

7) 衛星データと地理情報で農地の排水性を診断

(研究成果名：衛星リモートセンシングと地理情報を活用した畑地の排水不良区分の推定法)

道総研 中央農業試験場 農業環境部 環境保全グループ ほか

1. 試験のねらい

近年頻発傾向にある極端な多雨による湿害を低減するため、農地の排水性を良好に維持・改善することが重要です。そこで、農地の土壌特性を空間的に把握し、効率的に土層改良を進めるため、空知地域（水田転作畑）と、十勝・オホーツク地域（普通畑作）をモデル地域とし、衛星リモートセンシング（衛星データ¹⁾）を活用した排水不良域²⁾の推定手法を開発することを目的としました。

2. 試験の方法

1) 衛星リモートセンシングによる土壌水分環境の推定法の開発

表層土壌の水分量や、下層における地下水の影響程度を、衛星データで把握する手法を開発する。

2) 衛星リモートセンシングと地理情報に基づく排水不良域の推定法の開発

衛星データと、地理情報（土壌型・地形区分）から、排水不良域を推定する手法を開発する。

3) 排水不良域推定法の検証と活用事例

上記2)の推定手法の妥当性や推定結果に基づく土層改良の効果を検証する。

3. 試験の結果

1) 土壌水分環境の推定法

(1) 表層土壌（5 cm 深）の水分量は、土壌型に関係なく、裸地条件における短波長赤外光反射率の正規化指数（NBR2）¹⁾と直線的な関係が認められました（図1）。

(2) 水田転換畑地域において、グライ反応²⁾が0～50 cm に発現する地点と、90 cm 以内に発現しない地点では、裸地条件での短波長赤外光と近赤外光の反射率の正規化指数（NDSI）¹⁾は統計的に異なりました（図2）。

2) 排水不良域の推定法

(1) 排水不良の要因を明らかにするため、土壌調査を行い（過去調査を含む転換畑 699、普通畑 315 地点）、土壌水分環境を表す指標に基づき、排水不良区分を確認しました。このデータを学

習用として解析したところ、衛星データ、土壌型、地形区分が排水不良区分の推定に有効と考えられました（データ省略）。この結果を参考に、地理特性から排水不良区分を簡易に推定するための評点を各要因に割り振りました（表1）。

(2) 圃場内の土壌乾湿の不均一性は、裸地条件でのNBR2と、主要な畑作物の生育初期におけるNDVI¹⁾により推定可能でしたが、生育初期に被植率が小さいまねぎでは推定が難しいと考えられました（データ省略）。

3) 推定法の検証と活用

(1) 表1から推定した排水不良区分は、学習用および検証用のいずれのデータセットについても、約70%以上の確率で的中しました（表2）。また、地理特性から排水不良と推定された圃場において、圃場内で相対的にNDVIが低い区域は、相対的に排水性が劣る事例が多いことを確認しました（データ省略）。

(2) 圃場内の排水不良域において、カットブレーカー（営農排水施工機）の部分施工区では、無施工区よりも、ばれいしょや小豆の相対的な収量が高まることを確認しました（データ省略）。

以上より、衛星画像や地理情報を活用する本手法は、排水不良域を特定し、効率的に対策を講じることに役立つと考えられました。

¹⁾ 衛星データに関わる補足説明

Sentinel-2 衛星の撮影画像データを使用した。複数の波長の反射率を組み合わせた「正規化指数」とすることで、様々な対象物との関係をより明確に表現できる場合がある。

衛星データから得られる情報は、画像内や地域内で相対的な指標として取り扱うことを基本とするのが良い。

・ **NBR2** : 2 種類の短波長赤外光の反射率から計算。表層の水分量を反映。

・ **NDSI** : 短波長赤外光と近赤外光の2種類の反射率から計算。下層のグライ反応深さを反映。

・ **NDVI** : 近赤外光と赤色光の2種類の反射率から計算。作物の生育量や緑の濃さを反映。

2) 土壌の排水性や水分環境に関わる補足説明

本研究では、転換畑地域と普通畑地域の各々について、以下に示す土壌水分環境に関わる指標の有無に基づき、「排水不良域」(排水不良区分【高】)を定義した(表1左)。

- ・**グライ反応**：土壌にジピリジル溶液をかけたときに、ピンク色に呈色する反応。酸素が少ない状態にあることを示す。転換畑地域において、土層1m以内に確認した場合、排水不良域とした。
- ・**地下水湿性鉄斑紋**：地下水の影響により、一時的に酸素が少なくなる環境で生成される酸化鉄。上記のグライ反応が発現する環境よりは地下水の影響は小さい。転換畑地域において、土層1m以内に確認した場合、排水不良域とした。

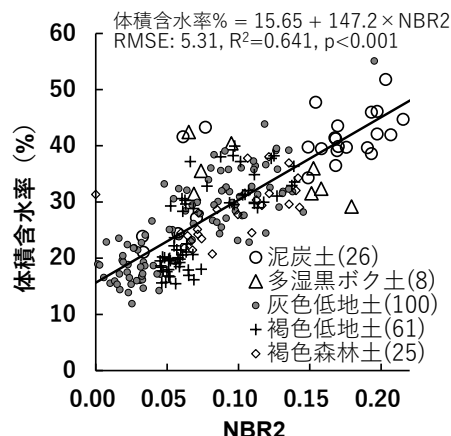


図1 衛星画像の情報と表層土壌における体積含水率の関係

$NBR2 = (B11 - B12) / (B11 + B12)$ 。ただし、B11, B12 は各々中心波長 1610 および 2190 nm の光反射率。対象深さは 5 cm。土壌群名に付した() は地点数。

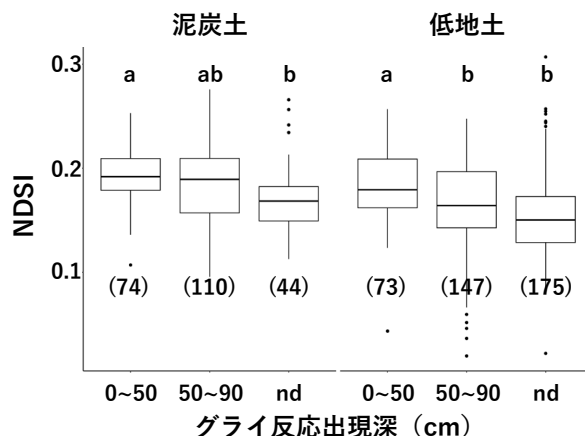


図2 グライ反応²⁾出現深さと衛星画像の情報の関係

$NDSI = (B11 - B8) / (B11 + B8)$ 。ただし、B11, B8 は各々中心波長 1610 および 842 nm の光反射率。nd は、深さ 90 cm 以内に確認できないことを表す。グラフ中の() は地点数。異なるアルファベットは各土壌型で有意に異なることを示す (Wilcoxon, Bonferroni, $p < 0.05$)。

表1 畑地の排水不良域²⁾を推定するための排水不良区分の定義(左)と各要因の評点(右)

排水不良			排水不良		指標		説明変数		水準		転換畑		普通畑		説明変数		水準		転換畑		普通畑		
区分		得点		(100cm以内)																			
【転換畑地域】						グライ反応																	
低		2未満		なし						3												2	
やや高*		2, 3		-						2												1	
高		4以上		あり																		-1	
【普通畑地域】						地下水湿性鉄斑紋																	
低		1未満		なし						1												0	
高		1以上		あり																		1	
																						-1	
																						1	
																						2	
排水不良区分は、各説明変数の評点（右表）の合計得点（a+b+c+d）から判定し、同区分「高」を排水不良域とする。*やや高は、グライ反応を指標とした判別は困難。																							
土壌図は日本土壌インベントリー（農研機構：包括的土壌分類第一次試案に基づく分類）、地形区分はベクトルタイル地形分類または治水地形分類図（国土地理院）より取得できる。																							
衛星画像の情報（NDSI,NBR2）は、比較的光学条件での裸地画像（NDVI<0.25）を複数取得し（5枚以上）、その中央値を代表値とする。本表の値は、空知、十勝および十勝一帯で得られた値。																							

排水不良区分は、各説明変数の評点(右表)の合計得点(a+b+c+d)から判定し、同区分「高」を排水不良域とする。*やや高は、グライ反応を指標とした判別が困難。

土壌図は日本土壌インベントリー(農研機構:包括的土壌分類第一次試案に基づく分類)、地形区分はベクトルタイル地形分類または治水地形分類図(国土地理院)より取得できる。

衛星画像の情報(NDSI, NBR2)は、比較的乾燥条件での裸地画像(NDVI<0.25)を複数取得し(5枚以上)、その中央値を代表値とする。本表の値は、空知、十勝および北海道で得られた値。

表2 学習用および検証用調査において排水不良区分を推定した真偽表

調査に基づく排水不良区分(実測)												
		学習用調査地点						検証用調査地点				
		転換畑地域			普通畑地域			転換畑地域			普通畑地域	
		低	高	的中率	低	高	的中率	低	高	的中率	低	高
排水不良区分(推定)	低	46	16	74 (50-92)	103	49	68 (61-79)	0	0	判定不能	6	1
	やや高	152	147	—				4	0	—		
	高	71	267	79 (70-87)	45	102	69 (60-78)	3	6	67	0	7
												100

「的中率」以外の数値は、該当調査地点数。塗り潰し部分は、推定と実測が一致したことを示す。的中率(推定した区分に対して、実際に的中した割合)の単位は%、()は部分抽出した標本(抽出率を転換畑地域で20%、普通畑地域で40%とし、1000回の繰り返し)での95%信頼区間。