

野生鳥類の寄生蠕虫類を対象にした地理情報システム (GIS) を 用いた空間疫学的解析の一例

吉野 智生¹・長 雄一²・遠藤 大二¹・金子 正美³・高田 雅之²・
田村 豊¹・大沼 学⁴・桑名 貴⁴・浅川 満彦^{1*}

¹069-8501 北海道江別市文京台緑町582 酪農学園大学獣医学部

²060-0819 北海道札幌市北区北19条西12丁目 北海道環境科学研究センター

³069-8501 北海道江別市文京台緑町582 酪農学園大学環境システム学部

⁴305-8506 茨城県つくば市小野川16-2 独立行政法人国立環境研究所生物資源研究室

Spatial epidemiological analysis using geographical information system of parasitic helminths of wild birds in Hokkaido, Japan

Tomoo Yoshino¹, Yuichi Osa², Daiji Endoh¹, Masami Kaneko³, Masayuki Takada²,
Yutaka Tamura¹, Manabu Onuma⁴, Takashi Kuwana⁴ and Mitsuhiro Asakawa^{1*}

¹School of Veterinary Medicine, Rakuno Gakuen University,
Ebetsu, Hokkaido, 069-8501 Japan

²Hokkaido Institute of Environmental Sciences,
Sapporo, Hokkaido, 060-0819 Japan

³School of Environmental System, Rakuno Gakuen University,
Ebetsu, Hokkaido, 069-8501 Japan

⁴Laboratory of Intellectual Fundamentals for Environmental Studies, National
Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Ibaraki, 305-8506 Japan

Abstract. Spatial epidemiological analysis of parasitic helminths obtained from Anseriformes birds was conducted by the K function method with 417 individual birds collected in Hokkaido, Japan. All analysis was carried out using spatial analyzing module, S+SpatialStats. Recently, spatial epidemiological analysis of infectious agents has been performed in human medicine, but there had hitherto been no trial in the wildlife medical field.

Key words: Spatial epidemiological analysis, parasitic helminths, Anseriformes birds, K function method, Japan.

(要約)

北海道内のカモ目鳥類417個体の死体から得られた寄生蠕虫類についてK関数法を用い空間疫学的な分析を実施した。特に、本解析では緯度・経度を空間情報としてS+SpatialStatsの関数を用いた。医学領域ではヒトに感染する病原体に関する試みがあるのみで、野生種を用いた検討は本研究が初めてであることから、今後、保全医学分野での応用が期待される。

*連絡先 (Corresponding author): askam@rakuno.ac.jp

はじめに

北海道は多くの湿地、湖沼を有し、東アジア産水鳥類、特にカモ目の中継地や越冬地として重要な役割を果たしている。しかし近年は過度の開発により湿地や水田が減少し、飛来地における水鳥の一極集中化と寄生虫症を含む感染症発生リスク増加が懸念されている(宮林, 1994)。野生鳥類には多くの寄生蠕虫類が認められ、カモ目における *Amidostomum* 属線虫など高病原性のものも知られる (Friend & Franson, 1999, Asakawa *et al.*, 2002)。このような野生鳥類が持つ病原体の分布様式を的確に把握するためには、広範な地域を対象としたサンプリングを行う必要があるにもかかわらず、これまでは限られた地域あるいは散発的な疾病発生時にサンプリングが行われてきたのみであった。筆者らは野生鳥類の病原体保有状況の把握と分布の特徴を明らかにするため、2003年から2007年に主に道内各地で傷病鳥として保護され、酪農学園大学野生動物医学センター(以下、WAMC)に収容されたカモ目鳥類について寄生蠕虫類の保有状況を記録してきた (Yoshino *et al.*, under submission)。

近年、医学分野では感染症の地域集積性や発生動向の特性を検出するために、ArcView (ESRI 社) 等の GIS を用いた空間疫学的アプローチの必要性が述べられている (Elliott *et al.*, 2001, 谷村, 2003, 中谷ら, 2004)。今までにヒトでのインフルエンザウイルス、マラリア原虫、住血吸虫などの侵淫状況解析を目的とした研究は知られるが (Malone *et al.*, 1997, Torok *et al.*, 1997, Hassan *et al.*, 1998, Malone *et al.*, 1998, Moore & Carpenter, 1999, Mckee *et al.*, 2000, Shahabuddin & Costero, 2001, Staubach *et al.*, 2001, 坂井, 2003, Brooker *et al.*, 2004, Odoi *et al.*, 2004)、宿主を野生動物とした事例はほとんど知られない。しかし、ヒトや家畜・家禽で深刻な疾病を惹起する病原体の伝播の観点から、保有宿主としての野生動物における病原体の動態把握は防疫上、重要な示唆を与えるはずで

ある。そこで、本研究ではそのような野生動物を対象にしたモデルケースとして、まず対象宿主を水鳥類として、空間配置パターン分析の手法の一つである K 関数法を用い、寄生蠕虫類の地理的分布特性について検討を試みた。

材料と方法

北海道環境生活部および北海道傷病鳥獣保護ネットワークの関係機関の協力により、道内で傷病鳥類として保護収容され死亡した個体約 800 個体を WAMC に送付し、寄生虫学的検査を行った (浅川ら, 2006, 吉野ら, 2008)。このうち保護収容地点の緯度経度が記録されていたのは 417 個体、寄生虫が検出されたカモ目サンプルは 31 個体であった。今回の分析では緯度経度の不明なサンプルは解析に用いなかった。なお元データは金子らの開発した傷病鳥獣電子カルテシステムに入力され、空間疫学的解析が可能な様式で蓄積されている。

本研究では統計解析言語である S-Plus (Ver. 6.1) および空間解析モジュールである S+SpatialStats を用い空間配置パターン分析の K 関数法により解析を行なった。この解析方法はある特定の点を中心とした半径 d の円を想定し、その中にサンプルポイントをカウントし、その平均値と全地域での検出個体密度の比率である K 関数を計算するものである (張, 2001)。今回は緯度・経度を空間情報として、S+SpatialStats の関数 spp および Khat を用いて計算を行った。

結果と考察

WAMC で収集された 417 個体の空間分布を地図化して図 1 に、その分布様式を図 2 に示した。X 軸の距離は緯度経度の度数を、Y 軸に K 関数値を示し、ランダム分布の理論値を実線で示した。丸で示された空間分布様式は実線よりも上部の領域であることから、大きなクラスタを形成していると考ええる。サンプリングが大きいとはいえ北海道という「島」であるため境

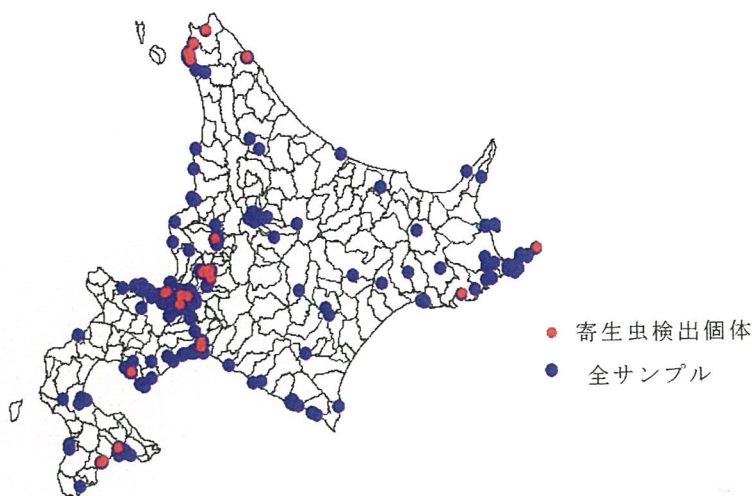


図1. 全サンプルおよび寄生虫検出個体の採取位置.

界効果が無視できないが、北海道は半径が緯度・経度が2度程度の大きな円に入るのでこのような地形的条件を示していると考ええる。ただし線虫が検出された個体についても同様にK関数を求めたところ、全サンプルよりも小さな空間スケールでクラスタを形成することが示された(図3)。

大きな島という北海道の地理的制約がK関数解析に及ぼす影響を調べるために、北海道の市町村ごとに区域の重心を求めて図4にプロットした。そして市町村の中心に関して同様にK関数法を適用した(図5)。この場合、各市町村

で1個体ずつサンプルが得られた状況を示すと考えて良い。その結果、半径が緯度経度2度程度である大きなクラスタが見いだされたものの、図2とは大きく異なっているため病原体の空間分布を把握する上で大きな支障にはならないと考えられた。

以上の結果を踏まえて寄生虫ごとの空間分布特性の違いについて検討を行った。ただし前述のとおり、緯度経度情報の不明確なサンプルは解析対象から外している。線虫 *Amidostomum acutum* (Lundahl, 1848) を寄生虫 A ($n=20$)、虫 *Tetrameres fissispina* (Diesing, 1861) を寄生虫 B

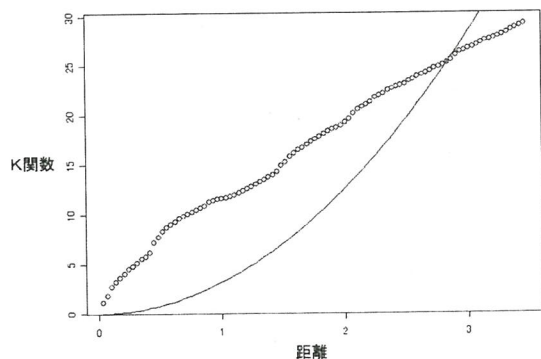


図2. 全サンプルの位置情報から求めたK関数.

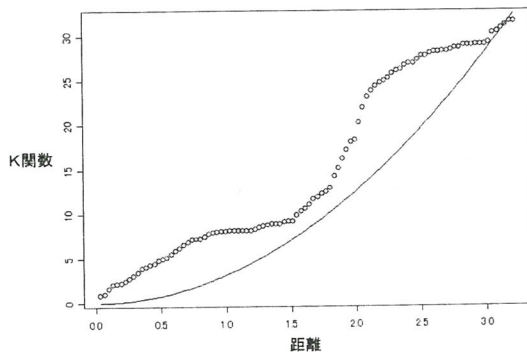


図3. 全サンプルの位置情報から求めたK関数.



図4. 市町村の中心の空間分布.

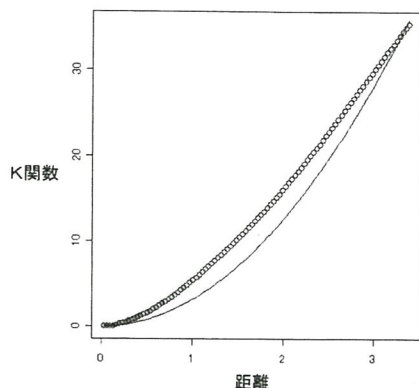


図5. 市町村の中心位置情報から求めたK関数.

($n=10$), 条虫 *Railletina* sp. を寄生虫C ($n=9$), 吸虫 *Echinostoma* sp. を寄生虫Dとして ($n=9$), それぞれが採集された位置を図6に示し, K関数による解析結果をそれぞれ図7-10に示した.

寄生虫Aは100 km前後(北海道周辺での緯度及び経度1度の距離)のクラスタを形成するとともにその範囲が北海道全域にわたり,「北海道」という島の地理的クラスタを持つことを示し(図7), 寄生虫Bはより小さな半径20 km前後のクラスタを形成した(図8). 一方, 寄生虫Cは少なくとも100 kmの空間スケールではクラスタを形成せずにランダムに近い分布を示

し(図9), 寄生虫Dは寄生虫Aと同様な100 km前後のクラスタを形成しているように見えるが, 北海道全域では局所的な分布を示しているか,あるいはサンプルサイズ($n=9$)が小さいために発見されていない可能性も示唆される(図10).

以上の結果から, K関数法を用いることによって, ある特定の病原体が検出された個体の出現様式について空間スケール別に捉えることが可能であることが示唆され, またその基盤となる宿主鳥類の分布(保護収容個体として実在化する)パターンの違いを把握することも可能となった. この空間把握法はある特定の病原体

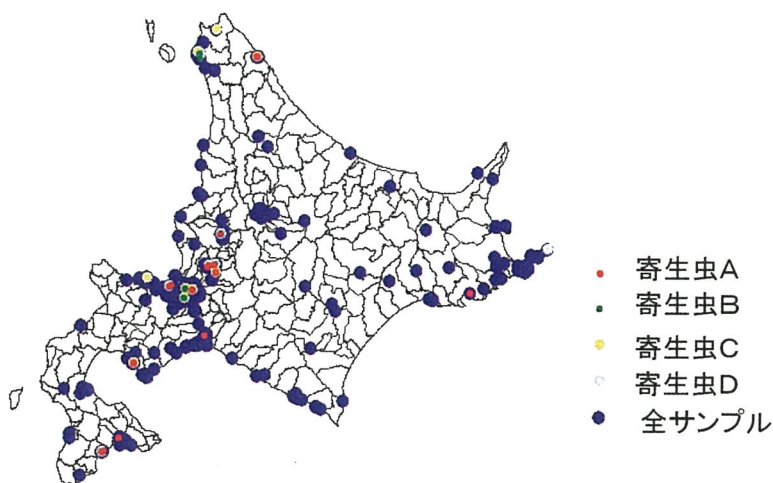


図6. 各寄生虫が検出されたサンプルの分布.

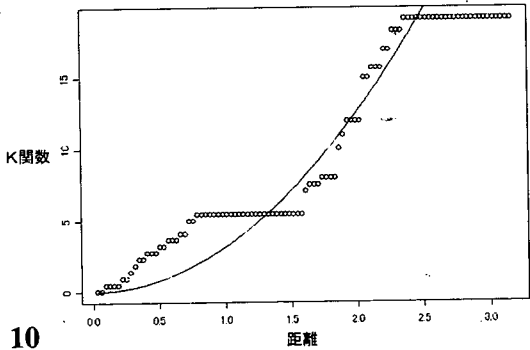
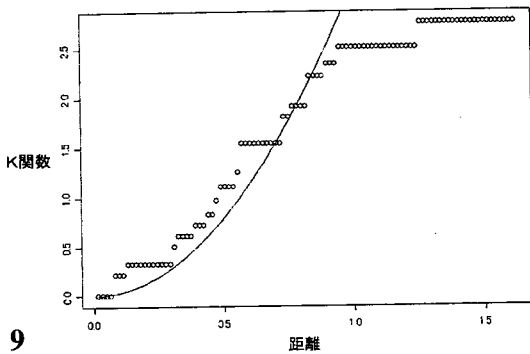
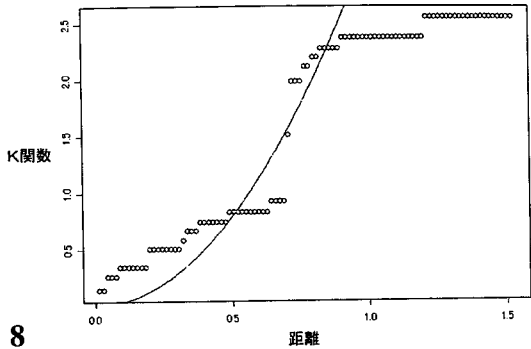
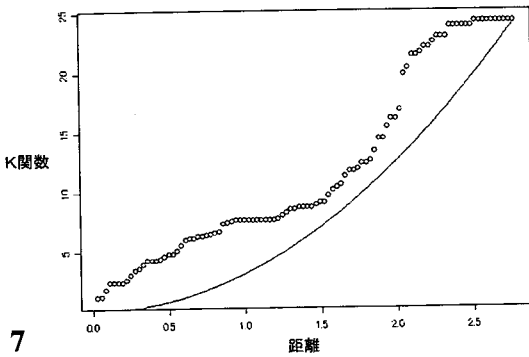


図7. 寄生虫Aが検出されたサンプルの位置情報から求めたK関数.
 図8. 寄生虫Bが検出されたサンプルの位置情報から求めたK関数.
 図9. 寄生虫Cが検出されたサンプルの位置情報から求めたK関数.
 図10. 寄生虫Dが検出されたサンプルの位置情報から求めたK関数.

保有個体の発見様式を把握する上で有用であり、ウイルスや細菌などほかの病原体保有個体の発生状況把握にも有用である。したがって保護収容位置あるいは死体採取位置を緯度経度で記録、蓄積し解析することの意義は極めて高いと考えられる。ただし、保護収容された野生鳥類の数はその地域の人口などの影響を受けるため、保護収容された個体数の絶対値から感染症、寄生虫症の流行を判断することは危険である。野生鳥類の感染症、寄生虫症を正しく評価するためには長期間の事前情報の蓄積及び空間疫学的な事前解析が必要である。

謝 辞

本研究は文科省科学研究費 (No. 18510205,

20380163), 環境省環境技術開発等推進費および環境省地球環境研究総合推進費 (F-062) の助成を受けた。

引用文献

- Asakawa, M., Nakamura, S. & Brazil, M. A., 2002. An overview of infectious and parasitic diseases in relation to the conservation biology of the Japanese avifauna. *J. Yamashina Inst. Ornithol.*, **34**: 200-221.
- 浅川満彦・吉野智生・上村純平, 2006. 酪農学園大学野生動物医学センターで登録された獣医鳥類学標本 (第2報). 酪農学園大学紀要 (自然科学), **31**: 71-88.
- Brooker, S., Kabatereine, N. B., Tukahebwa, E. M. & Kazibwe, F., 2004. Spatial analysis of the distribution of intestinal nematode infections in Uganda.

- Epidemiol. Infect.*, **132**: 1065–1071.
- 張 長平, 2001. 地理情報システムを用いた空間データ分析. 古今書院.
- Elliott, P., Wakefield, J., Best, N. & Briggs, D., 2000. *Spatial Epidemiology—Methods and Applications*. Oxford University Press.
- Friend, M. & Franson, J. C., 1999. *Field Manual of Wildlife Diseases*. USGS.
- Hassan, A. N., Dister, S., & Beck, L., 1998. Spatial analysis of lymphatic filariasis distribution in the Nile delta in relation to some environmental variables using Geographic Information System technology. *J. Egypt Soc. Parasitol.*, **28**: 119–131.
- Kleinschmidt, I., Bagayoko, M., Clarke, G. P., Craig, M., Le Sueur, D., 2000. A spatial statistical approach to malaria mapping. *Int. J. Epidemiol.*, **29**: 355–361.
- Malone, J. B., Abdel-Rahman, M. S., El Bahy, M. M., Huh, O. K., Shafik, M. & Bavia, M., 1997. Geographic information systems and the distribution of *Schistosoma mansoni* in the Nile delta. *Parasitol. Today*, **13**: 112–119.
- Malone, J. B., Gommers, R., Hansen, J., Yllma, J. M., Slingenberg, J., Snijders, F., Nachtergaele, F. & Ataman, E., 1998. A geographic information system on the potential distribution and abundance of *Fasciola hepatica* and *F. gigantica* in East Africa based on Food and Agriculture Organization databases. *Vet. Parasitol.*, **78**: 87–101.
- McKee Jr, K. T., Shields, T. M., Jenkins, P. R., Zenilman, J. M. & Glass, G. E., 2000. Application of a geographic information system to the tracking and control of an outbreak of shigellosis. *Clin. Infect. Dis.*, **31**: 728–733.
- 宮林泰彦, 1994. 雁類渡来地目録 (第1版). 日本雁を保護する会.
- Moore, D. A. & Carpenter, T. E., 1999. Spatial analytical methods and geographic information systems: use in health research and epidemiology. *Epidemiol. Rev.*, **21**: 143–161.
- 中谷友樹・谷村 晋・二瓶直子・堀越洋一, 2003. 保健医療のためのGIS. 古今書院.
- Odoi, A., Martin, S. W., Michel, P., Middleton, D., Holt, J. & Wilson, J., 2004. Investigation of clusters of giardiasis using GIS and spatial scan statistic. *Int. J. Health Geograph.* **3**: 1–11.
- 坂井貴胤, 2003. GIS (地理情報システム) を用いたインフルエンザウイルス感染症の空間疫学的解析. 新潟医学会雑誌, **117**: 626–635.
- Shahabudin, M. & Costero, A., 2001. Spatial distribution of factors that determine sporogonic development of malaria parasites in mosquito. *Insect. Biochem. Mol. Biol.*, **31**: 231–240.
- Staubach, C., Thulke, H. H., Tackmann, K., Hugh-Jones, M. & Conraths, F. J., 2001. Geographic information system-aided analysis of factors associated with the spatial distribution of *Echinococcus multilocularis* infections of foxes. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **65**: 943–948.
- 谷村 晋, 2003. 空間疫学的アプローチは疾病対策にどのように役に立つか. 日本熱帯医学会雑誌, **31**: 237–241.
- Torok, T. J., Kilgore, P. E., Clarke, M. J., Holman, R. C., Bresee, J. S. & Glass, R. I., 1997. Visualizing geographic and temporal trends in rotavirus activity in the United States, 1991 to 1996. *Pediatr. Infect. Dis. J.*, **16**: 941–946.
- 吉野智生・相澤空見子・渡邊秀明・大沼 学・村田浩一・桑名 貴・浅川満彦, 2008. 酪農学園大学野生動物医学センターで登録された獣医鳥類学標本 (第3報). 酪農学園大学紀要 (自然科学), **33**: 1–12.

(2008年10月16日 受理)