

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 19 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2014～2016

課題番号：26304029

研究課題名(和文)動物装着ビデオを用いた漁船と海鳥の個体レベルでの相互作用の研究

研究課題名(英文)Interaction between seabirds and fishing-boat revealed by animal-born video-logger

研究代表者

綿貫 豊 (WATANUKI, Yutaka)

北海道大学・水産科学研究科(研究院)・教授

研究者番号：40192819

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：アホウドリ類は外洋域で混獲や投棄魚の利用などの人間のインパクトに晒されている。ハワイ・オアフ島及び伊豆・鳥島で抱雛期のコアホウドリとクロアシアホウドリにGPSロガーとビデオロガーを装着し、移動軌跡と画像を記録した。コアホウドリはオアフ島北部の亜熱帯域において、マグロ延縄船に5.4 km手前から接近し、2時間ほどこれらに追隨した。クロアシアホウドリは亜熱帯～移行領域で、底延縄と思われる船に追隨した。この手法で漁船タイプや船名と海鳥の採食行動の分析ができるので、未登録船も含め、個体レベルでのリスク推定をより正確におこなうことができる。

研究成果の概要(英文)：Human impacts at high seas such as long-line by-catch and trawler discard are concerns for the conservation of seabirds. To study behavioural interactions between albatrosses and fisheries, we deployed GPS and video loggers on Laysan albatrosses (LAAL) at Oahu Island and Black-footed albatrosses (BFAL) at Torishima during their chick rearing periods. LAAL foraged in subtropical, transition and subarctic regions. In subtropical region where tuna long-line fishing was operating, LAAL changed direction of flight-path at 5.4 km and approached to the long-line fishing boats towing or hauling, then followed for 2 hours. During day-time LAAL fed mainly on dead large squids floating in the surface. BFAL foraged in the subtropical basin and followed a bottom-long line fishing boat. BFAL also fed on fragmented squids and dead fish on the surface. This study demonstrates a usefulness of bio-logging techniques for studying fisheries impact on marine mega-fauna.

研究分野：水圏生産科学

キーワード：海洋生態学 混獲 バイオロギング 保全 アホウドリ類

1. 研究開始当初の背景 漁業が生態系にあたる影響として、混獲による高次捕食者の死亡リスク上昇や、高次捕食者が不要な投棄魚を餌として利用することなどが知られている。世界のアホウドリ類 22 種のうち 16 種がレッドリスト種であり、その大きな原因は延縄による混獲である。そのため、トリライン（おどし）や荷重延縄の利用など、混獲回避手法がとられている。実験船による観察では、こうした措置によってリスクが軽減することが認められたものの、アホウドリ類のいくつかの個体群においてはその個体数が減り続けている。

このように、実際に、混獲や投棄魚が個体の行動や個体群へどういった影響を与えているかは十分にはわかっていない。混獲のメカニズムや投棄魚の影響を探り、漁業活動がアホウドリ類に与えるインパクトを評価するためには、個体が採食トリップ中にどの程度、どのように漁船に追従するかを直接知る必要がある。しかしながら、従来の、調査船からの観察だけではこうした情報を得るはむずかしかった。

2. 研究の目的 アホウドリ類における漁船との行動的相互作用を直接知るため、アホウドリ類の移動軌跡とその目線の映像を、装着型データロガーで記録して、漁船への接近と餌や投棄魚の利用を個体毎に測定することを目的とした。そのため、マグロ類延縄やトロール漁が盛んな西部北太平洋の黒潮・親潮移行領域をモデル海域とした。

具体的には、この海域で索餌するアホウドリ類 2 種に GPS データロガーおよびビデオロガーを装着し、①移動を記録するとともに漁船への接近と採食行動の映像記録を得ること、②これらのデータを使って個体毎に混獲の潜リスクおよび投棄魚と自然の餌の利用割合を知ること、③さらに、混獲リスクおよび投棄魚への依存に影響する外的要因（衛星画像から求めた海洋物理環境と報告に基づく漁業活動）と内的要因（性・年令）を解析することの 3 点を目的とした。

3. 研究の方法

(1) 野外調査

①オアフ島において、2015 年 1~2 月に、育雛中のコアホウドリ *Phoebastria immutabilis* 38 個体に GPS ロガー (GiPSy4) とカメラロガー (Broadwatch 社あるいは Little Leonardo 社製) それぞれを、防水性の熱収縮チューブに梱包し、背中テサテープを用いて装着した。GPS ロガーは昼夜を問わず 1 分または 3 分間隔で、カメラロガーによる撮影は昼間のみとし、撮影間隔は 1~10 分とした。一部のカメラロガーは腹部に装着した。38 羽のうち 28 羽から GPS ロガーおよびカメラロガーの両方を回収し、うち全データの取れた 20 個体 26 のトリップについて分析した。なお、予備的に他予算で実施した 2014

年の調査から得られたデータも本目的に合致する部分を併せて解析した。

②当初ミッドウェー島での調査を計画したが、米国側の事情で実施できなくなったため、2016, 2017 年の 2 月には伊豆諸島の鳥島で繁殖するクロアシアホウドリ *P. nigripes* を対象とした。育雛中のクロアシアホウドリ 34 個体に、GPS, ビデオロガーを装着し、加えて精度よく採食行動を検出するため加速度ロガー (AXY) を首に装着し、19 個体からデータを得た。

(2) 解析

①コアホウドリについては、移動速度の分布は二峰性であり、9 km/h 以下の低速時を着水とした。さらにカメラロガーで得られた画像により飛翔・着水を区別し、これを正答として分析したところ、飛行速度による飛翔・着水判別精度は 94% だった。画像から餌、他の

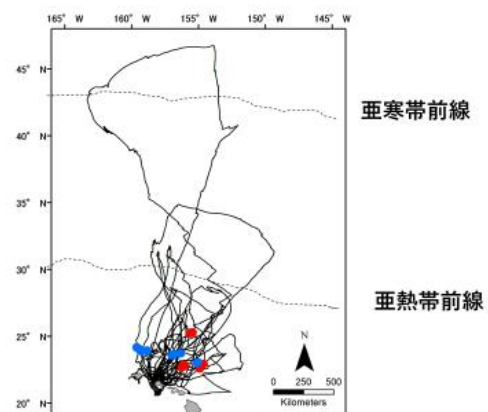


図1 コアホウドリの採食トリップと漁船遭遇位置。青丸は投縄中を、赤丸は揚縄中の漁船位置

海鳥類、クジラ類、漁船、漂流物などが判別できた。

②漁船追従時間は、最初に漁船が写った時刻から最後に同漁船が写った時刻までと定義した。画像に記録された漁船は同定が可能なくらい鮮明であった。軌道軌跡が特にジグザグしている場所を地域限定探索した場所と定義した。地域限定探索を行った場所と漁船に遭遇した場所の海洋環境を衛星画像によって調べた。

③着水バウトが地域限定探索中かそうでないかを海洋環境要因から説明するハビタットモデルを一般化線形混合モデル (GLMM) をつかって作成した。応答変数は着水バウトが地域限定探索内 (1) とそれ以外 (0) とした。2014 年 (7 トリップ) と 2015 年 (26 トリップ) の 33 トリップを使用したところ、地域限定探索行動は日中と夜間の両方に見られたため、日中と夜間の着水バウト両方を解析に使用した。サンプル数は 3514 着水バウト (地域限定探索内: 1101, 地域限定探索外: 2440) であった。説明変数には、表面水温、表面クロロフィル *a* 濃度、海底傾斜、海上風を使用し、年 (2014 年か 2015 年) および個体 ID をランダム効果とした。生産性が



図2 コアホウドリの背に装着したカメラロガーが撮影した延縄漁船

低い場所で漁船追隨行動が見られるかどうかを確かめるに、着水バウトが漁船追隨中かそうでないかを、海洋環境要因から説明するハビタットモデルを作成した。

④鳥島のクロアシアホウドリについては移動経路と写真の同定を実施するとともに、写真判定を正しい判定結果として、速度と加速度だけから行動判定する際の誤判別率を求めた。

4. 研究成果

(1) ハワイのコアホウドリにおいて、育雛初期の個体は、1回30～90時間のトリップ中に、ハワイ諸島の北800 kmまでの、島の北の亜熱帯から相対的に低水温で一次生産の高い移行領域、亜寒帯域を含む広い範囲で採食した(図1)。亜熱帯域においては延縄漁船との遭遇が、船名が分かる程度に鮮明な画像で記録された。ハワイ諸島の北側海域における亜熱帯前線の南側の北緯22～26度の亜熱帯海域でのみ9回の漁船遭遇がみられた(図2)。いずれも船速から判断して揚縄中または投縄中のマグロ・カジキ延縄船であり、漁船追隨時間は平均123分であること、コアホウドリは平均13分前(約8 km手前)から

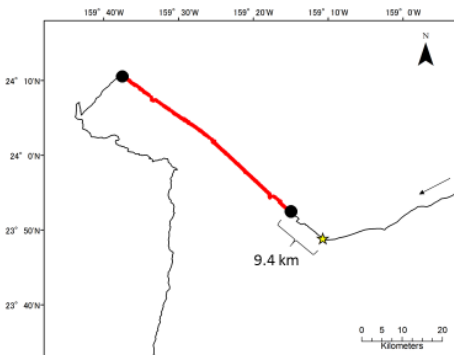


図3 コアホウドリの移動軌跡、漁船認識位置(星)及び漁船追隨位置(赤線)

漁船を認識しており、漁船を見つけると接近して漁船に追隨してゆっくり移動していることがわかった(図3)。本研究では、漁船と遭遇していた個体が投棄魚や延縄漁業に使用する餌および漁獲物を食べている証拠は得られなかった。

(2) ハワイのコアホウドリにおいて、ハビタットモデリングの手法で海洋環境を分析したところ、風が弱く、低水温の海域でイカと遭遇しやすく、クロロフィル濃度が高く、水温が低く、風が強い場所ほど漁船を追隨する傾向があり、日中は水温が低い場所で、夜間は風が弱い場所で地域限定探索行動をする傾向にあることがわかった。

各個体1～2回のトリップデータしかないため、個体変異を十分には示せないが、20個体中5個体が漁船を追隨していた。日中に限れば、この5個体(6トリップ)の1トリップあたりの漁船追隨時間割合は2～16%であった。個体によって漁船への依存度は異なっている可能性が示唆される。これまでは、延縄漁場とその個体群の平均的分布の重複度からリスクが推定されてきたが、重複海域で実際に海鳥が漁船を利用しているかはわからないといった問題があった。今回使った画像とGPSロガーによる記録方法は、この問題を改善できるかもしれない。繁殖後期の回収率が2割以下と悪かったため、繁殖成績との関連性は解析できなかった。

(3) 鳥島のクロアシアホウドリについても、良好な位置情報と画像が得られ、主に伊豆諸島周辺海域、房総沖、鹿島沖に加え、一部は日本海溝部を含む海盆域を利用していた(図4)。2016年には底延縄船らしい漁船とイカらしい死体、2017年2月にはイカ(図5)と

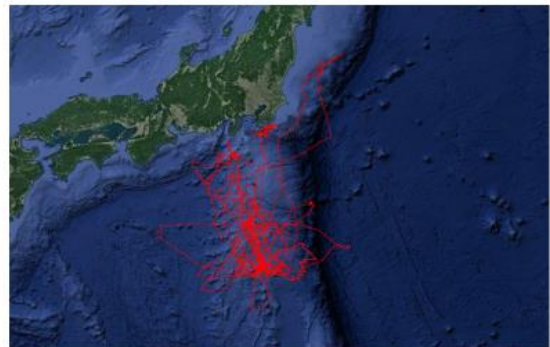


図4 鳥島繁殖クロアシアホウドリのGPS移動軌跡

魚の死体が写っていた。クロアシアホウドリの巣の周辺には延縄で使うような釣り針が落ちていた。鳥島のクロアシアホウドリでは底延縄船との何らかの関係が疑われた。

(4) 2016年のクロアシアホウドリ2個体のデータから、カメラロガーから得られた飛行・着水の画像とGPS位置からもとめた移動速度とを比べると、速度だけで着水を判定した場合、コアホウドリの結果とは異なり、誤判別の割合が2割程度あることがわかった。そのため、さらに首の加速度を使って、直立している状態が10秒以上続いた場合を着水とすると誤判別はほとんどなくなった。加速

度で飛行と着水を分けた上で、着水時に死んだイカと思われるものが写っている時には大きな加速度の変化 (-8~2G) が1~65回続けて見られたので、これが海面つばみと推定された。海面つばみが1回以上見られた着水を採食行動として分析したところ、採食の多くは日中に行われていることがわかった。

(5) ハワイのコアホウドリにおいて、日中の主たる餌は海表面に死んで浮いている大型のイカ *Tanigia danae*, *Onykia robusta* であった。単純なエネルギー要求量推定に基づいて計算したところ、こうした大型イカを食べることで1日の必要量をほぼ満たすことができると推定された。

イカとの遭遇場所は互いに22~890 km離れており、前後の移動軌跡はほぼ直線であることから、遭遇直前にイカを発見したものと推定された。これは、コアホウドリは直線的に飛行しながら機会的にイカを発見していることを示唆する。イカとの遭遇と漁船との遭遇が同じトリップで見られることはなく、また大型イカが餌として使われることもないので、



図5 クロアシアホウドリに装着したビデオカメラに映ったイカの死体。クロアシアホウドリがつづいている。

コアホウドリについては、漁船が投棄したイカを食っているとは考えられなかった。クジラとの遭遇はなかった。コアホウドリが食べていた大型のイカは産卵後の自然死亡個体ではないかと推察され、広範囲を飛行しながら、死んで浮いているイカを機会的に見つけているものと思われる。

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 Yonehara Y, Goto Y, Yoda K, Watanuki Y, Young LC, Weimerskirch H, Bost CA, Sato K. (2016) Flight paths of seabirds soaring over the ocean surface enable measurement of fine-scale wind speed and direction. Proc Natl Acad Sci 32:9039-9044
doi/10.1073/pnas.1523853113 査読あり

り

- ② Ochi D, Matsumoto K, Oka N, Deguchi T, Sato K, Sato TP, Muto F, Watanuki Y (2016) Dual foraging strategy and chick growth of streaked shearwater *Calonectris leucomelas* at two colonies in different oceanographic environments. Ornith Sci 15:213-225. 査読あり
- ③ Muramatsu K, Yamamoto J, Abe T, Nishizawa B, Hoshi N, Ohwada M, Watanuki Y, Sakurai Y (2016) A red-footed booby catching airborne squid. J Yamashina Inst Ornithol 47:1-6 査読あり

[学会発表] (計 4件)

- ① 西沢文吾・Lindsay Y・依田憲・南浩史・綿貫豊 コアホウドリの漁船追従：画像とGPSによる解析 バイオロギング研究会シンポジウム 2016. 12. 2 同志社大学・京都
- ② Nishizawa B, Sugawara T, Yonehara Y, Young L, Eric VanderWerf E, Yoda K, Watanuki Y Foraging behavior of Laysan albatrosses: feeding on floating dead squid during daytime 6th International Albatross and Petrel Conference. 21 Sep 2016, Barcelona, Oral
- ③ 塚本祥太・西沢文吾・佐藤文男・富田直樹・綿貫豊 加速度による繁殖期のクロアシアホウドリの夜間採食の検出 日本鳥学会大会 2016. 9. 17 札幌
- ④ Nishizawa B, Sugawara T, Yonehara Y, Young L, VanderWerf E, Yoda K, Watanuki Y 2015 Foraging behavior of Laysan albatrosses; feeding on floating dead squid in daytime. 2nd World Seabird Conference, 24-30 Oct, 2015, Cape Town. Poster.

[図書] (計 1件)

- ① 綿貫豊・高橋晃周 (2016) 海鳥のモニタリング法 生態学フィールド調査法シリーズ 占部城太郎・日浦勉・辻和希(編) 編共立出版, 東京 pp136 (1~136)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

綿貫豊 (WATANUKI Yutaka)

北海道大学・大学院水産科学研究院・教授
研究者番号：40192819

(2) 研究分担者

依田 憲 (YODA Ken)
名古屋大学・大学院環境学研究科・教授
研究者番号：10378606

南 浩史 (MINAMI Hiroshi)
国立研究開発法人・水産総合研究センター・国際水産資源研究所・グループ長
研究者番号：20371932

井上 裕紀子 (INOUE Yukiko)
国立研究開発法人・水産総合研究センター・国際水産資源研究所・任期付研究員
研究者番号：40747507

佐藤 文男 (SATO Fumio)
公益財団法人山階鳥類研究所・保全研究室・研究員
研究者番号：00099996

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

西沢 文吾 (NISHIZAWA Bungo)
北海道大学・大学院水産科学院・博士課程

Lindsay YOUNG
Pacific Rim Conservation, Vice
President