

---

マイクロマクロ関連に基づく  
社会特性の創発に関する研究

---

課題番号：15330133

平成15年度～平成17年度科学研究費補助金  
(基盤研究(B)) 研究成果報告書

平成18年5月

研究代表者 高木英至  
埼玉大学 教養学部 教授

埼玉大学図書館



206801574

# はしがき

本報告書は研究課題「マイクロマクロ関連に基づく社会特性の創発に関する研究（課題番号 15330133）」で得た科学研究費に基づく研究成果をまとめる。

この研究課題には焦点が2つある。第1は、社会をマイクロマクロの視点で検討することである。社会科学は通常、マイクロな人間の行動を扱う部門と、社会のマクロな構造やパターンを扱う領域を持つのが普通である。特に社会心理学の場合、研究対象はしばしば、マイクロな行動の中に限定される。この研究課題の主眼は両者をつなぐことにある。本研究で用いた計算機シミュレーションはそのための思考実験の方法として採用された方法であり、同様にここで採用したゲーミング・シミュレーションも、マイクロな要因に着目しながら最終的にはマクロな社会の在り様を経験的に探求するための方法である。

第2に、この研究はマイクロマクロの関連を、社会の基本的な特性に対して適用することである。本報告書で収録した論考は、集団や社会がどのように基本次元で分化するか、社会の協力状態がいかに確保されるか、といった事象を対象としている。

この報告書は次の3つの章にまとめられている。

第I章では、本研究で用いた研究方法に対する考察を加えた論考を集めている。用いた方法が当該領域では比較的新しく、その方法上の考察を本研究の課題としていたこと由来している。

第II章では、本研究でいうところの推論型の計算機シミュレーションによる成果を集めている。第1、2節の野村論文が扱うのは集団内の分化という根源的な問題意識であり、第3節で扱うのは同様に、組織内の性比構成という、基本次元の生成である。第4、5節では、限界質量モデルという、マイクロマクロ関連を扱う古典的なモデルの新たな展開を試みている。

第III章は進化型の計算機シミュレーションの成果を収録した。進化型の計算機シミュレーションは所与の前提の下で何が「動的均衡」となるかを推論する、数理モデルに比べて簡便な方法であると位置づけることができる。進化型シミュレーションによる研究は、本研究課題で最も焦点にした研究であった。この章では、社会的交換の秩序、協力性の進化などを扱っている。

第IV章は一転して、人間被験者を用いたゲーミング・シミュレーション技法に基づく研究を収録している。この技法を適用する視点も、やはり社会のマクロなパターンをマイクロな観点から説明する、というものである。

研究成果をまとめる現時点で振り返ってみると、この研究課題で端緒を作りながら成果には結び付けられなかったアイデアも多いことに気づく。本報告書に収録した論考でもまだ改善の余地がある点があり、特に社会のより複雑な特性の創発に関する研究は、アイ

ディア段階で留まったことも少なくない。しかし本研究を行うことでいくつか試したアイディアについては、研究代表者・分担者による今後の研究につながる点が多いものと見込んでいる。

研究代表者 高木英至

2006年 5月

## 研究組織

研究代表者	高木英至	(埼玉大学教養学部教授、平成15～17年度)
研究分担者	阿部年晴	(埼玉大学教養学部教授、現名誉教授、平成15年度)
研究分担者	佐藤敬三	(埼玉大学教養学部教授、現名誉教授、 平成15～16年度)
研究分担者	野村竜也	(龍谷大学理工学部助教授、平成15～17年度)
研究分担者	林直保子	(関西大学社会学部助教授、平成15～16年度)
研究分担者	杉浦淳吉	(愛知教育大学教育学部助教授、平成15～17年度)

## 交付決定額（配分額）

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成15年度	3,000,000	0	3,000,000
平成16年度	2,800,000	0	2,800,000
平成17年度	2,300,000	0	2,300,000
総計	8,100,000	0	8,100,000

## 研究発表

### (1) 学術誌等

- 杉浦淳吉 (2003) 環境教育ツールとしての「説得納得ゲーム」—開発・実践・改良プロセスの検討—, 『シミュレーション&ゲーミング』, 13(1), 3-13
- 高木英至 (2003) 交換基準の進化と社会分化, 『シミュレーション&ゲーミング』, 13(2), 179-187
- 高木英至 (2003) エージェントのクラスタ化の相互調整モデル, 『埼玉大学紀要』, 39(2), 105-112.
- 佐藤敬三 (2003) システムサイバネティクスの研究と教育について - 科学論のシステムサイバネティクスの転回の構想(I), 『埼玉大学紀要』, 39(2), 81-90.
- 佐藤敬三 (2004) システムサイバネティクスの研究と教育について - 科学論のシステムサイバネティクスの転回の構想(II), 『埼玉大学紀要』, 40(2), 1-10.
- 与謝野有紀・林直保子 (2004) 量的データのセマンティクス：社会意識の測定と解釈, 三隅一人・高坂健次 (編) 『シンボリック・デバイス：意味世界へのフォーマル・アプローチ』 (数理社会学シリーズ第5巻).
- 林直保子 (2004) 社会関係と信頼——安心は信頼を育むのか、それとも破壊するのか——, 『関西大学社会学部紀要』,
- 高木英至 (2004) 社会現象の計算機シミュレーション, 竹村和久 (編) 『社会心理学の新しいかたち』, 誠信書房, 195-219.

- 高木英至 (2004) シミュレーション・プログラミングの実際, 北村英哉・坂本正浩 (編) 『パーソナル・コンピュータによる心理学実験入門』, ナカニシヤ出版, 141-159.
- 高木英至 (2004) 女性への小さな偏見は組織における男性支配をもたらすか: 組織における性のシミュレーション, 『埼玉大学紀要』, 40(2), 11-18.
- 林直保子・与謝野有紀 (2005) 適応戦略としての信頼: 高信頼者・低信頼者の社会的知性の対称性について, 『実験社会心理学研究』, 44(1).
- 高木英至 (2005) 限界質量モデルの反応曲線の推測, 『埼玉大学紀要』, 41(2), 65-72.
- 杉浦淳吉 (2006) 防災ゲームによる葛藤解決学習と家庭科教育への転用可能性ー『クロスロード』による創発の検討ー, 『愛知教育大学家政教育講座研究紀要 2』, 36(2), 31-38.

## (2) 口頭発表

- 高木英至 (2003) 交換は社会秩序をもたらす, 『日本シミュレーション&ゲーミング学会 2003 年度秋季全国大会発表論文集』, 20-23.
- Takagi, E. (2003) The evolution of inclusion mechanisms and trust in social dilemma situations. Paper presented at the 10th International Conference on Social Dilemmas, Marstrand, Sweden, 2003 August 19-23.
- 野村竜也 (2004) Heider のバランス理論と有限 Markov 連鎖によるグループダイナミクスの解析とシミュレーション, 『数理モデル化と問題解決シンポジウム論文集』, 205-212.
- Nomura, T. (2004) Analysis and Simulation of Group Dynamics based on Heider's Balance Theory and a Finite Markov Chain, Proc. the 2nd International Conference of the European Social Simulation Association, 2004.
- 高木英至 (2005) 限界質量モデルの反応曲線の推測, 『日本社会学会第 46 回大会論文集』, 94-95.
- Takagi, E. (2005) The emergence of sanctioning agents in social dilemma situations. Paper presented at the 11th International Conference on Social Dilemma, Krakow, Poland, July 24-28 2005. (Abstracts of the 11th International Conference on Social Dilemmas, 54.)
- Nomura, T. (2006) Analysis and Simulation of Group Dynamics based on Interaction between Decision Making and Heider's POX Systems, Proc. 11<sup>th</sup> International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 2006), 264-267.
- 野村竜也 (2006) POX システムと意思決定過程の相互作用によるグループダイナミクスモデル, 『第 41 回数理社会学会大会研究報告要旨集』, 48-51.
- 杉浦淳吉 (2006) 『クロスロード』による他者判断の予測と社会特性の創発, 『日本グループ・ダイナミクス学会第 53 回大会発表論文集』, 96-97.

## (3) 出版物

なし

研究成果による工業所有権の出願・取得状況

なし

## 報告書原稿の初出情報

### 第 I 章

#### 第 1 節 書き下ろし (佐藤敬三)

第 2 節 次を高木・佐藤が書き換えた: 高木英至 (2004) 社会現象の計算機シミュレーション, 竹村和久 (編) 『社会心理学の新しいかたち』, 誠信書房, 195-219.

第 3 節 次を高木が書き換えた: 高木英至 (2006) ゲーミングとシミュレーションの新たな関係, 『日本シミュレーション&ゲーミング学会 2006 年度春季大会報告論文集』, 23-24.

第 4 節 杉浦淳吉 (2006) ゲーミングが醸すもう一つの世界, 『日本シミュレーション&ゲーミング学会 2006 年度春季大会報告論文集』, 35-36.

### 第 II 章

第 1 節 野村竜也 (2004) Heider のバランス理論と有限 Markov 連鎖によるグループダイナミクスの解析とシミュレーション, 『数理モデル化と問題解決シンポジウム論文集』, 205-212.

第 2 節 Nomura, T. (2006) Analysis and Simulation of Group Dynamics based on Interaction between Decision Making and Heider's POX Systems, Proc. 11<sup>th</sup> International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 2006), 264-267.

第 3 節 高木英至 (2004) 女性への小さな偏見は組織における男性支配をもたらすか: 組織における性比のシミュレーション, 『埼玉大学紀要』, 40(2), 11-18.

第 4 節 高木英至 (2005) 限界質量モデルの反応曲線の推測, 『日本社会学会第 46 回大会論文集』, 94-95.

第 5 節 高木英至 (2005) 限界質量モデルの反応曲線の推測, 『埼玉大学紀要』, 41(2), 65-72.

### 第 III 章

第 1 節 高木英至 (2003) 交換基準の進化と社会分化, 『シミュレーション&ゲーミング』, 13(2), 179-187.

第 2 節 Takagi, E. (2003) The evolution of inclusion mechanisms and trust in social dilemma situations. Paper presented at the 10th International Conference on Social Dilemmas, Marstrand, Sweden, 2003 August 19-23.

第 3 節 高木英至 (2003) 安心があると信頼は生まれない: 協力と信頼の進化シミュレーション

ン, 『日本社会学会第44回大会論文集』.

第4節 高木英至 (2004) 信頼がダメなら安心が協力を生み出す: 協力出現の計算機実験, 『日本社会学会第44回大会論文集』.

第5節 Takagi, E. (2005) The emergence of sanctioning agents in social dilemma situations. Paper presented at the 11th International Conference on Social Dilemma, Krakow, Poland, July 24-28 2005. (Abstracts of the 11th International Conference on Social Dilemmas, 54.)

#### 第IV章

第1節 書き下ろし (林直保子・与謝野有紀[関西大学社会学部教授])

第2節 杉浦淳吉 (2006) 『クロスロード』による他者判断の予測と社会特性の創発, 『日本グループ・ダイナミックス学会第53回大会発表論文集』, 96-97.

第3節 杉浦淳吉 (2006) 防災ゲームによる葛藤解決学習と家庭科教育への転用可能性ー『クロスロード』による創発の検討ー, 『愛知教育大学家政教育講座研究紀要 2』, 36(2), 31-38.

# 目次

はしがき	.....	i
目次	.....	vii
第 I 章 方法の考察	.....	1
第 1 節 近代社会へのシステム論の視点 (佐藤敬三)	.....	2
第 2 節 社会科学における計算機シミュレーションの役割 (高木英至・佐藤敬三)	.....	6
第 3 節 なぜシミュレーション/ゲーミングをするのか? (高木英至)	.....	23
第 4 節 ゲーミングが醸すもう一つの世界 (杉浦淳吉)	.....	26
第 II 章 推論型のシミュレーション	.....	31
第 1 節 Heider のバランス理論と有限 Markov 連鎖 によるグループダイナミクスの解析とシミュレーション (野村竜也)	.....	32
第 2 節 Analysis and Simulation of Group Dynamics based on Interaction between Decision Making and Heider's POX Systems (Nomura, T.)	.....	40
第 3 節 女性への小さな偏見は組織における男性支配を もたらすか：組織における性比のシミュレーション (高木英至)	.....	44
第 4 節 限界質量モデルの反応曲線の推測 (高木英至)	.....	52
第 5 節 限界質量モデルのセル空間への展開 (高木英至)	.....	60
第 III 章 進化型のシミュレーション	.....	67
第 1 節 交換基準と社会分化の進化 (高木英至)	.....	68
第 2 節 The evolution of inclusion/exclusion mechanisms in social dilemma situations (Takagi, E.)	.....	80

第3節 安心があると信頼は生まれない：協力と信頼の 進化シミュレーション (高木英至)	80
第4節 信頼がダメなら安心が協力を生み出す：協力出現の 計算機実験 (高木英至)	97
第5節 The emergence of sanctioning agents in social dilemma situations: The central authority scenario of the evolution of cooperation (Takagi, E.)	100
第6節 権力はいかに創発するか？ (阿部年晴・高木英至)	107
第II章 人間を用いたシミュレーション	113
第1節 公共財としての地域通貨：地域通貨の流通条件 検討のためのゲーミング・シミュレーション開発の 試み (林直保子・与謝野有紀[関西大学社会学部教授])	114
第2節 『クロスロード』による他者判断の予測と社会特性の創発 (杉浦淳吉)	134
第3節 防災ゲームによる葛藤解決学習と家庭科教育への転用可能性 ー 『クロスロード』による創発の検討ー (杉浦淳吉)	138

## 第 I 章 方法の考察

本研究は計算機シミュレーションや人間を用いたシミュレーションによって社会特性の創発を研究することを目的とした。しかし同時に、ここで用いる研究の方法、特に計算機シミュレーションに関して、その科学的な位置づけを考察することも課題の中にも含めている。この第 I 章では最初に、本研究が従った方法についての議論を提示する。

第 1 節は佐藤が、システムサイバネティクスとの関連で、近代社会を解明する視点を科学史的に議論する。

本章の中心をなすのは、本研究の中心的方法であった計算機シミュレーションを論じた第 2 節である。この節では社会心理学を中心に、計算機シミュレーションの役割と可能性を議論する。

第 3 節と第 4 節では、本研究でも用いた、人間被験者を使ったシミュレーション、ないしゲーミング・シミュレーションの性格と可能性を、高木と杉浦がそれぞれの立場で議論する。

## 第 I 章 第 1 節 近代社会へのシステム論の視点

佐藤敬三 (埼玉大学 教養学部 名誉教授)

近代社会の基本原理は行動の合理性、つまり利己主義にあるように見える。しかし社会を眺めるとき、その基本構成は利己的行動と利他的行動との混合の中にあると見るのが正しいだろう。本稿ではこうした近代社会の基本原理にかかわる問題にとりくむ上で、システム論から主張できる論点を記したい。

システム論はガリレオ、ニュートン以来のいわゆる近代科学の批判（システム論者の中には近代科学への全面的批判を表明する立場も見られるが、私は部分的批判の立場をとる。なお、鞠子英雄氏のように、システム論が近代科学の直系であると唱える立場もあるが、私はそれには同意できない。）に根ざすものといえるが、それでもシステム理論は科学の性格を強くもつものであり、それは、今日、批判されることの多い近代科学をひきとって、そもそも科学に期待されるべき重要な役割を堅実に果しうるものであると考えている。

その重要な役割とは、人間の自己についての認識の深化であり、また、自己を相対化する視点の形成である。それは、古くは古代ギリシャの哲学者や歴史家、医者などに注目すべき源をもち、以後、二千年あまりの年月を経て、近代の理性や啓蒙の時代にいつその展開を見たが、近代の開始から四、五百年を数える今の時代で残念ながら顧みられることが少なくなりつつあるように思われる役割である。システム論からいいうることとは、主として、この、人間の自己認識、自己相対化に関するものである。そして、この人間の自己認識、自己相対化は、今日、ますます多くの難題を生み、混迷を深めている社会の問題に対処する上で、強く求められるものではないかということである。

システム論は、さまざまな対象をシステムとして捉え、その由来やそれぞれの特性を明らかにするものだが、システムの形成の過程に注目する点で歴史的、あるいは進化的アプローチをとるとみなすことができ、また、異なるシステムの比較を通じて特性を捉えようとする点で、比較のアプローチをとるものといえる。そして、この進化と比較のアプローチは、まさに、人間の自己認識、自己相対化のためにきわめて有用であると考えられる。

社会学においてシステム論の立場をとるアメリカの学者 T. パーソンスの著書の一つに『社会類型』があるが、その書の副題が「進化と比較」となっていることが注目される。[T. パーソンス, 1951] さらにこのパーソンスには『近代社会の体系』という著書があり、その序論に書かれていることが興味深い。そこで彼は、この二つの書をつなぐ命題として「社会の近代的類型が、進化をめざした闘いの唯一の舞台、すなわち西洋から出現してきた」と述べているのである。そしてさらに、「生物の一種としての人類の出現と、近代諸社会の出現との間に観察される類似」に言及している。[T. パーソンス, 1971, p. 1, 3]

西洋が進化をめざした闘いの唯一の舞台という認識には腑に落ちぬものがあるが、その西洋が生んだ近代社会を彼が誇らしげに捉えていることは理解できるし、人類史におけるその出現を、生物の進化史における人類の出現と類比させていることもきわめて興味深くうけとめられる。しかしこの西洋近代社会の柱をなしてきた原理が地球上に広くゆきわたるにつれ、安閑とできない深刻な事態が生じており、その深刻な事態と利己的行動、利他的行動の問題は無縁ではない。

したがって、近代社会をパーソンスのように自讃を込めて語ることにそれなりの理由はあるにしても、1979 年の彼の死去以後、20 数年を経て西洋近代の原理の負の面が格段に歴然としてきた現在にあっては、近代社会はその特殊性、あるいは特異性において見直される必要が

いっそう強まっており、「進化と比較」の視点で近代社会を見るさいにも、そうした批判的視点を含めざるをえなくなるだろう。

近代社会の出現は社会学者により、たとえば F. テンニースのゲマインシャフトに対するゲゼルシャフトの概念の提示で対処されたが、さらにパーソンズは五対の「パターン変数」を用いて特徴づけの精密化を試みた。しかし、今日では、それらを圧するような際立った事態が進行しており、それはたとえば、日本では、山岸俊男の「社会的ジレンマ」や三浦展の「下流社会」などとして描かれているものである。

山岸俊男はその著書で次のように述べている。

社会的ジレンマというのは、人々が自分の利益や都合だけを考えて行動すると、社会的に望ましくない状態が生まれてしまうというジレンマです。イソップのねずみたちの例では、誰も自分から進んで猫に鈴をつけに行こうとしないため、結局は皆猫に食べられてしまいました。私たち人間は、豊かな生活や便利さを求めて行動することで、私たちにとってかけがえのない地球の環境を破壊しつつあります。

イソップのねずみたちは皆、猫に鈴をつければいいことを知っています。そして、誰かほかのねずみが猫に鈴をつけてくれることを望んでいます。しかしねずみたちは結局、自分たちにとって望ましい社会状態を達成することができませんでした。皆が望んでいることがどうして達成できないのか — このことを考えるのが、社会的ジレンマについて考えることです。

[ 山岸俊男 2000 P.11]

また、『下流社会』の著者三浦典は、以前の中流層が圧倒的多数であった時代から、金持ちと低所得層の差が広がり固定する階層化が進む時代になっており、そこで生まれる下流の人々とは、所得が低だけでなく、コミュニケーション能力や働く意欲、学ぶ意欲が低く、未婚のままの可能性も高い人々であるという。[三浦展 2005] このような「下流」という階層集団を生み出したいわゆる格差社会は、山岸のいうように人々が「自分の利益や都合だけを考えて行動する」、つまり利他的ならぬ利己的な行為をすることにより形成されたと見られるだろうか。

迫りくる環境破壊による生存の危機、社会内での格差の増大など、近代社会もいわば「現代的な」（これは曖昧な表現だが）展開を見せるにいたったが、状況を構成している成分はとくに近代に固有というものではなく、いつの時代にもどこの地域にも見られるものであるが、問題は、それが突出する程度の異常さであり、それは近代以外に類を見ないものであるということである。つまり、自分の都合しか考えない、また、利益を求めて行動する、等々は、それが見られない時代や地域はないともいえるほどのものだが、問題はその程度が途方もなく鮮鋭化、肥大化し、てごころを加えられることもなく横行しているということである。

これを「歴史的、進化的」アプローチで見ると、それは西洋の近代化と共に確実に前進、強化された傾向にほかならず、その端緒は 16 世紀の大航海時代にあると見られるであろうし、「比較」の見地でいえば、近代社会がますます、前例のない、類例のない、他との比較を絶した特異性をあらわにしていると捉えられるだろう。その目立った特性をあげるならば、まず、大航海時代にはじまりその後、一貫してなされた社会的活動の拡大膨張的性格である。それは交易地の拡大にとどまらず、事業の拠点の拡大、市場の拡大へと展開された。その拡大膨張の動機は経済的利益の獲得で、経済原理がこれほど優勢となった社会、時代は他に類を見ない。それと平行して、個人間、国家間の激しい競争があり、また、個や自我の確立という「個人主義」の謳歌がある一方で、国民国家建設のための統一化と整備という「国家主義」が唱道されるという不思議ともいえる現実がある。

これらの特性の底流には、途方もなく巨大な利益を獲得する機会が格段に広範囲に開かれ、その実現の可能性、というより蓋然性が強いインセンティブとして働いていたことが指摘できるだろう。それは植民地獲得や産業革命、科学理論の実用化などにより強化され、とくに 19 世紀後半以降に、諸要因の結合が果され、空前絶後といえる成長と発展がとげられ、今日にいた

っている。その過程での人口の増加は驚嘆すべきものであり、19世紀初頭の約10億人からほどなくして70億に達するといわれている。(アメリカ商務省センサス局が2006年2月に公表した予測による。)これは人類の異常増殖と呼ばれても仕方がない事態である。

近代科学はガリレオやニュートンにより生み出されて以来、「神の意志を忖度する」もので世界観学的な性格をもっていたが、19世紀半ば頃からはそれを脱して制度化科学とか産業化科学と呼ばれるものへと転身し、上述の流れの推進に大きく貢献した。しかし「現代の」科学であるシステム論は、近代の趨勢の特異性を吟味するという自己認識、自己相対化の視点に立ち、より「理にかなった」道を探ろうとする。

ところで、パーソンズが、人類史における西洋近代の出現と、生物の進化史における人類の出現に類比性を認めたことははじめに述べたが、そこで次に、西洋近代社会と類比に置かれた人類について、「進化と比較」の観点で考察したい。そのために、次の三者の見解に注目したい。

(1) 進化上、人類と最も近い関係にあるのはチンパンジーやオランウータンなどの霊長類だが、「天才チンパンジー」の研究で知られ、日本における霊長類研究の第一人者で、2006年4月に京都大学霊長類研究所の所長に就任した松沢哲郎氏は、霊長類学は人間の本性を知る学問であると考えている。

(2) 一般システム論の創始者であるL.フォン・ベルタランフィは、人間を人間以外の生物に還元して捉える立場を批判し、能動的な人格系(システム)として人間を捉えることを主張した。[L.フォン・ベルタランフィ 1967 p.27]

(3) 相田みつをは、そんなとくかは人間のものさしで、うそかまことかは佛さまのものさしであると書いた。[相田みつを]

ベルタランフィのシステム論よりの立場からは、そんなとくかは生物一般のものさしで、うそかまことかは人間のものさしといえるであろう。人間自身、原子や分子といった物質から構成された一種の生物であるが、さらに人間としての精神をもち、したがってシステム論という階層構造として、人間は、物質、生命、精神の三層からなるシステムである。生命システムを物質システムに還元することを批判したベルタランフィは、人間を生物一般に還元することをも批判したが、その立場に立てば、人間においては、生物一般に見られる損得の原理のほか、うそかまことか、あるいは善か悪かの原理が問われうることが強調されることになる。したがって、人間の思考と行動において、ゲーム理論での利得や、利己的であるか利他的であるかに加えて、真や善や美の問題が考慮されることになる。そこで、ベルタランフィからすれば、霊長類学で研究されるのは人間の特性の一部に限られることとなろう。人間ではなぜ神や佛がもちだされるのか、あるいは、霊長類学や人類学がなぜ成立したのか、などの問題も、霊長類学で説明されるのだろうか。

物質界に生死が問われうるシステムが生じたことは、化学進化から生物進化へという大きな転換を意味するものだが、生物の進化の中で善悪が問われうるシステムとして人間が生じたことも、やはり劇的な転換と見られてよいだろう。ただし、その人間が、人類全体として、きわめて利己的な行動に走り過ぎていることは重大事であり、人間活動により絶滅した生物種の数は近代において激増している。松沢氏らよれば、霊長類はフンをして未消化の草木の種をまき散らし、森を再生する役目をしており、彼らがいるから森は生きているのだが、ひるがえって人間は、と問うならば、人間は生態システムの生物の輪の中での役割を果たしていぬどころか、それを利己的にゆがめ、破壊しつつある。

人間が損得とは別の原理にもかかわりうる特性をもつと同時に、生態系の中ではきわめて利己的な存在であることについての、「進化と比較」の見地による自己認識、自己相対化は、近代社会を特異なシステムと捉える自己認識、自己相対化とともに、科学としてのシステム論がひきうけ、育てるべき大きな役割である。

ベルタランフィによれば、システムとは「相互作用する諸要素の集まり」である。しかしそれは単なる集まりではなく、自己維持、自己保存を至上原理とし、環境から独立してその存立を主張するという、利己的な面をもつ。しかし他方でシステムは、開かれたものとして環境や他者とかかわりを持ち、それらに依存することなしには存在し得ない。自己の存在のためには、この二面性のあいだのバランスをとるかが重要な問題となり、さらに人間の場合は、損得とは別の原理ともかかわりをもつことになる。

#### 参考文献

邦訳書の場合、原書の出版年を示す。

相田みつを	こころの暦	ひとりしずか	相田みつを美術館
T. パーソنز	1951	社会類型 進化と比較	矢沢修次郎訳、至誠堂
T. パーソنز	1971	近代社会の体系	井門富二夫訳、至誠堂
L. フォン・ベルタランフ	1967	人間とロボット	長野敬訳、みすず書房
三浦展	2005	下流社会	光文社新書
山岸俊男	2000	社会的ジレンマ	PHP 新書

## 第1章 第2節 社会科学における計算機シミュレーションの役割

高木英至 (埼玉大学 教養学部)

佐藤敬三 (埼玉大学 教養学部 名誉教授)

この節では社会科学における計算機シミュレーションの役割について論じる。

計算機シミュレーションはこの研究課題においても主要な役割を担った方法であり、現在、その適用はいろんな分野に広がっている。しかし、この方法の社会科学における位置づけは、実は議論中であり、現時点で必ずしも明確になっているとはいえない。実際、人工社会(Artificial Society)という考えは10年くらい前から一部で流行しているものの、社会科学全体の中では大きな影響を持っているとはいえない。この節では、こうした計算モデルの現在の位置を、社会心理学を素材としながら考察することを目指している。

### 1 はじめに：計算機実験としてのシミュレーション

社会科学全般では、「シミュレーション」の語を2つの意味で用いているように思う。1つは現実を模した状況の中に人間被験者を置き、実際に行動、相互作用させることである(広瀬, 1997)。もう1つの意味は計算機実験、つまりコンピュータシミュレーションである。

広く流布した定義によれば、「シミュレーションとは現実のシステムのモデルを作成しそのモデルを実験してみる過程である。シミュレーションの目的は、システムの挙動を理解すること、もしくはシステムの作動に対する各種の戦略の効果を評価することである。」(Shannon, 1975) まずわれわれは、現実の世界の中に考察の対象(target entity)を見出す(図1)。その対象の構造のモデル化がシミュレーションの前段階となる(モデル構築, modeling)。シミュレーションとはそのモデルの作動を実験し、モデルの予測を導出することである。「予測」は「帰結(consequences)」や「含意(implications)」といい換えてもよい。

モデルは「実体モデル(physical models)」と「シンボリックモデル(symbolic models)」の2つに大別できる(cf. 中西, 1977)。実体モデルとは対象と同じ/類似の素材を用いた、実体を

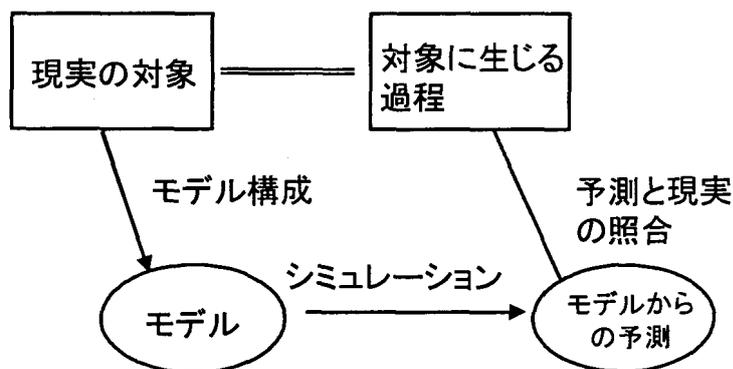


図1:シミュレーションの概念図

伴うモデルである。風洞実験や水槽実験に用いる縮尺モデル（飛行機や船体の模型）がその典型である。実在モデルは縮尺モデル以外に、対象と同じ縮尺を持つ実物モデル、対象と類似した特性を持つ実体で置き換えた類推モデルがある。被験者を用いる SIMSOC 型のシミュレーションも、実際の人間を使った模型社会を用いる点で実体モデルの一種と見られる。

シンボリックモデルとは対象の構造をシンボル体系で構成したモデルである。用いるシンボル体系に応じ、シンボリックモデルを次の3つに分けることができる(Ostrom, 1988)。

第1は自然言語を用いた言語モデル (verbal models) である。人文社会科学領域での「理論」の多くは言語モデルである。言語モデルの欠点は、全体の論理的な一貫性が時折不明になり、何が明示的な前提からの帰結であり、どこにアドホックな前提が入っているかが分かりづらいことである。第2のモデルは数学体系に基づく数理モデル（解析的モデル）である。計量モデルも数理モデルの一種と考えてよいだろう。

シンボリックモデルの第3は計算機のコードで記述したシミュレーションモデル（計算モデル）である。シミュレーションは一種の計算であるから、元来は計算モデルは数理モデルの派生した形態である。しかし計算モデルは必ずしも数学的な定式化を必要としない。その意味で計算モデルは別個のシンボリックモデルと位置づけることができる。

シンボリックモデルは定式化の様態に応じていくつかの次元で特徴づけることができる（近藤, 1973）。第1の次元は静的／動的という区分である。一般にモデルは動的であることが望ましいけれども、数理モデルでも比較静的な、説明力の高いモデルの数は多い。第2の区分軸はマクロ／マイクロである。マイクロなモデルは対象の構成要素の特性をモデル化して対象全体の挙動を求める。マクロなモデルは対象を集計した変数間の関係として表現する。よく用いる第3の区分は決定論的／確率的という軸である。

計算モデルは多くの場合、動的でマイクロな確率的モデルということができる。まず計算モデルは原則として動的なモデルであり、連続的か離散的かは問わず、時間要素（シミュレーションクロック）を内蔵する。また、特に人工知能・人工生命の流れを汲む計算モデルは、対象の構成要素としてのマイクロなエージェントの行動特性を定式化し、対象全体の挙動をシミュレートすることが多い。つまりマイクロな構成要素から対象のマクロな特性を導こうとする（マイクロマクロリンク）。さらに計算モデルは何らかの確率項を含むことが多い。

もう1つ重要なモデルの次元が抽象度の次元である(Taber & Timpone, 1996)。モデルは必ず何らかの抽象を経るとしても抽象の度合いには差がある。一方ではリアリティの高いモデル、つまり現象の量的再現を目的として対象の詳細を組み込むようなモデルがある。実践的な予測に用いる計算モデルはこうしたリアルなモデルである。待ち行列や交通渋滞のシミュレーションプログラムがシミュレーション教本で事例としてよく取り上げられることは(e.g., Payne, 1982)、計算モデルが元来は実践的用途に供することを想定したことを物語る。他方で、特に人工生命のモデルなど、現実から離れた抽象的な計算モデルも多く登場するようになった。典型的には囚人のジレンマの利得構造を前提にエージェントがプレイするような計算モデルである(e.g., Nowak, May, & Sigmund, 1995)。抽象的な計算モデルはどのような効果が生じ得るか、何が均衡か、といった理論的な関心に根ざし、現象の質的再現を目指す。抽象的なモデルの存在価値は背後の理論的関心の意義に依存している。

## 2 実例で見るシミュレーションの適用

ここまでの論述だけでは、シミュレーションと具体的にどのような処理をイメージすべきか迷う読者がいるかも知れない。ここで実際に研究に使われた計算モデルのうち、具体的な処理を理解しやすい単純な適用例を眺めてみよう。

### 2.1 何が生じるのか？

計算モデルの役割の1つはモデルに組み込んだ前提から何が生じるかを見ることにある。Linville, Fischer, & Salovey (1989)のモデルはこの点を例示する単純なモデルである。このモデルは内集団多様性知覚の再現を目指している。

内集団(in-groups)と外集団(out-groups)は異なって認知される。第1に人は内集団成員を外集団成員より好意的に認知する傾向がある(内集団びいき)。第2に人は内集団成員を外集団成員より多様だと認知する傾向がある。

後者の内集団の多様性認知傾向はいくつかの異なった過程から説明できるかも知れない。まずこの傾向は、社会的アイデンティティ理論が仮定するようなある種の動機づけに基づくかも知れない。あるいは、この傾向は内集団成員と外集団成員に人が異なった情報処理を適用する結果かも知れない。外集団には予めステレオタイプが定着している場合が多く、外集団成員の認知が *stereotype-driven* である可能性もあるだろう。

Linville らは、動機づけの存在や情報処理の相違といった要因によらずとも内集団成員がより多様と認知される帰結が生じる、と考えた。内集団は外集団より熟知度(*familiarity*)が高い、つまり接触するイグゼンプラ(成員事例)の数において内集団が外集団より高い。この熟知度の差が多様性認知の差となると考える。

内集団のイグゼンプラには多く接するので内集団をより多様に認知する、とは、言葉でいえばその通りのような気もする。しかしこの結論は論理的にどのように導けるだろうか？ Linville らの計算モデルが検証するのはまさにこの点である。

Linville らのモデルは次のような計算手順でできている。計算は離散的な「期間」とともに進行する。1期間で観察者に次の①~④が順におこるようにプログラムされる。

①イグゼンプラの発生：1期間に一定数のイグゼンプラを発生させる。1つのイグゼンプラは集団属性(今は内集団と外集団)と属性(ここでは1属性)の2次元からなる。外集団成員のイグゼンプラは数が少ない。属性は7水準(値)からなり、確率分布には条件として対称な単峰型(Bell)、正(左)に歪んだ単峰型(Skew)、対称な双峰型(Bimodal)の3つが用意される。イグゼンプラは刺激強度を持つが、ここでは刺激強度は同一と仮定する。

②学習：①で接触したイグゼンプラは  $P_{Learn}$  の確率で長期記憶の中に貯蔵される。 $P_{Learn}$  は極端な属性値(1と7)のときだけ高く(0.9)、その他の場合は一律である(0.5)。

③忘却：その期間内に長期記憶に貯蔵されたイグゼンプラは一律な確率( $P_{Forget}=0.1$ )で忘却される。

④検索と判断：各集団を判断するときには期間の終わりで長期記憶からの検索が生じる。検索は集団所属の値( $C_i$ )をプローブ(probe)とし、プローブに合うイグゼンプラは確率的に( $P_{Retrieve}=0.75$ )再生される。ただし極端な属性値(1か7)のイグゼンプラでは再生の確率は高まる( $P_{Retrieve}=0.95$ )。観察者が認識する対象集団の属性値の分布は、再生したイグ

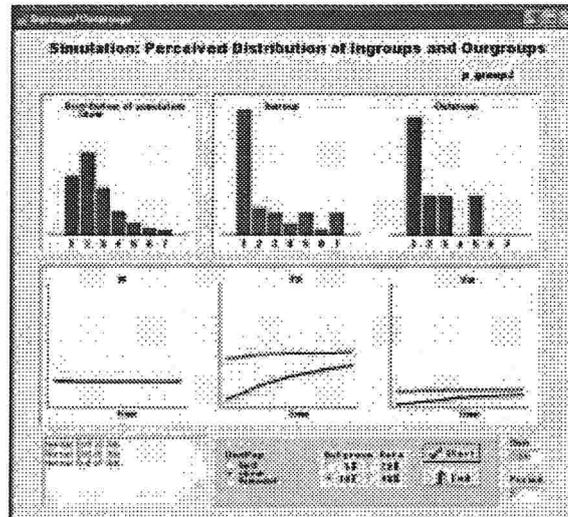


図2: Linvilleらのモデルの再現プログラム

ゼンプラの刺激強度の和に比例すると考える。

Linvilleらのモデルの本質的な部分はいずれだけである。導入した前提を問い詰めれば疑問の余地はあるものの、何れも常識的かつ中庸な前提に過ぎない。それでもこのモデルは内集団を多様と認知する傾向を予測している。観察者が判断する属性値の分布は、分散で見ても水準を名義的カテゴリと考えたときのバラツキの指標で見ても、確率分布の形状にかかわらず、内集団が外集団より高い。むしろ、このモデルが描く過程だけから内集団の多様性認知が生じると考えるべきではない。しかし内集団の多様性認知はこのモデルのような単純な前提だけからも生じ得ると知ることは、さらに複雑なメカニズムを研究するための前提となるだろう。

## 2.2 どれほど生じるか？

ある効果が生じるとして、どれほどの程度で生じるかを推論することも計算モデルの役割である。この点を示す単純なモデルに Martell, Lane, & Emrich (1996) がある。

背景となるのはジェンダーステレオタイプの評価である。ジェンダーステレオタイプは女性の能力を低く見積もらせるようなバイアスをもたらす。そこで、たとえ世の中が能力本位になり、男女に真の能力の差がないとしても、女性の社会進出は阻害されるかも知れない。ただし政策的な観点からは次のような議論があり得るだろう。女性へのバイアスは有意な効果を及ぼすとしても、過去の研究では、男女差は評価の分散の1～5%を説明するに過ぎない。つまり女性の不利益は意外と規模が小さい。そこで、女性の不利な立場は認めるとしてもその是正のために社会的費用の大きな措置を採用すべきだろうか？

ここで Martell らは「小さなバイアスが女性を大きく傷つける」と主張する。この主張のために次のようなシミュレーションを行った。まず8つの階層レベルのあるピラミッド構造の組織を仮定する。階層レベルは下から上に行くにしたがい成員規模が大きい。組織成員には評価のスコアがつく。スコアは平均50、標準偏差10の正規乱数で決める。男性成員には評価スコアの分散の1ないし5%を説明する分のボーナススコアを加算する。組織内の昇進は隣接し

た階層レベル間で生じる。

Martell らのモデルは次の計算手順にしたがう。まず初期状態で組織のすべてのポストに組織成員を配置する。各レベルで男女は半々であり、レベルとスコアには関連がない。計算は再び離散的な期間として進行する。1 期間で次の①～④の事象が順に生起する。

- ①退職：階層・性別とはかかわらず成員は確率 0.15 でランダムに退職する。
- ②昇進：上のレベルから順に、1 つ下のレベルの成員をスコアの高い順に抜擢し、退職の結果生じた空席に着任させる。1 つ下の成員がいなくなればさらに下のレベルを探す。
- ③新規雇用：②の後に残った空席に新人を新規雇用する。Martell らの条件では新規雇用が生じるのは最下層レベルにおいてだけである。新規雇用される成員のスコアは初期状態と同じ条件で決まり、男女もランダムである。
- ④終了条件：初期状態にいた成員が残っていれば①～③を繰り返す。成員がすべて入れ替わったとき計算を終了する。

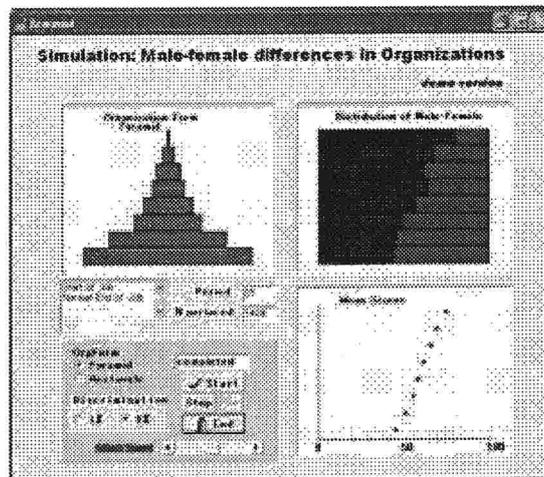


図3: Martell らのモデルの再現プログラム

Martrell らのモデルを再現したプログラムによってシミュレーションを再現してみた。バイアス（スコア分散を性別が説明する程度）を0%、1%、5%にして、それぞれについて100 試行を繰り返した結果の平均である。バイアスがあれば上位レベルに行くほど単調に女性比率が低下し、最下層では女性が多くなる。レベル間の移動（昇進）が女性に不利なフィルターとなるため、フィルターを多く経る上位レベルほど女性が少なくなる理屈である。

女性に不利なバイアスがあることが前提であることを考えれば、一見するとこのシミュレーション結果には興味深い要素はない。意義があるとすれば、言葉ではある効果が生じることが理解できるにしても、どの程度の規模で生じるかは事前には推測し難いからである。組織レベルが権力関係を反映するため、この小さなバイアスを放置すれば権力関係が男性優位に大きく傾く可能性があることをこの結果はデモンストレイトしている。

### 3 シミュレーションに何ができるのか？

社会心理学の中で実験や調査の位置づけは確立している。しかしシミュレーションの位置づけにはコンセンサスがあるとはいえない。シミュレーションに過大な幻想を抱く意見もあれば、その価値を否定する見解もある。ここでシミュレーションの性格を整理しておこう。

#### 3.1 思考実験としてのシミュレーション

シミュレーションの基本性格としてまず次の2点を指摘できる。

(1) シミュレーションは前提が何を帰結するかを推論する思考実験である。

シミュレーションはモデルを操作した思考実験(thought experiment)に過ぎない。現実世界の経験的知見を増大させる訳ではない。モデルに組み込んだ前提が何を帰結するか、何を予測するか、何を含意するかを導くだけである。シミュレーションに価値があるのは、その背後にある理論的考察に価値を認めることができる場合だけである。

思考実験に過ぎないシミュレーションに価値があるのは次の理由による。第1に、前提を眺めただけでその帰結を正しく導くことは一般には難しいからである。当然おこると思える効果をシミュレーションが否定することもある。第2に、前提がどれほどの数の帰結を生むかは事前には分かりにくい。われわれは普通、特定の効果に対する説明としてあるモデルを考案する。しかしモデルは想定せぬ効果を導くことが多い。ある効果の説明を想定したモデルが他の多くの観測知見を同時に説明することもよくおこる。第3は、想定する効果を出現させるのにどれだけの前提が必要であるかを推定するためにシミュレーションを利用できる点である。より前提の少ない、単純で節約的なモデルを探索することをシミュレーションは容易ならしめている。第4に、確認した効果を別の状況に外挿して予測するためにシミュレーションを用いることができる。Stasser(1988)は、集団討議のモデルを作成した後、集団内に多数派とは意見を異にする少数派が存在する状況を設定し、少数派の存在が隠されたプロフィールの解消に寄与することを導いている。このように新たな状況設定での推測を許すことはシミュレーションの仮説導出能力の基礎となる。同時に、新たなアクションの効果の推定を求められる政策的企画のためにシミュレーションが貢献できる根拠になるだろう。

(2) シミュレーションは例を提示するだけであり、証明は与えない。

実験一般がそうであるように、思考実験としてのシミュレーションは主張する効果の存在を証明するものではない。例をデモンストレートするだけである。したがって計算モデルは数理モデルのような一般的な解答を与えない。一般性のある結論を出すためには解析的な証明が別途必要となるのが理屈である。

しかし、一般的な解答を与えないシミュレーションにも価値はある。第1に、シミュレーションは一般的な主張に対する反例をあげることができる。第2に、ある効果が存在する例を示せることは研究の進展にとって決定的に重要であることがある。第3に、異なった条件やパラメータの下でのシミュレーション結果の再現、あるいは感度分析(sensitivity analysis)は、シミュレーション結果の一般性に対する補強材料を提供することができる。

#### 3.2 シミュレーションの特質

計算モデルは数理モデルほどの一般性を保障しないものの、実に多くの分野で導入され、多

くの成果を生み出してきた。その背景にあるのはむしろ、計算機の性能の飛躍的向上である。が、それだけではない。主に数理モデルとの比較において計算モデルには次の利点がある。

#### (1) モデル構築の柔軟性

計算モデルは数理モデルに比べてモデル構築上の柔軟性が高く、それゆえ作成が容易である。数学に長けた研究者を除けば自由にモデルを構築することはできない。特に動的なモデルを解析的に構築し解を得るのは難しい。解を求める便宜のために不自然な前提を導入することにもなりやすい。対して計算モデルの構築では、基本的なステップを想定してプログラムに置き換えるだけである。

計算モデルの柔軟性はモデル改変の容易さをもたらしている。例えば数理モデルで特定の効用関数を仮定した場合、効用関数の入れ替えは解の求め方そのものに影響を及ぼす可能性がある。対して計算モデルの場合はモジュールを入れ替えるだけである。モジュールの独立性を保持するというプログラム基準(modular programming)が一般化しているので、モジュールの入れ替えによるモデル全体への影響は通常は小さい。

#### (2) 言語的アイデアとの親和性

柔軟性の一側面として、言語的なアイデアを受け入れやすいことも計算モデルの重要な特質である。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「Aさんは友人を病院に見舞った」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, 1988)。

数理モデルはその強力さと長い伝統にもかかわらず、社会科学では一部を除いてあまり普及しなかった。計算モデルは数理モデルが浸透しなかった領域で多くの適用を見出す余地がある。

#### (3) 導出の効率性

構築も改変も容易であるため計算モデルは含意の導出において効率的である。ささいな結果も知見と呼ぶなら、計算モデルが生み出す知見の数は必然的に多くなる。

#### (4) 複雑さの許容

計算モデルの明らかな利点は複雑な要因を組み込むことを許すことである。社会科学で数理モデルを作るとすれば、典型的には行為者に利得最大化原則を仮定し、少数の変数をコントロールすると仮定するだけで終わるだろう。しかし計算モデルでは行為者にも状況にも一層の複雑性を導入しても結論を出すこと自体には支障は少ない。

以上の利点は、同時に計算モデルの欠点をも準備する。ここでは次の欠点を述べておこう。

#### (1) 要因特定の難しさ

計算モデルはしばしば複雑な要素から成り立つ。その複雑さのゆえに、導いた効果が生じた理由が特定できなくなることがある。導いた効果はモデルにとって本質的でない計算手順や前提によって生じたかも知れない。同じ問題は数理モデルにも生じる可能性があるが、組み込んだ要因が複雑である分、計算モデルで生じる可能性が高い。

#### (2) ゴミの算出

計算モデルは容易に構築でき、しかも多くの結果を算出する可能性がある。この点は利点であるけれども、悪くすると安易なシミュレーションが無価値な結果を多く算出する危険もはらんでいる。特に出現した理由を特定できない結果に対してその危惧が高い。

実験や調査なら、実施すれば何らかの経験世界の知見をとどめる。しかし思考実験に過ぎないシミュレーションは、理論的な位置づけが明確でなければ全く無意味になる恐れがある。シ

シミュレーションに対しては伝統的に、「ゴミを入力してゴミを出力するだけ (garbage in, garbage out)」という酷評がある。この酷評も根拠のないことではない。重要なのは計算モデルが事前に十分な理論的吟味を経ていることである。

### 3. 3 シミュレーションが新たにもたらすもの

シミュレーションはいくつかの研究潮流の中で育まれてきた。その潮流の中で発達した技法とその背景となる発想を、シミュレーションを受入れた研究領域は享受している。社会心理学もしかりである。以下ではそうした新たな視点をいくつか述べておこう。

#### (1) 知的なエージェント

社会のシミュレーションを形作る潮流に分散人工知能 (Distributed Artificial Intelligence, DAI) がある (Doran, 1996)。DAI アプローチは「知的」なエージェントが多数集まって集合的に意味のある挙動を示すことに着目する。知的とは、エージェントが知覚、計画、学習、意思決定などの能力を持つことを意味する。そのため、計算モデルの行為者 (エージェント) はより人間に近づき、何らかの認知能力を持つことが多くなった (e.g., 菅沼・中森, 2003)。例えば社会心理学における集団討議のモデル (Stasser, 1988) でも、エージェントには 2. 1 の例の程度の記憶メカニズムが仮定されている。

#### (2) マルチエージェント

シミュレーションの興隆をもたらした 1 つの大きな潮流は複雑性研究から生まれた人工生命 (ALife) である (Langton, 1989)。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)。その自然な拡張が人工社会 (artificial societies) である (Epstein, & Axtell, 1996; Gilbert, & Conte, 1995)。人工社会は DAI などとともに社会科学にエージェント型のモデル (agent-based models) ないしマルチエージェントシミュレーション (multi-agent simulation) のコンセプトを導入した。社会のシミュレーションにおいてセルラオートマタ (CA) の定式化 (エージェントをセルと見る) が多いことはその 1 つの現れである。

人工生命と同時に普及した重要な概念が創発 (emergence) である (Gilbert, 1996)。創発とは、複数の独立したエージェントの相互作用からなるシステムにおいて、全体の挙動を指示する仕組みないしエージェントがないにもかかわらず、エージェント特性には還元できない特性 (創発特性) が全体レベルで生じることを指す。ただし実際の事例では創発の判定基準はしばしば曖昧である。

創発の概念はシミュレーションの適用領域に画期的な変化を与えたというべきだろう。創発の問題はマイクロ・マクロ・リンクと等しい。シミュレーションはマイクロ・マクロリンクを体系的に分析するはじめての方法として登場したといえる。創発の概念はまた、知らず識らずのうちに社会以外の対象の認識にも影響を与えている。従来はその全体的な規制を予め仮定しがちであった認知や自己といった対象も、ユニットの相互作用から創発的に生まれると見る視点が浸透してきている。

エージェント型の計算モデルを技術的に支援しているのがプログラミング言語に導入されたオブジェクト指向性である。エージェントを独自の属性とメソッドを持つデータの集まり、つまりオブジェクトとして定義することが容易になったからである。

#### (3) 進化

進化も計算モデルによって導入が促進された概念である。人工生命は進化を前提にした研究

であり、したがって人工社会のモデルは多くの場合進化メカニズムを内蔵する。進化は遺伝的アルゴリズム (GA) などの進化的計算によって実行される。

進化的計算ではプールされた遺伝子 (多くの場合ビット列で表現される) を適応度 (fitness) で評価し、再生 (reproduction) において適合度の高い遺伝子が繁殖しやすくする。この繁殖率の差 (differential reproduction) からより適応した (最適に近い) 遺伝子を増大させる。また、局所的均衡に陥ることを避けるために必要に応じて突然変異 (mutation) や交叉 (cross-over) を遺伝子に施す。典型的なマルチエージェント型の計算モデルでは、エージェントが別個の遺伝子 (行動ルール、戦略) を持つと考え、相互作用を経てエージェントが得る結果 (利得など) を適応度とし、より適応的な遺伝子をエージェント社会で進化させる。

注意すべきは、進化的計算は遺伝メカニズムを模してはいても、本質的には勾配法などと並ぶ数値的な最適化手法の一種であることである。マルチエージェント型のモデルでの進化的計算は、進化ゲームの意味での動的な均衡解を推論する計算上の手法である。人工社会に生じる「進化」とは均衡解に至るまでの計算上の試行錯誤の過程であり、人間社会に実際に生じる進化とは別である。

社会の計算モデルで進化を導入した意義は大きい。進化のない計算モデル (単純推論型と呼ぼう) では通常、エージェントに一定の行動ルールを与え、その帰結を導く。単純推論型ではエージェントの行動ルールは与件であり、その妥当性の根拠はモデルの外部に求めなければならない。しかし進化的なモデルでは、単純推論型ではいわば外生変数であった行動ルールを内生変数化し、行動ルールの進化と均衡状態とを同時に推論することが可能になる。このことの意味は第1に、より一般的で恣意性の少ないモデル構築が可能になったことである。第2に、社会心理学的には、人間に一定の行動ルール、あるいは利他性や親への愛着といった個人の行動特性が出現する根拠を社会のモデルから推論することが可能になったことである。進化心理学は、潜在的には計算モデルから利益を得る余地が大きい。

進化的計算にも課題がある。第1は具体的な計算手順には選択の幅があり、計算手順のいかんによって結果が異なる可能性があることである。第2は、その制約を克服する試みはあるものの、一般にはモデル構築者が予め設定した変数空間内での進化を扱うに過ぎないことである。

#### (4) 合成の原理

モデルは何らかの意味でいくつかの要素を合成して帰結を生み出す。したがって背後には合成の原理とでも呼ぶべきパラダイムが潜んでおり、そのパラダイムがモデル構築をガイドしている。社会科学の古典的な数理モデルはワルラス調整過程のモデルのような連立微分方程式体系を典型にしよう。計算モデルはまた、計算に適用しやすいパラダイムを蓄えてきている。GAやCAもそのような合成の原理の一種である。

重要なパラダイムの1つにニューラルネットワークがある。ニューラルネットワークの考え方を継承し社会心理学にもシェアがあるのが認知心理学のコネクショニストのモデルである (McLeod, Plunkett, & Rolls, 1998)。コネクショニストのモデルにはユニット (ニューロン) 間の入出力の重みづけが誤差の逆伝播 (back propagation) によって調整されるとするモデル、使用される結合の重みづけが増大するとするモデルなど、いくつかのヴァリエーションがある。が、どれも何らかの学習をモデル化している。また、ニューラルネットワークは認知にとどまらずいろんな社会過程に適用できる可能性がある (Nowak, Vallacher, & Burnstein, 1998)。

## 4 社会心理学におけるシミュレーションの展開

シミュレーションが社会心理学の中でどのように導入されたかを、領域別に、特徴的な適用例を見てみよう。

### 4. 1 社会的認知

社会的認知領域では計算モデルを用いた研究例を多く見出せる。研究数自体が多いことに加え、認知心理学の計算モデルが豊富であることによるだろう。

まずあげるべきはイグゼンプラ依存型の判断のモデルである。このモデルではレコードとして発生させたイグゼンプラが一定の確率でモデルの記憶領域に貯蔵され、忘却が生じる。そして対象を判断するときにイグゼンプラが検索され、再生されたイグゼンプラに応じて対象への判断が生じる、と考える(2. 1)。Linville, Fischer, & Salovey (1989)はこのモデルに基づいて内集団多様性知覚が生じ得ることを導いている。

Smith(1991)による錯誤相関(illusory correlation)のモデルはより巧妙に構築されている。錯誤相関は小集団の少数派事例が過大評価される効果を指す。このモデルは行為者の集団所属や行動記述を含むイグゼンプラをビット列で表現し、時間の経過の中でビット列の値が消える(記憶が曖昧になる)ことを許す。同様にプローブをビット列で表現し、プローブと記憶されたイグゼンプラとの類似性に応じて検索が生じることをモデルに組み込む。このモデルはHamilton型の錯誤相関を予測するとともに、第3の集団を導入すると錯誤相関が低下するといった実験知見をも再現している。ただしこのモデルでは説明できない効果の存在も指摘されている(McConnell, Sherman, & Hamilton, 1994)。

Smith(1988)は同様の記憶モデルでカテゴリー・アクセシビリティ効果をシミュレートしている。Hastie(1988)はon-lineの印象形成によって情報間にリンクができるという前提を導入することで、incongruentな情報が再生されやすい、などの対人記憶の結果を再現している。

社会的認知モデルの重点はニューラルネットワークの影響を受けたコネクショニストのモデルにある。例えばSmith, & DeCoster(1998)のモデルは平行分散処理(PDP)の考えにしたがう。40のユニットからなるネットワークは外的な刺激パターンから入力を受け取るとともに相互に入出力を授受するが、ユニットが受け取る入力の誤差(外的入力と内的入力の差)を小さくするようにユニット間の重荷づけ係数が変化するので、外的刺激のパターンを重荷づけ係数の行列が記憶することになる。このようにして曖昧な刺激をステレオタイプ的に認知したり、パターンの再学習が最初の学習より早く達成される、などの効果を説明している。また、同様のコネクショニストモデルは、ストーリーに付与する説明(Read & Marcus-Newhall, 1993)、認知的不協和低減(Shultz & Lepper, 1996)にも適用されている。

異色なのは自己(self)のCAモデル(Nowak, Vallacher, Tesser, & Borkowski, 2000)である。このモデルでは自己を構成する認知要素をセルと考え、セルの相互影響によって全体がポジテ

<sup>1</sup> より詳しい参考文献は [http://homepage1.nifty.com/eiji\\_takagi/esp/](http://homepage1.nifty.com/eiji_takagi/esp/)に記載している。またHastie & Stasser(2000)が社会心理学の計算モデルをレビューしている。社会科学領域ではウェブ上で刊行されている *The Journal of Artificial and Social Simulation* が重要な情報源である (<http://jasss.soc.surrev.ac.uk/JASSS.html>)。また *American Behavioral Scientist* 誌(1999, 42)が社会科学諸領域についてのレビュー特集を組んでいる。

ィヴに偏ること、ポジティブ／ネガティブなセルがそれぞれ集中すること、ネガティブな情報が入ってきてもすぐに回復すること、などの傾向を予測している。部分要素の創発性として自己の組織化を説明できることを示した点がこのモデルの意義である。

#### 4. 2 社会的影響

社会心理学の計算モデルで最も知名度があるのが、Nowak, Szamrej, & Latané(1990)に始まり、現在 Dynamic Social Impact Theory (DSIT)と呼ばれる一連の研究である(Latané, 1996; Nowak & Latané, 1994)。DSITはもともと静学的な social impact の理論(Latané, 1981)を動的モデルに置き換えることを目指した。2値的な態度を持つセル(エージェント)をCA風の格子状のセル空間に配し、セル間の相互影響の結果どのような態度の分布が動的に出現するかをシミュレートする。モデルの主な帰結は、相互影響により(1) (パラメータによっては)少数派が残存し多様性が持続される、(2) しかし多様性は減少し、初期多数派はより多数に、少数派はより少数になる(合併, Consolidation)、(3) 同じ態度のセルが空間的に近接するようになる(クラスタリング)、などである。これらの結果は空間的な配置や影響力関数などの変異の影響を受けるものの比較的頑健に成り立ち、態度が連続的であっても影響力関数によっては維持される(森尾, 2003)。また経験的データと照合しても大勢では支持されている(e.g., Latané, & L'Herrou, 1996)。

#### 4. 3 集団過程

わが国のシミュレーション研究として画期的だったのは矢守・杉万(1992)、Yamori(1998)による歩行群集の解析である。このモデルでは歩行者が周囲の状況を前提に移動の方角と速度を決めると仮定し、歩行者が反対方向に流れる群集において、条件に応じて流れの列ができるというマクロなパタンが形成されることを再現している。

同様に Molnár(1996)は単純な歩行者のルール(目標に向かって自己の速度で歩く、他者や障害物と適度な距離を保つ)から、通路で双方向に進む群集が会うときは列ができ、通路が小さいドアだけで仕切られているときは交互の通過が生じ、4方向からの群集が会う交差点では中心に障害物を置くことで流れが改善される、などの観測を再現している。

集団研究の中心は討議集団にあるだろう。Stasser & Taylor(1991)はモデルによく知られた知見を組み込んだ。成員の発言頻度に順位づけがある、発言すると次に発言する確率が上がる、などである。このモデルは討議の状態、例えば2成員間で討議が続く floor 状態などの出現頻度の再現に成功している。

Stasser(1988)は集団意思決定の結果を予測する点でより野心的である。このモデルは情報の共有状態で異なる条件ごとに、成員の初期の意見分布から集団決定の結果を算出し、データの再現に成功している。例えば隠れたプロフィールがある場合に非共有情報を優先した結果になることを導く(cf. Larson, 1997)。この研究の注目すべき点は、集団過程の知見の他に成員間の影響力や記憶依存的な判断のモデルを総合していることである。

高木(1999a)は古典的実験であるコミュニケーションネットワークのモデルを作ってGAを適用し、主要な実験的知見がネットワークによる構造的制約から説明できることを示している。成員の役割分化への要請は中心性の高いネットワーク(Wheel など)で強い、課題が困難であれば中心性の高いネットワークの効率性は落ちる、観測された役割分化はモデルから再現できる、

などの結果である。

ゲーム形式のモデルから好例を探すなら Flache(1996)が優れている。このモデルは集団課題について社会的な手抜き（社会的ジレンマ）が内在する状況で、成員間で是認(approval)を与えることを許す。成員の行動は進化ではなく学習で変化する。10人集団を用いたシミュレーションでは是認が服従(集団課題への貢献)だけと交換できると仮定すると、是認と服従の交換によって高い凝集性（是認の付与）と集団制御（社会的な手抜きの解消）が同時に生じる。ただし是認同士との交換を許せば是認し合いながら手抜きが生じる傾向がある。

集団研究は内容が多様であり過去の蓄積も多い。また社会的認知などモデルを集団状況に適用する余地も大きい。集団研究は計算モデルを適用して経過を上げる余地の高い領域である。

#### 4. 4 対人関係

カップル間で容貌の釣り合い(matching)が観測できることはよく知られている。Kalick & Hamilton (1986)はこの釣り合いが心理的要因を導入することなく、男女が単に容貌だけを手がかりにして相手を選択することで生じることをデモンストレートする。ただしこのモデルが予測する釣り合いの程度はいろんな要因によって変化する(Aron, 1988; Kalick & Hamilton, 1988)。

高木(1992b)は相手の魅力要因に態度類似性や報償経験を追加し、恋愛関係の段階性を導入して同様のシミュレーションを実施している。このモデルが導いたのは、デート関係の崩壊率は平衡理論の仮定を導入しなくても不釣り合いな関係で高い、釣り合い傾向はより進んだ関係で強くなる、などである。また片方の性のエージェントにプロポーズ権がないとすると釣り合いは低下し、不利な性の側には恋愛に消極的な戦略が進化する、などの予測を得ている。

対人関係のシミュレーションの例は少ない。理由の1つは心理学者が対人関係をダイアドとしてだけモデル化する傾向があることだろう。また、この領域は、知見の数の割には統一的な理論が乏しい。しかし筆者の試行では、他者への好意が態度類似性知覚と報償経験から決まるとする相互作用モデルは、親密化の研究(Newcomb, 1961)に記載があった観測知見の多く(13個)を説明していた(高木, 1992a)。「近接性による相互魅力の説明力は初期に高く、以後低下する」、「人気が高いほど魅力順位の他者との一致度は高い」、などである。シミュレーションはこの領域の散在する観測知見の理論的整理に寄与する可能性が高いというべきだろう。

#### 4. 5 社会科学としての展開

社会科学に生じた近年の大きな展開は社会のシミュレーション(social simulation)ないし人工社会アプローチの出現である。これらの研究は一概にマルチエージェント型の仕様を持ち、多くは進化を内蔵する。その目指すところは、ローカルなルールとして表現されるマイクロなエージェントから社会のマクロなパターンがいかにかに成立（創発）するかを推論することにある。

社会のシミュレーションの意義は、従来は自明な与件とされてきた社会的事実、つまり社会の構造や制度の成立根拠の解明に寄与することである。実際、この流れの研究は人間社会の協力性や利他性、親族組織、階層、規範形成、権力、分業などの出現に重要な洞察を与えている(高木, 1998, 1999b)。

社会心理学もまた、シミュレーション研究によって社会科学に共通するテーマに寄与している。例えば協力の出現(林, 1999)、交換・分配規則の根拠(竹澤・亀田, 2002)、利他性(高橋・山岸, 1996)等々の諸研究がこの傾向を代表している。ただし社会のシミュレーションの流れに

属する研究は多岐にわたり、議論が進行中の論点も多い。それゆえ、以下では筆者の私見にしたがい、社会のシミュレーションが描き得る1つのシナリオを述べるにとどめよう。

出現する社会秩序には普遍的規則性がある。こうした規則性はエージェント間の要素的な協力が社会の「自己組織化エンジン」として機能することによって出現する、というのが基本的アイデアである。要素的な協力とは、共通の効果の出現を目指す協働や社会的交換を指す。

社会的交換に注目してみよう。まず2者間の資源のやり取りとして生じる限定交換のシミュレーション（高木,2003）は、交換資源の等量性（互酬原則）の出現とともに次のような社会分化の帰結を予測している。第1に社会的交換が交換基準を共有するエージェントのクラスタごとに分化すること、第2に社会的交換が所有資源階層別に分化することである。

他方、一般交換は一定の圏内で見返りを前提とせず生じるやり取りであり、その圏内における利他性といってよい。一般交換のある基礎社会(communal societies)と呼び得る。一般交換は資源のプールを通しリスクへの緩衝装置となるため、戦略的に頑健に出現できる(Takagi, 1996)。一般交換は同時に、この基礎社会に強い排他性（集団中心主義）、弱者のサポート、階層性など、基礎社会の基本特性を生み出すことが予測される。

一般交換の帰結として最も重要なのは、基礎社会にもたらされる社会的ジレンマの解決能力である(Takagi, 1999)。利他的な一般交換が選択的誘因として働き、例えば公共財への貢献が促進されることが予測できる。社会の高度な制度がある種の公共財として出現することを考えれば、一般交換はより高度な、複雑な社会秩序を準備する可能性があるといえるだろう。

## 6 結び

最後に社会心理学におけるシミュレーションの適用、特に我が国での展開について、筆者が抱く問題点を述べておこう。

第1に、どの課題を計算モデルに委ねるべきかは吟味が必要になるだろう。概して社会心理学の計算モデルは単純であり、計算モデルを選ぶべきかいなかの点で境界的な場合が多い。シミュレーションの論文の中に、単純な確率分布を仮定すれば主要な結論を容易に導けるものを見出すこともあった。そうした場合はわざわざ計算モデルを作るまでもない。研究目的によっては数理モデルを試みるべき場合も多い。

第2は、最終的に目指す「大きなシナリオ」を示すことが重要になるだろう。シミュレーションに限らず、順列組合せ的に要因を変えて調べただけという研究は数多い。その種の研究を「手堅い研究」と評価する向きもある。しかしシミュレーションの真骨頂は先駆的なデモンストレーションにある。大きなシナリオを描き一定方向への関心を喚起することがシミュレーション研究の担うべき役割のように思える。

第3に指摘すべきは、シミュレーションによる研究が意外にも実践的ないし政策的応用を発達させなかったことである。シミュレーションはもともと実用的な用途のために開発された面がある。また、仮想状況の設定や予期せぬ効果の推測を得意とするはずなので、制度設計には適している。実践的研究として、さして学術的とも思えない調査研究等に多くの研究費が使われていることを考えると、シミュレーション研究が政策応用に進出しないのは社会的損失のように思えてならない。

シミュレーションによる政策的な貢献には2つの方法があるだろう。1つはモデルから具体

的な予測を生み出す直接的な方法である。歩行群集のシミュレーションはもとは建築設計を考慮した研究であり、集団意思決定の研究なども潜在的には直接的貢献が可能かも知れない。

他方で、抽象的なモデルが導く理論的な含意による、間接的貢献も見逃せない貢献のあり方である。この形態の貢献はシミュレーション研究が質の高い理論構築に向かうことに基づく貢献である。コースの定理は元来、経済学における抽象的な理論であるけれども、この定理は排出権取引の基礎となった。協力の創発などの解明にシミュレーションで寄与した Axelrod がその知見をもとに国際政治に関与したことを記憶にとどめてもよいだろう。

社会科学における計算機シミュレーションの適用例を眺めるとき、この方法がかつてのシステムサイバネティクスが考えたことを、より簡便な方法で実行するものである、という印象を強くする。システムサイバネティクスの元来の定式化を基準にすれば、既に述べた通り、この方法は安易である。しかし、現実にモデルを適用し、数多くの思考実験を繰り返すというこの方法の側面を考えると、実際の社会科学的な適用の中ではますますその用途を広げることになるだろうと筆者は考えている。

#### 引用文献

- Aron, A. (1988) The matching hypothesis reconsidered again: Comment on Kalick and Hamilton. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54, 441-446.
- Doran, J., 1996, Simulating societies using distributed artificial intelligence. In K.G. Troitzsch, U. Mueller, G.N. Gilbert, & J.E. Doran (Eds.) *Social Science Microsimulation*. Berlin: Springer. See Troitzsch, Pp.381-393.
- 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.
- Gilbert, G.N. (1996) Holism, individualism and emergent properties. In R. Hegselmann, U. Mueller, & K.G. Troitzsch (Eds.) *Modelling and Simulation in the Social Sciences from the Philosophy of Science Point of View*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, Pp.1-12.
- Gilbert, G.N. & Conte, R., (Eds.) (1995) *Artificial Societies*. London: UCL Press.
- Hastie, R. (1988) A computer-simulation model of person memory. *Journal of Experimental Social Psychology*, 24, 423-447.
- Hastie, R. & Stasser, G. (2000) Computer Simulation Methods for Social Psychology. In H. T. Reis (Ed.) *Handbook of Research Methods in Social and Personality Psychology*. Boston: Cambridge Univ Press, 85-114.
- 林直保子 (1999) 『協力行動の社会関係的基盤』, 多賀出版.
- 広瀬幸雄 (編著) (1997) 『シミュレーション世界の社会心理学』, ナカニシヤ出版.
- 星野力 (1998) 『進化論は計算しないとわからない』, 共立出版.
- Kalick, S.M. & Hamilton III, T.E. (1986) The matching hypothesis reexamined. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51, 673-682.
- Kalick, S.M. & Hamilton III, T.E. (1988) Closer look at a matching simulation: Reply to Aron. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54, 447-451.

- 近藤次郎 (1973) 『社会科学のための数学入門』, 東洋経済新報社.
- Langton, C.G. (1989) Artificial life. In C.G. Langton (Ed.), *Artificial Life*. Reading, MA: Addison-Wesley, Pp.1-47.
- Larson, J.R., Jr. (1997) Modeling the entry of shared and unshared information into group discussion. *Small Group Research*, 28, 454-479.
- Latané, B. (1981) The psychology of social impact. *American Psychologist* 36, 343-365.
- Latané, B. (1996) Dynamic social impact. In R. Hegselmann, U. Mueller, & K.G. Troitzsch (Eds.) *Modelling and Simulation in the Social Sciences from the Philosophy of Science Point of View*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, Pp.287-310.
- Latané, B. & L'Herrou, T. (1996) Spatial clustering in the conformity game: Dynamic social impact in electronic groups. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70, 1218-1230.
- Linville, P.W., Fischer, G.W., & Salovey, P. (1989) Perceived distributions of characteristics of in-group and out-group members: Empirical evidence and a computer simulation, *Journal of Personality and Social Psychology*, 57, 165-188.
- Martell, R.F., Lane, D.M., & Emrich, C. (1996) Male-female differences: A computer simulation. *American Psychologist*, 51, 157-158.
- McConnell, A.R., Sherman, S.J., Hamilton, D.L. (1994) Illusory correlation in the perception of Groups. *Journal of Personality and Social Psychology*, 67, 414-429.
- McLeod, P., Plunkett, K., & Rolls, E.T. (1998) *Introduction to Connectionist Modelling of Cognitive Processes*. Oxford: Oxford Univ. Press.
- Molnár, P. (1996) A microsimulation tool for social force models. In K.G. Troitzsch, U. Mueller, G.N. Gilbert, & J.E. Doran (Eds.) *Social Science Microsimulation*. Berlin: Springer. See Troitzsch, Pp.155-170.
- 森尾博昭 (2003) マルチ・エージェントによる DSIT シミュレーション. 『シミュレーション&ゲーミング』, 13(2), 159-168.
- 中西俊男 (1977) 『コンピュータシミュレーション』, 近代科学社.
- Newcomb, T.M. (1961) *The acquaintance process*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Nowak, A. & Latané, B. (1994) Simulating the emergence of social order from individual behaviour. In G.N. Gilbert, & J. Doran (Eds.) *Simulating Societies*. London: UCL Press, Pp.63-84.
- Nowak, A., Szamrei, J. & Latané, B. (1990) From private attitude to public opinion. *Psychological Review*, 97, 362-376.
- Nowak, A., Vallacher, R.R., & Burnstein, E. (1998) Computational social psychology: A neural network approach to interpersonal dynamics. In Liebrand, W.B.G., A. Nowak, & Hegselmann (Eds.) *Computer Modeling of Social Processes*. London: Sage, Pp. 97-125.
- Nowak, A., Vallacher, R.R., Tesser, A. & Borkowski, W. (2000) Society of self: The emergence of collective properties in self-structure. *Psychological Review*, 107, 1, 39-61.
- Nowak, M., May, R.M. & Sigmund, K. (1995) The arithmetics of mutual help. *Scientific American*, June, 50-55.
- Ostrom, T.M. (1988) Computer simulation: The third symbol system. *Journal of*

*Experimental Social Psychology*, 24, 381-392.

- Payne, J.A. (1982) *Introduction to Simulation*. New York: McGraw-Hill.
- Read, S.J., Marcus-Newhall, A. (1993) Explanatory coherence in social explanations: A parallel distributed processing account. *Journal of Personality and Social Psychology*, 65, 429-447.
- Shannon, R.E. (1975) *System Simulation: The Art and Science*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Shultz, T.R. & Lepper, M.R. (1996) Cognitive dissonance reduction as constraint satisfaction. *Psychological Review*, 103, 2, 219-240.
- Smith, E.R. (1988) Category accessibility effects in a simulated exemplar-based memory. *Journal of Experimental Social Psychology*, 24, 448-463.
- Smith, E.R. (1991) Illusory correlation in a simulated exemplar-based memory. *Journal of Experimental Social Psychology*, 27, 107-123.
- Smith, E.R. & DeCoster, J. (1998) Knowledge acquisition, accessibility, and use in person perception and stereotyping: Simulation with a recurrent connectionist network. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74, 21-35.
- 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.
- 菅沼成正・中森義輝 (2003) 環境認知アプローチに関する社会シミュレーション. 『シミュレーション&ゲーミング』, 13(1), 32-43.
- Taber, C.S. & Timpone, R.J. (1996) *Computational Modeling*. Thousand Oaks: Sage.
- 高木英至 (1992a) 親密化の過程のコンピュータ・シミュレーション - Newcomb の知見を再現する. 『日本社会心理学会第 33 回大会発表論文集』, 238-241.
- 高木英至 (1992b) 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.
- Takagi, E. (1996) The generalized exchange perspective on the evolution of altruism. In W.B.G. Liebrand & D.M. Messick (Eds.), *Frontiers in Social Dilemmas Research*. Berlin: Springer-Verlag, Pp.311-336.
- 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 (1999a) 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(3), 113-122.
- 高木英至 (1999b) 社会科学におけるシミュレーション研究の現状. 『日本ファジー学会誌』, 11, 30-42.
- Takagi, E. (1999) Solving social dilemmas is easy in a communal society. In M. Foddy, M. Smithson, M. Hogg & S. Schneider (Eds.) *Resolving Social Dilemmas*. NY: Psychology Press, Pp.33-54.
- 高木英至 (2003) 交換基準の進化と社会分化. 『シミュレーション&ゲーミング』, 13(2), 179-187.

- 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.
- 竹澤正哲・亀田達也（2002）所有と分配. 佐伯胖・亀田達也（編著）『進化ゲームとその展開』, 共立出版, 129-156 頁.
- Taylor, C. & Jefferson, D. (1995) Artificial life as a tool for biological inquiry. In C.G. Langton (Ed.), *Artificial Life: An Overview*. Cambridge, MA: The MIT Press, Pp.1-13.
- Yamori, K. (1998) Going with the flow: Micro-macro dynamics in the macrobehavioral patterns of pedestrian crowds, *Psychological Review*, 105, 530-557.
- 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.

## 第I章 第3節 なぜシミュレーション/ゲーミングをするのか？

Why do we conduct Simulation/Gaming?

高木英至 (埼玉大学 教養学部)

本節の目的は、計算機シミュレーション以外の「シミュレーション」、つまり人間被験者を用いたシミュレーションやゲーミングと呼ばれる手法の位置づけを考察することである。

日本シミュレーション&ゲーミング学会、2006年度春季大会が「ゲーミングとシミュレーションの新たな関係」をテーマとして開催される(2006年5月20、21日)。その第1日目に設定され、筆者がオーガナイザー・司会を務めるシンポジウムも、同じテーマを掲げている。このテーマはむしろ、探求すべき特別の課題を表現したものではない。今回の大会報告論文集をご覧になれば分かる通り、シミュレーション&ゲーミングは新たな環境と新たな技法のもとで、より一層の飛躍を遂げようとしている。こうした状況にあつて、基本に帰り、シミュレーションとは何なのか？ ゲーミングをなぜするのか？ シミュレーションとゲーミングの関係は何なのか？ といった問題をあらためて問い直そうとするのが、今回のシンポジウムの趣旨である。

### 社会心理学を例に

シミュレーション&ゲーミングはいろんな研究分野(disciplines)で何がしかの地位を占めている。ここでは筆者が属する分野である社会心理学における事情(古い事情)を述べておこう。**ゲーミング** 社会心理学には「ゲーム実験」と呼ばれる手法が定着している。ゲーム実験の起源はおそらく、ゲームの理論が出現した直後、つまり1940年代か50年代に遡るだろう。ゲームの理論はプレイヤーが「合理的に」行動したときの「規範解」を表す、と受け取られていた。では規範解ではなく、実際の人間に同じ与件のもとで行動させたときにどうなるか？ それを調べるために、ゲームの理論の状況を人間被験者に提示して行わせる実験ゲーム(Experimental Games)が数多く実施されるようになった。

実験ゲームはその後、いろんな研究分野の中に引き継がれていったと思うが、社会心理学では特定の実験形式だけが生き残っていった。非協力ゲーム型の実験ゲームでは、マトリックス・ゲームの囚人のディレンマ、その拡張としての社会的ディレンマの実験が目立った存在である。協力ゲーム定式の実験ゲームとしては、交渉(bargaining, negotiation)、連合形成(coalition formation)が代表といえる。

社会心理学はゲーム理論の課題を引き継ぐものでは必ずしもないが、にもかかわらずこれらのゲーム実験が定着したのには明確な理由がある。ゲームは本質的に、プレイヤーの行動の目標(関数)を外的に与えるものである。人間の被験者を使って実験をする場合、かれらの行動は被験者それぞれの人生観によって、放っておけばまちまちになるだろう。そうした行動の結果を観察しても、結果が何を表すかを推測するのは難しい。そこで実験操作として、被験者に行動の目標を与えることが要請される。その要請に簡便に応える実験形式がまさにゲーム実験であったと考えることができる。ゲームの特質はさまざまな「ゲームのルール」を擁することであるが、それらのルールは被験者に与える目標関数を定義するために導入されたものである。

ゲーム実験とはそれゆえ、人間が目標追求的な行動をするときにどのような選択傾向を示すかを研究する領域といえる。この研究目的から考えれば、次に述べるシミュレーションのような「複雑な」要素は、実験目的のための排除される傾向にある。

こうしたゲーム実験と、いわゆるゲーミングとの関係はやや微妙である。ゲーミングは、ゲームのルールによってプレイヤーに一定の目標を与える点ではゲーム実験と変わらない。しかし、ゲーム実験が人為的に構造を単純化して観察結果の解釈を容易にするように構成されるのに対し、ゲーミングの場合は現実的に複雑な要因や、プレイヤーの行動の選択の幅の大きさなど、次のシミュレーションに近い側面を持っている。その意味では、ゲーミングはシミュレーションに含めて考えた方がよいかも知れない。

**シミュレーション** シミュレーションという言葉の一般的定義はおくとしても、慣例的にいえば、シミュレーションとは現実場面の要素を多く取り入れたモデルの実験、といった意味合いで使われる。その意味でシミュレーションとは、模擬的社会モデルの実験である。

こうしたシミュレーションは社会心理学の中では2つの経路から登場したように思う。

1つはゲーム理論の枠組みに従ったゲーム実験のうち、現実的でいくぶん複雑な要素を導入したモデルの実験である。マトリックス型のN人囚人のディレンマはゲーム実験と呼ぶが、いくぶん複雑な資源の再生関数を備えた共有地ディレンマ (Commons dilemma) は時折、シミュレーションと呼ぶ。

もう1つの部類のシミュレーションとはそれぞれの研究機会に研究者が導入した模擬社会的な実験状況である。典型的には模擬陪審、噂の伝播、模擬監獄、といった、現実を模した状況を使った実験をシミュレーション (実験) と呼ぶ。

これらのシミュレーションを行う理由はまたも明確である。模擬社会状況を実験計画に従った操作に乗せるためである。現実の社会状況は繰り返し実験にはなじみにくい。従って、模擬的なシミュレーションとして実験操作をし、要因の統制を行うことができれば便利である。その要請に応えるのがシミュレーションだったといえる。

しかし、このようなシミュレーションを研究目的で利用するか否かについては、研究者によって判断が分かれるように思う。シミュレーションは現実的な状況で実験操作を行う場を提供する。が、同時に欠点も指摘できる。まず、複雑な要素を加えることは実験に対する内部妥当性への脅威にもなるだろう。状況が複雑であるため、ある実験操作が要因の混在を引き起こす (confounded) 可能性があるからである。また、状況を現実的にすることによって、現実の状況に関する一般的期待を被験者の中で呼び起こしてしまうことが、方法的な難点といえることができる。この難点を指摘する典型例が、Zimbardo らの模擬監獄研究に対する批判であった。

**計算機シミュレーション** 他の分野同様に社会心理学でも計算機シミュレーションの試みがある。現実の行動パターンを直接再現しようとするもの (e.g., 歩行群集のシミュレーション)、特定の心理効果をデモンストレートしようとするもの (e.g., 外集団均質性認知のシミュレーション)、社会的なルールの出現を説明しようとするもの (e.g., 利他性シミュレーション)、などである。

注意すべきは、先述のシミュレーションと計算機シミュレーションとでは目的が全く異なることである。人間被験者を用いたシミュレーションはそれ自体で経験的なデータを提供するが、計算機シミュレーションは理論操作をしているに過ぎない。計算機シミュレーションは計算モデルがいかなる implications を持つかを予測することが目的である。

**対象としてのシミュレーション/ゲーミング** 社会心理学の場合、シミュレーション/ゲーミ

ングは方法として意義があるだけではない。社会の中でシミュレーション／ゲーミングが組み込まれており、その状況の分析が1つの課題として取り上げられる。テレビゲームや、コンピュータ上のエージェントとの相互作用が、そうした研究対象として浮かび上がる。

#### ここから先へ

ここまで見た限りでいえることは、シミュレーション／ゲーミングの現実適用上の意義、あるいは教育上の意義は明らかであるものの、研究上の意義がまだ確立されていない、という点である。はたして、シミュレーション／ゲーミングは研究上の意義を十分主張できるのだろうか？

主張できるというとなれば、その根拠は次の2つになるように思う。

第1に、現実的に複雑な要素を入れた状態で、なおかつ実験操作を加える必要がある研究状況が存在することである。本報告書における林・与謝野論文がその方向を目指した研究例といえる。

第2は、シミュレーション／ゲーミングを実施することが研究上の新たなアイデアを生む、ないし、仮説検証型の研究とは異なる形で新たな発見を生む可能性を持つことである。次節の杉浦論文はその点について考察している。

## 第 I 章 第 4 節 ゲーミングが醸すもう一つの世界

Gaming brews another world.

杉浦淳吉(愛知教育大学 教育学部)

キーワード：巡り合わせ，照らし合わせ，語りの継承，アクションリサーチ，KEEP COOL

### 1 「もう一つの世界」を巡って

筆者は 2004 年 12 月から 2005 年 9 月までドイツ連邦共和国で研究生活を送った。この滞在中、教育に関連するゲーミング・シミュレーションについての情報収集には力を入れ、ポーランドで開催された“ISAGA Summer School 2005”にも参加した。生活経験は「もう一つの世界」そのものであった。本論文報告集の別項でも述べているように(杉浦ら, 2006), ポツダムでのゲームマーケットにおいて、地球温暖化問題の国際間交渉をテーマにした“KEEP COOL”のデザイナーとも巡り合った。

ゲーム一般を考えると、文化の違いによりゲームの行動に違いがみられることはあるが、ゲームのルールという制約のもとでの最適解の探求にはある種の普遍性があるようにも思える。逆説的だが、その中で個性がぶつかりあい、多様な視点を共有することもゲームの世界では可能となる。本稿では、以上のような背景をもとに、筆者の日常においてゲーミングが醸す「もう一つの世界」について述べていきたい。

### 2 「巡り合わせ」と「照らし合わせ」のシステム

『説得納得ゲーム』(“SETTOKU NATTOKU GAME”; “SNG”, 杉浦, 2003; 2005, 杉浦ら, 審査中)は、環境関連のワークショップで開発された環境配慮行動のアイデアに対するコミットメントを高める仕掛けとしてデザインされた。その後ルールが整備され、現在のフレームが完成した。すなわち、参加者を二つのグループに分け、一方には説得する役割、もう一方には説得される役割を与える。参加者は 20~100 名程度を想定しているが、それ以上でも以下でも実施できる。要は全体を二つのグループに分け、他者と巡り合わせるシステムなので、移動できるような物理的空間の確保とファシリテーションさえできれば何人でも構わないのである。固定式で移動が窮屈な大学の講義室でも、人数的にゆとりがあれば、人がごった返した市場をかき分けて目的を探すかのような世界が設定できる。

このようなゲーム特性から実践を繰り返すうちに、当初の目的とは異なる側面でゲームが機能していることが分かってきた。すなわち、他者に伝えるべき内容について、なるべく多くの他者に説明し、多様な反論と納得を獲得するシステムとしての側面である。結果として、ある問題について個人から発せられたアイデアについて、より多くの参加者と巡り合わせ、それぞれの役割や立場に基づいて対峙させることにより、新たな知が獲得される。説得と納得の相互作用を発生させる装置としてのゲーミングにより、協働知が生成・蓄積されるのである。

この“SNG”をドイツ滞在中に実施したことは、筆者にとっては空間と文化を超えた重層的な

世界における出来事に映った。ハレ大学やベルリン工科大学での環境関連の授業で実践する機会を得たが、日本での実践と比較し、生活背景の異なるドイツでも説得と納得のプロセスは同じように活発に進んだ。この成果を受け、今後ドイツでの継続的実践も予定されている。

“SNG”は環境教育の分野から始まり、現在では消費者教育や健康増進教育など、様々な分野で利用可能なゲームとして発展し続けている(杉浦, 2005)。結果として、環境で蓄積された社会心理学的知見を消費者問題や健康増進問題に転用することが可能となった。異なる分野を巡り合わせ、個々の独自の経験や知識の接触と統合から新たな知識を統合するシステムの構築が進んでいる。

“SNG”が他者との巡り合わせのシステムであるならば、“ISAGA Summer School 2005”において開発された振り返り技法“ICHIBA”(Interpersonal Comparison for Horizontal Integration by Border Awareness:境界知覚による水平的統合のための対人的比較, 杉浦, 投稿中)は、他者との照らし合わせのゲームである。W. Kriz氏が提案するディブリーフィング技法“Market place”(Kriz, 2006, in press)をヒントに考案された。“Market Place”は、市場において偶然的に人が出会っては別れる様子状況をシミュレートしている点で、説得納得ゲームと共通している。一方で、このゲームでは、自分の考えと他者の考えを比較することから始まり、それがまた本質でもある。自己と他者との考えの照らし合わせが、その間の「境界」として「知覚」されることによって照らし合わさる。このことによって、同じグループになるか否かの「水平的統合」が具現化される。こうした「手段」(境界知覚)と見かけ上の「目的」(水平的統合)を目指した「対人的比較」が、まさにこのゲームの狙いといえる。このゲームは個人・集団間の対照システムとして発展の余地も大きい。

### 3 知や語りを生成・継承するシステム

知恵や語りを収集・継承するためのフレームとして、『クロスロード』(“CROSSROAD”)を挙げることができる。『クロスロード』は一般には防災ゲームとして知られているが、集団場面で、ジレンマをとまなう選択が必要な状況において、他者の選択を予測しながら意思決定を行い、さらには冒頭で述べたような機能を満足するフレームゲームと見なすのが自然であろう。プレイヤーはゲームを通じて、それぞれが決定に必要な情報や前提条件、役割に基づく多様な観点を理解するだけでなく、ローカルな経験や知識を風化させずに語り継ぐシステムとしても機能するのである(矢守ら, 2005)。

筆者はこのゲームにおいて機能する「意見分布の推測」を利用して、集団規範の生成と継承、および社会特性の創発を解明するためのツールとしての利用方法の開発を行っている(杉浦, 2006a, 杉浦, 2006b)。この取り組みは大学教育でのアクションリサーチとして、防災をテーマとした『クロスロード』の実施に加え、個人が新たなオリジナルのジレンマをゲームのコンテンツとして作成している(表1)。その際に、防災に関するコンテンツに相通じるジレンマが生成されたことは、興味深い事実であった。表1で紹介したジレンマにおいては、「ある種の行為を注意するか否か」、「上司と部下との関係をいかに保つか」などは、『クロスロード:市民編』のコンテンツにも含まれた内容である。防災で得た知恵は、防災だけに役立つのではないし、「逆もまた真なり」である。

このオリジナル編は、現在二つの方向で継承されている。一つは翌年(2006年度)の講義において実施されたことである。もう一つは、「クロスロード新聞」への掲載により、主に防災に携

わる読者に対して、大学生の意見分布を予想する課題として扱われていることである。もともと防災から出発した問題が、大学教育におけるアクションリサーチを経由して、再び防災の文脈に引き継がれるのである。ゲーミングは、異なるセクターをつなぎ、もう一つの世界を紡ぐ道具として機能しているのである。

表1 クロスロード：愛知教育大 2005 年度版(抜粋)

No	あなたは	ジレンマ
0501	パン屋の店員	客席で、お客さんが自分の店のパンを買って食べているが、飲み物は、違う店で買ったものを飲んでいる。「当店の商品以外の飲食はご遠慮下さい」と書いてあるのに、注意する？
0504	小学校の教頭	4年3組の担任が欠勤。一日代理を務めることに、しかし、このクラスは学級崩壊状態であった。授業中突然一人の児童が教室を出ていった。連れ戻そうと声をかけるが全く聞かない。教室を離れその子を連れ戻しに行く？
0505	長男の嫁	姑が突然認知症になり、介護が必要な状態になった。あなたにも仕事はあるが長男の嫁であるあなたは親戚一同から当然のように介護をするものだと思われている。近くには老人の施設がある。老人施設へ入所させる？

#### 4 “KEEP COOL” が醸し出す「もう一つの世界」

“KEEP COOL” は、冒頭にも紹介したように、地球温暖化対策における国際間交渉をテーマにしたボードゲームである。各国の政策目標は、あらかじめ付与されている経済目標とは、必ずしも整合しない。そこに「もう一つの世界」を構成するヒントがある。

プレイヤーは、表2におけるいずれかの国(地域)を担当し、各国の経済目標(表2)と世界レベルでの政策目標(表3)を同時に満足するような政策を成し遂げるべく、他のプレイヤーと交渉を進めなければならない。経済目標はオープンであるが、政策目標は他のプレイヤーには分からない。表3の8つの目標から2つがカードによって与えられ、どちらか1つを他のプレイヤーに悟られないように達成する。このゲームは現実世界のシミュレーションでありながら、プレイヤーに与えられた立場と目標の組み合わせによって、様々な世界が構成されていく。

表2 各地域の工場数(初期値)と経済目標

	黒工場初期値	緑工場初期値	目標数	必要建設数
USAとパートナー	5	1	12	6
ヨーロッパ	3	1	8	4
中進国	2	0	5	3
発展途上国	1	0	4	3
旧ソビエト	1	1	5	3
OPEC	1	0	4	3

表3 プレーヤーが目指す政策目標のパターン(6人用)

	目標の種類	具体的内容
1	石油産業	黒工場を 21 以上
2	技術協力	(特定 3 地域)緑工場 8 以上
3	新技術	緑工場を 13 以上
4	保険業界	保険を 16 以上
5	経済成長	黒・緑工場を合計 31 以上
6	環境保護論者	黒工場を 15 以下
7	開発援助	(特定 3 地域)保険を 9 以上
8	紀行問題懐疑論者	緑工場を 9 以下

## 5 結語

ゲーミングは多様な個人やセクターを巡り合わせ、照らし合わせながら、現実世界に対する「もう一つの世界」を醸し上げていく。ゲーミングによって表現され創り出される個々のシミュレーションに終わりはなく、現実問題に対峙すべく、それらを巡り合わせ、照らし合わせ、そして継承していくシステムとして、ゲーミングを見据えていきたい。

## 参考文献

- Kriz, W. (2006) "Marktplatz und ICHIBA" In Nöbauer, B. & Kriz, W. Mehr *Teamkompetenz. Weitere Methoden und Materialien*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht. (In press)
- 杉浦淳吉(2003) 環境教育ツールとしての「説得納得ゲーム」：開発・実践・改良プロセスの検討 シミュレーション&ゲーミング, 13(1), 3-13.
- 杉浦淳吉(2005) 説得納得ゲームによる環境教育と転用可能性, 心理学評論, 48(1), 139-154
- 杉浦淳吉(2006a) 防災ゲームによる葛藤解決学習と家庭科教育への転用可能性: 『クロスロード』による創発の検討 愛知教育大学家政教育講座研究紀要, 36, 31-38
- 杉浦淳吉(2006b) 『クロスロード』による他者判断の予測と社会特性の創発 日本グループ・ダイナミクス学会第 53 回大会発表論文集, Pp. 96-97
- 杉浦淳吉 意見対照ゲーム“ ICHIBA” の開発(投稿中)
- 杉浦淳吉・吉川肇子・鈴木あい子 交渉ゲームとしての『SNG(説得納得ゲーム)：販売編』の開発 (審査中)
- 杉浦淳吉・吉川肇子・矢守克也・網代剛 (2006) KEEP COOL を体験しよう：環境政策ゲームによる教育の可能性 シミュレーション&ゲーミング全国大会論文報告集 2006 年春号
- 矢守克也・吉川肇子・網代剛 (2005) 『防災ゲームで学ぶリスク・コミュニケーション：クロスロードへの招待』ナカニシヤ出版
- ゲーム情報
- “ KEEP COOL2: Setzen Sie das Klima aufs Spiel!” Spieltrieb

## 謝辞

本報告の一部は次の援助による成果である。平成 16 年度文部科学省「海外先進教育研究実践

支援プログラム」(愛知教育大学：教員養成を軸とした改革推進のための海外調査), 科学研究費補助金(基盤研究(B)(1)「マイクロ・マクロ関連に基づく社会特性の創発に関する研究」, (H15-H17, 研究代表者：埼玉大学・高木英至, 課題番号 15330133), 財団法人科学技術融合振興財団平成 14 年度助成「コミュニケーション教育ツールとしての「説得・納得ゲーム」の開発に関する研究」, 研究代表者 杉浦淳吉, 同平成 17 年度研究助成「ゲーミング・シミュレーションの学校教育への普及啓発」(研究代表者 吉川肇子)

## 第Ⅱ章 推論型のシミュレーション

この第Ⅱ章では研究課題のうち、「(単純) 推論型」と呼び得る計算機シミュレーションを用いた研究を収録する。「(単純) 推論型」のシミュレーションとは、第1章第2節で述べたごとく、進化のない計算モデルによる思考実験を指している。何れの論文も次の2点で共通しているといえる。第1に、何れもある意味で社会のマクロな、つまり集合体レベルの特性がマイクロな前提から導けるか否かを理論的に検証していることである。第2に、単純な少数の原則から何が導けるかを論及している点で共通している。

第1節と第2節はともに、野村竜也が執筆した。野村は、ハイダー流のバランス原則を仮定したとき、その結果として集合体レベルでどのような集団構造、特に2極化構造が生じるかを、数理モデルによって検討した後、数値的に計算機実験によって理論的な検証を試みている。

第3節は、個人レベルで「小さな女性差別」があると仮定したとき、集合体レベル（この場合、組織全体のレベル）で男女間でどのような組織内階層の差異が生じるかを思考実験した結果である。元来の議論はフェミニスト心理学者に基づいている。

第4節と第5節は、Schellingによる限界質量モデルを扱う。限界質量モデルは、個々人の態度を集計して得られる「反応曲線」から、集合体レベルの反応パターンが生まれることを説明するモデルである。しかし元々の限界質量モデルは、社会が距離を持つ空間に展開することを前提としておらず、個々人の反応は社会全体から影響を受けると仮定している。このモデルをDSIT(Dynamic Social Impact Theory)流にセル空間に展開したモデルに再構成したとき、元来のモデルと異なる予測を生むか否かを議論している。まず第5節では、実際に質問紙によってどのような反応曲線が得られるかを推測する。第6節では、第5節で得られた「単純型」の反応曲線を導くような個人特性の分布があると仮定したとき、空間におけるエージェントの展開によって、DSITと同様の規則性（同じ立場のエージェントのクラスター、など）が生まれることを示す。

## Heider のバランス理論と有限 Markov 連鎖による グループダイナミクスの解析とシミュレーション

野村 竜也<sup>†</sup>

社会心理学における三者関係での個人のマイクロ特性に関する理論の 1 つとして、Heider のバランス理論がある。しかし、このマイクロ特性とグループダイナミクスとの関係、具体的には、個々の三者関係のバランスに基づくグループダイナミクスの収束結果としてどのような状態が現れるかということに関しては、十分議論されていない。本稿では、このグループダイナミクスを有限 Markov 連鎖として定式化することを提案する。この定式化に基づき、Markov 連鎖の吸収状態を数学的に解析し、コンピュータシミュレーションによってその特性を検証する。また、Markov 連鎖の過程において他者への関係を固定する特殊な人間を想定し、その影響を考察する。

## Analysis and Simulation of Group Dynamics based on Heider's Balance Theory and a Finite Markov Chain

TATSUYA NOMURA<sup>†</sup>

Heider's balance theory is one of theories on micro characteristics of triad relations in social psychology. However, it has not sufficiently been discussed what relations there are between group dynamics and this micro characteristic, that is, what situations appear in convergence of the group dynamics based on balance of individual triads. This paper proposes a formalization of this group dynamics as a finite Markov chain, mathematically analyzes absorbing states of this Markov chain, and verifies their characteristics based on computer simulations. Moreover, it considers influence of a specific person fixing relations to others through the process in this Markov chain.

### 1. はじめに

社会心理学における個人のマイクロ特性に関する理論の 1 つとして、Heider の POX システムがある<sup>4)</sup>。この理論は、個人 (P)、他者 (O)、物や概念もしくは第三の人間 (X) の三者関係において、P から O への態度もしくは関係、P から X への態度もしくは関係、O から X への態度もしくは関係が好悪に対応する正負 2 値の値をとる場合、どのような場合にバランスのとれた状態と P が認知するかについて考察されたものである。同時に、図 1 に示すように、インバランスな状態は認知的に不斉合なものとして、自律的に態度・関係の正負を調整し、バランス状態に変化する心理的ダイナミクスも含んでいる。さらに、この三者関係でのバランス概念を、一般のグラフ構造にまで拡張する研究も存在する<sup>1)~3)</sup>。

しかし、これらの研究においては、バランスグラフ

構造がマイクロマクロダイナミクスの意味でどのような特徴を持つのかということは十分に議論されていない。具体的には、集団において、個人々がマイクロな挙動として POX システムに基づいて認知的不斉合を解消し続けた結果、マクロな集団構造としてバランスグラフ構造が現れるのか、それとも別の静的あるいは動的な構造が現れるのかという観点は議論されていない。

一方で、人工社会研究において、完全結合型の人間関係グラフにおける POX システムによるモンテカルロシミュレーションの研究が報告されている<sup>5)</sup>。しかし、この研究では無向グラフ、つまり個人間の態度・関係が対称な場合のみが扱われており、現実性に欠けるという問題がある。

本研究では、有向グラフとして表現される人間関係状態を有限 Markov 連鎖と捉え、集団ネットワークにおける古典的なバランス概念のダイナミクスの視点からの意味づけを数学的に行い、より現実的なシミュレーションモデルを提案する。

<sup>†</sup> 龍谷大学理工学部情報メディア学科  
Department of Media Informatics, Faculty of Science  
and Technology, Ryukoku University

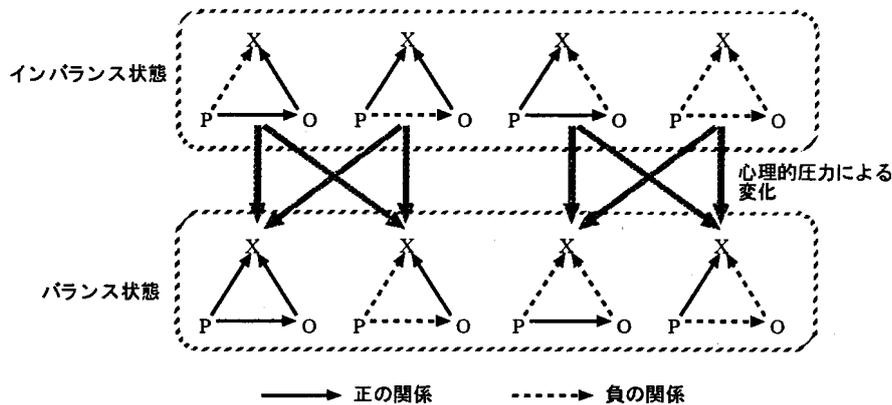


図 1 Heider のバランス理論におけるバランス状態とインバランス状態  
 Fig. 1 Balanced and Imbalanced Situations of POX Systems in Heider's Balance Theory.

## 2. 有限 Markov 連鎖としてのグループダイナミクス

### 2.1 有限 Markov 連鎖としての定式化

本稿では、 $N$  人の人間とその間の態度もしくは関係を想定する。人間間の関係は、相手への好悪に対応する  $+$  もしくは  $-$  の値のいずれかをとり、 $+$  と  $-$  の同時の値をとるような場合や、全く値を持たない場合などは、ここでは扱わないとする。

この  $N$  人から成る社会ネットワークは、符号付きの有効グラフ  $G = (P, A)$  によって表現される。ここで、 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$  は  $N$  人の人間に対応するグラフ上の点の集合であり、 $A = \{(a_1, s_1), (a_2, s_2), \dots, (a_M, s_M)\}$  は関係に対応するグラフ上のエッジ  $a$  とその上の符号  $s$  の組の集合である。

何人かの人間が POX システムのバランスダイナミクスに基づき、他者との関係を変更するという事は、社会ネットワークのグラフ構造自体は変わらずに、そのエッジ上の符号のベクトル  $(s_1, s_2, \dots, s_M)$  のみが変化することに対応する。POX システムの変更を行う人間の選択、および選択された人間における変更対象のエッジの符号変更が現在の関係状態のみに依存して確率論的であるとすれば、この社会ネットワークは符号ベクトルの全体  $S = \{(s_1, s_2, \dots, s_M) : s_i = +1, -1\}$  を状態空間とする有限状態 Markov 連鎖となる。図 2.1 は、4 人の人間が全ての他者と関係を持つ場合の有限状態 Markov 連鎖を示したものである。この有限 Markov 連鎖の吸収状態は、社会ネットワーク上の全ての POX システムがバランスしている状態である。

Flament<sup>2)</sup> は、完全結合型の無向グラフの場合において同様の定式化を行なっている。Flament の定式

化では、与えられたグラフの状態に対して、全ての三角形がバランスした状態<sup>\*</sup>になるために符号の変化が必要なエッジの最小数を不均衡度として定義し、このエッジの集合を最小均衡集合として定義する(複数存在する場合もある)。また、グラフの状態集合において、グラフの包含関係に基づく束構造が導入される。この束構造においては、隣接するグラフ状態は 1 つのエッジの符号が変化した状態であり、不均衡度の差は高々 1 である。そして、このグラフ状態の束構造上のランダムウォーク、つまり不均衡度を減少させるエッジの 1 つが等確率で選択されるという仮定の下で、バランス状態に至る Markov 連鎖が定式化される。また、任意のインバランス状態から最小変化集合が表すバランス状態に至る確率も、この束構造に基づいて導出される。

Flament の定式化は関係が対称の場合に限定されており、バランスの過程もエッジが 1 つずつ変化する形で表されているため、本稿の定式化の特殊な場合と捉えられるが、複数の人間が同時に各々の POX システムを変化させるような現実的状況とは乖離している。

### 2.2 グループダイナミクスの束束状態とバランス状態の関係

3 人以上から成る、必ずしも完全結合型ではない一般的社会ネットワークにおいて、有向グラフと無向グラフの両方の場合で、Cartwright and Harary<sup>1)</sup> はグラフのバランス状態を、グラフ内の全てのサイクル(有向グラフの場合はセミサイクル)の符号が正であ

<sup>\*</sup> 無向グラフの場合は全ての POX システムがバランスした状態と等価であり、Flament<sup>2)</sup> はこれが後に記す Cartwright and Harary<sup>1)</sup> の意味でのバランス状態と一致することを証明している。

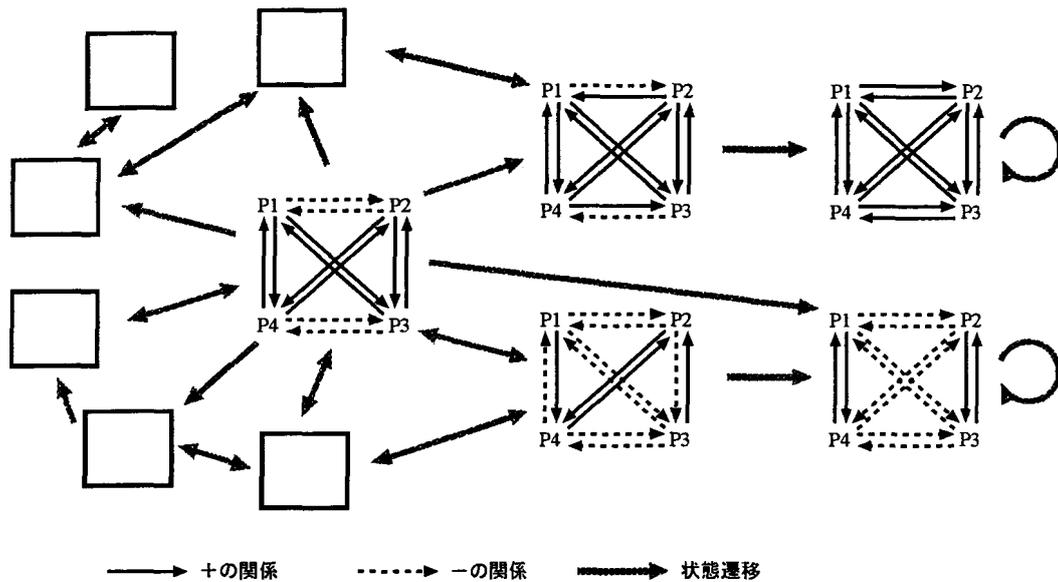


図2 4人の場合のグループダイナミクスの有限状態 Markov 連鎖  
 Fig. 2 An Example of the Finite Markov Chain of the Group Dynamics (4 Persons)

る状態として定義している。ここで、サイクルおよびセミサイクルの符号は、それに含まれるエッジ上の符号の積である。

有向・無向両方の一般グラフの場合で、Hararyら<sup>3)</sup>は構造定理を数学的に証明している。この構造定理の主張は、グラフが上記の定義の意味でバランス状態にある必要十分条件は、グラフの点集合が二つの部分集合に分割され、符号が正であるエッジは同一の部分集合に属する点を結び、符号が負であるエッジは異なる部分集合に属する点を結び状態であるというものである(一方の部分集合が空集合である場合も認められている)。

一方、Flament<sup>2)</sup>は、完全結合型の無向グラフが上記の定義の意味でバランス状態にある必要十分条件は、グラフ内の全ての三角形の符号が正であることを証明している。同様に、有向グラフの場合においても、完全結合型グラフの条件の下では、以下の命題が証明される(証明は付録を参照)。

命題1 社会ネットワークの有向グラフが完全結合型の場合、以下の3つの条件は等価である:

- (1) グラフが Cartwright and Harary の意味でバランス状態にある、つまり全てのセミサイクルの符号が正である。
- (2) 全ての POX システムがバランス状態にある。
- (3) グラフの点集合が二つの部分集合に分割され、同じ部分集合内の点は正のエッジで、異なる部分集合

の点は負のエッジで結ばれる状態にある。

(部分集合の一方は空集合であってもよい)

上記の命題1は、完全結合型のグラフで表現される社会ネットワークにおいては、POX システムに基づくグループダイナミクスの収束状態が古典的な意味でのバランス状態と一致することを意味している。つまり、有効グラフにおける古典的なバランス概念は、POX システムによるミクロマクロダイナミクスとしての Markov 連鎖の吸収状態として改めて意味づけられる。また、上記命題1は、POX システムによるグループダイナミクスの収束状態が、集団が二極化し、各部分集団内は正の関係で、部分集団間には負の関係で結ばれた状態、もしくは全員が正の関係で結ばれた状態であることも意味している。

また、命題1の証明そのものは無向グラフの場合における Flament<sup>2)</sup> のものを拡張したものである。Wang and Thonagate<sup>5)</sup> は、無向の完全結合型グラフの場合において、モンテカルロシミュレーションにより、POX システムに基づくグループダイナミクスが上記命題で示すバランス状態に収束することを示している。Wangらのシミュレーションでは、Flamentが定式化したバランス過程と同様に、1回の更新において1つの三角形を変化させている。上記命題1および Flament の結果は、Wangらのシミュレーションによる結果を理論的に裏付けるものである。

### 2.3 「サクラ」の影響

$N$  人から成る完全結合型の社会ネットワークにおいては、POX システムに基づくグループダイナミクスは有限状態 Markov 連鎖によって表現される。この有限状態 Markov 連鎖の吸収状態は、全ての人間が正の関係で結ばれた状態か、集団が二極化し、各部分集団内は正の関係で、部分集団間は負の関係で結ばれた状態である。この場合、 $N(N-1)$  個の関係が存在するため、総状態数は  $2^{N(N-1)}$ 、総吸収状態数は  $\frac{1}{2} \sum_{i=0}^N C_i^N = 2^{N-1}$  である。

今、ここに新たなもう一人の人間を加えたグループダイナミクスを考える。この  $(N+1)$  番目の人間  $p_{N+1}$  は、他者への関係の符号を時間を通じて変化させない、ある種のサクラであると仮定する。

元の  $N$  人によるグループダイナミクスの有限状態 Markov 連鎖の時間  $t$  における状態を、行列

$$MS(t) = \begin{pmatrix} - & s_{12}(t) & \cdots & s_{1N}(t) \\ s_{21}(t) & - & \cdots & s_{2N}(t) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{N1}(t) & s_{N2}(t) & \cdots & - \end{pmatrix} \quad (1)$$

によって表現する。ここで、 $s_{ij}(t)$  は  $i$  番目の人間  $p_i$  から  $j$  番目の人間  $p_j$  に対する時間  $t$  における関係の符号であり、この行列  $MS$  の対角成分は空である。この時、新たに  $p_{N+1}$  の加わったグループダイナミクスの有限状態 Markov 連鎖の時間  $t$  における状態は、以下の行列

$$NS(t) = \begin{pmatrix} MS(t) & \beta(t) \\ \alpha(t) & - \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\alpha(t) = (s_{(N+1)1}(t) \cdots s_{(N+1)N}(t))$$

$${}^t\beta(t) = (s_{1(N+1)}(t) \cdots s_{N(N+1)}(t))$$

によって表現される。ここで、 $p_{N+1}$  から他者への関係における符号は、時間に対して一定、つまり  $s_{(N+1)j}(t) = s_{(N+1)j}(0)$  ( $t \geq 1$ ) である。従って、 $p_{N+1}$  の加わったグループダイナミクスの有限状態 Markov 連鎖の総状態数は  $2^{N^2}$  である。

$p_{N+1}$  が加わった新たな有限状態 Markov 連鎖の吸収状態は、 $p_1, \dots, p_N$  において、 $p_{N+1}$  を含む全ての他者との POX システムがバランス状態にある状態である。つまり、 $p_{N+1}$  においては、全ての POX システムがバランス状態にある必要はない。しかし、この時、以下の命題が証明される（証明は付録を参照）。

命題 2  $N+1$  人から成る完全結合型の社会ネットワークにおいて、 $N+1$  番目の人間  $p_{N+1}$  が正の関係

を持つ人間の集合を  $\{p_{i_1}, \dots, p_{i_d}\}$ 、負の関係を持つ人間の集合を  $\{p_{i_{d+1}}, \dots, p_{i_N}\}$  ( $0 \leq d \leq N$ ) とすると、以下の条件は等価である。

- (1) 全体集団が部分集団  $\{p_{i_1}, \dots, p_{i_d}, p_{N+1}\}$  と  $\{p_{i_{d+1}}, \dots, p_{i_N}\}$  に分かれ、同じ部分集団内に属する人間の間は正の関係で、異なる部分集団に属する人間の間は負の関係で結ばれた状態である。
- (2)  $p_1, \dots, p_N$  において、 $p_{N+1}$  を含む全ての他者との POX システムがバランス状態にある。

上記の命題 2 は、 $p_{N+1}$  が加わった新たな有限状態 Markov 連鎖の吸収状態が唯一つであり、それは  $p_{N+1}$  の他者への関係によって規定される唯一の集団二極化状態であることを意味している。特に、 $d=0$  の場合は、 $p_{N+1}$  以外の人間が互いに正の関係で結ばれ、 $p_{N+1}$  が排斥された状態であり、 $d=N$  の場合は、 $p_{N+1}$  を含む全員が正の関係で結ばれた状態である。

### 3. シミュレーション

前章では、POX システムに基づくグループダイナミクスが有限状態 Markov 連鎖として定式化可能であり、完全結合型の社会ネットワークの場合、集団二極化状態に収束することを数学的に示した。また、集団において 1 人の人間が終止他者への関係を固定するサクラの場合、元の Markov 連鎖に影響を受け、唯一の収束状態として、サクラが正の関係を持つ人間と負の関係を持つ人間の部分集団に集団が二極化することも示された。しかし、これらの数学的結果だけでは、グループダイナミクスの Markov 連鎖が周期状態を持つ可能性、つまりある POX システムと別の POX システムの変化が交互に繰り返されるような状態が現れるかどうかまでは明らかにならない。

無向グラフの場合に関しては、先述の Wang らのモンテカルロシミュレーションによる研究においても、周期状態が現れないことが確認されている<sup>5)</sup>。本稿においても同様にコンピュータシミュレーションを用いて、周期状態が現れるかどうかを確認する。

シミュレーションは、以下の手順で行う。

- (1) 式 (1)(2) における  $\{s_{ij}(0)\}$  を、+1 か -1 のいずれかにランダムに初期化。
- (2)  $i = 1, \dots, N$  に対して、同期的に以下の手順を実行：
  - (a)  $j$  と  $k$  をランダムに選択 ( $i \neq j, i \neq k, j \neq k$ )。
  - (b)  $s_{jk}(t)s_{ij}(t)s_{ik}(t) = -1$  ならば、 $s_{ij}(t+1) = -s_{ij}(t)$ 、 $s_{ik}(t+1) = s_{ik}(t)$  もしくは  $s_{ij}(t+1) = s_{ij}(t)$ 、 $s_{ik}(t+1) =$

$$-s_{ik}(t)$$

(ここで、 $l \neq j, k$  に対しては  $s_{il}(t+1) = s_{il}(t)$ .)

- (3) 全ての三つ組  $(i, j, k)$  ( $i \neq j, i \neq k, j \neq k$ ) に対して  $s_{jk}(t)s_{ij}(t)s_{ik}(t) = +1$  が成立するか、 $t = T - 1$  となるまで 2 を繰り返す。

なお、 $T = 10^7$  とし、1つのパラメータ設定に対して、異なる乱数種で 300 回の試行を行った。

### 3.1 サクラが存在しない場合

まず、サクラが存在しない場合で、4人から8人の社会ネットワークでのシミュレーションを行った。表1に、収束状態における集団二極化の種類と対応する状態数、各二極化状態に収束した試行数とその総試行数中の割合、各二極化状態への収束に要した状態遷移数の平均と分散を示す。

結果として、全ての試行において、前章で示した吸収状態としての集団二極化状態のいずれかに収束した。また、周期状態は全く現れなかった。各吸収状態への収束の試行数に関しても、状態間で差はほとんどない。例えば、4人の場合では、3:1の二極化に対応する状態数は4、2:2に対応する状態数は3であり、表1から、各状態への平均収束試行数は各々の場合で41.1と35.3であることが導かれる。状態4:0(全ての人間が正の関係で結ばれた状態)への収束試行数が29であり、特定の吸収状態に収束が集中する傾向は認められない。また、特定の吸収状態への収束が速いという傾向も認められない。同様のことが、他の人数の場合においても言える。

### 3.2 サクラが存在する場合

次に、サクラが存在する場合で、5~8人(そのうちの一人がサクラ)の社会ネットワークによるシミュレーションを行った。本シミュレーションでは、サクラの他者への関係は全て負( $d=0$ の場合)とした。表2に、サクラによって規定される吸収状態へに収束した試行数、収束に要した状態遷移数の平均と分散を示す。

この場合においても、全ての試行において、唯一の吸収状態である二極化状態(サクラ以外の人間が正の関係で結ばれ、サクラが排斥された状態)に収束した。また、周期状態は全く現れなかった。

### 3.3 人数の増加による収束時間への影響

前章で示したように、人数が $N$ 人から $N+1$ 人に増えることで、グループダイナミクスの有限状態 Markov 連鎖の総状態数は $2^{N(N-1)}$ から $2^{N(N+1)}$ に、つまり $2^{2N}$ 倍となる。サクラが存在する場合は、 $2^{(N-1)^2}$ から $2^{N^2}$ に、つまり $2^{2N-1}$ 倍となる。ここで、この人数の増加およびサクラの存在による吸収状態への収束

時間への影響を考察する必要がある。

図3に、シミュレーションにおける吸収状態への収束の平均状態遷移回数を示す。この図では、縦軸の平均状態遷移回数対数スケールで表示されている。この図から、サクラが存在しない場合でも存在する場合でも、吸収状態への収束時間は人数に対して指数的に増加することが示される。

また、同じ人数の場合では、サクラが存在する場合の吸収状態への収束時間は、存在しない場合の収束時間の定数倍となっていることが示される。 $N$ 人の場合、サクラが存在する場合と存在しない場合の総状態数は各々 $2^{(N-1)^2}$ と $2^{N(N-1)}$ であり、サクラの存在による総状態数の減少率は $2^{-(N-1)}$ である。また、サクラが存在する場合と存在しない場合の総吸収状態数は各々1と $2^{N-1}$ であり、サクラの存在による総吸収状態数の減少率もまた $2^{-(N-1)}$ である。従って、サクラが存在する場合でも存在しない場合でも、状態全体における吸収状態の割合は $2^{-(N-1)^2}$ である。にもかかわらず、サクラが存在する場合での吸収状態への収束は、存在しない場合での収束よりも数倍時間を要する結果となっている。

## 4. おわりに

本稿では、個々人のPOXシステムのバランスによるグループダイナミクスを有限状態 Markov 連鎖として定式化することを提案し、3人以上の社会ネットワークにおける古典的なバランス状態の概念と有限状態 Markov 連鎖の吸収状態との関係について、完全結合型グラフの社会ネットワークの場合において数学的な解析を行った。また、得られた数学的性質をコンピュータシミュレーションによって確認した。さらに、他者への関係を固定するサクラの存在についても、その影響を数学的に解析し、シミュレーションを行った。

サクラが存在する場合としない場合のどちらにおいても、グループダイナミクスの有限状態 Markov 連鎖には周期状態は現れないことが、シミュレーションによって確認された。このことは、完全結合型の社会ネットワークでは、各人がPOXシステムのバランスに基づいて他者との関係を調整する限りにおいては、全員が正の関係で結ばれる状態が数多くの吸収状態の1つに過ぎないことを踏まえると、集団が排他的な部分集団に二極化し固定化する傾向が強いことを示唆する。

また、表1、表2に示されるように、人数が増えるにつれ、収束に要する時間も極端に増加する。特に、8人のケースでは収束に20万回以上の状態遷移が必要であった。一方、Wangらの無向グラフの場合での

表 1 サクラが存在しない場合での 4~8 人でのシミュレーションの結果  
Table 1 Results of the Simulations without a Fixing Person for 4-8 Persons

N	4			5		
集団二極化の種類 (対応する状態数)	4:0 (1)	3:1 (4)	2:2 (3)	5:0 (1)	4:1 (5)	3:2 (10)
収束した試行数 (総試行数における割合)	29 (9.7%)	165 (55%)	106 (35.3%)	16 (5.3%)	108 (36%)	176 (58.7%)
収束までの平均状態遷移数 (分散)	37.6 (30.4)	37.1 (35.5)	43.2 (42.4)	185.4 (188.5)	184.9 (207.6)	160.9 (165.5)
N	6					
集団二極化の種類 (対応する状態数)	6:0 (1)	5:1 (6)	4:2 (15)	3:3 (20)		
収束した試行数 (総試行数における割合)	7 (2.3%)	63 (21%)	140 (46.7%)	90 (30%)		
収束までの平均状態遷移数 (分散)	1069.1 (1209.2)	1022.1 (937.4)	1220.8 (1161.3)	1340.3 (1351.5)		
N	7					
集団二極化の種類 (対応する状態数)	7:0 (1)	6:1 (7)	5:2 (21)	4:3 (35)		
収束した試行数 (総試行数における割合)	5 (1.7%)	29 (9.7%)	91 (30.3%)	175 (58.3%)		
収束までの平均状態遷移数 (分散)	15129.2 (10085.8)	11847.8 (10660.2)	13135.3 (13374.7)	15224.4 (13430.9)		
N	8					
集団二極化の種類 (対応する状態数)	8:0 (1)	7:1 (8)	6:2 (28)	5:3 (56)	4:4 (35)	
収束した試行数 (総試行数における割合)	2 (0.7%)	14 (4.7%)	62 (20.7%)	148 (49.3%)	74 (24.7%)	
収束までの平均状態遷移数 (分散)	241338.5 (51426.5)	194909.1 (281313.9)	239980.8 (259982.4)	259982.8 (256895.0)	224161.2 (219238.3)	

表 2 サクラが存在する場合での 5~8 人でのシミュレーションの結果  
Table 2 Results of the Simulations with a Fixing Person for 5-8 Persons

N	5	6	7	8
サクラが規定する吸収状態に収束した試行数	300	300	300	300
収束までの平均状態遷移数 (分散)	666.6 (627.8)	4719.9 (4762.9)	60699.0 (62077.6)	1102131.3 (1136276.6)

モンテカルロシミュレーションでは、25 人の構成でも収束に要した回数は高々 10 万回であった。単純な比較は難しいが、このことは、より現実的な状況設定では、POX システムのバランスによるグループダイナミクスは収束により多くの時間を必要とすることを示唆する。

また、サクラの存在は、本来のグループダイナミク

スの Markov 連鎖における複数の吸収状態を、1 つに減少させる影響を持つ。一方で、その唯一の吸収状態への収束には、本来のサクラが存在しない場合に比べて数倍時間を要する。このことは、POX システムのバランスによって集団を制御することは、より現実的な状況では難しいことを示唆する。

しかし、本稿でのグループダイナミクスの定式化モ

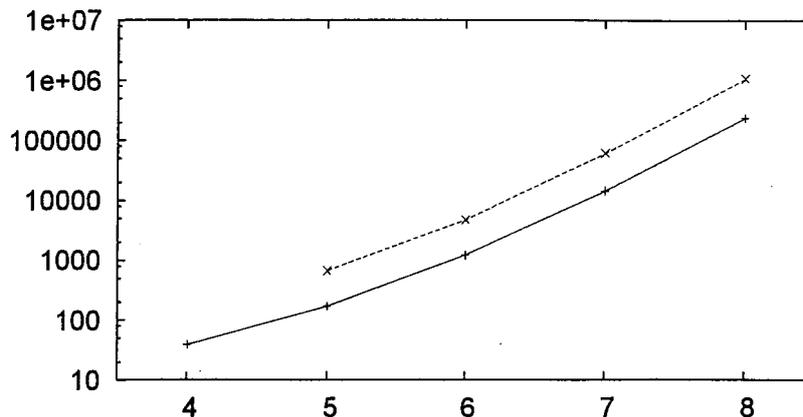


図3 シミュレーションにおける吸収状態への収束の平均状態遷移回数(横軸:人数  $N$ , 実線: サクラが存在しない場合, 破線: サクラが存在する場合)

Fig. 3 The Average Numbers of Iteration Needed for Convergence to the Absorbing States in the Simulations (the horizontal axis: the number of the persons  $N$ , the line: the case without a fixing person, the dot line: the case with a fixing person)

デルには、幾つかの問題がある。

まず、本モデルにおけるサクラの影響は、現実的な意味に欠ける。素朴心理学的には、集団の中で一人が悪役を演じれば他の集団成員がまとまるという言説は見受けられる。また、家族療法においては、子供の非行問題を、両親が不仲な子供がわざと問題行動をとることで家族の POX システムに影響を与えていると解釈する場合もある<sup>6)</sup>。これらのケースは本モデルにおける  $d = 0$  の場合であるが、本モデルは  $d$  がどのような値をとる場合でも、つまりサクラがどのような集団二極化を選択しても、理論的にはその状態に集団が収束することが示される。

現実の社会ネットワークは、個人の経験、認知的バイアス(特にネガティブな意味を持つ情報への認知的バイアス)など、様々な要因に影響されると考えるべきである。従って、より現実的なモデルを構築するためには、本モデルのような個人間の関係のダイナミクスのみならず、個人内の認知的バイアスを導入した人工エージェントから成る人工社会モデルを考察していかなければならない。

また、本稿でのグループダイナミクスモデルは、完全結合型の社会ネットワークを前提として数学的解析およびシミュレーションがなされている。この前提をさらに拡張し、一般の有向グラフによる社会ネットワークでの POX システムバランスに基づくグループダイナミクスを分析していかなければならない。また、有限状態 Markov 連鎖の吸収状態のみならず、周期状

態の可能性についても、シミュレーションだけではなく、解析的に明らかにしていかなければならない。\*

謝辞 本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金(15330133)の助成に基づいて行われたものである。

また、数学的関連研究の調査にあたり御協力戴いた関西大学の藤澤隆史氏に、深く御礼申し上げる。

#### 参考文献

- 1) Cartwright, D. and Harary, F.: Structural balance: A generalization of Heider's theory, *Psychological Review*, Vol. 63, pp. 277-293 (1956).
- 2) Flament, C.: *Applications of Graph Theory to Group Structure*, Prentice-Hall (1963). (邦訳: 山本 国雄 訳, グラフ理論と社会構造, 紀伊之國屋, 1974).
- 3) Harary, F., Norman, R. and Cartwright, D.: *Structural Models: An Introduction to the Theory of Directed Graphs*, John Wiley & Sons (1965).
- 4) Heider, F.: *The Psychology of Interpersonal Relations*, John Wiley & Sons (1958). (邦訳: 大橋 正夫 訳, 対人関係の心理学, 誠信書房, 1978).
- 5) Wang, Z. and Thorngate, W.: Sentiment and social mitosis: Implications of Heider's Balance Theory, *Journal of Artificial Societies and Social Simulations*, Vol. 6, No. 3 (2003). (<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/3/2.html>).

\* 社会ネットワークの形態の違いによるバランス状態の解析については、スピングラスにおける Vertex Model の理論が有効であるとの指摘を受けている。

6) 長谷川啓三: 家族内パラドックス - 逆説と構成主義, 彩古書房 (1987).

付録 命題の証明

A.1 命題 1 の証明

以下の証明は, 文献 2)(訳書 pp. 116-118)における証明と基本的に同一である.

[1 ⇒ 2]

全ての POX システムはセミ サイクルであるので, 自明.

[2 ⇒ 3]

全ての POX システムがバランス状態にあれば, 任意の 2 点間  $p_i, p_j$  において,  $p_i \rightarrow p_j$  の符号と  $p_j \rightarrow p_i$  の符号は一致する. 実際, もう 1 つの点  $p_k$  における  $p_i, p_j$  を含む POX システムを考えた場合,  $p_i \rightarrow p_j$  の符号と  $p_j \rightarrow p_i$  の符号が一致しなければ, 必ずインバランスな POX システムが存在する.

この時, 以下の点間の関係は同値関係となる.

$$p_i \sim p_j \stackrel{\text{def}}{=} \{p_i = p_j \text{ もしくは } p_i \rightarrow p_j \text{ が正}\}$$

この同値関係  $\sim$  による類別において, 同じ類に属する 2 点は正のエッジで結ばれ, 異なる類に属する 2 点間は負のエッジで結ばれる. また, もし 3 つ以上の類が存在すれば, 異なる 3 つの類に属する点からなる POX システムはインバランスとなる. 従って, このような類は高々 2 つである.

[3 ⇒ 1]

2 つの部分集合をまたがるセミ サイクルは, 必ず偶数回部分集合間をまたがらなければならない. 部分集合内のエッジは正, 部分集合間エッジは負であるので, セミ サイクルは必ず正.

A.2 命題 2 の証明

[1 ⇒ 2]

命題 1 より, 全ての POX システムがバランス状態

にあるので, 明らか.

[2 ⇒ 1]

$p_1, \dots, p_N$  から成る部分的な完全結合型社会ネットワークにおいても, 全ての POX システムがバランス状態にあるので, 命題 1 より,  $\{p_1, \dots, p_N\}$  は 2 つの部分集団  $A$  と  $B$  に二極化している (どちらかが空集合の場合も含む).

今,  $p_i, p_j \in A, p_k \in B$  とすると,  $p_i, p_j, p_k$  それぞれにおける POX システムのバランスより,  $s_{i(N+1)} = s_{j(N+1)} \neq s_{k(N+1)}, s_{(N+1)i} = s_{i(N+1)} \neq s_{k(N+1)} = s_{(N+1)k}$  が導かれる. つまり,  $p_{N+1}$  から他者への関係の符号は, その他者から  $p_{N+1}$  への関係の符号と同じであり,  $p_{N+1}$  への関係の符号は, 同じ部分集団に属している人間では共通でなければならない. 従って,  $\{p_{i_1}, \dots, p_{i_d}\} = A$  で  $\{p_{i_{d+1}}, \dots, p_{i_N}\} = B$  となるか,  $\{p_{i_1}, \dots, p_{i_d}\} = B$  で  $\{p_{i_{d+1}}, \dots, p_{i_N}\} = A$  となるかのいずれかで,  $p_{i_1}, \dots, p_{i_d}$  と  $p_{N+1}$  は互いに正の関係で,  $p_{i_{d+1}}, \dots, p_{i_N}$  と  $p_{N+1}$  は互いに負の関係で結ばれていなければならない.

(平成 10 年 5 月 1 日受付)

(平成 10 年 5 月 31 日採録)

野村 竜也



昭和 39 年生. 平成元年大阪大学大学院理学研究科数学専攻修士課程修了. 同年シャープ (株) 入社. 平成 7 年から 10 年にかけて ATR 人間情報通信研究所研究員. 平成 12 年から 16 年にかけて阪南大学経営情報学部助教授. 現在, 龍谷大学理工学部助教授. 人工知能, 人工生命, マシンインタラクションの研究に従事. 工学博士. 日本神経回路学会, 日本ファジィ学会, 日本数学会, 日本心理学会, 日本グループダイナミクス学会, 日本家族心理学会, 数理社会学会, 各会員.

## Analysis and Simulation of Group Dynamics based on Interaction between Decision Making and Heider's POX Systems

Tatsuya Nomura

Department of Media Informatics

Ryukoku University

1-5, Yokotani, Seta-ohe-cho, Otsu, Shiga 520-2194, Japan

### Abstract

Heider's balance theory is one of theories on micro characteristics of triad relations in social psychology. However, it has not sufficiently been discussed what relations there are between group dynamics, this micro characteristic, and other psychological processes. This paper proposes a model of interaction between the social network dynamics based on POX systems and decision making process under the human network, while comparing the proposed model with the previous group dynamics model based on only POX systems.

### 1 Introduction

As one of theories on micro characteristics of individuals in social psychology, balance theory proposed by F. Heider [1] states a psychological stability of an individual included in a triad relation. In this theory, a person ( $P$ ), another person ( $O$ ), an object or the third person ( $X$ ), and relations from  $P$  to  $O$ , from  $O$  to  $X$ , and from  $P$  to  $X$  construct a system (called POX system). These relations have either + or - value corresponding to the fact that the person likes or dislikes the object respectively. Heider's theory argues that a POX system is balanced if and only if the product of the signs on these three relations is +, and if the system is not balanced  $P$  changes one of the relations to  $O$  and  $X$  so that the POX system becomes balanced. As shown in Figure 1, if the system is not balanced, then  $P$  inverts either the sign of  $P \rightarrow O$  or that of  $P \rightarrow X$  to balance the POX system.

Although the original balance theory is limited to triad relations, its extension to groups consisting of more than three persons have been proposed [2, 3, 4]. These studies of balance in social networks focus on network structures of balanced situations based on graph theory.

However, it has not sufficiently discussed what

structures actually appear in large groups as a macro structure of group dynamics based on micro behaviors of the original POX systems in individual persons. As an approach to this problem in the field of artificial societies, Wang and Thonagate [5] proposed a simulation model of group dynamics based on POX systems, consisting of full connected graphs. However, this study focuses on non-digraphs, that is, cases where all the dyad relations are symmetric. We proposed a formalization of group dynamics based on POX systems as a finite Markov chain with a state space consisting of signs on all the edges in digraphs, characterized the concept of balance as absorbing states of this Markov chain, and executed computer simulations of the group dynamics based on the Markov chain [6].

However, the model by Wang and Thonagate and our model focus on group dynamics only based on POX systems, and they lack interaction between POX systems and other psychological processes. To construct more realistic models of group dynamics, this paper proposes a model of interaction between the social network dynamics based on POX systems and decision making process under the human network.

### 2 Group Dynamics as a Finite Markov Chain

In the same way as the previous work [6], we assume that there are  $N$  persons and relations between them are represented as a fully connected digraph in which these relations have + or - value, where + and - mean that the person likes and dislikes the other person, respectively. In addition, it is assumed that these individuals make decisions for a subject by agreement (+) or disagreement (-).

This social network can be represented as a signed digraph  $G = (P, A)$ ,  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N, s\}$ ,  $A = \{(a_{12}, s_{12}), (a_{13}, s_{13}), \dots, (a_{21}, s_{21}), (a_{23}, s_{23}), \dots, (a_{11}, s_{11}), \dots, (a_{NN}, s_{NN})\}$ .  $P$  is the set of  $(N+1)$  vertices

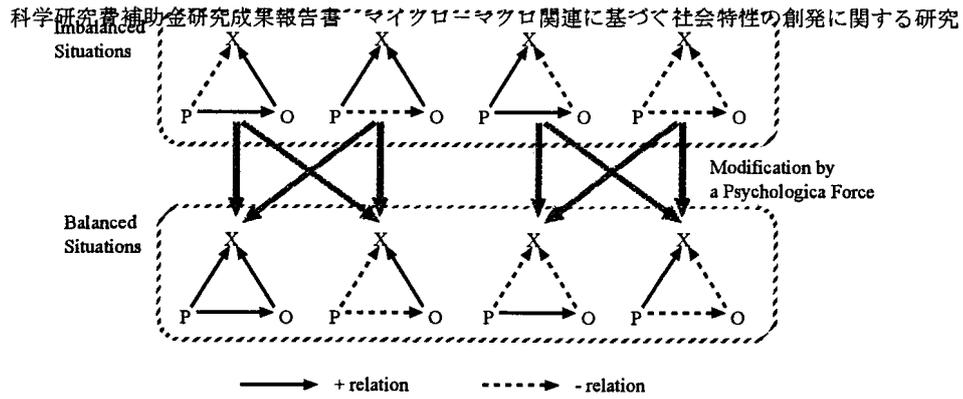


Figure 1: Balanced and Imbalanced Situations of POX Systems in Heider's Balance Theory.

in the digraph, corresponding to the  $N$  persons and the subject  $s$ , and  $A$  is the set of pairs of edges  $a_{ij}$  from the  $i$ -th person to the  $j$ -th person and signs on them  $s_{ij}$ , and pairs of edges  $a_i$  from the  $i$ -th person to the subject  $s$  and signs on them  $s_i$ .

In this model, each individual synchronously does the following actions:

1. It selects one of the POX systems including itself (these POX systems include the triads consisting of the edge to the subject). If the selected POX system is imbalanced, it balances the POX system by randomly selecting any of the edges toward the others and reversing the sign on the selected edge (if the selected POX system includes the subject, the sign of the edge toward the other is changed and that toward the subject is not changed).
2. Among the POX systems including the subject, if the number of the imbalanced ones is larger than that of the balanced ones, the sign of the edge toward the subject is reversed.

The above procedure 1 represents balance of the POX systems in each individual. The above procedure 2 represents decision making of the individual based on subordination to a majority and balance of POX systems. The number of the balanced POX systems including the subject is the sum of the total of the number of the others having the same opinion as the individuals and liked by the individual, and the number of the others having the opposite opinions to the individual and disliked by the individual. Moreover, the number of the imbalanced POX systems including the subject is the sum of the total of the number of the others having the opposite opinion to the individuals and liked by the individual, and the number of the

others having the same opinions to the individual and disliked by the individual. Thus, reversion of the sign toward the subjects means reversion of these numbers, and the procedure represents decision making for the subject based on minimization of the imbalanced POX systems including the subject.

The change of signs from individuals to others in the above procedure 1 is stochastic and dependent only on the current signs, although the change of signs of individuals toward the subject is deterministic. Thus, group dynamics based on these procedures equals to a finite Markov chain with the state space  $S = \{(s_{12}, s_{13}, \dots, s_{21}, s_{23}, \dots, s_1, \dots, s_N)\}$ , in which the total number of states is  $2^{N^2}$ . Figure 2 shows an example of this finite Markov chain with 3 persons.

#### Relations between Absorbing States and Balanced Situations

Absorbing states in the above finite Markov chain as group dynamics are situations where all the POX systems are balanced. It is shown that these situations coincide with the following situations of the group: (1) the group is partitioned into two subgroups (including the case that one of the subgroups is empty), (2) all the relations between individuals in the same subgroup are positive, (3) all the relations between individuals in the different subgroups are negative, (4) the individuals in the same subgroup have the same attitude toward the subject, and those in the different subgroup have the opposite attitude.

It is trivial that in the situations satisfying the above four conditions all the POX systems are balanced. The converse is proved as follows.

First, all the POX systems consisting of  $N$ -persons are balanced. In the previous work [6], it was proved that this condition is a necessary and sufficient con-

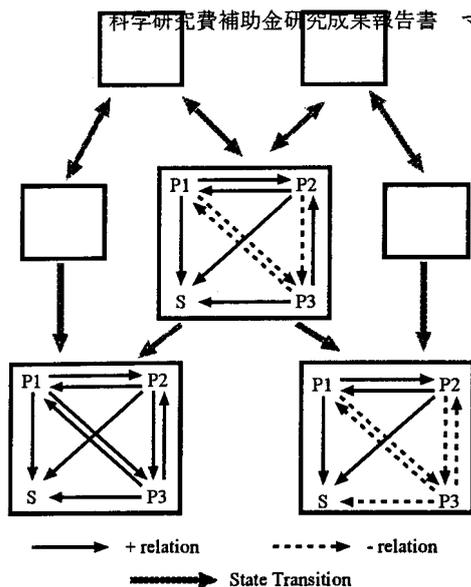


Figure 2: An Example of the Finite Markov Chain of the Group Dynamics (3 Persons)

dition for the above conditions (1)–(3). In fact, when all the POX systems consisting of  $N$ -persons are balanced, it is proved that the relation between persons  $p_i \sim p_j \stackrel{\text{def}}{=} \{p_i = p_j \text{ or the edge } p_i \rightarrow p_j \text{ is } +\}$  is an equivalence relation. For this equivalence relation  $\sim$ , persons in the same equivalence class are connected each other by edges with  $+$  and vertices in the different classes are connected each other by edges with  $-$ . Since balance of all the POX systems does not permit the existence of more than three classes, this situation equals to the above conditions 1–3.

Then, if persons in the same subgroup have the different attitudes toward the subject, the POX systems consisting of these persons and the subject are imbalanced since the relations between these persons are positive. Moreover, if persons in the different subgroups have the same attitude toward the subject, the POX systems consisting of these persons and the subject are imbalanced since the relations between these persons are negative. Thus, the above condition (4) must be satisfied.

### 3 Simulation

As shown in the previous section, the group dynamics based on individual POX systems and decision making is represented as a finite Markov chain having

absorbing states corresponding to situations where the group is polarized into two subgroups. However, this analysis does not clarify whether this finite Markov chain has cyclic states. In other words, there is a possibility of the existence of cyclic states where modification of some POX systems and that of other POX systems are repeated one another.

In order to investigate the above problem, we executed some computer simulations. The simulations were executed for configurations of  $N = 4-8$ . For each configuration, 300 trials with different random seeds were executed. For each trial, the probability of selection of each POX system in the procedure 1 mentioned in section 2 were fixed as follows:  $\frac{1}{2(N-1)(N-2)}$  for the POX system not including the subject, and  $\frac{1}{2(N-1)}$  for the POX systems including the subject (note that the total number of POX systems including the subject and that not including it for a person are  $N - 1$  and  $(N - 1)(N - 2)$  respectively).

Table 1 shows types of grouping in absorbing states and the numbers of the corresponding states, the numbers of trials that converged to the corresponding states, and mean number of iteration for convergence to each grouping. The state converged to one of absorbing states shown in the previous section in all the trials for all the configurations, and any cyclic state was not observed. Moreover, no trend existed that there is a specific absorbing state to which convergence is faster than the other states.

#### Comparison with the Previous Model

In the previous work [6], we proposed the group dynamics model based on only POX systems, without the decision making process. This previous model showed the analysis and simulation results similar to the model proposed in section 2. However, there are some phenomena different between the previous and proposed model.

The absorbing states of the previous model are also situations where the group is polarized into two subgroups, including the case that one of them is empty, and the simulation results showed that the state converged to one of absorbing states in all the trials. However, the speed of convergence to the absorbing states in the proposed model was much faster than that in the previous model. Figure 3 shows means of iteration numbers spent until convergence for each  $N$  in the proposed and previous models. For increase of the number of persons, the convergence speed of the proposed model increased linearly, although that of the previous model increased exponentially.

Furthermore, there was a bias on which absorbing state the group converged to, although this bias was

Table 1: Results of Simulations

$N$	4				5			6		
Types of Grouping (#. Corresponding States)	4:0 (1)	3:1 (4)	2:2 (3)	5:0 (1)	4:1 (5)	3:2 (10)	6:0 (1)	5:1 (6)	4:2 (15)	3:3 (20)
#. Convergence	82	149	69	57	116	127	43	92	110	55
Mean #. Iteration	14.2	12.8	13.7	37.6	29.4	24.2	41.3	54.2	47.5	46.1
$N$	7				8					
Types of Grouping (#. Corresponding States)	0:7 (1)	1:6 (7)	2:5 (21)	3:4 (35)	0:8 (1)	1:7 (8)	2:6 (28)	3:5 (56)	4:4 (35)	
#. Convergence	18	67	112	103	17	61	114	71	37	
Mean #. Iteration	81.7	65.5	63.1	63.1	111.9	123.7	102.8	98.0	97.1	

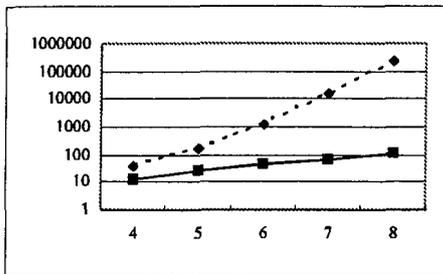


Figure 3: Means of Iteration Numbers Spent Until Convergence (Solid Line: The Proposed Model, Dashed Line: The Previous Model without Decision Making Process)

not observed in the previous model. For example in  $N = 4$ , the situation where all the persons like each other appeared 82 times among 300 trials, although the polarized group situations appeared about 20–40 times in average. In the same simulations of the previous model, the situation where all the persons like each other appeared 29, 16, 7, 5, 2 times among 300 trials for  $N = 4, 5, 6, 7, 8$  respectively. For each  $N$ , a  $\chi^2$ -test revealed that there was a statistically significant difference with 0.001 or 0.01 level on these numbers of convergence between the proposed model and previous model.

The above facts suggest that the decision making process has an effect of acceleration and bias in convergence of the group dynamics based on micro behaviors of POX systems.

## 4 Summary

This paper proposed a model of interaction between the social network dynamics based on POX systems and decision making process under the human network, while comparing the proposed model with the previous group dynamics model based on only POX systems.

As future problems, we should investigate a cause of observed acceleration and bias in convergence of the proposed model in comparison with the previous model while exploring the corresponding psychological phenomena. In addition, we need to extend the full-connected graph structure of the model to general graphs including 2-D cellular structures.

## Acknowledgments

This study was supported by the Japan Society for the Promotion of Science, Grants-in-Aid for Scientific Research No. 15330133.

## References

- [1] Heider, F. (1958), *The Psychology of Interpersonal Relations*. John Wiley & Sons. (Japanese Edition: M. Ohashi, Seishin, 1978).
- [2] Cartwright, D., Harary, F. (1956), Structural balance: A generalization of Heider's theory. *Psychological Review*, 63: 277–293.
- [3] Harary, F., Norman, R. Z., Cartwright, D. (1965), *Structural Models: An Introduction to the Theory of Directed Graphs*. John Wiley & Sons.
- [4] Flament, C. (1963), *Applications of Graph Theory to Group Structure*, Printice-Hall. (Japanese edition: K. Yamamoto, Kinokuniya, 1974).
- [5] Wang, Z., Thorngate, W. (2003), Sentiment and social mitosis: Implications of Heider's balance theory. *Journal of Artificial Societies and Social Simulations*, 6(3). (electric publication: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/3/2.html>).
- [6] Nomura, T. (2004), Analysis and simulation of group dynamics based on Heider's balance theory and a finite Markov chain. In *Proc. 2nd International Conference of the European Social Simulation Association*. (CD-ROM Proceedings).

## 第Ⅱ章 第3節 女性への小さな偏見は組織における男性支配を

### もたらすか：組織における性比のシミュレーション<sup>1)</sup>

高木英至 (TAKAGI Eiji)

(埼玉大学 教養学部)

Martell らは、業績スコアに従って成員の昇進が決まるようなピラミッド型の組織構造の下で、女性にわずかに不利な業績評価が組織における顕著な男性支配を帰結することを計算実験によって例示した。本研究の目的はこの知見の頑健さを評価することである。Martell らの結果は各レベルが同じ規模を持つ組織構造でも、レベル数を変えても、再現された。どのような要因が Martell らが得た結果を攪乱するかを議論する。

キーワード：コンピュータシミュレーション、偏見、ステレオタイプ、組織構造、feminist

#### 1 はじめに

女性が男性より業績や能力を不利に評価されることはステレオタイプ研究において確立された知見である (Basow, 1986)。例えば、まったく同じ成功をおさめたとしても、行為者が女性であれば男性よりもその成功が本人の能力を反映すると認知されにくい (Feather & Simon, 1973)。そのため、社会が実力本位の地位達成のシステムを導入していたとしても女性の社会進出は大きく阻害される可能性がある。

女性に不利な認知的歪みが統計的に有意な効果であるとしても、その歪みの重大さの評価は立場に依存するかも知れない。実際、男女の違いは業績評価の分散の1~5%を説明するに過ぎない、それゆえに、この歪みはさほど重大ではない、という議論があった (e.g., Barrett & Morris, 1993)。

この問題について、Martell, Lane & Emrich (1996) は「小さな歪みが女性を大きく傷つける (a little bias hurts women a lot)」ことを示す、単純な、しかし興味深いコンピュータシミュレーションを報告している。Martell らは現実の組織が2つの特徴を持つことに注目する。第1は組織がピラミッド構造を持つこと、つまり上位レベルほど組織成員が少ないことである。第2は組織成員がそのレベルを段階的に上って昇進する方法が採用されていることである。

Martell らはこうした組織特性をシミュレーションモデルに組み込んだ。まず組織が8つの階層レベルからなるピラミッド構造をなすと考える (図1)。最底辺のレベルは500、トップは10の成員からなる。初期

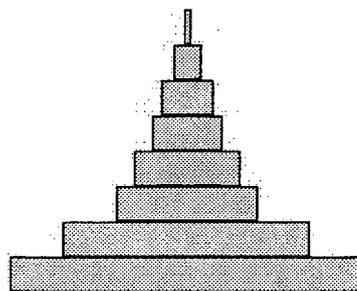


図1：ピラミッド型の組織構造

状態、各レベルには同数の男女がおり、成員の業績スコアは平均50、標準偏差10の正規分布をなすと仮定する。しかし男性には業績の分散の1%ないし5%を説明するボーナス・スコアが加えられる。時間は離散的に期間で進行し、各期に15%の成員がランダムに組織を去る。空席には1つ下のレベルの成員をスコアが高い順に選んで着任させる。そして最底辺レベルでは外部から新人を採用する、と仮定する。シミュレーションは最初にいた成員がすべて新人に入れ替わったときに終了する。

このシミュレーションの結果は明確だった。評価の歪みが1%でも5%でも上位レベルほど成員の平均スコアは単調に高くなる。同時に、上のレベルになるほど女性の比率が単調に低下する。昇進ルールから、組織は上位ほど実力者がいる人員配置を達成するけれども、実力を低く評価されがちな女性は、上位におけるほど排除される、という結果である。この結果から、男女の評価の歪みは小さくても現実場面での男女の権力関係への帰結は大きい、と Martell らは主張する。

このシミュレーションでは昇進が隣接するレベル間で生じ、そのレベルの境界で女性に不利な選別が生じる。選別の効果はレベルを上がるごとに累積するから、上位レベルほど女性比率が減少するものと理解できる。

だが Martell らの結果には少なくとも次の2つの疑問が思い浮かぶ。第1は、この結果を導くのに組織がピラミッド構造をなす必要があったのか、という点である。第2は、8つものレベルを経なければこの結果が生じなかったのか、という点である。

本研究はこれらの疑問点の検討を通して Martell らの知見の頑健性を評価することを目的としている。以下ではまず Martell らの結果の直接的な再現を試みる。次に、組織構造とレベル数を操作することを通して、Martell らが設定した組織構造とレベル数にその結果がどの程度依存したかを検討する。

## 2 再現シミュレーション

### 2.1 基本設定

Martell らと同じ8レベルのピラミッド構造の組織を仮定する(図1)。成員数は下位から上位に、500, 350, 200, 150, 100, 74, 40, 10である<sup>2)</sup>。成員には「発生」時に平均50、標準偏差10の正規乱数をスコアとして与え、男性成員にはボーナス・スコアを加算する。ボーナス・スコア(評価の歪み要因)には4水準(0.00/2.01/4.58/6.67)を設定した。ボーナス・スコアはそれぞれ、男女の違いがスコアの分散の0%、1%、5%、10%を説明する値である。Martell らが用いた1%と5%水準の他に、バイアスのない状態の基準を与える0%水準、大きなバイアスがある場合を評価するための10%水準を導入した。本研究の全体を通し、各水準での繰り返し試行数は100である。

### 2.2 計算手順

Martell ら(1996)に従い次の計算手順を用いた。(1)初期状態で組織成員を発生させ、各レベルに配置する。成員のスコアはレベルに依存しない。各レベルで男女は同数である。(2)毎期で順に次の計算を行う。①各成員は0.15の確率で「退職」する。退職とレベル、スコアの値は関係ない。②最底辺レベルを除いて上のレベルから順に、退職者による空席に1つ下のレベルの成員を、スコアが高い順に当ててゆく。1つ下のレベルに成員がいなくなれば、さらに下のレベルの成員をスコアが高い順に空席に着任させる<sup>3)</sup>。最底辺レベルの成員もいなくなれば組織内からの採用を止める。③すべてのレベルの空席に新たに発生させた新人を着任させる<sup>4)</sup>。新人の性別、スコアは乱数で決まる。④初期状態からいた成員数が残っている限り①に戻って同じサイクルを繰り返す。初期状態からいた成員が皆無になれば計算を終了する<sup>5)</sup>。

### 2. 3 結果

階層レベルごとの女性の比率の平均値を図2に示す。評価の歪み要因が0%のときは女性比率は0.5から誤差範囲で変動するだけである。評価の歪みが大きくなるにつれ、上位では女性比率が低下し、逆に底辺の2つのレベルでは女性比率が上昇する。歪みが1%と5%の結果は Martell らの結果をよく再現している。

ボーナス・スコア分を除去して階層ごとのスコアの平均値を表したのが図3である。第1に、レベルが高いほど単調にスコアが上がる。第2に、歪み水準に対応する線が図3の中でほぼ重なっていることから、ボーナス・スコアを除いた真のスコアの平均値は歪み要因の影響をほとんど受けていないことがわかる<sup>6)</sup>。

ボーナス・スコアを得る男性成員は高いレベルで多く低いレベルで少ない。従ってボーナス・スコアを含めて計算すれば、歪みが大きいほど上位（下位）レベルで平均スコアは高く（低く）なる。ボーナス・スコアを込みにしたときのレベルごとのスコア平均値のパターンは、同様に Martell らの結果をよく再現している。

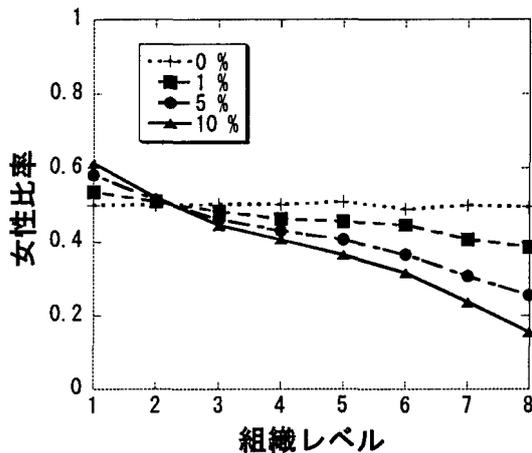


図2: 組織レベルごとの女性比率

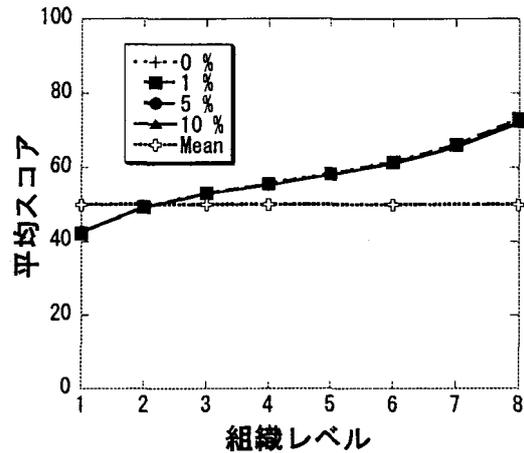


図3: 組織レベルごとの平均スコア

## 3 組織構造の効果

### 3. 1 設定

この節では組織構造を変えるとどのような違いが生じるかを検討する。成員規模がレベルで異なるピラミッド構造と対比するため、全レベルが同じ規模の構造（以下、等規模構造と略）を取り上げる。前節のシミュレーションとの相違は、各レベルの成員数を等しく178にしたことだけであり、組織全体の規模（成員数1424）、計算手順、繰り返し数は同じである。

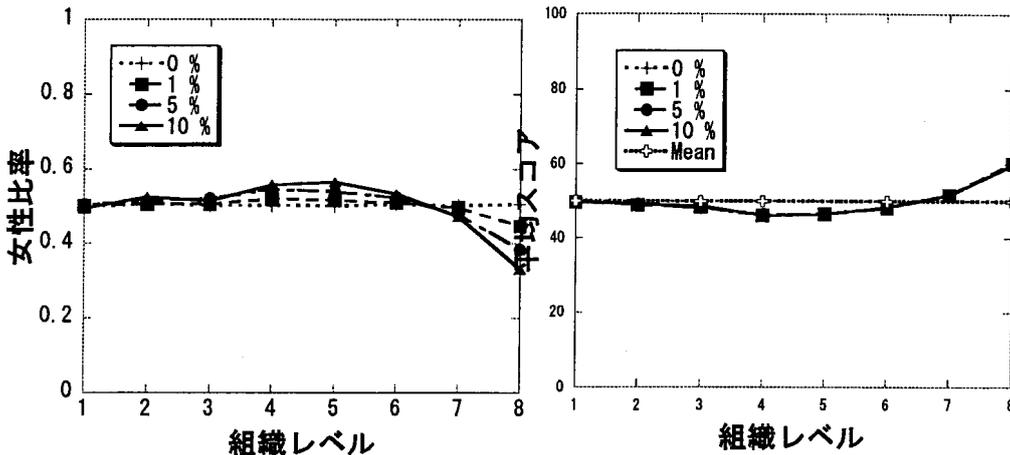


図4:組織レベルごとの女性比率(等規模構造) 図5:組織レベルごとの平均スコア(等規模構造)

組織全体の規模を一定にしたとしても、組織構造を変えれば別の点でも変化が生じることに注意を要する。等規模構造の下では上位レベルの人数が多いので、成員が達成するレベルの期待値はピラミッド構造に比べて当然高くなる。最上位レベルの成員はピラミッド構造では超エリートであるけれど、等規模構造の場合はそれほどのエリートではない。

### 3. 2 シミュレーション結果

結果はピラミッド構造の下での結果とは異なった。図4はレベルごとの女性比率の平均値を表す。レベルが上がるほど女性比率が単調に低くなる、というパターンは観測できない。女性比率が目立って低下するのは最上位レベルだけであり、女性比率が上昇するのは底辺レベルではなく中間レベルだった。

図4の結果は平均スコアの結果(図5)と符合している。図5では図3と同じく、歪み水準を表す線は重なっており、歪みの大きさによるスコアの違いは目立たない。しかし他の点ではピラミッド構造の結果とは異なる。ピラミッド構造の場合はレベルとともに単調にスコアが上昇した。が、図5ではスコアが目立って上昇するのは最上位レベルにおいてであり、底辺レベルではなく中間レベルでスコアは落ち込んでいる。

### 3. 3 追加のシミュレーションと考察

図4、図5に示した結果は前節の結果となぜ相違したのか？ 実は両方の結果には基本的に類似した点がある。レベルが上昇するとスコアは期待値の50を越え、女性比率は期待値の0.5を下回るようになることである。相違点は次の2つである。第1に、スコアが50を越え女性比率が0.5を下回るのは、等規模構造ではより高いレベルになる。この結果は、ピラミッド構造では下から3番目のレベルの成員でも、組織内順位で見ると、等規模構造では2番目の上位レベルに位置づくほどのエリートであることから容易に理解できる。第2に、等規模構造では底辺レベルの女性比率と平均スコアが期待値に回帰することである。

この第2点については次の理由が思いつく。等規模構造では8つのレベルの成員数は等しいので、最底辺レベルの人員比率は全体の0.125にあたる。各期の退職確率は0.15であるから、每期、最底辺レベルでは全員を新人で補充し、下から2番目のレベルでも一定人員を新人で補充する必要が出てくる。そこで、底辺の2レベルではスコアと女性比率が母集団の分布に近づくことになる。そのために図4と図5において、中間レベルだけで平均スコアが50を割り女性比率が0.5を超えることになった可能性がある。ピラミッド構造では底辺レベルの規模が大きいので、0.15程度の退職率では成員の新規補充率が低く抑えられ、等規模構造におけるよ

うな効果が生じないと考えられる。

この推論が正しければ、各期の退職確率を低くして最底辺のレベルで新規採用する比率を下げれば、レベルごとの女性比率と平均スコアのパターンはそれぞれ、図2、図3に近づくはずである。また退職確率を0.15より高くすれば図4、図5のパターンはより増幅された形で生じるはずである。

上記の推論を確認するため、まず退職確率を半分の0.075に、次に倍の0.3に設定し、ピラミッド構造と等規模構造の下で追加のシミュレーションを実施した。ピラミッド構造での結果は前節の結果のパターンと基本的に同じだったので、ここでは記述を省略する。

退職確率を半分の0.075に設定したときの女性比率のパターンを図6に示す。図6のパターンはピラミッド構造の場合の図2と似ている。異なるのは、既述のように、女性比率が0.5を割り込むレベルが高くなることだけである。つまり、退職確率が最底辺レベルを攪乱しない程度に低ければ、等規模構造でもピラミッド構造の場合と同じく、レベルが上がるほど女性比率が単調に低下するというパターンを確認できる。平均スコアも同様に、平均スコアが期待値を越えるレベルが高くなる点を除いてピラミッド構造の結果(図3)と同じである。

退職確率を倍の0.3に設定したときの女性比率を図7で示す。図7の結果も先の推論に従っている。図4に比べてより高いレベルまで新人の確率的期待値への回帰が生じているからである。

なお、退職確率を上げることで、ピラミッド構造でも等規模構造でも、平均スコアと女性比率のレベルによる相違が小さくなることがわかった。この結果は組織内昇進によって生じる効果が退職率の増大によって薄まることから、当然に予期できる。

本節の結果を総合すれば、評価の歪みがある状況でレベルの上昇とともに平均スコアが上昇し女性比率が低下するという基本パターンは、ピラミッド構造でも等規模構造でも等しく確認することができる。ただしこの基本パターンは退職確率が高いときに攪乱され、底辺レベルで平均値への回帰が生じ、場合によっては「中間レベルの人材不足」のような現象がおこることがある(図4、図5)。ピラミッド構造は底辺レベルを広げることでよりこの攪乱要因の影響を吸収しやすい。

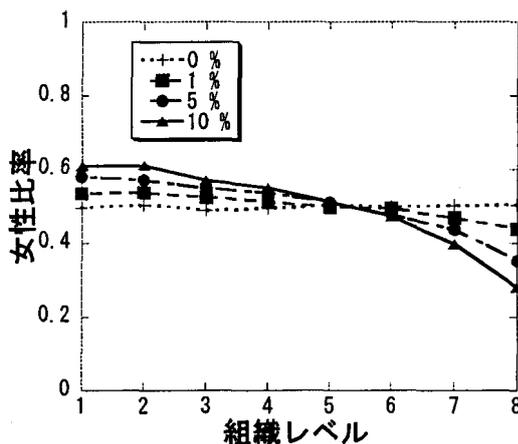


図6: 組織レベルごとの女性比率  
(等規模構造, 退職確率=0.075)

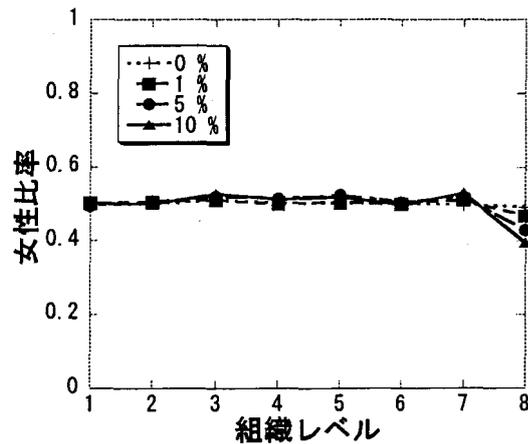


図7: 組織レベルごとの女性比率  
(等規模構造, 退職確率=0.30)

#### 4 レベル数の効果

次に組織のレベル数の増減が Martell らの結果に何をもたらすかを検討する。

##### 4.1 設定

レベル数の増減の操作には2つの方法がある。第1は組織の全体規模（成員数1424）を一定にしてレベル数を変える方法である（規模固定方式）。この方法では全体の組織規模は一定でも、各レベルの規模は変化する。第2の方法は図1が示すレベルのいくつかを除去し、あるいは隣接するレベル間に別のレベルを挿入する方法である（規模可変方式）。この方法ではもともとのレベルの規模を保持できるものの、組織全体の規模はレベル数に応じて変化してしまう。

両方の方法をともに採用することとした。各々につき、組織レベル数に2、3、8、12の4つを設定する<sup>8)</sup>。レベル数8のシミュレーション結果には第2節のデータを当てる。

ピラミッド構造での組織規模を次のように決めた。規模固定方式の場合、2レベル組織では下から順に1414, 10, 3レベルなら1100, 314, 10, 12レベルなら400, 250, 180, 140, 110, 100, 80, 60, 40, 30, 20, 10である。規模可変方式では第2節のモデルにおける最上位（規模10）と最底辺（規模500）の2レベルを必ず用いる。2レベルのときの規模は下から500, 10, 3レベルでは500, 150, 10, 12レベルでは500, 350, 250, 200, 180, 150, 100, 80, 74, 50, 40, 10である。

レベル規模決定方式（規模固定/規模可変）×レベル数（2/3/8/12）×組織構造（ピラミッド/等規模）×評価の歪み要因の各条件につき100試行を繰り返した。退職確率は引き続き0.15に設定した。

ピラミッド構造の場合、レベル規模決定方式のいかんにかかわらず最上位レベルの規模10は固定している。組織構造が異なれば全体の指標を相互に比較することはできないので、全条件を通して規模が同じである最上位レベルを比較することで条件間の差を検討する。等規模構造の場合はレベル数に応じて最上位レベルの規模も変化せざるを得ないので、条件間でシミュレーション結果を比較する根拠はない。等規模構造の試行を含めてシミュレーションを実施したのは、第2節の基本パタンの一般性を確認するためである。

#### 4.2 シミュレーション結果

シミュレーション結果には第3節までに得た結果のパタンから逸脱する要素はなかった。まずレベル数が2と3の場合、固定規模/可変規模、ピラミッド/等規模の相違にかかわらず、レベルが高まるほど平均スコアが上がり女性比率が下がるという基本パタンを確認できた。このことは、基本パタンを示すために Martell が用いた8レベルが必要ないことを示している。レベル数が12の場合は第2節における8レベルの結果をほぼ再現している。

ピラミッド構造の場合の最上位レベルにおける女性比率と平均スコアを、評価の歪み1%、5%、10%の

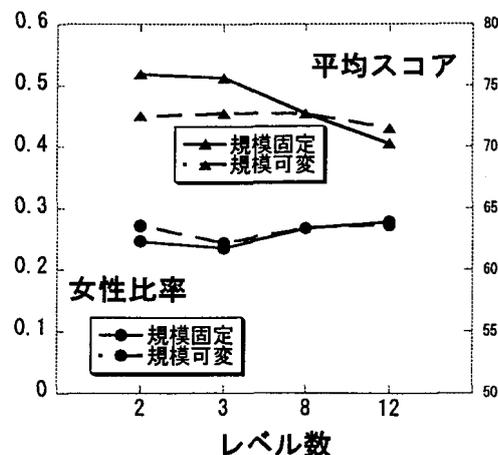


図8: 最上位レベルでの女性比率と平均スコア(0%, 5%, 10%水準の平均)

水準の平均として示したのが図8である。これら3水準では趨勢に大きな差はない。ここまでの結果では、同一組織構造においてレベルが上がるほど単調に女性比率が下がる傾向が確認されてきた。しかし図8に見るように、組織構造を操作してレベル数を増やしたとしても女性比率の低下が増幅されるという傾向は確認できない。この結果はレベル数を増やすことが昇進のハードル（レベルの境界）を増やすことを意味し、スコアの高い成員を上位レベルに移動させることの障害となることによるのかも知れない。スコアの高い成員が上位に昇進しにくければ、スコアを過大評価される男性成員が上位を占める傾向も同時に抑制されるからである。この解釈を支持するのが、組織規模を固定してレベル数を増やしたときに最上位の平均スコアが一貫して低下する傾向の存在である（図8）。

## 5 まとめ

本研究のシミュレーション結果は次のようにまとめることができる。

第1に、組織レベルが上がるほど平均スコアが高まり女性比率が低下するという Martell らが示した基本パターンは、組織構造やレベル数の変化に対して比較的頑健である。基本パターンはピラミッド構造ではない等規模構造でも確認できるし、レベル数が増減しても確認できる。つまり Martell らはピラミッド構造や8つものレベルを仮定しなくても、所期の目的を達成することができただろう。

第2に、しかしこの基本パターンがいかに出現するかには、いくつかの要因の影響が想定できる。上記の3.3では次のような効果が観測された。

- ①退職確率：組織成員が組織を去る確率が高いと平均スコアや女性比率のレベル間の差は小さくなる。
- ②退職確率と組織構造：退職確率がある限度以上に高まることが攪乱要因となり、上記の基本パターンは上位レベルだけで観測される可能性がある。この攪乱要因は組織構造がピラミッド型であれば回避されやすい。

最後に Martell らが指摘しなかった点について付言しよう。このモデルは副次的に、女性差別に伴う「社会的損失」があるにしても意外と小さいことを予測することである。

一般に差別は社会的損失を伴うと見られる。女性が実力を不利に認知されるなら男性が上位レベルを占めやすい。しかし男性はボーナス・スコア分を増加して評価されているので、その男性を多く上位で採用することは、組織全体では的確な人材を上位で採用する機会を失っていることを意味するはずである。

しかし差別（歪み）の大きさ要因は、女性比率に顕著な効果を及ぼしながら、第2節、第3節で見たように、レベルごとの平均スコアには顕著な効果を与えていない。この結果は本論文で述べた様々な条件でのシミュレーション結果で一貫している。このことは差別への対処を躊躇させる原因の1つであるかも知れない。

## 参考文献

- Barrett, G.V., & Morris, S.B. (1993) The Psychological Association's amicus curiae brief in *Prince Waterhouse v. Hopkins*. *Law and Human Behavior*, 17, 201-215.
- Basow, S.A. (1986) *Gender Stereotypes* (2nd edition). Monterey, CA: Brooks/Cole.
- Feather, N.T., & Simon, J.G. (1973) Fear of success and causal attribution for outcome. *Journal of Personality and Social Psychology*, 41, 525-542.
- Martell, R.F., Lane, D.M., & Emrich, C. (1996) Male-female differences: A computer simulation. *American Psychologist*, 51, 157-158.
- 高木英至 (2004a) 「社会現象の計算機シミュレーション」. 竹村和久 (編著) 『社会心理学の新しいかたち』,

誠信書房, 第9章(Pp.195-219).

高木英至 (2004a) 「シミュレーション・プログラミングの実際—Delphiの応用」, 北村英哉・坂本正浩 (編) 『パーソナル・コンピュータによる心理学実験入門』, ヤマニシヤ出版, 第9章(Pp.141-159).

## 注

- 1) 本稿の分析で用いたプログラム、および結果の一部は既に高木(2004a,b)の中で紹介してある。本稿の目的はこの分析の手続きと結果を体系的にまとめることにある。
- 2) Martellら(1996)は上から3番目のレベルの成員規模を75に設定している。ここでは初期状態の各レベルで男女を同数にするために75を74に変えた。
- 3) 隣接しない下位レベルからも人員補充ができるよう設定したのはMartellらのモデルと異なっている。組織がピラミッド構造ならば確実に空席は1つ下のレベルから補充できる。ここではピラミッド構造以外の人員構成でのシミュレーションを可能にするためにこの計算手順を導入している。
- 4) ピラミッド構造を仮定するならば、新人の採用がおこるのは、確率的に、最底辺レベルだけである。
- 5) 退職確率を0.15としたとき、平均的には50期前後で試行は終了する。いくつかの条件で200期で終了するように定義して試行しても結果に有意な変化はなかった。そのためこの研究では退職確率を高める場合を除き、Martellらと同じ終了条件を採用した。
- 6) 図3では傾向を確認しにくいけれども、歪みが大きいほど平均スコアは上位レベルで低く、下位レベルで高くなる傾向がある。歪み要因を between 要因、レベル数を繰り返し要因とした分散分析を適用すれば、歪み要因の主効果も歪み要因×レベルの交互作用効果も有意となる(それぞれ  $F(3,396)=20.18$ ,  $F(21,1176)=4.77$ ,  $ps<.001$ )。ただしその差は、0%と10%の間でも最上位レベルでの差が1.15、最底辺レベルで0.18に過ぎない。一般にシミュレーションでは級内分散が低く標本サイズが大きいのでわずかな差でも統計的には有意となる。ここでは、統計的に有意でも実質的には差が小さい、と考えておく。
- 7) 終了条件から、退職確率を0.3に高めると短か過ぎる期間数でシミュレーションが収束し、そのことが結果に影響するかも知れない。そこで退職確率を0.3に設定した試行では通常の倍以上の200期をもって終了するように設定した。
- 8) 何れの方式にせよ、採用可能なレベル規模の組合せ数は多様であり、どのような配分を用いるかは結果として恣意的となる。

## 第Ⅱ章 第4節 限界質量モデルの反応曲線の推測

高木英至 (TAKAGI Eiji)

(埼玉大学 教養学部)

限界質量(critical mass)モデルの反応曲線の形状を質問紙データから推測する。質問紙において、仮想的な行動の選択をたずねる項目を導入し、周囲の人がどれほどの割合で採用すれば自分もその行動を採用するかをたずねた。結果は次の点を示した。得られた反応曲線は概して単調型であり、45度線とは1箇所のみで交わる。安定均衡点が2つあるS字型の反応関数はほとんどなかった。反応曲線の形状についてはさらなる検証が必要であることとともに、限界質量モデルを規範的状況の記述的な用具として用いる可能性について議論する。

キーワード：限界質量モデル，マイクロマクロ，質問紙データ

### 1 はじめに:限界質量モデル

限界質量 (critical mass) モデル (Schelling, 1978) は社会におけるある行動の採用率がどの水準で均衡するかを説明するモデルである。他者のどれほどが特定の行動を採用すれば自分も採用するかについての戦略をマイクロな行為者が持つと考える。その戦略を社会の中で集計すると、ある時点で当の行動をとる比率から、その比率を前提にしたときにその行動をとる行為者の比率を示す曲線（以下、**反応曲線**と呼ぶ）を求めることができる。この反応曲線が得られると、当の社会の中でその行動を採用する者の比率、いわばマクロな状態を求めることができる。

図1の例では反応曲線は**45度線**と3つの交点（**均衡点**）を持つ。今、ある時点でのある行動の採用率を  $x$ 、採用率が  $x$  であることを前提にその行動を採用する率を  $f(x)$  と表そう<sup>1</sup>。つまり、 $f$  は反応曲線にあたる関数である。均衡点とは、

$$x = f(x)$$

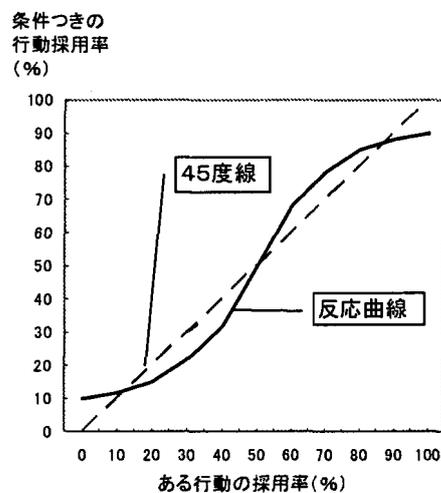


図1：限界質量モデルの例(S字型)

<sup>1</sup> 議論の便宜上、1個人は全体から見れば微笑であり、本人の選択は全体の採用率を変化させないと仮定しておく。

を充たす  $x$  の値である。均衡点にあつては、 $x$  の値は動かない。この条件を充たすのはむろん、45度線と反応曲線との交点である。

しかし均衡点には安定的なもの不安定なものがある。 $x^*$  が均衡点であるとして、 $x$  に微小な変動  $\varepsilon$  ( $>0$ ) が生じて  $x^*$  から少し遠ざかったとしよう。安定的均衡点とは、そのような変動があつても元の均衡点に戻る作用が働く場合を指す。つまり、

$$f(x^* + \varepsilon) < x^* + \varepsilon, \text{ かつ}$$

$$f(x^* - \varepsilon) > x^* - \varepsilon$$

であるような  $x^*$  が安定的な均衡点である。安定的な均衡点とはつまり、交点において反応曲線の傾きが45度線より小さい場合に相当する。

逆に不安定な均衡点とは

$$f(x^* + \varepsilon) > x^* + \varepsilon, \text{ もしくは}$$

$$f(x^* - \varepsilon) < x^* - \varepsilon$$

となるような均衡点である。不安定な均衡点とは、値が  $x^*$  に留まる限りは変動がないものの、微小な変動があると元の  $x^*$  からは  $x$  がどんどん遠ざかってしまう場合である。交点において反応曲線の傾きが45度線より大きい場合がその不安定な均衡点に相当する。

図1の例に戻るなら、均衡点(交点)は既述のように3つあることになる。そのうち、真ん中の均衡点是不安定な均衡点であり、ここから微小な正の(負の)変動が生じれば採用率は上昇(下降)することになる。安定的な均衡点は両側の2つの交点である。

反応関数とは個人の反応を集計した結果である。個人は、社会の人々がある一定の率で件の行動を採用するなら自分も採用する、という戦略を持っていると仮定する。世の中の人々が一定比率である服装をすれば自分も合わせる、世の中の人々の一定比率があるルールに従えば自分も従う、といった具合である。図1の反応曲線は、個人のこのような戦略(条件付反応パターン)が図2のような分布であるときに結果するものである。図2において、一番左のバーは、世間の人々の採用率が0であっても自分は採用するつもりで確信的採用者の率を表す。左から2番目のバーは、世間の採用率( $p$ )が  $0 < p \leq 10$  であれば自分は採用する、という戦略を持つ者の比率である。例を続ければ、右から2番目のバーは、世間の採用率が  $90 < p \leq 100$  なら自分は採用する、と決めている者の比率であり、一番右のバーは、どれだけ採用しようとしても自分は絶対に採用しないと決めている確信的な不採用者の率を表している。これらの反応パターンの分布はいわば、マイクロな行動戦略の分布であり、図1の反応関数とは、これらマイクロな反応を集計して得られたマクロな反応関数であるといえる。

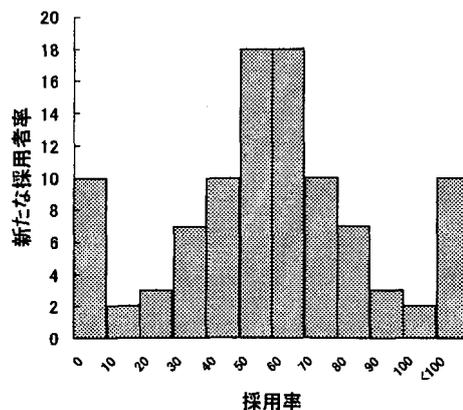


図2: 条件付反応パターンの分布

## 2 問題の所在: 反応関数の形状

こうした限界質量モデルには特筆すべき点が少なくとも2つある。第1はこのモデルがマイクロマクロの論理を備えたモデルであることである。個人のマイクロな反応パタンの集積がマクロなシステムの挙動を説明するような、1つの重要なルートをモデル化している。第2はこのモデルが適切に単純なモデルだという点である。仮定される前提は少なく、説明の基盤は反応関数だけに集約されている。

限界質量モデルがほとんど反応関数だけによってシステムの挙動を説明するとすれば、この反応関数がどのような形状をとり得るかが、このモデルが nontrivial な予測を生み出せるか否かの鍵であるのは、明らかである。限界質量モデルを日本の社会（心理）学界に広く普及させたのは、社会的ディレンマに関する山岸の解説書(1990)だった。その山岸(1990)は図1のようなS字型の反応曲線を描いて示した。図1のような反応曲線のもとでは、安定的な均衡点は普及率が高い箇所と低い箇所の2つになる。このことは、ある行動様式が優勢になるか劣勢になるかは紙一重、つまり初期状態が不安定な均衡点を少し上回るか下回るかというだけの違いによることを意味している。問題の行動様式が逸脱反応であるとすれば、逸脱率を低く抑えている限り逸脱は低水準で均衡するものの、偶然的要因から逸脱率が少し高くなることによって、逸脱が社会に蔓延することがあり得る、ということである。同時に、同一のモデルを仮定しながら社会には別の均衡点があり得る、ということが理論的には重要である。

図1のS字型の反応曲線が生じるのは、既述のように、個人の反応パターンが図2のような分布をなす場合である。図2の分布は理屈の上では「合理的な」推論の帰結といえる。なぜなら分布は基本的に正規型だからである。反応が「逸脱」であれば、左端には、他者の反応にかかわらず自分は逸脱すると決めている確信的逸脱者がいる。右端には、世の中でいくら逸脱者が出て自分も良心を貫こうとする確信的遵法者がいる。こうした、他者の反応にかかわらずある反応を決めてかかる者が一定数存在することも、過去の社会的ディレンマ研究からは肯けることである。

しかしこれまで、反応曲線の形状は仮定されたものであり、経験的に測定したものではなかった<sup>2</sup>。実際、この反応曲線がどのような形になるかは、人をある行動の採用に至らしめるメカニズムによって変わるものと思う。ちなみに、Schelling(1978)自身は様々な形状の反応曲線を例示していた。

本研究の目的は、質問紙によって回答者に仮想の事態を提示し反応の回答を求めることによって、どのような反応曲線が得られるかを探索的に推測することである。例えば、図1のような「都合の良い」S字型の反応曲線は容易に得られるのか？ 反応曲線には、採用対象となる行動の種類に応じてどのようなヴァリエーションがあるのか？ これらの問に対して一定の手がかりを得ることを目標としている。

限界質量モデルにおける個人の反応パターンを質問紙でたずねるにあたって1つの懸念に思い至った。人は確かに、他者の採用率が高いほど件の行動を採用しやすいだろう。なぜなら、他者の採用率が高いほど採用に向けての規範的圧力は高まるはずである(Latané, 1981)。また、他者の採用率が高いほど、その行動を採用することに伴いリスクは低くなるし、採用しないことへのリスクは高くなる。例えば採用対象の行動が逸脱行動なら、他者も逸脱するほど自分が罰せられる可能性は低くなる。逆に行動がルール遵守行動であるなら、他者の遵守率が上がるほど自分だけ逸脱することへのリスクは高くなる。しかし人は他方で、ユニークネスへの欲求を持つ(Snyder & Fromkin, 1980)。つまり、行動の種類によっては多くの人が採用する行動の採用を人はかえって回避するかも知れない。そこで、以下の質問紙調査ではこのユニークネスの作用が生じる可能性も同時に把握す

<sup>2</sup> 現状で筆者が把握している限りでは、質問紙データによって反応曲線を推定した例に長谷川(2002)がある。長谷川(2002)の得た反応曲線は後述する単調型に近く、本研究で得た反応曲線の多くと一致する。

ることとした。

### 3 調査1

**方法** S大学の教養教育講義の受講者を対象に自記式の質問紙調査を2004年7月末に実施した。この調査自体は、学部学生の卒業論文のためのデータをとることが目的であり、そのための調査項目の間に限界質量モデルの反応パターンを測定する項目を挿入している。回答者数は266名(男性138, 女性128), 83.5%が1年生だった。

**質問項目** 問題の反応パターンを測定するため、「テレビ番組」の選択と「服装」の選択に関する質問項目を質問紙に入れた。前者の項目の場合、まず「いま仮に、あなたが観ていないテレビ番組をあなたの周囲の人が観ていると分かったとします。」という仮想的状況を提示する。質問は次の2つである。「(1) あなたの周囲の人の何パーセント以上の人が観ていれば自分も観てみようと思いませんか?」とたずね、「\_\_\_\_\_ % 以上ならその番組を観てみる」への回答(%)を求める。次に、「(2) もし、あなたの周囲の人の多くが観ていれば自分は観ないということがあれば、何パーセント以上なら自分は観ないかをお答えください。思いつかなければ記入しないで構いません。」と提示して「\_\_\_\_\_ % 以上ならその番組を観ない」への回答を求めた。(2)がユニークネス(多数に同調するのを嫌う傾向)を考慮するための項目である。

**結果** テレビ番組に関する質問での有効回答数は249(うち男性130, 女性119)だった。その回答をもとに反応曲線を描いた結果が図3である。「反応曲線(単調増加)」と記した点線の曲線はユニークネス項目の結果を除外したとき描かれる反応曲線である。図3では2つの反応曲線はほとんど変わらない。反応曲線は0%の近傍を除いて常に45度線の下に位置している。この反応曲線を限界質量モデルに適用して帰結する安定的な均衡点はただ1つ、採用率3%である。

服装に関する質問での有効回答数は230(男性129, 女性101)だった。この回答を集計して反応曲線を描くと図4となる。(2)の形式の質問の回答を勘案したため、通常限界質量モデルの図とは異なり、反応曲線は高い横軸の値でむしろ低下している。安定的な均衡点はやはりただ1つ、採用率45%である。ユニークネス項目を除外するとすれば、安定的な均衡点は100%に近い。

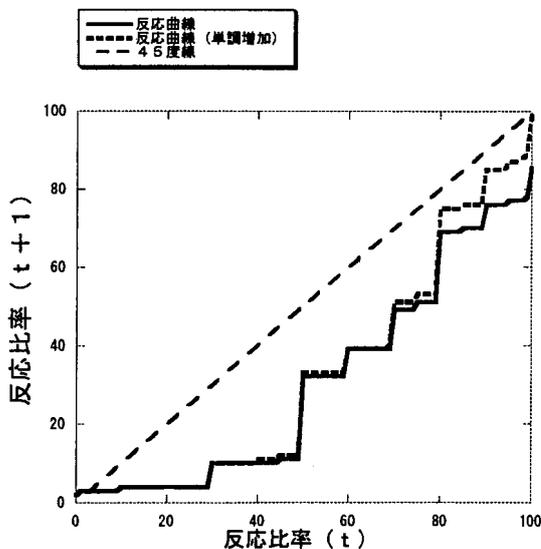


図3:TV番組の反応曲線

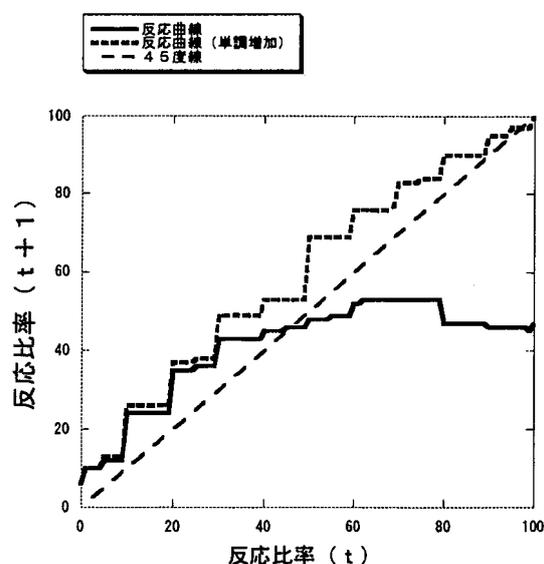


図4:服装の反応曲線

**考察** 調査1の質問紙から推測された反応関数は期待した形状を描かなかつた。何れも、図1のS字型とは異なる。安定的な均衡点は1つしか持たない。特にテレビ番組についていえば、反応曲線はほとんどの区間で45度線を下回り、予測される最終普及率もきわめて低かつた。

さらに探索的に反応曲線の推測を行うために、次の調査2を実施した。

#### 4 調査2

**方法** 追加のデータを得るために、S大学K学部のある専門基礎科目（出席者は主に1，2年生）の受講者を対象とした質問紙調査を2004年の12月に実施した。回答者数は93名、性別、学年は測定していない（受講者はほぼ、女性：男性が2：1である）。

調査1と同様の形式で、他者の行動採用率に応じたポイ捨て、赤信号での横断、特定の映画を観る、特定の

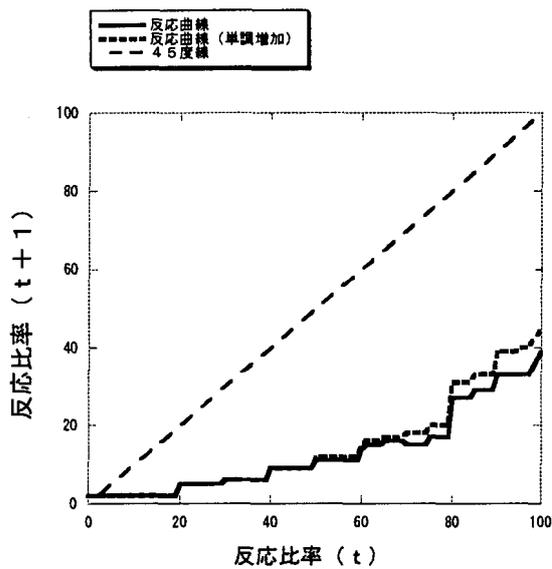


図5:ポイ捨ての反応曲線

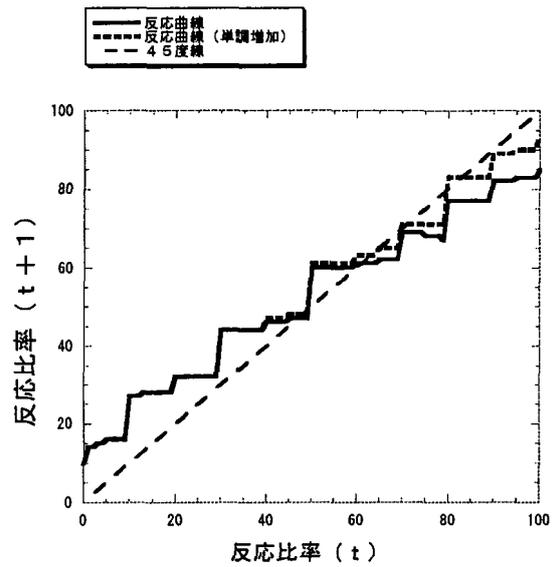


図6:赤信号横断の反応曲線

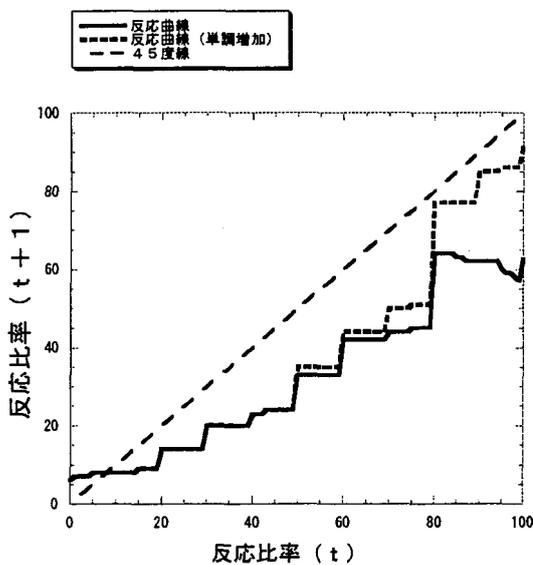


図7:映画の反応曲線

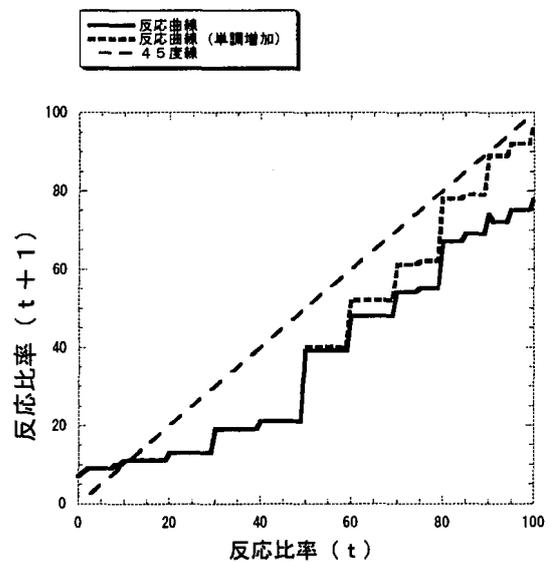


図8:本の反応曲線

本を読む可能性をたずねた。ポイ捨てと赤信号横断の項目は、社会的ディレンマの非協力反応を想定した項目である。

**結果** まずポイ捨てに関する結果を図5に示す。図5は、反応曲線がほとんど常に45度線の下に位置するという点でテレビ番組の結果(図3)とパターンが似ている。絶対にポイ捨てをしないと反応した回答者が多く、実際、この大学ではポイ捨てを見かけることはほとんどない。安定的均衡点はポイ捨て率2%である。ユニークネス項目を除いても反応曲線はあまり変わらない。

赤信号の結果(図6)では、反応曲線は常に45度線の近くに位置している。本稿で報告する測定項目の中では唯一、2つの安定的な均衡点(47%と61%)を持った。初期採用率が高ければ最終的にやや高い採用率(61%)で、初期採用率が低ければやや低めの採用率(47%)で均衡する格好である。

映画と本の項目での結果は調査1のテレビ番組の結果と似ている。多くの横軸の区間で反応曲線が45度線を下回り、安定的均衡点は低い水準にしかならない。まず他者の分布に応じてある映画を観るかどうかをたずねた項目では、安定的均衡点は8%だった(図7)。本を読むかどうかの項目では安定的均衡点は11%である(図8)。ともに、この均衡点を越えると反応曲線が45度線を越えることはない。

## 5 考察

**結果のまとめ** 報告した調査1, 調査2の結果で重要なのは次の点である。この研究を始めた当初の期待は、調査結果によってS字型の反応曲線(図1)を経験的に得ることだった。S字型の反応曲線が普通に得られることが確認できれば、限界質量モデルは興味ある予測を提示することが可能だったのである。しかし2つの調査データから推測される反応曲線はS字型とは異なったものである。赤信号横断の項目(図6)を除けば安定的な均衡点は1つしかない。赤信号横断項目場合も、安定的均衡点が2つあったのはS字型であったためではなく、単に反応曲線と45度線とが近接していたために過ぎない。大まかにいえば、この研究で得られた反応曲線の形状は図9のような単調型であったといえる。むしろ、同じ単調型といっても、縦軸との切片の大きさ(確信的な採用者の比率)と反応曲線の傾きの大きさ(他者比率への反応感度)によって、ヴァリエティが存在している。

単調型の反応曲線のもとにあつては、当の行動採用率がある程度高いところで均衡が生じるための条件は、

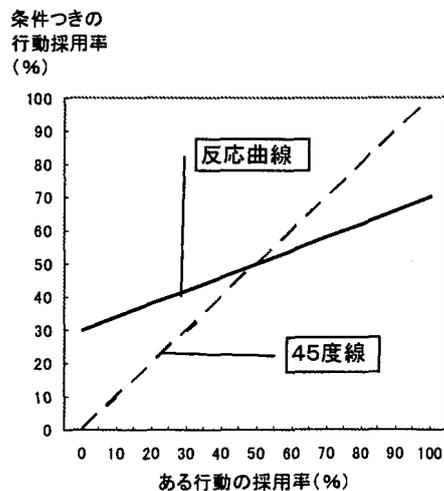


図9: 限界質量モデルの例(単調型)

確信的採用者（コア採用者）がある程度の比率で存在すること、および／もしくは、採用率が低い区間での反応感度が高いことである。服装（図4）と赤信号横断（図6）の事例はその場合に該当するといえる。逆に反応比率が高まらずに均衡してしまう場合とは、コア採用者比率が低いとともに、採用率が低い区間での反応感度も低い場合である。その場合、安定的均衡値はコア採用者比率そのものとそれほど変わらなくなる。TV番組（図3）、ポイ捨て（図5）、映画（図7）、本（図8）の事例がその場合に該当するといえる。特に、TV番組、映画、本に関しては、「何を選ぼうが個人の自由」という判断が回答者の間で定着していることが、反応感度の全般的な低さを帰結せしめていると想像できる。

なお、本研究の調査では周囲の多くが採用するとき生じ得る反発、つまり逆に採用を控える傾向も測定に導入していた。が、反発傾向の考慮は、服装の事例（図4）を除けば、結果に大きな影響を与えていない。

**限界質量モデルの意義** 社会心理学領域で限界質量モデルを利用することには次の意義があると、この時点で認識することができる。

第1に、まさに Schelling(1978)のポイント通りに、マイクロな動機づけはマクロな集計結果である反応曲線に関連づけてはじめて、社会現象の説明に結びつくことを認識させることである。推測した反応曲線は何れも大まかには右上がりであるので、他者の採用率に影響される個人は社会の中に少なからず存在している。つまり個人は他者の採用に反応して行動を採用する傾向は確かにある。しかしそのことが目立った採用率の向上として現れるためには、集計した反応曲線が一定の形状をなしていなければならない。例えば環境配慮行動の普及を問題にする場合(杉浦, 2003)、個人に向けた説得というマイクロな過程は確かに重要な要因であるけれども、環境配慮行動が全体として普及するか否かは反応曲線への考慮なしには考え難いはずである。

第2は、行動の社会的な波及・普及現象に対してこのモデルは記述的な価値があることである。本研究で取り上げた行動に限っても、反応曲線の形状は大まかに単調型であるとしても、行動によってコア採用率や曲線の傾きには違いがある。いろんな行動について同種の「測定」をすることによって、反応曲線にどのような規則性を見出せるか検討することが可能だろう。例えば同じく規範的影響が作用する事態であっても、同調行動の種類によって描かれる反応曲線に一定の規則性を見出すことができるかも知れない。

**本研究の限界** 上記が本研究の結論であるものの、この研究には次の限界があることも明らかである。

第1に、本稿の結果は質問紙における仮想場面の想定によって得られたものに過ぎないことである。仮想場面の想定による結果は実際の行動の観測結果とは異なっても不思議ではない。つまり、図3～図8の結果の妥当性は、今後の検証によって評価すべきことである。他方で実際の行動の観測によって反応曲線を推測することが必要だろう。

第2に、同じく場面想定法を用いるとしても、回答者の反応の結果は framing の影響を受け得ることである。例えば、限界質量モデルの図において、横軸はルール遵守者比率と定義することもできるし、逸脱者比率と定義することもできる。その状況定義 (framing) の差によって回答者の反応は変わってくるかも知れない。結果として同じ内容を質問を framing を変えて実施することも必要な手順かも知れない。

**可能な研究課題** 本研究の延長としてどのような研究の作業があり得るかを最後に述べておこう。

第1に、本稿で試みた反応曲線の測定の妥当性を確認するための作業をあげるべきだろう。上記のように、採用対象となる行動が「逸脱」と表現したときと「ルール遵守」と表現したときとでどのような違いがあるか、などである。特に、仮想場面を提示した態度測定ではなく、実験ないし観察によって実際の行動を観測することを通して、反応関数を測定する必要があるだろう。実際の行動の観測に基づかなければ、測定の妥当性の確信を得ることは難しい。

第2に、安定的均衡点の位置を規定するコア採用者比率や反応曲線の傾きがどのような要因によって影響されるかが次の探求課題になるだろう。例えば、コア採用者比率と曲線の傾きは連動するのか？（コア採用者比

率が高ければ傾きも大きくなるといったことがあるのか?) 集団凝集性のような集団特性によって反応曲線の傾きは想定通り変化するのか? 特に環境配慮行動といった実践的な課題に関心があるときには, 反応曲線の特性が何によって影響されるかは重要になるだろう。

最後に, 限界質量モデルをモデルとして拡張ないし一般化する余地もあるはずである。この点については別稿によって議論したい。

#### 引用文献

長谷川貴陽史 (2003) 「史景観利益の価値評価と規制の実効性に関する研究」, 財団法人土地総合研究所, 平成15年度報告書(<http://www.lij.jp/html/sien/record/sien15/hasegawa.pdf>).

Latané, B. (1981). The psychology of social impact. *American Psychologist*, 36, 343-356.

Schelling, T.C. (1978) *Micromotives and Macro-behaviour*. WW Norton & Co.

Snyder, C.R., & Fromkin, H.L. (1980) *Uniqueness, the human pursuit of difference*. New York: Plenum Press.

杉浦淳吉 (2003) 『環境配慮の社会心理学』, ナカニシヤ出版.

山岸俊男 (1990) 『社会的ジレンマのしくみ』, サイエンス社.

## 第Ⅱ章 第5節 限界質量モデルのセル空間への展開

### A 2-dimensional lattice model of 'Social Critical Mass'

高木英至 (TAKAGI Eiji)

(埼玉大学 教養学部)

キーワード：限界質量，セル空間，コンピュータシミュレーション，集合行動

【要約】限界質量モデルは動的な社会的影響理論(DSIT)同様の，エージェント間の相互影響の前提から成り立つ。本研究は同モデルをDSIT同様の2次元のセル空間モデルに拡張する。計算シミュレーションは，相互影響の範囲がローカルであるとき次の結果が生じることを示した。(1)同じ行動をするエージェントのクラスタが出現する。(2)エージェントの行動採用率に，初期状態の方向に向けた「極性化」が生じる。

### 1 はじめに

#### 1.1 限界質量モデル

限界質量 (critical mass) モデル (Schelling, 1978) は社会の中で特定の行動の採用率がどの水準で均衡するかを説明するモデルである。他者のどれほどがある行動を採用すれば自分も採用するかについての戦略を，マイクロなエージェントが持つと仮定する。例えば，他者の30%がポイ捨てをするなら自分もポイ捨てをする，といった戦略である。エージェントがそれぞれの戦略に基づいてある行動を採用するか否かを選択し行動したとして，それらの行動を集計した社会全体の行動採用率を与件として，エージェントはさらに選択を行うと考える。社会全体でのある行動採用率を前提にしたときに，その行動をとるエージェントの比率を示す曲線を，反応曲線と呼ぶ。反応曲線是个々のエージェントの戦略の集計によって求めることができる。反応曲線が得られると，当の社会の中でその行動を採用する者の比率の均衡値，つまり社会のマクロな状態を求めることができる。図1はS字型の反応曲線ができたときの例示である。反応曲線と45度線との3つの交点(均衡点)のうち，反応曲線の傾きが45度線より低い交点(両端の交点)が安定な均衡点となる。

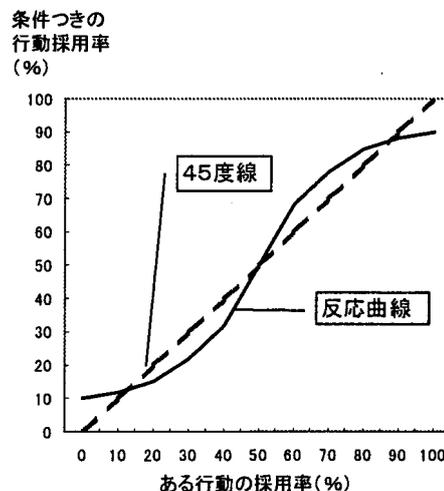


図1：限界質量モデルの例(S字型)

## 1. 2 動的社会的影響理論

Latanéらの動的社会的影響理論(DSIT; e.g., Nowak, Szamrei & Latané, 1990)は、エージェント間の相互影響から何らかのパターンが普及する過程を扱う点で、この限界質量モデルと類似している。DSITはまず、エージェントが2値的な状態の何れかをとることを前提とする。特定の状態をとるエージェントは、別の状態の他者には自分と同じ状態になるような影響を、同じ状態の他者には現状を維持する方向の影響を及ぼす。この影響力は一般にはエージェント間の距離とともに減衰する。その結果、各エージェントには「周囲」から、現状に留まる方向に働く影響と、別の状態に変化させるように働く影響が作用することになる。エージェントが現在の状態を継続するか別の状態に移行するかは次の手順に従って決まると考える。

変化への影響 > 現状維持への影響 → 別の反応

変化への影響 ≤ 現状維持への影響 → 現在の反応

対して、限界質量モデルは、ある行動を採用するか否かという2つの状態を仮定する点がDSITと類似している。しかし限界質量モデルの場合は、エージェントがある「臨界値」(その値を超えたときにはじめて問題の行動を採用するような閾値)を持つと考え、次の手順に従ってその行動を採用するか否かを決める、と考える。

「社会」の反応率 ≥ 本人の「臨界値」 → 採用

「社会」の反応率 < 本人の「臨界値」 → 採用せず

つまりこの2つのモデルは、第1にエージェントに2種類の状態を仮定すること、第2に社会的な影響によってエージェントの状態が変化すると仮定すること、の2点で類似している。

両モデルの相違点として、上記の状態変化の前提を別にして少なくとも次の2つをあげることができる。第1に、DSITは距離が定義される空間にエージェントが位置すると仮定しているのに対し、限界質量モデルは空間を仮定していないことである。さらに第2に、DSITではエージェント間の影響力が距離の減少関数であり、従ってエージェントは近傍からの影響を受けやすいと想定する。しかし限界質量モデルでは社会を一括して考え、個々のエージェントは社会全体から一括した影響を受けると仮定している。

## 1. 3 限界質量の空間モデル

これらの相違点に関する限り、DSITは限界質量モデルより一般性の高いモデルであるといえる。なぜなら、限界質量モデルのように個々のエージェントが「社会一般」から影響を受ける場合とは、DSITのように距離を持つ空間を仮定する定式を用いるなら、距離による影響力の減少が極めて緩慢な場合として表現できるからである。

本研究は次の目的を持つ。第1に、限界質量モデルをDSITのようなセル空間を持つモデルとして定義し直すことである。第2に、距離を持つ(従ってパラメータによって影響力の範囲を限定できる)ことによって、限界質量モデルの元来の挙動がいかなる影響を受けるかを評価することである。

DSITは、エージェント間の影響力が距離とともに適度に減少するという前提のもとで、同じ状態のエージェントのクラスが生じること、初期少数派(初期多数派)は均衡値ではより少数(多数)になるような「極性化」が生じること、などの予測を導いている。距離を持つ空間で作動する限界質量モデルも同様の帰結を生むか否かが本研究の主たる関心といえる。

## 2 シミュレーションモデル

## 2. 1 反応曲線

高木(2005)は質問紙調査をもとに回答者集団における反応曲線を推測した。結果は、**図1**のような(均衡点が複数ある)反応曲線はほとんど見出されず、多くは**図2**のような「単純型」の反応曲線になる、というものだった。

高木(2005)では質問紙調査から得られた反応曲線を仮定し、本研究と同様のシミュレーションを試行的に実施している。しかしこのシミュレーションは、質問紙から推測された複雑な形状の反応曲線を仮定した結果であり、その結果が反応曲線の特殊性、複雑性にどれほど依存しているかは分からない。本研究では**図2**の単純な反応曲線を用いてシミュレーションを実施するという方針をとる。なお、**図2**での反応曲線は、無条件的採用者と無条件的不採用者がそれぞれ10%おり、傾きは4/5の直線である。45度線との交点(50%点)が安定的な均衡値であり、普通に限界質量モデルを作動させれば採用率は50%で落ち着く。

## 2. 2 セル空間

モデルで仮定するのは50×50の2次元のセル空間である(**図3**)。torusであり、**図3**の上下、左右は繋がっている。隣接セル間の距離を1とし、ムーア近傍を仮定する。「近隣」(同じ距離内にある近傍)内での距離の相違は影響しないと考える。

## 2. 3 シミュレーションの手順

2500のセルがそれぞれエージェントであると仮定する。エージェントには反応曲線(**図2**)を再現するように機械的に「臨界値」を当てはめ、無作為にセルに配置する。シミュレーションはラウンドによって離散的に進行する。ラウンドごとにセルの反応機会の順番を無作為に決め、各ラウンドで各セルは1回ずつ反応する。反応時点で、エージェントはその時点での「近隣」内の反応率を算定し、既述の手順に従って行動を採用するか否かを判断し、採用/不採用を表示する。初期状態で採用しているのは、無条件的採用者(**図2**の条件のもとでは10%)と仮定する。

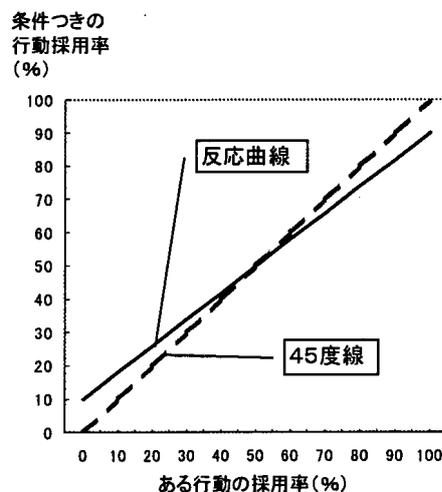


図2:シミュレーションに用いた反応曲線

## 2. 4 実験計画

唯一の要因は近隣の距離(4水準)である。距離が1/3/5/7で近隣を定義する。距離が長いほど、広い範囲の他者から影響を受けることになる。

各水準で 20 試行を繰り返した。各試行で 30 ラウンドを実施した（12 ラウンド程度で何れの試行でも結果は収束する）。

### 3 シミュレーション結果

主な結果は、エージェントのクラスタ、および最終採用率の 2 点である。

#### 3.1 採用者のクラスタ

DSIT は影響力が近隣に限定される時、状態値ごとのエージェントのクラスタができることを示している。空間を装備した限界質量モデルでも同様のクラスタを確認できるか否かが、このシミュレーションの関心の 1 つである。

結論からいえば大まかにはエージェントのクラスタは形成される。既出の図 3 は距離 1 の範囲で影響が生じると仮定したときの反応分布（濃い色のセルが採用者）である。影響の範囲が大きくなるほどクラスタは不明確になり、反応者が均質に分布するようになる。（ただしクラス

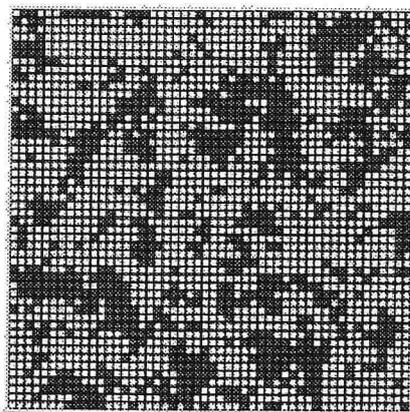


図3:シミュレーションのセル空間

タ化の指標は算出してない。）

#### 3.2 採用率

シミュレーション各試行での最終採用率の水準別の平均値を示すのが図 4 である。図 2 の反応曲線を仮定しているのもともとの前提で（つまり空間を仮定せずに）限界質量モデルを作動させたときの均衡値（比率 0.50）が図 4 の「理論値」である。結果はまず、元来の限界質量モデルよりも一様に採用率が低いことを示す。しかし距離、つまり近隣の範囲が大きくなるほど採用率は上がり、理論値に近づいているのが分かる。いい方を変えれば、影響力の範囲がローカルであるとき（典型的には距離 1、つまり直接隣接するセルだけが影響力の範囲であるとき）、採用率は理論値よりも大きく抑えられることになる。

## 4 考察

### 4.1 結果は何を意味するか？

限界質量モデルにセル空間を導入することで生じた結果として、2 点が観測できた。

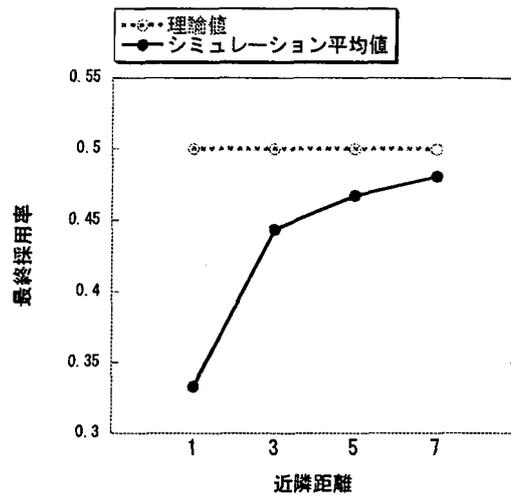


図4: 結果 - 最終採用率

第1は影響力がローカル（局所的）であるとき、DSITのシミュレーション結果同様に、同じ反応をするエージェントのクラスタが生じたことである。この結果は直感的に了解しやすい。等しく限界質量モデルの前提で反応するとしても、空間的な制約のもとにあるとき、エージェントは近隣のエージェントだけを眺めて反応する。従って、採用が優勢になるエリアとそうでないエリアが大域的には混在することになる。

第2の結果は、影響力の範囲が広がるほど採用率は「理論値」に近づき、狭いと採用率は低下してゆく、というものである。この結果の前半、つまり影響力が大域的であるほど採用率が理論値に近づくことは容易に了解できる。理論値とは、影響力の範囲が極限まで（つまり社会全体に）拡大された場合だからである。しかし影響力が限定されると採用率が体系的に低下するのはなぜだろう？

1つの可能性は、限界質量モデルでは自己の状態が影響を与えないと仮定するため、採用者が自らの採用状態を近隣の中でカウントできないことによる、という考えである。1つの採用例（自己）の除外は近隣の範囲が狭いほど重みが大いなので、範囲が狭いほど影響力の低下が大きいかも知れない。しかしこの可能性は妥当しそうでない。既述のシミュレーションモデルでエージェントが自己の採用をカウントするように設定しても、全体の採用率はやや上昇するものの、距離要因と採用率との図4の関係は変わらなかった。

もう1つの可能性は、この結果が2項分布の歪みに起因するという可能性である。近隣における初期状態での採用者数の確率分布は、初期採用率を  $p$  とおいたときの二項分布  $B(p, N)$  で近似できるだろう ( $N$ は近隣範囲に入るエージェント数)。この分布は、 $p < 0.5$  なら低い値（左側）方向に歪む。従って分布のメディアンは期待値 ( $Np$ ) より左に偏ることになる。つまり、社会全体の初期採用率が同じく  $p$  であっても、近隣での採用率が  $p$  より低くなるエージェントの率は、 $p$  より高くなるエージェントより多くなる。つまり採用者数が過小出現するエージェントが多くなるので、空間的制約を仮定しない理論値よりも採用しないエージェント数が増えるかも知れない。この分布の歪みは  $N$  が小さいほど（影響の範囲が限定されるほど）高く、 $N$  が大きくなれば分布は左右対称な正規分布に近づくために歪みが生じない（つまり採用率は理論値に近づく）、という可能性である。

#### 4. 2 追加のシミュレーション

分布の歪みによる説明が妥当するならば、初期採用率が.5より大きい場合には採用率は理論値より大きくなることが予想できる。なぜなら、 $p > .5$  の場合は近似される確率分布は右（値が大きい方向）に歪み、近隣での採用者数が近隣で過大出現するエージェントが多くなるはずだからである。

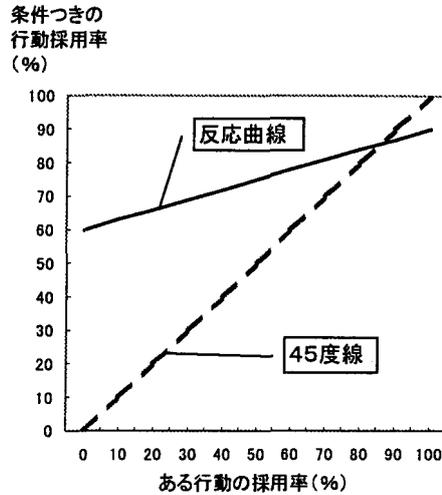


図5: シミュレーションに用いた条件(2)

そこで図5のような反応曲線を用い、同じ条件でシミュレーションを実施した。図5では、無条件採用率は全体の60%であり、無条件的非採用率は先述のシミュレーション同様に10%である。均衡点（理論値）は採用率85.7%となる。

結果を示したのが図6である。予想通り、近隣の範囲が小さいとき（距離が1のとき）に採用率は理論値より高い。距離が3, 5, 7のときの採用率の平均値の間には差がない(SNK検定,  $p < .05$ )。

#### 4. 3 総合的考察

オリジナルの限界質量モデルはエージェントが空間的な制約を持つことを考慮していない。

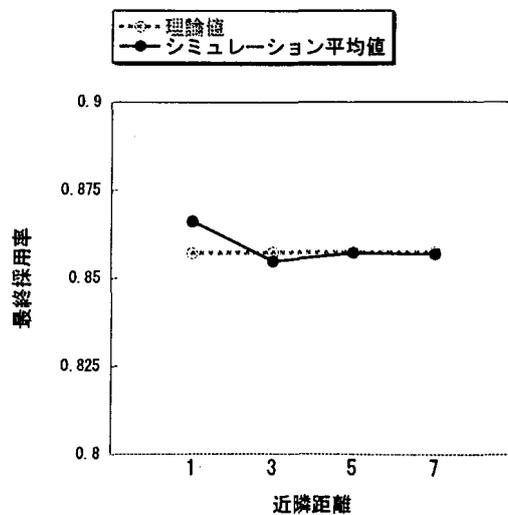


図6: 結果 - 最終採用率

本研究はこのモデルをセル空間の中で作動するように再定式化した。シミュレーション結果は、影響力の範囲が局所的なとき、限界質量モデルが DSIT と同様の結果をもたらすことを示した。第 1 に、採用／非採用者は空間的にクラスタをなす傾向が生じることである。第 2 は、初期採用者の全体的傾向が顕著に現れ、言わば反応の「極性化」、つまり初期採用者が少ない（多い）ときには最終的採用者もより少なく（多く）なる傾向が生じる、ということである。

一般論として、新たな行動の採用者は初期状態では少数派である。本稿が提示した空間を装備した限界質量モデルは、エージェントの交流の範囲が狭いときにはその新たな行動の採用は抑制されることを予測している。この予測は経験的に評価されるべきであるものの、われわれの一般通念とも一致しているというべきだろう。

#### 引用文献

Nowak, A., Szamrei, J. & Latané, B. (1990) From private attitude to public opinion. *Psychological Review*, 97, 362-376.

Schelling, T.C. (1978) *Micromotives and Macro-behaviour*. WW Norton & Co.

高木英至 (2005) 限界質量モデルの反応曲線の推測。『日本社会学会第 46 回大会論文集』, 94-95.

### 第Ⅲ章 進化型のシミュレーション

この第Ⅲ章では研究課題のうち、「進化型」と呼び得る計算機シミュレーションを用いた研究を収録する。「進化型」のシミュレーションとは、エージェントの戦略が世代にわたって変化する、という前提で行うシミュレーションを意味する。第1章第2節で論じたように、進化型のシミュレーションは動的均衡を求めるための簡便な方法だと位置づけることができる。

この章はほとんど研究代表者である高木が執筆している。第1節は社会的交換における規則性が発現することを確認したシミュレーションであり、以前に行った研究を再度やり直して文章にまとめたものである。

第2節から第5節にかけては、「協力呼びかけゲーム」の定式で生じる協力関係の成立可能性を検討している。第2, 3節では、裏切り誘因がある程度ある状況で、選択的受容戦略とともに高い信頼が進化し、協力の出現を可能にすることを示すシミュレーション結果を提示する。この2つの節のアイデアをさらに進めたのが第4, 5節の研究である。この2つの節では、裏切り誘因が高い場合に「安心請負人」が発現し、協力の成立を保障することによって協力の発生が維持される可能性を、計算機シミュレーションによって示す。

最後の第6節では、権力発生に関して本研究課題の途上で議論された論点を、阿部・高木がまとめている。

### 第三章 第1節 交換基準と社会分化の進化

The evolution of exchange rules and social differentiation

高木英至 (TAKAGI Eiji)

(埼玉大学 教養学部)

#### 要約

2者間の社会的交換(限定交換)において交換資源の等量性が出現し得るか否かを焦点として計算実験を実施した。エージェントには非協力戦略と交換戦略(TFT)が選択可能であり、後者はさらに「供与量上限」と「獲得目標量」の2基準を戦略次元として持つ。結果は次の傾向を示した。供与量上限と獲得目標量は一致する傾向があり、同じ量が交換される傾向は心理的メカニズムなどを前提とせずに出現する。社会的交換は基準を共有するエージェント間で生じやすく、保有資源に階層性があるときは階層ごとの交換(社交の階層化)が出現する。これらの結果は社会的交換(限定交換)における基本的規則性が自生的に出現し得ること、および交換基準の下位文化にそった社会分化が生じ得ることを含意している。

#### abstract

This paper examines the formation of 2-person (restricted) exchange relationships among agents through computer simulations, to see if social exchange will be characterized as 'balanced reciprocity.' An agent is assumed to hold either the non-cooperative strategy or the exchange strategy (TFT). How TFT works is dependent on the values of its two dimensions, 'upper limit of giving' and 'aspiration level.' The simulation results revealed the following. TFT established social exchange in simulated societies. Social exchange tended to be balanced. One or a few clusters, composed by the agents with the same value of a strategy dimension, were observed, and exchange relationships were likely to be formed within a cluster. When the society is stratified so that there were rich agents and poor agents, stratification of sociability was observed, that is, a rich agent tends to exchange with the rich and a poor agent with the poor. These simulation results imply that social exchange might bring about social differentiation, and that sub-cultures with different exchange rules may emerge within a society.

#### 1 はじめに

社会学の潜在的な大テーマは、日常的で自明な社会的事実ないし社会秩序がいかんして出現するかを解明することである。本論文はそうした社会的事実の中の基本的な1つである社会的交換を取り上げる。

社会的交換は、契約曲線にそって交換条件を当事者間で調整する「経済的交換」とは異なり、そうした事前の調整を前提にせず生じることを特色にする (Heath, 1976)。限定的な当事者間、特に2者間で生じる利益の相互供与を限定交換(restricted exchange)、一定の集団内で生じる利他的な利益供与を一般交換(generalized exchange)と呼ぶ。

本論文が扱うのは社会的交換のうちの限定交換である。社会的交換の中では今日、限定交換より一般交換の方が注目度が高い。しかし社会学の古典理論 (e. g., Blau, 1965; Homans, 1961) が主に想定した社会的交換が限定交換であったことは、社会生活における限定交換の意義の証左といえる。しかも限定交換については、その発生メカニズムや社会への帰結が十分に解明された訳ではない。以下、本稿では社会的交換の語を2者間の限定交換の意味で使う。

### 1.1 PDとしての社会的交換

社会的交換が囚人のジレンマ (Prisoners' dilemma, PD) として特質を持つことをはじめに述べておこう。

ある人が自分の1時間を自分のために使うか他者に与える (他者の手伝いをする) かを選択する場合を考える。その1時間を、例えば休息に使って消費するなら1の利益が自分に生じ、他者には何の利益も生じないでしょう。他方、その1時間を他者のために使うなら、自分は何も得ず、他者は2の利益を得る、と考えよう。ここでは相手による1時間の協力 (労働力) が自分自身の1時間の消費よりも価値がある、と仮定している。例えば相手は自分にはない知識や経験を持っているとき、あるいは協力を強く要望するときに相手からの協力が得られると見込めるときに、この仮定は当てはまる。以上の選択事態は**行列1 (a)**として表現できる。

**行列1 (b)** は2者間で **行列1 (a)** の選択をプレイし合うときの利得表である。この利得表は典型的なPDとなる。相互に何も与えない not give-not give は非効率的な均衡解であり、相互に利益を供与する give-give は実現が難しい協力解に当る。

社会的交換をこのようにPDとして定式化するなら、社会的交換が成立するか否かはPDの協力が成立するかどうかの問題に置き換えることができる。

PDへの進化ゲームの適用結果 (e. g., Axelrod, 1984) は社会的交換の成立に対する重要な説明根拠を与えている。エージェント間のある程度の将来の付き合いの見込みがあることを前提に、応報戦略 (tit-for-tat, TFT) が頑健に進化し協力を実現するという結論をAxelrod (1984) は導いた。応報戦略によって社会的交換が生じる場合とは、「互酬規範 (norm of reciprocity)」 (Gouldner, 1960) が社会的交換を支配する場合である。互酬規範が普遍的に観察できることは古くから人類学や社会学で取り上げられてきた (e. g., Belfrage, 1977)。

むろん反復PDゲームに関する現時点での結論はAxelrod (1984) が描くほど単純なものではない (Suleiman, 1996)。しかし、協力は高い確率で進化する可能性があること、協力が進化するるとすればTFTのように協力を求めるエージェントに対して協力する戦略が出現することは、

	Self	Other	
give	0	2	Player 1
not give	1	0	

		Player 2	
		give	not give
Player 1	give	2 / 2	3 / 0
	not give	0 / 3	1 / 1

(a)
(b)

行列1: 社会的交換の利得表

大筋の結論と考えてよい。

## 1.2 交換におけるバランスの根拠

しかし社会的交換をPDでモデル化することには限界がある。PDは相手に与える／与えないの2選択肢状況だけを扱い、どの程度与えるかという量的側面を無視するからである。

量的な側面の考慮によってはじめて検討が可能になるのは、社会的交換になぜバランスが生じるのか、という問題である。利他的な圏内での交換／互酬を除けば、社会的交換は「均衡互酬(balanced reciprocity)」に向かうと想定される(Pryor & Graburn, 1980; Sahlins, 1965)。つまり与え合う資源は等量に向かう。また多くを受け取れば多くを返すという作用が働く(e.g., Pruitt, 1968)。

われわれは社会的交換の等量性を常識とする文化の中で生きている。だからこの等量性に疑問は抱かない。古典的交換理論もまた、交換の等量性という基本前提に十分な根拠を与えることはなかった。

しかし等量となる理由は自明ではない。先述のように、他者からの資源は自分の資源の倍の価値があるとしよう。このとき、自分が他者に5の資源を、他者が自分に3を与える交換が生じたとしよう。自分は確かに損をしている。しかし相手から得た資源の価値は6であり、与えた資源をそのまま保持しても5の価値である。だからこの非等量交換への参加は「合理的」である。

ある意味で、交換の等量性には「十分過ぎる説明」が与えられている。1つは等量に向かわせる規範の存在である(Gouldner, 1960)。もう1つは交換を等量に調整する心理メカニズムの仮定である。社会心理学の公正(fairness/justice)の理論は、不公正には当事者の心理的苦痛(distress)が伴い、公正に向かわせる心理的圧力になると考えるだろう(Tyler, et al., 1997)。Homans(1974)なら公正な交換条件からの逸脱は公正な状態への期待から生じるフラストレーション攻撃を経て公正な状態への調整を生むと考えるだろう。しかしこれらの説明は、等量秩序を所与とにおいて等量に向かわせる作用因があると考えているに過ぎない。

筆者は、等量交換に向かわせる根拠が社会的交換の中に内在すると考える。いま、進化ゲームの中で交換が普及してゆくとしよう。このとき、進化する交換戦略は相手に搾取的なものではあり得ない。進化する戦略は自己の複製と対峙することになるが、搾取的では自己の複製と交換を成立させることができないからである。また、進化する戦略は搾取されやすいものでもないだろう。搾取を容易に許すなら、初期の段階で増殖することはできないからである。搾取をせず、されもしないためには、与える量と受け取る量を一致させる以外にない。

本研究は、特別な規範や心理的メカニズムがない状態で、戦略に応じて交換する資源量が可変的となる状況を設定する。そして上記の想定のように等量交換の傾向が出現するか否かを進化型のシミュレーションによって検討しようとする。

## 2 シミュレーションモデル

### 2.1 基本構成

本研究のシミュレーションモデルは社会的交換のシミュレーションパラダイム(高木, 1994; Takagi, 1996)に基づく。まず200エージェントで社会を構成する。社会に空間的配置は仮定しない。エージェントの行動はすべて自らの戦略から決まり、世代内では戦略に変化はない。

エージェントは相互調整をすることなく独立に選択を行う。

各エージェントは試行ごとに一定量の資源の予算を持つ。エージェントは自らの戦略に従い、予算制約の下で、資源の一部もしくはすべてを他のエージェントに与えるかどうかを判断する。残した資源は自分で消費する。行列 1 の場合と同じく、他者から得た資源は自分が残した資源の倍の価値があると仮定する。

試行でのエージェントの利得は他のエージェントから受け取った資源の価値、および自分に残した資源の価値の総和である。  $x_m^i$  を  $m$  期の試行でエージェント  $i$  が得た利得の総和とすれば、エージェント  $i$  の世代での利得  $X_i$  は次のように定義する。

$$X_i = \sum_{m=1}^n x_m^i \cdot w^{m-1}$$

ただし 1 世代は 200 試行からなる ( $n=200$ )。上式の  $w$  は時間の割引率であり、 $w = 0.95$  とおいた。

## 2.2 戦略

以下のシミュレーションでは 2 種類の戦略だけを用いる。まず非協力戦略は反復 PD における AllD (常に非協力を選ぶ戦略) に相当し、自己の資源を他者に一切与えない。もう 1 つが反復 PD の TFT の挙動を模した TFT 戦略である。TFT 戦略とは、自分に資源をくれる相手には与えるような戦略であり、概ね次のように挙動する。(1) 各世代の初期の試行 (20 試行まで) では、手元に資源が残っている限りで自発的に他のエージェントに資源を与える。(2) 自分に資源をくれる相手を「仲間」と認定する。(3) 仲間には毎試行、一定量の資源を与える。しかし 2 度の試行で裏切った (資源をくれなかった) 相手は 2 度と仲間とは認めない<sup>1)</sup>。なお、TFT 戦略が形成するのは短期的交換ではなく、一度形成されると世代を通して維持される交換関係である。このモデル化は社会的交換が長期的関係であることに基づいている (Emerson, 1976)。

TFT 戦略に次の 2 つの戦略次元を追加する。第 1 は「獲得目標 (aspiration level)」<sup>2)</sup>、つまり相手から得たい資源の量である。エージェントが自分の獲得目標に満たない資源をもらったとしても、エージェントは受け取ったとは認知しないと仮定する<sup>2)</sup>。また簡便のため、エージェントは相手の獲得目標が分かり、社会的交換の際に相手の獲得目標に等しい資源を与えると仮定する。第 2 は供与量上限 (upper limit of giving) であり、1 人の他のエージェントに与える資源量の上限を表す。獲得目標が供与量上限を超える他エージェントは、交換の対象から外れる。予備分析では供与量上限を欠けば全エージェントの獲得目標が自動的に上限まで増大する。つまり供与量上限は獲得目標の誇大表明を抑えるための戦略次元である。この 2 次元のそれぞれに 3 次元のビット列を使い、8 水準 (1~8) を設定する。

TFT 戦略をとるエージェント  $i$ ,  $j$  間で交換が生じるのは、 $i$  の獲得目標を  $A_i$ , 供与量上限

を  $B_i$  とするならば、次の条件が成り立つときである。

$$B_i \geq A_j \text{ かつ } B_j \geq A_i \quad (\text{式 1})$$

例えば  $A_i = 2$ ,  $B_i = 4$ ,  $A_j = 3$ ,  $B_j = 5$  なら上式が成り立ち、 $i$  は  $j$  に 3,  $j$  は  $i$  に 2 を与える。

## 2.3 進化

1 世代の終了時にエージェントの戦略には次のメカニズムで進化が働く。第 1 は再生

(reproduction) である。世代利得の下位6%のエージェントの戦略は上位6%の戦略に入れ替わる。第2は突然変異(mutation)である。エージェント戦略(7次元のビット列)の各次元は0.01の確率で別の値に変わる。再生によって生じる趨勢が過度に攪乱されるのを避けるため交差(crossover)は導入していない。

エージェントの戦略は初期状態で無作為化した。初期状態では非協力戦略エージェントが90%, TFT エージェントが10%である。1つの観測(run)につき1000世代を繰り返した。

## 2.4 実験計画

モデルが正常に作動したか否かを評価する目的でシミュレーションに保有資源量(各エージェントが各試行で保有する資源量)要因を導入した。モデルが正常に作動すれば、エージェントの資源量が大きくなるに従い、(1) 1つの交換関係でやり取りされる資源量が増える、および/もしくは(2) 1エージェントが参加する交換関係の数が増えるだろう。大/中/小資源の3水準を設定した(資源量はそれぞれ20/10/4)。各条件で10の観測を繰り返した。

## 3 シミュレーション結果

### 3.1 概要

以下に用いた指標を100世代ずつ世代ブロックとして趨勢を分析した。何れの指標でも300~500世代を過ぎると、ブロックごとの平均値では値は安定する。ここでは最後の100世代の数値で指標の概要を述べる。

まず、TFT 戦略の優勢が観測できた。TFT の採用率は全体平均で 95.4%だった。分散分析では TFT 採用率に対する資源量要因の効果が有意となる ( $F(2, 27)=64.1, p<.0001$ )。資源量が多いほど TFT は採用されやすい。資源の大, 中, 小条件ごとに平均値は 98.9%, 96.9%, 90.5%であり, 多重比較検定(SNK)では2条件間の差は何れも有意である ( $p<.05$ )。

他者から得る資源は自己の資源より価値があるという前提があるため, 用いたモデルでは資源が交換に回るほど社会の効率性は高くなる(利得総和が大きくなる)。このシミュレーションでも効率性は高く, 全体平均で 85.6% の資源が定常的な交換関係に配分された。資源要因の効果は有意であり ( $F(2, 27)=10.8, p<.001$ ), 大資源条件で他の2条件より効率性が高かった(SNK,  $p<.05$ )。

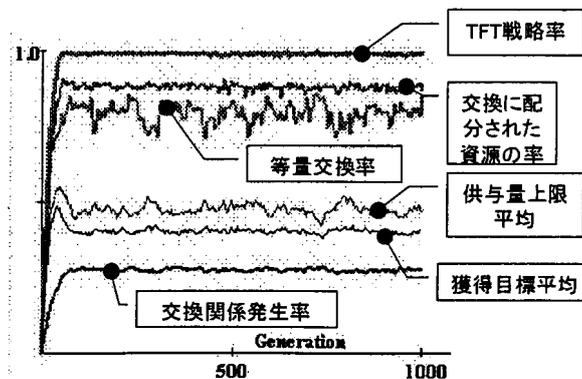


図1:進化過程(大資源条件, 第1観測)

戦略に記述される供与量上限の平均値は当然ながら獲得目標の平均より高い。資源要因の効果はどちらの変数に対しても有意である(それぞれ、 $F(2, 27)=12.3$ ,  $F(2, 27)=10.3$ ,  $ps < .001$ )。供与量上限は小資源条件(平均 2.55)で中, 大資源条件(それぞれ 4.02, 3.90)より有意に低い(SNK,  $ps < .05$ )。獲得目標も同様に, 小資源条件(平均 1.46)で中, 大資源条件(それぞれ 3.14, 3.29)より有意に低かった(SNK,  $ps < .05$ )。

エージェント社会で生じた交換関係の比率(可能なペア数のうち継続的な交換関係となったペアの比率)も資源量によって影響を受けている( $F(2, 27)=34.2$ ,  $p < .0001$ )。交換関係率は大資源条件で他の2条件より高い(SNK,  $ps < .05$ )。1エージェントが結んだ交換関係数に換算すると, 大/中/小資源条件でそれぞれ, 5.82, 3.14, 2.33 の関係を結んだことになる。

図1は以上の指標の世代間の変化を図示した大資源条件の第1観測の結果である。縦軸は既述の指標の観測における平均値を示し, 横軸は世代を表す(指標の4世代の平均値を用いて図示した)。指標は世代間ですぐに安定している。資源量が小さい条件では指標の値に間歇的なブレが生じるものの, 世代ブロックで見ると後半の世代では目立った趨勢は見られない。

以上の結果は次のようにまとめることができる。シミュレートした社会ではTFTが優越し比較的効率的な交換関係が発生した。交換関係は数名の他者に資源を適度に分散する形態をとるが, 相手の数も相手ごとに与える資源量も, 保有資源が多くなるほど平均値の上では大きくなる。

### 3.2 交換戦略の進化

最終世代の戦略をデータにして供与量上限と獲得目標の戦略次元がどのように進化したかを分析した。両次元におけるエージェント度数を全条件を通してプールした結果が図2である。円の面積が度数を示している。図2からは, 各次元において周辺度数に偏りがあること, 対角線上の(両次元の値が一致した)セル度数が多いこと, エージェントの供与量上限は獲得目標値以上に偏る傾向があることが読み取れる。

両次元の分析から次の点が分かる。

- (1) 最大供与量と最小受領量はともに偏って分布している。TFT エージェントだけを取り出

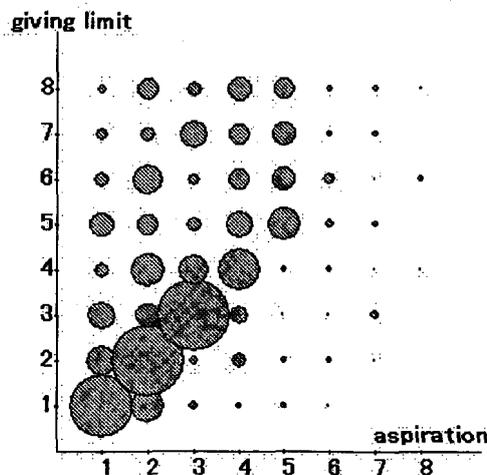


図2:獲得目標と供与量上限の度数 (最終世代)

し、その2次元の値の各々の分布から適合度検定統計量と同様のカイ二乗値を算出すると、供与量上限でも獲得目標でも有意水準( $df=7$ )を大きく超える値が得られる(全観測の平均値はそれぞれ 241.1 と 633.9)。

(2) 供与量上限と獲得目標の値は一致する傾向がある。観測における一致率の平均は全条件を通して 51.5% である。一致率には資源要因の効果があり ( $F(2, 27)=4.8, p<.05$ )、大資源条件(平均 60.7%)で中・小資源条件(平均はそれぞれ 45.8%, 48.0%)より高い(SNK,  $p<.05$ )。ただし一致率の大きさは周辺分布に依存する。周辺度数の影響を除去するために、次の式で戦略次元の一致の程度を指標化し、その指標を観測ごとに算出した。一致指標 =  $\log_e$  (一致度数/一致期待度数)

ただし「一致期待度数」とは両次元の独立を仮定したときに期待される一致度数である。この指標がゼロなら実際の一致が両次元独立の場合と等しい。正なら偶然以上に両次元の値は一致していることになる。どの条件でもこの指標の平均は有意に正である ( $t=4.5\sim 16.9, df=9$ )。

### 3.3 クラスタ化

供与量上限と獲得目標の次元におけるエージェントの分布を眺めると、エージェントはそれぞれの次元の特定の値でクラスタを形成していることに気づく。しかしクラスタの成り方は資源量の影響を受ける。大資源条件の場合は1つの値に大多数のエージェントが位置し、他のクラスタは小さいことが多い。小資源条件では逆に類似した規模の2, 3のクラスタが形成されやすい。

1つのクラスタにエージェントが集中すれば最大クラスタの規模は大きくなる。観測ごとに最大クラスタの規模を求めると、供与量上限については大資源条件の平均規模が 120.4 であり、中・小資源条件の平均(それぞれ 59.4, 69.0)より有意に大きい(SNK,  $p<.05$ )。同様に獲得目標次元では大資源条件での最大クラスタ規模の平均(150.3)は中、小資源条件の平均(それぞれ 95.0, 95.1)より有意に大きい(SNK,  $p<.05$ )。

エージェントの集中化の程度は次のエントロピを戦略次元の周辺分布に適用することでも得られる。

$$\text{エントロピ} = \sum_i p_i \log_2 \frac{1}{p_i} = -\sum_i p_i \log_2 p_i$$

$p_i$  は周辺度数の比率を表す。観測ごとにこのエントロピを計算すると、最大クラスタ規模の場合と同様に、どちらの次元でも、大資源条件で他の2条件よりエントロピが有意に小さく(SNK,  $p<.05$ )、特定クラスタへの集中化の程度が高いことが分かる。

### 3.4 社会分化

戦略次元でエージェントのクラスタができていることから、交換がクラスタ内で生じやすいかどうかを調べた。クラスタ内の交換が生じやすければ「同類づきあい」に基づく「社会分化」が出現したことになる。

最終世代の戦略から計算すると、3条件を合計して、すべての長期的な交換関係の中の同類交換の比率は、供与量上限次元で 51.2%、獲得目標次元で 80.7% にのぼる。前提から、後者の比率(80.7%)は等量交換の比率でもある。ただしこの同類づきあい率は、周辺度数が特定の値に

集中していれば自動的に高くなってしまふ。

そこで周辺分布の影響を排除した同類づきあい指標を次のように定義した。戦略次元ごとにその周辺分布から、同じ値のエージェント間で生じる交換関係数の期待値  $E_w$ （無作為の関係形成を仮定したときの同類間交換関係数の期待値）を求める。同じ値のエージェント間で観測された交換関係数を  $F_w$  とおけば、同類づきあい指標を次のように定義できる。

$$\text{同類づきあい指標} = \log_e(F_w / E_w)$$

同じ値のエージェント間の交換関係数が偶然から予期できる程度であれば、同類づきあい指標はゼロである。同類づきあいの程度が偶然による期待より大（小）ならこの指標は正（負）になる。

同類づきあい指標はどの観測でも正だった。全体平均で、供与量上限における同類づきあい指標は 0.63、獲得目標での指標は 0.53 である。平均値はどの条件でも有意にゼロより大きい ( $t=5.5\sim 27.9$ ,  $df=9$ ,  $ps<.001$ )。また、何れの指標も資源量要因の影響を受けており(それぞれ  $F(2,27)=9.3$ ,  $F(2,27)=9.5$ ,  $ps<.001$ )、大資源条件で指標は有意に低い(SNK,  $ps<.05$ )。この結果は周辺分布の集中度が高い大資源条件では偶然から予期される以上に同類づきあいが生じる余地が少なかったためと考えられる。実際、周辺分布のエントロピを共変量に導入すると、資源量要因の有意な効果は消える。

### 3.5 社交の階層化

ここまでの分析は、戦略次元の値が資源量の増加とともに上がる傾向があること、戦略次元の値が同じエージェント間で交換が生じやすいこと、を示している。これらの結果は次の予想を導く。社会に資源量に関する階層があり、初期資源量の多い者と少ない者がいるなら、階層ごとに異なった値の交換戦略が進化し、その結果、社交の階層化、つまり富者は富者同士、貧者は貧者同士で交換する傾向が生じるのではないか。

この予測を確認するために資源階層を導入して追加的なシミュレーションを実施した。200のエージェントのうち富者と貧者がそれぞれ100いると仮定する(階層条件)。各試行での初期資源量を富者が15、貧者が5とする。階層条件での社会全体での初期資源量は先述のシミュレーションの中資源条件と同じであり、その中資源条件を「平等条件」と考える。階層条件では、戦略の再生において同じ階層の優秀な戦略が利得の低い戦略に置き換わる。異なる階層で優れた戦略を採用しても無意味な可能性があるからである。階層条件でも同様に10の観測を繰り返した。

平等条件に比べて階層条件には次の傾向があった。TFTの採用比率では差がない(階層条件と平等条件で96.9%と96.8%)。しかし供与量上限と獲得目標の平均は階層条件で有意に小さく(それぞれ  $F(1,17)=12.2$ ,  $F(1,17)=8.8$ ,  $ps<.01$ )、逆に交換関係数は有意に多い( $F(1,17)=7.6$ ,  $ps<.05$ )。交換に投入される資源の比率も階層の導入によって増大している( $F(1,17)=11.7$ ,  $ps<.01$ )。その他、戦略次元における同類づきあい傾向や両次元の一致率、一致指標についても、先のシミュレーションと同様の傾向が見られる。

階層に焦点を当てるなら、交換の戦略次元において階層にそった分化が認められる。最終世

代の分析では、供与量上限の平均が富者階層で 3.8、貧者階層で 1.8 である。獲得目標の平均はそれぞれ、2.9 と 1.5 であり、両方の次元について富者階層で平均値が高い(対応  $t=8.2, 6.7$ ,  $ps < .001$ )。また観測ごとに階層×戦略次元値(2×8)で通常のカイ二乗検定量を算出すると、検定量は最小値でも供与量上限で 381.6、獲得目標で 131.4 であり、通常のカイ二乗検定を適用すれば( $df=7$ )高度に有意になる数値である。つまり戦略次元の値は、平均値で見ても分布で見ても、階層間で明確に分離している。

予想通り、階層内で交換が生じる傾向が観測できた。最終世代ブロックでの平均値をとると、継続的な交換関係の 52.2% は富者間で、28.6% が貧者間で生じ、富者-貧者間の交換は 19.2% に過ぎない。問題はこの比率が階層内交換の多さを表すか否かである。

すべてのエージェントペア間で等確率で交換関係が生じる、という baseline を考えるなら、富者数を  $N_r$ 、貧者数を  $N_p$  とし、富者間交換数：貧者間交換数：富者-貧者交換数は、

$$\frac{N_r \cdot (N_r - 1)}{2} : \frac{N_p \cdot (N_p - 1)}{2} : N_r \cdot N_p$$

となるはずである。この計算に従えば、富者間交換と貧者間交換はともに 24.9%、富者-貧者間交換は 50.3% と予測される。ただし富者は保有資源量が貧者より多く、その分自然と多くの交換関係に関与すると考えるべきである。富者は貧者の 3 倍の資源を持つが、獲得目標値の平均(交換する資源量にほぼ相当する)は富者が貧者の約 2 倍である。従って富者の数は 1.5 倍にカウントすべきかも知れない。この概算によって上記の式を調整すれば、富者間交換は 35.9%、貧者間交換は 15.9%、富者-貧者間交換は 48.2% となる。何れにせよ階層内の交換数は予測より多く、階層間の交換は少なく生じたと考えることができる。

交換関係の偏りはやり取りした資源量からも評価できる。富者の資源量を  $R_r$ 、貧者の資源量を  $R_p$  とすれば、1 人の富者にとり他の富者の資源総量は  $(N_r - 1) \cdot R_r$ 、貧者の資源総量は  $N_p \cdot R_p$  である。同様に 1 人の貧者は周囲に富者の資源総量  $N_r \cdot R_r$ 、他の貧者の資源総量  $(N_p - 1) \cdot R_p$  を見出す。各エージェントが保有する資源がランダムに他者に移転されると仮定した baseline では、富者と貧者が受け取る資源量はこの比率に従う。この baseline では、同じ階層のエージェントから受け取る資源量の比率は富者で 74.8%、貧者で 24.8% となる。最終世代のデータから求めた同じ階層からの資源比率の平均は、富者で 89.4%、貧者で 69.6% だった。何れの平均も baseline の基準値を有意に上回っている( $t=11.6$  および  $t=12.2$ ,  $df=9$ ,  $ps < .001$ )。つまり階層ごとの内輪づきあい傾向が生じていると見ることができる。

## 4 考察

### 4.1 結果のまとめ

初期状態で非協力戦略の中に少数の TFT 型の交換戦略を置き、社会的交換の進化シミュレー

ションを実施した。主な前提はエージェントが獲得目標を持ち、また相手への供与量の上限という戦略次元を持つことである。結果はほとんどのエージェントが交換戦略を採用して社会的交換に参加することを示した。主要な結果は次の3点にまとめることができる。(1) 交換基準の収斂：初期状態でランダムに分布した供与量上限と獲得目標の2次元の交換基準の値は進化を経て一定の範囲に収斂した。この2次元の値は資源量が大きいときに大きくなる傾向がある。またこの2次元の値は一致する傾向があった。(2) 同類づきあいと社会分化：供与量上限と獲得目標のそれぞれにつき、値が同じエージェント同士で交換関係が生じやすくなる（同類づきあい）。異なった値でエージェントのクラスタができる場合、交換はクラスタごとに分離する（社会分化）。獲得目標が同じエージェント間では等量交換となるため、等量交換の優越が結果した。最後の結果は、社会的交換理論で想定される「均衡互酬」への傾向が戦略進化から出現したことを意味する。(3) 社交の階層化：社会分化の一形態として、社会内で資源量の階層があるとき、同じ階層内でつきあう傾向が観測できた。

以上の結果の含意は、交換基準の文化ないし下位文化が出現し、その下位文化に従って社会分化が生じる可能性があることである。特に等量交換（均衡互酬）への傾向の出現を、心理的メカニズムや外在的規範の作用の前提を追加的に導入することなく、節約的に導くことができる。重要なのは、個人の戦略というマイクロなレベルの前提から出発して、等量交換という慣行、社交の階層化、などのマクロな社会特性を導けることである。

#### 4.2 背後のメカニズム

シミュレーション結果は筆者の予想にほぼ合致している。まず進化した交換戦略は搾取を目指す戦略ではない。つまり供与量上限以上の獲得目標を掲げる戦略ではない。この点は図2において右下に位置する戦略がほとんどないことに対応している。また、進化する戦略は搾取を許すものではない。この点は図2で、獲得目標と供与量上限が一致する傾向にあることに対応している。獲得目標と供与量上限の値が筆者の予想ほどは一致しなかったのは、獲得目標の一致が見られれば供与量上限が獲得目標から離れていても搾取される機会がほとんどなかったからかも知れない。

交換戦略が以上のように形成されたことを前提にすれば、シミュレーション結果を生み出した背後のメカニズムは理解しやすい。交換はTFTエージェント間で(式1)の2つの不等式がともに成り立つときに生じる。もし2者間で供与量上限が一致していれば、上記のように獲得目標はそれ以下に設定されるから、(式1)は充たされ、交換が生じる。また、獲得目標が一致していれば、供与量上限はそれ以上に設定されているから、やはり(式1)は充たされやすい。つまり何れの交換基準についても、基準での一致は交換を導きやすい。このことが交換の同類づきあい、特に等量交換傾向が生じた理由である。つきあいの階層化についても、資源量に応じて交換基準が形成されたことを前提に、交換基準が合うエージェント間で交換が生じた結果と考えられる。

筆者が予期せぬ結果もあった。交換の基準が1つの値で統一されなかったこと、特に資源が小さい条件で交換基準の複数のクラスタができる傾向にあったことである。

この結果は(1)の交換基準の収斂と合わせて説明すべきだろう。ある基準値を共有するクラスタのエージェントは、基準が一致した交換相手を多く見出せるために、他のエージェントに比べて多くの利得を得る。この利得の差額は、クラスタ成員が十分な交換相手を確保するまで

存続するだろう。しかし交換すべき資源が少ない条件では交換相手をあまり必要とせず、クラスターの成長は早めに止まり、その結果複数のクラスター、つまり交換基準の下位文化を生じることになる。

この説明は「交換圏の拡大が基準の統一化をもたらす」ことを含意している。資源量が多いかその他の理由により交換相手を広く求める必要がある状況では、交換基準はグローバル化する。しかし少数の交換相手を確保すれば済む場合は、ローカルな仲間内だけで基準が一致していればよく、仲間の外はどうでもよい。

社会的交換の重要性は人間の相互作用が程度の差こそあれ社会的交換の側面を持ち、従って社会的交換の理解が相互作用全般の理解の鍵になる、という見込みの中にある。この研究がデモンストレイトした傾向は、社会的交換の文脈を超えて、広く社会過程に観測できるかも知れない。

### 謝辞

本稿の執筆に当っては竹澤正哲氏(Max Planck Institute for Human Development, Germany)から貴重な助言と示唆を頂いた。むろん助言が活かされたか否かは筆者の責である。

### 注

- 1) この TFT 戦略が2度目の裏切りから相手を許容しなくなる点は元来の TFT 戦略から乖離している。この戦略規定は次の事情に基づく。第1に、本研究の TFT エージェントは探索的な資源供与から交換関係の成立を目指すため、TFT エージェント間でも途中で1度の裏切りが生じてしまう可能性が高い。第2に、本研究には途中から「改心」する戦略はないので、2度裏切った相手を再び交換の相手とする必要はない。
- 2) 本研究で用いる交換戦略(TFT)は相手の獲得目標分の資源を与えるので、本研究に限ればこの仮定を導入する必要はない。

### 引用文献

- Axelrod, R. (1984) *The Evolution of Cooperation*. New York: Basic Books. アクセルロッド 松田裕之 (訳) 『つきあい方の科学』, 1987, HB J 出版局.
- Befu, H. (1977) Social exchange. *Annual Review of Anthropology*, 6, 255-281.
- Blau, P.M. (1964) *Exchange and Power in Social Life*. New York: Wiley.
- Emerson, R.M. (1976) Social Exchange theory. *Annual Review of Sociology*, 2, 335-362.
- Gouldner, A. (1960) The norm of reciprocity. *American Sociological Review*, 25, 161-178.
- Heath, A. (1976) *Rational Choice and Social Exchange*. London: Cambridge Univ. Press.
- Homans, G.C., 1961, *Social Behavior*. New York: Harcourt-Brace.
- Homans, G.C. (1974) *Social Behavior*, revised ed. New York: Harcourt-Brace.
- Pruitt, D.G. (1968) Reciprocity and credit building in a laboratory dyad. *Journal of Personality and Social Psychology*, 8, 143-147.
- Pryor, F.L. & Grabum, N.H.H. (1980) The myth of reciprocity. In K.J. Gergen, M.S. Greenberg & R.H. Willis (Eds.) *Social Exchange*. New York: Plenum Press, Pp. 215-237.
- Sahlins, M.D. (1965) On the sociology of primitive exchange. In M.Banton (Ed.) *The Relevance of Models*

*for Social Anthropology*. New York: Praeger, Pp.139-236.

Suleiman, R., 1996, Simulating cooperation and competition: Present state and future objectives. In Troitzsch, K.G., Mueller, U., Gilbert, G.N. & Doran, J.E. (Eds.), 1996, *Social Science Microsimulation*. Berlin: Springer, Pp.264-281.

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. In W.B.G. Liebrand, & D.M. Messick, (Eds.), *Frontiers in Social Dilemmas Research*. Berlin: Springer, Pp.311-336.

Tyler, T.R., Boeckmann, R.J., Smith, H.J., & Huo, Y.J. (1997) *Social Justice in a Diverse Society*. Boulder: Westview.

### 第三章 第2節

## The evolution of inclusion/exclusion mechanisms in social dilemma situations

Eiji TAKAGI  
(Saitama University, Japan)

This paper examines how a selective inclusion mechanism emerges and solves the 'relationship type' social dilemmas. I present a simple computer simulation model supposing that every agent in turn calls for cooperators and try to form a cooperative relationship. The simulation analyses demonstrated the following. (1) The selective inclusion strategy, which includes only cooperative agents into the relationship, emerged through strategic evolution and established highly cooperative relationships in the agents' society. (2) Within a limit, agents' trust tended to increase rather than decrease as temptation to defect increases. High trust can be considered as an adaptive response in an environment with high defection temptation. (3) In order for the selective inclusion strategy to be successful, it must dictate the carrier agent not only to selectively offer an opportunity to be a cooperator, but also to accept an offer selectively. (4) An agent should be provided with high incentive to become an organizer, in order to establish full-fledged cooperation. Finally, this paper argues that the 'societal type' social dilemmas will be also solved by inclusion/exclusion mechanisms under specific conditions.

### 1. Introduction: Social dilemma in a cooperative relationship

Solving social dilemmas has been a central theme in the social dilemmas literature, and a lot of arguments have been devoted to finding out the solutions to attain cooperation, avoiding the deficient equilibrium where most actors defect (e.g., Foddy, Smithson, Hogg, & Schneider, 1999). Among the possible solutions, this paper focuses attention on a promising one, that is, the inclusion of cooperators and exclusion of defectors.

It seems obvious that a social dilemma will be solved if a society or a relationship can select members on the basis of their cooperativeness, including only cooperative actors and excluding non-cooperative actors. Such a selective inclusion/exclusion is important, at least in the following two ways. First, some individuals will consistently act cooperatively or uncooperatively depending on the motivational orientation (Kramer, McClintock, & Messick, 1986; Liebrand, & van Run, 1985). If we expect that much of prospective members will cooperate or defect constantly, it is evidently rational to accept only those who will cooperate as friends, and to reject those who will defect as enemies. Secondly, the working of such mechanisms will convert most of the possible defectors into cooperators, assuming that joining a cooperative relationship will bring them higher payoffs in the long run. The significance of inclusion/exclusion mechanisms rests on their ability to make most actors cooperative,

rather than the ability to expel defectors.

Though we can safely suppose that such a selective inclusion/exclusion mechanism will work to enhance cooperation, whether it is possible for such a mechanism to come to exist, or how it comes to exist remains to be settled. From the 'evolutionary perspective' adopted here, the emergence of inclusion/exclusion mechanisms should be explained in the bottom-up fashion, that is, explained as an equilibrium point where actors choose the strategies which make selective inclusion/exclusion possible.

In considering inclusion/exclusion, it seems meaningful to consider the two types of social dilemmas, the societal type of dilemmas and the relationship type dilemmas. The effective mechanisms to control the dilemma will vary depending on the type.

By a 'societal type' dilemma, I mean a situation where all the members of a society are more or less involved in a social dilemma. The members are already included in the society, and externalities exist among them so that any member's action influences other members. This is a typical situation which social dilemma researchers have been studying. The difficulty in solving this type of dilemma lies in the fact that defectors as well as cooperators are already in the society, and by some reasons one cannot expel the defectors from the society. Then, in order for cooperators to expel defectors from the society, they must contrive some mechanism to detect and expel the defectors. Such a job is hard to accomplish and it is one reason why solving this type of social dilemmas is difficult.

The 'relationship type' of social dilemma is the situation where some members of a society form a cooperative relationship containing an element of social dilemma. Consider the instance where some actors form a social exchange relationship. Such a cooperative relationship constitutes a social dilemma, because each actor can potentially cheat. Yet, a cooperator may be able to select the actors who are unlikely to be defectors as coworkers. Assuming that an actor can tell who would be defectors, realizing a defector-free situation is relatively easy in comparison with the case of societal type dilemma.

In this paper, I restrict my arguments to solving relationship type of social dilemmas. The purpose of this paper is to examine how a selective inclusion mechanism emerges in a society and solves the 'relationship type' social dilemmas there, conducting computer simulation experiments. I will demonstrate that selective inclusion strategies, which discriminate actors on the basis of their cooperativeness, can be predominant, and that these strategies establish a high level of cooperation as well as high trust in the specific conditions. In the final section, I will make an argument about the societal type dilemmas and the possibility of the society-level ostracism.

## 2. Selective inclusion and trust

We can intuitively infer that an actor who try to form a cooperative relationship will follow the strategy which dictates to include only trustworthy others into the relationship. Then one might well argue that, if most actors adopt such a strategy, only cooperative actors would be included in the relationships and a high level of cooperation would be easily established.

A little more elaborated thinking will reveal that the story is not so simple. At the initial stage of interaction, an actor will find a lot of unknown actors. Then, cautious actors will be reluctant to form

a cooperative relationship with others. If it is the case, an attempt to form a cooperative relationship might be discouraged at the early stage of interaction, and strategies seeking cooperation might not be selected in the process of strategic evolution, because strategies seeking cooperation with others might disappear at the early stage of interaction process.

The above argument leads us to the idea that ‘trust’ will play an important role in the emergence of cooperation. In accordance with Yamagishi (1998, 1999), I define trust as a default value of subjective probability of cooperation, which the actor attributes to any other unknown actor. An actor with high trust is the one who believe that any other actor will cooperate with high probability. With this definition of trust, it will be reasonably inferred that actors must be highly trusting in order for cooperation to start in the society, and that the combination of high trust and the selective inclusion strategy will constitutes the social mechanism to assure the emergence of cooperation.

However, this inference does not necessarily mean that the selective inclusion strategy coupled with high trust can evolve and can be dominant among the actors. From the evolutionary perspective, a strategy will be selected by many actors only if this strategy brings its carriers high profits. Highly trusting actors are vulnerable to exploitation by defectors so that high trust might be extinct in the process of strategic evolution.

For the purpose of examining whether the selective inclusion mechanism evolves from the bottom up and produces cooperation as argued above, I conducted the simulation analyses. The simulation model is based on the ‘Organizing Cooperation Game.’ Using this simulation model, I will demonstrate below that the selective inclusion strategy as well as high trust can evolve and establish cooperation in the simulated society.

### 3. Simulation model

#### Organizing Cooperation Game

The simulation model I use is based on the “Organizing Cooperation Game,” which presumes as follows.

A society is composed by one hundred actors (agents). Each of the agents is running its own business, e.g., managing its own farm. An agent can do its job alone, but if it gets cooperation from others, the outcome will be larger. It is assumed that an agent has in turn a chance to be an ‘organizer,’ who can make offers to others in order to ask them to be cooperative ‘partners.’<sup>1</sup> To whom the organizer make offers depends on the organizer’s ‘inclusion strategy.’ The agent who received the offer from the organizer decides to accept or reject the offer, depending on the agent’s ‘acceptance strategy.’

The cooperative relationship an organizer can try to form is of N-person type. The profit for a

---

<sup>1</sup> This game postulates that only one agent (organizer), rather than all the concerned agents, takes the initiative in forming a cooperative relationship. I put this postulate, since it nicely simplifies the relationship formation processes. If it is assumed that many agents have equal says regarding relationships formation and who should be included, we would have to postulate complicated multilateral negotiation process, whose validity will be easily challenged.

partner increases as the total number of actors involved increases, while there is an optimal relationship size  $N^*$  for the organizer, because the revenue function is marginally decreasing and a fix cost per additional partner incurs to the organizer. If the cooperative relationship is successfully organized, its size will be close to the optimal size.

After joining a cooperative relationship, agents including an organizer can choose to cooperate or defect. The probability to defect is also specified in the agent's strategy. Since a 'defecting cooperator' gets additional profit in the expense of other participating agents, the cooperative relationships are considered as social dilemma situations.

An agent acts as its strategy dictates, and the agents' strategies will change according to the same procedure as genetic algorithm (crossover and mutation). Basically, agents' strategies will shift to those proven to produce larger profits.

### Payoff structure

Let  $N_t$  be a total number of agents involved in a given cooperative relationship, including the organizer. Then the profit for an organizer  $U_o$ , and the profit for a partner  $U_p$  are expressed as follows.

$$U_o = \alpha N_t^{1/2} - b \cdot N_t \quad [1]$$

$$U_p = \alpha N_t^{1/2} / 10. \quad [2]$$

As is described, the basic revenue from a cooperative relationship ( $\alpha N_t^{1/2}$ ) is an increasing function of  $N_t$ , but marginally decreasing. Since the cost ( $-b \cdot N_t$ ) incurs to the organizer, too large relationship is undesirable for the organizer. I assign 3 to  $\alpha$ , and 1/2 to  $b$ . The optimal relationship size for the organizer is 9, assuming that none defects. Therefore, a 'rational' organizer may try to get 8 cooperators.

If an agent defect in a relationship, each of other agents involved, of course including the organizer, gets a damage of  $-\alpha N_t^{1/2} / 5$ . If an agent has faced  $N_d$  defectors, this agent's loss amounts to  $N_d \alpha N_t^{1/2} / 5$ . Since  $\alpha N_t^{1/2} / 5 > U_o = \alpha N_t^{1/2} / 10$ , an agent will lose its asset if only one agent involved defects. A defecting agent gets the profit of  $(N_t - 1) \cdot w \cdot \alpha N_t^{1/2} / 10$ .<sup>2</sup> The coefficient  $w$  is the defection-incentive coefficient, the larger the coefficient, the larger the incentive to defect for every agent.

As described so far, the payoff structure embedded in such a cooperative relationship conforms to that of social dilemma. A characteristic feature of this game is the asymmetry of payoffs, that is,  $U_o > U_p$ , assuming that  $N_t$  does not exceed the optimal relationship size too much. It should be noted, however, that an agent may get profits as a cooperative partner more than it gets as an organizer. During the trial-period of this game, an agent becomes an organizer only once, while it can usually be a partner many times, maximally 99 times.<sup>3</sup> Of course, such asymmetry of the payoff structure might influence the simulation results. Therefore, as will be described below, I manipulate the degree of asymmetry to

<sup>2</sup> I assume that, in case that the number of involved agents in the relationship is only one (the organizer), the organizer simply 'cooperate.'

<sup>3</sup> If we can assume that no agent defect and every cooperative relationship is optimal-sized (9), given the parameter values described, then an agent can get the profit of 4.5 as an organizer. On the other hand, an agent can be a partner, on the average, 8 times, and will get the profit of 0.9 on every occasion. Therefore, an agent will obtain the profit of 7.2, more than 4.5, as a partner of the other organizers.

examine the effects of asymmetric nature of the payoff structure.

The payoff structure becomes more complicated if ‘conspiracy’ is introduced. With the current model, a simulation run can be conducted in the conspiracy condition. In this condition, an agent can be either with or without conspiracy, depending on the strategy. It is assumed that randomly selected 20 agents are exposed to the information that a given agent will be an organizer next. An informed agent with conspiracy makes a conspiracy proposal to the prospective organizer, if this agent decides to defect with its defection probability defined in its strategy. If the prospective organizer is without conspiracy, it simply ignores this proposal. If the prospective organizer is also with conspiracy, it decides to conspire with the proposing agent, and the conspiracy results. In case of conspiracy, the organizer includes the proposing agents into the cooperative relationship, knowing that they will definitely defect. In exchange for such inclusion, the proposing agent must pay  $1.5 \cdot w \cdot a \cdot N_t^{1/2} / 5$  to the organizer. Conspiracy is the mechanism to include an agent who could not be included if inclusion is selective. Introducing conspiracy is expected to increase tendency to defect among the agents.

### Strategy

An agent’s strategy is represented by an array of nineteen bits. A strategy is composed by ‘inclusion strategy,’ ‘acceptance strategy,’ ‘defect strategy,’ ‘conspiracy strategy,’ and ‘trust.’

*Inclusion strategy* (7 bits) applies when the carrier agent is an organizer. It chooses the way of selecting cooperative partners. This strategy works as follows. First, it decides how many agents should be partner candidates. It designates any integer number from 0 to 15. Secondly, it decides whether the agent chooses candidates randomly, or chooses selectively on the basis of their cooperation-defection history. Third, it decides the criterion of the defection rate. When an agent chooses candidates selectively, it will invite the agents whose past defection rates are under this criterion. If the agent finds more agents than it can make offers, it will select candidates randomly.

*Acceptance strategy* (5 bits) applies when the agent receives an offer from an organizer. First, it specifies whether the agent decides to accept randomly or selectively. Second, it specifies the probability to accept an offer in case of random acceptance. Third, it chooses the criterion of ‘relationship risk tolerance.’ It is assumed that an agent knows the organizer and the partner-candidates, and that the agent calculates the probability that at least one agent among them defects, based of their past defection rates. If the calculated probability is less than the criterion value chosen, the agent accept the offer from an organizer.

*Defect strategy* (3 bits) is a simple probability that the carrier agent defects in the proposed cooperative relationship.

*Conspiracy strategy* (2 bits) determines if the agent uses the conspiracy opportunity. First, it specifies if the agent makes a conspiracy offer to the organizer when it is not an organizer and it has just been exposed to the information of who would be a prospective organizer. Secondly, it determines whether or not the agent accept the conspiracy offer when the agent is the organizer.

*Trust* (2 bits) is a default value of subjective probability to cooperate, which the agent attributes to any other agent whose past defection rate is not available. When an agent’s trust is high, the agent assumes that a stranger will not defect with a high probability. An agent uses trust not only when it tries

to select the cooperators as an organizer, but also when it estimates the relationship risk.

### Agent's memory

How an agent estimates the probability that other agents cooperate plays an important role in the simulation model described here. The model assumes that an agent (A) use the observed cooperation rate of another agent (B) as A's subjective probability that B cooperates. It is further assumed that an agent observes only the relationships it has actually participated in+, retains actual instances of cooperation/defection it has observed, and calculate the other agents' cooperation rates on the basis of its memory. The model does not assume the formation and working of reputation.<sup>4</sup>

### Simulation steps

A simulation run is composed to be a series of generations, and at the end of each generation strategic change (crossover<sup>5</sup> and mutation<sup>6</sup>) is introduced. As generation proceeds, the poor strategies providing their carriers with low profits tend to be replaced by superior ones. I repeated 200 generations for each run. In the first generation, agents' strategies are completely randomized.

During a generation, I repeated 200 trial-periods. In each trial-period, an agent has in turn one opportunity to be an organizer. The order to be an organizer was randomized in each trial period. Then, maximally 20,000 cooperative relationships can be formed during a generation. An agent's 'trial profit' is the sum of the profits it gained during a trial period. The 'generation profit' of an agent is defined as a sum of trial profits throughout the generation period.

### Factorial design

This simulation is conducted under the 2 x 4 factorial design. The first factor (2 levels) is whether or not an agent has a chance to use conspiracy strategy. In the No-conspiracy condition, every agent has no chance of conspiracy. The second factor (4 levels) is the defection incentive size. This factor is manipulated by the defection-incentive coefficient  $w$ . Defection incentive can be small ( $w=0.1$ ), middle ( $w=2/3$ ), large ( $w=1.0$ ), or very large ( $w=5/3$ ). I repeated 10 simulation runs for each of the eight conditions. Since the cooperation levels in the simulated societies were stabilized at about the 50<sup>th</sup> generation, a simulation run was terminated when the 200<sup>th</sup> generation was over.

---

<sup>4</sup> The establishment of reputation is itself a complex process, and introduction of reputation requires additional assumptions.

<sup>5</sup> At the end of a generation, agents are reordered along the size of 'generation profit.' Then, the superior 10 agents group and the inferior 10 agents group were defined. The strategy of an inferior agent was replaced by a new strategy given by a crossover procedure. The new strategy is an offspring whose parents were the strategies of the two agents belonging to the superior group. A superior agent was selected to be a parent in proportion to its 'generation profit' size.

<sup>6</sup> At the end of a generation, after the crossover processing was over, every strategy dimension value of an agent was changed to the different value (e.g., from 1 to 0) with probability .015.

## 4. Simulation Results

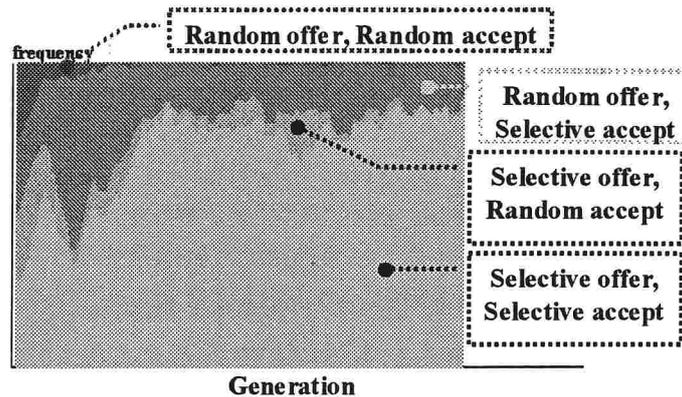


Figure 1: The Strategic evolution in a simulation run

### Evolution of cooperation

The simulation results demonstrated that the evolution of selective inclusion strategies, cooperation, and trust took place in all the conditions. **Figure 1** and **Figure 2** show an example of the process of a simulation run (The first 100 generations of the first run in the no conspiracy - large defection incentive condition). Agents tended to adopt the selective offer - selective acceptance strategy, rather than selective offer - random acceptance, random offer - selective acceptance, or random offer - random acceptance strategy (**Figure 1**). Together with this strategic change, we can see the increase of agents' cooperation rate and trust, followed by the increase of the mean cooperation size (the size of cooperative relationships, **Figure 2**). Both the cooperation rate and mean trust approached the upper limits (1.0), and the mean cooperation size also tended to approach to the optimal size ( $N_i=9$ ). It should be noticed that Figure 1 and 2 show an example in the condition likely to produce cooperation. In some other conditions, these indices are a little lower.

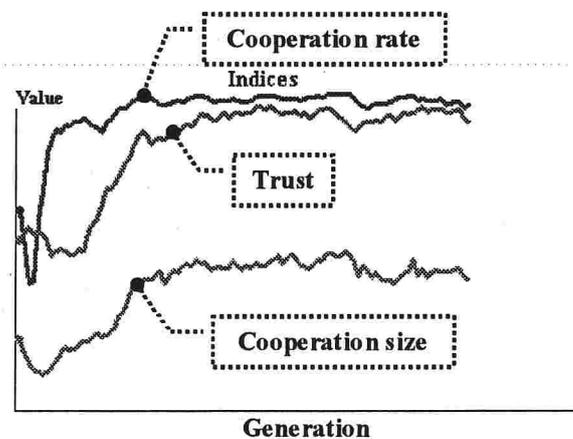
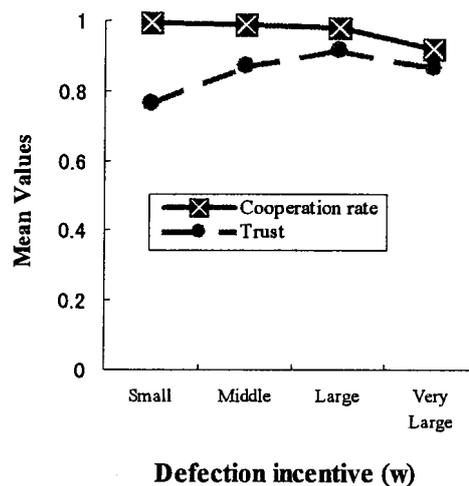


Figure 2: The evolution of cooperation in a simulation run

Cooperation rate, mean trust, and mean cooperation size were analyzed by 2 (conspiracy) x 4 (defection incentive) design. The dependent measures were obtained by averaging cooperation rate, mean trust, and mean cooperative relationship size in each of the last generation block (the last 40 generations).

Regarding the cooperation rate, only the main effect of defection incentive factor was significant ( $F(3,72)=12.03, p < .001$ ). As is seen in **Figure 3**, cooperation rate is lower as the incentive becomes large. However, the significant difference was found only between the Very Large incentive condition and the other three conditions (*SNK test,  $p < .05$* ).



**Figure 3: Cooperation rate and Trust**

The analysis of mean cooperation size revealed the two main effects. First, it was influenced by the incentive factor ( $F(3,72)=5.88, p < .001$ , **Figure 4**). In accordance with the result of cooperation rate, cooperation size was significantly smaller in the Very Large defection incentive condition than the other conditions. In the Small, Middle, and Large conditions, mean cooperation size was more than 8, and very close to the optimal size 9. Secondly, mean cooperation size was larger in the No conspiracy condition than in the Conspiracy condition ( $F(1,72)=4.89, p < .05$ ). Therefore, it can be said that the two factors of temptation to defect, defection incentive and conspiracy, tended to lower the size of cooperative relationships.

The analysis of mean trust revealed the main effect of the incentive ( $F(3,72)=25.50, p < .001$ ), the main effect of conspiracy ( $F(1,72)=68.23, p < .001$ ), and the interaction effect of the two factors ( $F(3,72)=10.22, p < .001$ ). As Figure 3 shows, the effect of incentive size is curvilinear. Interestingly, in the Small, Middle, and Large incentive conditions, which do not differ from each other in cooperation rate and cooperation size, trust *increases* as the defection incentive increases. Similarly, mean trust is *higher* when conspiracy is available. The significant interaction effect means that the difference between the Conspiracy condition and the No conspiracy condition disappears as the defection incentive

increases. These results imply that, except in the Very Large incentive condition, where establishing cooperation was much difficult, *higher temptation to defect increased rather than decreased trust*.

The results on mean trust is in accordance with those on the distribution of strategies. The proportion of the selective inclusion strategy (selective offer-selective acceptance) showed the same pattern as mean trust. Also found were the main effect of defection incentive ( $F(3,72)=13.26, p < .001$ ), the main effect of Conspiracy ( $F(1,72)=21.18, p < .001$ ), and the interaction effect ( $F(3,72)=6.25, p < .001$ ). Again, the dependent measure increases as the incentive increases except in the Very Large condition, is higher in the Conspiracy condition, and the difference between the Conspiracy and No Conspiracy condition disappears in the Very Large condition. Then, It can be inferred that trust went hand in hand with the selective inclusion strategy.

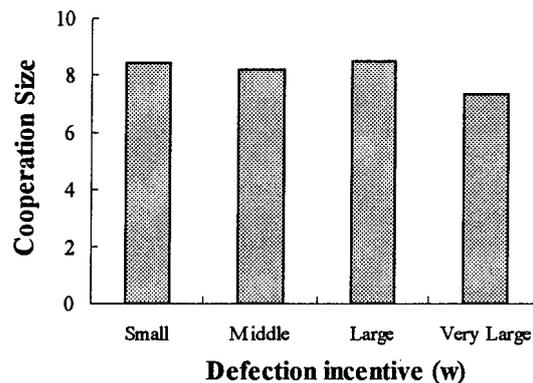


Figure 4: Size of Cooperative relationships

## 5. Discussion

### Evolution of selective inclusion mechanism and trust

The simulation results showed the following two points.

First, under the assumptions posited here, the selective inclusion mechanism can emerge from the agents' strategic interaction processes. That is, the agents will choose the selective inclusion strategy, which works as the selective inclusion mechanism in a society, and tend to hold high trust. Such a strategy and high trust will establish the high level of cooperation as long as the agents can select strategies freely. I infer that such strategic evolution took place in the past human societies so that human beings can form cooperative relationships despite that these relationships have contained the element of social dilemma.

Secondly, it can also be inferred that high trust is an adaptive response to the possibility of defection. Rather paradoxically, the simulation results showed that temptation of defection increased rather than decreased trust, as long as the defection incentive is not very high. In the High incentive condition, for example, agents trusted others on the average more than in the Low incentive condition, though the actual cooperation rates were almost the same. The most plausible reason of this is that,

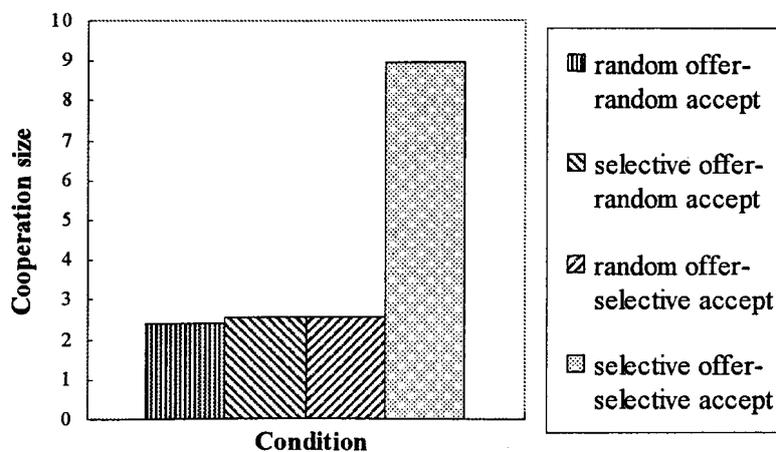
agents in the non-cooperative environment responded by choosing the selective inclusion mechanism coupled with high trust. Therefore, it can be predicted that in the society where there is almost no temptation to defect because the authoritative agents or the other social devices there maintain peace and order, people's trust will be lowered (Yamagishi, 1998, 1999).

**Two components of selective inclusion**

In the simulation described above, since the selective inclusion strategy which has the two component, 'selective offer' and 'selective acceptance,' became dominant, this strategy must have a survival value higher than other three strategies. Nevertheless, some might argue that the strategies other than this would do the same job, though less effectively. For example, suppose that agents have the strategy of 'selective offer' and 'random acceptance.' In such an instance, organizers will discriminate against less cooperative agents, and these agents with uncooperative strategies might die out. Then, one might insist that under the 'selective offer' and 'random acceptance' environment, a high degree of cooperation would result. In order to clarify this, I conducted the next simulation.

This simulation was conducted under 2 (offer factor) x 2 (acceptance factor) design. In the Selective Offer condition, agent's strategy can be selectively offering as well as randomly offering, as in the simulation described above. In the Random Offer condition, strategy can only be randomly offering. In the Selective Acceptance condition, agent's strategy can be selectively offering or randomly offering. In the Random Acceptance condition, strategy always specify random acceptance. I assumed that defection incentive was High and there is no conspiracy. In each condition, I repeated 10 runs.

The results clearly demonstrated that both of 'selective offer' component and 'selective acceptance' component were needed in order for cooperation to evolve. It was only in the Selective Offer – Selective Acceptance condition that high levels of cooperation rate, cooperative size, and trust were observed (Figure 5).



**Figure 5: Mean cooperative relationship size in the four strategy conditions (without Conspiracy)**

### Asymmetric payoff structure

So far, I described the simulations whose payoff structures were asymmetric. The profit for an organizer was higher than that for a cooperative partner. One might argue that this asymmetric nature was responsible for some simulation results. As I wrote before, an agent will earn as a partner more than as an organizer, because it will have more opportunities to be a partner than opportunities to be an organizer. However, this asymmetry might cause some effects, so I conducted the next simulation by varying the profit size of an organizer, in order to examine the effects of asymmetry.

I defined an organizer's profit as  $U_o/10*w$ , where  $U_o$  is given in [1].<sup>7</sup> An integer value in [1, 10] was assigned to  $w$ . The simulation was run in the No Conspiracy – High defection incentive condition. I conducted 10 simulation runs for each of the 10 conditions.

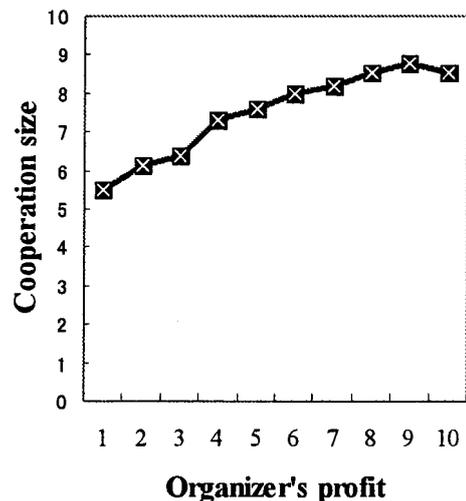
The analysis of this simulation revealed that the cooperation indices increased and reached an asymptotic value as the value of  $w$  increased. Mean cooperation size increased as  $w$  increased, but it remained the same if  $w$  is more than 6 (SNK,  $P < 0.05$ , Figure 6). When  $w$  is 1, mean size of cooperative relationships less than optimal, but it can be said that a certain level of cooperation is still maintained. The cooperation rate reached the asymptotic value when  $w$  is 4. Mean trust and frequency of the selective inclusion strategy became unchanged when  $w$  is 3.

The results imply the following. First, asymmetric nature of payoff structures is not necessary for a certain level of cooperation to emerge. Secondly, however, providing an organizer with sufficient incentive will be a necessary condition for full-fledged cooperation to be established in a society.

### Implications

The implications of the simulation results described above can be summarized as follows.

- (1) In a situation where people want cooperative relationships but the temptation to defect exists, the selective inclusion strategy will emerge to resolve the social dilemma embedded in such relationships.
- (2) High trust coupled with the selective inclusion strategy will also evolve in a society, in response to the temptation to defect.
- (3) In order for the selective inclusion strategy to be successful, it must have both of 'selective offer' component and 'selective acceptance' component.
- (4) High incentive for an organizer of cooperation must be provided in order for a cooperative relationship to



**Figure 6: Mean cooperative relationship size as a function of organizer's profit (without Conspiracy)**

<sup>7</sup> I defined an organizer's profit in this way because, this definition make the optimal cooperation size unchanged regardless of the value of  $w$ .

be fully established.

## 6. The evolution of societal level ostracism

The most important implication of the simulation results above is that the selective inclusion mechanism can emerge in response to the social dilemmas embedded in the cooperative relationships. The effectiveness of this mechanism comes from the simple fact that in forming a cooperative relationship, actors can select partners on the basis of their cooperativeness. Then, such mechanism cannot be applied to the societal type of social dilemmas, since defecting actors are already in a society. Other inclusion/exclusion mechanism must be installed in order to resolve societal social dilemmas.

My idea on this issue is that generalized exchange will emerge in a society and the resultant 'generalized exchange club' will work as an effective inclusion/exclusion mechanism to resolve a societal type dilemma. Just look at what generalized exchange is, and how it works as a social control mechanism.

I once proposed the generalized exchange perspective (Takagi, 1996, 1999). From this perspective, altruism, which can be observed in a human society, can be seen as generalized exchange. Generalized exchange is defined as a social situation where any party gives his/her own resource to other parties without expecting direct return. An actor who is involved in generalized exchange does favors for others, and receives help from someone later. There is no definite connection between giving and receiving.

I conducted computer simulation analyses to see if generalized exchange as altruism can evolve among artificial agents most of whom were holding the egoist strategy (Takagi, 1996). The results showed that an altruistic strategy can evolve in an egoist-dominant environment. Moreover, it was found that the strategy which evolved and robustly established altruism was highly exclusive in nature. This strategy dictates its carrier to give its resource only to those who are nice only to altruists. It views not only non-altruists but also altruists who do favors for non-altruists as 'enemies,' and discriminates against them. Since this strategy is highly in-group oriented, I call this strategy as 'in-group altruist strategy.' I can say that this strategy make generalized exchange a club good. The rule of this generalized exchange club prescribes that every member must be nice to other members, and that violators or those who support a violator will also lose membership. The more tolerant strategies, including the 'conditional altruist strategy,' which stipulates to give resource only to altruists, were found not strong enough to beat egoism.

Though the generalized exchange perspective explains altruism as generalized exchange, the scope of this perspective is not restricted to the emergence of altruism. Since 'communal societies' are characterized by altruism within them, and since stable altruism or generalized exchange will be supported by the highly in-group oriented strategy, this perspective predicts that a communal society as a generalized exchange club will come to have characteristic emergent properties. One of these emergent properties is the ability to solve social dilemmas (Takagi, 1999).

I predicted that a communal society would come to be able to solve social dilemmas in the

following way. Consider a small-scale society where members interact more or less directly with each other and assume that this society is confronted with a social dilemma, e.g., a public good problem. Members will be better off if the public good is amply provided. Then, it is no surprise that some members would come to think that cooperation in this situation should be treated as a requirement to be a member of this communal society and to get a fruit of generalized exchange. These members will advocate a strategy linking cooperation with generalized exchange. As the number of members holding such a 'linkage strategy' increases, members in general will cease to be defectors as regards the social dilemma, since they must forgo the temptation to defect in order to have the fruit of generalized exchange. In this way, generalized exchange will 'pull up' the cooperation level in a dilemma situation.

A computer simulation analysis revealed that such line of reasoning is logically consistent. In the simulation model, each of agents plays two games, Generalized Exchange Game and Public Goods Game. An agent's payoff is the sum of the payoffs in both games. In the condition where an agent can select the strategy linking the two games, a linkage strategy tended to be selected, and both of generalized exchange and the public good were amply provided. What was selected was the strategy which dictates a carrier agent to support only the supporters of the 'public good supporting altruists.'

These simulation results have much relevance on the current topic. In a small-scale society, generalized exchange will spontaneously emerge from strategic interaction, and a generalized exchange club will be formed. Such a club will provide its members with benefits but will reject outsiders. Then, as long as generalized exchange provides ample benefits, the societal members will tend to be cooperators of the dilemma game, in order to be included in the club or to avoid exclusion from the club. It can be said that generalized exchange works as a system of social ostracism to maintain the cooperation level in the society on behalf of the society itself.

It should be noted that generalized exchange will be dominant only in a small-scale society. Other social mechanism such as a law system will have to do the job of selective inclusion or exclusion. How such a system emerges is the topic outside of the scope of this paper.

## References

- Foddy, M., Smithson, M., Hogg, M. & Schneider, S. (1999) (Eds.) *Resolving Social Dilemmas*. NY: Psychology Press.
- Kramer, R.M., McClintock, C.G. & Messick, D.M. (1986) Social values and cooperative response to a simulated resource conservation crisis. *Journal of Personality*, 54, 576-592.
- Liebrand, W.B.G. & van Run, G.J. (1985) The effects of social motives on behavior in social dilemmas. *Journal of Experimental Social Psychology*, 21, 86-102.
- Takagi, E. (1996) The generalized exchange perspective on the evolution of altruism. In W.B.G. Liebrand & D.M. Messick (Eds.) *Frontiers in Social Dilemmas Research*. Berlin: Springer-Verlag, Pp.311-336.
- Takagi, E. (1999) Solving Social Dilemmas is Easy in a Communal Society. In M. Foddy, M. Smithson, M. Hogg & S. Schneider (Eds.) *Resolving Social Dilemmas*. NY: Psychology Press, Pp.33-54.
- Yamagishi, T. (1998) *Structure of Trust* (in Japanese). Tokyo: Univ. of Tokyo Press.
- Yamagishi, T. (1999) *From the Security Society to the Trust Society* (in Japanese). Tokyo: Cyuou-koronsya.

## 第三章 第3節 安心があると信頼は生まれない：

### 協力と信頼の進化シミュレーション

高木英至 (TAKAGI Eiji)

(埼玉大学 教養学部)

キーワード：協力，社会的ディレンマ，選択的受容，信頼，進化シミュレーション

**【要約】** エージェントがN者協力関係の形成を目指すシミュレーションモデルを作った。結果は次を示す。①選択的受容 (selective inclusion) メカニズムが進化的な均衡として成り立ち，協力関係が進化する。②協力関係における非協力誘因の存在は信頼感をむしろ高める。後者の結果は「安心」がない状況への適応反応として「信頼」が進化し得ることを示唆する。

#### 問題の所在

社会的ディレンマの中には「関係型」と呼び得る類型がある。参加を選択した者だけで何らかの協力関係を作るが，その関係において非協力の誘因が存在するような場合である。通常の社会的ディレンマと関係型ディレンマは次の点で異なる。通常の社会的ディレンマでは非協力傾向が高い者が既に社会の中に存在し，協力／非協力の外部性が社会全般に波及し，かつ非協力者の発見・排除が原則として困難なことである。

関係型ディレンマには非協力を抑制する単純な解決法がある。協力確率の高い者だけを関係の中を選択的に受容することである。もし社会の多数派がこの選択的受容戦略を持つなら，関係に入って非協力で受益する戦略は利益を上げることが出来ない。選択的受容は協力に向けての誘因システムとして機能し，結果としてエージェントの協力を促すことになるだろう。

しかし選択的受容が協力を促進できることは，選択的受容戦略がエージェント間で戦略的均衡として成り立つこととは別次元の問題である。均衡たり得るか否かは別途の検討を要する。

選択的受容戦略の進化を考える上で重要なのが（一般的）信頼の問題である。相互作用の初期段階で相手の協力確率が分からない者が多いとすれば，選択的受容戦略によって協力が成立するためにはエージェントの信頼が高くなければならない。そうでなければエージェントは用心深くなり過ぎ，協力関係を作ることをためらうだろう。信頼が低ければ，協力関係は初期の段階から放棄され，社会の中で進化的に淘汰される結果に終わるだろう。しかし逆にエージェントの信頼が高ければ，非協力者の搾取によって同様に協力は淘汰の途を辿るかも知れない。

本研究の目的は，選択的受容の戦略がエージェント間で進化し，協力関係が普及するという論理的可能性が成り立つか否かを，進化型のコンピュータシミュレーションによって思考実験することである。

#### シミュレーションモデル

**背景状況** 本研究のシミュレーションモデルは次のような「協力呼びかけゲーム」に基づく。

エージェント数が100の社会を仮定する。各エージェントは自分のビジネスを持ち，他者から協力が得られれば利得が上がる。エージェントの1人が交互に呼びかけ人 (organizer) になって協力を呼びかける。応じた者 (パートナー) と呼びかけ人が協力関係を作る。両者の利益は関係規模とともに増加するが，パートナー数とともに呼びかけ人にはコストがかかるので，最適規模 (9) が存在すると考える。

パートナーも呼びかけ人も協力関係において「違反」できる。違反者には追加的利益が生じ、他の参加者には損害が出る。このゲームは利得が非対称的な、N人ディレンマ構造になる。

このゲームでは2種類の非協力誘因を導入した。第1は協力関係での違反誘因の強さ ( $w$ ) である。違反による他者の被害は一定として、 $w$ が高いほど違反者の利益は高い。第2は「陰謀」の存在である。誰かが次に呼びかけ人になるという情報がランダムに流出すると仮定する。その情報を知ったエージェントが違反をするつもりで、かつ「陰謀戦略」がオンなら、次期呼びかけ人に陰謀を申し出る。次期呼びかけ人も陰謀がオンなら、陰謀が成立する。呼びかけ人は申し出者を関係に入れ、申し出者の違反利益を両者が享受する。この2つの非協力要因は協力の発達を抑制するように働くと見込まれる。

**エージェントの戦略** エージェントの戦略は19の2値次元からなる。呼びかけ人になったときの「呼びかけ戦略」(7次元)、呼びかけへの「受諾戦略」(5次元)、違反戦略(3次元)、陰謀戦略(2次元)、信頼(2次元)からなる。

呼びかけ戦略は次を決める：呼びかける人数。呼びかける相手をランダムに選ぶか、違反率依存的に選ぶか？ 許容する違反水準(過去の違反率がその水準以下なら呼びかける相手に含める)。

受諾戦略は次を決める：呼びかけに確率的に応じるか、違反率依存的に応じるか？ 確率的に応じる場合の受諾確率。違反率依存的に応じる場合の、許容する違反水準(同時に呼びかけられた顔ぶれの過去の違反率から推定される、その関係で違反が生じる確率が、その水準以下なら呼びかけに応じる)。

**違反確率推定と信頼** エージェントは自分が関与した協力関係の当事者の行動だけを観測して記憶し、その当事者の違反率を推定すると考える。過去の観測記憶のない相手には信頼の値通りの推定をする。

**シミュレーションの流れ** 1世代は200のラウンドからなる。各ラウンド(100の試行からなる)では100のエージェントの各々がランダムな順番で呼びかけ人になる(1世代で2万の協力関係の成立機会が生じる)。エージェントの利得は1世代内で得た利得の単純な総和である。世代の終了時にはエージェントの戦略変化(進化)が生じる。戦略変化は交叉(crossover)と突然変異からなる。50世代くらいで戦略分布は固定するので、各Runとも200世代で打ち切った。Runの初期状態では戦略の値を完全に無作為化した。陰謀選択可能性の有無(2)×違反誘因 $w$ の大きさ(4)の要因計画を適用し、各条件でRunを10繰り返した。

## シミュレーション結果

**概要** 条件にかかわらずシミュレーションは次の経過を辿った。戦略分布の点では選択的受容戦略(選択的呼びかけ-選択的受諾)が優越した。この戦略変化に伴い、協力率、次いで信頼が上昇し、その後を追って協力関係規模が増大した(図1)。つまり選択的受容戦略と高信頼

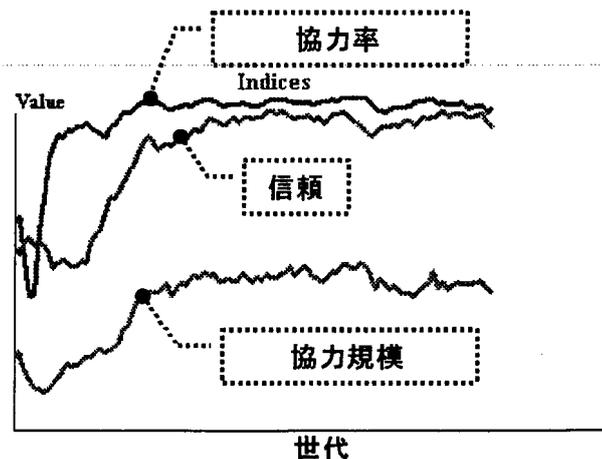


図1: 協力と信頼の進化

の進化とともにエージェント社会で協力関係が優越するようになった。

**非協力誘因の効果** 常識の通り非協力誘因は協力指標を低下させた。違反誘因が「特大」のとき、および陰謀が選択可能なときに、協力率と協力関係規模は有意に低下した。しかし非協力誘因とともに、信頼は減少ではなくむしろ増大した。協力自体が落ち込む違反誘因特大条件を除けば、違反誘因とともに信頼の平均は有意に増大し、陰謀が利用可能なときにも信頼は有意に高まった (図2)。

すなわち、誘因が極端に高くないという範囲では、信頼は非協力誘因に対する適応的な反応として進化した形になる。

追加的なシミュレーションによって次の2点を確認できた。

**選択的受容戦略** 第1に、成功する戦略的受容戦略は、選択的呼びかけとともに選択的受諾をしなければならない。その何れかの要素が選択的でなく常にランダムになる条件では、協力率、信頼、協力関係規模は高まらない。

**利得の非対称性** 第2に、既述のシミュレーションにおける、呼びかけ人-パートナー間の利得の非対称性(呼びかけ人の利得が高い)は、協力進化の必要条件とは言えない。呼びかけ人の利得がパートナーの利得より低い条件でも、協力率、信頼、協力関係規模の上昇は観測できた。しかし十分な協力を得るためには呼びかけ人の利得(呼びかけるインセンティブ)が高い必要があることも同時に示された。

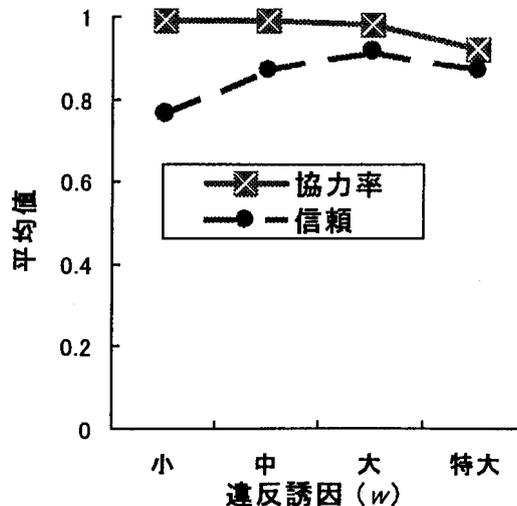


図2: 協力率と信頼

### 考察

この思考実験の含意は次の2点である。第1に、「信頼するに足る者だけを仲間にする」という選択的受容戦略とともに協力関係が進化するというシナリオは、論理的に可能なことである。第2は、ある程度の非協力誘因が存在する状況では高信頼が選択的受容と組になって出現することである。高信頼は非協力誘因への適応として進化すると見られる。この第2点は山岸(1998, 1999)による「安心」と「信頼」の対比と符合している。何らかの制度的要因が非協力誘因を抑制している「安心」社会では「信頼」は進化しない、という意味においてである。

**引用文献**

山岸俊男（1998）『信頼の構造』，東京大学出版会

山岸俊男（1999）『安心社会から信頼社会へ』，中央公論社

### 第三章 第4節 信頼がダメなら安心が協力を生み出す：

#### 協力出現の計算機実験

高木英至 (TAKAGI Eiji)

キーワード：安心，信頼，協力，central authority，進化シミュレーション

**【要約】** この報告は，central authority にあたる安心装置が進化的に出現可能であること，「信頼に基づく協力」が崩壊する裏切り誘因の強い状況でも安心装置は協力を出現させることができること，を計算機実験によって示す。

#### はじめに：協力はいかにして可能か？

協力は社会的ディレンマを内蔵するため，その出現は自明なことではない。筆者[3]は以前， $n$ 人協力関係の出現を検討するために「協力呼びかけゲーム」に基づくシミュレーションを実施した。このゲームでは，社会を構成するエージェントが順番に協力の呼びかけ人になる機会が与えられる。誰に呼びかけるか，呼びかけを受諾するか否かはエージェントの戦略による。協力関係の規模が大きいほど参加者の利得は大きい。しかし規模とともに呼びかけ人にはコストがかかるので，呼びかけ人には「最適」規模が存在する。裏切れば追加的利得が，他の参加者にはコストが生じる([2])。

利得構造が社会的ディレンマとなる範囲で裏切り誘因を操作したときの主なシミュレーション結果は以下である。①選択的受容戦略（相手の協力率を見て呼びかけ／受諾をする）が進化し，協力が確立される。②裏切り誘因が高い条件で信頼が高まる。③ただし裏切り誘因が極端に高いと協力は崩壊し，信頼も低下する。

ここで生じた協力は「信頼に基づく協力」といえる。裏切り誘因がある程度高くなれば，エージェントは選択的受容戦略で裏切りから防御する以外にない。しかし信頼（未知の相手の協力確率の推定値）が低いと協力を形成できない。そこで選択的受容戦略と高信頼がペアになることで協力を生じさせる戦略が進化する。

しかし裏切り誘因がさらに高まるとき，信頼による協力は崩壊してしまう。この状況で信頼や specific trust を人為的に上げて効果はなかった。

解決策として考えられるのは，裏切りに対して制裁（罰）を科すような安心装置を設立して協力を確保することである。安心装置は新たな利得要素を加えるため，信頼による協力が崩壊するほど高い裏切り誘因がある状況でも協力を確立する可能性がある。

しかし安心装置はいかにして bottom-up に出現できるのか？ まず考えられるのは，エージェントが「裏切ったら罰する」ような「制裁同盟」を結び，相互に裏切り者に罰を科すことである。しかし安心装置としての制裁同盟は，制裁自体への free-riding が生じるため，Axelrod[1]の Norm Game のように，崩壊する運命にある。

安心装置としての制裁同盟の弱点は、その負担が社会的ディレンマを構成する点にある。したがって誰かを権力者のような「安心請負人」にし、その安心請負人との取引として設立するならば安心装置は維持できるかも知れない。安心請負人は「裏切りへの科罰」にコストがかかり、しかも協力参入の利益を見送るという機会費用を負う。だが契約者が取引として請負人に報酬を与えれば、請負人と契約者との動機は両立する可能性がある。

このアイデアを確認するために次のシミュレーションを実施した。

### シミュレーションの設定

シミュレーションの基本設定は[3]と同じである。200のエージェントが社会を構成する。1世代は200ラウンドからなり、各試行で500世代を繰り返す。戦略はビット列で表現する。信頼も戦略の一部である。世代内での利得合計の下位5%のエージェントの戦略は新たな戦略に入れ替わる。新たな戦略は上位5%のエージェントの戦略から利得に比例した確率で両親を選び、交差をかけて定義する。世代の終了時に戦略の各次元には0.015の確率で突然変異が生じる。1試行で500世代まで計算した。

安心装置を次のように設定した。出現した安心請負人に加入を申し出たエージェントはその請負人が主催する「安心クラブ」に属すると考える。請負人は所属料金の徴収と科罰に専念し、協力には参加しない。クラブ所属は各世代の開始直前に決まる。安心クラブは閉鎖的な集団と仮定する。成員が参加する協力は所属クラブに限定される。クラブ加入者は各ラウンドで、請負人が指定した額の利得を請負人に支払う。クラブ内で裏切りが生じたとき、請負人はその裏切りで得た利得の倍額の罰を裏切り者に科し、裏切り者をクラブから追放する。請負人に生じる罰のコストは、Axelrod[1]と同じく、罰の額の2/9である。

安心クラブ所属を決めるために戦略に次の次元を加えた: 請負人となる申し出をするか否か、所属料金(8レベル)、安心クラブ所属を申し出るか否か、支払ってもよい所属料金上限(8レベル)。同料金で複数の請負人が申し出たとき、ランダムに1人に絞る。加入申込者は支払い上限内の料金を提示する請負人の中から1人をランダムに選んでそのクラブに加入する。加入者が2名より少ないクラブは消滅する。

シミュレーションを安心装置あり/なし×裏切り誘因要因(3水準)の6条件で実施した。安心装置なしの条件はすべて[3]と同じ設定である。裏切り誘因要因は低誘因条件(裏切り誘因係数 $\mu=0.001$ )、中誘因条件( $\mu=0.5$ )、高誘因条件( $\mu=1.1$ )の3水準である。低誘因条件では裏切りはほとんど利益にならない。高誘因条件は社会的ディレンマの利得構造が保持される限界値に近く、[3]の最大誘因条件よりも誘因が高い。各条件で10試行を繰り返した。

### 結果と考察

最後の100世代のデータを分析する。まず安心装置あり条件で安心装置は問題なく確立された。全体で85%のエージェントが安心クラブに属し、平均で6.3のクラブが供給された。所属料金は平均すると2番目に安い料金水準に相当する。

安心装置なしの条件では、想定通り、低・中誘因条件で協力率と協力関係規模が高く、協力が確立された(図1)。高誘因条件では協力は生じていない。他方、安心装置のある条件では、裏切り誘因の上昇とともに協力率と協力規模が若干下がるものの、ほぼ同水準で協力が維持される。

安心装置なしの条件では、低誘因、および協力が崩壊している高誘因の場合で信頼は低く、中誘因条件で信頼が高まる（図2）。安心装置ありの条件については、所属クラブ内での信頼、およびクラブ非所属者間での信頼を図2で示す。協力が生じているにもかかわらず、信頼は低水準であることが分かる。

結果は次のようにまとめることができる。第1は、安心装置は、うまく確立されれば、信頼では協力が達成できない（裏切り誘因が高い）状況でも協力を確立できることである。このことは裏切り誘因の高い状況、例えばヤクザの世界で、親分を戴き外部には閉鎖的・排他的な協力集団が形成されやすいことを意味するだろう。第2は、安心装置のもとで協力が生じる場合には信頼は高まらないことである。この結果は山岸[4]の信頼と安心の考察に別の視点を与えるかも知れない。

**引用文献**

- [1] Axelrod, R. (1986) An evolutionary approach to norms. *American Political Science Review*, 80, 1095-1111.
- [2] 高木英至 (2002) 協力呼びかけゲームの利得構造. 『埼玉大学紀要』, 38(2), 57-68.
- [3] Takagi, E. (2003) The evolution of inclusion mechanisms and trust in social dilemma situations. Paper presented at the 10th International Conference on Social Dilemmas, Marstrand, Sweden.
- [4] 山岸俊男 (1998) 『信頼の構造』, 東京大学出版会

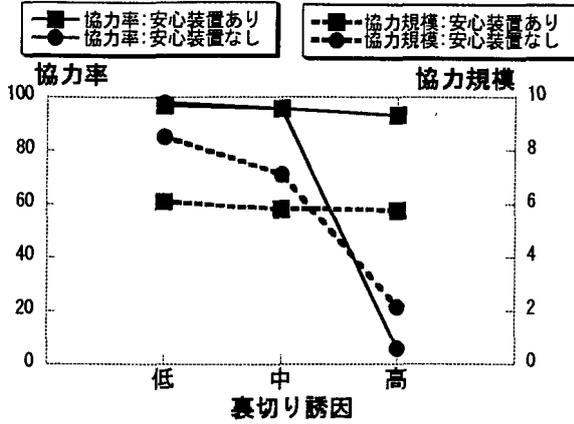


図1:シミュレーション結果(協力率と協力規模)

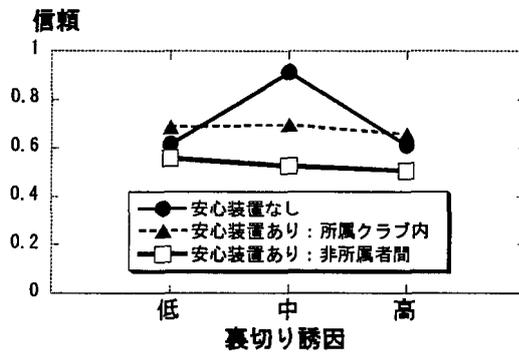


図2:シミュレーション結果(信頼)

### 第三章 第5節

## The emergence of sanctioning agents in social dilemma situations: The central authority scenario of the evolution of cooperation

Eiji TAKAGI  
(Saitama Univ., Japan)

**Abstract.** This study describes the results of evolutionary computer simulations which tests the idea that cooperation can be established in a society through the evolution of ‘central authority’-like agents that maintain a social order within their own territories. The results demonstrates the following. Cooperation can be established by Central authority-like ‘sanctioning agents,’ even when incentive to defect is high. Sanctioning agents can emerge naturally, through role-differentiation among the people. Society supported by such sanctioning agents is characterized by low trust.

### 1. Introduction

#### **Relationship-type Social Dilemmas**

Suppose that citizens of a society can form N-person cooperation relationships by selecting co-workers from other citizens, and that each participant of such a relationship can choose defection as well as cooperation. This situation can be called as a Relationship-type Social Dilemmas. That is, citizens gather to form a cooperative relationships, and there exists a social dilemma there, because each citizen can defect in the relationship. Then, how citizens can solve such a dilemma?

Such a relationship-type social dilemma can be solved through the evolution of inclusion/exclusion mechanisms. That is, citizens will come to adopt a selective inclusion strategy, which dictates its carrier agent to select only cooperative others as co-workers so that defection comes to be undesirable choice.

However, the author’s previous simulations show that such a ‘horizontal’ solution fails if incentive to defect is very high. The basic idea of this study is that, even if incentive to defect is high, cooperation can be established by the emergence of ‘sanctioning agents,’ each of whom manages its own ‘sanctioning club’ where defecting members are punished. Through computer simulations, this study examines if such sanctioning agents can emerge evolutionarily, and in what conditions such emergence is possible.

#### **‘Trust-based’ cooperation**

One solution of the above problem is the establishment of cooperation through ‘trust-based’ selective inclusion mechanism. An agent who follows this selective inclusion strategy will select only cooperative agents as co-workers. And such a type of cooperation is possible in a society with high general trust. Simulation analyses of Takagi (2003) showed that such trust-based selective inclusion

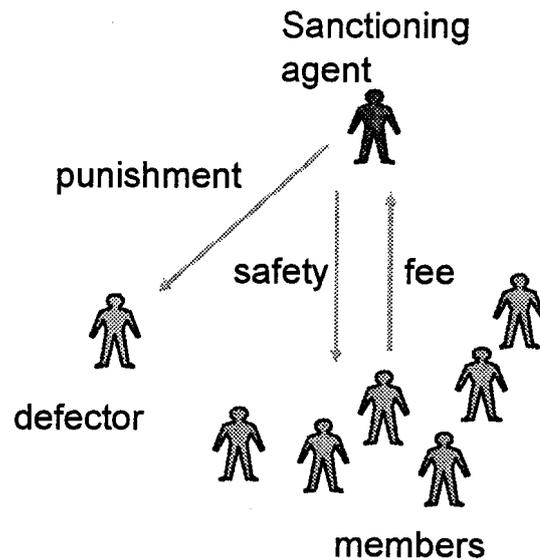


Figure 1: Idea of Sanctioning Club

mechanism works, and establish cooperation.

However, this ‘trust-based’ selective inclusion mechanism. has a drawback. Cooperation so produced declines when agents’ incentive to defect becomes high. In order to make cooperation robust, additional payoff structure, such as a sanctioning system, may be needed.

Establishing such a sanctioning system also faces the next problem. That is, as sanctioning brings costs, the establishment of a sanctioning system causes another, second-order social dilemma, which will destroy cooperation in the long run. Then, how can we establish a sanctioning system?

#### **Idea of sanctioning agents and sanctioning clubs**

One possible solution this study presents supposes that citizens make a contract with a full-time, specialized sanctioning agent, who imposes sanctions on defectors. This sanctioning agent is assumed to manage its own ‘sanctioning club.’

A sanctioning club is conceived as follows. The role of a sanctioning agent is to keep order within its own sanctioning club, by punishing/expelling defectors. The members of this club are assumed to cooperate only with the club members. If such sanctioning clubs are established, they will become safe places, and attract non-member citizens, so that the whole society can be cooperative.

Then, there are questions to be addressed here. Do ‘sanctioning agents’ emerge evolutionally (that is, from the bottom-up), even if they are able to deviate or to be idle? Can such sanctioning agents establish cooperation effectively in comparison with trust-based selective inclusion mechanism? By a thought experiment (computer simulation), I would like to give some answers to these questions.

## 2. Simulation model

### **Cooperation**

Cooperation is modeled as ‘Organize cooperators game.’ (Takagi, 2002) Each agent is running its own business (e.g., managing the farm). An agent in turn becomes an ‘organizer,’ and can send offers to the agents whom the organizer want to include in cooperation. An agent receiving offer accepts or rejects the offer. An agent who has accepted becomes a ‘co-worker.’ A co-worker as well as an organizer can defect in the cooperative relationship.

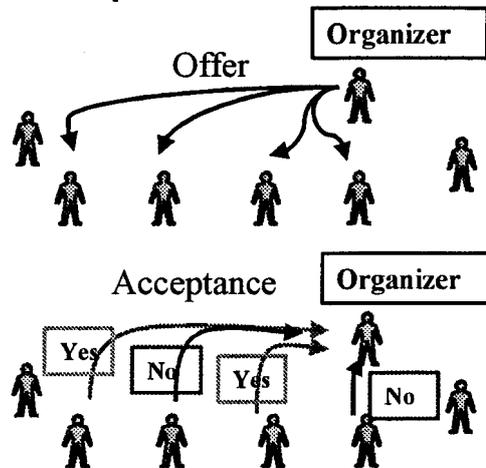


Figure 2: Idea of Organizing Cooperators

The payoff structure of cooperation has the property of social dilemma. First, incentive to defect exists. Second, defection brings about damages to the other participants. Profits from joining cooperation basically increases as the cooperation size increases.

The group size also affects the situation. The organization cost incurs to an organizer. The larger the size of a cooperative group, the higher the organization cost. Therefore, the optimal cooperation size exists. The parameters of the following simulation models are so adjusted that the optimal size is equal to 9.

### Sanctioning agents and clubs

The process of a sanctioning agent’s behaviour is assumed to proceed as follows. At the initial stage of every ‘generation,’ agents who want to be sanctioning agents come forward. Sanctioning agents were selected randomly, up to 10. Sanctioning agents do not participate in cooperation at all.

Sanctioning effort (probability of sanctioning in case defection occurs) varies with the sanctioning agent’s strategy. In this model, sanction means taking the double of the defection profit from a defector and expel the defector from the club. All the clubs charge the same Club fee.

A non-sanctioning agent requires a sanctioning agent to make a certain level of effort, depending on its strategy. At the initial stage of every generation, an agent, who want to be a member of a sanctioning club, choose a club from those which meet its requirement. The requirement constitutes one component of an agent’s strategy.

### Strategy

Agent's strategy is composed by the following sub-strategies:

- (1) Strategy in case of being a cooperation organizer
- (2) Strategy in case of receiving an offer from an organizer
- (3) Probability of defection when included in cooperation
- (4) General trust
- (5) Strategy toward sanctioning agents/clubs
  - (a) Whether or not to enter a sanction club
  - (b) Requirement for sanctioning effort
  - (c) Trust applied to other club members
- (6) Whether or not to be a sanctioning agent
- (7) Strategy as a sanctioning agent, that is, sanctioning effort (probability of sanctioning)

Each sub-strategy is coded as binary dimensions.

### Evolution of strategy

The evolution of strategy in the simulation model works in the similar way as Genetic algorithm. Basically, successful strategies tend to be reproduced, and poor strategies tend to be extinguished. The evolution includes mutation and cross-over mechanism.

A problem the author faced in this model construction was that of 'role differentiation.' That is, this model must assume some kind of role differentiation into the group of elites (sanctioning agents) and the group of common people. Each of these two kinds of agent uses different part of the strategy. Then, for example, if sanctioning agents get higher profits and their strategies are reproduced in a higher probability, the 'common people' part of reproduced strategies will be meaningless.

Because of this consideration, I added the following assumptions. All the agents' strategies have the same structure. However, 'sanctioning agent part' of the strategy is calculated from the strategies of the agents who were actually sanctioning agents on the present generation. 'Common agent part' of the strategy is reproduced from the strategies of non-sanctioning agents. The probability that an agent wish to be a sanctioning agent is assumed to increase if mean of sanctioning agent's profit is greater than mean of common agent's profit. This probability decreases if mean of common agent's profit is greater than mean of sanctioning agent's profit.

### Specifications

In the simulation models to be described below, a society is composed by 200 agents. Agents' strategies are randomized at the initial state. At the end of a generation period, agents' strategies change according to a genetic algorithm (crossover & mutation). 500 consecutive generations were conducted for each simulation run. For a generation, the round was repeated 200 times.

The simulations followed 6 x 2 factorial design. The first factor was incentive to defect ( $w$ ), which has 6 levels (Small - Large). The second factor was sanctioning club available (SC condition) / unavailable (No SC condition). Ten runs were observed for each condition.

### 3.Results

#### Cooperation rate & Cooperation size

In SC unavailable condition (No SC), cooperation rate as well as cooperation size declines, as incentive to defect increases. On the other hand, If SC is available, full-fledged cooperation resulted except when incentive to defect is the highest (Figure 3).

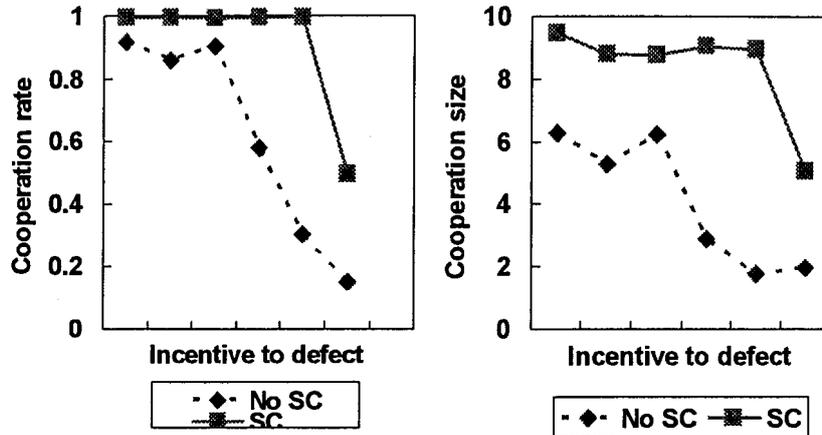


Figure 3: Cooperation rate & Cooperation size

#### Sanctioning clubs

The mean number of sanctioning clubs which are maintained in a simulated society is about 6. The mean percent of agents who joined some sanctioning club is about 90. The only exception was the results in the incentive highest condition, where cooperation was not fully established. (Figure 4)

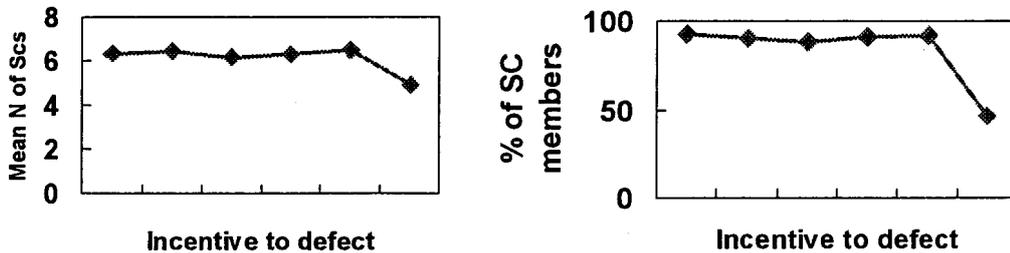


Figure 4: Sanctioning Clubs

In most simulated runs in the SC conditions, sanctioning clubs emerged in almost the same way. (Figure 5) During the first one hundred and more generations, most agents do not join any sanctioning agents, and the number of the sanctioning clubs is very low. Accordingly, cooperation does not grow. During this period, agents tried a lot of strategies, and implicitly the strategy evolution was at work. In a certain generation, suddenly, a small SC attained almost perfect cooperation, so agents learn that making and joining SCs is the good business. Then SCs attract many agents, and cooperation begins to grow rapidly. At the same time, mean cooperation size also begins to rise.

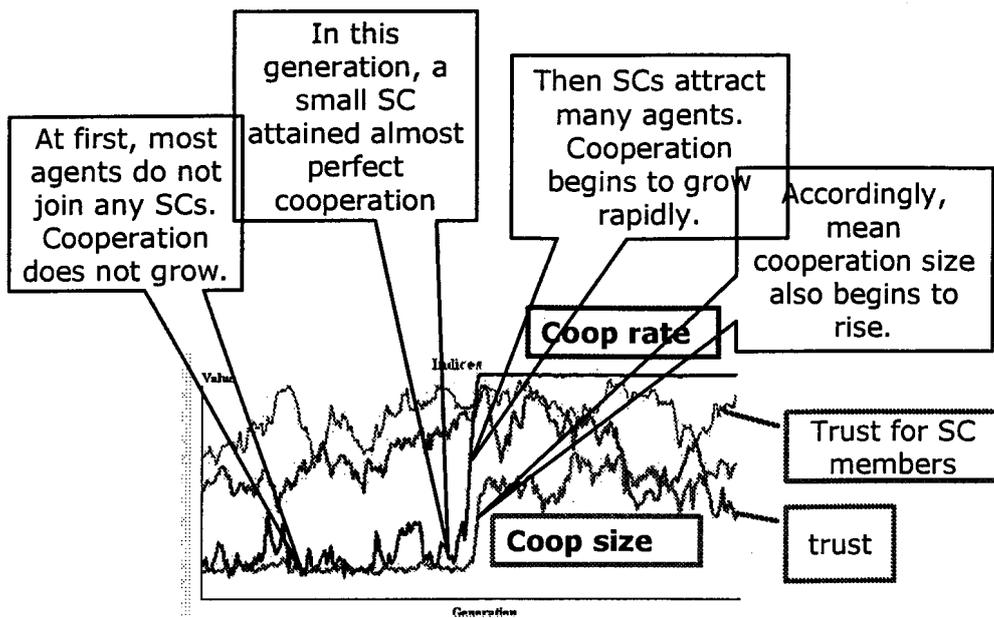


Figure 5: Evolution of Sanctioning Clubs – An example

**Trust**

Perhaps, most of interest may be the result concerning the agents' trust level. As is seen in Figure 6, when SC is not available, mean trust is higher as long as incentive to defect is relatively low and cooperation is well maintained. When SC is available, mean trust (applied to other SC members) is uniformly lower, in spite that cooperation was well maintained.

**Summing up**

The simulation model this study constructed predicted and demonstrated the following possibilities. Cooperation can be established by 'sanctioning agents,' even when incentive to defect is high. Sanctioning agents can emerge evolutionarily, through role-differentiation among the people. Society supported by such sanctioning agents is characterized by low trust.

**4. Discussion**

The simulation results of this study revealed the following. In the conditions with high incentive to defect, cooperation ruins if the sanctioning agent option is not available. However, if some agents can be sanctioning agents, they emerged and cooperation was established even in the high incentive conditions, assuming that the number of the sanctioning agent candidates is sufficiently large. The

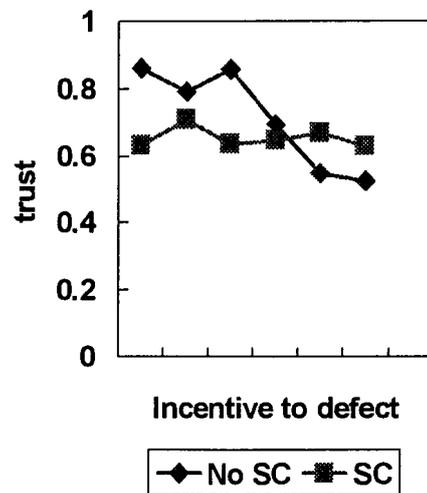


Figure 6: Trust Level

sanctioning clubs with lower fee tended to be selected. Though a high level of cooperation was maintained in a sanctioning club, the club members were low trustors.

This study demonstrates the possibility that, when incentive to defect is high, some sanctioning agents and their clubs emerge, and cooperation comes to be maintained within each of these clubs. Such society may be characterized by low trust, and may be sub-efficient in the sense that cooperation is sometimes constrained by group boundaries.

Finally, the limits of this study should be described. This study is merely a simple demonstration of the central authority scenario of cooperation. The models of simulation are far from perfect. For example, the behavior space of sanctioning agents was highly limited. The calculation procedure of strategic evolution should be reconsidered, and the conditions for the emergence of sanctioning agents must be examined.

### References

- Takagi, E. (2002) The payoff structure of the 'Organize Cooperators Game.' *Saitama University Review*, 38(2), 57-68.
- Takagi, E. (2003) The evolution of inclusion mechanisms and trust in social dilemma situations. Paper presented at the 10<sup>th</sup> International Conference of Social Dilemmas, August 19-23 2003, Marstrand, Sweden.

### 第三章 第6節 権力はいかに創発するか？

#### The emergence of Social Power: How and Why?

阿部年晴(ABE, Toshiharu)

(埼玉大学 教養学部 名誉教授)

高木英至(TAKAGI, Eiji)

(埼玉大学 教養学部)

#### 1. はじめに

権力ないし社会的勢力(Social Power/Authority)は社会科学の最重要概念の1つである。社会には普遍的に権力が存在する。社会や集団の構造はほとんど常に、権力構造として特徴づけることができる。本研究課題の背後にある課題の重要な1つも権力(Social Power/Authority)の出現をいかに説明するか、であった。社会特性および社会機構が社会の中で出現する経路を考えると、権力の問題は避けて通れない。権力がある故に社会は全体を覆う組織を持つことができ、また公共財を出現させることができる。むしろ、「中央政府」にあたるような権力がない社会はしばしば観察されている(Sigrist, 1967)。しかしながら、一定の複雑さをもつ社会において、1つではないにせよ大きな権力が存在するのは通例であり、その社会の基盤を支えるのが権力であるのが普通である。社会は一定の権力の存在によって、囚人のディレンマを前提としたときに生じると予期されるような単純な協力的秩序以上の、複雑な社会構造を持つことができる、といえるだろう。

本節では、この研究課題に基づく研究の周辺で現れ、あるいは浮かんだ権力の発生に関するアイデアを書き留め、次の発展のための課題の整理としたいと考えている。

#### 2. 従来の権力説

われわれの考えによれば、従来の権力の理論は権力の要因論とでも呼ぶべき理論だった。その典型が French & Raven (1959)の権力基盤 (Bases of Power) の議論である。この理論(というより図式)は権力(勢力)の基盤として強制力、報酬、正当性、専門性、参照性、情報をあげ、それらの基盤に応じて対人的な勢力の強さが決まることを整理している。ある意味では M. Weber (1922/1947) の権力図式も、正当性の根拠に応じて権力を分類しているという点では、French らの図式と類似している。

従来の権力論の中で簡潔で強力な視点を提示するのが Emerson (1974a, b) の権力-依存 (Power-Dependence) パラダイムである。この権力理論は、社会的交換において行為者Aが行為者Bに利得を依存するほど、Aに対するBの権力が強まることを述べる。Emerson の理論も、依存という権力を生む要因 (French らの強制基盤と報酬基盤にあたる) を示したものであるため、権力の要因論の1つといえる。が、Emerson の議論が他の交換理論の権力論(e.g., Blau, 1964) より優れているのは、いち早く交換ネットワークの概念を明示し、交換ネットワークという構造的要因が権力を生み出していることを明示したことである。

しかし進化型のモデルを標榜する立場からは、以上のような権力の要因論は満足できるものではない。権力の存在を創発的に説明する訳ではないからである。権力の要因論が述べるのは、特定の行為者に要因や基盤が集まったときにその行為者に権力が生まれることである。しかしこの議論自体は何れかの行為者にその要因や基盤が集中することを説明するものではない。別のいい方をすれば、特定の行為者に基盤が集まるのが動的均衡であることを述べる訳ではな

い。権力の成立を説明するとは、まさに動的均衡として何らかのエージェントに権力（基盤）が集まることの創発的説明をすることに他ならない。その創発的説明が目指すのは、権力を内蔵した社会秩序がなぜ普遍的に生まれるのか、という間に答えることである。

### 3. 創発的説明の視点

本研究は基本的、普遍的な社会特性の創発メカニズムの解明を課題とし、進化型の計算モデルの適用によって分析を進める意図を持っていた。このときの説明されるべき社会特性の中には、当然に権力の存在も含まれている。

何らかの支配序列を持つことは、霊長類の社会の「文法」の1つといえる(Haslam, 1997)。このことが示唆する1つの憶測は、権力は一定の歴史的経路を通ったが故に権力の出現を見た、ということではなく、人間の社会にはそもそも、権力の出現を予定させる何らかのメカニズムが内包されているのではないか、ということである。

そこで、この憶測をさらに進めてみよう。

権力が創発的に生じる経路としてすぐに思いつくのは、集団の機能として権力が生成される場合である。コミュニケーションネットワーク実験の集団のように、成員が目標を共有して協同する場合を考えてみよう。条件によっては、中心的な位置にある特定の1人に情報を集め、その1人が他の成員に指示を出すような体制が自動的に生まれる可能性がある(高木, 1999)。このとき中心的な成員には集団機能としての権力が備わるだろう。

ただし、この説明で導けるのは、一定の行為者が同じ目標の実現を目指し、協働集団を形成する場合である。そうした協働集団は社会の中で頻繁に生まれるのは違いない。しかし、大きな社会の成員を広く含むような協働集団が生じるとは考えにくい。この経路による権力の発生は、作業集団におけるリーダーシップの成立は説明するにせよ、広い社会の中での権力の発生とは別なのではないかと思える。

### 4. 社会的交換による説明とその可能性

有力な可能性の1つと思えるのは、交換ネットワークから権力が成立するという経路である(高木, 2000)。

われわれがここで念頭に置くのは小説やコミックに描かれる劉邦（後の漢の高祖）や三国志の劉備の姿である。歴史上の劉邦から離れて、次のような架空の劉邦像を描いてみよう。まず劉邦は半ば侠客集団の中心人物として出発する。その時点での劉邦は仲間の世話をし、同時に仲間から協力を得る存在であった。つまり仲間の間での社会的交換が、劉邦を中心に発達していた。しかしいったん劉邦が仲間から協力を安定的に得るようになると、他者には劉邦が仲間の協力を得る存在として映るようになる。仲間やその他の人から見れば、劉邦は個人以上の力を持つ存在となる。つまりもし逆らえば、自らに大きな被害を与える存在となる。このような過程を経て、劉邦は仲間の1人以上の存在となって行く。もはや他者の協力（あるいは服従）を得るのにその人に世話を与える必要はない。強い権力を確立するのである（図1）。

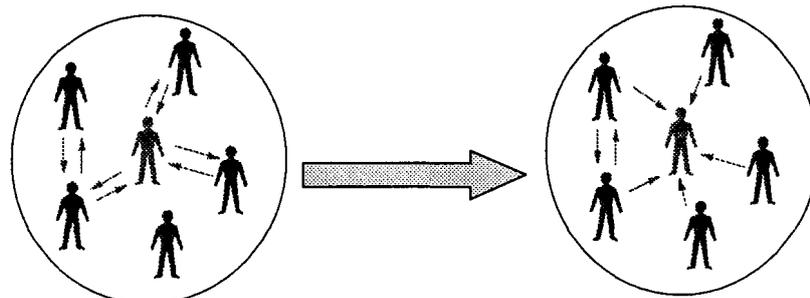


図1: 協力の獲得可能性による権力

別の表現すれば、このアイデアは図2のように図式化できる。人は相互になんらかの協力のやりとり（例えば労力の相互供与）、つまり社会的交換に従う。さらに、人には多かれ少なかれ、相互の強弱に応じて他者を罰する能力（科罰能力）を持つと仮定する。しかし社会の中では労力の社会的交換において偏りができる。つまり交換に成功しより多くの交換に参加する者と、孤立する者とが生まれる。多くの交換に参加し他者の協力を得ることができた者はその交換相手から得る協力の分だけ強さを増し、科罰能力を高めるだろう。さらに、社会の中では誰が強い（科罰能力がある）に関する評判（reputation）ができあがるだろう。いったん「強い」と認知された者は、その科罰能力のために、自らは協力を供出することなく協力が得られるようになる。その結果得られる協力がさらに当人の権力を高める。このサイクルは適当な均衡点に達するまで続くことになるだろう。

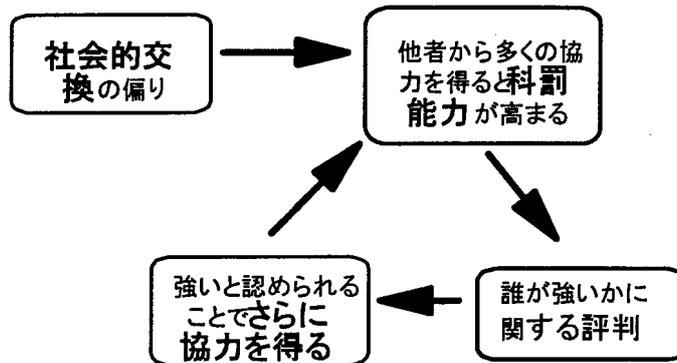


図2: 権力発生サイクル

このルートで生じる権力には、権力の保持が権力の基盤になるという、権力の再帰的性格 (recursivity) である。すなわち、社会的交換を経て他者の協力によって権力を持つということと自身が他者の服従をさらに促進し、権力を補強する、ということである。

以上のアイデアを計算機シミュレーションによって検討したのが高木 (2000) だった。高木 (2000) では、エージェントに他者を特定して資源を与える選択肢とともに、科罰の選択肢を導入した。他者から資源（労働力と考える）を得ればその資源を使って科罰できると仮定し、科罰能力が上がることになる。このシミュレーション結果は、科罰の選択肢のない条件では他者に与える資源量とその他者から受け取る資源量の正の相関が高いのに対し、科罰能力を導入した条件ではその相関が急速に低下し、資源を主に受け取るもの（権力者）と、資源を主に貢ぐもの（被支配者）に分化する結果が得られた。図3は、科罰能力が導入されたある条件下での、エージェント間の授受のバランスの推移を表す。シミュレーションの初期の局面（ラウンドブロック1-2）では授受の資源量がともに高まってゆくが、いったん授受量が高まると（ラウ

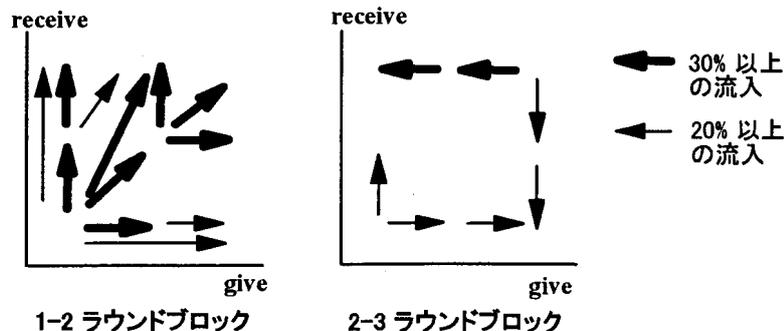


図3: エージェントの授受量の推移 (科罰-平等条件でのシミュレーション)



因がほとんどないから、裏切りについて心配することなく協力できるのである。しかしある程度の裏切り誘因が出てくると、人は無前提に「裏切りはない」とは仮定できない。このとき、エージェントは2つのことで協力を出現させようとすると考え。一方で選択的協力戦略によって非協力者を協力仲間から排除するとともに、他者を一般的に信頼して協力の輪を広げようとする戦略が進化する、と考える。しかしこの「信頼に基づく協力」は裏切り誘因がさらに高まると崩れざるを得ない。そこで、裏切り誘因が高いときに要請されるのが安心装置（安心請負人とその安心クラブ）である。この安心クラブが出現することによって、裏切り誘因が高い場合でも、そのクラブの域内での協力が可能になる、というアイデアである。

このように、人々に安心を与えて協力を保障する存在として安心請負人が出現し、権力者の機能を担う、そのようにして権力が生じるというシナリオは、いかにもありそうなことであるとともに、魅力的なアイデアといえる。

しかしこのシミュレーションにもやはり問題はあろう。

第1に、このシミュレーションでは安心クラブが排他的にその中だけで協力が生じるなど、やはり「強過ぎる仮定」が導入されている。別のいい方をすれば、権力が生じる域内の集団特性が予め固定的にセットされている。権力の「創発」が問題であるなら、それらの集団特性も予め決めるのではなく、シミュレーションの過程で形成されることを示すことが望ましい。

第2に、このシミュレーション結果で不思議なのは、安心装置が必要のない（逸脱誘因がほとんどない）条件でも、安心クラブが等しく出現していることである。このシミュレーションの前提のアイデア（図4）からすれば、そのような条件では安心装置が生じず、「信頼に基づく協力」が生じるべきであると思える。

この安心装置としての権力にせよ、社会的交換の偏りから生じる権力にせよ、それらをシミュレーションで扱うことの困難の1つは、戦略がエージェントの部類別に分化している、ということであるかも知れない。囚人のディレンマに基づくシミュレーションであれば、エージェント間に同じ戦略が進化してくる、という結果を得るのは容易であるだろう。しかしここで扱う権力出現のシミュレーション（思考実験）では、従う戦略がエージェントの立場によって異なり、そうした戦略を進化させるように計算上モデル構成することには困難を伴うといえるかも知れない。

## 5. 終わりに

ここでは権力発生シナリオの2つを考えてみた。これらの説明は排他的であると考えする必要はないだろう。さらに、権力の発生経路にはその他、いろんな経路があり得るだろう。計算機シミュレーションの利点はいろんな可能性を柔軟にモデル化することに求められる。その利点を活かして他のさまざまな可能性を検討することが、権力の発生に関しては必要であるかも知れない。

## 引用文献

- Blau, P.M. (1964) *Exchange and power in social life*. Wiley. (ブラウ, P. 『交換と権力』, 間場寿一・居安正・塩原勉 (訳), 新曜社, 1974)
- Emerson, P.M. (1972a) Exchange theory, Part I: A psychological basis for social exchange. In J. Berger, M. Zelditch, Jr. & B. Anderson (Eds.) *Sociological theories in progress*. Houghton Mifflin, Pp.38-57.
- Emerson, P.M. (1972b) Exchange theory, Part II: Exchange relations and network structures. In J. Berger, M. Zelditch, Jr. & B. Anderson (Eds.) *Sociological theories in progress*. Houghton Mifflin, Pp.58-87.
- French, J.R.P., Jr. & Raven, B.H. (1959) The bases of social power. In D. Cartwright (Ed.) *Studies in Social Power*. Ann Arbor: Institute for Social Research, Univ. of Michigan, Pp.150-167.
- Haslam, N. (1997) Four grammars for primate social relations. In J.A. Simpson & D.T. Kenrick (Eds.) *Evolutionary Social Psychology*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Pp.297-316(Chap.11).
- Messick, D.M., Wilke, H., Brewer, M.B., Kramer, R.M., Zemke, P.E. & Lui, L. (1983) Individual adaptations and structural change as solutions to social dilemma. *Journal of Personality and Social*

- Psychology*, 44, 294-309.
- Sigrist, C. (1967) *Regulierte anarchie*. Walter-Verlag. (ジークリスト, C. 『支配の発生』, 大林太良・石川晃弘・長谷川博幸・岡千曲 (訳), 思索社, 1975)
- Suleiman, R. & Fischer, I. (2000) When one decides for many: The effect of delegation methods on cooperation in simulated inter-group conflicts. IIPDM Report No.162, Institute of Information Processing and Decision Making, University of Haifa, Israel.
- 高木英至 (1999) 「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 巻、3 号、113-122.
- 高木英至 (2000) 「権力発生の計算モデル」, 『埼玉大学紀要』, 第 36 巻、第 2 号、23-37.
- Weber, M. (1922/1947) *Wirtschaft und Gesellschaft*. Abteilung, J.C.B. Mohr, Tübingen, 3. Aufl. (ウェーバー, M. 『権力と支配』, 濱島朗 (訳), 有斐閣, 1967)

## 第IV章 人間を用いたシミュレーション

この第IV章では研究課題のうち、人間被験者を用いたシミュレーション、つまりシミュレーション・ゲーミングの技法に基づく成果を掲載する。既に第1章で論じたように、シミュレーション・ゲーミングの研究上の利用についてはいくつか、解決しなければならないハードルがある、というのが筆者の考えである。しかし次の2つの点において、シミュレーション・ゲーミングは研究上の意義を持つと見込まれる。

第1は、現実的に複雑な要素を入れた状態で、なおかつ実験操作を加える必要がある研究状況が存在することである。第1節の林・与謝野論文はその方向を目指した研究例である。この論文は、地域通貨という社会レベルに属する事実の出現（創発）のための条件を、地域通貨の出現を説明に足る複雑な要因を導入して実験した研究である。この種の実験にだけよって地域通過の出現を科学的に推論することは難しいけれども、いくつかの方法の中でこのアプローチが貢献して行くものと思う。

第2は、シミュレーション／ゲーミングを実施することが研究上の新たなアイデアを生む、ないし、仮説検証型の研究とは異なる形で新たな発見を生む可能性を持つことである。第2および第3節の杉浦論文はその点について考察している。杉浦論文は「クロスロード」というゲームを使った試みであるが、この研究の意義を本研究課題の視点でいうならば、一定の社会的特性が現実場面で出現するときの相互作用の有様を探索的に描き出そうとしている。

何れも意欲的な試みであると同時に、本研究課題のテーマである社会特性の創発について示唆に富む成果を導いている。

## 第IV章 第1節 公共財としての地域通貨：

### 地域通貨の流通条件検討のためのゲーミング・シミュレーション開発の試み

林直保子（関西大学 社会学部）・与謝野有紀（関西大学 社会学部）

近年、日本各地で地域通貨の導入が試みられている。地域通貨は、「一定の地域やコミュニティの参加者が財やサービスを自発的に交換しあうためのシステム、あるいはそこで流通する貨幣の総称(西部, 2000)」であり、世界恐慌後の1930年代に、欧米各地で自然発生的に生まれたとされる。当時、国の経済が混乱する中で、各地の自治体などが自衛手段として発行した地域通貨が、地域経済を機能させることに一定の効果をもった。現在もっとも普及している地域通貨は、地域経済取引制度(LETS: Local Exchange Trading System)であり、不況期の1983年にカナダで生まれ、その後イギリス、フランス、オランダ、ドイツ、ニュージーランドなど、欧米諸国に急速に普及した。日本国内における地域通貨運営の試みは1999年ごろから急速に増えはじめ、2003年の時点で、300件を超えている(嵯峨, 2003)<sup>1</sup>。

#### 地域通貨の性質

地域通貨は、通貨として、国家通貨とは異なる特徴をもつ。西部(2003)は、地域通貨の特徴を、①民主主義的—自主発行・自主運営、②地域主義的—地域限定流通、国家通貨への非兌換、③非資本主義的—ゼロ・マイナス利子、ゼロサム原理、としている<sup>2</sup>。②、③の特徴は、地域通貨が円のように大都市や大企業へと一方的に流出しないこと、また信用創造を伴わないために投機やバブルを生まないことを意味している。これら地域通貨の「お金」としての特徴とは別に、西部(2004)は、地域通貨の「お金」としてではない側面を「むしろ言葉に近い」と表現している。介護や家事・育児を含む相互扶助やボランティア活動など、通常の市場では取引されにくいサービスのやり取りを可能とする地域通貨は、「多様な社会的価値の評価・伝達機能を備えたコミュニティ・メディア(西部, 2002)」であり、各地における地域通貨の導入の試みにおいて、特に期待されているのはこの後者の役割であることは、与謝野・熊野・高瀬・林・吉岡(印刷中)の調査結果にもあらわれている。与謝野他(印刷中)は地域通貨運営の実態の把握を目的として、全国の地域通過運営管理者を調査対象とした郵送調査を行った。表1、2は、地域通貨運営の目的を訊ねる項目への回答である。「コミュニティの再生」という回答が最も多く、現在の日本における地域通貨の導入

<sup>1</sup> 『平成16年国民生活白書』も、地域の活動を促進させる手法としての地域通貨の可能性に言及し、地域通貨のもつコミュニティ再生機能に着目している。

<sup>2</sup> カナダのトロントドルなど、国家通貨と兌換できる地域通貨も一部発行されているが、大半の地域通貨は国家通貨と兌換できない。日本での数少ない国家通貨との兌換可能な例としては、滋賀県守山町の「もーりー」がある。

は、不況時の欧米諸国において地域経済の再生のために導入されたものとはやや性格を異にしているといえる<sup>3</sup>。

表1 地域通貨の目的（複数回答）（与謝野他、印刷中より）

導入の主な目的	度数	パーセント
地域経済の活性化	50	46.7%
コミュニティの再生	84	78.5%
社会的弱者へ援助	27	25.2%
地球環境保全活動の促進	35	32.7%
地域の生活環境の改善	14	13.1%
地域の文化、伝統の活性化と継続	18	16.8%
その他	28	26.2%

表2 地域通貨の目的（最も中心的なもの1つを選択）（与謝野他、印刷中より）

	度 数	パーセント
地域経済の活性化	9	8.4%
コミュニティの再生	32	29.9%
社会的弱者へ援助	2	1.9%
地球環境保全活動の促進	7	6.5%
地域の生活環境の改善	1	0.9%
地域の文化、伝統の活性化と継続	6	5.6%
その他	50	46.7%
合計	107	100

#### 地域通貨の公共財的側面

地域通貨の成功を左右するのは、コミュニティにおける互酬的交換が可能となるしくみの創造であろう。地域通貨が当該コミュニティの中である程度流通することで達成されるこれらの目的は、公共財的側面をもつ。まず第1に、地域通貨は自発的に運営されるため、運営に関わるコストを誰が負担するかという問題がある。与謝野他（印刷中）の調査で、地域通貨がうまくいっていない点について自由記述を求めたところ、表3に示すような結果が得られた。管理・運営が困難という回答が3番目に多くなっている。これは、地域通貨の運営に関わるコストを誰が負担するかという一種の社会的ジレンマ問題が生じている

<sup>3</sup> 西部(2004)は、日本におけるこれまでの地域通貨は相互扶助型が主流であったことを踏まえたうえで、近年は商工会や自治体が地域経済活性化や地方財政再建を目的に、より「お金」に近い地域通貨を導入しようとする例が増えつつあることを指摘している。

ことを示している。

第2点目として、地域通貨を導入しても、必ずしも人々がそれを利用するようになるとは限らない。表3において、「流通しない」「普及が広がらない」の回答が併せて34.6%あり、地域通貨を導入しても、それが利用されない点が運営者の悩みとなっていることがわかる。地域限定で運営される地域通貨が通貨として価値を持つためには、一定の流通量が必要不可欠である。自らがサービスを受けたいときに、手持ちの通貨が通用しない恐れがある場合は、そもそも通貨を受け取るリスクを避けることが合理的となる。岩井(1998)が述べているように、人々が貨幣として用いることが、貨幣の条件となるのである<sup>4</sup>。したがって、地域通貨が通貨として流通している状態は、一種の公共財が供給されている状態として捉えることができる。

表3 地域通貨がうまくいっていない点（与謝野他、印刷中より）

	度数	パーセント
流通しない	22	20.6%
普及が広がらない	15	14.0%
管理・運営が困難	14	13.1%
意義が十分に生かされていない	10	9.3%
趣旨・仕組の周知理解が困難	10	9.3%
需要と供給にギャップ	6	5.6%
会員相互のコミュニケーション	6	5.6%
合計	107	100.0%

この点をより具体的に考えるために、LETSのしくみを簡単に説明したい。LETSは取引額を口座上の数字として記録する通帳方式をとっている。この方式では、各参加者が通帳をもって、それに赤字や黒字を自分で記録する。つまり、取引において、買い手は自分で通貨を発行し、それが取引相手の黒字（自分の赤字）となると見なすことができる。自分の赤字は、いずれかのメンバーにサービスを提供することで解消されるので、この負債は、通常のIOU(I owe you)ではなく、IOC(I owe community)といっても良い(西部, 2002)。LETSのしくみの元では、どの時点でも黒字合計と赤字合計は常に一致するゼロサム原理が成立している。黒字合計で表される貨幣供給量が増大することは、各参加者の口座残高の分散が増大することを意味する<sup>5</sup>。それはすなわち、黒字主体グループと赤字主体グループ

<sup>4</sup> 正確には岩井は次のように述べている。「貨幣が今まで貨幣として使われてきたという事実によって、貨幣が今から無限の未来まで貨幣として使われていくことが期待され、貨幣が今から無限の未来まで貨幣として使われていくという期待によって、貨幣がじっさいに今ここで貨幣として使われる（岩井, 1998）。」

<sup>5</sup> 反対に、黒字合計（赤字合計の絶対値）がゼロに近づくとき、通貨が効率的に流通し、

への二極化を意味する。貨幣供給量が増加することは、地域通貨を人々が使っていることを意味するため、それ自体地域通貨の「成功」と考えられる。しかし、黒字主体グループと赤字主体グループが、何らかの要因によって固定化している場合には、その成功が長続きしない可能性が高い。例えば、より多くのサポートを必要とする高齢者が赤字主体グループとなり、コミュニティ内で調達できるサービスに需要のない若者層や、市場においてサービスの調達が可能な富裕層が黒字主体グループとなっている状況では、貨幣が循環せず、二極化が持続的に進むことになるだろう。この場合、黒字主体グループ、赤字主体グループの双方にとって、取引を控える理由が生じてくる。

### 地域通貨のデザイン

「大江戸打ち水大作戦」、「大豆レボリューション」、「アースデーファーム」など、環境保全を中心に画期的なプロジェクトを次々と打ち出しているアースデーファーマーの運営において中心的役割を果たしている嵯峨生馬氏は、地域通貨の特徴を、①目的性とメッセージ、②「私たち」という感覚、③あらかじめデザインされた道筋、としてまとめている（嵯峨, 2004）。国家通貨の場合とは異なり、個々の地域通貨には、各々導入に目的があり、またその目的を効果的に達成するためのデザインが必要となる。また、既に見たように、地域通貨はサービスを提供する人々のグループと、主としてサービスを受けるだけのグループに二極化しないようなデザインを工夫する必要がある。

どのような仕組みが貨幣の流通を促進するのか、という問題については、地域通貨の流通をコンピュータ・プログラムでシミュレートするコンピュータ・シミュレーションや、人々が実際にコミュニティの住民としてプレイしてみるゲーミング・シミュレーションによるアプローチが可能である<sup>6</sup>。本研究は、地域通貨の流通条件について検討するための道具として、ゲーミング・シミュレーションを開発した。

前節でみたように、地域通貨の流通の鍵となるのは、いかにして通貨が一箇所に滞ることなく循環するしくみをつくることのできるかという点であった。流通のしくみをつくるひとつの方法は、商店を経由させることである。商店が支払いの一部に地域通貨の使用を認めることで、すべての一般参加者にとって通貨を入手する誘因が生じる。もちろん、通貨が商店から一般参加者か、運営事務局に還流するしくみを併せてつくる必要があることは言うまでもない。この点に関しては、例えば、地域通貨のニューズレターに店の広告を載せる（アースデーファーマー）、レジ袋を持参した住民に代わりに地域通貨を渡す（クリン）などが実際に採用されている。

こうした商店などを地域通貨の制度のデザインに含めない場合、通貨流通の重要な要因

---

表1に示される目的の達成に近づいていくといえる。西部(2002)は、「黒字合計」(=「赤字合計(の絶対値)」がゼロになるとき、瞬間的に貨幣が消滅し、物々交換体系とは異なる互酬交換体系が成立すると論じている。

<sup>6</sup> 例えば、西部(2002)は、コンピュータ・シミュレーションを用いて、地域通貨 LETS の赤字・黒字制限ルールが通貨供給量に及ぼす影響について検討している。

として、参加者の多様性が挙げられるだろう。参加者の多様性が低い場合、類似したサービスが多く供給される一方で、ある種のサービスは恒常的に供給不足となる可能性がある。また、地域住民の多様性が高い場合でも、一部の住民（例えば富裕層）が地域通貨を利用せず市場からのみ財とサービスを調達すれば同様のことが起こる可能性がある。ここで重要となるのは、当該地域住民の所得水準や高齢者率等の社会的状況と、地域通貨の流通の関連性を明らかにすることである。地域通貨流通の条件をある程度明らかにすることができれば、より成功する可能性の高いデザインを組むことができるようになるからである。もちろん、「仮想地域」におけるゲーミングで明らかにできることには限界があり、現実に運営されている地域通貨の流通状況と、地域の特徴の関連を分析することも必要であろう。このような試みは既に与謝野(2005)によって始められているが、このアプローチにはより現実に即した分析が可能となる利点がある一方で、地域通貨の流通量を把握することが困難であり、また問題としたい条件を適切にコントロールすることが統計的には難しいなどの問題がある。そのため、実際に運営されている地域通貨の実態調査と、ゲーミング・シミュレーション等の両方を併せて用いることが、有効なアプローチとなろう。

## 地域通貨ゲーム

### ゲームの概要

このゲームでは、各プレイヤーはある地域に生活する住民であると想定される。地域には「一般世帯」、「商店」、「農家」があり、各メンバーは世帯に所属し、「主婦」、「年金生活者」等与えられた役割をプレイすることを通して、「生活目標」と「食料目標」を達成するよう努力する。ゲームは4セッションから構成され、財やサービスを市場を通じて調達しなければならない第1セッションを経た後、第2セッション開始時より地域通貨(単位はCC)が導入される。

### 地域の世帯構成と実験条件

各地域の住人は20人であり、表4に示される9世帯で構成された。本研究では、地域内の世帯の経済資源の格差と地域通貨の流通の関連性を検討するため、各世帯の所得を表4に示されるような分布に設定した。

表4 各地域の世帯構成と所得格差

世帯の種類	世帯記号	世帯人数	世帯所得(格差小条件)	世帯所得(格差大条件)
一般世帯	A	3	13,200	15,400
	B	3	11,900	10,400
	C	3	11,000	9600
	D	2	9,300	10,800
	E	1	3,500	4,000
	F	1	3,500	2,700
商店	G	2	売り上げ	売り上げ
	H	2	売り上げ	売り上げ
農家	J	3	売り上げ	売り上げ

※ 所得はセッション毎に「円」で配られる額。

### プレイヤーの目標

目標は世帯単位の目標と個人単位の目標の2種類に分けられる。世帯の目標は、1) 食料を確保すること、2) 食料以外の商品を、各世帯の事情を想像しながら、できるかぎり多く買うこととされた。必要な食料量は、世帯の構成員の年齢等から、あらかじめ必要量が指定されており、カロリーを考慮して毎セッション数種類を「商店」または「農家」から購入しなければならない<sup>7</sup>。食料はセッションを越えて持ち越すことができず、各セッションで必要量を満たさない場合、その世帯の中の一人が「病気」になるという想定で、その時点から5分間スタッフが管理する病院に待機することになり、その間はゲームに参加できない。また、目標の未達成具合に応じた入院費用を病院に払わなければならない。

食料以外の買い物目標は、ゲーム終了となる4セットが終わるまでに、家族構成など各世帯の事情を考えながら、自分の地域の商店で食料以外にも必要なものをできるかぎり多く購入するというもので、購入したものと数によって最終的な評価の際にプラスの評価が加算される<sup>8</sup>。

個人の目標は、「パソコンを習う」「マッサージを受ける」などがあらかじめ指定されており、その内容は食料目標とともにパーソナルカードに記載されていた(付録A, C参照)。プレイヤーは、これらのサービスをお金を払って「他地域の商店」で受けることができる

<sup>7</sup> 例えば大人一人であれば、1セッションに高カロリー食料3つ分、中カロリー食料3つ分、低カロリー3つ分が必要であった。子供や老人はこれより少ない料が指定された。「商店」「農家」世帯は、自分たちの商品を消費してもよいし、他店にて購入しても良い。

<sup>8</sup> 何を買うべきかあらかじめ決められてはいないが、一般家庭ではシャンプーや洗剤など、「赤ちゃん」のいる世帯ではミルクや紙おむつ、などが「買うべきもの」の例として挙げられる。

ほか、第2セッション以降は地域通貨を介して、地域内で受けることができた。目標を満たせない場合には、最終的な評価で減点がある。また、単にカードに記載されている目標時間を満たすだけでなく、それを超えてさらに高いレベルを目指すことで、最終的な評価の際にプラスの評価として加算される。

### 目標達成の制約

世帯の収入は、給与、年金、売り上げ等と決められており、決められた所得の範囲で必要な物品を購入しなければならない(表4および「付録」参照)。また、各人には役割に応じて決められた「自由時間」があり、その範囲で習い事のレッスンを受けたり、サービスの提供を行ったりする<sup>9</sup>。自由時間(h)はシールでやりとりされた。各プレイヤーはあらかじめ与えられた自由時間に応じたシールを持っており、プレイヤーAがプレイヤーBに「パソコンを1時間教える」というサービスを提供した場合、プレイヤーAがBの「目標達成カード」にシールを1枚張ることでやり取りが成立した。

**パートタイム労働** 常勤で働いていないプレイヤーは、自由時間を使って商店や農家でパートタイム労働をしてお金を稼ぐことができる。

**子守サービス** 赤ちゃんの世話のために自由時間を持ってないプレイヤーは、「子守り」のサービスを受けることで自由時間を手に入れ、生活目標の達成に役立てることができる。

### 地域通貨

第2セッションから、地域通貨が導入された。地域通貨を円になおすと10cc=100円の価値があり、商店が加盟している場合は支払いの一部に地域通貨をあてて、円と同じように使うことができる。地域通貨は円と交換することはできない。

地域通貨(紙券)は2セッション開始時にプレイヤー1人につき100ccずつ配布された。プレイヤーは地域通貨を用いて自分の提供できるサービスを人に提供したり、また人からサービスを受けたりすることができる。各メンバーが提供できるサービスは、パーソナルカードにあらかじめ記載されている。サービスを提供したいプレイヤーは、必要事項を記入したサービス提供チケットをホワイトボードに掲示し、サービスの受け手の連絡を待った。個人間のサービスのやり取りは地域通貨でしか行えず、70ccは1時間分のサービスの価値がある。サービスの提供は1時間あたり70ccでやりとりされたが、商店や農家でのパートタイム労働に関してはこの限りではなく、募集する側が報酬額を提示することができる。

### 商店

商店に割り振られたプレイヤーは、商店の目標は「できるだけ多くの売上をあげること」であると説明された。店の食料は第1セッション開始時のみ値段が付けられた状態で用意

<sup>9</sup> 各メンバーの自由時間は付録Bを参照。

されており、ゲーム開始後は各商店が仕入れと値段設定を行う<sup>10</sup>。仕入れは、地域の外にある「他地域の商店」において行う。仕入れた食料は当該セッションの間商品として売ることができるが、セッションを越えて持ち越すことはできない。

**労働力の募集** 商店は必要に応じて募集の張り紙に記入し、店頭に貼り出すことで、労働力を募集することができる。雇った労働力は、その雇った時間（h）分を商店メンバーの自由時間（h）として使うことができる。

**地域通貨の扱い** 商品の支払いに地域通貨を使えるようにするかどうか、使えるならどの程度の割合まで使えるようにするかなどは各商店で決定できる。地域通貨を使えるようにした場合は、「地域通貨使用できます！」という張り紙に、必要事項を記入し、店頭に張り出すこととした。

## 農家

農家に割り振られたプレイヤーは、農家の目標は「たくさんの家庭に自分の農作物を食べてもらおうこと」であると説明された。有機野菜は農家だけが作れる食料で、有機野菜1つの栄養価は、商店で売っている高カロリー食料2つ分、中カロリー食料3つ分、低カロリー4つ分に相当する。有機野菜の値段は、農家が自由に値段を決めることができる。有機野菜は、デフォルトで毎セッション10個ずつ売ることができるが、「開墾」を行うことで、手に入る有機野菜を増やすこともできる。

**開墾** 農家は自由時間（h）を使うことで開墾を行うことができ、その時間の量に応じて次のセットで手に入る有機野菜を増やすことができる。

**労働力の募集** 農家は必要に応じて募集の張り紙に記入し、店頭に貼り出すことで、労働力を募集することができる。雇った労働力は、その雇った時間（h）分を農家メンバーの自由時間（h）として使うことができる。

**地域通貨の扱い** 商品の支払いに地域通貨を使えるようにするかどうか、使えるならどの程度の割合まで使えるようにするかなどは各商店で決定できる。地域通貨を使えるようにした場合は、「地域通貨使用できます！」という張り紙に、必要事項を記入し、店頭に張り出すこととした。

## 環境問題と市民団体

地域において人々が生活を営むことで、環境問題が生じやすくなる。その危険度は、時間とともに上がり、あるレベル（レベル8）を超えると、環境問題が発生する。このレベルは、各地域のホワイトボードに掲示されている。環境問題が起こると、その対策費として住民に一律に500円環境税が賦課される。環境問題を回避するための手段として、住民

---

<sup>10</sup> 商品の値段設定は商店が自由に行うことができるが、セッション終了間際の叩き売りとそれに伴う購入殺到を防ぐため、セッション終了前の10分間は値段の変更ができないこととした。農家が販売する有機野菜や、労働力に対する「時給」も同様である。

は市民団体を設立し、ボランティア活動を行うことができる。

**市民団体の設立** 市民団体は、一定の条件を満たすことで住民の誰でも設立することができる。その条件とは、設立申請書に、自由時間シールを3時間分貼ることである。自由時間シールは、一人の発起人のものでも、複数の発起人が提供してもよい。役所への申請が完了すると、発起人に「設立趣意書」が渡される。設立趣意書を手にした発起人は次に、活動に必要な寄付を集める。寄付金300ccおよび2000円を住民から集め、役所に提出すると、寄付金は設立諸経費として徴収され、代わりに、ボランティア召集表とボランティア費用が交付される。

**市民団体によるボランティア活動** 市民団体が設立されると、役所からボランティア費用300ccが交付される。ボランティア召集表には、10h分の自由時間シールを貼るスペースがあり、発起人は地域住民に「ボランティア」として時間シールの提供を求める。10時間分の自由時間シールを貼ることができれば、活動目的が達成され、環境問題発生の危険度は0まで下がる。自由時間を提供した住民は、シール一枚あたり30ccを受け取る<sup>11</sup>。

#### 手続き

**ゲームの参加者** 関西大学でグループダイナミックスの授業を受講する82名の学生がこのゲームシミュレーションに参加した。男女の割合は、男30名、女52名である。80名を20名ずつの4グループ（赤、青、黄、グレー）に分け、2名にはゲームの補助の役割を割り振った。赤・青の2グループは、世帯所得の格差が小さい条件、黄・グレーグループは、世帯所得の格差が相対的に大きい条件を割り当てた。

**ゲームの実施日時・実施場所** 2004年12月22日水曜日、グループダイナミックスの授業の補講時間である2時30分から6時までの3時間半、関西大学社会学部棟の新館3階にて行った。4つのグループのそれぞれに近距離にある教室を割り振り、「他地域の商店」「病院」「両替所」等は教室の前の廊下に設置した。

#### 結果と解釈

本研究では、資源格差の大小により実験条件を設けているが、いずれの条件も2地域分のデータが得られているのみである。したがって、ここでは主として記述的な結果をもとに、解釈を行っていく。

#### 各地域における経済活動

まず、各地域の経済状態を把握するために、商店の活動状況を確認したい（表5）。

---

<sup>11</sup> 市民団体は、ルール上は条件を満たすことで誰でも設立できるが、多くのメンバーは「生活」に忙しく、地域の環境問題のために活動することは難しい。市民団体の設立ルールは、時間に余裕がある「独居老人」が、自由時間を使って地域のために活動する場として設けられた。

表5 商店の売り上げ(円)

	世帯	赤	青	黄	グレー
商店	G	37,950	27,150	20,550	42,600
	H	13,900	29,650	22,700	16,800

商店は各地域に2店ずつあり、ともに食料と生活必需品を中心に販売したため、2店間には競争が生じていたと考えられるが、表から比較的売り上げが均衡した地域(青、黄)と一方の店舗が圧倒的に高い売り上げを達成した地域(赤、グレー)があったことがわかる。表6は第2セッションから第4セッションまでの3セッションの間に、各商店が代金として受け取った地域通貨の総額と使用した地域通貨である。受け取った地域通貨の量は商店によりかなり異なるが、特に同一地域内の商店間での地域通貨の取扱量の開きは、地域内で販売戦略の棲み分けが生じていた可能性を示唆している。表に示されるとおり、各商店世帯が使用した地域通貨の量は売り上げに比べかなり小さく、かなりの量の地域通貨が効率的に循環せず商店に留まっていたことがわかる。

表6 商店の地域通貨による売り上げと使用した地域通貨

		赤	青	黄	グレー
売り上げ	G	1,980	800	1230	870
	H	540	200	340	200
使用した地域通貨	G	240	260	140	140
	H	140	210	140	0

次に、農家の売り上げと地域通貨の取扱量を確認したい(表7)。表から、いずれの地域においても、農家が有機野菜の販売を通じて地域通貨の流通の一端を担っていたことが見て取れる。しかしここでも、農家世帯が使用した地域通貨は、受け取った額に比べてかなり小さかった。

表7 農家の売り上げと使用した地域通貨

	赤	青	黄	グレー
有機野菜販売個数	42	27	22	50
CC 売り上げ	1510	440	690	440
使用した地域通貨	510	140	210	200

表8は地域(9世帯)全体における円と地域通貨の流通量である。表から、資源格差が

小さい条件に割り当てられた赤・青地域において、相対的に多くの地域通貨が流通したことがわかる。特に、赤地域においては円の流通量も多く、経済活動が活発に行われたことを示している。対照的に、資源格差大条件のグレー地域では円と地域通貨の流通量がともに少なく、経済が活性化されなかったことを示唆している。しかし、同じ格差大条件の黄地域では、青地域以上の円流通とほぼ同等の地域通貨の流通量があったことから、商店の営業戦略等の要因がこれらの地域差を生み出した可能性は否定できない。

表8 円と地域通貨の流通

	赤	青	黄	グレー
円の流通	404,800 円	309,800 円	332,050 円	282,350 円
CC の流通	4,950cc	4,170cc	4,010cc	3,410cc

#### 市民団体活動

表9は、環境問題回避のための市民団体設立および設立後の活動のために費やされた自由時間である。第2セッションの後半に環境危険度がレベル8を超え、全地域において、住民一人あたり500円の環境税が徴収された。その後、赤、青、黄地域において市民団体設立活動が始まり、赤、青地域では第3セッション中に、黄地域も第4セッションに環境問題解消に必要な10時間分のボランティアと寄付金が集まったため、環境危険度がゼロに戻された。グレー地域においても危険度がさらに高まった第4セッションに活動が開始されたが、条件が満たされずに2回目の環境税が徴収された。

表9 市民団体設立と活動(提供された時間h)

	セッション1		セッション2		セッション3		セッション4	
	設立	活動	設立	活動	設立	活動	設立	活動
赤	0	0	0	0	3	10	0	0
青	0	0	3	0	0	10	0	0
黄	0	0	3	0	0	4	0	6
グレー	0	0	0	0	0	0	3	5

#### 一般プレイヤーの目標達成

次に、地域別に、各セッションで達成された生活目標の総時間と、そのうち地域通貨を介して提供された時間を図1～図4に示した。

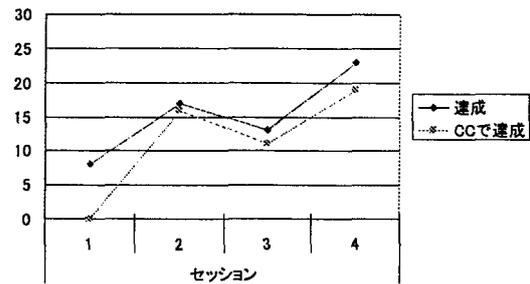
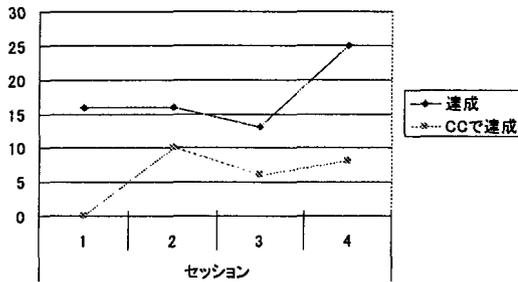


図1 赤地域における生活目標の達成状況

図2 青地域における生活目標の達成状況

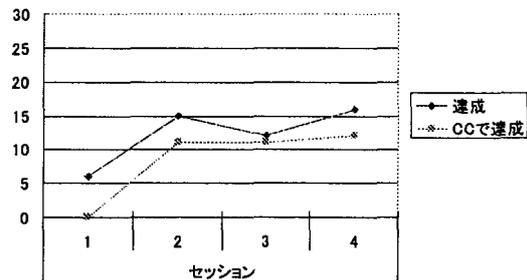
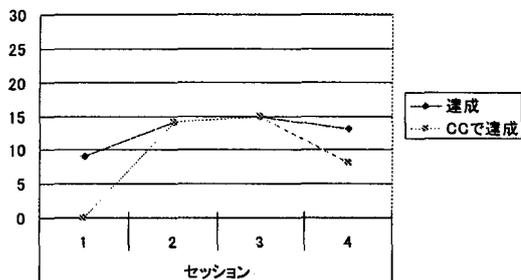


図3 黄地域における生活目標の達成状況

図4 グレー地域における生活目標の達成状況

いずれの地域においても、第3セッションまでは15時間程度の目標達成に留まり、最終セッションにおいて目標を超えた時間が費やされたかどうか異なる。赤・青の2地域において、こうした動きがみられるが、赤地域においてはそれが主として円により実現されているのに対し、青地域では地域通貨が用いられている点が対照的である。これらの図から、生活目標の達成に関しては、青地域においてもっとも効率よく地域通貨が流通したといえるだろう。

表8は、青地域と黄地域ではほぼ同等の円と地域通貨が流通していたことを示していたが、最終セッションにおいては、青地域では個人間のサービスのやり取りに地域通貨が積極的に用いられたのに対して、黄色地域では主として商店や農家における買い物に地域通貨が使われていた可能性を示唆している。

### 役割別の目標達成

一般世帯のプレイヤー13名を、家庭の「お父さん(4名)」、「お母さん(4名)」、「子ども(2名)」、「老人(3名)」の役割カテゴリに分類し、カテゴリ毎に、生活目標の達成

のために使った時間を実験条件別にまとめた（図5～図8）<sup>12</sup>。

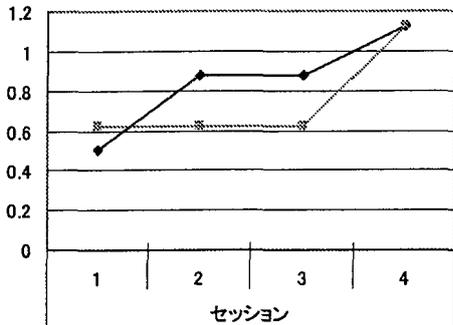


図5 「お父さん」プレイヤーの生活目標達成

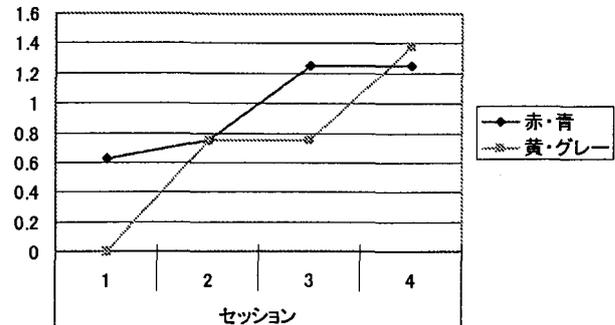


図6 「お母さん」プレイヤーの生活目標達成

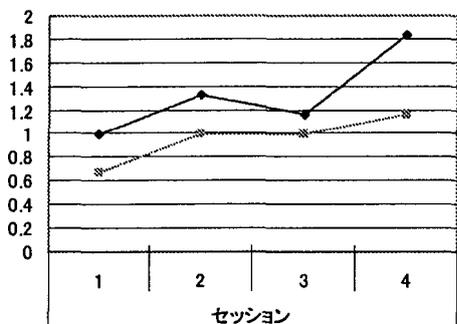


図7 「老人」プレイヤーの生活目標達成

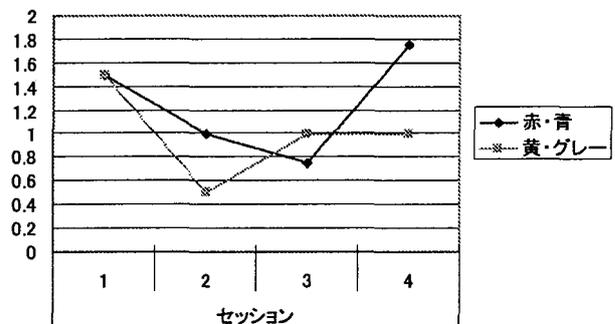


図8 「子ども」プレイヤーの生活目標達成

すべての役割カテゴリにおいて、赤・青地域の目標達成度が、黄・グレー地域を上回る傾向にある。本研究では、地域内の資源格差大小それぞれ2地域のみデータであり、すでに見たように、同じ格差条件内においても円や地域通貨の流通状況には大きな違いがあるため、結果は慎重に解釈するべきであるが、一連の記述的結果は、資源格差小条件の地域において、相対的に生活目標の達成が容易であった可能性を示唆している。赤地域では

<sup>12</sup> 「子ども」カテゴリは、世帯Aの息子と世帯Bの娘から成る。農家世帯にも子どもプレイヤーがいるが、農家の手伝い等のため役割の性質が異なると考えられるため、「子ども」カテゴリから除外した。老人カテゴリに関しては、世帯Cの老人の「自由時間」が世帯E,Fの独居老人より1時間少ないという違いがあるが、役割の性質はほぼ同じとみなしてカテゴリに加えた。

相対的に円が重要な役割を果たし、青地域では地域通貨が効率的に流通していたが、こうした違いにも関わらず、円で十分に生活が可能な世帯と円だけでは習い事等の支出をまかなうことが難しい世帯が混在している地域に比べて、通貨が効率的に循環し、それが住民の生活をより豊かなものにしたといえるだろう。

### 今後の課題

地域通貨に関する経験的研究は、主にフィールドワークの手法を適用することで展開してきており、日本国内においても複数の地域通貨について詳細な構造の記述が蓄積されてきている。しかしながら、現実の地域通貨が、地域の状況、地域通貨のデザインと密接にからみあいながら多様な展開を見せ、またその流過程を詳細に追いかつ同時に多他地域を比較することが実質的に不可能に近いために、地域通貨の効率的流通のメカニズムの検討は既存の経験的研究のいわば「弱点」となっていた。計量手法、ブール代数分析などの適用は、比較分析という点でいくぶんかこの弱点を補うものではあるけれども、通貨の流過程、商店を含む生活者の行為の総体の把握にともなう問題を解決することは、やはりできない。本研究において、地域通貨が効率的に流通するための条件を検討するために、ゲーミング・シミュレーションを開発し、比較実験をおこなったのは、この問題を前提としている。

本研究では、特に、地域内の資源格差といった条件をコントロールしながら、ゲーミング・シミュレーションによって、ある社会の行為者の行動を通貨の流通を中心に総体的に把握し、地域通貨が、「商品・サービスの流通」、「ボランティア活動の活性化」、「社会運動の組織化」に及ぼす影響を実験的に検討してきた。このことによって、地域通貨の効率的流通の条件を切り分けるための、新たな方法的展開の可能性を示しえたと考えている。しかしながら、本研究での比較は、資源格差を中心としたものになっており、年齢構成、職業構成、地域通貨導入以前の社会関係資本の量など、地域通貨の機能と密接に関連する諸要素の影響については、以後の広範な検討を待たねばならない。

今後、地域通貨のデザインと地域の社会状況などゲームのルールに変更を加えることで、「それぞれの社会状況に応じてどのような地域通貨が望ましいのか」、「地域通貨が機能する社会とそうではない社会はどのように識別できるか」、さらには、「当該社会にとって、地域通貨への資源投入は、当該社会の問題に対する適切な解を提供するのか」について、ゲーミング・シミュレーションを通じて、一定の予測が可能となるだろう。この知見を、フィールドワークや計量、数理的手法の知見と補完的に総合することで、「夢の通貨」として期待されながら、ときとして経済的、人的に大きな資源の浪費を生み出しかねない状況にある地域通貨の現状に対して、意味ある提言が可能となると信じている。

### 謝辞：

本研究の実験は、小谷綾子、三宅貴史（関西大学社会学部4年生：当時）両氏との討議の結果として生まれた。また、実験の実施も両氏の多大の貢献があって初めて可能となった。この場を借

りて、大きな謝意を表したい。

#### 引用文献

- 岩井克人 1998 『貨幣論』 筑摩書房
- 内閣府編 2004 『平成16年 国民生活白書』 内閣府
- 西部忠 2000 貨幣と言語を統合するコミュニケーション・メディア—地域通貨の意義と可能性— 『アステイオン』 CBS プリタニカ, No.53,127-162
- 西部忠 2002 貨幣の進化とデザイン—地域通貨の視点から『進化経済学論集』 No.6
- 西部忠 2003 『地域通過と地域自治』 公人の友社
- 西部忠 2004 本格化する地域通過 河北新報 2004年1月3日
- 嵯峨生馬 2004 『地域通貨』 NHK出版
- 与謝野有紀 2005 地域通貨成功条件のブール代数アプローチによる検討 『関西大学社会学部紀要』 Vol.36(1): 257-270.
- 与謝野有紀・熊野健・高瀬武典・林直保子・吉岡至 印刷中 日本の地域通貨に関する実態調査：結果の概略 『関西大学社会学部紀要』 Vol.37(2)

付録 A パーソナルカードの例

【世帯1】(パーソナルカード)



I D:A-1

仕事:会社員

収入:給料(毎セット 13,200 円)

自由時間:毎セット2h

必要食事量:高カロリー 3枚

✦カロリー 3枚

✧カロリー 3枚

〈生活目標(4セット通して)〉

- ・ 色々な種類のレッスン(自分が提供できるものを除いて)を受ける

〈2セット目から提供できるサービス〉

- ・ 日本語のレッスン
- ・ パソコンのレッスン

付録 B 各メンバーの属性およびセッションあたりの自由時間

	ID	世帯	立場	仕事	収入	自由時間(h)
一般世帯	A-1	第1世帯	お父さん	会社員	給料	2
	A-2		お母さん	なし	なし	0
	A-3		子ども(息子)	学生(中学生)	なし	3
	-		赤ちゃん	-	-	-
	B-4	第2世帯	お父さん	会社員	給料	1
	B-5		お母さん	専業主婦	なし	3
	B-6		子ども(娘)	学生(高校生)	なし	3
	C-7	第3世帯	お父さん	会社員	給料	1
	C-8		お母さん	専業主婦	なし	3
	C-9		おじいちゃん	なし	年金	4
	D-10	第4世帯	お父さん	会社員	給料	3
	D-11		お母さん	専業主婦	なし	0
	-		赤ちゃん	-	-	-
一人	E-12	第5世帯	おじいちゃん	なし	年金	5
	F-13	第6世帯	おばあちゃん	なし	年金	5

	ID	世帯	立場	仕事	収入	自由時間(h)
商店	G-14	第7世帯	お父さん	商店店主	売上	0
	G-15		お母さん	商店店員	売上	0
	H-16	第8世帯	お父さん	商店店主	売上	0
	H-17		お母さん	商店店員	売上	0

	ID	世帯	立場	仕事	収入	自由時間(h)
家農	J-18	第9世帯	おじいちゃん	農家	売上	0
	J-19		おばあちゃん	農家	売上	0
	J-20		子ども(娘)	学生(高校生)	なし	2

付録 C 各メンバーの生活目標とゲームを通しての目標時間

	ID	立場	目標(5セットを通じて)	目標時間
一般世帯	A-1	お父さん	自分が提供できないレッスンを色々受ける。	4
	A-2	お母さん	編み物を習う。	2
	A-3	子ども(息子)	書道を習う。	4
	-	赤ちゃん	-	-
	B-4	お父さん	パソコンを習う。	2
	B-5	お母さん	料理を習う。	4
	B-6	子ども(娘)	英語を習う。	4
	C-7	お父さん	日本語を習う。	2
	C-8	お母さん	編み物を習う。	4
	C-9	おじいちゃん	マッサージを受ける。	5
	D-10	お父さん	日本語を習う。	4
	D-11	お母さん	料理を習う。	2
	-	赤ちゃん	-	-
一人	E-12	おじいちゃん	マッサージを受ける。	5
	F-13	おばあちゃん	自分が提供できないレッスンを色々受ける。	4

	ID	立場	目標(5セットを通じて)	目標時間
商店	G-14	お父さん	売上向上。	
	G-15	お母さん	書道を習う。	2
	H-16	お父さん	売上向上。	
	H-17	お母さん	パソコンを習う。	2

	ID	立場	目標(5セットを通じて)	目標時間
農家	J-18	おじいちゃん	たくさんの世帯に農作物を食べてもらう。	
	J-19	おばあちゃん	たくさんの世帯に農作物を食べてもらう。	
	J-20	子ども(娘)	英語を習う。	2

付録 D 各メンバーが第2セッション以降地域通貨と引き換えに提供できるサービスおよび、パートタイム労働の可否

	ID	立場	提供できるもの・サービス	提供できるもの・サービス	労働
一般世帯	A-1	お父さん	日本語のレッスン	パソコンのレッスン	×
	A-2	お母さん	料理のレッスン		○
	A-3	子ども(息子)	マッサージをする	日本語のレッスン	○
	B-4	お父さん	書道のレッスン		×
	B-5	お母さん	編み物のレッスン	日本語のレッスン	○
	B-6	子ども(娘)	マッサージをする	赤ちゃんのお守り	○
	C-7	お父さん	マッサージをする	パソコンのレッスン	×
	C-8	お母さん	料理のレッスン	パソコンのレッスン	○
	C-9	おじいちゃん	英語のレッスン	赤ちゃんのお守り	○
	D-10	お父さん	英語のレッスン	パソコンのレッスン	×
	D-11	お母さん	英語のレッスン		○
一人	E-12	おじいちゃん	赤ちゃんのお守り	書道のレッスン	○
	F-13	おばあちゃん	料理のレッスン	編み物のレッスン	○

	ID	立場	提供できるもの・サービス	提供できるもの・サービス	
商店	G-14	お父さん			×
	G-15	お母さん			○
	H-16	お父さん			×
	H-17	お母さん			○

	ID	立場	提供できるもの・サービス	提供できるもの・サービス	
農家	J-18	おじいちゃん			×
	J-19	おばあちゃん			○
	J-20	子ども(娘)	マッサージをする	赤ちゃんのお守り	○

付録 E 他地域の商店レッスン価格一覧

		レッスン	1 h	3 h セット
提供できるもの・サービス	レッスン	英語のレッスン	1,000	2,800
		パソコンのレッスン	1,000	2,800
		日本語のレッスン	1,000	2,800
		料理のレッスン	1,000	2,800
		書道のレッスン	1,000	2,800
		編み物のレッスン	1,000	2,800
	労働	商店で働く	1,000	
		農家で働く	1,000	
		赤ちゃんのお守り	1,000	
	他	マッサージ	1,000	

## 第IV章 第2節 『クロスロード』による他者判断の予測と社会特性の創発

杉浦淳吉

(愛知教育大学 教育学部)

キーワード： 『クロスロード』, 他者判断の予測, 社会特性の創発, 議論の可視化, アクション・リサーチ

### 1 『クロスロード』(矢守・吉川・網代, 2005)とは

『クロスロード』は、集団状況において、ジレンマをともなう選択が必要な状況におかれた個人が、他者の選択を予測しながら意思決定を行うものであり、阪神・淡路大震災における膨大な教訓が緻密な調査によりコンテンツ化されている。5人1組のプレイヤーは、防災にかかわるジレンマ状況が書かれたカードを読み合い、続いて意思決定として「Yesカード」か「Noカード」のいずれかを場に出す。自分の判断が多数派であればポイントが得られるタイプAと、グループ内で多数派を予測できたらポイントが得られるタイプBの2種類のルールが紹介されている。

ここでのジレンマは1問あたり70~100文字であり、確定的な判断をするには不十分な情報の記述のみであるが、強制的に選択させる不自由さをプレイヤーに課すことによって、より深く自他の決定を熟考するきっかけになりうるという(矢守・吉川・網代, 2005)。限られた情報から他者の判断を予測することが熟考につながるのであれば、この手続きに基づく議論はジレンマを解決するための解決方法が生み出される土壌になるのではないかと考えられる。

本研究では『クロスロード』の特性を利用することで創発について検討することが可能かどうか、グループダイナミクスに関する教育場面での事例をもとに考察する。杉浦(2006)は、実践報告の中で、個人が集団成員内の他者の行動意図を予測し、個人の行動意図の集団内における選好分布により得点が得られる『クロスロード』の特徴を説明している。すなわち、「Yes」か「No」かの単純な判断のプロセスにおいて多様な視点を考慮することが求られ、個人の行動意図と他者の行動意図の推測が交絡することにより、個人で解決策を提案することに比べ、より多様な解決策が生み出されることへの期待について問題提起している。しかしながら、そこでは具体的な創発については考察されていない。そこで本報告では、『クロスロード』において、マイクロな個人とマクロな集団状況の相互作用により、ジレンマを乗り越えるための社会特性の創発の可能性について、検討していく。なお、『クロスロード』の手続きの改変については、制作者からの了承を得て実施し、実施結果についてのフィードバックを行っている。

## 2. 事例1 議論の可視化と新たな解決策の考案

2006年1月9日、C大学大学院の「社会心理学特論」において、受講者15名が3グループに分かれ、講義の一環として『クロスロード・市民編』に参加した。各グループは『市民編』のゲームキットの20枚全てを使用し、5人で2課題ずつ順に選び、3グループでのべ30枚の集団クロスノート(杉浦, 2006)が作成された。集団クロスノートとは、『クロスロード』実施の際に、カラー付箋紙による判断理由の記述(「Yes」なら水色の、「No」ならピンク色の付箋紙)や、プレイヤーのペンの色別によりA3用紙に議論をまとめる、すなわち「議論の可視化」のための方法である。集団クロスノートにより、ゲーム中の議論を振り返り、活用することで、「Yes」/「No」の判断を超えた「理想の解決」が出現するかを検討した。また、全体で理想の解決に対して1人3票を持ち点とする投票を行った。

得票数が最も多かったのは、「体調の悪い祖母を連れて不便な自宅に戻るか、医師のいる避難所に残るか？」(市民編 5017)に対して「祖母にどうしたらいいか訊く」(8票)であり、次いで「格好は悪いが耐震金具を家具につけるかどうか？」(市民編 5003)に対する「金具にこだわれ」(6票)であった。理想の解決では、「万能の人になったつもりで」「お金もふんだんにある」という前提で考えるように教示したが、話し合いによる解決や人々の意識を変化させるような解決が高い評価を得ていた。対象者のほとんどが臨床心理学を専門とする大学院生であったことが影響したかもしれない。

## 3. 事例2 理想の解決と条件の特定

2006年1月30日、A大学の「グループダイナミクス」の講義の一環として、『クロスロード・神戸編』を実施した。5人グループが2つ、6人グループが2つで、計4グループ22名が参加した。事例1同様、「集団クロスノート」を用いた。この事例では、Yesの理由を水色の付箋紙、Noの理由をピンクの付箋紙に記入しながら進行させたが、ここでは「条件の特定」を黄色の付箋紙に、Yes/Noを超えた第3の解にあたる「理想の解決」を黄緑色の付箋紙に、それぞれ記入するという課題も同時に行った。一つの問題に対して10分から15分程度の時間をかけ、全プレイヤーが1通りカードを選ぶまで実施した。「条件の特定」と「理想の解決」については、カードを選ぶ「親」が順にまとめるよう教示した。以上より、問題についての集団クロスノートがプレイヤーの人数分作成された。翌週の講義では、全ての集団クロスノートに対して、事例1同様、「理想の解決」に対して用いた投票を行った。

得票が最も多かったのは、「自然発生的に避難所になった市庁舎から避難者に出ていってもらうかどうか」(神戸編 1012)に対する「事情を説明する、また立ち入ってはならないところと避難所にするところを区別→居てもらう」(10票)であった。このときの条件は、「近くに避難所が空いているか。避難所の空き具合」「庁舎が避難所に適しているのか」「避難してきた意図の状況にもよる。件我の具合等」であり、YESとNOはそれぞれ3人で拮抗

していた。専門家ではないプレイヤーは、それぞれの判断理由のもとに条件を設定し、条件に応じて説明する、という解決を導き出していた。

#### 4. 事例3 判断の視覚化としての新ルール

2006年2月20日、事例2のクラスの講義最終回にて、各自の日常生活や社会問題についてのオリジナルのジレンマ(この講義の最終課題)により『クロスロード・A大学編』が作成された。24名が4グループに分かれ、タイプAとタイプBの組み合わせによる新ルール「タイプC」(杉浦, 2006)で実施した。

プレイヤーは、一人二組の Yes/No カードを持つ。最初に「タイプ A」でカードを出し、それを場に裏向きのまま集める。ここで場のカードを表にはせず、「タイプ B」でもう一度カードを出す。そして、タイプ A の結果で多数派だった方と同じ判断(Yes または No)をしていた人がポイント獲得となる。この方法のメリットは、多数派を頭の中で予測せずに、場に山となっているカードに Yes が多いか No が多いかを予測できることである。このことから、タイプ B で「多数派の意見」の予測をより正確に(混乱なく)行うことができると予想される。他者の意見を予想するには、まず自分がどうするかを考えなくてはならないが、このプロセスの認知的負荷が大きく、結局自分の意見を表明してしまうことが考えられるからである。

ゲームは、講義の総括として、受講生が自ら作成したジレンマ問題を共有することに主眼がおかれ、実施された。議論は特に記録せず、自分の判断と多数派予測についてのみ、記録をとった。また、進度の違いから 26 課題全て実施できないグループもあった。実施課題における個人内での自分の判断と多数派予測の一致度は、全体で 8 割前後であった(表 1)。場に出されたリアルなカードを見ることで、他者が下した結果の集合を「裏向きのカードの山」として「視る」ことができる。その中に Yes が多いか、No が多いかは、頭の中で考えるよりも認知的負荷が少なくなることが、プレイヤーのゲーム後の感想にみられた。意見分布の把握と分布予測を同時に行えることが、このルールのメリットであるといえる。

表 1 グループ構成・実施課題数と判断の一致度

グループ	A	B	C	D
人数	7	6	5	6
実施課題数	26	26	18	21
一致度(%)	82.4	75.6	81.1	76.5

#### 5. 全体的考察

本研究では、社会特性の創発という観点から、『クロスロード』の手続きを踏むことで、集団状況における「第三の解」の発見について、ゲームの手続きや利用方法を改変することで検討してきた。ここで述べた「タイプ C」のような Yes/No の 2 段階(多段階)提示ルー

ルは、「自分だったらどうするか」、「他の人はどうするだろうか」の判断のほか、「他者に Yes/No どちらを期待するか」、「自分にとって重要な他者はどちらを期待するか」など、社会心理学で取り扱われる各種規範を研究するツールとしての可能性ももっている。

今回の結果はアクション・リサーチとして行われ、結果の厳密性という点では、あくまでパイロット・スタディの域を出ない。しかしながら、『クロスロード』により社会特性の創発をはじめ、規範研究のツールとしての可能性が得られたという点で、今後の研究の展開に大きな期待がもてるものであろう。

#### 引用文献

- 杉浦淳吉(2006)「防災ゲームによる葛藤解決学習と家庭科教育への転用可能性ー『クロスロード』による創発の検討ー」愛知教育大学教育学部家政教育講座紀要(印刷中)
- 矢守克也・吉川肇子・網代剛 (2005)『防災ゲームで学ぶリスク・コミュニケーション：クロスロードへの招待』ナカニシヤ出版
- ゲームの出典：災害対応ゲーム クロスロード【神戸編・一般編】／【市民編】 京大生協ルネ

#### 謝辞

ゲームの実施にあたり、矢守克也先生(京都大学)、吉川肇子先生(慶應義塾大学)、網代剛先生(中央学院大学)より助言をいただいた。また、本研究の遂行にあたり科学研究費補助金(基盤研究(B)(1))「マイクロマクロ関連に基づく社会特性の創発に関する研究」、H15-H17、研究代表者：埼玉大学・高木英至教授、課題番号 15330133)の援助を受けている。

## 第IV章 第3節 防災ゲームによる葛藤解決学習と家庭科教育への 転用可能性

### ー『クロスロード』による創発の検討ー

杉浦淳吉

(愛知教育大学 教育学部)

#### 1 はじめに

##### 1-1 ゲーミングの教育への導入

本研究は、葛藤解決課題をもとに作成された防災教育用ゲーミング・シミュレーション(以下、「ゲーミング」と呼ぶ)である『クロスロード』(矢守・吉川・網代, 2005)を大学教育におけるグループダイナミクス教育の教材として利用した実践事例を報告するものである。防災は、生活全般にかかわる問題であり(矢守, 2005), この『クロスロード』の家庭科教育への転用可能性についても論じる。

ゲーミングは、従来の講義や会議などのコミュニケーション手段に対して、問題解決志向を持つ総体的かつ多重的なコミュニケーションであり、Duke(1974)はこれを「多重話(multilogue)」と呼んでいる。現実のある側面を抽象化し、現実に縛られない状況や役割をゲームとして設定し、プレイすることで、場所や時間を超えたある種の世界を経験・獲得することができるのである。ゲーミングは大学教育において活用されている(例えば、吉川, 1997; 広瀬, 1997; 杉浦, 2005)。また、Hitch, & Youatt (2002)は「アクション志向学習方略の活用」(中間監訳, 2005)として家庭科教育におけるゲームの活用を挙げている。

##### 1-2 防災ゲーム『クロスロード』と創発

『クロスロード』とは、阪神・淡路大震災における膨大な教訓を緻密な調査によってコンテンツ化したゲーミングである。このゲームは、集団状況において、ジレンマをとまなう選択が必要な状況におかれた個人が、他者の選択を予測しながら意思決定を行うものである。プレイヤーはここで提供される防災の問題について参加者同士の反応をもとに主体的に問題を考えることとなる。すなわち、防災問題における意思決定の困難な状況がゲームの材料として再現され、参加者それぞれが決定に必要な情報や前提条件、役割に基づく多様な観点を理解し、その結果を議論するところにこのゲームの本質がある。

例えば、『クロスロード・神戸編』には次のような課題がある。

「あなたは、食糧担当の職員」

「被災から数時間。避難所には3000人が避難しているとの確かな情報が得られた。現時点で確保できた食糧は2000食。以降の見通しは、今のところなし。まず、2000食を配る？」

「YES(配る)／「NO(配らない)」

プレイヤー全員(標準的には5人で1グループを形成)がこの問題の書かれたカードをもち、そのうちの一人が読み上げる。次に、各プレイヤーは、食糧担当の職員になったつもりで、

「Yes」か「No」かを考える。ルールとしては、2通りが紹介されている。1つは、「自分だったらどうするか」を判断し、「Yesカード」、または「Noカード」を裏向きに出す。出揃ったところで一斉にカードを表にし、多数派であればポイントが入る(タイプA)。もう1つは「グループ内で多数派はどちらか」を予想し、同様にカードを出して勝敗が決まる(タイプB)。ちなみに、上述の課題について、「Yes」には「公平性の原則を遵守できない」といった問題点が、「No」には「食料提供者や避難者からの批判・苦情」といった問題点があるとされる(矢守ら、2005)。

ここで使用されるカードに書かれた問題は、1問あたり70文字から100文字であり、確定的な判断をするには不十分な情報の記述のみであるが、著者らは「無理にどちらかを選ぶという不自由さをプレイヤーに課すことによって、より深く自他の決定を熟考するきっかけになりうる」と述べている(矢守・吉川・網代、2005, p.56)。実際にあった震災直後の対応について、「なぜそのような判断がなされたのか」ということについてプレイヤーが疑問を持ち得るだろう。これは、ある状況下での適切な判断が別の場面でも当てはまるとは限らないことを示唆するものであり、参加者同士でその問題を考えることが重要になる。それ故、このゲームでは「正解」は存在しない。「正解」を示して欲しいとする声もあるというが、『クロスロード』は正解が決まらない課題にフォーカスした道具であると著者らは主張している(同, p.134)。

そこで、その正解をめぐり、ゲーミングの過程においてどのような創発が生じるかを問題として取りあげることができる。ここでの創発は、「マイクロな個人が相互作用することにより、マクロな集団状況で個人では見つけられない解が生み出されるかどうか」という文脈において使用している。『クロスロード』を使用することで、集団内の他者の行動を意識した状態において個人(マイクロ)の選択が行われることから、集団内(マクロ)の状況が変化し、後の個人の行動に及ぼすことを想定している。

本研究では『クロスロード』の特性を利用することで創発について検討することが可能かどうか、すなわちそのツールの開発も含めて考えてみたい。このゲームのルールの1つは「勝ち馬に乗れるかどうか」を、他者の意見分布を予想することで判断する。マイクロな個人が集団成員内の他者の行動意図を予測や、個人の行動意図の集団内における選好分布により得点が得られる課題になっているのである。ここで、他者の行動を予測するには、他者それぞれがおかれた状況においてどのような行動をとるかを判断しなければならない。

「Yes」か「No」か単純な判断のプロセスにおいて、多様な視点を考慮することが求められる。葛藤解決において、こうした個人の行動意図と他者の行動意図の推測が交絡することにより、個人で解決策を提案することに比べ、より多様な解決策が生み出されることも期待できる。この作業は、社会の公共財に当たるような新たな社会資源を出現させるための礎にもなるだろう。

## 2 『クロスロード』の実践と「集団クロスノート」の開発

集団における創発を扱うツールとして『クロスロード』を活用するにあたり、このゲー

ムのどのようなプロセスから「第 3 の解」が出現するかを検討するため、カードによる議論の視覚化と記録のための手続きの開発を試みる。ここでは横 126mm×縦 760mm のカラー付箋紙を利用した実践例を報告する。矢守・吉川・網代(2005)が提唱する「クロスノート」がゲーム後に議論を整理する目的で設定されているのに対し、ゲーム中に議論の経過を記録するシートを、ここでは「集団クロスノート」と呼び、区別することにする。なお、『クロスロード』の実践にあたっては、制作者(矢守氏、吉川氏、網代氏)と連絡をとり、手続きの変更については了承を得て実施した。また、実施結果についてのフィードバックを行い、それに対するコメントも得ている。

### 2-1 『クロスロード・市民編』の実践

愛知教育大学「グループダイナミックス」の授業(2005年11月21日)において、『クロスロード・市民編』の20課題を使用し、実施した。まず、最初の15分でゲームの説明を行った。ルール説明には「テキスト」(矢守・吉川・網代, 2005, 以下同様)を使用し、補足用として進行係用のマニュアルをあわせて参照してもらった。参加者は26名で、5人グループ4つと6人グループ1つを編成した。

最初の1枚のカードは全体ですすめた。各グループで最初にカードを選ぶ人を決めてもらい、一斉に進行した。2枚目以降は、各グループで進めていった。カードを読み上げるところで、『受験』って、高校受験?大学受験?など、内容の詳細の特定について確認をしているグループもあったが、特に介入することなく、カードに書いてある内容だけで判断するよう全体に指示し、ゲームを進行した。

ゲームを進行させる際、Yes/Noカードをオープンした後、それぞれの選択の理由を、Yesの場合は水色の、Noの場合はピンク色の付箋紙にそれぞれ書いてもらい、A3用紙に、書いたプレイヤーから貼り付けていった。カードの順番と番号を一緒に書いておくこととした。各グループにはマーカーの8色セットを用意し、それぞれ好みの色を選び、どのカードを誰が書いたのか、後で特定できるようにした。この手続きで作成するシートは、後で振り返りの時に使用する旨、説明した。プレイヤーは全体的に滞ることなく、カードの記入を行っていた。

ルール上は10枚のカード(問題)を使用することになっているが、ゲームキットにある20枚のカード全てを利用した。このことにより、10題の実施に対して、最後の10題目においても未使用のカードからプレイヤーの意思によって課題を選べるようにした。早いグループで、10題をやり終えるのに40分余り、遅いグループで60分程度であった。

早く終えたグループから、「タイプB」の、「ゲーム終了後」のページをみながら各グループで振り返りを進めた。時間がかかったグループについては、テキストで推奨されている振り返り項目について優先的に振り返りを行った。

最後の10分で、理由を貼り付けたA3用紙を、その事例(カード)を選んだプレイヤーが簡単に整理した。具体的には、ゲーム中は、単に台紙に貼り付けるだけだったものを、Yes、No別、あるいは内容別に、貼る位置を変え、番号だけで書いてある状態に対して、その事

例の内容を簡単に要約し、見出しをつけ、集団クロスノートを完成させた(図 1)。テキストの付録のクロスノートを参照して作業を進めるよう指示した。その翌週は、「クロスシート」をもとにゲーム結果をもとに議論を行った。

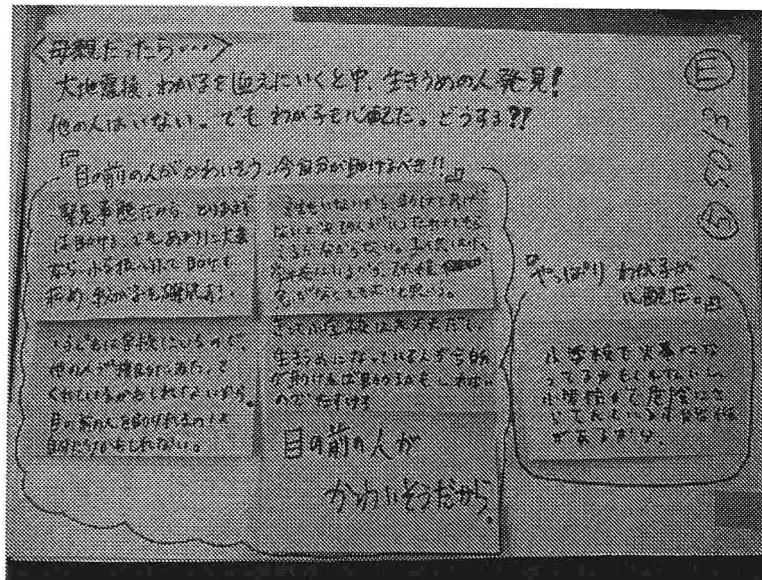


図 1 「集団クロスノート」の例

## 2-2 『クロスロード・神戸編』の実践

同「グループダイナミクス」の授業の後半において、『クロスロード・神戸編』を実施した。使用した課題(カード)は、詳しい解説がテキストに載っている 10 題で、ルールは「タイプ A」を用いた。タイプ A は防災にかかわる人向けのルールであるのに対し、大学生によるゲーム実践ではあったが、「これから関わろうとする方」も対象と設定されていることから、「防災部門に配属されたつもりになって、このゲームを行ってください」と教示を行った上でゲームを始めた。5 人グループが 2 つ、6 人グループが 2 つで、計 4 グループ 22 名が参加した。

『市民編』の実践において開発した「集団クロスノート」をここでも用いた。前回は白紙を台紙として使用したが、ここでは付箋紙の色の指示と問題番号・内容を記したフォームを用意した。『市民編』では、Yes の理由を水色の付箋紙、No の理由をピンクの付箋紙に記入しながら進行させたが、今回は「条件の特定」を黄色の付箋紙に、Yes/No を超えた第 3 の解にあたる「理想の解決」を黄緑色の付箋紙に、それぞれ記入するという課題も同時に行った。

一つの問題に対して 10 分から 15 分程度の時間をかけ、少なくとも 1 通り「親」を経験するまで実施した。「条件の特定」と「理想の解決」については、親にまとめるよう指示を行った。なお、これらの作業は親でなくても書いて構わないとも付け加えた。

グループによって進行時間に違いがあり、早くに 1 巡(5 名)終了したところは 2 巡目も途

中まで集団クロスノートを記入し、進度の遅いグループ(6名)については、残りのカードはゲームだけ(Yes, Noの判断)を行った。以上の作業から、問題についての集団クロスノートがプレイヤーの人数分作成された。表1は、1-2で紹介した課題(食料配分の問題)を扱ったグループの集団クロスノートの構成要素である。さらに、翌週の授業において、全員分のクロスノートを教室の机に並べて、「理想の解決」に対して、青色のシールを用いて1人3票の「戦略的投票」(持ち点を自由に配分できる)を、同様に「意外なコメント」に対して赤色のシールで投票を行い、全体を振り返った。その後、テキスト第2部4章のカード解説について、それぞれのまとめを参照しながら、解説講義を行った。なお、以上2つの事例の詳しい結果および分析については、別稿にて報告する予定である。

表1 「集団クロスノート」における記述例(食料配分の問題)

カテゴリ	記述内容
Yesの理由	とりあえず2000食を3000人に分ける。(一人分は減るかもしれないが…)
Yesの理由	その2000食が腐ってしまったら…とりあえず配るべき。
Noの理由	混乱・不信・不満につながる。不公平。
Noの理由	食料をもらえなかった人との間にトラブルが起こるかもしれない。
Noの理由	被災のショックから食事どころではないから。
条件の特定	保存食だったら全員分そろうまで待つ。人数把握。
条件の特定	みんなの空腹状況チェック。世帯数の把握。
理想の解決	あと1000食用意する。 世帯単位で配る。畑から野菜を取ってくる。(農家と契約しておく) とりあえず2000食を3000人に分ける。(一人分は減るかもしれないが…)

### 3 教育・研究ツールとしての新ルールの提案

以上の実践結果を踏まえ、個人と社会との相互作用による創発を検討するためのツールとして、『クロスロード』の新しいルールを提案したい。個人的規範と社会的規範、記述的規範と命令的規範、主観的規範など、社会心理学では各種規範の研究が進んでいる。ここでは、こうした規範を研究するためのツールとしてのアイデアを紹介する(その詳細や経験的データについては別稿に譲ることとする)。

#### 3-1 匿名他者による規範の生成

タイプAのルールのものでは、個人の意見が集団の中で明かされる。それに対して、個人の意見を匿名にする方法として、Yes/Noカードを出す際に、出したカードを混ぜた後にオープンにする、という方法が考えられる。すなわち、自分の意見を表明せずに、多数派かどうかだけ明かす、ということである。このルールにより、集団における規範としての意見分布をより客観的にとらえることができるのではないかと考えられる。この方法は、個人の意見については明らかにならないので、集団クロスノートで理由を明示するという

ことと反対のやり方になる。

### 3-2 意見の提示と多数派予測の組み合わせルール

既存のルールとして、何を予測させるかに応じて「タイプ A」か「タイプ B」が存在している。今回の実践では、この両者を利用することで、教育効果を高めることを狙ってきた。この中でファシリテーションを行った経験上、1点気になるところがあった。それは多数派予測のタイプ Bにおいて、自分の意見を表明してしまう可能性があるということである。

この点をクリアするため、ここでは、オリジナルルールにおけるタイプ A とタイプ B の組み合わせルールを提案する。まず、一人二組の Yes/No カードを持つ。最初に「シャッフル(匿名)ルール」により、「タイプ A」でカードを出し、それを場に裏向きのまま集める。ここで場のカードを表にはせず、「タイプ B」でもう一度カードを出す(表向きでもいいし、出揃った後で表にしてもよい)。その後、場に最初に出されたカードを表にして勝負を決める。すなわち、ここでタイプ A の結果で多数派だった方と同じ判断(Yes または No)をしていた人がポイント獲得となる。少数派(1 人だけ)を予測した人にはだけがポイントを得るルールを適用することもできる。オリジナルでは 1 人のみはその対象となるが、この場合は複数のプレーヤーがその対象となる場合がある。

この方法のメリットは、多数派を頭の中で予測せずに、場に山となっているカードに Yes が多いか No が多いかを予測できることである。このことから、タイプ B で「多数派の意見」の予測をより正確に(混乱なく)行うことができる。テキストにも説明があるように、他者の意見を予想するには、まず自分がどうするかを考えなくてはならない。実はこのプロセスの認知的負荷が大きく、結局自分の意見を表明してしまう、ということになりがちではないかとも考えられる。これを、場に出されたリアルなカードを見ることで、他者が下した結果の集合を「裏向きのカードの山」として「視る」ことができる。その中に Yes が多いか、No が多いかは、頭の中で考えるよりも認知的負荷が少なくなるのではないかと予想される。視覚化することで単純に考えられるのである。意見分布の把握と分布予測を同時に行えることが、このルールの最大のメリットであり、面白さではないだろうか。

## 4 「正解」の探求と教育での利用可能性

### 4-1 見かけ上の正解の存在と創発

『クロスロード』を実施した際に、ファシリテーターとして感じられたのは、ゲームを実施する時は活発に話が進むが、ディブリーフィングをどのように進めたらいいのか、という点であった。また、『神戸編』では、テキストに詳細がある神戸編の解説とゲームとを、どう連動させるか、ということが課題であった。ここにある解説というのは、阪神・淡路大震災における葛藤課題について、関係者へのインタビューや資料に基づいたものであり(矢守・吉川・網代, 2005)、ゲームの実施にかかわらず、災害時において問題の当事者の苦悩が伝わってくる内容となっている。ゲーム経験者はプレーヤーとして意思決定をゲーム中に行っているため、よりリアルにこの解説を味わうことができるだろう。また、『クロスロード』には「正解」がないのだから、解説を読んだ後であっても、なお、ゲームをやっ

てジレンマを体験できる、ということも挙げられる。

本研究が目指す最終的な課題は「社会特性の創発」であって、ジレンマが存在するとき「個人で考えるのみではなく、『クロスロード』の手続きを踏めば、こんなに素晴らしい『第三の解』がみつけれられる」ということを実証することである。この手続きが実効性をもつには、すでに分かっている「第三の解」(見かけ上の正解)と、ゲーム(実験)で出てきた「第三の解」との比較を行う必要がある。「見かけ上の正解」はひとまず脇に置いておいて、「第三の解」を考えてみて、それが果たして見かけ上の正解を超えたオリジナルな解になるか、ということが問題となるのである。

#### 4-2 オリジナル課題の作成と家庭科教育への転用可能性

「グループダイナミックス」の授業の最終課題として、各自の日常生活や社会問題において「ジレンマ」問題をみつけ、『クロスロード』の形式で作成することとした。あわせて、「クロスノート」として Yes の問題点、No の問題点をそれぞれ箇条書きした上で、その下に解説をつけ、A4 版で 1 枚にまとめることとした。各自が作成したジレンマ課題を一覧にしてゲームキットを作成し、課題のレポートは集約して『クロスロード・愛教大編 解説集』と題した冊子を作成し、配布した。Yes の問題点、No の問題点は、身近な人にインタビューするなどして集めることとし、「解説」には、その時の「インタビュー証言」を取り入れることを推奨した。この課題をもとに、最終授業で改めて『クロスロード・愛教大編』としてゲームを実施した(2006年2月20日)。この課題から、身近な生活にかかわる受講者自身のジレンマが共有されることとなった。

グループダイナミックスの授業では『クロスロード』を利用して、集団での合意形成や葛藤解決といったグループダイナミックスのトピックを考えるようにしてきた。もちろん「防災」それ自体から学べることもたくさんある。社会福祉学と臨床心理学からなる「人間関係履修モデル」および、消費生活科学の諸分野からなる「消費生活履修モデル」が置かれた「共生社会コース」の受講者にとって、災害時という非常事態において出てくる問題は、それぞれの分野に関連してくることであろう。共生社会コースでは、「多様な人々が対等な立場で互いに尊重しあい、支えあって共に生きていく社会、すなわち『共生社会』を実現するためには、解決すべきさまざまな生活問題が存在しています。(中略)。共生社会を実現するうえでの課題の発見とその緩和・解消のために必要とされる総合的な知識と能力を備え、公的機関・施設、各種団体、地方自治体、企業などにおける生涯教育の分野で指導的あるいは企画・調整的役割を果たすことのできる人材の養成を目指します。」という教育目標を掲げているが、『クロスロード』で扱われる内容は、こうした目標の一端を担うものであるといえるだろう。

教員養成大学をめぐる諸般の事情から、以上で述べてきた愛知教育大学教育学部の「生涯教育課程・共生社会コース」における「消費生活履修モデル」は、平成18年度の入学定員分から、教員養成課程の「家庭科」にかかわる系・専攻に移行することとなった。本論文で述べてきたグループダイナミックス教育の一環としての『クロスロード』を用いた防

災教育は、家庭科教育において、さらに発展の余地をもっているといえよう。家庭科教育へのゲームの有効活用の提案をはじめ(Hitch, & Youatt, 2002), 防災というテーマに関しても、矢守(2005)が提案するように、防災は生活全般にかかわる問題である。大災害が発生した際のサバイバル〈生きる力〉については、家庭科で考えていくべき問題であるだろう。

矢守(2005)は、2000年9月の東海豪雨における災害ゴミという観点から、防災と環境問題との関連を述べている。地球温暖化問題においては、大規模な自然災害なども懸念されている。これらは全て、衣食住や人間関係、地域問題に関連している。過去に起こった大災害時に人々はいかに生活し、何を決断していったのか。クロスロードは、「防災について学習するための教育ツールであると同時に、防災に関する知恵、教訓を収集・蓄積するためのツール」(矢守・吉川・網代, 2005, p.136)であるが、そこで得られた知恵や教訓を風化させずに世代間で語り継ぐことは重要である。災害を経験した人は、時が経てばいなくなってしまうのである。

愛知教育大学の野田満智子教授は、その最終講義『子どもの眼でみた戦争・占領下日本の実相』(2006年2月17日)において、家庭科教育の歴史研究や「生きる力」を育む教育研究のルーツについて述べている。自身の経験に基づく戦後教育にかかわるこの講演は、単なる歴史の話ではなく、まさに現在の社会や教育に対して問題を投げかけ、聴衆に大きな感銘を与えるものであった。「戦後」という非常事態において、子どもたちは何を知らされ、どう振る舞い、大人たちをどう見てきたのか。こうした語り〈ナラティブ〉をリレーする仕組みとして、『クロスロード』のようなゲーミングの役割は小さくないだろう。

## 引用文献

- Duke, R. D. (1974) *Gaming: The future's language*. New York: Sage. 中村美枝子・市川新(訳) (2001) 『ゲーミングシミュレーション：未来との対話』 アスキー
- 広瀬幸雄(編著) (1997) 『シミュレーション世界の社会心理学：ゲームで解く葛藤と共存』 ナカニシヤ出版
- Hitch, E. J. & Youatt, J. P. (2002) *Communicating Family and Consumer Sciences: A Guidebook for professionals*. The Goodheart-Willcox Company, Inc. 中間美砂子(監訳)
- (2005) 『現代家庭科教育法：個人・家族・地域社会のウェルビーイング向上をめざして』 大修館書店
- 吉川肇子(1997) 「大学教育におけるゲーミング・シミュレーションを主体とした授業の試み」 『シミュレーション&ゲーミング』, 7(1), 17-25.
- 杉浦淳吉(2005) 「説得納得ゲームによる環境教育と転用可能性」 『心理学評論』, 48(1), 139-154.
- 矢守克也(2005) 『〈生活防災〉のすすめ：防災心理学研究ノート』 ナカニシヤ出版
- 矢守克也・吉川肇子・網代剛(2005) 『防災ゲームで学ぶリスク・コミュニケーション：クロスロードへの招待』 ナカニシヤ出版

## 謝辞

ゲームの実施にあたり、『クロスロード』の開発者である矢守克也先生(京都大学), 吉川肇子先生(慶應義塾大学), 網代剛先生(中央学院大学)より, 助言をいただいた。また, 本研究の遂行にあたり, 科学研究費補助金(基盤研究(B)(1)「マイクロ・マクロ関連に基づく社会特性の創発に関する研究」, H15・H17, 研究代表者: 埼玉大学教養学部・高木英至教授, 課題番号 15330133)の援助を受けている。記して感謝の意を表す。