOを開発した[20]。図24に示すものがメモパッドである。役回りという欄と意識することという欄がある。議論に先立ち、自分がどんな役回りを果たし、具体的に何を意識して議論に参画するかを各自が決めて、AIRMEMOに書き込む。議論をしながら、意識することとしてリストアップした行為を行うごとに正の字で回数を記録する。メンバーは互いにAIRMEMOの内容は開示しない。もし開示すると行為の読み合いが起り、本末転倒であるからである。議論をしながら、役回りや意識することを修正したり、新たに追加することも大いに奨励する。AIRMEMOの現バージョンはシール状になっており、議論が終わってからノートに貼り、振り返ってノートにコメントを書き込むことも重要である。

現在、諏訪の春学期の授業「学習環境デザインワークショップ」で約150名の学生が使用している。使い始めた当初から何の問題もなく、役回りや意識することの設定も行われている。数ヶ月に及ぶ長期的使用で、どんな変数が意識することにリストアップするのか、それがどう変遷するのか、グループメンバー同士の変数の相互作用はあるかなどの興味深いデータが蓄積される。

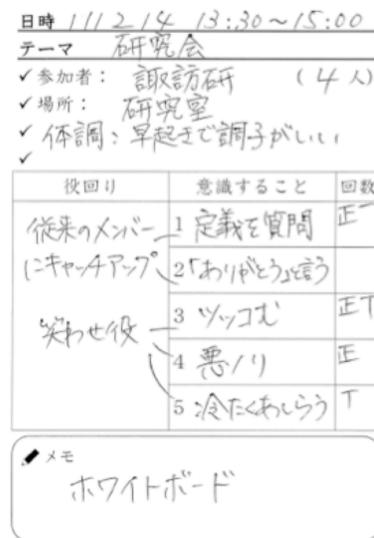


図24：AIRMEMO

5. 身体と意識の開拓プロセスを伝える方法論の探究

メタ認知をしながら身体知を学習するプロセスは、個人の固有性や身体性を色濃く孕む。諏訪が野球や発声や姿勢に関して、スキルを獲得した軌跡は諏訪の身体や精神だから起こった事象かもしれない。デザインの術を学問にするために何が必要であろうか？ この問いの解答は本稿の範疇を超えているが、現時点で考察できることのみここに記しておく。ある人のプロセスが、その人の身体性や固有性を孕んでいても、多くの他者に役に立てば学問的価値を有すると筆者は考える。自然科学の方法論が客観性や普遍性を是とする理由は、客観性や普遍性を有すれば他者に役に立ちやすいからである。

2009年度の諏訪研究室卒業生で、慶應大学の体育会剣道部の副将を勤めていた赤石という学生がいる。彼は身体的メタ認知を学びつつ、剣道でその実践を試み、2年という長期に渡り日々身体を開拓してきた。4年生秋学期の赤石の思考は、もはや剣のスキルの範疇を超え、身体や生きることを語る域に到達していたと感じる。身体の理論家(例えば野口三千三[21])や昔の剣豪(例えば宮本武蔵[22])の語りに通じるものがある。彼は研究室で「今週の赤石」と題して、身体的な気づきについて8ヶ月間毎週発表を繰り返した。その機会を通じて、諏訪及び何名かの学生は、各自のメタ認知の取り組みに多大なるヒントを得た。研究室メンバーは赤石と常日頃接していたが故に、彼のプロセスをプロセスとして感じる事ができた。我々が彼から学ぶことができたのはそのためである。しかし、不特定多数の他者は彼と人生を共にすることはできない。つまりプロセスをプロセスとして伝えることには限界がある。

不特定多数の一般他者には、何らかのプロダクトでプロセスを伝えざるを得ない。プロセスを伝えられるプロダクトとはどんなものであろうか？ 我々は雑誌及びエッセイ集という2つのメディアに目を付けた。

5. 1 個を伝える雑誌

個のプロセスが顕在化する雑誌とはどのようなものであろうか？ 料理研究家の栗原はるみ氏が出している haru_mi という雑誌がある[23]。彼女が考案したレシピや、料理研究家としての生活の側面が、写真や短い文章で綴られた雑誌である。

ファッション雑誌のように服飾アイテムの情報や服装の知恵・ヒントを伝える媒体としてではなく、あくまでも、ある個人の生活や意識を垣間みさせるための雑誌が、本研究に關係する。

慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスでは、学部学生が卒業時にまとめるものは必ずしも“論文”媒体でなくてもよい。“作品”を提出する学生もいる。赤石は、剣の道をメタ認知的に探究したプロセスを伝えるための媒体として、文章形式のエッセイ集[24]と探究プロセスを表現した雑誌[25]を制作した。

エッセイ集は、現代生活は身体性を失わせる習慣や風潮が蔓延していることへの警鐘を込めた23個のエッセイと、人との出会いから赤石が学んだことを考察した7つのコラムから構成されている。剣の道の探究が、剣のスキルの範疇を超え、身体を生活でどう使うかを論じる境地に至ったことは上述の通りである。身体性を復活させるためにどのような意識をもって自分は生活してきたかを示したエッセイ集としてまとめている。

雑誌の制作で赤石が最も影響を受けたのは、栗原はるみ氏の haru_mi である。一つ一つの写真や文章に栗原氏の生活意識や人となりが滲み出ていることに感銘を受け、赤石も剣の探究プロセスと人となりを伝えたい一心で雑誌を編集した。雑誌の表紙、目次、中身の一部を図25に示す。彼の剣道スキルに関する意識の変遷（節目となる様々な理論）を順に掲載し（目次が図25(b)である）、その合間に他者が自分をどう見ているかに関するインタビュー、「今週の赤石」の様子（図25(g)）、ある理論に到達した際にノートにどんなことを記述していたかの例（図25(f)）などを散りばめている。剣の道の探究プロセスを伝える雑誌であるが、剣道の写真（例えば図25(d)）ばかりが登場するわけではない。むしろその比率は少ない。表紙（図25(a)）や彼がこの過程で発見した重要理論が始まるページ（図25(e)）などに、表情豊かな顔写真が掲載されている。アスリートとして股関節を柔軟に使うことは必須である。あるページの全面が「股関節を開かせる」方法をふと思いついた瞬間を象徴するような後ろ姿の写真（図25(c)）で占められていたりする。



図25：赤石の剣道スキルの探究プロセスを伝える雑誌

5. 2 変数塊としてのエッセイ集

他者に学びを誘発する物語を制作することは非常に重要である。例えば、建築家やデザイナーが自分の作品について書く文章は、その個人のデザインプロセスを表現した物語である。しかし、そのような物語媒体のなかには、やけに難しい文言や言い回しで自らの哲学を論じようという意図が勝ち、他者に伝わらない物語も数多く見られる。複数の物語を比較することにも適さない媒体である。そのような媒体を蓄積しても、体系的な語りは形成されにくい。

エッセイ集は、著者が生活のなかで得た小さな気づきやアイデアを少量の文字媒体で書き連ねたものである。我々は平松洋子氏の「買えない味」というエッセイ集[26]に感銘を受けた。平松氏は食のエッセイストである。「買えない味」は50個のエッセイからなる。個々のエッセイは2、3ページという小分量であり、単独では部分的な「なるほどね」という理解しか得られない。しかし、読み進むごとに次第に（50個すべてを読破すると）著者が食に抱いている思想や問題意識が心に降り積もるように伝わる。

それは何故だろうか。個々のエッセイは互いにオーバーラップする部分がある。数個のエッセイが何かの要素を共有することもある。ここでいう「要素」は、メタ認知のプロセスで学習者が着眼する「変数」と言い換えてもよい。複数個のエッセイが共有する要素は、平松氏が食生活において重要だと気に留めている変数なのではないか？ エッセイ集を読破した読者は、エッセイが互いにオーバーラップすることを感じ、著者の重要変数を感じ取る。重要変数は当然複数個存在するであろう。各々の重要変数のあいだには、著者の心に芽生えた時間的順序や関係性が存在し、その重要変数の関係性が個々のエッセイと言う物語に裏打ちされている。読者は、複数の重要変数の関係性を以て著者が抱く問題意識を感じ取る。エッセイ

集がプロセスを伝えるプロダクトとして機能するのはそのためではないかと考える。

複数の変数塊として個々のエッセイを捉え、重要変数が複数のエッセイを繋ぐ中継ポイントであると解釈する。この考え方は、アレクザンダー[27]のパタンランゲージがセミラティス構造を有すると解説した江渡氏の考え方[28]に近い。パタンランゲージとは、市町村、コミュニティ、個人邸、各邸宅を構成する空間（門、玄関、駐車場、各部屋）の設計の仕方に関してアレクザンダーが書き下したパタンである。各パタンはデザインマニュアルというよりも、町空間、家空間を解釈する仕方を記したエッセイであると考えるのがよいと筆者は思う。

変数塊としてのエッセイという観点から、ひとつのデザインケーススタディを複数のエッセイで表すと、複数のケーススタディが蓄積されたときに、俯瞰比較がしやすくなる。そして体系的にケーススタディの物語を関係づけることが可能になる。それは既に変数という最小単位が明確に記述され、その関係性として各々のエッセイが表現されているからである。複数の建築家のケーススタディを、各々の全体を物語として提示されて、さあ比較／俯瞰せよと言われても、無理というものである。

2010年度諏訪研究室卒業生の荻田彰子は、「皆で一緒に考える」議論の場を如何に上手にデザインするかを1年以上模索し続け、40個のエッセイからなるエッセイ集を書き上げた[29]。身体的自由が必要であること、身体的にも精神的にも「ゆるさ」をつくり出すことが重要であること、メンバー同士の物理的距離のデザイン、そのために机や椅子や黒板や落書きノートなどが重要な役割を果たすこと、色鉛筆やクレヨンといった通常議論では使われない文房具媒体も面白い場を生み出すこと、二人で司会をすると掛け合いが生まれ議論にメリハリがでること、床に座るという行為が重要なことなど、身体や道具にまつわるデザイン項目が彼女のエッセイ集には並ぶ。各エッセイは、互いに関連性の強い他のエッセイへのリンク情報が付記されていて、リンク情報を参考に興味のあるエッセイをつまみ食いしながら、ぱらぱらと読むことができる。



図26：「一緒に考える」場のデザインに関するエッセイ集

5. 3 他者のプロセスへの触発

エッセイや雑誌というプロダクトが他者を触発し、メタ認知に駆り立て、新たなプロセスの発生につながるという現象が実験的に実証されれば、個人の固有性や身体性を孕むプロセスの学問的価値は一層高まる[30]。実験的な実証結果は未だ得ていないが、諏訪は、「今週の赤石」や指導教官としての日々の議論から多くのことを学んできた。そのエピソードをここに記す。

一言で言えば、諏訪は彼からいくつかの重要変数を獲得し、それを自分の身体で咀嚼しつつある。諏訪はアマチュアレベルではあるが年間約20試合に出場する野球選手であり、本研究におけるメタ認知被験者でもある。バットスウィングの際に腕周りを柔らかく使うことが打撃の最重要課題のひとつである。約2年前に、左腕（諏訪は右打者であるから、ピッチャー側の腕）が突っ張って球を柔らかく鞭のようにとらえられないという欠点を克服したはずであった。2009年6月にスタンス幅を狭くしてバックスウィングを始動するというフォームに変更した。それに起因して上記の悪い癖が再び出現していたことに、2009年10月になってようやく気づいた。赤石は、諏訪の骨格を見て、左脇腹の筋肉が固く左肩甲骨が自由に動いていないことが原因ではないかと指摘した。左脇腹と左肩甲骨という変数を意識するようになった諏訪にとって、赤石が言うところの「肩甲骨と仙骨との左右のつながり」は大きなヒントになった。バックスウィングは、右足と左足で重心を入れ替える動作を伴う。それに乗じて、左肩甲骨が開いた状態を全身の繋がりで作り出せば、左腕が突っ張らずに柔らかくバットを振ることができるのではないかと。それは野球だけの問題ではない。日頃の生活での姿勢が肩甲骨に関連するはずである。単にスポーツのスキルの話ではなく、生活における骨や筋肉の使い方、姿勢、脱力して立つことが野球の打撃スキル

に関係する。その考えがきっかけとなり、陸上部の学生と一緒に短距離走の練習をすることも開始した。着地した足から得る反力を如何に肩甲骨につなげるかを模索して（「地面と肩甲骨をつなげる意識」で）走っている。背中や脇腹の筋肉を柔軟に使えない限りそういう走り方はできない。その意識は野球のスウィングにおいて柔らかく左腕を使うことと大いに関係があるはずである。そういう問題意識で現在打撃フォームを改造中である。

6. コーチング（教えること）の方法論の探究

2章で述べたように、また3章のツールでの支援の基本コンセプトにも現れているように、教えるのではなく、学習者が自ら考えるための環境をデザインするのがコーチングであると我々は考えている。プロ野球のトレーニングコーチとの共同研究によりコーチングの実態調査と理論整備、慶応大学湘南藤沢高校における空手部をコーチする大学院生の実践、慶応大学体育会準硬式野球部をコーチする学生コーチの実践などから、コーチングの方法論を探究した。

6. 1 プロ野球のトレーニングコーチとの共同研究から得た洞察

コーチングの難しさは、まず体感には伝えられないことにある。更に、言葉で受け渡しが可能なものは「変数」であるが、身体や性格の固有性から入出力変数が必ずしもコーチと選手で一致しないことが次に困難点として立ち上がる。基本的にコーチから教わろうと思っている選手、つまり自ら「身体を考える」ことを放棄している選手がかなり多く存在する。プロ野球の現場ですらそういう選手は数多くいるようである。更には、自分の理論や変数を押し付けることがコーチングであるという学習モデルをもっているコーチも多数存在するようである。

我々と共同研究を行ったトレーニングコーチが、高校野球の選手、大学野球の選手、プロ野球の選手（主に2軍選手）に、「体力トレーニングによってどんな身体を得たいか」というインタビューした試みたところ、どのレベルの選手も一貫して、同じ文言で同じ答え（キレのある身体、安定したフォーム、怪我のない身体）を返して来た[31]。競技レベルが高校や大学の選手よりも遥かに高いプロ野球の選手が、全く同じ言葉でトレーニング効果を語るという事実に、我々は愕然とした。「身体を考える」生活を行い、自分の身体と向き合って、自分の身体や性格の固有性はどこにあるのかを考え、プロのコミュニティの中で自分はどのような選手になるべきかという価値観を醸成していれば、このようなインタビュー結果になることはあり得ない。現に、イチローを始めとする超一流プレーヤー達は個性的なことばで自分を語ることは今や目新しくない。超一流選手の思考がテレビ番組として成り立っていることは、彼らが個性的なことばで語っていること、ひいては彼らが「身体を考える」生活を送っていることの証であろう。

6. 2 コーチングに関するパタンランゲージ集 その1：準硬式野球部

2010年度諏訪研究室卒業生の福山は、高校時代甲子園で投げた経験をもつ投手であるが、大学2年生からは、慶応大学体育会準硬式野球部の学生コーチ（ほぼ監督）として、チームの運営を取り仕切ってきた。選手自らが「身体を考える」習慣をチーム全体としてどう形成すればよいのか、そのためにコーチは何をすべきなのかを3年間模索し続けた。その成果のまとめとして、108のエッセイからなるコーチングのパタンランゲージ集を制作した。108のエッセイは、(1)チームのデザイン（コーチ対複数選手）、(2)コーチングのデザイン（コーチ対一選手）、(3)自分自身のコーチング、(4)ノートのデザインの4種類に大別される。第一の特徴はノートのデザインである。彼は、コーチを行うときは常時ノートをユニフォームの尻ポケットに入れてフィールドノートをつけ、更に大学の通学時もノートは手放さず、四六時中コーチングに関するノートを綴っていた。自分がコーチとしてノートをどのように書き続けているのかを分析するメタノートを4年生時に始めてから、パタンランゲージの記述が加速した。ノートにコーチングに関する考えを外化することが、他のコーチング項目への思考を活性化していることに気づいたのである。また、それはコーチとしての自分自身を振り返ることをも活性化した。各パタンは関連する他のパタンへのリンク情報が付記されている。リンクの分布を分析すると、面白いことに、ノートのデザイ

ンの属するパタンがハブ的存在になっていることが判明した[32].

6. 3 コーチングに関するパタンランゲージ集その2：空手部

慶應義塾大学政策・メディア研究科の博士課程に在籍する大学院生西山は、慶応大学湘南藤沢高校における空手部を指導するコーチである。彼はコーチングの場のデザインの手法を、35のパタンランゲージとしてまとめた。35のパタンは、(1)部活のコーチのあり方、(2)身体をデザインすること、(3)身体をデザインを促す働きかけ、(4)コーチの連携の4分類からなる。互いに他とリンクする構造を有する(図27)。他のパタンとのリンクが多いハブ的存在のパタンは青く塗られている。身体をデザインすることという分類に属するパタンに該当するものが多い。また身体をデザインすることと、身体をデザインを促す働きかけの間にはかなり密度の濃いリンクが存在する。

パタンの繋がり

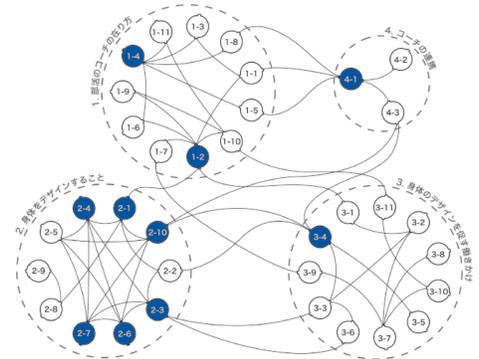


図27：空手コーチングのパタンランゲージ

6. 4 コーチングの方法論

コーチングの問題は奥が深い。コーチは選手とともに生きる存在である。相対する選手が変われば、それまでうまく行っていた手法が機能しない場合もある。選手が変わっても基本的に変わらない部分もある。何を修正して何を基本ポリシーとして貫くべきか、コーチを継続する期間中考え続けることになる。パタンランゲージを記述した2名の学生も、これはtentativeなパタンであると語っている。コーチは常に自分をコーチとしてメタ認知しながら、身体を考える生活を続ける現役プレーヤーである必要がある。身体を考える現役プレーヤーであるからこそ、選手と対話が可能になる。過去の記録や体感の記憶に頼り、身体を考える現役であることを辞めた途端、コーチとしては機能しなくなると我々は考える[31].

7. まとめ

5つの要素研究に関して、以下の成果を得た。

- 身体を考える生活の what と how の探究
 - 身体を考えるプロセス(身体性)という現象の解明
 - プロセスの分析手法を経験的蓄積
 - 身体を考える生活という考え方を著書で普及するための基盤的コンセプトの確立と知見の蓄積
- 身体の評測とフィードバックの方法論探究
 - スポーツにおけるフォームを考えさせるシステムの開発
 - 日常生活で姿勢を考えさせるシステムの開発
 - 日常生活で声を考えさせるシステムの開発
 - 上記のシステムを使い、生活意識を進化させたケーススタディの蓄積
- 言語化/考えることの支援手法
 - 変数/関係性を気づかせるコンピュータツール2種の開発
 - 書いて並べて考えさせるメモ帳2種の開発
 - 会話の場での役割をメタ認知し、場の空気をリアルタイムにデザインすることを促すメモ帳の開発
- コーチングの方法論の探究
 - 身体を考えることを教えるとはどういうことかに関する基本コンセプトの確立

- チーム全体に考える姿勢を意識付けるコーチングのあり方を記述したエッセイ集としてのパタンランゲージ2種類
- 身体を考えるプロセスを伝える方法論
 - プロセスを伝えるプロダクトとしての雑誌とエッセイの試作
 - エッセイとしてのパタンランゲージを書き下すための手法の提案

以上の研究成果により、身体を考える生活の提言と普及を目指すための基盤が確立したと考える。

参考文献

- [1] 諏訪正樹, 赤石智哉. (2010). 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.
- [2] 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, No.5, 525-532.
- [3] 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,(CD-ROM).
- [4] 諏訪正樹. (2009). 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.
- [5] 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(CD-ROM).
- [6] Gibson, J. J. & Gibson, E. J.: Perceptual learning: differentiation or enrichment?, *Psychological Review*, 62, 32-41. (1955).
- [7] 西山武繁, 諏訪正樹. (2008). 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. 東京2008年9月16日.
- [8] 西山武繁, 諏訪正樹. (2010). 身体をデザインするための環境の構築. 第24回人工知能学会全国大会, 1G3-OS10-6(CD-ROM).
- [9] Takeshige Nishiyama, and Masaki Suwa. (2010). Visualization of Posture Changes for Encouraging Meta-cognitive Exploration of Sports Skill. *International Journal of Computer Science in Sport*, Vol.9/Edition3 (e-journal).
- [10] 矢島佳澄, 笈康明, 諏訪正樹. (2011). 発声のメタ認知促進システム“いゝ声マイク”の提案. インタラクシオン2011. (CD-ROM).
- [11] 本井幸介, 田中志信, 野川雅道, 山越憲一, 姿勢・歩行速度の無拘束同時計測法に関する基礎的検討, 生体医工学, 41-4, pp.273-279, 2003.
- [12] 田村俊世, 長寿者会へ向けた生体計測とセンサ, 電学論E, 123, 2, pp.37-42, 2003
- [13] 吉村拓巳, 中島一樹, 田村俊世, 堀内郁孝, 東祐二, 藤元登四郎, 千原国宏, 老人転倒モニタの開発とその評価, 電気学会論文誌 C, Vol.120-C, No.12, pp.1846-1853, 2000.
- [14] 大内一成, 土井美和子, 加速度と音で日々の生活行動を認識する Activity Analyzer, 情報処理学会インタラクシオン2011, 3, pp.255-258, 2011.
- [15] 川上悟郎, 西田佳史, 本村陽一, 溝口博, ロケーションEMGセンサを用いた行動の時空間展開記述に基づく日常生活行動モデリング手法, 知能と情報, Vol.20, No.2, pp.190-200, 2008.
- [16] 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. 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. 東京2010年1月9日.
- [17] 伊藤貴一, 諏訪正樹. (2010). 書き散らかしたことばを関係付けて考え、事象を理解するための支援ツール. 第24回人工知能学会全国大会, 1E3-OS7-6(CD-ROM).
- [18] 藤井晴行, 諏訪正樹. (2011). デザイン学の実践-メタデザインを意識的に行う建築デザイン. 日本デザイン学会誌, デザイン学研究特集号「メタデザインへの挑戦」, Vol.18-1, No.69, pp.62-65.
- [19] 西山武繁, 諏訪正樹, 佐山由佳, 浦上 咲恵, 泉二 肇. 身体と意識の開拓を促す文房具のデザイン:2つのメモツールに関する考察, 人工知能学会第9回身体知研究会, SKL-09-04, pp. 27-35. (2011).
- [20] 坂井田瑠衣, 小林郁夫, 荻田彰子, 諏訪正樹. (2011). 場を活性化させる役回り自己開拓手法の提案. 人工知能学会第25回全

国大会, IAI-NFC1a-5 (CDROM).

- [2 1]野口三千三 (2003). 原初生命体としての人間-野口体操の理論. 岩波書店.
- [2 2]宮本武蔵 五輪書,岩波文庫,(1985)
- [2 3]栗原はるみ. (2009). haru_mi,2010年01月号. 扶桑社
- [2 4]赤石智哉. (2010a). 身体性復活のためのプロセスを伝える方法論探究. 2009年度慶應義塾大学総合政策学部卒業制作, 2010年1月.
- [2 5]赤石智哉. (2010b). 道: 身体の可能性を語る雑誌. 2009年度慶應義塾大学総合政策学部卒業制作, 2010年1月
- [2 6]平松洋子. (2009). 買えない味. 筑摩書房.
- [2 7]クリストファー・アレグザンダー. (1984). パタン・ランゲージー環境設計の手引 (平田翰那訳). 鹿島出版会.
- [2 8]江渡浩一郎. (2009). パターン, Wiki, XP 一時を越えた創造の原則. 技術評論社.
- [2 9]荻田彰子. (2011). 「一緒に考える」をデザインする. 慶應義塾大学総合政策学部2010年度卒業制作.
- [3 0]Nakashima, H., Suwa, M. and Fujii, H. (2006). Endo-system View as a Method for Constructive Science, *Proc. of the 5th International Conference on Cognitive Science, ICCS2006*, pp.63-71.
- [3 1]•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. 人工知能学会第9回身体知研究会, SKL-09-03, pp.19-26. (2011).
- [3 2]福山敦士. (2011). コーチングのパタンランゲージ. 慶應義塾大学環境情報学部2010年度卒業制作.

本研究助成で発表した論文リスト

西山武繁、諏訪正樹. (2008). 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. 東京2008年9月16日.

諏訪正樹. (2008). Embodied Meta-cognition の3つのフェーズ: 身体と言葉を繋ぐプロセス. 日本認知科学会第25回大会論文集, P5-13(CD-ROM)

西山武繁、諏訪正樹、仰木裕嗣. (2008). フォームの分節化・可視化によるスキル熟達支援ツールの開発. 日本スポーツ心理学会大会論文集, pp. 84-85 (PA9). 名古屋中京大学2008年11月16日.

Masaki Suwa. (2008). A Cognitive Model of Acquiring Embodied Expertise Through Meta-cognitive Verbalization. *Transactions of the Japanese Society for Artificial Intelligence*, 23(3), 141-150.

Masaki Suwa. (2009). Meta-cognition as a tool for storytelling and questioning what design is, *Special Issue of Japan Society for the Science of Design*, Vol.16-2, No.62, pp.21-26.

諏訪正樹. (2009). 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.

諏訪正樹, 西山武繁. (2009). 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. 東京2009年1月9日.

諏訪正樹, 藤井晴行. (2009). 空間体験を触発する空間-音響インターメディアの試作. 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, SIG-MUS81-28 (学会電子媒体)

諏訪正樹, 藤井晴行. (2009). 空間体験メタ認知を触発する空間-音響インターメディアシステムの模索. 日本認知科学会第26回大会論文集, pp. 238-239.

松原正樹, 諏訪正樹. (2009). 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回大会論文集, pp. 244-245.

西山武繁, 諏訪正樹. (2009). 競技者による身体スキルの探究を促す環境の模索. 日本認知科学会第26回大会論文集, pp. 84-87.

諏訪正樹, 和泉潔, 工藤和俊, 須永剛司, 田村大, 中島秀之, 平嶋宗, 藤井晴行, 藤波努, 古川康一. (2009). 知能研究の評価方法論の模索. 日本認知科学会第26回大会ワークショップ, 日本認知科学会第26回大会ワークショップ論文集, pp. 16-23.

福山敦士, 諏訪正樹. (2009). 野球チームにおける環境デザインとしてのコーチング. 日本認知科学会第26回大会論文集, pp. 318-319.

Takeshige Nishiyama, Masaki Suwa. (2009). A Visualization Tool for Encouraging Meta-cognitive Exploration of Own Body Movements, Proc. of the 12th World Congress of Sport Psychology (CD-ROM), June 17-20, Marrakesh, Morocco.

諏訪正樹. (2009). イノベーションプロセスに関する文献紹介. 認知科学, 16(2), pp. 1-5. (June. 2009).

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. 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. 東京 2010年1月9日.

福山敦士, 松原正樹, 諏訪正樹. (2010). チームにおける how を考える文化の重要性. 身体知研究会 (人工知能学会第2種研究会) SIG-SKL-06-02, pp. 9-14. 東京 2010年1月9日.

諏訪正樹, 赤石智哉. (2010). 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.

Takeshige Nishiyama, and Masaki Suwa. (2010). Visualization of Posture Changes for Encouraging Meta-cognitive Exploration of Sports Skill. *International Journal of Computer Science in Sport*, Vol. 9/Edition3 (e-journal).

栗林 賢, 諏訪 正樹. 音声による歩行運動の追体験支援ツール 人工知能学会第7回身体知研究会, SKL-07-01, pp. 1-8. (2010).

西山 武繁, 佐山 由佳, 松原 正樹, 三浦 秀彦, 諏訪 正樹. 文房具による身体的メタ認知の促進. SKL-07-02, pp. 9-13. (2010).

林賢, 諏訪正樹. (2010). 声による外化手法を用いた身体的メタ認知支援. 第24回人工知能学会全国大会, 3G1-OS2a-6 (CD-ROM).

松原正樹, 西山武繁, 伊藤貴一, 諏訪正樹, 藤井晴行. (2010). からだで考えるためのシンボル化とことば化. 第24回人工知能学会全国大会, 3G1-OS2a-7 (CD-ROM).

西山武繁, 諏訪正樹. (2010). 身体をデザインするための環境の構築. 第24回人工知能学会全国大会, 1G3-OS10-6 (CD-ROM).

伊藤貴一, 諏訪正樹. (2010). 書き散らかしたことばを関係付けて考え、事象を理解するための支援ツール. 第24回人工知能学会全国大会, 1E3-OS7-6 (CD-ROM).

栗林賢, 諏訪正樹. (2010). 音声による歩行運動の追体験支援ツール. 日本ソフトウェア科学会第27回大会. 講演論文集.

西山武繁, 諏訪正樹, 佐山 由佳, 浦上 咲恵, 泉二 肇. (2011). 身体と意識の開拓を促す文房具のデザイン: 2つのメモツールに関する考察, 人工知能学会第9回身体知研究会, SKL-09-04, pp. 27-35. .

石原 創, 諏訪 正樹. (2011). 身体的メタ認知を通じた身体技の「指導」手法の開拓. 人工知能学会第9回身体知研究会,

SKL-09-03, pp. 19-26.

矢島佳澄, 笥康明, 諏訪正樹. (2011). 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).

諏訪正樹. (2011). メタ認知エッセイの体系的蓄積がデザインを学問にする. 日本デザイン学会誌, デザイン学研究特集号「メタデザインへの挑戦」, Vol. 18-1, No. 69, pp. 12-13.

諏訪正樹. (2011). “学びのデザイン”の研究があるべき姿-「こと」のプロセスの事例探究. 日本デザイン学会誌, デザイン学研究特集号「メタデザインへの挑戦」, Vol. 18-1, No. 69, pp. 66-69.

藤井晴行, 諏訪正樹. (2011). デザイン学の実践-メタデザインを意識的に行う建築デザイン. 日本デザイン学会誌, デザイン学研究特集号「メタデザインへの挑戦」, Vol. 18-1, No. 69, pp. 62-65.

坂田彩衣, 坂井田瑠衣, 諏訪正樹. (2011). 余暇という視点から生活をリデザインする試み. 人工知能学会第25回全国大会, 3AI-OS11a-5 (CDROM).

栗林賢, 諏訪正樹. (2011). 語りカメラ・プレーヤ: 物語による空間体験の拡張支援ツール. 人工知能学会第25回全国大会, 3AI-OS11a-6 (CDROM).

坂井田瑠衣, 小林郁夫, 荻田彰子, 諏訪正樹. (2011). 場を活性化させる役回り自己開拓手法の提案. 人工知能学会第25回全国大会, 1AI-NFC1a-5 (CDROM).