

# 指導タイミングに着目した調理動作の特徴量エンジニアリング Feature Engineering of Cooking Action Focusing on Instructional Timing

西尾 康佑\*      島川 博光\*      原田 史子†  
Kosuke Nishio      Hiromitsu Shimakawa      Fumiko Harada

## 1. はじめに

現在コロナウイルスの影響などで、人間を介さない食提供システムが求められている。調理現場での作業員の安全のため、下げ膳をロボットに担わせることを考える。漸進的に無人化を進めていく、人間とロボットが共存する環境では、作業環境が変化していく。また、ロボットが人間の動作に合わせて作業環境に柔軟に対応できなければならない。そこで、人間の下げ膳動作をロボットへ継承することを考える。熟練者が初心者に作業のコツを教えるように、各現場にロボットに作業の重要点を教える必要がある。ロボットへのティーチングを鑑み、本研究では主に、ロボットへ技術を継承する前段階として、人間の下げ膳動作における重要な特徴量を算出する方法を提案する。

## 2. 密室空間の無人化

### 2.1 既存の無人食提供

現在世界中でコロナウイルスが大流行しており、飲食店などの感染リスクの高い場所では営業が困難な状況が続いている。そのため、安全な状況で経済活動を再開させるためには、できる限り人員を減らし、感染リスクを抑える必要がある。そこで本研究では、病院や飲食店での完全無人化の食提供システムを目指す。食事を食卓まで運ぶ配膳における研究として、高橋らは病院内を自律的に移動するワゴン車牽引ロボットを開発し、障害物に衝突することなくゴールに到達できることを確認した [1]。また、食べ終わった食器を片付ける上げ膳動作における研究として、水内らは、食器を近接覚・触覚センサで認識しロボットアームで食洗機へ運搬することに成功した [2]。また太田らは、食器を画像認識しロボットアームで把持し、全ての食器を落とすことなく食器かごに片付けた [3]。

### 2.2 IT が実現すべき知識継承問題

[2][3] とともに便宜上、食洗機の種類や位置などは既知としており、人間が介在する環境においては、作業環境が変化していく可能性があり、柔軟に対応できるシステムとは言い難い。漸進的に無人化を進めていくことを考えると、実運用するには人間の動作に合わせて作業環境に柔軟に対応できるロボットが求められる。また、人間の動作のようなスムーズさも考慮していないので、効率を落としかねない。そこで本研究では、人間の下げ膳動作をもとに下げ膳動作ロボットを訓練させることを考える。人間の動作特徴をロボットへ継承する過程で、人間の動作特徴を抽出する必要がある。人間の特定の動作特徴を抽出し、スキル評価を行った研究がいくつか存在する。Zia らは加速度のみを用いて、86.8 % の分類精度で外科医の縫合スキルの熟練度を評価した [4]。また、Wang らは、バレーボールのスパイク動作のスキル評価を行い、

加速度データのみを用いて、94 % の分類精度でエリート、サブエリート、アマチュアの 3 値分類を行った [5]。以上のように加速度データを用いた人間動作の特徴抽出の可能性は高く、本研究の上げ膳動作においても同じように加速度データを用いて高精度の特徴抽出ができると考えられる。

## 3. 上げ膳動作の重要特徴抽出法

### 3.1 人への継承に基づくロボット制御

本研究では、人間の上げ膳動作をロボットに継承させることを目標としている。人間の動作特徴をロボットへ継承する過程を以下に示す。

1. ウェアラブルセンサを用いた人間の動作データ収集
2. 重要変数を抽出
3. 人間の上げ膳動作の数式モデル化
4. 数式モデルを実現するようにロボットを訓練

ロボットに継承させる動作として、熟練者の上げ膳動作をデータとして取得する必要がある。市販のウェアラブルセンサを手首と頭に取り付け、上げ膳動作を加速度データとして取得する。取得するデータは熟練者から初心者へ上げ膳動作を教育する際のデータとし、初心者が上達する過程で、どのような特徴量が上げ膳動作において重要であるかを算出する。算出した重要変数群から上げ膳動作の重要動作を抽象化した数式モデルを作成する。数式モデルをもとにロボットを訓練させることで、人の動きに近いロボットを作成することが期待される。

### 3.2 師匠と弟子の動作差分

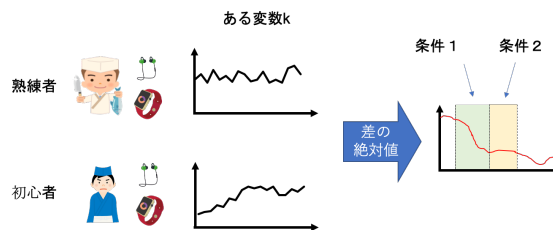


図 1: 重要変数の算出法

本節では、3.1 節で述べた重要な変数群を同定するアルゴリズムについてさらに詳しく説明する。重要変数の算出法を図 1 に示す。熟練者と初心者それぞれの上げ膳動作を加速度データとして取得し、特徴量エンジニアリングによって得られたある変数  $k$  が重要変数として認められるかどうかを考える。初心者の動作はぎこちなく効率の悪い動作になっていると考えられるため、はじめは初心者と熟練者の動作には大きな差があると考えられる。そのため、熟練者と初心者の間に初期の段階で大きな差

\*立命館大学

†株式会社コネクトドットコム

がない変数はあまり重要でない変数である。また、熟練者が初心者に対し教育する過程で、初心者はある時点でコツを習得し、熟練者との動作差分が急激に小さくなる箇所があると考えられる。そのため、教育されるにつれて熟練者に近づいているにも関わらず、時間とともに類似していかない変数はあまり重要でない変数である。以上をまとめると、移動平均を取ることでノイズをキャンセルした熟練者と初心者の差の絶対値を  $g$  としたとき、重要変数は以下の条件を満たすと考えられる。

1. 開始から一定時間は、 $g$  が単調減少しているかつ、ある地点で急激に  $g$  が小さくなる。
2. 条件1の後、 $g$  が0に近づきその後ほぼ変動しない

$$\frac{\partial g}{\partial t} < 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 g}{\partial t^2} < 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial g}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

それぞれを数式に変換すると、条件1は式(1)(2)、条件2は式(3)となる。以上のように条件1, 2を満たす変数を見つけることで、重要な変数群を同定することができる。

### 3.3 特徴量エンジニアリング

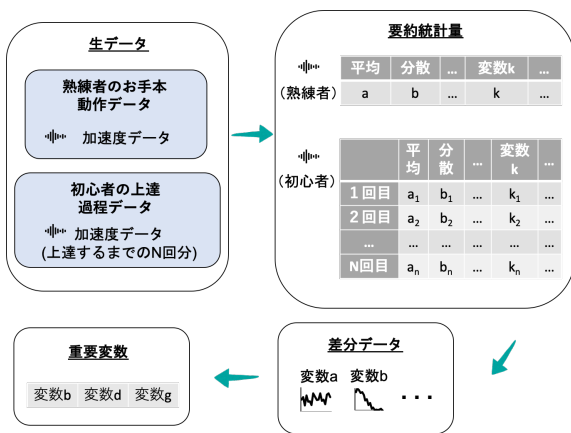


図2: 手法概要図

生の加速度データから重要変数群を同定する過程を図2に示す。生データとして、熟練者のお手本動作と初心者の上げ膳動作データを用意する。市販のウェアラブルセンサを手首と頭に取り付け、熟練者と初心者の上げ膳動作を加速度データとしてそれぞれ取得することを想定する。本手法を適用するには、完全な未経験からある程度上達するまでの期間分、初心者のデータを用意する必要がある。用意した経験者と初心者それぞれの生データに対し、平均や分散などの要約統計量を算出する。算出した要約統計量を変数とし、熟練者と初心者の差の絶対値を算出する。算出したそれぞれの差分データに対し、移動平均をとりノイズをキャンセルしたのち、3.2節の手法を用いることで、重要変数群を同定する。



図3: 上げ膳動作の分類器

### 4. 提案手法の有効性確認

3章で述べた特徴量エンジニアリングの有効性を確認するため、得られた重要変数を説明変数として上げ膳動作の良し悪しを見分ける分類器が作成できるか検証する。熟練者のデータと、初心者の上達する前のデータを用いて正しく2値分類できるか確認する。熟練者と初心者のデータそれぞれ複数サンプルに対し、3章で述べた特徴量エンジニアリングを行い、重要変数群を算出する。これらの重要変数群を説明変数として上げ膳動作分類器を作成する。機械学習アルゴリズムとしてランダムフォレストとサポートベクターマシンを採用し、分類精度を比較する。訓練データとテストデータの組に対して繰り返す交差検証の結果、高い分類精度が得られれば、本研究で提案した特徴量エンジニアリングの有効性が確認できる。

### 5. おわりに

本研究では、上げ膳動作の特徴量エンジニアリング方法を提案した。これはロボットを制御するための数式モデルを作成する足がかりとなる。現在人間が介入している食提供をロボットに代替させ、無人化することができれば、食堂関係者感染を防げるので社会的インパクトが大きい。感染防止に関係なくとも、食洗プロセスを無人化できれば、現在苦しんでおられる飲食業への支援にも繋がる。

### 参考文献

- [1] Takahashi, Masaki, et al. "Developing a mobile robot for transport applications in the hospital domain." *Robotics and Autonomous Systems* 58.7 (2010): 889-899.
- [2] 水内郁夫, et al. "近接覚・触覚によるなぞり形状推定に基づく多種食器操作キッチンアシストシステムの実現." *日本ロボット学会誌* 30.9 (2012): 889-898.
- [3] 太田正輝, et al. "1A2-A25 3本指ロボットハンドによる食器洗浄機への食器片付け動作の実現." *ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2010*. 一般社団法人 日本機械学会, 2010.
- [4] Zia, Aneeq, et al. "Video and accelerometer-based motion analysis for automated surgical skills assessment." *International journal of computer assisted radiology and surgery* 13.3 (2018): 443-455.
- [5] Wang, Yufan, et al. "Volleyball skill assessment using a single wearable micro inertial measurement unit at wrist." *IEEE Access* 6 (2018): 13758-13765.