

# 溶接技能における技能情報提示法の提案

## The skill information presentation method for the welding skill

松浦 慶総<sup>\*1</sup>  
Yoshifusa Matsuura

高田 一<sup>\*1</sup>  
Hajime Takada

<sup>\*1</sup> 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. The system which we developed evaluates the three-dimensional motion information and the electromyogram based on the judgment standard of the expert skill person quantitatively. Furthermore, this system extracts the error motion of the learner and can become a type of the error motion.

### 1. はじめに

近年の日本のものづくりにおいて、「2007年問題」による団塊世代の大量退職問題を初めとした国内製造業の労働力の低下、さらに中小企業で重要な役割を果たしてきた熟達技能者の高齢化や、若者の製造業離れによる後継者不足にともなう製造技術・技能の継承問題の深刻化が言われて久しい。

これまでの日本の製造業は、多くの町工場などの中小企業の技術力に大きく依存してきた。しかし、昨今の経済状況から製造拠点の海外移転を余儀なくされ、またサプライチェーンのグローバル化などにより、完成品における現地調達部品の割合の増加から国内製造業の空洞化が懸念されている[経済産業省 2012]。

ただし、最近では高機能、高品質製品に対する需要が高まり、また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]。これらの新たな展開により、国内での高度な技能・技術を有した熟達者の重要性、必要性が非常に高くなっているため、早急に技能者養成の仕組みを整える必要がある。

しかし技能教育の現状は、一部の大手企業ではマニュアル化やマルチメディア教材開発が進められているが、中小企業をはじめとする多くの企業では依然 OJT (On the Job Training) に依存している。OJT は熟達者を教授者役としているが、業務と並行で実施するため多大な負荷がかかる。また必ずしも優れた指導者ではないので、教授レベルにばらつきが生じたり、学習者の熟達状態を的確に把握することができなかつたりすることで、効果的な教育の実現が難しい。特に身体動作をともなう技能では、身体感覚などの熟達者の暗黙知を直接学習者に伝達することができないので、学習者が理解するのが困難であり習熟に時間がかかってしまう。したがって、技能プロセス情報や熟達状況を定量化し、熟達者と学習者がイメージを共有できる教育支援システムの開発が極めて重要である。

そこで、本研究では手溶接を対象とし、溶接実技に関する技能動作の教授学習支援システムの開発を目的とする。まず、溶接技能動作の熟達度評価システムの開発を目指し、既報のとおり品質工学手法の一つである RT 法[立林 2008]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 2012]。今回の発表では、習熟向上のための情報を学習者に適時に正確に伝達し、熟達者とのイメージ共有を構築できる手法について検討を行う。

### 2. 技能動作情報の共有

本研究で扱う溶接は、溶接過程での品質判定や製品での破壊検査が困難といったことから、「特殊工程」と呼ばれている。今回は被覆アーク溶接を対象としているが、学習で通常用いられる情報は溶接棒の角度、運棒動作、アーク長、アークの状態、溶融池の状態である。この中で溶接棒の角度は定量的に明示されているが、その他の情報は定性的表現で指示されることがほとんどである。また溶接棒の角度と運棒動作は身体動作と直接関係しているが、身体動作や体幹の姿勢等の指導はほとんどされていない。さらに各情報の個別評価は行っているが、相互関係についてはほとんど考慮されていない。

これは、現在用いられている評価項目が全て溶接棒の状態に関するものであり、直接溶接品質に影響を及ぼすことから、結果の良否判断との関係から指導が容易に行うことができるからと考えられる。しかし、どのように身体を動かしたら溶接棒を理想の状態に維持できるかについては、いわゆる「暗黙知」として繰り返し学習を行う過程で習熟しなければならない。また、熟達者に身体の使い方や注意を向けるポイントについて質問をしても、溶接棒の状態を最適にするために「自然」と身体を動作させている、といったコメントが得られるだけである。したがってある程度熟達をして、溶接品質を維持できるようになっても、身体の使い方が未熟のため、長時間の作業になると疲労により品質低下を招く事態が生じてしまう。

#### 2.1 従来教育法の問題点の検討

これまでの技能教育法では、技能動作のコツである暗黙知の伝達不足、それに伴う熟達者と学習者のイメージ共有不足が効果的な技能教育を妨げていると考える。したがって、まず熟達者、学習者双方の問題点について検討を行う。

##### (1) 熟達者側の問題点

・熟達者が優れた指導者とは限らない。また、熟達者の負担が大きい。

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

・指導内容が熟達者自身の熟達過程に基づいていることが多く、熟達者毎に違う。

・熟達者が熟達過程で重要な情報を学習者に理解可能な形で表出することができず、学習者とのイメージ共有が困難である。

・教授過程について作業工程や作業の難易度で決めていることが多いが、熟達の効果を上げる学習過程かは検討していない。

・学習者が技能動作をどのようなイメージで実施しているか、学習者の熟達度を的確に把握することが困難である。

#### (2) 学習者側の問題点

・手本や指示を真似することから始めるが、熟達者がどのようなイメージで動作を行っているかについては考慮していない。

・学習者が自身の動作イメージの想起、および熟達者の提示している技能情報からイメージを想起できない。したがって、技能動作を理解できない。

・熟達者とイメージ共有ができないことから、熟達者の教授内容が理解できず、モチベーションの維持が困難。

これらの問題から、まず熟達者と学習者のイメージ共有を実現した教育支援システムや技能情報保存技術の重要性が言われているが、実際には十分な対応が出来ていないと考えられる。

## 2.2 技能教育における情報共有

2.1 の問題点の検討から、技能教育では学習に必要な技能動作のイメージ化、並びに熟達者－学習者間の情報共有が非常に重要であることがわかる。このイメージ化、情報共有を技能教育支援システムで実現するために必要な機能を検討する。

(1) 技能動作情報の定量化(知的符号化)技術・・・熟達者の技能動作を計測して定量データを取得する。さらに熟達者から熟達に重要な注視点や身体感覚、身体の動かし方などの定性的評価情報を抽出し、計測データとの相関を検討して属性データとして負荷する、すなわち知的符号化を行う。

(2) 技能習熟度の定量的判定技術・・・学習者の技能動作を計測し、熟達者の知的符号化した技能動作を基に熟達度を判定する。習熟度の判定は総合判定だけでなく、身体部位や、分割した動作過程の詳細な判定も実施し、同じ習熟レベルでも重点的に学習するポイントが違う学習者に対応できる。

(3) 技能情報提示技術・・・(1)、(2)の技術で計測、判定したデータはテキスト形式で画面に表示するだけでは、正確に熟達者、学習者に伝達することはできない。特に、身体動作は時間に関するデータが非常に重要であるので、ダイナミクスな提示手法が必要である。さらに、学習時は動作前、あるいは動作後に映像等を見るだけでなく、動作中に注視する部位や、動かすタイミングを提示する技術が必要であり、学習効果が向上すると考えられる。

上記の技術を開発することにより、これまで熟達者が無意識に行っている溶接作業において、品質を左右するポイント、また技能向上のためのコツといった、これまで「暗黙知」として作業を通して試行錯誤的に獲得していた知識を構造化し、誰もが理解できる表現手法で提示する、「暗黙知の可視化」が可能となる。さらに、学習過程において学習者が動作の注視点を認識し、同時に熟達者が学習者の習熟状況を把握することが可能となる。

## 3. 技能教育支援システム

本研究では、2.2 で述べた技能教育に必要な情報共有技術の実現のため、2カメラ同期撮影システム、モーションキャプチャシステム、筋電位計測システム、技能動作評価システム、技能情報提示システムを開発している。これらを統合することで、教授者と学習者で十分な情報共有が可能と期待される。

### 3.1 カメラ同期撮影システム

IEEE1394 カメラ(PGR 社製 Flea2 カメラ白黒 VGA モデル)2台と PC を用いて、30fps で同期撮影が可能なシステムを作成した。またアーク光の影響を最小限にするために、光吸収・赤外線透過フィルタ(富士フィルム製)を装着した。

### 3.2 モーションキャプチャシステム

モーションキャプチャシステムとして DippMotionPro(ディテクト社製)を用い、計測ポイントの3次元位置の時系列データに変換する。なお、今回の測定は、肩部、肘部、手首部の各1か所と、安全ホルダ部3か所の計6か所にマーカを貼付している。

### 3.3 筋電位計測システム

溶接動作時の腕の筋電位を測定することで、腕の使い方、溶接棒の保持、移動の仕方のコツを抽出する。EMG アンプ(電極・アンプ一体型、バイオメトリクス社製)の貼付箇所は、橈側手根屈筋、上腕二頭筋、烏口腕筋、僧帽筋の4か所である。

### 3.4 技能動作評価システム

取得した動作情報から、動作習得の際に重要となる評価項目データの算出を行う。これらのデータから品質工学手法の RT 法により熟達者の模範動作データを「良品」として単位空間を作成し、学習者の動作データとのマハラノビス距離を求めて正誤判定を行う。

### 3.5 技能情報提示システム

習熟度が低い動作が身体部位のどこで、どのような動きなのかをダイナミクスに提示するため、シースルー型ヘッドマウントディスプレイ(AirScouter, プラザー工業製)を用いる。これにより、動作のタイミングに合わせて適切な情報を提示することが可能であり、また自身の動作を提示することで、学習のフィードバック効果が期待できる。

## 4. まとめ

本研究では溶接技能を対象として、技能教育支援システムの開発を目的とした。そのために、まず技能教育における従来手法の問題点を検討し、熟達者と学習者との十分な情報共有を可能とするための必要機能を検討した。さらに、実際に開発した技能教育のためのシステムについて述べ、今後はこれらのシステムを統合することで効果的な技能教育を可能とする支援システムを目指す。

## 謝辞

本研究は科研費(23501100)の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [経済産業省 2012] 経済産業省: 通商白書 2012, 2012.
- [経済産業省 2012] 経済産業省: 2012 年版製造基盤白書, 2012.
- [立林 2008] 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 2012] 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.