

溶接技能教育における情報構造化手法の提案

The skill information structuring technique for the welding skill training

松浦 慶総*¹
Yoshifusa Matsuura

高田 一*¹
Hajime Takada

*¹ 横浜国立大学
Yokohama National University

In late years, the succession of the expert skill becomes the social problem. Therefore, quantification and database compilation of skill motion, the development of the education support system are extremely important for accumulation and the education of the skill. Then we intended for the arc welding skill in this study. In this study, we suggested technique to structure the information of arc welding skill.

1. はじめに

近年の製造業における世界的な価格競争に対応するため、戦略的に重要な基盤技術や先行技術、工程・品質管理技術を国内製造拠点で開発し、海外拠点に水平展開するマザー機能化が急速に行われている[経済産業省 2012]。また、政府は非大企業が得意分野で高機能、高品質製品を製造し、世界的シェアを獲得するグローバルニッチトップ企業や製造業ベンチャー企業に注目してきている[経済産業省 2014]。このような製造業の動向を実現するためには、高度な製造技術や技能を有した技術者、熟達者の確保が極めて重要である。しかし、熟達技能者の高齢化や大量退職、少子化や若者の製造業離れによる後継者不足は深刻であり、製造技術・技能の継承が危ぶまれている。したがって、技能者養成システムの整備が極めて重要である。

この技術・技能継承問題の対策として、多くの企業ではこれまで OJT (On the Job Training) やマルチメディア教材、最近では eラーニングで教育を行っている。導入教育であれば、教育対象の知識の明確化、形式化が容易であるため、eラーニングによる自己学習によって効果的な教育が実現できる。しかし、特に身体を伴う高度技能に関しては、動作プロセス以外に身体感覚や注目点といった、いわゆる暗黙知の共有が非常に重要になる。したがって、現在も OJT により業務と平行して実施されることがほとんどであるが、指導者である熟達者の教授レベルのばらつきや評価が主観的であるため、学習者と「合わない」教育となる可能性がある。

そこで、これまで著者は身体技能の教育支援システムの開発を目的として、技能動作の定量的評価手法について研究を行った。既報のとおり被覆アーク溶接を対象とし、品質工学手法の一つである RT 法[立林 08]を用いた溶接技能動作の判定システムの説明、さらに、技能動作と筋活動、および熟達度との関係性について解析を行った[松浦 12], [松浦 13]。しかし、これまでのシステムでは動作プロセスの評価結果を提示するだけであり、現時点の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。これは技能教育を目的とした構造化情報がないためと考える。したがって、本研究では技能教育を目的とした技能情報の構造化手法の提案を行う。

2. 技能教育情報の構造化の必要性

技能教育情報を教授者が的確に学習者提示するためには、情報を構造化する必要がある。これまでの技能教育の現場において、教授者の指示の意図が学習者に正確に伝わらない、学習者がどのように理解をしているかがわからない、といった情報共有の不足が問題となっている。

最終的な成果物(製品)の品質、および品質に直接関係する身体動作の評価については、従来の技能教育においても行われている。特に近年では、モーションキャプチャ技術や小型センサを身体部位に取り付けるウェアラブルデバイス技術の大幅な向上により、定量化評価が可能となっている。しかし、この評価のみを学習者にフィードバックしても、原因と改善策の提示がなければ効果的な学習は困難である。さらに原因と改善策を学習者が理解するためには、技能の品質に関わる要素と全体構造を把握している必要があると考える。この全体構造を学習者と教授者の両者が共有していることを前提として、評価・原因特定・改善策提案を行うことが極めて重要である。

3. 技能教育における情報構造化

3.1 技能教育における情報構造化の提案

技能教育においては、成果物の品質に直接影響する要因と、その要因に間接的に影響を及ぼす製作機械や器具の状況の評価がほとんどである。さらに、その評価を学習者にフィードバックしても、評価に対する原因の全体構造が把握できていなければ、改善案を考察することが出来ず、結果として学習効果が現れないためにモチベーションが低下する。そこで、身体動作を伴う技能を構造化する技能情報構造化法を提案する。

- (1) 直接要因: 技能成果物の品質に直接影響する要因と定義する。一般的に技能教育の評価項目となっている。
- (2) 間接要因: 直接要因に対して影響を及ぼす要因と定義する。この間接要因は、操作対象の機械や器具、道具類の状況を表し、技能により N 次の間接要因で構成される。
- (3) 身体要因: 身体に関する要因と定義する。この身体要因は、間接要因である機械・器具を操作する身体部位を上位身体要因とし、体幹に近づく程、次数が大きくなるように定義する。
- (4) 体性感覚要因: 身体操作制御に関わる要因と定義する。重心位置や筋活動の活性化部位、すなわちどの部位に意識をして力を入れ、どの部位を弛緩させるかといった感覚で

連絡先: 松浦 慶総, 横浜国立大学大学院工学研究院,
横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5, 045-339-4221,
yoshim@ynu.ac.jp

ある。この体性感覚要因は、従来の技能教育ではほとんど扱われていない。

- (5) 視覚要因:注視点に関わる要因と定義する。動作中にどこに何を注目して見るかが重要である。この視覚要因も従来の教育ではあまり情報がない。

3.2 溶接技能情報の構造化

溶接技能教育において、これまでの文献やマルチメディア教材、実際の技能教育現場から技能教育に必要な情報を調査し、技能教育に必要な情報要素を解析する。これを基に技能情報の構造化を行う。情報構造は表1のように溶接品質に直接影響を及ぼす直接要因と、溶接道具に関する間接要因、道具を操作する身体に関する身体要因、身体制御に関わる体性感覚要因、注目点に関わる視覚要因に構造化した。

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, スラッグ状態
	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

3.3 技能情報構造の視覚化

3.2で溶接技能情報の構造化を行ったが、実際に教授-学習する際には要因間の関係が容易に把握できない。そこで品質工学手法の一つである特性要因図を応用した技能情報構造化手法を提案する。特性要因図とは、現象や結果などの特性とその特性に影響を与える要素、原因の関係性を整理する図であり、特性への影響の度合いから要因を階層化している。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、評価項目を要因の子要因として記載するが、定量的評価を四角、定性的評価を丸で描いて視覚的に表現する。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)。

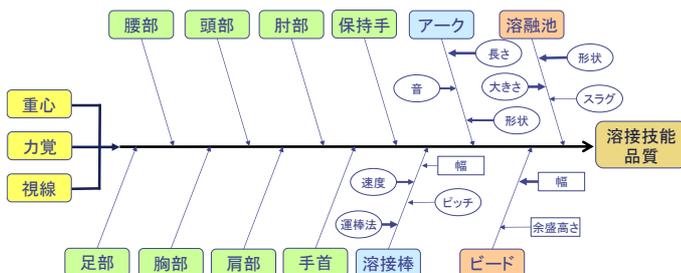


図1 溶接技能特性要因図

3.4 溶接技能情報構造化事例

事例として教本やマニュアルの記載から品質に関わる溶接技能の記載を抽出し、提案した技能情報構造化を行った(表2)。なお、使用した文献は1:[小林 91], 2:[森 02], 3:[上田 03], 4:[中小企業総合事業団 01]である。文献中に各要因の評価項目に関する記述がある箇所を計数した。この結果から、従来の溶接技能情報は直接要因と間接要因に情報が集中しており、身体要因では肘部の情報がある以外はほとんど情報がない。さらに、身体操作制御に関わる体性感覚や視覚要因に関しては、技能教育で扱われていないという結果となった。この結果から、直接要因、および間接要因で評価しているが、評価を向上するためには身体要因、および体性感覚・視覚要因が必要である。したがって、実際の技能学習では試行錯誤していることが予想される。

表2 溶接技能情報構造

要因	構成要素	文献1	文献2	文献3	文献4
直接要因	溶融池	10	1	0	40
	溶接ビード	7	1	1	26
1次間接要因	アーク状態	18	1	2	36
2次間接要因	溶接棒	60	2	4	50
1次身体要因	ホルダ保持手	2	0	0	4
	手首	0	0	0	0
2次身体要因	肘部	8	0	0	0
	肩部	0	0	0	1
3次身体要因	頭部	1	0	0	1
	胸部	3	0	0	6
	腰部	0	0	0	1
	足部	1	0	0	0
体性感覚要因	重心	0	0	0	0
	力覚	0	0	0	0
視覚要因	視線	2	0	0	1

4. まとめ

本稿では、技能情報を構造化、視覚化する手法の提案を行った。今後は、技能情報の構造化を容易に行えるシステムの開発と、計測した定量データを用いて構造化の各要因の関係性を求めることで、技能教育支援システムの実現を目指す。

参考文献

[経済産業省 12] 経済産業省:2012年版製造基盤白書, 2012.
 [経済産業省 14] 経済産業省:2014年版製造基盤白書, 2014.
 [立林 08] 立林 和夫, 長谷川 良子, 手島 昌一:入門 MT システム, 日科技連出版社, 2008.
 [松浦 12] 松浦 慶総, 高田 一:溶接技能における熟達度評価法の開発, 第26回人工知能学会全国大会, 2012.
 [松浦 13] 松浦 慶総, 高田 一:溶接技能における技能情報提示法の提案, 第27回人工知能学会全国大会, 2013.
 [小林 91] 小林 一清, 溶接技術入門, 理工学社, 1991
 [森 02] 森 和夫, 技の学び方, 教え方, 中央職業能力開発協会, 2002
 [上田 03] 上田 敬三郎, 溶接べからず集, 神戸製鋼所溶接カンパニー編, 日本プラントメンテナンス協会, 2003
 [中小企業総合事業団 01] 中小企業総合事業団情報・技術部, 被覆アーク溶接実技とそのポイント, 平成12年度ものづくり人材支援基盤整備事業-技術・技能の客観化, マニュアル化等-