

# 力覚デバイス装置を用いた刷毛塗り技能操作訓練支援システムの開発 —非熟練者の特徴分析—

## Development of a Training Support System of Brush Coating Skill with Haptic Interface Device -Feature Analysis of Unskilled Persons-

藤本 宣人<sup>\*1</sup>, 松本 慎平<sup>\*1</sup>, 竹野 英敏<sup>\*1</sup>, 寺西 大<sup>\*1</sup>, 青木 真吾<sup>\*1</sup>  
Nobuto FUJIMOTO<sup>\*1</sup>, Shimpei MATSUMOTO<sup>\*1</sup>, Hidetoshi TAKENO<sup>\*1</sup>,  
Masaru TERANISHI<sup>\*1</sup>, Shingo AOKI<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 広島工業大学情報学部

<sup>\*1</sup> Faculty of Applied Information Science, Hiroshima Institute of Technology

Email: {b211102, s.matsumoto.gk, h.takeno.au, teranishi, s.aoki.sm}@cc.it-hiroshima.ac.jp

**あらまし**：小・中学生の指導者に対するものづくり教育の指導技能を支援するための教材として、一般的には視聴覚教材が用いられる。しかし、視聴覚情報だけに依存した学習ではその効果に限界があり、力加減や動作の力覚や触覚情報の習得も必要であると考えられる。これまで力覚フィードバック装置を用いて学習者の力覚や触覚を解析し、習得すべき技能を明らかにした例は、溶接作業を習得するシステムなどに見られる。しかし、中学校の教育現場などで活用できる技能習得システムはなく、力覚フィードバック装置を用いて熟練者の「暗黙知」の一つである力覚や触覚を感じながら技能を習得する支援システムを開発することが求められる。そこで本研究では、ものづくり技能の伝承の必要性がある筋交い刷毛による塗装技能を評価するための計測システムを構築することを目的とし、これまでの成果を報告する。

**キーワード**：小中学生、ものづくり教育、技能習得、力覚フィードバック、筋交い刷毛、Torus型 SOM

### 1. はじめに

昨今、我が国の多くの小・中学生は、ものづくりに対して高い不器用意識を感じている。その背景には指導者の技能と指導技術の習熟の不足があり、学習者に対して的確な指示を出すことができていないことが強く関与していると考えられる<sup>(1)</sup>。

小・中学生の指導者の技能指導を支援するための教材として、従来視聴覚教材が用いられているが、視聴覚情報だけの学習はその効果は限定的である。暗黙の技能に関する知識、すなわち力加減や動作の力覚や触覚情報の習得も別の形の教材で提供すべきであると考えられる。

上述した問題に対応するため、これまで力覚フィードバック装置を用いて学習者の力覚や触覚を解析し、習得すべき技能を明らかにした例は、溶接作業を習得するシステムなどで確認できる<sup>(2)</sup>。一方で、初等・中等教育の現場で活用できる技能習得システムは開発されていない。力覚フィードバック装置を用いて熟練者の「暗黙知」の一つである力覚や触覚を感じながら技能習得を支援するシステムを開発することが求められている。

そこで本稿では、ものづくり技能の伝承の必要性がある塗装技能の一つである筋交い刷毛塗りの運行技能を習得する支援システムを提案することを目的とし、力覚フィードバック装置を用いて刷毛塗り技能評価システムを構築したので、ここに報告する。本稿ではとりわけ、刷毛塗りのクセに基づいて被験者の関係性を Torus 型 SOM<sup>(3)</sup>で明らかにする。

### 2. 計測システム

本システムの構成を示したものが図1である。本システムでは、SensAble Technologies社製のPHANTOM Omniを使用し、エンコーダスタイラス部に中学校現場で主に使用している刷毛を取り付けたものである。

### 3. 実験プロトコル

筋交い刷毛による刷毛塗り塗装の経験の乏しい大学生ら10名を被験者とした。以下の(a)-(g)の指示に従い課題を与え、作業を行う。

- 長方形枠の枠線の外から刷毛を動かし始め、刷毛が枠線を完全に越えたら折り返す。
- 刷毛は、右から左、左から右、右から左、左から右へと2往復する。
- 刷毛の柄の中央付近を、鉛筆を持つようにして

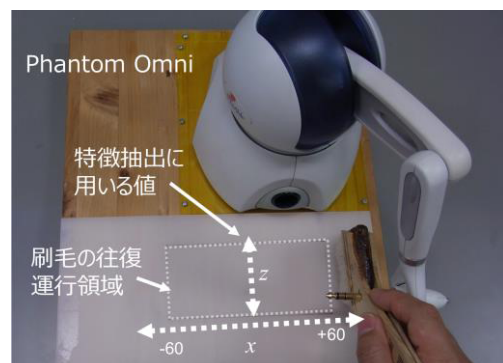


図1 計測システム

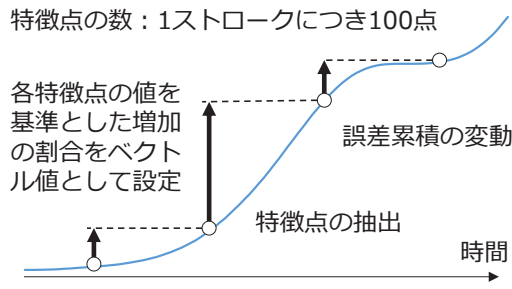


図2 Torus型SOMのベクトル値定義法

持つ。

- (d) 刷毛は、塗装する面と垂直に構え、刷毛の運行では、刷毛の角度を変えないで動かす。
- (e) 刷毛は、一定の圧力を上から加え、塗装する面と平行に動かす。
- (f) 刷毛は、長方形枠の長手方向に沿って平行にまっすぐ動かす。
- (g) 刷毛は、同じ速度で動かす。

実験は個別に行われ、1名およそ10分の時間を要した。実験の手順は次のとおりとした。

- ① 実験の説明：筋交い刷毛の持ち方、動かし方、支援システムの概略について説明する(1分)。
- ② 刷毛の運行練習をする(1分)。
- ③ 作業1：練習をする(1分)。
- ④ 作業2：実際に課題について作業を行う(1分)。
- ⑤ 測定幅(120mm)において刷毛の位置変化を0.001秒単位で収集し、傾向を分析する。

#### 4. 評価手法

計測には  $x$  座標をトリガとし、 $x$  が+60 から  $x-60$  に変化する間の  $z$  の値の変化を評価に用いる。 $z$  の値は不変であることが理想であるため、 $z$  に変動がない理想軌道との累積誤差を算出し、これを被験者の特徴抽出に利用する。具体的には、図2に示すとおり、1ストロークにつき100点の特徴点を算出し、各特徴点から次の特徴点までの増加の割合をベクトル値として活用する。また、被験者の特徴は刷毛塗り開始直後に表れているということを確認し、塗り直後の16点から得られた15点の特徴情報を4ストロークで構成し、計60次元のベクトルで各被験者を表現する。以上に対してTorus型SOMを適用する。

#### 5. 結果

SOMのマップサイズを $30 \times 24$ 、学習係数を0.01、近傍半径を30、学習回数を10000、ガウス関数の打ち切り閾値を0.03とし、以上の条件のもとで学習を行った。処理の結果を出力層に可視化したものを図3に示している。図3でPは被験者を表している。P10、P4、P9は、2回目4回目のストローク、すなわち左から右への移動において開始直後での誤差が高い被験者である。一例として図4にP4のベクトルを示す。図4では、横軸は次元、縦軸の高さはベクトルの大きさを表している。P1及びその付近は、1

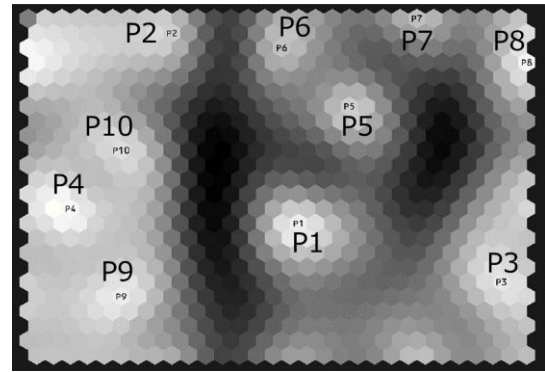


図3 Torus型SOMによる可視化結果

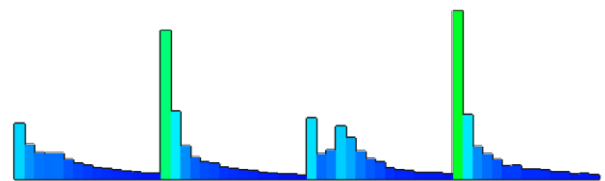


図4 P4の各ベクトル次元の大きさ

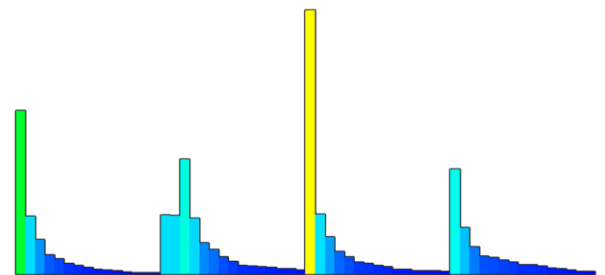


図5 P1の各ベクトル次元の大きさ

回目と3回目のストロークで誤差が大きい被験者であり、図4と同様の形で図5に示す。

#### 6. おわりに

本稿では、力覚フィードバック装置を用いて刷毛塗り技能評価システムを構築すると共に、Torus型SOMを用いて被験者の刷毛塗り運行軌道の評価することで、被験者の刷毛塗りの特徴に応じた分類を行った。実験結果の詳細は当日発表で述べる。

#### 謝辞

本研究は、独立行政法人日本学術振興会平成24年度科学研究費助成事業(基盤研究(B)24330255)の助成を受けて実施した成果の一部である。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- (1) 竹野英敏：「ものづくり」のために科学技術リテラシーを育む、日本科学教育学会第35回年会論文集(2010)
- (2) 藤本英雄、坂口正道、動きを伴う熟練伝統技能の保存伝承、設計工学、Vol.44, No.2, pp.65-70(2009)。
- (3) S. Horata, T. Ikemura and T. Yukawa, Torus Self-Organizing Map for genome informatics, Proc. of WSOM 2005, pp.235-242(2005)