

どうぶつタッチ & ゴー：環境センサ装着の野生動物から 記録情報を NFC で回収する機構

Animal-Touch'n Go (ATG) : Mechanism for Collecting Recorded Information
from Wildlife-borne NFC Devices

2151015



研究代表者

東京大学
空間情報科学研究センター

講師

小林 博 樹

[研究の目的]

本研究は、「どうぶつタッチ & ゴー：環境センサ装着の野生動物から記録情報を NFC で回収する機構」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搭載可能重量の限界から、調査可能な範囲が制限される問題がある。そこで本研究では、野生動物本来の行動や習性に着目した。電源・情報インフラの存在しない計測空白域の生物多様性情報を長期・自律的に取得する基盤が実現する。

[研究の背景と準備状況]

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存在する。しかし野生動物を対象とした場合、装着可能なセンサ総重量は体重2%以下に限られ、そして自動車や人間のように定期的に回収・充電する機会はない。さらに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、動物自身が接触しなければならないが、その頻度は少ない。これによりセンサ情報の回収方法と省電力化が非常に重要な課題とされる。

センサノード側の省電力化に着目した時、非接触型通信 (NFC 等) と無線通信 (WiFi 等) では、後者の方が圧倒的に電力消費が大きい。一方、森林の地表付近に生息する陸生哺乳類は周辺環境からの聴覚刺激により行動が決定し (Begon, 1990, Ecology.), 最も合理的な行動を決定するには思考する時間を必要とする (日本比較生理生化学会編, 2009, 学習の記憶の比較生物学)。つまり、動物が適切な行動を判断するためには、一定の静止時間が必要となる。この、聴覚刺激により野生動物がシンクノードまで接近した場合、動物に装着したセンサとシンクノードが、互いの非接触型通信の半径内に存在し、通信が成立する確率が高い。

図1は、本提案を絶滅危惧種イリオモテヤマネコを用いて実証した時の様子である。具体的には、装着型の位置情報センサを用いて連続2年間の測定能力を証明した後、仮想聴覚刺激によりねぐら内のシンクノードまで誘き出し、非接触型通信の可能性を示した。これはセンサとシンクノードが互いの非接触型通信の半径内にあり、一定の静止時間 (4秒, FeliCa 規格で250KB分の通信時間相当) の存在を示す。本計画では、電源・情報の存在しない高線量地帯 (福島県阿武隈山地北部) の環境情報を、実際に生息する動物を用いて行う機構「どうぶつタッチ & ゴー」を開発することにした。



図1 コンセプトイメージ（上）事前研究成果（下）右図：ネコの攻撃と防御の気分のかさな合いによる表情の変化の図（Leyhausen, 1959）

[開発したシステム概要]

A) 野生動物を誘き出して情報を取得するユビキタス・シンクノード基盤

これまでの研究成果を用いて、平成27年度内に目標「(福島第一原子力発電所から北西報告10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(図2)で「24時間自律運用・調査可能なユビキタス基盤」の構築を目標に掲げ、実際に達成した(図3)。帰還困難区域内であることから、まず関係者や行政機関への説明から開始した。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。またデータ記録サーバシステムを東京大学柏キャンパス内に設置した。24時間の集中管理がなされている。

情報を配信するシステムの構築については申請者のこれまでの成果を時分割多重化(マルチチャンネル化対応)することで実現する。時分割多重化を実現するには、ネットワーク配信の遅延時間を固定化するため、SoundWire技術によりIPv6環境上でQos制御



図2 本研究の実証フィールド拠点の場所(福島県浪江町)



図3 実証フィールドに構築したユビキタス基盤

したUDPストリームによる音響リアルタイム配信技術を実装する。MTU, RWIN値などを調整しネットワーク占有率を極限まで引き上げ、配信遅延の最小化を実現した。ここで得られたデータはWEBで24時間365日公開している^[1]。2016年6月からはアーカイブ記録開始した。

B) 生息動物に最適化したウェアラブルの開発

拠点周辺に実際に生息する動物に装着するウェアラブルシステムを開発する。但し、ユビキタス・シンクノード基盤はA)で構築し、プロトタイプは事前研究で整っている。

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。

Arduino UNO R3を基盤機器として使用した(図4)。Arduinoは世界的に普及している価格

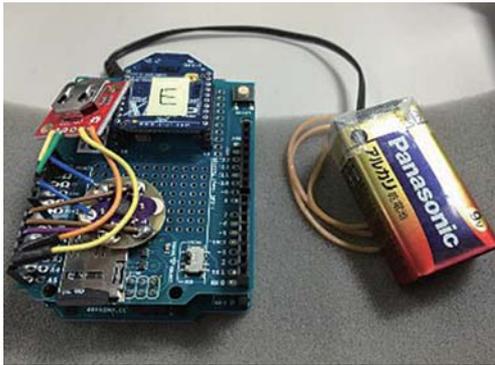


図4 研究開発した「どうぶつタッチ&ゴー」端末



図5 被曝した牛を対象とした有効性評価の様子

面の購入ハードルが低いマイクロコントローラ（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、マイクロフォンなど）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。「どうぶつタッチ&ゴー」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、「どうぶつタッチ&ゴー」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り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台ずつ用しリュックに搭載した。これらのデバイス総重量は250gであり、対象動物の体重の5%以下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、今後のデバイスの小型化を含め

れば十分に問題ないと言える。

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った。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。そしてこれらの機材を用いた実験を麻布大学の獣医らと共に予備実験を行い、その知見をもとに実際に被曝した牛を対象にその有効性を確認した。これにより「生息動物に最適化したウェアラブルの開発」の目標を達成した。

C) 「どうぶつタッチ&ゴー」を用いた野生動物調査支援の有効性評価

A)とB)で構築したシステムを用いて野生動物調査を行った。具体的には、連携研究者が「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（石田，2012，生物と科学）」で提案している“鳴き声情報による遠隔生態調査方法”を再現する形で行った。2017年3月11日には、日本科学未来館での特別展示「Lesson 3.11 ～学びとる教訓とは何か～」で公開した（図6）。

以上の成果が2017年3月に経済産業省及びIoT推進ラボ 第3回先進的IoTプロジェクト選考会議で準グランプリに選ばれた。また本研究成果を活用した復興支援活動についてのイタリア政府からは第11回アルテ・ラグーナ国際美術賞を日本人として初めて受賞した（図7）。

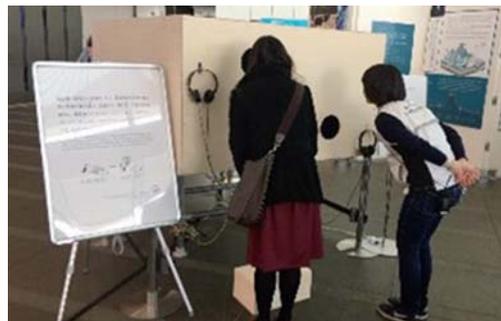


図6 科学未来館での研究成果発表



図7 第11回アルテ・ラグーナ国際美術賞を受賞の様子

[今後の研究の方向, 課題]

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。東京大学の石田は, 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 地点以上に設置し

て取得しているが, 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取得・処理・分析は困難であると報告している。今後, 本研究成果を最大限に活用し, 調査を支援して行く。

[成果の発表, 論文等]

- [1] 被曝の森のライブ音
<http://radioactivelivesoundscape.net/> 2016
- [2] Kaoru Saito, Kazuhiko Nakamura, Mutsuyuki Ueta, Reiko Kurosawa, Akio Fujiwara, Hill Hiroki Kobayashi, Masaya Nakayama, Ayako Toko, Kazuyo Nagahama. Utilizing the Cyberforest live sound system with social media to remotely conduct woodland bird census es in Central Japan. *Ambio*. No. v; 44 Suppl 4: 572-83. 2015 (doi: 10.1007/s13280-015-0708-y)
- [3] Hill Hiroki Kobayashi and Hiromi Kudo. Acoustic Ecology Data Transmitter in Exclusion Zone, 10 km from Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, LEONARDO / *Journal of the International Society for the Arts, Sciences and Technology* (MIT Press), 50 (2), pp.188-189, 2017. (doi: 10.1162/LEON_a_01416)