

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2017

課題番号：25440234

研究課題名(和文) 外来生物除去後に目指すべき群集の推定方法 - 小笠原の外来植物の例 -

研究課題名(英文) Community prediction in control projects of alien species based on assembly rules

研究代表者

小池 文人 (Koike, Fumito)

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・教授

研究者番号：20202054

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：侵略的外来生物の防除事業が行われ、在来種が回復するケースもでてきた。この研究では外来種除去後の群集における種の優占度をアセンブリルール(生物相の種特性から群集を予測する統計・機械学習モデル)で予測する。これにより、さまざまな管理シナリオ(任意の外来種の除去、任意の在来種の追加)において成立する群集の予測地図を求めることができる。

研究の流れでは(a)種プールの変化研究、(b)アセンブリルール解析、(c)生態特性データベース構築、(d)生態特性と環境解析、(e)生態特性地図作成、(f)地点での多種の生態特性取得、(g)地点の群集予測と群集地図作成を行う。特に小笠原諸島母島で野外調査を行った。

研究成果の概要(英文)：Many control programs to invasive alien species caused recovery of native species; however, sometimes caused increases in unwanted species. This research aimed to predict abundance of individual species in the biological community by using the assembly rule of communities defined as statistical/machine learning approach based on ecological traits of local species pool. We can predict future community maps after removing invasive species or adding once-extinct native species to the local species pool.

The whole project includes (a) species pool dynamics, (b) analyzing assembly rules, (c) construct trait database, (d) analyzing environmental responses of traits, (e) geographical map of traits in complicated environment, (f) reading traits at a geographical point from the trait map, (g) predicting community at the point and drawing the map of community. We focused on Ogasawara Islands where alien species caused major threat to the endemic ecosystem.

研究分野：群集を中心とする生態学

キーワード：外来生物 アセンブリルール 生態特性 地形環境

1. 研究開始当初の背景

近年になって日本でも侵略的外来生物の本格的な防除事業が行われるようになり、いったん減少していた在来の生物が増加し始めているケースも多い。環境省推進費(D-1101 外来動物の根絶を目指した総合的防除手法の開発、代表：五箇)の分担者としてヒアリングを行った結果では、昆虫から脊椎動物まで6種の外来生物の防除事業のうち、5種で外来生物の密度低下があり、4ケースで在来生物の回復傾向が確認された。しかし、いずれのケースも、最終的に目標とする生態系(さまざまな在来種の種組成と、それぞれの種の目標 abundance)は不明のままであった。

植物においても外来種の防除事業が行われているが、事業完了後の群集内でそれぞれの在来種がどの程度の優占度を持つべきかは不明であり、外来種除去による生態系回復事業の、完成後の設計図は不明確である。

小笠原諸島母島は、世界自然遺産であるが、外来生物の影響により緊急の対策が必要な地域でもある。現在は湿性高木林域で外来種の樹木アカギが優占しつつあり、低地の放棄地や岩地ではギンネムが優占する群集がひろがっている。さまざまな外来動物や外来植物の除去事業がおこなわれており、また復元目的での在来種の野外への植出も行われているが、このためには回復目標とする生態系を明確にすることが必要であろう。

この研究では、外来種除去後の群集におけるそれぞれの在来種の優占度をアセンブリールール(生物相の種特性から群集を予測する統計モデル)で予測する。得られた結果は生態系復元事業における完成後の設計図となる。アセンブリールールによる予測では、種の優占度を目的変数、生物相における種の生態特性を説明変数として、群集内の種の優占度を予測する統計モデルを作成することで、競争などの種間の相互作用の後の群集を予測する(図1)。

ただし種間競争で重要な生態特性が環境の影響を受けることも多い。たとえば樹高は植物の光を巡る競争で重要な生態特性だが、

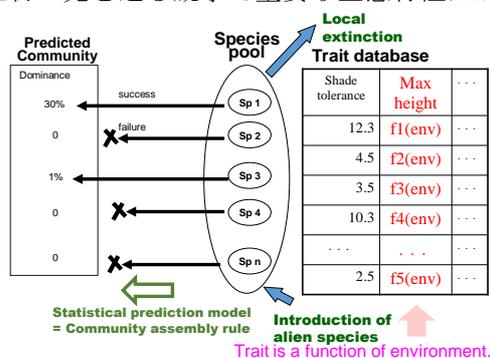


図1. 地域の種プール(species pool)の生態特性(trait database)から、群集での個々の種の優占度を統計的に予測する。

谷地形で高く、尾根地形では低い。このため、地形・立地などの環境と種の生態特性の関係を定量化して複雑な環境で構成される地域全体の群集の予測を行う。また、さまざまな管理シナリオ(任意の外来種の除去、任意の在来種の追加、など)において成立する群集の予測計算を行う。これらにより、管理事業の後の群集の予測を地図化することができるようになる。

2. 研究の目的

この研究の目的は、地形や立地が複雑であるため多様な生物群集が成立する地域全体において、外来種の侵入による地域の種のプール(地域に分布する生物相であり群集形成に参加する可能性のある種)への追加や、外来種の根絶事業や在来種の絶滅による地域の種プールからの削除があったとき、地域全体のさまざまな生物群集がどのように変化するのかを、アセンブリールールを利用して予測することが可能であることを示すことである。

3. 研究の方法

予測のアプローチでは、群集予測に先立って(a)種のプールと種プールの変化について考える。外来種の分布拡大によって地域の生物相は大きな変化を続けており、そのモニタリングと将来予測も必要である。また根絶事業は種プールから外来種を削除するための事業である。

次に(b)群集形成において鍵となる、種間相互作用などに関連する生態特性と、群集内の優占度を生態特性から予測するモデル(アセンブリールール)を明らかにする。植物群集では研究が進んでおり(Shipley et al. 2006, Science 314: 812-814)、極相林では最大高と耐陰性が重要であることが明らかになっている(Koike 2001, Journal of Vegetation Science 12: 327-336)。ただし動物群集ではあまり研究されていない。

野外調査では(c)地域の種プールを形成する種の生態特性を測定し、(d)地形などの立地が生態特性に与える影響を解析して生態特性を環境から予測するモデルを作成する。

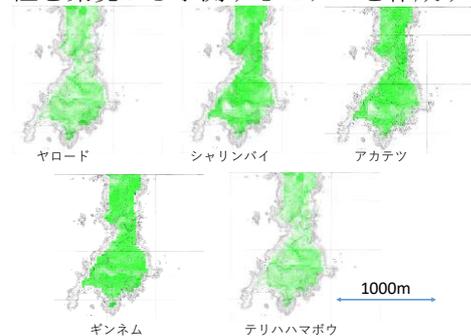


図2. 本研究の結果にもとづく母島における各種(在来種および外来種)の最大樹高の予測地図。色が濃いところで樹高が高い。

群集予測では、まず(e)各種の生態特性を、地形などの環境から上記(d)のモデルで計算し、地域全体の地図のうえの生態特性の違いを表す地図を作成する(図2)。ある地点の群集を予測するには、(f)上記の地図をGISなどで串刺集計して多種の生態特性を取得し、これをもとに、(g)上記(b)のモデルによって群集内の各種ごとの優占度を予測する。地図上の全ての地点で群集予測を行って結果を地図に表現すると群集の予測地図ができる。

この研究では小笠原諸島母島における高等植物に関する(b)-(g)の研究を中心とするが、植物と動物も相互に影響を与え合っており包括的に扱うことが望ましいため、(a)-(b)の過程や動物などの事例についても可能なかぎり情報収集と解析を行った。

#### 4. 研究成果

小笠原諸島母島の植物における野外調査は、湿潤な中央部の乳房山周辺の高地と乾燥した低地や南崎などを中心に島の北部も含めて行った。「研究の方法」における(b)アセンブリールールのモデル化のため群集調査を行った。また(c)種の生態特性もこれまでにシマスズメノヒエ、エダウチチジミザサ、シマニシキソウ、オオトキワイヌビワ、オオバナセンダングサ、リュウキュウマツ、タマシダ、ヘゴ、アカテツ、ムニンナキリスゲ、トキワイヌビワ、ヤブソテツ、パパイヤ、シマオオタニワタリ、ムニンアオガンピ、ムニンネズミモチ、オガサワラススキ、オガサワラボチョウジ、ハチジョウシダ、ホソバクリハラシ、ワダンノキ、オガサワラビロウ、タコノキ、テリハハマボウ、クサトベラ、モクタチバナ、テリハボク、ヤロード、シマシャリンバイ、シマホルトノキ、シマヒゲシバ、キバンジロウ、シマグワ、オオバシロテツ、シマモチ、ウラジロエノキ、セイロンベンケイソウ、ツルダコ、など約75種について測定した。

この結果を用いて、種の生態特性にあたる地形環境の影響を表すモデル(d)(図3, 4)を作成した。この研究では10mメッシュ地形データ(DEM)を用いて集水面積や日射量などの環境を計算し、これが最大樹高に与える影響をモデル化している。これを用いて各種についての生態特性のマップを作成した(e)(図2)。多種の種特性マップを重ね合わせ、ひとつの地点での多種の生態特性を取り出し(f)、これを用いて群集予測を行った(g)(図6, 7)。

極端な例として、在来の優占種であるアカテツが失われた場合を仮定して群集予測を行うと、地点によっては外来種のシマグワが優占してしまうことが予測された(図8)。

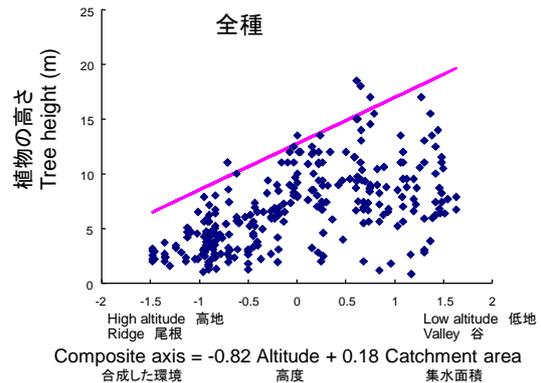


図3. 背の低い個体も混在するデータを用いた最大樹高のモデル化の方法

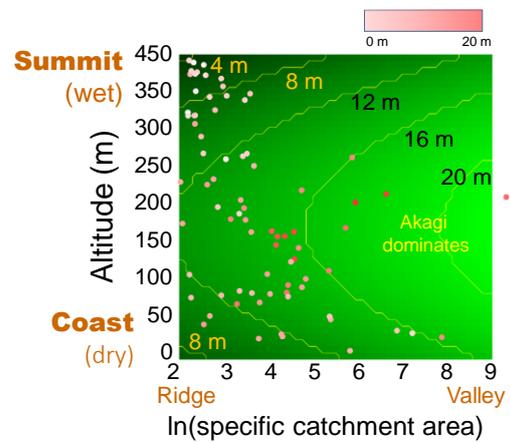


図4. 外来種アカギの最大樹高予測モデル。環境空間内での生態特性の分布を示す。

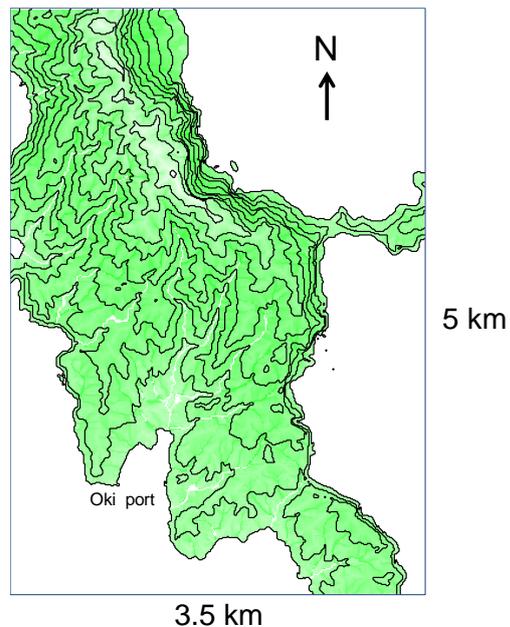


図5. 母島中央部での外来種アカギの最大樹高の分布予測地図

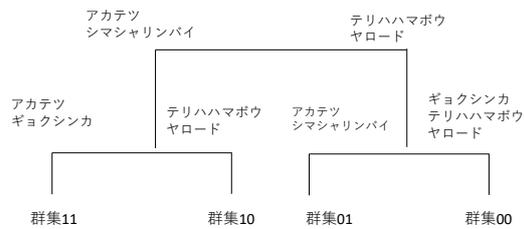


図6. 南崎での面的な群集予測結果を分割型クラスター分析で分類した。種名は各分割における区分種。

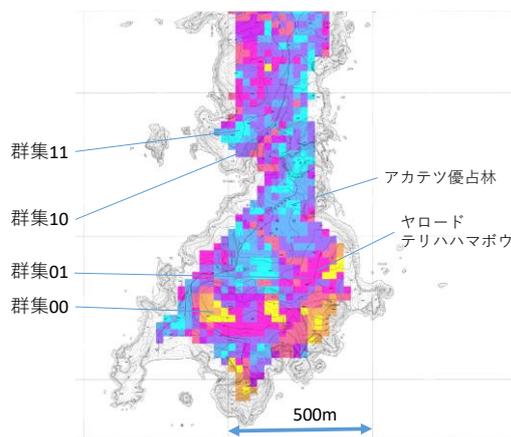


図7. 予測された群集タイプの予測地図

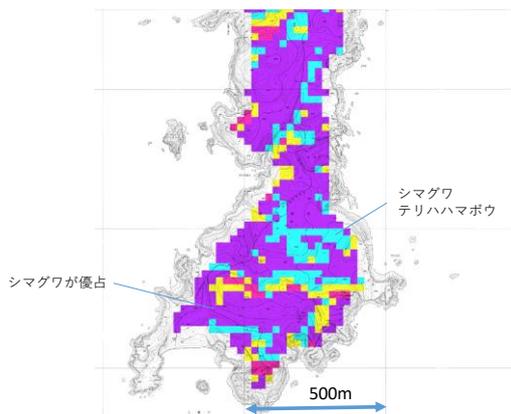


図8. 優占する常緑種であるアカテツなどが種プールから失われたと仮定した場合の群集予測。

このように、地形や立地が複雑で多様な生物群集が成立する地域全体において、種プールの変化があったとき、地域全体のさまざまな生物群集がどのように変化するかを、アセンブリールールを利用して予測することが可能となった。

ただし、いつごろどのような外来種が種プールに加わるかを予測するリスク評価や、動物群集へのアセンブリールールの応用も重要であるため、種プールの変化予測に関する解析や(論文①, ②, ⑤, ⑦), 哺乳類群集も含むアセンブリールールの解析(論文③, ④)を行った。また、将来的に本研究を実際の自然の管理に応用すべき優先順位を明らかにするため、専門家アンケートに基づく重要度評価(論文⑥)を行った。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7件)

- ① Koike, F. and Morimoto, N. 2018. Supervised forecasting of the range expansion of novel non-indigenous organisms: alien pest organisms and the 2009 H1N1 flu pandemic. *Global Ecology and Biogeography*. doi:10.1111/geb.12754. 査読あり
- ② Tatewaki, T. and Koike, F. 2018. Synoptic scale mammal density index map based on roadkill records. *Ecological Indicators* 85: 468-478. doi:10.1016/j.ecolind.2017.10.056. 査読あり
- ③ Oo, W.P. and Koike, F. 2015. Dry forest community types and their predicted distribution based on a habitat model for the central dry zone of Myanmar. *Forest Ecology and Management* 358: 108-121. doi:10.1016/j.foreco.2015.09.006. 査読あり
- ④ Saito, M.U. and Koike, F. 2015. Trait-dependent changes in assemblages of mid-sized and large mammals along an Asian urban gradient. *Acta Oecologica*, 67: 34-39. doi:10.1016/j.actao.2015.06.002. 査読あり
- ⑤ Aung, T. and Koike, F. 2015. Identification of invasion status using a habitat invasibility assessment model: The case of *Prosopis* species in the dry zone of Myanmar. *Journal of Arid Environments* 120: 87-94. doi:10.1016/j.jaridenv.2015.04.016. 査読あり
- ⑥ 小池文人・小出可能・西田智子・川道美枝子. 2015. 専門家アンケートをもとにした対比較による在来植物の脅威となる外来生物の重要度評価. *保全生態学研究* 20: 87-100. doi: 10.18960/hozen.20.1\_87
- ⑦ Saeki, I. Koike, F. and Murakami, N. 2015. Comparative phylogeography of wetland plants in central Honshu, Japan: Evolutionary legacy of ancient refugia. *Botanical Journal of Linnean Society* 179: 78-94. doi: 10.1111/boj.12301 査読あり

[学会発表] (計 15件)

- ① 小池文人, 森本信生. 過去の分布拡大情報を利用した外来生物の分布拡大予測. 第65回日本生態学会大会, 札幌, 2018/3
- ② KASS, Jamie Michael, Tingley, Morgan W,

- Tetsuya, Tatsuyuki, Koike, Fumito. Exploring interactions between invasive raccoons and co-occurring carnivores in Japan using a multispecies dynamic occupancy model. 第 65 回日本生態学会大会, 札幌, 2018/3
- ③中邨祥吾, 小池文人: 都市森林における中型哺乳類と小型哺乳類. 日本哺乳類学会 2017 年度大会, 富山, 2017/9
- ④Takahiro Niwa, Kousuke Akita, Mitsuhiko Toda and Fumito Koike. Range expansion of alien lizards, *Anolis carolinensis*, on Anijima Island, Japan. 102nd Annual Meeting of the Ecological Society of America, Portland, 2017/8
- ⑤丹羽貴寛, 秋田耕佑, 戸田光彦, 小池文人: 小笠原諸島兄島における外来トカゲ, グリーンアノールの分布拡大. 第 64 回日本生態学会大会, 東京, 2017/03
- ⑥上田亜衣, 小池文人: 小笠原諸島母島列島におけるグリーンアノールの生息適地と在来トカゲの分布. 第 64 回日本生態学会大会, 東京, 2017/03
- ⑦小池文人. 外来生物の影響と除去後に目指すべき群集の推定—小笠原の外来植物の例—. 第 64 回日本生態学会大会, 東京, 2017/03
- ⑧Jamie Kass, Fumito Koike. Investigating the drivers of invasive raccoon spread with dynamic occupancy models in Kanagawa, Japan. 8th Biennial Conference of the International Biogeography Society. Tucson, AZ, USA, 2017/01.
- ⑨上田亜衣, 小池文人: 小笠原諸島母島における外来トカゲと在来トカゲの分布. 第 63 回日本生態学会大会, 仙台, 2015/03
- ⑩立脇隆文, 小池文人: ロードキル記録を用いた中大型哺乳類の日本全国の密度指標. 第 63 回日本生態学会大会, 仙台, 2015/03
- ⑪丹羽貴寛, 小池文人: 外来シダ植物、ホウライシダの分布拡大と鉄道. 第 63 回日本生態学会大会, 仙台, 2015/03
- ⑫小池文人・小出可能・西田智子・川道美枝子: 専門家アンケートによる在来植物の脅威となる外来生物の重要度評価. 第 62 回日本生態学会大会, 鹿児島, 2015/03
- ⑬立脇隆文, 小池文人: 哺乳類の広域モニタリングに向けたロードキル記録の内容解明—日本の市区町村の事例— 日本哺乳類学会 2014 年度大会, 京都, 2014/9
- ⑭相澤 章仁, 小池 文人 : ブラックバス・ブルーギルが在来生態系に与える影響の群集生態学的評価 第 61 回日本生態学会大会 ポスター発表, 広島, 2014/03
- ⑮立脇隆文, 高槻成紀, 小池文人. 一般道における中型哺乳類のロードキルの空間解析 第 61 回日本生態学会 2014/03

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小池 文人 (KOIKE, Fumito)

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・教授

研究者番号: 20202054