

複眼カメラ TOMBO を用いたフィールド モニタリング

Agricultural Field Monitoring for Multi-Lens Camera TOMBO

下林 史弥 *¹ 小林 一樹 *² 香川 景一郎 *³ 郭 威 *⁴ 平藤 雅之 *⁴
 Fumiya SHIMOBAYASHI Kazuki KOBAYASHI Keiichiro KAGAWA Wei GUO Masayuki HIRAFUJI
 谷田 純 *⁵
 Jun TANIDA

*¹信州大学 総合理工学研究科 *²信州大学 学術研究院
 Graduate School of Science and Technology, Shinshu University Academic Assembly, Shinshu University
 *³静岡大学 電子工学研究所
 Research Institute of Electronics, Shizuoka University
 *⁴東京大学 農学生命科学研究科附属生態調和農学機構
 Institute for Sustainable Agro-ecosystem Services, The University of Tokyo
 *⁵大阪大学 情報科学研究科
 Information Science and Technology, Osaka University

This paper proposes a multi-spectral camera that is light weight, compact size, and easy to use. In agricultural field, drones with hyper spectral cameras are sometimes used for growth prediction of crops. They can obtain a growth index of NDVI or NDRE that are useful for estimating crop status. However, there are few cases in practical aspects because such cameras are heavy, voluminous, and too expensive accurate instruments that require deliberate manipulation. The proposed camera resolves such practical issues in a practical agricultural situation.

1. はじめに

近年、農作物の収穫量および品質の向上を目的に、ほ場での作物の計測やデータの解析を行う精密農業に関する研究が行われている。農作物の生育データの取得には、ドローンとマルチスペクトルカメラやハイパースペクトルカメラを組み合わせる手法を用いることがある。これらのカメラから得られる複数波長の画像を用いることで、NDVI や NDRE といった作物の生育状況の把握に役立つ指標を得られる。横山ら [横山 16] は、ほ場を対象として、ドローンに搭載可能な 2 種類のマルチスペクトルカメラと 1 種類のハイパースペクトルカメラから得たデータを比較している。このような計測に使用されるハイパースペクトルカメラを用いることで広い波長帯域の画像を取得することができるが、価格と 500g ほどの重量が障害となる。一方、マルチスペクトルカメラは軽量である反面、波長帯域が限られてしまう制限がある。

そこで本研究では、波長選択の柔軟性と小型軽量な特徴を持つマルチスペクトルカメラである TOMBO [香川 10] を用いたほ場モニタリングを提案する。TOMBO は従来のマルチスペクトルカメラと異なり、複数のイメージセンサや複雑な分光器を使用しないマルチスペクトルカメラである。実験では TOMBO のフィールド モニタリングへの応用に向けて、既存の農業用マルチスペクトルカメラとの比較を通して検討を行う。

2. 複眼カメラ TOMBO

TOMBO の構成図と外観を図 1 に表す。利用した TOMBO は 1 枚のイメージセンサ上に 9 つのレンズから構成される。連絡先: 下林史弥, 信州大学総合理工学研究科, 長野県長野市若里 4-17-1

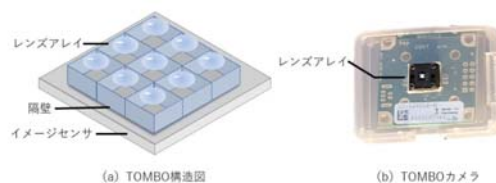


図 1: 複眼カメラ TOMBO

表 1: TOMBO と RedEdge の撮影波長

カメラ\波長 [nm]	青	緑	赤	レッドエッジ *1	近赤外		
TOMBO	450(2 枚)	520	650	730	850	920	970
RedEdge	475	560	668	717	840	—	—

*1 植物の生育状況の評価に用いられる 700nm 付近の波長。

レンズアレイを搭載した重量 8.5g 程度の小型マルチカメラである。レンズはそれぞれ隔壁で区切られており、撮影される 1 枚の画像上には、9 つの像が撮影される。この像は視差によるずれを無視すれば同じものとなる。それぞれのレンズに透過波長の異なる光学フィルタを設定することで小型マルチスペクトルカメラとして使用することができる。従来のマルチスペクトルカメラは、撮影波長が固定されているが、TOMBO は光学フィルタを交換可能であり、撮影対象に応じてフィルタの透過波長を自由に選択できる。

撮影画像例を図 3 に表す。図 3(a) を TOMBO で撮影したものが図 3(b) となる。今回の実験では中央のレンズを使用しなかったため、8 つの像が撮影されている。使用した光学フィルタの透過波長と、比較対象としたマルチスペクトルカメラ RedEdge の撮影波長を表 1 に示す。

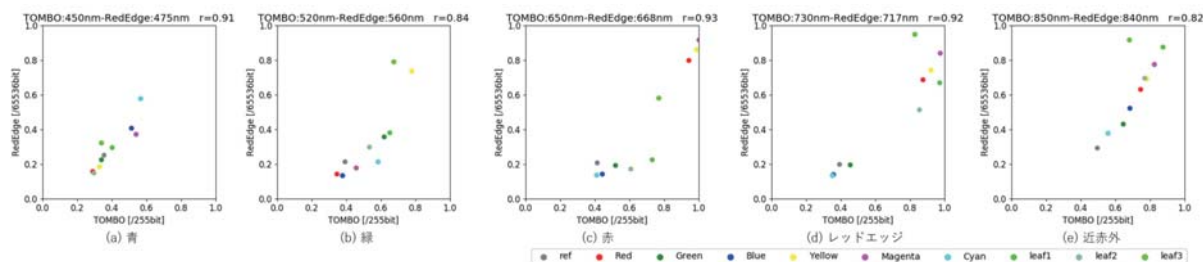


図 2: TOMBO と RedEdge の相関

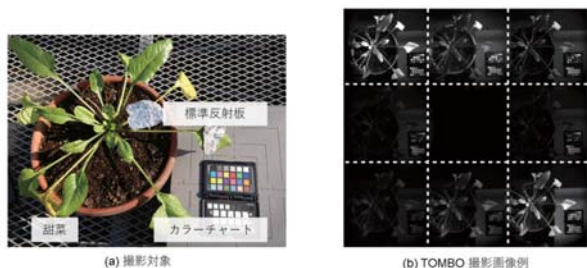


図 3: 撮影画像例

3. 撮影実験

3.1 実験方法

TOMBO の応用可能性を評価するため、既にフィールドモニタリングに使用されているマルチスペクトルカメラである Micases RedEdge との比較を行った。RedEdge は、5つの波長に感度を持つセンサを内蔵した重量 150g のマルチスペクトルカメラである。そのセンサはそれぞれの波長ごとに独立しているので、1 回の撮影で 5 枚の画像を撮影する。実験では TOMBO によって撮影された 7 波長の画像から RedEdge の波長に最も近いものを選び、5 組の画像において比較を行った。

3.2 実験環境

撮影実験は東京大学大学院生体調和農学機構にて栽培されている甜菜を対象として 2017 年 12 月 23 日に行った。撮影は、ビニールハウス内で行い、天候は晴天であったため光源は太陽光とした。図 3(a) のように甜菜、カラーチャート、標準反射板が 1 枚の画像に映るよう TOMBO, RedEdge で撮影を行いそれぞれの画像を比較する。カラーチャートは X-Rite Color Checker Passport を、標準反射板は Nikon 18%を使用した。

3.3 分析

2 種類のカメラによって撮影された画像中の輝度を比較することで評価を行う。標準反射板 1 点、カラーチャート 6 点 (青, 緑, 赤, 黄, シアン, マゼンタ), 甜菜の葉 3 点の計 10 点において輝度を求め、TOMBO の輝度を横軸, RedEdge の輝度を縦軸としたグラフを作成することで TOMBO-RedEdge 間の相関について考察を行った。2 枚の画像における同一点の輝度を求める際に、画像中の計測点をマウスでクリックし、近傍の平均輝度を算出するツールを自作した。

3.4 分析結果

相関グラフを図 2 に表す。各波長における相関係数は、(a) 青 0.91, (b) 緑 0.84, (c) 赤 0.93, (d) レッドエッジ 0.92, (e)

近赤外 0.82 となり、どの波長においても強い相関を確認することができた。

4. 考察

相関グラフより、どの波長においても強い相関が認められ TOMBO の農業分野への適用可能性は高いと考えられる。一方で、波長ごとに相関グラフを比較すると、プロットのばらつきには一定の法則性がなく、波長ごとの特性について調査を行う必要があると考えられる。

図 2(c) のように、TOMBO の輝度が飽和している箇所があるため、レンズの露光時間を短くする必要がある。TOMBO は 1 枚のイメージセンサを使用しているため露光時間や感度に関する設定はすべての波長において共通である。この点に関して、今後、有効な制御手法を検討する必要がある。

実験では光源として太陽光を使用した。撮影時刻により光源のスペクトル成分が変化してしまい同じ箇所の輝度が変化してしまう問題が生じた。今後の実験では、暗室内で太陽光に近いスペクトル成分の光源を用いて撮影を行う必要がある。また、フィールドでの実用に向け TOMBO の校正方法についても検討する必要がある。

5. まとめ

複眼カメラ TOMBO のフィールドモニタリングにおける応用可能性を調査するため、既存の農業用マルチスペクトルカメラ RedEdge との比較実験を行った。実験の結果、TOMBO と RedEdge で撮影された画像には強い相関があり、TOMBO の農業応用への可能性が示唆された。今後は、フィールドモニタリングへの応用に向け、検証実験を重ねる予定である。

参考文献

- [横山 16] 横山 正樹, 井上 吉雄, 後藤 元, 小手 和徳: ドローン搭載マルチバンド・ハイパースペクトルカメラの反射率特性の解析と圃場観測, 計測と制御, Vol.55, No.9, pp.810-813 (2016).
- [香川 10] 香川 景一郎, 田中 映治, 山田 憲嗣, 谷田 純: 3 次元カメラとしての小型薄型複眼カメラ TOMBO の可能性と展開, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.34, No.43, pp.37-40 (2010).