

ドローン固定翼機をもちいた有明海の絶滅危惧種スナメリと人為的活動の動的競合の可視化

森村成樹*、杉田 暁**、福井弘道**

*京都大学野生動物研究センター、**中部大学国際 GIS センター

1. はじめに

1992年リオデジャネイロで開催された国連環境開発会議において生物多様性条約 CBD が締結され、日本もこれに批准している。CBD では 2020 年までに自国の領海の 10%を海洋保護区にすることで合意しており、世界の海洋保護区の面積は急激に増加している。2017 年には国家が管轄する海面の 14.4%が保護区になり、目標は達成された。2020 年には 23.2%が海洋保護区になった。一方で、日本国内の海洋保護区は約 36.9 万 km² (領海及び排他的経済水域の 8.3%) と 2012 年と同水準に留まる。共同漁業権設定海域も保護区として含まれているため、海洋保護区の定義を見直す必要も指摘されている。国立公園であっても、埋め立て、海砂採取、水質悪化につながる開発が今日でもおこなわれている。また漁業権との不調和から、海洋保護区の設定そのものが難しく、比較的厳しい保護施策が求められる海中特別地区の設定はほとんど進んでいない。

一方でその基板技術となる海洋生物調査についても、陸生生物に比べて非常に広大な海域の資源量や海洋生物の実態を把握することは困難で、しばしば経済的コストも大きな制約となっている。水産資源保護法では、鯨類 4 種が保護の対象となっているが、このうちスナメリ (*Neophocaena asiaeorientalis sunameri*) のみが定住している。スナメリは、仙台湾、東京湾、伊勢湾、三河湾、瀬戸内海、有明海、橘湾、大村湾などの沿岸海域に生息していることが知られ、これらの海域では船やセスナ機を使用した目視調査がおよそ 10 年の間隔で実施されてきた。

近年、無人航空機 (以下、ドローン) が急速に普及し、低コストで広域な生物分布の把握が期待されている。本計画では、海洋保護の迅速な意志決定に役立てるため、有明海に生息するスナメリと人為的活動の分布から競合関係を動的に把握する、固定翼ドローンによるライントランセクト調査の手法的検討をおこなう。前回 2018 年 (IDEAS201818) は、固定翼機開発と回転翼ドローンによるスナメリの視認性について検討した (文献: 1)。今年度は、操作が比較的容易で、長距離の飛行が期待できる垂直離着陸 (VTOL) ドローンの開発と目視飛行による 10km 規模の長距離ラインセンサスを実施することを目的とした。得られた映像データから、スナメリと船舶の位置を計算し、両者の活動の競合状況をデジタルアース上に可視化する手法についても検討する。究極的には、各要素を統合した海洋での「生物多様性保全デジタルアース」を構築する。

2. 方法

対象地域: ライントランセクト調査は、安全性を優先して、有明海 (総面積 1700 km²) を横断する熊本 (宇城市大田尾) から島原 (南島原市深江町) までの約 10km とした。過去の調査では、有明海・橘湾で 2,000~3,000 頭のスナメリが生息しているとされる。

データサンプリング: VTOL ドローン (機体 makeflyeasy 社製 FighterVTOL) 1 機を購入し、組み上げ・飛行調整を外部に委託した。試験飛行を 2022 年 1 月より繰り返し、10km ライントランセクトを同年 3 月 30 日に実施した。なお翌年度 (4 月 6 日) には、大田尾-湯島間 15km の調査を実施した。

データ解析: 収集した静止画および動画から、スナメリ個体数および船舶数をカウントした。

3. 結果

3.1 VTOL ドローン開発

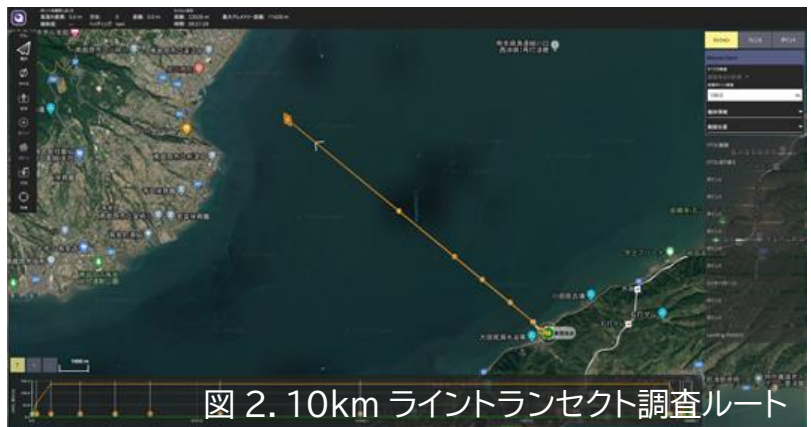
コロナ禍のために物流が滞るなどの様々なトラブルが発生したが、2022 年 1 月に機体は完成した (図 1)。翼幅 2430mm、全長 1450mm、最大離陸重量 11.5kg、推奨速度 17~20m/s である。回転翼、固定翼、自動帰還 (RTL) の 3 モードを中心に操縦し、飛行ルートをプログラムして自動飛行することも可能である。機体搭載カメラの伝送距離は 15km まで確認した。よって、飛行レンジは 700 km² となり、拠点 2 カ所の離発着場で

434 km²の海域（有明海全体の 25%）が調査可能となった。



3.2 10km ライントランセクト調査

VTOL ドローンによるスナメリ調査を実証するために、ライントランセクト調査を実施した。安全管理のため監視船がドローンを追跡し、10km 航路（図2）を 2km 間隔で旋回しながら 36.6km（38 分間）かけて完全自動で飛行した。その結果、スナメリ 53 個体、船舶 5 艘を確認することができた。参考だが、後日おこなった 15km 調査（図3）ではスナメリ 1 個体、船舶 27 艘を確認した（図4）。以上のデータにより、開発した VTOL 機は有明海における人間と野生動物の時空間的競合の動態を明らかにする十分な性能があることを確認した。

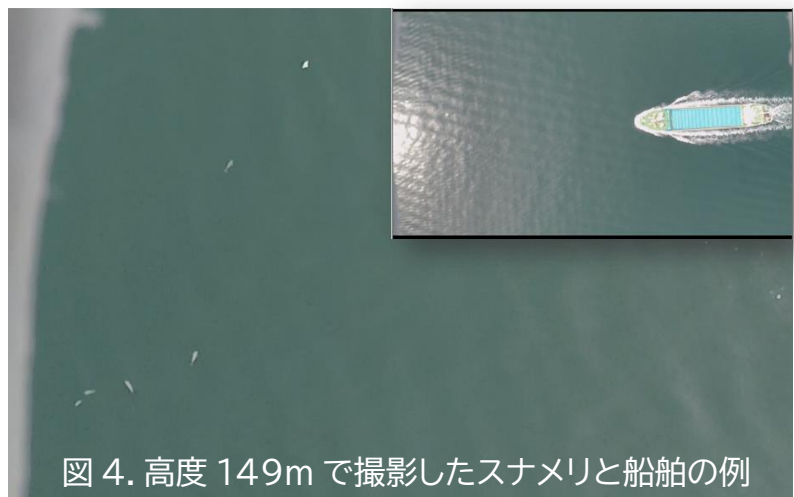


4. 考察

本申請の研究によって、有明海で広域にスナメリと人間活動を観察する調査体制が確立した。飛行許可などの課題はあるものの、時空間的競合の動態を可視化するまで後一步というところまで到達した。VTOL ドローンはバッテリー駆動のため、ランニングコストとしては充電費用のみである。今後、飛行を繰り返してデータを蓄積する。



ライントランセクト調査については、方法論的な改善がさらに必要である。かつてセスナ機で時速 150km、高度 150m を飛行して実施されていたスナメリ個体数推定調査は、VTOL ドローンに完全に置き換えることができる。加えて、高頻度を実施することができる。異なる方法で飛行して、推定される個体数を比較することで飛行法を最適化することができる。またスナメリに限らず、様々な海生動物についても、分布域や個体数推定をおこなうことが可能となった。本年



2月にはザトウクジラが、3月にはマッコウクジラが見つかっている。有明海は浅瀬が点在するために大型鯨類に適した環境ではないものの、海の豊かさを象徴する。VTOL ドローンで高頻度・広域の生息調査を継続すると、多様な鯨類がどのように有明海を利用しているのか、またストランディングの防止策も明らかにできると期待される。加えて、飛行レンジ700 km²は、国立公園全体をVTOL ドローン1機で管理する時代の到来を意味する。高精細カメラによって、森は木の一本一本を、海ではスナメリ一頭一頭を、国立公園のデジタル画像マップに正確に落とし込み、デジタル管理・保護することが可能である。

海生動物に加えて、海洋上の人間活動もVTOL ドローンによって可視化できる。調査の主要な海域では漁協からの理解も得られており、今後さらに地域との連携を広げる。その先には、地域漁業にも貢献する地域振興が、野生動物との共生に必須の課題となるだろう。たとえば、VTOL ドローンに分光カメラを搭載することで、海洋プランクトンの分布や濃度を推定できる。スナメリ・ライントラセクト調査と平行して、赤潮や海洋ゴミの分布・拡散の情報も収集することができる。こうした、スナメリ、船舶、海洋プランクトン、海洋ゴミなどの情報を一元的にまとめて可視化することが本申請の最終的な目的である。可視化された情報が人間行動に与える影響は大きい。「生物多様性保全デジタルアース」は、ステークホルダーの意思決定を支援しつつ改良の重ね、将来は地域経済の好循環を促し、物理的にも、経済的にも人間と野生動物が互いを必要とする共存の構造を支える情報基盤になる社会構造の構築を目指す。

本計画は、国連の定める持続可能な開発目標「2030 アジェンダ」のうち、特に海洋環境の保全（目標14）に貢献することを目標としている。なかでも、水産資源の持続的利用を推進し、多様な海洋生物と共存した水産資源の利用（14c、14.5）を図るため、藻場・干潟等の管理・回復等の推進、混獲回避のための技術向上、海洋保護区の適切な設定・管理への基礎技術開発および可視化によるその社会的実装と位置づける。国連統計部局のIAEG-SDGsによれば、14.5はTier I（概念が明確、かつ国際機関等による基準があり、定期的に発表しているもの）、14cはTier III（基準設定もされていないもの）に分類されている。これら指標の概念を明確化し、可視化と評価の仕組みを構築することは、デジタルアースでのSDGs関連指標の可視化と評価を目的とする貴拠点の目指すところとまさに合致するものである。

5. まとめ

国際連合が定めた2030年までに達成すべき地球規模課題の浸透によって、気候変動対策への取組みが各国で進んでいる。日本では、政府だけでなく民間からも再生可能エネルギーの新事業が次々と発表されて、化石燃料依存からの転換が進んでいる。森林保護・再生には、2019年に発効した森林環境税を原資とした事業が進む。海域では、生物多様性条約（1992年締結）にもとづいて、2020年に日本領海の23.2%が海洋保護区となった。なお課題があるものの、カーボン・トレード市場が形成され、排出権取引は国内でも浸透しつつある。2014年以降は、森に加えて、海に固定した二酸化炭素にもとづくブルーカーボン取引も始まった。活動が社会に浸透する一方で、地球規模課題のもうひとつの主軸である生物多様性保全については、取組みの歴史が長いにもかかわらず、人間活動との根深い軋轢によって現実的な枠組みは未成熟な議論にとどまる。気



図5. 概念図：有明海での知見を海外の保全活動に応用

候変動対策が着実に進んだ理由のひとつとして、化石燃料由来の二酸化炭素やメタンなどの炭素量を精密に測定する科学的手法が確立したことで、量の増減を客観的に評価できるようになり、行政機関が認証管理することで排出権としての経済価値が担保されたことがある。これに対して、生物多様性保全には数値化の基準がなく、個体数や種数の増減に対応して変動する十分信頼できる数的指標が存在しない。種数・個体数数連動指標の信頼性向上が喫緊の課題であり、現状を放置すると絶滅に瀕する主要な野生動物種が減んだ“空っぽ”の海や森が残ることになる。本申請は、衛星リモートセンシング技術に比肩するスケールで、スナメリと人間活動の有明海における時空間的分布を、高解像度かつ高頻度に可視化する技術を開発し、地域振興活動と協働することで人間と野生動物が共存する道を拓く。当面の目標は、海域約 2.6 万 ha で野生動物（おもに絶滅危惧種スナメリ）、人間活動（船舶や養殖筏）、海洋環境（プランクトン）について、広域を飛行できる垂直離着陸型（VTOL）ドローンを用いて空撮し、各活動の時空間的重複から動的競合を可視化する。こうした活動を通じて、個体数推定や種数推定の大幅な精度改善を目指す。有明海は、平安の代からつづく、豊かな自然文化に彩られた日本を代表する森里川海の景観で、雲仙天草国立公園や世界文化遺産「明治日本の産業革命遺産」に指定されている。国際的には、ユネスコ MAB (Man and the Biosphere) 計画にも比肩する価値があり、自然の恵みを守り、持続可能に利用する活動が期待される。一方で、1976 年から始まった西アフリカ・ギニア共和国の野生チンパンジー研究保護活動にも従事しており、胎生ガエルの固有種が生息するユネスコ世界自然遺産ニンバ山で長年調査してきた。「生物多様性保全デジタルアース」の成果として見込まれる有明海の里山・里海の生物多様性保全と地方創生とを統合は、将来的にはギニアの里山・里海保全へと横展開することで、海外絶滅危惧種のチンパンジーや固有両生類の保全と後発開発途上国であるギニアの貧困問題の解決にも貢献できる（図 5）。

6. 謝辞

本研究は中部大学問題複合体を対象とするデジタルアース共同利用・共同研究 IDEAS202119 の助成を受けたものです。

参考文献・データ

1. Morimura, N., & Mori, Y. (2019). Social responses of travelling finless porpoises to boat traffic risk in Misumi West Port, Ariake Sound, Japan. *Plos one*, 14(1), e0208754.