

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：14303

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501187

研究課題名(和文) e-ラーニングを用いた伝統土壁技術の早期習熟システムの開発

研究課題名(英文) Development of Early Familiarization System for Kyoto Style Earthen Wall Technique Using E-learning

研究代表者

佐藤 ひろゆき (SATO, Hiroyuki)

京都工芸繊維大学・伝統みらい教育研究センター・特任教授

研究者番号：90447996

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：土壁塗りの中塗工程における左官職人の動作に着眼し、作業の特徴を形式知化した。さらに、形式知化したデータを用いて、技術習得支援のためのeラーニング教材を開発し、有効性の評価を行った。eラーニング教材は、経験年数1～2年の初学者を対象とし、現職の左官職人監修のもと、鏝の使用方法、作業工程、三次元動作解析、筋活動解析、眼球運動解析から明らかになった事柄を盛り込んだ内容とした。eラーニング教材の評価実験は初心者を対象に行った。評価内容は作業中の姿勢および作業前後の疲労とした。この結果、eラーニング教材を使用することで、精神的疲労が軽減させる傾向が見られた。

研究成果の概要(英文)：In the process of plastering an intermediate layer on an earth wall, the actions of the plaster craftsman were focused on and the characteristics of this task were codified making tacit knowledge explicit. The codified data was then used to develop e-learning materials to support the acquisition of technical skills and this system's effectiveness was subsequently evaluated. The e-learning materials were targeted at beginners with one or two years experience. Under the supervision of a currently working plaster craftsman, the course included content on how to use the trowel, the work process, and aspects that are clarified through three-dimensional motion analysis, muscle activity analysis, and eye movement analysis. The beginner students were used to evaluate the e-learning materials. The areas evaluated were their posture when working and fatigue before and after work. The results showed a trend toward a lessening of mental fatigue through the use of the e-learning materials.

研究分野：材料工学

キーワード：土壁 eラーニング 技術伝承 動作解析 疲労調査 伝統産業工学

1. 研究開始当初の背景

左官職人が一人前になるには、かつては中学校卒業後に弟子入りすることが一般的であった。近年では、高校や大学を卒業した後、左官学校や職業訓練校などで基礎的な技術を学び、左官職人となる若者が増えている。このため、一人前の職人になったときには30歳前後になってしまう。この修業期間は現在の若者の就学形態からすると、あまりにも長いと言わざるを得ない。このことは、左官を志す若者の減少の一因となっている。そのため、修業期間の短縮が急務となっているが、左官の技術は技能者の「勘」や「コツ」に依存する暗黙知であることから、継承が容易ではない。したがって、修業期間を短縮するための新たなツールや仕組みが求められている。

2. 研究の目的

本研究では、形式知化されたデータと映像を用いた京壁塗りの中塗工程における技術習得支援 eラーニング教材の開発と評価を行うことを目的とした。まず、中塗工程時の左官職人の動作に着目し、作業の特徴を形式知化した。次に、形式知化したデータを用いて、技術習得支援のための eラーニング教材を開発した。さらに、中塗の初心者に eラーニング教材を視聴させ、中塗作業における姿勢や疲労の変化を調査し、eラーニング教材の有効性を検証した。

3. 研究の方法

(1) eラーニング教材のためのデータ収集

被験者は京都府内の左官学校の教員2名および学生2名とした。本研究では、教員を熟練者、学生を非熟練者と呼ぶこととする。被験者はいずれも右利きの男性であった。教員の経験年数は43年および42年であった。非熟練者の経験年数は1年4ヶ月および3ヶ月であった。被験者には縦1800mm、横900mmの壁へ中塗りを行うことを指示した。制限時間は設けず、仕上がりの判断は被験者に委ねた。

三次元動作測定解析装置 (MAC 3D SYSTEM : Motion Analysis 社製) を用い、頭頂、額、頸、肩峰、肘、手首、大転子、膝、足首に赤外線反射マーカを貼付し、動作の測定を行った。サンプリング周波数は120Hzとした。

筋活動測定装置 (ワイヤレス筋電センサ・ワイヤレス EMG ロガー : 株式会社ロジカルプロダクト製) を使用し、右前腕伸筋群、右上腕二頭筋、右三角筋、右僧帽筋中部、右腹斜筋、右腰背筋、右中臀筋、右大腿四頭筋における筋活動測定を行った。サンプリング周波数は1kHzとした。

眼球運動測定装置 (Talk eye II : 竹井機器株式会社製) を使用し、作業における注視点を明らかにした。サンプリング周波数は30Hzとした。

(2) eラーニング教材の制作

開発する教材は、土壁塗り初学者 (経験年数1~2年) が eラーニングを使用することを想定し、現職の左官職人監修のもと、「(1) eラーニング教材のためのデータ収集」で明らかになった結果に加え、鏝の持ち方、動かし方、作業工程を紹介する内容とした。

(3) eラーニング教材の評価

本実験では、初心者の中塗作業を行わせ、eラーニング教材の使用の有無が、作業者の姿勢および疲労におよぼす影響を検討した。実験は、大阪府内の大学にて行った。中塗作業は2014年2月10日、2月17日、2月24日、3月4日の計4回実施した。被験者には、1回目の作業を行う前に、現職の左官職人から鏝の持ち方、鏝への土の載せ方を教示した。中塗作業は午前9時30分から開始した。中塗作業用の壁は3面用意した。したがって同時に作業が行えるのは3名までであり、作業を行わない被験者は別室で待機させた。中塗作業開始から15分経過した時点で、壁が仕上がっているかいないかに関わらず作業を終了させた。中塗作業中は被験者の背後からビデオ撮影を行った。

被験者は健康な男子大学生10名 (平均年齢20.9歳) とした。1回目の土壁の中塗作業以降は、被験者を eラーニング教材使用群 (5名) と eラーニング教材未使用群 (5名) に分けた。eラーニング教材使用群には eラーニング教材を自由に視聴させた。2回目の中塗作業では eラーニング使用群の被験者1名が、4回目の中塗作業では eラーニング使用群および eラーニング未使用群の被験者各1名の計2名が欠席した。

中塗用の土として、土、砂、藁切、水を混合攪拌した土を準備した。土の発酵期間は2014年2月10日から3月4日までであった。鏝は地金鏝を使用した。被験者には、1回目から4回目まで全ての作業において同じ鏝を使用させた。

eラーニングの視聴回数と時間帯をログデータより明らかにした。視聴開始時間はログデータより特定できたが、動画のどこまでを視聴したかはログデータが得られなかったため、被験者への聞き取り調査を行い、全て見た場合を1回とし、全て見ていない場合は、動画の全時間に対する動画の視聴時間を割合として算出した。時間帯は朝 (7時から12時)、昼 (12時から19時)、夜 (19時から7時) の3つに分け、時間帯毎に評価を行った。

ビデオカメラで撮影した動画から被験者の作業中の姿をキャプチャし、姿勢の評価を行った。画面キャプチャを行なう際、評価条件を同じにするため右上の壁を塗っている姿とした。eラーニングでは、表1に示したように、中塗時の動きのコツとして、熟練者は(1)肩が傾いていない、(2)両足の範囲に上肢および腰がおさまっている、(3)鏝が肩幅におさまっていると解説している。これより、姿

勢解析では(A)肩が傾いていないか、(B) 両端の幅の範囲に上肢および膝がおさまっているか、(C) 鋸が肩幅におさまっているか、の3点を評価した。図1に姿勢の解析例を示す。

中塗作業を重ねることによる姿勢の改善数とeラーニング視聴回数との関係を調べるため、相関係数を算出した。姿勢改善数とは、正の値の場合、前回試行よりも姿勢が改善されていることを、負の値の場合、姿勢が悪くなっていることを表す。有意水準は5%とした。

中塗作業における疲労を明らかにするため、中塗作業前後に疲労調査アンケートを実施した。疲労調査アンケートは、日本産業衛生学会産業疲労研究会の「自覚症しらべ」、「疲労部位しらべ」を用いた。

アンケート結果は、作業前と作業後の申告値の変化量(差分:作業後から作業前を減じた)を算出し、eラーニング教材使用群とeラーニング教材未使用群の平均値を算出した。自覚症しらべにおける各群間および疲労部位しらべにおける各項において、eラーニング教材使用群とeラーニング教材未使用群間の平均値の差の検定を行った。有意水準は5%とした。

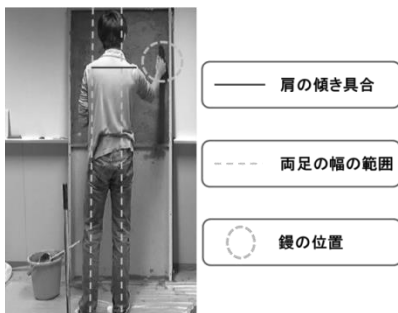


図1 姿勢の解析例

4. 研究成果

(1) eラーニング教材のためのデータ収集

三次元動作解析の結果、熟練者の動作の特徴として次の3点が見出された。

- 1) 肩が傾いていない
- 2) 両足の幅の範囲に上肢および膝が収まっている
- 3) 鋸が肩幅に収まっている

非熟練者はこれらの動作ができておらず、このことが作業中の疲労の増大に繋がることが示唆された。

筋活動の代表的な結果を図2および図3に示す。本図は熟練者1名、非熟練者1名の結果であり、平均値ではない。熟練者は非熟練者よりも作業時間が短かった。非熟練者は熟練者と比較し、右上腕二頭筋、右腰背筋以外の全ての部位において筋活動が多い傾向を示した。このことより、熟練者は必要最小限度の筋活動で作業していることが明らかとなった。

眼球運動測定より明らかになった、熟練者および非熟練者の鋸と視線の関係を図4および図5に示す。熟練者は鋸の前方に視線があ

り、鋸と同じ方向に視線が動いていた。非熟練者は鋸前後を視線が行き来し、鋸と逆の方向に視線が動くことが多かった。これらの結果より、熟練者はこれから鋸を移動させる先の壁面を注視し、作業を進めていることが明らかとなった。

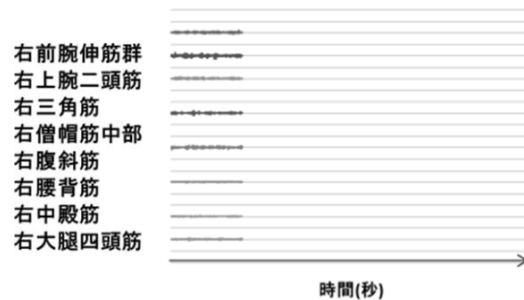


図2 熟練者の筋活動測定結果

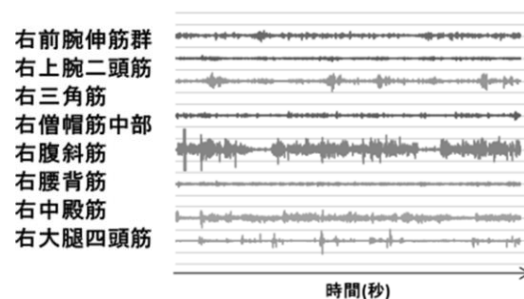


図3 非熟練者の筋活動測定結果

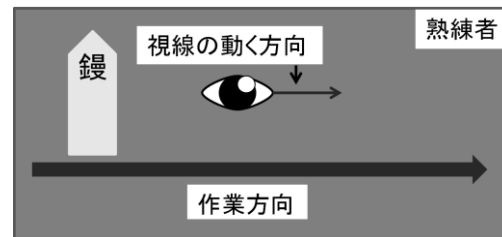


図4 熟練者の鋸と視線の関係

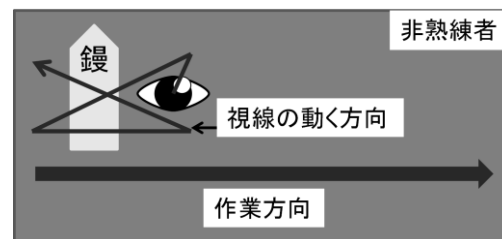


図5 非熟練者の鋸と視線の関係

(2) 自習支援システムの構築

「(1) eラーニング教材のためのデータ収集」で明らかになった結果のうち、eラーニングにおいて教示した内容を表1に示す。熟練者だけでなく、非熟練者の作業の特徴も教示し、両者を比較することにより、熟練者の特徴への理解を深めてもらうようにした。

教材は各15分程度の2つの動画から構成され、それぞれをVol.1、Vol.2と呼ぶこととした。図6にeラーニングの1画面を示す。Vol.1の内容は「eラーニング作成の目的」鋸

の持ち方、動かし方」「京壁の施工工程、要素の紹介」「各作業工程、要素の紹介」「熟練者と非熟練者の動作の違い」「まとめ」とした。Vol.2の内容は「熟練者と非熟練者の筋活動の違い」「熟練者と非熟練者の眼球運動の違い」「まとめ」「総括」「参考」とした。eラーニングは、PCに加え、スマートフォンや携帯電話からもアクセス可能にし、より多くの左官職人が気軽に使用できる教材作りを心掛けた。

表1 eラーニングにおける教示内容

	熟練者	非熟練者
動作	<ul style="list-style-type: none"> ●肩が傾いていない ●両足の幅の範囲に上肢及び膝がおさまっている ●鍔の移動が肩幅におさまっている 	<ul style="list-style-type: none"> ●肩が傾いている ●左肩が両足の幅から逸脱している ●鍔の移動が肩幅から外へ出ている
筋活動	●必要最小限度の筋活動で作業を行なっている	●必要以上に力を使い作業を行なっている
眼球運動	●鍔の前方に視線があることが多い	●鍔の前後及び上下に視線があることが多い



図6 eラーニングの1画面

(3) eラーニング教材の評価

図7に教材 Vol.1 および教材 Vol.2 の視聴回数を示す。Vol.2 よりも Vol.1 の視聴回数が多かった。Vol.1 では、19時から7時の時間帯が7.70回と最も多く視聴されており、次いで12時から19時の時間帯が7.57回、7時から12時の時間帯が2.56回であった。Vol.2 では、12時から19時の時間帯が4.00回と最も多く視聴されており、次いで19時から7時の時間帯が3.50回、7時から12時の時間帯が1.00回であった。Vol.1において視聴回数が最も多かったのは、中途作業1回目から2回目前日までであり8.99回であった。次いで、2回目から3回目前日までは5.78回、3回目から4回目前日までは3.06回と、中途作業回数が増すにつれ、視聴回数は減る傾向が見られた。Vol.2においても同様に、視聴回数が最も多かったのは、中途作業1回目から2回目前日ま

でであり4.00回であった。2回目から3回目前日まででは2.00回、3回目から4回目前日まででは2.50回であった。

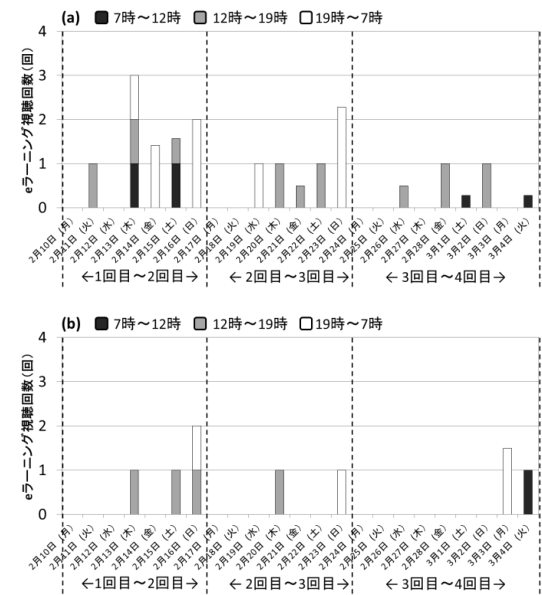


図7 教材の視聴回数 (a)Vol.1、(b)Vol.2

表2に姿勢評価の各項目を満たしていた者の人数を示す。eラーニング教材使用群において、参加人数が同じ1回目と3回目、2回目と4回目の人数を比較すると、2回目より4回目ほうが(C)鍔が肩幅に収まっている、という項目において正しい姿勢をとっていた人数が多かった。eラーニング教材未使用群において、参加人数が同じ1回目と2回目と3回目を比較すると、作業回数が増えても正しい姿勢をとっていた人数の増加は見られなかった。

図8にeラーニング視聴回数と姿勢改善数の関係を示す。eラーニング教材の視聴回数の最も多い被験者Dは、姿勢の改善数が最も高い値を示した。しかしながら、eラーニング教材の視聴回数が二番目に多い被験者Cにおいては、姿勢の改善効果が見られなかった。また、eラーニング視聴回数と姿勢改善数の間に相関関係は見られなかった。

表2 姿勢評価の各項目を満たしていた者の人数

	作業回数	評価人数 (人)		
		項目(A)	項目(B)	項目(C)
使用群	1回目	3	0	2
	2回目	2	0	1
	3回目	2	0	2
	4回目	2	0	2
未使用群	1回目	2	1	2
	2回目	0	0	1
	3回目	2	0	1
	4回目	1	0	1

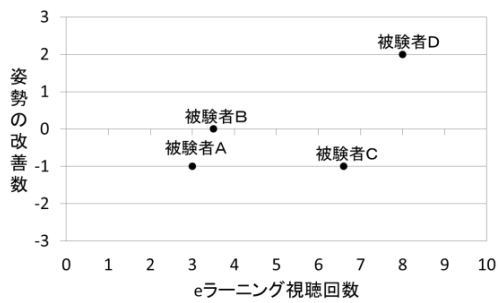


図 8 eラーニング視聴回数と姿勢改善数の関係

図 9 に中塗作業 4 回目における自覚症しらべ各郡の申告値の変化量を示す。II 群不安定感において、eラーニング教材未使用群よりも eラーニング教材使用群が有意に変化量の減少が見られた。

図 10 に中塗作業 4 回目における疲労部位しらべの各項目の申告値の変化量を示す。全ての項目において、eラーニング教材使用群と eラーニング教材未使用群間の有意差は見られなかった。

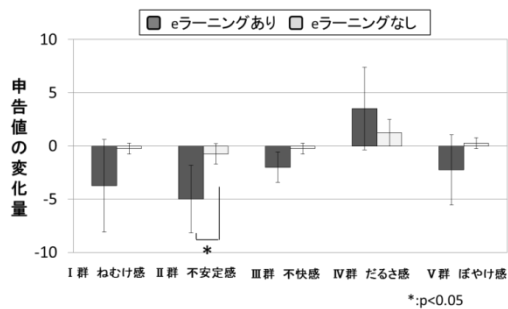


図 9 自覚症しらべにおける申告値の変化量

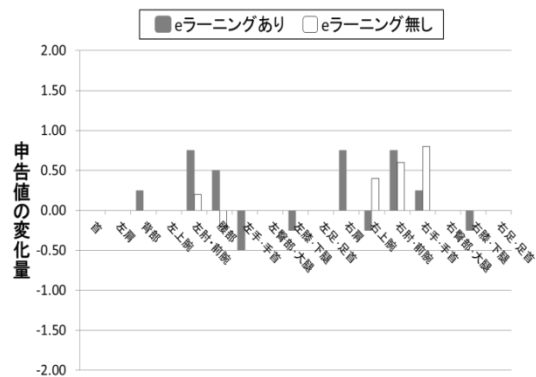


図 10 疲労部位しらべにおける申告値の変化量

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 7 件)

- 後藤彰彦、佐藤ひろゆき、白波瀬恭平、「京壁職人の眼球運動におよぼす習熟度の影響」、日本機械学会機械材料・材料加工部門第 20 回機械材料・材料加工技術講演会、2012 年 12 月 2 日、大阪工業大学
- 白波瀬恭平、高井由佳、後藤彰彦、佐藤

ひろゆき、「京壁職人の中塗り作業における工程分析および眼球運動解析」、平成 24 年度日本人間工学会関西支部大会、2012 年 12 月 8 日、関西大学

- Hirohumi YOSHIDA, Yuka TAKAI, Akihiko GOTO, Hiroyuki SATO, “EYE MOVEMENT ANALYSIS OF EXPERT AND NON-EXPERT ON PLASTERING KYOTO STYLE EARTHEN WALL”, 13TH JAPAN INTERNATIONAL SAMPE SYMPOSIUM AND EXHIBITION, 2013 年 11 月 12 日、ウインクあいち
- 佐藤ひろゆき、高井由佳、後藤彰彦、濱田泰以、「京壁塗り技術習得のための eラーニングシステムの開発」第 57 回日本学術会議材料工学連合講演会、2013 年 11 月 25 日、京都テルサ
- 吉田滉史、高井由佳、後藤彰彦、佐藤ひろゆき、「eラーニング教材を用いた土壁塗りの技術習得支援」、平成 25 年度日本人間工学会関西支部大会、2013 年 12 月 14 日、京都工芸繊維大学
- 高井由佳、川上遼、後藤彰彦、佐藤ひろゆき、濱田泰以、「eラーニングを活用した新人左官職人の自習システムの開発と評価」、日本教育工学会第 30 回全国大会、2014 年 9 月 19 日、岐阜大学
- 高井由佳、後藤彰彦、佐藤ひろゆき、濱田泰以、「土壁塗り習熟のための eラーニング教材の開発と評価」教育システム情報学会 2014 年度特集論文研究会、2015 年 3 月 21 日、香川大学

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 ひろゆき (SATO, Hiroyuki)

京都工芸繊維大学・伝統みらい教育研究センター・特任教授

研究者番号：90447996

(2) 連携研究者

濱田 泰以 (HAMADA, Hiroyuki)

京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・教授

研究者番号：10189615

仲井 朝美 (NAKAI, Asami)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：10324724

後藤 彰彦 (GOTO, Akihiko)
大阪産業大学・デザイン工学部・教授
研究者番号：50257888