

ウェアラブルセンサを用いた農作業推定アルゴリズムの開発

阿久津樹輝¹ 千葉慎二²

概要：ICT技術が農業にも応用されている中、ICT機器に不慣れた農業者には機器の操作が負担となることが少なくなかった。本件では、これまで農業者の日常的な情報機器操作を必要としていた農作業データ記録を自動化することで、農業者の負担軽減を実現する手法を提案した。本提案手法では農業者に加速度を計測するウェアラブルセンサを装着して農作業活動量を測定することで農作業内容を推定する。センサはテキサスインスツルメンツ社のセンサタグ CC2560 とユニオンツール社の myBeat を使用した。BLE 通信でゲートウェイである Raspberry Pi 3 または Android 端末にセンシングデータを送信し、MQTT を用いてクラウドサーバ上の MongoDB にデータをアップロードする。MongoDB に蓄積されたデータから主成分分析等の数値解析によって農作業の推定が行われる。本件では農業者のウェアラブルセンサ装着位置の検討のため、農業者の複数個所にセンサを装着し、それぞれの計測データを比較検討した。その後、耕起・苗植え・肥料散布の各農作業の推定に提案手法を適用し、センサデータから農作業の判別が可能かを検討した。

Development of an Estimation Algorithm of Farm Works Using Wearable Sensors

TATSUKI AKUTSU¹ SHINJI CHIBA²

1. 研究背景

近年、農業分野に ICT を活用した ICT 農業の研究が進められ、生産性の向上や農業収入の増加が図られている。ICT 農業に重要な情報として農作業の記録があるが、PC やスマートフォン等での作業中に文字を打ち込むなど情報入力は、高齢化が進む日本の農業には情報機器に不慣れた農業者が多いため、大きな負担となっている。農作業動作計測については胸部および農作業器具に着けてスマートフォンにデータを保存し、SD カードからデータを抽出している先行研究 [1] があるが、本件では農業者が携帯する小型なウェアラブルセンサでの動作計測を行う。計測データはクラウドサーバへ農作業中にアップロードされ、自動で農作業記録を行うシステムを提案し、農作業測定実験より提案手法の有効性を検証した。

2. 研究概要

農業者の携帯するウェアラブルセンサを用いて農作業活動量データを計測し、計測データから農作業を推定して記録するシステムの構築を目的とする。活動量からの行動推定については研究が進められており、例えばスマートフォンが計測する三軸加速度値から歩く・立つなどの基本的な行動を推定する手法が報告されている [2]。本件では農作業中に作業の邪魔にならない小型のウェアラブルセンサを用い、三軸加速度の計測データを用いた作業推定を試みた。まず、複数のウェアラブルセンサを用いて身体のどこかの部位に着けることが農作業推定に適しているかの検討を

行った。次にいくつかの農作業の動作をウェアラブルセンサで計測し、計測データの周波数分析と主成分分析から各農作業の特徴を評価し、動作推定モデルを計算した。動作推定モデルデータの各作業クラスタの重心と計測データの差異より、農作業の推定を試みた。

3. センサネットワーク

本件の実験環境を図 1 に示す。本件で使用するウェアラブルセンサはテキサスインスツルメンツ社のセンサタグ CC2650 とユニオンツール社の myBeat である。センサタグは農業者に装着するだけでなく、ハウス内の環境情報（気温、湿度、照度）の収集にも使用しているが、今回は農業者に装着したセンサタグに関してのみ報告する。各センサタグの計測データ（三軸加速度）はゲートウェイである 3G ドングルを装備した Raspberry Pi 3 に BLE 通信で送信され、Raspberry Pi 3 より 3G 回線を介してクラウド上の MongoDB サーバへ MQTT プロトコルを利用して送信される。myBeat での計測データはゲートウェイである Android 端末に BLE で送信される。myBeat は農作業活動量（三軸加速度）とともに健康情報として心拍数も計測している。計測データを受信した Android 端末は 3G/4G 回線を用いて MongoDB サーバに MQTT プロトコルを用いて計測データを送信する。本件では Zenfone 2 (Android version5.0) を Android 端末として利用した。

1 仙台高等専門学校
情報電子システム専攻科
2 仙台高等専門学校
総合工学科

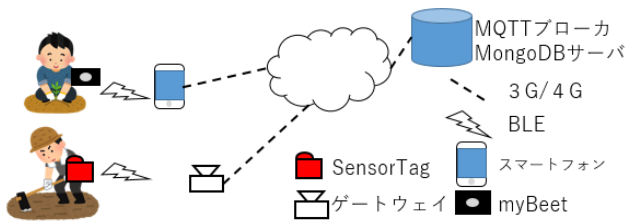


図1. センサネットワーク構成図

Figure1. Structure of the sensor network

図2にセンサネットワークを構成するウェアラブルセンサとゲートウェイの機器を示す。図中左上が SensorTag、左下が Raspberry Pi3、中央が myBeat、右が Android 端末である。MQTT ブローカには IBM の Watson IoT Platform を使用し、MogoDB サーバにはさくらインターネットの VPS を使用した。



図2. センサネットワークに使用した機器

Figure2. Instruments used in the sensor network

4. 農作業推定実験 1

複数のセンサタグを図3に示すように農作業者に両手首、両足首、左胸に装着して、データ計測実験を行った。装着における振動の誤差を抑えるため、バンドを用いて体の各部位に固定した。図3中の矢印はそれぞれの加速度軸の座標系を示しており、対応する番号のセンサタグの座標系を表している。

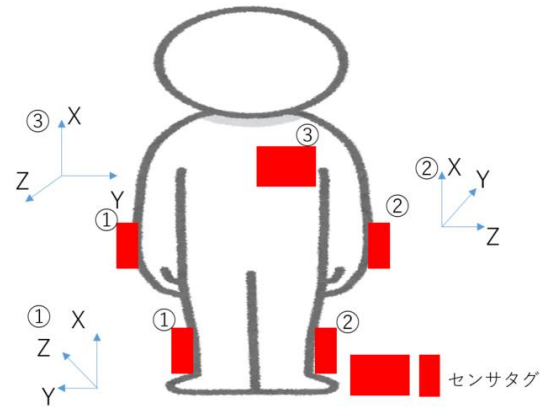


図3. センサ装着イメージと加速度方向

Figure3. Locations of the wearable sensors and directions of the accelerations

計測を行った作業内容は鍬を用いた耕す作業（耕起）、苗を植える作業（苗植え）、農薬散布の三つの作業である。これらの農作業の活動量として三軸加速度を 5Hz のサンプリング周波数でデータ 10 分間測定した。サンプリング周波数は先行研究でのサンプリング周波数を考慮して採択した [3]。

図4は各農作業の身体の部位別の平均値を示している。値は部位の代表として Z 軸加速度値を利用している。それぞれの平均所要時間は耕起 2.3 秒、苗植え 10.0 秒、肥料散布 3.0 秒となっている。各作業を部位ごとに比較してもそれぞれに特徴があり、すべての部位で十分に識別できるほどの差異があるとわかる。そのためこの実験から一つのセンサデータで十分であるため農作業にとって装着に容易な胸にセンサをつけることで農作業活動量が測定することにした。

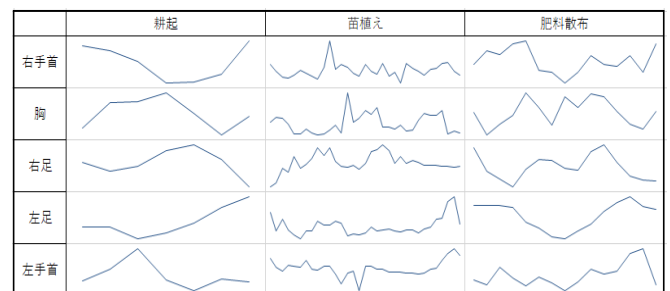


図4.各農作業の部位別の作業一周期の平均値の波形

Figure4. Wave forms of the averaged acceleration of each farm work

5. 農作業推定実験 2

ユニオンツール社の myBeat を胸部に装着し、実験 1 と同様の耕起・苗植え・肥料散布の農作業を行った。三軸加速度方向および装着位置は図 3 の胸部と同じである。三軸加速度の計測データの内、X 軸データを使用した。今回の実験でのサンプリング周波数は 20Hz であるため、実験 1 と比較して、より精度の高い農作業活動量を測定できる。本実験では各農作業を 5 分間行った。各作業の計測データの内最初の 30 秒は作業に入る際の準備動作が含まれるため、実験データから除外した。各作業中の計測データをデータのオーバーラップはない条件で 64 点の高速フーリエ変換を行い、算出した周波数特性データに対して主成分分析を行った。フーリエ変換を行った計測データは各動作で 70 セットあり、そのうちの 35 セットを動作推定モデル用データとして用い、残り 35 セットをモデル評価用データとした。

表 1 は動作推定モデル用データを用いた主成分分析で算出された各主成分の固有値である。一般的に固有値は 1 以上とされるため第三主成分までの主成分は十分に説明力があるといえる。

表 1. 主成分分析で算出された各主成分の固有値

Table1 Eigenvalue of each principal component by calculating the Principal component analysis

	第一主成分	第二主成分	第三主成分
固有値	1.95	1.5275	1.416

図 5 は動作推定モデル用データによって算出された主成分分析の結果の散布図である。図 5 の丸印の各プロットは、第一主成分から第三主成分までの固有ベクトルを用いて計算された各作業の主成分である。ひし形のプロットは各動作の主成分より計算された重心であり、これらを各作業を表すクラスターの代表点とした。耕起作業と苗植えの作業のプロット点に少し重なりが見られるが、図 5 を見てもわかるように各作業のクラスターは明確に分離されており、動作推定モデルとして十分機能するものと思われる。

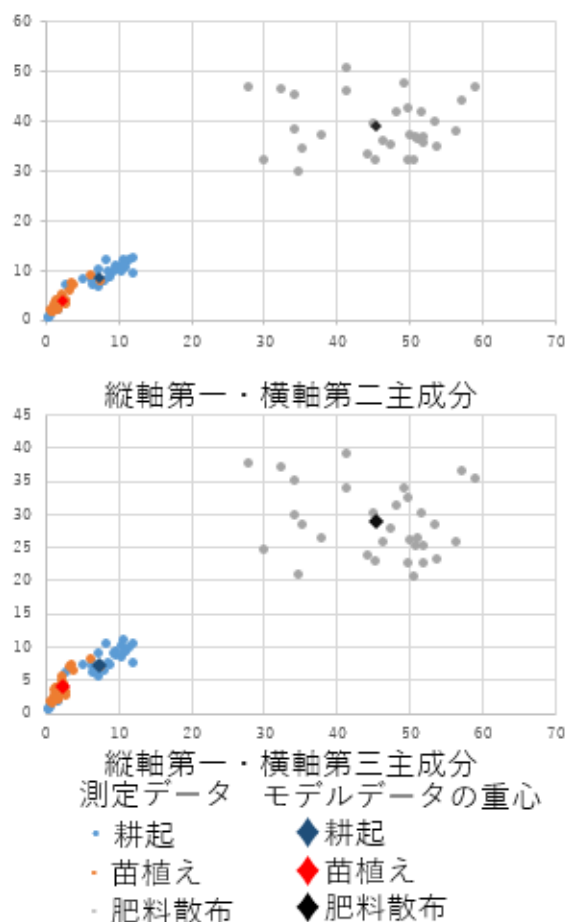


図 5. 主成分分析結果

Figure5. Result of the principal component analysis

図 6 は評価用データと動作推定モデルの固有ベクトルを用いて計算された主成分の散布図である。各プロットの意味は図 5 と同様である。図 6 を見ても明らかのように、各作業のプロットは動作推定モデルの各代表点近辺に分布しており、作業別のクラスターが明確に確認できる。

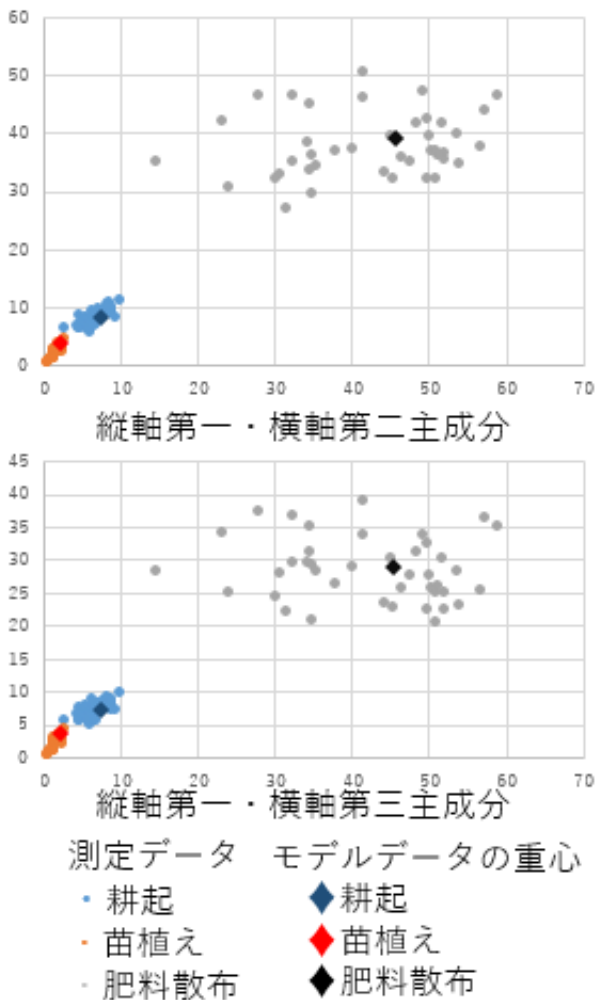


図 6. 評価用データと固有ベクトルを用いて計算された主成分

Figure6. Principal component calculated with evaluation data

表 2 は動作推定モデルの各代表点と評価用データ主成分から算出された距離のうち、最も近い代表点の動作と推定したときの各作業の正解率を示した。表 2 からわかるように正解率は極め高く、農作業推定が十分に行える精度であるといえる。本件では各動作を 5 分間継続して行った際の加速度データを用いていたが、実際の農作業では各動作の間に休憩や移動など農作業ではない動作も行われる。今後の農作業推定の手法としては、実際の農作業への適応を考え、一定の時間範囲に各作業が推定される回数も動作推定判別に利用することを考えている。

表 2 動作推定モデルで推定した各農作業の正解率

Table2 Accuracy rate of each farm work estimated by the motion estimation model

	耕起	苗植え	肥料散布
正解率	92.5	100	100

6. 今後の展望

本件では、農業者が携帯するウェアラブルセンサの加速度を用いて自動で農作業を推定する手法を提案した。3種類の農作業を対象とした農作業推定実験より、本提案手法の有効性が確認された。今後はより多数の農作業を対象とし、実際の農作業の現場で活用できる動作推定システムとして改良を進める。

参考文献

- [1] 川倉慎司、柴咲亮介、”装着型システムによる農業者の動作分析手法の提案”、農業情報研究 vol.23(2)、pp.82-102、2014
- [2] 表宏樹、”スマートフォンの 3 軸加速度センサを用いた人間の行動認識”、三重大学大学院修士論文、2012
- [3] 倉沢央、川原圭博、森川博之、青山友紀、”センサ装着場所を考慮した 3 軸加速度センサを用いた姿勢推定手法”、情報処理学会研究報告、2006-UBI-011、pp.15-22(2006)