

〔査読論文〕

# エージェント・ベース・モデルによる地域文化の分析

## ——観光は文化多様性に貢献するか?——

堀 内 史 朗

### アブストラクト

複雑系科学の中で利用されてきたエージェント・ベース・モデル (ABM) は、ホストとゲストというように、互いに異質な人々の相互作用を仮想空間で分析することに効果的である。しかし、現状の観光学では、ABMの使い方がビッグデータを用いた定量分析に限られている。本稿は、異質な人々の相互作用を分析するうえで参考になるいくつかの古典的な研究を概観したうえで、異なる地域・文化の人々が相互作用する簡単なABMを紹介する。エージェントが地域の境界を越えて移住をおこない、他エージェントと相互作用を繰り返していくとき、ある場合には多数派文化が少数派文化を駆逐していくが、別の場合には文化の多様性が保持されていく。エージェントが移住先の情報を事前に知っており、自分と同じ文化を持つエージェントが多数いる場所へ移住することが、文化の多様性を維持するうえで重要である。その手段として観光を位置づけることができる。本モデルの結果は、グローバリゼーションの弊害として指摘されてきた文化の画一化を、観光によって克服する可能性を示すものである。

### Abstract

The Agent-Based-Model (ABM) has been developed in the science of complexity. ABM is a useful method for elucidating interaction among heterogeneous individuals, such as hosts and guests, in a computational space. However, so far researchers of tourism have utilized the ABM only for quantitative analysis, based on big data. This paper introduces some classical ABM studies that have investigated interactions between heterogeneous individuals. In addition, this paper introduces an ABM that represents interactions between agents from different regions and cultures. The results were as follows. When agents migrate across regions and interact with one another, one majority culture often drives away the other minority cultures. In other cases, agents of different cultures coexist and cultural diversity is maintained. Information on different cultures should be evident. Agents should migrate to regions where many other agents of the same culture live. Tourism could be the method. Therefore, the model demonstrates how tourism may counter the negative effects of both globalization and mono-culture.

## I はじめに

観光学の特徴の一つは、その学際性にある。日本国内だけでも、日本観光研究学会、観光学術学会、日本ホスピタリティ・マネジメント学会、日本観光ホスピタリティ教育学会など、観光に携わる研究者が

集う学会が多数ある。観光学を冠する大学、学部、学科も多数設置されており、観光学を修めた社会人も多数輩出されている。観光業は、21世紀の成長産業のひとつとして日本政府がその推進に力をいれており、これからますます観光学の発展が期待される。実際、研究者の多くが、観光の現場に直面しながら課題を探ってきた経緯もあり、多様な分野からの研究が推進されている。その範囲は経済学、人類学、哲学などの人文・社会科学系の領域だけでなく、生態学、工学、医学など自然科学領域まで広がっている。観光学がこのように学際的な環境を保持していることで、幅広い議論が可能になる。

観光学の中で議論されてきた様々な論点の中でも、特に重要なテーマが、ホストとゲストの相互作用の分析である (Smith 1989 = 1991; Bruner 2004 = 2007; Urry and Larsen 2014 = 2017)。ただし、当人が立脚している学問の立場によって、ホストとゲストの相互作用をどのように考えるか、変わってくるはずである。多様な立場からの議論を促進するためには、本質的な要素のみを抽象化した理論モデルに基づいて議論することが有効である。実際、学際的な議論に対し、共通の理論モデルを持ち込むことは、観光学に限らず、多くの複合領域科学での課題であった。

学際的な研究に取り組んできた事例の一つとして、20世紀末に発展してきた複雑系研究がある。複雑系研究の貢献の一つは、単純な方程式によって構築された非線形モデルが、わずかな初期値のずれで著しく異なる結果が生じることを明らかにしたことである。実際の自然界そして人間社会のダイナミクスは、方程式が描くより、はるかに複雑である。そのことを踏まえれば、たとえビッグデータを利用できる環境であっても、非線形な相互作用をする自然・社会の行く末を、正確に予測することは困難であることが示唆される。しかし、ある場所・ある時間で何が起こるかを正確に予測できなくても、大域的な予測を立て、複雑性の中から見えてくる法則を見つけ出すことは不可能ではない。そのことを明らかにしたこともまた複雑系研究の成果である。複雑性の中から法則を見出すためには、計算機による数値計算やシミュレーションが不可欠となる。

計算機を用いて複雑系の中から法則を見出そうとする手法の一つにエージェント・ベース・モデル (Agent-Based-Model: 以下、ABMと略称) がある。ABMは、コンピューターの中に擬似的な空間をつくりあげ、人間、企業、国家、あるいは動植物や粒子などのように、一定の行動ルールを与えた「エージェント」の局所的な相互作用を考える。エージェントの相互作用の結果として創発する自然・社会現象のメカニズムや条件を説明しようとする、一種の計算機実験である。線形性を想定したトップダウンの数理解析では説明できない現象が、エージェントの非線形の相互作用を想定したボトムアップのABMによって再現される。そこで観察される法則を探る研究が進められてきた。

これまでに観光学の分野でも部分的にはあるがABMに基づいた研究は進められてきた (Johnson et al. 2017; Nichols et al. 2017)。たとえばPizzituttiらは、ガラパゴス諸島の人間と自然の関係を複雑系として捉え、観光客と観光業者の移動をABMとして計算機空間上で再現した。局所的な観光客の集中を避けつつガラパゴス諸島の観光を発展させるためにどうすればよいかを分析している (Pizzitutti et al. 2014)。ほかにも、持続可能な観光を可能にするための条件をABMで分析した研究が報告されている (Johnson and Sieber 2010; Student et al. 2016)。日本では、東日本大震災を教訓にして、災害時にどのように観光客を避難させるかを考える研究にABMが使われている (大窪ら 2017; 金度ら 2017)。これらの研究では、現場で得られたビッグデータを活用して人々の相互作用を再現し、かつ操作しようとしている点で、社会工学的な発想に基づいているといえる。また共同研究のスタイルをとっているものが多く、学際的な研究の成功例として挙げることができるだろう。

だが、社会工学の発想に基づいたABMの活用の仕方は、ABMの可能性のごく一部に過ぎない。抽象度を上げたABMに基づいて、ホスト・ゲストの相互作用が何をもたらすかという議論が、観光学の分野では十分におこなわれていない。これまでの研究が、実データに基づいてきたため、仮想的な世界まで

をも視野に入れた理論的な議論が困難になってしまっている。ABMの真骨頂は、仮想的な世界を構築することで、様々な可能性を視野に入れて世界のありようを考えることにある(Macy and Willer 2002)。そこで本稿は、観光学という領域を超えて、より広い文脈の中で考えられてきた「異質な人々の相互作用」という観点でのABM研究について第2節で紹介したうえで、その応用例として新たにABMを構築・分析した結果や含意を第3節以降で紹介する。新たに構築するABMは、異質な人々が相互作用する結果、地域特有の文化が時間の経過につれてどのように変化するかを示す。ABMによって、社会変動の一側面を明らかにできることを示すのが本研究の目的である。

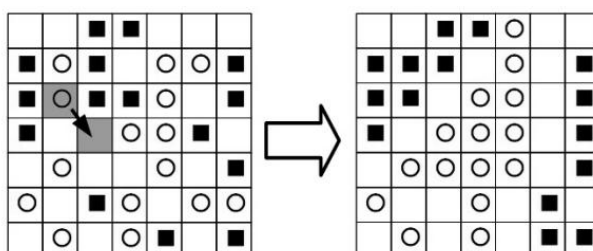
## Ⅱ 異質な人々の相互作用を分析したABM研究の紹介

### 1. 分離モデル

1960年代に公民権運動が強い広がりを持ったアメリカ合衆国を初め、公共空間での人種分離は多くの国で違法である。それにも関わらず、マイノリティが集住する地区が世界中に多くある。たとえ、人種などを基に人々が分かれて暮らすのはおかしいと多くの人が考えていたとしても、個々人の集合行動の結果として人種などに基づいた分離が創発することを説明したのが、トーマス・シェリングである(Shelling 1971)。

次のような空間を考える。複数のエージェントが二次元上に分布し、それぞれ一区画を占有する。エージェントは白人か黒人、どちらかの人種に分けられる<sup>1)</sup>。エージェントは、白人・黒人どちらであっても、自分と異なる人種のエージェントに対して寛容であり、隣人が異人種であっても嫌がらない。しかし、自分が多数の異人種に囲まれることは嫌がる。もし自分の周囲を異人種が取り囲み、自分が隣人の中で少数派の人種になってしまったら、近くの空き地へと引っ越していく。たったこれだけの仮定によって、白人と黒人がまじりあって暮らしていた環境が不安定化し、最終的には白人と黒人が分離して暮らす結果が生じうる。

図1がそのメカニズムを再現している。簡単のため白人エージェントを○, 黒人エージェントを■で表す。どのエージェントも、近所に異人種が住むことを嫌ってはいない。しかし、自分を含めた周囲9セル(端の場合は6セル, ないし4セル)の中で、自分と異なる人種のエージェントが過半数になると住み心地が悪くなり、もっとも近所の空き地に引っ越す。当初は不満を持っていなかったエージェントですが、周囲の転居が続き、その結果として今いる場所で自分自身が少数派になってしまった現状を嫌い、



注) 灰色で表示されたセルの○エージェントは、周囲を■エージェントに囲まれた少数派であることに居心地が悪くなり、近隣の空セルに転居する。他のエージェントも同様にして転居を繰り返すと、白人と黒人の分離が創発してしまう。

図1 分離モデル

転居する。このようなエージェントの行動の連鎖反応の結果として、アパルトヘイト政策が起こっていた当時と変わらないような人種分離が起こってしまう。誰からスタートするかによって何処に誰が定着するかという微細な結果は変わってくるが、どの場合でも時間が経過すると白人と黒人の分離が進むという大きな結果は同じである。

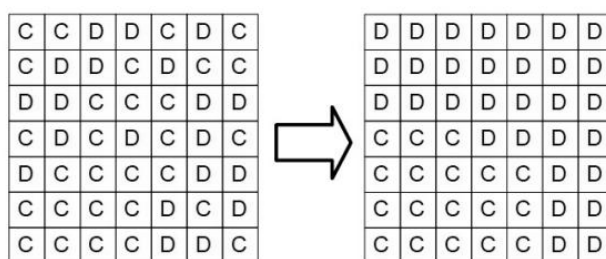
分離モデルはABMの中でも最も古典的なものである。この論文が発表されて後、多数の後続研究が進展してきた (Zhang 2004; Clark and Fossett 2008; Hatna and Benenson 2012; 2015)。また言語や宗教など、後天的で変更可能な特質を念頭において、近隣との相互作用でそれら特質が変容して、特質の画一化や多様化を論じた研究も進められている (Axelrod 1997; Gracia-Lazaro et al. 2011; 堀内2011)。

## 2. 秩序モデル

人々の相互作用を分析するときに囚人ジレンマゲームがよく用いられる。エージェントは相互作用する相手に対して、協力するか裏切るかの選択肢を持つ。相手の選択に依らず、協力するより裏切った方が利得は高い。しかし、両方が裏切るより、両方が協力した方が利得は高い。このように、皆が自身の利得を上げようとするあまり全体としての利得が下がってしまうのが囚人ジレンマゲームの特徴である。どのような条件のもとに、エージェントが協力行動をするのかを明らかにしようと、様々な研究が進められてきた。ABMを用いて一つの回答を与えたのが、マーティン・ノヴァクとロバート・メイ (Nowak and May 1992) である。

いまエージェントが2次元の平面に分布している。エージェントは協力 (C) か裏切り (D) どちらかの戦略を採用し、近隣のエージェントと交渉する。単純な二者間の交渉であればDの方がCよりも有利で高い利得を得る。しかし次の時間になると、各エージェントは周囲で最も利得が高いエージェントの戦略を採用する。このとき、利得の大きさ次第ではCが平面上に増加していく。これは、Dを選んだエージェント同士が集結して互いへの攻撃で自滅していく一方、Cを選んだエージェント同士も集結して高い利得を得るからである。変数の大きさ次第ではカオティックな美しいパターンが平面上に出現する。

このように空間構造を与えて人々の相互作用を考える研究についても、多くの後続研究が発表されてきた。囚人ジレンマゲームとは利得行列の異なるタカハトゲームなどを用いた研究も進められている (Hauert and Doebeli 2004; Helbing et al. 2011; Horiuchi 2015)。



注) CとDが交渉すればDの方が高い利得を得る。しかしD同士で交渉すると自滅するため、平面上にCが増加する。

図2 空間構造を持たせた囚人ジレンマゲーム



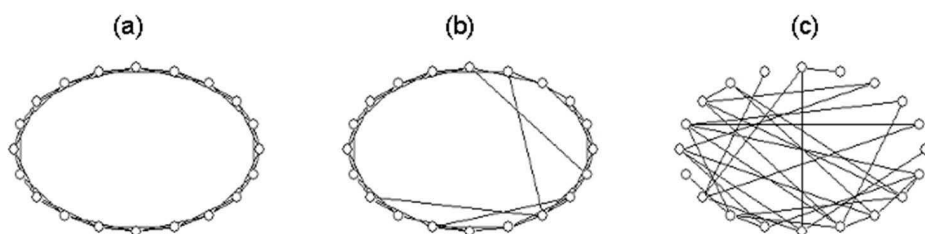
### 3. ネットワークモデル

ここまでエージェントは互いに近隣同士で相互作用することを想定してきた。だが実際には人々は隣人とばかり相互作用するわけではなく、遠く離れた人とも相互作用することもある。かといって、完全にランダムに世界の誰とでも相互作用をするわけではない。人々の相互作用については、近所の隣人や学校・会社などの同僚のように、普段から出会う人々との関係に特徴づけられた強い紐帯と、かつての旧友や他の組織に属する仕事仲間のよう年に数回程度しか出会わないが重要な情報をもたらすこともある弱い紐帯があることが、社会学の分野では重要視されてきた (Granovetter 1973)。実際の人々の相互作用は強い紐帯と弱い紐帯の組み合わせであるが、そのことを再現するためにはどうすればいいか、一つの回答を与えたのがダンカン・ワッツとステイーブン・ストログッツである (Watts and Strogatz 1998)。

人間関係をネットワークとしてとらえる。そのネットワークの特徴として、ある二人が友人であるとき、その二人が共通の友人を持つ確率は非常に高い (高い凝集性)。その一方で世界の任意の二人が、せいぜい数名の人を仲介することにつながり (短い距離)。この、互いに矛盾しているように見える二つの特徴を併せ持つネットワークとして、ワッツらはスモール・ワールド・ネットワークを提案した。

その仕組みは意外にも単純である。いま  $n$  個の頂点が円環上に連なったネットワークを考える。各頂点は、近接する  $k$  個の頂点が繋がっている。この格子ネットワークには  $nk/2$  個のリンクがある。各リンクを  $p$  の確率でランダムに組み替えていく。組み替えの確率  $p=0$  なら格子ネットワークのままであり、 $p=1$  ならランダムネットワークになるが、ある範囲の  $p$  において線虫の神経系、アメリカ西部の電線網、映画の共演者のネットワークを再現するスモール・ワールド・ネットワークになる (図 3b)。

スモール・ワールド・ネットワークや、それ以外の複雑ネットワークの仕組みが発見されたことを受けて、複雑ネットワークを土台としてのエージェントの相互作用が分析されてきた。先に説明した分離モデルや秩序モデルも、複雑ネットワークの考えを参照して発展してきている (Fagiolo et al. 2007; Poncela et al. 2008; Xianyu 2012; Centola 2018)。



注) 近接した頂点が繋がった格子型ネットワークのリンクを小さな確率  $p$  でランダムに組み替えるとスモール・ワールド・ネットワークになる。(a)  $p=0$ , (b)  $p=0.05$ , (c)  $p=1$ .

図3 スモール・ワールド・ネットワークの作り方

### Ⅲ 文化の多様性モデル

#### 1. 背景

前節では異質な人々の相互作用を分析することに貢献してきたABMの古典的な研究群を紹介した。これら以外にも様々な研究があるが紙幅の関係上、省略せざるを得ない。ただその多くは、古典的な研究で明らかにされてきた手法を発展させ、あるいは組み合わせることで発展してきた。実際、既存のABMのアイデアを組み合わせつつ、新たな発想を導入したABMによって、これまでに明らかにされていなかった現象を説明することは難しくない。特に観光については、いまだABMで未開拓な分野である。観光学で考えられてきた互いに異質な人々の相互作用をABMで分析する余地が大きく残されている。そこで本節は、観光の背景にあるグローバリゼーションと地域文化を念頭にABMを構築する。

いま世界中に地域文化が残されている。地域文化は、その地域に暮らす住民たちによって意識的・無意識的に世代を超えて継承されてきたものであり、芸術、技術、その他の在来知などだけでなく、言語(方言)、宗教、様々な習慣を含む。地域文化を象徴として住民たちは自分たちのアイデンティティを確認し、身内で構成された地域社会の中で共有地や社会関係資本などの集合財を獲得することができる(Ostrom 1990; Putnam 2000)。

このような地域文化の多くが消失の危機にある。もはや人々は地域社会の中だけで閉じこもることはなく、地域の境界を越えて様々なアイデンティティを獲得することができる。いま住んでいる以外の地域の文化に憧れて移住し、あるいは異なる文化の習得が個人の中に起これば、支配的な地域文化がその他の地域文化を押しつぶすことだろう。地域文化が可能にした集合財も、かつてほどの魅力を失ってしまった場合もある。こうした地域文化の危機の背景には、人の移動性が高まったグローバリゼーションの影響がある。

その一方で、グローバリゼーションが地域文化の保全や創造に貢献している側面もある。旧来の地域社会から自由になったからこそ、人々は自分のアイデンティティを求め、同好の士との繋がりを世界各地で求めることができる。各地から人々が集まった大都市では、人々は様々なサブカルチャーを享受できる(Fisher 1984 = 2002)。サブカルチャーの多くは、特定の地域に代々継承されてきた地域文化ではないかもしれない。しかし将来を見れば、オタクの聖地が伝統文化の継承される場となっていくこともありえる。昔から継承されてきた地域文化が、外部からやってきた観光客との協働で保全される可能性もある(Hobsbawm and Ranger 1983 = 1992)。

このように、人々の移動が地域文化を消滅させるのか、あるいは保全するのか、問題は複雑系であるため直感的な予測は困難である。ホストとゲストの相互作用の結果として地域文化がどのような影響を受けるかを考えることは観光学の主要テーマでもある。そこでABMを構築し、人々の移動性と地域文化の関係を明らかにする。

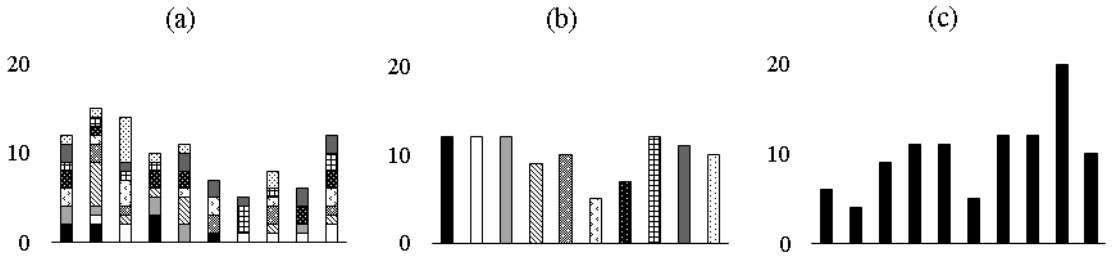
#### 2. ABMの説明

自身の利得を最大化しようとするエージェントの相互作用を分析するため、次のようなABMを構築する。複数のエージェントを考える( $N$ 人)。 $N$ 人のエージェントは以下に説明するように、他のエージェントとの相互作用を通して利得を得る。より利得を大きくしようとして、後述するようにエージェントは地域間の移動をおこない、与えられた属性である文化の変化をおこなっていく。

どのエージェントも、どこか一つの地域に所属する。地域数を $L$ 個とする。初期状態において、エージェントはランダムな地域に所属している。それゆえ、ある地域に所属するエージェント数は平均で $N/L$ となる。

Mar. 2019

エージェント・ベース・モデルによる地域文化の分析



注) (a) 各エージェントの文化が地域に関係なしに完全にランダム, (b) エージェントの文化が地域特有, (c) エージェントの文化が画一化している。

図4 シミュレーションの初期状態

どのエージェントも特有の文化を持っている。ここでいう文化とは、たとえば母語のように、数ある選択肢の中から一つしか選ぶことができないようなものを想定する。実際は、複数の母語を持つ場合もあるだろう（日本語と中国語を両方話せる人のように）が、今回は問題を単純化するため、どのエージェントも唯一の文化を所有しているとする。文化の種類数を  $M$  とする。

本モデルは初期状態におけるエージェントの文化について3つのパターンを考える。(a) エージェントの文化が所属する地域に関係なしに完全にランダムな場合を考える。どの地域にも様々な文化を持ったエージェントがいることになる。(b) エージェントが所属する地域特有の文化を持っている場合を考える。地域  $i$  に所属するエージェント全員の文化は  $i$  となる。(c) すべてのエージェントが、所属する地域に依らず、同じ文化を持っている場合を考える。すでに文化の画一化が起こっている状態に対応する。以上の3つの場合について、それぞれシミュレーションを実施する。図4は各場合の初期状態を示し、各エージェントの文化を色分けしている。図4のa, b, cは、後述する図7のc, f, iの初期状態に対応する。

各時刻において、エージェントは同一地域内に存在する全エージェントと相互交渉をする。地域内にエージェントが自分一人しかいない場合、そのエージェントは相互交渉をしない。相互交渉の結果は、文化の一致・不一致で決まる。もし相手エージェントが自分と同じ文化を所有していた場合、そのエージェントは利得  $P$  を得る。相手エージェントが自分と異なる文化を所有していた場合、そのエージェントは利得  $Q$  を得る。同じ文化のエージェントと相互作用すると高い利得が得られるとして、 $P > Q$  とする。エージェントの利得  $W$  は

$$(l_j - 1)Q \leq W \leq (l_j - 1)P$$

となる。なおここで  $l_j$  はエージェントが滞在している地域  $j$  にいるエージェント数である。以下、本モデルは単純化して  $P = 1$ ,  $Q = 0$  とする。この場合、エージェントは、より多くの同文化エージェントが存在する場所に所属することで高い利得を得る。他文化エージェントの数については、利得に影響しない<sup>2)</sup>。

相互交渉をおこない、各エージェントの利得が決まったあとに、 $s$  人のエージェントが選ばれる。 $s$  人のエージェントは隣接している地域へ移動する。移動の方法として、ランダムな移動と選択的な移動の二種を考える。ランダムな移動では、いま自身がいる地域を含め隣接している  $k$  個の地域（合計で  $k+1$ ）の中からランダムに選ばれた一つの地域へと移動する。ある地域へそのエージェントが所属する確率は  $1/(k+1)$  となる。一方選択的な移動の場合、そのエージェントはいま自身がいる地域を含め隣接している  $k$  個の地域の中で、自分と同じ文化を持つエージェントの中で最も高い利得を得たエージェントがい

る地域へ移動する。前に論じたように、同じ地域に同じ文化を持つエージェントがたくさんいた方が利得は高くなるので、エージェントは自分と同じ文化を持つエージェントがたくさんいる場所へ移動する。ランダムな移動をするか選択的な移動をするかは確率的に決まる。確率 $r$ で選択的な移動、 $1-r$ でランダムな移動をする( $0 \leq r \leq 1$ )。

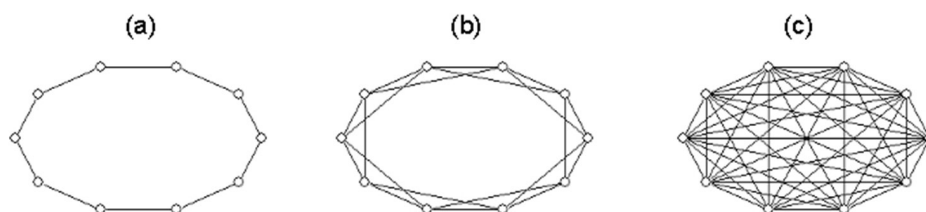
本稿では、単純化のため、地域間のネットワークが一次元上の境界なしの格子型ネットワークになっており、どの地域においても $k$ が等しい場合を考える。このとき $k$ が大きくなるにつれてすべての頂点がリンクで隣接した完全グラフに近づく。本稿では、 $k=2, k=4, k=9$ の場合のみ分析の対象とする(図5)。

移動がおこなわれたあと、ランダムなエージェントが一人選ばれる。そのエージェントは自身が所属する地域の中でもっとも利得が高いエージェントの文化を獲得し、それまで自分が所有していた文化を喪失する。もし自身が地域内でもっとも利得が高いのならば、そのエージェントの文化は変化しない。

利得に基づいた文化変化のあと、あらためて確率 $U$  ( $0 < U < 1$ ) で1エージェントをランダムに選び、その文化を $M$ 個中のランダムな1文化に突然変異させる。確率 $1-U$ で突然変異は起こらない。

以上の流れを1ターンとする。図6に、シミュレーションのフロー図を示した。

十分なターンを繰り返していった結果、各地域に滞在するエージェント数、各文化を所有するエージェント数がどのように変化するかを分析する。分析の焦点となるのは、エージェントの移動の仕方が、地域人口・地域文化に及ぼす影響である。そこで、操作する独立変数として、移動するエージェントの数 $s$ 、地域間の隣接関係を表す $k$ 、選択的な移動を表す $r$ を取り上げる。それ以外の変数については今回の分析では単純化のためある値に固定する。具体的には表1の通りとした。



注) (a)  $k=2$ , (b)  $k=4$ , (c)  $k=9$ 。

図5 格子ネットワーク

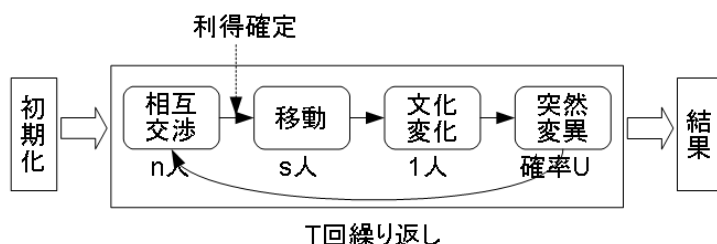


図6 シミュレーションのフロー図



表 1 ABM で用いる変数

変数	説明	値・範囲
N	エージェントの数	100
L	地域の数	10
M	文化の数	10
P	同じ文化の他エージェントと相互交渉した時の利得	1
Q	違う文化の他エージェントと相互交渉した時の利得	0
U	エージェントの文化の突然変異の確率	0.01
$s$	移動するエージェントの数	0 ~ 5
$k$	ある地域が隣接する他地域の数	0 ~ 9
$r$	選択的な移動の確率	0 ~ 1

本モデルの従属変数は地域人口と地域文化である。客観的な評価のために、以下の多様度指数を用いる (Simpson 1949)。

$$D_L = 1 - \sum_j (l_j / N)^2, D_M = 1 - \sum_j (m_j / N)^2$$

ここで  $l_j$  は地域  $j$  に滞在するエージェント数,  $m_j$  は文化  $j$  を所有するエージェント数を表す。十分な時刻が経過したのちに各エージェントが滞在する地域, 所有する文化を調べる。多様度指数は、それぞれ以下の範囲に収まる。

$$1/L \leq D_L \leq 1, 1/M \leq D_M \leq 1$$

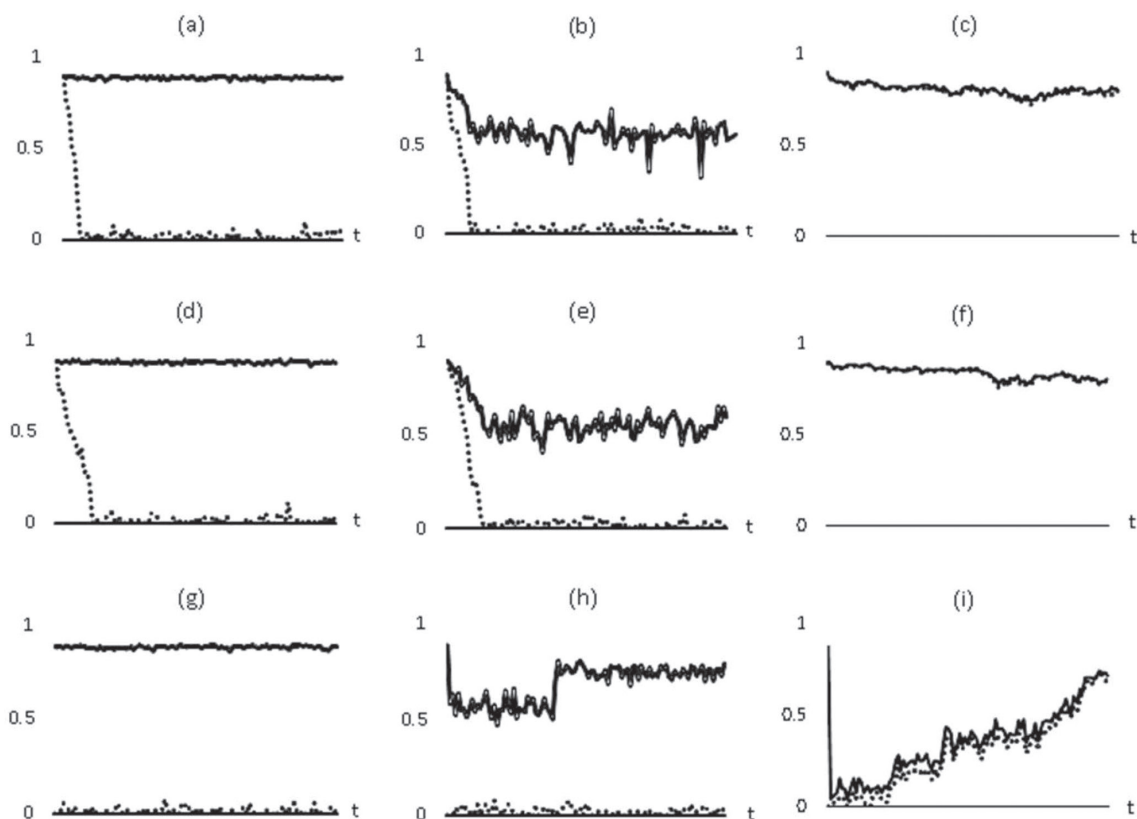
多様度指数の値が大きいほど、各地に人口が分散し、また各文化が残されていることになる。様々な独立変数の値の組み合わせで、多様度指数の値がどのように変化するか明らかにするのが本モデルの主目的となる。

### 3. 結果

図 7 は、条件が異なるワンショットシミュレーションを示している。1 試行について 100,000 ターンの繰り返しを行った。文化の初期状態がランダム、所属する地域で同じ、全員同じの場合について、異なる  $(s, k, r)$  を与え、 $D_L$  と  $D_M$  の時間変化を示している。条件によって挙動は異なるが、100,000 ターンが経過した時にはおおそ均衡状態に達している様子がわかる。そこで以下、100,000 ターンをシミュレーションの打ち切り時刻とする。

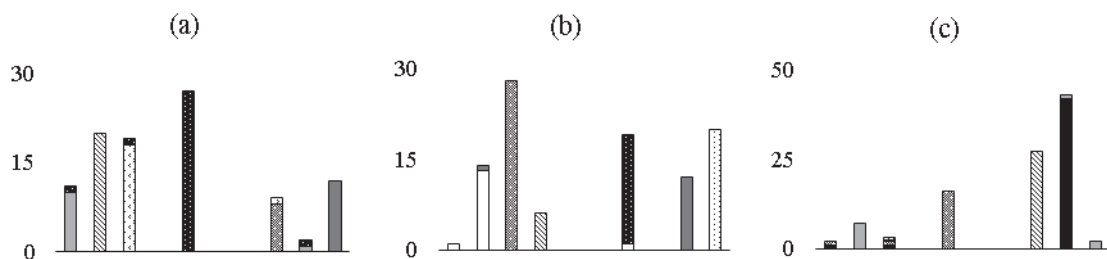
図 8 は  $(s, k, r) = (5, 9, 0.95)$  の場合について、各初期状態から出発して 100,000 ターン後の各地域のエージェント数を、文化の種類が分かるように示している (図 7 の c, f, i の最終状態に対応する)。どの場合も、十分な時間が経過した後は、各地域で独自の地域文化が成立していることがわかる。

図 9 は、 $s$  と  $k$  の値を固定したうえで、様々な  $r$  について 100,000 ターン後に得られた  $D_L$  と  $D_M$  を示している ( $r$  は 0.01 刻みで変化させた)。文化の初期値が完全にランダム (a-c) か、あるいは地域特有の文化を持っている場合 (d-f),  $r$  の値が 0 から大きくなるにつれて地域人口の多様性が下がる (人口の極集中が進む) 一方、地域文化の多様性はほぼ 0 である (ある一つの文化が全地域にいきわたる)。ところが  $r$  がある値以上になると、かえって地域人口の多様性が上がり (人口の分散が進む)、地域文化の多様性も上がる (複数の文化が残存する)。それに対して初期状態の文化が画一化しており、かつ  $s$  や  $k$  の値が小さい場合 (g, h),  $r$  の値が 0 から大きくなるにつれて地域人口の多様性は下がる一方で地域文化の多



注) 文化の初期値がランダムの場合, (a)  $(s, k, r) = (1, 2, 0.1)$ , (b)  $(s, k, r) = (3, 4, 0.6)$ , (c)  $(s, k, r) = (5, 9, 0.95)$ , 所属する地域で同じ場合, (d)  $(s, k, r) = (1, 2, 0.1)$ , (e)  $(s, k, r) = (3, 4, 0.6)$ , (f)  $(s, k, r) = (5, 9, 0.95)$ , 全員同じ場合, (g)  $(s, k, r) = (1, 2, 0.1)$ , (h)  $(s, k, r) = (3, 4, 0.6)$ , (i)  $(s, k, r) = (5, 9, 0.95)$ 。

図7 ワンショットシミュレーション (実線: DL, 点線: DM)

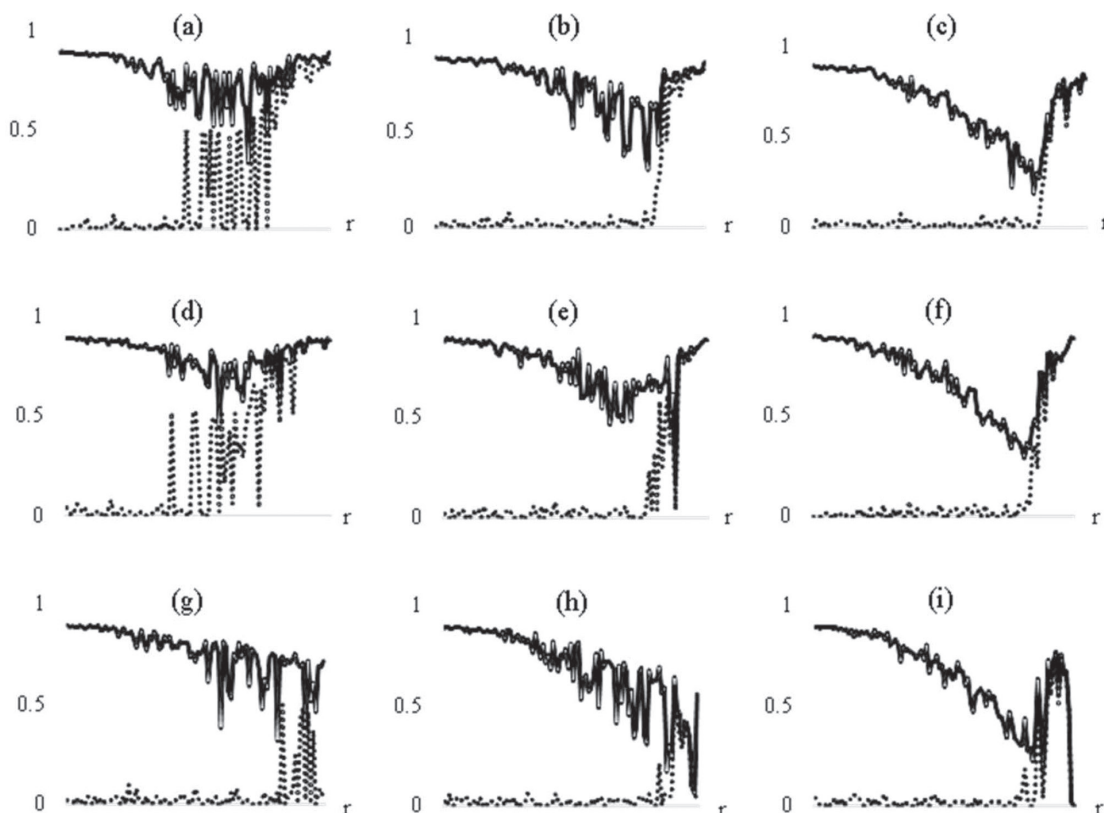


注) 各エージェントの文化が, (a) 初期状態で完全にランダムな場合, (b) 初期状態で地域特有の場合, (c) 初期状態で画一化している場合。それぞれ図4のa, b, cに対応する。

図8  $(s, k, r) = (5, 9, 0.95)$  の場合のワンショットシミュレーションの結果

Mar. 2019

エージェント・ベース・モデルによる地域文化の分析



注) 文化の初期状態がランダムの場合で, (a)  $(s, k) = (1, 2)$ , (b)  $(s, k) = (3, 4)$ , (c)  $(s, k) = (5, 9)$ , 文化の初期状態が所属する地域で同じ場合について, (d)  $(s, k) = (1, 2)$ , (e)  $(s, k) = (3, 4)$ , (f)  $(s, k) = (5, 9)$ , 文化の初期状態が全員同じ場合について, (g)  $(s, k) = (1, 2)$ , (h)  $(s, k) = (3, 4)$ , (i)  $(s, k) = (5, 9)$ 。

図9 各 $r$ について, 100,000 ターン後の DL (実線), DM (点線) を示す

多様性が上がる。ところが $s$ や $k$ の値が大きい場合 (i),  $r$ の値が大きくなるにつれて下がっていた地域人口の多様性がいったん高まるが,  $r$ の値が1に近づくと地域人口の多様性は0になってしまう。地域文化の多様性も同様である。

#### IV 考察

本稿で紹介したABMは, 人々の移動性と地域人口・地域文化の多様性の関係について分析した。人口の一極集中が進み, 文化の多様性が失われることもあれば, 逆に各地域に人口が残る, また文化の多様性が維持される場合もある。どのような結果が導かれるかを決めるのは, エージェントの初期状態と, 人々の移動性を表す係数 $s, k, r$ である。初期状態におけるエージェントの文化が, 完全にランダムにせよ地域特有の場合にせよ, 多様な文化がある場合は, 地域間移動をおこなうエージェント数 $s$ や移動経路の数 $k$ の値が大きいほど, 人々は多数派文化へ順応しようとする結果, グローバリゼーションによる地域人口の集中や文化の画一化が起こりやすくなる (図9の $a \rightarrow c$ ,  $d \rightarrow f$ )。ところが, 人々が選択的な移動を行おうとする係数 $r$ の値がある程度以上の高さであるならば, 少数派文化の所有者がある地域へ集中し

ようとする結果として、少数派文化がその地域特有の文化として成立する<sup>3)</sup>。結果的に文化の多様性が維持され、少数派文化の蓄たる少数派地域の人口も維持される。ただし、 $r$ の値が中程度であると(図9で言えば $r$ が0.5~0.8ぐらいの範囲)、かえって人口の局在化、文化の画一化をもたらす。これは、少数派文化が集住した少数派地域がせっかく産まれても、エージェントのランダム移動で崩壊するプロセスが繰り返され、そのプロセスの中でかえって人口集中が起こるからと考えられる。一方、初期状態において文化の画一化が起こっている場合、やはり地域間移動をおこなうエージェント数 $s$ や移動経路の数 $k$ の値が大きいほど、人々は多数派文化へ順応しようとする結果、グローバリゼーションによる地域人口の集中や文化の画一化が起こりやすくなる(図9の $g \rightarrow i$ )。 $r$ の値が大きくなるにつれて、すでに画一化している文化に順応しようとするエージェントが増えるだけということもあって、人口集中がさらに起こりやすくなる。ただ、 $r$ の値が高い値であると(図9で言えば $r$ が0.8~1ぐらいの範囲)、地域文化の多様性が高まる。突然変異で生じた少数派文化が集住する少数派地域が、部分的に誕生しているのだろう。しかし $r$ の値が非常に高く、ほぼ1になっている場合、地域文化の多様性は失われる。せっかく突然変異で生まれた少数派文化も、多数派文化への変化が合理的選択として起こってしまうと考えられる。ある程度の偶然性があるからこそ、画一化した世界に新しい文化を生み出すことができる。こうした結果は、様々な変数が絡み合う複雑系であるため、直感的な推測や、あるいは調査・データ解析などから得ることが難しい。学際的な観光学において、立場や領域の違いによって異なった結論が得られ、その立場の違いによる議論が困難なこともあるだろう。ABMによって、異なる主張を変数の大きさに一元的に評価することが可能になる。

本稿で紹介したABMの説明の中には、観光が明示的には含まれていない。しかし、本稿は観光の可能性を示唆している。それは、人々の選択的な移動である。モデルにおいて、エージェントは自分と同じ文化を持つ人がどこにいるか、どこで最も利益を得るかを限定的であるとはいえ知っていることが仮定された( $k$ が大きいほど情報は正確である)。その情報に基づいてエージェントは、これも確率的にはあるが、選択的な移動をしていた( $r$ が大きいほど同じ文化を目指して移動する)。ではどのような仕組みでエージェントは他のエージェントないし他の地域のことを知りえ、そこに移動しようとするのだろうか。筆者は、それこそが観光の可能性だと考える。いま各地で観光客を招くために地域文化を発信している。あるいは観光客自身が、訪れた地域の観光資源を発見し、SNSなどで情報を交換している。観光で地域のことを知ってもらった上で、移住につなげようとする試みが進んでいる。観光の広がりによって、どこにどんな文化があるかが人々の間に伝わり、満足の行く場所へ移住できる。このように観光を定住と移住の間に置く考えは、必ずしも一般的ではないかもしれない(Williams and Hall 2002)。しかし、人口減少地域が移住者を招く際、観光でまずは地域を見てもらうことは有効な方策である。特定の人のみが訪れる観光、具体的には訓練されたガイドに伴われてのエコツーリズムや、リピーターなど地域の慣習に知悉した観光客のみを招くなどの選抜が、地域人口と文化の多様性を守るために必要なのかもしれない。

実際には、人々の移動は、同じ文化を持つ人々とのつながりを求めるものばかりではない。高い賃金や安全を求めての人々の移動の方が多いだろうし、むしろそのような移動が文化の画一化を促進してきたきらいもあるだろう。一方で、国際観光客数が増加の一方である。特に日本では、訪日外国人観光客数が毎年のように急増している。今は一部の大都市や主要観光地に集結している外国人観光客に対して、地域文化の普遍的な価値をグローバルに発信することでその同志を集め、人口減少が進む地域で消滅しかかっている文化の応援者を外国人観光客に求めることは、決して非現実的な話ではない。実際筆者が調査をおこなった中で、地域で継承されてきた民俗芸能が、外国人を含む観光客の物心面での支援によって継承されていたし(Horiuchi 2012; Horiuchi and Morino 2015)、空洞化した地域産業やコミュニ



ティが外部からやってきた起業家の活動や消費者の購買によって回復した事例もある (Horiuchi 2017a, b)。こうした事例の意義を、客観的な用語で説明することにおいて、ABMは優れた効果を持つ。

本稿で紹介したABMは単純な仮定に基づいた小規模なものである。たとえばエージェント数が100、地域数が10で、格子型ネットワークしか考えていない。スモール・ワールド・ネットワークなどの複雑ネットワークの効果を見ようとするならば、地域数をより大規模にする必要がある。社会工学的な知見を得たいのであれば、実際の観光に関連した諸データを投入し、GISデータ上での分析などをする必要があるだろう。そして本稿がモデル化した観光のとらえ方は一面的である。観光に伴う経済効果や、様々な事業者の関係などを今回のABMは想定していない。本稿のABMは世界を正確に再現しようとするものではなく、移動に伴う文化変容というごく一面を抽象化したものに過ぎない。だからこそ、極端とも思える現象をモデル化することで、仮想的な世界を見ることができる。たとえば平均人口が10の中で、ある1ターンに移動者数 $s=5$ が一カ所に集中することも実験上はあり得る。人口の半数が一度に移住してしまうような局面は極端に感じるかもしれない。しかし、そのような極端なことが現実世界でも起こっている。限界集落や難民の発生が、まさにその典型であろう。ABMによって、一見極端に見えつつも、起こりうる世界を垣間見ることができる。このことで、私たちの現実世界の見方も、より複眼的になることが期待できよう。

## V 結論

本稿は既存のABM研究を概観したうえで簡単なABMを構築分析し、観光が、グローバリゼーションの中で地域文化の保全に貢献する役割を示唆した。観光とは何なのか、これからの社会や自然にどのような影響を及ぼしうるのか、そうした抽象的な課題に観光学は答えるべきである。たとえば東浩紀は「観光客の哲学」のなかで、複雑ネットワーク理論を踏まえた観光の可能性について論じた(東2017)。人々が好き勝手に各地を訪れ、そこで出会った人々と知り合いになり、その結果として平和がもたらされる。そのような未来を展望し、観光が果たすべき「平和へのパスポート」という課題を哲学という領域で真正面から捉えようとする姿勢は支持されるべきである。しかし、別稿で論じたが、東の複雑ネットワークの理解には粗い部分がある(堀内2018)。こうした粗い部分を補って、ホスト・ゲストのように互いに異質な人々の相互作用を分析していくのに際し、ABMは重要な貢献を果たしうる。そのことで、更なる学際的な議論が可能になるはずである。

## 注

- 1) 現代の表現として不適切かもしれないが、原典のWhite, Blackという表記に従った。
- 2)  $Q > 0$ であれば文化に依らずたくさんエージェントがいる場所へ、 $Q < 0$ であれば異文化エージェントが多すぎる場所は避けようとする。それぞれ興味深い結果が得られるだろうが、今回は単純化して $Q = 0$ の場合に分析を限定した。
- 3) 地域文化は成立するものの、必ずしも時間を追って不変であるとは限らない。初期状態で既に地域文化が成立しており、終了状態で地域文化が成立していても、各地域の文化が変わることがある。実際、図4bと図8bを比較すると、もっとも左の地域、および左から3つめの地域の文化が変わっていることが分かる。

## 参考文献

- Axelrod, R. 1997. "The dissemination of culture." *Journal of Conflict Resolution* 41: 203-226.  
 Bruner, E. M. 2004. *Culture on Tour*. = 2007. 安村克己ら(訳)『観光と文化：旅の民族誌』学文社  
 Centola, D. 2018. *How Behavior Spreads*. Princeton University Press.  
 Clark, W. A. V., Fossett, M. 2008. "Understanding the social context of the Schelling segregation model." *Proceedings*

- of the National Academy of Sciences of the United States of America 105: 4109-4114.
- Fagiolo, G., Valente, M., Vriend, N. J. 2007. "Segregation in networks." *Journal of Economic Behavior & Organization* 64: 316-336.
- Fischer, C. S. 1984. *To Dwell among Friends: Personal Networks in Town and City*. = 2002. 松本康・前田尚子 (訳)『友人のあいだで暮らす：北カリフォルニアのパーソナル・ネットワーク』未来社
- Gracia-Lazaro, C., Floria, L. M., Moreno, Y. 2011. "Selective advantage of tolerant cultural traits in the Axelrod-Schelling model." *Physical Review E* 83: 056103.
- Granovetter, M. S. 1973. "The strength of weak tie." *American Journal of Sociology* 78: 1360-1380.
- Hatna, E., Benenson, I. 2012. "The Schelling model of ethnic residential dynamics: Beyond the integrated-segregated dichotomy of patterns." *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 15 (1): 6.
- Hatna, E., Benenson, I. 2015. "Combining segregation and integration: Schelling model dynamics for heterogeneous population." *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 18 (4): 15.
- Hauert, C., Doebeli, M. 2004. "Spatial structure often inhibits the evolution of cooperation in the snowdrift game." *Nature* 428: 643-646.
- Helbing, D., Yu, W., Rauhut, H. 2011. "Self-organization and emergence in social systems: Modeling the coevolution of social environments and cooperative behavior." *Journal of Mathematical Sociology* 35: 177-208.
- Hobsbawm, E., Ranger, T. (eds) 1983. *The Invention of Tradition*. = 1992. 前川啓治・梶原景昭 (訳)『創られた伝統』紀伊国屋書店
- Horiuchi, S. 2012. "Community creation by residents and tourists via Takachiho kagura in Japanese rural area." *Sociology Mind* 2: 306-312.
- Horiuchi, S. 2015. "Emergence and collapse of the norm of resource sharing around locally abundant resources." *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 18 (4): 7.
- Horiuchi, S. 2017a. "Coordinators bridge residents and artists in regional Japan: a case study of the art project HANARART." *International Journal of Asia Pacific Studies* 13 (2): 1-22.
- Horiuchi, S. 2017b. "Entrepreneurs' networks develop rural market: The possibility of developing a creative village in the Yamagata prefecture, Japanese rural area". *Economics and Sociology* 10 (3): 251-265.
- Horiuchi, S., Morino, M. 2015. "How local cultures contribute to local communities? Case studies of Japanese spirits dance 'kagura'." *International Journal of Social Science and Humanity* 5: 58-62.
- Johnson, P. A., Sieber, R. E. 2010. "An individual-based approach to modeling tourism dynamics." *Tourism Analysis* 15: 517-530.
- Johnson, P., Nicholls, S., Student, J., Amelung B., Baggio, R., Balbi, S., Boavida-Portugal, I., de Jong, E., Hofstede, G. J., Lamers, M., Ponsk, M., Steiger, R. 2017. "Easing the adoption of agent-based modelling (ABM) in tourism research." *Current Issues in Tourism*: 1-8.
- Macy, M. W., Willer, R. 2002. "From factors to actors: computational sociology and agent-based modeling." *Annual Review of Sociology* 28: 143-166.
- Nicholls, S., Amelung, B., Student, J. 2017. "Agent-based modeling: a powerful tool for tourism researchers." *Journal of Travel Research* 56: 3-15.
- Nowak, M. A., May, R. M. 1992. "Evolutionary games and spatial chaos." *Nature* 359: 826-829.
- Ostrom, E. 1990. *Governing the Commons: the Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press.
- Pizzitutti, F., Mena, C. F., Walsh, S. J. 2014. "Modelling tourism in the Galapagos Islands: An agent-based model approach." *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 17 (1): 14.
- Poncela, J., Gomez-Gardenes, J., Floral, L. M., Sanchez, A., Moreno, Y. 2008. "Complex cooperative networks from evolutionary preferential attachment." *PlosOne* 3: e2449.
- Putnam, R. D. 2000. *Bowling Alone: The Collapse and Revival of American Community*. = 2006. 柴内康文 (訳)『孤独なボウリング：米国コミュニティの崩壊と再生』柏書房
- Schelling, T. C. 1971. "Dynamic models of segregation." *Journal of Mathematical Sociology* 1: 143-186.
- Simpson, E. H. 1949. "Measurement of diversity." *Nature* 157: 688.
- Smith, V. L. (eds.) 1989. *Hosts and Guests: the Anthropology of Tourism*. = 1991. 三村浩史 (監訳)『観光・リゾート開発の人類学—ホスト&ゲスト論でみる地域文化の対応』頸草書房
- Student, J., Amelung, B., Lamers, M. 2016. "Towards a tipping point? Exploring the capacity to self-regulate

Mar. 2019

エージェント・ベース・モデルによる地域文化の分析

- Antarctic tourism using agent-based modelling.” *Journal of Sustainable Tourism* 24: 412-429.
- Urry, J., Larsen, J. 2014. *The Tourist Gaze 3.0.* = 2017. 加太宏邦 (訳) 『観光のまなざし：増補改訂版』法政大学出版局
- Watts, D. J., Strogatz, S. H. 1998. “Collective dynamics of ‘small-world’ networks.” *Nature* 393: 440-441.
- Williams, A. M., Hall, C. M. 2002. “Tourism, migration, circulation and mobility.” In: *Tourism and Migration: New Relationships Between Production and Consumption* (Eds. Williams, A. M. and Hall, C. M.), pp. 1-60, Kluwer Academic Publishers.
- Xianyu, B. 2012. “Prisoner’s dilemma game on complex networks with agents’ adaptive expectations.” *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 15 (3): 3.
- Zhang, J. 2004. “Residential segregation in an all-integrationist world.” *Journal of Economic Behavior & Organization* 54: 533-550.
- 東浩紀. 2017. 『観光客の哲学』ゲンロン
- 大窪健之, 紺谷渉, 金度源, 林倫子. 2017. 「国宝松本城の震災時における観光客の避難誘導計画」歴史都市防災論文集 11: 167-174。
- 金度源, 與田直斗, 大窪健之, 林倫子. 2017. 「積雪期を考慮した観光客の津波避難シミュレーション：北海道函館市重要伝統的建造物群保存地区を対象として」歴史都市防災論文集 11: 159-166。
- 堀内史朗. 2011. 「コミュニティ形成に資する仲介者の性質：エージェント・ベース・モデルによる分析」理論と方法 26: 51-66。
- 堀内史朗. 2018. 「人口減少地域で展開する人的交流：仲介者の役割」阪南論集・社会科学編 53 (2): 1-19。

(2018年12月24日掲載決定)