

ハサミ職人の指使いに着目した 圧力計測による技能差の表出

A Study on skill difference detection of scissors craftsmen using a pressure sensor

猿舘駿¹ 松田浩一¹ 井上研司²

Shun Sarudate¹, Koichi Matuda^{1,2}, and Kenji Inoue²

¹ 岩手県立大学ソフトウェア情報学研究科

¹ Iwate Prefectural University Graduate School of Software and Information Science

² 株式会社東光舎

² Tokosha Co., Ltd.

Abstract: In this study, we focused on the fingering of scissors processing, which requires delicacy, and tried to express the skill difference. When the pressures of the thumb and index finger of both hands during work were measured, the results of different tendencies were obtained for each craftsman. When we interviewed about the difference in the method for each craftsman, it was found that the expert controlled finely, which was consistent with the tendency of the measured values. This suggests that pressure measurement may contribute to the expression of skill differences.

1 はじめに

日本では団塊の世代が退職することで働き手が不足するという 2007 年問題という懸念があった。製造業では、特に、人の手で物を製作する少量生産の企業において、ベテランの退職は大きな影響を与える。

一般の業務であれば、引継ぎマニュアルにより、業務の質を落とすことなく世代交代をすることが可能である。しかし、長年の経験で取得した職人の技能は口伝による指導が多いため、マニュアルによる引継ぎでは、技能継承がうまくいかずに、従来の品質を確保することが困難になることが懸念されている。

中小企業において、ベテランが退職をしない場合でも、技術の継承がうまくいっているかというアンケートに対し、うまくいっているという回答が 20% と低く、各方面で技能伝承が大きな問題となっている[1]。

以上のような問題がある中、各方面の伝統技能において、熟練者が初級者に技能を伝承するということが重要になってきており、様々な手法で伝承支援、伝承の効率化が目指されている。

小島ら[2]は、加工現象を原理や原則に立ち返り、加工モデルやデータベースとして情報に変換していくプロジェクトを進めた。加工技能のデジタル

情報を「インターネット加工ハンドブック」とし、他の作業と関連させ情報の連鎖を構成しようとした。中小製造業で期待される効果としては、(1)加工技能のデジタル化資産の利用による高付加価値加工分野への進出が容易になること、(2)最新加工技術が習得できる、(3)加工技術に対するより多面的で原理、原則に迫った理解が可能となることの三つが期待されていると報告している。

山本ら[3]は、QFD 手法により伝承対象技能の特定を行い、技能伝承方法の抽出・創成マップを作製し、達成目標を掲げ伝承計画を立て実施した。伝承計画に沿って中間評価をしながら教育、訓練を行っていくことで設定した目標を期間内に達成することが出来たと報告している。

新井ら[4]は、熟練技能のデジタル化事業で駆使した様々な技能分析手法を整理し、伝承のための技能明確化手続きを構築した。これを利用することで必要な技能データを漏れなく収集するために網羅的に目配りできると報告している。

遠藤ら[5]は、手わざ技能の人間側の要素を明らかにすることを目的として、ガラス研削作業の力の分析を行った。実験結果から、手わざのガラス研削作業において、疲労の軽減やばらつきの補償といった人間側の欠点を補う技能が明らかになったと報告している。

竹島ら[6]は、作業者が手や道具を用いて作業する技能を対象として、作業者の動きとものの変化に着目し、技能を定量的かつ視覚的に把握できる技能分析方法を考案した。考案した技能分析方法を工場における技能を必要としている作業に適用した結果、熟練者と未熟練者の動きの違いより技能を抽出でき、その技能が製品に与える影響をバーチャル化させた 3DCG 作業によって評価できたと報告している。

筆者らは、郷土芸能を対象とし、身体の感覚的な動作の質の違いをセンシングにより数値的に明らかにするアプローチで研究を行ってきた[7][8]。以下に、郷土芸能の伝承がスムーズにいかないときの典型例を二つ挙げる。

- 個人差を許容する文化があり、唯一の正解がなく、指導者ごとに異なる解を持っている
- 指導者は感覚的に違うと分かっているが、学習者と共有する方法が手探り

このような現状に対し、筆者らは、どのような質の情報を扱っているのか、何を提示したいのか、といった議論を経て、(1)感覚量と対応する物理量の推定と実験を行うこと、そして、(2)測定した物理量の可視化方法を検討する。以上の方法により、技能の差を表出すること、および、結果を用いた議論を組織・団体内で行う機会を創出する。この活動が伝承支援の方法として有効に働く事例を積み上げてきている。

本研究では、郷土芸能で培ってきたアプローチ方法を、微細な手指の動きにより加工を行うハサミ職人の技能分析に応用することを目指した取り組みを行っている。

株式会社東光舎では理美容師が使用するハサミを製作している。ハサミの加工工程は大きく二つに分類される。前半の工程である指穴の作製、刃と指穴の溶接、ネジ穴加工は機械を利用した調整が不要な工程である。後半の工程には、刃の研磨、外観の研磨、ネジはめがあり、これらの工程は手作業での調整が必要な工程である。その中でも刃の研磨は加工に精密さが要求され、 μm 単位の研磨を行っている。このような微細な作業であるため、ハサミ 1 本 1 本を職人が手作業で加工している。

製造工程において、職人の中で一定時間内に決められた数を加工出来る者（以下「熟練者・中級者」と称する）と出来ない者（以下「初級者」と称する）がいる。初級者は、熟練者と同等の早さで作業することができず、イメージした削りができるようになるには数年の時間を要するというのが現状である。

東光舎においても、技能伝承が口伝だけでは不十

分であることは理解しており、写真や動画を含んだマニュアル作成を試みてきた。マニュアルには、使用する道具や、その使用順が詳細に書かれており、一通りの流れを知識として理解することは可能である。しかし、それらの作業をどのように行うかについては、「ハサミを削る」、「軽めに」などといった抽象的な表現や手順のみに留まり、写真や動画を見ても学習には不十分であることが分かっている。また、職人個々の持つ知識・経験・コツなどは、マニュアルに反映できていないのが現状である。

筆者らは、刃の削り工程にある「刃研磨」と呼ばれる工程を対象に職人の技能差の表出を目的とし、ハサミ加工に必要なハサミに加わる微細なコントロールや力加減の情報を取得する手段を検討した[9]。加速度、角速度、カメラを用いてデータを取得し、取得データを整理し職人に提示することで最終的にはこれまで表出していなかった加工で意識していることや加工方法などのコツが言葉として表出できる可能性を示した。しかし、提案した計測法をもとに圧力値の絶対値のデータを取得したが、職人が研磨中に感じている感覚と一致するケースと一致しないケースがあることが分かった。

本研究では、ハサミ職人の指使いに着目した技能差の計測方法の確立を目的とし、ハサミ職人が指先に感じる感覚とデータが一致するデータ取得の手段を検討する。

2 ハサミ加工について

2.1 工程について

ハサミ加工の工程は大まかに分類して指穴の加工、溶接、ネジ穴の加工、外観の削り、刃の削り、ネジはめの順で行われている。その中でも、指穴の加工、溶接、ネジ穴の加工は機械を利用した細かい調整が必要ない工程である。外観の削り、刃の削り、ネジはめの工程は手作業による細かい調整が必須な工程である。手作業によって調整が必要な工程の中でも刃の削りはハサミの切れ味に影響を与える工程となっている。ヒアリングから、刃の削りの工程にある「刃研磨」と呼ばれる工程は加工法の個人差が少ないことがわかったため、本研究では「刃研磨」に着目し研究を進めた。

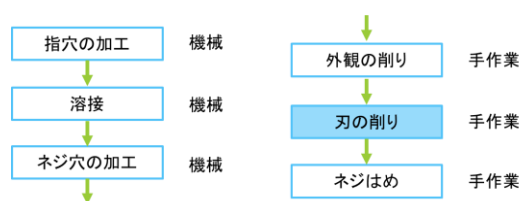


図 1 ハサミ加工の工程

2.2 刃研磨について

加工するハサミには「刃」と呼ばれる部位がある。本研究では、この「刃」の研磨を職人が行う研磨加工である「刃研磨」を作業対象とする。機械を利用した工程により生成されたハサミの刃の厚さは個体差が生じており、そのため、職人が手作業により刃の厚みを均一にする μm 単位の研磨加工である「刃研磨」を行っている。この工程で職人は、ハサミを左手に持ち右側を右手で持った当て棒で固定しながら砥石の上を左方向にスライドさせる。このとき職人は、研磨の際に発生する音の高さや、砥石に塗った研磨剤の出方、両手に伝わる振動をもとに研磨状態を確認している。

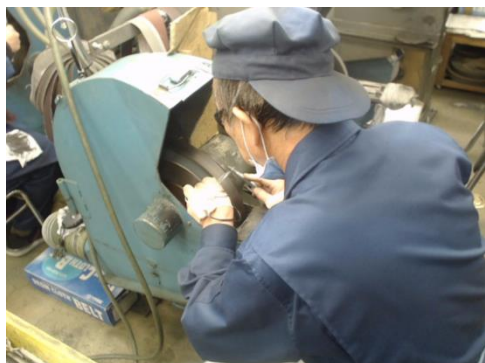


図 2 刃研磨の様子



図 3 ハサミの研磨箇所

2.3 刃研磨技能伝承の課題

ハサミ職人は、ハサミを砥石に当てた際に生じる研磨剤の量や両手の振動、研磨の際に発生する音な

どの要素を使って力の加減、砥石で削る面でハサミの角度や動かし方を確認している。職人には、一定の時間内に決められたロット数を加工が可能な者（以下、「熟練者・中級者」と称する）と不可能な者（以下、「初級者」と称する）がいる。また、熟練者と初級者が加工したハサミは加工時間が異なるが出来栄は同じである。

ハサミ加工の難しい点はハサミの加工する部分である触点と加工器具である砥石の接地面が見えないことにある。熟練者はこれまでの作業の経験や慣れから、研磨の際に出る研磨剤の量や指の感覚でどの程度削っているかを感じ取ることが出来る。そのため、慣れた動作で目標の部分まで一気に削り、その後、細かい部分を修正しながら削るのが熟練者の削り方である。しかし、初級者はどの程度ハサミを削ったのかわからず一気に削ると削りすぎてしまうのではないかと不安から少し削って確認を繰り返す。そのため、確認の回数が多くなり熟練者の倍以上の時間を要している。

ハサミの生産には、月ごとの生産目標数が存在する。決められた時間内にロット数が加工できない場合月ごとの生産目標にハサミの本数が届かなくなる。企業にとって、長期的な視点から、技能を有する人材の育成が大きな課題である

表 1 職人の加工時間（例）

被験者	熟練者	中級者	初級者
加工時間 (1本)	約 20 秒	約 1 分	5 分以上

2.4 アプローチ方法

最も繊細に動く部位は手・指である。手の位置・角度変化がわずかにあることは視覚的に見えるものの、ハサミや道具を親指と人差し指でつかんでいる指の力加減は目に見えない。そこで、両手の人差し指と親指の力加減をデータ化することとし、圧力センサを用いてデータの取得を試みてきた。

先行研究[7]において、圧力センサを用いた実験を行った結果、感覚と一致するデータとそうでないデータがあった。再検証したところ、(1)圧力センサの計測値に個体差がある、(2)指と圧力センサの接し方によっても圧力値が変わってしまう、という問題があることが分かった。

本研究では、人差し指と親指の力のバランスを重要視し、データごとのズレを吸収するため、圧力データを正規化し、複数のデータ・人における比較を行い、その効果を検証する。

3 実験

3.1 正規化の有効性の検証

圧力データを正規化することでデータごとのズレが解消されるのかを確認するために実験を行った。

圧力センサを各両手の人差し指と親指でつまみ、最大随時収縮（カー杯握る）を行ってもらった（図 4）。その際に取得したデータの最大値を 100%とし対象動作中の圧力値の割合を算出する。

被験者は、熟練者 1 名（作業経験年数 42 年）、中級者 1 名（作業経験年数 6 年）である。

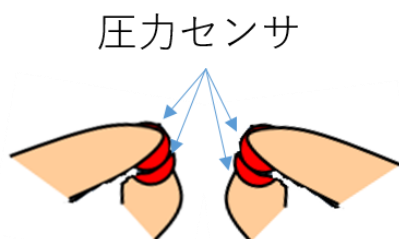


図 4 最大値計測

3.2 正規化実験結果

（1）計測値から分かること

両手の人差し指と親指に設置した圧力値からそれぞれの割合を算出した結果について、熟練者を図 5, 6, 中級者を図 7, 8 に示す。青線が親指側、橙線が人差し指側のセンサの値である。

理論上は同じ値が得られるはずが、熟練者・中級者共に、正規化前の結果は人差し指と親指のセンサ値に違いがあり、力の差が出ているように見えてしまう。しかし、正規化後の結果ではどちらの指先も同じ力を入れているように見える結果となった。差が出ているのは、センサと指の接し方に起因するものと考えられる。

（2）ヒアリング結果

熟練者・中級者共に同じ力加減で継続的に最大随時収縮を行ったと回答を得た。以上のことから、圧力値に対して正規化を行った方が、比較に有用であることが分かった。

3.3 刃研磨への適用実験

正規化処理を用いて「刃研磨」のデータを取得する。圧力センサは、機材を支える両手の親指と人差し指に圧力センサを設置する（図 9）。対象動作は、ハサミを砥石に当ててから左方向へスライドし終えるまでとし、熟練者・中級者の 2 名の経験年数の開

いた被験者のデータをそれぞれ 3 回取得した。

圧力値の割合は実験 1 で用いた最大値を 100%とし算出する。被験者は、熟練者 1 名（作業経験年数 42 年）、中級者 1 名（作業経験年数 6 年）である。

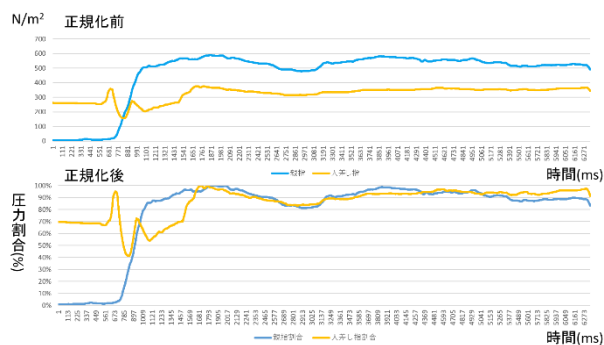


図 5 熟練者（右手）

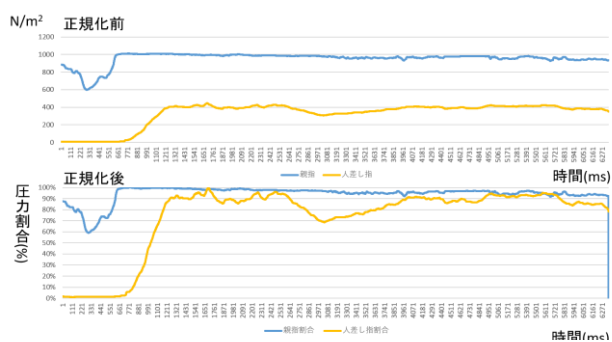


図 6 熟練者（左手）

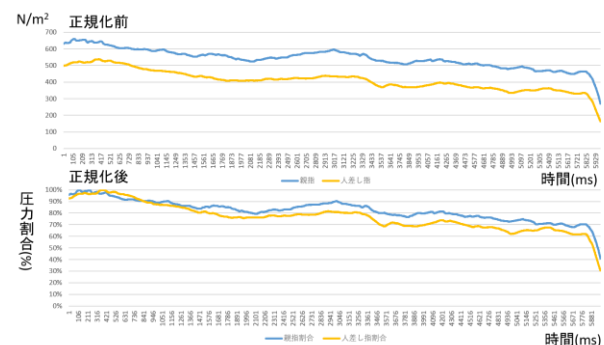


図 7 中級者（右手）

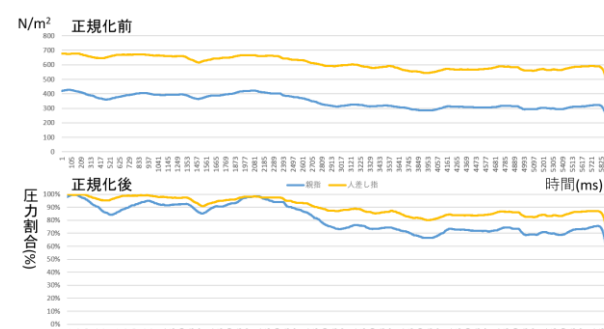


図 8 中級者（左手）

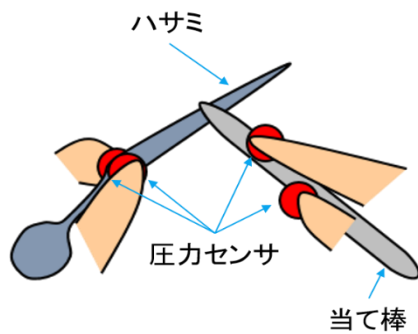


図9 作業時計測

3.4 刃研磨への適用結果

(1) 計測値から分かること

正規化前後の結果について、各職人の右手の比較を図10. 左手の比較を図11に示す。また、熟練者と中級者を比較した各3回の結果を図12～13に示す。青線が親指側、橙線が人差し指側のセンサの値である。また、赤線は100%の位置を表している。

熟練者の右手は、正規化前は同じ力加減で研磨しているように見えるが、正規化後では人差し指に100%を超える割合で力を加えている(図10左)。左手は、正規化前に比べ3回ともハサミを研磨するとき、ほぼ同じ割合の力で研磨しているように見える(図11左)。しかし、細かく見ると、微妙に左右の大きさが入れ替わっている部分があり、微細な制御をしている様子が伺える。

中級者の右手は熟練者と同様に正規化後では親指よりも人差し指に力を入れて研磨しているように見られた(図10右)。左手は、正規化前後ともに人差し指が親指よりも力を入れているような結果となった(図11右)。

熟練者と中級者の割合を比較した場合、右手の人差し指に割合の違いは見られたものの、傾向としては親指よりも人差し指に力を入れているという同じ結果が見られた。左手は、熟練者は親指と人差し指ともに10%前後の力加減で研磨しているが、中級者は人差し指が70%前後、親指が40%前後の力加減で研磨しており大きな差が見られた。

(2) ヒアリング結果

熟練者は左手の指先は研磨中どちらも同じ割合で力を入れていると回答があったため、実際の感覚と一致していると考えられる。また、力加減に関しては左ひじを台に置き研磨しており、10%前後の割合でも研磨できるという回答を得た。右手の人差し指に関しては、右手が持つ当て棒は、ハサミを押さえ

つける役割を担っており、人差し指は上から押さえつける位置にあるため、つまんだ状態よりも力が強く入り、100%を超えたのではないかと回答を得た。

中級者の左手圧力値の特徴については、中級者のヒアリングから、左手の指先はどちらも同じ割合で力を入れていると回答があったが、今回の結果とヒアリングの内容は一致しておらず、中級者からはハサミを制御するため、無意識に人差し指に力を入れているのではないかという回答を得た。また、力加減に関して、熟練者が行っている方法では研磨をしておらず、両肘が宙に浮いた状態で行っているため、熟練者よりも強い力加減で研磨をしていると回答を得た。

(3) 作業法の違いについて

熟練者の左手のデータを見ると、力が微量であり、左手の人差し指と親指の強弱が微妙に入れ替わっている。これは、左手を台の上に置いて、微細な上下の制御をしていることを示している。これは、ハサミを削る面が平面ではないため、角度を変えながらスライドさせている、というコメントが得られた。これが、熟練者が一度のスライドで作業を終えることができる技能である。

一方で、中級者は、両手の両指が共にほぼ同一の値を維持している。これは、ハサミを水平に持ちながら両手を宙に維持し、その姿勢を維持しながら体軸を回転させて水平に削る、とのコメントがあった。水平に削るため、水平でない部分に対して何度かスライドさせないと削り切ることができないため、熟練者よりも時間がかかることになる。

以上のことから、二人の作業の違いをデータからも読み取ることができ、技能差の一端を視える化することができた。

4 おわりに

本研究では、ハサミ職人の指使いに着目した技能差の計測方法の確立を目的とし、ハサミ職人が指先に感じる感覚とデータが一致するデータ取得の手段の確立を目的とし、ハサミ加工に必要なハサミに加わる力加減の情報を取得する手段を検討した。

熟練者と中級者を比べ、研磨中の左手における指先の力加減や研磨方法の差が大きく見られ、二人の職人の技能差がデータにも表れていることが分かった。

一方で、圧力の強弱について、感覚と一致しない部分については、センサの位置ずれが要因となっている可能性がある。そのため、最大値計測と作業時

計測の移行方法について再検証する必要がある。

謝辞

本研究に協力していただいた、株式会社東光舎のハサミ職人の皆様に感謝の意を表する。なお、本研究の一部は、JSPS 科研費 JP20K03152 の助成による。

参考文献

- [1] ものづくり日本の技能伝承，人材育成のカギ，<https://www.salesforce.com/jp/blog/2014/11/personnel-training.html>
- [2] 小島俊雄，森和男，“加工技能のデジタル化”，精密工学会誌，68 巻 10 号，p1267-1272，2002
- [3] 山本孝，森健一，“認知科学手法による熟練者技能伝承方策に関する研究”，日本経営工学会誌，53 巻 2 号，p161-169，2002
- [4] 新井吾朗，白川幸太郎，“伝承のための技能明確化手続きについて：既存技能分析手法の欠落視点からの検討”産業教育研究，35 巻 2 号，p1-8，2005
- [5] 遠藤博史，石川純，梅村浩之，阿部健太郎，松田次郎，“ガラス研磨作業における技能計測の試み”，日本人間工学会大会講演集，日本人間工学会第 50 回記念大会，45 巻，p248-249，2009
- [6] 竹島壮郎，安田駿一郎，篠田心治，松本俊之，篠田正孝，“作業者の動きとものの変化に着目した技能分析手法の考案”，日本経営工学会論文誌，65 巻 1 号，p1-8，2014
- [7] 尾関 溪，松田 浩一，“角速度に着目したさんさ踊りの手の動きの柔らかさの分析法に関する一検討”，人工知能学会，身体知研究会第 32 回研究会，pp. 8-15，2020.09.
- [8] 高橋唯，松田浩一，“和太鼓における 3 段階動作の定量的分析に関する一検討”，人工知能学会，身体知研究会，第 26 回研究会，SKL-26-03，pp. 7-12，2018.09.
- [9] 猿舘駿，松田浩一，井上研司：ハサミ職人の研磨技能差の計測方法に関する一検討，第 82 回全国大会 5ZF-07，2020.03.

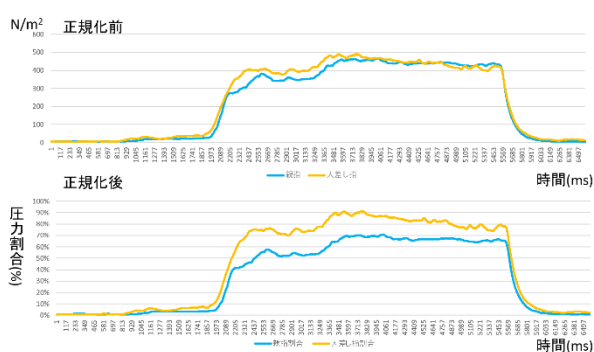
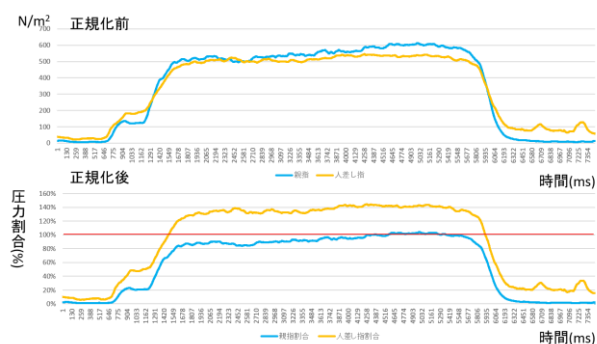


図 10 熟練者（左）・中級者（右）右手正規化前後比較

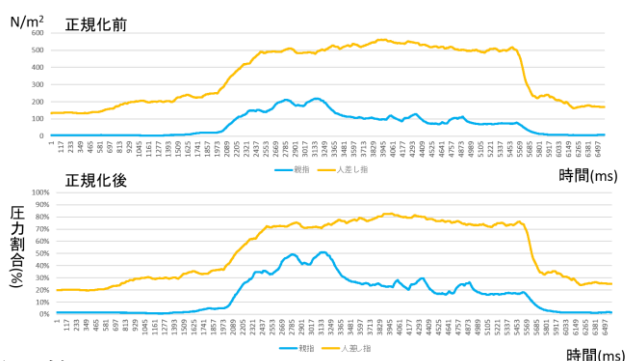
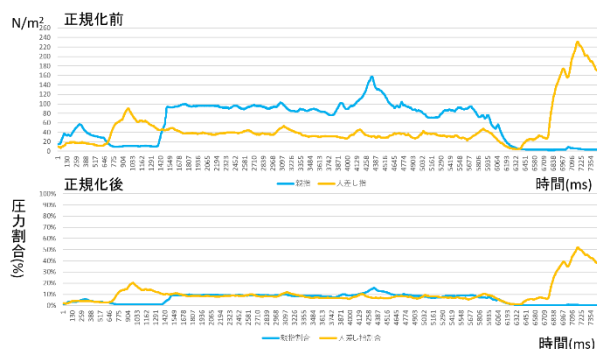


図 11 熟練者（左）・中級者（右）左手正規化前後比較

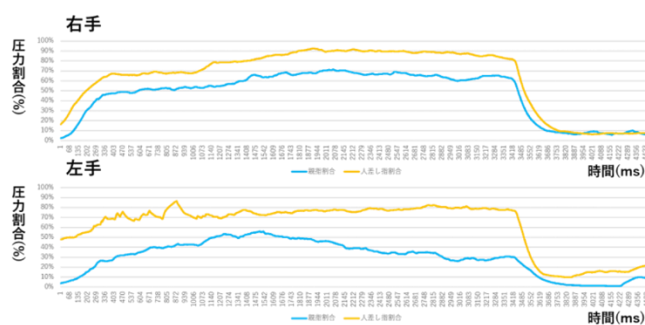
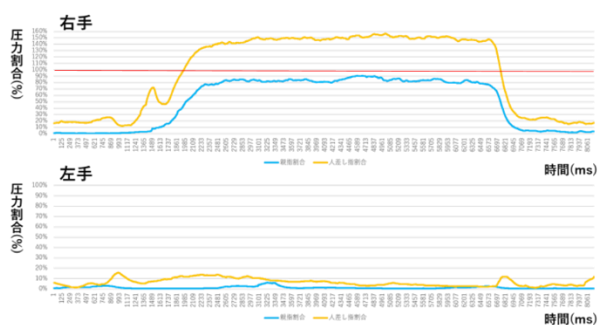


図 12 熟練者 (左)・中級者 (右) 1 回目

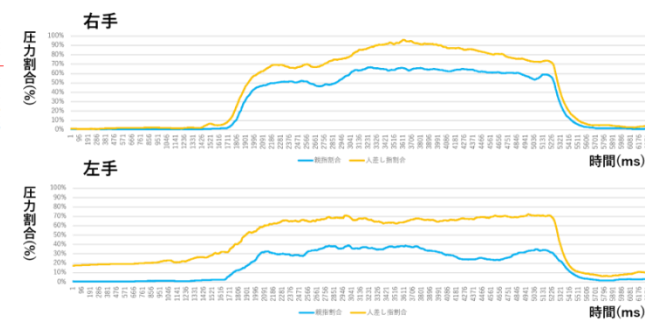
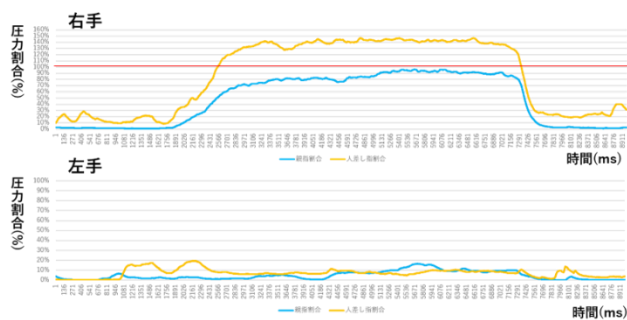


図 13 熟練者 (左)・中級者 (右) 2 回目

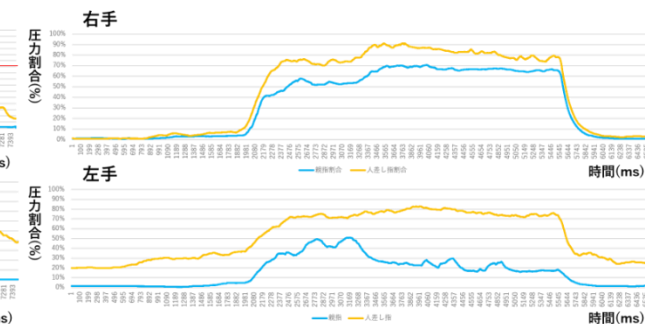
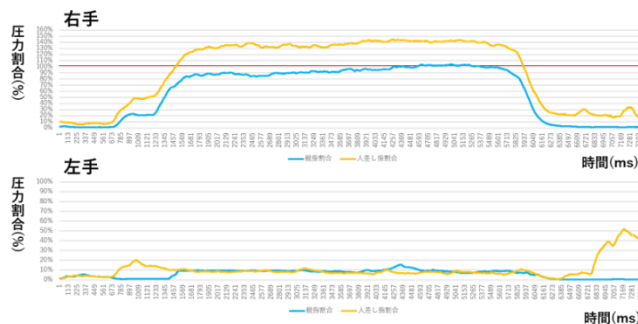


図 14 熟練者 (左)・中級者 (右) 3 回目