

# 社会科学における シミュレーション研究の現状<sup>†</sup>

高木 英至\*

コンピュータシミュレーションの普及は社会科学の理論の世界に変革をもたらした。複雑系のアイデアが根をおろしつつあることである。この傾向を端的に示すのが、人工生命の拡張型である「人工社会」というコンセプトである。進化を内蔵した人工社会は、現実の社会にも観測可能な基本的社会秩序の創発を説明しようとしている。本稿は、社会学、社会心理学を中心にこうしたシミュレーション研究を概観するとともに、その意義を議論する。

## 1. 社会科学におけるコンピュータシミュレーションの台頭

計算アプローチへの潮流には社会科学も無縁ではない。コンピュータシミュレーション(以下、シミュレーションと略)の適用が増えつつある。

本稿で取り上げるシミュレーションには次の限定を加えよう。第1に、マイクロなエージェント(通常は個人)の反応メカニズムを直接組み込んだモデルに基づくシミュレーションだけを取り上げる。第2に、一般的な現象を扱う理論的なシミュレーションに限定する。したがって特定の道路区間の交通量の推計のためのシミュレーションや、計量モデルに基づく多くのシミュレーション(推計)は対象から外す。

理論としての説明モデルには3種類がある。第

1は自然言語で記述した言語モデル、第2は数理モデルである。コンピュータのコードで記述されたシミュレーションモデルは第3の様式のモデルといえる(Ostrom, 1988)。

社会科学を含め文科系の領域では元来、理論(モデル)は言語モデルとして記述されて来た。データに計量モデルを適用することはあっても理論自体は圧倒的に言語モデルであり続けた。経済学を例外として、数理モデルは社会科学のごく一部に導入されただけである。社会学や政治学で数理モデルとして成功したのは大半が(ゲーム理論を含む)経済学的手法を導入した部分である。

社会科学で言語モデルが主であったことには故がある。第1は、説明モデルを作る必要性を感じていたのは社会科学の中では永らく少数派だったことである。社会学者の主な仕事は社会の現実を記述すること、あるいは、歴史的ないし思想史的に社会の現実を把握することだった。説明モデル自体が評価のポイントになりにくい以上、最も安価な言語モデル以外への投資が生じにくかったのは当然である。第2に、社会科学がその議論の基礎とする人間行動は、伝統的な数学的表現にはいかにもなじみにくかった。

しかし言語モデルの限界は明らかである。第1にモデルの推論を正しくなしているか、明示された前提だけを使って結論を導いたか否か、などは自明とは限らない。第2に、モデルがどれほどの含意(implication)を持つかを評価することも難しい。説明したい効果とともに説明したくない効果を含意している可能性もある。

言語モデルの欠点を補うべく数理モデルの後に

<sup>†</sup> Computer Simulation Studies in the Social Sciences: A Review

Eiji TAKAGI

\* 埼玉大学 教養学部

Faculty of Liberal Arts, Saitama University

登場したのがシミュレーションモデルである。シミュレーションモデルの利点と欠点については既に多くの指摘がある(e. g., Taber & Timpone, 1996)。ここで強調しておくべきは、社会科学者の言語的アイデアをシミュレーションモデルに移植することは、数理モデルに移植するより容易である、という事情である。社会科学者が考える人間の行動のメカニズムは、数式としてよりも if ... then~型のルールの複合としてモデル化しやすい。また、人間行動への様々な刺激(例えば「○○さんは△△をした。）」といった情報はビット列のコーディングが適している(e.g., Smith, 1991)。

シミュレーションモデルの仕事は思考実験である。その真骨頂はモデルの前提の含意(予測)を効率的に導出することにある。その意味でシミュレーションモデルは derivation machine といつてよい。シミュレーションモデルの正統な利用目的は経験的なデータを再現するようなモデルを見出すことである。例えば Stasser(1988)は集団討議モデルの構築にあたり、討議参加者の発言や記憶、および他の参加者の発言による影響を前提として導入した。そして実際の実験結果をよく再現するモデルを見出している。だがこうした「正統」な方法以外にもシミュレーションモデルには有効な使い途がある。特定の要因だけを意図的に取り出してモデル化し、そのモデルがいかなる帰結を導くかを検討することである。Kalick & Hamilton(1986)のモデルでは、一定数の男女がランダムに接触し、相手の外見水準だけに応じてプロポーズしたりその受諾をする。こうしたモデルは現実からはほど遠い。しかしそのモデルの帰結は現実のデータを解釈する上での多くの情報を伝えている。こうした「非現実的」なシミュレーションも isolating simulations(Kliemt, 1996)として理論上の価値を持つといえる。

筆者が知る範囲でもシミュレーションを用いた研究例は増えている。対人記憶(Hastie, 1988)、ステレオタイプ形成(Smith, 1991)、恋愛関係(Kalick & Hamilton, 1986; 高木, 1992, 1993)、社会的影響(Nowak & Latané, 1994;

Nowak, Szamrei & Latané, 1990)、集合行動(Johnson & Feinberg, 1989; 野村ら, 1998)、歩行群集(Molnár, 1996; 矢守・杉万, 1992)、集団討議(亀田, 1994; Stasser, 1988; Stasser & Taylor, 1991)、集団過程(高木, 近刊)、集団内統制(Flache, 1996; Flache & Macy, 1996)、組織(Carley & Prietula, 1994; Egidi & Maren-go, 1995; Séror, 1994)、社会的ディレンマ(Messick & Liebrand, 1995; Smithson, 1997)、集団間対立(Suleiman & Fischer, 1996)、集落や地域構造の形成(Penn & Dalton, 1994; Bura *et al.*, 1995)、などである。適用の範囲は今後も確実に増えるだろう。

上で説明した社会科学的なシミュレーションは「単純推論型」シミュレーションと呼べる。その作業は、前提がどのような帰結をもたらすか、という1点にある。こうした単純推論型のモデルもむろん社会科学にとってシミュレーションの重要な、意義のある適用形態である。だが社会科学にとっては、次の「人工社会型」シミュレーションが持つ意義が格段に大きい。

## 2. 人工社会と複雑系

社会科学にとって特筆すべきは「人工社会(Artificial Societies)」というコンセプトが登場したことである。人工社会とは、計算機上の仮想の環境の中に複数の自律的な仮想の行為者(エージェント)を置いたとき、結果として出現するエージェントの社会のことである。

現在の段階で人工社会の最も典型的な研究をあげるとすれば、Epstein & Axtell(1996)のシミュレーションだろう。Epstein & Axtell は再生可能な食糧(sugar)が自生する平面的なセル空間(sugarscape)上に多数のエージェントを分布させるシミュレーションを実施した。エージェントは視界内の食糧のある場所に移動し、食糧を摂取することで適応度を保つ。適応したエージェントだけが選択され、結果としてエージェントおよびその社会には進化が生じる。一連のシミュレーシ

ョンにより、エージェントの社会に後述するような構造ないし秩序が創発的に生じることを Epstein & Axtell は示している。また、1980年代に圧倒的な影響力を持った、囚人のジレンマに基づく Axelrod(1984)の研究は、人工社会研究の嚆矢と位置づけることができる。

人工社会は次の3つを特色とする。第1に、エージェントはローカルなルールとして表現される。エージェントのルールとは行動原則(戦略)、および能力などのエージェント属性である。このルールはエージェントを取り巻くローカルな環境の中で常に1つの行動を導き出すものでなければならない。エージェントには環境センサの粗い値を察知するだけの能力を仮定する場合から、人工知能型の認知能力を仮定する場合までである。しかし限定的な(bounded)認知・計算能力だけを仮定することが多く(Conte & Castelfranchi, 1995 a)、完全情報(処理能力)をもとに最適解を求めると仮定することは、まずない。第2は社会全体の挙動を直接支配する仕掛けを持たないことである。任意のエージェントは他のエージェントの行動を支配すると最初から仮定することは許されず、環境のルールが社会の挙動を決めることも許されない。社会の挙動はエージェントが bottom-up に形成する創発的なものであることが要請される。第3はモデルが何らかの「進化の論理」を備えていることである。エージェントのルールをある種の遺伝子とみなす。そして適応度(fitness)が高いルールを持つエージェントが世代交代ごとに増加すると考える。この進化は繁殖率の差(differential reproduction)、つまりより適応したエージェントが多くの子孫を持つことで生じてよい。より適合したルール(の中の学習可能な原則)を他のエージェントが(観察)学習することで生じてよい。このルール分布の変化が収束する進化的均衡が存在するかどうか、シミュレーション分析の重要な焦点となる。

人工社会アプローチを登場させた主要な背景には少なくとも次の3つの、相互に関連した研究潮流がある。第1は人工生命(ALife)である。人工生

命は生態系(Ecosystems)を適用領域の1つとする(星野, 1998; Taylor & Jefferson, 1995)。人工社会はこの生態系シミュレーションの自然な拡張に他ならない。第2は分散型的人工知能(DAI)である(Gasser, 1992)。DAIは知能を持つ複数のエージェントが創り出すマルチエージェントシステムの解析と構築を目指す。このマルチエージェントシステムは人工社会のもう1つの原点といってよい。第3の潮流は進化ゲームである(Maynard Smith, 1982)。人工社会研究の嚆矢といふべき Axelrod(1984)が進化ゲームの伝統の中から生まれたことはよく知られている。進化ゲームは人工社会の均衡の考察に解析的な基礎を与える位置にある。

ここで注目すべきは人工社会というコンセプトが社会科学の理論に複雑系の視点を導入していることである。私見では、複雑系には次の3つの論点がある(Gilbert, 1996; Waldrop, 1992)。第1はシステムの「創発性」、すなわちローカルなルールの集積から生じるグローバルなルール(規則性)である。第2は創発的なシステムの挙動の「複雑性」である。ただしこの複雑性の定義には研究者間での統一はない(Hogan, 1995)。ここではローカルなルールから予測したときの意外性(surprise)、程度の意味で使っておこう。第3はシステムの「適応性」である。

これら3つの論点は何れも、社会科学にとって新奇な論点ではない。まず創発性は、その語を使うと否とにかかわらず、少なくとも30年前の社会学において既にポピュラーな観念だった。自他ともに認める方法論的個人主義者の Homans (1961)さえ、その行動主義理論の目標にグローバルなルール(制度的構造)の創発の説明を掲げていたのである。複雑性の概念の萌芽は、micro-macro link の文脈でいう「意図せざる結果」(e.g., 山岸, 1992)の中に認めることができる。さらに適応性は、社会有機体説以来の社会学理論の隠れた公準だったといつてよい。機能主義の根本概念である「社会的機能」は、適応(ないし生き残り)を前提に定義されている(Levy, 1952)。

だがかくなる事情は社会科学における複雑系のアイディアの意義を過小評価する理由にはならない。なぜなら第1に、複雑系のアイディアが初めて、従来ばらばらに認識されて来た論点を関連づけて把握できるようにしたからである。第2に、複雑系の議論が計算アプローチとともに導入されている点が多い。シミュレーションによって論点が極めて把握しやすくなった。例えば従来の創発性の言語的解説は分かりにくいものだった。社会科学の辞典の解説者ですら十分理解しているかどうか疑わしかったほどである。しかし今日、セルラーオートマトンにしたがう単純なシミュレーションによって、創発性は視覚的に、簡単にデモンストレーションすることができる。

### 3. 社会秩序のシミュレーション

人工社会型のシミュレーションは社会秩序のシミュレーションといい替えてよい(高木, 1998)。すなわち、計算機上で作った社会に社会らしい秩序を再現するにはいかなる前提が必要かを思考実験することで、社会秩序の成立メカニズムを理解しようとする試みである。ここに社会秩序とは、社会に観測できる regularities を意味する。

人間は様々な社会を出現させた。その具体的な構造は社会によって異なる。にもかかわらず社会は繰り返し観測できる秩序をいろんな側面を示して来た。人々は家族や部族など多くの集団を形成し、その中で高い利他性や協力性を実現させた。権力や規範といった制御機構を出現させつつ、分業とともに富や権力の成層を作ってきた。こうした秩序が社会になぜ実現するかは、領域横断的に社会科学の根本問題であり続けた。社会学を例にすれば、functionalist、conflict、interactionist といった理論的視点が争って来たのも、まさにこの根本問題をめぐってである(Vander Zanden, 1993)。だがこの根本問題は常に背後にある問題と意識されただけである。適切な方法論を欠いていたためである。社会秩序のシミュレーションは人工社会という実験空間において、マイクロマク

ロ関連(Alexander *et al.*, 1987)という要請を充たしながら、この根本問題に取り組もうとしている。

以下で社会秩序のシミュレーションの主要な結果を概説しよう。

#### 3.1 群居と分居

人間社会は群居の上に成り立つ。Parisi *et al.* (1994)および Epstein & Axtell(1996)は既述の sugarscape のシミュレーションにおいて、食糧クラスタにエージェントの群居が生じること、食糧の再生率に応じて移民の波が生じること、視力の良いエージェントは渡り鳥型の移動をし視力の悪いエージェントは冬眠定住型になること、食糧採取に伴う公害(負の外部性)が集合的移動を生むこと、などを見出している。

Parisi らはさらに、群居が他者からの有益な情報をもたらす効果に着目する。他者と近接すれば捕食者からの逃避のシグナルを得やすく、また生存技術の学習も容易になる。結果は以上の効果から近接傾向がエージェント間に進化することを示している。

群居と表裏をなすのが分居(segregation)である。Epstein & Axtell(1996)は分居に関する有名な Schelling(1971)および Sakoda(1971)のアイディアをシミュレーションによってデモンストレーションした。平面上に2色のエージェントを分布させ、各エージェントは自分の近隣の同色比率に対する選好を持つ。エージェントにはその選好にしたがった移動の機会がある。このとき、エージェントが差別主義者ではない(同色は50%以下でよい)としてもマクロには分居が生じてしまう。

Epstein & Axtell(1996)は輪状の1次元の sugarscape において、特別なルールを導入しなくてもエージェントは複数集団に分居する傾向があることを見出した。

#### 3.2 協力性

2人の囚人のジレンマ(PD)は非協力(裏切り)への誘因が存在する状況で2個体間に協力が生じ

るかどうかを分析するのに適している。主に PD のシミュレーションを通して、社会に協力が進化し得ることを示したのが、著名な Axelrod(1984) の研究である。Axelrod(1984)の主要な結論は、将来の接触の見込みがある程度存在すれば tit-for-tat 戦略(TFT)が安定的な解になり、非協力的戦略の侵入を防げることである。この結論はメタゲームや超ゲームの解析的結論とともに、社会に協力が実現する可能性があることを示す。

Axelrod(1984)の結果は多数の戦略が社会の中で競い合う状況を想定しておらず、ノイズ(反応の誤り)の可能性を排除している(Suleiman,1996)。Nowak らは、TFT は協力の優勢をもたらす触媒作用を果たすものの、その後はより寛容な(非協力を許しやすい)TFT が優勢になること、パブロフ戦略(win-stay, lose-shift)が最終的には優越すること、などを見出した(Nowak & Sigmund, 1992, 1993; Nowak, May & Sigmund, 1995)。また、単一の戦略の優越によってではなく、複数の戦略の共進化によって社会に協力性がもたらされる可能性もある(Lomborg, 1994)。なお戦略の空間的分布の進化は群居/分居の観点からも興味あるパターンを示している(Lomi & Larsen, 1997; Nowak & May, 1992)。

エージェント間で PD のパートナーを選択できるという前提を導入したシミュレーションもある。Stanley ら(1994)はパートナーの選択の導入によって協力の出現が加速されること、および、ときおり非協力的になる集団も出現することを見出した。Yamagishi, Hayashi & Jin(1994)は、パートナーの選択に TFT のような条件を付けた(OFT)協力的な戦略の優位を導いている。

Hegselmann(1996 a, b)はリスクを抱えた移動可能なエージェント間でのサポート(協力)関係の成立を検討した。サポート関係は隣接者間で生じる。シミュレーション結果はサポートのネットワークが出現すること、類似したリスク水準のエージェント間でネットワークが生じやすいこと、などを示した。

### 3.3 親族組織

家族を含め親族組織は社会秩序の中核であり続けた。親族組織の普遍性は Hamilton(1964)以来の血縁選択説によって説明できる。血縁者に排他的に利他的になる遺伝子は包括適応度を高めるために進化しやすい、とする説である。Parisi *et al.* (1995)は家族間の愛着という進化心理学の観点(Simpson & Kendrick, 1997)からも興味深い分析を行っている。エージェントは採集した資源を子供にも与えることができる。子供に与え過ぎると自らの生存と生殖が危機に瀕し、子供に与えなければ子孫は死滅する。シミュレーション結果は、子供への親の利他性と、子供の側の親への接近傾向が、ともに進化することを示した。

Treuil(1995)は子供の系統帰属が集団内の合意から形成されることを前提として親族組織の進化をシミュレートしている。結果は、多くの場合ある程度整合的な親族組織が生まれることを示す。ただし得られた組織が現実の親族組織に近いとはいえない。

### 3.4 利他性

利他性(altruism)とは自己犠牲の下に他者を利する行動傾向である。既述の血縁選択説は血縁利他性の出現を予測している。他方、非血縁的利他性の進化を説明しようとするのが相互利他性(Trivers, 1971)である。相互利他性は返礼に遅れをとまなう2者間の社会的交換と考えてもよい。de Vos & Zeggelink(1994)のシミュレーションは、相互利他性の戦略(遺伝子)が、人口が小さく初期の相互利他者率が高い場合に、利己的戦略を抑えて進化できることを示している。ただし相互利他性の存在は既述の PD における協力として理解した方がよいだろう。

無条件的利他戦略から成り立つ利他性は排除不可能な公共財として機能する。そのためフリーライダーによる崩壊の危機に直面する。無条件的利他性が生じるためにはエージェント間に特殊な人口構造を仮定せざるを得なくなる(Morgan, 1985)。

高木(1994)、Takagi(1996)は利他性が free gift からなる一般交換だと考えた。各エージェントが自分の資源を自由に分割し他者に与えたり自己消費できる状況を想定する。資源を与えるか否かにより、エージェント間にはPD型の利得構造が生じる。無条件的利他戦略は利己主義の侵略を容易に許す。利他的な者だけに利他的になる条件つき利他戦略も、敵(利己主義者)に利他的になる者を排除しないため、安定的に進化できない。利己的環境の中で安定的に進化できるのは、利他主義者にだけ利他的になる者だけに利他的になる内集団利他戦略である。同戦略は社会を利他主義者と逸脱者に二分し、前者だけのクラブ財として利他性を立ち上げる。この内集団利他性は、適度の将来の接触の可能性や相互の行動の観察可能性だけで出現でき、所得(資源)の不確実性によって顕著になる。

高橋・山岸(1996)は利他性を鎖状の一般交換であると考え、同様に利他性の成立を説明している。ただし当人の利他水準と利他性を及ぼす相手の選択基準とが見合うという制約があることが、利他性成立の前提となる。この制約を外せば、高木(1994)のような内集団利他戦略の存在が要請されるはずである。

### 3.5 基礎社会

上記の利他性(一般交換)が生じる社会圏を基礎社会(communal societies)と呼ぶ。Takagi(1996)の重要な含意は、一般交換、したがって基礎社会がエージェント間の戦略的進化を経て創発的に出現する可能性があることである。さらに高木(1997)は、同種のシミュレーション分析をもとに、この一般交換が基礎社会の中に次のような特性を自動生成していくという可能性を指摘する。(a) 集団中心主義(group-centrism)：特定の標識(group markers)によって識別される諸集団のそれぞれの内部で一般交換が成立することを指す。標識とは宗教や言語など、社会成員がみな認識するような特性である。集団中心主義の優越は、人間社会の利他性が普遍的利他性としてではなく差

別的利他性として顕現することを意味する(Hardin, 1982)。(b) 社交の階層化：富の不平等(階層化)を前提に、一般交換が各階層内で維持されるような社会分化の形態を指す。ただしこの秩序は、基礎社会の中では次の傾向によって相殺されるかも知れない。(c) 弱者のサポート：弱者とは資源を持たず、一般交換の中で貢献できない者である。基礎社会はそうした弱者をサポートするシステムを備える。この弱者サポートシステムが一般交換を単なる互酬以上の地位に押し上げている。(d) 正義：一般交換は分配正義の観念と規範を生み出す可能性がある。シミュレーション結果は資源が確実な場合には衡平(equity)が、リスクを伴う場合は平等が進化しやすいことを示す。(e) 社会的ディレンマの解決能力：社会的ディレンマに直面する社会にあって、ディレンマでの協力を一般交換の受益の要件とする戦略が進化する。その結果、一般交換とともに基礎社会には社会的ディレンマの解決能力が備わる(Takagi, 1997)。社会的ディレンマの理論は一樣に公共財の過少供給や共有資源の枯渇を予測する。にもかかわらず現実の人間社会である程度公共財が供給され、共有資源が管理できたのは、基礎社会にこの能力が備わっていたためと想像できる。

### 3.6 規範形成

Conte & Castelfranchi(1995 b)はエージェントが平面上にある食糧を採取する状況で所有規範の機能を検討している。エージェントは食糧を摂取するごとに強さを増し、食糧をめぐる紛争では強いエージェントが勝利する。「見つけた者勝ち」の

規範がある場合は、相互の強さの考慮あり/なしで攻撃をする場合に比べ、攻撃は生じにくく、エージェントの福祉は高く、不平等も少ない。ただし規範自体の進化はシミュレートしていない。

規範の形成に重要な洞察を加えるのはAxelrod(1986, 1997)である。エージェントは社会的ディレンマに直面し、協力体制の実現を望みながらも自らは非協力への誘因を持つ。エージェ

ントはコストを払って非協力者を罰する選択肢を持つ(規範ゲーム)。この条件のままでは、一旦は協力が実現に向かうものの、社会の科罰水準は低下し、結果、規範は崩壊する。科罰の維持という2次的ディレンマを解決できない。だがエージェントがメタ規範の戦略(罰に加わらない者も罰の対象にする)を持てば、科罰水準とともに協力状態が進化する。

メタ規範は「敵の味方は敵とみなして差別せよ」という原則の別の表現といえる。高木(1997)は一般交換のシミュレーションを通して、この原則が進化可能な、社会的な便益システムを実現する原則の1つであるとみなす。他方、Yamagishi & Takahashi(1994)はエージェントの科罰水準と協力水準が連動することでメタ規範なしに協力が達成されると考える。

### 3.7 富の不平等

Epstein & Axtell(1996)は sugarscape において富の不平等が進化する(ジニ係数が上昇する)傾向を観測している。富の相続や(複数資源の)取引可能性を導入することで不平等はさら増大する。

### 3.8 権力構造

社会秩序のシミュレーションが解決すべき当面の最重要課題は権力の発生である。が、この点では際だった研究は見当たらない。関連する研究には以下がある。Doran ら(1994, 1995)は実在した過去の具体的社会を想定して、リーダーのいる協力集団の出現を DAI モデルで導いている。また Axelrod(1995, 1997)は特殊な権力構造のシミュレーションを行った。輪状の一次元空間に位置するエージェント(国家など)が近隣エージェントに貢ぎ物を要求できる。要求を受けたエージェントはしたがうか戦うかを決定し、負ければ貢ぎ物を出す。貢ぎ物のやりとりがあるエージェント間では戦いでも同盟する。このシミュレーションは多様なシナリオを産出している。1つの覇権国が成長することもあれば「帝国の過大拡張」によって最大の覇権国が凋落することもある。

### 3.9 分業

社会秩序のシミュレーションが最終的に導くべきは分業秩序である。複雑な前提を要するがゆえに満足すべき研究はまだ見当たらない。Drogoul & Ferber(1994 a,b)は蟻の社会のシミュレーションを試みた。エージェントの蟻は刺激(例：空腹の蟻)によって活性化された反応(例：食事を与える)を選ぶようにできている。結果、機能特化した5つのエージェント集団による分業を見出している。

分業秩序に近い世界を作り出しているのは Epstein & Axtell(1996)による、ワルラス的調整機構のない人工的市場である。この研究は人工経済の領域に属するけれども、分業のシミュレーションは同様の道具立てを前提に企画されるだろう。

## 4. 何が変わるのか?

シミュレーション、とりわけ人工社会型のシミュレーション研究は社会科学の理論のあり方に変化をもたらす可能性がある。その変化のいくつかを次に述べよう。

### 4.1 理論的実験としての総合

人工社会は人工生命同様に総合(synthesis)という作業を正当な理論的作業として主張している。総合は言語モデルや数理モデルによっても達成できる。だから総合が従来 of 社会科学にない全く新規な作業だとはいえない。事実、Schelling(1971)や Sakoda(1971)の思考実験はある種の総合といってよい。だが総合が社会科学の主流と目されることはなかった。社会科学者は予め想定した法則性や観察した事実の説明という分析的作業に慣れてきた。また、総合が生産的な作業になれたのは計算機の発達をまけてであった。

総合は理論的実験と呼ぶべき新たな研究領域である。人工社会が社会科学の中で市民権を得るとすれば、理論的実験の作業も1つの研究形態として市民権を得ることになるだろう。

## 4.2 Society-as-it-could-be

人工社会はまた別の意味でも従来の社会科学と異なる志向を持つ。極論すれば、従来の社会科学は観察した現象だけを「事実」ととらえ、事実には絶対的な価値を置いて来た。人工生命に関する Langton (1989) の標語をもじって使うなら、'Society-as-we-see-it' を研究対象として来たといつてよい。この経験主義は思弁的な社会理論から訣別するために社会科学にとって必要な決意であったのは確かである。だが他方で経験主義は、社会科学の営みの遺伝的多様性を減ずる方向に作用し、その適応力を弱めてしまう危険性を持っている。

対して人工社会は、観察できる社会は社会の可能な変異の一部だと考える。考察の対象とするのは 'Society-as-it-could-be' である。人間社会は歴史的偶然によって可能な変異のうちの偏った一部しか出現させて来なかつただろう。とすれば、その偏ったサンプルだけを手がかりに理論を立てることに合理性はない。重要なのは観察した現実をも再現可能にする背後のロジックを探し当てることである。

人工社会が内包するこうした経験主義からの離反傾向は、実体のない学問という批判を絶えず呼び起こさずにはおかないだろう。人工社会アプローチが社会科学の発展に貢献できたかどうかは結果によって判断する他はない。

## 4.3 Bottom-up な説明という規準

人工社会モデルの哲学的意義の 1 つは「bottom-up な説明」という規準を社会科学の世界に持ち込んだことである。

従来、社会科学の中には bottom-up な説明という観念はなかつた。多くのモデルは bottom-up の規準を充たさない。例えばローカルな前提だけで議論を完結させているかに見える完全競争市場のワルラス的調整モデルでも、需要と供給を集計する市場の管理者の存在という「グローバルな仕掛け」をしのばせている (Uzawa, 1960)。この点が

sugarscape の市場 (Epstein & Axtell, 1996) とワルラス的市場モデルとの決定的な違いである。

むろんグローバルな仕掛けを持つことはワルラス的調整モデルの価値を減じるものではない。モデルをいかに構成するかは理論家の目的による。モデルが常に bottom-up の要請を充たし切る必要はない。

bottom-up であると否とは絶対的な違いではない。前者の方が比較の上でより完結している、というだけの差である。より完結しているとはモデルの前提の少なさを意味する。人工社会型のモデルは、進化の論理を持つことによって、与件の一部 (例えばローカルなルールの分布) を内生変数に組み込む能力を備えているといつてよい。

しかし前提の少ないモデルはより美しい (Lave & March, 1975)。だから特に包括的な社会の理論に対しては、bottom-up な説明という規準を要請するのが合理的であるだろう。

## 4.4 社会秩序に埋め込まれた人間

グローバルな秩序の bottom-up な説明という規準は同時に逆方向の規定を含意している。社会秩序がエージェント、したがって人間存在を規定している、という考えである。この考えからすれば、先に人間性があり、その人間性の集積から社会が出現する、という訳ではない。

社会が人間個人を規定するというアイディアはマルクス主義理論をはじめ、多くの古典的社会理論に認めることができる (e.g., Durkheim, 1893)。だが bottom-up な説明が含意するのは、社会が人間に影響を及ぼすという考え以上に強い主張である。グローバルな秩序が均衡として生じるのと同時に、エージェントのあり様は秩序の一部になっている、と主張している。例えば人工社会で血縁利他的な秩序が出現するとき、エージェントは血縁利他的な姿で存在している。その意味で人間存在は秩序の中に埋め込まれている。

人間存在が秩序に埋め込まれていることは、社会秩序のモデルと人間進化のモデルがコインの表裏であることを意味する。ちょうど人工生命の枠



組みの中で生態系のシミュレーションと動物行動の総合(e.g., MacLennan, 1991)とが同時に進行するように、である。したがって社会秩序のシミュレーションは同時に進化心理学の主要な方法論とみなすことができる。

適用できるのは遺伝子で規定された人間行動だけではない。エージェントの適応が学習によって生じるモデルを考えるなら、より短期的に変動し得る文化的な観念も説明の範囲内である。例えば恋愛における志向が状況に応じてどのような変化を生むかを思考実験することもできるだろう(高木, 1993)。このように、社会秩序のシミュレーションは人間の様々な観念が出現する根拠を説明する潜在的な能力を持つといえる。

#### 4.5 古典的社会理論の再発見

人工社会という新しい方法が新しい知見だけを生み出すことを私は想定していない。むしろ古典的な社会理論の再評価が日程に上ると予想している。

包括的な社会秩序のシミュレーションを行うとき、再現のターゲットの決定が戦略的に重要になる。ターゲットはできるだけ単純な社会が望ましい。その意味で人類学的な記録を利用できる社会をターゲットとする研究(e.g., Bousquet *et al.*, 1994)は多数登場するだろう。

だが古典的な社会理論(e.g., Tönnies, 1887)も可能な別のターゲットと考えることができる。その理由の第1は、もっぱら古典理論の中に社会に対する包括的な洞察を見出せるからである。ちなみに、3で述べた基礎社会とは、高田保馬(1922)の基礎社会、ゲマインシャフト(Tönnies, 1887)、機械的連帯(Durkheim, 1893)を想定したモデルである。第2に、古典理論の想定がどのような条件の下で可能になるか、そもそも可能であるか、といった思考実験は、新しい学説史の姿となり得るだろう。

## 5. 結び

本稿の基本的立場は社会科学の計算アプローチを肯定的に評価することにある。だが同アプローチの前にたちはだかるハードルの数も多い。最後にそのいくつかに触れておこう。

第1は計算アプローチには原理的に限界があることである。計算アプローチによる理論的実験は、経験的実験がそうであるように、何も証明はしない。ただ例を示すだけである。計算アプローチはその発見的能力の高さの故に正当化できるに過ぎない。

この原理的な限界は数理モデルの信奉者をして、シミュレーションに胡散臭さを表明させずにはおかない。'Garbage in, Garbage out'、[シミュレーションはどんな結果でも導くことができる]とは、こうした胡散臭さの表明の定型である。この否定的な観点からすれば、シミュレーションはせいぜい Yellow Paper Simulations(Kliemt, 1996)の地位を確保するだけである。

この限界に対処する唯一の途は同時に数理的基礎を確保することだろう。思えば、協力の出現における TFT の頑健性を示した Axelrod(1984)に信憑性を付与したのは、シミュレーションの結果ではなかった。むしろ、TFT を選択し合うことがナッシュ均衡に相当するという数学的な証明だったのである。

第2の問題はエージェントのルールないし戦略が、多くの場合、モデル構成者が限定した次元の空間で定義されていることである。このとき、人工社会はあらかじめ定まった空間で進化するに過ぎず、より広い空間を仮定する場合と結果が一致することは保証されない。しかも空間の限定自体がモデル構成者の望む結論(進化的均衡)を導いてしまう可能性がある。特別な数学的証明がある場合を除けば、以上の問題の形式的な解決法は当面見あたらない。

第3は、計算アプローチが用いる進化と実際の進化との関係が一般には不明なことである。人工

社会にいう進化とは均衡解を得るための計算的手段である。その進化とは初期状態から均衡に至る過程に過ぎない。紛らわしい表現をすれば、人工社会は動的なモデルではあっても実際に生じ得る進化そのもののモデルではないのである。実際の進化とは、偶然性によってより複雑に曲がりくねった経路であるはずだ。

むろん人工社会に働く均衡への作用は、同様の初期条件が充たされている時点で、実際の社会の進化過程でも働くだらう。だから人工社会の進化と実際の進化とが無縁であるとはいえない。だが実際の進化のモデルまでの距離ははるかに遠い。したがって例えば、人工社会から進化心理学上の推論を行う場合は、推論の結果に何重もの限定をつける必要がある。人類の経た進化とは実際の進化に他ならないからである。

社会科学の計算アプローチ、とりわけ人工社会という試みは上記以外にも数多くの問題を抱えている。しかし難点を数えあげても仕方がない。実際、議論を前進させる上でシミュレーション以上の潜在力を持つ方法は見当たらない。多くの難点にもかかわらず、シミュレーションは社会科学の中に確実に地歩を築いて行くだろう。

[謝辞] 本稿のテーマを考察するにあたり次の方から口頭で有益な示唆を得た。佐藤敬三(科学論、埼玉大学)、Michael Smithson(社会心理学、Australian National Univ.)。この場で謝意を表したい。

### 参 考 文 献

- Alexander, J.C., Giesen, B., Muench, R. & Smelser, N.J.(Eds.), 1987, *The Micro-macro Link*. Berkeley : U. of California Press.
- Axelrod, R., 1984, *The Evolution of Cooperation*. NY : Basic Books. アクセルロッド 松田裕之(訳) 『つきあい方の科学』、1987、HBJ 出版局。
- Axelrod, R., 1986, An evolutionary approach to norms. *American Political Science Review*, 80, 1095-1111.
- Axelrod, R., 1995, A model of the emergence of new political actors. See Gilbert & Conte (1995), Pp.19-39.
- Axelrod, R., 1997, *The Complexity of Cooperation*. Princeton, NJ : Princeton Univ. Press.
- Bousquet, F., Cambier, C., Mullon, C., Morand, P. & Quensiere, J., 1994, Simulating fishermen's society. See Gilbert & Doran(1994), Pp.143-163.
- Bura, S., Guérin-Pace, F., Mathian, H., Pumain, D. & Sanders, L., 1995, Cities can be agents too. See Gilbert & Conte(1995), Pp.86-102.
- Carley, K.M. & Prietula, M.J.(Eds.), 1994, *Computational Organization Theory*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum.
- Castelfranchi, C. & Werner, E.(Eds.), 1994, *Artificial Social Systems*. Berlin : Springer.
- Conte, R. & Castelfranchi, C., 1995a, *Cognitive and Social Action*. London : UCL Press.
- Conte, R. & Castelfranchi, C., 1995b, Understanding the functions of norms in social groups through simulation. See Gilbert & Conte(1995), Pp.252-267.
- Doran, J. & Palmer, M., 1995, The EOS project : Integrating two models of Palaeolithic social change. See Gilbert & Conte(1995), Pp.103-1325.
- Doran, J., Palmer, M., Gilbert, N. & Mellars, P., 1994, The EOS project : Modelling Upper Palaeolithic social change. See Gilbert & Doran(1994), pp.195-221.
- Drogoul, A. & Ferber, J., 1994a, Multi-agent simulation as a tool for modeling societies. See Castelfranchi & Werner(1994), Pp.3-23.
- Drogoul, A. & Ferber, J., 1994b, Multi-agent simulation as a tool for studying emergent processes in societies. See Gilbert & Doran(1994), Pp. 127- 142.
- Durkheim, E., 1893, *De la division du travail social*. Paris : P.U.F. デュルケーム 田原音和(訳) 『社会分業論』、青木書店、1971.
- Egidi, M. & Marengo, L., 1995, Division of labour and social co-ordination modes. See Gilbert & Conte(1995), Pp.40-58.
- Epstein, J.M. & Axtell, R., 1996, *Growing Artificial Societies*. Washington, DC : Brookings Institution Press.
- Flache, A., 1996, *The Double Edge of Networks*. Amsterdam : Thesis Publishers.
- Flache, A. & Macy, M.W., 1996, The weakness of strong ties. *Journal of Mathematical Sociology*, 21, 3-28.
- Gasser, L., 1992, An overview of DAI. In N.M. Avouris & L. Gasser,(Eds.), *Distributed Artificial*

- cial Intelligence*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, Pp.9-30.
- Gilbert, G.N., 1996, Holism, individualism and emergent properties. See Hegselmann, Mueller & Troitzsch(1996), Pp.1-12.
- Gilbert, G.N. & Conte, R.,(Eds.), 1995, *Artificial Societies*. London : UCL Press.
- Gilbert, G.N. & Doran, J.,(Eds.), 1994, *Simulating Societies*. London : UCL Press.
- Hamilton, W. D., 1964, The genetic theory of social behavior. I and II. *Journal of Theoretical Biology*, 7, 1-52.
- Hardin, G.(1982) Discriminating altruisms. *Zygon*, 17, 163-186.
- Hastie, R., 1988, A computer-simulation model of person memory. *Journal of Experimental Social Psychology*, 24, 423-447.
- Hegselmann, R., 1996a, Understanding social dynamics. See Troitzsch *et al.*(1996), Pp.282-306.
- Hegselmann, R., 1996b, Cellular automata in the social sciences. See Hegselmann, Mueller & Troitzsch(1996), Pp.209-233.
- Hegselmann, R., Mueller,U. & Troitzsch,K.G. (Eds.), 1996, *Modelling and Simulation in the Social Sciences from the Philosophy of Science Point of View*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.
- Hogan, J., 1995, From complexity to perplexity. *Scientific American*, June, 74-79.
- Homans, G.C., 1961, *Social Behavior*. New York : Harcourt-Brace.
- 星野力, 1998, 進化論は計算しないとわからない — 人工生命白書、共立出版.
- Johnson, N.R. & Feinberg, W.E., 1989, Crowd structure and process. *Advances in Group Process*, 6, 49-86.
- Kalick, S.M. & Hamilton, T.E., 1986, The matching hypothesis reexamined. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51, 673-682.
- Kliemt, H., 1996, Simulation and rational practice. See Hegselmann, Mueller & Troitzsch(1996), Pp.13-27.
- 亀田達也, 1994, “根回し”のシミュレーション. 日本シミュレーション&ゲーミング学会第6回大会発表論文抄録集, 38-39.
- Langton, C.G., 1989, *Artificial life*. In C.G. Langton (Ed.), *Artificial Life*. Reading, MA : Addison-Wesley, Pp.1-47.
- Lave, C.A. & March, J.G., 1975, *An Introduction to Models in the Social Sciences*. New York : Harper & Row.
- Levy, Jr., M.J. 1952, *The Structure of Society*. Princeton, NJ : Princeton Univ. Press.
- Liebrand, W.B.G. & Messick, D.M.(Eds.), 1996, *Frontiers in Social Dilemmas Research*. Berlin : Springer.
- Lomborg, B., 1994, Game theory vs. multiple agents : The iterated Prisoner's Dilemma. See Castelfranchi & Werner(1994), Pp.69-93.
- Lomi, A. & Larsen, E.R., 1997, A computational approach to the evolution of competitive strategy. *Journal of Mathematical Sociology*, 22, 151-176.
- MacLennan, B., 1991, Synthetic Ethology. In C.G. Langton et al.(Eds.), *Artificial Life II*. Reading, MA : Addison-Wesley, Pp.631-658.
- Maynard Smith, J., 1982, *Evolution and the theory of games*. Cambridge : Cambridge Univ. Press. メイナード=スミス, 進化とゲームの理論、1985、産業図書.
- Messick, D.M. & Liebrand, W.B.G., 1995, Individual heuristics and the dynamics of cooperation in large groups. *Psychological Review*, 102, 131-145.
- Morgan, C.J., 1985, Natural selection for altruism in structured populations. *Ethology and Sociobiology*, 6, 211-218.
- Molnár, P., 1996, A microsimulation tool for social force models. See Troitzsch, Mueller, Gilbert & Doran(1996), Pp.155-170.
- 野村竜也, 杉万俊夫, ハツ塚一郎, 飯田信介, 吉川徹, 下原勝憲, 1998, ヴォランティア集団活動変化の数理モデルとその妥当性に関する考察 (ATR Technical Report). エイ・ティ・アール人間情報通信研究所.
- Nowak, A. & Latané, B., 1994, Simulating the emergence of social order from individual behaviour. See Gilbert & Doran(1994), Pp.63-84.
- Nowak, A., Szamrei, J. & Latané, B., 1990, From private attitude to public opinion. *Psychological Review*, 97, 362-376.
- Nowak, M. & May, R.M., 1992, Evolutionary games and spatial chaos. *Nature*, 359, 29, 826-9.
- Nowak, M., May, R.M. & Sigmund, K., 1995, The arithmetics of mutual help. *Scientific American*, June, 50-55.
- Nowak, M. & Sigmund, K., 1992, Tit for tat in heterogeneous populations. *Nature*, 355, 16, 250-3.
- Nowak, M. & Sigmund, K., 1993, A strategy of win-stay, lose-shift that outperforms tit-for-tat in the Prisoner's Dilemma game. *Nature*, 364, 1, 568-3.
- Ostrom, T.M., 1988, Computer simulation : The third symbol system. *Journal of Experimental*

- Social Psychology*, 24, 381-392.
- Parisi, D., Cecconi, F. & Cerini, A., 1995, Kin-directed altruism and attachment behaviour in an evolving population of neural networks. See Gilbert & Conte(1995), Pp.238-251.
- Parisi, D., Piazzalunga, U., Cecconi, F. & Denaro, D., 1994, Social aggregations in evolving neural networks. See Castelfranchi & Werner (1994), Pp.41-54.
- Penn, A. & Dalton, N., 1994, The architecture of society. See Gilbert & Doran(1994), Pp.85-125.
- Sakoda, J.M., 1971, The checkboard model of social interaction. *Journal of Mathematical Sociology*, 1, 119-132.
- Schelling, T.C., 1971, Dynamic models of segregation. *Journal of Mathematical Sociology*, 1, 143-186.
- Schulz, U., Albers, W. & Mueller, U.(Eds.), 1994, *Social Dilemmas and Cooperation*. Berlin : Springer.
- Séror, A.C., 1994, Simulation of complex organizational processes. See Gilbert & Doran (1994), Pp.19-40.
- Simpson, J.A. & Kenrick, D.T.(Eds.), 1997, *Evolutionary Social Psychology*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum.
- Smith, E.R., 1991, Illusory correlation in a simulated exemplar-based memory. *Journal of Experimental Social Psychology*, 27, 107-123.
- Smithson, M., 1997, *Taking Exogenous Dynamics Seriously in Public Goods and Resource Dilemmas*. Paper presented at the 7th international conference of social dilemma.
- Stanley, E.A., Ashlock, D. & Tesfatsion, L., 1994, Iterated prisoner's dilemma with choice and refusal of partners. In C.G. Langton(Ed.), *Artificial Life III*. Reading, MA : Addison-Wesley, Pp.131-175.
- Stasser, G., 1988, Computer simulation as a research tool. *Journal of Experimental Social Psychology*, 24, 393- 422.
- Stasser, G. & Taylor, L.A., 1991, Speaking turns in face-to-face discussions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 60, 675-684.
- Suleiman, R., 1996, Simulating cooperation and competition : Present state and future objectives. See Troitzsch et al.(1996), Pp.264-281.
- Suleiman, R. & Fischer, I., 1996, The evolution of cooperation in a simulated inter-group conflict. See Liebrand & Messick(1996), Pp.419-438.
- Taber, C.S. & Timpone, R.J., 1996, *Computational Modeling*. Thousand Oaks : Sage.
- 高田保馬, 1922, 社会学概論. 岩波書店.
- 高木英至, 1992, 恋愛市場のコンピュータ・シミュレーション. 埼玉大学紀要、28、55-74.
- 高木英至, 1993, 愛は市場だ. 日本グループ・ダイナミックス学会第41回大会発表論文集、22-25.
- 高木英至, 1994, 社会的交換のシミュレーション・パラダイム. 埼玉大学紀要、30、23-55.
- Takagi, E., 1996, The generalized exchange perspective on the evolution of altruism. See Liebrand & Messick(1996), Pp.311-336.
- Takagi, E., 1997, *Solving social dilemmas is easy in a communal society*. Paper presented at the 7th international conference of social dilemma.
- 高木英至, 1997, 基礎社会の理論覚書. 埼玉大学紀要、33(2)、83-110.
- 高木英至, 1998, 社会秩序のシミュレーション. オペレーションズ・リサーチ、43(7)、389-394.
- 高木英至, 近刊, コミュニケーションネットワークにおける創発的集団構造—シミュレーションによる分析, 社会心理学研究、14(2).
- 高橋伸幸・山岸俊男, 1996, 利他的行動の社会関係的基盤. 実験社会心理学研究、36、1-11.
- Taylor, C. & Jefferson, D., 1995, Artificial life as a tool for biological inquiry. In COG. Langton (Ed.), *Artificial Life : An Overview*. Cambridge, MA : The MIT Press, Pp.1-13.
- Tönnies, F., 1887, *Gemeinschaft und Gesellschaft*. Leipzig : Fues's Verlag. テンニエス 杉之原寿一(訳)『ゲマインシャフトとゲゼルシャフト(上・下)』、1957、岩波書店(文庫).
- Treuil, J. P., 1995, Emergence of kinship structures. See Gilbert & Conte(1995), Pp.59-85.
- Trivers, R. L., 1971, The evolution of reciprocal altruism. *Quarterly Review of Biology*, 46, 35-57.
- Troitzsch, K.G., Mueller, U., Gilbert, G.N. & Doran, J.E.(Eds.), 1996, *Social Science Microsimulation*. Berlin : Springer.
- Uzawa, H., 1960, 'Walras' tatonnement in the theory of exchange. *Review of Economic Studies*, 27, 182-194.
- Vander Zanden, J.W., 1993, *Sociology(3rd ed.)*. NY : McGraw-Hill.
- de Vos, H. & Zeggelink, E., 1994, Reciprocal altruism in human social evolution. *Evolution and Human Behavior*, 18, 261-278.
- Waldrop, M.M., 1992, *Complexity*. NY : Simon & Schuster. ワールドロップ, 1996, 『複雑系』. 田中三彦・遠山峻征訳, 新潮社.
- 山岸俊男, 1992, マイクロ・マクロ社会心理学の一つの方向. 実験社会心理学研究、32、106-114.
- Yamagishi, T., Hayashi, N. & Jin, N., 1994, Prisoner's Dilemma network. See Schulz, Albers & Mueller(1994), Pp.233-250.
- Yamagishi, T. & Takahashi, N., 1994, Evolution of norms without metanorms. See Schulz,

Albers & Mueller(1994), Pp.311-326.  
矢守克也・杉万俊夫, 1992, 横断歩道における群集流  
の巨視的行動パターンのシミュレーション, 実  
験社会心理学研究, 32, 129-144.

(1998年12月18日 受付)

[問い合わせ先]

〒338-8570

埼玉県浦和市下大久保255

埼玉大学 教養学部

TEL : 048-858-3071

FAX : 048-858-3687

E-mail : etakagi@sacs.sv.saitama-u.ac.jp

—— 著 者 紹 介 ——

---



高木 英至 (たかぎ えいじ)

埼玉大学教養学部

1981年、東京大学大学院社会学研究科  
博士過程を単位習得退学。1983年から埼  
玉大学に着任。1994年から教授。専攻は社  
会心理学および社会学。集団過程論。