

リアルタイム音声フィードバックを用いた 左官作業姿勢の個人学習支援システムの検討

Investigation of a self-study support system for plastering work posture using real-time voice feedback

田中 凌太^{*1} 高橋 瑞貴^{*2} 後藤田 中^{*1} 高井 由佳^{*2}
 Ryota Tanaka^{*1} Mizuki Takahashi^{*2} Naka Gotoda^{*1} Yuka Takai^{*2}
^{*1}香川大学 ^{*2}大阪産業大学
^{*1}Kagawa University ^{*2}Osaka Sangyo University
 Email: s25d155@kagawa-u.ac.jp

あらまし: 熟達した技能者は暗黙知と呼ばれる言語化の難しい技能を持っており、その習得には長い期間が必要となる。こういった技能を習得する際には、指導者からのアドバイスの声かけが用いられることが多い。本研究ではこの声掛けに着目し、音声を用いた個人学習支援システムについて左官を対象に検討する。まず、左官職人の方にインタビューを行った。インタビューから支援対象として「作業姿勢」を選択し、次に熟達した技能者の作業動画をもとに、作業時の理想的な姿勢について数値化を行った。数値化された姿勢をもとに5つの音声フィードバックを作成し、実際にリアルタイムフィードバックを行うシステムを開発した。

キーワード: 個人学習, リアルタイムフィードバック, 音声フィードバック, 骨格推定, 作業姿勢

1. はじめに

熟達した技能者は暗黙知と呼ばれる身体化された知を持っている。暗黙知はその作業を行う際のコツや勘といったものを含んでおり、その特性上言語化が難しく、習得には長い期間が必要である。

左官業は暗黙知を持つ技能職の1つである。他の暗黙知を持つ技能と同様に、その技能習得には長い期間がかかる。他方で、左官業を含む建設業全体において就業者数は減少の傾向にあり、個人での学習を含む職人育成環境の整備は急務である。

技能を新たに習得する場面において、指導者によって与えられる動作修正のフィードバックは学習者の技能向上に効果的である⁽¹⁾。作業を通して学習を行っている学習者にとって、自身の動作について自己評価を行うことは難しく、また自己評価には限界がある。指導者が「どう直すべきか」の適切なアドバイスの声かけを行うことにより、学習者は自身の動作と理想的な動作との乖離を瞬間的に把握することができる。これにより学習者は自身の作業動作をより理想に近づく形で修正することができる。

そこで、指導者による音声フィードバックを個人学習においても再現することで、個人学習を強化できると考え、本論文ではリアルタイム音声フィードバックを用いた左官作業を対象とした個人学習を支援するシステムについて検討した。初めに、左官指導者へのインタビューを行い、左官指導において重視する点を調査した。今回はインタビューから得られた重視する指導点から、左官作業時の姿勢に着目し、実際に5つの音声フィードバックを作成し、それらを用いてリアルタイムフィードバックを行うシステムを開発した。

2. 左官職人へのインタビュー

指導者が指導の場面において、どのような点を重視しているかを把握することは個人学習支援システムにおいて適切なフィードバックを与えるために必須である。

そこで、左官指導者に対し、初期段階の学習者への指導の際に重視する点についてインタビューを行った。その結果、以下の5点が挙げられた。

- 1) 壁に対して正面に立つ
- 2) 足を肩幅に開きバランスをとる
- 3) 材料が剥離しないよう鏝に力をしっかりと入れる
- 4) 材料を塗り付けるのに集中しすぎて壁に目が近づきすぎないようにする
- 5) 力を分散させないため脇を閉めてまっすぐ塗る

これらの5点から、左官学習の初期段階においては「姿勢」を重点的に学習すべきであると考えた。高井らの研究においても、下半身の安定が重要であると報告されている⁽²⁾ため、本研究ではまず、足が肩幅に開かれているかを判定し修正のフィードバックを行う。

3. 左官における理想的な姿勢の数値化

理想的な足の開き幅を調査するために、左官職人と初期段階の学習者の下半身の動作について、VisionPose⁽³⁾を用いて骨格推定を行い、その違いを測定した。図1に示す通り、腰と左膝の成す角を θ_1 、腰と右膝の成す角を θ_2 、左右の膝間の距離を l とした。左官を行う壁面は高さ1800mm、幅900mmとし、そのうち上半分の900×900mmの範囲を塗りの対象とした。

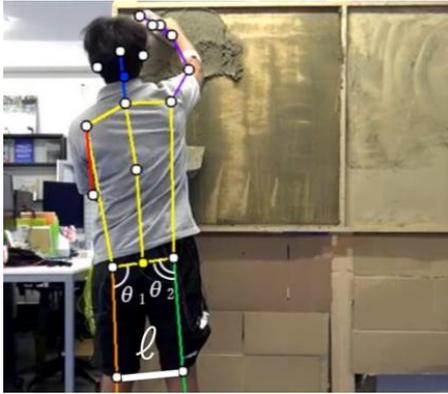


図1 本研究で計測した部分

また、対象者の条件は以下のとおりである。

- ・職人：職歴2年，左官訓練校での指導経験あり。
- ・学習者：大学生，実験前に左官に関するレクチャーを1時間程度受けている。

測定の結果，職人は膝―腰の成す角 θ_1 θ_2 がおよそ 80° から 100° の範囲に収まっており安定しているのに対して，学習者は 110° を超えて足を広げている場面や 70° 以下まで足を占めている場面が多くみられ，不安定な状態にあることが確認された。

また，左右膝間の距離 l については，職人が平均して 200mm から 350mm 以内を維持していたのに対して，学習者においては平均して 100mm から 350mm と広く遷移し，場合によっては足の交差が起こる場面もあった。

これらの結果から，膝―腰の成す角度が，職人の測定値上位及び下位2.5%のデータを除外した範囲である $81.1 \leq \theta_1 \leq 107.6 [^\circ]$ および $79.4 \leq \theta_2 \leq 103.4 [^\circ]$ を維持しているかつ膝間の距離が肩幅と同程度の開き具合を維持している状態が理想的な足の開き幅であると定義し，これを逸脱する場合において，修正のフィードバックを行うシステムを考えた。

4. 姿勢矯正システムの開発

理想的な足の開き幅を学習者が維持できていない場合に，修正を指示する音声指示をフィードバックとして与えるシステムを作成した。表1は修正のフィードバックを与える条件と条件に対応したフィードバックの内容である。

次に，このシステムの利用法について説明する。本システムはリアルタイムでのフィードバックを行うものである。学習者の左官作業姿勢について，学習者の後方2.5mから撮影を行う。学習者は，左官作業姿勢のための個人学習システムにWeb上からアクセスし，カメラをセッティングした後に，撮影を開始する。撮影中において，各フィードバック条件が2秒間継続して発生した場合に，修正のフィードバックが学習者に対して行われる。フィードバックにより学習者は音声指示に従い自身の左官作業姿勢を修正することができる。これを繰り返すことで，理想的な左官作業姿勢の学習を進めていく。

表1 修正フィードバックを与える条件とその内容

フィードバックの条件	音声指示の内容
θ_1 のなす角度が 81.1° 以下	左足を開いてください
θ_1 のなす角度が 107.6° 以上	左足を閉じてください
θ_2 のなす角度が 79.4° 以下	右足を開いてください
θ_2 のなす角度が 103.4° 以上	右足を閉じてください
肩同士の距離と l の差が10%以上/以下	両足を肩幅に開いてください

5. まとめと今後の展望

左官は暗黙知を含む技能の1つであり，その習得には長い時間が必要である。本研究では，インタビューで得られた左官作業においてまず初学者が学習すべき点の1つである左官作業姿勢について，技能指導の場面でよく使用される声掛けによる動作修正のフィードバックに着目した。まず理想的な左官作業姿勢の状態を調査した。学習者の姿勢が理想的な左官作業姿勢から離れている場合に，具体的な修正点を持った音声指導を行う左官作業姿勢の個人学習支援システムについて試作・検討を行った。

今後の展望について説明を行う。現状はフィードバックの内容の検討とシステムの試作の段階まで進んでいる。今後は実際に左官作業姿勢の学習に対して有用であるかを調査する必要がある。また，このシステムと同様に左官を対象としているリアルタイムフィードバックシステムや振り返り学習システムなどと比較実験を行い，どのような点においてシステムが優れているか，またはどこを改善すべきかを調査する予定である。また，本研究においては左官作業姿勢を学習の対象としているが，今後はこれ以外の左官作業についても研究を行い，総合的な左官学習環境を構築する予定である。

謝辞

本研究は，JSPS 科研費 JP23K02735 の助成並びに，JST 次世代研究者研究挑戦的プログラム JPMJSP2163 の支援を受けたものです。

参考文献

- (1) George Tzetzis, Evandros Votsis, Thomas Kourtessis: “The Effect of Different Corrective Feedback Methods on the Outcome and Self-Confidence of Young Athletes”, *Journal of Sports Science and Medicine*, 2008, Vol. 7, Issue 3, pp. 371-378 (2008)
- (2) 高井由佳, 後藤彰彦, 佐藤ひろゆき, 濱田泰以: “熟練職人の形式知を取り入れた京壁塗り習熟 e ラーニング教材の構築”, 教育システム情報学会誌, Vol.33, No.2, pp84-93 (2016)
- (3) 株式会社ネクストシステム: “VisionPose”, <https://www.next-system.com/visionpose> (2025.5 参照)