

## 露地栽培における土壌センサデータ活用に関する考察 A Study on Applying Soil Sensor Data to Outdoor Cultivation

安藤 優平<sup>†</sup> 砂田 英之<sup>‡</sup> 松永 龍弥<sup>†</sup> 高田 佳典<sup>†</sup>  
Yuhei Ando Hideyuki Sunada Ryuya Matsunaga Yoshinori Takada

### 1. 背景

現在、国連の推定によると世界人口は年に約 1.2%の割合で増え続けており、2050 年には 90 億人に達するとされている。それに伴い、世界規模の食料需要は 2000 年の 45 億 t から 69 億 t まで 55%引き上げる必要があると予測されている[1]。一方で、日本では、農業者の減少・高齢化の進行が農地の維持を困難にし、耕作放棄地の拡大が進むと共に、熟練者の経験に基づく農業技術の喪失の危機を迎えている[2]。

このような状況から、従来の農業技術に加え、IoT を活用して生産性の向上・効率化を目標とする「スマート農業」の実現が期待されており、施設園芸での環境制御や稲作でのドローンの空撮画像の利用等、データを活用した栽培支援が行われている。一方で、露地栽培かつ土中で生育するために空撮に適していない作物について、土壌センサデータの活用が進んでいない。

そこで、本発表では、上記のような作物に対する土壌センサデータを活用した栽培支援の実現に向け、玉ねぎを題材とした実証実験を 2017 年～2018 年の 2 年間にかけて実施し、土壌センサデータと作物の収量データを収集し、両者の関係を分析した結果得られた知見について報告する。

### 2. データ収集

#### 2.1 概要

玉ねぎのような、露地栽培かつ土中で生育する作物に対して、土壌センサデータを用いて農家に対する作業アドバイスを行うシステムを想定し、作業アドバイスに必要なデータ分析を行うためのデータを収集する。

玉ねぎ農家に協力いただき、2017 年に 16 件、2018 年に 9 件の圃場を対象として土壌センサの設置を行い、収穫時に玉ねぎの収量を計測した。

#### 2.2 収集対象、収集方法

##### 2.2.1 土壌センサデータ

収集対象とするデータは、市販の土壌センサから取得可能な土壌温度、体積含水率、EC(電気伝導度)とした。

上記 3 種類のデータを収集するためのセンサとして、3 種類の全てを収集可能な A・R・P 社の WD-3-WET-5Y[3] を選定し、玉ねぎが埋まっている地表から深さ 10cm 地点に各圃場 1 台ずつ埋設した。データは 10 分間隔の時系列データとして収集し、収集したデータを無線通信によりクラウドサーバ上にアップロードする方式とした。収集期間は、玉ねぎの生育期間である 5 月下旬～8 月上旬とした。

<sup>†</sup>三菱電機株式会社 情報技術総合研究所  
Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

<sup>‡</sup>三菱電機インフォメーションシステムズ株式会社  
Mitsubishi Electric Information Systems Corporation

##### 2.2.2 収量データ

土壌センサを設置した圃場について、玉ねぎの収穫時に土壌センサ周辺の一部をサンプリングし、収量情報としてサンプルの重量の総和を計測した。サンプルサイズは各圃場につき 40 株(10 株×4 列)とした。

### 3. データ分析

#### 3.1 概要

農家に対する作業アドバイスに繋げるため、2 章で収集した土壌センサデータと収量データの関係について分析し、収量向上に寄与する土壌の因子を特定する。

#### 3.2 分析手法

分析手法は、収量のような量的データの予測手法として一般的に用いられる重回帰分析とした。

土壌センサのデータから収量を予測する回帰式を作成することにより、土壌センサのデータと収量の関係を明らかにする。係数を標準化した回帰式において、係数が大きい特徴量は、収量向上に寄与する度合いが高い特徴量であるといえる。

#### 3.3 分析対象データ

##### 3.3.1 土壌センサデータ

5 月下旬から 8 月上旬までの各月の上中下旬、および測定期間全体の計 9 個の集計単位に対して、平均値、最大値、最小値、平均日較差、最大日較差(日較差: 1 日における最大値と最小値の差)、値域幅(集計単位における最大値と最小値の差)の計 6 種類の特徴量を取得した。

土壌温度と体積含水率についてそれぞれ取得した計 108 種類の特徴量のうち、センサデータに欠損が多く一部の圃場で値を取得できなかった 7 月上旬を除いた 96 種類の特徴量を変数として、考えられる組合せを全て列挙し、2017 年のデータを学習データとして重回帰分析を行った。変数の増加による過学習の影響を考慮して、変数の個数は 3 変数以下とした。2017 年のデータは無線通信の品質による影響で欠損や異常値が多いことや、複数年にわたり有効な回帰式を導出するために少なくとも 2 年分のデータが必要であることから、正常に収集できている 2018 年のデータをテストデータとし、2018 年のデータに対する平均二乗誤差(MSE)が小さい回帰式を選定する方式とした。

EC についても特徴量を取得したが、センサの精度の問題で計測誤差が大きいため、分析対象からは除外した。

##### 3.3.2 収量データ

土壌センサを設置した圃場における 2017 年と 2018 年の収量(1 圃場あたりの玉ねぎの重量の総和[kg])は図 1 および図 2 のとおりである。当該地域では、降雨の影響で 2018 年は 2017 年と比較して全体的に低収であった。

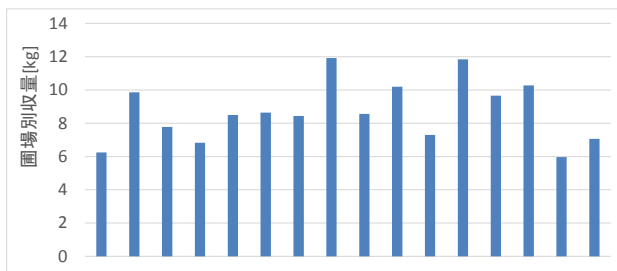


図1 収量データ(2017年)

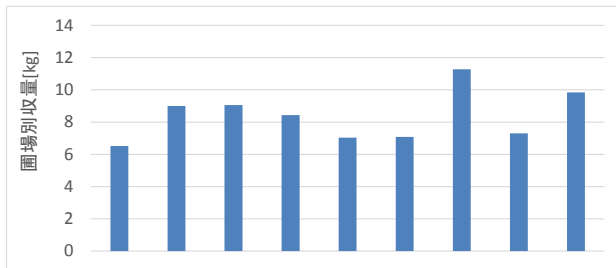


図2 収量データ(2018年)

#### 4. 分析結果

2017年のデータを学習データとして得られた回帰式のうち、2018年のデータに対するMSEが最も小さかったものを表1に、表1の回帰式による2018年度の収量の予測結果を図3に示す。

表1 MSEが最も小さい回帰式

回帰式	MSE
収量 = $1.656 \times \text{体積含水率の平均日較差(全体)}$ $- 0.467 \times \text{体積含水率の平均日較差(8月上旬)}$ $- 0.299 \times \text{土壌温度の最小値(6月中旬)}$ $+ 1.182$	0.556

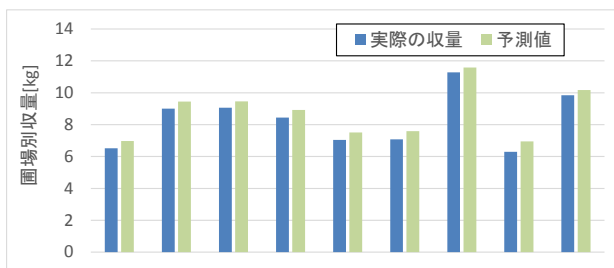


図3 表1の回帰式による収量の予測結果

#### 5. 考察

##### 5.1 収量の予測精度

MSEが0.556であることは、1圃場あたりの誤差の平均が $\sqrt{0.556}=0.746$ [kg]であることを表している。これは圃場全体の平均である8.40[kg]の1割未満であり、各圃場における収量の順位が概ね整合していることから、高精度での予測が行えたといえる。

##### 5.2 収量に寄与する特徴量

表1の回帰式は、体積含水率の日較差に関する特徴量が最も収量への影響が大きいことを表している。体積含水率の幅が大きいことは、水を吸収しやすく水が抜けやすい土壌であるということ、すなわち、土壌の水はけが良いことを意味すると考える。協力いただいた農家にヒアリングを行った結果、収量向上に土壌の水はけの改善が重要であることを全ての農家から確認できたため、農家が感覚として持っている認識をデータから客観的に得られたといえる。

表1の回帰式以外にも、MSEの小さい上位の式において係数の値が大きい特徴量は収量への寄与率が大きいと考えられる。そこで、最も収量への影響が大きい(係数の値が大きい)特徴量を複数の回帰式に対しリストアップした。2018年のデータに対するMSEが小さい上位5個の回帰式について、最も収量への影響が大きい特徴量と係数の値をMSEの昇順でリストアップしたものを表2に示す。

表2 収量への影響が大きい特徴量と係数の値

係数	特徴量
1.656	体積含水率の平均日較差(全体)
0.785	体積含水率の平均日較差(全体)
1.177	体積含水率の平均日較差(6月中旬)
1.999	体積含水率の平均日較差(全体)
1.046	体積含水率の最大値(6月中旬)

表2に挙げられた特徴量は全て体積含水率に関するものであり、そのほとんどが日較差に関するものであることがわかる。期間については、最も多いのは測定期間全体であるが、具体的な期間としては6月中旬が最も多い。この理由としては、6月中旬頃は玉ねぎの根が土壌に十分に活着して球肥大に向けて生長を始める時期であり、土壌の影響を大きく受けるためと考えられる。土壌の水はけが重要となる具体的な時期については農家も認識しておらず、分析によって得られた新たな知見であるといえる。

#### 6. 結論

露地栽培かつ土中で生育する作物に対する栽培支援の実現に向け、玉ねぎを題材とした実証実験を実施した。実証実験にて土壌センサーデータと収量データの収集および両者の関係についての分析を行い、収量に寄与する因子として土壌の水はけの大きさを導出した。この分析結果が農家の認識と一致したことや、水はけが重要となる具体的な期間を導出したことから、土壌のセンシングが玉ねぎの栽培支援に有効である見込みを得た。また、土壌の水はけが、体積含水率の差を用いることによって市販の土壌センサによって把握できることを確認した。

一方で、水はけの重要性はすでに多くの農家が認識しているものであるため、水はけを向上させるための具体策に繋げる開発が今後の課題である。

##### 参考文献

- [1] 農林水産省, “2050年における世界の食料需給見通し”, [http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jki/j\\_zyukyu\\_mitosi/pdf/base\\_line\\_bunseki.pdf](http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jki/j_zyukyu_mitosi/pdf/base_line_bunseki.pdf) (参照 2019-05-24).
- [2] 農林水産省, “平成27年度食料・農業・農村白書”, [http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w\\_maff/h27/index.html](http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h27/index.html) (参照 2019-05-24).
- [3] 株式会社 A・R・P, “製品情報 水分センサー WD-3”, <http://www.arp-id.co.jp/hp/product/wd-3.html> (参照 2019-05-24).