様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　７ 年　 ６ 月 ２４ 日現在

機関番号：１３２０１
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2022～2024
課題番号：２２Ｋ１２４５９

研究課題名（和文）衛星画像と環境DNAによる尖閣諸島魚釣島の野生化ヤギの影響の評価の試み

研究課題名（英文）Attempting to assess the impact of introduced goats on Uotsuri-jima Island in the Senkaku Islands using satellite imagery and environmental DNA

研究代表者
横畑　泰志（Yokohata, Yasushi）

富山大学・学術研究部理学系・教授

研究者番号：６０２２２３８７

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　1,300,000円

研究成果の概要（和文）：衛星画像の分析では、ISOデータ法によりヤギ放逐直後の1978年（航空写真）から2019年までは裸地面積の増加速度が増大傾向にあり、特に2018-19年には顕著な増加が見られたのに対して、2020年以降は減少に転じており、この時期の何らかの顕著な変化（例えばヤギの個体群崩壊）が示唆された。正規化植生指標（NDVI）による分析でも、2018年前後に一時的に裸地が減少していた。環境DNAの分析では、魚釣島での採水が政治的に難しいため、ヤギのいる慶良間諸島4島嶼（渡嘉敷島、座間味島、阿嘉島、慶留間島）の河口部の水と付近の海水を採取し、哺乳類ではヒト、イノシシ、ニホンジカ、ネコのDNAを検出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義
従来からヤギの影響による魚釣島の多くの固有種の絶滅が懸念されていたが、本研究により2018-2020年頃に何らかの状況の変化があったことが認められた。その実態は不明であるが、ISOデータ法で認められた2018-2019年の急速な裸地の増加を考慮すると、一つの可能性として、ヤギの個体群崩壊が起きたことが挙げられる。この問題はメディアで繰り返し扱われてきたが、今回認められた変化はこの問題の見方を大きく変える可能性があり、その学術・社会的意義は大きい（ただし、その扱いには社会的に一定の注意が必要である）。環境DNAによる研究は、魚釣島での採水は叶わなかったが、将来の布石として意味を持つものであろう。

研究成果の概要（英文）：In the analysis of satellite images, using a combination of the ISO (Iterative Self -Organization) Data method showed that the rate of increase in the bare land area in Uotsuri-Jima Island was increasing from 1978 (aerial photographs) immediately after the goat release to 2019, and that a particularly significant increase in bare area was observed from 2018 to 2019, whereas the bare land area started to decrease after 2020, suggesting that some significant change (e.g., goat population crash) occurred during this period. Analysis using NDVI also showed a temporal decrease in the bare area around 2018. In analyzing the environmental DNA, due to political difficulties in sampling from the Island, water samples were taken from river water near estuaries and nearby seawater of four islands of the Kerama Islands (Tokashiki-Jima, Zamami-Jima, Aka-Jima, and Geruma-Jima Islands) where goats are introduced, and mammalian eDNA such as humans, wild boars, sika deer, and cats were detected.

研究分野：動物生態学

キーワード：外来種　環境DNA　固有種　植生衰退　島嶼　野生化ヤギ　裸地　リモートセンシング

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１（共通）

１．研究開始当初の背景

尖閣諸島魚釣島では、哺乳綱・真無盲腸目のセンカクモグラ *Mogera uchidai*（環境省レッドリスト・絶滅危惧 IA 類）をはじめとする数多くの固有種が、1970 年代末に意図的に導入され数百頭に増加した野生化ヤギ *Capra hircus* による植生の衰退などの環境変化によって、絶滅の危機にさらされている。しかし、日本と中国の間の領有権認識に関する見解の相違により、この地域の学術的研究、特に島嶼への上陸を必要とする研究は極めて実行が難しい。

２．研究の目的

本研究は衛星画像などを用いたリモートセンシングの手法（以下の A）と、環境 DNA による生物相の把握の技術（以下の B）によって、政治的に上陸の困難な魚釣島の生態系の現状を把握しようと試みるものであった。

３．研究の方法

A. 衛星画像を用いたリモートセンシングの手法による魚釣島の植生の現状の把握

人工衛星画像から魚釣島の植生、特にヤギの食害による裸地の増減を把握する手法として、ISO（Iterative Self-Organization）データ法による分析と、正規化植生指数（NDVI）による分析を行った。前者は衛星に搭載された複数のセンサからのデータによるピクセル画像をクラスター分析によって任意の数の段階に区分し、生成されたいくつかの分析画像を各種情報と照合して適切な段階数を決定するものである。後者は衛星画像のピクセルごとに数式、

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

（NIR：近赤外バンドの反射率、Red：赤色バンドの反射率）

によって NDVI 値を求め、画像ごとに閾値を定めて裸地と有植生地を区別するものである。これらの手法には一長一短があり、上陸調査のできない現状から、複数の手法による情報の補完を期待して両方の手法を用い、魚釣島の植生の状況について時系列的に分析を行った。1975 年のデータは航空写真（国土地理院）、それ以降のデータは IKONOS（2000 年）、Quickbird（2006 年）、PlanetScope（2018 年以降）の各高解像度人工衛星の画像を用いている。

B. 環境 DNA による生物相の実態把握の試み

尖閣諸島を取り巻く国際情勢に改善が見られないことから、本研究計画で想定していた魚釣島の小規模河川水および周辺海水の採取に基づく環境 DNA 分析を諦め、生物相はかなり異なるものの魚釣島と比較的自然環境が類似し、人為的にヤギが導入されている慶良間諸島 4 島嶼（渡嘉敷島、座間味島、阿嘉島、慶留間島）での採水（河口部の河川水と付近の海水）を 2024 年 9 月 24 日～26 日に行った。分析は（株）生物技研（神奈川県相模原市）に依頼し、GF/A フィルター（Whatman/1.6 μm）およびステリベクス（メルクミリポア/0.22 μm）を用いて試験水をろ過し、環境 DNA が含まれる細胞片等を濃縮し、Miya et al.（2016）の手法を参考に分析を行った。

４．研究成果

A. 衛星画像を用いたリモートセンシングの手法による魚釣島の植生の現状の把握

ISO データ法による分析結果と NDVI による分析結果の共通点として、以下の 2 点が挙げられた。

１）ヤギ放逐直後の 1978 年（航空写真）から 2019 年までは裸地面積の増加速度が増大傾向にあり、ISO データ法では 2018～2019 年に 3.0%／年、NDVI による手法では 2022～2023 年に 1.0%／年の最大の裸地率の増加が見られた（図 1、2）。これは近年の気候変動に伴う台風の影響の増加により樹木の倒伏が増加し、その後の回復がヤギの影響で阻まれ、裸地が形成されることによると考えられる。

２）一方、それまで増加の一途を辿っており、近年さらに増加していた魚釣島の裸地面積の増加速度に停滞、あるいは減少が見られた（図 1、2）。ISO データ法による分析では 2020 年（図 1）、NDVI を用いた分析では 2018 年以降に裸地率の低下が認められる。上陸による調査が不可能な現状では、その実態は不明であるが、ISO データ法で認められた 2018～2019 年の急速な裸地の増加を考慮すると、一つの可能性として、ヤギの個体群崩壊が起きたことが挙げられる。

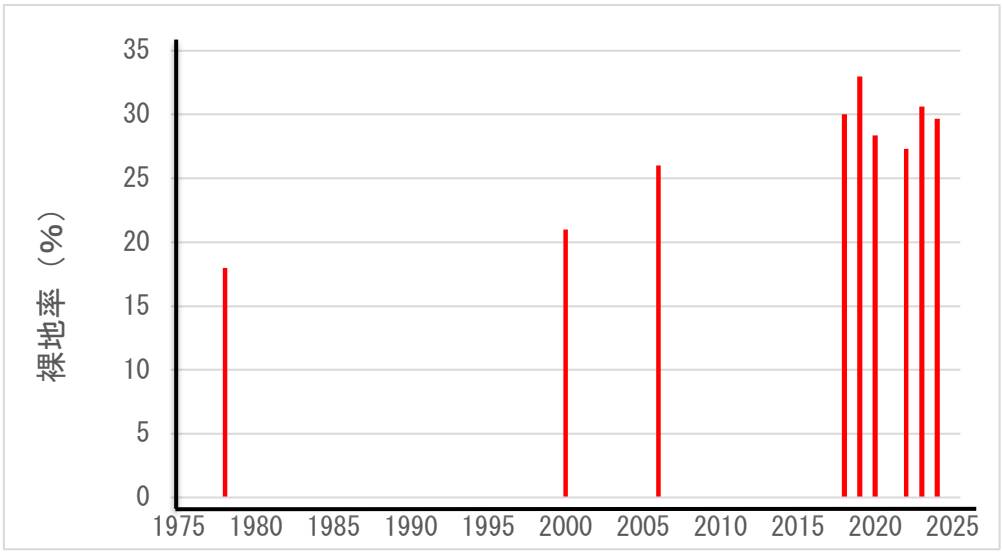

図 1. ISO データ法による魚釣島の裸地率の変化

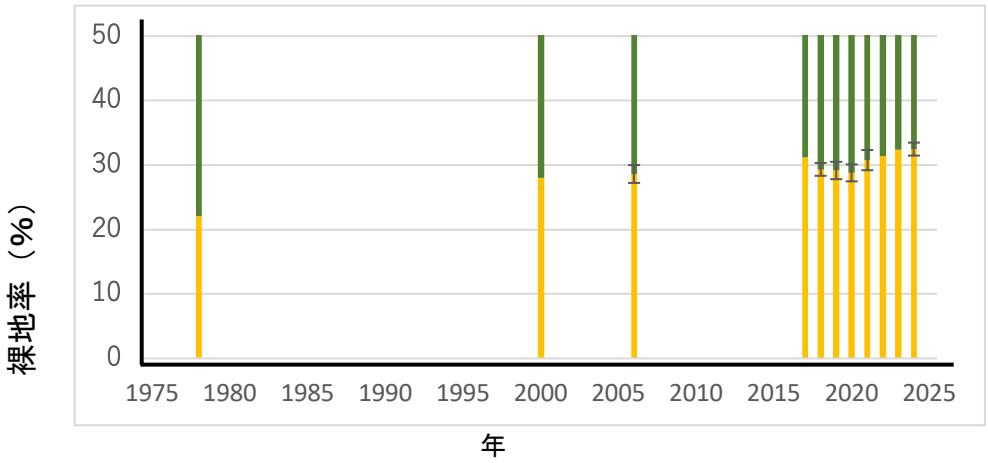

図 2. NDVI を用いた分析による魚釣島の裸地率の変化（黄：裸地；緑：有植生地）

センカクモグラなど多くの固有種に対する野生化ヤギの影響は、極めて甚大なレベルに達していると推測されるが、衛星画像による観測では、樹冠部に遮られて林床部分の現状は不明である。今後 LiDAR 衛星による縦断的な林内植生の現状の解析や、可能であればドローン撮影による林床部の直接観察などにより、島全体における草本類の現状について調査する必要がある。

B. 環境 DNA による生物相の実態把握の試み

いずれも哺乳類固有種の近縁種（真無盲腸類と齧歯類）およびヤギの DNA の検出はなく、相同性の高い哺乳類（BLAST 検索 10 位まで）として、ヒト *Homo sapiens*(慶留間島・淡水以外すべて)、イノシシ *Sus scrofa*（渡嘉敷島、淡水および慶留間島・海水)、ニホンジカ *Cervus nippon*（阿嘉島・海水)、ノネコ *Felis catus*（渡嘉敷島・淡水)が確認された。哺乳類以外の陸生動物としては、ニワトリ *Gallus gallus*、ハシブトガラス *Corvus macrorhynchos*、アシナガキアリ *Anoplolepis gracilipes*、アヤトビムシ科の一種 *Dicyrtoma atra*、オオゴマダラ *Idea leuconoe*、オオシワアリ *Tetramorium bicarinatum*、ゴキブリ科の一種 *Periplaneta australasiae*、タマバエ科の一種 Cecidomyiidae gen. sp. ツヤオオズアリ *Pheidole megacephala*、トビイロケアリ Formicidae gen. sp.、ハラボソトンボ *Orthetrum sabina*、ヒメマルカツオブシムシ *Anthrenus verbasci*、フジカマアシムシ属の一種 *Cyclopoida* sp.、ベニマダラ *Hildenbrandia rubra*、タテジマコシビロダンゴムシ *Spherillo russoi*、ウスカワマイマイ *Acusta despecta*、アズマフトミミズ属の一種 *Amynthas morrisi*、シバミミズ *A. asacceus*、ナンベイミミズ科の一種 *Pontoscolex corethrurus* が見られたが、今後固有種との近縁性などについて詳細に検討する必要がある。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計0件

〔学会発表〕　計4件（うち招待講演　0件／うち国際学会　0件）

１．発表者名 吉村一倫・金子正美・星野仏方・横畑泰志
２．発表標題 高解像度衛星画像に基づく尖閣諸島魚釣島の2000～2019年の裸地面積の変遷
３．学会等名 日本哺乳類学会2022年度大会
４．発表年 2022年

１．発表者名 横畑泰志・吉村暢彦、星野仏方、フルカワ・フラビオ・金子正美
２．発表標題 高解像度衛星画像に基づく尖閣諸島魚釣島の2000～2019年の裸地面積の変遷
３．学会等名 日本哺乳類学会2023年度大会
４．発表年 2023年

１．発表者名 横山寛明・吉村暢彦・佐藤行人・鶴井香織・横畑泰志
２．発表標題 魚釣島の正規化植生指数（NDVI）による植生変化の追跡と環境DNAによる固有種生息状況把握に向けてのモデル島嶼での採水調査
３．学会等名 日本哺乳類学会2024年度大会
４．発表年 2024年

１．発表者名 横畑泰志・横山寛明・吉村暢彦
２．発表標題 希望か絶望か，尖閣諸島魚釣島の裸地面積増加が止まった？
３．学会等名 日本哺乳類学会2025年度大会
４．発表年 2025年

〔図書〕　計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

2023年度版読売新聞（西日本版）で「魚釣島の３割「裸地」　食害18-19年に急拡大」として6段にわたり掲載された。

６．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究分担者	金子　正美 (Kaneko Masami) (00347767)	酪農学園大学・農食環境学群・教授 (30109)	
研究分担者	吉村　暢彦 (Yoshimura Nobuhiko) (90973602)	酪農学園大学・農食環境学群・講師 (30109)	
研究分担者	佐藤　行人 (Sato Ikuto) (20566418)	琉球大学・医学部・講師 (18001)	

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究協力者	鶴井　香織 (Tsurui Kaori)	琉球大学・農学部・准教授	

７．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕　計0件

８．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関