

# 地域農業計画シミュレーションシステム『ASMAP』の開発とその可能性

山下 良平<sup>†</sup>, 星野 敏<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 神戸大学大学院自然科学研究科 食料フィールド科学専攻

<sup>‡</sup> 神戸大学農学部 食料生産環境工学科

(平成 17 年 9 月 30 日提出)

キーワード: マルチエージェントシミュレーション, ASMAP, 集落営農, 組織化

## 1. はじめに

農山村地域では、農業従事者の高齢化や混住化の背景から後継者不足が深刻化し、地域農業の持続的な担い手育成が求められている。今日、担い手育成型基盤整備事業として、圃場整備事業と担い手の創出が一体となった政策の実施が標準化されており、地域農業計画の策定において、認定農業者への農地利用集積や、農業生産組織或いは集落営農の組織化を如何に推進すべきかが重要な課題となっている。

ここで、計画策定に関与する様々な主体(行政, JA, 土地改良区, 生産組織, 農家, 非農家など)が、目指すべき地域農業の将来像を見定めて、目的を共有することによって組織化が展開されると考えるならば、合意形成に向けた情報提供手段として、操作性の高い対話型の分析モデルが極めて有効である。

これらの問題意識から、筆者らは、①操作性の高さ、②多様な分析項目に対応するインターフェースとその精度、③分析結果の直感的なわかりやすさ、等を重視して、農業集落を対象とした農業計画シミュレーションモデル「ASMAP<sup>注1)</sup>」を開発した。ASMAPでは、複雑系の解析手法である Multi-Agent Systems (以下、MASと略称)を適用し、農業集落を構成する個々の経営主体の行動から創発される農地利用変化を予測するという、ボトムアップ型の方法論に立脚している。そして、地域農業計画の策定現場でのニーズに応えるため、コンピュータシステムとしての汎用化を進めてきた。

本稿では、ASMAP の概要を示し、事例地域での適用を通して、モデルのインターフェースを説明する。そして、本格的な普及に向けて、モデルの有効性と課題を明らかにする。

## 2. ASMAP の概要

### 2.1 MAS とは

MAS は、計算科学分野の主要な理論である分散型人工知能の 1 分野として発達した、複雑な社会の問題解決を対象とした解析手法である。

MAS を適用したモデルでは、まず、シミュレーションの場(空間)を構築する。次に、現実社会の人間の行為を代行するエージェント(Agent)の意思決定機構や、エージェント間の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、社会の大局的な変化との因果関係を分析することで、現実社会の問題解決に対する提言に結びつける。

MAS を適用することにより、意思決定主体の過度の合理性を仮定しない、現実的なモデル化が可能となった。現在では、コンピュータの計算処理能力の飛躍的な向上に伴って、社会科学分野をはじめ、様々な応用例が見られる<sup>1, 2, 3)</sup>。

また、近年、MASを広く普及させることを目的として、汎用型ソフトウェアも多く開発されている。本研究では、操作が簡易であり、多彩な出力機能を具備している「KK-MAS」(開発元: 榊構造計画研究所)を用いてモデルの構築を行った<sup>注2)</sup>。以下、本論では、KKMASのインターフェースに従って、適宜モデルの操作方法を説明する。

注1) ASMAPとは、Agent-based Simulation Model for Agricultural Planningの略称である。

注2) 詳細は榊構造計画研究所Official Web Siteを参照。(URL: <http://www2.kke.co.jp/mas/> : 2005/9/30 確認)

## 2.2 数理計画モデルとの比較から見る ASMAP の開発意義

地域農業の経営計画に関する既往研究の多くは、線形計画や目的計画等の数理計画法に基づく最適化が中心であった。これらは、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り、数多くの研究蓄積がある。

また、数理計画法に基づくパソコン用経営支援システムが多数開発されている。例えば「営農技術体系評価・計画システム ファップス 2000 システム Ver.4.7 (Farming-systems Analysis and Planning System : FAPS)<sup>注3)</sup>」は、農業改良普及員や公立農業試験場をはじめ、多くのユーザに配布されて、試験的な利用実績を通して改訂を継続的に行い、普及に向けたモデルの性能を向上させている。

既存の数理計画モデルと ASMAP の主要な相違点は、以下の2点である。

まず、ASMAPP では、年度ごとの経営主体の意思決定を、個々にルーチン化していることである。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、個々人の意思決定と地域全体の将来予測結果との関係が明示的ではない。

また、ASMAPP では、適用地域の実際の圃場図とリンクさせて土地利用変化の予測結果が出力できる点である。

このように、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有効である。それに対して、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、個々の経営主体への啓発効果が期待できる ASMAP の優位性は大きいと言える。

## 2.3 分析の流れ

分析の流れは図1の通りである。調査に先立ち、まず、地域農業の組織化に関して、対象地域が内包する問題点を整理し、分析の見通しを立てる。

次に、アンケートやヒアリングなど現地調査を実施し、地域特性や農業経営の実態を把握すると共に、それらの情報を反映させて、モデルの基本構造を微調整する。そして、得られた情報を入力

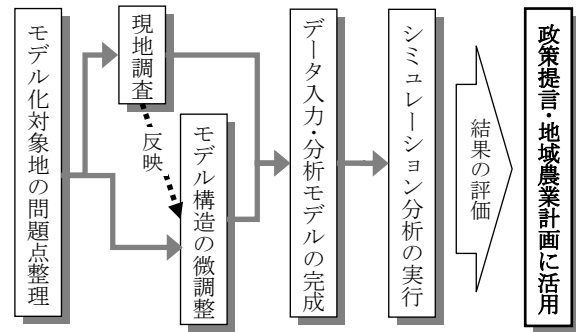


図1 モデル構築から結果の活用までの流れ

し、分析モデルを完成させる。

シミュレーションに際しては、解決すべき課題に基づいて適切に分析の枠組を設定し、分析を実行する。そして最後に、結果から示唆される情報をまとめ、政策提言或いは営農計画策定における合意形成材料として活用する。

## 2.4 事例研究の実績と段階的な改良

ここで、事例研究を通じた ASMAP の改良経緯を表1に示す。

まず、標準的な中山間地域を模擬した人工農業集落を構築し、農地貸借のみによる階層分化のシミュレーションを試験的に行った(初期モデル名: CALLモデル)<sup>6)</sup>。

次いで、実質的に ASMAP の開発段階と言える兵庫県内2地区(神埼郡, 加西市)を対象とした研究では、これまで扱っていなかった作業受委託等の行動を追加するなど、農家の意思決定を現実に近いものとした<sup>7, 8, 9)</sup>。

そして、圃場整備事業を契機として地域農業の組織化を図る秋田県美郷郡六郷町での事例研究では、集落営農に対する農家の意識啓発に向けて、GISとの連動により<sup>注4)</sup>、視覚的な結果の表記を実現した<sup>10)</sup>。

## 2.5 現行のモデル構造の説明

### 2.5.1 シミュレーションの仮定

現実を簡略化して捉えるため、いくつかの仮定を設けた。主な仮定事項の一部を以下に示す。

<sup>注4)</sup> ただし、調査段階で取得できるデータの種類により、結果の出力方法が異なる。デジタル化された地理情報データが入手可能であると、GISを用いて土地利用図の作成が可能であるが、データがない場合は、KKMASの機能を用いて格子状にマッピングすることになる。その場合、操作が簡単な分、出力画面の現実性はやや落ちる。

<sup>注3)</sup> 詳細はFAPS制作者の既報<sup>4, 5)</sup>或いはWeb Siteを参照。  
(URL: <http://misa.ac.affrc.go.jp/faps/>; 2005/9/30 確認)

表1 これまでの改良経緯

対象地域	調査・分析期間	モデルの内容、前モデルからの主な新規性
第1段階 完全人工社会 <sup>6)</sup> (CALLモデル)	H14.04~H15.03	マルチエージェントシミュレーションによる地域農業モデルのプロトタイプ。農業者個人が保有する労働時間の計算法や、農家の経営行動に関して農地貸借のみを扱うなど、抽象度の高い萌芽的モデルとの位置づけ。
第2段階 兵庫県神埼郡神崎町 山田集落 <sup>7, 9)</sup>	H15.04~H16.03	現実の事例を基にモデルを構築した最初の例。アンケートに基づいて作業受委託や機械の更新を導入するなど、より現実的な構造になる、しかし、1筆の面積が一律で10aであるうえ、作付作物が水稻のみであるなど、抽象的な部分が残る。
第3段階 兵庫県加西市畑町 <sup>8)</sup>	H16.04~H16.012	1筆毎に面積に合わせた作業時間などの定義式を精緻化。また、簡易な構造ながら転作(麦作)を取り入れ、水稻の作付け制限を設ける。さらに、集落営農の組織化に対する強制度合いを段階化し、実現可能性を考慮した状況設定での分析を実施。
第4段階 秋田県美郷町 六郷西部地区 <sup>10)</sup>	H17.01~H17.08	GISを用いて、現実の白地図上でシミュレーション結果を表記することに成功し、関係農家への啓発資料として、効果的な活用が期待される。

- (1) モデル内の集落社会では、出入り作はなく、営農組合を構成する場合、オペレータは集落内の農業者のみから構成される。また、農地の売買はないものとする。
- (2) 現実の営農組合の多くは任意組織であり、会計上も作業受託組織としての帳簿処理を行うが、農業経営を主宰する主体としての機能を果たす組織も少なからずあることを踏まえ、一経営主体として営農組合を扱う。
- (3) 作付けに係る作業工程を「機械作業」と「管理作業(機械作業以外)」に大別し、機械作業は便宜的に耕起・田植え・刈り取りの3種類とする。機械作業のみ他農家に依頼することを作業委託とする。また、機械作業・管理作業両方を依頼する場合、農地貸付と同義とみなす。
- (4) 機械作業の受委託料金や、農地貸借に係る小作料は地域内で一律とし、個人間交渉により料金は変動しない。

2.5.2 シミュレーション空間の設計

現実社会における宅地や農地の配置及びその属性などを投影したシミュレーション空間を構築する(図2参照)。初期画面のメニューバーから簡単な操作で設定することが出来る。

ASMAPで定義されるモデルの構成要素は、個別農家、営農組合、農地であり、その他の地目は捨象する。特にASMAPでは、モデルの構成上、営農組合も独自に経営を行う農家エージェントの一つ(特殊な個別農家)として扱う。

2.5.3 経営主体の構成と意思決定機構

経営主体となる農家及び営農組合の意思決定機構を図3に示す。全経営主体がランダムな順序で

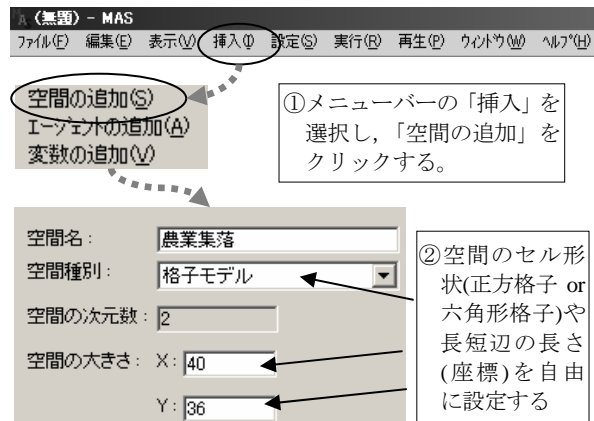


図2 空間の設計手順

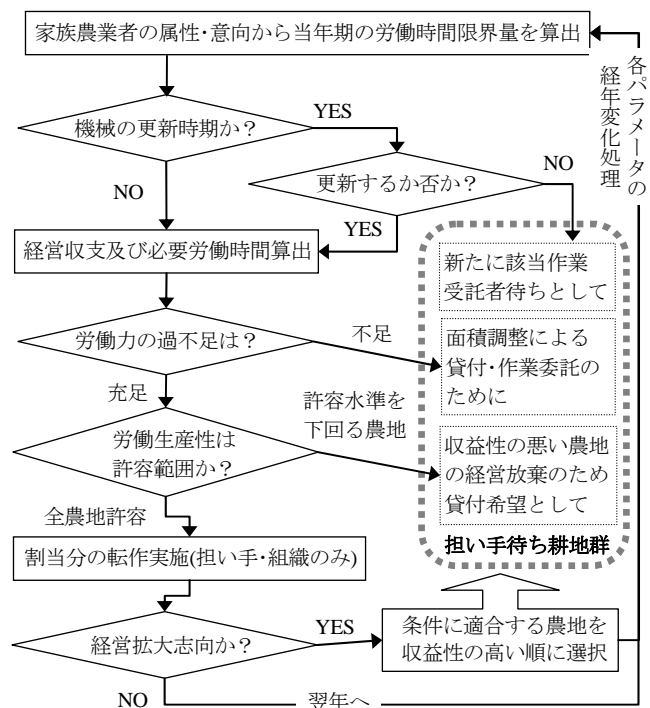


図3 経営主体の意思決定機構<sup>10)</sup>

この手続きを実行し、その結果、エージェント間で農地や作業のやり取りが生起する。

農業者個人が組織的な取り組みに参加するか否かは個々で決定されるが、経営面積の増減や機械の更新など、農家単位としての行動は、経営主の意向により決定される。したがって、営農組合の活動に関しては、本来的には構成員による複雑な集会的意思決定のプロセスが求められるが、モデルの簡略化のため、組織の設立主旨や活動実態等を精査したうえで、図3の意思決定機構に従うように振る舞いを仮定した<sup>注5)</sup>。

なお、農家の状態や行動を規定する主な定義式は、以下の式(1)~(12)に示す通りである。モデル内の経営主体は、以下の定式化された労働力を基に、経営収支を計算して、毎年の意思決定を行う。

### ①年間の可能労働時間

ASMAPでは、機械作業と機械作業以外の管理作業等の作業時間が区別して定義される。個別農家の年間総農業労働時間の最大値は、家族世帯員の個々の農業労働時間の合計として定義される。初年度より $t$ 年後の農家ID( $n$ )、世帯員ID( $k$ )の農業従事者個人( $n,k$ )の年間農業労働時間のうち、機械作業相当分( $E1_{t(n,k)}$ )及び管理作業相当分( $E2_{t(n,k)}$ )は、以下のように定義され、それらの合計が、個別農家の年間総農業労働時間の最大値となる( $L1_{t(n,k)}$ 及び $L2_{t(n,k)}$ )。

各経営主体は、これらの年間労働時間の範囲内で、経営行動を執り行っていくことになる。

$$E1_{t(n,k)} = D1_{(n,k)} \times 8 \quad (1)$$

$$E2_{t(n,k)} = D2_{(n,k)} \times 8 \quad (2)$$

$$L1_{t(n)} = \sum_{k=1}^K E1_{t(n,k)} \quad (3)$$

$$L2_{t(n)} = \sum_{k=1}^K E2_{t(n,k)} \quad (4)$$

ここに、 $D1_{(n,k)}$ ：アンケート回答に基づく年間農業従事日数の範囲内において、一様乱数で確率的に決められた機械作業日数、 $D2_{(n,k)}$ ：同管理作業日数。

### ②全作業自己完結の農地・借入農地の農業所得及び作業時間<sup>11, 12, 13, 14)</sup>

全作業を他農家に依頼することなく、自己完結的に経営する農地、或いは他者の農地を借り受け

て、同様に自己完結的に経営する農地( $X,Y$ )に関して、農地あたりの農業所得( $I_{(X,Y)}$ )を(5)式のように定義する。同様に当該農地の機械作業時間( $T1_{(X,Y)}$ )及び管理作業時間( $T2_{(X,Y)}$ )は、それぞれ(6)式、(7)式のように定義される。

$$I_{(X,Y)} = \left[ Y \times Pr_t - Cv - \sum_{k=1}^3 \{ (dum1_k \times Pm_k) / (D_k \times M_u) \} - f \right] \times S_{(X,Y)} \quad (5)$$

$$T1_{(X,Y)} = \sum_{k=1}^3 (T_{mk} \times e_{k(X,Y)}) \times W_{(X,Y)} \times S_{(X,Y)} \quad (6)$$

$$T2_{(X,Y)} = T_c \times W_{(X,Y)} \times (\delta \times d_{(X,Y)} + 1) \times S_{(X,Y)} \quad (7)$$

但し、 $e_{k(X,Y)} = f^1(a_{(X,Y)}) \times f^2(b_{k(X,Y)})$

ここに、 $Y$ ：反あたり平均収量(kg/10a)、 $Pr_t$ ：現在より $t$ 年後の米価(円/kg)、 $Cv$ ：反あたり平均変動費(円/10a)、 $k$ ：機械種類(1.トラクタ、2.田植機、3.コンバイン)及び機械 $k$ による作業、 $Pm_k$ ：機械 $k$ の価格(円)、 $dum1_k$ ：機械 $k$ 更新意思ダミー変数(1.更新意思有り、0.更新意思なし)、 $D_k$ ：機械 $k$ の耐用年数(年)、 $M_k$ ：機械 $k$ を稼働させた経営耕地面積(10a単位)、 $f$ ：標準小作料(円/10a；借地のみ計上)、 $S_{(X,Y)}$ ：農地 $(X,Y)$ の面積(10a単位)、 $T_c$ ：管理作業など機械作業以外の作業時間単位量(時間/10a)、 $T_{mk}$ ：機械種類 $k$ の作業時間単位量(時間/10a)、 $e_{k(X,Y)}$ ：面積集積による機械種類 $k$ の作業時間の効率化を示す変数、 $a_{(X,Y)}$ ：農地の区画分類を表すダミー変数(1.矩形、2.準矩形(正方形)、3.不整形…地図上から目視により分類)、 $b_{k(X,Y)}$ ：作業別集積規模(10a)、 $W_{(X,Y)}$ ：農地 $(X,Y)$ の農作業条件を表す変数、 $\delta$ ：通作距離による作業時間の重み付けを示す変数、 $d_{(X,Y)}$ ：通作距離(経営者宅地から当該耕地までのモデル空間上での直線距離)。

### ③作業受委託農地の農業所得及び作業時間

他農家に作業を委託して経営する農地( $X,Y$ )に関して、農地あたりの農業所得( $I_{(X,Y)}$ )を(8)式のように定義する。同様に当該農地の機械作業時間( $T1_{(X,Y)}$ )及び管理作業時間( $T2_{(X,Y)}$ )は、それぞれ(9)式、(10)式のように定義される。

$$I_{(X,Y)} = [Y_t \times Pr_t - Cv - \sum_{k=1}^3 (dum2_k \times f_{wk}) + \sum_{k=1}^3 \{ (1 - dum2_k) \times (dum1_k \times Pm_k) / (D_k \times M_u) \}] \times S_{(X,Y)} \quad (8)$$

$$T1_{(X,Y)} = \sum_{k=1}^3 (dum2'_k \times T_{mk} \times e_{k(X,Y)}) \times W_{(X,Y)} \times S_{(X,Y)} \quad (9)$$

$$T2_{(X,Y)} = T_c \times W_{(X,Y)} \times (\delta \times d_{(X,Y)} + 1) \times S_{(X,Y)} \quad (10)$$

さらに、機械作業を受託する農地農地( $X,Y$ )に関して、農地あたりの農業所得( $I_{(X,Y)}$ )を(11)

<sup>注5)</sup> 図3の構造の中で、極力現実的な活動と近いものにするため、分岐点での判断に関する閾値を慎重に設定することが必要である。

式のように定義する。同様に当該農地の機械作業時間 ( $T_{(X,Y)}$ ) を、それぞれ(9)式、(12)式のように定義する。

$$I_{(X,Y)} = \sum_{k=1}^3 (dum3_k \times f_{wk}) \quad (11)$$

$$T1_{(X,Y)} = \sum_{k=1}^3 (dum3_k \times T_{mk} \times e_{k(X,Y)}) \times W_{(X,Y)} \times S_{(X,Y)} \quad (12)$$

ここに、 $f_{wk}$ ：機械作業 $k$ の作業委託料金(円/10a)、 $dum2_k$ ：作業委託ダミー変数（作業 $k$ を委託している…1, していない…0）、 $dum2'_k$ ：作業実施ダミー変数（作業 $k$ を自分の機械で実施している…1, していない(委託している)…0）、 $dum3_k$ ：作業受託ダミー変数（作業 $k$ を受託する…1, しない…0）。

### 2.5.4 アンケート項目

農家の特徴を把握するために行ったアンケートの主な項目を表2に示す。これらの設問項目は、これまでの適用事例での経験を踏まえて内容を吟味し、ほぼ標準化されたフォーマットである。しかしながら、集落規模や農家数、組織的な取り組み状況等、地域農業の特徴は多種多様であり、完全に統一されたフォーマットで全ての対象地域に対応することは困難であるため、その都度適宜微調整を加える必要がある。また、アンケートでは収集しきれない詳細なデータ等は、ヒアリングにより効率的に取得することが求められる。

## 3. ASMAP の操作手順と分析

### 3.1 対象地域の概要と地域農業の現況

表2 主な設問項目とモデルへの反映部分

設問項目	モデルへの反映 (情報取得目的)
経営主及び家族員の属性	個別農家の労働力構成の把握
経営主及び家族員の農業従事実態	個別農家の保有労働力総量(単位：時間)の計算
後継者の属性及び経営継続に対する意向	代替わり時の農家としての意向変化の把握。(傾向の大局的な把握)
基幹3作業用の農業機械(※)保有状況・更新意思	各種の機械更新時の意思決定
集落営農を実施した場合の参加意向	組織化を仮定した場合の参加意欲と参加の程度の把握
今後(将来的な)の経営面積の意向	農地貸借契約による経営拡大に関する意思決定
現在の農作業受委託料金の水準に対する考え	農作業受委託に関する委託側、受託側としての意思決定
経営継続に限界を感じる米価水準	離農のシグナルとなる米価の把握

※本モデルで考慮するトラクタ、田植機、コンバインが該当

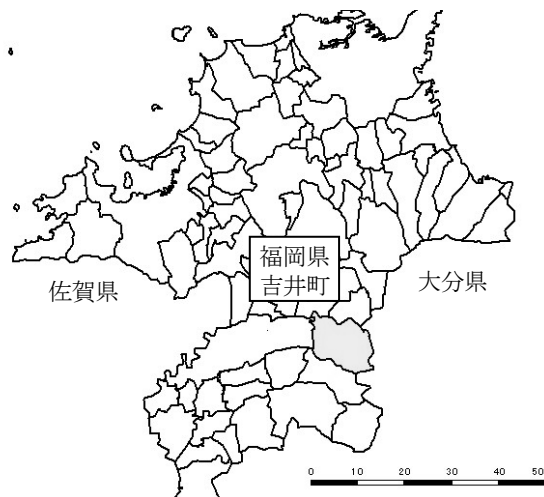


図4 福岡県における吉井町の位置

対象地域として、福岡県うきは市吉井町吉井第3地区を選定した(以下、第3地区と略称)。

うきは市は、福岡県の南東部、大分県との県境に位置し、平成17年3月20日に、隣接する旧浮羽町と旧吉井町が合併して新市が誕生した。平成15年時点では、総面積117.55km<sup>2</sup>(耕地31.00km<sup>2</sup>、宅地7.46km<sup>2</sup>、耕地59.07km<sup>2</sup>)、平成12年国勢調査によると、総人口34,045人、総世帯数9,639の平地農業地域である注7)(図4参照)。

第3地区は、平成7年に事業が完了した土地改良事業区域である。土地改良事業以降、積極的に地域農業の組織化を進めてこなかった経緯がある。地区内には多くの小規模営農組合が存在するが、個々の経営では機械整備にかかる負担も大きく、労働力不足や米価の下落傾向を懸念して、特に拡大志向はみられないのが現状である。作業受委託や農地貸借契約の際には、農地の貸し手や作業委託側の依頼先の選択にばらつきが見られ、農地の利用集積が進んでいない注8)。現在は耕作放棄地も殆どなく、個別経営で農地管理が維持できているが、現役農業従事者のリタイア後を視野に入れ、地域農業の組織化を進める必要があると言える。営農計画策定の現場では、組織的な取り組みに対する農家の意識啓発が求められており、ASMAPが組織化の推進に如何に貢献しうるかを、当該地区での適用によって考察する。

注7) うきは市Official Web Siteから一部引用。

(URL:<http://www.city.ukiha.fukuoka.jp/index.htm> : 2005/9/30 確認)

注8) ヒアリング調査より取得した情報をまとめた。なお、現在のところ、法人格を取得している営農組合はない。

表3 分析の枠組

ケース設定	Case I アンケート等現況を反映 (通常の将来予測)	Case II 強制的な集落営農を 仮定した場合	Case III 農業継続に対する限界米価 (広義の経営感覚の強弱)
分析内容	基本的なモデルの 予測機能の実践	地域農業の組織化の 効果を指標で比較	モデルパラメータの 感度分析
分析項目	Case I と Case II の農地保全状況及び全営農主体所得総計		個別経営の継続の限界を 感じる米価水準の影響
モデル 操作の 概要	現在の個別経営の営農スタイルが継続されると仮定(中核的な担い手は既存の小規模営農組合のみ)。アンケートにより各農家の機械保有状況及びその更新意思、経営面積及び今後の意向等を調査し、反映させる(表2参照)。農地貸借の相手にも制約を設ける <sup>※1</sup> 。主なモデルパラメータは表4の通り。	農業者個人の個々の意向に従って徐々に生産組織(営農組合)を形成する場合を想定する。個人では機械を更新せず、個別経営で管理しきれない農地は、自動的に営農組合の管理下に委託される構造 <sup>※2</sup> 。営農組合の行動は、米価の下落や受託料金水準に左右されず、強力な受け皿として機能する。	限界を感じる米価(受委託に期待する利益)を少々低く見積もった場合(パターン1)と、更に大幅に低く見積もった場合(パターン2)の比較 <sup>※3</sup> 。その他はCase Iと同じく標準設定に据え置き。現実的にも十分考えられる米価下落の影響度をパラメータの感度分析によって分析する。

※<sup>1</sup> シミュレーション内の農地貸借では、現実的な意向を反映させて、農地の貸し手が希望する借り手の属性(営農組合、認定農業者等の大規模農家、制限無し)に合致する場合のみ契約が成立する構造になっている。

※<sup>2</sup> 強制的な状況設定ではあるが、ここでは合意形成の過程で生ずる様々時間的、精神的、あるいは経済的費用を考慮せず、強固な生産組織が形成された場合を単純に仮定し、その効果を把握することに主眼を置くことを目的とした

※<sup>3</sup> パターン1では、アンケートでの「限界を感じる米価」の回答を、便宜的に全農家一律で2000円低く変更した。パターン2では、全農家一律で4000円低く変更したうえ、更に受託収入に期待する利益を最低賃金以下に設定。アンケートで「見込める受託収入安ければ請け負わない」と回答した農家は対象地域(福岡県)の最低賃金(平成16年度で645円/時間)を目安に、「安くても請け負う」と回答した農家は0円~最低賃金を目安に確率的に設定した。

### 3.2 分析の枠組

上記の目的に対する分析を試みるため、表3で示すCase I~Case IIIの3つのケースを設定した。

まず基本となるケースとして、後述するアンケート結果をほぼ忠実に反映させて、現状が維持された場合のシミュレーションを行う(Case1)。Case1は、施策を講じなかった場合に考えられる将来像であり、他の状況設定によるシミュレーションを比較分析することで、様々な施策を検討するための基準である。

そして、Case1の比較対象として、地区内の個別経営の継続を強制的に抑制し、労働力を集積して擬似的に大規模な生産組織を形成した場合を設定する(Case2)。その際、ヒアリング結果を参考にして、現在当該地区で中心的に活動する2つの営農組合に農地を集中させるように設定する<sup>注9)</sup>。

さらに、モデルの操作性を最大限に活かし、社会的な状況規定するパラメータを操作し、シミュ

レーション結果に対する感度分析を行う(Case3)。ここでは、米価の下落に対する農家の意向を取り上げ、それが地域農業の将来像にどの程度寄与しているかを評価する。

### 3.3 アンケート結果

第3地区で実施したアンケート調査の結果の一部を図5-1~図5-4に示す。実施時期は平成17年2月で、自治体の協力を得て全農家(257戸)対象に直接配布、回収を行った。回収率は経営主用が213部(83%)、同封した後継者用の回収数は74部(29%)であった。今回の後継者アンケートでは、経営主交代時の意向変化を把握することを目的としたが、全体の回答数も少なかった。そのため、経営主交代時の意向変化に関して、後継者の意見が取得出来た農家に関してはそのまま反映させて、そうでない農家には、取得出来たサンプルの回答分布に従って、比例配分で確率的に決定した<sup>注10)</sup>。

注9) 第3地区では、現在も個別経営の意向が多く残り、集落1農場方式の農業生産組織の確立は全く検討されていない。そこでの集積を仮定する際、1箇所(農地・労働力)を集積させず、現実を反映させて担い手を分散させた。その際、自宅から地理的に近い担い手へ集積させるものとする。

注10) 現段階では、家族構成や機械の整備状況などの客観的な指標とは無関係に、取得分の回答分布(割合)に基づいて行動が決定される。

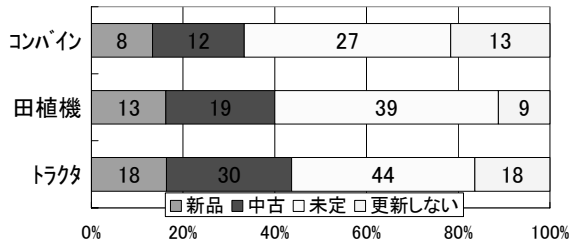


図 5-1 現在の機械保有状況と更新意思

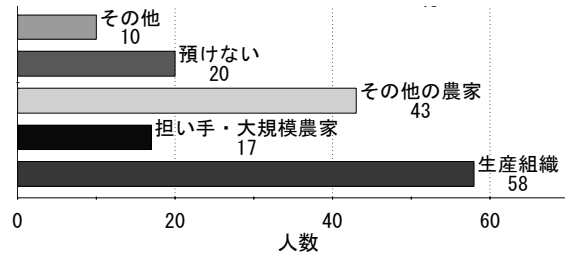


図 5-2 希望する委託（貸付）相手（複数回答）

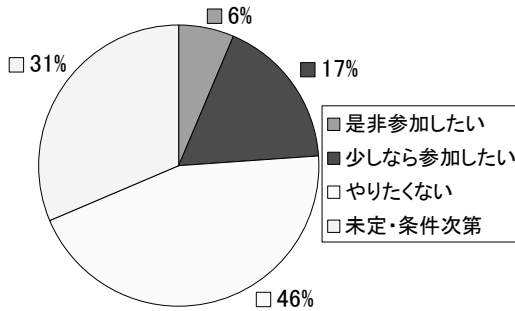


図 5-3 集落営農への参加意向（個人対象：n=172）

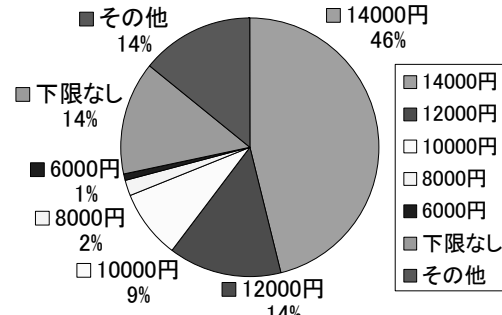


図 5-4 経営の維持に限界を感じる米価（n=141）

①モデル構造定義部(左)

- <主な機能>
- ・空間の定義
- ・エージェントの定義
- ・パラメータ・諸変数の定義

②Agent 行動ルールプログラム記述部(中)

- <主な機能>
- ・各エージェントの行動メカニズムソースを記述

③パラメータ操作部(右)

- <主な機能>
- ・シミュレーションの再生・停止等の操作
- ・パラメータの設定

図 6 ASMAP の操作画面の説明

また、後継者がいるかいないか自体が無回答の農家に対しても、同様に経営主アンケートで回収出来たサンプルの回答分布に従って、便宜的に後継者の有無を決定した<sup>注11)</sup>。

### 3.4 分析結果の考察

#### 3.4.1 状況の再現

図 6 に ASMAP の操作画面を例示する。①モデル

構造定義部<sup>注12)</sup>は、モデルを構成する根幹部分であり、ここで、経営主体エージェント（農家、営農組合等）のもつ内部情報を定義していく。また、経営主体の他、農地が持つ情報（例えば面積、地番、経営者名、作付作物、休耕年数等）や、米価及びその下落率、標準小作料、農作業受委託料金など、人工社会の社会的な状況を規定する諸変数もこの部分で定義する。なお、ここで定義された変数は、シミュレーションの実行過程において、

注11) ここでも、例えば「後継者の有無に関して無回答の農家には、後継者が居ない或いは未定である可能性が高い」というような経験的な推論は、それを裏付ける根拠が不足しているため、現時点では用いていない。

注12) 操作画面の説明のため便宜的に付けた名称であり、ASMAPを構築したソフトウェア『KKMAS』で正式に用いられる名称ではない。以下②、③も同様。

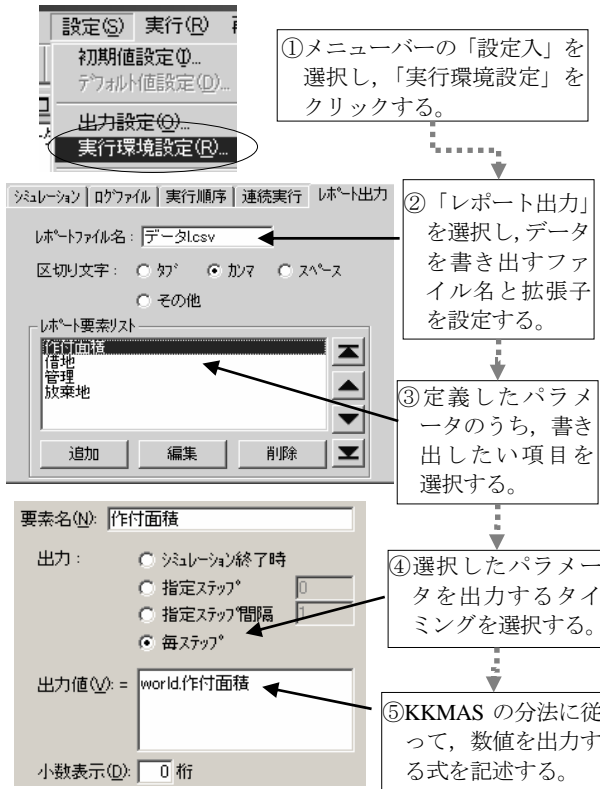


図7 データ書き出し設定の操作手順

エクセルファイルやテキストファイルに数値や文字列を書き出すことが可能である (図7参照)。

②エージェント行動ルールプログラム記述部は、定義した経営主体等の意思決定機構のフローを実際に記述する部分である。使用言語はソフトウェアオリジナルの特殊言語であるが、概ね Visual Basic に準拠している。

③パラメータ操作部は、シミュレーションの際、①で定義したパラメータをスライダー (指定した範囲で自由に調整可能) によって決定する部分である。また、ダミー変数による数値入力も可能である。この操作により、実験したいシミュレーションの状況を簡単に設定することが出来る。

それ以外の機能として、シミュレーションのステップ数 (予測年数) も設定可能であり、パラメータの推移など、予測年数を自由に操作できる (図8参照)。なお、今回は20年に設定した。

分析に際しては、ケース設定の伴い操作するパラメータ以外は、表4の値に固定する。

### 3.4.2 分析結果①「組織化の効果」

まず、集落営農を立ち上げ、地域農業の組織化を再現するようにパラメータ等を変更する。例え

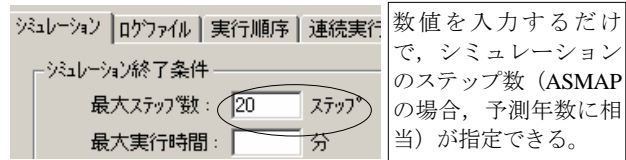


図8 ステップ数 (予測年数) の設定手順

表4 初期値及び基本構成の主なパラメータ設定

パラメータ	設定値	パラメータ	設定値
総農家数	257(戸)	耕起作業料金	7,500(円/10a)
総農地面積	101.45(ha)	田植え作業料金	7,200(円/10a)
初期放棄地面積	0(ha)	刈取り作業料金	15,600(円/10a)
管理作業時間(米)	15(h/10a)	標準小作料 <sup>*1</sup>	20,000(円/10a)
管理作業時間(麦)	5(h/10a)	転作面積率	45(%)
耕起作業時間	3.5(h/10a)	米価下落率 <sup>*2</sup>	-2(%)
田植え作業時間	5(h/10a)	休耕地管理年数	5(年)
刈取り作業時間	5(h/10a)	オペレータ作業率 <sup>*3</sup>	50(%)

<sup>\*1</sup>本来は、米価の下落が土地需要を停滞させ、小作料の段階的な下落と連動すると考えられるが、本シミュレーションでは、特に小作料は変化させていない。ただし、モデルの操作性としては、米価同様に一律の (或いは不規則的な変化率の) 下落率を設定することも可能であり、農地貸借を介して価格を決定することも出来る。

<sup>\*2</sup> 対前年度比。シミュレーション初年度は13,800(円/60kg)

<sup>\*3</sup> 現在オペレータとして営農組合に参加している農業者が、自己の保有する労働時間から、オペレータ勤務に半分する割合。

ば、図9に示すように、組織的な取り組み対して労働力を拠出する割合を高く変更することによって、集落営農組織に労働力を集中させる。その他、個別経営での経営拡大を行わず、農地貸借や作業受委託の際の依頼相手の限定を解除することで、効率的に組織化を進展させる。

このように仮想的に作成した地域農業を組織化したケースと、通常の将来予測の2ケースの結果を比較するため、分析指標として、作付面積 (水

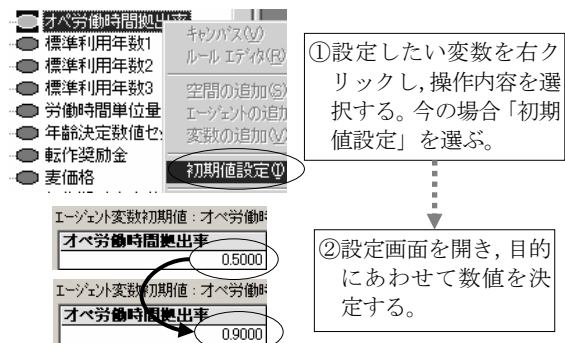
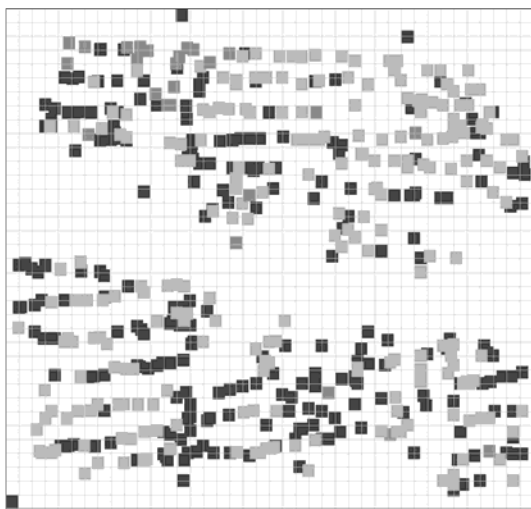
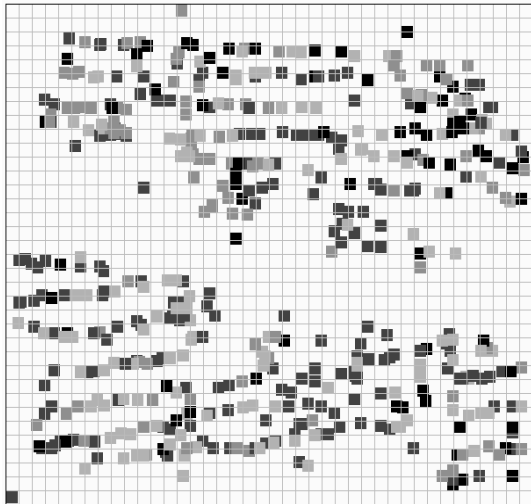


図9 仮想集落営農の設定手順





■ 作付地(水稲) ■ 作付地(麦) ■ 保全管理地 ■ 放棄地

	作付面積*	作付面積うち借地	保全管理面積	放棄地面積
Case I (a)	43.1 ha	30.8 ha	18.3 ha	9.2 ha
Case II (b)	45.9 ha	53.1 ha	2.4 ha	0 ha
(b)-(a)	2.8 ha	22.3 ha	-15.9 ha	-9.2 ha

\* 経営者が土地所有者である農地を指し、このカテゴリーには転作作物の作付面積も含む

図10 20年後の土地利用予測(上:Case I,下:Case II)及び面積指標別の予測数値

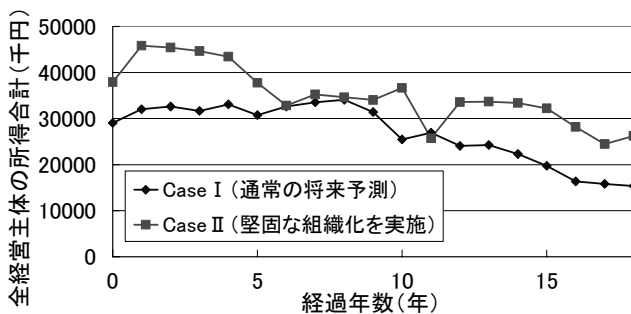


図11 総所得推移のケース比較

稲・転作作物の合計), 借地面積, 保全管理面積, 放棄地面積と, 総農業所得(水稲のみで転作分は除外)を用いた。

まず, 農地保全状況のシミュレーション結果を図10に示す。この鳥瞰図を見比べると, 通常の将来予測(Case I)では, 全体的に耕作放棄地が散在していることが見て取れる。他方, 集落1農場方式の強固な集落営農を実施した場合(Case II)は, 経営の効率化が達成されて, 農地保全(耕作放棄地の抑制)に成功している。

同様に, 組織化の効果は地域内の総所得にも現れている(図11参照)。図11は本論の(5), (8), (11)式で定義した農業所得を, 全経営主体で総合した数値の推移である。いずれも基本的には減少傾向にあるが, Case Iと比較してCase IIでは約7割増の所得が見込まれる<sup>注13)</sup>。

次に, 特に耕作放棄地の見られたCase Iについて, 農地利用状態別にみた面積シェアの経年変化を図12に示す。特定の農家が担う小規模営農組合が主体的に農地利用集積を計っていることから, 緩やかな耕作放棄の増加にとどまっているが, 現実的には水利系の管理不全など, 耕作放棄地の外部不経済性が大きくなることも考えられる。また, このような個別農家或いはそれに準ずる小規模農家集団の経営に頼る農地集積では, リスクを恐れて農地の出し手が集積に抵抗を示すことも十分考えられる。

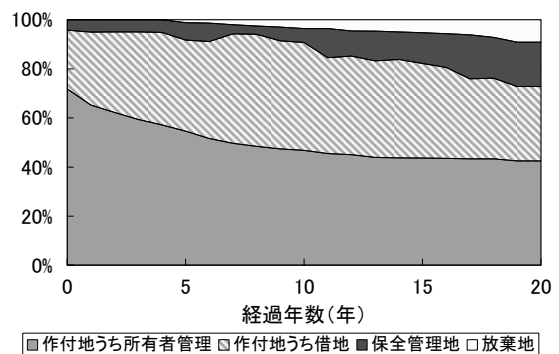


図12 農地利用状態別にみた面積シェアの経年変化

注13) 10年経過時点で, 一度Case IIで大きな落ち込みが見られるが, これは農地貸借の利用権設定を一律で10年にしたため, シミュレーション開始直後の貸借契約が一斉に解消されてしまうことが影響している。これはモデル設計上の問題であり, 初期の契約年数を調査により割り出すか, ランダムに設定することで回避できる。

### 3.4.3 分析結果②「パラメータの感度分析」

パラメータの感度分析は、モデルの妥当性を検証するためや、対象地域における農業経営の状況を規定している要因の強弱を推察するために必要な作業である。そこで、ASMAP を用いて、各経営主体の「経営の継続に限界を感じる米価水準」に着目して感度分析を行う。

分析の枠組みは次の通りである。事前に行ったアンケートでは、上限 14,000 円、下限を 6,000 円として、2,000 円刻みで限界を感じる米価を質問した（但し「どこまで米価が下落しても続ける」という選択肢あり）。これらの水準は、作業受委託に期待する利益、さらには家族労賃見積額にも連動する。そして、この水準を意図的に操作することによって、各経営主体の許容米価水準が農地利用にどの程度寄与するかを把握する<sup>注14)</sup>。ここでは、アンケートの回答を反映させたものを標準とし、一律 1 段階(2,000 円)低下させた場合を「弱低下」、一律 2 段階(4,000 円)低下させた場合を「強低下」として、シミュレーション結果の比較を行った。

分析結果として、面積指標別の推移を図 13 に示す。作付面積総計ではそれほど大きな差異は見受けられないが、借地面積と放棄地では若干の差異が見て取れた。シミュレーション初期は農地の出し手が多くなるような標準設定の場合で農地流動化が進んでいるが、米価の下落が進行すると、受け皿となる農家層（相対的に低い金額を回答している）の許容水準をも下回ることが予想される。そのため、シミュレーション終盤は標準設定の借地面積が一番低水準となっている。ただし、耕作放棄地面積も標準設定が一番少ないことから、農作業受委託が選好されているか、もしくは一時的な保全管理状態であると考えられる。

## 4. 実用化に向けた改善点

本稿では、対象地域での適用に基づいて、ASMAP もインターフェースを紹介すると共に、どのような情報を提供しうるかを説明した。

以上の議論を踏まえて、本稿のまとめとして、

注14) 共同作業による経営の効率化や作業時間の負担減、或いは施策による補助金等の支援があれば、経営主体の体感的な「限界を感じる米価」は低くなると推察される。本分析には、そのような計画や施策の有効性（必要性）に対する示唆を含意する。

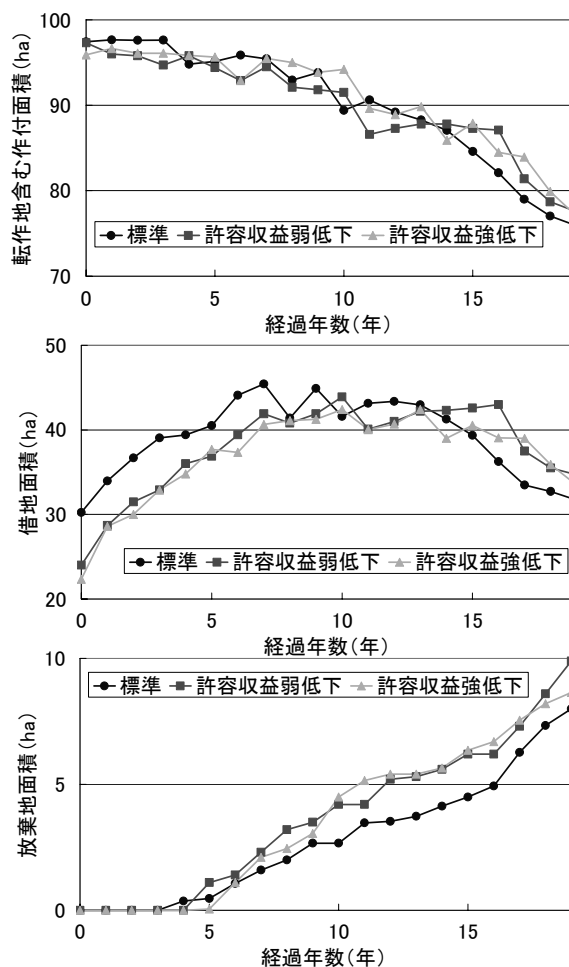


図 13 限界を感じる米価を操作したときのシミュレーション結果への寄与（面積指標別）

残された課題を挙げて、最終的なシステムの完成に向けた方向性を明らかにする。

### 4.1 適切な方法による妥当性の検証

山下(2005a)では、簡易な検証を行っているが、十分なデータの条件下で行われたものではなく、不完全なものである。モデルの妥当性を証明するには、更なる検証作業の蓄積が必要である。

具体的な検証の方法としては、モデルの感度分析を重ねることで、シミュレーションの挙動が理論的整合性や一般常識に対して、著しく逸脱していないかを緻密に確認することが必要である。

また、分析結果を実際に営農計画策定の場面に活用し、現場のニーズに見合ったモデルが構築されているかを再度確認し、修正を繰り返すことも重要である。

## 4.2 ユーザ・インターフェースの向上

現行の ASMAP は、モデルを構築したソフトウェアである KKMAS の構造に強く依存している。極端に高度な知識を要さず、比較的簡易なインターフェースが確立されているが、特異なプログラミング言語によって構築されているため、依然として利用するには若干の訓練が必要である。また、現状では、調査方法からデータの入力、分析結果の出力方法に関しても標準化されていない。

この問題に関して、今後は必要に応じて汎用的なツールを代替し、ユーザ・インターフェースの向上を図ることが急務である。また、パソコン用のシステムとして確立するためには、操作マニュアル等を作成し、多くのユーザが利用可能な環境を整備しなければならない。

## 4.3 不完全な情報の下での適用

モデルの適用にあたっては、自治体や土地改良区、あるいは地元農家や生産組織によって整理された資料などの提供をうけることが出来れば、より精度の高い分析・検証を行うことが出来る。しかしながら、全ての対象地域でそのような協力が得られるとは限らないため、情報が不足した状況で構築したモデルの妥当性の維持が重要な課題となっている。

これらの課題に応えることで、より多くのユーザの利用実績の過程から、継続して改良を行うことが可能となり、モデルの一層の展開が期待される。そのため、本稿で明らかになった課題を元に、研究・開発を進めたい。

**謝辞**：本研究を遂行するにあたり、農林水産省農村振興局農地整備課、(財)日本農業土木総合研究所、福岡県農政部、甘木農林事務所、旧吉井町役場関係各位、及び地元農家諸氏に多大な協力を頂いた。ここに謝意を記す。

また、分析の過程において、(財)日本科学協会による笹川科学研究助成を一部利用したことを付記する。

## 参考文献

- 1) 組織学会 (2000) : 「特集 エージェントベースアプローチ」, 組織科学, Vol.34, No.2, pp2-79.
- 2) 出口 弘 (2004) : 「エージェントベース社会システム科学にとっての G&S」, 日本ゲーミング&シミュレーション学会 2004 年度秋季全国大会発表論文集, pp55-60.
- 3) 日本オペレーションズ・リサーチ学会 (2001) : 『オペレーションズ・リサーチ 経営の科学』, 46(10), pp2-47
- 4) 南石晃明 (1998) : 数理計画モデルによる経営支援システムの開発方向と課題, 農業経営研究, 36(1), pp23-31.
- 5) 南石晃明 (1991) : 『不確実性と地域農業計画』, 大明堂.
- 6) 山下良平, 星野 敏 (2003) : マルチエージェントシステムを適用した集落農地貸借モデルの開発 - 地域農業計画における課題の同定と意思決定支援のために -, 農村計画論文集第 5 集, pp85-90.
- 7) 山下良平, 星野 敏 (2005a) : マルチエージェントシミュレーションによる集落営農計画モデルの開発, 農村計画学会誌, 24 (2), pp103-114.
- 8) 山下良平, 星野 敏, 伊庭治彦 (2005b) : マルチエージェントシステムによる集落営農シミュレーションモデルの開発, 農林業問題研究 41 (1), pp60-65
- 9) 山下良平, 星野 敏, 伊庭治彦 (2005c) : マルチエージェントモデルによる農地流動化要因の影響評価 - 兵庫県神崎郡 Y 集落を事例として -, 農村計画論文集第 7 集, pp121-126.
- 10) 星野 敏, 山下良平 他 (2005d) : 平成 16 年度 ほ場整備の総合化手法の効果予測等に関する調査 (1) ほ場整備の総合化手法効果予測 報告書, (財)日本農業土木総合研究所, pp7-55, pp130-135
- 11) 平泉光一 (1990) : 圃場区画の差異が機械化作業の能率に及ぼす影響 - モデル解析による耕耘作業と収穫作業の比較 -, NARC 研究速報, p7, pp29-36.
- 12) 富樫千之, 松森一浩, 佐々木邦男 (1995) : 圃場の大区画化における作業量の変化について - (第 2 報) 有効作業効率のシミュレーション -, 農作業研究, 29 (3), pp.192-201.
- 13) 富樫千之, 松森一浩, 佐々木邦男 (1995) : 圃場の大区画化における作業量の変化について - (第 3 報) 有効作業効率による解析 -, 農作業研究, 30 (1), pp.8-13.
- 14) 松森一浩, 富樫千之, 佐々木邦男, 齊藤満保 (1994) : 圃場の大区画化における作業量の変化について - (第 1 報) 水稻, 大豆作の現地調査 -, 農作業研究, 29 (3), pp.181-191.