

社会を計算するシミュレーションアプローチ



千葉商科大学基盤教育機構 教授

寺野 隆雄
TERANO Takao

プロフィール

1978年東京大学情報工学修士課程修了。
1978～1989年電力中央研究所勤務。
1990～2004年筑波大学大学院経営システム科学専攻講師・助教授・教授。
2004～2018年東京工業大学・知能システム科学専攻・情報理工学院教授。
2018年より、産業技術総合研究所招聘研究員・千葉商科大学経済研究所客員研究員ほか、東京工業大学ならびに筑波大学名誉教授。2019年より、千葉商科大学・基盤教育機構教授。
工学博士。社会シミュレーション、サービス科学、人工知能、進化計算などに興味をもつ。

1 はじめに

データ分析は社会科学を発展させる新しい道具である。人工知能や統計理論の発展と、それを援用した利用が容易なツールキットの普及もあって、社会学者にとってデータ分析について学び、使いこなすことは必須になりつつある。ということで、社会を計算する必要性が生まれるわけではある。しかしながら、少しでもデータを用いた研究に携わった方々であれば実感しているように、データ分析の手法をうまく活用するためには、適切なモデルを選択し、作成していく努力が不可欠である(江崎2020; Page2018)。

そこで、本稿では、データ分析の手法の紹介を離れ、少しぶっ飛んではいるが、データがない、もしくは、得られないような社会問題に対して、データを作り、それをを用いて社会を分析しデザインする考え方について述べたいと思う。これがエージェントモデリングに基づく社会シミュレーションの方法である。この

エージェントモデリングの考え方は、社会科学に限らず、自然科学に関連する諸課題についても適用可能であり、特に、コンピュータや数学の知識の少ない人々に対して、自分でやってみる学びを実現するための手段であると信じている。

本稿に近い内容は、すでにV&V No.46に、私が東京工業大学を退官するときに行った講演をもとにした解説がある(寺野2018)。本稿では、先の解説にいたった理由について述べるとともに、少し不思議な、歴史学・考古学の問題についての研究例(坂平2014)を紹介することとする。なお、本稿の記述の一部は(遠藤2017)の2章の私の記述に基づいている。

2 エージェントとは何か (遠藤2017 第2章)

「エージェント (Agent)」という言葉の適当な辞書で引くと次のような記述がある：代理人；特約店；行為の主体；作用物質；スパイ；外交官…。いずれも、なんらかの行為を誰かの代理となって遂行する主体であるといった意味である。最近では、自律的なプログラムまたはプログラムの一部という意味でこの用語が使われる。インターネット上電子商取引をサポートするシステムや、ユーザとのインタフェースにおいて、エージェントという用語が普及してきている。そして、世の中全般に存在する社会や組織もエージェントから構成されていると考えれば、いろいろ都合がよいことも明らかになってきている。マルチエージェントという場合には、エージェントが複数集まってなにかを行うことになる。

複数のエージェントを意識する場合には、エージェントに要請される機能として、我々は、i) 内部状態を保持し変更する能力、ii) 意思決定・問題解決のための能力、ならびに、iii) 他エージェントとの通信能力の3つの機能を備えることが重要だと考える。

環境の変化を知るためには、自分の状態と外部環境の状況を持っていなければならない。さらに、アクチュエータを通じて環境に働きかけなくてはならない。そして、環境に存在する自分以外のエージェントとの情報の授受も必要である。自分から見れば他のエージェントも環境となる。また、他のエージェントがもつはずの自分に対する情報を内部状態として推測する必要も出てくるので、エージェントの機能はいくらでも複雑になりうる(図1)。

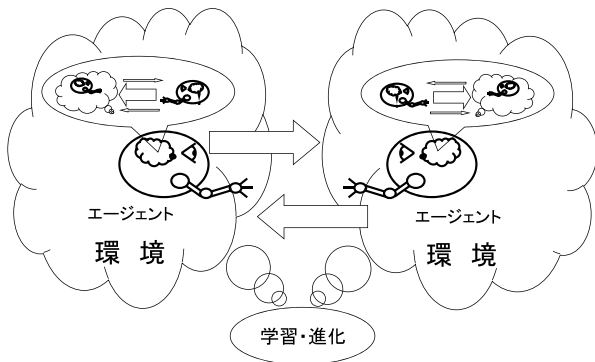


図1 エージェントの内部と環境とのインタラクション

このようなエージェントが複数集まったところで、環境とのインタラクションで何が起こるのかを知るためにボトムアップなモデル化を試みるところにマルチエージェントを用いるモデル化の本質がある。より具体的には、エージェントは、社会的存在としての人間や組織、あるいは、複雑にからみあったシステムのモデルなのである。

その特徴は、i) ミクロ的な観点においてエージェントが(個別の)内部状態を持ち、自律的に行動・適応し、情報交換と問題解決に携わる点、ii) その結果として、対象システムのマクロ的な性質が創発する点、iii) エージェントとエージェントを囲む環境とがマイクロ・マクロリンクを形成し、互いに影響を及ぼしあいながら、システムの状態が変化していく点にある。これがエージェントの学習と進化につながる(図2)。したがって、エージェントの手法・理論は人工知能の考え方と深く

関連する。

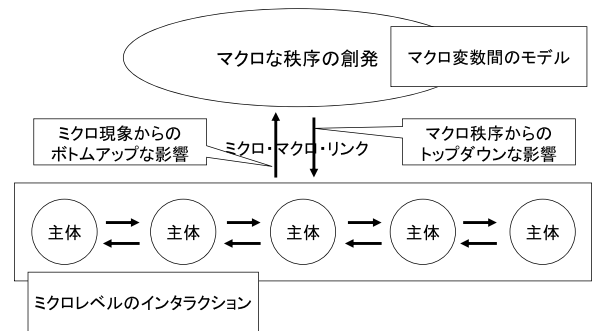


図2 エージェントモデルにおけるマイクロ・マクロリンク

たとえば、人間のモデルとしてのエージェントは、かつては、物々交換によって必要なものを手に入れていたとされる。いつの頃か、この交換を効率的に行うためにエージェントが集う市場が発明された。市場では交換に必要な媒体として貨幣の概念が創発した。たぶん、貨幣は誰かによって発明されたのではなく、自然発生的に生命の機能が分化していくように創発したものだだろう。しかし、いったん、貨幣という一次元の、しかも限りなく連続量に近い尺度ができれば、すべてのモノに価格という一次元の尺度を割り当てることができ、数字として計量・分析できる対象となる。その結果生じてきたのが経済学の諸概念である。ミクロなエージェントの相互作用によってボトムアップに出現する経済が創発したのである。そして、定量的な分析が可能な経済の概念ができると、それを利用して、マクロなレベルでのモデルとしてさまざまな経済モデルを考案することができる。

このような経済のモデルは、ミクロな分子の動きから、温度や圧力などの統計力学の概念が作り出されることと類似している。温度や圧力などの概念を利用するとさまざまな統計力学のモデルを作ることができる。

しかし、分子は、マクロな量である圧力も温度も知ることはできないのに対し、実際の社会を考えると、人間のモデルであるエージェントは、この市場の価格といったマクロな指標を環境から知ることができる。そして、自分あるいは複数のエージェントの内部状態を変化させることができるようになる。結果として、創発したマクロな情報がミクロなエージェント行動に

影響を及ぼし、マイクロ・マクロリンクが形成される。ここが、自然現象からマクロなモデルを考察するのと社会問題の大きな差異である。図1のような複雑なエージェント・インタラクションの構造が、より複雑な階層間の関係を形成することになる。すなわち、エージェントとエージェントを囲む環境とが互いに影響を及ぼしあいながら、マイクロ・マクロリンクを通してシステムの状態が変化していく点にある。

3 デザインし、計算することで社会を理解する

この1年間のCovid-19に関する大変動で、社会科学に携わる研究者を含めて、ほぼすべての研究分野について、社会問題や市民と向き合う科学についての議論が非常に盛り上がってきている。

たとえば、斎藤幸平(齋藤 2020)は、現代は人類の経済活動が地球を破壊する「人新世」であるとし、それを阻止するために、資本主義を破棄しマルクスの思想の原典に帰らなければならないということを主張されている。佐倉統(佐倉 2020)は「新しい科学論」を提唱し、「一般社会のための科学」「科学技術と匠の技の融合」「人工物と自然物の関係性の認識」の3つの視点の重要性を述べている。そして、我が国では、(ビッグサイエンスではない)「ミディアムサイエンス」を指向することが強みとなると主張されている。岩村充(岩村 2020)は、現在のCovid-19対策の問題点を指摘した上で、ポストコロナの資本主義としての金融政策・経済政策・グローバリズムの姿を論じている。これには、最近のブロックチェーン技術の本質にかかわる議論も含まれている。さらに、海外の書籍に目を向けると、ジョフリー・ウェスト(West 2017)は、物理学でいわれる「スケール則」が、さまざまな生命現象や社会現象に含まれていることを、哺乳類・都市・企業などの事例を通じて議論している。

これらの出版物には、ほとんど数式は現れず、いわゆる「データ分析」の手法そのものには触れられていない。だが、しかし…

上に紹介したような社会科学に関する研究においては、典型的な手法は、歴史的な事実に着目して文献を調査するという事例分析による接近法か、もしくは、

対象をモデル化し数理的・統計的に扱う接近法が中心であった。たとえば、物理学と統計的な分析法を金融の問題に適用したものが金融工学である。金融工学では、したがって、自然界に存在する物理的現象と同様に、市場は所与のものと仮定されている。しかし、この仮定は一般に成立しない。市場は、それを構成する個々の人間の意思と行動に基づいて構成されるものであり、また、市場での取引きの法則は、自然現象とは異なり、市場を構成する人間の意思によって設計されるものだからである。

一方、科学研究の成果は、他の研究者たちに理解可能な形で伝達されること、かつ、実験を伴うものであれば、それが再現できることが要請される。しかし、社会問題や経済現象においては、このような要請に応えることは難しい。そこで、社会システムの分析・設計に伴う困難を克服する手段として、シミュレーションの方法が重要となる。工学分野の設計問題においてシミュレーションという技法の果たす役割は非常に大きい。ありえないケースが考慮できる、精度が格段に上がるなど、利点はいくらかでも挙げることができる。同様に、社会シミュレーションは、コンピュータを利用して、社会現象に潜む原理や原則を知るとともに、社会の仕組みをよりよく設計するための手段となりうる。

そして、社会組織も建造物も人工物である以上、意図したにせよ、せざるにせよ、我々がデザインしたことになる。ここで、我々の対象とする社会科学に対する理解が十分深ければ、社会シミュレーションという手法は必要ないかもしれない。しかし、我々が頭の中で想定できるケースは非常に少ないし、(後で考えれば自明なことであっても)シミュレーション結果を見なければ思いつかないことも多い。これがシミュレーションの方法を利用する第一の意義である。

もう一つ重要な意義は、一般に設計結果として得られる解答は複数存在することである。マグロとイルカは生物としての種は異なるが、「泳ぐ」という意味においては、両者とも、自然によってなされた非常に優れた設計物である。そうすると、複数の解のうち、どれを採用するかという意味決定問題が発生する。社会現象については同じことが言える。社会問題の解釈とデザインにはさまざまな解答が必要なのである。

その第一の理由は、社会問題には物理学のような第

一原理は存在せず、たとえ厳密な数理モデルを開発したとしても、モデルのパラメータ如何によっては結果がまったく異なるものになってしまうことにある。第二の理由としては、我々のもつシステムには不確定要素が多く、しかも、対象システムの制御や管理に人間の意思決定要素がはいるために、どのような結果でも導きうるものが挙げられる。第三には、内部に非常に豊かな心理状態をもつ個々の人間（マイクロな存在）は、マクロなレベルで出現する社会現象を観測し、自らの状態を変化させることである。これが、物理現象には存在しない、社会現象に特徴的なマイクロ・マクロ間の相互作用である。

また、シミュレーションという手法を社会現象に適用しようとする場合、「将来の予測はできるのか」「予測は当たるのか」という質問を受けることが多い。しかし、社会シミュレーションを予測の手法として位置付けるのは間違いである。科学の方法論の基本である仮定の妥当性を吟味し、ありえない状況を排除し、妥当な結果の可能性を深めていく手段として社会シミュレーションは位置づけられる。適切な仮定のもとに、論理的に結果を導く演繹 (Deductive) 推論、

データをもとに、それから一般則を導こうとする帰納 (Inductive) 推論に加えて、我々研究者の直観を補う発想 (Abductive) 推論をサポートするのが社会シミュレーションであると考えられる。

4 どんなことが解明されるか —歴史を巻き戻す研究から—

前節までの議論では、エージェントに基づく社会シミュレーションの方法は非常に困難であると感じられるかもしれない。しかし、このようなモデルを作成してパソコン上で動かすことは非常にたやすい。最近では、利用が容易なツールキットが入手できるので、問題設定さえできればそれこそ1日で興味深い結果を得ることも可能である。また、エージェントモデリングに関する教科書も数多く出版されるようになった。また、シミュレーションモデルのライブラリもインターネット上に存在しており、参考になるプログラムコードを入手することも容易である。

表1は、我々の最近の研究内容をまとめたもので

表1 エージェント・ベース・モデリングから得られた興味深い知見

| |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ゆとり教育は間違っている ・社会的インタラクションからグループリーダーが生まれる ・一般にフリーライダーは秩序を乱すが、情報財については別である ・知識は共有すべきである ・経営学の解説どおりに優良企業はできない ・貨幣は信用以外のなものでもない ・人間は間違うがカシコイ ・強い機械学習エージェントは作れない ・規制のない状況において金融市場は乱高下する ・リスク管理が金融システムを危うくする [高橋 09] ・牧羊犬でも複雑系は御せる ・流行はカオスをもたらす ・エージェントモデルは社会アンケートを補完することができる ・社会ネットワークはマーケティング戦略に大きな影響を与える ・エージェントモデルとゲームを融合することで新たなビジネス教育が可能となる ・エージェントモデルで最適な人事政策をみつめることができる ・社会規範は行政組織の間接的な関与で整備することができる ・マイレージポイントシステムは集中化する ・企業の改善活動と不祥事は、規則を破るという点で同根である ・エージェントモデルで歴史上の隠れた事実を推測することができる ・エージェントモデルで考古学上の仮説を生成することができる |
|--|

ある(遠藤2017 2章)。どれも、エージェントモデリングによって、「わかる」興味深い現象をキャッチフレーズにしてみた。非常に広範囲の問題についてもっともらしい結果が得られることに納得していただけるものと思う。以下では、意外かつ面白そうな例として、表1の最後に示した考古学上の仮説生成の研究内容を紹介する(坂平2014)。

考古学・人類学は、人類が残した人骨や遺物、遺構等の物質資料の研究を通し、人類史を再構築する学問である。近年、数多くの発掘事例が蓄積され、物的資料に関しては整備されてきた。また、それら物的資料を用いた研究によって、過去のある空間のある時点での断面的な様相、つまり、「点」の情報については、かなり解明されつつある。しかしながら、それら断面的様相の間(「点」と「点」の間)において、何らかの変化がある場合、それら「点」を繋ぐ「線」、つまり、変化の「プロセス」についての情報は、物的資料の欠落などにより、推測することが難しい。従来、研究者は「点」と「点」を繋ぐ可能性のある、いくつかの「プロセス」の候補を考え、その中から、物的資料の検証から導き出された事実にもっとも整合性の高いと考える「プロセス」を同定し、それを仮説やモデルとする。

そして、その仮説やモデルを物的資料に照らし合わせ、再検証することで、「プロセス」の確からしさをより強固なものとする、つまり、定説化を試みる。

しかし、これら「プロセス」を考える際には、研究者の経験的に得られる知見や他の学問領域での事例や理論等の範囲外の「プロセス」について検討することは困難である。また、「プロセス」自体が、過去の人々の社会や文化のシステムから大きな影響を受けているため、「プロセス」の因果関係は複雑である。

そこで、我々は、「プロセス」の抽出方法として、エージェントモデルを適用した。具体的には、弥生時代の北部九州における農耕文化の「主体」を巡る問題を取り上げ、エージェントシミュレーションによって、新たな「プロセス」を提示する。さらに、事例を通して、エージェントベースシミュレーションを用いた方法を提案している。

弥生文化は、狩猟採集文化である縄文文化に新しく大陸から渡来した農耕文化が合わさった結果として、300年程度の期間で成立したものとされるが、その過程で、多数を占める縄文人と少数と想定される渡来人のどちらが「主体」的な役割を果たしたかについては、長い間論争されてきた。この論争には、「在地の縄文

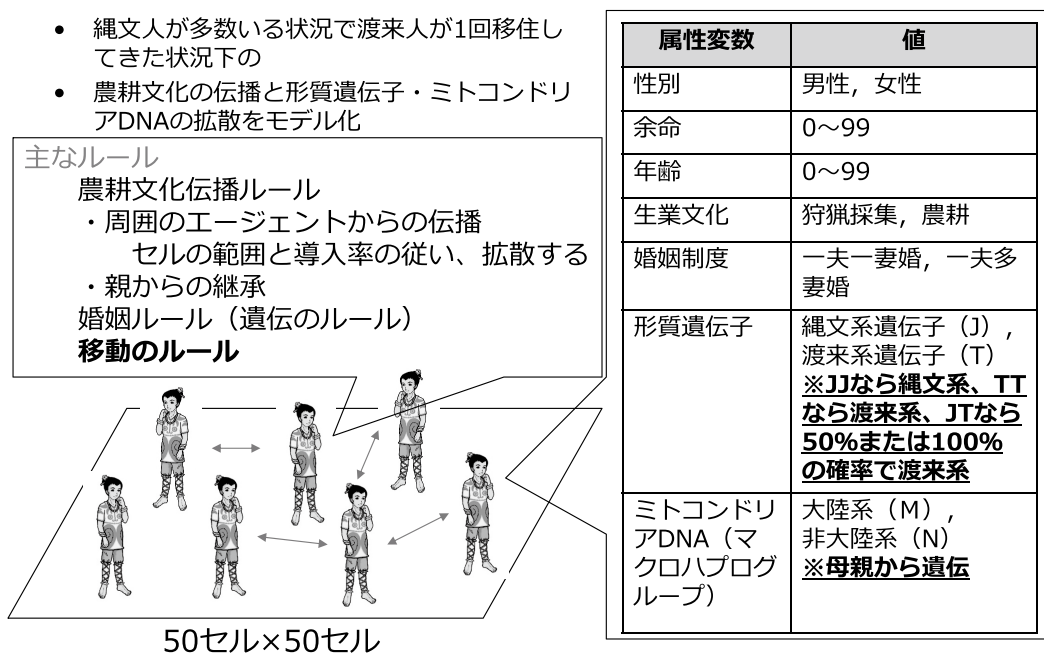


図3 縄文から弥生への変化を知るエージェントモデルの概要

系弥生人が新たな文化として農耕文化を受容して、弥生文化の「主体」となった（縄文人「主体」説）」と「体系的な農耕文化を携えて渡来し、定住した渡来系弥生人がそのまま増加して、弥生文化の「主体」となった（渡来人「主体」説）」の二つの説がある。この論争において、弥生人時代の縄文系弥生人と渡来系弥生人の人口推移を調べるのが重要となるが、日本における農耕文化の初源池である北部九州において農耕開始期に当たる縄文時代晩期から弥生時代前期かけての人骨資料が欠落している。

これらの課題を解決すべく提案したエージェントモデルは、図3のような構成である。考古学で考察すべき条件のごく一部しかモデルには反映されていないように見えるが、それでもシミュレーションを実施するために設定すべきパラメータの組み合わせは441ケースとなる（図4）。このそれぞれの組み合わせについて、乱数の初期値を変えて、10通りのシミュレーションを実施する。シミュレーションのランそのものは、抽象的であり、そのスナップショットは図5のよ

うなものである。もとの画面はカラーなのだが、上部から少数の渡来系エージェントが侵入し、多数の縄文系エージェントとの混血が進んでいく。すなわち、これらのエージェントが動き回り、インタラクションを行いながらシミュレーションが進行する。これらの結果をまとめると、図4が得られる。本研究のシミュレーションの詳細については文献（坂平2014）を参考にされたい。

この結果、たとえば、地理的な偏りや一夫多妻婚があったということの検証だけではなく、それらを前提とした場合、起こりうる可能性を考察できる。これによって、新たな作業仮説が作られ、それが物的資料の再発見や再解釈を促し、今度はそれらが新たな入力データやモデルとなって、再シミュレーションを行うこともできよう。そのためには、モデルはシンプルでわかりやすく客観性が高いものであることと、結果については、具体的に何を調べれば「プロセス」を検証できるかというレベルまで落とし込まれていることが必要である。

農耕文化の伝播（問題①）と渡来人集団の性比（問題②）に関するパラメータ

| パラメータ | 値 |
|-------------|--|
| 農耕文化の伝播範囲 | [狭い: 1 セル], [中程度: 2 セル], [広い: 3 セル] |
| 農耕文化の導入率 | [不可: 0%], [難しい: 0.1%], [中程度: 0.5%], [易しい: 1.0%] |
| 渡来人の性比と初期人口 | [同数: 100, 100], [男性主体: 150, 50], [ほとんど男性: 175, 25] |

その他のパラメータ

| パラメータ | 値 |
|-------------------|--------------------------|
| シミュレーション期間 | 300年（ステップ） |
| 狩猟採集文化の人口増加率 | [年0.1%] |
| 農耕文化の人口増加率 | [年1.3%], [年0.5%] |
| 農耕文化の両親からの継承 | [父親], [母親] |
| 渡来人の婚姻制度 | [一夫一妻婚], [一夫多妻婚] |
| 縄文人の婚姻制度 | [一夫一妻婚] |
| 渡来人の空間的分布 | [均一に分布], [集中的に分布] |
| 縄文人の空間的分布 | [均一に分布] |
| 縄文時の性比と初期人口 | [900, 900] |
| 混血個体を渡来系弥生人とする割合 | [100%], [50%] |
| 渡来人のミトコンドリアDNAの頻度 | マクロハプログループM62.5%, N37.5% |
| 縄文人のミトコンドリアDNAの頻度 | マクロハプログループM50%, N50% |

| | |
|--|----------------------|
| | 現在、見解が分かっているもの |
| | 現在、そもそも不明なもの、見解がないもの |
| | 人類学・考古学記録に基づくもの |

図4 エージェントシミュレーションの主要なパラメータ一覧

5 計算社会科学の今後の発展に向けて

社会や組織の問題にシミュレーションを用いる研究は1960年代から行われている。もっとも古い研究に、サイヤートとマーチによる「組織の行動理論」がある(Cyert 1963)。このテキストの興味深いところは、組織の意思決定プロセスを当時の最先端の技術であるFortranコードで記述し、そのフローチャートがテキストの3分の1近くを占めていることである。また、社会におけるマクロレベルの変数の変化に注目するシステムダイナミクスのようなトップダウンの技法も存在する。これがローマ・クラブの「成長の限界」の研究に用いられたことは良く知られている(Meadows 1972)。

しかし、これらのシミュレーション研究が社会システム研究の主流になることはなかった。モデルが現実離れしていると思われたためである。社会シミュレーション研究は1990年代初めに、ほぼ同時期に世界各国で復活した。その時には、エージェントモデリングという方法論が中心となっていた。社会シミュレ-

ーション研究が1990年代初めに、復活した理由は次の3点にまとめられる。

第1に、背景として、人類活動の世界規模での展開とインターネットをはじめとする技術の急速な発展普及に伴って、世界規模で人々の意識・行動の変化が、社会制度に追いつかない現象が頻発していることである。たとえば、i) ソフトウェアの違法コピーと知的財産権の問題、ii) 金融市場での異常な乱高下の発生、iii) Covid-19に代表される国際的な感染症に対する政策意思決定、これらは従来の社会科学の研究方法では事前には理解が難しく、トップダウン型の政策決定方法では制御できないという特性をもつ。

第2に、人工知能技術の進展により、シミュレーションの実現が容易になったことである。エージェントを用いる社会シミュレーションでは、社会・組織・個人をエージェントとして捉え、それらの相互競争・競合・協調を通して、ボトムアップにシステムを構成する過程と構造の性質とを精査する。たとえば、上の問題については、我々は以下のような結果を得ている。i) 情報財に対するフリーライドは社会全体の効用を増加させ、それゆえ、適切な制度設計を行わない限り、

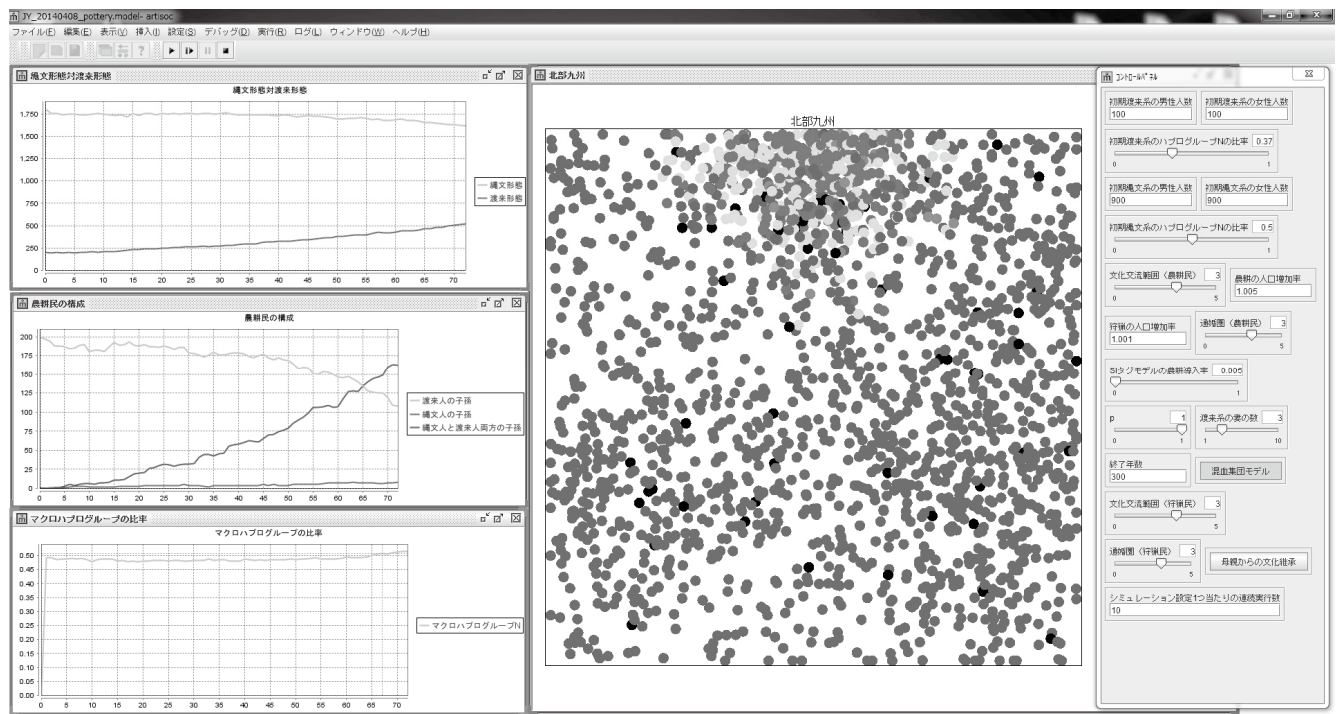


図5 シミュレーションのスナップショット

これは撲滅できない。ii) 個々のエージェントの最適な行動が、市場の安定性を損ない、悪影響を及ぼすことがある。iii) 感染症対策なしでも致命的な流行が発生しないケースが存在する。それゆえ、適切な対策の評価には多くの分析が必要である。これら、我々の出した結果はごく自然に見える。しかし、前述したように、社会シミュレーションの方法なくしては発想が働かず、従来は、この種の研究には長い時間と膨大な試行錯誤が必要であった。

これを解決するのが、第3のハードウェアの進歩である。我々が対象とする変動し続ける社会現象は、システムの規模の観点からはメゾ・スケールである。すなわち、エージェント数としては、数十から数千万の間、最大でも全世界の人口にほぼ等しい百億の範囲である。時間的なスケールは数時間、数日から千年程度の範囲である。これより、はるかに規模の大きい問題にはマクロ情報を用いる情報統計力学的な接近が、規模の小さい問題にはより詳細なモデルを用いる認知科学的あるいは実験経済的な接近が有効である。これら既存の方法を補完する手法として、社会シミュレーションが存在する。さらに、これらのモデルは並列性が高く、クラウドやグリッドなどの最近の高性能計算技術と相性が良い。

これらに関連する最近の動向については、いくつか代表的な参考書を挙げることに留める(遠藤2017), (Epstein 2006), (Railback 2019), (鳥海2021), (寺野 2019)。ただ、非常に興味深いのは、1970年代の「成

長の限界」では、ごく少数の研究者しかモデルをデザインし、操作することはできなかったのに対し、今の我々には、専門家でなくとも自由に扱えるモデルが数多く存在することである。たとえば、「成長の限界」の40年後、ふたたび40年後を予測したランダースによるテキスト『2052』(Randers 2012)では、紙のテキストを補完し発展させるツールとして、専用のwebサイトに、Excelファイルが掲載されており、読者自らが自由にモデルを操作し、今後の世界がどうなるかを考察することができるようになってきている。ちなみに、このランダースはローマ・クラブの活動の最後の一人である。

6 おわりに

はじめに述べたように、社会科学においてデータ分析研究を実施するためには、データ収集から分析に至る手法とともに、モデル化に関する理解が必要不可欠である。また、この種の社会問題・経済問題は一つの領域の専門家で対応できるものではなく、研究には分野横断的な学際的アプローチが必要である。20世紀終わりにかけて、そのような研究がもっとも成功した研究所の一つが、米国にあるサンタフェ研究所である。年間10億円程度の資金で運用されている小さな組織ではあるが、社会問題に必然的に伴う「複雑適応系」の研究において、一世を風靡したことは記憶に新しい。

上で紹介したジェフリー・ウェスト (West 2017)

| 点の情報 | 変化 | 点の情報(300年後) |
|--------|---|-------------|
| | 変化の前提 | |
| 少数の渡来人 | ①渡来開始期における渡来人の居住地の集中 | 渡来系弥生人が80% |
| | ②一夫多妻婚 | |
| | 変化のプロセスと農耕文化の「主体」 | |
| | ①血縁によってのみ農耕文化が継承され、農耕文化が普及しなかった →農耕文化の「主体」: 渡来系弥生人 | |
| | ②接触によって近隣の縄文系弥生人にも農耕文化が普及した →農耕文化の「主体」: 縄文系弥生人 | |

図6 縄文から弥生への変化の主体に対する仮説の獲得

は、一時期、この研究所の所長であった。サンタフェ市はニューメキシコ州の明媚な観光地で、数多くのアトリエが存在する。私は、二度訪問したことがあるが、サンタフェ研究所は、丘の上にある鍵もかかっていないようなオープンな建物であった(図7)。ウェストのテキストによると、研究が創造的になるためには何よりも「判断力を持つ少数の人々が厳選した才能とやる気のある人を集めてくること」と「理論研究は紙と鉛筆でできるが、それでも(研究会を継続的に実施できるための)必要な資金」が重要であるとのことである。私はこのような意見に全面的に賛同する。

佐倉が述べたように、我が国、特に我が国の学際的な社会科学研究には、「ミディアムサイエンス」のプロジェクトが望ましい。私自身、かつて、市場取引のエージェントモデリングのプロジェクトU-Martに対して、「世界最小のビッグプロジェクト」と名付けたことがある(寺野2004)。

千葉商科大学の規模から考えると、学際的な「世界最小のビッグプロジェクト」を複数走らせておくことが望ましい。これから第2期にはいる本学の学長プロジェクトはその手段の一つになりうる。そして、その実現手段として、社会を計算するエージェントモデリングが存在する、と私は信じている。

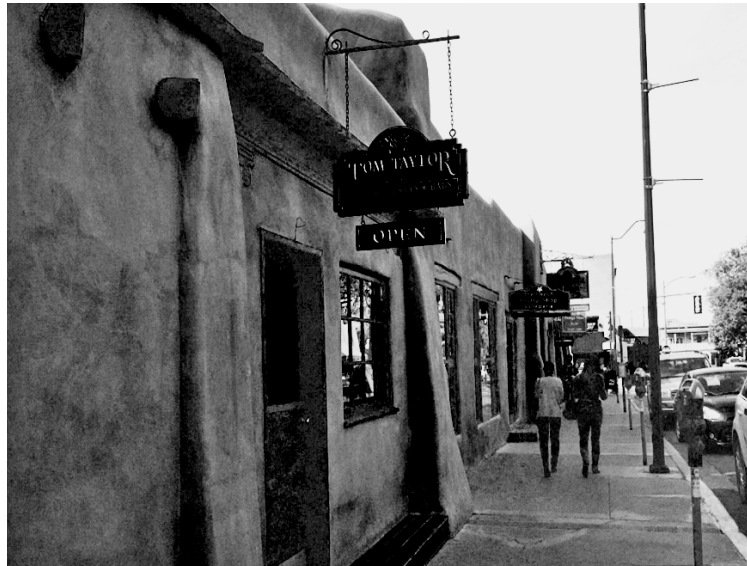


図7 サンタフェ市の街並みとサンタフェ研究所の入り口

参考文献

- 江崎貴裕 (2020) : 『データ分析のための数理モデル入門—本質をとらえた分析のために—』 . ソシム .
- Scott E. Page (2018) : *The Model Thinker: What You Need to Know to Make Data Work for You*. Basic Books. (椿広計 (監訳) 長尾高弘 (訳) (2020) : 『多モデル思考—データを知恵に変える 24 の数理モデル—』 . 森北出版.)
- 寺野 隆雄 (2018) : 「私の考える複雑なシステム」 . *CUC view & vision*, Vol. 46, pp. 34-39, 2018 年 9 月 .
- 坂平 文博, 寺野 隆雄 (2014) : 「弥生農耕文化の「主体」は誰だったか? —人類学・考古学への エージェントベースシミュレーションの適用—」 . 『コンピュータ ソフトウェア』 Vol.31, No.3, 3_97-3_108.
- 遠藤薫, 寺野隆雄, 佐藤彰洋, 栗原聡, 倉橋節也, 田中覚 (2017) : 『社会シミュレーション: 世界を「見える化」する』 . 東京電機大学出版局 .
- 斎藤幸平 (2020) : 「人新世の「資本論」」 . 集英社新書 .
- 佐倉統 (2020) : 『科学とはなにか—新しい科学論』 . いま必要な三つの視点— . ブルーバックス, 講談社 .
- 岩村 充 (2020) : 『ポストコロナの資本主義 挑戦される国家・企業・通貨』 . 日本経済新聞出版 .
- Geoffrey West (2017) : *Scale: The Universal Laws of Life and Death in Organisms, Cities and Companies*. Weidenfield & Nicolson. (山形浩生, 森本正史 (訳) : 『スケール—生命、都市、経済をめぐる普遍的法則— (上) (下)』 . 早川書房, 2020.)
- Cyert, R.M., March, J. G (1963) : *A Behavioral Theory of the Firm*. Prentice Hall. (松田武彦, 井上恒夫 (訳) (1967) : 『企業の行動理論』 . ダイヤモンド社.)
- Meadows, D. H. (1972) : *Limits to Growth*. University Books. (ドネラ・H・メドウズ (1972) : 『成長の限界—ローマ・クラブ人類の危機レポート』 . ダイヤモンド社.)
- Joshua M. Epstein (2006) : *Generative Social Science : Studies in Agent-Based Computational Modeling*. Princeton University Press.
- Steven F. Railsback, Volker Grimm (2019) : *Agent-Based and Individual-Based Modeling : A Practical Introduction, Second Edition*, Princeton University Press.
- 鳥海不二夫 (他) (2021) : 『計算社会科学入門』 . 丸善出版 .
- 寺野隆雄 (2019) : 「人工知能研究の過去・現在・未来—人工知能から人口知能へ」 . 『物理学会誌』, Vol. 74, No. 7, pp. 454-462, 2019 年 7 月.
- Randers, J. (2012) : 2052: *A Global Forecast for the Next Forty Years*. Chelsea Green Pub. (野中香方子 (訳) (2013) : 『2052- 今後 40 年のグローバル予測—』 . 日経 BP 社.)
- 寺野 隆雄 (2004) : 「U-Mart 仮想市場—世界最小のビッグプロジェクト—」 『計測 と制御』 Vol.43 No.8, pp.606-612, 2004 年 8 月.