

GIS を用いた感染症媒介蚊の生息ポテンシャルの評価

米島万有子・渡辺 護・二瓶直子・津田良夫・中谷友樹・小林睦生

GIS-based evaluation of potential habitats for vector mosquitoes

Mayuko YONEJIMA, Mamoru WATANABE, Naoko NIHEI, Yoshio TSUDA,
Tomoki NAKAYA and Mutsuo KOBAYASHI

Abstract: We examine the spatial variations in the number of collected Japanese encephalitis vector mosquitoes, *Culex tritaeniorhynchus*, and malaria vector mosquitoes, *Anopheles sinensis*, on the eastern coast of Lake Biwa, Japan. We analyzed the number of collected mosquitoes by landscape indices within a certain radius from traps, using PLS regression analysis. We evaluated habitat conditions suitable for infectious disease vector mosquitoes by overlaying the distribution of estimated potential habitats for mosquitoes with several environmental elements related to mosquitoes behaviors and livestock barns in a GIS environment.

Keywords: 生息ポテンシャル (potential habitat), コガタアカイエカ (*Culex tritaeniorhynchus*), シナハマダラカ (*Anopheles sinensis*), PLS 回帰分析 (PLS regression), 琵琶湖 (Lake Biwa)

1. はじめに

世界的な流行リスクの増大が危惧されている感染症の多くは、蚊などの生物によって媒介される。こうした感染症対策において、媒介生物の生態および生息環境の理解が重用である。かかる課題に対し、生息環境と関連した景観構成を利用した分析の有効性が指摘され、衛星画像や GIS（地理情報システム）を用いて、マラリアやデング熱、ウエストナイル熱などの疾病を媒介する蚊の生息地、患者の地理的な分布、リスク地域の推定などの分布解析が行われてきた (Overgaard et al., 2003 ; 二瓶, 2004; Ostfeld et al., 2005; Diuk-Wasser et al., 2006)。

本研究では、滋賀県湖東地域における、日本脳炎媒介蚊であるコガタアカイエカおよびマラリア媒介蚊であるシナハマダラカの採集数の定点間変動に着目し、採集数の定点間変動が、どのような空間スケールのどのような景観指標によって規定されるのかを PLS 回帰分析を用いて検討する。さらにその結果を用いて、疾病媒介蚊 2 種類それぞれの生息ポテンシャルマップを作成し、感染症対策に関連した景観評価を試みる。

2. 研究の方法

2. 1 蚊の採集調査

蚊の採集調査は、ドライアイス 1kg を誘引源として用いる乾電池駆動の吸引式 CDC 型ミニチュアライトトラップを用いて、20 地点（定点）で行った。調査期間は 2009 年 5 月 29 日～10 月 4 日まで

米島万有子 〒603-8577 京都市北区等持院北町 56-1

立命館大学大学院文学研究科

Phone: 075-465-1957

E-mail: lt068049@ed.ritsumei.ac.jp

の3週間おきに2日連続で、計7回実施した。採集した蚊の種の同定は、顕微鏡下で形態分類と一部遺伝子解析によって行い、トラップ別採集個体数を種別に記録した。

2. 2 景観指標の設定

広範囲の景観構成と蚊の採集数との関係を検討するために、植生の構成と多様度、地形条件の指標を利用した。自然環境保全基礎調査第5回植生調査の植生データを用いて、各定点から500m間隔で半径2km)までの4種の近傍半径にある植生・土地利用種目別の面積構成比を求めた。この面積構成比を用いて、Shannon-Wienwer の多様度指数を求めた。また、国土基盤情報の滋賀県 10m 標高モデルを利用し、調査定点の標高および傾斜角度を算出した。なお、GIS データの処理には、ArcGIS9.3.1 を利用した。

2. 3 景観指標による媒介蚊の生息予測モデル

コガタアカイエカとシナハマダラカの採集数について、各調査回に採集された個体数に0.5を足して値の対数変換を行い、この採集数対数変換値の定点別平均値を被説明変数とする PLS 回帰分析を実施した。説明変数には、定点近傍の12種類の植生・土地利用（森林、ヨシ、草地、水域、休耕田、工場地帯、市街地、緑の多い住宅地、水田、畑、造成地）構成比と植生多様度指数、傾斜角度、標高の計15変数を設定した。近傍半径については500m, 1km, 1.5km, 2km のそれぞれの場合について、PLS 回帰分析を行った。PLS 回帰分析は、説明変数群の変動を、互いに直行する潜在因子によって要約しながら、被説明変数の変動に最適なモデルを推定する方法であり、主成分回帰の自然な延長と理解できる。そのため、この手法は、共線性が強い多量のデータを説明変数群として被説明変数の変動を説明する分析に有効な手法である（波江, 2007）。なお、PLS 回帰分析は SPSS16.0 において実施した。

2. 4 生息ポテンシャルマップの作成と評価

湖東および東近江地域である彦根市、多賀町、甲良町、豊郷町、愛荘町、東近江市、安土町、近江八幡市、日野町、竜王町を対象に、もっとも適合度の高い PLS 回帰モデルを利用して、媒介蚊の生息ポテンシャル分布図を作成した。推定は 50m セルサイズのラスターデータを単位として、ArcGIS の近傍統計およびラスター演算の機能を用いて行った。作成したポテンシャルマップに、感染症流行対策で考える上で重要と考えられる家畜舎の分布を重ね合わせ、感染症媒介蚊の生息地を評価した。

3. 結果・考察

3. 1 蚊の個体数変動と PLS 回帰分析の結果

トラップの設置場所を中心とする大きさの異なる4つ近傍半径の景観指標と定点間における採集数の変動との関連性について PLS 回帰分析を行った結果、コガタアカイエカは、半径1.5kmのモデルの自由度調整済み決定係数がもっとも大きかった。コガタアカイエカの個体数を最も説明すると考えられる半径1.5kmのモデル（自由度調整済み $R^2 = 0.845$ ）について、推定された各因子の負荷量と係数から得られる予測値は、以下のように与えられる。

$$Y = 10.644 - 0.431X_1 + 2.744X_2 + 25.661X_3 - 1.837X_4 + 7.612X_5 - 1.042X_6 - 0.425X_7 + 1.149X_8 - 2.348X_9 - 4.483X_{10} - 3.749X_{11} - 0.205X_{12} - 0.006X_{13} - 0.102X_{14}$$

ただし Y はコガタアカイエカ個体数の対数変換値平均値の予測値、 X_1 は森林面積構成比、 X_2 はヨシ面積構成比、 X_3 は草地面積構成比、 X_4 は水域面積構成比、 X_5 は休耕田面積構成比、 X_6 は工場地帯面積構成比、 X_7 は市街地面積構成比、 X_8 は水田面積構成比、 X_9 は造成地面積構成比、 X_{10} は畑地面積構成比、 X_{11} は緑の多い住宅地面積構成比、 X_{12} は多様度の平均値、 X_{13} は傾斜角度の平均値、 X_{14} は標高の平均値である。

一方、シナハマダラカに関しては、半径 500m のモデルの自由度調整済み決定係数がもっとも大きかった。シナハマダラカの個体変動を最も説明すると思われる半径 500m のモデル（自由度調整済み $R^2 = 0.922$ ）による予測式は、紙幅の都合により省略する。

3. 2 生息ポテンシャルマップの評価

PLS 回帰モデルから推定したコガタアカイエカの生息ポテンシャルマップを図-1 に示した。赤色に示された平野の中央部は、コガタアカイエカの生息密度が高く、青色で示された山地や湖岸沿いではコガタアカイエカの生息密度が低い。すなわち、水田や畑といった農業景観が広がる地域においてコガタアカイエカの生息密度が高くなっている。コガタアカイエカは、水田を主に発生源とし（上村, 1998）、水田や豆、甘藷、いちごなどの畑で休息する行動習性をもつことが知られており（緒方ほか, 1968 ; 和田, 1969）、コガタアカイエカの生息地の推定結果はこうした知見と整合している。

このポテンシャルマップに、日本脳炎の流行を考える上で重要な要素となる家畜舎の分布を重ねると（地図中の白丸）、コガタアカイエカの生息密度が高いと推定される場所に家畜舎が立地している区域の存在がわかる。日本脳炎の感染が活発になった場合、生息密度が高くかつ家畜舎の存在する区域において、人間の感染リスクが高くなると考えられ、流行対策において優先的な取り組みが求められる。

シナハマダラカの生息ポテンシャルマップは図-2 に示した。赤く示されたシナハマダラカの生息密度の高い地域は、河川沿いや山際において斑状に分布している。Rodriguez et al. (1996) によると、マラリア媒介蚊(*An.albimanus*)の生息数は、標高が低く、管理されていない湿地で多かった。生息密度が高いと推測された場所は、ヨシが繁茂していると考えら

れる湿地、水域周辺であることは既往研究の指摘と対応している。

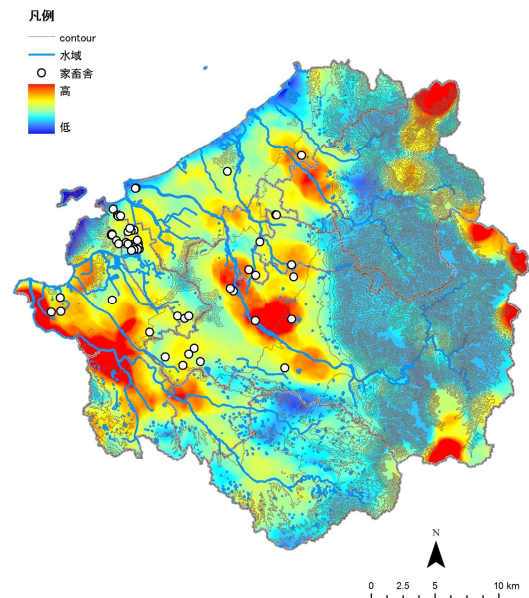


図-1 コガタアカイエカの生息ポテンシャルマップ

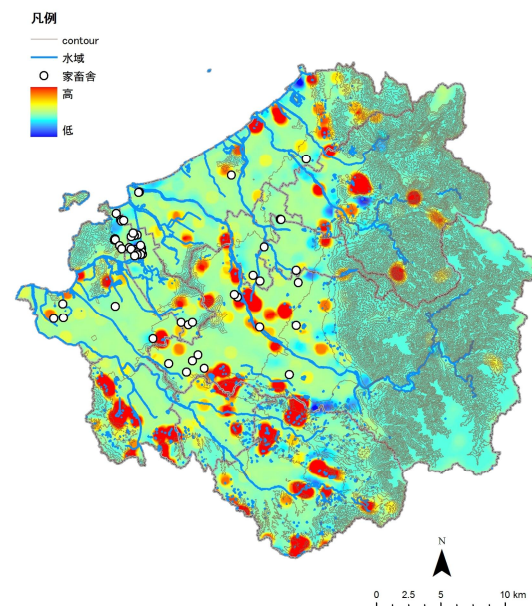


図-2 シナハマダラカの生息ポテンシャルマップ

4. おわりに

本研究は、コガタアカイエカとシナハマダラカの採集数の定点間変動について、トラップからの近傍半径内の景観指標を説明変数とする PLS 回帰分析を行った。その結果、コガタアカイエカについては定点から半径 1.5km の範囲の景観指標を利用したモデルが、シナハマダラカについては定点から半径 500m の範囲の景観指標を利用したモデルが、最も採集数の定点間変動を説明した。

これら PLS 回帰分析によって得られたモデルからそれぞれの媒介蚊の生息ポテンシャルマップを作成した。コガタアカイエカはモデルから農業景観との強い関連性認められたため、田畑が分布する平野に生息密度が高くなった。一方、シナハマダラカは湿地景観との関連性があり、ヨシが分布するような水域に生息密度が高くなった。特に、日本脳炎の流行対策上重要となる家畜舎が媒介蚊の生息密度の高い地域に分布している状況も判明した。

本研究は 1 シーズンの調査結果に基づいた比較的少数の定点に基づく分析事例であることから、今後は、類似した地域での調査結果との整合性を通じた知見の検証や、より広域的な調査や空間分析手法の検討などのさらなる考察を重ね、蚊媒介性の感染症流行対策において基礎資料となる地理的情報を日本の環境にあわせて得る方法論の確立を目指したい。

謝辞

本研究の一部は、厚生労働科学研究費補助金 新型インフルエンザ等新興・再興感染症研究事業 節足動物が媒介する感染症への効果的な対策に関する総合的な研究 (H21-新興-一般-005) の補助を受けて行われた。

参考文献

- 緒方一喜・田中生男・水谷 澄・鈴木 猛・大畑吉春・西沢 伝・小林英夫 (1968) : コガタアカイエカ成虫の系留場所に関する観察成績, 衛生動物, 19-1, 1968, 38 - 43.
- 上村 清 (1998) : 日本脳炎媒介蚊の発生動態に関する研究, 衛生動物, 49-3, 181 - 185.
- 波江彰彦 (2007) : PLS 回帰分析を用いた地域分析の試み, 地理学評論, 80-4, 178 - 191.
- 二瓶直子(2004): 感染症と GIS. 中谷友樹・谷村晋・二瓶直子・堀越洋一 編著「保健医療のための GIS」, 古今書院, 127-165.
- 和田芳武 (1969) : コガタアカイエカ類の生態の研究 III. 野外における休息習性の比較観察, 衛生動物, 20-2, 81-86.
- Diuk-Wasser, M. A., Brown, H. E., Andreadis, T.G. and Fish, D. 2006. Modeling the spatial distribution of mosquito vectors for West Nile virus in Connecticut, USA, *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 6-3, 283-295.
- Ostfeld, R. S., Glass, G. E., Keesing, F. 2005. Spatial epidemiology: an emerging (or re-emerging) discipline. *Trends in Ecology & Evolution*, 20, 328-336.
- Overgaard, H. J., Ekbom, B., Suwonkerd, W. and Takagi M. 2003. Effect of landscape structure on anopheline mosquito density and diversity in northern Thailand: Implications for malaria transmission and control, *Landscape Ecology*, 18-6, 605-619.
- Rodriguez, A. D., Rodriguez, M. H., Hernandez, J. E., Dister, S. W., Beck, L. R., Rejmankova, E. and Roberts, D. R. 1996. Landscape surrounding human settlements and *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae) abundance in southern Chiapas, Mexico, *Journal of Medical Entomology*, 33-1, 39-48.