

画像解析法による教材植物の計測 －イネ 3 品種の植被率の比較－

岡 正明¹, 佐々木卓也²

¹ 宮城教育大学教育学部技術教育講座

² 元・宮城教育大学教育学部技術教育専攻・学部生

栽培学習は、環境教育・食教育と関連づけて多くの小中学校で実践されている。作物成長や栽培技術を科学的に理解する力を養うためには、教材植物の成長量を計測する手法開発が必要である。本研究では、水田を上方から撮影した画像をもとに、イネの乾物重などと高い相関を示す植被率を算出する画像解析ソフトウェアを作成した。計算の最も重要なステップである二値化処理については、過去に報告されているいくつかの手法を試行した結果、演算値 $(G-R) \times (G-B)$ が最も植物体部分とそれ以外を判別するのに適していた。また、教育現場でも採用できる安価な撮影装置を提案した。イネ 3 品種の出穂前の植被率の変化を比較し、その値が増加する時期に品種間差異があることを認めた。本実験の手法を含む植物計測ソフトウェアは、今後の栽培教育に重要であると考えられる。

キーワード: 教材植物, イネ, 計測, ソフトウェア, 植被率, 画像解析

1. はじめに

多くの小学校・中学校では、各教科や総合的学習の時間に、教材植物の栽培が行われている。特に、イネは日本で古くから栽培されている親しみ深い作物であり、農家水田を借りた栽培や、バケツイネ、プールイネ、校庭の小規模水田など、各教育現場の状況にあわせた栽培が実践されている。苗箱や苗床に播種し、育った苗を水田に移植して施肥・除草などの栽培管理を行い、収穫して食す活動は、食教育や環境教育としても有用である。

栽培教育において、作物の管理作業を行う際、作物の生育状態を判断・評価する必要がある。生育不良の場合は、施肥や中耕を行うことで、作物の生育を改善することができる。農家は従来、作物を肉眼で観察し、過去の経験則と照らし合わせて、生育状態の良・不良を判断することがほとんどであった。栽培教育においても、草丈をはかる、葉の枚数を数えるなどの計測は行われているものの、農家と同様に経験的な判断・指導が行われる

場合が多いのが実情である。栽培している教材植物の生育状態を数値的に把握し、科学的に栽培技術を理解するためには、教材植物の成長量や生理活性を計測するための多様な手法が必要である。

本研究では、イネを研究対象として、作物の繁茂程度や成長量の指標として用いられてきた植被率を簡便かつ正確に計測できる手法の開発を目標とした。植被率とは、圃場を上空から見た場合の‘土地面積当たりの植物体部分の面積割合’のことであり、茎数や乾物重などと高い相関を示す[1]。その計測には、水田を上空から撮影した写真が必要であり、遠隔シャッター付きカメラを搭載した小型ヘリコプターを使用する方法、大型風船にカメラを装着する方法などが提案されているが、高価な備品を必要とし、教育現場での実践は難しい。簡便な撮影方法として、圃場内の三脚に取り付けたカメラで近距離から撮影する方法[1][2]も行われているが、レンズと植物体との距離が短く、撮影画像の周辺部にゆがみが生じ、正確な植被率が算出できない可能性がある。本実験

では、安価な資材で、植物体からある程度離れた位置にカメラを設置するための器具を作成した。また、計測対象の植物の形状が複雑な場合、植被率の計算には画像解析の手法を用いる必要がある。カラー画像から植物体部分を抽出する二値化処理の手法を検討し、画像解析を実行するためのソフトウェアを作成した。

2. 材料および方法

実験対象として、イネ3品種：‘ひとめぼれ’・‘タカナリ’・‘みつひかり 2005’を用いた。‘ひとめぼれ’は東北地方の普及品種、‘タカナリ’はジャポニカとインディカの交雑に由来する多収品種、‘みつひかり 2005’は超多収ハイブリッドライス（一代雑種イネ）[3]である。2004年4月10日に苗箱に播種し、5月18日、宮城教育大学実験水田（宮城教育大学構内、約4m×10m）に移植した（24cm×24cmの正方植え）。以降、慣行法に則って栽培を行った。出穂期は、順に8月6日、8月10日、9月7日であった。

群落上面から3m程度離れた上方にカメラを設置するために、安価な塩ビ管を用いて、図1の



図1 水田に設置した撮影装置

ようなコの字型の器具を作成した。上方の水平部分にアクリル板を取り付け、そこにデジタルカメラ（フジフィルム、FinePix6900Z）を装着した。幅4mの水田両端に太い塩ビ管を埋めておき、コの字塩ビ管をそこに差し込んで、常に、水田上方約3mの同じ位置から撮影が行えるようにした。作物の成長量と植被率との相関は、生育が進むにつれて（植被率が80%を超える付近から）低くなることがわかっている。そこで、今回の実験では、出穂前1～2ヶ月から出穂2週間前までの時期に、各品種2回から3回の撮影を行った。

図2は、デジタルカメラで撮影した画像の例である。画像の中央部の植物個体については真上からの像が得られているが、画像の周囲部分の個体は斜めに見えており、この部分は植被率算出に適

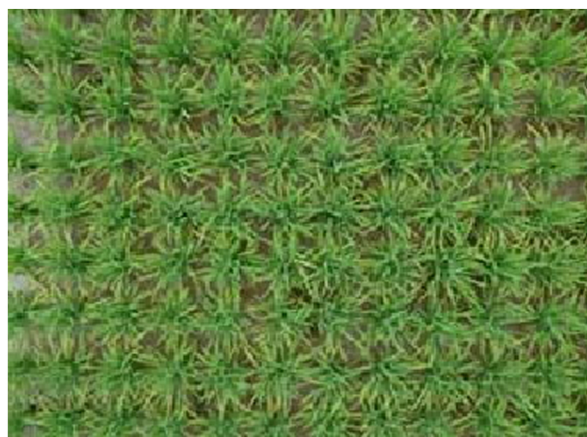


図2 水田上方からの撮影画像

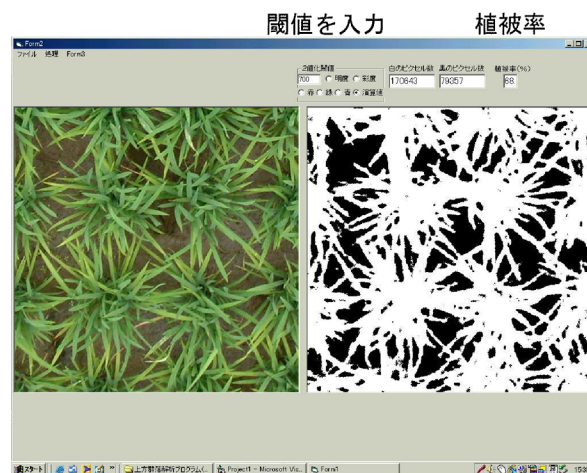


図3 画像解析ソフトウェア

さない。多数個体が写っている画像の中央部（4×4個体の部分）を切り取り、植被率算出用の画像とした。

得られた画像から植被率を算出するためのソフトウェアを作成した（図3：MS-VisualBasic）。画像解析の最初のステップとして、画像を構成する各画素（本実験の場合は概ね500×500画素）のR・G・B濃度値（0-255）を数値要因として、画像を植物体部分とそれ以外の部分に分ける、二値化処理を行う必要がある。イネ科作物についての同様の実験に関し、モノクロ画像に変換して明度で判別する、R・G・Bの各単色画像について濃度値で判別する、画素のR・G・B濃度値の大小と演算値を組み合わせで判別する[4]、演算値 $(G-R) \times (G-B)$ の閾値により判別する[2][5]、などの手法が報告されている。各手法を試行した結果、本実験では $(G-R) \times (G-B)$ の演算値を用いた場合が最も判別結果が優れていたため、この手法を用いることとした。画像解析を実行するソフトウェア（図3）では、表示されたこの演算値のヒストグラムから閾値を決定し、植物体部分を白、それ以外の部分を黒に塗り分けた二値化画像を作成した。カラー画像と二値化画像を並べて表示し、判別結果が良好でない場合は、閾値を調整しながら正確な二値化画像を作った。この処理の後、植物体部分の画素数を画像の全画素数で除し、植被率を算出した。

なお、画像中にイネと葉色が近い雑草が写り込んだ場合、本実験の手法では判別が困難であるため、供試水田の除草は頻繁に行い、雑草がない状態を保った。

3. 結果

二値化処理および植被率の算出は、問題なく実行できた。‘みつひかり 2005’の例を、図4に示す。出穂2ヶ月前と3週間前のカラー画像およびそれらの二値化画像であるが、植物体部分とそれ以外の部分がほぼ正確に判別できている。

図5に、供試3品種の生育に伴う植被率の変化を示した。‘ひとめぼれ’と‘タカナリ’は、

ともに出穂5週間前には60%をやや超える値であったが、その後に急増し、その1～2週間後には75%近く（それぞれ77%と74%）となった。一方、‘みつひかり 2005’については、出穂2ヶ月前付近で64%から72%への植被率の急激な増加が認められ、それ以降は出穂3週間前の77%まで緩やかに増加した。

4. 考察

本研究で作成した手法により、出穂前におけるイネ3品種の植被率変化の特徴が捉えられた。‘ひとめぼれ’と‘タカナリ’は、節間伸長期にあたる出穂前1ヶ月付近で植被率の急激な増加が認められるが、‘みつひかり 2005’はそれよりも早い出穂2ヶ月前に植被率が顕著に増加し、それ以降は緩やかな増加を示した。これは、各品種の栄養生長期の長さの違い、あるいは出穂以前の気温の違いなどに関係すると考えられる。また、‘みつひかり 2005’は極穂重型の品種[3]であるので、この形態的特徴が葉面積確保の戦略に影響している可能性もある。

本研究では、学校現場でも実践できる植物計測

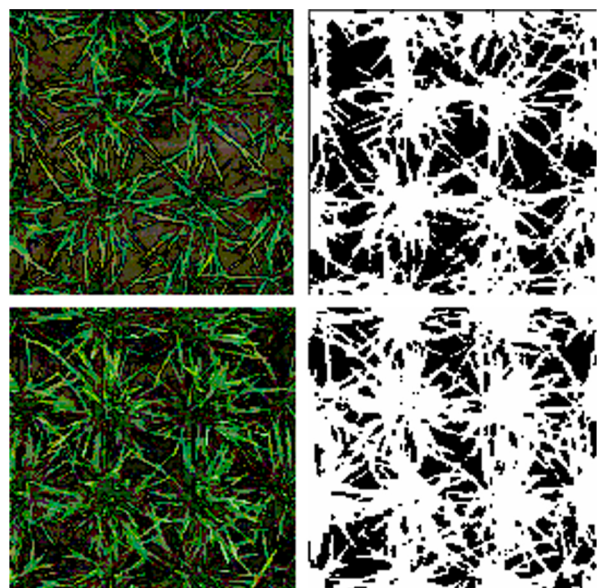


図4 みつひかり 2005 の植被率の変化
左列：カラー画像 右列：二値化画像
上図：出穂2ヶ月前（植被率64%）
下図：出穂3週間前（植被率77%）

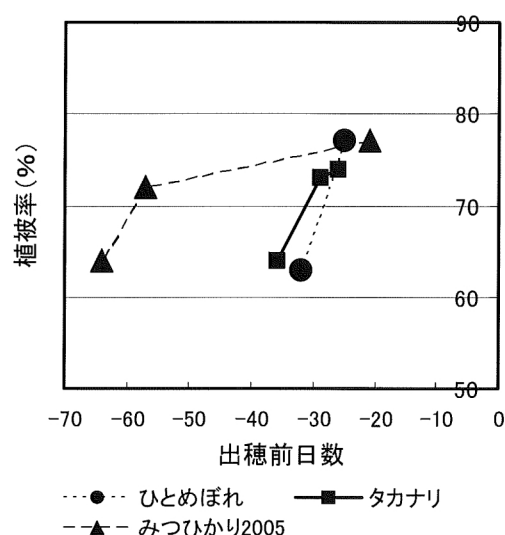


図5 3品種の植被率の変化

手法の作成を目指した。デジタルカメラとパソコンは、ほぼ全ての学校現場にあり、これと安価な撮影器具を組み合わせることにより、正確な解析に耐えうる圃場画像を得ることができる。ソフトウェアについても、マイクロソフトから提供されている VisualStudio ExpressEdition を無償ダウンロードすれば、すぐに実行することができる。

栽培教育は、環境教育・食教育と絡めて多くの小中学校で実践されている。この教育を、科学的な思考力を高めるための教育に繋げていくためには、教材植物の生育程度を数値的に把握するための計測技術が重要である。私たちの研究室では、画像解析法や三次元デジタイザ法を用いた植物計測手法を提案している（例えば [6] [7]）。本実験のソフトウェアを含め、これら教育用ソフトウェアを学校現場に提供することにより、科学教育と密接に関連づけた栽培教育が実践できると考えている。

5. 引用文献

- [1] 長谷川正俊他：移植水稻におけるデジタルカメラを用いた生育推定，日作東北支部報，44, pp.77-78(2001).
- [2] 岩谷潔他：デジタルカメラによる水稻個体の植被率の推定，日本農業教育学会誌，35, pp.1-9(2004).
- [3] 中村淳他：多収・良食味のハイブリッドライス系統「MH2005」の育成，育種，47(別1), pp.177(1997).
- [4] 中野和弘：画像処理によるムギ類茎葉の地表面遮光能力の評価，農業情報研究，12, pp.105-112(2003).
- [5] 長谷川正俊他：水稻の移植栽培におけるデジタルカメラ斜め撮りによる生育推定，日作東北支部報，45, pp.45-46(2002).
- [6] Oka, M., and T. Ogawa : Measurement and evaluation of rice plant type by means of an image analysis method and 3-D digitizer, Proc. Of WRRC2004, pp.148-150(2005).
- [7] Oka, M., and Y. Yagi : Measurement of spatial leaf distribution by using 3D digitizer and evaluation of light receiving efficiency of tomato plant, Proc. Of Frutic05, No.78, pp.1-7(2005).