

環境研究総合推進費
課題番号 4-2003

植物相の定量的解析による世界自然遺産 候補地西表島の管理基盤情報の確立

研究代表者：内貴章世 研究代表機関：琉球大学

体系的番号：JPMEERF20204003

【重点課題】

13. 生物多様性の保全に資する科学的知見の充実や対策手法の技術開発に向けた研究
14. 生態系サービスの持続的な利用やシステム解明に関する研究・技術開発

【行政ニーズ】

- (4-2) 侵略的外来種の早期発見・早期防除技術等の開発
- (4-3) 絶滅危惧種の新種記載及び国内希少野生動植物の同定の簡便化に対応するDNAバーコード・ライブラリの充実促進等に向けた研究
- (4-6) 国立公園における利用と保護の両立を図る公園計画策定手法の開発

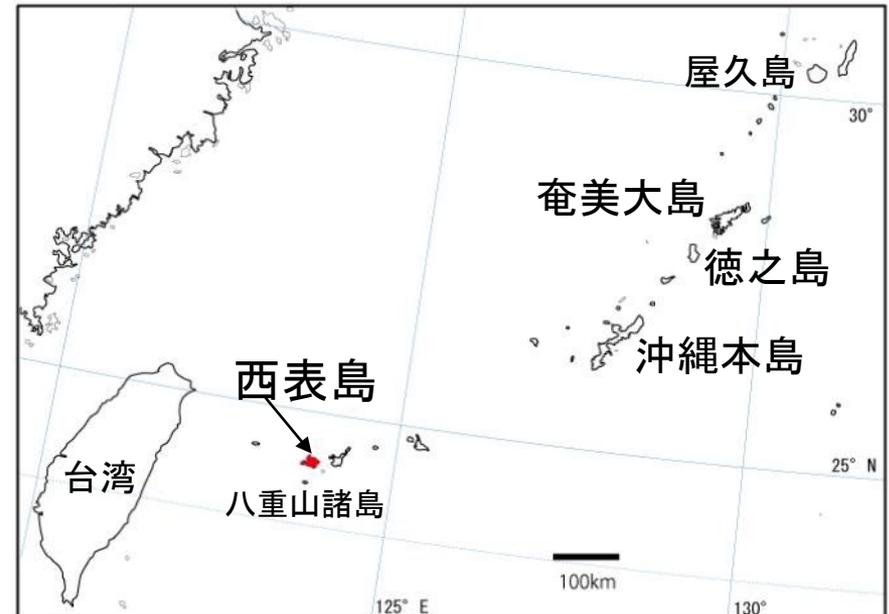
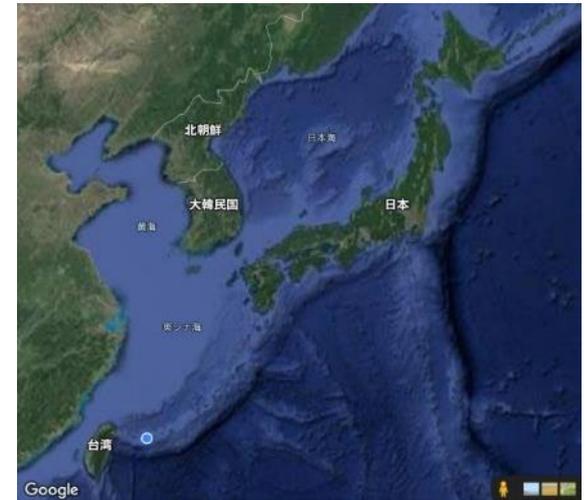
研究実施期間：令和2年4月1日～令和5年3月31日

研究体制：サブテーマ1（課題名と同じ）のみ

西表島

- 八重山諸島の一つ(面積約289km²)
- 島の9割が森林(2次林含む)で覆われ、日本に自生する維管束植物の約1/6(約1200種)が分布
- 島のほぼ全域が国立公園(2016年拡張)

豊かな森林生態系が残る島



植物相のデータは世界自然遺産登録後こそ必要

2021年に沖縄本島北部、奄美大島、徳之島とともに世界自然遺産登録に向けてユネスコ世界遺産センターに登録勧告

IUCNからの指摘(初回推薦時)

- 観光管理の仕組み
- 絶滅危惧種等のモニタリング
- 侵略的外来種の駆除・管理

対応

- 重点的保護区設定
- 植生モニタリング
- 絶滅危惧種保全
- 外来生物防除

植物に関してこれらの対応を行うためには
植物相の基盤データが必要

その地域のどこにどんな植物が分布するかのリスト

西表島の植物相データは不十分

これまでのデータ

- ・調査された場所が限られており、データに偏りがある
- ・道の無い場所はほとんど調査されていない



どこにどんな植物が分布しているか十分に分かっていない

GBIFより西表島で
採集された植物
約700点の位置
情報をプロット

近年、観光利用の形態が変化し、
これまで人が入らなかった場所
にも入りつつある

Google

網羅的かつ定量的な植物相データを早急に整備することが必要

研究の目的

西表島で、全維管束植物を対象とした網羅的・定量的な植物相研究を行い、環境政策に資する基盤データを整備する

期待される環境政策等への貢献

- ・国立公園内での効果的な重点的保護区の選定
- ・植生モニタリングの起点データとしての活用
- ・絶滅危惧種の効果的な保全策の策定、ランクの変更
- ・侵略的外来種の効率的な防除

研究目標

以下の2つを明らかにする

① 西表島のどの地域で植物の種多様性が高いのか？

- (1) 西表島の全維管束植物種（絶滅危惧種・外来種含む）のリストおよび分布図
- (2) 全島をカバーする210地点の多様性マップ，植生マップ

② 絶滅危惧種はどのような環境下に生育しているのか？

分布地の環境の記録

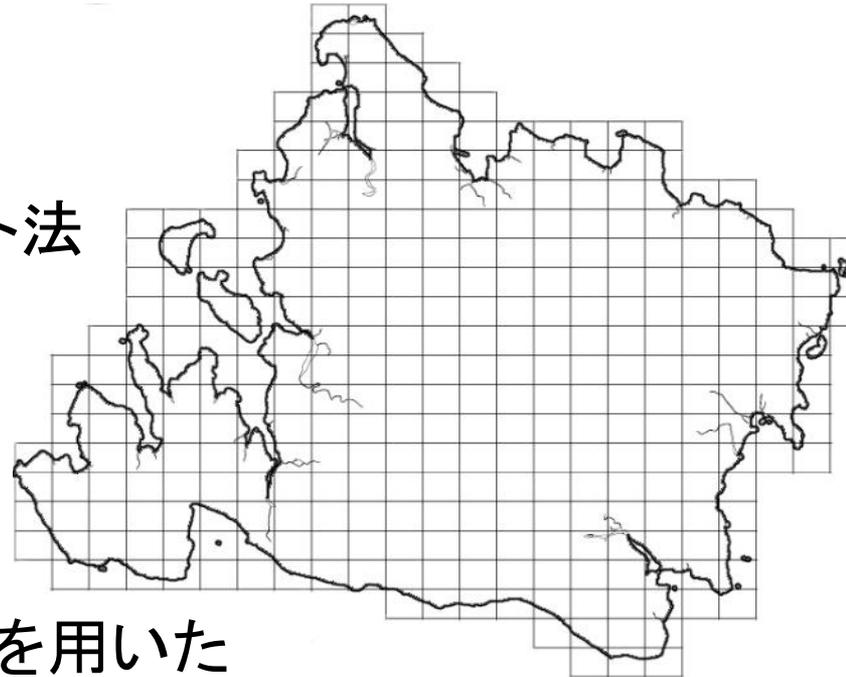
- (3) 生態ニッチモデリング解析による全絶滅危惧種・侵略的外来種の潜在的分布地予測，将来の分布予測マップ（解析可能な種に適用）

研究内容概略

西表島で、全維管束植物を対象とした、網羅的・定量的な植物相研究の実施

方法:

- 全島を覆う 1 km^2 メッシュを踏査 
 - 各メッシュに1本のベルトランセクト法による植生プロット調査(後述)
- 
- 分布情報そのものの整備と、それを用いたマッピングと生態ニッチモデリングによる解析



網羅的・定量的分布情報を用いた解析の流れ

位置情報を紐付けた
植物種のリスト

	緯度	経度	標高	...
種A	●m	
種B	▲m	
種C	◆m	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

+

環境情報
(地形・気候など)



生態ニッチモデリング
(解析可能な種に適用)



気候変動シナリオ

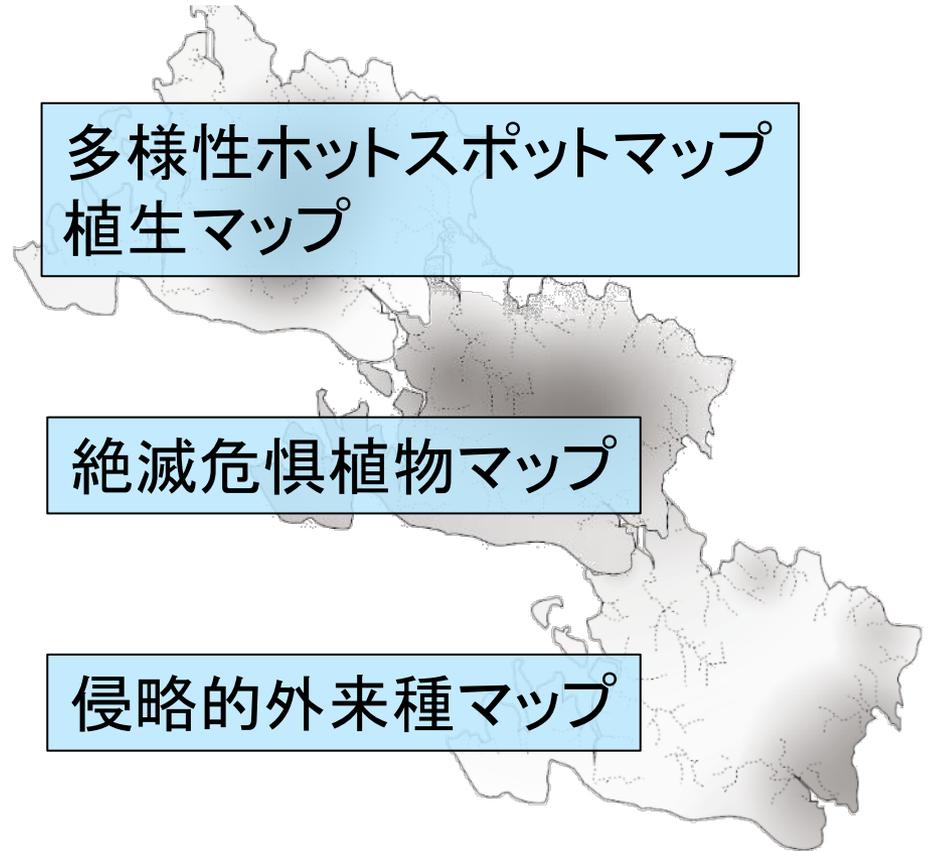
絶滅危惧種・侵略的外来種
分布予測マップ



多様性ホットスポットマップ
植生マップ

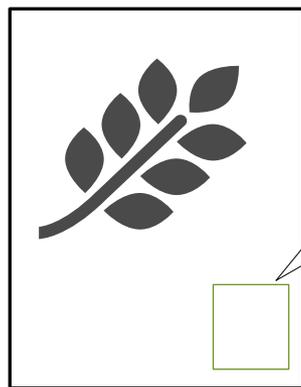
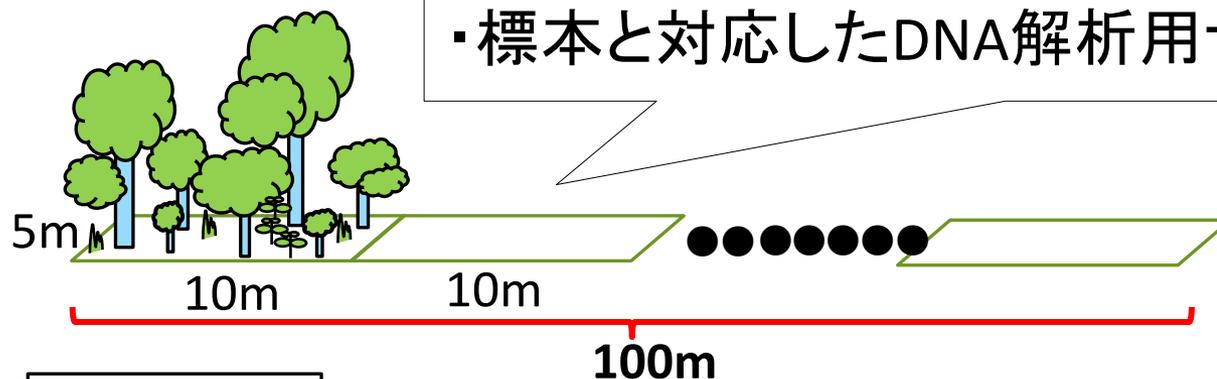
絶滅危惧植物マップ

侵略的外来種マップ



ベルトランセクト法(以下ランセクトと略記)

- ・セクション(5 × 10 m)毎に全維管束植物種を記録
- ・樹高と胸高直径を測定
- ・花・果実の有無に関係無く全種の標本を作製
- ・標本と対応したDNA解析用サンプルの採取



標本に従来よりも多くの情報を付加
(標高、緯度・経度+斜面方位・斜度・植生)



とりこぼしなく、網羅的・定量的に調査できる

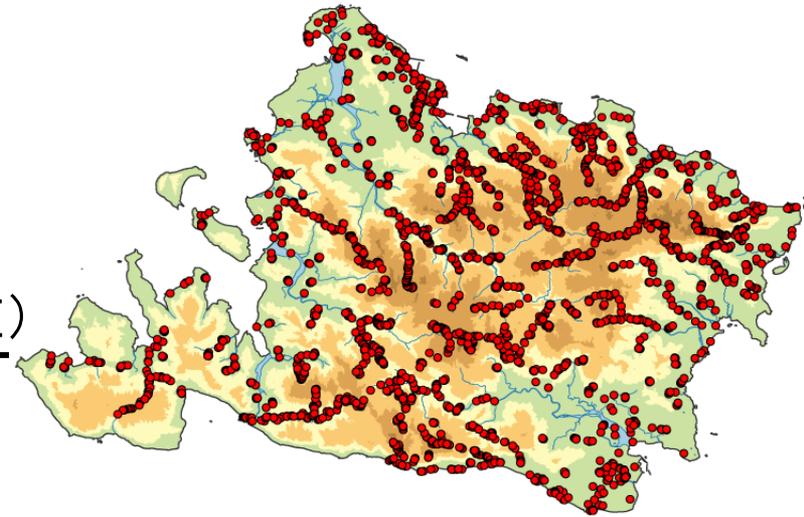
標本の採集状況

- 採集標本点数

推進費プロジェクト開始以前: 16,009点

令和2～4年度: 15,957点 (R.5 3/31現在)

合計: 31,966点



- 西表フロラチェックリスト: 1,577種 (自生1,287種 + 外来290種)

- 過去のものも含めた証拠標本のある種
(大学や博物館等の標本, 文献での引用標本):

自生1,109種 (86.4%) + 外来266種 (92.7%)

- うち本プロジェクト野外調査で標本採集済み:

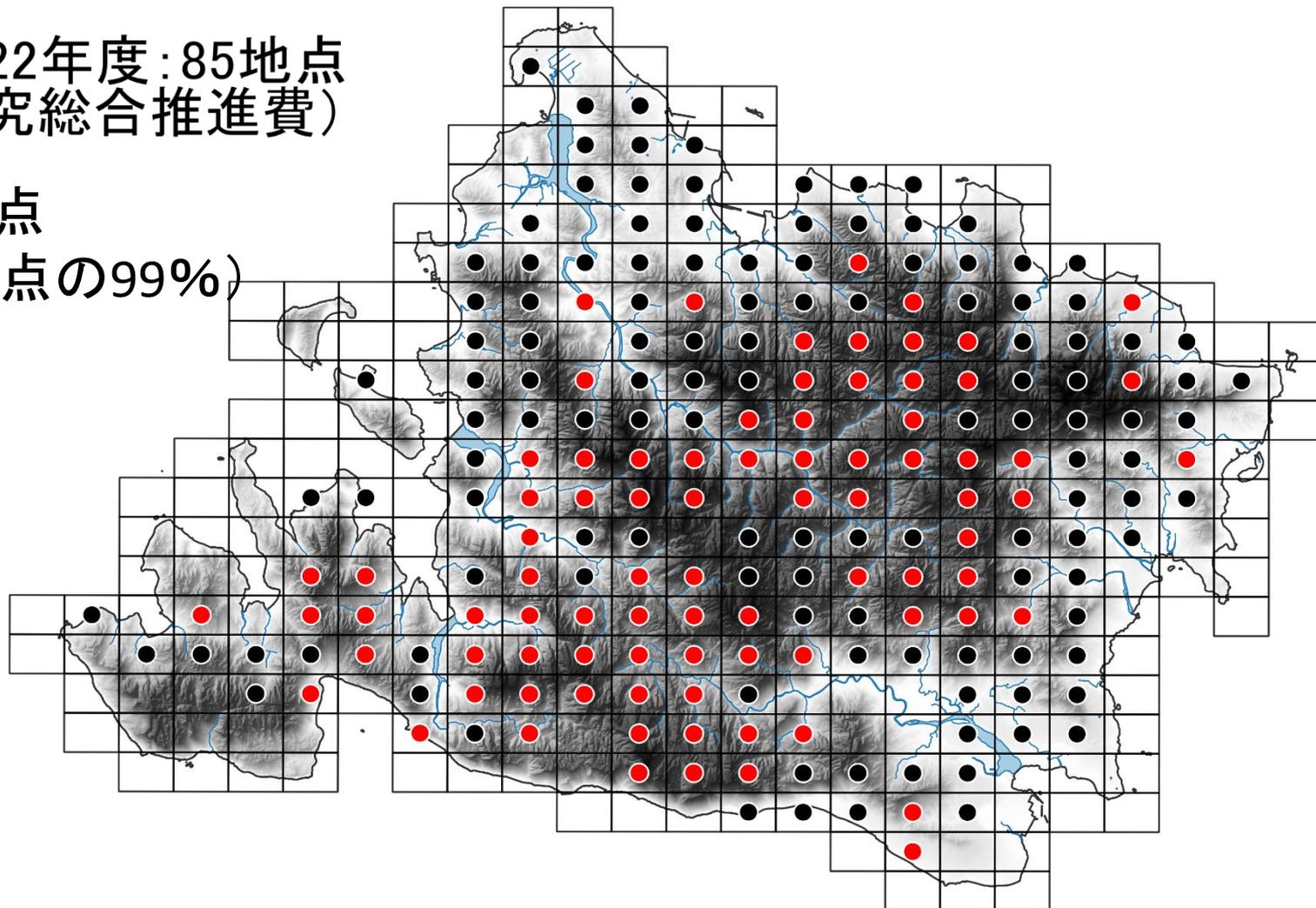
自生857種 (66.6%) + 外来182種 (62.8%)

トランセクト調査の達成状況

● 2017-2019年度: 123地点
(琉球大学 研究プロジェクト推進経費)

● 2020-2022年度: 85地点
(環境研究総合推進費)

合計208地点
(目標210地点の99%)



種の多様性、絶滅危惧種数

種多様性・・・トランセクト出現種数を3次メッシュごとに集計

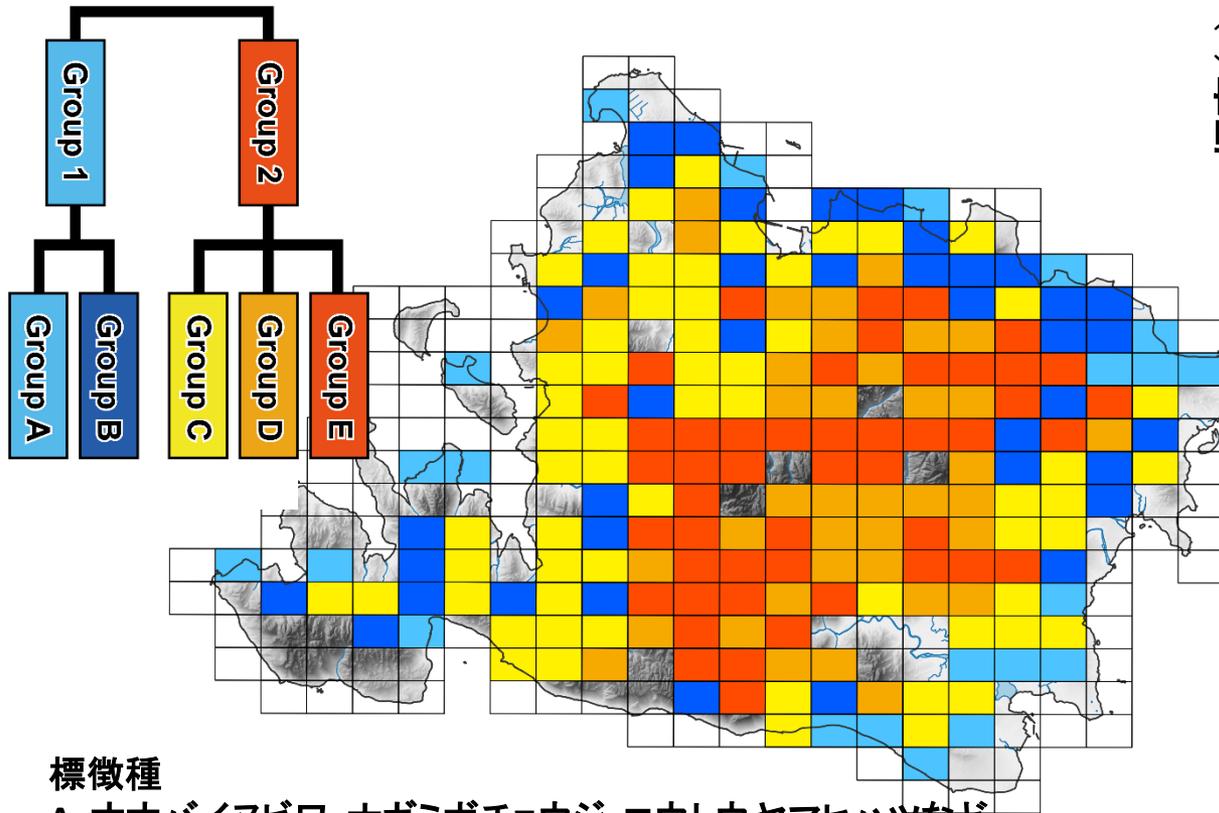
- ・島の中心部ほど種多様性が高い傾向(特に北東部、中南部)
- ・出現種数は40～166種

絶滅危惧種数・・・トランセクトに出現したVU以上の絶滅危惧種

- ・調査区の84%(175/208地点)において1～11種が出現
- ・種多様性と絶滅危惧種数は必ずしも対応していなかった

植生マップ(出現種によって植生タイプを分類)

Isopam 法で各調査地における種の出現パターンをクラスタリング



標徴種

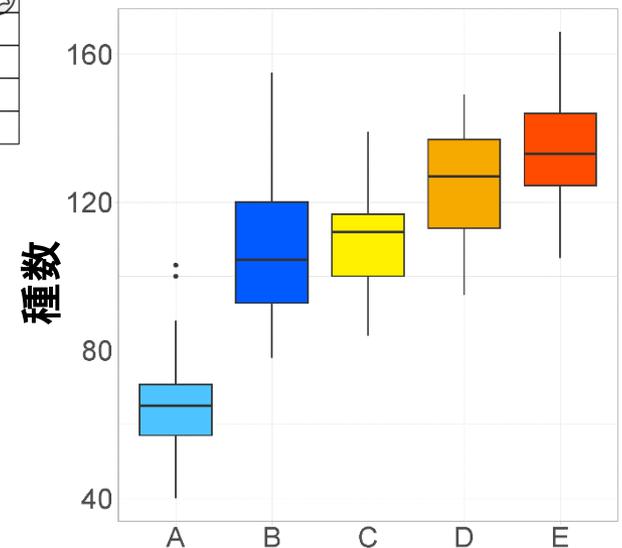
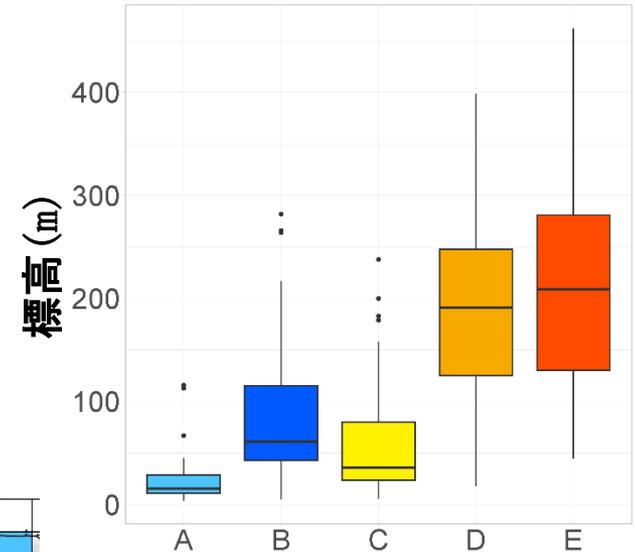
A: オオバイヌビワ, ナガミボチョウジ, コウトウヤマヒハツなど

B: トウツルモドキ, ナガバコバンモチ

C: なし

D: ヒサカキサザンカ, ミミズバイ, エダウチホングウシダなど

E: ヘツカシダ, トキワヤブハギ, ニコゲルリミノキ, ヤマビワソウなど



絶滅危惧植物の生態ニッチモデリング解析

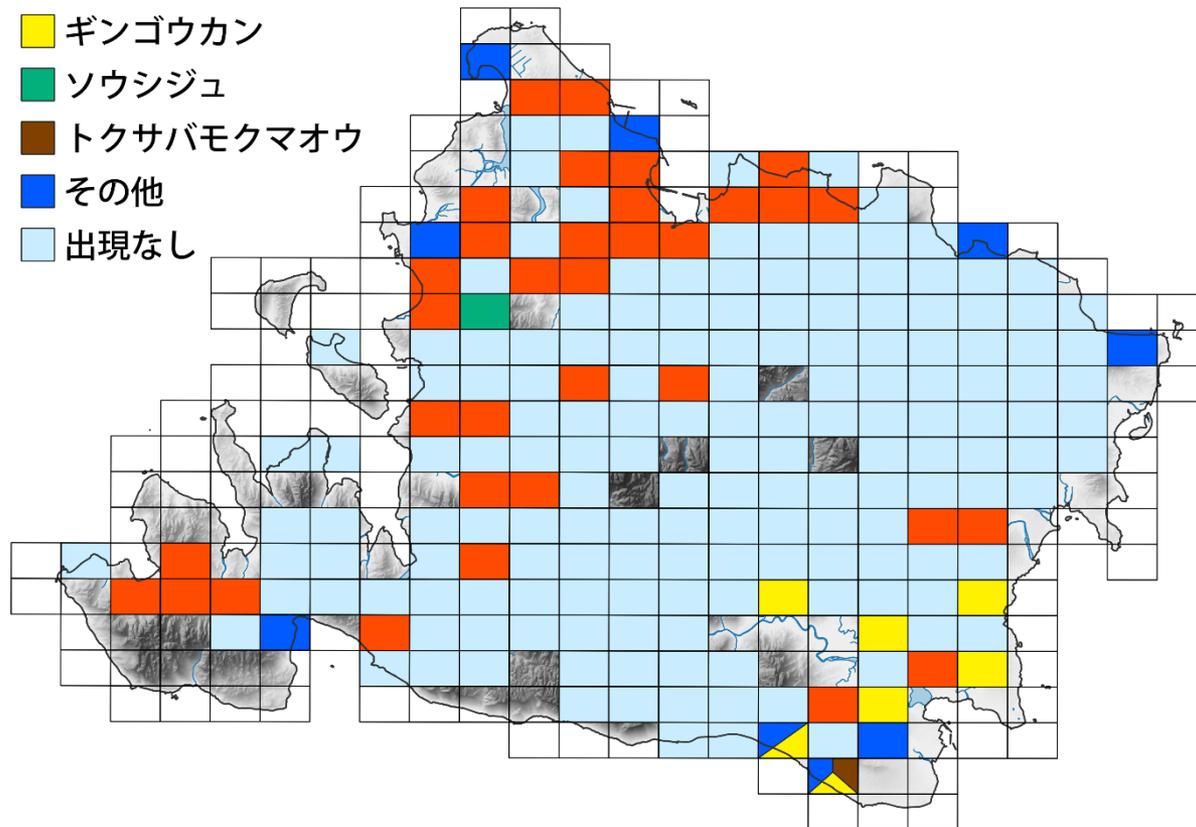
1. 解析可能な37種の絶滅危惧植物について、MaxEntを使用した潜在的分布地予測図を作成した
 - ・分布への寄与度の高い環境変数・・・種により異なる
 - ・11種で比較的良好な予測ができた一方で、予測精度が不十分な種が多かった
 - ・・・[今後]島単独より島外分布データも加味して解析
 - ・岩壁・土崖に生育する種は予測が困難
 - ・・・変数の追加・選択を改良
2. 気候変数の寄与度が高い絶滅危惧植物5種で将来予測図を作成
 - 今後の気候変動による気温上昇で
 - ・4種・・・分布縮小・ほぼ消滅
 - ・1種・・・分布拡大

外来植物の分布状況(トランセクト内)

- ・調査区の23.6% (49/208地点)
に外来種が出現

トランセクト内の外来種

- フトモモ
- ギンゴウカン
- ソウシジュ
- トクサバモクマオウ
- その他
- 出現なし



フトモモ



定着予防外来種

ギンゴウカン(ギンネム)



重点対策外来種

緊急対策外来種アメリカハマグルマ

- ・キク科多年草、世界各地に帰化
- ・繁殖力が旺盛で地面を覆うように拡がり在来植生にも悪影響



踏査およびドローンを使用した空撮画像を用いて詳細な分布調査



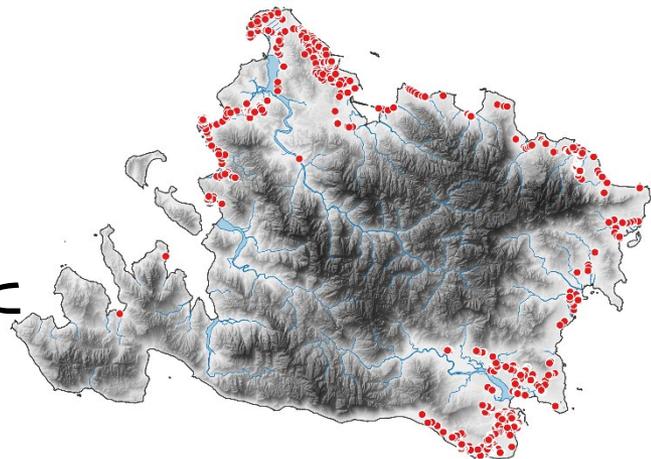
- ・現在の分布図
- ・生態ニッチモデリング解析による潜在的分布地予測図



緊急対策外来種アメリカハマグルマ

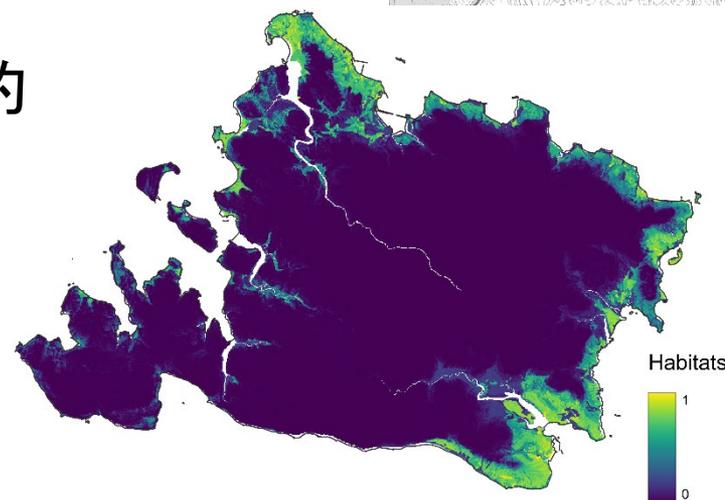
現在の分布

- ・西表島各地に拡がり、大面積で繁殖しているところもみられた
- ・隔離された場所や一部の林道に侵入



潜在的分布予測図

- ・現在は分布が見られないが、潜在的な分布域と予測される地域が存在
- ・今後分布が拡大する懸念がある場所付近を優先して防除の必要

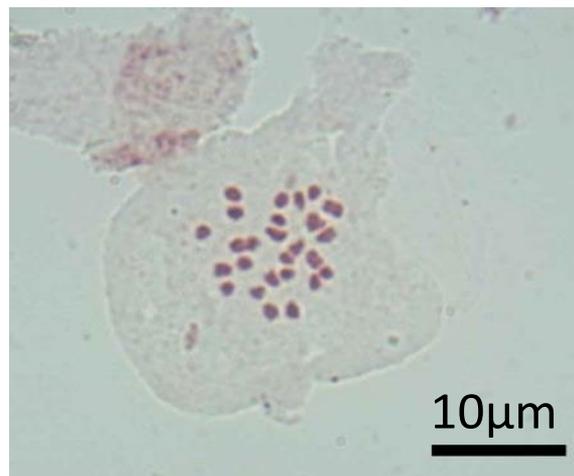
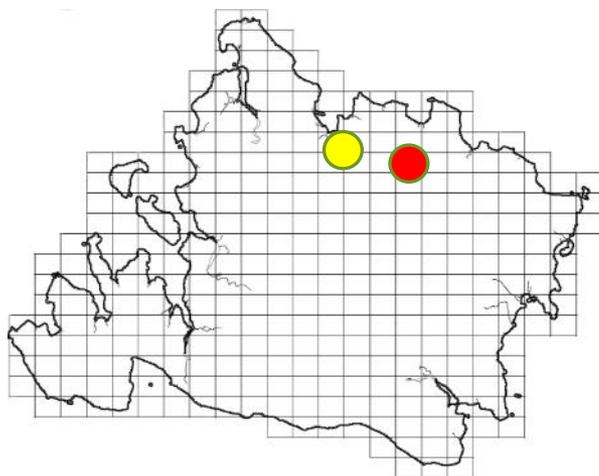


DNAバーコーディング・系統解析

・新産種、同定困難種、分布上興味を持たれる種はDNAバーコーディング・系統解析

- ホソバノキミズ *Elatostema lineolatum* var. *majus*
 - ・・・核のITS, 葉緑体 *trnH-psbA* の配列が台湾のもの
と一致。染色体数を3個体で確認。 $2n = 26$ で台湾産
のもの (Kanemoto 2018) と同じ (Naiki *et al.* 2022)

- ホソバムラサキ *Callicarpa pilosissima*
 - ・・・葉緑体DNAの2領域が台湾のもの
と一致 (山本ら 2023)



ホソバノキミズ



ホソバムラサキ

環境政策等への貢献

国立公園内での効果的な重点的保護区の選定

- ・本研究結果を用いて重点的に保護する地区、新たに観光での立ち入りを制限する地区を選定する際の資料として活用
- ・公園計画の一部変更や新たな指定種の根拠資料として活用

植生モニタリングの起点データとしての活用

- ・観光利用での植生変化モニタリングの対照区としての利用
- ・今後の植生モニタリングの起点データとして活用

絶滅危惧種の効果的な保全策の策定、ランクの変更

- ・種レベルでの保全が必要な種を選定に利用
- ・ランク変更の検討資料として活用

侵略的外来種の効率的な防除

- ・優先的に対策する地域を選定する際の資料として活用

ノヤギ対策

- ・調査時のトラッキングデータを対策に利用

環境政策等への貢献

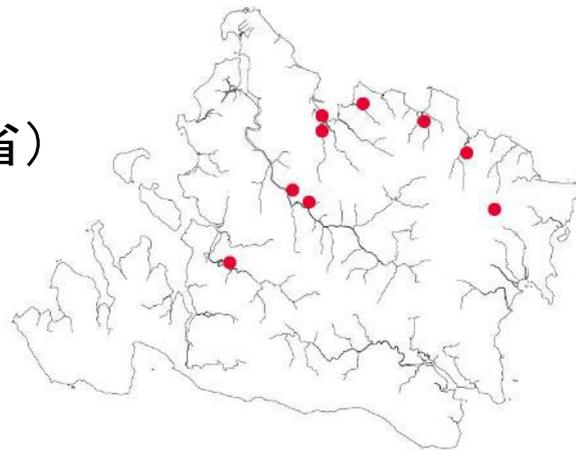
国立公園内での効果的な重点的保護区の選定

- ・本研究結果を用いて重点的に保護する地区、新たに観光での立ち入りを制限する地区を選定する際の資料として活用
- ・公園計画の一部変更や新たな指定種の根拠資料として活用

環境相事業への助言・協力

環境省が令和元年度「奄美大島、徳之島、沖縄島北部及び西表島」世界自然遺産推薦地における観光利用による影響把握手法検討業務を受託した事業者への助言と調査協力

- ・ 観光客がよく訪れる場所に利用者カウンター設置(環境省)
- ・ カウンター付近のトレイル幅・植生がどのように変化するかをモニタリング(本事業)



研究目標の達成状況

① 西表島のどの地域で植物の種多様性が高いのか？

- (1) 西表島の全維管束植物種（絶滅危惧種・外来種含む）のリストおよび分布図
- (2) 全島をカバーする210地点の多様性マップ、植生マップ

➡ 目標どおりの成果をあげた

85箇所の特ランセクト法および踏査によって西表島の維管束植物15,957点の標本を作成し、従来の123箇所の特ランセクトデータと合わせて208箇所31,966点の標本を得た。これらに基づき、各維管束植物種の分布図を作成し、種数の多い場所を特定した

また、マップ西表島の208地点の植生マップおよび多様性マップを作成し、西表島の北東部や中南部に多様性の高い地域があることを明らかにした

研究目標の達成状況

② 絶滅危惧種はどのような環境下に生育しているのか？

- 分布地の環境の記録

(3) 生態ニッチモデリング解析による全絶滅危惧種・侵略的外来種の潜在的分布地予測, 将来の分布予測マップ
(解析可能な種に適用)

➡ 目標どおりの成果をあげた

解析可能な絶滅危惧植物・侵略的外来植物の種数は限られるものの、潜在的分布地予測図を作成することができ、さらに気候変数の寄与が高いと判断される絶滅危惧植物については気候変動による将来予測図も作成することができた

研究成果の発表状況

(1) 誌上発表<論文(査読あり)>

- 1) Y. Kajita, H. Toyama, K. Akai and A. Naiki: Acta Phytotaxon. Geobot. 72, 2, 167-177 (2021) (IF: 0.395), Morphology, phenology, and chromosomal observations in *Najas minor* and *Najas chinensis* from Iriomote Island, Okinawa, Japan.
- 2) 梶田結衣、米倉浩司、遠山弘法、赤井賢成、天野正晴、阿部篤志、山本武能、設楽拓人、齊藤由紀子、横田昌嗣、内貴章世: 大阪市立自然史博物館研究報告76, 125-141 (2021) (IFなし), 沖縄県西表島における外来植物目録.
- 3) 梶田結衣、遠山弘法、山本武能、内貴章世: 大阪市立自然史博物館研究報告76, 97-124 (2021) (IFなし), 西表島の維管束植物221種の繁殖フェノロジー: ルートセンサスによる3年間の記録.
- 4) A. Naiki, M. Amano, K. Yonekura, K. Okoshi, Y. Saito, T. Yamamoto, T. Shitara and A. Abe: Acta Phytotaxon. Geobot., 73, 3, 219-226 (2022) (IF: 0.395), A new locality of *Elatostema lineolatum* Wight var. *majus* Wedd. from Iriomote Island, Japan.
- 5) S. Tagane, S. Fujii, S. K. Hirota, A. Naiki and T. Yahara: Phytokeys, 211: 33-44 (2022) (IF: 1.317), *Hydrangea marunoi* (Hydrangeaceae), a new species from Osumi Peninsula, southern Japan.
- 6) Y. W. Low, S. Rajaraman, ..., A. Naiki, ...A. Albert: Nature Commun. 13, 5031 (2022) (IF: 17.694), Genomic insights into rapid speciation within the world's largest tree genus *Syzygium*.
- 7) H. Noda, A. Nishimura, H. Kato, A. Naiki, W. Xiao, M. Martinez, M. Marutani, J. McConnell and K. Takayama: Mol. Phylogenet. Evol. 171, 9, 107455 (IF: 5.019) (2022), Multiple origins of two *Ochrosia* (Apocynaceae) species endemic to the Bonin (Ogasawara) Islands.
- 8) 梶田結衣、米倉浩司、内貴章世: 植物研究雑誌 98, 2, 97-100 (2023) (IFなし), 西表島から日本新産外来植物シマミゾハコベの報告.
- 9) 大越光太郎、天野正晴、山本武能、内貴章世、齊藤由紀子: 沖縄生物学会誌 61, 69-72 (2023) (IFなし), ココヤシ *Cocos nucifera* (ヤシ科) の野生個体を西表島に記録する.
- 10) 山本武能、米倉浩司、阿部篤志、天野正晴、遠山弘法、設楽拓人、田金秀一郎、長谷川文、加島幹男、梶田忠、副島顕子、内貴章世: 植物研究雑誌 98, 4, 178-191 (2023) (IFなし), 沖縄県西表島産希少植物の島内分布調査と記録の確認—維管束植物相解明に向けて.

研究成果の発表状況

(2) 口頭発表(学会等)

- 1) Yamamoto T., Toyama H., Shitara T., Sashimura N., Tagane S., Abe A., Yonekura K., Amano M., Furumoto R., Yokota M., Naiki A : The 9th East Asian Plant Diversity and Conservation (2021)
“Comprehensive and quantitative approach to the elucidation of the flora of Iriomote Island, Japan”
- 2) 恒成花織・伊東拓朗・横田昌嗣・芝林真友・陶山佳久・松尾歩・阿部篤志・内貴章世・瀬戸口浩彰・牧野能士・井鷲裕司：日本植物学会第85回大会（2021）
「日本に2度やってきた国内絶滅危惧種タイワンホトトギス個体群」
- 3) 山本武能・遠山弘法・設楽拓人・指村奈穂子・田金秀一郎・阿部篤志・米倉浩司・天野正晴・古本良・横田昌嗣・内貴章世：日本植物分類学会第20回大会（2021）
「西表島の植物相解明に向けて—全島調査により見えてきた多様性の分布の傾向」
- 4) 米倉浩司・内貴章世：日本植物分類学会第20回大会（2021）
「キク科の侵略的外来種*Praxelis clematidea* (Hieron. Ex Kuntze) R.M.King & H.Rob.八重山諸島に侵入」
- 5) 米岡克啓、藤原泰央、山本武能、内貴章世、海老原淳、村上哲明：日本植物分類学会第22回大会（2023）
「日本の亜熱帯地域に生育するシダの独立配偶体—南太平洋地域に分布するシダ植物は八重山諸島へ到達しうる—」

(3) 国民との科学・技術対話」の実施

Facebookにおいて「西表フロラ（Flora of Iriomote Island）」のページを立ち上げ、研究内容（主に調査中に見かけた注目すべき植物）に関して発信

ページURL: <https://www.facebook.com/Flora.Iriomote>（大学に届け出済み）

(5) 本研究費の成果による受賞

日本植物分類学会第20回大会（オンライン） 大会発表賞、日本植物分類学会、2021年3月8日、山本武能

研究成果の発表状況

(6) その他発表

ポスター発表(学会等)

- 1) 本宮万愛、高橋大樹、田金秀一郎、内貴章世、渡邊謙太、伊藤拓朗、陶山佳久：第54回種生物学会シンポジウム（2022）
「地史および人為によって形成された琉球列島におけるリュウキュウチク節分類群の遺伝的集団構造」
- 2) 本宮万愛、高橋大樹、田金秀一郎、渡邊謙太、内貴章世、陶山佳久：第70回日本生態学会大会（2023）。「琉球列島における照葉樹林構成種の遺伝的多様性の分布」
- 3) 設楽拓人、山本武能、阿部篤志、内貴章世：日本植物分類学会第22回大会（2023）
「生態ニッチモデルを用いた沖縄県西表島における絶滅危惧植物の潜在分布域の推定」

博物館における展示

- 4) 2023年3月4日～19日の期間、沖縄県立博物館・美術館で開催された『奄美大島、徳之島、沖縄島北部及び西表島—世界自然遺産展』において、本研究の成果の一部がパネルで紹介された。