

PRESS RELEASE (2024/12/25)

## 植物が見ている空の色は毎日変化する ～1日の色彩を分類して日射スペクトルを決めている要因をモデル化～

### ポイント

- ① 日射スペクトル(※1)の植物影響評価には、日射の高精度観測やデータのモデル化が必要不可欠
- ② 簡易な観測データから日毎の日射特性分類（クラスタリング）を再現できる新しい機械学習モデルの開発に成功
- ③ 気候変化に伴う日射変化が、植物成長や生物応答、太陽光発電に及ぼす影響の広域評価に期待

### 概要

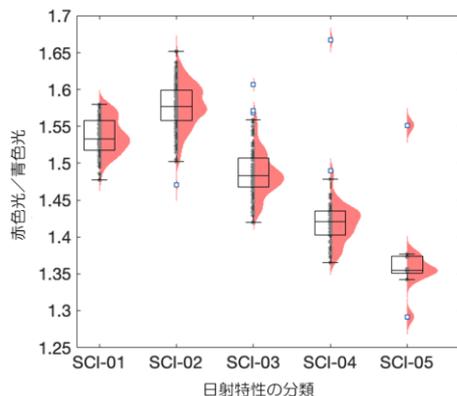
植物は、日射を光合成に利用するだけでなく、日射のさまざまな光波長の比率（色彩バランス）を光受容体の応答を通じて環境シグナルとして利用しています。色彩バランスは大気や雲、太陽の高さなどの影響を受けますが、これらの情報は植物生理生態学的には整理されておらず、実態にそぐわない日射モデルによって生物応答が研究されてきました。

そこで、新規に開発された回転シャドウバンド型分光放射計で日射スペクトルの長期観測を行い、日平均日射スペクトルがどのように分類できるか1年間の観測データから解析しました。そして、晴れから曇りまで、5つの異なる分類カテゴリを特定し、日射量や湿度など単純な観測データからこの分類を再現できる新しい機械学習モデルを開発しました。

国立大学九州大学大学院生物資源環境科学府博士課程3年の Amila Nuwan Siriwardana 氏と大学院農学研究院の久米篤教授は、日射スペクトル観測データに累積ユークリッド距離行列に基づく凝集型階層的クラスタリングを適用し、赤から青へのスペクトルシフトを伴う5つの日射特徴クラスター（SCI）を特定しました。そして、比較的簡単に取得できる環境変数（日射拡散率、全天日射、日射の変動率、太陽高度、大気湿度）を使用してSCIを再現できる機械学習モデルを開発しました。

この革新的なアプローチにより、世界のさまざまな場所で、天候に依存する日射波長比率の違いのモデル化が可能となり、植物と生態系機能に関する光応答研究が促進されることが期待されます。

本研究成果はエルゼビア社の学術雑誌「Ecological informatics」に2024年12月11日（水）に掲載されました。



### 研究者からひとこと：

本研究はコロナ下で研究活動が制限される中、伊都キャンパスの農学部建物屋上で実施している長期観測データを利用して行いました。糸島半島は曇りの日の割合が高いため、農業生産にも大きな影響が出ていますが、植物が感じる光波長分布も大きく変化しているのには驚きました。

(博士3年 Amila Nuwan Siriwardana)

右 分光放射の観測状況

左 クラスタによる色彩バランス変化の例

## 【研究の背景と経緯】

日射の変動は、植物の成長や発達、および訪花昆虫の視覚に大きな影響を与え、光合成における光利用に加えて植物が光環境を感受する光受容体の応答を通して環境シグナルとして機能します。植物の光受容体は特定の波長強度、及びその組み合わせ（色彩バランス）に応答し、光ストレスや光不足、他の植物との競争関係の把握、季節変化などを検知します。一方、大気や雲による日射の拡散は、植物群落内の光の質と分布に影響を与える重要な要因です。同じ光強度でも、日射の拡散率が高いと光が下層の葉のより深いところまで到達し、群落内での光合成効率を高め、植物全体の成長が促進され、植物成長量や作物の生産性が向上します。これらの情報は気象学的あるいは太陽光発電パネルの効率評価などのためには取得され、モデル化されているものの、生態学や作物学には整理されておらず、**日射の色彩バランスを考慮した生物応答研究を行うことが困難な状況**でした。

## 【研究の内容と成果】

本研究では、福岡県にある九州大学伊都キャンパスの農学部建物の屋上に設置した**回転シャドウバンド型高精度分光放射計**(※2)で測定した日射スペクトル観測データを分析し、福岡県の屋外環境における**日毎の日射拡散と色彩バランスを考慮した分類手法の開発**を試みました。累積ユークリッド距離行列に基づく凝集型階層的クラスタリング（agglomerative hierarchical clustering）を適用し、赤から青へのスペクトルシフトを伴う、晴天（SCI-01）から曇天（SCI-05）までの5つのクラスターを特定しました。そして、包括的なスペクトルデータを取得することが難しい地域での利用を考慮して、比較的簡単に取得できる環境変数（日射拡散率、全天日射量、日射の変動率、太陽高度、大気湿度）を使用してSCIを再現できる機械学習モデルを開発しました。選択されたサポートベクターマシン（SVM）モデルは、88.03%の検証精度と94.29%のテスト精度を達成し、現地で直接的なスペクトル測定が利用できない場合の実用的な代替手段を提供できることを示しました。従来は曇天の効果は日射量の減少としてのみ評価される傾向がありましたが、**紫外線や近赤外線を含めた色彩バランスの変化の効果、あるいは、雲の効果の日射強度変動に及ぼす違い**などを考慮することが可能になります。

## 【今後の展開】

今回の解析は、福岡県九州大学伊都キャンパスで観測された1年間のデータのみを利用してモデルが作成されているため、長期データを活用した年変動研究、あるいは他の気候帯の観測データを用いてモデル検証を行うことで、さまざまな地理的環境に対するSCIの妥当性と適応性が向上する可能性があります。また、本モデルを野外環境で利用することに加えて、人工光環境での光環境調整に適用することで、植物を含めた幅広い生物の色彩バランスへの応答研究が進むことが期待されます。さらに、太陽光発電パネルの効率評価においても有効的に活用できる可能性があります。

## 【参考図】

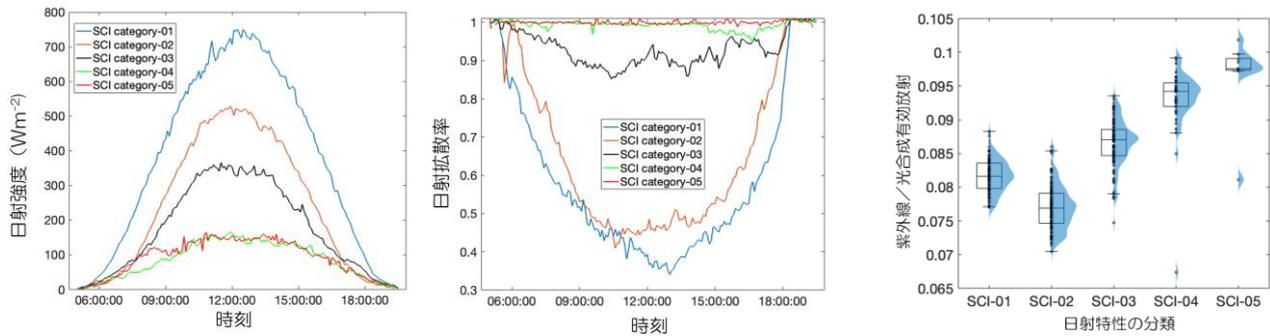


図1 SCI分類と日射特性の関係

左 5つのSCI別の日射強度の日変化、中 SCI別の日射拡散率の日変化（小さい方が拡散が少ない）右 SCI別の紫外線と光合成有効放射の比率の違い

## 【用語解説】

### (※1) 日射スペクトル

太陽からの光は地球の大気を通過する過程で波長分布が変化する。太陽光のスペクトルと地上で観測される日射スペクトルとの違いは、日射が大気を通過する過程での変化過程を反映している。

### (※2) 回転シャドウバンド型高精度分光放射計

分光放射計に、太陽方向から受光部に入射する日射を遮るコンピュータ制御の可動型シャドウバンドが付属した装置で、数分おきに直達日射と散乱日射、及び全天日射の強度とスペクトル分布が測定できる。分光放射計は、紫外域から近赤外域までの分光放射が測定できる。

## 【謝辞】

本研究は JSPS 科研費（JP18H02511）の助成を受けたものです。

## 【論文情報】

掲載誌：Ecological Informatics

タイトル：Introducing the spectral characteristics index: A novel method for clustering solar radiation fluctuations from a plant-ecophysiological perspective

著者名：Amila Nuwan Siriwardana, Atsushi Kume

D O I : 10.1016/j.ecoinf.2024.102940

## 【お問合せ先】

<研究に関すること>

九州大学 大学院農学研究院 教授 久米 篤（クメ アツシ）

TEL : 092-802-4674 FAX : 092-802-4674

Mail : akume@agr.kyushu-u.ac.jp

<報道に関すること>

九州大学 広報課

TEL : 092-802-2130 FAX : 092-802-2139

Mail : koho@jimu.kyushu-u.ac.jp