日本森林学会賞受賞業績要旨

自然保護区からモザイク管理へ
――保持林業と景観配置――

山浦悠一（森林総研）

はじめに

地球は新たな地質時代に突入し、人類の持続的な発展が求められる中、林業分野において生物多様性の保全は重要な社会的課題となっている。近年、保全科学では自然保護区の役割の限界が認識されるようになり、分野の焦点は保護区外を含めた景観全体での保全活動へ移りつつある。こうした状況で私は最近 2 本の論文を出版した（Yamaura et al. 2022, 2023）。これらの論文は、生物多様性の保全に配慮した森林管理の林分レベルでの施業方法や景観レベルにおける配置に示唆を与えるものである。

針葉樹人工林の主伐時に広葉樹を伐らずに残す保持林業

1980 年、アメリカ合衆国西部のセント・ヘレンズ山が大噴火した。そして壊滅的な攪乱を生き抜いた生物や残された生物由来の堆積物――生物遺産（biological legacy）と呼ばれる――が生態系の回復に大きな役割を果たしていることが明らかにされた（Franklin 1990, 中村 2018）。伐採後に整地をして遷移が始まる皆伐地に樹木を生物遺産として残す。これにより幼齢林に構造・組成的多様性を付与するのが保持林業（retention forestry）で、伐採後の生物多様性の維持や生態系の回復を促進することが期待される。択伐とは異なり、保持林業で残す樹木は生物多様性の保全や生態系の回復の観点から選択され、世界各地でその普及が進んでいる（柿澤ほか 2018）。

人工林率の高い日本では、人工林と人工林林業は生物多様性保全上重要であり、人工林の主伐は人工林の構造と組成を大きく変える決定的なイベントである。私たちは 12 年程前、今後日本は主伐の時代を迎え、保持林業が人工林で生物多様性を保全するための有用な手法になるのではないかと考えた。そして道央の道有林で大規模な実験を開始した（柿澤ほか 2018）。対象は北海道の人工林を代表するトドマツ人工林であり、樹木の組成が単純化されていることから、残す樹木は組成を特に重視して混生する広葉樹とした。

実験は皆伐、ha あたり 10 本、50 本、100 本の広葉樹を残す単木保持区、伐採を行なわない人工林や天然林から構成され、各処理区はおよそ 5 ha 以上、そして各処理はほぼ 3 つの繰り返しを有している。私たち鳥類班は伐採前と伐採後 3 年間にわたって全実験区全域をカバーする野外調査を 7 年間かけて実施した（Yamaura et al. 2023）。その結果、人工林を伐採する前も後も、広葉樹が増加すると鳥類の個体数は上に凸の形で増加した。針葉樹人工林で少量の広葉樹を保持することの費用対効果の高さが示されたといえる。ha あたり 20～30 本の広葉樹を保持すれば、皆伐よりも多くの鳥類を保全できると期待された。今後施業ガイドラインや森林認証制度に広葉樹の保持が組み込まれれば、林業分野で生物多様性の保全が進み、森林や林業、木材の価値が向上すると期待される。

保持林業は景観のどこに配置すべきか？

人工林が広がる景観では、保持林業をすべての人工林で実施することは難しいかもしれない。果たしてどの人工林で保持林業を実施すべきか？かつて Franklin（1993）は、保護区を取り巻く土地利用を「マトリックス」と呼び、マトリックスを管理することによって景観の連結性を高める意義を説いた。そこで私たちはサーキット（電子回路）理論に根差した空間明示型の個体群モデルを構築し、おおむねこの主張を支持する結果を得た（Yamaura et al. 2022）。つまり、保持林業を保護区の周囲や保護区間を連結するように実施することの便益が示された。

引用文献

Franklin JF (1990) Biological legacies: a critical management concept from mount St. Helens. Trans 55th N A Widli & Nat Res Conf 216-219

Franklin JF (1993) Preserving biodiversity: species, ecosystems, or landscapes? Ecol Appl 3:202-205

柿澤宏昭・山浦悠一・栗山浩一 (2018) 保持林業―木を伐りながら生き物を守る―. 築地書館

中村太士 (2018) アメリカ合衆国における保持林業の勃興. （柿澤宏昭ほか 編. 保持林業. 築地書館）. 59-94

Yamaura Y, Fletcher RJ, Lade SJ, Higa M, Lindenmayer D (2022) From nature reserve to mosaic management: improving matrix survival, not permeability, benefits regional populations under habitat loss and fragmentation. J Appl Ecol 59:1472-1483

Yamaura Y, Unno A, Royle JA (2023) Sharing land via keystone structure: retaining naturally regenerated trees may efficiently benefit birds in plantations. Ecol Appl 33:e2802

気候変動に伴う日本の森林の分布予測と保全指針

松井哲哉（森林総研）

【分布予測研究の始まり】　気候変動が森林生態系に与える影響を評価する研究プロジェクトに、2001 年から参加した。私はブナ林に対する温暖化影響の地図化を担当することになり、欧米の先行研究事例のモデル手法をブナ林研究に適用することにした。それは、樹木の広域分布情報を従属変数とし、気温や降水量といった気候条件を説明変数としてモデル化し、推定した樹木の分布確率を地図化するという、現在では当たり前になった手法であった。それを用いて、当時の最新のデジタル植生情報と３次メッシュ（約 1 km^2）気候データを使った解析を試みたが、表計算ソフトは２万６千行までしか入力できず、37 万件ある気候情報は格納できなかった。試行錯誤の末に S-PLUS 言語を用いて全国のブナ林の分布予測モデルを構築し、ブナ林の分布規定要因の解明と、分布可能な地域（潜在生育域）が将来の温暖化によってどう変化するのかを推定し地図化した（Matsui *et al*. 2004a, b, c; 2009）。

同時に、このまま温暖化が進行すると、世界自然遺産である白神山地のブナ林はどうなってしまうのかという疑問も生じた。そこで、現地の植生を海岸から山頂まで踏査して主要樹種の分布標高を記録し、これに既存文献の情報をあわせて垂直分布情報に整理した上で潜在生育域の将来の縮小傾向を加味すると、2100 年頃の白神山地では大半がブナ林の潜在生育域から外れ、コナラやクリなどの中間温帯性樹種に適した気候帯になる可能性が示された（松井ら 2007）。

一方で、全国のブナ個体の分布と温暖化影響を評価し、それを自然保護区の情報と重ねて関係を解析した研究も進み、温暖化後にも安定したブナの生育域を含む自然保護区と脆弱な保護区、保護区外だが将来は保全すべき候補地域などの区分が公表された（Nakao *et al*. 2013）。

【対象や地域の拡大】　ブナ以外では、共同研究者らとともに日本の植生（ハイマツ、シラビソ、コメツガ、アカガシ、ササ、竹林等）に関する温暖化影響評価（Horikawa *et al*. 2009; Nakao *et al*. 2011; Tanaka *et al*. 2012; Higa *et al*. 2013; Tsuyama *et al*. 2012; 2015; 平田ら 2020）、シカ生息域やマツ枯れリスク域の温暖化影響評価（Ohashi *et al*. 2016; Matsuhashi *et al*. 2020）、気候変動の速度（髙野ら 2019）、過去から現在に至る植生変遷の推定（Tsuyama *et al.* 2014; Shitara *et al*. 2021）、遺伝研究者らとの共同研究（Worth *et al*. 2023）などが進められた。

将来の温暖化により潜在生育域から外れたブナ林が、将来はどのような樹種に置き換わるのかという定量的な推定はこれまでなされていなかった。そこで、ブナ林と接する植生から主要な樹種を選んで１つの分布予測モデルの中に同時に組み込むモデルを構築し、現在はブナが優占している地点の将来変化推定を試みたところ、ブナの分布下限域を中心に、温暖化が進行するとブナ優占型からナラやカシ類優占型の森林へと変化する可能性が示された(Matsui *et al*. 2018)。たとえば、茨城県の筑波山（877m）南斜面では、標高 550m を境として上側にはブナやミズナラを中心とする冷温帯落葉広葉樹林が、下側にはアカガシ、ウラジロガシ、スダジイ等を中心とする暖温帯常緑広葉樹林が分布している。ところが、山頂直下 800m 地点のブナ林内でもアカガシが侵入して成長し、低木から亜高木に達している個体も見られる。標高 550m 付近ではブナは単木でしか生育せず、林冠の周囲を常緑広葉樹に囲まれている。今後の温暖化の進行とともに、林冠構成種には少しずつ変化が生じると考えられる。

【適応策】　2010 年以降は温暖化の悪影響を減らす適応策の研究が一層求められるようになった。しかし、自然生態系の場合は即効性の高い適応策は難しい。現実的には地域の自然の実態を正しく評価した上での保全策が適応策になるだろう。例えば白神山地では国、地方自治体、地域住民、大学、世界遺産地域科学委員会などが協力し、多項目に及ぶ森林生態系のモニタリングが実施されている。また筑波山では、県、博物館、大学、NPO、ブナ林保護対策委員会などが協力し、ブナの全木調査が行われ、今後の保全対策について協議が続いている。このような科学的な生態系モニタリングの継続がますます重要となる。

Effects of weeding the shrub layer during thinning on surface soil erosion in a hinoki plantation
（ヒノキ人工林における間伐時の低木層刈り払いが表土浸食に与える影響）

山岸極（森林総研）

はじめに

土壌浸食は植物や土壌生物相の生育基盤である土壌の流出を引き起こすため、人工林管理において考慮すべき重要な要素である。通常、森林では下層植生やリターで構成される林床被覆が表土を保護するため、表土浸食が生じにくいとされている。しかし、既往研究では林床被覆が少ない森林において、雨滴による深刻な表土浸食の発生が報告されている。日本においても、管理が不十分な林床の暗いヒノキ人工林では林床被覆が低く、深刻な表土浸食が発生する傾向にある。このような林分では、間伐の実施に伴う林内光環境の改善が下層植生の発達を促し、表土浸食の軽減に寄与するとされている。ただし、間伐時には一般的に安全性と効率性の観点から低木層の刈り払いが実施される。低木層は雨滴衝撃の緩和効果が期待でき、表土保全上有用である可能性が高い。本研究では、ヒノキ人工林における間伐時の下層刈り払いが表土浸食に与える影響を明らかにすることを目的とした。

方法

本研究では、46 年生ヒノキ人工林に設定した調査区に、間伐と下層刈り払いの有無を組み合わせた４種類の処理を行った（下層刈り払いを伴う間伐:TW、下層刈り払いを伴わない間伐:T、下層刈り払いのみ:W、無処理:C）。これらの処理区において、飛散土砂量と林床に形成された土柱の高さを、雨滴浸食の指標として調査した。また、雨滴浸食に対する影響要因として広葉樹リターフォール量、樹冠通過雨、林床被覆率、斜面傾斜をそれぞれ計測した。

結果・考察

本研究の結果、下層刈り払いを行った処理区（TW と W）は行っていない処理区（T と C）と比較して、飛散土砂量は高い傾向に、土柱高は低い傾向にあった。さらに、一般化線形混合モデル（GLMM）による多変量解析の結果では、飛散土砂量および土柱高に対して下層刈り払いが有意に影響を及ぼしていた。これらの結果は、下層刈り払いが雨滴浸食強度を増加させ、表土の浸食を促進していることを示唆している。この下層刈払いによる雨滴浸食強度の増加は林内に成立していた低木層を取り除いたことにより雨滴の衝撃力が増加したためだと推察された。さらに本研究では、低木層の除去に伴う広葉樹リターフォール量の減少と、下層刈り払いを行った処理区での林床被覆率の低下も観測された。この結果は、下層刈り払いが林床へのリター供給を減少させ、林床被覆物の減少を引き起こすことを示唆している。これらの結果からヒノキ人工林内の下層刈り払いは雨滴衝撃の増加だけでなく、林床被覆物の低下を招き、表土浸食を促進すると考えられた。

キーワード

Chamaecyparis obtuse（ヒノキ）, Soil splash detachment(飛散土砂), Soil conservation（土壌保全）, Forest floor cover（林床被覆）, Rain erosivity（降雨浸食強度）.

日本森林学会奨励賞受賞業績要旨

Conservation fundraising: Evidence from social media and traditional mail field experiments
（生物多様性保全のための資金調達：ソーシャルメディアと郵送 DM を用いたフィールド実験によるエビデンス）

久保雄広（国立環境研究所）

資金不足は生物多様性損失の主たる要因の１つである。しかし、これまで生物多様性保全の分野においては効果的に資金を調達するための知見が不足してきた。本研究では、呼びかけ方法や募金プラットフォームを変えることで、どのようにすれば効果的に寄付を獲得できるのか、アマミノクロウサギが生息する奄美大島の森を購入するための寄付キャンペーンを通じたフィールド実験を行った。

分析の結果、既に寄付された金額を強調するシードマネー・フレームは寄付者の数を増加させたのに対し、絶滅危惧種の保全に焦点を当てたエコロジカル・フレームは寄付者の数を相対的に減少させた。また、Facebook 広告（オンライン）は費用が寄付額を上回ったのに対し、従来の郵送 DM（オフライン）を用いた実験では寄付額が費用を上回った。このことは、資金調達においては、キャンペーンを実施する前に、適切なドナー・プールを特定することが重要であることを示唆している。

本研究は昨今主流となるオンラインを介した資金調達の課題を示す一方、従来のアナログ的な方法の利点も改めて示したものである。今後も効果的な生物多様性の保全を促進するために、人々の行動に基づく科学的エビデンスを充実させていく必要があるだろう。

なお、本研究の詳細は以下の WEB サイト等を参照されたい。

- 本文：Kubo, T., Yokoo, H. F., & Veríssimo, D. (2023). Conservation fundraising: Evidence from social media and traditional mail field experiments. Conservation Letters, 16(1), e12931. https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/conl.12931
- 研究紹介ビデオ：https://players.brightcove.net/3806881048001/default_default/index.html?videoId=6322283240112
- 日本語解説（国立環境研究所プレスリリース）：https://www.nies.go.jp/whatsnew/2023/20230424/20230424.html

A watershed-scale evapotranspiration model considering forest type, stand parameters, and climate factors
（森林タイプ・林分構造・気象条件を考慮した流域スケールの蒸発散モデルの構築）

猪越 翔大（名大院生命農）

はじめに

森林の水源涵養機能評価では、針葉樹林や広葉樹林などといった森林タイプ、植栽や保育間伐などの森林の管理履歴の違いなどによる、多様な森林状態を考慮することが必要になる。特に森林水循環において年降水量の 20～70%を占める蒸発散については、その構成要素である遮断量や蒸散量が、樹種や樹高・立木密度などの林分構造によって異なることが、多くの観測研究で明らかになってきた。一方で、これまでにも多くの蒸発散量を評価するモデルが構築されてきたものの、流域内に存在する多様な森林状態は考慮されてこなかった。また、多くの既往研究事例が降雨を対象としており、山地上流域や日本海側などの積雪地域において重要となる降雪時の遮断も、これまでのモデルでは考慮されてこなかった。そこで本研究では、温帯林や冷温帯林を対象に、森林タイプ、林分構造（立木密度・樹高）、降雨・降雪を含む気象条件を考慮した、蒸発散モデルの構築を行った。

方法

本研究では遮断量、蒸散量それぞれについてモデルを構築した。国内外 65 報の遮断を観測した既往研究のデータを整理・収集し、各調査サイトの立木密度・樹高と降水量に対する遮断率の関係を調べ、遮断モデルを構築した。蒸散モデルについては、FLUXNET や Asiaflux から 37 サイトのデータを収集し、ペンマン・モンティース式で重要となる表面コンダクタンスの基準値（G_{sref}）と、立木密度・樹高との関係を調べた。構築したモデルは、世界各地の 3 箇所における渦相関法による月別蒸発散量との比較検証を行った。

結果

遮断モデルは遮断率が針葉樹林では立木密度と、広葉樹林では樹高とともに増加していく関係式となり、降雨時・降雪時それぞれについて構築した。降雪時の針葉樹林における遮断については、スギなどの常緑針葉樹林と、落葉針葉樹であるカラマツ林では、異なる遮断率を推定できる式となった。蒸散モデルについては、G_{sref}が樹高の増加に対応して減少する関係を利用し、常緑針葉樹林・落葉針葉樹林・広葉樹林のそれぞれで構築した。実測値との比較から、構築したモデルは特に蒸発散量の多い夏季において 6～16%の誤差と、高い整合性が確認された。多様な森林状態を考慮できる本モデルは、森林の広域評価（森林簿や航空機 LiDAR の利用など）との組み合わせにより、降雨と降雪が混在し、森林状態が不均質な広域の蒸発散量評価を可能とし、流域や地域スケールでの森林水循環評価に活用可能である。

おわりに

本研究は主導者である筆者の他に、指導教員でありご推薦くださった五味高志氏、筑波大学放射線・アイソトープ地球システム研究センターの恩田裕一氏、邱湞瑋氏、橋本朝陽氏、張宇攀氏、岐阜大学流域圏科学研究センターの斎藤琢氏との共著のもと遂行された。また、緻密なフラックス観測を長年にわたって行い、その貴重なデータを FLUXNET や Asiaflux に公開されてきた、多くの研究者の方々に深く感謝の意を申し上げる。

Differentiation and seasonality in suitable microsites of seed dispersal by an assemblage of omnivorous mammals

（果実を食べる哺乳類による種子散布場所の違いと季節変化）

栃木香帆子（東京農工大学）

はじめに

種子散布は、固着性の植物にとって数少ない移動の機会であり、植物の個体群動態や群集構造を決定づける重要なプロセスである。森林においても、樹木の配置を決定し、将来の森の姿に大きく影響することから、種子散布は森林の存続を考えるうえで重要な現象である。散布された種子が発芽し、実生が定着できるか否かは、散布される種子数などの量的要因と散布場所の環境条件などの質的要因によって決まる。

温帯林では、数多くの樹種が動物の果実の被食に伴う種子散布（被食散布）を行うことが知られており、主に果実を食べる動物種の生態の違いによって、各動物種が種子散布者として異なる役割を担っていると考えられている。しかし、これまでの研究では、種子散布者の種間の役割の違いは、散布する樹種数や種子量といった量的要因の比較がほとんどであり、各動物種がどのような環境に種子を散布しているのかといった質的要因については、検証例が少なかった。

そこで本研究では、日本の温帯林の哺乳類による被食種子散布に着目し、各哺乳類種の持つ役割を質と量の両方の視点から評価することを目的とした。

方法

2003 年から 2004 年にかけて、夏（6～8 月）と秋（9～11 月）に東京都奥多摩地域に生息する哺乳類 5 種（ツキノワグマ、ニホンザル、テン、タヌキ、アナグマ）の糞を採取し、各哺乳類種によって種子を散布する確率や種子数、樹種数、散布する環境が異なるかを検証した。また、各種によって散布された環境の特徴をもとに、各種間の種子散布環境の類似度を算出し、各種の散布環境のばらつきや各種間における違いを評価した。さらに、哺乳類種―樹種と哺乳類種―種子散布環境のネットワーク構造を推定し、生態系における種子散布者全体としての機能を評価した。

結果・考察

種子が定着に最適な環境に散布される確率と種子数は、哺乳類種と季節によって異なっていた。例えば、夏はツキノワグマが、秋はニホンザルとテンが、最も高い確率で種子を最適な環境に散布していた。また、体の大きなツキノワグマは、一度に最も多くの種子を散布していた。さらに、種子が散布された環境も、種や季節によって異なっていた。ツキノワグマは夏には森林内に種子を多く散布したが、秋には森林内だけでなく、林縁部のような開空度の高い環境にも散布していた。また、ニホンザルとテンは季節に関係なく森林内からギャップ環境、林縁部まで多様な環境に散布していた。タヌキとアナグマは、地面が硬く、斜面が緩やかで下層植生が発達した環境に散布していた。これらの違いは各種の食性の変化やそれに伴う利用環境の変化を反映したものであった。

そして、ネットワーク構造解析では、各哺乳類種が、樹種や種子散布環境ごとに異なるグループを形成（モジュール構造）していることがわかった。このことから、哺乳類 5 種が種子を似たような環境にまんべんなく散布しているのではなく、それぞれが異なる環境に種子を散布することで、結果的にそれぞれの樹種の多様な環境への種子散布に貢献していることが示唆された。

Paired root-soil samples and metabarcoding revealed taxon-based colonization strategies in arbuscular mycorrhizal fungi communities in Japanese cedar and cypress stands
（スギ、ヒノキ林分における根と土壌のペア試料を用いたメタバーコーディングにより、分類群に基づくアーバスキュラー菌根菌群集の定着戦略が明らかにされた）

ジョタン・アコチフォール　ケヴィン　ジェオフロワ（東京大学大学院農学生命科学研究科）

はじめに

陸上植物の 7 割以上の種は，アーバスキュラー菌根（以下 AM）菌と総称される菌類が根に共生している。AM 菌は，宿主植物の養分吸収を高め，乾燥や病原菌に対する耐性を向上させる有用微生物である。日本の主要な造林樹種であるスギとヒノキは AM 菌と共生しており，両種の健全な生存・成長には AM 菌との共生が不可欠である。しかし，両種に共生する AM 菌に関しては既往研究が乏しく，種組成のようなもっとも基礎的な情報さえ，スギについて 3 件の報告があるのみで，ヒノキについては皆無である。また，AM 菌は宿主植物の根内と周辺土壌（根外）の両方に生育しているが，根内と根外の AM 菌群集を同時に調べた研究は限られており，根に共生する AM 菌の群集形成メカニズムに関する知見はない。

材料と方法

本論文では，環境の異なる人工林（スギ・ヒノキ混交林 2 か所と，両種それぞれの人工林が隣接して存在する 1 ヶ所）に調査地を設定して根と周辺土壌をペアで採取し，次世代シーケンサーを用いたアンプリコンシーケンス解析により，根内と根外の AM 菌の種（OTU，操作的分類単位）組成を調査した。

結果と考察

AM 菌は，3 調査地をあわせて，スギ・ヒノキの根内で 1067 OTU，根外で 1170 OTU，合計で 1443 OTU が検出された。いずれの調査地においても，スギ，ヒノキともに根内よりも根外の方が OTU 数が有意に多く，根内と根外の AM 菌の群集構造は有意に異なっていた。検出頻度が高かった OTU について CLAM による解析を行った結果，有意に根内に多く存在する OTU が 90，根外に多く存在する OTU が 177 であった。また，本研究で検出された 15 属の AM 菌のうち，*Glomus* 属と *Acaulospora* 属は有意に根内に多く，*Paraglomus* 属と *Redeckera* 属は有意に根外に多かった。以上の結果から，スギ・ヒノキに共生する AM 菌は分類群により定着戦略が異なり，根内に多くの菌糸を定着させて根外には菌糸をあまり伸ばさない分類群と，根内にはあまり定着せずに根外に多くの菌糸を伸ばす分類群が存在することにより，根内と根外の AM 菌群集構造が異なることが示唆された。一方，宿主植物に着目すると，スギとヒノキが混植された調査地では AM 菌の群集構造に宿主間で有意な違いはなく，スギのみ，ヒノキのみが単植された調査地では群集構造に宿主間で有意な違いがみられた。また，CLAM による解析の結果，スギと有意に関連する OTU が 4，ヒノキと有意に関連する OTU が 4，両種のどちらにも関連する OTU が 13 みられた。これらの結果から，スギとヒノキに特異的な OTU は少なく，両者が共存する場所では AM 菌群集を共有していると推測された。

以上のように，本研究は，ヒノキと共生する AM 菌の種多様性を初めて明らかにするとともに，スギ・ヒノキに共生する AM 菌の定着戦略が分類群により異なる可能性を初めて示した。

Are seeds of trees with higher fruit production dispersed farther by frugivorous mammals?

（実りの豊かな木ほど遠くまでタネを散布するのか？）

Shinsuke Koike; Kahoko Tochigi and Koji Yamazaki

Journal of Forest Research 28 (1): 64–72, 2023

授賞理由

本論文は日本の哺乳類の中で代表的な種子散布者である 5 種（ツキノワグマ、サル、テン、タヌキ、アナグマ）についてカスミザクラの果実持ち去り率や種子散布距離を推定している。直接観察が難しく個体数も少ない哺乳類では種子散布の評価は容易ではなく、哺乳類で果実持ち去り率を定量評価した研究はこれまでにほとんどない。本論文はこの課題を独自のアイディアで採餌実験、カメラトラップ、GPS、糞分析、先端的な統計手法を組み合わせることで解決している点に高い独創性・飛躍的進歩性がある。5 種もの哺乳類で種子散布を統一的な手法で定量評価したことにより、種子散布に関する新たな知見と仮説が提示されおり、この研究分野における発展性や国際性の観点からも高く評価できる。

要旨

動けない植物にとって種子散布は、子孫を残すとともに、移動することが出来る唯一の機会である。種子散布の中でも動物の採食活動によって種子が散布される被食散布では、種子散布を担う動物種によって、種子の散布距離や種子の散布量が異なることから、種子散布者としての役割が動物種間で異なることが知られる。しかし、各動物種の種子の散布距離と種子の散布量を同時に、定量的に評価されたことはなかった。この課題を解決するために、本研究は種子散布を担う哺乳類 5 種（ツキノワグマ、ニホンザル、ホンドテン、タヌキ、二ホンアナグマ）を対象に、種子散布距離と散布種子量の両方を、野外調査と室内実験を組み合わせることで同時に推定し、動物種間で比較するとともに、樹木の個体ごとにおける結実量と長距離に散布される種子の量との関係を検証した。まず、種子の散布距離は各動物種の野生個体の行動追跡調査と飼育個体を用いた種子の腸内滞留時間の測定調査の両結果から推定した。また、種子の散布量は野外のカスミザクラ 9 本を対象に、複数年にわたり樹木ごとの結実量、各動物種が果実を食べに木に訪問する回数を自動撮影カメラで記録するとともに、野外で採取した各動物種の糞に含まれる種子の量と飼育個体を用いた採食実験から、動物が果実を実らせた木を訪問した際に、訪問 1 回当たりに採食する果実の量を推定した。その結果、各動物種によって種子の散布距離の分布は異なり、主に長距離の種子散布を担うのはツキノワグマとホンドテンであった。また、各動物種の木への訪問 1 回当たりに採食する果実数も種間で大きく異なり、ツキノワグマが極めて大きいことが判明した。さらに、観察を行った木ごとにみると、結実量が多い木ほどこれらの哺乳類によって散布されると推定される種子の量は多いだけでなく、長距離に散布される種子の量も多くなる傾向があり、ツキノワグマの結実木への訪問の有無が強く影響した。本結果より、生態系における各動物種の種子散布者としての役割を正しく理解するには、植物の種子散布における複数の視点（今回は種子の散布量と散布距離）を同時に評価する必要性が示唆された。さらに、木ごとの結実量の違いにより、果実を食べに訪れる動物相や個体数は異なったことから、果実と種子散布者の相互の関係を明らかにするためには、結実量の異なる多くの木を、複数年にわたって観察することの必要性も示唆された。

日本森林学会誌論文賞受賞業績

衛星データを用いた森林変化マップにおける面積推定と精度評価の手法

志水克人

日本森林学会誌 105 巻 5 号, 166-182, 2023

授賞理由

リモートセンシングにおける解析精度の判定方法の適否は重要な問題であり古くから議論が重ねられてきたものの、日本では精度の評価方法についての学術的な論文・総説がこれまでなかった。志水会員の論文は、精度評価に関する数多くの国際誌を参照して、その問題点と国際的に標準とされる精度評価方法について体系的にまとめ、森林リモートセンシング分野における学術的発展性への貢献が非常に大きい、完成度の高い総説である。

海外では違法伐採の監視、国内では伐採届等との突合といった目的でその技術の需要が高まりつつあることを踏まえ、評価に利用した R のモデルを公開することでリモートセンシングの解析において適切な精度評価方法の普及に貢献しうる。また、森林変化マップを作成する場面で本論を参考に適切な精度評価が実施されることが期待されることなどの波及性が期待される。さらには、和文誌での発表により国内における技術水準の向上に寄与した点はおおいに評価される。

要旨

森林変化や土地被覆変化マップなどの主題図には現実との相違がある程度含まれる。主題図を効果的に利用するためには、マップ分類がどの程度正しいかを表す精度を評価することが重要になる。本総説では、衛星データを用いて作成した森林変化マップの面積推定と精度評価における基本的な原則を整理し、精度評価の構成要素を Sampling design、Response design、Analysis にわけ、それぞれで基準と推奨される手法を示した。また、精度評価を実施する上での留意点についても記述した。統計的に厳密な精度評価では、無作為抽出を基本とした確率抽出によりサンプルを抽出し、リファレンスデータとの相違を解析して、マップ分類の精度を推定する。精度評価と面積推定では、母集団誤差行列が中心的な役割を担う。サンプル抽出に対応した不偏推定量もしくは一致推定量を利用することで、精度と面積の推定値と信頼区間を算出し不確実性を示すことができる。精度評価の基本的な手法は確立されているが、より新しい手法も提案されている。精度評価では全てに対応する単一の手法はなく、目的に応じて適切かつ基準を満たす手法を選択する必要がある。