

工具の把持力の測定法に関する研究

徳永 修一* 大西 祐生** 坂田 昌平**

A Study on Measurement Method of Grip Force of Tool

Shuichi Tokunaga, Yuki Oonishi and Shouhei Sakata

Synopsis

Many people who were born in the first baby boom period in Japan are facing the mandatory retirement. Making retirement expert's skills a manual is difficult. It is very important to hand down the skills and know-how from the retirees to the next generation. The analysis of expert's skill and the digitalization of the production process are useful also for the support of the succession of the skill to the next generation. Moreover, the training of successors is a more serious problem in traditional craft goods industrial industry with the longest history in Japan. The number of successors decreases decreasing in the amount of the work in the traditional craft that has been esteemed for a long time. And, passing on the skill of the traditional craft to future generations as the expert ages will become difficult more and more in the future. It is very important for defending a cultural property of Japan to succeed to the traditional craft goods industry to the future life.

In this paper, we propose the method to measure the grip force of tool for supports the legend of the sculpture technology of Sanukibori that is one of the traditional crafts.

1. 緒言

第一次ベビーブームで生まれた世代の多くが一斉に定年退職を迎えている[1]。特に製造業はマニュアル化しづらい職人的作業のような現場固有の技能が存在するため、ベテラン社員から若手社員への技能やノウハウの伝承は難しいものとなっており、迅速かつ円滑に継承していくことが課題となっている。また、日本において最も長い歴史のある産業である伝統的工芸品産業においても、古くから尊重されてはいるが、図1に示すように製造品出荷額等の減少に伴い、

従業者数は1991年をピークに年々減少してきている[2]。そのため熟練者の技能を後世に伝えることは今後ますます難しくなっている。伝統的技術の継承が絶えてしまえば、再び貴重な伝統的工芸品が蘇ることは不可能となることから伝統工芸品の制作過程のデジタル化[3]により伝統技術の保存や後継者への技能伝承を支援していくことがより重要となる。

本研究では、手に持った工具(道具)を用いた技能について、香川県の伝統工芸である讃岐彫り[4]の彫刻刀を用いた作業工程を対象とし、技能のデジタル化や技能の伝承を支援するために圧力センサを用いた工具の把持力の測定を行い、その評価を行った結果を報告する。

* 電子制御工学科

** 専攻科情報制御システム工学専攻

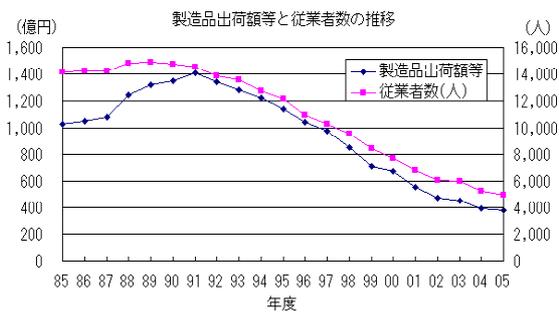


図1 製造品出荷額等と従業者数の推移

2. 測定および評価方法

2.1 使用する圧力センサ

彫刻刀を用いて作業する際の把持力を測定するために圧力センサを彫刻刀に取り付ける。熟練者は彫刻刀を右の手の親指(P1)、中指(P2)、人差し指(P3)、人差し指の第3関節の側面(P4)と左手の親指(P5)の5箇所が接触した状態で扱うことから、図2に示すように5個の圧力センサ(FlexiForce A201-25, ニッタ株式会社)を彫刻刀に取り付ける。作業によって手の大きさの違いにより圧力データが測定できない場合があるので非常にうすい手袋を着用し、その手袋に圧力センサを取り付ける。彫刻作業中に彫刻刀との接触面にかかる圧力を5個の圧力センサを用いて把持力として測定する。予備実験より圧力と測定電圧の関係を図3に示す。これよりセンサの圧力 P と測定電圧 V の関係は式(1)で与えられる。

$$P = 0.1937V^4 - 4.0083V^3 + 32.572V^2 - 125.22V + 192.31 \quad (1)$$

2.2 把持力の測定方法

彫刻刀の扱い方の練習は図4に示すような基本の彫刻図形(直線, 三角形, 波形)の線に沿って彫ることから始まる。彫刻は下絵に沿って行い、図5に示すように彫り跡の断面が三角形になるように、まず線の下側を彫り、次に材料を上下逆にして線の上側を彫る。熟練者が一連の動作で彫っていた長さから直線の長さを50mmとする。熟練者が練習のために描いた三角形や波形の大きさから三角形の高さを20mm, 波形の1周期の長さを50mm, 振幅を20mmとする。熟練者1人と初心者10人に対して基本の

彫刻図形を彫っている時の彫刻刀と手との5箇所(5箇所)の圧力センサの値をサンプリング周期100Hzで測定する。この実験に使用する材料の種類は柎で材料の木目の方向と基本図形の直線方向をほぼ同じ方向とする。初心者には彫刻刀の持ち方を説明し、3回程度の練習後に実験を行う。

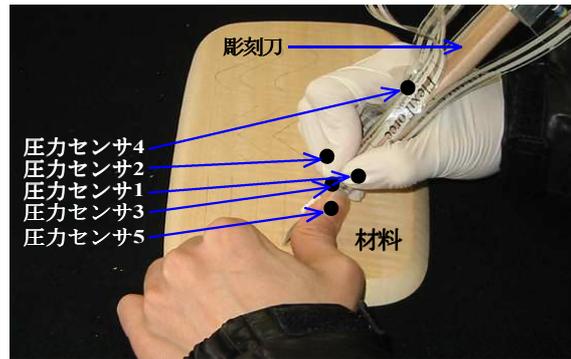


図2 圧力センサの取付位置

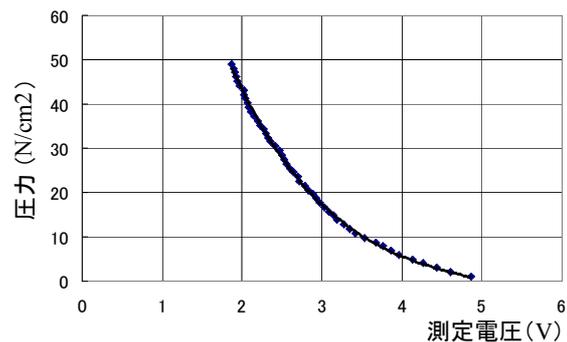


図3 測定電圧と圧力の関係

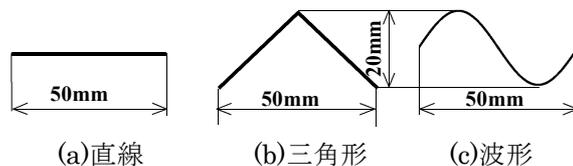


図4 彫刻図形

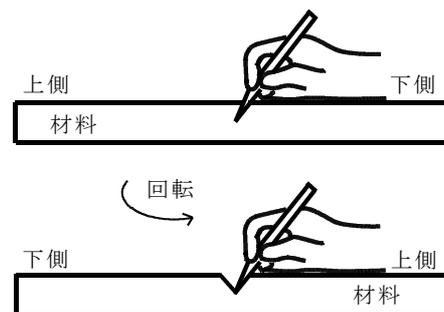


図5 彫刻手順

2.3 把持力の評価方法

測定したセンサの圧力(P1, P3, P4, P5)が図 6 に示すように彫刻刀にかかっている刃先を中心とした回転力について考える. 彫刻刀の刃先位置を通る直線(Z 軸)上に回転力の中心が存在する場合を考え, その位置 k を式(2)より求め, 彫刻時の力への入れ方を示す評価尺度とする.

$$k = \frac{P1*L1 - P3*L3 - P4*L4 + P5*L5}{P1 - P3 - P4 + P5} \quad (2)$$

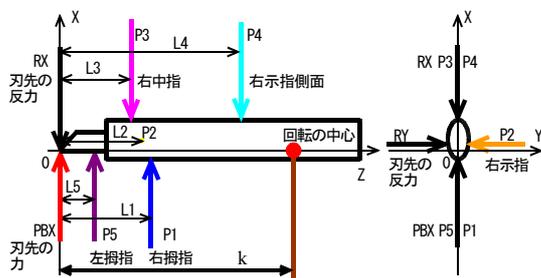


図 6 彫刻刀にかかる力

3. 測定および評価結果

3.1 把持力の測定結果

基本の彫刻図形の直線を彫った場合の熟練者の測定結果を図 7 に, 初心者 (1, 2, 3) の測定結果を図 8 から図 10 に示した. 熟練者は最初, 右手の親指の圧力は大きく, 彫り進めるに従って右手の親指の圧力は減少していた. 熟練者は両手の親指と右手の人差指と中指など手全体を使って材料を彫っていた. また, 熟練者は線の終わりの所で彫刻刀をしっかり握っていたことがセンサ 4 の値からわかった. 初心者 1, 2 は, 左手の親指の圧力が常に大きく, 左手の親指にかかる強さを調節して彫っていたことがわかった. 初心者 3 はセンサ 1 の右の親指に圧力が大きく次いでセンサ 5 左の親指の圧力が多きことから両方の親指の力を加減して彫刻を行っていることがわかった. また, 初心者は数回に分けて力を入れ, 彫刻刀に加える力を抜くことで彫刻刀を止めている事がわかった. 基本の彫刻図形の三角形を彫った場合の熟練者の測定結果を図 11 に, 初心者の測定結果を図 12 から図 14 に示し, 基本の彫刻図形の波形を彫った場合の熟練者の測定結果を図 15 に, 初心者の測定結果を図 16 から図 18 に示した. 直線の場合と同様に熟練者は両手の親指と右手の人差指と中指など手全体を使って材料

を彫っていた. 初心者についても直線の場合と同様で親指をであった. しかし, 波形の場合では初心者 1 ではセンサ 4 値が大きくており曲線を彫刻する場合はまっすぐ彫刻する場合に比べて最大 5 N の力で彫刻刀を把持していることがわかった. 熟練者の彫刻時間は, 直線が 12.57s, 三角形が 22.82s, 波形が 30.02s で, 初心者の平均値はそれぞれ, 直線 12.57s, 三角形 22.82s, 波形 30.02s であった. いずれの場合も熟練者の彫刻時間が短かった.

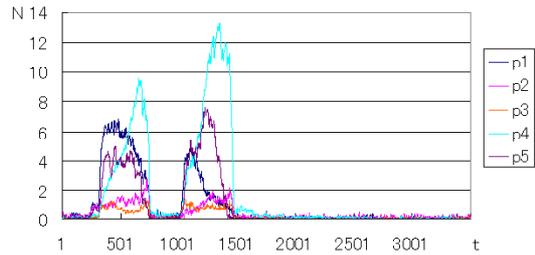


図 7 熟練者の圧力センサ値(直線)

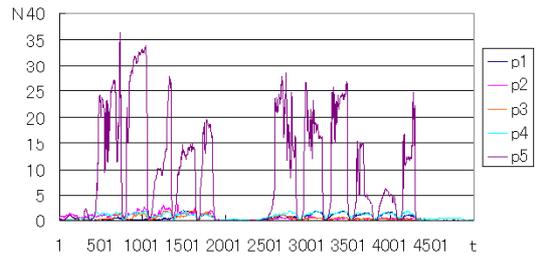


図 8 初心者 1 の圧力センサ値(直線)

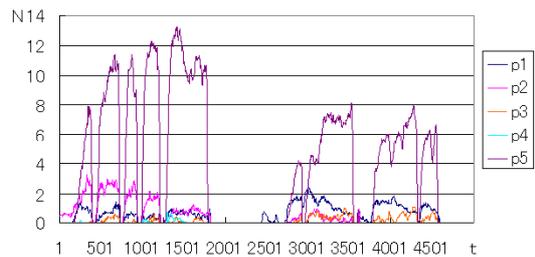


図 9 初心者 2 の圧力センサ値(直線)

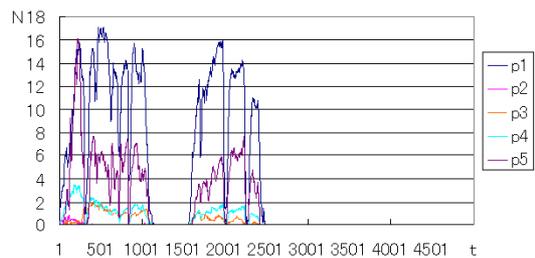


図 10 初心者 3 の圧力センサ値(直線)

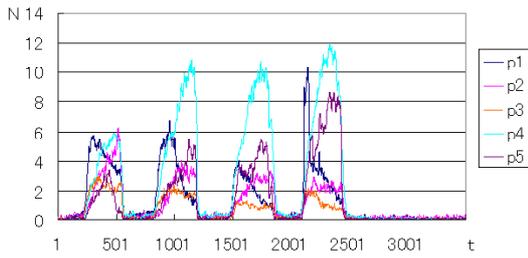


図 1 1 熟練者の圧力センサ値(三角形)

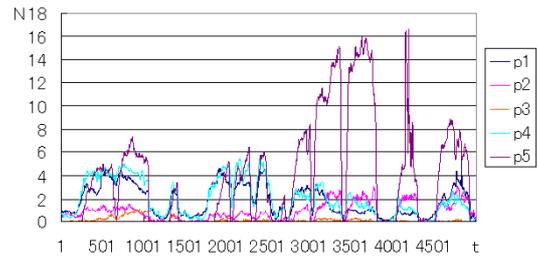


図 1 6 初心者 1 の圧力センサ値(波形)

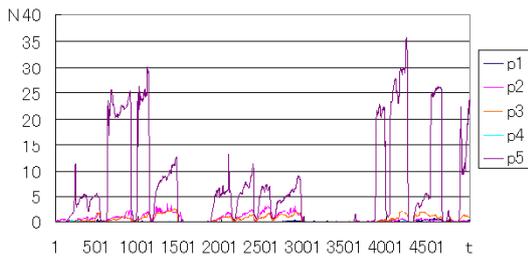


図 1 2 初心者 1 の圧力センサ値(三角形)

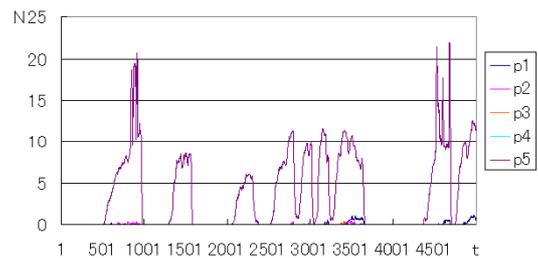


図 1 7 初心者 2 の圧力センサ値(波形)

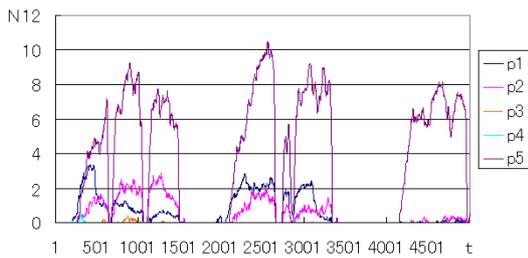


図 1 3 初心者 2 の圧力センサ値(三角形)

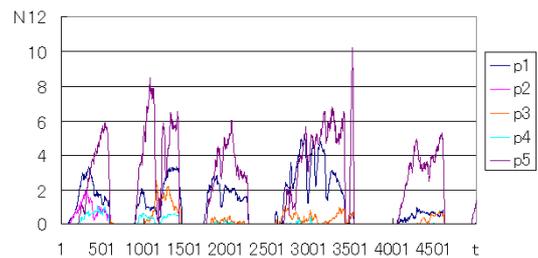


図 1 8 初心者 3 の圧力センサ値(波形)

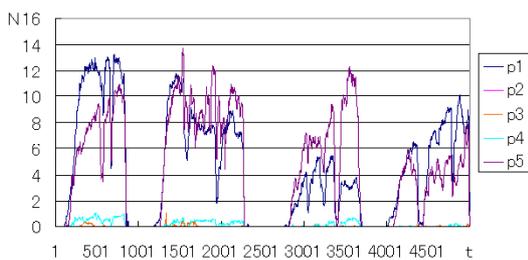


図 1 4 初心者 3 の圧力センサ値(三角形)

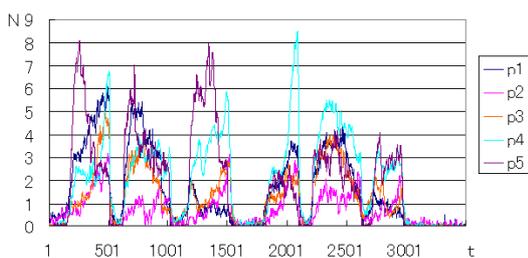


図 1 5 熟練者の圧力センサ値(波形)

3.2 把持力の評価結果

直線を彫刻した場合の熟練者および初心者(1, 2, 3)の回転中心を計算した結果を図 1 9 から図 2 2 に示した. これより熟練者は, 評価尺度 k の値が負から正の値に変化し, 初心者は評価尺度 k の値が負から正の値に変化する時はなかった. 熟練者はセンサ 4 の値が初心者に比べ大きな値であった. 三角形を彫刻した場合の熟練者および初心者の回転中心 k を計算した結果を図 2 3 から図 2 6 に示し, 波形を彫刻した場合の熟練者および初心者の結果を図 2 7 から図 3 0 に示した. これより熟練者は, 三角形と波形のどちらの場合も直線の場合と同様に評価尺度 k の値が負から正の値に変化していた. また, 初心者 1 の波形の場合の始めに評価尺度 k の値が負から正の値に変化している時があるが, センサ 4 の値が約 4N と比較的大きな値を示していた場合であった.

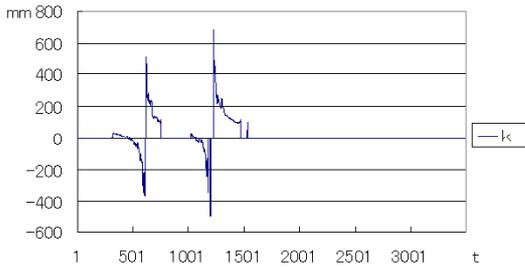


図 1 9 熟練者の回転中心の位置(直線)

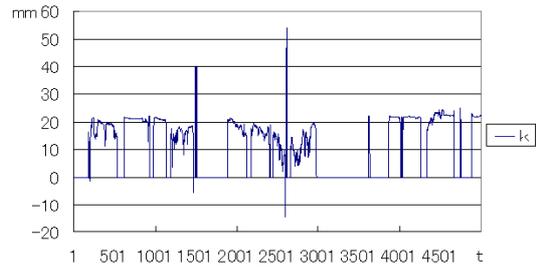


図 2 4 初心者 1 の回転中心の位置(三角形)

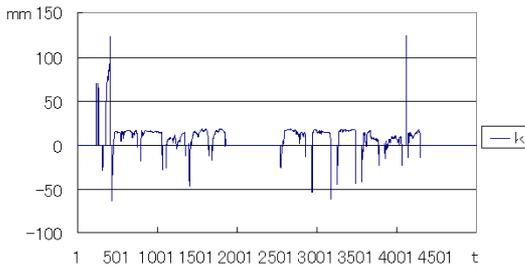


図 2 0 初心者 1 の回転中心の位置(直線)

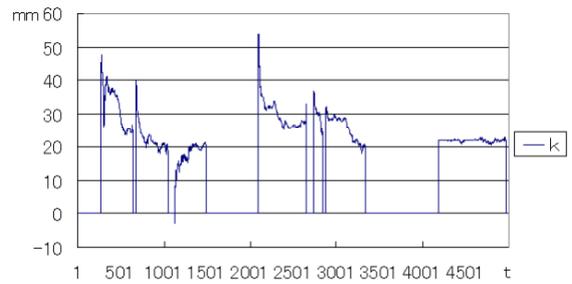


図 2 5 初心者 2 の回転中心の位置(三角形)

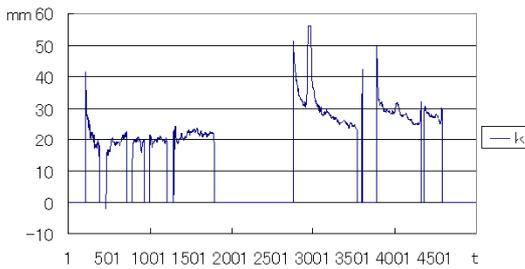


図 2 1 初心者 2 の回転中心の位置(直線)

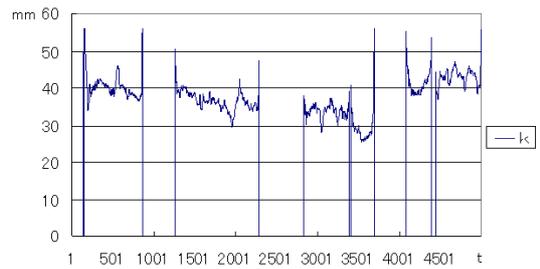


図 2 6 初心者 3 の回転中心の位置(三角形)

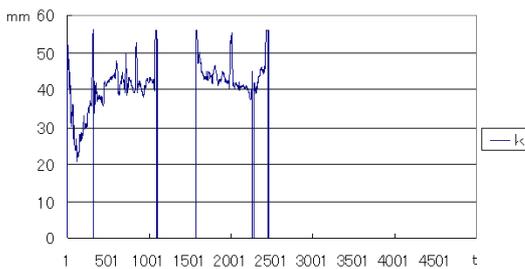


図 2 2 初心者 3 の回転中心の位置(直線)

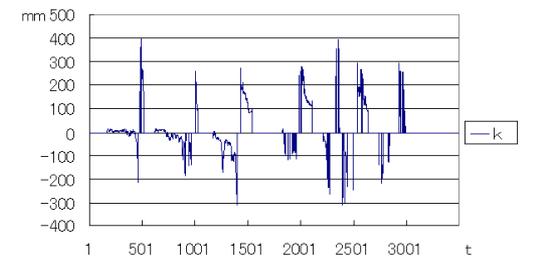


図 2 7 熟練者の回転中心の位置(波形)

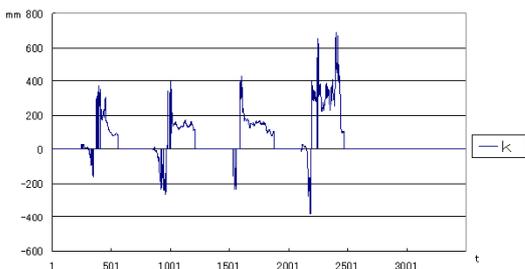


図 2 3 熟練者の回転中心の位置(三角形)

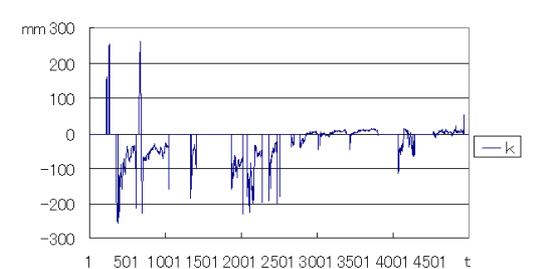


図 2 8 初心者 1 の回転中心の位置(波形)

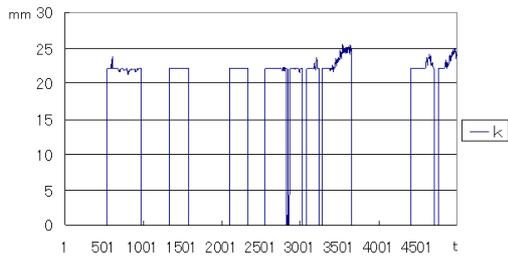


図 29. 初心者 2 の回転中心の位置(波形)

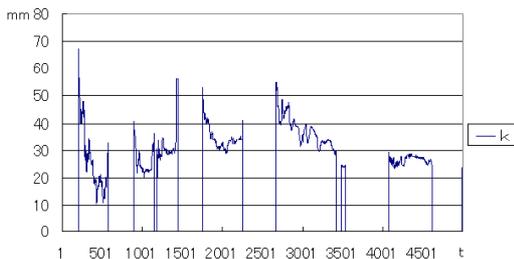


図 30. 初心者 3 の回転中心の位置(波形)

7. まとめ

手に持った工具（道具）を用いた技能について技能のデジタル化や技能の伝承を支援するために提案した測定方法で彫刻作業中の彫刻刀の把持力を測定した結果，熟練者は彫刻作業中に人差指の第3関節の側面の圧力の値が初心者に比べ大きいことがわかった．また，初心者は左の親指の圧力の値のみ，または右の親指と両方にの圧力の値が大きいことから，彫刻作業に慣れていない場合は親指の圧力の値が大きいという特徴があることがわかった．

提案した評価方法を用いて測定値から評価尺度を求めた結果，熟練者は彫刻作業中に回転の中心の位置が刃先側から柄側に移動している事が明らかとなった．これより，彫刻作業を見ているだけではわからない彫刻刀の扱い方について調べることができた．

今後の課題は，熟練者の彫刻刀の動かし方を測定し，工具を用いた作業の技能を分析することである．

謝辞 本研究は一部，科学研究費補助金基盤研究(B) (課題番号19310102)の研究助成による．

参考文献

[1] 経済産業省，厚生労働省，文部科学省，2005年版ものづくり白書(製造基盤白書)，

p. 202-221

[2] 経済産業省工業統計調査，工業統計ライブラリ従業員4人以上の事業所，産業コード3461，漆器製造業，従業者数

[3] 藤本英雄，デジタル化による動きを伴う伝統技能の保存、伝承，文化資源の保存、活用及び創造を支える科学技術の振興—科学技術・学術審議会資源調査分科会報告書，pp. 54-69，2006

[4] 住谷晃一郎，讃岐漆芸-工芸王国の系譜，エアンドエー・コミュニケーションズ，pp. 100-101，2005