

ダイズ圃場における土壌水分・ECの時空間変動と作物生育に関する研究

Spatio-temporal variations on soil moisture and EC, and link to crop growths in soybean field

○濱本昌一郎¹ 二瓶直登² 平敏伸³ 丹治克男² 小林奈通子¹ 福島敦史⁴ 鈴木健大⁴ 市橋泰範⁴ 西村拓¹

○Shoichiro Hamamoto¹, Naoto Nihei², Toshinobu Taira³, Katsuo Tanji³, Natsuko Kobayashi¹,
Atushi Fukushima⁴, Kenta Suzuki⁴, Yasunori Ichihashi⁴, Taku Nishimura¹

1. 背景・目的

戦後の米の生産調整を受けて水田の畑地利用が進んだ結果、転換畑は広く普及した。転換畑ではダイズや野菜、ソバなどの生産が多い。普通畑に比べ、排水性が劣る水田転換畑では、梅雨期の降雨による圃場の土壌水分は容易に高まることから、過湿による出芽不良や初期成育の抑制が問題となっている。このような過湿条件下で生育したダイズは浅根化し、根系の発達が劣ることが指摘されている(Hirasawa, 1994)。また、開花期のダイズへの乾燥ストレスが、莢数や種子数の減少といった収量構成要素に影響を与えることが報告されている(新田見, 2013)。このように、作期中の土壌水分を把握し、作物生育や収量に及ぼす影響を明らかにすることは、ダイズ作において安定した収量を確保する上で重要である。一般に圃場は不均一であり、土壌水分は空間的にばらつくことが予想される。しかし、土壌水分の空間的変動の把握には多大なコストを要し、ダイズ圃場の土壌水分の時空間的変動が、作物生育や収量に与える影響について体系的に検討した例は少ない。

本研究では、異なる資材を投与したダイズ圃場を対象として土壌水分および電気伝導度(EC)の連続モニタリングを実施し、クラスター解析による土壌水分・ECの時系列データのクラスタリングを行った。土壌水分・ECの時空間的変動と土壌物理・化学的特性、作物生育、収量データとの関係について明らかにすることを目的とした。

2. 試料

(1) 研究対象地

福島県農業総合センター内のダイズ圃場を対象圃場とした。圃場全体の大きさは約70m×10mで、圃場内に無施肥区を含め異なる計16種類の化成肥料や微生物資材を投与した処理区を63処理区(1処理区:2m×2.2m)設けた。63処理区は長辺方向に3列になるように配置(3列×21処理区)した。加えて、列外や列間に計10区の無施肥区を設置し、圃場全体で計73区の処理区を設けた(内3区は無栽培区)。福島県の奨励品種である里のほほえみを栽培した。

(2) センサー設置

対象圃場の各処理区(計73区)において、深さ10cmに土壌水分センサー5TE(METER Group)を挿入し、播種日から収穫日にわたる全期間で体積含水率、電気伝導度、地温を測定した(30分間隔)。なお、体積含水率は、対象圃場で採取した攪乱土壌を用いて、校正を行った。

(3) 土壌物理・化学的特性、作物生育・収量の測定

開花期(8月上旬)に、各処理区から不攪乱土壌および攪乱土壌を採取した。不攪乱土壌を用いて、飽和透水係数、水分特性曲線を、攪乱土壌を用いて土粒子密度、粒径分布、土壌炭素・窒素含有量を測定した。同じく開花期に、ダイズ地上部の主茎長と、ダイズ葉のイオン成分と炭素・窒素含有量を測定した。収穫期(10月末)には、作物体地上部から、主茎長、莢数、百粒重など作物生育や収量に関わるデータを測定した。加えて、子実中のイオン成分と炭素・窒素含有量を測定した。イオン成分の測定にはICP-OES(Optima7500, Perkin Elmer社)、ICP-MS(NexION-350, Perkin Elmer社)を、炭素・窒素含有量の測定には元素分析装置(vario EL cube, エレメンター社)を用いた。

(4) 時系列データのクラスター解析

栽培期間中測定した計73区の土壌水分・ECの時系列データに対し、クラスター解析を行った。処理区

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School Agricultural and life Sciences, The University of Tokyo

² 福島大学食農学類 Faculty of Food and Agricultural Sciences, Fukushima University

³ 福島県農業総合センター Fukushima Agricultural Technology Centre

⁴ 理化学研究所 RIKEN

キーワード 土壌水分 電気伝導度 時空間的変動 作物生育

間のユークリッド距離を次式から算出し、ユークリッド距離を基準距離として階層的クラスタリング手法の一つであるウォード法によって時系列データのクラスタリングを行った。

$$d_{xy} = \left[\sum_{t=1}^m (x_t - y_t)^2 \right]^{0.5} \quad (1)$$

d_{xy} : 処理区 x と処理区 y とのユークリッド距離、 x_t, y_t : 時間 t における処理区 x および y の測定データ、 t : 時間、 m : 測定終了時刻。

3. 結果と考察

図 1 に圃場内の無施肥区における土壌水分の測定例を示す。梅雨時期に土壌は湿潤で、その後乾燥するものの、台風や秋雨の影響で土壌水分が増減することがわかった。73 処理区の土壌水分の時系列データをクラスタリング解析し 4 種類 (分類 1, 2, 3, 4) に分類した。図 2 に、各分類の時系列データの平均値と 1 週間毎の測定値の標準偏差をエラーバーとして示す。分類 1 の時系列データは、8 月以降の土壌水分が低く乾燥、分類 2 は栽培期間を通して湿潤気味であることが分かる。このように、クラスター解析によって各処理区の時系列データを分類し、土壌水分変動の空間的不均一性を特徴づけることができた。土壌水分と同様に、EC の時系列データに対してもクラスター解析を行い、類似した変動毎に分類できた (結果非掲載)。

図 3 左に土壌水分変動の分類番号の圃場内マップを示す。三列配置した処理区の内、右列を中心に分類 4 の水分変動パターンが多いことが分かった。図 3 右にダイズ全重 (g/m^2) の圃場内分布を示す。右列で、全重は少なく、主茎長、総節数などの作物バイオマスに関わる指標も右側の列で低かった。分類 4 の水分変動は、梅雨時期に湿潤で、8 月以降乾燥気味であることから (図 2)、過湿と乾燥ストレスにより生育不良となったことが考えられた。列毎で特異的な水分変動パターンが得られた理由として、左列の深さ 1 m 近傍に暗渠が埋設されている点や、土壌の物理性測定から右列の乾燥密度が高く透水性・保水性が異なることが考えられた。

4. まとめ

ダイズ圃場内の土壌水分変動および EC の時系列データに対してクラスター解析を行った。得られた土壌水分の変動パターンと作物生育データには良い相関が得られ、梅雨時期の過湿と梅雨明け後の乾燥ストレスがダイズ生育を阻害することが確認できた。土壌水分変動の空間的ばらつきを分類する上でクラスター解析が有効であることが分かった。

謝辞 本研究は、内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)「スマートバイオ産業・農業基盤技術」持続可能な循環型社会を実現する『農業環境エンジニアリングシステム』の開発の支援を受けて行われました。

参考文献 Hirasawa et al., Jpn. J. Crop Sci., 63, 721-730, 1994; 新田見ら, 日本作物学会紀事, 82, 141-149, 2013; Lee and Kim, J. Hydrology, 551, 484-494, 2017.

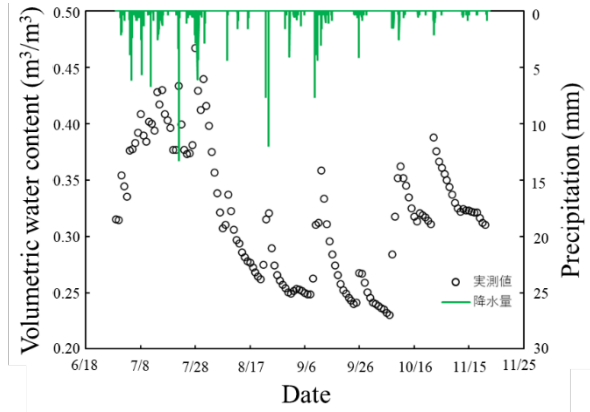


図 1 無施肥区における土壌水分変動 Time series on soil water in the plot without fertilizer.

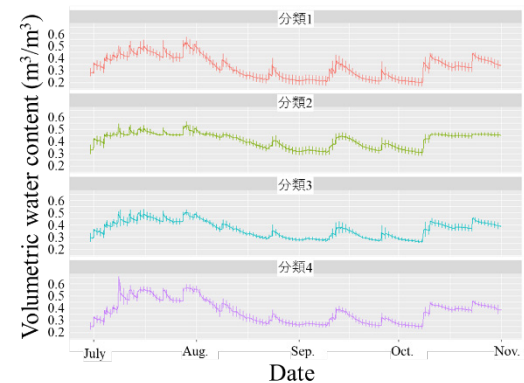


図 2 土壌水分の時系列データのクラスター解析 Cluster analysis about time series of soil water.

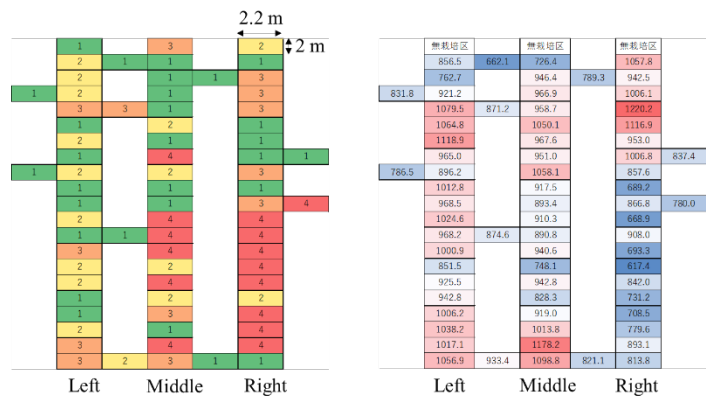


図 3 (左) 土壌水分変動の分類と (右) ダイズ全重のマップ (left) categorical number in soil water and (right) total mass of soybean.