

氏名	ATHUKORALA ARACHCHIGE SUMUDU DARSHANA		
学位の種類	博士（理学）		
学位記番号	博 甲 第 10286 号		
学位授与年月日	令和 4 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	Spatial Analysis of Urban Wetland Ecosystem Service Value Changes in Muthurajawela Marsh and Negombo Lagoon, Sri Lanka (スリランカのムトゥラジャウエラ湿地とネゴンボラグーンにおける都市型湿地生態系サービスの価値変化の空間分析)		
主査	筑波大学准教授	博士（地球環境科学）	松下 文経
副査	筑波大学講師	博士（理学）	森本 健弘
副査	筑波大学准教授	博士（農学）	奈佐原 顕郎
副査	筑波大学名誉教授	理学博士	村山 祐司

論 文 の 要 旨

著者は、スリランカのコロンボ大都市圏にあるムトゥラジャウエラ湿地とネゴンボラグーンを本論文の研究対象地域としている（以降、この研究対象地域をMMNLと呼ぶ）。著者によればMMNLは、スリランカ国内の重要な都市湿地生態系である。湿地生態系は、洪水や汚染物の制御、水環境の保全、気候の調節など、さまざまな価値のある生態系サービスを提供している。しかし近年、研究対象地域では、都市化という大きな圧力にさらされており、自然の土地被覆（例えば、湿地やマングローブ林など）が住宅地や商業用地などに転換されつつある。そこで、本論文で著者は、研究対象地域の自然ランドスケープ（景観）と生態系サービスに対する都市化の影響について調べた。

本研究は4つの章で構成されている。まず、著者は第1章で研究の背景を述べた後、湿地生態系サービスに関する文献のレビューや、研究対象地域における関連研究のレビューなどを行い、本研究の位置付けを行っている。著者は従来の研究に残された課題として、リモートセンシングと地理空間解析技術に基づいた湿地生態系サービスの時系列変化の現状モニタリングおよび異なるシナリオによる将来予測に関する研究はまだ十分に行われていないと指摘し、この課題を解決することおよび湿地生態系の保全政策の策定に科学的なアプローチを提供することを本論文の研究目的としている。

第2章の前半で著者は、ランドサットシリーズの衛星データを用いて、1997年から2017年まで、20年間にわたる研究対象地域（MMNL）の土地利用/土地被覆変化の検出を行っている。分類手法としては、教師付き分類法を採用し、土地利用・土地被覆種類としては、湿原、マングローブ林、水域、および住宅地の4種類に分類している。それぞれの年の土地利用・土地被覆分類図の精度評価は、年毎に400の検証ポイントを使用して行われている。その結果、全体精度は、1997年、2007年、2017年においてそれぞれ87%、84%、85%となっている。また、この20年間の主な土地利用・土地被覆変化としては、住宅地の大幅な拡大（+70%）と、湿地帯、マングローブ林の大幅な減少（それぞれ、-42%と-28%）と推定している。これらの結果は、研究対象地域における急速な都市化が、過去20年間の自然環境変化の主な要因であることを示唆している。

第2章の後半で著者は、研究対象地域における過去20年間（1997—2017）の生態系サービス価値の推定を行っている。この推定には、10種類の生態系サービス、例えば、洪水の調節や工業廃水の処理、農業生産、漁業への支援、下水処理、レクリエーションなどを考慮している。また、推定に必要な係数は同じ地域での先行研究が提案したものをを用いている。都市化による湿地帯とマングローブ林の大幅な減少の結果として、著者は、この20年間で、研究対象地域における生態系サービスの価値は合計896万ドル（約33%）減少したと述べている。特に洪水の調節による生態系サービス価値の損失は600万ドルと推定し、損失全体の約67%を占めると指

摘している。

第3章で著者は、2つのシナリオ、すなわち、通常のビジネス活動を保つ場合（以降BAU：Business-as-usualシナリオ）と生態系の保全に配慮する場合（以降EP：Ecological protectionシナリオ）に基づいて、研究対象地域における将来（2030年）の生態系サービスの価値の変化を予測している。このため、まず著者は、地理空間モニタリングおよびモデリングソフトウェア（TerrSet）に組み込まれているLand Change Modelerを用いて、研究対象地域の将来の土地利用・土地被覆の変化をBAUシナリオとEPシナリオに基づいて予測した。ここで、2種類の土地利用転換：（1）湿地から住宅地へ、（2）マングローブ林から住宅地へ、を検討した。転換マトリックスの導出はMarkov chain algorithmを用いた。また、空間的な土地利用・土地被覆変化を予測するために、6つの空間変量（道路までの距離、成長ノードまでの距離、ラグーンまでの距離、保護区までの距離、標高、傾斜）と多層ニューラルネットワークを援用した。予測した土地利用・土地被覆変化の精度検証は性能指数（FoM）を用いた。このようにして得られた土地利用・土地被覆の予測図を用いて、著者は異なるシナリオによる研究対象地域の将来の生態系サービス価値の変化を推定した。その結果、BAUシナリオの場合、2030年までに、研究対象地域における湿地とマングローブ林の面積はそれぞれ1,329haと213ha減少する。一方、住宅地の面積は1543ha増加する。それに対して、都市の拡大率が20%減速するEPシナリオの場合、湿地帯とマングローブ林の面積の減少は、それぞれ1,063haと171haとはるかに小さくなっている。以上で予測される湿地帯とマングローブ林の喪失の結果として、研究対象地域における生態系サービス価値も減少すると考えられる。著者は、第2章で紹介した手法を用いて、2030年までに研究対象地域における生態系サービスの価値が、BAUシナリオ場合の601万ドルの減少（2017年の生態系サービス価値の約34%に相当）、EPシナリオ場合の479万ドルの減少（2017年の生態系サービス価値の約27%に相当）、と推定している。また、流域景観と都市計画の立案者が結果を利用しやすくするため、著者は、画素レベルの解析結果をGNというスリランカにおける最小の行政区画レベルに集約している。

最後に、第4章で著者は、本研究で得られた結論を以下のように纏めている。（1）リモートセンシングデータをベースにした生態系サービスの価値を評価するための手法を確立した。（2）本手法を用いて作成した過去、現在、及び将来の生態系サービス価値の地図化は持続可能な都市計画に有用な情報を提供する。（3）本手法は、スリランカ国内及び世界中の国々における都市型の湿地生態系にも適用することができる。

審 査 の 要 旨

審査対象論文で著者は、スリランカのコロombo大都市圏にあるムトゥラジャウエラ湿地とネゴンボラグーンを対象に、リモートセンシングと地理空間解析技術の併用により、湿地生態系サービスのモニタリング（過去と現在）および異なるシナリオによる将来予測のスキームを構築した。このスキームは、衛星データをベースにしているため、基礎データが乏しい発展途上国に対して、非常に有用な手法と考えられる。また、本論文で得た知見は、スリランカの環境部局に提示することで、湿地生態系サービスの実態や経時変化を定量的に把握することができるため、湿地環境の劣化が進む場合にはその対策案を実施するきっかけを与えることも期待される。特に著者が提案した手法は、様々な開発シナリオ（ユーザーにより変更可）を生態系サービス評価システムに取り込める特徴を持っており、湿地生態系の保全や持続可能な都市開発などの政策を策定する際、政策立案者に科学的なアプローチを提供できる点を高く評価する。

令和4年1月26日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。