

令和元年6月26日現在

機関番号：82641

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00643

研究課題名(和文) 過密な開発の影響が懸念される沿岸域に依存する水鳥類の行動空間の解明

研究課題名(英文) Clarifying spatial use of water birds inhabiting coastal areas in relation to urbanization

研究代表者

竹内 亨 (Takeuchi, Toru)

一般財団法人電力中央研究所・環境科学研究所・上席研究員

研究者番号：30415872

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：沿岸域は多くの水鳥の重要な生息場となっており、毎年、多くの個体が飛翔や休息を行っている一方、市街化、港湾建設、最近では風力発電開発などの影響が危惧されている。本研究では、新たな鳥類観測技術である3DカメラとUAV搭載カメラを活用し、水鳥の飛翔空間及び水面の採餌・休息位置を明らかにする観測手法を構築した。さらに、カメラ映像から鳥類飛翔の画像上の位置データを効率的に抽出する手法を構築するとともに、得られた飛翔軌跡データから統計モデリングによって水鳥の生息空間を3次元スケールで明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で得られた3Dカメラによる飛翔分布の特定手法は、国内の沿岸域に広く存在する構造物と同様に、3次元のスケールで水鳥の利用空間を特定することができる。このため、開発が及ぼす水鳥の生息空間への影響を適正に把握することが可能となる。また、開発したUAV搭載カメラによる観測手法は、湖沼等の水面の水鳥の空間的な位置を特定することができることから、水鳥に必要な水域環境とのかかわりを解明するために大きく寄与する成果である。最後に、本研究で明らかにした水鳥の飛翔高度や速度は、風力発電への衝突・回避リスクを定量的に評価するためのモデリング等に活用できる貴重な実データとなる。

研究成果の概要(英文)：The coastal area is an important habitat for many water birds. While many individuals fly and rest every year along the area, the impacts of urbanization, port construction, and wind power development are concerned. In this study, using new bird observation technologies, 3D camera and UAV mounted camera, we developed the method to identify the flight position in three dimensions and the foraging / resting positions on the water surface. The habitat of the water birds was clarified in three dimensions by statistical modeling based on the recorded data. The methods obtained in this research make it possible to understand the influence of water birds on the space use in three dimensions in relation to urbanization.

研究分野：生態学

キーワード：保全生態学 行動生態学 環境アセスメント 鳥類観測手法 野生動物

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

沿岸域は、多くの水鳥にとって重要な生息域となっており、特に冬季には、水鳥が採餌や休息場として利用している。さらに細長い帯状の空間である沿岸域は、多数の水鳥が渡りのルートとして飛翔しながら移動する空間となっている。一方、国内の沿岸域は、市街化、港湾事業、最近では風力発電建設の好適地として過密な開発が進められてきた。沿岸域における開発は水鳥に様々な影響を与えている可能性がある。休息場、採餌場、飛翔ルートなどの行動空間に構造物が存在することで、移動できる空間が限定されるうえ、好適な生息場が減少する。効率性の高い飛翔ルートの水鳥が回避して行動する場合には、余計なエネルギーコストが費やされるため、個体の生存率低下がもたらされる可能性がある。さらに、風車やビルディング等に飛翔する水鳥が衝突死するリスクも生じている。こうした開発が及ぼす水鳥への影響を明らかにするためには、構造物の空間に応じて高度を含む3次元のスケールで水鳥の行動を明らかにする必要がある。しかし、これまで水鳥のみならず、野外の鳥類の行動空間を精度良く3次元上で特定することは技術的に困難であった。

2. 研究の目的

(1) 沿岸域の開発が及ぼす水鳥の行動への影響を明らかにするためには、3次元のスケールで行動空間を明らかにする必要がある。本研究では、新たな観測技術として3Dカメラを活用し、冬季に沿岸域を利用する水鳥の飛翔の位置(3次元座標)を明らかにする手法を確立する。3Dカメラによる観測から得られた水鳥の位置点群から、柔軟性の高い統計モデルを用いて飛翔位置の分布マップを構築することで、構造物と同じ3次元空間上で影響を把握することが可能となる。

(2) 3Dカメラによる水鳥の観測では、2台以上のカメラにより同じ飛翔を撮影する必要がある。また、撮影したそれぞれのカメラの映像から、水鳥の飛翔部分の映像を探し出し、カメラ画像上の鳥の位置(2次元座標)を抽出する必要がある。野外調査で行動特性を得ようとする場合、多数の飛翔軌跡を撮影することが望ましいが、扱う映像が多量になる上、飛翔軌跡の2次元座標を抽出する作業は多大な労力を要することが研究遂行上の重要な課題となる。そこで、多量の映像から飛翔軌跡の位置のみを効率的に抽出する画像処理技術を構築し、実効性のある3Dカメラ観測技術を確立する。

(3) 水鳥は海岸や沿岸域付近の湖沼において、採餌や休息のため水面を利用する。水面を浮かぶ多くの水鳥の位置を陸から目視観測によって特定することは困難であった。新しい写真測量技術としてUAVが脚光を浴びているが、UAV搭載カメラを用いた従来のSfM(Structure from Motion)による3次元復元では、静止状態の地形や構造物を画像上の特徴点として検出する必要がある。このため、従来法では、非静止状態にある水面や水面上の水鳥の位置を特定することができない。そこで、UAV搭載カメラによる測量方法と分析方法を工夫することで、UAV搭載カメラによる撮影画像から、水面の水鳥の位置を明らかにする手法を構築する。

3. 研究の方法

(1) 沿岸域の水鳥の飛翔空間を3次元のスケールで明らかにするため、3Dカメラにより海岸沿い及び沿岸に近い湖沼において水鳥の飛翔を観測した。3Dカメラは、2台以上のビデオカメラで対象を同時に撮影し、三角測量の原理で3次元上の位置を特定する技術である。生物の位置特定を目的とした取り組みは、近年、生物分野においても取り組みが増えているが、実験室内での観測に限定されてきた。野外の飛翔鳥類を対象にする場合には、対象空間が大きく広がることから、2台のカメラ間の幾何学的な関係を計測することが困難となり、従来の3次元化手法が適用できない。申請者らは、実用的な方法でカメラの機種に拘らず広い空間を飛翔する鳥類の位置を3次元座標化する手法を構築しており、この手法を飛翔位置特定に適用することで、水鳥の飛翔空間を明らかにする。

(2) 3Dカメラ観測により得られる多量の映像を効率的に処理するために求められる要件を整理した。候補となる動画処理技術を3Dカメラ観測で取得した複数の飛翔映像に適用して検討し、鳥類飛翔の抽出性の観点から画像処理フローを構築した。

(3) UAV搭載カメラによる撮影画像から、水面の水鳥の位置を明らかにする手法を構築するため、沿岸域付近の湖沼においてUAV搭載カメラによる観測を行った。UAVには、水面および地形を広く撮影するための画角の広いカメラと、水面の鳥類を確認するためのズームカメラを搭載した。これらのUAV搭載カメラによる観測では、撮影対象となる水面とその近傍の地形を上空から複数の角度で多数回、水面および近傍を撮影した。得られた画像群を利用して、水面及び水面上の水鳥の位置を明らかにする手法を構築した。

4. 研究成果

(1) 沿岸域及び沿岸付近の湖沼の撮影範囲を設定し、3Dカメラ観測用に2台のビデオカメラにより撮影することで、水鳥(カモメ類、ハクチョウ類、ガン・カモ類等)の映像を取得した。これらの映像から、映像の各フレームの画像上の飛翔の位置座標(2次元)を抽出し、二つのカメラの位置関係から、各飛翔の3次元座標を算出した。各飛翔軌跡のデータは、連続的な3次元座標であり、これらのデータから種類ごとの3次元上の地理座標、高度、速度を整理した。飛翔数の多かったカモメ類については、飛翔位置の多様な分布変化に対応できる柔軟性の高い非パラメトリックな統計モデリング手法(ガウス過程)によって、3次元上の位置とばらつきを求め、マップ化を行った(図1)。本研究で得られた飛翔分布やその構築手法を用いれば、3次元のスケールで開発が及ぼす水鳥の利用空間への影響を把握することが可能となる。また、今回の調査で取得した速度や高度データは、風力発電への衝突・回避リスクを定量的に評価するための貴重な実データとなる。

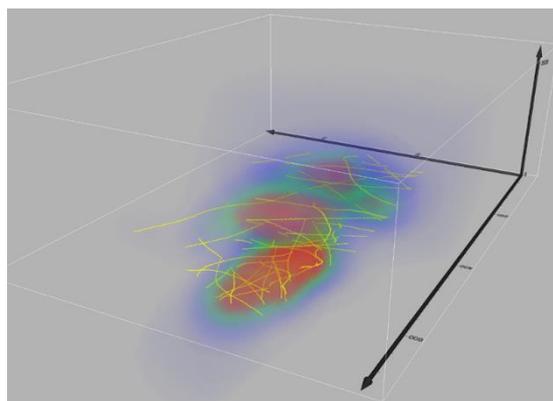


図1 3Dカメラ観測によるウミネコの飛翔軌跡(黄色)とばらつきの分布

(2) 3Dカメラ観測により得られた映像から水鳥の飛翔部分を自動的に抽出する手法を開発するため、鳥類飛翔の抽出性の観点から複数の画像処理技術を検討した。効率性と抽出性の観点から、オプティカルフロー(動体検出)と、カルマンフィルター(軌跡予測)を中心とした画像処理フローを構築し、専用のプログラムを作成した。このプログラムは、複数の鳥類飛翔を同時に追跡すること(図2)、飛翔中に建造物(風車のブレード等)の背後を飛翔した場合も追跡を継続すること、認識した移動体については鳥とそれ以外を判別することが可能である。これらの手法により、3Dカメラや他のカメラを用いて撮影した飛翔映像から鳥類の飛翔のみを自動的に抽出し、空間利用等の解析を効率的に進めることができることから、カメラによる飛翔観測調査の適用性を広げる成果といえる。

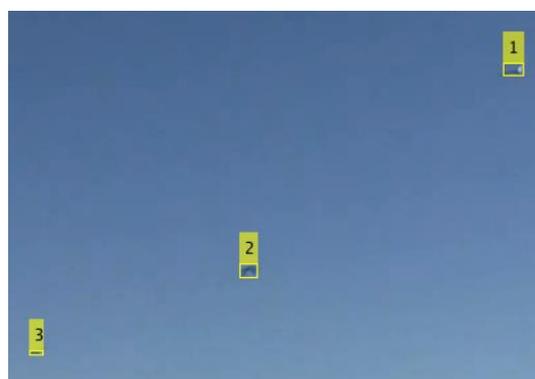


図2 3Dカメラ観測で取得した映像を用いた鳥類飛翔の個別検出例

(3) UAV搭載カメラによる水面上の水鳥観測については、従来のSfM処理のために行われる多地点撮影による観測方法を工夫し、さらに再現した3次元の地形空間と取得した各画像の空間的な関係性にもとづいて、撮影された水鳥の位置を特定することが分かった(図3)。また、UAVに搭載したズーム機能のあるカメラを利用することにより、水面上の水鳥の背面の様子の違いにもとづいて種類の識別が可能であることが分かった。今回構築した技術により、陸上から発進させたUAV搭載カメラの撮影によって、湖沼等の水面上の水鳥の空間的な位置と種類を特定することが可能となった。

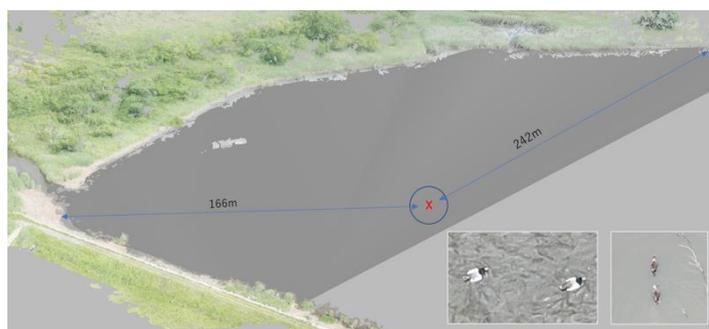


図3 UAV搭載カメラによる水面上の水鳥の位置特定と水鳥の背面撮影例

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

- ① 竹内亨、白井正樹、電気設備と野生動物、電気学会誌、36巻5月号、2017、300-303

[学会発表] (計2件)

- ① Toru Takeuchi、Stereo videography for bird impact assessment、The 15th World Wind Energy Conference and Exhibition、2016
- ② 竹内亨、再生可能エネルギー発電の環境アセスメント技術、環境アセスメント学会第 17 回大会、2018

[その他]

- ① 3次元カメラ手法による鳥類飛翔調査、日本アセスメント協会技術交流会、2018

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：白井正樹

ローマ字氏名：SHIRAI Masaki

所属研究機関名：一般財団法人電力中央研究所

部局名：環境科学研究所

職名：主任研究員

研究者番号 (8 桁)：30758660