

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K05749

研究課題名(和文) 鳥類の種子排泄と林分間移動から種子の時空間的分布を予測する：距離依存からの脱却

研究課題名(英文) Predicting bird-dispersed seed distribution from bird seed excretion and bird movement: distance dependence pattern and directional dispersal pattern

研究代表者

平田 令子(Hirata, Ryoko)

宮崎大学・農学部・准教授

研究者番号：50755890

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)：針葉樹人工林や伐採跡地の広葉樹林化に向けて、鳥類による種子散布プロセスの解明とそのプロセスに基づく散布種子の空間分布の予測を試みた。まず、鳥類の林分間の移動パターンが、隣接林分の相対林冠高と林相の組み合わせにより説明できることを示した。次に、種子の体内滞留時間について代表的な鳥類種3種に関して詳細に測定することができた。それらの結果を基に結実木からの距離に応じて散布される種子数を示した頻度分布図を描くことができた。これらにより、距離依存だけでなく指向的な種子散布が行われることも示すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義：これまでブラックボックスとなっていた鳥類による種子散布プロセスについて、具体的な結果を示すことができた。これにより、鳥類と樹木の種子散布に関する相互作用についての研究の発展や、森林動態の予測、生態系保全といった応用研究に対しても寄与することができる。

社会的意義：種子散布距離と散布種子量に関して予測するためのベースとなるデータを得ることができた。この成果は、広葉樹林化や自然林再生など鳥類による種子散布を活用した森林管理手法の開発やさらなる発展に寄与することができる。

研究成果の概要(英文)：For the restoration of coniferous plantations and deforested areas to natural forests, we conducted the study to elucidate the seed dispersal process by birds and to predict the spatial distribution of dispersal seeds based on the process. First, it was shown that the moving patterns of birds between forest stands can be explained by the relative canopy height and forest type of adjacent forest stands. Next, we were able to measure the seed retention time for three major bird species. Based on these results, we were able to draw a frequency distribution diagram showing the number of dispersed seeds according to the distance from the fruiting tree. From these results, we were able to demonstrate not only distance-dependent but also directional seed dispersal.

研究分野：森林保護学

キーワード：果実食鳥類 種子散布 林分間移動 種子の体内滞留時間 種子散布距離 広葉樹林化

1. 研究開始当初の背景

(1) 樹木の種子散布の一部は鳥類やげっ歯類など動物の存在とともに進化してきた。動物による種子散布プロセスにおいて、げっ歯類は貯食戦略を持って散布場所を決定するが、鳥類による被食散布の場合は種子供給源からの「距離に依存して散布種子数が減少する」という距離依存的モデルが一般論となっている。そして、動物による種子散布効果を取り入れた森林管理技術の開発や管理施業の理論体系構築の研究は、このモデルを適用して多く推進されてきた。例えば、現在問題となっている不成績造林地や管理放棄林分に対して、広葉樹の導入による種多様性の修復や自然林再生が進められているが、その適地選択には動物による種子散布効果が得られる範囲を予測することが欠かせない。

(2) しかし、実際のところ、既往の距離依存的モデルは鳥による種子散布パターンを捉えきれてはいない。つまり距離に依存しない場合があり、対象林分への種子散布効果を過大あるいは過小評価してしまう可能性があった。それは、鳥類による種子散布プロセスが解明されてこなかったためであった。

(3) 種子が散布されるプロセスには主に、散布者である鳥類の体内における種子滞留パターンと、鳥類の移動パターン、それらの鳥種・樹種による違い、の3つの要素により成り立つ。種子滞留パターンについては、数例だが研究例も存在するものの、事例はいまだに少なく、移動パターンについては、鳥類は移動能力が高いため、子細な行動追跡が困難であった。種子散布プロセスを解明するうえでこれらの点が問題となっている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、鳥類の移動パターンとそれらの鳥種による違い、および、種子滞留パターンとそれらの鳥種・樹種による違いに基づき鳥類による種子散布プロセスを示したうえで、散布プロセスを考慮したプロセスモデルを構築して種子散布を予測(時空間的分布の予測)し、既往の距離依存的モデルでの評価を再考して適正な適地選択を行うことである。具体的には以下の項目を当初目的として設定した。

- (1) 鳥類の移動パターンを解明する。
- (2) 種子の体内滞留パターンを解明する。
- (3) プロセスモデルを構築し、散布種子の時空間的分布を予測することで、種子散布効果が得られる範囲を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 鳥類の移動パターンの解明

鳥類が移動方向や速度を変えるきっかけとして、林分が接する境界に着目してその前後における方向と速度の変化を直接観察で記録した。林分境界は林相(広葉樹林と針葉樹人工林)の組み合わせと林分構造(林冠の相対高)を念頭に様々なバリエーションを取った。観察された鳥類種をジェネラリスト(様々な森林環境に生息する鳥種)と森林内部種に分類し、各鳥种群の移動パターンを分析した。

また、鳥類の移動に関する補足的なデータとするために、階層構造が異なる針葉樹人工林を複数選択し、各林分での鳥類の生息状況(出現種、個体数)を調査した。さらに、景観構造が異なる場所での鳥類種多様性も評価した。これにより、鳥類の生息地選好性を分析した。

(2) 種子の体内滞留パターンの解明

果実採食から種子排泄までかかる時間を飼育実験により計測した。鳥種は体サイズ、食性、生息環境などの違いを考慮して数種を選択した。果実および種子サイズを考慮し、様々な樹種の果実を給餌した。種子の排泄時間はビデオ撮影により記録した。

(3) 散布種子の時空間的分布の予測

上記(1)と(2)に基づき散布プロセスを考慮したプロセスモデルの構築を試みた。また、過去に分析した鳥散布種子の空間分布データを再分析し、鳥散布の指向性を統計モデルにより評価した。

4. 研究成果

(1) 鳥類の移動パターンの解明

鳥類の林分間移動に影響する要因

林分境界に直面した場合に、ジェネラリストと森林内部種が林分境界を越えて林分間を移動するかについては、林冠の相対高と林相の違いの両方が影響を与えることが明らかとなった。両种群とも最初は林冠の相対高を認識し、隣接林分の林冠高が相対的に高い場合は高い確率で隣接林分へ移動することが分かった(図-1)。林冠高が相対的に同じか低い場合には移動せずに留まる確率が高くなり、その傾向は森林内部種でより顕著であることが示された。林相の違いは林

冠の相対高を認識した後に影響要因として働き、行動に影響を与えていた。たとえば、林冠相対高が高い場合でも、広葉樹林から針葉樹林へは移動しないことがあり、林冠相対高が低い場合でも、高齢広葉樹林と若齢広葉樹林の組み合わせであれば移動することがあった。これらの研究結果により、種子供給源となる広葉樹林からの鳥類の移動を想定した場合、隣接林分（すなわち広葉樹林化の対象となる林分）との林冠高の差によってどれくらいの確率でジェネラリストと森林内部種が隣接林分に移動するかを推定することができるようになった。

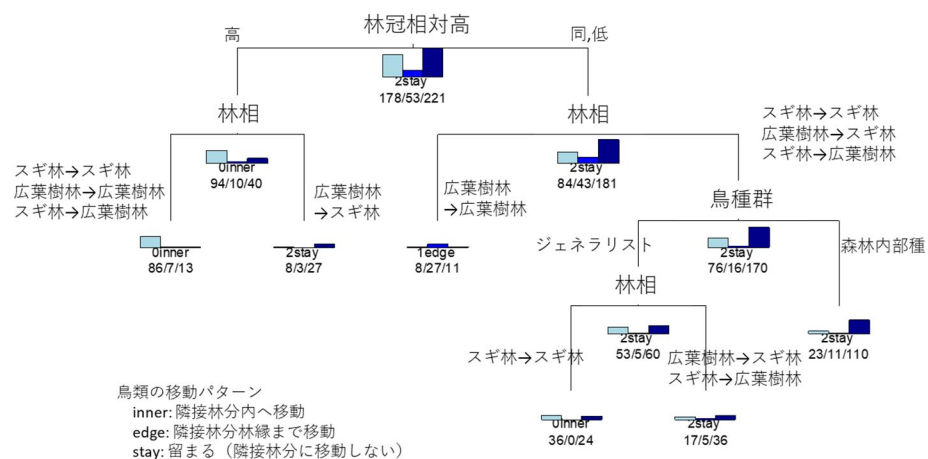


図-1 林冠相対高、林相、鳥種群による鳥類の林分間移動選択の決定木分析結果

鳥類の生息地選好に対する階層構造および景観構造の影響

鳥類の種数や個体数、多様度指数は景観内に森林や水場（河川や水田）が含まれる方が、含まれない景観（畑などの農地が優占する景観）よりも高いことが分かった。さらに、針葉樹人工林のうち、ヒノキ人工林においては広葉樹が侵入し高木層まで達した階層構造の複雑な林分で種数、個体数、および多様度指数が高いことが示された。これらのことから、鳥類の生息地選好において階層構造と景観構造が影響することが示された。

(2) 種子の体内滞留パターンの解明

鳥類の種子体内滞留時間

主要鳥類の種子排泄にかかる時間（種子の体内滞留時間）を計測し、鳥種および種子サイズによって体内滞留時間が異なることを明らかにした。例えばメジロについて、アカメガシワとヒサカキの果実で実験を行った。種子サイズはアカメガシワがヒサカキの倍以上大きいと体内滞留時間はアカメガシワが20分、ヒサカキが28～30分という結果が得られ、大きな違いはみられないことが分かった（図-2）。ジョウビタキについて、アカメガシワ1種のみで実験を行った。体内滞留時間は9.6分であった。メジロと比較してジョウビタキのほうが体サイズが1.5倍大きいためか、鳥種間で大きな違いがあることが分かった。ヒヨドリとシロハラについては、種子サイズが大きくなると体内滞留時間が短くなる傾向が示された（図-2）。

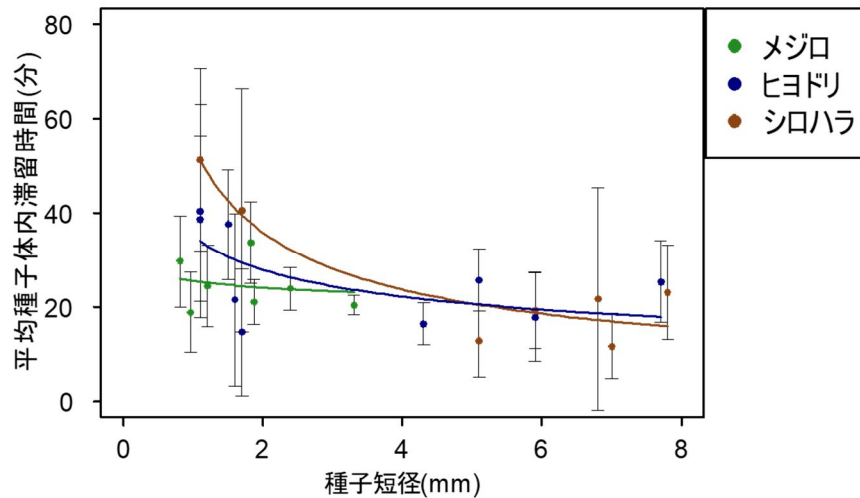


図-2 種子サイズと体内滞留時間の関係

種子の排泄パターン

種子の排泄パターンに関しても、鳥種および種子サイズによって違いがあることが分かった。メジロでは果実採食から30分後に多くの種子を排泄する傾向があり、その傾向は種子サイズによって違いが無かった(図-3)。一方、ヒヨドリでは2mm以下の種子サイズの場合は果実採食後の時間に対して種子排泄数に明瞭なピークはみられず、4mm以上の種子サイズの場合は果実採食から20~30分後に多くの種子を排泄する傾向があった。シロハラでもヒヨドリと類似した傾向を示したが、6mm以上の大きな種子の場合は果実採食後すぐに(10~20分以内)に多くの種子を排泄することが明らかとなった。種子の排泄パターンは種子の空間的散布パターンに影響する要因であり、例えばメジロでは果実採食後すぐに移動したと想定した場合、30分後の移動先に多くの種子が散布される確率が高いだろう。一方、シロハラでは6mm以上の種子であれば結実木に10分程度留まって採食を続けた場合には結実木下に種子が散布されやすいと予測することができる。これらの研究結果により、鳥類の移動速度をいくつかのパターンでシナリオ設定すれば、種子の散布距離と散布量をシミュレーションできるようになった。

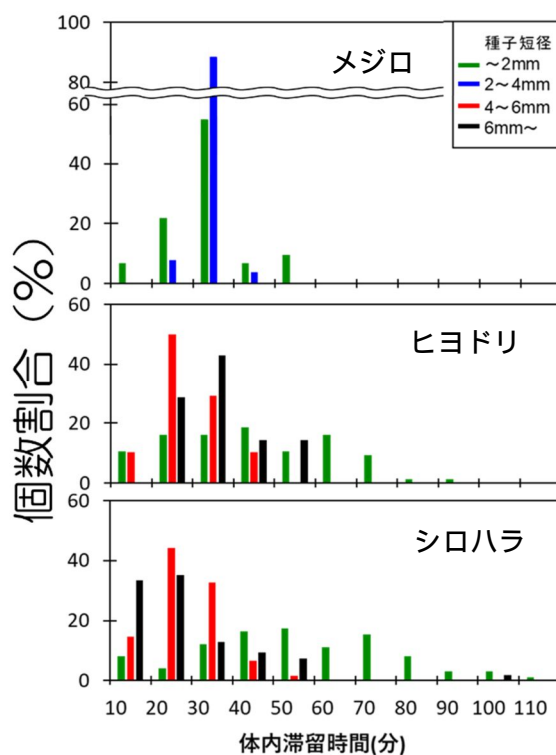


図-3 種子の排泄頻度分布

(3) 散布種子の時空間的分布の予測
 種子の散布距離

鳥類の移動パターンおよび種子の体内滞留時間に基づき、主要鳥類による種子の散布距離について推定頻度分布を明らかにした。鳥類の行動を追跡した既往文献 (Murray et al. 1994) を参考にして、鳥類が比較的探索的な移動をした場合の 3 つのシナリオで散布距離と散布量を種子サイズ別に推定した。その結果、メジロでは最長で約 270m の散布距離となったが、散布種子数のピークは 50m ~ 130m の間になると予測された (図-4)。ヒヨドリとシロハラでは種子サイズによって傾向が変わったが、2mm 以下の種子では約 50m ~ 320m にピークがあり、6mm 以上の種子では約 45m ~ 80m にピークが来ると予測された。

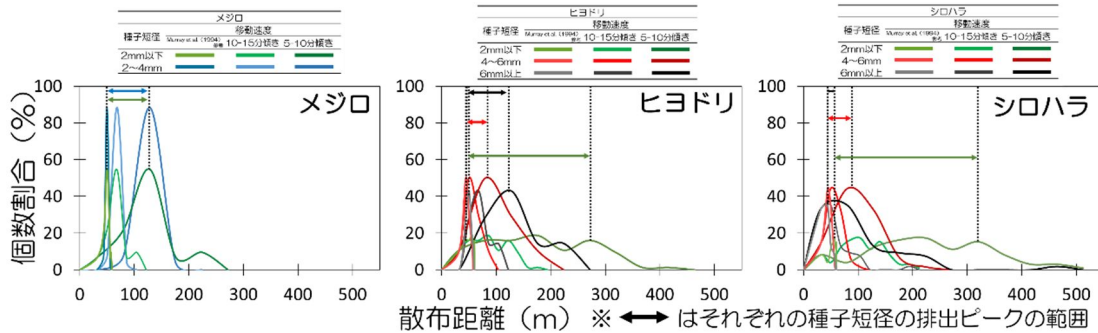


図-4 距離に対する散布種子数の頻度分布予測図

散布種子の空間的指向性

実際の散布種子データを用いたモデリング結果から、散布種子の空間分布は林縁からの距離に依存した減少を示さない場合があり、散布の方向性があり、さらに局所的に集中分布をすることがあることを明らかにした。調査対象とした場所は広葉樹林に隣接する針広混交林 (スギ人工林内に広葉樹が生育し低木層と亜高木層を形成) とスギ人工林 (低木層まで広葉樹が生育) で、シードトラップによる散布種子の空間分布データから、鳥散布種子が広葉樹林林縁と針広混交林内、およびスギ人工林林縁に散布されており、それらの場所に指向的に散布されると評価できた。林縁への散布は、鳥類が林分境界に直面した際に行動を変える (通過するか留まるかの選択や林縁沿いの移動) ことにより一時的に移動を停止し滞在時間が増えることが関わっているだろうと推察された。針広混交林への散布は、鳥類の生息地としてスギ人工林よりも好適で鳥類が移動先として選択したためだろうと推察された。

種子散布の効果が得られる範囲

鳥類による種子散布は種子供給源からの距離に大きく制限を受けるものの、必ずしも距離依存的に散布種子数が減少するパターンを描くとは限らないことを示した。種子が散布されるまでのプロセスとして林分境界の移動、体内の種子滞留時間、針葉樹人工林の階層構造と鳥類の生息地選択、それらの鳥種や樹種 (種子サイズ) による違いを明らかにし、それらの要因に基づき距離依存だけでなく指向的な種子散布が行われることも示すことができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yamashita Kazuhiro, Yamagawa Hiromi, Kondo Hiroki, Ito Satoshi, Hirata Ryoko	4. 巻 18
2. 論文標題 Effects of advance regeneration and germinated seedlings on forest recovery after clearcutting of <i>Chamaecyparis obtusa</i> plantations in Southern Kyushu, Southwestern Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Landscape and Ecological Engineering	6. 最初と最後の頁 85 ~ 94
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11355-021-00485-4	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 -

1. 著者名 平尾多聞, 平田令子, 伊藤 哲	4. 巻 75
2. 論文標題 カラ類によるアカメガシワ種子の種皮剥皮が発芽に与える影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 九州森林研究	6. 最初と最後の頁 137 ~ 140
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 平尾多聞, 平田令子, 伊藤 哲	4. 巻 74
2. 論文標題 ヤマガラとシジウカラによるアカメガシワ種子の採食行動	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 九州森林研究	6. 最初と最後の頁 81-84
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 平尾多聞, 平田令子, 伊藤 哲
2. 発表標題 カラ類によるアカメガシワ種子の種皮剥皮が発芽に与える影響
3. 学会等名 第77回九州森林学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西 鈴音, 平田令子, 伊藤 哲
2. 発表標題 針葉樹人工林の複層林化は鳥類群集の種多様性に影響を与えるか
3. 学会等名 第77回九州森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大野友揮, 平田令子, 山川博美, 伊藤 哲
2. 発表標題 針葉樹人工林伐採跡地への森林性ネズミによる堅果運搬 - 伐採後3年目と17年目の比較 -
3. 学会等名 第77回九州森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平尾多聞, 平田令子, 伊藤 哲
2. 発表標題 鳥類の種子散布機能：種子の体内滞留時間と鳥類の林分間移動に基づく検討
3. 学会等名 第133回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大野友揮, 久保田匠眸, 平田令子, 山川博美, 伊藤 哲
2. 発表標題 人工林伐採跡地の植生発達に伴う森林性ネズミによる堅果運搬場所の変化
3. 学会等名 第133回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西鈴音, 平田令子, 伊藤 哲
2. 発表標題 針葉樹人工林の複層林化が鳥類の種多様性に与える影響
3. 学会等名 第133回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平尾多聞, 平田令子, 伊藤 哲
2. 発表標題 ヤマガラとシジュウカラによるアカメガシワ種子の採食行動
3. 学会等名 第76回九州森林学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Charissa Maniagasi, Ito Satoshi, Hirata Ryoko, Kiwamu Yamagishi, Hiromi Yamagawa
2. 発表標題 Comparison of seed dispersal patterns between 6 and 15 years after felling in sugi plantation
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平尾多聞, 平田令子, 伊藤 哲
2. 発表標題 メジロ体内における種子体内滞留時間に対する種子サイズの影響
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平尾多聞, 中川寛子, 平田令子, 伊藤 哲
2. 発表標題 メジロ体内における種子滞留時間-ヒヨドリおよびシロハラとの比較
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平田令子, 酒井絵莉, 山川博美, 伊藤 哲
2. 発表標題 照葉樹二次林に隣接する伐採地における伐採14年後の種子散布状況
3. 学会等名 第67回日本生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryoko Hirata, Sumire Kimura, Satoshi Ito
2. 発表標題 Bird diversity in agricultural landscape in Kyushu, southern Japan
3. 学会等名 The 10th International Conference on Landscape and Ecological Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平田令子, 木村すみれ, 伊藤 哲
2. 発表標題 宮崎県綾町のフットパスにおける鳥類の種多様性
3. 学会等名 日本景観生態学会第29回京都大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryoko Hirata, Satoshi Ito, Yasushi Mitsuda
2. 発表標題 Conceptual patterns of movement by birds between habitat patches in forest landscape
3. 学会等名 10th IALE world congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村すみれ, 平田令子, 伊藤 哲
2. 発表標題 フットパスで見られる鳥類の種多様性
3. 学会等名 三学会合同宮崎大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 平田令子	4. 発行年 2022年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 272
3. 書名 景観生態学 6.2節 林縁効果	

〔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
研究協力者	伊藤 哲 (Ito Satoshi)		

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