

令和 6 年 9 月 16 日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01674

研究課題名（和文）木材加工における仮想現実を用いた疑似体験による巧緻技能の獲得

研究課題名（英文）Acquisition of Craftsmanship Skills by Simulated Experience Using Virtual Reality in Woodworking

研究代表者

橋爪 一治（HASHITSUME, KAZUHARU）

島根大学・学術研究院教育学系・教授

研究者番号：70709740

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、日本の伝統的な木造建築技術等を支えてきた一流の職人の巧緻技能の感覚（視覚や力覚、触覚等）を学習者に与えることにより、あたかも自分自身が熟練者に成り代わって熟練の技を振るっているかのような感覚を体感させながら、技能指導を行う指導法の開発である。そこで、巧緻技能の解明、技能の巧緻性を評価する評価法の開発、巧緻な感覚を体験させるシステムの構築、指導法の開発を行った。指導法の開発は、大学生の初心者を被験者として実施した。その結果、指導者による作業動作の評価および作業結果である木材切断面のミクロ的な状況評価から技能の向上が見られた。この結果から本指導法は、効果があることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、伝統産業に携わる職人の高齢化、後継者不足などが深刻な状況である。このことから、伝統建築等に関わる職人の育成が急務である。しかし、これらの関連技能は徒弟制度の下で長い年月をかけ根気強く獲得するしかない。この養成法は現代の若者にとって受け入れ難く、新規就労者は減少傾向の一途である。このため、伝統建築等を支える技能者養成の在り方の見直しが喫緊の課題である。この解決には、訓練施設や工業高校等で、だれもが一定期間に確実に技能を身につける仕組みづくりが必要である。本研究は、これを達成するため、これら巧緻な技を学習者自身が行っている感覚を味わわせる全く新しい技能指導の開発に臨んだ。

研究成果の概要（英文）：This research is the development of an instructional method for teaching technical skills by giving learners the sensations (visual, force, tactile, and other senses) of the fine craftsmanship of first-rate craftsmen who have supported traditional Japanese wooden construction techniques, etc., so that they feel as if they themselves were acting as the skilled craftsmen and performing the skilled techniques. Therefore, we conducted an analysis of fine skills, developed an evaluation method to assess the intricacy of skills, built a system to provide an experience of these fine sensations, and developed instructional methods. The development of the instructional method was conducted with novice university students as subjects. As a result, the evaluation of the work operation by the instructor and the evaluation of the microscopic situation of the wood cutting surface as a result of the work showed an improvement in skill. These results indicate that this instructional method is effective.

研究分野：教育方法学

キーワード：木材加工 巧緻技能 力覚デバイス 動作感覚の伝達 指導法の開発 伝統技能

1. 研究開始当初の背景

現在、伝統産業に携わる職人の高齢化、後継者不足などが深刻な状況である。加えて近年頻発する大規模災害で、文化遺産の倒壊などが著しい現状にある。これらのことから、伝統建築等に関わる職人の育成が急務である。しかし、これらの関連技能は徒弟制度の下で長い年月をかけ根気強く獲得するしかない。この養成法は現代の若者にとって受け入れ難く、新規就労者は減少傾向の一途である。このため、今、我が国は、日本文化を継承するために必要な伝統建築を支える技能者養成の在り方の見直しが喫緊の課題である。

この解決には、訓練施設や工業高校等で、だれもが一定期間に確実に技能を身につける仕組みづくりが必要である。しかし、現状は、技能訓練機関や工業高校においても、道具の使い方等の丁寧な説明はあるものの、高度な暗黙知の理解促進に有効な手段がなく、従来の徒弟制度と同じく、巧緻技能の習得には膨大な時間がかかっている。つまり、訓練機関や工業高校といえども一定期間に必要な技能を確実に身につけられる指導は困難な状況にある。

ところで、申請者は、これまで木材切断技能について、熟練者の巧緻性を記録し、身体動作や視線位置、筋力などから、「どこを見て、どこに、どのタイミングで力を入れて切断道具を操っているのか」を解明してきた。例えば、切りはじめはどこをみればよいか、そのための姿勢や材料を置く位置はどこが適切かなど、これまでの教科書には示されていない技能の重要なポイント(コツ)を発見してきた。

本申請研究は、これらを背景として、「誰もが、一定期間に巧緻な木材加工技能を確実に身につける」ことができる新しい技能訓練法を、最新技術を用いて確立することを目的とする。

2. 研究の目的

本申請研究は、これらを背景として、「誰もが、一定期間に巧緻な木材加工技能を確実に身につける」ことができる新しい技能訓練法を、最新技術を用いて確立することを目的とする。本研究の目的を達成するため、巧緻な技能を科学的に解明する、技能の巧緻性を定量的に評価する評価法を検討する、巧緻な感覚を記録し再現する(体験させることができる)感覚再現システムの構築、この感覚再現システムを用いた指導法の開発、の4点を実施した。

3. 研究の方法

3.1 のこぎり引きの巧緻性の定量評価

木材加工の場合、巧緻性は、作業中の所作の美しさではなく、作品の出来映えによって評価される。このため、加工した材料の加工面の評価が必要になる。現状では、職人が加工後に切削・切断面を評価する場合、平坦な板材を当て木して、光に透かし、その光量で、出来映えを定性的に判断することが行われている。

ところで、手工具で木材加工を行う作業の種類の中でも、のこぎり引きは、特に、作業の様子が、加工した材料の形状に顕著に現れる。例えば、ある方向に傾いて切断作業をすれば、切断された板材の切断面も傾いている。このことから、ある程度熟練した者が、作業の様子を観察すれば、巧緻性の高低の判断ができる。このため、長年、技能指導に取り組んできた3名を評価者として、録画した作業の様子を調査した。

3.2 感覚再現システムの構築

感覚再現システムに用いた各機器のうち、力覚デバイスを、図 3.2 に示し、ユーザーインターフェースを図 3.3 に示す。

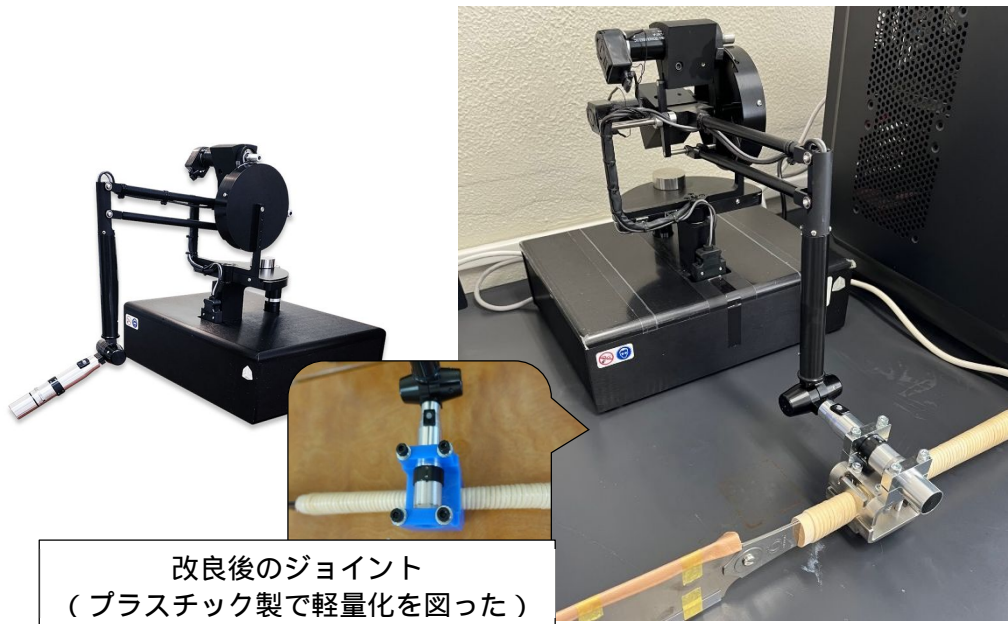


図 3.2 感覚再現システムに用いた 3DSystems 社製 Phantom Premium 1.5HF/6DOF

感覚再現システムを構成するユーザーインターフェース、記録システム、再生システムなどは、プログラム言語 C++で作成した。感覚再現システムは、アームの先端に、独自に開発したジョイントによって、のこぎりが取り付けられている。ジョイントは、当初はアルミで製作したが、自重が大きく、システムの動作に支障があったため、プラスチック製に変更し、軽量化を図った。このシステムをコ

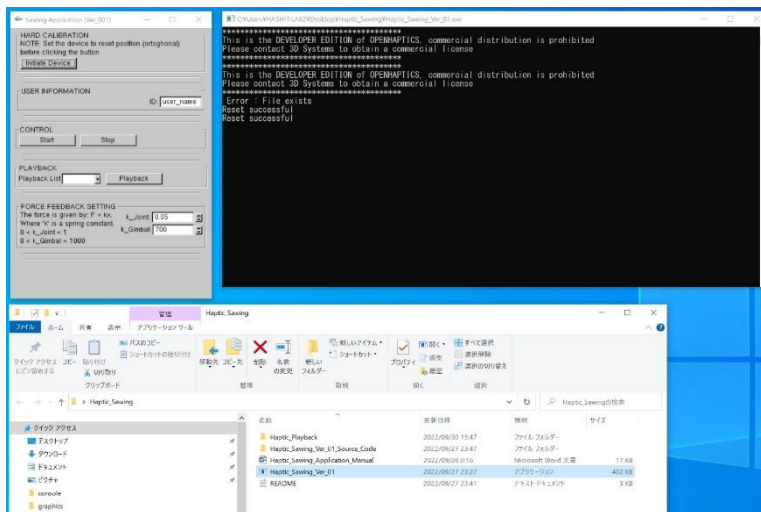


図 3.3 感覚再現システムに用いた力覚デバイスのユーザーインターフェース

ントロールするアプリケーションソフトウェアも独自に開発した。ユーザーインターフェース (PC 画面上の構成) は、ハード HARD CALIBRATION に、Initiate Device が、初期設定を行う部分、USER INFORMATION には、巧緻な技能を記憶させたい者の ID (任意に設定) を入力する部分、CONTROL の Start で記録・記憶が開始され、Stop で終了する部分。これを、再生したい (被験者への感覚提示実験を実施するなど) 場合に、PLAYBACK を押す部分とした。このとき、複数の巧緻者の記録が格納されている場合は、そのリストから、再生させたいもの (記憶時に入力した ID) を選択する。最下段には FORCE FEEDBACK SETTING として、アームのジョイント部分及びギンバル部分の強さを変更することができる部分を設けた。技能指導においては、力強く感覚再現装置に手を引かれる感覚や、やさしく手を添えられる感覚まで、その状況によって、力強さが変えられた方が、上達が早いと考えて、

強さを変更できるよう設計した。

3.3 感覚再現システムを用いた指導法の開発

感覚再現システムを用いた指導法を開発するため、技能指導の実験を行った。本実験の被験者は、のこぎり引きがほぼ未経験の学生 8 名であった。課題であるが、被験者は、縦 11cm、板厚 12mm の固定された木材のこば面と板表面の 3 カ所に引かれたけがき線通りに線の真上を両刃のこぎりで切断するよう指示された。また、切り終わりは、切り落とすよう指示された。実験（技能指導）は、図 3.3 に示すとおり、被験者に、巧緻技能を力覚デバイスや視聴覚で記録した感覚再現システムを用いてのこぎり引きをさせるものであった。このとき、被験者は熟練した感覚を認識することができるよう設計した。被験者は、感覚再現システムによるのこぎり引きを連続する 5 日間、毎日 1 回あたり 30 分の時間行った。本実験は、被験者を 2 群に分けて行われた。片方の群は、事前評価のあと 5 日間の技能指導を受けた直後に事後評価を実施し、さらに休養期間の 5 日間を経て再度評価を実施した。これを前半指導群とした。もう片方の群は、事前評価後に引き続き 5 日間の休養後再度事前評価を行った上で、5 日間の技能指導を行い、その直後に事後評価を行った。これを、後半指導群とした。実験に用いた巧緻技能のデータは、熊本県立球磨工業高校専攻科 2 年生のデータであった。この者は、技能検定（建築大工）2 級を有しており、技能に優れているとして当該校の担当職員からの推薦を受けた。このため、被験者は、この者の巧緻技能を体験しながら、のこぎり引きを行う。本実験にあたり、技能評価を行った。長年の木材加工指導の経験を有する指導者（熟練指導者）による 10 段階評価とした。評価は、ビデオ映像で行われた。前半指導群は、事前評価、練習 5 日後の中間評価、休養後の事後評価で行ったのこぎり引き実験を前方、側方、頭上のカメラで録画した。後半指導群



図 3.3 のこぎり引き指導実験中の様子

は、事前、休養後の中間評価、練習後の事後評価で行ったのこぎり引き実験を前方、側方、頭上のカメラで録画した。なお、評価の課題は、技能指導時と同じのこぎり引き課題であった。

4. 研究成果

4.1 感覚再現システムを用いた指導法の開発（指導熟練者による評価結果）

指導熟練者（3名）による実験の記録映像評価の結果を、図4.1に示す。本図は、「前半指導群」と「後半指導群」の2群に分けた結果をそれぞれ示している。前半指導群は3名、後半指導群は5名であった。両群ともに、3回の熟練指導者の評価が行われた。前半指導群は、事前の評価、その後直ちにのこぎり引きの訓練実験を5日間行った時の評価、さらにその後5日間の休日を経た時点の評価である。後半指導群は、事前の評価ののち、5日の休日後に再評価、そして休日後に5日間の訓練実験を終えた評価である。本図から、前半指導群は、事前と練習後に顕著な得点の上昇が見られた。また、多少ではあるが、練習後の休日を挟んで評価を行ったときに得点の低下がみられた。後半指導群は、最後の訓練実験を挟んで、顕著な得点の上昇が見られた。しかし、事前とそれに続く休日後でも得点が上昇していた。これは、何の指導を受けなくても、上達したことを示している。この理由についてであるが、評価時ののこぎり引きそのものが訓練として成立したのではないかと考える。1枚の板を切断するときののこぎり引きは、押しと引きの動作を100回以上繰り返す動作である。1回目の押しや引きの動作がうまくいかなかった場合、次の動作時には、のこぎりの角度を変えたり、速度を調整したりするなど、自分なりにうまくいく動作を模索する試行錯誤が発生する。このため、何の支援がなかったとしても、多少の上達が発生し、それが、評価結果に表れたものだと考える。加えて、初心者とはいえ、被験者が数年前の中学時には、多少ののこぎり引きを経験していることから、その時の動作記憶を思い出したのと同じと考える。また、両群に、事前の得点の差はほとんどないことがわかるが、最終評価は、前半指導群がやや高い傾向にあった。同様に、前半指導群が、訓練実験後の得点上昇幅が大きかった。これは、先に述べた被験者の試行錯誤や動作記憶と、今回の感覚再現システムによる感覚理解の相乗効果が現れたものだと考える。しかし、被験者数が少なく、確実な検証は、今後の実験や異なる分析にゆずるものとする。

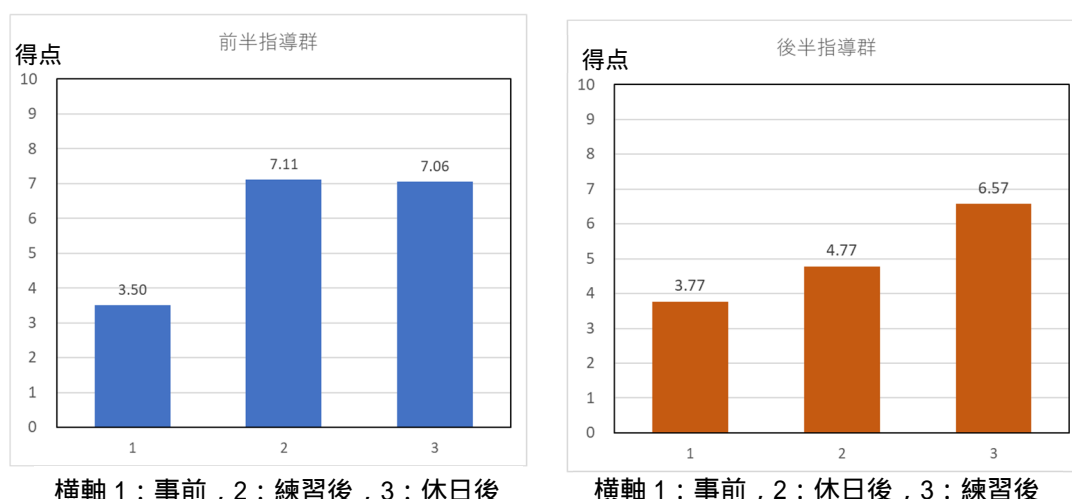


図 4.1 指導熟練者(3名)による実験の記録映像評価

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 T. Igasaki, K. Matsuura, A. Koga, K. Hashitsume,	4. 巻 1
2. 論文標題 Challenge to sawing skill evaluation using the three axis acceleration sensor	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. Life Engineering Symposium	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 橋爪一治	4. 巻 31
2. 論文標題 木材切断技能における切り始めの視線に着目した巧緻性の解明	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 竹中大工道具館研究紀要	6. 最初と最後の頁 39-52
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 KANG CHUN-WON, HASHITSUME KAZUHARU, JANG EUN-SUK, KOLYA HARADHAN	4. 巻 68
2. 論文標題 RELATIONSHIP BETWEEN WOOD ANATOMICAL FEATURES AND SURFACE ROUGHNESS CHARACTERISTICS	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Wood Research	6. 最初と最後の頁 455 ~ 464
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.37763/wr.1336-4561/68.3.455464	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 橋詰貴文・松浦洸樹・伊賀崎伴彦・橋爪一治
2. 発表標題 加速度センサを用いた鋸引き技能の経時的評価
3. 学会等名 電気・情報関係学会九州支部連合大会（第73回連合大会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松浦洸樹, 古賀映人, 伊賀崎伴彦, 橋爪一治
2. 発表標題 加速度センサを用いた鋸引き軌跡解析による技能評価
3. 学会等名 第72回電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中野裕介, 伊賀崎伴彦, 橋爪一治
2. 発表標題 加速度センサーを用いた鋸引きの押し引き技能に関する基礎的研究
3. 学会等名 2022年度電気・情報関係学会九州支部連合大会（第75回連合大会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 橋爪一治, 橋詰貴文, 伊賀崎伴彦
2. 発表標題 腕の動きに着目したのこぎり引きの巧緻性
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第64回全国大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

島根大学お宝研究《特色ある島根大学の研究紹介》
https://www.shimane-u.ac.jp/_files/00176767/treasure13.pdf

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	伊賀崎 伴彦 (IGASAKI TOMOHIKO) (70315282)	熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・教授 (17401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
韓国	JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY			