

## バイオロギング技術を使った海鳥の海外共同研究

綿貫 豊（北海道大学水産科学院）・佐藤克文（東京大学大気海洋研究所）・  
高橋晃周（国立極地研究所）

### 南極大陸

国立極地研究所（NIPR）によるアデリーペンギンの研究を皮切りに、この20年間、海鳥に関する海外共同研究が数多く行われた。そのころ開発された動物装着型のデータロガーをつかったアデリーペンギンの調査は、南極観測事業として1986/87年には内藤靖彦（当時NIPR）が、1989-1991年には綿貫豊（当時NIPR）を中心として、昭和基地から30 km離れたコロニーで行われた。さらに、1995-2000年の5シーズン、綿貫、加藤明子（当時NIPR）、荒井修亮（京都大学）、佐藤克文（当時NIPR）らが調査を続けるとともに、フランス国立科学研究センター（CNRS）の生理生態研究所（CEPE）のY. Le Mahoおよびオーストラリア南極局のG. Robertsonと共同して海水条件が異なる地域間の比較研究をおこなった。フランスのデュモンドビル基地では佐藤を中心に1996/97年に、オーストラリアのデービス基地では綿貫を中心に1992/93年に調査が行われた。海水による採食場所の制限が重要であり、海水が少なく餌場所までの距離が遠いコロニーでは、親は自分のエネルギー蓄積を維持する傾向があり、子への投資速度を減らすことがわかった（Watanuki *et al.* 1993. *J. Anim. Ecol.* 62; Watanuki *et al.* 2002. *Polar Biol.* 25）。

また、佐藤（当時NIPRおよび東大海洋研）は、南極大陸のマクマード米国基地周辺において、米国スクリプス海洋研究所のG. Kooyman, P. Ponganisと共同して、2003-2005年にコウテイペンギンの潜水行動と生理に関する研究をおこなった。加速度、3軸地磁気、遊泳速度データロガーによって得られるデータから、海水下での詳細な3次元移動軌跡が把握できるようになった。

### 亜南極の島々

亜南極の島々はイネ科草本の草原におおわれ、夏には雨がしばしば降る。まず、インド洋亜南極圏に位置するフランス領の島々において、フランスとの共同研究が継続されている。これらの島々には、キングペンギンをはじめとする何種かのペンギン科、ワタリアホウドリをはじめ複数種のアホウドリ科、クジラドリ類を含む数種のミズナギ

ドリ科とウ科（ムナジロヒメウ類）が多数繁殖している。1996年に加藤と佐藤（当時NIPR）がクロゼ諸島に赴き、Le Mahoらと共に、加速度データロガーを使った世界初の実験を行い、キングペンギンは、浮上時にフリッパーの動きを停止して水面まで戻ることで、潜水深度に応じて吸い込む空気量を調節していることを明らかにした（Sato *et al.* 2002. *J. Exp. Biol.* 205）。新技術を野外の動物に応用することで、生理的調節の新事実が発見できたわけであり、この成果はその後の研究に大きな刺激を与えた。

さらに、2005/06年にかけて、佐藤がシゼ生物研究センター（CEBC）のH. Weimerskirch, C. Bostとの共同研究をクロゼ諸島とケルゲレン島ですすめ、ミズナギドリ目4種類の羽ばたき行動を種間比較した結果、各種が離陸の際の高周波による羽ばたきと、滑空の合間に行う低周波の羽ばたきを使っており、羽ばたきの周波数がそれぞれ体重の $-1/3$ 乗と $-1/6$ 乗に比例していることを明らかにした（Sato *et al.* 2009. *PLoS One* 4:e5400）。この結果を外挿し、体重が41 kg以上に達したと推定される巨大翼竜は持続的飛行が困難だったと結論付け、注目されている。

南極半島域は南極大陸としては比較的温暖で、かつ地球上で温暖化がもっとも顕著な地域である。半島周辺にはアデリー属のペンギン科3種、アホウドリ科、ミズナギドリ科、ウ科などが多数繁殖している。内藤（当時NIPR）が1989/90に英国南極局（BAS）のJ. Croxallと共同して、サウスジョージア・バード島基地でサウスジョージアムナジロヒメウの潜水行動を、内藤が開発したペンレコーダーを使って世界で初めて明らかにした（Croxall *et al.* 1991. *J. Zool. Lond.* 225）。この地域では、その後、学振海外特別研究員としてBASに滞在した高橋晃周がCroxallやP. Trathan（BAS）との共同研究をおこなっている。2001/02、2002/03、2007/08年にシグニー島基地、2004/05、2008/09年にバード島基地で、4-7名の英国側研究者と3-4ヶ月一緒に生活しながら野外調査を行った。いずれも基地のすぐ周りに海鳥類が多数繁殖し、毎日霧雨であることをのぞけば、海鳥研究者にとっては夢のような場所である。40年にわたる長期研

究に裏打ちされた英国側のフィールドワークのノウハウと日本側の高性能データロガーによって、順調に調査を進めることができた。アデリーペンギンに比べヒゲペンギンは潜水能力が高く、海底に追い込んだオキアミを効率よく捕食すること (Takahashi *et al.* 2003. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 250)、ペンギン類はよく集団遊泳行動をおこなうこと (Takahashi *et al.* 2004. *Proc. R. Soc. Lond. B* 271)、マングロアホウドリがシャチを追跡しその食べ残しの魚を利用すること (Sakamoto *et al.* 2009. *PLoS ONE* 4:e7322) を明らかにした。

一方、韓国極地研究所の H.-C. Shin との共同研究をキングジョージ島韓国セジョン基地において 2006/07 年に高橋・國分互彦 (NIPR) と森貴久 (帝京科学大) が、2009/10 年には國分が実施した。その結果、同所的に繁殖するヒゲペンギンとジェンツーペンギンで利用するハビタットは異なり、前者が外洋域、後者は沿岸域をつかうことが明らかになった (Kokubun *et al.* 2010. *Mar. Biol.* 157)。

#### 北極および北海

ペンギン類の研究をうけ、翼で潜水も飛行もするウミスズメ科の採食行動と海洋環境との関連にも興味もたれた。北極圏にあるスバルバル島の Ny-Alesund 基地をベースに、ノルウエー極地研 (NP) の F. Mehlum と G. Gabrielsen を共同研究者としてハシブトウミガラスの採食行動および潜水中の運動や生理を、1998 年と 2001–2002 年の 3 シーズンにわたり綿貫、高橋 (当時 NIPR)、新妻靖章 (当時北大) が調べた。その結果、本種はフィヨルド奥の氷河末端では海底近くまで潜るが、フィヨルドの外の外洋では浅い潜水をして採食すること、深度とともに浮力が減少するので推進回数を減らし、底滞在中や浮上中は深部体温を下げる事が明らかとなった (Watanuki *et al.* 2003. *Proc. R. Soc. Lond. B* 270; Niizuma *et al.* 2007. *Biochem. & Physiol. A.* 147)。

その後、G. Hunt Jr (当時カリフォルニア大学アーバイン校) らの長年の調査地であるベーリング海のセント・ジョージ島において、S. Kitaysky (アラスカ大学フェアバンクス校) を含め、綿貫と高橋を中心に、2004 年と 2006–2007 年に野外調査を行った。高さ 200 m の崖がウミガラス類とミツユビカモメ類の大繁殖地となっており、アラスカ州政府の野生動物保護局や米国大気海洋気象局の研究者が海鳥のモニタリングやオットセイの研究をしている。その結果、島周辺の鉛直混合が強

い冷たい水塊では深い潜水をし、多分大型の獲物を、強く成層化した、島から遠く離れた水塊では温度躍層まで潜水してそこで小型の獲物を食べていることが明らかとなった (Takahashi *et al.* 2008. *Deep Sea Research II* 55)。

ハシブトウミガラスの採食行動を明らかにしたので、足こぎで潜水するウミガラスの潜水中のバイオメカニクスや採食行動の研究を行った。そのため、英国の生態水理研究所 (CEH) が 40 年前からヨーロッパヒメウを含む数種類の海鳥の研究をしているスコットランドのメイ島において、M Harris, S Wanless, F Daunt との共同研究を、2003 年、2005–2006 年と 2008–2010 年の 6 シーズンにわたり綿貫、佐藤、高橋が中心となっておこなった。この島は、海鳥研究のメッカであり、夏は 10 名を超える海鳥研究者が滞在する。英国らしい必要最小限度でかつ快適に長期間過ごせる基地から調査区まで野うさぎが跳びまわる丘を数分歩くと着いてしまう。ヨーロッパヒメウも深度とともに変化する浮力に合わせて足こぎの頻度を調節していることがわかった (Watanuki *et al.* 2005. *J. Exp. Biol.* 208)。その後、より広い視点からヨーロッパヒメウの採食戦略研究をすすめ、カメラロガーによる映像記録から、岩底ではギンポ類を食べること、岩底と砂底をうまく利用していることがわかり (Watanuki *et al.* 2008. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 356)、また加速度記録による飛行中の羽ばたき頻度から短期間の体重の変化つまり餌獲得量を推定できることが明らかになった (Sato *et al.* 2008. *J. Exp. Biol.* 211)。

#### なぜ海外共同研究をやるのか

この期間中に内藤靖彦らとリトルレオナルド社は高性能で小型の動物装着型データロガーを開発してきた。海生動物の海洋での生活を解明するために、この技術はきわめて強力な武器である。日本側がこの技術を提供できたことで、欧米の海外共同研究者にとってもあたらしい発見が可能となり、双方にとって利益を得られたことが、海鳥研究でははるか先を行く彼らとの共同研究を進められたひとつの理由である。なかでも、日本の研究者が世界各地の現場に出かけ、各国の研究者と共同して集めた、60 種類を超す海鳥と海生哺乳類の水中での運動に関するデータを比較することで、体サイズがその推進運動や遊泳速度とどう関係するのか、その理論的な背景は何か、を解明したこと (Sato *et al.* 2007. *Proc. R. Soc. Lond.* 474;

Watanabe *et al.* 2010. *J. Anim. Ecol.* 80) は、今後につながる大きな発見だった。また、これらの海外共同研究の発端であった南極観測では、科学的活動においても、観測の支援活動においても、国際協力が不可欠であり、そこでの人と人との強いつながりをもてたことが、共同研究がうまくいったもう一つの理由だろう。現在もいくつかの共同研究が進行中である。加えて、海鳥繁殖地は多くが無人島であり、美しいが危険も伴うこれらの地域で安全に調査できたのは、フランス、英国、ノル

ウエー、米国それぞれスタイルは異なるが、自然条件の厳しい極域研究に不可欠の支援体制のおかげである。また、ここには名前を挙げなかったが、のべ20名を超す大学院生やポストドクもこれらの調査に参加しており、修士論文や博士論文の一部として発表されている。中にはその後の共同研究を支える研究者となった者もある。広い視点からの研究の可能性を体験した若手が育ったこともこの海外共同研究の大きな成果である。