

学習効果向上を指向した技能教育支援手法の開発

Development of skill education support method oriented toward improvement of learning effect

松浦慶総*¹

Yoshifusa Matsuura

高田一*²

Hajime Takada

*¹ 横浜国立大学

Yokohama National University

In recent years, the need for skilled expert has increased due to advanced technologies. However, it is difficult to acquire skills with physical skills. In this research, structured skill information is presented to technicians to induce awareness of physicality related to skill improvement. In addition, based on this awareness, technicians could reconstruct information with high learning effect and proposal of a new teaching method.

1. はじめに

日本のものづくり産業は、最近の20年ほどで「系列」による大きな企業群によるものづくりから、国際分業型ものづくりへと大きく構造変換した。さらに日本の人口減少に伴う生産年齢人口減少と、団塊世代の大量退社による2007年問題により、技術者・技能者の枯渇問題に直面することになった。特に高度熟練技能者(機械では不可能な高精度の実現や機械にはない柔軟な対応を担うスーパー技能者[中村・高野 14])の養成は、多くの時間、経験がかかるため、一度継承が途切れると該当技能の消失につながるおそれがある。また、ディープラーニングを始めとするAI技術の発達もあり、さらにもものづくり産業で自動化が進むと想定されるが、機械そのものを高精度化、高品質化することは極めて難しい。すなわち新たに熟達技能者が必要とされる場が形成されており、このことは技能者がいない現場では、新しい技術が生まれにくいことを意味していると言える。

一方、技能者の教育、育成については、大企業ではベテラン技能者や再雇用した退職者を教師役とし、「ものづくり塾」などの技術・技能研修施設を企業内に設置して行っているが、中小企業ではこのような教育の場を単独で設けることは難しい。一般的に業務と並行して教育を行うOJT(On the Job Training)を実施しているが、基本的には業務過程に沿って知識を教授し、その後は繰り返し学習をさせるため、身体技能を対象としたときは、修得に時間が掛かる問題が生じている。これは、身体技能は動作プロセス以外に身体感覚や注目点といった情報が重要であるが、明確に言語化されていない「暗黙知」であるため、教育情報として扱っていなかったことが原因として考えられる。

これまで著者は、身体技能の教育支援システム開発を目的とした技能動作の定量的評価手法について研究を行った。しかし、これらのシステムは動作プロセスの評価が主体であり、その結果を提示するだけでは学習者に対して理解可能で、技能向上のための学習情報を適切に提示できない。そこで、技能に関する情報を構造化し、学習に必要な情報を得ることを目的とした技能情報の構造化手法を開発した[松浦 16]。さらに、本研究では構造化した技能情報から、学習効果が高い情報を再構築し、新たな教授法を提案できる教授支援システムの提案を行う。

2. 従来のもので技能研究

ものづくり技能に関する研究は、特に2007年問題が提起され始めた2000年頃から増加してきた。これらの言語化やマニュアル化が難しいものづくり技能の研究について、著者はまず文献調査を行った[松浦 17]。「技は見て盗む」といわれるように技能者の所作や道具・機械を使う動作を直接観察することが重要とされてきた。したがって、技能研究においても、直接観察が可能である身体部位とその部位と道具・機械の関係、結果の成果・パフォーマンスの評価に関する測定が行われている。

ここで、技能研究の目的を考えてみると、一つは技能そのものの解明であり、もう一つは技能の修得や継承を目的としている。本学会身体知研究会の設立要旨にも、「人間が身体知を獲得する過程で理解するとともに、スキル獲得を促進する環境のデザイン方法論を探索する」とあり、この探索の結果の応用として「スキルサイエンスの成果は、人間のように柔軟で熟練した動きの実現を目指すロボティクス研究にも有用な知見を与えるであろう」としている。技能そのものの解明では、身体技能のモデル化を行い、モデルのパラメータに入力すると、ある熟達度の技能を再現することが可能となるアプローチと言える。一方の技能修得・継承を目的としたアプローチでは、技能の熟達度を定量的に判定するためのモデル化は必要であるが、さらに、これまで暗黙知として扱われてきた熟達度に影響を及ぼす要因を、熟達者から導出し、さらに学習者が理解可能な情報として提供することが重要であるといえる。

このように二つの目的に対してはアプローチが違うため、その研究方法も異なっているはずであるが、従来のもので技能修得の研究の多くがモデル化主体となっている。これは、ロボット工学や制御工学におけるシステム同定問題に基づいてしまっていると考えられる。最近では、三次元モーションキャプチャシステムやウェアラブルセンサ(加速度センサ、ジャイロセンサなど)を身体各部位に装着して、三次元位置、加速度、角速度などの測定が可能である。この計測された身体部位のデータから、技能動作の熟達度の評価や、技能動作の特徴を定量的評価するモデルを求めている。しかし、このモデルから学習者に対してどのように技能を学習すればよいか、学習の際に身体部位のどこをどのように意識して動かさないといけないか、といった学習情報は得られない。例えば、本研究が対象としている被覆アーク溶接技能では、溶接棒を直線的に動かすストリンガー運棒法において、「溶接面に対して溶接棒を70~80°に維持しながら一定の溶融池の大きさを保つように一定速度で溶接棒を進める」という溶接棒のモデルがある。しかし、この溶接棒の運動を実現

するための身体部位の情報がない。また、身体部位の位置情報や加速度、角速度などの物理データを取得して、技能時の姿勢の定量的な解析を行い、熟達度に応じたモデル化を行っても、学習者の身体特徴や身体の使い方は個々で違うため、全く同じ動作をさせることは難しい。さらに熟達者のデータも異なることが多く、結果、個人差や誤差としてデータを処理していたと考えられる。

そこで本研究では、技能教育において重要な評価対象を明確化するために提案した構造化技能情報により、身体技能修得に重要な情報の気付きを支援し、学習効果向上が期待できる技能教育支援手法を提案する。

3. 構造化技能情報による教育支援手法の提案

3.1 からだメタ認知の技能情報構造化への応用

諏訪[諏方 15]が提案しているからだメタ認知の概念は、「生活文脈の中で、身体と取り巻く環境のあいだに成り立っているものごとの「実体」をことばで表現しよう」とし、「常にことばと実体(特に生活文脈における体感)を結びつけるというメソッド」としている。この「実体」とは、身体と環境のあいだに起こった事象そのもの、その事象を構成する様々なモノとその関係性、環境のなかで身体が感じとった様々な体感と定義している。ここで、からだメタ認知メソッドが結びつけるシステムが、「身体システム」と「ことばシステム」であり、からだメタ認知を実践することで、ことばと身体、ことばと体感を対として扱える。これを繰り返すことで、暗黙知である身体知をことばで表現することが可能となる。しかし身体知の言語化には、からだメタ認知を十分に実践する必要がある。また、初心者が初めからことばと身体・体感を対にして比較することも難しい。とくにものづくり技能の教育・継承においては、熟達技能者と学習者の双方で行う必要がある。また時間の制約から十分に実践できないことが考えられる。

そこで、本研究で提案している構造化技能情報を提示することで、技能品質とからだメタ認知の身体システムとの関係性を理解することが可能となり、ことばと身体・体感との対としてのイメージを創出しやすくなると考える。このことは、からだメタ認知の「実体」をものづくり技能に特化し、技能品質向上という目的の明確化をすることで、情報を構造化することが可能である。さらに、構造化された情報によって、技能学習者は技能に関係する実体の初期モデルを構築し、学習時にそのモデルと構造化情報との比較から、「気付き」を創出することが可能となる。熟達技能者も、散逸していた「コツ」情報が技能品質にどのように寄与するかといったメカニズムを導出でき、学習効果向上につながる新たな指導方法を提示することが可能となる。

3.2 被覆アーク溶接技能における構造化技能情報

これまで著者らが提案した技能情報の構造化手法は、品質工学手法の一つである特性要因図を応用して技能情報の各要因の関係を視覚化している。特性を技能品質とし、品質に影響を与える項目を主要因として明示する。ここで、技能品質への影響度を考慮し、直接要因から間接要因、身体要因の順で記載する。また、身体をどのように動かしたらよいかという意識、体性感覚については主要因に直接影響するので、左端にまとめて記載する(図 1)。今回の被覆アーク溶接においては、特性を溶接技能品質とし、溶接品質に直接影響を及ぼす直接要因をビードとし、そのビード形成に影響を及ぼす間接要因を影響の関係からアーク、溶融池、溶接棒としている。

間接要因までは、これまでの文献調査やインタビューの知見により多くの情報があるため、要因の関係性を構造化することが

できた。しかし、溶接棒の挙動に影響を与える身体要因については、身体各部の情報量が少なく、また身体部位同士の関係性や体感といった身体動作を修得する上で重要な情報はほとんどない。したがって、初期構造としてホルダ保持手から体幹一頭部一足部までで構造化した図をもとに、インタビューおよび動作解析を行い、新たに効果的に修得が可能な教育支援を行う。

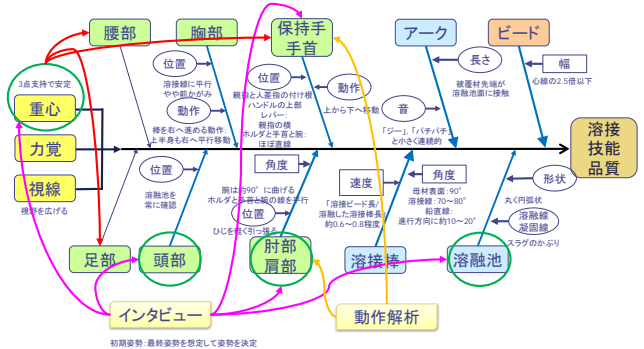


図 1 被覆アーク溶接技能特性要因図

3.3 新たな教授支援手法の提案

図 1 を基にインタビューおよび動作解析より、図 1 中の保持手、肘・肩部、頭部、重心に強い関係性を得ることができた。すなわち、ストリンガー運棒法において、溶接棒と溶接面の角度を安定させて、かつ直線的に移動させるには、保持手を進行方向には動かさず、ほぼ「鉛直下向き」に移動させなければならない。その動作を実現するには、ホルダと溶接棒の荷重を利用し、保持手はホルダを保持することに注意し、徐々に力を抜きながら鉛直方向に移動させることが重要であることが分かった。これは、従来の指導方法には全く無い情報である。この保持手の運動を溶接棒が短くなるまでスムーズに行うために、予め溶接棒長さ最短時の位置で余計な力がかからない姿勢になるように、肘・肩部の位置と角度を調節する。また、頭部は保持手、肘・肩部の動きを阻害せず、さらに溶融池が常に視認できる位置にする。

以上の教示情報に基づいて著者が実際に溶接作業を行うと、いわゆる「肩から余計な力が抜け」た状態になり、アークが安定し、溶接品質が向上した。

4. まとめ

本論文では、提案した構造化技能情報を技能者に提示することで、技能向上に関係する身体性の気付きを誘発し、新たな教授法の提案が可能となった。今後は、従来教授法との比較実験を行い、その学習効果を検討する。

参考文献(論文誌と同じスタイルを推奨)

[中村・高野 14] 中村 肇, 高野 研一: 高度熟練技能継承制作に関する一考察, 社会技術研究論文集 Vol.11, 82-95,
 [松浦 16] 松浦 慶総, 高田 一: 技能教育における学習効果を考慮した情報構造に関する研究, 人工知能 32 巻 2 号, (2016).
 [松浦 17] 松浦 慶総: ものづくり産業における身体知, 第 30 回人工知能学会全国大会, (2016).
 [諏方 15] 諏方 正樹: からだメタ認知: ことばと身体との共創としての身体知学習のメソッド, 第 29 回人工知能学会全国大会, (2015).