



1 アラスカ海域におけるアホウドリの分布，環境利用および保全について

Robert Suryan

米国オレゴン州立大学ハットフィールド海洋科学センター
魚類野生生物学科 准教授, シニア・リサーチ

Kathy Kuletz

米国魚類野生生物局渡り鳥管理部門, 海鳥コーディネーター

[翻訳・文責：出口智広 (山階鳥類研究所)]

北太平洋にはアホウドリ類が3種いるが、そのすべてがアラスカ沖の海域で採餌する。彼らの採餌域はおおむね重なっているが、選好する海域は分かれている。この数十年で、アホウドリ類は分布を北寄りに拡大しており、おそらく地球温暖化によって、より高緯度の海域や秋の遅い時期でも、採餌の機会が得られているのだろう。アホウドリ類にとって最も脅威となるのは延縄漁業だが、アラスカでは10年以上前から鳥脅しラインが利用されており、アラスカの漁業による混漁率は大幅に低下している。

1 はじめに

アホウドリ類は長距離飛行をおこなう鳥類としてよく知られており、海盆全体を横切ることもある¹⁾²⁾。アホウドリ類の飛行が注目に値するもう一つの点は、このような長距離飛行を非常に効率的な方法で実現していることにある³⁾。アホウドリ類がエネルギー消費を比較的強く抑えることで高い飛行効率を実現できるのは、滑空飛行に適し



図1 アリューシャン列島 (アラスカ州) における北太平洋の3種のアホウドリ類

(撮影：R. Suryan)

【関連する領域】

組織：北海道大学 (水産学部, 総合博物館), 環境省省野生生物課, 水産庁生態系保全室, 東京都環境局, アメリカ魚類野生生物局, アメリカ海洋大気庁, オレゴン州立大学
業界：保全生物学, 生態学, 行動学, 水産学, 遺伝学

学 科：生物
学 問：生物学, 水産学, 動物学, 環境学, 気象学, 海洋学
情報源：山階鳥類研究所HP, 環境省 アホウドリ ウェブサイト, U.S. Fish & Wildlife Service ECOS Short-tailed albatross ウェブサイト

た体型と、大型鳥類のダイナミックソアリングを可能とする風の有効利用にある^{4)~6)}。このような長距離移動の実現により、アホウドリ類は繁殖地から遠く離れた生産性の高い海域で採餌をおこなうことができる。

北太平洋には3種のアホウドリ類が生息している(図1)。アホウドリは最も体が大きい、商業捕獲により20世紀半ばにほぼ絶滅状態に陥ったため⁷⁾、個体数は最も少ない(2013年の繁殖番い数は約860)⁸⁾。クロアジアホウドリ(*P. nigripes*)は個体数が2番目に多く(2005年の繁殖番い数は約61,700)、コアホウドリ(*P. immutabilis*)は個体数が最も多い(2005年の繁殖番い数は約600,000)。

北太平洋のアホウドリ類は、他のアホウドリ類と比較すると、ハワイの沖合など貧栄養海域にある比較的低緯度の繁殖地と、大陸棚縁辺部にある生産性の高い採餌海域との間を長距離往復する特徴がある¹⁾⁹⁾¹⁰⁾。特にクロアジアホウドリとコアホウドリがこれに良く該当し、ハワイ諸島の繁殖地でヒナに給餌している時期は、10,000 km以上往復飛行してアラスカや北アメリカ西海岸の海域で採餌する¹⁾。アホウドリは繁殖期に太平洋西部の大陸棚縁辺部に沿って比較的近い採餌飛行をおこなう⁹⁾。

北太平洋の中で特にアラスカ沖の海域は、3種すべてのアホウドリ類にとって採餌が通年可能な重要海域である。発信器追跡したアホウドリは、アラスカ沖の海域で非繁殖期のほとんどの期間を過ごしていた¹¹⁾¹²⁾¹³⁾。南半球の島で現地の夏に繁殖し、北半球の夏にアラスカまで渡りをするハイロミズナギドリやハシボソミズナギドリ(それぞれ*Ardenna grisea*, *A. tenuirostris*)など¹⁵⁾、他の海鳥も非繁殖期にはアラスカ沖の生産性の高い海域で採餌する(Shuntov 1993)¹⁴⁾。このように、アラスカ沖の海域は41種・4,000万羽以上に達する海鳥を支えている¹⁶⁾。

アラスカ沖の生産性の高い海域は、過去に10,000羽から25,000羽以上の海鳥を死亡させ

た大規模漁業も支えている¹⁷⁾¹⁸⁾。アホウドリ類は、海面で得られる餌を利用する腐肉食であるため、漁業が引き起こす死亡事故に遭いやすい。アホウドリ類が最も危険にさらされるのは、延縄漁業の際に釣り針から餌を取ろうとする時である¹⁹⁾²⁰⁾。アホウドリ類は長生きで、繁殖速度が遅いため(最大で年1子)、このような事故による死亡は個体群に強く影響する²¹⁾。

ここ10年以上にわたり、研究者らは船舶による調査と個体への追跡装置を利用して、北太平洋におけるアホウドリ類の分布を利用環境、国境、漁業の視点から調べてきた。これまでの継続的な努力により、筆者らは採餌海域、渡り、および環境利用の種間の違いに関わる要因について新たな知見を得た。本稿では、これらの知見のいくつかを紹介する。

2 方法

(1) 調査海域

アラスカには、アホウドリ類が利用する主要な海域が三つある。それがベーリング海、アリューシャン列島、およびアラスカ湾である[図2(a)]。これらの海域は海洋環境としてはかなり異なる。ベーリング海には、広範囲の大陸棚と卓越した傾斜流があり、大陸棚縁辺部から斜面域に沿って生産性の高い海域がある²²⁾。対照的に、アリューシャン列島の大陸棚は非常に狭く、北と南の縁で反対方向に流れる主要な海流がある。そして、これら海流は、毎日の潮汐サイクルによって、島間の多数の海峡を通して方向を変えながら流れ込み、生産性の高い海域を継続的に生み出している²³⁾。一方、アラスカ湾の北側は、東に比較的狭い大陸棚があり、西にはたくさんの島がある広い大陸棚がある。沿岸の山脈から多く流入する淡水は東から西に流れ、島の地形や海底地形と相互作用して、アラスカ湾西部の生産性を高めている(Stabeno *et al.* 2016)²⁴⁾。また、ベーリング海峡の北側にある

北極海は第4の海域とよべる。2012年にはアホウドリが確認されているが、アホウドリ類の利用環境とはいえない。

(2) 船舶調査

筆者らは、North Pacific Pelagic Seabird Database v3 (www.absc.usgs.gov/research/NPPSD; 2006-2012; 図2)およびKuletzらの未発表データ(2013~2015年)から、10年にわたる船舶調査のライントランセクトデータを得た。すべての調査において、標準的な観察手法が用いられ、ストリップトランセクト法¹⁶⁾²⁵⁾に基づいて、観察者1名が船の片側90°、距離300 m以内に現れたすべての鳥を記録した。

調査中、筆者らは水面に浮いているか、活発に採餌しているアホウドリ類を絶えず記録した。一方、飛行中の個体は、船速に応じた一定の時間間隔(たとえば約1分に1回)で素早く確認して記録した(スナップショット法)²⁵⁾。鳥は最初に見た個体のみを記録し、船付きになった個体は無視した。調査方法の詳細については、Kuletz *et al.* (2014)²⁶⁾を参照。

(3) アホウドリの発信器追跡調査

アホウドリのデータは、14年間(2002~2015年)にわたって、繁殖期・非繁殖期に追跡した計99羽から得た。アホウドリは、主な繁殖地である鳥

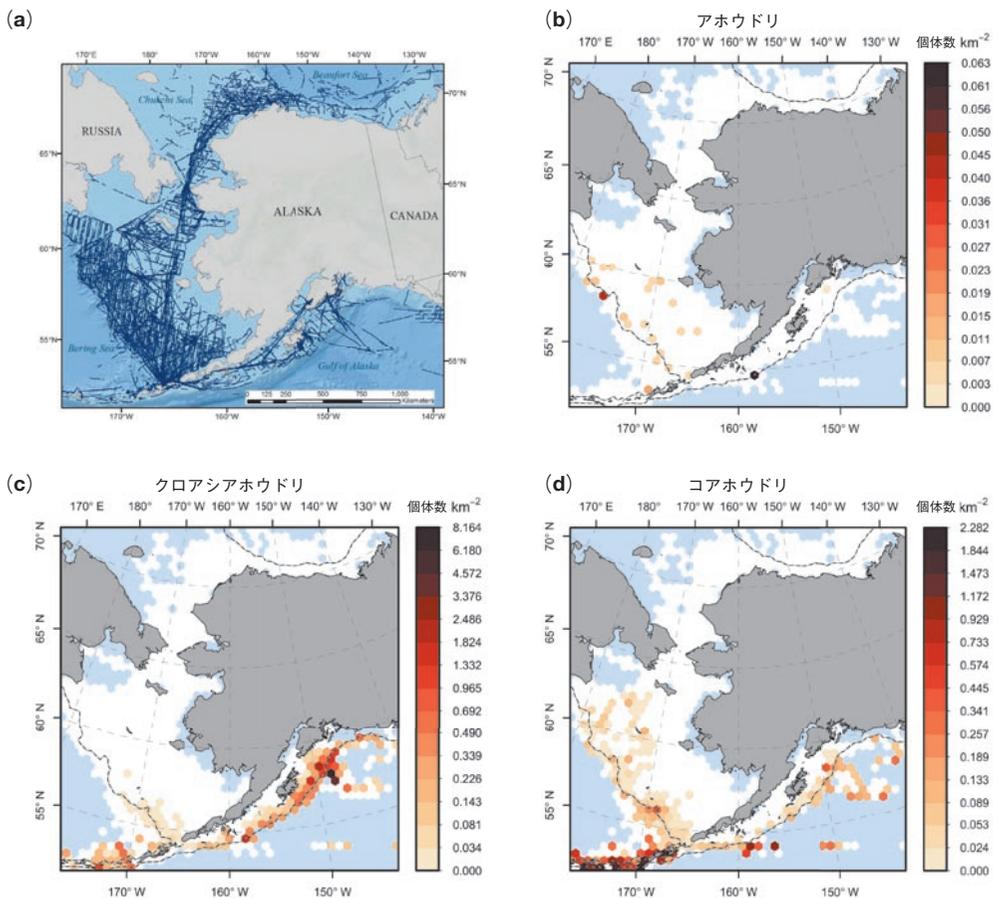


図2 2006~2015年に船舶で実施されたアラスカにおける北太平洋のアホウドリ3種の分布調査

30キロメートル以内の六角形セル内で密度を計算(個体数・km⁻²)。 (a) 調査ルート, (b) アホウドリ, (c) クロアシアホウドリ, (d) コアホウドリ

島で捕獲され、抱卵期(11~12月)、育雛期(1月~5月)、繁殖終了後(5月~9月)の期間に追跡をおこなった。さらに、アホウドリのヒナについても、巣立ち直前に発信器を装着することで、繁殖地を離れ、海上生活を始めた最初の年の行動と移動パターンを調べた²⁷⁾²⁸⁾。アホウドリ6羽については、アリューシャン列島付近の夏の餌場で発信器を装着し、非繁殖期の行動を追跡した²⁹⁾。使用した衛星発信器は重さ22~90g(体重の1~2%以下)で、「Tesa」という商標の粘着テープで背中羽毛に取り付けるか、あるいはハーネス(20羽)を用いて取り付けた。追跡期間は概ね1~6ヶ月であったが、最長では5年に達した⁹⁾²⁸⁾²⁹⁾³⁰⁾。2002年~2008年に用いたアルゴスシステムの衛星発信器(Toyocom社, Sirtrack社, Northstar社, Microwave Telemetry社製)は重さ30~90gで、60秒または90秒の測位間隔で6~20時間連続で作動し、4~24時間オフとなる設定とした。一方、2008年~2012年に巣立ち個体に装着したものは、ソーラーで充電されるGPSタイプ(重さ22g, Microwave Telemetry社製)である。GPSタイプは2~4時間間隔で1日に6回測位し、その位置情報はアルゴス衛星を介して3日ごとに送られた。

(4) データ処理/分析

船舶のストリップトランセクト調査では、筆者らはR言語³¹⁾で書かれたプログラムを使用し、3kmのトランセクトごとにアホウドリ類各種の密度(個体数 km^{-2})を計算した。データは北緯 64° より南側だけを使用し(これより北側ではアホウドリは見られなかったため)、各種の月ごとの平均密度を計算した。分布地図の作成では、アラスカ沖の海域でおこなわれたトランセクト調査を網羅するグリッドとして、30kmの六角形のセル内に含まれる3kmのトランセクトの平均密度を求めた。

衛星発信器の追跡データは、アルゴスシステムとGPSタイプでわずかに異なる方法を用いて処理したが、最終処理では統合した分布を地図化するためにデータセットを標準化した。アルゴスシ

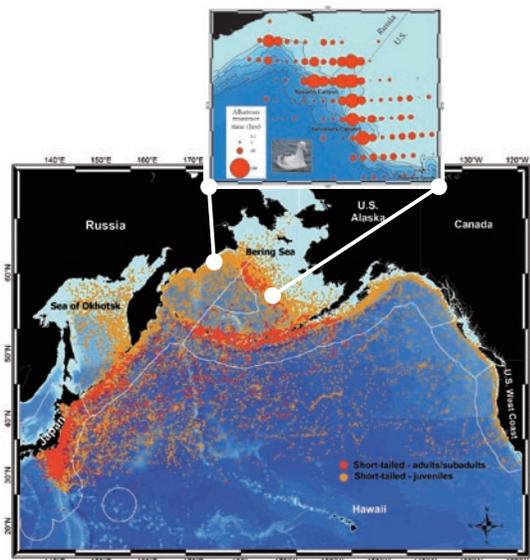


図3 2002~2003年, 2006年~2014年に追跡したアホウドリ99羽の位置をアルゴス衛星システムと全地球測位システム(GPS)で測位した結果

赤は成鳥・亜成鳥, オレンジは幼鳥を示す。

拡大図は、ベーリング海北部の主な海底谷における 0.5° のグリッド内のアホウドリの滞在時間を表す。

システムのデータは、Fischer *et al.* (2009)¹²⁾の論文で示されている標準的なフィルター基準と、Douglas Argos-Filter Algorithm³²⁾を用いて処理した。GPSタイプのデータは、メーカーのカスタムプログラムを用いて、重複と誤った場所を取り除く処理をおこなった後²⁴⁾、アルゴスシステムのデータでも用いた最速フィルター(80 km h^{-1} 未満を採用)で最終処理をおこなった。なお、実際の分布地図では、1時間間隔で追跡データを補間した。

3 結果

(1) 出現パターン

アホウドリは、アラスカの沖合、特にアリューシャン列島とベーリング海の海域に広く分布していた[図2(b), 図3]。アラスカ沖や北太平洋の

海域を広く分布する幼鳥と比べると、繁殖を終えたアホウドリの成鳥の分布域は限定されていた(図3)。アホウドリは、アリューシャン列島の沿岸近く、ベーリング海の中央部、アラスカ湾沿岸からやや離れた距離にある大陸棚斜面の外側において高密度に出現した。特に夏の終わりから秋には、ベーリング海の海底谷の縁に多かった[図2(b), 図3]。

クロアシアホウドリは、アラスカ湾で最も一般的な種であり[図2(c)], アリューシャン列島全域でも見られ、特に島々の間の海峡付近に多かった(Suryan, 私信)。クロアシアホウドリはアホウドリと同じく大陸棚斜面の沖合で高密度に出現する。

コアホウドリは、アリューシャン列島とベーリング海で最も一般的な種である[図2(d)]。彼らはアラスカ湾にも現れるが、クロアシアホウドリと比べると低密度である。アホウドリやクロアシアホウドリとは異なり、コアホウドリは大陸棚斜面の海域よりも、その外側の沖合に多く現れる。

(2) 出現時期

船舶調査では、コアホウドリの出現密度は早春に増加した後、11月にかけて減少した(図4)。一方、クロアシアホウドリは春に少なく、8月と9月に急増した(図4)。アホウドリは春から夏に

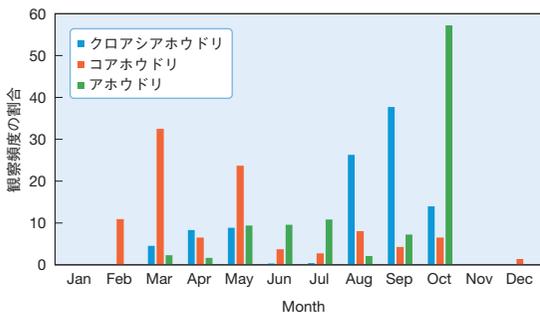


図4 船舶によるライトラセント調査時にカウントされたアホウドリ3種の月ごとの割合

データはアラスカ海域で2006年～2015年におこなわれた調査から得て、北緯64度以南のものを使用した。

かけて低密度だが、船舶調査(図4)からは10月に密度が急増すること、船舶および発信器調査からは秋に分布を北寄りにシフトすることがわかった。注目すべき点は、夏場にかかなりの調査努力を投じたにもかかわらず、6月と7月のコアホウドリとクロアシアホウドリの密度が非常に低かったことである。これら3種のアホウドリ類はすべて、アラスカ沖、特にアリューシャン列島付近の海域にほぼ通年現れた。

4 考察

(1) 分布と利用環境の関係

アホウドリ類3種の出現密度の季節的な変化や種間の違いをきちんと説明するには、空間・時間的なサンプリングバイアスが得られた結果に影響しているかを調べる必要がある。とはいえ、本調査で得られた結果は、種間で異なる利用環境の選好性や、高緯度海域の海洋構造や海面温度の季節変化³³⁾を反映しているといえるだろう。アラスカ海域において、コアホウドリが早い時期から現れ、高緯度にも分布することは、彼らが水温幅の広い海域で出現することを示唆している。一方、クロアシアホウドリは夏の終わりまでベーリング海に訪れることはなく、ベーリング海の中央部や高緯度海域に現れることはまれだった。アホウドリはやや北側に分布しているが、クロアシアホウドリと同じように、ベーリング海の密度がピークとなるのは水温が最も高くなる夏の終わりから秋にかけてであった。実際、ベーリング海南東部において海鳥の種数や個体数が増加するのは秋が一般的で、おそらく餌の得易さを反映していると思われる³⁴⁾。秋は、筆者らの発信器追跡データが示すように、アホウドリがベーリング海の高緯度海域において最も遠く広がる季節である。冬が近づくとつれて、アホウドリは南に移動し、ベーリング海南東部、アリューシャン列島、アラスカ湾で冬を過ごす個体もいる²⁸⁾。

アラスカの沿岸域で採餌する場合、風速を考慮すると、海底深度と深度勾配（つまり大陸棚と海底谷の縁）の重要性が、アホウドリ類3種の生息域モデルからは示されている³⁰⁾³⁵⁾³⁶⁾。一方、沖合域で採餌する場合、クロロフィル（植物プランクトンの生産指標）と海面水温の重要性がクロアシアホウドリとコアホウドリでは示されている³⁶⁾³⁷⁾³⁸⁾。コアホウドリはアホウドリとクロアシアホウドリと同じように大陸棚上で頻繁に採餌する一方、他2種と比べて大陸棚縁辺部より沖合でも頻繁に出現した。このことは、追跡個体の餌の安定同位体比と利用水深からも示されている²⁹⁾。

6月と7月の船舶調査で示されたコアホウドリとクロアシアホウドリの減少は、主要な採餌域または漁船の近くに集中分布するようになっていくこと、そして夏の換羽期にともなう行動の制約を示唆していると考えられた³⁹⁾⁴⁰⁾。上記の集中的な分布と換羽による飛行時間の短縮は、船舶調査時の遭遇確率の減少につながったに違いない。発信器追跡の調査でも、換羽がピークとなる7月と8月には3種すべてに行動の制約が見られた¹³⁾⁴¹⁾。実際、アリューシャン列島は、夏の換羽中にアホウドリ類3種が頻繁に利用する海域であり、中には半径100 kmの範囲内に数週間から1ヵ月以上も留まる個体もいた（Suryan 未発表）。

(2) 気候変動の影響

ベーリング海を含む北太平洋の極域は、現在の温暖化の傾向が継続すると予測されており、春の早い時期から大陸棚斜面の海域は利用可能となり、秋の遅い時期までその状態が続くようになるだろう⁴²⁾⁴³⁾。また、ベーリング海では、気候変動にともなって多くの餌生物が北寄りにシフトしており⁴⁴⁾、イカ類のようなアホウドリ類にとって大切な餌も、アラスカ海域が暖かくなればベーリング海西部と同じく豊富になるに違いない⁴⁵⁾。したがって、この40年の間にアホウドリ3種すべてが、水温の上昇にともなって分布の中心を北寄りに移動させたことは驚くべきことではない²⁶⁾。

さらに、ベーリング海の長期調査から、アホウドリのように海面で採餌する海鳥は、流水の後退が早い温暖年は大陸棚の沖合の比較的浅い海域に分布するが、流水の後退の遅い寒冷年はより深い海域に分布することがわかっている⁴⁶⁾。本研究で示したここ10年間の船舶調査でも、アホウドリ類3種は大陸棚の沖合に分布しているのは明らかだった[図2(b)~(d)]。これまで観察されたアホウドリの分布変化とともに、上で述べた温暖化の餌生物に及ぼす影響は、アホウドリ類3種すべてが、特に夏の終わりから秋にかけて、アラスカ北部の海域に高密度で長期間出現するようになることを示唆している。

(3) 混獲と保全

アラスカの延縄漁業では、ピーク時の1990年代において、年間2万羽以上の海鳥、そのうちアホウドリ類が1,000~2,000羽の死亡事故が発生しており、延縄漁業における海鳥の混獲死亡は高い関心を集めていた（図5）¹⁷⁾⁴⁷⁾。しかし、2002年には、Melvin *et al.* (2001)¹⁹⁾の研究の薦めにより、2本の鳥脅しラインを使う合意が延縄漁船の間で広く得られたことで、混獲死亡率が劇的に減少した（図5）。

アホウドリ類の混獲の大部分はアリューシャン列島で起こり、主な犠牲となっているのはコアホウドリである²⁰⁾。2番目に多いのは、アラスカ湾で混獲されるクロアシアホウドリであり²⁰⁾、アホウドリの混獲はベーリング海でごく稀に生じる⁴⁷⁾。この状況はすでに述べたアホウドリ類の分布や密度パターンと一致している。アホウドリの混獲のほとんどがベーリング海で認められているのは、アリューシャン列島で操業する漁船には、ベーリング海と比べてオブザーバーが少ないことも要因なのだろう⁴⁷⁾。とはいえ、ベーリング海北部の主要な海底谷の縁で操業する漁船は、混獲時期の大半を占める秋に⁴⁷⁾、アホウドリの大集団（130羽以上）を観察している³⁵⁾。

アラスカ海域のトロール漁業の混獲も懸念の一

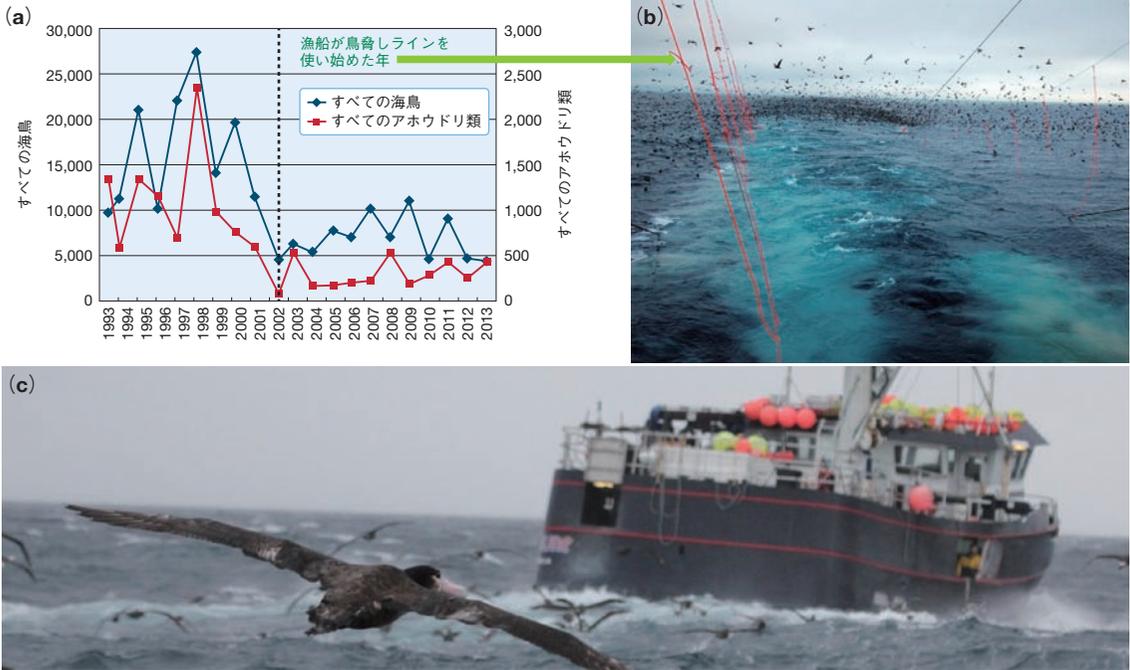


図5 (a) 漁船が鳥脅しラインを使い始める2002年前後のアラスカ海域の漁業における海鳥(青線)とアホウドリ(赤線)の混獲数¹⁷⁾⁴⁷⁾
 (b) ベーリング海において鳥脅しラインで漁具からの海鳥を守る様子(撮影: E. Melvin, Washington Sea Grant)。
 (c) アリューシャン諸島で漁船を追いかけるアホウドリ(撮影: R. Suryan)

つだが、解決策は存在するものの、延縄漁業のような定量化や緩和は容易ではない⁴⁸⁾⁴⁹⁾。幸いなことに、現在の混獲率はアホウドリの個体群成長を抑制するまでには至っていないが、他2種については、個体数がかかり多く、モニタリングが困難であることから、影響は定かではない。

可能性という別の視点で分布の情報が得られた⁵⁰⁾。まとめとして、北太平洋のアホウドリ類3種にとってアラスカの海域は、たとえ繁殖地から数千キロ離れていても、年間を通して重要な採餌環境を提供する大切な海洋生態系であることが改めて強調された。

5 結論

船舶と発信器追跡の調査から、アラスカにおけるアホウドリ類の分布について、相補的な知見が得られた。船舶調査からは、3種すべての出現環境の包括的な情報が得られ、発信器追跡の調査からは、アホウドリのように個体数の少ない種や、定期的な調査がおこなわれていない(たとえばアラスカの大陸棚)、あるいは季節や気象条件に制約のある海域の情報が得られた。また、漁船からのアホウドリ類の観察では、漁業との関係や混獲の

[謝辞]

船舶調査とデータ管理に携わったElizabeth Labunski氏と、長年にわたってデータを収集してきた多くのオペレーターに感謝する。船舶調査は、the North Pacific Research Boardおよびthe Bureau of Ocean Energy Managementからの資金助成を受け、U.S. Fish and Wildlife Serviceに支えられた。海上分布の地図は、Pole Star Ecological Research社のDan Cushing氏に作成いただいた。アホウドリの追跡データは山階鳥類研究所と協力して収集したものであり、尾崎清明氏、佐藤文男氏、出口智広氏、仲村昇氏に感謝する。また、この取り組み全般に貢献したP. Sievert氏とG. Balogh氏に感謝する。アホウドリの追跡調査はU.S. Fish and Wildlife Service、環境省、North Pacific Research Board、文部科学省、サントリー-世界愛鳥基金、朝日新聞社、三井物産環境基金などから資金助成を得た。

[文献]

- 1) Fernández, P., Anderson, D. J., Sievert, P. R. & Huyvaert, *Journal K. of P. Zoology* **254**, 391–404 (2001).
- 2) Croxall, J. P., Silk, D. J. R., Phillips, R. A., Afanasyev, V. & Briggs, *Science D. R.* **307**, 249–250 (2005).
- 3) Weimerskirch, H., Guionnet, T., Martin, J., Shaffer, S. A. & Costa, *Proceedings D. of, P. the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences* **267**, 1869–1874 (2000).
- 4) Rayleigh, S. J. W., *Nature* **40**, 34 (1889).
- 5) Pennycuik, *Philosophical C. Transactions, J. Biological Sciences* **300**, 75–106 (1982).
- 6) Sachs, G., Traugott, J., Nesterova, A. P., Dell’Omo, G., Kummeth, *et. F. al. PLoS ONE* **7**, e41449 (2012).
- 7) Hasegawa, H. & DeGange, *American A. Birds, R.* **36**, 806–814 (1982).
- 8) USFWS. Short-tailed albatross endangered species recovery plan, 5-year review. (U.S. Fish and Wildlife Service, Anchorage, 2014).
- 9) Suryan, R. M., Anderson, D. J., Shaffer, S. A., Roby, D. D., Tremblay, *et. Y. al. PLoS ONE* **3**, e4016. doi, 4010.1371/journal.pone.0004016 (2008).
- 10) Conners, M., Hazen, E., Costa, D. & Shaffer, *Movement, S. Ecology* **3**, 1–20 (2015).
- 11) Suryan, R. M., Dietrich, K. S., Melvin, E. F., Balogh, G. R., Sato, *et. F. al. Biological Conservation* **137**, 450–460 (2007).
- 12) Fischer, K. N., Suryan, R. M., Roby, D. D. & Balogh, *Biological G. Conservation, R.* **142**, 751–760 (2009).
- 13) Gutowsky, S., Gutowsky, L., Jonsen, I., Leonard, M., Naughton, *et. M. al. Movement Ecology* **2**, 23 (2014).
- 14) Shuntov, *Biological V. and, P. physical determinants of marine bird distribution in the Bering Sea.* pp.10–17. (Canadian Wildlife Service Special Publication, Victoria, B.C, 1993).
- 15) Shaffer, S. A., Tremblay, Y., Weimerskirch, H., Scott, D., Thompson, *et D. al, R. Proceedings of the National Academy of Sciences* **103**, 12799–12802 (2006).
- 16) USFWS. North Pacific pelagic seabird observer program observer's manual. (U.S. Fish and Wildlife Service, Migratory Bird Management, Anchorage, 2008).
- 17) Stehn, R. A., Rivera, K. S., Fitzgerald, S., & Wohl., K. D. *Incidental catch of seabirds by longline fisheries in Alaska.* pp.61–77 in Melvin, E. & Parrish, F. J. K., editors. *Seabird Bycatch, Trends, Roadblocks, and Solutions.* (University of Alaska Sea Grant, Fairbanks, 2001).
- 18) NMFS. Summary of seabird bycatch in Alaskan Groundfish fisheries, 1993–2004. (National Marine Fisheries Service, Seattle, 2006).
- 19) Melvin, E. F., Parrish, J. K., Dietrich, K. S. & Hamel, O. S. *Solutions to seabird bycatch in Alaska's demersal longline fisheries.* WSG-AS 01-01 (Washington Sea Grant Program, Seattle, 2001).
- 20) Dietrich, K. S., Parrish, J. K. & Melvin, E. F., *Biological Conservation* **142**, 2642–2656 (2009).
- 21) Weimerskirch, H., Capdeville, D. & Duhamel, G. *Polar Biology* **23**, 236–249 (2000).
- 22) Springer, A. M., McRoy, C. P. & Flint, M. V. *Fisheries Oceanography* **5**, 205–223 (1996).
- 23) Ladd, C., Jahncke, J., Hunt, G. L., Coyle, K. O. & Stabeno, P. J. *Fisheries Oceanography* **14**, 178–195 (2005).
- 24) Stabeno, P. J., Bell, S., Cheng, W., Danielson, S., Kachel, N. B. & Mordy, C. W. *Topical Studies in Oceanography* **132**, 24–40 (2016).
- 25) Gould, P. & Forsell, D. J. *Techniques for shipboard surveys of marine birds. U.S. Department of the Interior* (Fish and Wildlife Service, Washington, DC, 1989).
- 26) Kuletz, K. J., Renner, M., Labunski, E. A. & Hunt, G. Jr, L. *Deep-Sea Research Part II* **109**, 282–292 (2014).
- 27) Deguchi, T., Suryan, R. M., Ozaki, K., Jacobs, J. F., Sato, F. *et al. Oryx* **48**, 195–203 (2014).
- 28) Orben, R., O'Connor, A., Suryan, R., Ozaki, K., Sato, F. & Deguchi, T. *Endangered Species Research* **35**, 23–37 (2017).
- 29) Suryan, R. M. & Fischer, K. N. *Canadian Journal of Zoology* **88**, 299–305 (2010).
- 30) Suryan, R. M., Sato, F., Balogh, G. R., Hyrenbach, D. K., Sievert, P. R. & Ozaki, K. *Deep-Sea Research, Part II* **53**, 370–386 (2006).
- 31) R Core Team. *A language and environment for statistical computing.* (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013).
- 32) Douglas, D. C., Weinzierl, R., Davidson, S. C., Kays, R., Wikelski, M. & Bohrer, G. *Methods in Ecology and Evolution* **3**, 999–1007 (2012).
- 33) Hunt, J. G. L., Renner, M. & Kuletz, K. *Deep-Sea Research Part II* **109**, 266–281 (2014).
- 34) Suryan, R. M., Kuletz, K. J., Parker-Stetter, S. L., Ressler, P. H., Renner, M. *et al. Marine Ecology Progress Series* **549**, 199–215 (2016).
- 35) Piatt, J. F., Wetzel, J., Bell, K., DeGange, A. R., Balogh, G. *et al. Deep-Sea Research, Part II* **53**, 387–398 (2006).
- 36) Fischer, K. N. *Marine habitat use of black-footed and Laysan albatrosses during the post-breeding season and their spatial and temporal overlap with commercial fisheries.* (Oregon State University, Corvallis, 2008).
- 37) Hyrenbach, K. D., Fernández, P. & Anderson, D. J. *Marine Ecology Progress Series* **233**, 283–301 (2002).
- 38) Kappes, M. A., Shaffer, S. A., Tremblay, Y., Foley, D. G., Palacios, D. M. *et al. Progress in Oceanography* **86**, 246–260 (2010).
- 39) Edwards, A. *Journal of Avian Biology* **39**, 144–151 (2008).
- 40) Edwards, A. E., Fitzgerald, S. M., Parrish, J. K., Klavitter, J. L. & Romano, M. D. *PLoS ONE* **10**, e0133471 (2015).
- 41) Conners, M. G. *Comparative behavior, diet, and post-breeding strategies of two sympatric North Pacific albatross species (Phoebastria sp.). Ph.D.* (University of California,

Santa Cruz, 2015).

- 42) Overland, J. E., Wang, M. & Salo, S. *Tellus A* **60**, 589–597 (2008).
- 43) Stabeno, P. J., Farley E. Jr, V., Kachel, N. B., Moore, S. *et al. Deep-Sea Research Part II* **65–70**, 14–30 (2012).
- 44) Mueter, F. J. & Litzow, M. A. *Ecological Applications* **18**, 309–320 (2008).
- 45) Kang, Y. S., Kim, J. Y., Kim, H. G. & Park, J. H. *Fisheries Oceanography* **11**, 337–346 (2002).
- 46) Renner, M., Salo, S., Eisner, L. B., Ressler, P. H., Ladd, C. *et al. Biology Letters* **12** (2016).
- 47) Eich, A. M., Mabry, K. R., Wright, S. K. & Fitzgerald, S. M. *Seabird Bycatch and Mitigation Efforts in Alaska Fisheries Summary Report, 2007 through 2015*. pp. 47 (U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Memo, 2015).
- 48) Dietrich, K. S. & Melvin, E. F. *Alaska Trawl Fisheries, Potential Interactions with North Pacific Albatrosses. WSG-TR 07-01* (Washington Sea Grant, Seattle, WA. 2007).
- 49) Melvin, E. F., Dietrich, K. S., Fitzgerald, S. M. & Cardoso, T. *Polar Biology* (2010).
- 50) Melvin, E. F., Wainstein, M. D., Dietrich, K. S., Ames, K. L., Geernaert, T. O. & Conquest, L. L. (Washington Sea Grant Program, Project A/FP-7, WSG-AS-06-01, 2006).



Robert Suryan

米国オレゴン州立大学ハットフィールド海洋科学センター魚類野生生物学科 准教授, シニア・リサーチ

25年以上にわたり、海洋生態系プロセスと海鳥の採餌生態、繁殖、個体群動態の関わりを研究してきた。最先端エレクトロニクス技術および衛星リモートセンシングを利用し、海鳥の採餌、移動、潜水パターンの研究をおこなってきた。これらの成果は、海鳥と漁業の関係、海洋空間計画、その他の人と関わりのある資源との関係を扱う際に利用されている。アホウドリ回復チームの米国側のリーダーとして、アホウドリの海洋環境利用を14年にわたり研究してきた。学術論文を50本と学術書の章を2本執筆している。オレゴン州立大学で博士号、モスランディング海洋研究所で修士号、ハンボルト州立大学で学士号を取得。



Kathy Kuletz

米国魚類野生生物局渡り鳥管理部門、海鳥コーディネーター

1976年からアラスカの海鳥の生態と個体群動態を研究をする。2007年より、数年にわたる複数の学際的な生態系プロジェクトの一環として、アラスカ湾、ベーリング海、チュクチ海海域における海鳥の研究をリードする。学術論文を47本と学術書の章を1本執筆している。北極評議会の北極圏海鳥専門家グループとして活動。カリフォルニア工科大学サンルイスオビスポ校で学士号、カリフォルニア大学アーバイン校で修士号、ビクトリア大学で博士号を取得。