

平成 22 年度国土政策関係研究支援事業 研究成果報告書

マルチエージェントシミュレーションによる
調和を維持した農業参入企業の地域定着条件
の解明

東京理科大学理工学部経営工学科 助教

山下良平

目 次

I. 研究目的・意義	1
II. 研究手法	1
III. 成果内容	2
○ 要旨	2
○ キーワード	6
○ 本編	7
1. はじめに	7
1-1. 研究背景と問題意識	7
1-2. 課題設定	8
1-3. 対象地域	8
2. MAS の概要	10
2-1. 理論的概説	10
2-2. 既往研究	11
2-3. 統計的・数理的シミュレーションモデル手法との比較	11
3. 分析モデルの構造	13
3-1. 空間構成	13
3-2. 農地利用に関する概念定義	14
(1) 作付体系及び経営行動の基本構造	
(2) 圃場作業の構造	
(3) 経営評価	
(4) 内部情報の更新	
(5) 次年度の経営計画	
3-3. Agent の構築方法	19
3-4. Agent 種別毎の主体特性	22
(1) Agent_農家	
(2) Agent_農業生産組織	
(3) Agent_地域企業	
(4) Agent_外部企業	
4. 作業仮説の設計とケーススタディ	26

5. シミュレーション結果と考察	28
5-1. 企業参入が遊休地解消に繋がりうるかの検証	28
5-2. 参入企業と地元主体との共存可能性の検証	29
6. 結論～新しい公共の構築に資する議論～	34

I. 研究目的・意義

2009年度の全国調査によると、我が国の重要な農業生産基盤であるはずの農地の耕作放棄面積は約40万haまで上昇している。これに対して、2009年末の改正農地法が施行されて、農業経営に参入する企業が取得しうる農地に対する規制が大幅に緩和（実質自由化）されたことは、農業経営を基軸とした農村社会の「新しい公共」の確立の資する政策的な方向性であると考えられる。

他方、旧来の法的枠組みの下で既に参入した企業が採算性の悪化を受けて早期に撤退をした例も多く、地域との調和や農地利用秩序を攪乱しない農業への定着条件の解明に強い関心が向けられている。よって、如何なる条件の下に地域の主体と企業が融合し、摩擦無く「新しい公共」として成長していくかを評価することは、企業側にも受け入れ地域側にも極めて有意義である。この課題に対しては、旧農地法の枠組みの下での企業参入の成功・失敗事例の調査結果の考察した既往研究を踏まえ、さらに新たな仮説検証型の方法論に基づくアプローチが必要条件である。

上記の問題認識に立ち、本研究では受け入れ側のニーズ、企業の経営行動、地元とのコンフリクト状況、撤退のメカニズムの各側面について実態を捉えたうえで、地域と企業の相互影響過程を明示的に考慮したシナリオ思考によって農業参入企業の定着条件を解明する。本研究は、耕作放棄地解消の安易な策として企業参入が企図され、調和が保たれないままに撤退し、国土の荒廃や地域コミュニティ自体がなし崩しに瓦解することを防ぐ、計画論的に有用な知見に結びつくと期待される。

II. 研究手法

本申請課題の目的に合致する調査対象地として神戸市西区を選定し、現況に対して仮想的な企業参入のシミュレーションを行うことで、如何なる影響が生じるかを予測し、比較検討する。筆者は自治体主催の耕作放棄地全体調査（2008年～2009年）の段階から当該自治体と連携を図っており、企業参入のインパクト評価に対する自治体内のニーズも高く、研究対象地としての適格性は高い。また、シミュレーション手法として、様々な仮説を反映したシナリオ（計画）評価に優れた複雑系モデリング技法であるマルチエージェントシミュレーション（MAS）を適用する。

一般的に、「Agent（エージェント）」とは、代理人或いは取次人等、「（誰かの代わりに）何かを代行する者」という意味を指す。さらに広義には、「行為者」としてエージェントを解釈できる。MASにおけるエージェントは、外部の依頼（モデルの設計者）を所与として行動するが、かなり精緻なモデルを構築した場合、実際にモデル内で自律的に判断し、自らの行動を決定するような主体として振る舞うこともある。したがって、MASを論じる際は、後者の理解が適切である。

通常の場合、MAS は、想定する現実社会の対象を模擬した「環境（或いはフィールド、もしくは空間）」を構築し、人工社会モデルとして解析的に用いられる。社会現象や人間活動の分析・予測に際して、それらの重要な要素をコンピュータ上に投影した人工社会モデルによる実験的な研究手法は広範な適用が試みられている。

MAS では、まず、現実社会の人間の行為を代行するエージェントの意思決定機構やエージェント間の関係性（相互作用）を定義する。そして、人工社会でのエージェントの行動と、それらの行動がもたらす社会の大局的な現象を観察することで、その分析結果から示唆される現実社会の問題解決に資する知見を導出する。このように、MAS とは、個別要素によって構成される複雑な社会・組織を対象とし、内在する問題を演繹的思考によって把握・解決する理論である。

なお、モデル内のエージェントは、合理的選択理論に基づく行動（意思決定）を想定していない。現実の社会は不透明かつ不確実であるが故に、自身の置かれた環境や状況を正確に把握することが出来ない（視野の限界）、各選択の結果を予測するだけの情報処理能力を持たない（計算能力の限界）等、多くの制約が存在する。すなわち、経済学的なモデルの多くでは、意思決定主体は完全に合理的な意思決定が可能な経済人を仮定しているが、MAS では、複数の主体の効用関数の同時最適化を基本とするものではなく、現実的な状況を強く意識して、不完全な状況を前提としたモデル・シミュレーションの概念であるといえる。

以上のように、個々の主体の独自性や非合理的行動をかなり精緻に設計・観測出来るという、本研究に対しては極めて親和性の高い手法である。MAS が我が国の研究の舞台において本格的に普及し始めたのは比較的最近であり、1990 年代初頭である。特に、これまで実験的解析手法が不足していた社会科学分野における応用が急速に進められてきた。そして現在では、組織論、経済学、社会学、法学等における社会科学分野に多く研究事例が見られる。

Ⅲ. 成果内容

○要旨

2009年度の全国調査によると、我が国の重要な農業生産基盤であるはずの農地の耕作放棄面積は約400haまで上昇している。これに対して、2009年末の改正農地法が施行されて、農業経営に参入する企業が取得しうる農地に対する規制が大幅に緩和（実質自由化）されたことは、農業経営を基軸とした農村社会の「新しい公共」の確立の資する政策的な方向性であると考えられる。

他方、旧来の法的枠組みの下で既に参入した企業が採算性の悪化を受けて早期に撤退をした例も多く、地域との調和や農地利用秩序を攪乱しない農業への定着条件の解明に強い関心が向けられている。よって、如何なる条件の下に地域の主体と企業が融

合し、摩擦無く「新しい公共」として成長していくかを評価することは、企業側にも受け入れ地域側にも極めて有意義である。この課題に対しては、旧農地法の枠組みの下での企業参入の成功・失敗事例の調査結果の考察した既往研究を踏まえ、さらに新たな仮説検証型の方法論に基づくアプローチが必要条件である。

本研究の目的は、仮想社会モデルを用いた社会システムの予測に優位な Multi Agent Simulation (MAS) を適用して、農業参入企業の定着要因を評価することである。本研究では、実際に経済合理的な意思決定に基づく企業が農業に参入した状況を模擬して構築したモデルによって、農地保全と経済性及び地域主体との調和の観点から農業参入への影響を予測した。モデル化の対象としたのは神戸市西区である。この範囲を対象とした理由は主に以下の3点である。

1 点目は、対象地域内もしくは近隣には認定農業者や農業生産組織、特定法人貸付事業により既に参入した企業など多様な主体が存在し、各々の主体に対して現実的な実態把握が可能なことである。これにより、地域特性を踏まえた Agent の構築が可能となる。2 点目は、地域内の全農地面積の 2 割程度で遊休地が顕在化しており、その管理問題が地域内でも重要課題となっているほか、地域外部からの企業参入の余地があることである。つまり、現場の課題が本研究目的に対して適確であるといえる。3 点目は、6 集落を総合して出入り作が非常に少なく、利用権と労働力の取引がこれらの領域でほぼ完結していると仮定できるため、モデル空間のシステム境界の設定が容易なことである。これは、MAS のモデル設計において極めて重要な要件である。

以上を踏まえて、MAS モデルを構築する。分析で用いる MAS モデルは、農村空間、経営主体、及び農業経営関係の社会経済指標を組み込んだオペレーショナルなモデルである。まず、対象地域の白地図から集落の形状を再現して、対象地域の情報を数理的に表現し、制御できるモデル空間を構築した。このモデル内では、各 Agent 含む全ての空間構成要素を点として扱い、対象地域の農地基本台帳を基に 2009 年の値である農家数 291 世帯、領域総面積 8.21km²、総農地面積 244.3ha、筆数 2,173 に合わせられている。モデル内に点在する個々の農地は、位置情報として固有の座標 (X,Y) が割り当てられており、属性情報として、面積、地目、作業性、作付け状況、休耕年数等を内包する。さらに、実際に個別農家が居住する集落と合致するように農家、非農家、農業生産組織、地元の企業（分析では地域企業と略称）、外部の新規参入企業（分析では外部企業と略称）が点在し、シミュレーション初期の固有の付帯情報として、2009 年時点の所有農地面積や借地面積、世帯員数等の実測値を有している。

これらの主体が、農作業受委託や農地貸借を通じて相互作用を繰り返す、将来像が予測されていく構造である。具体的には、主体は自身の経営耕地において農作業活動を行い（機械を完備しない場合は作業委託や貸し付け）、その収支から次年度の行動を決定していく。つまり、自身の意思決定に関わる判断基準（例えば、借地相手の限定や離農を決定する根拠）や他の主体との関わり方を外部から操作し、様々なシナリオ

を構築することで、多様な状況設定のもとに将来像の比較を行うことが出来る。

分析のために構築したケーススタディの内容は以下の通りである

Case 1：外部企業が自由に農地借入を行う状況（遊休地+耕作放棄地）

Case 2：外部企業が借り入れられる農地を長期休耕地に制限（耕作放棄地のみ）

Case 3：地域企業の撤退を強制的に禁止する

Case 4：外部企業の撤退を強制的に禁止する

Case 5：地域企業と外部企業の両方の企業の撤退を禁止する。

Case 6：農家は農地貸借相手を限定せず、かつ両方の企業の撤退を禁止する。

Case 7：農家は農地貸借相手を限定せず、両方の企業の従業員への労働報酬を無償から最低賃金水準の間で決定する（撤退はあり）。

各ケースの比較を根拠として、企業の農業参入による実質的な耕作放棄地解消の効果、参入企業の定着の困難性、定着のための条件解明について試験的な分析をおこなった。シミュレーションの結果として、明らかとなった点を要約すると以下の通りである。

始めに、「水稻作を行わない企業の農業参入による水田の遊休地解消に対する効果は強くない」ということが予測された。表 0-1 は、Case 1 と Case 2 を比較であり、外部企業がどのような振る舞いをしようとも、現在の耕作放棄地の解消には繋がらず、歯止めがかからないという結果となった。

2 番目に、「赤字経営による参入企業の撤退を規制しない限り、企業的意思決定に基づく早期撤退は避けがたい」ということ、そして 3 番目に、人件費等を外部から補填可能な場合は、十分な利益を獲得できる可能性があることが予測された。表 0-2 は、

表 0-1 企業参入と遊休地解消の関係性

評価項目		経過年数毎の結果		
		参入翌年	10年後	20年後
全体の作付面積 (ha)	Case 1	189.35	161.62	133.80
	Case 2	189.40	161.51	134.01
遊休地面積 (ha)	Case 1	21.22	15.09	6.54
	Case 2	21.13	14.92	6.43
放棄地面積 (ha)	Case 1	36.07	69.92	106.30
	Case 2	36.06	70.16	106.15
平均耕作放棄年数 (年)	Case 1	5.57	11.06	16.91
	Case 2	5.57	11.04	16.93

注) 遊休地は保全管理中の不作付け農地を指し、耕作放棄地は保全管理されていない不作付け農地を指す。

表 0-2 各種 Agent の経営面積指標と経営収支から評価した企業参入が
地域に及ぼす影響

		経過年数毎の結果					
		参入翌年	4年後	8年後	12年後	16年後	20年後
Agent_農家 平均経営面 積 (a)	Case 3	63.1	62.7	64.1	64.4	62.2	57.7
	Case 4	63.1	62.7	64.2	64.5	62.4	57.8
	Case 5	63.0	62.7	64.2	64.4	62.3	57.7
	Case 6	65.8	76.7	80.9	77.3	68.8	60.4
	Case 7	65.8	76.7	81.0	77.6	68.9	60.7
Agent_地域 企業平均経 営面積 (a)	Case 3	163.2	164.7	149.8	142.6	146.6	147.1
	Case 4	163.9	62.5	0.0	0.0	0.0	0.0
	Case 5	162.8	161.8	147.1	143.8	146.6	146.0
	Case 6	194.6	179.2	151.6	144.4	147.6	150.5
	Case 7	194.0	178.1	149.8	149.2	147.4	151.6
Agent_外部 企業平均経 営面積 (a)	Case 3	183.6	122.7	41.9	0.0	0.0	0.0
	Case 4	183.5	193.2	184.2	176.8	213.2	269.8
	Case 5	183.3	186.6	178.2	175.0	209.9	269.7
	Case 6	1,365.8	1,186.1	1,038.5	999.5	1,000.1	986.2
	Case 7	1,369.4	1,183.3	1,058.9	1,027.4	1,019.4	1,004.9
Agent_農業 生産組織 生産者余剰 (千円)	Case 3	1,316.5	796.1	906.6	949.6	995.6	1,033.7
	Case 4	1,305.8	740.9	881.2	918.8	956.0	984.5
	Case 5	1,308.8	774.4	869.8	930.5	968.4	1,000.5
	Case 6	1,557.9	1,528.1	1,454.0	916.7	681.0	717.6
	Case 7	1,564.2	1,531.6	1,466.7	961.6	753.2	792.4
Agent_地域 企業利潤 (千円)	Case 3	-575.7	-761.2	-679.1	-634.3	-628.3	-629.3
	Case 4	-584.9	-279.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	Case 5	-631.2	-796.1	-685.5	-620.8	-651.7	-628.7
	Case 6	-410.0	-650.4	-555.6	-576.2	-602.6	-573.4
	Case 7	2,304.1	2,003.0	1,543.1	1,451.8	1,497.6	1,470.2
Agent_外部 企業利潤 (千円)	Case 3	-2,125.2	-1,275.3	-361.7	0.0	0.0	0.0
	Case 4	-2,082.3	-1,909.9	-1,666.9	-1,440.9	-1,776.0	-2,215.4
	Case 5	-2,136.8	-1,958.3	-1,696.4	-1,478.8	-1,822.3	-2,220.1
	Case 6	-13,648.8	-10,780.9	-8,466.8	-8,139.0	-8,310.7	-7,790.6
	Case 7	15,756.7	12,600.4	9,624.7	9,307.7	9,567.4	9,271.4

Case 3～Case 7までの予測結果を、面積指標と経営指標で比較したものである。この表からわかるように、企業の撤退を直接規制しない限り（Case 3 及び Case 4）、遠からず撤退は避けられない状況にあり、規制した場合（Case 5）のみ 20 年後まで企業が定着していることが看取される。ただし、固定費（初期投資）の回収を見込んだ基準で経営収支を評価するならば、Case 5 は大幅な赤字を計上しており、本業での収入など外部資金から作業員への労働報酬を出資するという状況を仮定した Case 7 の状況を仮定しない限り、農業収入から利益を生むことは容易ではないことが明らかとなった。現実的には、そのような状況を参入企業に強いることは調和を維持した定着とは言い難く、現時点においては企業が農業経営に参入して、Win-Win の関係を築くことは困難であるという結果となった。

以上を総括すると、企業の論理に基づく農業経営の実践は、持続性・経済性の観点から、容易ではないと考えられる。極論すると、農業に参入するための初期費用等の固定費の回収は極めて困難であるため、そのような前提に立ってのみ定着が可能であるともいえる。ただし、本研究で構築した仮想社会モデルは、あくまで限定的な状況を再現したものであり、モデル化の段階で見落としている現実的な主体の行動や感情も多い。よってモデルの改良の余地は大きく、この点に対応していくことで、より現実的な定着条件の解明に言及することが可能になると考えられる。

○キーワード 企業の農業参入・マルチエージェントシミュレーション・地域調和・持続性と経済性

1. はじめに

1-1. 研究背景と問題意識

地域農業の新たな担い手の可能性として、企業の農業参入（以下、企業参入と略記）に関心が寄せられている。企業参入に関しては、1992年の「新しい食料・農業・農村政策の方向」における農業生産法人制度の制定を端緒として、2001年の農地法一部改正、2005年の農業経営基盤強化促進法の改正を契機に段階的に枠組みが整備・拡張されてきた。そして、2009年に施行された改正農地法により、企業やNPOが直接農業経営を行う場合の貸借規制が大幅に緩和され、借り入れ可能な農地が耕作放棄地もしくは放棄地化する恐れのある農地から条件付きで実質自由化された。また同時に、農業生産法人への出資制限が農商工連携事業等の条件付きで上限5割まで引き上げられ、企業が農業市場に参入する機会が急速に拡大している。民間主体が地域に足を下ろし、これまで公共的な主体のみによって執り行われていた農地利用という公共的な行為に参画するという点で、（農業経営という限定的な局面であるが）新しい公共の一端に関わる政策的方向性と読み取ることができる。

上記の関係法令の展開とともに、既に多くの参入事例の評価が行われており、その効果と課題が報告されている。例えば大仲〔1〕は、参入の入り口の違いに着目し、特定法人貸付制度（2009年12月廃止）と農業生産法人制度の参入経路の相違が経営に及ぼす影響と実態調査を踏まえて整理している。また、参入地域と密接に関係する地域中小建設業に焦点を当てた澁谷は、70社へのアンケートから参入動機や経営方針等を整理し（澁谷〔2〕）、業種内属性別の営農形態の傾向を明らかにすることによって、耕作放棄地解消の可能性に言及している（澁谷〔3〕）。あるいは山本らは、建設業以外の業種も含めた35社に対する面談調査から参入形態と経営実績を整理し（山本ら〔4〕）、さらに受け入れ地域側の行政担当者が有する不安を分析対象としたうえで（山本ら〔5〕）、参入地域が導入していた農業施策との連携効果を定量的に析出している（山本ら〔6〕）。その他、企業参入の代表的な産業である食品分野と建設分野の参入特性の業種間比較を行った大仲〔7〕、松下・秋山〔8〕、中西・桂〔9〕等の報告も見られる。

これらの経験的知見からは有益な示唆を汲み取ることが出来るが、何れも農地法改正前の参入事例であるために、参入企業と地域由来の経営主体との間の農地選択を巡る相互影響を直接分析対象としていない。現行の農地法体制下で企業が優良農地を取得しうることを前提とすると、他の主体との農地利用を巡る競合や衝突も十分に想定され、依然として企業側にも受け入れる地域側にも不安材料は多い。

この現状に対して、「新たな担い手として企業参入に期待をするならば、主体間の相互作用を具体的に考慮したうえでその有効性や課題に関して議論すべきである」という点が、本研究の着想に至った問題意識である。

1-2. 課題設定

本研究の目的は、企業参入を巡る新しい公共概念の具現化の可能性と課題を探ることである。具体的には、地域由来の経営主体と参入企業の行動特性の差異に着目して、受け入れ地域との調和を保持しながら、参入後の企業の定着要因の解明に向けた基礎的な知見を積み上げることである。そのために、地域農業全体的な農地保全の観点から企業参入の影響を予測して、経営主体として企業が地域に定着するための条件を検討することを課題とする。

本研究の方法論として、分析対象となるシステムを構成する主体特性、空間情報、社会条件等を組み込んだ仮想社会モデルにおいて、主体間の関係性やネットワーク構造に着目して、システム全体の変化過程を記述し、観察することが可能な Multi Agent Simulation（以下、MAS）を適用する。

1-3. 対象地域

本研究では、神戸市西区内に実在する隣接した6集落群をモデル化の対象地域とした。この範囲を対象とした理由は主に以下の3点である。

1点目は、対象地域内もしくは近隣には認定農業者や農業生産組織、特定法人貸付事業により既に参入した企業など多様な主体が存在し、各々の主体に対して現実的な実態把握が可能なことである。これにより、地域特性を踏まえた Agent の構築が可能となる。

2点目は、地域内の全農地面積の2割程度で遊休地が顕在化しており、その管理問題が地域内でも重要課題となっているほか、地域外部からの企業参入の余地があることである。つまり、現場の課題が本研究目的に対して適確であるといえる。

3点目は、6集落を総合して出入り作が非常に少なく、利用権と労働力の取引がこれらの領域でほぼ完結していると仮定できるため、モデル空間のシステム境界の設定が容易なことである。これは、MASのモデル設計において極めて重要な要件である。

以上を踏まえて、本稿では、「地元水田経営農家と集落内の農業従事者有志から構成される農業生産組織が活動する」という対象地域を近似した状況に対して、外部から企業が参入するという仮想的な構図を考える¹⁾。ここでは、参入企業として多様な形

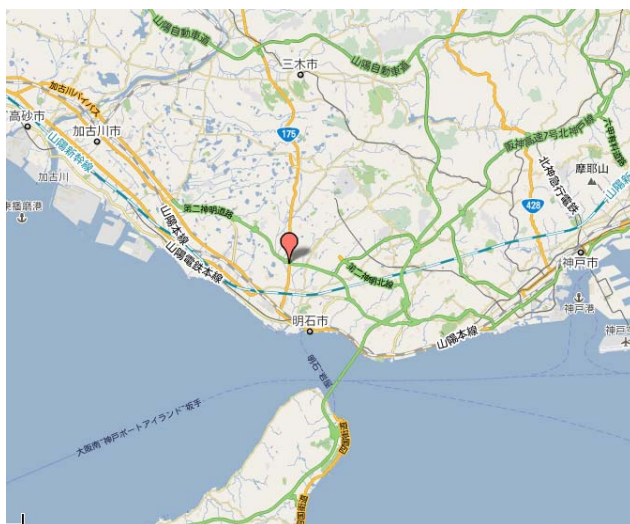


図1 神戸市西区の位置
出典) Google Map

態を考えるために、地域とつながりが強く、実際に既に参入している企業（以下、地域企業と略称）と、新たに農業分野に事業開拓をして参入した地域外部の企業（以下、外部企業と略称）を定義する。そして、受け入れ側の農家の意図、企業の経営行動や撤退のメカニズムを不確定要素と考え、地域と企業の相互影響過程を明示的に考慮した企業参入の定着条件を解明する。

2. MAS の概要

2-1. 理論的概説

MAS は、実在の意思決定主体の意思や目的に沿って振る舞う自律的な仮想主体 (Agent) の行動や主体間の相互作用が系全体 (Systems) の秩序を決定していくというボトムアップの考え方に基づく理論である。Schelling [10] による近隣自己社会形成モデルが今日の MAS の起源といわれ、後に Joshua M. Epstein [11] が民族間の対立や協調等の社会現象の動態モデルとして著名な Sugarscape を提示したことにより、概ねシミュレーションの技法として確立したとされる。コンピュータ性能やインターフェースの向上に伴い、社会現象や人間活動の分析・予測に際して、重要な要素を抽出して再現した仮想社会モデルによる実験的研究手法として、現在では広範な適用が試みられている。

MAS では、まず Agent の意思決定機構や Agent 間の関係性 (相互作用) を定義する。次いで、モデル内で考慮する環境要素の構造や社会経済条件を定義する。そして、あたかも実際の社会の時間軸が進むように Agent が行動する状況と、それらがもたらすマクロな現象の因果関係を観察することで、複雑な問題の発見や解決を計るという研究手順である。なお、Agent や空間・環境情報の設計には、現実を忠実に再現するのみではなく、研究目的に応じて仮説を盛り込んだ設計を行うことが可能である。つまり MAS は、実証が困難な政策評価や計画の事前検討段階で有益な示唆を提供しうる手法である。MAS の概念図を図 2 に示す。

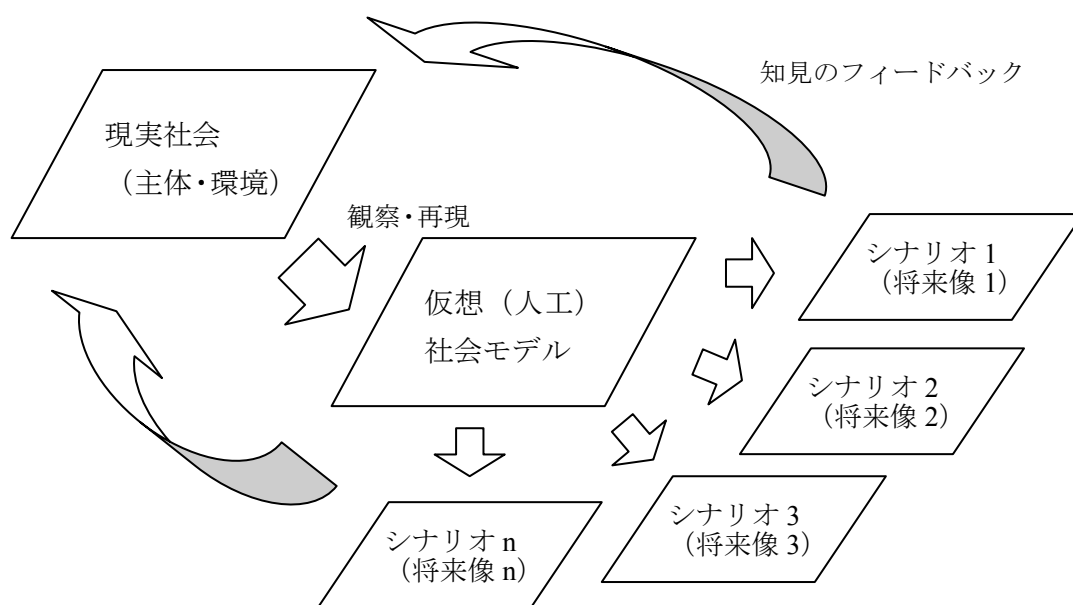


図 2 (狭義の) マルチエージェントシミュレーションモデルの概念図

2-2. 既往研究

近年、MAS のほか人工生命の理論に依拠する手法を適用した、土地利用変化に関するボトムアップ的な視点の研究は数多くみられる。都市地域の土地利用計画の分野において、橋本・佐藤〔12〕や瀧澤ら〔13〕は、住民参加による土地利用計画案の時間的・空間的な変化を「土地エージェント（地権者の効用を反映する主体）」同士の相互作用による意思決定の過程として捉え、土地利用変化のパターンを予測した。これらは、あくまで仮想的に作成した「テストピース（供試体）」としての地域モデルによる分析にとどまっている。

また、農村地域を対象にした研究として、遠藤〔14〕は、棚田の計画的保全を目的として、人口の遷移に基づく MAS によって、労働力に規定される農地面積変化の予測を行った。しかしながら、基本的には考慮する意思決定主体（モデル内のエージェント）全てが農家であり、異質な企業という主体の特徴をモデル化しようとする本研究の目的とは異なる部分がある。そこで、MAS 及び関連理論に依拠した上記の既往研究の到達点を踏まえて、平成 21 年度 12 月に試行された改正農地法による企業参入が地域農業に及ぼす影響を検討するために、多様な農家の意向や行動だけでなく、企業を含めた多様な主体の意思決定を考慮したシミュレーション分析を行う。

2-3. 統計的・数理的シミュレーションモデル手法との比較

統計的手法を適用し、広域を対象とした土地利用政策モデル、或いは LUCC（Land-Use and Land-Cover Change：土地利用・土地被覆変化）分析モデルは数多く存在し、近年の国内農業・農村計画分野に限定しても、例えば S.Hoshino〔15〕等、数多くの研究蓄積がある。

しかしながら、統計モデルを用いて、社会現象の将来予測を試みる際、頑健なモデルを構築するために非常に多くの統計的資料（記録）が必要となる。したがって、そもそも地域農業に関する詳細なデータが不足していることが前提となる小地域を対象にする場合、統計手法による接近は困難になる。とりわけ、個別農家単位の時系列的な種々の記録に至っては、殆ど存在しないことが珍しくない。つまり、そのような前提に立つならば、過去から現在に至るまでの歴史的慣性の定式化によって将来像を予測するのではなく、個々の農家の関係性を構造的に読み取ることにより、演繹的に将来予測を試みる事が有効であると考えられる。

また、かつて地域農業の経営計画に関する研究の中心的分析手法であった線形計画、目的計画、（確率的に不確実性を導入した）確率的計画法等の数理計画法に基づく最適化理論は、収益最大化の主体を地域全体や個別農家に設定して、制約条件の範囲内で最も効率的な経営計画を導出するアプローチである。我が国においても、土地利用型農業、施設型農業、その他多数の農林業関係分野において応用がみられ、多大な知見が得られている。このような既存の数理計画モデルと本研究における MAS モデルの

主要な相違点は、大きく以下の点である。

まず、年度ごとの経営主体の意思決定を、基本的なルーティン構造に個々の経営情報や意向を投入して多様な振る舞いを想定している。数理計画モデルでは、制約条件内での最適解が求まるが、農地貸借や作業受委託にかかる選好関係等が反映されにくく、個々人の意思決定の非合理性や、地域農業全体の将来予測の多様性には、ほとんど関心を払わない。したがって、個別経営が適切な規模拡大計画や投資計画を策定する場合には、数理計画法による情報提供が極めて有効であるのに対して、地域農業の組織化を基軸とした新たな展開に向けて、合意形成に適用する場合には、個々の意思決定主体への啓発効果が期待できるマルチエージェントシミュレーションの優位性は大きいと言える。

また、数理計画法による最適化理論では、一度にモデル化できる主体数は、個別農家単体か、多くとも数戸程度の少数の農家に限られる。他方、MASモデルで扱える主体数はほぼ無制限であり、多数の農家間の相互作用を一度に考慮することが可能である。

3. 分析モデルの構造²⁾

3-1. 空間構成

対象地域の白地図（図3参照）から集落の形状を再現して、対象地域の情報を数的に表現し、制御できるモデル空間を構築した（図4参照）。この地域をモデル化の対象領域として、シミュレーションが展開される人工社会の土地利用を2次的に表現する。モデル化対象領域は北部で兵庫県三木市、西部で兵庫県明石市と隣接する神戸市西北端部の地域である。

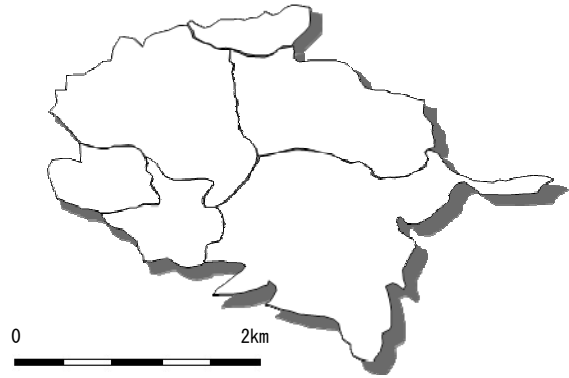
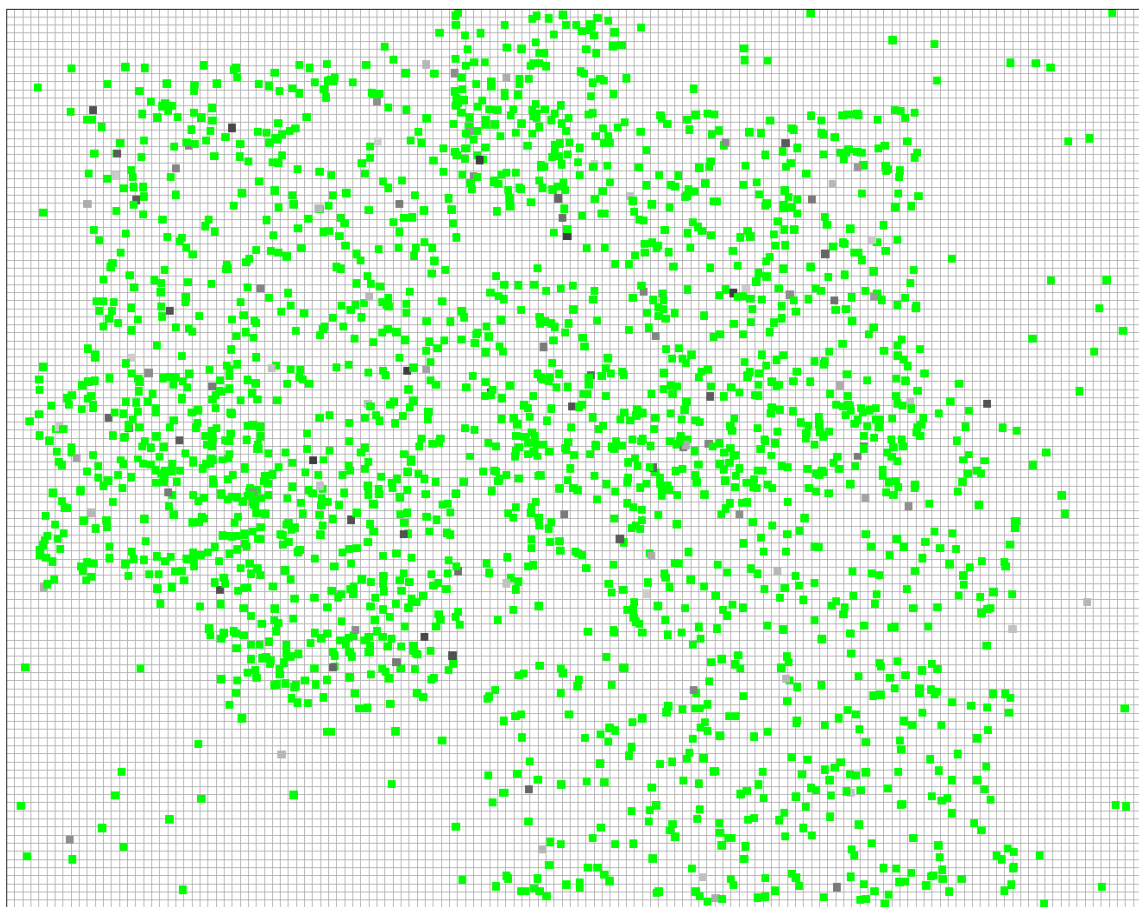


図3 シミュレーションの地理状況




■ 水稲もしくは転作作物作付農地 遊休地休耕年数： 0年  20年

図4 分析モデル内での対象地域を表すシミュレーション画面

このモデル内では、各 Agent 含む全ての空間構成要素を点として扱い、対象地域の農地基本台帳（以下、台帳と略記）を基に 2009 年の値である農家数 291 世帯、領域総面積 8.21km²、総農地面積 244.3ha、筆数 2,173 に合わせられている。モデル内に点在する個々の農地は、位置情報として固有の座標 (X,Y) が割り当てられており、属性情報として、面積、地目、作業性³⁾、作付け状況、休耕年数等を内包する。

さらに、実際に個別農家が居住する集落と合致するように Agent_農家⁴⁾が点在し、シミュレーション初期の固有の付帯情報として、2009 年時点の所有農地面積や借地面積、世帯員数等の実測値を有している。農地を有する非農家も存在し、農地の貸し手として重要な役割を担うが、モデル内では「特に主体的に農業経営を行わない経営体」として流動化にのみ関与する農家の一形態として扱うため、本稿中では非農家特有の行動は別途定義しない。同様に、集落毎に当該集落内の農業従事者有志から構成される Agent_農業生産組織も点在し、それら Agent と農地は、所有権や利用権の所在、あるいは機械作業受託による作業従事によって固有に関連づけられている。ただし、本稿では分析の焦点を絞るため、モデル内には不在村地主が所有する農地は存在しないと仮定する。

3-2. 農地利用に関する概念定義

(1) 作付体系及び経営行動の基本構造

モデル内の初期の作付体系は、台帳に基づく 2009 年農地利用実績から個人単位で再現した結果、全体としては水稲作付け率が 57%、転作農地及び不作付け地が 43%となった。生産調整を与件として水稲作付面積はこの水準を上限に設定し、現実にはごく僅かながら存在する二毛作は捨象する。また、水稲作の中核的な担い手となる Agent_農家及び Agent_農業生産組織による転作作物は小麦のみと仮定してモデル化する（企業の取り組みは後述）。なお、平成 20 年度耕作放棄地全体調査⁵⁾では対象地域内に著しい荒廃地（原野化した土地）が認められなかったため、全ての農地が利用可能な状態とした。

次いで、各 Agent 共通の農作業体系を含む年間の経営行動を図 5 のように定義する。この枠組に基づいて各 Agent が順次意思決定を行うことで相互作用が生起する構造である。二期作は無く、全て作付け作物に関する作業工程が単年度で完結する構造であるため、各 Agent が一通りの意思決定を終えた時点でその年度が終了する。

以下で、図 5 の①から④の各主要局面における処理構造を説明する。

(2) 圃場作業の構造

モデルで考慮する一連の圃場作業は、耕起、田植え（水稲）もしくは播種（転作）、水管理や草刈り等を包括した管理作業全般、そして、刈り取り（水稲）もしくは収穫（転作）である。耕起は汎用トラクタによって、田植え・播種は田植機・播種機によって、刈り取り・収穫は汎用コンバインによって行われ、これらの農業機械を完備す

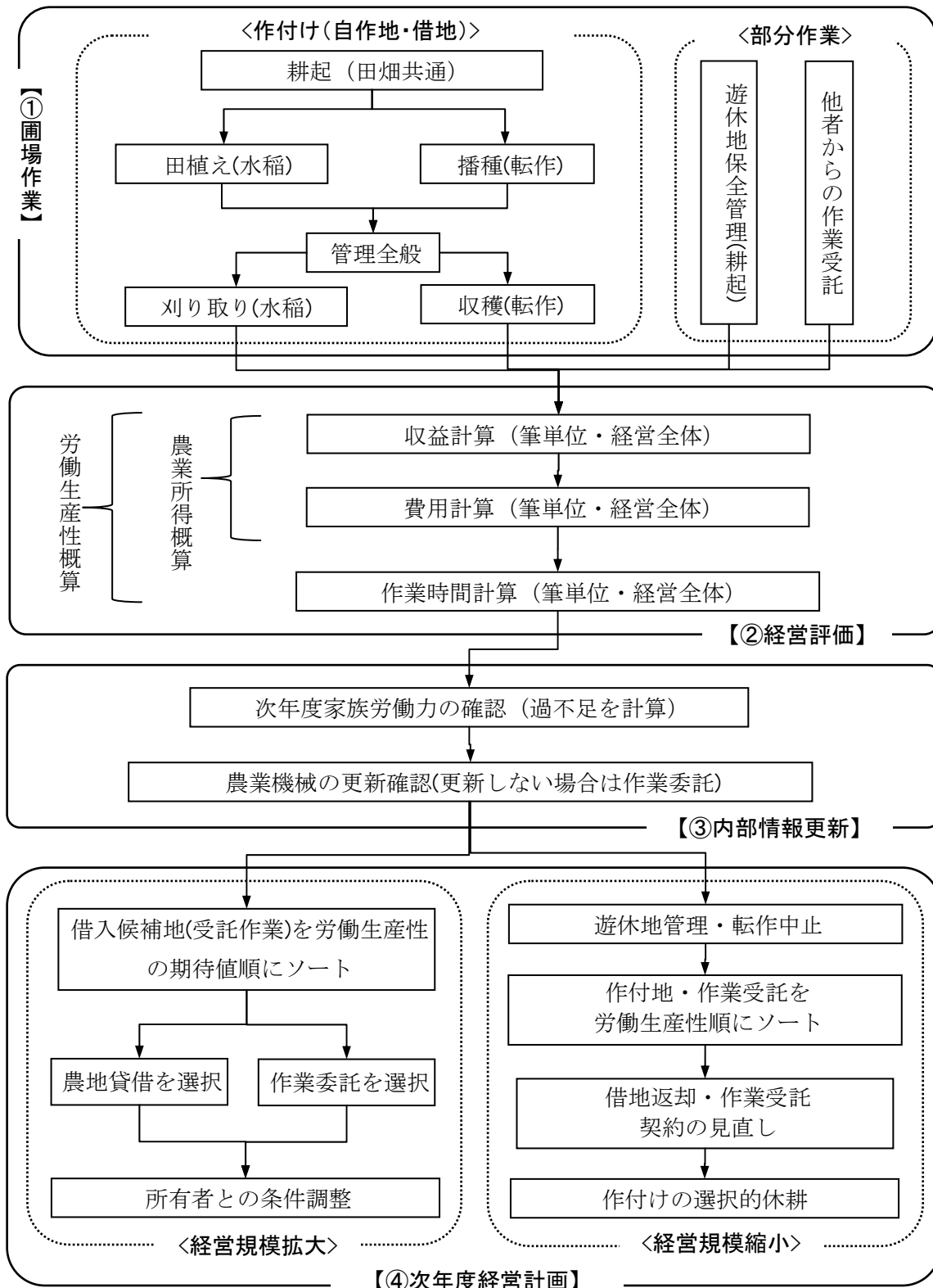


図5 年間の基本的な農業経営の行程

る Agent は自身ですべての機械作業を行う。他方で、一部もしくは全ての機械を所有しない Agent は当該作業を他社に委託する。委託される作業は 1 つとは限らないが、複数の作業を委託する場合でも全て同じ Agent に委託するものとし、作業毎に異なる Agent が受託するという状態は無いものとする。また、委託されるのは機械作業のみであり、水管理作業を含めた全作業を所有者以外の Agent が担う場合は農地貸借として処理される。

(3) 経営評価

モデルでは、作付けについての収益や費用、あるいは必要な作業時間を農地 1 筆毎に割り出し、ある Agent の経営全体での合計は、その Agent が関係する農地に対して上記の数値の総和と考える。この処理を原則として、図 5 の圃場作業の構造に基づいて各作業にかかる時間を以下のように定義する。

まず、座標 (X, Y) にある農地 (x, y) ⁶⁾ に対して、全ての行程を利用権者が担う場合の作業時間 $(W_hour_{(x, y)})$ は、線形式 (1) によって表される。

$$W_hour_{(x, y)} = \left\{ \sum_{k=1}^3 T_m^k(C_d) + T_c(C_d) \right\} \times S_{(x, y)} + d_{(x, y)} / V \times 2 \times \left(\sum_{k=1}^3 Z_1^k + Z_2 \right) \quad (1)$$

ここで、 k : 作業工程 (耕起…1, 田植・播種…2, 刈り取り…3) あるいはその作業に相当する農業機械自体 (汎用トラクタ…1, 田植機・播種機…2, 汎用コンバイン…3), T_m^k : 1a あたりの作業 k の作業時間 (h/a), C_d : 作付判別ダミー変数 (水稻…0, 麦…1), T_c : 1a あたりの管理・間接作業時間 (h/a), $S_{(x, y)}$: 農地面積 (a), $d_{(x, y)}$: 通作距離 (m), Z_1^k : 作業 k を行うための通作回数, Z_2 : 管理作業を行うための通作回数, V : 移動速度 (m/h) である。

さらに、(1) 式から派生して作業受委託の場合を定義すると、作業 k に関する作業時間の項が受託者に移る構造となる (式は割愛)。また、作付けをせずに遊休地の保全管理のみを行う場合の作業時間は、以下の (2) 式のように表される。

$$W_hour_{(x, y)} = T_m^1(C_d) \times d_{(x, y)} \times 2 \times (Z_1^1) / V \quad (2)$$

$T_m^1(0)$ は水稻作付け用水田として、 $T_m^1(1)$ は転作田としての保全管理であり、行う作業は何れも耕起のみである。

次に、所有者もしくは借り手が全作業行程を担当して、農地 (x, y) を利用することで得られる農業所得 $(A_Income_{(x, y)})$ を線形式 (3) のように定義する。

$$A_Income_{(x, y)} = S_{(x, y)} \times \left\langle Y_{i(x, y)}(C_d) \times PC_t(C_d) - f_{(x, y)}(C_d) \times R_d - Cv(C_d) - \sum_{k=1}^3 \left\{ PM^k / (D^k(S_d) \times M_t) \right\} \right\rangle - LC(S_d) \times W_hour_{(x, y)} \quad (3)$$

ここで、 $Y_{(x,y)}$: 農産物の収量 (kg/a)⁷⁾, PC : 農産物価格 (yen/kg), C_v : 変動費 (yen/a), PM^k : 機械 k 価格 (yen), S_d : Agent 種別ダミー変数 (Agent_農家…0, それ以外…1), D^k : 機械 k の耐用年数 (year)⁸⁾, M_t : 経営面積総計 (a), $f_{(x,y)}$: 実勢地代 (yen), R_d : 自作地・借地判別ダミー変数 (自作地…0, 借地…1), LC : 労賃 (yen/h) である。

また、休耕地を借り入れる場合は、初年度に限り休耕年数に応じた復田費用がかかるものとする⁹⁾。

さらに、(3) 式から派生して、農地所有者が機械 k を有しない状況で作業 k を委託した場合の農業所得の計算式を定義する。つまり、(3) 式から委託した作業 k に用いる機械 k の t 期減価償却額が除かれるとともに、実勢地代 $f_{(x,y)}$ の支払いが無くなり、作業委託料金 f_w^k (円/a) が受託者に支払われる構造となる (式は割愛)。ここでは作業委託は水稻のみとし、転作用地において播種のみ他 Agent に委託するような状況はないとする。

以上で示した一連の定義式で用いた変数のデータセットを表 1 にまとめる。これらのうち、農地利用権や機械作業委託に対する価格は、実際に対象地域でおおよそ取引される価格を参考に決定した。また、農業機械価格や生産者米価等の水準、あるいは内容別作業時間については、平成 21 年度農林水産省農業経営統計調査及び農業物価統計調査に基づく全国平均値を代用した¹⁰⁾。

(4) 内部情報の更新

各 Agent は毎年労働力の総量が更新されて、当年度に要した作業時間の総計と次年度の労働力総量を比較し、次年度の経営面積の調整を行う。労働力更新の構造は Agent によって異なり、次項で詳述する。

また、保有する農業機械 k が耐用年数に達した時点で、更新意思を有する Agent は新規に購入するが、更新しない Agent は機械作業 k を他の Agent に委託することになる。そして、委託希望の農地は他の Agent が経営拡大を目的に作業受託する対象となる。なお、機械更新に際する新品と中古の選択基準については極めて多くの要因と絡んだ動機を考慮する必要がある (野口ら [18])、本研究で構築するような数理モデルでその意思決定を正確に捉えることは困難である。よって、本稿では明示的に中古機械を規定せず、価格や耐用年数に幅を設けることによって同一機械種内の多様性を表現し、それらを更新の際にランダムに決定する。

(5) 次年度の経営計画

余剰労働力があり、経営拡大の意思を有する Agent は、自身が望む条件に適合する遊休地や他者の作業委託に応じることによって経営を拡大する。その際は、労働生産性の期待値が最大となる条件、つまり (4) 式の条件を満たす農地を借り入れるか、あるいはその農地での機械作業受託を選択する。

$$\max_{(x,y)} E \left[\frac{A_Income_{(x,y)}}{W_hour_{(x,y)}} \right] \quad (4)$$

表1 主な変数のデータセット

項目	変数名	設定値
水稲収量	Y_i (0)	51 (kg/a)
麦収量	Y_i (1)	36 (kg/a)
生産者米価 (期首の値)	PC (0)	210 (円/kg)
生産者麦価 (転作奨励金内部化)	PC (1)	150 (円/kg)
水稲作変動費 (燃料費・肥料費等)	C_v (0)	6,000 (円/a)
麦作変動費 (燃料費・肥料費等)	C_v (1)	3,500 (円/a)
トラクタ標準価格	PM^1	2,500 (千円)
田植機標準価格	PM^2	1,500 (千円)
コンバイン標準価格	PM^3	2,500 (千円)
播種機標準価格	PM^4	1,000 (千円)
トラクタ利用年数 (農家)	D^1 (0)	18 (年)
トラクタ耐用年数 (その他)	D^1 (1)	8 (年)
田植機利用年数 (農家)	D^2 (0)	15 (年)
田植機耐用年数 (その他)	D^2 (1)	8 (年)
コンバイン利用年数 (農家)	D^3 (0)	15 (年)
コンバイン耐用年数 (その他)	D^3 (1)	8 (年)
播種機利用年数 (農家)	D^4 (0)	18 (年)
播種機耐用年数 (その他)	D^4 (1)	8 (年)
水田水稲作小作料	$f_{(x,y)}$ (0)	1,350 (円/a)
麦作小作料	$f_{(x,y)}$ (1)	550 (円/a)
耕起作業料金 (秋春2回計)	f_w^1	1,200 (円/a)
田植え作業料金	f_w^2	1,000 (円/a)
刈り取り作業料金	f_w^3	1,500 (円/a)
水稲耕起作業時間 (秋春2回計)	Tm^1 (0)	1.2 (時間/a)
麦作耕起作業時間	Tm^1 (1)	0.4 (時間/a)
水稲田植え作業時間(育苗込)	Tm^2 (0)	0.5 (時間/a)
麦作播種作業時間(育苗込)	Tm^2 (1)	0.3 (時間/a)
水稲刈り取り作業時間	Tm^3 (0)	0.7 (時間/a)
麦収穫作業時間	Tm^1 (1)	0.3 (時間/a)
水稲管理作業時間 (乾燥調整込)	Tc (0)	19 (時間/a)
麦管理作業時間 (調整出荷込)	Tc (1)	0.1 (時間/a)
家族労賃見積額 (農家)	LC (0)	0 (円/時間)
作業報酬 (農家以外)	LC (1)	1,200 (円/時間)
耕起通作回数	Z_i^1	3 (回)
田植え (播種) 通作回数	Z_i^2	1 (回)
刈り取り (収穫) 通作回数	Z_i^3	1 (回)
管理作業通作回数	Z_2	100 (回)
車移動速度 (距離 3km 以上)	V	30 (km/時間)
徒歩移動速度 (距離 3km 未満)	V	1.5 (km/時間)

農地貸借の契約期間は所有者（貸し手）の意向である α 年（ α を外生的な確率変数）に定められ¹¹⁾、 α 年未満で借り手の都合により管理が困難になった場合は所有者に返却される。ただし、現実社会と同様に全ての場合で借地や作業受委託が成立する訳ではなく、双方の意向が合致する場合にのみ成立する。例えば農地所有者である Agent_農家が Agent_農業生産組織との借地契約を希望していない場合には、借り手の意向に関わらず取引は成立しない。

他方、労働力減少や赤字の影響から経営を縮小させる際には、漸次的な規模縮小をしていき、最終的には離農（撤退）へ進む。ただし、経営縮小に関しては Agent 種別によって大きく行動が異なるため、次項以降で詳述する。

3-3. Agent の構築方法

現況に即した経営主体の行動様式をモデルに反映するための情報収集方法を表 2 に示す。Agent_外部企業については、かねてから懸念される早期撤退の影響を考慮するために多様な振る舞いを仮想的に設計するが、他の Agent については現地から取得した各種情報をモデルに実装することで、当該地域における各主体の特性を反映させた Agent の行動を仮定する。調査方法の概要は以下の示す通りである。

まず、農家の特性を調査するため、神戸市全域の耕作放棄地所有農家を対象に悉皆アンケートを実施した。平成 20 年に神戸市全域で実施された耕作放棄地全体調査の結果を受けて、市の協力の下に耕作放棄地所有農家と判定された全 314 戸に配布し、回収数は 199（回収率 63.4%）であった。アンケートは、個別農家の属性項目に加えて、農業機械の所有状況、農地貸借や作業受託の選択基準、遊休地保全管理の意欲等の農業経営行動の特徴を抽出する内容で構成されている。2010 年度農林業センサス概要（概数值）¹²⁾によると、神戸市の農家戸数は 3,754 戸であり、その内 61%が対象地域を含む西区に居住していることから、アンケートの回答傾向が「対象地域内において耕作放棄地を有する農家がとる一般的な経営行動」を表すとみなした。その他の農家については、2005 年度農業集落カード兵庫県版（以下、農業集落カード）による借入農家数、貸付農家数、所有機械台数等の集計値を適宜援用して、振る舞いの特徴を再現する。特に Agent_農家の再現に関係が強いアンケート結果を図 6-1～図 6-6 に示す。

表 2 各 Agent の設計に伴うヒアリング対象とその概要

Agent 種別	調査方法	調査対象
農家	アンケート	耕作放棄地所有者（同市内全域対象）
農業生産組織	ヒアリング	B 営農組合（対象地域と同じく農業地域の同市北区に拠点、活動）・農業生産法人 G（対象地域内に拠点、活動）
地域企業	ヒアリング	(株)T（同市内に本社、対象地域内で農業参入）

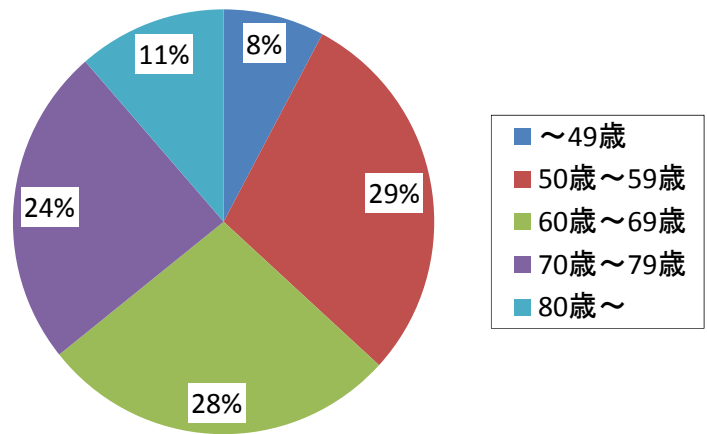


図 6-1 回答者（耕作放棄地所有者）の年齢構成

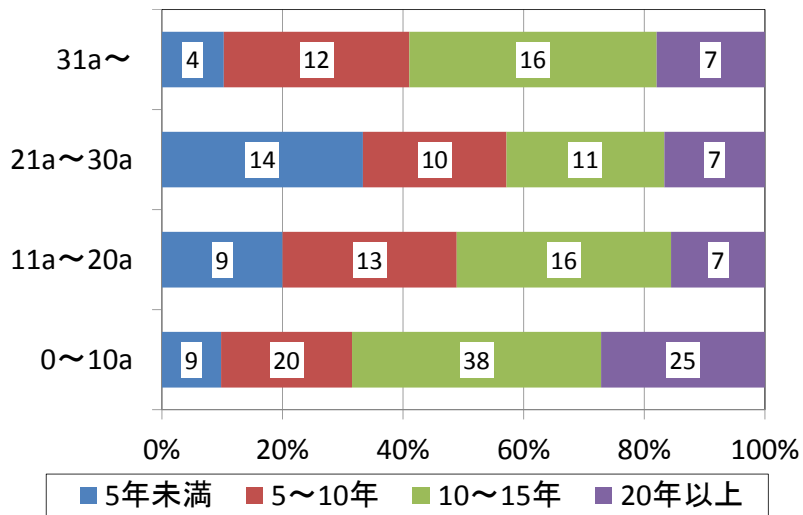


図 6-2 現在の耕作放棄地の筆毎の面積と放棄年数

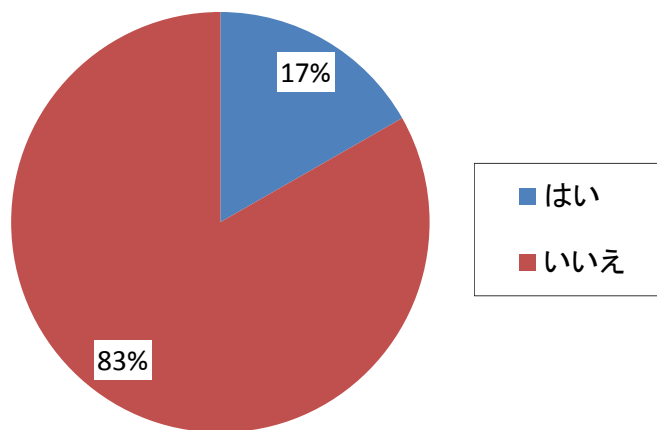


図 6-3 耕作放棄地所有者の自力再耕作の意向

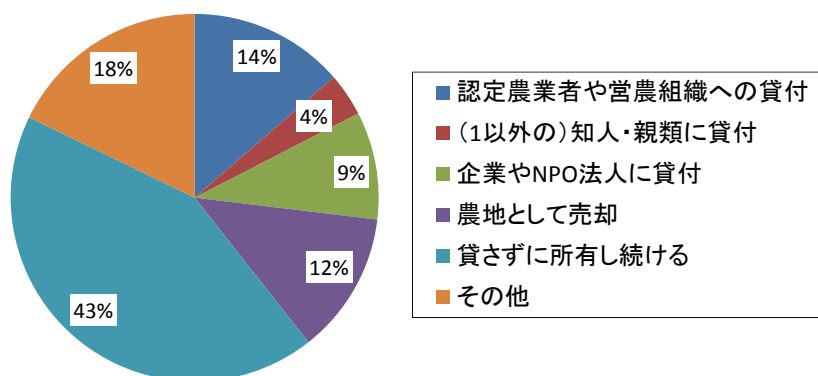


図 6-4 耕作放棄地所有者の今後の管理意向

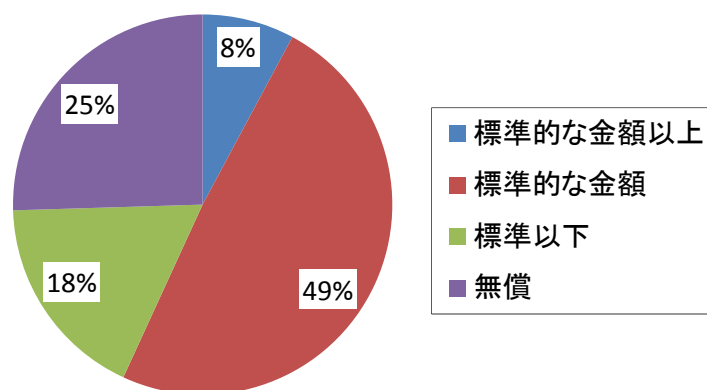


図 6-5 耕作放棄地所有者が農地貸借の際に条件として提示する地代水準

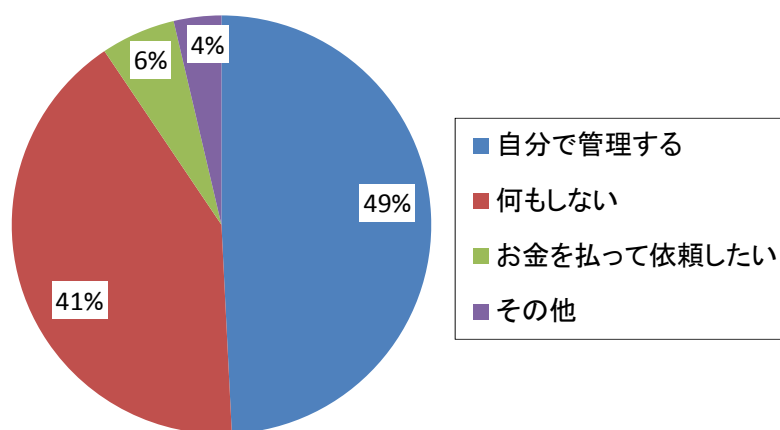


図 6-6 耕作放棄地所有者の保安全管理（借り手が現れるまでの管理）の意向

次いで、Agent_農業生産組織を設計するにあたり、地元住民によって構成される地域の中核的な担い手である B 営農組合（同市北区）及び農業生産法人 G（対象地域内）の協力を得てヒアリングを実施し、対象地域の農業生産組織特有の活動方針、借地選択基準、労働力構成、労働報酬等の実態を把握した。これらの調査によって浮き彫りになった特性が当該地域の農業生産組織に特有であると捉えて、モデル内のエージェント特性として反映する。前述の農林業センサスによると、神戸市の一般農家を除く農業経営体数の 92%が農村部である西区及び北区に集中していることから、これら 2 組織の回答が当該地域の農業生産組織の一般的経営行動を表すと考えた。

他方、Agent_地域企業については、当該地域で平成 18 年から農産物生産を行う(株)T に対して、作業人員や経営計画等を問うヒアリングを敢行した。参入時の農地取得や営農指導等の面において農業委員会が適切に関与しており、企業論理と公共意識が共存する Agent_地域企業の経営行動には、地域との繋がりが強いが故の利点や制約が生じているという仮説を念頭において、外部企業との相違を意識した調査を行った。

3-4. Agent 種別毎の主体特性

(1) Agent_農家

Agent_農家数は、対象地域内の実在農家数と同数である 291 戸であり、台帳において世帯員情報が不詳の 11 戸を除いて、表 3 に示す現況の世帯員構成を反映する。年齢に関する情報が無い Agent_農家については、これらの情報を乱数により決定した仮想的なエージェントとして生成する。各農家の世帯員の農業従事状況については、農業集落カードにおける対象地域の「就業状態別世帯員数」及び「(年間従事日数別) 農業従事者数」を根拠として、表 4 に示す確率変数 β 及び γ によって決定する。なお、現実的には β と γ 、或いは 1 日あたりの作業時間の間には関連性があると推察されるが、本稿では単純化のため、便宜的に次のように仮定する。

表 3 Agent_農家の経営主年齢と世帯員数

経営主年齢	世帯員数				合計 (戸)
	1 人～3 人	4 人～6 人	7 人～9 人		
30 歳～39 歳	2	1	0	3	
40 歳～49 歳	8	8	1	17	
50 歳～59 歳	20	45	2	67	
60 歳～69 歳	43	37	8	88	
70 歳以上	54	41	10	105	
合計	127	132	21	280	

表 4 世帯員の農業従事状況

変数	就業状態／年間農業従事日数	出現確率
β	1. 自営農業だけに従事	33%
	2. 自営農業が主	4%
	3. その他の仕事が主	37%
	4. その他の仕事だけに従事	11%
	5. 仕事に従事しなかった	15%
γ	1. 59 日以下	67%
	2. 60～149 日	20%
	3. 150 日以上	13%

注) 出現確率は、2005 年のデータの割合に基づいて決定している。なお、詳細な記録は割愛するが、過去 20 年間これらの割合は殆ど不変であるため、本稿においてもこれらの確率は一定とする。

毎年個々の世帯員に対して表 4 の出現確率によって当該年度の就業状況 β が定まり、それが 1 (自営農業だけ従事) ならば 1 日あたりの作業時間は 8 時間、2 (自営農業が主) ならば 6 時間、3 (その他の仕事が主) ならば 4 時間、それ以外の場合は 0 時間とする。そのうえで、同じく表 4 の出現確率によって年間の従事日数 γ が定まり、その積が当該世帯員の年間農作業時間の上限と考える。したがって、世帯員の農作業時間の上限の総計が、その農家の当該年度の農作業時間の上限となる。各世帯員のリタイア年齢は、農林業センサスによる農業従事者数が急激に減少する 80 歳以上となるように決定した。

各 Agent_農家の農業機械の所有状況は、初期の時点で遊休地を所有する場合はアンケート結果を根拠として、トラクタ、田植機、コンバインを所有する割合をそれぞれ 66%、62%、50%とした。他方、集落全体での所有割合はそれを下回らないと仮定し、更新判断は、農林業センサスに基づく過去の所有機械集落総計のトレンドを参考にした。機械の不足分は作業委託で補うが、前述のように固有の選好関係に基づく限定的な範囲でのみ農地貸借や作業受委託が行われる。つまり、たとえ自身で管理が困難である場合においても望まない相手には農地を貸し出さないという行動も取りうるうえ、条件として提示する地代水準も個々に異なる¹³⁾。

また、労働力減少の影響から経営を縮小させる際には、まずは直接的に利益を生まないその時点での遊休地保全管理を通作距離が長い箇所から停止する。次いで、転作農地を上記と同様に通作距離が長い箇所から遊休地化する。さらに単年度収支が赤字となり、経営縮小の必要性がある場合には、借地や作業受託の中から前年度の実績を元に労働生産性最小の農地 (作業) を割り出し、所有者 (委託者) との契約を解除す

る（式は割愛）。それでもなお経営縮小の必要がある場合には、保有する農業機械を順次売却し、部分的に作業委託に切り替えて、最終的には農地貸付を行うか、土地持ち非農家の状況となる。

全ての農地を貸し付けて、経営面積がゼロの状態（モデル内では離農と同義）になると、所有する農業機械を全て売却し、保全管理能力を失う。

(2) Agent_農業生産組織

各 Agent_農家が有する労働時間の一部を組織構成員としての労役に充てることで Agent_農業生産組織が結成され、その収益から時給 1,200 円程度の労働報酬を分配する。つまり、集落毎の組織活動参加率と農家毎の労働力拠出率の差異によって 6 集落で個別に結成される農業生産組織の態様が決定される。ここでは、ヒアリング対象の営農組合と農業生産法人の実情を反映させて、集落内農家数の 1 割程度の参加による組織として Agent_農業生産組織を考える。そして、参加者が供する労働時間の個人差を想定して、個人の年間作業時間の 3 割から 8 割程度を Agent_農業生産組織の労働力として分配すると仮定した¹⁴⁾。

農業生産組織にとっても労働力は有限であり、農地までの移動時間も含めた作業時間が農地選択行動の大きな制約条件となっている。それ故に、借り入れる農地の条件は、集落内であれば荒廃が進行した耕作放棄地でも許容するが、集落外の場合は保全管理された好条件の農地のみを借地対象とする。

経営規模拡大の際に見られる Agent_農業生産組織の特徴的な経営行動としては、借地や機械作業の選択基準として労働生産性の期待値によって判断せず、限界利益が正である限り組織の労働力の範囲内で逐次規模拡大を行うという点である。さらに、経営主体である以上は経営状況により瓦解もありうるが、水稻作や転作を積極的に担うことで耕作放棄地の受け皿として機能する非営利組織に近い側面を勘案して、米価の下落に対しても、操業停止点を下回るまでは活動を続けるように設計した。

(3) Agent_地域企業

従業員が常時 10 名前後である(株)T を参考にした Agent_地域企業は、白菜やキャベツ、白ネギ等の 4 種類の露地野菜を圃場単位で 1 種類毎に作付けする¹⁵⁾。作業日数も現況と同じく半日勤務が半数と全日勤務が半数であり、報酬水準は時給 1,500 円である。

また、通作距離の短さと農地の管理状態を新規借入の条件として、活動拠点から 1km 以上遠方の農地は選択しない。つまり、地域内の優良農地を積極的に借り入れて拡大していくことはなく、現状の借り入れ農地近辺で着実に借地展開をする意向である。

他方、CSR の経営理念や撤退による企業イメージの悪化を懸念し、採算性が芳しくない状況下においても容易に撤退は選択できず、既に借りている農地を手放し、好条件の農地に転々と移ることも信頼関係の崩壊に繋がるために行わない。具体的には、近隣の農地の借り入れは、参入時に借り入れた農地を全て作付けしている状況でのみ

可能とした。

この状況を踏まえて、単年度の経営収支に依らない Agent_地域企業の撤退の論理を定義する。つまり、単年度の収支によって判断するのではなく、 δ を外生的な確率変数として過去 δ 年間を考え¹⁷⁾、その間の総収入が総費用に等しくなる損益分岐点を下回っている場合に撤退する。

(4) Agent_外部企業

特定の企業を対象とせず、便宜的に上記の Agent_地域企業と同等の規模（従業員数）の Agent_外部企業を仮想的に設計する。労働報酬は、平成 21 年度厚生労働省勤労統計調査¹⁶⁾による建設業及び製造業を参考にし、経営行動については、農地借り入れ、撤退の部分で Agent_地域企業とは異なる特徴を強調してモデル化した。

農地の借り入れについては、初期時点で最も遊休地率が高い集落を参入エリアとして（拠点形成）、より企業的な経営を指向するため、常に労働力制約の中で最大利潤を上げるための合理的行動として、Agent_地域企業は行わないと仮定した「借入農地ののりかえ」を行うものとする。つまり、その時点で借り入れている農地よりも好条件の農地に対しては、現状の借地を手放してでも借り入れる行動を採る。

また、Agent_地域企業と同じ種類の作物を作付けする仮想営農環境を設計するが、採算性が高くない農業経営には執着せず、参入の際に撤退が制限される年数 ε を外生的な確率変数として¹⁸⁾、 ε 年経過後は単年度収支で利潤が負（損益分岐点を下回る）の場合には即撤退する。

4. 作業仮説の設計とケーススタディ

企業参入が地域農業に及ぼす影響を予測し、地域に定着するための条件を考察する。分析の枠組みとなる作業仮説を以下のように設定する。

- ①耕作放棄による荒廃地をはじめとした長期休耕地に限定された既存の参入企業の形態では、十分な休耕地の解消も出来ず、参入企業も定着しない。
- ②参入企業が定着するためには、現状では撤退を禁止する規制を設ける以外に有効な策はなく、地元主体や地域企業と共存することは容易ではない。
- ③参入企業が農業以外の本業の収入から作業報酬を補填し、農業収支として計上する労賃を限りなく低く見積もるならば、早期撤退は避けられる。

以上の3点の仮説の検証を目的として、表5に示す枠組みによってケーススタディを行う。なお、特に言及がない場合は、現地調査の結果をそのままモデルに入力し、各Agentの意思決定やその他の環境情報に操作を加えない。

まず、Case 1は現状に対してAgent_外部企業の参入を想定した場合のシナリオであり、ケーススタディの基準となる。他方、Case 2は企業が参入を機に借り入れし、その後の経営拡大対象とする農地を長期休耕地に制限するという、これまでの企業参入の標準的な形態を示すシナリオである。Case 2の結果から作業仮説①を検証する。

Case 3は、前述の撤退の論理によって農業経営を行うAgent_地域企業の撤退を強制的に禁止し、Case 4ではAgent_地域企業の撤退を認める反面、Agent_外部企業の撤退を強制的に禁止する。そしてCase 5ではそれら両方の企業の撤退を強制的に禁止するシナリオである。Case 3～5の比較によって、参入時の早期撤退規制の強制力を強め

表5 ケーススタディのためのシナリオ

分類	シナリオの内容
Case 1	Agent_外部企業が自由に農地借入を行う状況（遊休地＋耕作放棄地）。
Case 2	Agent_外部企業が借り入れられる農地を長期休耕地に制限（耕作放棄地のみ）。
Case 3	Agent_地域企業の撤退を強制的に禁止する。
Case 4	Agent_外部企業の撤退を強制的に禁止する。
Case 5	両方の企業の撤退を禁止する。
Case 6	Agent_農家は農地貸借相手を限定せず、両方の企業の撤退を禁止する。
Case 7	Agent_農家は農地貸借相手を限定せず、両方の企業の従業員への労働報酬を無償から最低賃金水準の間で決定する（撤退はあり）。

ることが企業に如何なる経済的負担を強いるかを洞察し、作業仮説②を検証する。

Case 6 は、農地貸借における Agent_農家の選好関係を廃したうえで両企業の撤退を禁止するシナリオである。農地貸借における選好関係を廃するとは、アンケートによって把握した Agent_農家による貸付希望相手に関する限定を無くし、全ての Agent に対して無差別な行動を仮定することである。さらに Case 7 は、Case 6 と同様に農地貸借における Agent_農家の選好関係を廃したうえで、労働報酬を農業収入に依存しない状況を想定し、農業収支として計上する作業報酬を便宜的に 0 (完全なボランティア) から 2010 年兵庫県最低賃金の水準 (750 円程度) の間で決定するシナリオである。企業の撤退行動は取りうるという前提である。

作業仮説①の検証においては、企業参入が地元の主体との競合の中で、地域としての遊休地解消という目的の下で定着しうるかを地元側の視点で評価する。したがって、シミュレーション結果を比較する際は、作付面積、遊休地・放棄地面積等の面積指標を用いて、耕作放棄地の平均遊休年数、及び企業の定着・撤退状況と併せて評価する。

作業仮説②の検証においては、地域との事前協議や自社の経営方針により、経営悪化による撤退をしないという前提で農業参入するにあたり、どの程度の経営収支の推移を想定すべきかという企業側の視点で評価する。したがって、評価指標は各 Agent の経営面積、経営収支、及び定着・撤退状況である。

作業仮説③の検証では、本業による従業員への作業報酬の保証があるという試験的事業展開の余裕が企業にある状況での影響を評価し、評価指標は作業仮説②と同様である。

なお、シミュレーションは各 Case に対して 1,000 回実施し、その平均値を分析対象とする。

5. シミュレーション結果と考察

5-1. 企業参入が遊休地解消に繋がりうるかの検証

Case 1 及び Case 2 について、モデル地域全域での作付面積、遊休地面積、耕作放棄地及び耕作放棄地の平均放棄年数を比較する。図 7 は、Agent_外部企業が参入した翌年から 10 年後、20 年後の各評価指標をまとめたものである。図 7 の Case 2 の結果から、今後 20 年間で現状の約 3 倍の耕作放棄地が顕在化し、耕作放棄地の保全管理が停止してからの平均年数も単調増加している。つまり、既存の耕作放棄地を解消できないまま新たに放棄地が生じ、企業参入がその解消に十分寄与していないことが推察される。

また、この要因が参入企業の自主的な借地行動の規制にある訳ではないことも看取される。Agent_外部企業の借入可能な農地を遊休地まで拡大した Case 1 について Case 2 との差を検定したところ、全ての指標の全ての時点で予測結果の平均値の差がゼロと有意差なしとなった。

つまり、分析からは作業仮説 1 は支持され、参入企業の自由な振る舞いが可能な状況においても、地元側が借地相手への制約を設けている場合には遊休地の解消には繋がらない結果となった。

5-2. 参入企業と地元主体との共存可能性の検証

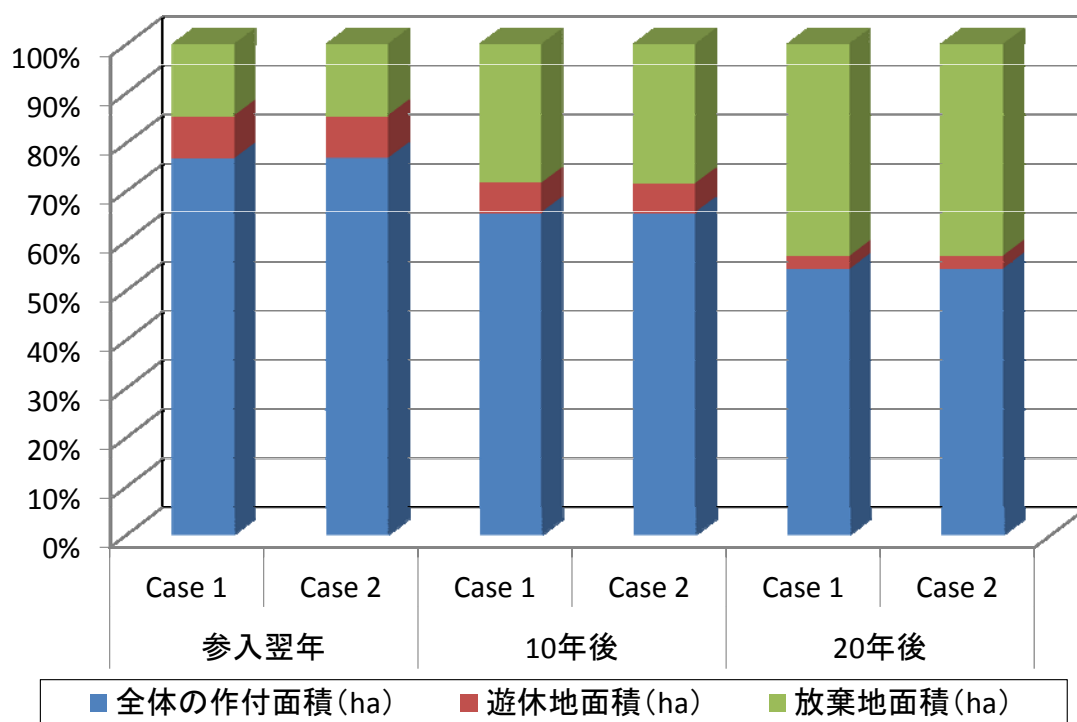


図 7 作付面積、遊休地面積、耕作放棄地の割合の推移

Case 1 と同様に、Agent_企業は保全管理の有無に関わらず積極的に好条件の遊休地を借り入れる行動をとる状況下において、企業参入と地元主体との共存について、面積指標と経営指標の面から比較を行った。本研究で定義した収支計算式や経営行動、及び撤退の論理に規定された結果であることを前提として、これらの結果からは以下の点が看守される。

まず、Case 3 から Case 5 に関して、Agent_農家の平均経営面積の推移（図 8-1）や中核的な水稻作・転作の担い手である Agent_農業生産組織の生産者余剰の予測値（図 8-2）を参照する限り、参入企業の特徴等による相違明確な違いは見られず、地元主体に及ぼす影響は大きくないと判断できる。他方で、新規参入した Agent_地域企業（図 8-3）や Agent_外部企業（図 8-4）に関する将来予測では、明確な傾向が共通して見られた。具体的には、1000 回のシミュレーション全てにおいて両企業の利潤が正に転じることなく、撤退判断の評価年数（前述 δ ）や参入時の撤退規制年数（前述 ϵ ）とほぼ同時に撤退したことが確認された。経営収支の実績と撤退行動が機械的に関連づけられているため、やや強調された結果であるとも推察されるが、企業が撤退していない状況は、各企業の撤退行動を強制的に規制した場合のみである。よって、本稿で構築した企業的意思決定の下では企業の撤退は不可避であると判断でき、作業仮説②が支持される。

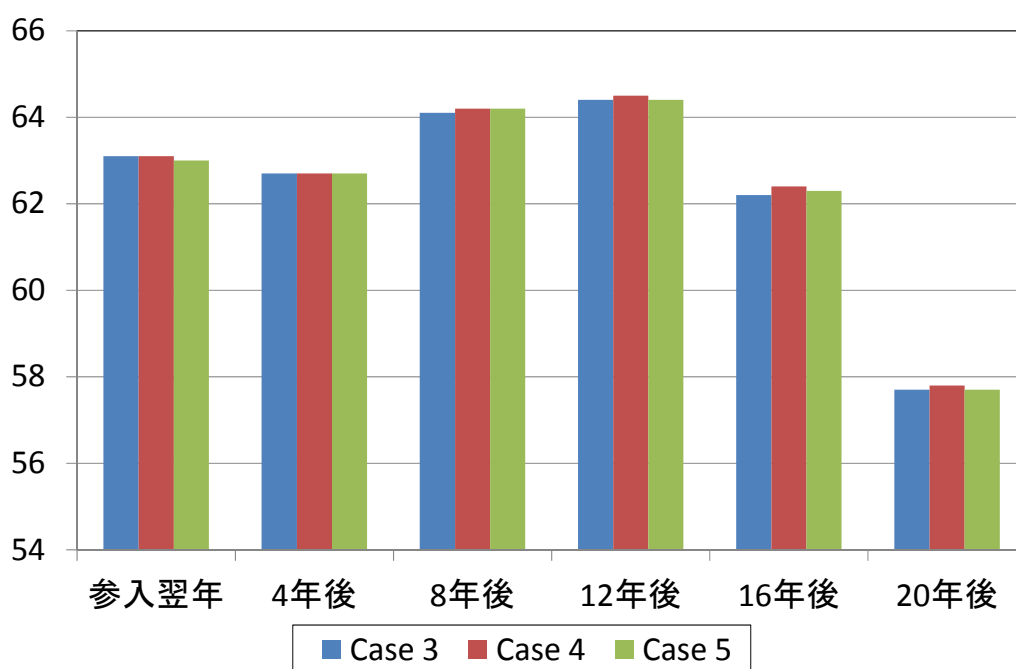


図 8-1 Agent_農家の平均経営面積の推移（単位：a）

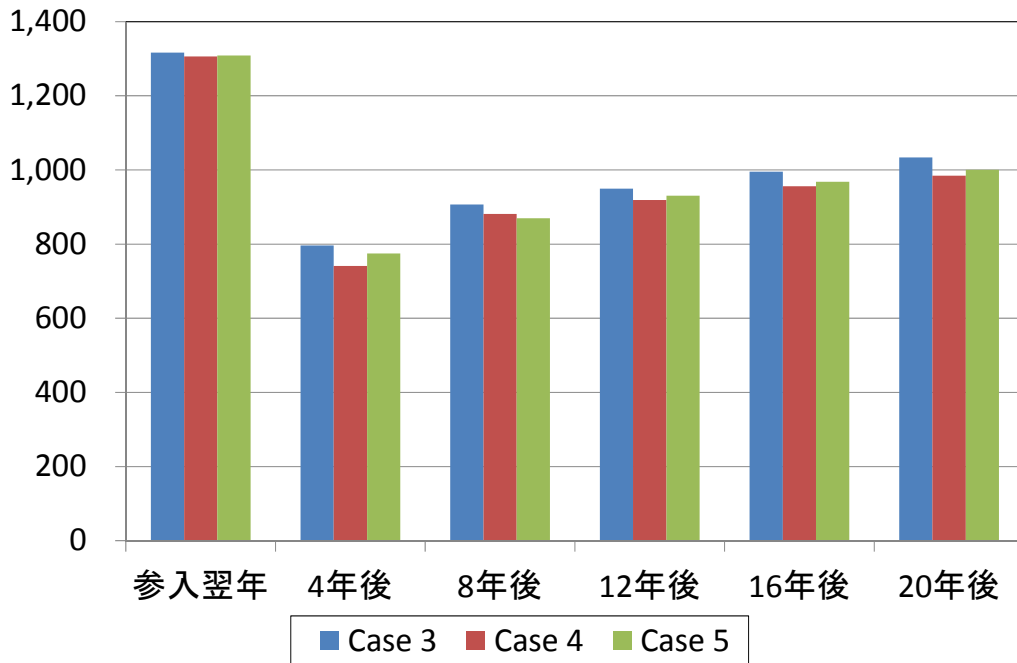


図 8-2 Agent_農業生産組織の生産者余剰の推移 (単位：千円)

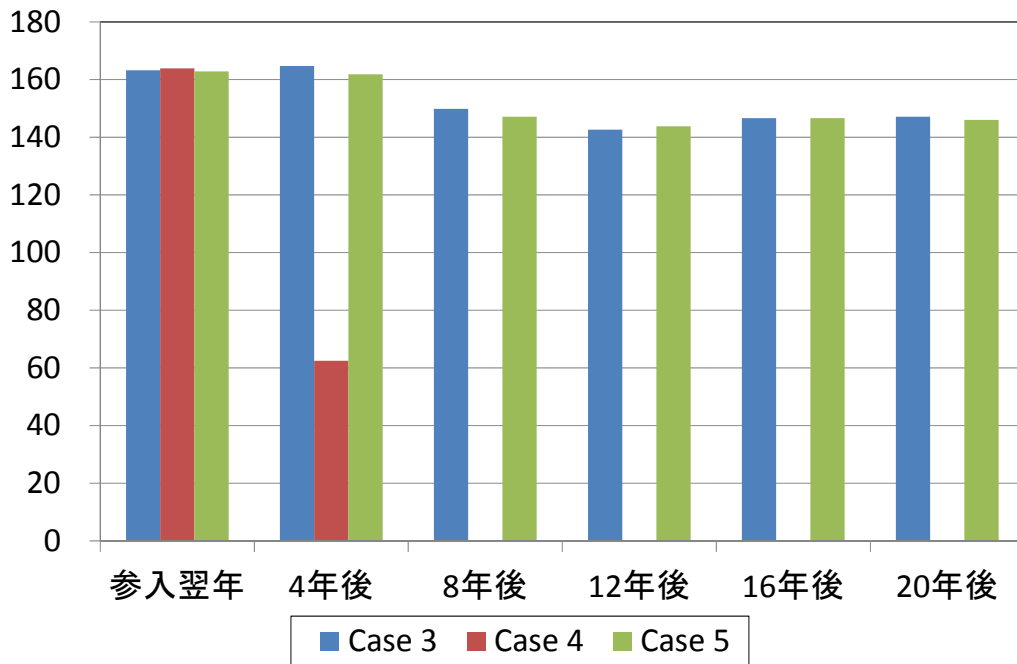


図 8-3 Agent_地域企業の経営面積の推移 (単位：a)

ここで、外部企業の企業利潤の予測値 (図 8-5 及び図 8-6) をみると、ともに経営悪化による撤退を規制された場合の方が規制されない場合よりも低くなっている。さらに、農地所有者の貸付先の制約が無い場合の Case 6 が最も利潤が低く推移している。

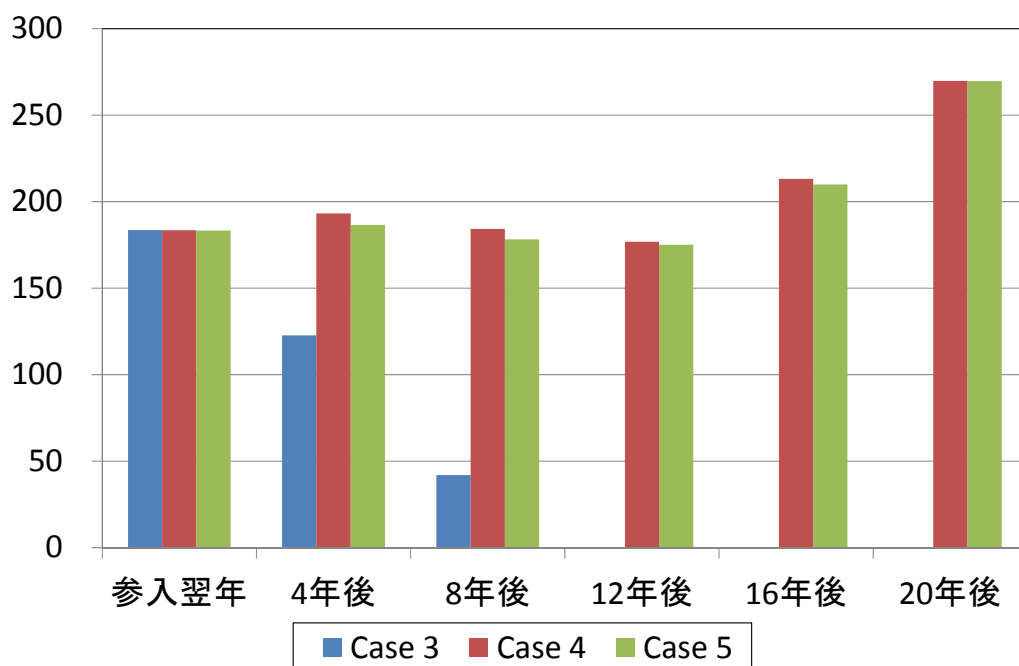


図 8-4 Agent_外部企業の経営面積の推移 (単位：a)

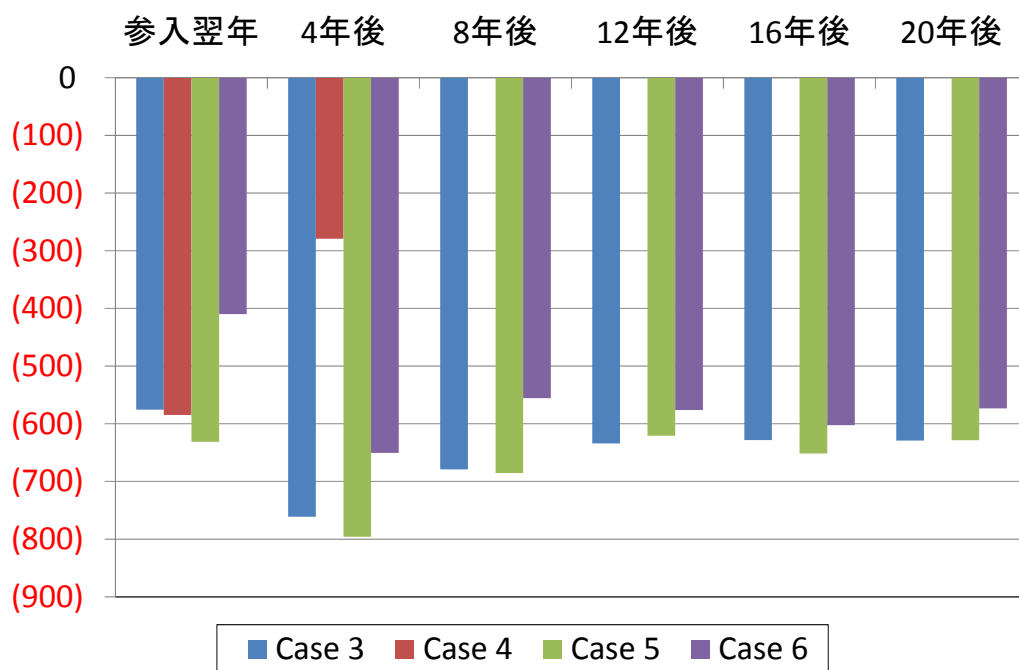


図 8-5 Agent_地域企業の利潤の推移 (単位：千円)

この状態は撤退の規制がなければ既に撤
大幅に人件費を低額に見積もった Case 7
しており、20 年後まで企業が定着し続け

退している状況ではあるが、それ対して
(図 8-7) では、大きく黒字経営を達成
している。したがって、経営面積を拡大す

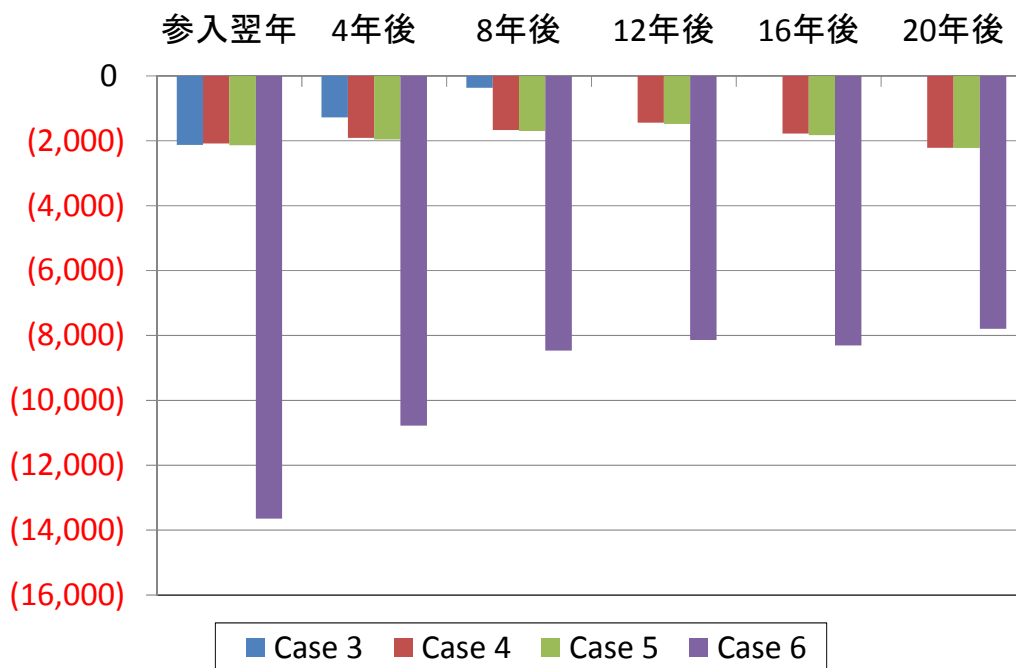


図 8-6 Agent_外部企業の利潤の推移 (単位：千円)

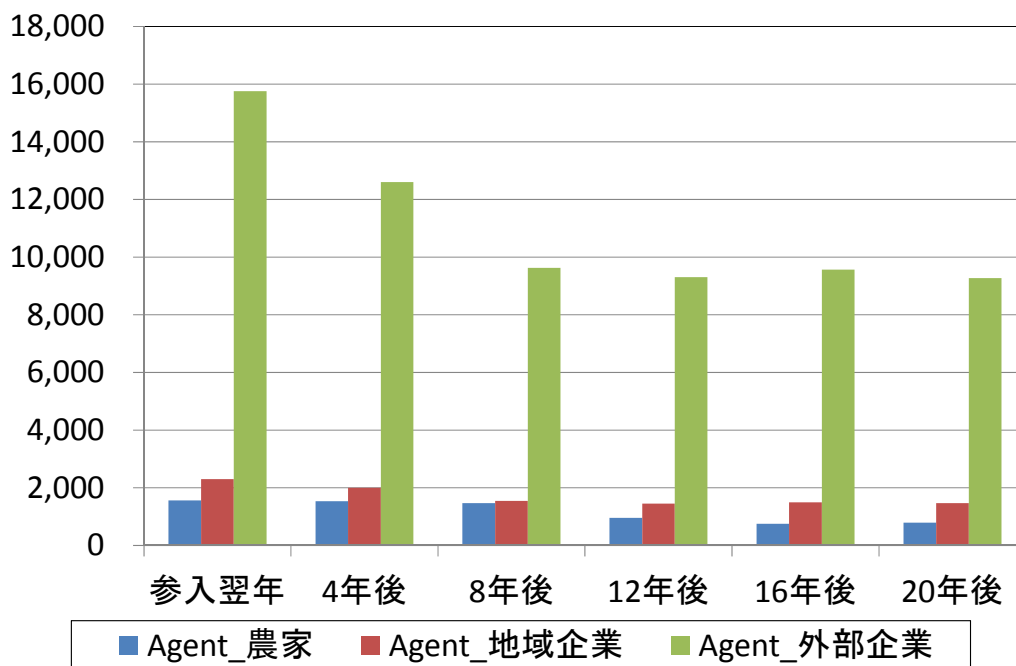


図 8-7 作業報酬を低額に見積もった場合の各 Agent の利益の推移 (単位：千円)

るほど高い人件費が経営を圧迫している補填が十分に計算できる場合には、安定的に、作業仮説③が支持される。

反面、人件費等に関して外部資金による補填が十分に計算できる場合には、安定的に、作業仮説③が支持される。

これらの分析結果から、企業が農業に定着する困難さと問題点が浮き彫りになったと考えられる。

まず、企業が農業に参入して、数年間で初期投資（固定費）を回収するという想定は成立し難いといえる。特に高付加価値作物等の収益性が高い作物を栽培する場合や、高い利益還元率が見込まれる確実な販路がある場合以外では、農業以外の本業からの資金補填が困難な場合はさらに状況は厳しいものとなる。現実的には、農業分野と関連が少ない他産業から参入する際には、販路不足による販売不振やノウハウ欠如による農作業の非効率化というリスクも存在するため、より一層の注意が必要である。つまり、農業面での収入のみによって固定費を回収することは困難であるという前提で企業は農業参入を行うか、受け入れ地域が企業に対してあらかじめ撤退を強く制限する必要性が示された。

また、Case 6 や Case 7 では、Agent_農業生産組織の生産者余剰がその他の Case よりも低く予測されていることも興味深い。この点から、企業の定着が地域の中核的担い手である集落営農等の組織の利益を低下させる可能性も示唆され、地域の調和という観点からは、予期せぬ悪影響の火種となる可能性も危惧される。

6. 結論～新しい公共の構築に資する議論～

本研究では、仮想社会モデルによる実験的な農業参入状況のシミュレーションに優れた MAS を適用することにより、今後増加すると見られる農業参入企業の定着条件についての考察を行った。神戸市西区の实在の集落を対象地域に設定して、地元主体や地域と関係が強い企業の現実的な行動特性を細かに反映したモデルを構築したことにより、過去の参入や撤退事例からの経験的知見に限定されていた企業参入の情報源に、将来予測という新たな視点を提示した。

では、「新しい公共概念の具現化についてどの程度の知見が導出出来たか」という視点から整理したい。本研究の結果からは、一度参入した企業に対して、「ともかく早期撤退をしない」という点を求めるならば、参入前の規約（撤退を制限する規則）を行政のイニシアティブで締結する以外には、企業自身があくまで利益を見込んだ事業の一環として参入する限り、定着は難しいと予測された。さらに、企業が定着した場合には、地元主体の収益減少に繋がることも予測された。つまり、現状では地元主体が根強く活動する地域での農業経営部門においては、「調和的な新しい公共概念の構築」は容易ではないといえる。企業参入によって相乗効果が発揮されて耕作放棄地の解消につながり、かつ経営収支も安定するというような状況は困難であり、新しい公共の具現化への壁は低くないと判断せざるを得ない。

しかしながら、本研究の知見から発展的に考察し、建設的な視点で提言するならば、ノウハウや労働力の面で、地域との融合をはかるような協約を事前に締結することで、より企業と地元の調和的な主体形成が可能となるのではないだろうか。この点に関して、さらに分析の枠組みを拡張して、追加的なシミュレーション分析を行う必要がある。

ただし、本研究で想定した地域農業環境は、あくまで限定的な状況を前提としたものであり、今後起こりうる企業参入に伴う問題や摩擦を必ずしも網羅的に捉えたものではない。また、本研究で仮定したシナリオも偏った状況の設計になっていることは否めない。このように、モデルの改良の余地は大きく、今後の対応次第でより現実的に求められる定着条件に言及することが可能になると考えられる。

注釈

- 1) 団地化した耕作放棄地に企業が参入し、そこで自社の計画内で農業経営を行うという構図ならば、考えるべき問題は企業内の経営問題が中心となる。本稿では遊休地が顕在化しつつも、依然として地元主体が活動する状況において、参入企業との競合を考察するため、このような地域を想定したモデル化を行った。
- 2) 分析モデルは、**artisoc Version 2.6** (株式会社 構造計画研究所) によって構築した。
- 3) 例えば細川・内田 [16] によると、圃場の形状が作業時間に及ぼす影響は概ね2割程度の差であることから、農地を利用する際に作業時間に掛かる重みとしてランダム変数を設け、作業性の優劣の差別化を考慮する。
- 4) 以降、現実の主体に相当するモデル内の Agent を「Agent_主体名」と表記する。
- 5) 農林水産省や都道府県の協力の下、市町村や農業委員会が市町村内の全ての耕作放棄地の状態を荒廃の段階別に判定した全国的な調査である。
(<http://www.maff.go.jp/j/nousin/tikei/houkiti/index.html>)
- 6) 以降、変数に下付き添え字 (x,y) が付されているものは、農地 (x,y) に関する変数であることを意味する。また同様に、下付き添え字 t は、モデルによるシミュレーションが開始されて t 期目 (t 年後) の値を指す。
- 7) 細かな割合は割愛するが、過去のトレンドに基づいて農産物価格が下落する構造を組み込んでいる。
- 8) 筆者らは、複数地域で約 1000 世帯の農家に調査した結果から、農家は法定耐用年数を大幅に超えて農業機械を利用し続けるという経験的仮説を実証している。この点を反映させて、本モデルでは、Agent_農家については実質の「利用年数」を代用する。したがって、年減価償却額も低く見積もられる。
- 9) 有田ら [17] によると、植生の処理、圃場面の整理、畦畔の造成等作業により改廃した耕作放棄地を再生するには、放棄年数に応じた費用が必要であることが実証されている。放棄後 10 年程度まで単調増加し、概ね 350,000 (円/10a) 程度に収束するという既往研究の知見を援用し、モデル内の復田費用を定義する。
- 10) 詳細は農林水産省統計情報を参照のこと
(<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kensaku/bunya3.html>)
- 11) シミュレーション過程では 1~5 年を範囲とした。
- 12) 概数値の詳細は、兵庫県 Website を参照のこと
(<http://web.pref.hyogo.jp/contents/000167901.xls>)。
- 13) アンケートで (複数回答) は、放棄地の貸付相手として営農組織等の地元主体を挙げた割合は 18%、企業や NPO を挙げた割合は 13%、知人や親類を挙げた割合は 6%、その他と回答した割合は 24%、売却希望の割合は 17% であり、貸さずに所有を希望する割合は 58% である。また、農地貸付に際して望む地代収入 (択一) について、標準額以上、標準額程度、有償の範囲で標準額以下、無償でも良

- いと回答した割合は、それぞれ 8%、49%、18%、25%である。
- 14) ヒアリング対象の集落営農組織への参加人数は 7 人、農業生産法人の従業員数は常時 5 人程度であり、ともに集落内の全農業従事者数の 1 割程度であった。また、何れの構成員も自家経営との兼任である。
 - 15) 各農産物の反収や販売価格、作付け作業時間は、農林水産省農業経営統計調査品目別経営統計 (<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noubukka/>) から援用する。
 - 16) 厚生労働省による平成 21 年毎月勤労統計調査特別調査結果の概況 (<http://www.mhlw.go.jp/toukei/itiran/roudou/monthly/tokubetu/09/mk21maitoku.html>) を参照のこと。
 - 17) シミュレーション過程では 3～5 年を範域とした。
 - 18) シミュレーション過程では 1～10 年を範域とした。

参考文献

- [1] 大仲克俊「企業の農業参入の二つ方途における論点と課題」,『日本地域政策研究』8号(2010), pp.49-56.
- [2] 澁谷住男「地域中小企建設業の農業参入にあたっての企業意識と課題」,『農業経営研究』45巻2号(2007), pp.23-34.
- [3] 澁谷住男「地域中小建設業の農業参入における業種特性と営農形態についての考察ー経営資源活用と耕作放棄地解消の視点からー」,『農業経営研究』47巻1号(2009), pp.88-93.
- [4] 山本善久・竹山孝治「農業への参入企業の経営実態からみた経営低迷要因と課題」,『近畿中国四国農研農業経営研究』18号(2008), pp.13-23.
- [5] 山本善久・竹山孝治「農業への企業参入に関する市町村担当者の評価と意識特性」,『島根県農業技術センター研究報告』39号(2009a), pp.25-30.
- [6] 山本善久・竹山孝治「地域農業戦略の視点から見た農業への企業参入と地域農業施策との連携効果」,『農業経営研究』47巻1号(2009b), pp.94-99.
- [7] 大仲克俊「特定法人貸付事業による企業の農業参入の実態と課題」,『農業経済研究 別冊 2007年日本農業経済学会論文集』(2007), pp.75-82.
- [8] 松下やよい・秋山邦裕「鹿児島県西之表市における異業種の農業参入の実態ー特区参入企業(種子島酒造株式会社・株式会社西田工業)の事例ー」,『鹿児島大学農学部学術報告』57号(2007), pp.55-61.
- [9] 中西宏彰・桂 明宏「企業の農業参入における業種間比較分析ー食品分野と建設分野の比較によりー」,『農林業問題研究』46巻1号(2010), pp.75-80.
- [10] Schelling, Thomas C., *Micromotives and Macrobehavior* (New York: Norton, 1978), pp.1-256.
- [11] Joshua M. Epstein, Robert Axtell, *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up* (London: The MIT Press, 1996), pp.1-224.
- [12] 橋本 禪・佐藤 洋平(2001):「土地利用計画過程における意思決定の空間分布変化ー人工社会における合理的な複数主体による計画の過程ー」,『農村計画論文集』第3集, pp187-192.
- [13] 瀧澤 重志・河村 廣・谷 明勲(2000):「適応的マルチエージェントシステムによる都市の土地利用パターンの形成」,『日本建築学会計画系論文集』第528号, pp267-275.
- [14] 遠藤和子(2004):「棚田を対象とする農地利用予測シミュレーション」,『農村計画学会誌』23(1), pp29-40.
- [15] S.Hoshino(1996): *Statistical Analysis of Land-use Change and Driving Forces in Kansai District, Japan*, WP-96-120, IIASA, pp1-40.
- [16] 細川雅敏・内田晴夫(2006):傾斜地の不整形な受託水田における農業機械の

作業時間特性, 農業土木学会誌, 74 (9), pp.811-814.

[17] 有田博之・山本 真由美・大黒俊哉・友正達美 (2008) : 耕作放棄水田の復田を前提とした農地資源保全戦略—新潟県上越市大島地区における復田費用調査に基づく提案—, 農業農村工学会論文集, No.254, pp.23-30.

[18] 野口良造・小中俊雄・瀧川具弘「AHPによる農業機械更新の意思決定支援システム」, 『農業機械学会誌』58巻4号(1996), pp.61-70.