

マルチエージェントシステムを適用した獣害対策効果の簡易な予測手法

Applying a multi-agent systems (MAS) for simplifying the simulation model for agricultural damages by wildlife

石川県立大学生物資源環境学部 環境科学科 山下 良平

Abstract

I built the simulation model applying multi-agent systems to analyze the effect of measure for wildlife damage simply. This paper shows the mechanism, user interface, and improvement of this model for practical use.

Keywords: wildlife damage; forecasting of damage; multi-agent simulation

1. はじめに

(1) 研究背景

野生鳥獣による農産物被害額は、動物差はあるものの全体として急増傾向にあり（図1）、その多くは中山間地域等の農家の高齢化が著しい条件不利地域に集中している。農林水産省の発表によると、平成26年度の鳥獣被害防止総合対策交付金としての予算概算要求額は100億円にのぼり（農林水産省, 2013b）、これは、平成24年度の農業総産出額約8兆5000億円のうち耕種系の額が約6兆円であることを踏まえると（農林水産省, 2013c）、その被害の大きさは明白である。また、これらの被害は農家の営農意欲を削ぎ、条件不利地域を中

心に鳥獣被害に起因する離農が急速に進んでいる。当然のことながら捕獲体制の強化は重要な制度的課題であるが、高齢化社会の進行や銃刀法改正の影響もあり、猟師数は減少傾向である。よって、適正な個体数管理と並行して、迫り来る野生鳥獣に対して強靱な被害防除体制の確立が、集落計画の重要な課題として位置づけられている。

学術的な関心についても、かつては野生動物の生態学的理解や被害額推計が積極的に進められてきたが（注1）、近年では農村地域住民が野生鳥獣害に対応する様々な取り組みに焦点が当てられている（注2）。ここでは議論の焦点を絞るため、考察対象動物をイノシシに

限定し（注3）、集落計画等に含まれるソフト面における被害対策を想定して既往研究を整理する。

まず、農家あるいは非農家を含む農村住民が獣害に対して如何に向き合っているかについて、和歌山県を事例に集落特性を指標として比較し、地域に見合った適切な獣害支援のあり方を探った研究として、木下ら（2007）や丸鬼・武山（2008）がある。特に、非農家との協働による獣害対策のパフォーマンスが高い

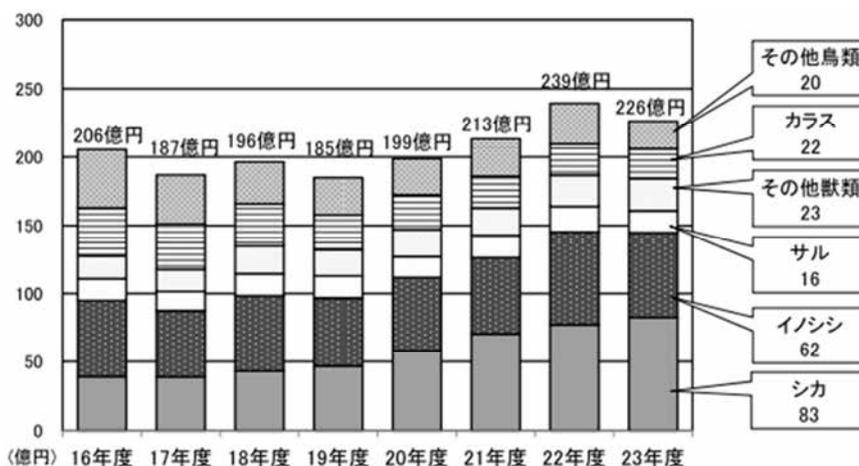


図1. 野生鳥獣による農作物被害額の推移（農林水産省, 2013a）

注）都道府県からの報告によるもののみを集計した数値であるため、実際にはさらに多くの被害が出ている可能性もある。

地域は、農村活性化活動の一環と位置づけて、中山間地域等直接支払制度や農地・水・環境保全向上対策を有効に活用している実態も明らかとなった（木下ら、2009）。

また、その連携は集落内に留まらず、水平的、垂直的な施策・取り組みの連動を視野に入れた研究もある。例えば、東口ら（2011）は隣接する集落間での防除対策の連携を評価する指標構築を試みている。さらに、長門・吉仲（2011）や岸岡ら（2012）、岸岡ら（2013）は、施策として獣害対策を主導する主体としての自治体の規模に着目し、府県、基礎自治体による対策の住民評価や、府県～市町村の担当部署の組織的特徴や連携の構造に言及している。

近年の新しい傾向として、野生動物の生息域と人間の居住地域の接点となる空間領域（バッファゾーン）や心理状況（被害許容）が研究対象となっている。例えば兵庫県を事例とした布施（2011）、和歌山県を事例とした武山・九鬼（2010）及び武山ら（2011）、岐阜県を事例とした中村・松本（2013）等がある。これらの方向性には、「如何に防ぐか」のみに焦点が当てられてきたこれまでの研究課題に対して、共存や共生という概念が表出してきたと見て取ることができる。

(2) 本研究の課題

以上にまとめたような、農業集落における獣害問題を社会科学の視点から捉えた研究に対して、既に動物行動学分野では、動物種別問わず野生動物の行動を工学的に取り扱う考え方が浸透している。具体的には、野生動物の捕食行動や逃避行動を数理モデルとして記述するという研究蓄積が厚い。本研究の目的は、これらの知見を結びつけて、被害対策の現場で活用できる実践的な手法の開発に向けて、基礎的なシミュレーションモデルを構築し、実験的な検討を行うことである。これらの知見の接点には、鳥獣害対策研究が抱えていた「対策の効果を検証するまでに時間を要する」「対策が本当に有効なのかについて、事前の検討が殆ど不可能である」「対策案の比較をすることも容易では無い」というような、現場で短期間に実証することが難しい課題を克服できる可能性が見出される。

地域での鳥獣害対策効果を簡易に検討するモデル化手法として、複雑な主体の多様な行動の相互作用をモデル化することに優位なマルチエージェントシステム（Multi-Agent systems/simulation、以下MASと略記）の考え方を援用して予測モデルを構築した。MASは、上記の特性から、本研究課題への有効性が高く期待される一方で、管見の限り鳥獣害対策現場での普及を視野に入れて適用された例はない。

本研究では、今後多様なケースでの実証実験で有効性を高めていく前段階として基本モデル（プロトタイプ）を試作し、その実用に向けた改善点を議論する。

(3) MAS の概要

MASは、研究対象とする社会システムの動態の時系列予測（記述）手法の1種である。まず、エージェントとは、代理人あるいは取次人等、誰かの代わりに何らかの業務を遂行する主体という意味を指す。図2に示すように、その関係は、研究者や設計者等の外部の依頼人1人に対して多数のエージェントが存在する場合や、1対1で結びついた依頼人とエージェントの組が同時に複数存在する場合もある（生天目、1998）。ゲーミングシミュレーション等におけるロールプレイ（Role Play）を介して人材教育を行う場合は「多対多」の構造で研究が進められることもあるが、本研究では現場での適用も視野に入れて、外部の設計者がシステム全体を考える「1対多」の構造でモデル化を行う（注4）。

通常の場合、MASの概念は「人工社会」と呼ばれる解析可能な数理モデルとして実装される。モデルは「①個々の主体が周囲の状況を見ながらどのような意思決定を行って

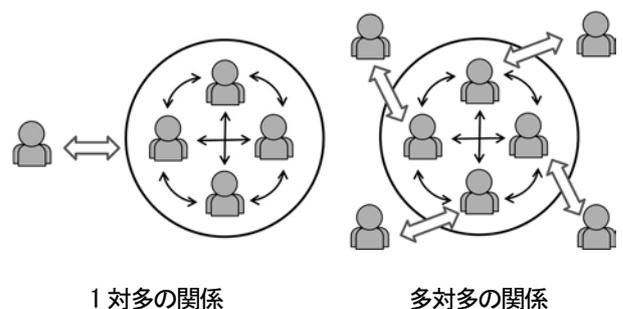


図2. 依頼人（研究者や設計者）とエージェントの関係

出典）生天目（1998）、p11より抜粋

いるか」「②環境条件が時間経過とともにどのように変化しているか」「③主体同士の相互作用、主体と環境の相互作用はどのようなメカニズムによって成立しているか」というマイクロレベルの情報から構成される。そして、それを元にマクロな社会現象を予測するという思考方法である。上記の①～③を数理的に表現した人工社会モデルを構築するという手法は、自然科学だけではなく社会科学分野でも応用の幅は広がっている。

本稿のモデルは、(株) 構造計画研究所創造工学部によって作成されたartisoC Ver.3.0を用いて構築した。

2. モデルの構造

(1) 分析内容の全体像

シミュレーションの基本的な内容は、仮想的な農業集落の範囲内において、既往の鳥獣被害観察研究からある程度一般化される行動の特徴を反映し、自律的に活動する意思決定主体としてモデルに組み込まれた野生動物が動き回るといったものである。野生動物は餌を求めて里に侵入し、人間は防除柵を設置したり、追い払いをしたりすることで野生動物を農地から遠ざけようと試みる。以上の構造を基本として、様々な状況を想定してシミュレーション結果を比較することで、設置する防除柵の効果を試行錯誤的に検討するというものである。

現段階のプロトタイプではモデル化対象動物はイノシシのみであり、また農家行動から農作業自体の詳細な作業時間を捨象している簡易な構造なため、防除柵の補修、農地の見回り（威嚇行動）の効果を大局的に予測することが目的である。シミュレーションの大まかな全体像を図3に示す。なお、シミュレーションの時間軸は実時間の尺度及び時刻に対応している。

以下で各部分について詳細に説明する。

(2) 空間及び集落の組成

人工社会モデルとして構築した農業集落は、現実的な圃場スケールを意識して、1km 四方を100×100セルで分割した地形とする（図4参照）。各セルが独立した区画であり、その内部の土地利用構成（地目別）を、農地 $X_1\%$ 、道路（通路） $X_2\%$ 、雑草の繁み $X_3\%$ 、で配

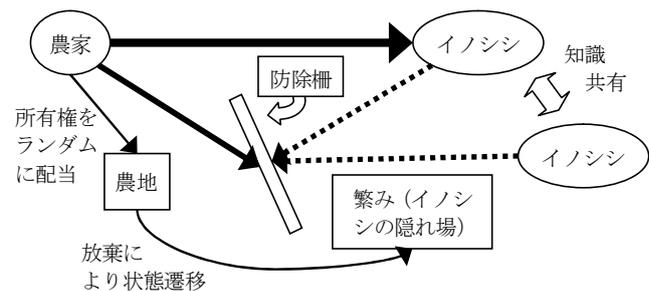


図3. シミュレーションの概念図

分し、シミュレーション開始時にランダムに配置されているものとする（注5）。図4では全ての農地は柵で覆われている状況が例示されているが、様々な柵の設置形態を想定することも可能である。

空間内の集落には n_1 人の農家が居住している。農家（1農家につき1農業従事者）のうち、 $S_1\%$ は男性、 $S_2\%$ は女性であり、年齢構成は16～25歳が $A_1\%$ 、26～50歳が $A_2\%$ 、51～65歳が $A_3\%$ 、66歳以上が $A_4\%$ 、である。農家の宅地は図3中の点線の丸印の箇所のいずれかになるようにランダムに割り振った。同様に、 n_2 匹のイノシシの棲み家もランダムに決定するが、イノシシが出入りする棲み家は点線丸印内以外の空間の縁にあるものとする。各農家は専業農家（全体の $F_1\%$ ）、第1種兼業農家（全体の $F_2\%$ ）、第2種兼業農家（全体の $F_3\%$ ）という固有の属性があり、それぞれの属性に従った行動様式をとる（詳細は後述）。

その他、イノシシの侵入に対して設置する柵の強度は、設置主体である農家個人の資産力に強く依存すると推察されるが、現実の農村の多様な生活スタイルを念頭に置けば、上記の農業従事の属性と関連づける根拠が希薄であるため、各農家が設置できる柵の強度は属性と無関係にランダムに決定される。

土地利用、イノシシ数、農家の組成に関するパラメータを表1のように設定する。

(3) 農家の動き

各農家は属性に応じた活動可能時間に従って、独自の移動速度で農地を回る。栽培管理等の詳細な農作業行程の概念を捨象していることから、農家の基本的な行動は農地を「管理」（農地利用に相当）し、柵を設置・

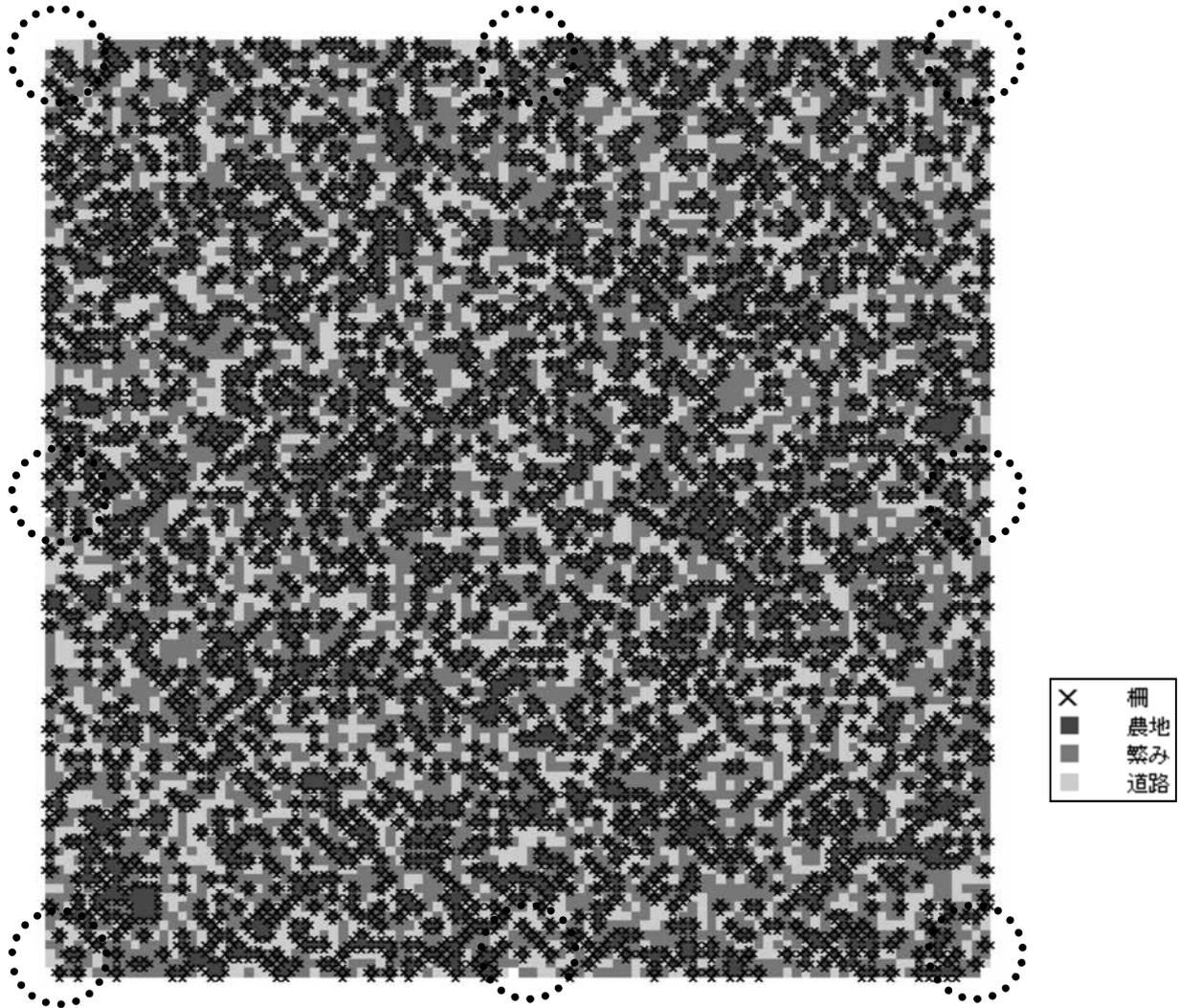


図4. 空間のレイアウト (注: ランダム配置の結果、隣接した農地は同一の農地として識別される)

表1. 農地・イノシシ数・農家の組成に関するパラメータの設定値

X_1	X_2	X_3	n_1	S_1	S_2	A_1	A_2	A_3	A_4	n_2	F_1	F_2	F_3
30	30	40	40	50	50	25	25	25	25	20	30	20	50

補修することで獣害から「守る」ことのみである。各農家が一日で農地の見回りに費やす時間はその属性に従い、専業農家では T_1 時間、第1種兼業農家では T_2 時間、第2種兼業農家では T_3 時間とする。歩行速度は年齢によって表2のように規定され、人間の視野は半径20m、視野角 180° とする(兼田, 2010)。

農家の行動の優先順位は、①「自身が管理する柵に損傷が確認された場合、その箇所に向かって柵を補修する(注6)」、②「柵の補修の余剰労働力で農地の維持管理を行う」、③「①～②の道中でイノシシと遭遇した場合は、イノシシを追い払うかその場で立ち止まり

表2. 農家の歩行速度の平均値(単位: m/s)

年齢区分	～25歳	26～50歳	51～65歳	66歳～
移動速度	1.55	1.47	1.38	1.16

イノシシを威嚇する(注7)」である。農地の維持管理には、1つの圃場あたり1回の訪問で10～60分の作業を行うものとする。なお、農家は一日の活動時間を終えると各々の自宅に戻る。

各農家の属性に従う一日の活動時間(移動時間含む)を示すパラメータの設定値は表3の通りである。

表3. 農家の一日の活動時間 (単位: Hour/Day)

属性	T ₁ (専業農家)	T ₂ (第1種兼業農家)	T ₃ (第2種兼業農家)
時間	8	4	2

表4. イノシシの行動に関するパラメータの設定値

M ₁	M ₂	R ₁	T ₄	n ₃	S ₃
10	30	50	40	5	50

(4) イノシシの動き

イノシシは1日のおよそ3分の2を休息に充てており、残りの活動時間の大半を摂食活動やそれに伴う移動行動に費やしている。また、その際の行動範囲がおよそ1kmであり、本来昼行性だが、人間の活動範囲とされる地域では夜行性となる傾向が強いことが知られている(農林水産省, 2011)。以上の観察研究の知見を踏まえて、本モデルでは、イノシシの移動速度を $M_1 \sim M_2$ (km/Hour)、視野は半径 R_1 m (視野角 360°)、活動時間を T_4 時間程度とし、活動を開始する時間帯は12時をピークとする。そして、その全てを農地への侵入及び食事に費やすこととする。シミュレーションで想定される空間は1km四方であるため、今回想定される空間上の全てをイノシシの行動範囲内とし、活動時間外は集落外にて行動停止となる。また、イノシシは人間を発見した際に、最短の繁みに身を潜めるという行動をとる。イノシシの学習能力や情報共有能力は既に動物行動学では広く知られるところであり、本モデルにおいても、イノシシの学習能力を実装するために、全てのイノシシが、農地、人間、柵に関する知識の3つを保有している。

農地に関する知識とは、各農地へ侵入する際のリスクの大きさを意味する。具体的には、農地へ侵入するまでに人間に遭遇した回数であり、侵入する農地を選択する際にこの知識を活用する(注8)。人間に関する知識とは、対峙した人間が追い払いをするタイプか止まって威嚇するタイプかを見分ける能力であり、 n_3 回以上遭遇した人間のタイプを記憶するものとした。柵の知識は柵の強度を表しており、一度破壊した柵の強度を識別可能とする。また、群れの中での学習行動を実装するため、 $S_3\%$ のイノシシは他のイノシシと接触した際に知識を共有するものとした。なお、イノシシは人間と同様に、一日の活動を終わると帰巢する。

イノシシの動きに関するパラメータを表4のように

設定する。

(5) 耕作放棄のメカニズム

以上の枠組みにおいて、実社会と同様の時間スケールで「人工社会」でのシミュレーションが実行される。本モデルでは、農家の活動時間に上限を設けており、イノシシ被害の防除や、農地管理が完全に行えるわけではなく、当然のことながらイノシシに柵を破られ、農地への侵入を許す場合がある。1度破壊された柵や侵入を許した農地は即座に再生不可能になるわけではなく、農家が修復、あるいは管理をすることによって再生する。ただし、現実の農業活動においても見られるように、被害が度重なることによって農家は柵の修復や農地の管理を放棄する。本モデルでは、被害量(農地への侵入の回数)を季節毎(3ヶ月毎)に集計し、前期に対しての被害量の増減を農家自身が計算する。そして、何期か連続して被害量が増える傾向が続いた場合に、農家は所有農地を全て放棄する(注9)。

管理が放棄された農地は1ヶ月後に繁みに変化し、農家に威嚇されたイノシシが身を潜める場所へと変化する。繁みの中に侵入したイノシシは農家の視界に入らないため、耕作放棄はイノシシの隠れ場所を増やすことになる(注10)。

3. シミュレーションの試行

(1) ケーススタディのためのシナリオ設定

現段階ではパラメータ設定値やシステム境界の設計、あるいはエージェント間の相互作用の仕組み等の点で簡素な構造に留まっているため、モデル全体を調整(Tuning)する必要がある。また、実際の社会をモデルにしていない完全人工社会モデルであるため、得られたシミュレーション結果の妥当性を議論することもできない。したがって、ここではモデルがどのようなシミュレーション結果を導きうるかを確認するこ

表 5. 柵に関するシナリオの設定とその内容

	シナリオの内容	モデル構造に関する補足
Case1	個別の農地を柵で囲む	個人の農地を囲う柵はその農家の責任で管理される。
Case2	柵で空間を9分割(3×3)し共同管理	所有農地はランダムに配置され、柵の補修は所有地から半径20m以内
Case3	集落全体を柵で囲んで共同管理	Case2と同様

とを目的として、表5に示す簡単なシナリオを設定する。Case1は図4で示した通り、各農地を個別の柵で囲う状況である。農地の所有権は何れかの農家にランダムに配分されるため、必ずしも自宅近くに所有地があるとは限らないが、イノシシの侵入から農地を強固に守り、またイノシシを発見する機会も多い。対して、共同作業を前提として費用削減を想定した柵の配置を再現したものがCase2とCase3である。柵の補修は便宜的に所有地から20m以内を担当するものと仮定した。

これらのCase設定は柵と農地が接する面の総延長によって区別されるものであり、端的には柵の密度と被害量との関係を推察するための分析枠組みである。よって、本シミュレーションの結果が示唆するものは、今後、被害対策の費用対効果分析へと研究が発展していく過程において、ベースとなる手法の構築という観点から極めて重要な意味をもつと期待される。具体的には、本シミュレーションでは捨象しているが、実際には柵の設置には費用がかかるため、費用削減がどの程度被害増に繋がるか、あるいは被害を目標水準に押さえるにはどの程度の補助金が必要になるかについて、現実的な施策を考える際の参考情報となりうる。

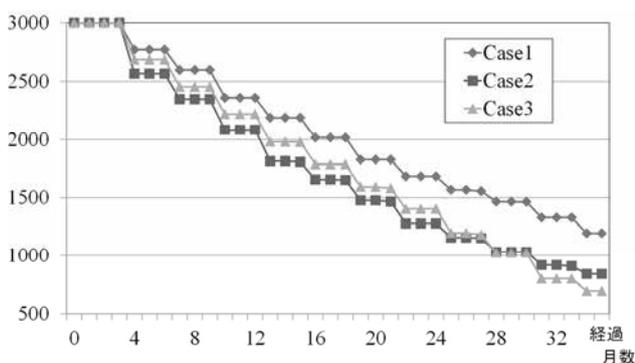


図5. 保全される農地数の予測結果

シミュレーションでは、全農家と全イノシシの行動が一通り終了して1ステップとし、1ステップを30秒と考えて300万ステップ(3年間)の実験を行った。なお、昼夜を示す時刻は識別されているが、現状では季節変動は考慮されていない。

(2) シミュレーション結果とその解釈

以上の枠組みでシミュレーションを行った結果、保全されている農地数は図5のように推移すると予測された。図5を解釈するならば、今回のシミュレーションの設定下では、3年間の農地保全面積で比較した場合、個別に農地を柵で囲うCase1が最も効果的であると予測されている。他方で、柵の張り方を変化させたCase2とCase3では、結果に大きな差は見られなかったが、柵の張り方が粗くなった場合に、1度侵入したイノシシは集落内を自由に徘徊できる状況になるため、被害が広がっていく状況を描写している。現段階ではその差分について厳密な考察は不可能であるが、少なくとも複数の意思決定主体の相互作用がマクロ現象を創発し、ミクロな初期状況の差違が将来予測結果に影響を及ぼしていることが確認出来る。これはつまり、主体間の相互作用によって成立するMASの要件が成立していることを表しており、今後の精緻化次第では現場で有効活用できる可能性の一端が示された。

4. 今後の発展可能性

本稿では、対象動物をイノシシに限定したうえで、人間・動物・環境間の相互作用や状態遷移ルールを組み込んだMASモデルを構築し、被害対策効果の簡素な予測手法を構築した。現段階はモデルの開発過程であるため、簡単なケーススタディを示すにとどめたが、さらに現場の情報を収集し、モデル構造の精緻化や操

作性を高めていくことによって、鳥獣害対策の計画策定に有益な情報をもたらさうツールとなろう。改善点を挙げるならば、例えば、人間の見回り行動をより詳細に捉えるとともに、柵設置にかかる費用やイノシシに対峙した際の複雑な行動パターンを加味する必要がある。また、現実的な農作業行程の反映やイノシシの侵入を受けた後の対応等も重要な改善点であると言える。

シミュレーション結果の表記について改善点を上げるならば、GIS と連動させて現実的な土地利用を再現することにより、集落計画の場で活用した際に、農家がシミュレーションの状況をより現実的に捉えることができるようになる。

これらの点を踏まえつつ、今後現場での活用と改善を繰り返すことで、実践的なツールとしての完成度を高めていく。

謝辞

本研究の過程において、東京理科大学工学部教授である新井健先生、同専攻生（元）の横島拓也氏に技術的な協力を得た。ここに記して謝意を表す。また、研究成果は科学研究費補助金（課題番号：24780222）の成果の一部である。

注釈

1. 付言すると、野生鳥獣の生態観察や食性の分析は地域性に大きく規定され、研究論文の対象も地域毎・動物種毎に細かに分類されている。
2. 事例的な調査結果ではあるが、生態学的な管理による獣害対策の限界に対して物理的防除を優先的に採る地域像が明らかとなってきた（武山・九鬼、2008a : 2008b）。
3. 後述する既往研究の中で、農村住民の取り組みに焦点を当てている論文の一部には、有害動物としてシカや猿等が含まれる場合もある。本研究の内容的には便宜的にイノシシに限定しているが、対策のあり方についての知見は有用であるため、並列して整理する。
4. 本研究の展開を先に論じるならば、ユーザーフレ

ンドリーなインターフェースを構築し、現場での容易に使用できるツールを目指している。そのため、外部の設計者として研究者や実務者、農家（複数農家の複合経営体等も含む）等を想定して「1対多」の構造を基本としている。

5. 配置された農地はいずれかの農家の所有地となる設定である。モデルの操作性について補足すると、集落の規模は自由に設定可能であり、農地の所在地や所有者は、本シミュレーションのようにランダムではなく初期設定として特定の場所に固定することもできるため、具体的な地域への適用が可能である。
6. 詳細は後述「イノシシの動き」にて説明するが、イノシシが農地に侵入を試みる際に柵と対峙した場合、柵の破壊を試みるが、破壊できるかどうかは柵の強度による。本モデルでは簡素化のため、徐々に柵が破壊されていく状況は考えず、確率的に柵が破壊されるかしないかが瞬時に決定される構造である。当然のことながら、強度が強い柵ほど破壊されにくい。また、柵の補修に必要な時間も確率的に決定される（初期設定として1時間以内で補修できる確率は50%となっている）。
7. これらの行動のどちらを選択するかについて、シミュレーション開始時に50%の確率で決定される（シミュレーション中は変更しない）。追い払いを行う場合は、人間の視野から消えると追い払いを止める。
8. 農地までの移動距離を優先するイノシシと、リスクを優先するイノシシが約半数ずついるものとする。
9. 現実的には、管理放棄を諦める許容度は農家毎に異なり（本モデルでは一律で平均4~5期、つまり1年~1年半程度）、また、放棄する場合においても段階的な放棄をするが、現段階のモデルではこの部分がかかなり簡素化されている。
10. まさにこの点が地域協働による草刈りの意義が計られる部分であるが、詳細な実験は別稿に譲る。

参考文献

- 布施未恵子. 2011. 篠山市民の猿害に関する被害意識と許容. *農林業問題研究* 47(2) : 237-242.
- 東口阿希子・九鬼康彰・武山絵美・星野敏・橋本禪. 2011. 山村における獣害対策の集落間連携評価手法の開発. *農村計画学会誌* 30(論文特集号) : 387-392.
- 兼田敏之. 2010. *artisc* で始める歩行者エージェントシミュレーション—原理・方法論から安全・賑わい空間のデザイン・マネジメントまで—. 構造計画研究所.
- 木下大輔・九鬼康彰・武山絵美・星野敏. 2007. 和歌山県における獣害の実態と農家および非農家の意識. *農村計画学会誌* 26(論文特集号) : 323-328.
- 木下大輔・九鬼康彰・星野敏・武山絵美. 2009. 水稲地域における集団的な獣害対策の現状と非農家の協力の可能性—京都府南丹地域の2市町を事例として—. *農村計画学会誌* 27(論文特集号) : 227-232.
- 岸岡智也・橋本禪・星野敏・九鬼康彰. 2012. 獣害対策における都道府県の実施体制と市町村との関係—近畿地方における野生鳥獣被害対策を事例に—. *農村計画学会誌* 31(論文特集号) : 339-344.
- 岸岡智也・橋本禪・星野敏・九鬼康彰・清水夏樹. 2013. コ・マネジメントからみた野生鳥獣被害対策における基礎自治体の役割と課題—近畿6府県を事例に—. *農村計画学会誌* 32(論文特集号) : 281-286.
- 九鬼康彰・武山絵美. 2008. 獣害対策への農家の取り組み意向と集落特性. *農業農村工学会論文集* 76(4) : 367-374.
- 長門雄治・吉仲怜. 2011. 市町村主導による鳥獣害対策の現状と農家の対策評価. *農村経済研究* 29(2) : 50-55.
- 中村大輔・松本康夫. 2013. 獣害に対する農家の許容的態度に関する構造的アプローチ—ニホンジカによるイネ・ダイズ被害の事例—. *農村計画学会誌* 32(論文特集号) : 269-274.
- 生天目 章. 1998. *マルチエージェントと複雑系*. 森北出版.
- 農林水産省 (a) : 鳥獣被害対策の現状と課題. <http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/pdf/h2509_meguji.pdf>. 最終更新日 : 2013 年 9 月.
- 農林水産省 (b) : 鳥獣被害防止総合対策交付金. <http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/pdf/26_koufukin_youkyu.pdf>. 最終更新日 : 2013 年 12 月.
- 農林水産省 (c) : 平成 24 年 農業総産出額及び生産農業所得 (全国). <http://www.maff.go.jp/j/tokei/sokuhou/sansyutu_gaisan_12/index.html>. 最終更新日 : 2013 年 12 月.
- 農林水産省 : 野生動物による農林業被害を防ぐ技術. <http://www.s.affrc.go.jp/docs/report/report17/no17_p3.htm>. 最終更新日 : 2011 年 11 月.
- 武山絵美・九鬼康彰. 2008a. 物理的防除による獣害対策が優先的に選択される地域の獣害発生形態と地域農業特性. *農業農村工学会論文集* 76(3) : 249-255.
- 武山絵美・九鬼康彰. 2008b. 獣害対策選択行動の違いに見る獣害対策の背景と課題. *農業農村工学会論文集* 76(5) : 435-441.
- 武山絵美・九鬼康彰. 2010. 野生動物の生息域と農地との境界空間の設計指針—和歌山県古座川町潤野地区における獣害対策改善の検討から—. *農村計画学会誌* 29(論文特集号) : 233-238.
- 武山絵美・九鬼康彰・東口阿希子・奥村啓史. 2011. 中山間水田農業地域における農地周辺バッファゾーンの空間特性と獣害対策. *農村計画学会誌* 30(論文特集号) : 405-410.