

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

環境リモートセンシング研究室 押鐘大佑
指導教員 力丸 厚・高橋一義

1. はじめに

現在、農作物への残留農薬や化学肥料の流出による土壌汚染など、食の安全や農薬の環境負荷が大きな問題となってきている。これより農薬や肥料の減量が求められ、最適な量の農薬と肥料を与えるために農地の地力（腐植）を把握する必要がある。しかし、農地の情報は部分的にしか調査されていない。このような背景から広大な農地の情報を取得するためにリモートセンシングの活用が注目されている。しかしながら、土壌の分光反射係数は土壌成分や含水比などにより変化する。特に、同一土壌成分の場合においても、含水比や表面粗度の違いにより観測される分光反射係数は異なる。このことは、リモートセンシングデータを用いて広域にわたり土壌情報を把握する上でのノイズ要因となる。

本研究では、表面粗度または含水比を変化させた土壌の分光反射測定結果から、土壌の表面粗度や含水状態による影響を低減する分光反射特性の正規化手法を検討した。さらに正規化手法を応用し、デジタルカメラ画像や高分解能衛星画像上でも土壌表面や含水状態による影響を低減した正規化画像の作成を行うことを目的としている。また、腐植の高い土壌と低い土壌の判別の検討を行った。腐植とは土壌中の炭素含有量を指し、この腐植率が高いと保肥力が大きくなる。図1に本研究の全体像を示す。

2. 土色分光画像正規化について

本研究の土色分光画像正規化とは、同一土壌のスペクトル値が表面粗度や含水比の影響によって変化したものを、同じスペクトル値に近づくよう補正することである。

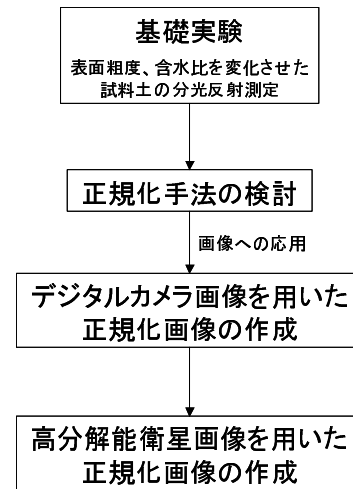


図1 研究の全体像

3. 試料土と使用データ

兵庫県立農林水産技術総合センター、JA 越後さんとう・越路支店から提供された試料土を使用した。また、画像解析に用いたデータはデジタルカメラで試料土を撮影した画像と QuickBird-2 衛星画像（観測地点：長岡市 観測日：2004年6月5日）である。この衛星データを選定した理由は観測された圃場の状態は田植え直後であり、植生が少ないということと、水が張ってあり含水状態による影響の低減の検討を行えると考えたためである。QuickBird-2 衛星に搭載されている光学センサ（マルチ）の主な諸元は分解能が 2.4m、観測波長帯は 450～520、520～600、600～690、760～900nm である。

4. 研究方法

4.1 基礎実験

基礎実験として表面粗度、含水比を変化させた試料土または腐植が異なる試料土の分光反射測定を行い、表面粗度、含水比、腐植による影響の把握を行った。図2に凹凸がある場合とない場合の試料土の例を示す。



(a) 凹凸なし (b) 凹凸あり

図2 表面粗度を変化させた試料土例

4.2 表面粗度または含水比変化による分光特性の影響低減のための正規化手法

基礎実験より含水比または表面粗度による分光反射特性の影響を低減するため、正規化反射特性値を式(1)によって求めた。デジタルカメラ画像や衛星画像への正規化手法の応用を考え、可視域のみと可視域+近赤外域の場合の波長域での正規化手法を検討した。

$$D_i = \frac{r_i}{\lambda_e} \cdot \dots \cdot (1)$$

$$\sum_{\lambda_s} r_j$$

D_i : 正規化反射特性値 r_i : 反射係数 λ_s : 400
 λ_e : 700 または 900 $\sum r_j$: 反射係数の総和

4.3 画像データにおける正規化の実施と検討

4.3.1 デジタルカメラ画像を用いた解析

表面粗度または含水比を変化させた土壌の撮影画像を用いて、正規化画像を作成し、土壌表面や含水状態による影響を低減できるか検討を行った。正規化画像の作成は式(2)を用いて行った。撮影画像から正規化画像を作成する方法と、撮影画像から反射係数相当の画像に変換し、反射係数相当の画像から正規化画像を作成する2通りの方法を検討した。

$$\begin{bmatrix} R_N \\ G_N \\ B_N \end{bmatrix} = \frac{1}{R_o + G_o + B_o} \begin{bmatrix} R_o \\ G_o \\ B_o \end{bmatrix} \cdot \dots \cdot (2)$$

R_N : 正規化 R G_N : 正規化 G B_N : 正規化 B

4.3.2 QuickBird-2 衛星画像を用いた解析

衛星画像の解析では腐植が同じような圃場に注目し、元画像では圃場の含水状態等の影響で違ったように見えているが、正規化画像を作成することで含水状態等の影響を低減し、腐植が同じような圃場を判読できるか検討を行った。解析対象とした圃場は30地点である。正規化画像の作成は4.3.1項と同様に式(2)を用いて行った。図3に研究で使用したQuickBird-2衛星画像を示す。



図3 QuickBird-2衛星画像

5. 結果

5.1 正規化手法を用いた結果

図4に表面粗度を変化させた試料土の分光反射係数のグラフを示す。グラフ中の①~④は表面粗度を変化させたパターンを表す。図5に図4の測定結果より、正規化反射特性値(波長域400~700nmで正規化した場合)を求めた結果を示す。表1に表面粗度を変化させた試料土の分光反射係数、正規化反射特性値のグラフの波形のバラツキの比較結果を示す。これより正規化手法を用いることでグラフのバラツキが減少し、表面粗度の影響を低減することができた。また、含水比を変化させた試料土の場合も、同様に正規化手法を用いることで、含水比の影響を低減することができた。

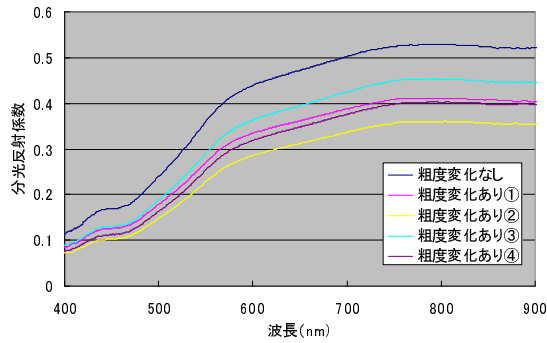


図4 表面粗度を変えた試料土の分光反射係数

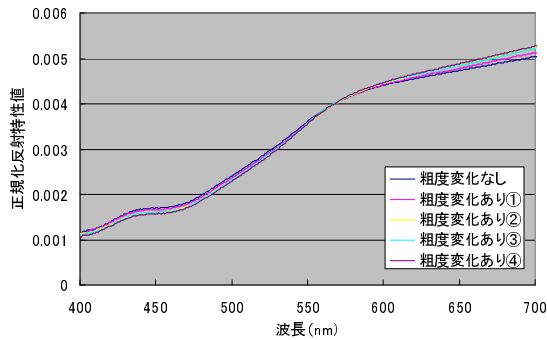


図5 表面粗度を変えた試料土の
正規化反射特性値

表1 波形のバラツキ

試料土	波形のバラツキ		
	分光反射係数	正規化反射特性値 (波長400~700nm)	正規化反射特性値 (波長400~900nm)
A	1.3×10^{-1}	1.4×10^{-2}	1.2×10^{-2}
B	1.1×10^{-1}	0.9×10^{-2}	0.9×10^{-2}
C	2.2×10^{-2}	1.1×10^{-2}	1.1×10^{-2}
D	0.5×10^{-1}	0.3×10^{-2}	0.3×10^{-2}

デジタルカメラ画像を用いた正規化画像の作成結果を表2に示す。表の反射係数変換あり・なしは、反射係数相当画像への変換あり・なしを示す。表3に表面粗度を変化させた場合の原画像と正規化画像（2種類）の画素値のバラツキの比較結果を示す。表3より、正規化画像を作成することによって、作成後においてバラツキが小さくなり、画像上でも表面粗度変化による影響を低減できた。また、含水比を変化させた場合も正規化画像を作成することで、含水比の影響を低減することができた。

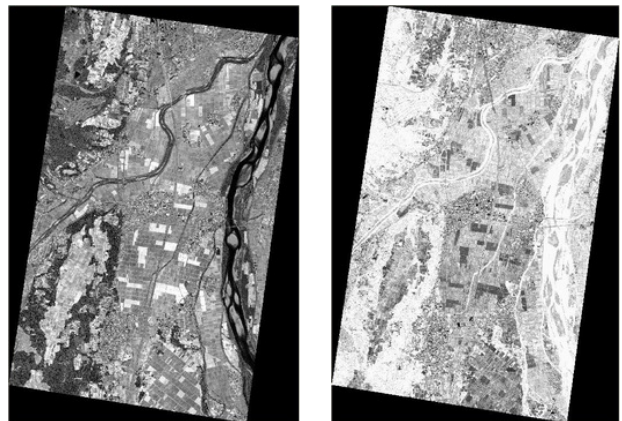
表2 正規化画像

	撮影原画像	正規化画像 (反射係数 変換あり)	正規化画像 (反射係数 変換なし)
含水比0% 表面平坦			
含水比0% 凹凸あり			
含水比22% 表面平坦			

表3 画素値のバラツキ（表面粗度変化）

試料土	バラツキ		
	撮影原画像	正規化画像 (反射係数変換あり)	正規化画像 (反射係数変換なし)
A	0.4×10^{-1}	0.2×10^{-2}	0.6×10^{-2}
B	0.2×10^{-1}	0.5×10^{-2}	0.6×10^{-2}
C	0.4×10^{-1}	0.4×10^{-2}	0.1×10^{-2}

衛星画像を用いた正規化画像の作成結果を図6に示す。衛星画像の解析結果において、腐植が同じような圃場の正規化画像作成前後での各画像の平均画素値の分布を図7、8に示す。腐植が1~2%の圃場10地点の画素値の分布を例として示す。結果より、衛星画像上でも含水比変化等による影響を低減することができた。



(a) R

(b) G



(c) B

図6 正規化画像

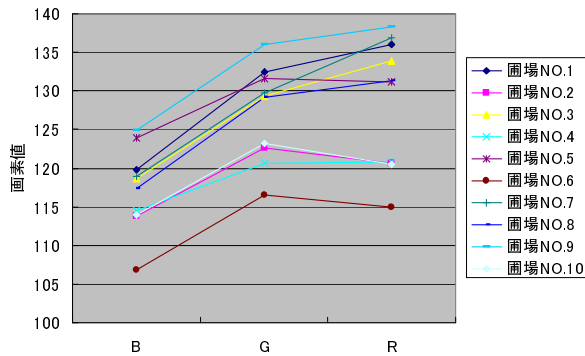


図7 画素値分布 (正規化前)

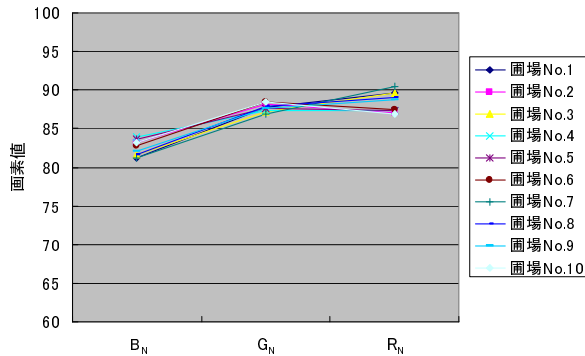


図8 画素値分布 (正規化後)

5.2 腐植判別結果

解析対象である全圃場(30地点)の正規化RGBの平均値と腐植の関係を図9に示す。図9より、正規化RGBの分布に注目し、腐植が高い土場と低い土場の判別が行えないか検討を行った。正規化前後の正誤表を表4、5に示す。正規化後での腐植判別の結果において正答率が約90%以上という結果になった。正規化前後の結果を比べると、

正規化手法を用いることにより正答率が上昇しており、これより正規化手法によって土壌状態(表面粗度、含水比)による影響を低減できたと考えられる。さらに腐植が高い土壌と低い土壌を判別する可能性が示唆された。

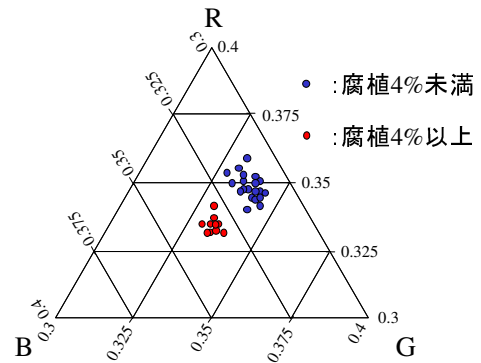


図9 正規化RGBと腐植の関係

表4 腐植判別結果 (正規化前)

		土色による判別結果	
		腐植グループ① (4%未満) 20	腐植グループ② (4%以上) 10
検証値	腐植グループ① (4%未満) 20	18 (90%)	2
	腐植グループ② (4%以上) 10	3	7 (70%)

表5 腐植判別結果 (正規化後)

		土色による判別結果	
		腐植グループ① (4%未満) 20	腐植グループ② (4%以上) 10
検証値	腐植グループ① (4%未満) 20	19 (95%)	1
	腐植グループ② (4%以上) 10	1	9 (90%)

6. まとめ

正規化手法を用いることにより、土壌の表面粗度または含水比変化による影響を分光反射特性、画像上でも低減することができた。また、正規化手法を用いることによって、腐植の低い土壌と高い土壌を判別する可能性が示唆された。

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