

品質見える化のための画像センシング技術に関する研究開発（第5報）

－接着剤塗布作業における動作の数値化手法の検討－

松原早苗*、渡辺博己*、内野義友輝*、浜田忠美†、生田健治†

Research of image sensing technology for visualization of quality (V)

- Consideration of motion quantification method in adhesive application work -

MATSUBARA Sanae*, WATANABE Hiroki*, UCHINO Yoshiyuki*,
HAMADA Tadayoshi† and IKUTA Kenji†

本研究では、製造業における作業の生産性、品質の向上を目的とし、作業者の動作を分析し、評価することで、作業時間の計測や作業ミスの検知、作業習得の支援等を可能とする作業支援システムの開発を目指している。本年度は、接着剤の塗布作業を対象とし、塗布動作の数値化手法について検討した。塗布作業においては、適切な位置と分量で塗布することが必要となるため、塗布する工具の位置と動き、接着剤の流量のデータを取得した。実際の作業現場で収集したデータを分析し、考察した結果について報告する。

1 はじめに

近年、製造業の市場ニーズに迅速に対応するため、従来の大量生産から多品種少量生産、変種変量生産への移行が進んでいる。このような生産形態では、ライン化や自動化が難しく、変化に柔軟に対応できる人手による作業が重要である。

しかしながら、人手による作業には、「作業ミス」や「作業時間や作業品質のばらつき」、「作業習得に要する時間」など様々な課題が存在する。これらの課題を解決するためには、作業を客観的に評価し、適切な支援を行うことが必要であるが、常に作業者に対して観測者を配置することは現実的ではない。

そこで、本研究では作業者の動きをリアルタイムに数値化し、分析することで、作業を客観的に評価し、作業ミス検知や作業ナビゲーション、作業改善、作業習得等を行う作業支援システムの開発を目指している。具体的には、作業を数値化し、標準作業を定め、実際の作業と比較することで作業を評価するアプローチをとる。これまでに、カメラ映像から作業者の手の位置を検出し、その時系列データを評価することで、「部品の取り付け作業忘れ」や「ネジの締め付け作業忘れ」などの作業ミスを検出するシステムを開発した¹⁾。

本年度は、作業対象部品（以降、ワークと呼ぶ）に接着剤を塗布し、部品を取り付ける組立工程の接着剤塗布作業を評価の対象とした。接着剤塗布作業では、「塗布作業忘れ」や「塗布量の過不足」により製品の品質が低下するリスクがある。そのため、適切な位置に適切な分量の接着剤が塗布されているかの確認が求められるが、組立工程後に、外観から塗布の状態を確認することは困

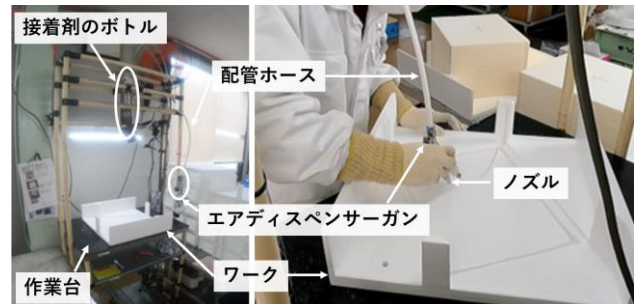


図1 作業環境と作業の様子

難である。そのため、塗布作業の実行状況をリアルタイムに観察し、適切に塗布作業が行われているかを評価する技術が求められる。

そこで、本研究では、塗布作業を数値化し、適切な作業として標準作業を定め、実際の作業と比較することで、塗布作業が適正かを評価する方法を採用する。本稿では、第一ステップとなる塗布作業における動作の数値化手法について検討し、実際の作業現場で収集したデータを分析し、考察した結果について報告する。

2 対象作業の概要

本稿で対象とした接着剤塗布作業の作業環境と作業の様子を図1に示す。作業環境は、ワークを置く作業台の上部に接着剤のボトルが配置されている。作業者は、エアディスペンサーガン（以降、ガンと呼ぶ）を握ることで、接着剤が配管ホースを通り、ノズルから吐出される仕組みである。

対象作業では、合計8箇所に接着剤を塗布する。各箇所の塗布を開始する前に、作業者は、塗布しやすいようにワークを回転させ、ノズルを指定箇所の始点に運ぶ。その後、ガンを握った状態で指定箇所に沿って移動させる塗布動作を行う。この一連の手順（1 サイクル）を、

* 情報技術部

† 東プレ株式会社岐阜事業所

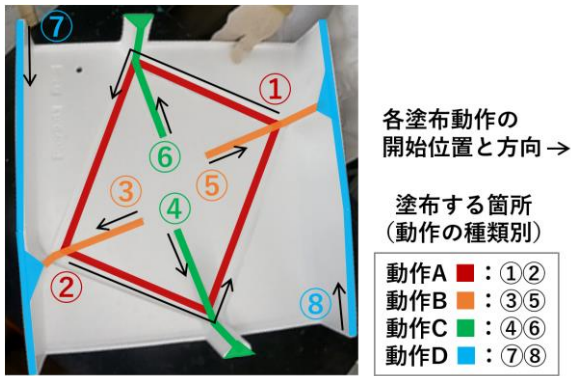


図2 塗布する箇所と順序、及び塗布動作の種類

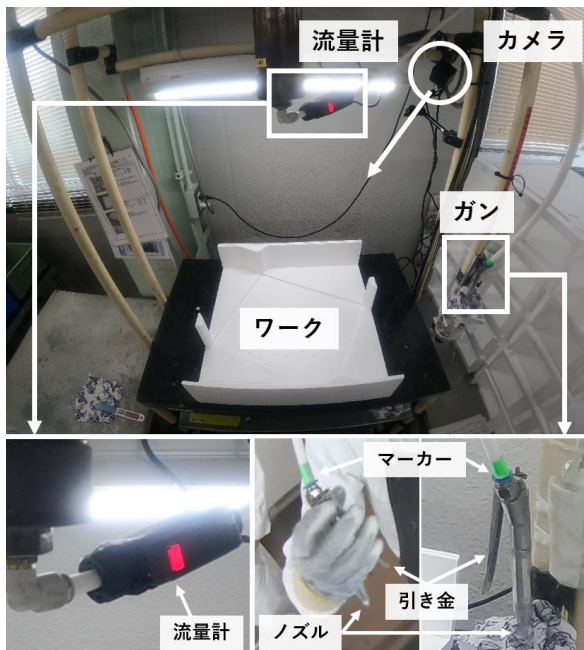


図3 カメラ、マーカー、ガン、流量計の配置

図2に示す①から⑧の順に行う。

作業者は、塗布しやすいようにワークを回転させた後、塗布するため、指定箇所が同じ形状の場合、塗布動作はほぼ同じ動きとなる。そのため、塗布動作は、合計8箇所で行うが、動作は4種類に分類される。具体的には、動作Aが①と②、動作Bが③と⑤、動作Cが④と⑥、動作Dが⑦と⑧である。

3 塗布動作の数値化

塗布動作は、ガンを握った状態で指定箇所に沿って移動させる動作である。この塗布動作を定量化するため、ガンの位置と動き情報を取得し、数値化する。また、接着剤の塗布量を計測するため、流量計を使用する。

3.1 位置情報の取得

ガンの位置情報を簡便に取得するため、カメラ映像からマーカーの位置を検出する方法を用いる。ガンの上部とホースの接続部に緑のテープをマーカーとして貼り付け、これを上方から捉えるようカメラを設置する。カメ



図4 ガンの移動軌跡と動きの方向



図5 動きの方向と色の関係

ラとマーカー、ガン、流量計の配置を図3に示す。

画像中の緑成分の高い領域を抽出し、その中で面積が最大となる領域の重心座標をマーカーの位置として検出する。マーカーの誤検出を防ぐため、塗布作業時にマーカーが移動しうる範囲をあらかじめ手動で指定する(図4)。

3.2 動き情報の取得

ガンの動き情報を取得するために、3.1にて取得したガンの位置情報の時系列データを基に、各位置での動きの方向(以降、動き方向と呼ぶ)を算出する。例として、動作Aで検出されたガンの位置に、丸印でプロットしたものを図4に示す。色は動き方向を表しており、色と動き方向の関係を図5に示す。動作Aの場合、ガンを底面上の長方形の2辺に沿って移動する動作であり、1辺目は赤、2辺目は緑で表示されている。これにより、ガンが一方方向に直線的に移動していることがわかる。

3.3 塗布量情報の取得

接着剤の塗布量情報を取得するために、配管内を流れる接着剤の流量を超音波で計測するクランプオン型の流量計(株式会社キーエンス製センサヘッド FD-XS20 およびコントローラ FD-XA1)を用いる。クランプオン型の流量計は、測定機器を配管の外側にクランプで取り付けるため、流体の流れに影響を与えない。流量計の設置位置は図3に示すとおりである。

4 実験

本稿では、2章で述べた接着剤塗布作業の実際の作業現場においてデータを収集した。ここでは、その作業の塗布動作を数値化した結果と、得られたデータの分析結果について説明する。

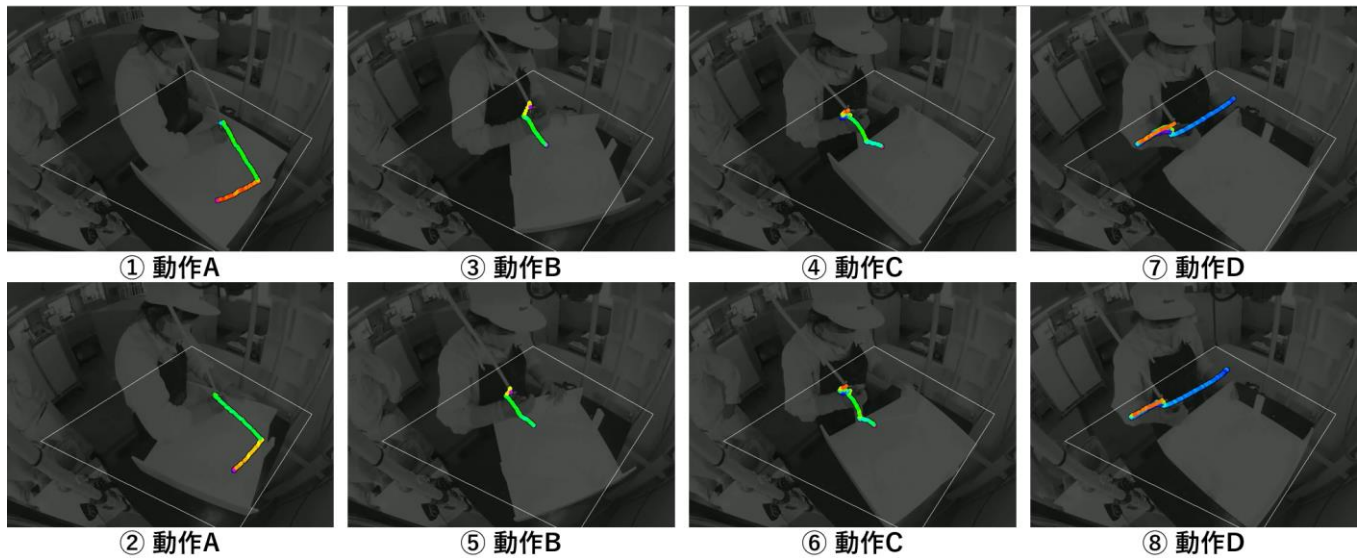


図7 各塗布動作のガンの移動軌跡と動き方向

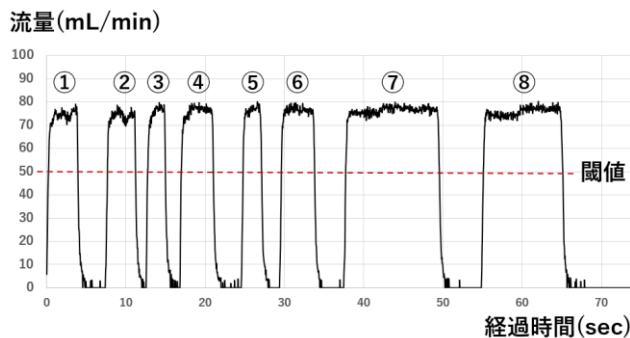


図6 1サイクルの流量の時系列データ

実験では、一人の作業者により実施された 18 サイクルの接着剤塗布作業を、カメラ映像と時系列の流量データで記録した。カメラ映像は、解像度 640×480、フレームレート 30fps で撮影した。流量の計測範囲は、実験的に 0～100mL/min に設定し、サンプリングレートはカメラ映像と同期して 30 回/sec とした。

4.1 流量データの分析

接着剤塗布作業 1 サイクルの流量の時系列データを図 6 に示す。すべての塗布動作を通じて、流量は 70～80mL/min の範囲内で一定していることがわかる。作業者は、塗布量を調整する際、ガンの握り具合を変えるのではなく、ガンは握るか離すかの操作を行い、ガンの移動速度を変えることで塗布量を調整しているとのことであった。図 6 の流量の時系列データからも、塗布動作の種類に関わらず流量は一定であり、作業者の説明と一致している。

塗布動作中の流量が 70～80mL/min の範囲でほぼ一定であることから、流量が 50mL/min 以上である場合に塗布動作が行われていると判断し、この閾値を用いて、カメラ映像から塗布動作の区間を切り出すこととした。

4.2 1 サイクルのデータ分析

接着剤塗布作業 1 サイクルのカメラ映像から切り出し

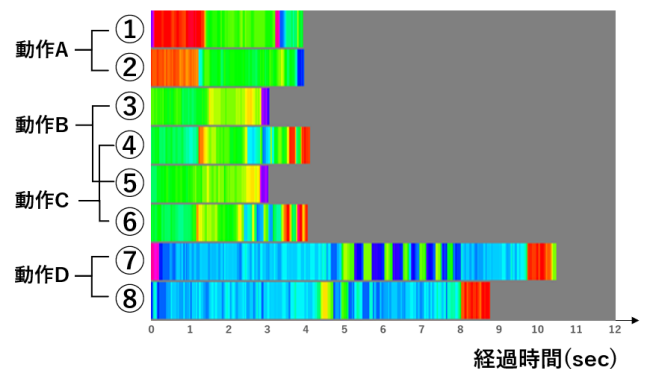


図8 各塗布動作の動き方向の時間変化

た塗布動作①から⑧の区間の映像に対して、ガンの位置と動きのデータを抽出した結果を図 7 に示す。ガンの検出位置に、動き方向に対応した色で、丸をプロットした。図 7 より、動作 A の①と②、動作 B の③と⑤、動作 C の④と⑥、動作 D の⑦と⑧のように、動作の種類毎に移動軌跡、動き方向が類似していることがわかる。

図 8 は、横軸を経過時間として各塗布動作の動き方向の変化を示すバーグラフである。この結果からも、塗布動作の種類毎に動きが類似したパターンになっていることがわかる。また、バーグラフの長さは、各塗布動作の所要時間に対応しており、流量データの分析から、塗布動作の時間を計測可能であることを示している。ただし、動作 A と動作 C の所要時間が近いため、時間データだけではどの塗布動作が行われたかを区別することは難しい。しかし、ガンの位置と動き方向の分析を加えることで、動作の種類を正確に識別できると考えられる。

4.3 18 サイクルのデータ分析

一人の作業者による接着剤塗布作業の 18 サイクルのカメラ映像から塗布動作①から⑧の映像を切り出し、抽出したガンの動き方向の時間変化を図 9 に示す。この図

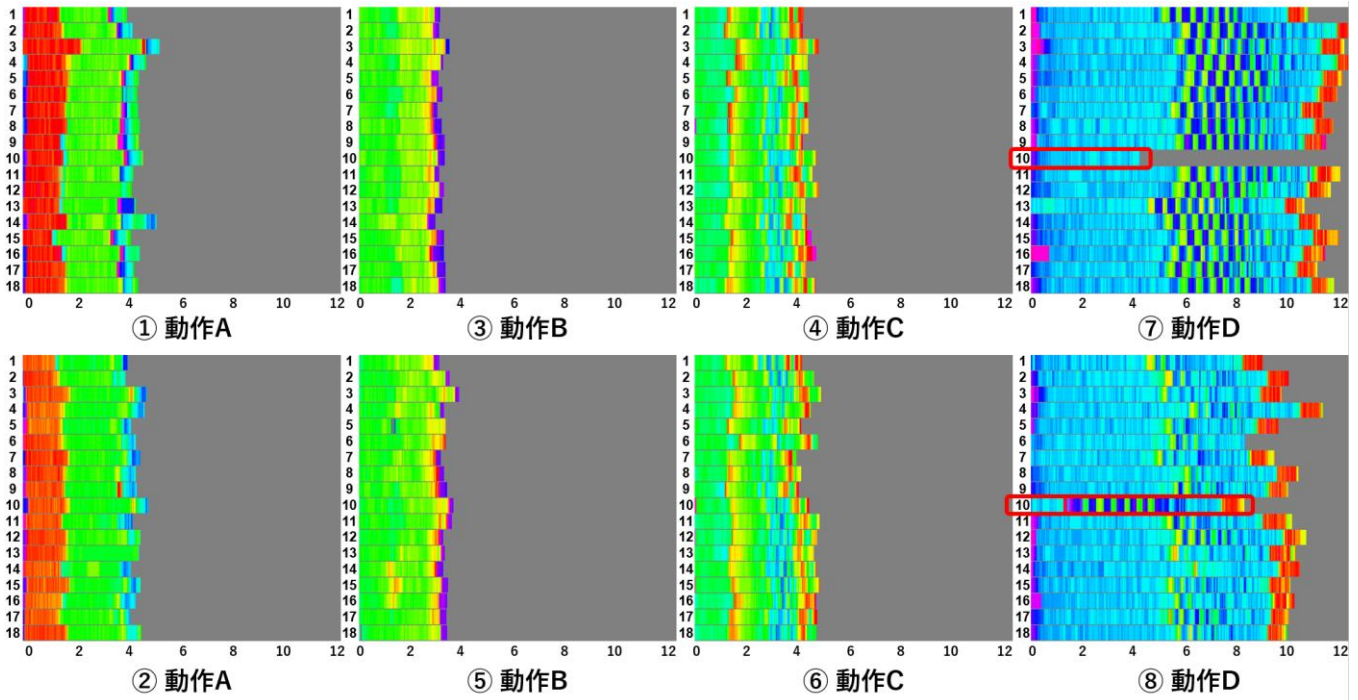


図9 18サイクルの各塗布動作におけるガンの動き方向の時間変化(縦軸：サイクル番号、横軸：経過時間(sec))

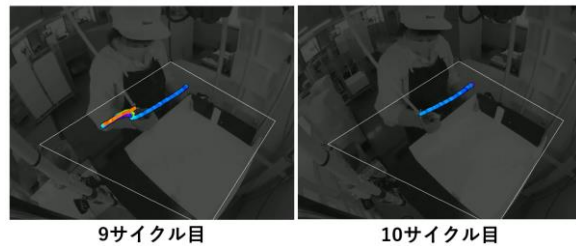
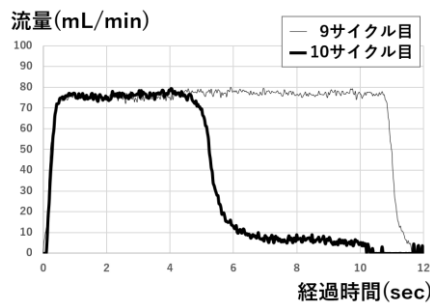


図10 塗布動作⑦における9サイクル目と10サイクル目のデータの比較(流量データ(左)と移動軌跡(右))

では、塗布動作別に、縦軸を作業サイクル番号、横軸を経過時間とし、動き方向の時間変化をバーグラフで表示している。この結果から、全18サイクルを通じて、塗布動作の種類毎に動き方向変化のパターンと所要時間がほぼ一致していることがわかる。

図9の⑦のバーグラフにおいて10サイクル目のデータでは、作業が中断したことがわかる。これは、接着剤ボトルが空になったためであった。ボトルの交換後、⑦の塗布動作を中断した箇所から続行した部分のデータが⑧のバーグラフの10サイクル目に示されている。また、実際に行った⑧の塗布動作のデータは、図9に反映されていない。図10に、⑦において、接着剤が尽きた10サイクル目と、適正に塗布された9サイクル目の流量データとガンの移動軌跡を比較した結果を示す。これにより、接着剤が切れた際にそれを検出できること、及びガンの位置情報から塗布がどこまで進んでいたかを特定できることがわかる。

これらの結果から、ガンの位置と動きの情報、流量のデータは、接着剤塗布作業が適正かを評価するのに有効

であると考えられる。

5 まとめ

本稿では、接着剤塗布作業を評価するための第一ステップとなる塗布動作の数値化手法を検討した。具体的には、カメラ映像を用いてガンの位置と動き方向を抽出し、流量計を使用して塗布量を計測した。実際の作業現場で収集したデータを基に、塗布動作を可視化した結果、塗布動作の種類毎に類似したパターンを示すことを確認した。

今後は、ガンの位置と動き、塗布量の情報を基に、標準作業を定め、実際の作業と比較することで塗布作業が適正かを評価する方法を検討する予定である。

【参考文献】

- 1) 松原ら,岐阜県産業技術総合センター研究報告 No.3, pp85-88, 2022
- 2) 松原ら,岐阜県産業技術総合センター研究報告 No.4, pp91-94, 2023