

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

4-1802 環境変動に対する生物多様性と生態系サービスの応答を考慮した
国土の適応的保全計画
(4-1802)
平成30年度～令和3年度

英文課題名

Spatial prioritization of biodiversity and ecosystem services to environmental changes:
a case of adaptive management of land use for Japan

〈研究代表機関〉
琉球大学

〈研究協力機関〉
ヘルシンキ大学（フィンランド）

令和4年5月

目次

I. 成果の概要	1
1. はじめに（研究背景等）	
2. 研究開発目的	
3. 研究目標	
4. 研究開発内容	
5. 研究成果	
5-1. 成果の概要	
5-2. 環境政策等への貢献	
5-3. 研究目標の達成状況	
6. 研究成果の発表状況	
6-1. 査読付き論文	
6-2. 知的財産権	
6-3. その他発表件数	
7. 国際共同研究等の状況	
8. 研究者略歴	
II. 成果の詳細	8
II-1 絶滅リスクに着目した既存保護区の実効力評価 （国立大学法人琉球大学） 要旨	8
1. 研究開発目的	
2. 研究目標	
3. 研究開発内容	
4. 結果及び考察	
5. 研究目標の達成状況	
II-2 保護区内における開発の実態評価 （国立大学法人琉球大学） 要旨	16
1. 研究開発目的	
2. 研究目標	
3. 研究開発内容	
4. 結果及び考察	
5. 研究目標の達成状況	
II-3 希少種（RDB種）の絶滅リスク緩和のための保護区の新設と拡大のプランニング （国立大学法人琉球大学） 要旨	24
1. 研究開発目的	
2. 研究目標	

3. 研究開発内容
4. 結果及び考察
5. 研究目標の達成状況

II-4 里山里地の保全効果と重点管理エリアの特定 28

(国立大学法人琉球大学)

要旨

1. 研究開発目的
2. 研究目標
3. 研究開発内容
4. 結果及び考察
5. 研究目標の達成状況

II-5 土地利用や温暖化に関係した環境変動が生物分布に及ぼす影響：温暖化に伴う生物分布の北上の実態など 34

(国立大学法人琉球大学)

要旨

1. 研究開発目的
2. 研究目標
3. 研究開発内容
4. 結果及び考察
5. 研究目標の達成状況

II-6 外来種管理計画：在来種保全の観点からみた重点管理エリアの特定 40

(国立大学法人琉球大学)

要旨

1. 研究開発目的
2. 研究目標
3. 研究開発内容
4. 結果及び考察
5. 研究目標の達成状況

II-7 シカ個体群管理：在来植物保全の観点からみた重点管理エリアの特定 44

(国立大学法人琉球大学)

要旨

1. 研究開発目的
2. 研究目標
3. 研究開発内容
4. 結果及び考察
5. 研究目標の達成状況

II-8 ツキノワグマ 被害のリスクマップ：生態系ディスサービスとしての獣害管理	48
(国立大学法人琉球大学)	
要旨	
1. 研究開発目的	
2. 研究目標	
3. 研究開発内容	
4. 結果及び考察	
5. 研究目標の達成状況	
III. 研究成果の発表状況の詳細	54
(1) 誌上発表	
(2) 口頭発表 (学会等)	
(3) 「国民との科学・技術対話」の実施	
(4) マスコミ等への公表・報道等	
(5) 本研究費の研究成果による受賞	
IV. 英文Abstract	58

I. 成果の概要

課題名 4-1802 環境変動に対する生物多様性と生態系サービスの応答を考慮した国土の適応的保全計画

課題代表者名 久保田 康裕 (琉球大学 教授)

重点課題 主：【重点課題⑫】生物多様性の保全とそれに資する科学的知見の充実に向けた研究・技術開発

副：【重点課題⑬】森・里・川・海のつながりの保全・再生と生態系サービスの持続的な利用に向けた研究・技術開発

行政要請研究テーマ (行政ニーズ)

(4-4) 地域・民間が主体となった希少種保全活動の価値の評価手法の開発

(4-7) 生物多様性と地域の社会経済に配慮した自然保護地域の管理有効性評価と計画・管理運営手法の開発

(4-8) 自然資源を活用した観光を持続的に推進するための影響評価手法、資源管理手法、地域づくり計画手法等の開発

(4-10) 新たに侵入する外来種に対する被害防止技術の開発と防除事業への適用

(4-11) 保護増殖事業の適切な目標設定手法及び達成状況評価手法の開発

研究実施期間 平成30年度～令和3年度

但し、新型コロナウイルスの影響のため、令和3年度まで延長

研究経費

77,407千円 (合計額)

(各年度の内訳：平成30年度：21,384千円、令和元年度：23,760千円、令和2年度：23,760千円、令和3年度：8,503千円)

研究体制

環境変動に対する生物多様性と生態系サービスの応答を考慮した国土の適応的保全計画 (琉球大学)

他のサブテーマはない。

研究協力機関

ヘルシンキ大学 (フィンランド)

本研究のキーワード 生物多様性、生態系サービス、生態系管理・保全、自然共生システム

1. はじめに (研究背景等)

従来の自然保護問題では、社会経済的要望と保全それぞれの追及が2者択一的に議論され、利害関係者の立場に関連した価値観の論争が繰り返されてきた。しかし、近年、システム化保全計画の概念や分析枠組みが構築されて以来、生物多様性保全計画の立案スキームは劇的に変化しつつある。システム化保全計画は、生物多様性と社会経済活動の空間情報を統合的に分析することにより、価値観論争を“科学的に解決する手立て”を提供する。具体的には、様々な利害関係者に対応して、経済的コストを考慮した保全計画のオプションを提示することが可能なので、保全政策を推進するための合意形

成の支援ツールとして有望である。一方、日本ではシステム化保全計画は、あまり認知されておらず、行政的にも利用されておらず、国際的なトレンドから遅れているのが現状である。さらに、自然史などの基礎研究で蓄積された生物多様性に関わる情報をビッグデータ化して、システム化保全計画法の枠組みで分析する研究も脆弱である。このような背景の中、私達の研究グループは、進化生態学や系統分類学などで蓄積された生物分布記録や標本情報を生物多様性ビッグデータとして整備し、高解像度で生物多様性パターンを可視化するデータプラットフォームを構築してきた。そして、生物多様性ビッグデータをシステム化保全計画法のアルゴリズムで分析し、国レベルや地方自治体レベルの保全計画の提案を行い、行政ニーズに直結する成果、例えば愛知目標を達成するための全国スケールの保護区ネットワークの空間デザイン案を提示してきた。

2. 研究開発目的

本研究では、地球温暖化や土地利用変化のような様々な時空間スケールで発生する環境変動が、生物多様性や生態系機能の時空間パターンに波及するプロセスに焦点を当てる。そして、生物多様性ビッグデータと社会経済情報を統合して、マクロ的環境変動リスクに対する適応的な国土利用のあり方を分析する。この分析では、生物多様性保全や生態系管理に関する行政ニーズに基づいて重要かつ緊急性のある課題を扱う。システム化保全計画の方法論（コスト-ベネフィット関係に基づく最適化や空間的優先順位づけ分析）により、包括的に分析し、行政ニーズを達成するための行動計画を提案する。具体的には、日本における主要な生物分類群の分布情報および進化生態学的な基礎情報（系統・機能特性）を可視化する。同時に、気候変動や土地利用に関係した環境変動に対する生物多様性パターンの応答を予測する。これら生物多様性の時空間情報を、人口動態や経済指標と統合して、社会経済的制約を考慮した保全管理計画を最適化分析し、原生的自然生態系の保全、里山・人工林の管理、野生生物管理、希少種保全、外来種管理、環境変動に適応した保全計画など、日本の環境行政上の主要ニーズを体系的に分析し、実行可能な政策オプションを提案する。

3. 研究目標

全体目標	日本における主要な生物分類群(維管束植物・哺乳類・鳥類・両生類・爬虫類・淡水魚類・沿岸海水魚類・一部の無脊椎動物)の分布情報および進化生態学的な基礎情報(系統・機能特性)を地図化し、気候変動や土地利用に関係した環境変動に関する生物多様性パターンの応答を定量する。そして、生物多様性と社会経済活動(人口や経済指標)に関する時空間情報を、システム化保全計画法の枠組みで統合的に分析し、原生的自然生態系の保全、里山・人工林などの二次的生態系の管理、野生生物管理、希少種保全、外来種管理など、日本の環境行政上の主要ニーズを体系化した様々な分析に基づいて、生物多様性保全に関する政策オプションを提案する。これにより、環境変動に関する生物多様性と生態系サービスの応答を考慮した、適応的保全計画の普及を推進する。
サブテーマ1	環境変動に対する生物多様性と生態系サービスの応答を考慮した国土の適応的保全計画
サブテーマリーダー/所属機関	久保田康裕/琉球大学
目標	本テーマでは、様々な生物分類群(維管束植物・哺乳類・鳥類・両生類・爬虫類・淡水魚類・沿岸海水魚類・一部の無脊椎動物)の分布情報、進化生態学的な基礎情報(系統・機能特性・経済的価値)、社会経済指標(人口・土地利用・経済生産)を地図化し、気候変化や土地利用に伴う生物多様性パターンの時空間変動を定量する。そして、様々な行政ニーズに対応した課題に焦点を当てる。具体的な課題は以下の6つで、それぞれについて生物多様性・生態系の保全管理シ

ナリオを分析し、科学的な実効性と行政的実行可能性を両立した計画オプションを提案する。1) 環境変動に応答した生物多様性パターンの空間動態を考慮した適応的な保護区ネットワーク分析、2) 原生的な自然環境エリアの保全計画と生態系サービス利用の最適化分析、3) 里山と人工林の生物多様性保全効果を最大化する空間的な保安全管理優先地域の順位付け分析、4) シカ個体群の空間的な管理重点地域の順位付け分析、5) 希少種メタ個体群構造の定量とマクロスケールの保全計画、6) 在来の生物多様性保全を促進する外来種駆除の空間的な重点地域の特定分析。なお、本研究は、単一の研究機関が、データ構築・分析・アウトプットを垂直統合して実施する。したがって、他機関によるサブテーマは設定せず、体系化した行政ニーズに対応した研究を行い、最終的に、マクロ的環境変動に応答した生物多様性パターンの空間動態を考慮した包括的かつ適応的な保全計画を提示する。

4. 研究開発内容

本プロジェクトでは3年間の研究によって、日本の動植物種を網羅した生物多様性の空間情報を高解像度化し、国や自治体が地域の土地利用計画や都市計画の枠組みで、あるいは、民間企業や個人が宅地をデザインする過程で、生物多様性保全を実装できる情報基盤を構築した。具体的には、本研究チームが公開している地図化サイトJ-BMP (<https://biodiversity-map.thinknature-japan.com>) を基に、生物多様性パターンの時空間変動を土地区画ごとの利用形態に応じて予測した。これにより、様々な開発行為に関係した環境影響評価、あるいは保全に関する様々な法律（種の保存法など）の運用が、空間的に高精度化され、地域的な保全の施策や配慮が、きめ細かな空間スケールで実行可能になった。例えば、ある地域の1ヘクタール区画に太陽光発電施設を設置した場合の生物多様性の損失リスクを定量したり、1ヘクタールの里山を維持管理した場合に見込まれる生物多様性の保全効果や希少種の絶滅リスク緩和効果を定量したり、あるいは、都市の住宅庭地に在来樹木種を植栽した場合に復元される生物多様性を定量することが可能になった。本プロジェクトは、ポスト2020生物多様性枠組みの保全目標達成の実装基盤となり、様々な行政ニーズに対応した生物多様性・生態系の保安全管理計画を推進し、民間レベル保全活動（OECMや企業CSRなど）の実効性を強化するアウトカムを提供する。

5. 研究成果

5-1. 成果の概要

本研究では、様々な生物分類群（維管束植物・哺乳類・鳥類・両生類・爬虫類・淡水魚類など）の分布情報および種多様性地図データと、社会経済情報（人口・土地利用など）に関する空間データを統合的に分析した。それにより、環境変動に付随した景観動態に伴う国土利用様式の変化が、生物多様性や生態系機能の時空間パターンに波及するプロセスを定量した。具体的には、システム化保全計画の方法論を用いて、自然保護区の適正配置、里山・人工林の管理、シカ個体群管理、希少種保全、外来種管理、環境変動（気候変動や土地利用変化）に関する保全計画など、日本の環境行政上の主要ニーズを体系的に分析し、包括的かつ適応的な保全計画を提案した。

5-2. 環境政策等への貢献

生物多様性条約に掲げられた保全目標を、国家戦略のようなマクロな枠組みに基づいて達成するには、地域的に実行可能な具体的アクションプランが不可欠である。国から地域レベルになるに伴って、保全計画には具体性が要求され、現場レベルでの様々な利害関係の調整および合意形成が重要

になる。例えば、保護区の拡大目標や、希少種絶滅リスクの改善目標、外来種の駆除目標にしても、それらが達成されるか否かは、現場レベルのアクションに全て依存する。実際、愛知目標は十分に達成できなかつたと総括されており、目標達成を具現化する手立てが未整備だったことが明らかである。目標を達成するプロセスの抽象性を改善すべきで、様々な保全事業の実効力強化がポイントになる。これは、今後の保全戦略で焦点の一つになるであろうOECMを、生物多様性枠組みで駆動させる場合にも重要である。したがって、ポスト2020生物多様性枠組みでは、保全目標をどう設定するかに加えて、保全目標を実際に達成するための実効性のあるアクションプランの提案と、それを評価しつつ現場で駆動させるメカニズムの構築が急務の課題となる。この課題の解決には、生物多様性の空間情報の超高解像度化と保全効果の評価法が鍵を握っている。地域的な生物多様性の詳細が不明確では、せっかくの保全事業が実効性の乏しい成果にならざるを得ず、現場の努力が報われない。このような背景と問題意識のもと、本プロジェクトは日本全土の生物多様性パターンを1kmスケール解像度で可視化し、微細な土地利用を明示的に組み込んだ保全アクションのプランニングを可能にする情報基盤と分析ツールを整備した。これにより、ポスト2020生物多様性枠組みに関する戦略目標の達成を支援する実務的分析基盤が構築できた。本プロジェクトの成果は、COP10で採択された2050年に向けての中長期目標「自然と共生する世界」の達成、あるいはSDGsにおける生物多様性に関する目標の達成を、地域的・民間レベルで推進することに直接的に貢献する。

<行政等が既に活用した成果>

本プロジェクトの成果を基にして、行政や民間等が既に活用した成果として以下が挙げられる。1) 生物多様性ビッグデータを活用した保護区の実効性評価。30by30による保護地域の拡大に関する保全効果の科学的エビデンス（どの地域に、どれくらいの面積の保護区を拡大させたら、生物絶滅リスクを何%削減でき、何%の生物多様性の保全効果が得られるのか、といった30by30の実効性評価）の提供。2) 沖縄県の自然環境保全利用指針における生物多様性ビッグデータとシステム化保全計画法に基づいた分析ツールの活用。3) 民間企業の緑化・森林管理事業に関する生物多様性の保全再生効果の実効性評価における、生物多様性ビッグデータとシステム化保全計画法に基づいた分析ツールの活用。

<行政等が活用することが見込まれる成果>

本プロジェクトで構築された生物多様性地図情報は、世界的にも前例がなく、実効性のある保全計画や生態系サービスの持続的利用に関する技術開発基盤となる。国や自治体の行政施策はもとより、民間企業の事業インパクトを評価する基盤となる。具体的には、ポスト2020生物多様性枠組みに関する戦略目標の達成（国家戦略や地域戦略の具現化）を支援する実務的分析ツールとしての利用、あるいは、民間企業の事業インパクト評価やネイチャーポジティブ事業における利用などが見込まれる。

5-3. 研究目標の達成状況

本プロジェクトの全体目標は、4つの要素に分けることができ、それぞれ以下のように達成した。

1) 日本の主要な生物分類群の分布情報および進化生態学的な基礎情報を地図化し、気候変動や土地利用に関係した生物多様性パターンの応答を定量した。この根拠は、以下の通りである。中間研究成果報告書P2～5「(1) システム化保全計画法の基盤となる生物多様性に関する空間情報のデータベース化」、中間研究成果報告書P17～19「(6) 気候変動に対する生物多様性パターンの応答予測」、最終研究成果報告書P28～33「II-5 土地利用や温暖化に関係した環境変動が生物分布に及ぼす影響：温暖化に伴う生物分布の北上の実態など」。そして、2) 生物多様性と社会経済活動に関する時空間情報を、システム化保全計画の枠組みで統合的に分析し、3) 原生的自然生態系の保全、里山・人工林などの二次的生態系の管理、野生生物管理、希少種保全、外来種管理など、日本の生物多様性保全行政上の主要ニーズに対応した政策オプションを提案した。これら2)、3)の根拠は、以下の通りである。中

間研究成果報告書P6～11「(2) システム化保全計画法による土地管理・保全政策の立案プロセスのテンプレート構築」、中間研究成果報告書P11～12「(3) 土地利用様式を考慮した空間的保全優先地域の特定」、中間研究成果報告書P13～14「(4) シカ個体群の空間的管理重点地域の特定」、中間研究成果報告書P13～14「(5) 在来植物種の多様性保全を目的とした外来種駆除の空間的な重点地域の特定分析」、最終研究成果報告書P8～15「Ⅱ-1 絶滅リスクに着目した既存保護区の実効力評価」、最終研究成果報告書P24～27「Ⅱ-3 希少種(RDB種)の絶滅リスク緩和のための保護区の新設と拡大のプランニング」、最終研究成果報告書P28～33「Ⅱ-4 里山里地の保全効果と重点管理エリアの特定」、最終研究成果報告書P40～43「Ⅱ-6 外来種管理計画：在来種保全の観点からみた重点管理エリアの特定」、最終研究成果報告書P44～47「Ⅱ-7 シカ個体群管理：在来植物保全の観点からみた重点管理エリアの特定」、最終研究成果報告書P48～53「Ⅱ-8 ツキノワグマ 被害のリスクマップ：生態系ディスサービスとしての獣害管理」。以上より、4) 環境変動に適応した保全計画の普及を、日本の生物多様性情報を地図化したJ-BMPの公開を通して推進した。これにより、スタート時点で計画した内容は全て実施し、研究チームで起業した法人(株シンクネイチャー <https://thinknature-japan.com>)を母体として、行政や民間レベルにおける生物多様性保全再生アクションを、研究成果を基に支援し、社会実装を推進した。

6. 研究成果の発表状況

6-1. 査読付き論文

<件数>

9件

<主な査読付き論文>

- 1) 楠本聞太郎・南木大祐・久保田康裕 (2019) 外来種駆除の生物多様性保全効果：保全優先地域と脅威動態の関係. 統計数理 67: 29 - 50
- 2) Fukaya K., Kusumoto B., Shiono T., Fujinuma J., Kubota Y. (2020) Integrating multiple sources of ecological data to unveil macroscale species abundance. *Nature Communications* 11 1695 2
- 3) Kusumoto B., Shiono T., Kubota Y. (2020) Ethnobotany-informed trait ecology: measuring vulnerability of timber provisioning services across forest biomes in Japan. *Biodiversity and Conservation* 29(7) 2297 - 2310
- 4) Ulrich W., Kusumoto B., Fattorini S., Kubota Y. (2020) Factors influencing the precision of species richness estimation in Japanese vascular plants. *Diversity and Distributions* 26(6) 769 - 778
- 5) 久保田康裕・楠本 聞太郎・藤沼 潤一・塩野 貴之・鈴木 亮・福島 新・小澤 宏之・宮良 工 (2019) 生物多様性地域戦略を空間的保全優先度分析で具現化する：沖縄県の生物多様性保全利用指針OKINAWA 作成の事例. 日本生態学会誌 69(3) : 239-250
- 6) Kusumoto B., Villalobos F., Shiono T., Kubota Y. (2019) Reconciling Darwin's naturalization and pre-adaptation hypotheses: An inference from phylogenetic fields of exotic plants in Japan. *Journal of Biogeography* 46(11) 2597-2608

7) Kusumoto B., Kubota Y., Shiono T., Villalobos F. (2021) Biogeographical origin effects on exotic plants colonization in the insular flora of Japan. *Biological Invasions* 23 (9) 2973-2984

8) Ulrich W., Kusumoto B., Shiono T., Kubota Y. (2021) Latitudinal gradients and scaling regions in trait space: Taylor's power law in Japanese woody plants. *Global Ecology and Biogeography* 30 (6), 1334-1343

9) Shiono T., Kubota Y., Kusumoto B. (2021) Area-based conservation planning in Japan: The importance of OECMs in the post-2020 Global Biodiversity Framework. *Global Ecology and Conservation* 30, e01783

6-2. 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

6-3. その他発表件数

査読付き論文に準ずる成果発表	3件
その他誌上発表（査読なし）	0件
口頭発表（学会等）	6件
「国民との科学・技術対話」の実施	0件
マスコミ等への公表・報道等	6件
本研究に関連する受賞	0件

7. 国際共同研究等の状況

本プロジェクトでは、前プロジェクトから引き続き、ヘルシンキ大学（フィンランド）の保全生物学チーム（Conservation Biology Informatics Group; C-BIG）と連携して、日本における生物多様性の空間的保全優先地域分析を進めている。本プロジェクトの空間保全優先地域分析には、C-BIGの開発したZonationアルゴリズムを用いており、解析計画の立案と実行、投稿論文の執筆を彼らと共同で行っている。この国際共同では、日本の保全ニーズに合わせた実務的なアウトプットを構築するだけでなく、科学的に新規性の高いアウトプットを出すことを目的としている。前プロジェクトでは、維管束植物と脊椎動物の分布データを使って、陸域の自然保護区を拡張するための優先地域を特定し、それらの成果をC-BIGの研究者らとの共著論文として、*Diversity and Distributions*誌にて発表した。本プロジェクトでは、引き続き、CBIGの代表研究者であるAtte Moilanen博士をはじめ、Joonas Lehtomäki博士、Peter Kullberg博士らと、オンラインや直接面談を通じて共同研究を進めている。科学的に新規的なテーマとして、人為的な管理ユニット（県境、国境など）が保全優先順位付けに及ぼす影響を評価するための種のウェイティング手法の開発を進めている。また、日本の保全ニーズに合った解析オプションとして、生態系サービスと生物多様性の保全を両立させるための「両者間のコンフリクト分析」や、里山・人工林の管理優先地域を特定するための「コスト-ベネフィットを考慮した代替土地利用分析」、「保護区や原生林とのコネクティビティを考慮した分析」について、彼らと共同で解析オプションの検討を行っている。また、日本サイドからCBIGへの貢献としては、彼らの主導する空間的保全優先地域アルゴリズムの開発プロジェクト“Next-generation methods and software for ecologically based land-use planning（研究代表：Atte Moilanen博士、Heini Kujala博士・メルボルン大学・オーストラリア）”に対する推薦文を送るとともに、実務的・経験的な側面からのニーズを提供することで、同アルゴリズムの開発を支援している。

8. 研究者略歴

研究代表者：久保田 康裕

東京都立大学理学部単位取得退学、理学博士、京大大学生態学研究センター日本学術振興会PD、鹿児島大学教育学部講師、同学部助教授、同大学多島圏研究センター及び同大学総合博物館兼務教官、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター客員研究員、現在、琉球大学理学部教授および琉球大学熱帯生物圏研究センター教授。

II. 成果の詳細

II-1 絶滅リスクに着目した既存保護区の実効力評価

琉球大学理学部 久保田康裕

要旨

生物の生息域の保護（即ち、自然保護区の設置）は、種の絶滅を防止し、生物多様性消失を阻止する上で最も有効な手段の一つである。本プロジェクトでは1kmグリッドセルレベルの種分布情報（亜種・変種を含む維管束植物及び脊椎動物7,589種）を用いて、既存の自然公園の生物多様性保全実効力（effectiveness）を評価した。

1. 研究開発目的

日本在来の維管束植物と脊椎動物の絶滅リスクの観点から、既存の自然公園の生物多様性保全実効力を評価することを目的とした。

2. 研究目標

既存の自然公園の生物多様性保全実効力を定量評価し、自然公園管理に関する政策オプションを提案することを目標とする。

3. 研究開発内容

空間保全優先順位付けアルゴリズム（Zonationソフトウェア）を用いて日本全土の保全優先度を計算した上で、生物多様性枠組みの戦略目標を想定した保全優先地域（優先度の上位〇%）における種の分布面積の捕捉割合を求めた。その際、既存の自然公園をマスキレイヤとして用いることで、自然公園内外での多様性捕捉割合を区別して評価した。

Zonationによる空間保全優先順位付けにおいて、あるセルにおける種*i*の分布 R_i の損失効果 V_i は、パラメータ $z=0.25$ のべき関数として定義した（便益最大加法；図1.1も参照）：

$$V_i = R_i^z$$

これにより、種の分布の残存割合から相対的な絶滅リスクを求めることが出来る：

$$\text{相対絶滅リスク} = 1 - \text{残存分布}^z$$

ある土地被覆における相対絶滅リスクをみることで、生息地の消失による相対絶滅リスクの増大や、保全による相対絶滅リスクの低減効果を定量化することが出来る。

4. 結果及び考察

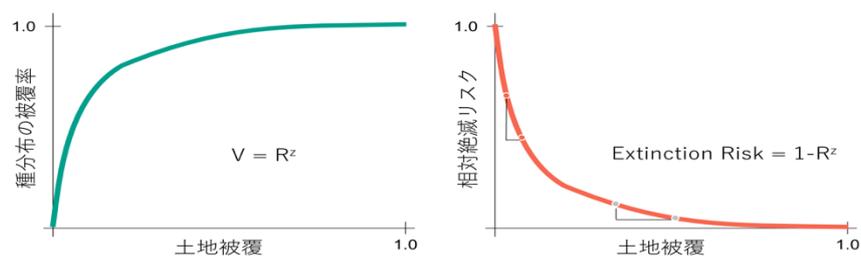


図1.1 Zonationの便益最大加法による種の分布損失（左）と相対絶滅リスク（右）の定義



図1. 2 自然公園の分布

既存の自然公園の保全実行力を上述の相対絶滅リスクの減少度合いで評価した。なお、既存の保護区は2006年までに設置されていた部分と、2006年以降に新たに設置された部分に分けて分析し、自然公園の拡張による保全効果の改善も併せて評価した。

また、自然公園は法的規制の強さに基づき、自然公園を3段階に分けて分析した（図1. 2）：

- ①特別保護地区（3,881 km²；国土の1.03%）
- ②特別地域・特別保護地区を含む地域（35,531 km²；国土の9.40%）
- ③普通地域・特別地域・特別保護地区を含むすべての自然公園地域（55,885 km²；国土の14.79%）

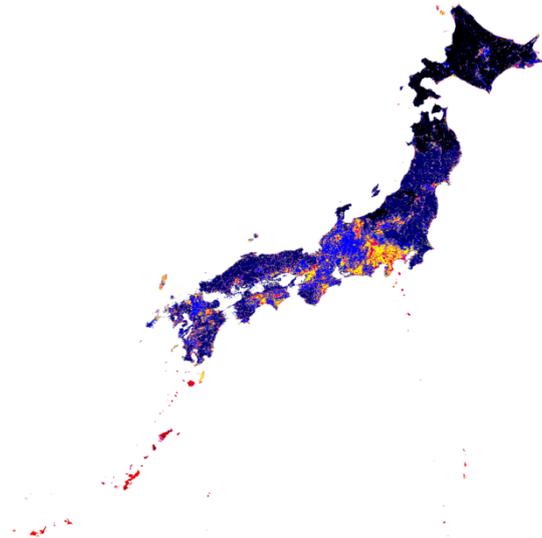


図1. 3 便益最大加法によって求めた日本産維管束植物・脊椎動物7,589種（亜種・変種含む）の保全優先地域分布。ここでは、赤が最も優先順位が高く、黄→青→黒の順で低くなる。

既存保護区の制約を考慮せずに保全優先地域を選択した場合には、主に日本列島の中央部および琉球列島が最重要地域として選択される（図1. 3）。

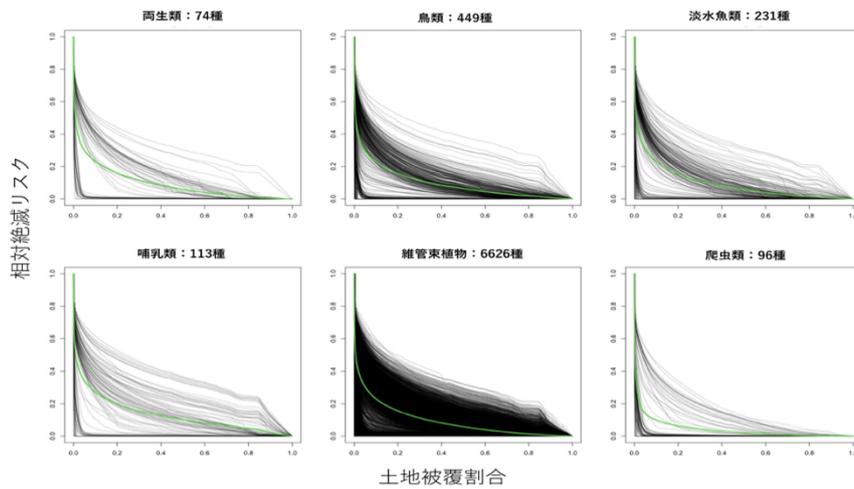


図1. 4 分類群別に見た種ごとの相対絶滅リスク。緑のラインは平均値を示す。

相対絶滅リスクは土地被覆が大きくなるにつれて指数関数的に減衰する（図1. 4）。どの分類群で見ても、土地被覆が0-20%の範囲（保全優先地域の上位20%）を越えると、減衰速度が緩やかになる。

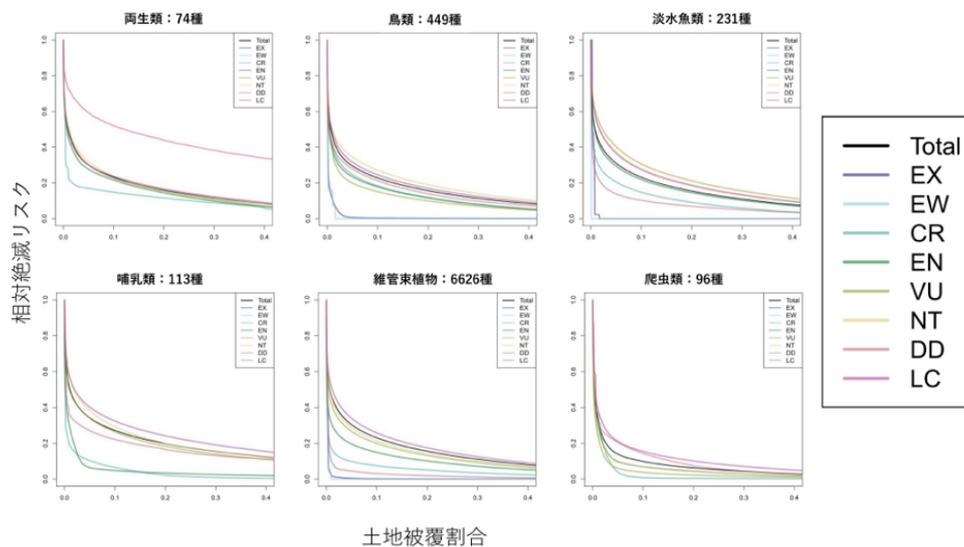


図1. 5 保全優先順位付け（マスキレイヤなし）に基づく相対絶滅リスクの減少曲線：分類群およびレッドリストのカテゴリ（絶滅=EX、野生絶滅=EW、絶滅危惧 I A類=CR、I B類=EN、II類=VU、準絶滅危惧=NT、情報不足=DD、その他=LC）ごとの平均値を示す。

レッドリストのランクごとに平均値を見ると、絶滅危惧種の相対絶滅リスクは、保全優先地域の上位数%によって大幅に緩和されることが分かる（図1. 5）。



図1. 6 既存の自然公園をマスキレイヤとして考慮した場合の保全優先地域分布

既存の自然公園をマスキレイヤ（既に保護に投資されている土地）として解析した場合、特別保護区は全体に占める割合が非常に小さい（1%）ため、優先順位付けにはほとんど影響しない（図1. 6）。一方で、特別地域や普通地域を含めた場合には、東北や北海道の自然公園が含まれるようになり、琉球列島等の重要度が相対的に低くなる。

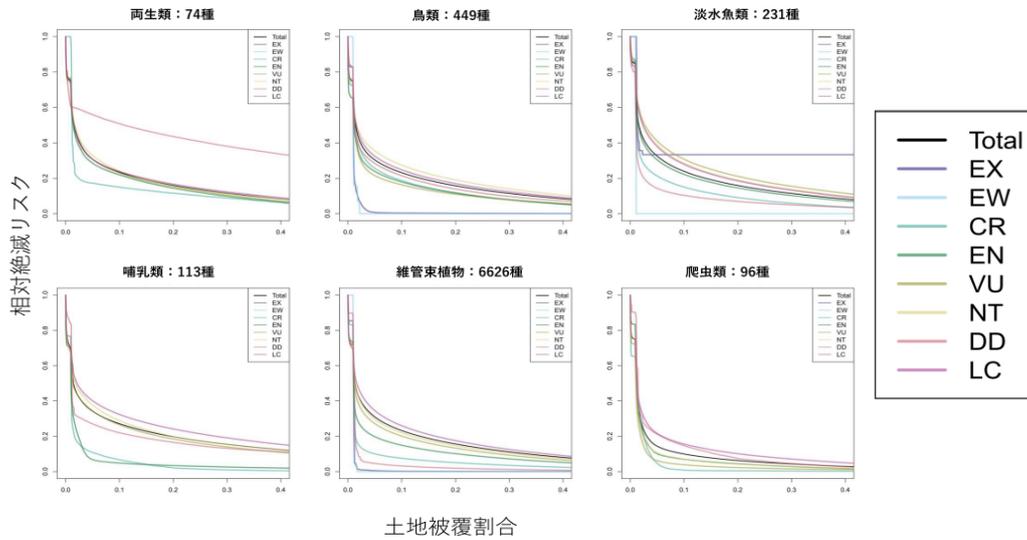


図1. 7 特保をマスキレイヤとした保全優先順位付けに基づく相対絶滅リスクの減少曲線：分類群およびレッドリストのカテゴリー（絶滅=EX、野生絶滅=EW、絶滅危惧 I A類=CR、I B類=EN、II類=VU、準絶滅危惧=NT、情報不足=DD、その他=LC）ごとの平均値を示す。

特保をマスクとした場合には、相対絶滅リスクの減少曲線はマスクなしの場合（図1. 5）とほとんど変わらない（図1. 7）。しかし、減少曲線の左端において階段状のパターンが見られる。この段差部分は、特保による相対絶滅リスクの低減効果とみなすことが出来る。左から1段目が2006年までに設置された特保の効果、2段目が2006年以降に拡張された特保の効果である。なお拡張部分は、面積が小さいため、絶滅リスクの緩和効果がグラフからは判読できない。

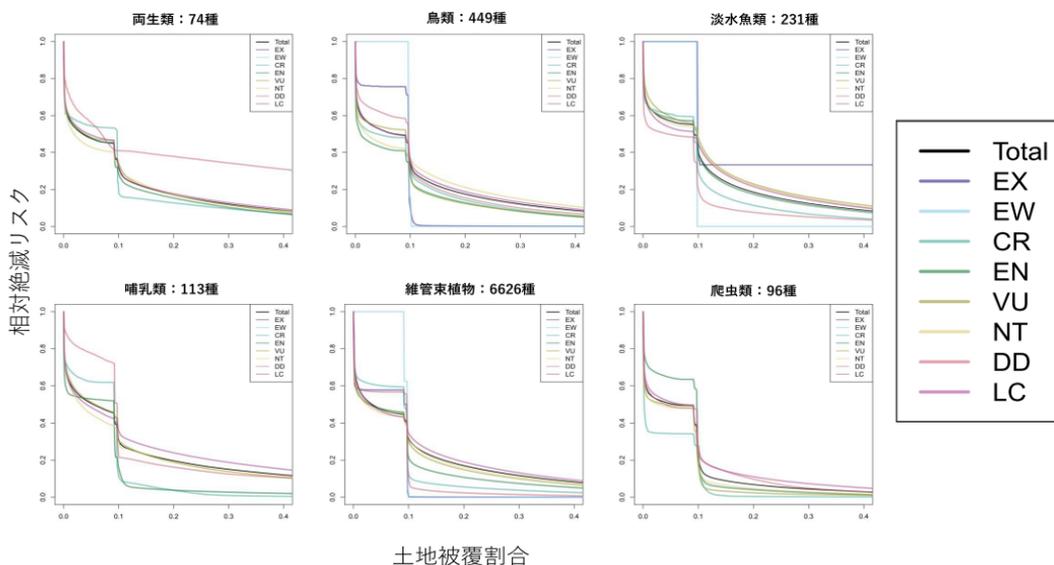


図1. 8 特保と特別地域をマスキレイヤとした保全優先順位付けに基づく相対絶滅リスクの減少曲線：分類群およびレッドリストのカテゴリー（絶滅=EX、野生絶滅=EW、絶滅危惧 I A類=CR、I B類=EN、II類=VU、準絶滅危惧=NT、情報不足=DD、その他=LC）ごとの平均値を示す。

特別地域を加えてマスキレイヤとした場合には、相対絶滅リスクの減少曲線の階段状パターンがより顕著になる（図1. 8）。多くの分類群、絶滅危惧ランクで減少曲線の底打ちが見られる。これは、面積当たりの相対絶滅リスクの緩和効果が低いことを示している。

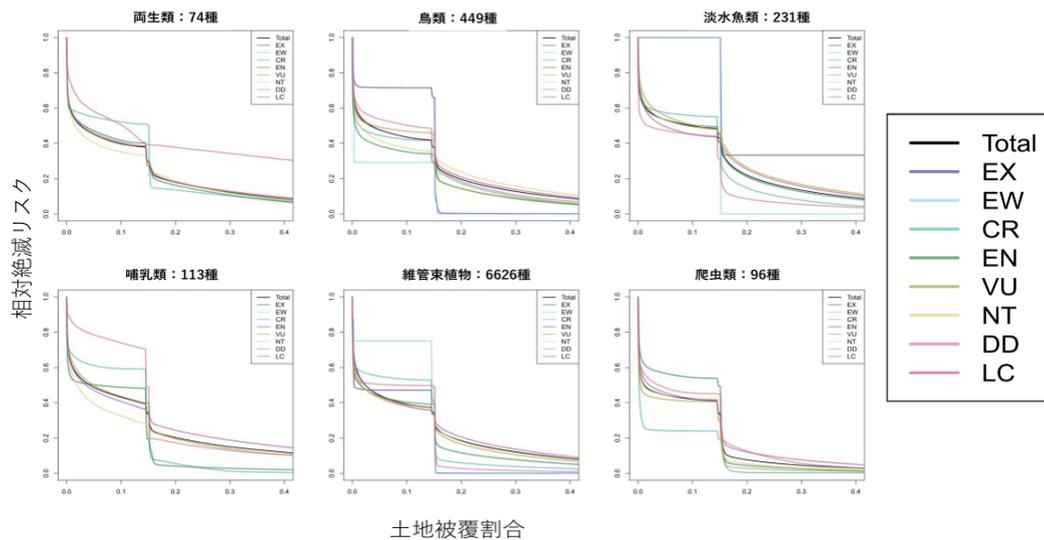


図1. 9 特保と特別地域、普通地域をマスキレイヤとした保全優先順位付けに基づく相対絶滅リスクの減少曲線：分類群およびレッドリストのカテゴリー（絶滅=EX、野生絶滅=EW、絶滅危惧 I A類=CR、I B類=EN、II類=VU、準絶滅危惧=NT、情報不足=DD、その他=LC）ごとの平均値を示す。

普通地域を加えると、相対絶滅リスクの減少曲線の底打ちパターンがより顕著になる（図1. 9）。

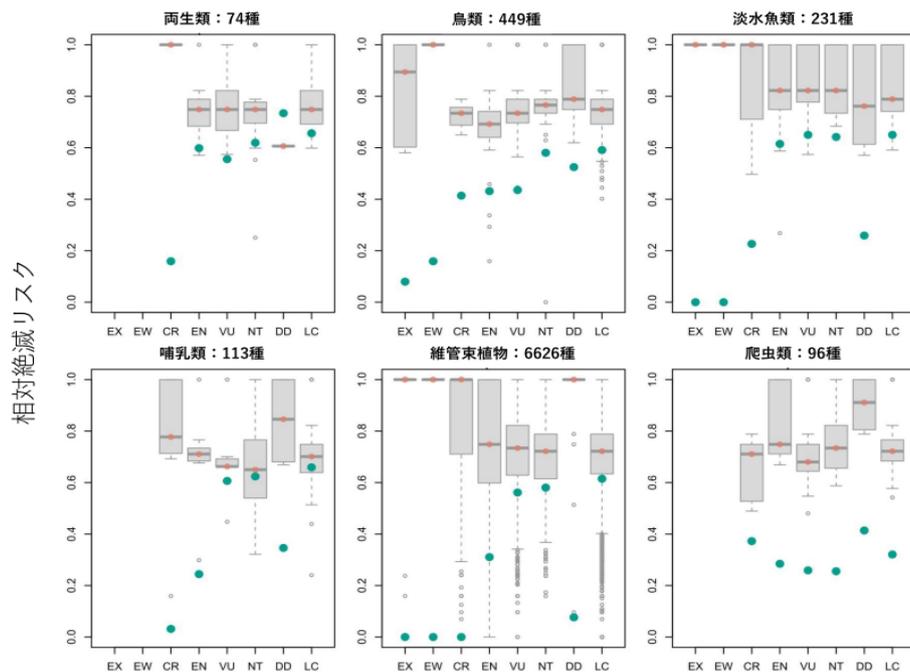


図1. 10 特保による相対絶滅リスクの減少度合いの分布。箱ひげ図は現状の特保、赤丸と矢印は2006年時点からの変化を示す。緑は既存保護区を考慮せずに求めた最適配置で同じ面積を保護した場合の相対絶滅リスク。分類群およびレッドリストのカテゴリー（絶滅=EX、野生絶滅=EW、絶滅危惧 I A類=CR、I B類=EN、II類=VU、準絶滅危惧=NT、情報不足=DD、その他=LC）ごとの平均値を示す。

特保のみでは全体として平均20%程度の相対絶滅リスクの低減効果が見られる（図1. 10）。これは土地面積割合（～1%）からすると非常に面積効率が高い。一方で、淡水魚や維管束植物で漏れも見られる。また、既存保護区を考慮しない純粋な最適配置から見ると漏れは大きい。

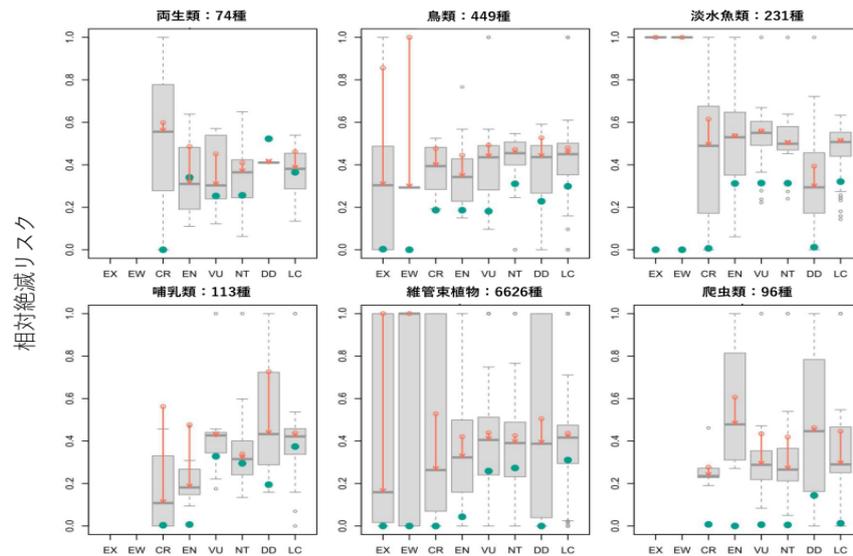


図1. 11 特保と特別地域による相対絶滅リスクの減少度合いの分布。箱ひげ図は現在の自然公園、赤丸と矢印は2006年時点からの変化を示す。緑は既存保護区を考慮せずに求めた最適配置で同じ面積を保護した場合の相対絶滅リスク。分類群およびレッドリストのカテゴリー（絶滅=EX、野生絶滅=EW、絶滅危惧 I A類=CR、I B類=EN、II類=VU、準絶滅危惧=NT、情報不足=DD、その他=LC）ごとの平均値を示す。

特保のみの場合よりも2006年以前からの相対絶滅リスクの減少効果が顕著である（図1. 11）。ほぼすべての分類群で、CR、EN種の相対絶滅リスクが下がった。

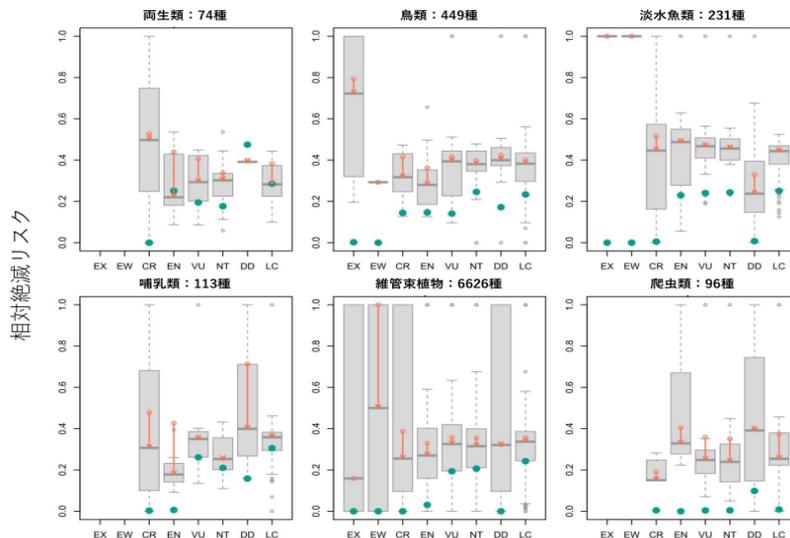


図1. 12 特保及び特別地域・普通地域による相対絶滅リスクの減少度合いの分布。箱ひげ図は現在の自然公園、赤丸と矢印は2006年時点からの変化を示す。緑は既存保護区を考慮せずに求めた最適配置で同じ面積を保護した場合の相対絶滅リスク。分類群およびレッドリストのカテゴリー（絶滅=EX、野生絶滅=EW、絶滅危惧 I A類=CR、I B類=EN、II類=VU、準絶滅危惧=NT、情報不足=DD、その他=LC）ごとの平均値を示す。

特保+特別地域と比べて、全体的にさらに相対絶滅リスクが下がっているが、面積割合（～15%）からするとその改善効果は小さい（図1. 12）。

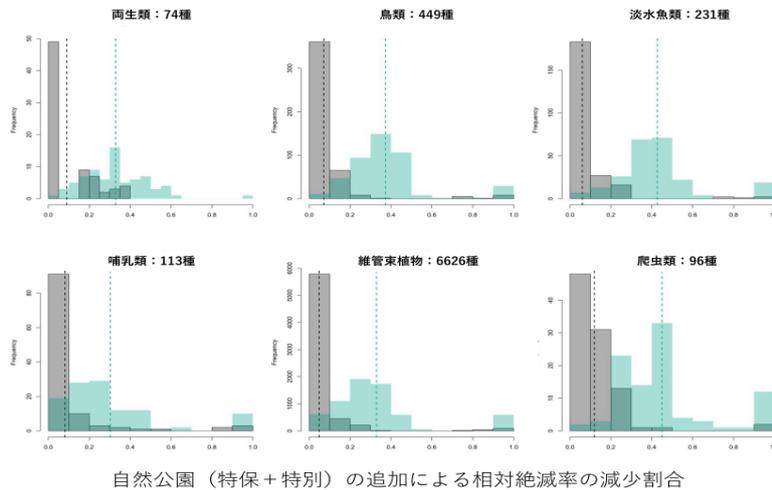


図1. 13 2006年以降の特保及び特別地域による相対絶滅リスクの減少度合い（グレー）及び30%まで拡張した場合の改善効果（緑）。

2006年以降の拡張によって平均5～10%程度の相対絶滅リスクの改善が見られた（図1. 13）。これを30%まで最適に拡張すると、平均して30～40%程度の相対絶滅リスクの減少が見込まれる。注）特保地域のみでの拡張面積は小さすぎて改善効果の評価ができなかった。

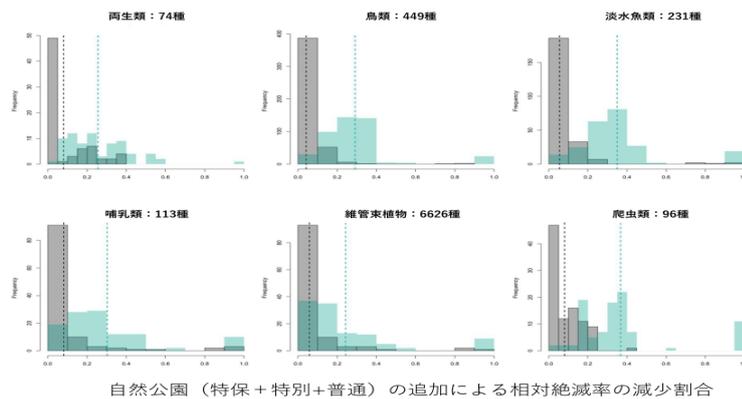


図1. 14 2006年以降の特保、特別地域及び普通地域による相対絶滅リスクの減少度合い（グレー）及び30%まで拡張した場合の改善効果（緑）。

概ね特保+特別地域の場合（図1. 13）と類似するが、30%まで拡張した場合の相対絶滅リスクの減少効果が小さくなっているのが特徴である（図1. 14）。これは、普通地域をマスキレイヤとすることにより、非最適な地域が強制的に優先地域に組み込まれるためである。



図1. 15 陸域の保全エリアを30%まで拡張する場合の候補地の分布

保全優先度を30%で区切って二値化したものなので、図1. 6と内容的には同じである（図1-15）。現実には、どうしても自然公園にできない土地（私有地など）も含まれるため、土地利用の現状に則した保全アクション（保護、里山管理、復元等）が必要になるだろう。

5. 研究目標の達成状況

本研究で開発した絶滅リスクに着目した既存保護区の実効力評価の技法は、環境省や沖縄県による保護地域に定量および生物多様性保全効果の評価でも活用された。さらに、同技法による研究成果は、ポスト2020目標の30by30やOECMの実効性を示す根拠資料としても用いられ、自然保護区管理に関する政策オプション提示に観点から、当初の目標は達成した。

II-2 保護区内における開発の実態評価

琉球大学理学部 久保田康裕

要旨

自然公園内での開発行為の実態を、2006年以後の土地利用図を用いて評価した。その結果、特別保護地区における開発はほぼ行われていず、自然公園外と比して公園内では開発行為は抑止されていた。しかし自然公園内で開発された地域は全国に広がっており、特に大都市近郊の自然公園における開発行為が顕著であった。

1. 研究開発目的

自然公園は基本的には開発行為を規制しているが、小規模開発は認められている地域も多い。そこで、自然公園内での開発行為を可視化し、公園内外の開発の程度を比較、評価することを目的とした。

2. 研究目標

自然公園内外の開発行為の程度を比較、評価し、自然公園管理に関する政策オプションを提案することを目標とした。

3. 研究開発内容

2006年以後の土地利用図を用いて、自然公園内の土地利用タイプを集計し、また自然公園内と自然公園外において2006年から2016年にかけて開発された土地面積を算出することで、公園内外の開発の程度を比較、評価した。

4. 結果及び考察

自然公園（国立公園、国定公園、都道府県立自然公園）内の平成28年時点の土地利用は、95%近くは森林や荒地（草地を含む）であるが、建物用地などの開発地が合計2.24%、田畑が4.15%含まれている（表2.1）。

表2.1 自然公園内の土地利用形態

土地利用形態	面積 (ha)	面積割合 (%)
森林	4484426	89.33
荒地	206128	4.11
海浜	8584	0.17
田	77909	1.55
畑	130425	2.60
建物用地	64563	1.29
幹線交通用地	2112	0.04
鉄道	2780	0.06
その他の用地	32702	0.65
ゴルフ場	10187	0.20

「その他の用地」は運動競技場、空港、競馬場・野球場・学校港湾地区・人工造成地の空地等とする。

2006年当時から自然公園に指定されている区域内で、2006年以後に何らかの開発行為が行われた面積は合計597km²（東京23区の面積は627km²）であり、その割合は2006年時点での自然公園面積のうち1.20%で

ある（表2. 2）。多くの開発は普通地域（開発された地点のうち68.05%を占める）と特別地域において行われ、特別保護地区における開発はほぼ行われていない。自然公園内で開発された地域は全国に広がっており、特に大都市近郊の自然公園における開発行為が顕著である（図2. 1）。

一方、自然公園以外で何らかの開発行為が行われた面積は、自然公園外の面積の3.62%を占めている。なお、自然公園の合計面積は、55,885km²（国土面積の14.79%）、特別地域以上は3,5531km²（国土面積の9.40%）、特別保護地区は3,881km²（国土面積の1.03%）である。

表2. 2 自然公園内と自然公園外の2006年から2016年にかけて開発された土地面積

項目	自然公園 内での面 積 (km ²)	自然公園 との面積 比 (%)	自然公園 外の面積 (km ²)	自然公園 外との面 積比 (%)
森林から宅地などへ開発	202	0.41	2,009	0.66
森林から農地へ開発	247	0.49	5,093	1.66
農地から宅地などへ開発	148	0.3	4,017	1.31
合計	597	1.2	11,119	3.63

「宅地など」は、建物用地、幹線交通用地、駐車場、スキー場、ゴルフ場、などを含む

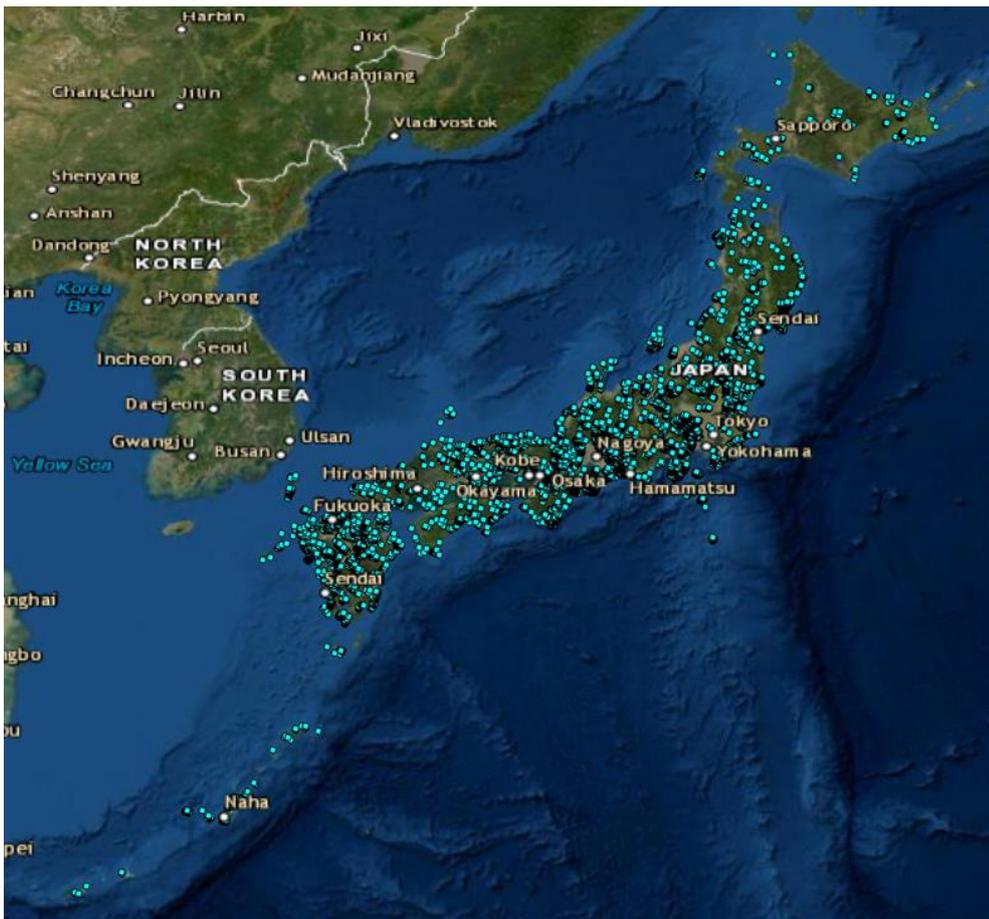


図2. 1 自然公園区域内で、森林、草原から宅地、道路、スキー場、駐車場などへ開発された地点の分布

国立公園内における開発の事例

西表石垣国立公園

2006年以後の開発事例。小浜島でのホテルの拡張、竹富島のホテル、集落周辺での一部区画の森林伐採に限られる（図2. 2、図2. 3）。



図2. 2 赤色が現在の国立公園地域を示す（2006年時点の範囲は限られる）。2006年以後に森林から宅地などへ開発された地点を青色で示す。



図2. 3 ホテルのリニューアルに伴い、森林が伐採された地点を青色で示す。

沖縄戦跡国定公園

糸満市から八重瀬町にかけてソーラー発電設置に伴う森林伐採が急速に進んでいる（図2.4、2.5）。



図2.4 赤色で示した範囲が沖縄戦跡国定公園。2006年以後に森林から宅地などへ開発された地点を青色で示す。



図2.5 平和祈念公園周辺において、自然公園内で森林から宅地などへ開発された地点を示す。赤丸は森林伐採後にソーラーパネルが設置された地点。その他の点は、平和祈念公園の整備に伴う一部樹木の伐採。

埼玉県立狭山自然公園の事例

首都圏近郊の自然公園では、分譲地の拡大や宅地による森林伐採が未だに大規模に続いている（図2.6、図2.7）。



図2.6 中央の赤枠の範囲が埼玉県立狭山自然公園、北側の赤枠の範囲は奥武蔵自然公園、左下は東京都立秋川丘陵自然公園の区域。2006年以後に森林から宅地などへ開発された地点を青色で示す。



図2.7 一例として自然公園内の分譲地を示す。1981年から分譲が開始され、開発はほぼ終了しているが、一部の区画に新しい家や空き地ができることで、森林伐採が少しずつ進んでいる。

伊勢志摩国立公園の事例

現在最も開発が進行している国立公園のひとつであり、バイパス整備、宅地、観光施設の整備、ソーラーパネルの設置などが急激に進行している（図2. 8、2. 9）。



図2. 8 赤枠の範囲が伊勢志摩国立公園。2006年以後に森林から宅地などへ開発された地点を青色で示す。



図2. 9 伊勢志摩国立公園の志摩市付近。赤丸は森林伐採後にソーラーパネルが設置された地点。線状に森林伐採された地点はバイパス。その他宅地の開発も10年ほどで急速に進んでいる。

三陸復興国立公園の事例

近年最も開発が進行している国立公園のひとつであり、震災後の移転住宅が大量に建造され、また震災で破壊された森林が造成され更地となっている。海辺も造成に伴う開発が急激に進行している。（図2. 10、2. 11）



図2. 10 赤枠の範囲が三陸復興国立公園。2006年以後に森林から宅地などへ開発された地点を青色で示す。

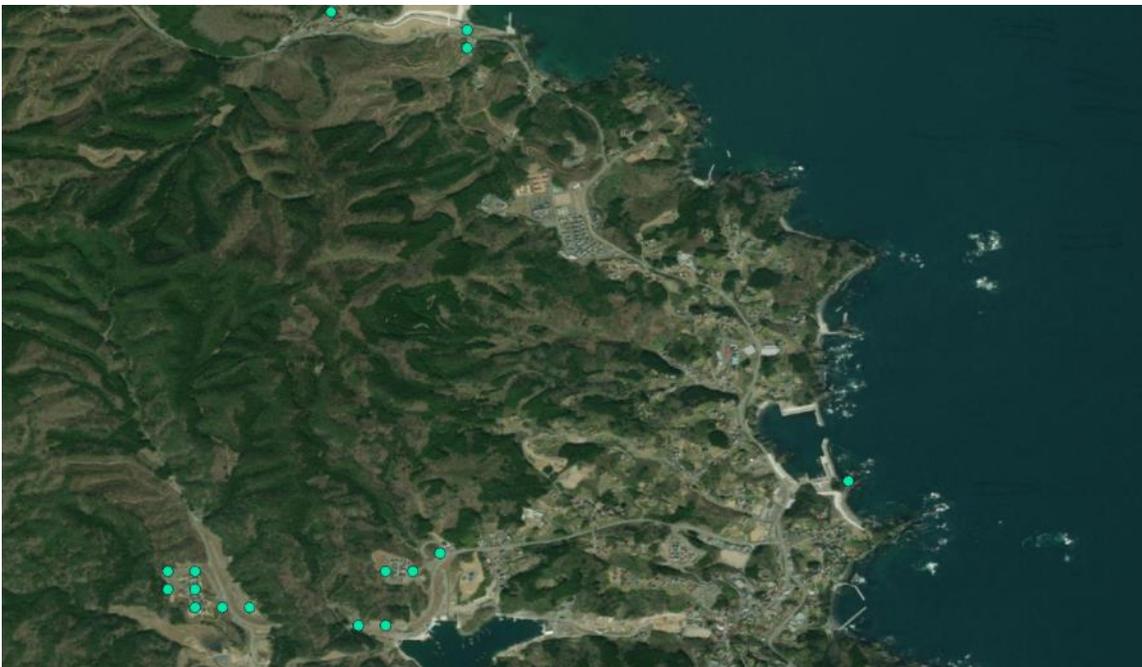


図2. 11 三陸復興国立公園内の宮城県気仙沼市唐桑町付近。高台に新たな住宅設置に伴う森林伐採と海岸沿いに津波により森林が破壊され、その後更地となった地点を示す。

ニセコ積丹小樽海岸国定公園の事例

山域で森林伐採された地点のほとんどがスキー場拡張と宿泊施設や駐車場の拡張が行われた地点であった。その中でもニセコアンヌプリでは、ここ10年で大規模な造成が進んだ自然公園である（図2. 1 2、2. 1 3）。

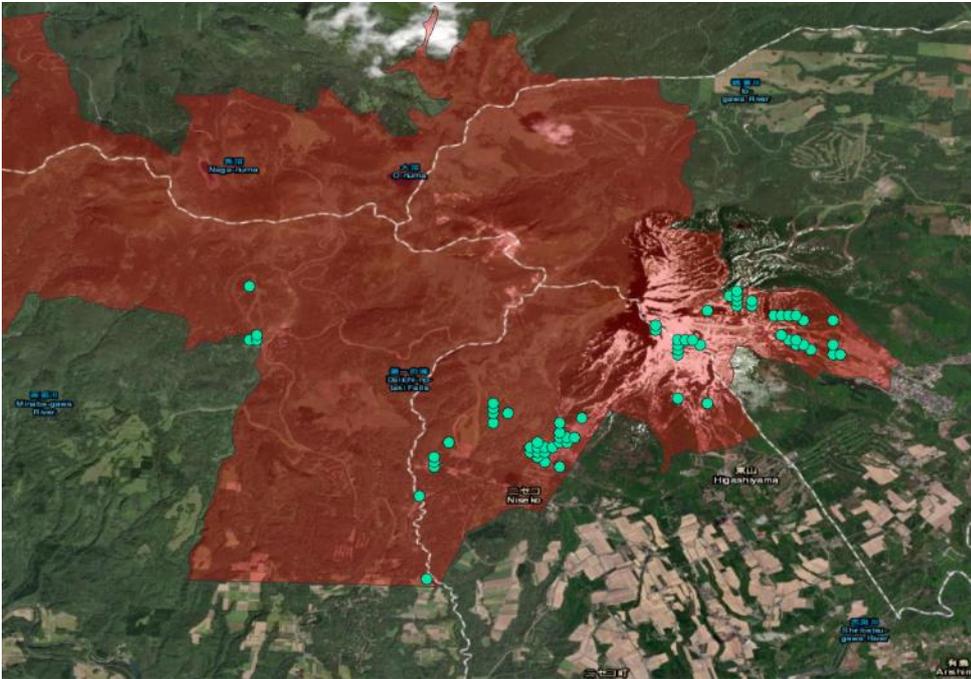


図2. 1 2 ニセコ積丹小樽海岸国定公園。2006年以後に森林から宅地などへ開発された地点を青色で示す。

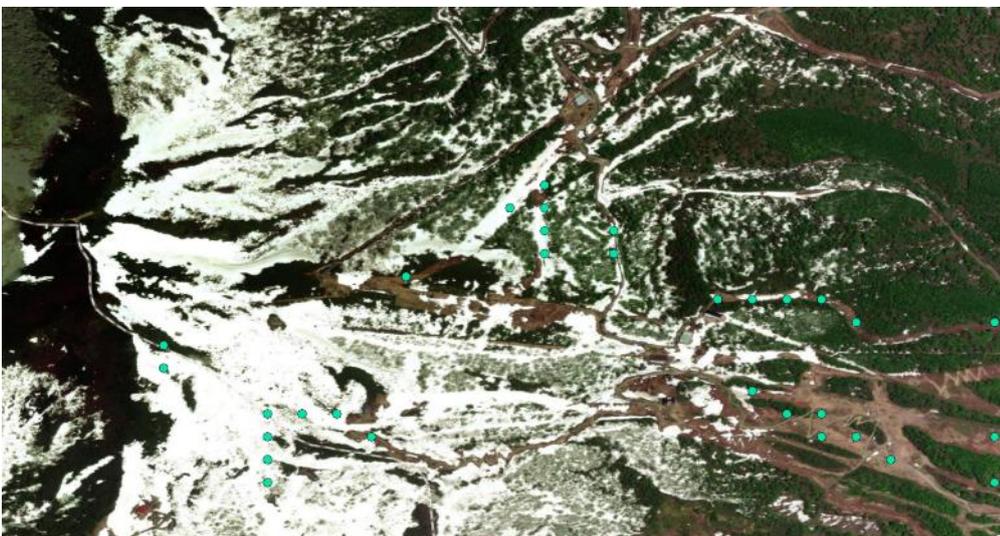


図2. 1 3 ニセコ積丹小樽海岸国定公園内のスキー場において2006年以後に伐採された地点を示す。

5. 研究目標の達成状況

保護区内における開発の実態評価のデータを用いた解析およびその結果をまとめた論文では、自然保護区管理に関する政策オプションを提示するなどして、当初の目標は達成した。

II-3 希少種（RDB種）の絶滅リスク緩和のための保護区の新設と拡大のプランニング

琉球大学理学部 久保田康裕

要旨

希少種の絶滅リスクを緩和するための保護区の新設・拡大候補地を抽出した。その結果、日本列島の中央太平洋側から琉球列島にかけて保全優先度が高く、これらの地域に優先的に保護区を設置する必要性があることが明らかとなった。

1. 研究開発目的

希少種の絶滅リスクを緩和するための保護区の新設・拡大候補地を抽出することを目的とした。

2. 研究目標

希少種の絶滅リスクを緩和するための保護区の新設・拡大候補地を抽出し、希少種保全に関する政策オプションを提案することを目標とした。

3. 研究開発内容

希少種の絶滅リスクを緩和するための保護区の新設・拡大候補地の分析を行った。希少種（レッドデータブック記載種2242種）を対象として「絶滅リスクに着目した既存保護区の実効力評価」と同様、Zonationソフトウェアの便益最大化関数（パラメータ z は0.25に設定）として空間的保全優先順位付け解析を行った。但し、ここでは普通種の重みづけを0とすることで、希少種のみに着目した。

4. 結果及び考察

希少種の絶滅リスクを緩和するための保護区の新設・拡大候補地の分析を行った。希少種（レッドデータブック記載種2,242種）を対象として「絶滅リスクに着目した既存保護区の実効力評価」と同様、Zonationソフトウェアの便益最大化関数（パラメータ z は0.25に設定）として空間的保全優先順位付け解析を行った（図3.1）。但し、ここでは普通種の重みづけを0とすることで、希少種のみに着目した。

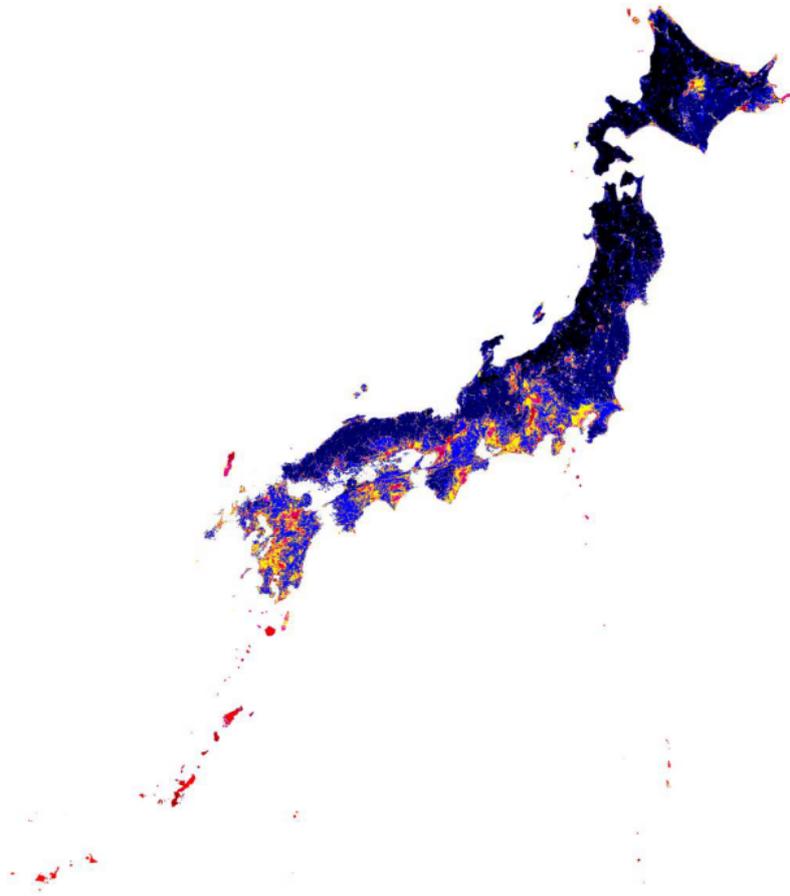


図3. 1 便益最大加法によって求めたRDB記載種2,242種（亜種・変種含む）の保全優先地域分布。赤が最も優先順位が高く、黄→青→黒の順で低くなる。全種を用いた場合と同様、日本列島の中央太平洋側から琉球列島にかけて保全優先度が高くなる。

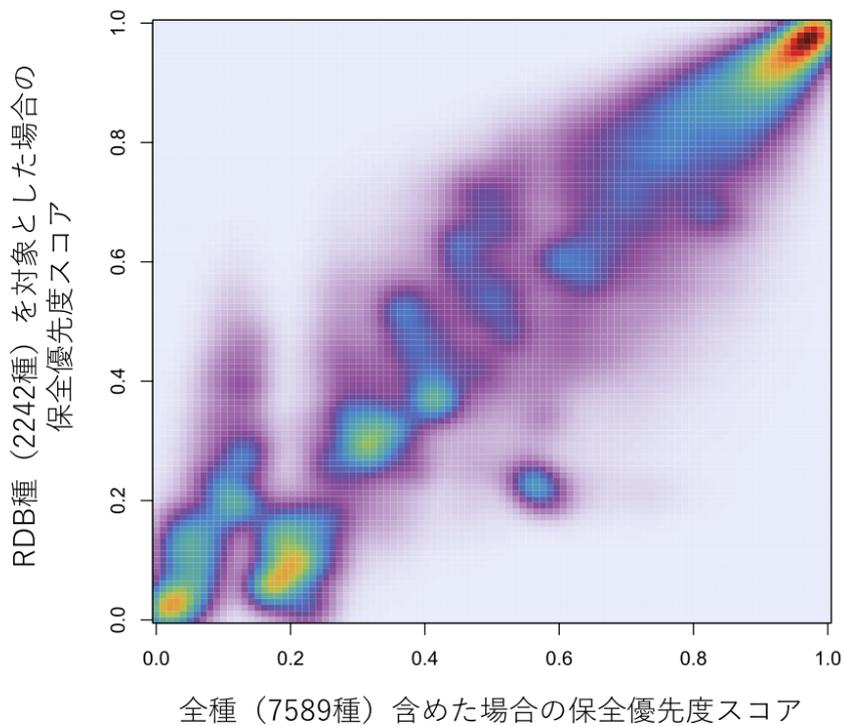


図3. 2 全種を対象とした場合とRDB種のみを対象とした場合の保全優先度スコアの関係。

RDB種を対象とした場合と全種を対象した場合の保全優先度スコアは似ている（スピアマンの順位相関=0.86）。これは、全体に占めるRDB種の割合が比較的高い（～30%）ことと、希少種はセル除去に対する分布レンジの損失割合が高いため、全体を対象とした優先順位付けにおいて強い影響力を持ちやすいためである（図3. 2）。

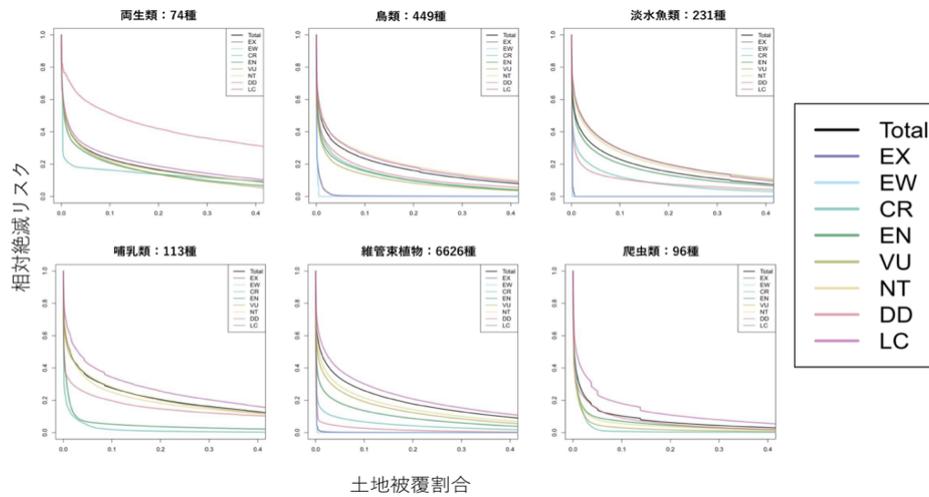


図3. 3 保全優先順位付け（マスクレイヤなし）に基づく相対絶滅リスクの減少曲線：分類群およびレッドリストのカテゴリー（絶滅=EX、野生絶滅=EW、絶滅危惧 I A類=CR、I B類=EN、II類=VU、準絶滅危惧=NT、情報不足=DD、その他=LC）ごとの平均値を示す。

RDB種の相対絶滅リスクの減少曲線は、全種を用いた場合よりもわずかに早く底打ちする。LC種（RDB未記載種）は優先順位付けに影響を与えないにも関わらず、それらの相対絶滅リスクも比較的うまく緩和されている（図3. 3）。

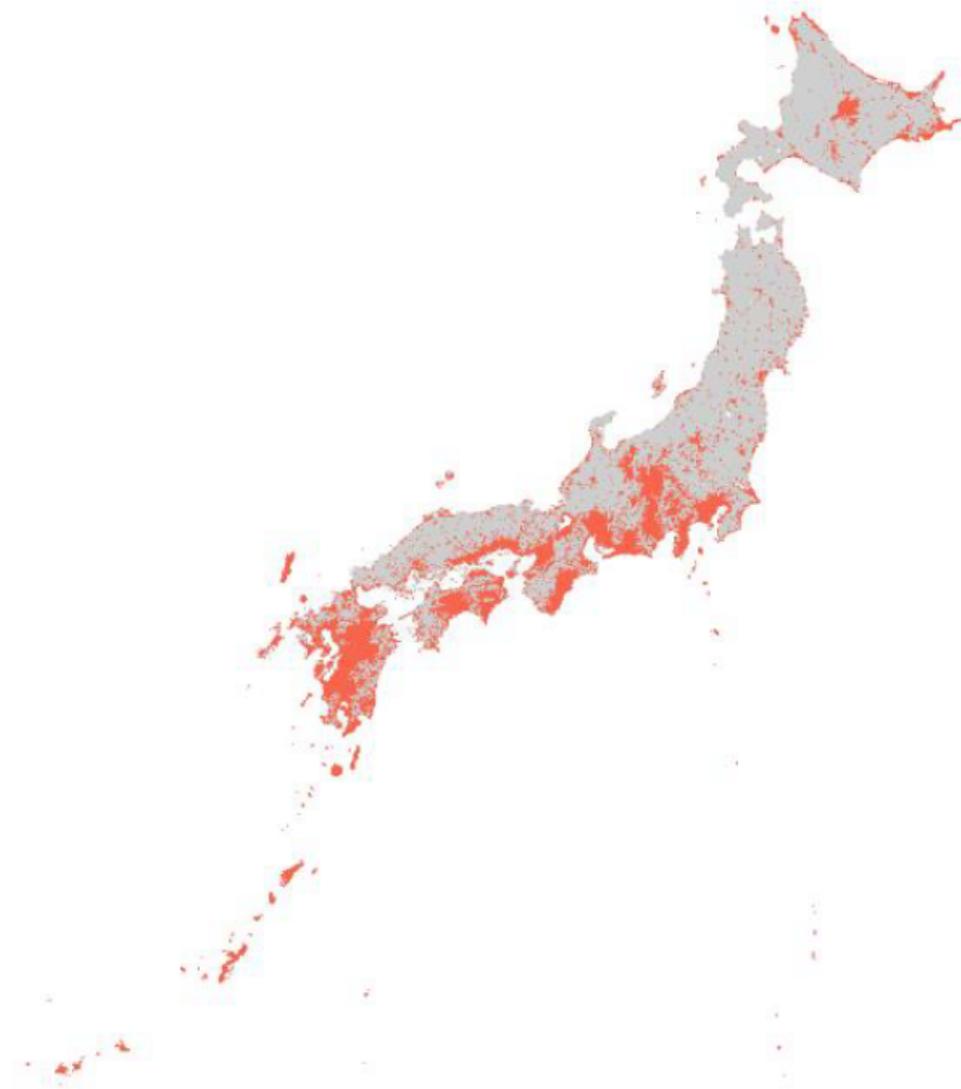


図3. 4 既存の自然公園を仮定しない場合の保全優先地域の上位30%の分布

北海道や中部の山岳地域の他、九州の大部分、島や海岸が多く含まれる（図3. 4）。

5. 研究目標の達成状況

「絶滅リスク緩和のための保護区の新設と拡大のプランニング」において開発した技法は、一部の国立公園計画の点検に用いられ、具体的な保護区の新設と拡大のプランニングの提案を行うことに寄与し、当初の目標は達成した。

Ⅱ－４ 里山里地の保全効果と重点管理エリアの特定

琉球大学理学部 久保田康裕

要旨

人為的に管理されている二次的な生態系も、生物多様性のゆりかごとして重要な役割を果たしており、特に、里山は重要な生態系として知られている。そこで、里山の生物多様性の保全効果を、空間的保全優先度のスコアに基づいて検証した。その結果、全国各地に、保全上重要な里山が分布しており、特に西日本に多かった。しかし、ここ30年ほどで里山構成要素である二次草原や耕作地が大幅に減少していた。

1. 研究開発目的

里山の生物多様性の保全効果を明らかにすること、および里山の分布面積の推移を明らかにすることを目的とした。

2. 研究目標

里山の生物多様性の保全効果を明らかにすること、および里山の分布面積の推移を明らかにすることで、里山保全に関する政策オプションを提案することを目標とした。

3. 研究開発内容

里山の生物多様性の保全効果を、空間的保全優先度のスコアに基づいて検証した。また、1979-1998年に行われた植生調査と、1999年から現在まで新たに行われている植生調査の結果を利用して、里山の構成要素（二次林、二次草原、耕作地）の面積の増減を検証した。

4. 結果及び考察

日本は、今後、人口が減少し、2050年を過ぎる頃には、一億人を下回ることが推計されている。人口動態の予測は精度が高いため、これから数十年先の人口減少のトレンドは、間違い無い。そこで現在の日本の高齢化率の空間パターンを地図化した。高齢化率とは、65歳以上人口が総人口に占める割合のことである。全国的にも高齢化が進行している（図4.1）。

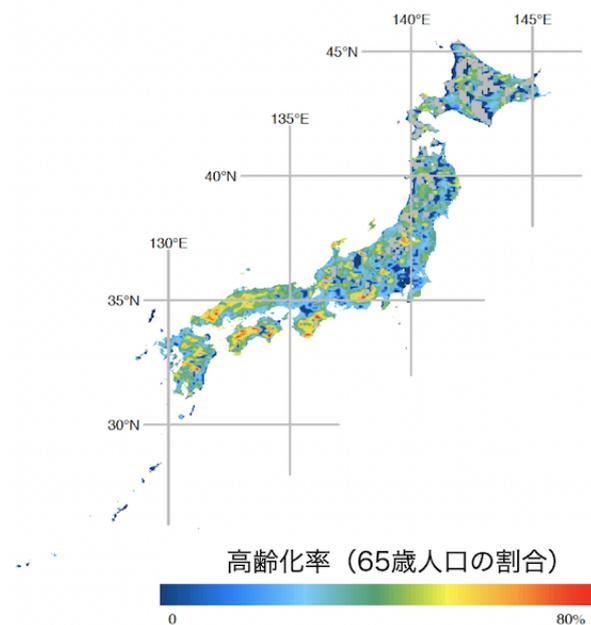


図4.1 高齢化率の分布

下の左地図は現在の人口分布で、右地図は2050年の人口分布予測である（図4. 2）。黒色の箇所ほど人口が少ない地域。2050年は日本全体が黒っぽくなっており、首都圏以外の内陸地域が黒色に変化している（人口減少が著しい）ことがわかる（図4. 2）。

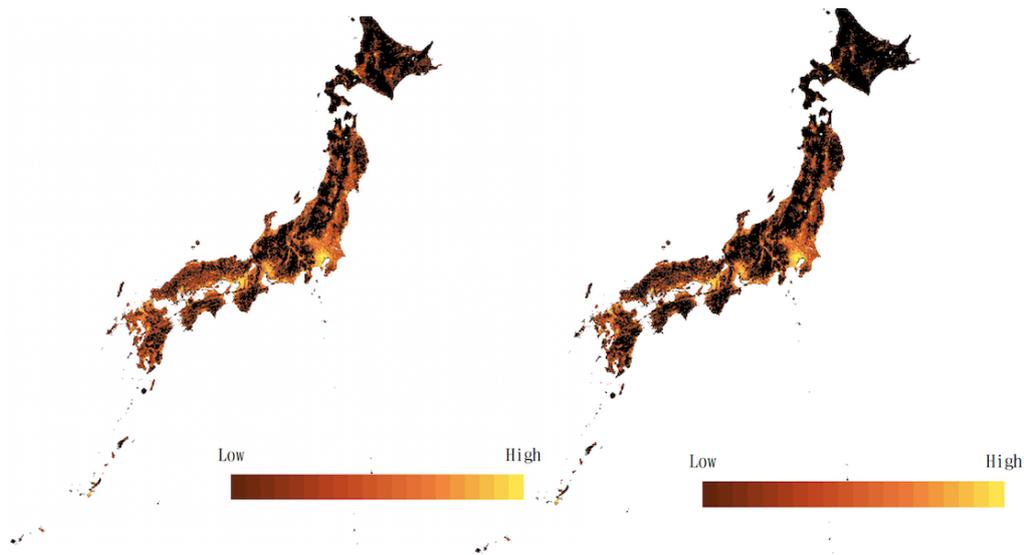


図4. 2 2015年と2050年の人口分布

さらに、現在と2050年の人口変化を見ると、下記のように紫っぽい色の箇所ほど人口減少が著しい地域であるが、人口が増加する赤色の地域はほとんどない（図4. 3）。

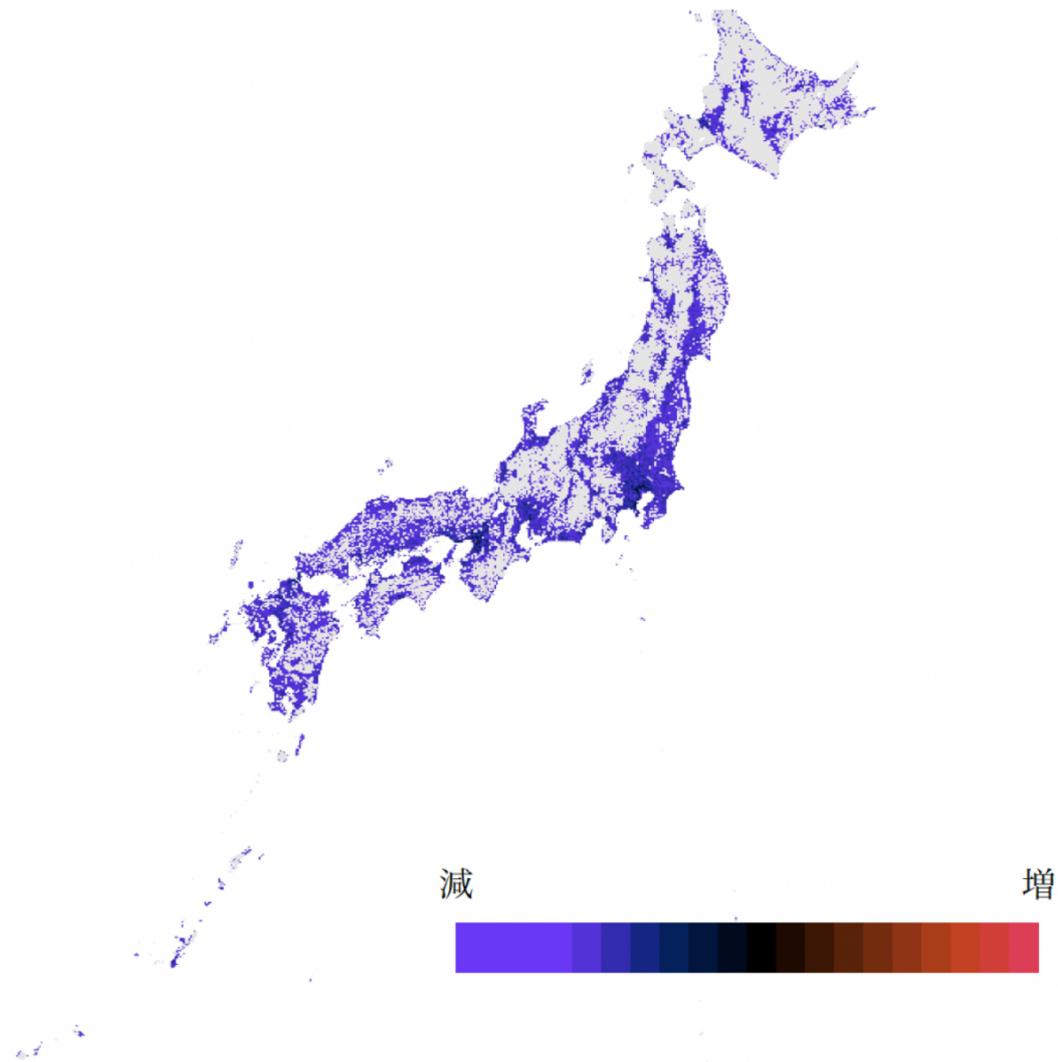


図4. 3 2015年と2050年の人口増減

全国的に、都市郊外から内陸にかけての中山間地域で、人口減少が顕著なことがわかる。このような、人口減少は社会経済的な問題だけにとどまらず、地域の土地利用の様式、及び、生物多様性の保全計画にも影響を与える可能性がある。

図4. 4は、日本の森林の空間分布である。森林とひとくちに言っても、自然の森から、人手の加わった二次林、人工的に樹木が植栽された人工林まで様々分布する。

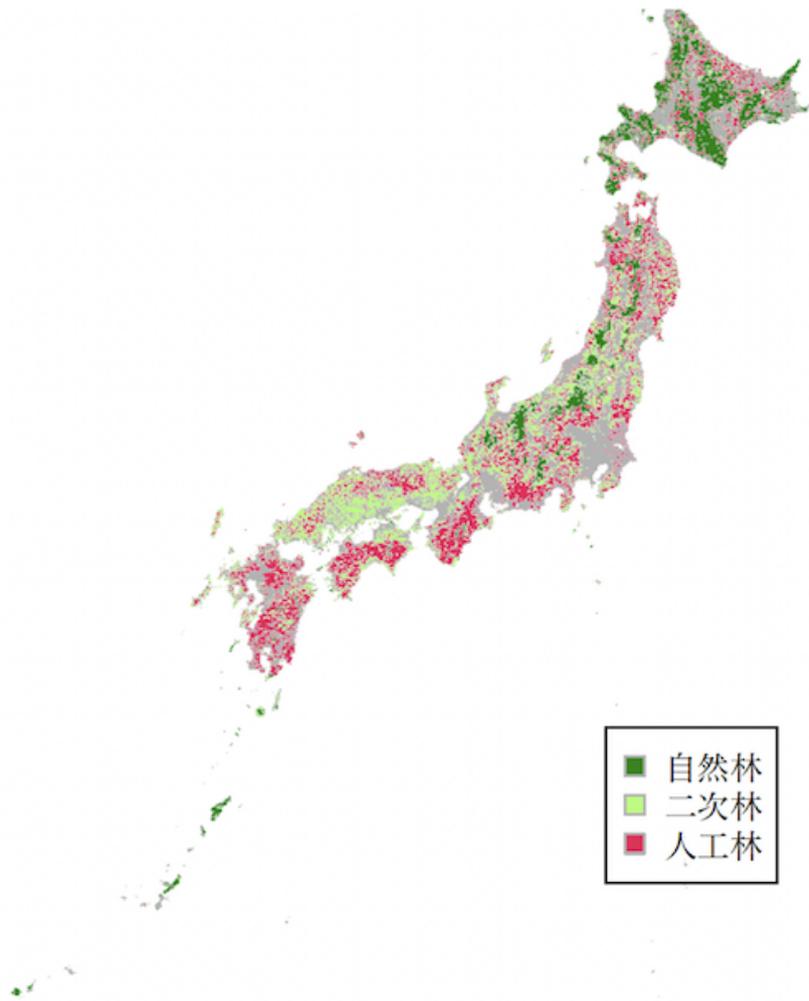


図4. 4 自然林、二次林、人工林の分布。灰色は森林以外。

生物多様性の保全を考える場合、自然林はもちろん重要である。実際、自然度の高い森林は、国立公園のような保護区で保全されている。一方、人為的に管理されている二次的な生態系も、生物多様性のゆりかごとして重要な役割を果たしている。特に、里山は重要な生態系として知られている。里山は、人間が定期的に森林伐採や草刈りをすることで、植生遷移が制御されて、生物多様性が維持されているユニークな生態系である。そこで、里山の生物多様性の保全効果を、空間的保全優先度のスコアに基づいて検証した。

図4. 5は、土地利用様式を考慮した保全重要地域のスコアリング分析の結果である。濃い緑色の箇所ほど、生物多様性の保全効果が大きな里山であることを示している。全国各地に、保全上重要な里山が分布していることがわかる。

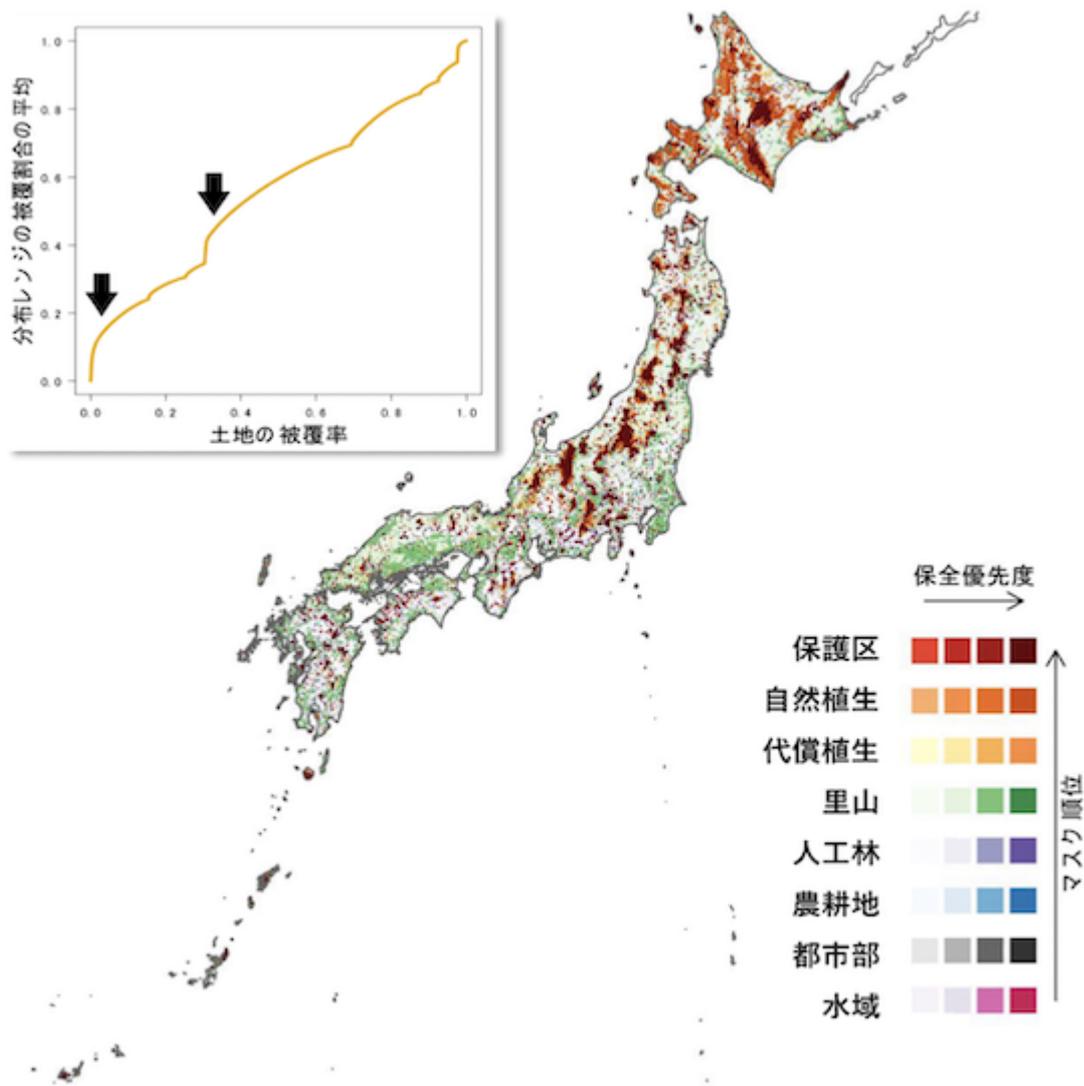


図4. 5 土地利用様式を考慮した保全重要地域のスコアリング

人口減少が進行していくと、このような生物多様性の保全効果の大きい里山は、どのようになるか、今後の里山の行く末を予測するために、過去30年の間、里山がどのように変化しているのかを地図化した。1979-1998年に行われた植生調査と、1999年から現在まで新たに行われている植生調査の結果を利用して、里山の構成要素（二次林、二次草原、耕作地）の面積の増減を描いた（図4. 6）。植生調査が十分行われていない地域（国土の19%ほど）は情報が不足しているため、白抜き表示になっている（図4. 6）。青色の箇所ほど、里山の構成要素が減少した地域である。黄色や赤色は里山が増加した地域ですが、そのような地域はとて少ない（図4. 6）。

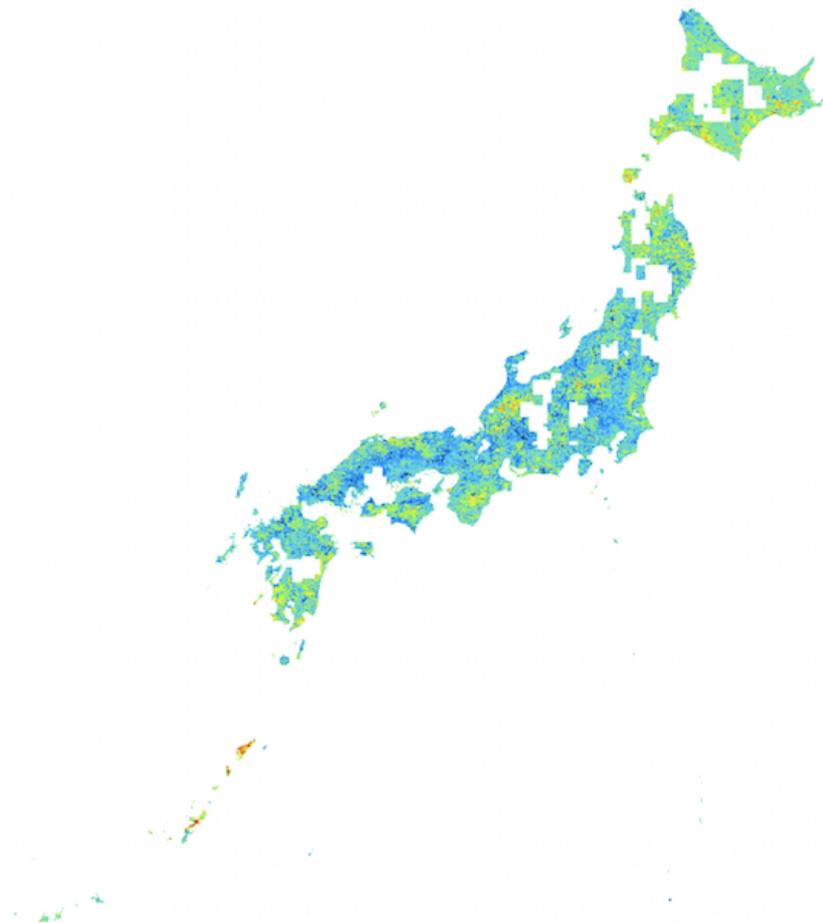


図4. 6 1979-1998年に行われた植生調査と、1999年から2020年までの植生調査結果を用いた、里山構成要素の増減。里山の青色の箇所ほど、里山の構成要素が減少した地域を示す。

日本全体では、里山の構成要素（二次林、二次草原、耕作地）は、過去30年で6%減少している。さらに、その内訳には、以下のように大きな差がある。手入れされなくなった二次草原や耕作地の大部分が森（二次林）に遷移している。

二次林 30年で19%増加
 二次草原 30年で51%減少
 耕作地 30年で23%減少

ここ30年をみても、管理放棄による里山の消失は顕著である。したがって、今後も人口減少が進行すると、この傾向はより加速化するだろう。人口減少で土地管理の様式が変化して、里山が消失し、日本の生物多様性が大きく変化することが予想される。人口減少に伴う地域社会の構造変化を把握して、適応的な里山管理策を検討することが重要である。

5. 研究目標の達成状況

「里山里地の保全効果と重点管理エリアの特定」において集計したデータと解析技法は、インターネット上の記事「里山が消える： 高齢化・人口減少による土地利用変化と生物多様性の保全」

(<https://note.com/thinknature/n/nbe19feec6caa>) として里山管理の将来に関する問題提起（政策オプション提案）し、当初目標は達成した。

II-5 土地利用や温暖化に関係した環境変動が生物分布に及ぼす影響：温暖化に伴う生物分布の北上の実態など

琉球大学理学部 久保田康裕

要旨

温暖化による分布変化を検出するために、各生物分類群について1989年以前の分布データと、1990年以後の分布の北限緯度、中央緯度、南限を特定し、その変化を算出した。その結果、2010年代の全国の平均気温が1980年代と比べて1.08度（緯度約120kmの気温差に相当）、東日本太平洋側では2度以上上昇（緯度約230kmの気温差に相当）しているにもかかわらず、鳥類以外の分布域は、ほぼ変化していなかった。

1. 研究開発目的

最近60年間の温暖化による、維管束植物と脊椎動物、チョウ類の分布域の変動を明らかにすることを目的とした。

2. 研究目標

最近60年間の温暖化による、維管束植物と脊椎動物、チョウ類の分布域の変動を明らかにすることで、現在進行中の気候変動が生物多様性に及ぼす影響について知見を提供することを目標とした。

3. 研究開発内容

各生物分類群（維管束植物と脊椎動物、チョウ類）について1989年以前の分布データと、1990年以後の分布の北限緯度、中央緯度、南限を特定し、その変化を検出した。

4. 結果及び考察

チョウ類の主要な分布データは、これまでは第3回から5回の自然環境基礎調査のみであり、分析に利用できる有効なデータ件数は307,127件だった。これに河川環境データベースや自然史標本データベース「サイエンス・ミュージアムネット」から、分析可能なデータに再編集した。さらに、情報不足地域については、500編以上の文献から分布情報を収集し、データ総数を664,063件まで増加させた。これにより、各々の種の分布モデリングによる予測精度は大幅に上昇し、チョウ類多様性ホットスポットもより明瞭に把握でき（図5.1）、温暖化に伴う分布変動についても解析可能となった。

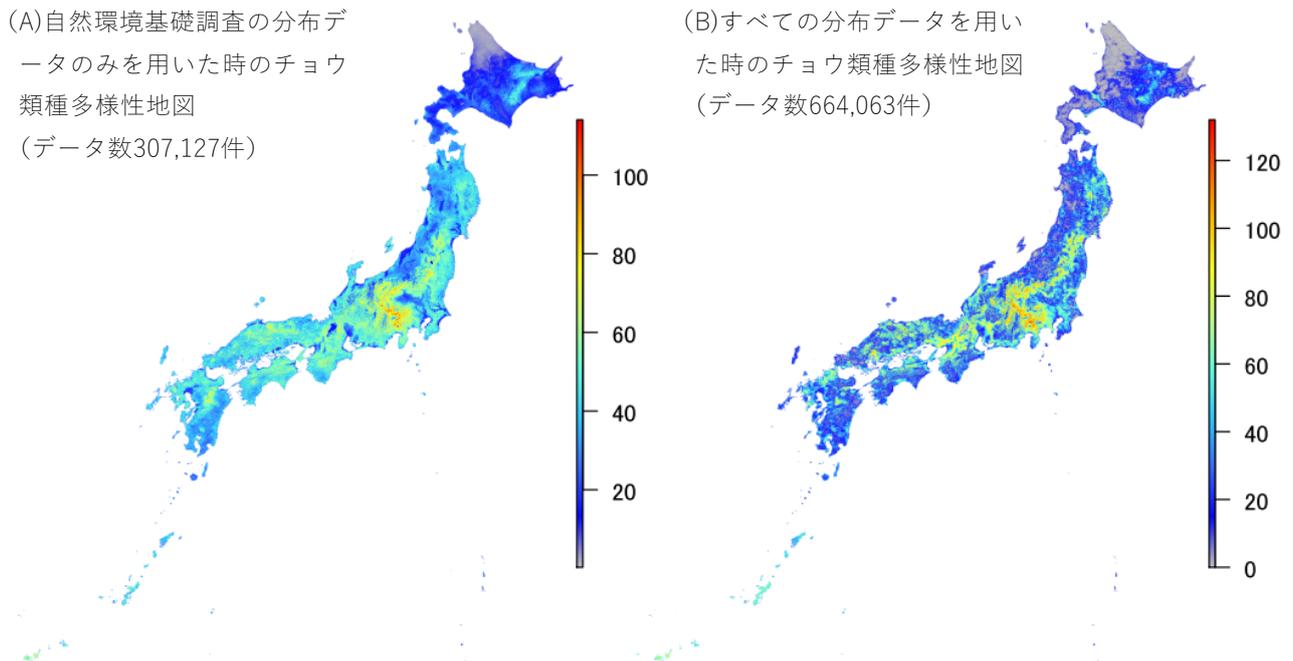


図5. 1 チョウ類230種（種レベル）の種多様性地図

各生物分類群について1989年以前の分布データと、1990年以後の分布の北限緯度、中央緯度、南限を特定し、それらの変化をグラフ化した（図5. 2）。なおこの分析では、両年代において3次メッシュレベルで25メッシュ以上出現した種を対象とし、分布域がごく限られた希少種は解析から除いた。

2010年代の全国の平均気温が1980年代と比べて1.08度（緯度約120kmの気温差に相当）、東日本太平洋側では2度以上上昇（緯度約230kmの気温差に相当）しているにもかかわらず、鳥類以外の分布域は、ほぼ変化していなかった。一方、鳥類は多くの種が分布を北上させており、平均で北限が0.91度（約100km）北上し、気温の上昇に伴い分布域を変化させている傾向が確認できた（図5. 2）。

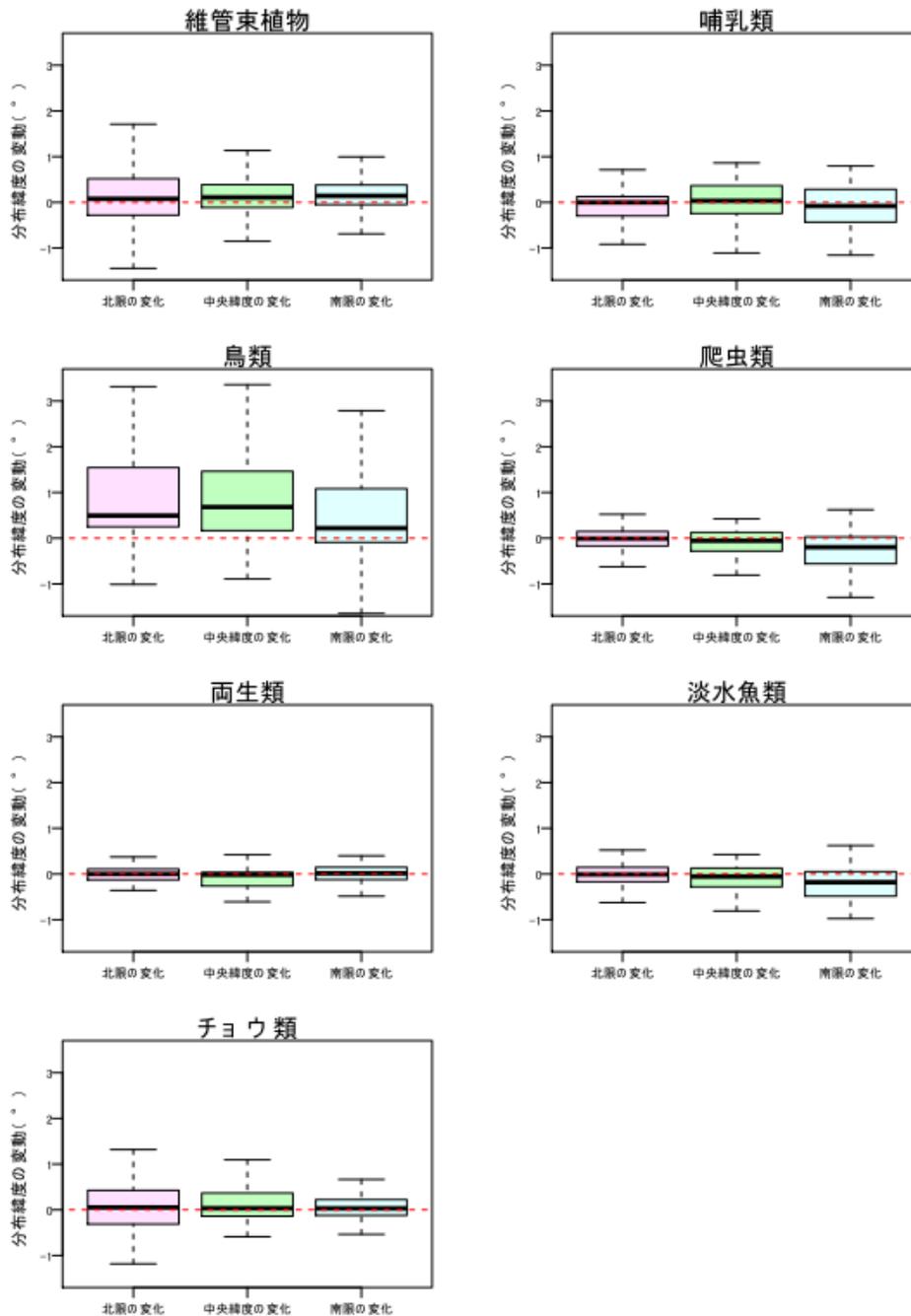


図5. 2. 各分類群の分布の北限緯度、中央緯度、南限緯度の変化

分布を北上させている種は、維管束植物ではアオウキクサやコガマなど水草や湿地性植物、キク科植物の一部が分布北上の傾向があり、鳥類ではムラサキサギなどのシギチドリ類、またノジコなど陸鳥の一部も分布を北上させている傾向があった（図5. 3）。チョウ類では、すでに分布域の北上が知られている、ツマグロヒョウモンやクロセリそれにナガサキアゲハは分布を北上させていたが、それ以外の種はほぼ分布域を変化させていなかった（図5. 3）。哺乳類、爬虫類、両生類、淡水魚類については緯度分布が有意に変化した種は皆無だった。

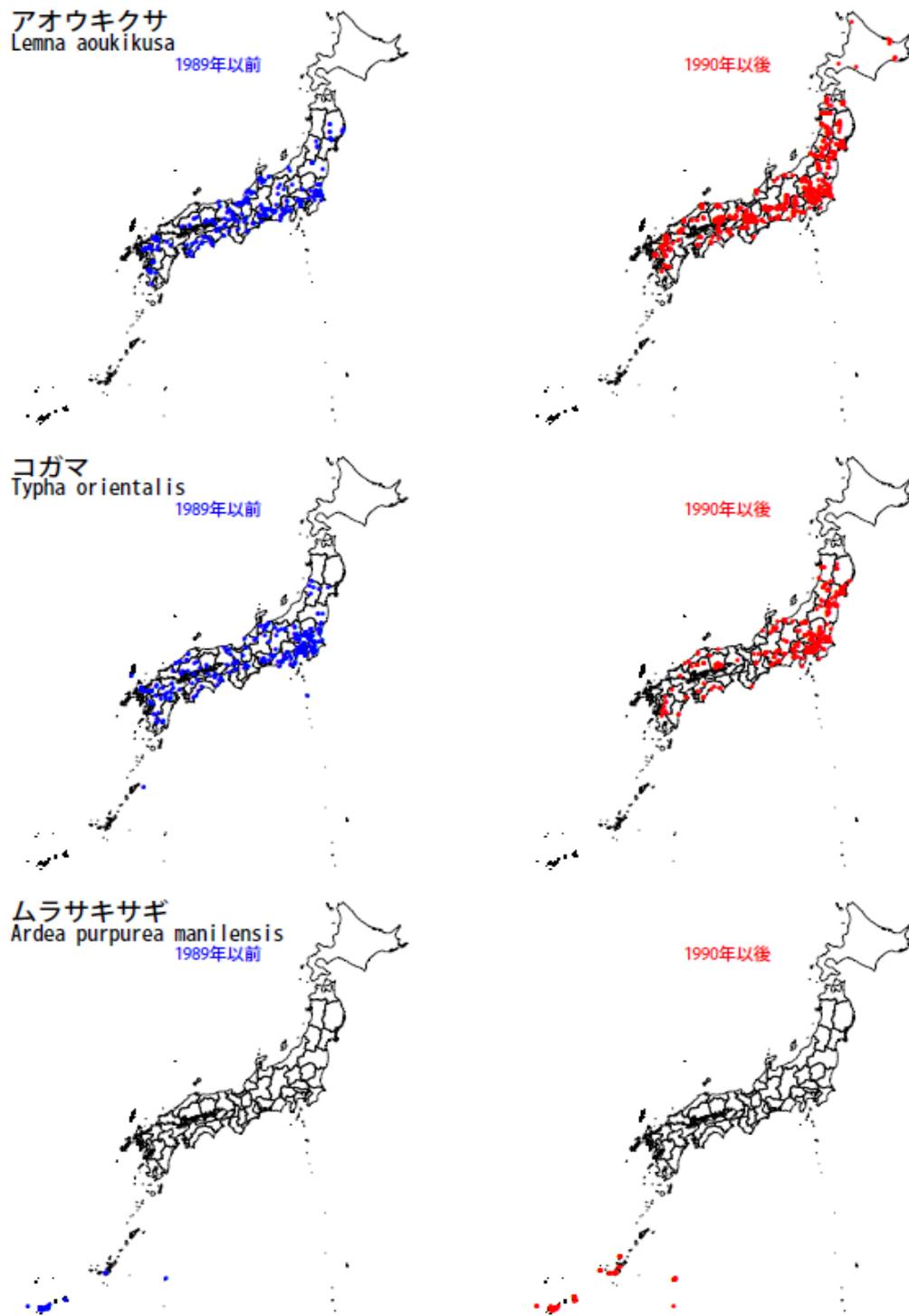


図5. 3 (1) 分布北上が明瞭な種における1989年以前と1990年以後の分布変化

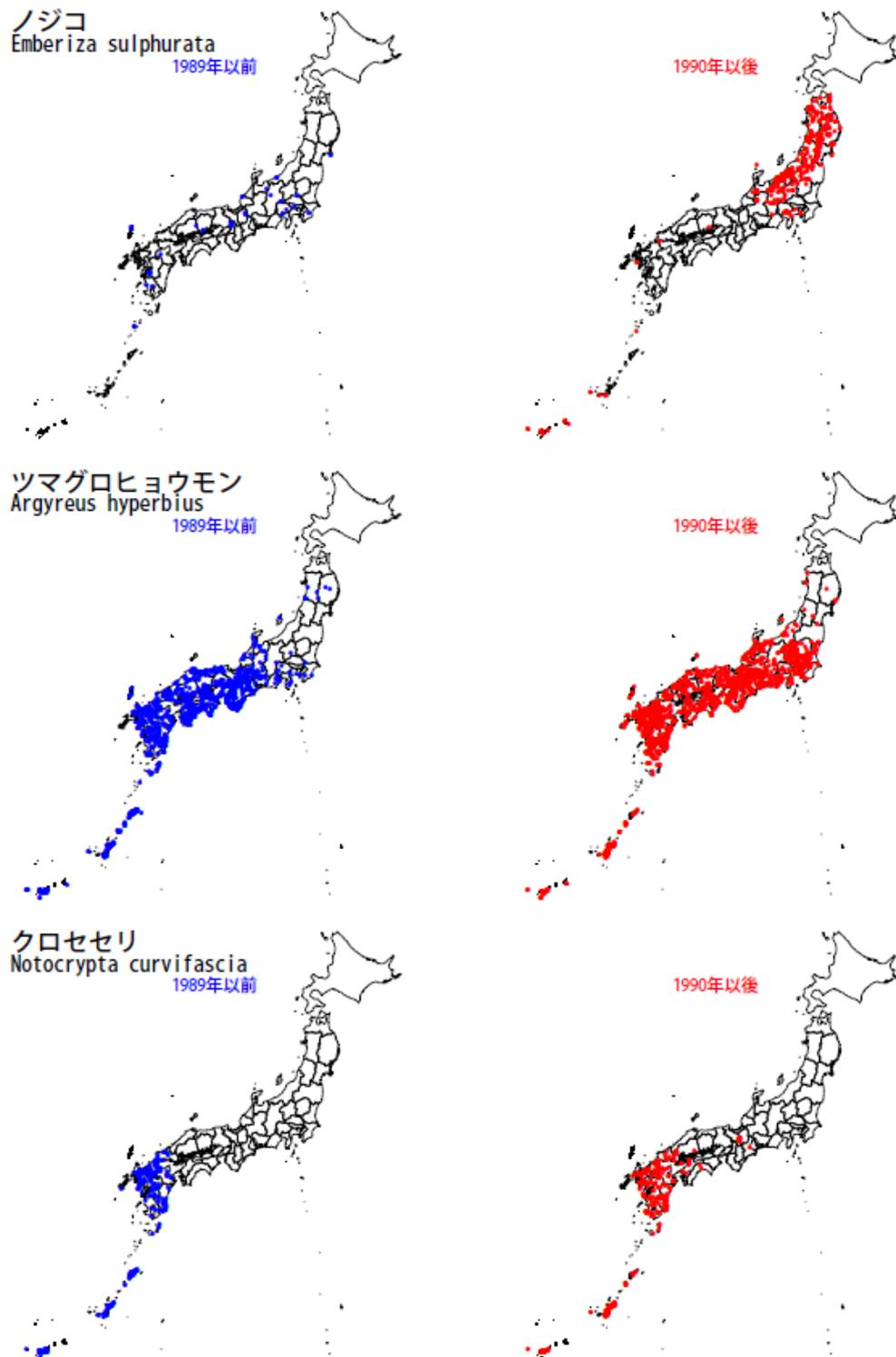


図 5. 3 (2) 分布北上が明瞭な種における1989年以前と1990年以後の分布変化

温暖化に伴い、生物は分布標高も上昇させていると考えられるが、1989年以前と比べ1990年以後は高標高のデータ数が著しく少なく、分布標高の変動は解析できなかった。例えば維管束植物の場合、1989年以前は標高1200m以上のデータ件数は131,091件、全データ数のうち8.3%を占めるが、1990年以後は、データ件数は75,155件、全データ数のうち3.1%にすぎなかった（図5.4）。

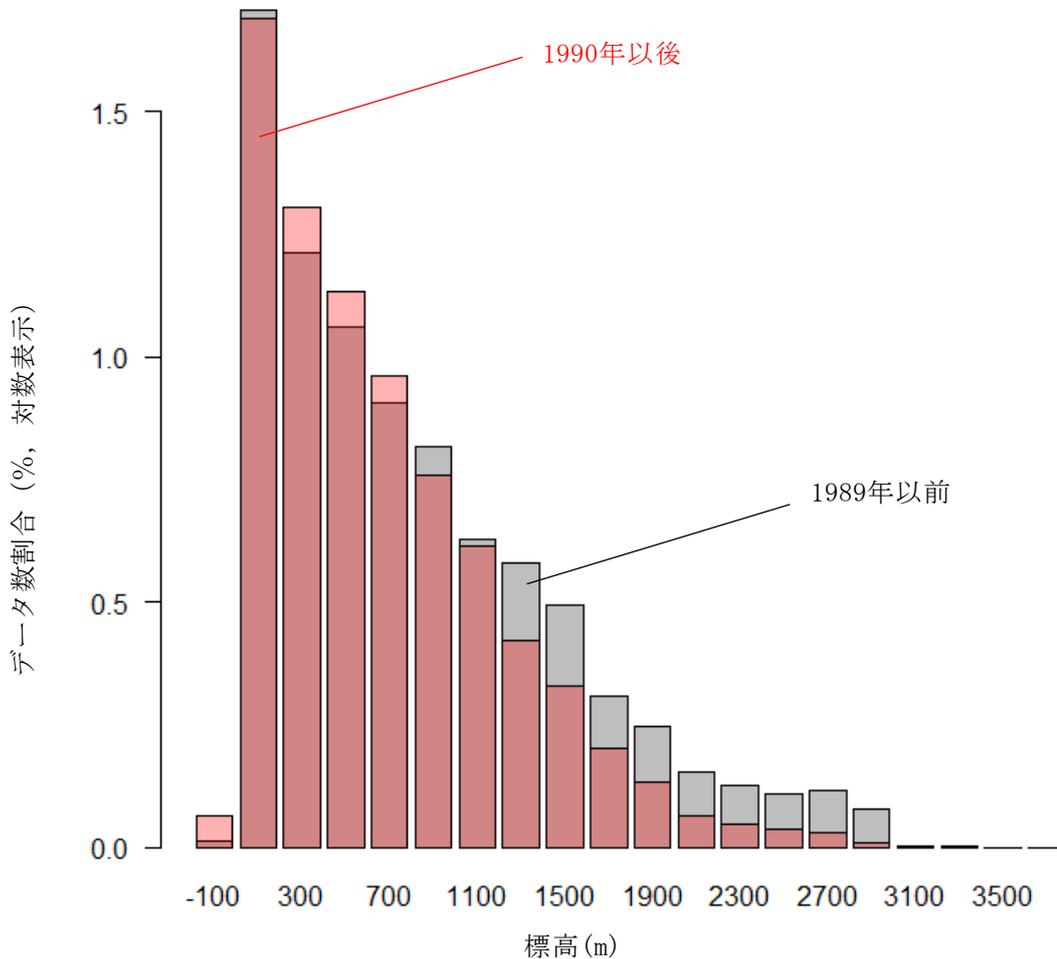


図5.4 維管束植物における標高ごとのデータ件数割合。赤が1990年以後、灰色が1989年以前。

5. 研究目標の達成状況

各生物分類群（維管束植物と脊椎動物、チョウ類）について、種別に、1989年以前の分布データと、1990年以後の分布の北限緯度、中央緯度、南限を特定し、その情報をインターネット上の記事（気候変動と生物多様性：温暖化で生物は北上しているのか？）として提示した。この結果は、毎日新聞の記事「相模湾がトロピカルに？」（2022/1/18）

（<https://mainichi.jp/articles/20220118/ddm/013/040/010000c>）にも取り上げられた。分析結果の公表およびメディアを介した国民への情報提供により「気候変動が生物多様性に及ぼす影響について知見を提供する」とした当初の研究目標は達成した。

II-6 外来種管理計画：在来種保全の観点からみた重点管理エリアの特定

琉球大学理学部 久保田康裕

要旨

外来種は、日本在来の生物多様性や生態系に影響を与える脅威であり、外来種の侵入や分布拡大を適切に管理することは、保全計画の重要課題である。そこで、外来種の分布データを整備し、外来種分布地図を作成した。そのうえで、日本在来の植物種多様性と外来植物種の分布を重ね合わせて、外来種管理の重点地域を特定した。具体的には、外来植物種数が多く、在来植物種の多様性の保全重要度が高い地域（固有種・絶滅危惧種・希少種などのホットスポット）を、外来種の管理重点地域と定義して、外来種管理優先度をスコアリングした。

1. 研究開発目的

日本国内における外来種分布地図を作成し、外来種管理優先地域を明らかにすること。

2. 研究目標

外来種管理優先地域を明らかにすることで、外来種管理に関する政策オプションを提案することを目標とした。

3. 研究開発内容

外来種の分布データを整備し、外来種分布地図を作成した。そのうえで、日本在来の植物種多様性と外来植物種の分布を重ね合わせて、外来種管理の重点地域を特定した。具体的には、外来植物種数が多く、在来植物種の多様性の保全重要度が高い地域（固有種・絶滅危惧種・希少種などのホットスポット）を、外来種の管理重点地域と定義して、外来種管理優先度をスコアリングした。

4. 結果及び考察

図6. 1は、横軸が各土地区画（1kmスケール）の保全優先度で、縦軸が外来種の多さである。散布図のシンボルの色は、外来種管理の緊急性を示している（在来の植物多様性の保全重要地域で、なおかつ、外来種の多い土地区画ほど外来種管理の必要性が大きいということ）。

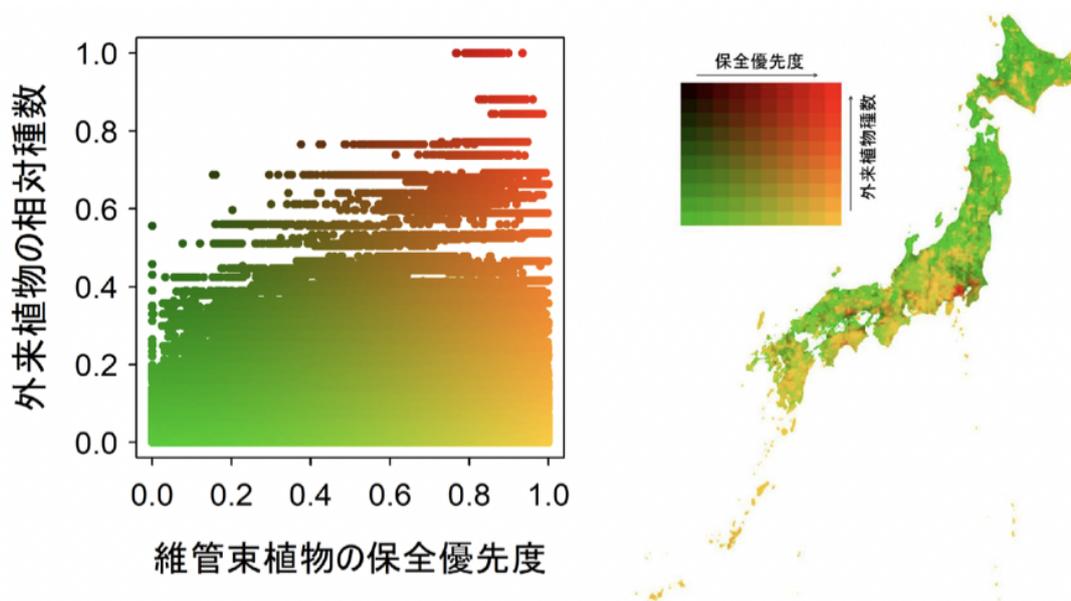


図6. 1 外来植物の相対種数と維管束植物の保全優先度の分布

散布図グラフのシンボルカラーを、地図上で色づけした右の地図を参照すると、地図上の色を元にして、外来種の管理計画を以下のように策定できる（図6. 1）。

赤い地域：外来植物による脅威と保全重要度が重なった土地区画で、外来種の駆除努力による生物多様性保全効果が高く、外来種管理の優先地域。

黄色の地域：外来種のほとんど存在しない保全重要地域であり、外来種の侵入を阻止する防護対策が重要。

黒色の地域：重要地域（赤色地域）に隣接している場合には、外来種の拡大を抑える努力が必要で、条件依存的な意思決定と対策が必要。

緑色の地域：現状では外来種リスクは顕在化していないので、保全行政リソースに余剰があれば外来種の新規的な侵入を把握するためのモニタリングに注力すべき。

冒頭に述べたように、外来種管理に投入できる予算には制約があるわけですから、最大の効果をあげるための国家戦略とアクションプランが重要で、このような分析に基づいた管理計画は、納税者や財務省などを説得する際に強力である。

さらに、在来の植物多様性の保全重要地域に対する外来種の生態リスクも分析した。つまり、外来種の侵入による保全重要地域の脆弱性を明らかにした。外来種の侵入は在来種の分布に影響を与えることは間違いなく、場合によっては、外来種が在来種を追いやって、地域的な絶滅を引き起こすこともある。しかし、このようなプロセスを野外調査で明らかにするのは困難である。また、実際に明らかになった時は、手遅れかもしれない。したがって、外来種が在来種に与える影響をシミュレーション分析して、将来的リスクを予測して予防策を練っておくことが重要である。このシミュレーション分析は、外来種数に比例して在来の植物生物多様性の存続が不確実になると仮定した分析である。以下、不確実レイヤの重み付け分析と呼ぶ。つまり「外来植物種が在来植物種の多様性存続に全く影響しない」という楽観的シナリオから、「1種の外来種によって在来種の多様性存続が完全に損なわれる」という悲観的シナリオまで様々なシナリオを想定する。

不確実レイヤの重みは、1, 50, 250の三段階で与え、値が大きいほど外来種数のリスクを過大に評価する。例えば、不確実性=1のとき、外来種1種当たり、在来種の存続確率が0.2%低下する。不確実性=50のとき、外来種1種当たり、在来種の存続確率が10%低下する。不確実性=250のとき、外来種1種当たり、在来種の存続確率が50%低下する。

これによって、外来種リスク（不確実性パラメータ）に対する、各土地区画の在来植物多様性の保全優先度の脆弱性を評価できる。外来種の侵入によって、希少な在来植物が消失して、植物多様性の保全上の価値がどれくらい変化するのか（どれくらい損なわれるのか）を、図6. 2の地図に表示した。

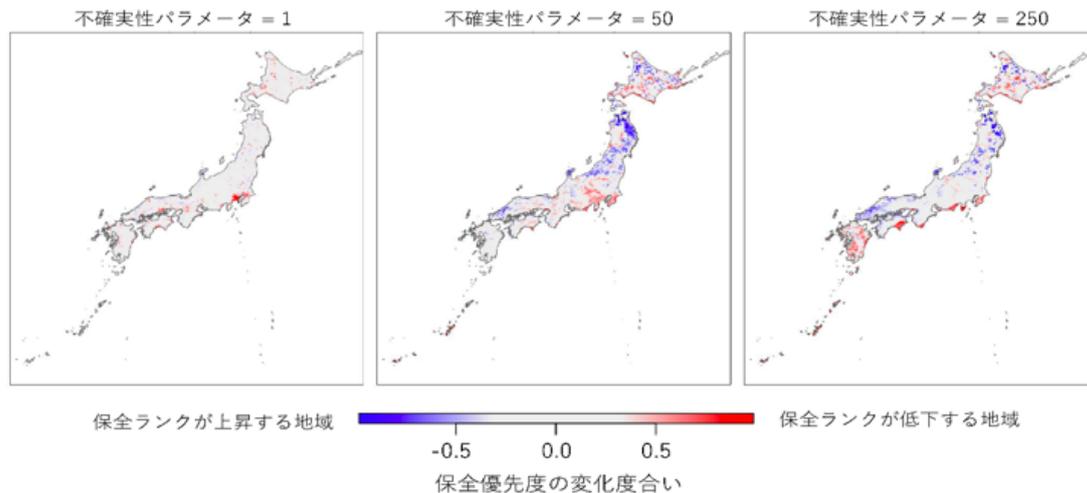


図6. 2 外来種リスクすなわち不確実性パラメータに対する、各土地区画の在来植物多様性の保全優先度の脆弱性

外来種に対する脆弱性には地域差があることが分かる（図6. 2）。また、外来種リスクで在来種の存在確率が低下するシナリオほど（右の地図）、在来植物多様性の保全優先度スコアの変化が大きい。北海道から九州まで、様々な地域で、植物多様性の保全上の価値が劣化している（赤色になっている）ことがわかる（図6. 2）。

さらに、外来種侵入が、愛知ターゲット達成に及ぼす悪影響もシミュレートした（図6. 3）。

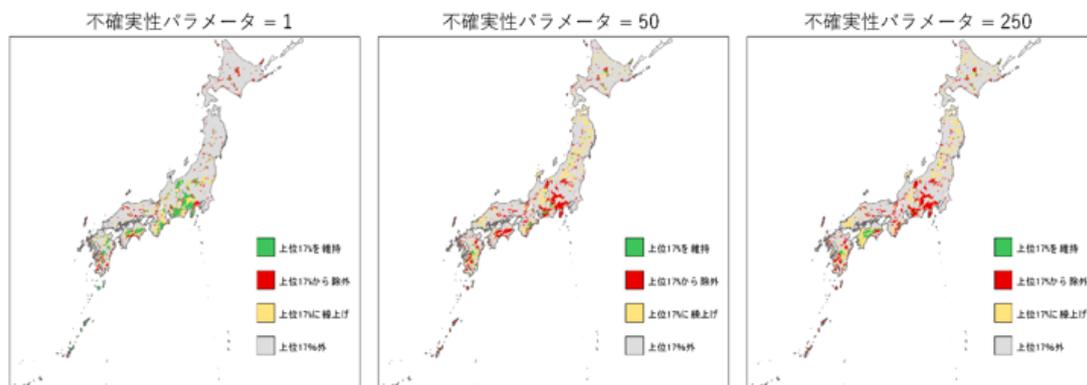


図6. 3 外来種リスクと保全優先度の低下の関係

赤色の地域は、外来種リスクで、愛知ターゲットを達成する上での重要ランクが低下する地域である（図6. 3）。愛知ターゲット達成の観点から、外来種の管理計画を以下のように策定できる。

外来種リスクが最も極端な場合（不確実性パラメータ=250）でも緑色を維持している場所（右図の緑の地域）は、現在全く外来種の影響を受けていない保全最重要地域である。このような地域は、周囲からの外来種の侵入を何としても阻止すべき地域で、防護対策の最優先地域である。

一方、不確実性パラメータがごく小さい値（=1）でも保全重要地域から脱落してしまう地域（左図の赤の地域）は、外来種の深刻な影響下にある保全重要地域であり、何らかの駆除対策が必要、かつそれによる多様性保全便益が大きい地域である。

黄色の地域は、万が一、保全の最重要地域（赤地域）が失われた場合に、その損失を補償しうる場所である。これらの地域では、近傍の保全重要地域の状況と保全リソースに応じて、外来植物の防除・駆除

が行われるべきであり、外来種管理の準優先地域である。

以上のように、在来種の生物多様性パターンと外来種の侵入パターンに関するビッグデータを分析することで、外来種管理の国家戦略を具体化することができる。

5. 研究目標の達成状況

外来種の種数データは、J-BMP (<https://biodiversity-map.thinknature-japan.com>) 上で公開し、政策にも活用できるようにした。さらに本研究で用いた技法は、環境省のアメリカザリガニ生息適地予測や沖縄県希少野生生物保護推進事業においても活用されており、政策オプションの提案に関する貢献という観点において、当初の研究目標は達成した。

Ⅱ－7 シカ個体群管理：在来植物保全の観点からみた重点管理エリアの特定

琉球大学理学部 久保田康裕

要旨

シカ個体数の増加は、日本の陸上生態系に深刻な影響を与えている。シカによる食害は、各地の植物多様性を劣化させ、生態系サービスにも悪影響を与える可能性がある。したがって、シカ個体群の管理は、生物多様性国家戦略や地域戦略においても重要な課題である。そこで、シカ個体群の重点管理地域を、植物多様性保全の観点から分析した。その結果、シカによる食害を受けやすい地域は西日本、特に東海地方や九州地方であり、シカ駆除努力による生物多様性保全効果の高い地域も西日本に偏っており、特に長野県周辺、阿蘇地域、屋久島などでその効果が高かった。

1. 研究開発目的

シカ個体群の重点管理地域を、食害を受けやすい地点、あるいは植物の保全優先度が高くかつシカ個体群密度が高い地点を抽出することで明らかにすることを目的とした。

2. 研究目標

シカ個体群の重点管理地域を明らかにすることで、シカ管理に関する政策オプションを提案することを目標とした。

3. 研究開発内容

シカの食害情報から、シカが好んで食べる植物を把握した。この仮定の下で、シカが未だ分布していない地域の植物が、どの程度シカ食害を受けるかを予測し、シカ食害の予測地図を作成した。また植物の保全優先度とシカ個体群密度を重ね合わせ、シカ駆除努力による生物多様性保全効果の高い地域を地図化した。

4. 結果及び考察

図7. 1は、シカ個体群の分布と個体数密度を示している。

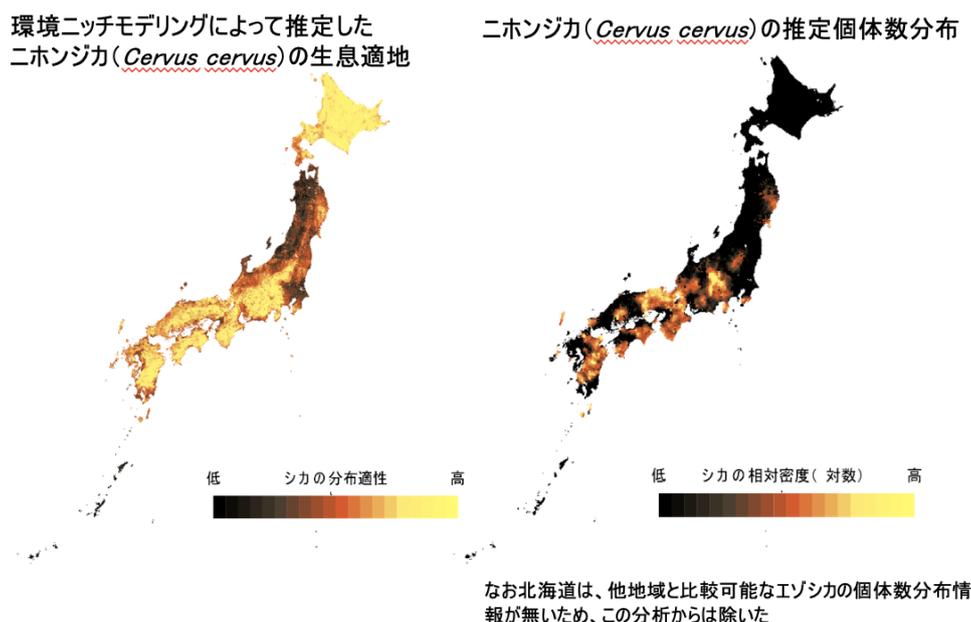


図7. 1 ニホンジカの生息適地と推定個体数

さらに、シカの餌となる植物の多様性地図も、図7. 2のように可視化した。

維管束植物

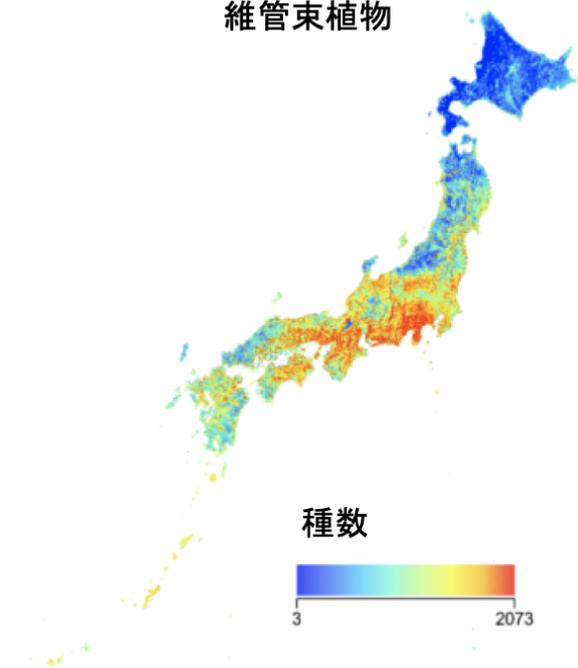


図7. 2 シカの餌となる植物の多様性地図

そして、シカの食害情報から、シカが好んで食べる植物（餌メニュー）を把握した。生物は系統的に近縁な種間で性質が似通っている傾向がある。ある植物種がシカに好まれて食べられる場合、その植物種の近縁種も同じようにシカに好まれて食べられやすいと仮定できる。この仮定の下で、シカが未だ分布していない（食害が発生していない）地域の植物が、どれくらいシカ食害を受けるかを予測した。

まず、餌植物の系統関係から、シカに食べられやすい植物種を推定し（図7. 3）、その推定結果からシカによる食害を受けやすい地域を予測した結果が、図7. 4のシカ食害（植物群集の脆弱度）の地図である。

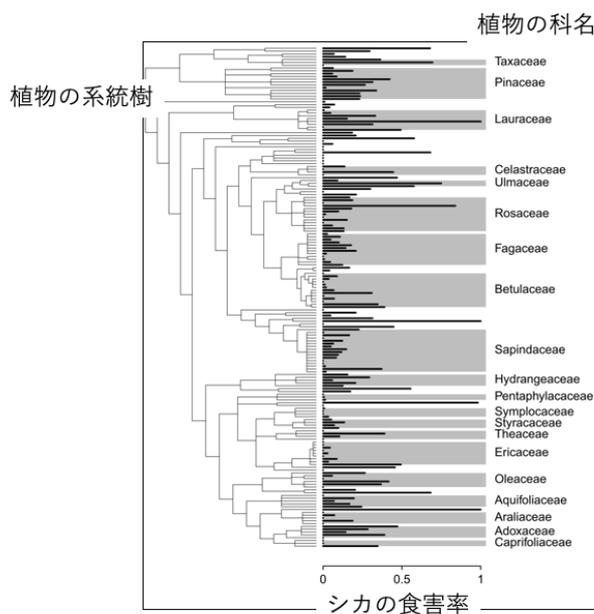


図7. 3 植物の系統樹とシカの食害率の関係

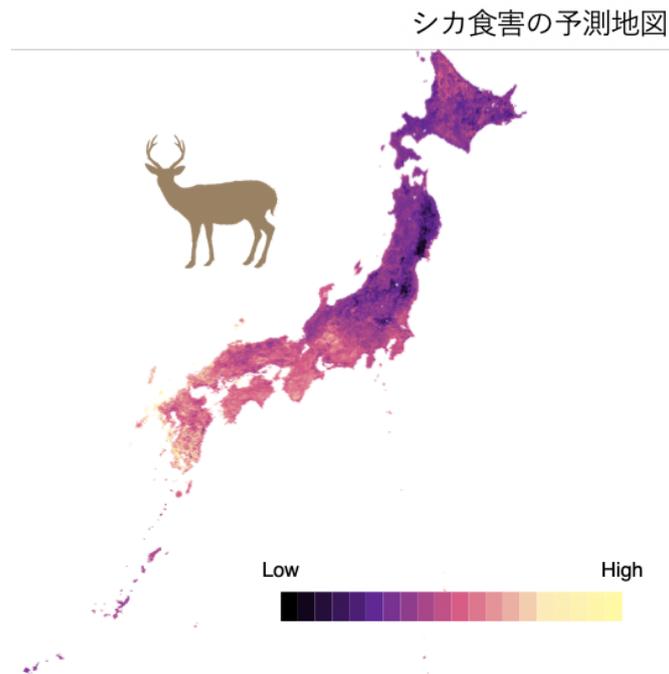


図 7. 4 シカ食害（植物群集の脆弱度）の地図

そして、以上のシカ関連の地図情報と植物多様性保全重要地域のスコアリング情報（以下の動画で可視化されたスコア）を重ね合わせて分析して、シカ個体群の重点管理地域を特定することができる。図 7. 5 の右図の横軸は、各土地区画の植物多様性の保全優先度で、縦軸がシカ密度で、シンボルの色がシカ管理の緊急性を示す。シンボルの色を右の地図上に展開して、各地域のシカ管理計画を提案できる。

植物の保全優先度とニホンジカ個体数分布の空間的一致性

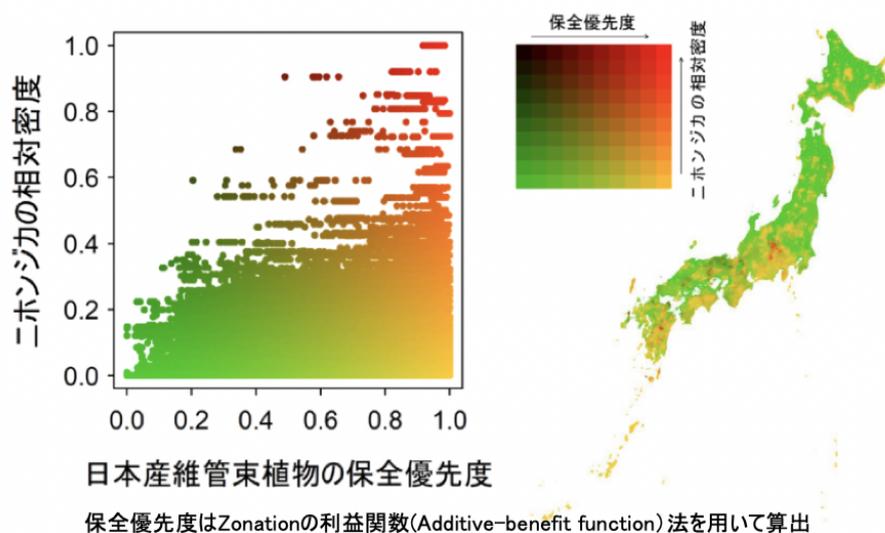


図 7. 5 シカ個体群の重点管理地域の特定

赤い地域：シカ脅威と保全重要度が重なる地域で、シカ駆除努力による生物多様性保全効果の高い、シカ駆除の重点地域である。

黄色の地域：シカ個体群の制御努力が重要で、これ以上個体群密度を増やさない対策が求められる地域

である。

緑色の地域：現状ではシカによる脅威は顕在化してはいるが、シカ個体群の新規的な侵入がないかを把握するモニタリングに注力すべき地域である。

このような結果を元にして、シカ個体群管理の重点地域を特定して、シカのリスクの緊急性に応じた対策を施すことができる。

5. 研究目標の達成状況

シカ個体群管理の重点地域を明示的に特定した地図を整備し、シカ個体群管理の基盤情報を構築し、当初の目標は達成した。さらに、その成果を。インターネット上の記事「シカ個体群の重点管理地域の特定：国家戦略と地域戦略の観点から考える」 (<https://note.com/thinknature/n/n5b5df2ae3520>) として公開し、国民への情報提供という観点においても、当初の研究目標は達成した。

II-8 ツキノワグマ 被害のリスクマップ：生態系ディサービスとしての獣害管理

琉球大学理学部 久保田康裕

要旨

日本のツキノワグマが生息する地域では、クマに関係した人身事故が多発している。ツキノワグマに関する人身被害事故は年平均80件にのぼる。また、クマの出没や遭遇に関係した、有害捕獲や特定計画によるツキノワグマの年平均捕殺数は2300頭以上にのぼる。そのため、クマとの偶発的な遭遇を回避する対策は、ツキノワグマ個体群の保全・管理を考える上で重要である。そこで、ツキノワグマの目撃情報と人身事故の地理分布データを統合し、ツキノワグマ遭遇リスクマップ、人身被害リスクマップを作成した。その結果、遭遇リスクが高い地点は北東北から中国地方まで広範囲に分布し、人身被害リスクの高い地域も点在していたが、特に盛岡市、大館市、鹿角市の周辺、富山県、石川県、福井県の山沿いにリスクが高い地域が面的に広く広がっていた。

1. 研究開発目的

ツキノワグマ遭遇リスクマップ、人身被害リスクマップを作成することを目的とした。

2. 研究目標

ツキノワグマのリスクマップを作成することで、ツキノワグマ管理に関する政策オプションを提案することを目標とした。

3. 研究開発内容

2015年から2019年までに、ツキノワグマの目撃、痕跡、人身事故、捕獲のあった地点の情報を収集した。すべての情報を3次メッシュ（1km²）精度でジオコーディングし、49,879件のツキノワグマ情報を得た。このデータをもとに、ツキノワグマの目撃密度地図を作成した。また人身被害が生じた地点を在情報とし、目撃回数や人口密度、ツキノワグマの生息適地適正（Habitat Suitability）、その他気候や地形などの環境要因を予測変数とし、MaxEntで予測した。

4. 結果及び考察

2015年から2019年までに、ツキノワグマの目撃、痕跡、人身事故、捕獲のあった地点の情報を収集した。すべての情報を3次メッシュ（1km²）精度でジオコーディングし、49,879件のツキノワグマ情報が分析可能となった（図8. 1）。なお、公開されているツキノワグマデータは、岩手県は2016年以後、東京都は2017年以後、山梨県は2018年以後、山口県は2017年以後のみで、最近の情報に限定される。また中国地方（岡山県、広島県、鳥取県、島根県、山口県）は、一部地域のツキノワグマ情報に留まっている。

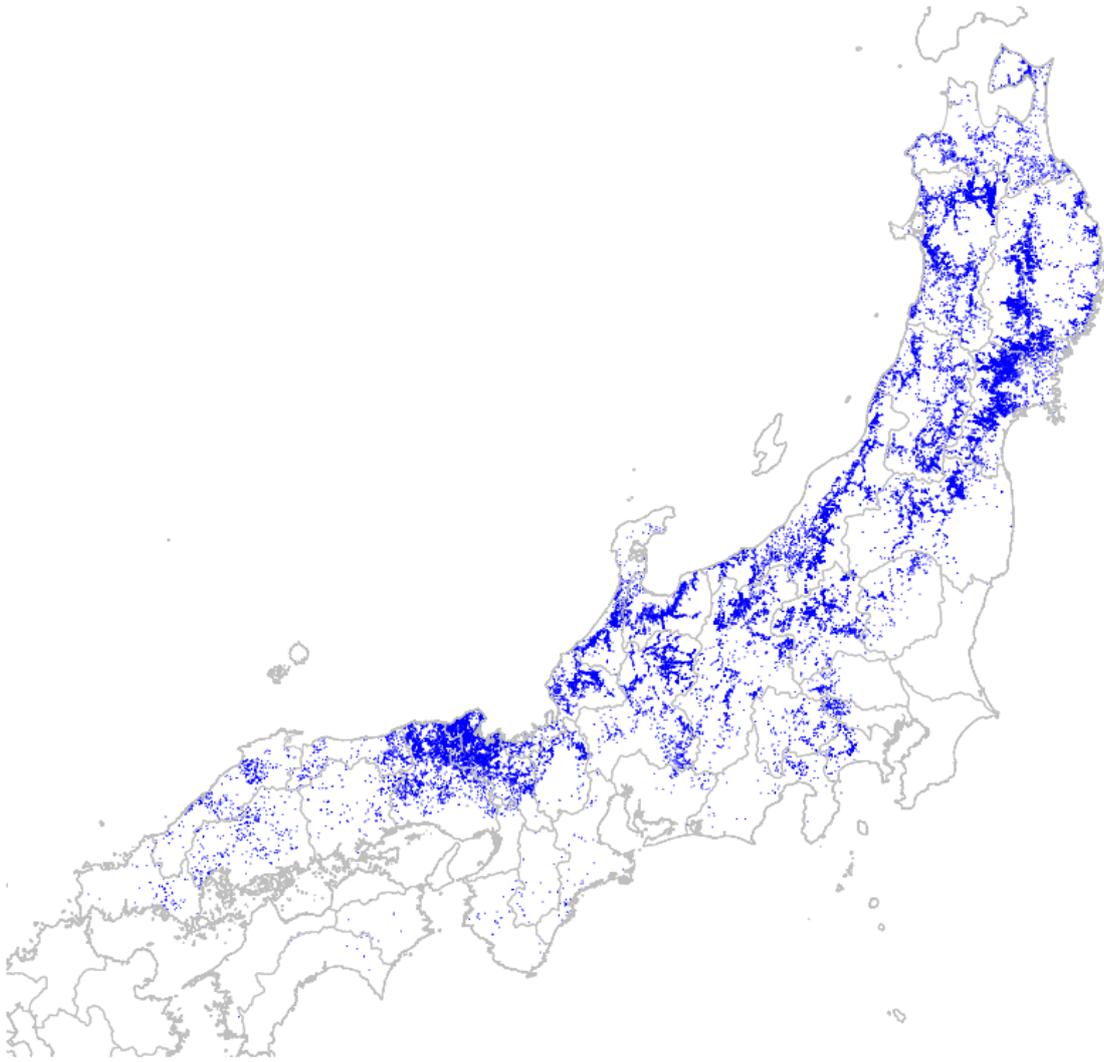


図8. 1 2015年から2019年のツキノワグマの目撃地点。目撃、痕跡、人身被害、捕獲の情報をすべて含む。ただし岩手県は2016年以後、東京都は2017年以後、山梨県は2018年以後、山口県は2017年以後の情報のみ。

2015年～2019年に目撃（痕跡、人身事故、捕獲を含む）された回数を、年あたりの目撃回数に変換した。さらに該当する3次メッシュの中心点から半径2km以内、すなわち25メッシュ合計の年あたりの目撃回数を統合し、常用対数で変換した値を作図した（図8. 2）。値が2であれば、25km²メッシュ内で、年間あたり $10^2=100$ 回目撃されたことになる。目撃回数は地域的な偏りが大きく、東北地方では、米代川（大館周辺）、雄物川、北上川、阿武隈川の流域および三陸海岸における目撃回数が顕著に多かった（図8. 2）。中部地方では、長野市周辺、軽井沢町周辺、北陸地方では富山市、金沢市、大野市の山沿い、近畿地方で京都府北部から兵庫県北部にかけて、中国地方では出雲市から雲南市にかけての目撃回数が多かった（図8. 2）。なお丹沢でも目撃回数が多いがカメラトラップによる情報である。

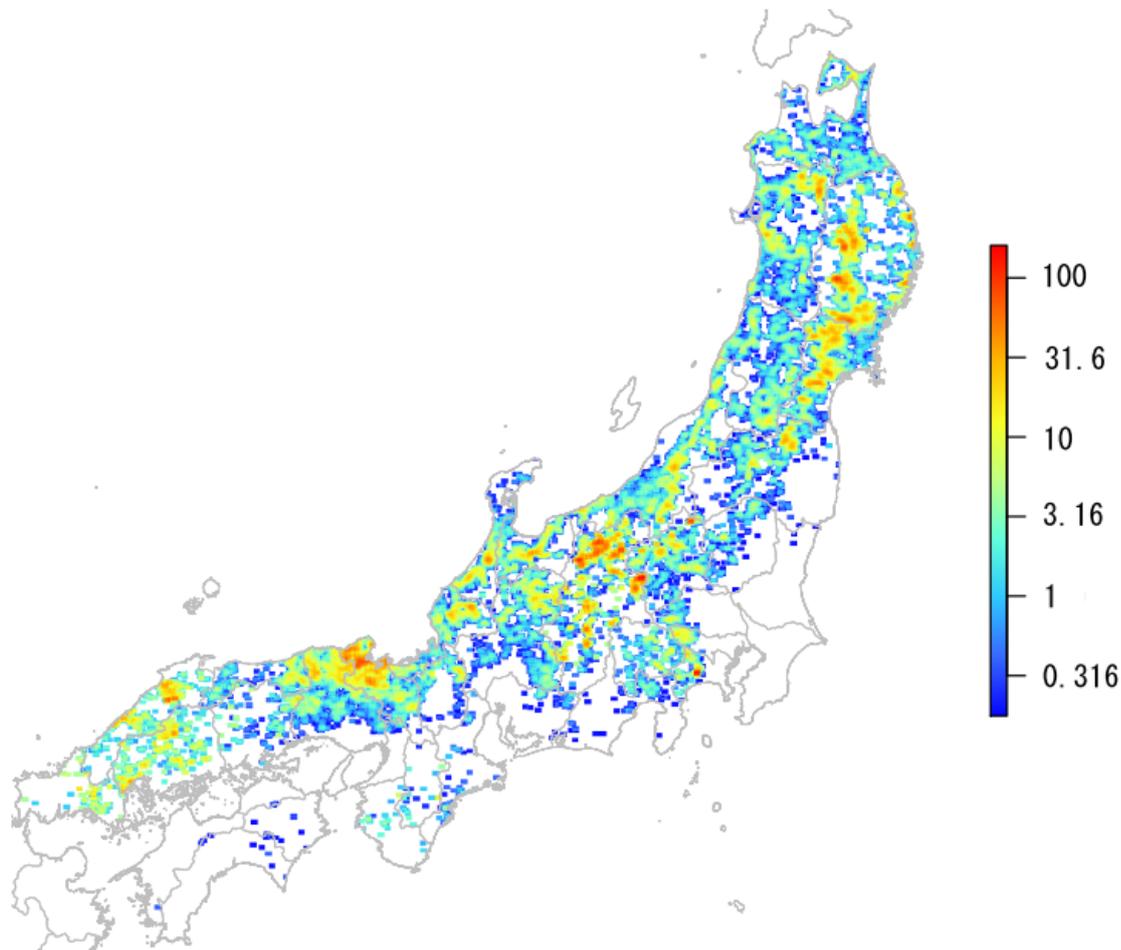


図8. 2 ツキノワグマ目撃密度地図。3次メッシュごとに、2015年～2019年に目撃された回数を、年あたりの目撃回数に変換した。さらに該当する3次メッシュの中心点から半径2km以内、すなわち25メッシュ合計の年あたりの目撃回数を統合し、常用対数で変換した値を作図した。値が2であれば、25km²メッシュ内で、年間あたり $10^2=100$ 回目撃されたことになる。

2015年～2019年にツキノワグマに襲われ人身被害が生じた395件の分布情報を作成した（図8. 3）。実際の人身被害件数はさらに多いが、詳細な地点情報を得られた情報のみを用いた。このうち、人の生活圏での日常生活中に生じた事故（174件）と、登山、山菜・キノコ採り、釣りなど生活圏外の山中で発生した事故や、捕獲中や放獣中の事故（221件）を区分した（図8. 3）。目撃情報が多い地域で人身被害が生じやすい傾向はあるが、突出して人身被害が多い地域は岩手県、秋田県、富山県、石川県、福井県の一部地域であった。また関東地方や長野県は人身被害はあるものの、多くは山中でのレクリエーション中の被害だった。なお岐阜県は人身被害の情報がまとめられていないが、比較的事故の少ない地域である。



図8. 3 ツキノワグマの人身事故地点地図。2015年～2019年に生じた人身事故地点を図に示した。生活圏で生じた事故と、山中で生じた事故を色で区分した。

2015年から2019年に人身被害が生じた地点を在情報とし、目撃回数や人口密度、ツキノワグマの生息適地適正 (Habitat Suitability) 、その他気候や地形などの環境要因を予測変数とし、MaxEntで予測した (図8. 4) 。AUCは0.903で、寄与率は、目撃回数23.1%、最大積雪深19.6%、ツキノワグマの生息適地適正16.7%、人口密度6.7%と68変数中の上位4変数で66%寄与していた。人身被害リスクの高い地域は点在しているが、特に盛岡市、大館市、鹿角市の周辺、富山県、石川県、福井県の山沿いはリスクが高い地域が面的に広く広がっていた。

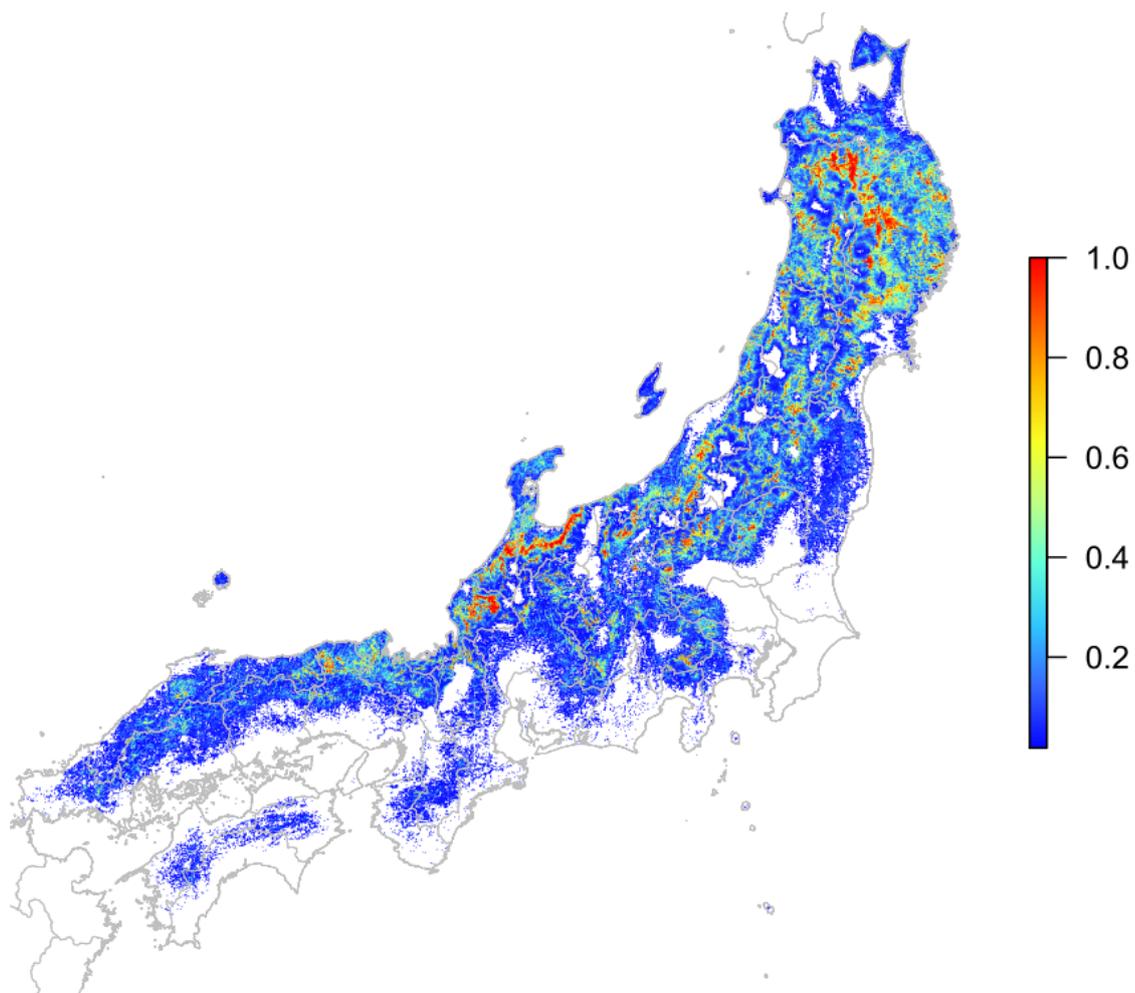


図8. 4 ツキノワグマ人身被害リスクマップ。赤色ほど人身被害が生じる可能性が高い。

次に生活圏において人身被害が生じた地点のみを在情報とし、MaxEntで予測した（図8.5）。AUCは0.951で、寄与率は、目撃回数24.9%、ツキノワグマの生息適地適正13.8%、最大積雪深12%、水田面積5.2%、人口密度4.8%と68変数中の上位5変数で60.7%寄与していた。生活圏でリスクの高い地点は限られ、関東以南の太平洋側でリスクの高い地点はなく、岩手県、秋田県、宮城県の一部と、富山県、石川県、福井県の山沿い、兵庫県西部でリスクが高かった。

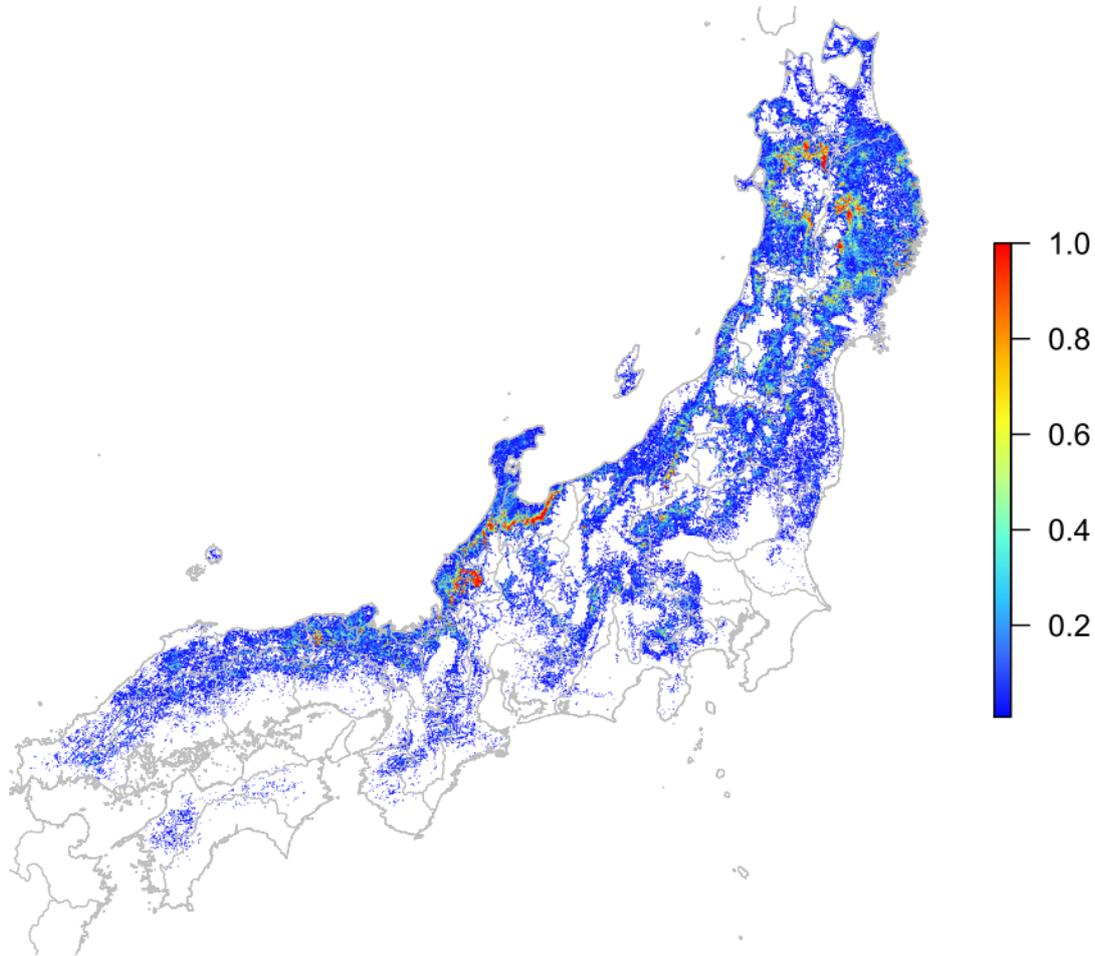


図8.5 人の生活圏におけるツキノワグマ人身事故リスクマップ。赤色ほど人身被害が生じる可能性が高い。

5. 研究目標の達成状況

管理に活用可能となり、当初の目標は達成した。さらに、その成果を、インターネット上の記事「ツキノワグマ 遭遇・被害リスクを地図化」（<https://note.com/thinknature/n/n6d88a8d97999>）として公開し、国民への情報提供という観点においても、当初の研究目標は達成した。

Ⅲ. 研究成果の発表状況の詳細

(1) 誌上発表

<査読付き論文>

【サブテーマ1】

- 1) J. Lehtomäki, B. Kusumoto, T. Shiono, T. Tanaka, Y. Kubota, A. Moilanen, Diversity and Distributions. (25, 3)414-429(2019) (IF:5.1), Spatial conservation prioritization for the East Asian islands: A balanced representation of multitaxon biogeography in a protected area network.
- 2) B. Kusumoto, T. Shiono and Y. Kubota, Biodiversity and Conservation. (29)2297-2310(2020) (IF:3.5) Ethnobotany-informed trait ecology: measuring vulnerability of timber provisioning services across forest biomes in Japan.
- 3) B. Kusumoto, F. Villalobos, T. Shiono, Y. Kubota. Journal of Biogeography (46, 11)2597-2608(2020) (IF:4.3) reconciling Darwin's naturalization and pre-adaptation hypotheses: An inference from phylogenetic fields of exotic plants in Japan.
- 4) M. Kimura, I. Mizuki, R. Kawamura, M. Koike, R. Furumoto, B. Kusumoto, A. Fuji, Y. Kubota, T. Enoki. Ecological Research (35, 5)787-791(2020) (IF:1.9) Seed size and weight of 129 tree species in Japan. Ecological Research.
- 5) M. Yasuhara, C-L. Wei, M. Kucera, M. J. Costello, D. P. Tittensor, W. Kiessling, T. C. Bonebrake, C. R. Tabor, R. Feng, A. Baselga, K. Kretschmer, B. Kusumoto, Y. Kubota. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (117, 23)12891-12896(2020) (IF:11.2) Past and future decline of tropical pelagic biodiversity.
- 6) W. Ulrich, B. Kusumoto, S. Fattorini, Y. Kubota. diversity and distributions (26, 6)769-778(2020) (IF:5.1) Factors influencing the precision of species richness estimation in Japanese vascular plants.
- 7) B. Kusumoto, T. Shiono, Y. Kubota. Biodiversity and Conservation(29, 7)2297-2310(2020) (IF:3.5) Ethnobotany-informed trait ecology: measuring vulnerability of timber provisioning services across forest biomes in Japan.
- 8) B-G Miao, Y-Q Peng, D-R Yang, Y Kubota, E Economo, C Liu. Insect science(28, 4)1109-1120(2021) (IF:1.6) Climate and land use interactively shape butterfly diversity in tropical rainforest and savanna ecosystems of southwestern China.
- 9) C. Liu, E. M. Sarnat, N. R. Friedman, F. H. Garcia, C. Darwell, D. Booher, Y. Kubota, A. S. Mikheyev, E. P. Economo. Evolution; international journal of organic evolution (74, 6)1082-1097(2020) (IF:3.6) Colonize, radiate, decline: Unraveling the dynamics of island community assembly with Fijian trap-jaw ants.
- 10) 楠本聞太郎、久保田康裕：日本生態学会誌(70) 105-111 日本における植物生息域外保全の強化に向けて
- 11) K. Fukaya, B. Kusumoto, T. Shiono, J. Fujinuma, Y. Kubota. Nature Communications (11) 1695 (2020) (IF:14.9) Integrating multiple sources of ecological data to unveil macroscale species abundance.
- 12) B. Kusumoto, Y. Kubota, T. Shiono and F. Villalobos. Biological Invasions. (23)2973-2984(2021) (IF:3.1) Biogeographical origin effects on exotic plants colonization in the insular flora of Japan.
- 13) 久保田康裕、国立公園、(794)24-27(2021)、ポスト2020生物多様性枠組の保全計画 ビッグデータを基にした保護地域とOECMの実効性評価
- 14) T. Shiono, Y. Kubota, B. Kusumoto. Global Ecology and Conservation (30)e01783(2021)

(IF:3.3) Area-based conservation planning in Japan: The importance of OECMs in the post-2020 Global Biodiversity Framework.

<その他誌上発表（査読なし）>

【サブテーマ1】

1) 久保田康裕：国立公園(783) 21-25 (2020) 生物多様性の保全利用計画をビッグデータ分析で革新する。

(2) 口頭発表（学会等）

【サブテーマ1】

1) 久保田康裕、第3回環境DNA学会・第36回個体群生態学会合同大会 公開シンポジウム(2020) 「生物多様性ビッグデータの社会実装：環境アセスメントや保全計画での可能性」

(3) 「国民との科学・技術対話」の実施

【サブテーマ1】

- 1) 「J-BMP 日本の生物多様性地図化プロジェクト」
- 2) 「J-BMP 日本の生物多様性地図化プロジェクト」の公開展示（TEPIA先端技術館（一般財団法人高度技術社会推進協会）の3D空間「デジタルTEPIA」（2021年4月～展示）
- 3) 「琉球諸島の生物多様性と保全：フィールドワークと自然史ビッグデータの統合研究」（2020年1月1日～2020年6月30日、沖縄県立博物館・美術館博物館 企画展示コーナー）にて展示
- 4) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/nb91938331fcf>、2020、日本の47都道府県の生物多様性
- 5) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/naf202fc43f59>、2020、山口の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 6) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/n0325aa60e4f4>、2020、島根の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 7) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/nae194dd21edf>、2020、鳥取の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 8) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/ne0aa2da0e83f>、2020、岡山の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 9) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/ne9ef55868157>、2020、広島生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 10) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/n9446e6fd3fc6>、2020、岩手の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 11) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/n9263ff7fc15f>、2020、山形の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 12) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/ncce88ea062ab>、2020、秋田の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 13) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/nf702bda9881e>、2020、新潟の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 14) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/n18fe1638450d>、2020、福島生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 15) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/nlaf3a75e866f>、2020、茨城の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える

- 16) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/n3634c2c1dbc3>、2020、栃木の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 17) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/n06bab18f4bd9>、2020、奈良の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 18) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/n9a5893f9d4e2>、2020、北海道の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 19) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/n6679ebb91b34>、2020、和歌山の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 20) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/n681df0e4f01c>、2020、群馬の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 21) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/nb3ad4165fa06>、2020、埼玉の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 22) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/n0a64b789e350>、2020、静岡の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 23) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/nc9ddfd0beaf9>、2020、富山の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 24) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/nd86bf60f2ae8>、2020、福井の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 25) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/n74f368cb8a77>、2020、石川の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 26) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/nf2e535467ae7>、2020、千葉の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 27) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/ne2ce3776767c>、2020、長野の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 28) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/nc3b6d7741e54>、2020、神奈川の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 29) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/ne8398216e6f3>、2020、滋賀の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 30) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/n6b2735960d2e>、2020、京都の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 31) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/n9dd088f52bb5>、2020、大阪の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 32) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/n7458f0b0facc>、2020、兵庫の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 33) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/na9bc3699e87b>、2020、愛知の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 34) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/nf437a71fe1ed>、2020、東京都の生物多様性：地域戦略・保全利用を考える
- 35) 久保田康裕、<https://biodiversity-map.thinknature-japan.com>、2020、日本の生物多様性地図化プロジェクト (J-BMP)
- 36) 久保田康裕、https://www.youtube.com/watch?v=_pNu9KbP2UA&t=19s、2020、生き物マップ 生物多様性地図の使い方
- 37) 久保田康裕、<https://www.youtube.com/watch?v=SGJH8NwAxf4&t=320s>、2021、Japan Biodiversity Mapping Project: How to use the J-BMP
- 38) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/n962f40ed53d0>、2020、日本全土の樹木種の個体数：約 1200 種で約 210 億本！

- 39) 久保田康裕、<https://note.com/thinknature/n/n7c9edb109278>、2020、生物多様性の恩恵：民族植物学情報で生態系サービスを可視化

(4) マスコミ等への公表・報道等>

【サブテーマ1】

- 1) Antoine Guisan, Wilfried Thuiller, Niklaus E. Zimmermann, 久保田 康裕, 楠本 聞太郎, 小森 理, 三枝 祐輔, 佐藤 恵里, 塩野 貴之, 鈴木 智之, 須藤 健二, 田中 崇行, 比嘉 基紀, 深谷 肇一, 藤沼 潤一. 野生生物の生息適地と分布モデリング：Rプログラムによる実践. 共立出版 ISBN:9784320057906 2020年02月
- 2) 久保田康裕. 日本の樹木は210億本 琉大などビッグデータで推定. 琉球新報社 11頁 2020年5月22日
- 3) 久保田康裕. 生物多様性をビッグデータ化！環境保全の新たな形. エコトピア <https://ecotopia.earth/article-4389/> 2020年10月14日
- 4) 生物多様性ビッグデータを用いた「日本の生物多様性情報システム」2020年4月22日 <https://www.u-ryukyu.ac.jp/news/13037/>
- 5) 民族植物学の情報を活用して生物多様性の恩恵を評価：日本の建材資源と森林文化の持続可能性2020年7月3日 <https://www.u-ryukyu.ac.jp/news/14704/>
- 6) 生物多様性ビッグデータで日本の外来生物分布を地図化：「ダーウィンの難題」を解明し外来植物の侵入メカニズムを解明 2021年6月4日 <https://www.u-ryukyu.ac.jp/news/23684/>
- 7) 生物多様性ビッグデータで日本の生き物分布を見える化：バーチャル・ミュージアム（デジタルTEPIA）にて展示 2021年6月17日 <https://www.u-ryukyu.ac.jp/news/23999/>
- 8) 地球の陸と海の30%以上を自然環境エリアとして保全する「30by30」の実効性を科学的に評価 2021年9月22日 <https://www.u-ryukyu.ac.jp/news/27323/>

(5) 本研究費の研究成果による受賞

特になし

IV. 英文Abstract

**Spatial prioritization of biodiversity and ecosystem services to environmental changes:
a case of adaptive management of land use for Japan**

Principal Investigator: Yasuhiro Kubota

Institution: 1 Senbaru, Nishihara, Okinawa, JAPAN

Tel: +81-98-895-8564 / Fax: +81-98-895-8576

E-mail: kubota.yasuhiro@gmail.com

Cooperated by: University of Helsinki

[Abstract]

Key Words: Biodiversity, Ecosystem services, Ecosystem management and conservation, Environmental and ecological symbiosis

The aim of this project is to visualize biodiversity features across Japan and evaluate the impact of land use on the pattern of biodiversity and ecosystem function in space and time. This study investigated various spatial layer data including species distributions of multiple-taxa (vascular plants, mammals, birds, amphibians, reptiles, freshwater fishes, etc.) and socioeconomic distribution (human population, land use, etc.) in an integrated manner, based on the concept and algorithm of spatial conservation prioritization. Specifically, we focused on some major conservation issues in Japan, such as the spatial planning of protected areas (PAs) related to the PA expansion and environmental changes, management of Satoyama related to OECM in the context of 30by30, deer population management, rare species conservation, and invasive species management, and then proposed comprehensive conservation planning.