

講演要旨

リモートセンシングを活用した土壌情報の面的評価

株式会社ズコーシャ 総合科学研究所 丹羽勝久

1. はじめに

北海道の中でも十勝地域やオホーツク地域は大規模畑作地帯であり、分布土壌は黒ボク土が主体である。その黒ボク土の表層土壌を、空から眺めてみると、土壌腐植の集積が非常に不均一であることが分かる(写真1)。このような圃場で、適正な管理を行うためには土壌の不均一性を考慮することが重要である。著者らは土壌の不均一性を把握するツールとして衛星やドローン等のリモートセンシング技術に着目し、窒素可変施肥システムの構築、作物生育を阻害する土壌要因の推定等を行ってきた。本発表ではその概要について報告する。



写真1 黒ボク土畑の表層土壌の空撮画像(北海道十勝地域)

2. ドローン画像を活用した窒素肥沃度ベースの可変施肥システム(丹羽ら, 2016、2021a)

図1に示すように、土壌腐植含量と熱水抽出性窒素(北海道で窒素肥沃度の指標として利用)の間には、圃場単位で見ると、高い正の相関関係が認められる。この点に着目し、著者らはドローン画像をベースとした窒素可変施肥システムを構築した(図2、詳細は丹羽ら(2021)を参照)。そのシステムの有効性について、黒ボク土を対象とし、2015年にはテンサイ3圃場、2017年にはバレイショ1圃場で試験を行った。具体的には各圃場で可変施肥区と農家慣行区をha規模で設け、両区の施肥量と収量を比較した。

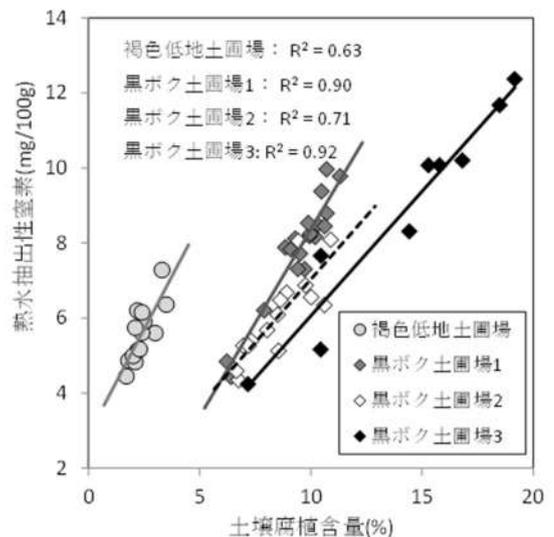


図1 土壌腐植含量と熱水抽出性窒素の関係

表1にはテンサイ、表2にはバレイショの結果を示す。両表中の圃場Cは同一圃場であり、2014年に作成した熱水抽出性窒素マップを、両作物の可変施肥マップ作成に利用した。

テンサイの各圃場では、可変施肥区の農家慣行区に対する窒素施肥量の減肥率は平均25%であり、最終収穫物である糖量の増収率が平均で約9%で

あった。特に圃場 B では 55%もの減肥率となった。さらに調査農家の方で実施したビートハーベスタによる試験区ごとの収量調査から、可変施肥区では約 10%の増収率を示すことが確認された。一方、バレイショも可変施肥区では農家慣行区に比べて 18%の窒素肥料の減肥率となった上に、規格内収量の増収率が約 15%等、テンサイと同様の窒素施肥反応を示した。

以上のように窒素肥沃度ベースの可変施肥は黒ボク土で有効であり、その基になる熱水抽出性窒素マップを一度作成しておけば、圃場 C のように他年次、他作物への可変施肥の展開等、効果的な活用が期待される。

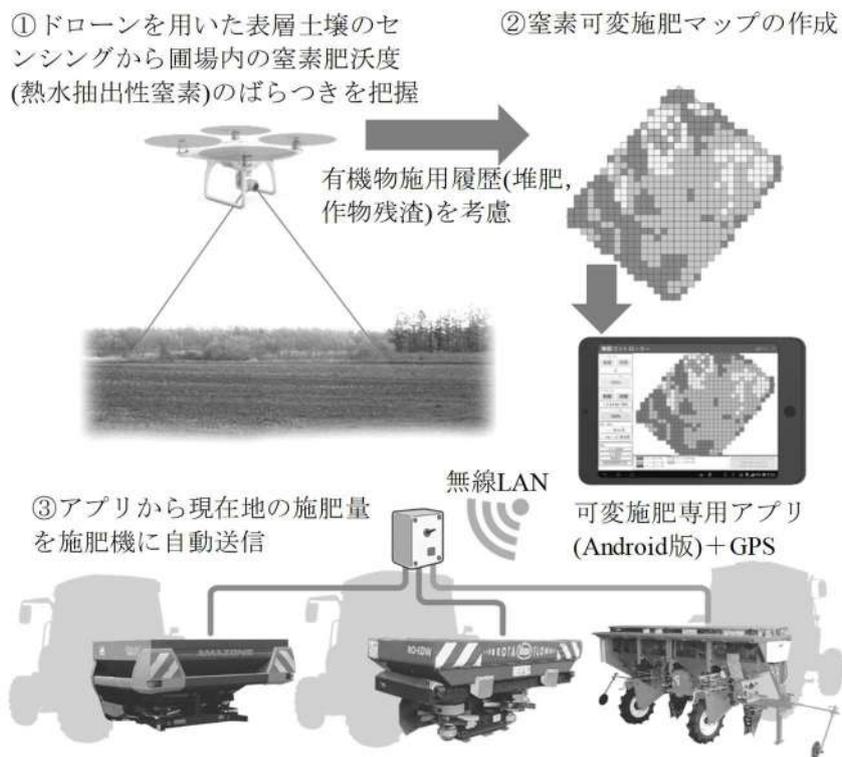


図 2 ドローン画像を活用した窒素肥沃度ベースの可変施肥システム

表 1 2015 年のテンサイを対象とした窒素肥沃度ベースの可変施肥試験結果

| 圃場 | 窒素施肥量 (kgN ha^{-1}) | | | 糖量 (t ha^{-1})* | | |
|----|--------------------------------|-------|---------|----------------------------|----------|---------|
| | 可変施肥区 | 農家慣行区 | 減肥率 (%) | 可変施肥区 | 農家慣行区 | 増収率 (%) |
| A | 158 | 184 | 14.1 | 13.3±0.7 | 12.2±1.1 | 9.0 |
| B | 68 | 151 | 55.0 | 14.6 | 13.2 | 10.3 |
| C | 108 | 114 | 5.3 | 12.5±0.6 | 11.7±0.5 | 6.7 |
| 平均 | 111 | 150 | 24.8 | 13.5 | 12.4 | 8.7 |

*圃場A,Cは5反復の坪堀から算出(平均値±標準偏差). 圃場Bはハーベスタによる測定結果.

表 2 2017 年のバレイショを対象とした窒素肥沃度ベースの可変施肥試験結果

| 圃場 | 窒素施肥量 (kgN ha^{-1}) | | | 規格内収量 (t ha^{-1})* | | |
|----|--------------------------------|-------|---------|-------------------------------|----------|---------|
| | 可変施肥区 | 農家慣行区 | 減肥率 (%) | 可変施肥区 | 農家慣行区 | 増収率 (%) |
| C | 76 | 93 | 18.0 | 38.3±1.6 | 33.4±3.7 | 14.7 |

*5反復の坪堀から算出(平均値±標準偏差).

3. 多時期衛星画像を用いた作物生育阻害要因の推定

(1) 黒ボク土における窒素可変施肥の適地判定(丹羽ら、2021b)

表 1、2 に示すように、窒素可変施肥システムで明確な減肥と増収効果が得られ、その結果、現在、年間約 100ha 程度の利用者が見込まれるようになった。

しかし、「効果が不明瞭」という意見も多く聞かれるようになった。窒素可変施肥が効果的な圃場は、作物生育が窒素肥沃度の高低に左右されている圃場である。すなわち、窒素肥沃度以外の要因に生育が影響を受けている圃場では可変施肥が効力を発揮しない。例えば、下記の写真には十勝地域の黒ボク土の土壤断面を示しているが、土壤腐植の集積が多い土壤ほど、土壤条件が湿性条件であり、排水不良の危険性が高い。このことから、排水対策がうまく機能していないような圃場では、特に多雨年次、作物生育に窒素肥沃度よりも、排水不良の影響が大きくなると考えられる。

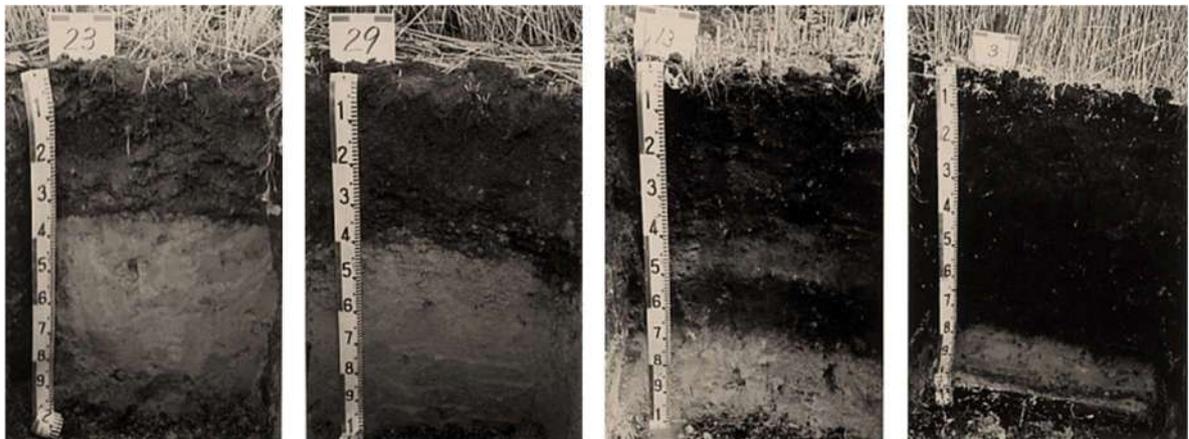


写真 1 十勝地域の黒ボク土の土壤断面例

近年、欧州宇宙機関の Sentinel 衛星等、衛星画像のオープンデータ化が進みつつある。衛星画像はスケールメリットがある上に、裸地の時期には土壤腐植含量の多少、作物最盛期には作物生育の良否を把握することができる。

そこで衛星画像に着目し、十勝地域鹿追町の黒ボク土において、画像から土壤腐植含量と生育最盛期までの期間が多雨(2016年)の生育最盛期のテンサイ、バレイショ生育を把握した。そして、土壤腐植含量と両作物の生育の関係を 120 筆以上の圃場で検討した。

土壤腐植含量と作物生育が正の相関関係を示すなら、その圃場の作物生育は窒素肥沃度に影響を受けており、可変施肥が有効に作用すると考えられる。それに対して、負の相関関係を示す圃場では作物生育が排水不良に、無相関であれば作物生育が窒素肥沃度、排水不良以外の要因に影響を受けていると考えられる。

検討の結果、正の相関関係を示す圃場は約 40%、負の相関関係を示す圃

場は約 20%であった。

以上のことから、可変施肥をより効果的を行うためには、衛星画像を活用し、予め、腐植含量と作物生育が正の相関関係を持つ圃場なのか否かを判定することが有効である。

(2)低地土における作物生育を阻害する土壌要因の推定(丹羽ら、未発表)

低地土の表層土の土壌腐植含量のバラツキは、黒ボク土ほど大きくなく、Google Earth等の衛星画像からも土色は概ね均一と判断される。このことから、黒ボク土と同じ視点での解析が困難である。

2016年は、作付から生育最盛期までの期間が多雨であったが、2020年は逆に少雨であった。また、十勝地域においては4~5年輪作が一般的であるため、両年に同一作物を作付けしている可能性が高い。

そこで、両年の生育最盛期の衛星画像を利用し、両年ともテンサイが作付されている2圃場(A圃場、B圃場)で、多雨、少雨時の生育のバラツキの特徴から、低地土における作物生育を阻害する土壌要因の推定を試みた。

A圃場では多雨年が生育不良で、少雨年が生育良好の区域が見られ、その区域を排水不良と推定した。B圃場では多雨年、少雨年とも生育のバラツキは同傾向であり、生育不良の区域は多雨、少雨とも作物生育を阻害する有効土層不足と推定した。推定結果は聴き取り調査、土壌断面調査より妥当であり、低地土においては様々な気象条件下の作物最盛期の衛星画像の活用が有効と考えられた。

4. おわりに

上述したように、衛星画像のオープンデータ化が進んでいる。これまで衛星画像の農業利用については、有効性は認められるものの、社会実装のためには、どうしても画像コストがネックとなっていた。しかし、現在においては低コストで多時期の衛星画像解析を行うことが可能になり、今後、より様々な営農現場に役に立つ情報の発信が期待できる。

弊社においても、今後、多時期衛星画像の解析を進めていき、作物生育を阻害する様々な土壌要因を把握する「宇宙からの圃場診断手法」を構築していきたい。

引用文献

丹羽勝久ら(2016) 低層リモートセンシングによる圃場の土壌情報モニタリング, 農業農村工学会誌, 84(9), 749-752.

丹羽勝久(2021a) センシング技術を活用した黒ボク土畑の圃場特性の評価, 土壌の物理性, 145, 11-16.

丹羽勝久ら(2021b) 衛星画像から推定した表層土壌・作物生育に基づく黒ボク土畑作地帯における可変施肥導入の可能性, 土肥誌, 92, 249-254.