

## 塗装作業における技能差の評価のための一検討

熊谷 翔太<sup>†</sup> 松田 浩一<sup>†</sup><sup>†</sup>岩手県立大学 ソフトウェア情報学部

## 1. はじめに

塗装作業とは機械を塗料で覆う表面処理の一つであり、細部での作業は人の手によって行われている。塗装が分業制で行われる場合、作業時間内に作業をやり終えなければならず、その影響から品質に不具合が生じてしまうことも珍しくない。しかし、高習熟者は様々な技能を駆使し、この問題を最小限に食い止めているが、何を技能と感じ取ればいいのか、また、作業員は高習熟者とどのくらい技能差があるのか明らかになっていない。

よって、塗装技能のポイントを明白にすることが必要となる。

先行研究では、塗装技能が体のどの部位に現れるのかに着目し、作業に支障のない無線角速度センサを使用し塗装技能のポイントが肘にあると報告している<sup>1)</sup>。しかし、肘がどの箇所でのどのくらい違うのかといった具体的な差までは分からなかった。加えて、塗装作業の指導の中で体の軸となる腰の動作もポイントになることがヒアリングで分かってきた。

そこで本研究では、肘と腰の各部位での具体的な差を明確化することで、作業員の技能差の評価を行うことを目的とする。

## 2. 評価方法

本研究では、取得した被験者同士の角速度波形の比較を行う。波形の違いが動作の違いであり、ある範囲を超えたときに動作が異なると評価する(図1)。しかし、2者の作業時間が異なり、また、許容して良い量が不明なため、単純に比較を行うことができない。これらの問題に対し、以下の方法で解決を試みる。

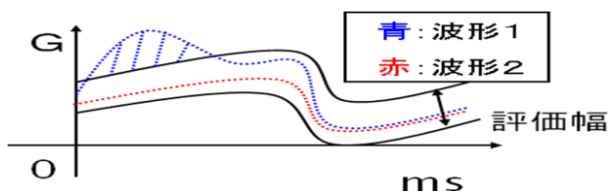


図1: 評価幅のイメージ図

## 2. 1. 波形データ数を合わせる

作業時間が異なるため以下の手順で全てのデータ数を一致させた。

- 開始時間と終了時間を一致させる
- 開始時間と終了時間の間の時間を等間隔に修正する
- 全データに存在する全ての時刻を用い、各データに対し線形補間を用いて角速度の値を求める

## 2. 2. 評価幅の設定

2つの角速度波形を比較するとき、その違いが許容される量であるか、動作の違いであるかを判断する基準がない。予備実験から、高習熟者は、何度作業してもほぼ同一の動作をしており、ある一定の幅の範囲で作業できることが分かった。そこで、高習熟者の波形を複数回取得し、重ね合わせることで、その範囲を決定する。

試行回数を  $m$  としたとき、評価幅を求めるデータ数評価幅  $E$  を以下のように定義する。

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} (\max(x_{j,i}) - \min(x_{j,i})) (0 < j < m) \quad (1)$$

ここで、 $x_{j,i}$  は、試行回  $j$  における  $i$  番目のデータを意味する。 $\max, \min$  は、 $x_{j,i} (0 < j < m)$  における最大値・最小値を指す。

## 2. 2 評価値の算出方法

低習熟者の波形が評価幅内に入っている場合、高習熟者に近い動きと考えられるので、良い動きと評価する。しかし、評価幅外に出てしまった場合は、高習熟者と違う動きの可能性があるため、どのくらい異なるのかの指標と得るため、出た部分の角度を算出する。そして、1データ内すべての角度を合計したものを評価値  $V$  と定義する。

## 3. 実験結果

本稿では、水平面塗装を対象にデータ取得を試みる。この作業を2往復行い、200Hzでデータ取得を行った。水平面の動きに関する肘の角速度  $X$  軸(肘の左右移動)と腰の角速度  $Y$  軸(腰のひねり)での評価幅の算出を行う。また、その部分の動きがど

A study on evaluation of skill difference for plate coating

Shota Kumagai<sup>†</sup>, Koichi Matsuda<sup>†</sup>, <sup>†</sup>Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

うなっているのか確認するため映像を用い、主観評価を行う。

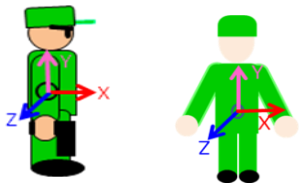


図2 肘と腰のセンサ装着位置

### 3. 1. 評価幅 E の算出

被験者は、高習熟者 4 名であり、3 回ずつ試行した。また、(1)を用い、高習熟者 1 人の評価幅の算出を行う。この作業を 4 人分行い、その中で最も評価幅の大きいものを一律の評価幅と定義する。評価幅は、肘 312.6、腰 130.1 という結果になった(表 1)。

表 1: 評価幅 E の値

高習熟者	肘	腰
A	279.6	120.3
B	193.8	103.4
C	119.1	88.6
D	<b>312.6</b>	<b>130.1</b>

### 3. 2. 評価値 V による判定

高習熟者の波形に評価幅を設定し、低習熟者と比較を行う。低習熟者は指導前、指導後で1回ずつ計2回分のデータをそれぞれ取得した。指導後のデータでは低習熟者が腰のひねりを意識して塗装するようにと高習熟者から口頭で指導が加わる。

このときの高習熟者の波形はヒアリングで最も動きが良かったと評価されたCのデータを用いた。

表 2: 評価値 V の値

水平面	角度の総和(度)	
	指導前	指導後
肘	115.8	109.3
腰	179.5	106.1

肘については、指導前の 115.8 度から指導後の 109.3 度とあまり評価値に変化がないことが分かった(表 2)

腰については、指導前の 179.5 度から指導後の 106.1 度と、評価値が大きく減少するという結果が得られた(表 2)。

### 3. 3. 主観評価との比較

腰について指導前は、腰がゆれており、安定性が感じられなかった。指導後では体の軸を固定し、塗装していることから腰の使い方に変化が表れたことが

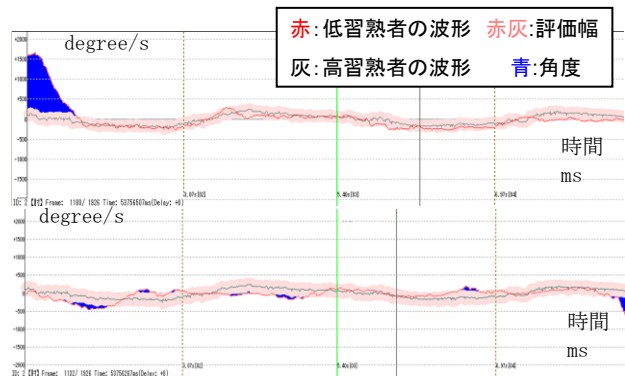


図 3: 指導前後の肘の角速度 X 軸波形

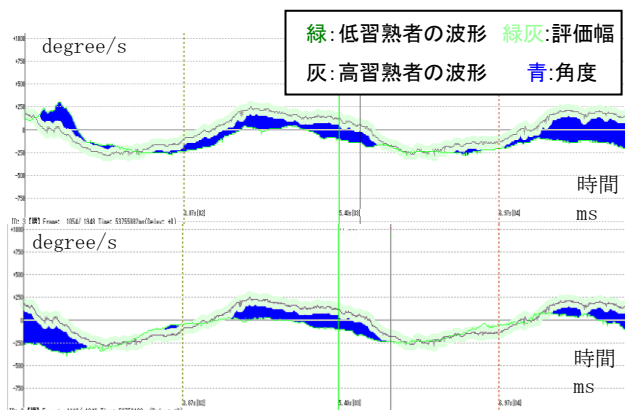


図 4: 指導前後の腰の角速度 Y 軸波形

分かった。

指導前と指導後で肘自体の使い方には違いがなかったが、肘が固くなり、ぎこちない動きで塗装しているように感じた。これは、腰の使い方が変わったことで動きの変化に対応できず、肘の動きを制御できていないことが理由として挙げられる。訓練を積み重ねることで肘を滑らかに動かすことができるようになるかと推測する。

### 4. まとめと展望

本稿では、高習熟者の波形に評価幅を設定し、低習熟者と比較を行い、評価値と主観評価との比較から指導前と指導後で技能に変化が表れたかどうかについて評価を行った。

その結果、技能は肘ではなく、腰に差が出るのが分かった。

また本稿では、4 人の高習熟者の中で評価幅を算出しているが、今後は高習熟者の数を増やすことでさらに精練された評価幅を作ることができると考えられる。

### 参考文献

- 1) 岩淵俊, 松田浩一, ” 塗装作業における熟練技能数値化のための一検討”, 情報処理学会, 第 72 回全国大会, 6ZE-9, 2010.