

氏名	HO VIET HOANG		
授与した学位	博士		
専攻分野の名称	学術		
学位授与番号	博甲第	7 3 9 4	号
学位授与の日付	2 0 2 5 年 9 月 2 5 日		
学位授与の要件	環境生命科学研究科 環境科学専攻 (学位規則第 4 条第 1 項該当)		
学位論文の題目	Spatiotemporal Evolution of Forest Carbon Storage under the Impact of Land Use/Land Cover Dynamics Using Multi-Source Remotely Sensed Data and Hybrid Models in the Central Coastal Region of Vietnam (リモートセンシングとハイブリッドモデルを用いた森林炭素蓄積量の空間分布分析ーベトナム中部沿岸地域を対象としてー)		
論文審査委員	教授 前田 守弘	教授 森 也寸志	教授 守田 秀則
学位論文内容の要旨			
<p>The significant rise in atmospheric carbon dioxide (CO₂) from anthropogenic activities has intensified global warming. Without natural mechanisms for carbon sequestration - primarily through terrestrial ecosystems and oceans - the Earth would have experienced much more rapid overheating. Among terrestrial ecosystems, tropical forests play a vital role as carbon sinks. However, rapid land use/land cover (LULC) changes have severely disrupted their carbon storage capacity, transforming them into carbon sources. In Vietnam, the <i>Doi Moi</i> (Renovation) policy launched in 1986 accelerated economic development, particularly in the central region, under the influence of globalization. This progress has been accompanied by drastic LULC transitions, most notably the conversion of forests and grasslands into built-up areas, resulting in significant forest carbon stock losses. In this context, developing accurate carbon accounting frameworks and understanding the impacts of LULC on forest carbon dynamics in Central Vietnam are crucial for informing policies aimed at ecosystem conservation, sustainable development, and Vietnam’s commitment to achieving net-zero emissions by 2050. Taking Danang city as an example of Central Coastal Vietnam, this study investigated the performance of the hybrid approaches that integrates the predictive power of RF in generating deterministic trends and the capability of the kriging techniques in handling spatial autocorrelation structure of residuals for estimating aboveground biomass density (AGBD) and soil organic carbon density (SOC_D) using multi-source remotely sensed data and field measurements from 104 geo-referenced inventory plots in tropical forests. Additionally, this study assessed LULC changes and analyzed the spatiotemporal evolution of carbon storage from 2023 to 2050 under the impact of four future LULC change scenarios, including natural trend scenario (NTS), ecological protection scenario (EPS), economic development scenario (EDS), and cropland protection scenario (CPS), by integrating the support vector machine-cellular automata-Markov (SVM-CA-Markov) model and the InVEST model. The results show that the hybrid models of RF and kriging techniques obtained higher accuracy than standalone RF for both AGBD and SOC_D estimation, yet the levels of improvement varied. Specifically, the enhancement was moderate in SOC_D estimation while still limited in AGBD estimation. From 2007 to 2023, Danang city underwent significant and recurrent transformations in LULC types, with major changes including the conversion of natural forest to acacia plantation forest, and cropland to settlements, acacia plantations, and other land. Between 2023 and 2050, LULC transformations in Danang city are anticipated to yield varying degrees of carbon storage levels across different scenarios. Carbon storage in natural forest is projected to decline under most scenarios, except for EPS, whereas carbon storage in plantation forest is expected to increase across all scenarios. The thesis demonstrated the robustness of RF-kriging approaches for carbon accounting and provided insights into the impact of LULC dynamics on forest carbon storage changes.</p>			

論文審査結果の要旨

本論文はベトナム中部沿岸地域ダナン市を対象とし、2カ月強に亘る現地調査により104地点で収集したフィールドデータを用い、土地利用／被覆変化に基づく炭素蓄積量の空間分布変化を推計するモデルを構築することを目的に以下の3課題を行ったものである。

- 1) 地上のバイオマスの空間分布を推計するモデルの構築
- 2) 地下のバイオマス（土壌有機炭素）濃度の空間分布を推計するモデルの構築
- 3) 土地利用／被覆変化モデルの構築と4つのシナリオに基づく2050年度における炭素蓄積量の予測

1) については、複数のセンサによる衛星リモートセンシングデータと、機械学習とのハイブリッドモデルであるRFRKモデルを用いたモデルを構築し、リモートセンシングセンサの組み合わせはALOS2とSentinel-2が最適であること。RFの残差をOrdinary Krigingモデルで補正することにより、精度をR2で0.05向上でき、R2=0.80の高い精度で推計できることを示した。

2) についても、1)と同様のモデルを用いて、説明変数としては、Sentinel-2、ALOS-2、地形データ、気象データの組み合わせが最適であること。RFの残差をOrdinary Krigingモデルで補正することにより、精度をR2で0.11向上でき、R2=0.78の高い精度で推計できることを示した。

3) については、Support Vector MachineとCellular Automataを用いて、 $\kappa=0.94$ の高い精度で構築した土地利用／被覆変化モデルを用いて、4つのシナリオ別の2050年の炭素蓄積量の推計値を示した。

本論文の一部はQ1ジャーナルに2編掲載されており、関連する論文もQ1ジャーナルに一遍掲載されている。全て学位申請者が第一著者兼責任著者であり、本論文のクオリティーの高さと申請者の研究者としてのレベルの高さを裏付けている。

以上の通り、本論文は信頼性の高いフィールドデータを用いて、複数センサの衛星リモートセンシングデータと先進的な解析手法の組み合わせにより、高い精度での推計が可能なオリジナルなモデルを構築したものであり、学術的に高く評価でき、博士（学術）の学位に値するものと認められる。