

令和7年度 成績概要書

課題コード（研究区分）： 3103-217251（経常研究）

1. 研究課題名と成果の要約

- 1) 研究成果名：衛星画像を用いた圃場内低 pH 領域の推定手法
（研究課題名：複数畑作物のセンシングデータによる生育阻害要因判定手法の確立）
- 2) キーワード：衛星リモートセンシング、てんさい、正規化植生指数（NDVI）、腐植含量
- 3) 成果の要約：衛星リモートセンシング情報に基づく腐植含量の解析により土壌 pH の差が生じやすい圃場を選別できる。選別した圃場のてんさいとばれいしょの NDVI 解析から、正解率 79%で土壌 pH の低い領域を推定できる。また、精度は劣るものの衛星画像の目視確認でも本手法を簡易的に適用できる。

2. 研究機関名

- 1) 代表試験場・所属・担当者：十勝農業試験場・研究部・農業システムグループ・主任主査・関口建二
- 2) 分担試験場（協力試験場）：十勝農業試験場・研究部・生産技術グループ、
中央農業試験場・農業システム部・農業システムグループ
- 3) 共同研究機関（協力機関）：（北海道糖業株式会社、十勝・網走農業改良普及センター）

3. 研究期間：令和5～7年度（2023～2025年度）

4. 研究概要

1) 研究の背景

圃場の賃借や購入、あるいは農作業の請負などにおける新規耕作圃場はその特性が分からないことが多く、効率的な栽培管理に支障を及ぼす場合がある。特に酸性障害は生育・収量の低下に直結し、圃場内のばらつきが大きい。このため、圃場内で低 pH による生育阻害が生じている領域を事前に簡易に推定する手法が求められている。

2) 研究の目的

複数の衛星リモートセンシング情報を用いて圃場内で低 pH による生育阻害が生じる領域の推定手法を開発する。

5. 研究内容

1) 衛星リモートセンシングによる pH の差が生じやすい圃場の推定（R5～7年度）

- ・ねらい：複数の衛星リモートセンシング情報と土壌 pH の関係を解析し、pH の差が生じやすい圃場の推定法を明らかにする。
- ・試験項目等：使用データ；十勝・オホーツク・道央地域の衛星リモートセンシング情報（Sentinel-2 衛星）、土壌 pH、腐植含量など

2) 圃場内低 pH 領域推定手法の構築（R5～7年度）

- ・ねらい：低 pH 領域の推定に有効な情報を組み合わせ、圃場内の低 pH 領域を推定する手法を構築する。
- ・試験項目等：畑作4品目の NDVI、NDSI の組み合わせによる低 pH 領域の推定精度を二値分類モデルの評価指標で比較

6. 研究成果

- 1) 土壌 pH の圃場内の変動は圃場ごとに腐植含量と関係がみられた。腐植含量と正規化土壌指標（NDSI、乾燥条件での画像5枚以上の中央値）の間に正の相関を示した圃場は62筆中56筆であり、NDSI が0.05変動すると腐植含量は全圃場の平均で約1%変動した（データ略）。調査圃場内の pH の差が0.5以上ある圃場のうち30筆中25筆で NDSI の差が0.05以上であったことから、NDSI によって pH の差が大きい圃場を抽出することができる（表1）。腐植含量区分（あり：<2%、含む：2～5%、富む：5～10%、すこぶる富む：10%≤）が変わる程度の差（約3%）であれば、土色差を衛星の可視画像で視認できるため、NDSI を用いなくても精度は劣るが目視での簡易推定が可能である（データ略）。

- 2-1) 圃場内の土壌 pH の差が0.5以上であり、かつ pH が畑地の基準下限である5.5未満の領域を含む場合、pH とてんさいの NDVI は有意な正の相関を示した（図1）。圃場別のてんさいの NDVI を異なる時期の画像間で比較できるように標準化した sNDVI に変換したうえで、0未満を閾値として低 pH 領域を推定すると、pH が5.5未満の観測点43点のうち36点を捕捉できた。また、簡易法として NDVI の最大地点から0.2以上低い領域を低 pH 領域として推定すると、pH が5.5未満の観測点43点のうち23点を捕捉できた。一方、ばれいしょ、豆類および秋まき小麦の NDVI は pH と有意な相関を示さなかった（データ略）。ばれいしょはてんさいと比べて低 pH に強く、調査圃場のばれいしょで NDVI が0.6未満の生育不良領域でも pH はすべて5.5以上であり、低 pH 以外の要因（土壌物理性不良など）で生育不良が生じたと考えられた（データ略）。従って、てんさいの NDVI は低いがばれいしょの NDVI は低くない領域は低 pH リスクが高い領域として推定できる。

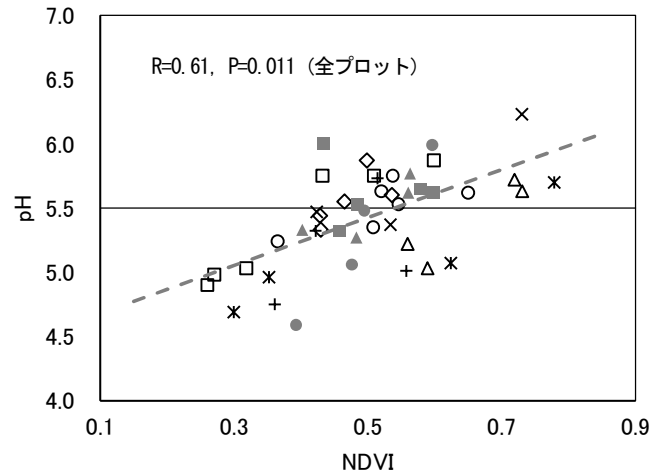
- 2-2) 土壌分析地点117点を含む28筆の畑作圃場において、てんさいの sNDVI が0未満で低 pH と推定すると正解率が0.63、F 値が0.63であった（表2）。これにばれいしょの sNDVI が閾値-1.7以上の条件を追加すると、てんさいのみでの判定と比較して判定精度が向上した（正解率が0.71、F 値が0.68）。また、上記1)に示した NDSI による圃場選別を行うと、判定精度はさらに向上した（正解率が0.79、F 値が0.74）。以上より、衛星画像を用いた低 pH 領域を含む圃場の推定手法と、NDSI および sNDVI による選定を簡易化した推定手法を作成した（図2）。

<具体的な成果>

表1 圃場内の NDSI の差と pH の差の関係

供試圃場：62筆		NDSIの圃場内の差	
		0.05以上	0.05未満
pHの差	0.5以上	40.3%(25)	8.1%(5)
	0.5未満	32.3%(20)	19.4%(12)

注1) 正規化土壌指標(NDSI)=(B11-B8)/(B11+B8)。
ただし、B8、B11はSentinel-2衛星の近赤外光(842nm)、
短波長赤外光(1610nm)の反射率。
注2) 表中の()は圃場数を示す。
注3) 調査圃場75筆のうち、NDSIが取得できなかった圃場、
またはNDSIと腐植含量の相関係数を求めることができない
圃場を除外した場合の表である(全62筆327地点)。



注1) 土壌採取点の pH が 5.5 未満の地点を含み、かつ最大最小差が
0.5 以上の圃場 10 筆 45 地点の値
注2) 近似直線は全プロットが対象、マーカーは圃場別に種類を変えた
注3) NDVI は生育差が観察可能な NDVI 値が未飽和の画像を使用
(この図は 6 月下旬に撮影した画像を基に作成)

図1 てんさいの NDVI と土壌 pH の関係

表2 NDSI、てんさいおよびばれいしよの sNDVI を用いた低 pH の推定精度

NDSIの差	閾値(sNDVI)		正	適	再現率	F
0.05未満 の圃場	てんさい	ばれいしよ	解	合	(低pH 除去率)	値
含む	0未満	—	0.63	0.50	0.84	0.63
	0未満	-1.7以上	0.71	0.57	0.84	0.68
含まない	0未満	—	0.72	0.58	0.84	0.69
	0未満	-1.7以上	0.79	0.67	0.84	0.74

注1) $sNDVI = (NDVI - \text{圃場内のNDVI平均値}) / (\text{圃場内のNDVI標準偏差})$
注2) 「含まない」はNDSIの差が0.05未満の圃場にpH5.5未満の低pH地点
を含まないと推定した場合の精度

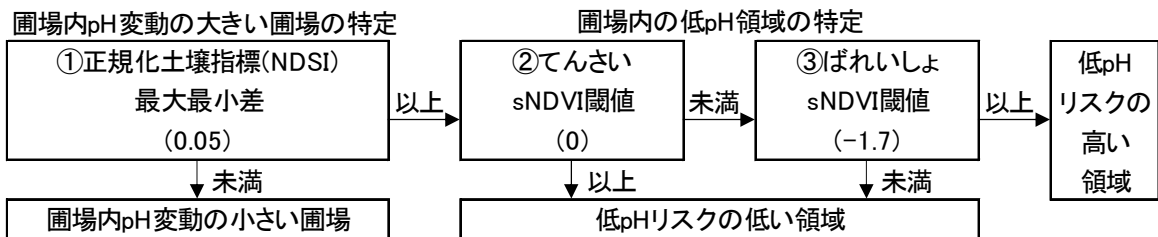
※二値分類モデルの評価指標について

【正解率】全地点の推定のうち正しい推定の割合

【適合率】低pHと推定した中で実際に低pHだった割合

【再現率】実際に低pHのうち低pHと推定できた割合

【F値】適合率と再現率の調和平均



注) ①は裸地の可視画像、②③はNDVI画像から簡易推定可能

図2 衛星画像を用いた圃場内低 pH 領域の推定手法

7. 成果の活用策

1) 成果の活用面と留意点

- (1) 本成果は、局所的な低 pH 領域を含む圃場、およびその診断に必要な土壌分析地点を効率的に選定する際に糖業各社、農協、農業改良普及センターなどの指導機関が参考にてできる。
- (2) pH は土壌分析で確定し、酸度矯正資材の施用量は土壌分析値に基づいて決定する。
- (3) 圃場全面が低 pH である圃場では低 pH 領域を推定できない。

2) 残された問題とその対応 なし

8. 研究成果の発表等

- ・細川ら (2024) 農業情報学会 2024 年度年次大会 (講演要旨集 p 126)
- ・池本ら (2024) 日本土壌肥料学会 2024 年度年次大会 (講演要旨集 p 114)