

Spectral Dynamics of Solar Radiation in a Temperate Monsoon Region: Seasonal Variability, Cloud Impacts, and a Novel Clustering Method for Plant Ecophysiology

アミラ ヌワン シリワルダナ

<https://hdl.handle.net/2324/7363886>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 博士（農学）, 課程博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名	アミラ ヌワン シリワルダナ (Amila Nuwan Siriwardana)		
論 文 名	Spectral Dynamics of Solar Radiation in a Temperate Monsoon Region: Seasonal Variability, Cloud Impacts, and a Novel Clustering Method for Plant Ecophysiology (温帯モンスーン地域における日射スペクトルダイナミクスに及ぼす季節変化と雲の影響、および植物生理生態学のための新しいクラスタリング法)		
論文調査委員	主 査	九州大学	教授 久米 篤
	副 査	九州大学	教授 廣田 知良
	副 査	九州大学	准教授 清水 邦義

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

日射 (SR) は地球上の主要なエネルギー源であり、生態系、農業、エネルギー生成に大きな影響を与えている。SR の変動は、植物の成長、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複数の光受容体の応答を通して環境シグナルとして機能している。植物の光受容体は特定の波長強度、およびその組み合わせ (特定波長光の比率 ; CWR) に対して応答し、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ていると考えられている。一方、大気や雲、エアロゾルなどによって増大する日射の拡散率 (DF) 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ある。これらの情報は気象学的には観測されモデル化されているものの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議論されてきている。本研究は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新規に開発した回転シャドウバンド型分光放射計で測定された 1 年間の SR スペクトル観測データを解析し、屋外環境における植物への DF と CWR の潜在的な影響を評価したものである。

DF、晴天指数 (CI)、および考慮されたすべての CWR の毎日の平均値が、太陽子午線高度に関係なく、顕著に季節変動すること、また年間を通じて曇りまたは部分的に曇りの空がほとんどで、晴天日の比率は 10%程度であることを示している。紫外線の比率 (UV-A/UV-B)、赤色光/青色光 (R/B)、および R/緑色光 (R/G) の比率は冬に増加し、一方、光合成有効放射/全天日射 (PAR/GSR)、UV/GSR、および UV-B/B は逆の傾向となることを示している。雲によって生じる DF が CWR 変動の主要な要因であると考察し、温帯モンスーン地域など雲が生じやすい高 DF 地域においては、晴天モデルの適用範囲が限られていることを明らかにしている。

DF と CI の日平均値は高い相関を示し、その日の明るさによって照射される日射の色が変化していることを示し、日射の色はエアマス (AM)、大気水蒸気圧 (VP)、CI によって推定でき、AM、VP、CI の情報によって、植物の光信号に及ぼす天候や季節変化の影響を評価できることを明らかにしている。

次に、SR のエネルギー変動のみに焦点を当てた既存のクラスタリング手法の限界を克服するために、スペクトル品質とエネルギーフラックスを統合する新しい指数 (スペクトル特性指数 ; SCI)

を考案している。累積ユークリッド距離に対する凝集型階層的クラスタリング (AHC) を使用することで、晴天 (SCI-01) から曇天 (SCI-05) までの 5 つの SCI カテゴリを特定し、これらのカテゴリ全体での重要な変動要因には、GSR の減少、DF および GSR 変動係数の増加、および赤から青へのスペクトルシフトが含まれていることを示している。このカテゴリーを通常的气象観測パラメータ (GSR、DF、AM、VP の 1 日平均値、GSR の変動係数) を利用して再現するための機械学習 (ML) モデルを開発し、サポートベクターマシン (SVM) モデルは高い精度 (検証: 88%、テスト: 94%) を達成し、スペクトル情報が不足している地域で実用的な代替手段の提供が可能であることを実証している。

以上要するに、本論文は、雲量と環境要因が SR のスペクトル構成と CWR にどのように影響するかを示すことにより、SR 変動の理解を深めている。将来の気候シナリオでは、DF と VP の増加と CI の増加もしくは減少が想定され、SR のスペクトルが変化し、光形態形成や生態系応答が変化し、拡散光による施肥効果に影響が出ることが予測された。SCI を利用することで SR ダイナミクスを統合して評価、予測することが可能となり、植物の成長、生態系の生産性、エネルギー用途に対する SR の影響を評価するための強力なツールとして利用されることが期待される。さらに SCI モデルは、人工光環境における光環境調整への応用により、植物を含む幅広い生物の色彩バランスへの反応に関する研究に加えて、太陽光発電パネルの効率評価にも有効活用できることが期待される。

本論文は、サステイナブル資源科学および森林圏環境資源科学の発展に寄与する価値ある業績と認める。よって、本研究者は博士 (農学) の学位を得る資格を有するものと認める。