

陶芸の身体的な技能における熟練者と学習者の動作比較

On the skillful movement of clay kneading:

comparison between experts and beginners

島森正裕¹ 山本知幸¹ 藤波努¹

Masahiro Shimamori¹, Tomoyuki Yamamoto¹, and Tsutomu Fujinami¹

¹北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科

¹School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

Abstract: Experts' skill of clay kneading is experimentally studied. We focus on the timing of pressure applied to clay with respect to rocking movement of the body. Using a pair of foot pressure sensors and a weight sensor on the table, subjects' movements are measured. Differences between experts and beginners are discussed.

1. はじめに

職人の技といった身体技能は、熟練者の身振りや簡単な説明による指導では伝えることが難しい。一見、動作を再現できているように場合でも、実際の動きとは重要な部分が異なるため、身体的技能を獲得したことにはならない。そこで、簡単に模倣することが出来ない身体的技能をどのように修得しているかという問題に対して、まず技能の特徴を求め、言葉にできないコツやカンを形式化する必要があると考える。

本研究では陶芸における土練りの技能を対象とする。土練りとは、粘土に含まれる気泡を押し出すことと均質にすることである。また、粘土の乾燥を防ぐため短時間で練ることが必要となる。先行研究として、阿部ら[阿部 03] は、モーションキャプチャ装置を用いて、土練りの技能について研究した。この研究では、熟練者と未熟練者間で各関節の関係を比較し、習熟度の違いによって位相関係が変化することが明らかにされた。

土練りは、粘土に力を加えるために体を前進させる倒れ込み動作と体を起き上らせる起き上がり動作からなる。倒れ込み動作の起点は、体を最も起き上らせた状態である。終点は、体を倒した状態であり、最も粘土に力を加えられている地点である。倒れ込み動作の起点は起き上がり動作の終点、倒れ込み動

作の終点は起き上がり動作の起点となる。

本研究では、粘土に加わる力の大きさと倒れ込み動作、起き上がり動作のタイミングの関係について明らかにすることを目的とする。

粘土に加わる力には、体全体の動きを作り出している下半身の使い方が影響すると考え、圧力センサを用いて足裏と机にかかる荷重を測定し、熟練者と学習者の時系列パターンを比較して、熟練者と学習者の身体技能と粘土に加えられる力の関係について考察する。

2. 実験

2. 1 実験概要

実験は、被験者が土練り動作時に足裏と粘土にかかる力の大きさとタイミングについて、測定を行った。被験者は九谷焼技術研修所の技師3名(以下熟練者 A-C)、研修生9名(以下学習者1-9)である。実験では、被験者の両足の靴底に圧力センサシートを装着し、机の内部に体重計を設置して、土練り動作を25秒間測定した。また、測定したデータを解析、比較した。実験の手順については以下に詳述する。

2. 2 実験手順

体重計を机の内部に設置し、f-scan を両足の靴底中敷きの下に装着することにより被験者の土練り運動を測定した。体重計は Phidgets 社製で、内部にロードセルが取り付けられている圧電装置。力を加えると、それを電気信号に変換して、USB ケーブルにより PC

にデータが送られ、保存される。また、f-scan は、ニッタ社製で、両足の靴の中敷きにセンサシートを装着して、カフユニットに取り付け通信ケーブルを使って PC と接続してデータの保存を行う。今回は体重計、f-scan 共に時間分解能は 100Hz で実験を行った。両センサの取り付け位置の詳細を Fig.1 に図示する。



Fig.1 f-scan、体重計の取り付け位置

土練り動作の計測を 12 名に対して行った。実験に使用する粘土の量は被験者自らが選んだ(約 2.5~4kg)。実験は、25 秒間連続して土練りを 3 試行した。f-scan と体重計を同期させるため、実験開始直後に被験者が床に置いた体重計を右足で 1 回踏んだ後に机に設置した。そして、土練りを 25 秒間行った後に体重計を机から取り出し床に置いて右足で体重計を 2 回踏んだ。

3. データ解析

被験者は f-scan を装着し、体重計が内部に設置された机の上で土練りを行った。取得した f-scan と体重計のデータから、熟練者と学習者の身体技能と粘土にかかる力の大きさの関係を明らかにした。土練りは、粘土に加えられた力の力積で評価した。土練り動作を行った時に体重計に加わる力積(25 秒間)を台形公式により積分して求めた。ノイズ除去処理として 4 階の Butterworth フィルタ $f_c=10[\text{Hz}]$ を用いた。

3. 1 粘土に加わる力積

土練りにおける熟練者と学習者の粘土に加わる力積の違いについて、1 回あたりの力積と 25 秒間の回数の関係から分析した。その結果、熟練者は 3 人も 1 回あたりの力積が約 $18[\text{kgw} \cdot \text{sec}]$ 、かつ 25 秒間で約 30 回練っていた。そこで、熟練者 3 人の 1 回あたりの力積と 25 秒間の練る回数の平均値を各々求め、その値と各被験者の値との差を求めた(Fig.3)。Fig.3 から学習者 2、4 以外は熟練者と比べ粘土に大きな力を加えている。また、粘土を練る回数が熟練者よりも少ない結果となった。次に、一回あたりの力積と各被験者の体重との関係について分析した(Fig.4)。Fig.4 から学習者 2、4 以外では、体重が多い人ほど 1 回あたりの力積が大きくなったが、熟練者はそれぞれ体重が異なっているが、一回あたりの力積がほぼ等しい値になっていることがわかる。

また、粘土を練る周期と身長との関係について、文献[YF04]では熟練者は身体を 2 つに折って練っていることがわかっているため、土練り動作を単振り子とみなし、解析を行った。Fig.2 のように、中心からの長さ l 、重力加速度 g とすると変位 θ が小さい単振り子の周期 T は、式(3.1)のように表せる。式(3.1)から周期 T と中心からの長さ l は比例関係にある。そのため、単振り子(Fig.2)は、実際に l が長いと周期は長くなり、質量 m の大きさによって変化しない。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3.1)$$

$$T/\sqrt{l} = 2\pi \frac{1}{\sqrt{g}} \quad (3.2)$$

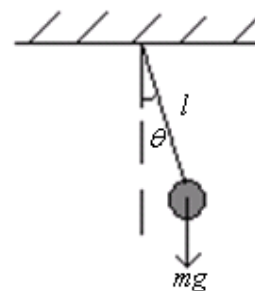


Fig.2 単振り子

式(3.1)を周期 T と中心からの長さ l について整理すると、式(3.2)になる。式(3.2)式の右辺の値は一定となり、左辺の周期 T と中心からの長さによって変化するため、被験者それぞれについての T/\sqrt{l} を求めた。また、熟練者は身体を腰部で 2 つに折って粘土を練っているという観点から、熟練者の T/\sqrt{l} の値に対して、この場合 l は被験者の身長であるため、身長を半分にすると $T/\sqrt{l/2}$ として計算した結果を Fig.5 に示す。熟練者の $T/\sqrt{l/2}$ と学習者の T/\sqrt{l} の値がほぼ等しい結果となった。よって、熟練者は身体を 2 つに折って練っていることが確認された。この結果から熟練者は学習者に比べ、長さ l が短くなるため周期が短くなり、粘土を練る速さが速くなる。

3. 2 土練り動作における時系列パターン

土練りにおける粘土に加わる力の大きさとタイミ

ングの関係について明らかにする。まず、得られた f-scan の左右 (L:左足にかかる荷重、R:右足にかかる荷重) の合計(L+R)を求める。次に、机にかかる力 W から粘土の重さ mg を引くことにより、粘土を練るために使われる力 (W-mg) を求める。そして、被験者の体重 Mg とすると、運動方程式 $ma=F(m$:質量[kg], a :加速度[m/s²],力 F[N])より慣性力 Ma は式(3.3)のように表せる。

$$Ma=Mg-(L+R)-(W-mg)=W+L+R-(M-m)g(3.3)$$

式(3.3)から求めた慣性力 Ma と共に、f-scan、体重計の値を時系列にプロットした結果を以下(fig.6-10)に示す。

熟練者 A では、fig.6 から見られるように、右足で蹴って身体を前進させて腕と左足で粘土を押し、押し戻す時も腕と左足を使って練っていることが推測できる。熟練者 B では、fig.7 から見られるように、右足で身体を前進させ、体重を利用して粘土に力を加えている。押し戻す時は、腕の力と右足で身体を戻している。熟練者 C は、fig.8 から見られるように粘土を練る時に身体から力を出し、押し戻す時にも最初腕で戻し始め、次に左足で戻し、その後右足で身体を戻している。学習者 1 について、fig.9 から右足で床を蹴ることにより身体を前進させ、体重を粘土に加えていることが明らかである。そのため、粘土に最も力がかかっている時には、両足の圧力センサの値が最小になる。学習者 1 が最も力を出しているのは体を戻している時であるため、粘土を練るために力を使用せず体を起こすことに使っている。また、体を押し戻す時に左足を使用しているため、腕を使って体を起こしていない。学習者 2 について、Fig.10 から見られるように下半身を使用せず上半身の力のみで粘土に力を加えている。

4. 考察

はじめに、後進動作について考察する。熟練者と学習者の後進動作において、熟練者は、腕の力を利用して上体を起き上らせる。学習者は、足の力を利用して全身を起き上らせる。この違いにより、熟練者は上体を起き上らせる時においても粘土に力を加えることができる。しかし、学習者は腕の力を使わず、足の力で全身を起き上らせるため、粘土に力を加えることができないと考えられる。

次に、粘土に力を加える前進動作における熟練者と学習者の動作の違いについて、粘土に力を加えるために、熟練者は体重を利用している。体重を利用するとは、重心を粘土に近づけることである。重心を粘土に近づけるために体を腰部で折っている。体を腰部で折って練ることで、重心を粘土に近づけて

いる。学習者は、足で床を蹴って、その力を粘土に加えている。足で床を蹴って出した力を腕に伝えるためには、腰を伸ばした状態の方が力を伝えやすいが、力が伝っていくのに、時間がかかるので、その結果を力積によって評価すると、熟練者に比べ粘土に力を加え過ぎていることになる。学習者の中にも、腰で折って練っている人はいるが、腰を折って練っているため、足からの力が腕に伝わりにくいため、粘土にかけられる力が小さくなる。また、腰を折った状態で上半身だけの力を利用して重心移動による力を使わないため、粘土にかかる力が小さくなると示唆される。

5. まとめ

本研究では、12 人の被験者において土練りの身体的な技能における熟練者と学習者の動作の側面から比較を行った。実験では被験者の両足の靴底に圧力センサシートを装着し、机の内部に体重計を設置してデータを測定した。その結果、熟練者と学習者の動作比較において、熟練者は下半身を重心移動のために使用しているのに対し、学習者は下半身で床を蹴って、その力を粘土に加えていることがわかった。

今後の課題として、粘土の重さの種類を指定して重さを変化させることや土練りを行う時間を長くすることで、より熟練者と学習者における身体的な技能の違いを明らかにすることができると考えられる。

参考文献

- [阿部 03] 阿部真美子,山本知幸,藤波努.技能獲得における身体動作のモーションキャプチャを用いた解析.第 65 回情報処理学会全国大会予稿集,pp.351-352,2003.
- [YF4]Tomoyuki Yamamoto and Tsutomu Fujinami Synchronisation and differentiation:Two stages of coordinative structure.In Proceedings of Fourth International Workshop on Epigenetic Robotics,pp97-104, 2004.

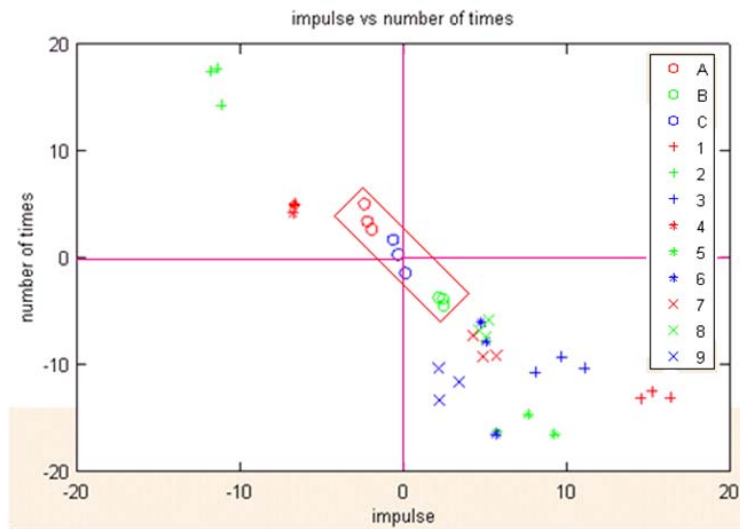


Fig3.1 回あたり力積と回数の関係

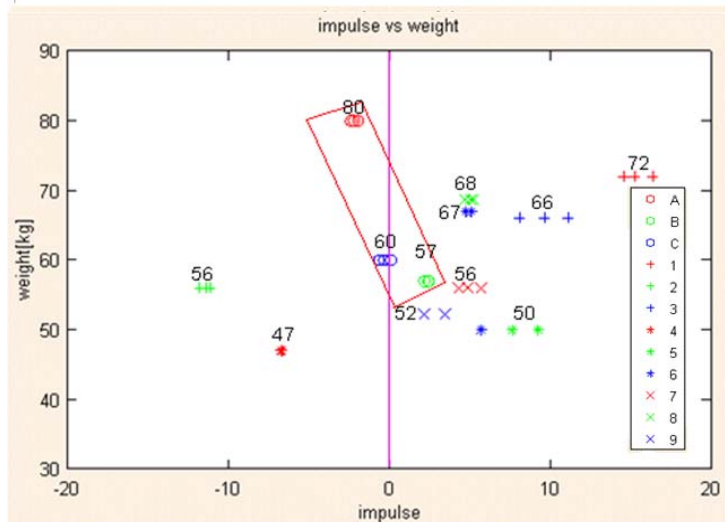


Fig4.1 回あたり力積と体重の関係

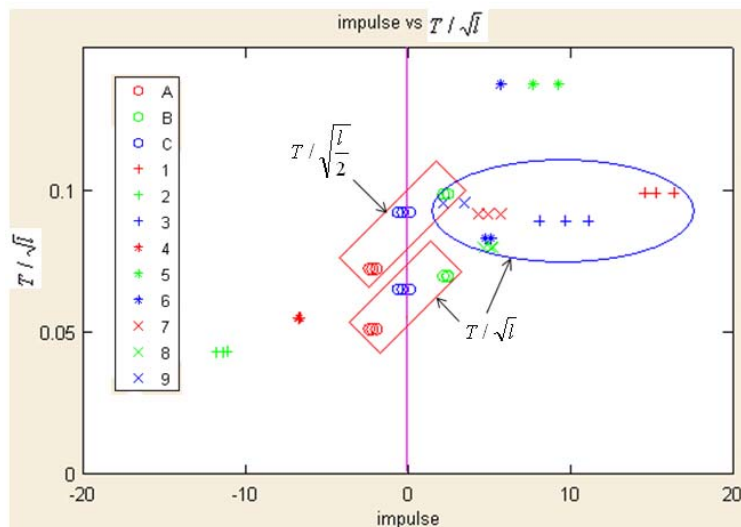


Fig5.1 回あたり力積と T/\sqrt{l} の関係

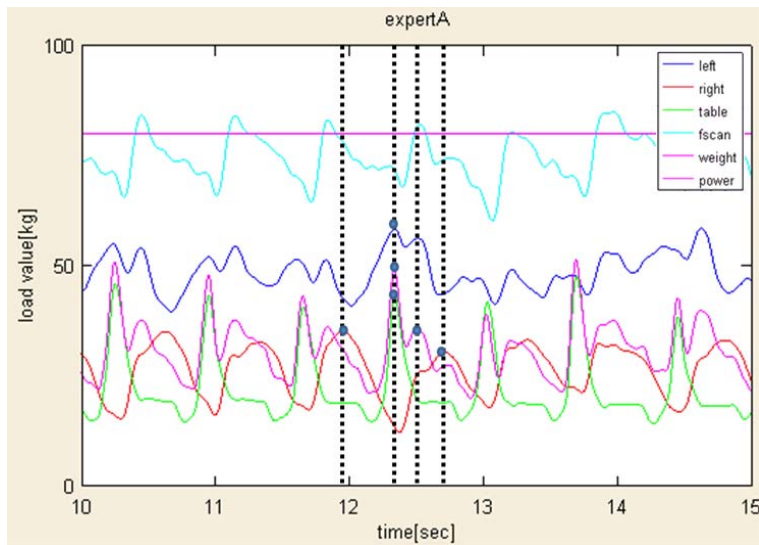


Fig.6 熟練者 A 時系列パターン.

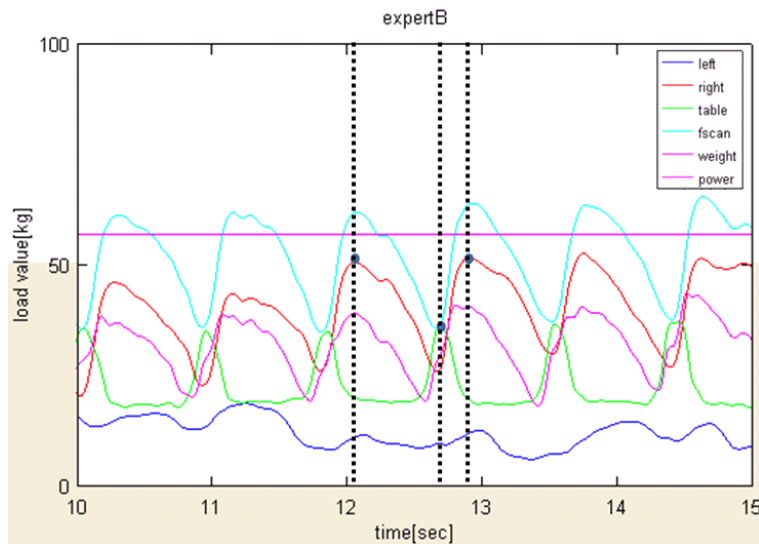


Fig.7 熟練者 B 時系列パターン.

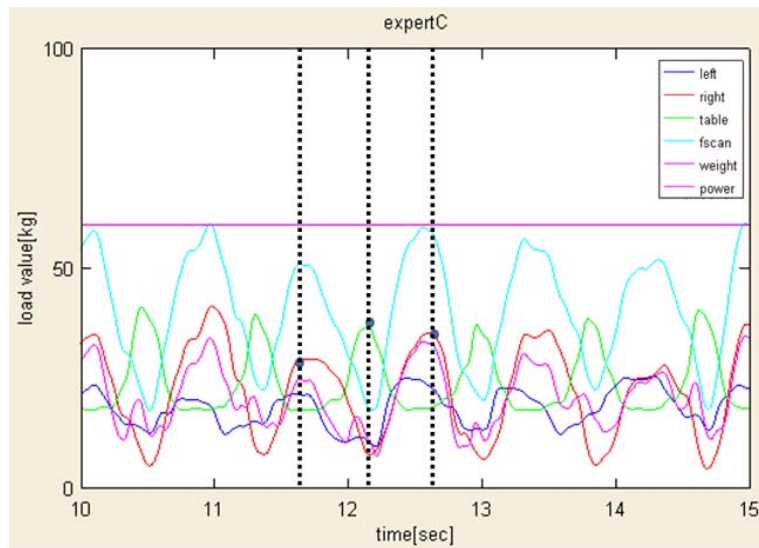


Fig.8 熟練者 C 時系列パターン.

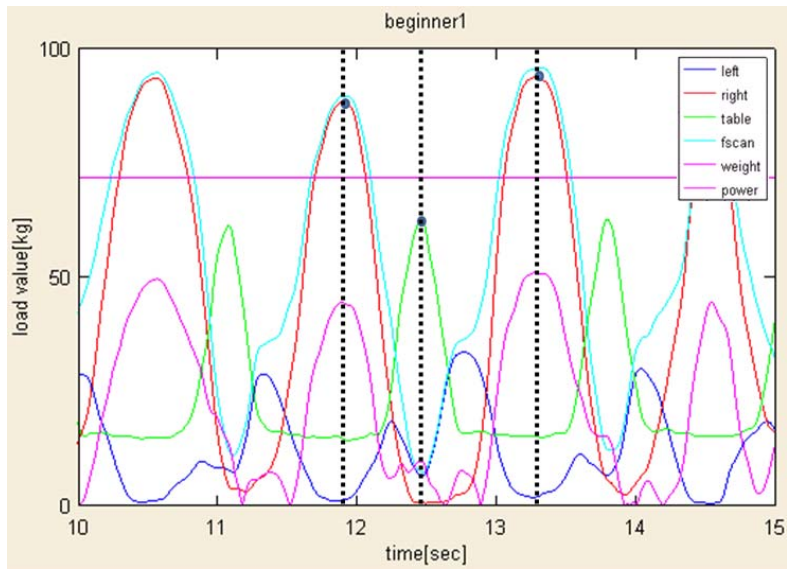


Fig.9 学習者 1 時系列パターン。

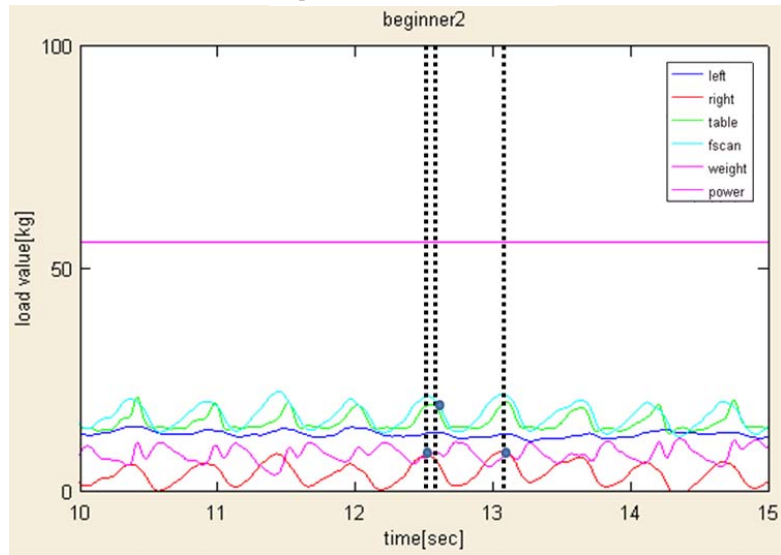


Fig.10 学習者 2 時系列パターン。