

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K22839

研究課題名(和文)動物装着型マイク網による高線量空間可視化

研究課題名(英文)High-dose spatial visualization using animal-wearable microphone network

研究代表者

小林 博樹(KOBAYASHI, HIROKI)

東京大学・情報基盤センター・教授

研究者番号：60610649

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は「動物装着型マイク網による高線量空間可視化」を目的とする。福島原発事故により放出された放射線物質が野生動物に及ぼす影響調査を遠隔から安全に実現するシステムが求められている(IAEA報告書)。本研究では、A) 生態相互作用と融合した省電力型動物装着型マイク・ネットワーク機構、B) 重度被曝した動物の健康状況の変化を鳴き声情報の可視化から明らかにする機構の研究開発を行った。得られた知見を国際会議等で発表したほか、国際協力分野で活かせることが判明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国際原子力機関(IAEA)のチェルノブイリ原発事故報告書では、被曝した野生動物群の数世代に渡る被曝状況とその影響の調査は、学術的・社会的に非常に重要であると報告されている。東京大学石田(生物と科学2013)は、福島第一原子力発電所周辺の、特に高濃度の放射性物質が検出されている阿武隈山地北部地域において、野生動物の被曝モニタリングを行っている。本モニタリングでは、自動録音装置を設置し、500地点以上で動物音声の取得を目標としているが、長期に亘って継続的に情報取得を行うためには、研究者の労力だけでは困難と報告している。本研究はこの課題の解決に資する活動である。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is "high-dose spatial visualization by animal wearable microphone network". There is a need for a system that can remotely and safely investigate the effects of radioactive materials released by the Fukushima nuclear accident on wild animals (IAEA report). In this research, we are researching and developing a) a power-saving animal wearable microphone network mechanism that integrates with ecological interaction, and B) a mechanism that reveals changes in the health status of severely exposed animals by visualizing vocal information. In addition to presenting the obtained knowledge at international conferences, etc., it was found that it can be utilized in the field of international cooperation.

研究分野：センサネットワーク

キーワード：センサネットワーク サウンドスケープ

1. 研究開始当初の背景

国際原子力機関(IAEA)のチェルノブイリ原発事故報告書では、被曝した野生動物群の数世代に渡る被曝状況とその影響の調査は、学術的・社会的に非常に重要であると報告されている。東京大学石田(生物と科学 2013)は、福島第一原子力発電所周辺の、特に高濃度の放射性物質が検出されている阿武隈山地北部地域において、野生動物の被曝モニタリングを行っている。本モニタリングでは、自動録音装置を設置し、500 地点以上で動物音声を取得することを目標にしているが、長期に亘って継続的に情報取得を行うためには、研究者の労力だけでは困難と報告している。しかし、このような森林環境では電源・情報インフラが存在しないため実現が難しい。そこでこうした空間で増加する動物を用いた「動物装着型マイク網による高線量空間可視化」により目的を達成できると考えた。

都市部に近い環境(人間社会に近い環境)での調査においては、携帯電話等の情報システムの利用による参加型センサ群により効率よい観察が実現できると考えられる。人々が携帯デバイスを持ち歩きながら所要のセンシングデータを収集する「参加型センシング」が2005 年頃から急速に注目されるようになり、ACM Sensys 等センサネットワーク分野の国際会議でも研究事例が散見されるようになってきた。特に、多数の人が携帯電話を用いて頻繁に行動する都市環境をセンシングする場合には、給電の制約なく固定のセンサを必要とせずに広域で安価にセンシングが可能である参加型センシングは有望な手法である。

しかしながら、野生動物の生息環境では極めて限られた電源・情報インフラ網しか利用できない。具体的には、利用者が極めて少ない地域、つまりこのような野生動物の生息環境(森林の地表付近)においては、インフラサービスの採算性(国土総面積の約 6 割は携帯電話圏外、注:人口カバー率ではない)が問題になる。実環境要因の問題(衛星電波不感地帯)も発生する。また、固定型センサ設置のためには国立公園の所有者や行政等ステークホルダーとの調整に多大な労力が必要であり、また屋外設置のセンサであり設置・運用コストも莫大になる。その一方で停滞する経済状況の中、我が国で新たな生態調査用の基盤を構築し、数十年間の運用を行う余地はほとんどないのが現状である。一方、高線量地帯における生態調査は国内のみならず、海外からも高い注目を集めている。大規模な基盤の構築よりも安価で効率的なセンシングをより早く実現し動き出すことが重要である。

2. 研究の目的

本研究は「動物装着型マイク網による高線量空間可視化」を目的とする。福島原発事故により放出された放射線物質が野生動物に及ぼす影響調査を遠隔から安全に実現するシステムが求められている(IAEA 報告書)。本研究では、A) 生態相互作用と融合した省電力型な動物装着型マイク・ネットワーク機構、B) 重度被曝した動物の健康状況の変化を鳴き声情報の可視化から明らかにする機構、を高線量地帯に実際に構築して有効性評価することで目的を実現する。これまでの十分な事前研究から実現性に問題は無い。

3. 研究の方法

本研究では「動物装着型マイク網による高線量空間可視化」を福島原発から 10km の立入禁止の高線量地帯に構築したインフラ拠点(以下「拠点」)で次の計画で行い目的を達成する。

A) 生態相互作用と融合した省電力型な動物装着型マイク・ネットワーク機構

本機構では動物同士の接触時(すれ違い)に着目している。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、通信機器の Wake の引き金として動物装着センサー間の間欠通信を実現させる。つまり動物個体間の遭遇時における特徴量を 3 軸加速度センサーで合成加速度として取得し、閾値により通信機器の Wake 制御を行う事により省電力なデータ運搬を実現させる。予備研究では実際に獣医の許可を得てプロトタイプを開発し、犬を対象とする実験に成功している。また 2017 年 2 月には拠点周辺の牛を対象とする実験に成功している。本提案では実現のためのさらなる省電力化を目標として、実験動物の体高・体重と消費電力関係性に基づき、より省電力な複数個体間相互作用の検出機構を実現する。

B) 重度被曝した動物の健康状況の変化を鳴き声情報の可視化から明らかにする機構

環境音情報可視化のためには「調査員の聞き取り」を「環境音自動判別 AI」に組みこむことが必要である。AI の要求する 1/1000 秒の精度で、非熟練の調査員が聞き取り結果を記録することは難しいが、熟練の調査員は少数であるため聞き取りできる時間数は限られる。調査員の熟練度を考慮しながら、調査員が能率良く判別を実施でき、かつ AI にとって利用しやすい聞き取りデータの集積方法とその実現に適したユーザインターフェースを検討・実装する。

4. 研究成果

2019 年度は、A)動物個体間の遭遇時における特徴量を 3 軸加速度センサーで合成加速度として取得し、閾値により通信機器の Wake 制御を行う事により省電力なデータ運搬を実現した。また構想及び準備の段階であった通信プロトコルの検討に関して、移動型ロボットを用いたシミュレーション実験を実際に導入し評価の可能性を検討した。B)調査員の熟練度を考慮しながら、調査員が能率良く判別を実施でき、かつ AI にとって利用しやすい聞き取りデータの集積方法とその実現に適したユーザインターフェースを検討・実装した。

2020 年度は、A)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、通信機器の Wake の引き金として動物装着センサー間の間欠通信の改良を検討した。しかし新型コロナウイルスにかかる社会情勢と制限により動物を用いた実験やフィールド作業を行うことができなかった。B) VM 上に実装することで容易にシステムをデプロイできるようになった。本研究を通して仏・トゥーロン大学との共同研究が進展した。

2021 年度は、A)新型コロナウイルスにかかる社会情勢と制限により、引き続き動物を用いた実験やフィールド作業を行うことができなかった。B)ダイス係数を使用して「調査員の聞き取り」と「環境音自動判別 AI」の比較を行った。結果、鳥の鳴き声について大きな違いがあることが判明した。これは、季節や時間帯によって鳥の鳴き声の質が異なることが原因となっている可能性がある。こうした研究成果を含めて、電子情報通信学会のネットワークシステム研究会 (NS)で招待講演を行った。

2022 年度は、A)前年度は新型コロナウイルスにかかる社会情勢と制限により動物を用いた実験やフィールド作業を行うことができなかった。そこで、別研究で開発した移動型ロボットによる動物実験の代替スキームを用いた実験計画に変更して実施した。B)時間単位およ

び日単位の細かく分類されたパターン予測のために、CNN-BiLSTM-VAE-ATT をベースにしたモデルを開発した。このモデルは長期的および短期的な依存関係を横断的に捉え、個々のパターンのランダム性、多様性、不確実性を考慮した。提案されたモデルは他のベースラインよりも精度が高く、多様性を示した。そしてこのモデルはデータセットに存在する時間依存性の説明につながる。また、この研究成果を用いて海外研究者との共同研究を行った。結果、ネパール国内の野生動物調査として現場に活用できることが判明し、基礎的な知見を国際会議で発表した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Keijiro Nakagawa, Daisuke Shimotoku, Junya Kawase and Hill Hiroki Kobayashi	4. 巻 1
2. 論文標題 Dependable Wildlife DTN: Wearable Animal Resource Optimization for Sustainable Long-Term Monitoring	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 IEEE 6th International Conference on Dependability in Sensor, Cloud and Big Data Systems and Application (DependSys)	6. 最初と最後の頁 49-56
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/DependSys51298.2020.00016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Keijiro Nakagawa and Hill Hiroki Kobayashi	4. 巻 31(1)
2. 論文標題 Optimal Arrangement of Wearable Devices Based on Lifespan of Animals as Device Transporter Materials for Long-Term Monitoring of Wildlife Animal Sensor Network	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sensors and Materials	6. 最初と最後の頁 13-25
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18494/SAM.2020.2560	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Daisuke Shimotoku, Tian Yuan, Laxmi Kumar Parajuli, Hill Hiroki Kobayashi	4. 巻 -
2. 論文標題 Participatory Sensing Platform Concept for Wildlife Animals in the Himalaya Region, Nepal	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 HCI 2022: Distributed, Ambient and Pervasive Interactions	6. 最初と最後の頁 87-98
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-031-05431-0_6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小林博樹
2. 発表標題 野生動物自身の行動や習性を逆利用した動物装着型センサネットワークの研究
3. 学会等名 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会 (NS) (招待講演)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------