

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 18 日現在

機関番号：14301

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2018～2022

課題番号：18KK0179

研究課題名（和文）固有の動物による種子散布と実生定着を通してマダガスカルの森を理解する

研究課題名（英文）Improved understanding of forest ecology in Madagascar through integrative analysis of seed dispersal by endemic animals and seedling establishment

研究代表者

北島 薫 (Kitajima, Kaoru)

京都大学・農学研究科・教授

研究者番号：40721379

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、マダガスカル北西部アンカラファンツィカ国立公園内の熱帯乾燥林にて、マダガスカル初の長期森林動態調査区（15 ha）を設定し、胸高直径5 cm以上の全ての木本にアルミの番号札を付け、種名、胸高直径および位置情報（0.1 mの精度）を記録した。これに基づき、樹木種多様性（143種）、森林構造（2400本/ha、平均樹高8.8 m）、地上部バイオマスなどを定量的に評価し、森林の炭素貯蔵機能や果実食の動物への食料供給などの生態系サービスを評価する基盤を構築した。また、15ha区画内に配置した120の種子トラップによって、種子・果実・葉リター生産の量と季節性の長期モニタリングを開始した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はマダガスカル初、また、世界で3番目の長期森林動態調査区の設定により、日本の生物多様性研究と森林科学研究の国際化に貢献する。地球温暖化に伴う気候変動は熱帯乾燥林地域に旱魃をもたらすことがモデルなどから予測されるなか、本調査区は熱帯乾燥林のレジリエンス評価の基盤を提供する。また、世界の熱帯乾燥林の多くが、非持続的な土地利用（薪炭材採取目的のための伐採や火入れによる農地や放牧地への転換）により、世界的に急速に消失しつつある中、原生的な植生の記載とその生態系サービスを行うことは、生物多様性保全や持続的土地利用計画政策につながるという社会的意義も持つ。

研究成果の概要（英文）：In this project, we set up the first long-term forest dynamics plot in in the seasonal dry forest of Ankarafantsika National Park, NW Madagascar Madagascar (15 ha). We placed unique aluminum tags to all woody stems with diameter at breast height greater than 5 cm, and recorded their diameter, location (with accuracy of 0.1 m) and species identity (distinguishing a total of 143 tree species). From this, we described forest structure (2400 stems per ha, mean tree height 8.8 m) and above ground biomass to provide the basis for evaluating forest ecosystem services, including carbon storage, food provisioning to frugivorous animals, etc. We also set up 120 seed traps and initiated long-term monitoring the phenological patterns of seed, fruit and leaf litter production.

研究分野：植物生態学

キーワード：熱帯乾燥林 生物多様性 マダガスカル 動物植物相互作用 生態系サービス 樹木群集 種子散布 フェノロジー

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。

1. 研究開始当初の背景

熱帯林の多様な樹種の共存機構を理解するには、動物による種子散布および実生定着の2段階の生態プロセスを統合して分析する必要がある。アフリカ大陸の東に8000万年前から世界の他の地域から隔離されてきたマダガスカル島では、貧弱な種子散布動物相との共進化の結果、特異的な樹種共存機構が発達していると予測される。しかし、マダガスカル、ことに乾燥林地域においては、これまで森林構造や森林動態の研究がほとんど行われていなかった。森林生物多様性の保全のためにも、実生定着と稚樹動態も含めた総合的な生態学研究が急務であった。

2. 研究の目的

本研究の第1の目的は、マダガスカル北西部の原生的熱帯乾燥林に大規模長期森林調査区を設置して、樹木種多様性、森林構造、植物機能形質多様性を明らかにすることである。第2の目的として、群集レベルでの動物による種子散布の評価と実生更新の時空間的パターンの長期調査の基盤を構築する。第3の目的として、これらの結果を統合して、マダガスカルに特異的に発達した樹種共存機構を世界の他の熱帯林群集と比較することを可能とする研究基盤を構築する。

3. 研究の方法

調査地としては、マダガスカル北西部のアンカラファンツィカ国立公園内のなだらかな丘の上に保護されてきた原生的な熱帯乾燥林を用いた(ジュラ紀の海岸砂丘由来の石英質の砂質土壌、150-200 m a. s. l.)。京都大学とアンタナナリヴ大学の共同研究者や大学院生を含む動物・植物の研究者のチームで、面積15 ha (300 m x 500 m)の大規模長期森林調査区を設置して、胸高直径5 cm以上の全ての木本にアルミの番号札を付け、種名、胸高直径および位置情報(0.1 mの精度)を記録した。また、樹木種同定のための情報が限られていたため、全ての樹種のさく葉標本を作成し、王立キュー植物園のマダガスカル支所などの協力も得て、樹木種同定とガイドブックの作成を進め、優占樹種上位20種について葉の機能形質(大きさ、LMA、厚さ)と材密度の測定を行った。また、15 ha 区画内の120ヶ所に0.5 m²のリタートラップを設置し、2週間ごとに葉・枝・花・果実などを回収し、仕分けして乾燥重量を測定した。新型コロナパンデミックの影響で日本からの渡航が2020-2021は不可能であったため、研究期間を1年延長した。2022年度後半には、鳥類による種子散布の観察、キツネザルによる種子散布の観察、さらには、リタートラップそれぞれの周囲に1 m²の実生モニタリングプロットを3つ設置して、実生更新の定量的調査を開始した。

4. 研究成果

(1) マダガスカル北西部乾燥林の15-ha大規模長期森林調査区(FDP)の森林構造

毎木調査の結果、15 ha 内に胸高直径5 cm以上の37575個体(複数の幹を持つ個体もあるので、幹数合計42420本)が存在し、閉じた林冠を構成していた。胸高直径の平均は8.9 cm、最大値は68.9 cmと細い木が多く、ほとんどの幹が直径20 cm未満であった。調査区内の8つの20 m x 20 mの区画において全ての樹高を測定したところ、平均樹高8.8 m、最大樹高15.6 mと、林冠高が比較的低く、これは、石英質の貧栄養かつ水捌けが良いため乾季に土壤水分が極端に少ない条件を反映すると考察される。

表1. マダガスカル北西部アンカラファンツィカ国立公園内の白砂土壌に成立する原生的熱帯乾燥林の樹木種の個体数、胸高断面積合計(BA)、種数、科数、多様性指数(Fisher's alpha)

	個体数	BA (m ²)	種数	Fisher's α
15 ha 全体	35,757	293.3	143	19.0
1 ha平均 ±SD	2,384 ± 141	19.6 ± 1.2	90 ± 7	18.5 ± 1.8

(2) マダガスカル北西部乾燥林の15-ha大規模長期森林調査区(FDP)の樹種多様性

種数-サンプリング個体数曲線(図1)に見られるように、15 haの区画は、調査地の熱帯乾燥林の樹木種多様性と樹種空間分布を解析するのに十分な面積であることがわかる。出現した樹木種合計143種には、IUCN レッドリストの4段階の種絶滅のリスクに含まれる種が35種含まれる。さらに、23種の本本性つる植物の直径5 cm以上

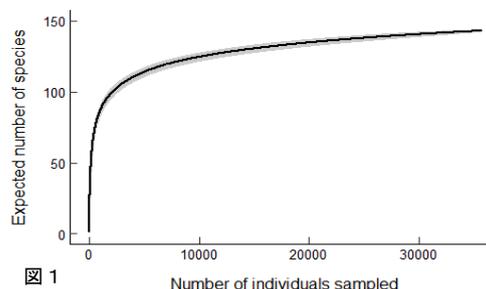


図1

Number of individuals sampled

の個体が確認された。樹種ごとの胸高断面積合計の上位 20 種が樹木群集全体の胸高断面積合計の 78%を占める。最上位の 3 種も含め、優占順位上位は常緑樹種が多く、森林群集全体では、7ヶ月の間ほとんど雨が降らないという季節的乾燥ストレスにも関わらず、常緑樹が優占する。このことは、石英質の白砂が極端に貧栄養であるため、栄養塩類保持のために常緑であるほうが競争に有利であることを示唆する。しかし、常緑であるためには、葉は十分な乾燥ストレス耐性を持つ必要があり、その生理生態学的な適応的な基盤は興味深い今後の課題と言える。

(3) マダガスカル北西部乾燥林の構成樹種のキツネザルによる種子散布への依存度

佐藤宏樹(分担研究者)が過去に調査した、チャイロキツネザルの糞の内容物の調査から、キツネザルが果実を飲み込むことで種子散布を行なっている樹種がわかる。小さい果実は、鳥類やトカゲ類による種子散布の可能性もあるが、直径 1cm 以上の大きい種子を持つ動物散布がたの種子は、同調査地に現存のキツネザル 8 種の中で最も体が大きいチャイロキツネザルによってのみ種子散布が可能である。15 ha に出現した樹木種をキツネザルの糞から出現したことがある樹木種、その中でも種子が直径 1 cm 以上の樹木種、その他、に分けることで、樹木群集の個体数と胸高断面積合計のどの程度が、チャイロキツネザルに種子散布を依存しているかが、定量的に示せた(図 2)。

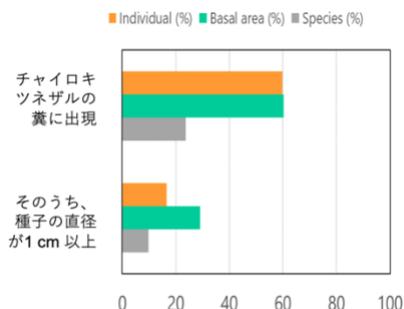


図2 チャイロキツネザルによる種子散布が確認されている樹種の割合(%)を個体数ベース、胸高断面積合計ベース、出現種数ベースで示す。

(4) 優占樹種の空間分布と機能形質

優占樹種を中心に、葉の形質と空間分布の調査を進めた。最も優占する常緑樹種 2 種の空間分布(図 3、10 m x 10 m のグリッド内の強行断面積合計の%)は、緩やかな勾配の下部に *Drypetes perrieri*, 上部に *Noronhia alleziettei* が優占するというように、ある程度の空間分布的な特化を示す。その他の樹種の空間分布には、様々なパターンがあるが、全体としては、標高が高いほど樹種が増加するという樹木群集全体での空間パターンが見られた(投稿論文準備中)。これらのパターンを理解するため、機能形質のサンプリングと空間分布の関係性の解析を含め、後継プロジェクト(基盤 A, マダガスカル固有の進化適応から熱帯樹種の乾燥への適応戦略の本質を探る、代表・北島)においてさらなる研究展開を図っている。

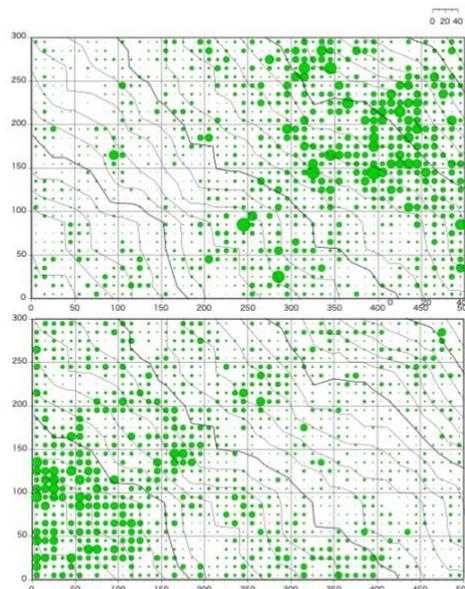


図3. 15ha 調査区画内において、最も優占する常緑樹 2 種 *Drypetes perrieri* (Putranjivaceae) (胸高断面積合計の18%) と *Noronhia alleziettei* (Oleaceae) (胸高断面積合計の6%) の空間分布

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Kaoru Kitajima, Hiroki Sato
2. 発表標題 Tree species diversity and conservation priorities of the tropical dry forest of Ankarafantsika National Park, NW Madagascar
3. 学会等名 Smithsonian Tropical Research Institute Virtual Science Talk Series (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroki Sato, Yutaro Fujimoto, Ando Harilalao Rakotomamonjy, Takayuki Kaneko, Zo Lalaina Razafiarison, Hajanirina Rakotomanana, Kaoru Kitajima
2. 発表標題 Diversity and frequency of trees relying on the largest frugivore in a Madagascan forest: Implication for vulnerability to forest emptying
3. 学会等名 Association for Tropical Biology and Conservation, July 21-23, 2021, online (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yutaro Fujimoto, Ando Harilalao Rakotomamonjy, Hiroki Sato, Takayuki Kaneko, Zo Lalaina Razafiarison, Kaoru Kitajima
2. 発表標題 Tree species diversity and conservation priorities of the tropical dry forest of Ankarafantsika National Park, NW Madagascar
3. 学会等名 Ecological Society of America Annual Meeting, Online, August 3-6, 2021. (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yutaro Fujimoto, Daniel Epron, Takayuki Kaneko, Hiroki Sato, Ando Harilalao Rakotomamonjy, Kaoru Kitajima
2. 発表標題 How do height-diameter relationships vary among species in a tropical dry forest community
3. 学会等名 第68回日本生態学会（オンライン）2022年3月14日－18日
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Takayuki Kaneko, Hiroki Sato, Yutaro Fujimoto, Ando Harilalao Rakotomamonjy, Kaoru Kitajima
2. 発表標題 Species composition of a dry deciduous forest of northwestern Madagascar
3. 学会等名 第68回日本生態学会（オンライン） 2022年3月14日－18日
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Yutaro Fujimoto1, Takayuki Kaneko, Hiroki Sato, Ando Harilalao Rakotomamonjy, Kaoru Kitajima
2. 発表標題 Structure and diversity of the tree community in a tropical dry forest in northwestern Madagascar
3. 学会等名 日本生態学会第68回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kaoru KITAJIMA
2. 発表標題 Land use, climate change and forest conservation
3. 学会等名 Annual Meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation, Antananarivo, Madagascar, June 2019（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kaoru KITAJIMA, Hiroki SATO, Takayuki KANEKO
2. 発表標題 Long-term research on tree species diversity and phenology in a tropical dry forest in NW Madagascar
3. 学会等名 第67回日本生態学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroki SATO
2. 発表標題 Crisis of useful plants in tropical dry forests in NW Madagascar
3. 学会等名 Memorial Symposium for MOU between Kyoto University and University of Florida
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北島薫、佐藤宏樹、金子隆之、藤本悠太郎、Percival Joseph, Rakotomamonjy Harilalao Ando、野依航、Razafiarison Zo Lalaina、西垣智弘
2. 発表標題 マダガスカル北西部の熱帯乾燥林：石英質の白砂上の原生林の火災脆弱性
3. 学会等名 第134回日本森林学会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>京都大学白砂林ネットワーク：White Sand Forest Network https://whisfor.kais.kyoto-u.ac.jp</p>

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	佐藤 宏樹 (Sato Hiroki) (90625302)	京都大学・アジア・アフリカ地域研究研究科・助教 (14301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	中村 雅彦 (Nakamura Masahiko) (90272880)	上越教育大学・大学院学校教育研究科・教授 (13103)	

	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	金子 隆之 (Kaneko Takayuki)		
研究 協 力 者	藤本悠太郎 (Fujimoto Yutaro)		
研究 協 力 者	ラコトモンジー アンドウ (Rakotomamonjy Ando Harilalao)		
研究 協 力 者	中村 亮介 (Nakamura Ryosuke)		
研究 協 力 者	野依 航 (Noyori Wataru)		
研究 協 力 者	ラザフィアリソン ズーライナ (Razafiarison Zo Lalaina)		

6. 研究組織（つづき）

	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	ラコトマナナ ハジャニリナ (Rakotomanana Hajanirina)		

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1件

国際研究集会 Research Frontiers of Ankarafantsika National Park: Biodiversity and Ecosystem Service under Fire Encroachment	開催年 2022年～2022年
--	--------------------

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		
マダガスカル	アンタナナリヴ大学	アンカラファンツィカ 国立公園	マハジャンガ大学