

リモートセンシングを用いた米麦生育診断システムにおける 圃場画像の処理に関する研究

5L-5

松浦 大介* 金田 和文* 山下 英生*

大澤 昭一** 松田 真典** 中村 信彦** 丸山 秀春** 保坂 幸男**

(*広島大学 大学院 工学研究科 ** (株)サタケ)

1. はじめに

近年、水質問題や環境ホルモン問題を背景に農業生産に対する環境負荷低減化への要請が強まっている。また、圃場の大規模化対応や省力化のために、リモートセンシングを用いて生育の観察や調査を広域的、かつ精細に定量評価する手法の開発が望まれている[1]。本研究では、近接リモートセンシングを用いて、稲の生育診断の重要な指標である葉身窒素量の算出手法を開発することを目的とする。すなわち、カメラで撮影した圃場画像と携帯型窒素測定器で測定した圃場数ヶ所の葉身窒素量から、圃場内の稲の葉身窒素量分布を求める手法を開発することを目的とする。本研究では、その第一ステップとして、全体の処理手順と其中で主要となる3つの処理ステップについて、手法の開発ならびに検討を行った。

2. 概略処理手順

図1に圃場内の葉身窒素量分布の算出手順を示す。まず、圃場の畦からデジタルカメラにより圃場画像を撮影する。このとき、圃場内数ヶ所での葉身窒素量を携帯型測定器を用いて測定しておく。そして、被写体からの反射光がカメラに到達する間に生じる減衰と、その区間で生じる散乱光の影響を取り除くための補正を行う。さらに、被写体への視線の入射角度の違いによって生じる色変化を、稲の葉の双方向反射・透過分布特性を考慮して補正する。このようにして色補正された画像を、圃場を真上から見たときの正投影画像に変換する。そして窒素量と葉の色との相関関係を用いて、画像から圃場内の葉身窒素量分布を算出する。この処理によって得られる分布は相対的な窒素量分布である

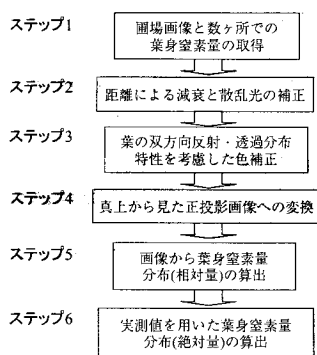


図1: 葉身窒素量分布算出手順

A study on an image processing of rice fields for a diagnosis system of rice growth using remote sensing techniques.
Daisuke Matsuura
Hiroshima University

ので、最初のステップで計測した数ヶ所での葉身窒素量を用いて絶対量を表わす葉身窒素量分布を求め

る。以下、本稿ではステップ2,3,4について述べる。

3. 減衰と散乱光の補正

圃場を撮影した場合、被写体からカメラの間で空気ならびに空気中の微粒子の影響により、光の減衰と散乱が生じる。すなわち、大気密度や大気中の微粒子の分布が一樣であると仮定すると、光は通過距離に対して指数関数的に減衰する。また、太陽光や天空光が大気や大気中の微粒子により散乱されカメラに入射する[2]。これらの影響により、同一色の物体でも距離が異なれば、撮影されたときの色が異なってしまう。

この減衰と散乱の影響を取り除くために、カメラからの距離 x に対する光の強度の変化を表わす曲線を次式に示す指数関数で近似し、それを用いて補正を行う。

$$I_1(x) = (a_1 - b_1)(1 - e^{-k_1 x}) + b_1 \quad (1)$$

ここで、 I_1 は観測される色 (λ は波長を表わす)、 a_1, b_1 はそれぞれ基準色ともとの色、 k_1 は基準距離である。2つの異なる色がセットになった反射板を2ヶ所に設置し、それぞれの設置位置までの距離と撮影時の反射板の色から係数 a_1, b_1, k_1 を求める[3]。

4. 稲の反射分布特性を考慮した色補正

視線の入射角の違いによる稲の葉の色変化を補正する際、稲全体の反射分布特性を稲の葉の確率モデルを用いて構築し、これを用いて視線の入射角の違いによって生じる色の変化を補正する。

稲全体の反射分布特性は、稲の葉の双方向反射分布特性と稲の葉のつき方を回転対称と仮定したときの葉の分布確率データを用いて次式により求める。

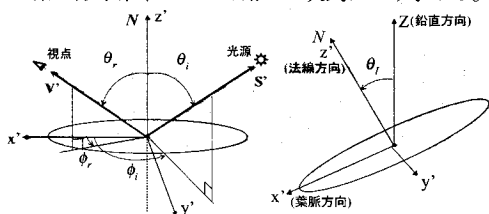


図2: 葉のローカル座標系での角度の定義

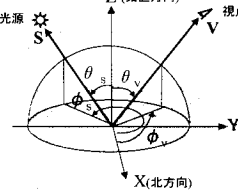


図3: 葉のローカル座標系

図4: グローバル座標系

表 1: 記号の定義(図 2,3,4 参照)

$f_i(S, V)$	稲全体の反射分布特性(S:入射方向, V:反射方向)
$f_i^{(leaf)}(S', V')$	葉の反射・透過分布特性(S':入射方向, V':反射方向)
$p(\theta_i)$	葉の分布確率データ
$\theta_s (0 \leq \theta_s \leq \pi/2)$	光源方向と Z 軸(鉛直方向)との成す角
$\phi_s (0 \leq \phi_s \leq 2\pi)$	光源方向と X 軸(北方向)との成す方位角
$\theta_v (0 \leq \theta_v \leq \pi/2)$	視線方向と Z 軸(鉛直方向)との成す角
$\phi_v (0 \leq \phi_v \leq 2\pi)$	視線方向と X 軸(北方向)との成す方位角
$\theta_i (0 \leq \theta_i \leq \pi)$	入射方向と z' 軸(葉の法線)との成す角
$\phi_i (0 \leq \phi_i \leq 2\pi)$	入射方向と x' 軸(葉脈方向)との成す方位角
$\theta_r (0 \leq \theta_r \leq \pi)$	反射方向と z' 軸(葉の法線)との成す角
$\phi_r (0 \leq \phi_r \leq 2\pi)$	反射方向と x' 軸(葉脈方向)との成す方位角
$\theta_l (0 \leq \theta_l \leq \pi/2)$	葉の法線と Z 軸(鉛直方向)との成す角
$\phi_l (0 \leq \phi_l \leq 2\pi)$	x' 軸(葉脈方向)と X 軸(北方向)との成す方位角

$$f_i(S(\theta_s, \phi_s), V(\theta_v, \phi_v)) = \frac{1}{F} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} p(\theta_i) |N(\theta_i, \phi_i) \cdot V(\theta_v, \phi_v)| f_i^{(leaf)}(S(\theta_i, \phi_i), R_x(\theta_i), R_z(\phi_i), V(\theta_v, \phi_v), R_x(\theta_i), R_z(\phi_i)) d\phi_i d\theta_i \quad (2)$$

ただし、 $F = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} p(\theta_i) |N(\theta_i, \phi_i) \cdot V(\theta_v, \phi_v)| d\phi_i d\theta_i$ であり、

$S(\theta, \phi), V(\theta, \phi), N(\theta, \phi)$ は各々 (θ, ϕ) 方向の単位ベクトル、 $R_x(\theta), R_z(\theta)$ はそれぞれ X 軸、Z 軸に関して角度 θ 回転する回転マトリクスを表わす。

撮影時の太陽光の入射角 θ_s と方位角 ϕ_s と圃場画像の各ピクセルにおける視線の入射角 θ_i と方位角 ϕ_i を算出し、式(2)から得られた稲全体の反射分布特性を用いて色補正を行う。なお、この色補正により、すべてのピクセルにおいて、 $\theta_s = 0, \theta_v = 0$ としたときの色に変換する。

5. 正投影画像への変換

5.1. 逆マッピングを用いた画像変換

葉身空素量分布の比較を容易に行うために、任意の位置から撮影した画像を圃場真上からの正投影画像に変換する。いま、 $[u' \ v' \ w']$ を写真画像上の同次座標、 $[x \ y \ 1]$ を正投影画像上の同次座標とすると投影変換は次式で表わされる[4](図 5 参照)。

$$[u' \ v' \ w'] = [x \ y \ 1] M \quad (3)$$

ここで、 $M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & 1 \end{bmatrix}$ であり、写真画像上の 2

次元座標 (u, v) はその同次座標 (u', v', w') を用いて次式で表わされる。

$$(u, v) = \left(\frac{u'}{w'}, \frac{v'}{w'} \right) \quad (4)$$

正投影画像変換の際には、まず、正投影画像のピクセルの四隅の点に対応する写真画像上の座標を式(3)を用いて求める。そして、写真画像上の 4 点の対応点で構成される四辺形の色の平均値を求め、これを正投影画像のピクセルの色とする。この処理を正投影画像のすべてのピクセルについて繰り返す。

5.2. 変換マトリクスの算出方法

変換マトリクス M は、主として次の 3 つの方法のいずれかにより算出する。

- (1) 写真画像上の 4 点と、それら 4 点の実空間での座標により 8 元連立一次方程式を解いて求める[4]。ただし、4 点のうち、いずれの 3 点も一直線上に

並ばない 4 点を選ぶ。

- (2) 視点、注視点、視野角が既知の場合は、透視変換マトリクスを求め、直線上にない 4 点を透視投影し、変換後の 4 点との対応関係から変換マトリクス M を求める。

- (3) 視点、視野角が既知の場合で一对の平行線が写真画像中に存在する場合は、まずその平行線から消失点 (x_{vw}, y_{vw}) を求める。そして、視点から注視点を見たときの仰角 θ とグローバル座標系での Y 軸を基準としたときの方位角 ϕ を次式を用いて求める。

$$\frac{x_{vw}}{s_x} = \frac{r \tan \phi}{2r \tan \frac{\theta_s}{2} \cos \theta}, \quad \frac{y_{vw}}{s_y} = \frac{r \tan \theta}{2r \tan \frac{\theta_s}{2}} \quad (5)$$

ここで、 r は視点と注視点間の距離、 s_x, s_y はそれぞれ画像の横と縦のサイズ、 θ_s, θ_v はそれぞれ鉛直方向と水平方向の視野角である。俯角 θ と方位角 ϕ から注視点を算出し、(2)の場合と同様に変換マトリクスを作成する。

6. 終わりに

圃場内の稲の葉身空素量分布を求める第 1 ステップとして、距離による減衰と散乱光の補正、稲の双方向反射・透過分布特性を考慮した色補正、圃場を真上から見たときの正投影画像への変換手法の開発を行った。

謝辞

本研究は、農林水産業・食品産業等先端産業技術開発事業「環境保全型農業のための先進計測技術の開発」の研究成果である。

参考文献

- [1]井上吉雄, “農業生産管理の情報化, 精密化へのリモートセンシングの応用 I, II”, 農林水産省農業環境技術研究所 研究ジャーナル 23(7), pp. 45-55 (2000).
- [2]William C. Hinds, 早川一也訳, “エアロゾルテクノロジー”, 井上書院, pp. 303-314 (1985).
- [3]Eihachiro Nakamae, et al. “A Montage Method: The Overlaying of the Computer Generated Images onto a Background Photograph” Computer Graphics, Vol. 20, No. 4, pp. 207-214 (1986).
- [4]George Wolberg “Digital Image Warping”, IEEE Computer Society Press, pp. 52-56 (1990).
- [5]伊藤綾子, 他 “作物群落の計量植物学的研究(第 2 報)”, 日本作物学会記事第 42 巻, pp. 334-341 (1973).

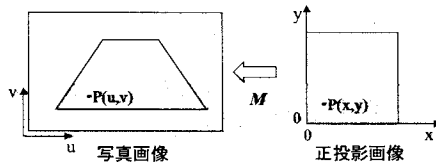


図 5: マッピングを用いた画像変換