

生態相互作用と融合した省電力型な動物装着型センサ・ネットワーク機構

代表研究者	小林 博 樹	東京大学空間情報科学研究センター
共同研究者	瀬 崎 薫	東京大学空間情報科学研究センター
共同研究者	斎 藤 馨	東京大学大学院新領域創成科学研究科
共同研究者	工 藤 宏 美	東京大学空間情報科学研究センター

1 はじめに

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、被爆した野生動物群の数世代に渡る被爆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。東京大学の石田[a]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、震災直後から定期的に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、当該野生動物の鳴き声の自動録音装置を500地点以上を目標として設置を試みているが、長期数十年に渡って24時間365日の生態情報取得(サイエンス目的の空間情報のビッグデータ)を行うためには、研究者の労力だけではその習得・処理・分析は困難であると報告している。

野生動物の生態観察とは、ユビキタス・ウェアラブル(バイオロギング)技術を用いて、その個体・位置・餌動物・気象情報を記録するものである。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、電源・情報インフラ網や携帯電話等の情報システムの利用により効率よい観察が実現できると考えられる[b]。しかしながら、原子力発電所の周辺環境では、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、つまり野生動物の生息環境においては、インフラサービスの採算性や実環境要因が問題となるからである。

さらには、このインフラ網が存在しない地域で広大な行動圏(数キロ程度)を持つ種の観察においてはその行動を予測することが極めて困難である。そのため関係機関による現地調査が実施されると考えられるが、労働負荷(中山間地帯)や接触危険性(高濃度の放射線地域や、病原菌ウイルスH5N1等[c])が極めて高い。つまり野生動物の観察には最小限のインフラリソースで、最大限の観測を実現する方法論・技術が求められる。そのため、近年は野生動物装着型センサを用いた空間情報センシングの研究が盛んになされている。

本研究は「生態相互作用と融合した省電力型な動物装着型センサ・ネットワーク機構」の実現を目的とする。従来の動物装着型センサノードは、生息地特有の電源・情報インフラの制限やセンサ搭載可能重量の限界から、ノード間通信を長期的に行うことが困難だった。そこで本研究では、動物の生態相互作用に着目した。具体的には、複数個体間の行動生態学的な相互作用を「検知」した場合にのみノード間通信をアクティブにし、それ以外の時は常にスリープ状態とするシステムを設計・開発する。本提案により「野生動物自身がセンサを持ち歩き、単独行動時に取得したデータを、集団行動時に省電力で共有・回収するシステム」が実現する。

2 方法

本研究は、野生動物の行動習性(単独行動・集団行動)と帰巢本能を利用して、「生態相互作用と融合した省電力型な動物装着型センサ・ネットワーク機構」により問題を解決する。具体的には、複数個体間の行動生態学的な個体間相互作用を「検知」した場合にのみノード間通信をアクティブにし、それ以外の時は常にスリープ状態とするシステムを設計・開発する。本提案により「野生動物自身がセンサを持ち歩き、単独行動時に取得したデータを、集団行動時に省電力で共有・回収するシステム」を実現する。

A) 「動物間ネットワークシステムの構築」 [H26]

本研究では、野生動物の生態相互作用を利用してセンサノード間通信の省電力化を実現する。本年度では、野生動物装着型センサノードの長寿命化のために、センサノードがお互いの通信半径内に存在する「検出

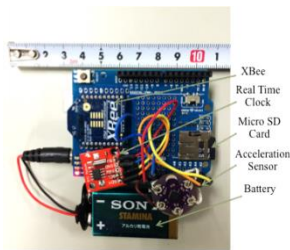


図1 使用した各機器

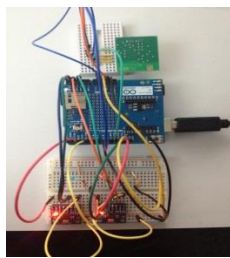


図2 改良型



図3 リュックを装着したイヌ



図4 多次元評価インタフェース

の機構と「メッセージ配信」の機構、またこれらを用いた広域生態情報観測システムを設計・プロトタイプ開発する。目的で述べてきたように、森林地域で動物に機器を装着する場合の使用条件は、ヒトが利用する場合と条件が異なり特有の条件が存在する。特に森林地域での長期運用のために、機器の搭載容量に制限があるので、使用機器として低消費電力性を考慮して検討することが重要である。

無線センサノードにおける加速度センサーの消費電力と、センサー間通信に必要な電力では後者の方が10~100倍も電力消費が大きい[d]。そこで、動物間通信の消費電力を減らすために、これまでの提案手法に加えて最適な通信規格・機器を選定する必要がある。代表的な通信規格として、Bluetooth、UWB、ZigBee、Wi-Fiが挙げられる。各通信規格のデータ転送速度、電力消費量、通信範囲などは、[e]で明らかにされている。上記で述べた各通信規格を比較した研究[e]では、BluetoothとZigBeeは他の通信規格と比べて約7分の1程度の低消費電力性を実現しており、携帯端末などのバッテリー容量に制限がある場合に適していると評価されている。また、BluetoothとZigBeeを比較した場合に、通信範囲に大きな差が存在する。Bluetoothの通信範囲は10m程度だが、ZigBeeの通信範囲は10~100m程度とBluetoothと比べて広範囲となる。既に述べてきたように、森林地域では木々など通信遮断物が存在する可能性が高く理論値よりも通信範囲が狭くなる可能性があること、遭遇を検知してデータ転送を行なう場合にデータ転送を継続する必要があることから、広い通信可能範囲をもつ通信規格が適している。以上の理由から、ZigBeeの通信規格を採用した。

3軸加速度センサーと動物間通信でZigBee[d]を使用するために、Arduino UNO R3を基盤機器として使用している(図1)(図2)。Arduino[e]は世界的に普及していて価格面の購入ハードルが低いマイクロコントローラー(マイコン)であり、多種多様なセンサー(3軸加速度センサーや温度センサー、湿度センサー、マイクروفोनなど)に対する拡張性が高く、ZigBee規格であるXBeeが利用し易い観点から採用した。また加速度センサーはArduinoのシリーズであるLily Padの3軸加速度センサー(ADXL335)を使用している。通信機器は既に述べた通りZigBee規格のXBeeをArduinoの専用シールドに搭載して使用している。3軸加速度センサーのログデータ、動物間通信での送受信データは専用シールドに搭載されているMicro SDにてデータを保存している。また、動物間通信におけるデータ送受信と習性行動の正確な評価を行なうために、時刻の誤差を減らし計測する事が可能なリアルタイムクロック(DS1307)を使用している。電源として、Sony製の9V角形アルカリ乾電池を使用している。これらの機器をそれぞれ5台ずつ用意しリュックに搭載した(図3)。これらのデバイス総重量は250gであり、各実験犬の体重の5%以下[c]なので規定内に収まっており、動物の習性行動に装着機器による影響を与えない。また、アライグマの体重は4~10キロ程度と言われているので、今後のデバイスの小型化を含めれば十分に装着可能と言える。本研究の実験では、実際の習性行動との比較のためにCanon Power Shot SX200 ISを使用してビデオ撮影を行うこととした。そしてこれらのデータを統合的に評価する多次元インタフェースソフトウェアを開発した(図4)。

B) 「動物間ネットワークシステムのフィールド評価」 [H27]

最終目標である「生態相互作用と融合した省電力型な動物装着型センサ・ネットワーク機構」の評価に必要不可欠であるため、これまでの研究成果を用いて、平成27年度内に数値目標「(福島第一原子力発電所から北西報告11キロ地点(帰還困難区域)の双葉郡浪江町小丸地区小丸共同牧場でまず固定センサシステム構築とそれを用いたフィールド評価を目標に掲げた。

システムの設置については事前に私有地地主(牧場主)から許可を得た。帰還困難区域内であることから、

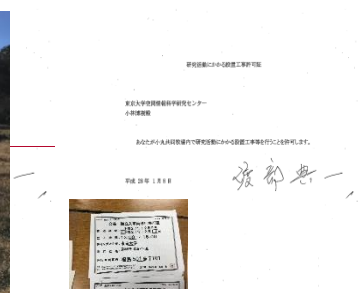


図5 本研究の実証フィールドの場所候補地(福島県浪江町)

図6 本研究の実証フィールド内のシステム設置場所と付近の家畜

図7 実証フィールド内でのシステム設置イメージ

図8 関係者からの許可書・行政機関からの立入許可書



図9 自律運用・調査可能なシステムを収容するハウス

図10 評価実験に用いる衛星通信用のアンテナ設置

図11 自律運用・調査可能なシステムへの電気工事の

図12 システムの動作確認用に設置したマイクセンサ

今年度はまず牧場主と共に他の避難民へ説明や行政機関への説明などから開始した。また、電力会社の理解を得ることができ、実証フィールドで電気契約が行えることになった。これにより安定して評価実験有効性実証(H28年度に)を行えることになった。現地での設置工事には専門家の作業が必要となるが、いわき市や広島の業者に協力頂けることとなった。H27年度後半には連携研究者(獣医師)によって同牧場の多くの家畜が病気にかかっていることが確認された。独り身の牧場主にとって牧場の家畜は家族以上の存在であり、精神的な苦勞から一時的に連絡が取りにくくなった(H27年度後半は打ち合わせキャンセルなどが相次いだ)。連携研究者らと緊密に連絡を取り合いつつ、牧場主の心への配慮から待つこととした。新年明けた1月8日に牧場主と打ち合わせ再開が実現し、工事に向けた最終許可を書面で確認した。実際にシステムを構築した。(図5~12)

3 今後の計画

H26年度に構築した動物間ネットワークシステムを、H27年度に構築した帰還困難区域での固定センサシステムを利用してH28年度に評価を行う。

4 おわりに

本研究課題の存在自体が、浪江町復興の架け橋となっていることを実感しています。今後ともよろしくお願いたします。

5 文献

[a] 石田健. 高線量地帯周辺における野生動物の生態・被曝モニタリング. 化学と生物. 2012. 50(11).
 [b] Ping Lee, David Cheok, Soon James, Lyn Debra, Wen Jie, Wang Chuang, and Farzam Farbiz. 2006. A mobile pet wearable computer and mixed reality system for human-poultry interaction through the internet. Personal Ubiquitous Comput. 10, 5 (July 2006), 301-317.
 [c] 小林 博樹(本申請者), 檜山 敦, 小林 峻, 伊澤 雅子, 松島 潤, 廣瀬 通孝. 野生テルミン—環境音+

静電容量センサによる生体検知 Human interface. The Transaction of Human Interface Society 12(1), 15-22, 2010-02

[d]アライグマ防除の手引き, 環境省 自然環境局 野生生物課 外来生物対策室.

[e]長戸 理恵, 森下 英美子, 樋口 広芳, 板生 清, "PHS による野生動物の位置探索", Information Processing Society of Japan モバイルコンピューティング 12-1, 2000.2.3.

〈発表資料〉

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
Synchronization of peripheral vision and wearable sensors for animal-to-animal interaction	第23回日本自然災害学会学術講演会講演概要集, 127-128	2015.8
Contaminated Environments via the Carrier Pigeon-like Sensing System	2004年度日本気象学会九州支部発表会講演要旨集, 26, 19-20	2015.8
Utilizing the Cyberforest live sound system with social media to remotely conduct woodland bird censuses in Central Japan	<i>A Journal of the Human Environment</i> , Volume 44, Supplement 4, pp. 572-583	2015.10
Human-Computer-Biosphere Interaction: Toward a Sustainable Society,	More Playful User Interfaces Part of the series Gaming Media and Social Effects, Springer, 97-119	2015.9