

ボランティアのジレンマにおける、参加人数の影響の分析

Analysis of the influence of the number of participants in the Volunteer's dilemma

森田将和*¹
Masakazu Morita

秋山英三*¹
Eizo Akiyama

*¹ 筑波大学大学院システム情報工学研究科
University of Tsukuba, Graduate School of Systems and Information Engineering

A human often restrains helping behavior, when the human faces disaster and when there are many people on the situation. That is to say the person may become "a bystander". This phenomenon is called "the bystander effect" in social psychology. Darley & Latane investigated this phenomenon in psychological experiments. As a result, they found that there appears the bystander effect in some situation. Also, they showed that this effect is amplified by the increase of the number of participants. In this study, we perform an evolutionary simulation using the genetic algorithm in order to find why human being attained such an evolutionary property as the bystander effect. We analyze what kinds of strategies evolve, assuming "Volunteer's Dilemma", to be the social environment. As a result, we find when the number of participants increases, a strategy to restrain helping behavior evolves. This result suggests possibility that the bystander effect is an evolutionary consequence of a social interaction in "Volunteer's dilemma" situation.

1. はじめに

災難に遭遇している人を目の前にして、その人を助けるかどうかを決定する際に、人間は多くの人が周囲にいるとかえって援助行動を抑制してしまう。つまり「傍観者」となってしまうことがある。

このような現象は社会心理学で「傍観者効果」と呼ばれ、人間の集団心理の 1 つとして広く知られている。この現象について Darley と Latane が被験者実験を行った [Darley 1968]。しかし先行研究は被験者実験のため傍観者効果の発生メカニズムの数理的背景はわかっていない。

本研究はボランティアのジレンマ [Diekmann 1985] における戦略の分析を通して傍観者効果の発生メカニズムの数理的背景を示す。この時、個体のゲームでの戦略を進化させるために遺伝的アルゴリズム [Holland 1975] を用いる。

2. 研究背景

2.1 問題意識

人々は生活の中で意思決定を行っている。その中で自分では良いと思った選択であっても悪い結果を引き起こしてしまうこともあり得る。1964 年キティ・ジェノヴェーゼ事件と呼ばれる婦女暴行事件が起きた [Manning 2007]。多数の目撃者がいたものの誰も助けることも警察に通報することもなかった。多数の目撃者がいたにも関わらず通報さえ無かったということが事件を有名にした所以である。

誰かが 1 人でも行動を起こせば彼女は助かったかもしれない。いったいなぜ目撃者達は誰も行動を起こさなかったのだろうか。そのような意思決定をするにあたった精神状態はどのようなものだったのだろうか。

2.2 先行研究

キティ・ジェノヴェーゼ事件を受けて Darley と Latane が被験

者実験を行った [Darley 1968]。彼らは目撃者が何も行動を起こさなかったのは何か心理的な要因があったのではないかと考えた。キティ・ジェノヴェーゼ事件と同じように人助けをしなければいけない状況を再現した。その状況に複数人の被験者が同時に直面し、その時被験者はどのような行動をどれぐらいの時間で取ったかを観察した。

この実験の結果から、周りにたくさんの方がいた場合、被験者は状況を伺い行動を起こしにくくなるということがわかった。また行動を起こした場合でも、人数が少ない時と比較して行動を起こすまで長い時間がかかった。つまりキティ・ジェノヴェーゼ事件と同様の結果を得ることができたのだ。

彼らはこれの結果を傍観者効果 (Bystander Effect; BE) と呼ばれる集団心理が被験者の行動に影響を与えたのではないかとしている。これはその場に自分以外の方がいた場合行動を起こすことに消極的になってしまうという心理状態である。

BE は責任分散、評価懸念、多元的無知の 3 つの要因で現れると言われている。またその場の集団の人数が多くなると BE が増幅されるとしている。しかし Darley と Latane の研究は被験者実験のため BE の発生メカニズムの数理的背景はわかっていない。

またゲーム論においてボランティアのジレンマ (Volunteer's Dilemma; VD) と言われるゲームがある。このゲームでは複数人が同時に意思決定する状況にある。ここでは社会合理的行動 (協力行動) と個人合理的行動 (裏切り行動) が対立している。誰か 1 人が社会合理的行動を選択すれば全員が良い利得を得ることができる。しかし多くの人が個人合理的行動を選択しようとする。できればやりたくないことを誰か 1 人がやってくればそのジレンマを解決することができる。先述のキティ・ジェノヴェーゼ事件はこの状況だったと言われている。

この VD について Browning と Colman が 2 人ゲームの行動分析を計算機シミュレーションにより行った [Browning 2004]。またこのゲームはチキンゲームまたはタカハトゲームとも呼ばれている [Poundstone 1993]。このゲームで各プレイヤーは協力行動と裏切り行動の選択枝を持ち、両者の選択した利得の組み合わせで得られる利得が決定する。この研究での利得表は表 1 のようになっている。ここでは協力行動を C、裏切り行動を D とする。

連絡先: 森田将和, 筑波大学大学院システム情報工学研究科, 〒305-0006 茨城県つくば市天王台 1-1-1, mskzmorita@gmail.com

表 1: Browning&Colman(2004) 利得表

		相手プレイヤー	
		C	D
プレイヤー	C	(3,3)	(2,4)
	D	(4,2)	(1,1)

プレイヤーは過去の対戦結果を考慮し行動を選択する。そしてこの研究ではどのような戦略を持ったプレイヤーが進化するかを分析している。

この研究によりプレイヤーの戦略は協力行動が進化することが示された。つまり両者共に裏切り行動を選択したことにより少ない利得になることを避け、相互に協力し良い利得を得ようとしている。このように協力的な行動を選択するということは Darley&Latane(1968)の実験の参加人数が少ない場合と一致している。しかしこの研究は 2 人ゲームしか分析していないため行動が人数に影響されるかどうかはわかっていない。

VD と同様に協力行動と裏切り行動が対立するゲームとして社会的ジレンマ(Social Dilemma;SD)がある。この状況では個人の合理的行動が社会としての合理性にかけることから生まれるジレンマが存在する。SD の例として囚人のジレンマ(Prisoner's Dilemma;PD)がよく知られている。PD に関して本研究に関連する 2 つの研究を挙げる。

Axelrod によって PD の 2 人ゲームの行動分析が計算機シミュレーションにより行われた[Axelrod 1984]。このゲームの基本的な構造は先述の Browning&Colman(2004)と共通している。しかし利得表は異なっている。この研究で使われた利得表は表 2 である。

表 2: Axelrod(1984) 利得表

		相手プレイヤー	
		C	D
プレイヤー	C	(3,3)	(0,5)
	D	(5,0)	(1,1)

この研究でしっぺ返し戦略(Tit For Tat;TFT)という戦略が有効であることがわかった。TFT は、初手は協力行動を選択し、次からは前回の相手の行動と同じものを選択する戦略である。よって TFT が増えることにより協力行動が進化したと言える。

また Joshi が PD の 3 人以上ゲームの行動分析を計算機シミュレーションにより行った[Joshi 1987]。特に参加者の人数と協力行動の関係について分析している。ここでのゲームの基本的な構造は先述の Axelrod(1984)の PD の研究と同じである。利得表は表 3 のようになっている。しかしこの研究は複数人がゲームに参加しているため得られる利得は以下の計算式によって決定される。

$$f(C) = [n * 3 + (N - n - 1) * 0] / (N - 1).$$

$$f(D) = [n * 5 + (N - n - 1) * 0] / (N - 1).$$

ここでの $f(C)$ とはプレイヤーが C を選択した時に得られる利得である。また $f(D)$ も同様に D を選択した時に得られる利得である。

表 3: Joshi(1987) 利得表

		相手プレイヤー	
		n 人が C	(N-n-1)人が D
プレイヤー	C	(3,3)	(0,5)
	D	(5,0)	(1,1)

また参加者の戦略は TFT を基本としている。さらに各プレイヤーは協力行動を選択する度合いの指標も持っている。

その結果、ゲームに参加する人数が少ない場合、協力行動の割合が大きかった。しかし参加人数が多くなると協力行動を選択することが難しくなるということがわかった。

これらの 2 つの研究により SD においてゲームの参加人数が増えると協力行動を選択することが難しくなり、裏切り行動を選択するようになることがわかった。つまりゲームに参加するプレイヤーの数が選択する行動に影響を与えているということがわかる。

3. 研究目的

Darley&Latane(1968)がキティ・ジェノヴェーゼ事件の状況を模して被験者実験を行っている。その研究においてこの状況における人の行動はその場の人数に影響されることがわかっている。そしてここで見られる現象を BE と呼んでいる。しかしこれは被験者実験によるもので BE の進化的な発生メカニズムの数理的背景はわかっていない。そこで計算機シミュレーションによる進化的計算を行い数理的背景を分析する。

また Browning&Colman(2004)は計算機シミュレーションを行ったが、2 人ゲームしか行っていない。BE の効果は参加者の人数に影響されると言われている。そこで VD における BE の発生メカニズムを分析するためにはこの研究を 3 人以上のゲームに拡張する必要がある。

そこで本研究では VD における参加者が 3 人以上のゲームを行い、戦略を進化させる計算機シミュレーションを行う。そのことにより BE 発生メカニズムの数理的背景を解明する。

また先行研究と本研究の対応は以下の表 4 のようになっている。

表 4: 先行研究と本研究の対応

	2 人ゲーム	3 人以上ゲーム
SD	Axelrod 1984	Joshi 1968
VD	Browning&Colman 2004	本研究

4. 分析方法

4.1 遺伝的アルゴリズム

Axelrod は先述の 1984 年の研究において TFT が良い成績を挙げたことを示した。そしてその後の研究[Axelrod 1987]において遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm;GA) [Holland 1975]を用いることにより再び TFT 的戦略が有効であるとの結論を導き出した。また Browning&Colman(2004)でも同様に GA を用いている。

GA は GA オペレータによる多様性により大きな探索空間でも効率的に解を見つけることができる。これはほかの方法よりも優れている点である。今回の分析対象は非常に大きな探索空間であるため GA を用いた分析が適している。

4.2 シミュレーション概要

本研究は GA を用いて VD におけるプレイヤーの戦略への参加人数の影響の分析を行う。ゲームの構造はキティ・ジェノヴェーゼ事件と同じ状況を再現する。BE に関して 3 つの要因の存在が言われている。本研究ではその中の責任分散を取り上げモデル化する。

ゲームは次のような設定で行う。集団の中からランダムに i 個体が選択される。($i=2,3,\dots,100$)そして選ばれた個体で i 人ゲームを 1 回行う。プレイヤーの選択肢は協力行動と裏切り行動の 2 つ。ゲーム結果により得られる利得が変化する。利得表は表 5 の通り。利得表の作成において Diekmann(1985)を参考にした [Diekmann 1985]。ここでは協力行動を C、裏切り行動を D とする。また利得 α を変え行動の変化を分析する。($\alpha=0.00,0.01,\dots,0.05$)

表 5: 本研究の利得表

		自分以外のプレイヤー	
		C	D
プレイヤー	C	0	0
	D	α	-1

キティ・ジェノヴェーゼ事件において自分が警察に通報するという行動を取った場合、他の人間が警察に通報したかどうかは問題にならない。よってこのゲームでも協力行動を起こした場合は他のプレイヤーの行動に拠らない利得とした。また事件は深夜だったため何もしなければそのまま寝ることができた。しかし全員が何もなかったために彼女は亡くなってしまった。それを表すため自分が裏切り行動を選択し他の誰か 1 人でも協力行動だった場合の利得を正の値、全員が裏切り行動だった場合の利得を負の値とした。そして誰か 1 人でも協力行動を選択した場合と全員が裏切り行動を選択した場合とで分けることにより責任分散の効果をモデル化している。

ゲームで用いられるプレイヤーは 100 個体の集団である。プレイヤーは協力行動と裏切り行動の選択肢を持っている。そしてゲームの参加人数に応じた、どちらの行動を選択するかという戦略を持つ。ただしシミュレーションの開始時、戦略の初期値はランダムに設定されている。またプレイヤーは必ず参加人数に応じた行動を選択する。

このシミュレーションでは個体の進化を GA により行う。適合度はゲームの平均獲得利得とする。つまりゲームで高い利得を獲得することができた個体が次世代に多くの子孫を残すことができる。今回 GA オペレータとして一点交叉と突然変異を用いる。2 個体が一点交叉をする確率は 0.6、各染色体が突然変異をする確率は 0.014 とする。また世代数は 1000 世代でシミュレーションを行う。

以上のことよりシミュレーションは以下の流れで進める。

1. プレイヤーが得る利得は表 2 のようになっている。ゲームにおいて対戦相手のうち 1 人でも協力行動を選択した場合相手の行動は協力行動と見なし、対戦相手全員が裏切り行動を選択したときのみ裏切り行動と見なす。協力行動を C、裏切り行動を D とする。
2. 個体は遺伝子として $i(i=2,3,\dots,100)$ 人ゲームの時どちらの戦略を選択するかという情報を持っている。また世代数は 1000 とする。

3. n 個体の集団を生成する。今回は $n=100$ とする。ここで初期値としてどちらの行動を取るかという戦略をランダムに与える。
4. i 人ゲームを以下のステップで行う。そして人数を変え繰り返す。($i=2,3,\dots,100$)
 - (a) 集団内からランダムに i 人選択し、上記利得表でゲームを行う。
 - (b) (a) を 1 回としこれを 1000 回繰り返す。
5. 以下のステップを繰り返し n 個体生成する。
 - (a) 親としてランダムに 2 個体選択する。適合度はゲームでの得点の平均とする。そしてその 2 個体で一点交叉を行う。
 - (b) 生成された子孫に突然変異を行う。
6. 新たに生成された n 個体の集団を次世代の集団とする。
7. ここまでを 1 世代とし、ステップ 4 に戻る。これを第 1000 世代まで繰り返す。

以上のようにシミュレーションを進め、個体の戦略を進化させる。このシミュレーションを各 α に対し 100 回行う。

個体はそれぞれの i に対してどのような戦略を取るか遺伝子に情報を持っている。 i が大きい時に裏切り行動を取っている場合 BE を生み出す戦略だと言うことができる。また自他ともに協力行動だった場合の利得を α としている。 α の値によって戦略の進化に影響があるのかも分析する。これは裏切り行動を出すためのインセンティブの大きさを変えることになる。また言い換えると自他ともに裏切り行動だった場合に被る負の利得の大小を変えることになる。

5. 結果・考察

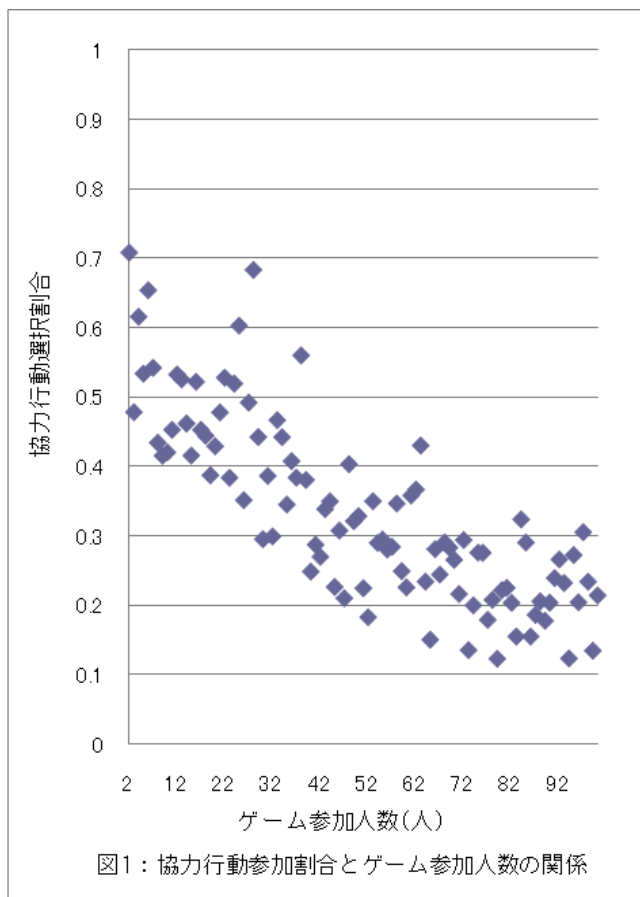
上述の計算機シミュレーションの結果を示す。本研究の目的は計算機シミュレーションで VD における 3 人以上のゲームを行い戦略を進化させることにより、BE の発生メカニズムの数理的背景を解明することである。それを受けて特に BE の有無について述べる。

BE とは自分以外に人がいた場合に協力行動を取ることに消極的になってしまうことである。そしてその場の人数が多いほど効果が強くなる。今回計算機シミュレーションを繰り返し行い個体の戦略を進化させた結果全ての試行において BE を確認することができた。

ここで 100 回の試行の中の 1 回の試行におけるそれぞれのゲーム参加人数に対しての協力行動を選択する割合を図 1 に示す。ここでの協力行動を選択する割合とは集団全体での選択割合とする。またこの時の α の値は 0.05 とする。この図における横軸はゲーム参加人数(人)、縦軸は協力行動の割合とする。

この図から見て取れるように協力行動の割合は右下がりになっている。つまり参加人数が少ないときにはプレイヤーは協力行動を選択する傾向にあり、参加人数が多くなると裏切り行動を選択するようになるということである。このように参加人数が多くなると裏切り行動が多くなるという戦略が BE を発生させていると言うことができる。このことは他の試行においても同様に見られた。また α の値を変えた場合でも、BE を発生させる戦略が進化することがわかった。

また各個体のゲームでの獲得利得を比較する。集団内で獲得利得が高い個体はほぼ全ての参加人数に対して裏切り行動を選択している。逆に獲得利得が低い個体はほぼ全ての参加人数に対して協力行動を選択している。



このことから常に利己的に行動する個体が存在する一方で、ほとんどの場合で協力行動を選択するお人好しとも言える戦略を取る個体も存在するということがわかる。

Darley&Latane(1968)の実験の結果は実験の参加人数が少ないと行動を起こしやすく、参加人数が多くなると行動を起こしにくくなるというものだった。この計算機シミュレーションからも同様の結果を導くことができた。

6. 結論

本研究ではVDにおける3人以上ゲームを行い、GAを用いて戦略の進化をさせる計算機シミュレーションを行った。そしてBEの発生メカニズムの数理的背景を解明することが目的である。今回BEの3つの要因の中で責任分散についてモデル化を行った。そしてこの計算機シミュレーションにより以下のことがわかった。

この研究により計算機シミュレーションにおいてBEを生む戦略が進化するということがわかった。今までBEについての研究は被験者実験しか行われてこなかった。しかし被験者実験ではBEの発生メカニズムの数理的背景はわからない。本研究ではGAを用いて計算機シミュレーションを行いプレイヤーの戦略を進化させることによって、BEを生む戦略が進化するという結果を得ることができた。よってBEの発生メカニズムを数理的に示すことができた。進化的な計算を行ったうえでこのような戦略が発生し定着したということは、この戦略が進化的に安定していると言えるのではないかと。

キティ・ジェノヴェーゼ事件で目撃者達は何もしないという行動を選択した。しかしこの研究からBEを生む戦略が進化するこ

とがわかった。事件の目撃者達が取った行動は自然なものだったのではないかとも思える。

7. おわりに

今後、本研究を発展させるために3つの課題を考えている。

1つ目はBE発生3つの要因である評価懸念と多元的無知をモデルについてもモデルに実装することである。今回の計算機シミュレーションでは責任分散をモデルに組み込んで行った。今後他の2つを組み込み分析したいと考えている。

2つ目はネットワークゲームを用いた被験者実験を行うことである。今後ネットワークゲームを用いて被験者に本研究と同じようなゲームを行った場合の行動分析を行いたいと考えている。ここでもBEを見ることはできるのだろうか。

そして3つ目がBEを起こさない方法の探索である。もしBEを抑えることができたならキティ・ジェノヴェーゼ事件の二の舞を演じることはないのではないかと。

以上のことを今後の課題として取り組んでいきたいと思っている。

参考文献

- [Axelrod 1984] Robert Axelrod: The Evolution of Cooperation, Basic Books, 1984.
- [Axelrod 1987] Robert Axelrod: The Evolution of Strategies in the Iterated Prisoner's Dilemma, Morgan Kaufmann Publishers, 1987.
- [Browning 2004] Lindsay Browning and Andrew M. Colman: Evolution of coordinated alternating reciprocity in repeated dynamic games, Journal of Theoretical Biology, 229:549-557. 2004
- [Darley 1968] John M. Darley and Bibb Latane: Bystander intervention in emergencies, Journal of Personality and Social Psychology, 8(4):377-383, 1968.
- [Diekmann 1985] Andreas Diekmann: Volunteer's dilemma, Journal of Conflict Resolution, 29(4):605-310, 1985.
- [Holland 1975] John H. Holland: Adaptation in natural and artificial systems, University of Michigan Press, 1975.
- [Joshi 1987] N. V. Joshi: Evolution of cooperation by reciprocation within structured demes, Journal of Genetics, 66:69-84, 1987.
- [Poundstone 1993] William Poundstone: Prisoner's dilemma, Oxford University Press, 1993.
- [Manning 2007] Mark Levine Rachel Manning and Alan Collins: The kitty Genovese murder and the social psychology of helping, American Psychology, 62:555-562, 2007.