

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 17 日現在

機関番号：82101  
 研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2010～2012  
 課題番号：22770027  
 研究課題名（和文）メタ個体群の空間構造に不確実性をもつ外来種の最適管理戦略  
 研究課題名（英文）Optimal management of invasive populations under uncertainties on connectivity between local populations  
 研究代表者  
 横溝 裕行 (YOKOMIZO HIROYUKI)  
 国立環境研究所・環境リスク研究センター・研究員  
 研究者番号：30550074

## 研究成果の概要（和文）：

外来種の駆除を考える際、複数の潜在的な生息地間で外来種の移動が起こりうる場合と、そうでない場合では、複数の生息地への最適な駆除努力の空間配分は異なると考えられる。メタ個体群の空間構造に関する不確実性に頑健な意思決定を行うことが重要となる。情報ギャップ理論を用いて、メタ個体群間の移動率に関するbest estimateに対して、駆除努力の最適空間配分を導出するための数理モデルを構築した。そして、パンパスグラス (*Cortaderia jubata*) の生態学的データを用いて、パンパスグラスのメタ個体群の空間構造に不確実性がある中で、不確実性に頑健な駆除努力の空間配分を、シミュレーションモデルを用いて導出した。

## 研究成果の概要（英文）：

Spread of invasive species to new areas and re-invasion of previously invaded patches contribute substantially to management and damage costs across a landscape. In order to slow spread or minimize management or damage costs at a landscape scale it is crucial to understand how populations of the invasive are connected via dispersal. I developed mathematical models to derive optimal allocation of management efforts in a meta-population with uncertain connectivity.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011 年度	700,000	210,000	910,000
2012 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：メタ個体群、情報ギャップ理論、外来種管理、最適化、不確実性、接続性

### 1. 研究開始当初の背景

外来種対策は世界レベルで緊急に取り組むべき課題である。限られた駆除努力の中で最大の効果を上げることを念頭において政策決定を行う必要がある。一種の外来種の駆除を考える場合でも、複数の局所個体群が空間的に独立である場合とそうでない場合では、最適な駆除努力の空間配分は異なると考えられる。外来種の場合には、侵入してから比較的新しい存在であるために、局所個体群の空間構造がわかる前に、政策決定を迫られる場合がほとんどである。そのために、空間構造の不確実性を考慮した最適駆除戦略の理論的枠組みの構築が必要とされている。

### 2. 研究の目的

外来種管理や絶滅危惧種の保全に関する数理モデルにより、根絶確率の最大化や絶滅確率の最小化する対策の導出はよくおこなわれてきた。しかし、パラメータ推定を正確に行わなくては根絶確率や絶滅確率は求める事ができない。情報ギャップ理論では、例えば根絶確率が10年間で5%というように、達成したい管理目標を、より大きい不確実性のもとで達成できる、不確実性に頑健な戦略を求めることを目的とする。そのため、パラメータを推定するためのデータが十分に得られていない場合に有用となる。

しかし、情報ギャップモデルでは、刻々と変化する外来種の分布状況や空間構造に対する新たな知見に対して意思決定を変更する事はできない。そこで、刻々と変化する状況に対して、駆除努力の空間配分を変更するという状況を扱うため、動的な意思決定を行うための情報ギャップ理論を構築する。

また、外来種に関して知るべき情報は空間構造だけではなく、個体数や生存率などにも不確実性が存在する。空間構造の不確実性を小さくする事は、そのほかの不確実性を小さくすることと比べて、どのくらい重要なのかを知ることは、調査・研究の優先順位を決める際にとっても重要となる。そのためには、これらの不確実性によってもたらされるコストを同一の尺度で定量化することが重要となる。

また、生物学的防除などの根絶のための手法が確立されている種とそうでない種では、

駆除のコストが異なる。他にも、繁殖齢が短い場合や、繁殖力が強いほど高密度になるまでの時間が短く、早い段階での管理努力の投資が重要となると考えられる。このように、外来種の生態学的特性によって駆除努力の空間配分がどのように異なるのかをシステマティックに求め、個々の外来種の特性にあわせた駆除手法を提示する。

現在まで、個体数や生存率などの様々な不確実性を考慮した数理モデルにより、外来種の駆除に関する最適管理戦略が導出されてきた。これらの一連の研究は、一つの個体群に注目したもので、他の個体群からの外来種個体の移入などは考えてこなかった。しかし、局所個体群だけに注目をして最適管理努力を考えたとしても、さらに大きな空間スケールで考えた場合では、必ずしも最適であるとはいえない。局所個体群間の接続性により、最適な駆除努力の空間配分は異なると考えられる。休眠性種子をもつ植物は根絶が難しいということが知られている。その場合は、新しい局所個体群に定着することを阻止することが重要になる。そのために、より他の局所個体群との結びつきがある局所個体群に優先的に管理努力を投資すべきであると言える。局所個体群間の空間構造には不確実性がある中で、最適駆除努力の空間配分を導出する意思決定モデルを構築する。

### 3. 研究の方法

それぞれの局所地域において、外来種の在・不在の2つの状態を考える。実際の野外調査においても、詳細な密度を把握することは難しいために、2状態のみを扱う。

目的関数の最大・最小化を行う確率的ダイナミックプログラミング法と従来の情報ギャップ理論を組み合わせる事により、動的情報ギャップ理論の開発を行う。開発した動的情報ギャップ理論を用いて、不確実性に頑健な駆除戦略を求め、空間構造と不確実性に頑健な駆除努力の関係の体系的解析から、駆除計画の指針となる理論を提示する。パンパスグラス (*Cortaderia jubata*) をケーススタディとして、パンパスグラスの最適な駆除努力の空間配分を求める。

Midpoint displacement アルゴリズムを用いて、外来植物の生息適地と不適地を表した

ランドスケープを発生させる。外来種の生態学的パラメータに応じて、分布拡大の速度や面積の変化を記述するシミュレーションモデルを構築する。ある一定の期間後に、外来植物の分布拡大速度と分布面積を求め、Boosted Regression Trees (BRTs) を用いて、どの生態学的特性や空間の接続性が分布拡大に寄与するのか、相対的な重要性を求める。

#### 4. 研究成果

従来の確率的ダイナミックプログラミング法と従来の情報ギャップ理論を組み合わせる事により、動的情報ギャップ理論を構築する事ができた。外来種の分布状況に応じて、駆除努力の配分を動的に変更することが可能になった。

パンパスグラスに対する、最適な駆除努力の空間配分は、分布拡大面積をどの程度以下に抑えることを管理目標にするのかに大きく依存する事が明らかになった。これまで空間構造が明らかになるまで、意思決定を行う事が困難であったが、不確実な情報の中で駆除努力の空間配分を決定することが可能になった。

Boosted Regression Trees による解析により、様々な空間構造において、分布拡大速度は繁殖齢、種子の分散距離が重要な生態学的パラメータである事が明らかになった。複数の外来種の管理を考える場合は、繁殖齢と種子の分散距離をもとに対策の優先順位を決定することが重要になる。

#### 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 3 件)

1. Coutts S, Yokomizo H, Buckley YM (2013) The behavior of multiple independent managers and ecological traits interact to determine prevalence of weeds. *Ecological Applications* 23, 523-536 査読あり

2. Yokomizo H, Possingham HP, Hulme PE, Grice AC, Buckley YM. (2012) Cost-benefit analysis for intentional plant introductions under uncertainty. *Biological Invasions* 14, 839-849 査読あり

[3] Coutts S, van Klinken RD, Yokomizo H, Buckley YM (2011) What are the key drivers

of spread in invasive plants: dispersal, demography or landscape: and how can we use this knowledge to aid management? *Biological Invasions* 13, 1649-1661 査読あり

[学会発表] (計 13 件)

1. 横溝裕行 在来植物の分布パターンと局所プロセスが外来植物の分布拡大に与える影響: パンパスグラス (*Cortaderia jubata*) を例としたシミュレーションモデルによる解析 第 59 回日本生態学会 2011. 3. 9 札幌: 札幌コンベンションセンター

2. 横溝裕行 外来植物の最適管理戦略: 駆除にどれだけ投資すれば良いのか? 第 59 回日本生態学会 2011. 3. 11 札幌: 札幌コンベンションセンター

3. 横溝裕行 在来植物の分布パターンと局所プロセスが外来植物 (*Cortaderia jubata*) の分布拡大に与える影響 第 21 回数理生物学会 2011. 9. 3 東京: 明治大学

4. Yokomizo H, H. Possingham, P. Hulme, A. Grice, Y. Buckley Cost-benefit analysis for intentional plant introductions under uncertainty. 25<sup>th</sup> International Congress for Conservation Biology 2011. 12. 8 Auckland New Zealand

5. 横溝裕行 絶滅危惧植物の個体数と減少率の不確実性を考慮した保全努力の最適な空間配分 第 59 回日本生態学会 2012. 3. 17 大津: 龍谷大学

6. Osada Y, Asada M, Kuriyama T, Tatsuta H, Yokomizo H, Miyashita T A novel stochastic simulation model for predicting the spread of large wildlife 第 59 回日本生態学会 2012. 3. 18 大津: 龍谷大学

7. 栗山武夫、長田穰、横溝裕行、立田晴記、宮下直 景観構造を考慮したアライグマによる農作物被害モデルの構築と被害予測 第 59 回日本生態学会 2012. 3. 19 大津: 龍谷大学

8. Yokomizo H Making most robust decisions in ecological risk management of chemicals under severe uncertainty 第 59 回日本生

態学会 2012. 3. 21 大津：龍谷大学

9. Yokomizo H, Naito W, Kamo M Setting most robust effluent level against severe uncertainty: application of information-gap decision theory to chemical management. SETAC Europe 22<sup>nd</sup> Annual Meeting 2012. 5. 24 Berlin Germany

10. Yokomizo H, Naito W, Tanaka Y, Kamo M Making Most Robust Ecological Risk Management of zinc in Japanese surface waters under Sever Uncertainty. SETAC Asia Pacific 2012 2012. 9. 26 Kumamoto Japan

11. Yokomizo H, Naito W, Tanaka Y, Kamo M Making most robust ecological risk management of zinc in Japanese surface waters under severe uncertainty. 第28回個体群生態学会 2012. 10. 21 習志野：東邦大学

12. Yokomizo H, Tsuge T, Nakamura S, Ujiie K, Usio N Coupled socio-economic and ecological dynamics for management of agricultural landscapes in Sado Island 第60回日本生態学会 2013. 3. 5 静岡：静岡県コンベンションアーツセンター

13. 石濱史子、竹中明夫、横溝裕行、角谷拓分布推定モデルは保護区選択の役に立つか？ 第60回日本生態学会 2013. 3. 5 静岡：静岡県コンベンションアーツセンター

[その他]

ホームページ等

<http://www.nies.go.jp/risk/members/yokomizo/hyokomizo/hyokomizo.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

横溝裕行 (YOKOMIZO HIROYUKI)  
国立環境研究所・環境リスク研究センター・研究員  
研究者番号：30550074

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし