

# 水田表土色の水分条件由来の雑音成分低減による正規化土壤分光特性画像の生成

環境リモートセンシング研究室 小林 由弘  
指導教員 力丸 厚, 高橋 一義, 坂田 健太

## 1. はじめに

現在、食の安全や農薬の環境負荷が問題となっており、使用する農薬や肥料の減量が求められている。このような背景から、効率的かつ環境負荷を低減した営農のために、施肥の管理が重要とされている。しかし、農地を整備する際に行う圃場の現地調査は多くの時間と労力がかかる。そのため、広範囲の情報取得ができるリモートセンシング技術を利用した農地情報の把握が注目されている<sup>1)</sup>。しかし、土壌の情報は同一土壌の場合においても、水分状態などの違いにより観測される分光情報は異なる<sup>2)</sup>。これはリモートセンシングを用いて広域にわたり土壌情報を把握する上での雑音成分となる。本研究では前述した水分条件由来の雑音成分を低減した正規化土壤分光特性画像を作成する事を目的とする。

## 2. 水分条件由来の雑音成分

本研究における水分条件由来の雑音成分とは土の含水比や湛水下でのにごりの有無における同一土壌の分光反射特性の変化を指す。

## 3. 研究概要

本研究では水分が水田表土の分光反射特性に及ぼす影響を正規化手法により低減し、正規化土壤分光特性画像から腐植を把握可能か検討した。図1に研究フローを示す。

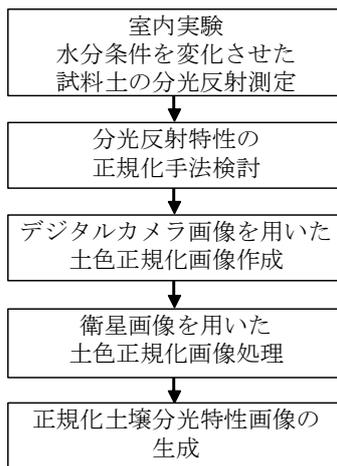


図1 研究フロー

## 4. 室内実験

### 4.1 土壌の分光反射測定

土の分光反射に影響を与える水分条件を変化させて試料土の分光反射測定を行った。含水比は0,10,30,50%に設定し、また湛水下の水深1.5cmで、にごりがある場合とない場合を測定した。

### 4.2 にごりの透視度と分光反射測定

湛水下でにごりが強い場合、土色を把握する事は困難な場合が多いためにごりの土色に対する影響を検討した。濃度を10～10<sup>5</sup> mg/lまで変化させて、濁水の透視度と分光反射計測を行った。また、分光反射計測を行う際はグレースケールを下に敷いて行った。表1, 図2に透視度の計測結果例と腐植が低い場合の濁水濃度を変えた分光反射のグラフの例を示す。表1より濁水の濃度が上がるにつれて透視度が下がる事が確認できた。また、腐植が高い土の方が透視度は低い傾向が見られた。これは水溶性の土壌有機物が腐植の低い土に比べ多いためと考えられる。図2からは濁水の濃度が上がるにつれてにごりに起因する分光反射特性の影響が強くなる事を確認した。

表1 透視度測定結果 単位cm

試料土	腐植(%)	濃度(mg/l)				
		10	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>
A	1.3	50cm以上	36.50	12.75	1.50	1cm以下
B	1.4	50cm以上	50cm以上	12.50	2.50	1cm以下
C	3.1	50cm以上	37.00	8.50	1.50	1cm以下
D	4.0	50cm以上	19.00	5.00	1.00	1cm以下
E	7.7	50cm以上	25.00	9.00	1.75	1cm以下
F	8.0	50cm以上	15.00	5.50	1.25	1cm以下
G	10.8	50cm以上	15.00	5.00	1.00	1cm以下
H	12.0	50cm以上	27.00	6.50	1.25	1cm以下

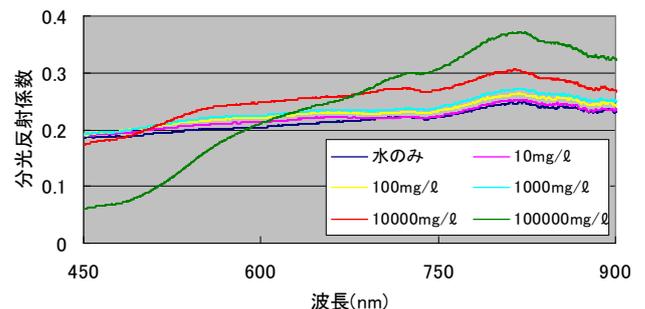


図2 濁水濃度を変えた分光反射特性

### 4.3 デジタルカメラ画像の撮影

光源にはハロゲンランプを2つ用い対象を挟むような形で撮影を行った。撮影した試料土の含水比は0, 10, 30, 50%である。撮影時にはディフューザーを用いてムラを低減するように撮影した。また、撮影画像の画素値は使用するカメラ特性の影響を受けるため、4隅に配置したパッチチャートの輝度値と反射係数を用いて分光反射係数相当の画像に変換した。

## 5. 解析結果

### 5.1 土壌分光情報の正規化

土壌表面状態の違いによる分光反射特性の影響を低減するため、波長  $i$  における正規化反射特性値  $D_i$  を (1) 式で算出した。正規化は画像データへの応用を考え、可視域のみの場合と近赤外を含めた範囲で正規化を行った。また、正規化前後の波形の標準偏差を平均値で割ることにより波形のバラツキを算出した。

$$D_i = \frac{R_i \times n}{\sum_{j=\lambda_1}^{\lambda_2} R_j} \quad (1)$$

$D_i$  : 正規化反射特性値  $R_j$  : 反射係数  
 $\sum R_j$  : 反射係数の総和  $n$  : バンド数  
 $\lambda_1$  : 450  $\lambda_2$  : 700 又は 900  $i, j$  : 波長域

### 5.2 画像分光情報の正規化

含水比を変化させた試料土において正規化処理を行うことにより水分状態の影響を低減できるか検討した。正規化画像の算出は (2) 式を用いた。また、画像分光情報における波形のバラツキは 5.1 の方法を観測波長バンドに置き換え算出した。

$$\begin{bmatrix} R_N \\ G_N \\ B_N \end{bmatrix} = \frac{3}{R_o + G_o + B_o} \begin{bmatrix} R_o \\ G_o \\ B_o \end{bmatrix} \quad (2)$$

$R_N$  : 正規化  $R_o$   $G_N$  : 正規化  $G_o$   $B_N$  : 正規化  $B_o$

### 5.3 土壌分光情報の正規化前後における結果

水分条件を変化させた腐植が高い土における分光反射係数と可視域での正規化反射特性値のグラフを図 3, 4 に示す。正規化前後の波形のバラツキを算出した結果、正規化前は  $4.0 \times 10^{-1}$  で正規化後は  $2.8 \times 10^{-2}$  になった。この結果から正規化により水分状

態の影響を低減する事ができた。近赤外の正規化については処理を行った結果、可視域に比べバラツキが大きくなる結果になった。これは赤外領域と可視領域の水分に対するスペクトル変動の度合いが違うためと考えられる。

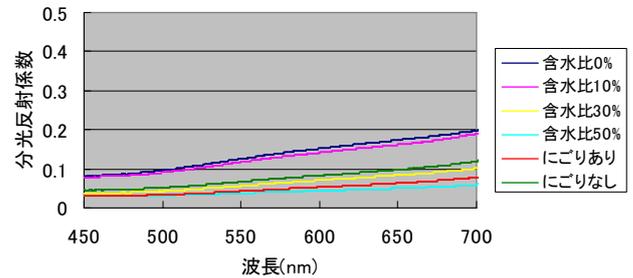


図3 水分条件を変えた試料土の分光反射特性

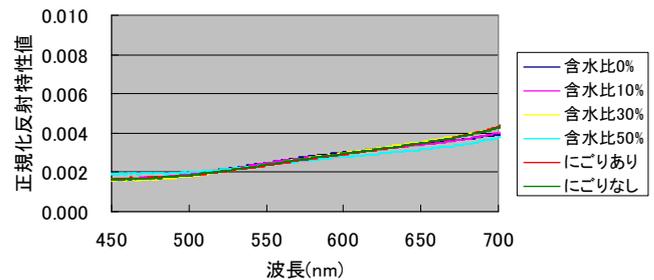


図4 水分条件を変えた試料土の正規化反射特性

### 5.4 デジタルカメラ画像の正規化前後の結果

デジタルカメラの画素値を分光反射係数に変換したグラフと正規化したグラフを図 5 に示し、分光反射の変換精度を表 2 に示す。表 2 から変換誤差は含水比が低い場合において分光器との差分が 1%以下になった。表 2 と図 5 から含水比が低い場合は反射係数相当の画像を正規化することにより含水比の影響を低減することができた。

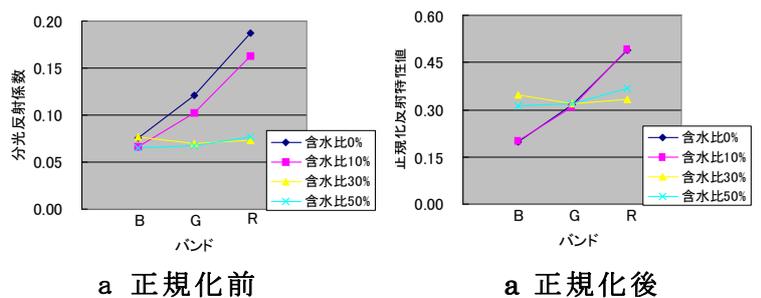


図5 含水比を変えた試料土の分光画素値特性

表2 含水比による変換誤差

含水比 (%)	0	10	30	50
差分(誤差%)	0.89	0.89	3.08	0.86
差分/分光器 (%)	7.6	9.2	91.0	16.4

## 6. 高分解能衛星画像の解析

### 6.1 対象領域

対象領域は長岡市旧越路町周辺の圃場であり、試料土を採取した圃場が観測されている。図6に対象領域を示す。また、衛星画像はIKONOS衛星画像（以後IKONOS画像）とQuickBird-2衛星画像（以後QuickBird画像）を用いた。



図6 対象領域

### 6.2 前処理

まず、高速道路などグレーの領域の画素値を参考に、カラーバランスの調整を行った。圃場を一筆単位で解析対象としているため、図7に示すような農地区画データに衛星画像を重ね合わせる形で衛星画像の幾何補正を行った。また、農地区画データの中に圃場以外であぜなどのノイズ成分を取り込む可能性があるため、本研究では、既存の農地区画データを内側に3m小さくするバッファ処理を行い、データ解析に使用した。

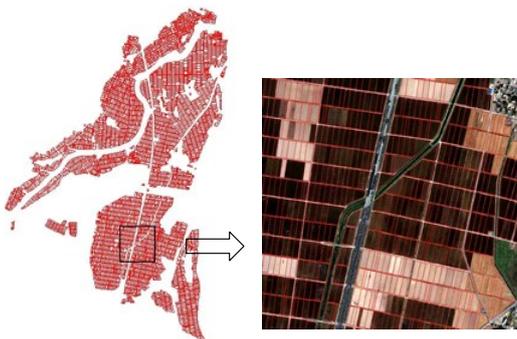


図7 農地区画データと幾何補正後の衛星画像

### 6.3 衛星画像における正規化手法

QuickBird画像における腐植が低いとされている腐植3%未満の圃場（以後グループ1）20地点の正規化を(2)式により行った。正規化前後のグラフを図8に示す。正規化前後における可視域の波形のバラツキを算出したところ、正規化前は $4.2 \times 10^{-2}$ で正規化後は $1.1 \times 10^{-2}$ になった。近赤外の正規化処理を行った結果、室内実験の場合と同じく可視域に比べバラツキが大きくなった。これは赤外と可視の水分によるセンサの感度やスペクトル変動が異なるためと考えられる。腐植が高いとされている腐植3%以上の圃場（以後グループ2）やIKONOS画像においても同様の結果になった。よって、本研究の正規化手法は可視域範囲で適用する事が有効であると考えられた。

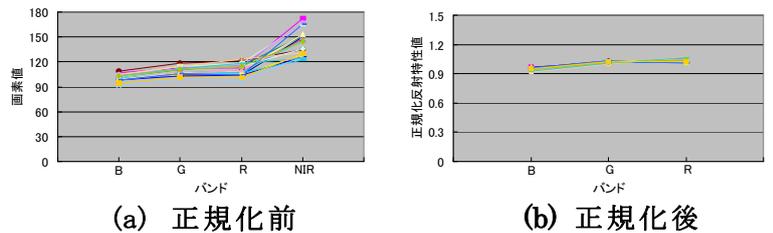


図8 圃場 20 地点における正規化前後の波形

### 6.4 トレーニングデータ

6.3 で述べたグループ1とグループ2の圃場20地点をトレーニングデータとした。表3,4にグループ1とグループ2から算出した統計値で40地点を3種類の特徴空間距離を用いて判別した時の判別正答率を示す。また、正規化後の3次元BGR情報は2次元情報に変換できる。座標変換モデルを図9に示す。正規化B,Gを通る座標を2次元投影座標a,aに直交する座標を2次元投影座標bとした。図10,11にIKONOS・QuickBird画像におけるグループ1とグループ2の2次元散布図を示す。

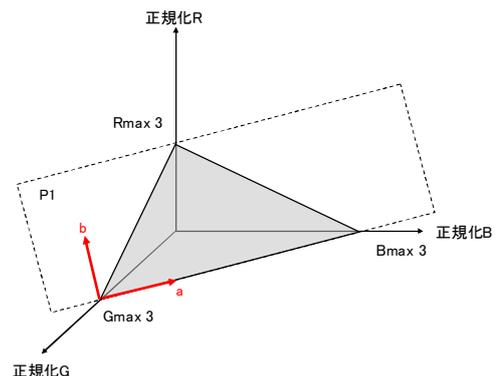


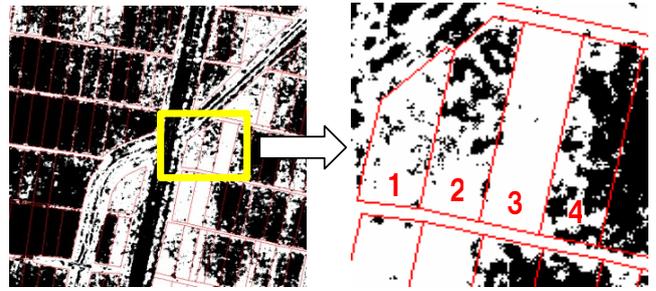
図9 座標変換モデル

表3 トレーニングデータ正答率 (IKONOS 画像)

正規化後IKONOS画像	正答判別結果		
	ユークリッド距離	標準ユークリッド距離	マハラノビスの汎距離
グループ1 (腐植3%未満)20地点	18(90%)	19(95%)	19(95%)
グループ2 (腐植3%以上)20地点	16(80%)	16(80%)	16(80%)

表4 トレーニングデータ正答率 (QuickBird画像)

正規化後QuickBird画像	正答判別結果		
	ユークリッド距離	標準ユークリッド距離	マハラノビスの汎距離
グループ1 (腐植3%未満)20地点	19(95%)	20(100%)	18(90%)
グループ2 (腐植3%以上)20地点	19(95%)	18(90%)	20(100%)



圃場仮番号	グループ1の占有率[%]	グループ2の占有率[%]	判定
1	92	8	グループ1
2	85	15	グループ1
3	97	3	グループ1
4	27	73	グループ2

図12 腐植判別の概念図

IKONOS・QuickBird画像から算出した正規化土壌分光特性画像における判別の正答率を表5,6に示す。検証用データで鉄塔やハウス栽培の屋根などが入っている圃場は除外した。判別対象外圃場はIKONOS画像で23地点, QuickBird画像において27地点であった。表5,6の結果より判別の正答率は約70%以上の成果を得た。正規化土壌分光特性画像を作成する事により, 土壌の水分状態を低減して腐植情報を面的に推定する事ができた。

表5 検証地点 IKONOS画像判別正答率

正規化後IKONOS画像 腐植分類図	正答判別結果		
	ユークリッド距離	標準ユークリッド距離	マハラノビスの汎距離
グループ1 (腐植3%未満)145地点	121(83%)	120(82%)	115(79%)
グループ2 (腐植3%以上)64地点	34(53%)	43(67%)	47(73%)

表6 検証地点 QuickBird画像判別正答率

正規化後QuickBird画像 腐植分類図	正答判別結果		
	ユークリッド距離	標準ユークリッド距離	マハラノビスの汎距離
グループ1 (腐植3%未満)131地点	89(68%)	97(74%)	101(77%)
グループ2 (腐植3%以上)61地点	43(70%)	43(70%)	44(72%)

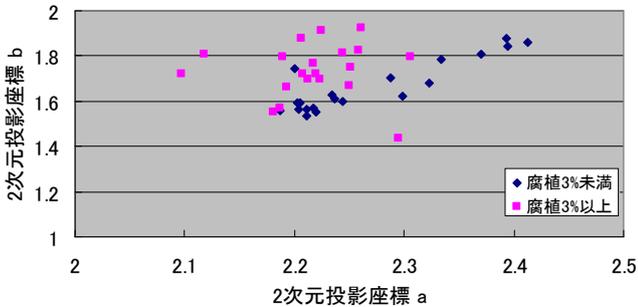


図10 IKONOS画像における2次元散布図

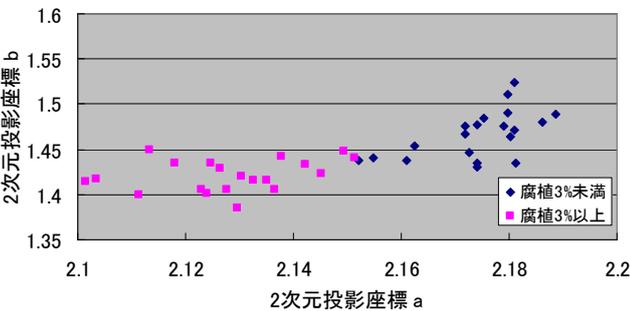


図11 QuickBird画像における2次元散布図

## 6.5 正規化土壌分光特性画像

正規化後のグループ1, グループ2のトレーニングデータ統計値から, 腐植の判定を行い腐植の情報を面的に有した正規化土壌分光特性画像を作成した。画像は画素毎にグループ1, 2を判定し, 2値化画像を作成した。

## 6.6 検証

6.5で作成した正規化土壌分光特性画像の検証をJA実測値データで行った。検証の方法は作成した正規化土壌分光特性画像を圃場毎に3値化して行った。3値化の区分は腐植が低い・高い・判別対象外である。対象圃場においてグループ1の画素占有率が70%以上になった場合はグループ1に分類した。グループ2についても同様の方法で分類を行った。画素占有率が70%に満たない場合は判別対象外とした。腐植判別の様子を図12に示す。

## 7. まとめ

土壌の水分条件由来の雑音成分を正規化手法で低減し, 画像データに応用した。正規化土壌分光特性画像から腐植情報を面的に推定する事ができた。判別の正答率は約70%以上の成果を得た。

## 参考文献

- 1) 荒木 剛, 土色による土性把握における土壌水分の影響検討, 長岡技術科学大学, 2005年度修士論文
- 2) 押鐘 大佑, 土壌表面および含水状態の影響低減による土色分光画像正規化に関する研究, 長岡技術科学大学, 2007年度修士論文