

令和 3 年 6 月 25 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2020

課題番号：16K18719

研究課題名(和文) 気候変動・分断化が進むアジアの森林の将来像：大規模野外データと群集モデルの結合

研究課題名(英文) Forests under climate change and fragmentation

研究代表者

西岡 正恵(石原正恵)(Nishioka, Masae)

京都大学・フィールド科学教育研究センター・准教授

研究者番号：90594367

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：世界各地で森林を構成する樹木の種類が変わってきていることが報告されてきている。樹木の分布が気候などの環境条件で決まるという環境制限を前提とし、地球温暖化にともなう気候変動の影響と理解されている。しかし、種組成を左右する要因として散布制限や負の密度効果も重要である。本研究はこれらにも着目し、その相対的な重要性を、亜熱帯から亜寒帯までの多地点の森林データを用いて検証した。その結果、環境条件が厳しい寒冷で標高の高い地域では、他の要因よりも環境制限が重要であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、長期データから森林を構成する樹木の種類が変わってきていることが世界各地で報告されてきている。これらは地球温暖化の文脈で解釈されるが、病原菌等を含めた個体間相互作用や散布制限といった、他の多様性を左右する要因をほとんど考慮していない。本研究のように、こうした複数の要因を同時に検討することは、現実起こりつつある変化のメカニズムのより正確な理解へとつながる。さらに将来予測の高精度化、気候変動や土地利用に関する政策に科学的根拠を与えると期待される。

研究成果の概要(英文)：According to recent reports, forest tree composition has been changing in many places globally. This phenomenon has been understood as the effect of climate change given that tree species distribution and composition are determined by environmental filtering. However, species composition may be also affected by dispersal limitation and negative density effect due to pathogens and herbivore. This study focused on these multiple factors and evaluated relative importance of these factors in forests from sub-tropical to sub-arctic. In the cold and high elevation forests where environmental conditions are harsh, environmental filtering was relatively more important while in more favorable environment negative density effect was stronger.

研究分野：森林科学

キーワード：生物多様性 樹木群集 森林

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年の地球温暖化に伴う気候変動によって森林植生や樹木種の分布が変化したことが一部の地域で報告されてきている (IPCC AR5)。日本の冷温帯林でも応募者らの研究から過去 10 年間に常緑樹種の個体数が増えてきていることがわかった (Suzuki, Ishihara, Hidaka 2015 Glob. Chang. Bio.)。今後さらに樹木の分布が変わることが危惧されており、モデルを用いた予測研究が行われている (dynamic vegetation model; species, niche-based distribution model)。

従来予測モデルには、二つの大きな問題点がある。第一に、従来モデルは植生や単一種を対象としており、森林にどのような種がどれくらい生育するのかという種組成を予測できない点である。種組成の予測は、気候変動による生態系機能・サービス変化を科学的に評価するために不可欠である (Ishihara et al. 2014 Springer)。

第二に、従来モデルは気候などの環境条件で分布が決まるという環境制限のみを前提とし、樹木の分布を決めるメカニズムの一つである散布制限を無視している点である。樹木の種子が散布される距離は限られている。そのため樹木の生育に適している環境であっても種子散布源が離れている場合は生育しないこともある。近年、熱帯林では散布制限の重要性を示唆する研究が発表されている (例 Hubbell 2001 Princeton Univ. Press)。さらに、今日では森林が農地や人工林へ改変され、アジアの森林では分断化が進んでおり (Watanabe, Ishihara et al. 2014 Glob. Env. Res.)、種子の散布制限が強まっている (Honnay et al. 2002 Ecol. Let.)。

応募者は日本の亜熱帯から亜寒帯の天然生林のデータ (Ishihara et al. 2011 Ecol. Res.; 2014 Springer; 2015 Ecol. App.) を用いてパターン解析を行った結果、温帯林でも散布制限が重要な森林があることが示唆された (石原 2010 生態学会発表)。これを踏まえ、熱帯から亜寒帯までの広域を同一手法で解析し、散布制限と環境制限という二つのメカニズムの重要度が、どのように地域によって異なるのかを明らかにした上で、散布制限が重要な森林では散布制限を考慮した将来予測を行うことが必要と考えるに至った。

相対的重要度を特定するには操作実験が適している。しかし樹木は長寿命・巨大であり、操作実験を長期間・多地点で行うのは不可能である。そこで、野外データと、散布制限と環境制限の両方を考慮した群集モデルとを結合するという手法が有効と考える。

2. 研究の目的

本研究は、熱帯から亜寒帯までの広域多地点野外データを収集し、同一手法で解析し、散布制限と環境制限という二つのメカニズムの重要度が、どのように地域によって異なるのかを明らかにする。将来の気候および森林の分断化の進行によって、アジアの熱帯から亜寒帯までの森林の種組成が実際にどのように変化するのかを予測する。

3. 研究の方法

まず、アジアの熱帯から亜寒帯までの多地点の森林プロットデータの収集に取り組んだ。フィリピンやインドネシアに関しては、関係機関へ依頼したが、協力を得ることができなかった、あるいは現在も調整中である。そこで、日本のデータを中心に収集することにした。同時に形質データや植物相データを収集した。その一部は国際データベース TRY に公開した (Kattage et al. 2020)。

また全国 17ヶ所の天然林データ (モニタリングサイト 1000, Ishihara et al. 2010) を用いて幹の肥大成長量の年次変動と多様性の関係性を解析した。樹木の個体重を推定するため、従来よりも精度よく推定でき全国の天然林に用いることができる汎用アロメトリー式 (Ishihara et al. 2015) を用いた。さらに測定誤差を考慮した階層ベイズモデルを用いて解析した。

また同時に、多様性の決定要因である同種他個体の負の密度効果がどのように森林間で異なるのか、その強さが種多様性を説明するのかを明らかにするため、共同研究者とともに全国 32ヶ所の天然林 (モニタリングサイト 1000, Ishihara et al. 2010) において、同種他個体による負の密度効果を算出し、環境要因 (気温、積雪量、標高など) や種多様性指数との関係を解析した。

広域多地点の森林データを Jabot(2010)を改良した、散布制限と環境制限の両方を再現した群集モデルに与え、散布制限の強さ、環境制限の強さを各プロットについて推定する予定である。現在、既存モデルの文献調査、ならびにモデルの開発を行っている。

4. 研究成果

日本国内の森林プロットデータについては、データペーパーやデータベースならびに既存の論文より、69サイトのデータを集めることができた。さらに、公開されていない既存データの探索を行い、山口県の1サイトを追加した。さらに、多様な気候帯や地域をカバーするため、新たに広島県の太平洋側に0.6haの森林プロットを設定し、樹木データを収集した(Ishihara & Toda 2019)。合計71サイトのデータを解析に用いることにした。さらに、散布制限と環境制限についての群集モデルのレビューを行い、適切なモデルの開発を進めている。

多種個体間の成長量の年次変動は種間で同調している森林と、非同調な森林が存在した。非同調であるほど、森林全体の生産性は安定していた (Ishihara 2019; Ishihara, Suzuki, Hino 2019)。非同調な森林は、同一の気候条件下でも樹種によって反応が異なることを示唆している。つまりこうした森林では、環境フィルタリングによって、成長量の種間差が生じていることになり、環境制限を支持する結果といえる。一方、同調的な森林では樹種によらず、環境によって成長量が年変動していた。これは、2つの解釈が可能である。第一には種によらず環境変動への反応が同じ可能性があり、これは中立説を支持するものである。第二には、すでに強い環境フィルタリングによって種が選別されており、特定の環境下で成長量が大きくなるような種ばかりになっているということである。今後、樹種ごとの分布域等からニッチを明らかにした上で、成長量の年次変動の同種内地理変異を精査することで、これらの2つの可能性を分離できると考えている。

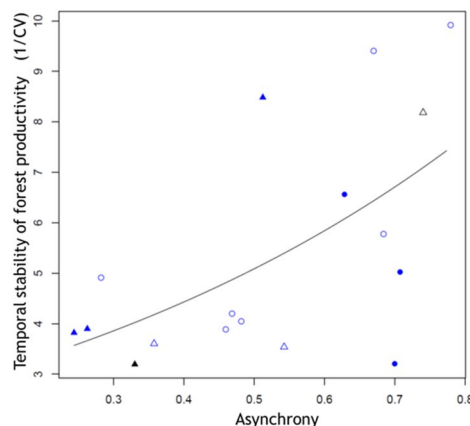


図. 全国17の天然林における種間の非同調性と森林の生産性の時間的安定性。時間的安定性は値が高いほど安定していることを示す。落葉広葉樹林、針葉樹林、常緑広葉樹林。青色は非同調性が有意であった森林。

同種他個体による負の密度効果は森林によって異なり、標高が低く、温暖で、降水量がおおく、積雪の少ない森林で高くなった (Fibich et al. submitted)。さらに種多様性は同種他個体による負の密度効果が高いほど高かったことから、負の密度効果は種多様性を左右する要因であることが示唆された。さらに、負の密度効果と環境条件との相互作用も見られた。これらの結果は、環境条件が厳しくない森林では、病原菌や植食者といった生物群集によって、密度が高い場所で更新率が低く、そのために多様性が維持されるという Janzen Conell 仮説を支持する結果であった。さらに環境条件が厳しい森林は多様性が低かった。こうした森林では、散布制限や負の密度効果といった機構よりも、環境制限が多様性を規定する機構として重要であることも示唆している。今後、負の密度効果を入れた群集モデルの開発が必要と考えられる。

Fibich P, Ishihara M, Suzuki S, Dolezal J, Altman J (minor revision) Contribution of conspecific negative density dependence to species diversity is increasing towards low environmental limitation in Japanese forests. *Scientific Report*

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 Kattge J, Bonisch G, Diaz S, Lavorel S, ..Ishihara MI et al.	4. 巻 26
2. 論文標題 TRY plant trait database - enhanced coverage and open access	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Global Change Biology	6. 最初と最後の頁 119-188
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/gcb.14904	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5件（うち招待講演 1件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Masae Ishihara
2. 発表標題 Revealing the relationship between tree diversity and ecosystem functions through long term and nationwide datasets
3. 学会等名 AsiaFlux Workshop2019 & JaLTER OSM（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石原正恵, 鈴木智之, 日野貴文
2. 発表標題 多様性と森林生産性の安定性との関係
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ishihara MI, Suzuki S, Hino T
2. 発表標題 Relationship between biodiversity and stability of productivity in Japanese forests
3. 学会等名 ILTER EAP scientific conference（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ishihara MI, Toda M
2. 発表標題 Stand structure and productivity of a beech forest in Mt. Takanosu, Hiroshima
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木智之, 石原正恵, 日野貴文
2. 発表標題 全国レベルでの温度勾配に沿った樹種構成の変化
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2019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		
チェコ	チェコ科学アカデミー		