

バイス締付け作業の可視化と習得度の評価に関する研究

Study on Visualization of Tightening Work of Workpiece to Vice and Evaluation of Trained Skill Level

迫田 竜太, 岡部 眞幸, 太田 和良, 北 正彦,
吉浦 研, 佐々木 耕, 村上 雅洋

Ryuta Sakoda, Masayuki Okabe, Kazuyoshi Oota, Masahiko Kita,
Ken Yoshiura, Ko Sasaki and Masahiro Murakami

This research focuses on the tightening work of the workpiece to the vise, which is the sensory work in milling operation. First of all, regarding the tightening method, a simple device was introduced to visualize the tightening force by means of engineering measurement, so that the force level could be quantitatively evaluated. Using this device, the present situations of the tightening sense of the vocational training instructors and the level of students' trained skills were investigated and analyzed. In addition, the visualization training has been proposed and practiced, where students experience the delicate sense of the tightening force adjustment of the skilled instructors quantitatively and visually. Based on the experimental results, it is verified whether visualization training would allow students to quickly acquire intuitions and tips on tightening skills. It is also confirmed whether visualization training would be effective in acquiring stable and advanced skills.

Keyword: Tightening Work, Machine Vice, Milling Operation, Visualization Training, Trained Skill Level

1. 緒言

1.1. 技能習得に関する先行研究と課題

職業訓練における技能教育では、職業訓練指導員（以下、指導員と記述）や熟練者が初学の訓練生に作業のカンやコツを提示し、これらを早期に習熟させるとともに自己の技能レベルを蓄積的に向上させることが訓練目標の一つとなっている。しかしながら、訓練生が備える固有の素質や訓練内容に対する適性には相当のばらつきが存在することは、これまでの職業訓練教育の実践を振り返れば否めない事実である。このため、訓練生の技能の習熟特性を工学的手法により支援し、個々の素質や適性に左右されずに習熟を促進させようとする試みが「ものづくり」に関わる機械加工分野において 1990 年代から研究されてきた。

先行研究を概観すると、各種の機械加工作業、特に人手を介する操作を対象として、力覚情報、視覚情報、慣性情報等をセンサ・フュージョンの活用により訓練生にフィードバックすることが着目されている。これと同時に、実機を模擬した工作機械の考案、操作の正確性と能率化を図る訓練装置の開発、技能習熟用の訓練装置やシミュレータに関する研究が行われてきている。中でも旋盤作業を対象とした研究^[1-16]が最も多く、次いでフライ

ス盤作業^[3, 17-23]、ボール盤作業^[24-26]、放電加工作業^[27-29]、マシニングセンタ作業^[30-31]、円筒研削盤作業^[32]に関する研究が行われ、訓練効果が実験的に検証されている。

これら一連の研究は技能の習熟過程を見える化した点及び VR やシミュレータによる技能訓練の有効性を提示した点で先験的研究であるといえる。このような取組みは現在も VR や AR により技能訓練を支援する潮流を醸し出しており、機械加工分野のみならず、技能習熟過程において安全性に特段の配慮を要する溶接作業^[13, 33-45]や、人を対象として施術を行う歯石除去作業^[46-50]、大形プリンタのロール用紙交換作業^[51]等においても積極的な導入が試みられている。

以上のような工学的アプローチを職業訓練の現場に導入することは歓迎すべきことであるといえる。しかしながら、先行研究が対象とした被験者数はあまりにも少なく、多人数の訓練生を対象とする集合訓練教育への導入とその効果に関する実践的な検証については十分に行われていない状況である。特に、新技術を活用して習得した技能が長期間に渡って維持できるのかという実践的な検証についての報告例は皆無である。さらに、職業訓練の現場では、なるべく簡便で扱いやすく、かつ実用的な訓練装置が求められるとともに、短時間かつ一回の訓練で技能を習得でき、訓練装置への訓練生の依存性が継続

しない訓練方法や訓練プログラム，そして習得度の評価方法を提供できなければならない．そのような観点から上述の先行研究を顧みると，該当するものは見られない状況にある．したがって，技能の見える化を端的に行える簡便で機動的な技能習得手法を，習得度の評価方法まで含めて考案し，研究する意義は大きく，職業訓練教育における重要な課題であると考えられる．

1.2. 機械加工作業に関する学生の受止め方

本研究の対象は，実践的技術者を目指す機械系学生の集合訓練教育における技能習得である．機械系の学生が習得すべき技能の中には，定量化することが難しくカンやコツに頼るような作業が多く見受けられる．特に，フライス盤作業や旋盤作業をはじめとした機械加工関連の作業において，カンやコツの習熟度が技能の到達レベルと密接に関わる作業要素が数多く存在している．

一般に，指導員（一般工科大の教員に該当）と複数の学生間で行われている集合訓練の場面において，指導員自身が経験的に習得した微妙な力加減などのカンやコツに依存した作業に関わる教示では，指導対象の学生に対して「こんな感じで…」という作業手順を感覚的に教示している場面が多く見受けられる．このとき，個々の学生は指導員からの言語情報および視覚情報をもとに自分自身の感覚を構築していくのが通常である．

このような従来型の訓練が行われている中で，東海職業能力開発大学校（以下，東海能開大と記述）における平成29（2017）年度の機械系学生（3年生17名と4年生7名）に対し，訓練カリキュラムの実施により習得した技能の中で，自己が習熟できていないと感じている作業を調査した結果を図1に示す．有効回答数は22名であった．同図を見ると，カンやコツに依存する感覚的作業に

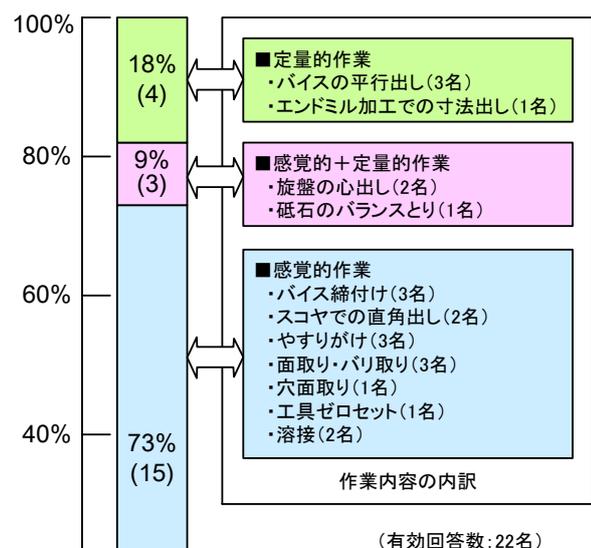


図1 学生が未習熟と感じている作業の割合

おいて習熟できていないと感じる学生が7割を超えている．これに対し，純粋な定量的作業については2割に満たないことから，ほとんどの学生が習熟できていると感じていることもわかった．この調査の結果，従来から行われている訓練方法では指導員と学生との間で感覚の相違を伴わずに技能を伝達できているかという疑問が残ることとなった．すなわち，感覚的作業における感覚の共有がほとんどできていないことが推測され，この状況を改善することは技能訓練の課題としてとらえる必要がある．なお，同図の感覚的作業のうち，前節に示した先行研究で取り上げられた作業は溶接^[13, 33-45]のみであり，次いで定量的作業を伴う感覚的作業における旋盤の心出し作業に関する研究^[8, 12]が唯一行われている（参考文献における「芯出し」は誤用）．さらに，同図に掲げたその他の作業については全く研究対象になっていなかったことは非常に興味深く，技能訓練に対する研究者の視点の相違であると受け止められる．

1.3. 本研究の目的

1.1節に示したように，生産現場における熟練技能者が持つ技能のうち，定量化がなされていない高度な技能を，工学的測定手法により可視化する研究が多くの研究者によりなされている．これらの研究により，これまで多くの時間を費やしていた後継者への技能伝承や，熟練技能者の高い経験から得られた情報の自動化技術への融合のスムーズな進捗が期待されている．

しかしながら，これまでカンやコツに依存している感覚的な技能を工学的測定手法により可視化することで定量化して得られた情報をもとに教示方法を考案し，実際の職業訓練の現場，特に多人数の集合訓練教育の現場でその有効性を検証した研究事例は存在しない．さらに，指導した内容を確実に達成できたこと，すなわちカンやコツに依存した技能の習熟度を定量的に評価する試みについても，東海能開大を含めた全国の訓練施設において，これまでに行われていない状況にある．

そこで，本研究では，感覚的作業の中でも，従前からカンやコツに頼って教示されてきたフライス盤における工作物のバイスへの締付け作業に着目することにした．現状では指導員の技量や感性に任されて学生への教示が行われている工作物のバイスへの締付け作業において，工学的測定方法を用い締付け力を可視化することにより定量的に評価できるようにし，学生がバイスの締付け作業にどの程度習熟しているのか，その現状を調査・分析することとした．また，機械加工作業に習熟している指導員のバイスの締付け作業を定量化し分析することで，バイスの締付け作業に関する締付け力の指導員と学生との差や繰り返し作業する場合のばらつきを小さくする訓練手法を考案するとともに実践することで，目標とした技能に関するカンやコツを短期間で学生に習得させ，安定した高度な技能を持続的に身につけさせるための効果的な技能訓練法（以下，可視化訓練と記述）を新たに提案し，実践してその効果を評価することを目的としている．

さらに、先行研究において十分な検証がなされていないと考えられる集合教育訓練への本技能訓練法を、東海能開大の機械系学生と、訓練カリキュラムの異なる職業能力開発総合高等学校（以下、職業大と記述）の機械系学生に適用して訓練効果を確認するとともに、全くの初心者想定して東海能開大の電子情報系学生にも本技能訓練法を適用したときの訓練効果について報告する。これらの被験者集団の相違に対する可視化訓練の適用性の評価に加えて、可視化訓練の効果が時を隔てても持続されるのか否かについても検証することとした。なお、本研究で対象とした学生はすべて平成 29（2017）年度の在籍者である。また、本研究の実施に先立ち、本研究内容は職業能力開発総合高等学校の「ヒトを対象とした調査・研究倫理審査委員会」の倫理審査で承認されたとともに、実験に協力した学生からインフォームドコンセントに係る同意が得られたことを申し添える。

2. バイス締付け力の定量的評価のための実験

2.1. 締め付け力測定用実験装置の構成

集合教育訓練の現場でバイスの締め付け力を測定するためには、できるだけ機動性に富む簡便な装置が望ましい。例えば、市販の荷重計^[52, 53]の利活用が候補として挙げられるが、荷重計の寸法諸元の関係からバイス締め付け力の作用点と荷重計の測定点の間にオフセットが生じるため、実際の工作物を把持した状態での締め付け力を正確に計測できないという問題点が存在する。また、治具を介して計測することも考えられるが、オフセット問題の解消には至らず、かつ実際の工作物の把持状態とは大きくかけ離れた条件での測定となってしまう。

そこで、本研究では東海能開大の実技科目で利用する工作物素材をバイスに直接把持することで、上記のオフセット問題を解消するとともに、工作物を締め付けたときのひずみを検出することで、ひずみと締め付け力の対応をとることとした。精密加工における工作物のバイスへの締め付けは工作物の弾性域において行われるため、締め付け力とひずみの関係は比例関係にあり、負荷と除荷の過程においてヒステリシスはほとんど存在しないことが期待される。なお、過度の締め付けは、工作物にそりや浮き上がりの変形をもたらすと同時に、バイスに変形をもたらしてバイスの直角度や平行度等の幾何精度を損なうことが既知であるため、精密加工の範疇では絶対に行わない作業である。

図 2 はバイスへ工作物を締め付けるときのひずみを測定するための装置構成を示す。ひずみゲージを貼り付けた工作物をバイスにセットし、ハンドルを回して工作物を締め付ける。このとき工作物に生じる圧縮ひずみは、ひずみゲージの抵抗値の微小な変化として検出される。また、ホイートストンブリッジ回路を構成するブリッジボックスでは、この微小な抵抗値の変化が大きな電圧変化として取り出され、さらに動ひずみ測定器で増幅され

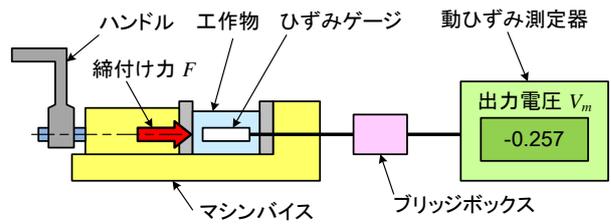


図2 締め付け力測定用実験装置の構成

てひずみ量に比例した電圧値が出力される。工作物として機械加工職種のフライス盤作業における技能検定 2 級実技課題の素材を用いることで、実際の締め付け状態を忠実に再現できるようにしている。本研究で使用した機器の詳細を表 1 に示す。

表1 使用機器

機器名称	型番または規格	主要な仕様
精密バイス	VR-150 津田駒工業(株)	口金幅：150 mm 口金高さ：50 mm
工作物 (技能検定2級素材)	一般構造用圧延鋼材 SS400 75 mm×65 mm×35 mm	縦弾性係数：206 GPa
ひずみゲージ	KFG-5-120-C1-11L1M2R (株)共和電業	ゲージ率：2.08 ± 1.0 % 抵抗値：120.4 ± 0.4 Ω
動ひずみ測定器	DRM-711M (株)共和電業	ゲージ率：2.00 (固定) ブリッジ電流：0.5, 2 Vrms 出力電圧：± 5 V以上
ブリッジボックス	DB-120A (株)共和電業	適応ゲージ抵抗値：120 Ω

動ひずみ計の出力電圧 V_m (V) から締め付け力 F (N) を求める方法は次のようである。

動ひずみ計は既定の校正ひずみ ϵ_{cal} (μst) に対応した既定の出力電圧を V_{cal} (V) を発生することができる。バイスを締め付けたときのひずみ ϵ_m (μst) は、そのときの出力電圧 V_m (V) から次式で求められる。

$$\epsilon_m = \frac{V_m}{V_{cal}} \times \epsilon_{cal} \quad (1)$$

式(1)のひずみ ϵ_m を用い、工作物の締め付け方向の断面積を A (mm^2)、工作物の縦弾性係数を E (GPa) とすれば、締め付け力 F (N) を次式で算出できる。

$$F = A \times E \times \epsilon_m \quad (2)$$

本研究では、動ひずみ計の校正値 $\epsilon_{cal} = 100 \mu\text{st}$ 、 $V_{cal} = 1.0 \text{ V}$ 、断面積 $A = 2275 \text{ mm}^2 (= 65 \text{ mm} \times 35 \text{ mm})$ 、縦弾性係数 $E = 206 \text{ GPa}$ を用いて締め付け力 F を求めている。

図 3(a)に実験環境における装置レイアウトを、(b)に工作物の締め付け状態を示す。バイスは、操作型 NC フライ

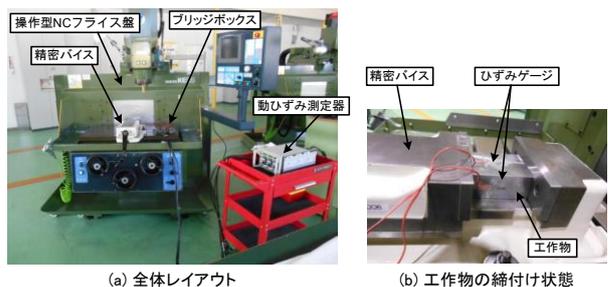


図3 締め付け力測定用実験装置の配置状態

ス盤 (KE55, (株)牧野フライス製作所) のテーブル上に固定している。なお、使用する工作機械が異なってもパイスの締め付け作業自体は変わらないため、汎用フライス盤やマシニングセンタを利用して実験を行っても支障は生じない。

2.2. 締め付け作業に関する実験方法

機械加工実習における技能習得レベルの目標と関連して、工作物のパイスへの締め付け作業は工作物の加工内容により二種類に大別される。一つは、正面フライスによる六面体加工やエンドミルによる仕上げ加工などにおいて、工作物の把持精度が加工精度の確保に重要であり、かつ締め付け力が切削力に耐えうるパイスの締め付け作業 (加工精度重視型と定義) である。もう一つは、エンドミルによる荒加工時などのように大きな切削力が発生する場合において、工作物の締め付け力が切削力に耐えうるパイスの締め付け作業 (切削力重視型と定義) である。加工精度重視型と切削力重視型のいずれの作業においても、締め付け力が切削力に耐えることは共通の必要条件である。

そこで、本研究では技能検定のフライス盤作業 2 級課題 [註 1] における六面体加工を想定していることから、加工精度の確保も必要とする加工精度重視型の締め付け作業を実験対象として採用することとした。

ところで、技能検定課題の実際の加工では、正面フライスによる荒加工において工作物に対し 2 mm 程度の切り込みを与えて切削を行う。その際、工作物には大きな切削力が作用するため、これに耐える得る締め付け力が必要とされる。事前に別途実施した切削動力計による切削力の確認実験から、切り込み 2 mm の荒加工時に切削力の合力は 714N であった。正面フライス加工は複数の回転切れ刃による断続切削であるため、切削力は衝撃的に繰り返し作用する。したがって、機械設計の観点からは鋼材の場合の衝撃荷重に対する安全率は 12 倍以上である^[54]ことから、工作物の締め付け力として 8.6 kN ($=714\text{N} \times 12$) 以上が必要になる。しかしながら仕上げ加工時には、締め付け力が過大であると工作物の把持精度が低下することにより製品精度が悪化してしまうことが検証された。そのため六面体加工では、同一工程で連続して行う荒加工と仕上げ加工時のそれぞれで要求される締め付け力と製品精度のバランスを考慮しつつ、締め付け作業の安定した再現性が必要とされる。現状で作業者は (指導員も学生も)、工作物のパイスへの締め付け作業をカンとコツで行っているため、本研究ではその締め付け力を検出して定量化することで、力の大きさから作業者の締め付け力設定の程度を把握するとともに、繰り返し締め付け作業における締め付け力のばらつき状態から作業者の習熟度合いを評価することとした。

実験では、先の図 3 に示した装置を用い被験者 1 名当たり 10 回の締め付け作業を実施し、締め付け力の測定を行った。作業者の習熟度は、締め付け作業の安定度として標準偏差により締め付け力のばらつきを評価し、後述の基準値 (熟練技能者の締め付け力) とのずれ量を締め付け力の偏り

として評価を行った。

被験者として、東海能開大の機械加工訓練担当の指導員 4 名 (熟練技能者の扱い)、東海能開大機械系学生の 3 年生 17 名と 4 年生 7 名、職業大機械専攻学生の 2 年生 17 名、4 年生 10 名、東海能開大電子情報系学生の 4 年生 10 名 (初心者向け導入訓練を想定) を実験対象とした。

2.3. 可視化訓練の提案と実施方法

図 4 は従来訓練におけるパイス締め付け作業の教示方法である。学生は指導員からカンやコツに依存した作業動作の教示を受け、言語情報と視覚情報に基づいた感覚的な作業動作を試行する。この従来訓練の問題点として、指導員間の感覚に相違があることに加え、学生間にも感覚の相違があることがあげられる。



図4 従来訓練でのパイス締め付け作業の教示方法

これに対し、本研究で提案する可視化訓練は、図 5 のように締め付け力を定量的に確認できる可視化装置を用いて締め付け作業の教示を行うものである。学生は締め付け作業を行う際に、作業ポイントごとに熟練指導員の値 (基準値) と自分の締め付け力を比較し、指導員の感覚を定量的な情報で把握し体感する。本可視化訓練は、パイス締め付け技能を短時間で習得することを目的とした訓練方法である。そのために、今回の作業ポイントとして、熟練指導員の締め付け作業におけるハンドル操作過程を分析した結果に基づいて、パイス締め付け力が、

- ① 締め付け初期のハンドルセット時には 3~4kN,
- ② ハンドルへの荷重時には 12.1kN (最終締め付け力) となるように可視化訓練を実施している。その際に、ハンドルを締めつけるときの操作過程のコツについても、可視化装置上に表示される数値を例示しながら教示するようにした。



図5 可視化訓練でのパイス締め付け力の教示方法

被験者は以上の可視化訓練の教示を受けるとともに自らの締め付け感覚を養うための練習を数回行う。その後、被験者には装置の表示を見せないでパイスの締め付けを 10 回行わせ、可視化訓練の効果を表示値から評価した。

3. 実験結果および考察

3.1. 指導員の締付け感覚の現状把握

東海能開大の機械系指導員 4 名を、熟練技能を有する被験者とみなし、彼らに実験装置の表示を全く見せない状態で、通常の操作による感覚的方法でバイスの締付け作業を 10 回繰り返して行ってもらった。したがって、この実験は可視化訓練ではなく、熟練技能者が経験的に培ってきたバイスの締付け作業の状態把握になる。表 2 に指導員 4 名から得られた平均値と標準偏差の結果を示す。

表2 指導員の締付け力の平均値と標準偏差

被験者 (経験年数)	指導員1 (24年)	指導員2 (14年)	指導員3 (30年)	指導員4 (27年)
平均値 (kN)	14.2	10.5	12.1	11.5
標準偏差 (kN)	0.89	0.74	0.33	0.47

同表を見ると、指導員間で締付け力の平均値（最終的な到達値）は異なるものの、2.2 節で述べた必要な最小の締付け力 8.6 kN を大きく上回っていることがわかり、各指導員が長年の経験で養ってきた締付け力の設定感覚は適切であったといえる。また、10 回の締付け力のばらつきを表す標準偏差は全員ともに 1 kN 未満となり安定していたことから、各指導員は締付け具合を巧みにコントロールできる高い技量を備えていると推測される。

しかし、その一方では、平均値において 4 名の指導員間には最大 3.7kN の差が見られることから、各指導員の締付け力の目標設定値（締付け具合）の感覚は大きく異なっていることも判明した。また、この最終的な到達値は指導員経験年数を積み上げることで増減するものではなく、4 名が指導員の養成訓練を受けたときに指導教官から締付け力の目標値を提示されて訓練を受けたものでもない。したがって、4 名それぞれが独自に「これくらい」という感覚で締め付けた結果の値であり、相互の値の相関を調べることには意味がないといえる。

この結果から、学生に対する教示において、従来訓練では明確な基準が存在していない状況下で指導員間の感覚の相違が伝承されているといえ、学生の習得技能レベルに差異が生じてもおかしくない状況であることが明らかとなった。したがって、このような従来訓練における指導員間の感覚の相違を解消すべきことが判明したという意味においても、締付け力の定量的な基準値を目標とする可視化訓練の必要性が高いことを明確にできたといえよう。

そこで、本実験の結果を基にして、10 回の締付け作業のばらつきが最も小さく、かつ締付け力の平均値が指導員 4 名の平均値の平均と一致した指導員 3（経験 30 年）の締付け力 12.1kN を、本研究における可視化訓練の基準値として採用することとした。さらに、指導員 3 の締付け作業におけるハンドル操作過程と手順を標準的作業に係るコツ [註 2] として、学生への教示時の説明に取り

入れることとした。以降の節では、本節で得られた結果を反映した可視化訓練を学生に対して行い、その訓練効果を評価している。

3.2. 東海能開大機械系学生に対する可視化訓練の効果

機械系学生（3 年生 17 名、4 年生 7 名）を対象として、装置の表示を見せないで行うバイス締付け力の現状把握（以降、可視化訓練前と記述）と、可視化訓練後のバイス締付け力について調査を行った。可視化訓練では、初めに締付け力が基準値 12.1 kN になるように締付け方の教示を行い、装置の表示を見せながら締付け作業を練習させ、締付け感覚を養わせた。その後、装置の表示を見せない状態で 10 回の締付け作業を行わせ、そのときの締付け力を記録している。この可視化訓練に要した時間は、初回の教示説明と練習時間、および 10 回の実験データ採取を含め、学生 1 人当たり 5~10 分程度であった。

表 3 は可視化訓練前と可視化訓練後について、締付け力の基準値 12.1 kN に対するずれ（偏差）と、締付け力の到達値の標準偏差を示している。なお、データの処理については、各学年の被験者が行った試行回数全てのデータを用いた。例えば、3 年生の場合、17 名×10 回/名=170 個のデータとなる。次節以降の処理も同様である。

表3 東海能開大機械系学生の締付け力の調査結果

調査方法の区分	可視化訓練前(現状把握)		可視化訓練後	
	3年生	4年生	3年生	4年生
標準偏差 (kN)	2.66	1.65	0.97	0.81
基準値とのずれ (kN)	2.1	1.5	0.8	0.7

同表を見ると、従来訓練による現状では、機械系 3 年生と 4 年生の学年間で標準偏差に 1.01 kN (=2.66-1.65)、目標値とのずれに 0.6 kN (=2.1-1.5) という大きな差が認められ、学年間の習熟度には差があることが確認できる。その差の原因は、機械加工実習時間の積み重ねによる作業経験の違いによるものと考えられ、バイス締付け作業のようにカンやコツに依存する感覚的作業では時間をかける事で熟達が進められ、技量が安定してくるものと考えられる。本例では 3 年生と 4 年生の相違であるから熟達期間は 1 年間に要しているといえるが、それでもなお、4 年生の標準偏差 1.65 kN は表 3 の指導員の標準偏差の 2~5 倍も大きいので、従来訓練では経験年数の積み重ねが熟達を促進し、感覚的な技量を安定化しているものと受け止められる。

一方、可視化訓練後では、両学年ともに標準偏差および目標値とのずれが小さくなり改善されていることから、短期間で習熟度が向上していると考えられる。さらに、学年間の習熟度の差は大幅に小さくなっていることも確認できる。このことは、感覚的作業において可視化訓練を導入することで、訓練時間の蓄積経験によらなくても、習熟度を短期的に大幅に改善できるとともに、訓練時間

に大幅な短縮をもたらして訓練効率を向上させることが可能であることを示唆している。なお、このようにして醸成された可視化訓練による技能習得の効果が持続するか否かは興味のあるところであり、これについては3.5節において検証結果を述べることにする。

3.3. 職業大機械専攻学生に対する可視化訓練の効果

前節と同様の実験を職業大の総合課程機械専攻学生(2年17名, 4年10名)を対象として実施した。その調査結果を表4に示す。

表4 職業大機械専攻学生の縮付け力の調査結果

調査方法の区分	可視化訓練前(現状把握)		可視化訓練後	
	2年生	4年生	2年生	4年生
標準偏差 (kN)	4.05	3.40	0.89	0.75
基準値とのずれ (kN)	3.6	3.0	0.7	0.6

職業大と東海能開大はカリキュラムの構成が大きく異なり、職業大は東海能開大よりも機械加工実習の訓練時間数が少ない。つまり、職業大学生のほうがフライス盤の機械加工に携わる機会が少ない状況にある。このようなカリキュラム上の相違を前提として同表の結果を見ると、2年生と4年生とも、可視化訓練前の現状では標準偏差と基準値とのずれの両方が、先の表3の東海能開大学生の現状の結果よりも大きな値となっている。このことは、職業大学生のバイス縮付け作業の習熟度が低いということを端的に表しており、その要因は訓練時間数の差であることにほかならない。しかしながら、可視化訓練後は、2年生と4年生とも、表3の東海能開大の学生の結果と遜色のない結果が得られていることから、可視化訓練の導入効果により同程度の習熟度を身につけさせることができているといえる。

したがって、機械系の学生については、授業カリキュラムが異なる大学校の学生集団であっても、可視化訓練を導入することで、学生の訓練経験に左右されずにバイス縮付けに係る感覚的作業の習熟度を向上させる効果が認められることを明らかにできたといえる。

3.4. 機械系以外の初心者に対する可視化訓練の効果

機械加工については初心者であり、バイス縮付け作業の素養を持ち合わせていない学生に対する可視化訓練の導入を想定した検証を行った。被験者として、東海能開大の電子情報系学生4年生10名を対象とした。

初めに、従来訓練により指導員から学生にバイス縮付け作業の教示を行い、装置表示を見せないで10回の縮付け力データを採取する。次に、可視化訓練により教示を行い、学生が自己練習後に、装置表示を見せないで10回の縮付け力データを採取した。これら両訓練による実験結果を表5に示す。

同表のように、初心者の導入訓練においても機械系学

表5 東海能開大電子情報系学生の縮付け力の調査結果

調査方法の区分	可視化訓練前(従来訓練)	可視化訓練後
	4年生	4年生
標準偏差 (kN)	1.50	0.57
基準値とのずれ (kN)	1.3	0.4

生の場合と同様に可視化訓練での習熟度向上が見られ、その効果が確認できる。なお本調査では、初心者であるはずの電子情報系学生が、従来訓練実施後に機械系学生の現状(表3と表4参照)よりも標準偏差(1.50 kN)と基準値とのずれ(1.3 kN)が小さい結果が得られ、バイス縮付け作業の習熟度が高いという結果になった。これは、従来訓練を担当した指導員が、先の3.1節で行った自身の縮付け力の調査結果を踏まえて、自身が可視化訓練を実施して熟練指導員の感覚を習得したため、縮付け作業の学生への教示能力が向上したことによると考えられる。

本検証により、機械系に限らず工学系の学生集団であれば、学生および学科、さらには対象学生が学習している訓練カリキュラムに左右されずに、可視化訓練の導入が習熟度向上において有効であることが確認できたといえよう。

3.5. 可視化訓練による習得技能の持続性に関する検証

前節までにおいて、可視化訓練の導入による技能向上効果と可視化訓練の有効性を確認することができた。しかしながら、可視化訓練の効果や有効性を検証する上でさらに重要なことは、可視化訓練により被験者が習得した技量や感覚がその場限りのものではなく、はたして長期にわたって維持されているか否かという点である。

そこで、可視化訓練による技量習得効果の持続性を確認するために、東海能開大機械系4年生7名を対象として、可視化訓練を実施してから5ヶ月を隔てて、バイス縮付け作業を実施し、実験装置により縮付け技量と感覚の持続状態を再度調査した。その結果を図6に示す。

同図を見ると、従来訓練の現状把握を行った直後に可視化訓練を実施した状態では、標準偏差が0.81 kN、目標

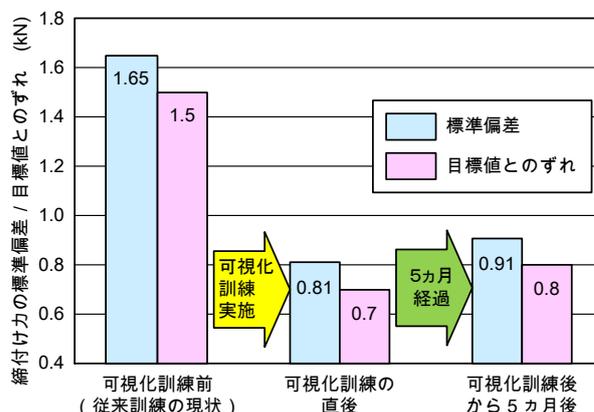


図6 バイス縮付け作業に係る可視化訓練の持続性

値(12.1 kN)とのずれが 0.7 kN であった。この時点から、5 ヶ月が経過した後では、標準偏差が 0.91 kN、目標値とのずれが 0.8 kN であり、5 ヶ月前より 13%前後の増加が確認できるものの、これら両方の値ともに大幅に変化していない。このため、バイス締付け作業の習熟度は可視化訓練直後とほぼ同程度であると思われる。したがって、可視化訓練は技能の持続性を確保する上でも有効に機能していると考えられる。その理由として、可視化訓練後の 5 ヶ月が経過する間に、4 年生は各種の加工実習においてバイスの締付け作業を継続的に行っていることが上げられる。

以上の検証結果から、可視化訓練には指導員の感覚を短期間で学生に習得させる効果があるといえる。また、可視化訓練では、従来訓練で曖昧であった目標値を明確に設定することが可能であり、指導員間の締付け力に関するばらつきや感覚の相違を解消して締付け作業の情報共有をはかることが可能になる。その結果、学生に対して長期間に渡って技能レベルを持続させる、すなわち締付け作業の質を保証する効果があると考えられる。

4. 結言

4.1. 本研究のまとめ

本研究では、カンやコツに依存した指導員の技量や感覚に任された教示が行われているフライス盤のバイスの締付け作業に着目し、簡易的な工学的測定手法を用い締付け力を可視化することにより、工作物のバイスへの締付け技能を定量的に評価できるようにした。初めに締付け力測定装置を製作し、その装置を用いて指導員の感覚を調査するとともに学生の習熟度の現状を調査した。さらに可視化訓練を考案し、集合訓練の現場で実施することで目標とした技能の習熟に関わるカンやコツを短期間で学生に習得させ、安定した高度な技能を身につけさせるために効果的であるか否かを検証した。その結果、以下の結論が得られた。

(1) 従来訓練を教示している指導員の現状について

現状分析結果から、各指導員は、バイスの締付け作業に関して、各人が習熟した安定的な技能を持ち合わせているものの、締付け力の大きさに関する感覚は異なっており、必ずしも指導員間で情報共有されていなかった。

(2) 従来訓練を受けた学生の現状について

感覚的な作業であるバイスの締付け作業において、従来訓練では学生に指導員の感覚を伝達できておらず、学生の習熟度は経験に依存していた。

(3) 可視化訓練の効果について

可視化訓練により指導員の感覚を体感させることで、学生のバイスの締付け作業における習熟度を短期間で向上させることにおいて効果が認められた。また、可視化訓練の効果は、5 ヶ月の期間を経過した後においても持続されていた。

(4) 可視化訓練の適用性と有効性について

本研究で導入したバイス締付け作業に関する可視化訓練は、学生の所属する学科・学年、学生が受講してきた訓練カリキュラムに関わらずに適用可能であることを実証できた。このことは、バイス締付け作業に類する各種感覚的作業への可視化訓練手法適用の有効性を示唆している。また、最大 17 名の学生を対象とした集合訓練に短時間で適用できたことから、本研究で提案した可視化訓練は集合訓練教育においても有効であることが認められる。

4.2. 今後の展望

今回は、感覚的作業であるバイスの締付け作業において、可視化訓練を考案し実践することにより学生の習熟度向上に効果が認められた。しかし、機械加工の領域においては、他にも指導員と学生の間で感覚の相違があるとみられる感覚的作業が多く存在していることも事実である。そのような作業において、本研究で実践したような手順により、指導員の感覚および学生の習熟度の調査、さらに習熟度を短期間で向上させることができる訓練技法の開発を行うことが期待され、今後の課題となる。なお、当然のことながら学生の技量の質を高めるためには、教示する側の指導員の質を高め技量の均質化を図る必要がある。そのためにも、従来型の訓練法から脱却し、訓練期間の短縮や効率化、および習得技能の飛躍的な向上と維持を目指し、可視化訓練の導入とその普及活動を全国的に推進することが必要であり、今後の課題になる。

註

[註 1] フライス盤作業 2 級実技課題の素材を工作物として選定した根拠は以下のようなものである。

全国のフライス盤作業の技能検定受験者数は文献[55]によると、1 級と 2 級の合計数であるが、平成 25(2013)年度から平成 29(2017)年度までの 5 年間にかけて順に、2,208 名、2,240 名、2,278 名、2,389 名、2,615 名と推移しており、増加傾向にある。1 級と 2 級の各受験者数は非公表であるが、2 級のほうが受験者数は多く、半数以上を占めるといわれていることから、約 1,100 ~1,300 名がフライス盤作業 2 級を受験すると見積もれる。

一方、都道府県、市町村、独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構が設置運営する全国の公共職業訓練施設数^[56]は、平成 25(2013)年 4 月現在で 242 施設あり、その内訳は、職業能力開発校 157 校、職業能力開発短期大学校 14 校、職業能力開発大学校 10 校、職業能力開発促進センター 61 施設である。また、公共職業訓練の受講者数^[56]は平成 24(2012)年度に合計で約 27 万人に上り、離職者訓練が約 15 万人、在職者訓練が約 10 万人、学卒者訓練が約 2 万人であった。

本研究では学卒者訓練を対象としているため、全国の公共職業訓練施設のうち、職業能力開発促進センターを除く施設の中で、機械加工の技能検定の資格取得を推奨している機械系の訓練科数を、文献[57]を参考にして詳細に調査(施設内訓練に限定)したところ、令和元(2019)年 7 月 24 日時点で 101 施設の 120 訓練科において、定員ベースでの延べ人数 2,403 名が該当した。

これらの人数の半数以上は、機械加工のフライス盤作業あるいは旋盤作業のいずれかの技能検定受験を推奨されている。したがって、単純計算では約 1,200 名がフライス盤作業の技能検定を受験すると見積られる。このほかに、国立の工業高等専門学校、都道府県立の工業高等学校、民間企業が設置する認定訓練施設、文部科学省の一部の工科系大学でも機械系学科や機械系訓練科では技能検定の資格取得を推奨しているため、これらの施設からの受験人数も加算されることになる。したがって、冒頭に示したフライス盤作業 2 級の受験者数の最少見積もり人数 1,300 名の内訳は、そのほとんどが学卒者訓練からの受験者と考えても支障ないであろう。

以上のように、学卒者訓練において技能検定フライス盤作業の受験者数が多いということは、各訓練科の訓練カリキュラムの中に実技課題を扱う実技実習科目が用意されているということであり、全国的に実技訓練の需要が高いことを示している。このため、2 級実技課題の素材を標準的な工作物として本研究で採用することには十分な妥当性と根拠があると考えた。

〔註 2〕 バイス締付け作業においてハンドルの操作方法は適正な締付け力を得るためのコツである。ハンドル操作方法としては一般に 2 通りがあり、ハンドルを手のひらで叩いて締付け力を断続的に与える方法と、ハンドルを握って連続的に一気に締め込む方法である。東海能開大の指導員 4 名の締付け動作を観察したところ、4 名全員がハンドルを断続的に 3 回程度叩きながら工作物の締付けを行っていることが判明した。

そこで、3 回で断続的に締め付ける作業方法と、一気に締め付ける連続的な作業方法を、実験装置を用いて指導員 4 名が実験し、両作業法の相違を評価した。この場合の締付け力の基準値は本文の 3.1 節に述べた 12.1 kN であり、各人の実験回数は 10 回である。

実験の結果、断続的な締付け作業方法の場合、4 名の平均値は 11.5 kN となり基準値に近い結果となるとともに、その標準偏差も 0.47 kN と非常に小さく、安定した締付けが可能であることがわかった。一方、連続的な締付け作業の場合には、平均値が 15.5 kN、標準偏差が 1.27 kN となり、基準値よりも過大な締付けが行われたとともに、ばらつきが大きく締付け力の到達値が安定しないことが判明した。この相違は、断続的なハンドル操作の場合には微妙な力加減の調整を行いやすいが、連続的なハンドル操作では最終的な締付け位置（回転角度位置）をコントロールしにくいことに起因していた。

この結果を基にして、本研究で対象にした加工精度重視型のバイス締付け作業においては、バイスハンドルを 3 回叩いて断続的に締付け力を与える作業法を、ハンドル操作時のコツとして、指導員から学生への教示時の説明に取り入れることとした。可視化訓練においては、このような作業動作上のコツを実地に見える形で教示することが重要なポイントであると著者らは考えている。

参考文献

[1] 加藤秀雄, 佐藤肇一:「聴覚フィードバックが作業能率と疲労に及ぼす影響 - 仮想旋盤による手送り突切り作業の場合-」, *精密工学会誌*, Vol. 61, No. 9, pp. 1317-1321 (1995).
 [2] 加藤秀雄, 小林一彦, 劉 勝利:「手動工作機械作業にお

ける技能習熟 - 新しい仮想旋盤の開発とそれによる微小溝切り作業の検討-」, *精密工学会誌*, Vol. 62, No. 7, pp. 999-1003 (1996).
 [3] 加藤秀雄, 田岡直人:「工作機械操作における能動感覚フィードバック - 微細加工作業における切削力の聴覚・力覚フィードバックの効果-」, *精密工学会誌*, Vol. 64, No. 3, pp. 455-459 (1998).
 [4] 橋本宣慶, 大石 進, 浅野裕貴:「人工現実感による機械加工作業のシミュレーション - 旋盤による突切り作業シミュレータの開発-」, 2009 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 講演 No. C14, pp. 183-184 (2009).
 [5] 梁 馨, 加藤秀雄, 樋口静一, 大川一也:「仮想環境による中ぐり旋盤作業の高効率技能訓練」, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 16, No. 4, pp. 533-538 (2011).
 [6] 外川貴洋, 大石 進, 橋本宣慶:「普通旋盤上に構築した作業訓練用シミュレータ」, 2012 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 講演 No. C14, pp. 715-716 (2012).
 [7] 渡辺 修:「簡易型旋盤加工シミュレータの開発と実践」, *工学教育*, Vol. 60, No. 4, pp. 50-55 (2012).
 [8] 橋本宣慶, 加藤秀雄, 青宿淳一, 樋口静一, 大川一也:「シミュレータによる旋盤の芯出し作業の訓練」, *精密工学会誌*, Vol. 79, No. 8, pp. 779-783 (2013).
 [9] 武雄 靖, 夏 恒:「眼球運動分析による普通旋盤加工技能の評価に関する研究」, 2013 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 講演 No. D44, pp. 265-266 (2013).
 [10] 武雄 靖:「機械加工作業者の注視行動分析と技能伝承への応用に関する研究」, *東京農工大学博士論文*(2013).
 [11] 武雄 靖, 夏 恒:「普通旋盤加工の送り停止時における工具摩耗及び加工面うねりに及ぼす作業者の技能習熟度の影響に関する研究」, *砥粒加工学会誌*, Vol. 57, No. 9, pp. 588-593 (2013).
 [12] 橋本宣慶, 加藤秀雄, 青宿淳一, 樋口静一, 大川一也:「シミュレータによる旋盤の芯出し作業の訓練」, *精密工学会誌*, Vol. 79, No. 8, pp. 779-783 (2013).
 [13] 梁 馨:「仮想環境による機械製造における技能の高効率訓練」, *千葉大学博士論文* (2014).
 [14] 橋本宣慶:「モーションキャプチャを利用した実践的な機械加工作業訓練シミュレータ - 基本システムの開発-」, 2016 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, 講演 No. M33, pp. 673-674 (2016).
 [15] 千葉正伸, 笹川宏之, 杉本 旭:「旋盤用安全シミュレータの開発」, *工学教育*, Vol. 64, No. 6, pp. 93-98 (2016).
 [16] 橋本宣慶:「モーションキャプチャを利用した実践的な機械加工作業訓練シミュレータ - 安全な作業と手順の教示-」, 2017 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 講演 No. K36, pp. 731-732 (2017).
 [17] 加藤秀雄, 楊 友沈:「工作機械作業における能動感覚フィードバック - 切削力の聴覚フィードバックにおけるフィードバック情報と特性の影響-」, *精密工学会誌*, Vol. 67, No. 4, pp. 586-590 (2001).
 [18] 加藤秀雄:「工作機械作業における能動感覚フィードバック - 微細加工作業における切削力の視覚フィードバック

- の効果」, *精密工学会誌*, Vol. 68, No. 2, pp. 224-228 (2001).
- [19] 王 凡, 加藤秀雄, 原田 崇:「機械加工作業における人の挙動 - 操作および生体情報と疲労の関係」, *精密工学会誌*, Vol. 68, No. 1, pp. 98-102 (2002).
- [20] 加藤秀雄, 楊 志偉:「工作機械作業における能動感覚フィードバック - 一切削力の視覚フィードバックにおけるフィードバックの影響」, *精密工学会誌*, Vol. 69, No. 8, pp. 1093-1097 (2003).
- [21] 楊 志偉, 加藤秀雄:「能動感覚フィードバックに関する研究 - 視・聴覚フィードバックにおける人間の制御特性の比較」, 2003 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 講演 No. 134, p. 380 (2003).
- [22] 橋本宣慶, 御簾納陽介, 加藤秀雄:「フライス盤シミュレータによる加工順序学習とハンドル操作技能訓練の効果」, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 16, No. 4, pp. 559-565 (2011).
- [23] 橋本宣慶, 御簾納陽介, 加藤秀雄:「実機を利用した汎用工作機械作業の複合現実感システム」, *精密工学会誌*, Vol. 77, No. 12, pp. 1175-1179 (2011).
- [24] 陳 文, 加藤秀雄:「シミュレータによる手動機械作業の習熟訓練 - ボール盤による小径深穴加工の場合」, *精密工学会誌*, Vol. 63, No. 4, pp. 555-559 (1997).
- [25] 陳 文, 加藤秀雄, 楊 友沈:「シミュレータによる微小深穴ドリル加工の高効率習熟訓練」, *精密工学会誌*, Vol. 65, No. 2, pp. 250-254 (1998).
- [26] 王 凡, 加藤秀雄, 竹島浩毅:「小径ドリル加工作業における熟練者と未熟練者の挙動の差異について」, *日本生理人類学会誌*, Vol. 7, No. 1, pp. 15-24 (2002).
- [27] 小山 賢, 齋 治男, 毛利尚武, 木村文彦:「状態フィードバック型遠隔放電加工の研究」, 2003 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 講演 No. G66, p. 297 (2003).
- [28] 小山 賢, 齋 治男, 佐久田博司, 毛利尚武, 木村文彦:「状態フィードバック型遠隔放電加工の研究 第 2 報」, 2003 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 講演 No. M49, p. 593 (2003).
- [29] 小山 賢, 齋 治男, 佐久田博司, 毛利尚武, 木村文彦:「状態フィードバック型遠隔放電加工の研究 第 3 報」, 2004 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 講演 No. D81, pp. 395-396 (2004).
- [30] 寺本孝司:「機械加工における適応的作業遂行のための技能拡張に関する研究」, *大阪大学博士論文*(2004).
- [31] 湯川恵子, 割澤伸一:「工作機械産業における人材育成加速化に向けた熟練技能教育プログラムの構築」, *日本経営診断学会論文誌*, Vol. 14, pp. 71-76 (2014).
- [32] 加藤秀雄, 森 堅太郎, 劉 雪然:「工作機械作業における動作の認識 - ジャイロ兼加速度センサおよび DP マッチングを用いたシステム」, *精密工学会誌*, Vol. 64, No. 12, pp. 1747-1751 (1998).
- [33] 小林一彦, 石亀 忍, 加藤秀雄:「複合現実感技術を用いた手溶接訓練システム - 保護面型 HMD と疑似溶接棒によるシミュレーター」, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 7, No. 2, pp. 211-218 (2002).
- [34] 小林一彦, 加藤秀雄:「複合現実感による手溶接訓練システム - 溶接動作と訓練効果の解析」, 第 47 回自動制御連合講演会, セッション ID 632 (2004).
- [35] 池原 亮, 橋本宣慶, 加藤秀雄:「複合現実感を用いた手溶接の技能訓練 - ステレオ視覚呈示の導入」, 第 47 回自動制御連合講演会, セッション ID 633 (2004).
- [36] 小林一彦, 加藤秀雄, 島本 聡:「複合現実感による手溶接訓練システムの改良とそれによる訓練効果の検討」, *精密工学会誌*, Vol. 70, No. 7, pp. 941-945 (2004).
- [37] 橋本宣慶, 池原 亮, 加藤秀雄, 樋口静一, 大川一也:「シミュレータによる手溶接の技能訓練 - 実作業とシミュレータ作業の動作比較」, 2005 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 講演 No. D07, pp. 277-278 (2005).
- [38] 橋本宣慶, 加藤秀雄, 池原 亮:「複合現実感技術による手溶接訓練システム - 溶接棒先端位置把握誤差の低減」, *精密工学会誌*, Vol. 72, No. 2, pp. 249-253 (2006).
- [39] 佐久間正剛, 浅井 知, 薄 正司:「溶接技能デジタル化システム Skill Digitizer」, *東芝レビュー*, Vol. 61, No. 8, pp. 44-47 (2006).
- [40] 権 昌根, 加藤秀雄, 樋口静一, 大川一也, 橋本宣慶:「仮想現実感による溶接技能訓練における教示データの検討」, 2007 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 講演 No. A80, pp. 95-96 (2007).
- [41] 郎 鵬飛, 加藤秀雄, 樋口静一, 大川一也:「手溶接技能訓練のための簡易 VR システム」, 2008 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 講演 No. I80, pp. 789-790 (2008).
- [42] 橋本宣慶:「人工現実感による手溶接訓練システム - TIG 溶接シミュレータの開発」, 2009 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 講演 No. C13, pp. 181-182 (2009).
- [43] 松浦慶総, 高田 一:「技能継承を指向した溶接技能解析の研究」, 人工知能学会第 9 回身体知研究会, pp. 1-6 (2011).
- [44] 梁 馨, 加藤秀雄, 橋本宣慶, 樋口静一, 大川一也:「手溶接技能訓練のための簡易 VR システムと実作業との技能レベル比較による有効性の検討」, *精密工学会誌*, Vol. 79, No. 7, pp. 692-696 (2013).
- [45] 梁 馨, 加藤秀雄, 橋本宣慶, 樋口静一, 大川一也:「仮想環境による手溶接作業の高効率技能訓練」, *精密工学会誌*, Vol. 80, No. 10, pp. 933-938 (2014).
- [46] 橋本宣慶, 飯嶋佑介, 加藤秀雄, 樋口静一, 大川一也, 松井恭平, 石田洋子:「シミュレータによる歯石除去の訓練 - PHANToM と CRT によるシミュレータの訓練効果」, 第 47 回自動制御連合講演会, セッション ID 634 (2004).
- [47] 飯嶋佑介, 橋本宣慶, 加藤秀雄, 樋口静一, 大川一也, 松井恭平, 石田洋子:「シミュレータによる歯石除去の訓練 - 把持フォームの訓練を主眼に置いたシミュレーター」, 第 47 回自動制御連合講演会, セッション ID 635 (2004).
- [48] 橋本宣慶, 飯嶋佑介, 加藤秀雄, 松井恭平, 石田洋子:「シミュレータによる歯石除去の技能訓練 - 支持力波形と技能レベルの関係」, 2005 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 講演 No. F09, pp. 449-450 (2005).
- [49] 橋本宣慶, 加藤秀雄, 松井恭平, 石田洋子, 王 亮:「シミ

- ュレータによる歯石除去の訓練：シミュレータの構築と人工歯石除去による訓練効果の検討」, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 11, No. 4, pp. 453-458 (2006).
- [50] 橋本宣慶, 加藤秀雄, 松井恭平, 石田洋子, 飯嶋佑介:「シミュレータによる歯石除去の訓練(正しいスクレーリング動作の訓練)」, *日本機械学会論文集 C 編*, Vol. 74, No. 739, pp. 686-691 (2008).
- [51] 内田康之, 藤下理美, 古市昌一:「教育効果と作業効率の向上のための体感型 AR マニュアルの提案」, *デザイン学研究*, Vol. 63, No. 6, pp. 27-36 (2017).
- [52] 株式会社ナベヤ:「ハンディデジタル荷重計 No. E-9503」, *総合カタログ Friends No.219*, p. 1268 (2018).
- [53] 株式会社エー・アンド・デイ:「引張・圧縮試験用ロードセル ULF/UL」, *ロードセル総合カタログ*, pp. 42-43 (2016).
- [54] 塚田忠夫, 吉村靖夫, 黒崎 茂, 柳下福蔵:「機械設計法(第3版)」, 森北出版, 東京, p. 33 (2015).
- [55] 厚生労働省, 技能検定職種の統廃合等に関する検討会「第23回資料, 参考資料5:職種・作業別 受検申請者数の推移(全等級計, 平成24年度~平成29年度)」, 厚生労働省, https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/other-syokunou_128997.html, 2019年7月24日参照.
- [56] 厚生労働省, 公共職業訓練について, 厚生労働省, <https://www.mhlw.go.jp/seisaku/2013/11/01.html>, 2019年7月24日参照.
- [57] ポリテク入校試験対策研究会, 「公共職業訓練の訓練校の特徴とテスト情報、各所在地1リンク先一覧 Blog」, ポリテク入校試験対策研究会, <https://senkou-kunrenkou.org/>, 2019年7月24日参照.

(原稿受付 2019/06/11, 受理 2019/07/11)

*迫田 竜太

東海職業能力開発大学校, 〒501-0502 岐阜県揖斐郡大野町古川 1-2

Ryuta Sakoda, Tokai Polytechnic College, 1-2 Furukawa, Ibigun Oonochou, Gifu 501-0502.

Email: sakoda@tokai-pc.ac.jp

*岡部 眞幸, 博士 (工学)

職業能力開発総合大学校, 能力開発院, 〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1

Masayuki Okabe, Faculty of Human Resources Development, Polytechnic University of Japan, 2-32-1 Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035.

Email: m-okabe@uitech.ac.jp

*太田 和良, 博士 (工学)

職業能力開発総合大学校, 能力開発院, 〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1

Kazuyoshi Oota, Faculty of Human Resources Development, Polytechnic University of Japan, 2-32-1 Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035.

Email: oota@uitech.ac.jp

*北 正彦

東海職業能力開発大学校, 〒501-0502 岐阜県揖斐郡大野町古川 1-2

Masahiko Kita, Tokai Polytechnic College, 1-2 Furukawa, Ibigun Oonochou, Gifu 501-0502.

Email: kita@tokai-pc.ac.jp

*吉浦 研

東海職業能力開発大学校, 〒501-0502 岐阜県揖斐郡大野町古川 1-2

Ken Yoshiura, Tokai Polytechnic College, 1-2 Furukawa, Ibigun Oonochou, Gifu 501-0502.

Email: yoshiura@tokai-pc.ac.jp

*佐々木 耕

東海職業能力開発大学校, 〒501-0502 岐阜県揖斐郡大野町古川 1-2

Ko Sasaki, Tokai Polytechnic College, 1-2 Furukawa, Ibigun Oonochou, Gifu 501-0502.

Email: k-sasaki@tokai-pc.ac.jp

*村上 雅洋

東海職業能力開発大学校, 〒501-0502 岐阜県揖斐郡大野町古川 1-2

Masahiro Murakami, Tokai Polytechnic College, 1-2 Furukawa, Ibigun Oonochou, Gifu 501-0502.

Email: murakami@tokai-pc.ac.jp