

審査の結果の要旨

氏 名 中川 慶次郎

本論文では、人の立ち入りが難しい遠隔地における 10 年単位の長期的な野生動物調査のために、従来の野生動物調査手法の課題を解決した動物間マルチホップ転送方式による調査手法を提案している。そして、同手法の動物間通信機能(Data Sharing 機能)の課題を解決するため、生物の規則性と情報技術の規則性を上手く織り合わせた動物間マルチホップ通信システムを提案している。動物間通信機能の課題とは、動物間通信の高い電力消費量により動物間マルチホップ通信が不可、野生動物の短い寿命により長期運用不可、繰り返しの放獣と繁殖による 10 年後の生態系の影響である。これら 3 つの課題に対して、動物間マルチホップ通信システムの各機能の提案と、その有効性の評価を行っている。

第 1 章では研究背景、先行研究、本研究の目的を示している。研究背景として、国立公園の保護区域や福島第一原子力発電所周辺の帰宅困難区域などの人の立ち入りが難しい遠隔地で、10 年単位の長期的な野生動物調査が必要であると述べている。先行研究では、従来の野生動物調査手法として、調査員が現地に立ち入る方法、温度や湿度等の固定センサーの設置、野生動物にデバイスを装着させて野生動物の調査を行う方法が述べられている。そして、Delay Tolerant Networking 技術を活用した動物間マルチホップ転送方式による調査手法が提案されており、本手法の Data Sharing 機能の課題を解決することが本研究の目的であると述べ、長期的な野生動物調査を実現させると述べている。

第 2 章「動物間マルチホップ通信システムの提案」では、1 章で述べた動物間マルチホップ通信システムの概要(課題と仕様)、省電力化、省力化、省資源化の概要を述べている。

第 3 章の省電力化の研究では、2 章で述べた動物間マルチホップ通信の実現による環境調査範囲の拡大の詳細を述べ、省電力化のための各手法のフィールド検証による評価実験、結果と考察を述べている。動物間マルチホップ通信の実現による環境調査範囲の拡大化とは、装着個体間の効率的な通信機器 Wake と遭遇履歴を用いたデータ転送による 2 つの機能により、バッテリーの低消費電力化を実現する手法である。1 つ目の機能では、動物同士の接触時(すれ違い)に着目し、動物同士が接近した際に生じる習性行動の特徴量を 3 軸加速度センサーで解析し、他個体との遭遇時のみ通信機器を Wake させて装着個体間の Peer-to-Peer 通信を実現させる機能である。2 つ目の機能では、通信機器 Wake 後の双方向のデータ送受信において、動物同士の遭遇履歴を用いることで低消費電力的に実現する機能である。これらの機能の有効性を示すために麻布大学伴侶動物研究室の協力の下で実験犬を用いたフィールド検証を実施しており、最大 43.3%の消費電力の削減に成功していることを述べている。

第 4 章の省力化の研究では、2 章で述べた法的対応で必ず発生する調査員の作業頻度に着目した運用コストの削減の詳細を述べ、シミュレーション検証による評価実験、結果と考察を述べている。法的対応で必ず発生する調査員の作業頻度に着目した運用コストの削減とは、Spin-up Time を考慮したデバイス放獣シナリオにより、再捕獲の運用コストを削減することである。長期的な野生動物調査のために、10 年以上の長期的な動物間通信機能の維持が求められる。しかし、アライグマの寿命は野生環境下では 2-3 年程度となるため、装着個体の寿命により動物間通信機能を維持できずデータ回収が出来ない。数年毎の年齢の若い装着個体の放獣により動物間通信機能の維持が可能となるため、再捕獲の運用コスト削減が出来ると述べている。シミュレーション結果では、各放獣シナリオにおいて

遭遇回数の観点で最大効率であり運用コストの低い放獣シナリオを明らかにしている。

第 5 章の省資源化の研究では、2 章で述べた縄張りの主の入替えを利用した長期センシング機構によるデバイス数の削減の詳細を述べ、シミュレーション検証による評価実験、結果と考察を述べている。長期間に渡って多数の装着個体の放獣をする場合、元々生息する野生個体、装着個体、繁殖個体により調査地域の個体数が増加することで、調査地域の生物多様性の影響が懸念される。縄張りの主の入替えを利用した長期センシング機構によるデバイス数の削減では、縄張りの主の入れ替えと群行動に着目し、親子やオス同士の集団行動などの多世代間の交流時の放獣時期が異なる装着個体の世代間のデータ転送により、資源の最小化と動物間通信機能の長期的な維持を実現している。本シナリオにより、調査地域の空間に配置する資源(装着個体)の数を減らした場合でも、動物間通信機能を長期的に維持することが可能であると述べている。シミュレーション結果では、放獣数を減らしつつ動物間通信機能の維持が可能な放獣シナリオを明らかにしていることを述べている。

第 6 章の議論では、本研究で得られた知見の議論、従来の野生動物調査時の調査員が抱える課題に対する貢献（省電力化、省力化、省資源化）、本研究の展望を述べている。

第 7 章の結論では本論文を統括して研究成果としてまとめるとともに、論文全体の結論として人の立ち入りが難しい遠隔地での長期的な野生動物調査システムの設計論の確立として締めくくり、最後に今後の課題を述べている。

筆者によって提示された、長期的な野生動物調査システムの設計論は、空間情報学、生態学をはじめとした環境学分野の教育・普及に大きく貢献できる。

よって本論文は博士（環境学）の学位請求論文として合格と認められる。

以上 2243 字