課題番号：4-2201

研究課題名：小笠原諸島における植物ー昆虫相互作用網の保全に向けた情報基盤の確立と情報取得技術の開発

研究代表者名：川北　篤（東京大学）

体系的番号：JPMEERF20224001
重点課題：生物多様性の保全に資する科学的知見の充実や対策手法の技術開発に向けた研究
行政ニーズ：非該当
研究実施期間：2022年度~2024年度

【研究体制】
サブテーマ1：川北篤、望月昂、武田和也（東京大学）
サブテーマ2：広渡俊哉、屋宜禎央、松井悠樹（九州大学）
サブテーマ3：大島一正、瑤寺裕（京都府立大学）、和智仲是（琉球大学）

1. 研究背景、研究開発目的及び研究目標

【研究背景】
　小笠原諸島の絶滅危惧植物が野外でどのような動物に受粉されているかはほとんど分かっておらず、送粉者の解明は小笠原諸島の植物保全における急務の課題である。小笠原諸島では、グリーンアノールの捕食により多くの昼行性の昆虫が減少したが、夜行性のガ類は比較的健全に保たれており、その中には固有植物の重要な送粉者であると考えられる種も含まれる。小笠原諸島の植物ー昆虫相互作用を網羅的に解明し、その健全性を評価することが、小笠原諸島の生態系の保全において重要である。

【研究開発目的】
・送粉者を効率的に発見する自動観測技術の開発と小笠原諸島の固有植物の送粉者の解明
・小笠原諸島に在来の鱗翅目昆虫の多様性の解明と分類・生態情報の整備
・ゲノム解析に基づく、小笠原諸島における植物ー昆虫相互作用の健全性の評価

【研究目標】
　希少野生植物の送粉者を特定する自動撮影技術を開発するとともに、小笠原諸島における植物ー昆虫相互作用網の保全に向けた情報基盤を確立する。また、絶滅リスクの評価等に基づき、希少昆虫を保全するための政策提言を行う。

2. 研究目標の進捗状況
（1）進捗状況に対する自己評価（サブテーマ1）

サブテーマ1：送粉者自動撮影技術の開発と固有植物の送粉者の解明

【サブテーマ1の研究目標】
送粉者を効率的に発見する自動観測技術を開発し、小笠原諸島における国内希少種を含む35種の固有植物の送粉者を解明する。得られた結果をもとに、希少植物の送粉者を保全するための政策提言を行う。

【令和4年度研究計画】
自動撮影装置を確立する。年4回の現地調査により、対象種の約1/2の送粉者を明らかにする。
【令和5年度研究計画】
前年度に引き続き年4回の現地調査を行い、残りの約1/2の種の送粉者を明らかにする。
【令和6年度研究計画】
前年度までの調査でデータが不十分な種の調査を行う。結果をもとに政策提言を行う。

【自己評価】計画以上の進展がある

2. 研究目標の進捗状況
（2）自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し
（サブテーマ1：自動撮影装置の開発）

【具体的な理由・根拠】

ラズベリーパイとカメラモジュール、赤外線ライトを組み合わせた装置により、**1台1万円未満で製作でき、低電力消費の連続動画撮影装置を確立した**。また、操作が簡易なタブレットのインターフェースを構築し、**誰もが簡単に使用できるシステムとした**。当初想定していたシステムよりはるかに豊富なデータが得られ、組み合わせる機器を変えることでさまざまな機能を付加できる。

【目標達成の見通し】

目標は達成したため、遠隔操作や望遠撮影などの装置の多機能化を図っており、実装に向けた準備を進めている。

2. 研究目標の進捗状況
（2）自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し
（サブテーマ1：固有植物の送粉者の解明）

【具体的な理由・根拠】
　確立した自動撮影装置と直接観察により、固有植物の訪花者を観察し、在来の送粉者と考えられる種を特定した。いくつかの固有植物はガ類に送粉され、小笠原諸島におけるガ類の重要性が際立った。とりわけ**イチモンジホウジャクは、多くの絶滅危惧植物の重要な送粉者だと考えられ、小笠原諸島の生態系で重要な役割を担っている**ことを明らかにした。

【目標達成の見通し】
　初年度は自動撮影装置の開発に注力したため送粉者を明らかにできた植物種数は少なかったが、装置の確立以降は順調に送粉者が明らかになっており、研究期間中に目標が達成できると見込んでいる。

2. 研究目標の進捗状況
（1）進捗状況に対する自己評価（サブテーマ2）

サブテーマ2：鱗翅目昆虫相の網羅的解明と生態データベースの整備

【サブテーマ2の研究目標】
得られた鱗翅目のすべてを同定し、小笠原諸島の鱗翅目昆虫の目録と生態データベースを整備する。多くの未記載種が含まれると考えられる潜葉性ガ類については、小笠原に在来の全植物種（280種）で探索を行い、適応放散の実態を明らかにするとともに、未記載種については新種として記載する。

【令和4年度研究計画】
年4回の現地調査で鱗翅目昆虫を採集する。文献記録のある鱗翅目昆虫をリストアップする。
【令和5年度研究計画】
前年度と調査時期をずらして年4回の現地調査を行い、分類学的研究を進める。
【令和6年度研究計画】
前年度までに調査が不十分な種の調査を行う。目録とデータベース作成、新種記載を行う。

【自己評価】計画以上の大きな進展がある

2. 研究目標の進捗状況
（2）自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し
（サブテーマ2）

【具体的な理由・根拠】
　当初の予想を大きく上回る数の**未記載種（小笠原固有種を含む）**と小笠原諸島未記録種を含む多くの小蛾類の生息を確認した。文献記録のある鱗翅目昆虫のリストアップがほぼ完成し、小笠原諸島の鱗翅目昆虫の総種数が大幅に増加した。

【目標達成の見通し】
　今後の調査で未記載種、固有種の数はさらに増えると期待される。潜葉性種はほぼすべて、腐食性種も約半数は幼虫食性を確認できており、生態データベースのためのデータ収集ができている。

2. 研究目標の進捗状況
（1）進捗状況に対する自己評価（サブテーマ3）

サブテーマ3：ゲノム情報を用いた希少昆虫の絶滅リスク評価と進化史の解明

【サブテーマ3の研究目標】
サブテーマ1および2で明らかになった小笠原諸島で重要な植食性昆虫種について、ゲノム情報を用いて小笠原諸島内での集団構造、有効集団サイズ、近交係数の推定等を行い、実験室内での近親交配実験の結果と合わせ、個々の種に対する絶滅リスクを定量化する。

【令和4年度研究計画】
潜葉性種を対象に集団構造の把握と絶滅リスクの定量化を行う。遺伝子解析手法を確立する。
【令和5年度研究計画】
サブテーマ1および2で見出された昆虫種について集団遺伝学的解析を行う。近親交配実験ともとに絶滅リスクの定量化を行う。
【令和6年度研究計画】
集団遺伝学的解析と飼育実験による絶滅リスクの評価を引き続き行うとともに、小笠原諸島の昆虫相の形成史を推定する。

【自己評価】計画以上の大きな進展がある

2. 研究目標の進捗状況

（2）自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し

（サブテーマ3：植食性昆虫種の進化史、集団構造解析）

【具体的な理由・根拠】

小笠原に固有のホソガ科蛾類のうち一部の種の近縁種の特定に成功した。遺伝的分化の程度から**小笠原固有種の多くは本土から北・中琉球に分布する種から派生したことを明らかにし、小笠原へのおおよその進出年代を推定した**。また、小笠原諸島の中でも、**父島列島と母島列島間で各固有種が比較的大きな遺伝的分化**を遂げていることを明らかにした。また、GRAS-Di法を用いたゲノム解析手法を確立した。

【目標達成の見通し】

ホソガ科蛾類で順調に結果が得られており、サブテーマ1や2で明らかになった送粉昆虫種や希少植物を寄主とする植食性種についても目標とする結果が十分に期待できる。

2. 研究目標の進捗状況
（2）自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し
（サブテーマ3：室内近親交配実験）

【具体的な理由・根拠】

テリハハマボウを寄主とするホソガを用い、**当初2年目から予定していた室内交配実験を前倒しして行い、実験室内における交配と採卵に成功した**。ミストを用いた挿し木法により、すでに実験に十分な数の寄主植物も確保した。予備的な近親交配実験からF2世代で近親交配の影響が現れたため、**この種では集団サイズの減少は生じていない**と予想される。飼育技術とゲノム解析手法が確立したことで小笠原固有種の集団サイズの推定という野心的な課題の実現に大きく近づいた。

【目標達成の見通し】

当初の予定より前倒しして結果が得られており、目標の達成が十分に期待できる。

3. 研究成果のアウトカム（環境政策等への貢献）

【行政等が活用することが見込まれる成果】

（1）自動撮影装置の環境研究における活用

本研究で開発した自動撮影装置は低コストで操作が容易であり、送粉者の観察に限らない幅広い用途に用いることができる。特に、既存のモーションセンサーカメラ等では検知が難しい昆虫などの小型動物の生態解明などの環境研究において活用が見込まれる。

（2）キーストーン送粉者の保護による生態系保全

本研究からイチモンジホウジャクが小笠原諸島の多くの絶滅危惧植物の重要な送粉者であると考えられるため、食草であるオオシラタマカズラなどのアカネ科植物の生育環境改善を含めたイチモンジホウジャクの保全を環境政策に取り入れることが見込まれる。

（3）独自の進化の解明による世界遺産価値の向上

小笠原諸島ではガ媒の花が多く、夜間でも目立つ白色の花をつける植物が他地域と比べて顕著に多い。また、固有のホソガ科昆虫には、他地域では見られない翅の模様や潜葉習性をもつもの見つかっている。これらの独自の生物進化の解明により、世界遺産価値の向上への貢献が見込まれる。

3. 研究成果のアウトカム（環境政策等への貢献）

【行政等が活用することが見込まれる成果】　（前ページからの続き）

（4）ミストを用いた挿し木法の活用
　採取した枝をバーミキュライトが入ったポットに挿し、市販のミストホースでミストをかけるだけの簡易な方法で挿し木の成功率を高めることができる。小笠原諸島に限らず、国内の希少な木本植物を域外保存する際に有用であると考えられる。

（5）小笠原諸島の生物の普及啓蒙への貢献
　本研究により、小笠原諸島の植物や昆虫の生態に関する多くの新しい知見が得られており、これらは小笠原諸島の生物の普及啓蒙や観光産業への貢献が期待できる。

【行政等が既に活用した成果】
特に記載すべきことはない。

4. 研究成果の発表状況

【誌上発表（査読あり）：1件（投稿中）】
1)　S. YAGI, J. OKU and T. HIROWATARI: Nota Lepidopterologica（投稿中）（IF：0.80）
A new Hibiscus-feeding species of *Bucculatrix* (Bucculatricidae) from Ogasawara Islands, Japan.

【口頭発表（学会等）：3件】
1)　川北篤：九州・沖縄昆虫研究会・日本鱗翅学会九州支部合同大会（2022）小笠原諸島における植物–昆虫相互作用の解明
2)　広渡俊哉：日本鱗翅学会第68回大会シンポジウム（2022）小蛾類の多様性研究—最近のトピック（小笠原諸島の小蛾類の多様性をトピックとして紹介）
3)　屋宜禎央：日本鱗翅学会第68回小集会（2022）日本産ハモグリガ科*Lyonetia*属の最近の新知見（小笠原諸島で発見された未記載種を紹介）

【国民との科学・技術対話：3件】
1)　一般公開講演会「小笠原諸島の植物–昆虫相互作用について」（主催：小笠原野生生物研究会、2022年8月28日、小笠原世界遺産センター）
2)　おがさわら丸での船内レクチャー「小笠原諸島における昆虫と植物の関係：葉に潜り込む昆虫を例に」（主催：一般社団法人小笠原ホエールウォッチング協会、2023年3月14日、おがさわら丸船内レストラン）
3)　一般公開講演会「葉の中の知られざる多様性：幼虫が葉に潜って育つホソガ科の昆虫は小笠原に何種いるのか？」（主催：環境省小笠原自然保護官事務所、2023年3月21日、小笠原世界遺産センター）

5. 研究の効率性

【研究経費の効率的な運用】
　サブテーマ1では自動撮影装置の開発がその後の成果を左右すると考え、初年度に装置の確立に注力し、3年間の調査に必要な装置のほとんどを初年度に整備した。他のサブテーマでも研究手法の開発や研究基盤の整備を初年度に優先して行い、ポスドクの雇用を初年度の後半、または2年度目からとすることで研究経費の効率的な運用を図った。

【研究体制の強化】
　いずれのサブテーマとも、各研究分野に精通したポスドクを1名ずつ雇用し、さらに大学院生や学外の研究協力者を積極的に研究グループに加えることで研究体制を強化し、これまでに18名の研究者が現地の野外調査に参加した。当初の予想を上回る成果が得られているのは、少しずつ専門が異なる研究者を積極的に野外調査に参画させたことによるところが大きい。

【年次計画の前倒しして実施】
　鱗翅目昆虫の調査では当初の予想を上回るペースで成果が得られたため、計画を前倒しして生態データベース構築のための食性データの整備や、室内近親交配実験のための飼育法の確立などを進めた。これにより、高い目標の実現に大きく近づくことができている。