

地域研究シリーズ 45

# 和歌山県中心市街地のコンパクト シティ化のためのシミュレータ開発

野間口 隆郎

和歌山大学経済研究所

2015年

# 目 次

研究の概要 .....	1
1. はじめに.....	3
1.1. 問題意識および研究目的 .....	3
1.2. 研究方法 .....	3
2. 人工社会とマルチ・エージェント・シミュレーション .....	4
2.1. 人工社会 .....	4
2.2. マルチ・エージェント・シミュレーション .....	5
2.2.1. 分居モデル.....	5
2.2.2. ライフゲーム .....	6
2.2.3. シュガーモデル .....	8
2.2.4. まとめ .....	9
3. コンパクトシティ .....	10
3.1. コンパクトシティとは.....	10
3.2. 兵庫県神戸市 .....	10
3.3. 香川県高松市 .....	12
3.4. 鹿児島県鹿児島市 .....	14
3.5. スペインバルセロナ市.....	15
3.6. コンパクトシティまとめ.....	17
4. モデル開発 .....	18
4.1. 和歌山市 .....	18
4.2. モデル .....	20
5. 考察 .....	22

## 研究の概要

### <問題意識と目的>

現代のわが国の地方都市において、都市政策上、容易には解決が出来ない問題が存在することが認識されている。それは、都心の空洞化対策として中心商店街の活性化に都市計画や商工サイドで様々なメニューを提示しながら行政が応援するという施策を講じる一方で、その衰退化の要因ともなっている郊外型店舗の立地を促すような土地利用の拡大を行わなければならないというジレンマである。また、都市をコンパクトにするための誘導施策には、自動車に代わる交通手段の確保、街中居住の推進、多用な就業機会の確保が必要である。これらの政策は、居住地を移動して日常の生活圏の範囲を変化させることである。しかし、これらの施策には自動車という利便性の高い自由な交通手段を捨てる個別の利害、郊外での広々とした開放的な自然と一体的な居住空間に自由に居住する満足を捨てる個別の利害、都市部以外の郊外や農村部での就業機会を捨てる個別の利害と相反するというジレンマが生じる。

新しい都市のあり方として、比較的高い人口密度の中で多様な世代が入り混じり活発に交流し、市街地を無秩序に拡大させないコンパクトシティがある。我が国では、環境問題に加えて人口減少・高齢化社会への対策としてコンパクトシティが有効であると考えられてきた。コンパクトシティのフィジビリティや効果を測定するためのシミュレーターの初期バージョンを設計・開発することを本研究の目的とした。

### <開発したシミュレーター>

開発するシミュレーターは、MAS（マルチ・エージェント・シミュレーション）という手法を用い、人工社会環境下におけるエージェントのライフステージ、移動可能範囲、必要施設の個数や配置を変化させて、様々なケースにおける人口移動の評価を行うことができるものとした。今回の研究では必要施設として病院を配置した。病院は、和歌山市内の視察により、近年において労災病院や和歌山県立医科大学付属病院などの和歌山市の中心的な役割の病院が郊外に移転していることが判明したためである。そして、中心市街地に人を呼び戻すためには、日常生活での移動可能範囲と都市生活に必要な施設の配置など、個々人のライフステージにより異なる居住周辺の都市環境への要求対処という課題がある。そこで本研究では、人口減少・高齢化社会における都市構造のあり方を検討することを目的として、働き手世代、子育て世代、高齢者世代など、ライフサイクルを変数としたエージェントからなるシミュレーターを開発した。シミュレーター開発のため、山口大学技術経営研究科高橋雅和准教授にプログラム仕様上の意見を伺い、人工知能・ソフトウェア関連の諸学会へ出張し、最近の社会シミュレーター開発の研究動向を収集した。コンパクトシティの実例として、スペインバルセロナ市、鹿児島県鹿児島市、兵庫県神戸市、香川県

高松市などの視察をおこなった。鹿児島県鹿児島市では鹿児島商工会議所様を訪問し、コンパクトシティに関する取組についてインタビューをおこなった。

### ＜現時点での結論＞

コンパクトシティ化は地域開発による経済的な効果と相反する面がある。地方自治体が税収を伸ばそうとする際には新たな商業地や必要施設を郊外に求めることがあることが分かる。鹿児島市や神戸市、バルセロナ市でも、郊外に病院や商業地を開発することは行っている。これらは予算上の制約を別にするならば中心市街地のコンパクトシティ化と両立させることも検討の余地があることも分かった。コンパクトシティ化と地域開発は典型的なジレンマ問題であり、その解決策はハード面の構造的攻略とソフト面の心理的攻略の両面でシミュレーションが行われる必要がある。その点が本研究の今後の課題となる。

## 1. はじめに

### 1.1. 問題意識および研究目的

現代のわが国の地方都市において、都市政策上、容易には解決不可能な問題が横たわっていることが認識されている。それは、都心の空洞化対策として中心商店街の活性化に都市計画や商工サイドで様々なメニューを提示しながら行政が応援するという姿勢をみせながら、一方でその衰退化の要因ともなっている郊外型店舗の立地を促すような土地利用の拡大を行わなければならないというジレンマである。

また、都市をコンパクトにするための誘導施策には、自動車に代わる交通手段の確保、まちなか居住の推進、多用な就業機会の確保などが挙げられる。これらの政策は、居住地を移動して日常の生活圏の範囲を変化させることである。しかし、これらの施策には自動車という利便性の高い自由な交通手段を捨てる個別の利害、郊外での広々とした開放的な自然と一体的な居住空間に自由に居住する満足度を捨てる個別の利害、都市部以外の郊外や農村部での就業機会を捨てる個別の利害と相反するというジレンマが生じる。

少子高齢化環境の我が国において、スプロール化が原因で発生した中心市街地の衰退や、若年層の流出が原因で生じた限界集落など、都市機能に関する諸課題をかかえている。スプロール化をくいとめるためには、拡がりすぎた都市をコンパクトにする必要があり、限界集落を改善するためには、若年層の人口流出を食い止め、様々な世代の居住混合が必要である。新しい都市のあり方として、比較的高い人口密度の中で多様な世代が入り混じり活発に交流し、市街地を無秩序に拡大させないコンパクトシティがある。我が国では、環境問題に加えて人口減少・高齢化社会への対策としてコンパクトシティが有効であると考えられている。

### 1.2. 研究方法

コンピューター上に人工社会を構築して、その社会の振る舞いをシミュレーションするという、人工社会による研究方法を採用している。中心市街地に人を呼び戻すためには、日常生活での移動可能範囲と都市生活に必要な施設の配置必要施設の配置など、個々人のライフステージにより異なる居住環境への要求対処という課題がある。そこで本研究では、人口減少・高齢化社会における都市構造のあり方を検討することを目的として、働き手世代、子育て世代、高齢者世代など、ライフサイクルを変数としたエージェントからなる、都市の人口移動の評価を行う都市構造シミュレーションモデルを開発することを試みた。開発するシミュレーターは、MAS（マルチ・エージェント・シミュレーション）という手法を用い、人工社会環境下におけるエージェントのライフステージ、移動可能範囲、必要施設の個数や配置を変化させて、様々なケースにおける人口移動の評価を行うことができるものとするを旨とした。

## 2. 人工社会とマルチ・エージェント・シミュレーション

### 2.1. 人工社会

人工社会という言葉は、人工知能や人工生命などと並んで、コンピューターの発達とともに登場してきた。それは、20世紀後半の学問・研究の変容の一面を表している。つまり、知能や生命に関する研究とコンピューターとが結びついたので同様に、人工社会は社会に関する研究とコンピューターとが結びついたものである。そして、比較的新しい人工××のような言葉の中でも、特に新しい言葉が人工社会である。

「人工社会」が初登場したのは、おそらくジョシュア・エプスタインとロバート・アクステルの「Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up」[1]であり、1996年である。人間社会に関わる学問の中には、コンピューター技術の発達に促されて発達した分野がある。特に計量経済学は経済活動のモデル化や予測(シミュレーションの一種)で大きな成果を上げてきた。統計分析・数値処理の発達は社会学、政治学、教育学などさまざまな分野での実証研究の方法を大きく変えた。しかし、このような学問上の変化は、従来の人間観や社会観を変えるものではなく、既存のものを見方をコンピューターの発達が多様化・深化させたものと言える。これに対し、人工知能や人工生命という捉え方が知能とは何か、生命とは何かについて根本的な問いかけをして、伝統的な見方の見直しを追ったように、人工社会は社会に対するわたしたちの見方や理解を大きく変えると考えられる。人工知能の研究は知能とは何かという根元的な問いを追求していく上で大きな貢献をしたことは確かである。同様に、人工社会の研究が人間社会の根元的な捉え方を深めていくと考えられる。人工社会という社会の新しい捉え方が従来のものとは異なる最大の特徴は、主体の相互作用に焦点を当てたボトムアップ・アプローチであるとよく言われる。あえて比較対照的に考えると、従来の捉え方はトップダウン・アプローチと言えることになる。この意味は、人間の社会をモデル化するに際しては、社会全体の性質を取り込んだモデルを作る必要があるということである。だからこそ、数理モデルを解析的に解いたり数値的にシミュレーションしたりすることによって全体の性質をはっきりと描くことができる。

人工社会がボトムアップ・アプローチであるという特徴は、人工社会の研究では全体を表すモデルを作る必要がないと言い換えるとその意味がはっきりする。つまり、主体間の相互作用にせよ主体と環境との相互作用にせよ、局所的な関係をモデル化すれば、全体についての性質は自ずと現れる、という社会の捉え方である。社会全体の状態を誰かが決めてはいないという前提に立つ限り、社会全体の性質は自ずと現れる当然な発想である。しかし、その自然な発想に基づく社会のモデル化が近年まで発達しなかった。局所的相互作用のあり方を全体に結びつける具体的な手法を持ち合わせていなかった。しかし、コンピューター利用法の発達が手法の発達を促した。つまり人工社会とは、局所的な相互作用についてモデルを作ることで、コンピューターにそのモデルの相互作用を局所的にシミュレーションを通じて行わせることで、シミュレーション全体として大域的な状態を生み出

させるというアプローチである。

## 2.2. マルチ・エージェント・シミュレーション

マルチエージェント・シミュレーションが発達したのは、コンピューター技術の発達によるものである。もともとコンピューターは、人間が何をやらせるのかを厳密に曖昧のない表現で指示してやる必要がある。しかしコンピューター技術の発達（オブジェクト指向とかエージェント指向とか呼ばれるプログラミング技術の開発）により、エージェントというプログラムがコンピューターの中やインターネットでつながった大きな世界の中で自律的に動き回り、他のエージェントや周囲の環境と相互作用するような仕組みを作り上げることが可能となった。マルチ・エージェント・シミュレーションとは、この技術を利用したコンピューター実験を一般的には指す。また、「エージェント」という用語には、社会の構成員に通じるものがある。実際、エージェントの持つ特徴として、自律性（外部からの指示どおりに行動するのではない）、反応性（他のエージェントを含む周囲の環境のあり方に応じて行動を変える）、先見性（目的追求などを率先して外部に働きかける）、そして社会性（他のエージェントと交信・相互作用ができる）などがあげられている。それらは社会科学で人間を主体として捉えるときに想定する特徴である。したがって社会科学へマルチ・エージェント・シミュレーションの導入は自然な流れであると言える。かつては手間暇のかかったモデルの実験であっても、近年はマルチ・エージェント・シミュレーション技法を用いると容易に可能になった。

### 2.2.1. 分居モデル

コンピューター技術に支えられたマルチ・エージェント・シミュレーション技法の発達が人工社会を生み出してきた。人工社会の研究は、マルチエージェント・シミュレーションというコンセプトもコンピューターもない、1960年代末には既に行なわれている。それがノーベル経済学賞を受賞したトマス・シェリングの「分居モデル」である[2]。このモデルは、彼が1969年に発表した論文で提唱したものである。彼の着目は、地域社会が人種毎に分居する傾向にある現実が住民の排他意識とどのような関係にあるのかという点であった。しかしシェリングが用いた方法は住民の意識調査ではなく、サイコロを振りながらの机上の実験であった。シェリングの発想は、ミクロレベル（人々の個人的な好みや行動様式）から推測できることが、必ずしもマクロレベル（社会全体の有り様）に反映するとは限らないことを定式化することであった。そのコンセプトがマルチ・エージェント・シミュレーションである。そして、彼の考案した分居モデルは、このことをはっきりと示す、単純だが優れたモデルであると言える。マルチ・エージェント・シミュレーションのコンセプトはコンピューター技術とは別の種類のものであると考えられる。シェリングの分居モデルから分かることは、それほど住人が排他的ではないと思われるような状態（排他的な行動が弱い、わずかにある）でも分居が進んでしまうということである。その行動ルールは

簡単で、自分の周囲に一定割合以上の同種の住民がいなければ、空いている空間に引っ越しするというものである。ここから分かることは、僅かと思われる既存住民の排他性が分居をすすめる（コンパクトシティ化を阻害する）可能性があることであろう。つまり、それが中心市街地の衰退を招いている原因の一つであると考えられる。郊外に新興住宅地の造成やショッピングモールの開発をすすめなければならない原因は、中心市街地における新住民に対する排他意識であるというパラドックスを想起させるものである。古くからの中心市街地には排他性が存在するため、新興住宅地を作らなければ人口が他府県に流出してしまうということが考えられる。以下の図 1 はシェリングの「分居モデル」を東京大学伊庭研究室がシミュレーターで再現したプログラムの画面イメージである。

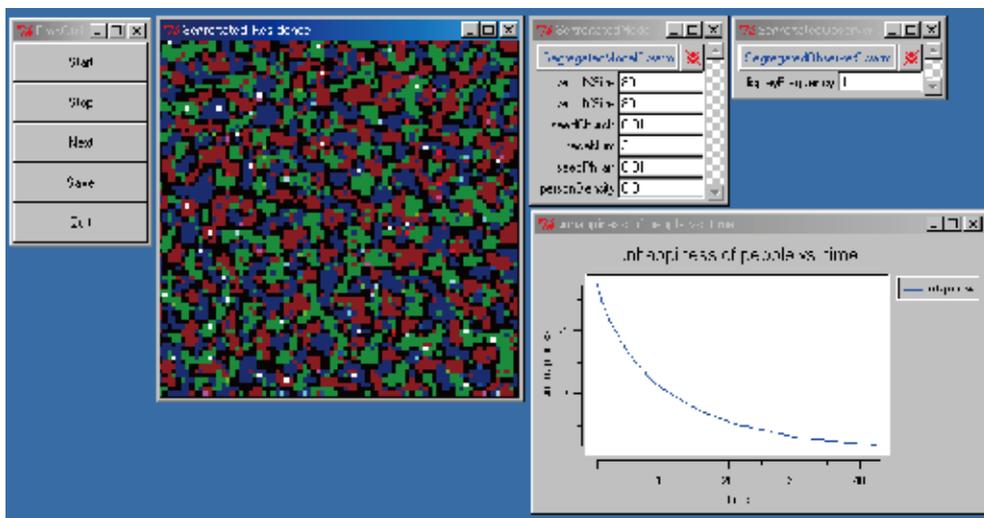


図1 シェリングの分居モデルのコンピューター再現イメージ

[http://www.iba.t.u-tokyo.ac.jp/software/Swarm\\_Software/segregated\\_residence.html](http://www.iba.t.u-tokyo.ac.jp/software/Swarm_Software/segregated_residence.html) より引用

### 2.2.2. ライフゲーム

コンパクトシティは人間という生命の周囲との関係が密である方が効率が良い、生き易いという発想だと考えることができる。その場合に参考にしなければならないのはジョン・コンウェイの「ライフゲーム」である。それはセルオートマトン(セノレ)のルールを極限まで単純化し各セルは0か1(生か死)の2つの状態遷移を設定している。状態が変化するかどうかは隣接する8セルの状態で決まるというモデルである。モデルができたのは、シェリングの「分居モデル」と同様に1960年代末のシミュレーションである。そのため人の手と石ころ、そしてテーブルや床を使ったシミュレーションであった。このきわめて単純なルールからできているライフゲームは、現在はコンピューターでも再現されている。Artisocという汎用シミュレーター(山影進および構造計画研究所製)では、以下のような条件で再現されている。

1. 平面にびっしりと格子型（セル型）のエージェント（以下、セル）を並べる
2. 各セルは生と死という2つの状態をとる
3. 各セルは、周囲（ムーア近傍）の8セルの状態に応じて、自分の状態を変える
4. 今、生きているセルは、周囲のセルのうち2または3個が生きていれば生き続けるが、それ以外の場合は死ぬ
5. 今、死んでいるセルは、周囲のセルのうち3個が生きているときのみ、生きる状態になる（誕生する）が、それ以外の場合は死んだままである

以下の図2は構造計画研究所のHPにあるライフゲームのスクリーンショットである。

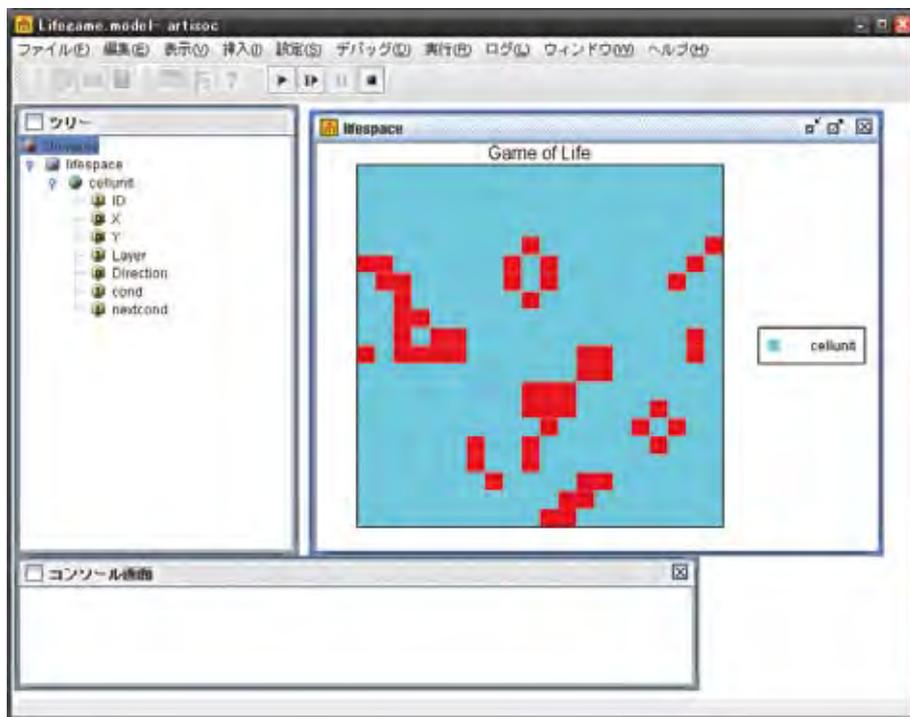


図2 ライフゲーム

[http://mas.kke.co.jp/images/screenshots/life\\_game2.png](http://mas.kke.co.jp/images/screenshots/life_game2.png) より引用

このモデルで分かることは、セルは混雑していても過疎でも死んでしまい、適度な密度のときにしか生きられないということである。その結果、一辺が2の正方形で安定したり、セルが3つ並んだ長方形が縦の状態と横の状態とを繰り返したり、さまざまな形状と変化を見せる。生きたセルがたくさんあると思ったら、全部死んでしまったり、少数の生きたセルの群がすぐに死ぬと思いきやしぶとく生き残ったりする。モデルからは予測が困難であることが分かる。そして、コンパクトシティと郊外の開発のバランスとるべきであることがおおよそ分かる。しかし、郊外住宅や郊外商業地の過度な開発は中心都市を死滅させることが示唆されているともいえるであろう。

### 2.2.3. シュガーモデル

もう一つ、人工社会の研究でコンパクトシティのシミュレーションに遠からず関係があると考えられるのが、エプスタインとアクステルのシュガーモデルである[1]。シュガーモデルでは、2つの砂糖の山が並ぶ「シュガースケープ」の中を、無数のアリが砂糖を求めて動き回る様がシミュレートされている。シュガースケープを舞台にアリは動き、食べ、繁殖し、死亡もする。個々のアリのライフサイクルが複雑に関係して、個体群全体のダイナミックな変動が引き起こされることになる。砂糖は消費されると0になるが、指定されたパラメーターである「再生度」に従い一定の間隔で各地点の限界値まで補充される。たとえば「再生度」を4とした場合、4ステップに1度砂糖が再生することになる。また、アリの状態は「視野」「食欲」「財産」という3つのパラメーターで指定されている。つまり、「視野」にしたがって移動して、「食欲」の分だけ消費し、残りを「財産」とするというものである。そのアリの行動ルールはおおよそ以下のようなものである。

1. シュガースケープを見渡し、「視野」に入る地点のうち最も砂糖が多い場所へ移動する
2. 移動先で砂糖を採取し「財産」に追加する。「財産」から「食欲」の分だけ砂糖を消費する
3. 「財産」が「食欲」の10倍を超えると、子アリを生成する。
4. 「財産」が0未満になると餓死する。

以下の図3がそのシュガーモデルのシミュレーターである。

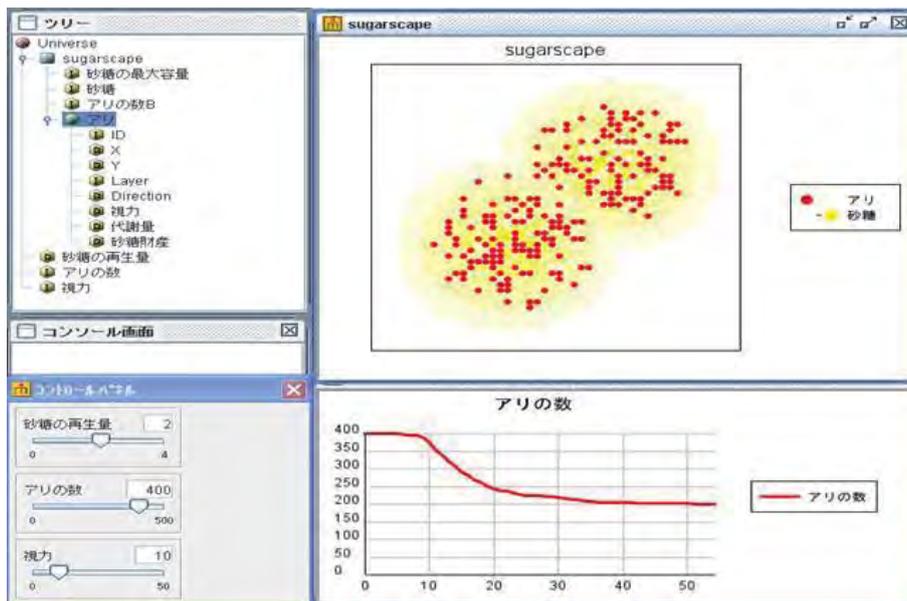


図3 シュガーモデル

[http://ikedada.rds.toyo.ac.jp/artisoc/research/Humanoid/IM/IM\\_201203\\_Rep01a\\_Link.htm](http://ikedada.rds.toyo.ac.jp/artisoc/research/Humanoid/IM/IM_201203_Rep01a_Link.htm) より

このシュガーモデルから分かることは、アリがシュガースケープや「財産」を食いつぶすだけになると、個体数が減少しアリ社会は消滅することになることである。このモデルは誤解をおそれずに言えば、中心市街地において既存住民が既得権としての社会ストックをくいつぶすことで社会が消滅することを想起させるものである。

#### 2.2.4. まとめ

ここまでの、「分居モデル」、「ライフゲーム」、「シュガーモデル」をまとめると以下のような表1になる。

表1 先行するマルチ・エージェント・シミュレーション

	分居モデル	ライフゲーム	シュガーモデル
エージェントの行動	エージェントは非常に弱いが排他性をもつ。 自分の周囲に一定割合以上の同種の住民がいなければ、開いている空間に引っ越しする。	エージェントは生物の生殖、死滅の行動を行う。	エージェントは食糧であるシュガーの供給と需要である食欲による消費の行動を行う。
結果	住民の僅かな排他性が、想像以上の分居をもたらす。	生物は密集しても、過疎化しても生きられない。	ストックを食いつぶすと社会は消滅する。
コンパクトシティ化への示唆	中心市街地住民の僅かな排他性が、中心市街地から人々を遠ざけて、コンパクトシティ化の障害になっている可能性。	コンパクトシティ化と郊外の開発のバランスが必要である可能性。	中心市街地の住民が既得権益を守るあまり、食いつぶしてしまい、社会を消滅させる場合がある可能性。

### 3. コンパクトシティ

#### 3.1. コンパクトシティとは

日本の都市は高度成長期を経て拡大を続け、政策的にも郊外の住宅地開発が進められてきたが、大店法の改正などもあり1990年代より中心市街地の空洞化現象(ドーナツ化現象)が各地で顕著に見られるようになった。特に鉄道網の不十分な地方都市においては自動車中心社会(車社会)に転換し、巨大ショッピングセンターが造られ、幹線道路沿線には全国チェーンを中心としてロードサイド型店舗やファミリーレストラン、ファーストフード店などの飲食店が出店し、競争を繰り広げるようになった。また商業施設のみならず公共施設や大病院も広い敷地を求めて郊外に移転する傾向が見られる。一方、旧来からの市街地は街路の整備が不十分で車社会への対応が十分でない場合が多い。昔から身近な存在であった商店街は、道路が狭く渋滞している、駐車場が不足している、活気がなく魅力ある店舗がないなどの理由で敬遠されて衰退し、いわゆるシャッター通りが生まれている。古い市街地は土地の権利関係が細かく複雑化しており、再開発が進まなかったことも一因である。郊外化の進展は、既存の市街地の衰退以外にも多くの問題点を抱えている。自動車中心の社会は移動手段のない高齢者など「交通弱者」にとって不便である。そして、無秩序な郊外開発は持続可能性、自然保護、環境保護の点からも問題である。また、際限のない郊外化、市街の希薄化は、道路、上下水道などの公共投資の効率を悪化させ、膨大な維持コストが発生するなど財政負担が大きいと言える。

こうした課題に対して、都市郊外化・スプロール化を抑制し、市街地のスケールを小さく保ち、歩いてゆける範囲を生活圏と捉え、コミュニティの再生や住みやすいまちづくりを目指そうとするのがコンパクトシティの発想である。1970年代にも同様の提案があり、都市への人口集中を招くとして批判されていたが、近年になって再び脚光を浴びるようになった。再開発や再生などの事業を通し、ヒューマンスケールな職住近接型まちづくりを目指すものである。交通体系では自動車より公共交通のほか、従来都市交通政策において無視に近い状態であった自転車にスポットを当てているのが特徴である。自治体がコンパクトシティを進めるのには、地方税増収の意図もある。例えば、地価の高い中心部に新築マンションなどが増えれば固定資産税の増収が見込まれ、また、都市計画区域内の人口が増えれば都市計画税の増収も見込まれる。そのため、同じ自治体内の郊外から中心部に市民が住み替えるだけで地方税の増収に繋がることになり、経済停滞や人口減少が予想される自治体にとってコンパクトシティ化は有効な財源確保策と考えられている[4]。

次に、コンパクトシティとして神戸市、高松市、鹿児島市、バルセロナ市をとりあげ中心となる病院の扱いをみる。

#### 3.2. 兵庫県神戸市

海と山の迫る東西に細長い市街地を持ち、十分な水深の有る扇状の入り江部に発展した

理想的な港湾・神戸港を有する日本を代表する港町である。海運においても古くから盛んで、近代には世界の市場にその名を知られるほどに隆盛していった。以降も貿易・鉄鋼・造船・機械・製造・ゴム・真珠加工・観光等の産業を中心に発展、ファッション・医療・食料品などの産業も近年は盛んである。

以下の図が神戸市の地図になる。



図4 神戸市地図

そして、以下が神戸市全体の写真である。



写真1 神戸市（山と海に囲まれ、海に向かい人工島が開発されている）

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震による阪神・淡路大震災では市内のほぼ全域で震度7を観測。市街地と港、道路、インフラは甚大な被害を受けたが急速に復興を遂げ、2005年には国内3番目の市営空港として神戸空港が開港した。2007年、フォーブスの「世界でもっとも綺麗な都市トップ25」で25位に選定された。2008年、アジアの都市で初めて「デザイン都市」としてユネスコに認定された。2012年には、スイスのECAインターナショナルが世界400余りの都市の、気候、医療サービス、インフラ、安全性、大気品質などの生活水準を調査し発表した「世界で最も住みやすい都市」で、日本の都市で唯一トップ10に入り、世界全体で5位、アジア内ではシンガポールに次ぐ2位に選定された。

神戸市の医療の中心的な役割をはたす神戸市中央市民病院は、1924年（大正3年）に長田区三番町開設以来、3回移転している。1回目は1953年（昭和28年）であり、現在のJR新神戸駅のある郊外の生田区加納町に移転している。中心市街地から当時の郊外である場所への移転である。次は1981年（昭和56年）であり、全くの新興開発地であるポートアイランドへの移転である。これもさらに中心市街地から約10キロほどの距離のある、海上の人工島への移転である。2011年（平成23年）にはさらに10キロほど海上へ新興開発したポートアイランドの奥へ移転している。これは神戸空港の開発に合わせてポートアイランドの南方の海上をさらに埋め立てた人工島の新たな拡張部分の地域である。ただし、ポータルライナーという新都市交通機関にて中心市街地から容易にアクセスできると考えられている[5]。

### 3.3. 香川県高松市

高松市（たかまつし）は、四国の北東部、香川県の中央に位置する市で、香川県の県庁所在地である。旧香川郡・木田郡・綾歌郡（1890年2月15日の市制当時の区域は旧香川郡）。四国の経済の中心地で、国から中核市に指定されている。高松都市圏の中心都市である。瀬戸内海に面する港町で、かつて国鉄の宇高連絡船が就航していたこともあり、四国の玄関口として四国を統轄する国の出先機関のほとんどや、多くの全国的規模の企業の四国支社や支店、また四国電力やJR四国といった、四国全域を営業区域とする公共サービス企業の本社などが置かれ、四国の政治経済における中心拠点である。現在、高松市の人口は平成の大合併などを経て42万人を擁し、さらに高松市を中心とする高松都市圏の人口においては約84万人（2005年国勢調査基準）と、香川県の人口100万人の過半数に達する四国最大の都市圏を形成している。

以下が高松市の地図である。



図5 高松市地図

以下が高松市の全景写真である。



写真2 高松市全景（海と山に囲まれた狭い地域に都市が築かれている。）

また中心商店街である丸亀町商店街は日本一長いアーケード商店街として有名であり、大規模な再開発が行われており、活気ある商店街として知られている。高松丸亀町商店街は延長約 470m、面積約 4ha の路線型商店街であるが、これを 7 街区に区分し、全体の方針と各街区ごとのまちづくりの方針を合意して整備を進めている。平成 2 年度段階で、全体方針として消費者のニーズに適切に対応できるよう、商店街全体を一つのショッピングセンターとして再構築すること、新たな業種業態の参入など商店街の新陳代謝が可能な条件を整えること、そのために、土地の所有と利用を分離することなどが打ち出されている。平成 15 年度には、地権者の共同出資による高松丸亀町壱番街株式会社が設立され、翌平成 16 年度に権利変換計画の認可を経て平成 17 年 1 月に工事に着手され平成 18 年 12 月に竣工・再開発ビル（高松丸亀町壱番街）が竣工・オープンし、次いで平成 19 年 6 月に街区ドー

ムが完成している。

高松市の中心的な医療機関は香川県立中央病院である。県内最大 631 床数を有する総合病院である。香川県は 2000 年代に入り、手狭で老朽化が著しかった番町五丁目 4 番 16 号の旧院の建て替えを計画し、現地大改修案・現地建て替え案・移転案などが検討された。2006 年 11 月に真鍋武紀知事は「可能な限り高松市中心部」への移転新築の方針を表明した。移転は朝日町の日本たばこ産業（JT）高松工場跡地になされた。実際には高松駅をはさんで南側の中心市街地とは反対側の北側の港湾地域への病院の移転である。ただし、JR 高松駅から至近であり、琴平電鉄で中心市街地からのアクセスは容易だと考えられている。高松市の中心市街地の再開発は高松駅近辺の北側の港湾地であったため、市街地の中心が北側に移動しているとも言われている[6]。

### 3.4. 鹿児島県鹿児島市

鹿児島市（かごしまし）は、九州南部に位置する市であり、鹿児島県の県庁所在地である。政治・経済・文化・交通の中心地。1889 年 4 月 1 日に日本で最初に市制を施行した 31 市の一つで、現在は福岡市、北九州市、熊本市に次ぐ九州第 4 位の人口を擁する。中核市では、船橋市に次いで第 2 位である。また、国際会議観光都市にも指定されている。

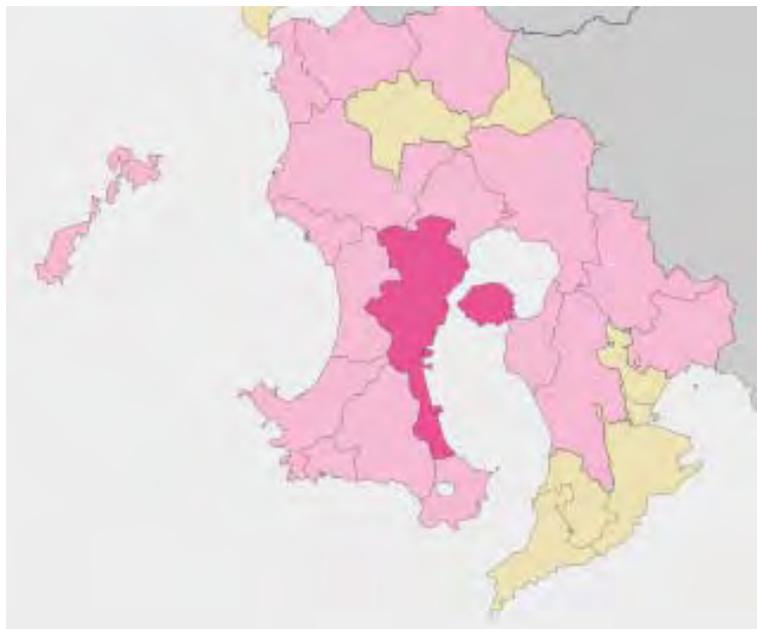


図6 鹿児島市地図

そして以下の写真が桜島を望む鹿児島市の全景である。



写真3 鹿児島市全景（海と山に挟まれ、桜島を望む都市）

本市は、県人口の約三分の一（約 35%）が集中している首位都市でもあり、周辺の自治体と鹿児島都市圏を構成する。九州新幹線の完全開業により更なる発展が期待されるが、元々鹿児島市は地理的要因により地域ブロックの拠点として発展してきた側面もあり、北部九州と短時間で結ばれるようになることで、ストロー効果などのマイナス面も懸念されている。平野部の大部分が商業地域、住宅地域、工業地域に占められ耕作地域はほとんどない。海と山の迫る細長い市街地を持つ。市街地に近い傾斜地や山間部の多くも宅地開発され団地やニュータウンが数多い。しかし、都市の発展に道路開発が追いついておらず、朝夕はいずれの幹線も渋滞が激しい。特に、谷山地区や吉野方面からの通勤渋滞がひどく、大きな課題となっている。

鹿児島市立病院は鹿児島県鹿児島市加治屋町にある公立の病院。1940年4月1日に鹿児島市立診療所として設立される。建物の老朽化や長年の増改築に伴う院内の複雑化対策として、中心市街地から距離のあるJT鹿児島工場跡地（鹿児島市上荒田町）へ平成15年5月1日に移転した。ただし、中心市街地から市電（路面電車）で容易にアクセスできるという。[7]

### 3.5. スペインバルセロナ市

バルセロナは、スペイン北東部に位置するカタルーニャ州の州都で、バルセロナ県の県都でもある。スペイン国内では、首都マドリードに次ぐ第2の都市である。ヨーロッパの代表的なコンパクトシティとしてはバルセロナがあげられる。

以下がバルセロナ市の位置を地図に示したものである。



図7 バルセロナ市の位置

そして、以下がバルセロナ市の地図になる.



図8 バルセロナ市地図



写真4 バルセロナ市 (山と海に囲まれた狭いエリアに都市が築かれている)

中心部に中世都市, その周囲に 20 世紀の最初に計画的に開発された都市. さらに外には 20 世紀後半に開発された市街地がある. 都市の中心部に文化的な機能を入れて, 建築で囲った広場をつくって, 賑わいを作り出すという 1 つのモデルをバルセロナモデルという形で作られていることが有名な例である. 地中海沿岸に位置する港湾都市で, フランスとの国境であるピレネー山脈から 160km 南に位置する. カタルーニャ州及びバルセロナ県

のいずれにおいても、人口の大半を占めるプライメイトシティ（一極集中型都市）である。行政市としては約 160 万人の人口である。2011 年の近郊を含む都市圏人口は 421 万人であり、スペイン第 2 位、欧州でも有数の規模である。14 世紀に建設された城塞を起源とする旧市街と、1859 年の大拡張計画によって建設された碁盤の目のように正方形の街区が並ぶ新市街からなる。都心部では人口が減少し、周辺部や都市圏外に流出しており、ドーナツ化現象に脅かされている。[8]

バルセロナ市の特徴的な市街地政策として「ラバル地区」がある。ラバル地区は都市部の西側に位置する 1 km<sup>2</sup> 区域である。当該地区の人口は約 4.5 万人でその 47%が移民だといわれている。出身国はパキスタン、モロッコ、フィリピン、インド、バングラディシュの割合がそれぞれ 10%前後であり、70 ヶ国を超える国からの移民で構成されている。1970 年代のラバル地区は非常に貧しい中華街で、治安の悪い地区であった。バルセロナ市当局は 1986 年から当該地区の再開発をおこなった。再開発の内容は、以下の 3 点である。

- ① 社会施設を新たに再整備
- ② スポンジ化により公共スペースを拡大する
- ③ 文化的な機能の導入

社会施設の新たな再整備については、病院を含め学校、老人ホーム、工場などが設置されている。中心市街地から離れた地区への病院を含めた、移民のための社会施設の設置であった[9]。

### 3.6. コンパクトシティまとめ

各コンパクトシティとその中心となる病院の状況をまとめると以下の表となる。

表 2 各コンパクトシティ

	神戸市	高松市	鹿児島市	バルセロナ市
コンパクトシティとしての評価	日本有数の成功したコンパクトシティ	中心市街地の再開発に成功	元々山と海に囲まれた地形によるコンパクトシティ	ヨーロッパを代表するコンパクトシティ
中心となる病院	中心市街地から遠い人工島の奥へ最大の病院を移転	極力高松市の中心に病院を移転する方針であったが、中心市街地からは離れた場所へ移転	中心市街地から離れた場所への病院移転	治安の悪化した元中心市街地へ病院を設置（現在の中心市街地ではない）
中心市街地からの病院アクセス	ポートライナーで約 20 分	琴平電鉄にてアクセス可能	市電にてアクセス可能	市電、地下鉄でアクセス可能

## 4. モデル開発

### 4.1. 和歌山市

実際のまちづくりの計画を具体的に設計していくには、単に街の評価項目を高めるような商業施設などのハードウェアや行政サービスなどのソフトウェアを高めればよいというわけではなく、人口が移動する際の相互作用を検証する必要がある。各自が自分にとっては最適な居住地を選択したとしても、他の住民の行動次第では選択した居住地が必ずしも最適な居住地とはならないためである。住人同士の相互作用は、都市計画段階では予測が非常に困難であり、現実の世界では思いもよらない問題が発生する。そのため都市計画や人口誘導のための政策のシミュレーションを行うことで事前評価が可能となる。

コンピューターシミュレーションを利用した研究は、取引、移動、群形成、戦争、環境との相互作用、文化の伝搬、疾病の感染、人口の変動といった人間社会の現象を研究する際に有効である。社会の現象をモデル化してシミュレーションすることによって、統計的手法では分析することが困難であった非線形のシステムの分析が可能になった。シミュレーションの結果は、我々の生きる社会の特徴についての理解を深めるものとして利用したり、感染症の拡大や経済の動向といった、現実世界では実験することの困難な現象に対して、未来を予測する材料として利用することもできる。

マルチ・エージェント・シミュレーションによりコンパクトシティのためのシミュレーションを開発する対象としたのは、著者が教育研究活動を行う和歌山大学が位置する和歌山市である。和歌山市（わかやまし）は、近畿地方の南西部、和歌山県の北部に位置する市で、和歌山県の県庁所在地。江戸時代には御三家のひとつである紀州徳川家が治める紀州藩の城下町として栄え、「若山」とも表記された。和歌山市は和歌山県の面積の約 4%ほどだが、県人口の約 40%が暮らしている。中核市に指定されている。近年、郊外化など消費変化による経済力の衰えと、大阪都市圏への交通網の整備等によるストロー現象による人口減少が大きな問題となっている。平成 23 年度の市の事業として、道路網の充実の他、経済・雇用情勢への対応として企業や起業家の誘致など（ふるさと起業）、減少した人口の回帰や経済復興策を打ち出している。市内消費経済として、和歌山市中心部に位置し、かつて栄華を誇ったぶらくり丁商店街は、地元老舗百貨店「丸正」が自己破産となり、大丸、ビブレなど集客力の高い店舗が相次いで閉店。さらに、大阪都市圏への交通網の整備等によるストロー現象に加え、市内においては郊外型大型ショッピングセンター（主にオークワ系）の相次ぐ出店により、郊外化など人の流れに大きな変化が起き、いわゆるシャッター通りと化している。ぶらくり丁には 2005 年 10 月、大手量販店ドン・キホーテを、2007 年 11 月には旧丸正跡地に複合施設「フォルテワジマ」を開設するなど、市は構造改革特別区域法を利用して規制緩和、人の流れの回帰に努めている。

シミュレーションで着目したのは、和歌山県立医科大学病院と和歌山労災病院の郊外移転である。県立医科大学附属病院は以前、和歌山城の近くの和歌山市七番丁という中心市

街地に位置していたが、平成 11 年に和歌山市紀三井寺の「競馬場」跡地である郊外に約 10 キロほど移転している。和歌山労災病院も南海加太線南側の古屋にあったが、2009 年にやはり郊外の木ノ本に移転している。

以下の図が和歌山市の位置を示している。

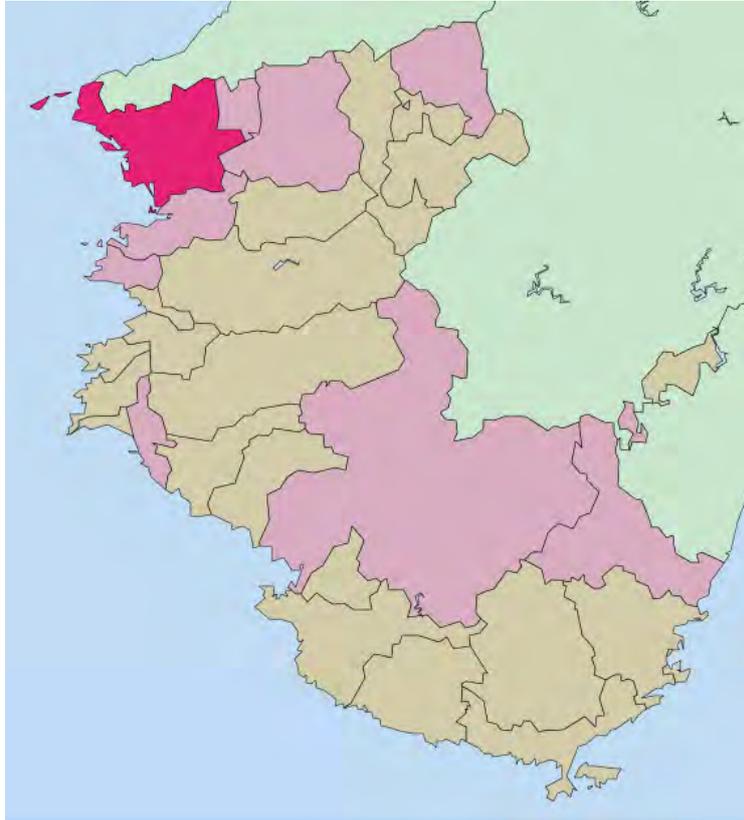


図9 和歌山市の位置づけ

そして、以下の図が和歌山市の地図になる。



図10 和歌山市地図

以下が、和歌山城から眺めた市街地の写真である。



写真5 和歌山城から眺めた市街地

また各コンパクトシティと和歌山市を比較した表3は以下になる。

表3 和歌山市とコンパクトシティ比較

	神戸市	高松市	鹿児島市	バルセロナ市	和歌山市
コンパクトシティとしての評価	日本有数の成功したコンパクトシティ	中心市街地の再開発に成功	元々山と海に囲まれた地形によるコンパクトシティ	ヨーロッパを代表するコンパクトシティ	中心市街地の衰退と郊外への人口流出
中心となる病院	中心市街地から遠い人工島の奥へ最大の病院を移転	極力高松市の中心に病院を移転する方針であったが、中心市街地からは離れた場所へ移転	中心市街地から離れた場所への病院移転	治安の悪化した元中心市街地へ病院を設置（現在の中心市街地ではない）	中心市街地から遠い郊外への移転
中心市街地からの病院アクセス	ポートライナーで約 20分	琴平電鉄にてアクセス可能	市電にてアクセス可能	市電、地下鉄でアクセス可能	バス、自家用車以外のアクセスなし

#### 4.2. モデル

ライフステージに合わせて行動原理の異なるエージェントを複数設定したシミュレーションモデルを構築することとした。モデルには病院エージェントと市民エージェントの距離をパラメーターとして与え、人口減少と高齢化を含む都市構造の変化をシミュレーションできるモデルとした。病院は出産、病気、死亡のライフイベントに密接に関係があるためである。



## 5. 考察

開発したシミュレーションでは、何ら奇異なものではない結果となった。予想通り、病院と市民の距離が近い場合には、市街地がコンパクトになり、人口減少と高齢化が遅くなることになるというものである。結果を想定しながらシミュレーションを開発していったため、当然の結果とも言える。この結果は、商業施設を郊外に設置するシミュレーションでも同じになると考えられる。その結果を表1に追加したものが以下の表4である。

表4 マルチ・エージェント・シミュレーションまとめ

	分居モデル	ライフゲーム	シュガーモデル	コンパクトシティ
エージェントの行動	エージェントは非常に弱いが排他性をもつ。自分の周囲に一定割合以上の同種の住民がいなければ、開いている空間に引っ越しする。	エージェントは生物の生殖、死滅の行動を行う。	エージェントは食糧であるシュガーの供給と需要である食欲による消費の行動を行う。	ライフイベントである、出産、病气、死亡を行う。その際に病院からの距離で判断を行う。
結果	住民の僅かな排他性が、想像以上の分居をもたらす。	生物は密集しても、過疎化しても生きられない。	ストックを食いつぶすと社会は消滅する。	住民と病院の距離が近いと住民の人口集中化がすすみ、高齢化と少子化に歯止めがかかる。
コンパクトシティ化への示唆	中心市街地住民の僅かな排他性が、中心市街地から人々を遠ざけて、コンパクトシティ化の障害になっている可能性。	コンパクトシティ化と郊外の開発のバランスが必要である可能性。	中心市街地の住民が既得権益を守るあまり、食いつぶしてしまい、社会を消滅させる場合がある可能性。	中心市街地から病院を近くすることで、コンパクトシティ化がすすみ、少子化、高齢化に歯止めがかかる。

このシミュレーションは初期段階のもので、予想される当たり前の結果を導き出すために開発したものである。まだ現段階では「分居モデル」や「ライフゲーム」、「シュガーモデル」のように個々エージェントの振る舞い（局所的な作用）から予測される結果と、全体での相互作用に基づく大域的な結果が違うようなシミュレーションにはなっていない。中心市街地の衰退やコンパクトシティ化の障害は、その中心市街地の内部住民の行動・振

る舞いのなかに原因があるかどうかは、このシミュレーションからは導き出されていない。中心市街地の既存居住者の既得権による社会ストックの食いつぶし、排他的意識が若年齢層の流出と、外部からの人口流入を妨げているかどうかというシミュレーションにはなっていないということである。その点をふまえた、大幅な改良・改変が今後の課題であるといえるであろう。

また、コンパクトシティ化は地域開発による経済的な効果と相反する面がある。地方自治体が税収を伸ばそうとする際には新たな商業地や必要施設を郊外に求めることがあることが分かる。鹿児島市や神戸市、バルセロナ市でも、郊外に病院や商業施設を開発することは行っている。これらは予算上の制約を別にするならば中心市街地のコンパクトシティ化と両立させることも検討の余地があることも分かった。コンパクトシティ化と郊外地域開発は典型的なジレンマ問題であり、その解決策はハード面の構造的攻略とソフト面の心理的攻略の両面でシミュレーションが行われる必要がある。その点が本シミュレーションの今後の開発課題となるであろう。また、病院などの社会インフラ施設や商業施設などの郊外移転が既存中心市街地の衰退につながりコンパクトシティ化を阻害している原因であるという結論は、個々の市民の個々の便益を考えた行動から予想しやすい。しかし、それだけが原因であると結論づけるべきではないだろう。既存中心市街地の住民のなにげない行動に、特に排他意識や既得権意識からくる行動に問題が潜んでないかシミュレーションから解き明かす可能性は、人工社会やマルチ・エージェント・シミュレーションの先行研究が示すところである。その点が今後の研究課題になると言えるであろう。

## 参考文献

- [1] Joshua M. Epstein, Robert Axtell, Growing Artificial Societies, A Bradford Book 1996
- [2] Schelling, T.C.: Micromotives and Macrobehavior, W. W. Norton & Company, 1978
- [3] John Conway Talks About the Game of Life Part 1  
<http://jp.youtube.com/watch?v=FdMzngWchDk>
- [4] コンパクトシティの推進 国土交通省東北地方整備局, 2003年2月  
<http://www.thr.mlit.go.jp/compact-city/contents/susume/index.html>
- [5] 神戸市, <http://www.city.kobe.lg.jp/>
- [6] 高松市公式ホームページ, <http://www.city.takamatsu.kagawa.jp/>
- [7] 鹿児島市, <http://www.city.kagoshima.lg.jp/>
- [8] The website of Barcelona city, <http://www.bcn.cat/en/>
- [9] 大下義之「創造都市バルセロナの文化政策」三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング 季刊政策・経営研究 2008, Vol.1, pp.19-54