

# 筋交い刷毛の技能訓練支援ソフトウェアの開発

## Development of Brush Coating Skill Training Support Software

寺尾 大輔<sup>\*1</sup>, 藤本 宣人<sup>\*1</sup>, 松本 慎平<sup>\*1</sup>, 寺西 大<sup>\*1</sup>, 竹野 英敏<sup>\*1</sup>  
 Daisuke TERAO<sup>\*1</sup>, Nobuto FUJIMOTO<sup>\*1</sup>, Shimpei MATSUMOTO<sup>\*1</sup>  
 Masaru TERANISHI<sup>\*1</sup> and Hidetoshi TAKENO<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: b212073@cc.it-hiroshima.ac.jp

**あらまし**：初等・中等教育の指導者を支援するための技能習得システムは現在十分ではない。力覚フィードバック装置などを用いて、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の開発が求められている。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。技能修得訓練においては、学習者の活動を記録し再生しながら指導することは有効であると考えられている。そこで本研究では、刷毛の運行軌道を確認するためのソフトウェアを開発した。本ソフトウェアは、刷毛塗り運行の記録をコンピュータ上で再生しながら、運行中の各自由度の傾きやずれを3次元空間内で視覚的に確認できるものである。

**キーワード**：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、3次元ソフトウェア

### 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不器用意識を強く感じており、このことは理工学離れの原因のひとつとして考えられている。ものづくり学習の場におけるけがや過度な失敗に対する恐れは、ものづくり教育への興味・関心の低下に直結し、不器用意識形成に繋がる。この背景には、指導者自身のものづくり経験の不足が強く関係していると考えられる。適切な技術指導を学習者に施すためには、指導者にはものづくりの十分な技能が必要とされる。よって、小中学生の技術や工作に対する関心を高めるためには、初等教育現場の指導者に対して、技能訓練を支援するための教材を構築し提供すべきであると考えられる。

指導者の技能指導を支援するための教材として、従来、テキスト、静止画像、及び動画像が用いられている。これらの種類の教材は、ある程度技能を習熟した者に対して有効であることは明らかである。しかしながら、視聴覚情報だけでの学習はその効果は限定的であり、暗黙的技能に関する知識、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。

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。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。

著者らはこれまで、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構築を目的とし、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ている<sup>(1)</sup>。技能修得訓練においては、学習者の活動を記録し再生しながら指導することは有効であると考えられている。そこで本研究では、刷毛の運行軌道を確認するためのソフトウェアを開発した。本ソフトウェアは、刷毛塗り運行の記録をコンピュータ上で再生しながら、運行中の各自由度の傾きやずれを3次元空間内で視覚的に確認できるものである。

### 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を被験者とする。以下の(a)-(g)の指示に従い課題を与え、刷毛塗り作業を行う。



図1 計測システム

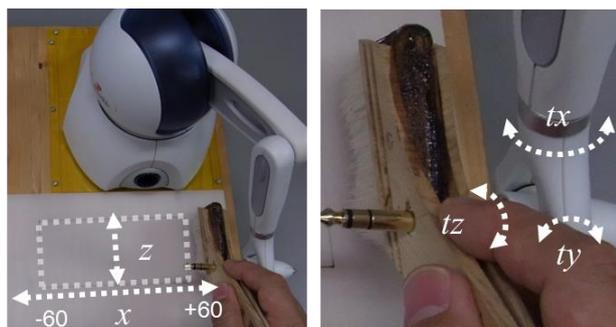


図2 計測する6自由度

- 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持つ。
- 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。
- 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。
- 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。
- 刷毛は、同じ速度で動かす。

#### 4. 技能指導方式

$x$ 座標をトリガとし、 $x$ が+60から-60に変化する間の $y$ ,  $z$ ,  $tx$ ,  $ty$ ,  $tz$ の値の変化を技能評価に用いる(図2参照)。本研究では、塗り始めから塗り終わりまでの角度に差がなく、塗りにブレのない運行を理想軌道とし、これと実運行との誤差の最小化を目標として技術指導を行う。ここで、それぞれの自由度は独立しているのではなく相互作用していることが考えられる。したがって、優先的に技能獲得すべき自由度から学習を指示することが妥当ではないかと考えられるため、まずは誤差の表出が最も大きい自由度である $y$ と $z$ の誤差の最小化を課題とする。

本研究では、被験者の刷毛の運行軌道を確認するためのソフトウェアを開発した。ソフトウェアの外観を図3に示す。本ソフトウェアは、Visual Studio 2012環境でOpenGLを利用するためライブラリであるfreeglut 2.8.1, C#からGlutを利用できるようにするためのライブラリであるtaoframework 2.1.0を用いて、刷毛塗り運行の記録をコンピュータ上で再生しながら、運行中の各自由度の傾きやずれを視覚的に確認できる。まず、第3章の実験プロトコルにより被験者の運行軌道を記録する(図4参照)。次に、本ソフトウェアで記録の再生を行う(図5参照)。ここで、ソフトウェアはオペレータにより操作される。ソフトウェアには再生速度・再生位置の調整機能が実装されている。また、被験者の運行軌道が可視化されている。よって、必要に応じて再生角度や速度を調整しながら技能指導を行う。

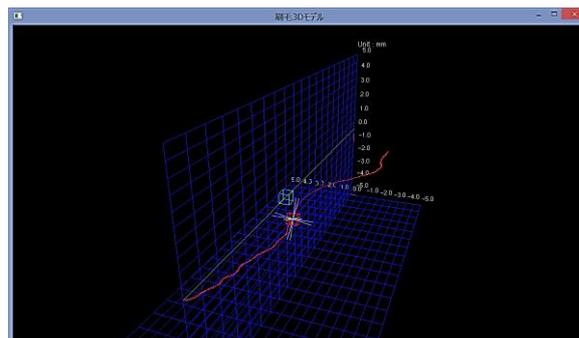


図3 運行軌道の三次元再生ソフトウェア

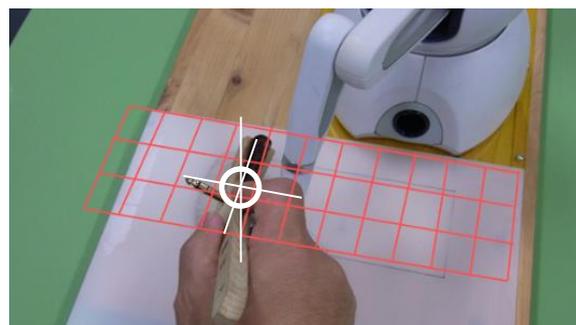


図4 実運行軌道の取得

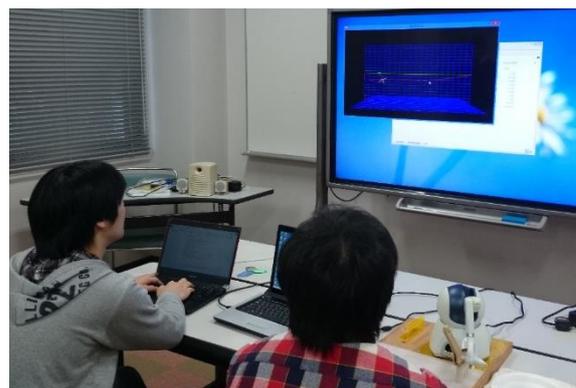


図5 技術指導の様子

#### 5. おわりに

本研究では、刷毛の運行技能を評価するため、力覚インターフェイスデバイスを用いて刷毛の運行軌跡を測定可能なシステムと運行軌道再生ソフトウェアを開発した。実験結果は当日発表で示す。

#### 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

- S. Matsumoto, M. Teranishi and H. Takeno, A Training Support System of Brush Coating Skill with Haptic Device for Technical Education at Primary and Secondary Schools, Proc. of AROB 20th 2015, pp.198-203 (2015).