

オイルパーム圃場における泥炭火災防止のための
短期的な植生のスペクトル変化を用いた土壌含水量の推測
Soil Moisture Estimation for Peat Fire Prevention in Oil Palm Plantations
Utilising Spectra Change over a Short-time Period

○柴田眞子^{1,6}, 堅田 凜平^{2,6}, 橋本朝陽^{3,6}, 成瀬延康⁴, 高橋幸弘^{5,6}
○Mako Shibata^{1,6}, Rinpei Katada^{2,6}, Asahi Hashimoto^{3,6}, Nobuyasu Naruse⁴, Yukihiro Takahashi^{5,6}

1. 背景・目的

東南アジアで発生する泥炭火災は、温室効果ガスによる気候変動への寄与に加え、大気汚染による呼吸器疾患の増加、植物の育成障害などの二次被害にも繋がり、火災予防は喫緊の課題となっている^{[1][2][3]}。泥炭地域で大規模にプランテーションが展開されているオイルパーム圃場は、農地開発の際の排水のため土壌が乾燥しやすく、植生だけでなく土壌への延焼にも繋がりがねない^{[4][5]}。このため、火災予測の第一歩として圃場における土壌含水量 (Soil Moisture, SM) の理解が重要である。これまで実測センサーによる SM 計測は行われてきた一方、オイルパーム圃場は広大であることから、リモートセンシングによる SM の推定が注目されており、特に表層(0-20 cm)の SM 分布の定量把握が重要視されている。土壌が植生に覆われた地域では、植生のスペクトルから SM を推定する手法が提案されているが、植生のスペクトルは成長段階や病気などにも影響を受けて変化するため、精度に欠ける。SM の変化による短時間(1 時間単位)のスペクトルの変動は、植物の葉の含水量の変化に由来していると考えられ、植物の病気や成長段階などの影響から独立して観測できると推測される^{[6][7][8]}。また、ヤシ科の葉において、SM の変化に対して反応性が高い波長域の特定は行われていない。このことから、本研究では、土壌含水量の変化が 1 時間以内にヤシの葉のスペクトルに与える影響について、反応性が高い波長域と反応にかかるまでのタイムラグを特定することを目的とした。

2. 実験方法

2.1. スペクトルの測定

表層土壌の含水量変動によるヤシ科の葉のスペクトル(406-840 nm)変化を計測するために実験を行った。内径 20 cm の鉢 2 つに、それぞれ体積含水率(Volumetric water content, VWC) 0.36 (Pot A)、0.02 (Pot B) $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ に調整した泥炭土(ピートモス, 田中園芸)を充填し、同じ環境条件下で栽培された樹高 0.4 m のヤシ科ブティア属ココヤシの苗を 1 本ずつ植えた。土壌水分計(Odyssey Xtream, Dataflow Systems Ltd)のプローブを土壌表層に対して垂直に、10-20 cm の深さに埋設し、VWC を 10 秒毎に計測、1 分毎の平均値を記録した。VWC は Pot A では終始一律に、Pot B では開始から 75 分間は一律に保ち、80 分後に十分な給水を行い、0.37 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ となるように調整した(図 1)。

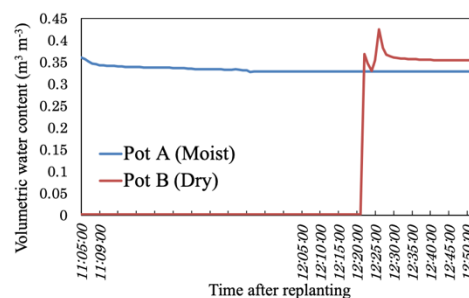


図 1: 植え替え後の土壌体積含水率の変化
Figure 1: Transition of Volumetric Water Content (VWC) after replanting

¹ エディンバラ大学 地球惑星科学科 School of Geosciences, University of Edinburgh

² 明治大学大学院 農学研究科 Graduate School of Agriculture, Meiji University

³ 筑波大学大学院 理工情報生命学術院 生命地球科学研究群 Graduate School of Geosciences, Tsukuba University

⁴ 滋賀医科大学 医学部医学科 School of Medicine, Shiga University of Medical Science

⁵ 北海道大学 大学院理学院 宇宙理学専攻 Department of Cosmo sciences, Hokkaido University

⁶ NPO 法人 スーパーサイエンティストプログラムプラス Non-profit Organisation Super Scientist Programme Plus

キーワード: リモートセンシング、泥炭火災、土壌水分量、オイルパーム

苗を植えてから5分後に一度と、60分経過以降、5分毎に50分間、葉のスペクトルを小型分光器（北海道大学開発）で計測した。各計測は、葉表の葉柄付近と先端付近の2箇所各2回ずつ行った。

2.2. スペクトル解析

測定したスペクトルは、分光分析ソフトウェア（北海道大学開発）を用いて解析し、406–840 nm の波長域において10 nm 毎の移動平均を算出した。各時刻における4つのスペクトルに対し、外れ値を除いて平均を求め、その時刻のスペクトルとした。

3. 結果・考察

湿潤条件下に比べ乾燥条件下の方が、550–700 nm の波長域にかけての傾斜が緩やかであった（図2）。また、同じ鉢で水分条件を変化させた際の、乾燥・湿潤条件のスペクトルを比較した結果も同様の傾向を示し、ヤシの葉のスペクトルは、少なくとも30分以内に土壌含水率の変化に応じて変化することがわかった。また、750 nm 以降の近赤外域は、乾燥条件においてスペクトル変動が大きい傾向が見られた。近赤外域の反射率は空気中の水蒸気や酸素にも影響を受けた可能性がある^[10]。本研究の結果は、土壌含水量に高い相関を持つ、ヤシの葉のスペクトル指数の開発・実用に応用できると思われる。

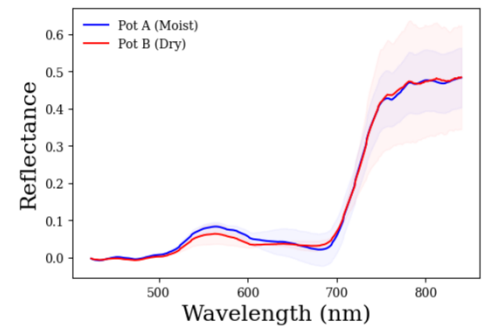


図2: 土壌乾燥・湿潤条件下における葉のスペクトル
Figure. 2: Leaf spectra in dry and moist soils

4. 参考文献

[1] Hein, L. *et al.* (2022) ‘The health impacts of Indonesian peatland fires’, *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 21(1), p. 62. [2] Hirano, T. *et al.* (2012) ‘Effects of disturbances on the carbon balance of tropical peat swamp forests’, *Global Change Biology*, 18(11), pp. 3410–3422. [3] Caliman J. P., S.A. (no date) *Effect of drought and haze on the performance of oil palm*. CIRAD. [4] Sari, D.A.P. *et al.* (2019) ‘The social and economic impacts of peat Land palm oil plantation in Indonesia’, *Journal of Physics: Conference Series*, 1364(1), p. 012017. [5] 一孝岡本 (2013) ‘インドネシア国の森林・土地火災問題の現状と対策の方向について’, *海外の森林と林業*, 87, p. 14. [6] Shafri, H. *et al.* (2011) ‘Spectral discrimination of healthy and Ganoderma-infected oil palms from hyperspectral data’, *International Journal of Remote Sensing*, 32, pp. 7111–7129. [7] Hunt, E.R. *et al.* (1989) ‘Detection of changes in leaf water content using Near- and Middle-Infrared reflectances’, *Remote Sensing of Environment*, 30(1), pp. 43–54. [8] Luo, D., *et al.* (2023) ‘An improved method for estimating soil moisture over cropland using SAR and optical data’, *Earth Science Informatics*, 16(2), pp. 1909–1916. [9] Tridawati, A., *et al.* (2018) ‘Estimation the oil palm age based on optical remote sensing image in Landak Regency, West Kalimantan Indonesia’, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 169, p. 012063. [10] Yue, J. *et al.* (2019) ‘Development of soil moisture indices from differences in water absorption between shortwave-infrared bands’, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 154, pp. 216–230.

5. 謝辞

本研究の一部は、公益財団法人電気通信普及財団による「ICT とハンズオンを併用した SDGs 課題解決能力を有する人材育成法の開発（滋賀医科大学、2022 年度）」の助成および、NPO 法人スーパーサイエンティストプログラムプラスによる支援を受けた。