

称号及び氏名	博士(緑地環境科学) 金井 猛徳
学位授与の日付	平成21年3月31日
論文名	都市域におけるアライグマの空間分布モデリングと生態リスク評価に関する研究
論文審査委員	主査 小山 修平 副査 増田 昇 副査 前中 久行 副査 石井 実

論文要旨

第1章 研究の背景と目的

近年、アライグマ(*Procyon lotor*)の生息域が急速に拡大しており、在来生物への影響が懸念され、農作物への被害も報告されるなど、早急な解決が課題となっている。一般に、アライグマのような哺乳外来生物は、定着過程の初期段階では爆発的に個体数が増加するといわれており、早期の対策が重要となることから、アライグマにおいても効率的な管理が求められている。しかしながら、アライグマは飼育動物から野生化していることが多いため、生息状況や生態について情報が少ない。したがって、野生化したアライグマの分布状況・生息域の拡大を明らかにし将来的なアライグマの個体数変動を予測することは、効率的なアライグマ管理計画の実施・策定に繋がると考えられる。

そこで本研究では、大都市域を有する大阪府域において特定外来生物に指定されているアライグマを対象に GIS, 統計学的手法および新たにシステムダイナミクス等を導入してアライグマ管理計画の策定・実施の指標(資料)となるアライグマの生息可能域、個体数、生息域拡大および個体群動態について定量的な評価指標および生態リスク評価を行い、野性化したアライグマを通して外来生物の一般的な管理の方向を提起する。

第2章 大阪府域におけるアライグマの生息可能域の推定

第2章の前半部分では、Landsat-ETM+をもとに土地被覆分類を推定し、推定した土地被覆分類から判別分析と GIS を用いて大阪府域におけるアライグマの生息可能域を明らかにした。後半部分では、より詳細なアライグマの生息可能域を明らかにするため、2種類の土地利用データをもとに一般化線形モデルと GIS を用いてアライグマの生息確率を含む大阪府域におけるアライグマの生息可能域を推定した。

判別分析の結果、2つの判別式を構築することができ、これらの判別式とGISを用いることにより、調査が困難な地域においても対応し、広範な地域での生息可能域の推定が可能となった。さらに、一般化線形モデルを導入することによって、より詳細なアライグマの生息可能域の推定が可能となった。大阪府を対象に推定した結果、北部、東部および南部を中心にアライグマの生息確率が高い生息可能域が分布していることが明らかとなった。

第3章 コスト距離法を用いたアライグマの生息域拡大に関する評価

第3章では、大阪府域におけるアライグマの生息域拡大について一般化線形モデルを用いて土地利用コスト値を推定し、推定した土地利用コスト値を用いたコスト距離法によりアライグマの生息域拡大について評価した。その結果、現時点では市街地へは生息域拡大が進み難い傾向にある。また、単純距離法とコスト距離法を赤池情報量基準(AIC)によりモデルの適合性について比較した結果、コスト距離法の方がモデルの適合性が高いことが明らかとなった(単純距離法:255.72, コスト距離法:231.00)。さらに、アライグマの生息域拡大図をもとに2007年度アライグマの分布図を初期値として、将来的な生息域拡大経路について解析した結果、大阪府の2大都市である大阪市へは3経路、堺市へは1経路存在する可能性が明らかとなった。

第4章 一般化線形モデルおよび一般化線形混合モデルを用いたアライグマの個体数の推定

第4章では、有害鳥獣捕獲による捕獲数、土地利用データおよび衛星データを用いて、GISと一般化線形モデルおよび一般化線形混合モデルを組み合わせることにより大阪府域におけるアライグマの個体数を推定し、両者による結果を比較した。

まず、従来からの手法である除去法による個体数推定の可能性について検討したが決定係数が低く(0.009~0.043)、個体数を推定することが困難であった。そのため、土地利用データと衛星データを用いて一般化線形モデル(モデル4-1)および一般化線形混合モデル(モデル4-2)とGISにより個体数を推定した。その結果、2つのモデルともに同様の説明変数がステップワイズ法によって選択され、大阪府域におけるアライグマの個体数分布図を提示することができた。また、大阪府和泉市内において有害鳥獣捕獲によって捕獲されたアライグマ(検証データ)と推定したモデルを比較した結果、推定結果と検証データが、かなり一致した(モデル4-1: $R^2=0.807$, モデル4-2: $R^2=0.807$)。さらに、2つのモデルにより推定した結果と第2章のアライグマの生息可能域の結果を比較すると、両者は概ね一致していることから(モデル4-1: $R^2=0.646$, モデル4-2: $R^2=0.646$)、アライグマの生息個体数が多いと推定した地域はアライグマの生息確率が高い地域であることが明らかとなった。また、3次メッシュ植生自然度を変量効果とした一般化線形混合モデルについては、変数選択および変数選択後の回帰係数は一般化線形モデルと大きな差がなく(少数第5位以下に違いがある)、変量効果によるモデルへの影響は認められなかった。ここで構築したモデルとGISを用いて大阪府域におけるアライグマの個体数を推定した結果、2836頭と推定された。

第5章 大阪府域におけるシステムダイナミックスを用いたアライグマの個体群動態の変動評価

第5章では、外来生物の生態リスク評価の1手法として初めてシステムダイナミックスを導入し、大阪府域におけるアライグマの個体群動態について予測した。初期個体数に関するパラメータにAsanoらとGehrtらによる報告値、死亡率に関するパラメータにGehrtらとHasbrouckらによる報告値をそれぞれ組み合わせた4つのモデルを構築し2004年度から2007年度の個体群動態についてシミュレーションを実施した結果、全てのモデルでアライグマの個体数が増加する傾向が示された。4モデルによる2007年度の個体数予測結果と第4章で推定された個体数を比較すると、ともにGehrtらによる報告値を採用したモデルによる結果が第4章で推定された2007年度の個体数と最も一致していた(推定誤差:84頭)。このモデルを用いて2007年度から2017年度までの個体群動態を予測した結果、2007年度の有害鳥獣捕獲による捕獲数と同数の捕獲圧を毎年かけると、アライグマの個体数を抑制することができず、2017年度には個体数が10万頭以上に増加する可能性があり、個体数を大幅に減少させるためには、最低でも2007年度の有害鳥獣捕獲による捕獲数より1.5倍以上の捕獲圧をかける必要があることが示された。また、捕獲圧を数年後に1.5倍から減少させると、個体数が再び増加するという予測結果が示されたことから、継続的なモニタリングと捕獲活動が必要であることが分かった。

第6章 大阪府域におけるアライグマ管理計画の重要対策地域および今後の方向性

第6章では、大阪府域におけるアライグマの管理計画の指標となる第2章と第3章で得られた知見からゾーニングを行い、大阪府域におけるアライグマ管理計画の重要対策地域の提示および今後の方向性について考察した。

本研究の第2章で得られたアライグマの生息可能域とアライグマの生息確率(80%以上)が重なり合う地域をアライグマの最重要対策地域とし、アライグマの生息可能域とアライグマの生息確率(60%以上80%未満)が重なり合う地域を重要対策地域として対策地域図を提示した。これらの最重要・重要対策地域には、独立したメッシュも存在するが、多くの地域が連続していた。また、最重要・重要対策地域の周辺地域は、第3章で大阪府域におけるアライグマが生息域拡大しやすい地域であったことから、アライグマの生息域拡大が早い段階で進むと推察される。そのため、最重要・重要対策地域を中心に捕獲圧をかけ、生息域拡大が容易な地域のモニタリングを強化することがアライグマの管理計画策定・実施に有効的であると考えられる。また、個体群動態予測をある期間ごとに行うことで急激な個体数の増加や生息域拡大を抑制することが可能と考えられる。

アライグマ問題の今後の方向性としては、モニタリングを継続して行い、その結果をもとに本研究で構築した方法を用いてアライグマの生息域可能域、生息域拡大および個体数を推定・個体群動態を予測し、アライグマの効率的な順応的管理を行うことが重要であると考えられる。特にアライグマの捕獲状況などのモニタリング結果は、推定や予測の精度向上のためにも、精度の高い情報が必要となる。また、外来生物としてのアライグマの生態については不明なことが多く、そのような研究を進める必要もある。さら

に、アライグマのように根絶することが目標とされている外来生物は、動物愛護に関する社会の理解を得ることも重要であり、本研究の結果を含めて既存の研究成果を広く公表し社会の理解を得ることも必要であろう。このようにアライグマのような外来生物問題は、効果的な対策方法がまだ存在しないため、現在のところ順応的管理によって対策が進められている。そのため、本研究で行ったアライグマの生息域の推定、個体数推定、生息域拡大の評価および個体群動態に関するデータマイニングは、「定量的な推定・予測結果」、「重要な対策地域の設定などゾーニングのためのツール」および「社会合意形成のための有効な資料」に繋がり、アライグマを通して一般的な外来生物の管理計画策定・実施に対しても有効なものとなる可能性がある。

審査結果の要旨

近年、アライグマ(*Procyon lotor*)の生息域が急速に拡大しており、在来生物への影響が懸念され、農作物への被害も報告されるなど、早急な解決が課題となっている。一般に、アライグマのような哺乳外来生物は、定着過程の初期段階では爆発的に個体数が増加するといわれており、早期の対策が重要となることから、アライグマにおいても効率的な管理が求められている。しかしながら、現状、アライグマは飼育動物から野生化していることが多いため、生息状況や生態については極めて情報が少ない。したがって、野生化したアライグマの分布状況・生息域の拡大を明らかにし将来的なアライグマの個体数変動を予測することは、効率的なアライグマ管理計画の実施・策定に繋がると考えられる。

本研究の第1章では、大都市域を有する大阪府域において特定外来生物に指定されているアライグマ問題の現状と課題に関する既存の研究について概説し、都市域におけるアライグマ問題における研究の背景と目的を明らかにした。

第2章の前半部分では、Landsat-ETM+をもとに推定した土地被覆分類から判別分析と地理情報システム(GIS)を用いて大阪府域におけるアライグマの生息可能域を明らかにした。後半部分では、より詳細なアライグマの生息可能域を明らかにするため、一般化線形モデルを導入してアライグマの生息可能域を高精度に推定し、土地利用データをもとにGISと判別式を組み合わせ、アライグマの生息確率を含めて大阪府域の調査が困難な地域におけるアライグマの生息可能域を推定した。その結果、大阪府域では、北部、東部および南部を中心にアライグマの生息確率が高いことを明らかにした。

第3章では、大阪府域におけるアライグマの生息域拡大について、単純距離法と土地利用コスト値を用いたコスト距離法によってアライグマの生息域拡大を評価した。その結果、現時点では市街地へは生息域拡大が進み難い傾向にあることを示した。また、赤池情報量基準(AIC)を用いて単純距離法とコスト距離法を比較した結果、コスト距離法

を用いた方がより生息域拡大モデルに適合することを明らかにした。さらに、アライグマの生息域拡大図をもとに将来的な生息域拡大経路について解析した結果、大阪府の2大都市である大阪市へは3経路、堺市へは1経路存在する可能性を提示することができた。

第4章では、まず、アライグマのDNA分析を行って基本的な個体情報を得るとともに、一般的な除去法をアライグマの個体数推定に適用したが、全く適合しなかった。そのため、有害鳥獣捕獲による捕獲数、土地利用データおよび衛星データを用いて、GISと一般化線形モデルや一般化線形混合モデルを組み合わせることで大阪府域におけるアライグマの個体数推定を試みた結果、大阪府域におけるアライグマの個体数分布図を提示することができた。この個体数推定は大阪府和泉市内において有害鳥獣捕獲によって捕獲された実際のアライグマ数と推定値を比較した結果、かなりよく一致することが分かった。

第5章では、外来生物の生態リスク評価の一手法に初めてシステムダイナミクスを導入し、大阪府域におけるアライグマの個体群動態について予測した。AsanoらとGehrtらによる初期個体数に関する報告値、GehrtらとHasbrouckらによる死亡率に関する報告値をそれぞれパラメータとして組み合わせることで4つのモデルを構築し2004年度から2007年度の個体群動態についてシミュレーションを実施した結果、全てのモデルでアライグマの個体数が増加する傾向が得られた。中でもGehrtらによる値を採用したモデルでは、2007年度の個体数の予測値と第4章の推定個体数が、かなりよく一致したので、2007年度から10年後の個体群動態を予測した結果、2007年度の有害鳥獣捕獲による捕獲数と同数の捕獲圧を毎年かけた場合、アライグマの個体数を抑制することはできず、10年後には個体数が10万頭以上に増加する可能性を明らかにした。それゆえ個体数を大幅に減少させるには、最低でも2007年度の有害鳥獣捕獲による捕獲数より1.5倍以上の捕獲圧を必要とすることを示した。

第6章では、前章までの結果に基づき、アライグマの生息可能域とアライグマの生息確率を用いて大阪府域におけるアライグマの管理計画の指標となる最重要地域と重要地域を提示することができた。特に、これらの地域を中心に捕獲圧をかけ、生息域拡大が容易な地域のモニタリングを強化することで、アライグマの生息域の推定、個体数推定、生息域拡大の評価と個体群動態に関するデータマイニングが可能となり、結果的に「定量的な推定・予測」、「重要な対策地域の設定などのゾーニング」および「社会的な合意形成のために有効活用」等の基礎資料になることを示した。これらの資料は、アライグマを通して一般的な外来生物の管理計画策定・実施に対しても有用なものになると考えられる。本研究成果は、緑地環境科学の発展、とりわけ環境モニタリング・制御学のみならず、広く生態系情報学や農業情報学分野におけるデータマイニングの新たな展開に貢献するものであり、最終試験の結果とあわせて、博士（緑地環境科学）の学位を授与することを適当と認める。