

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 22 日現在

機関番号：17401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2009～2011

課題番号：21651006

研究課題名（和文） 野鳥の自動カウント・追跡システムの開発による環境情報自動取得方法の研究

研究課題名（英文） Research of the environmental information automatic acquisition method by development of automatic counting / tracking system of wild birds

研究代表者

三田 長久 (MITA NAGAHISA)

熊本大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：60284733

研究成果の概要（和文）：動画像中から野鳥を抽出する方法を新たに考案し、雑音を抑圧して野鳥の存在領域を特定できた。種類識別については各画素の色を特徴量とし、フレームごとの確からしさを累積して識別率を向上する手法を確立した。長時間の録音データから鳥の鳴き声を抽出する方法を確立し、音声から種類を識別する方法も確立した。野生動物に装着してその位置を送信するGPSテレメトリ端末とZigBeeモジュールを用いた無線ネットワークシステムを実現した。

研究成果の概要（英文）：The method of extracting a wild bird out of video has been developed and the wild bird's existence domain has been pinpointed. The color of each pixel was made into the amount of the features about species identification, and the technique of accumulating the probability for every frame and improving an identification rate was established. The method of extracting the song of a bird from prolonged recording data was established, and the method of identifying species from a song was also established. The radio network system using the GPS telemetry terminal and ZigBee module which equip a wild animal and transmit the position has been realized.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	0	1,100,000
2010年度	1,100,000	0	1,100,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,100,000	270,000	3,370,000

研究分野：環境情報工学

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：野鳥・種類識別・画像処理・音声処理・ZigBee・GPS・移動体追跡

## 1. 研究開始当初の背景

生物多様性を保全するための環境影響評価を科学的な根拠に基づいて実施するためには、地球規模のレベルで生息する生物の情報を蓄積し、比較検討可能な生物種データベースが必用である。また、この生物種情報、地理情報、その他の環境情報を組み合せて、侵入種や絶滅危惧種の生息予測を伴う環境

影響評価が可能な情報システムが必要である。このようなシステムの信頼度を保証するためには、生物種毎の個体数把握や動態調査のための移動経路追跡が不可欠であり、大規模調査を行うためには、これら調査の自動化が必要である。本研究では、移動範囲が広く特に環境変化による影響が大きい野鳥の調査を取り上げ、種類毎に自動的にカウントする方法の開発、移動経路を自動的に追跡する

方法の開発を行う。

野鳥の種類識別に関しては、オブティカルフローを用いて野鳥部を抜き出して色相により識別する方法をほぼ完成していた。個体数のカウント方法については、形状情報と色情報を用い個体数を推定する方法を開発していた。音声による野鳥の種類識別については、変調スペクトル等を用いた識別ソフトの開発がほぼ終了していた。

また、移動経路追跡のための方法は、GPSと携帯電話ネットワークを用いたシステムを完成させていた。

## 2. 研究の目的

本研究では、移動範囲が広く特に環境変化による影響が大きい野鳥の調査を取り上げ、種類毎に自動的にカウントする方法の開発、移動経路を自動的に追跡する方法の開発を行う。

平成21年度から23年度においては、大集団で飛行していたり水面に浮いていたりする野鳥を種類毎にカウントするシステムを開発すると共に、ほぼ開発が終了している森林帯での野鳥調査のための音声により種類を識別する方法と組み合わせて識別精度を向上する検討を行う。さらに、移動経路追跡方法として、GPSと軽量なZigBee無線モジュールを組み合わせたシステムを完成させる。

## 3. 研究の方法

これまでの野鳥等のカウント方法は、ラインセンサ法や定点観測法のように人が目や耳で判断してカウンターにより数える方法であり、多くの人手が必要とされてきた。本研究では野鳥を種類ごとに自動的にカウントするシステムの実現を目標としている。画像を用いる場合は撮影環境や撮影される時の姿勢に対してロバストな識別方法を実現でき、重なって写った野鳥を精度良くカウントできる手法を提供できる。この場合、保護すべき野鳥の個体数変化を容易に把握できるようになるという意義がある。

動態を含む環境影響評価のための移動経路追跡については、低軌道の人工衛星を用いて位置を推測する方法が用いられてきたが、莫大な経費を必要としてきた。本研究で開発するGPSとZigBee無線モジュールを組み合わせたシステムは独創的なものであり、安い経費で精度良く移動経路を把握できるようになり、侵入種や絶滅危惧種についても大規模で精度の良い環境情報が得られるという意義がある。

### (1) 野鳥の種類識別と個体数カウント方法について

従来の画像認識による各種識別方法については、色相を用いて人の顔を検出する方法、花や葉の形態や色調により野草を識別する方法、証明条件の変化にロバストな色の認識方法等が発表されており、さらに対象物の回転に対してロバストな方法であるパラメトリック固有空間法や、抜き出しを高速化できるアクティブ探索法等も発表されている。しかし、これらは形状が固定した人の顔や自動車に対応したものであり、照明が安定した室内での識別が中心になっている。野鳥は色彩が多様で飛行時には羽ばたきによりその形状が大きく変化するという特徴を有しているため、抜き出しや識別を精度良く行うことには大きなチャレンジ性がある。また、野鳥が声を発することを利用して、音声認識と画像認識を組み合わせた種類識別方法は斬新なアイデアである。

### (2) 移動経路追跡のためのGPSとZigBee無線モジュールを組み合わせたシステム開発について

これまでの野鳥の移動調査は、電波発振器を野鳥に装着して人手で電波の到来方向を探して位置を求めていたために多くの人力を必要としていた。また、携帯電話網や衛星通信を用いる場合は多額の通信料金を必要とした。ZigBee無線モジュールは電池で動作する中継モジュールにて自動的に位置データが転送されるという機能を有するため、通信コストもかからず軽量なテレメトリ端末も実現可能であるという点が斬新なアイデアである。野鳥に装着可能な程度に軽量でしかも長寿命なテレメトリ端末を実現することは大きなチャレンジ性を有する。

## 4. 研究成果

### (1) 野鳥の種類識別と個体数カウント方法

動画像中から野鳥を抽出する方法については、エッジ検出とオブティカルフローを用いる方法を新たに考案した。これにより従来のブロックマッチングにおける処理時間を大幅に削減することができた。種類識別については日射量の変化にロバストな各画素の色をHS平面上に投影して特徴量を作成し、ニューラルネットワークにて識別する方法を開発した。90%程度の識別率が得られた。

次に、勾配法にLucas-Kanade法を用いてエッジ検出を行い、さらに画像ピラミッドを適用することにより精度を上げ、処理時間を削減することができた。

さらに、フレーム間差分法および最少固有値に基づいた特徴点抽出による野鳥の検出方法を新たに考案した。抽出された特徴点を

クラスタリングすることにより雑音を抑圧して野鳥の存在領域を特定できた。

種類識別については各画素の色を HS 平面上に投影してその中心部分を用いて特徴量を作成する方法の特徴を改良し (図 1)、さらに累積尤度を用いて識別率を向上する手法を確立した。

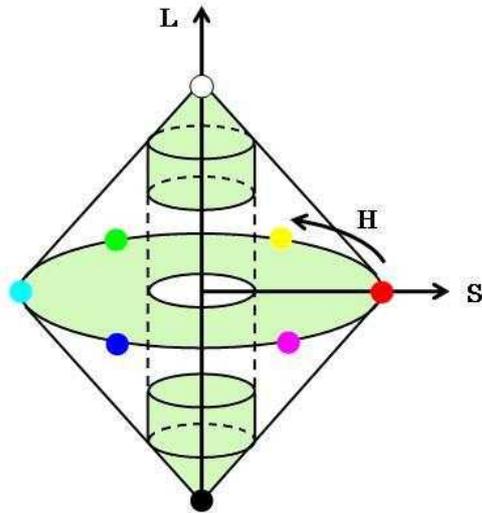


図 1. 種識別用の特徴ベクトル

(2) 音声情報処理による野鳥の種類識別方法

長時間の録音データから鳥の鳴き声を抽出する方法として、周波数領域のパワーを用いて抜き出す方法を新たに開発した。種類識別方法にはウェーブレット変換を用いて特徴量を計算する方法を新たに開発することにより、抜き出し精度と識別率のいずれも向上することができた。

さらに、長時間の録音データから鳥の鳴き声を抽出する方法として、隠れマルコフモデル (HMM) を利用した方法を新たに開発した。種ごとに適切な HMM モデルが存在し、4 状態 Left-Right モデル (図 2) や 3 状態エルゴディックモデル (図 3) を種ごとに選ぶことにより識別率が向上した。また、使用する特徴量を適切に選択し、周波数帯域を制限することによっても識別率が向上し、80% 程度の識別率を得た。

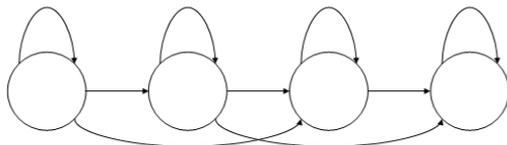


図 2. 4 状態 Left-Right モデル

さらに、野鳥の声紋により種を同定する方法

を提案し、論文にした。

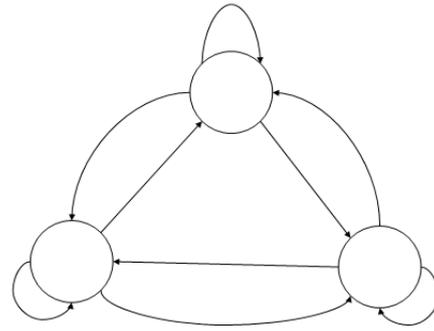


図 3. 3 状態エルゴディックモデル

また、長時間の録音データから鳥の鳴き声を抽出する方法として、隠れマルコフモデル (HMM) を利用した方法をさらに改良した。HMM による識別結果を後処理することにより、鳥の鳴き声としては考えられない短時間の識別結果を取り除くことができ、識別率を大幅に向上することができた。また、ニューラルネットワークを用いた識別方法も改良を進め、1 フォルダー中に記録された複数の長時間録音ファイルを次々に自動的に処理することができるようにした。

(3) 移動経路追跡のための GPS と ZigBee 無線モジュールを組み合わせたシステム開発

野生動物に装着してその位置を送信する GPS テレメトリ端末と ZigBee モジュールを用いた無線ネットワークでシステムのプロトタイプを完成した (図 4, 5)。4 層基板を用いて実装密度を上げて小型化し回路のみでは 57 g となった。ケースを含めても 100 g 程度のもので実現できる見通しを得た。低消費電力化にも注力し、10 g 程度の電池で 400 日程度の寿命を有する端末を作成できる見通しを得た (図 6)。無線ネットワークシステムとしての作動試験も完了した。

さらに、省電力化により電池重量を軽減した。判別分析を用いた GPS 受信機の測位環境予測アルゴリズムを提案し、測位 1 回当たりの起動時間を短縮することができた。また、ホットスタート予測アルゴリズムを開発し、省電力にできる最適な測位間隔を使用する環境条件ごとに求めることができるようになった。

また、消費電力を削減するために GPS の測位時間間隔を長くして、各 GPS による測位地点の間の移動経路を低消費電力の気圧センサによる気圧の測定により推定する方法を確立した。気圧の測定値からその地点の高度を算出してデジタルエレベーションモデルと比較することにより移動経路を求めることができるプログラムを完成した。



図 4. ZigBee ネットワークシステム

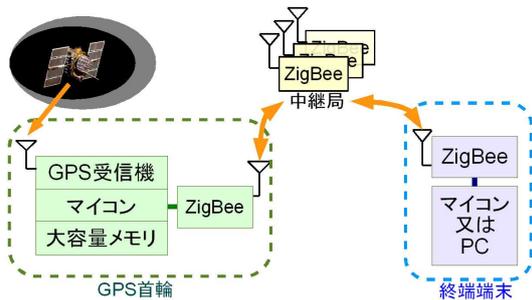


図 5. ネットワークの機器構成

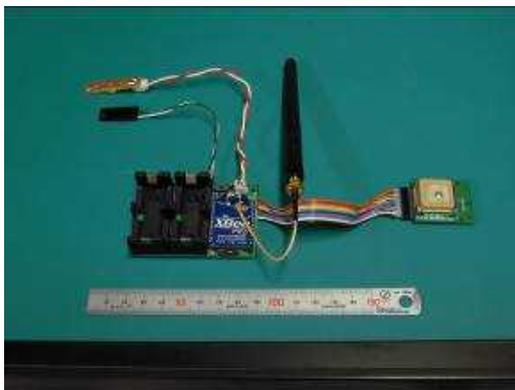


図 6. GPS 首輪のプロトタイプの写真

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 植田睦之, 馬田勝義, 三田長久、長崎県池島近海における鳥類の飛行高度、Bird Research、査読有、7 巻、2011、S9-S13
- ② 三田長久、熊本県立田山におけるオウチュウカッコウのさえずりの記録、Bird Research、査読有、6 巻、2010、S13-S16
- ③ 森下功啓, 三田長久、GPS 受信機と無線機器を用いた野生動物追跡システムの開

発、不知火海・球磨川流域圏学会ニューズレター しらぬいくま、査読無、7 巻、2009、13-14

[学会発表] (計 11 件)

- ① 森下功啓, 三田長久、気圧の移動観測値を基にした移動経路推定手法、電子情報通信学会 2012 年総合大会、2012. 3. 20、岡山大学 (岡山)
- ② 森下功啓, 三田長久、GPS と気圧計を組み合わせた移動経路推定手法の開発、GPS/GNSS シンポジウム、2011. 10. 28、東京海洋大学 (東京)
- ③ 森下功啓, 三田長久、GPS テレメトリにおける、最適なインターバルの検討、測位航法学会全国大会、2011. 4. 27、東京海洋大学 (東京)
- ④ Yu Matsunaga, Nagahisa Mita、Automatic bird species identification using Hidden Markov Model of birdsong、ICAST Kumamoto 2010、2010. 12. 15、熊本大学 (熊本)
- ⑤ 森下功啓, 三田長久、GPS テレメトリに対応した測位継続判定アルゴリズムの検討、GPS/GNSS シンポジウム 2010 研究発表会、2010. 11. 6、東京海洋大学 (東京)
- ⑥ K. Morishita, N. Mita、The Development of GPS Collar Incorporated ZigBee Communication Device for Wild Animal Tracking、2010. 10. 28、Ramada Hotel, Jeju (Korea)
- ⑦ 森下功啓, 三田長久、ZigBee メッシュネットワークの GPS テレメトリへの応用と省電力アルゴリズム、測位航法学会全国大会、2010. 4. 24、東京海洋大学 (東京)
- ⑧ 森下功啓, 三田長久、初期位置算出時間短縮による GPS テレメトリ端末の長寿命化、電子情報通信学会 2010 年総合大会、2010. 3. 18、東北大学 (仙台)
- ⑨ Rong Sun, Nagahisa Mita、Bird sounds identification using wavelet、ICAST Seoul 2009、2009. 12. 11、梨花女子大学 (韓国ソウル)
- ⑩ 森下功啓, 三田長久、GPS テレメトリシステムへの特定小電力無線機の応用と試作、GPS/GNSS 研究会、2009. 10. 7、水産大学校 (山口)
- ⑪ 森下功啓, 三田長久、ZigBee と GPS を利用した野生動物追跡システムの開発、電気関係学会九州支部連合会大会、2009. 9. 29、九州工業大学 (福岡)

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

三田 長久 (MITA NAGAHISA)

熊本大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：60284733

(2)研究分担者  
( )

研究者番号：

(3)連携研究者  
( )

研究者番号：

(4)研究協力者

森下 功啓 (MORISHITA KATSUHIRO)  
熊本大学・大学院自然科学研究科・学生  
研究者番号：なし

孫 栄 (Sun Rong)  
熊本大学・大学院自然科学研究科・学生  
研究者番号：なし

松永 悠 (MATSUNAGA YU)  
熊本大学・大学院自然科学研究科・学生  
研究者番号：なし