

G3 人為的移動と環境要因を考慮したメタ個体群モデルによる セアカゴケグモの分布拡大予測

Predicting occupancy area expansion of *Latrodectus hasseltii* using a metapopulation model
considering anthropogenic transportation and environmental factors

指導教官 町村尚准教授（地球循環共生工学領域）
28H15066 前川侑子（Yuko MAEGAWA）

Abstract: An alien species, red back spider *Latrodectus hasseltii* is toxic and the monitoring and prediction of its occupancy area expansion are required to reduce accidents. In this study, we predicted the occupancy area expansion by using a bayesian-based metapopulation model integrating random walk and anthropogenic transportation. The random walk migration probability was estimated by the function of annual migration distance. The anthropogenic migration probability was determined by geographic attributes regarding transportation facilities and traffic intensities. I validated the predicted migration probability by comparison to the distribution map until 2016, and it is showed that the migration probability including anthropogenic transportation was more successfully simulated than the probability including only random walk.

Keywords: red back spider, alien species, prediction of expansion, kernel functions, hierarchical bayesian

1. はじめに

セアカゴケグモ (*Latrodectus hasseltii*) は日本では 1995 年にはじめて発見され、2005 年に特定外来生物に指定された。また、原産国であるオーストラリアで神経毒により死者を出したこともあり、その死亡率は約 5 % である¹⁾。セアカゴケグモは自然拡散に加え自動車などによる人為的移動を行うため分布域が急速に広がり²⁾、近年増加している咬傷被害件数を減らすよう管理する必要があるが、人為的移動を考慮した分布拡大予測は行われていない³⁾。そこで、本研究では自然拡散と人為的移動を同時に考慮したセアカゴケグモの分布拡大予測を行うことを目的とする。

2. 方法

対象地域は近畿地方とした。まず目撃情報⁴⁾に基づき、1995～2016 年の 1 年ごとのセアカゴケグモの分布図を国土数値情報の 3 次メッシュ座標で作成した。生態を考慮すると生息不適地は 1 月平均気温 < 1.1 °C となり、生息適地は近畿地方の約 74 % となった。以下、この生息適地を対象とし分析を行った。

本研究では、以下の 2 つのモデルでハミルトニアンモンテカルロ法を用いた階層ベイズ推定を行った。

2.1 モデル①：前年の目撃メッシュからの距離のみに依存するモデル

セアカゴケグモの拡散過程は前年の目撃メッシュからの距離によって決まるとし、1 年ごとにセアカゴケグモの目撃・非目撃データに対し、式 1～2 に示すモデル式で移住確率を推定した。

$$p_i = \text{inv_logit}(b_0 + b_1 x_i) \quad i = 1, \dots, N \quad 1$$

$$\gamma_i \sim \text{Bernoulli}(p_i) \quad i = 1, \dots, N \quad 2$$

ここで、 p_i は移住確率、 x_i は前年の最近傍目撃メッシュからの距離 [km]、 γ_i はセアカゴケグモの目撃・非目撃を表す 0/1 の二値（0：目撃メッシュ、1：非目撃メッシュ）、 N は生息適地メッシュ数である。

2.2 モデル②：移住先メッシュの属性に依存する人為的移動を考慮したモデル

セアカゴケグモの拡散過程は自然拡散と人為移動の 2 つであるとし、明示的に 2 つのプロセスを分離した。1 年ごとにセアカゴケグモの目撃・非目撃データに対し、式 3～8 に示すモデル式で移住確率を推定した。人為的移住確率は、移動先メッシュの人為的移動に関連する要因の属性で決まるとし、交通・流通施設および交通量により分類したクラスター別に移住確率を算出した。

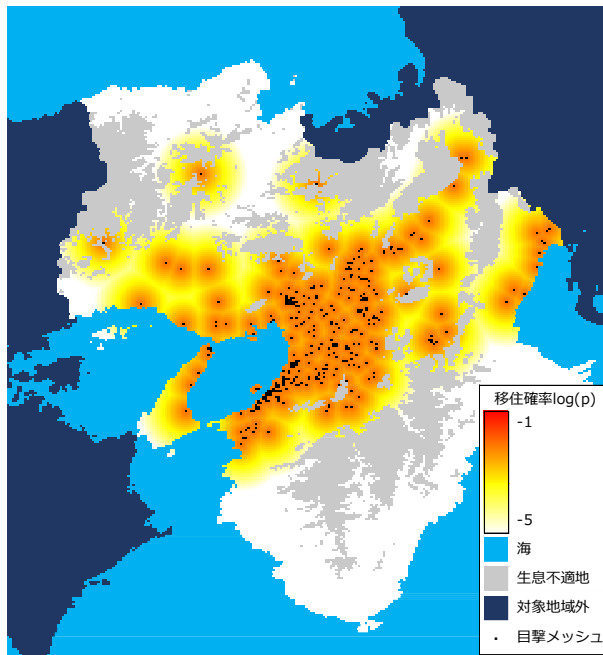


図 1 モデル①による 2016 年の予測移住確率と実測目撃メッシュ

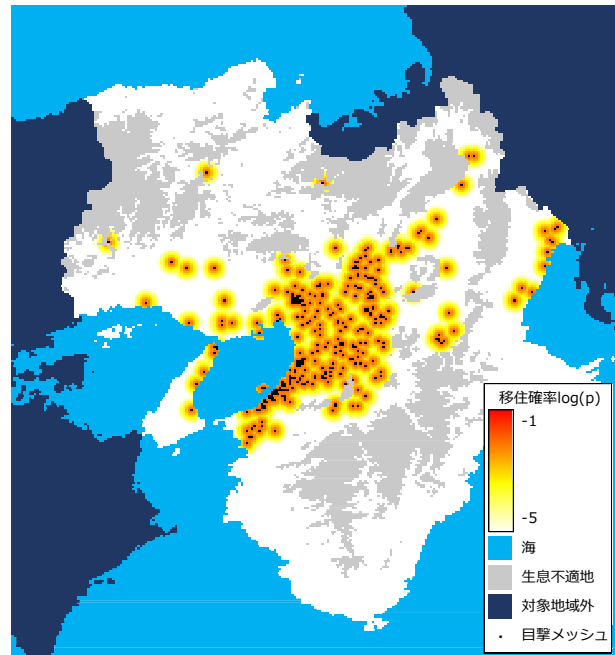


図 2 モデル②による 2016 年の予測移住確率と実測目撃メッシュ

$$p_{n_i} = \text{inv_logit}(b_0 + b_1 x_i) \quad i = 1, \dots, N \quad 3$$

$$p_{a_i} = \text{inv_logit}(b_2 + r[c_i]) \quad i = 1, \dots, N \quad 4$$

$$p_i = 1 - (1 - p_{n_i})(1 - p_{a_i}) \quad i = 1, \dots, N \quad 5$$

$$\gamma_i \sim \text{Bernoulli}(p_i) \quad i = 1, \dots, N \quad 6$$

$$r_j[c_i] \sim \text{Normal}(\overline{r_{j-1}[c_i]}, \sigma_{r_j}) \quad i = 1, \dots, N \quad j = 1, \dots, Y \quad 7$$

$$\sigma_{r_j} \sim \text{Normal}(\overline{\sigma_{r_{j-1}}}, \sigma_{\sigma_{r_{j-1}}}) \quad j = 1, \dots, Y \quad 8$$

ここで、 p_{n_i} と p_{a_i} はそれぞれ自然拡散と人為的移動による移住確率、 $r[c_i]$ はクラスタ c_i ごとのランダム効果、 σ_{r_j} はランダム効果の標準偏差、 $\overline{\sigma_{r_{j-1}}}$ と $\sigma_{\sigma_{r_{j-1}}}$ はその平均と標準偏差、 Y は年数である。

3. 結果と考察

モデル①の各パラメータの事後平均値は、 $b_0 = -4.41$ 、 $b_1 = -0.278$ となった。モデル②の各パラメータの事後平均値は、 $b_0 = -3.54$ 、 $b_1 = -1.08$ 、 $b_2 = -10.2$ となり、クラスタ別のランダム効果は $r[k = 1 \sim 5] = (0.104, 0.0883, 0.460, 1.69, 0.114)$ となった。各モデルの 2016 年の予測移住確率と目撃地点を図 1、図 2 に示す。対象地域内での最大移住確率が高かったのはモデル②であったが、モデル①では前年の目撃地点から離れても移住確率がすぐには減衰しないことがわかる。また、2016 年の予測移住確率分布と実測の目撃分布をクロスエントロピー式で汎化誤差を算出すると、モデル①では 2.10×10^{-3} 、モデル②では 1.11×10^{-3} となり、人為的移動を考慮した方が精度の高い結果を得た。

4. 今後の課題

マルコフ場モデルを組み込むことで人為的移動の移住確率の算出方法を見直す、メッシュごとのランダム効果を考えることで目撃率や環境要因も考慮する必要がある。

参考文献

- 1) 清水裕行, 金沢至, 西川喜朗: 毒グモ騒動の真実, 全国農村教育協会, pp. 3, 2012.
- 2) 環境省: セアカゴケグモ・ハイイロゴケグモにご注意ください!, <http://www.env.go.jp/nature/intro/4document/files/r_gokegumo.pdf>, 2017.2.4 referred.
- 3) F. Koike, Prediction of range expansion and optimum strategy for spatial control of feral raccoon using a metapopulation model, In Assessment and Control of Biological Invasion, SHOUKADOH Book Sellers, Kyoto, Japan and IUCN, Gland, Switzerland, pp.148-156, 2006.
- 4) 昆虫情報処理センター: セアカゴケグモの分布, <<http://vege1.kan.ynu.ac.jp/forecast/>>, 2017.2.4 referred.