

N°12

—

Science Review

サイエンスレビュー

GBIF事務局

序 文



JOE MILLER
GBIF 事務局長

今年のGBIFサイエンスレビューへようこそ！

科学分野でのGBIFを介したデータの利用は、分野と地域を問わず拡大を続けています。2025年最初の3か月間では、データを利用した論文が前年比で27%増加しました。本レビューで、結論に至る過程でGBIFを介したデータを利用した50の研究の概要をご紹介できることを嬉しく思います。多様なテーマを網羅するこれらの論文は、年間を通して毎日6本以上発見される研究のほんの一部に過ぎません。

世界的なCOVID-19パンデミックとそれに伴うロックダウンは過去のもののように思えるかもしれませんが、動物と人間の疾病、その発生源や媒介者を統合的に研究する「ワンヘルス・アプローチ」は、今なおかつてないほど重要性を増しています。今年の特集では、違法金採掘による水銀中毒から人獣共通感染症であるエムボックスや住血吸虫症、炎症性腸疾患の臨床研究まで、人間の健康に関連した12件の研究を取り上げます。

『サイエンス・レビュー』をお楽しみください！

サイエンスレビューについて



DANIEL NOESGAARD

コミュニケーションマネージャー

2010年に始まった文献追跡プログラムは、当初は完全に手作業で行われており、最初の数年間は週に数本程度の論文しか捕捉できませんでした。2015年には1日1本に増加し、10年後の現在、学術論文におけるGBIFを介したデータの活用状況について「ほぼ1日6本」と言い慣れた頃には、すでに「6本以上」、いや「7本に迫る」水準に達しています。この増加はいつまで続くのでしょうか？

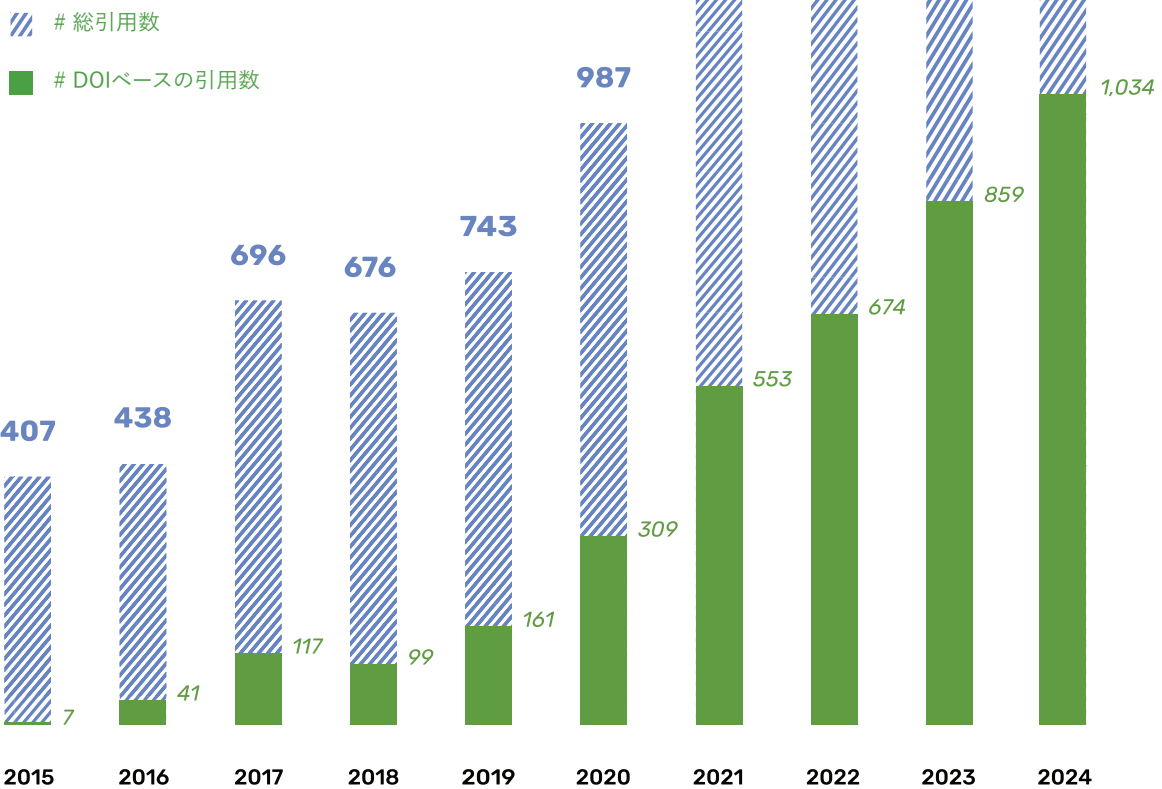
なぜ人工知能 (AI) や大規模言語モデル (LLM) にこの作業を全て任せられないのでしょうか？機械学習という形の「AI」が、文献追跡プログラムの持続可能性を支える役割をいずれ果たすとは思ふものの、扱うテーマの選定や要約の作成は、単に言葉を繋ぎ合わせる以上の作業です。科学的理解力、真の文章力、そして本物の知性が求められます。現時点では、LLMが持つのはこうした能力を模倣する力に過ぎません。

それでは、科学分野におけるGBIFを介したデータの活用事例の中から、特に優れていて興味深いものを厳選し、人間が執筆した要約集をぜひお楽しみください。

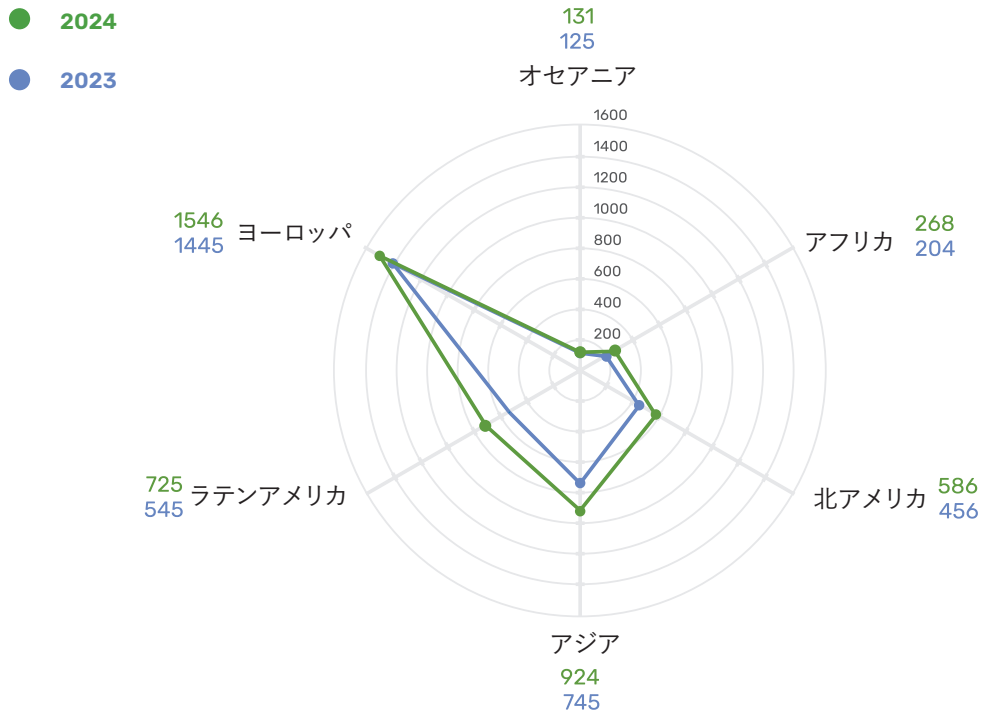
利用状況と動向

GBIF上で公開しているデータの利用を可視化すると、査読付き論文の数が毎年増加していることが明らかになりました。下のグラフの重ね表示では、著者らによるDOIに基づく引用の増加が強調されています。これは、データの来歴と科学的な透明性を維持するために重要な取り組みです。右のグラフは、研究者が研究にデータを利用している機関の地理的分布が拡大していることを表しています。それぞれの傾向は、GBIFの影響力の広がりや科学研究へのインパクトを強調しています。

GBIF公開データを使用した年間査読付き論文数



地域別の査読付き論文数



査読付き論文利用状況(国別)

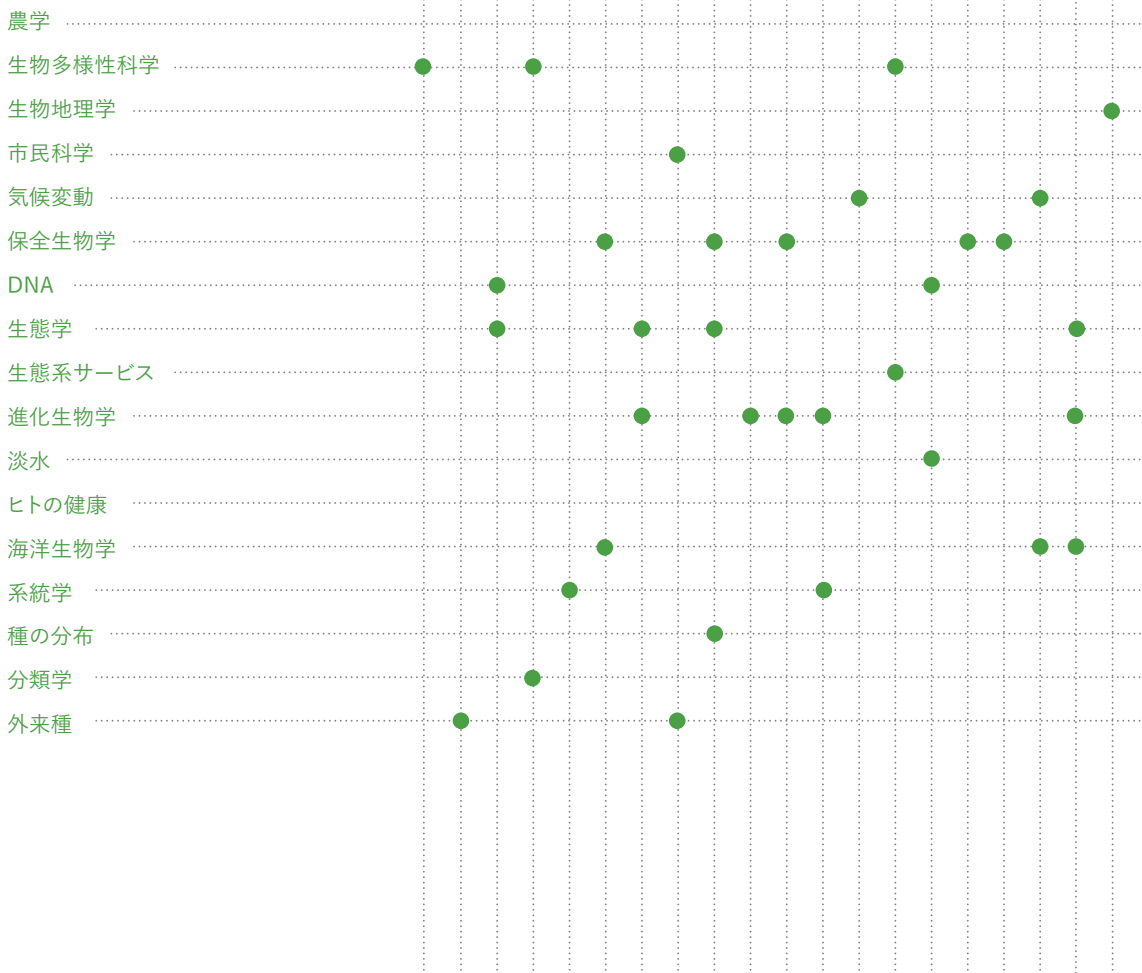


ナビゲーション

概要番号

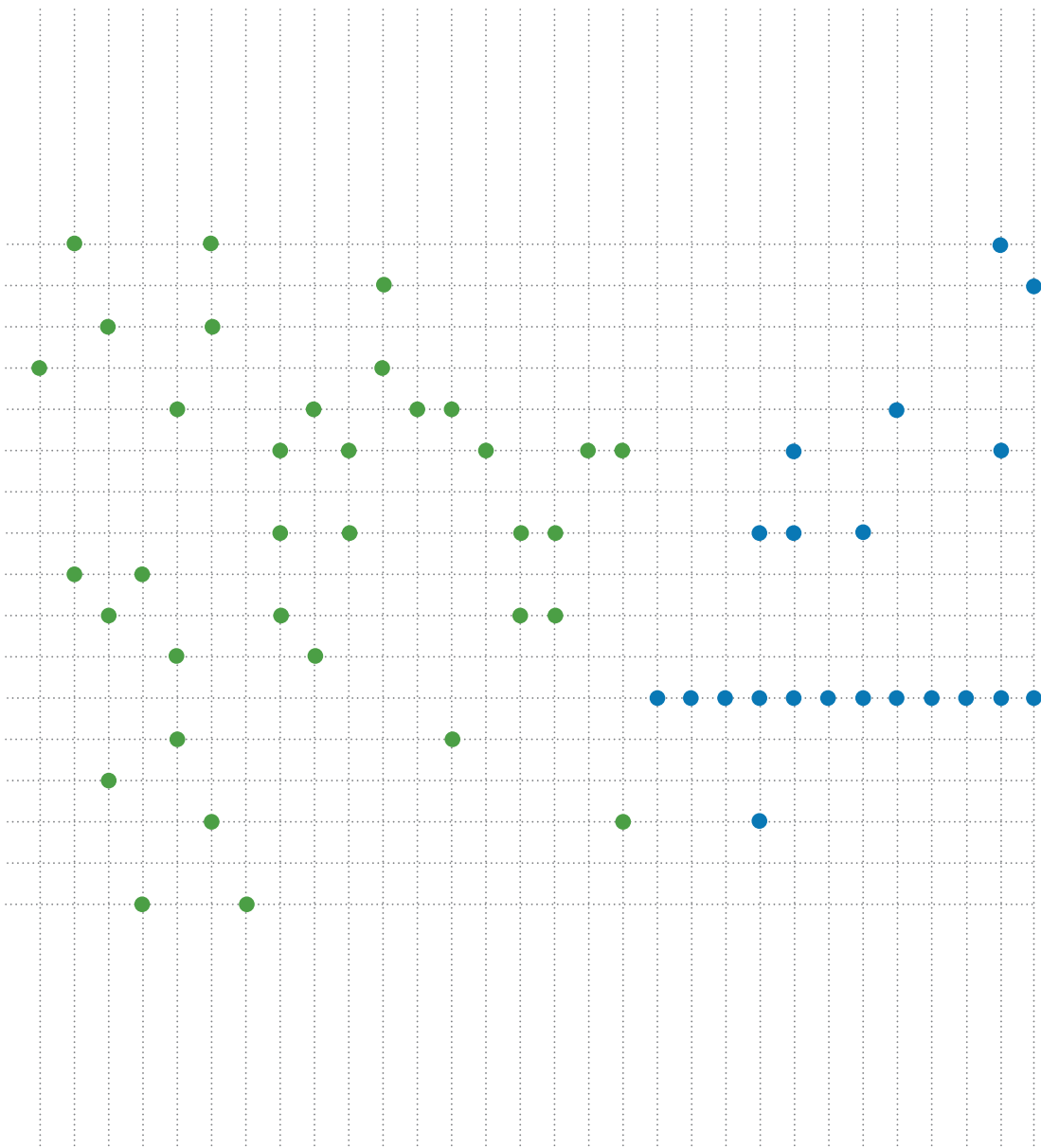


トピック



ページ番号





世界の維管束植物多様性のマッピング： ホットスポットと保全優先地域の特定



Cypripedium yunnanense observed in Lijiang, Yunnan, China by Oron Peri (CC BY-NC-ND 4.0)

生物多様性科学

種のおカレンス
402,039,160件

単一著者による大規模研究が新たな手法で世界の維管束植物多様性をマッピングし、これまで知られていなかった多様性ホットスポットと保全対象を明らかに

GBIFは現在、約5億件の維管束植物のおカレンスデータを提供していますが、データの欠損や偏りにより、分析結果が誤った生態学的推論を導く可能性があります。四足動物などの他の分類群は、サンプリング不足が比較的少ない傾向にあります。植物の多様性を、それらが関連する分類群の知識と併せてモデリングすることで、予測精度が向上する可能性があります。


本研究で、単一著者であるダルはGBIFが介した分布データを用い、最先端の分布モデリング手法を設計・適用し、20万種以上の植物種について高解像度の種レベル分布図を生成しました。これらの分布図を重ね合わせることで、ダルは種多様性が高いクラスターを特定し、それらが系統多様性の高い地域と一致することを明らかにしました。

維管束植物と四足類の多様性指標を比較した結果、著者は高い重複性を確認しました。これは、十分に調査された四足類群に焦点を当てた保全が、維管束植物の多様性も同時に捉え得ることを示唆しています。ただし本研究では、チャコ・セラー・サバンナ、雲南省、コンゴ民主共和国に、四足類のホットスポットとは一致しない固有の植物ホットスポットが存在することも特定しました。


第二のモデルを訓練し、全球的に偏りのないサン


プリングを仮定して、四足動物の多様性、気候変数、生息地特性に依存する維管束植物の多様性を外挿することで、著者はユカタン（メキシコ）、マトグロソ（ブラジル）、アンゴラ南部、スマトラなど、これまで検出されていなかった新たなホットスポットを発見しました。さらに、南米中部、中央アフリカ、東南アジアにおける新たな固有種ホットスポットも特定しました。

さらに著者らは、両方のモデリング手法によって特定された植物のホットスポットが、既存の保護区域によってどの程度カバーされているかを調査しました。その結果、外挿されたホットスポットのうち保護区域内に含まれているのは40%未満であり、60%以上が保護区域の外にあり、潜在的に脆弱な状態にあることが判明しました。したがって、これらは将来の保全優先対象として理想的な候補といえます。

BH Daru 

United States 

Predicting undetected native vascular plant diversity at a global scale 

Proceedings of the National Academy of Sciences 

doi.org/10.1073/pnas.2319989121 



明るく、大きな脳を持つ鳥たちが 大胆に境界を打ち破る



Monk parakeet (*Myiopsitta monachus*) observed in Cádiz, Spain by Zac Peterson (CC BY-NC 4.0)

外来種



種のおカレンス
312,708,608件

鳥類侵入における気候的ニッチの移行 を評価し、脳の大きさと行動革新が成功 を左右することを発見

外来種の侵入成功は多くの要因に依存します。種は気候条件が類似した新たな場所で繁栄する可能性があります。原産地とは異なる気候帯への侵入が発生した場合、気候的ニッチの移行を生き延びるには適応能力と革新性が求められます。

本研究では、侵入に成功した外来種の種レベル特性を調査し、これらの特性が新環境への適応能力に及ぼす影響を検証しました。研究者らは“Global Avian Invasions Atlas”データベースを用い、原産地外で定着に成功した117種を特定しました。各種の脳・体サイズデータと行動革新性の指標を文献から収集しました。

次にGBIF等の情報源から鳥類のおカレンスデータを収集し、分布域を原産地と侵入域に区分しました。19の生物気候学的変数と組み合わせて各種の実現気候ニッチを定量化し、原産地と侵入域のニッチを比較して重なりと潜在的なシフトを評価しました。

彼らの分析により、在来分布域と侵入分布域の間で気候的ニッチの重なりが低いことが明らかとなり、調査対象種の75%で気候的ニッチのシフトが検出されました。形質の影響を明らかにするため、著者らは系統発生的経路分析を実施し、ニッチ拡大が革新率と脳サイズの増加に伴って増大することを示しました。これらの知見を総合すると、鳥類侵入種の成功を予測する上で、生息期間や個体数よりも種の行動的革新性がより重要であることが示唆されました。

JIN L, JIANG Y, HAN L, LUAN X, LIU X,
LIAO W

China

Big-brained alien birds tend to occur
climatic niche shifts through enhanced
behavioral innovation

Integrative Zoology

doi.org/10.1111/1749-4877.12861



世界孢子サンプリング計画



Pilobolus kleinii observed in Pretoria, South Africa by tjeerd (CC BY-NC 4.0)

生態学

DNA



種のおカレンス
6,189,602件



148,209件のおカレン
スがGBIFメタバー
コーディングデータツ
ールキットを使用して共有
された

空気中の真菌孢子を採取・同定する新規手法:世界47地点から27,954の種レベルの操作的分類単位(OTU)を回収

採取・同定が極めて困難なことで知られている真菌は、その多様性と生態学的重要性にもかかわらず、最も未解明な生物界の一つです。土壌サンプリングはある程度成功していますが、検出されるパターンは基質に依存する可能性があります。空気中の真菌孢子を捕捉する新たな手法が、地球規模の真菌サンプリングの道を開く可能性があります。

グローバル孢子サンプリングプロジェクト(GSSP)では、研究者らが南極を除く全大陸の様々な気候帯と標高に位置する47箇所に、いわゆるサイクロンサンプラーを設置しました。空気中から1μm以上の粒子をすべて収集するこの装置は、少なくとも1年間にわたり週2回の24時間サンプリングを実施しました。各サンプルには24m³の空気から濾過された粒子が含まれていました。

2,500を超えるサンプルのDNAシーケンスでは、著者らはPCRを用いて真菌ゲノムの特定領域(ITS2)を増幅しました。これは真菌の普遍的なバーコード領域です。得られた配列から、既知の分類群に直接割り当て可能な増幅産物変異体、あるいは種レベルに近い操作的分類単位(OTU)にグループ化可能な変異体が導出されました。この解析パイプラインにより、合計27,954種レベルOTUと、既知種に確実に一致する1,392の配列が得られました。

分類学的体系の妥当性を検証するため、研究で特

定された種の分布を、サンプリング地点に基づいて、GBIFを介したオカレンスと比較しました。全体として、研究データの分布はGBIFのオカレンスと有意な相関を示し、不一致が見られたのは全種のわずか1%にとどまったことから、分類学的体系は妥当であると示唆されました。

最も頻繁に検出された485のOTUと、サンプリング地点の気候データを用いた一般化線形モデルを用いて、著者らは、種の変動の大部分が気温の違いによって説明できることを示唆する、明確な生態学的兆候を見出しました。

Ovaskainen O, Abrego N, Furneaux B, Hardwick B, Somervuo P, Palorinne I, et al

Australia, Germany, Cameroon, Iceland, China, Benin, Estonia, Finland, Austria, Japan, Greenland, Brazil, Argentina, Denmark, France, Canada, Croatia, Kenya, Madagascar

Global Spore Sampling Project: A global, standardized dataset of airborne fungal DNA

Scientific Data

doi.org/10.1038/s41597-024-03410-0



分類学的不確実性の世界的なパターンと 生物多様性研究への影響



Planigale tealei, recently described species from the Pilbara region of Western Australia. Photo by L. Umbrello (CC BY-NC 4.0)

分類学

生物多様性科学

種のオカレンス
12,485,651件

分類学的シノニムの時間的傾向を記述し、無効名の蓄積要因を探る

科学的に知られている種は200万種を超えますが、多くの種については依然として正式な記載がなされていません。同様に、現在認識されている多くの種は実際には複数の名称で記載された同一の種で、これらは最終的にシノニム処理されず、無効名の特定に失敗すると、種リストが膨張し種の特性が不明瞭となり、生物多様性や保全生物学における活用の妨げとなります。

本研究は、無効名称の蓄積に至るプロセスを探るとともに、地球規模の陸上脊椎動物におけるシノニム数のパターンを分析し潜在的な要因を特定しました。分析のため、著者らはCatalogue of Lifeからシノニム数のデータ、Tetrapod Traitsデータベースから形質データ、GBIF.orgから標本オカレンスデータを抽出しました。合計33,049種の陸生脊椎動物を研究対象としました。

初期の調査では35,000以上のユニークなシノニムが確認され、平均して1種あたり1つ以上存在しました。45%はシノニムを持たない一方、100を超えるシノニムを持つ種も存在しました。リンネの画期的な研究から270年が経過し、両生類・哺乳類・爬虫類の名称の半数以上が無効化されています。

領域別分析ではシノニム数が大きく変動し、新北極域の鳥類では10%未満から新北極域の両生類では92%に達しました。種レベルでは、シノニム数

の主要な予測変数は記載年、分布域の大きさ、収蔵標本数でした。3つの空間分解能におけるグリッドセル集合体では、緯度と発見年の中央値が最も重要かつ一貫した予測変数であり、極域に向かうほど、また古い集合体ほど平均シノニム数が高い傾向が観察されました。

著者らは、多様化指標がシノニム数とともに増加することを実証し、分類学的不確実性が系統発生研究のパターンに影響を与え得ることを強調しました。この影響は両生類・爬虫類・鳥類において低緯度地域でより顕著に見られました。全体として、こうした不確実性は、生物多様性データの適用範囲を狭めたり、モデルによる推論に偏りを生じさせたりすることで、マクロ生態学や保全生物学に影響を及ぼす可能性があります。

Guedes JJM, Moura MR,
Jardim L, Diniz-Filho JAF

Brazil

Global Patterns of Taxonomic Uncertainty
and its Impacts on Biodiversity Research.

Antonelli A, editor

Systematic Biology

doi.org/10.1093/sysbio/syaf010

DOI



東南アジアにおける種の多様化を通じて プレートテクトニクスを理解する



Skunk vine (*Paederia foetida*) observed in Cát Hải, Hải Phòng, Việt Nam by Luan Mai Sy (CC BY-NC 4.0)

系統学

種のオカレンス
58,239件

系統解析が解き明かすインドシナ地殻の押し出しによる動的な地質史

約5500万年前、インドプレートがユーラシアプレートと衝突し、地球史上最も重要な地殻変動の連鎖が始まりました。この継続的な収束運動により、チベット高原基盤とヒマラヤ山脈が隆起し、インドシナ(東南アジア)が押し出されました。

地質学的変動は生物進化に影響を与えるため、分散能力が限られた種の多様化は地質学的変化を反映し得ます。インドシナ地塊の押し出しの地質学的プロセスをより深く理解するため、研究者らは南中国とインドシナを分ける地質学的不連続面を画する哀牢山-紅河剪断帯(ARSZ)に分布する1,700種以上の動植物を分析しました。

著者らは42の系統群について系統樹を復元し、GBIFを介したオカレンスを用いて6つの気候変数に基づく祖先生態的ニッチのモデル化と再構築を行いました。その後、哀牢山-紅河剪断帯(ARSZ)の南北の系統群間の分岐事象を分析し、気候変動との潜在的な関連性を特定しました。分析の結果、ニッチ分岐の95%以上は、ARSZをはさんだ気候変数の差異とは関連していないことが示されました。これは系統分岐が気候変動ではなく地質学的プロセスによって引き起こされた

可能性が高いことを示唆しています。

分岐事象を時間軸上にマッピングした結果、南北系統の分岐は約5300万年前に始まったことが判明し、インドシナ地塊の押し出しが従来の地質学的証拠が示唆していた時期よりはるかに早期に始まったことを示唆しています。この分析はまた、約1900万年前と約700万年前に分岐のピークが訪れる二段階モデルを示唆しており、これはインド・アジアの収束速度と角度の変化、および青海・チベット高原の隆起と一致しています。これらのピーク周辺では、インドシナは少なくとも年間5mmの速度で南東方向に25km以上移動しました。

Li XQ, Peng HW, Xiang KL,
Xiang XG, Jabbour F,
Ortiz R del C, et al

France, China

Phylogenetic evidence clarifies the
history of the extrusion of Indochina

Proceedings of the National
Academy of Sciences

doi.org/10.1073/pnas.2322527121



気候温暖化は北極海の海洋捕食者に対し 地域ごとに異なる影響をもたらす



Walrus (*Odobenus rosmarus*) observed near Svalbard by Morton Ross (CC BY 4.0)

海洋生物学

保全生物学

種のおカレンス
155件

北極圏の頂点捕食者および中位捕食者の生息域拡大が確認され、特に最北端地域で顕著と示された

ここ数十年の人為的気候温暖化の加速は、北極圏全域に持続的な影響をもたらしています。進行中の気温上昇と海氷減少は、これらの生態系の物理的・生化学的特性を大きく変え、海洋環境における食物供給量と栄養塩交換の変化を引き起こしています。本研究は、気候温暖化が北極圏の生物多様性に与える影響をより深く理解するため、2000年から2019年にかけて北極海8海域における種の豊富さと分布傾向を調査しました。

著者らは衛星データと生物地球化学モデルを用いて、動物プランクトン、クロロフィルa濃度、塩分濃度などの環境要因を評価しました。その後、GBIF、OBIS、NOAAデータベースからアクセスした69の海洋分類群（頂点捕食者26種、中位捕食者43種）のおカレンス記録を収集し、種分布モデリングを用いて生物多様性のパターンを分析しました。

結果から、気温と海洋生産性の変化が北極海の生物多様性に地域によって異なる影響を与えていることが明らかになりました。流入棚と流出棚（異なる海が接する海域）および大陸斜面では、種多

様性と生産性が全体的に増加しました。しかし、他の地域では海氷が減少した時期に種数が減少しました。気候温暖化が最も顕著な地域は北部域に特定され、頂点捕食者および中位捕食者の生息域拡大がより明確に認められました。これらの知見は北極圏の景観が急速に変容していることを示し、地域ごとの変動性や異なる気候シナリオ下での種応答を考慮した柔軟な保全計画の重要性を強調しています。

Alabia ID, García Molinos J, Hirata T, Mueter FJ, David CL

Japan, United States, Netherlands

Pan-Arctic marine biodiversity and species co-occurrence patterns under recent climate

Scientific Reports

doi.org/10.1038/s41598-023-30943-y



虹のつながり：色彩の多様性は、造網性のクモの分布域を拡大しない



(*Araneus circulisparus*) observed near Gold Coast, Australia by hermannoller (CC BY 4.0)

進化生物学

生態学

種のおカレンス
724件

色彩多型を持つクモは島でより多く見られるが、全体としてこの形質はニッチの広さに影響しないと判明

色彩多型(色彩の変異)は、個体が特定の資源や生息地を利用するために表現型的に特化しつつ、視覚的多様性によって捕食圧を低減させることで、種の潜在的なニッチの幅を拡大する要因となり得ると仮説が立てられてきました。この現象は花や一部の昆虫で観察されています。網を張るクモは体温調節や獲物誘引など複数の目的で色彩を利用しますが、これらの系統における色彩多型と分布拡大能力との関係はほとんど解明されていませんでした。

色彩多型を持つ網を張るクモが単型種よりも広い分布域を示すかどうかを検証するため、最近の研究でGBIFを介したデータやその他の情報源を用いて、58属にわたる140種のクモを評価しました。著者らは色彩多型に関する広範な文献レビューを実施し、分布域の広さや占有する気候帯の数といった地理的指標を種のニッチ幅の代用指標として使用しました。

結果によると、北米、ヨーロッパ、およびオーストラリア北東部で、多型種が最も多く報告されました。色彩多型を持つクモは、単型種に比べて島嶼部

に生息する傾向が強く、多型種の19%がこれらの環境にのみ生息していることがわかりました。しかし、著者らは、造網性のクモにおいて、色彩の変異と分布域の広さ、あるいは生態的ニッチの幅との間に、全体的な関連性は見出せませんでした。

これらの知見は、特に島への定着への影響に関して、ニッチ幅を形作る上で色が果たす生態学的役割をより深く理解するため、さらなる研究の必要性を強調しています。

Salgado-Roa FC, Stuart-Fox D,
White TE, Medina I

Australia

Colour polymorphism is
prevalent on islands but shows
no association with range size in
web-building spiders

Journal of Evolutionary Biology

doi.org/10.1093/jeb/voae118



市民科学が外来種検知の精度向上を支える



Feral pigeon (*Columba livia* var. *domestica*) observed in Milan, Italy by zweifwuerstenburg (CC BY-NC 4.0)

外来種

市民科学

種のオカレンス
234,627,141件

広範な生物多様性モニタリングは公式記録よりも迅速に外来種を検知するが、補完的モニタリング手法の導入は依然として外来種管理における持続的な課題だと指摘

侵略的外来種 (IAS) の侵入は、世界的な生物多様性低下と生態系サービス破壊の大きな原因ですが、早期発見によりこれらの悪影響を軽減できます。eBirdやiNaturalistなどのプラットフォームを活用した市民科学は、過去15年間で新たな外来種を検知する早期警戒モニタリング戦略として台頭し、学術論文や政府報告書といった従来手法を補完してきました。しかし、市民科学によるIAS検知の有効性は公式報告と比較して定量化されていませんでした。この課題を解決するため、本研究ではGBIFを介してアクセス可能な市民科学プラットフォームの2億件を超える記録と、2010年から2021年にかけて欧州30カ国で報告された687件の公式初記録を比較し、IAS検出の時間差を分析しました。その結果、市民科学プラットフォームは全記録の50%において、公式データベースと同年またはそれ以前にIASを報告していました。研究者らは次に、種特性(分類学的・生態学的グループ及び生息環境)、市民科学プラットフォーム上での注目度、一般・研究界の関心度、規制状況といった共変量の影響を評価しました。

市民科学プラットフォームで注目度が高まった種(特に脊椎動物)は、公式記録よりもはるかに早期に報告されていました。同様に、近隣諸国での

種の人気度が高いほど、市民科学を通じた外来種 (IAS) の検出が早まりました。公式ルートによる報告が市民科学より速かった唯一の要因は、その種が国またはEUの法制度上の優先対象として位置づけられていた場合でした。ただし、各国の市民科学プラットフォーム全体の利用状況は、外来種の検出に影響を与えませんでした。

著者らは、市民科学による広域的な種モニタリングの強化が全体としてIAS検出に有益だと実証しました。しかし、持続的な課題は、管理当局による市民科学IAS記録の利用と統合をすべての国々で拡大することです。

González-Moreno P, Andelković AA, Adriaens T, Botella C, Demetriou J, Bastos R, et al

Spain, Serbia, Belgium, South Africa, Cyprus, Portugal, Austria, New Zealand, United Kingdom, Türkiye, Slovenia

Citizen science platforms can effectively support early detection of invasive alien species according to species traits

People and Nature

doi.org/10.1002/pan3.10767



都市化の進展がケニアの猛禽類に危険をもたらす



Steppe eagle (*Aquila nipalensis*) observed near Samburu, Kenya by ckuytz (CC BY 4.0)

生態学

保全生物学

種の分布

種のオカレンス
1,340件

ケニア

準都市部と森林域に分布が重なる種は、衝突や感電の危険性が最も高い

電力インフラの拡大は人類により繋がった世界をもたらしますが、生物多様性にとっては物理的危険の増加を招くことが多く、特に鳥類の感電リスクを高めます。送電線に関連する鳥類への危険度は、送電網の構成、送電線の電圧、インフラと種生息域の重なり、および種の生活史特性(送電線との積極的接触の可能性に影響)によって異なります。

GBIFを介したオカレンスデータを用いた、ケニアにおける13種の猛禽類に対する送電線衝突・感電リスクを特定する研究が最近実施されました。著者らは、衝突・感電のホットスポットを特定するため、送電線の物理的構造、種の空間分布、標高や降水量を含む生物気候学的変数を種の分布モデリングに組み込みました。さらに、潜在的な危険リスク評価において採餌行動と翼幅も考慮しました。

調査対象13種のうち7種が送電線衝突・感電のハイリスクと判定され、特にメルーとキアンプが感電の最高リスク地域と特定されました。これらの準都市部は森林に囲まれた景観に囲まれ、低電圧送電線の密度が高いことが判明しました。感電リ

スクが最も高い3種は、行動生態学的特性・空間分布・保全状況から、ソウゲンワシ、エボシクマタカ、ヨゲンノスリと特定されました。

著者らは、特に開発途上国において、生物多様性への影響を軽減する形で新たな電力インフラの構成を導くため、政策立案者やエネルギー部門とのより深い連携に大きな機会があると指摘しています。また、本研究で開発したリスク評価枠組みを、他の鳥類、特にフラミンゴなどの渡り鳥や湿地鳥類に拡大し、送電線への衝突や感電リスクを評価する可能性も存在します。

Ngila PM, Chiawo D, Owuor MA,
Wasonga VO, Ellwood ER, Mugo D

Kenya, United States

Assessing the susceptibility of raptor
species to electrocution: A framework
for Kenya

Environmental and Sustainability
Indicators

doi.org/10.1016/j.indic.2024.100400



ニュージーランドにおける鮮やかな色の トリュフの進化



Gallacea scleroderma observed in Manapouri, New Zealand by Lukas Phan-huy (CC BY-NC 4.0)

進化生物学

種のおカレンス
32,132件

ニュージーランド

研究によりトリュフ類の菌類における色彩多様性の世界的なパターンが明らかになり、果実を食べる鳥による散布への適応を示唆

トリュフ様菌類(TLF)は胞子を完全に子実体内に保持し、動物に摂取されることで散布します。世界的にTLFは地中に生息し、哺乳類を誘引する香りを放つ地中性の淡色の子実体を持ちます。しかしニュージーランドでは、多くのTLFが地上性の鮮やかな子実体を形成していて、果実を模倣して鳥類を誘引するために進化したと推測されています。

この現象を探求する中で、研究者らは、色彩豊かなTLFが散布を担う鳥類を誘引するために果実のような特徴を発達させたと仮説を立てました。また、ニュージーランドにおけるこのグループの豊富な生息数が、世界の他の地域よりも著しく色彩豊かなTLFを生み出したと推測しました。既存文献に基づき、著者らは479種のTLFからなる世界規模のデータセットを構築し、各種を直径・色彩・生息地によって分類しました。GBIFを介した全菌類種のおカレンスデータを用いて分布パターンを分析し、TLFの特性を予測する生物学的・非生物的要因を明らかにしました。

その結果、世界のほとんどの地域ではTLFが主に茶色・クリーム色・白色を呈し、オーストラリアと南

米・中米で若干の多様性が認められた。しかしニュージーランドでは、赤、青、紫、オレンジが主要なTLF色調を占め、色彩多様性が世界で最も高くなりました。非生物的要因(気温・降水量)と色彩豊かなTLFの間に有意な関係は認められたものの、その影響は比較的小さいものでした。対照的に、色彩豊かなTLFと樹木数・果実食鳥類の数との間には、はるかに大きな効果を伴う正の相関が明らかになりました。

本研究は菌類の特性形成要因に関する知見を提供するとともに、植物や菌類のような動かない生物が動物媒介者の感覚システムをいかに活用するかを解明する上で、ユニークな生態系が如何に新規かつ魅力的な研究機会をもたらすかを浮き彫りにしています。

Brunton-Martin A, Wood J, Gaskett AC

Australia, New Zealand

Evidence for adaptation of colourful truffle-like fungi for birds in Aotearoa-New Zealand.

Scientific Reports

doi.org/10.1038/s41598-024-67333-x

DOI



マダガスカル：バオバブの故郷



Grandidier's baobab (*Adansonia grandidieri*) observed in Menabe, Madagascar by zdeno60 (CC BY-NC 4.0)

進化生物学

保全生物学

種のおカレンス
9,346件

マダガスカル

研究によりバオバブの進化史が解明され、「森の母」の起源地としてマダガスカルが最も有力な場所だと判明

奇抜な外観と巨大な体躯を持つバオバブ (*Adansonia* spp.) は、何世紀にもわたり人類の興味を引き、芸術や民間伝承、伝統にインスピレーションを与えてきました。現存する8種のうち、*A. digitata* はアフリカ大陸全域に広く分布する一方で、*A. gregorii* はオーストラリア北西部に限定されており、残る6種はマダガスカル固有種です。バオバブの進化史を解明し、生存を確保するための保全戦略に資するため、多国籍研究者グループは8種全てに対し全ゲノム解読を実施し、高品質な染色体レベルゲノムアセンブリを構築しました。

バオバブの遺伝的構造を分析した結果、二倍体 (各染色体を2本ずつ持つ) の *Adansonia* 属では、*A. perrieri* (42染色体) を除き、染色体数が44であるという基本数が全種で保全されていることが判明しました。系統解析により、バオバブ系統は約4100万年前に起源を持ち、マダガスカル種の多様化はおそらく過去2000万年間に起こったことが示唆されました。アフリカの *A. digitata* とオーストラリアの *A. gregorii* はマダガスカル系統の姉妹群を形成しました。

マダガスカルのバオバブ個体群統計・個体群動態をより深く理解するため、著者らはGBIFを介した現存・過去の分布データと生物気候学的変数を用いて6種の分布をモデル化しました。標高は

全種に影響を与えましたが、気温は特に *A. mada-gascariensis* と *A. rubrostipa* に重要であり、残る4種は主に降水量の影響を受けていました。

モデルは、約2万2000年前の最終氷期最大期において、ほぼ全ての種が島の西海岸でより広い生息域を有していたことを示唆しました。*A. suarezensis* と *A. perrieri* の2種については、モデル解析により、現在の分断された分布域ではなく、連続した分布域が過去に存在した可能性が明らかになりました。全ての知見に基づき、本研究は最終的にアダンソニア属の起源地に関する従来の仮説を検証し、アフリカ大陸とオーストラリアの両方を起源地として否定しました。代わりに著者らは、現在のデータを最も合理的に説明する仮説として、マダガスカルがバオバブの最も有力な起源地であると提唱しました。

Wan JN, Wang SW, Leitch AR, Leitch IJ,
Jian JB, Wu ZY, et al

Madagascar, Kenya, United Kingdom,
China, Denmark

The rise of baobab trees in Madagascar

Nature

doi.org/10.1038/s41586-024-07447-4

DOI



高音域を奏でる：ミツスイ科のさえずりは 体サイズで決まる



Blue-faced honeyeater (*Entomyzon cyanotis*) observed in Nightcliff, NT, Australia by Branden Darlison-Hoskin (CC BY-NC 4.0)

系統学

進化生物学

種のおカレンス
253,742件

系統解析によりミツスイ科のさえずりパターンに対する形態と生息地の制約を評価し、体サイズが周波数とテンポに及ぼす影響を明らかに

鳥類はさえずりを用いて交尾相手を惹きつけ、縄張りを守り、危険を警告し、社会交流を行います。鳥類の多様性の進化を形作るさえずりは、形態と生息地の両方に左右される複雑な形質ですが、それぞれの寄与に関する仮説の支持は依然として定かではありません。

本研究では、生息地と形態が鳥のさえずりに及ぼす影響をマクロ進化のスケールで評価するため、系統比較手法の組み合わせを用いました。著者は、さえずり・体サイズ・嘴の形状・生息環境の多様性が極めて豊富なミツスイ科 (*Meliphagidae*) に焦点を当てました。この科はさえずりを形作る要因を解明する上で理想的な対象です。

研究者らは163種のミツスイ科鳥類のさえずりデータを収集・分析し、それぞれの周波数、帯域幅、テンポを抽出して分類しました。さらにGBIFを介したおカレンスに基づき、くちばしの大きさ、体サイズ、生息地タイプ、分布データも追加しました。

二つのモデリング手法を用いて、著者らは集積したさえずりデータセットから複数の相関関係を明らかにしました。周波数は体サイズと負の相関を

示し、小型の鳥ほど高周波の音と速いテンポのさえずりを発することが判明しました。くちばしの形状はどの鳴き声変数にも影響を与えませんでした。空間分析により温暖地域に生息する種ほど帯域幅が狭い傾向が示されました。最後に、モデルは生息地タイプがミツスイ類のさえずり進化に影響を与えると示唆し、閉鎖的な生息地では開放的な生息地に比べ、周波数・帯域幅・テンポの値が低くなる傾向がありました。

本研究は、ミツスイ科のさえずりにおける主要な制約要因が体サイズであることを明確に立証しました。環境要因は二次的な役割しか果たさず、体サイズへの間接的影響を通じてさえずりのパラメーターを媒介するに過ぎません。ただし気候変動は鳥類の体サイズ縮小を招き、結果として高音域のさえずりが増加する可能性があります。

Hay EM, McGee MD, White CR, Chown SL

Australia

Body size shapes song in honeyeaters

Proceedings of the Royal Society B:
Biological Sciencesdoi.org/10.1098/rspb.2024.0339

気候温暖化がカナダと米国で都市の 生物多様性変化を促進



Opossum (*Didelphis virginiana*) observed in West Point, MS, USA by Adrian Naveda (CC BY 4.0)

気候変動

種のおカレンス
95,917,360件

カナダ、アメリカ合衆国

気温上昇に伴い生物多様性の分布域変動が加速する見込み

日常的に人間が関わる種は、地域社会の生物多様性への親しみ形成、受粉などの生態系サービスの提供、精神的・身体的健康効果の創出において重要な役割を担っています。

世界人口の半数以上が都市部に居住する中、人為的要因による気候変動は多くの都市生物の生息域変動を引き起こし、文化的意義を持つ種と現存分布パターンの乖離を生じさせています。例えばカリフォルニアハイログマ (*Ursus arctos subsp. californicus*) は絶滅したにもかかわらず、州旗に描かれています。

本研究では、カナダと米国の人口上位60都市における2,000種以上の陸生動物について、気候データとGBIFを介したオカレンスを組み合わせ、現在および将来の種分布をモデル化しました。

モデルは温室効果ガス排出増加による気候変動が続き、今世紀末までに都市部で大規模な種入れ替わりが起こる「大都市シフト」を予測しました。特に鳥類と昆虫で生息域の変化が顕著で、両生類・イヌ科動物・アビ類が最も深刻な影響を受けるとされました。

著者は、影響を受ける種は都市騒音や光害、人獣共通感染症、生息地の分断といった追加的要因にも晒され、生息域縮小が加速する可能性を指摘しました。

都市部における野生生物の喪失は多面的な影響をもたらし、将来世代の自然との関わり方を変容させる恐れがあります。本結果は、人為的要因による気候変動に伴う種の生息域変動速度を抑制するための緩和策が緊急に必要なことを浮き彫りにしています。

Filazzola A, Johnson MTJ, Barrett K, Hayes S, Shrestha N, Timms L, et al

Canada

The great urban shift: Climate change is predicted to drive mass species turnover in cities.

PLoS ONE

doi.org/10.1371/journal.pone.0299217



動物たちが地球の表面の形を変えるために 懸命に働く



North American beaver (*Castor canadensis*) observed in Deschutes, OR, USA by David Willingham (CC BY 4.0)

生物多様性科学

生態系サービス

種のおカレンス
122,767,752件

研究者らは、5300万匹のビーバーに相当する体重の動物たちが地球の表面を形作り、そのエネルギーは数十万回の極端な洪水に匹敵すると推定

生態系エンジニアとは、生存率を高めるために生息地を創出・改良する形で周囲と相互作用し環境を形作る動物種を指します。蟻塚は土壌侵食を変化させ、ビーバーのダムは河川景観を変容させますが、地球表面を形作る動物の活動全体像とその複合的意義はほとんど解明されていません。

著者らは科学文献の大規模な系統的レビューを起点に、8,000件以上の論文を精査し、地形学的活動を行う動物を記述した約500本の論文を特定しました。陸域および淡水生態系に焦点を当てたこれらの活動には、物質の除去、土壌・堆積物の再配置、物質の生成・蓄積、侵食の安定化または低減が含まれました。

種レベルで同定された500種の動物(陸生330種、淡水生170種)のリストに基づき、GBIFからデータをダウンロードし、動物による地形形成に関わる種の分布と種数の世界地図を作成するとともに、その生息密度のパターンを推定・特定しました。地形形成動物の種多様性が最も高いのは西ヨーロッパと北アメリカでしたが、研究とデータの両方に偏りが存在し、これらのパターンに影響を与えている可能性があります。

属をサイズ、報告された地形形成要因の割合、分類学的特性によって分類することで、著者らは未知の地形形成種の可能性を探求し、特に昆虫など、小型で研究が進んでいない種を含む大型属において、未発見の地形形成動物が存在する可能性が高いことを明らかにしました。

最後に、この研究では地形形成動物の総生物量を炭素換算で20万トンと推定しました(実際の体重換算で約133万トン、ビーバー5300万匹、アリ330兆匹に相当)。地形形成活動に消費されるエネルギーを控えめに見積もって最低1%と仮定した場合、全ての地形形成動物の総エネルギー消費量は76,000GJ(数十万回の極端な洪水に相当するエネルギー量)と算出されました。

Harvey GL, Khan Z, Albertson LK, Coombes M, Johnson MF, Rice SP, et al

United Kingdom, United States

Global diversity and energy of animals shaping the Earth's surface

Proceedings of the National Academy of Sciences

doi.org/10.1073/pnas.2415104122



淡水生物多様性モニタリングのための eDNAと生息地適性モデルの統合



Mystacides azureus observed in Marin-Epagnier, Switzerland by zorille (CC BY-NC 4.0)

淡水

DNA

種のおカレンス
約250万件

スイス

本研究は、eDNAサンプリングと高解像度生息地適性モデルを組み合わせることで、淡水生物多様性に関するより大規模かつ空間的に統合された推論を提供する可能性を探求

淡水生態系は汚染や気候変動といった人為的影響を最も強く受け、加速度的に種を失っています。モニタリングデータは損失の定量化と緩和に不可欠だが、河川系はサンプリングが不足し、既存データも散在しています。この課題を克服するため、本研究では高解像度の生息地適性モデルと、スイス全主要河川流域における127種の水生昆虫に対するeDNAベースの評価を組み合わせ、各種および両手法の組み合わせによる種のおカレンス予測能力を評価しました。

eDNA評価では、研究者は172地点でサンプリングを行い、DNAを抽出してライブラリを構築し、シーケンスと種同定を行いました。Swiss National Biodiversity Data and Information Centres(スイス国立生物多様性データ・情報センター)とGBIFから得られた種おカレンスを用いて、著者らは127種の対象種それぞれについて生息適性モデルを構築しました。

著者らは、特定の種について、適性生息地の出現頻度とeDNA検出の間に有意な相関関係があることを発見しました。しかし、モデルが予測した適性生息地は、平均してeDNAが検出した種シグナルよりもはるかに多くの流域に存在しました。これは

実現ニッチが基本ニッチよりも小さいという観察結果と一致します。

eDNAが生息適地外で検出された場合、著者らは上流の適応生息地バッチまでの最小距離を算出し、eDNAシグナルの潜在的な発生源を示しました。推定範囲は約1kmで、これは無作為モデル予測値より有意に小さく、過去の報告例と一致します。

eDNAと生息地適性モデルは淡水生物の分布と種多様性について全く異なる結果を示しましたが、本研究は両手法が互いに補完し検証し得ることを明らかにしました。特に遠隔地やアクセス困難な地域、あるいは検出しにくい種において、これらの統合はより大規模な群集モニタリングを可能にする強力な手法となり得ます。

Brantschen J, Fopp F, Adde A, Keck F, Guisan A, Pellissier L, et al

Switzerland

Habitat suitability models reveal the spatial signal of environmental DNA in riverine networks

Ecography

doi.org/10.1111/ecog.07267



東南アジアにおける昆虫保全の知識の空白



Calyptomyrmex beccarii observed in Singapore by Melvyn Yeo (CC BY-NC 4.0)

保全生物学

種のおカレンス
659,490件

シンガポール、マレーシア、東ティモール、タイ、ブルネイ・ダルサラーム、フィリピン、カンボジア、ラオス人民民主共和国、ベトナム、インドネシア、ミャンマー

昆虫のおカレンスデータ、研究論文、保全関連のソーシャルメディア投稿の定量的レビューの結果、知識と能力にギャップと偏りがあると示唆

生物多様性計画では優先度が低いものの、昆虫は陸生動物の生物多様性の大部分を占めます。世界的な昆虫の減少は十分に記録されていますが、東南アジアなどの熱帯の生物多様性ホットスポットでは、個体群動態に関するデータが限られているため、保全活動が妨げられています。本研究では、この地域における知識のギャップを特定するため、2001年以降に公開された昆虫のおカレンスデータ、学術論文、およびソーシャルメディアコンテンツの定量的評価を実施しました。分析には、GBIFを介した65万件以上の種のおカレンス、1万5千件の一次文献記録、および「#conservation」タグが付された130万件のソーシャルメディア投稿が用いられた。

市民科学による蝶の記録がおカレンスの主流を占め、約50%がiNaturalist経由で共有され、40%以上が鱗翅目(チョウ・ガ)に属していました。著者らはミャンマーとインドネシアの一部地域でデータに顕著な空白が存在することを確認しました。記録密度が最も高かったのはシンガポールで、全体ではマレーシアが最多記録数を占めました。

東南アジアの昆虫に関する公表された研究について、著者らは調査期間中にその論文数が全体的に増加していることを指摘しました。また、現地および地域の研究者による執筆や資金提供の割

合も、2023年までに50%を超えました。研究数の最多はタイ、最少は東ティモールでした。

保全関連のソーシャルメディア投稿のうち、昆虫に焦点を当てたものは3%未満であり、中でもミツバチとチョウが主要な話題であった。世界ミツバチの日(5月20日)には、昆虫に関する保全関連の投稿数が最も多かった。

全体として、本研究は研究における分類学的・地理的偏在性と、おカレンスデータやソーシャルメディア上の議論において人目を引く昆虫目への明らかな偏りを示しています。著者らは、地域の昆虫保全活動を改善するため、政治的優先順位付けと資金調達による関与促進施策、地域生物多様性モニタリング、統合的分類学的アプローチの強化を提唱しています。

Ong XR, Tan B, Chang CH,
Puniamorthy N, Slade EM

Singapore, United States

Identifying the Knowledge and
Capacity Gaps in Southeast
Asian Insect Conservation

Ecology Letters

doi.org/10.1111/ele.70038



起こらなかった大量絶滅事件



Gasteranthus extinctus observed near El Mirador, Ecuador by Dawson White (CC BY-NC 4.0)

保全生物学

種のおカレンス
4,837,795件

エクアドル

GBIFを介したオカレンスと現地調査に基づく新たに統合されたチェックリストが、センチネラ絶滅仮説を否定

エクアドル西部のセンチネラ山脈を長年にわたり調査した植物学者のカラウェイ・ドッドソンとアル・ジェントリーは、1991年にその成果を発表し、90種の固有種を含む独自の植物相を報告しました。センチネラは、生物多様性が極めて高い雲霧林の森林伐採によって引き起こされた「瞬時の絶滅」の悪名高い事例となりました。

いわゆる「センチネラ絶滅」仮説の検証を開始するため、エクアドルと米国の大規模な著者チームは、当該地域の最新種リストを作成しました。GBIFを介したデータに加え、追加のデジタル収集データベースと未発表リストを活用し、886の重複のない分類学的に有効な種を代表する2,000点以上の標本を収集しました。

ドッドソンとジェントリー論文には推定固有種の完全なリストが含まれていなかったため、著者らは新規・未同定標本に焦点を当てた現地の古い未発表研究に基づきリストを再構築しました。この作業により98種が特定され、ドッドソンとジェントリーがセンチネラ山麓に固有で絶滅したと推測した90種とほぼ一致しました。

新リストと再構築リストを比較した結果、著者らはセンチネラ以外で採集または報告されていない種はピフレナリア・インテグリラビア (*Bifrenaria integrilabia*) のみであり、絶滅種は存在しないこ

とを確認しました。実際、ドッドソンとジェントリーによる論文が1991年に発表された時点で、根拠となる標本資料のほぼ全ては既に採集済み（ただし標本のデジタル化は未実施）でした。著者らが2021年から2023年にかけてセンチネラで行った現地調査では、複数の狭域固有種と考えられていた種が生息する原生林の小さな残存地が多数確認されました。

本研究は「センチネラ絶滅」仮説を否定するとともに、広範な地域の膨大な保全価値を明らかにしました。さらに、世界中の植物が直面する絶滅リスクの理解を深めるためには、適切に管理され、デジタル化され、広く共有される生物標本コレクションの重要性を強調しています。

White DM, Pitman NCA,
Feeley KJ, Rivas-Torres G,
Bravo-Sánchez S,
Sánchez-Parrales F et al

Ecuador, France, United States

Refuting the hypothesis of Centinela
extinction at its place of origin

Nature Plants

doi.org/10.1038/s41477-024-01832-7



荒波が待ち受ける：気候変動による商業的に 利用されるイカの生息域拡大は困難



Longfin inshore squid (*Doryteuthis pealeii*) observed near Rockport, MA, USA by alex_shure (CC BY-NC 4.0)

海洋生物学

気候変動

種のおカレンス
271,819件

南半球のイカは将来の気候シナリオ下 で最も深刻な悪影響を受ける見込み

今後数十年間で温室効果ガスが海洋の物理化学的特性を世界的に変化させると予測されます。しかし、異なる気候シナリオ下では、これらの影響が生物多様性に及ぼす影響は異なる可能性があります。

イカやその他の頭足類は、軟体動物のバイオマスの最大4分の1を占め、地球規模の食物網において極めて重要な役割を果たしています。特にイカは、人間が消費する頭足類の約70%を占めます。

本研究では、過去60年間の気候変動への反応として、一部の種が分布域と個体数を極方向へ拡大していることが観察されていることから、気候変動が12種の商業的に漁獲されるイカに好影響を与える可能性を検証しました。研究者らは、これらの変化は環境変化への適応能力の結果であり、したがって気候変動による圧力の増大が頭足類の分布域と個体数の増加につながる可能性があるとして仮説を立てました。

GBIFおよびOBISのおカレンスに基づく種分布モデルと、異なる排出シナリオ下における2000～2014年および2050～2100年の気候モデルを

用いて、著者らは生息地の適性度(イカの豊度を代替指標として解釈)が地域および種によって異なることを発見しました。

主に北緯50度以北(例:北米近海)に生息する種では生息適性の向上が観察された一方で、熱帯地域では減少が予測されました。これらの影響は高排出シナリオ下でより顕著であり、南半球地域が最も深刻な悪影響を受けると予測されました。全体として、本研究の結果は当初の仮説と矛盾し、商業的に重要なイカ種が強まった気候変動の影響から恩恵を受ける可能性は低く、調査対象種の大半が生息適性の向上を経験しないことを示唆しています。

Guerreiro MF, Borges FO, Santos CP,
Xavier JC, Hoving HJ, Rosa R

Germany, United Kingdom, Portugal

Impact of climate change on the
distribution and habitat suitability of
the world's main commercial squids

Marine Biology

doi.org/10.1007/s00227-023-04261-w

DOI



南極の寒冷で深海の水域ではウミグモの つながりがより強まる



Decolopoda australis observed near Southern Ocean, Antarctica by davidcothran (CC BY 4.0)

海洋生物学

進化生物学

生態学

種のおカレンス
44,979件

南極

本研究はピクロゴニド類を事例として、 南極極前線における種多様性の変動を 調査

南極極前線以南の海底は地球上で最も冷たい海洋生息域であり、生物学的障壁として機能すると考えられています。両側で種の多様性と分布が異なります。南極の海洋環境は過酷ですが、この深海は栄養豊富で安定した条件により、ウミグモ (Pycnogonida) のような特異的に適応した底生種を生み出してきました。

既知のウミグモ種の20%が南極海に生息し、現生するウミグモ綱の全科が分布する唯一の海域です。このことから、南極海が現存系統の進化中心地である可能性が提唱されています。

本研究では、移動速度が遅く分散能力が限られる底生動物であるウミグモを事例として、南極極前線における種分布を調査しました。研究者らは、GBIFとOBISのおカレンスデータ(2,187地点で採集された254種のウミグモ)を用いた空間マッピングを適用し、種多様性のパターンと多様性ホットスポットを特定しました。

研究者らは、極前線より北と南のウミグモ群集が水深1000m未満では明確に異なることを発見しました。しかしこの深度以下では群集が混在し始め、2000m以下で最大の種多様性が観察されました。著者らは、極前線が種交換に対する半透膜的な障壁として機能していると考えられ、ウミグモ類はより冷たく深い水域に適応している可能性が高いと結論付けました。南極海の極限環境において高い多様性と競争優位性を示しているにもかかわらず、ウミグモ類は進行中の海洋温暖化の影響に対して特に脆弱である可能性があります。

Maxwell J, Griffiths H, Allcock AL

Ireland, United Kingdom

Antarctica is less isolated with
increasing depth - evidence from
pycnogonids

Biodiversity and Conservation

doi.org/10.1007/s10531-024-02876-z



昔からよくある手口：民間伝承における トリックスター種の分布分析



Raccoon (*Procyon lotor*) observed in Atlanta, GA, USA by Isabelle Cormier (CC BY-NC 4.0)

生物地理学

種のおカレンス
93,090,848件

生態と文化の相互作用に関する研究は、 民間伝承における動物が現実世界とほぼ 同じ分布制約に縛られていることを示す

民間伝承は時空を超えたテーマを取り込み、物語にはしばしば現実世界に存在しない動物や生物の人間的な表現が含まれます。こうした神話は想像力のみによって制限されているように見えるかもしれませんが、すべてのテーマが普遍的ではなく、認知的制約は依然として適用されます。

神話的生物に関する奇想天外な研究において、研究者らは動物学的な民間伝承における特定のキャラクター、すなわち悪戯や欺瞞を行い、盗みや不正行為などの悪戯な行動を示す「トリックスター」というキャラクタータイプに焦点を当てました。特性別に分類され地理座標で索引付けされた3,000の固有モチーフを含む世界的な神話データベースを用い、研究者らは分析対象として16種の潜在的なトリックスター動物(例:アナグマ、ネズミ、アライグマ、ウサギ)を特定しました。

著者らはGBIFを介したトリックスター対応分類群のおカレンスデータをダウンロードし、現実世界と神話上のトリックスターの存在をコード化した842セルの全球六角形グリッドを作成しました。さらに年平均気温と降水量のデータを適用し、各六角セ


ルに生物群系クラスを割り当てました。


初期分析では、実在する16種のうち、12種の分布が気候によって制約されていることが示されましたが、トリックスター動物の分布ではこの制約は明らかではありませんでした。しかし分布確率を計算した結果、実在動物の存在がトリックスター動物の存在にとってほぼ必要条件であることが明らかになりました。

本研究は、生態学的・気候的条件が民俗学的内容に支配的な影響を与えることを実証しています。ウサギやアライグマが嘘をつき盗みを働く一方で、それらの神話における存在は、何らかの形でその局所的な分布域に限定されているのです。

Shibasaki S, Nakadai R, 

Nakawake Y.

Japan 

Biogeographical distributions of
trickster animals 

Royal Society Open Science 

doi.org/10.1098/rsos.231577 



市民科学データが明らかにする世界の 「失われた」鳥たち



Long-billed bush warbler (*Locustella major*) observed in Northern Areas, Pakistan by James Eaton (CC0)

市民科学

種のおカレンス
11,689,362件

世界の鳥類相をほぼ網羅する市民科学由来のデータは、科学にとって失われ、かつ絶滅の可能性がある種を示す「有意な不在」を明らかにする潜在力を有する

広範な空間的・時間的・分類学的スケールにわたる膨大なデータ量により、市民科学は生物多様性知識の残存ギャップを埋める唯一の実践的解決策を提供します。eBird、Xeno-canto、iNaturalistなどのプロジェクトは非常に普及し、鳥類データのおカレンスは現在GBIFにおける全種のおカレンスの半数以上を占めるに至っています。

本研究では、市民科学データが有意な不在を明らかにし、科学的に「失われた」鳥類分類群を明確に定義する可能性を評価しました。著者らは、Macaulay LibraryとXeno-cantoの全おカレンスを、GBIFを介した「研究グレード」のiNaturalist観察記録と統合しました。これはメディア支援型鳥類観察記録の最も包括的なデータベースです。

2012年から2021年までの4200万件以上の検済み観察記録を分析した結果、調査対象となった約12,000種の鳥類のうち98.8%以上に証拠が確認されました。10年間にわたり写真や音声などの証拠資料が一切存在しなかった144種のみが、著者らが定める「失われた種」の基準を満たしました。失われた種における最終おカレンスからの経過時間の中央値は54年でした。

失われた種の多くは熱帯に生息しており、その分布はオセアニア(56種)、アフリカ(31種)、アジア(27種)、南アメリカ(19種)の小島や山岳地帯に見られました。失われた鳥類は、データ不足(12%)から絶滅危惧IA類(41%)までIUCNレッドリストの全カテゴリーにまたがっていましたが、失われた種の26%は絶滅危惧種とみなされていませんでした。

10年間の調査研究対象期間後に、9種の失われた種が確認されました(2022年に撮影された上図のハシナガオウギセッカを含む)。過去の全世界鳥類目録と比較すると、本研究では24種の最近の生息証拠を確認した一方、絶滅種リストに67種の新規種を追加しました。これらの種が、市民科学者がめったに訪れない無人自然地域内で安全に生息しているのか、それとも実際に絶滅してしまったのかは、重点的な調査によって判断されます。

Rutt CL, Miller ET, Berryman AJ, Safford RJ, Biggs C, Mittermeier JC

United Kingdom

Global gaps in citizen-science data reveal the world's "lost" birds

Frontiers in Ecology and the Environment

doi.org/10.1002/fee.2778



GBIFを介した雑草：EUにおける 農業集約化の代理指標



Spiny cocklebur (*Xanthium spinosum*) observed in Vácrtót, Hungary by Attila Lengyel (CC BY-NC 4.0)

農学

生態系サービス

種のおカレンス
2,082,796件

欧州連合全域におけるトウモロコシ関連雑草の種のおカレンスを活用し、農業集約化の潜在的指標種を特定

農業集約化は、農地における野生生物群集の構成と構造に影響を与える、複数の空間スケールで作用する多変量プロセスです。それは動植物の直接的・間接的な種減少、およびそれらの種が農業にもたらす生態系サービス喪失の主な要因です。

農地生物多様性の保護と農業生態系の劣化を逆転させるには、強固なモニタリング枠組みが必要です。正式な調査・モニタリング計画に加え、市民科学イニシアチブから得られるデータも関連指標の開発に寄与し得ます。本研究では、トウモロコシ及び関連種を事例として、GBIFを介した雑草おカレンスデータが農業集約化の指標として有用か否かを検証しました。

著者らは衛星データに基づく欧州の詳細な作物分布図を用い、1kmグリッドセル内のトウモロコシ比率から農業集約化レベルを算出しました。欧州のトウモロコシ作物に関連する204種の雑草を網羅的にリスト化し、GBIF経由のおカレンスデータをダウンロードして種多様性を評価し、潜在的な指標種を特定しました。

彼らの分析は、トウモロコシの割合が増加するにつれて種の豊富さがどのように減少するかを示し

ました。トウモロコシの割合が最も低い区画にのみ生息する種を調査することで、著者らは農業集約化に敏感な12種のグループを特定し、これらが潜在的な指標種となり得ると結論付けました。

この手法を検証するため、著者らは農業集約化に敏感な12種とそうでない25種について、耕作地と非耕作地におけるおカレンス数の増加傾向を比較しました。後者では時系列に沿っておカレンス数が有意に増加したのに対し、耕作地では増加が認められませんでした。これらの結果を総合すると、農業が群集内で最も敏感な種に全体的に負の影響を与える可能性が示唆され、農業集約化を評価する上での、GBIFデータの潜在的役割が浮き彫りとなりました。

Rotllan-Puig X, Guerrero I, d'Andrimont R, van der Velde M

Spain

Can open access weeds occurrences across the European Union become a proxy for agricultural intensification?

Ecological Indicators

doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112664

DOI



ワニの起源について



Nile crocodile (*Crocodylus niloticus*) observed in Kruger National Park, South Africa by Chris Rehberg (CC BY-NC 4.0)

生物地理学

進化生物学

系統学

種のオカレンス
183,512件

生物地理学的研究によって、ワニの祖先が進化した可能性が高い地域が明らかとなり、海水耐性と海洋横断的分散事象イベントとの関連していること示唆された

ヨーロッパおよび南極大陸を除く、地球上のすべての大陸の湿潤な熱帯地域にワニ類は分布しています。アリゲーター、カイマン、クロコダイル、ガビアルを含むすべての現生ワニ目は新鱷類 (Neosuchia) に属します。進化研究の進展にもかかわらず、新鱷類の生物地理学の多くの側面、特に新鱷類が最初に進化した場所については、なお議論が続いています。

本研究は最先端の系統学的アプローチを用い、新鱷類ワニ目に関する知見の空白を補うことを目的としています。化石データには古生物学データベース (The Paleobiology Database)、現生種データにはGBIFを介したオカレンスデータを用いて、それぞれを組み合わせた二種類の系統樹セットを組み合わせて、生物地理学的解析を行い、対象分類群の祖先分布域を推定しました。

その結果、新鱷類の起源は約2億年前にパンゲア超大陸の北西部に位置付けられ、その後 Gondwana 大陸へ放散したことが示されました。現代ワニ類の最も古い共通祖先である正鱷類 (Eusuchia)

は、約1億4500万年前にヨーロッパで出現し、その後北米大陸とアジア大陸へ分散した可能性が高いと考えられます。

本研究は最終的に、ワニ目分類群におけるの塩水耐性と海洋横断分散事象の関連性が検討されました。この解析の結果、アリゲーター上科ではそのような分散事象が生じた可能性が低いことが示され、現生アリゲーターが塩水に耐えられない生理学的特性と一致しています。

Groh SS, Upchurch P, Day JJ, Barrett PM

United Kingdom

The biogeographic history of neosuchian crocodiles and the impact of saltwater tolerance variability

Royal Society Open Science

doi.org/10.1098/rsos.230725



外来種が欧州の生態系サービスに及ぼす 将来への脅威



Coypu (*Myocastor coypus*) observed in Saintes-Maries-de-la-Mer, France by David Torres (CC BY-NC 4.0)

外来種

生態系サービス

種のおカレンス
8,829,830件

大陸規模での外来種およびそれらの生態系サービスへの悪影響は広範な潜在的リスクが明らかとなったが、サービス供給量が低い地域で最も高い曝露リスクを指摘

外来種は在来生物多様性を脅かすだけでなく、生態系サービスの提供にもリスクをもたらします。種への影響は十分に記録されている一方で、特定の生態系サービスに対する外来種の影響についての大規模な評価は、ほとんど存在していません。

種リスク評価、おカレンスデータ、生態系サービスのマッピングの利用可能性が近年拡大したことを活用し、本研究では欧州における94種の外来種が7つの生態系サービスに及ぼすリスクの空間的評価を提供しました。EUのデータに基づき、対象種リストは陸生・淡水動植物を網羅しており、大陸部に侵入した81種と侵入リスクや影響について現在評価が進められている13種で構成されました。

研究者らはまず、対象種についてGBIFを介したおカレンス入手し、データを10分角解像度で格子化しました。欧州環境機関(EEA)の生態系サービス空間データを追加し、対象種による悪影響が報告されているサービスを選択しました。

外来種と生態系サービスの658の組み合わせを評価した結果、著者らは269の潜在的影響を特定しました。屋外レクリエーション、生息地維持、作物供給の影響が多く確認された一方で、木材供給と洪水制御への影響は最も少なくなりました。懸

念される侵入種への曝露は西ヨーロッパで最も高く、同地域では作物供給および窒素保持に対する生態系の貢献度も最も高いことが示されました。

侵入種の将来的な影響を予測するため、研究者らは21の変数を用いた種分布モデルを作成しました。生態系サービスの提供量と将来の侵入適度の両方に基づいたリスクカテゴリーを割り当てた結果、特に沿岸地域においてリスクが大幅に増加することが示されました。侵入に適した総面積は77%増加した一方で、生態系サービスの提供量が高い地域の多くは、侵入種にとってアクセス性および気候適応性が低かったため、曝露リスクは限定的でした。

Gallardo B, Bacher S, Barbosa AM, Gallien L, González-Moreno P, Martínez-Bolea V, et al

Spain, Portugal, France, Switzerland, United Kingdom, United States

Risks posed by invasive species to the provision of ecosystem services in Europe

Nature Communications

doi.org/10.1038/s41467-024-46818-3



将来のマナティー分布に及ぼす気候変動の影響を海草が媒介する



West Indian manatee (*Trichechus manatus*) observed in Belize by Rob Van Epps (CC BY-NC 4.0)

海洋生物学

淡水

気候変動

種のおカレンス
35,072件

気候変動下におけるマナティー分布の最重要予測因子は、淡水域への近接性と海草の利用可能性であることが明らかに

気候変動は種の生態的ニッチを変化させ、最適な気候条件を求めて極方向への移動を余儀なくさせる可能性があります。移動性の高い種にとっては容易かもしれませんが、彼らにとって不可欠な食物の分散能力が限られている場合には、その移動は無意味となる恐れがあります。

本研究では、気候変動下における絶滅危惧種(危急種)であるニシインドマナティー (*Trichechus manatus*) の生態をより深く理解し、その知見を保全活動に反映させるため、種分布モデリングを採用しました。

モデル構築には、GBIFを介したマナティーのおカレンスを気候・地形学的変数と組み合わせたデータに加え、消費者-資源相互作用に関する重要なデータも用いました。完全な水生草食動物であり、体重の約10%に相当する水生植物を毎日摂取するマナティーは、生存を海草に依存しています。この点を考慮し、モデルには海草の可用性と水分補給のための淡水の利用可能性を表すレイヤーが含まれました。

モデル解析により、マナティーの分布の94%が海草分布域と重なっていることが示されました。海草と淡水の供給可能性はマナティーの分布において最も重要な要因であり、両者の寄与率は合わせ

て78%に達しました。将来の気候シナリオに投影した場合、モデルはマナティーの生息域が著しく縮小することを示唆しており、これは気候変動の直接的影響だけでなく、特に海草の生息適性の低下によって媒介されます。

これらの結果は、ニシインドマナティーの持続可能な未来を確保するために、包括的な保全努力が必要であることを強く示しています。気候変動が全ての種に影響を及ぼす中で、本研究は大規模分布モデリングにおいて生物間相互作用を考慮することの重要性を強調しています。

Deeks E, Kratina P, Normande I,
Da Silva Cerqueira A, Dawson T

United Kingdom, Brazil

Proximity to freshwater and
seagrass availability mediate
the impacts of climate change
on the distribution of the West
Indian manatee

Latin American Journal of
Aquatic Mammals

doi.org/10.5597/lajam00321



カカオの原産地範囲の再評価：遺伝的および生物地理学的証拠に基づく知見



Cacao (*Theobroma cacao*) collected in Tobago. Photo via Royal Botanic Gardens, Kew. (CC BY 4.0)

生物地理学

農学

種の分布

種のおカレンス
15,849件

カカオ分布拡大の最大要因は人為的介入である可能性が高く、自然発生説に疑問

カカオ (*Theobroma cacao*) は世界的に重要な農作物であり、主にその種子を収穫、発酵させた上でチョコレート製造に用いられます。約1,000万年前に起源を持つと考えられていますが、この作物の分布形成における人為的介入の役割は明らかになっていません。

従来の研究では、カカオの栽培化はエクアドル原産の品種がメソアメリカに導入され、先住民によって助けられた可能性が示唆されていました。これに対し、アマゾン地域におけるカカオの分布は、哺乳類や鳥類などの野生生物による拡散が限定的だったため、歴史的な分布域がより制限されていたことを示しています。本研究では、原産地として特定された地域と導入地域を比較することで、人為的影響がカカオの分布に与えた影響を調査することを目的としました。

著者らは、人間の影響以前のカカオの起源、分布及び拡散を評価するため、広範な文献調査を実施しました。その後、保存標本に基づくGBIFを介したオカレンスデータ15,000件以上に加え、リモートセンシング画像や土地利用プロファイルを分析し、原産地と導入地を区別しました。

調査結果から、人為的影響を受けた地域とカカオ標本の存在との間に強い関連性が示され、この種の原産分布域に関する従来の認識に疑問を投げ

かける可能性が示されました。例えば、考古学遺跡からの証拠は、アマゾンの先住民がカカオを積極的に栽培化したことを示しています。しかし、遺伝学および生物地理学的データは、カカオの真の原産地はエクアドル、コロンビア、ペルー、およびブラジル最西端地域の一部に限定されている可能性が高く、これらは高い遺伝的多様性を示す地域と重なっていることを示唆しています。

本研究は、カカオの現在の分布域が主として人間活動の結果であり、野生個体群はより限定された原産分布域に制約されていることを示す証拠を提供しています。これらの知見は、カカオに関する遺伝資源の所有権や生物多様性政策において、科学的・保全的・法的に重要な影響を及ぼす可能性があります。

Colli-Silva M, Richardson JE, Figueira A, Pirani JR

United Kingdom, Brazil, Ireland, Colombia

Human influence on the distribution of cacao: insights from remote sensing and biogeography

Biodiversity and Conservation

dx.doi.org/10.1007/s10531-023-02777-7

DOI



先住民族の土地は他地域と比べて 外来種侵入が少ない



Red fox (*Vulpes vulpes*) observed in Melbourne, Australia by andrewk (CC BY-NC 4.0)

外来種

種のおカレンス
866,977,420件

先住民族が管理する土地における侵入を定量化した研究により、他地域に比べて外来種が3分の1未満と判明、持続可能な管理手法の重要性が示唆された

1900年以前のヨーロッパ帝国による植民地化が数えきれないほど種の拡散をもたらしました。一方で、先住民族の土地 (Indigenous peoples' lands: IPL) における現在の生物学的侵入の程度は他の土地と比較して明らかになっていません。地球の陸域の少なくとも28%を占めるIPLは、土地の保全管理と持続的な利用を通じて生物多様性保全において重要な役割を果たしています。

本研究では、IPLの包括的な全球的空間レイヤー、分類学横断的な地域別外来種のコレクション、GBIFおよびOBISを介した種のおカレンスデータを統合することで、IPLにおける生物侵入レベルを定量化しました。初期分析の結果、全世界のIPLにおいて6,192種の外来種に由来する、128,515件の記録が確認されました。

IPLにおける外来種の数、特定の国における外来種の総数と有意な相関を示しました。しかし全体として、IPLにおける外来種数は他の土地で見られる数の3分の1未満でした。人為的な活動に影響を示す他の指標もこの傾向に従い、IPLでは他の土地と比較して森林被覆率が高く、耕作地が少なく、道路密度が低く、夜間照明が少ない結果となりました。しかし、サンプリング方法、人間インフラ、人口規模、土地被覆の差異を考慮した後でも、IPLにおける外来種数は他の土地よりも有意に低い状態が維持されていました。

オーストラリアでは、国内のIPLにおいて、外来種数が他地域に比べて著しく高い地域と低い地域が共存するという特異な状況が確認されました。この差異は地域的要因の相互作用による可能性が高く、大都市圏に近いIPLでは外来種数が多い一方、オーストラリア中部・北西部の遠隔地に位置するIPLでは低くなりました。

全体として、本研究はIPLが生物学的侵入に対してより高い抵抗性があることを明らかにし、先住民族が自然保護や脅威にさらされた在来種にとっての避難場所を提供する上で果たしている役割を浮き彫りにしました。他の地域で生物学的侵入が多く見られる理由について、著者らは先住民族が現代的な手法の大半よりも持続可能性な土地管理慣行をしばしば採用している点を指摘しています。

Seebens H, Niamir A, Essl F, Garnett ST, Kumagai JA, Molnár Z, et al

Hungary, Germany, Austria, Australia, United States

Biological invasions on Indigenous peoples' lands

Nature Sustainability

doi.org/10.1038/s41893-024-01361-3



新規分布域における種侵入の要因



Japanese macaque (*Macaca fuscata*) observed near Nagano, Japan by Reflectitur Photons (CC BY-NC 4.0)

進化生物学

保全生物学

生態学

種のおカレンス
2,580,377件

保全と侵入のパラドックスを地球規模で検証

種は、競争、資源の可用性、気候変動、遺伝的多様性の欠如など、様々な理由により本来の分布域で絶滅の危機に瀕する可能性があります。保全と侵入のパラドックス(CIP)とは、本来の分布域で絶滅の危機に瀕している種が、他の地域に導入された際に生存可能な個体群を維持することができる場合に観察される現象を指します。この現象は哺乳類、鳥類、昆虫、爬虫類、植物など様々な分類群で観察されています。しかし、現在、世界規模でCIPを引き起こす要因についての理解は限られています。

このプロセスをより深く理解するため、本研究では174種にわたる1,071件の絶滅危惧陸上脊椎動物の導入事例(IUCNレッドリスト評価に基づく)を網羅した世界的データベースを作成し、CIP事象に影響を与える潜在的な要因を評価しました。著者らはGBIFを介して取得したオカレンスデータと一般化線形混合モデルを用いて、地域レベル・事象レベル・種レベルなどの要因の重要性を定量化し検証しました。

著者らは、CIP現象の発生を決定づける3つの主要な脅威要因を特定しました。それらは、導入規模が大きければ大きいほど定着が成功する可能性が高まること、新地域における在来種と系統的に近縁な種ほど成功確率が高まること、非在来分布域において天敵が存在しないことです。

研究者らは、CIP現象が最も成功しやすいのはオーストラリア、東半球、および在来種への脅威が少ない地域、特に温暖化の影響が少ない地域であると結論付けました。本研究は絶滅危惧種の保全および外来種対策の立案に資する基盤を提供するものの、非在来域への種導入を検討する際には、地域生態系への影響を考慮し慎重な検討をする必要があります。

Hong Y, Yuan Z, Liu X

China

Global drivers of the conservation-invasion paradox

Conservation Biology

doi.org/10.1111/cobi.14290



暑さを好む種もいる：淡水魚の温暖化への反応は緯度分布が予測する



European eel (*Anguilla anguilla*) observed in Lombardy, Italy by Mattia (CC BY-NC 4.0)

淡水

気候変動

種のおカレンス
20,609,971件

GBIFを介したデータに基づく分布域と個体群の時系列解析を組み合わせた解析により、温暖化は赤道方向では個体群の減少を、極方向では増加をもたらすことが判明

気候変動による分布域の変化は、海洋生物と陸上生物の両方でよく記録されています。淡水生物、特に魚類にとって、水温の上昇は溶存酸素量の減少と代謝の増加をもたらし、その結果として餌資源への要求が増加します。しかし、淡水魚が気候温暖化に対する実際の反応に関する我々の理解は限定的です。

本研究では、RivFishTIMEデータベースに収録された9万件以上の種ごとの個体数記録を用い、1958年から2019年まで世界の632種の河川魚類からなる群集データの時系列を分析しました。各地点の水温は地表温度から推定し、温暖化に対する種の反応をモデル化しました。

各個体数記録がその種の分布域全体の中でどの位置にあるかを特定するため、著者らは対象種についてGBIFを介した2,000万件以上のオカレンスを利用しました。これにより、淡水魚個体群において、気候変動によって極方向へ増加し、赤道付近では減少するというパターンを検証することが可

能となりました。

調査地点全体において平均で10年あたり0.21度の顕著な地表温度上昇が確認され、1950年代以降の個体群変動には一貫したパターンが認められました。個体数の変化は、より大型で高い栄養段階に位置し、より広範な分布域を持つ種で特に顕著でした。

全体として、モデルは温暖化に対して二分的な反応があることを示唆しました。すなわち、極側の個体群では温度上昇と個体数増加が相関していた一方、赤道側の個体群では温度上昇とともに個体数が減少が見られました。

Brown TM, O'Connor J, Genner MJ



United Kingdom



Climate warming drives population trajectories of freshwater fish



Proceedings of the National Academy of Sciences



doi.org/10.1073/pnas.2410355121



ソノラ砂漠におけるサボテンの生息地の回復



Saguaro (*Carnegiea gigantea*) observed in Peoria, AZ, USA by Eric Hough (CC BY-NC 4.0)

生態学

保全生物学

種のおカレンス
10,655,658件

アメリカ合衆国、
メキシコ

生息地適性、生物間相互作用、および火災攪乱データを統合し、巨大サボテン(サグアロサボテン)の復元価値の高い地域を特定

ソノラ砂漠は北米で最も生物多様性の高い砂漠で、500種以上の脊椎動物と2,000種以上の在来植物が生息します。その中で象徴的なサボテンであるサグアロサボテン(*Carnegiea gigantea*)も含まれます。サグアロサボテンは、高さ16メートルに達することがあり、寿命は最大250年、生殖成熟に達するまでに50年を要します。

広範囲にわたる砂漠の野火災はここ数年で著しく増加しており、個体数が多いにもかかわらず、サグアロサボテンは特に火災被害を受けやすいことがわかっています。本研究では、サグアロサボテン自体の生息地適性に加え、その成長・分散・発芽を促進することが知られている関連種についても調査することで、サグアロサボテンの復元価値の高い地域を特定することを目的としました。

著者らはGBIFを介したオカレンスデータと高解像度の環境データを組み合わせ、サグアロサボテン、4種のナースプラント、63種の関連動物の地理的分布範囲を予測しました。サボテン本体とそれを助ける種の双方にとって生息適性の高いホットスポットを特定し、これを山火事焼失データと重

ね合わせることで、ソノラ砂漠北東部に集中する複数の高優先度の生態系回復地域を同定しました。

サグアロサボテンの生態系回復に関する貴重な知見を提供する本研究結果は、サグアロサボテン及び関連種にとって非常に適した生息地を保護する機会を示しています。本研究は、地域全体における分布する未焼失サグアロサボテンの生息ホットスポットを対象として、防火対策、外来種管理、その他の保全活動の優先的に実施することを提案しています。

Albuquerque FS de, Rowe H, Búrquez A, Rey Benayas JM

United States, Mexico, Spain

Integrating habitat suitability, disturbance, and biotic interactions into the ecological restoration of the saguaro (*Carnegiea gigantea*) in drylands of the southwest of the United States and northern Mexico

Restoration Ecology

doi.org/10.1111/rec.14357



自然史コレクションのデジタル化はカナダにおける生物多様性データの網羅性を最大化



Red maple (*Acer saccharinum*) collected in Papineau, Canada by Marie-Victorin Herbarium, Université de Montréal Biodiversity Centre. (CC BY 4.0)

生物多様性科学

市民科学

● 種のおカレンス
7,519,260件

📍 カナダ

自然史コレクションは市民科学によるの観察記録よりも偏りの少ない記録を含む

2010年以降、市民科学の取り組みによって記録された生物多様性データは、それ以前の従来の科学手法によって記録された収集数を上回っています。デジタル技術の進歩はデータ収集を加速させ、生物多様性研究への市民参加を拡大しました。しかしiNaturalistのようなプラットフォームでは都市部で目立つ魅力的な種を優先する傾向があり、分類や地域に偏りを生じさせています。一方、自然史コレクションは偏りが少なく、希少種や都市以外の種をより代表すると考えられていますが、この情報の多くは未だデジタル化されず、代替不可能な物理標本に保存されたままです。

この主張を検証するため、著者らは1900年以降にカナダにおいてGBIFに登録された利用可能なすべての維管束植物の記録(合計750万件以上)を分析しました。このうち23%がハーバリウム標本、72%がiNaturalistに由来し、5%未満がその他の情報源でした。研究者らは、生態学的・環境モデリングを用いて分類学的・系統学的・機能的ならびに生態的ニッチの網羅性を評価し、ハーバリウム標本と市民科学記録の間に存在するデータの偏りを調べました。

ハーバリウム標本記録は、ほぼ全ての指標においてiNaturalistデータよりも大幅に偏りが少なく、

植物の生物多様性と種の環境的ニッチの両方をより効果的に反映していました。個々の植物種は平均するとハーバリウム標本記録よりもiNaturalist観察記録において4.8倍も多く記録されていましたが、この過剰サンプリングは少数の分類群を不均衡に多く代表する結果となっており、iNaturalist全観察記録の半数以上がカナダの植物種のわずか4%のみに対応していました。

著者らは、既存の自然史コレクションをデジタル化すること(標本1点あたり約3カナダドルと見積もられる)が、カナダの生物多様性データの網羅性を拡大するために最も効果的な戦略であると特定しました。対照的に、iNaturalistを通じて同等の効果を達成するには、約2700万件の追加観察が必要になると推定されました。

Eckert I, Bruneau A, Metsger DA, Joly S, Dickinson TA, Pollock LJ

Canada

Herbarium collections remain essential in the age of community science

Nature Communications

doi.org/10.1038/s41467-024-51899-1



ヒグマは野生サクランボへの気候変動の影響を緩和するのを助ける



Cantabrian brown bear (*Ursus arctos subsp. arctos*) observed in Somiedo, Asturias, Spain by Martin Costechareire (CC BY-NC 4.0)

気候変動

種のおカレンス
62件

スペイン

気候変動は野生サクランボの生息適性を低下させるが、ヒグマがより適した地域への分散を促進する可能性

気候変動の影響を考える際には、生態学的相互作用は重要です。気温や降水量の変化がある種にとっての気候適性を変化させると、それに依存する他の種にも影響を及ぼします。

本研究では、スペイン北部のカンタブリア山脈において、セイヨウミザクラに対する気候変動の潜在的影響と、それに伴うヒグマ個体群への影響を調査しました。この地域での気温上昇に伴い、近年までの研究はサクランボがヒグマの食性においてますます重要な役割を担うようになっていることが示されています。

著者らは現地サンプリング、森林インベントリ、Googleストリートビューによる調査、GBIFを介したデータに基づき、セイヨウミザクラのおカレンスに関する大規模なデータベースを構築しました。このデータベースを関連する気候予測因子と組み合わせることで、分布モデルの基盤を形成しました。果実摂取の程度と潜在的な種子散布を評価するため、地域のクマモニタリングプロジェクトで収集されたクマの糞の地理参照データを用いました。これらのデータはサクランボ種子の有無に基づいて分類しました。

彼らの結果は、サクランボの生息地適性が水に関連する説明変数に非常に敏感であることを示しました。特に土壌水分量と降水量の季節性が重要な要因でした。気候変動により、生息地適性は全体的に低下し、気候最適域は南東方向およびより標高の高い地域へ移動すると予測されました。

しかしモデルは、どの気候変動シナリオにおいても、カンタブリア山脈のヒグマにとってサクランボの利用可能性が高いことを示唆しました。種子を含むクマ糞の分析は、長距離手指散布の可能性も示しており、これは現在および将来のクマの分布域内において、セイヨウミザクラがより高い標高へ分布の拡大を促進する可能性があります。

Pérez-Girón JC, Álvarez-Álvarez P,
Ballesteros F, López-Bao JV

Spain

Potential impacts of climate change on
wild cherry distribution and associated
consequences on brown bears

Biological Conservation

doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110390

DOI



サメへの攻撃：気候変動による生息適性の変化で ハンマーヘッドシャークが脅かされる



Scalloped hammerheads (*Sphyrna lewini*) observed near Galápagos, Ecuador by R Lai (CC BY-NC 4.0)

気候変動

海洋生物学

種のおカレンス
4,454件

3種のハンマーヘッドシャークの生息域をモデル化した研究は、将来的に生息適性低下と分布域の移動が起こり漁業への曝露が増加することを予測

独特の適応形質、とりわけ特徴的な頭部形状で知られるシュモクザメ科 (Sphyrnidae) のハンマーヘッドシャークは、サメ類の中で最も新しい系統の一つであると同時に、最も絶滅の危機に瀕した系統群でもあります。世界のハンマーヘッドシャークの個体数は、急速に減少しており、その主な原因の一つが混獲による死亡です。さらに気候変動がサメを世界各地の漁業海域に近づけることで、この状況を悪化させる可能性があります。

本研究では、ヒラシュモクザメ (*Sphyrna mokarran*)、アカシュモクザメ (*S. lewini*)、シロシュモクザメ (*S. zygaena*) の3種を対象として、将来の海洋環境条件が大型シュモクザメ類の生息適性の世界的な分布パターンにどのような影響を与える可能性があるかを調査しました。

GBIFを介したオカレンスと、海面水温、塩分濃度、クロロフィル濃度、海流速度、海底地形(水深)に関する環境データを組み合わせ、著者らは各種について現在の環境条件および今世紀中期・末期頃における生息地適性モデルを構築しました。温室効果ガス排出量の異なる4つの将来シナリオを考慮し、著者らは各のハンマーヘッドシャーク種について合計9つのモデルを作成しました。

全てのモデルにおいて、水深、水温、塩分濃度がサメの生息地適性を説明する最も重要な予測因子でした。排出シナリオや時間枠にかかわらず、

モデルはアカシュモクザメおよびシロシュモクザメの全球的な生息地適性の大幅な低下を予測しました。一方、ヒラシュモクザメの予測では、今世紀半ばにわずかな分布拡大が示唆されたが、最も深刻な排出シナリオ下では今世紀末までにその効果はほとんど残らないと予測されました。

将来予測の結果として、3種全てにおいて極方向(高緯度方向)への分布域シフトが予測され、その規模は時間の経過と排出シナリオの深刻度に伴って拡大することを示します。このようなシフトや地域的な移動は個体群間の連結性に影響を与え、さらに漁業などの他の人為的圧力への曝露を増加させる可能性があります。研究全体の結果は、種の絶滅リスクを評価する上で、気候変動を重要な要因として考慮することの重要性を示しています。

Santos CP, Borges FO, Guerreiro M, Pissarra V, Varela J, Frazão-Santos C, et al

Germany, Portugal, United Kingdom

Shifts in the habitat suitability for large hammerhead sharks under climate change

Marine Biology

doi.org/10.1007/s00227-024-04512-4

DOI

世界の樹木生物多様性に対する 過小評価された脅威



Betula pubescens var. *pumila* observed near Lake Nakomyaken, Russia by Игорь Пospelov (CC BY-NC 4.0)

保全生物学

種のおカレンス
18,612,197件

大規模データに基づく研究は、17,000種以上の樹木が急速な地球規模の変化によって危険に晒されている可能性を示唆

樹木は、世界で確認されている陸上の生物多様性の半数に生息地を提供しており、自然環境にとっても人類双方にとっても極めて重要です。人類は樹木から経済的・文化的・精神的に大きな価値を得ています。樹木の92%以上については既に絶滅リスク評価が行われている一方、データ不足により保全状況がまだ評価されていない種が7,700種残されたままです。

本研究では、樹木種の(再)評価優先順位付けのため、過去20年間における6つの人為的脅威への32,000種の曝露状況を分析するデータ駆動型アプローチを行いました。著者らは各種について、オープンアクセスデータ集約サイト(Atlas of Living AustraliaやGBIFを含む)からオカレンスを取得し、利用可能な記録の95%をカバーする最小凸多角形に基づき分布域を定義しました。

次に、2000年から2020年までの期間について脅威(農業拡大、過剰利用、都市拡大、森林伐採、火災、気候変動)を表すレイヤーを追加し、各種について各脅威の最近の変化率を算出しました。最後に、入手可能な最新のIUCN評価をダウンロードし、これらを研究対象種と対応付けました。

彼らの分析によれば、本研究で対象とした種の半数以上が過去20年間に増大する脅威に晒されてきたにもかかわらず、IUCNレッドリストで現在

「絶滅危惧種」とみなされているのは10%未満です。その多くは依然として評価されておらず、候補種の約半数は「準絶滅危惧」または「軽度懸念」に分類されています。さらに、樹木の35%のレッドリスト評価は25年以上前のものとなっています。

近年の変化率が高い脅威にさらされている種の多くは南アメリカ、サハラ以南アフリカ、熱帯東南アジアに分布していましたが、その地域に存在する種数全体に対して見ると、脅威の地域は北米とユーラシアの北極圏に集中していました。これらの結果を総合すると、樹木に対する脅威とそれに伴う絶滅リスクが大幅に過小評価されている可能性が示唆されます。

Boonman CCF, Serra-Diaz JM, Hoeks S, Guo WY, Enquist BJ, Maitner B, et al

France, Netherlands, United States, United Kingdom, China, Denmark

More than 17,000 tree species are at risk from rapid global change

Nature Communications

doi.org/10.1038/s41467-023-44321-9



人間が制御する火がヤモリ系統における色の分化を促進



Moorish gecko (*Tarentola mauritanica*) observed near Castilla-La Mancha, Spain by Goro Saber Animal (CC BY-NC 4.0)

進化生物学

生態学

種のオカレンス
70,639件

人間が制御する火に誘引される節足動物が、ヤモリにとって未開拓の採食ニッチを生み出す

更新世以降、火は調理、暖を取る、捕食者の撃退、文化的な相互作用のために人類が用いてきた重要な道具です。こうした活動は「昼間の延長」に寄与し、人類は活動ピークを夜遅くまで維持するようになりました。このような行動は霊長類以外の哺乳類では稀にしか観察されません。

歴史的に火は人間居住域周辺の生物多様性に対する抑止力として用いられてきましたが、最近の研究では夜間における火の使用が、昆虫食性の脊椎動物に適した、これまで未利用の採食ニッチが生まれる可能性があるかどうかを調査しました。

著者らは、ムーアカベヤモリ (*Tarentola mauritanica*) を事例として、人間が制御する火が、暗色の昼行性系統と淡色の夜行性系統の間に生じる時間的ニッチ分化に歴史的に影響を与えてきたかどうかを調査しました。

彼らは、明るい個体と暗い個体の歴史的な皮膚サンプルにおけるメラノフォア密度を評価し、GBIFを介したオカレンスと系統解析を組み合わせた種分布モデリングを適用して、人間とヤモリが共存する可能性と系統分岐のおおよその時期を特定しました。また、明るい火床と暗い火床を備えた

実験用の火床の内壁に付着した昆虫の分類群と量を記録することで、火に対する節足動物の誘引性も評価しました。


ゲノム解析により、淡色系統と暗色系統のヤモリが約6,600年前に分岐したことが示されました。これは現生人類が移動生活を送る狩猟採集生活から定住型の農耕社会へ移行した時期と一致します。さらに著者らは、火が光走性の節足動物を引き寄せ、ヤモリのような脊椎動物にとって新たな餌資源を生み出したことを実証しました。

この発見は、人間が制御する火が淡色夜行性ヤモリに新たな採食ニッチを創出し、ヤモリ系統の変種の分化を促進した可能性を示唆しています。

Fulgione D, Russo D, Riviaccio E, 

Maselli V, Avallone B,

Mondanaro A, et al

Flame-forged divergence? Ancient human fires and the evolution of diurnal and nocturnal lineages in moorish geckos 

iScience 

doi.org/10.1016/j.isci.2024.111715 



進化的に成功した戦術は鳥類を引き寄せて、 擬態する種子を散布させる



Gang-gang cockatoo (*Callocephalon fimbriatum*) observed in Victoria, Australia. Photo by hone (CC BY 4.0)

進化生物学

生態学

種のおカレンス
167,561件



擬態する種子は栄養価と引き換えに視覚的魅力を高めることで、種子散布者である鳥類を誘引することが判明

種子散布は被子植物が遺伝物質を次世代へ伝える上で極めて重要であり、一部の種は散布能力を最大化するため欺瞞的な戦略を用います。擬態する種子は散布者である鳥類を視覚的に誘引するため多様な形質を示すように進化させてきました。この戦略は世界中の種子を持つ植物で観察されるものの、そのメカニズムはこれまで十分に理解されてきませんでした。

本研究では擬態する種子の世界的分布と形質、鳥類との相互作用について検討しました。GBIFを介したオカレンスを用いた分析により、擬態する種子は主に熱帯地域に分布し、特に沿岸部や島嶼部に集中して分布していることが示されました。野外観察と比較分析により、擬態する種子が示す形質には共通点があることが明らかになりました。例えば、肉質の果実を模倣する形態や、赤色または黒色であることが多い点などであり、これらは鳥に対する視認性や誘引性を高めると考えられています。同様に、多くの種が硬い外皮と蟻状の表面を持つことも観察されました。これは消化を受けても生き残るため、また鳥による長距離散布を促進するための適応であると考えられます。

これらの形質を説明するため、著者は擬態する種子による散布が「エネルギー再配分戦略(energy-reallocation strategy)」に従う可能性を示唆しています。この戦略では、種子は散布者への

栄養供給よりも視覚的シグナルに投資します。一方、肉質果実を持つ植物は通常、実際の栄養報酬を提供することによる散布者の誘引という「報酬戦略」を用います。著者らは、擬態戦略が過度に普及した場合、食物の栄養価が低下することにより鳥類の適応度が低下する可能性を指摘しました。これにより鳥類の採食行動が変化し、擬態植物と非擬態植物の両方に影響を及ぼす恐れがあると述べました。

研究結果は、擬態的特徴を担う二次的に進化した形質について、より深い遺伝学および化学的研究が必要であると結論づけました。これにより、擬態する種子と散布者の間にはたらく共進化的選択圧をよりよく理解することができます。著者らは、この共進化的プロセスを理解するために、さまざまな条件下および鳥類以外の異なる散布者に対してゲーム理論を用いて解明することを提案しました。

Jin MF, Cai XH, Chen G

China

Seed dispersal by deception: A game
between mimetic seeds and their
bird dispersers

Plant Diversity

doi.org/10.1016/j.pld.2024.07.006



ビッグデータは保護区における脊椎動物の 多様性を正確に定量化できるのか？



Delacour's langur (*Trachypithecus delacouri*) observed near Ninh Binh, Viet Nam by billyschofield (CC BY-NC 4.0)

保全生物学

種のオカレンス
18,164,161件

本研究はGBIFとIUCNを比較し、世界各地の保護区における種数を正確に推定する能力を評価した結果、双方に顕著な偏りがあることが明らかになった

保護区 (PAs) は、現在の地球規模の生物多様性危機を緩和する上で有効な手段となり得ます。昆明・モンリオール生物多様性枠組は、2030年までに地球表面の少なくとも30%を保護することを義務付けていることから、保護区の配置を最適化し、優先順位を定めることが極めて重要です。


保護区の効果を広域的なスケールで評価するには大規模なデータセットが必要であり、研究者はしばしばGBIFおよび/またはIUCNのデータを用いて研究結果を裏付けます。本研究は、世界の保護区システムにおける絶滅危惧脊椎動物のパターンを記述する際に、GBIFとIUCNという2つのデータベースの間に存在する差異と偏りを評価することを目的としました。

著者らはまず、IUCNレッドリストに基づき、いずれかの絶滅危惧カテゴリーに分類される全ての陸上脊椎動物のリストを作成しました。7,188種それぞれについて、著者らはIUCNから分布ポリゴンデータを、GBIFからオカレンスデータを収集し、これらを世界中の12万箇所以上の保護区 (PAs) に関する地理データと統合しました。

それぞれのデータベースについて、保護区内で確認された絶滅危惧脊椎動物の種数を集計しまし

た。その結果、全ての保護区に少なくとも1種が確認されました。全体として、保護区当たりの平均種数は、GBIFよりもIUCNデータの方が150%高くなりました。両データの精度を評価するため、著者らは保護区内の絶滅危惧種を定量化した研究に関する広範な文献レビューを実施し、独立した基準(データベース)を確立しました。


GBIFとIUCNを合わせて評価すると、この分析は大陸間に顕著な差異があることが明らかになりました。ヨーロッパと北米ではバイアスが小さいのに対し、南米、アフリカ、アジアでは大きなバイアスが認められました。全体として平均すると、IUCNデータは種数の推定値を575%過大に評価していた一方で、GBIFデータは種数を63%過小評価していた。

Cordier JM, Osorio-Olvera L, 

Huais PY, Tomba AN,

Villalobos F, Nori J

Argentina, Mexico 

Capability of big data to capture
threatened vertebrate diversity
in protected areas 

Conservation Biology 

doi.org/10.1111/cobi.14371





送粉者の分布解析がインドにおける 絶滅リスクに関する洞察を与える



Indian giant squirrel (*Ratufa indica*) observed near Kerala, India by Vijay Anand Ismavel (CC BY-NC 4.0)

保全生物学

種の分布

種のおカレンス
869,447件

インド

IUCNレッドリストのカテゴリーは哺乳類の送粉者に偏った評価となっていることが判明したが、本研究は鳥類と哺乳類の送粉者の双方が減少傾向にあることを示唆している

送粉者は地球上の生命を維持する上で不可欠であり、その経済的重要性と生態系を調節する機能の両面で高く評価されています。歴史的に、送粉者研究の主な焦点は昆虫種に置かれており、脊椎動物は比較的十分に研究がされてきませんでした。人類活動の影響が大きく、生物多様性が非常に豊かな国における送粉者の役割をよりよく理解するため、本研究の著者らはインドにおける鳥類および哺乳類の送粉者についての種数と絶滅リスクのマクロ生態学的パターンを定量化することを目的としました。

研究者らは、約4,000件の研究を精査し、85種（鳥類67種、哺乳類18種）の主要な送粉種を特定することで、インドの脊椎動物花粉媒介者（鳥類および哺乳類）のデータベースを構築しました。絶滅リスクと個体群の動態の評価にはIUCNレッドリストデータを用い、GBIFを介したデータセットで種の分布をマッピングし、種数・脅威状況・個体群動態を示しました。分布域面積を推定し、体サイズや繁殖特性などの形質と共に、系統樹モデルを用いて種の絶滅リスクを予測しました。

結果から、哺乳類の送粉者の多様性が特定の地域（特に西ガーツ山脈周辺）に集中しているのに対し、鳥類の送粉者の多様性は国内全体に広く分布していることが明らかになりました。IUCNレッドリストのカテゴリデータによれば、哺乳類種の4分の1が現在絶滅の危機に瀕しているが、本研究では鳥類の4種の1種と哺乳類の2種の1種が減少傾向にあることを示唆しています。

著者らは、種の形質がこれらの結果の主要な要因である可能性は低く、代わりに農地利用、伐採、狩猟などの脅威が個体数減少の主要な要因であると結論付けました。著者らは、送粉者種の減少の進行を抑制するために必要な主要な要素として、研究の推進と社会への教育・啓発が重要だとを提案しました。

Kallivalappil R, Grattarola F, de Alwis Pitts D, Cotter SC, Pincheira-Donoso D

Czechia, United Kingdom, United Arab Emirates

Species diversity and extinction risk of vertebrate pollinators in India

Biodiversity and Conservation

doi.org/10.1007/s10531-024-02848-3



人間の健康



この特別章について

環境負荷の増大と新たな世界的健康脅威が顕在化する現代において、生物多様性と人の健康の複雑な結びつきを理解することは、かつてないほど緊急の課題となっています。このGBIFサイエンスレビューの健康に関する特別章では、生態系と公衆衛生アウトカムとの複雑な相互作用を照らし出す研究をとりあげ、人、動物、環境の健康が深く結びついているとする「ワンヘルス」概念の諸側面を明らかにします。エムボックスや回帰熱のような人獣共通感染症のリスクのモデリングから、野鳥やペスト菌の保菌宿主における病原体の生態学的動態の追跡まで、これらの研究は健康リスクの予測と緩和における生物多様性データが持つ変革的な可能性を示しています。

GBIFを介したデータを活用することで、研究者らは種分布モデリング、気候情報を取り入れたリスクマッピング、統合的な生態学的分析といった手法を用いて、疾病と健康の環境的決定要因を探求しています。これらの取り組みは多様な文脈に及びます：金採掘が生態系サービスに与える影響、ヒトのマイクロバイーム内に存在する見過ごされがちな生物多様性、COVID-19によるロックダウン中の種の生息地変化などです。これらは総合的に、土地利用、気候そして野生生物の相互作用の変化がどのように人の健康システムに波及するかを明らかにしています。生物多様性をグローバルヘルスの基盤と位置付けることで、これらの研究は、持続可能な健康アウトカムが生態学的理解に深く根ざしているという重要な真実を改めて強調しています。本章では、生物多様性科学が人の健康、研究そして地球規模の持続可能性と交わる最前線を探求するよう読者をいざないます。



PALOMA SHIMABUKURO

GBIF契約研究員

- 疾病媒介生物に関するデータ

野生鳥類関連病原体の世界的な分布と多様性



Indian spot-billed duck (*Anas poecilorhyncha*) observed in Bangalore, India by vipin_biodiversity (CC BY-NC 4.0)

気候変動

種のおカレンス
320,159,643件

本研究は野生鳥類が保有する人獣共通感染症および新興病原体に関する知見をまとめ、特に世界の熱帯地域において分布のホットスポットがあることを明らかにした

ヒトに直接病気を感染させることは稀であるものの、野生鳥類は鳥インフルエンザウイルスやウエストナイルウイルスを含む多くの人獣共通感染症病原体の野生宿主および自然宿主として、間接的な感染伝播において重要な役割を果たしています。しかし、野鳥関連病原体(WBAP)の世界的な多様性と分布に関する知見は依然として限定的です。本研究において、研究チームは将来の監視・予防戦略の科学的基盤を提供するため、文献および生物多様性データベースからのデータを収集・統合しました。WBAPの検証済み感染事例に関する既存文献を網羅的に検索し、鳥類種と病原体の有病率に関する空間的・分類学的・時間的データを抽出しました。1,834件の文献から、38目1,438種の野生鳥類に由来する760種のWBAPを特定し、病原体出現事例は延べ17,000件以上に上りました。ウイルスが感染の40%以上を占め優勢でした。特定されたWBAPの半数以上は新興病原体(1980年以降に発見)とされ、約3分の1が人獣共通感染症の病原体に分類されました。鳥類を6つの生態学的グループに分類すると、水鳥が最も多くのWBAPを有しており、全病原体種の60%超を占めていました。

WBAPの分布を規定する潜在的要因を探るため、

著者らは全ての生態学的グループを代表する計60種の野生鳥類を対象に、生息適性指数(HSI)をモデル化し、GBIFを介して得られた生息記録と気候・環境・社会経済変数を組み合わせて解析しました。WBAPモデルにHSIを組み込んだ結果、水鳥類と猛禽類においてHSIが高い地域は人獣共通感染症WBAPと相関し、一方、シギ・チドリ類のHSIは新興WBAPと関連していました。

全体として、著者らはほとんどの大陸にWBAPの広範なホットスポットが存在することを発見しました。特にインド、東南アジア、南米の一部といった熱帯地域全体では、人獣共通および新興の病原体の両方が重って分布していました。また、北米南東海岸や黒海・地中海地域にも広範囲にわたる局所的なホットスポットが確認されました。

Qiu Y, Lv C, Chen J, Sun Y, Tang T, Zhang Y, et al

China, United States

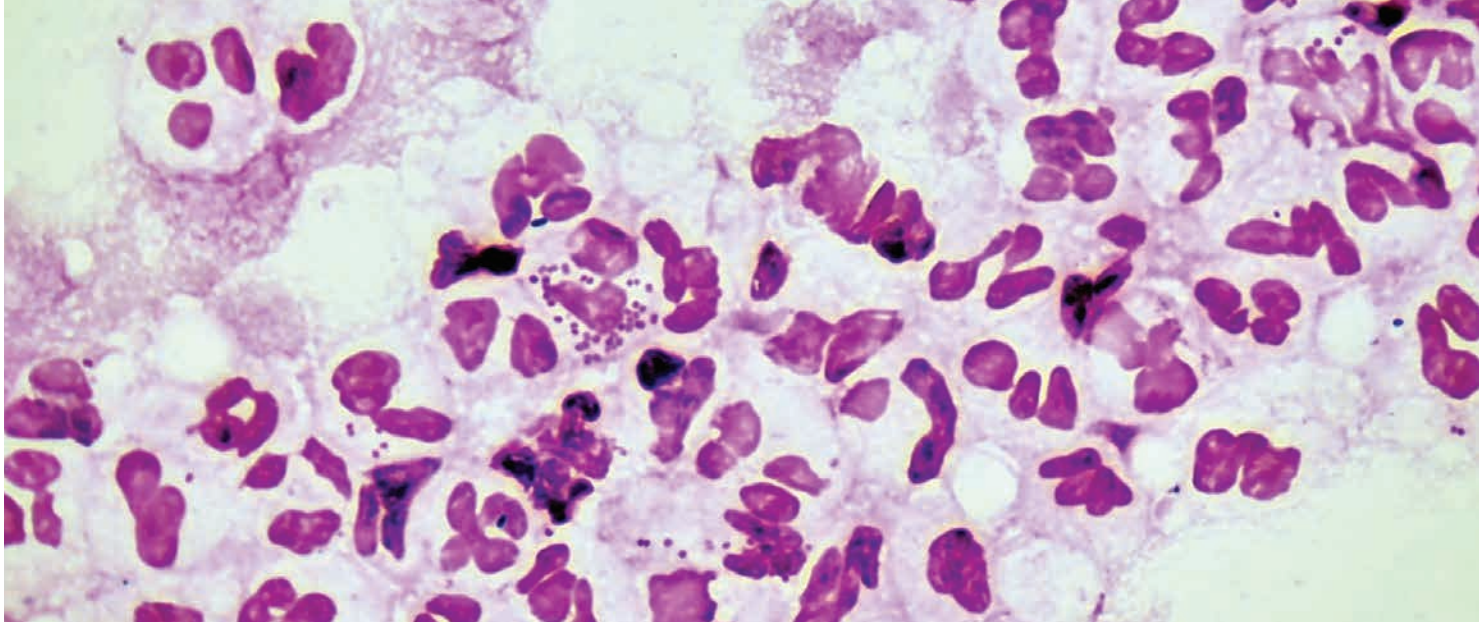
The global distribution and diversity of wild-bird-associated pathogens: An integrated data analysis and modeling study

Med

doi.org/10.1016/j.medj.2024.11.006



見えない生物多様性：ヒト宿主細菌の種のおカレンスの欠如



Neisseria gonorrhoeae observed at Columbia University Medical Center, NY, USA by Ansel Oommen (CC BY-NC 4.0)

ヒトの健康

種のおカレンス
53,236件

膨大な多様性とヒトの健康への決定的な重要性にもかかわらず、細菌はGBIFで利用可能な種のおカレンスの1%未満を占めるに過ぎない

細菌は全生物種の58~88%を占めると推定され、その35%以上がヒトを含む動物宿主に依存しています。微生物は私たちの健康に不可欠であると同時に、数多くの感染症の原因でもあります。こうしたヒトの健康への重要性にもかかわらず、細菌の発生データは著しく乏しいです。

この現象を探るため、本研究ではGBIFを介して得られた3種の一般的な細菌(クラミジア・トラコマトリス、淋菌、梅毒トレポネーマ)の分布データを取得しました。これらはそれぞれ性感染症であるクラミジア、淋病、梅毒の原因菌です。研究時点では、著者らは合計250件の分布データしか入手できませんでした。

比較対象として、世界的に研究が限られている分類群に属する目立たないトビムシ(*Entomobrya nivalis*)の分布と細菌分布を並べてマッピングしました。その結果、地球規模で細菌データが不足していることが明確に示され、ベナンだけが唯一の顕著な例外でした。これはコトヌーのメノンティン地区病院による体系的な収集活動によるもので、現在この病院が3つの病原体に関する世界のデータの35%以上を担っています。

本研究は、感染性細菌に関するデータを体系的に収集する基盤が既に存在することを示唆しており、例としてフランス自然遺産目録情報システム(SINP)の枠組みを通じて提供される解決策を挙げています。患者のプライバシーを保護する適切な仕組みを整えれば、これらのワークフローを容易に採用でき、医療従事者が宿主と病原体の生物多様性データ基準に従って感染症を記録できるようになります。記録1件あたり2分未満で処理可能です。

著者らは、フランスで年間わずか8時間の労働に相当する専用リソースを投入すれば、病院や生物学的検査機関が年間80万件以上の細菌種のおカレンス記録を提供できると推定しています。

Poncet R, Gargominy O

France

In the Shadow of Medicine: The Glaring Absence of Occurrence Records of Human-Hosted Biodiversity

Online Journal of Public Health Informatics

doi.org/10.2196/60140



B型肝炎ウイルスタンパク質に関連する 潰瘍性大腸炎



Trichobilharzia szidati by Tomas Machacek, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons

ヒトの健康

種のおカレンス
27,569件

生物医学研究がB型肝炎ウイルスのタンパク質とヒトの慢性炎症性腸疾患の関連を示し、ウイルスの人獣共通感染の可能性を推測

潰瘍性大腸炎 (UC) は原因不明の慢性炎症性腸疾患です。ウイルスのタンパク質が発症や進行に関与すると疑われており、これまでの研究では早期診断UC患者においてオルトヘパドナウイルス属のB型肝炎ウイルス (HBV) のXタンパク質 (HBx) のレベル増加が確認されています。

UCにおけるHBVタンパク質の役割を明らかにするため、研究者らはHBxに感染した健常ドナー由来軟組織生検標本のトランスクリプトーム解析を実施しました。その結果、炎症促進経路に関連する生物学的プロセスの有意な富化が確認されました。

HBxに感染させたマウスでは、明らかな大腸炎の臨床症状が確認されました。研究者らは次に、HBxを標的としてその発現を抑制するRNA分子を用いてHBxによって大腸炎を誘導されたマウスを治療したところ、炎症症状が迅速に軽減しました。

しかし、潰瘍性大腸炎患者において、腸管内のHBxの存在はヒトHBVによる現在または過去の感染とは関連しておらず、そのため著者らはHBxの起源が非ヒト由来であり、人獣共通感染性のスピルオーバーによる可能性を推測しています。

ハイスループットシーケンシングのデータについてHBxに一致する配列を検索したところ、大部分が吸虫類寄生虫の属であるトリコビルハルジア属 (*Trichobilharzia*) のサンプルと、アブラナ科植物であるホソバタイセイ (*Isatis tinctoria*、別名：染物屋の染料) のサンプルから検出されました。

GBIFを介した発生データを用いて、著者らはUCの疾病負担とトリコビルハルジア属およびホソバタイセイの地理的分布の重なりを観察し、潜在的な関連性を示唆しました。この関連性をより強固に検証するため、HBxの真の発生源発見を目的としたさらなる研究の必要性を強調しています。

Massimino L, Palmieri O, Facoetti A, Fuggetta D, Spanò S, Lamparelli LA, et al

France, Canada

Gut virome-colonising *Orthohepadnavirus* genus is associated with ulcerative colitis pathogenesis and induces intestinal inflammation *in vivo*

Gut

doi.org/10.1136/gutjnl-2022-328375



COVID-19ロックダウン期間中に種の 生息地適性が上昇



Coyote (*Canis latrans*) observed near San Francisco, CA, USA by Nathanael Aff.

生態学

ヒトの健康

種の分布

種のおカレンス
637,526件

スペイン、ポルトガル

イベリア半島における研究:ロックダウン中の人間活動減少が大気質改善と生息地の適性向上に関連

COVID-19ロックダウン中の交通量と産業活動の減少は、世界的に大気・水質の改善をもたらしました。このいわゆる「人類活動休止期」において、通常の間活動が消えた主要都市の中心部に突然野生生物が出現したという数多くの事例報告が示すように、一部の種は分布を移動させた可能性があります。

本研究では、2020年と2021年のロックダウン期間中にイベリア半島における生息地の適性が向上したかどうかを調査しました。研究者らは、GBIFを介した381種の在来維管束植物、両生類、爬虫類、鳥類、哺乳類のおカレンスデータを用い、パンデミック制限発令前・期間中・発令後のリモートセンシングによる5つの環境変数に基づく生態ニッチモデルを作成しました。

全体として、モデルは生息地の適性が時間とともに変動し、季節的なパターンを示すことを明らかにしました。しかし、2度のロックダウン期間中、生息地の適性は2017年7月から2022年8月までの研究期間全体を通じて最高値を記録しました。著者らはこれらの結果を大気質データと移動データ

と比較し、人々が自宅待機した際の大気汚染の減少と、それによる種の“生息地の質”への好影響との間に明確な相関関係を見出しました。

公衆衛生対策として実施されたCOVID-19ロックダウンは、SARS-CoV-2ウイルスの制御不能な拡散を防ぐことを目的としていました。これらの期間は個人と社会の双方にとって困難なものではありませんが、本研究の結果は、生物多様性と環境に対する人間活動の影響の真の大きさを理解する上で、ユニークな機会を提供していることを浮き彫りにしています。

Sillero N, Campos JC,
Arenas-Castro S & Alirio J

Portugal

Species habitat suitability increased
during COVID-19 lockdowns

Global Ecology and Conservation

doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e02977



クイーンズランド州に生息するオオコウモリに 寒さなし



Black flying fox (*Pteropus alecto*) observed near Pine Creek, Australia by Philip Griffin (CC BY-NC 4.0)

ヒトの健康

生態学

保全生物学

種のおカレンス
88,838件

オーストラリア

クロオオコウモリのねぐら行動は、食物の入手可能性や気象パターンに影響されない

土地利用の変化や外来植物の導入といった人為的な変化は、生態学的景観全体における餌資源の多様性と利用可能性に重大な影響を及ぼします。ヘンドラウイルス—コウモリ由来の感染性病原体—はウマや時にヒトに感染し、オーストラリア全土に存在しています。ヘンドラウイルスの「スピルオーバー（生物種間感染）」発生率は冬季に急増することが知られており、研究者らはコウモリが自然の餌資源へのアクセスが減少するため、都市部での採餌活動増加を通じて人間との接触機会が増えるのではないかとこの仮説を立てました。

本研究で、研究者らは2007年から2020年にかけてクイーンズランド州全域のクロオオコウモリ（オオコウモリの一種）における冬季のねぐら選択に及ぼす様々な環境要因の影響を調査しました。

GBIFからアクセスしたデータとクイーンズランド植物標本館の植生図を用い、著者らはクロオオコウモリにおける典型的な冬季食樹種と非典型的な冬季食樹種の生息地を特定しました。コウモリのねぐらから20km圏内の在来植物と外来植物の分布を分析し、餌物源の密度、位置あるいは安定性が冬季のねぐら選択に影響するかを検証しました。オーストラリア気象局のデータを活用し、環境混合効果モデルを用いて月別降水量と気温パタ

ーンの影響を評価しました。

結果から、餌の入手可能性も食性構成もコウモリの生息を強く予測する要因ではないことが示されました。生息地が安定した在来餌資源と関連する場合もありましたが、これは信頼性のあるパターンとは認められませんでした。過去の平均気象条件と冬季生息地の特性との相互作用が冬季のねぐらの占有率に影響を与える証拠も確認されませんでした。

コウモリだけでなく、ウマやヒトへのスピルオーバー効果に対しても、将来発生し得るヘンドラウイルスのアウトブレイクへの備えと対応力を強化するためにも、冬期におけるコウモリの移動を深く理解するためには、より詳細な分析が必要です。

Baranowski K, Bharti N

United States

Native and non-native winter foraging resources do not explain *Pteropus alecto* winter roost occupancy in Queensland, Australia

Frontiers in Ecology and Evolution

doi.org/10.3389/fevo.2024.1483865



ペストと降水量：気候に対する疾病応答を媒介する保有宿主種の役割



Steppe polecat (*Mustela eversmanii*) observed near Yushu, Qinghai, China by yaoyao (CC BY-NC 4.0)

ヒトの健康

種のおカレンス
341,161件

中国

清代中国におけるペストの回顧的研究は、降水量の役割が限定的であると示唆：疾病の強度差は保有宿主種の応答では説明できず

中国における第三次腺ペスト大流行期(1772–1964年)において、疾病発生率は降水量と相関を示しましたが、中国北部と南部では異なる反応が見られました。先行研究はこの差異を、一部の保有宿主種とその気候的ニッチの違いに起因すると説明してきました。

本研究ではこの仮説を検証するため、GBIFを介した33種の既知哺乳類の保有宿主種と1種のノミ媒介者(ネコノミ)の種のおカレンスと気候データと組み合わせた環境ニッチモデリングを用いました。著者らは各種について現在の気候下でモデルを構築し、それらを18～19世紀の過去の気候シナリオに遡及適用しました。

国内北部と南部の保有宿主種を比較した結果、降水量に対するペスト発生率の応答が保有宿主種の応答の違いを介して生じるという仮説を支持する証拠はほとんど見られませんでした。実際、降水量はモデルにおいて重要な予測因子とは全く見なされず、いずれの地域においても降水量に対する一貫した応答は認められませんでした。

Fell HG, Jones M, Atkinson S, Stenseth NC, Algar AC

Canada, United Kingdom, Norway, China

The role of reservoir species in mediating plague's dynamic response to climate

Royal Society Open Science

doi.org/10.1098/rsos.230021



疾病生態学のモデリング：ブラジルにおける 住血吸虫症の宿主巻貝



Schistosoma mansoni specimen from the Naturalis Biodiversity Center (CCO)

ヒトの健康

生態学

種のおカレンス
77,785件

ブラジル

厳密な研究が、ブラジル淡水巻貝を例に、異なるモデリングアルゴリズム、出現データ源、地理的スケールの影響を評価

種分布モデリング (SDM) は、ベクター媒介性の人獣共通感染症の伝播リスクを評価するための疾病生態学分野における強力なツールとなっています。SDMが急速に進化する中、一貫性のある確かな結果を得るためには、様々なアルゴリズム、データ源、スケールに対する厳密な分析が重要です。

本研究では、研究者たちは複数のSDM手法を比較してその性能と出力を評価するとともに、生物学的・疫学的に意義のある研究システムを用いることで、ブラジルにおける住血吸虫症リスクに関する知見に大きく貢献をしています。この衰弱性疾患は、*Biomphalaria*属の淡水産巻貝と接触した際にヒトに伝播する寄生虫、マンソン住血吸虫 (*Schistosoma mansoni*) によって引き起こされます。

方法論的分析には、専門家によるサンプリング計画とGBIFのそれぞれから得られた3種の巻貝のおカレンスデータに加え、気候、水文学、土壌、土地利用に関する高解像度データが組み合わせられました。著者らは3種類のモデリングアルゴリズムを用い、州レベルから国家レベルまで空間範囲を変化させたモデルを構築しました。

モデルはいずれも概ね良好な性能を示しましたが、全国規模での予測精度は手法の違いによ

て著しく異なりました。分布予測図を提示したところ、専門家は一貫して既知のカタツムリ生息地に最も適合するとしてブースティング回帰木 (Boosted Regression Tree) 型を最良と評価しました。より小さいスケールでは、3つのアルゴリズム間で予測精度はより一貫性がありました。

データソースの影響を比較するため、著者らは専門家による現地調査データとGBIFを介したおカレンスデータに対し、別々のモデルを作成しました。両モデルとも良好な性能を示したものの、予測マップには大きな差異が見られました。しかし最終的に専門家は、統合モデルによるマップの方がカタツムリの分布をより適切に表現していると判断しました。

Singleton AL, Glidden CK, Chamberlin AJ, Tuan R, Palasio RGS, Pinter A, et al

Brazil, United States

Species distribution modeling for disease ecology: A multi-scale case study for schistosomiasis host snails in Brazil

PLOS Global Public Health

doi.org/10.1371/journal.pgph.0002224



サハラ・サヘル地域に生息する医療上重要な 毒ヘビに気候変動が及ぼす影響



White-bellied saw-scaled viper (*Echis leucogaster*) observed in Assa-Zag, Morocco by Samuel GUIRAUDOU (CC BY 4.0)

ヒトの健康

気候変動

種のおカレンス
478件

シロハラノコギリヘビに適した気候のモデリングでは、全体的な安定性が示されつつ、世紀末にかけて大幅な増加が見込まれ、ヘビ咬傷リスクの潜在的な高まりが予測される

アフリカの他の蛇類を全て合わせたよりも多くの死亡事故を引き起こすノコギリヘビ属 (*Echis* spp.) は、医学的に世界で最も重要なヘビ類の一つと言えます。12種の既知種のうち、*E. leucogaster* はサヘル地域の西半分からさらに北のサハラ砂漠にかけて生息し、分布域の北縁に沿って孤立した個体群が点在しています。*E. leucogaster* の現在および将来の分布に関する知見を深めるため、本研究ではGBIFを介したオカレンスデータ、文献記録、未発表の博物館標本データを用いた生態的ニッチモデリングを実施しました。オカレンスデータと気温・降水量に関する生物気候変数を組み合わせ、著者らは2つの温室効果ガス排出シナリオに基づき、現在、2050年頃、21世紀末における本ヘビ種の潜在的な分布をモデル化しました。

現在 *E. leucogaster* の生息に適していると予測された地域は、既知の生息分布と良好に一致しました。最適生息域はサヘル地域のアカシアサバンナ、ならびに北・西サハラの乾燥性ステップ及び森林地帯内に確認されました。モデルはアルジェリア北東部からチュニジア中部にかけての連続的な分布を予測しており、この知見を検証するための今後の系統的調査において重点的に調査す

べき地域を示唆しています。

将来の気候に関する全てのモデルは生息適地が純増すると予測しており、その増加幅は21世紀半ばで12%、2100年までに85%に達すると考えられました。現在生息可能な地域の88%は将来シナリオ下でも安定的に残りますが、その重心位置は南東方向に50~100km程度移動すると見込まれました。分散能力が限られ生活史の進みが遅いこの毒ヘビにとって朗報ではありますが、都市開発や農地拡大により人間との遭遇やヘビ咬傷のリスクが増大する可能性があります。

Bouam I, Khelfaoui F, Saoudi M

Algeria

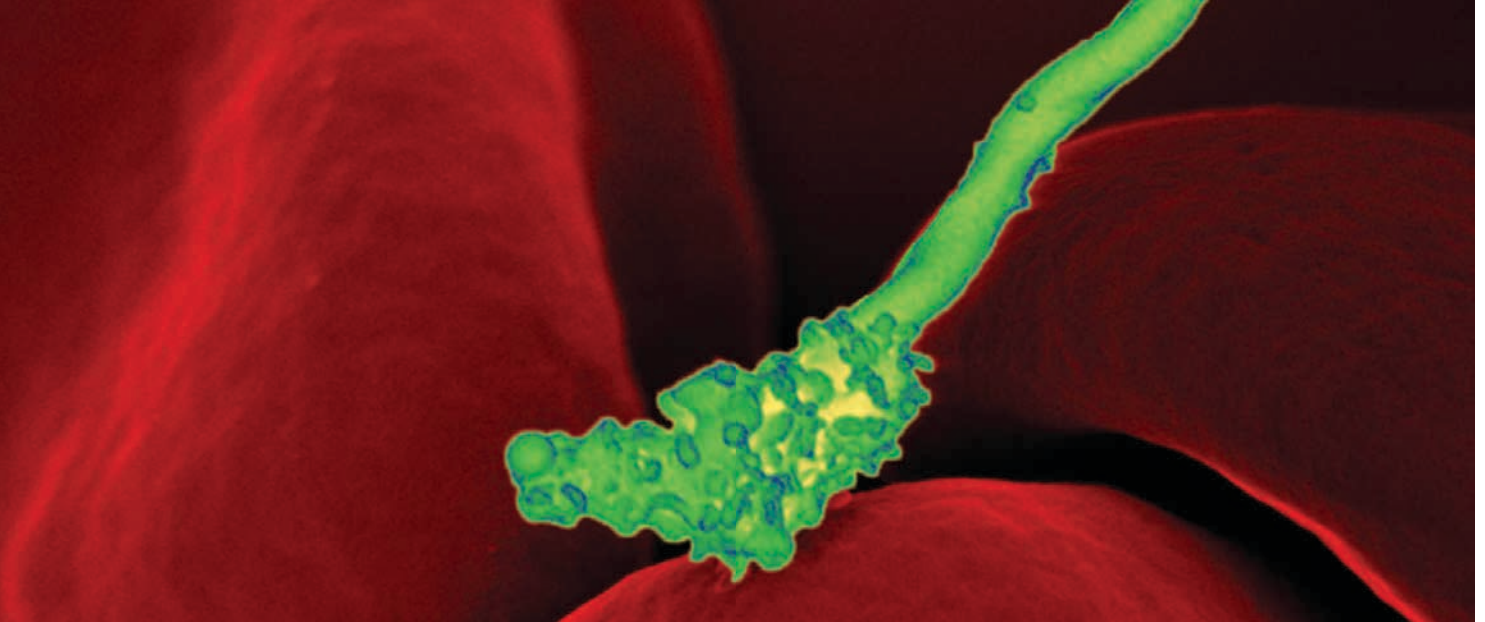
Inferring probable distributional gaps and climate change impacts on the medically important viper *Echis leucogaster* in the western Sahara-Sahel: An ecological niche modeling approach

Biodiversitas Journal of Biological Diversity

doi.org/10.13057/biodiv/d231025



国境を越えるボレリア：病原体と 疾病媒介生物の広範な分布

Genus *Borrelia* (CCO)

ヒトの健康

種のおカレンス
454,405件

研究は、RFGB感染症の同定、監視、診断を世界規模でより一層高める必要性を示唆

回帰熱ボレリア (RFGB) 病原体は、回帰熱を引き起こす細菌として知られています。この疾患は通常ダニやシラミなどの節足動物媒介者によって動物や人間に伝播されます。RFGBは現在、公衆衛生上のリスクを増大させており、比較的幅広い症状を示すため診断が困難です。

この疾患の世界的な分布と関連する健康リスクをより深く理解するため、最近の研究ではRFGBの多様性・分布・潜在的な感染リスクが調査されました。著者らは1874年から2022年までに発表されたRFGBを言及した13,959件の科学論文を精査し、そのうちデータ抽出に利用できた697件から4種の主要なボレリア属細菌を特定しました。その後、GBIFおよびVectorMapを通じて入手したデータを用い、4種のおカレンスを全球グリッドマップ上に可視化しました。機械学習のアルゴリズムを用いて、44の環境・生態気候・生物学的・社会経済的変数を評価し、RFGB感染との潜在的関連性を判定しました。

著者らは、世界中で29種のRFGBが記録されており、そのうち16種の病原体が26,538件のヒト感染例を引き起こしていたことを発見しました。この知見は、RFGBが特定の地理的範囲内の特定の宿主や疾病媒介生物にのみ存在するという従来の仮定に異議を唱えるものです。代わりに、著者らは異なる地理的領域の複数のダニ病原体が同一のRFGB種を保有していることを確認し、これにより「高リスク」の地域は従来報告されていたよりもはるかに広範囲に及ぶ可能性が高いことを示唆しています。

Tang T, Zhu Y, Zhang YY, Chen JJ, Tian JB, Xu Q, et al

China

The global distribution and the risk prediction of relapsing fever group *Borrelia*: a data review with modelling analysis

The Lancet Microbe

[doi.org/10.1016/s2666-5247\(23\)00396-8](https://doi.org/10.1016/s2666-5247(23)00396-8)



エムポックス (MPXV) の世界的な人獣共通感染 および地域間伝播のマッピング



Lorrain dormouse (*Graphiurus lorrainus*) observed near Nouamou, Côte d'Ivoire by dalempijevic1 (CC BY-NC 4.0)

ヒトの健康

種のオカレンス
1,225件

GBIFを介した既知の齧歯類媒介者のオカレンスデータを用いて、エムポックスの人獣共通感染伝播リスクを評価

エムポックスは、西・中央アフリカに固有のエムポックス(サル痘)ウイルス(MPXV)によってヒトや他の動物に感染する人獣共通感染症です。2022年と2023年には、100以上の非流行国でエムポックスのアウトブレイクが発生し、127名の死亡者が出ました。さらに最近では、別のMPXV変異株によるさらに深刻なアウトブレイクで少なくとも450人が死亡しています。

本後ろ向き観察研究では、入手可能な過去の症例報告、アウトブレイクの調査、監視研究を全て収集し、MPXV感染の世界的なデータベースを構築しました。著者らは78カ国からの合計約5万件のヒトにおけるエムポックスの症例をまとめました。

GenBankから取得した525のMPXV全ゲノム配列をリファレンスゲノムにアセンブルしてアラインメントを行い、系統樹を作成しました。その結果、ヒト感染に関連する2つの主要なウイルス系統群(コンゴ盆地系統群Iと西アフリカ系統群II)が明らかになりました。2022-23年の世界的なエムポックスのアウトブレイクは系統群IIの変異株によって引き起こされた一方、最近の中央・東アフリカにおける感染の急増は系統群Iの変異株が原因です。

人獣共通感染症伝播リスクモデルを構築するため、著者らはGBIFを介したオカレンスデータを用いて2種の保菌宿主であるアフリカヤマネ属

*Graphiurus lorrainus*と*Graphiurus crassicaudatus*の種多様性および分布をマッピングし、4つの気候変数と統合しました。このモデルはアフリカ28カ国においてヒトのMPXV感染リスクが高いと予測し、コンゴ民主共和国が最大の高リスク地域かつ人口を抱える国であることを示しました。

世界の航空旅行パターンを分析した結果、著者らは国境を越えたエムポックスの症例はナイジェリア、ガーナ、コートジボワールなどの流行国から生じる可能性が最も高いと予測しました。一方、西ヨーロッパ諸国、特に英国、スペイン、ドイツはヒトのエムポックス症例を輸入する高いリスクにあると予測されました。

Sun YQ, Chen JJ, Liu MC,
Zhang YY, Wang T, Che TL, et al

China

Mapping global zoonotic niche
and interregional transmission
risk of monkeypox: a retrospective
observational study

Globalization and Health

doi.org/10.1186/s12992-023-00959-0

DOI



タバコ：健康と生物多様性に悪影響



Tobacco cultivation in Lijiang, Yunnan, China. Photo by Brian Sterling, via Flickr (CC BY-SA 2.0)

ヒトの健康

農学

保全生物学

種のおカレンス
34,880件

中国

中国雲南省におけるタバコ産業の影響に関する研究は、農業強度と生物多様性リスクの間に有意な相関関係があることを明らかに

雲南省は中国で最も生物多様性が高い省で、総栽培面積が47万3千ヘクタールに達する世界最大のタバコ生産地域です。タバコの発がん性は十分に報告されており、ヒト健康への全般的な悪影響が広く知られているにもかかわらず、雲南省のタバコ農地は2010年から2020年にかけて30%以上拡大しました。

本研究では、研究者らが雲南省の県レベルにおいて、タバコ (*Nicotiana tabacum* L.) 栽培と植物多様性の減少との潜在的な関連性を調査しました。同地域で栽培されるコーヒーや茶などの他の農産物は、土壌の健全性を維持する持続可能な手法に依存することが多い一方、タバコ栽培は農薬や化学肥料を多用するため、土壌劣化や水源汚染を引き起こします。

著者らは、GBIFを介した全高等植物の種のおカレンスを収集し、気候データと組み合わせることで、当該地域における絶滅危惧植物の生息適性と潜在分布をモデル化しました。彼らは、農業活動と生物多様性への影響との関係性を評価するた

め、タバコの栽培強度と樹木被覆率に関する地理空間情報を追加しました。

分布確率と森林減少データを統合し、著者らは生物多様性リスク指数を構築しました。これにより、集約的なタバコ栽培地域と生物多様性リスクのホットスポットとの間にはかなりの重なりが認められました。紅河および文山両自治州の南部のほぼ全ての県が、保全上極めて優先度が高い地域として特定されました。

全体として、本研究では雲南省全域において、タバコ栽培面積が1%増加するごとに植物種の豊富さが0.1%減少すると推定されました。

Shao J, Zhang Q, Wang J

China

Mapping and modelling impacts of tobacco farming on local higher plant diversity: A case study in Yunnan Province, China

Geography and Sustainability

doi.org/10.1016/j.geosus.2024.06.009



金の価値に見合わない：アマゾンにおける 違法金採掘の影響



Golden-white bare-ear marmoset (*Mico leucippe*) observed near Novo Progresso, Pará, Brazil by feelthewildtusk (CC BY-NC 4.0)

生物多様性科学

ヒトの健康

種のおカレンス
55万件

ブラジル

研究で違法な小規模金採掘が環境と健康に及ぼす影響を総合的に評価、社会的コストが潜在的価値の2倍以上であることが明らかに

金価格の上昇に伴い、ここ数年ブラジル・アマゾン地域では違法な小規模採掘が激化しています。採掘に伴う環境や健康へ深刻な影響により、その社会経済的影響は複雑で評価が困難です。

本研究で、研究者たちは小規模金採掘の影響に伴うコストを評価する枠組みを提示しました。採掘活動の規模と、森林破壊・土壌侵食・水銀汚染による影響に基づき価値移転のモデル式を構築し、この枠組みをブラジル・アマゾンのタバジォス川流域における採掘活動への適用した事例研究を提示しました。

まず採掘場の生産性を推定し、その影響を受ける総面積を算出しました。これに基づき、森林再生コストと森林産物・気候調節・生物多様性を含む生態系サービスの価値の両面から森林破壊の影響を評価しました。後者を定量化するため、著者らは採掘現場が所在する自治体の植物・哺乳類・爬虫類・鳥類のGBIFが介するオカレンスデータを用いました。最後に土地劣化と水銀汚染に関連するコストを考慮しました。

非金銭的価値において、タバジォス川流域の採掘活動は、約7,800kgの金生産のために4,500ヘクタール以上に影響を与え、抽出には20kgの純水銀を必要としました。水銀摂取のリスクにさらされた人は37万人に上り、その結果、年間700件の心臓発作と32人の知的障がいのある子どもが出生していると推定されました。

2020年における同地域での違法金採掘の社会経済的総コストは10億米ドルに達し、これは採掘された金1キログラムあたりに換算すると13万6千米ドルに相当しました。金1キログラムあたりの平均価格が5万6800米ドルであることを考慮すると、社会的コストは違法採掘者が採掘から得る利益の2倍以上に上ります。

Gasparinnetti P, Bakker LB, Queiroz JM, Vilela T

Brazil, United States

Economic valuation of artisanal small-scale gold mining impacts: A framework for value transfer application

Resources Policy

doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104259 DOI





PurePrint® by **KLS**
Produced biodegradable
by KLS PurePrint A/S

- ✓ Cover illustration: *Pteropus vampyrus*, The mammals of Australia. London, 1863. Via [Biodiversity Heritage Library](#).
- ✓ Back cover illustration: From Esperienze intorno alla generazione degli insetti. 1668. Via [Biodiversity Heritage library](#).
- ✓ Special section background illustration: Mikrogeologie: das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbständigen Lebens auf der Erde: atlas. Leipzig: L. Voss, 1854-1856. Via [Biodiversity Heritage Library](#).
- ✓ Inner cover illustration: Blossom Bat (*Syconycteris australis* (Peters, 1867), Die Fledermäuse des Berliner Museums für Naturkunde. Berlin, 1899. Via [Biodiversity Heritage Library](#).

📄 **GBIF Secretariat (2025) GBIF Science Review N° 12**

DOI doi.org/10.35035/6bn4-er73

CC **CC BY 4.0**

