

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 ナンティコーン キットラットポン

アジアゾウ (*Elephas maximus*) は、広く 13 カ国に生息しているが、主に農作物の奪取を中心とした **Human-Elephant-Conflict (HEC)** が起こっており、地域社会の生活の質や野生ゾウの個体数の長期的な保護に影響を与えている。経済発展と人口増加によって土地や資源に対する圧力が高まる一方で、国際的には生物多様性の保全がますます重要視されている。**HEC** には学際的なアプローチを用いた将来の土地利用計画が重要であるが、ゾウの生息地や個体数、他の野生生物との競合状況などのデータが不足しており、現地調査だけでは限界がある。また、将来の変化、特に気候変動の影響を考慮した長期的な生態系管理計画は、まだ体系的に整理されていないのが現状である。

本研究では、オープンアクセスデータ、リモートセンシングデータ、生態学的モデリング、気候変動評価技術を活用して、アジアゾウの生息地の長期的な変化予測と、現在および将来の **HEC** 分布を定量的に把握することを目的とした。具体的には、本研究では以下の 3 つの疑問に答えることを目的としている。1) ズウの個体数の長期的な時系列変化や、生息域内の主要環境変動要因を考慮した上で、アジアゾウの保護において、13 カ国の生息域で優先すべきことは何か？ 2) **HEC** の分布が過去 10 年にわたってどのように変化したのか、また **HEC** の変化に影響を与える重要な環境変数は何か？ 3) 2 向こう 25 年程度の将来にわたって、**HEC** が気候変動によって土地被覆にどのような影響をもたらすのか、である。

第 2 章では、アジアゾウが生息する 13 カ国を対象に、**ESA CCI** が公開するリモートセンシング土地被覆プロダクトを用いて、1990 年、2003 年、2015 年の 3 つの期間におけるゾウの生息域と土地被覆の変化を定量的に分析した。その際、**GHSL** の人間居住と社会経済的要因（人間開発指数、国民総生産 **GDP**、汚職指数 **Control of Corruption Index**）も、大規模な野生ゾウの個体数を維持するための候補要因として考慮した。**AIC** と決定係数によって導出された最適ロジスティック重回帰分析の結果によると、最大の森林面積、土地被覆の多様性、森林の分断、ゾウの生息域内の人間の人口、が 4 つの主要な説明変数として特

定され、分断が少ない広大な森林が維持されていれば、ゾウの個体数が維持されることが再確認された。次に、主成分分析と K 平均クラスタリングを用いて、ゾウの個体数と 4 つの主要な要因との相互相関を調べたところ、13 カ国は、次のような特徴を持つ 4 つのグループに分類できることがわかった。1) カンボジア、ラオス、ベトナム: 森林の損失や分断が多くゾウが減少しており、重要な生息地の損失を食い止めることが優先される、2) インドネシアとミャンマー: 森林の不法侵入と密猟の結果、広大な森林が残っているにもかかわらずゾウの数が減少しており、効果的な保護法の執行が困難である、3) ブータン、インド、ネパール: 重要な森林生息地の保護が確認されており、国内の他の地域でもさらに拡大すべき、4) バングラデシュ、中国、マレーシア、タイ、スリランカ: 人為的な攪乱や生息地の損失にもかかわらず、ゾウの個体数が安定的に増加している。こうしたゾウの生育域と土地被覆の変化を、社会経済的要因を明らかにしながら定量的に分析した考察は新しい視点である。こうした分析結果から、近隣諸国でも今後同じような状況になる可能性が高いと考えられるタイに焦点を当てた考察がなされたことは他に例がなく、独自性の高い分析であると言える。

第 3 章では、タイを対象に HEC の分布とその支配要因の変化を評価するために、2009 年から 2018 年にかけてさまざまなメディア媒体が Web に発表した HEC に関するニュースを収集した。その結果 HEC 発生件数が最も多かったタイ東部の保護区と隣接する 10 県を対象に潜在的な HEC の分布をモデル化した。具体的には、雨季と乾季における HEC の相対的確率をモデル化するために、リモートセンシングによる正規化植生指数 (NDVI)、気象干ばつ指数 (KBDI)、デジタル標高データ (SRTM)、人口、交通輸送ネットワーク、保護された生息地までの距離を説明変数として、最大エントロピー (MaxEnt) を用いた空間モデリングを行った。その結果、HEC の確率は季節によって変動するものの、2009 年から 2018 年にかけて、HEC の発生しやすい地域はすべての県で拡大した。2018 年の HEC が高い地域は 2009 年の 2 倍程度となり、チャンタブリ県、チョンブリ県、ナコンラーチャシマ県、ラヨン県で特に高い値が得られた。森林被覆率や森林までの距離など直接的な人為的圧力は、保護区周辺において HEC の発生確率を緩やかに増加させることは従来から指摘されていたが、干ばつや降雨の季節変動を考慮して定量的に分析し、時空間的な分布図として可視化したことは本研究で初めて明らかになった点である。

第 4 章では、2025 から 2044 年の将来にわたる気候変動の影響を HEC リスクという形で評価した。具体的には、脆弱性を人間の人口 (エクスポージャー) と重複する地域でゾウが発生する確率 (ハザード) と定義した。将来のシナリオは、代表的な濃度経路 (RCP) と共有社会生態学的経路 (SSP) とバッファゾーン (BZ) 政策の組み合わせから得られる、A1 (RCP4.5-SSP2-BZ)、A2 (RCP8.5)。

5-SSP5-BZ)、B1 (RCP4。5-SSP なし BZ)、B2 (RCP8。5-SSP5 なし BZ) の 4 つのシナリオを評価した。気候データは ERA5(ベースライン)と NEX-GDDP(将来の 5 つの GCM)、ベースラインの土地被覆分類は、MODIS、ALOS-PALSAR、SRTM を、また HydroSHED、ERA-JRC の表流水、道路交通網を説明変数に、将来の土地被覆を RCP-SSP シナリオに基づいてシミュレーションした。その結果、HEC のリスクは、タイ南部、中部、東部で減少すると予測された。気候変動は、生息地の適性を低下させ、干ばつ確率を上昇させることで、HEC リスクの変化に大きく影響すると考えられる。干ばつの将来的なリスクは増大傾向にあること、土地被覆の変化は全体的には影響が小さいが、局所的には耕作放棄地への転換がゾウの保全政策に影響を与えることが、定量的な分析結果から明らかとなったことは、本研究で提案する独自性の高い分析から得られた大きな成果であると言える。

以上の 3 つの柱を総括して、本論文の第 5 章では、本研究で提示した HEC 評価のための手法論のゾウ以外の野生動物への適用の可能性、注意点や限界点に関して総括的に議論して体系づけている。

HEC の評価には学際的なアプローチが必要であることは従来から指摘されてきたことであるが、定量的な解析に必要な手法論の確立が長らく待ち望まれていた。オープンアクセスデータ、リモートセンシングデータ、生態学的モデリング、気候変動評価技術を活用して、アジアゾウの生息地の長期的な変化予測と、現在および将来の HEC 分布を定量的に把握する手法論を提示した点で、また公開できる形で大規模なデータセットを作成した点で、本研究で得られた成果は画期的な成果を挙げたと言える。本研究で開発された手法論は、タイ以外の情報が得られにくいアジア・アフリカなどの発展途上国にも、またゾウ以外の野生生物の HEC 分析にも応用可能な、国・地域レベルの将来計画に組み込むことのできる一連の手法とデータセットを開発した点で、学術的貢献と社会的な有用性も高く評価することができる。

よって、本審査委員会は、本論文を博士(環境科学)の学位請求論文として合格と認められる。