

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：23303

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K07569

研究課題名（和文）半空洞化した森の大型種子を散布する小型サイチョウ類の生態系機能の解明

研究課題名（英文）Ecosystem function of Oriental-pied hornbills as seed dispersers for large-seeded plants in a half-empty forest

研究代表者

北村 俊平 (Kitamura, Shumpei)

石川県立大学・生物資源環境学部・准教授

研究者番号：60549674

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,800,000円

研究成果の概要（和文）：タイのカオヤイ国立公園に生息する4種のサイチョウ類を対象として、大型種の種子散布者としての生態系機能を人為的攪乱の影響を受けにくい小型種キタカササギサイチョウの代替可能性について検討した。群集レベルの調査（のべ果実種数と主要樹種での食性重複度）では、小型種が大型種の種子散布者としての生態系機能を代替することが可能であると考えられた。一方、樹種レベル（大型種子をもつ *Aglaia spectabilis* と *Canarium euphyllum* における有効性）では、小型種のみでは、種子の持ち去り量や種子散布距離が大幅に減少し、有効な種子散布者としての機能を代替できない可能性が高いと考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

キタカササギサイチョウは、アジア熱帯に生息するサイチョウ類の中で唯一、原生林に依存しなくても生息可能である。飼育下での保護増殖も進んでおり、タイでは空洞化した森へ再導入するサイチョウ類の第一候補として、GPSロガーによる個体追跡も開始されている。しかし、本種はIUCNレッドリストでLC（軽度懸念）とされており、より高いランクに該当する種が多く含まれるサイチョウ類の中では、広い分布域をもつ普通種であるが故にあまり注目されず、その生態系機能は過小評価されてきた。本研究の結果より、小型種であっても大型種の生態系機能を代替できるが、大型種子をつける樹種では、代替可能性が低下することが示された。

研究成果の概要（英文）：I examined whether smaller hornbill species, which are less susceptible to anthropogenic disturbance, provide comparable dispersal services compared to large hornbill species in Khao Yai National Park, Thailand. At the community level (number of fruit species consumed by each hornbill species and the dietary overlap among them) indicated that smaller hornbill species could replace the ecological function of larger hornbills as seed dispersers. On the other hand, at the species level (effectiveness as seed dispersers for two large-seeded tree species: *Aglaia spectabilis* and *Canarium euphyllum*), it was likely that small species alone could not replace their function as effective seed dispersers, as the number of seeds taken away and seed dispersal distance were significantly reduced.

研究分野：植物生態学

キーワード：種子散布 種子食害 サイチョウ 空洞化 大型鳥類 生態系機能 熱帯林 カオヤイ国立公園

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

熱帯林における人為的攪乱(狩猟、生息環境の分断化・劣化)により大型動物が局所的に絶滅する「空洞化」、あるいは種数や個体数が著しく減少している「半空洞化」という現象が顕著になりつつある(Redford 1992, BioScience 42:412-422; Harrison 2011, BioScience 61:919-924)。アジア熱帯では、林冠は風・重力散布型のフタバガキ科樹種が優占するが、群集全体では動物散布型植物が優占する(Corlett 1998, Biol Rev 73:413-448; Kitamura et al. 2005, Biodivers Conserv 14:1241-1262)。そのため、健全な森林生態系の維持には、動物による種子散布が不可欠である(Wang & Smith 2002, TREE 17:379-385; Harrison et al. 2016, Cons Biol 30: 972-981)。

サイチョウ類はアジア熱帯における最大の果実食鳥類で、その生態系の健全さを示す指標種である(Kitamura 2011, Acta Oecol 37:531-541)。申請者は1998年よりタイの熱帯林でサイチョウ類の種子散布とその保全に関する研究を行い、大型種子をもつ樹木(アグラリアとカナリウム)に対するサイチョウ類の種子散布者としての量的な有効性を解明した(Kitamura et al. 2004, J Trop Ecol 20:421-427; 2006, J Trop Ecol 22:137-146)。2010年からは、電波発信機を装着した個体の追跡調査による単位時間あたりの移動距離の推定、飼育個体への給餌実験から種子の体内滞留時間の推定を行い、サイチョウ類の潜在的な種子散布範囲を明らかにした。さらに2013年からは、サイチョウ類が吐き戻した種子の発芽能力と2000年に個体識別したアグラリア1,004個体の15年後の生存とその成長量から、サイチョウ類の種子散布者としての質的な有効性の解明を進めた。その結果、オオサイチョウやシワコブサイチョウなどの大型サイチョウ類は結実木への訪問あたりの持ち去り種子数が多く、種子散布範囲が広い。一方、キタカササギサイチョウなどの小型サイチョウ類は個体あたりの量的な貢献度は小さいが、多様な果実を利用し、より多くの植物種の種子散布に貢献することが示唆された。

キタカササギサイチョウは、アジア熱帯に生息するサイチョウ類の中で唯一、原生林に依存しなくても生息可能で(Poonswad et al. 2013, Hornbills of the World)人工物(Ismail et al. 2014, Malay Nat J 67:42-49)や人工巣(Cremades & Chye 2012, Hornbills in the City)も営巣に利用する。飼育下での保護増殖も進んでおり、タイでは空洞化した森へ再導入するサイチョウ類の第一候補として、GPS ロガーによる個体追跡も開始されている(Chaiyarat et al. 2012, Zoo Biol 31:683-693)。しかし、本種はIUCNのレッドリストでLC(軽度懸念)にランクされており、より高いランクに該当する種が多く含まれるサイチョウ類の中では、広い分布域をもつ普通種であるが故にあまり注目されず、その生態系機能は過小評価されている。

2. 研究の目的

本研究では、上記の先行研究の結果に基づき、半空洞化した森における大型種子のユニークな散布者としての小型サイチョウ類の生態系機能を解明することを目的とした。具体的には、タイのカオヤイ国立公園に生息する4種のサイチョウ類を対象として、大型種の種子散布者としての生態系機能を人為的攪乱の影響を受けにくい小型種キタカササギサイチョウが代替できるのか、申請課題から得られたデータとこれまでの既存データを組み合わせて、群集レベル(のべ果実種数と主要樹種での食性重複度)と樹種レベル(大型種子をもつ2樹種における種子散布者としての有効性)で検討した。

3. 研究の方法

本研究は、ユネスコ世界自然遺産地域(Dong Phrayayen-Khao Yai Forest Complex)の一部であるタイ国カオヤイ国立公園で行った。ここでは、研究協力者のマヒドン大学のプーンスワット名誉教授が率いるタイ国サイチョウプロジェクトによるサイチョウ類の生態調査が1980年代より継続されている(Poonswad et al. 2005, Biol Conserv 122:385-393)。申請者も1998年からプーンスワット名誉教授のチームと協力して、サイチョウ類の種子散布に関連した研究を継続してきた。

カオヤイ国立公園に生息するサイチョウ類4種のうち、もっとも小型(全長60-70cm)で、個体数密度が高いキタカササギサイチョウ(*Anthracoceros albirostris*)を主な調査対象とした。本種は大型種のサイチョウ類が生息しないカオヤイ国立公園の周辺の半空洞化した森にも生息する唯一のサイチョウ類である(Poonswad et al. 2013, Hornbills of the World)。

1) サイチョウ類が利用する果実種数と主要樹種での食性重複度の比較

カオヤイのサイチョウ類の食性から、利用する果実種と食性重複度(Sorensen's similarity index)を計算した。また、これらの果実食情報と同一の調査地における胸高直径10cm以上の105種1610個体を対象とした4ヘクタールの毎木調査データ(Kitamura et al. 2005, Biod & Cons)と組み合わせ、それぞれのサイチョウ類によって散布される樹種と個体数を評価した。

さらにカオヤイ国立公園内で4種のサイチョウ類が分布する健全な森とキタカササギサイチョウのみが分布する半空洞化した森に設置された計2007か所(西:1007か所、東:1000か所)

の実生枠（1×1m）に出現した実生データを解析した。

また過去に標本調査で対象とした 69 科 5987 個体の仮剥製標本の口幅サイズのデータから、アジア（30 科 255 種 1655 個体）と日本（20 科 80 種 2746 個体）計 34 科 335 種 4401 個体の果実食鳥類のデータを抽出し、eBird (<https://ebird.org/home>) で標本ラベルの種名を 2022 年 6 月時の情報に更新した。さらに最新の IUCN の保全状況（CR：絶滅危惧 IA 類、EN：絶滅危惧 IB 類、VU：絶滅危惧 II 類、NT：準絶滅危惧、LC：軽度懸念）で区分し、CR から NT まで絶滅した場合、口幅サイズ分布の変化から、種子散布可能な果実サイズを検討した。

2) 大型種子をもつ 2 樹種における種子散布者としての有効性

カオヤイ国立公園において、サイチョウ類が主な種子散布者とされる大型種子をもつ 2 樹種 センダン科アグラリア *Aglaia spectabilis*（種子長：31×20 mm）とカンラン科カナリウム *Canarium euphyllum*（種子長：36×17 mm）におけるサイチョウ類 4 種の種子散布者としての有効性を比較した。量的な有効性については、先行研究（アグラリア：300 時間 387 訪問、カナリウム：543 時間 2473 訪問）から、サイチョウ種毎に評価した。質的な有効性については、ラジオテレメトリー法による個体追跡データ（オオサイチョウとシワコブサイチョウはカオヤイ、キタカササギサイチョウはインドのブクサ）と飼育個体への給餌実験から得られた体内滞留時間から、両樹種の種子散布距離を推定した。これらに基づき量的な有効性と質的な有効性を R の Effectiveness パッケージを利用して、Seed Dispersal Effectiveness (SDE) Landscape 平面上にプロットすることで、特定の植物におけるサイチョウ種毎の種子散布者としての有効性を評価し、小型種が大型サイチョウ類の種子散布機能を代替することができるのかを検討した。

4. 研究成果

1) サイチョウ類が利用する果実種数と主要樹種での食性重複度の比較

果実の利用種数は、キタカササギサイチョウが 85 種で最も多かった（表 1）。オオサイチョウとシワコブサイチョウの大型種間で高い重複度（種数：62 種、類似度：0.90）を示したが、最も大型のオオサイチョウと最も小型のキタカササギサイチョウ

表1. カオヤイ国立公園においてサイチョウ類4種が利用する果実種数と食性の重複度（種数とSorensen類似度）.

サイチョウ種	オオ	シワコブ	アッサム	キタカササギ
---		56	62	64
オオ	---		53	53
シワコブ	0.90	---		54
アッサム	0.88	0.86	---	61
キタカササギ	0.79	0.80	0.82	---

間でも比較的高い重複度（種数：56 種、類似度：0.79）を示した。

調査地内の主要樹種の種数と個体数割合で評価した場合、各種が散布する樹種の割合は、キタカササギサイチョウが 34.3%で最も高く、アッサムサイチョウ（32.4%）、シワコブサイチョウ（30.5%）、オオサイチョウ（27.6%）だった。個体数割合は、アッサムサイチョウが 13.9%で最も高く、キタカササギサイチョウ（13.7%）、オオサイチョウとシワコブサイチョウ（12.5%）となった。いずれも大型のサイチョウ類よりも小型のサイチョウ類で高い値を示した。

実生枠全体で 50 科 117 属 155 種 5935 個体（健全な森：48 科 102 属 122 種 984 個体、半空洞化した森：26 科 53 属 63 種 4951 個体）が記録された。このうち、サイチョウ類が果実を利用する植物は全体で 26 科 43 属 55 種 2248 個体（健全な森：26 科 40 属 47 種 1976 個体、半空洞化した森：11 科 19 属 25 種 272 個体）だった。サイチョウ類が果実を利用する餌植物の割合は全体で 37.9%（健全な森：39.9%、半空洞化した森：27.6%）だった。サイチョウ類の餌植物のうち、個体数割合の上位 5 科はクスノキ科（全体の 28.6%）、バンレイシ科（16.6%）、センダン科（14.2%）、ニクズク科（11.0%）、フトモモ（5.6%）で、これらで 76.1%を占めた。上位 5 属は *Cinnamomum*（16.1%）、*Knema*（8.7%）、*Aglaia*（7.6%）、*Polyalthia*（6.2%）、*Cleistocalyx*（5.6%）で、これらで 44.4%を占めた。上位 5 種は *Cinnamomum subavenium*（15.2%）、*Knema elegans*（8.7%）、*Aglaia spectabilis*（6.2%）、*Cleistocalyx nervosum*（5.6%）、*Desmos chinensis*（5.6%）で、これらで 41.4%を占めた。センダン科 *Aglaia spectabilis* の個体数は健全な森で 4 番目、半空洞化した森では 2 番目、全体で 3 番目と上位に位置していた。

アジア熱帯の鳥類 255 種の口幅サイズの中央値は 11.6mm であった。上位 15 種のうち、サイチョウ類が 13 種を占め、オオサイチョウが 1 位（53.1mm）、シワコブサイチョウは 4 位（47.3mm）、キタカササギサイチョウは 8 位（36.0mm）だった。CR と EN が絶滅しても口幅サイズの分布は大きく変化しないが、CR から VU までが絶滅すると口幅の最大値が上位 20 種で大幅に減少した。

以上の結果から、カオヤイの森では、果実種数や樹木種数の視点からは、小型種であるキタカササギサイチョウが大型種の種子散布者としての生態系機能を代替することが可能であると考えられた。

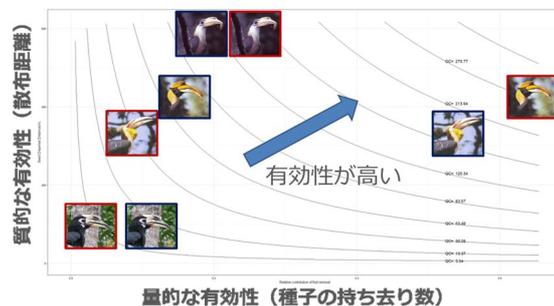
2) 大型種子をもつ 2 樹種における種子散布者としての有効性

サイチョウ類 4 種のアグラリアへの訪問頻度は 58.7%（キタカササギサイチョウ：28.7%）、種子の持ち去り率は 41.6%（キタカササギサイチョウ：9.9%）、カナリウムへの訪問頻度は 19.5%

(キタカササギサイチョウ:3.9%) 種子の持ち去り率は 44.7% (キタカササギサイチョウ: 8.8%) だった。サイチョウ類 4 種が吐き戻したアグラリアとカナリウムの子はいずれも高い発芽率を示し (アグラリア 85%、カナリウム 100%)、サイチョウ類で種間差は見られなかった。オオサイチョウやシワコブサイチョウなどの大型種の種子散布距離は 19-23% が 1km を超え、最大 7-8km だった。一方、小型種のキタカササギサイチョウの種子散布距離は 1km を超え

たのは 10% 未満で、最大種子散布距離も 2km 未満だった。以上の量的な有効性と質的な有効性を Seed Dispersal Effectiveness (SDE) Landscape 平面上にプロットしたところ (右図、赤: アグラリア、青: カナリウム)、大型種間・小型種間でも樹種により有効性は大きくばらついた。ただし、両樹種ともに最も有効性が高いのは大型種 (アグラリア: オオサイチョウ、カナリウム: シワコブサイチョウ) で、もっとも有効性が低いのはキタカササギサイチョウだった。

以上の結果から、大型樹種については、小型種のみでは、種子の持ち去り量や種子散布距離が大幅に減少し、有効な種子散布者としての機能を代替できない可能性が高いと考えられた。ただし、結果 1) の実生の分布調査からは、キタカササギサイチョウしか見られないカオヤイ西部の森でもアグラリアの実生は多数確認されていることから、キタカササギサイチョウしか分布しない半空洞化した森では、アグラリアに対するキタカササギサイチョウの量的な有効性が高まっている可能性が示唆された。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Albert-Daviaud, A., McConkey, K., Jha, N., Fontaine, C., Kitamura, S., Nathalang, A., Savini, C., Savni, T., Forget, P. M.	4. 巻 1
2. 論文標題 Threatened species are disproportionately important interactors in a seed dispersal network in Southeast Asia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Integrative Conservation	6. 最初と最後の頁 25-39
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/inc3.9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔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 北村俊平, & Poonswad, P.
2. 発表標題 人為的攪乱に強い小型種キタカササギサイチョウは大型種の種子散布を代替できるのか？
3. 学会等名 第31回日本熱帯生態学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北村俊平, Poonswad, P.
2. 発表標題 サイチョウ類の種子の体内滞留時間：飼育個体と営巣個体の比較
3. 学会等名 第27回日本熱帯生態学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北村俊平, Poonswad, P.
2. 発表標題 小型のサイチョウ類は大型種の種子散布を代替できるのか？
3. 学会等名 第66回日本生態学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北村俊平
2. 発表標題 アジアの温帯・熱帯林に生息する果実食鳥類の口幅サイズの比較
3. 学会等名 第32回日本熱帯生態学会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------