

氏名(本籍)	もと おか たけし 本 岡 毅 (福 岡 県)		
学位の種類	博 士 (環 境 学)		
学位記番号	博 甲 第 5046 号		
学位授与年月日	平成 21 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	リモートセンシングによる植物季節の観測手法に関する研究		
主 査	筑波大学教授	工学博士	宮 本 邦 明
副 査	筑波大学教授	理学博士	林 陽 生
副 査	筑波大学准教授	博士(農学)	奈佐原 顕 郎

論 文 の 内 容 の 要 旨

リモートセンシングによる展葉や紅葉などの植物季節の観測は、気候変動による陸域生態系や地球環境予測に必要な植生変動に関するモニタリング技術としてその重要性が増している。先行研究のほとんどは、分光指数NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)の季節変化から植物季節を判定している。しかしながら、NDVIを用いるどの手法も紅葉(黄葉)時期をうまく捉えることができていない。また、展葉についても積雪地帯では融雪を誤検出してしまう。この問題はNDVIの変化と地表面状態の変化との間の因果律が植物季節を捉えるには十分に明らかにされていないことによる。従って、NDVIを用いるどの手法についても妥当性や限界は不明確である。

本研究では植物季節が主に地上観測で葉の色彩変化に着目してなされてきていることに着目し、分光指数として新たにGRVI(Green-Red ratio Vegetation Index)を導入して植物季節を観測する手法(GRVI法)を提案している。GRVIは、緑色光と赤色光の反射率の差を両者の和で正規化して得られる指数で、緑色光の反射率の方が高い場合には正の値を、低い場合には負の値を示す。これまで植物観測における分光指数はNDVIが主流であり、GRVIの利用例は皆無に等しく、植物季節や衛星リモートセンシングへの応用は行われていない。GRVI法では、冬から夏までの間にGRVIの値が負から正に変わる時期を展葉とし、夏以降にGRVIの値が正から負に変わる時期を紅葉(黄葉)としている。これは、以下のGRVIの持つ特性に基づいて設定されている。(1)地表面を緑葉が覆うとき、GRVIは正の値を示す。(2)葉が緑色から黄色や赤色へと変化すると、負の値に近づいていく。(3)地表面に裸地面が多く現れると、GRVIは負の値を示す。(4)雪や水は、赤色光と緑色光の反射率がほぼ等しいので、GRVIは0を示す。

GRVI法の妥当性を検討するため落葉広葉樹林(高山:TKY)・草地(陸域環境研究センター:TGF)・水田(つくば市真瀬:MSE)における地上分光観測と定点写真撮影を長期連続的に実施している。観測は2004年から継続して行われているが解析に用いられたのは2007年までの期間の観測結果である。分光観測から得られた観測結果に対してGRVI法とNDVIを用いた数通りの解析を行い、その一方で検証データとして一連の写真から植物季節を評価し、それらを比較することによりGRVI法の妥当性を評価している。そして、GRVIの衛星リモートセンシングデータへの適用性を評価するため、TKY、MSEにおいてTerra/Aqua衛星のMODISの分光反射率データ(地表面反射率プロダクト、MOD09GHK)と地上観測データを比較し、

GRVI, NDVIについても同様の比較を行っている。また、日本全域を対象として、TerraMODISの8日間コンポジットデータ(MOD09A1)にGRVI法およびNDVIを用いた手法のうち最も良い結果を出した中点値を用いる方法を適用し、さらにNASAが配布している植物季節プロダクト(MOD12Q2)についても解析を行い比較している。日本全域を対象とする解析では検証データとして各地で撮影されている定点撮影の画像を用い結果の妥当性を評価している。

分光観測結果から得られたGRVIの時系列的変化と地表面の変化との比較からGRVIは予想通りの応答を示すことを確認し、さらに生態系タイプ(展葉型)によって異なる季節変化を示すこと、台風による落葉に強く反応することを見だし、NDVIには見られない特徴を有していることを明らかにした。これらのことから、GRVIは植物季節のみならずさまざまな生態系観測への応用が期待されることを指摘している。展葉と紅葉(黄葉)については、GRVI法を使うことで、紅葉時期が確実に検出でき、展葉時期においても融雪や積雪の影響を受けないことを明らかにした。一方、NDVIを用いる手法で最も有用視されている中点値を閾値として用いて解析を行った結果、融雪を展葉として検出することはなかったが、中点値を求める際に必要となる年間のNDVI最小値が雪の有無によって大きく変わるため、撮影された一連の写真から得られる展葉時期と一致せずその差も地域や年により異なることを示した。また、最大増減を示す日やダブルシグモイド関数で近似して展葉、紅葉の日を求める方法ともに、中点値を用いる方法より悪い結果を導くことを示した。

TKYとMSEを対象としたMODISと地上観測結果の比較から、MODISによる赤色光や緑色光の反射率は地上観測によるものに比べて系統的に低い値を示すものの、正規化されているGRVIの値は地上観測によるものとはほぼ一致することを見いだした。この結果より、GRVIは衛星観測データに含まれる大気補正の誤差や方向性反射などの影響を受けにくいと考察している。一方、NDVIについては、春や秋に地上観測によるものよりも系統的に高い値を示すことを見いだした。

日本全域を対象とした解析結果は、GRVI法による結果が最も適切であることを明らかにした。NDVIによる方法は、展葉ではなくむしろ雪解けの時期を検出してしまい、また、日本のほとんどの地域について、紅葉の検出ができないことを明らかにした。MOD12Q2プロダクトによる展葉時期は実際よりも若干早く、紅葉時期は実際よりも遅かった。特に積雪地域で展葉や紅葉の検出ができない画素が多く見られた。以上より、GRVI法が展葉と紅葉(黄葉)の植物季節を適切に観測できると結論付けている。

審査の結果の要旨

本研究は、植物季節を、衛星リモートセンシングを用いて観測する手法について検討したものである。植物季節を含む植生に関する衛星リモートセンシングを用いた観測には大きく2つの問題があった。ひとつはNDVIが植物の活性度を示す指標(指数)としてほとんど唯一無二の指標として用いられてきていること。もう一つは、地上での詳細な検証が行われていないことである。著者は、植物季節の衛星リモートセンシング観測手法を課題として、この2つの問題に正面から取り組んでいる。既往の植物季節の認識、評価が地上における目視観測をベースになされてきたことから新たな指標(指数)GRVIを導入し、GRVIを指標とする具体的な植物季節の評価手法を提案している。また、それらの妥当性を長期にわたる地上での連続観測により裏付け、その成果を基に衛星データに適用し手法の妥当性を評価している。同時に従来のNDVIを用いた解析を行い、NDVIの欠点とGRVIの優位性を再確認している。検討の結果、GRVIを用いた植物季節の解析法は実際の植物季節を十分評価することができること、さらに、GRVIはNDVIと異なり展葉形態の相違や強風による落葉、草刈りなど植物、植生の微妙な変化も鋭敏に捉えており、様々な植物生態系観測に応用が可能な指標であることを指摘している。

以上のように、本研究は衛星リモートセンシングを用いた植物季節の観測手法の精度を飛躍的に高め、かつ植物生態系の変動評価の指標として GRVI の高い有用性を示しており、衛星リモートセンシング技術のみならず植物生態系の研究、地球温暖化などの環境モニタリングや予測など波及効果の大きな成果であり高く評価される。また、研究計画や方法、地上での具体的な観測手法は、今後の衛星リモートセンシング技術の開発研究に関するひとつのスタンダードを示すものとして高く評価される。

よって、著者は博士（環境学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。