

溶接技能における熟達度評価法の開発

Development of the Evaluation Proficiency Method on Welding Skill

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. 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

昨今の急激な円高により製造拠点の海外移転, サプライチェーンのグローバル化がより進み, 国内製造業の空洞化が懸念されている。さらに, これまでものづくりを支えてきた, いわゆる“町工場”といわれる中小企業で重要な役割を果たしてきた熟練技能者の高齢化や, 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・技能の継承問題が深刻化している。団塊世代の大量退職による「2007年問題」も追い打ちとなり[経済産業省2009], 早急な技能継承対策が必要となっている。

しかし技能教育は依然, 熟達者による OJT (On the Job Training) や研修センターなどの直接指導に依存している。大企業ではマルチメディア教材の開発が行われ, 指導のマニュアル化を行っているところもあるが, 大部分の企業では熟達者が指導をしている。このことは以下の問題点があると考えられる。

- ・熟達者が優れた指導者とは限らない。
- ・指導法は熟達者自身の熟達過程の模倣が多いため, 熟達者毎に違う。
- ・熟達者が熟達過程で重要な技能イメージを表出することが困難であり, イメージ共有ができないため学習者が理解できない。
- ・学習過程を作業工程や作業の難易で決めている場合があり, 実際の熟達過程とずれてしまい学習効果が得られていない。
- ・熟達者と学習者のイメージ共有ができず,モチベーションの維持が困難。

これらの問題から, 技能教育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。

本研究では溶接技能のうち, 溶接実技に関する技能動作を対象とする。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。この技能動作の学習で通常用いられる主な情報は, 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導されているのが現状である。また溶接棒の角度と運棒動作は直接身体動作にかかわる情報であり, さらにその他の情報に影響を及ぼしていると考えられる。しかし, これまでの溶接指導では情報の個別評価は行っているが, 各情

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, 045-339-3850,
yoshim@ynu.ac.jp

報の相互関係はほとんど考慮されていない。また熟達者ごとに指導するポイントが違うことが多く, 習熟者が戸惑い, 時間がかかってしまう等の問題が生じている。

したがって, 技能プロセス情報や技能レベルを定量化し, それらを基にした教授システムの開発がきわめて重要である。また熟達者が無意識で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」が必要である。これにより, 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学習状況を把握することが可能となる。

本研究では溶接技能動作の熟達度評価システムの開発を目指し, 既報のとおりまず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を行った[松浦 2010]。さらに, 技能動作の向上には身体の動かし方, すなわち身体部位のどこに注意を向けることで無理のない姿勢, 動作が実現できるかという筋活動と熟達度との関係は極めて重要である。したがって, 今回は技能動作と筋活動, および熟達度との関係性について解析を行った。

2. 解析方法

動作解析システムでは, まず赤外線透過フィルタを用いた2カメラ同期撮影システムで溶接時の動作を撮影し, 同期して EMG 計測装置で筋電位データを測定する。撮影した溶接動作からモーションキャプチャシステムにより3次元時系列位置情報を取得する。取得した位置情報から, 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の一手法である 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。

2.1 システム概要

(1) 2カメラ同期撮影システム

3次元時系列位置情報を取得するために, 本研究では 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し, さらに後工程のモーションキャプチャの時にマーカ追尾を容易にするために, レンズに光吸収・赤外線透過フィルタ(富士フィルム製)を装着した。

(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は、2カメラ同期撮影システムで撮影した動画データを DippMotionPro (ディテクト社製) により計測ポイントの 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(図1)。

(3) 筋電位計測システム

本システムでは、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)の貼付個所は、機側手根屈筋、上腕二頭筋、烏口腕筋、僧帽筋の4か所である。筋電位データ 4ch とマーカ電圧 1ch をデータロガーに接続し、計測開始時にマーカを ON/OFF させることで、2カメラ同期撮影システムと同期させている。



図1 撮影結果例

3. 溶接実験

3.1 実験概要

今回の実験ではアーク溶接を対象とし、裏当て金有りの立向突合わせ溶接をウィービング運棒法で実施した。被験者は実務経験15年(被験者A)と8年(被験者B)の熟達溶接技能者、4~5年の溶接技能者(被験者D, E, F), 4カ月の溶接技能者(被験者C)で実施した。

3.2 解析結果

各被験者の測定をしたEMG解析結果を示す(図2, 3)。グラフでは肘から手首のデータとして機側手根屈筋、肘から肩にかけてのデータとして上腕二頭筋、烏口腕筋、肩から首のデータとして僧帽筋をグラフ化した。その際に実験開始前に出来る限り力を入れて計測した値を最大筋力とし、その値を基に%RMS(Rote Mean Square)値を算出した。

その結果、熟達者である被験者Aにおいては溶接動作全般で肘、手首に関する筋電位の変化が一定で20%程度であり、腕全体を指示している肩付近の筋電位は30~40%であった。それに対して、被験者Cは立向溶接に関しては初心者であるため、肘の筋電位が溶接が進むにつれて上昇し、また肩の筋電位は100%を超えている場合もあり、かなり力が入っていることが分かる。他の被験者のデータから熟達者は無駄な力が入っていない、実務経験4~5年の被験者では特徴的な筋電位変化が見られ、熟達度に応じて腕の筋力の使い方が抽出できた。

姿勢に関しては、手首や腕の姿勢は熟達度での違いはあまり見られないが、経験4カ月の被験者では脇(図4の「肘-肩-鉛直」データ)が開いていることが分かった。

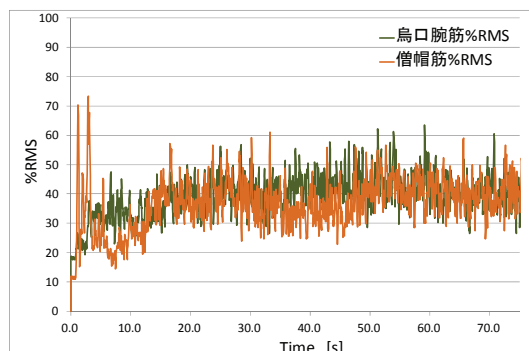


図2 EMG解析結果(被験者A)

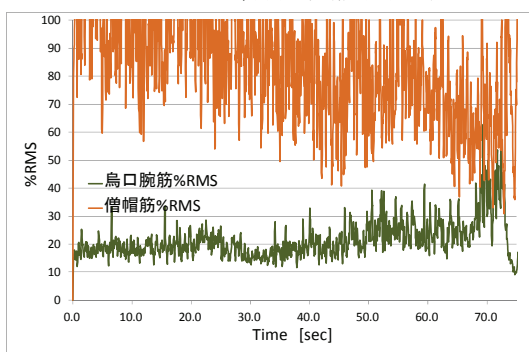


図3 EMG解析結果(被験者C)

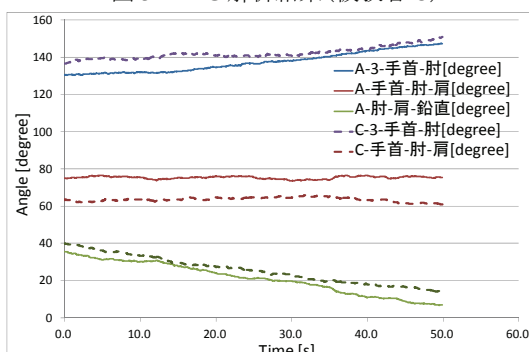


図4 角度解析結果(被験者A, C)

4. まとめ

本研究では溶接技能の熟達度を評価するシステム開発を目的とし、筋活動と熟達度との関係について評価を行った。その結果、熟達者は効率的な筋活動を行っているが、熟達度が下がるにつれて余計な力が働いていることが分かった。

今後はさらに各部位の挙動と筋活動との関係を解析し、技能動作と筋活動情報からの熟達度評価、さらにどの部位を意識させて動作をすれば熟達度が向上するか、といった技能教育のためのデータベースの開発を目指す。

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 2009] 経済産業省: 2009年版製造基盤白書, 2009.
- [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 2010] 松浦 慶総, 高田 一: 技能継承を指向した溶接技能解析の研究, 第9回身体知研究会発表資料, 2010.