

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¹

Yoshifusa Matsuura¹

¹ 横浜国立大学大学院工学研究院

¹Yokohama 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^[1]。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^[2]、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^[3]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