

貧困・格差問題のエージェントシミュレーション手法による分析

著者	谷田 則幸, 村上 雅俊
雑誌名	関西大学経済論集
巻	54
号	1
ページ	61-77
発行年	2004-06-15
その他のタイトル	An Agent Based Simulation Methodology for Analyzing Poverty and Inequality Problems
URL	http://hdl.handle.net/10112/12697

貧困・格差問題の エージェントシミュレーション手法による分析*

谷 田 則 幸
村 上 雅 俊

本稿では、マルチエージェント型のシミュレーションモデルを用いて貧困層・低所得層への扶助の効果を検討した。(1) 財産扶助、(2) 貧困層・低所得層の稼得能力の引き上げと稼得の場の提供、を扶助の形態としてモデルに組み込み、1人あたりの財産の変化とジニ係数の変化を比較検討した。検討の結果、以下の二点が明らかとなった。

第一は、単に財産を扶助することよりも、貧困層・低所得層の稼得能力を引き上げ、稼得の場を提供することの方が、貧困層・低所得層の1人あたりの財産の伸びが大きくなるということである。第二は、貧困層・低所得層の稼得能力を引き上げると、単に財産を扶助する場合よりも、社会全体の財産格差が縮小するということである。

キーワード：貧困；不平等；人工社会モデル；複雑系；マルチエージェントシミュレーション
経済学文献季報分類番号：15-83；15-60；15-63；02-21

1. はじめに

世界の貧困・格差の状態は、国連、世界銀行など国際機関の報告書のなかに見られる。また、先進国と途上国の間の所得・資産格差の拡大だけでなく、近年では先進国のなかでの格差の拡大も大きな問題となりつつある。

貧困・不平等問題についてその原因を分析し、貧困・不平等を軽減するためのデータが、現在の日本にあるだろうか。人が生活の糧を得る労働に就いているかいないかを測る指標として失業率があるが、そのみでは困窮の度合いは正確に表すことが出来ない。我が国でも様々な分野から経済的・社会的格差の広がりについて指摘がなされている。しかし、生活保護受給者以外の貧困に関する基礎的なデータは未だ整備されていない。貧困層・低所得層のために政策が制定され、それが実行されたとしても、その効果を検証する手段は今のところないということになる。

*) 本稿は、進化経済学会第8回福井大会(2004年3月27・28日、福井県立大学)での発表の際に配布した資料[9]に加筆したものである。多くのコメントを頂いた同大会の参加者に感謝する。

日本の貧困・格差・不平等の現状について、それらを詳細に検証する手段を絶たれている我々はどうすべきであろうか。何らかの検証手段が必要であることは言うまでもない。そこで本稿では、分析ツールとしてマルチエージェントシミュレーションモデルを用いて、貧困層・低所得層への施策が社会全体に対してどういったインパクトを持つのかを検討する。具体的には、施策によって貧困層、低所得層の財産がどう変化するかを、1人あたりの財産とジニ係数によって見る。

第二章では、まず、近年における貧困問題についての議論について述べる。そして、マルチエージェントシミュレーションモデルを用いて貧困・格差問題にアプローチした先行研究について述べる。加えて、第二章では、マルチエージェントシミュレーションモデル以外のシミュレーションモデルについても述べておく。第三章において、本稿で用いたモデルとシミュレーション結果について述べる。第四章で各モデルの結果の比較検討を行う。そして最後に、貧困層・低所得層への施策に対して本稿の分析結果が示すインプリケーションについて述べる。

2. 近年の貧困・格差問題についての議論とシミュレーション

2.1 貧困・格差問題についての近年の議論

何をもって貧困と見なすかについては、これまで膨大な研究が積み重ねられてきている。イギリスにおいてタウンゼント（Townsend, P.）が相対的剥奪（relative deprivation）という概念を提起して以降、貧困は絶対的（absolute）なものとして定義されるべきか、それとも相対的（relative）なものとして定義されるべきかの議論は今なお続いている。貧困についての研究は枚挙にいとまがないものの、その定義についてはコンセンサスを得られていないと言える。

近年の議論を概観すると、その流れは、貧困は所得水準のみによって定義されるものではなく複雑に絡み合う他の要因も含めて定義されるものであるから、所得以外の要因を捉えた概念・データが必要であるという方向に進んでいる。確かに、個人の健康状態や社会とのつながりやジェンダー格差は、所得水準のみでは捉えきれない困窮を分析するうえで重要なパラメータである言えよう。

国連は人間開発〔発展・発達〕指標（Human Development Index）を提起し、EUは社会的排除（social exclusion）概念と指標の開発を進め、日本においても社会的排除概念・指標をサーベイした研究や、アマルティア・セン（Sen, A.K.）の提起した潜在能力（capability）、権原（entitlement）についての研究が進んでいる¹⁾。これら研究を逐一あげることは困難である。貧困を定義・測定するうえでどういった指標が必要であり、どういったデータが必要

かをジャンティとダンジガー (Jäntti, M. and Danziger, S.) が貧困測定の間 (Space for Poverty Measurement) として挙げているので、それを表 1 に示しておくこととしよう²⁾。加えて、近年、EU において開発の進んでいる社会的排除指標の中の非金銭的指標を、阿部 (2002) がサーベイしている所以、それを表 2 に示しておくこととしよう³⁾。

所得や消費、支出、効用という指標は、貧困の定義・分析のために頻りに用いられてきたものである。何が人々の暮らし向きの良さに直接関連するかについては意見が分かれる。当

表 1 貧困測定の間

1	(可処分現金)所得
2	消費者支出
3	消費
4	稼得能力 (Haveman and Buron)
5	主観的貧困 / 認められる (perceived) 貧困
6	富
7	選択集合 (choice sets) (Le Grand)
8	効用
9	潜在能力 (Sen)

(出所) Jäntti, M. and Danziger, S. (2000), p.314より作成。

表 2 EU 社会的排除指標における非金銭的指標

金銭的困難	1. 日頃の活動で赤字にならないようにするのが非常に困難であるとする世帯に属する個人の割合
	2. 家賃や公共料金の支払いが滞っている世帯に属する個人の割合
基本的ニーズ	3. 一日おきに、肉・魚・鶏肉を購入することが出来ない世帯に属する個人の割合
	4. 新しい衣服を購入することが出来ない世帯に属する個人の割合
	5. 1週間以上の旅行(休暇)を金銭的にすることが出来ない世帯に属する個人の割合
住居の状況	6. 風呂またはシャワー施設がない住居に住む個人の割合
	7. 湿気が多い壁・床・土台の住居に住む個人の割合
	8. 広さが十分でない住居に住む個人の割合
耐久財	9. 金銭的な理由によって車へのアクセスがない個人の割合
	10. 金銭的な理由によって電話へのアクセスがない個人の割合
	11. 金銭的な理由によってカラーテレビへのアクセスがない個人の割合
健康	12. 16歳以上の個人で健康が悪い・非常に悪いとするものの割合
	13. 16歳以上の個人で長期の健康問題によって日々の活動に支障があるものの割合
対人関係	14. 16歳以上の個人で、友人や親戚に1ヶ月に1回以下しか合わないものの割合
満足感	15. 16歳以上の個人で、仕事または主な活動(主婦など)について不満足なものの割合

(出所) 阿部 (2002), p.77より引用。

然、空間の選択によって貧困として数え上げられる人数は異なり、それはまた、分析のためのデータが存在するかどうかで異なってくる。表1、2の各指標は、一応は分かれているものの、相互に関連しあう部分が少なくない。現在の貧困を分析するためには、各指標の複雑な相互関連を捉えるための方法・データが必要であると言えよう。

このように貧困の測定、分析のためには、様々な要因を捉え、その相互関連を見る必要があるのである。これらを鑑みて本稿では、シミュレーションの中で、エージェントの財産のみに注目するのではなく、エージェントの能力にも注目した。本稿では、二つの指標の相互関連とその政策による変化をマルチエージェントシミュレーションモデルによる分析で示すこととする。分析結果を提示する前に、貧困・格差問題をマルチエージェントシミュレーションモデルによって分析した研究を見ておくことにする。

2.2 貧困・格差問題とマルチエージェントシミュレーション分析—先行研究—

マルチエージェントシミュレーションモデルを用いて貧困・格差問題について言及しているものは多くない。日本において、マルチエージェントシミュレーションモデルを用いて貧困・格差問題へアプローチしたものには、津屋・井庭（2001）の研究および荒井（2003）の研究がある。

津屋・井庭（2001）は、アマルティア・センが提起した「権原」や「潜在能力」という概念を、人工社会モデルなかのエージェントと環境に導入することで、貧困問題の多面的な分析が可能であると言う。アマルティア・センの言う権原は、「ある個人が支配することの出来る一連の選択的な財の集まり」であり、潜在能力は、「ある個人が経済的、社会的、および個人の資質のもとで達成することの出来る一連の選択的な機能の集まり」である。前者は、おもに個人の属する社会に関わる概念であり、後者は、個人そのものに関わる概念であるが、当然、両者は複雑に絡み合うので、分析においては複雑な相互作用を社会と個人とに分けることなくそのまま取り扱うことが必要になる。しかし、個人と社会の相互作用を分けることなく分析する場合、選択的な財や機能の集まりのリストは、多様かつ膨大なものになる。統計調査を例に取れば、調査票に人間の選択可能な財や機能の全てについて質問項目を掲載し、質問し、そして結果を分析するということになる。これは現実には困難なことだといわざるを得ない。この点について津屋・井庭は、人工社会モデルにおいては選択肢の多さや価値を認める行動の選択可能性を計測・分析することが可能になるということを指摘した⁴⁾。

荒井（2003）は、教育社会学分野での議論、すなわち、社会階層によって子供の学業成績や進学行動が異なり階層格差が生じていること、近年の日本の教育改革によってその格差が拡大していることを、人工社会モデルをもちいて検証したものである。経済的要因、文化的

要因から、教育を受ける者（学習者）を上位群、中位群、下位群の3種類の社会階層別のエージェントに分け、それぞれの学力と学習意欲が、「ゆとり教育」に代表される近年の日本の教育施策によってどう変化するかということシミュレーションしている。

社会階層別のエージェントは共通の行動ルール（試験を受ける等）に従って行動するが、各社会階層によって学習者の所与の学力、親の財産、親からの励まし等は異なっている。こういったなかで教育施策という外的要因が変化するとき、階層間の学力・学習意欲の格差はどのように変化するかを見たのが荒井の分析である。結果、ゆとり教育によって全体の学力が低下し、階層間の学力格差が拡大するということが指摘された⁵⁾。

津屋・井庭の研究は、様々な要因が相互関連する貧困問題の解決について、マルチエージェントシミュレーションモデルがいかに役に立つのかを述べている。しかし、分析はなされていない。また、荒井の研究は、親の階層の子供の学力への影響が異なるという点では興味深い。基本指標は子供の学力であり、それが格差の状況にどう影響していくのかについては述べられていない。

マルチエージェントシミュレーションモデルを用いた貧困・格差の分析の数はそれほど多くないことが分かる。次に、他にどういったシミュレーションモデルがあるのかを見ておくこととしよう。

2.3 マルチエージェントシミュレーションモデル以外のシミュレーションモデル

シミュレーションの技法は、これまで様々提起されてきた。その中でも貧困層・低所得層への施策（社会保障）のインパクトをシミュレートするモデルとして注目されるのは、ミクロシミュレーションモデルであろう。ミクロシミュレーションモデルについての研究は数々なされている。ただし、このモデルを用いるには、ミクロデータ（個票データ）を用意する必要がある。ミクロシミュレーションモデルは、きわめてデータ依存型のモデルであり、生活保護受給者以外の貧困層についての基礎的なデータさえ公表されていない日本において、貧困層・低所得層を捉えたミクロデータファイルを用いることは困難であろう。これは、本稿がマルチエージェントシミュレーションモデルを用いて貧困・格差問題を分析した理由でもある⁶⁾。

3. モデルと分析結果

3.1 モデルの説明

以下で、今回分析に用いたシミュレーションモデルについて説明することとしよう。

モデルの基本となるのは、マルチエージェントシミュレーションモデルの中で、最も基本

的なモデルの一つであるとされる Sugarscape モデルである。Sugarscape モデルは、エプスタインとアクステル [Epstein, J.M. and Axtell, R. (1996)] によって人工社会形成のための環境として提唱された、砂糖に群がるアリをイメージしたプログラミング言語とモデルである。Sugarscape モデルの中で複数のエージェントは、一定の状態と行動ルールのもと、ある部分に一定割合ずつ再生する食糧資源（＝砂糖）が配置された二次元空間上を動き回り、資源を蓄積し消費する。

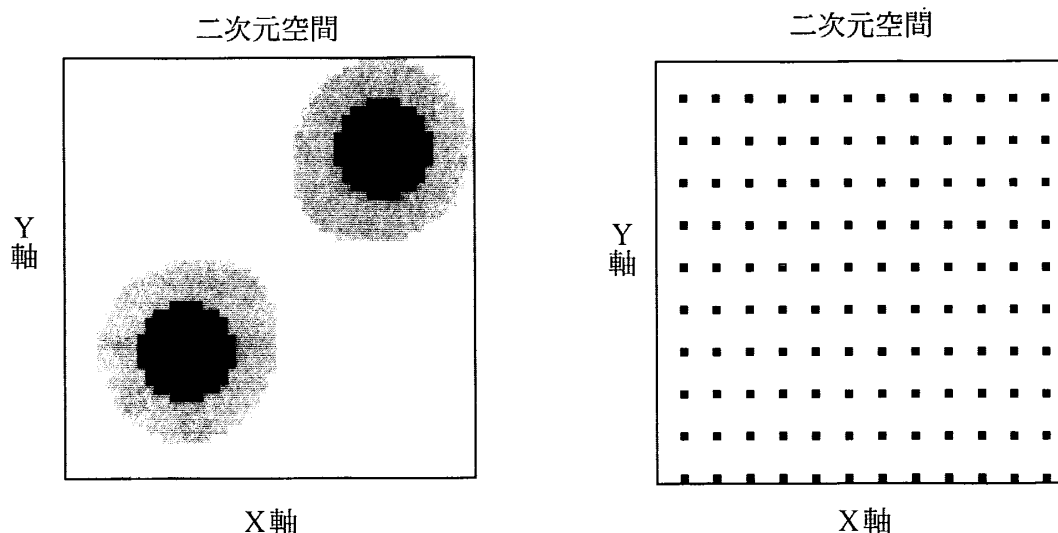


図1 モデルの資源の配置（左：Sugarscape モデル、右：本稿のモデル）

一般に、Sugarscape モデルには二つの丘があり、その丘の頂点に食糧資源が最も豊富にある。丘の頂点を中心とした等高線が大きくなるほど食糧資源は少なくなっていくというモデルである。

今回分析に用いたモデルでは、Sugarscape モデルのように二つの丘に量の異なる資源を配置するのではなく、等量の資源を二次元空間上に規則正しく配置することとした。このような処置を施したのは、シミュレーション開始時におけるエージェントの位置の違いによる影響を取り除くため、ひいては、各エージェントの所得を稼ぐための機会を同じにするためである。資源の配置について示したのが、図1である。左側の図は Sugarscape モデルの資源の配置を示しており、右側は本稿で用いた資源の配置を示している。図1では、資源の量の多少は、色の濃淡で示されている。

低所得層・貧困層への施策の影響を見るために本稿で用いたモデルの種類は3種類である。先に述べた空間上の資源の配置に加え、3種類のモデルに共通する環境として、エージェントの初期状態の能力（視野、消費）、エージェントの初期状態の財産がある。それぞれのモデルにおいて、エージェントを、能力が高く初期財産の多いエージェントと能力が低

く初期財産の少ないエージェントの二種類に分けた。前者には財産を平均540、分散75の正規分布に従うように与えている。なお、前者の消費は7、視野は2に設定した。一方、後者には、財産を平均250、分散75の正規分布に従うように与えている。後者の消費は前者と同じであるが、視野は1に設定した。なお、能力の高いエージェントの財産については、『平成14年家計調査年報』の勤労者世帯の平均収入から数値をとり、そのおおよそ半分を能力の低いエージェントに与えることとした。

第一のモデル（以下、モデル1）は、エージェントが Sugarscape モデルと同じように二次元空間上を動き回り、所得を稼ぎ、それを消費に用いるというモデルである。第二のモデル（以下、モデル2）では、一定水準以下の財産になった能力の低いエージェントに対して、一定水準以上の財産を持ち、かつ、能力の高いエージェントから扶助を与えることとした。第三のモデル（以下、モデル3）では、一定水準以下の財産になった能力の低いエージェントの能力を引き上げ、その周りに所得を稼ぐ場を与えることとした。所得を稼ぐ場は資源としてばらまかれるが、その源泉はモデル2と同様、一定水準以上の財産を持つ能力の高いエージェントから徴収した財産である。

モデル2とモデル3における財産が一定水準以上のエージェントとは、能力が高く財産を400以上持つエージェントのことを指す。一方、一定水準以下のエージェントとは、能力が低く、財産が200以下のエージェントのことを指す。また、能力を引き上げるとは、ここでは、エージェントの視野を2倍にすることを指す。

次に、モデル2とモデル3の扶助額について説明する。シミュレーションの繰り返しの結果、400以上の財産を持つエージェントの財産合計はおおよそ28000となった。能力の低いエージェントに与える扶助額は、各エージェントに振り分けられた消費水準の7割、つまり4.9である。400以上のエージェント全体で財産が一定水準以下の能力の低いエージェント1人を支えるには、その負担額（ α ）は、

$$4.9 = 28000 \times \alpha$$

$$\alpha = 0.000175$$

となる。400以上のエージェント1人あたりの負担は、 α をエージェント数で割ったものとなる。当然、一定水準以下のエージェントが複数存在する場合、その負担額は大きくなる。なお、このようなモデルを政策ツールとして用いる場合、モデルの数値は現実に沿ったものでなければならないだろう。そのために負担額を自由に変更出来るようにしている。では、上記のモデルから得られた結果について、特に1人あたり財産とジニ係数を中心に述べていくこととしよう。

3.2 モデル1の結果

先にも述べたように、モデル1は、能力の低いエージェントに対して扶助を与えないモデルである。このモデルを、低所得者層に対する政策が何もないモデルであると言って良い。

まず、1人あたり財産の推移についてみてみよう。1人あたり財産の推移を図2に示した。

図2を見ても分かるように、能力の高いエージェントの財産は増加し続け、能力の低いエージェントの財産は減り続けることが分かる。Sugarscapeモデルでは、エージェントの持つ富が均一に分配された状態からシミュレーションを始めたとしても、富の分配はすぐに歪んだ形になることが知られている。能力の高いエージェントに財産が集中することがその原因である。図2からも明らかなように、扶助を与えないモデル1では、財産の格差が拡大し続けており、Sugarscapeモデルと結果が変わっていないことが分かる。また、シミュレーション終了後のジニ係数（50回平均）は0.641052であり、その数値は、現実の統計データから推計される値よりも高くなっている。

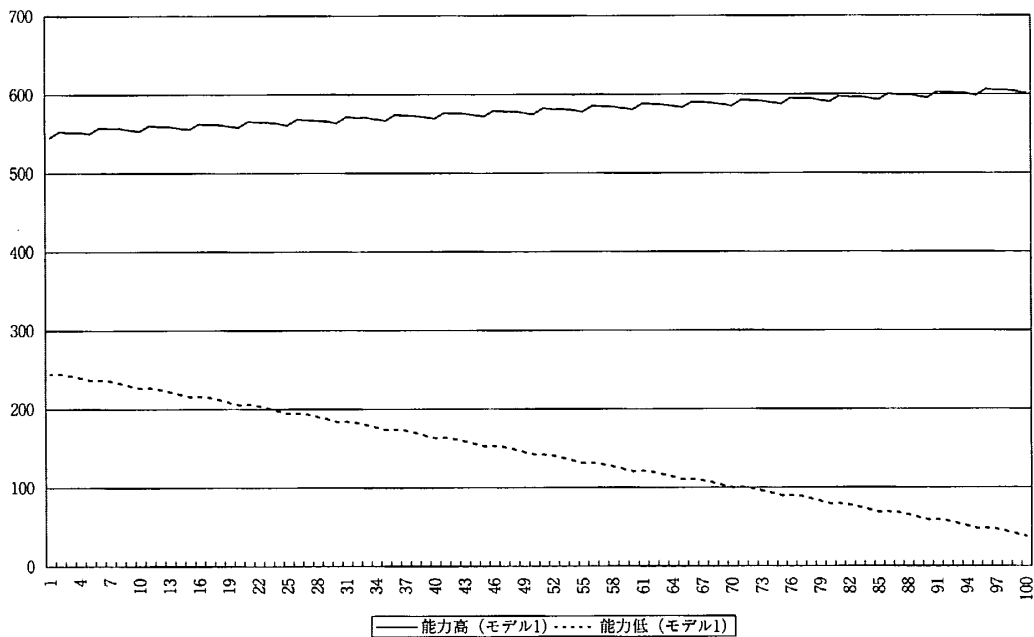


図2 モデル1の1人あたり財産の推移

3.3 モデル2の結果

モデル1は、財産の少ないエージェントに対してどのような扶助も与えないモデルであった。モデル2では、財産が一定水準以下（200以下）のエージェントに対して財産の扶助を与えることにする。先に述べたように、一定の財産以下になったエージェントに対して一定の財産以上のエージェントから集めた財産を分け与える。モデル1と同じように、モデル2についても、1人あたりの財産の推移と、シミュレーション終了後のジニ係数を見ることとする。1人あたりの財産の推移を図3に示した。

図2の能力が高いエージェントの1人あたり財産の推移と図3のそれを比べると、図3のエージェントの1人あたり財産の伸びは鈍化していることが分かる。これは、負担があるからである。一方、能力の低いエージェントの財産の推移は、200あたりの水準でほぼ横這いになった。能力の低いエージェントの財産の減少に歯止めがかかっている状態だと言える。しかし、グラフが横這いになるだけで、それ以上に能力の低いエージェントの財産が増加することはない。なお、シミュレーション終了後のジニ係数（50回平均）は0.321798となり、財産格差はモデル1のように広がっていないことが分かる。

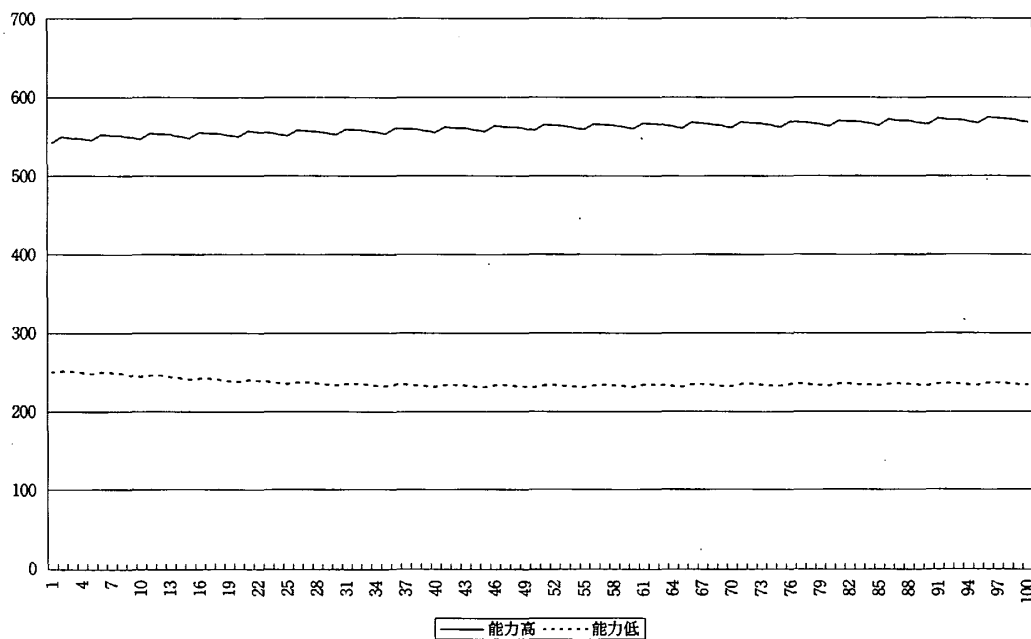


図3 モデル2の1人あたり財産の推移

3.4 モデル3の結果

モデル2は、財産が200以下になったエージェントに対して、財産の扶助をおこなうモデルであった。モデル2に対して、モデル3では、財産が200以下のエージェントの視野、すなわちエージェントの能力を拡大させることとした。そのうえで、財産が400以上のエージェントから集めた財産を、視野の拡大したエージェントの周りに配置することとした。単に扶助を受けるのではなく、貧困層・低所得層に自ら所得を稼ぐことの出来る場を与えるという意味で、これら処置を施した。当然、財産が200を少し越えるエージェントやそれ以上の財産を持つエージェントの視野の範囲に財産がない場合は、視野の拡大したエージェントの周りに置かれた財産を獲得するための競争が生まれる。

モデル2の場合は、いくら扶助を受けることが出来ても、所得源泉の間を移動する時にそれを消費してしまい、また扶助を受けることになってしまうエージェントが多数あった。それは、図3において1人あたりの財産のグラフが200付近で上下しないことからもうかがう

ことが出来る。モデル3の財産の配置についての一例を図4に示しておく。

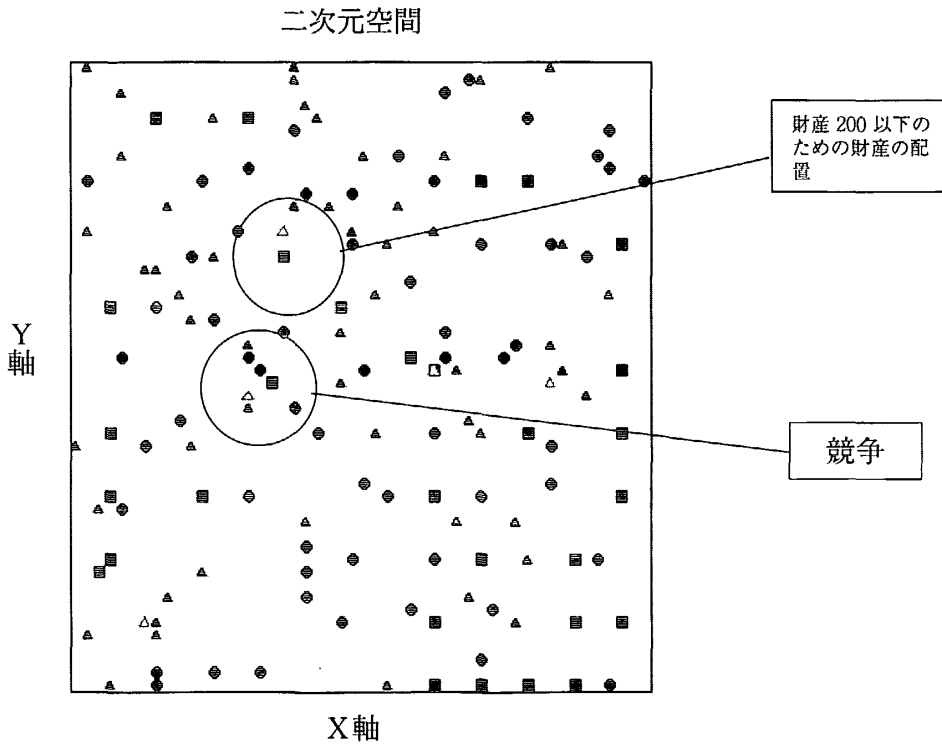


図4 財産の配置 (●：能力が高いエージェント、▲：能力が低く財産が200より多いエージェント、灰色の△：能力が低く財産200以下のエージェント)

では、モデル3の分析結果について見ていこう。モデル3の1人あたりの財産の推移を示したのが図5である。

図5を見ると、能力の低いエージェントの財産が、ある一定水準まで落ち込んだあと、上

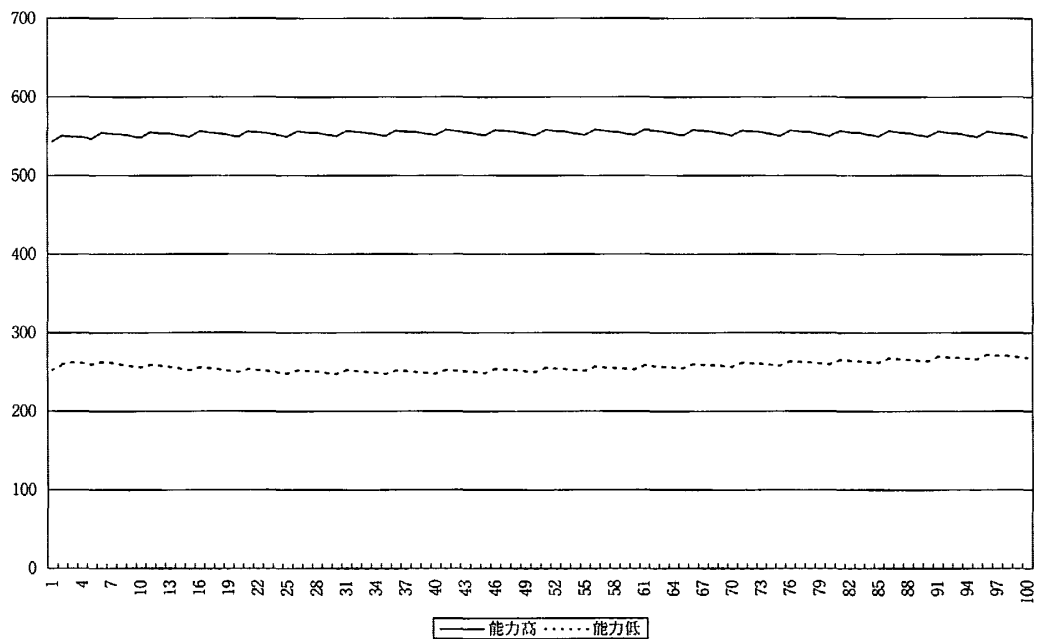


図5 モデル3の1人あたりの財産の推移

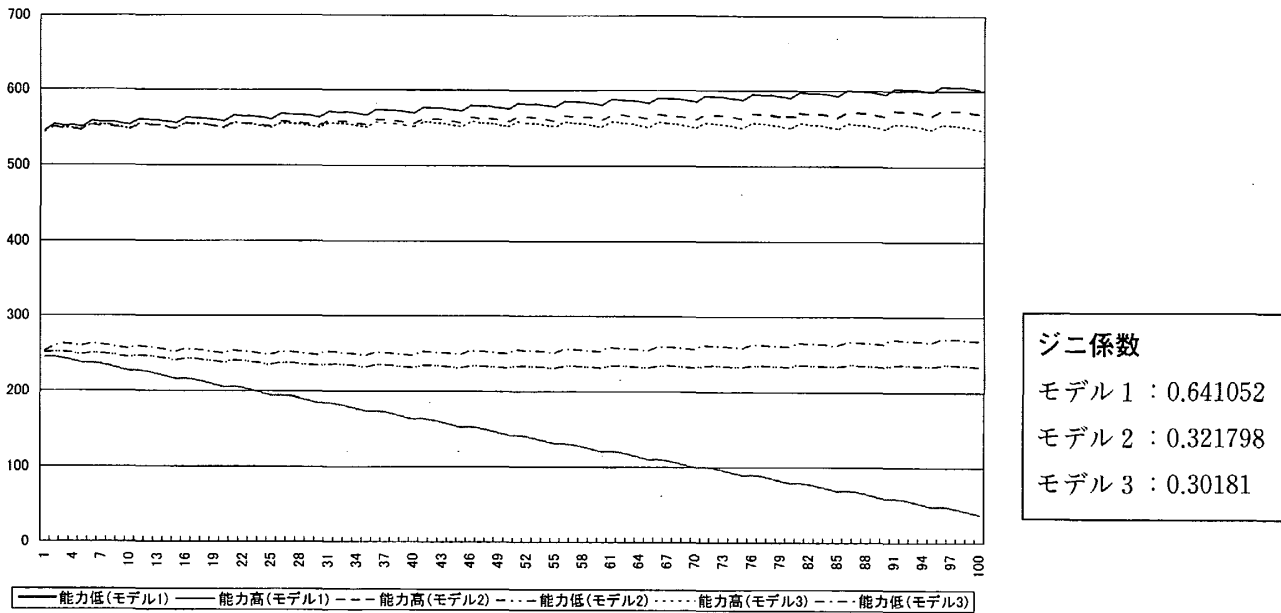


図6 1人あたり財産の推移の比較

昇傾向に転じていることが分かる。能力を引き上げることが財産の上昇に繋がっていると言えよう。また、モデル1と比べても能力の高いエージェントの財産の上昇の度合いは大きくない。なお、シミュレーション終了後（50回平均）のジニ係数は、0.30181であった。モデル2に比べて、若干ではあるが、財産格差が縮小したということが分かる。

4. 三つのモデルの比較検討

4.1 三つのモデルの比較

これまで見てきた三つのモデルの1人あたり財産の推移とジニ係数をここで比較しておこう。三つのモデルの1人あたり財産の推移とジニ係数を比較したのが図6である。

これまで見てきたことから明らかなように、何ら扶助のないモデル1に比べて、モデル2、3の能力の高いエージェントの財産の伸びは鈍化しており、一方で、能力の低いエージェントの財産の下落には歯止めがかかっていることが分かる。ただし、扶助の形態の違いによって能力の低いエージェントの財産の伸びが異なることに注目したい。本稿のモデルにおいて、能力の低いエージェントの財産を引き上げる効果が最もあったのは、貧困・低所得層の能力を拡大させ所得を稼ぐ場を提供するモデル3であった。加えて、ジニ係数をみると、モデル3の格差が最も小さいことが分かる。

4.2 条件の違いによるジニ係数の平均の差の検定

これまで、三つのモデルによる分析を試みてきた。結果はモデル3が財産の格差が最も小さく、また、能力の低いエージェントの1人あたりの財産の伸びも最も大きいものであ

た。しかし、最終的に得られるジニ係数は、初期状態によってどのように変化するものなのであろうか。以下では、財産の初期分布の分散75に分散1, 150を加えて検定する。検定の結果は、(分散1, 75, 150) × (モデル1, 2, 3) × (各50回) の合計450回のシミュレーションの結果である。検定に用いたのはクラスカル・ウォリス検定(有意水準5%)である⁷⁾。結果の比較表を表3に示している。

表3 初期財産分布(分散)の違いによるジニ係数の差の検定結果

	モデル1			モデル2			モデル3		
	$\sigma^2=1$	$\sigma^2=75$	$\sigma^2=150$	$\sigma^2=1$	$\sigma^2=75$	$\sigma^2=150$	$\sigma^2=1$	$\sigma^2=75$	$\sigma^2=150$
分散									
件数	50	50	50	50	50	50	50	50	50
順位平均	62.46	68.07	95.97	49.14	63.46	113.90	48.8	67.36	110.34
χ^2	17.067			61.311			52.797		
自由度	2			2			2		
有意確率	1.97×10^{-4}			4.86×10^{-14}			3.43×10^{-12}		

表3の各モデルの有意確率は、検定の有意水準0.05より小さくなっている。よって、どのモデルにおいても財産の初期分布によって最終的なジニ係数に差が生まれるということになる。

次に、初期財産の分散が同じ場合、各モデルのジニ係数に差が出るのかを検定しておく。結果を表4に示している。表3と同様、分析にはクラスカル・ウォリス検定(有意水準5%)を用いている⁸⁾。表4にある有意確率を見ても分かるように、各モデルのジニ係数には差があると言える。また、モデル3の順位平均の値は最も小さくなっている。財産の格差は、モデル3が最も小さく、それにモデル2が続き、そしてモデル1の財産格差が最も大きいということが確認できる。

表4 モデルによるジニ係数の差の検定結果

	$\sigma^2=1$			$\sigma^2=75$			$\sigma^2=150$		
	モデル1	モデル2	モデル3	モデル1	モデル2	モデル3	モデル1	モデル2	モデル3
件数	50	50	50	50	50	50	50	50	50
順位平均	125.5	68.1	32.9	125.5	67.45	33.55	125.18	69.93	31.39
χ^2	115.751			114.561			117.745		
自由度	2			2			2		
有意確率	7.33×10^{-26}			1.33×10^{-25}			2.7×10^{-26}		

検定の結果は以上である。検定の結果、財産の初期分布の分散が大きくなるとジニ係数が上昇する傾向が見られるものの、分散を同一にして各モデル間で比較をおこなった場合、モ

モデル3の格差が最も小さくなることが分かった。また、1人あたりの財産においても、モデル3の能力の低いエージェントのそれはシミュレーションの途中で上昇傾向に転じることとなった。

現在のところ、どれほどの不平等が望ましく、どれほどの不平等が望ましくないかについての合意はないといえる。ただ、不平等の過度の拡大を悪とした時、同一の負担で格差縮小の効果をより上げるのは、単に財産を扶助することではなく、困窮者の能力を引き上げ、支払いは少なくとも所得を稼ぐ場を提供しそこで他者と競争させること、すなわち十分な所得を得るための橋渡しをすることであると、以上の結果から言えよう。

4.3 ジニ係数の変化

以上に加えて、各モデルにおける初期のジニ係数とシミュレーション終了後のジニ係数の変化を見ておくこととしよう。

ただし、以下に示すグラフは、あくまで、シミュレーション開始時のジニ係数とシミュレーション終了後のジニ係数が、モデルごとに、また、各モデルのエージェントごとに、どのように変化したかを見たものである。モデル1からモデル3の全体のジニ係数の推移を図7に示しておく。

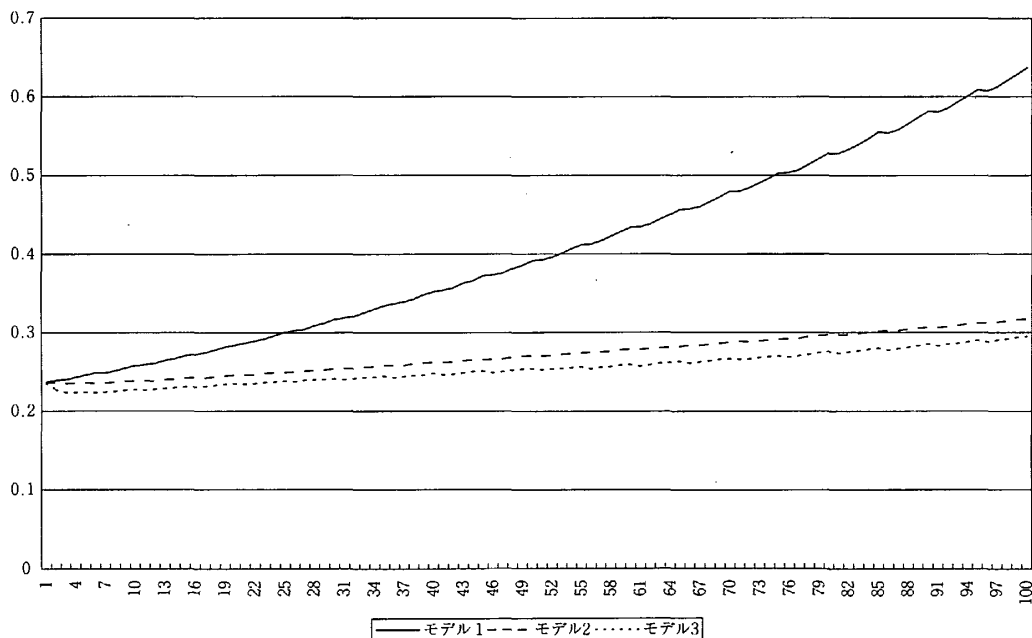


図7 モデルごとのジニ係数の推移

全てのモデルにおいて、ジニ係数はシミュレーション開始時よりも終了時のほうが高くなっている。しかし、モデル1のジニ係数の上昇の度合いに比べてモデル2と3のジニ係数の上昇の度合いはかなり緩やかになっている。また、モデル3のジニ係数はシミュレーショ

のどの段階においてもモデル2より低い。これら結果は、先ほどの検定結果を支持するものであると言えよう。すなわち、同一の負担で不平等の縮小に効果があるのは、単に財産を扶助することではないのである。

次に、エージェントごとにジニ係数がどう変化したかを見てみよう。エージェントごとのジニ係数の変化は図8に示している。

図8を見るうえで注意しなければならないことは、部分集団ごとのジニ係数の変化は全体のジニ係数の変化を正確に反映しないということである。また、ジニ係数は、所得（財産・資産）が非負の場合は0から1の範囲に収まるが、本稿のモデル1の能力の低いエージェントの財産は負の値をとり、ジニ係数は0から1の間に収まらなかった。ジニ係数にはいくつかの欠点がある。これら欠点を克服する指標は開発されているが、それらをプログラムに組み込んで分析することは今後の課題となった⁹⁾。

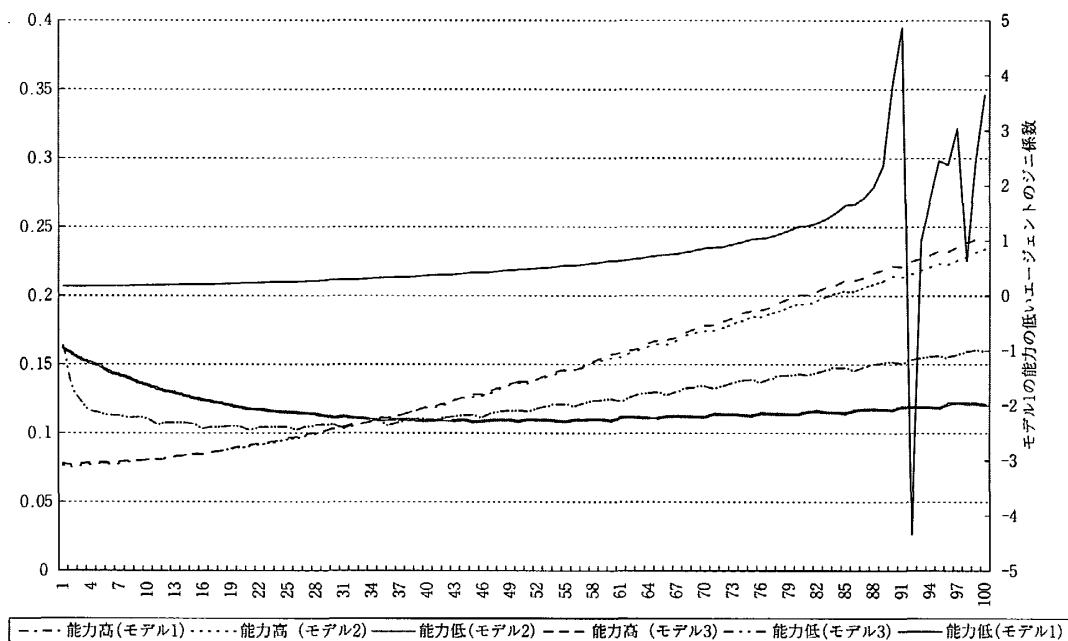


図8 エージェントごとのジニ係数の推移

図8が示すように、モデル1の能力の低いエージェントのジニ係数は、75ステップあたりで1になっている。一方、モデル2の能力の低いエージェントのジニ係数は0.1付近で上下しない。これは、扶助の基準あたりにエージェントの財産が集中することから生じていると考えられる。また、モデル3の能力の低いエージェントのジニ係数は、一度下降するものの、その後上昇している。エージェント内の格差は若干拡大しているが、それは、これまで見てきたように、財産水準の底上げの過程で生じている。また、シミュレーション開始時のジニ係数と終了時のそれとは同じ水準にある。

5. むすびにかえて

本稿では、マルチエージェントシミュレーションモデルを用いて、貧困・格差問題の分析を試みてきた。以下に本稿の分析結果のまとめと今後の課題を述べることでむすびとする。

本稿での分析によって、貧困層・低所得層へ単に財産を扶助する方法よりも、貧困層・低所得層自体の能力を引き上げる方法のほうが貧困層・低所得層に対してより効果がある方法であるということが明らかとなった。単に財産を扶助する方法は、能力の低いエージェントを何度も扶助受給に向かわせ、扶助基準のあたりに財産を固定させることとなった。一方、エージェントの能力を引き上げた場合、徐々にではあるがエージェントの財産も増加することとなった。扶助に依存させず、十分な所得を稼ぐことが出来るまでの橋渡しのために徴収した財産を使うことの方が効果があることになる。加えて、エージェントの能力を引き上げは、財産の格差の縮小につながった。

本稿の中でも述べたように、現実の施策を厳密な形で評価するためには、エージェント個々が持つパラメータ等についてさらに再考の余地があろう。また、本稿では、モデルの環境は変化させたものの、財産を蓄積しそれを消費するという目標指向性とルール駆動以外をエージェントに与えて分析することは出来ていない。マルチエージェントシミュレーションモデルが他のシミュレーションモデルと決定的に異なる点として、意図を持ったエージェントが相互作用するという点があげられる。エージェントに取引、推論、学習させ、モデルを拡張することも必要であろう。

本稿では不平等の評価としてジニ係数を用いたが、他の指標をモデルに組み込んで分析する必要もある。加えて、現在の貧困論議は非金銭的な指標の開発へと進んでいることも考慮せねばならないであろう。

注

- 1) センが提起する「権原」や「潜在能力」の概念については、Sen, A. K. (1981, 1999) を参照。センの研究およびそのサーベイについて全てを逐一あげることは紙面の関係上困難である。ここでは、絵所秀紀・山崎幸治編 (1998)、岩田正美・岡部卓・清水浩一編 (2003)、鈴木興太郎・後藤玲子 (2001) をあげておく。
- 2) Jantti, M. and Danziger, S. (2000) を参照。
- 3) 阿部 (2002) を参照。
- 4) 津屋・井庭 (2001) を参照。貧困問題分析の可能性について述べた研究となっている。
- 5) 荒井 (2003) を参照。
- 6) Gilbert, N. & Troitzsch, K.G. (1999)、井庭崇 / 岩村拓哉 / 高部陽平訳 (2003) を参照。マイクロシミュレーション以外のモデルやシミュレーションプログラム、ソフトウェアについて述べている。また、社会シミュレーションの技法のうち、特にマルチエージェントシミュレーションについて考察し、本

稿で用いたシミュレータである KK-MAS を紹介した研究として、谷田（2004）がある。

- 7) 一元配置分散分析を全てのモデルについておこなったが、モデル3以外は有意水準5%で等分散性が棄却された。なお、モデル3の一元配置分散分析では、5%有意水準でグループ間のジニ係数に差があることが確認された。
- 8) 全て ($\sigma^2=1$ (モデル1~3)、 $\sigma^2=75$ (モデル1~3)、 $\sigma^2=150$ (モデル1~3)) について等分散性を5%有意水準で検定したが、等分散性は棄却された。
- 9) 一般にジニ係数は、非負である所得（財産） y について、 $G = \frac{1}{2n^2\mu} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |y_i - y_j|$ と定義される。 y が正の場合にはジニ係数は0から1の間に収まる。しかし、シミュレーションでは財産がマイナスとなるエージェントが多数あった。ジニ係数は0から1の間に収まっていない。これらの解釈のためには、以下のような数値事例を考えると良い。例えば、エージェント数が3で各エージェントの財産が（6、-1、-2）である場合である。財産平均は1となり、ジニ係数は1.78となる。また、エージェント数が3で各エージェントの財産が（-1、-2、1）の場合、平均は-1.5となり、ジニ係数は-1となる。これら変化は、所得（財産）合計が負の値をとるか正の値をとるかによるものである。なお、データがマイナスの値をとる場合のジニ係数の変化については、Cowell, F.A. (1995) を参照。また、マイナスを含むデータのローレンツ曲線の形状を示したものに、Nash, J.C. (2001) がある。

謝 辞

本稿は平成15年度関西大学学部共同研究（財政・金融政策の有効性に関する理論的・実証的研究）の成果報告である。また、株式会社構造計画研究所より、KK-MAS を貸与していただきました。ここに記して、謝意を表したい。

参考文献

- [1] 阿部彩（2002）、「貧困から社会的排除へ：指標の開発と現状」、特集：社会的排除—概念と各国の動き—、海外社会保障研究、No.141, Winter2002, pp.67-79、国立社会保障・人口問題研究所。
- [2] 荒井篤子（2003）、「社会階層における学習意欲格差と教育施策の影響に関する研究」、第3回 KK-MAS コンペティション結果発表、構造計画研究所、[http://www2.kke.co.jp/event/mas_competition3/].
- [3] 井庭崇、福原義久（1998）、『複雑系入門 知のフロンティアへの冒険』、NTT出版。
- [4] 岩田正美・岡部卓・清水浩一編（2003）、『貧困問題とソーシャルワーク 社会福祉基礎シリーズ⑩ 公的扶助論』、有斐閣。
- [5] 絵所秀紀・山崎幸治編（1998）、『開発と貧困』、アジア経済研究所。
- [6] 大内東・山本雅人・川村秀憲（2002）、『マルチエージェントシステムの基礎と応用—複雑系工学の計算パラダイム—』、コロナ社。
- [7] 鈴村興太郎・後藤玲子（2001）、『アマルティア・セン 経済学と倫理学』、実教出版。
- [8] 谷田則幸（2004）、「エージェントシミュレーションのすすめ」、『関西大学経済論集』、第53巻、4号、pp.41-57。
- [9] 谷田則幸・村上雅俊（2004）「人口社会モデルによる貧困・格差問題分析の試み」、関西大学経済学会ワーキングペーパーシリーズ J-014, 2003年3月。
- [10] 津屋隆之介・井庭崇（2001）、「エージェントベース経済モデルによる貧困問題の分析可能性」、第5回進化経済学会、福岡、2001年3月。
- [11] 山本和也（2002）、「社会契約の論理と帰結—セキュリティアンとエガリティアンの世界」、山影進・服部正太（2002）『コンピュータのなかの人工社会 マルチエージェントシミュレーションモデルと複雑系』、共立出版、第9章、pp.140-157。
- [12] Cowell, F.A. (1995), *Measuring Inequality Second Edition*, LSE Handbooks in Economic Series, Prentice Hall/Havester Wheatsheaf.
- [13] Epstein, J.M. and Axtell, R. (1996), *Growing Artificial Societies — Social Sciences from the Bottom Up*, MIT Press,

Cambridge, MA. (服部正太、木村香代子 訳 (1999)、『人工社会』、共立出版)

- [14] Gilbert, N. & Troitzsch, K.G. (1999), *Simulation for the Social Scientist*, Open University Press. (井庭崇 / 岩村拓哉 / 高部陽平訳 (2003) 『社会シミュレーションの技法 政治・経済・社会をめぐる思考技術のフロンティア』、日本評論社)
- [15] Jäntti, M. and Danziger, S. (2000), "Income Poverty in Advanced Countries", *Atkinson, A.B. and Bourguignon, F. (ed.), Handbook of Income Distribution Vol.1, Chapter 6, pp.309-378*, (Arrow, K.J. and Intriligator, M.D. (series ed.), *Handbooks in Economics*), ELSEVIER SCIENCE B.V..
- [16] Nash, J.C. (2001), "The Gini ratio when income may be negative", [<http://www.caneducation.ca/>].
- [17] Sen, A. K. (1981), *Poverty and Famines An Essay on Entitlement and Deprivation*, Clarendon Press. (黒崎卓・山崎幸治訳 (2000)、『貧困と飢饉』、岩波書店.)
- [18] Sen, A. K. (1999), *Development as Freedom*, Alfred A. Knopf, New York. (石塚雅彦訳 (2000)、『自由と経済開発』、日本経済新聞社.)
- [19] Tanida, N. and Murakami, M. (2004), "A Study on Problems of Poverty and Inequality using the Artificial Society — Model-Multi Agent Based Simulation —", *KANSAI UNIVERSITY REVIEW of ECONOMICS*.
- [20] Townsend, P. (1979), *Poverty in the United Kingdom*, University of California Press, Berkeley.