

ウェアラブルデバイスを使用した複数センサの組み合わせによる調理行動の推定手法の検討

西 幸希^{†1} 梶 克彦^{†1} 水野 公博^{†3} 内藤 克浩^{†2} 中條 直也^{†2} 水野 忠則^{†2}

愛知工業大学情報学部

1 はじめに

近年ではスマートウォッチと呼ばれる腕時計型のデバイスやセンサグローブなど動作を取得できるウェアラブルデバイスが普及し始めている。それに伴い装着者の腕の動きを容易に取得可能となった。取得したデータはさまざまな用途で使用されているが、スポーツや医療分野では技能の向上や評価を目的とした応用が進んでいる。例えば、スポーツではアスリートの動きを詳細に計測してプロの動作と比較を行いパフォーマンスの向上や怪我の予防に役立てられている。医療分野では、患者のリハビリテーションや日常生活動作を監視するためにウェアラブルデバイスが使用されている。例えば、歩行解析や関節の可動域の測定を行い、回復状況を定量的に評価が可能となっている。従来の主観的な評価に比べて、より客観的で精密な技能評価が可能になっており、リハビリプランの最適化や治療の効果測定に役立てられている。

ここまでの例のように専門的な動作の技能評価は進んできているが、日常生活に関係してくる動作を評価しているものはまだ少ない。日常動作の中で技能が必要となってくる動作の一つに調理があげられる。調理技能の評価においても、これらのデバイスを用いて調理動作を詳細に記録・分析を行い、上達の過程や改善点を客観的に捉えられると考えられる。例えば今と過去の自分を比較した場合調理技術が向上しているのがわかりやすくなり、向上心が増加すると考えられる。また熟練者と調理動作を比較した場合も改善点が見つかり調理技能の向上に近づけるのではないかと考えられる。

そこで本研究では取得したデータを分析・加工を行い使用者の技能評価を行い、過去の自分との比較や熟練者との比較により動作を改善を促進し、使用者の調理技術向上を目的とする。アプローチとしてウェアラブルセンサを用いて調理作業のセンシングを行い比較するための特徴量を抽出する。

2 関連研究

本章では関連研究についてウェアラブルデバイスを用いた技能評価や技能向上・調理行動推定に分けて説明する。それぞれのカテゴリーが本研究との関わりを述べる。

2.1 ウェアラブルデバイスを用いた技能評価

スマートフォン内蔵のセンサを使用して生活行動を推定する研究 [1] やウェアラブルセンサを用いたヤスリがけ動作の技能評価による熟達者の動作の再現に関する研究 [2] やウェアラブルセンサを用いた運転技能評価に関する研究 [3] などがある。これらの研究ではウェアラブルデバイスを用いて集めたデータをもとに技能評価を行い使用者の技術向上を目指している。本研究では調理動作の技能評価による技能向上を目的としてウェアラブルセンサを使用する。

2.2 調理行動推定の研究

例えば調理行動の推定に専用の機材を用いる研究がある。包丁に直接加速度センサを取り付け包丁技術を判定する研究 [4] やマルチモーダルセンシングによる料理中のマイクロ行動の認識を目

指す研究 [5] や加速度センサを腕に取り付けて調理動作の判定を行う研究 [6] がある。これらの研究は主に調理機材やキッチン、人間にセンサ類を取り付けるなどの自作の装置を用いて調理動作を推定している。また先行研究として、ウェアラブルセンサを用いた調理の切る工程の分析の研究がある [7]。本研究ではウェアラブルセンサに内蔵されている加速度・角速度センサを用いて大掛かりな装置を使用せず調理工程の推定を行う。

3 ウェアラブルデバイスによるトラッキング

図1に本研究の全体像を示す。本研究ではウェアラブルセンサとしてスマートウォッチを使用した。先行研究 [7] では加速度のみを用いて推定するものもあるが、推定できる動作がかなり限定的である。そこで加速度・角速度を組み合わせ、端末の回転量や移動を算出し調理技能の分析に使用する。

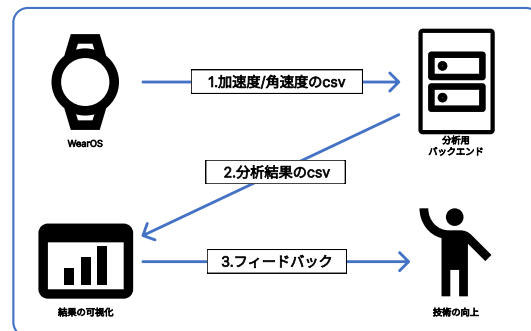


図1: 本研究の概要図

3.1 データの収集

スマートウォッチでセンシングを行うアプリを自作し取得した加速度・角速度を使用して推定を行う。基本的な包丁の握り方だと図2のようにウォッチの向きと包丁の刃の向きが一致する。そ

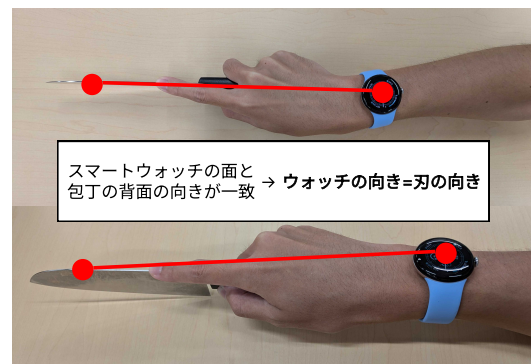


図2: ウォッチと刃の向きの相関

こで収集するデータとしては、包丁を持つ側の手首の動きをセンシングしたものを使用して包丁の動きの推定を行う。

3.2 データの加工

センシングしたデータを用いて端末の回転量と移動の推定を行う。今回は角速度と加速度に Madgwick フィルタを用いてセンサフュージョンを行い回転量をクォータニオンとして導出している。クォータニオンとは回転の量を表すもので、オイラー角や回転行列と相互に変換可能であり、上下がわからなくなるジンバルロックという現象が発生しない特徴がある。求めた回転量を使用して重力加速度を導出し、加速度から重力加速度を取り除き線形加速度を導出している。しかしこのままでは相対座標に基づいた移動なので、端末の姿勢を変化させながら動かすと異なる座標軸での移動と検出される。そこで次の式を用いて変換を行う。

$$\mathbf{a}_{\text{絶対}} = \mathbf{q} \cdot \mathbf{a}_{\text{相対}} \cdot \mathbf{q}^{-1}$$

絶対座標へ変換すると端末の姿勢が変化した際にも同じ方向に対する移動として検出可能となる。求めた絶対座標での線形加速度を二重積分して移動距離を導出している。しかし、このままでは積分により誤差が蓄積しており正しい移動距離が推定できていない。そこでハイパスフィルタを用いて、積分誤差の軽減をしている。3.2 で述べたように端末と包丁の動作は連動しているため、本推定手法により包丁の移動・角度を求められる。

4 刺身の平造り動作の分析

分析について切る工程を例にして、実際にどのような特徴が見られるかを調べた。

4.1 調査内容

センシング方法としてスマートウォッチ（PixelWatch2）を包丁を握る側の腕に装着し自作したアプリで加速度と角速度を収集した。被験者には 10cm ほどの魚の切り身を刺身にしてもらった。刺身を切る動作を分析の対象にした理由は、刃を入れる角度による身の厚みの変化や包丁を引く回数で断面の滑らかさなどの評価基準が考えられたからである。また、データのラベリングのために動画を撮影しながらデータ収集を行った。

4.2 データの分析

結果として得られた包丁の動作の一例を表したグラフを次の図に示す。このデータは 3 章で述べた推定手法を用いて求めた端末の回転量から変換した角度と移動を表している。赤くラベリングされている部分が実際に刺身を切り分けている部分である。また、青くラベリングされている部分は包丁を持つ動作と置く動作である。

3 次元的な動きを扱うにあたり扱うグラフで可視化してもわかりづらい。そこで図 4 のような求めた回転と移動を 3D 空間での可視化を行うシステムを作成した。この可視化システムによって、現実の動きとの比較が容易になり特徴量の抽出を行いやすくなった。

調理工程のラベルは撮影した動画から推測し手入力している。動画との同期は 3D 空間での可視化システムで見比べて行っている。特に変化が見られた Y 座標軸の移動距離と推定した切ったタイミングを表したグラフが次の図 5 である。

まずは切った回数の推定を行う。動画によるラベリングとデータより、切る際には一度奥 (+) 方向へ移動してから手前 (-) 方向へ移動しているとわかる。そのため今回は極値検出を用いて切った回数の推定を行う。閾値を 2cm と定め、閾値以上となった極大値から極小値までで 1 回切ったと推定する。その結果を図 5 で「切

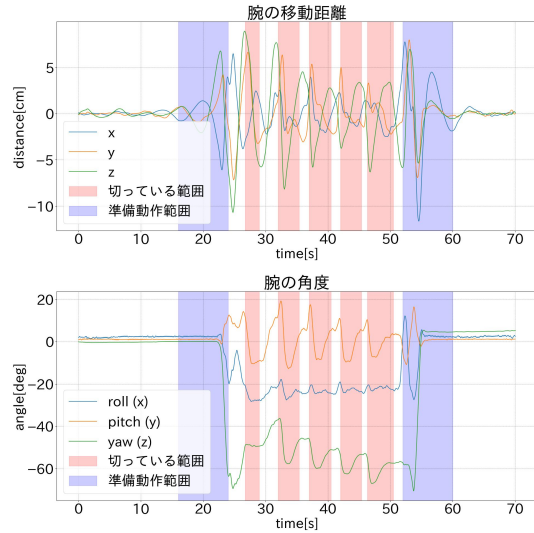


図 3: 切るの動作のグラフ

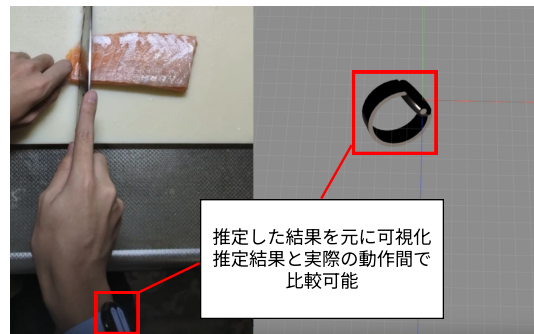


図 4: 3D 空間での可視化システム

り始め」と「切り終わり」として表している。結果から切ったと推定した部分とラベリングを行なった区間が概ね一致した。以上より切る動作を推定することができたと考えられる。しかし包丁を持った所と置いたところも切っている部分と判定されてしまう場合があるため、あらかじめ包丁を持ってもらってからセンシングを始めるなど改善させる必要がある。

次に平均ベースを求める。切るベースは 1 回 1 回の間の秒数を利用する。また、その際の平均角度も特徴量として使用する。今回のデータの特徴量を表にしたものを次の表 1 に示す。表 1 の結果

Table 1: 特徴量		
切った回数	かかった時間	角度の平均
1	C1	R1
2	C2	R2
3	C1	R1
4	C2	R2
5	C1	R1
全体の平均	C1	R1

から得られた特徴量から次のような評価の基準になると考えられる。まず切った回数や切っている最中の角度から刺身の厚さ、平均

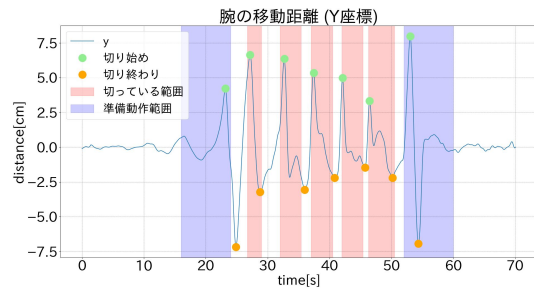


図 5: 推定結果のグラフ

ペースから手際の良さなどを算出できると考えられる。また、今回は参照していないが距離に変換する前の線形加速度を参照し一回の切り込み時の包丁のブレ等も算出できると考えられる。

5 まとめと今後の展望

本章では本論のまとめと今後の課題について述べる。

5.1 まとめ

参考文献

- [1] 大内 一成, 土井 美和子: 携帯電話搭載センサによるリアルタイム生活行動認識システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 7, pp. 1675-1686 (2012).
- [2] 榎堀 優, 間瀬 健二: ウェアラブルセンサを用いた熟練指導員のヤスリがけ技能主観評価値の再現, 人工知能学会論文誌, Vol. 28, No. 4, pp. 391-399 (2013).
- [3] 多田 昌裕: 実世界に広がる装着型センサを用いた行動センシングとその応用: 6. 装着型センサを用いた運転者行動センシング, 情報処理, Vol. 54, No. 6, pp. 588-591 (2013).
- [4] 小林 花菜乃, 加藤 岳大, 横窪 安奈, ロベズ ギョーム: 加速度センサを用いた包丁技術向上支援システムの提案, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2164 論文集, Vol. 2020, pp. 1000-1003 (2020).
- [5] 石山 時宗, 松井 智一, 藤本 まなと, 諏訪 博彦, 安本慶一: マルチモーダルセンシングに基づく料理中のマイクロ行動認識の提案, 2021 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, Vol. 2021, (2021).
- [6] 大神 健司, 飛田 博章: 手首装着型の加速度センサを用いた実時間調理行動認識手法の実現, 人工知能学会全国大会論文集, 2023, JSAI2023 巻, 第 37 回 (2023).
- [7] Ayato Kumazawa, Fuma Kato, Katsuhiko Kaji, Nobuhide Takashima, Katsuhiro Naito, Naoya Chujo, and Tadanori Mizuno: Analysis and Sharing of Cooking Actions Using Wearable Sensors, International Workshop on Informatics(IWIN2023), (2023)