

## 塗装作業における熟練技能数値化のための一検討

†岩淵 俊

†松田 浩一

†岩手県立大学

†岩手県立大学

### 1. はじめに

大型部品の塗装は、大部分を機械で行うが、機械で塗ることのできない細部は人の手によって行われている。塗装が流れ作業の中で行われる場合、限られた時間の中で作業を終えなくてはならない。また、長時間の作業によって疲れも生じてくる。これらが原因となり品質に不具合が発生してしまうことは珍しくない。しかし高習熟者は様々な技能を駆使し作業することで、この問題の発生を抑制している。高習熟者の技能は、長年の試行錯誤によって積み上げられてきたものであるため、何が技能のポイントであるかを具体的に伝達することが難しく、その具現化方法が求められている。

近年、舞踊の技能を数値化し具現化する取り組みがある[1]。本研究においても、塗装作業動作を数値化し、高習熟者がどのような技能を駆使し塗装作業しているのかの明確化を図る。

塗装品質を損なわないためには、塗料が噴出するガンを等速に動作させることが必要である。しかし、部品形状に合わせた動作が必要となるため、効率良く品質を高くするための工夫が必要である。作業者の動作を観察すると、人によって手首や腕の使い方が異なる様子が確認されたため、本稿では、手首と肘の回転動作に着目し、高習熟者特有の動作の抽出を試みる。

### 2. 動作の数値化

一般的に動作の数値化にはモーションキャプチャやカメラなどを用いることが多い。しかし実環境では、長い距離を移動しながらの作業や、遮蔽物が多い環境での作業が多く、それらを用いての詳細な数値データの取得は困難となってしまう。そこで本研究では、無線センサを使用することで、環境に左右されない数値データの取得を可能とする。

本研究では、xyz の 3 軸の角速度を取得できるハイブリットセンサ (ワイヤレステクノロジー株式会社, WAA-006) を被験者の手首と肘に装着し、作業の始まりから終わりまでの約 60~70s 間において 200Hz でデータ取得を行った。被験者は、高習熟者 1 名、低習熟者 7 名であり、高

習熟者は 4 回分、低習熟者は 2 回分のデータをそれぞれ取得した。

### 3. 数値化の結果と考察

取得した角速度データの波形を見ると、高習熟者は低習熟者よりも、作業全体において手首と肘の波形の振幅が大きくなる傾向が強いことが分かった (図 1, 2)。そこで、角速度データの標準偏差を見ることで、手首と肘の動作量の数値的比較を試みることにした。

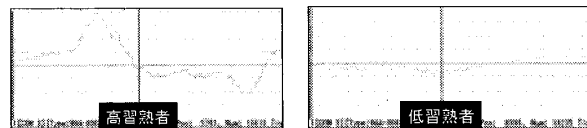


図 1: 手首角速度波形の振幅の違い

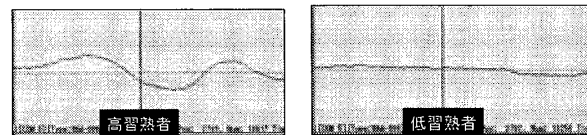


図 2: 肘角速度波形の振幅の違い

### 4. 角速度の標準偏差による比較

被験者ごとの各軸の角速度データの標準偏差を算出する。これを被験者の手首と肘の動作量の指標とし、動作量が多いか否かという観点から高習熟者と低習熟者の比較を行う。その結果から、高習熟者特有の動作を数値的に見出す。

#### 4. 1. 手首についての結果と考察

塗装作業の手首の動作として必要ない z 軸の動作については比較を行わず、x 軸 (図 3 における上下方向) と y 軸 (図 3 におけるひねり方向) の動作について比較を行った。

図 4 のグラフは、横軸が x 軸、縦軸が y 軸の角速度標準偏差の値を示している。ここで、アルファベットは被験者 ID を表し、高習熟者は大文字 (A)，低習熟者が小文字 (b~h) で示されている。また、ID 横の数字は、被験者の作業経験年数を表し、括弧内の数字は試行回数を示している。

図 4 で高習熟者のラベルが右上に位置していることから (図 4 における A 群)、高習熟者は x 軸と y 軸の動作量が多いという結果が得られた。

A study of visualization method for plate coating skills

†Shun Iwabuchi · Iwate Prefectural University

‡Koichi Matsuda · Iwate Prefectural University

しかし、一部の低習熟者も A 群に属していた。この A 群に属する低習熟者は、低習熟者の中では上位に位置される人であることが分かった。

この結果から、手首の回転動作量は、技能レベルに比例する可能性があることが分かった一方、本研究の目的である、高習熟者特有の動作として判断する指標として十分ではなかった。

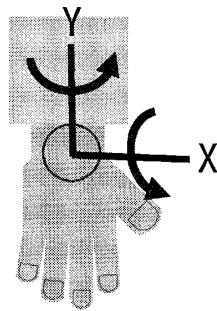


図 3：手首の xy 軸の回転動作

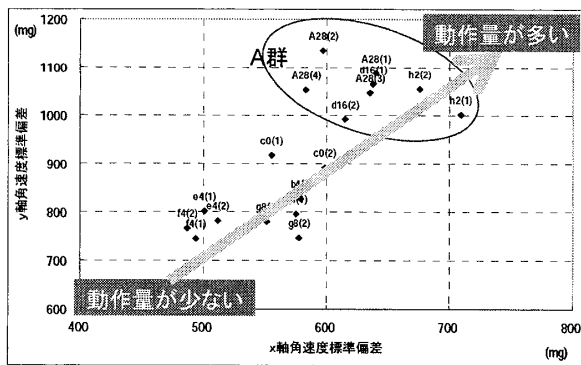


図 4：被験者ごとの手首の動作量の比較

#### 4. 2. 肘についての結果と考察

肘の xyz の 3 軸ごとの動作量（図 5）について、高習熟者と低習熟者の比較を行った。その結果、x 軸（図 5 における奥行き方向）と z 軸（図 5 における上下方向）の動作に特徴的な結果が得られた。

図 6 のグラフは、横軸が x 軸、縦軸が z 軸の角速度標準偏差の値となる。図 6 における ID は図 4 と同様である。

図 6 において、高習熟者は低習熟者よりも大きく離れて右上に位置しているという結果が得られた（図 6 における高習熟者群）。このことより、高習熟者は低習熟者よりも x 軸と z 軸の動作量が多くなるということが分かった。

この結果から、高習熟者は低習熟者以上に肘の x 軸と z 軸の回転動作を駆使し作業を行っているということが分かった。よって、肘の動作が高習熟者特有の動作として挙げることができた。

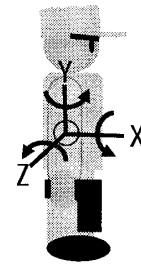


図 5：肘の xyz 軸の回転動作

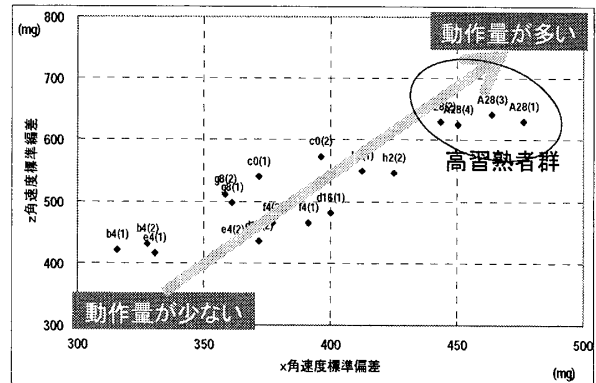


図 6：被験者ごとの肘の回転量の比較

#### 4. 3. 角速度の標準偏差による比較のまとめ

以上の実験結果から、高習熟者の技能のポイントは、手首よりも肘の動作にあることが分かった。

事前のヒアリングにおいては、手首に大きな差が見られることが予想されていたが、本実験の結果からは、手首よりも肘の使い方に差が見られることが分かった。この結果を現場にフィードバックしたところ、これは新しい知見で、今まで見落としていた観点であるかもしれないとの意見を頂いた。

#### 5. まとめと展望

本稿では、塗装作業における高習熟者と低習熟者の手首と肘の回転動作の違いについて、角速度の標準偏差によって数値的な比較を行った。その結果、予想された手首ではなく、肘の回転動作が高習熟者は多くなるという特徴があることが分かった。

また本稿では、作業全体についての比較を行ったが、塗装部分を絞った局所的な比較を行うことで更に高習熟者特有の動作を見出すことができると考えられる。

#### 参考文献

- [1] 郡未来, 松田浩一, 海賀孝明, 長瀬一男, “「ソーラン節」の櫓漕ぎにおける腰部動作の速度変化の数値化手法”, 情報処理学会, じんもんこん 2009, pp. 141-146, 2009.