

# 日本人が自分の頭で考えるとき

When Japanese think with their own brain, .....

得丸 久文 Kumon TOKUMARU

カラハリプロジェクト (Kalahari Project)

**Abstract:** The author proposes a hypothesis on the mechanism of linguistic processing and intelligence, influenced by Dogen and ARAKAWA, Avant-gardes of Japanese philosophy. Variety of colorful natural stimuli allow humans to have healthy spirit.

**梗概:** 道元と荒川修作という日本の前衛思想家の仕事に影響された著者は、言語処理と知能に関する仮説を提示する。ヒトは自然の多様な刺激を全身に受けることで健全な精神をもてる。

## 1. 日本の現状

### 自分の頭で考えない社会

日本では自分の頭で一生懸命に考えた結果を口にすると、「理屈はいらない」、「頭で考えていてはダメ」などと否定的に扱われることが多い。法律や条例の規則にしたがって、労働者や児童を守るために必要とされることであっても、周囲が沈黙しているときに一人だけ声を上げると、白い目でみられ、みんなから浮き上がるだけである。

日本で、自分の意見を口にすることや自己主張することが嫌われるのは、隣人のやることをうかがって真似すればよい、水田稲作の伝統だろうか。

わずか2-30年前に、「個性豊かな人間」、「国際社会で活躍できる人材」といったものが教育の目標となっていたはずだが、ここ数年は耳にしない。

### 外国の理論や学説を盲目的に受容

科学研究においても、第二次世界大戦前には、八木宇田アンテナ、千葉勉・梶山正登の母音の研究、中嶋章の継電器回路の研究など、世界に先駆けて人類を導く前衛的な内容のものが多かったように思う。戦後はコンピュータのOSである坂村健のTRONや人類学者島泰三の霊長類研究など独創的であるが、全体としては世界にたいする貢献が減っていないだろうか。戦前の日本人のほうが、よく勉強し、よく身体を動かしていたのだろうか。

戦後独創的な研究が減った原因のひとつとして考えられるのは、外国の研究者がつくったモデルや理論を、生まれた背景を吟味することなく、日本人研究者がそのまま使っていることがあげられる。

外国のモデルや学説は、簡単に使いこなせるもの

ではない。十分な吟味をせずに使っても、意味ある結果は生まれないのではないか。しかし、指導教官に疑問を呈することが許されない社会なのだ。

認知科学、人工知能、ニューラルネットワークなどの分野で、日本独自のモデルや仮説はまだ生まれていない。日本人のよいところを生かして、独自性のあるモデルや理論が構築されるべきではないか。筆者のデジタル言語学はそれを目指した仮説である。

## 2. 身心一元論と二元論

### 日本の思想である身心一元論

日本では古くから「ヒトとサルとの違いは毛が三本(ヒトのほうが多い程度)」と言われてきた。ヒトが他の動物よりも崇高であるという考えは、欧米に比べると弱い。

修験道や禊修行、千日回峰行など、身体を酷使することで精神を高めようとする荒行は、21世紀の今も続いている。身体を痛めつけることは、一般常識や通念を捨てて、己自身になる、生命の原点に立ち返ることにつながる。これはお釈迦様が6年半荒野で修行したことと通ずる東洋的生命観であろう。

余分なものを削ぎ落して、ギリギリの生命そのものにまで自分を追い込むことで、そこから先に構築される人間的な思想や文化がより純化される。

分子生物学によって、知能や言語の分子レベルの現象が解明されたとき、唯物論的な身心一元論が実現する。日本社会はそれを受け入れるだろうか。

### 西洋キリスト教的な心身二元論

キリスト教は身体と精神(心)を別々のものとして扱う心身二元論の立場をとる。そして、精神は神様

にいただいた崇高なものであるが、身体は滅びゆくものとして扱われる。

筆者は、2016年に、心身二元論がキリスト教会でどのような教義として存在しているのか、どのように信徒に教えられるのか、ローマのバチカン教皇庁近くの書店やイエズス会本部図書館、グレゴリアン大学の先生に相談をして文献を探したが、出会えなかった。教義というよりは、基盤にある民衆信仰であるのかもしれない。

西洋科学は、人間を人間たらしめる精神は、神の御業であり、人智によって解明することはできないと考えているのかもしれない。御業と考えることによって、選民意識が生まれ、ヒト以外の動物を低く見る人間中心主義を生みだし、有色人種に対する人種的偏見も正当化される。

損か得かで考えると、人種主義や人間中心主義は得になることだから、言語起源や人類起源を宗教的タブーとしてとどめおき、あえて解明しないように、できるだけ煙に巻いておこうとする意図も感じる。

チョムスキー派言語学者が5年に一度集う国際言語学者会議の第20回(201CL)が2018年に南アフリカのケープタウンで開催されたとき、前回まではテーマだった「言語の起源」がテーマから外れた。南アフリカは、初期人類化石(アウストラロピテクスアフリカヌス)と、喉頭降下がおきて母音を発声できるようになった現生人類化石のどちらもが発掘された土地だ。また、最古の現生人類遺跡クラシーズ河口洞窟も話題にされていない。

チョムスキー言語学や認知科学は、分子レベルの現象の究明に興味を示さない。これは一元論に通ずるからだろうか。

### 3. 二人の前衛：道元と荒川修作

#### 隠されていた道元の本当の言葉

自分の頭で考えてユニークな仕事を残した日本人として、道元(1200-1253)があげられる。道元は日本思想史上最大最高の思想家だ。たとえば岩波書店の日本思想大系(1970年)は全67巻だが、一人で2巻あるのは道元だけだ。この2巻は正法眼蔵75巻本と弁道話、そしていわゆる新草12巻本を所収するのみで、道元の語録である「道元和尚廣録」(永平廣録ともよばれる)10巻は含まない。もし廣録も含めるなら、さらに2巻必要だった。それができなかったのは、漢文白文で書かれている廣録の読み下し文や現代語訳が当時まだ存在していなかったためである。

道元は、インドのお釈迦様から数えて第52代の仏祖である。仏教はインドで廃れたあと中国で栄え、

その後道元によって日本に持ち込まれ、発展した。

驚くべきことに、道元の業績や思想をまだ誰も評価できていない。偽書や改ざんが多いからだ。巷に道元本が相当数出回っているが、そのすべてが偽書である「正法眼蔵随聞記」を部分的・全面的に利用した研究である。そして、道元の真筆である語録「道元和尚廣録」と「七十五巻本正法眼蔵」だけを通して読んで書かれた研究書は拙著を除いてない。[1](道元は七十五巻本を書き直すつもりだったと嘘を書いた文献があり、道元研究者はそれを鵜呑みにしている。)

道元の真の言葉は、インパクトがあり、前衛的である。一例をあげる。

「汝もし不会なるは世尊の密語なり」(正法眼蔵第四十五 密語) あなたが理解できないのは、お釈迦様の秘密の教えだからです、と道元はいう。本や記事を読んで「わからない」と感じたら、静かな環境でゆっくりと考える、時間をおいて何回か読み直す。すると少しずつわかってくる。ピアジェのエピステモロジーを思い起こさせる。

「仏祖正伝の大道を禅宗と称ずべからず」(正法眼蔵第四十四 仏道) 大学入試問題ならば、道元は曹洞宗という禅宗を始めた人と答えれば正解だろう。しかし道元は著作で「お釈迦様から正しく伝えられた仏道を、禅宗と呼んではいけない」と厳しく釘を刺す。道元は禅宗という呼び方をはっきりと否定している。では仏道とは何か。道元の真筆を読んでほしい。

「経巻はこれ如来舍利なり、如来全身なり」(正法眼蔵第六十五 如来全身) 巷の道元本を読むと、道元は「只管打坐(何も考えずにひたすら座禅せよ)」と教えたことになっているが、それは偽書にもとづく言葉であり、道元は真逆の言葉を遺している。経巻はお釈迦様の遺骨であり、お釈迦様の全身である。お経の言葉がお釈迦様の骨であり全身だ。人間とは言葉だ。尊い本を読んで、その人に出会い、あなた自身を高めなさいと教える。

「雪山を大涅槃にたとえる」(正法眼蔵第六十三 発菩提心)とは、雪山が悟りの境地である。雪に覆われているヒマラヤの峰々は青空のもと白く輝いている、清らかで静かな世界である。美しいたとえである。

道元の言葉のごく一部を紹介した。これまで流布された常識をあらためて、まったく新しい道元像を組み立てる必要がある。

#### 図式絵画から全身を刺激する建築へ

荒川修作(1936-2010)も人類の知的進化のための仕事を続けていた。荒川は、1960年代に渡米して、ニューヨークで活動した現代芸術家である。1970年に「意味のメカニズム」と名づけられた図式絵画を制

作する。それぞれの絵画に「中性化、位置づけと移動、あいまいな地帯、意味のエネルギー、意味の諸段階、拡大と縮小、意味の分裂、組み立て直し、逆転可能性、テクスチャー、図形化、感情、論理、記憶構築、知性の意味、検討と自己批判」といったタイトルがついている。これは美術作品というよりも、ヒトの認知メカニズムの研究成果といえそうである。



図1 三鷹天命反転住宅で講演中の荒川修作

1991年に荒川は日本人としては初めて国立近代美術館で個展を開く。[2] 作品を見る者が身体を斜面において目を閉じる作品「それから眼を閉じて」、「眼を閉じて」、カーテンで仕切られた空間に身体を投入する「知覚の降り立つ場(I)」、「極限で似るものたち」もあった。

1994年、岡山県奈義町に開館した奈義町現代美術館の展示室「太陽」は「奈義の竜安寺 建築する身体」と名づけられた。まっくらならせん階段をのぼっていくと、斜めになったコンクリート製の円筒のなかに出る。左右には竜安寺の石庭、天井と床には公園の遊具の鉄棒、シーソー、ベンチ。



図2 奈義町現代美術館 展示室 太陽

1995年には岐阜県養老街に養老天命反転地ができる。ここは約2haのすり鉢型の公園で、順路がない。訪問者は自由に歩き回って、発見を楽しむ。

2005年には、東京都三鷹市に三鷹天命反転住宅が竣工する。1フロア3軒、三階建ての9軒の集合住

宅である。



図3 We have decided not to die.

グッゲンハイム SOHO 美術館で(1997)

2008年には、米国ニューヨーク州のロングアイランドの北端に近いところにバイオスクリープハウスが竣工。三鷹の仕掛けに加えて、光が縦横無尽に家のなかに差す仕掛けがある。

荒川は「人間は死ななくなる」と言った。あえて不安定でデコボコな大地に身を置くと、身体が活性化し、意識や感覚が研ぎ澄まされる。

荒川は自分の作品についてあまり言葉を遺していない。したがって荒川作品を理解するためには、自分でそこに足を運び、体験する必要がある。

## 道元と荒川修作に共通する異文化体験

道元と荒川修作にはいくつもの共通点がある。

二人とも20代で外国に出て師を得る。道元は中国に4年留学し、天童如浄の法を嗣いだ。荒川はニューヨークに行き、マルセル・デュシャンと出会う。

道元は中国に到着したときに、中国語がよく聞き取れなかったのも、すぐには天童寺に向かわず、寧波の港に三カ月とどまり、科挙の合格者に中国語の特訓を受ける。

荒川は、「実験展」の図録のP72に、うっすらとした横線が2,30本書き込まれた作品（無題, 1961）、P73に横線が濃くなった作品（1962年2月3日早朝,）、P74に横線が途中からまがって三角形に結びつく作品（無題の形成, 1962）、P75, 76, 77に四隅に枠が描かれただけの作品（無題性, 無題の形成, 無題の形成 No.3）を掲載している。おそらく現地で耳にした英語が、「さっぱり聞き取れない」、「ちょっと聞き取れた」、「この言葉知っている」、「でも意味はわからない」といった具合に、認知プロセスが深まっていた様子を描いたものと思われる。

二人ともまったく日本語の通じない環境で、現地の言葉を覚えていったのだが、その際に脳内で起きている感覚の変化を敏感に感じ取ったに違いない。

## 世界を意識に写し取る



道元は示寂する前年の建長四年(1252)に廣録上堂語 501 で「身心脱落の功夫の初め、露柱懐胎す。(略)」という言葉を残す。現代語訳すると「身心脱落の努力のはじめに、裸の柱が宿る(略)」となる。これ自体は天童寺の住持だった宏智正覚(1091-1157)の「宏智廣録」にある言葉だ、これと荒川修作の「TUBE」という図式が重なる。(図録 P98-99, 拙著 PP26-28)

図では、Tube の表面に線が描かれ、四方八方に投射されている。大脳皮質ではなく、脳幹に意識が宿っているのだろうか。

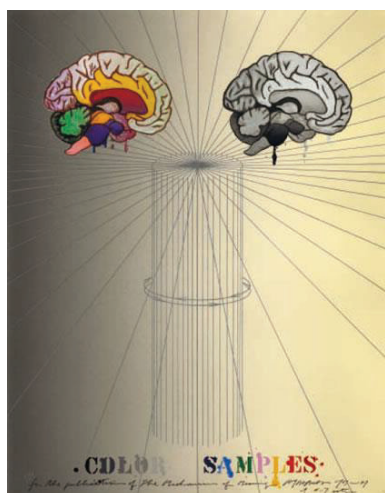


図4 Color Sample (荒川修作, 1979)

宏智正覚や道元が世界を認識するためのツールとした露柱を、荒川修作は図式絵画に表したのだろうか。学僧道元と現代芸術家荒川は、まったく同じ問題を同じように取り扱おうとしているのではないか。

世界中の前衛たちが解き明かそうとしてきたのは、どうすればヒトが哺乳類の脳を活用して、不可視の現象を科学するかという同じ問題だったのではないか。

## 4. デジタル言語学との共鳴

### 現代の洞窟生活

筆者は2007年4-5南アフリカ共和国にある最古の現生人類遺跡であるクラシーズ河口洞窟を訪問した。5月に帰国して、三か月後に倉富和子さんのご厚意によって、三鷹天命反転住宅にひと月ほど住むことができた。

床の上のものを片付け、照明は使わないこととして、現代の洞窟生活を送って、身体がどのように反応するかを確かめてみた。

床の上に直接身体を横たえて寝ると、朝身体が自然に床を叩いて、打楽器演奏が始まった。床がデコ

ボコなせいか、胸板を叩くだけでけっこう音が響く。そのうち自然と舌打ちが始まった。身体が7万年前の記憶を思い出したのだろうか。クリック子音も洞窟のなかで生まれたのだった。7万年前に洞窟に住んでいた狩猟採集民たちも、きっとドラミングと舌打ちを楽しんだのではないか。



図5 書斎で胸をドラミングすると舌打ちが始まる。クリック子音が生まれ、その後にオートガイが発達して喉頭降下がおき、母音を発声できる声道を獲得したという順序がこの時みえてきた。



図6 三鷹天命反転住宅の窓

### 生命論理は荒川の図で理解

筆者は2008年秋にGoogle検索をきっかけとして、イェルネの「免疫システムのネットワーク理論」と出会った。イェルネは、神経システムと免疫システムが非常によく似ていることを指摘していた。筆者は意味のメカニズムを見ていたので、この言葉が意味するものがすぐにわかった。

この生命論理とは、Aであるか、Aでないかという判断であり、これは抗原抗体反応で実現できるパターン認識である。そしてその結果、Aを次の行動や記憶想起に結びつけるのが図7のA+B=C式である。この図が示すように、AとBが空欄(入力箇所、パラメータ)で、+,=,Cのところが個別つくり込みである。



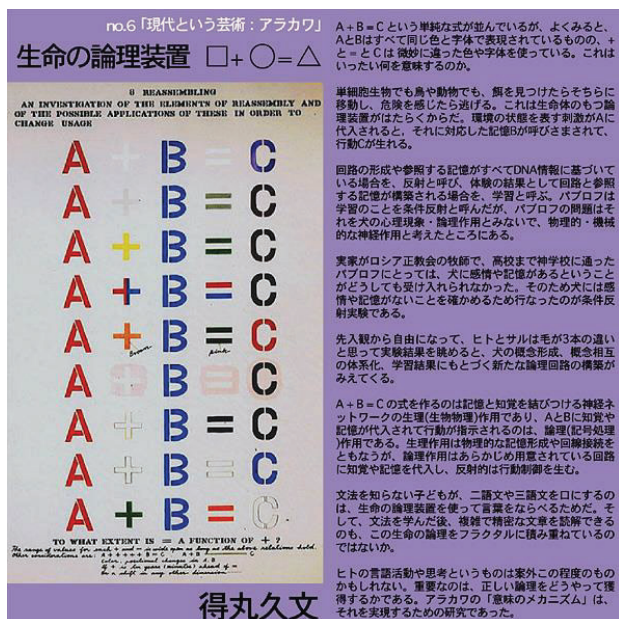


図7 現代という芸術アラカワ 2011年6月[3]

## 母語のモノラル聴覚と文法処理

2010年に荒川修作が亡くなると、聞かなくてはならないことが山のようにあったことに気づいて、筆者は焦った。とりあえずできることからやろうと思い、意味のメカニズムも図式絵画を虚心に眺めることをくり返した。そして思い浮かんだことを、毎月コラム記事を書いている富山市のマイルストーン・アート・ワークスのウェブ雑誌に掲載してもらった。

手法としては、ただひたすら眺めるだけ、そうして自然に思い浮かんでくる疑問や気づきを、原稿にまとめる。けっして無理やこじつけはしない。



図8 現代という芸術アラカワ(2011.7)[3]  
2011年5月に情報処理学会音声言語研究会に参加

して、自分の出番を待っているとき、荒川修作がアメリカの接続詞をベクトルとして描いたのにちなんで、日本語の助詞をパワーポイントのオートシェイプで表現したらどうなるだろうかとやってみた。

すると非常に雑ではあるが、助詞にもベクトル性があるように感じられた。

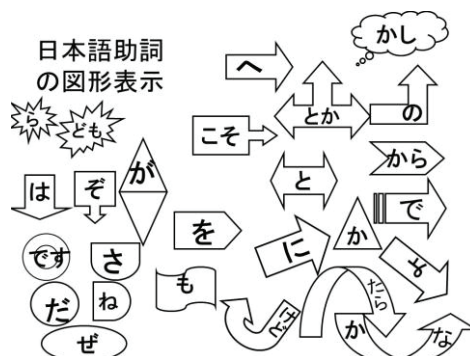


図9 2011年5月17日 IPSJ/SLPでの発表

これらの考察があったから、ピダハンを読んだときに、ピダハン語は文法的接続のない言語であり、それは母語を片耳で聴き取ると、ワニやヘビに襲われる危険性が増すからだろう、とすぐに推理できた。

## 5. むすび：身体刺激が知能を活性化

## 群と参照モデルを呼びだすスイッチ

ヒトの知能は、脊椎動物の脊髄反射回路を使って構築される、と筆者は考える。もしそうであるとすれば、複雑な概念や、参照モデルは、いったいどのようにして処理されるのだろうか。

解決策として考えられるのは、群スイッチ、参照モデル起動スイッチというスイッチを用意するのだ。群スイッチの場合、ある言葉が入力されると、それは概念であるので、群の必要条件を満たしているのか、いつどこでどのようにして生まれた概念か、といったことを自動的に確認する。

参照モデルスイッチの場合，ある言葉（一般通信モデルなどモデルの名称，またはそのモデルと密接にかかわる言葉：インターネットプロトコル，送信機，受信機，回線，雑音，など）が入力されると，適切なモデルが想起される．

スイッチが入ったときに，正しい処理ができるように，群の条件や操作についての知識をもつことが前提となる．参照モデルについても，実体を反映したモデルであることを常に確認し，必要に応じてモデルの改良を行う．

## 生命の論理を惑わさない生き方を

意味のメカニズムの最後は「16 検討と自己批判」というタイトルで、ヒトが寝ている場面である。これは、ヒトが寝ている間も、免疫細胞はネットワークを続けることを意味しているのだと思う。

そのために、個々の言葉の記憶と、五官の記憶、論理操作の記憶を、できるだけ正しておくことが望まれる。嘘をついたり、誤魔化していると、免疫細胞はどのようにふるまえばよいかわからない。

我々は言葉を誠実に、正直に、丁寧に使わなければならない。

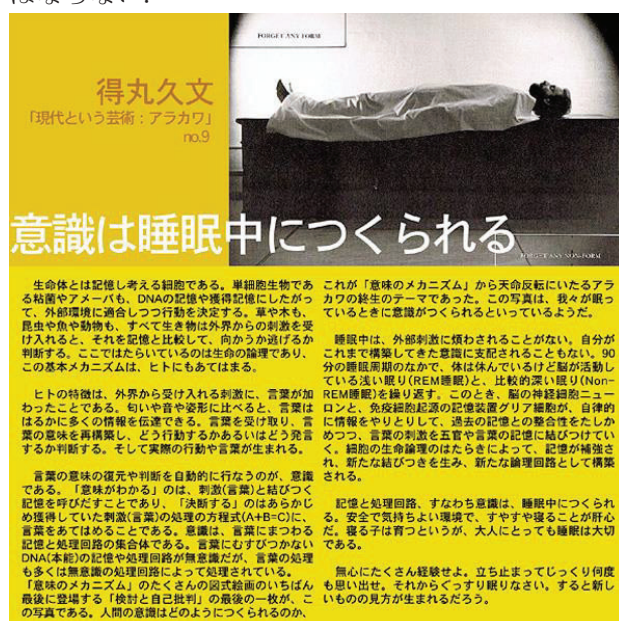


図 10 現代という芸術アラカワ(2011.11)[3]

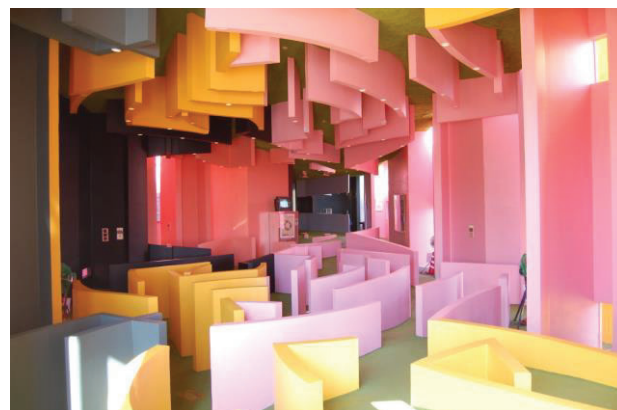


図 11 養老天命反転地オフィス

## 謝辞

発表の場を与えてくださった人工知能学会身体知研究会に感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] 得丸 道元を読み解く, 富山房インターナショナル, 2017
- [2] 荒川修作の実験展一見る者がつくられる場, 332p, 東京国立近代美術館, 1991
- [3] [www.milestone-art.com](http://www.milestone-art.com) column

## 身体活性化は知能の活性化を促す

身心一元論的になると、身体と心、身体と知能はひとつである。三鷹や養老のデコボコの床を歩いたり、そこで横になると、私たちの身体は平たいところとは違う刺激を受ける。

天命反転のカラフルな床や壁や天井は、我々の意識に、大切なものはどこにあるかわからない、だから常にあらゆるものに気を配れと伝える。そして我々の身体はそれに対応できるようになる。

これは修験道や禊や回峰行とも通ずる日本的な知能の活性化手法といってもよいだろう。人間は自然の健全な刺激を全身に受けることで、健全な思考をできるようになる。自然が近くにないなら、天命反転の環境を人工的につくればよいのである。



# 身体表現における指導の声かけの目的と結果の計測

## Structuring Purpose and Results of Verbal Coaching for Physical Expression

西村 拓一<sup>1</sup> 吉田 康行<sup>1</sup> 林 侑輝<sup>2</sup> 鴻巣 久枝<sup>1</sup> 村田 壽美子<sup>1</sup>

Takuichi NISHIMURA<sup>1</sup>, Yasuyuki YOSHIDA<sup>1</sup>,  
Yuki HAYASHI<sup>2</sup>, Hisae KONOSU<sup>1</sup>, and Sumiko MURATA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>産業技術総合研究所 人間拡張研究センター

<sup>1</sup>Human Augmentation Research Center, AIST

<sup>2</sup>千葉大学大学院人文科学研究院

<sup>2</sup> Graduate School of Science and Engineering, Chiba University

**Abstract:** Expression through body movement in ballroom dancing and hip-hop, includes higher brain activity, such as moving the body comfortably to music, or communicating with others in an integrated manner. For this reason, it is highly regarded as an effective way to prevent dementia, and is often used in school education. The verbal explanation during exercise for body expression cannot be clearly defined with regard to the body, which consists of about 200 skeletons and 1000 muscles, or represent an image of movement. Therefore, it is not always possible to achieve the desired change of state, because the expression may differ from person to person or the receiver may misunderstand. In this paper, we collect various terms used in teaching about ballroom dancing and classify the types in terms of body parts and clarity. The changes from the current state and the intended state of some of the gestures will be measured using biomechanical techniques. This will make it possible to clarify the purpose of the verbal instruction and the objective physical changes, and to investigate the differences between the instructors and the way they are transmitted to the students.

## 1. はじめに

近年、我が国をはじめとする先進諸国の多くは急速な高齢化に伴う介護・医療コストの増大に直面しており、健康増進の重要性が高まっている。健康増進のためには、栄養、運動、メンタル、医学の知識を自分ごととして理解し実践することが重要である[1]。特に「健康日本 21」では、「運動不足が原因で毎年5万人が死亡」とされ、健康寿命の延伸のために「1日合計60分元気にからだを動かすこと」を目標として掲げている[2]。運動としては、トレーニングとして持久力、筋力、柔軟性を高めるものや、規則の中で競ったり楽しむスポーツや音楽に合わせて動くダンスなどがある。それぞれの運動に関する指導者は、通常、その運動に関するスキルの指導が中心になることが多い。しかし、**障害予防や上達促進**のためには、身体の筋骨格の状態や動きを評価できる理学療法士の支援も重要である[3]。また、アレクサンダーテクニークのように、身体の自然な動きを心とともに整える技術も役立つ。

運動を指導する際には、このような莫大な知識や技術が必要となるが、現状では**必要な技術を手し指導に生かすことは困難**である。

また、人の運動は複雑な多関節運動であり、動きを指導する際の目標やイメージなどを例示や言葉かけで**分かりやすく伝える**ことが困難である。例えば、生徒が「前回と反対の指導を受けた」、「指導の意図が分からない」などの不満もよく聞かれる。また、指導時に**生徒の希望と特性を把握**することも重要である。この作業が甘いと「楽しく動けばいいのに、勝つための指導をされた」、「同じ動きの指導ばかりで他の動きも上達したい」などの不満が出る。生徒の希望の把握や最終目標の意識合わせを丁寧に行うも重要である。運動を指導する際には、これらの知識や技能も必要となるが、現状では**必要な知識を手し活用することは困難**である。

そこで、本稿では、指導者が障害予防や上達促進のための知識を獲得しつつ、生徒の希望と特性を把握し生徒に分かりやすく運動指導することを支援する**運動指導共創支援方法**を提案する。この方法は複



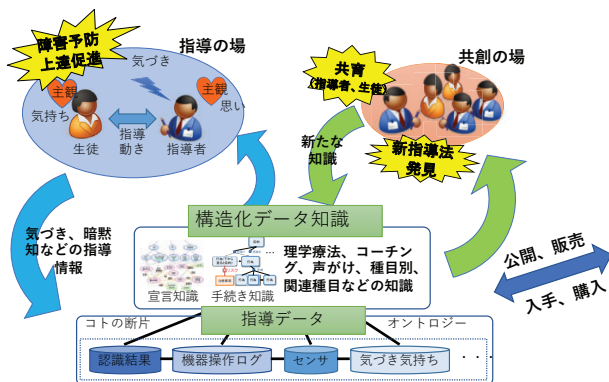


図1 運動指導共創支援方法の提案

数の指導者を含むチームが活用し、指導者たちが共にエビデンスを共有しながら指導知識を共創することを支援する。また、チームで得られた知識や経験データを他のチームに発信したり、公開された知識を活用することで、世界的な共創を支援する。

また、指導における声かけの目的を構造化し、声かけの結果、どのように動きが変化したかを計測することで、**声かけ効果を向上する枠組み**を提案する。具体的に各種運動の中で、数値評価ではなく身体動作全体の動きが重要となる身体表現としてボールルームダンスを取り上げ、本提案方法を説明する。

次節では、関連する取り組みを紹介し本研究の位置づけを示し、3節で運動指導共創支援方法を提案する。4節では、指導の声かけの目的と理想とする動きを構造化し声かけの効果向上を支援する一手法を示す。5節では、理想に対する生徒の動きへの声かけ例を示し、6節でまとめる。

## 2. 関連研究

身体の運動を分析する研究にはバイオメカニクスと呼ばれる分野がある。この研究分野では生理学、解剖学、力学の観点から身体の運動を分析するのが基本となっている。それ故、客観的なデータのみを扱っているといえる。一方、指導の言語を扱う体育の授業やスポーツ指導に関する研究[4][5]では主観的な指導の言語のみを扱い、身体の運動をバイオメカニクス研究のように詳細に分析することはない。

諏訪ら[6]は、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と述べている。これは客観的、そして主観的なデータの両方を取り扱って研究を進めることが重要であると解釈できる。

これまで身体動作と指導言語の分析を組み合わせた先行研究がある。北尾ら[7]は指導言語の特徴と垂直跳びの詳細な動作の関係を分析した。この研究で

1. 生徒の現状（運動特性、認知特性、性格のモデル）を把握（Co-アプダクション）
2. 生徒の目標を把握、場合によっては目標を誘導
3. サブゴールの連続からなる上達経路の設定
4. サブゴールを達成する言葉がけ、指示
5. 変化を把握
6. 目標やサブゴールの確認、再設定
7. 目標達成時終了、そうでない場合は1へ（自発的な行動を引き出すコーチング）

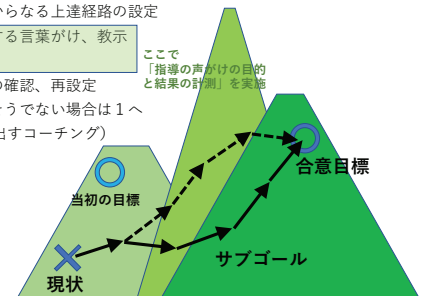


図2 運動指導の手順（例）

は跳躍高をより高めるためと低めるための多様な指示語を用意し、跳躍の動作の分析を行なっている。水山ら[8]は料理における中華鍋の操作の動作を熟練者の指導言語を伴いながら動作の計測を行なっている。そして、指導言語を項目で分類している。これらの先行研究では指導言語の特徴別の分類に留まり構造化や計算機可読性は目的とされていない。更に、これらの研究では単一の動作のみを設定し、スキル獲得のための段階別の体系的な動作の目標を設定していない。

### 3. 運動指導共創支援方法の提案

本節では、指導者が障害予防や上達促進のための知識を獲得しつつ、生徒の希望と特性を把握し生徒に分かりやすく運動指導することを支援する**運動指導共創支援方法**を提案する。図1のように指導の場での気づきや思いを含む指導情報を計算機可読性を維持しつつ構造化する。この際、すでに我々が取り組んでいる知識発現支援技術[9]を応用して構築する。指導の手順やその結果を構造化し、データとリンクした構造化データ知識を構築する。この知識は現場で起きたコトを含み、共創の場で振り返りされ、吟味される。これにより、より良い指導法の共に学び新たなより良い指導法をチームメンバーが共創する。例えばコーチングの知識や理学療法士の知識など、チームに存在しない知識は公開されているものを購入する。逆に新たに生み出した知識を販売することもできる。

一般的な運動指導に関する知識を図2に示した。まず、生徒の現状と目標を把握し必要に応じて目標を誘導する[10][11]。現状から目標までの経路を設定しサブゴールを明確化する。そのサブゴールを達成するための声かけや教示を行い、生徒の動きの変化を把握する。この際、生徒の運動特性や性格などを配慮して指導する。しかし、実際は、多くの現場でこのような理想的な指導とならず、生徒の希望と異

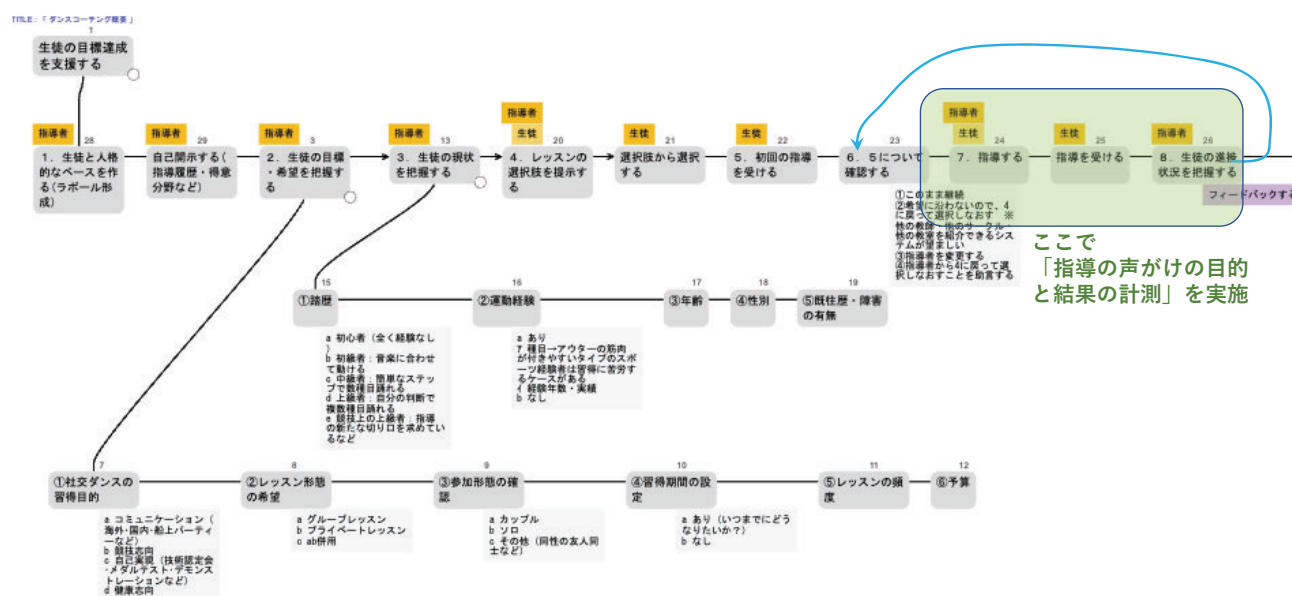


図3 運動指導の構造化知識（例）

なる内容を指導したり、指導のための言葉がけが正確に伝わらない場合もある。このような指導の手順やノウハウは、コーチングの教科書などが参考となるが、図1のように様々な指導現場からの知識と事例を集めていきたい。

運動を指導する構造化知識の例を図3に示した。このような構造化知識を元に指導者に適切な指導手順を支援する人工知能(AI)を実現したいと考えている。筆者らは様々な社交ダンスの指導者のレッスンを体験しているが、生徒の目標を明確に把握し、生徒の現状を明確に説明し、目指す動きと改善する方法を分かりやすく説明する指導者は少ない。これは、限られた時間でできるだけ動きを教えようとするためと考えられるが、図3のような、生徒との人間関係の構築、生徒の理解の特性や運動の特性の把握の重要性が周知されていないためと考えられる。

## 暗黙知を引き出す知識構造化法

また、次節で具体例を示すが、サブゴールを実現するための、声がけの手順と目的の構造化を行うことで、声がけの明確化と目的を共有できるようにする。この際、すでに我々が取り組んでいる知識発現支援技術を応用して構築する[12]。

本手法は、7つのステップで構成される。図4の料理の例で構造化方法を説明する。

① 作業手順を構造化する

社交ダンスにおける WDSF 教本のように動きの手順を項目別に記したマニュアルが存在することが多い。

このステップでは、これらマニュアルから図5に示す構造化方法で知識を構造化していく[4]。この図の最上段にある行為は、行為Aか(行為Bと行為A)のどちらか(OR)を行うことで実現できる。行為Bと行為Cはどちらも必要(AND)である。行為は、基本的に「名詞+動詞」で書く。また、左手の行為Aに書いてあるように、この行為を行う条件(黄色)、主体(オレンジ)、動詞の説明(紫)、リスク(ピンク)、名詞の具体例(白)を分けて記述する。通常のマニュアルは、一つの文に複数の行為が入っていたり、主語が割愛される場合もある。そのため、このように構造化を行うことで、作業手順が明確に計算機可読性も達成できる。なお、マニュアルが古くなっていた場合、現場メンバーで議論して最新の作業手順を構築する。メンバーにより手順が異なる場合は、合意が取れた作業手順を一つ構築する場合と、条件により複数の作業手順を作る場合もある。図4左図で用いた料理の例では、作業手順知識の「サンドイッチを作る」という目的を達成するためには、「パンをトーストする」「パンにマヨネーズを塗る」などの一連の行為が全て必要であることを示している。

② 各行為の目的を話し合う

作業手順内の各行為の目的を話し合う。目的がすぐにわからない場合は、各行為にまつわる体験を共有したり、その行為をしない場合にどうなるかを考える。具体的には、作業手順の一つ一つの行為に関して、「この行為の目的は何ですか?」「この行為をしないとどうなりますか?」「この行為にまつわる体験を話してください」「どんな想いでこの行為を行な

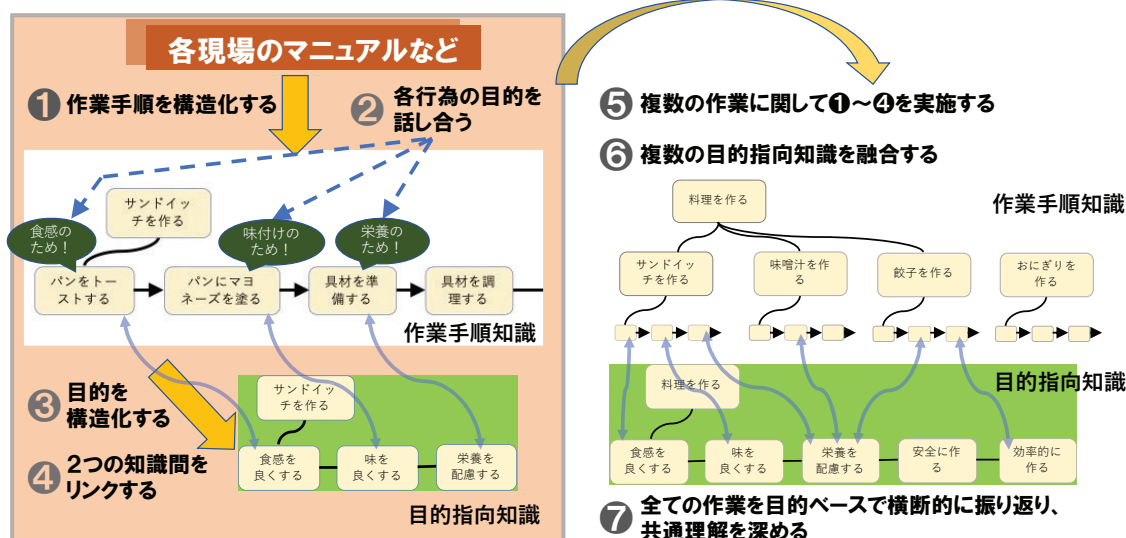


図4 サブゴールを実現するための、声かけの手順と目的の構造化(料理の例)

っていますか？」などの問いをお互いに出すと目的が見えてきやすい。このステップでは、メンバー間の体験や思いが共有され、作業に対する理解が深まったり、他のメンバーの出来事を擬似体験する場合もある。

### ③ 目的を構造化する

複数の目的が出てきたら、それらの目的を図5の方法で構造化する。図4左図の例では、「サンドイッチを作る」ためには、「食感を良くする」「味を良くする」「栄養を配慮する」ことすべてが必要であることを示している。この構造化を進める際には、「この目的は、他の目的と関係ありますか?」「より広い目的はありますか?」などの問いを出し合い、当該メンバーが納得いくよう構造化していく。

### ④ 2つの知識間をリンクする

完成した作業手順知識と目的指向知識の各行為の間のリンクを作成する。図4の例では、作業手順知識の「パンをトーストする」という行為は「サンドイッチを作る」ために必要であるとともに、目的指向知識の「食感を良くする」という行為にもリンクされており、この目的もあることがわかる。このように作業手順には、書かれにくい各行為の目的が記述され、作業手順内の行為とリンクされる。

### ⑤ 複数の作業に関して①～④を実施する

現場メンバーは通常複数の種類の作業を実施している。図4の料理の例では、味噌汁、餃子なども作るための作業手順が存在する。そこで、これらの複数の作業に関して①～④を行い作業手順と目的指向の知識を構築する。

### ⑥ 複数の目的指向知識を融合する

複数の作業について構築した目的指向知識を融合

する。例えば、図4右図のように「栄養を配慮する」という目的は、「サンドイッチを作る」「餃子を作る」など複数の行為の共通の目的となっている。この融合は、作業を構造化するたびに順次進めることもできる。ただ、この場合は、ステップ②にて、まず既存の目的指向知識を参照せずに各行為に向き合って目的を探り出し、その後、参照することが望ましい。これにより新たな目的を表出できる。この融合作業において他の作業の目的を参考にすることで、気づかなかった行為の目的を発見することも可能となる。

### ⑦ 全ての作業を目的ベースで横断的に振り返り、共通理解を深める

目的指向知識の各行為について、各作業のどの行為の目的になっているか、横断的に検討する。

具体的な指導現場として、認知症予防にもっとも効果的という報告があるダンス現場[13]において、他のさまざまな種類の運動に共通な基本的な動きに焦点をあてて研究を推進しており、次節以降の具体例として紹介する。

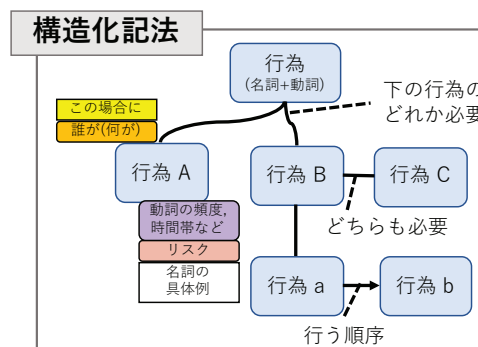


図5 構造化記法



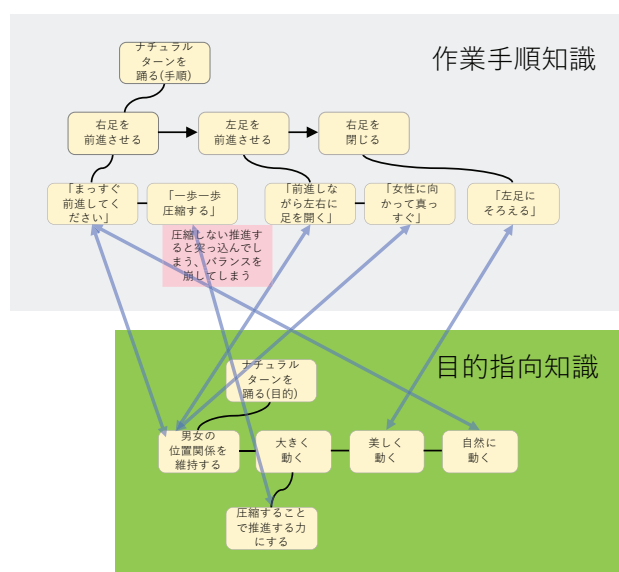


図6 指導の声がけの構造化(例)

## 4. 指導の声がけの構造化

通常、指導時には言葉による説明と指導者が動きを見せる例示を併用する。例示では、現状の生徒の動きを再現したり、理想の動きを示すが、言葉による説明は例示のポイントを明確にしたり、理想の動きに近づけるためのイメージとなることが多い。しかし、例示では、筋肉の動きの結果となり、そもそもどのように動けば良いかわかりにくい。言語表現は、その動き方の印象やイメージを説明するが、言葉の表現は人によって異なり、ある一つの動作を表現するために、何通りもの言語表現が存在する。

指導現場では様々な言語表現が用いられており、「自然に」、「力を抜いて」、「力強く」、「軸を保って」、「丹田を意識して」、「蹴りださない」、「ボディ先行」、「足を意識しない」などがあげられる。また「自然な動き」を実現するために、「表層筋群ではなく深層筋群で動く」、「足で蹴りださない」、「重力を活用する」、「身体全体の連携」という声かけもされている。また、「身体全体の連携」を実現するために、「体幹から動く」、「地面の力を足、脚胴体、他の四肢へ順に伝える」ことが必要となる。さらに「足で蹴る」の運動学因子は、足と重心の水平方向の差異により重力で移動が始まる加速度より、地面を蹴ることにより大きな加速度となることと説明できる[14]。

図6に、社交ダンスの「ナチュラルターン」を踊る手順を示した。これは、図4の手法で構築したものである。右足、左足と前進し、最後に左足に右足を閉じる。この際に、うまくできていない場合の声かけとしては、「まっすぐ前進してください」など挙

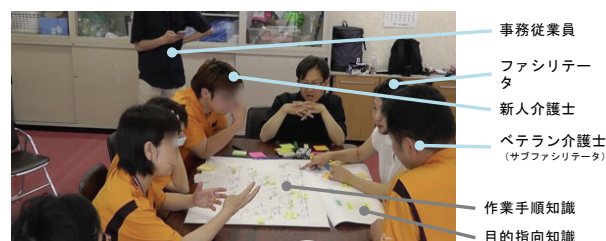


図7 知識構造化ワークショップの様子

げている。また、図6下には、声かけの目的を構造化している。このように、理想に対する現状が異なる場合の声かけとその目的を構造化することで、どの時点でどこを注意すると理想の動きになるか明確になる。また、AIによる指導も可能となる。

この構造化知識は、複数の指導者によるワークショップで意見を出し合って改良していく。これにより、さまざまな気づきや発見が起きる。図7は、介護施設で介護作業の知識を構築している様子である。このワークショップの効果は得られた構造化知識だけでなく、以下のような効果があった。

- 目的を語ることで、その行為を行う想いや熱意が表出！
- その行為の根拠を語ることで、身に迫る体験が共有される
- 想いと体験の共有により知識と意識が変革  
→意識が変わる、見方が変わる、行動が変わる

## 5. 指導の声がけによる変化の計測

### へ向けて

身体の3次元位置座標を計測するために慣性センサ式モーションキャプチャシステム(MVN, Xsens 社製)がある。システムでは17個の慣性センサを足、下腿、大腿、骨盤、胸骨、頭、上腕、前腕、手の部分に装着する。また、参加者は慣性センサが装着された伸縮性のある専用スーツを着用する。システムのマニュアルに則し、立位姿勢と歩行によるキャリブレーションを行い、23リンクの剛体モデルを構築していく。そして、運動学解析にはシステム専用の解析ソフト(MVN Analyze, Xsens 社製)を用いて重心位置や関節角度等を算出していく。

本項では、このシステムを用いて、ボールルームダンスの世界チャンピオンと国内アマチュア選手13人との比較を行う[18]。比較は、図6のナチュラルターンの一部に関して国内審判員2名が実施した。まず、具体的なナチュラルターンの動きを図8に示す。左足前進の予備歩および3カウントで構成され、

今

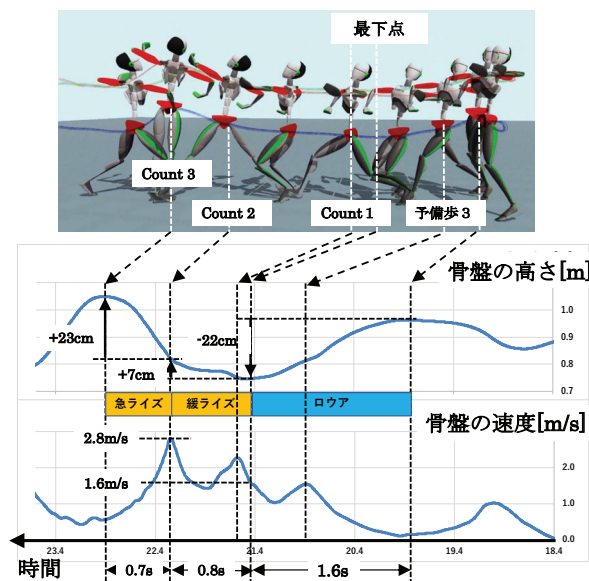


図8 ナチュラルターンの動き

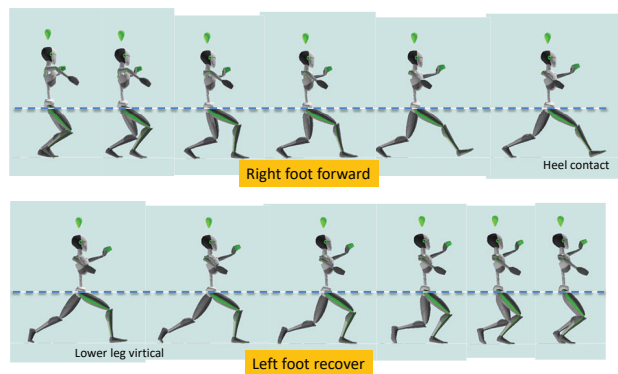


図9 比較部分(カウント1右足前進)

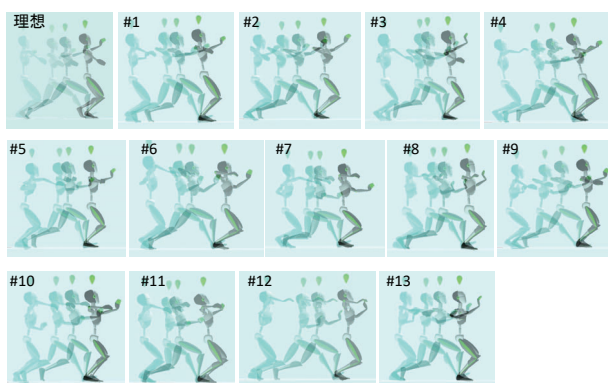


図10 比較部分(カウント1右足前進)

回の比較は図9のようにカウント1の右足前進のみとした。この右足前進1歩に関して、図10のように世界チャンピオンを理想とし、国内選手13人の動きのダイジェスト版連続写真を作成した。

被験者	理想の動きとの差異	累積発生件数
1	1-3 右肘が遅れている	1
	2 後ろ足足首・膝の伸びが足りない	1
	2 飛び越えている	1
	3 上体が後ろに傾いている	1
2	0-3 右肘が遅れている	2
	0-2 上体が前に傾いている	1
	2 後ろ足足首・膝の伸びが足りない	2
3	0 左肘が遅れている	1
	1-2 右肘が遅れている	3
	1 上体が前に傾いている	2
	2 後ろ足足首・膝の伸びが足りない	3
	3 上体が後ろに傾いている	2
4	0-3 左に傾いている	1
	3 後ろ足足首・膝の伸びが足りない	4
	3 飛び越えている	2
	0-3 上体が後ろに傾いている	3
5	0-3 上体が前に傾いている	3
	2 後ろ足足首・膝の伸びが足りない	5
6	0-3 左に傾いている	2
	2 後ろ足足首の伸びが足りない	6
	3 0の高さに戻らない	1
7	0-3 必要以上に膝の屈曲が見られる	1
	0-3 左に傾いている	3
	2 後ろ足足首・膝の伸びが足りない	7
8	0-3 必要以上に膝の屈曲が見られる	1
	2 右脚への体重移動のタイミングが遅れている	1
	2 後ろ足足首・膝の伸びが足りない	8
9	0-2 上体が前に傾いている	4
	0-3 右肘が遅れている	3
	0-3 骨盤よりも上体が先行している	1
	2 右脚への体重移動のタイミングが遅れている	2
10	0-3 左に傾いている	4
	2 飛び越えている	3
	2 前足への体重移動のタイミングが早い	1
	2 後ろ足足首・膝の伸びが足りない	9
11	0-3 左に傾いている	5
	0-2 顎が上がっている	1
	2 後ろ足足首・膝の伸びが足りない	10
	2 右脚への体重移動のタイミングが遅れている	3
	1-3 上体が後ろに傾いている	4
12	0-3 左に傾いている	6
	0-3 上体が前に傾いている	5
	0-2 顎が上がっている	2
	2 飛び越えている	4
13	0-2 上体が前に傾いている	6
	3 右脚への体重移動のタイミングが遅れている	4
	2 後ろ足足首・膝の伸びが足りない	11
	3 バックバランスになっている	1

図13 審判員Bによる国内選手の動作に関する記述

審判員Aが理想に対して国内選手13人に関して作成した表が図11となる。4つの段階(スタートから軸足交代まで)における問題点や○×での評価が記されている。次の列には改善点、その理由、声かけ例が示されている。最も右の列には声かけによる想定結果が記されている。

図12には、審判員Bによる理想の動きに関する記述を示した。図13には、国内選手に関して、理想の動きとの差異と発生件数となる。「後ろ足足首・膝の伸びが足りない」が11件、「上体が前に傾いている」が6件、「左に傾いている」が6件となっている。このように共通の指摘は審判員Aでも発生している。これらの記述は、状態を説明している場合もあるが、審判員Aの改善点「左足のプッシュ不足」のように原因を指摘している場合もある。図14には

審判員 B の声がけを示した。

「後ろ足足首・膝の伸びが足りない」に関しては、審判員 A が「プッシュ時に左足を動かさない」となり、審判員 B は、「左足首と膝が伸びきる感覚を確認してください」と声がけすると回答している。前者では足部への意識、後者では膝を進展する感覚として声がけしている。このように、全く同じ動きを見ても指導者によって指摘ポイントやそれに対する声がけが異なることがわかる。

今後は、これらの声がけやその目的を比較しあい、因果関係も含めた声がけの質向上を目指したい。

## 6. おわりに

本稿では、運動指導共創支援方法と声がけの質向上技術を提案した。コーチングの知識、声がけの構造化と生徒の動きの変化を運動学因子との関係モデル化を行う枠組みである。今後、複数の指導者チームに導入し、具体的な事例を蓄積し運動指導支援に役立つか検証していく。

## 謝辞

本成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP20006, 18002）の結果得られたものです。また、スタジオジャルダン中井先生、日頃から運動するオンライン練習会の活動にご協力頂いた皆様に、謹んで感謝いたします。

※各人の動きが4点プロットされているので、便宜上それぞれを0.1.2.3とする。				
	0	踏み出す直前、両足がほぼ揃っている状態		
	1	Heel contact		
	2	Lower leg vertical		
	3	次の1歩に入る直前、両足がほぼ揃っている状態		
特徴	0-3	上体が前後左右にぶれない（上体のスウィングに頼らない）		
	1	体重移動の前に前後に脚をスプリットして見える瞬間がある		
	3	体重移動が明確（足首・膝関節の伸びが明快）		

図 12 審判員 B の理想の動きに関する記述

国内ダンサー	スタート	右踵着地	プッシュ	軸足交代	改善点	改善点が必要な理由	声かけ例 1	声かけ例 2	想定結果
#1	左肘下がる	○	不足	バックバランス	1歩の終わりで上肢が後ろ体重	次に続く動きがぎこちなくなる	プッシュの時に左足動かさない	ボディを立てる（垂直に）	頭・肩・腰が垂直になる
#2	右肘引き過ぎ	△	○	○	右肘の位置が後ろに引き過ぎる	肩・肘のバランスが悪い	重心移動にペンデュラムの動きが無い	左右の肘の間で大きなボール(空間)を運ぶように	左右の肘の位置が正しいバランスにある
#3	左肘下がる	○	不足	○	右足への体重移動が早い、左足のプッシュ不足	ボディ垂直だが、移動距離が短い	着地から重心の移動時間が短い	左足さらにプッシュで腰を移動、左足浮かさない	重心移動が滑らかなになる
#4	頭が後傾	○	○	バックバランス	ロア時に上肢が後傾気味	頭部が動きにブレーキをかけている	プッシュの時に左足動かさない	腰の上に頭（部）を乗せる	頭・肩・腰が垂直になる
#5	頭が前傾	○	不足	バックバランス	前のめり、左足のプッシュ不足	中間バランスを明確に作る	着地から重心の移動時間が短い	腰が引けているので起こす	重心移動が滑らかなになる
#6	左肘下がる	○	○	○	右肘が高く、左肘が落ちている	左肘で動きをとっている	反動だけでない加速しない	左サイドを（長く）引き上げる	上肢は静かでもダイナミックな動き
#7	左肘下がる	○	不足	左サイドに傾く	左肘を引き過ぎる、左足のプッシュ不足	膝が前過ぎ、腰が落ちている	膝が落ち過ぎないように	重心移動にペンデュラムの動きが無い	左サイドが引き上がるとより良いバランス
#8	左肘下がる	○	不足	○	右足ヒール着地後の左足のプッシュ不足	中間バランスを明確に作る	重心移動にペンデュラムの動きが無い	左足さらにプッシュで腰を移動する	重心移動が滑らかなになる
#9	前傾	×	○	○	前のめり、右足ヒール着地時に腰が引ける	中間バランスを明確に作る	足を置きに行かない	腰が引けているので起こす	頭・肩・腰が垂直になる
#10	左肘下がる	○	不足	○	右足ヒール着地後の左足のプッシュ不足	ボディ垂直だが、移動距離が短い	プッシュの時に左足動かさない	重心移動にペンデュラムの動きが無い	重心移動が滑らかなになる
#11	左肘下がる	△	不足	バックバランス	右足ヒール着地時に後傾、左足のプッシュ不足	頭部が移動にブレーキ	重心移動にペンデュラムの動きが無い	頭を引いて、頭部を起こす	頭・肩・腰が垂直になる
#12	右肘上がる	○	○	○	前傾気味、右肘が高く、左肘が落ちている	上肢の動きがうるさい	プッシュの時に左足動かさない	肩のラインを水平に	上肢は静かでもダイナミックな動き
#13	前傾	○	不足	○	前のめり、頭部から動いている	移動距離が短い	頭部から移動しない	重心移動にペンデュラムの動きが無い	頭・方・腰が垂直になる

図 11 審判員 A による声がけ

フェーズ	改善点	該当者数	改善点が必要な理由	改善点を実現するための声がけ例	想定される結果（伝わらない場合）
0-3	左に傾いている	6	左サイドのベンジュラムスウィングに頼っている	上体を振らずに1歩出てください	上体に必要以上に力が入る
0	左肘が遅れている	1		ホールドせずに両腕共肘から先を上げて動作を行ってください	動きがぎこちなくなる
0	上体が前に傾いている	6	頭の重み（メトロノームスウィング）を利用している	頭の位置を変えないように意識してください	上体に必要以上に力が入る
0-3	骨盤よりも上体が先行している	1		後頭部が背骨の上に真すく乗っているように意識してください	頭部が後ろに傾く
2	左足足首・膝の伸びが足りない	11	ダイナミックな動きを表現できない	左足首と膝が伸びきる感覚を確認してください	床を蹴る動作になってしまう可能性
	飛び越えている	4	女子にスムーズな体重移動が伝わらない	右脚への体重移動が終わるまで左足の接地位置を変えないでください	
1-3	上体が後ろに傾いている	4	自重を使ったスウィングができない	骨盤を立てるイメージで移動してください	骨盤を立てるイメージが伝わらない
			スムーズな体重移動が難しい	次のステップを意識して体重移動してください	必要以上に上体が前に傾く
			次のステップへの準備が出来ていない		
3	右脚への体重移動のタイミングが遅れている	4	音楽・女子とのタイミングが遅れる	素早く右足トゥまで乗り越えるよう意識してください	送り足の意識を忘れる
0-2	頭が上がっている	2	ボスチャーが崩れる	いつも頭を引くように意識してください	頭を引き過ぎる
2	前足への体重移動のタイミングが早い	1	スムーズな体重移動が難しい	接地していない状況でも床の上を身体が移動するイメージを持ってください	必要以上に膝を屈曲して動く
3	バックバランスになっている	1		常にボールバランスを意識してください	ヒールタッチする時間が必要以上に短くなる
				ヒールに床を押さえる力をかけて体重を受け取ったら、直ちにトーを降ろし膝を曲げながら足裏全体で床を押さえ、引く力を使って後ろにある体を引き寄せます。	

図 14 審判員 B による声がけ



## 参考文献

- [1] 体験型健康医学教室（りんご教室），  
（<http://www.tsuminory.jp/anti-aging/index.html>，  
2021年5月23日確認）
- [2] 身体活動・運動を通じた健康増進のための厚生労働省の取組み，厚生労働省健康局健康課，2019.  
（[https://www.mext.go.jp/sports/content/1421884\\_3.pdf](https://www.mext.go.jp/sports/content/1421884_3.pdf)，2021年5月23日確認）
- [3] 理学療法ハンドブック「シリーズ⑤スポーツ」，公益社団法人，日本理学療法士協会，2018.  
（[http://www.japanpt.or.jp/upload/japanpt/obj/files/about/data/handbook05\\_190604.pdf](http://www.japanpt.or.jp/upload/japanpt/obj/files/about/data/handbook05_190604.pdf)，2021年5月23日確認）
- [4] 浅井雅大，藤田育郎，教員養成段階の保健体育専攻学生が用いる「指導ことば」の特徴 - e-Learning による体育模擬授業のリフレクション課題を通して -，信州大学教育学部研究論集，9:71-79，2016.
- [5] 坂下 玲子，庭木 守彦，村田 直子，運動技術の指導における指導ことばの研究：バレーボール，ダンスの指導における比喩的・感覚的ことばについて，熊本大学教育学部紀要 自然科学，41:69-84，1992.
- [6] 諏訪正樹 寛 康明 矢島佳澄 仰木裕嗣，ライフスキルの学習支援ツールの開発 - 身体と意識の共創状態の探究方法論 -，電子情報通信学会誌，95(5)，377-384，2012.
- [7] 北尾 浩和，来田 宣幸，深田 智，中本 隆幸，小島隆次，萩原 広道，野村 照夫，言語的な動作指示の違いがパフォーマンスに及ぼす影響 - ジャンプ動作における関節角度，動作時間および跳躍高の変化について -，日本感性工学会論文誌，17(2):257-265，2018.
- [8] 水山 元，山田佳代，田中和人，牧 淳人，中華鍋操作技能の教授・習得過程の説明的分析，人工知能学会 身体知研究会，東京，キャンパス・イノベーションセンター，2009.
- [9] 西村悟史，大谷博，畠山直人，長谷部希恵子，福田賢一郎，来村徳信，溝口理一郎，西村拓一，現場主体の“知識発見”方法の提案，人工知能学会論文誌，Vol. 32, No. 4, pp. C-G95\_1-15，2017.
- [10] 後藤幸弘(2003)「技能の評価と指導の一体化を目指して-教育内容の明確な授業のために-」，体育科教育学研究，20(1):15-26
- [11] 田中雅人，感性情報を定量化する試み - 「うまさ」と空間的・時間的物理量 -，愛媛大学教育学部保健体育紀要，61:111-116，2014.
- [12] 伊集院幸輝，小早川真衣子，西村悟史，西村拓一：作業フローチャーを活用した目的指向知識の構造化手法の提案，SIG-SW0-048-05，2019（2019）.
- [13] 西村 拓一，西村 悟史，長尾 知香，大久保 賢子，吉田 康行，今泉 一哉ら，Axis Visualizer：体幹ひねりで楽しく健康！，インタラクシオン 2016，3B15，2016.
- [14] 西村拓一，西村悟史，吉田康行，梁滋路，中井信一，中井理恵，鴻巣久枝，今泉一哉，丸山剛生，運動指導で用いられる言語表現の知識化と現場での評価技術の開発，情報処理学会，グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2016（GN Workshop 2016）論文集，pp.1-6，2016.
- [15] Verghese J, et al., Leisure activities and the risk of dementia in the elderly, New England Journal of Medicine 2003;348:2508-2516, 2003.
- [16] 福原 知宏，中島 正人，三輪 洋靖，濱崎 雅弘，西村 拓一，情報推薦を用いた高齢者介護施設向け申し送り業務支援システム，人工知能学会論文誌，28 巻 6 号 p. 468-479，2013.
- [17] 西村拓一，吉田康行，西村悟史，大久保賢子，鴻巣久枝，長尾知香，今泉一哉，三輪洋靖，中嶋香奈子，福田賢一郎，楽しく動作の質を向上する健康増進コミュニティ支援技術，グループウェアとネットワークサービス研究会論文集，2016.
- [18] 権野めぐみ，野村照夫，来田宣幸，吉田 康行，Arunas Bizokas，Katusha Demidova，中井 信一，中井 理恵，西村拓一，ボールルームダンス世界チャンピオンの運動解析：ワルツの前進1歩の動作，第11回日本ダンス医科学研究会学術集会，No. 6，2021.

# ハサミ職人の指使いに着目した 圧力計測による技能差の表出

A Study on skill difference detection of scissors craftsmen using a pressure sensor

猿舘駿<sup>1</sup> 松田浩一<sup>1</sup> 井上研司<sup>2</sup>

Shun Sarudate<sup>1</sup>, Koichi Matuda<sup>1,2</sup>, and Kenji Inoue<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 岩手県立大学ソフトウェア情報学研究科

<sup>1</sup> Iwate Prefectural University Graduate School of Software and Information Science

<sup>2</sup> 株式会社東光舎

<sup>2</sup> Tokosha Co., Ltd.

**Abstract:** In this study, we focused on the fingering of scissors processing, which requires delicacy, and tried to express the skill difference. When the pressures of the thumb and index finger of both hands during work were measured, the results of different tendencies were obtained for each craftsman. When we interviewed about the difference in the method for each craftsman, it was found that the expert controlled finely, which was consistent with the tendency of the measured values. This suggests that pressure measurement may contribute to the expression of skill differences.

## 1 はじめに

日本では団塊の世代が退職することで働き手が不足するという 2007 年問題という懸念があった。製造業では、特に、人の手で物を製作する少量生産の企業において、ベテランの退職は大きな影響を与える。

一般の業務であれば、引継ぎマニュアルにより、業務の質を落とすことなく世代交代をすることが可能である。しかし、長年の経験で取得した職人の技能は口伝による指導が多いため、マニュアルによる引継ぎでは、技能継承がうまくいかずに、従来の品質を確保することが困難になることが懸念されている。

中小企業において、ベテランが退職をしない場合でも、技術の継承がうまくいっているかというアンケートに対し、うまくいっているという回答が 20%と低く、各方面で技能継承が大きな問題となっている[1]。

以上のような問題がある中、各方面の伝統技能において、熟練者が初級者に技能を伝承するということが重要になってきており、様々な手法で伝承支援、伝承の効率化が目指されている。

小島ら[2]は、加工現象を原理や原則に立ち返り、加工モデルやデータベースとして情報に変換していくプロジェクトを進めた。加工技能のデジタル

情報を「インターネット加工ハンドブック」とし、他の作業と関連させ情報の連鎖を構成しようとした。中小製造業で期待される効果としては、(1)加工技能のデジタル化資産の利用による高付加価値加工分野への進出が容易になること、(2)最新加工技術が習得できる、(3)加工技術に対するより多面的で原理、原則に迫った理解が可能となることの三つが期待されていると報告している。

山本ら[3]は、QFD 手法により伝承対象技能の特定を行い、技能伝承方法の抽出・創成マップを作製し、達成目標を掲げ伝承計画を立て実施した。伝承計画に沿って中間評価をしながら教育、訓練を行っていくことで設定した目標を期間内に達成することが出来たと報告している。

新井ら[4]は、熟練技能のデジタル化事業で駆使した様々な技能分析手法を整理し、伝承のための技能明確化手続きを構築した。これを利用することで必要な技能データを漏れなく収集するために網羅的に目配りできるだろうと報告している。

遠藤ら[5]は、手わざ技能の人間側の要素を明らかにすることを目的として、ガラス研削作業の力の分析を行った。実験結果から、手わざのガラス研削作業において、疲労の軽減やばらつきの補償といった人間側の欠点を補う技能が明らかになったと報告している。

竹島ら[6]は、作業者が手や道具を用いて作業する技能を対象として、作業者の動きとものの変化に着目し、技能を定量的かつ視覚的に把握できる技能分析方法を考案した。考案した技能分析方法を工場における技能を必要としている作業に適用した結果、熟練者と未熟練者の動きの違いより技能を抽出でき、その技能が製品に与える影響をバーチャル化させた 3DCG 作業によって評価できたと報告している。

筆者らは、郷土芸能を対象とし、身体の感覚的な動作の質の違いをセンシングにより数値的に明らかにするアプローチで研究を行ってきた[7][8]。以下に、郷土芸能の伝承がスムーズにいかないときの典型例を二つ挙げる。

- 個人差を許容する文化があり、唯一の正解がなく、指導者ごとに異なる解を持っている
- 指導者は感覚的に違うと分かっているが、学習者と共有する方法が手探り

このような現状に対し、筆者らは、どのような質の情報を扱っているのか、何を提示したいのか、といった議論を経て、(1)感覚量と対応する物理量の推定と実験を行うこと、そして、(2)測定した物理量の可視化方法を検討する。以上の方法により、技能の差を表出すること、および、結果を用いた議論を組織・団体内で行う機会を創出する。この活動が伝承支援の方法として有効に働く事例を積み上げてきている。

本研究では、郷土芸能で培ってきたアプローチ方法を、微細な手指の動きにより加工を行うハサミ職人の技能分析に応用することを目指した取り組みを行っている。

株式会社東光舎では理美容師が使用するハサミを製作している。ハサミの加工工程は大きく二つに分類される。前半の工程である指穴の作製、刃と指穴の溶接、ネジ穴加工は機械を利用した調整が不要な工程である。後半の工程には、刃の研磨、外観の研磨、ネジはめがあり、これらの工程は手作業での調整が必要な工程である。その中でも刃の研磨は加工に精密さが要求され、 $\mu\text{m}$ 単位の研磨を行っている。このような微細な作業であるため、ハサミ 1 本 1 本を職人が手作業で加工している。

製造工程において、職人の中で一定時間内に決められた数を加工出来る者（以下「熟練者・中級者」と称する）と出来ない者（以下「初級者」と称する）がいる。初級者は、熟練者と同等の早さで作業することができず、イメージした削りができるようになるには数年の時間を要するというのが現状である。

東光舎においても、技能伝承が口伝だけでは不十

分であることは理解しており、写真や動画を含んだマニュアル作成を試みてきた。マニュアルには、使用する道具や、その使用順が詳細に書かれており、一通りの流れを知識として理解することは可能である。しかし、それらの作業をどのように行うかについては、「ハサミを削る」、「軽めに」などといった抽象的な表現や手順のみに留まり、写真や動画を見ても学習には不十分であることが分かっている。また、職人個々の持つ知識・経験・コツなどは、マニュアルに反映できていないのが現状である。

筆者らは、刃の削り工程にある「刃研磨」と呼ばれる工程を対象に職人の技能差の表出を目的とし、ハサミ加工に必要なハサミに加わる微細なコントロールや力加減の情報を取得する手段を検討した[9]。加速度、角速度、カメラを用いてデータを取得し、取得データを整理し職人に提示することで最終的にはこれまで表出していなかった加工で意識していることや加工方法などのコツが言葉として表出できる可能性を示した。しかし、提案した計測法をもとに圧力値の絶対値のデータを取得したが、職人が研磨中に感じている感覚と一致するケースと一致しないケースがあることが分かった。

本研究では、ハサミ職人の指使いに着目した技能差の計測方法の確立を目的とし、ハサミ職人が指先に感じる感覚とデータが一致するデータ取得の手段を検討する。

## 2 ハサミ加工について

### 2.1 工程について

ハサミ加工の工程は大まかに分類して指穴の加工、溶接、ネジ穴の加工、外観の削り、刃の削り、ネジはめの順で行われている。その中でも、指穴の加工、溶接、ネジ穴の加工は機械を利用した細かい調整が不要な工程である。外観の削り、刃の削り、ネジはめの工程は手作業による細かい調整が必須な工程である。手作業によって調整が必要な工程の中でも刃の削りはハサミの切れ味に影響を与える工程となっている。ヒアリングから、刃の削りの工程にある「刃研磨」と呼ばれる工程は加工法の個人差が少ないことがわかったため、本研究では「刃研磨」に着目し研究を進めた。





図 1 ハサミ加工の工程

## 2.2 刃研磨について

加工するハサミには「刃」と呼ばれる部位がある。本研究では、この「刃」の研磨を職人が行う研磨加工である「刃研磨」を作業対象とする。機械を利用した工程により生成されたハサミの刃の厚さは個体差が生じており、そのため、職人が手作業により刃の厚みを均一にする $\mu\text{m}$ 単位の研磨加工である「刃研磨」を行っている。この工程で職人は、ハサミを左手に持ち右側を右手で持った当て棒で固定しながら砥石の上を左方向にスライドさせる。このとき職人は、研磨の際に発生する音の高さや、砥石に塗った研磨剤の出方、両手に伝わる振動をもとに研磨状態を確認している。



図 2 刃研磨の様子



図 3 ハサミの研磨箇所

## 2.3 刃研磨技能伝承の課題

ハサミ職人は、ハサミを砥石に当てた際に生じる研磨剤の量や両手の振動、研磨の際に発生する音な

どの要素を使って力の加減、砥石で削る面でハサミの角度や動かし方を確認している。職人には、一定の時間内に決められたロット数を加工が可能な者（以下、「熟練者・中級者」と称する）と不可能な者（以下、「初級者」と称する）がいる。また、熟練者と初級者が加工したハサミは加工時間が異なるが出来栄は同じである。

ハサミ加工の難しい点はハサミの加工する部分である触点と加工器具である砥石の接地面が見えないことにある。熟練者はこれまでの作業の経験や慣れから、研磨の際に出る研磨剤の量や指の感覚でどの程度削っているかを感じ取ることが出来る。そのため、慣れた動作で目標の部分まで一気に削り、その後、細かい部分を修正しながら削るのが熟練者の削り方である。しかし、初級者はどの程度ハサミを削ったのかがわからず一気に削ると削りすぎてしまうのではないかと不安から少し削って確認を繰り返す。そのため、確認の回数が多くなり熟練者の倍以上の時間を要している。

ハサミの生産には、月ごとの生産目標数が存在する。決められた時間内にロット数が加工できない場合月ごとの生産目標にハサミの本数が届かなくなる。企業にとって、長期的な視点から、技能を有する人材の育成が大きな課題である

表 1 職人の加工時間（例）

被験者	熟練者	中級者	初級者
加工時間 (1本)	約 20 秒	約 1 分	5 分以上

## 2.4 アプローチ方法

最も繊細に動く部位は手・指である。手の位置・角度変化がわずかにあることは視覚的に見えるものの、ハサミや道具を親指と人差し指でつかんでいる指の力加減は目に見えない。そこで、両手の人差し指と親指の力加減をデータ化することとし、圧力センサを用いてデータの取得を試みてきた。

先行研究[7]において、圧力センサを用いた実験を行った結果、感覚と一致するデータとそうでないデータがあった。再検証したところ、(1)圧力センサの計測値に個体差がある、(2)指と圧力センサの接し方によっても圧力値が変わってしまう、という問題があることが分かった。

本研究では、人差し指と親指の力のバランスを重要視し、データごとのズレを吸収するため、圧力データを正規化し、複数のデータ・人における比較を行い、その効果を検証する。

### 3 実験

#### 3.1 正規化の有効性の検証

圧力データを正規化することでデータごとのズレが解消されるのかを確認するために実験を行った。

圧力センサを各両手の人差し指と親指でつまみ、最大随時収縮（力一杯握る）を行ってもらった（図4）。その際に取得したデータの最大値を100%とし対象動作中の圧力値の割合を算出する。

被験者は、熟練者1名（作業経験年数42年）、中級者1名（作業経験年数6年）である。

#### 圧力センサ

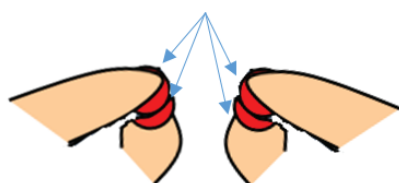


図4 最大値計測

#### 3.2 正規化実験結果

##### （1）計測値から分かること

両手の人差し指と親指に設置した圧力値からそれぞれの割合を算出した結果について、熟練者を図5, 6, 中級者を図7, 8に示す。青線が親指側、橙線が人差し指側のセンサの値である。

理論上は同じ値が得られるはずが、熟練者・中級者共に、正規化前の結果は人差し指と親指のセンサ値に違いがあり、力の差が出ているように見えてしまう。しかし、正規化後の結果ではどちらの指先も同じ力を入れているように見える結果となった。差が出ているのは、センサと指の接し方に起因するものと考えられる。

##### （2）ヒアリング結果

熟練者・中級者共に同じ力加減で継続的に最大随時収縮を行ったと回答を得た。以上のことから、圧力値に対して正規化を行った方が、比較に有用であることが分かった。

#### 3.3 刃研磨への適用実験

正規化処理を用いて「刃研磨」のデータを取得する。圧力センサは、機材を支える両手の親指と人差し指に圧力センサを設置する（図9）。対象動作は、ハサミを砥石に当ててから左方向へスライドし終えるまでとし、熟練者・中級者の2名の経験年数の開

いた被験者のデータをそれぞれ3回取得した。

圧力値の割合は実験1で用いた最大値を100%とし算出する。被験者は、熟練者1名（作業経験年数42年）、中級者1名（作業経験年数6年）である。

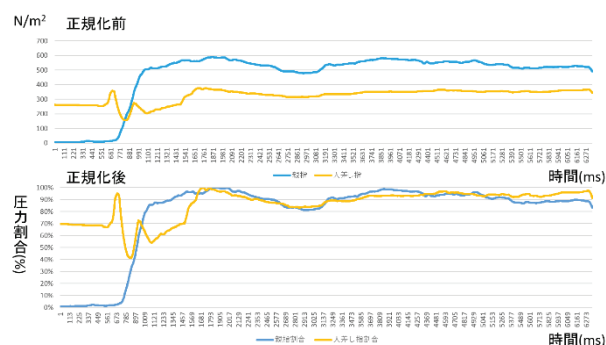


図5 熟練者（右手）

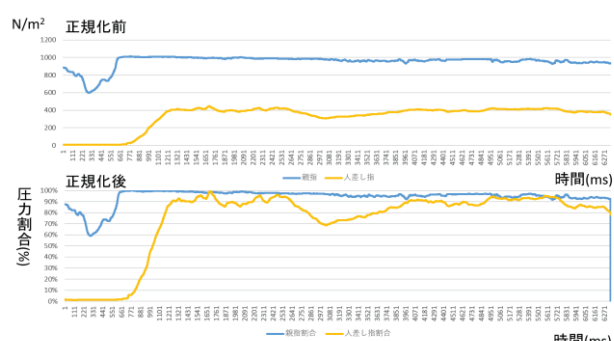


図6 熟練者（左手）

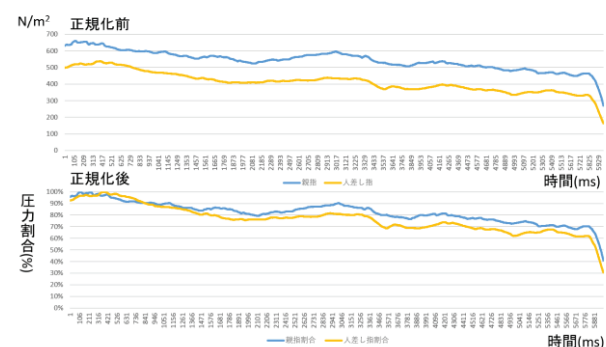


図7 中級者（右手）

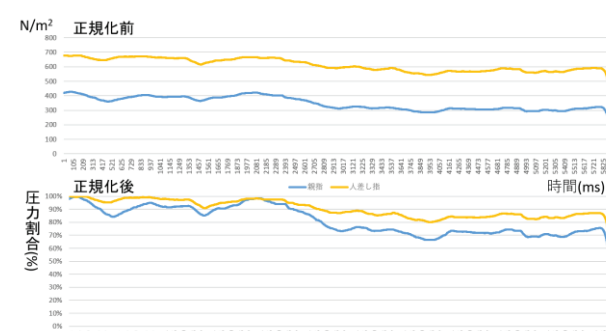


図8 中級者（左手）

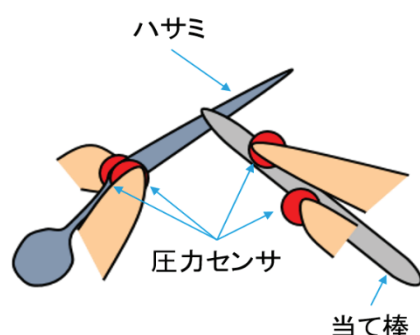


図9 作業時計測

### 3.4 刃研磨への適用結果

#### (1) 計測値から分かること

正規化前後の結果について、各職人の右手の比較を図10、左手の比較を図11に示す。また、熟練者と中級者を比較した各3回の結果を図12～13に示す。青線が親指側、橙線が人差し指側のセンサの値である。また、赤線は100%の位置を表している。

熟練者の右手は、正規化前は同じ力加減で研磨しているように見えるが、正規化後では人差し指に100%を超える割合で力を加えている(図10左)。左手は、正規化前に比べ3回ともハサミを研磨するとき、ほぼ同じ割合の力で研磨しているように見える(図11左)。しかし、細かく見ると、微妙に左右の大きさが入れ替わっている部分があり、微細な制御をしている様子が伺える。

中級者の右手は熟練者と同様に正規化後では親指よりも人差し指に力を入れて研磨しているように見られた(図10右)。左手は、正規化前後ともに人差し指が親指よりも力を入れているような結果となった(図11右)。

熟練者と中級者の割合を比較した場合、右手の人差し指に割合の違いは見られたものの、傾向としては親指よりも人差し指に力を入れているという同じ結果が見られた。左手は、熟練者は親指と人差し指ともに10%前後の力加減で研磨しているが、中級者は人差し指が70%前後、親指が40%前後の力加減で研磨しており大きな差が見られた。

#### (2) ヒアリング結果

熟練者は左手の指先は研磨中どちらも同じ割合で力を入れていると回答があったため、実際の感覚と一致していると考えられる。また、力加減に関しては左ひじを台に置き研磨しており、10%前後の割合でも研磨できるという回答を得た。右手の人差し指に関しては、右手が持つ当て棒は、ハサミを押さえ

つける役割を担っており、人差し指は上から押さえつける位置にあるため、つまんだ状態よりも力が強く入り、100%を超えたのではないかと回答を得た。

中級者の左手圧力値の特徴については、中級者のヒアリングから、左手の指先はどちらも同じ割合で力を入れていると回答があったが、今回の結果とヒアリングの内容は一致しておらず、中級者からはハサミを制御するため、無意識に人差し指に力を入れているのではないかという回答を得た。また、力加減に関して、熟練者が行っている方法では研磨をしておらず、両肘が宙に浮いた状態で行っているため、熟練者よりも強い力加減で研磨をしていると回答を得た。

#### (3) 作業法の違いについて

熟練者の左手のデータを見ると、力が微量であり、左手の人差し指と親指の強弱が微妙に入れ替わっている。これは、左手を台の上に置いて、微細な上下の制御をしていることを示している。これは、ハサミを削る面が平面ではないため、角度を変えながらスライドさせている、というコメントが得られた。これが、熟練者が一度のスライドで作業を終えることができる技能である。

一方で、中級者は、両手の両指が共にほぼ同一の値を維持している。これは、ハサミを水平に持ちながら両手を宙に維持し、その姿勢を維持しながら体軸を回転させて水平に削る、とのコメントがあった。水平に削るため、水平でない部分に対して何度かスライドさせないと削り切ることができないため、熟練者よりも時間がかかることになる。

以上のことから、二人の作業の違いをデータからも読み取ることができ、技能差の一端を視える化することができた。

## 4 おわりに

本研究では、ハサミ職人の指使いに着目した技能差の計測方法の確立を目的とし、ハサミ職人が指先に感じる感覚とデータが一致するデータ取得の手段の確立を目的とし、ハサミ加工に必要なハサミに加わる力加減の情報を取得する手段を検討した。

熟練者と中級者を比べ、研磨中の左手における指先の力加減や研磨方法の差が大きく見られ、二人の職人の技能差がデータにも表れていることが分かった。

一方で、圧力の強弱について、感覚と一致しない部分については、センサの位置ずれが要因となっている可能性がある。そのため、最大値計測と作業時



計測の移行方法について再検証する必要がある。

## 謝辞

本研究に協力していただいた、株式会社東光舎のハサミ職人の皆様に感謝の意を表する。なお、本研究の一部は、JSPS 科研費 JP20K03152 の助成による。

## 参考文献

- [1] ものづくり日本の技能伝承，人材育成のカギ，  
<https://www.salesforce.com/jp/blog/2014/11/per-sonnel-training.html>
- [2] 小島俊雄，森和男，“加工技能のデジタル化”，精密工学会誌，68 巻 10 号，p1267-1272，2002
- [3] 山本孝，森健一，“認知科学手法による熟練者技能伝承方策に関する研究”，日本経営工学会誌，53 巻 2 号，p161-169，2002
- [4] 新井吾朗，白川幸太郎，“伝承のための技能明確化手続きについて：既存技能分析手法の欠落視点からの検討”産業教育研究，35 巻 2 号，p1-8，2005
- [5] 遠藤博史，石川純，梅村浩之，阿部健太郎，松田次郎，“ガラス研磨作業における技能計測の試み”，日本人間工学会大会講演集，日本人間工学会第 50 回記念大会，45 巻，p248-249，2009
- [6] 竹島壮郎，安田駿一郎，篠田心治，松本俊之，篠田正孝，“作業者の動きとものの変化に着目した技能分析手法の考案”，日本経営工学会論文誌，65 巻 1 号，p1-8，2014
- [7] 尾関 溪，松田 浩一，“角速度に着目したさんさ踊りの手の動きの柔らかさの分析法に関する一検討”，人工知能学会，身体知研究会第 32 回研究会，pp. 8-15，2020.09.
- [8] 高橋唯，松田浩一，“和太鼓における 3 段階動作の定量的分析に関する一検討”，人工知能学会，身体知研究会，第 26 回研究会，SKL-26-03，pp. 7-12，2018.09.
- [9] 猿舘駿，松田浩一，井上研司：ハサミ職人の研磨技能差の計測方法に関する一検討，第 82 回全国大会 5ZF-07，2020.03.

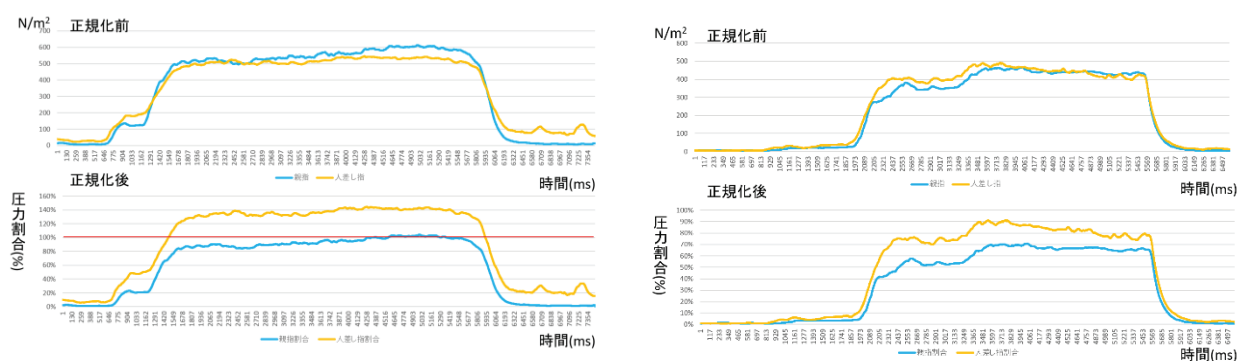


図 10 熟練者（左）・中級者（右）右手正規化前後比較

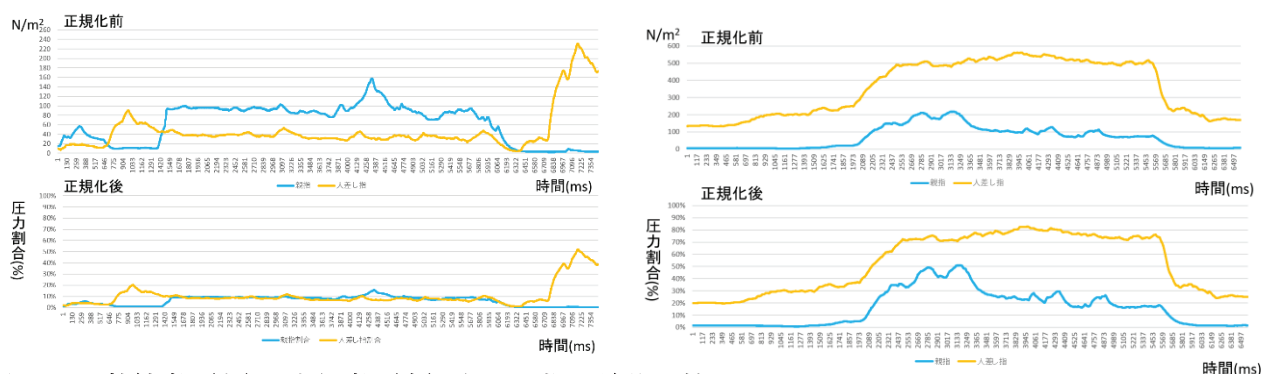


図 11 熟練者（左）・中級者（右）左手正規化前後比較

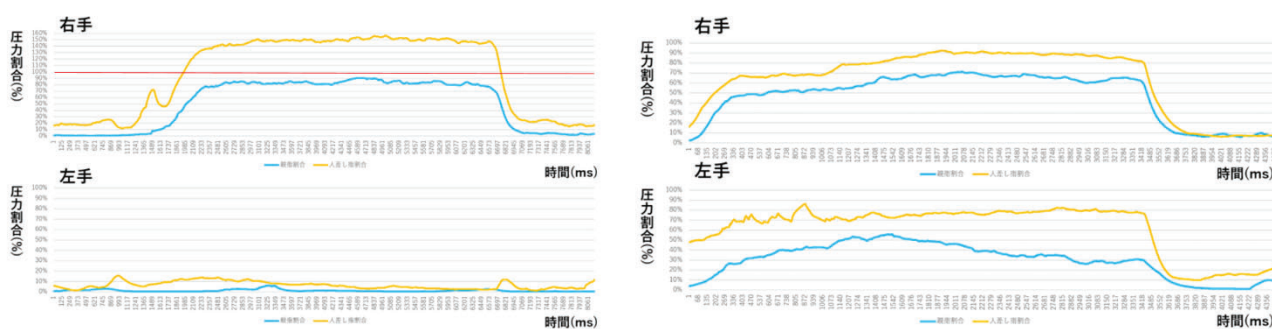


図 12 熟練者 (左)・中級者 (右) 1 回目

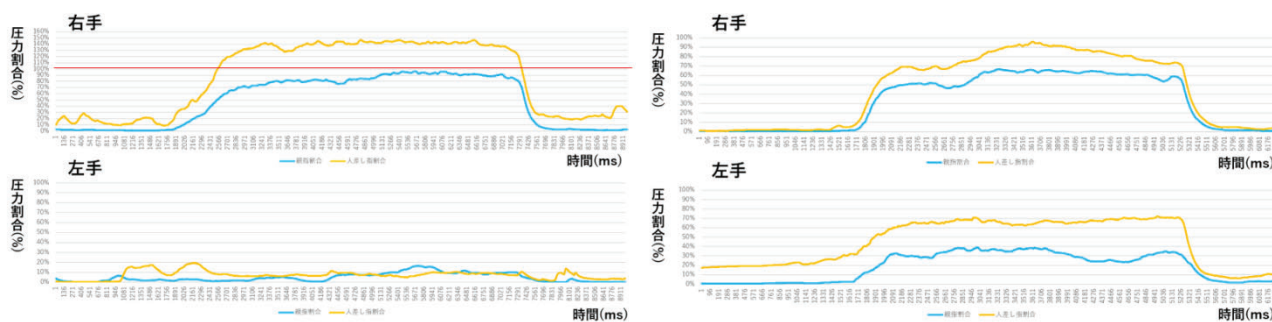


図 13 熟練者 (左)・中級者 (右) 2 回目

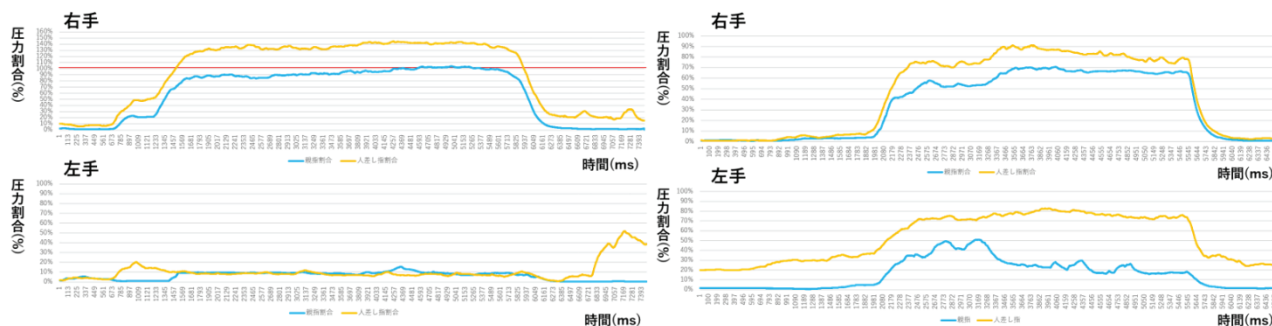


図 14 熟練者 (左)・中級者 (右) 3 回目

# ものづくり分野における身体技能教育の役割と 教育支援技術開発

Role of physical skill education in the field of manufacturing  
and development of educational support technology

松浦 慶総<sup>1</sup>

Yoshifusa Matsuura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 横浜国立大学大学院工学研究院

<sup>1</sup>Yokohama National University Faculty of Engineering

## 1. はじめに

日本のものづくり産業では、既に人材不足と技能継承の問題が提起されて久しい。2000年頃から国内の生産年齢人口（15～64歳）は減少を続けており、2020年には約7,460万人まで減少している<sup>[1]</sup>。この人口減少に対し、日本の製造業を支えてきた中小企業の約7割が技術競争力低下の主因としており<sup>[2]</sup>、既に深刻な人手不足が生じているといえる。この問題に対して、大企業や一部の中小企業では、技術者・技能者が担っていた工程のうち、IoTやAI、ロボット技術による製造に置き換えを進め、生産効率の向上と低コスト化を実現している。しかし多くの中小企業では、新技術を導入する余裕がないためにこれまでと同様の人材確保と育成を行うしかない。一方、現在の自動化、ロボット技術では実現できない、非常に高度な技術・技能による製造を行っているグローバルニッチトップ企業があり、高度熟達技能者の重要性が極めて高い。このような企業においては企業価値に直結するため人材不足とともに技術・技能の継承も喫緊の課題となっている。

このような背景から、日本のものづくり産業の技能教育への要求は、①自動化への情報蓄積、②従来工程の維持、③高度熟達技能者育成、に分類することができる。さらに、それぞれの教育要求において教授者と学習者が必要とする技能情報とその意味が変わってくると考える。特に、著者がこれまで研究してきている身体動作をとまなう技能教育においては、動作の模倣が目的ではなく、身体技能で得られる成果物の品質の維持・向上が目的であるので、教育要求に応じた情報提示や評価、気づきの促進が極

めて重要と考える。そこで本研究では、技能教育への目的と要求を明確にし、著者がこれまで開発してきた構造化技能情報を基に、新たな技能教育支援技術の提案を行う。

## 2. 身体技能研究の役割

1章で述べたように、ものづくり産業では今後の人材不足対策と低コスト化を目指して、現在技能者が実施している工程を自動化し、人の技能に依存せずに安定的な生産を目指している。一方、高機能かつ高品質な製造技術を開発、保有してグローバルサプライチェーンにおけるマザー機能化を促進する必要から高度熟達技能者の育成が重要視されている。

前者の「技能の自動化」に対する研究アプローチは、人の技能動作の計測、および評価を行い、最終的に技能モデルを導出することを目的とし、これまでの技能研究の多くで実施されている。この手法では、汎用性を持つことも要求されるため、熟達技能の計測を行っても、モデル化においては次数を減らし、計測値は空間的、時間的に離散化されてしまう。しかし、近年のセンサ技術の向上やセンサ価格の低下、AI技術やコンピュータ技術による大量データ解析が可能となり、新たな技能モデルによる技能の自動化が期待される。したがって、要求される機能や品質の製造が可能な技能レベルの継承が重要である。

後者の「高度熟達技能者の育成」については、高い技能による製造により、新たな機能や品質レベルによる優位性や高付加価値の創出が期待される。現在のセンサ技術や製造技術は、計測精度や加工精度は一般の技能者を凌ぐ性能を有している。しかし、



非常にノイズが多く、形状が複雑な加工では、これらの機器の精度は落ちてしまう。熟達技能者は、環境の変化への対応や加工における修正能力が非常に高いが、それには「何に注意を払い、道具を正確に動作させるために身体をどのようにコントロールしたらよいか」といった感覚情報が極めて重要である。これらの情報は主観的であり、センサで取得し、定量化することはできないため、これまでの研究では捨象化対象のデータであった。しかし、身体技能では人が主体的に動作する必要がある。熟達者の身体感覚や注意情報を意識させ、情報を常に体感することで、最終的に共感できる技能教育研究が極めて重要である。

### 3. 身体技能教育におけるプロセスと技能情報

従来の技能研究の多くは、技能モデルの構築を目的として計測および評価技術の開発を行っている。しかし2章で述べたように、得られた技術モデルを自動化に用いるとせず、技能継承のための教育に用いようとしている研究が少なくない。しかし、評価結果を提示するだけでは、学習者の模倣学習に大きく依存するだけで、よほど勘の良い学習者でなければ、模倣だけで終わってしまう。また、身体技能は時間的、空間的に動的な情報を複数扱うために、どの情報をどのタイミングで、どのように学習者に提示するかが極めて重要である。そこで、本研究では身体技能の教育プロセスを仮定し、それに必要な情報を選択していく。

- (1) **技能目標と身体動作との関係の明確化**  
習得する技能による成果物の目標と、それに影響を及ぼす道具、身体動作の関係を明確にする。習得目的が身体動作ではなくあくまでも成果物であることを意識する。
- (2) **技能動作イメージの想起プロセス**  
技能動作の身体部位の運動とその時の身体感覚を想起する。そのために、教授者は技能時の自らの身体感覚情報を学習者に提示する。可能であれば、複数の身体部位の感覚情報を提示し、感覚と動作の関係を把握しやすくする。
- (3) **リアルタイムモニタリングにおける熟達度と注意項目**  
動作中に注意をする項目を、熟達度に応じて決定する。動作中は注意できる項目は多くて2つであるため、技能熟達度に応

じて項目の選択を行う。

- (4) **動作中の注意項目とイメージとの比較**  
動作中に注意項目と学習前のイメージを比較しながら、技能練習を実施する。イメージとの相違した情報を記録する。
- (5) **成果物評価と動作中注意項目の関係性**  
成果物に対して、目標としている熟達度に到達しているかを評価し、その評価要因の一つとして技能動作中の注意項目を検討する。(4)で記録している相違情報も成果物の評価に影響しているか検討する。

ここで特に重要なプロセスは(2)と(3)である。

(2)はイメージトレーニングと同様であるが、教授者は出来るだけ多くの身体感覚情報を学習者に提示する。これは、学習者がイメージトレーニングの段階で、感覚器を励起させ、気づきを創出することを目指す。感覚器が励起していなければ、多くの動作を行っても気づかない。気づかなければ、モチベーション低下につながる。さらに、教授者に複数の身体感覚情報を表出させるように求めているが、通常では困難な場合が多い。そこで、著者が開発した技能情報構造化手法<sup>[3]</sup>で、成果物の評価項目と、それに関係する身体部位や道具、道具の状態等の明確な関係性から、熟達に関係する身体感覚情報の創出が期待できる。

(3)は、技能学習時に目標とする技能熟達度に必要な評価につながる項目を注意し、自身の持つイメージを基準として比較することで、成果物の評価の原因として明確化できる。注意項目は3項目以上設定するとリアルタイムモニタリングができないので、熟達段階に応じて変更する。

また、

以上の教育プロセスと情報を基に、技能教育支援システムの設計及び開発をすることで、学習者はあらかじめ技能に関係する多くの情報から、気づきやすい状態に励起され、また比較基準を持つことで差を認知できると期待される。一方、教授者も同様な状態になれば学習者の身体感覚を把握しやすくなり、学習者との共感が得られると考えられる。

### 4. 構造化技能情報を用いた教育支援システムの構築

著者がこれまで開発した技能情報構造化手法により、構造化した技能情報から、3章のプロセスに準じた教育支援システムの構築を試行する。たいしょうとする技能は被覆アーク溶接技能であり、情報を構

造化すると表1のようになる。

対象は初級者とし、安定したビード形成と十分な溶融とする。この場合に3章の各プロセスに関係する項目を選択すると、

- (1) **技能目標と身体動作との関係の明確化**  
目標：安定したビード形成と十分な溶融  
項目：溶接棒、保持手、手首、肘部
- (2) **技能動作イメージの想起プロセス**  
・保持手の運動方向と、運動の安定性に寄与する力覚。  
・保持手の運動と溶接棒と母材の距離の関係  
・保持手運動と支持をする上腕の感覚
- (3) **リアルタイムモニタリングにおける熟達度と注意項目**  
・保持手の運動(フォルダを母材側に移動)  
・溶接棒と母材の接触感覚、距離
- (4) **動作中の注意項目とイメージとの比較**  
(3)と同様。
- (5) **成果物評価と動作中注意項目の関係性**  
・ビード形状と保持手運動の安定性  
・溶け込み状態と溶接棒－母材の距離

以上について、教授者がまず情報を抽出し、学習後に学習者から情報を抽出することで、身体感覚を含めた技能学習が期待される。

## 4. まとめ

本研究では、技能教育研究において従来明確にされていなかった、技能研究の目的の明確化を行った、さらに身体技能教育における教育プロセスと必要な技能情報の関係を考慮した技能教育支援システムの開発を提案した。今後は、学習および評価時における教授者、学習者の体性感覚情報の抽出システムと表示システムの開発を行い、実際に学習時の気づきが創出され、感覚情報の共感が可能か検証を目指す。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 18K11563 の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] 総務省統計局：人口推計－2021 年（令和3 年）1 月報－，(2021)
- [2] 中小企業庁：2012 年版中小企業白書，(2012)
- [3] 松浦，高田：溶接技能教育における情報構造化手法の提案，第 29 回人工知能学会全国大会，(2015)

表 1 溶接技能情報構造

要因	構成要素	評価項目
直接要因	溶融池	形状、大きさ、スラグ状態
	溶接ビード	幅、余盛高さ
1次間接要因	アーク状態	長さ、音、形状
2次間接要因	溶接棒	角度、運棒速度・加速度
1次身体要因	ホルダ保持手	握り方、保持角度
	手首	位置、角度、速度
2次身体要因	肘部	位置、角度、速度
	肩部	位置、角度、速度
3次身体要因	頭部	位置、角度
	胸部	角度
	腰部	角度
	足部	位置、角度
体性感覚要因	重心	位置、移動ベクトル
	力覚	筋活動、部位
視覚要因	視線	注目点