

# 圃場センサネットワークを用いた農作業内容の推定 Estimating Farm Works with Data from Sensor Network

中西 惇<sup>†</sup>      安井 顕誠<sup>‡</sup>      原田 史子<sup>†</sup>      島川 博光<sup>†</sup>  
Sunao Nakanishi      Kenjo Yasui      Fumiko Harada      Hiromitsu Shimakawa

## 1. はじめに

近年、新規に農業を始めたいと考えている人が増加している。しかし、新規就農時の課題として、農業技術の取得の困難さが挙げられている [1]。その理由として、農業技術についての教育体制の不備が挙げられる。また、作物や圃場の状態の判断や、農作業実施の判断といった農業技術は勘や経験などに頼るところが多い。農業技術が主観的な判断基準に基づいていることが、正確な農業技術を伝承するための障害となっている。この問題を解決するために、農業技術についての勘や経験といった知識をマニュアル化し、農業技術を継承する仕組みがベテラン農家や新規就農者から求められている。

## 2. 農場からの農作業内容の抽出

### 2.1 農業技術のマニュアル化

農業技術の伝承のために圃場状態や農作業実施の判断といった、今まで勘や経験に基づいた農業技術のマニュアル化が必要とされている。例えば、作物の葉の色が悪ければ施肥を実施する、土壌が乾いてきたら灌水を実施するといった農業技術に着目する。この時の判断基準である、作物の葉の色が悪い、土壌が乾いているというのは、農家の主観的な判断であり、農作業実施の客観的な判断基準ではない。判断基準をマニュアル化できれば、主観的な判断基準ではなく客観的な判断基準ができるため、新規就農者へ正しい農業技術の伝承ができる。農業技術をマニュアル化するためには、農作業内容の実施がどのような圃場の状態、作物の状態だったのかを明確に表せるよう、それぞれの状態を定量的に取得する必要がある。圃場の状態、作物の状態を圃場センサやカメラで定量的なデータとして取得、農作業内容の実施時期とともにデータベース化し、解析することによって、農家の農業技術を抽出する試みがなされている [2]。

### 2.2 既存研究

農作業内容の取得時の農家の負担を減らす方法が考えられている。農作業内容を取得する方法として、PC などの IT 機器に農作業内容を手入力し、記録する方法がある [3]。この方法では、農作業内容を取得し電子化できるが、IT 機器への農作業内容の入力は、農家が農作業を実施するたびに行うため、農作業内容を記録する負担がかかる。前述の例のように、農家に負担をかけないためには、農家が農作業内容を記録するのではなく、自動的に農作業内容を取得して記録する方法が必要である。農作業内容を自動的に取得する研究として、IC タグを用いて農作業内容を取得する方法がある [4]。この方法は農作業の手首に装着した IC タグリーダで農業施設や農作業用具に貼付された IC タグを読み取り、農作業内容を取得する。しかし農家は農作業時に、IC タグリーダを装着しなければ農作業内容を取得できないため、農作業

時は常に IC タグリーダを装着する必要がある。農作業時に毎回 IC タグリーダを手首に装着するのは、農家にとって農作業の邪魔となり負担になる。このように、農家に負担をかけないためには、農家が農作業を実施するだけで農作業内容を取得し記録する方法が必要である。

## 3. センサデータからの農作業内容の抽出

本論文では、農家に負担をかけないために、圃場センサから取得したデータによって農作業内容を推定して取得する手法を提案する。

### 3.1 抽出する農作業内容

本研究を始めるにあたって、抽出すべき農作業内容はビニールハウス農家へのインタビューによって決定した。インタビューでは次の回答が得られた。

- 農作業について、灌水と換気はほぼ毎日、施肥は 2、3 週間に 1 程度行う
- 他の農作業については頻度が少ない。
- 灌水と施肥、換気は作物に影響を与えやすい。

この回答からビニールハウスにおいて重要な農作業内容は灌水、施肥、換気の 3 つであると考えられる。そこで、本研究では灌水・施肥・換気の 3 つを農作業内容として抽出する。

### 3.2 必要な計測項目

インタビューにより決定した農作業内容を自動的に抽出するため、灌水、施肥、換気による圃場状態の変化を予想する。農作業内容の実施による圃場状態の変化は次のように考えられる。

- 灌水：土壌中の水分量の増加
- 施肥：肥料の栄養素が水に溶けてイオン化することによる、電気土壌伝導度の上昇
- 換気：気温、湿度、二酸化炭素濃度の外気との均一化

これら 3 つの農作業による圃場状態の変化を検出するために、センサを用いて気温・湿度・二酸化炭素濃度・体積含水率・土壌電気伝導度 (EC) を計測する。また、二酸化炭素濃度と体積含水率、EC は次のような特徴を持っている。二酸化炭素濃度は作物が呼吸や光合成を行うと変化するため、ビニールハウス内の環境計測の指標になる。体積含水率は土壌の固形物、液体、気体の合計の体積のうち液体の体積がどれだけ占めているのかの指標であり、土壌の水分状態を評価するために用いられる。EC は一般的に土壌中の硝酸態窒素量などの栄養素と正の相関がある [5] ため、土壌中の栄養量の指標となる。灌水は体積含水率、施肥は土壌電気伝導度、換気は気温、湿度、二酸化炭素濃度を計測することによって、どの農作業内容が実施されたかを判断できると考えられる。これら 5 つのデータを計測項目と呼ぶことにする。センサを用いて、農作業内容によって発生する圃場状態の変化を計測項目によって観測できる。

<sup>†</sup>立命館大学情報理工学部

<sup>‡</sup>立命館大学大学院情報理工学研究科

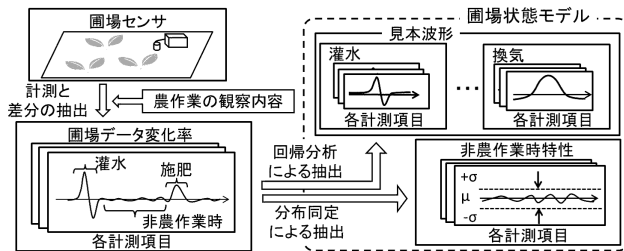


図 1: 圃場状態モデルと基準の決定

### 3.3 基準の決定と圃場状態モデル

農作業内容を計測項目から自動的に抽出する場合、非農作業時の計測項目の変化と、農作業時の計測項目の変化の違いを判別する基準が必要である。また、圃場から取得した計測項目について、農作業時の計測項目は短時間で大きな変化が起こると考えられる。例えば、灌水時は体積含水率が急激に上昇し、施肥時は EC が急激に上昇すると予想できる。一方、非農作業時は、計測項目の短時間での大きな変化は現れないと考えられる。そのため、計測項目のデータを単位時間あたりの変化率に変換して解析する。

農作業時の見本波形は、農作業時において、計測項目の変化率の遷移を適切に表した波形と定義する。農作業時の波形は、農作業の実施区間の変化率の遷移を切り出すことによって決定する。農作業時の波形を複数取得し、回帰分析によって近似曲線を求め農作業時の見本波形とする。非農作業時において、各計測項目の変化率の範囲を非農作業時特性と定義する。具体的には、計測項目の変化率の平均  $\mu$  標準偏差  $\sigma$  を用いて範囲  $[\mu - k\sigma, \mu + k\sigma]$  ( $k$ : 定数) を非農作業時特性とする。非農作業時特性に変化率が収まっているとき、農作業は実施されなかったとみなす。逆に変化率がこの範囲から逸脱したとき、農作業が実施された可能性があるとする。

次に見本波形と非農作業時特性から圃場状態モデルを構成する方法を図 1 に示す。圃場状態モデルは、農作業時と非農作業時それぞれの、典型的な計測項目の変化であると定義する。圃場状態モデルは灌水などの農作業時と非農作業を観測し、そのときの計測項目の変化を農作業内容と対応付けることによって決定する。このように、圃場状態モデルを決定することによって、計測項目から農作業内容を抽出するときの基準とする。

### 3.4 農作業内容の抽出

農作業内容は 3.3 節で導出した農作業内容ごとの見本波形と、新しく計測された農作業時の計測項目の、遷移を示す波形を切り出したものを比較して抽出する。農作業抽出手法の全体図を図 2 に示す。見本波形と新しい計測項目の波形の比較をするためには、農作業が行われたと推測できる区間で、計測項目の変化率を波形として切り出す必要がある。ここで、農作業が実施されたと推測できる、計測項目の変化率の遷移を表した波形を農作業時波形候補と定義する。農作業時波形候補の切り出しでは、農作業時の計測項目の変化率と非農作業時特性に着目する。農作業時の計測項目の変化率と、非農作業時の変化率は異なると考えられる。例えば、灌水時は大量の水を短時間に地面にまくために、土壌含水率は急激に上

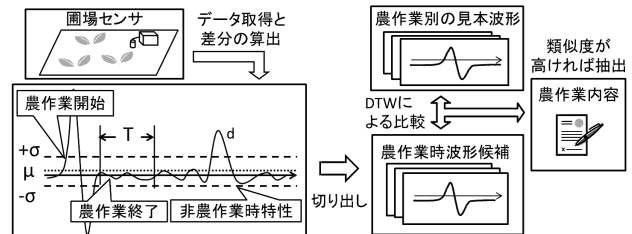


図 2: 農作業内容抽出の全体図

昇し、変化率が大きくなる。したがって、計測項目の変化率  $d$  が非農作業時特性  $-k\sigma \leq d \leq +k\sigma$  を満たさなければ、農作業が開始されたと判断できる。また、計測項目の変化率  $d$  が非農作業時特性を  $T$  時間以上満たすならば農作業が終了したと判断できる。このように、非農作業時特性を用いて、農作業の開始と終了を推定し、農作業波形候補を切り出す。

見本波形と農作業時波形候補との比較には動的時間伸縮法 (Dynamic time warping: DTW) を用いる。DTW では波形同士の類似度を測ることができる [6]。また、DTW は時間的伸縮を考慮するため、早く作業した場合とゆっくり作業した場合の波形同士の比較ができる。農作業時波形候補が見本波形と高い類似度があれば、見本波形に対応する農作業内容が実施されたと判断し、農作業内容を抽出する。

## 4. おわりに

本論文では、圃場センサから取得したデータによって農作業内容を推定して取得する手法を提案した。今後は、本手法の有用性を検証する予定である。

## 参考文献

- [1] 全国新規就農相談センター:”新規就農者 (新規参入者) の就農実態に関する調査結果”, 2011
- [2] 農作業の軽労化に向けた農業自動化・アシストシステムの開発 農林水産省平成 22 年度委託プロジェクト: <http://www.s.affrc.go.jp/docs/project/2010/project2010.htm>
- [3] P.K.S.C. Jayasinghe, 他:”Development of a Field-work Reminder System to Help Field Management”, World Conference on Agricultural Information, 1095-1099, 2008
- [4] 南石晃明, 菅原幸治, 深津時広:”RFID を用いた農作業自動認識システム”, 農業情報学会, 16(3), 132-140, 2007
- [5] 亀和田國彦, ”土壌溶液イオン組成からの EC の推定とアニオン種の違いが EC および浸透圧に及ぼす影響”, 日本土壌肥料学雑誌, 62(6), 634-640, 1991
- [6] 山田悠, 鈴木英之進, 横井英人, 高林克己:”動的時間伸縮法に基づく時系列データからの決定木学習”, 情報処理学会研究報告 ICS [知能と複雑系], 132(25), 141-146, 2003