

課題名	D-1003 野生動物保護管理のための将来予測および意思決定支援システムの構築に関する研究
課題代表者名	坂田 宏志（兵庫県立大学自然・環境科学研究所 森林動物系 野生動物マネジメント研究部門）
研究実施期間	平成22～24年度
累計予算額	58,599千円（うち24年度16,434千円） 予算額は、間接経費を含む。
本研究のキーワード	野生動物管理、個体数管理、特定鳥獣保護管理計画、農業被害、モニタリング調査 個体数推定、将来予測、合意形成、政策決定

研究体制

- (1)モニタリング項目と手法の開発に関する研究（三重県農業研究所）
- (2)データ分析手法の確立に関する研究（兵庫県立大学）
- (3)意思決定支援コンテンツの開発に関する研究（（地独）大阪府立環境農林水産総合研究所）
- (4)支援ソフトウェアパッケージの開発に関する研究（（株）ブレイン）

研究概要

1. はじめに(研究背景等)

被害問題や絶滅危惧など課題のある野生動物については、都道府県が鳥獣保護法に基づいて特定鳥獣保護管理計画を策定し、科学的な保全と管理を行うことになっている。平成24年には46都道府県で124計画が策定されている。

しかし、実際には個体数推定や適切な捕獲数の算出は困難であった。例えば、ニホンジカでは、多くの計画が個体数を過小評価していたために被害が拡大していた(宇野ら 2008)。また、イノシシでは、個体数推定が困難なことをふまえて、その推定自体を行っていない計画がほとんどであった。ツキノワグマにおいては計画の捕獲上限を大幅に上回る捕獲が必要になった県も多い。

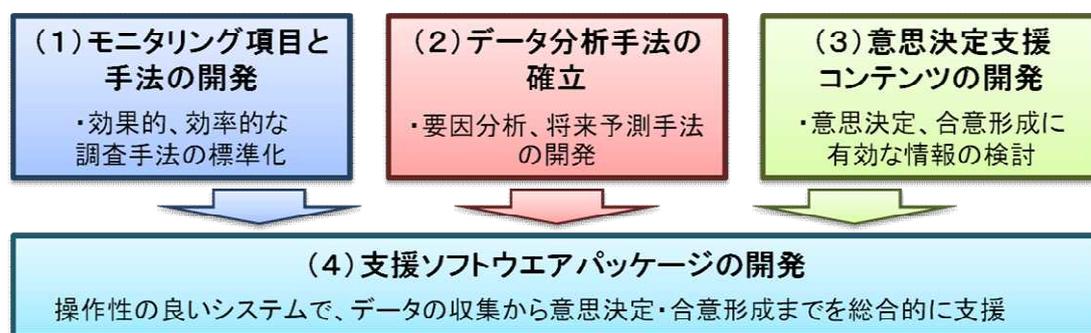
この原因の一つは、保全と管理のデータ収集から分析、将来予測、意思決定、合意形成までの一連の作業体系が十分に確立していないところにあった。

2. 研究開発目的

本研究は、適切な特定鳥獣保護管理計画の策定と実施のために、データ収集から、分析、レポート作成の一連の作業体系を確立し、都道府県による実施を支援するソフトウェア・システムを開発することを目的とした。

3. 研究開発の方法

本研究は、下図のように役割分担したサブテーマで構成した。



サブテーマ(1)ではデータ収集の体系を確立し、(2)で、(1)のデータを用いた分析手法を開発した。(3)では(2)の結果をどのような形式のアウトプットにすべきかを検討した。(4)では(1)(2)(3)の一連の作業を適切かつ簡便に実施できるソフトウェアパッケージを開発した。

(1)モニタリング項目と手法の開発に関する研究

特定鳥獣保護管理計画の策定と運用のために必要十分なデータを収集できることと、都道府県の体制で実施可能であることの2点を両立できる調査体系を確立するために、以下の現状把握と調査フォーマットの作成を行った。

1) 全国の調査や活用方法の実態把握

47都道府県の鳥獣保護、農業被害対策、林業被害対策の各担当者に、現在のデータ収集体制に関する聞き取り調査を実施し、全国のモニタリング体制の実態や課題を把握した。

2) 最適なモニタリング項目の設定

1)の状況把握をふまえて、サブテーマ(2)と協議し、過去の兵庫、大阪、三重の調査項目から出猟報告、集落被害調査に必要な項目を選択し、調査のフォーマットを作成した。

(2) データ分析手法の確立に関する研究

サブテーマ(1)のフォーマットにもとづくデータを元に、サブテーマ(3)に必要な個体数推定とその将来予測の技術を確立し、サブテーマ(4)のソフトウェアに組み込み可能なプロトコルを作成するために以下の作業を行った。

1) 採用する分析手法と個体数の推定モデルの選定

収集されたデータを効率よく活かし、かつ誤差変動によってぶれにくい頑健性や信頼性を持つ手法として、マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いたベイズ推定を採用した。また、意志決定においては捕獲数との関係が重要になるため、捕獲数に基礎をおいたharvest-based modelを基本モデルに採用した。

2) 個体数推定および将来予測モデルの構築

- a 推定の精度を高めるために、従来のモデルに、複数の密度指標を組み込んだモデルを構築した。
- b 環境要因や社会的要因を組み込んだモデルを構築した。
- c 過去の推定結果との整合性を確保する手法を開発した。
- d 密度効果と増加率の年変動等の誤差の処理手法を開発した。
- e 市町スケールでの個体群動態モデルを開発した。

3) 推定精度の検証と設定条件の検討

拡張したモデルを用いて、試験者が設定しサンプルデータを推定させる数値実験と、実データへの適用を行い、それぞれの手法の推定精度や既存の知見との整合性を検証した。

4) 捕獲効果と予測精度の検証

個体数の推定と予測の精度を高めるために、捕獲実施前の捕獲計画に基づく将来予測と、捕獲後の推定結果を比較することで、捕獲の効果と将来予測の精度を検証した。

5) 汎用化プログラムの作成

推定の実行の際の作業を効率化することに加え、多獣種・多地域へのモデルの適応の可能性を高めるためのプログラムを組むことで、汎用性の高い個体数推定と予測の仕組みを構築した。また、プログラムの汎用性を確認するために、多獣種・多地域のデータを用いて、推定・予測を実行した。

6) 被害の要因分析手法の開発

農業被害の軽減に向けて、客観的なデータに基づいた個体数管理の目標設定を行うために、被害に影響する要因を分析する手法を開発した。同時に、費用対効果の分析につながる生息密度と農業被害程度との関係を導出した。

(3) 意思決定支援コンテンツの開発に関する研究

サブテーマ(1)モニタリング項目とサブテーマ(2)データ分析手法の確立の2つのサブテーマを受けて、意思決定と合意形成のために以下の作業を行った。

- 1) 全国の特定鳥獣保護管理計画(現行計画(第11次鳥獣保護事業計画期間内)および前期計画(第10次鳥獣保護事業計画))の実情調査
- 2) 近畿各府県行政担当者への特定鳥獣保護管理計画アンケートの実施
- 3) 大阪府における特定鳥獣保護管理計画改定の詳細調査
- 4) アウトプットの様式の決定

(4) 支援ソフトウェアパッケージの開発に関する研究

サブテーマ(1)(2)(3)で開発した手法を体系化し、効率的に実施できるシステムを開発するために以下の作業を行った。

- 1) 調査票からOCRによる一括入力する入力支援システムの開発
- 2) データ管理システムの構築

目的の機能要件を整理し、データベースの構造設計を行うとともに、データのチェックや蓄積、および分析にむけた編集機能をもつデータ管理システムを開発する。
- 3) データ分析のための統計処理ソフトの選定および、データ管理システムとの連携手法の研究
- 4) レポート作成機能の構築及び配布様式の作成

サブテーマ(3)で開発されたコンテンツを自動的に生成する手法について研究した。また、大量にアウトプットされるレポートをユーザーが必要なデータを簡易に選び出せるようにするため、呼出し口になるHTML画面を作成し、ここからレポートを選択できるようにした。

4. 結果及び考察

(1) モニタリング項目と手法の開発に関する研究

- 1) 当研究で構想している意志決定システムに対する要望のある都道府県は、研究開始段階でも28に上り、この研究開発の成果に対する潜在的需要が非常に高いことが判った。
- 2) 捕獲頭数等の集計は全都道府県で実施されており、出猟報告は、44都道府県で収集していた。その情報から20の都府県で目撃効率や捕獲効率等の野生動物の分布や密度の指標が計算可能であることが判った。
- 3) 農業の被害を集落等の詳細な単位で指標化できる調査を実施していたのは、7府県に留まり、簡易なフォームによる効果的なモニタリング手法の開発が必要であることが判った。
- 4) 兵庫、大阪、三重の3府県の農業集落調査と出猟カレンダーの様式を精査し、データ分析と意思決定のために必要十分な調査項目を抽出した。
- 5) 抽出した項目をもとにデータの自動読み取りが可能な調査フォームを作成した。

The form is divided into several main sections:

- 調査票情報** (Survey Information): Includes fields for survey name, date, and location.
- 記入上の注意** (Notes): Provides instructions for filling out the form.
- 調査対象** (Target): A grid for recording sightings of various animals like Sika deer, Wild boar, Wild rabbit, Wild cat, Wild dog, Wild pig, Wild boar, Wild rabbit, Wild cat, Wild dog, Wild pig, Wild boar, Wild rabbit, Wild cat, Wild dog, Wild pig.
- 農業被害** (Agricultural Damage): A grid for recording damage to crops and livestock.
- その他** (Others): A section for additional information.

図(1)-1 農業集落調査様式

The form includes:

- 出猟履歴** (Hunting History): A table with columns for '日付' (Date), '場所' (Location), '種別' (Species), '頭数' (Number of animals), and '備考' (Remarks).
- 出猟履歴** (Hunting History): A table with columns for '日付' (Date), '場所' (Location), '種別' (Species), '頭数' (Number of animals), and '備考' (Remarks).

図(1)-2 出猟カレンダー様式

農業集落調査では、①各獣種の被害程度、出没、対策の効果、②防護柵の設置状況、③防護柵の設置状況と管理状況、④捕獲の状況や捕獲器具の保有状況、⑥シカの剥皮被害の状況、⑦イノシシの畦畔被害や人身被害の状況、⑧サルの生活被害の状況や追い払いの実施状況等に関する調査項目の簡素化を図った。また、出猟報告に関しては読み取り精度向上のため、OCR紙への印字色を改善した。

その結果、農業集落調査では、昨年度までの調査フォームにくらべ、1ページあたりの記入が必要な項目

を前年比約70%の80項目程度に削減することが可能となり、より実用的なフォームの開発ができた。また、出猟報告では、読み取り精度が向上した結果、読み取り不能による手入力作業が減少し、入力からデータ整理に関する作業時間が大幅に短縮でき、実用化に向けた準備が進展した。

(2) データ分析手法の確立に関する研究

- 1) サンプルデータを用いた数値実験により、推定精度を検証した。その結果、モデルに組み込む指標が多いほど推定精度が高くなることが明らかになった。たとえ誤差が大きい指標であっても、真の値と相関していれば、その指標をモデルに加えることで精度が向上した。具体的には、推定の正確度を示す指数RMSE(小さいほど正確度が高い)は、誤差が小さい指標2つを利用するモデルでは156、誤差が小さい指標と大きな指標を1つずつ利用で208、誤差が小さい指標1つ利用では384であった。
- 2) 開発したモデルに環境要因や他の関連データを活用できる拡張をした。その結果、ツキノワグマでは、捕獲数のみを用いた場合の変動係数2.18に比べ、標識再捕獲法の原理や堅果類の豊凶の影響を組み込むことにより、変動係数が0.47と精度が大幅に向上した。
- 3) 新たに開発した手法によって、2011年の兵庫県本州部のニホンジカに関しては、個体数(90%信頼区間)は130,803頭(90,633~212,491頭)、自然増加率(90%信頼区間)は15.1%(5.3~27.1%)と推定された。

- 4) 予測の精度を検証するために、捕獲実施前の将来予測値と捕獲実施後の推定値を比較した。その結果、中央値で見ると、捕獲前の予測値は124,166頭であったのに対し、捕獲後の推定は130,803頭となり、その差がわずか5.3%であった。この結果から、実用上十分な予測精度が確保されていることが確認できた。

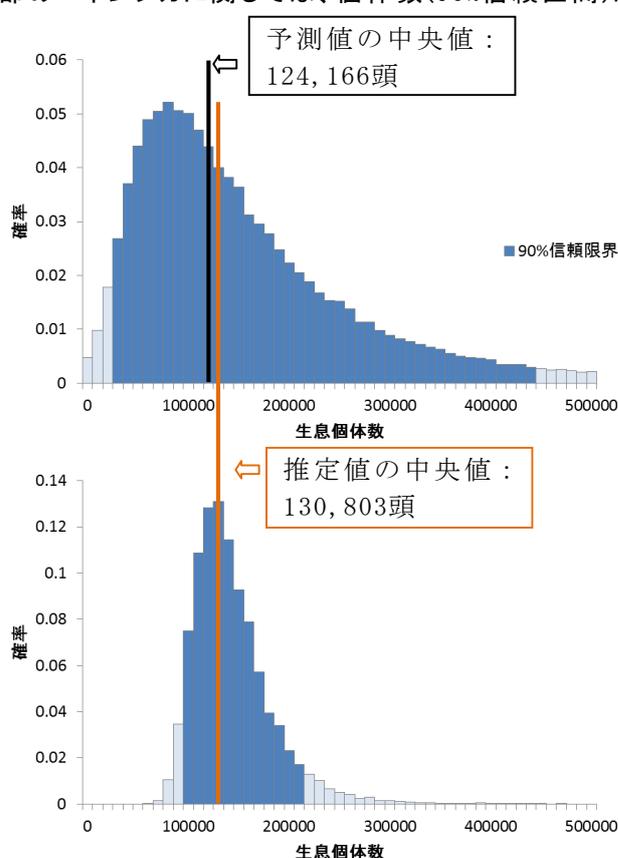
- 5) 推定・予測の計算の際の効率化と多獣種・多地域へのモデルの適合に向けて、推定に用いるデータの種類や、解析スケール、パラメータの年次変動のモデルの違いを考慮し、計9種類のプログラムを作成した。

また、推定・予測用のプログラムの汎用性を確認するために、動物(ニホンジカ・イノシシ)、地域(兵庫県・大阪府・三重県)、解析スケール(県・市町)の異なる7つのデータセットを用いて、汎用性テストを実施した。

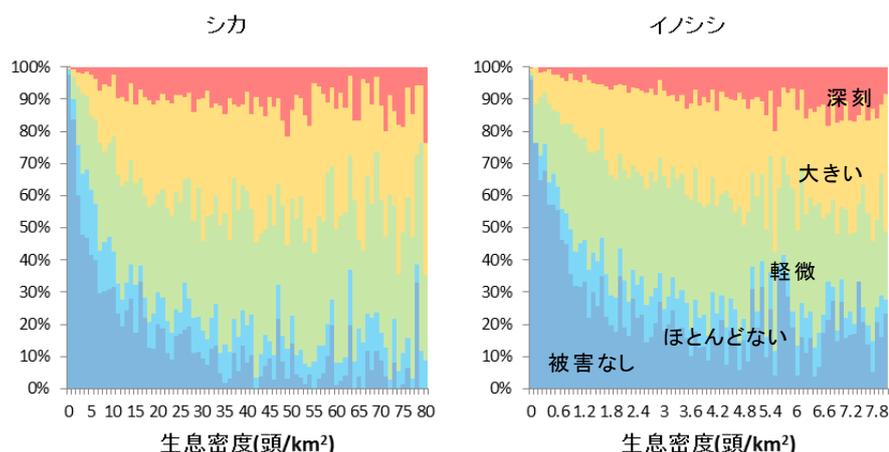
三重県全域でのシカの個体数推定の結果、2011年の生息数は、中央値(90%信頼限界)で68,862頭(38,559~139,379頭)であり、2010年の自然増加率は、中央値(90%信頼限界)で1.24(1.15~1.37)であった。一方、大阪府全域でのシカの個体数推定の結果、2010年の生息数は、中央値(90%信頼限界)で3,127頭(1,679~7,141頭)であり、2010年の自然増加率は、中央値(90%信頼限界)で1.36(1.24~1.53)であった。

三重県と大阪府いずれにおいても、シカの密度指標は糞粒密度であり、ベースとなる個体数推定モデルを構築した兵庫県のシカの密度指標(糞塊密度)とはモニタリングデータが異なっていた。しかし、本研究で開発した個体数推定プログラムにより、同じ枠組みで推定が可能であったことから、開発したプログラムの汎用性が示された。

- 6) 本事業で開発した個体数推定手法から得られた、シカとイノシシの狩猟メッシュ(約4km×5km)単位での個体数の推定値と集落単位での農業被害のデータを用いて、生息密度と被害程度との関係を分析した。その結果、生息密度と被害程度との関係に図(2)-2のような関係が得られた。



図(2)-1 将来予測と推定値との照合



図(2)-2 シカとイノシシの生息密度と被害との関係

いずれの種においても、生息密度と被害の関係に相関関係が見られた。しかし、その傾向は密度により異なり、シカの場合、生息密度がおおよそ20頭/km²までは、被害が横ばいである一方で、生息密度が20頭/km²以下になると被害は急激に減少することが明らかとなった。一方、イノシシの場合、生息密度の減少に伴い、被害の程度も減少するものの、低密度であっても、シカに比べて被害が大きな集落の割合が高く、生息密度が0頭より高い集落では、おおよそ10%以上の集落が大きな被害を受けていることが明らかとなった。

(3)意思決定支援コンテンツの開発に関する研究

1) 全国の特定鳥獣保護管理計画(現行計画(第11次鳥獣保護事業計画期間内)および前期計画(第10次鳥獣保護事業計画))の実情調査

a 特定鳥獣保護管理計画(以下特定計画)の策定状況

平成24年度にシカでは36府県39計画、イノシシでは36府県36計画が策定されていた。

b 規制緩和

実施されている規制緩和は猟期延長、わな直径規制解除、休猟区可猟、雌シカ捕獲無制限等で、猟期延長はシカ、イノシシとも90%以上、雌シカの捕獲無制限は82.1%と高い実施率であり、被害の増大、生息数の増加から規制を緩和して捕獲に力を入れる都道府県が多いことが判った。

c 管理目標

シカ39計画では①農林業被害の軽減(ヒトとシカの軋轢軽減)37、②自然環境保全・生物多様性確保31、③個体数管理27、④地域個体群の維持26等で、②は農作物被害に加え、国立公園等の貴重な自然生態系への被害を反映していると思われる。

イノシシの36計画では①農業被害軽減26、②生息数減少・生息域縮小・個体数調整16、③捕獲数15等で、大きく捕獲数または農業被害低減を目標とする府県に分かれた。

d 管理の数値目標

シカでは生息密度・生息数を併記している計画が10(26%)であった。前期(第10次)計画では生息数・生息密度の併記は26/35(74.2%)であり、今期では大きく減少していた。これらの数値目標の根拠について、モニタリングデータに基づき、独自に設定していることが明記された県は、わずか、3計画のみであった。

イノシシでの数値目標は被害金額のみ13(36.1%)、捕獲のみ7(19.4%)、捕獲と被害金額5(13.9%)等であり、農業被害の減少等抽象的目標のみが2(5.6%)であった。前期計画と比較すると、農業被害額が17から22、被害面積が3から4と増加していた。これは実用的生息数の推定方法がなく、具体的なモニタリング項目がないため間接的な項目を指標としているためと推察される。

e 生息数・生息密度推定

シカにおいて生息数の推定は39計画すべてで実施されていた。その指標は糞粒法19(48.7%)、糞塊法12(30.8%)、区画法12(30.8%)であり、推定手法はFUNRYU福岡法6(15.4%)、ベイズ法3(7.7%)等であった。

イノシシでは生息数推定を実施しているのは6計画(16.7%)で、ほとんどの府県で生息数推定は実施されていなかった。推定方法の記載がある4計画はすべて環境省の前ガイドラインの増加率1.178と捕獲数を参考にしていた。これはイノシシの生息数推定が進んでいない現状を示している。

f 将来予測

将来予測は、シカの11計画(28.2%)で実施され、ベイズ法が3、レスリー行列が3、SimBambiが3計画であった。前期計画ではSimBambiが6、レスリー行列が2、個体数変化のシミュレーションが3、その他が5であり、SimBambi、個体数変化が減少し、ベイズ法の採用が新たに実施された状況であった。

イノシシでは前期計画で実施している府県はなく、今期は環境省の前ガイドラインを参考に4計画(11.1%)で実施していた。ただし、予測は環境省のガイドラインに記載されている増加率を参考にしたものであった。

2) 近畿各府県行政担当者への特定鳥獣保護管理計画アンケート

アンケートは本研究を実施している兵庫県、大阪府、三重県、及び近畿の滋賀県、京都府、奈良県、和歌山県で鳥獣保護管理行政を行う担当者に平成23年6月に実施した。

個体数推定はシカ7/7、イノシシ1/4計画で実施されていたが、推定値が現状と一致しない等、精度に問題がみられた。数値目標はシカでは個体数7、捕獲数7、生息密度6計画等が設定されている以外は、シカ・イノシシともほとんど数値設定がない状況だった。ただし、7府県すべてで生息数・捕獲数のシミュレーションは、信頼できる算定方法(ツール)がなく、あればぜひ活用したいとの回答だった。

捕獲数、捕獲・目撃効率、推定生息数、農業被害金額等についてのデータ必要単位は各府県で異なり、システムでは、各行政機関が必要とする単位でのデータが作成できる必要があることが分かった。

3) 大阪府における特定鳥獣保護管理計画改定の詳細調査

大阪府シカ保護管理計画の改訂(第3期:H24~28年度)では、生息域の拡大に伴い平成12年度時点で2,000頭として一般的に用いられているシミュレーションソフトを設定して運用を開始したが、平成20年度時点で矛盾が生じ、適正な推定生息数を求めることが困難となった。本研究で作成中のシステムにて試算を行った結果、大阪府内のシカの推定生息数については生息個体数の半数以上捕獲しても個体数の減少が認められない、いわゆる開放個体群であると考えられ、周辺地域からの出入りも考慮に入れなければならないという結果となり、より広域での保護管理の必要性が示された。

4) 必要なアウトプットコンテンツ

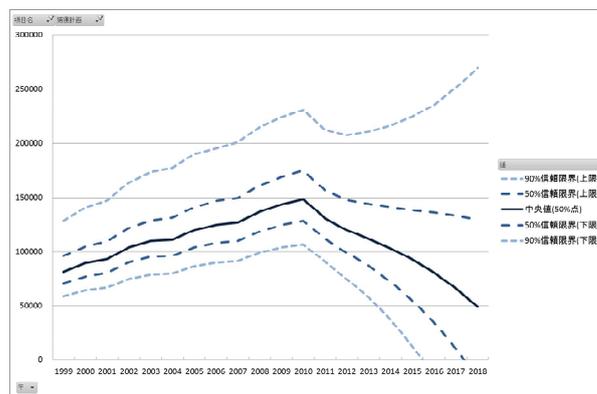
以上の調査より当サブテーマでは提供すべきアウトプットコンテンツを以下のとおり整理した。

a 捕獲状況(都道府県単位、市町村単位、メッシュ単位、年度単位)

捕獲数(銃猟、わな猟)(グラフ・マップ)、捕獲数の経年変化(グラフ)、目撃効率(グラフ・マップ)、目撃効率の経年変化(グラフ)、目撃効率の変化率(マップ)、捕獲効率(銃猟・わな猟)(グラフ・マップ)、捕獲効率の経年変化(グラフ)、捕獲効率の変化率(銃猟・わな猟)(マップ)、出猟者密度(マップ)、捕獲状況(狩猟者登録数×捕獲数、捕獲方法別・時期別捕獲数(グラフ))

b 農業被害状況(都道府県単位、市町村単位、メッシュ単位、年度単位)

調査実施状況(マップ)、農業被害程度(グラフ・マップ)、農業被害程度補間図(マップ)、出没状況(グラフ)、アンケート回収率(表)



図(3)-1 将来予測グラフ(3,000頭捕獲/年)

c 管理目標値

農業被害程度と目撃効率(グラフ)、シカ捕獲数と密度指標の経年変化(グラフ)、捕獲効果(被害程度×捕獲数、被害程度×衰退度)(グラフ)、防護柵効果(グラフ)、被害程度と対策実施状況(グラフ)、衰退度×目撃効率(グラフ)

d 個体数推定(都道府県単位、市町村単位、メッシュ単位)

個体数、推定増加率（値、図、マップ等）

e 将来予測（都道府県単位、地域単位、市町村単位）

(4) 支援ソフトウェアパッケージの開発に関する研究

1) 調査票からOCRによる一括入力する入力支援システムの開発
OCR処理によってデータ化する手順を確立し、精度向上に適したスキャナ、OCRソフトの選定、調査票レイアウトの設計を行った。

農業被害アンケートでは、手入力では8枚/時間であった作業を、OCRを用いて27枚/時間に効率化ができた。兵庫県では農業アンケート(3,200枚)と出猟カレンダー(10,000枚)のデータ入力だけで約100人日を要していたが、本システムを用いれば、読取りに約6時間、データ確認に約30人日の工数となり、飛躍的に時間とコストを削減することが見込まれた。

2) データの蓄積、集計からレポート作成までの効率化

入力されたデータを集計し、意思決定に有用な40種類以上のマップ・グラフ・一覧表を自動的に作成する機能を実現した。従来は出猟カレンダーと農業集落調査のマップを作成するのに6~7日間を要していたが、本システムでは1時間以内で出力することが可能になった。

3) データ分析機能における個体数の推定や将来予測

統計処理ソフトを選定し、データ管理システムとのデータ授受方法や統計処理プログラムの制御方法を確立した。これにより、統計処理ソフトで分析した推定個体数や将来予測を、行政担当者が活用しやすい画像ファイルやExcelファイルでの出力が可能となった。

4) アウトプット閲覧用HTMLの作成

ユーザーの利便性を勘案し、アウトプットを検索及び表示、ダウンロード可能なHTMLを作成した。これにより、大量のデータから必要なアウトプットを容易に抽出することが可能となった。



図(4)-1 アウトプット閲覧用HTML

【考察】

本研究では、まず都道府県の特定鳥獣保護管理計画の実態を把握したうえで、必要なデータやアウトプットの形態を明らかにすることができた。その結果、都道府県で収集可能なデータ収集のフォーマットを決定することができた。このフォーマットで調査から分析・アウトプットまでの作業を参加府県で試行し、不備があった場合は改良したため、全国的に通用する汎用性の高い調査体系を確立することができた。

次に、これらのデータとすでに都道府県で既に収集しているデータを合わせて、実用可能な精度の野生動物の自然増加率や個体数が推定できることが示された。特に特定鳥獣保護管理計画では捕獲数を設定することが重要であるが、harvest-basedモデルを用いることで実際の捕獲数との整合性の高い推定が可能になった。全国の重要哺乳類および兵庫県のニホンジカ、イノシシについて政策決定に寄与できるレベルの推定や将来予測のシナリオを提示できた。

また、捕獲実施前の予測値と捕獲実施後の推定値の比較により、予測精度が実用上十分高いことが示された。このような、個体数の推定・予測から、捕獲の目標設定、捕獲の実施、予測の検証までのサイクルを実行する順応的管理の考え方は、不確実な要因に左右される野生動物管理において必要不可欠である。本研究で構築した一連の作業の体系化は、計画通りに個体数が変動しない場合であっても、比較的早期の見直しや目標の変更を可能にする頑健性の高い仕組みであると言える。

生息密度と被害の関係解析から、客観的データに基づいた管理の目標設定となり、動物種に応じた効果的な対策方法を示すことが可能になった。

意思決定においては、費用対効果の検討も重要であるが、生息密度と被害の関係と、生息密度を減らすために必要な捕獲数、捕獲に係る費用など行政で得られる情報を組み合わせることにより、費用対効果の分析が可能である。密度低減に必要な捕獲数は、前述した、個体数推定と将来予測により算出することができることに加え、捕獲に係る費用は行政機関の予算から計算できる。これらの計算結果から、捕獲に係る費用

と被害軽減の効果の関係が導き出せる。このような分析結果の活用は、被害軽減のために捕獲を進めていく上での意思決定の場で重要な役割を果たすと考えられる。

最後に、データの入力から集計・分析・アウトプットまでの一連作業を実行するソフトウェア・システムが構築できた。しかし、状況に応じたデータの選択や変換、統計解析手法の設定など、完全に自動化できない部分もあるため、このシステムの活用にあたっては、ある程度の技術的な知見が必要である。また、機器やソフトウェアの運用には一定の初期投資や維持管理コストもかかる。これらの条件を考えると、このシステムは、一定の技術を持った民間企業等が、複数の都道府県からの委託を受けて運用することができれば、費用対効果がより向上すると考えられる。

5. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

1) 大型野生動物の自然増加率の新たな推定技術の確立

これまで困難であり過小推定等の問題のあった個体数推定の課題を、都道府県レベルで現実的に実施可能な調査と既存のデータを用いるという制限の中で実現した。この成果は、マルコフ連鎖モンテカルロ法の導入に加えて、目的と条件に合わせて利用すべきデータを精査し、推定モデルの構造を工夫したことによるものである。

また、この手法によって個体数だけではなく、自然増加率や各種推定値の誤差変動の大きさ、将来予測の確率計算などが可能になった。

さらに、推定が困難であったシカの環境収容力に関して、本事業で新たに開発し推定手法により実現した。階層ベイズモデルを用いた都道府県レベルでのシカの密度効果の検出は、国内初の成果であり、捕獲計画に基づく将来予測を行う上でも重要な役割を果たすと言える。

2) データの質や量、真の値の動向に応じた精度の検証

扱えるデータの誤差変動や、項目数による推定精度の違いを明らかにできたことにより、調査の実施を判断する際の費用対効果を検証できるようになった。また、真の個体数が減少傾向にある場合は、推定精度が向上することを数値実験で確認できたことは、意思決定の判断基準の上では重要である。

3) 個体数変動に関する環境要因の補正手法の確立

積雪やブナ科堅果類の豊凶のような、自然死亡率や出沒率、捕獲率など影響する要因は、推定に重大な影響を及ぼす。これらをモデルに反映し補正する手法を開発できた。

4) 地域スケールでの個体数技術の確立

ニホンジカについて、県域より小さなスケールでの計算は困難であった。本研究で開発したモデルにより、市町単位での個体数と増加率の推定が可能となった。生息や被害の状況は、地域的な変動が大きいことに加え、捕獲などの対策の実施主体が市町村である場合が多いことから、これらの結果は、市町単位で生息密度や被害の軽減に効果的な捕獲計画を立案する上で重要な役割を果たすと言える。

5) 個体数の将来予測精度の向上

これまで野生動物管理の分野においては、適切な将来予測技術が確立していなかったことや、個体数推定と将来予測が連動していないことが問題であった。本研究により、都道府県が収集可能なデータから、捕獲数と連動した自然増加率と生息個体数の推定値を出すことが可能になった。また、捕獲計画に基づく予測値と実測値の比較により、予測の精度が高いことが示された。この方法を導入することで、継続的に予測の精度が検証できるため、実用化や信頼性確保に向けた開発は、今後も大きく前進すると考えられる。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

1) 特定鳥獣保護管理計画や行政施策への貢献

本研究成果を用いた推定結果や指標値、分布図などは、三重県、大阪府、兵庫県の特定鳥獣保護管理計画検討会、環境審議会等において提供され、平成24年3月に改定されたニホンジカ、イノシシ、ツキワノグマの保護管理計画やアライグマの防除実施計画に盛り込まれている。また、本研究成果である個体数推定や予測の結果は、毎年の事業実施計画に記載され、目標捕獲数の設定や、それに伴う捕獲対策の事業化や予算化に貢献した。兵庫県のシカの個体数管理においては、本事業で開発した手法を用いて個体数推定値を見直した結果、捕獲目標を2万頭から3万頭以上に変更され、捕獲事業が大幅に強化された。毎年、推定と

予測を実施し、その結果を継続的に検証した結果、捕獲事業が正しかったかどうかとも確認され、継続的な事業の実施につながっている。

また、本研究で開発した階層ベイズモデルによる個体数推定は、兵庫県（シカ、イノシシ、ツキノワグマ）、三重県・大阪府・島根県（シカ）、岐阜県・岡山県（ツキノワグマ）、全国（シカ、イノシシ、クマ類：環境省）で導入されており、捕獲数の設定などの管理業務における意思決定に貢献した。

2) 保護管理業務の標準化

これまでの都道府県単位での野生動物保護管理では、不適切な調査や分析が原因で課題が深刻化している場合も多い。本研究によってデータ収集から分析、レポート作成までの一連の作業を標準化することで、最低限確保しておきたい基準を確立することかできる。この成果は、都道府県間のデータの共有や一元的な分析も可能にするため、広域的管理の確立にもつながる。なお、本研究成果である農業集落アンケートは、兵庫県、三重県、大阪、千葉などの7府県以上で導入されている。

3) 作業の効率化や省力化

必要な作業を自動化することで、労力やコストを下げることであったため、限られた人員での作業を強いられている担当部署に対する貢献は大きい。

<行政が活用することが見込まれる成果>

1) 個体数と自然増加率推定プログラムの汎用化と機能強化

本研究成果である複数の密度指標を用いた捕獲数に基づく階層ベイズモデルは、多種多様なデータへの適応をめざし、推定プログラムの汎用化を進めた。この汎用化プログラムは、大阪府や三重県のニホンジカに適用され、同じ枠組みで推定が可能であることが示された。今後、その他の都道府県や獣種に対し適用される可能性は十分高く、本事業で開発したプログラムの適用と結果の提示により、多くの地域におけるシカやイノシシの個体群管理に関する意思決定に貢献できる可能性が高い。

また、本研究で個体数と増加率の推定における機能の拡張のために進めてきた地域スケールでの推定・予測プログラムを実行することにより、地域ごとの捕獲目標頭数の設定などの計画立案に関する意思決定に寄与できると考えられる。

6. 研究成果の主な発表状況（別添作成要領参照）

(1) 主な誌上发表 <査読付き論文>

- 1) 坂田宏志、横山真弓、森光由樹、中村幸子、斎田栄里奈：兵庫ワイルドライフモノグラフ, 3, 8-28(2011)
「兵庫県におけるツキノワグマの管理のためのデータ収集」
- 2) 坂田宏志、岸本康誉、関香菜子：兵庫ワイルドライフモノグラフ, 3, 29-41(2011)
「ツキノワグマの生息動向と個体数の推定」
- 3) 藤木大介、横山真弓、坂田宏志：兵庫ワイルドライフモノグラフ, 3, 42-52(2011)
「兵庫県におけるツキノワグマの保護管理の現状と課題」
- 4) 藤木大介、横山真弓、坂田宏志：兵庫ワイルドライフモノグラフ, 3, 53-61(2011)
「兵庫県内におけるツキノワグマの出没変動パターンの地域変異とブナ科堅果の豊凶の影響」
- 5) 関香菜子、横山真弓、坂田宏志、森光由樹、斎田栄里奈、室山泰之：兵庫ワイルドライフモノグラフ, 3, 74-86(2011)「ツキノワグマにおける捕獲理由の違い及び忌避条件付けの有無と土地利用の関係」
- 6) 藤木大介、岸本康誉、坂田宏志：保全生態学研究, 16, 55-67(2011)
「兵庫県氷ノ山山系におけるニホンジカ(Cervus nippon)の動向と植生の状況」
- 7) 梅田浩尚、藤木大介、岸本康誉、室山泰之：森林応用研究, 21, 1-8(2012)
「兵庫県但馬地方のコナラ林とスギ人工林におけるニホンジカの生息密度勾配に伴う植物種数の変化パターン」
- 8) 内田圭、藤木大介、岸本康誉：兵庫ワイルドライフモノグラフ, 4, 69-90(2012)
「兵庫県本州部の落葉広葉樹林におけるニホンジカによる土壌侵食被害の現状」
- 9) 岸本康誉、藤木大介、坂田宏志：兵庫ワイルドライフモノグラフ, 4, 92-105(2012)
「森林生態系保全を目的とした広域モニタリングによるシカの密度管理手法の提案」
- 10) 坂田宏志、岸本康誉、関香菜子：兵庫ワイルドライフレポート, 1, 1-16(2012)
「ニホンジカの個体群動態の推定と将来予測(兵庫県本州部2011年)」
- 11) 岸本康誉、関香菜子、坂田宏志：兵庫ワイルドライフレポート, 1, 17-31(2012)
「ニホンジカの個体群動態の推定と将来予測(淡路島2011年)」

- 12)坂田宏志、岸本康誉、関香菜子:兵庫ワイルドライフレポート, 1, 32-43(2012)
「ツキノワグマの個体群動態の推定(兵庫県2011年)」
- 13)坂田宏志、岸本康誉、関香菜子:兵庫ワイルドライフレポート, 1, 44-55(2012)
「イノシシの個体群動態の推定(兵庫県本州部2011年)」
- 14)関香菜子、岸本康誉、坂田宏志:兵庫ワイルドライフレポート, 1, 56-67(2012)
「イノシシの個体群動態の推定(淡路島2011年)」
- 15)石塚譲、川井裕史:近畿中国四国農業研究,21,29-32(2012)
「糞粒調査と狩猟および有害鳥獣捕獲データによる大阪府の野生ジカ生息動向」

(2)主な口頭発表(学会等)

- 1)岸本康誉、藤木大介、坂田宏志:第16回野生生物保護学会・日本哺乳類学会2010年度合同大会(2010)
「複数の密度指標を用いた個体数推定の有効性-架空データを用いたモデル評価-」
- 2)坂田宏志、岸本康誉:第16回野生生物保護学会・日本哺乳類学会2010年度合同大会(2010)
「研究機関はどのようなデータを提供していくのか~兵庫県の場合」
- 3)梅田浩尚、藤木大介、岸本康誉、室山泰之:第61回日本森林学会関西支部等合同大会(2010)
「シカの日撃効率に伴う植物多様性の変化は、コナラ林・スギ林で異なるのか?」
- 4)岸本康誉、坂田宏志:日本生態学会第58回全国大会(2011)
「シカ・イノシシ保護管理のための意思決定支援システムの構築」
- 5)関香菜子、岸本康誉、坂田宏志:日本生態学会第58回全国大会(2011)
「ベイズ推定を用いた大型野生動物の個体群動態について」
- 6)山端直人:第81回中部農業経済学会(2011)
「野生獣による農作物被害のモニタリング手法の確立とその調査結果」
- 7)岸本康誉、藤木大介、坂田宏志:日本哺乳類学会2011年度大会(2011)
「シカによる下層植生衰退防止に向けた必要捕獲数の算出」
- 8)坂田宏志:日本哺乳類学会2011年度大会(2011)
「変動する景観の中での野生動物管理」
- 9)岸本康誉、坂田宏志:第59回日本生態学会大津大会・第5回EAFES(東アジア生態学会連合)大会(2012)「意思決定に必要なデータ収集と解析~シカ・イノシシ保護管理における意思決定支援システムの構築を例に~」
- 10)坂田宏志:日本哺乳類学会2012年度大会(2012)
「イノシシの個体数管理と管理指標」
- 11)岸本康誉、藤木大介、坂田宏志:第60回日本生態学会大会(2012)
「移動分散を考慮した地域スケールでのニホンジカの個体群動態の推定」

7. 研究者略歴

課題代表者:坂田 宏志 京都大学大学院農学研究科修了、現在、兵庫県立大学・自然・環境科学研究所 准教授

研究参画者

- (1) 1):山端直人:名古屋市立大学経済学部卒業、現在、三重県農業研究所 経営・植物工学研究課 主任研究員
- (2) 1):坂田宏志(同上)
- 2):藤木大介 京都大学大学院農学研究科修了、現在、自然・環境科学研究所 講師
- 3):鈴木克哉 北海道大学大学院文学研究科修了、現在、自然・環境科学研究 助教
- (3) 1):津山 桂子 日本獣医畜産大学 獣医畜産学部 獣医学科卒業、現在(地独)大阪府立環境農林水産総合研究
- 2):石塚 譲 北里大学獣医畜産学部獣医学科 現在(地独)大阪府立環境農林水産総合研究所 主任研究員
- (4) 1):多鹿一良 大阪商業大学卒業、現在、(株)ブレイン 技術開発部長
- 2):志方泰 大阪電気通信大学工学部卒業、現在、(株)ブレイン 技術開発部
- 3):神田賢吾 近畿大学理工学部卒業、現在、(株)ブレイン 開発部
- 4):中道護仁 大阪大学工学部卒業、現在、(株)ブレイン 技術開発部
- 5):足立光代 岡山理科大学理学部卒業、現在、(株)ブレイン 開発部
- 6):松田島真吾 但馬技術大学校情報工学科卒業、現在、(株)ブレイン 開発部
- 7):片山裕史 神戸電子専門学校ITスペシャリスト学科卒業、現在、(株)ブレイン 開発部

D-1003 野生動物保護管理のための将来予測および意思決定支援システムの構築に関する研究

(1) モニタリング項目と手法の開発に関する研究

三重県農業研究所

経営・植物工学研究課

山端 直人

平成22年度～24年度累計予算額：3,972千円

(うち、平成24年度予算額：1,062千円)

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

野生動物管理のため意思決定に関して全都道府県の状況を調査し、以下の点を明らかにし、本研究のシステムで用いるモニタリング項目を検討した。

- (1) 当研究で構想している意志決定システムの利用に対する要望は、28都道府県に上り、この研究開発の成果に対する潜在的要望が非常に高いことが判った。
- (2) 捕獲頭数等の集計は全都道府県で実施されており、出猟報告は、44都道府県で収集していることが確認できた。その情報から20の都府県で目撃効率や捕獲効率等、獣類の分布や密度の指標となるデータ整理が可能であることが判った。
- (3) 農林業の被害については、市町単位の被害金額以外に、集落等の詳細な単位で被害を指標化できる調査を実施している県はわずか7都府であった。より簡易なフォームとツールによって被害の効果的なモニタリング項目の精査が必要であることが判った。
- (4) 現状の問題を踏まえ、兵庫、大阪、三重の3府県の農業集落調査と出猟カレンダーの様式を精査し、共通した分析が可能な統一フォーマットを作成した。
- (5) 新しいフォーマットにより、行政の意思決定に関する種々の資料を共通したフォームで作成可能となると共に、従来の入力・分析方法にくらべ大幅に作業時間を短縮することも可能となった。

[キーワード]

出猟報告、被害モニタリング、個体数推定

1. はじめに

平成11年に鳥獣保護法に基づく特定鳥獣保護管理計画が導入されて以来、都道府県において平成24年時点で124計画が策定され、5年ごとの見直しが行われている。この計画に基づき、都道府県ごとに多くの調査が行われている。しかし、調査フォーマットや個体数推定方法なども都道府県によって異なり、その精度は一定していなかった。また、将来予測については技術的な困難があった。その結果、適切な将来予測や意思決定につながっていないケースが多かった。

これらの課題の背景には、都道府県に適切な捕獲数の推定や将来予測を行う技術者がいなかったことや、そのために必要なデータをそろえる仕組みがなかったことにある。また、出猟報告について、データは収集されているにもかかわらず、それを元にした個体数の推計には専門的な知識を持った技術者や研究者が必要で、実際に個体数推計まで可能となっている都道府県は非常に少なかった。さらに、データ収集から分析、意思決定・合意形成までのプロセスが十分に確立していないことも体系的な保護管理が進んでいない理由であった。

その改善のためには、分析や意思決定に必要な指標を確立し、都道府県の体制で実施可能な、データ収集から分析、意思決定、合意形成までの一貫したシステムを構築する必要がある。

2. 研究開発目的

多くの都道府県で出猟カレンダーなどの情報収集を行っており、これらのフォーマットを改善し、適切な分析と将来予測の手法や、意思決定のための指標などを設定すれば、有用な合意形成のツールとして、一定の精度をもった方針決定が可能なプロトコルを開発できる可能性は高い。

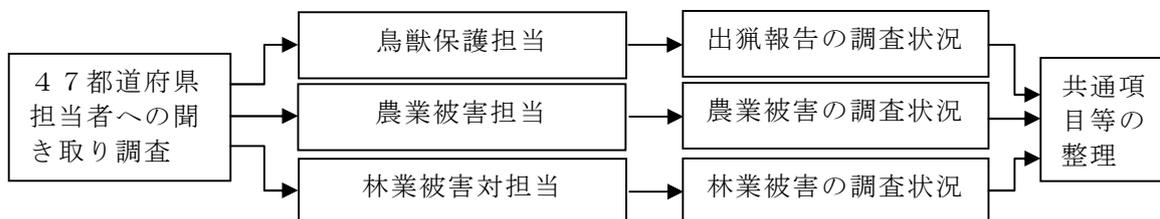
そこで、本研究において、特定鳥獣保護管理計画の適切な実施の支援のために、データ収集 → 分析 → 将来予測 → 意思決定・合意形成の一連の作業体系を再構築し、都道府県レベルでの実施を支援するシステムを開発する。本サブテーマではデータ収集→分析のために最適なモニタリング項目を精査し、分析のためのフォーマットを作成する。

3. 研究開発方法

最適なモニタリング項目を設定するためには、都道府県での調査やその活用方法の実態を把握し、広く活用され得る分析方法を採用することと、および活用され得る分析を実施するために不可欠な調査項目を設定することが必要であった。そこで、本課題では以下の手法により研究を進めた。

(1) 全国の調査や活用方法の実態把握

47都道府県の特定鳥獣保護管理計画の策定分野、農業被害対策分野、林業被害対策分野の各担当者に対し、聞き取りと調査様式の収集による調査を実施し、全国の各種調査の実態を把握した（図(1)-1）。



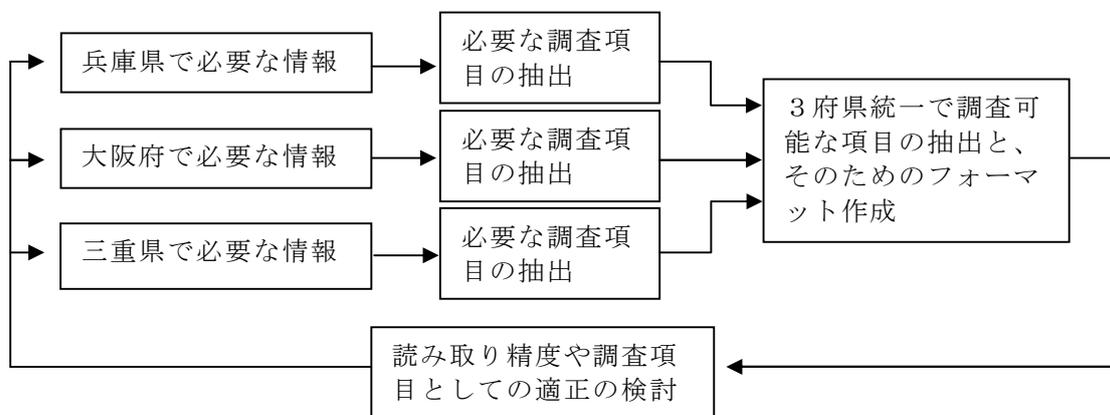
図(1)-1 野生動物管理のため意思決定に関する全都道府県の状況調査フロー

(2) 最適なモニタリング項目の設定

分析に必要なデータを精査し、兵庫、大阪、三重の調査項目から出猟報告、集落被害調査に必要な項目を選択し、調査のフォーマットを作成した。

精査に当たっては、各県で実施している分析や想定するアウトプットを整理し、必要なアウ

トプットを作成するために不可欠な調査項目をピックアップし、各県での調査実施の可否を検討することで、必要な調査項目を抽出した（図(1)-2）。これらを、読み取り精度を確認しつつ、調査様式をブラッシュアップすることで、汎用性の高い共通フォーマットを作成した。



図(1)-2 出猟報告および農業被害調査に関する共通フォーマット作成フロー

4. 結果及び考察

出猟報告に関する調査では、44都道府県でシカ、またはイノシシに関する出猟報告を収集していることが確認できた。調査項目のなかで、20都道府県以上が調査している項目では、狩猟登録者番号、住所、代表者名、月日、5倍地域メッシュ、雌雄、目撃数、捕獲数等であり、イノシシ、シカの目撃効率や捕獲効率等の算出が可能なデータが、多数の県で取得できていることが確認できた。

農林業被害のモニタリングについては、被害金額に関する調査はすべての県で実施されているが、兵庫、大阪、三重で実施されているのと同目的の、市町村より狭範囲の集落やメッシュ単位での被害調査¹⁾を実施している都道府県は7に留まり、被害状況については適切なモニタリングができていない実態が明らかになった。これらは、調査の手法やフォーム、また、それを担う人材の不足によるものと思われ、意思決定のシステムが完成した際の必要性については28都道府県がその必要性を感じており、個体数や被害状況を適切にモニタリングするシステムに関する潜在的な需要は非常に高いことが示された（表(1)-1）。

表(1)-1 野生動物管理のため意思決定に関する全都道府県の状況調査結果

		出猟報告調査				農業被害調査		意思決定システム利用への期待
		収集・調査	地域メッシュ	捕獲数	目撃数	市町単位の被害金額	集落単位の被害調査	
都道府県数	シカ	44	32	38	29	47	7	28
	イノシシ	44	31	35	23			

これらのことから、出猟報告、農業被害に関する適切な調査項目と分析手法を作成し、それを簡易に誰もが使用できるシステムが完成すれば、イノシシ、シカの個体数とそれらによる被

害の状況を適切にモニタリングし、その結果を踏まえた適切な行政施策を講じ得る仕組みが全国に確立できる可能性があることがわかった。

続いて、出猟報告、農業被害調査双方の最適なモニタリング項目を決定するため、兵庫、大阪、三重の調査項目と分析方法を精査した結果、出猟報告では出猟日、メッシュ、目撃数、捕獲数が不可欠な項目であることが判明した。

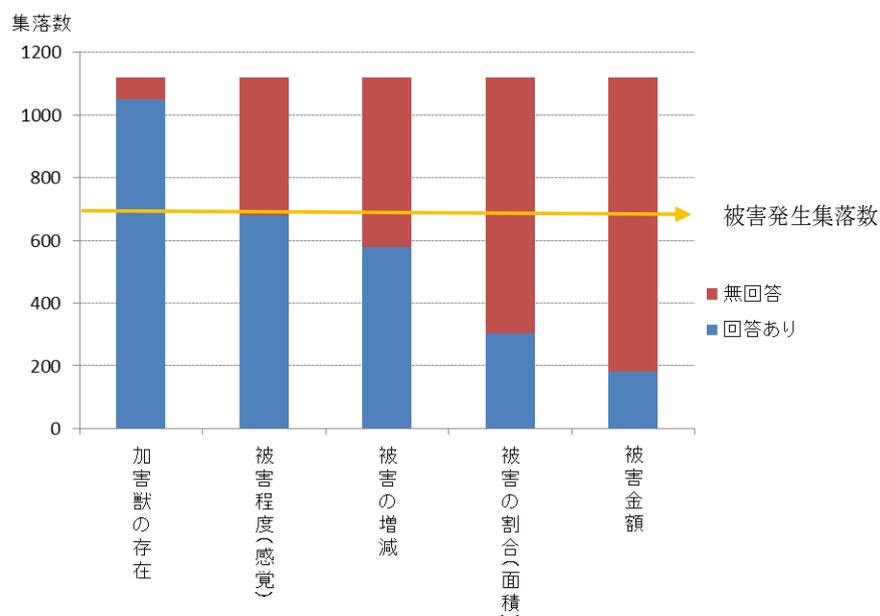
農業集落調査の項目選定では、必要と考えられる項目を多岐にわたり抽出し、回答率も加味して項目の適正性を精査した。

このうち、農業被害のデータとしての被害金額は重要であるものの、回答率が低く、調査項目としては適切でないことが判明した（図(1)-3）。これらの分析を研究期間に渡り実施し、モニタリング項目として有効な項目を抽出した。

その結果、被害調査では、獣種別の被害程度、被害増減、被害対策とその効果、被害対策の実施主体のデータ収集が不可欠な項目であることがわかった（表(1)-2）。

これらの項目を、OCR紙にて自動読み込みが可能にするため、読み取り効率が高いレイアウトや配色を検討した結果、システムに必要な項目を網羅し、かつOCR紙により自動読み取りが可能な調査フォーマットを開発した（図(1)-4）。出猟カレンダーについては、メッシュコードの桁数が都道府県により異なる可能性が高いため、8桁未満で自由にカスタマイズできるように設計した。その結果、メッシュコードの桁数が異なる兵庫県（3桁）と大阪府（7桁、うち3桁は規定値）でも同じフォームで読み取りが可能なフォーマットが開発できた（図(1)-5～8）。

このフォーマットにより、従来の紙によるアンケートと入力処理に比較して、処理速度は2～3倍となり、効率的な分析による資料作成が可能となった（図(1)-9～10）。



図(1)-3 農業集落調査の項目と回答数

表(1)-2 出猟報告および農業被害調査のモニタリング項目の抽出結果

	必要なアウトプット	必要な調査項目			
出猟報告 関連	目撃効率地図	出猟日	メッシュコード	目撃頭数	
	捕獲効率地図	出猟日	メッシュコード	捕獲頭数	
	捕獲数地図	出猟日	メッシュコード	捕獲頭数	
	エリア別推定個体数	出猟日	メッシュコード	目撃頭数	捕獲頭数
農業被害 関連	被害程度地図	集落名	集落コード	獣種	被害程度
	被害増減地図	集落名	集落コード	獣種	被害増減
	被害対策実施状況グラフ	集落名	集落コード	対策の種類	効果
	被害対策実施主体グラフ	集落名	集落コード	対策の種類	実施主体

市区町村	旧市区町村	農業集落	調査区	地区名	役職	氏名	記入日	平成	年	月	日	提出用 1
				郵便番号		住所						電話番号

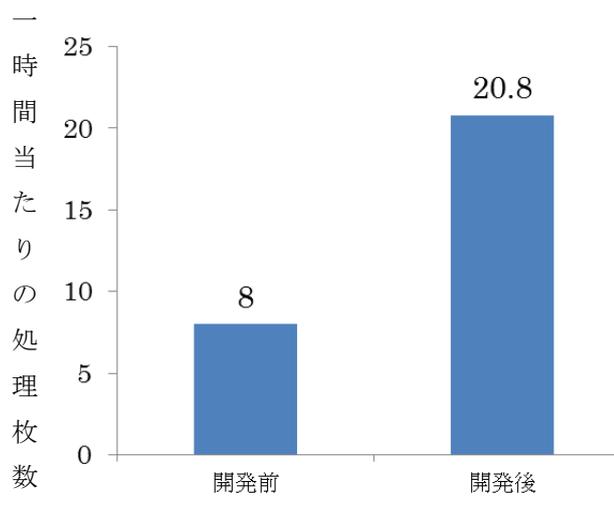
記入上の注意 ◆記入は、HB以上の濃さの鉛筆やシャープペンシル(0.5mm以上)、ボールペンで行ってください。◆修正には、消しゴムを使用してください。
◆該当するチェックボックスに、×印を入れてください。(記入例:) 塗りつぶしは不可(悪い例:)

集落の中で被害問題は、 <input type="checkbox"/> 最も重要な課題 <input type="checkbox"/> 重要な課題の一つ <input type="checkbox"/> 他の課題の方が重要 <input type="checkbox"/> 集落全体の課題ではない 他重要な課題は()	集落で防護網を設置している場合の回答(任意) <input type="checkbox"/> 集落全体で <input type="checkbox"/> 役員 <input type="checkbox"/> 各自が自主的に <input type="checkbox"/> その他() 日当を出していますか? <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり () 円/日程度 点検の頻度と、実施する時期は? 年: () 回/年度 時期() 月~ () 月 備で防がない場所は <input type="checkbox"/> ない <input type="checkbox"/> ある () 箇所程度	捕獲について <input type="checkbox"/> 集落で実施 (<input type="checkbox"/> シカ <input type="checkbox"/> イノシシ <input type="checkbox"/> サル <input type="checkbox"/> アライグマ <input type="checkbox"/> その他) <input type="checkbox"/> 市町と協力 (<input type="checkbox"/> シカ <input type="checkbox"/> イノシシ <input type="checkbox"/> サル <input type="checkbox"/> アライグマ <input type="checkbox"/> その他) 協力内容(<input type="checkbox"/> 見回り <input type="checkbox"/> 餌交換 <input type="checkbox"/> 死体の処理 <input type="checkbox"/> その他()) <input type="checkbox"/> 市町に依頼 (<input type="checkbox"/> シカ <input type="checkbox"/> イノシシ <input type="checkbox"/> サル <input type="checkbox"/> アライグマ <input type="checkbox"/> その他) 集落の狩猟免許所持者 わな () 人、罠 () 人、銃 () 人 捕獲作業に実際に従事(補助を含めて)している人は () 人
防護網の種類 設置の有無 <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり 種類 <input type="checkbox"/> ネット <input type="checkbox"/> 電気柵 <input type="checkbox"/> ネット <input type="checkbox"/> 電気柵 <input type="checkbox"/> 金網柵 <input type="checkbox"/> トタン柵 <input type="checkbox"/> 金網柵 <input type="checkbox"/> トタン柵 設置率 農地の () %を囲っている 農地の () %を囲っている 効果 <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり 今後の増設 <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 必要 <input type="checkbox"/> 勧めない <input type="checkbox"/> 勧める	被害対策の研修会について <input type="checkbox"/> 集落として被害対策の研修会に参加したことがある <input type="checkbox"/> ない <input type="checkbox"/> ある() 回程度 今後、研修会に <input type="checkbox"/> 参加しない <input type="checkbox"/> 参加したい 一受けたい研修内容は()	集落周辺の樹木の実り(害獣駆除は除く) クリ <input type="checkbox"/> 豊作 <input type="checkbox"/> 不作 <input type="checkbox"/> 凶作 <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> 木はない カキ <input type="checkbox"/> 豊作 <input type="checkbox"/> 不作 <input type="checkbox"/> 凶作 <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> 木はない ドングリ <input type="checkbox"/> 豊作 <input type="checkbox"/> 不作 <input type="checkbox"/> 凶作 <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> 木はない

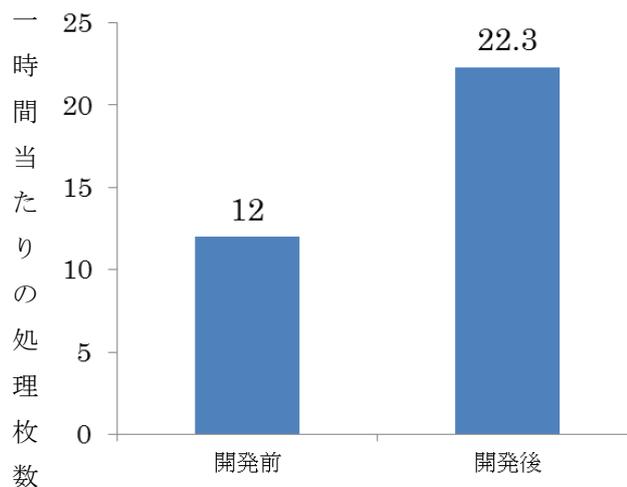
対象動物	農業被害	出没	実施した対策とその効果 (防護網についてはこれまでに設置したものを含まず)	その他特記事項
シカ <input type="checkbox"/> いる <input checked="" type="checkbox"/> (<input type="checkbox"/> 通年 <input type="checkbox"/> 春~秋だけ <input type="checkbox"/> 不明) <input type="checkbox"/> いない (一右は記入不要)	農業被害は <input type="checkbox"/> ほとんどない <input type="checkbox"/> 軽微 <input type="checkbox"/> 大きい <input type="checkbox"/> 深刻	農地・集落の周辺で <input type="checkbox"/> あまり見ない <input type="checkbox"/> たまに見る <input type="checkbox"/> よく見る	捕獲 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有() 頭ぐらい <input type="checkbox"/> 頭数不明) →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明) やぶ刈払 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明) 不要果樹の伐採 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明) その他 () →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明)	防護網 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 (<input type="checkbox"/> ネット <input type="checkbox"/> 電気柵) <input type="checkbox"/> 金網柵 <input type="checkbox"/> トタン柵 →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明) 果樹の剥皮被害は <input type="checkbox"/> ほとんどない <input type="checkbox"/> 軽微 <input type="checkbox"/> 大きい <input type="checkbox"/> 深刻
イノシシ <input type="checkbox"/> いる <input type="checkbox"/> いない (一右は記入不要)	農業被害は <input type="checkbox"/> ほとんどない <input type="checkbox"/> 軽微 <input type="checkbox"/> 大きい <input type="checkbox"/> 深刻	農地・集落の周辺で <input type="checkbox"/> あまり見ない <input type="checkbox"/> たまに見る <input type="checkbox"/> よく見る	捕獲 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有() 頭ぐらい <input type="checkbox"/> 頭数不明) →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明) やぶ刈払 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明) 不要果樹の伐採 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明) その他 () →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明)	防護網 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 (<input type="checkbox"/> ネット <input type="checkbox"/> 電気柵) <input type="checkbox"/> 金網柵 <input type="checkbox"/> トタン柵 →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明) 畦や土手の被害は 人身被害 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> ほとんどない <input type="checkbox"/> 軽微 <input type="checkbox"/> 大きい <input type="checkbox"/> 深刻
ニホンザル <input type="checkbox"/> いる <input checked="" type="checkbox"/> 子供を連れて群れがいる <input type="checkbox"/> 1~数頭のハナザルが付く <input type="checkbox"/> いない (一右は記入不要)	農業被害は <input type="checkbox"/> ほとんどない <input type="checkbox"/> 軽微 <input type="checkbox"/> 大きい <input type="checkbox"/> 深刻	農地・集落の周辺で <input type="checkbox"/> あまり見ない <input type="checkbox"/> たまに見る <input type="checkbox"/> よく見る	捕獲 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有() 頭ぐらい <input type="checkbox"/> 頭数不明) →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明) やぶ刈払 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明) 不要果樹の伐採 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明) その他 () →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明)	防護網 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 (<input type="checkbox"/> ネット <input type="checkbox"/> 電気柵) <input type="checkbox"/> 金網柵 <input type="checkbox"/> トタン柵 →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明) 生活被害 <input type="checkbox"/> 器物破損 <input type="checkbox"/> 住居侵入 近づいた時のサルの反応 <input type="checkbox"/> 逃げる <input type="checkbox"/> 逃げない <input type="checkbox"/> 人を威嚇する 人身事故 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有
ツキノワグマ <input type="checkbox"/> いる <input type="checkbox"/> いない (一右は記入不要)	農業被害は <input type="checkbox"/> ほとんどない <input type="checkbox"/> 軽微 <input type="checkbox"/> 大きい <input type="checkbox"/> 深刻	農地・集落の周辺で <input type="checkbox"/> あまり見ない <input type="checkbox"/> たまに見る <input type="checkbox"/> よく見る	捕獲 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有() 頭ぐらい <input type="checkbox"/> 頭数不明) →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明) やぶ刈払 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明) 不要果樹の伐採 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明) その他 () →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明)	防護網 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 (<input type="checkbox"/> ネット <input type="checkbox"/> 電気柵) <input type="checkbox"/> 金網柵 <input type="checkbox"/> トタン柵 →効果(<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 不明) 集落内の被害(複数回答可) <input type="checkbox"/> カキ・クリなどへの被害 <input type="checkbox"/> ゴミ・コンポストへの執着 <input type="checkbox"/> 農作物への被害 <input type="checkbox"/> 人家侵入

裏面(提出用2)の記入も、よろしくをお願いします。

図(1)-4 農業集落調査様式



図(1)-9 システム開発前後の処理速度
(農業集落調査)



図(1)-10 システム開発前後の処理速度
(出猟カレンダー)

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

都道府県で収集可能な調査項目を明らかにし、アウトプットへつなげる必要性を考慮して、最低限調査が必要な項目を統一フォーマットとして選定した。これによって地域間でまちまちであったデータ項目が統一され、同じ基準で効果的に分析出来る素地を整えることができた。

イノシシやシカの生息数や密度は特定の研究者や技術者の存在に依存するところが大きく、多くの都道府県では根拠のある生息数や密度の指標を把握できていなかった。また、野生獣による被害に至っては、ほとんどの地域でそのモニタリングさへできておらず、被害の状況と生息数の状況から科学的根拠のある対策を講じることは困難な状況にあった。

本研究のシステムによりこれらの問題が解消可能であり、本サブテーマはそのための基礎資料となる全国の状況調査と分析のための項目設定、更には、それらの項目の効率的な読み取りが可能となる調査フォーマットの作成ができた。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

出猟報告や農業集落調査による動物の分布状況や被害分布状況のモニタリング結果は、パンフレットや電子媒体により県内に広く共有、普及されており、市町の野生動物管理に関する意思決定に寄与した。

<行政が活用することが見込まれる成果>

本成果により、生息数と被害の状況を科学的な根拠にもとづき評価するための調査フォーマットが確立出来たことから、必要なデータの蓄積を促すことができる。その結果、科学的な根拠のある保護管理政策や被害管理方針の策定が展開可能となり、目標とする捕獲数の設定によ

って野生動物の管理や農林業被害の軽減、森林の下層植生の衰退の防止などへの適切な対策につながると考えられる。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表(査読なし)>

特に記載すべき事項はない

(2) 口頭発表(学会等)

- 1) 山端 直人：第81回中部農業経済学会(2011)

「野生獣による農作物被害のモニタリング手法の確立とその調査結果」

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナー等の開催(主催のもの)

- 1) 三重県獣害対策フォーラム(2008)
- 2) 日本まんなか獣害対策シンポジウムinみえ(2009)
- 3) 三重県獣害対策フォーラム(2010)
- 4) 三重県獣害対策フォーラム 2011.9.16 三重県志摩市(観客400名)
- 5) 三重県獣害対策事業成果報告会(2012.7.17)
- 6) 獣害対策フォーラム(2012.9.10)

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

- 1) 兵庫県森林動物研究センター：兵庫ワイルドライフモノグラフ, 2, 44pp(2010)「農業集落アンケートからみるニホンジカ・イノシシの被害と対策の現状」

(2) データ分析手法の確立に関する研究

兵庫県立大学

自然・環境科学研究所

坂田宏志・藤木大介・鈴木克哉

<協力研究者>

自然・環境科学研究所

岸本康誉

平成22～24年度累計予算額：29,408千円

(うち、平成24年度予算額：8,760千円)

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

(1) 分析手法の検討の結果、個体数推定には、誤差変動によってぶれにくい頑健性とモデル構築の柔軟さを考慮し、捕獲数に基づく (harvest-based) 階層ベイズモデルを採用した。

(2) 推定の精度を高めるために、従来のモデルに複数の密度指標を組み込むプログラムを開発した。また、推定に影響を与える環境要因や社会的要因をモデルに組み込み補正することで精度を向上させる手法を開発した。さらに、野生動物管理の現場で得られるデータを最大限に活用するため、標識放獣個体の再捕獲データを利用して精度を高める手法を開発した。加えて、年度や地域区分によって推定値が大きく変わると実施上の混乱が生じるため、過去の推定結果や異なる空間スケールでの推定結果との整合性を確保する手法を開発した。最後に、機能を強化するために、密度効果を検出できるモデルや、市町単位などの地域スケールでの動向が把握できる手法を開発した。

(3) 開発した推定法を用いて、試験者が決めた値をどれだけ正確に推定できるかを確認する数値実験と、実際のデータへの適応を行い、本研究の目的にふさわしいモデルの条件を検討した。

(4) 本研究で開発した手法を応用して、シカ、イノシシ、ツキノワグマ、ニホンザルの4種について、合計19種類の個体数推定プログラムを作成した。

(5) 捕獲計画に基づく予測値と実測値の比較により、中央値での予測の誤差は、わずか5.3%であり、予測の精度が高かったことが示された。

(6) 複数の個体数推定・予測の合計9種類のプログラムを組むことで、計算実行が効率化でき、他種他地域への適応実験を行うことにより、その汎用性が示された。

全国レベルでの個体数推定では、環境省生物多様性センターの「平成22年度自然環境保全基礎調査特定哺乳類生息状況調査」において本研究の成果が応用された。

また、兵庫県においては、シカの保護管理計画の実施計画において、本研究で開発した手法を応用した個体数や自然増加率の推定値と将来予測の結果が採用された。その結果、平成23年度の3万頭の捕獲数目標の決定や、それを実現するための事業の拡張や継続などの意思決定に寄与した。

[キーワード]

個体数推定、要因分析、将来予測、ベイズ推定、マルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC)

1. はじめに

特定鳥獣保護管理計画の適切な実施の支援のために、データ収集から分析、将来予測、意思決定、合意形成までの一連の作業体系を構築する必要がある。

分析や将来予測には、現実的かつ体系的に収集が可能なデータから管理上の意思決定に必要なアウトプットを出すための技術開発が必要とされていた。野生動物管理を進めていく上では、特に、個体数の推定と将来予測が強く求められていた。この推定結果は、保護管理の意思決定と合意形成に必要なレベルの精度が確保されていなければならない。しかし、現行の推定には、精度やその方法論に関して様々な問題があった。獣種別にみると、シカについては、多くの地域で個体数の過小評価が報告されており¹⁾、推定手法の見直しが必要とされていた。一方、イノシシやツキノワグマについては、推定方法そのものが十分に確立されていなかった²⁾。これらの状況を改善するため、個体数推定とその将来予測の技術開発と改良が、野生動物の個体数管理を適切に進めていく上で、強く望まれていた。

また、被害軽減に向けた個体数管理を適切に進めていくためにも、被害に影響する要因分析技術の開発が求められていた。個体数推定の技術を開発した上で、推定された生息密度と農業や自然植生被害の関係を解析することで、被害軽減の目標や目指すべき生息密度の目標を客観的に設定することが、必要とされていた。

2. 研究開発目的

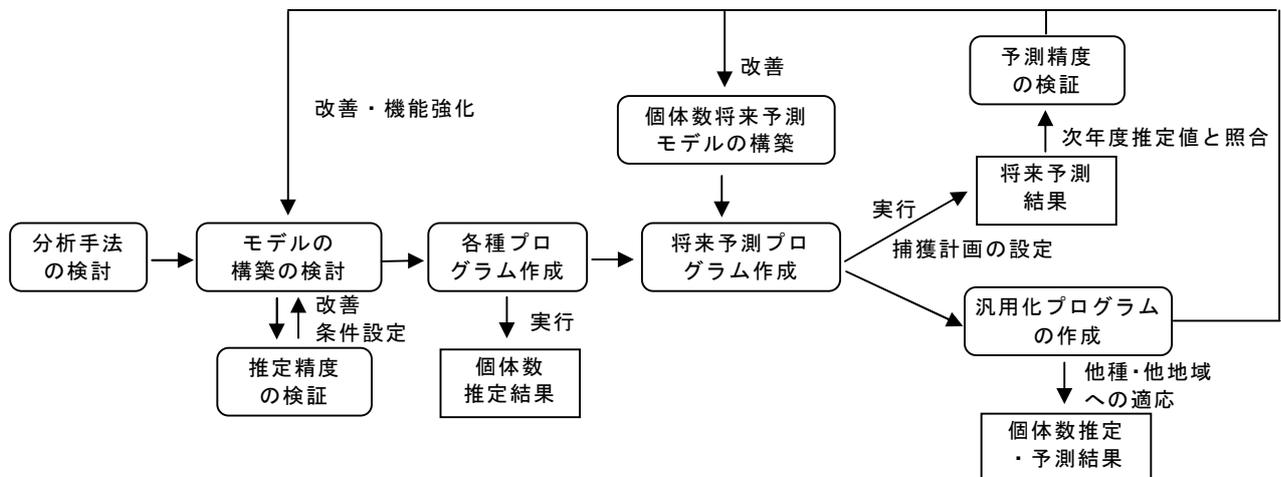
特定鳥獣保護管理計画の適切な実施の支援のために、データ収集から分析、将来予測、意思決定、合意形成までの一連の作業体系を構築する。

このうち、本サブテーマでは、野生動物管理上の意思決定や合意形成の場で必要とされている個体数や自然増加率とその将来予測について、「精度の向上」を図り、現場レベルでの「実現可能性」や過去の推定結果との「整合性を確保」し、さらに、多様な条件下での適応に向けて推定の「機能を強化」するために、新たなモデルを開発する。また、被害軽減に向けた生息密度の管理目標設定のための要因分析手法を開発する。

3. 研究開発方法

サブテーマ(1)「モニタリング項目と手法の開発」の手法で収集されたデータを元に、サブテーマ(3)「意思決定支援コンテンツの開発」に必要な個体数推定とその将来予測の技術を確立し、サブテーマ(4)のソフトウェアに組み込み可能なプロトコルを作成した。具体的には、全国の既存のデータや兵庫県などで野生動物管理を進める上で収集しているデータを用いて、個体数推定とその将来予測を適切に行える手法を確立した。その結果から求められるデータをサブテーマ(1)の担当者に示し、分析結果からアウトプット可能な項目をサブテーマ(3)の担当者に提示する。兵庫県での順応的管理の実践のなかから、予測結果の精度の検証と分析手法の改善を重ね、他のサブテーマの成果を踏まえて、最終的な推定・予測モデルや分析手法を決定した。

個体数推定とその将来予測モデルの構築にあたっては、以下の図(2)-1のプロトコルに従って、開発を進めた。



図(2)-1 個体数推定・個体数の将来予測手法の開発プロトコル

4. 結果及び考察

(1) 分析手法の検討

1) 個体数の推定モデルと統計解析手法の選択

個体数推定モデルを選択するにあたり、中大型哺乳類における既存の代表的な推定手法の特徴を以下に示す(表(2)-1)。

表(2)-1 中大型哺乳類における代表的な個体数推定方法

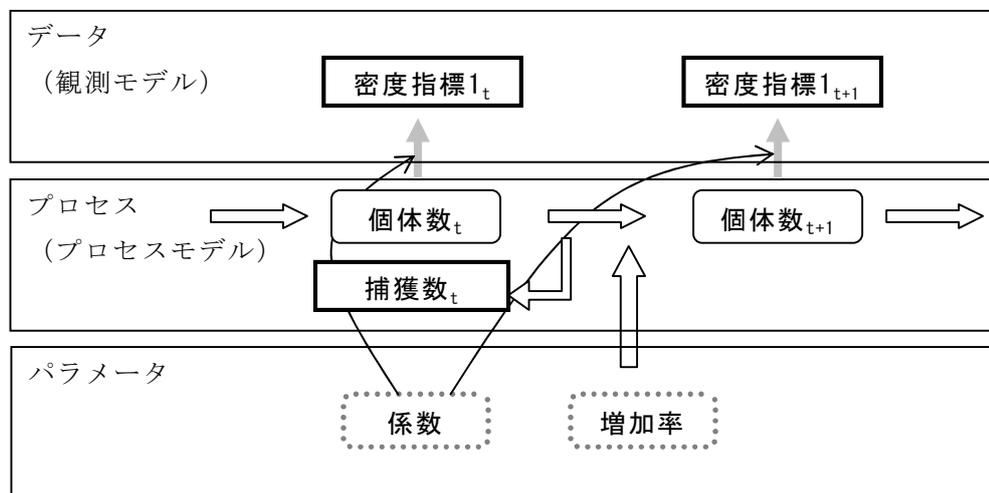
推定手法	利点	欠点
直接観察法(区画法・エアセンサス法など)	直接個体を観察する方法で、推定原理は理解されやすい。	コストが高い。見落とし率の算出が困難。
間接法(糞粒法など)	調査が簡便で、コストも低い。広域で調査を実施することが可能。	個体数に換算するには、仮定が必要。精度が低い。
捕獲-再捕獲法	部分的なサンプリングで、全体の推定が可能。	複数回の捕獲と再捕獲が必要であるため、コストが高い。
個体数復元法(コホート解析)	死亡個体の年齢構成から、過去の個体数を復元できる。	全ての死亡個体の年齢査定が必要であり、広域では困難。
時系列データの分析(Harvest-based model)	密度指標や捕獲数の時系列変化から個体数を推定する手法。データの取得範囲に応じたスケールで推定が可能。	長期的なデータが必要。モデルの構築と計算の実行に特別な統計技術が必要。

シカについては、区画法による直接観察法や糞粒法などによる間接法により得られたデータから、単純な換算式を用いて、個体数を推定する手法が幅広く用いられている。しかし、これらの手法から算出した推定結果の多くが、過小評価であった¹⁾。一方、捕獲再捕獲法は、予算的な制限から適応範囲が限られ、広域で推定することが難しく、個体数復元法は、野外での実現は極めて困難である。よって、本研究では、直接観察法や間接法により得られたモニタリング

データを密度指標として扱い、これらの密度指標と捕獲数の時間変化から個体数を推定する手法であるHarvest-based model³⁾を採用した。また、密度指標以外に、個体群管理上で部分的に取得されている標識個体のデータなども上記モデルに組み込むこととした。

また、観測データの誤差変動によってぶれにくい頑健性とモデル構築の柔軟さを考慮し、Harvest-based modelを階層ベイズモデルとして実装した手法を用いた（図(2)-2）。この階層ベイズモデルをマルコフ連鎖モンテカルロ法（MCMC）により実行し、各パラメータの推定は、このMCMC法によるランダムサンプルを得ることにより、事後分布と呼ばれる頻度分布として得た。MCMCの実行とその収束判定基準は以下の通りである。

- ・ソフトウェア：SAS（MCMC procedure）、WinBUGS
- ・収束判定：Gewekeの収束判定基準⁴⁾、Gelman & Rubinの収束判定基準⁵⁾、有効サンプルサイズ⁶⁾



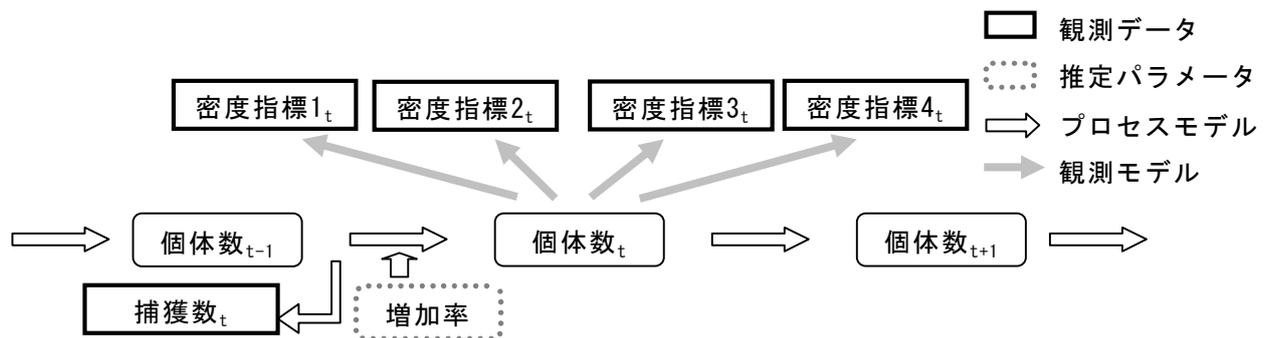
図(2)-2 捕獲数ベースの階層ベイズモデルの模式図

(2) モデルの構造の検討と構築

1) 精度向上のためのモデルの検討

a 複数の密度指標を用いた捕獲数に基づく状態空間モデルの構築

推定精度の向上を図るために、複数の密度指標と捕獲数を用いて、個体数と増加率を同時に推定する階層ベイズモデルを構築した（図(2)-3）。このモデルは、時系列的な個体数変化を表わすプロセスモデルと、各密度指標を誤差変動も含めて説明する観測モデルからなる。プロセスモデルは、 $\text{個体数}_{t+1} = \text{自然増加率} \times \text{個体数}_t - \text{捕獲数}_t$ で示し、観測モデルでは個体数（または密度）と指標の比例係数と観測誤差を設定している。

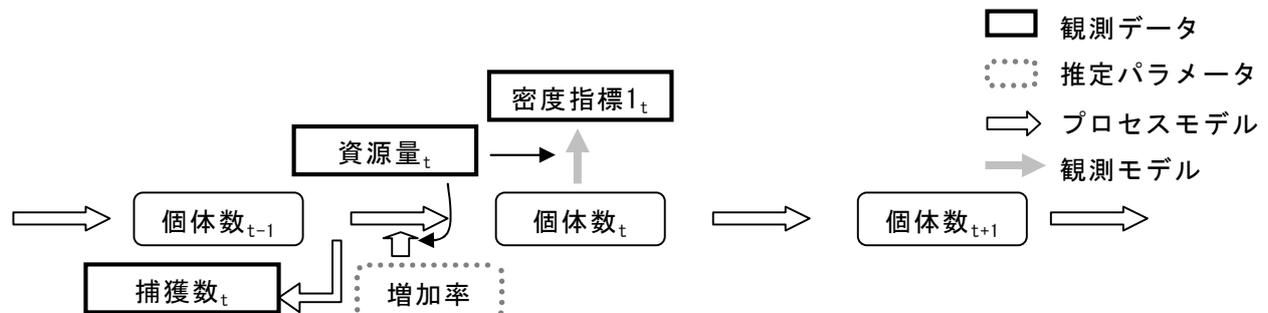


図(2)-3 複数の
密度指標を用いた捕獲数ベースの状態空間モデルの模式図

b 環境要因を考慮した個体群動態モデルの構築

観測データや増加率は、堅果類などの食物資源や積雪や気温などの気象を含む環境要因により大きく変動する場合がある。このような要因を考慮せず推定を行うと、各パラメータの推定が困難になり精度が下がると想定される。そこで、環境要因を推定モデル組み込み、その影響を補正するモデルを構築した（図(2)-4）。

環境変動により観測データや増加率等に大きな変動の可能性がある例として、堅果類の豊凶に伴うツキノワグマの目撃数・捕獲数の変動やイノシシの捕獲数の変動、積雪に伴うシカが目撃効率の変動などがあげられる。このような場合、堅果類の豊凶の観測値（豊凶度などの指数）をモデルに組み込むことにより、個体数や各パラメータの推定精度は向上すると考えられる。



図(2)-4 環境要因を考慮した個体群動態モデルの模式図

c 社会的要因（捕獲率の年次変動）を考慮した個体群動態モデルの構築

被害や個体数の低減に向けて、捕獲の強化を図るために、捕獲に対する報償費が支払われる場合がある。このような場合、報償費の支給の前後で捕獲率が異なる可能性が高い。また、捕獲の強化や効率的な捕獲機具の導入を徐々に進めていった場合、生息数とは独立に、捕獲率が時間の経過に伴い緩やかに変動することがある。このような社会的な影響に伴う捕獲率などの係数の変動を考慮するため、捕獲係数が対策の前後や年によって異なるモデルを構築した。

t 年における捕獲に関するデータを I_t 、捕獲率を q_t 、生息数を N_t とて、これらの変数の関係を

$I_t = q_t N_t$ とした。

この時の q の年次変動を以下の3種類設定した。

- ① 期間ごとに異なる固定効果： $q_t = q_1$ ($t < t_1$)、 q_2 ($t_1 \leq t < t_2$) ...、 q_n ($t_n \leq t$)
- ② 年ごとに異なるランダム効果： $q_t = qe^{\varepsilon t}$
- ③ ランダムウォーク： $q_{t+1} = q_t e^{\varepsilon t}$

ここで、 ε_t は平均0、分散 σ^2 の正規乱数とする。

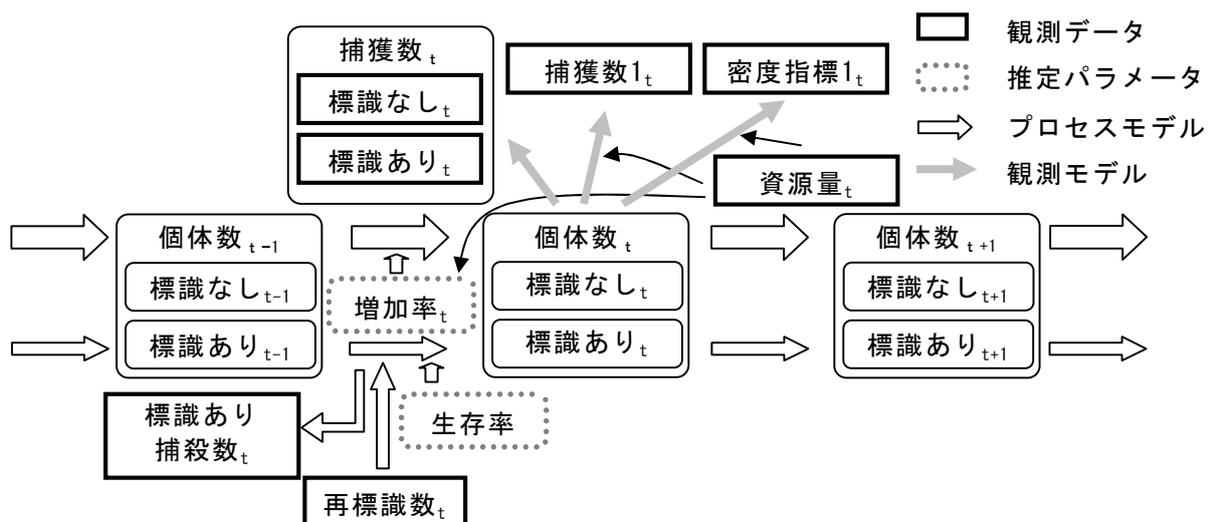
捕獲率の変動など、想定される社会的要因の傾向を精査し、推定モデルに組み込むことにより、環境要因と同様に、個体数や各パラメータの推定精度は向上すると考えられる。

2) 現場で適応可能なモデルの検討

a 標識再捕獲法の原理を組み込んだモデルの開発

ツキノワグマの学習放獣や錯誤捕獲の放獣を行っている地域では、その管理業務の中で標識再捕獲に相当するデータを収集することができる。

そこで、このデータを用いて標識再捕獲法の原理を援用して、個体数と自然増加率を推定するモデルを開発した（図(2)-5）。



図(2)-5 過年度推定結果を活用した個体群動態モデルの模式図

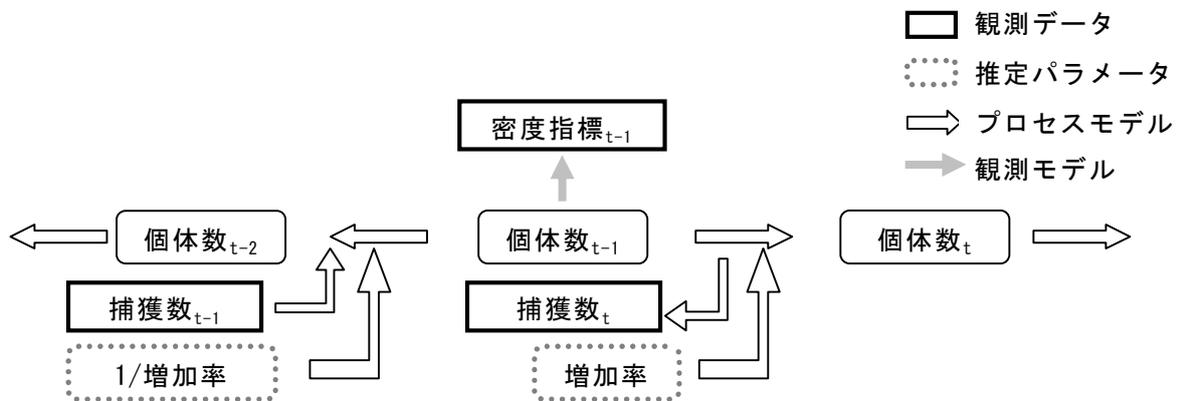
3) 整合性の確保

a 過年度推定結果を活用した個体群動態モデルの構築

時系列データを用いたベイズ推定の利点の一つは、新たなデータが得られた場合、過去の推定値も含めて、もっとも整合性のある推定値に更新できることである。一方、新たに得られたデータの誤差変動によって毎年推定値が大きく変わってしまう危険もある。円滑に社会的な意思決定を支援するためには、過年度の推定結果との整合性も重視する必要もある。そこで、過年度の個体数の推定結果の一部を事前の情報（事前分布）として活用するモデルを開発した（図(2)-6）。

このモデルは、1年前に得られた推定値の確率分布をもとに、当年と2年以上前の個体数を

推定するため、1年前との推定結果の整合性を適切に保つことができ、短期間のデータの追加による結果のぶれが少ない頑健な推定手法であると考えられる。



図(2)-6 過年度推定結果を活用した個体群動態モデルの模式図

b 広域スケールでの推定値を地域スケールへ配分する手法の開発

野生動物による被害や生息状況は、地域により大きく異なることがある。この場合、被害との関係を把握するために必要十分なスケールや、捕獲などの対策を実施するスケールで生息数を把握することにより、管理の目標設定や捕獲計画の立案を行うことが重要である。一方、より狭いスケールでの推定は、数十日の時間がかかる場合もある。また、解析スケールの違いによる推定値の齟齬をなくし、異なるスケールで推定した値との整合性を図ることは、野生動物管理において円滑な意思決定を支援するためにも必要なことである。そこで、県域スケールでの推定値を地域スケールに配分する手法を開発した。

地域スケールでの個体数の計算：都道府県スケールなどのより大きなスケールで推定した個体数の推定値を、推定の際に得られた係数の推定値と地域スケールで得られた実測値を用いて、地域スケールに配分処理するプログラムを開発した。配分処理には、個体数、および密度指標の係数の推定値の分散を重み付けの値として式に組み込むことにより、密度指標の誤差を考慮したプログラムを開発した。また、大きなスケールの推定の際に得られたMCMCサンプルを使用することにより、地域スケールでの個体数の推定誤差についても算出できるプログラムを開発した。

I地域におけるt年の個体数 $N_{i,t}$ に比例する個体数指数を $NI_{i,t}$ とした場合、 $NI_{i,t}$ と地域スケールごとの種類jの密度指標 $I_{j,i,t}$ との関係を以下のように記述した

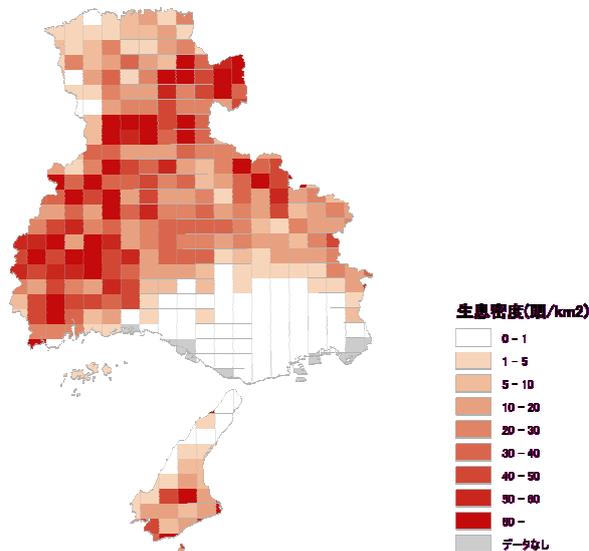
$$NI_{i,j} = \{ \sum_j X_{j,i,t} I_{j,i,t} / q_j / (\sigma_j^2 / mI_j) \} / \{ \sum_j X_{j,i,t} / q_j / (\sigma_j^2 / mI_j) \}$$

ここで、 q_j 、 σ_j^2 は、密度指標 I_j と推定個体数 N の比例係数とその誤差をそれぞれ示す。また、 $X_{j,i,t}$ はi地域におけるt年の種類jの指標の有無を示し、 mI_j は、種類jの密度指標の平均値を示す。

さらに、全県の推定値 N_t を地域ごとの個体数指数 $NI_{i,j}$ を用いて、以下の式により地域ごとの個体数 $N_{i,t}$ に配分した。

$$N_{i,j} = N_j NI_{i,j} / \sum_i NI_j$$

上記の配分方法を兵庫県のニホンジカに適用した例を図(2)-7に示す。



図(2)-7 狩猟メッシュ単位での推定生息密度

4) 機能強化のためのモデルの検討

a 密度効果と増加率の年次変動を考慮した個体群動態モデルの構築

多くの野生動物において、その動向は、密度依存的に変動することが報告されている。また、密度効果の検出は、密度が変化した状況下での増加個体数を予測し、将来的な捕獲計画を立てるといふ野生動物の個体群管理という観点からも、大変重要である。しかし、野外の調査データから、密度効果を検出することは困難な場合が多く、特に中大型哺乳類において、その効果は明らかになっていないことが多い。ニホンジカについても、島嶼個体群で、個体群の崩壊などが観察されているが、温帯域や開放系の個体群における密度効果については明らかになっていない。そこで、密度効果を含む個体群動態モデルであるBeverton-holtモデルを、harvest-basedの階層ベイズモデルに組み込み、個体数や増加率に加え、密度効果が検出可能な個体群動態モデル構築した。この階層ベイズモデルのうち、プロセスモデルにあたる部分は以下の通りである。

$$N_{t+1} = rN_t / (1 + ((r-1)/k)N_t) - Ca_t$$

ここで、kは、環境収容力を示す。

b 地域スケールでの個体数動態モデルの構築

野生動物による被害や生息状況は、地域により大きく異なることがある。この場合、捕獲などの対策を実施することが可能なスケールで生息状況を把握することにより、地域ごとの管理の目標設定や捕獲計画の立案を行うことが重要である。そこで、多くの都道府県で捕獲を実施

する上での基本単位となっている市町スケールで個体数を推定する手法と技術を開発した。

地域ごとの自然増加率や捕獲率は、生息地の環境や捕獲体制などの社会的な要因によって、異なる可能性がある。そのため、これらの変数が場所により異なる状態空間モデルを構築した。i地域におけるt年の個体数を $N_{i,t}$ とした場合、その時間的な変化をBeverton-holtモデルを用いて、

$$N_{i,t+1} = r_i N_{i,t} / (1 + ((r_i - 1) / k) N_{i,t}) - Ca_{i,t}$$

とした。

ここで、 $Ca_{i,t}$ は、i地域におけるt年の捕獲数、 r_i は、i地域における内的自然増加率、 k は環境収容力を示す。

また、i市町におけるt年の密度指標を $I_{i,t}$ とした場合、個体数 $N_{i,t}$ との関係を

$$I_{i,t} = q_i N_{i,t}$$

とした。

ここで、 q_i は、i地域における回帰係数を示す。

なお、このモデルは、市町単位に限らず、都道府県で独自に設定している管理ユニットや地域メッシュ単位での推定にも適応が可能であり、汎用性の高い推定手法であると考えられる。

(3) 推定精度の検証

推定の正確度（真の値と差）については、真の値を知ることができない野外個体群から検証することは困難であるため、あらかじめ試験者が作成したデータセットから誤差変動を発生させたサンプルデータを生成し、数値実験により開発した個体群動態モデルの推定の正確度を検証した。

その結果、誤差は小さいことが理想であるが、誤差の大きな指標であっても平均値が真の個体数の動向と相関している指標であれば、指標の数を増やすだけ精度が上がるということがわかった（表(2)-2）。複数の密度指標を用いることは有効であり、モニタリングデータを十分活用することにより、推定の正確度が向上する。

表(2)-2 推定に用いる指標の数と誤差の大きさによる個体数の推定精度の違い

RMSEは、真の値との差の平均の平方根で、値が低いほど推定の正確度が高い。

用いた指標の数と誤差の程度	RMSE
誤差の小さい指標 3つ	110
誤差の小さい指標 2つ	156
誤差の小さい指標 1 + 大きい指標 1	208
誤差の大きい指標 2つ	268
誤差の小さい指標 1つ	384
誤差の大きい指標 1つ	648

また、用いる指標の誤差や数を固定して、真の個体数の動向によって、推定の正確度がどう変わるかを検証した。その結果、減少傾向にある個体群の推定は比較的正確で、単調増加していく個体群では推定誤差が大きくなることがわかった。また、単調減少でなくても、推定期間中に減少の回数が多いほど推定精度が上がるということがわかった（表(2)-3）。密度指標が単調増加を示す個体群に関しては、増加率などの事前情報を活用し推定範囲を限定するなど

の手法が必要である。また、減少傾向の場合は精度が向上するため、絶滅危惧等に対する感度は高くなることがわかった。

表(2)-3 真の個体数の動向の違いによる推定誤差の違い

RMSEは、真の値との差の平均の平方根で、値が低いほど、推定の正確度が高い。

指標の動向	RMSE
単調減少	45
増加後減少(2回)	384
増加後減少	910
単調増加	7×10^{12}

また、推定する動物種や推定する地域的なスケール、用いたデータによる推定精度の違いを検証した。種や地域によって利用可能なデータが異なるため一元的な比較はできないが、用いるデータを適切に選択することで、推定精度を向上させることができた。また、同じ種類のデータを用いても状況によって推定精度が変わることがわかった(表(2)-4)。

表(2)-4 推定精度向上のための実データへの適応結果

対象種	地域	データの項目	変動係数
ツキノワグマ	全国	捕獲数のみ	1.74
	兵庫	捕獲数のみ	2.18
	兵庫	捕獲数・捕殺数、目撃件数、標識再捕、堅果類豊凶	0.47
シカ	全国	捕獲数(狩猟・有害)、登録者数当たり捕獲効率(わな・銃)	1.44
	兵庫	捕獲数(狩猟・有害)、登録者数当たり捕獲効率(わな・銃)	1.23
	兵庫	捕獲数(狩猟・有害)、目撃効率、糞塊密度	0.74
イノシシ	全国	捕獲数(狩猟・有害)、登録者数当たり捕獲効率(わな・銃)	0.72
	兵庫	捕獲数(狩猟・有害)、登録者数当たり捕獲効率(わな・銃)	推定不能
ニホンザル	全国	捕獲数のみ	3.00

(4) 各種個体数推定プログラムの作成

精度向上のための数値実験と実データへの適応結果を踏まえて、ニホンジカ、イノシシ、ツキノワグマ、ニホンザルの個体数推定プログラムを作成した。4種について作成した計10個の個体数プログラムの一覧を表(2)-5に示す。

増加率について、事前の情報(事前分布)を設定し、MCMC法を用いて個体数推定プログラムを実行した結果、いずれのモデルにおいても、十分な収束が得られた。なお、事前分布については、特定哺乳類生息状況調査の委員の検討結果⁷⁾に基づいて決定した。

図(2)-5 各種個体数推定プログラムの作成状況一覧

対象種	地域	推定年	モデルの構造	使用したデータ	活用状況
ニホンジカ	全国	2010	・ harvest-based model ・ 複数の密度指標の活用	捕獲数(狩猟・有害)、登録者数当たり捕獲効率(わな・銃)	環境省の報告書で公表
	兵庫	2010-2012	・ harvest-based model ・ 複数の密度指標の活用 ・ 過年度推定結果活用型 ・ 社会的要因(捕獲率の年次変動)考慮	捕獲数(狩猟・有害)、目撃効率、糞塊密度	県の公式推定値に公表
	島根	2010	・ harvest-based model ・ 複数の密度指標の活用	捕獲数(狩猟・有害)、区画法、目撃効率、糞塊密度、ライトセンサス	県の公式推定値に公表
イノシシ	全国	2010	・ harvest-based model ・ 複数の密度指標の活用	捕獲数(狩猟・有害)、登録者数当たり捕獲効率(わな・銃)	環境省の報告書で公表
	兵庫	2011-2012	・ harvest-based model ・ 複数の密度指標の活用 ・ 環境要因(捕獲率の年次変動)考慮	捕獲数(狩猟・有害)、目撃効率、堅果類豊凶	県の公式推定値に採用
ツキノワグマ	全国	2010	・ harvest-based model	捕獲数	環境省の報告書で公表
	兵庫	2010-2012	・ harvest-based model ・ 標識再捕獲統合モデル ・ 環境要因(捕獲率の年次変動)考慮	捕獲数・捕殺数、目撃件数、標識再捕、堅果類豊凶	県の公式推定値に採用
	岐阜	2012	・ harvest-based model ・ 標識再捕獲統合モデル ・ 環境要因(捕獲率の年次変動)考慮	捕獲数・捕殺数、目撃件数、堅果類豊凶	
	岡山	2012	・ harvest-based model ・ 標識再捕獲統合モデル ・ 環境要因(捕獲率の年次変動)考慮	捕獲数・捕殺数、目撃件数、標識再捕、堅果類豊凶(隣接県データを活用)	県の公式推定値に採用
ニホンザル	全国	2010	・ harvest-based model	捕獲数	環境省の報告書で公表

全国推定値の公表は、環境省生物多様性センター(2011)⁷⁾による。

【推定モデルの詳細：兵庫県本州部でのニホンジカの例】

複数の密度指標を用いた捕獲数に基づく階層ベイズモデルにより、兵庫県本州部のニホンジカの個体数と増加率を推定した。推定には、1999年度から2011年度までにデータを用いた。SAS MCMCプロシジャーを用いて、以下のモデルと仮定によるマルコフ連鎖モンテカルロ法（MCMC法）を用いたベイズ推定を行った。

用いたデータ

- i_yugai[i] : i年度の有害捕獲許可による捕獲数。銃猟とわな猟の合計値を生息数の動向を反映する指標として用いた。
- fun_d[i] : i年度の10月下旬から11月上旬に所定のラインセンサスにより確認した1kmあたりの平均糞塊数（糞塊密度）。生息密度の動向を反映する指標として用いた。
- spue[i] : i年度に狩猟登録者から得られた銃猟による狩猟時の目撃効率。生息密度の動向を反映する指標として用いた。
- r_ca[i] : i年度の狩猟による捕獲数。銃猟とわな猟の合計値を生息数の動向を反映する指標として用いた。
- y_ca[i] : i年度の1月から次年度の12月までの有害捕獲許可による捕獲数。
- f_area : 兵庫県本州部の森林面積。生息密度の期待値を計算する際に用いた。

推定したパラメータ

- lire : 自然増加率（ire）の自然対数値。lireについては、毎年異なった値を推定した。事前分布は、環境省の特定哺乳類生息動向調査の個体数推定（環境省生物多様性センター2011）に採用された分布を用いた。また、 $\exp(\text{lire})$ を自然増加率ireとした。
- lnk : 環境収容力（k）の自然対数値。環境収容力kは、kの期待値が100、分散が1の対数正規分布を事前分布とした。文献データからは118頭/km（知床半島）あるいは72頭/km（金華山）で個体数の急激な減少が観測されている。この事前分布の90%限界は11.6～315.8で広めの範囲を取るようにした。
- lr_spue : 生息密度と目撃効率の比率を示す係数の自然対数値。事前分布は正規分布を仮定し、事前の情報は十分でないため、その分散は大きめに設定した。データの元になる出猟カレンダーによる報告内容が、シカに関する項目のみであった2001年以前と、イノシシに関する項目も含まれるようになった2002年以降では、報告者の構成や出猟回数や場所等が異なるため、2001年以前とそれ以降の2区間に分けて係数を推定することとした。目撃効率と生息密度の係数rsは、 $\exp(\text{lr_spue})$ をとした。
- lr_fun : 生息密度と糞塊密度の比率を示す係数の自然対数値。事前分布は正規分布を仮定し、事前の情報は十分でないため、その分散は大きめに設定した。糞塊密度調査の手法は毎年変わらないため、係数自体は毎年変動しないと仮定し、観測モデルにおいて観測誤差を想定するだけにした。生息密度と糞塊密度の比率を示す係数rfは、 $\exp(\text{lr_fun})$ とした。
- pre : 狩猟による捕獲率。兵庫県のシカの捕獲に関する施策が強化され狩猟による捕獲に報償費が出されるようになった2010年以降とそれ以前では異なる捕獲率を推定した。

preについては事前情報がないため、事前分布は0から1までの一様分布に設定した。
 pry : 有害による捕獲率。狩猟による捕獲された個体を除いた個体数に対する有害捕獲による捕獲率。全個体数に対する有害捕獲の捕獲率は、

$$py=(1-pre) \times (1/(1+\exp(-\log(pry/(1-pry))))))$$

となる。pryは事前情報がないため、事前分布は0から1までの一様分布に設定した。また、兵庫県のシカの捕獲に関する施策が強化され、有害捕獲に関する目標が大きく変更された2010年以降とそれ以前では異なる捕獲率を推定した。

preについては事前情報がないため、事前分布は0から1までの一様分布に設定した。
 lnNins : 1年前 (2010年) の生息個体数の自然対数値。事前分布は正規分布とし、平均値は、昨年推定した個体数の事後分布の対数値を用いた。(分散は、分布の95%信頼限界が、既存の情報から考えられるおおよその限界値になる値を設定した。具体的には、2010年の狩猟期間に捕獲された個体、および有害捕獲による捕獲数はそれぞれ26,130頭、15,262頭であるので、生息数は捕獲数を合計した41,392頭以下を下限にすれば十分であると考え、95%信頼限界の下限が38,337頭となる分散0.5とした。95%信頼限界の上限は612,949頭となるが、現実的に想定できる値を十分にカバーすると考えられる。)

v_spue、v_fun、v_ryo、v_yugai : 目撃効率、糞塊密度、狩猟捕獲数、有害捕獲数の期待値からの誤差分散。それぞれ、観測モデルで示す確率分布の誤差分散として観測データから推定した。これらの誤差分散の事前分布は、それぞれ、形状母数、尺度母数ともに0.01の逆ガンマ分布を用いた。各推定変数の初期値は、事前分布の期待値とした。捕獲率のランダム効果と尤度関数の変動部分v_spue、v_fun、v_ryo、v_yugaiについては、それぞれ初期値を0.01とした。

プロセスモデル

個体群動態の過程モデルは、生息個体数は2010年を起点として、翌年の2011年まで個体数を

$$\begin{aligned} \beta[i] &= (\text{ire}[i]-1)/(k \times f_area) \\ N[i+1] &= (\text{ire}[i] \times N[i] / (1 + \beta[i] \times N[i])) - \text{caa}[i] \\ & \quad (i=2010 \text{ のとき}) \end{aligned}$$

2000年までの個体数を

$$\begin{aligned} \beta[i-1] &= (\text{ire}[i-1]-1)/(k \times f_area) \\ N[i-1] &= (\text{caa}[i-1] + N[i]) / (\text{ire}[i-1] - \beta[i-1] \times (\text{caa}[i-1] + N[i])) \\ & \quad (i=2010, 2009, \dots, 2000 \text{ のとき}) \end{aligned}$$

のように計算する。

ここで、N[i]は、i年の生息個体数とi年の捕獲数を示す。また、caa[i]は、i年の捕獲数であり、i年の狩猟捕獲数r_ca[i]と有害捕獲数y_ca[i]の合計値である。

2010年の個体数はN[2010]=round(exp(lnNins))とした。なお、生息個体数は、年末時点での個体数を想定している。

観測モデル

推定する個体数と観測されるデータとの関係を示す観測モデルは以下のとおりとした。

目撃効率に関する観測モデル

$$\log(\text{SPUE}[i]) = \log(\text{rs} \times \text{N}[i] / \text{f_area}) - 0.5 \times \text{v_spue} + \text{e_spue}[i]$$

糞塊密度に関する観測モデル

$$\log(\text{fun}[i]) = \log(\text{rf} \times \text{N}[i] / \text{f_area}) - 0.5 \times \text{v_fun} + \text{e_fun}[i]$$

狩猟捕獲数に関する観測モデル

$$\log(\text{r_ca}[i]) = \log(\text{pr}[i] \times \text{N}[i]) - 0.5 \times \text{v_ryo} + \text{e_ryo}[i]$$

有害捕獲数に関する観測モデル

$$\log(\text{i_yugai}[i]) = \log(\text{py}[i] \times \text{N}[i]) - 0.5 \times \text{v_yugai} + \text{e_yugai}[i]$$

$\text{e_spue}[i]$ 、 $\text{e_fun}[i]$ 、 $\text{e_ryo}[i]$ 、 $\text{e_yugai}[i]$ は、誤差変動を示し、それぞれ期待値0、分散が v_spue 、 v_fun 、 v_ryo 、 v_yugai の正規分布に従うものとした。

初期値と事前分布

各推定値に関する、初期値と事前分布は以下の通りの設定とした（表(2)-6）。

表(2)-6 推定した変数とその初期値および事前分布

ブロック	推定パラメータ	初期値	事前分布
1	lire	0.1789	normal((log(1.2)-0.5*0.006826535), var=0.006826535)
1	pre1	0.5000	beta(1, 1)
1	pre2	0.5000	beta(1, 1)
1	pry1	0.5000	beta(1, 1)
1	pry2	0.5000	beta(1, 1)
1	lr_spue1	-2.3026	normal((log(0.1)), var=5)
1	lr_spue2	-2.3026	normal((log(0.1)), var=5)
1	lr_fun1	0	normal((log(1)), var=5)
1	lnNins	11.9401	normal(11.94010812, var=0.5)
1	lk	4.1052	normal(log(100)-0.5*1, var=1)
2	v_spue	0.0100	igamma(0.01, scale=0.01)
2	v_fun	0.0100	igamma(0.01, scale=0.01)
2	v_ryo	0.0100	igamma(0.01, scale=0.01)
2	v_yugai	0.0100	igamma(0.01, scale=0.01)

事前分布の引数は、正規分布は（期待値，分散）、逆ガンマ分布は（形状母数、尺度母数）、ベータ分布は（形状母数 α ，形状母数 β ）を示す。

MCMC法による推定方法の設定

上記のモデルによって、メトロポリス法による最適化サンプリングを行った。

1,100万回のサンプリングを行い、最初の100万回は採用せず、次の1,000万回のうち1,000回に1回サンプリングした計10,000サンプルから事後分布を求めた。

提案分布は、正規分布とし、実際のサンプリング回数に合わせて5万回のサンプリングによる事後分布にもとづいて、Roberts et al. (1997)⁸⁾の示した最適な採択率23.4%を目標

に±7.5%の範囲の採択率になるように、スケールと共分散行列のチューニングを行った。

推定結果

収束判定は、有効サンプルサイズ (Kass et al. 1998) と Geweke 検定 (Geweke 1992) の2つの基準で確認した。

推定した変数の事後分布は表(2)-7の通りであった。また、各変数の事前分布と事後分布を図(2)-8、図(2)-9、図(2)-10に示した。

表(2)-7の結果に基づいて計算した自然増加率(ir)と、目撃効率の係数(rs)、糞塊密度の係数(rf)、各年の狩猟捕獲率(pr[i])、有害捕獲率(py[i])は表(2)-8のとおりであった。また、得られたデータの観測値と期待値との関係を図(2)-11に示した。

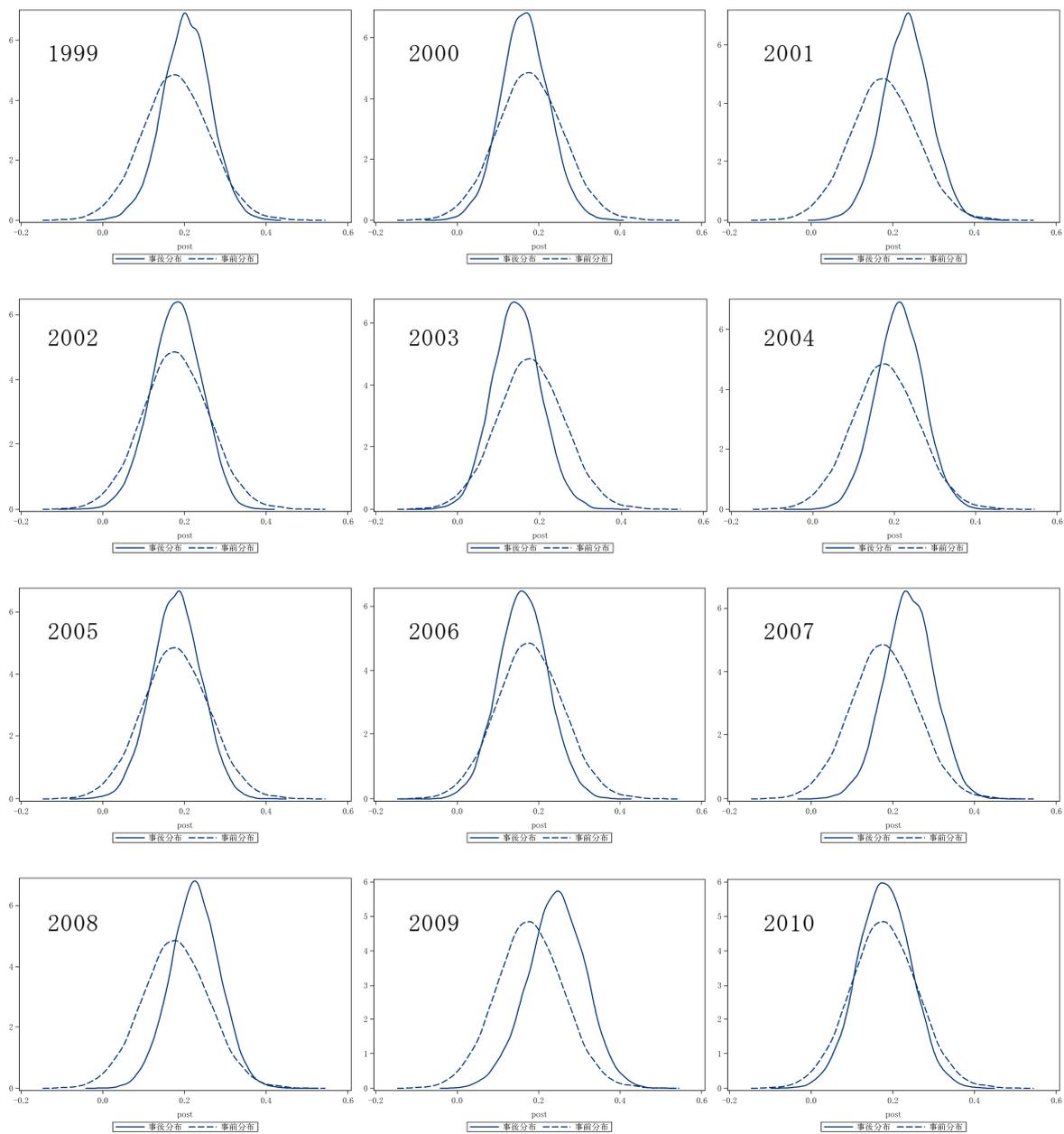
全ての変数で、事後分布の幅は、事前分布の幅より狭まった。しかし、自然増加率の自然対数値は、絞られる幅が他の変数に比べて少なく、事前分布の設定が推定に影響を与えていた。

自然増加率は、中央値で12.8%~22.3%となり、年次変動が見られた(表(2)-9)。また、捕獲率は、2010年と2011年で高く、2009年までの中央値と比較すると、狩猟では9.7%、有害では7.5%それぞれ高く推定された。

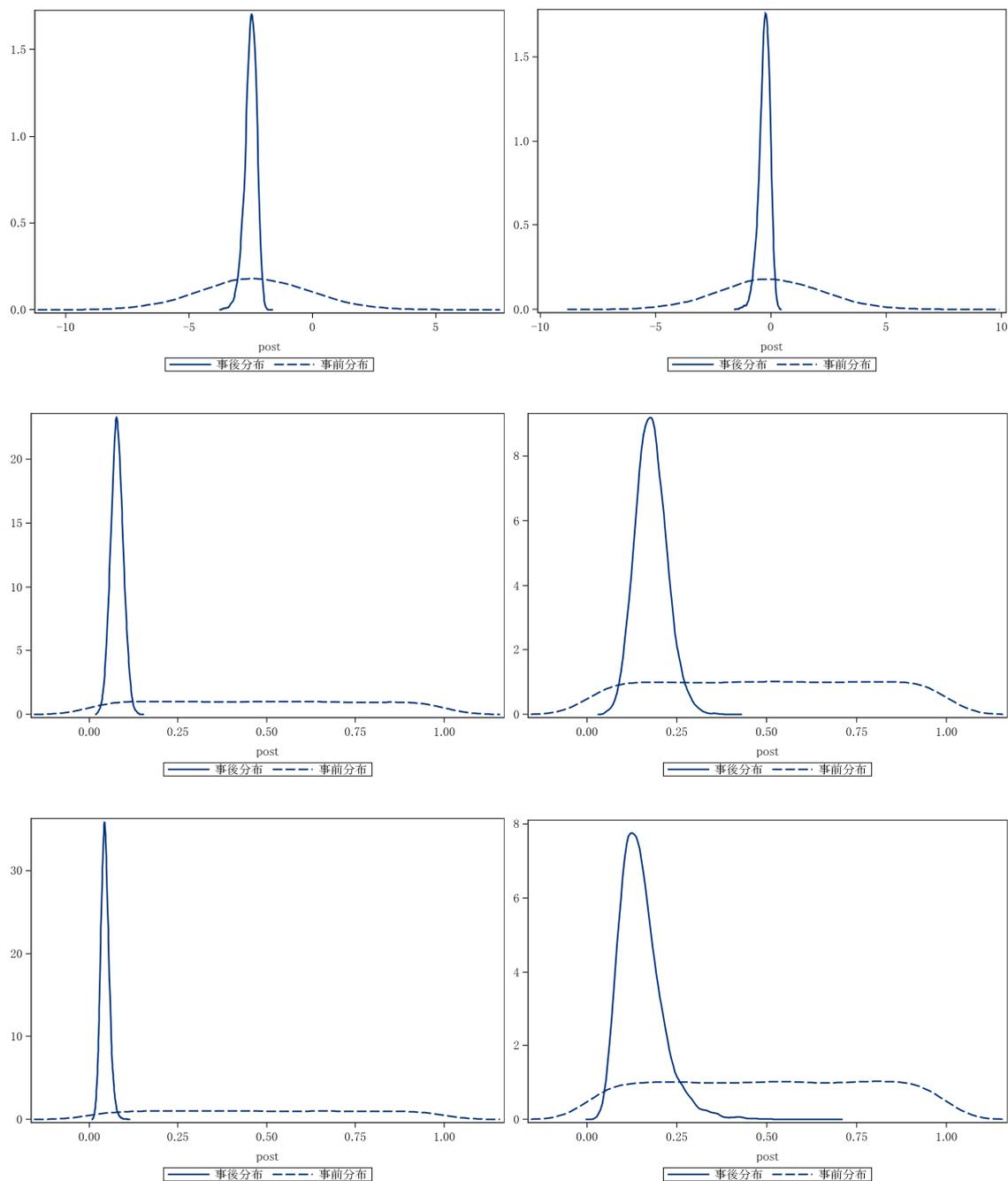
また、これらの結果に基づいて計算した個体数と増加個体数を表(2)-10に、時間的変動パターンをそれぞれ図(2)-12、図(2)-13に示す。個体数は、1999年から2010年にかけては、単調に増加し、2011年に減少していると推定された。また、増加個体数については、自然増加率の年次変動に伴い、年による変動が見られたことに加え、2010年以降は個体数の減少に伴い、減少していると推定された。

表(2)-7 事後分布の統計量

変数	平均	標準偏差	5%	50%	95%
lire1	0.2046	0.0585	0.1077	0.2047	0.3003
lire2	0.1658	0.0586	0.0708	0.1650	0.2625
lire3	0.2325	0.0582	0.1361	0.2333	0.3280
lire4	0.1794	0.0611	0.0772	0.1803	0.2782
lire5	0.1437	0.0592	0.0485	0.1430	0.2415
lire6	0.2124	0.0582	0.1158	0.2128	0.3077
lire7	0.1803	0.0599	0.0811	0.1806	0.2786
lire8	0.1617	0.0609	0.0620	0.1614	0.2627
lire9	0.2395	0.0611	0.1398	0.2392	0.3394
lire10	0.2253	0.0602	0.1253	0.2255	0.3235
lire11	0.2427	0.0702	0.1234	0.2441	0.3558
lire12	0.1788	0.0655	0.0706	0.1789	0.2855
pre1	0.0777	0.0174	0.0492	0.0774	0.1070
pre2	0.1781	0.0432	0.1103	0.1764	0.2526
pry1	0.0442	0.0118	0.0262	0.0434	0.0648
pry2	0.1501	0.0599	0.0732	0.1407	0.2599
lr_spue1	-2.0478	0.2591	-2.5068	-2.0292	-1.6587
lr_spue2	-2.5090	0.2439	-2.9443	-2.4881	-2.1533
lr_fun1	-0.2877	0.2390	-0.7158	-0.2657	0.0590
lnNins	11.9304	0.2369	11.5769	11.9095	12.3483
v_spue	0.0284	0.0164	0.0114	0.0245	0.0586
v_fun	0.0188	0.0112	0.00749	0.0162	0.0393
v_ryo	0.00577	0.00366	0.00218	0.00485	0.0124
v_yugai	0.1089	0.0632	0.0467	0.0932	0.2264
lk	5.2031	0.5633	4.4877	5.0960	6.2859



図(2)-8 自然増加率の事前分布と事後分布との関係
 実線は事後分布を破線は事前分布をそれぞれ示す。



図(2)-9 パラメータの事前分布と事後分布との関係

左上図 生息密度と目撃効率の比率を示す係数の自然対数値

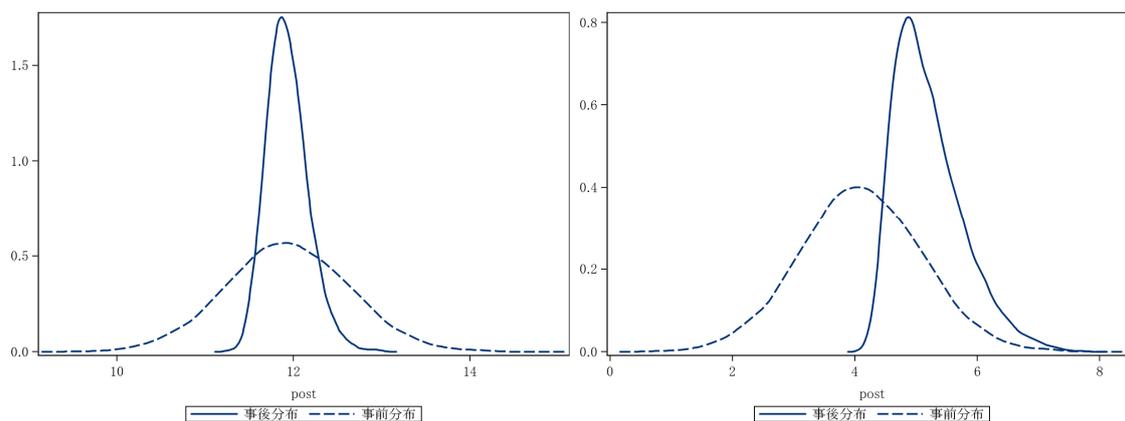
右上図 生息密度と糞塊密度の比率を示す係数の自然対数値

左中図 狩猟による捕獲率 (1999-2009年)

右中図 狩猟による捕獲率 (2010-2011年)

左下図 有害による捕獲率 (1999-2009年) 右下図 有害による捕獲率 (2010-2011年)

実線は事後分布を破線は事前分布をそれぞれ示す。



図(2)-10 パラメータの事前分布と事後分布との関係

左図 1 年前(2010)年の生息数個体数の自然対数値

右図 環境収容力の自然対数値

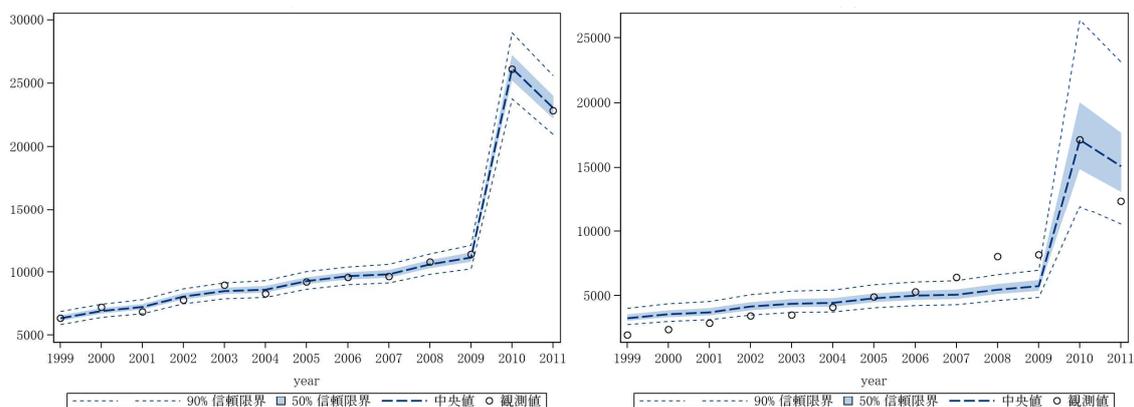
実線は事後分布を破線は事前分布をそれぞれ示す。

表(2)-8 推定された目撃効率の係数(rs)、糞塊密度の係数(rf)、
狩猟捕獲率(pr[i])、有害捕獲率(py[i])

変数	ラベル	平均値	標準偏差	5%	中央値	95%
rf_1999- rf_2011	糞塊係数	0.771	0.174	0.489	0.767	1.061
rs_1999- rs_2001	目撃係数	0.133	0.0329	0.0815	0.131	0.190
rs_2002- rs_2011		0.0837	0.0193	0.0526	0.0831	0.116
pr_1999-pr_2009		狩猟捕獲率	0.0777	0.0174	0.0492	0.0774
pr_2010-pr_2011		0.178	0.0432	0.110	0.176	0.253
py_1999-py_2009	有害捕獲率	0.0406	0.0101	0.0249	0.0400	0.0581
py_2010-py_2011		0.122	0.0437	0.0638	0.115	0.200

表(2)-9 推定された自然増加率(ir)、内的自然増加率(ire)、環境収容力(k)

変数	ラベル	平均値	標準偏差	5%	中央値	95%
ir1999	自然増加率	1.2005	0.0649	1.0962	1.1986	1.3112
ir2000		1.1581	0.0614	1.0639	1.1550	1.2629
ir2001		1.2253	0.0660	1.1201	1.2230	1.3381
ir2002		1.1673	0.0628	1.0665	1.1654	1.2729
ir2003		1.1313	0.0586	1.0404	1.1280	1.2322
ir2004		1.1979	0.0637	1.0972	1.1959	1.3062
ir2005		1.1637	0.0614	1.0669	1.1607	1.2686
ir2006		1.1444	0.0595	1.0514	1.1422	1.2452
ir2007		1.2187	0.0678	1.1116	1.2149	1.3350
ir2008		1.2012	0.0649	1.1000	1.1989	1.3121
ir2009		1.2172	0.0791	1.0922	1.2131	1.3519
ir2010	1.1559	0.0668	1.0534	1.1510	1.2706	
ire1999	内的自然増加率	1.2291	0.0718	1.1138	1.2272	1.3503
ire2000		1.1823	0.0694	1.0734	1.1794	1.3002
ire2001		1.2639	0.0735	1.1457	1.2628	1.3882
ire2002		1.1987	0.0731	1.0803	1.1976	1.3207
ire2003		1.1566	0.0686	1.0497	1.1538	1.2732
ire2004		1.2387	0.0722	1.1228	1.2371	1.3603
ire2005		1.1997	0.0719	1.0845	1.1979	1.3212
ire2006		1.1777	0.0718	1.0640	1.1751	1.3004
ire2007		1.2730	0.0777	1.1500	1.2702	1.4042
ire2008		1.2550	0.0757	1.1334	1.2529	1.3819
ire2009		1.2778	0.0895	1.1313	1.2765	1.4273
ire2010	1.1983	0.0786	1.0732	1.1959	1.3305	
k	環境収容力	220.8	178.6	89.9167	164.4	538.0

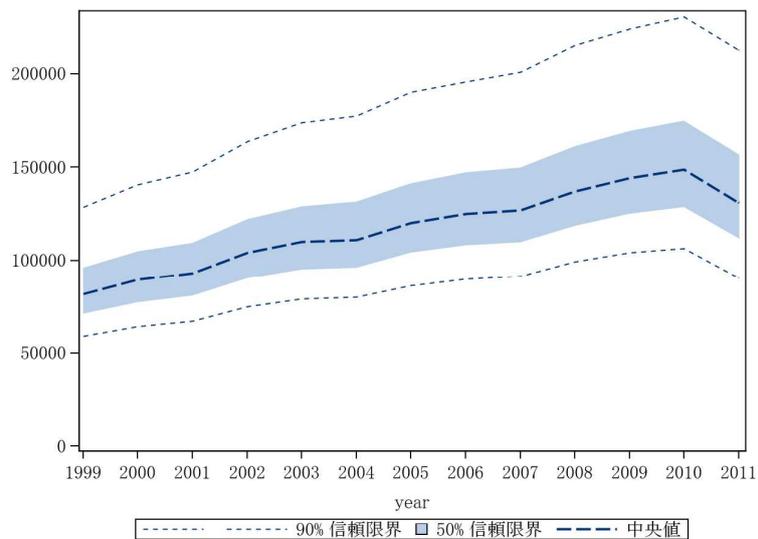


図(2)-11 観測値と期待値との関係

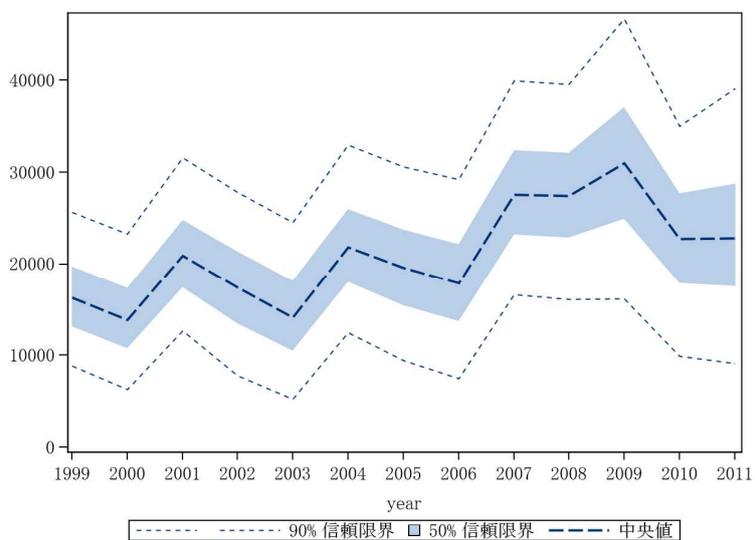
左図 狩猟捕獲数の観測値と期待値

右図 有害捕獲数の観測値と期待値

中央値と50%信頼限界、90%信頼限界を示す。



図(2)-12 兵庫県の子ホンジカの推定生息個体数の動向
中央値と 50%信頼限界、90%信頼限界を示す。



図(2)-13 兵庫県の子ホンジカの推定増加個体数の動向
中央値と 50%信頼限界、90%信頼限界を示す。

表(2)-10 推定された生息個体数(N)、増加個体数(rf)

変数	ラベル	平均値	標準偏差	5%	中央値	95%
N1999	生息個体数	86209.5	23042.1	58898.2	81749.3	128487
N2000		94155.7	25098.7	64284.1	89429.3	140660
N2001		98530.4	26642.7	66984.1	93209.6	147538
N2002		109684	29137.8	75043.3	104213	163909
N2003		115858	30993.0	79160.7	109985	173885
N2004		117539	32106.3	80017.2	111175	177475
N2005		126823	34007.1	86477.2	120080	190287
N2006		131850	35244.5	89939.9	124974	195555
N2007		134158	36537.0	91375.3	126960	200982
N2008		144429	38454.2	99263.4	136975	215119
N2009		151861	39797.8	104306	144107	224137
N2010	156352	40606.7	106602	148672	230556	
N2011	138642	40143.3	90632.6	130803	212491	
inc1999	増加個体数	16638.3	5249.1	8816.5	16318.1	25668.8
inc2000		14240.7	5271.1	6258.1	13881.6	23250.2
inc2001		21337.2	5893.8	12642.8	20892.4	31566.0
inc2002		17562.7	6210.3	7803.7	17418.0	27803.3
inc2003		14440.0	6017.6	5237.0	14144.6	24534.0
inc2004		22186.6	6302.0	12498.4	21828.5	32989.2
inc2005		19698.9	6499.5	9466.9	19559.5	30617.2
inc2006		18049.6	6723.0	7428.8	17876.0	29232.2
inc2007		27896.4	7131.6	16642.2	27554.6	39926.4
inc2008		27587.7	7198.3	16094.1	27401.4	39541.6
inc2009		31147.0	9237.8	16158.8	30971.1	46682.3
inc2010	22709.7	7746.5	9901.5	22739.4	35008.0	
inc2011	23402.3	9240.7	9105.5	22830.9	39069.3	

(5) 将来予測手法の確立

1) 個体数の将来予測手法の確立

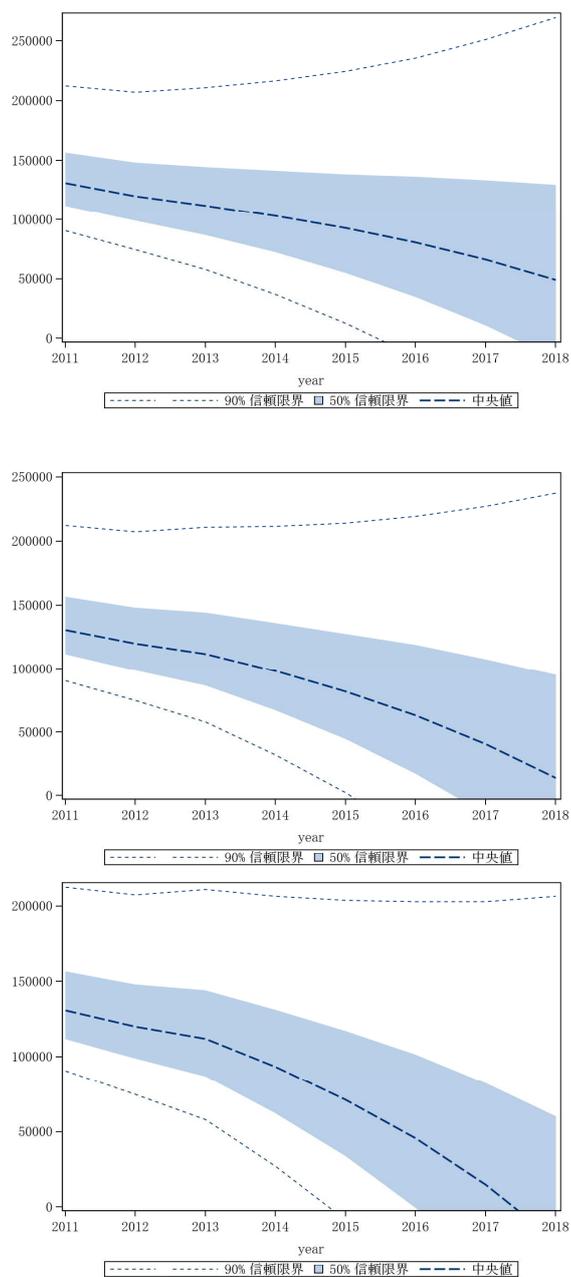
個体数と自然増加率の推定値（事後分布）を用いて、複数の捕獲計画に基づいた将来予測手法を確立した。将来的な捕獲計画を立てる場合、個体数が減少に伴い、同じ努力量で同数を捕獲することが困難になることが想定されるため、捕獲計画については、捕獲数に加え、捕獲努力量で設定し、両方のシナリオで分析ができるプログラムを作成した。この捕獲努力量は、捕獲率に比例すると考えた。

将来予測のための予測式は、以下の通りである。

$$N_{t+1} = rN_t / (1 + ((r-1)/k)N_t) - Ca_t - ef \times cr \times N_t$$

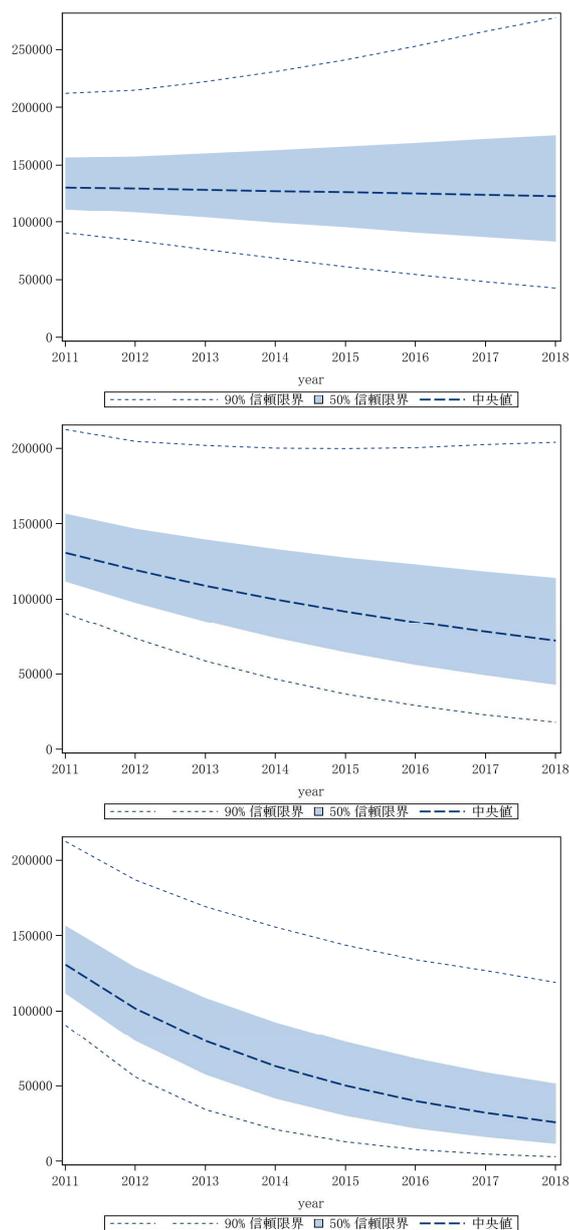
ここで、 cr は、捕獲努力量を示し、推定終了年の総捕獲数/推定終了年の推定個体数とした。また、 ef は、捕獲努力量に係る係数であり、例えば、現行の捕獲努力量を継続する場合は、「1」となり、1.5倍に強化する場合は、「1.5」となる。

開発したプログラムを実行することで、捕獲計画ごとにシナリオ分析を行った（図(2)-14、図(2)-15）。結果は、各推定値の誤差変動を踏まえた将来予測であり、翌年または、中期的な捕獲数を決定する判断材料となる。



図(2)-14 兵庫県におけるシカの個体数推定と将来予測結果

上：毎年3万頭捕獲の場合 中：毎年3万5千頭捕獲の場合 下：毎年4万頭捕獲の場合
 点線（太）は中央値、塗りつぶし領域は50%信頼区間、点線（細）は90%信頼区間を示す



図(2)-15 兵庫県におけるシカの個体数推定と将来予測結果

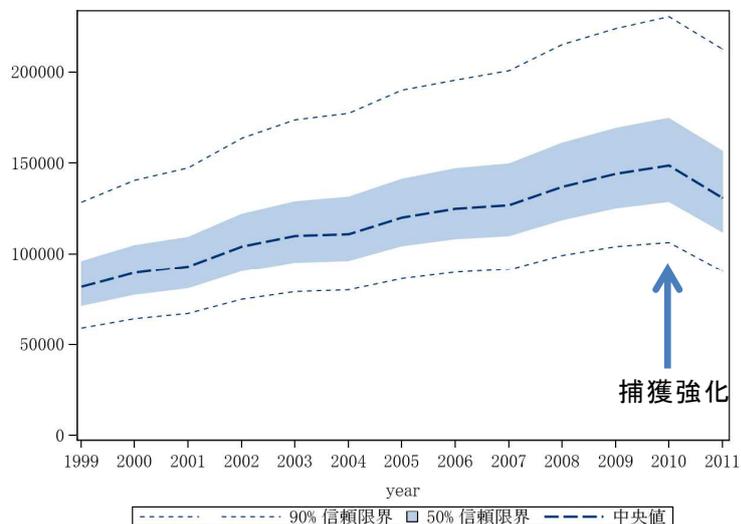
上：毎年捕獲率0.7倍の場合 中：毎年捕獲率1.0倍の場合 下：毎年捕獲率1.5倍の場合
 点線（太）は中央値、塗りつぶし領域は50%信頼区間、点線（細）は90%信頼区間を示す

（6）捕獲効果と予測精度の検証

1）捕獲による個体数低減効果の検証

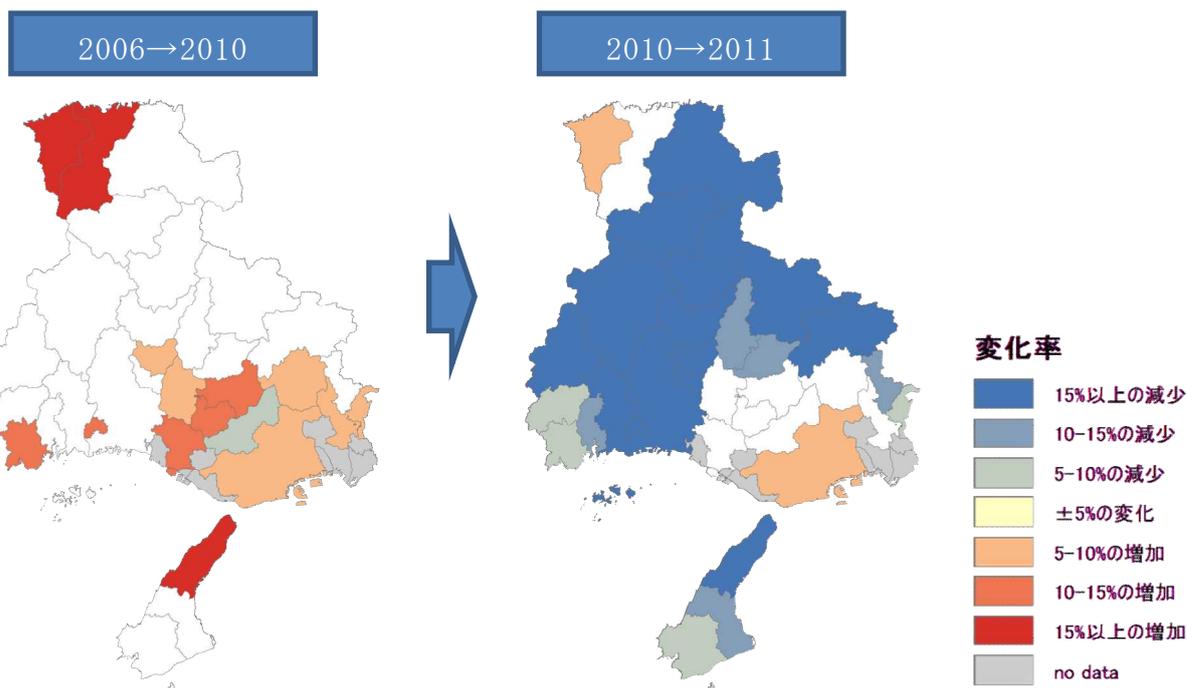
野生動物による被害軽減に向けて、効率的に個体数を低減させるためには、客観的なデータに基づき、捕獲の効果を検証する必要がある。しかし、野外で得られるモニタリングデータには、環境変動や社会状況に伴う様々な要因による誤差変動が含まれていることから、観測データの変動から直接、捕獲の効果を検証することが困難な場合が多い。また、捕獲の効果は、地域の捕獲の状況により異なる可能性が高いため、広域スケールでの対策の効果に加え、地域スケールで評

価することが重要である。そこで、階層ベイズモデルを導入することにより得られた個体数の推定値を基に、捕獲強化前後の推定値の比較を、都道府県スケールと市町スケールで実施し、その効果を検証した。



図(2)-16 推定個体数の経年変化

- 推定生息数
- 2010年：148,672（中央値）
- 90%信頼限界（106,602~230,556）
- 2011年：130,803（中央値）
- 90%信頼限界（90,633~212,491）
- 変化率： 12.0%減少



図(2)-17 市町別の推定個体数の変化率。左図は捕獲強化前の5年間の平均変化率を右図は捕獲強化後の変化率をそれぞれ示す。

県域スケールでの推定の結果、捕獲の強化（前年の1.6倍）により、中央値で12.0%減少したことが明らかとなった。また、推定個体数は95%以上の確率で減少していることが示された。

市町スケールで推定の結果、捕獲強化前の5年間の個体数は本州北部と南部、淡路島の北部で平

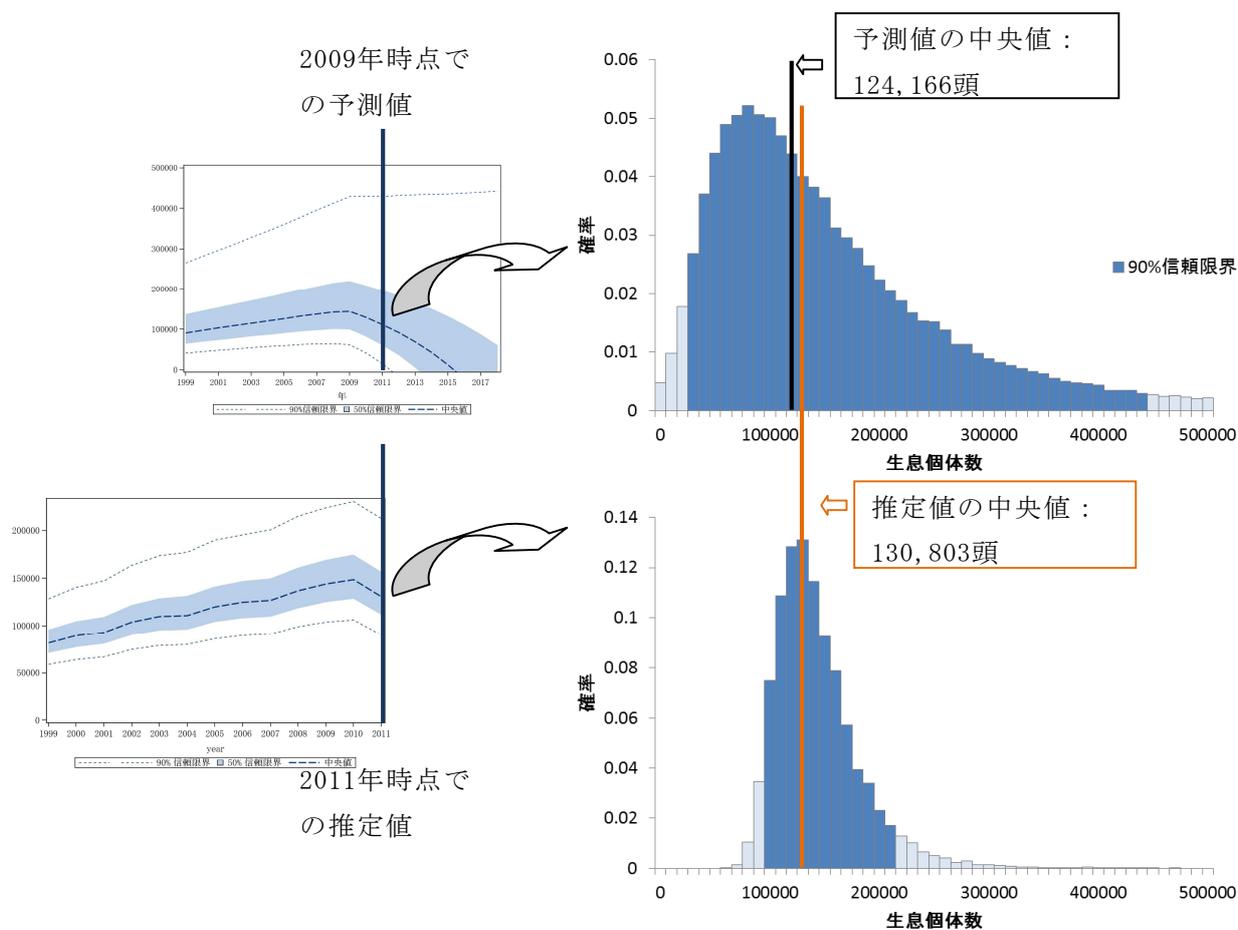
均して5%以上の割合で増加しており、その他の地域では変化が少なかった。捕獲の強化により、個体数は本州中央部と淡路島の広範囲で10%以上の割合で減少していたことが明らかとなった。一方、本州の南東部と北西部では5%以上の割合で増加していることが示された。

兵庫県は、本州の中央部の密度が高く、日本海側と瀬戸内海の沿岸部にかけての密度勾配があると推定されており、同様に、淡路島においても、南部の密度が高く、北部にかけての密度勾配が見られる。2010年までの5年間の増加率が高かった地域は、密度が比較的到低く、分布の最前線付近であった。2010年から2011年にかけては、密度が高かった地域を中心に個体数が減少したという結果となった。これは、捕獲の強化に伴い、主に、本州部の密度が高かった地域を中心に、密度軽減の効果があったことを示している。一方、分布最前線の地域では、いまだに増加している地域があることが明らかとなった。この結果から、低密度地域における捕獲が今後の課題であると言える。このように、階層ベイズモデルによる市町スケールでの推定とその変化を調べることにより、捕獲の効果の地域差を抽出することが可能であり、これらの解析から得られるアウトプットは今後の捕獲計画立案のための判断材料として有効であると考えられる。

2) 予測精度の検証

個体数の推定は不確実な要素が含まれ、特に、将来予測については、その程度が大きくなると考えられる。個体数の推定と予測の精度を高めるためにも、捕獲実施前の捕獲計画に基づく将来予測と、捕獲後の推定結果を比較することで、その整合性を確かめることが重要である。また、このような手法により、推定・予測と捕獲の実施を進めるなかで、その精度を継続的に検証することが可能であると言える。

捕獲実施前の将来予測値と捕獲実施後の推定値を図(2)-18に示す。



図(2)-18 予測値と推定値の頻度分布

左上図：2009年時点での2011年の生息個体数の将来予測

左下図：2011年時点での2011年の生息個体数の推定値

右上図：2009年時点での2011年の生息個体数の将来予測

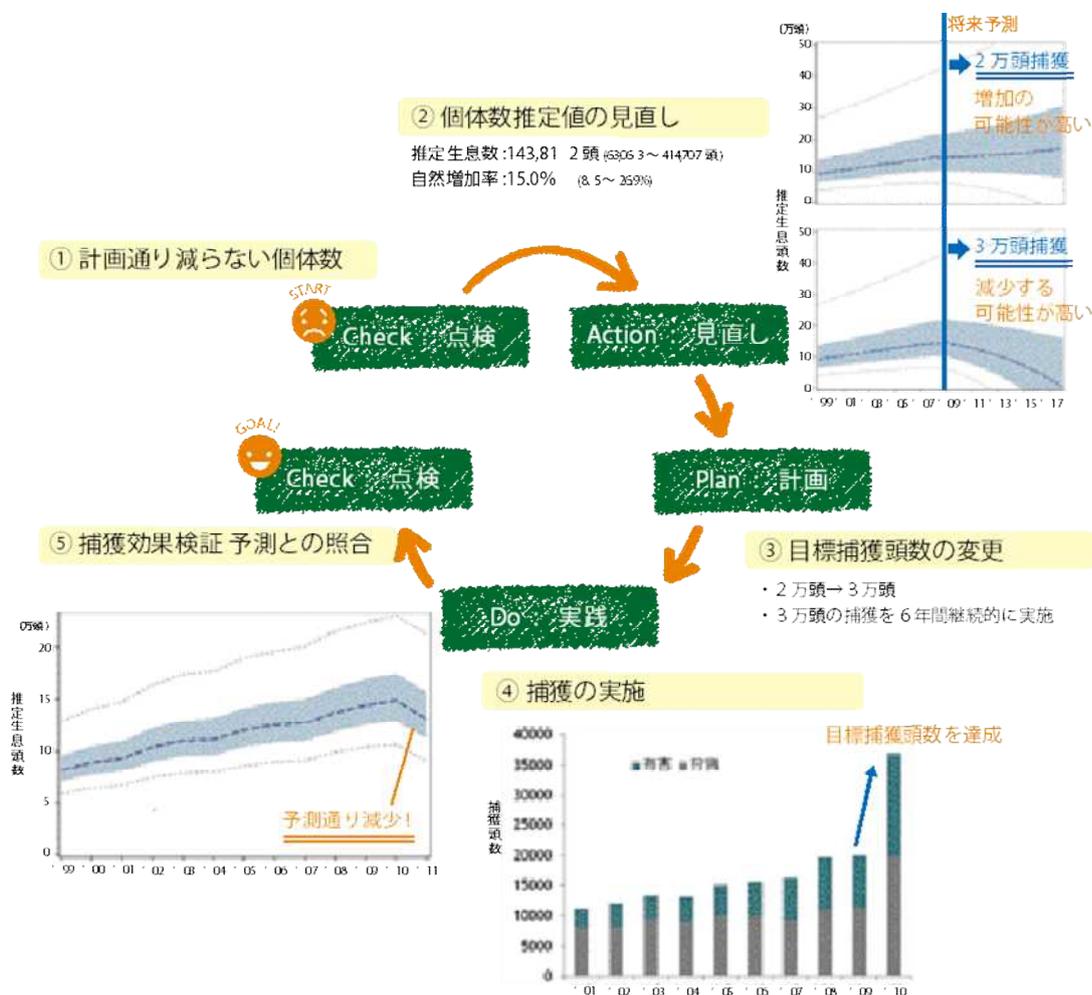
右下図：2011年時点での2011年の生息個体数の推定値

比較の結果、中央値で見ると、捕獲前の予測値が124,166頭であったのに対し、捕獲後の推定は130,803頭となり、その差はわずか5.3%であった。これらの結果から、実用上十分な予測精度が確保されていることが確認できた。野生動物の将来予測には、様々な不確実な要素が含まれ、予想通りの結果が得られない場合も想定されるものの、このような、予測の精度検証を毎年実施することにより、順応的な個体群管理が可能であると考えられる。

【順応的管理への応用：兵庫県本州部でのニホンジカの順応的管理の例】

不確実な要素が含まれるモニタリングデータや分析結果を基に、野生動物管理を進めるための適切な意思決定を得るには、柔軟に計画を見直す順応的な管理が必要である。そこで、本事業で開発した階層ベイズモデルによる個体数推定と将来予測結果を用いて、シカの個体群管理を進めるPCDAサイクルを構築した。兵庫県における個体群管理の実践の中から、以下のサイクルでの順応的管理手法を構築した（図(2)-19）。

- ① 点検（Check）：計画通り減らない個体数。
- ② 見直し（Action）：個体数と自然増加率を推定してシミュレーション
- ③ 計画（Plan）：結果をもとに捕獲目標を2万頭から3万頭に変更。
- ④ 実践（Do）：捕獲の実行。
- ⑤ 点検（Check）：効果を検証し、個体数は予測通り減少したことを確認。



図(2)-19 兵庫県本州部でのニホンジカの順応的管理

(7) 汎用化プログラムの作成

1) 個体数推定・将来予測の汎用化プログラムの作成

野生動物の個体群動態は、生息状況や生息地の環境に大きく左右されることに加え、調査から得られモニタリングデータには、地域や動物種によって異なる様々な変動要因が含まれる。さらには、モニタリング項目そのものが、管理の状況や動物種によって大きく異なる。このような条件のもと、適切かつ効率的に個体数の推定と予測を行ためには、様々な条件下で実行可能な汎用性の高いモデルを構築することや、複数のモデルを構築し、状況に応じて適宜モデルを選択・実行できるような仕組みが必要となる。そこで、開発した種類の異なる複数の個体数推定と将来予測のプログラムを組み合わせることにより、多獣種・多地域に適応可能な推定及び予測の実行や出力を行う汎用化プログラムを構築した。

具体的には、動物種や地域、推定年、捕獲計画、MCMC計算に使う事前分布の設定などを指定することにより、MCMC計算による個体数や自然増加率の推定値、捕獲計画に基づく将来予測、地域スケールでの推定結果、これらの集計値やグラフ、マップなどを出力するプログラムを作成した。

推定用いるデータの種類や、解析スケール、パラメータの年次変動のモデルの違いを考慮し、4種類のプログラムを作成した。また、同数の将来予測や集計用のプログラムに加え、地域スケールへの変換用の5種類のプログラムを作成し、合計9種類のプログラムを作成した。

2) 汎用性テスト（他獣種・他地域への適応）

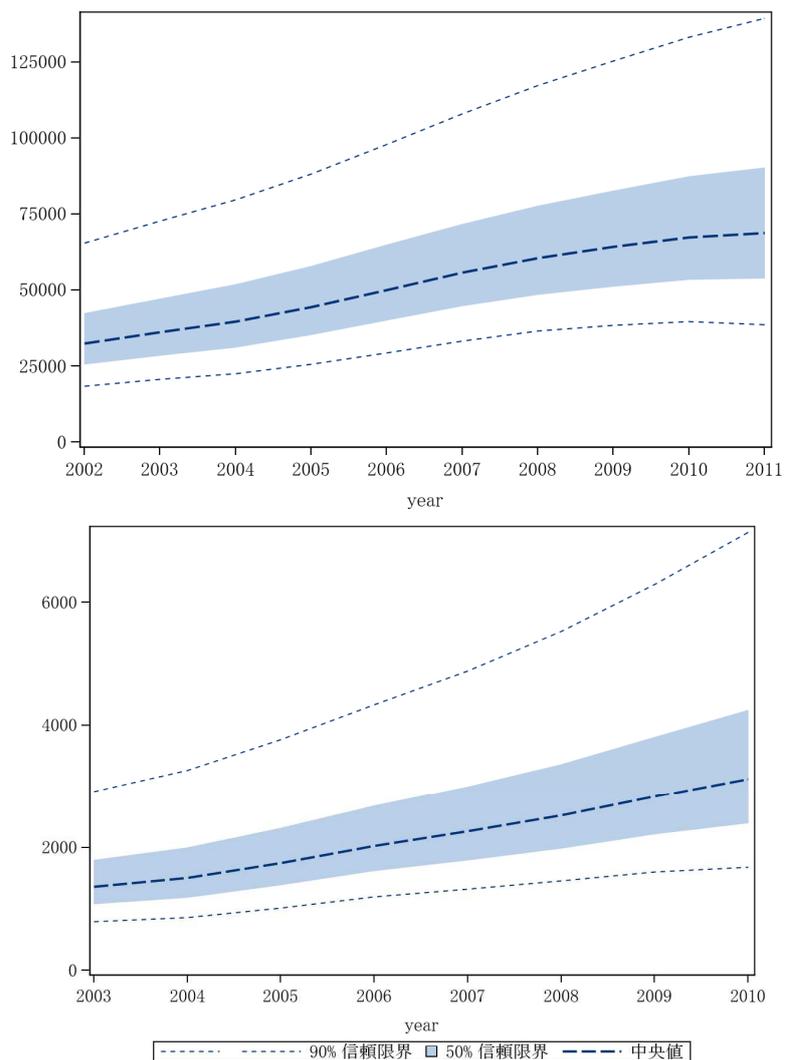
前項で開発した個体数推定・予測用のプログラムの汎用性をチェックするために、多獣種・多地域のデータを用いて、推定・予測を実行した。この汎用性テストで使用した動物種や地域、データは以下の通りである。

表(2)-11 個体数推定・予測プログラムの汎用性テストに用いたデータセット

No	動物種	地域	スケール	用いたデータ	モデルの構造
①	ニホンシカ	兵庫	本州部・淡路島	狩猟捕獲数・有害捕獲数・目撃効率・糞塊密度	<ul style="list-style-type: none"> ・ harvest-based model ・ 複数の密度指標の活用 ・ 過年度推定結果活用型 ・ 社会的要因(捕獲率の年次変動)考慮
②			市町	狩猟捕獲数・有害捕獲数・目撃効率・糞塊密度・積雪深	<ul style="list-style-type: none"> ・ harvest-based model ・ 複数の密度指標の活用 ・ 過年度推定結果活用型 ・ 社会的要因(捕獲率の年次・地域変動)考慮
③		大阪	全域	狩猟捕獲数・有害捕獲数・目撃効率・糞粒密度	<ul style="list-style-type: none"> ・ harvest-based model ・ 複数の密度指標の活用
④			市町	狩猟捕獲数・有害捕獲数・目撃効率・糞粒密度	
⑤		三重	全県	狩猟捕獲数・有害捕獲数・目撃効率・糞粒密度	<ul style="list-style-type: none"> ・ harvest-based model ・ 複数の密度指標の活用
⑥	イノシシ	兵庫	本州部	狩猟捕獲数・有害捕獲数・目撃効率・豊凶指数	<ul style="list-style-type: none"> ・ harvest-based model ・ 複数の密度指標の活用 ・ 過年度推定結果活用型 ・ 環境要因(捕獲率の年次)考慮
⑦			淡路島	狩猟捕獲数・有害捕獲数・目撃効率	<ul style="list-style-type: none"> ・ harvest-based model ・ 複数の密度指標の活用 ・ 過年度推定結果活用型

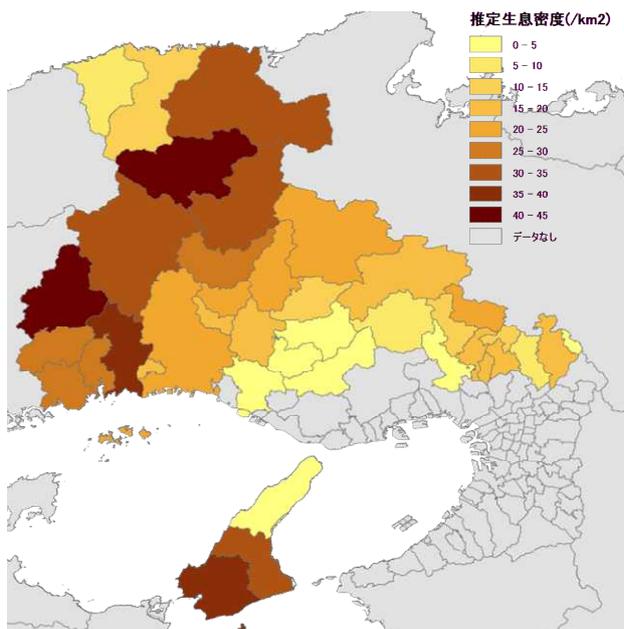
いずれの動物種・地域・スケールにおいても、十分な収束が得られた。三重県全域でのシカの個体数推定の結果、2011年の生息数は、中央値(90%信頼限界)で68,862頭(38,559~139,379頭)であった(図(2)-20)。また、2010年の自然増加率は、中央値(90%信頼限界)で1.24(1.15~1.37)であった。一方、大阪府全域でのシカの個体数推定の結果、2010年の生息数は、中央値(90%信頼限界)で3,127頭(1,679~7,141頭)であった(図(2)-20)。また、2010年の自然増加率は、中央値(90%信頼限界)で1.36(1.24~1.53)であった。

三重県と大阪府いずれにおいても、シカの密度指標は糞粒密度であり、ベースとなる個体数推定モデルを構築した兵庫県のシカの密度指標である糞塊密度とはモニタリングデータが異なっていた。しかし、本研究で開発した個体数推定用のプログラムにより、同じ枠組みで推定の実行が可能となった。



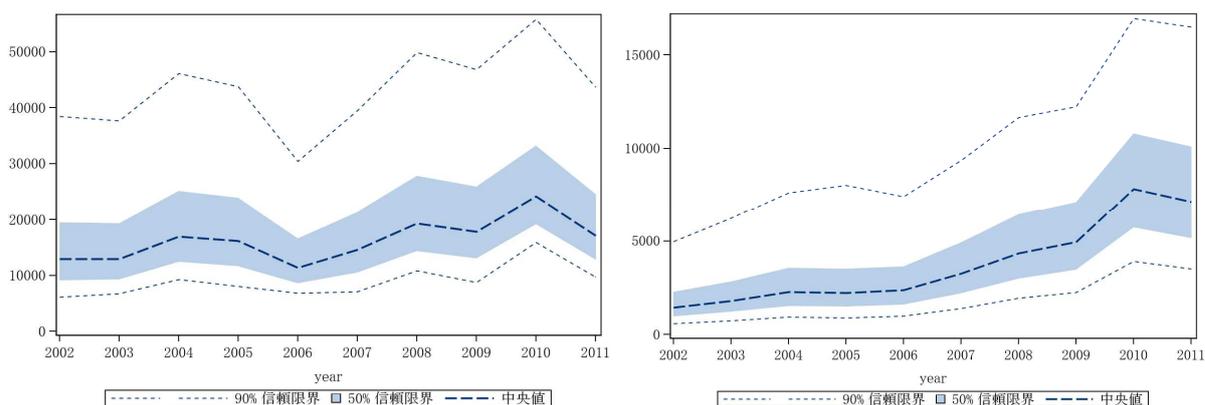
図(2)-20 ニホンジカの推定生息個体数の動向
 上図 三重県 下図 大阪府

兵庫県と大阪府の地域別のモニタリングデータを用いて、市町単位の個体数と自然増加率を推定した結果、2009年の生息密度は、中央値で0.16頭/km²から39.18頭/km²となり、地域差が大きいことが明らかとなった(図(2)-21)。このように、推定に使用する地域スケールでのデータとスケールの情報などを指定することにより、地域スケールでの個体群動態も広域スケールと同じ枠組みで推定することが可能となった。



図(2)-21 兵庫県と大阪府における市町毎のニホンジカの推定生息個体数。値は中央値を示す。

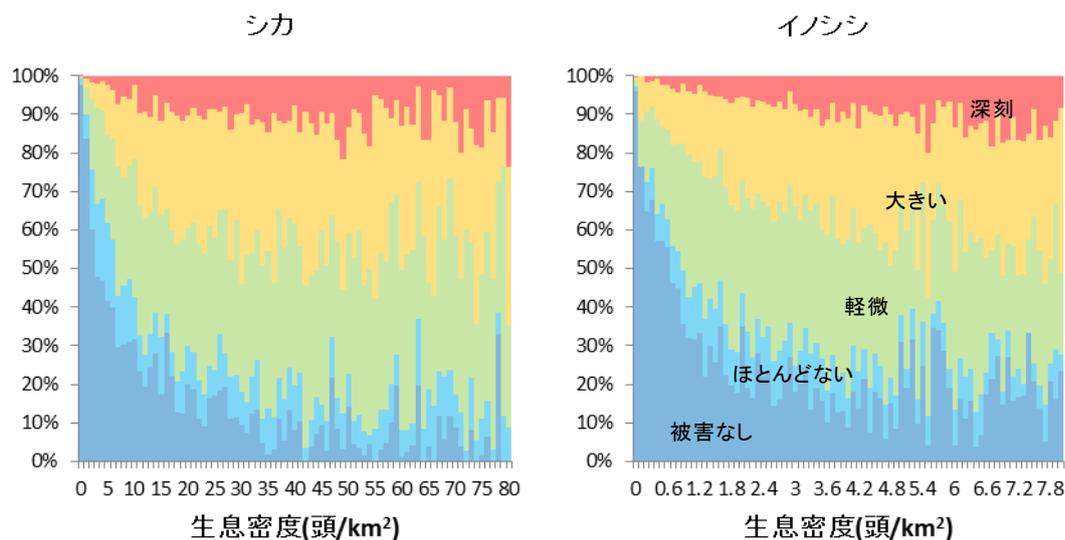
さらに、兵庫県の本州部と淡路島におけるイノシシのデータを用いて、個体数と自然増加率を推定した結果、兵庫県本州部と淡路島それぞれの2011年のイノシシの個体数は、中央値（90%信頼限界）で17,155頭（9,737～43,683）、7,138頭（3,515～16,505）となり、自然増加率は1.31（0.97～1.65）、1.41（1.04～2.00）となった。イノシシについては、シカと異なり、捕獲に関連する指標以外、有効な指標が確立されていないため、推定に用いるデータがシカよりも少ない。しかし、推定に用いるプログラムを選択することにより、イノシシについても、同じ枠組みで推定を実行することが可能となった。



図(2)-22 イノシシの推定生息個体数の動向
 左図 兵庫県本州部 右図 淡路島

(8) 被害の要因分析手法の開発

本事業で開発した個体数推定手法を導入することにより得られた、シカとイノシシの狩猟メッシュ（約4km×5km）単位での個体数の推定値と集落単位での農業被害のデータを用いて、生息密度と被害程度との関係を分析した。その結果、生息密度と被害程度との関係に以下のような関係が得られた（図(2)-23）。



図(2)-23 シカとイノシシの生息密度と被害との関係

いずれの種においても、生息密度と被害の関係に相関関係が見られた。しかし、その傾向は密度により異なり、シカの場合、生息密度がおおよそ20頭/km²までは、被害が横ばいである一方で、生息密度が20頭/km²以下になると被害は急激に減少することが明らかとなった。一方、イノシシについては、生息密度の減少に伴い、被害の程度も減少するものの、低密度であっても、シカに比べて被害が大きな集落の割合が高く、生息密度が0頭より高い集落では、おおよそ10%以上の集落が大きな被害を受けていることが明らかとなった。

このような分析結果から、農業被害の減少に向けて、生息密度の管理目標値を設定することが可能であり、合わせて、動物種に応じた効果的な対策方法を示すことができると考えられる。

さらに、この関係図と、生息密度を減らすために必要な捕獲数、捕獲に係る費用を組み合わせることにより、費用対効果の分析が可能である。密度低減に必要な捕獲数は、前述した個体数推定と将来予測により算出することができることに加え、捕獲に係る費用は行政機関の予算から計算できる。これらの計算結果から、捕獲に係る費用と被害軽減の効果の関係が導き出せる。このような費用対効果の分析結果は、捕獲を進めていく上での意思決定の場で重要な役割を果たすと考えられる。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

1) 新たな個体数推定技術の確立

本研究で開発した技術は、従来の増加率を固定した推定方法⁹⁾とは異なり、個体数と増加率を同時に推定する手法である。個体数の変動は、概ね個体数と増加率によって大きく異なるため、この二つのパラメータを同時に推定することは、捕獲計画の策定など将来的な捕獲数を設定する上で、極めて重要な役割を果たすと言える。

2) 密度効果を組み込んだ個体数推定技術の確立

これまで推定が困難であったシカの環境収容力に関して、本事業で新たに開発した推定手法により実現した。階層ベイズモデルを用いた都道府県レベルでのシカの密度効果の検出は、国内初の成果であり、捕獲計画に基づく将来予測を行う上でも重要な役割を果たす。

3) 地域スケールでの個体数技術の確立

ニホンジカについて、県域より小さなスケールでの計算は困難であった。本研究で開発したモデルにより、市町単位での個体数と増加率の推定が可能となった。生息や被害の状況は、地域的な変動が大きいことに加え、捕獲などの対策の実施主体が市町村であることが多いことから、これらの結果は、市町単位で生息密度や被害の軽減に効果的な捕獲計画を立案する上で重要な役割を果たすと言える。

4) モデルの構造や扱うデータの質に応じた精度の検証

個体数推定においては、その精度検証が適切に個体群管理を進めていく上で重要である。本研究で開発したモデルの精度を検証することにより、モデルの精度に関し数学的な裏付けをもった信頼性が確保されたことに加え、精度向上に必要なデータ活用方法が提案されたことは科学的に意義深い。

さらに、ツキノワグマについては、個体数の推定自体が困難な状況であったため、標識放獣数や捕獲数、出没情報件数などに加え、ブナ科堅果類の豊凶などの環境要因を組み込んだ統合モデルの開発は、ツキノワグマにおけるはじめての知見であると言える。

4) 個体数の将来予測手法の向上

これまで野生動物管理の分野においては、適切な将来予測技術が確立していなかったことや、個体数推定と将来予測が連動していないことが問題であった。本研究により、都道府県が収集可能なデータから、捕獲数と連動した自然増加率と生息個体数の推定値を出すことが可能になった。さらに推定個体数と連動した形での将来予測が行えるようになった。また、捕獲計画に基づく予測値と実測値の比較により、予測の精度が高いことが示された。この方法を導入することで、継続的に予測の精度が検証できるため、実用化や信頼性確保に向けた開発は、今後も大きく前進すると考えられる。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

兵庫県の特定鳥獣保護管理計画検討会、環境審議会におけるシカ、イノシシ、ツキノワグマの保護管理計画制度の検討において、本研究成果である複数密度指標を用いた捕獲数に基づく階層ベイズモデルによる個体数推定結果を提示し、平成22年度から平成24年度のそれぞれの種

における個体群管理における意思決定に貢献した。また、兵庫県内の重要施策などの検討の場や狩猟者セミナーや被害対策セミナーにおいても上記の解析結果を提示し、県全体の政策の決定や予算の要求、研修普及活動に貢献した。兵庫県のシカの個体数管理においては、本事業で開発した手法を用いて個体数推定値を見直した結果、捕獲目標を2万頭から3万頭以上に変更され、捕獲事業が大幅に強化された。毎年、推定と予測を実施し、その結果を継続的に検証した結果、捕獲事業の効果も確認され、継続的な事業の実施につながっている。

また、島根県のシカ被害対策協議会から平成23年の捕獲数の検討をするうえで、本研究成果である複数の密度指標を用いた捕獲数に基づく状態空間モデル（階層ベイズ法によるシカの個体数推定モデル）による推定の依頼を受け、結果を提示し、平成23年の捕獲数の設定などのシカ個体数管理における意思決定に貢献した。

<行政が活用することが見込まれる成果>

本研究成果である複数の密度指標を用いた、捕獲数に基づく階層ベイズモデルは、多種多様なデータへの適応をめざし、汎用性を高めるためにプログラムを作成してきた。この汎用化プログラムは、大阪府や三重県のニホンジカに適応され、同じ枠組みで推定が可能であることが示されてきた。今後、その他の都道府県や獣種に対する適応の可能性は十分高く、本事業で開発したプログラムの適応と結果の提示により、多くの地域におけるシカやイノシシの個体群管理の意思決定の場で貢献できる可能性が高い。

また、本研究で個体数と増加率の推定における機能の拡張のために進めてきた地域スケールでの推定・予測プログラムを実行することにより、地域ごとの捕獲目標頭数の設定などの計画立案などの意思決定に寄与できると考えられる。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) 坂田宏志、横山真弓、森光由樹、中村幸子、斎田栄里奈：兵庫ワイルドライフモノグラフ，3，18-28(2011)「兵庫県におけるツキノワグマの管理のためのデータ収集」
- 2) 坂田宏志、岸本康誉、関香菜子：兵庫ワイルドライフモノグラフ，3，29-41(2011)「ツキノワグマの生息動向と個体数の推定」
- 3) 藤木大介、横山真弓、坂田宏志：兵庫ワイルドライフモノグラフ，3，42-52(2011)「兵庫県におけるツキノワグマの保護管理の現状と課題」
- 4) 藤木大介、横山真弓、坂田宏志：兵庫ワイルドライフモノグラフ，3，53-61(2011)「兵庫県内におけるツキノワグマの出没変動パターンの地域変異とブナ科堅果の豊凶の影響」
- 5) 関香菜子、横山真弓、坂田宏志、森光由樹、斎田栄里奈、室山泰之：兵庫ワイルドライフモノグラフ，3，74-86(2011)「ツキノワグマにおける捕獲理由の違い及び忌避条件付けの有無と土地利用の関係」

- 6) 藤木大介、岸本康誉、坂田宏志：保全生態学研究，16，55-67(2011)「兵庫県氷ノ山山系におけるニホンジカ(Cervus nippon)の動向と植生の状況」
- 7) 梅田浩尚、藤木大介、岸本康誉、室山泰之：森林応用研究，21，1-8(2012)
「兵庫県但馬地方のコナラ林とスギ人工林におけるニホンジカの生息密度勾配に伴う植物種数の変化パターン」
- 8) 内田圭、藤木大介、岸本康誉：兵庫ワイルドライフモノグラフ，4，69-90(2012)
「兵庫県本州部の落葉広葉樹林におけるニホンジカによる土壌侵食被害の現状」
- 9) 岸本康誉、藤木大介、坂田宏志：兵庫ワイルドライフモノグラフ，4，92-105(2012)
「森林生態系保全を目的とした広域モニタリングによるシカの密度管理手法の提案」
- 10) 坂田宏志、岸本康誉、関香菜子：兵庫ワイルドライフレポート，1，1-16(2012)
「ニホンジカの個体群動態の推定と将来予測（兵庫県本州部2011年）」
- 11) 岸本康誉、関香菜子、坂田宏志：兵庫ワイルドライフレポート，1，17-31(2012)
「ニホンジカの個体群動態の推定と将来予測（淡路島2011年）」
- 12) 坂田宏志、岸本康誉、関香菜子：兵庫ワイルドライフレポート，1，32-43(2012)
「ツキノワグマの個体群動態の推定（兵庫県2011年）」
- 13) 坂田宏志、岸本康誉、関香菜子：兵庫ワイルドライフレポート，1，44-55(2012)
「イノシシの個体群動態の推定（兵庫県本州部2011年）」
- 14) 関香菜子、岸本康誉、坂田宏志：兵庫ワイルドライフレポート，1，56-67(2012)
「イノシシの個体群動態の推定（淡路島2011年）」

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 日本自然保護協会編：改訂 生態学からみた野生生物の保護と法律、講談社サイエンティフィック，164-172(2010)「被害防除のとりくみ（執筆担当：坂田宏志）」
- 2) 環境省自然環境局生物多様性センター：411pp(2011)
「平成22年度自然環境保全基礎調査特定哺乳類生息状況調査及び調査体制構築検討業務報告書（階層ベイズ法による個体数推定：坂田宏志）」
- 3) 兵庫県立大学：60pp(2011)
「平成22年度島根県ニホンジカ個体群動態の推定に関する研究報告書（岸本康誉）」
- 4) 坂田宏志：兵庫の森のチカラを生かす研究、兵庫県治山林道協会，47-48(2011)，
「兵庫県内におけるシカとツキノワグマの生息動向の推定」
- 5) 坂田宏志：ワイルドライフ・フォーラム，(2011)
「兵庫県におけるニホンジカの個体数管理計画と捕獲技術の開発」

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) 岸本康誉、藤木大介、坂田宏志：第16回野生生物保護学会・日本哺乳類学会2010年度合同大会（2010）
「複数の密度指標を用いた個体数推定の有効性-架空データを用いたモデル評価-」
- 2) 坂田宏志、岸本康誉：第16回野生生物保護学会・日本哺乳類学会2010年度合同大会（2010）
「研究機関はどのようなデータを提供していくのか～兵庫県の場合」
- 3) 梅田浩尚、藤木大介、岸本康誉、室山泰之：第61回日本森林学会関西支部等合同大会（2010）

- 「シカの日撃効率に伴う植物多様性の変化は、コナラ林・スギ林で異なるのか？」
- 4) 岸本康誉、坂田宏志：日本生態学会第58回全国大会（2011）
「シカ・イノシシ保護管理のための意思決定支援システムの構築」
 - 5) 関香菜子、岸本康誉、坂田宏志：日本生態学会第58回全国大会（2011）
「ベイズ推定を用いた大型野生動物の個体群動態について」
 - 6) 岸本康誉、藤木大介、坂田宏志：日本哺乳類学会2011年度大会（2011）
「シカによる下層植生衰退防止に向けた必要捕獲数の算出」
 - 7) 坂田宏志：日本哺乳類学会2011年度大会（2011）
「変動する景観の中での野生動物管理」
 - 8) 岸本康誉、坂田宏志：第59回 日本生態学会大津大会・第5回EAFES(東アジア生態学会連合)大会（2012）「意思決定に必要なデータ収集と解析～シカ・イノシシ保護管理における意思決定支援システムの構築を例に～」
 - 9) 坂田宏志：日本哺乳類学会2012年度大会（2012）
「イノシシの個体数管理と管理指標」
 - 10) 岸本康誉、藤木大介、坂田宏志：第60回日本生態学会大会（2012）
「移動分散を考慮した地域スケールでのニホンジカの個体群動態の推定」

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナー等の開催（主催のもの）

- 1) ツキノワグマの大量出没の要因と対策を考える（2011年2月27日、兵庫県立美術館、観客192名）
- 2) 社会的意思決定に必要なデータ収集と解析（2011年3月8日、札幌コンベンションセンター、観客約100名）
- 3) 野生動物の保全と管理の最前線～兵庫モデルの挑戦～（2011年12月15日、神戸市産業振興センター「ハーバーホール」、観客296名）
- 4) 兵庫県野生動物個体数推定手法検討会（2012年2月3日、兵庫県職員会館、観客35名）
- 5) 社会的な意思決定における生態学の役割（2012年3月18日、龍谷大学、観客100名）
- 6) 野生動物の個体数・増加率の推定及び将来予測技術検討会（2012年9月6-7日、滋賀県、観客10名）
- 7) 野生動物の保全と管理の最前線—拡大する被害にどう立ち向かうか—（2013年2月16日、兵庫県立美術館、観客204名）

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) 朝日新聞 丹波三田版（2010年8月13日、20頁）
- 2) msn産経ニュース（2011年2月2日、地方ニュース）
- 3) 山陰中央新報（2011年2月5日、1頁）
- 4) NHKニュース（島根版）（2011年2月5日、ベイズ法による個体数推定の成果について 1分

ほど紹介)

- 5) asahi.com (2011年2月6日、My Town 島根)
- 6) msn産経ニュース (2011年2月6日、地方ニュース)
- 7) 毎日jp (2011年2月5日、地域ニュース 島根)
- 8) 毎日新聞 (2011年1月25日)
- 9) 神戸新聞 (2011年2月17日)
- 10) 日本海新聞 (2011年9月8日)
- 11) 読売新聞 (2011年9月18日、但馬版)
- 12) 中国新聞 (2013年3月3日)

(6) その他

- 1) 梅田浩尚、藤木大介、岸本康誉、室山泰之：第16回野生生物保護学会・日本哺乳類学会2010年度合同大会(2010)「コナラ林・スギ林におけるニホンジカの生息密度に伴う植物多様性の変化パターンの比較」
- 2) 岸本康誉、藤木大介、坂田宏志：個体群生態学会第26回年次大会(2010)「個体数の推定精度は密度指標の数やその動向によって異なるか」
- 3) 兵庫県：兵庫県(2010)「第3期シカ保護管理計画(第2次変更)」
- 4) 兵庫県：兵庫県(2010)「イノシシ保護管理計画(変更)」
- 5) 兵庫県森林動物研究センター：兵庫県(2010)「鳥獣による農業被害調査」
<http://www.wmi-hyogo.jp/higai/index.htm>
- 6) 兵庫県森林動物研究センター：兵庫県(2010)「平成22年度鳥獣害アンケート結果報告」
- 7) 兵庫県森林動物研究センター：兵庫県(2010)「平成22年度出猟カレンダー結果報告」
- 8) 内田 圭、藤木 大介、岸本 康誉：第122回日本森林学会大会(2011)「シカによる森林下層植生衰退が引き起こす土壌浸食 - 予測モデルの構築と広域スケールにおける被害分布予測 -」
- 9) 岸本康誉、藤木大介、坂田宏志：第122回日本森林学会大会(2011)「堅果類の豊凶に伴う獣害の変化とその種間差」
- 10) 藤木大介、岸本康誉、中村幸子、坂田宏志、室山泰之：第122回日本森林学会大会(2011)「林縁整備後の隣接農地における獣害発生様式の変化」
- 11) 兵庫県森林動物研究センター：兵庫県(2011)「ニホンジカの被害防止 「仕方がない」から「確かな防除」へ」
- 12) 兵庫県森林動物研究センター：兵庫県(2011)「イノシシの被害防除 出没させない集落づくり」
- 13) 兵庫県森林動物研究センター：兵庫県(2011)「ニホンザルの被害防除ニホンジカの被害防止 「仕方がない」から「確かな防除」へ」
- 14) 兵庫県森林動物研究センター：兵庫県(2011)「アライグマの被害防除 入れない・捨てない・広げない」
- 15) 兵庫県森林動物研究センター：兵庫県(2012)「平成23年度鳥獣害アンケート結果報告」
- 16) 兵庫県森林動物研究センター：兵庫県(2012)「平成23年度鳥出猟カレンダー結果報告」

- 17) 兵庫県森林動物研究センター：兵庫県（2012）「「集落防護柵」を用いたシカ・イノシシの被害対策」
- 18) 齊田栄里奈、藤木大介、岸本康誉、横山真弓、森光由樹：日本哺乳類学会2011年度大会（2011）
「ニホンジカ生息分布拡大地域におけるシカの季節移動と植生衰退の関係」
- 19) 内田 圭、藤木 大介、岸本 康誉：第123回日本森林学会大会（2012）「兵庫県域スケールでの土壌浸食被害マップの作成」
- 20) 兵庫県：兵庫県（2012）「第4期シカ保護管理計画」
- 21) 兵庫県：兵庫県（2012）「第3期ツキノワグマ保護管理計画」
- 22) 兵庫県：兵庫県（2012）「第2期ニホンザル保護管理計画」
- 23) 兵庫県：兵庫県（2012）「第2期イノシシ保護管理計画」
- 24) 立脇隆文、岸本康誉、藤木大介：第60回日本生態学会大会（2012）
「どこまで減らせば木が育つ？ニホンジカの密度と無立木地の更新の関係」
- 25) 藤木大介：第124回日本森林学会大会（2012）
「兵庫県におけるコナラの豊凶特性—8年間の観測結果から」
- 26) 兵庫県森林動物研究センター：兵庫県（2012）「平成23年度鳥獣害アンケート結果報告」
- 27) 兵庫県森林動物研究センター：兵庫県（2012）「平成23年度鳥出猟カレンダー結果報告」
- 28) 岸本康誉、坂田宏志：兵庫県（2013）「野生動物管理意思決定支援システム」12pp

8. 引用文献

- 1) 宇野裕之、横山真弓、坂田宏志：哺乳類科学, 47, 25-38 (2007) 「ニホンジカ個体群の保護管理の現状と課題」
- 2) 間野勉、大井徹、横山真弓、高柳敦：哺乳類科学, 48, 34-55 (2008) 「日本におけるクマ類の保護管理の現状と課題」
- 3) H. Matsuda, H. Uno, K. Tamada, K. Kaji, T. Saitoh, H. Hirakawa, T. Kurumada and T. Fujimoto: Wildlife Society Bulletin, 30, 1160-1171 (2002) “Harvest-based estimation of population size for sika deer on Hokkaido Island, Japan”
- 4) J. Geweke: In Bayesian Statistics 4 (Bernardo JM, Berger JO, Dawid AP, Smith AFM, eds), Oxford Univ Press, Oxford, 169-193 (1992) “Evaluating the Accuracy of Sampling-Based Approaches to the Calculation of Posterior Moments”
- 5) A. Gelman and D. Rubin: Statistical Science, 7, 457-472 (1992) “Inference from iterative simulation using multiple sequences”
- 6) R. E. Kass, B. P. Carlin, A. Gelman and R. Neal: The American Statistician 52, 93-100 (1998) “Markov Chain Monte Carlo in Practice: A Roundtable Discussion”
- 7) 環境省自然環境局生物多様性センター：411pp (2011) 「平成22年度自然環境保全基礎調査特定哺乳類生息状況調査及び調査体制構築検討業務報告書」
- 8) G. O. Roberts, A. Gelman, W. R. Gilks: Annals of Applied Probability 7:110-120 (1997) “Weak convergence and optimal scaling of random walk Metropolis algorithms”

(3) 意思決定支援コンテンツの開発に関する研究

地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所

環境研究部 森林環境グループ

津山 桂子・石塚 譲

平成22年度～24年度累計予算額：3,683千円

(うち、平成24年度予算額：794千円)

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

第10次鳥獣保護事業計画（19～23年度）及び第11鳥獣保護事業計画（H24～29年度）とともに策定された全国の特定鳥獣保護管理計画を調査・比較することにより、収集データ、個体数推定、将来予測状況が判明し、必要なアウトプットコンテンツを抽出することができた。また、近畿各府県へのアンケートと大阪府における特定鳥獣保護管理計画改定の詳細調査により、府県の具体的な要望や計画策定時の問題点が明らかになり、必要なアウトプットコンテンツの抽出とともに農業集落調査や出猟カレンダー等のフォーマットの統一の必要性が示された。これらの結果をもとに、最終的なアウトプットの様式を決定した。

[キーワード]

特定鳥獣保護管理計画、アウトプットコンテンツ、生息数、将来予測、モニタリング

1. はじめに

特定鳥獣保護管理計画の適切な実施の支援をするためには、生息状況や被害状況等のデータ収集から分析、捕獲のための将来予測、意思決定、合意形成までの一連の作業体系を構築する必要がある。

特に、特定鳥獣の保護管理を進めていく上では、何に主眼をおいて管理していくのかを示した管理目標、生息数や生息密度等の具体的な数値を示した数値目標と、効率的な被害対策の実施、またその対策手法を選択するための判断材料が必要であった。個体数や被害の状況を網羅・把握したデータをいかに加工し、どうステークホルダーに提供するのかは、収集したデータを適切に活かすためにも重要な課題であった。

このサブテーマでは、現行の特定鳥獣保護管理計画（以下特定計画）および前期特定計画を精査して課題を抽出するとともに、近畿各府県行政担当者へのアンケートや本府（大阪府）の特定鳥獣保護管理計画策定の過程から問題点を抽出、これらを解決する内容を検討して具体的なコンテンツの開発を行った。また特定計画の方向性はどのようになっているのか、計画推進の支援のためのコンテンツとして何が必要とされているかを研究する。これらの結果に基づいて、最終的なアウトプットの様式を決定した。

2. 研究開発目的

特定計画の適切な実施の支援をするためには、生息状況や被害状況等のデータ収集から分析、

捕獲のための将来予測、意思決定、合意形成までの一連の作業体系を構築する必要がある。

このうち、本サブテーマでは、特定鳥獣保護管理のための意思決定や合意形成が必要となる「具体的な数値目標」と「計画的かつ効率的な対策を実施・選択」するための項目に加え、これらの目標設定や計画策定の基盤となる情報を適切に提供するためのアウトプットを開発する。

3. 研究開発方法

サブテーマ(1)モニタリング項目とサブテーマ(2)データ分析手法の確立の2つのサブテーマを受けて、意思決定と合意形成のために以下の作業を行った。

- (1) 全国の特定鳥獣保護管理計画（現行計画(第11次鳥獣保護事業計画期間内)および前期計画(第10次鳥獣保護事業計画)）の実情調査
- (2) 近畿各府県行政担当者への特定鳥獣保護管理計画アンケートの実施
- (3) 大阪府における特定鳥獣保護管理計画改定の詳細調査
- (4) アウトプットの様式の決定

4. 結果及び考察

(1) 全国特定計画の実情調査

1) 特定計画の策定状況

平成24年度にシカでは36府県39計画（長崎県の計画は、五島列島，八郎岳，および対馬，鹿児島県の計画はニホンジカおよびヤクシカに各々分かれている）、イノシシでは36府県36計画が策定された。

このうち平成24年度から新たにシカで岐阜県、イノシシで京都府、滋賀県および三重県で特定計画を策定しており、被害が拡大・深刻化している様子がわかった。また、東日本大震災に見舞われた東北地方では、シカが岩手県、宮城県、イノシシが宮城県、福島県でそれぞれ計画期間が延長されていた。

2) 規制緩和

被害の現状から生息数を減少させるための規制緩和が多数の都道府県で実施されており、その内容としては猟期延長、わな直径規制解除、休猟区可猟、雌シカ捕獲無制限等であった。

猟期延長はシカ36、イノシシ34計画で実施されており、90%以上の実施率であった。シカの捕獲無制限も32計画、82.1%と高い実施率であった。その他は表(3)-2のとおりであった。

表(3)-1 特定鳥獣保護管理計画策定状況
(シカ・イノシシ)

	前期 (~H24.3.31)	今期 (H24.4.1~)
シカ	35	36(39)
イノシシ	33	36

シカ：36都道府県、39計画(長崎県:3計画、鹿児島県:2計画)
岐阜県が新たに策定
イノシシ：京都府、滋賀県、三重県が新たに策定

表(3)-2 規制緩和

	シカ		イノシシ	
猟期延長	36	92.3%	34	94.4%
わな直径規制解除	24	61.5%	24	66.7%
休猟区可猟等	12	31.0%	14	38.9%
雌シカ捕獲無制限	32	82.1%	—————	

*シカ、イノシシとも36都道府県中
シカ:39計画 イノシシ:36計画

これらの結果から被害の増大、生息数の増加に対し、規制を緩和して捕獲に力を入れる都道府県が多い現状がうかがえた。

3) 管理目標

シカの39計画については大きく①農林業被害の軽減などヒトとシカの軋轢軽減、②自然環境保全および生物多様性確保、③削減を含む個体数管理、④地域個体群の維持、⑤その他（資源利用、遺伝子汚染の防止等）の5つに分類できた。最も多くの計画で目標とされていた項目は、②人とシカの軋轢の軽減(37計画)、次いで④自然環境保全および生物多様性の確保(31計画)であった。今期計画では目標項目自体は「自然生態系保全」が「個体群の維持」よりも多くの計画で目標とされており、これはシカ被害が農林業作物のみならず、国立公園内の植物や高山植物等¹⁾といった貴重な自然生態系へも広がってきている現状を反映していると思われる。

イノシシの36計画の管理目標は、①農業被害軽減、②生息数減少・生息域縮小・個体数調整、③捕獲数、④その他に分けられる。①農業被害の低減は26計画、②生息数減少・生息域縮小・個体数調整は16計画、③捕獲数は15計画に記載されていた。④その他としては「加害個体・里山周辺の個体を捕獲」「高密度・被害拡大地区を重点的に捕獲」など、加害個体を中心とした捕獲などがある。

また、捕獲数を管理目標の中心としている府県と、農業被害の低減を目標として捕獲数は目標に入れない府県（主に九州地区）があり、各府県で対策の取り方に違いがあることがわかる。

4) 数値目標

特定計画中に示されている数値目標は、シカでは生息密度のみで示されている計画が13(33.3%)で、生息密度および生息数で示している計画が10(26%)であった。数値の根拠として特定鳥獣保護管理計画作成のためのガイドライン（ニホンジカ編）²⁾もしくは「環境省のマニュアル」³⁾を挙げている計画が21計画であった（表(3)-5）。また、シカの場合これまでに生息数や生息密度推定を行っていた場合は、生息数および生息密度の両方の数値を記載している計画が半数を占めていた。生息数および生息密度の両方の数値の並記は、前期計画（第10次計画）では26/35(74.2%)であった。これは今期計画では大きく減少している。これには生息数や生息密度推定の過小評価の報告が影響しているのかもしれない。

イノシシでの数値目標は被害金額のみの計画が九州を中心に13(36.1%)、捕獲のみが7(19.4%)、捕獲と被害金額が5(13.9%)、その他被害面積、被害量、捕獲効率などがあり、農業被害を減少させる等抽象的な目標のみの府県が2(5.6%)あった（表(3)-6）。平成22年度当研究で実施した第10次鳥獣保護管理事業計画時の特定計画と比較すると、農業被害額を数値目標としている府県は17から22府県に増加、被害面積は3から4府県、被害量は1府県で変化はなかった。「実用的生息数の推定方法がない」と明記している計画が23(63.9%)あることからわかるように、管理目標はシカのように推定生息数や密度といった具体的なモニタリング項目でなく、農業被害金額、捕

表(3)-3 管理目標(シカ)

項目	計画
農林業被害軽減 (人との軋轢軽減)	37
自然環境保全、 生物多様性確保	31
個体数管理	27
地域個体群の維持	26

表(3)-4 管理目標(イノシシ)

項目	計画
農林業被害軽減	26
生息数減少、生息域 縮小、個体数調整	16
捕獲数	15

獲数などの間接的な項目になっている。

表(3)-5 数値目標(シカ)

項目	計画数
生息密度	13
生息密度 + 生息数	10
生息数	6
被害金額 + 捕獲数	2
被害金額 + 被害面積	1
被害面積 + 糞密度	1
農業被害 + 下層植生	1
被害指標	1
SPUE	1
個体数指数	1
植被率	1
抽象的目標のみ	1

(* 39計画中)

数値根拠

環境省マニュアル・ガイドライン	21
国際自然保護連合(IUCN)	4
独自基準	3
不明	13

表(3)-6 数値目標(イノシシ)

項目	計画数
被害金額のみ	13
捕獲数のみ	7
捕獲数 + 被害金額	5
被害金額 + 独自基準	2
被害面積のみ	1
被害金額 + 被害面積	1
捕獲数 + 被害面積	1
捕獲数 + 被害量	1
捕獲数 + 被害金額 + 被害面積	1
捕獲数 + 独自の基準	1
捕獲効率(cpue)	1
抽象的目標のみ	2

(* 36計画中)

5) 生息数・生息密度推定

シカにおいて生息数の推定は39計画すべてで実施されていた。4)の数値目標である生息数や生息密度の推定に使用した指標は、糞粒法が最も多く19計画(48.7%)、次いで、糞塊法12(30.8%)、区画法12(30.8%)となっており、約半数の計画で複数の指標が用いられていた。手法では「FUNRYU福岡法」が6計画(15.4%)と最も多く、ベイズ法3(7.7%)、その他表(3)-7のとおりであった。前期計画(第10次計画)では糞粒法19計画(54.2%)、次いで、区画法16(45.7%)、糞塊法13(37.1%)であった。今期計画では、区画法を用いた計画が若干減少していた。

イノシシについては生息数推定を実施している計画は6計画(16.7%)で、ほとんどの府県で生息数推定は実施されていなかった。推定方法の記載がある4計画はすべて環境省の前ガイドライン(特定鳥獣保護管理計画技術マニュアル(イノシシ編)⁴⁾)で試算値として出された増加率1.178と捕獲数を利用したものであった。その他2計画については推定方法についての記載がなかった(表(3)-8)。これは前特定計画時(生息数推定:6府県、このうち環境省の前ガイドライン資料を根拠:5府県)とほとんど変化がなく、イノシシの生息数推定が進んでいない現状を示していた。

表(3)-7 生息数・生息密度推定(シカ)

指標	計画数	手法	計画数
糞粒	19	FUNRYU福岡	6
糞塊	12	ベイズ法	3
区画法	12	simBambi	3
目撃効率	4	FUNRYU1.2.1	2
捕獲効率	3	密度面積法	2
アンケート・聞き取り	3	その他	2
ライトセンサス	2	不明	21
その他	5		

表(3)-8 生息数推定(イノシシ)

手法	計画数
捕獲数・自然増加率1.178から個体数推定を実施	4
詳細不明	2

6) 将来予測

将来予測はシカについては11計画（28.2%）で実施されていた。また、具体的な推定方法が記載されていたのは、6計画で各々、ベイズ法、レスリー行列およびSimBambiであった（表(3)-9）。前期計画（第10次計画）では16計画で将来予測が実施され、SimBambi（6計画）、レスリー行列（2計画）、個体数変化のシミュレーション（3計画）およびその他の方法（5計画）であり、SimBambi、個体数変化が減少し、ベイズ法の採用が新たに実施された状況である。

一方、イノシシでは4計画（11.1%）で将来予測が実施され、手法は、捕獲数・自然増加率1.178からの推定であった（表(3)-10）。前特定計画時将来予測を実施していた府県がなかったことと比較すると、将来予測データを必要として数値を算出したことがわかる。ただし、自然増加率を固定しているという強い制約のある推定であり、それぞれの地域の個体群の状況を反映した推定結果であるとは言い難い状況であった。

表(3)-9 将来予測（シカ）

指標	計画数	手法	計画数
性比	5	ベイズ法	3
妊娠率	4	レスリー行列	2
死亡率	3	simBambi	1
捕獲数	2	不明	5
齢構成	2		
幼成比	2		
糞塊	2		

* 記載のあるパラメータ

ライトセンサス 捕獲数 死亡率 冬期の自然死亡率 妊娠率
0.5歳までの生存率 幼獣割合 雄雌比
個体群構成に関する誤差の割合
生息頭数 齢構成 性比 妊娠率 捕獲頭数等
死亡率 出産率 幼・成比 性比 誤差
生息数 齢構成 妊娠率 性比等
初期個体数 生存率 妊娠率 繁殖率
捕獲頭数 糞塊密度 目撃効率
自然死亡率 繁殖率 幼・雄成獣・雌成獣比

表(3)-10 将来予測（イノシシ）

手法	計画数
捕獲数・自然増加率1.178から 将来予測を実施	4

7) 計画見直しの指標

シカでは被害状況、捕獲状況、生息状況・分布が39計画すべてで計画見直しの指標として収集されており、次いで捕獲個体調査31（79.5%）、生息環境26（66.7%）、対策実施状況7（18.0%）が挙げられていた。その他の指標にはシカによる事故や積雪状況等があった。

イノシシではシカと同様、被害状況35（97.2%）、捕獲状況36（100%）はほとんどの計画で収集されていたが、生息状況・分布19（52.8%）、捕獲個体調査11（30.6%）、生息環境4（11.1%）、対策実施状況6（16.7%）であり、シカと比較して収集率が低く生息状況等の調査の難しいイノシシの現状を表しているものと思われる。

表(3)-11 計画見直しの指標

指標	計画数	
	シカ	イノシシ
被害状況 ¹⁾	39	35
捕獲状況 ²⁾	39	36
生息状況・分布 ³⁾	39	19
捕獲個体調査 ⁴⁾	31	11
生息環境 ⁵⁾	26	4
対策実施状況 ⁶⁾	7	6

(*シカ39計画、イノシシ36計画中)

- 1) 被害状況：作物種類，面積，金額，量等
- 2) 捕獲状況：捕獲数，捕獲場所，目撃効率，捕獲効率等
- 3) 生息状況・分布：生息分布域，生息密度，被害発生地域推移等
- 4) 捕獲個体調査：齢査定，妊娠率，第一胃内容物調査等
- 5) 生息環境：植生・堅果類調査、自然植生調査，希少種の保護等
- 6) 被害対策状況：防鹿柵の延長等

8) その他の特定鳥獣保護管理計画

参考までにその他特定計画のクマ（15計画）、カモシカ（6計画）における生息調査等の方法を表(3)-12、-13に示す。

表(3)-12 生息調査等の手法

動物種	生息調査等の手法	計画数
クマ	標識再捕獲	5
	ヘアートラップ	5
	その他	6
カモシカ	区画法	5
	糞塊法	2
	定点観察法	2
	その他	1

表(3)-13 モニタリング項目

動物種	捕獲記録等	計画数	被害状況調査	計画数
クマ	捕獲記録	6	市長からの被害報告	3
	捕獲個体調査	3	被害調査	2
	捕獲情報	2	農業者アンケート	1
	出猟カレンダー	2	鳥獣害調査	1
	記録なし	2	記録なし	8
カモシカ	捕獲のための出動記録	3	被害状況調査	2
	捕獲記録	1		
	捕獲にかかわる報告	1	聞き取り	1
	捕獲個体調査	1		

(2) 近畿各府県行政担当者への特定鳥獣保護管理計画アンケートの実施

アンケートは本研究を実施している兵庫県、大阪府、三重県、及び近畿の滋賀県、京都府、奈良県、和歌山県で鳥獣保護管理行政を行う担当者に平成23年6月に実施した。

1) 特定計画の策定

シカについては7府県すべて、イノシシについては4府県で特定計画が策定されていた。

表(3)-14 近畿各府県特定鳥獣保護管理計画策定状況（H23.6月調査）

	獣種	特定計画	個体数推定	目標				
				個体数	捕獲頭数	生息域	生息密度	農業被害の低減
大阪府	シカ	○	△	△	○	△	○	△
	イノシシ	○	△	△	○	△	×	○
兵庫県	シカ	○	○	○	○	×	○	○
	イノシシ	○	×	×	×	×	△	△
京都府	シカ	○	△	△	△	×	○	○
	イノシシ	×	×	×	×	×	×	×
滋賀県	シカ	○	△	△	○	×	△	×
	イノシシ	×	×	×	×	×	×	×
奈良県	シカ	○	△	△	△	×	○	×
	イノシシ	○	×	×	×	×	×	×
和歌山県	シカ	○	△	△	○	×	×	△
	イノシシ	○	×	×	×	×	×	△
三重県	シカ	○	△	△	△	×	○	△
	イノシシ	×	×	×	×	×	×	×
全国	シカ	35	—	23	18	20	24	32
	イノシシ	33	—	19	16	8	—	31

2) 個体数推定

特定計画中、シカでは7府県とも個体数の推定を行っているが、推定方法についてはどの府県とも捕獲数が増加したにも関わらず減少傾向が認められない等、当初の計画と推定個体数・現状が一致しないため、途中で再計算を行い数値を変更するなど、精度について試行錯誤が認められた。

イノシシでは特定計画を策定している4府県のうち、推定個体数を示しているのは大阪府のみで、その他の府県では実施していなかった。

3) 数値目標

数値目標の設定については、シカでは個体数及び捕獲数については7府県すべてで設定されていた。また生息密度については6府県で設定されていたが、生息域・農業被害の低減等その他の項目ではほとんど設定がされていない状況であった。

イノシシについてはほとんどの府県・項目で目標設定がなされていなかった。また、目標設定されている項目についても少ない情報で設定しており、各府県とも保護管理を行う上で重要な管理目標の設定に苦慮していることを示す結果となった。

4) 管理目標を設定できない理由（表(3)-15）

各府県に管理目標を設定できない理由を聞いたところ、「データを収集しているがそれを個体数推定や将来予測などに変換する有効な解析方法がなく十分にデータを活かしていない」が6府県、「被害状況の把握が難しく被害の実態がわかりにくい」が5府県、「専門的な知識を持つものが少なく対策が立てにくい」が3府県であった（重複あり）。

表(3)-15 管理目標を設定できない理由

データを収集しているが、それを個体数推定や将来予測などの有効な解析方法がないので、十分にデータを活かしていない	6/7
被害状況の把握が難しく、被害の実態がわかりにくい	5/7
専門的な知識を持つものが少なく、対策が立てにくい	3/7
どのようなデータ項目が鳥獣保護管理に有効なのかわからない	1/7
有効なデータ項目は把握しているが、経費面等の理由で収集が難しい	1/7
データを収集しているが、有効な回答が得られにくい	1/7

(複数回答)

また、その他にも「どのようなデータ項目が有効なのかわからない」「有効なデータ項目は把握しているが経費面等の理由で収集が難しい」「データを収集しているが有効な回答が得られにくい」との回答があり、管理目標を設定するのに必要なデータ収集の時点から苦慮している府県も見られた。

なお、7府県すべてで生息数・捕獲数のシミュレーションは、信頼できる算定方法（ツール）がなく、あればぜひ活用したいとの回答だった。

5) データの必要単位 (表(3)-16)

主な収集データの必要単位について質問したところ、各項目とも「市町村」単位とした府県が多かったが、「府県」単位で十分とする府県もあり、府県によりデータの必要単位が異なることが分かった。そのためシステムを開発するのであれば、各行政機関が必要とする単位でのデータが作成可能である必要があることが分かった。

表(3)-16 データの必要単位

	必要単位			
	府県	地域	市町村	メッシュ
捕獲数	0	1	3	5
CPUE	1	1	2	3
SPUE	1	2	2	3
推定生息数	0	0	4	1
農業被害金額	1	0	4	1
農業被害面積	1	0	4	1
林業被害金額	1	0	3	1
林業被害面積	1	0	4	1

(複数回答、無回答あり)

(3) 大阪府における特定鳥獣保護管理計画改定の詳細調査

大阪府にとって平成23年度は大阪府シカ保護管理計画(第2期)⁵⁾及び大阪府イノシシ保護管理計画(第1期)⁶⁾が平成24年3月31日で終了し、それぞれ第3期⁷⁾・第2期計画⁸⁾へと改定する年であった。

1) 大阪府シカ保護管理計画の改訂(第2期(H19~23年度)から第3期(H24~28年度))

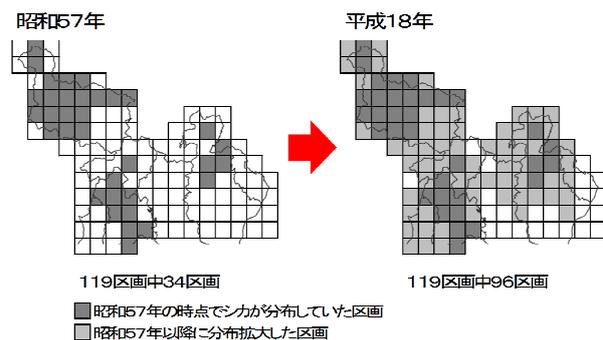
第1期の大阪府シカ保護管理計画最終年度の平成18年度の調査結果では、昭和57年の調査時と比べると北摂3地域に分布していた群が生息域を拡大し、境界が不明瞭になっている状態であった(図(3)-1)。

第2期中には従来シカが生息していなかった南部地域での目撃報告が複数あり、さらなる生息域の拡大が懸念されている。

第2期の計画で、シカの捕獲数は有害捕獲・狩猟とも増加したにもかかわらず、銃猟での捕獲効率(CPUE)の低下や農林業被害の減少も認められなかった。これらの結果から、第2期計画中においても大阪府内のシカ生息数は増加しているものと推察された。

また、第2期計画を策定する際、平成12年度時点で2,000頭として一般的に用いられているシミュレーションソフトを設定し、運用を開始したが、平成20年の時点でオスの捕獲数が推定生息数を上回る矛盾が生じ、再度設定し直すも他のデータで示す増加傾向が認められず、適正な推定生息数を求めることが困難であると判明した。

そのため、第2期から第3期への変更点として、農林業被害については被害金額・面積の半減、捕獲数については推定生息数からの数値設定はできなかったことから、暫定的に前年度以上の捕獲を進めるため、700頭以上を目標とした(表(3)-17)。



図(3)-1 北摂地域でのシカ生息域の経年変化

なお、これを受けて大阪府シカ保護管理計画（第3期）には「なお、推定生息数の算出について、現時点で正確な推定方法のツールがないため、今後、研究機関において推定生息数の算出及びそれに基づく捕獲目標数について検討を進める」との記載がなされ、大阪府の行政サイドとしては推定生息数を必要なアウトプットとして必要としていることが示された（図(3)-2）。

表(3)-17 大阪府シカ保護管理計画

第2期→第3期の変更点

	第2期	第3期
保護管理区域	北摂の4市3町	大阪府全域
保護管理の目標	農林業被害の減少	H22年度の被害金額・面積の半減
捕獲数	個体数推定による年度毎の目標捕獲数の設定	700頭以上の捕獲 (H22年度以上を目標)
数の調整	猟期1ヶ月延長 くくりわなの制限解除	猟期1ヶ月延長 くくりわなの制限解除
生息状況	生息動向調査	生息動向調査(南部での目撃情報の追加)

推定生息数については、平成12年度に実施した区画法調査の結果によると3.50～5.70頭/km²、個体数推定シミュレーションソフトによる推定生息密度は平成12年度が8.33頭/km²、平成21年度が8.95頭/km²となっている。これら数値は、「特定鳥獣保護管理計画技術マニュアル(環境省)」に示されている「人工林については被害があまり大きくならない密度(2頭/km²)並びに天然林については自然植生に目立った影響が出ない密度(4頭/km²)」と比較して、生息密度が高いと言える(表1)。

なお、推定生息数の算出について、現時点で正確な推定方法のツールがないため、今後、研究機関において推定生息数の算出及びそれに基づく捕獲目標数について検討を進める。

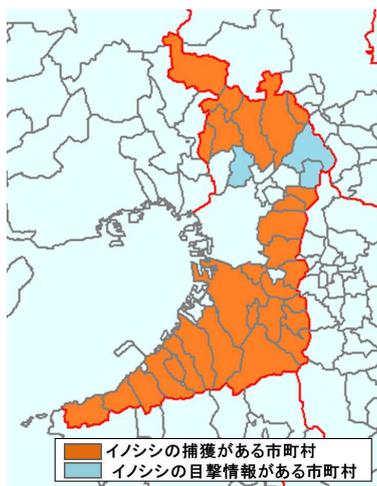
大阪府シカ保護管理計画(第3期)P4
⇒推定個体数をベースにした検討を行政側でも必要としている。

図(3)-2 大阪府保護計画 第3期における記載

2) 大阪府イノシシ保護管理計画の改訂(第1期(H19~23年度)から第2期(H24~28年度))

イノシシは大阪市など市街地化された地区を除く大阪府全域の市町村で生息が確認されている(図(3)-3)。また近年イノシシの捕獲数は有害捕獲・狩猟とも著しく増加しており、銃猟での捕獲効率の顕著な低下は見られず、農林業被害の被害金額・面積もここ数年増加傾向であった。これらの結果から、第1期計画中の大阪府内イノシシ生息数は増加しているものと推察された。

第1期計画では環境省の増加率(1.178)から推定生息数を算出しており、平成12年度を7,000頭として毎年の捕獲数を入力すると、すでに大阪府内のイノシシは減少しているとの結果になったが、現状そのような傾向は見られない。そのため第1期から第2期への変更点として、農林業被害については被害金額・面積の半減、捕獲数については生息数を設定できなかったことから前年度以上の捕獲を進めるため、3,700頭以上を目標とした(表(3)-16)。



図(3)-3 大阪府イノシシの生息域

表(3)-18 大阪府イノシシ保護管理計画

第1期→第2期の変更点

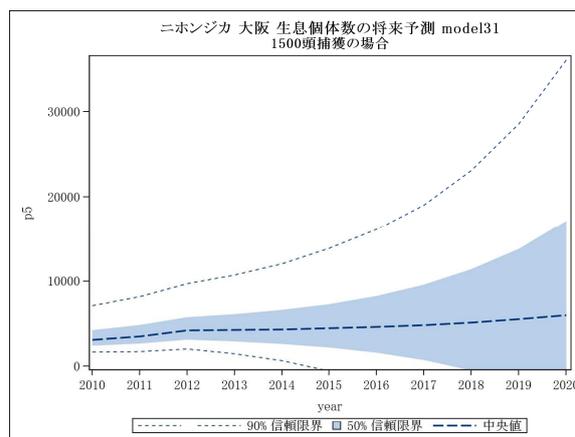
	第1期	第2期
保護管理区域	農林業被害の発生又は発生が予測される地域(31市町村)	大阪府全域
保護管理の目標	被害金額の減少(2千円以下)	H22年度の被害金額・面積の半減
捕獲数	年間2,300~2,600頭の捕獲	3,700頭以上の捕獲 (H22年度以上を目標)
数の調整	猟期1ヶ月延長 くくりわなの制限解除	猟期1ヶ月延長 くくりわなの制限解除
生息状況	北部、中・南部に分けて集計	大阪府全域として集計
生息地の保護・整備	耕作放棄地・放置林の整備、緩衝帯の創出	耕作放棄地・放置林の整備、緩衝帯の創出、市街地出没防止のための刈払い等

3) 大阪府のシカ個体数の推定

大阪府のシカに関する検討会及び、個体数調整を行うために必要とされる推定個体数について、本研究で作成中のシステムにて試算を行った。その結果、最初に行われた兵庫県のシカの推定生息数のデータと異なり、大阪府内のシカの推定生息数については、増加率が高いために、生息個体数の半数弱を捕獲しても明確な個体数の減少が認められないという結果となった（図(3)-4）。

4) その他

その他の特定計画策定の問題点としては、データの収集、整理・入力、結果作成、分析、特定計画の策定・変更までの過程に膨大な時間と人手が必要であるため、実際計画を策定・変更する時期に間に合わない場合があることが挙げられた。行政のスケジュールに合わせたデータ、解析結果の提供は的確に計画を実行する上で非常に重要なポイントである。



図(3)-4 将来予測グラフ（大阪府 シカ）

(4) 考察

環境省は「シカ保護管理計画のガイドライン」においてモニタリングの主要項目として①個体群動向に関する項目、②被害と被害防除の動向の項目、③環境の変化やシカによる生態系への影響に関する項目を挙げている。この点について、今期計画では①、②については全計画で、③については過半数で実施されていると考えられる。

またイノシシでは、モニタリングの中で「できれば毎年行うべき内容として」、①捕獲数、捕獲場所、捕獲努力量に関するデータベースの整備、②捕獲効率と目撃効率、③くくりわな等による他の動物の錯誤捕獲状況、④個体情報、⑤農業被害および林産物被害としている。今回の特定計画調査で狩猟者に出猟カレンダーまたは同等の調査を実施している府県は36府県中34府県あり、①、②はほとんどの府県で収集しているデータと考えられる。④については11府県が実施、⑤は36府県すべてで実施されていた。

これら各府県が収集しているデータを利用し、前掲4. (1) 7) の計画見直しの指標としている項目、すなわち以下のようなコンテンツが提供できることが望ましい。

管理目標や計画見直し指標としても重要視されている捕獲数、生息数の動向にも関わりがある目撃効率、捕獲効率、特定計画策定の一番の要因である農業被害状況（都道府県単位、市町村単位、メッシュ単位、年度単位）、自然植生被害状況（シカ：下層植生衰退度等）、個体数推定（都道府県単位、市町村単位、メッシュ単位、年度単位）、将来予測（都道府県単位、市町村単位、メッシュ単位）、さらに農業被害と目撃効率、捕獲数と密度指標、農業被害、自然植生被害との関連などである。

これまでの結果と考察をもとに、必要なアウトプットコンテンツを確定した。以下に、野生動物管理の計画策定や対策立案のための意思決定に有効なアウトプットコンテンツを挙げる。その事例を図(3)-5から図(3)-13に示した。

a) 捕獲状況（都道府県単位、市町村単位、メッシュ単位、年度単位）

捕獲数（銃猟、わな猟）（グラフ・マップ）（図(3)-5）、捕獲数（銃猟、わな猟）の経年変化（グラフ）、目撃効率（グラフ・マップ）（図(3)-6）、目撃効率の経年変化（グラフ）、目撃効率の変化率（マップ）（図(3)-7）、捕獲効率（銃猟・わな猟）（グラフ・マップ）、捕獲効率の経年変化（グラフ）、捕獲効率の変化率（銃猟・わな猟）（マップ）、出猟者密度（マップ）、捕獲状況（狩猟者登録数×捕獲数、捕獲方法別・時期別捕獲数（グラフ）

b) 農業被害状況（都道府県単位、市町村単位、メッシュ単位、年度単位）

農業被害程度（グラフ・マップ）（図(3)-8）、調査実施状況（マップ）（図(3)-9）、農業被害程度補間図（マップ）、出没状況（グラフ）、アンケート回収率（表）

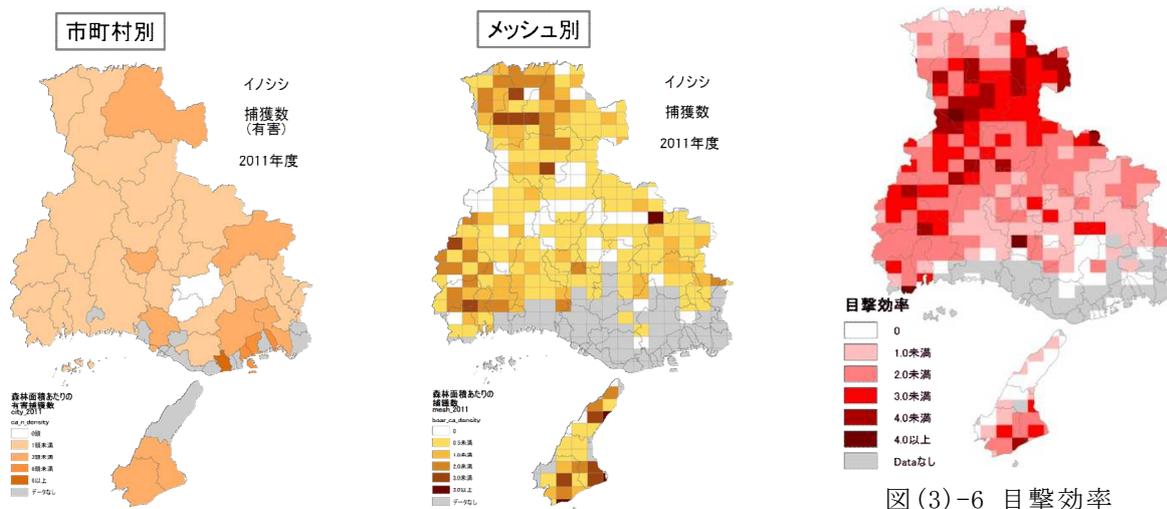
c) 管理目標値

農業被害程度と目撃効率（グラフ）（図(3)-10）、シカ捕獲数と密度指標の経年変化（グラフ）、捕獲効果（被害程度×捕獲数（図(3)-11）、被害程度×衰退度）（グラフ）、防護柵効果（グラフ）、被害程度と対策実施状況（グラフ）、衰退度×目撃効率（グラフ）

d) 個体数推定（都道府県単位、市町村単位、メッシュ単位）

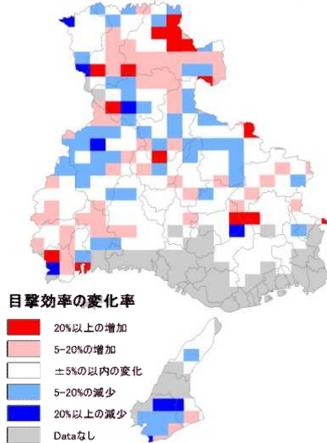
個体数（図(3)-12）、推定増加率（値、図、マップ等）

e) 将来予測（都道府県単位、地域単位）（図(3)-13）

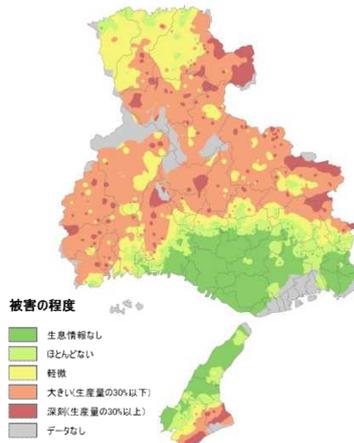


図(3)-6 目撃効率

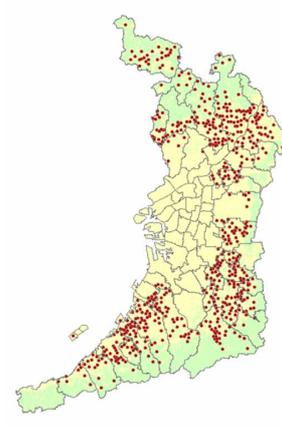
図(3)-5 捕獲数（市町村別、メッシュ別）



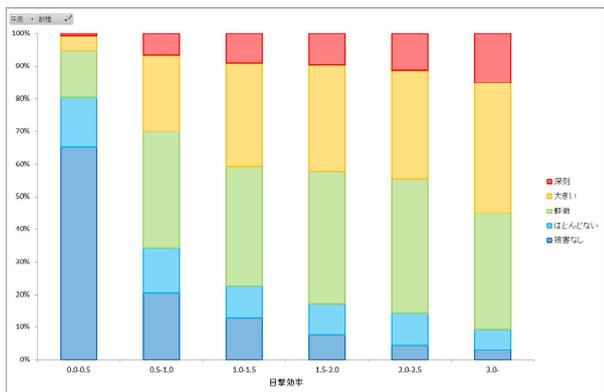
図(3)-7 目撃効率の変化



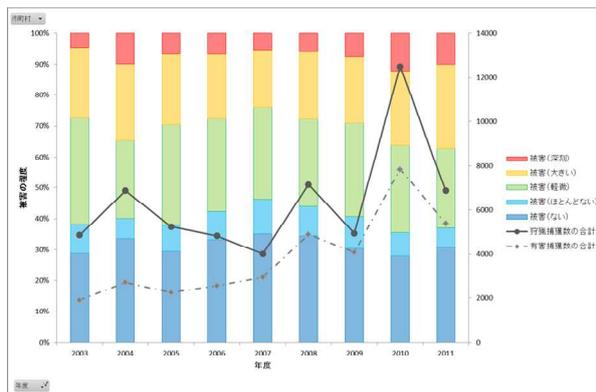
図(3)-8 農業被害程度



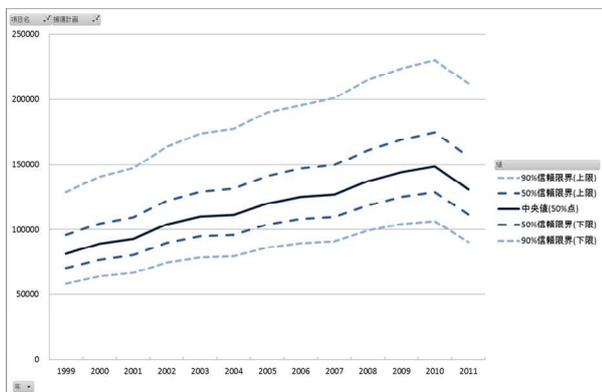
図(3)-9 農業集落調査実施状況



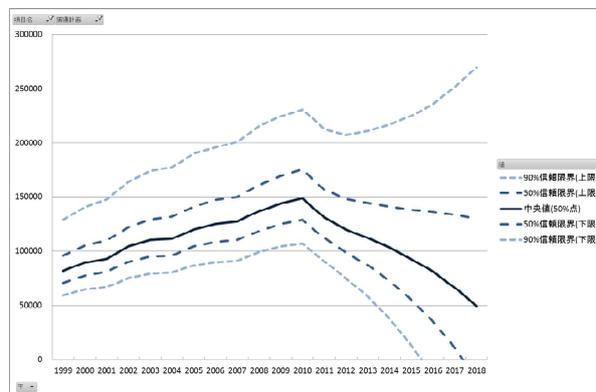
図(3)-10 被害程度×目撃効率



図(3)-11 被害程度×捕獲数



図(3)-12 個体数動向グラフ



図(3)-13 将来予測グラフ (3,000頭捕獲/年)

収集されたデータは、整理されたデータとして毎年蓄積される必要があり、経験の浅い都道府県・市町村の行政担当者が容易にデータをグラフ化・マップ化し使いこなせることが重要である。また、特定計画の策定・見直しや検討会等、合意形成・意思決定の場で有効な資料となること、また調査協力者へのわかりやすいレポートに活用できることが重要である。

このなかで、現在難しいとされる個体数推定と将来予測についても、前掲4. (2) 4) 管理目標を設定できない理由でも述べたとおり、精度の高いものであれば非常に説得力があり、行政が必要としているコンテンツと言える。

また、これらのデータを収集するために必要なフォーマットについては、今回の特定計画調査と近畿各府県へのアンケート調査から、各都道府県がそれぞれ作成しているものの必要十分なデータを網羅できていない、隣接府県とのデータの共有ができない等の問題点があり、都道府県を越えた広域での保護管理を目指すのであれば、当研究で作成した農業集落調査、出猟カレンダーのような統一フォーマットを使用することが望ましいと言える。

全国的にこれらの統一フォーマットを使用し、システムにより迅速な意思決定がなされれば、都道府県を越えた広域での、また迅速・的確な意思決定が可能になり、全国的な鳥獣保護管理に大きく寄与するものと思われる。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

第11次鳥獣保護事業計画に沿った最新の特定鳥獣保護管理計画の調査、近畿各府県に行ったアンケート調査、および大阪府における特定鳥獣保護管理計画改定の詳細調査により、各都道府県の現状、管理目標、数値目標、生息数推定、将来予測、計画見直しの指標および保護管理実践における問題点が明確になり、都道府県が必要としているアウトプットコンテンツが判明、今後鳥獣保護管理を実施していく上で必要なアウトプットコンテンツを示すことができた点で意義深い。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

「平成24年度第1回鳥獣保護管理庁内検討会」にて当研究にて作成したアウトプットを利用して資料を作成し、大阪府でのシカ、イノシシの現状について効果的な説明を実施した。当研究で得られた迅速かつ正確なデータで、行政が特定計画の進捗状況を把握するのに貢献した。

<行政が活用することが見込まれる成果>

当研究で得られた迅速かつ正確なアウトプットで、合意形成から意思決定までを迅速に行うことができ、現状に則した計画の作成・決定を実施できるため、早期の獣害問題の解決・収束が見込まれる。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

1) 石塚譲、川井裕史:近畿中国四国農業研究, 21, 29-32(2012)

「糞粒調査と狩猟および有害鳥獣捕獲データによる大阪府の野生シカ生息動向」

<その他誌上発表(査読なし)>

1) 石塚譲、川井裕史、果実日本、32, 5, 125-132 (2012)

2) 石塚譲、川井裕史:果実日本、67, 83-87(2012)

「GPS首輪による野生シカ・イノシシの行動調査」

(2) 口頭発表(学会等)

特に記載すべき事項はない

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナー等の開催（主催のもの）

- 1) 有害鳥獣の発生動向と対策について（H22年度 茨木市農協会館 H22年度 70名）
- 2) 有害鳥獣（イノシシ）対策講習会（JA堺市上神谷支所 H22年度 80名）
- 3) イノシシ・アライグマの習性と被害対策について（H22年度 河南町ふくふくドームふくホール50名）
- 4) 獣害の低減に向けて（イノシシの習性を学ぶ）（H22年度 大阪府泉南府民センター 22名）
- 5) アライグマ・ヌートリア研修会（H22年度 能勢町浄瑠璃センター 30名）
- 6) 野生獣による農業被害原因と対策（H22年度 大阪市パル法円坂 100名）
- 7) 農村総合整備技術支援研修会（H22年度大阪赤十字会館会議室 25名）
- 8) 大阪府のシカ個体数管理（H22年度 高槻市生涯学習センター 58名）
- 9) 農業被害アンケート結果報告と獣害対策（H23.10.25 泉佐野市中部営農センター 70名）
- 10) 有害獣被害対策講習会（H23.10.28 和泉市南面利町公民館 60名）
- 11) 農業被害アンケート結果報告と獣害対策（H23.11.4 JA大阪泉州岬町営農店舗 10名）
- 12) 農業被害アンケート結果報告と獣害対策（H23.11.7 JA大阪中河内本店 30名）
- 13) 農業被害アンケート結果報告と獣害対策（H23.11.16 JA大阪南川西店 40名）
- 14) 農業被害アンケート結果報告と獣害対策（H23.12.8 JA大阪泉州熊取町営農店舗 20名）
- 15) 農業被害アンケート結果報告と獣害対策（H23.12.27 JA大阪泉州北部営農センター 50名）
- 16) 農業被害アンケート結果報告と獣害対策（H24.1.19 能勢町浄瑠璃シアター 50名）
- 17) 農の勉強会・有害鳥獣の対策（H24.1.27 岸和田市丘陵地区整備課 稲葉町事務所 30名）
- 18) 農業被害アンケート結果報告と獣害対策（H24.10.23 JA大阪泉州中部営農センター 70名）
- 19) 農業被害アンケート結果報告と獣害対策（H24.11.14 JA大阪南川西本店 30名）
- 20) 農業被害アンケート結果報告と獣害対策（H24.11.19 JA大阪中河内 30名）
- 21) 農業被害アンケート結果報告と獣害対策（H24.11.28 JAいずみの本部 50名）
- 22) 鳥獣保護検討会（H24.11.30 大阪府庁咲洲庁舎 20名）
- 23) 農業被害アンケート結果報告と獣害対策追加説明会（H24.12.6 JA大阪中河内 20名）
- 24) 農業被害アンケート結果報告と獣害対策（H24.12.12 JA大阪泉州熊取町営農店舗 30名）
- 25) 農業被害アンケート結果報告と獣害対策（H24.12.18 JA大阪泉州北部営農センター 60名）
- 26) 農業被害アンケート結果報告と獣害対策（H25.1.23 能勢町浄瑠璃シアター 50名）

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

- 1)大阪府：大阪府（2011）「第2期大阪府アライグマ防除実施計画」

8. 引用文献

- 1) 荒木良太・横山典子. 2011. ニホンジカが生物多様性に与えるインパクト～不可逆的影響の現状とその取り組み～. 哺乳類科学, 51: 201-204.
- 2) 環境省. 2010. 特定鳥獣保護管理計画作成のためのガイドライン（ニホンジカ編）
- 3) 環境省. 2000. 特定鳥獣保護管理計画技術マニュアル（イノシシ編）
- 4) 環境省. 2010. 特定鳥獣保護管理計画作成のためのガイドライン（イノシシ編）
- 5) 大阪府. 2007. 大阪府シカ保護管理計画（第2期）
- 6) 大阪府. 2007. 大阪府イノシシ保護管理計画（第1期）
- 7) 大阪府. 2012. 大阪府シカ保護管理計画（第3期）
- 8) 大阪府. 2012. イノシシ保護管理計画（第2期）

(4) 支援ソフトウェアパッケージの開発に関する研究

(株)ブレイン 開発部 多鹿 一良 (平成22～23年度)
志方 泰 (平成22年度のみ)
神田 賢吾 (平成22～23年度)
中道 護仁 (平成22年度のみ)
足立 光代 (平成22～24年度)
松田島 真吾 (平成23～24年度)
片山 裕史 (平成23年度のみ)

平成22～24年度累計予算額：21,536千円

(うち、平成24年度予算額：5,818千円)

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

都道府県の担当者が簡便にデータ収集、入力、指標の計算、意思決定や合意形成に向けたプレゼン資料の作成ができるパッケージソフトウェアの開発を以下のように進めた。

- ・サブテーマ(1)「モニタリング項目と手法の開発に関する研究」で収集したデータを効率的に管理するための調査フォーマットやOCRで読み取るための入力フォーム、およびデータベースなどのデータ管理システムの構築を進めた。
- ・サブテーマ(2)「データ分析手法の確立に関する研究」で開発されたSASプログラムをデータ管理システムから制御する手法の研究を進めた。
- ・サブテーマ(3)「意思決定支援コンテンツの開発に関する研究」の指標やアウトプットを、わかりやすいレイアウトで出力する機能の開発を進めた。

兵庫県では農業被害調査(3,200枚)と狩猟カレンダー(10,000枚)のデータ入力に約100人日を要しているが、本システムを用いれば、読取りに約6時間、データ修正に約30人日となり、飛躍的な時間とコストの削減(従来 $\frac{1}{3}$ 以下)が見込まれる。

意思決定に有用な40種類以上のグラフやマップが出力でき、また従来の運用方法では、1つのマップを作成するのに6～7日間を要していたが、本システムでは1時間以内で出力することが可能となった。

個体数の推定や将来予測を行う手だてのなかった都道府県においても、本システムを採用することで分析が可能となる。

[キーワード]

OCR、入力支援、データ管理、データ分析、レポート作成

1. はじめに

特定鳥獣保護管理計画の適切な実施の支援のために、データ収集 → 分析 → 将来予測 →

意思決定・合意形成の一連の作業体系を再構築し、都道府県レベルでの実施を支援するシステムを開発する。その際には、ニホンジカ、イノシシのような農林業被害の深刻な狩猟対象動物に、普遍的に対応できるシステムを考えるとともに、都道府県の担当者や、環境省の鳥獣保護管理の人材登録制度などにより確保された人材が、有効に活用できるツールとなることを目指す。

2. 研究開発目的

多量なデータの収集、入力、指標の計算、意思決定や合意形成に向けたプレゼン資料の作成を簡便に行えるソフトウェアパッケージの研究開発を目的とする。

3. 研究開発方法

(1) 入力支援機能（Web入力、モバイル端末利用、入力専用システム（OCR読取））

サブテーマ(1)「モニタリング項目と手法の開発」で決定された項目を、複数拠点からデータ入力が可能なシステムや、調査票からOCRによる一括入力などの入力効率を向上するシステムを検討し、必要となるハード・ソフトを調査選定した。また、データ入力に適した調査票のレイアウトを設計した。

(2) データ管理機能（チェック機能、データ蓄積、分析のための編集機能）

プロジェクト全体の機能要件を整理し、データ項目の洗い出しとデータベースの構造設計を行うとともに、データ管理の操作インターフェースの設計を行い、22年度に当該システムのプロトタイプを開発した。23年度以降はプロトタイプの機能修正やブラッシュアップを行った。

具体的には、誤入力を防ぐチェック機能やサブテーマ(2)「データ分析手法の確立」の分析手法に対応した形式でデータベースに登録した。また、適切な分析が可能かどうかのデータの評価を行い、不足しているデータ内容を指摘し、データ追加を支援する編集機能を開発した。

(3) データ分析機能（動物種や地域の条件に合わせた設定項目）

サブテーマ(2)「データ分析手法の確立」で開発されたデータ分析が容易に実行可能なシステムを開発した。例えば、動物種特有の分析項目をプリセットしておくことにより、分析対象の動物種を指定するだけで適切な分析設定を可能にした。また、用いるデータ条件や地域的な条件を指定すれば適切な分析が行えるようにした。一般向けには比較的簡単な設定で、専門家向けには高度な条件設定が可能になるシステムとした。

また、機能要件を満たす統計処理ソフトウェアの調査選定を行い、データ管理システムとの連携手法を研究した。

(4) レポート作成機能

サブテーマ(3)「意思決定支援コンテンツの開発」で開発されたコンテンツを自動的に出力するシステムを開発した。地図情報の出力に必要なGISソフトの調査選定、地図情報へのマッピング出力、グラフ出力によるデータの可視化を行った。現状データに基づく個体数や分布をシミュレーションする機能、個体数に基づいた将来予測を提示する機能を開発した。

意志決定者独自の分析やデータ加工に対応するため、入力されたデータをExcel等のファイルへアウトプットする機能を開発した。

4. 結果及び考察

情報システムに不慣れな操作者でも簡易な操作で、OCR処理によって大量のアンケート用紙を効率的にデータ化し、必要なレポートを作成できるシステムを開発した。これによりデータ入力、集計、分析、可視化作業を大幅に効率化できる。また、個体数の推定や将来予測を行う手だてのなかった県でも、本システムを利用すれば推定が可能となった。

(1) 入力支援機能

1) データ収集方法の選定

手書きされた狩猟カレンダーおよび農業集落調査の調査票をスキャナによって一括読取りし、OCR処理によってデータ化することとした。

2) OCR用ハードウェアの調査および選定

手書き帳票を効率的に読取るためのハードウェアであるADF(自動文書供給装置)付き光学スキャナについて、読取り速度、両面对応機能、対応用紙サイズ、対応ソフトウェア、アベイラビリティ(入手のしやすさ)、価格などを考慮して、キャノン社製のA3用紙対応ADF付きスキャナ DR-6030C を使用することに決定した。

3) OCR用ソフトウェアの性能調査および選定

読取った手書き帳票を認識してデータ化するOCRソフトウェアについて、性能調査および選定を行った。

調査項目：

- ・読取り認識率(基本性能)
- ・読取りフォームの作りやすさ(操作性)
- ・誤認識データの訂正のしやすさ(操作性)
- ・出力データの扱いやすさ(外部連携性)

採用ソフト：メディアドライブ社製 Form OCR Version 5

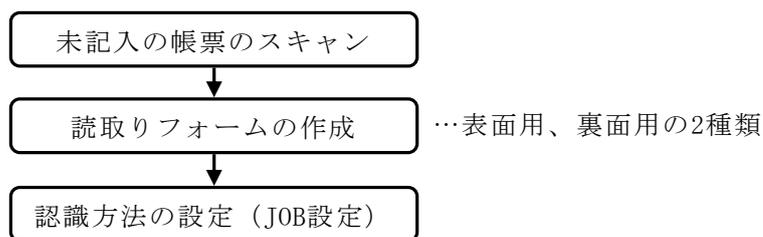
4) OCR処理に適した調査票の作成技法の調査研究

OCR処理に適した調査票フォームを作成するための技法について調査および研究を行い、狩猟カレンダーおよび農業集落調査の調査票を作成した。兵庫県において配布・回収したものから抜き取り調査を行って、OCR処理の検証と認識精度に関する調査を行い、次の知見を得た。

- ・印刷方法、用紙の仕様
- ・読み取り効率化のための調査項目や選択肢の再精査の方針
- ・適切な調査票の書式
- ・回答者への記入方法についての周知すべき項目

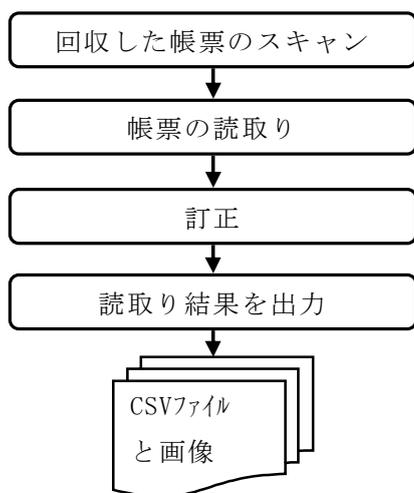
5) Form OCRの操作フロー

- ・最初に、以下の手順で設定を行う。



図(4)-1 画像読込の初期設定フロー

- ・回収した帳票を読取り、誤認識箇所を訂正する。



図(4)-2 帳票読込と訂正・出力フロー

6) 操作イメージ

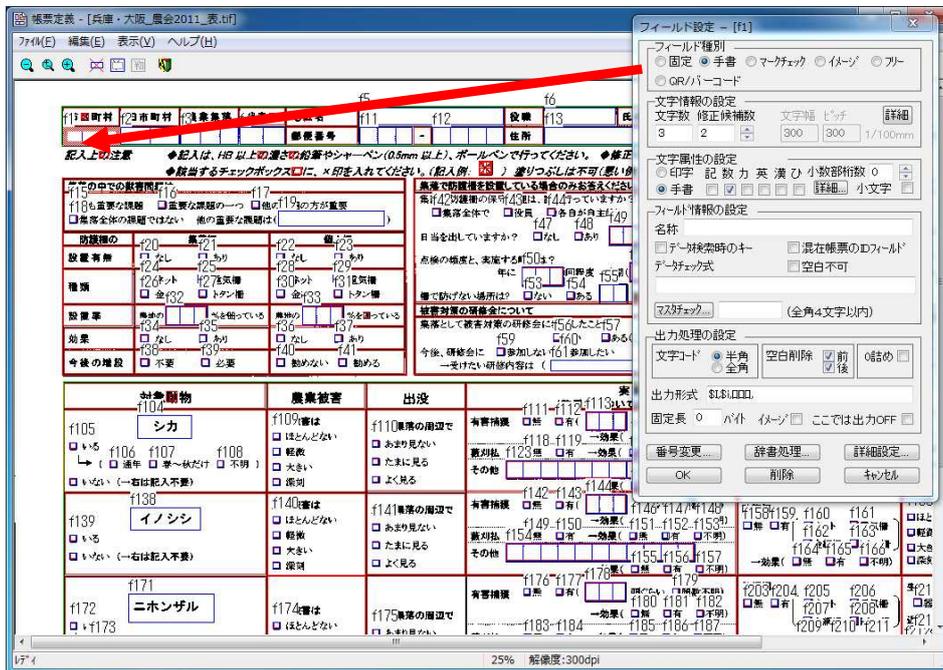
- ・帳票のスキヤン

ADF(自動文書供給装置)付きのスキヤナで、一度に両面を読み取る。



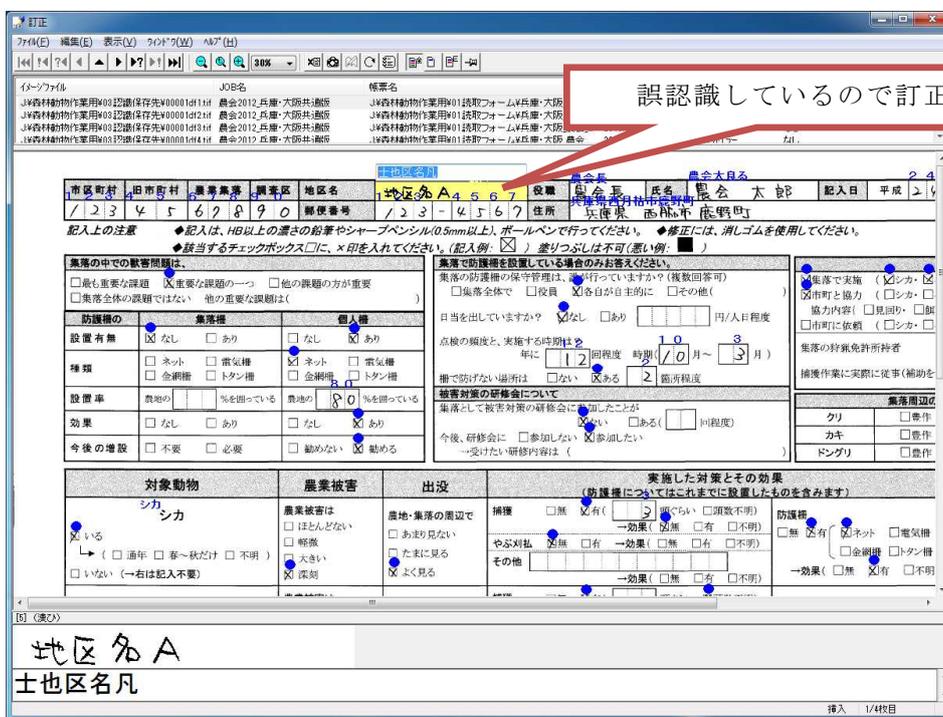
図(4)-3 帳票読込作業イメージ

- FormOCR読取りフォームの作成
記入欄毎に、文字数や文字種を設定する。



図(4)-4 FormOCR読取りフォームの作成

- FormOCR訂正
読み取れた文字が青色で表示される。誤認識しているところは訂正する。



図(4)-5 FormOCRの訂正

(2) データ管理機能

1) 基本設計

収集されたデータを効率的に保管・管理するための仕組みを作成するために、データ管理システムの基本設計を行った。

- ・画面レイアウトのデザイン
- ・収集されたデータを取り込む方式
- ・年度別のデータを集約的に蓄積する方式
- ・データチェック機能の要件
- ・データ修正機能の要件
- ・蓄積データをレポート機能で利用する方法

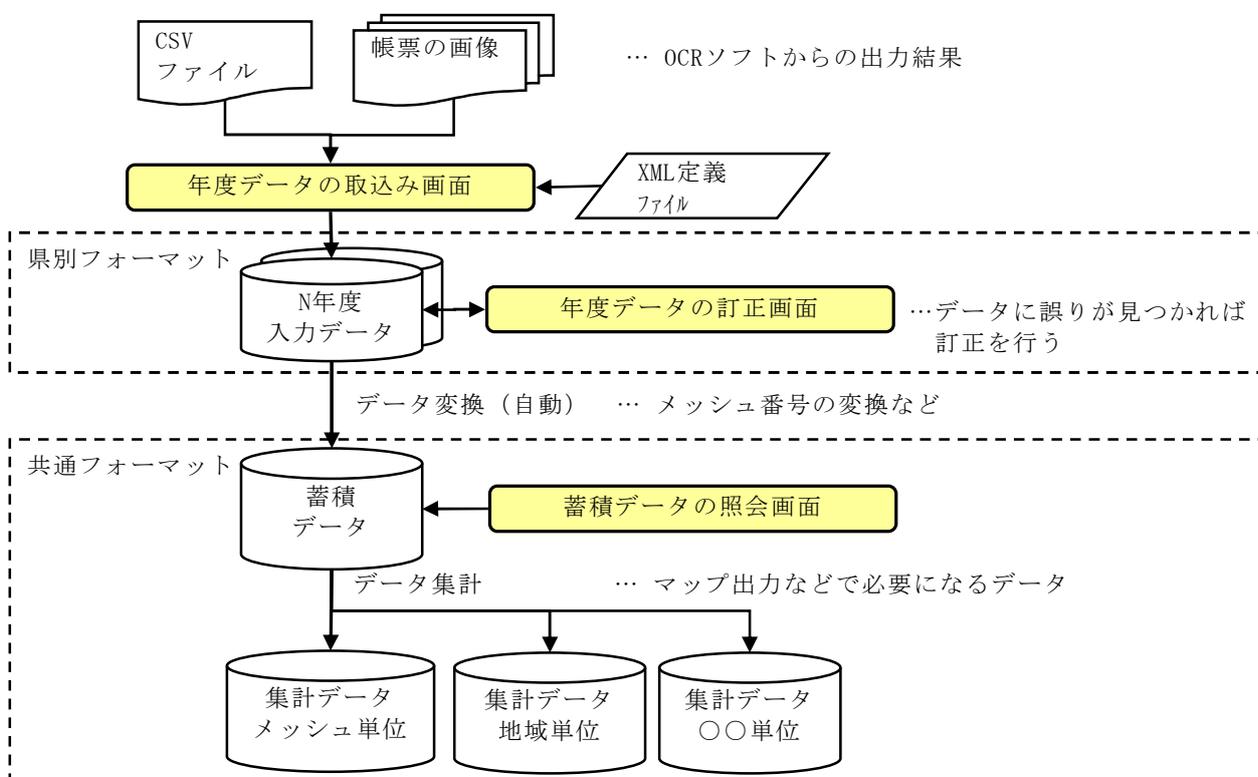
2) 詳細設計

基本設計に基づいて、下記の項目について、データ管理システムのプログラムを実装するために必要になる詳細設計を行った。

- ・収集データの取込み
- ・GISソフトウェアとのデータ授受
- ・データベースのテーブル構造定義
- ・データチェック
- ・データ取込み時および集約時のデータ変換を制御する方法
- ・データ訂正
- ・データベースにマスタとして登録するデータの定義
- ・プログラム作成のために必要になる各種条件の定義
- ・稼働環境の構築手順など

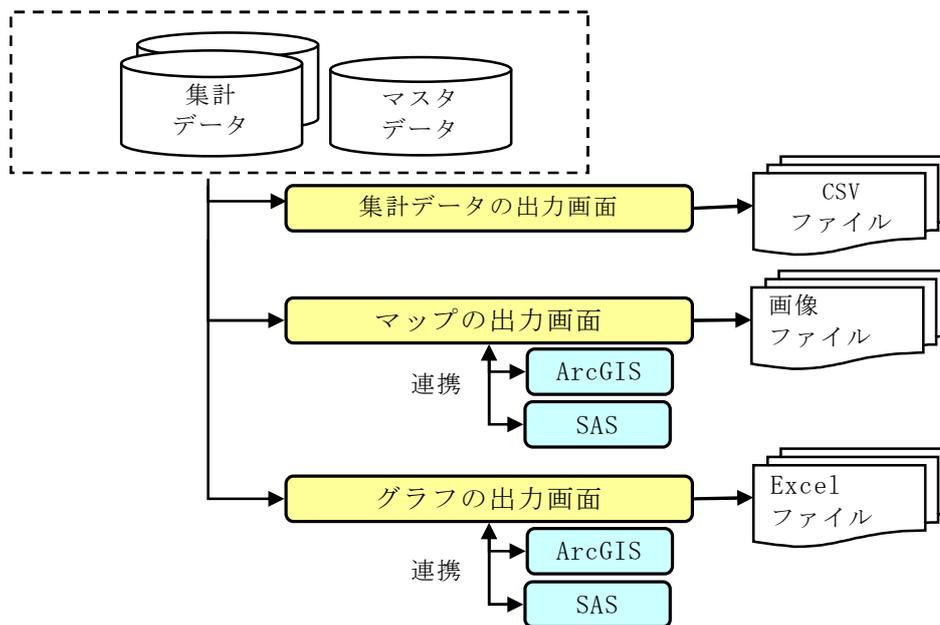
3) データ管理システムの処理フロー

- ・データ入力フロー



図(4)-6 データ入力フロー

・データ出力フロー



図(4)-7 データ出力フロー

4) データ解析

データ管理システムの入出力データについて、プロジェクト全体の所与の条件（どのような入力データを処理しなければならないか）、および、所与の機能要件（どのような出力データが必要とされるか）を精査した。また、それらを適切に取り扱うための内部データ形式、および、データ内容について解析し、その結果を詳細設計に反映させた。

5) 誤入力チェック機能

効率的にデータ訂正を行うために、アウトプットに影響を及ぼす項目を優先的にチェック対象とし、誤入力項目とエラー内容がわかるようなメッセージを出力する機能を開発した(表(4)-1)。チェック時に任意で自動補正をかけることも可能である。

また、入力データは県や年度毎に項目数や入力内容が異なる可能性があるため、県・年度別にチェック機能呼び分けられるようにした。

表(4)-1 主なチェック機能

チェック種類	チェック内容、チェック箇所
マスタチェック	マスタにないコードはエラーとする。 (例) 出猟カレンダーのメッシュ番号、農業集落調査の市町村村コード、旧市町村コード、農業集落コードなど
複数回答チェック	単一回答の設問に、複数回答されたらエラーとする。 (例) 農業集落調査の分布、農業被害など
日付チェック	不正な日付はエラーとする。 (例) 出猟カレンダーの出猟月日
異常値エラー	任意の数以上ならエラーとする。 (例) 出猟カレンダーの捕獲数

6) 操作イメージ（年度データの取込み）

デスクトップのショートカットをダブルクリックします。

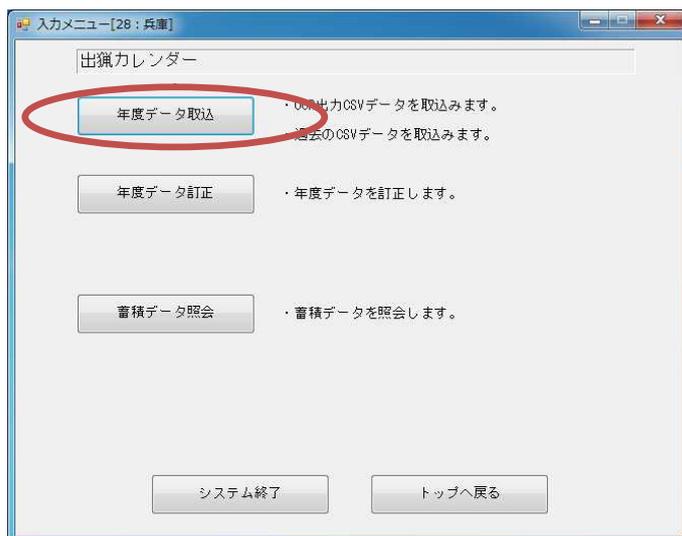


メニュー画面が開きます。年度データを取込むには、左側のボタン群から取込むデータの種類（今回は、出猟カレンダー）をクリックします。



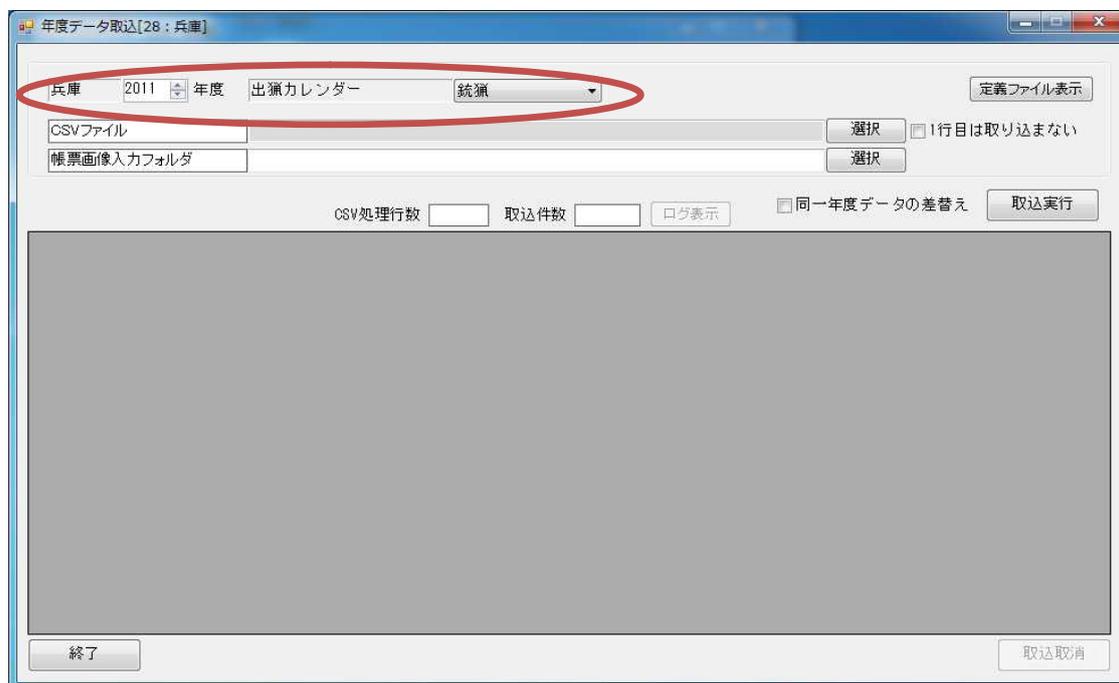
図(4)-8 操作メニュー画面

出猟カレンダーのメニュー画面が開きます。「年度データ取込」ボタンをクリックします。
 (どのデータ種別を選んでも、メニュー画面のボタン群は同じです)



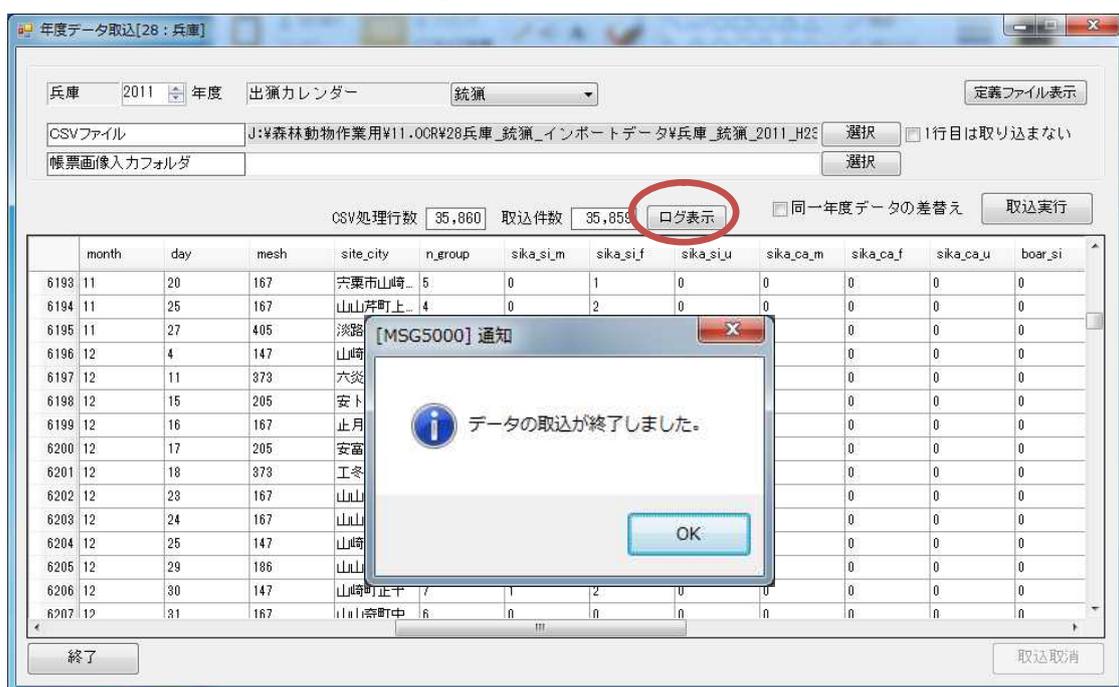
図(4)-9 出猟カレンダー操作メニュー画面

取込むデータの年度と種別（今回は、2011年度の銃猟データを取込む）を選択します。
「選択」ボタンをクリックし、OCRソフトから出力したCSVファイルを選びます。
「取込実行」ボタンをクリックすると、データの取込みが始まります。



図(4)-10 データ読み込み画面

データが取り込まれ、処理件数とデータの一覧が表示されます。
「ログ表示」ボタンをクリックし、データ取込みエラーが出ていないか確認します。
データ取込みが終われば、「終了」ボタンをクリックします。



図(4)-11 データ読み込み終了画面

年度データが更新されたので、集計テーブルを再計算する必要があります。
自動で、集計データ画面が開くので、「再集計」ボタンをクリックします。



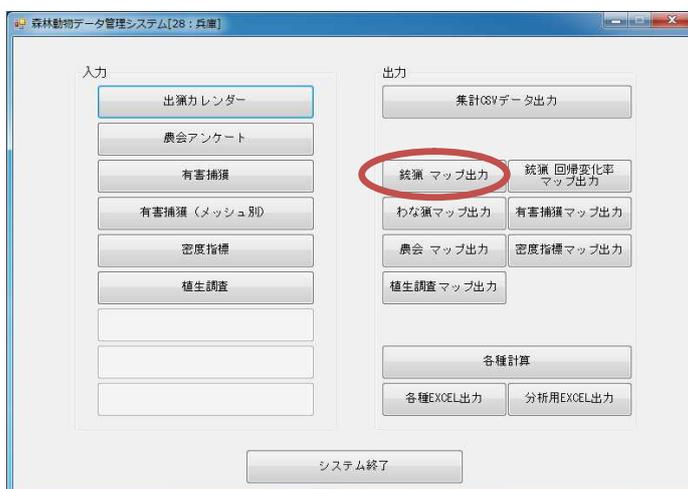
図(4)-12 再計算実行画面

以上でデータの取込みが完了しました。マップやEXCELを出力することができます。
集計データは、CSV形式のファイルで出力されますので、別途分析に用いることが可能です。

7) 画面操作イメージ (マップの出力)

「トップに戻る」ボタンでトップメニューに戻り、右側のボタン群から出力したいマップを選びます。

「銃猟マップ出力」ボタンをクリックします。



図(4)-13 銃猟マップ出力画面

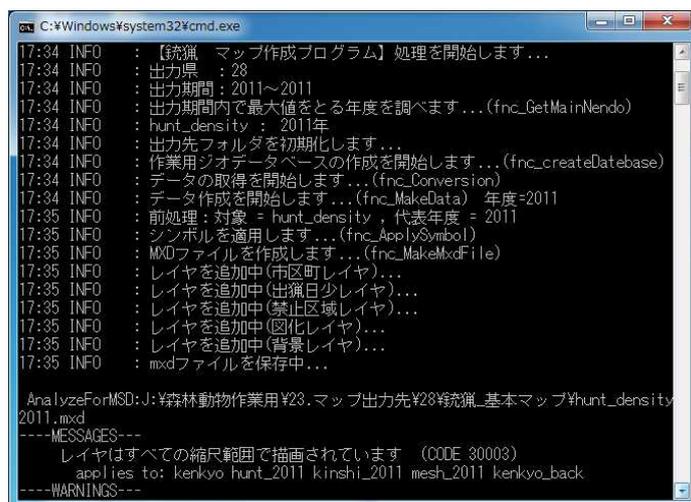
銃猟データからは、以下のマップを出力することができます。

出力したいマップにチェックを入れ、「マップ出力」ボタンをクリックします。



図(4)-14 マップ出力画面

コマンドプロンプト画面が起動し、処理中の状況が表示されます。



図(4)-15 マップ出力処理中画面

マップ出力が完了すると、メッセージが表示されます。「OK」ボタンをクリックすると、コマンドプロンプト画面が閉じて、マップ出力先のフォルダが開きます。

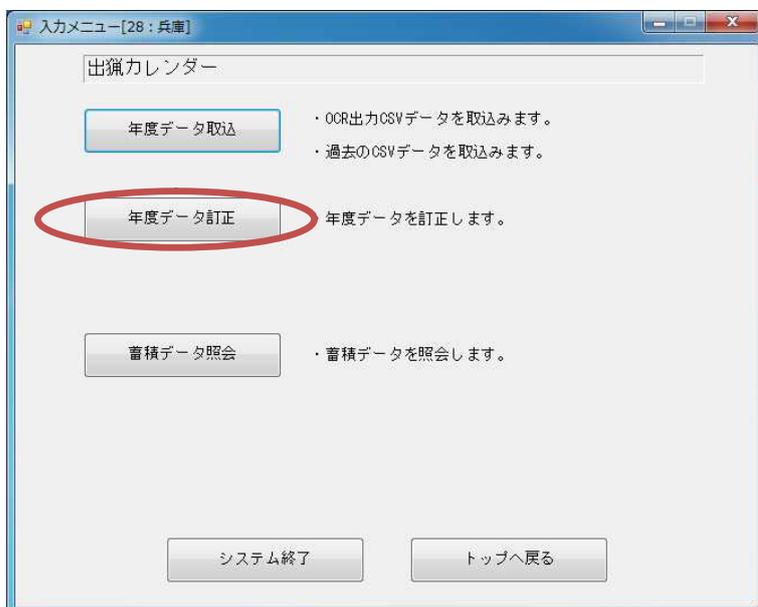


図(4)-16 マップ出力完了画面

8) 画面操作イメージ（年度データの訂正）

データの誤りがあった場合、以下の手順で修正を行います。

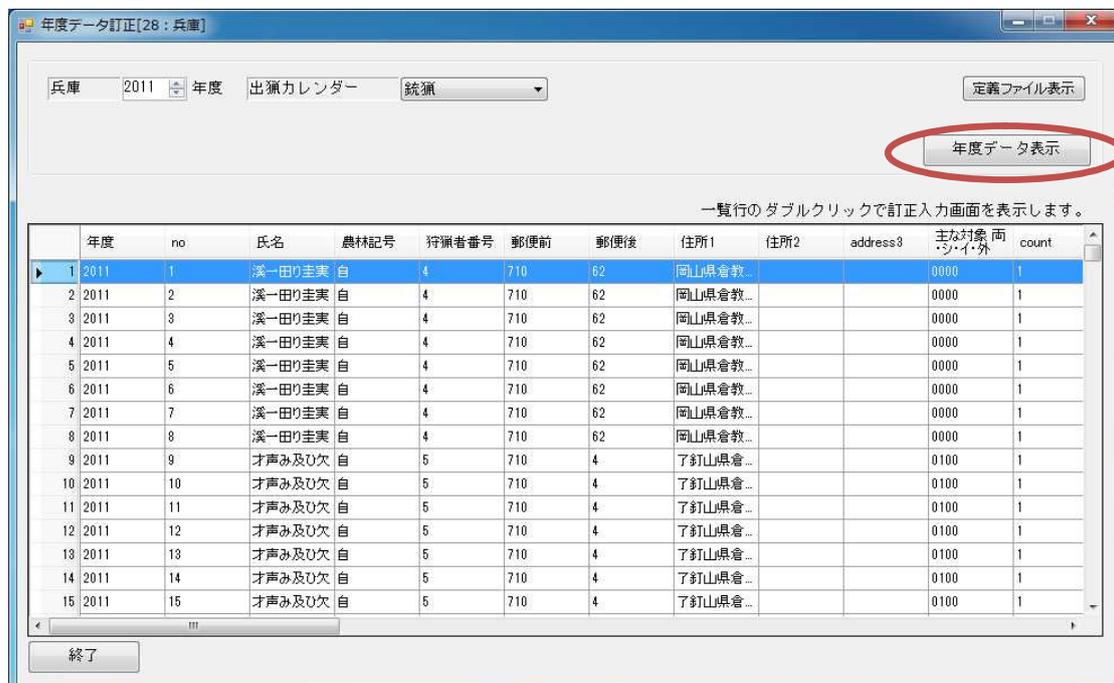
出猟カレンダーのメニュー画面で「年度データ訂正」ボタンをクリックします。



図(4)-17 出猟カレンダーメニュー画面

年度データ訂正画面が開くので、訂正したい年度と種別（今回は、2011年度の銃猟データを訂正する）を選択し、「年度データ表示」ボタンをクリックします。

年度データの一覧が表示されます。



図(4)-18 年度データ訂正画面

一覧から訂正したいデータ行をダブルクリックすると、入力画面が開きます。

年度データ取込み時に帳票画像も一緒に取込んだ場合は、帳票画像1と2に表面と裏面の画像が表示されます。

図(4)-19 年度データ訂正画面（ヘッダ項目・帳票画像1）

タブ「ヘッダ項目」と「明細項目」を切り替えて、データの訂正を行います。

明細行を削除したい場合は、削除チェックボックスにチェックを入れます。

図(4)-20 年度データ訂正画面（明細項目）

入力が終われば「確定」ボタンをクリックすると、データが更新されます。

データ訂正が終われば、「終了」ボタンをクリックします。

年度データが更新されたので、集計テーブルを再計算する必要があります。
自動で集計データ画面が開くので、「再集計」ボタンをクリックします。



図(4)-21 年度データ再計算画面

以上でデータの訂正が完了しました。マップやEXCELを出力し直すことができます。

(3) データ分析機能

1) 統計処理ソフトウェアの調査および選定

蓄積されたデータを分析するための統計処理ソフトウェアについて、市販製品およびオープン・ソース・ソフトウェア製品の中から、本システムで使用するものを選択するための基礎調査および選定を行った。

採用ソフト：SAS (SASインスティテュート社)

オープン・ソース・ソフトウェアは、開発のための技術資料が限られること、運用および開発のサポートを求めることが出来ないこと、将来にわたる安定性への懸念などの理由によって、採用しなかった。また、SASについては、当事業の共同研究者をはじめ、一般に広く利用されており、その実務的なノウハウが蓄積されていることを評価した。

2) 個体数推定・将来予測を行うSASプログラムの制御

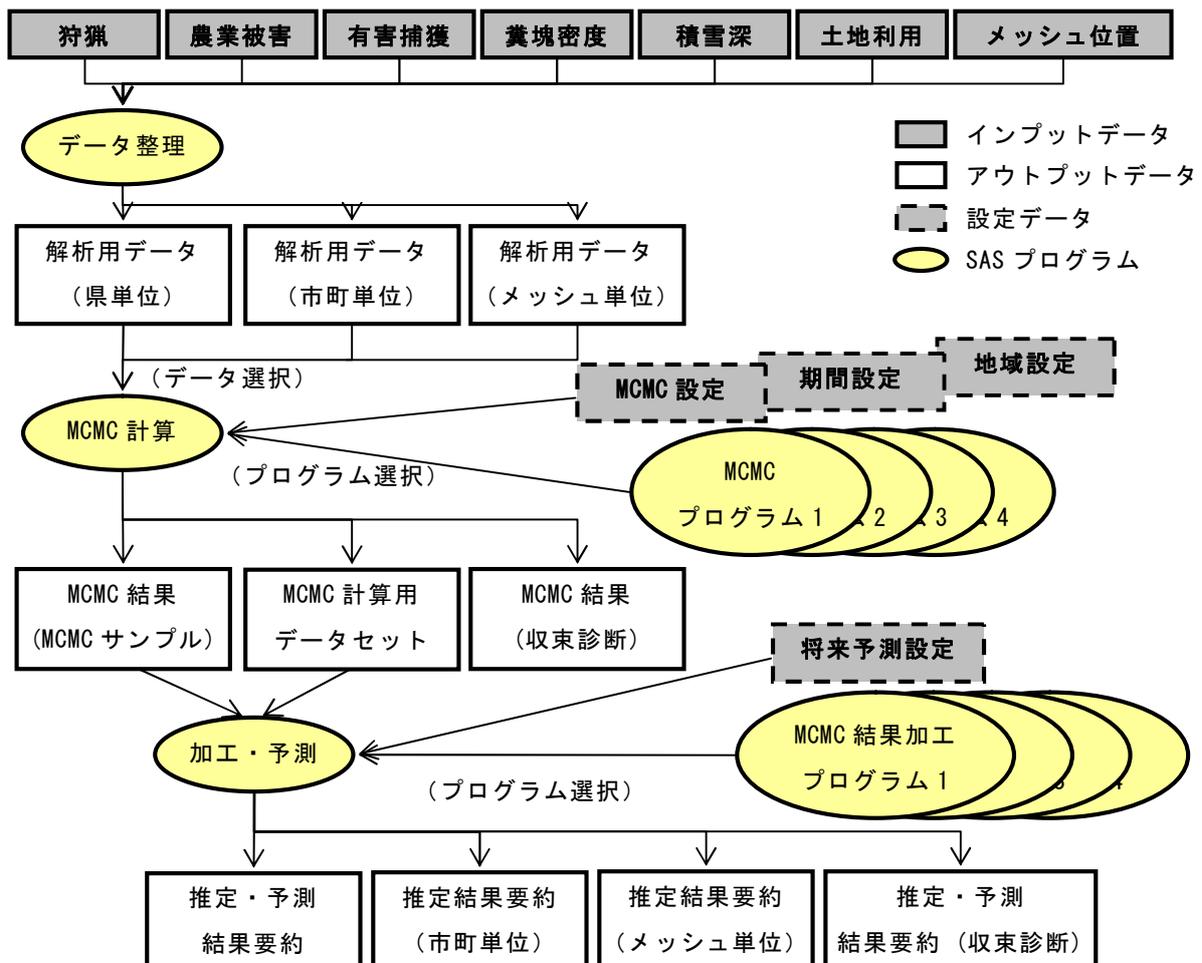
個体数の推定・将来予測においては、用いるデータ条件や地域的な条件が県毎に異なるため、これらの条件を定義する設定ファイルを設け、分析に用いた。技術者が県毎に設定ファイルを作成しておけば、ユーザは実行ボタンを押すだけで、適切な分析を行うことが可能になった。

(設定ファイルの種類)

- ・期間設定ファイル ・地域設定ファイル
- ・推定プランファイル（MCMCの設定、将来予測の設定、基本情報の設定を含む）

3) 個体数推定・将来予測を行うSASプログラムの処理フロー

データ管理システムからSASプログラムを制御して適切な分析を行う手法および、データ受渡し手法やデータレイアウトに関する詳細設計及び開発を行った。



図(4)-22 SASプログラムシステムフロー図

(4) レポート作成機能

都道府県の担当者が意思決定や合意形成時に必要とする様々なマップ・グラフ・一覧表の作成機能を開発した。

グラフ、一覧表の作成については、ユーザがレイアウトを簡易に変更されるよう、Excel形式で出力することとした。

マップの作成については、機能要件を満たすGISソフトウェアの選定、データ管理システムとのデータ連携、マップ作成プログラムの開発を行った。

1) GISソフトウェアの調査および選定

レポート作成機能において主要な役割を果たすGIS(地図情報処理システム)ソフトウェアについて、市販製品およびオープン・ソース・ソフトウェア製品の中から、本システムで使用するものを選択するための基礎調査および選定を行った。

採用ソフト：ArcGIS Desktopシリーズ ArcView+Spatial Analyst (ESRIジャパン社)

2) 技術調査および基本設計

本システムにおいてGISを利用したレポートを自動出力するために、GISソフトウェアを外部プログラムから制御する方法について、技術調査および基本設計を行った。Python言語によって、外部からArcGISを制御する方法に関する調査を行い、基本的な方式に関する設計を行った。

3) 基礎データ整備

GISによるレポート出力に必要となる基礎的なデータ(環境省や国土交通省が提供する基本的な地図データ)について調査し、必要なものを選択して取得し、計算処理の前提となる処理をほどこしてシステムに組み込んだ。

- ・環境省による5kmメッシュデータ ・環境省による府県別植生調査データ
- ・国土交通省による行政区域データ
- ・財団法人農林統計協会による世界農業センサスデータ

4) マップ作成プログラムの開発

スクリプト言語 python を用いて、本システムで扱う様々なデータから、表(4)-2に示したマップを出力するプログラムを作成した。これらは、オペレータが煩わしい項目設定をしなくても、自動的に出力できるようにした。

- ・県毎に適切な縮尺で出力できる。
- ・テキストや凡例が地図に重ならないよう、位置調整ができる。

表(4)-2 マップ一覧

データ元	マップ名
狩猟カレンダー 関連	(シカ・イノシシ) 出猟者密度マップ、捕獲効率マップ、目撃効率マップ、目撃効率の対前年 変化率マップ、目撃効率の変化率マップ、銃猟捕獲数マップ、わな猟捕獲 数マップ、狩猟捕獲数マップ
農業集落調査関 連	調査実施状況マップ、外来生物侵入時期マップ、農業被害程度マップ、農 業被害程度補間マップ
有害捕獲関連	市町別捕獲数マップ、メッシュ別狩猟・有害捕獲数マップ
密度指標関連	糞塊密度マップ、糞塊密度の変化率マップ
植生調査関連	植生被害程度補間マップ
推定関連	増加個体数マップ、生息個体数マップ、生息密度マップ、自然増加率マッ プ、内的自然増加率マップ

マップイメージ

「出猟者密度」「捕獲効率 (CPUE)」「目撃効率 (SPUE)」「捕獲数」のマップにおいては、狩猟禁止区域や、出猟人日数が少ない (4日以下) メッシュは、信頼性が低いとし、データを表示しないようにした。

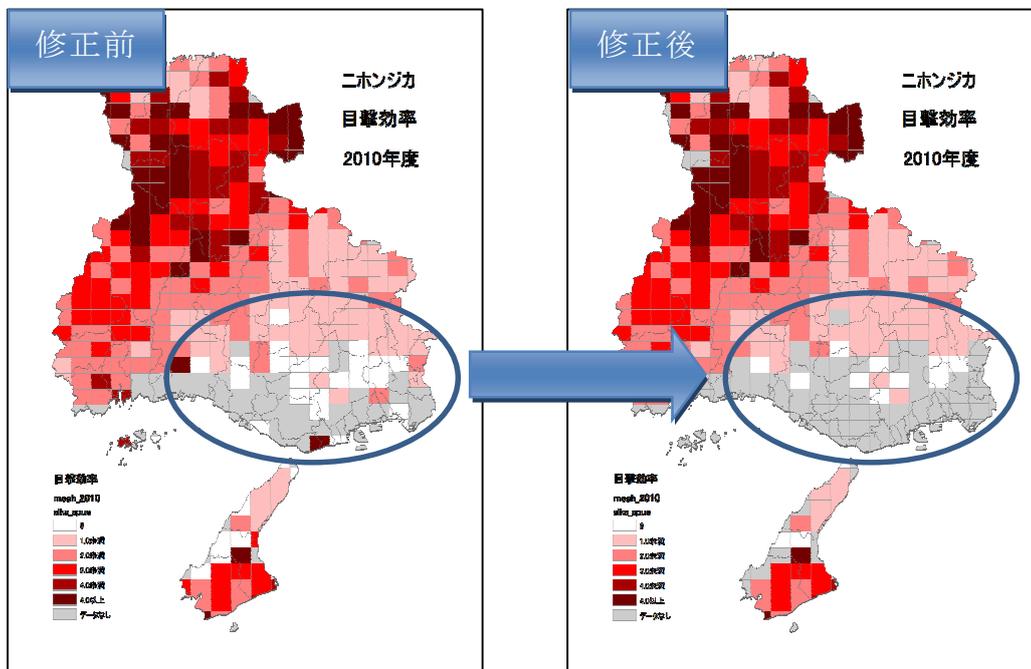


図 (4)-23 出力マップの修正

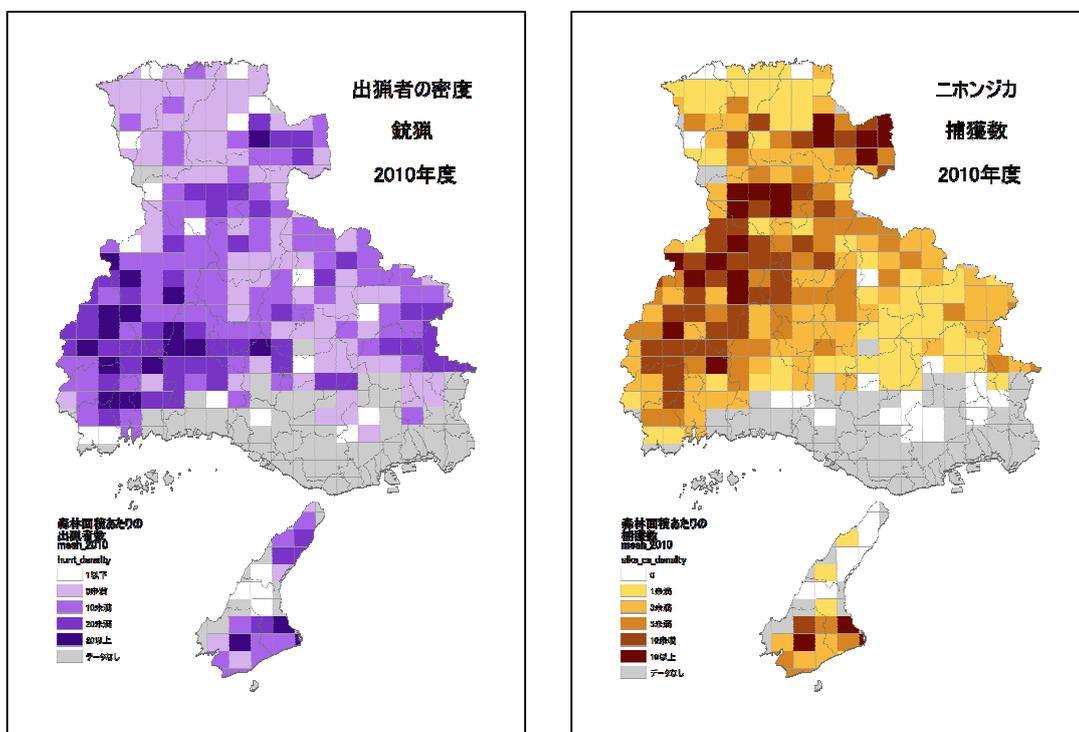
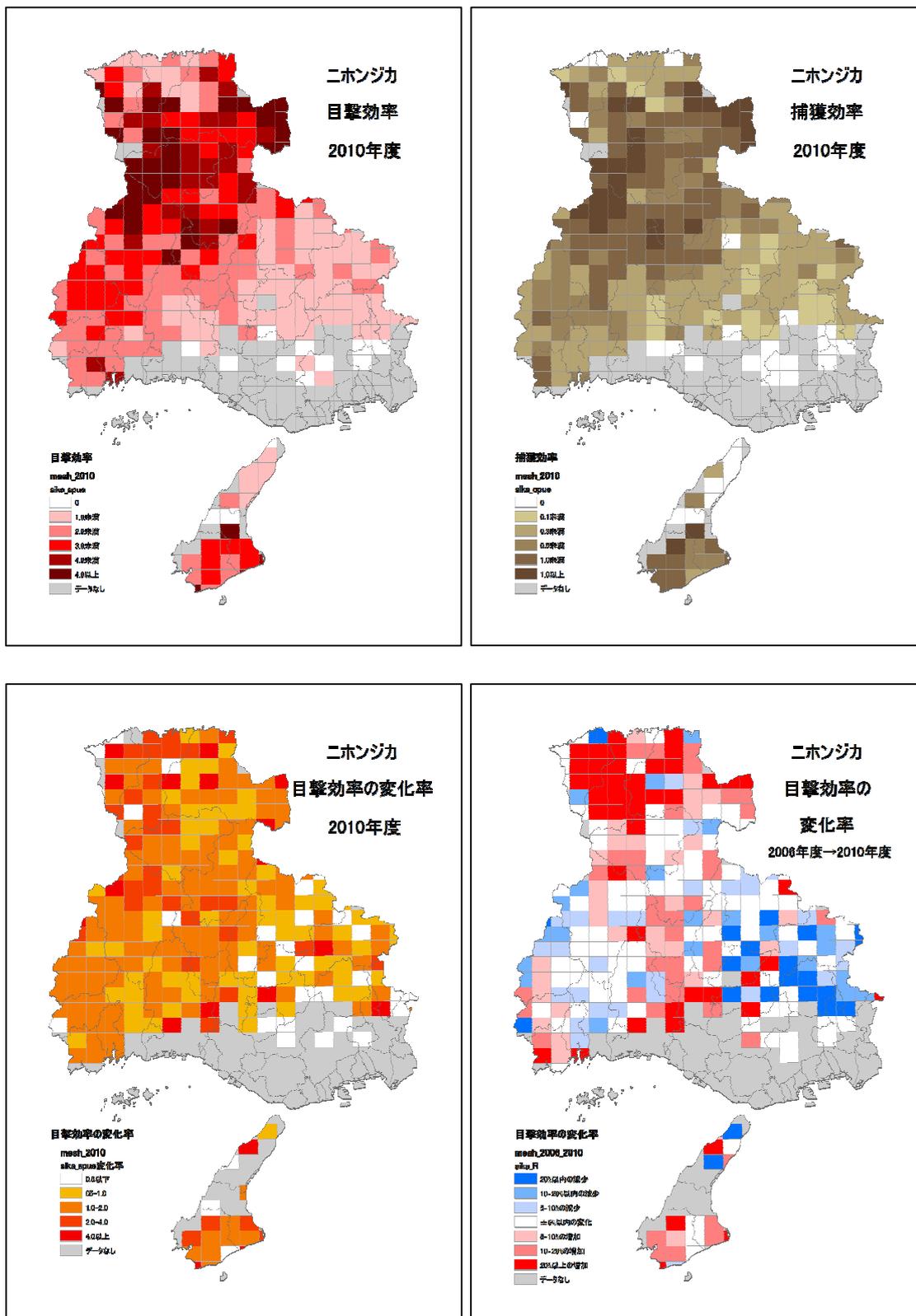


図 (4)-24 出力マップ

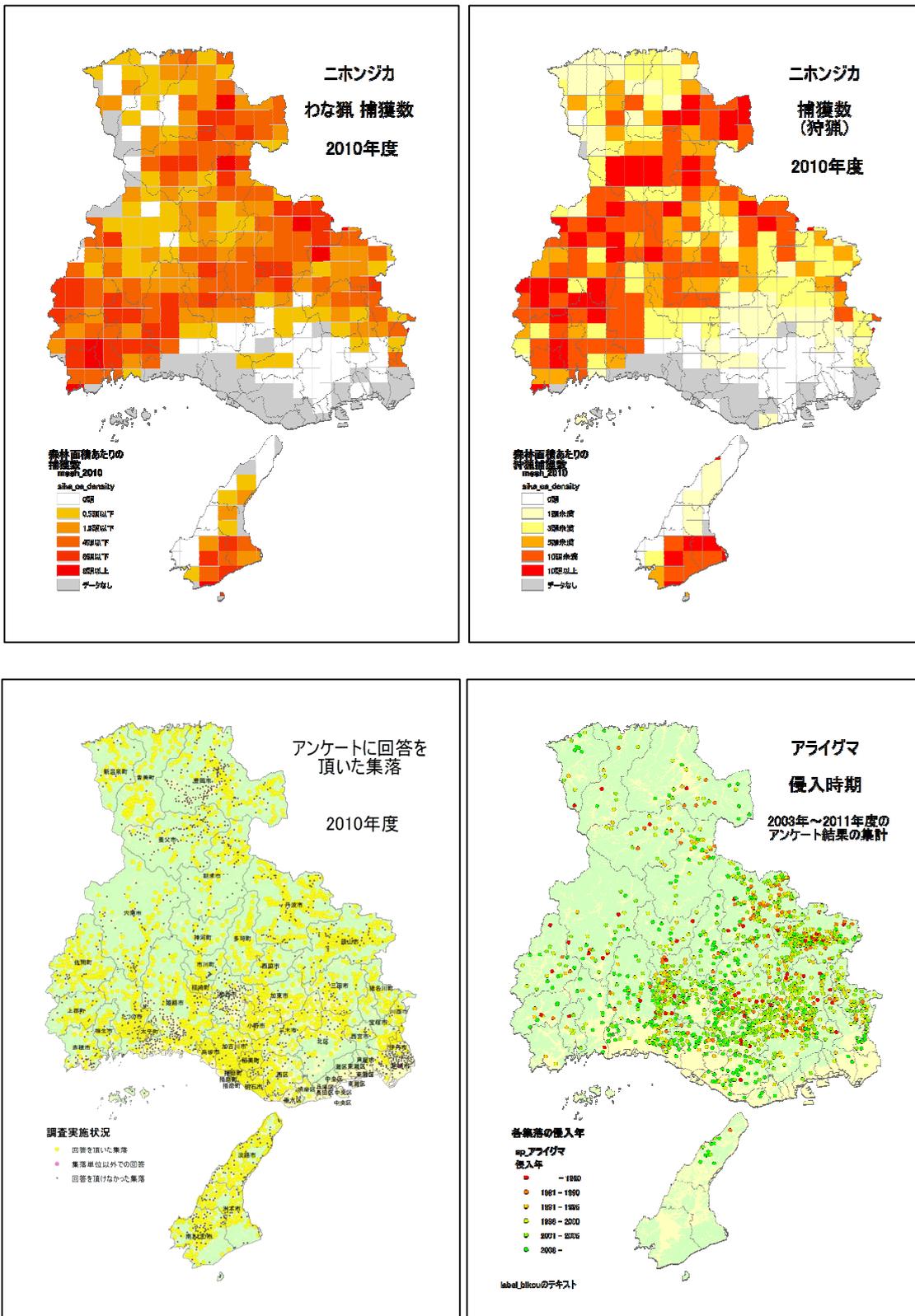
左図 出猟者密度マップ 右図 捕獲数マップ



図(4)-25 出力マップ

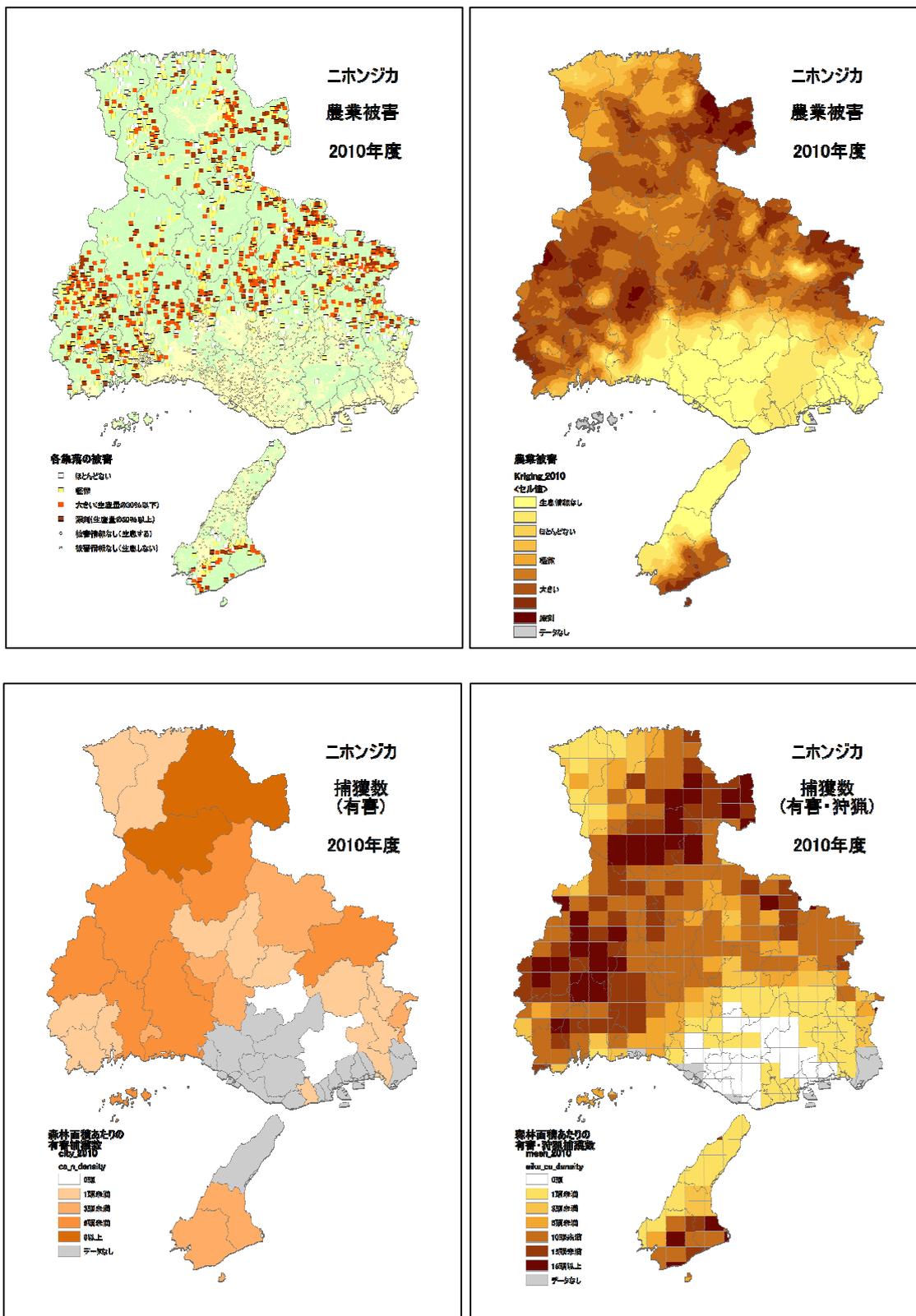
左上図 目撃効率マップ 右上図 捕獲効率マップ

左下図 目撃効率の対前年変化率マップ 右下図 目撃効率の変化率マップ



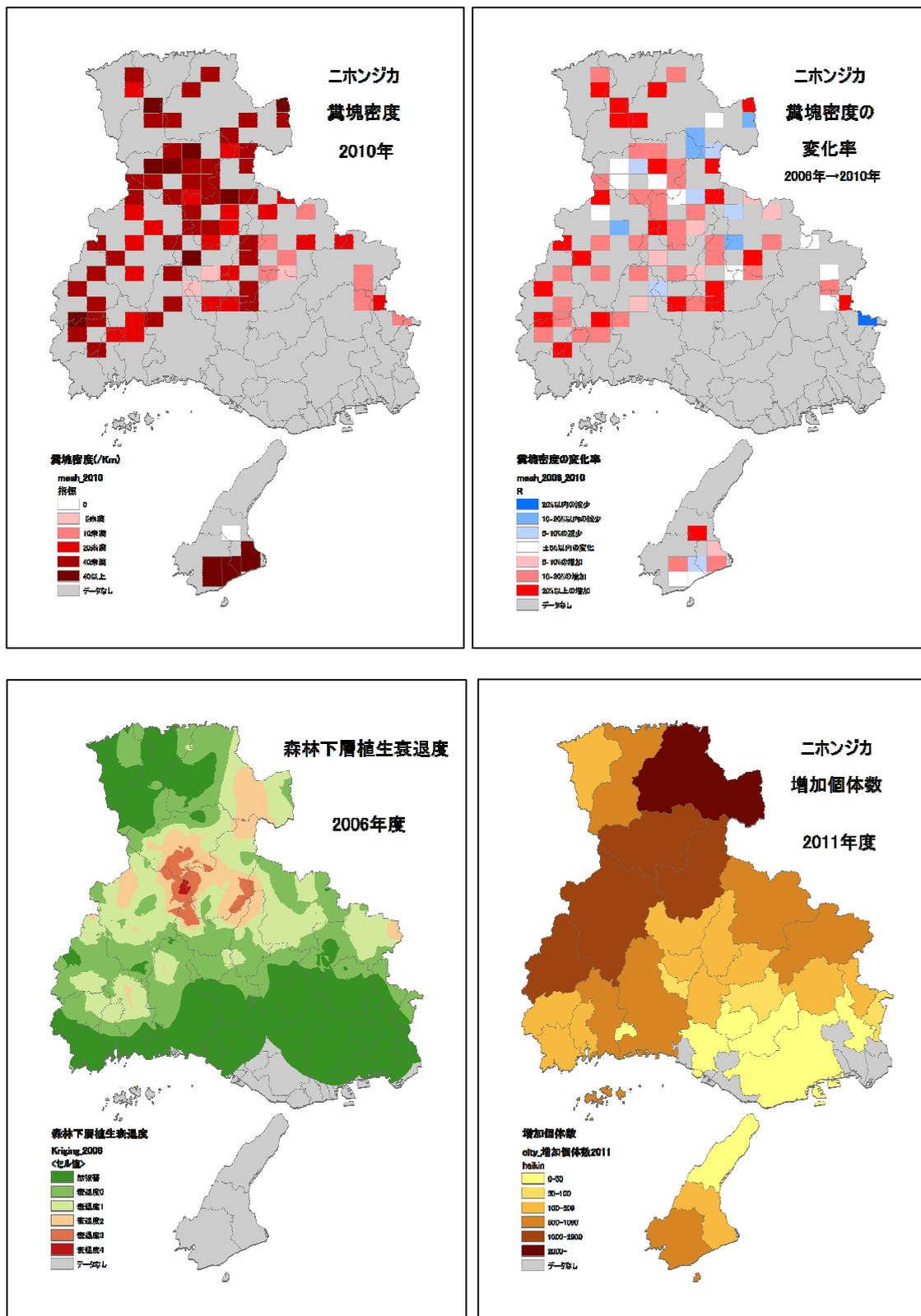
図(4)-26 出力マップ

左上図 わな猟捕獲数マップ 右上図 狩猟捕獲数マップ
 左下図 調査実施状況マップ 右下図 外来生物侵入時期マップ



図(4)-27 出力マップ

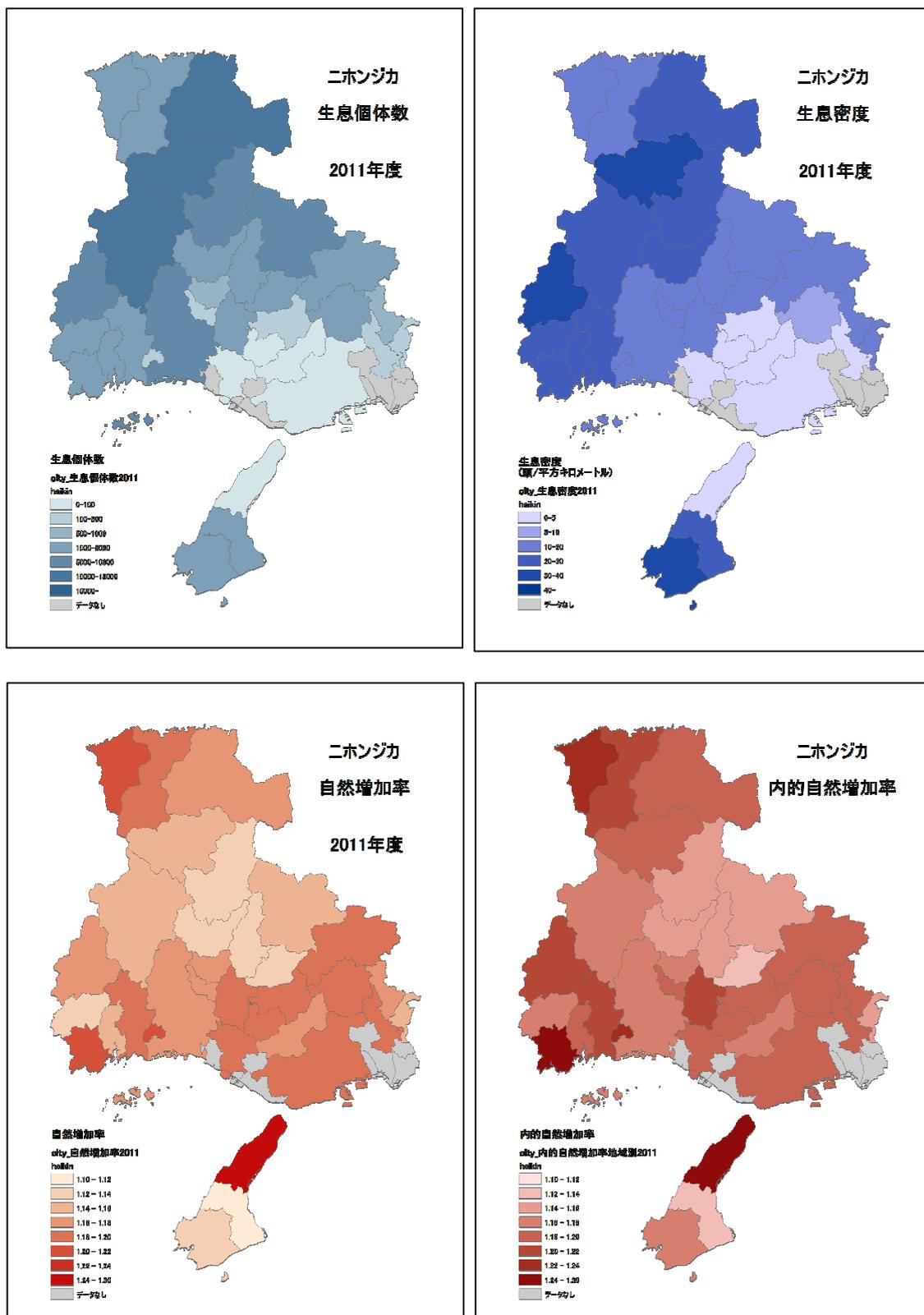
左上図 農業被害程度マップ 右上図 農業被害程度補間マップ
 左下図 市町別捕獲数マップ 右下図 メッシュ別狩猟・有害捕獲数マップ



図(4)-28 出力マップ

左上図 糞塊密度マップ 右上図 糞塊密度の変化率マップ

左下図 植生被害程度補間マップ 右下図 市町別増加個体数マップ



図(4)-29 出力マップ

左上図 市町別生息個体数マップ 右上図 市町別生息密度マップ
 左下図 市町別自然増加率マップ 右下図 市町別内的自然増加率マップ

5) 数値情報

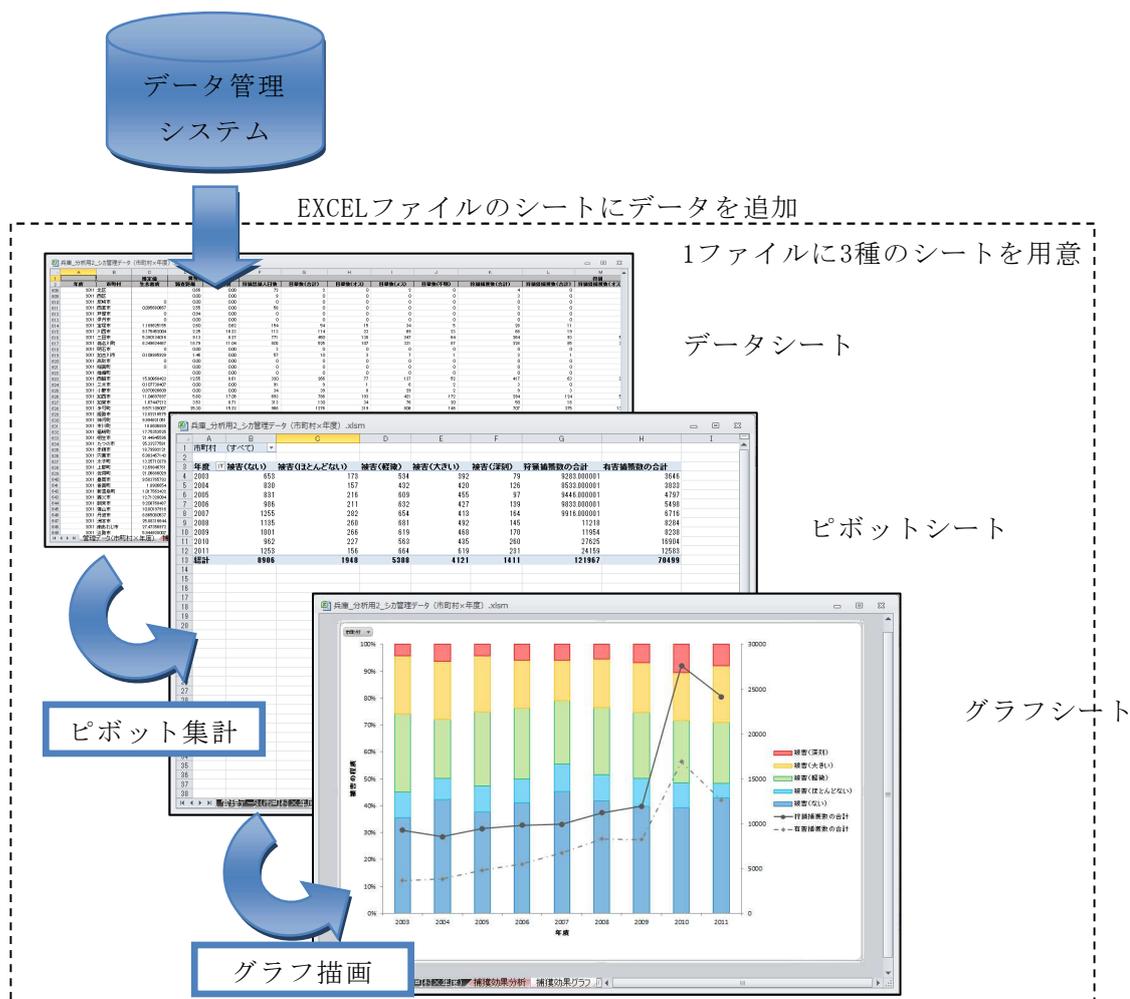
意志決定者独自の分析やデータ加工に対応するため、表(4)-3に示した入力されたデータをアウトプットする機能を設けた。

表(4)-3 数値データ一覧

データ元	データ名
狩猟カレンダー 関連	銃猟データ (CSV形式) わな猟設置記録データ (CSV形式)、わな猟捕獲記録データ (CSV形式)
農業集落調査開 連	農業集落調査データ (Excel形式)

6) グラフ・一覧表

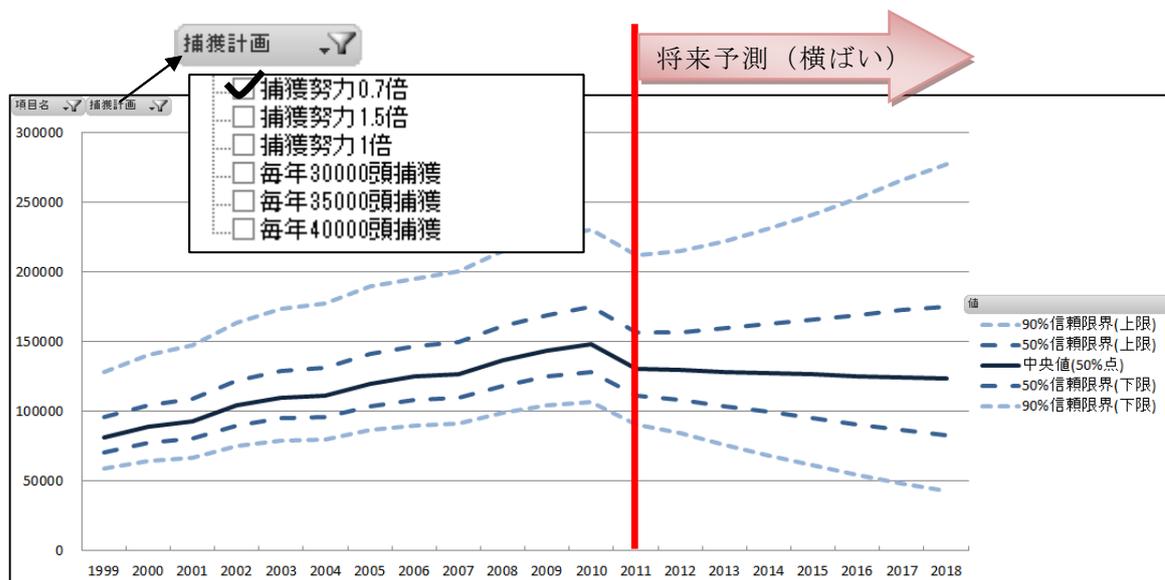
意志決定者独自の分析やデータ加工に対応するため、グラフと一覧表はExcelを用いて描画した。Excelファイルには3種のシート(データシート、ピボットシート、グラフシート)を作成し、データ管理システムからデータシートにデータを追加すれば、それを元にピボット集計とグラフ描画を自動で行う。



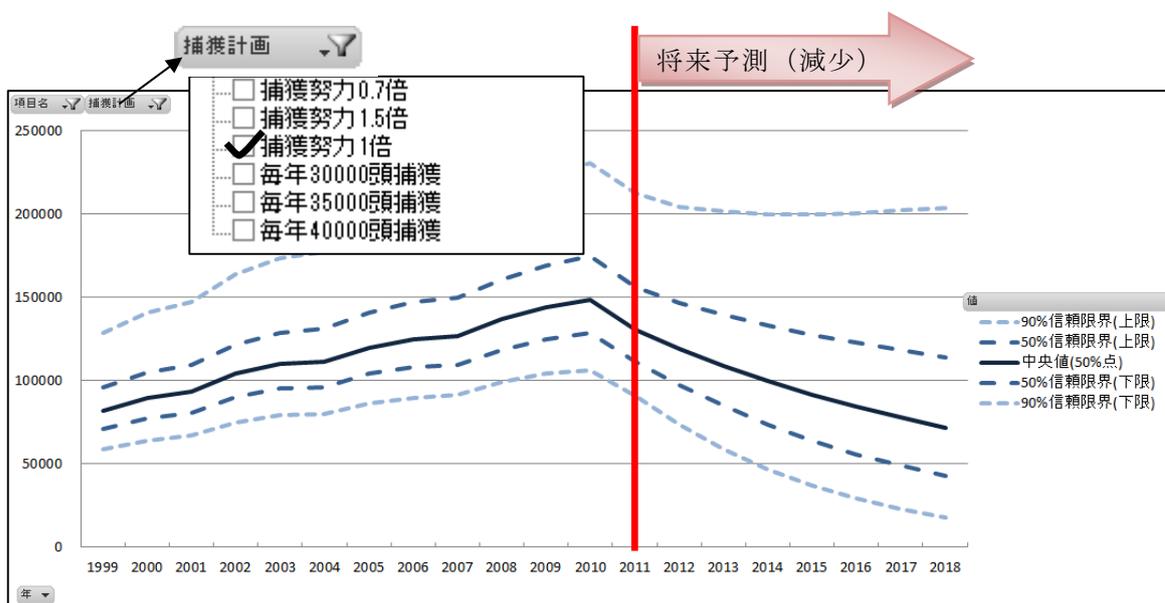
図(4)-30 EXCELでのグラフ作成イメージ

意志決定者は捕獲計画を選択するだけで、生息個体数の将来予測をシミュレーションできる。

- ・ 捕獲計画フィルタから、今後、毎年どれだけの捕獲を行うかを選択する。
- ・ 「捕獲努力0.7倍」を選択すると、今後は横ばいで推移することが分かる（図(4)-31）。
- ・ 「捕獲努力1.0倍」を選択すると、今後は減少することが分かる（図(4)-32）。

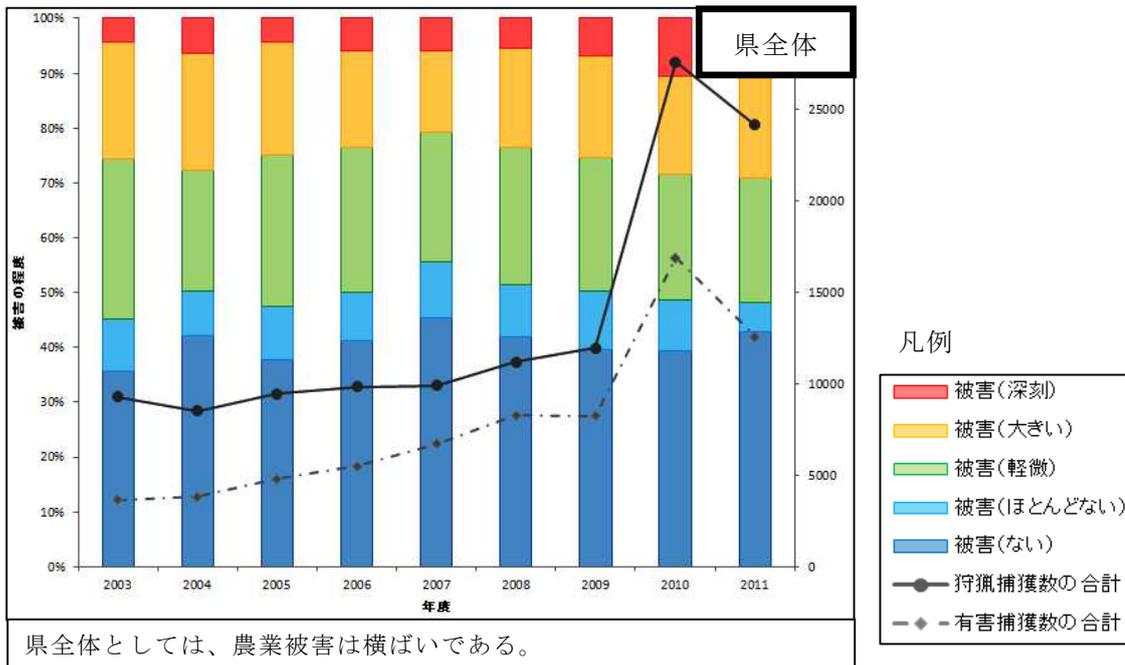


図(4)-31 シカ生息個体数の将来予測シミュレーション（捕獲努力0.7倍の場合）



図(4)-32 シカ生息個体数の将来予測シミュレーション（捕獲努力1.0倍の場合）

シカ捕獲効果グラフにおいて、市町毎の動向を把握することができる。(図(4)-33)



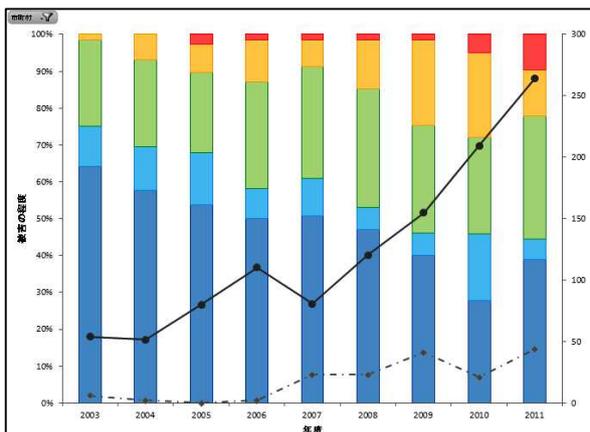
市町村

(すべて)
たつの市
芦屋市
伊丹市
稲美町
加古川市
加西市
加東市
香美町
高砂市
佐用町
三田市

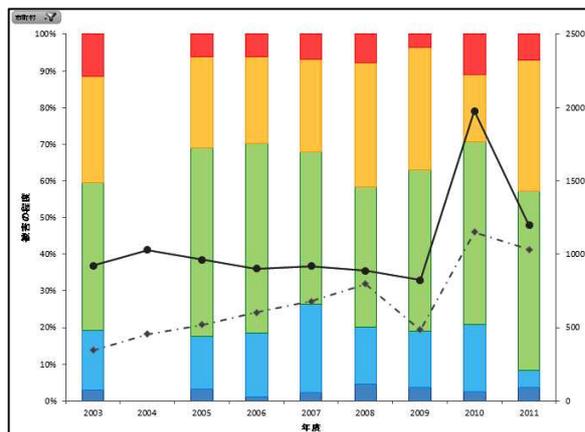
市町村フィルタから市町を選択する。

三田

朝来



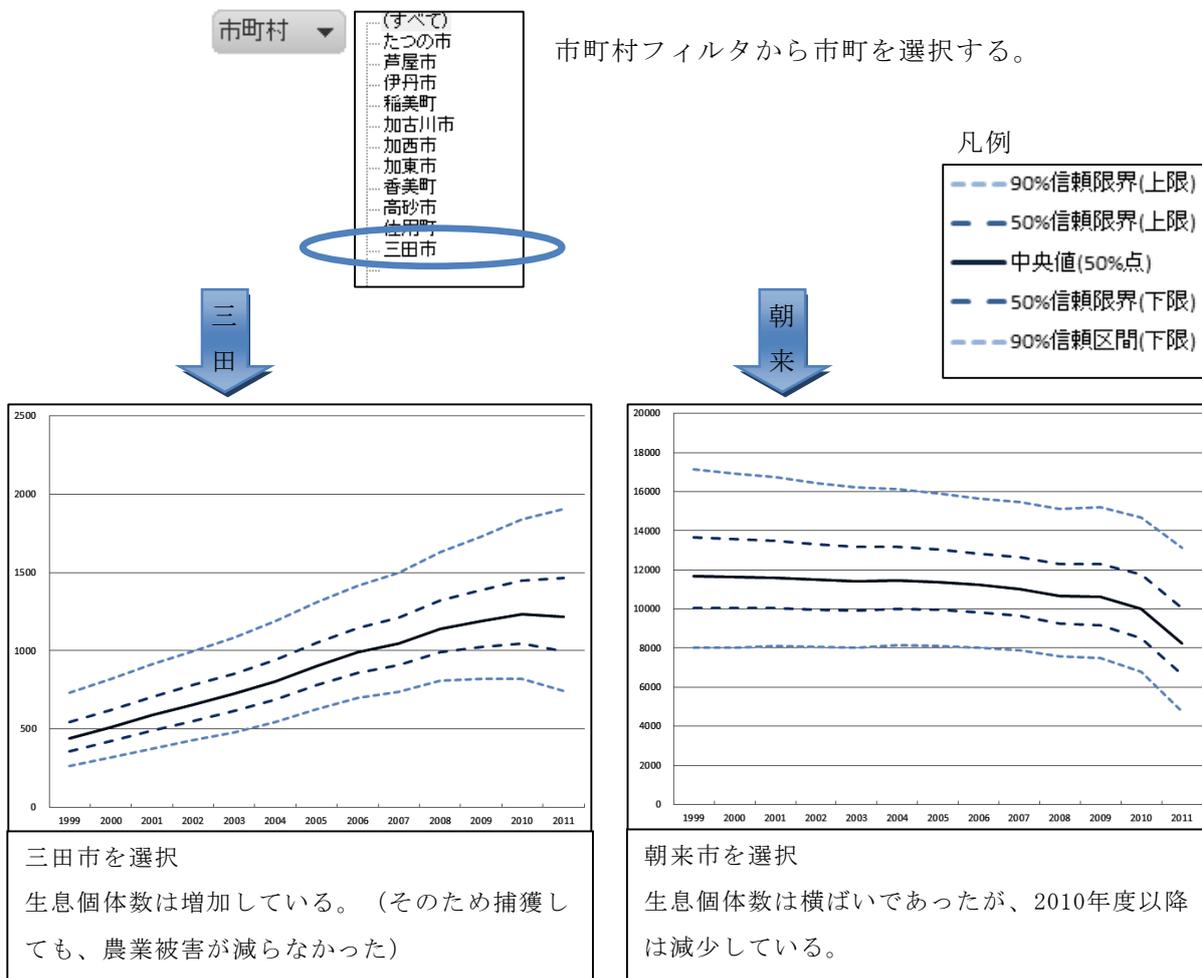
三田市を選択
2007年度以降、捕獲数は増加しているが、農業被害は増加したままである。⇒なぜ被害が減らないかは、シカ推定生息個体数グラフ(図(4)-34)を確認する。



朝来市を選択
捕獲数、農業被害ともにほぼ横ばいである。
被害が「軽微」「大きい」の割合が高い。
2004年度の農業集落調査の回収がない。

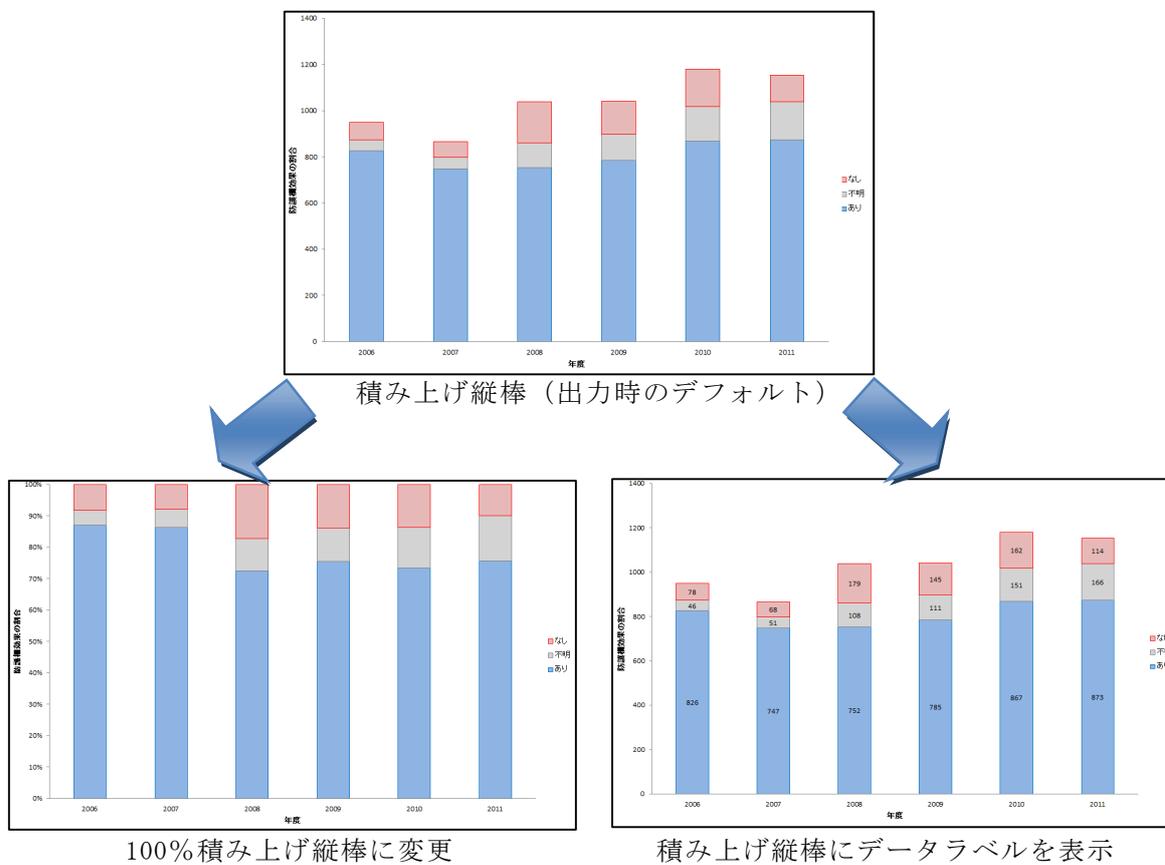
図(4)-33 シカ捕獲効果グラフ

シカの推定生息個体数においても、市町村毎の動向を把握することができる（図(4)-34）。



図(4)-34 シカ推定生息個体数動向グラフ

EXCELの機能を使用している為、グラフのスタイルを変更することが容易である。(図(4)-35)



図(4)-35 シカ集落から見た防護柵の効果グラフのスタイル変更

本システムで作成できるグラフは、表(4)-4のとおりである。

表(4)-4 グラフ一覧

集計単位	グラフ名
シカ管理データ（メッシュ×年度） または イノシシ管理データ（メッシュ×年度）	地域別データ集計表、捕獲効果グラフ、出猟日数経年変化グラフ、目撃数経年変化グラフ、目撃効率経年変化グラフ、銃猟捕獲数経年変化グラフ、捕獲効率経年変化グラフ、わな猟捕獲数経年変化グラフ、糞塊密度経年変化グラフ、捕獲数と密度指標グラフ
シカ管理データ（市町村×年度） または イノシシ管理データ（市町村×年度） 集落管理データ（獣種×集落×年度）	狩猟・有害データ集計表、捕獲効果グラフ、農業被害程度集計表 管理目標設定グラフ、防護柵効果グラフ、捕獲効果グラフ、対策実施グラフ
植生管理データ（林分×年度）	管理目標設定グラフ、捕獲効果グラフ
狩猟（銃猟）捕獲状況データ（年度×地域×時期×狩猟者）	シカ捕獲状況（狩猟者別）グラフ、イノシシ捕獲状況（狩猟者別）グラフ、狩猟者別分析集計表、シカ捕獲状況（時期別）グラフ、イノシシ捕獲状況（時期別）グラフ、シカ猟期延長効果グラフ、イノシシ猟期延長効果グラフ
狩猟（わな猟）捕獲状況データ（年度×地域×時期×狩猟者）	シカ捕獲状況（狩猟者別）グラフ、イノシシ捕獲状況（狩猟者別）グラフ、狩猟者別分析集計表、シカ捕獲状況（時期別）グラフ、イノシシ捕獲状況（時期別）グラフ
推定・予測データ（年度）	生息個体数動向グラフ、捕獲計画策定グラフ、予測値と実測値の比較グラフ、推定自然増加率ヒストグラム、生息個体数ヒストグラム
推定・予測データ（年度×市町）	生息個体数動向グラフ

(5) レポート配布様式

アウトプットするレポートをユーザに取り扱いやすい様式で配布するため、配布様式を研究した。このシステムで出力できるレポートは非常に多いため、必要とする情報を、速やかに参照することが困難になる。そこで、呼出し口になるHTML画面(図(4)-36)を作成し、ここからレポートを選択できるようにした。

10種類の動物（シカ、イノシシ、ニホンザル、ツキノワグマ、ハクビシン、アライグマ、ヌートリア、カラス、スズメ、ヒヨドリ）について、それぞれレポートをまとめた

リンクを右クリックし、メニューから「対象をファイルに保存」を選ぶと、任意のフォルダにファイルを保存することができる。

図(4)-36 HTML画面トップ

出力レポートが多いシカとイノシシは、重要かつ使用頻度の高いレポートのみを表示する概要版画面(図(4)-37)と全てのレポートを表示する詳細版画面(図(4)-38)に分け、その他の動物種については詳細版画面(図(4)-39)のみとした。



図(4)-37 シカ (概要版) 画面



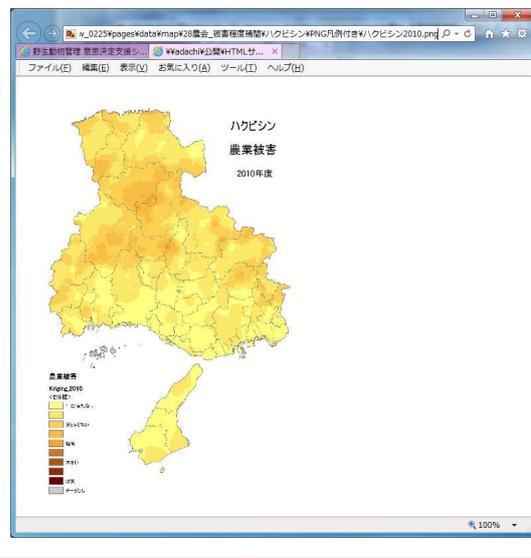
図(4)-38 シカ (詳細版) 画面



図(4)-39 ハクビシン画面

マップは[内容を見る]をクリックすると、リストが開き、年を選べる。

年リンクをクリックすると、ファイルが開く。



5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- ・科学的データを管理するためのシステムについて、入力支援から集計、分析、グラフやマップの作成までを行えるシステムを完成することができた。
- ・データの読取りや入力を、より精度を高く、高速化することによって、データ収集と分析の効率化が図られた。
- ・現状データに基づく個体数の推定や将来予測の分析が可能となった。
- ・意思決定に有用な40種類以上のグラフやマップが出力可能になった。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

- ・兵庫県、大阪府、三重県における農業集落調査や出猟カレンダーの入力及び集計作業並びにマップ出力作業について、本事業で開発したシステムを活用することにより、作業時間が飛躍的に短縮され、効率化が図られた。

<行政が活用することが見込まれる成果>

- ・従来、各都道府県の担当者が特定鳥獣保護管理計画の観点から独自の方法で行っていた、データ収集～入力～集計～分析～将来予測～レポート作成までの一連の業務を標準化・自動化することで、時間・労力・コスト面において飛躍的に作業効率を向上させることが見込まれる。
- ・本研究事業に参画する兵庫県、大阪府、三重県では来年度以降、実際の鳥獣報告に本システムの全体、または一部を採用する事が検討されているが、将来的には他の都道府県においても広く普及・活用されることを想定している。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

特に記載すべき事項はない

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない

(2) 口頭発表（学会等）

特に記載すべき事項はない

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

特に記載すべき事項はない。

Development of a Prediction and Decision Support System for Wildlife Management

Principal Investigator: Hiroshi SAKATA

Institution: Institute of Natural and Environmental Sciences, University of Hyogo
940 Sawano Aogaki Tanba Hyogo 669-3842, JAPAN
Tel: +81-795-80-5512 / Fax: +81-795-80-5506
E-mail: sakata@wmi-hyogo.jp

Cooperated by: Mie Prefecture Agricultural Research Institute
Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefecture
Brain Co., Ltd.

[Abstract]

Key Words: Specified Wildlife Conservation and Management Plans, Decision making, Bayesian estimation, Software package, wildlife management by prefectural governments

To control recent and serious conflicts with wildlife, such as those involving sika deer and wild boar, appropriate management operations are required. Because the Specified Wildlife Conservation and Management Plans by prefectural governments are an important part of this process, we developed a system to support the formulation and implementation of the required management plans. The system consists of a series of survey and data processing methods designed to detect the cause of problems and to predict both wildlife populations and the damage they cause. Software systems greatly contributes to apply the appropriate methods and to make reports. This study consists of the following four subthemes.

(1) Research on developing survey methods

To develop a standard survey format for hunting reports and crop damage, we investigated specific items of the survey conducted by prefectural governments.

(2) Research on developing statistical analysis methods

To improve the estimation accuracy and the adaptability of management options, and to improve the agreement with past results on population estimation, we developed four kinds of harvest-based Bayesian estimation models using data collected by the methods of subtheme 1. Moreover, we developed stochastic simulation methods to consider and compare management strategies.

(3) Research on developing content for decision-making

To develop the model components that contribute to wildlife management, we investigated the current status and issues of The Specified Wildlife Conservation and Management Plans. Accordingly, we developed 42 components to help establish management goals and select a more effective management strategy.

(4) Development of software to implement the series of methods

To utilize the data efficiently, we developed subsystems to manipulate data and to make certain reports automatically.

研究番号：D-1003

研究課題名（研究期間）：野生動物保護管理のための将来予測および意思決定支援システムの構築に関する研究（H22-H24）

研究代表機関名：兵庫県立大学自然・環境科学研究所

システム開発の背景と目的

（背景）

野生動物問題の深刻化

（シカ・イノシシ等の農林業被害）

想定以上に困難な課題解決

（科学的裏付けの不足）

（目的）

- ▶ 都道府県の野生動物の管理能力の向上
 - ▶ 調査・データ分析・レポート作成手法の標準化
 - ▶ 個体数推定や将来予測、対策の効果検証
 - ▶ 計画策定、合意形成、進行管理の支援
- ↓
- ▶ これらを実現するソフトウェアシステムの構築

システムの概要

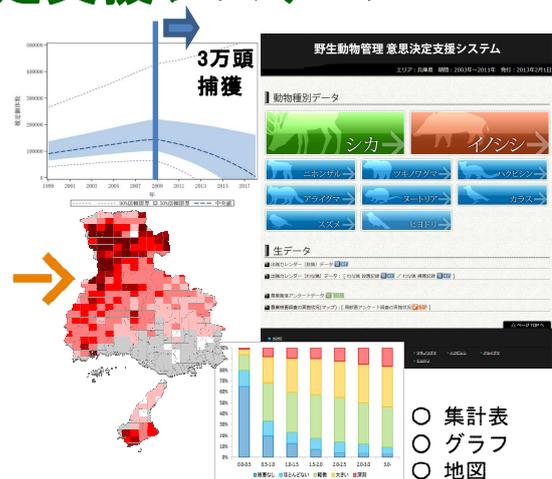
適切な課題抽出、目標設定、効果検証のための 野生動物管理意思決定支援システム

○ 標準化された調査



- 既存の行政データ
- 独自の野外調査等

野生動物管理
意思決定支援
システム



入力支援機能

データ分析機能

レポート作成機能

【このシステムで行えること】

- ・被害と対策の現状把握
- ・個体数の推定と将来予測
- ・目標設定
- ・課題の抽出
- ・対策の効果検証 など