

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 22 日現在

機関番号：12601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2012～2013

課題番号：24800010

研究課題名(和文)野生動物装着型センサノードの伝書鳩指向な空間情報センシング機構の研究

研究課題名(英文)Carrier Pigeon-like Sensing system

研究代表者

小林 博樹(Kobayashi, Hiroki)

東京大学・空間情報科学研究センター・助教

研究者番号：60610649

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円、(間接経費) 690,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は野生動物装着型センサノードの伝書鳩指向な空間情報センシング機構の実現を目的としている。従来の野生動物装着型センサは装着可能な重量の制限から高度化が困難とされていた。ここでは動物行動を利用した“動物間ネットワークシステム”や“動物用ワイヤレス給電システム”で解決を試みる。野生動物の生息地では極めて限られた情報インフラしか利用できない。この場合重要なことは、単なるセンサの小型化や高度化ではなく、野生動物の生態をも利用することである。そこで動物をキャリアとしてデータや電源を運搬・リレーすることで僻地な生息地でも効率的にデータを収集するプロトタイプを開発した。

研究成果の概要(英文)：Carrier pigeon-like sensing system is a future present archetype in human interface that will enable the human race to observe inaccessible forest. The system employs wildlife-borne sensing devices, which have animal-to-animal Internet sharing capability and Animal-Touch and Go (ATG) function for wireless charging, and can be used to expand the size of monitoring areas where the electricity supply and information infrastructure is either limited or nonexistent. Thus, monitoring information can be collected from remote areas cost-effectively and safely. The system is based on the concept of human computer biosphere interaction.

研究分野：総合

科研費の分科・細目：知能情報学

キーワード：野生動物 ウェアラブル 空間情報 動物行動

1. 研究開始当初の背景

近年、コンピューターの小型・軽量化によって、人間社会による環境負荷の調査や希少種生物の生態を解明する“Bio-Logging Science”が急速に展開されている。この研究領域では、ウェアラブルやユビキタス技術によって観測個体の生態情報（位置情報、餌動物情報、気象情報）などが収集される。たとえば、絶滅危惧種の位置や餌動物を長期的に観察することで、その生態範囲を解明する。こうした結果からその個体数推定や、道路開発・都市計画の見直しなどが実施される。このようなアプリケーションには、観測対象個体の生息環境・身体状況に合わせて適切なシステムを設計する必要がある。

都市部に近い環境（人間社会に近い環境）に生息する種においては、人工衛星や航空機などの光学的なセンシングシステムがある。また、携帯電話等の情報システムの利用によるユビキタス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。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8割は携帯電話圏外、注：人口カバー率ではない）の問題がある。そして、実環境要因の問題（衛星電波不感地帯）も発生するからである。そこで野生動物装着型センサによる生態調査が行われるが、装着可能な重量の制限からほとんどな研究が行われていなかった。

2. 研究の目的

本研究は野生動物装着型センサノードの伝書鳩指向な空間情報センシング機構の実現を目的としている。従来の野生動物装着型センサは装着可能な重量の制限から高度化が困難とされていた。ここでは動物行動を利用したシステムの高度化で解決を試みる。この場合重要なことは、単なるセンサの小型化や高度

化ではなく、野生動物の生態をも利用することである。

3. 研究の方法

3.1 動物間ネットワークシステム

野生動物の生息地では極めて限られた情報インフラしか利用できない。ここでは動物をキャリアとしてデータを運搬・リレーすることで僻地な生息地でも効率的にデータを収集するプロトタイプを開発する。

3.2 動物用ワイヤレス給電システム

野生動物の生息地では極めて限られた電源インフラしか利用できない。ここでは動物をキャリアとして充電池等を運搬するために、僻地な生息地でも効率的に電力を充電するプロトタイプを開発する。

4. 研究成果

移動する人間や動物にセンサを装着し、行動や周辺環境をモニタリングする構想はセンサネットワーク研究の初期から見られる。しかし、野生動物を対象とした場合、自動車や人間のように定期的に充電する機会は無い。また取得されたセンサ情報を得るためには、最終的にインターネット等の外部ネットワークと接続可能なシンクノードに、動物が接触しなければならないが、その頻度は少ない。そこでセンサノードの長寿命化・電力管理が非常に重要な課題となる。

4.1 動物間ネットワークシステム

無線センサノードの消費電力に着目した時、加速度センサの稼働とセンサ間通信では、後者の方が100倍も電力消費が大きい(Kazuto Shimizu, Masayuki Iwai, and Kaoru Sezaki, 2013)。一方、森林の地表付近に生息する陸生哺乳類は、異なる個体と遭遇した時には、単独行動を行っている場合とは異なる行動を示すことが動物行動学的に知られている(Michael Begon, John L. Harper, and

Colin R. Townsend, 2013)。この、異なる個体と遭遇した場合、動物に装着したセンサーがお互いの通信圏内に存在する確率が高い。そこで、このような複数の動物間の遭遇を「検知」（70%の精度で検知を実現）した場合にのみセンサーの通信をアクティブにし、それ以外のときは積極的にスリープ状態にすることにより、センサーを格段に長寿命化・省電力化させた上で、複数センサー間の通信に成功した。麻布大学菊水健史教授研究室の協力により、ペット4個体（イヌ）を用いた評価実験を行ない、その有効性を実証（図1-3）した。

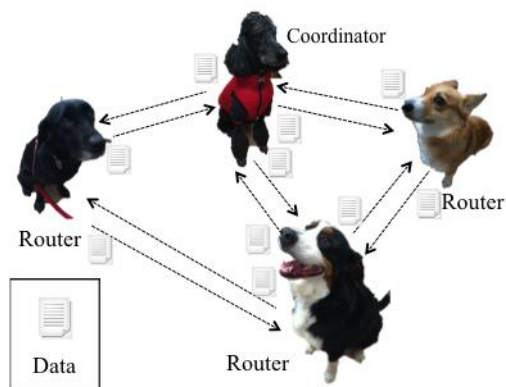


図1 提案プロトコルのイメージ



図2 複数のイヌを用いた実験環境

Threshold for Synthetic Acceleration	Dog A vs Balls	Dog B vs Dog C-1,2,3 (ex.1)	Dog B vs Dog C-1,2,3 (ex.2)
≤ 0.2	89.2%	70.0%	73.3%

図3 通信機器 Wake 制御アルゴリズムによる検出成功の割合

4.1 動物用ワイヤレス給電システム

野生動物とはその生息環境に適応した動物(動くモノ)である。クラウド的な食物連鎖に基づく多種多様な動物(動くモノ)との inter-network 機構によりでその生物多様性を維持している。その行動は、“単独行動(数

キロ～数十キロ)”と“集団行動(数十キロ～数百キロ圏)”から成る。単独行動時には、固有のなわばり環境で生存に必要な空間情報のセンシングを行う。定期的な集団行動時にその取得情報を共有し、全体の最適を図り、種の進化・繁栄を成し遂げる機構である。そうした生体(動物)の行動はファラデーの法則によって導体の静電容量に変化を与えることが知られている(電子楽器テルミンの原理)。

この、静電容量が変化した場合、動物に装着した無線充電デバイスが、導体(つまりワイヤレス給電用充電器)の給電圏内に存在する確立が高い。そこで、こうした動物行動とファラデーの法則を使用した「浮遊静電容量特性を応用した野生生物の中近接距離検出・推定センサ」等の屋内評価と、それらを用いた野生動物を対象とする基礎的な評価実験を行った。東京大学大学院新領域創成科学研究科斎藤馨研究室の協力(東京大学秩父演習林内サイバーフォレストプロジェクト拠点)により、実際に生息するニホンジカを用いた評価実験を行ない、その有効性を実証(図4-5)した。

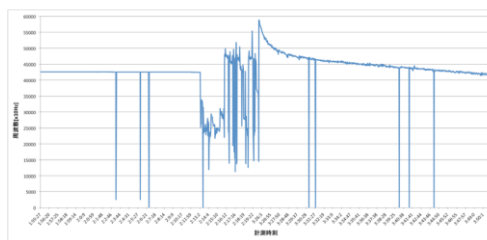


図4 時刻(x軸)と距離を示す周波数(y軸)の算出結果



図5. 動物用ワイヤレス給電システムのプロトタイプに接近・検出されるニホンジカの様子

5. 主な発表論文等)

[雑誌論文] (計 2 件) 査読有

1. **Hiroki Kobayashi** and Hiromi

Kudo. Carrier Pigeon-like Sensing System: Beyond Human-Red Forest Interactions. *In Proceeding of Balance-Unbalance International Conference 2013*, Queensland, Australia. May 31-June 2, 2013.

2. **Hiroki Kobayashi**.

Human-Computer-Biosphere Interaction: beyond Human-Centric Interaction. *In Proceedings of the 31th international conference extended abstracts on Human factors in computing systems* (CHI '13). Paris, France. 2013.

[学会発表] (計 11 件)

1. Kejiro Nakagawa, **Hiroki Kobayashi** and Kaoru Sezaki. Carrier pigeon-like sensing system: Animal-computer interface design for opportunistic data exchange interaction for a wildlife monitoring application. Digital Conservation Conference 2014, University of Aberdeen, Aberdeen, England. May 21-23, 2014.
2. Kejiro Nakagawa, **Hiroki Kobayashi** and Kaoru Sezaki. Carrier Pigeon-like Sensing system: Animal-Computer Interface Design for Opportunistic Data Exchange Interaction for a Wildlife Monitoring Application, *In Proceedings of 5th Augmented Human International Conference 2014*, Kobe, Japan, Mar 07-09 2014.
3. **小林博樹**. 手がかり情報のやりとりでつながり感を醸成するアニマルコンピュータインタラクションの研究. 第3回テレグジスタンス研究会, 2013年12月20日.
4. 中川慶次郎, **小林博樹**, 奥野淳也, 瀬崎薫. フィールド調査を考慮した動物の生態行動を逆利用したスリープ制御手法の提案. 2013年度東京大学空間情報科学研究センターシンポジウム, 2013年11月22~23日
5. 工藤宏美, **小林博樹**. アカウミガメを用いた海洋環境の空間情報センシング機構. 2013年度東京大学空間情報科学研究センターシンポジウム, 2013年11月22

~23日.

6. 青木 俊介, **小林博樹**, 近藤紀子, 塚原直樹, 瀬崎薫. スマートフォン搭載のGPSとマイクを用いた都市圏における野鳥観察手法の提案: 日本鳥学会 2013年度大会, 2013年09月術フォーラム, 鳥取, 2013年09
7. 中川慶次郎, **小林博樹**, 奥野淳也, 岩井将行, 瀬崎薫. フィールド調査負荷を考慮した動物の生態行動を逆利用したデータ運搬手法の提案, 第12回情報科学技術フォーラム, 鳥取, 2013年09月
8. 中川慶次郎, **小林博樹**, 奥野淳也, 岩井将行, 瀬崎薫. フィールド調査負荷を考慮した動物の生態行動を逆利用したデータ運搬手法の提案, 第10回ネットワーク生態学シンポジウム, 有馬温泉, 2013年09月
9. **小林博樹**, 岩井将行, 瀬崎薫. 野生動物装着型センサノードの伝書鳩指向な空間情報センシング機構. 第9回 ネットワーク生態学シンポジウム, 沖縄国際大学, 2013年12月15-16日
10. **Hill Hiroki Kobayashi** and Jun Matsushima, Animal-Touch' n Go for Wildlife-Borne Devices. 電子情報通信学会ヒューマンプロブ研究会公開シンポジウム, 東京大学. 2012年11月16日.
11. **小林博樹**, 松島潤. イリオモテヤマネコおびきよせ&タッチアンドゴー機構-野生動物装着型センサの空間情報回収方法の研究, 2012年度東京大学空間情報科学研究センターシンポジウム, 2012年11月2~3日.

[図書] (計 2 件)

1. 小林博樹. 野生動物を用いた空間情報センシングに関する研究のご紹介. GIS NEXT. Vol.40. PP.68. 2012
2. 斎藤馨, 小林博樹, 藤原章雄, 中村和彦. ライブモニタリングによる環境プロファイリング. 海洋と生物, 35(1) 2013.

[その他]

ホームページ等
<http://www.csis.u-tokyo.ac.jp/~kobayashi/>
6. 研究組織
(1)研究代表者
小林博樹 (HIROKI KOBAYASHI)
東京大学・空間情報科学研究センター・助教
研究者番号: 60610649