

平成 31 年 4 月 30 日

公益信託 NEXCO 関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金
受託者 三菱UFJ 信託銀行株式会社 御中

研究概要書

研究課題：「災害時の高速道路の空間情報を取得するための省電力な野生動物装着型センサ・ネットワーク機構」に関する研究

研究代表者： 東京大学空間情報科学研究センター 准教授 小林 博樹

共同研究者： 東京大学新領域創成科学研究科 教授 齋藤 馨

東京大学農学生命科学研究科 助教 藤原 章雄

東京大学農学生命科学研究科 特任助教 中村 和彦

はじめに

本研究では道路周辺に生息している動物の身体特徴に最適化した省電力なネットワーク機構の実現を目的とした。装着型空間情報センサを利用すれば平常時にはロードキル(例：イリオモテヤマネコの交通事故死)などの高速走行する自動車の走行上の安全情報管理につながり、災害時には道路の情報を取得するためのセンサとして活用できると考えたからである。一方、移動する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、装着可能なデバイスの重さは体重 2%にかぎられ、そして自動車や人間のように定期的に充電する機会はない。そこで本研究では動物装着型センサノードの長寿命化・省電力化となる基礎研究を行った。

1. 研究の目的

東日本大震災(2011)・熊本震災(2016)では大規模な震災によって多くの電源・情報・交通インフラが利用不可能になった。こうした災害現場では支援・救援物資などの輸送のために高速道路の復旧が重要となるが、利用可能な電源・情報インフラに限られるため、道路上の空間情報を取得することが困難となる。そこで本研究ではこうした道路周辺に生息する野生動物群に着目した。装着型空間情報センサを利用すれば平常時にはロードキル(例：イリオモテヤマネコの交通事故死)などの高速走行する自動車の走行上の安全情報管理につながり、災害時には道路の情報を取得するためのセンサとして活用できると考えた。そこで本研究では道路周辺に生息している動物の身体特徴に最適化した省電力なネットワーク機構の実現を目的とする。

2. 研究の背景

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、装着可能なデバイスの重さは体重 2%にかぎられ、そして自動車や人間のように定期的に充電する機会はない。そこでセンサノードの長寿命化・省電力化が非常に重要な課題となる。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、前者の方が電力消費が 100 分の 1 になる〔1〕。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、単独行動をし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〔2〕。この、異なる個体と遭遇した場合、動物に装着したセンサノードがお互いの通信半径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」した場合のみセンサノード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、センサノードを格段に長寿命・省電力化させる。具体的には動物同士が接近した際に生じる習性行動の特徴量を 3 軸加速度センサで解析し、通信機器の Wake の引き金として動物装着センサ間の間欠通信を実現させる(図 1)。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。

3. 評価と分析

本評価は麻布大の動物評価施設を使用して行った。評価の実施にあたり、事前に獣医である協力研究者によって動物倫理的に問題がないことを確認した。評価対象動物として 3 軸加速度センサを装着した 3 頭のペットの犬を使用した(図 2)。(ハニワ：雄, 体高 65cm, ジャスミン：雌, 体高 60cm, フジ：雄, 体高 25cm) 犬を利用した理由は、ここで想定している道路上で高速走行する自動車の走行上の安全を脅かす動物の身体特徴に近い陸生哺乳類の四足動物だからである。

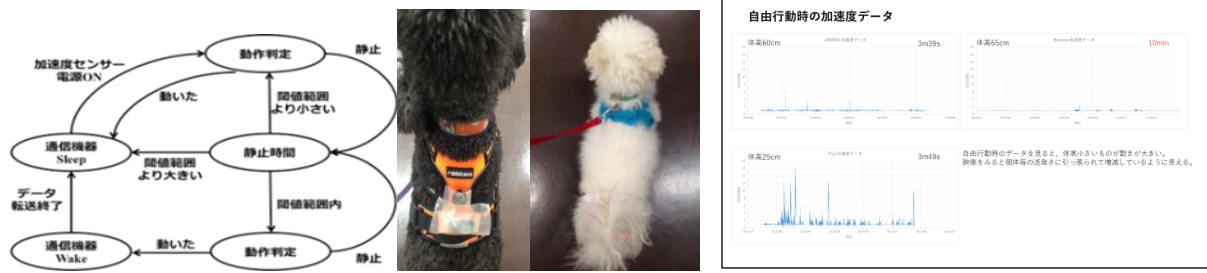


図-1 通信機器 Wake 制御の状態



図-2 3軸加速度センサを装着した犬

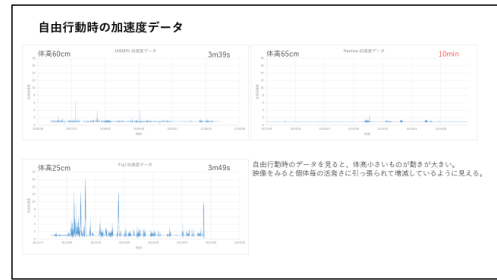


図-3 自由行動時 各個体の合成加速度データ

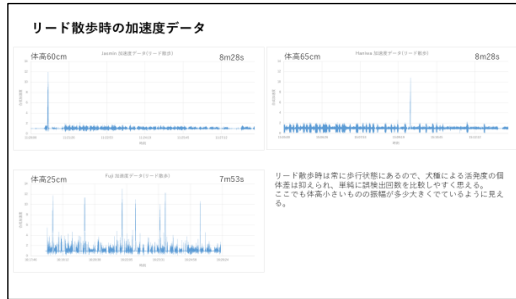


図-4 リード散歩時 各個体の合成加速度データ

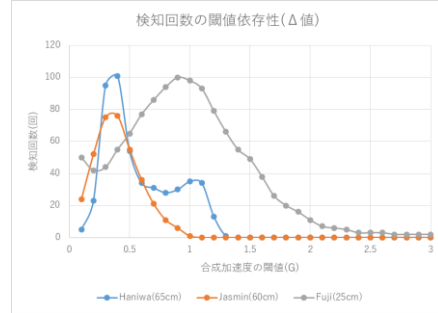


図-5 Δ 閾値と検出回数の関係

具体的な評価としては、犬を評価施設内にて1頭で自由行動させる条件(自由行動 約4~10min)と実験者が室内に入って犬にリードを付け、犬をなるべく引っ張らないように室内をぐるぐる回る条件(リード散歩 約8min)の2条件で行った。これら評価の様子を固定カメラで撮影した映像データを参考にしながら3軸加速度データの解析を行った。図3は自由行動時の合成加速度データであるが、これを見ると体高の小さなものの動きのみが大きいように見える。映像データを確認すると、対象個体が飼い主を探して出入口のドアに向かって吠える等活発な動作を多く取っていることが分かっており、これが反映されているように見える。それと比較して体高の大きい個体の映像データでは1頭にされた途端に座り込む個体や動きがあってもゆるやかに動いている状況である。つまり、自由行動時のデータは体高差というよりは個体の性質(活性度)に関連したものが顕著に見えているため個体同士の横並び比較が難しい。図4はリード散歩時の合成加速度データである。先程の自由行動時のデータと比較して、こちらは半強制的に歩行状態を強いられているため犬種(性質)による活発度の差は抑えられ、横並びに比較しやすい条件となっている。以上を踏まえて体高差による検出状態比較のため、リード散歩時のデータを使用して、現在通信機器のWake制御に使用している検出条件(Δ 合成加速度 $\geq 0.2G$, $1\text{sec} < \text{静止時間 } t < 10\text{sec}$)に当てはめた際の検出回数を比較してみた。体高による依存性は見られていない。そこで図5のように横軸を検出条件で使用している Δ 合成加速度の閾値としてプロットしてみると、個体毎(体高毎)に最適検出閾値が分かれていることが確認された。今回の評価によって、n数はまだ少ないが、体高差によって最適な検出閾値に違いがあることが分かってきた。今後、このデータ及び他個体との遭遇時データを比較することにより、検出感度と消費電力においてバランスのとれた最適閾値を設定ができる可能性が広がった。この知見は、実際に野生動物に装着したセンサを用いて道路上の空間情報を取得することが可能であることを示す。

●. まとめ、今研究で得られた成果、今後の課題等

本研究では道路周辺に生息している動物(身体特徴の近い)の身体特徴に最適化した省電力なネットワーク機構の実現を目的とした。装着型空間情報センサを利用すれば平常時にはロードキル(例:イリオモテヤマネコの交通事故死)などの高速走行する自動車の走行上の安全情報管理につながり、災害時には道路の情報を取得するためのセンサとして活用できると考えたからである。今回の成果はACMCHI2019で発表した。今後は実際に生息する野生動物で評価実験を行う。

[1] Kazuto Shimizu, Masayuki Iwai, and Kaoru Sezaki, Social Link Analysis using Wireless Beaconing and Accelerometer, The 6th. International Workshop on Data Management for Wireless and Pervasive Communications (DMWPC 2013), Spain, 25-28 March, 2013

[2] Michael Begon, John L. Harper, and Colin R. Townsend, *Ecology: Individuals, Populations, and Communities*. 2nd. edn (Boston: Blackwell Scientific, 1990), pp. 945.