

Kriging補間法を用いたニホンジカ生息密度分布の予測

The consideration of the sika deer (*Cervus nippon*) population density distribution applied the kriging interpolator

近藤 洋史・池田 浩一・小泉 透・村上 拓彦・吉田茂二郎
Kondoh, H., Ikeda, K., Koizumi, T., Murakami, T. & Yoshida, S.

キーワード： ニホンジカ、生息密度、Kriging補間法、GIS

要約： kriging補間法を応用して、ニホンジカ生息密度の空間的分布の予測を行った。研究対象地は福岡県英彦山周辺地域のニホンジカ生息区域である。生息密度調査は1999年11月から2000年3月にかけて糞粒法によって実施されたものである。生息密度調査箇所の位置情報に生息密度情報を組み合わせてデータベースを作成した。生息密度調査箇所位置は対象地に離散的に分布していた。このデータベースに対して、kriging補間法を用いて、生息密度が連続しているデータの集合に変換した。この連続データ集合をもとに、研究対象地のニホンジカ生息密度分布の予測を示した。この結果、ニホンジカの生息分布を視覚的に把握できるようになったと思われる。さらにニホンジカの集中して生息している箇所の空間分布など、シカ生息密度の分布範囲も把握することが可能になったと考えられる。

Abstract: The purpose of this study is to consider the special distribution of sika deer (*Cervus nippon*) population density applied the kriging interpolator. The study area was sika deer habitat on the side of Mt. Hiko in Fukuoka Prefecture, Kyushu, Japan. Sika deer population density was surveyed by pellet count method from November, 1999 to March, 2000. We made a database of site information collected at the population density survey plots, which were distributed discretely in the study area. So, using the database, the geographic information which was the continuous data aggregate of the

population density, was drawn as the map with the kriging interpolator on Geographic Information System (GIS). This map considered the distribution of the sika deer population density in the study area.

Keywords: sika deer (*Cervus nippon*), population density, kriging interpolator, GIS

1. はじめに

野生鳥獣による森林被害は、近年、深刻な状況が続いている。その中でも、ニホンシカによる枝葉や樹皮の食害、はく皮や角こすりといった被害は、鳥獣被害面積の約50%を占めており、深刻な状況になっている（林野庁2003）。このシカ被害は、1980年代後半から日本の九州、関東、中国の各地方で顕著になってきた。（三浦1999）。被害拡大の背景には、1970年代までの皆伐一斉造林によって下層植生が増加しエサ条件の好転によってシカ個体数が増加したこと、1970年代以降、大面積皆伐から小面積皆伐に変化し造林地が分散したことによる個々の造林地への採食インパクトが相対的に高くなったこと、密猟防止の徹底と狩猟者人口の減少からシカの狩猟圧が減少したことなどが指摘されている（Koizumi1998、三浦1998、村上2004）。

このような状況の下で、日本の各地域において、個別の被害についての報告が行われている（晴山1998、Ohi2001、Li et al. 1996、上山1998、自然環境センター1998、常田1998）。しかし、これらの報告は地域におけるシカ被害の実態把握が中心となっており、シカの密度分布の解析やその管理方法については、課題となっている。

ニホンジカの生息密度分布については、筆者らがこれまで、IDW補間法を利用して推定してきた（近藤2003）。しかし、IDW補間法では、パラメータの決定方法について簡単な解決方法がないのが現状である（Wackernagel 1995）。

そこで、空間構造を考慮したクリギングを利用してニホンジカの生息密度分布の予測を行った。

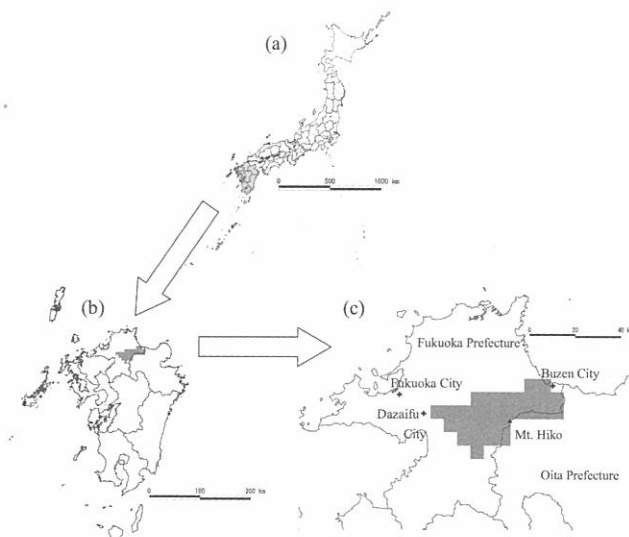





図 1. 研究対象地

(a)は日本全土を示す。黒線は都道府県境で、は九州地方を示す。(b)は九州地方を拡大したものである。黒線は県境で、は解析対象地を示す。(c)は福岡県を拡大している。黒線は県境で、は解析対象地である。

2. 対象地と使用データ

2. 1 対象地

本研究の対象地は、福岡県英彦山周辺のニホンジカ分布域とした(図1)。この分布域は「平成7(1995)年度福岡県狩猟に関するアンケート調査」から設定された(池田2001)。この地域を対象としたのは、福岡県によりニホンジカ生息密度調査および被害現況調査が実施されているためである。この地域の標高は0mから約1200mとなっている。この対象地で大分県境には、英彦山地があり、英彦山を中心として峰が続いている。英彦山の山頂付近では、冬期に50cm以上の積雪がみられる。

対象地付近の植生は常緑広葉樹林帯である。標高750m以上では落葉広葉樹林帯となっている。当地域を含む福岡県の森林所有形態は、民有林が88.6%、国有林が11.4%となっている。福岡県の人工林率は65%である。

民有林人工林面積の95%がスギとヒノキでしめられている。

2. 2 生息密度調査とそのデータベース化

生息密度については、糞粒法を用いて調査を行った。調査時期は1999年2月から4月および1999年11月から2000年3月にかけてである。調査箇所は調査対象地域について、3次メッシュ（約1km四方）を基準として、そのメッシュ内で1～2箇所を、ランダムに抽出した。調査箇所抽出にあたってはニホンジカの分布域に含まれる市町村に少なくとも1箇所は含まれるように留意した（池田2001）。このようにして97箇所が生息密度が調査された。

生息密度調査箇所は図面の型式でまとめられていた。そこで、調査箇所位置の経度緯度を読みとり、そのデータベースを作成した。（Environmental Systems Research Institute Inc.1996a）。このデータベースにシカの生息密度を加えた。生息密度調査箇所の分布を図2に示した。

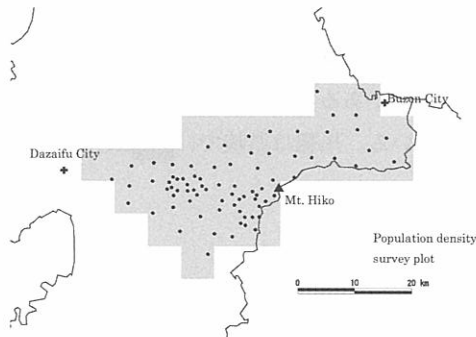


図2. ニホンジカ生息密度調査箇所の分布
黒線は県境、灰色のゾーンは解析対象地を示す。

矢部ら（2001）は九州地方のシカのホームレンジが34haから201haほどであることを報告している。これは日本の他の地域に比べ狭い（Endo and Doi 1996、前地ら2000、千葉県環境部自然保護課ら1997、矢部1995）。このことから九州地方のシカの移動は小さいと考えられる。そこで生息密度の分布を図面に表すことが可能であると考え、生息密度分布図の作成を試みた。

生息密度調査箇所は対象地内に離散している。そこで、この生息密度調査

箇所位置データと生息密度データに、Kriging 補間法を応用して連続データに変換した(間瀬・武田 2001、Environmental Systems Research Institute, Inc.1996b)。そして生息密度分布図を作成した。

本報告で kriging 補間法を用いたのは (Wackernagel 1995)

1) kriging 補間法はデータの空間構造を解析する、2) 普通型 kriging は厳格な保管方法である、3) kriging は推定誤差を明示できるなどの理由からである。kriging 補間法にはいくつかの方法があるが、今回、通常型 kriging を利用した。通常型は、kriging 補間法の中で最も広く利用されているためである (Wackernagel 1995)。

なお、本研究において、生息密度分布図の作成などの空間データ処理には、ArcView3.2a およびそのエクステンションである Spatial Analyst である。

3. 結果と考察

3. 1 生息密度分布図の作成

これまで、生息密度分布を地図として表すには、メッシュが多く利用されている (池田 2001、環境庁 1981)。メッシュマップは、地理的な分布事象が一般に集計地区で均一でないにもかかわらず、集計区内で均一とみなし、多くは平均値で代表させて表現する。そのため、集計区が隣となっただけで値が大きく異なってしまうという欠点がある (上野 2001)。

また、シカ生息密度の分布として、等値線という形式を用いて、自然環境研究センター (1998) が作成していた。しかし、この等値線図において、等値線が交わっていた。等値線は決して交わるものではない。そのため、この等値線図の作成には重大な誤りがあると考えられる。

本研究では、先にも述べたように、通常型 Kriging を用いてニホンジカの生息密度分布を作成した。通常型 Kriging を用いて補間を行うには、1) セミバリオグラムモデルのパラメータの推定、2) 補間の実行、3) 補間結果の検討が必要である。そこで、この順序で補間を行い、等値線図を作成した。なお、補間を実施する間隔は 50m とした。この間隔で補間を実施したのは、福岡県の森林区画面積の平均が約 3000m² (約 50m 四方) ということからである (福岡県水産林務部治山課 2001)。

3. 1. 1 セミバリオグラムモデルとパラメータの推定

今回用いたソフトウェアでは、セミバリオグラムのモデルとして、球形モデル・円形モデル・指数型モデル・ガウス型モデル・線形モデルが利用できる。これらのモデルを利用するには、モデルごとに最適なLag Intervalを推定する必要がある。Lag IntervalというのはX軸における対象点間の距離である。モデルの最適性を示す指標には、AICを用いた。このAICを用いて各セミバリオグラムモデルのパラメータを推定した。モデルの最適となるAICの最小値を表1に示した。Lag Intervalを大きくすると平均平方誤差が算出できなくなる。そこで、Lag Intervalのとりうる範囲は平均平方誤差が算出できる範囲とした。

表1. セミバリオグラムモデルとAIC

	球形モデル	円形モデル	指数型モデル	ガウス型モデル	線形モデル
Lag interval (m)	7475	7475	7475	7459	7475
AIC	60.18	60.18	56.93	59.22	60.18
RMSE	225.53	225.53	162.94	204.87	225.53

RMSEは平均平方誤差を示す。

3. 1. 2 補間の実行

各セミバリオグラムモデルにおいて、補間を行う対象はニホンジカの生息範囲とした。

補間値算出のために使用する試料の対象範囲は固定半径と可変半径のどちらかを選択できる。固定半径を選択した場合、補間値算出対象を半径と試料数で指定する必要がある。ある補間値算出箇所において、補間対象となる範囲内で対象試料数が不足している場合、指定した試料数に達するまで対象範囲外の試料も含める。これに対し、可変半径指定では、指定した半径に含まれる試料のみを補間値算出に使用する。本研究では、生息密度調査箇所の密度にばらつきがあるため、固定半径を選択した。補間値算出対象半径は、九州地方のホームレンジが201haであることから、このホームレンジ面積に近似した半径800mとした。対象試料数は、ソフトウェアのオンラインヘルプが推奨している12点とした。

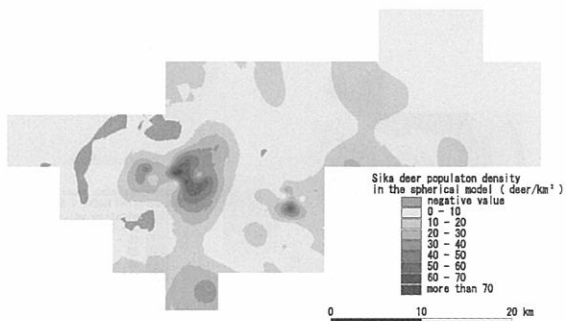


図 3. 球型モデルを選択した場合のkriging補間によるニホンジカ生息密度分布
生息密度のマイナス値となる面積が26.3 km²存在していた。

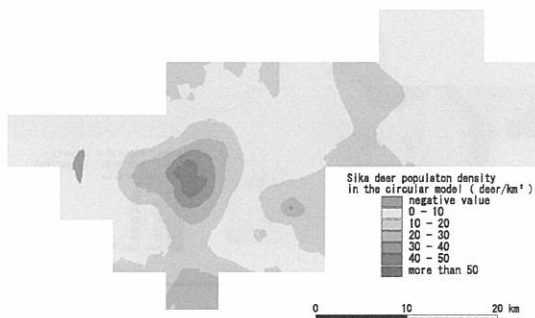


図 4. 円型モデルを選択した場合のkriging補間によるニホンジカ生息密度分布
生息密度のマイナス値となる面積が2.9 km²存在していた。

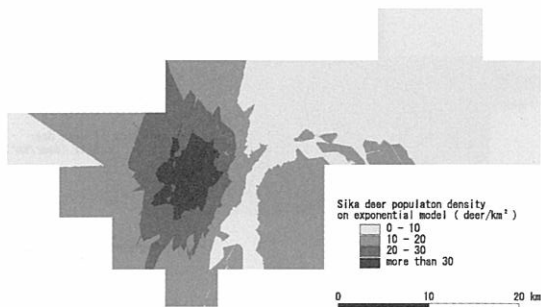


図 5. 指数型モデルを選択した場合のkriging補間によるニホンジカ生息密度分布

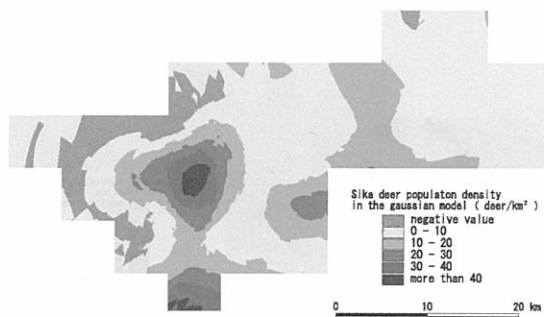


図6. ガウス型モデルを選択した場合のkriging補間によるニホンジカ生息密度分布
生息密度のマイナス値となる面積が91.3 km²存在していた。

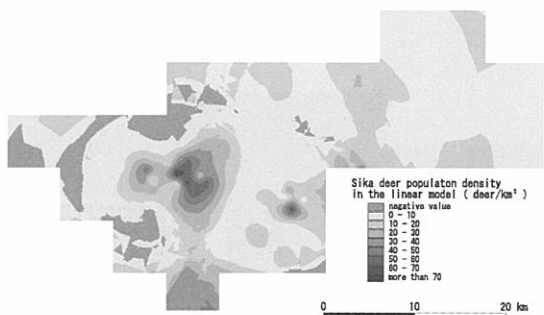


図7. 線形モデルを選択した場合のkriging補間によるニホンジカ生息密度分布
生息密度のマイナス値となる面積が82.0 km²存在していた。

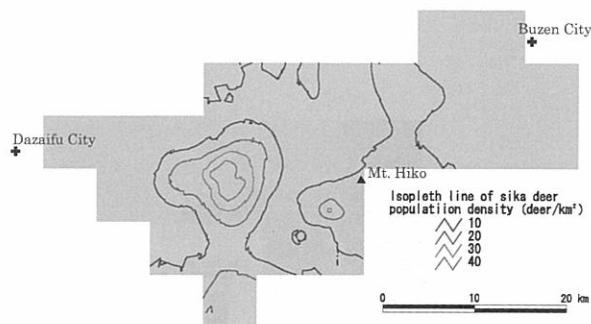


図8. ニホンジカ生息密度の等値線表示
灰色ゾーンは解析対象地を示す。

3. 1. 3 補間結果の検討

図3から図7に各セミバリオグラムモデルを用いた補間結果を示した。これらの図から球形モデル・円形モデル・ガウス型モデル・線型モデルでは、生息密度がマイナス値をとる範囲が存在していた。普通、生息密度がマイナス値をとることはない。このソフトウェアのオンラインヘルプによると、このソフトウェアのkriging補間法では、ときどき、算出されるメッシュの近くに測点が存在しない箇所で、極端に高い値や低い値を出力することがあるようである。本研究においても、マイナス値が出力された箇所は、その周りの生息密度が0.0頭/km²であり、かつ生息密度調査箇所の存在しない場所であった。

指数型モデルでは、マイナス値は存在しなかった。しかし、生息密度67頭/km²という、特徴的な生息密度の高い箇所が示されなかった。

これらのことから、本研究では、生息密度のマイナス値をとる面積の最小である円形モデルが最適なセミバリオグラムモデルであると考えた。

3. 2 等値線図の作成

kriging補間法で円形モデルを利用して、図10に示したようにシカ生息密度等値線を描いた。等値線間隔は10頭/km²としている。この図において、Kriging補間法でマイナス値となった箇所は0頭/km²として表示している。

図-8から、ニホンジカの生息分布が視覚的に把握できるようになったと思われる。この地域では、生息密度が30頭/km²以上に集中している箇所が2カ所存在していた。西日本地方において、高い生息密度は自然植生の破壊あるいは農林業被害が深刻化している（日野2003、環境庁1989、1994、2000）。本対象地において、シカ被害の深刻な地域とはほぼ同様の生息密度である30頭/km²の大きさは、東側で半径0.2km、西側で半径2.8kmとなっていた。このように、この図からシカ生息密度の分布範囲も把握することが可能になったと考えられる。

4. おわりに

kriging補間法を応用することで、離散的に分布していた生息密度調査箇

所のデータを、連続的に分布した空間データとして表示させることが可能となった。このような生息密度の予測を行うことで、分布範囲なども把握することが可能になると思われる。

これまでのところ、当地域では、シカ被害の中心は、枝葉採食被害であった。植栽木が大きくなるにつれ、シカ被害は枝葉採食から剥皮、角こすりに移っていく可能性がある。今後、人工林においてシカ被害を減ずる要因を考察していく必要がある。また、被害発生確率の分布といった被害発生解析も行う必要がある。

謝辞

シカの生息域に関する情報を提供いただいた矢部恒昌博士に感謝の意を表す。本研究は森林総合研究所運営交付金プロジェクト（課題番号：200001）による研究である。

引用文献

- 千葉県環境部自然保護課、房総のシカ調査会 1996. 千葉県房総半島におけるニホンジカの保護管理に関する調査報告書 4.
- Endo, A., Doi, T. 1996. Home range of female sika deer *Cervus Nippon* on Nozaki Island, the Goto Archipelago, Japan. *Mammal study*. **21**(1), 27-35.
- Environmental Systems Research Institute 1996a. Using the ArcView GIS, USA.
- Environmental Systems Research Institute 1996b. Using the ArcView Spatial Analyst. USA.
- 福岡県水産林務部治山課 2001. 森林地理情報システムの導入と推進. 林野時報. 564 : 44-47.
- 日野輝明、古澤仁美、伊藤宏樹、上田明良、高畑義啓、伊藤雅道 2003. 大台ヶ原における生物間相互作用にもとづく森林生態系管理. 保全生態学研究. 8 : 145-158.
- 池田浩一 2001. 福岡県におけるニホンジカの生息および被害状況について, 福岡県森林林業技術センター研究報告. 3.

- 環境庁 1981. 福岡県動植物分布図.
- 環境庁 1989. 大台ヶ原トウヒ林保全対策事業実績報告書.
- 環境庁 1994. 大台ヶ原トウヒ林保全対策事業実績報告書.
- 環境庁 2000. 大台ヶ原トウヒ林保全対策事業実績報告書.
- Koizumi, T. 1998. Transition of forestry and wildlife damage in Japan. In : Lee, B., Lee, S., Yoo, B. (Eds.), Forest protection in northeast Asia. For. Res. Inst., Seoul, 9-18.
- 近藤洋史、池田浩一、小泉 透、今田盛生、吉田茂二郎 2003. 補間法を応用したニホンジカ生息密度ポテンシャルの分布様式の検討. 九州森林研究. 56 : 109-112.
- Li, Y., Maruyama, N., Koganezawa M., Kanzaki, N. 1996. Wintering range expansion and increase of sika deer in Nikko in relation to global warming. *Wildl. Conserv. Japan*. 2(1), 23-35.
- 前地育代、黒崎敏文、横山昌太郎、柴田叡弼 2000. 大台ヶ原におけるニホンジカの行動圏. 名古屋大学森林科学研究. 19 : 1-10.
- 間瀬 茂、武田 純 2001. 空間データモデリング. 共立出版.
- 三浦慎悟 1998. シカ問題の動向と個体群管理のポイント. 林業技術. 680 : 31-34.
- 三浦慎悟 1999. 野生動物の生態と農林業被害. 全国林業改良普及協会.
- 村上拓彦、池田浩一、小泉 透、近藤洋史 2004. 森林簿から得た人工林齢級とニホンジカによる新植地被害被害の関連性. 九州森林研究. 57 : 127-130.
- Oi, T., Suzuki, M. 2001. Damage to sugi (*Cryptomeria japonica*) plantations by sika deer (*Cervus nippon*) in northern Honshu, Japan. *Mammal Study*. 26, 9-15
- 林野庁 2003. 林業白書.
- 自然環境研究センター 1998. 平成9年度鳥獣保護管理対策調査報告書－宮崎県におけるニホンジカの保護管理計画－.
- 田戸裕之、福原伸好 1997. 野生獣類の生息動態と森林被害の防除技術に関する調査 (I) -ニホンジカの行動圏と利用する植生-. 山口県林業指導センター試験報告書第11号.

- 常田邦彦 1998. 九州のシカ事情. 林業技術. 680 : 27-30.
- 上野健一 2001. 分布の表現法. 地理. 46(8) : 6-10.
- 上山泰代 1998. 兵庫県のシカ対策. 林業技術. 680 : 23-26.
- Wackernagel, H. 1995. Multivariate Geostatistics. Springer. Germany.
- 矢部恒昌 1995. 野生動物の生息地管理に関する基礎的研究－知床半島におけるエゾシカの生息地利用形態と植生変化－. 北海道大学農学部演習林研究報告. 52(2) : 115-180.
- 矢部恒晶、小泉 透、遠藤 晃、関 伸一、三浦由洋 2001. 九州中央山地におけるニホンジカのホームレンジ. 日林九支研論 54. 131-132.