

# マルチエージェント・シミュレーションを用いた集落崩壊過程の分析\*

## Application of Multi-Agent Simulation to Disintegrative Process in Rural Community\*

藤井 勝\*\*・長谷川 裕修\*\*\*・有村 幹治\*\*\*\*・田村 亨\*\*\*\*\*

By Masaru FUJII\*\*・Hironobu HASEGAWA\*\*\*・Mikiharu ARIMURA \*\*\*\*・Tohru TAMURA\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

わが国は、かつて経験したことのない継続的な人口減少と急速な少子高齢化の時代を迎えている。その状況にあって、国土の中には、定住面や交通面などの条件が十分に整っていないため、一定のまとまりのある生活圏の形成には困難を伴う地方部が存在する。地方部は、国土保全、環境保全、食料供給などの観点からも、地域の維持、活性化が非常に重要であるが、人口減少、高齢化がより顕著に現れるとともに、耕作放棄地の拡大、森林の荒廃などが同時に進行している地域でもある。このような地方部では効率的な整備や施策の導入が難しく、日常生活の利便性や行政サービスなどの生活環境の低下も顕著である。また、今後さらなる生活環境の低下が見込まれることから、住民自身が最低限必要な生活環境を選択すること及び、それを維持するための効果的な集落維持策を検討する必要がある。そのためには、集落維持の礎となる住民間の連携の強化と地域の活性化を見据えた地域コミュニティの創出を図ることが求められる。

そこで、本研究の目的は、北海道の中川町における農村集落を対象に、「コミュニティとしてのつながり」による地域コミュニティレベルの違いが集落の衰退に与える影響を再現するマルチエージェント・シミュレーション(以下、MASと呼ぶ)を構築し、今後の地方部のあり方について示唆を与えることにある。

### 2. シミュレーション概要

#### (1) 構成要素

本研究で用いたMASは、フィールドと呼ばれるシミュレーション空間とそのフィールド上に多数存在するエ

\*キーワード：地域計画、マルチエージェント

\*\*学生員,工修,室蘭工業大学大学院工学研究科建設システム工学専攻博士後期課程(北海道室蘭市水元町27番1号TEL0143-46-5289, FAX0143-46-5289)

\*\*\*学生員,工修,室蘭工業大学大学院工学研究科建設システム工学専攻博士後期課程

\*\*\*\*正員,工博,(株)ドーコン交通部(札幌市厚別区)

\*\*\*\*\*正員,工博,室蘭工業大学工学部建設システム工学科

ージェントで構成される。フィールドは格子状のマスに分割されており、1つのマスに存在できるエージェントは1つのみである。エージェントは属性として、自身の状態や行動を決定する基礎となるパラメータを持っている。視界はその1つであり、エージェントは視界内に含まれる他のエージェントの影響を受けることで状態を変化させる。さらに、フィールドのマスはエージェントが得ることができる効用をパラメータとして持っており、フィールドの効用もまた、エージェントと相互に影響を及ぼし合う(図1)。

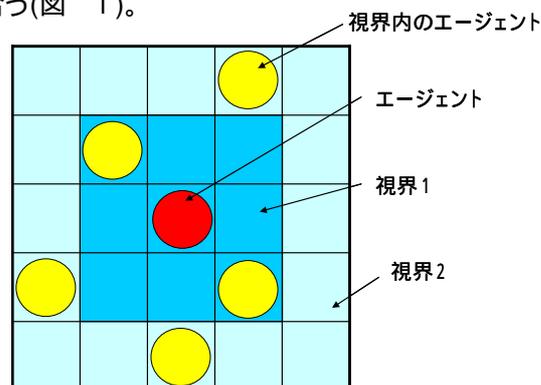


図-1 MASの構成要素

また、エージェントには自らの状態変化を決定する以下の4つの属性を持たせている。

#### ・視界

「視界」は値が高くなるにつれて、エージェントを中心に放射状に広がっていく。視界の大きさは、影響を受けることができる周りのエージェントの数を決める範囲でもある。図-1を見ると、「視界」が1の場合、2つのエージェントから影響を受けることができる。

「視界」が2の場合、5つのエージェントから影響を受けることができる。「視界」の大きなエージェントほど、より多くのエージェントから影響を受けることができるということになる。

これは現実の現象において、交友範囲も広く、多くの住民と交友を行っている住民ほど、交友によって、多くの住人から活力を得ることができると考え、「視界」の大きさを交友人数の多さなどの交友の活発性に相当させ、再現したものである。

## ・交友値

「交友値」は、エージェントが他のエージェントに与える影響の大きさを表す値であり、「交友値」が高いほど、周りのエージェントに大きな影響を与えることができる。

これは現実社会において、交友の深さに相当し、深い付き合いをしている住民ほど、他者に交友で与える活力が大きくなるということを再現したものである。

## ・交友消費値

「交友消費値」は、エージェントが視界内に含まれる他のエージェントから影響を受ける際に、ひとつのエージェントから影響を受けるごとに消費する、交友による労力を表した値である。

## ・コミュニティアクセス値

「コミュニティアクセス値」はエージェントがフィールドから得られる効用の大きさを決める値で、「コミュニティアクセス値」が高いエージェントほど、フィールドから得られる効用が大きくなる。

これは現実社会において、コミュニティ活動に積極的に参加している住民ほど、コミュニティ活動から得られる効用が大きいということを再現したものである。

## ・年齢・寿命

エージェントが持つ属性を変化させる要素として、「年齢」、「寿命」を設定した。

「寿命」はエージェントが生み出される際に設定され、シミュレーション中は不変であり、70歳から90歳までの乱数により決定した。また、「年齢」に関しては、実社会において年少者は自立した行動主体であるとは言い難いことから、エージェントの最低年齢を15歳とした。初期状態における「年齢」は、それぞれのエージェントの寿命を超えないように15歳から70歳までの乱数により決定した。

エージェントは年齢が寿命に達した時点で、フィールド上から消滅する。

## (2) エージェントの種類

コミュニティ内に存在する住民は、交友人数の多さ、交友の活発性、コミュニティ活動の参加頻度などの違いから、他者や、コミュニティに与える影響が異なる。エージェントの種類は以下の4種類とし、これらエージェントは、表1に示す行動規範となる属性値をもつ。

## ・先導者

交友人数や交友頻度が高く、コミュニティ活動への参加頻度も高い住民は、より多くの住民と交友ことができ、他者から受ける影響、他者に与える影響が大きくなる。さらにコミュニティそのものに与える影響も大きい。こういったコミュニティの活性化に重要かつ中心的役割を果たす住民に相当するエージェントを

「先導者」と定義した。

「先導者」の視界は3とし、より多数のエージェントから影響を受けることが出来るようにした。交友値を3とし、周りのエージェントに与える交友値が大きくなるように設定した。また、「先導者」は交友を活発に行う存在であることから、交友に対する労力は少ないと考え、交友消費値は1とした。さらに、コミュニティに与える影響やコミュニティから受ける効用も大きいことから、コミュニティアクセス値を大きくし、より大きなフィールドの効用を得られるようにした。

## ・準先導者

交友人数や交友頻度が高いが、コミュニティ活動への参加頻度が低い住民は、交友で他者から受ける影響、他者に与える影響が大きいが、コミュニティそのものに与える影響は小さい。しかし、コミュニティ活動に参加する機会を作ることによって先導者と同じ役割を果たすことが出来る。こういった住人に相当するエージェントを「準先導者」と定義した。

「準先導者」の視界は先導者と同様に3とした。また、先導者ほどではないが、交友によって他者に与える影響は大きく、交友値は先導者の次に大きい2とした。さらに、交友に対する労力は先導者と同じく少ないと考え、交友消費値は1とした。「準先導者」はコミュニティ活動への参加頻度が少ないため、コミュニティから受ける影響は少ないので、コミュニティアクセス値を小さくし、フィールドから得られる効用は少なくなるように設定した。他者から受ける影響、与える影響は大きい、コミュニティに与える影響は小さい。

## ・義務活動者

交友人数や交友頻度は低い、コミュニティ活動への参加頻度が高い住民は、コミュニティ内における他者との交友に積極性があるわけではない。コミュニティ活動に対しても自主的に参加するのではなく、当番制などに、受動的に参加していると考えられる。こうした住民を義務的にコミュニティ活動に参加している「義務活動者」と定義した。

「義務活動者」の視界は2とし、影響を受けることが出来るエージェントの数を先導者や準先導者と比べ、少なくなるようにした。また、交友によって他者に与える影響も少ないことから、交友値は1とした。さらに交友によって消費する労力は、交友に対しての積極性がないため、交友によって、より多くの労力を消費すると考え、交友消費値は2とした。しかし、コミュニティ活動の参加頻度は多いため、コミュニティアクセス値は大きくし、フィールドから得られる効用が多くなるように設定した。

## ・孤立者

交友人数や交友頻度が低く、コミュニティ活動の参加

頻度も低い住民は、コミュニティ内においては、他者から受ける影響、他者に与える影響、フィールドから得られる効用、その全てが少なく孤立した状態にあるといえる。こうした住民を「孤立者」と定義した。

「孤立者」の視界は義務活動者と同様の考えから、2とし、交友値も1とした。また、交友消費値も交友に対して積極性がなく、他者との交友でより多くの労力を消費すると考え、交友消費値を2とした。ここまでは義務活動者と設定は同じであるが、異なるのは、コミュニティ活動への参加も少なく、完全にコミュニティからは孤立しているため、フィールドから得られる効用を少なくした点である。

表 - 1 エージェントの種類別属性値

エージェントの種類	視界	交友値	交友消費値	コミュニティアクセス値
先導者	3	3	1	大
準先導者	3	2	1	小
義務活動者	2	1	2	大
孤立者	2	1	2	小

### (3) フィールドの属性値

フィールドのマスには「コミュニティレベル値」と呼ばれる効用値を設定し、指定範囲内のエージェントの数、種類によって値の大きさが決まることとした。これは、コミュニティが住民の数自体の他に、コミュニティ活動を通じて活性化される住民間の連携の程度によってもその豊かさが決まり、コミュニティから住民が得る効用の大きさも変動するとして、そのコミュニティの豊かさをシミュレーションで表したものである。現実社会において、多くの住民が居住し、住民間の交友やコミュニティ活動への参加が活発で、コミュニティ活動が頻繁に行われている地域ほど、そこに暮らす住民が得られる効用が高くなり、コミュニティの規模や深さが大きくなることを再現したものである。

フィールドのマスひとつひとつは、自身を中心として、5×5の範囲内に存在するエージェントの数をフィールドの効用値として持つ(図 - 2)。

ここで、準先導者や孤立者エージェントは範囲内の数をそのままフィールドの効用である「コミュニティレベル値」として加えるが、コミュニティ活動の参加頻度が高い先導者および義務活動者は、コミュニティ活動の参加が多いので、エージェント数の2倍をコミュニティ値に加える。

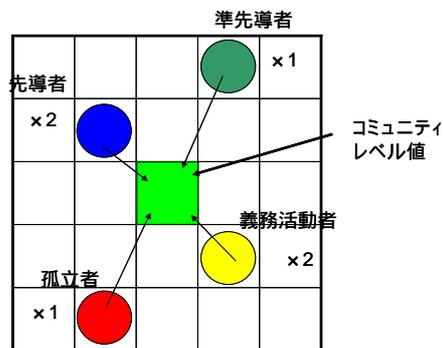


図 2 フィールドの属性値

### (4) シミュレーションの流れ

エージェントはフィールド上に存在する他のエージェントおよびフィールドとの相互作用などのルールにより「活動値」を計算する。「活動値」はエージェントがその場所に存在し続けるために必要な活力と捉えることができ、周りのエージェントやフィールドとの相互作用などにより変動し、「活動値」がなくなるとエージェントは消滅する。消滅は現実社会に置き換えた場合、移転や自然死による居住場所からの消滅と捉えることができる。このエージェントのふるまいから、住民間の交友や連携などのコミュニティ内における関係が集落の人口動態に与える影響を表現する。

エージェントはまず、図 - 3の行動を行い、全てのエージェントが行動し終わった時点でシミュレーションが1ターン終了したものとする。

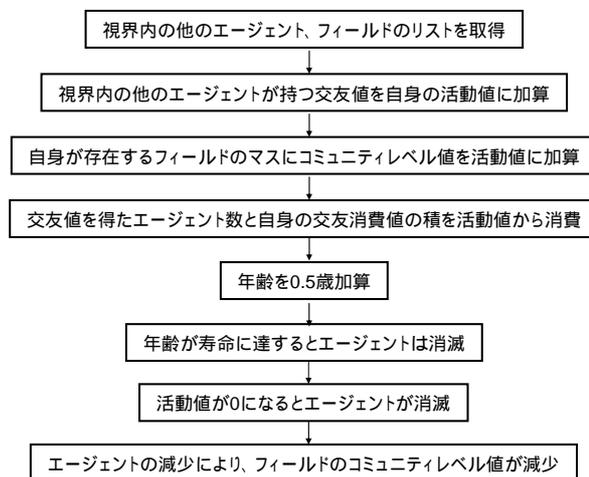


図 3 シミュレーションの流れ

## 3. ケーススタディ

### (1) 現状再現

中川町は、北海道の北部、上川支庁管内の最北端に位置し、天塩川及び安平志内川流域に沿って細長く拓けた純農山村である。総面積は 595km<sup>2</sup> を有し、その 85% を山林が占め、耕地率は 6%である。平野地の土壌は、

沖積土壌が大部分であり一部の泥炭土壌を除き肥沃で農耕に適している。人口は、2004年度で約2300人である。総人口に占める高齢者の割合は増加傾向にあり、農家人口に占める65歳以上の人口比率は2000年の時点で28.8%である。

中川町の集落のコミュニティレベルの程度の違いが、集落崩壊に与える影響を把握するために、アンケートから得られた結果をもとに、中川町の集落の点在状況を考慮して、エージェントを種類別にシミュレーション空間上に再現した。図-4はシミュレーション開始時のエージェントの分布状況を、図-5は100ターン(50年間)後のエージェントの分布状況を表している。

図-5の赤円で囲った部分を見ると、エージェントの消滅が見られ、コミュニティレベルも消滅している。これは孤立者エージェントが多く、エージェントが点在している場所は、エージェント間の交友がなかったため、コミュニティの維持が難しく、空間上に存在し続けるために必要な活動値を得ることができずに、エージェントが消滅したと考えられる。また、青円で囲った部分を見ると、エージェントが密集している場所はエージェントの消滅が少なく、ある程度コミュニティレベルを維持しているが、エージェントが点在している場所は孤立者エージェントを中心に消滅が起こり、集落の点在化と同様の減少がみられる。

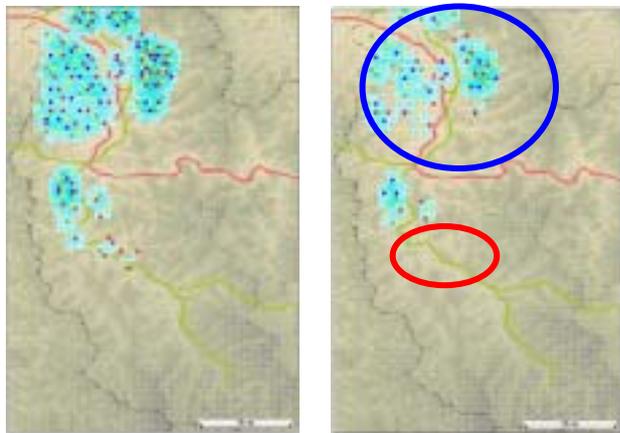
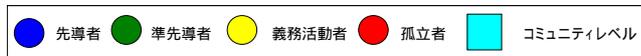


図 4 開始時

図 - 5 終了時

## (2) 先導者の効果の検討

コミュニティにおける先導者の重要性を検討するために、先導者エージェントの割合を増やした場合のシミュレーションを行った。図-6は前節で行った現状再現シミュレーションの100ターン(50年間)終了時のシミュレーション結果を、図-7は現状再現の場合と同様の位置にエージェントを配置し、先導者エージェントの割合だけを増やした場合の100ターン(50年間)後のシミュレーション結果である。

図-7を見ると、赤丸の部分は現状再現シミュレーションでは、エージェントが完全に消滅してしまったが、先導者の割合を増やした場合にはエージェントの消滅を防ぐことが出来ている。また青丸の部分についても、現状再現の時と比べてエージェントの消滅を鈍化させ、コミュニティレベルもある程度維持している。この結果からコミュニティにおいては、住民間の交友やコミュニティ活動を活性化させる先導者がコミュニティの維持には有効であると考えられ、集落の崩壊を防ぐためには、先導者が中心となり、コミュニティを活性化させることによって住民間の連携を深めることが重要となる。

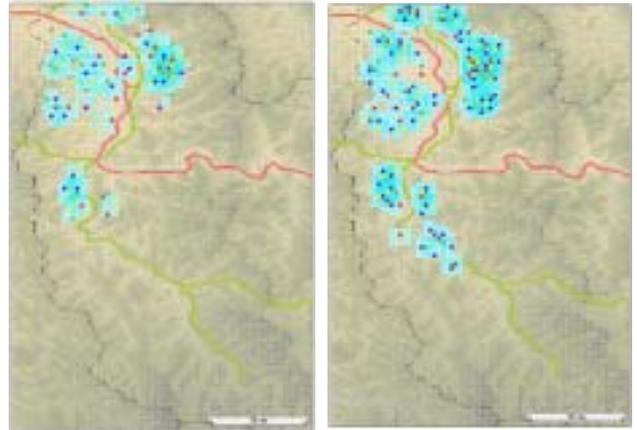
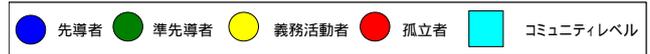


図 6 現状再現結果

図 7 先導者増の結果

## 3. おわりに

本研究により以下のことが明らかとなった。

- 1) 住民間の連携や交友による地域コミュニティが集落崩壊に与える影響を表現するモデルを構築した。
- 2) 先導者の存在が地域コミュニティの醸成に有効であることを示した。

今後の課題として、エージェントの行動ルールの改良、地域コミュニティ以外の要因も取り入れ、地方における集落維持の可能性について言及できるモデルの拡張が必要である。

謝辞：本研究を進めるにあたり、岩田建設株式会社土木部土木科の今尾洋平氏には多大なるご支援を頂きました。ここに記して謝意を表します。

## 参考・引用文献

- 1) 山影進ほか：コンピュータのなかの人工社会，共立出版，2002．
- 2) Epstein, M.J. ほか：人工社会，共立出版，1999．
- 3) 大内東ほか：マルチエージェントシステムの基礎と応用，コロナ社，2002．