

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03412

研究課題名（和文）流体シミュレーションと3次元位置情報によるオジロワシの空間利用モデルの開発

研究課題名（英文）Development of the space utilization model for White-tailed Eagles using fluid simulation and 3D positional information

研究代表者

河口 洋一（KAWAGUCHI, Yoichi）

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部（理工学域）・准教授

研究者番号：20391617

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：オジロワシの幼鳥15個体に1時間に1回測位するGPSを装着した。1年から最長4年弱の位置情報の収集に成功した。冬期を除き1日10点の位置情報が収集され、それらのGPS測位データから飛翔時の位置情報を選び、その時の流体（風況）を再現し、オジロワシの空間利用モデルの構築を試み、モデル化の目処はたった。

もう一つの連続測位型多機能GPSについても、オジロワシの幼鳥6個体に装着し、それらの飛翔データから飛翔行動の類型化（旋回、羽ばたき、滑空）を行い、類型化手法は確立できた。飛翔行動タイプと風況の関係を明らかにするには、装着個体数が少ない点、風況シミュレーションの労力が極めて大きいことが課題となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

オジロワシの風車衝突事故は60件を超えており、北海道北部に建設予定の大規模風車群、海岸沿いの小型風車の建設が進むと、オジロワシの風車事故も増加すると思われる。しかし、未だ風車施設の建設（リプレースも含む）や風車の配置において、オジロワシの飛翔行動を科学的に考慮した配置は極めて少ない。今回、オジロワシの飛翔を風況で予測するモデルの作成は概ね成功しており、より多くの個体データからこのモデルの精度を上げて完成すれば、風車施設や風車の配置に役立つと考えている。

本研究は、再生可能エネルギーを支える環境影響評価に役立つ手法として重要と考えている。

研究成果の概要（英文）：Fifteen juvenile of white-tailed eagles were fitted with hourly GPS positioning devices, which successfully collected location data from one year to a maximum of less than four years. From the GPS positioning data, we were able to select the positions of the birds during their flight and reproduce the fluid (wind) conditions at that time. Another continuous positioning multi-functional GPS was installed on six juvenile white-tailed eagles, and from their flight data, a typology of flight behavior (circling, flapping, and gliding) was conducted, and a typology method was established. In order to clarify the relationship between flight behavior type and wind conditions, we had to deal with the small number of individuals wearing the device and the extremely large amount of labor required for simulating wind conditions.

研究分野：生態系管理

キーワード：空間利用モデル バードストライク オジロワシ 風況シミュレーション 地形効果 Riam-Compact

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

地球規模で気候変動が進行するなか、化石燃料から再生可能エネルギーの転換に先進国は踏み切り、太陽光発電や風力発電事業が大幅に増加している。しかし、風力発電は温暖化の抑制効果が期待される一方で、鳥衝突事故による地域生態系への悪影響が強く懸念されている。スペインのタリファではシロエリハゲワシが 55 羽/年(de Lucas et al. 2012<sup>1)</sup>)、米国のカリフォルニアではイヌワシが 23 羽/年(Katzner et al. 2016<sup>2)</sup>)と、大型で長寿命の希少猛禽類の風車衝突事故が報告されており、風力発電の希少猛禽類への影響は極めて深刻な問題となっている。日本の風車衝突事故をみると北海道に生息する希少猛禽類オジロワシで最も多く、2004 年以降 43 件報告されている(環境省 2016<sup>3)</sup>)。北海道北部は風力発電事業の適地として早くから注目されており、これから 10 年の間に、陸上で最大 1000 基の風車が建設される計画で、鳥衝突リスクを低減させる手法の開発は、緊急の課題である。

海外で鳥衝突事故の多い上記の地域では、GPS 発信器の小型化と精度向上に伴い、近年、猛禽類に GPS を装着して飛翔情報を集め、風況との関係性を解析して、風の利用の仕方によって風車への衝突リスクに違いが生じることを報告している。このような鳥の行動学研究の発展により、社会的課題である風車事故の低減の可能性も見え始めている。しかし、国内では GPS 発信器によるオジロワシの行動解析は行われていないため、オジロワシの風車事故低減という社会的課題への対応が大幅に遅れている。

## 2. 研究の目的

海外における先行研究では、猛禽類の飛翔データと合わせる風況の解像度が数十 km 以上と空間スケールの粗い定常解析のため、風況は地表地形に細かく対応できていないといった課題がある。鳥類による風車衝突事故が起きるのは地上 40-120m (風車のブレード) であり、その流体(風況)は地形の影響を受ける。そのため、地形情報を反映したきめ細やかな非定常解析が求められるが、そのような高精度の風況解析と鳥類に飛翔データを解析している研究はない。

鳥類に装着して位置情報を得る GPS 発信器も、その精度や性能は向上し価格は安くなっている。新しいタイプの GPS は、連続測位に加え、加速度、気圧、磁場情報が取得できる多機能 GPS である。これらの情報から、上昇気流によって移動する旋回上昇や、追い風による滑空といった飛翔行動の類型化が可能で、飛翔行動と流体との関係が明らかとなる。風車事故が頻発する風車の流体シミュレーションから飛翔行動の予測も可能となり、高精度な事故リスクの予測ができると考えられる。

GPS の位置情報を活用した飛翔モデルの作成に関する研究は、欧米では進んでいるが国内ではなく、上述した高精度の風況解析技を用いた研究もない。さらに、GPS を用いた鳥類の飛翔行動の解析や風況と位置情報から風車衝突事故がおこる M ゾーンにおける飛翔モデルの作成に関する研究はなく、再生可能エネルギーの導入を急ぐ現状では、GPS による位置情報とその空間の風況を再現し、M ゾーンにおける飛翔モデルの作成とその可視化が求められている。

以上のことから、研究代表者の河口(徳島大学)はオジロワシの幼鳥に 1 時間に 1 回測位する GPS を装着し、その測位データから飛翔時の位置情報を選び、その時の流体(風況)を再現し、オジロワシの空間利用モデルの構築を試みた。研究分担者の赤坂(帯広畜産大学)は、連続測位型・多機能 GPS の飛翔データから飛翔行動の類型化(旋回、羽ばたき、滑空等)を試み、オジロワシの風車衝突に関係する飛翔行動に注目し流体との関係を明らかにすることを目的としている。さらに、研究分担者の内田(九州大学)は RIAM-COMPACT でそれぞれの解析に必要な流体シミュレーションを行い、流体シミュレーションと飛翔情報からオジロワシの M ゾーンにおける飛翔モデルの構築を目的とした。

### 3. 研究の方法

調査は、北海道北部で春先から6月にかけてオジロワシの繁殖調査を行い、雛を捕獲できる巣の抽出を行った。6月下旬から7月上旬にかけて10個体の雛を巣で捕獲し、GPS発信器の装着を行い、外部形態の計測、採血、足環の装着もを行い、巣立つまで雛の観察を行った。9月上旬から雛が巣立ち、移動し始めたので、その後、1日13点の位置情報について飛翔高度を求めた。H29年度に同様の方法で捕獲しGPSを装着した5個体と合わせて、合計16個体のオジロワシの位置情報を整理し、GPSの高度から地面高を除いて飛翔高度を求め、その時点での風況をRIAM-COMPACTで再現して、飛翔特性についてGLM, GLMMで解析を行った。

連続測位型のGPSについては、初年度は新しいGPSの精度検証を行い、2年目、3年目に上記と同じ方法で北海道東部において、オジロワシの幼鳥にGPSを装着し、飛翔情報を収集して飛翔行動の類型化を行った。

オジロワシの飛翔時における風況の再現は、RIAM-COMPACTを用いて流体シミュレーションを行い、飛翔モデルの作成に必要な風情報の提供を行った。

### 4. 研究成果

徳島大学は、本研究そしてこれまでに実施してきた研究で、オジロワシの幼鳥15個体を巣立ち前に捕獲し、1時間に1回測位するGPSを装着した。その結果、1年から最長4年弱の位置情報の収集に成功した。それらのGPS測位データから飛翔時の位置情報を選び、その時の流体(風況)を再現し、オジロワシの空間利用モデルの構築を試み、モデル化の目処がたった。九州大学は、これら飛翔時における風況シミュレーションを行い、解析に必要なデータ作成を行った。さらに、北海道全域を対象とした数値風況シミュレーションを実施するため、スペースシャトル立体地形データ(SRTM)に基づいた地形構築法を検討した。また同時に作成した3次元地形データを入力データとして、1方位の数値風況シミュレーションを行った。得られた計算結果を視覚化し、風に対する地形効果を確認した。

帯広畜産大学は、初年度、定点における精度検証の結果、測位頻度に関係なく、検証データの95%信頼区間は、水平方向および、垂直方向共に概ね良好な精度であることを確認した。一昨年オジロワシの幼鳥3個体に連続測位型・多機能GPSを装着し、昨年も同じく3個体に装着し、それらの飛翔データから飛翔行動の類型化(旋回、羽ばたき、滑空等)を行い、飛翔行動の類型化の手法は確立された。手法は確立できたが、連続測位型のGPSを装着したオジロワシの個体数がまだ少なく、今後も継続して連続測位型GPSをオジロワシ幼鳥に装着し、飛翔情報を増やしていく必要が確認された。また、連続した飛翔時における風況シミュレーションも行ったが、データ量がかなり大きくなることもあり、風況データの取扱いについては課題が残った。

研究全体として、北海道全域を対象にオジロワシの風車衝突リスクの高い空間の抽出までは解析できなかったが、場所を限定しての抽出は行えた。今後は北海道全域での風車衝突リスクの高い空間の抽出と、流体と飛翔行動の関係解明に関する研究の継続が課題として確認された。

#### 【引用文献】

- 1) de Lucas et al. (2012) Biol. Conserv.
- 2) Katzner et al. (2016) Conserv. Biol.
- 3) 『海ワシ類の風力発電施設バードストライク防止策の検討・実施の手引き』環境省(2016).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Uchida Takanori	4. 巻 13
2. 論文標題 Effects of Inflow Shear on Wake Characteristics of Wind-Turbines over Flat Terrain	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Energies	6. 最初と最後の頁 3745 ~ 3745
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/en13143745	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山内彬弘, 藪原佑樹, 佐藤雄大, 内田孝紀, 赤坂卓美, 河口洋一
2. 発表標題 海岸地形と風況がオジロワシ・オオワシの飛翔高度に与える影響
3. 学会等名 日本生態学会第68回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藪原祐樹・赤坂卓美・外山雅大・原拓史・中島拓也・阿部學・小西敢・山内彬弘・河口洋一
2. 発表標題 オジロワシ幼鳥の分散過程と環境利用の解明
3. 学会等名 日本鳥学会2018年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藪原祐樹・赤坂卓美・河口洋一
2. 発表標題 風力発電増加シナリオ下におけるオジロワシ個体群の将来予測
3. 学会等名 第66回日本生態学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	赤坂 卓美  (AKASAKA Takumi)  (40748357)	帯広畜産大学・畜産学部・助教   (10105)	
研究 分担者	内田 孝紀  (UCHIDA Takanori)  (90325481)	九州大学・応用力学研究所・准教授   (17102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------