

氏名	Omar Mwana Said
学位の種類	博士（応用情報科学）
学位記番号	博情第62号
学位授与年月日	令和4年 3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当（課程博士）
論文題目	Forecasting Vegetation Condition using Remote Sensing Time Series Data

論文審査委員	（主査）准教授 川向 肇
	（副査）教授 円谷友英
	（副査）教授 原口 亮

## 学位論文の要旨

近年、サハラ砂漠以南のアフリカ大陸の東岸地域においては、社会的インフラとしての電力網などの未整備に加え、人口の急増などもあり、森林資源の過剰な利用の発生、植生域の減少、干ばつの発生、それらに伴う人々の生活の質の低下が深刻な問題として認識され始めている。これらの結果、同地域での植生状況を中心とした環境変化の定量的捕捉と科学的予測結果に基づく政策的関与の実施は、政策的課題の一つになりつつある。

いわゆるサハラ砂漠以南の発展途上国においても、地表上の気象などに関する環境観測データは順次整備され始めているとはいうものの、地域環境に関する基本的データの取得拠点が先進国における観測拠点ほど高密度で設置されていないうえに、その限られた数の観測拠点において測定されたデータも、広く一般に利用可能なデータとして整備され公開されているとはいいがたい状況にある。

一方で、様々な組織により取得されたりモートセンシングによる多様な精度のデータの整備が進み、その一部は広く一般に公開され、様々な地球観測データが比較的容易に入手・利用可能となってきた。

このような状況を踏まえ、本論文では、公開されているリモートセンシングデータのうち、分析対象となったサハラ砂漠以南のアフリカ大陸東岸部について一般に入手可能となっている植生指標に関するデータの中でも、可能な限り詳細な時系列的空間データを用いたピクセルベースによる時空間予測モデルの構築を行い、計算科学的手法による予測モデルによる植生域の状態変化の把握の可能性とその予測誤差に関する議論を行っている。

さらに、植生状況の異なる複数地域の時系列的なリモートセンシングデータに対して、複数の植生予測モデルを実際に適用し、予測誤差の観点から検討した場合、どのような時系列的な予測モデルの適用がそれぞれの地域において望ましいのかについての提案を行っている。

本論文の第 1 章では、序論として本研究の背景となる研究対象地域としたサハラ砂漠以南のアフリカ大陸東岸地域が抱える植生と土地利用などに関する諸問題、利用した植生指標データとその特徴、分析手法の概要などを概観し、研究目的と研究課題を明確に提示するとともに、論文の構成についての概要を示した。

続く第 2 章においては、先行研究とそれらで用いられてきた植生のリモートセンシングデータとそのデータから計算される植生指標、本論文で利用した植生指標値である NDVI を用いた時系列的な予測に関する諸手法とデータ処理手法などの観点から概観したうえで、これまでの先行研究についての議論を行った。

第 3 章においては、研究対象地域における多様な気候条件などの特徴や環境政策における諸課題について述べている。さらに、研究において利用したリモートセンシングデータの詳細とその特徴、NDVI 指標を用いて時系列的・空間的な植生予測分析に用いたピクセルベースのリモートセンシングデータの取得、分析用データへの変換手法、分析で利用した各種の植生予測のモデル化手法とその特徴について整理し、植生予測の結果の評価において利用する予測データの誤差の評価指標の定義を紹介している。また、予測の実施にあたって必要不可欠であった高速演算処理において利用した計算機環境などについても記述した。

第 4 章では、第 3 章などで触れた 250m 解像度を有するリモートセンシングデータとその解像度での約 150 km×150 km (600×600 ピクセル) の範囲について NDVI 値による月次単位の時系列的・空間的な植生変化に関する予測結果と予測誤差などの結果、予測手法ごとの精度や予測手法による誤差の特性などについて議論を行い、ピクセルベースによる植生変化の予測モデルとその適用可能性とその限界について論述している。特に、植生密度が疎であるような地域と植生密度が高い地域との間で、予測手法によってかなりの予測誤差が生じるという結果を示したうえで、ピクセルベースによる時系列的に植生推計する場合には、予測対象となる植生域の特性に適合する予測手法について十分な検討が必要であることを述べた。

最後に第 5 章においては、本研究のまとめと今後の政策的課題について触れ、とりわけデータが広く流通し、利用可能となった現在の状況下においては、政策立案担当者が客観的なデータを最大限活用し、科学的な知見に基づく政策立案を行うことの必要性などについての議論を展開している。

## 論文審査の結果の要旨

広く一般に公開され、近年入手可能となっている地球観測画像のうちの一つである 250m 解像度のリモートセンシングデータを利用し、地上における観測データの入手が極めて困難な地域の一つであるアフリカ大陸東部に存在する低植生地域及び高植生地域の両方の領域についてのデータを取得し、それらの両地域の植生変化予測について、計算機科学的手法を用いた予測と予測結果を評価し、その成果を論文としてまとめている。

より具体的には、サハラ以南のアフリカ大陸東岸部の植生分析において利用可能なデータのうち最も詳細かつ最も長期間にわたるデータが公開されている 250m 解像度のピクセルベースのデータを利用し、その解像度における将来の植生変化に関する推計を行い、可能な限り空間的に詳細な植生変化を予測するためのモデル化の手法の確立を試みている。

先行研究では、1,000mから 5,000m程度の比較的低分解能の画像が利用され、さらに広域レベルでの予測手法により空間的な植生変化の予測を行っているという限界を指摘したうえで、MODIS データとして公開されている 250m 解像度のデータを集約することなく、ピクセルベースデータとして、地域の植生環境の変化に関する定量的推計手法の確立を行っている点は、本論文の重要な研究成果の一つである。さらに、これまでの先行研究では、様々な時系列的予測手法が利用されつつも、特定の手法のみに依拠した予測が行われており、手法間の十分な比較がなされていないことなどを踏まえ、ニューラルネットワークによる予測手法も含む複数の時系列的空間予測手法を実際に適用して、250m解像度のピクセルベースの予測手法による植生変化を時空間的に予測する場合に、どのような手法が予測手法として適しているのかの検討を行っている。

これらの研究を実施するに際して、複数の高速演算処理環境を利用して予測モデルの算出とそのモデルに基づく予測結果の導出を行い、ピクセルベースのデータ精度を持つ予測モデルから地域の植生状況に応じた植生変化の予測可能性、それぞれの予測手法の評価を行い、予測誤差の結果の比較から各手法の予測手法としての限界や特性なども、明らかにしている。

最後に、広く一般にアクセス可能な時空間データが広く利用可能になってきた現状を鑑み、環境政策の立案者がこれらのデータを十分に活用しつつ、科学的な政策立案の重要性についての論考も行っている。

以上を総合して本審査委員会は、本論文が「博士(応用情報科学)」の学位論文に値するものと全員一致で判定した。