

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

Study on information structure in consideration of a learning effect in the skill education

松浦 慶総*¹
Yoshifusa Matsuura

高田 一*²
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

近年の日本の製造業では、世界的な価格競争に対抗するために、従来の親会社を頂点として子会社、下請け企業で構成されるピラミッド構造から、海外からの部品調達や海外現地製造といったグローバルサプライチェーン構造へ大きく変化した。この変化は、部品供給先の国際化、多様化によりコスト削減、収益増加を目的とし、国内大手企業の国際競争力向上に貢献してきた。一方、今日世界で高機能、高精度、高品質で評価されている「メイドインジャパン」ブランドは、ものづくりの上流工程である親会社の開発・設計力だけで培われてきたわけではない。実際には、設計情報だけでは高品質製品を製作することは困難であり、そこには中小企業の持つ高い技術力により実現が可能となっていた。したがって、製造業のピラミッド構造では上流工程からの設計情報伝達だけでなく、製造・品質管理といった下流工程からのボトムアップ情報も非常に重要であり、緊密な情報共有を行っていた。

しかし、世界的なグローバルサプライチェーン化の流れから、ものづくりの“分業化”が急速に進んだため、これまで暗黙的に行われてきたものづくりの情報共有を明確化する必要に迫られている。例えば、これまで用いていた設計図面で、海外の製造企業に製造委託した時に不良率が高くなったが、実際には製品は図面通りに製造されていた。これまでは依頼していた国内中小企業が、依頼されていた部品の使用意図や最終製品における必要精度などを勘案して、部品製造時に微妙な調整を加えていたため、問題が生じていなかったことが原因であった。このような関係に親会社が当然としていたため、いわゆる製造の“ノウハウ”を把握しておらず、図面に反映していなかったためにこのような問題が生じてしまっている。また、中小企業はすぐれた製造技術を活かす製品企画、設計ノウハウを独自に保有する必要が出てきている。

このような背景により大企業の対策としては、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、中小企業は得意分野で高機能、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という企業形態として注目されてきている[経済産業省 2014]。

このように、従来のピラミッド構造での依存した関係から個々の企業で質の高いものづくり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、現在においても OJT (On the Job Training) が主体である。しかし、技能に関しては、動作プロセス以外に身体感覚や注目点、意思決定といった、いわゆる暗黙知が非常に重要になる。また OJT は業務と平行して実施されることがほとんどであるが、実際には下請け業務的な対応となったり、指導者の教授レベルがばらつき、評価が主観的となったりして、学習者と「合わない」教育となる可能性がある。

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 [松浦 12], [松浦 13]。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。したがって、本研究では技能教育の学習効果を向上すること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

これまでの技能教育の現場において、教授者と学習者間の情報共有の不足が問題となっている。この原因の一つには、技能教育情報を構造化出来ていない事が考えられる。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、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。この原因と改善策を的確に把握するためには、技能の品質に関わる要素と要素間の関係性、全体構造を把握している必要があると考える。これら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. 教育効果を考慮した技能情報構造化

これまで著者らは、身体動作を伴う技能を構造化する技能情報構造化法とその提示手法を提案した[松浦 15]。しかし、構造化した技能情報の要素間の関係性や、各要素の修得に対する

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,
matsuura-yoshifusa-cr@ynu.ac.jp

寄与、熟達度に対する情報提示の構成について、学習効果向上との関係についてはほとんど考慮されていなかった。そこで、品質管理手法の一つである品質機能展開 (Quality Function Deployment: QFD) を応用して、学習効果向上に寄与する技能情報の構造化手法を提案する。

3.1 溶接技能情報の構造化

溶接技能教育において、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、これを基に技能情報の構造化を行った。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	溶接ビード	幅, 余盛高さ, 巻込み
1次間接要因	溶融池	形状, 大きさ, スラグ状態
	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

3.2 技能情報構造の視覚化

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た。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)。

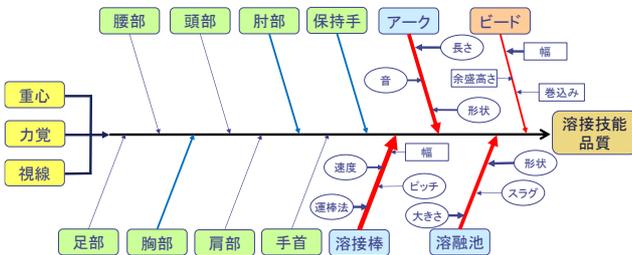


図 1 溶接技能特性要因図

3.3 品質機能展開を利用した構造化手法

3.2で技能情報の各要因の関係性について視覚化することはできたが、要因間の影響や関係性の定量化、技能教育における効果については考慮することは出来ていない。特に身体運動を伴う技能では、道具と身体部位との関係や身体部位間の

連携、運動と体性感覚や意識といった各要因同士の関係性が重要である。さらに、学習の際には全ての要因を同時に意識しながら修得することは困難であるので、上記の関係性の重要度を求めることで、重要度の高い要因から学習を行うといった学習計画の提案も必要である。例えば被覆アーク溶接の向下きストレートビードにおいて、従来の学習では溶接棒の角度と溶融池の状態に注意することを指導されるが、どのように身体を動かせば溶接棒を安定した角度で運棒出来るかは全く指導がないので、修得に時間がかかる。したがって、安定した運棒実現のための新たな指導法の提案が重要となる。そこで、QFD の手法を応用して技能情報を構造化する手法を提案する。具体的には QFD の手法から以下の手順で技能展開表を作成する(表 2)。

- ① 対象技能の熟達に要求される事項を要求技能品質展開表として作成する。基本的に表 1 の直接要因が相当する。
- ② 表1の間接要因, 身体要因, 体性感覚要因, 視覚要因から技能要素展開表を作成する。
- ③ ①の要求品質を左欄に②の品質要素を上欄に配置した二元配置表を作成する。
- ④ 要求技能品質と技能要素の関係性について、対応関係を5段階評価する。
- ⑤ 重要度の計算を行い、対象技能の熟達度に対する影響を定量評価する。

表 2 技能展開表(一部)

技能要素展開表		間接要因									
		1次			2次						
		溶融池	アーク状態		溶接棒		運棒速度	加速度			
形状	大きさ	スラグ状態	長さ	音	形状	角度					
要求技能品質展開表	直接要因	項目									
	溶接ビード	溶接線通りか	3	5	2	1	1	1	3	2	2
		ビード幅は一定か	4	5	3	3	3	2	2	5	4
		ビード幅は規定内か	2	5	2	3	1	2	2	5	4
		余盛高さは一定か	5	4	4	4	3	4	3	5	4
	余盛高さは規定内か	5	3	3	3	3	4	3	4	4	

4. まとめ

本稿では、技能情報を QFD を応用した技能展開表を作成して構造化する手法の提案を行った。今後は、技能展開表と技能動作を計測した定量データから各要因の関係性を求めることで、学習効果を向上させる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.
- [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.
- [松浦 15] 松浦 慶総, 高田 一: 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.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15K01019 の助成を受けたものである。