

IR 画像のセグメンテーションによるオオムギの生長度合いの推定  
 Estimation of barley growth by segmentation of infrared images

松井 悠 <sup>†</sup>	鷲見 典克 <sup>†</sup>	服部 公央亮 <sup>‡</sup>	田口 亮 <sup>†</sup>
保黒 政大 <sup>‡</sup>	最相 大輔 <sup>††</sup>	梅崎 太造 <sup>†‡‡</sup>	平山 隆志 <sup>††</sup>
Yuu Matsui	Norikatsu Sumi	Koosuke Hattori	Ryo Taguchi
Masahiro Hoguro	Daisuke Saisho	Taizo Umezaki	Takashi Hirayama

出典：動画画像処理実利用化ワークショップ 2018 (DIA 2018), pp. 124-125

### 1. はじめに

近年、植物の生長度合いを計測し、その生育や収穫時期の予測に役立つ試みが行われている。その中で、手作業で植物の生長度合いを表す特徴を正確かつ定期的に計測するのは困難である。そこで植物をビデオカメラで経時的に撮影し、その画像を解析することで、植物の生長度合いを表す特徴量を得る方法が検討されている[1]。本稿では、室内で育成するオオムギを赤外線カメラで撮影した画像(以後、IR 画像)からオオムギの生長度合いを表す特徴量を抽出する。セグメンテーションには、ヒストグラムの平坦化と拡張、グラフカット[2]を用いる。提案手法で得られた特徴量とオオムギの生長の相関を調べた結果、相関の高い特徴であることを確認した。

### 2. オオムギの育成・撮影環境

本研究におけるオオムギの育成、撮影環境を図 1 に示す。本研究では太陽光による日照量や気温の変化によるデータの揺れを排除するため、屋内で育成用照明による一定時間の日照と、オオムギの生育に適した温度下で育成した。一般的なカメラの解像度では、ノイズによりオオムギ領域を抽出することは困難となる。



図 1 育成・撮影環境

そこで屋外では夜間に撮影されるオオムギを、IR 照明を当て赤外線カメラで撮影した IR 画像を用いる。この理由として、赤外線カメラであれば屋外では困難な夜間の撮影を行えること、夜間であれば日照による輝度変化の影響がな

いことが挙げられる。また植物は、IR 照明を投光し赤外線カメラで撮影することで白く滑らかに映り、画像中のセグメンテーションが容易となる[2]。IR 照明には植物に影響を与えない波長の光を用いた。撮影機器には IR 照明の投光と撮影が可能なカメラ(解像度 1280×1024)を用い、オオムギの播種から出穂まで経時的に撮影した。

### 3. 提案手法

本研究では、オオムギを撮影した IR 画像からオオムギの生長度合いと相関のある特徴量を抽出することを目標とする。撮影画像の例を図 2 に示す。ここで図 2 に赤い点線で示したチェスボードやマーカは、他の実験で 3D 座標を取得するために設置したものである。特徴量には画像内のオオムギ領域の面積(画素数)を用いる。

まず撮影画像の各フレームにおいてカメラのゲインが、オートゲイン補正により変化しているため、輝度のヒストグラム平坦化を用いて画像間の輝度差を均一化する(図 3)。IR 照明下で撮影されたオオムギは常に一定以上の輝度で写るため、ヒストグラム拡張によりオオムギが写る範囲の輝度のみ注目することで、オオムギ領域抽出を容易にする。本実験では輝度 100 から 255 について拡張した(図 4)。

撮影画像では、チェスボード(3D 座標取得用)や照明、栽培道具がオオムギと類似する高い輝度、滑らかさを有しているが、これらは常に同位置にあるため手作業によりマスク画像を作成し、後のグラフカットの尤度計算やセグメンテーション精度の計算から除外した。

撮影された IR 画像では、土に生えた苔などがオオムギと同等の輝度で撮影される。土や苔はオオムギと違い画像中に粗く写るため、セグメンテーションには各画素の輝度と滑らかさの両方を考慮できるグラフカットを用いる。グラフカットのデータ項に用いるオオムギ、背景の尤度の計算には、前フレームの撮影画像のセグメンテーション結果においてそれぞれオオムギ、背景と判定された領域における画素の輝度、滑らかさの分布を用いる。ただし 1 枚目の撮影画像では、手作業で作成したマスク画像におけるオオムギ、背景領域を用いる。また各画素の輝度と滑らかさより、それぞれオオムギ、背景である確率が高い画素をグラフカットにおけるシードとする。

以上の処理の後、グラフカットを用いてオオムギ領域を抽出する。抽出の結果、根本周辺の土や苔がノイズとして残る。そこでラベリングを行い、オオムギが前景画素の中で最も大きい領域となることを利用し、ノイズを除去する(図 5)。以上により画像中のオオムギの領域を得る。

<sup>†</sup> 名古屋工業大学大学院 工学研究科 情報工学専攻  
 Department of Computer Science and Engineering,  
 Nagoya Institute of Technology

<sup>‡</sup> 中部大学 工学部 宇宙航空理工学科  
 Department of Astronautics and Aeronautics,  
 College of Engineering, Chubu University

<sup>††</sup> 岡山大学 資源植物科学研究所  
 Institute of Plant Science and Resources,  
 Okayama University

<sup>†††</sup> 東京大学 大学院情報学環  
 Interfaculty Initiative in Information Studies,  
 The University of Tokyo



図 2 撮影画像(カメラ 1)



図 3 画像間の輝度差を補正



図 4 輝度の正規化

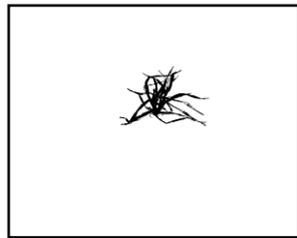


図 5 オオムギ領域抽出画像

#### 4. 評価実験

本実験には、図 2、図 6 のカメラで撮影した画像を用いた。また正解データとして、手作業によりオオムギ領域の Ground Truth を作成した。各カメラ視点について、提案手法の正解率を図 7 のグラフに示す。ここで正解率はオオムギ、背景の判定に成功した画素数を、全画素数で割ることによって得た。図 7 よりセグメンテーションの正解率を確認すると、オオムギの生長が進むにつれて著しく落ちていく。これは、特にカメラ 2 の視点において顕著である。この理由として、提案手法では前フレームの抽出結果より尤度を計算するが、画像は照明により中心部が明るいため、オオムギが生長するほど葉先の輝度が大きく減少し、背景の輝度に近づく。そのため前フレームのオオムギにはない低い輝度を持つ葉先がオオムギと認識されなくなることが挙げられる。照明の偏りの補正や尤度の次元の増加により、照明による輝度変化に頑健な手法を考える必要がある。



図 6 撮影画像(カメラ 2)

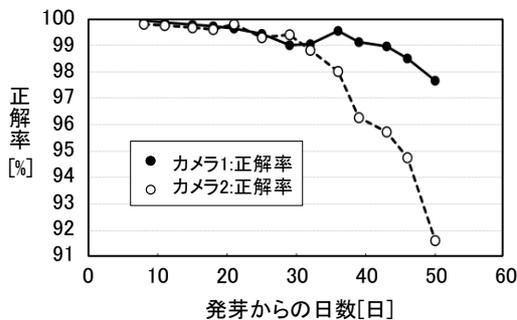


図 7 提案手法の正解率

生長度合いを表す数値には、オオムギの主稈の長さを用いる。これは、オオムギの主稈が発芽から出穂まで規則的に生長し、出穂すると止まるという特性から、オオムギの出穂までの生長度合いを表すのに有効であると判断したた

めである。提案手法と Ground Truth から求めたオオムギ領域の面積と主稈の長さの相関係数、決定係数をそれぞれ表 1 に示す。表 1 の Ground Truth の結果より、画像中のオオムギの面積は主稈の長さとの高い相関があることが確認できる。また、オオムギの主稈の長さとの提案手法を用いて得られた特徴量との関係を図 8 に示す。ここで図 8 における 2 つの近似直線は、それぞれのカメラ視点のデータから最小二乗法により得られた近似結果である。2 つの視点において相関係数は 0.90 と 0.91、また決定係数は共に 0.81 であり、Ground Truth と同等の高い値を得ることができている。以上の結果より、提案手法による自動的な領域抽出で得られた面積は、オオムギの生長度合いを表すのに有効な指標となることを確認した。

表 1 評価データ

視点	カメラ 1		カメラ 2	
	提案手法	Ground Truth	提案手法	Ground Truth
相関係数	0.90	0.91	0.91	0.91
決定係数	0.81	0.83	0.81	0.83

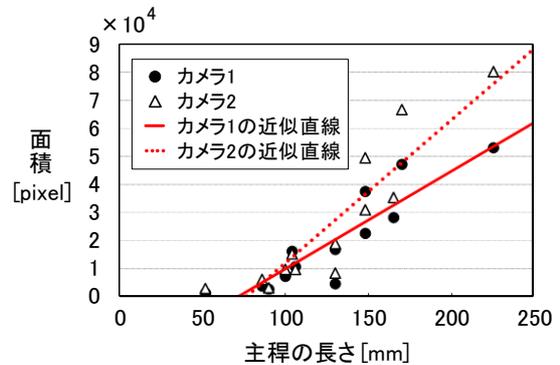


図 8 オオムギの生長と特徴量の相関

#### 5. まとめと展望

本研究では室内で育成されたオオムギを、赤外線カメラで撮影した IR 画像からオオムギ領域を抽出する手法を提案し、その面積が人手による測定データと相関の高い特徴量であることを示した。この手法は、経時的に撮影する IR 画像から自動的に特徴を得られることから、手作業によるサンプリング測定では不可能な高い時間分解能で、オオムギの生長指標を得ることが可能となる。しかし本実験環境では、育成したオオムギの個体数と IR 画像を撮影するカメラの数が少ないため、今後はサンプルデータを増やし統計的に評価していく予定である。

#### 謝辞

本研究は、JST、CREST ( Grant 番号 JPMJCR1604 ) の支援を受けたものである。

#### 参考文献

- [1] 柴田, 岩尾, 高野: “植物工場におけるレタスの成長予測手法の開発”, 生物環境調節, 32 巻, 2 号, p. 79-86(1994).
- [2] 石川博: “グラフカット”, 情報処理学会研究報告, 2007-CVIM-158-(26), pp. 193-204(2007).
- [3] David M Gates, Harry J. Keegan, John C Schleiter, and Victor R. Weidner: “Spectral Properties of Plants”, Applied Optics, Vol. 4, Issue 1, pp. 11- 20(1965).