

動作解析を利用した自動車塗装修理の自習支援システム

Self-Study System on Auto Repair Painting Using Motion Analysis

高井 由佳^{*1}, 池元 茂^{*2}, 濱田 泰以^{*2}
Yuka TAKAI^{*1}, Shigeru IKEMOTO^{*2}, Hiroyuki HAMADA^{*2}

^{*1}大阪産業大学

^{*1}Osaka Sangyo University

^{*2}京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科

^{*2} Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology

Email: takai@ise.osaka-sandai.ac.jp

あらまし：本稿では、自動車修理の塗装作業における熟練者の技を数値化・可視化し、非熟練者のための自習支援システムを構築することを目的とし、塗装作業の3次元動作解析を実施した。さらに、解析結果を塗装作業者に報告し、自習支援システムの教授内容への意見聴取を行った。この結果、自習支援システムでは1.熟練者が塗装を行っている動画、2.塗装中の背面、側面からの姿勢とスプレーガンの軌跡、3.ドアと体の位置関係、4.スプレーガンの運行速度、5.脇と肘の角度を教授するべきことが明らかになった。

キーワード：自動車修理、塗装、3次元動作解析、技術・技能継承、自習支援システム

1. はじめに

自動車修理業界における塗装作業は個別の対応が必要となるため、人の手による作業が不可欠である。少子高齢化により若者が減少し、熟練者の高齢化が進んでいる。そして、高齢になった熟練者の退職が増加することで自動車の塗装に携わる職人が減少している。さらに、職人が減ることで質の低下が発生し、技の継承が困難となっている。この問題の解決方法として情報機器を用いた動作の可視化・数値化を用いた教育システムの構築が挙げられる⁽¹⁾⁽³⁾。

そこで本研究では、非熟練者のための塗装作業における自習支援システムの開発を目的とした。本稿では特に、熟練者の塗装動作の特徴を明確にし、自習支援システムでの教授内容を確定することを目的とした。

2. 方法

本実験は自動車修理における塗装に携わる職人に自動車のドアパネルへの塗装作業を行わせ、その際のスプレーガンの運行と職人の動作を三次元動作測定装置を用いて計測し、解析を行った。

実験参加者は、経験年数20年以上の熟練者5名と経験年数3年以下の非熟練者5名の計10名の自動車修理に関わる職人とした。実験参加者には実験前に実験の目的および内容を説明し、インフォームド・コンセントを得てから実験を開始した。

塗料は日本ペイント株式会社製のソリッド用塗料の白色を使用した。使用するスプレーガン、塗装対象物となるドアパネルは全ての実験参加者が同じものを使用した。スプレーガンの調整や塗料の希釈は同一条件とした。

本実験では、リアルタイム光学式モーションキャプチャシステム MAC3D SYSTEM (Motion Analysis 社製)を用いて各マーカの座標を計測した。サンプル

リング周波数は120Hzとした。赤外線反射マーカは各被験者の全身に18ヶ所、スプレーガンに4ヶ所、ドアパネルに8ヶ所貼り付けた。座標系は、被験者に対して左右方向をx軸、前後方向をy軸、上下方向をz軸とした。図1に測定風景を示す。



図1 塗装作業の測定風景

今回の塗装作業はウェットオンウェットと呼ばれる1回目に塗られた塗料が乾かないうちに2回目、3回目を重ねて塗る手法をとった。続けて塗る際に必要な時間とされる表面乾燥(フラッシュオフタイム)の動きは解析対象としなかった。

各被験者には3回の塗装で仕上げることを、パネルエッジ部の塗装は行わなくてもよいことを教示し、それ以外は日常の塗装業務と同様に塗装を行うように指示した。

熟練者と非熟練者の比較及び3回の塗装の比較には、二要因分散分析を行った。有意水準は5%とした。

解析から得られた結果は、結果報告会を開催し、実験参加者および関西地区の自動車車体整備共同組合の役員に示した。これらをもとに自習支援システムにおける教授内容の検討を行った。

3. 結果

3.1 動作解析結果

ドアとスプレーガンの距離を図2に示す。非熟練

者と比較し、熟練者はドアとの距離が短かった。熟練者、非熟練者ともに作業を重ねるにつれてドアとスプレーガンの距離が短くなる傾向がみられた。また、熟練者はバラつきが小さく、最適な塗装距離を保ってスプレーガンを動かしていたことがうかがえた。熟練者と非熟練者間の有意差は見られなかった。

ドアと腰の距離を図3に示す。非熟練者と比較すると、熟練者はドアと腰の距離が0.07m短かった。作業毎に比較すると、熟練者は全ての回で約1mの距離で作業を行っていた。一方、非熟練者は作業を重ねるにつれて距離が短くなる傾向にあり、立ち位置がドアに近づいていることが分かった。熟練者と非熟練者を比較すると、1回目と2回目において有意差が見られた。

スプレーガンの運行速度を図4に示す。非熟練者と比較し、熟練者は速度が速いことが分かった。熟練者と非熟練者を比較すると、1回目と2回目において有意差が見られた。さらに、ドアパネルをプレスラインにて上下に2分割、横幅を3等分し、それぞれの場所におけるスプレーガンの運行速度を比較したところ、1回目は上部全てにおいて、2回目は全てにおいて、3回目は下部全てにおいて熟練者が有意に速いことが明らかとなった。

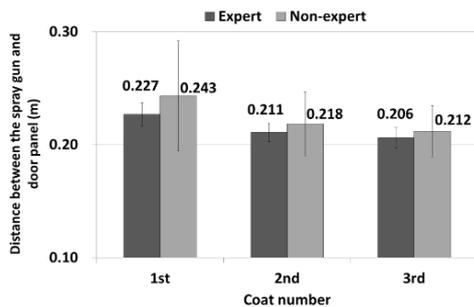


図2 ドアとスプレーガンの距離

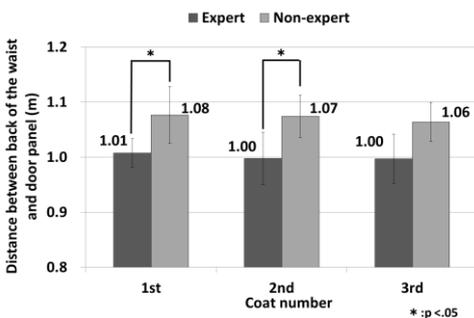


図3 ドアと腰の距離

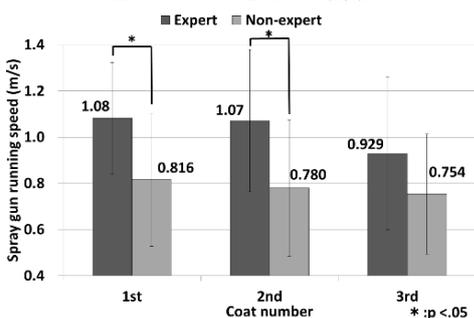


図4 スプレーガンの運行速度

スプレーガンを保持している腕の脇と肘の角度を計測した結果、熟練者は非熟練者よりも脇と肘の角度が小さく、脇を閉じ、肘を曲げて塗装を行っていることが分かった。

3.2 結果報告会における聴講者からの反応

結果報告会には実験参加者だけでなく、実験に参加した熟練者に塗装を教授した超熟練者も参加していた。超熟練者からは、「熟練者は自分が教えた通りに塗装をしていることが数値として分かった」「職歴40年を超える熟練者はよりよく作業を行うため独自の動きをしているので、超熟練者として分別し、教材には熟練者の動きを使用したほうが良い」との意見があった。熟練者からは「自分がどう教わってきたかを既に忘れてるので、教材があれば目安になる」との意見があった。非熟練者からは「動画と共になぜそのように動いているのかを示してほしい」との意見があった。

3.3 自習支援システムの教授内容

解析結果および報告会での発言をもとに自習支援システムの教授内容は下記のように決定した。

1. 熟練者が塗装を行っている動画
2. 塗装中の背面、側面からの姿勢とスプレーガンの軌跡
3. ドアと体の位置関係
4. スプレーガンの運行速度
5. 脇と肘の角度

4. まとめ

本研究では、熟練者の塗装動作および姿勢の特徴を明確にし、自習支援システムでの教授内容を確定することを目的とした。動作解析結果および塗装作業者の意見より、自習支援システムの教授内容が確定した。今後は、教授内容に沿った自習用eラーニング教材を制作し、教材の有効性を評価することで、より良い自習支援システムの構築を目指す。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 16K16329の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) 篠田之孝, 村上慎吾, 渡辺雄太, 三戸勇気, 渡沼玲史, 丸茂美恵子: “モーションキャプチャを用いた日本舞踊の教育用動作解析システムの構築”, 電機学会論文誌 A, 第 133 巻, 第 4 号, pp.270-276 (2011)
- (2) Qi AN, 柳井香史朗, 中川純希, 温文, 山川博司, 山下淳, 浅間一: “実映像と筋活動の重畳表示によるローイング動作教育システム”, 日本機械学会論文集, 第 82 巻, 第 834 号, pp. 15-00424 (2016)
- (3) 高井由佳, 後藤彰彦, 佐藤ひろゆき, 濱田泰以: “熟練職人の形式知を取り入れた京壁塗り習熟 eラーニング教材の構築”, 教育システム情報学会誌, 第 33 巻, 第 2 号, pp.84-93 (2016)