

2つの集団で構成される社会で一般交換を維持させる 利他行動の特徴

小野田 竜一 高橋 伸幸 北海道大学

The characteristics of altruistic behavior that can sustain generalized exchange
in a society composed of two groups

Ryoichi Onoda and Nobuyuki Takahashi (Hokkaido University)

Previous studies on generalized exchange have argued that group plays an important role in the emergence of cooperative society. To examine to what extent the role of a group is important, we conducted computer simulations in which players decide whether to give resources to members of a society composed of two groups. We examined whether a society consisting of any of the possible conceivable strategies (65536 strategies total) could resist invasion by an unconditional defector (ALLD) and an unconditional cooperator (ALLC). The results showed that universalist strategies, which give resources to both in-group members and out-group members equally, and in-group favoring strategies, which give resources to in-group members more than out-group members, could resist invasion. Furthermore, we found that in-group favoring strategies could exclude ALLC from the circle of resource flow more easily than universalist strategies. These results imply that it may be necessary to employ an in-group favoring strategy that utilizes the group membership information of other people in order to maintain generalized exchange in a society composed of two groups.

Key words: altruistic behavior, in-group favoritism, generalized exchange, indirect reciprocity.

The Japanese Journal of Psychology

J-STAGE Advanced published date: May 10, 2016

血縁関係ではない他者に対して利他行動をとることは、他の動物には見られない人間の特徴とされている。利他行動とは、直接的な見返りを期待できない状況であるにもかかわらず、相手に利益を与える行為と定義される。なぜ人間は利他行動をとるのだろうか。

この問いに対して、適応論的視点（人々が特定の行動傾向や心理傾向を備えているのは、そのように振る舞うことがその行為者に自己利益をもたらすからだと考えられる視点）からの解答となりうる概念が、一般交換（generalized exchange）である。一般交換とは、2者間での直接のやり取りを含まない3者以上の間でのやり取りを指す。一般交換による利他行動の生起説明では、他者に対する利他行動は回り回って別の第3者から報

われるという間接的互惠性が存在するため、人々は利他行動をとると説明する。この一般交換の成立基盤に関する先行研究は、過去の行動情報を基にした他者の評判に従って各個人が行動することを前提としている（Nowak & Sigmund, 1998a, 1998b; Ohtsuki & Iwasa, 2006; Takahashi & Mashima, 2006）。その前提のもと、各個人が、評判に従って利他的な他者のみを選別し、その他者だけに利他行動をとっている（選別的利他行動）とする。すると、他者に対して利他的に振る舞った個人のみが、将来別の個人から利他的に振る舞ってもらえるという間接互惠性が成立し、社会全体において一般交換が成立している状態、すなわち、社会の多くの個人が他者に利他行動をとり、別の第3者から利他行動が返ってくる状態が生まれることが示されている。

ここで生じる疑問は、一般交換が成立する範囲の限界はどこにあるのかという問いである。Nowak & Sigmund (1998a, 1998b) をはじめとする一般交換の

成立基盤に関する先行研究では言及されていないが、現実社会において、利他行動が世界中の誰に対しても行われているわけではないことから、一般交換が成立する範囲には制限があることが窺い知れる。直感的には、人々は仲間内ではお互いに利他的に振る舞っているように思える。現実社会における例を挙げれば、人々は他国の見知らぬ他者に対しては利他的に振る舞わなくとも、自分と同じ学級にいる他者に対しては利他的に振る舞っているだろう。

以上のような、集団という枠が一般交換の成立範囲の限界としての役割を担っていることが近年、社会心理学や生物学で指摘されている。それらの先行研究では、社会に複数の集団が存在すると、各個人の利他行動の対象が同じ集団に属する個人のみとなり、マクロパターンとして、一般交換の成立範囲がそれぞれの集団の内部に限定される社会状況が生まれることが示されている (Masuda, 2012; Mifune, Hashimoto, & Yamagishi, 2010; Nakamura & Masuda, 2012; Riolo, Cohen, & Axelrod, 2001; Scheuring, 2009; Yamagishi, Jin, & Kiyonari, 1999)。この状態において、各個人がとっている行動は、自己が所属する集団である内集団の成員に対して、所属していない集団である外集団の成員よりも、利他的に振る舞う行動であるため、内集団ひいき行動と呼ばれている。利他行動に限らず、相互依存状況において相手に利益を与える行動である協利行動に関する先行研究を含めれば、人々が様々な状況において内集団ひいき行動を示すことは実験室実験やフィールド実験などによって繰り返し報告されている (Goette, Huffman, & Meier, 2006; Hewstone, Rubin, & Willis, 2002; Hogg & Abrams, 1988; Sherif, Harvey, White, Hood, & Sherif, 1961; Tajfel & Turner, 1979)。

これらの先行研究の中で、理論的に一般交換の成立範囲がそれぞれの集団内部に限定されることを示したものはいくつか存在するが、同じ集団という言葉を使っても、そこで想定されている集団の機能には様々な違いがある。例えば、Scheuring (2009) では、保有する資源量の少ない集団が多い集団に駆逐されることを前提として、内集団ひいき行動がその行為者に高い自己利益をもたらすこと、すなわち内集団ひいき行動が適応的となることを理論的に示している。これは利己的な社会への凋落を起さずに、一般交換が集団内部に限定された社会状況が発現し、安定的にその社会が持続したことを意味している。また、Masuda (2012) では、自分の所属集団の外部にいる個人を個別に識別できないことを前提とし、一般交換が集団内に限定された社会状況が各個人に自己利益をもたらすことで、安定的にその社会が持続することを示している。さらに、Nakai (2014) も集団内で評判が共有されていることを前提にし、一般交換が集団内に限定される状態が発現することを示している。

これらの先行研究では、想定している集団の機能が異なるにもかかわらず、結果の含意は一致している。これらの先行研究の共通点として、誰がどの集団に所属しているのかという集団所属情報そのものが全個人で共有されている点が挙げられる。よって、この所属集団情報そのものが与える効果が、一般交換が集団内部に限定された社会状況が発現するという結果をもたらしている可能性がある。しかし、先行研究では、所属集団を表す機能しか持たない集団が存在した場合に、そのような現象が生じるのかどうかは検討されていない。本研究では、このことを明らかにするため、所属集団を表すラベル以上の意味を持たない集団が複数存在する場合に、どのような社会状況が各個人に自己利益をもたらし、安定的に持続するのかを検討する。そのような場合であっても、内集団ひいき行動は適応的となり、一般交換が集団内に限定された社会状況が安定的に持続するのだろうか。

以上のことを検討するために、本研究では進化シミュレーションを使用する。進化シミュレーションでは、コンピュータ上に個体が多数配置され、それぞれの個体がそれぞれ戦略に従って行動しながら相互作用する。そして、そこで得た利得の低い戦略を採用する個体数は淘汰により減少し、利得の高い戦略を採用する個体数が増加していくよう設定されている。本研究では、この進化シミュレーションを、複雑な社会現象や人間行動から焦点を当てたい要素のみを取り出し、対象の現象がどのような仕組みで実現されるのかを探る思考実験のためのツールとして使用する。

本研究の具体的な目的 本研究と同じ目的の下、所属集団を表すラベル以上の意味を持たない集団しか存在しない社会における一般交換の成立を扱った先行研究として、小野田・高橋 (2013) と高木 (1995) がある。しかし、これらが行っている進化シミュレーションの設定は、一般交換に関する先行研究で標準的に採用されているものと著しく異なり、複数の研究間での結果の比較が困難であるという問題点がある。そこで本研究では、Nowak & Sigmund (1998a, 1998b) をはじめとする先行研究で標準的に使用されていたシミュレーションの設定を使用し、そこに所属集団を表すラベルとしての意味しか持たない所属集団情報を加える。その状況において、どのような戦略が適応的となるのか、そしてその帰結としてどのような社会状況が安定的に成立するのか、を調べる。その具体的な検討方法も Nowak & Sigmund (1998a, 1998b) をはじめとする先行研究で標準的に採用されていたものに従う。

シミュレーション設定

本研究のシミュレーションでは、有限数の個体から成る社会において、それらの個体が2つの集団に分かれて、複数回のギビング・ゲームを行う状況を設定し

Table 1
Representation of assignment rule in the current study

		Group membership and recipient's reputation							
		Area		In-group		Area		Out-group	
				Good	Bad			Good	Bad
Group membership and donor's behavior	In-group	Gave	I	Good/Bad	Good/Bad	II	Good/Bad	Good/Bad	
		Did not give		Good/Bad	Good/Bad		Good/Bad	Good/Bad	
	Out-group	Gave	III	Good/Bad	Good/Bad	IV	Good/Bad	Good/Bad	
		Did not give		Good/Bad	Good/Bad		Good/Bad	Good/Bad	

た。

個体数 社会全体は n 人で構成されている。

集団 各個体にはどちらの集団に属しているかを表す集団ラベルが付与されており、全員がそれを識別することができる。集団サイズは2つの集団で同数に設定されており、各集団は $n/2$ 人から成る。

ギビング・ゲーム ギビング・ゲームでは、資源提供者（以下 donor とする）と資源受益者（以下 recipient とする）が社会全体から一人ずつランダムに選ばれる。donor は一定の資源 (b) を与えられ、その資源を recipient に提供するか否かを決定する。提供する場合、recipient は b の r 倍の資源を受け取るが、提供しない場合、donor がその資源をそのまま自分のものにする。

評判と戦略 donor は recipient の評判（Good もしくは Bad）に基づいて recipient に資源提供するか否かを決定する。全個体は、recipient の評判が Good であった場合は資源提供し、Bad であった場合は提供しない。なお、毎回、全個体が donor の行動を観察し、donor に対する主観的な評判を更新する。本研究では、この評判のつけ方を戦略と呼ぶ。すなわち、戦略によって、どのような相手にどの評判をつけるかが異なる。例えば、すべての他者を Bad とみなす戦略（ALL Defector: 以下 ALLD とする）は誰にも提供しない無条件利己主義戦略で、すべての他者を Good とみなす戦略（ALL Cooperator: 以下 ALLC とする）は全員に提供する無条件利他主義戦略である。

評判のつけ方 集団が想定されていない一般交換に関する先行研究（Takahashi & Mashima, 2006）では、ある donor が行動を決定した際、それを見ていた各個体は、その個体が持つ戦略に従って、「donor の行動」と「recipient の評判」に基づき、その donor に評判を割り振る¹。「donor の行動」は提供ないし非提供であり、「recipient の評判」は Good ないし Bad であるため、各個体はその戦略に応じて、4 タイプの donor をそれぞれ Good とみなすか Bad とみなすかを決定する。従っ

て、戦略は全部で2の4乗の16通り存在する。

それに対して、本シミュレーションでは、他者の所属集団の情報も評判の基準の1つとした（Table 1）。すなわち、各戦略は、donor が内集団成員なのか、外集団成員なのかと、recipient が内集団成員なのか、外集団成員なのか、という情報をさらに考慮して、評判を決定することが可能である²。よって、Table 1 に示されているように、本研究の戦略の組み合わせは 4×4 のマトリクスで表現できる。この評判のつけ方を表すマトリクスを評価マトリクスと呼ぶ。ここで、Table 1 に示されているように、説明の便宜のため、donor と recipient の所属集団情報に基づいて評価マトリクスを4つの区域に分け、左上を第I区域、右上を第II区域、左下を第III区域、右下を第IV区域と呼ぶこととする。第I区域・第II区域が、donor が内集団成員である場合の評判のつけ方を示し、第III区域・第IV区域が、donor が外集団成員である場合の評判のつけ方を示す。また、第I区域・第III区域が、recipient が内集団成員である場合の評判のつけ方を示し、第II区域・第IV区域が、recipient が外集団成員である場合の評判のつけ方を示す。本研究における各戦略は16タイプのdonorの評判を決定するため、すべての組み合わせは $2^6 = 65,536$ となる。なお、最初の試行においては、先行研究に倣い、内集団成員に関しては、第I区域もしくは第II区域の左上に記載された評判を、外集団成員に関しては、第III区域もしくは第IV区域の左上に記載された評判をランダムに割り振ることとする。

2種類のエラー 各個体は、行動のエラーと知覚のエラーを小さな確率で起こす。行動のエラーとは、donor が行動を決定する際に、誤って行動してしまうもの（確率 ϵ ）で、知覚のエラーとは、各個体が donor の評判をつける時に、その行動を見誤るもの（確率 δ ）である。

試行・世代 1回のギビング・ゲームを1試行とし、 t 試行で1世代が終了し、戦略淘汰と突然変異が生じる。g世代繰り返すと、1レプリケーションが終了する。

¹ この場合の recipient の評判とは、donor の評判を評定する個体からみた主観的な評判のことを指す。

² この場合の所属集団情報も、donor の評判を評定する個体からみた主観的な情報のことを指している。

Table 2
Probabilities that universalist strategies assign “good” to each type of donor

		Group membership and recipient’s reputation							
		Area		In-group		Area		Out-group	
				Good	Bad			Good	Bad
Group membership and donor’s behavior	In-group	Gave	I	100.00%	20.00%	II	100.00%	18.00%	
		Did not give		0.00%	68.00%		0.00%	50.00%	
	Out-group	Gave	III	100.00%	22.00%	IV	100.00%	18.00%	
		Did not give		0.00%	58.00%		0.00%	58.00%	

戦略淘汰と突然変異 戦略淘汰では、各世代で相対的に高い利得を得た戦略の割合が次世代で増加し、低い利得を得た戦略が減少する（確率論的サンプリング法によるレプリケータダイナミクス）。突然変異では、各個体が小さな確率（ μ ）で、各シミュレーションで想定された3つの戦略からランダムに選ばれた戦略になった。

第1シミュレーション

本研究の目的は、全戦略65,536種類のうちの戦略が適応的となるのか、そしてその帰結としてどのような社会状態が安定的に成立するのかを、網羅的に調べることにある。この目的を達成するために、最初に65,536種類のうちのどれか1つの戦略を全員が採用している社会を用意し、そこにALLDとALLCが突然変異で侵入してくる状況を想定する。この検討方法は先行研究で標準的に用いられてきた方法である（Masuda, 2012; Takahashi & Mashima, 2006）。ここで、ALLDの方が適応的なのであればその侵入を許してしまい、利他的な社会は利己的な社会へと凋落してしまうだろう。また、先行研究によると、ALLCの侵入は、ALLDへの一方的な資源提供を招くため、最終的にはALLDが高い利得を得てしまい、利己的な社会へと凋落させてしまう危険性を孕んでいる。そのため、ALLC侵入の阻止も利他性を出現させるための重要な要件であるといえる。

パラメータ設定は、 $g = 10,000$, $t = 1,500$, $\epsilon = \delta = 0.025$, $\mu = 0.0001$, $b = 1$, $n = 300$ であった。なお、結果の頑健性をより厳密に検討する目的で、 r は2, 3, 4と変化を持たせ、それぞれで20レプリケーション繰り返した。

第1シミュレーション結果

どの r であっても一貫して、全レプリケーションの最終世代において、各集団で合計6個体以上のALLD・ALLCに侵入されなかった戦略は137種類であった。これらのシミュレーションでは、社会のほとんどの個体が最初に想定した戦略を採用しており、利他性が出現したといえる。よって、本研究では、これ

らの戦略に焦点を当てていく。なお、この6個体という基準は、先行研究で採用されている基準と比較した上で、非常に厳しい基準として設定した。

137種類の戦略は大きく3タイプに分類される。それは、両集団成員に対して同程度に利他的に振る舞う普遍主義戦略、内集団成員に対して外集団成員よりも利他的に振る舞う内集団ひいき戦略、外集団成員に対して内集団成員よりも利他的に振る舞う外集団ひいき戦略の3群である。

137種類のうち50種類は、集団が想定されていない先行研究において一般交換の成立を可能とする選別的利他行動であるとされてきた4つの戦略である、Image Scoring（以下ISとする：具体的な評価マトリクスは、左上がGood, 右上がGood, 左下がBad, 右下がBad）、Standing（以下STとする：左下がBadで、それ以外がGood）、SDISC（以下SDとする：左上がGoodで、それ以外はBad）、Extra Standing（以下ESとする：左上と右下がGood, 右上と左下がBad）のいずれかで、それぞれの区域が構成されている戦略であった。なお、すべての区域にESが入る戦略は、先行研究で扱われてきたESとまったく同じ挙動をとる。これらの戦略は、内集団成員に対しても、外集団成員に対しても、ISやSTなどの利他的な戦略を適用するため、相手の所属集団がどちらであっても同程度に利他的に振る舞う。そのため、これらの戦略を普遍主義戦略と呼ぶ。50種類の戦略の第1シミュレーションにおける内集団成員への平均提供率と外集団成員への平均提供率は87.25%と86.24%であり、ここからも50種類の戦略が、両集団成員に対して同程度に利他的に振る舞っていることが分かる。Table 2は、普遍主義戦略50種類の評価マトリクスにおいて各セルがGoodになっている確率を示すものである。Table 2を見ると、各区域の左上は常にGood, 左下は常にBadとなっており、これらはすべての戦略に共通する特徴である。右上と右下に関してはばらつきがあるが、総じて右上はGoodである確率は低く、右下は高い。ここから、普遍主義戦略の評価マトリクスの各区域がESとなっている確率が高いことが分かる。

137種類のうち、普遍主義戦略に該当しないものは

Table 3
Probabilities that in-group favoring strategies assign “good” to each type of donor

		Group membership and recipient’s reputation						
		Area		In-group		Out-group		
				Good	Bad	Good	Bad	
Group membership and donor’s behavior	In-group	Gave	I	100.00%	48.78%	II	100.00%	30.49%
		Did not give		0.00%	53.66%		0.00%	76.83%
	Out-group	Gave	III	25.61%	50.00%	IV	50.00%	100.00%
		Did not give		0.00%	39.02%		0.00%	0.00%

87種類ある。これらについては、評価マトリクスの構成から分類するのは困難であったため、実際の提供行動のパターンに基づいて、内集団成員への提供率が外集団成員への提供率を上回っているものを内集団ひいき戦略、下回っているものを外集団ひいきに分類した。

内集団ひいき戦略に分類された戦略は、82種類であった。Table 3に82種類の戦略がどのような評価マトリクスを有していたのかを示す。普遍主義戦略と大きく異なる点は、第III区域の左上が82種類中61種類の戦略においてBadとなっている点である。ここがBadになっていると、最初の試行において、少なくとも外集団成員の半数をBadとみなすことになる。なお、第III区域の左上がGoodになっている戦略は第IV区域の左上がBadになっており、その場合でも、同様に、シミュレーション開始時に、外集団成員の半数をBadとみなす。この82種類の戦略の第1シミュレーションにおける内集団成員への平均提供率は85.06%、外集団成員への平均提供率は41.42%である。内集団成員への平均提供率は普遍主義戦略と同程度であるにもかかわらず、外集団成員への平均提供率はそれよりも大幅に低い。それにより、普遍主義戦略の社会全体への提供率と、内集団ひいき戦略のそれを比較すると、後者の方が低くなってしまふ。しかし、これらの戦略は外集団成員にまったく提供しないわけではない。その証拠に、この中には、内集団成員に対して必ず提供する戦略も、外集団成員に対して決して提供しない戦略も含まれていない。

最後に、外集団ひいき戦略について記述する。これらの内集団成員への平均提供率は65.70%、外集団成員への平均提供率は79.73%であった。この多くは、普遍主義戦略と同じような挙動をとるが、評価マトリクスが少し違うことにより、結果的に外集団をひいきしている戦略である。よって、外集団ひいき戦略は例外的なものであると判断し、これより先は焦点を当てない。

第1シミュレーション 結果まとめ

第1シミュレーションから、普遍主義戦略、内集団

ひいき戦略、外集団ひいき戦略に分類される137種類の戦略が、ALLDとALLCの侵入に極めて頑健であることが示された。しかし、なぜ137種類の戦略がALLDとALLCの侵入を防いだのか、また137種類の戦略が具体的にどの程度ALLDやALLCの侵入に強いのかは、まだ示されていない。これらを明らかにしない限り、本研究の結果がどのような意味を持つのかを理解することはできないだろう。そこで、第2シミュレーションを行った。

第2シミュレーション

第1シミュレーションにおいて、普遍主義戦略や内集団ひいき戦略がALLD・ALLCの侵入を防いだということは、これらの戦略とALLD・ALLCに利得の差があったことを意味している。ALLDとALLCはともに、彼らがdonorになった場合に、recipientの戦略によらず行動を変えない。よって、これらの戦略が原因となって、普遍主義戦略や内集団ひいき戦略の利得とALLD・ALLCの利得に差がついたわけではない。その利得差が生じた原因は、普遍主義戦略や内集団ひいき戦略がdonorになった場合に、recipientがALLDやALLCの場合よりも、自分自身と同じ戦略の場合に、より頻繁に資源提供していたことにある。donorが資源提供するか否かを決定づけるrecipientの評判は、そのrecipientが以前にdonorだった時に決定されている。つまり、普遍主義戦略や内集団ひいき戦略は、ALLDやALLCのrecipientよりも、自分自身と同じ戦略のrecipientに対して、その評判をつけた時に、より高い確率でGoodを割り振っていたのだろう。普遍主義戦略や内集団ひいき戦略が具体的にどの程度ALLD・ALLCの侵入を防ぐことができるのかを詳細に探るためには、この評判の割り振りにおける「差別化」を普遍主義戦略や内集団ひいき戦略がどのように実現したのかを解明することが重要となる。

普遍主義戦略や内集団ひいき戦略の評価マトリクスは16個のセルから成るが、ALLDやALLCの排除に対してそれらがすべて同程度の影響力を持っているわけではない。例えば、Table 3に示された、第1区域の右上の数値は48.78%になっている。これは、82種類

の内集団ひいき戦略の中には、ここが Good である戦略 (40 種類) と Bad である戦略 (42 種類) が同程度含まれていることを示しており、このセルに Good が入るか Bad が入るかが、ALLD や ALLC を排除するための重要な要件となっているとは思えない。それに対して、第 I 区域の左上は 100% であるため、ALLD や ALLC を排除するには、このセルは必ず Good でなければならないのだろう。この場合に、このセルは、ALLD・ALLC を排除することに大きく貢献していると考えられる。

なぜそのようなことが起きているのだろうか。普遍主義戦略や内集団ひいき戦略は、他者の評判を決定する時に、その他者が評価マトリクスのどのセルにあてはまったかによって、その評判を決定する。セル間に ALLD・ALLC の排除の貢献度に差があるのは、donor である普遍主義戦略や内集団ひいき戦略が過去に recipient の評判を決定した時に、マトリクスの 16 個の各セルに同程度の確率であてはまっていたわけではないからであろう。例えば、recipient がどの戦略の場合であっても、過去にその recipient の評判を決定した時に、ほとんどあてはまっていなかったセルがあったとする。その場合、そのセルにあてはまる者をどのように評価するかによって、自分自身と同じ戦略と ALLD・ALLC とを差別化することはできない。第 I 区域の右上は、このケースに該当する可能性がある。これに対し、評価マトリクスの中にも、普遍主義戦略や内集団ひいき戦略が ALLD もしくは ALLC の recipient の評判を決定した時と比較して、自分自身と同じ戦略の recipient の評判を決定した時に、より高い確率であてはまっていたセルもあるだろう。そこで、そのセルが Good であれば、ALLD もしくは ALLC よりも自分自身と同じ戦略の recipient をより高い確率で Good とすること、すなわち、自分自身と同じ戦略と ALLD や ALLC との差別化が可能となる。第 I 区域の左上はこのケースに該当する可能性がある。

以上のことを調べるため、第 2 シミュレーションでは、普遍主義戦略や内集団ひいき戦略が donor であり、donor が過去に recipient の評判をつけた時に、16 のセルのそれぞれにあてはまっていた確率を求めた。

第 2 シミュレーション 方法 各集団に 50 種類の普遍主義戦略、82 種類の内集団ひいき戦略のうちどれか 1 種類が 146 個体、ALLD・ALLC が 2 個体ずついる状況で固定された社会で³、 h 回 \times t 試行のギビング・ゲームを行うシミュレーションを行った。第 2 シミュレーションでは、戦略淘汰と突然変異は生じない。この検討を 132 種類の戦略すべてに対して行った。

パラメータ設定は第 1 シミュレーションと同様である。

第 2 シミュレーション 結果

内集団ひいき戦略に関する結果 内集団ひいき戦略が過去に recipient の評判をつけた時に、各セルにあてはまっていた確率を、recipient の戦略別に算出した⁴。その結果を Table 4 の α 欄、 β 欄、 γ 欄に示す。 α 欄は内集団ひいき戦略の recipient の評判をつけた時にあてはまっていた確率であり、 β 欄は ALLD の recipient の評判をつけた時に、 γ 欄は ALLC の recipient の評判をつけた時にあてはまっていた確率である。よって、例えば、第 I 区域から第 IV 区域までの 4×4 の 16 セル分の α 欄の値をすべて足すと 100% となる。

Table 4 に基づき、自分自身と同じ戦略と ALLD や ALLC との差別化を可能にするセルを明らかにする。

まず、 α 欄の値と β 欄の値の差や、 α 欄の値と γ 欄の値の差に注目する。この差が大きければ、自分自身と同じ戦略と ALLD や ALLC との差別化を図ることが可能となる。具体的な例を挙げると、第 I 区域の左上の場合、 α 欄の値が 20.04% であるのに対して、 β 欄の値は 0.98%、 γ 欄の値は 20.93% を示している。このセルでは、 α 欄の値と γ 欄の値はあまり変わらないため、自分自身と同じ戦略と ALLC との差別化はできない。これに対して、 α 欄の値と β 欄の値の差は大きいので、ALLD との差別化は可能である。ALLD よりも自分自身と同じ戦略の方がこのセルにあてはまっていた確率が高いため、このセルが Good であれば、ALLD よりも自分自身と同じ戦略に対してより多くの資源を与えることになる。このように α 欄の値から β 欄の値を引いた値、 α 欄の値から γ 欄の値を引いた値が重要な指標となる。Table 4 では、前者を A 欄に、後者を B 欄に示している。

以上より、A 欄の値が高い正の値を示している時に、そのセルが Good であれば ALLD との差別化が可能であることを説明した。ここで逆に A 欄の値が十分に低い負の値を示している時を考えてみる。それは、自分自身と同じ戦略よりも ALLD の recipient の評判を決定した時に、あてはまっていた確率が高いことを表している。そのため、このセルが Bad であると、自分自身と同じ戦略よりも ALLD の recipient を高い確率で Bad とみなすことになり、差別化が可能となり、ALLD に対して資源を与えずにすむ。以上のように、A 欄の値が高い正の値であればそのセルが Good、低い負の値であれば Bad になっている場合に、そのセルによって、ALLD の侵入を防ぐことができると考えられる。

³ 第 2 シミュレーションは、突然変異で少数だけ生じた ALLD と ALLC をどのように排除したのかを検討するために行われているため、この初期分布を採用した。

⁴ 最初の試行において評判を割り振る際にあてはまっていた分に関しては、この確率計算に含まれていない。

Table 4
 Probabilities that a recipient corresponded to each cell when in-group favoring strategies determined reputation

Cell	Area I				Area II			
	Upper left	Upper right	Lower left	Lower right	Upper left	Upper right	Lower left	Lower right
α	20.04	0.67	1.59	2.47	9.31	1.09	0.86	13.75
β	0.98	0.15	21.01	3.04	0.57	0.74	9.42	14.14
γ	20.93	2.98	1.05	0.13	9.65	14.18	0.55	0.79
A	19.06	0.52	-19.42	-0.57	8.74	0.35	-8.56	-0.39
B	-0.89	-2.31	0.54	2.34	-0.34	-13.09	0.31	12.96
C	A (ALLD)	B (ALLC)	A (ALLD)	B (ALLC)	A (ALLD)	B (ALLC)	A (ALLD)	B (ALLC)
D	Good	Bad	Bad	Good	Good	Bad	Bad	Good

Cell	Area III				Area IV			
	Upper left	Upper right	Lower left	Lower right	Upper left	Upper right	Lower left	Lower right
α	9.86	0.67	12.18	2.53	9.16	11.74	0.98	3.10
β	0.84	0.15	20.38	3.00	0.55	0.72	9.83	14.47
γ	20.85	3.23	1.13	0.16	9.58	13.58	0.49	0.72
A	9.02	0.52	-8.20	-0.47	8.61	11.02	-8.85	-11.37
B	-10.99	-2.56	11.05	2.37	-0.42	-1.84	0.49	2.38
C	B (ALLC)	B (ALLC)	B (ALLC)	B (ALLC)	A (ALLD)	A (ALLD)	A (ALLD)	A (ALLD)
D	Bad	Bad	Good	Good	Good	Good	Bad	Bad

また A 欄の値は差別化できる程度をも表している。この値が 0 に近ければ近いほど、recipient が ALLD でも自分自身と同じ戦略でも、このセルにあてはまっていた確率にあまり違いがないことを示しており、ALLD との利得の差別化を行うことはできなくなる。

同様のことは、B 欄の値についても考えることができる。B 欄の値が高い正の値の時は Good、低い負の値の時は Bad であれば、そのセルによって ALLC の侵入を防ぐことができる。

なお、各セルにおける A 欄と B 欄の絶対値を比較することで、各セルが ALLD・ALLC のうち、どちらとの差別化により大きな役割を果たしているかを確認することができる。A 欄の絶対値の方が大きい場合には ALLD との、B 欄の絶対値の方が大きい場合には ALLC との差別化により大きく貢献していることになる。Table 4 の C 欄には、A 欄の値と B 欄の値のうち、絶対値が大きいものと、それに対応する戦略名を示した。また、C 欄に示した戦略と差別化をするための評判を D 欄に示した。

Table 4 の見方についてまとめる。Table 4 には、「そのセルによって、主に差別化できるのは、ALLD と ALLC のどちらなのか (C 欄)」、「C 欄に記載された戦略との差別化を図るためには Good と Bad のどちらがよいのか (D 欄)」、「C 欄に記載された戦略と自分自身と同じ戦略との間で差別化できる程度 (C 欄に対応する A 欄もしくは B 欄の絶対値)」が示されている。

では、Table 4 が明らかにした各セルの果たす役割

についてまとめよう。第 I 区域の右上・右下、第 II 区域の右上・右下は A 欄の値と B 欄の値のどちらの絶対値も小さく、さらに、 α 欄の値、 β 欄の値、 γ 欄の値のどの数値も小さいため、これらのセルは、実際には Good であっても Bad であっても、ALLD との差別化にも ALLC との差別化にもあまり役に立たない。それら以外のセルについて検討すると、ALLD との差別化を図る第 I 区域の左上、左下、第 II 区域の左上、左下、第 IV 区域のすべてのセルの A 欄の絶対値、また、ALLC との差別化を可能とする第 II 区域の右上、右下、第 III 区域の左上、左下の B 欄の絶対値がすべて大きい。

しかし、例外がある。第 III 区域の左下に関しては、A 欄と B 欄の絶対値にあまり差がない。さらに、A 欄が負、B 欄が正の値となっており、ALLD との差別化を図るためには Bad に、ALLC との差別化を図るためには Good になっていた方がよい。これは、このセルによる ALLD と ALLC の排除は両立不可能であることを意味している。では、どちらを優先して排除すべきなのだろうか？ ここで、重要なのは、ALLD の recipient の評判を決定した時にこのセルにあてはまっていた確率である β 欄の値が非常に高いことである。このため、このセルを Good にすると多くの ALLD を Good にしてしまい、ALLD に資源を与えすぎてしまうという問題が発生する。そのため、このセルに関しては、Table 4 では Good であるべきセルだとされているが、例外的に Bad にし、ALLD を排除しておくべき

Table 5
Ideal assignment rule of in-group favoring strategies

		Group membership and recipient's reputation						
				In-group		Out-group		
				Good	Bad	Good	Bad	
Group membership and donor's behavior	In-group	Gave	I	Good	*	II	Good	Bad
		Did not give	I	Bad	*	II	Bad	Good
	Out-group	Gave	III	Bad	*	IV	Good	Good
		Did not give	III	Bad	*	IV	Bad	Bad

Note. The symbol "*" represents a wild card (i.e., either Good or Bad).

Table 6
Probabilities that a recipient corresponded to each cell when universalist strategies determined reputation

Cell	Area I				Area II			
	Upper left	Upper right	Lower left	Lower right	Upper left	Upper right	Lower left	Lower right
α	20.33	0.90	1.89	1.69	20.27	0.92	1.86	1.94
β	1.03	0.12	21.10	2.32	1.06	0.14	21.12	2.78
γ	20.98	2.57	1.03	0.18	21.70	2.75	1.10	0.15
A	19.30	0.78	-19.21	-0.63	19.21	0.78	-19.26	-0.84
B	-0.65	-1.67	0.86	1.51	-1.43	-1.83	0.76	1.79
C	A (ALLD)	B (ALLC)	A (ALLD)	B (ALLC)	A (ALLD)	B (ALLC)	A (ALLD)	B (ALLC)
D	Good	Bad	Bad	Good	Good	Bad	Bad	Good

Cell	Area III				Area IV			
	Upper left	Upper right	Lower left	Lower right	Upper left	Upper right	Lower left	Lower right
α	20.27	1.10	2.32	1.52	20.04	1.33	2.09	1.52
β	0.86	0.09	21.71	2.51	1.05	0.13	21.34	2.63
γ	21.22	2.53	1.14	0.12	20.50	2.78	1.15	0.11
A	19.41	1.01	-19.39	-0.99	18.99	1.20	-19.25	-1.11
B	-0.95	-1.43	1.18	1.40	-0.46	-1.45	0.94	1.41
C	A (ALLD)	B (ALLC)	A (ALLD)	B (ALLC)	A (ALLD)	B (ALLC)	A (ALLD)	B (ALLC)
D	Good	Bad	Bad	Good	Good	Bad	Bad	Good

であると考えられる。以上の議論から、内集団ひいき戦略が ALLD・ALLC を排除するための理想的な評価マトリクスを導き出したのが Table 5 である。ここで Table 4 に第 III 区域の左下の例外を適用させた場合の、ALLD との差別化に貢献できるセルにおける、差別化の程度を計算し合計すると 103.83、ALLC のそれは 46.62 になる⁵。これは、内集団ひいき戦略が ALLD・ALLC の両者を十分に排除できることを示している。

普遍主義戦略に関する結果 普遍主義戦略が recipient の評判を過去につけた時に、各セルに donor

があてはまっていた確率を戦略別に算出した。それを Table 6 にまとめる。各数値が意味することは Table 4 と同様である。

全区域の左上、左下の C 欄は、すべて ALLD との差別化を図るセルであることを示している。さらに、それらのセルの A 欄の絶対値はすべて大きく、ALLD との差別化に貢献できるセルにおける差別化の程度を合計すると 154.02 となる。ここから普遍主義戦略が十分に ALLD を排除できることが分かる。これに対して、ALLC との差別化を図るセルはそれぞれの区域の右上・右下である。しかし、これらの A 欄と B 欄のどちらの絶対値も小さく、さらに、 α 欄、 β 欄、 γ 欄のどれの数値も小さいため、これらのセルは実際には、Good であっても Bad であっても、ALLD との差別化に対しても ALLC との差別化に対しても、さほ

⁵ 本文中に記載されている、内集団ひいき戦略や普遍主義戦略が ALLD や ALLC と差別化できる程度を表す数値は、説明の単純化のための概算の結果である。ただし、より厳密な数値を計算しても、数値はほとんど変わらず、結論にも影響はない。

ど効果的ではなく、ALLC と差別化できる程度を合計しても 12.49 にしかならない。そのため、普遍主義戦略は、内集団ひいき戦略ほどには、ALLC を排除できないことが分かる。

考 察

結果のまとめ 第 1 シミュレーションでは、複数の集団が存在する社会において、どのような戦略が各個人に自己利益をもたらし、安定的に利他的社会を維持できるのかを検討した。その結果、利他的社会を維持可能な戦略は、主に 2 種類、内集団成員にも外集団成員にも同程度に利他的に振る舞う普遍主義戦略と、内集団成員に対して外集団成員よりも利他的に振る舞う内集団ひいき戦略に分類可能であることが明らかになった。これは、複数の集団が存在する状況における一般交換状況では、一般交換が集団を無視して成立している状態と、一般交換が主に集団内で成立している状態が両方とも安定的に継続する可能性を示唆している。この結果は Masuda (2012) の結果と概念的に一致する。

さらに、第 2 シミュレーションにおいて、内集団ひいき戦略で構成された社会と普遍主義戦略で構成された社会を比較すると、前者の方が、ALLC の侵入に対して頑健であることも示された。よって、内集団ひいき戦略が作り出す利他的社会の方が相対的には安定しているといえる。

一般交換研究への貢献 本研究の結果から、一般交換状況において ALLD・ALLC を排除するための新しい方法を提示することができる。集団が想定されていない一般交換の成立に関する先行研究である Nowak & Sigmund (1998a, 1998b) は、ALLD・ALLC を排除するための方法として、各個人が選別的利他行動（他者を選別して、利他行動をすること）を採用することを提案した。それに伴い、Nowak & Sigmund (1998a, 1998b) 以降の一般交換に関する先行研究では、主に、どのような選別的利他主義行動がうまく利他行動を成立させるのかに焦点が当てられてきた。それらによると、他者の過去の行動情報を考慮し、ES に則った選別的利他行動をとると、最も効率的に自分自身と同じ戦略と ALLD・ALLC との間に利得差をつけ、利他的な社会を維持可能であることが示されている (Ohtsuki & Iwasa, 2006; Takahashi & Mashima, 2006)。Table 6 を見ると、各区域が ES になっていると、ALLD・ALLC を効率的に排除することができる。これは、他者の所属集団情報を考慮しない選別的利他行動である普遍主義戦略が ES を採用していると、最も ALLD・ALLC を排除しやすいという結果である。この結果は先行研究の結果と一致しているといえる。

しかし、以上のように ALLD や ALLC を排除させるとされてきた ES を採用した普遍主義戦略よりも、

内集団ひいき戦略は ALLC の侵入に対して更に頑健であることが第 2 シミュレーションにより示された。本研究の内集団ひいき戦略は、他者を選別する際の基準として、他者の過去の行動情報のみならず、他者が所属する集団情報をも用いる選別的利他戦略である。このような、他者を選別する際の基準の 1 つとして所属集団情報を使用することにより ALLD・ALLC を排除し、一般交換を成立させる方法は、Masuda (2012) を除き、これまでほとんど指摘されてこなかったものである。さらに、この方法を用いると、そうでない場合に比べて、ALLC をより効率的に排除できることから、この方法は、これまでの先行研究で例示されてきた方法よりも、安定的な利他的社会を作ることができる可能性が示唆された。これは、本研究によって新たに明らかにされた点である。

次に、Table 5 から明らかにされた、他者を選別する際の基準の 1 つとして所属集団情報を用いるとなぜ ALLD・ALLC の侵入を防ぐことができるのか、その仕組みを 5 つの規則にまとめる。規則 1 は、内集団は「Good のみの集団」、外集団は「Bad が多い集団」とみなすことである。最初の試行において、内集団成員は全員 Good、外集団成員は半数を Bad にする。その後、試行が進んでも、その状態が継続され、結果的に内集団をひいきするようになる。この規則 1 は ALLD や ALLC を排除しているわけではないが、これを基にして、残りの規則を適用することが可能である。規則 2 は、他者の所属集団にかかわらず、集団内で提供している人のみを Good とみなすことである。第 I 区域の左上・第 IV 区域の左上・右上が Good に、第 I 区域の左下、第 IV 区域の左下・右下が Bad になっていることが、この規則を実現している。この規則によって、集団内で提供しない個体を Bad とみなすため、ALLD を排除することが可能となる。さらに、集団内で資源提供している内集団成員に資源を与える行為は、その行為者も周りから見れば集団内で提供していることとなるため、集団の中での資源交換の強固なループを生み出す。そのため、集団内では強固な間接的互惠性が生まれることになる。規則 3 は、外集団成員が内集団成員に対面した場合は、その行動にかかわらず、その個人を必ず Bad とみなすことである。第 III 区域の左上・左下が Bad になっていることが、この規則を表している。この規則により、外集団に存在する ALLD・ALLC の両方を排除することが可能となるだけでなく、常に外集団成員の一部を Bad とみなすことになる。規則 4 は、外集団の Good な成員に資源提供した内集団成員を Good、提供しなかった内集団成員を Bad とみなすことである。第 II 区域の左上が Good に、左下が Bad になっていることが、この規則を表す。この規則によって、資源提供する個体を優遇し、内集団に存在する ALLD を排除するこ

とを可能としている。規則 5 は、外集団の Bad な成員に資源提供した内集団成員を Bad、提供しなかった内集団成員を Good とみなすことである。第 II 区域の右下が Good に、右上が Bad になっていることが、この規則を表す。この規則は、ALLC の排除を最も強力に推し進めるものである。それは、常に外集団成員の一部を Bad としておくことで、その個体に提供する ALLC とその者たちには提供しない内集団ひいき戦略とを差別化することができるからである。以上の規則を一言でまとめると、本研究の内集団ひいき戦略は、内集団成員の多くを Good とし、さらに、外集団成員のうち、「外集団成員同士で資源提供しているような個体」のみを Good とする戦略である。

集団研究への貢献 本研究の結果は、社会に複数の集団が存在する場合に内集団ひいき行動が適応的であることを示した先行研究群に対してもインパクトを持つ (Masuda, 2012; Nakamura & Masuda, 2013; Riolo, Cohen, & Axelrod, 2001; Scheuring, 2009)。それらの研究と比較した際の本研究の最も大きな特徴は、集団が、所属集団を示す単なるラベルでしかないところにある。ここでは、想定された状況という側面から先行研究を概観し、本研究の結果が持つ含意を考える。

群淘汰が想定された状況において、内集団ひいき行動が適応的であることは、いくつかの先行研究 (Choi & Bowles, 2007; Garcia & van den Bergh, 2011; Scheuring, 2009) により示されている。群淘汰とは、平均利益が高い集団が繁栄し、低い集団が淘汰されていくことである。群淘汰が想定された状況では、集団全体の利益が高い集団に所属する個人の方がそうでない個人よりも有利となるため、集団の利益を高める内集団ひいき行動が、その行為者自身に利益にもたらしたといえる。まとめると、これらの研究群では、非所属集団と比較した所属集団の相対的地位と個人の自己利益が直結している状況が想定されている。

次に、社会的アイデンティティ理論から内集団成員にのみ利他的に振る舞う行動を説明した研究群 (Hogg & Abrams, 1988; Tajfel & Turner, 1979) に関して言及する。これらの先行研究では、所属集団によって規定される社会的アイデンティティを人々が持つことが前提とされている。社会的アイデンティティは外集団と比較した内集団の地位から導かれるとされており、高い社会的アイデンティティを持つことは、自らの価値を高めることに繋がり、その個人に多くのポジティブな効果をもたらす。よって、人々は内集団の相対的価値を高める様々な行動をとると予測され、その 1 つとして、内集団ひいき行動が発現する。ここで、集団の相対的価値が高まることは、そこに所属する個人に与えるポジティブな効果を強めることに繋がる。よって、これらの研究群でも、群淘汰を想定した先行研究と同様に、非所属集団と比較した所属集団の相対的地位と

個人の自己利益が直結しているということが出来るだろう。

最後に、Masuda (2012) や Nakai (2014) に関して言及する。これらの研究は、研究目的、想定された状況、共に本研究のものとも最も近い。両研究共には一般交換が集団内部に限定される現象の説明を目的とし、複数の集団の存在を想定したギビング・ゲームの理論モデルを考えている。その結果、集団の枠を超えて利他的に振る舞う戦略と内集団成員に対して外集団成員よりも利他的に振る舞う戦略が適応的となり、それぞれの戦略で構成された社会が発現することが示されている。ここでは、群淘汰や社会アイデンティティは想定されていない。しかし、Masuda (2012) では、人々は、自分の所属集団の外部にいる個人を個別識別することができない状況を想定しており、Nakai (2014) では評判を集団内で共有していることを想定している。

以上の先行研究で想定されている集団とは異なり、本研究における集団は、所属集団を示すラベルという意味しか持っておらず、集団間で情報や個人の特性に何らかの違いがあるといった実質的な意味は、先験的には一切存在しない。そのような状況でも、内集団ひいき行動が適応的となり、安定的な社会を作ったという結果は、内集団ひいき行動の研究に対して基礎的な理論基盤を提供することに繋がる。本研究の結果から、群淘汰や社会的アイデンティティや外集団成員を個別認識できないことなどは、内集団ひいき戦略が適応的となることの必要条件ではないことが示された。即ち、各個人が集団に所属し、他者がどの集団に所属しているのかという情報を把握していることのみが理論的条件であることになる。さらに、本研究の結果を敷衍すれば、群淘汰が想定されている状況など、本研究で想定した状況よりも内集団ひいき行動が行為者に自己利益をもたらしやすい状況を想定すれば、内集団ひいき行動は自己利益をもたらして当然である、ということになる。

本研究の限界と今後の展望 本研究では、普遍主義戦略と内集団ひいき戦略が ALLD と ALLC の侵入を防いだことが分かった。しかし、それら以外の戦略の侵入を防ぐことが可能か否かに関しては示されていない。特に、普遍主義戦略で構成された社会に内集団ひいき戦略が侵入することは可能なか否か、また、その逆の侵入は可能なか否かを調べる必要があるだろう。この検討は、両社会の安定性をより厳密に検討することになるため、本研究の結果の頑健性を調べることに繋がる。さらに、内集団ひいき行動で構成された社会が自然発生するかどうかを確認する目的もある。例えば、最初は、普遍主義行動で構成された社会であっても、一人でも内集団ひいきする者が侵入してくると、だんだん皆が内集団ひいきするようになり、そこで安

定してしまうという現象が生じるのであれば、皆が外集団成員にはあまり利他的に振る舞わないような差別的な社会が自然発生的に生じ、さらにそれが永続することを示しており、その社会を差別のない社会へと是正することは難しいことになるだろう。今後はそのような現象が生じるのかどうかを検討したい。

引用文献

- Choi, J. K., & Bowles, S. (2007). The coevolution of parochial altruism and war. *Science*, 318, 636–640.
- García, J., & van den Bergh, J. C. (2011). Evolution of parochial altruism by multilevel selection. *Evolution and Human Behavior*, 32, 277–287.
- Goette, L., Huffman, D., & Meier, S. (2006). The impact of group membership on cooperation and norm enforcement: Evidence using random assignment to real social groups. *American Economic Review*, 96, 212–216.
- Hewstone, M., Rubin, M., & Willis, H. (2002). Intergroup bias. *Annual Review of Psychology*, 53, 575–605.
- Hogg, M., & Abrams, D. (1988). *Social identifications: A social psychology of intergroup relations and group processes*. London: Routledge.
- Masuda, N. (2012). Ingroup favoritism and intergroup cooperation under indirect reciprocity based on group reputation. *Journal of Theoretical Biology*, 311, 8–18.
- Mifune, N., Hashimoto, H., & Yamagishi, T. (2010). Altruism toward in-group members as a reputation mechanism. *Evolution and Human Behavior*, 31, 109–117.
- Nakai, Y. (2014). In-group favoritism due to friend selection strategies based on fixed tag and within-group reputation. *Rationality and Society*, 26, 320–354.
- Nakamura, M., & Masuda, N. (2012). Groupwise information sharing promotes ingroup favoritism in indirect reciprocity. *BioMedCentral Evolutionary Biology*, 12, 213.
- Nowak, M., & Sigmund, K. (1998a). Evolution of indirect reciprocity by image scoring. *Nature*, 393, 573–577.
- Nowak, M., & Sigmund, K. (1998b). The dynamics of indirect reciprocity. *Journal of Theoretical Biology*, 194, 561–574.
- Ohtsuki, H., & Iwasa, Y. (2006). The leading eight: Social norms that can maintain cooperation by indirect reciprocity. *Journal of Theoretical Biology*, 239, 435–444.
- 小野田 竜一・高橋 伸幸 (2013). 内集団ひいき行動の適応的基盤——進化シミュレーションを用いた検討—— 社会心理学研究, 29, 65–74.
- Riolo, R., Cohen, M., & Axelrod, R. (2001). Evolution of cooperation without reciprocity. *Nature*, 414, 441–443.
- Scheuring, I. (2009). Evolution of generous cooperative norms by cultural group selection. *Journal of Theoretical Biology*, 257, 397–407.
- Sherif, M., Harvey, O., White, B., Hood, W., & Sherif, C. (1961). *Intergroup conflict and cooperation: The robbers cave experiment*. Norman, OK: University of Oklahoma Book Exchange.
- Tajfel, H., & Turner, J. (1979). An integrative theory of intergroup conflict. In W. G. Austin & S. Worchel (Eds.), *The social psychology of intergroup relations* (pp. 33–47). Monterey, CA: Brooks/Cole.
- 高木 英至 (1995). 集団中心主義というパズル 埼玉大学紀要, 31, 17–40.
- Takahashi, N., & Mashima, R. (2006). The importance of subjectivity in perceptual errors on the emergence of indirect reciprocity. *Journal of Theoretical Biology*, 243, 418–436.
- Yamagishi, T., Jin, N., & Kiyonari, T. (1999). Bounded generalized reciprocity: Ingroup boasting and ingroup favoritism. *Advances in Group Processes*, 16, 161–197.

—— 2015. 3. 24 受稿, 2016. 1. 23 受理 ——