

生産設備のセキュアな高度化技術の研究

[研究代表者] 内藤克浩（情報科学部情報科学科）

[共同研究者] 水野公博、青木厚憲（三菱電機エンジニアリング株式会社名古屋事業所）

研究成果の概要

本研究では、生産設備で使用されるファクトリーオートメーション（FA）の高度化を目指した研究を実施している。昨年度は生産現場で活躍する人的リソースの高度化を目指したテーマを対象に研究を推進した。FAをはじめとした生産現場では、機械により自動化されている作業が多数ある一方、検品、組み立てなど、様々な人による手作業も残されている。手作業による工程は作業者の経験や体調などの影響を受けやすく、製品品質を安定させるためには、手作業による工程を評価・分析する手法も重要となる。昨年度の研究では、人的作業の身近な例として、調理行動を例題とした評価手法の確立を目指した研究を実施した。提案手法では、ウェアラブルセンサを利用することにより、調理動作を定量化するとともに、料理行動のベースとなるレシピを基準とした、他者との比較も行えるシステム開発を実施した。提案システムで想定する評価はレシピを用いて調理行動を行うものであることから、FAなどの手作業工程における、組み立てマニュアルに準じて作業を行うことと類似性が高く、身近な研究対象にも関わらず、そのシステムの横展開の可能性は高いと考えて実施を行った。また、調理行動やFAの手作業工程などでは、作業者が移動することもあるため、定点だけでなく定点間の移動分析に関してもセンシングデータから分析を行うシステムを実現した。実証実験では、スマートウォッチとスマートフォンに内蔵されているセンサーを利用することにより、切る動作や炒める動作などの作業の抽出を試みた。複数の被験者の結果を評価したところ、各個人の特徴的な行動を取得可能であることを確認するとともに、同一人物の繰り返し評価による作業スキルの改善なども見受けられ、手作業工程の基礎的な評価になりうるものとの結論を得た。

研究分野：モバイルコンピューティング

キーワード：ファクトリーオートメーション、サービス高度化、エッジコンピューティング、仮想計算資源、分散処理

1. 研究開始当初の背景

生産設備の自動化システムはファクトリーオートメーション（FA）と呼ばれており、加工、組み立てなどの工程を、機械による生産ライン上の工程として自動化している。生産ラインは自動化部分と人による手作業が混在していることが一般であり、高度な生産性の向上を目指すためには、自動化部分の改善だけではなく、手作業の作業品質や効率を一定水準以上に維持し続けるための枠組みも必要不可欠である。

手作業による作業は、通常は作業マニュアルが準備されており、作業員はマニュアルに準じて作業を進めていく。しかしながら、作業員の経験や体調などの要因により、マニュアル通りの作業が行われないこともあり、手作業の作

業品質の維持に困難が生じている。そのためには、人の作業行動を容易にセンシングする手段と評価システムが必要不可欠となりつつある。このようなシステムは、作業員自身の作業品質の向上のみならず、熟練作業員の作業を定量化することにもつながることから、様々な用途に活用可能と期待されている。

2. 研究の目的

本研究では、身近な手作業の例として調理を題材として、調理動作を分析・比較することにより、作業分析を容易にするシステムの実現を目的とする。手作業の例としては、作業マニュアルの代わりにレシピサイトで公開されているレシピ情報を用いて調理行動を行うことにより、本人の

繰り返しの作業の定量化だけではなく、異なる作業者の調理行動間の評価も目指すものである。

3. 研究の方法

提案システムは、切る・炒めるなどの調理動作を推定する機能、場所を認識することにより、冷蔵庫の開閉などの動作を推定する機能、これらの情報を整理して評価分析する機能に大別して構成される。センシングにはウェアラブルデバイスとして、調理動作の推定にはスマートウォッチを利用し、場所の認識にはスマートフォンを利用した。評価分析では、5つの項目「調理動作のセンシング、調理能力と効率の分析、分析データの共有、共有されたデータの比較、分析データや比較の可視化」の観点から分析を行い、これらの指標を用いることにより、作業者間や作業者自身の特徴の分析を行った。

調理動作の比較では、ウェアラブルデバイスから得られる主に加速度の情報を利用することにより、調理動作がレシピに沿った動作をしているのかデータ化を行う。スマートウォッチを利用して取得した調理動作のデータとスマートフォンを利用して取得した位置に基づく調理作業のデータを組み合わせたのち、特徴量である切った回数・冷蔵庫を開けた回数などが抽出される。抽出データはクラウドサーバー上でレシピ情報と紐づけて共有されることにより、自身の調理行動の分析だけではなく、他者との調理行動の比較もデータとして可視化可能である。このような自身及び他者との比較が容易になることにより、自身の成長や改善点が明確になり、今後の調理へのモチベーションが向上すると見込まれる。

具体的な特徴量の抽出としては、昨年度は主に切る動作に着目したため、手の上下方向の加速度の変化に注目した。図1は切る動作中の加速度の変化であり、緑のマークの場所が切る動作に関する加速である。個人により、加速度の変動幅や周期が異なるが、切る動作を抽出するには十分な特徴があることも確認することができ、特定の動作を想定した場合、ある程度一般的な特徴抽出が可能との基礎的な評価を得た。

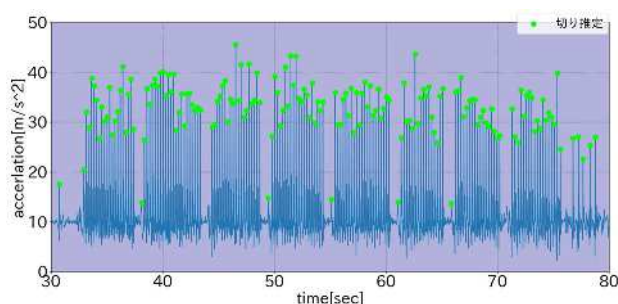


図1 切る動作の加速度データ例

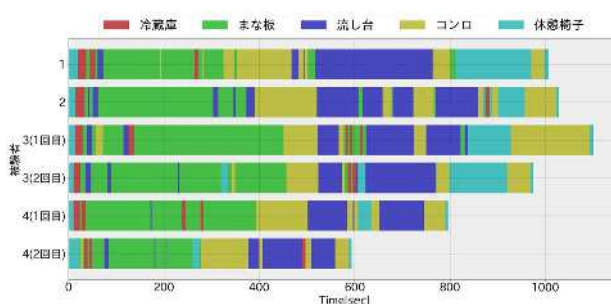


図2 実験における作業分析例

4. 研究成果

昨年度はハンバーグ調理の工程を例として、4名の被験者に依頼して評価実験を実施した。調理環境には、冷蔵庫・まな板・流し台・コンロ・休憩スペース（椅子）を準備することにより、5箇所の場所の推定と、主にまな板での調理動作の評価を実施した。

図2は実験を通して分析した作業場所推定例を示しており、各被験者の作業場所の推定が行われていることが確認できる。そして、被験者間の違いを確認することにより、同じレシピを用いたとしても被験者により作業の時間比率が大きく異なることが確認できる。さらに、同じ被験者であっても作業を繰り返すことにより、作業の時間比率が変化していることも確認できる。

5. 本研究に関する発表

- (1) 加藤風真、熊澤綾人、梶克彦、高島信秀、内藤克浩、中條直也、水野忠則、“行動センシングデータ収集に基づく調理行動比較分析 Web システムの基礎検討”、情報処理学会 第86回全国大会 7ZC(5) pp. 1-2 2024年3月。
- (2) Ayato Kumazawa, Fuma Kato, Katsuhiko Kaji, Nobuhide Takashima, Katsuhiko Naito, Naoya Chujo, Tadanori Mizuno, “Analysis and Sharing of Cooking Actions Using Wearable Sensors,” 17th International Workshop on Informatics (IWIN2023) 1(1) 2023年9月。