

令和元年5月30日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26292181

研究課題名(和文) 里地・里山の生物多様性・生態系サービス指標および評価手法の開発

研究課題名(英文) Development of biodiversity and ecosystem services indicators and assessment methods for Japanese cultural landscapes "SATOYAMA"

研究代表者

鷺谷 いづみ (WASHITANI, Izumi)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：40191738

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：里地・里山は農地・森林・湿地(河川を含む)・草原などを含む複合生態系であり、それらが織りなす生物多様性と生態系サービスの現状評価や保全・自然再生のモニタリングに資する指標と評価法の開発は、日本の生態学が国際的に貢献すべき重要な課題である。本研究では、森林の樹木サイズを指標する樹冠サイズ指数、生物多様性の衰退を引き起こす駆動因が作用する前の潜在的生物相の推定手法、鳥類・魚類・昆虫類などの指標種とそれらを用いた生物多様性と生態系サービスの評価方法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生物多様性の現状の評価と保全・自然再生のモニタリングにもとづく「持続可能な自然共生社会」の形成は、国際的に広く共有される社会目標の1つである。しかしそれらの目標を達成するためには、科学的な情報に依拠した実践の指針と具体的計画、計画を順応的に進めるための科学的モニタリングが欠かせない。本研究が開発した里地・里山における生物多様性と生態系サービスの多様な指標、とくに衛星画像、ドローン画像および指標種を用いた評価法は、生態学的意義のみならず上記の社会的要請に応えるための社会的意義も包含している。

研究成果の概要(英文)："SATOYAMA", typical cultural landscapes of Japan, is a complex ecosystem including agricultural land, forest, wetland (including rivers) and grassland, and interactions among the habitats sustain the unique biodiversity. Developing assessment methods and indicators that are useful for conserving and restoring the SATOYAMA ecosystem is an important mission of ecology in Japan. In this study, we developed a tree crown size index for estimating natural forest maturity, a method estimating potential fauna before the fauna is exposed to negative impacts such as alien species invasion, and assessments of biodiversity and ecosystem service using various organisms including birds, fishes and insects, which can serve as indicator species (groups).

研究分野：保全生態学

キーワード：生物多様性 里地・里山 指標

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

生物多様性条約を国際的な枠組みとする「持続可能な自然共生社会」の形成にむけた実践が、世界各地で取り組まれるようになった。2010年に日本で開催された第10回生物多様性条約締約国会議で採択された世界戦略である「愛知目標」、それを受けて策定された「生物多様性国家戦略2012-2020」および地方自治体の「地域戦略」の策定などを通じて、達成すべき時期を定めた社会的な目標が広く共有されるようになった。しかし、それらの目標を達成するには、地域から国際レベルにおける多様な主体の参加とともに、科学的な情報に依拠した実践の指針と具体的な計画、計画を順応的に進めるための科学的モニタリングが欠かせない。そのための指標や評価手法の開発は、社会的な要請が大きく、保全生態学の喫緊の課題となっている。とくに里地・里山（国際的にはSATOYAMA）の生物多様性と生態系サービスに関する現状把握と予測のためのツールの開発は、日本の生態学が国際的に貢献すべき重要な課題である。

2. 研究の目的

農地・森林・湿地（河川を含む）・草原などを含む「里地・里山」およびその構成要素である森林や湿地は、異質なパッチから成り立つ複合生態系（モザイク）である。生物多様性の現状の評価と保全・自然再生のモニタリングに資する指標と評価法の開発は、生物多様性に関する国際的目標および国家戦略の実現に向けて喫緊の社会的課題となっている。本研究では、生物多様性に関する政策立案と密接にかかわるこの社会的な要請に応えるべく、生物多様性保全上重要な空間をリモートセンシングで検出する手法など、保全・再生目標と合致した種や生態系特性に注目した指標や評価法を開発する。その有効性は、社会的実践を介して検証する。なお、本研究が対象とする地域は、生物多様性地域戦略にもとづく保全活動もしくは自然再生推進法が実施されている地域や国立公園である。

3. 研究の方法

(1) 樹木サイズを指標する樹冠サイズ指数を開発するために、空中写真から地形に起因する陰により単木の樹冠を認識できない領域および林道や崩壊地など林冠が存在しない領域を除いた領域の band 1（赤色）から樹冠サイズ推定の解析を行った。まず、斜面方位ごとの明るさや影の変動パターンを軽減するための画像補正手法を確立した。また、高解像度リモートセンシングでは空中写真だけでなく、衛星画像やレーザー測量など空間解像度の異なる多様なデータソースが存在する。それらの利用可能性を検討するために、空中写真を異なる解像度でリサンプリングした上で粒度分析を行い、異なる解像度での樹冠サイズを推定する手法を開発し、その有効性を亜熱帯照葉樹林で確認した。

樹冠サイズ指数の有用性を検証するために、樹木サイズや樹洞、フロラに関するグラントゥールズを林内に複数設定した方形区から把握し、樹冠サイズ指数とそれらの関係性を検討した。

(2) 亜熱帯照葉樹林において、鳥類相、トンボ類、樹洞、ニホンミツバチ、リュウキュウコノハズクなど多様な分類群に対してそれぞれ適切な時期とセンサス法を適用して複数年・複数回にわたって調査を実施した。特に鳥類では、繁殖期を含むような調査期間を設定し、トンボ類では、網羅的な種リストを作成するために、5月、6月、9月を重点的な調査期間とした。これらにもとづく生物多様性指標と新設国立公園との対応関係を検討し、国立公園設定による生物多様性保全の効果を検証した。

(3) 湿地生態系において保全上の重要種と侵略的外来種植物の両方に注目しながら、それぞれの分布データと環境条件との関係を現地調査とリモートセンシングの両方から把握する手法を開発した。

(4) 里地・里山地域のイトトンボ類と河川性魚類の生物相データを対象に生物多様性の消失とそれをもたらす駆動因の関係性から「Lost Biodiversity Approach」という評価手法を開発した。入れ子状の群集構造をもつイトトンボ類とそうでない群集構造をもつ淡水性魚類の両方に対応したアプローチをそれぞれ検討し、現在の駆動因が作用する前の潜在的生物相を理論的に構成する、他の分類群にも適用可能な一般的プロトコルを提案した。

(5) 森林モザイクに由来する植物の多様性に対応する植食性昆虫群集の多様性について、灯火採集を利用した簡便な評価手法を検討した。さらに、淡水生態系の水生昆虫を含め、複数の採集・調査方法によるサンプリングがそれぞれどの程度の空間的スケールでの多様性評価に寄与するのかを検討するとともに、生物多様性の指標となる種群や生息環境を特定した。

(6) 自然巣もしくはコロニーを導入した巣箱に帰巢する働き蜂が持ち帰る花粉の分析から、その巣が季節ごとに利用する植物を網羅的に把握し、さらにそれらの植物が生育するハビタットの空間的広がりを把握した。これによりそれぞれの巣の利用空間における開花植物の多様性および生態系サービスを網羅的かつ定量的に評価した。さらに、巣内のダンスを読み取ることで、重要な資源の空間的情報を得る可能性についても検討した。

4. 研究成果

(1) 保全・再生のための計画が立てられ自然再生の実践が進められている北限のブナ林域（黒松内町）および奄美大島の亜熱帯照葉樹林を対象に、空中写真から算定可能な森林の樹木サイズ（胸高直径や樹高）を指標する樹冠サイズ指数を開発した（松本ほか2014; Matsumoto et al.）

2017)。これにより、現地調査を伴うことなくリモートセンシングデータから広域的に成熟した森林域を把握することが可能となった。さらに、樹冠サイズ指数が大きくなるにしたがって、老齢林を特徴づける植生・フロラが成り立つことや、樹洞数が増加し（松本ほか 2015）樹洞利用者であるリュウキュウコノハズクなどの保全上重要な動物の生息地を提供していることを示した（井上ほか 2019）。

開発した樹冠サイズ指数を用いて空中写真の画像解析により奄美大島全域の樹冠サイズ指数地図を作製した。作製した地図から経年変化と現存植生図および一部踏査による森林の現況把握とを重ね合わせて、伐採などの人間活動に起因する森林モザイクの変遷を把握した。その結果、一貫して樹冠サイズ指数の大きい照葉樹林が集中する地区、伐採後に二次林が回復した樹冠サイズ指数の小さい森林が集中する地区、過去の放棄農地や伐採跡地で先駆樹種が樹冠を広げたことにより大きな樹冠サイズ指数が集中する地区を抽出することができた。これらを奄美群島国立公園の地種区分と照合すると、内陸山地域に分布するまとまった面積の樹冠サイズ指数が大きい照葉樹林パッチが特別保護地区および特別地区に指定されており、いずれの年度も樹冠サイズ指数の平均値が 4.21 を上回っていた。それらの森林域は隣接する特別地域などの二次林に対して保全上重要な生物の供給源となりうることが示唆された。樹冠サイズ指数は、保全上の重要性という観点から森林のモザイク動態を広域的にモニタリングする上で有効であることが明らかとなった。

(2) 亜熱帯照葉樹林の生物多様性指標（鳥類相、トンボ類、樹洞、ニホンミツバチ、リュウキュウコノハズク）の調査データの分析評価に基づいて保全上重要な区域を地図化したところ、どの指標をとっても新設国立公園の指定範囲内であることが示された。そのため、本研究で取り上げたいいくつかの指標は、生物多様性保全上重要な地域を選定するために十分に有用であると結論された（Sakai et al. 2017; 井上ほか 2019; Sakai et al. 2019）。

また、本研究を進める中で奄美大島の森林域に生息するリュウキュウコノハズクのヒナに巢外で給餌される餌生物の約 30%がバツタ目の固有種アマミヘリグロツユムシに占められることが判明した。代表的な森林域において、リュウキュウコノハズクの繁殖期に林道沿いの森林ギャップおよび林内の樹木および草本上にアマミヘリグロツユムシを調査したところ、分布は森林ギャップに偏っていた。餌生物の選好性を調べたところ、落葉樹のみ摂食がみられ、アカメガシワを与えた場合に成長量が大きく成虫となった。リュウキュウコノハズクの繁殖期の主要な餌生物であるアマミヘリグロツユムシが、アカメガシワなどの林道やギャップに生育する落葉先駆性樹種を餌としていたことから、老齢林に生息するリュウキュウコノハズクも採餌は森林ギャップで行っている可能性が示唆された。

(3) 渡良瀬遊水地では、植物の保全上の重要種ならびに侵略性の大きい外来種植物の分布データから絶滅危惧種が集中して分布する領域を抽出し環境条件との関係を分析した。比高がやや高い地点は外来植物の侵入圧が高く、そのような場所では植物から見た生物多様性が低いことが明らかになった。黒松内低地帯の湿原では、空中写真の判読を行い、過去の土地改変による部分的な土壌剥離がその後の植生の発達に伴うミズゴケ属植物とイトモ、エゾササゲ、ホロムイリンドウ、ムラサキミミカキグサを含む絶滅危惧種の生育地形成に寄与していることを示した（石井ほか 2017）。

(4) Lost Biodiversity Approach などの統合的評価指標の検討に資するため、また生物指標にふさわしい魚類を明らかにするために朱太川、久保川などの河川で魚類相調査を行い、魚類群集を指標する魚類が地域ごとに異なることを見いだした。加えて、土地利用図から計算可能な陸域と水域の違いを考慮した新しいモザイク指数と環境省が整備した全国のイトトンボ分布データの関係の検討も行った。これにより、入れ子性が認められるイトトンボ相とそうでない河川性魚類相それぞれについて Lost Biodiversity Approach の有用性を明らかにした（Yoshioka et al. 2014）。

(5) 北限のブナ林域では、保全上重要な地点を見いだすために、森林のモザイク性とも関連させながら多様な分類群に関する情報収集を行った。朱太川各支川の水生昆虫のうち、良好な溪流環境を指標するとされる EPT（カゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目）については、樹幹サイズ指数との関連性を示唆するデータが取得された。さらに、灯火採集による昆虫相調査を実施し、ブナ林、里山の落葉樹林の近隣のデータを取得した。とりわけ、湧水点では特異な生物相が成立し、地域の生物多様性に貢献する可能性が示唆された。例えば、朱太川流域の湧水河川では水生昆虫の個体数密度が極めて高く、かつ周辺の非湧水河川には見られないイズミコエグリトビケラ属の 1 種などが水生昆虫相を特徴づけていた。また、崖地からしみだした湧水にはこれまで黒松内町では記録がなかったナガトゲカクヒメトビケラの生息を確認した。

湧水河川でさらに生物季節の調査を実施したところ、水生昆虫の高い個体数密度に一致して夏期のヤマメの胃内容物バイオマスが非湧水河川よりも大きかった。また、流量・水温ともに安定した湧水河川における冬期のヤマメの個体数密度は夏期の 4.2 倍となっており、湧水が低温ストレスに対する退避地提供という生態系機能を持つことも分かった。降雨に伴う増水時に湧水河川でサケ、ヤマメ、スナヤツメ、ウグイ属の 1 種の個体数密度が高まるデータも取得され、洪水時における退避地提供にも湧水河川が寄与していることが明らかとなった。魚類相調査の過程で、2017 年度では特に多くの天然アユの遡上を確認できたため、黒松内町の生物多様性戦略実行後の天然アユ個体群サイズの増大を示唆するデータとして調査結果を町と情報共有した。

魚類の流程分布の構造（優占種および種の豊かさで把握）は、ハビタットの収容力と均質性および両側回遊魚の稚魚の海域からの加入が影響要因として重要なことが示された（Miyazaki and Terui 2015; Terui and Miyazaki 2016; 2017）。岩手県の里山自然再生地域を含む流域では、鱗翅目成虫、水生昆虫のファウナ調査を実施し、数 m~数百 m の比較的ミクロなスケールでモザイク性に対応した多様性を評価するためのデータベースを構築した。

(6) 久保川イーハトープ自然再生事業地においてニホンミツバチの利用植物の調査手法を確立し、生態系サービスの指標として利用する可能性を確認した（藤原ほか 2014; Fujiwara et al. 2017）。奄美大島では、生態系サービスの評価に向けて、ニホンミツバチの利用植物の詳細な把握に加えて（藤原ほか 2015）、本州や九州との生態の違いなどを詳細に把握し、また、適切な空間スケールでの植生分布の把握にドローンを活用する手法を検討した。ニホンミツバチに関わる一連の研究成果から、生態系プロセスを巢内での行動や貯蜜と関連させて、生態系サービスのポテンシャルを評価し、「ニホンミツバチの持続可能な養蜂」について提案を行った。

また、透明巣箱を用いたニホンミツバチの採餌および転居に関わるダンスの解析と巣に持ち帰る花粉の分析、現地踏査およびドローン画像の解析により、採餌対象かつ授粉に寄与する植物種および転居先候補となる樹洞の空間的分布パターンを把握し、花資源および営巣場所としての植物との生物間相互作用を分析した。これらから判明した保全上重要な森林域や生態系サービス提供の視点から重要な地域と国立公園指定区域との関係性を評価したところ、いずれもよく一致した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 37 件)

井上遠・松本麻依・吉田丈人・鷺谷いづみ (2019) 奄美大島におけるリュウキュウコノハズク *Otus elegans* の繁殖成功の空間パターンと森林景観要因 日本鳥学会誌. 68: 19-28. 査読有 DOI: 10.3838/jjo.68.19

Sakai, M. 他 4 名 (4 番目 I. Washitani) (2019) The importance of riparian subtropical lucidophyllous forest to odonate conservation. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. : 682-692. 査読有 DOI: 10.1002/aqc.3099

Fujiwara, A., M. Sasaki, and I. Washitani (2018) First report on the emergency dance of *Apis cerana japonica*, which induces odorous plant material collection in response to *Vespa mandarinia japonica* scouting. Entomological Science. 21: 93-96. 査読有 DOI: 10.1111/ens.12285

井上遠・井上奈津美・吉田丈人・鷺谷いづみ (2018) 録音による森林性鳥類モニタリングの有効性評価：奄美大島の鳥類保全に向けて 保全生態学研究. 23: 87-98. 査読有

Fujiwara, A. and I. Washitani (2017) Dependence of Asian honeybee on deciduous woody plants for pollen resource during spring to mid-summer in northern Japan. Entomological Science. 20: 96-99. 査読有 DOI: 10.1111/ens.12228

Matsumoto, H., M. Ohtani, and I. Washitani (2017) Tree crown size estimated using image processing: a biodiversity index for sloping subtropical broad-leaved forests. Tropical Conservation Science. 10: 1-12. 査読有 DOI: 10.1177/1940082917721787

Sakai, M., S. Suda, T. Okeda, and I. Washitani (2017) Identifying priority habitats and monitoring species for conservation and restoration of lentic Odonata habitats: assemblage nestedness on Amami-Oshima Island, Japan. Ecological Research. 32: 693-702. 査読有 DOI: 10.1007/s11284-017-1490-z

石井潤 他 7 名 (3 番目大谷雅人・7 番目鷺谷いづみ) (2017) 北海道黒松内町の表層土壌剥離跡に発達したミスゴケパッチと湿原植生の現状 保全生態学研究. 22: 361-370. 査読有

Terui, A. and Y. Miyazaki (2017) Combined effects of immigration potential and habitat quality on diadromous fishes. Limnology. 18:121-129. 査読有 DOI: 10.1007/s10201-016-0495-6

Miyazaki, Y. and A. Terui (2016) Difference in habitat use between the two related goby species of *Gymnogobius opperiens* and *Gymnogobius urotaenia*: A case study in the Shubuto River System, Hokkaido, Japan. Ichthyological Research. 63:317-323. 査読有 DOI: 10.1007/s10228-015-0501-8

Terui, A. and Y. Miyazaki (2016) Three ecological factors influencing riverine fish diversity in the Shubuto River system, Japan: Habitat capacity, habitat heterogeneity and immigration. Limnology. 17:143-149. 査読有 DOI: 10.1007/s10201-015-0472-5

藤原愛弓・和田翔子・鷺谷いづみ (2015) 奄美大島のニホンミツバチの保全に向けた生態特性の把握：体サイズ、営巣場所、天敵、繁殖期のコロニーの活動と分封. 保全生態学研究. 20: 131-145. 査読有

松本斉・大谷雅人・鷺谷いづみ (2015) 奄美大島における保全上重要な亜熱帯照葉樹林の指標候補としての大径木. 保全生態学研究. 20: 147-157. 査読有

Miyazaki, Y. and A. Terui (2015) Temporal dynamics of fluvial fish community caused by marine amphidromous species in the Shubuto River, southwestern Hokkaido, Japan.

Ichthyological Research. 63:173-179. 査読有 DOI: 10.1007/s10228-015-0474-7
Yoshioka, A., Y. Miyazaki 他 4 名 (4 番目 I. Washitani) (2014) A “ lost biodiversity ”
approach to revealing major anthropogenic threats to regional freshwater ecosystems.
Ecological Indicators. 36: 348-355. 査読有 DOI: 10.1016/j.ecolind.2013.08.008
Terui, A., Y. Miyazaki, A. Yoshioka, T. Kadoya, F. Jopp, and I. Washitani (2014)
Dispersal of larvae of *Margaritifera laevis* by its host fish. Freshwater Science.
33: 112-123. 査読有 DOI: 10.1086/674577
藤原愛弓・西廣淳・鷺谷いづみ (2014) さとやま自然再生事業地におけるニホンミツバチ
の生態系サービス評価：花資源利用およびコロニーの発達． 保全生態学研究. 19: 39-51.
査読有
松本斉・石井潤・大谷雅人・鷺谷いづみ (2014) 樹冠サイズを指標とした保全上重要な森
林域の抽出手法の開発：北限域ブナ二次林への適用． 保全生態学研究. 19: 67-77. 査読
有
Terui, A., Y. Miyazaki, A. Yoshioka, K. Kaifu, S. S. Matsuzaki, and I. Washitani (2014)
Asymmetric dispersal structures a riverine metapopulation of the freshwater pearl
mussel *Margaritifera laevis*. Ecology and Evolution. 4: 3004-3014. 査読有 DOI:
10.1002/ece3.1135

〔学会発表〕(計 43 件)

井上遠・松本麻依・吉田丈人・鷺谷いづみ 奄美大島におけるリュウキュウコノハズク *Otus elegans* の繁殖生態とランドスケープ要因．日本生態学会第 66 回全国大会 2019 年
岩淵克哉・境優・脇谷量子郎・高橋興世・鷺谷いづみ 湧水がもたらす底生無脊椎動物に
とつての特異な生息環境：朱太川水系の事例．日本生態学会第 66 回全国大会 2019 年
境優・脇谷量子郎・星剛介・鷺谷いづみ 退避地としての湧水河川：洪水前後の魚類相の
変化．日本生態学会第 66 回全国大会 2019 年
西村健汰・井上遠・鷺谷いづみ リュウキュウコノハズクの主要な繁殖期餌生物アマミヘ
リグロツコムシの餌植物利用．日本生態学会第 66 回全国大会 2019 年
星剛介・境優・脇谷量子郎・岩淵克哉・高橋興世・斎藤均・鷺谷いづみ 北海道朱太川水
系におけるヤマメの採餌環境としての湧水支流の重要性．日本生態学会第 66 回全国大会
2019 年
松本斉・大谷雅人・鷺谷いづみ 空中写真の画像解析による樹冠サイズ推定手法：傾斜地
の亜熱帯照葉樹林をモデルとした開発．日本生態学会第 65 回全国大会 2018 年
境優・須田真一・桶田太一・野村諒輔・鷺谷いづみ 亜熱帯照葉樹林における流水性トン
ボを用いた河畔林 河川エコトーンの生物多様性ホットスポットの評価．日本生態学会第
65 回全国大会 2018 年

〔図書〕(計 15 件)

宮崎佑介 (2017) 朱太川水系の魚類【第二版】. 後志地域生物多様性協議会. 58 頁.
鷺谷いづみ (2016) ウナギの保全生態学. (海部健三 著) 共立出版. pp. 141-151.
鷺谷いづみ (2016) 「自然の恵み」の伝え方. (日本環境ジャーナリストの会 編著) 清
水弘文堂書房. pp. 14-35.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
該当なし

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：宮崎 佑介

ローマ字氏名：(MIYAZAKI, Yusuke)

所属研究機関名：白梅学園短期大学

部局名：保育科

職名：講師

研究者番号(8桁)：10721631

研究分担者氏名：大谷 雅人

ローマ字氏名：(OHTANI, Masato)

所属研究機関名：兵庫県立大学

部局名：自然・環境科学研究所

職名：准教授

研究者番号(8桁)：50582756

研究分担者氏名：吉岡 明良

ローマ字氏名：(YOSHIOKA, Akira)

所属研究機関名：国立環境研究所

部局名：生物生態環境研究センター

職名：主任研究員

研究者番号(8桁)：80633479

研究分担者氏名：境 優

ローマ字氏名：(SAKAI, Masaru)

所属研究機関名：中央大学

部局名：理工学部

職名：助教

研究者番号(8桁)：10636343

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：松本 斉

ローマ字氏名：MATSUMOTO, Hitoshi

研究協力者氏名：井上 遠

ローマ字氏名：INOUE, Tohki

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、研究者個人に帰属されます。