

生体センシング技術による左官技能の分析に関する一考察

前田建設工業株式会社 正会員 ○今井 嵩弓
前田建設工業株式会社 正会員 白根 勇二

1. はじめに

技能労働者の高齢化とそれに伴う担い手不足は、建設産業における喫緊の課題である。これらの課題に対して、生産性の向上を目的とした自動化技術の開発や、入職者の増加を目的とした働き方改革の促進など、様々なアプローチで対策が進められている¹⁾。

著者らは、熟練した技能労働者（以降「熟練者」、対する労働者を「非熟練者」と称す）が有する高度な技能を分析し、技能教育を高度化することを目的に、生体センシング技術による技能伝承に着目した。具体的には、熟練者・非熟練者の作業状況を生体センシング技術により計測し、データを分析することで、作業中の動作の差異を評価しようとするものである。

本稿は、左官工を対象に、生体センシング技術の有用性について検討した結果を報告する。

2. 生体センシング技術の概要

代表的な生体センシング技術には、モーションキャプチャ、アイトラッキング、筋電図法（ElectroMyo Graphy : EMG）等がある。

モーションキャプチャは、人体の動作を計測する技術であり、スポーツ分野での活用がよく知られている。従来の光学式や慣性式に加えて、近年ではAIを活用した画像式も用いられている。

アイトラッキングは、人間の瞳孔を検知し、その向きから対象者の注視点を計測する技術である。例えば、マーケティング分野では、消費者が宣伝広告のどこに着目しているかを分析する手段として用いられている。

筋電図法は、筋繊維が収縮する際に生じる数 μ V～10mVの活動電位から筋力の増減を捉える技術である。発揮する筋力に応じて収縮する筋繊維量が増減するため、筋力が強い場合は活動電位が大きく、弱い場合は小さくなる。ただし、筋繊維の量や長さには個人差があるため、異なる被験者の間で絶対値による比較ができないことに留意する必要がある。

3. 左官工の技能評価実験の概要

実験では、左官工の壁・天井のモルタル下塗り作業を対象として、図-1に示すような両面が対称のモックアップを製作し、熟練者と非熟練者が同一条件のもとで作業した。その状況をモーションキャプチャ、アイトラッキング、筋電図法により計測した。被験者は、左官工の従事歴が33年の熟練者と従事歴3年の非熟練者の各1名とした。なお、いずれも右手で作業を行った。

モルタルの塗付け面にはラス網が不要でモルタルを塗り付けられる壁面ボードを使用し、モルタルの1回の塗付け厚さを5mmに設定して、壁面は3層（計15mm厚）、天井面は2層（計10mm厚）塗り付けた。塗布材料は、剥落しやすい1層目には付着性能の高いポリマーセメントモルタルを、塗り重ねる2・3層目には一般的な1:3モルタルを使用した。また、実験時期が冬季であったことから、全ての層で硬化促進剤を添加した。

モーションキャプチャは、最も高精度な光学式を使用した。また、アイトラッキングはウェアラブル型、筋電図法は皮膚表面に電極を張り付ける表面電極方式と、人体が動作する状況下でも計測可能な方式を採用した。

4. 実験および生体分析の結果

モーションキャプチャにより関節の動きを評価した結果を図-2(a)および(b)に示す。縦軸の変動係数は、関節を挟むように設置したマーカー間の距離について一定時間の平均値を求め、それを標準偏差で割った値であり、関節の動きを表している。熟練者は、概ね全て

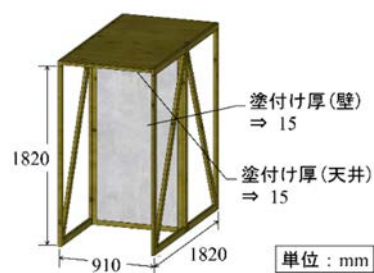


図-1 モックアップの寸法

キーワード 技能伝承, 左官, モーションキャプチャ, アイトラッキング, 筋電図法
連絡先 〒270-0156 茨城県取手市寺田 5270
前田建設工業(株) I C I 総合センター TEL0297-85-6171 (代表)

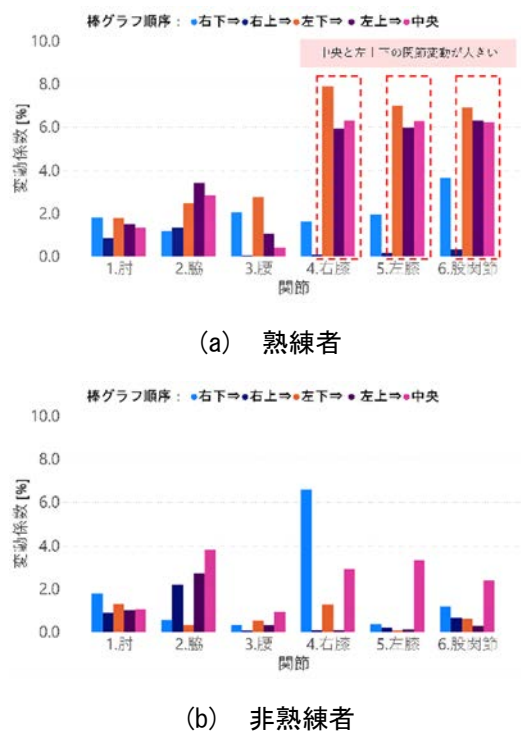


図-2 塗付け中の関節の変動係数

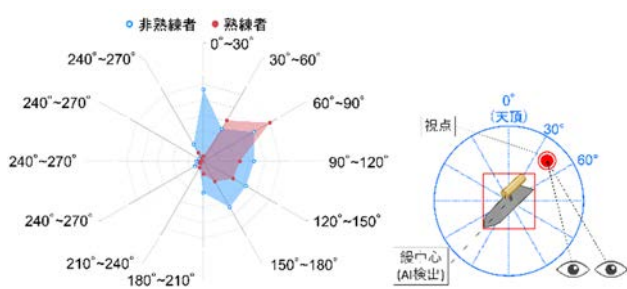


図-3 罎中心を基準とした 30° ごとの注視時間

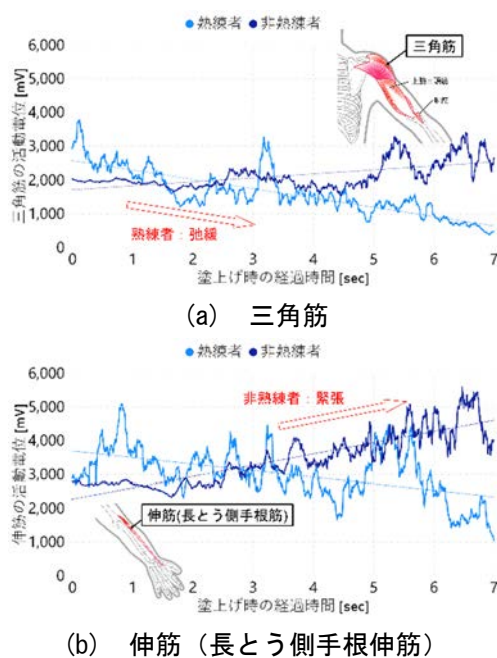


図-4 塗付け中の筋電図

の関節が変動していたが、中央と左上下の施工時に両膝と股関節が特に大きく変動することが確認できる。一方、非熟練者は、肘や腋の腕部分は熟練者と同様であったが、両膝と股関節については変動が小さかった。すなわち、熟練者は全身を使って塗り付けるが、非熟練者は腕だけを動かして塗り付けていることがわかる。

図-3 は、左から右へと塗り付ける際の視点の分析結果である。角度は、物体認識 AI により検出した罎の中心を基準に視点がどの範囲に位置するかを示しており、目盛は作業中にどの程度の時間を注視していたかを示している。同図から、両者は共通して罎の右側を見ているが、熟練者は特に 60°~90° の間に視点が集中したことがわかる。これは、熟練者は罎を見ずに塗り付けるようとする先に注目することに対し、非熟練者は罎やその他の個所にも視点が散乱し、塗り付ける先に集中できていないものと考えられる。

図-4 に塗り付け時の筋電図を示す。前述の通り、活動電位は絶対値では比較はできないため、近似線の傾きをもとに考察する。まず熟練者は伸筋に比べ三角筋の減少傾向が大きい。これは図-2 の考察でも述べたように、熟練者は全身を使って塗り付けるため、上腕と胴体の支点となる肩において変動が大きくなったと考えられる。反対に非熟練者は三角筋に比べて伸筋における活動電位が増加傾向にあり、これもまた図-2 の考察と同様に、腕だけで塗り付けていることを表している。

5. まとめ

本稿では、生体センシング技術によって左官工のモルタル下塗り作業を計測し、熟練者と非熟練者の動作の差異を分析した。その結果、関節の変動係数や注視時間、筋電位の傾向に差が生じていることが明らかとなり、生体センシング技術が左官工の作業状況の分析に対して有用であることを示した。今後は、熟練度によって品質、仕上がり、歩掛り等に差が出やすい他の工種についても評価し、技能伝承における生体センシング技術の活用を検討したいと考えている。

参考文献

- 1) 国土交通省, 建設業働き方改革加速化プログラム, <https://www.mlit.go.jp/common/001226489.pdf>, 2018.3
- 2) 高橋宏樹ほか: 左官のモルタル塗り動作時の塗面にかかる荷重および筋電位に関する基礎的検討, 日本建築学会構造系論文集, v.717, 2015.11