

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 塩見 こそえ

動物は餌などの資源を探索したり、捕食者や種内競争を回避する事を目的に移動する。餌分布などの外的要因や動物自身の生理状態といった内的状態は時間と共に変化する。したがって、移動のタイミングは動物の生存や繁殖にとって重要な意味を持つ。繁殖地と越冬場所など、決まった二点間を季節移動したり、日周リズムや潮汐変化などに対応した動物の定期的な移動については数多くの先行研究例がある。しかし、毎回移動距離が異なるという動的な状況下で、動物がいかにして移動のタイミングを決定しているのかについては、これまでほとんど調べられてこなかった。その理由としては、人間が直接観察できない水中の移動や、数百 km を超える広範囲な水平移動を測定する手段が無かったことが挙げられる。本研究では、近年開発された動物搭載型記録計を用いて、海鳥類が水中や空中を移動する際の経路を測定し、海鳥類の移動のタイミングが何によって左右されているのかという点に着目して解析している。

最初のモデル種として、南極海の定着水下で潜水を繰り返すエンペラーペンギンを選んだ。エンペラーペンギンは、餌生物の分布深度に応じて、深度 10m 程度の浅い潜水から最大 500m 以上の深い潜水を行う事が知られている。また、深度が浅い潜水であっても水平方向に 1km 以上移動した後に、再び潜水開始点まで引き返す場合がある事が判明した。肺呼吸動物であるペンギンは、体内に蓄積した酸素を使い果たすまでに必ず水面に戻らなければならない。鉛直的にも水平的にも広い移動範囲を持つエンペラーペンギンが、生理的限界時間に達する前に潜水を終了させるためには、水面に向かって引き返し始める決断をいつ下すかが重要である。そこで、地磁気・加速度・遊泳速度・深度から算出される水中三次元遊泳経路より、ペンギンが水面に向かって引き返し始める点を抽出したところ、潜水開始からの経過時間ではなく、フリッパーを動かした回数によって、引き返しを決断する時間の上限が決まっている事が判明した。フリッパーを打ち振る回数は、筋肉の仕事、すなわち酸素消費量に比例すると考えられ、ペンギンは筋肉の酸素消費量が一定値に達した時点で引き返しを決断するといった、応答的決断を行っていたものと解釈された。なお、本研究は世界で初めて潜水性鳥類の水中三次元経路を得たものであり、その計算アルゴリズムの一般化や測定精度の検討なども本研究が本学問分野に対してなした重要な貢献である。

次に、飛翔性鳥類であるオオミズナギドリをモデル種として、水平移動経路分析を実施した。日本列島周辺の島嶼において繁殖を行うオオミズナギドリの雄雌は、育雛期間中に採餌旅行に出かけ、海上で魚類を漁って巣に持ち帰ることを繰り返している。過去になさ

れた観察により、親鳥は日の入り直後に島に戻り、日の出直前に再び採餌旅行に出かけていくことが知られている。本研究で、オオミズナギドリに搭載可能な小型 GPS を用いて採餌旅行中の移動経路を調べたところ、島のごく近傍で採餌してその日の内に島に戻ってくる日帰り採餌旅行から、**500km** 以上離れた北海道東岸海域で採餌した後島に戻ってくる **1 週間** 程度の長距離採餌旅行まで、長短入り交じった採餌旅行を繰り返している事が判明した。島へ到着する時刻は、餌場と島の距離とは無関係で、日の入り後 **3 時間** 以内に集中していた。オオミズナギドリがいかにして帰島時刻を調節しているかを調べるために、水平移動経路において餌場から島に向かって戻り始めた時点抽出し、島からの距離と時刻を比較した。その結果、島から遠く離れるほど、戻り始める時刻が早まる傾向が見つかった。さらに、その回帰直線の傾きは **1km** あたり **0.036 時間(2.16 分間)** となったが、この値は鳥の平均飛行速度 **34.7km/h** と帰りに要した時間の内飛行にあてた時間割合 **80.9%** から計算される **1km** あたりの所要時間 **0.036 時間** $\{=1/(34.7 \times 0.809)\}$ に一致した。オオミズナギドリが自らの移動能力や島からの距離に応じて、島に向けて出発する時刻を調節するという予見的決断を行っている事を示唆する結果となった。

対象とした **2 種** のモデル種は、移動の際に **2.1m/s** ないし **9.6m/s** という速度で遊泳や飛行をしていた。既存のバイオメカニクスモデルを修正して検討したところ、これらの値はそれぞれの種における移動コストを最小とする速度であった。**2 種** の鳥類において、移動距離に応じて移動速度を変えるのではなく、戻り始めるタイミングの決断が移動に関わる意思決定において大きな役割を果たしている事を指摘した本論文の研究結果は、動物の移動に関わる研究分野において今後進むべき重要な方向性を提示している。よって審査委員一同は、本論文の学術的価値が高く、博士(農学)の学位論文に十分値するものと認めた。