

2013 年度博士論文

複数均衡としての社会規範

—繰り返しゲームにおける均衡精緻化と協力行動—

東北大学大学院 文学研究科 人間科学専攻
吉良洋輔

目次

目次.....	ii
第1章 本研究の目的と意義.....	1
1.1. 望ましい社会規範と望ましくない社会規範.....	1
1.2. 社会規範の定義.....	5
1.2.1. 社会規範とは何か.....	5
1.2.2. 社会規範の望ましさととは何か.....	9
1.3. 本研究の理論的枠組み.....	10
1.4. 本研究の意義と限界.....	12
1.5. 本研究の構成.....	15
第2章 社会規範の効率性と経路依存性.....	17
2.1. 社会規範の発生メカニズムは説明できるのか？.....	17
2.1.1. 社会学の中の社会規範.....	17
2.1.2. 社会規範の発生メカニズムの説明と記述.....	18
2.2. 従来の研究と社会規範の発生メカニズム.....	21
2.2.1. 合理的選択理論による社会規範発生メカニズムの説明.....	21
2.2.2. シンボリック相互作用論による批判.....	25
2.2.3. 新制度学派経済学における社会規範.....	28
2.3. 社会規範はどう定義すべきか.....	31
第3章 社会規範を扱うためのゲーム理論的枠組み.....	34
3.1. 本章の目的.....	34
3.2. 繰り返しゲームにおける複数均衡としての社会規範.....	35

3.2.1. サブゲーム完全性とナッシュ均衡	36
3.2.2. 繰り返しゲームとユニバースの網羅性	41
3.3. 社会規範均衡の性質	43
3.3.1. サブゲーム完全ナッシュ均衡と経路依存性	43
3.3.2. 複数人同時逸脱が可能な状況における社会規範	47
3.4. 結託による逸脱を扱うための数学的方法	49
3.5. モデルの定式化	51
3.5.1. 社会規範と社会規範均衡の定義	54
3.5.2. 結託を考慮した One Stage Deviation Principle	59
3.6. 小括	64
第4章 なぜコミュニケーションは協力を促すのか?	66
4.1. 社会的ジレンマ状況におけるコミュニケーション	66
4.2. 無限繰り返しN人囚人のジレンマに関する先行研究	68
4.2.1. サブゲーム完全ナッシュ均衡の問題点	68
4.2.2. Weakly Renegotiation-proof Equilibrium とその限界	70
4.2.3. Strong Perfect Equilibrium とコミュニケーション可能性	72
4.3. ゲーム理論モデルによる分析	73
4.3.1. 均衡が存在する十分条件の導出	74
4.3.2. 2人囚人のジレンマにおける数値例	83
4.4. 結論	84
4.4.1. 得られたインプリケーション	84
4.4.2. 今後の展望	85

第5章 なぜ費用を伴う懲罰に分業が必要なのか？	87
5.1. 費用の伴う懲罰と社会的分業	87
5.2. 費用を伴う懲罰に関する先行研究	89
5.2.1. 二次のジレンマ	90
5.2.2. メタ規範と完全フォーク定理	91
5.2.3. 遺伝子・文化の共進化モデル	93
5.3. ゲーム理論モデルによる分析	94
5.3.1. モデルの定義	96
5.3.2. パレート完全ナッシュ均衡の導出	98
5.4. 結論：得られたインプリケーションと残された課題	106
5.4.1. 今後の展望	107
第6章 結論	109
6.1. 本研究から得られた知見	109
6.2. 得られた知見の実証に向けて	111
6.3. 本研究の限界と今後の展望	112
6.3.1. 内在化された社会規範の定式化	112
6.3.2. 社会規範が発生するメカニズムの解明	113
6.3.3. コミュニケーションおよび結託形成の戦略的妨害の可能性	113
6.3.4. 不平等な社会規範へのモデルの応用	114
参考文献	116
謝辞	123

第1章 本研究の目的と意義

1.1. 望ましい社会規範と望ましくない社会規範

社会規範は、社会や個人にとって常に「望ましい」ものであるとは限らない。我々人間は時として、集団で社会規範に従い、一見すると愚かなように思える行為を行う。ここでは社会規範を、『～すべき』または『～すべきでない』という行動の指針が、ある社会の成員の間で共有されている状態のこと」と仮に定義しておこう。また、「望ましさ」の意味も、ここでは仮に「社会規範を共有しているほぼ全ての人びとが、傍目から見て不幸になっているように思えること」としておく。例えば、日本の大学生の間には「一気飲み」という慣習がある。これは、飲み会の皆が見ている場で大量の酒を一気に飲み干すことである。多くの場合、一気飲みの場合では「指名された人は一気飲みを行うべきである」という社会規範が共有されている。したがって、指名されたときに一気飲みを行わなかったならば、「場を白けさせる奴だ」と非難される。その一方、うまく酒を飲み干したならば、「見事な飲みっぷりだ」と賞賛される。そして、一気飲みを煽った者にも、いつかは一気飲みをさせられる順番が回ってくる。その結果、皆で酒を飲み過ぎて二日酔いになったり、急性アルコール中毒になったりする。傍目から見ると、一気飲みのような愚かな行為はやめて、それぞれが好きなペースで飲んだ方が楽しめるように思える。また、メンバーの大半が内心では「もう止めた方が良い」と思っていた場合でも、場の「雰囲気」に流されて、一気飲みを止められなくなることもある。この卑近な例以外にも、望ましくない社会規範は枚挙にいとまが無い。例えば、いじめの場面における「いじめを止めるべきではない」という規範・非行少年の間での規範・女性器切除・名誉殺人といったものは、社会学において Unpopular Norm (Bicchieri and Fukui 1999; Centola, Willer, and Macy 2005; Willer, Kuwabara, and Macy 2009)として概念化されている。

その一方で、合理的選択理論に立脚した研究においては、「社会規範は『望ましい』ものである」ということが暗黙のうちに仮定されてきた。その象徴とも言えるものが、社会的ジレンマ状況における社会規範である。社会的ジレンマとは、社会の成員が全員で協力を行ったほうがその人々にとって望ましいにもかかわらず、個人の

水準で考えると、協力を行わない方が得な状況である。これは、個人合理性と集合的最適性が乖離する状況と言い換えることもできる。この構造を持つ社会的状況は数多く、環境問題・集合行為・政治参加・コモンズ管理・秩序問題といったものが社会的ジレンマとして考えられてきた。この概念を最初に提唱した論文が、**Garret Hardin** による「コモンズの悲劇」である (**Hardin 1968**)。コモンズとは、多くの人々が共同所有している森林・放牧地・漁場などの自然資源である。この中では、「自然資源をコモンズ（共同所有）という形態で管理すると、人びとは自分の利益を求めて自然資源を過剰利用するため、管理は失敗し、コモンズは荒廃する」ということが予言された。その後には **Dawes (1975)** によって、「コモンズの悲劇」は **N** 人囚人のジレンマ (**N-person Prisoner's Dilemma; NPD**) というゲーム理論モデルとして定式化された。**NPD** モデルにおける支配戦略は、非協力行動である。したがって、このモデルの予測が正しければ、人々は必ず非協力行動を取るはずである。

しかし、多くの現実の社会的ジレンマ状況では、多くの人びとが協力行動をとる。このことを包括的に実証したのが、2009 年にノーベル経済学賞を受賞した **Elinor Ostrom** である。彼女の仕事は、コモンズを利用する地元の人びとの間に緊密な社会関係が存在する場合、コモンズの管理をそれらの人びとに委ねたとしても、コモンズの悲劇は回避されることを明らかにしたことである (**Ostrom 1990, 2009**)。彼女以前の研究では、**Hardin** の「コモンズの悲劇」という考え方が支配的であった。つまり、政府や自治体などの公的団体が管理をするか、個人や会社に所有権を分割して市場原理に任せることの他に、社会的ジレンマを解決する方法はないとされてきた。このときに **Ostrom** は、「コモンズの悲劇」という理論と、現実のコモンズの間には、大きなギャップが存在することを指摘したのである。

社会規範は、人びとの自発的協力という理論と現実のギャップを説明する原理として、彼女を含めた多くの社会学者によって考えられてきた。自発的な管理に成功しているコモンズにおいては、ほぼ例外なく、「ルールを守って適切にコモンズを利用すべきである」という規範が人びとの間に発生している。そのため、ルールを破りコモンズを過剰利用したメンバーは、他のメンバーから非難され、悪い評判が立ち、制裁を受ける。逆に、自ら労を執ってコモンズの管理に貢献した者は、賞賛され感謝される。この社会規範のおかげで、コモンズを不適切に利用する非協力行動は顕在化せず、コモンズの荒廃は回避される。この事実を知った多くの研究者

は、次の様に考えた (Ostrom 1998)。社会規範には協力を促進する「機能」がある。ただし、社会規範が発生するためには、いくつかの条件が満たされる必要がある。それは例えば、緊密な社会関係が存在することや、集団規模がそれほど大きくないことなどである。そして、これらの条件が整ってひとたび社会規範が発生すれば、それは必ずコモンズの悲劇を回避させる望ましいものとなる、と考えたのである。

その一方で、社会的ジレンマ状況において望ましくない社会規範が発生することを疑わせる実験室実験の結果が、近年公表されている。社会心理学では、社会的に望ましい行動に対して懲罰を加える行動は **Antisocial Punishment** と呼ばれている。そして **Antisocial Punishment** は、社会的ジレンマの利得構造を与える実験室実験においても観察されているのである (Herrmann, Thöni, and Gächter 2008)。

Parks と Stone (2010) の実験結果は、**Antisocial Punishment** と社会規範の間に強い関連があることを示唆している。彼らの論文における実験デザインは次の通りである。被験者は、コンピューター上で繰り返しのある公共財供給ゲームを4人のサクラと行った。4人のサクラは、次のような行動を取るコンピュータープログラムである。まず公共財を供給せず他人が供給した公共財を収穫するだけの「利己的人間」、次が公共財を供給するだけで収穫しない「利他的人間」、そして公共財の供給と収穫を両方行うプレイヤーと、供給と収穫をどちらも行わないプレイヤーである。ゲームが終了したあと、サクラそれぞれについて再びゲームを行いたいかどうかを被験者に尋ねた。その結果、最もゲームを繰り返したくない相手として回答されたのは「利己的人間」だったが、その次に不人気だったサクラは「利他的人間」だったのである。そして、さらに驚くべきことに、「利他的人間」を避けたいと答えた理由を尋ねると、およそ3割の被験者が「供給をしたにもかかわらず収穫をしないことはおかしい」「他のプレイヤーと異なる行動をとることは間違っている」といった理由を挙げた。このことについて Parks と Stone は、「公共財の供給と収穫は同じ量を行うべきだ」という規範が発生した、と述べている。規範が発生した結果として、利他的行動は逸脱とみなされ、利他的行動をとる人に対する嫌悪の感情が生まれたというのである。

さらに、**Antisocial Punishment** と社会規範の関係を示す決定的な実験を行ったのが、Irwin と Horne (2013) である。彼らは、Parks と Stone の実験結果を「記述的規範 (Descriptive Norm)」という概念によって説明しようと試みた。記述的規範とは、

その社会の中で最も頻繁に観察される行動が社会規範の内容となる、という概念である (Cialdini, Reno, and Kallgren 1990)。もし記述的規範が発生した場合、典型的ではないとみなされる行動をとる者が懲罰を受けることになる (Willer et al. 2009)。このような規範が現実中存在することは、社会心理学者による実験室実験やフィールド実験などですでに広く知られていた。そこで Irwin と Horne は、協力（貢献）の量を 0 から 100 の連続値で選ぶことのできる社会的ジレンマ状況で実験を行った。そして被験者を、次の二つの条件に割り当てた。一つ目は、(次の述べる「例外」を除いた) サクラが 45 から 55 の範囲で協力値を選ぶ条件である。二つ目は、30 から 70 の範囲で協力値を選ぶ条件である。そして、どちらの状況においても 90 の協力値を選ぶ「例外」のサクラを用意し、これに対する懲罰に対して被験者がいくらの費用を支払うか測定した。その結果、狭い範囲でサクラが協力値を選ぶ条件、つまり 50 前後の協力値を選ぶことが「典型的である」と見なされやすい条件において、より多くの Antisocial Punishment が観察されたのである。この結果は、被験者が懲罰の費用を支払った原因が Descriptive Norm であることを強く示唆している。もし、この知見が現実の社会的ジレンマ状況に対して適用できるのであれば、一度協力が失敗して「コモンズの悲劇」が生じてしまった場合、その状況を追認する記述的規範が発生する可能性がある、ということになる。

それではなぜ、現実のコモンズ管理という場面においては、望ましくない社会規範ではなく望ましい社会規範が観察される傾向があるのだろうか。これが本研究の問いである。この問いは、もう少し一般化して、「なぜ、緊密な社会関係が存在する小集団の社会的ジレンマ状況では、望ましくない社会規範ではなく、望ましい社会規範が観察される傾向にあるのか」と言い換えても良い。ここまでに紹介した実験室実験の結果を踏まえると、現実の場面で望ましい社会規範ばかり発生することは、自明なことではない。その一方で、現実のフィールドでは、協力を実現させるうえで望ましい社会規範が大きな役割を果たしていることも事実である。これら二つの事実を矛盾無く説明するためには、次の様な理論的枠組みが必要である。それは、望ましくない社会規範が発生する可能性を理論的に排除することなく、現実のコモンズで望ましい社会規範が観察される事実を説明できるものである。そのような理論的枠組みを構築して上記の問いに答えることが、本研究の目的である。

1.2. 社会規範の定義

1.2.1. 社会規範とは何か

この問いに答える為には、まず、「社会規範」という単語を厳密に定義しておく必要がある。本研究は、Horne (2001b) の定義にのっとり、社会規範は内容 (Content) ・強制方法 (Enforcement) ・範囲 (Distribution) の三つの要素から構成され、これら全てを必ず含むものであると考える。冒頭では、社会規範とは「～すべき」または「～すべきでない」という行動の指針が社会の成員の間で共有されている状態、と述べた。この定義には、内容と範囲は含まれるが、強制方法は含まれていない。そこで、強制方法という要素を追加しよう。すると、社会規範の定義は「他者からの強制を伴う、人々の間で共有された行動の指針」となる。

内容とは、社会規範が「X すべき」と指示する行動 X である。そして、内容に合致していない行為は、逸脱とみなされる。社会規範にしたがう人は、いくつもの選択肢を目の前にしたとき、社会規範の内容に最も良く合致するものを選択するだろう。そのような人にとって、社会規範の内容は、意思決定を行うための基準を提供している。また、普段は人びとが特に社会規範を意識していなかったとしても、もしその内容と異なる行動が発生したときに強制が行われるのであれば、社会規範が存在している状態とみなす。

ところで、社会規範との合致の度合いは、離散的なものであっても良いし、連続的なものであっても良い。合致の度合いが離散的な場合とは、「A は規範に沿うが B は逸脱している」というように、遵守する行動と逸脱した行動をきれいに区別できる場合である。一方後者は、「A が最も規範に沿っているが、B は完全に逸脱しており、C はその中間である」というような場合である。どちらにせよ、社会規範の内容とは、ある行為がどの程度規範から逸脱しているのかを指し示し、次に述べる「強制」を行うための基準を与えるものでなければならない。

強制方法とは、社会規範の内容と合致しない行動を行った者は、それに対する他者の反応によって、効用が減少することである。ほとんどの場合、強制方法は、規範からの逸脱者に対する物質的・精神的な「懲罰」を行使することである。ここでいう懲罰とは、規範に従った場合に得られる効用と、従わなかった場合に得られる効用の落差である。口頭で非難する・暴力を加える・罰金を科す・いやがらせをする、といったものは、懲罰の典型例である。また、懲罰以外の「他者からの反応」

によって、効用が減少する場合も考える。本研究の第4章・第5章で論じるように、「誰か一人が逸脱すると、他の多くの人たちも逸脱する。その結果、最初に逸脱した本人も困ってしまう」という日和見的行動が、懲罰の代わりとして機能する場合もある。さらに、規範に従う者に対して好ましい「褒賞」を与えることも、一種の懲罰となる。なぜなら、仮にその人が社会規範から逸脱した場合には、褒賞を受け取ることができなくなり、やはり効用に落差が生じるためである。

範囲とは、社会規範の内容から逸脱した場合に、強制方法の対象となる人々の範囲である。したがって、強制を実行する主体は、もし強制の対象になっていない場合は、社会規範の範囲に含まれない。ただし現実の多くの場面では、懲罰を実行している人も、社会規範の強制を受けている。より正確に言えば、現実のほとんどの社会規範において、懲罰を行うことは別の社会規範の内容となっているのである。つまり、ある社会規範が存在したときに、「その内容に従わなかった人を罰さなかった人を罰する」というメタ規範 (Axelrod 1986) が存在するためである。例えばアフリカの一部地域に現存する「女性器切除（女子割礼）を行うべき」という社会規範は、女性に対してのみ強制されるものである。そして女性器切除を行わなかった女性は、結婚のための通過儀礼を行っていないと見なされ、一生結婚ができないという「懲罰」を受ける (Mackie 1996)。つまり、社会規範を強制する主体は、女性器切除を行っていない女性との結婚を忌避する男性である。そこで、仮に男性が女性器切除を行わなかった女性と結婚した場合でも、非難や白眼視を一切受けないのであれば、男性は社会規範の範囲には含まれないということになる。しかし Mackie (1996) は、女性器切除を行った女性と結婚しようとする男性は、社会的に結婚可能だとみなされていない女性と結婚してしまうことを恐れている、と指摘している。つまり、ここでの男性は、「女性器切除を行った女性と結婚すべきである」という別の社会規範を強制されているのである。それゆえ、女性器切除の例における男性は、社会規範を共有する範囲に含まれる。

女性器切除の例のように、現実の社会規範は、複数の社会規範が組み合わさって一つの（通常の意味での）社会規範を構成している場合がほとんどである。そこで以降では、「単体の社会規範」と、通常の意味での社会規範とを区別する。単体の社会規範は、狭い意味での社会規範、つまり単一の「内容・強制・範囲」のセットである。例えば、女性器切除の「単体の」社会規範の場合は、男性は女性器切除を強

制されていないため、範囲に含まれない。その一方で、単に『Xすべき』という内容の社会規範」と述べた場合は、その背後にある社会規範「群」全体を指すこととする。「Xすべき」という社会規範の背後には、その社会規範に対する強制方法を内容とするメタ規範（「女性器切除をした女性と結婚すべき」）、そのメタ規範を強制するメタ規範（「女性器切除をしなかった女性と結婚した男性を非難すべき」）、…という社会規範「群」が存在する。そこで、この社会規範「群」のうちいずれか少なくとも一つの内容を強制されている人は、社会規範「群」の範囲に含まれると定義する。そうすると、先に述べた女性器切除の社会規範における男性は、メタ規範の被強制者であるため、範囲に含まれることになる。

社会規範の定義について、「内容」と「範囲」の要素を含むという点はほぼ全ての社会学者が同意している (Horne 2001b) が、必ず「強制方法」が伴うか否かという点については議論の余地がある。その理由は、現実の社会規範の中には、強制方法が存在しないかのように見えるものが存在するためである。その代表的なものは「内在化された社会規範」(Durkheim [1912] 1915:236–245) と呼ばれるものである。つまり、外的な強制が無くとも、罪悪感や良心の呵責、または規範遵守の自明視といったものによって、社会規範の指し示す内容が守られている場合である。例えば、誰も人が見ていない屋外でゴミを投げ捨てたら、あなたはどのような気持ちになるだろうか。この論文を読むような読者の大半は、罪悪感や良心の呵責といったものを感じ、とても後味の悪い気分になるだろう。また、誰かに目撃されて非難されているような気分になる人もいるだろう。さらには、「そもそも屋外でゴミを投げ捨てるなどという非常識な行為は、考えたことすらない」という人もいるかも知れない。また、逸脱者に十分な反省や謝罪が見られる場合に懲罰を猶予するような社会規範の場合も、一見すると強制方法が伴わないかのように見えるかも知れない。つまり、他者からの反応が無いのにもかかわらず、逸脱者が自主的に反省して社会規範が守られる場合である。

しかし、内在化された社会規範や、反省によって懲罰が猶予される社会規範も、根本に立ち返ればどこかに必ず他者からの強制が存在する。例えば Parsons (1951:38) は次のように述べている。それは、内在化された社会規範——彼が言うところの「自分が自分に課す役割期待」——と、外的な強制の関係は、「明らかに相互依存적 (clearly reciprocal)」であると述べている。つまり、どちらか片方（例え

ば内在化された社会規範)にとって、もう片方(例えば外的な強制)の存在は欠くことのできない関係にある、というのである。また Coleman (1990:242) は、「内在化された社会規範は、外部からの強制によって強化学習された結果である」と述べている。つまり、内在化された社会規範を持つ人は、本人はそのことを明確に覚えていないかもしれないが、過去に必ず外的強制を受けたことがあるはずなのである。過去に行われた外的強制は、必ずしも自分に対するものである必要は無く、他人に対して行われたものでも良い。したがって、内在化された社会規範によって投げ捨てを思いとどまった人は、次のような経験を過去にしているはずである。それは、自分がゴミを投げ捨てて強い非難を受けた、自分ではない他者が投げ捨てて非難されている様子を見た、または、「仮に投げ捨てを行えば、このような非難を受けるだろう」ということを暗示するポスターを見た、といった経験である。また、懲罰の猶予が行われる場合でも、再び逸脱を繰り返したり、反省をしなかったりした場合は、必ず懲罰を受けることになるだろう。それゆえ本研究では、ある「行動の指針」が社会規範となるためには、必ず他者からの強制を伴っている必要があると考える。

では、社会規範は必ず内在化されている必要はあるのだろうか。本研究では暫定的に、内在化されていない「行動の指針」も社会規範とみなす。つまり、ある「行動の指針」が内在化されていることは、それが社会規範であることの十分条件でもなければ必要条件でもない、と考える。このことは、次のように言い換えることができる。仮に、ある「他者からの強制を伴う、共有された行動の指針」が存在したとしよう。このとき、それぞれの成員は、誰も社会規範を内在化しておらず、内心では「このような馬鹿げた行為を本当は行いたくないが、もし行わなかったら他の人から非難されるから、仕方なく従っておこう」と考えていたとしよう。このような例も、本研究では社会規範とみなす。例えば法律やルールなども、本研究の定義上は社会規範に含まれる。ただし、これは判断することが難しい問題である。第 6 章で議論するように、この問題は本研究の限界と密接に関わっており、今後の研究においてこの定義が見直される可能性は否定しない。それでも本研究では、議論を進めるため便宜的にこのような定義を採用する。

本研究では、「外的な強制を伴う行動の指針」という定義を満たすものは全て、社会規範であると見なす。例えば、日常生活で価値観・役割・文化などと呼ばれているものも、ほとんどの場合は多かれ少なかれ外的な強制が働いているため、社会規

範としての性質を帯びている。例えば「音を立ててパスタを食べることは格好が悪い」「そばは音を立てて食べる方がうまそうに見える」といった文化的な価値観は、仮に音を立てて（または立てずに）食べた場合に非難や白眼視を伴うだろう。その一方で、仮に、音を立てずに麺類を食べる人びとがその行為を他者に一切強制しようとは思わなかったとしよう。その場合に限って言えば、これは社会規範としての性質を一切持たない「純粋な」価値観だと言えるだろう。

1.2.2. 社会規範の望ましさとは何か

次に、社会規範の「望ましさ」も厳密に定義する必要がある。本研究では社会規範の望ましさを、パレート効率性または単に効率性として「緩く」定義する。パレート効率性であるとは、ある範囲の人びと全員の効用を増加させられる手段が、他に存在しないことである。そして社会規範が効率性であるとは、その社会規範の内容と強制方法が、社会規範の範囲に含まれる人びと全てにとってパレート効率性であることを指す。

この望ましさの定義は、極めて「緩い」定義である。この定義のもとでは、我々が日常言語で用いる意味では「望ましくない」社会規範も、「望ましい」社会規範にカテゴライズされてしまう恐れがある。なぜなら、極めて不平等な分配を伴う社会規範も、パレート効率性であるためである。たとえば、次のような社会規範を考えてみよう。すべての人々がある内容の社会規範に従うことによって、社会の半数の人たちの効用はわずかに増大するが、その他半数の人たちの効用は大きく減少するとしよう。この例としては、ジェンダー規範を考えると良いだろう。ほとんどのジェンダー規範は、パレート効率性であるが、不平等である。つまり、パレート効率性という意味では「望ましい」が、多くの人の直観的な意味では「望ましくない」のである。その意味でこれは、問題を含んだ定義であり、本研究の限界でもある。

このような定義を本研究であえて用いる理由は、二つの理由による。一つ目は、本研究が扱う社会的状況に限れば上記の問題は顕在化しない、という消極的な理由である。本研究では、社会の成員が等質な場合の社会的ジレンマ状況を分析している。このモデルでは、ほぼ平等な分配を行う社会規範が均衡として実現する。この場合に限れば、パレート効率性と通常我々が考える「望ましさ」の間の乖離は少ないだろう。

二つ目は、とりあえず「望ましさ」の基準としてパレート効率性を採用することによって、「パレート効率性と社会規範の安定性に関連がある」というインプリケーションを導くことができる、という積極的な理由である。本研究のモデルからは、少なくともパレート効率的ではない社会規範は、安定した均衡とはならないことが言える。そこで今後、もし「不平等な社会規範も、パレート効率的ならば安定してしまう」ということを明らかにできれば、不平等な分配を伴う社会規範に対して、理論的にアプローチすることが可能になるだろう。現実には、パレート効率的ではあるが不平等な社会規範は多く存在する。そして、そのような社会規範の多くは、例えばジェンダー規範やインドのカースト制度のように、根絶させることが難しいのである。これらを扱うことは本研究の範囲を超えるが、第6章で言及するように、今後はうまく応用できる可能性がある。

1.3. 本研究の理論的枠組み

前節で述べた社会規範の定義は、本研究で用いる理論的枠組みにおいて、重大な意味を持っている。本研究は、社会規範を強制方法の存在によって定義をした上で、合理的選択理論に基づいた数理モデルを構築する。ところが従来の合理的選択理論は、社会規範を内容によって定義しており、前節の定義とは異なっている。例えば Elster (2011) は、「社会規範とは、必ず人間の行動を変化させるものである。つまり、仮にそれが存在しなかった場合には別の行動が行われる」と述べている。また Coleman (1990:249–255) は、「行動を変容させることによって社会の成員の効用が増大するという『需要』の存在が、社会規範が発生するための前提条件である」と述べている。彼らは、社会規範の内容として、社会的ジレンマ状況における協力行動のようなものを想定している。そして、規範や制度が存在しなければ人びとは非協力行動をとるが、社会規範が存在すれば行動が変化して協力が行われる、と考えているのである。しかし本研究では、仮にその社会規範が消滅したとしても、人びとの行動が変化しない場合もありうると考える。それは例えば、記述的規範である。記述的規範は、人びとが現在行っている行動を変化させるものではないが、本研究における社会規範の定義（「他者からの強制を伴う、社会の成員の間で共有された行動の指針」）を満たしている。この点が、従来の合理的選択理論の定義と異なる点である。

しかしそのようにすると、これまでの合理的選択理論のように、小集団の社会的ジレンマ状況において協力が発生する現象をシンプルに説明することができなくなる。従来の合理的選択理論の枠組みでは、社会規範は人びとの行動を変化させるものであり、(いくつかの例外は存在しても) 効率的なものであった。そのため、「どのようなメカニズムで社会規範が発生するのか」ということさえ説明できれば、協力現象は説明できたことになる。しかし、この仮定を放棄してしまうと、従来のような単純な図式で説明することができなくなってしまう。

そこで本研究では、「プレイヤー間でコミュニケーションが可能な状況では、非効率的な社会規範はたやすく崩壊してしまうが、効率的な社会規範だけは生き残ることができる」という数理モデルを構築する。全ての社会規範は、もし一人で逸脱を行った場合には、強制が行われて不利益を被る。非効率的な社会規範の場合でも同様に、誰か一人が「このような社会規範は変えたい」と考えて逸脱をした場合は、懲罰によって不利益を被ってしまう。ところが成員間の自由なコミュニケーションが可能な場合は、「結託による逸脱」が可能になる。結託による逸脱とは、多人数でタイミングを合わせて行動を変更する行為である。そして、徒党を組んで結託による逸脱を行った場合、非効率的な社会規範のみが不安定になる。このときに、利他的な動機を持つものが現れたり、拘束力のある約束を行ったりする必要はない。必要なことは、それぞれの効用を増加させたいという利己的な動機に基づいて、多くの人びとがタイミングを合わせて行動を変化させることだけである。そうすることによって、非効率的な社会規範は崩壊してしまうのである。その一方で、協力行動を促進する効率的な社会規範は、不安定にならない。なぜなら、大人数で逸脱したとしても、非協力者が増加することによって結局全員が損をしてしまうためである。徒党を組んで逸脱しようと試みたとしても、必ず失敗に終わり、効率的な社会規範が遵守されている状態に再び戻るのである。その結果として、あたかも効率的な社会規範ばかりが発生しているかのように見えるのである。

しかし、このようなモデル構築を考えた場合は、次の二つの懸念が考えられる。一つ目は、「本研究の問いに答えるうえで、『社会規範とは人々の行動を変容させ、協力行動へ導くものである』という従来の合理的選択理論の仮定を置いたままの方が、より良い分析ができるのではないか」というものである。非協力行動を強制する社会規範は、現実の場面ではほとんど見られない。そのようなものは分析を行う

対象から除外した方が、シンプルで切れ味の鋭い理論モデルを構築できるだろう。その意味で、本研究のアプローチが従来のものよりも複雑になっていることは、認めなければならない。

二つ目のあり得る懸念は、従来の合理的選択理論の仮定を放棄した場合、そもそも分析することが技術的に可能なのか、という疑問である。従来の研究のように、「社会規範は行動を変容させるものである」という仮定を置けば、解くべき問題を簡単にすることができる。なぜなら、「なぜ、非協力行動を推奨する社会規範は発生しないのか」という問題は無視して、「なぜ社会規範が発生するのか」ということに答えるだけで済むためである。そして、従来の（行動変容の仮定を置いた）研究をレビューすれば、後者の問いに答えるだけでも困難な仕事であることが分かる。他方、社会規範の内容に一切の仮定を置かずにコモンズにおける社会規範を説明することは、余計な理論的困難を抱え込むことになる。行動変容の仮定を緩和したとしても、多くの困難を伴う割に得るものは少なく、それどころか理論モデルのシンプルさを失うという結果になるのではないだろうか。

1.4. 本研究の意義と限界

本研究は、これらの考えを明確に否定したい。この仮定を放棄する理由は、以下に挙げる三つである。そしてこれらはそれぞれ、本研究の意義と対応している。

一つ目の理由は、第2章で議論するように、この仮定を放棄することは社会学における理論的混乱を解消することに貢献できる、というものである。これまでの社会学において、社会規範の発生メカニズムの解明は重要な課題であった。ところが、そもそも発生メカニズムが解明できるのか、ということに関して、学説は大きく二分されてきた (Hechter and Opp 2001:394-396)。一つの見方は社会規範の発生メカニズムを説明できると結論付ける合理的選択理論であり、もう一方は説明が不可能であると結論付けるシンボリック相互作用論である。二つの異なる主張が行われている原因は、それぞれの学説において、「社会規範とは何か」という定義が異なっていることにある。

合理的選択理論は、個人の行為の外部性を内在化するという機能によって社会規範を定義する。つまり、ある行為に関する社会規範が発生する前提条件は、その行為を禁じた（または促進した）ならば効用が増加する人びとが存在することである

(Coleman 1990)。この立場に立てば、行為の外部性に着目することによって、社会規範の発生メカニズムを説明できるはずである。そしてその証左とされたのが、コモンズ管理における望ましい社会規範である。その一方でシンボリック相互作用論の説明は、どちらかといえば望ましくない社会規範の存在と整合的である。この立場に立つ論者は、ある特定の行為 X に対して「X すべき」という「意味」や「期待」が付与された状態として、社会規範を定義する (Blumer 1969)。それゆえ、社会や集団の歴史的背景次第では、あらゆる行為が社会規範としての「意味」を帯びうると考える。この立場に立つ論者は、社会規範が発生する普遍的な条件を特定することは不可能であると考え。そして、社会規範が維持・強制され、変化してゆく過程のみを研究するべきであると主張する。

従来の研究は、コモンズ管理のようにある特定の内容を持った社会規範ばかりが発生する状況と、多様で予測不能な社会規範が発生する状況とを、それぞれ異なる理論的枠組みによって研究してきた。しかし、これら二つの状況の境界を明確に線引きする手段が無かったため、研究者たちは自分が感情的にコミットする立場に基づいて「過度な一般化」を行っていた。つまり、本来は多様で予測不能な社会規範が発生するにもかかわらず、ある特定の内容を持つと誤って主張したり、またはその逆を行ったりしたのである。例えば合理的選択理論の論者たちは、非行を奨励する社会規範を不良少年たちが共有している場面を見て、「自分たちのグループというアイデンティティ」という「公共財」が存在する、と主張するだろう。またシンボリック相互作用論の論者たちは、コモンズ管理のように法則性を持って効率的な社会規範が発生している場面を見たとしても、そこに「意味」や「シンボル」のやりとりを見出し、自らの理論の正当性を主張することだろう。

しかし本研究のアプローチでは、「他者からの強制を伴う、ある社会で共有された行動の指針」という統一された定義を用いつつ、二つの状況を区別する理論モデルを提示する。この理論モデルでは、多様で予測不能な社会規範が存在しうる状況が「基本」である。ただし、ある条件が揃うと、ある特定の内容を持った社会規範ばかりが発生する「特殊」な状況になる。これら二つの状況を区別するアプローチを提示することによって、不毛な縄張り争いを回避することができる。

二つ目の理由は、社会規範の内容について仮定を置かずとも、社会的ジレンマ状況で発生する社会規範を分析することは技術的に可能である、ということである。

ここではゲーム理論における繰り返しゲームのモデルを用いる。ただし本研究の目的を達成するためには、ゲーム理論でこれまで開発されてきた道具箱に、いくつか新しい道具を追加する必要がある。第3章ではこの技術的な問題を解決するが、これはゲーム理論に対する本研究の貢献となる。

三つ目の理由は、社会的ジレンマにおける協力現象について、従来の研究とは異なるインプリケーションを導くことができる、ということである。モデルを複雑にする場合は、そのデメリットを補っても余りある収穫を得なければならない。そこで本研究では、社会的ジレンマ研究において未解決な問題だった二つの問いに答える。一つ目は、第4章における「なぜ、コミュニケーションが社会的ジレンマを解決するのか」という問いである。第4章のモデルは、繰り返しのある単純なN人囚人のジレンマである。これは、プレイヤーたちは協力行動か非協力行動のどちらかしか選ぶことができないために、協力が難しい状況と考えることができる。なぜなら、社会規範を強制する手段が、「あなたが協力しなければ私も協力しない」という方法だけしか無いためである。このモデルは、コモンズ管理という文脈で用いられると同時に、例えば二酸化炭素排出削減を巡る多国間交渉などの文脈でも広く用いられてきた (Asheim et al. 2006; Barrett 1999)。この状況では、結託による逸脱が可能な場合、次の様な問題が発生する。それは、一度に非協力行動を取ることができるプレイヤーの人数も制限されてしまう、というものである。つまり、多くのプレイヤーが「もし誰かが非協力をしたら（懲罰として）自分も非協力をしよう」と考えていたとしても、実際に誰かが非協力行動を行った場合に、公共財がひどく劣化してしまうことを恐れて、結局結託して協力行動を取ってしまう誘因が存在するのである。第4章では、そのような制約が多い状況を考えてとしても、いくつかの条件が満たされれば、効率的な社会規範を維持することが可能なことを示す。

もう一つの問いは、第5章における、「なぜ、非協力者を罰する『費用の伴う懲罰 (Costly punishment)』は、社会的分業を伴って実行されるのか」という問いである。第5章のモデルは、費用を支払うことによって他者に損害を与える懲罰が可能な状況である。このモデルは、第4章のモデルよりも協力が達成されやすいと同時に、現実の多くの社会的ジレンマ状況により近いものであると考えられる。この状況では、強力な強制方法を用いることができる分、より非効率的な社会規範が維持されてしまう可能性もある。そこで第5章では、結託による逸脱が可能になった場合は、

全員が参加する厳しい懲罰は実行できないことを明らかにする。そしてこの点は、従来のモデルでは十分に説明できなかったことである。以上の第4章と第5章の内容が、本研究のモデルによって新たに説明できた現象である。

ここまで本研究の意義を述べてきたが、本研究のアプローチの限界も、ここで指摘しておきたい。それは、本研究が説明しているものが、効率的な社会規範の発生メカニズムではなく、崩壊するメカニズムとなっていることである。本研究の説明は、次のようなものである。それは「相互にコミュニケーションが可能な社会的ジレンマ状況においては、効率的な社会規範のみが存続できる。そのため、その発生メカニズムは分からないが、もし現実社会に社会規範が発生しているとしたら、それは効率的な社会規範以外にはありえない」という消去法的な説明である。本研究は、「コミュニケーションが可能な集団においては、効率的な社会規範も同時に観察される傾向がある」という一般的傾向の説明は可能である。しかし、効率的な社会規範が発生する過程でどのような因果的な連鎖が起きるのかという発生メカニズムは、ほとんど明らかにできない。そのために例えば、効率的な社会規範が発生するまでにどれくらいの時間がかかるのか、その途中でどのようなことが付随して起きるのか、といったことは分からない。この点は、最終章で改めて議論するように、今後に残された課題である。

1.5. 本研究の構成

本研究は、以下のように構成される。まずこの第1章では、本研究が答えようとする問いと研究方法、さらにその意義について、概要を述べた。第2章では、社会学において社会規範がどのように研究されてきたかを概観し、どのように社会規範を定義すべきかを検討する。第3章では、ゲーム理論を用いてコモンズ管理に限らない社会規範一般を定式化し、社会規範の発生メカニズムを説明できる場合とできない場合の境界を明確にするための数理モデルを構築する。そして、コミュニケーションによって経路依存的な社会規範が不安定化することを証明する。ただし、本研究のアプローチでは、効率的な社会規範が全てのゲームにおいて不安定化しないことを網羅的に証明することはできない。それゆえ、個別具体的なモデルについて、コミュニケーションが可能な状況においても効率的な社会規範が維持されることを証明する必要がある。そこで第4章では、N人囚人のジレンマにおいて、効率的な

社会規範が実現されることを示す。そしてそのことを通して、コミュニケーションが社会的ジレンマを解決するメカニズムを定式化する。次の第5章では、コストを支払うことで懲罰が実行できる社会的ジレンマ状況において、効率的な社会規範が実現されることを示す。このことによって、いわゆる二次のジレンマ問題（全員が懲罰のコスト支払を忌避し、協力を実現するために必要な懲罰が実行されない問題）が解決されるメカニズムを定式化することができる。最後に第6章では、本研究から得られた知見をまとめ、実証研究で検証可能なインプリケーションを提示する。

第2章 社会規範の効率性と経路依存性

2.1. 社会規範の発生メカニズムは説明できるのか？

2.1.1. 社会学の中の社会規範

社会規範は、社会学の草創期から研究されてきたテーマである。ところがその発生メカニズムを明らかにする試みは、比較的最近始まったばかりである。Coleman (1990:242) は、彼以前の社会理論における社会規範は、マクロ水準とマイクロ水準の理論的断絶を無理矢理つなぐための「救いの手 (deus ex machina)」として扱われてきた、と批判している。たとえばウェーバーは、人間行動においてその人の価値観が果たす役割を強調したが、その価値の形成を説明するうえで社会規範を登場させている。たとえば『プロテスタンティズムの倫理と資本主義の精神』においても、社会規範というマクロな存在から個人の価値観が影響を受けている様子が描かれている (Weber [1930] 2001)。またデュルケームは、『自殺論』の中で、集団が個人に行きわたる拘束力に着目し、それが自殺という社会現象に対して与える影響を分析した (Durkheim [1897] 1951)。この拘束力も、社会規範と重なるマクロ水準の概念である。またパーソンズ (1937) は、単なる個人の集まりに過ぎない集団が、集団というマクロな水準において発生する共通の価値、つまり社会規範が共有されることによって、個人は社会システムの一部に組み込まれることを主張した。このように社会規範は、社会全体の動態から個人の行動を説明するための「お手軽な道具」として利用されることはあっても、それ自体が発生するメカニズムが注目されることはほとんど無かった。

ところで、パーソンズ以降の社会学において社会規範それ自体の研究が行われるようになったものの、肝心の点についてコンセンサスが無い。それは、「そもそも社会規範の発生メカニズムは説明できるのか？」という問題である。相反する立場にあるのは、合理的選択理論とシンボリック相互作用論である。後に議論するように、合理的選択理論は、行為の外部性によって社会規範の発生メカニズムを説明できると考える。一方でシンボリック相互作用論は、社会規範は多義的であいまいで経路依存性であるため、一般的な法則性の説明は不可能であると考え。では、どちらの主張が正しく、どちらの主張が誤っているのだろうか。また、これまでの論争を

踏まえて、我々はどのような理論的枠組みを考える必要があるのだろうか。この問いに答えて、社会規範を扱う理論的枠組みが満たすべき条件を明らかにすることが、本章の目的である。

2.1.2. 社会規範の発生メカニズムの説明と記述

ここでまず、社会規範の発生メカニズムを説明するということがどのようなことなのか、整理しておく必要がある。第1章で述べたように、発生メカニズムを説明するということは、ある原因によって社会規範が発生する因果的な連鎖を説明する、ということである。例えば女性器切除の社会規範が発生したメカニズムに関して Horne (2001a) は次の様な仮説を提示している。それは、女性が男性に経済的に依存している社会の男性は、女性をコントロールする手段を持つと同時に、自分の子孫を残すために女性の「背信」をコントロールすることが必要となる、というものである。これは、「男性は自分の子孫を残せる確率を最大化するよう行動する」という仮定に基づいている。この仮定のもとでは、自分とは血縁の無い子どもを「誤って」育ててしまった場合、男性は大きな損失を被ることになる。そして、男性側にこの損失を回避したいという「需要」が存在するために、女性器切除という社会規範が発生した、というのである。この仮説は、「自分の子孫をより多く残そうと行動する」という個人の行動原理が原因となって、「女性の経済的依存」という社会構造を媒介し、女性器切除の社会規範という結果を生じさせる、という因果的連鎖を説明している。

「社会規範の発生メカニズムを説明する」ということは、「なぜ、ある社会規範がそのような内容・強制方法・範囲を持つのか」を説明することでもある (Horne 2001b)。つまり、社会規範の発生メカニズムを説明できたならば、「なぜ、そのような社会規範の内容が指し示されているのか」「なぜその強制方法によって規範が維持されているのか」「なぜ、ある人びとはその社会規範を共有しているのか」という一般的傾向も説明できたことになる。ここで、女性器切除の例を再び登場させよう。女性が経済的に自立している社会では、自分と血縁が無い子どもを育ててしまった場合の男性の損失は、相対的に小さくなる。なぜなら、子どもの養育コストは、男性だけでなく女性も支払うためである。そうすると、「自分の子孫の最大化」という原因と、「女性器切除の社会規範」という結果の間にある因果的連鎖が切断されてし

まう。したがって、女性が経済的に自立している社会ほど、女性器切除のような「貞淑さへのコミットメント」を要求する社会規範は発生しにくい、という一般的傾向が予測できるはずである。そして Coleman (1990) が指摘するように、社会規範の発生メカニズムに焦点を当てた研究は、近年になるまで行われてこなかった。つまり従来の多くの研究は、ある内容・強制方法・範囲を持つ社会規範の存在を所与として、その規範が社会の中で持つ影響を明らかにすることに専念してきたのである。

一方、発生プロセスの記述は、ある社会規範に限定された歴史的経緯である。例えば、音を立ててそばを食べる文化的規範に関して、「江戸期の庶民階級の間では、経済的に優越する上流階級の人びとに対して反発して逆の行動を取り、その結果音を立てて麺類を食べる社会規範が広まった」という「説明」が行われたとしよう。この場合は、単に時間的な前後関係を記述しただけであって、因果関係を主張しているわけではない。したがって、この説明はその社会においてのみ意味がある。つまり、他の国の庶民階級を観察したとき、上流階級の作法と同じ食事様式が社会規範となっているかも知れないし、またはそもそも麺類の食べ方に関する社会規範が発生しないかも知れない。しかし、仮にそうであったとしても、「江戸期の庶民文化が規範の発祥である」という社会規範の発生プロセスの記述に対して、何ら異論を差し挟むものではない。このように、発生メカニズムの説明は一般的傾向の予測も行うことができる分、発生プロセスの記述よりも、一歩踏み込んだ強い説明であるといえる。

ある社会規範を目の前にしたとき、その発生メカニズムまで説明できるのか、それとも発生プロセスの記述で満足すべきなのかという問題は、曖昧なままにしておくべきではない。なぜなら、誤った仮定の下で研究を行ってしまった場合、次に述べる二つの問題が発生するためである。一つ目のパターンは、社会規範の発生メカニズムの説明は可能であるにもかかわらず、説明はできないと誤って結論付けてしまう場合である。この場合、発生プロセスの研究に終始する研究者は、本来は実り多い研究ができたはずであったにもかかわらず、そのチャンスを逃すことになる。逃したチャンスの中には、社会的ジレンマを解決させるための処方箋や、望ましくない社会規範を解除させる方法といった、人類の幸福を大幅に増進させるものが含まれるかもしれない。二つ目のパターンは、本当は発生メカニズムの説明は原理的に不可能であるにもかかわらず、説明は可能だと誤って判断してしまった場合であ

る。この場合、仮に発生メカニズムの説明が行われていたとすれば、それらは全て誤っていることになる。つまり、今ある理論やモデルは誤った予測を吐き出し続けしており、政策的な意思決定に有害な影響を与えたり、人々に間違った自己認識や社会観を植え付けたりしていることになる。発生メカニズムの説明が不可能ならば、我々社会学者は発生プロセスの記述までで満足しなければならない。そうすればその研究は、害を生み出すことなく、ささやかではあるが利益をもたらすだろう。それは例えば、社会規範の経緯を知ることによって、今ある社会規範を多少深く理解できることも知れない。また、過去にどの程度変遷があったか調べることによって、逸脱しないためにはどのように振る舞えばよいか、仮に逸脱したらどのような目に遭うのか、学習することもできるだろう。このように、ある社会規範を研究するにあたって、その発生メカニズムが説明可能か否かという問題に決着をつけることは、避けては通れない問題である。

では我々は、どちらの主張を受容すべきなのだろうか。本研究の主張は、「どちらの場合もありうるため、研究対象とする社会規範がどちらに属するのかを区別できる厳密な手続きを考えなければならない」というものである。つまり、発生メカニズムが説明できる場合とできない場合を、厳密に区別する理論を構築すべきなのである。では、なぜ厳密な手続きが必要なのだろうか。言い換えれば、なぜ研究者が自分の好みで判断をしてはならないのだろうか。その理由は、社会規範とは歴史的経緯次第でとらえどころ無く変化するものなので、自分が感情的に与する立場に都合良く解釈できてしまうためである。特にこの問題は、本章の次節で議論するように、発生メカニズムの説明を志向する研究者が気をつけなければならない問題である。

二つの場合を区別する理論を構築するためには、まず、統一された社会規範の定義が必要である。なぜなら、ケースバイケースで別々の定義を与えた場合、そこに研究者の主観が入り込む余地が存在するためである。もし、発生メカニズムが説明できる場合の社会規範の定義と、説明できない場合の社会規範の定義が、異なるものだったとしよう。そうすると、二つの場合を区別することは、結局「どちらの定義を与えるのか」という問題になってしまい、結局研究者が自分の好みで判断できてしまうためである。そしてこのことこそが、合理的選択理論とシンボリック相互作用論で議論がかみ合わなかった原因である。合理的選択理論は「人びとの行動を

変容させ、協力行動を促すもの」として社会規範を定義し、シンボリック相互作用論は「人びとの間で共有された行動の期待」として定義する。しかし、社会規範の発生メカニズムの説明可能性を判断する理論を構築するためには、研究者の個人的好みが入り込む余地が無いように、どちらか片方の定義で統一しなければならない。

そこで本章では、以下のような構成で、これら二つの理論の接合点を探る。まず第1節では、社会規範の発生メカニズムを明らかにしようとしてきた合理的選択理論の研究を概観する。この中では、合理的選択理論において、社会規範は個人の行為の外部性を内在化させるという機能によって定義されていることを確認する。続く2節では、社会規範は文脈依存的であるために発生メカニズムの説明は原理的に不可能である、と主張するシンボリック相互作用論を検討する。そのうえで第3節では、新制度学派の手法を検討し、シンボリック相互作用論が主張する社会規範の定義を、ゲーム理論モデルによって定式化する方法のヒントを得る。4節では、本章の結論として、合理的選択理論はシンボリック相互作用論の主張を受け入れ、「行為の外部性を内在化するものが社会規範である」という定義を放棄することが必要であることを主張する。そしてこの議論を踏まえて次章では、社会規範の発生メカニズムを説明するための具体的な理論的枠組みを提示する。

2.2. 従来の研究と社会規範の発生メカニズム

2.2.1. 合理的選択理論による社会規範発生メカニズムの説明

合理的選択理論における社会規範発生メカニズムの研究は、パーソンズの理論における社会規範概念に対して、ミクロ的基礎付けを与えるかたちで発展してきた。パーソンズの理論において社会規範は、社会の安定化機構としてアприオリに仮定されていた。社会規範が存在しない社会では、個々人がバラバラな目的を持ち、社会秩序が成立しない。そこで、社会の成員に対して共通の目標と価値を与える機能を持った社会規範が発生することによって、社会統合が実現される、と仮定されている。しかし、彼の理論の中では、個々人の間でなぜ社会規範が発生するのか、という疑問に解答が与えられていない(盛山 1991)。そこで、方法論的個人主義に立つ合理的選択論者は、行為の外部性によって、社会規範における行動基準を特徴付けようとしてきた。ここでいう外部性とは、個人の合理的な行動が他の人びとに害を及ぼし、また逆に、個人の自己犠牲的な行動によって他の人びとに利益をもたら

すことである。前者は負の外部性、後者は正の外部性である。行為の負の外部性が存在する状況は社会的ジレンマ状況であり¹、正の外部性が存在する状況が公共財問題である。合理的選択理論の議論に従えば、ある行為に負の外部性がある場合は「その行為を行うべきではない」という社会規範が、正の外部性がある場合は「その行為を行うべきである」という社会規範が発生する。言い換えれば、他者に害を及ぼす行為に対しては罰が与えられ、利益をもたらす行動には賞賛が加えられるようになる。そうすると、他者への害は罰として、益は賞賛として、行為者へフィードバックされるようになる。このことは、社会規範による外部性の内在化（internalization）と呼ばれる。そして、行為の外部性は社会規範の「需要」となり、その需要は外部性が内在化されることによって満たされ、全員の効用は増大する（Coleman 1990: 249-255）。この効用増加が社会規範を発生させる「誘因」となり、その結果として社会規範が発生するのである²。

ただし、個人の行為に外部性が存在することは、社会規範が発生するための前提条件に過ぎない。つまり、行為の外部性が存在し、かつ、規範の強制が実行可能な場合にのみ、社会規範は発生するのである。したがって、外部性が存在する行為があったとしても、必ずその行為に対する社会規範が発生するとは限らない。そこで合理的選択理論のミッションは、行為の外部性が存在するという前提のもとで、規範の強制が発生するメカニズムを明らかにすることだと考えられてきた。

合理的選択理論のモデルでは、ほぼ全てのモデルで「行為の外部性が社会規範発生的前提条件である」という枠組みが貫かれているといっても過言ではない。先行研究のモデルは、アクターの仮定に応じて、二つに分類することができる。ひとつ目は、狭義の合理的個人を仮定したモデルである。このモデルでは、自らの効用を最大化する意思決定によって、社会的規範が発生すると考える。社会規範の需要が存在する状況で、合理的な個人は次のように考える。それは、社会規範を作って遵守した方が互いの効用を増進させると考えて、社会規範を合理的に作り上げるのである。このような仮定のモデルは、Coleman の他にも Voss (2001) などがある。二つ

¹ 厳密に言えば、定義の方法によってはこの対応関係が成立しない場合もありうる。例えば、社会的ジレンマの定義を広くした場合、公共財問題も含まれる。ただし、本研究では正の外部性と負の外部性を区別しないため、この議論には立ち入らない。

² 調整ゲームにおいて成員がバラバラの行動を取ることによって効用が低下することを防ぐ、という社会規範もある(Horne 2001b)。

目は、広義の合理性を考え、進化的な適応度として効用を考える場合である。ここでは、自然選択か学習が行われることによって、社会規範を作らない個人や従わない個人は存在しなくなる、というものである。最後通牒ゲームにおける平等分配規範を確率進化ゲームの確率的安定均衡として定式化した Binmore and Samuelson (1994) は、社会の成員が高度な計算能力を持たない場合であっても、進化という一種の最適化によって、社会規範が形成されうることが議論した。また Axelrod (1997) は、N 人囚人のジレンマ状況において、非協力者に対する懲罰を怠った者にも懲罰を加えるという「メタ規範」を考えることによって、進化的学習を行うエージェント間で社会規範が発生することを示した。また、集団間での自然選択や競争を考えるモデルもある。このモデルでは、社会規範を形成した集団の成員は形成しなかった集団の成員よりも高い適応度が得られる、という群間競争を仮定する(Boyd et al. 2003)。そのため、社会規範を形成した集団は、他の集団を淘汰していくか、または他の集団から社会規範という制度を模倣される。いずれにせよ、社会規範は行為の外部性を内在化する機能を持っている、という仮定は、全てのモデルや理論に共通している。そして図 1 に示すように、社会規範が存在しない状況から、外部性を内在化する社会規範がどのようなメカニズムで発生するのか、ということを説明しようとしている。そしてこの部分にだけ、モデルごとに独自のアイデアが盛り込まれる。しかし、「無規範状態から効率的規範へ」という大きな枠組みは、全てに共通しているのである。

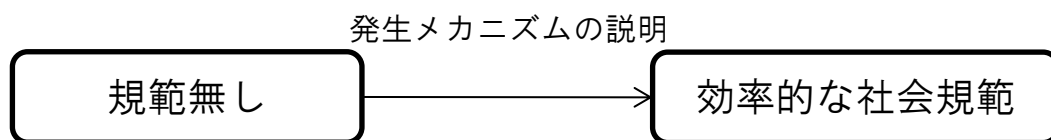


図 1 合理的選択理論の理論的枠組み

合理的選択理論のモデルは、社会規範の発生メカニズムについて、一つの説明を提示している。まず社会規範の範囲は、次のようなものとなるはずである。それは、行為の外部性が相互に及び、かつ規範の強制が実行可能な範囲である。ここでコモンズを例に考えてみよう。規範の範囲は、同じコモンプール資源が利用可能で、か

つ互いに監視と懲罰が可能な人びとの間となるはずである。次に強制方法については、社会規範から逸脱した個人の効用や適応度を下げるという脅しや懲罰となるはずである。またに内容については、行為の外部性を内在化させるものとなるはずである。コモンズの文脈に戻れば、そこで観察される社会規範は、コモンプール資源を持続可能な形で適切に利用することを指示しているはずである。

しかし、社会規範の内容が外部性を内在化していない場合は、合理的選択理論によって説明することができない。つまり、望ましくない社会規範や記述的規範を説明できないのである。この点に関して Coleman (1990:257-259) は、服装に関する規範や食事の際のエチケットのような、一見すると外部性が存在しない行為が社会規範の内容となっている場合について、次のように述べている。これらの社会規範を集団の成員全員が守った場合、内集団と外集団を区別することが可能になる。そのため、内集団の連帯やアイデンティティが公共財のような効果を持ち、正の外部性が存在する、というのである。

しかしこの説明には、二つの問題がある。一つ目の問題は、連帯が成員に対して常に便益をもたらすとは限らない、というものである。たとえば山岸 (1999) は、凝集性の高い内集団を作りその中にとどまることには、高い機会費用が伴う場合があることを指摘している。つまり、内集団と外集団の区別を行うことによって、成員の利益が増加するとは限らないのである。また、最小条件集団パラダイム実験の結果も、集団のアイデンティティが公共財となっていることに疑問を投げかける。最小条件集団パラダイム実験とは、客観的に見ると無意味な方法で集団の線引きを与えた場合でも、内集団と外集団の区別が形成されることを示したものである (Tajfel et al. 1971)。この実験は、個人に利益をもたらすか否かということと無関係に内集団の境界を設定されることを示唆している。つまり人間は、集団の連帯やアイデンティティは実際よりも大きな価値があるものだと考えてしまう、認知的バイアスを持つのである。

二つ目の問題は、「公共財」という概念が新たな *Deus ex Machina* となってしまう、というものである。つまり、説明したい社会規範に対して、それぞれ都合の良い「公共財」という概念を持ち出すことができってしまう、という問題である。このことは、「なぜ、人びとは集団の連帯やアイデンティティをあたかも公共財であるかのように勘違いしてしまうのか」という新たな問いを生み出す、ということでもある。

る。例えば仮に、集団の連帯やアイデンティティを維持することは、客観的に見て成員の利益を増加させていなかったとしよう。このとき、人びとはなぜ、「集団の連帯やアイデンティティは公共財のようなものである」という信念を誤って持ってしまったのだろうか。この問いに答えなければ、社会規範の発生メカニズムの説明を、別の問いへ先送りすることになってしまう。このように合理的選択理論が置く「外部性の内在化」という社会規範の定義では、コモンズにおいて発生するような社会規範はうまく説明できるものの、非効率的な社会規範に関しては説明が困難である。

2.2.2. シンボリック相互作用論による批判

シンボリック相互作用論が考える社会規範は、合理的選択理論による社会規範の説明と真っ向から対立する。そして、シンボリック相互作用論の社会規範の定義のもとでは、非効率的な社会規範を容易に説明することができる。このことを確認するために、以下ではシンボリック相互作用論の主張を概観しよう。

シンボリック相互作用論において社会規範は、本研究と同様に、社会規範の内容に制約をかけない形で定義される。Blumer (1969) は、人間は次のような原理に基づいて生きていると考える。まず、①人間はものごとが持つ「意味」に基づいて行動する。次に、②その意味は社会の中の相互行為によって作られる。最後に、③その意味は主体的に「解釈」され、場合に応じて変更されたり修正されたりする。この原理にしたがえば、社会規範とは、相互作用が行われている場において発生する、ある特定の行動をとる（行わない）ことの「期待」である(Fine 2001:143)。さらに踏み込んだ Goffman (1959)は、社会規範を他者からの（物的またはシンボリックな）報償と罰によって維持されるものと考えている (Fine 2001:144)。これに従えば、社会規範は「X すべき」という他者からの期待と、相互作用の場における報償と罰という強制方法によってのみ定義されるため、X の中身はどのようなものであっても構わない。この点は、他の理論と大きく異なっている。例えば合理的選択理論は、客観的な個人的便益やコストによって、遵守行為と逸脱行為が規定され则认为た。また、パーソンズの理論では、社会全体の統合を促進する行為が「遵守」であり、解体を促進する行為が「逸脱」であった。しかし、シンボリック相互作用論では、そのような客観的な規定因が存在しないと考える。つまり、ローカルな場で行われる相互行為次第では、規範の共有者全員の効用を減少させる内容の社会規範が生じ

ることもありうるし、社会の統合を促進しない内容の社会規範が生じることもありうる。

強制方法によって社会規範を定義するということは、全ての社会規範が、自らの存在を維持させる強制力を多かれ少なかれ必ず持つことを意味する。一度ある社会規範が発生すれば、その社会規範から逸脱したり変革したりしようという行動は、実行されにくくなる。本研究ではこのことを強制と呼ぶ。強制は、その社会規範の性質によって、強い場合もあれば弱い場合もある。「他者からの期待」を裏切ったときに、他者からそれほど否定的な反応を受けない場合は、強制は弱いと言える。しかし、Goffman が考えるような、懲罰を伴う社会規範の場合の強制は相対的に強いだろう。また、強制が加えられる対象の行動や、その強制の加え方は、「再解釈」や「論争」が行われる余地が残されており、変化するものである。したがって、シンボリック相互作用論の立場に立つエスノメソドロジーは、フィールドにいる人びとが規範を受け入れることだけでなく、積極的に「創造」していくことにも関心がある（山田 2002:165）。その場合でも、一度意味（社会規範）が共有されると、それを変更する際に何らかの抵抗力が発生する。

シンボリック相互作用論の特徴は、社会規範を強制方法によって定義するがゆえに、ある社会規範の背後にある個別の文脈や歴史を重視する点である。例えばエスノメソドロジーは、現実の社会現象の個別性を強調する「個性原理」を重視する。その結果として、質的調査においては相互行為のプロセス自体を観察して記述することが行われる。なぜならば、相互行為を通して構築される社会的現実は、「二度と同じ組み立てられ方はしない（草柳 2002:127）」ためである。また Fine (2001:161) は、社会規範は文脈に依存して存在するがゆえに「あいまいさ (Ambiguity)」を含む、と述べている。ある社会の成員が「X すべきである (すべきでない)」という意識を共有していれば、それは全て社会規範である。当然、その内容は一切問わない。そして、その程度に差はあるものの、全ての社会規範は自己強制性を持つ。そのために、一度ある社会規範という文脈が生まれたなら、そのような文脈があるというただそれだけの理由で、その社会規範は維持される。したがって、たまたま人びとを不幸にする望ましくない社会規範が生まれればそれは社会規範となる。逆に、たまたま望ましい社会規範が発生すれば、それも社会規範として人びとに共有され続ける。つまり、文脈次第では様々な社会規範が無法則に発生することが、社会規範

のあいまいさである。

このような場合には、歴史をひも解いて現在の社会規範に至った過程を説明し、現在の社会規範の内容が維持されたり変更されたりすることを記述することが、シンボリック相互作用論の研究戦略である。このことを、図 2 を用いて説明しよう。たとえば、日本には麺類（特にそば）を食べる際に音を立てて食べるべきである、という規範が存在する。その一方、アジア諸国を含めた多くの外国では、この逆で、音を立てて食べるべきではない、という規範が存在する。このような社会規範に対しては、歴史的経緯を辿ることによって、社会規範の推移プロセスを記述できるかも知れない。それは、（その真偽は分からないが、たとえば）もともと日本でも音を立てずに食べていたのだが、江戸の庶民の間でわざと音を立ててそばを食べるというカウンターカルチャーが流行し、それがきっかけで日本全体に広まった、といったものかも知れない。また、「音を立てる」「立てない」という異なる社会規範を持つ人が出会ったときに、様々な相互作用を経て社会規範が変容していくプロセスも、記述することができるかも知れない。このように、社会規範が変化する過程を明らかにし、人びとが共有する意味が刻々と変化する動態を独自の枠組みで説明することが、シンボリック相互作用論の目的である。

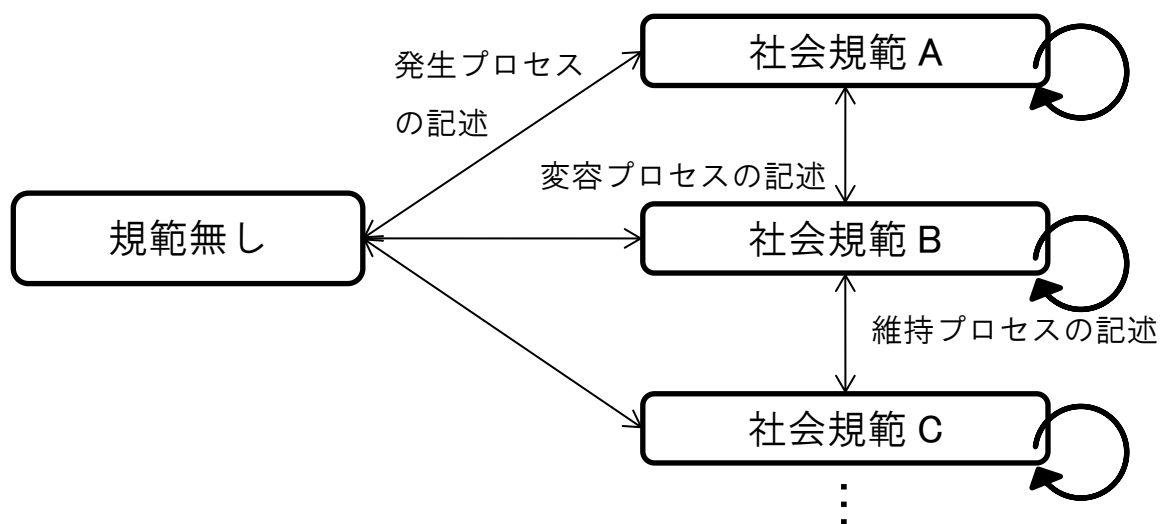


図 2 シンボリック相互作用論の理論的枠組み

他方、「音を立てて麺類を食べる」という社会規範は、合理的選択理論による説明は適していないと考えられる。音を立てて食べるか、音を立てないで食べるかとい

うことは、音が聞こえるということ除いて、他者の効用に対して影響を与えない。そうすると、この社会規範を外部性によって説明するためには、「音が聞こえることが負の外部性となっているために、音を立てるべきでないという社会規範が発生した」という説明をせざるをえない。しかし、日本人はそばを立てる音を聞いて快く感じるという事実を考えれば、麺類を食べる音を聞くと不快になるという感覚自体が、明らかに社会的に構築されたものである。そのため、社会規範の発生メカニズムを説明するために、「麺類を食べる音を聞くと不快に感じる」という社会的構築物を、*Deus ex Machina* として登場させてしまっている。このような場合には、外部性の内在化という説明を無理矢理当てはめるよりも、社会規範を強制方法によって定義し、文脈依存性によって説明した方が、ずっと自然で無理がない。

その一方で、シンボリック相互作用論は、コモンズ管理において発生する社会規範に対して、一般性のあるインプリケーションを導くことはできない。なぜなら、シンボリック相互作用論は、社会規範が強く文脈に依存すると仮定し、個々の社会規範それぞれに固有の歴史を記述することを重視しているためである。言い換えれば、一般的な発生メカニズムの説明を放棄しているのである。ところが、世界各地に独立に存在するコモンズであるにもかかわらず、「コモンズは持続可能な方法で利用すべきである」という社会規範が各地で作られている。また、その管理方法にも、いくつもの共通点が見られる (Ostrom 1990)。このような場面においては、一般性のある社会規範の発生メカニズムの存在を想定するほうが自然である。麺の食べ方のマナーについては、合理的選択理論の説明は強引過ぎるが、シンボリック相互作用論の説明は適切である。その一方で、コモンズにおける社会規範については、合理的選択理論の説明は実証的根拠を持つ一方で、シンボリック相互作用論は禁欲的過ぎるのである。

2.2.3. 新制度学派経済学における社会規範

では、社会規範発生メカニズムの説明可能性について対立する合理的選択理論・シンボリック相互作用論について、我々はどのように考えれば良いのだろうか。対立する二つの理論の立場の違いについて、本研究では Hechter and Opp (2001:396) と同様に考える。それは、社会規範は二つの理論が主張する性質を両方持っており、それぞれの立場の学者が片方の側面に着目した結果だと考える。つまり、ほとんど

の社会規範は、多かれ少なかれ、あいまいさや文脈依存性を含んでいる。その一方で、ある条件を満たす状況においては、文脈依存性が低下して特定の内容を持つ社会規範が出現するケースも、確かに存在するのである。このときに、何らかの方法によって、前者の側面が強く出る場合と、後者の側面が強く出る場合とを区別する方法があれば、合理的選択理論とシンボリック相互作用論の対立と矛盾を解消することができるはずである。そして、そのような手法を考えるうえで、新制度学派経済学（以降では単に新制度学派と呼ぶ）の方法は大いに参考になる。

新制度学派とは、「制度」が人びとの意思決定を拘束し、また逆に人びとの意思決定によって制度が変化するプロセスを、ゲーム理論など合理的意思決定者を仮定する手法によって分析する理論的立場である。新制度学派で言う制度とは、人びとが意思決定を行う環境を変化させ、かつ人びとが社会的相互作用の結果作り出した実体全般を指す。したがって社会規範はもちろん、価値観・慣習・ルール・法律・文化といったものは、全て制度に含まれる。

新制度学派は、合理的選択理論とシンボリック相互作用論の中間に位置する立場にあるといえる。新制度学派には「経路依存性」という概念があり、これはシンボリック相互作用論における「あいまいさ」と対応している。「経路依存性」とは、ある制度が歴史的背景やその社会の文脈に依存して存在することである。つまり、ある制度が現在実現していたとしても、それが唯一の実現しうる制度ではなく、辿った歴史次第では別の制度が実現していてもおかしくない、と考えるのである。経路依存性がある場合、どのような制度が発生するかは歴史に依存する（history matters）ため、制度を分析するうえでその背景にある歴史を理解することが必要となる。それゆえ、非効率的な制度が発生する可能性も考慮に入れる場合がある。例えば、デファクト・スタンダードである QWERTY キーボードは、その典型例である(David 1985)。QWERTY キーボードの打鍵効率が決して良くないことは有名な事実であるが、一度 QWERTY 方式が普及すると、より効率的な別の方式に移行することが難しくなってしまうのである。この意味で新制度学派は、シンボリック相互作用論と近い立場にある。

しかしそれと同時に新制度学派は、制度の「発生」を、限定的ではあるが普遍的なメカニズムとして説明しようとする。この点は、合理的選択理論と同じ志向を持つ。新制度学派では、ある制度が観察されたとき、その制度を取り巻く社会環境を

数理モデルとして定式化する。このときに用いられるモデルは、合理的選択理論と同様に、ゲーム理論や経済学的分析である。そのような手法を用いる目的は、経路依存性を複数均衡として定式化することである。複数均衡の厳密な定義は次章で述べるが、ここでは「一度その状態が実現されれば長く維持されるような制度が、潜在的にいくつも存在していること」としておこう。そして、観察された制度が均衡となっていることを確認しつつも、その背後にどの程度、均衡とはなりえない制度が存在するのかを推測するのである。そうすることによって、出現しうる制度の「幅」についての、一般的なメカニズムを解明しようと試みるのである (Greif 1998)。このように新制度学派は、制度の一般的な発生メカニズムについて、説明できない部分が存在する事も認めつつも、限定的な説明を目指しているアプローチなのである。

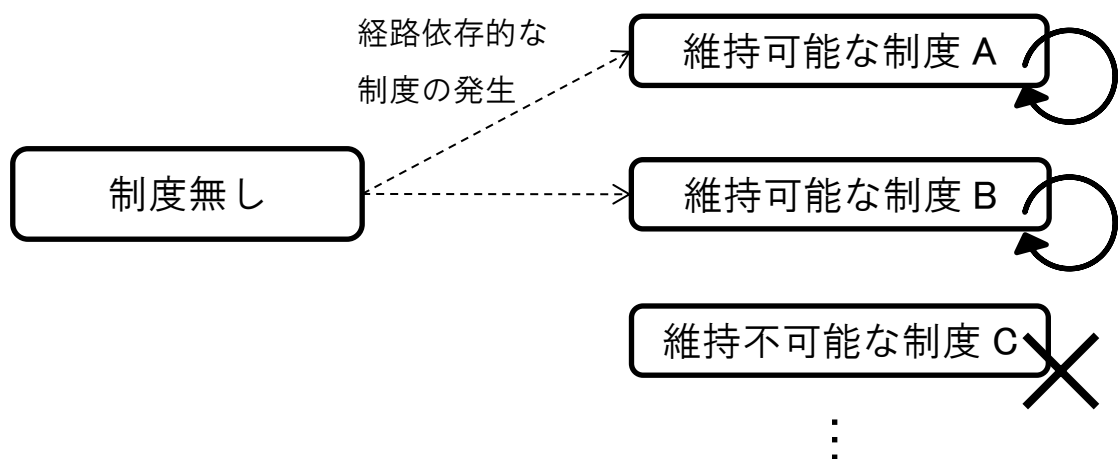


図 3 新制度学派の理論的枠組み

新制度学派において、コモンズにおける協力行動の経路依存性についても言及されている。Aoki (2001:35-58) は、朝鮮半島と日本は似た気候を持つにもかかわらず、日本においてのみ水稲栽培が発達した理由を、ゲーム理論モデルを用いて説明している。彼は、水稲栽培を行うために必要な灌漑設備の建設・維持を、無限繰り返しのある公共財供給ゲームとして定式化した。このモデルは、以下で示すものも含めて、多様な均衡が存在する。それらは、例えば村八分を行うという懲罰によって全員の協力を維持する均衡や、懲罰を実行せず誰も協力を行わない均衡などである。したがって、歴史的な経緯次第では、どちらの国でどちらの均衡が実現していたと

しても不思議ではない。ところが豊臣秀吉の政策によって、日本の農村には武士階級が住まず、農民による自治が行われていた。それゆえ、村八分という懲罰を用いて、灌漑施設は農民たちの自発的な協力によってうまく管理する均衡に到達した、と述べている。一方の朝鮮半島では、両班が農村を直接支配したことが原因で、協力が実現する均衡に到達しなかった、としている。つまり、たまたま日本では協力均衡が実現したが、潜在的には非協力均衡も存在しているので、歴史的経緯次第では非協力均衡が実現していても不思議ではなかったのである。

2.3. 社会規範はどう定義すべきか

新制度学派から学ぶべき教訓は、実現されている社会規範の背後に存在する「社会規範になっていたかもしれないもの」に関心を払うことである。ある社会規範が実現されていたとしても、それが唯一の均衡として維持可能な社会規範とは限らない。そこで、今実現されているもの以外の社会規範について、理論的枠組みの中で考慮しなければならないのである。もし、今実現している社会規範以外にも均衡になりうるものが存在するのであれば、社会規範の発生メカニズムを説明することは不可能である。なぜなら、もし社会規範が経路依存적であるならば、歴史的経緯次第では、別の社会規範が実現していたとしても不思議ではないためである。そのような場合には、シンボリック相互作用論が主張するように、社会規範の発生プロセスの記述で満足しなければならない。一方、今実現している社会規範が唯一の均衡であるならば、社会規範の発生メカニズムを説明することが可能である。なぜなら、歴史的経緯にかかわらず、社会はいつかその唯一の均衡に辿り着くはずだからである。このような理論的枠組みを考えることによって、本章の目的である、社会規範の発生メカニズムが説明できる場合とできない場合を区別する理論的枠組みを構築することが可能となる。

ここまでの議論を振り返ると、社会規範を扱う理論的枠組みの中では、シンボリック相互作用論が主張するように、社会規範は強制方法によって定義された方が良く、という結論を導くことができる。その理由は、強制方法による定義を採用することによって、非常に幅広い範囲の社会的実体が社会規範の候補として挙がるためである。シンボリック相互作用論では、「人びとの間で共有された行為の期待」であれば、どのような社会的実体でも社会規範の定義に含まれる可能性がある。そこで、

「実現するかどうかは分からないが、社会規範の定義に含まれるもの」全てを、社会規範の「ユニバース」と呼ぶことにしよう。ここでは、効率的な社会規範だけでなく、無機能な社会規範や非効率的な社会規範も含め、なるべく広いユニバースを考えなければならない。仮に、合理的選択理論のように社会規範の定義を「厳しい」ものにしてしまった場合、非協力行動を強制する社会規範は、社会規範のユニバースから事前に排除されてしまう。一方、社会規範の定義を緩いものにしておけば、「歴史的経緯次第では社会規範になっていた可能性があるもの」を恣意的に排除するリスクを減らすことができる。

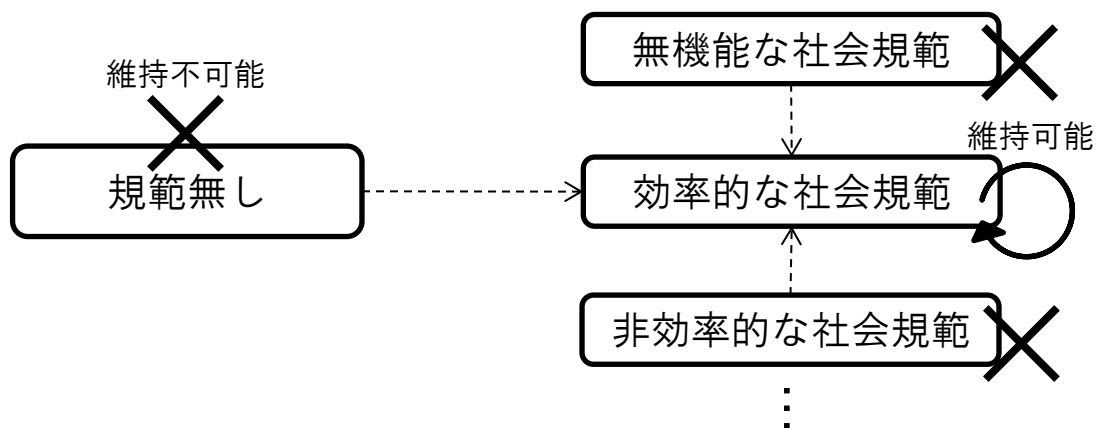


図 4 本研究の理論的枠組み

ただし、ユニバースに含まれるもの全てが社会規範として実現するとは限らない。そこで、ある社会規範の候補が、本当に実現する可能性があるか否かを判定する必要がある。この方法は、図 4 で示しているように、新制度学派と同様に、ゲーム理論によって均衡として維持できるか否かを判定することである。この段階で、例えば非協力行動を強制する非効率的な社会規範などは、均衡として維持できないために排除されるかもしれない。また、社会規範が存在しない真空状態も、均衡として維持可能かどうかを検討する必要があるだろう。このように、現実には滅多に実現しないと考えられる社会規範は、一度ユニバースに加えて理論的枠組みの中に組み入れた後、内生的に排除しなければならない。

もし、ユニバースの中から維持不可能な社会規範（の候補）を排除した結果、ある特性を持った社会規範しか残らないのならば、その社会規範は発生メカニズムを

説明できる可能性があると言える。なぜなら、今観察されている社会規範の背後には、均衡として維持できる他の社会規範は存在しない、ということを意味するためである。つまり、仮にその社会が別の歴史を辿ったとしても、同じ特徴を持った社会規範が出現するはずなのである。そうであるならば、「ある条件の下ではある特徴を持つ社会規範が発生する」という発生メカニズムの解明は可能である。一方、ユニバースの中でも様々な特徴を持った社会規範が均衡として維持されてしまう環境では、社会規範の経路依存性が高くなり、発生メカニズムを説明することは困難になってしまう。このように、ユニバースの中の維持可能な社会規範について分析することによって、発生メカニズムを説明できるか否かを判定することができる。

本研究の目的は、小集団の社会的ジレンマ状況において観察される社会規範が効率的なものである理由を考察することであった。その目的を念頭におくと、我々が行うべき事は、次の様な分析である。それは、社会的ジレンマ状況の背後にある多様な社会規範のユニバースを考えた上で、その中でも均衡として維持可能なものがどのようなものなのかを調べることである。そこで次章では、この理論的枠組みをゲーム理論によって具体的に定式化する。

第3章 社会規範を扱うためのゲーム理論的枠組み

3.1. 本章の目的

第2章では「社会規範は強制方法によって定義されるべき」と議論したが、このことは「なぜ社会的ジレンマ状況では効率的な社会規範が発生するのか」という問いに答える上で、不都合なように思える。なぜなら、社会規範を強制方法によって定義した場合、経路依存的なものになってしまうためである。確かに、現実の多くの社会規範一般は、それなりに経路依存的かも知れない。しかし、少なくとも本研究が扱う「小集団の社会的ジレンマ状況における社会規範」は、経路依存性がそれほど高くないと考えられる。つまり、もし社会規範を強制方法によって定義する場合には、何らかの仮定を追加して、経路依存性が低下するメカニズムを説明しなければならないのである。

そこで本章では、社会規範を分析するための理論的枠組みを提示するために、次の三つのことを行う。一つ目は、社会規範を分析するための数理モデルが満たすべき条件を議論し、繰り返しゲームの均衡精緻化という方法はこれを満たしていることを主張する。二つ目は、繰り返しゲームを用いて、社会規範を強制方法によって定義することである。二つ目が、社会規範の経路依存性が低下するメカニズムを検討することである。本章では、そのメカニズムとして、拘束力を伴わないただの「おしゃべり」に着目する。そしてゲーム理論の既存の研究を用いることによって、これらのことを数学的に定式化することが可能である。

本章以降で行う具体的な作業は、無限繰り返しゲームにおける複数均衡の精緻化と呼ばれるものである。これは、社会規範をゲーム理論モデルの中の複数均衡として定式化し、その中から何らかの基準に照らしたときに不安定化する均衡を排除することである。複数均衡とは、ゲーム理論モデルに複数の均衡が存在するため、結局どの均衡が実現するのか予測を導くことができない状況のことである。無限繰り返しゲームの場合、ある行動から逸脱した場合に逸脱プレイヤーの利得を有限期間下げ続ける、という脅しを伴った、非常に多様なサブゲーム完全ナッシュ均衡が存在することが知られている。そのような状況は、極めて経路依存性の高い社会規範が出現する状況と考えることができる。

他方、効率的な社会規範が出現する状況は、結託による逸脱を考慮した「均衡の精緻化」という方法によって分析する。サブゲーム完全ナッシュ均衡において、プレイヤーたちは、コミュニケーションを取ることができず、行動を変更する場合は必ず単独で行うことが仮定されている。このときに、複数のプレイヤーたちが「おしゃべり」を行うことが可能になると、タイミングを揃えて同時に戦略を変更することが可能になる。そうすると、多様なサブゲーム完全ナッシュ均衡のうち、タイミングを揃えて同時に戦略を変更した場合に不安定になるものが出てくる。それらを排除して、それでも「生き残る」均衡を見つけ出すことが、均衡精緻化という方法である。このようなアプローチを採ることによって、社会規範の経路依存性と効率性の分析を、同じ理論的枠組みの中で扱うことができる。

本章の構成は、以下の通りである。まず第2節では、社会規範を定義する数理モデルとして、繰り返しゲームが適していることを主張する。次に第3節では、繰り返しゲームにおいて、複数プレイヤーによるコミュニケーションが不可能であることを仮定した場合に、経路依存性が高い状況の数理モデルとして考えることができることを主張する。それと同時に、コミュニケーションが可能であれば、経路依存性が低下し、効率的な社会規範しか維持できなくなる可能性があることも確認する。そして第4節では、ゲーム理論モデルによってコミュニケーションが可能な状況を扱う場合の技術的な問題点を議論する。それは、ある具体的な戦略が均衡であるかどうかを判定するための、簡便な方法が必要だということである。そして第5節では、数理モデルによって社会規範を定義したうえで、第4章・第5章で行う具体的な分析のための準備を行う。最後に第5節で、本章で行った作業をまとめ、次章以降との関係を整理する。

3.2. 繰り返しゲームにおける複数均衡としての社会規範

社会規範の数理モデルには、社会規範の最も本質的な要素が組み込まれている必要がある。では、社会規範の本質的な要素とは何だろうか。第1章で述べた通り、本研究における社会規範の定義は「他者からの強制を伴う、人びとの間で共有された行動の指針」であった。この定義から、社会規範は次のような性質を必ず持つことが主張できる。それは、「社会の成員が社会規範の内容が指し示す内容から逸脱すると、逸脱に対する他者からの反応を引き起こし、それによって逸脱者の効用が減

少する」という動的な性質である。そして、この性質を捉えるためには、社会規範を分析するためのモデルは必ず時間軸を考慮したものである必要がある。それゆえ、ゲーム理論によって社会規範を定式化するのであれば、必ず動学ゲームを用いる必要がある。

また、社会規範を考察するモデルは、時間軸を考慮していることに加え、次の二つの条件も満たしていなければならない。一つ目の条件は、「規範が遵守され逸脱が減多に起きない状況であっても、ひとたび逸脱が起きたならば、確実に他者からの反応（懲罰）が引き起こされる」という性質³である。二つ目の条件は、第2章で考察したように、なるべく多様な社会規範の内容や強制方法をモデル内で内生的に考慮している、という「ユニバースの網羅性」である。そこで、次節では次の2点を主張する。まず、モデルが「サブゲーム完全性」を考慮することで一つ目の条件を満たすことが可能になる。次に、「繰り返しゲーム」というゲームの構造を考えることによってユニバースの網羅性が担保されるのである。そしてこれらの主張を踏まえたのちに、具体的なモデルの定式化を行う。

3.2.1. サブゲーム完全性とナッシュ均衡

社会規範とは、一見すると背反するように思える二つの性質を備えている。一つ目は、社会規範が遵守されている状況では、実際に逸脱が発生して懲罰が行われることはほとんど無い、ということである。二つ目は、社会規範は強制によって維持されるということである。つまり、もし逸脱を行ったら、時間差を伴って、逸脱者にとって悪い結果がもたらされるのである。この、全員が「触らぬ神に祟りなし」と考えている状況を定式化するうえで、ゲーム理論における「サブゲーム完全性」という概念は有用である。

ゲーム理論とは、自らの効用を最大化しようとする主体が複数存在するシステムが、「均衡」状態になる条件やプロセスを分析する数学的枠組みである。均衡とは、「システムがある状態に到達したとき、もうこれ以上変化が起きない安定状態」のことである。では、「システムが変化しない」ということどういうことだろうか。そ

³ 本研究では扱わないが、「ある行動を皆が望ましいと思っているが、ほとんどの人は実行しない。しかし、実行した少数の人には多くの賞賛が与えられる。」という社会規範も存在する（Willer 2009）。このようなタイプの社会規範も、サブゲーム完全性によって扱うことができるかも知れない。

これは、システム内の意思決定主体たちが、行動を変化させる誘因を持たない、ということである。ゲーム理論の用語では、この意思決定主体は「プレイヤー」、プレイヤーの行動は「戦略」と呼ばれる。そして全てのプレイヤーの戦略の組み合わせを戦略プロファイルと言う。この用語を用いると、均衡とは、仮にプレイヤーが戦略を変化させたならば効用が減少してしまう戦略プロファイルのことである。したがって、システムが一度均衡状態に入ると、合理的なプレイヤーたちは戦略を変化させようとはしない。その結果、その均衡状態は長期間維持されることになる。そこでゲーム理論を用いた研究では、現実の社会現象をシステムとしてモデル化し、そのシステムのどのような状態が均衡となるのかを分析する。一部の例外はあるものの、ほとんどのゲーム理論の研究では、この均衡状態の性質を明らかにすることが目的となっている。そして本研究の枠組みも、均衡状態の分析によって、社会規範の性質を明らかにしようとするものである。

ところで、プレイヤーたちがどのように行動を変化させようと試みるのか、という点に関して、いくつかの異なる仮定を置くことが可能である。プレイヤーたちの行動の変更は、「逸脱 (Deviation)」と呼ばれる。つまりこの仮定は、あるシステムの状態が均衡となるために、プレイヤーたちのどのような逸脱に対して耐えられることを要求するのか、ということを定義したものとなる。当然、このときに置く仮定——つまり均衡状態が耐えられなければならない逸脱の種類——に応じて、均衡となるシステムの状態は異なったものとなる。この、プレイヤーが実行可能な逸脱に関する仮定と、その逸脱に耐えられる均衡状態のセットは、均衡概念と呼ばれている。

もっとも代表的な均衡概念は、ナッシュ均衡である。ナッシュ均衡とは、すべてのプレイヤーについて、単独で戦略を変更する誘因が存在しない状態のことである。ナッシュ均衡は、J. F. Nash によって行われた存在証明によって、全てのゲームに少なくともひとつ存在することが示された。このことは分析を行う上で便利な性質であり、現在でも多くの分析で用いられる均衡概念である。

ただし、ナッシュ均衡は、非常に限定された種類の逸脱に耐えられることだけを要求する「弱い」均衡概念である。そのため、現実の社会的場面では考えにくい「もっともらしくない」ナッシュ均衡が存在してしまう。そこで均衡概念に対して、単純な逸脱だけでなく、より高度な逸脱もプレイヤーは実行できる、という仮定を追

加することを均衡の精緻化（Refinement）という。

ナッシュ均衡を精緻化した均衡概念が、サブゲーム完全ナッシュ均衡である。時間軸が存在する動学ゲームでは、自らの利得を犠牲にして相手の利得を下げるという「脅し」によって、自分の効用を大きくする戦略を相手に強制するようなナッシュ均衡を構成することが可能である。例えば、次のような三つの時間的な段階を持つゲームを考えよう。このゲームは、爆弾を自分の体に巻き付けた銀行強盗が、銀行の前に立ち、銀行員に対して「金を出さないと爆発させるぞ」という脅しをかけようか迷っている状況である。最初の段階で、銀行強盗は「強盗に入る」「入らない」という選択肢を持つ。強盗に押し入った場合は次の段階に進み、銀行員は「脅しに屈して金を出す」「出さない」という選択肢を持つ。もしも銀行員が金を出せば、ゲームは終了し、銀行強盗は強奪に成功してそのまま逃走する。出さなかった場合は最後の段階に進み、強盗は「爆弾を爆発させる」「爆発させずに逃走する」という選択肢を持つ。最後の選択肢で爆弾を爆発させた場合、銀行員は多大な損害を受けるため、その前の選択肢で脅しに屈しておいた方が損害は少ないかも知れない。しかし、強盗は爆弾が爆発すると死亡してしまうため、合理的な強盗であれば、爆発させて死ぬよりは、爆発させずに逃走するだろう。しかし、ナッシュ均衡では爆弾を爆発させるという「信用できない脅し」が可能である。この仮定のもとでは、本当は金を出さなかったとしても強盗は爆発させないのにもかかわらず、銀行員は爆発を恐れて金を出してしまう。それゆえ、「①強盗は銀行に押し入り、②銀行員は脅しに屈して金を出し、③強盗は強奪に成功する」というナッシュ均衡が存在する。

このような均衡を排除するために、サブゲーム完全ナッシュ均衡では、プレイヤーが「後ろ向き推論（Backward induction）」を行うことを仮定する。後ろ向き推論とは、相手の戦略に信用できない脅しが含まれていた場合に、それを見破り、逸脱を行おうとすることである。数学的により正確に言えば、「全てのプレイヤーと全ての部分ゲームについて、その戦略をとることが均衡となっていること」である。この性質が満たされていることを「サブゲーム完全性」という。また、そのサブゲーム完全ナッシュ均衡において実際にプレイが行われる部分ゲームのことを「均衡経路」という。ここでの銀行強盗の例で考えてみよう。仮に第2段階まで進んだ場合、銀行員は強盗が最後の段階で爆弾を爆発させないことを見破るため、金を渡さない。すると、第1段階にいる強盗は、仮に銀行へ押し入ったとしても第2段階で

銀行員は金を渡さないことを予見するため、そもそも押し入ることを諦めるだろう。このようにしてサブゲーム完全ナッシュ均衡は、後ろ向き推論という幾分高度な逸脱を仮定し、信用できない脅しを含んだナッシュ均衡を排除する。

ここまでの議論から、社会規範のモデルにおいてサブゲーム完全性が必要な理由を主張できる。それは、「実際には逸脱は起きない⁴」ということと「もし逸脱を行ったら時間差を伴って利得が減少する」という、相反する性質を同時に表現できるためである。逸脱が発生するという状況は、均衡経路上にないか、あったとしても低い確率でしか到達してはならない。なぜなら、頻繁に逸脱が発生する状況は、社会規範が共有されているとは言えないためである。しかし、逸脱が発生した場合の逸脱者の利得減少は「信用できる脅し」となっていなければならない。仮に社会規範がサブゲーム完全性をもたない場合には、すぐ崩壊してしまうか、さもなければただの合理的行動である。それゆえ、全てのプレイヤーたちは、実際に逸脱が発生しなくとも、社会規範の内容から逸脱した場合に自分が不利益を被ることを知っている。それゆえに、逸脱を行う愚か者はいないのである。

ところで、本研究における社会規範の定義は、社会の成員による強制が存在することであった。そこで本研究では、社会規範を次の様に定義する。それは、「社会規範を共有するプレイヤーが社会規範の内容とは異なる行動を行った場合に、他のプレイヤーたちの反応を引き起こし、その結果として利得が減少する状態」である。これは、「内容と合致する行動を行った場合に、利得を増加させるような反応を受ける状態」と言い換えることもできる。この利得減少は、逸脱が原因となって引き起こされるものであり、必ず時間差を伴うものである。それゆえ、一回限りのゲームによって社会規範を定式化することは不可能である。なぜなら一回限りのゲームには、他のプレイヤーから反応が起きるための、時間という概念が存在しないためである。そこで本研究では、強制力を持ち、かつサブゲーム完全な均衡を社会規範均衡と呼ぶ。

社会規範の強さは、社会の成員の反応がもたらす利得の落差として考えることができる。例えば、それぞれのプレイヤーがどのような行動を取ろうとも、だれもそれに対して反応をしない状態は、社会規範が存在しない「真空状態」である。一方、

⁴ 本研究のモデルでは、プレイヤーが行動の選択を微少な確率で誤るという「摂動」は仮定していないため、社会規範からの逸脱は一切起きないことを仮定している。この仮定を緩和することは、今後の研究に期待したい。

少しでも小さな逸脱を行った場合に、全てのプレイヤーから大きな反応が発生し、利得が大幅に減少する状況は、非常に強い社会規範が存在する状況だと言える。

仮に社会規範が消滅した場合でも、プレイヤーの行動が変化するとは限らない。つまり、段階ゲームのナッシュ均衡戦略を取ることが社会規範の内容となる場合も考えうる。それは例えば、公道を逆走（右側通行）した自動車は道路交通法によって処罰される、という法規範である。右側走行するか左側走行するかという単発の意思決定は調整ゲームとなっている。そのため、自分以外の全ての自動車が左側通行をする中で自分だけが右側通行を行った場合、他の車と正面衝突し、大きく効用は低下してしまうだろう。したがって、仮に社会規範が存在しなかったとしても、全てのプレイヤーが最適反応を取った結果として「全員で左側を走る」という段階ゲームのナッシュ均衡が実現するだろう。ところが現実には、右側通行をした違反者に対しては、法的な処罰が行われるだろう。また、仮に事故を起こさなかったとしても、非常に恐ろしいことをした気分になり、右側通行を行ったことを強く後悔する人もいるだろう。つまり違反者は、「正面衝突をして大けがをする（可能性がある）」という不効用に上乗せして、逸脱に対する他者や自分の反応によって、大きな不効用が発生する。

サブゲーム完全ナッシュ均衡として社会規範を考える場合、それは内在化されたものであっても構わない。なぜなら、社会規範均衡の中で行動する人びとは、仮に自分が逸脱した場合にもたらされる結果について自覚的である必要は無いためである。本研究の社会規範均衡の定義は、『『仮に』社会規範の指し示す内容から逸脱した場合に、社会の成員からの反応によって効用が低下する状況』であった。そのため、規範を遵守することを当然と考えて、逸脱することなど夢にも考えていない人びとがいても問題はない。また、自分が社会規範を遵守する理由を、「理由はうまく説明できないが、何となくそうした方が良い気がするため」と考えていても構わない。重要なことは、「仮に」社会規範から逸脱する人がいたならば、その人が他者から痛い目に遭わされることである。そして、この条件さえ満たされていれば、社会規範均衡はサブゲーム完全ナッシュ均衡として安定する。

逸脱した成員の利得を減少させる反応は、逸脱した本人によるものであっても良いし、それ以外の成員が実行するものであっても良い。逸脱した本人が自分の逸脱に反応して自らの利得を減少させる行動は、特に反省と呼ぶ。一方、逸脱した成員

以外によって利得を減少させられることを、本研究では広義の懲罰と呼ぶ。ただし懲罰には、懲罰を実行した本人の効用が減少するものと、そうでないものが存在する。特に前者は、費用の伴う懲罰（Costly punishment）と呼ぶ。費用のかからない懲罰には、「非協力者がいたから、便乗して非協力行動をとった」といったものが含まれる。そのため、日常用語で我々が懲罰と言うものは、本研究で言うところの費用の伴う懲罰にあたる。従来の合理的選択論者（例えば Voss (2001) など）は懲罰のみしか議論をしてこなかったが、本研究では反省と懲罰の両方を、社会規範の強制方法と考える。

3.2.2. 繰り返しゲームとユニバースの網羅性

第2章では、現実には観察される社会規範だけでなく、その背後にある社会規範のユニバースも考察しなければならない、と述べた。そのとき、なるべく多くの社会規範を含んだユニバースを考察できるモデルほど、良いモデルと言える。なぜなら、多様な内容・強制方法・範囲の社会規範が発生・存続する可能性を研究者がア priori に排除した場合、誤った推論を行いうるためである。このとき、次のような批判を考える人がいるかもしれない。それは、現実にはまずあり得ない「もっともらしくない社会規範」は、モデル内で考慮する必要がない、というものである。しかし原理的には、ありとあらゆる内容・強制方法・範囲が、社会規範となる可能性がある。そうであるにもかかわらず、ある特定の社会規範だけを「もっともらしくない」と決めるためには、それ相応のロジックが必要である。そのロジックを明確に示すためには、「もっともらしくない社会規範」をモデルの仮定の段階で排除するのではなく、モデル内で内生的に排除するべきである。

それゆえ、ある特定の行動だけが社会規範の内容となるよう、あらかじめ仮定するべきではない。同様に、ある特定の懲罰だけが強制方法となるという仮定を置くべきではないし、ある特定のプレイヤーだけが社会規範を共有するという仮定も置くべきではない。例えば Axelrod (1986) のメタ規範モデルは、これらの条件を全て満たしていない。まず、社会規範の内容は社会的ジレンマにおける協力行動のみであると仮定される。また強制方法も、あらかじめモデル中で定められている。そして社会規範の範囲も、モデル中の全てのプレイヤーであることがあらかじめ決められている。

では、具体的にどのように仮定を緩和すれば良いのだろうか。本研究の方法は、プレイヤーに対して非常に自由度の高い戦略集合を与える、というものである。つまりプレイヤーたちは、社会的ジレンマにおける非協力行動を罰しても良いし、懲罰の方法も自由に決めて良い。また、全員ではなく一部のプレイヤーだけが社会規範に従っていても良い。これを実現するためには、与えられた選択肢の中から、好きなタイミング・条件で、自由に行動を選び出すことができるゲームを考える必要がある。

これを可能にするモデルが繰り返しゲームである。繰り返しゲームとは、あるゲームが一定の確率で繰り返される状況や、将来の利得が乗数的に割り引かれる状況のモデルである。このモデルでは、繰り返されたゲーム全体が一つのゲームとなる。そのため、繰り返される個々のゲームを、全体としてのゲームと区別して、段階ゲームと呼ぶ。また、段階ゲームにおける純粋戦略は、行動と呼ばれる。段階ゲームにおいては、プレイヤーは過去の履歴によって行動を変化させても良い。そのため、「相手が非協力行動を行ったら次の期に懲罰として非協力行動をとる」といった行動も実行可能である。また、関係の長期性を表すパラメタが割引因子である。これは0以上1未満の値を取り、1に近いほど長期的関係があると見なされる。このパラメタは、以下の二つの解釈をすることができる。1つ目は、ゲームが繰り返される確率としての解釈である。二つ目の解釈は、プレイヤーの視点の長期性としての解釈である。この場合、割引因子は1期後に受け取る利得の減衰率として扱われる。したがって割引因子の値が1に近いならば、プレイヤーは、将来の利得を現在の利得と同等に重要視し、長期的視点を持っている状況となる。いずれの解釈にせよ、割引因子の値が大きくなるほど、プレイヤー同士の相互作用が長期にわたって繰り返される状況となる。

無限繰り返しゲームにおける戦略は、段階ゲームの選択肢の中から行動を選び出す関数であるため、非常に自由度が高い。例えば「社会規範の内容は、10000期に一度協力行動を取ることであり、強制方法は、その頻度を減らして9999期に一度協力行動を取ることであり」というような戦略をとることも可能である。また、ある特定のプレイヤーの行動に対しては何の反応も返さないが、別のプレイヤーに対しては、そのプレイヤーが取る行動に応じて自分の行動を大きく変化させる、といった戦略を取ることも可能である。そのため、プレイヤーの選択肢だけを仮定すれ

ば、社会規範の内容・強制方法・範囲について事前の仮定を全く行うことなく、分析を行うことが可能である。

以上より、社会規範のモデルが満たすべき条件をまとめると、以下の三つとなる。一つ目は、繰り返しゲームの中の均衡である。二つ目は、その均衡はサブゲーム完全性を持つ。三つ目は、ある行動の指針が少なくとも一つ存在し、そこから逸脱が発生した場合、それに対するプレイヤーの反応によって逸脱者の利得が減少する。これらの条件を満たす均衡では、その内容を問わず（例えばそれが非協力行動であったとしても）、社会規範が存在しているとみなす。

3.3. 社会規範均衡の性質

3.3.1. サブゲーム完全ナッシュ均衡と経路依存性

この節では、繰り返しゲームにおける複数均衡として社会規範を考えた場合に、その社会規範がどのような性質を持つのかを考察する。通常、非協力ゲームの均衡概念であるナッシュ均衡やサブゲーム完全ナッシュ均衡は、一切のコミュニケーションが禁じられた、完全に原子化されたプレイヤーを仮定している。なぜなら、プレイヤーたちは、現在のプロファイルから逸脱を行う場合に単独での逸脱しか実行できないためである。それゆえ、単独での逸脱の誘因が存在しないことが全てのプレイヤーについて確認できれば、その戦略プロファイルはナッシュ均衡である。繰り返しゲームのサブゲーム完全ナッシュ均衡は、例えば談合が一切禁じられた市場競争における「暗黙のカルテル」のような状況の分析で用いられてきた。したがって、社会規範の文脈に置き換えると、例えば次のような状況が、サブゲーム完全ナッシュ均衡概念に適しているだろう。それは、大集団であるなどの理由からコミュニケーションが技術的に困難な状況や、コミュニケーションを行うことが禁じられている状況である。そして、単独での逸脱しか計画できないという制約は、社会規範の経路依存性を生み出すこととなる。

繰り返しゲームには、もとの段階ゲームと比べて、非常に多様なサブゲーム完全ナッシュ均衡が存在する。多様な均衡が存在するということは、たまたま全員がその均衡戦略をとっていた場合に、システムはそのまま静止し続けるということを意味する。つまり、社会がたまたまある均衡 A に至っていれば社会は均衡 A のまま変化しなくなり、また別の均衡 B に至れば均衡 B のまま静止し続ける。そこで、ある

ゲームにおいて社会規範均衡が複数存在していることを、社会規範の経路依存性と呼ぶ。そして、多様な社会規範均衡が存在するほど、そのゲームにおける経路依存性は高いと考える。そして、繰り返しゲームにサブゲーム完全ナッシュ均衡が多数存在することを証明した定理が、フォーク定理である。

フォーク定理には二つの種類があるが、いずれの証明で用いられている戦略プロファイルも、社会規範均衡としての条件を満たす。これは、「もし均衡経路から逸脱したら、逸脱者の利得を減少させる戦略に切り替える」という脅しによって、社会規範の内容にあたる行動をプレイヤー同士が互いに強制しあう、というものである。一つ目のフォーク定理は、**Friedman (1971)** によるものである。ここで用いられる脅しは、段階ゲームのナッシュ均衡のうち、逸脱者の利得を最も減少させるものに切り替える、というものである。この脅しを伴う戦略は、逸脱という引き金を引いたら鉄砲玉が発射され元に戻らない、という意味でトリガー戦略と呼ばれる。また、一度逸脱をしたら永久に許されることは無いという意味を込めて、グリム・トリガー戦略とも呼ばれる。この戦略を用いることによって、脅しとして用いられるナッシュ均衡よりも高い利得を与える戦略プロファイルなら、全てサブゲーム完全ナッシュ均衡とすることができる。二つ目のフォーク定理は、**Fudenberg and Maskin (1986)** および **Abreu (1988)** によるもので、完全フォーク定理と呼ばれる。ここで用いられる戦略は、次に述べるような戦略である。第一に、逸脱が発生するまでは、最初に定められた（社会規範の内容に相当する）行動をとる。第二に、もし逸脱が発生した場合、他のプレイヤーはできる限り長期にわたって、逸脱者に対してミニマックス行動をとり続ける。ミニマックス行動とは、逸脱者は利得を最大化しようと試み、他のプレイヤーはその最大値を最小化するようにするような行動である。第三に、ミニマックス行動をとる期間が終了したら、それまでの期間よりも逸脱者の利得をいくらか増やすような行動（例えば逸脱前の行動）をとり続ける。この戦略のプロファイルでは、三つの局面が生じる。一つ目は、社会規範に対する逸脱が存在しない局面、二つ目は逸脱者が発生しミニマックス行動の懲罰を受けている局面、三つ目は懲罰が終了した局面である。特に、一つ目と三つ目の局面で取られる行動が同じ場合は、**Stick and Carrot** 戦略と呼ばれる。これを用いることによって、フォーク定理と比べて、より広い範囲の戦略プロファイルをサブゲーム完全ナッシュ均衡にすることができる。

完全フォーク定理は、割引因子が大きい場合には、非常に幅広い範囲の利得をプレイヤーに与える社会規範均衡が存在することを示している。したがって、長期的関係が存在する、つまり割引因子の値が1に近い状況においては、非常に高い経路依存性が発生することを示している。つまり、はじめにある社会規範均衡が実現していれば、ひとえに「それが社会規範であるから」という理由によって、その行動基準が遵守され続ける。このとき、望ましい社会規範がはじめから偶然実現していれば、その社会規範は長期にわたって維持されるだろう。しかし、望ましくない社会規範や、害もなければ益もない社会規範が実現していた場合、それも長期にわたって維持されることになる⁵。

社会規範に関する多くの先行研究は、フォーク定理に対して、長期的関係が存在すれば協力が達成されることを示す定理である、という解釈を与えてきた。例えば Voss (2001) は、無限繰り返しゲームにおける均衡として社会規範を定式化する際に、効率的な均衡と非効率的な均衡が存在した場合、フォーカルポイントとして効率的な均衡が実現される、としている。しかし、数理モデルから得られるインプリケーションに忠実に従うのならば、必ず効率的な均衡が達成されるという保証はない。むしろ、長期的関係が存在しコミュニケーションが禁じられている場合には、経路依存性が高まり非効率的な社会規範が発生する可能性が高くなる、と考えるべきである。

ところでこれまでゲーム理論の文脈では、複数の均衡が存在することは複数均衡問題と呼ばれ、ゲーム理論では「問題」として扱われてきた(丸田 1999)。割引因子の値が十分大きい無限繰り返しゲームで複数均衡問題が生じることは、ここまで見てきた通りである。また、繰り返しの無いゲームでも、調整ゲームやスタグ・ハント・ゲームは複数の均衡を持つ。このことが問題だとみなされる理由は、以下の2点である。1点目は、現実にはどのような社会状況が実現されるのか予測できない、という問題である。ゲーム理論では、均衡のうちいずれかが実現するはずだと考える。それゆえ、実現しうる均衡が多すぎる場合、現実の社会でどの均衡が実現するのか、ということについて予測ができない。2点目は、多数ある均衡の中には「もっともらしくない」ものが含まれる場合がある、ということである。例えば完全フ

⁵ このことをもって、社会規範を無限繰り返しゲームのサブゲーム完全ナッシュ均衡として定式化すべきではない、と主張する論者もいる(Binmore and Samuelson 1994)。

オーク定理では、ミニマックス行動という非常に厳しい懲罰を含む戦略がサブゲーム完全ナッシュ均衡となる。しかし、現実の場面で実行される懲罰は、例えば「目には目を、歯には歯を」というように、厳しさに上限があることが普通である。

そこでゲーム理論では、多数存在する均衡を絞り込むために、均衡選択や均衡精緻化などの解決策が模索されてきた。均衡選択とは、多数存在する均衡の中からより実現しやすいものを選び出す、というアプローチである。このときには、一定の確率で最適で無い意思決定が行われてしまう条件でも均衡が崩れないという「リスク支配」や、限定合理的なプレイヤーが不完全な過去の記憶に基づいて意思決定を行う「確率進化ゲーム」といった概念が用いられる。均衡精緻化とは、均衡選択の方法の中でも特に、プレイヤーの意思決定方法により強い合理性を追加するアプローチである。これには、ここまで述べてきたサブゲーム完全性や、信念のベイズ更新といった概念が用いられる。どちらのアプローチも、多数存在する均衡の中には現実的妥当性が混在していると考え、それらを排除することを目的としている。

しかし本研究では、繰り返しゲームに多様な社会規範均衡が存在することは、現実の社会規範の経路依存性を適切に定式化した結果であり、解決すべき問題とは考えない。つまり、発生メカニズムの説明は不可能であることを受け入れ、発生プロセスの説明で満足すべきなのである。この立場は、複数均衡を制度の経路依存性を説明するために積極的に用いる新制度学派 (Aoki 2001) と同様のものである。もちろんそれは、考察する社会規範がサブゲーム完全ナッシュ均衡に適合する状況におけるものの場合に限る。例えば、麺類の食べ方に関して、音を立てて食べるべきという社会規範と立てるべきではないという社会規範がある、と既に述べた。これは、サブゲーム完全ナッシュ均衡が仮定する状況に近いと考えられるだろう。なぜなら、この規範を共有する人数が膨大であるため、互いにコミュニケーションを行って逸脱することが難しいためである。身の回りにいる少数の人に「これからは音を立てないで麺類を食べよう」と呼びかけて逸脱を行うことは可能だが、日本国民全体に呼びかけて同時に行動を変更することは困難である。このような状況では、サブゲーム完全ナッシュ均衡の均衡概念が適切である。その結果として複数均衡が存在し、社会規範が経路依存的になるのである。

3.3.2. 複数人同時逸脱が可能な状況における社会規範

一方、コモンズのような状況においてサブゲーム完全ナッシュ均衡のような均衡概念を用いることは、適切ではない。なぜなら、本章の冒頭で述べたように、ナッシュ均衡やサブゲーム完全ナッシュ均衡はお互いの意思疎通を図ることができない「原子化された個人」を仮定しているためである。現実の事例を見ると、ほとんどの場合において、この仮定は不適切である。例えば、カリフォルニアの地下水くみ上げの事例（Ostrom 1990:4）では、次のような事が起きた。1960 年頃のカリフォルニアでは、地下水の過剰汲み上げが問題になり、汲み上げの差し止めを要求する訴訟が汲み上げ業者同士で多数行われた。そして、汲み上げ量の規制を行う気運が高まる中で、小さな組合が数多く作られ、次第にそれらが合併し、最終的には全ての汲み上げ業者が合意するルールが形成される、という過程をたどった。このように、ほとんどのコモンズにおいては、複数人による同時逸脱が可能である。

そこで以降では、この直感的なアイディアにもとづいて、複数人による同時逸脱が経路依存性を低下させるメカニズムを数理的に示す。サブゲーム完全ナッシュ均衡における社会規範均衡の多くは、複数人による同時逸脱に対して脆弱である。このメカニズムは後に数学的に示すが、いくつかの例を考えると容易に想像がつく。例えば、非効率的な社会規範は、全てのプレイヤーによる「大連立」によって容易に崩壊する。他の例として、完全フォーク定理の証明において用いられる戦略では、複数人による同時逸脱は無視される。このことは、同時逸脱に対して脆弱であることの裏返しでもある。そこで、プレイヤーの行動原理に、一人による逸脱に加えて複数人による同時逸脱も可能である、という仮定を追加する均衡精緻化を行う。

この目的に適した均衡概念は、すでに開発されている。それはサブゲーム完全強ナッシュ均衡（Strong Perfect Equilibrium）である（Rubinstein 1979, 1980）。サブゲーム完全強ナッシュ均衡は、次の 3 点の特徴を持つ。1 点目は、プレイヤーたちがコミュニケーションを行うことによって、あらゆるプレイヤーの組み合わせによる複数人同時逸脱が実行可能なことである⁶。以降ではこの逸脱を「結託による逸脱」と呼ぶ。したがって一度サブゲーム完全強ナッシュ均衡が実現された場合、いかなるプレイヤーの組み合わせが逸脱を計画したとしても、自分たちの利得を増加

⁶ 鈴木（2006）は、強ナッシュ均衡における複数人同時逸脱について、「連帯集団」としての解釈を与えている。

させることはできない。2 点目は、この結託には強制的な拘束力はないことである。そのため、コミュニケーションの場で宣言した通りの行動をとる必要はなく、他の結託の参加者に嘘をついても構わない。つまり、話し合いによって決められた計画がすぐに反故にされることが明らかな場合であっても、その計画において参加者全ての利得が増加するのであれば、逸脱は実行される。また、1 点目と 2 点目の特徴は、サブゲーム完全強ナッシュ均衡は強ナッシュ均衡 (Aumann 1959) と全く同様である。異なっていることは、3 点目として、均衡に対してサブゲーム完全性を要求する点である。したがってサブゲーム完全強ナッシュ均衡は、強ナッシュ均衡を動学ゲームに拡張したものと言える。このようにサブゲーム完全強ナッシュ均衡は、プレイヤーたちが自由にコミュニケーションを行い合従連衡できる状況にふさわしい均衡概念である。

また本研究では、サブゲーム完全強ナッシュ均衡よりも一段階弱い均衡概念であるパレート完全ナッシュ均衡を定義し、考察する。パレート完全ナッシュ均衡は、サブゲーム完全強ナッシュ均衡とは異なり、全員が参加する結託と、個人による戦略変更しか認めない。これに対してサブゲーム完全強ナッシュ均衡は、プレイヤー集合のあらゆる部分集合による結託が可能であることを仮定している。一方、サブゲーム完全ナッシュ均衡は、個人による戦略変更のみしか認めない。それゆえ、カレーと完全ナッシュ均衡は、サブゲーム完全ナッシュ均衡とサブゲーム完全強ナッシュ均衡の中間に位置する均衡概念と言える。Farrell と Maskin (1989) の提唱した Strongly Renegotiation-proof Equilibrium は、全員が参加する結託に関して若干の制限を加えたものであるため、パレート完全ナッシュ均衡ならば必ず Strongly Renegotiation-proof Equilibrium となる。本研究では第 5 章において、部分集合による結託を考察することが困難なため、この均衡概念を用いる。

社会規範の経路依存性は、均衡概念としてサブゲーム完全強ナッシュ均衡を考えた場合が最も低く、次がパレート完全ナッシュ均衡で、サブゲーム完全ナッシュ均衡は最も高い、という関係が成り立つ。なぜなら、均衡となるために要求される条件の厳しさ、つまり均衡概念としての強さが、この順に厳しいためである。したがって、サブゲーム完全強ナッシュ均衡であれば必ずパレート完全ナッシュ均衡であり、パレート完全ナッシュ均衡であれば必ずサブゲーム完全ナッシュ均衡である。そして均衡となりうる戦略の範囲も、この順で狭くなる。

3.4. 結託による逸脱を扱うための数学的方法

ただし、サブゲーム完全強ナッシュ均衡・パレート完全ナッシュ均衡は、全てのゲームに均衡が存在するという保証が無い。そのため、結託による逸脱が可能な状況においても効率的な社会規範が維持されることを主張するためには、分析の対象となる具体的なゲームにおいてこれらの均衡が存在することを確認する必要がある。この作業は、 N 人囚人のジレンマと懲罰付き N 人囚人のジレンマについて、それぞれ第 4 章と第 5 章において行う。

このことに付随して、本章で解決しておくべき問題がある。それは、割引因子を伴う繰り返しゲームにおいて、サブゲーム完全強ナッシュ均衡・パレート完全ナッシュ均衡を判定することが困難なことである。なぜなら、プレイヤーが最適反応を行っているか否かを判定するためには、無限期間にわたる最適化問題を解く必要があるためである。ゲームが無限期間続くということは、戦略が無数個存在することである。そして、ある戦略が最適反応であるということを主張するためには、無限個存在する他の全ての戦略について、変更したとしても利得が増加しないことを示す必要がある。

幸いサブゲーム完全ナッシュ均衡には、One-Stage Deviation Principle (OSDP) という定理が存在し、これを用いてプレイヤーが最適反応を行っているか否かを容易に判定することができる。これは、「あるプレイヤーについて、いずれの履歴からゲームを開始した場合でも 1 期間の行動変更によって利得を増加させることができないければ、そのプレイヤーは戦略を変更する誘因が無いことが分かる」(Abreu 1988) というものである。この定理が成立するために、全期間にわたる戦略変更ではなく、1 期間の行動変更のみについて、利得が増加しないことを示せば良いということになる。

このような定理が成立するのは、単独プレイヤーの最適反応を考える場合に、通常の数理計画問題の手法を適用できるためである。ある戦略が単独プレイヤーの最適反応となっていることを示すためには、そのプレイヤーの割引利得を 1 個の目的関数と考える数理計画問題を解き、現在とっている戦略が最適解となっていることを示せば良い。数理計画問題は古くから研究がされてきた応用数学の分野であり、様々な定理が証明されている。そして OSDP では、数理計画問題の一分野である動

的計画問題において知られている「Bellman の必要十分条件」を、動学ゲームに応用したものである。サブゲーム完全ナッシュ均衡では単独プレイヤーの最適反応のみを考えれば良いため、この恩恵を受けることができる。

しかし、サブゲーム完全強ナッシュ均衡・パレート完全ナッシュ均衡における結託による逸脱を考える場合には、通常の数理計画問題の手法をそのまま適用することはできない。なぜなら、複数のプレイヤーの結託による逸脱を考える場合には、「多目的計画問題」という問題になってしまうためである。多目的計画問題とは、複数の目的関数の値を同時に大きくする実行可能解を選び出す意思決定問題である。結託による逸脱を多目的計画問題として考えた場合には、結託参加者それぞれの割引利得が目的関数、全プレイヤーの戦略の組が実行可能解に該当する。そして多目的計画問題の場合、ある目的関数を最大にしようとすると、他の目的関数を最大にできなくなる、というトレードオフが発生する。それゆえ、Bellman の必要十分条件も含め、通常の数理計画問題の定理を直接適用することが不可能である。

そこで本研究では、結託による逸脱の誘因が存在することの判定方法を導出するため、多目的計画問題を通常の数理計画問題に一度変換するという方法をとる。これは、これまで多目的計画問題の分野で証明されてきた定理を適用することに他ならない。多目的計画問題の場合には、目的関数間のトレードオフが発生するために、最適解の代わりにパレート解を選び出すことが目標となる。パレート解とは、全ての目的関数の値を同時に改善できる（他の）実行可能解が存在しないような実行可能解である。そこで、これまでの多目的計画問題の研究では、複数の目的関数を 1 個に減らして通常の数理計画問題に変換し、変換後の問題の最適解が元の問題のパレート解となるための条件が議論されてきた。

ところで、結託による逸脱の誘因が存在しないための条件は、多目的計画問題におけるパレート解⁷の定義と一致する。つまり、「結託参加者全員の利得を真に増加させられるような（他の）戦略が存在しないこと」は、現在取っている戦略がパレート解となっていることと同値である。したがって、サブゲーム完全強ナッシュ均衡となっていることを確認するためには、全てのプレイヤーの部分集合それぞれの

⁷ サブゲーム完全強ナッシュ均衡・パレート完全ナッシュ均衡と対応するパレート解は、弱パレート解と呼ばれるものである。これに対して強パレート解は、「全ての結託参加者の利得を下げること無く、少なくとも一人について真に利得を増加させられるような戦略が存在しないこと」となる。

多目的計画問題を考えて、同じ戦略に従い続けることがパレート解となっていることを確かめれば良い。

多目的計画問題を変換しパレート解を見つける方法はいくつか存在するが、本研究ではその中でも、重み付け法という方法を用いる⁸。重み付け法とは、複数の目的関数の加重和を1個の目的関数とみなし、通常の数理計画問題に変換してその最適解を求める方法である。そして、ある条件が満たされていれば、変換後の数理計画問題の最適解と、変換前の多目的計画問題のパレート解が一致することが知られている。その条件とは、加重和を計算するときに用いる重み付けベクトルが、非負であり、かつ総和が正であることである。この性質を利用することで、結託による逸脱という多目的計画問題を単目的の計画問題に変換し、その問題について Bellman の必要十分条件を適用して OSDP を導出することが可能になる。

ただし、本章で導出する OSDP (定理 1) は、結託による逸脱の誘因が存在しないための必要十分条件ではなく、十分条件である。したがって、本当は結託による逸脱の誘因は存在しないにもかかわらず、定理 1 の条件が満たされない場合がある。本研究の場合は、大半のプレイヤー全体が参加する大きな結託の場合は、定理 1 の条件が満たされなくなってしまう。そこで定理 1 を補完するために、定理 2 として、結託による逸脱の誘因が存在しないための別の十分条件を導出する。定理 2 は、1 期間の重み付け利得を最大にする行動の組を (各期に) 実現し続ける戦略プロファイルは、結託参加者についてのパレート解となっていることを示している。そして第 4 章と第 5 章では、少人数の結託を考える場合には定理 1 を用い、大人数の結託を考える場合には定理 2 を用いて、均衡が存在することを証明する。

3.5. モデルの定式化

以上の議論を踏まえ、本節では、社会規範の数理モデルによる定義と、第 4 章・第 5 章で行う具体的な分析のための数学的準備を行う。まず、モデルを以下の様に定義する。 $G = (N, A, \{u_i\}_{i \in N})$ を段階ゲームとする。まず、 $N = \{1, \dots, n\}$ はプレイヤー集合とし、その空でない部分集合 C を結託と呼ぶ。次に、個々のプレイヤー $i (\in N)$

⁸ 本研究の用いたスカラー化法以外にも、制約付き問題へ変換する方法が存在する (Chen and Blankenship 2004; Piunovskiy and Mao 2000)。この方法を用いると、十分条件ではなく必要十分条件となる完全な OSDP を導出することができる。この研究は、今後の課題としたい。

の行動全体の集合を A_i 、行動を $a_i \in A_i$ とする。全てのプレイヤーの行動の組全体の集合は直積集合

$$A = \prod_{j \in N} A_j$$

とし、全員、結託 C 、結託 C 以外のプレイヤーの行動（の組み合わせ）全体の集合も、それぞれ

$$A_C = \prod_{j \in C} A_j, A_{-C} = \prod_{j \in N \setminus C} A_j, A_{-i} = \prod_{j \in N \setminus \{i\}} A_j$$

と定義する。そして、任意の結託 C と C 以外の行動 $\tilde{a}_C = (\tilde{a}_j)_{j \in C} \in A_C$ 、

$a_{-C} = (a_j)_{j \in N \setminus C} \in A_{-C}$ が与えられたとき、 $\{\tilde{a}_C, a_{-C}\}$ は、 C に属するプレイヤー $i \in C$

が \tilde{a}_i を行い、属さない $j \in N \setminus C$ のプレイヤーが a_j を行う行動の組として表記する。

同様に、任意の $i \in N$ 、 $\tilde{a}_i \in A_i$ 、 $a_{-i} = (a_j)_{j \in N \setminus \{i\}} \in A_{-i}$ についても、 $\{\tilde{a}_i, a_{-i}\}$ を、プ

レイヤー i が \tilde{a}_i を行い、その他のプレイヤー $j \in N \setminus \{i\}$ が a_j を行う行動の組とする。

段階ゲーム G で行動の組 a が実現したときに i が得られる利得は、関数 $u_i : A \rightarrow \mathbb{R}$ として、 $u_i(a)$ と定義する。また、 $u_i(a)$ は有界であると仮定する。

次に $G^\infty(\delta)$ を、 G から成る無限繰り返しゲームと呼び、 $\delta \in [0, 1)$ を割引因子、正の自然数 $t \in \mathbb{Z}^+ = \{1, 2, \dots\}$ を期数とする。第 t 期までに実現した行動の組の列を第 t 期までの履歴 h^t とよぶ。その集合は、 $H^1 = \emptyset$ 、任意の $T = 2, 3, \dots$ について $H^T = A^{T-1} = A \times \dots \times A$ ($T-1$ 個) とする。第 t 期までの履歴と言った場合、第 t 期がプレイされる前の時点で実現されている履歴を指し、第 t 期に実現される行動の組は含まない。また、第 1 期までの履歴の集合 H^1 は、まだ行動の組が実現していないので、便宜上このように表記する。

そして、第 t 期までに履歴 $h^t \in H^t$ が実現していたという条件のもとで、第 t 期に行動の組の列 a^t が実現したとする。このとき、第 $t+1$ 期までの履歴を (h^t, a^t) と表記する。また $t=1$ のとき（つまり実現していた履歴が \emptyset の場合）は、便宜的に $(\emptyset, a^1) = a^1$ とする。

次に各期の（純粋戦略の）行動戦略を写像 $s_i^t : H^t \rightarrow A_i$ とする。これは、履歴 $h^t \in H^t$ が実現した場合に実行される行動である。この列 $s_i = \{s_i^t\}_{t=1}^\infty$ を i の（純粋）戦略と呼び、全ての戦略の集合を S_i とする。全プレイヤーの戦略の組を戦略プロフ

ファイルと呼び、戦略プロファイル全体の集合を

$$S = \prod_{j \in N} S_j$$

とする。そして行動の組の場合と同様に、結託 C 、結託 C 以外のプレイヤーの戦略（の組み合わせ）全体の集合を、それぞれ直積集合

$$S_C = \prod_{j \in C} S_j, S_{-C} = \prod_{j \in N \setminus C} S_j, S_{-i} = \prod_{j \in N \setminus \{i\}} S_j$$

として定義する。そして、任意の結託 $C \subseteq N$ および C と C 以外の戦略

$\tilde{s}_C = (\tilde{s}_j)_{j \in C} \in S_C$ 、 $s_{-C} = (s_j)_{j \in N \setminus C} \in S_{-C}$ が与えられたとき、 $\{\tilde{s}_C, s_{-C}\}$ は、 C に属す

るプレイヤー $i \in C$ が \tilde{s}_i を行い、属さない $j \in N \setminus C$ のプレイヤーが s_j を行う行動の組として表記する。同様に、任意の $i \in N$ 、 $\tilde{s}_i \in S_i$ 、 $s_{-i} = (s_j)_{j \in N \setminus \{i\}} \in S_{-i}$ についても、 $\{\tilde{s}_i, s_{-i}\}$ を、プレイヤー i が \tilde{s}_i を行い、その他のプレイヤー $j \in N \setminus \{i\}$ が s_j を行う戦略の組とする。

次に、第 t 期までに履歴 $h^t \in H^t$ が実現し、かつ全てのプレイヤーが戦略プロファイル $s \in S$ にしたがった場合に、第 t 期以降に実現される行動の組の列を $\pi^t(s|h^t), \pi^{t+1}(s|h^t), \pi^{t+2}(s|h^t), \dots$ と定義する。これは、次の様にして一意に定まる。まず、第 t 期に実行される行動の組は $\pi^t(s|h^t) = (s_1^t(h^t), \dots, s_n^t(h^t))$ とする。次に、第 $t+1$ 期までに実現された履歴を $h^{t+1} = (h^t, \pi^t(s|h^t))$ として、第 $t+1$ 期に実行される行動の組を $\pi^{t+1}(s|h^t) = (s_1^{t+1}(h^{t+1}), \dots, s_n^{t+1}(h^{t+1}))$ とする。このように履歴と行動の組を交互に定めてゆき、第 $t+T$ 期 ($T = 1, 2, \dots$) までの履歴と第 $t+T$ 期に実行される行動をそれぞれ

$$h^{t+T} = (h^{t+T-1}, \pi^{t+T-1}(s|h^{t+T-1})), \pi^{t+T}(s|h^t) = (s_1^{t+T}(h^{t+T}), \dots, s_n^{t+T}(h^{t+T}))$$

とする。また、結託 C 、 C 以外、 i 以外のプレイヤーが第 t 期以降に取る行動を、 $T = 1, 2, \dots$ として、それぞれ

$$\begin{aligned} \pi_C^t(s|h^t) &= \{s_i^t(h^t)\}_{i \in C}, \pi_C^{t+T}(s|h^t) = \{s_i^{t+T}(h^{t+T})\}_{i \in C}, \\ \pi_{-C}^t(s|h^t) &= \{s_i^t(h^t)\}_{i \in N \setminus C}, \pi_{-C}^{t+T}(s|h^t) = \{s_i^{t+T}(h^{t+T})\}_{i \in N \setminus C}, \\ \pi_{-i}^t(s|h^t) &= \{s_j^t(h^t)\}_{j \in N \setminus \{i\}}, \pi_{-i}^{t+T}(s|h^t) = \{s_j^{t+T}(h^{t+T})\}_{j \in N \setminus \{i\}} \end{aligned}$$

と定義する。

そうすると、第 t 期までに履歴 $h^t \in H^t$ が実現したという条件の下で、第 t 期以降

に獲得する割引利得は、利得関数 $U_i : S \rightarrow \Re$ として

$$U_i(s | h^t) = \sum_{\tau=0}^{\infty} \delta^\tau u_i(\pi^{t+\tau}(s | h^t))$$

と定義できる。ただし $\tau = 0, 1, 2, \dots$ とする。

次にサブゲーム完全ナッシュ均衡・サブゲーム完全強ナッシュ均衡・パレート完全ナッシュ均衡を定義する。

定義 1 $s \in S$ がサブゲーム完全ナッシュ均衡 (Sub-game Perfect Nash Equilibrium) であるとは、

$$U_i(\{\tilde{s}_i, s_{-i}\} | h^t) > U_i(s | h^t) \quad \dots (1)$$

を満たす $t \in Z^+, h^t \in H^t, i \in N, \tilde{s}_i \in S_i$ が存在しないことである。

s がサブゲーム完全強ナッシュ均衡 (Strong Perfect Equilibrium) であるとは、

$$\forall i \in C, U_i(\{\tilde{s}_i, s_{-i}\} | h^t) > U_i(s | h^t) \quad \dots (2)$$

を満たす $C \subseteq N$ (ただし $C \neq \emptyset$) , $t \in Z^+, h^t \in H^t, \tilde{s}_i \in S_i$ が存在しないことである (Rubinstein 1980)。

s がパレート完全ナッシュ均衡であるとは、SPNE であることに加え、

$$\forall i \in N, U_i(\tilde{s} | h^t) > U_i(s | h^t) \quad \dots (3)$$

を満たす $t \in Z^+, h^t \in H^t, \tilde{s} \in S$ が存在しないことである。

ここで、ある結託 C が与えられたときに、条件 (2) を満たすような $t \in Z^+, h^t \in H^t, \tilde{s}_i \in S_i$ が存在しないことを、結託 C による逸脱の誘因が存在しないという。逆に、存在したとき、 s は第 t 期までの履歴 h^t において、 C が結託して \tilde{s}_i に逸脱する誘因が存在する、という。ある戦略プロファイルは、全ての結託について逸脱の誘因が存在しなければ、サブゲーム完全強ナッシュ均衡である。また、全体プレイヤーが参加する結託による逸脱と、単独プレイヤーによる結託による逸脱の誘因が存在しなければ、パレート完全ナッシュ均衡である。

3.5.1. 社会規範と社会規範均衡の定義

ここで、社会規範の内容・強制・範囲と、社会規範均衡を定義する。第2節で述べたように、ある戦略プロファイルが均衡であるからといって、その社会に社会規範が存在するとは限らない。つまり、均衡であることの定義と、社会規範が存在す

ることの定義は、重なっていても良いが、一致してはならない。そこで本研究では、社会規範が存在する状態を、次の様に定義する。それは、ある期までにある履歴が実現していたときに行動 a'_i を行った場合、別の行動 a''_i をとった場合と比べて、次の期以降に「好意的な」結果が返ってくることである。

定義 2 戦略プロファイル $s \in S$ に社会規範が存在するとは、

$$U_i(s | (h', \{a'_i, \pi'_{-i}(s | h')\})) > U_i(s | (h', \{a''_i, \pi'_{-i}(s | h')\})) \quad \dots (4)$$

を満たす $t \in Z^+$, $h' \in H^t$, $i \in N$, $a'_i, a''_i \in A_i$ が存在することである。

このとき、「 a'_i は、 h において a''_i よりも社会規範の内容に適合している」または単に「 a'_i は社会規範の内容である」という。また、 a'_i を行った場合と a''_i を行った場合とで利得に差が生じることを、社会規範の強制と言う。また、社会規範の範囲、つまり規範を共有するプレイヤーの範囲は、次の様に定義する。それは、少なくとも一つの履歴において強制の対象となる行動が存在するプレイヤーの集合である。

この定義であれば、シンボリック相互作用論が主張するように、同じ行動であっても、人びとが付与する意味によって社会規範への逸脱と見なされたり見なされなかったりする状況が表現できる。例えば、ある行動（例えば社会的ジレンマにおける非協力行動など）が均衡経路上で行われる二つの戦略プロファイルが存在したとする。そして、片方の戦略プロファイルでは、もしあるプレイヤーがその行動とは異なる別の行動を取った場合に、他のプレイヤーが行動を変更したプレイヤーの利得を減少させるような行動をとるとする。もう一方の戦略プロファイルでは、他のプレイヤーから反応が返ってこないものとする。そうすると本研究の定義では、均衡経路上で取られる行動は同じであったとしても、前者の戦略プロファイルには社会規範が存在するが、後者には存在しない、というように見なされる。

また、社会規範の強制が行われるか否かは、行動の内容だけではなく、その行動が行われる文脈や、行うプレイヤーに依存しても良い。例えば、「まだ過去に一度も非協力行動を行っていない」という履歴のもとで非協力行動を行っても強制を受けないが、既に何度か自分が非協力行動を行った履歴のもとでは強制を受ける、という戦略プロファイルも考えられる。また、あるプレイヤーが非協力行動行くと罰されるが、他のプレイヤーが同じ事をして罰されない、というものも考えられる。

そして、社会規範が存在しない「真空状態」は、次の様な状況である。それは、各プレイヤーの各期の行動戦略が、その期までに実現していた履歴に影響を受けな

いような戦略プロファイルである⁹。これは例えば、囚人のジレンマにおいて永遠に非協力行動をとり続ける All-D 戦略や、協力行動をとり続ける All-C 戦略が該当する。

命題 1 戦略プロファイル $s = (s_1, \dots, s_n)$ が任意の $t \in Z^+, w^t, z^t \in H^t, i \in N$ について

$$s_i^t(w^t) = s_i^t(z^t)$$

を満たすならば、 s に社会規範は存在しない。

(証明)

$t \in Z^+, h^t \in H^t, a', a'' \in A_i$ を任意のものとして、 $w^{t+1} = (h^t, \{a'_i, \pi_{-i}^t(s|h^t)\})$, $z^{t+1} = (h^t, \{a''_i, \pi_{-i}^t(s|h^t)\})$ とした場合でも、第 $t+1$ 以降に s は常に同じ行動の組を返す。そのため、実現される結果の組の列は一致して $U_i(s|(h^t, \{a'_i, \pi_{-i}^t(s|h^t)\})) = U_i(s|(h^t, \{a''_i, \pi_{-i}^t(s|h^t)\}))$ となり、社会規範が存在する条件 (4) は満たされない。

(証明終わり)

次に、社会規範が存在し、かつ均衡経路上で社会規範に合致した行動が行われる均衡を、社会規範均衡として定義する¹⁰。

定義 3 戦略プロファイル $s \in S$ が社会規範均衡であるとは、 s がサブゲーム完全ナッシュ均衡であり、かつ、

$$U_i(s|(h^t, \pi^t(s|h^t))) > U_i(s|(h^t, \{a''_i, \pi_{-i}^t(s|h^t)\})) \quad \dots (5)$$

を満たす $t \in Z^+, h^t \in H^t, i \in N, a''_i \in A_i$ が存在することである。

社会規範均衡において、社会規範の内容は「強制が発動されるような行動へ逸脱を

⁹ ただし、期数には影響を受けても良いので、例えば「偶数期は協力行動をとる、奇数期は非協力行動をとる」といった戦略のプロファイルも、社会規範が存在しない場合に該当する。

¹⁰ 定義 2 の「社会規範が存在する戦略プロファイル」には該当するが、定義 3 の社会規範均衡には該当しない、という戦略プロファイルも存在しうる。これは、賞賛の対象となる行動が常に行われず、非難の対象となる行動が日常的に行われている状況である。例えば、「もし電車内で老人に席を譲れば賞賛を受けることは分かっているが、面倒なのでだれも実行しない」というような状況が考えられる。また、「路肩にタクシーを停めて客待ちをする運転手は、混雑を引き起こして白い目で見られていることは知っているが、生活のためには客待ちは止められない」というような状況もこれに該当する。本研究では、コモンズ管理のような社会規範が遵守される状況に焦点を当てるため、社会規範均衡に該当しない社会規範は分析の対象から除外する。

行わないこと」となる。社会規範均衡では、プレイヤーたちが合理的に振る舞い続ける限り社会規範が遵守される。

次に、社会規範均衡がどのような性質を持つのか考察する。まず、もし1期間だけ均衡戦略とは異なる行動をとることで1期間の利得を増加させることができるならば、そのサブゲーム完全ナッシュ均衡は社会規範均衡である。

命題 2 戦略プロファイル $s \in S$ は、サブゲーム完全ナッシュ均衡であり、かつ

$$u_i(\{a_i'', \pi_{-i}^t(s|h')\}) > u_i(\pi^t(s|h'))$$

を満たす $t \in Z^+$, $h' \in H'$, $i \in N$, $a_i'' \in A_i$ が存在するならば、社会規範均衡である。

(証明)

i が1期間 a_i'' を行ったあとで s_i に復帰する戦略 \tilde{s}_i を取った場合に、第 $t+1$ 期以降に得られる割引利得が、必ず社会規範均衡の定義の条件を満たすことを示す。この戦略をとった場合に得られる利得は

$$U_i(\{\tilde{s}_i, s_{-i}\}|h') = u_i(\{a_i'', \pi_{-i}^t(s|h')\}) + \delta U_i(s|(h', \{a_i'', \pi_{-i}^t(s|h')\}))$$

である。他方、 s_i をとりつづけた場合に得られる利得は

$$U_i(s|h') = u_i(\pi^t(s|h')) + \delta U_i(s|(h', \pi^t(s|h')))$$

である。ここで s はサブゲーム完全ナッシュ均衡なので、定義1の条件(1)が満たされるため、必ず

$$U_i(s|h') \geq U_i(\{\tilde{s}_i, s_{-i}\}|h')$$

である。これを展開すると

$$\begin{aligned} U_i(s|h') &\geq U_i(\{\tilde{s}_i, s_{-i}\}|h') \\ \Leftrightarrow \delta U_i(s|(h', \pi^t(s|h')) - \delta U_i(s|(h', \{a_i'', \pi_{-i}^t(s|h')\})) &\geq u_i(\{a_i'', \pi_{-i}^t(s|h')\}) - u_i(\pi^t(s|h')) \end{aligned}$$

となるが、 $u_i(\{a_i'', \pi_{-i}^t(s|h')\}) > u_i(\pi^t(s|h'))$ より、この式の右辺は正である。ゆえに

$$\begin{aligned} \delta U_i(s|(h', \pi^t(s|h')) - \delta U_i(s|(h', \{a_i'', \pi_{-i}^t(s|h')\})) &> 0 \\ \Leftrightarrow U_i(s|(h', \pi^t(s|h')) &> U_i(s|(h', \{a_i'', \pi_{-i}^t(s|h')\})) \end{aligned}$$

となり、社会規範均衡の定義の条件(5)を満たす。

(証明終わり)

これは例えば、無限繰り返しのある N 人囚人のジレンマの均衡において協力行動を

とるプレイヤーは、必ず社会規範によって強制されていることを意味する¹¹。また、ある戦略プロファイルがサブゲーム完全強ナッシュ均衡・パレート完全ナッシュ均衡の場合も、同時にサブゲーム完全ナッシュ均衡でもあるので、同様のことが成り立つ。したがって、第4章・第5章ではN人囚人のジレンマ・モデルを考察するが、ここでの協力均衡は全て社会規範均衡である。

次に、サブゲーム完全強ナッシュ均衡・パレート完全ナッシュ均衡の定義からただちに、1期間だけでもパレート劣位な利得を実現させる戦略プロファイルは均衡とならないことがいえる¹²。

命題 3 ある戦略プロファイル $s \in S$ において、

$$\forall i \in N, u_i(a) > u_i(\pi^t(s | h^t))$$

となる $t \in Z^+, h^t \in H^t, a \in A$ が存在するならば、 s はサブゲーム完全強ナッシュ均衡・パレート完全ナッシュ均衡ではない。

(証明)

s に結託による逸脱の誘因が少なくとも1つ存在することを示せばよい。その逸脱は、次の通りである。まず現在の期は、全てのプレイヤーが結託して a を行う。次期以降は、1期前に行った戦略変更を無視して、逸脱を行わなかった場合を取るはずだったものと同じ行動を取る。つまり、履歴 h^t のもとで s を取った場合と同じ行動をする。この逸脱を実行すれば、現在の期の全プレイヤーの利得は真に増加し、次期以降の利得は変化しない。ゆえに、 s は全員が参加する結託による逸脱の誘因が存在し、サブゲーム完全強ナッシュ均衡・パレート完全ナッシュ均衡ではない。

(証明終わり)

サブゲーム完全強ナッシュ均衡・パレート完全ナッシュ均衡はサブゲーム完全性を仮定しているため、均衡経路以外でも、パレート劣位な結果が実現してはならない。そのため、例えば社会的ジレンマにおいて一人が非協力行動を行った場合に、懲罰

¹¹ ただし、この逆は成立しない。なぜなら、右側走行に対する罰則や、協力行動を懲罰する非効率的な社会規範のように、1期間の利得が減少する行動を取った場合に懲罰されるサブゲーム完全ナッシュ均衡も存在するためである。

¹² ただしこの逆は成立しない。例えば二人囚人のジレンマにおいて、一人が協力行動を、もう一人が非協力行動を取った場合、1期間に得られる利得はパレート効率的である。しかし、協力行動と非協力行動を二人のプレイヤーが交互に取る戦略プロファイルをとった場合、割引因子が十分1に近ければ、全期間を通した割引利得はパレート効率的ではない。

として他のプレイヤー全員が非協力行動をとるようなサブゲーム完全ナッシュ均衡も、サブゲーム完全強ナッシュ均衡やパレート完全ナッシュ均衡にはならない。

3.5.2. 結託を考慮した One Stage Deviation Principle

次に、結託による逸脱に関する OSDP を導出する。戦略プロファイル $s = (s_1, \dots, s_n) \in S$ と第 t 期までの履歴 h^t が与えられたときの、プレイヤー i が S_i の中から戦略 \tilde{s}_i を選び変更する意思決定を考える。このとき、 i の利得関数は、

$$U_i(\{\tilde{s}_i, s_{-i}\} | h^t) = u_i(\{\tilde{s}_i^t(h^t), \pi_{-i}^t(s | h^t)\}) + \delta U_i(\{\tilde{s}_i, s_{-i}\} | (h^t, \{\tilde{s}_i^t(h^t), \pi_{-i}^t(s | h^t)\}))$$

と変形することができる。この式は、履歴 h^t のもとでの第 t 期の行動戦略 $\tilde{s}_i^t(h^t)$ が、次の期以降の行動の意思決定に対して（履歴が変更されたことを除いて）影響しないことから、再帰式と呼ばれている。再帰式に変形できるということは、全期間にまたがる意思決定問題を各期の個別の問題に分解できることを意味している。一般に、分解された個別の問題に対する意思決定が常に最適であることは、全期間を通じた意思決定について最適であることと同値なことが知られている（Bertsekas 2012:16–17）。このようにして、それぞれのプレイヤーが現在とっている戦略が全期間を通して最適な意思決定となっていることを確認できれば、その状態はサブゲーム完全ナッシュ均衡であることが主張できる。このことが、サブゲーム完全ナッシュ均衡の場合の OSDP である。

命題 4 (Fudenberg and Tirole 1991:110)

純粋戦略のプロファイル $s \in S$ がサブゲーム完全ナッシュ均衡となることは、任意の $t \in Z^+$, $h^t \in H^t$, $i \in N$ について

$$U_i(s | h^t) = \sup_{a_i \in A_i} \{u_i(\{a_i, \pi_{-i}^t(s | h^t)\}) + \delta U_i(s | (h^t, \{a_i, \pi_{-i}^t(s | h^t)\}))\}$$

が満たされることと同値である。

本研究では、本章第 4 節で述べたように、結託による逸脱の誘因が存在しないことの判定方法を、次の様な方法で導出する。まず、多目的計画法における重み付け法によって、結託したプレイヤーの多目的な意思決定問題を、利得の重み付け総和を最大化する意思決定問題に変換する。ここでは、結託参加者の戦略が変換後の意

思決定問題における最適解となっていれば、変換前の問題のパレート解にもなっていることが保証されている。そこで、変換後の意思決定問題について、結託参加者の戦略が最適解となるための条件を二つ示す。そしてこれらの条件を用いて、結託による逸脱の誘因が存在しないための十分条件を導出する。

まず、それぞれのプレイヤーの利得関数を、次の様に重み付け利得へ変換する。有界なベクトル $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_n) \in \Re^n$ を重み付けベクトルと呼び、これに対応する（全期間の）重み付け利得を

$$U_C^\lambda(s|h') = \sum_{i \in C} \lambda_i U_i(s|h')$$

と定義する。 λ の成分のうち、結託に参加していないプレイヤーと同じ添え字を持つものは無視される。そして、各期に得られる利得についても同様に

$$u_C^\lambda(a) = \sum_{i \in C} \lambda_i u_i(a)$$

とする。次に、結託参加者全員がある戦略に従うことが、全期間の重み付け利得を最大化していることを確認する方法を考える。仮に、その戦略が重み付け利得を最大にしていることが確認でき、かつ、その重み付け利得を計算する際に使った重み付けベクトルの全ての成分が非負で、かつ成分の合計値が正だったとしよう。そうするとこの戦略は、パレート解となっていることが保証されている。つまり、結託参加者がこの戦略から逸脱したとしても、全員の利得を増加させることは不可能である。また逆に、これらの条件を満たす重み付けベクトルが存在しなければ、その戦略はパレート解では無く、結託による逸脱の誘因が存在する。

命題 5 (Hernández-Lerma and Romera 2004; 中山・谷野 1994:38-42)

ある $C \subseteq N$ (ただし $C \neq \emptyset$) , $s \in S, t \in Z^+, h' \in H'$ が与えられたとき、
 $\forall i \in C, U_i(\{\tilde{s}_C, s_{-C}\} | h') > U_i(s | h')$

を満たす $\tilde{s}_C \in S_C$ が存在しないことは、任意の $\tilde{s}_C \in S_C$ について

$$U_C^\lambda(s|h') \geq U_C^\lambda(\{\tilde{s}_C, s_{-C}\} | h')$$

$$\text{かつ } \sum_{i \in C} \lambda_i > 0 \quad \text{かつ } \forall i \in C, \lambda_i \geq 0 \quad \dots (6)$$

を満たす $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_n)$ が存在することと同値である。

したがって、ある部分集合プレイヤーが結託による逸脱の誘因を持たないことを示すためには、均衡戦略に従うことで全期間の重み付け利得が最大になるような重み付けベクトルを見つけ出せば良い。また重み付けベクトルは、期数や履歴によって異なるものを選んできても良い。

次に、ある戦略が全期間の重み付け利得を最大にする最適解となるための必要十分条件を導出する。一つ目の必要十分条件は、OSDP である。これは、任意の履歴において「1 期間だけ結託参加者全員の行動を変更して、その後は元の戦略に復帰する」という逸脱によって重み付け利得を増加させることができなければ、その戦略は全期間を通して重み付け利得を最大にしていることが保証される、というものである。

命題 6 ある $s \in S$, $C \subseteq N$, $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_n)$ が与えられたとき、任意の $t \in \mathbb{Z}^+$, $h^t \in H^t$, $\tilde{s}_C \in S_C$ について $U_C^\lambda(s | h^t) \geq U_C^\lambda(\{\tilde{s}_C, s_{-C}\} | h^t)$ を満たすことは、任意の $t \in \mathbb{Z}^+$, $h^t \in H^t$ について

$$U_C^\lambda(s | h^t) = \sup_{a_C \in A_C} \{u_C^\lambda(\{a_C, \pi_{-C}^t(s | h^t)\}) + \delta U_C^\lambda(s | (h^t, \{a_C, \pi_{-C}^t(s | h^t)\}))\}$$

となることと同値である。

(証明)

まず、 C のプレイヤーが任意の戦略 $\tilde{s}_C \in S_C$ を取った場合の C の重み付け利得を、第 t 期の再帰式

$$U_C^\lambda(\{\tilde{s}_C, s_{-C}\} | h^t) = u_C^\lambda(\{(\tilde{s}_i^t(h^t))_{i \in C}, \pi_{-C}^t(s | h^t)\}) + \delta U_C^\lambda(\{\tilde{s}_C, s_{-C}\} | (h^t, \{(\tilde{s}_i^t(h^t))_{i \in C}, \pi_{-C}^t(s | h^t)\}))$$

に変形する。ここで、 $\lambda_1, \dots, \lambda_n, u_1, \dots, u_n$ は全て有界なので、各期の利得 u_C^λ は有界である。

そうすると、次の Bellman の必要十分条件が既に知られている (例えば Bertsekas (2012) の Proposition 1.2.3. や、Stokey と Lucas (1989) の Theorem 4.2. など)。それは、

$$U_C^\lambda(s | h^t) = \sup_{\tilde{s}_C \in S_C} \{U_C^\lambda(\{\tilde{s}_C, s_{-C}\} | h^t)\}$$

となることと、任意の $t \in \mathbb{Z}^+$, $h^t \in H^t$ について Bellman 方程式

$$U_C^\lambda(s|h') = \sup_{a_C \in A_C} \left\{ p_C^\lambda(a_C, \pi'_{-C}(s|h')) + \delta U_C^\lambda(s|h', \{a_C, \pi'_{-C}(s|h')\}) \right\}$$

が満たされることは同値なことである。

(証明終わり)

ただし、命題 6 における重み付け利得は、全ての期および履歴について固定された重み付けベクトルによって計算されたものである。一方、命題 5 の必要十分条件では、期数と履歴に応じて異なる重み付けベクトルを考えても良かった。したがって命題 6 の条件は、結託による逸脱の誘因が存在しないための必要十分条件としては、強すぎるものである。そのため次に示す OSDP は、必要十分条件では無く十分条件となる。

定理 1 ある $s \in S, C \subseteq N$ が与えられたとき、任意の $t \in Z^+, h' \in H'$ について

$$U_C^\lambda(s|h') = \sup_{a_C \in A_C} \left\{ u_C^\lambda(a_C, \pi'_{-C}(s|h')) + \delta U_C^\lambda(s|h', \{a_C, \pi'_{-C}(s|h')\}) \right\}$$

$$\text{かつ } \sum_{i \in C} \lambda_i > 0 \quad \text{かつ } \forall i \in C, \lambda_i \geq 0 \quad \dots (7)$$

を満たす $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_n)$ が存在すれば、結託 C による逸脱の誘因は存在しない。

(証明)

この定理の条件 (7) が満たされれば、 λ, s, C は命題 6 より、任意の $t \in Z^+, h' \in H', \tilde{s}_C \in S_C$ について

$$U_C^\lambda(s|h') \geq U_C^\lambda(\{\tilde{s}_C, s_{-C}\}|h')$$

を満たす。そうすると λ は、任意の $t \in Z^+, h' \in H'$ について命題 5 の条件 (6) を全て満たすので、

$$\forall i \in C, U_i(\{\tilde{s}_C, s_{-C}\}|h') > U_i(s|h')$$

を満たす $t \in Z^+, h' \in H', \tilde{s}_C \in S_C$ は存在しない (つまり結託による逸脱の誘因が存在しない) ことが言える。

(証明終わり)

定理 1 の条件 (7) は、十分条件であるために、本来は結託による逸脱の誘因が存在しない場合であっても満たされないことがある。そのため、第 4 章と第 5 章においてほぼ全てのプレイヤーが参加する結託による逸脱の誘因を考える場合には、不都合が生じる。そこで本研究では、これを補完するために次の命題を示す。それは、今期以降に 1 期間の重み付け利得を最大にする行動の組ばかりをとり続ける戦略は、全期間にわたる重み付け利得も最大にしていることである。

命題 7 $s \in S, t \in \mathbb{Z}^+, h^t \in H^t, C \subseteq N$ (ただし $C \neq \emptyset$) , $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_n)$ が与えられたとき、任意の $\tau = 0, 1, 2, \dots$ について

$$u_C^\lambda(\pi^{t+\tau}(s|h^t)) = \sup_{a_C \in A_C} u_C^\lambda(\{a_C, \pi_{-C}^{t+\tau}(s|h^t)\})$$

ならば、任意の $\tilde{s}_C \in S_C$ について

$$U_C^\lambda(s|h^t) \geq U_C^\lambda(\{\tilde{s}_C, s_{-C}\}|h^t)$$

である。

(証明) 対偶を示す。 $U_C^\lambda(\{\tilde{s}_C, s_{-C}\}|h^t) > U_C^\lambda(s|h^t)$ を満たす $\tilde{s}_C \in S_C$ が存在すれば、

$$u_C^\lambda(\pi^{t+\tau}(\{\tilde{s}_C, s_{-C}\}|h^t)) > u_C^\lambda(\pi^{t+\tau}(s|h^t))$$

となる期数 $\tau \geq 0$ が存在し、必ず $u_C^\lambda(\pi^{t+\tau}(s|h^t)) \neq \sup_{a_C \in A_C} u_C^\lambda(\{a_C, \pi_{-C}^{t+\tau}(s|h^t)\})$ である。

(証明終わり)

この命題における重み付け利得は、異なる履歴のもとで実現される行動の組の列について考えるときは、それぞれ異なる重み付けベクトルを用いても構わない。その一方で、将来実現される行動の組の間では、共通した重み付けベクトルによって計算されたものでなくてはならない。例えば、第 t 期までに履歴 h^t が実現していたとして、戦略 s に従い続けた場合に行動の組の列 $\pi^t(s|h^t), \pi^{t+1}(s|h^t), \pi^{t+2}(s|h^t), \dots$ が実現するものとする。このとき、 $\pi^t(s|h^t), \pi^{t+1}(s|h^t), \pi^{t+2}(s|h^t), \dots$ がそれぞれ 1 期間の重み付け利得を最大にしていることを示す際には、重み付けベクトルは共通のものでなくてはならない。他方、例えば履歴 $w^t \neq h^t$ のもとで実現される行動の組の列 $\pi^t(s|w^t), \pi^{t+1}(s|w^t), \pi^{t+2}(s|w^t), \dots$ を考える場合には、 h^t のときに用いたものとは別の重み付けベクトルを用いて良い。

そこで、重み付けベクトルの写像 $\Lambda^t: H^t \rightarrow \mathfrak{R}^n$ を、第 t 期までの履歴 h^t が与えられたときに、ある重み付けベクトル $\Lambda^t(h^t) = (\Lambda_1^t(h^t), \dots, \Lambda_n^t(h^t))$ を与える対応関係とする。そうすると、ある結託 C について次の条件を満たす $\Lambda^1, \Lambda^2, \Lambda^3, \dots$ が存在すれば、その結託による逸脱の誘因は存在しない。

定理 2 $s \in S$ と $C \subseteq N$ が与えられたとき、任意の $t \in Z^+, h^t \in H^t, \tau = 0, 1, 2, \dots$ について

$$u_C^{\Lambda^t(h^t)}(\pi^{t+\tau}(s|h^t)) = \sup_{a_C \in A_C} u_C^{\Lambda^t(h^t)}(\{a_C, \pi_{-C}^{t+\tau}(s|h^t)\})$$

$$\text{かつ } \sum_{i \in C} \Lambda_i^t(h^t) > 0 \quad \text{かつ } \forall i \in C, \Lambda_i^t(h^t) \geq 0 \quad \dots (8)$$

を満たす重み付けベクトルの写像 $\Lambda^1, \Lambda^2, \Lambda^3, \dots$ がそれぞれ存在すれば、結託 C による逸脱の誘因は存在しない。

(証明) 命題 7 より、条件 (8) を満たす $\Lambda^t(h^t) = (\Lambda_1^t(h^t), \dots, \Lambda_n^t(h^t))$ が存在すれば、その t, h^t のもとでは、戦略 C から逸脱しないことが重み付け利得を最大にしている。このことが全ての期数および履歴について言えるため、命題 5 より、結託による逸脱の誘因は無い。

(証明終わり)

3.6. 小括

本章では社会規範を、繰り返しゲームにおける強制方法として定義した。そうすると、プレイヤー同士がコミュニケーションを取ることができない状況においては、社会規範の経路依存性が高まると考えられる。その理由は、繰り返しゲームには非常に多様なサブゲームナッシュ均衡が存在する事が、既にフォーク定理として知られているためである。

その一方で、コミュニケーションが実行可能な状況を仮定すると、パレート非効率的な状況が出現しうるサブゲーム完全ナッシュ均衡は、不安定となることが確認できる。なぜなら、コミュニケーションが可能な場合には複数人がタイミングを合わせて同時に行動や戦略を変更することが可能になり、パレート劣位な戦略プロファイルは結託による逸脱を受けてしまうためである。したがって、プレイヤー同士

のコミュニケーションが実行可能な状況に限れば、社会規範の経路依存性は低くなり、社会規範に関する普遍的な傾向が存在する可能性がある。

ただし、本章で示すことができたことは、コモンズにおいて非効率的な社会規範が維持されることはない、ということだけである。つまり、効率的な社会規範が維持可能なことを示さなければ、小集団の社会的ジレンマ状況で効率的な社会規範が観察される現象を説明できたことにはならない。なぜなら、サブゲーム完全強ナッシュ均衡・パレート完全ナッシュ均衡は、全てのゲームに存在するという保証がないためである。本章では、これらの均衡の存在を証明するための準備として、定理 1 および定理 2 を導出した。そこで第 4 章と第 5 章では、具体的な社会的ジレンマのモデルについて、これらの均衡が存在する事を示す。

第4章 なぜコミュニケーションは協力を促すのか？

13

4.1. 社会的ジレンマ状況におけるコミュニケーション

「共有地の悲劇」(Hardin 1968)の問題提起以来、社会的ジレンマは社会科学の中でも最も重要な研究テーマのひとつとなった。社会的ジレンマとは、社会の成員が全員で協力を行ったほうがその人々にとって望ましいにもかかわらず、個人の水準で考えると、協力を行わない方が得な状況である。個人合理性と集合的最適性が乖離する状況と言い換えることもできる。この構造を持つ社会的状況は数多く、環境問題・集合行為・政治参加・コモンズ管理・秩序問題といったものが社会的ジレンマとして考えられてきた。この状況は、Dawes (1975) の N 人囚人のジレンマ (N-person Prisoner's Dilemma; NPD) として、ゲーム理論により定式化された。NPD モデルにおける支配戦略は、非協力行動である。したがって、このモデルの予測が正しければ、人々は必ず非協力行動を取るはずである。

しかしこの予測とは対照的に、多くの社会的ジレンマ状況は自発的に解決されている。特に、コモンズのような小集団における社会的ジレンマは、自発的に形成された規範やルールによって解決がなされている (Ostrom 1990)。現実と理論の乖離を埋めるためには、社会的ジレンマが自発的に解決されるメカニズムを明らかにすることが必要である。

この問題を考える際に、「社会的ジレンマの解決において成員間のコミュニケーションが大きな役割を持つ」という事実は、有用な手がかりとなる。実験室実験に関するメタ・アナリシス (Balliet 2010) によれば、次のような傾向が報告されている。それは、実験室実験の被験者にコミュニケーションの機会を与えた場合、協力が達成されやすくなる、というものである。また、コモンズ管理の事例分析に目を向ければ、話し合いを行うためのアリーナ (場) が、協力を達成する上で重要な役割を果たしていることが分かる (Ostrom 1990)。このように、「成員同士のコミュニケーションが可能な場合、社会的ジレンマの解決が容易になる」という事実が存在することは明白である。

¹³ 本章は、『理論と方法』53号(2013年3月) pp.107-124.の掲載論文「なぜコミュニケーションは社会的ジレンマを解決させるのか?—繰り返しN人囚人のジレンマの均衡精緻化—」に、大幅な加筆を加えたものである。

しかし、コミュニケーションの効果について、これまでの研究で行われてきた説明は、不十分なものである。社会心理学では、この点に関して大きく分けて 2 種類の説明が行われている (Kerr and Kaufman-Gilliland 1994)。ひとつ目は、コミュニケーションを行うと集団アイデンティティや他の成員への愛着が湧き、そこから「他のメンバーの利得を増加させたい」という利他的な感情が芽生えるため協力行動が促進される、というものである。二つ目は、コミュニケーションによって「みなが一貫して協力すべきである」という心理的なコミットメントが生じるため、非協力行動をとることに罪悪感を覚えるようになる、というものである。Kerr らは、これら二つの仮説を実験により比較検証した結果、後者の説明が支持されたと報告している。しかしこれらの説明には、理論面において次の 2 点の問題がある。ひとつ目は、理論的一貫性を欠くという点である。社会的ジレンマは、合理的選択理論の枠組みから提起され、ゲーム理論によって洗練された概念である。その一方で、「利他的な感情」や「心理的なコミットメント」は、合理的選択理論の枠外か、少なくとも周辺的な概念である。したがって、これらの社会心理学的説明は、ジレンマが発生するメカニズムと解決されるメカニズムを別々の枠組みで説明していることになる。しかし、ジレンマの発生と解決をゲーム理論の枠内の中で同時に説明する方が、「オッカムの剃刀」という意味で望ましい。二つ目は、「なぜ、そのような心理的メカニズムが進化できたのか」という新たな問いを生み出す、という問題である。仮に、ゲーム理論の枠内では、「社会的ジレンマ状況において非協力行動を取ることは合理的である」という結果が不動だったとしよう。だとすれば、利他的感情や内在化された規範のような心理的メカニズムを持つ人々は、どうして人間の進化過程の中で生き残ったのだろうか。従来の社会心理学的説明は、この問いに答えることができない。

このメカニズムは、第 3 章までで論じた理論的枠組みを用いて説明することが可能である。Ostrom はフィールド調査の結果からコミュニケーションの効果を検討している。彼女は、コミュニケーションが可能な状況では、次の二つのことが可能になると主張する。ひとつ目は、合意への到達である。顔を突き合わせて話し合うことによって、全員が納得の上での合意に到達できる。そうすることで、全ての関係者がルールを遵守するようになる、というものである (Ostrom 1990:146-149)。二つ目は、ルールの逸脱者の監視である。これは、日常会話の中で、人物の評判や

逸脱の情報がやりとりされることを指している。その結果、ルールの逸脱者に対して懲罰を行う事が可能になり、自発的に社会的ジレンマが解決される、というものである (Ostrom, Walker, and Gardner 1992)。1 点目については本章の分析で、2 点目については次章で検討を行う。

数理モデルを用いることによって、彼女のアイディアはより明快なものとなる。なぜなら、コミュニケーションの機能は多様であり、複数の異なるメカニズムが同時に働いていることが予想されるためである。Ostrom はコミュニケーションが持つ複数のメカニズムについて議論しているが、このような場合に数理モデルを用いることによって、混在するメカニズムを思考実験によって厳密に区別し分析することが可能になる。

本章の目的は、十分に長期的な社会関係が存在するならば、無限繰り返し N 人囚人のジレンマにおいてサブゲーム完全強ナッシュ均衡が存在することを証明することである。このことを示すことができれば、同時にパレート完全ナッシュ均衡も存在することが言える。第 3 章で見てきたように、複数のプレイヤーが結託して同時に戦略変更を行うことを認めた場合、非効率的な社会規範は不安定になる一方、効率的な社会規範が均衡として存在し続けるという保証も無い。そこで、全員が協力を行う社会規範均衡は排除されないことを示す必要がある。そしてコモンズ管理という状況では、費用の伴う懲罰の手段が存在しない場合でも、効率的な社会規範は存続可能であることを示すことが、本章の目的である。

4.2. 無限繰り返し N 人囚人のジレンマに関する先行研究

すでにこれまで、繰り返しのある社会的ジレンマにおいて協力が実現されるメカニズムに関して、数多くの研究が行われてきた。そこでサブゲーム完全強ナッシュ均衡の導出を行う前に、それらの先行研究を概観し、サブゲーム完全強ナッシュ均衡を導出することの意義を明らかにする。

4.2.1. サブゲーム完全ナッシュ均衡の問題点

囚人のジレンマを解決するメカニズムの説明としては、「フォーク定理」が有名である。フォーク定理とは、「大きな値の割引因子を持つ繰り返しゲームでは、懲罰を行う戦略によって、様々な利得ベクトルをサブゲーム完全ナッシュ均衡として支持

できる」というものである。繰り返しゲームとは、ある段階ゲームが一定の確率で再び繰り返されるモデルである。繰り返される確率を表すパラメタが割引因子であり、これが 1 に近いほど長期的関係があると見なされる。これを NPD の文脈で言い換えると、「長期的関係が存在する社会的ジレンマ状況では、懲罰を含む戦略によって、全てのプレイヤーが協力を行うサブゲーム完全ナッシュ均衡が実現される」となる。このアプローチの代表的な研究には、無限繰り返し 2 人囚人のジレンマ (Infinitely iterated 2-person Prisoner's Dilemma: I2PD) を考察した Axelrod (1997) や、無限繰り返し N 人囚人のジレンマ (Infinitely iterated N-person Prisoner's Dilemma: INPD) を考察した Taylor (1987) がある。I2PD や INPD では、割引因子の値が充分大きい場合、TFT (Tit For Tat) 戦略やグリム・トリガー戦略によって、相互協力の状態をサブゲーム完全ナッシュ均衡として維持することができる。TFT 戦略とは、最初の期は協力を行い、以降は他者が 1 期前に行った行動を返す戦略である。グリム・トリガー戦略とは、相手が非協力を行うまで協力を行い、相手が非協力を行った場合は次の期から非協力を続ける戦略である。

ところが、サブゲーム完全ナッシュ均衡概念を用いた説明は、以下の 3 点の問題を含んでいる。まず 1 点目は、プレイヤー間のコミュニケーションを考慮していないという点である。ナッシュ均衡やサブゲーム完全ナッシュ均衡は、お互いの意思疎通を図ることができない「原子化された個人」を仮定している。そのため、1 人のプレイヤーによる逸脱 (戦略変更) にだけ耐えられれば、その戦略プロファイルはナッシュ均衡だと判定される。しかし、現実の事例を見ると、この仮定は不適切であると言わざるを得ない。例えば、カリフォルニアの地下水くみ上げの事例 (Ostrom 1990: Chap.4) では、次のような事が起きた。1960 年頃のカリフォルニアでは、地下水の過剰汲み上げが問題になり、汲み上げの差し止めを要求する訴訟が汲み上げ業者同士で多数行われた。そして、汲み上げ量の規制を行う機運が高まる中で、小さな組合が数多く作られ、次第にそれらが合併し、最終的には全ての汲み上げ業者が合意するルールが形成される、という過程をたどった。このように、自発的ルール形成の文脈では、大小様々な部分集団によるコミュニケーションを考慮することが必要である。

2 点目は、全員が協力を行うサブゲーム完全ナッシュ均衡が存在したとしても、パレート劣位な戦略プロファイルも同時にサブゲーム完全ナッシュ均衡である、と

いう複数均衡問題である。フォーク定理は、割引因子が十分に大きい場合、ミニマックス値以上のあらゆる利得ベクトルが均衡として維持されることを示している。INPD も例外ではなく、全員非協力から全員協力まで、ほとんど全ての利得ベクトルがサブゲーム完全ナッシュ均衡として実現される。そのため、協力均衡の存在証明だけでなく、非協力均衡が排除されるメカニズムも考える必要がある。

3 点目は、パレート劣位な懲罰を用いてパレート効率的な状況を維持することの不自然さである。グリム・トリガー戦略では、1 度逸脱が発生してしまうと、全員非協力という 1 回ゲームのナッシュ均衡に移行する。これは、逸脱者に対して強い罰を与えることが可能であると同時に、その他のプレイヤーも永遠に協力の利益を逸し続けるという意味で、過度に厳しい懲罰である。しかも、完全フォーク定理 (Fudenberg and Maskin 1986) では、さらに厳しい懲罰も実行可能である。しかし、現実には観察されるものは、「目には目を、歯には歯を」のような逸脱の程度に応じた懲罰や、逸脱を繰り返すごとに厳しくなっていく「段階的サンクション」である (Ostrom, 1990: pp.94-100)。そのため、厳しすぎる懲罰を排除するロジックも必要である。

4.2.2. Weakly Renegotiation-proof Equilibrium とその限界

サブゲーム完全ナッシュ均衡の問題のうち 3 点目を解決した均衡概念が WRE である¹⁴。WRE とは、全てのプレイヤーの利得を減少させるような苛烈な懲罰を排除することを目的として、Farrell and Maskin (1989) が提唱した均衡概念¹⁵である。サブゲーム完全ナッシュ均衡との違いは、全てのプレイヤーが「再交渉」において合意した場合、懲罰を中止できることである。より正確に定義すると、再交渉とは、「戦略プロファイル自体は変更せずに別の履歴からゲームをやり直すことによって、全てのプレイヤーの利得を増加させること」である。再交渉が可能な場合、具体的

¹⁴ これらの研究は、二酸化炭素排出削減などの国際条約締結を対象としている。ただし、論文中で Barrett は、コモンズのような小集団における自発的ルール発生も、同じ INPD モデルによってすることができる、と言及している。なぜなら、次のような共通点が存在するためである。それは、繰り返しのある社会的ジレンマという利得構造を持つことと、ジレンマを解決する制度がアプリオリに備わっていないことである。また、Barrett のモデルを引き継いだ後続の研究では、地域ブロックごとの国家間協力と地球全体での国家間協力のどちらが実現されやすいか考察した Asheim ら (2006) や、Barrett の予測の現実的妥当性を実験室実験によって検討した Helland and Hovi (2008) などがある。

¹⁵ これとほぼ同等の均衡概念を、Bernheim and Ray (1989) も提唱している。

には次のようなことが行われる。例えば NPD において、全てのプレイヤーがトリガー戦略を採用していたとしよう。このとき、1 人のプレイヤーが逸脱して非協力行動を行ったとする。すると、仮にこのままゲームを継続すれば、次の期には全員が非協力行動をとることになる。再交渉はこのようなときに発生し、ゲームが「誰も逸脱を行っていない履歴」からやり直されてしまう。なぜなら、全員協力時に得られる利得は全員非協力時に得られる利得よりも大きいので、全てのプレイヤーは再交渉によって利得を増加させることができるためである。したがって、仮に逸脱が発生したとしても、再交渉が発生し、懲罰は中止される。そしてプレイヤーたちは、懲罰が「信用できない脅し」であることを後ろ向き推論によって見抜き、非協力を実行してしまう。

Barrett (1999) や Asheim ら (2006) は、INPD の WRE を導出し、その場合には次の二つの条件が同時に満たされる必要があることを示した。1 点目の条件は、再交渉が発生しないように、懲罰者の数が一定数を超えないことである。ただし、この条件の下では、非協力の逸脱に対する抑止力が十分でない。これを解決するために、2 点目の条件として、懲罰期間中に逸脱者は贖罪 (Penance¹⁶) として協力行動をとることが必要である。これは、逸脱者に対して自らを罰するよう強制することによって、抑止力を補うことである。本稿でも、この 2 条件を踏襲しつつ、若干の改良を加えた戦略プロファイルを考察する。

ただし WRE は、先に挙げたサブゲーム完全ナッシュ均衡の 3 点の問題点のうち、1 点目と 2 点目を十分に解決できていない。1 点目については、一部のプレイヤーによる結託は考慮していない、という問題がある。コミュニケーションを自由に行うことができる状況では、全体ではない一部のプレイヤーによる逸脱があっても良いはずである。しかし WRE は、全てのプレイヤーが参加する再交渉と、単独で実行される逸脱しか想定していない。2 点目は、WRE は外的一貫性¹⁷を要求しないために、サブゲーム完全ナッシュ均衡と同様に、パレート劣位な戦略プロファイルも均衡となりうることである。外的一貫性とは、ある均衡は他の均衡に支配されていてはならない、という基準である。WRE における再交渉では、過去に実現

¹⁶ この命名は Asheim ら (2005) による。

¹⁷ Farrell and Msskin (1989) は、外的一貫性も考慮した Strongly Renegotiation-proof Equilibrium という均衡概念も同時に提唱している。しかし、これも WRE と同様に、部分集団による逸脱を考慮していない。そのため、本稿の分析では用いなかった。

された状態に戻ることは検討するが、それ以外のより望ましい状態へ移行することは検討しない。そのために、全プレイヤーによる再交渉というコミュニケーションを導入したとしても、パレート劣位な均衡は排除されない。実際に Barrett (1999) や Asheim ら (2005) は、プレイヤー数が多い INPD において、パレート劣位な WRE が存在することを証明し、WRE においては全員協力が達成できないと主張している¹⁸。

4.2.3. Strong Perfect Equilibrium とコミュニケーション可能性

ここまでサブゲーム完全ナッシュ均衡と WRE の問題点について述べたが、3 点の問題を全て解決できる均衡概念が Strong Perfect Equilibrium (サブゲーム完全強ナッシュ均衡) (Rubinstein 1979; 1980) である。サブゲーム完全強ナッシュ均衡は、3 点の特徴を持つ。1 点目は、プレイヤーたちがコミュニケーションを行うことによって、あらゆるプレイヤーの組み合わせによる複数人同時逸脱が実行可能なことである¹⁹。以降ではこの逸脱を「結託による逸脱」と呼ぶ。したがって一度サブゲーム完全強ナッシュ均衡が実現された場合、いかなるプレイヤーの組み合わせが逸脱を計画したとしても、自分たちの利得を増加させることはできない。2 点目は、この結託には強制的な拘束力はないことである。そのため、コミュニケーションの場で宣言した通りの行動をとる必要は無く、他の結託の参加者に嘘をついても構わない。つまり、話し合いによって決められた計画がすぐに反故にされることが明らかな場合であっても、その計画において参加者全ての利得が増加するのであれば、逸脱は実行される。この意味においてサブゲーム完全強ナッシュ均衡は、プレイヤーの個人合理性という仮定を変更していない。また、1 点目と 2 点目の特徴は、サブゲーム完全強ナッシュ均衡は強ナッシュ均衡 (Aumann 1959) と全く同様である。異なっていることは、3 点目として、均衡に対してサブゲーム完全性を要求する点である。サブゲーム完全性とは、動学ゲームの均衡概念に関する仮定で、これまでにどのような履歴が実現されていたとしても、均衡戦略から逸脱する誘因

¹⁸ ただし、全員が協力する WRE が存在しないという先行研究の指摘は誤りである。なぜなら、本稿で提示する全員協力均衡が WRE であることは、容易に確認できるためである。先行研究がこのような誤りをした原因は、3.2.で述べているように、懲罰期中に 1 人だけ協力行動をとる WRE に限定して考察したためである。

¹⁹ 鈴木 (2006) は、強ナッシュ均衡における複数人同時逸脱について、「連帯集団」としての解釈を与えている。

が無い、ということである。したがってサブゲーム完全強ナッシュ均衡は、強ナッシュ均衡を動学ゲームに拡張したものと言える。以上の 1～3 点の特徴から、パレート劣位な状態が 1 期間だけでも出現するサブゲーム完全ナッシュ均衡はサブゲーム完全強ナッシュ均衡とはならない、ということが言える。なぜなら、必ず全員が参加する結託による逸脱を受けてしまうためである。したがって WRE と同様に、パレート劣位な懲罰も実行できない。

以下では、INPD にサブゲーム完全強ナッシュ均衡が存在するための十分条件を導出する。先行研究では、既に Rubinstein (1980) が割引の無い I2PD のサブゲーム完全強ナッシュ均衡を導出している。そこで本稿では、これを次の 3 点から一般化した INPD を分析する。まず 1 点目はプレイヤーの人数を 2 人から N 人に拡張すること、2 点目は 1 未満の割引因子を導入すること、3 点目は利得関数における非協力の誘因の強さを可変とすることである。以降では、一般化した INPD においてもパレート効率的なサブゲーム完全強ナッシュ均衡が存在することを示す。

4.3. ゲーム理論モデルによる分析

まず、段階ゲームとして G_{NPD} を定義する。これは、第 3 章の段階ゲーム $G = (N, A, \{u_i\}_{i \in N})$ に、以下の具体的な仮定を加えたものである。

まず、各プレイヤーの行動の選択肢は $A_1 = \dots = A_n = \{0, 1\}$ とする。 i の行動 $a_i \in A_i$ が、 $a_i = 1$ であることを協力行動、 $a_i = 0$ であることを非協力行動と呼ぶ。次に、段階ゲームでの効用は、公共財から得られる利得が協力者数に対して線形であることを仮定し、それぞれのプレイヤー $i \in N$ について

$$u_i(a) = \alpha \cdot \frac{\sum_{j \in N} a_j}{n} - a_i$$

とする。ただし $\alpha \in (1, n)$ とする。そして、 G_{NPD} を段階ゲームとする無限繰り返しゲームを $G_{NPD}^\infty(\delta)$ とする。戦略などに関する記号は、第 3 章における $G^\infty(\delta)$ のものを引き継ぐこととする。

まず、非協力者が多数出現する戦略プロファイルはサブゲーム完全強ナッシュ均衡にならないことを確認する。

命題 8 $G_{NPD}^\infty(\delta)$ において戦略プロファイル $s \in S$ は、1 期間のうちに n/α 人よりも

多くのプレイヤーが非協力行動をとる $t \in Z^+$ と $h' \in H'$ が存在するならば、サブゲーム完全強ナッシュ均衡・パレート完全ナッシュ均衡ではない。

(証明) 第3章の命題3 (p.58) より、プレイヤー全員の1期間の利得を増加させるような1期間の行動変更が存在する事を示せば良い。それは、 n/α 人以上が非協力行動をとる期に、全ての非協力者が逸脱して協力行動をとることである。そうすると、まず s にしたがった場合に協力行動を取っているプレイヤーは、明らかに利得が増加する。また、 s にしたがった場合に協力行動をとるはずだったプレイヤーについても、 n/α 人以上が同時に協力行動へ転じるため、公共財の価値の増加分が協力の費用1を上回り、利得が増加する。

(証明終わり)

4.3.1. 均衡が存在する十分条件の導出

次に、サブゲーム完全強ナッシュ均衡となりうる戦略プロファイルを定義する。この集合に含まれる戦略プロファイルは、4.2.2. で示した Barrett (1999) の贖罪戦略を、サブゲーム完全強ナッシュ均衡の均衡戦略となるように改良したものである。この戦略プロファイルでは、まず、現在の期までに実現された履歴にもとづいて「懲罰対象」を指定する。そして、この懲罰対象が誰なのか、また何人いるのかによって行動を決定する。懲罰対象に指定されるプレイヤーは、1期前に(戦略に従えば)本来協力行動を行わなければならなかったにもかかわらず、逸脱して非協力行動を取ったプレイヤーである。懲罰対象のプレイヤーが複数人いる場合もある。懲罰対象が決定されると、次の様な行動が取られる。まず、懲罰対象が存在しない場合は、全員が協力行動をとる。このような期のことを**平常期**という。次に、懲罰対象のプレイヤーが存在する場合、何人かのプレイヤーが懲罰として非協力行動をとる。このような期のことを**懲罰期**という。この戦略を一般化贖罪戦略と呼び、以下の様に定義する。

定義 4 $G_{NPD}^{\infty}(\delta)$ における一般化贖罪戦略のプロファイル $s^m = (s_1^m, \dots, s_n^m)$ を、以下

の条件を満たす戦略プロファイルとする。まず、それぞれのプレイヤー

$i \in N$ について $s_i^m = \{s_i^{t|m}\}_{t=1}^{\infty}$ とする。そして現在が第 t 期だとして、

(A) 第 t 期の懲罰対象 D^t を、以下の様に決定する。決定した後に次の (B) に従い、第 t 期の行動を決定する。

(A-1) 現在の期が第1期 ($t=1$) の場合、懲罰対象は存在しないものとして、

$D^1 = \emptyset$ とする。

(A-2) 現在の期が第 2 期以降 ($t \geq 2$) の場合、懲罰対象は第 $t-1$ 期に逸脱して非協力行動を行ったプレイヤーとする。つまり、第 $t-1$ 期までに実現されている履歴を $h^{t-1} \in H^{t-1}$ 、その期に実現された行動の組を $a^{t-1} = (a_1^{t-1}, \dots, a_n^{t-1})$ とすると

$$D^t = \{j \in N \mid s_j^{t-1|m}(h^{t-1}) - a_j^{t-1} = 1\}$$

とする。

(B) 第 t 期の $s_1^{t|m}(h^t), \dots, s_n^{t|m}(h^t)$ は、懲罰対象 D^t のもとで、以下の条件 (B-1) (B-2) を満たすように行動を決定する。行動を決定した後は、次期を $t = t+1$ として (A) に戻り、第 $t+1$ 期の懲罰対象を決定する。

(B-1) $|D^t| = 0$ または $m+1 \leq |D^t|$ ならば、任意の $i \in N$ は $\bar{s}_i^{t|m}(h^t) = 1$ 。

(B-2) $1 \leq |D^t| \leq m$ ならば、任意の $j \in D^t$ は $s_j^{t|m}(h^t) = 1$ で、

$$\text{かつ} \sum_{i \in N \setminus D^t} s_i^{t|m}(h^t) = n - m - 1 + |D^t|.$$

条件 (B-1) は、懲罰対象が存在しない場合と、懲罰対象の人数が $m+1$ 人よりも多かった場合は、全員が協力行動をとることを意味する。条件 (B-2) は、懲罰期においては、 $m+1$ から懲罰対象の人数を引いた人数のプレイヤーが、懲罰として非協力行動をとることを意味する。それと同時に、1 期前に非協力行動を行った（懲罰のターゲットとなっている）プレイヤーは、かならず今期は協力行動を行わなければならないことも意味する。また、逸脱して協力行動を行った場合は、懲罰対象とはならないため、逸脱は無視される。もし、逸脱としての協力行動と逸脱としての非協力行動が同時に発生すれば、非協力行動を行ったプレイヤーのみが次期の懲罰対象となる。

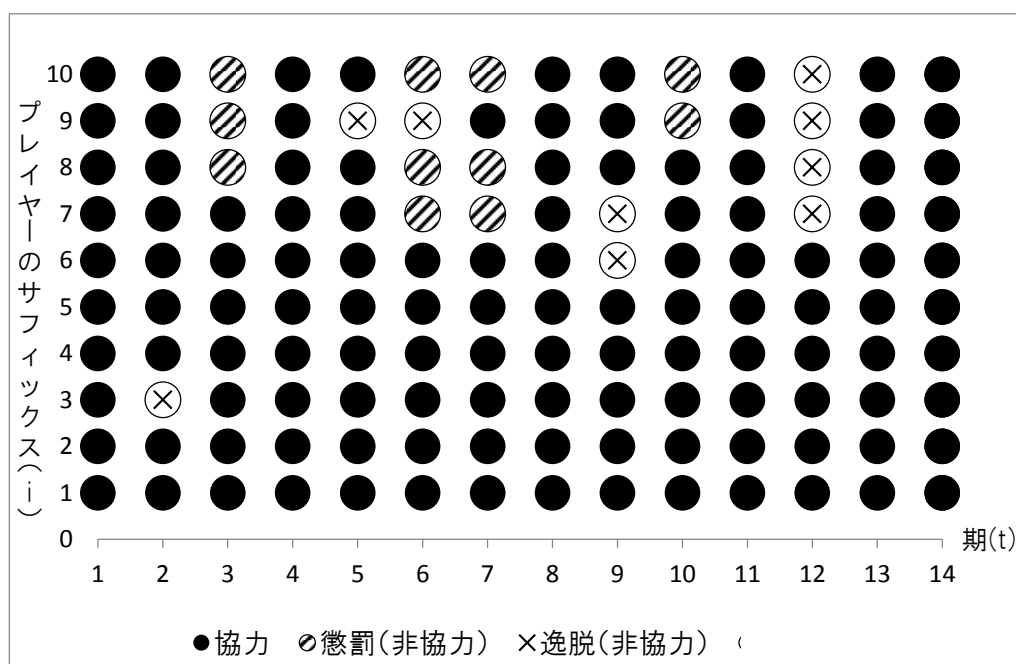


図 5 s^3 における逸脱への対応

この戦略プロファイルの具体例を、図 5 を用いて述べよう。この図は、大部分のプレイヤーは s^3 に従いつつも、何人かのプレイヤーが何カ所かで逸脱した場合²⁰の履歴を示している。期数は 1 番左の列の第 1 期から始めて第 14 期までで、プレイヤーの人数は 10 人である。3 種類の丸印によって、各プレイヤーの各期における行動を示した。第 1 期の平常期では、10 人全てのプレイヤーが s^3 に従い、協力を行っている。この次の第 2 期に、プレイヤー 3 が逸脱して非協力行動をとったとしよう。すると第 3 期はプレイヤー 3 が懲罰対象となる懲罰期に移行し、プレイヤー 8、9、10 の $m(=3)$ 人が s^3 に従って非協力行動をとる。この懲罰期にプレイヤー 3 が贖罪として協力行動を行えば、第 4 期は平常期に戻り、再び 10 人のプレイヤーが協力を行う。第 5 期では、プレイヤー 9 が逸脱を起こしている。この場合、懲罰期である第 6 期には、逸脱を起こし懲罰対象のプレイヤーが贖罪として協力行動をとらなければならないので、9 ではない別のプレイヤー（7、8、10）が懲罰を行う。しかし第 6 期には、プレイヤー 9 は再び逸脱をして非協力行動を取ったとしよう。すると第 7 期も懲罰対象はプレイヤー 9 のままの懲罰期となる。このとき、プレイヤー 9

²⁰ ここでの例は、「仮にこのような逸脱を行った履歴が与えられた場合に、プレイヤーがどのように行動するか」というものである。戦略プロファイルが均衡であり、かつプレイヤーが合理的であるならば、逸脱は絶対に起こらないため、このような履歴が実現することも絶対にありえない。それでも、サブゲーム完全性を仮定しているため、絶対に実現することが無い履歴についても、プレイヤーがとるべき行動を戦略として指定している。そのため、このような「絶対に実現することが無い」例を示すことが可能である。

が改心して贖罪を行えば、次の第 8 期には平常期へ復帰することができる。そして、第 9 期のように複数のプレイヤーが逸脱を行った場合は次の様に対応する。まず第 10 期に、プレイヤー 6 と 7 が懲罰対象となる懲罰期へ移行する。そして、第 9 期で逸脱を行わなかったプレイヤーのうち $m+1-|D^9|=2$ 人のプレイヤー（この例では 9 と 10）が懲罰を行う。そして第 11 期には、第 10 期にプレイヤー 7 と 6 が贖罪して協力行動を行ったため、平常期に復帰している。最後に、第 12 期には $m+1$ と同数の 4 人のプレイヤーが逸脱している。このとき、次期の第 13 期には懲罰は実行されず、平常期と同じ行動が取られる。

一般化贖罪戦略と Barrett (1999) や Asheim ら (2005) との違いについて確認する。最も大きな違いは、懲罰期中の協力者数である。先行研究では、懲罰期中には逸脱者以外の全員が非協力行動をとる戦略プロファイルを考察している。例えば、1 人による非協力行動の逸脱が発生した場合、懲罰期に協力行動をとるプレイヤーは 1 期前の逸脱者 1 人だけである。そのため、プレイヤー数が多い場合、懲罰期中に懲罰を怠る（多数の非協力者が一斉に協力に転じる）逸脱が発生してしまう。他方、本稿の戦略プロファイルでは懲罰期中にも多数のプレイヤーが協力しうる。このような修正を加えることによって、プレイヤー数が多い場合にもサブゲーム完全強ナッシュ均衡を構成することが可能になる。

次に、以下の条件を満たすとき、この戦略がサブゲーム完全強ナッシュ均衡となることを示す。

定理 3 $G_{NPD}^{\infty}(\delta)$ において $n/\alpha \geq m^* \geq (n-\alpha)/\delta\alpha$ を満たす整数 m^* が存在すれば、

サブゲーム完全強ナッシュ均衡が存在し、それは $s^{m^*} = (s_1^{m^*}, \dots, s_n^{m^*})$ である。

(証明)

m^*+1 人以上の結託 (I) と m^*+1 人未満の結託 (II) のそれぞれについて、逸脱の誘因が存在しないことを示す。

まず記号を準備する。結託の人数は $c=|C|$ とする。そして、プレイヤーの部分集合のべき集合を $\Omega = \{C \mid C \subseteq N\}$ としたうえで、写像 $\Psi^t : H^t \rightarrow \Omega, O^t : H^t \rightarrow \Omega$ を以下の様に定義する。戦略 s^{m^*} と第 t 期までの任意の履歴 $h^t = (a^1, \dots, a^{t-1}) \in H^t$ が与えられたとき、第 1 期から第 t 期の各期において懲罰対象だったプレイヤーの集合と各期までの履歴は、

$$\begin{aligned}
D^1 &= \emptyset, h^1 = \emptyset \\
D^2 &= \left\{ j \in N \mid s_j^{1|m^*}(h^1) - a_j^1 = 1 \right\}, h^2 = (a^1), \\
D^3 &= \left\{ j \in N \mid s_j^{2|m^*}(h^2) - a_j^2 = 1 \right\}, h^3 = (h^2, a^2), \\
&\dots \\
D^t &= \left\{ j \in N \mid s_j^{t-1|m^*}(h^{t-1}) - a_j^{t-1} = 1 \right\}, h^t = (h^{t-1}, a^{t-1})
\end{aligned}$$

として一意に定まる。そこで、第 t 期までの履歴 $h^t \in H^t$ が与えられたときの第 t 期の懲罰対象を、

$$\Psi^t(h^t) = D^t$$

とする。そして、懲罰対象が $\Psi^t(h^t)$ だった場合に懲罰として非協力行動をとるプレイヤーの集合を

$$O^t(h^t) = \left\{ i \in N \mid s_i^{t|m^*}(h^t) = 0 \right\}$$

と定義し、その人数は $o^t(h^t) = |O^t(h^t)|$ とする。 $|\Psi^t(h^t)| = 0$ または $|\Psi^t(h^t)| \geq m^* + 1$ となるような h^t が実現していた場合（つまり第 t 期が平常期の場合）は $o^t(h^t) = 0$ であり、 $m^* \geq |\Psi^t(h^t)| \geq 1$ となるような h^t が実現していた場合（つまり $\Psi^t(h^t)$ への懲罰期の場合）は $o^t(h^t) = m^* + 1 - |\Psi^t(h^t)|$ である。また、結託 C の参加者のうち、第 t 期までの履歴 h^t のもとで s^{m^*} に従った場合に非協力行動をとるプレイヤーの集合を $O_c^t(h^t) = C \cap O^t(h^t)$ 、その人数を $o_c^t(h^t) = |C \cap O^t(h^t)|$ とする。

(I) s^{m^*} と $c \geq m^* + 1$ を満たす任意の結託 C が与えられたとき、次の（重み付けベクトルの）写像が、第3章の定理2 (p.64)における条件(8)を全て満たすことを示す。まず、考える写像 $\Lambda^1, \Lambda^2, \Lambda^3, \dots$ は、各 $t(=1, 2, \dots)$ 期について $\Lambda^t(h^t) = (\Lambda_1^t(h^t), \dots, \Lambda_n^t(h^t))$ とし、

$$\Lambda_i^t(h^t) = \begin{cases} \Lambda_{-o} & \text{if } i \in C \setminus O^t(h^t) \\ \Lambda_o & \text{otherwise} \end{cases}, \quad \Lambda_{-o} = \frac{n - o_c^t(h^t) \cdot \alpha}{(c - o_c^t(h^t)) \cdot \alpha}, \quad \Lambda_o = 1$$

を満たすものとする。これは、全ての要素が非負で、かつ $\sum_{i \in C} \Lambda_i^t(h^t) > 0$ である。

(Λ_{-o} の分母がゼロになる $c = o_c^t(h^t)$ のとき $C \setminus O^t(h^t) = \emptyset$ であり、それ以外の場合は $n/\alpha \geq m^* \geq o_c^t(h^t), c \geq o_c^t(h^t)$ より $\Lambda_{-o} \geq 0$ である。) そこで、これが任意の $t \in \mathbb{Z}^+, h^t \in H^t, \tau = 0, 1, 2, \dots$ のもとで

$$u_c^{\Lambda^t(h^t)}(\pi^{t+\tau}(s^{m^*} \mid h^t)) = \sup_{a_c \in A_c} u_c^{\Lambda^t(h^t)}(\{a_c, \pi_{-c}^{t+\tau}(s^{m^*} \mid h^t)\})$$

を満たすことを示せば、条件(8)を全て満たしたことになる。

第 t 期までに履歴 h^t が実現していたとする。このとき全員が s^{m^*} に従った場合、第 t 期は $O^t(h^t)$ のプレイヤーのみが非協力行動を行い、第 $t+1$ 期以降は全員が協力

を繰り返す。そこで、 $O^t(h^t)$ のプレイヤーのみが非協力行動を行っている行動の組と、全員が協力を行う行動の組の両方が、1 期間の重み付け利得を最大にしていることを示す。

そこで、第 t 期以降の各期に結託 C の参加者が次の様な行動の組 $a_C^{x,y}$ を取った場合の、各 1 期間の重み付け利得を考える。まず、プレイヤーの部分集合 $X \subseteq C \setminus O_C^t(h^t)$ と $Y \subseteq O_C^t(h^t)$ を考える。これらは s^{lm^*} に従った場合の第 t 期には、それぞれ協力行動および非協力行動をとるプレイヤーである。これに対して $a_C^{x,y}$ は、 X と $O_C^t(h^t) \setminus Y$ のプレイヤーが非協力行動をとり、 Y と $C \setminus (O_C^t(h^t) \cup X)$ のプレイヤーが協力行動をとるような C の行動の組とする。それぞれのプレイヤーの人数は $x = |X|, y = |Y|$ とする。(ただし $c - o_C^t(h^t) \geq x \geq 0, o_C^t(h^t) \geq y \geq 0$)。 C のプレイヤーが s^{lm^*} に従った場合、第 t 期には $x = 0, y = 0$ 、第 $t+1$ 期以降は $x = 0, y = o^t(h^t)$ となる。

まず、第 t 期に C のプレイヤーが $a_C^{x,y}$ をとった場合、1 期間の重み付け利得は

$$\begin{aligned} u_C^{\Lambda^t(h^t)}\left(\left\{a_C^{x,y}, \pi_{-C}^t(s^{lm^*} | h^t)\right\}\right) &= (c - o_C^t(h^t) - x) \cdot \Lambda_{-o} \cdot \left(\frac{n - o^t(h^t) - x + y}{n} \alpha - 1\right) \\ &\quad + x \cdot \Lambda_{-o} \cdot \frac{n - o^t(h^t) - x + y}{n} + (o_C^t(h^t) - y) \cdot \Lambda_o \cdot \frac{n - o^t(h^t) - x + y}{n} \alpha \\ &\quad + y \cdot \Lambda_o \cdot \left(\frac{n - o^t(h^t) - x + y}{n} \alpha - 1\right) \\ &= \frac{n - o_C^t(h^t)}{\alpha} \cdot \alpha \left(\frac{n - o^t(h^t)}{n} \alpha - 1\right) + o_C^t(h^t) \frac{n - o^t(h^t)}{n} \alpha + \frac{(n - c\alpha)x}{(c - o_C^t(h^t))\alpha} \\ &= \frac{n}{\alpha} \left(\frac{n - o^t(h^t) + o_C^t(h^t)}{n} \alpha - 1\right) + \frac{(n - c\alpha)x}{(c - o_C^t(h^t))\alpha} \end{aligned}$$

となる。このとき、 $c \geq m^* + 1 \geq (n - \alpha)/\delta\alpha + 1 > n/\alpha$ なので、1 期間の重み付け利得が最大となるのは $x = 0$ のときである。また y は、重み付け利得の式から消去されたので、任意の $o_C^t(h^t) \geq y \geq 0$ において 1 期間の重み付け利得は最大となる。そして全員が s^{lm^*} に従った場合、 $x = 0, y = 0$ となり、1 期間の重み付け利得を最大にする行動がとられることとなる。

次に第 $t+T$ 期 (ただし $T \geq 1$) については

$$\begin{aligned}
u_c^{\Lambda^t(h^t)} & \left(\left\{ a_c^{x,y}, \pi_{-c}^{t+T}(s^{lm^*} | h^t) \right\} \right) = (c - o_c^t(h^t) - x) \cdot \Lambda_{-o} \cdot \left(\frac{n - o_c^t(h^t) - x + y}{n} \alpha - 1 \right) \\
& + x \cdot \Lambda_{-o} \cdot \frac{n - o_c^t(h^t) - x + y}{n} + (o_c^t(h^t) - y) \cdot \Lambda_o \cdot \left(\frac{n - o_c^t(h^t) - x + y}{n} \alpha \right) \\
& + y \cdot \Lambda_o \cdot \left(\frac{n - o_c^t(h^t) - x + y}{n} \alpha - 1 \right) \\
& = \frac{n - o_c^t(h^t)}{\alpha} \cdot \alpha \left(\frac{n - o_c^t(h^t)}{n} \alpha - 1 \right) + o_c^t(h^t) \cdot \frac{n - o_c^t(h^t)}{n} \alpha + \frac{(n - c\alpha)x}{(c - o_c^t(h^t))\alpha} \\
& = \frac{n}{\alpha} (\alpha - 1) + \frac{(n - c\alpha)x}{(c - o_c^t(h^t))\alpha}
\end{aligned}$$

となる。これは第 t 期と同様に、 y は重み付け利得の式から消去されたので、任意の $o_c^t(h^t) \geq y \geq 0$ において1期間の重み付け利得は最大となる。そして全員が s^{lm^*} に従った場合、 $x=0, y=o_c^t(h^t)$ となり、1期間の重み付け利得を最大にする行動がとられることとなる。

(II) s^{lm^*} と $c \leq m^*$ を満たす任意の結託 C が与えられたとき、重み付けベクトル $\lambda = (1, \dots, 1)$ が(つまり単純な結託参加者の利得の総和が)、第3章の定理1(p.62)における条件(7)を全て満たすことを示す。この重み付けベクトルの全ての成分は正なので、これが任意の $t \in Z^+, h^t \in H^t$ について

$$U_c^\lambda(s^{lm^*} | h^t) = \sup_{a_c \in A_c} \left\{ u_c^\lambda(a_c, \pi_{-c}^t(s^{lm^*} | h^t)) + \delta U_c^\lambda(s^{lm^*} | (h^t, \{a_c, \pi_{-c}^t(s^{lm^*} | h^t)\})) \right\}$$

を満たすことを示せば、条件(7)は全て満たされたことになる。そこで以下では、どの第 t 期までの履歴 h^t が実現していたとしても、 C のプレイヤーが s^{lm^*} から逸脱して $\pi_c^t(s^{lm^*} | h^t)$ とは異なる行動をとった場合に、全期間の重み付け利得が増加しないことを示す。そのために、以下の手順を踏む。まず、逸脱して協力行動をとったとしても利得は増加しないことを示す。次に、得られる利得が最も大きい1期間の逸脱は、単独プレイヤーによる非協力行動であることを示す。そして最終的に、 $\delta \geq (n - \alpha)/m^* \alpha$ が満たされれば、そのような逸脱を行ったとしても全期間の利得は増加しないことを示す。

まず、 $O_c^t(h^t)$ のプレイヤーが逸脱して協力行動に変更する場合について考える。第 t 期の1期間の重み付け利得は、一人が逸脱して協力行動に変更した場合、公共財の状態が改善して $c\alpha/n$ 増加する代わりに、協力のコストが発生し1減少する。そうすると $c \leq m^* \leq n/\alpha$ より、両者は等しいか、または協力のコストの方が大きい

ため、1 期間の重み付け利得は必ず減少する。また、逸脱して協力行動を行ったとしても、全員が s^{m^*} に従った場合に第 $t+1$ 期以降に実現される行動の組の列は、逸脱をしなかった場合と同じである。それゆえ、逸脱して協力行動に変更したとしても、全期間の重み付け利得は増加しない。

そこで以降では、プレイヤーの集合 $X \subseteq C \setminus O_C^t(h^t)$ が逸脱して非協力行動に変更する 1 期間の逸脱 a_C^X のみを考える。 X の人数は $x = |X|$ とし、 $0 \leq x \leq m^* \leq n/\alpha$ を満たすものとする。

まず、 $X = \emptyset$ だった場合、つまり $s_C^{m^*}$ から逸脱を行わなかった場合に得られる全期間の重み付け利得は

$$U_C^\lambda(s^{m^*} | h^t) = (c - o_C^t(h^t)) \left(\frac{n - o^t(h^t)}{n} \alpha - 1 \right) + o_C^t(h^t) \frac{n - o^t(h^t)}{n} \alpha + c \frac{\delta}{1 - \delta} (\alpha - 1)$$

である。次に、 $X \neq \emptyset$ の場合に得られる重み付け利得を考える。これは、第 t 期の

1 期間逸脱して a_C^X を実行し、第 $t+1$ 期以降は $s_C^{m^*}$ へ復帰した場合の重み付け利得で

ある。ここで

$$h^X = (h^t, \{a_C^X, \pi_{-C}^t(s^{m^*} | h^t)\})$$

とおけば、全期間の重み付け利得は

$$\begin{aligned} & u_C^\lambda(\{a_C^X, \pi_{-C}^t(s^{m^*} | h^t)\}) + \delta U_C^\lambda(s^{m^*} | h^X) \\ &= (c - o_C^t(h^t) - x) \left(\frac{n - o^t(h^t) - x}{n} \alpha - 1 \right) + (o_C^t(h^t) + x) \frac{n - o^t(h^t) - x}{n} \alpha \\ & \quad + \delta (c - o_C^{t+1}(h^X)) \left(\frac{n - o^{t+1}(h^X)}{n} \alpha - 1 \right) + \delta \cdot o_C^{t+1}(h^X) \frac{n - o^{t+1}(h^X)}{n} \alpha \\ & \quad + c \frac{\delta^2}{1 - \delta} (\alpha - 1) \end{aligned}$$

となる。そして、逸脱を行わなかった場合の重み付け利得から逸脱を行った場合の重み付け利得を引くと、

$$\frac{x}{n} \alpha \cdot c - x + \delta \left(c \frac{o^{t+1}(h^X)}{n} \alpha - o_C^t(h^X) \right)$$

となる。ここで $c \leq m^*$ より (C の全員が非協力行動を取ったとしても平常期に移行することは無いために) 必ず $o^{t+1}(h^X) = m^* + 1 - x$ なので

$$\begin{aligned}
& \frac{x}{n} \alpha \cdot c - x + \delta \left(c \frac{o^{t+1}(h^X)}{n} \alpha - o_C^t(h^X) \right) \\
& = \frac{x}{n} \alpha \cdot c - x + \delta \left(c \frac{m^* + 1 - x}{n} \alpha - o_C^{t+1}(h^X) \right) \quad \dots (9)
\end{aligned}$$

となる。すると、式 (9) が最小になる C と X において非負であること、つまり

$$\min_{C, X} \left[\frac{x}{n} \alpha \cdot c - x + \delta \left(c \frac{m^* + 1 - x}{n} \alpha - o_C^{t+1}(h^X) \right) \right] \geq 0 \quad \dots (10)$$

が満たされることを示せば、逸脱をしなかった場合の $\pi_C^t(s^{lm^*} | h^t)$ が、全期間の重み付け利得を最大にする 1 期間の行動であることを示したことになる。

まず、不等式 (10) の左辺を最小にする $o_C^{t+1}(h^X)$ を考える。第 t 期に逸脱して非協力行動を行ったプレイヤーは、第 $t+1$ 期に s^{lm^*} に復帰した場合、 $o_C^{t+1}(h^X)$ には属さず、必ず協力行動を取る (定義 4 の B-2 より)。したがって $o_C^{t+1}(h^X)$ の上限は、 $O_C^{t+1}(h^X) \subseteq C \setminus X$ より $c - x$ である。つまり、 C の参加者のうち第 t 期に X に加わって非協力行動を行わなかった全員が、第 $t+1$ 期には $O_C^{t+1}(h^X)$ に該当して非協力行動をとることが許される状況で、逸脱の誘因は最大となる。そこで $o_C^{t+1}(h^X) = c - x$ を式 (9) に代入すると

$$\begin{aligned}
& \frac{x}{n} \alpha \cdot c - x + \delta \left(c \frac{m^* + 1 - x}{n} \alpha - c + x \right) \\
& = x(1 - \delta) \left(\frac{\alpha}{n} c - 1 \right) + \delta \cdot c \left(\frac{m^* + 1}{n} \alpha - 1 \right)
\end{aligned}$$

となる。このとき、 $(1 - \delta)(\alpha c / n - 1)$ が $c \leq m^* \leq n / \alpha$ より負なので、 x が最大となる $x = c$ のときに式 (9) は最小となる。つまり、第 t 期に C の全員が非協力行動を取る場合に、逸脱の誘因は最大となる。そのため不等式 (10) は

$$\begin{aligned}
& \min_{C, X} \left[\frac{x}{n} \alpha \cdot c - x + \delta \left(c \frac{m^* + 1 - x}{n} \alpha - o_C^{t+1}(h^X) \right) \right] \geq 0 \\
& \Leftrightarrow \min_c \left[c(1 - \delta) \left(\frac{\alpha}{n} c - 1 \right) + \delta \cdot c \left(\frac{m^* + 1}{n} \alpha - 1 \right) \right] \geq 0 \\
& \Leftrightarrow \min_c \left[c \left(\frac{c\alpha - n + \delta \cdot m^* \alpha}{n} \right) \right] \geq 0
\end{aligned}$$

と変形できる。そうすると、式 (9) を最小にする C は $c=1$ の場合、つまり単独のプレイヤーによる非協力行動の逸脱の場合が、最も逸脱の誘因が大きいことが分かる。ここで $\delta \geq (n-\alpha)/m^*\alpha \Leftrightarrow (\alpha-n+\delta m^*\alpha)/n \geq 0$ より

$$\min_{c,x} \left[\frac{x}{n} \alpha \cdot c - x + \delta \left(c \frac{m^*+1-x}{n} \alpha - o_C^{t+1}(h^x) \right) \right] = \frac{\alpha-n+\delta m^*\alpha}{n} \geq 0$$

が言える。

(証明終わり)

この定理より、次の系を導くことができる。

系 1 任意の n と $\alpha \in (1, n)$ に対して、ある $\underline{\delta}_{n,\alpha} \in (0, 1)$ が存在し、 $n/\alpha \geq m^* > (n-\alpha)/\underline{\delta}_{n,\alpha}\alpha$ を満たす m^* が必ず存在する。

証明

$$\lim_{\delta \rightarrow 1} (n-\alpha)/\delta\alpha = n/\alpha - 1$$

なので、 δ を極限まで 1 に近づければ $n/\alpha \geq m^* > n/\alpha - 1$ を満たす整数 m^* が必ず存在する。そこで、 m^* が存在する δ の下限を $\underline{\delta}_{n,\alpha}$ とすれば良い。

(証明終わり)

4.3.2. 2 人囚人のジレンマにおける数値例

本稿のモデル $G^\infty(\delta)$ は、Rubinstein (1980) がサブゲーム完全強ナッシュ均衡を導出した I2PD の拡張となっている。そこで、定理 1 が I2PD においても成立することを確認する。まず、定理によるサブゲーム完全強ナッシュ均衡の条件は、 $n=2$ のとき

$$2/\alpha \geq m^* \geq (2-\alpha)/\delta\alpha$$

である。 $2 > 2/\alpha > 1, (2-\alpha)/\delta\alpha > 0$ なので、 m^* は 1 以外に存在しえない。この結果は、「逸脱が発生すると、前の期に逸脱を行わなかったプレイヤーが非協力行動をとる」という戦略プロファイルによってサブゲーム完全強ナッシュ均衡を構成した Rubinstein (1980) と一致する。しかし 3 人以上の場合は、懲罰期に協力行動をとるプレイヤーが必要なため、戦略を拡張する必要がある。

Rubinstein の用いた利得関数は、相互協力で 2、相互非協力で 1、搾取したときで 3、搾取されたときで 0 の利得が得られるという、標準的なものである。これを

アフィン変換すると、 $\alpha = 4/3$ 、つまり 4 通りそれぞれの状況で $1/3, 0, 2/3, -1/3$ の利得が得られる二人四人のジレンマと考えることができる。このとき、定理の条件を満たす δ の範囲は $\delta \geq 1/2$ である。これは、2 人のプレイヤーがトリガー戦略を取った場合のサブゲーム完全ナッシュ均衡条件と同じである。このように、2 人ゲームにおいてはサブゲーム完全ナッシュ均衡とサブゲーム完全強ナッシュ均衡の違いは顕著でない。大きく異なるのは、N 人ゲームに拡張した場合である。

4.4. 結論

冒頭で述べたように、コミュニケーションの機能は多様であり、複数の異なるメカニズムが同時に働いていることが予想される。そこで本稿では、ゲーム理論モデルを用いることによって、複雑に絡み合う効果の中から「結託による逸脱」という単一のメカニズムだけを抽出し、分析を行った。そうすることによって、サブゲーム完全強ナッシュ均衡としての社会規範均衡が存在する条件が分かった。これらを踏まえて、得られた三つのインプリケーションと、本章の分析に関連する今後の展望を述べたい。

4.4.1. 得られたインプリケーション

1 点目のインプリケーションは、長期的関係とコミュニケーション可能性のそれぞれが持つ機能は区別して考える必要がある、ということである。長期的関係は均衡の安定性を高めて維持を容易にする一方で、コミュニケーションには非協力均衡だけを不安定にする効果がある。そして、これらの両方が揃わなければ社会的ジレンマの解決は難しい。例えば、長期的関係は存在するものの、コミュニケーションを行うアリーナが用意されていない状況について考えよう。この場合は、協力者数が少ないサブゲーム完全ナッシュ均衡から抜け出せなくなる可能性がある。他方、コミュニケーションは成立するものの長期的関係が存在しない状況では、「協力を行わなければ報復として非協力を行う」という脅しが有効に機能しない。その場合、いくら話し合いを行ったとしても、個々人の逸脱を抑えることができない。

2 点目のインプリケーションは、より自由なコミュニケーションと行動変更が可能な状況の方が、社会的ジレンマは解決されやすい場合もある、ということである。このことは、本稿の結果と Barrett (1999) などの先行研究を比較することで明確に

できる。本稿で考察したサブゲーム完全強ナッシュ均衡においては、これまで採用してきた戦略にとらわれず、利害の一致するプレイヤーと結託して自らの利得を増加させる「結託による逸脱」が実行される。このような逸脱を認めてもなお、一定の条件が揃えば、頑健な協力均衡が存在することを定理 3 で示した。一方、先行研究で用いられた WRE においては、協力均衡が不安定になることは無い代わりに、全ての非協力均衡を不安定にする効果も存在しなかった。これは、WRE において行われる「再交渉」に原因がある。過去に得られていた利得と現状を維持した場合の利得を比較し、過去の状態に戻すべきか否かを全員で話し合うことが「再交渉」である。つまり、話し合いの際に「これまで採用してきた戦略を根本的には変更しない」という制約を置くことは、コミュニケーションによる社会的ジレンマ解決の可能性を下げてしまうのである。したがって、「再交渉」のような秩序ある話し合いを行う場合よりは、「結託による逸脱」のような一見すると自分勝手が無秩序な逸脱まで実行可能な環境の方が、最終的に望ましい結果が実現される場合もあると考えられる。

4.4.2. 今後の展望

1 点目は、サブゲーム完全強ナッシュ均衡が存在しない場合や、これらの均衡にまだ到達していない場合に現れるダイナミクスを明らかにすることである。均衡が存在しない場合は、次のような循環が起きることが予想される。まず、非協力者数が n/α を上回っていた場合、結託して協力を行う者が現れる。次に、そのような協力を維持することはできないため、少数のプレイヤーが非協力を行う逸脱が発生する。すると、再び非協力者数が n/α を上回り、再び結託による協力行動が発生する、という循環である。また、均衡が存在する場合であっても、均衡と異なる初期状態からゲームを開始した直後は、上記のような循環が発生し、それが次第に収束して均衡に到達する、というダイナミクスが予想される。これを明らかにするためには、進化ゲーム理論などの後ろ向き合理性のモデルとして定式化すると同時に、実験室実験やフィールド調査における動態を観察することが必要だと考えられる。

2 点目は、モデルの仮定を緩和し、より協力が困難な状況を定式化することである。本稿のモデルは、例えば集団規模や異質性が大きい状況をうまく定式化しているとは言いがたい。なぜなら、プレイヤーの相互監視が困難な場合や、一部のプレイ

ヤーだけがコミュニケーションに参加する場合、コミュニケーションを行うために費用がかかる場合を考慮していないためである。そこで、不完全・不完備情報ゲームとして拡張することによって、より広い現象をカバーすることができるようになるだろう。

第5章 なぜ費用を伴う懲罰に分業が必要なのか？

5.1. 費用の伴う懲罰と社会的分業

多くの社会規範は、費用の伴う懲罰を伴っている。費用の伴う懲罰とは、第3章で述べたように、懲罰を実行した人とされた人の両方に損失の出る懲罰である。ところでこの懲罰が行われる方法には、ある法則がある。それは、全員参加が参加する強力な懲罰に至る前の段階では、「役回り」を持った一部の成員だけが懲罰を実行する、ということである。そこで本章では、費用を伴う懲罰を実行する者とし不在者の「分業」が生じるメカニズムを考察する。

まず、費用を伴う懲罰は、コモンズ管理など社会的ジレンマ状況と考えられるフィールドで普遍的に見られる現象である (Hauert et al. 2007; Ostrom 1990:94–100) 。また社会的ジレンマの実験室実験では、費用を伴う懲罰の手段を被験者に与えることによって、協力の水準が上昇することが広く知られている (Carpenter, Matthews, and Ong'ong'a 2004) 。つまり、費用を伴う懲罰は、「協力を行わなければならない」という社会規範を発生させる原因となっているのである。そしてそのような場面では、表面的に協力行動をとる人びとと、懲罰を行い他者へ積極的に協力行動を強制させる人びとが混在している。このことは、フィールド調査だけでなく、実験室実験においても広く確認されている (Fehr and Fischbacher 2003; Rustagi, Engel, and Kosfeld 2010) 。

ところで McKean (1992) は、日本の森林コモンズである入会地において、次のような懲罰が行われていたと述べている。入会地における監視と初動の懲罰を行うのは、青年団や消防団である。彼らは、違反者を発見した場合、彼らや村人全員の前で謝罪させ、酒や罰金を提供するよう求める。もし違反の程度が大きい場合や反省が見られない場合、「組」のリーダーや親類には連帯責任が降りかかる。つまり、共に謝ったり、場合によっては違反者と共に酒や罰金を支払ったりしなければならない。それゆえ、同じ組の他の成員や親類は、違反者に対して反省するよう働きかける。そして、それでも反省の色が見られない場合には、最も厳しい懲罰である村八分が実行される。日本の農村では、村八分を受けた場合、その家族の生存すら脅かされる。なぜなら彼らの生活は、冠婚葬祭から農作業や家の増改築に至るまで、強

い相互扶助のもとではじめて成り立っていたためである。

McKean (1992) は山梨県の事例をもとに議論をしているが、違反者に対する懲罰が役割分業を伴って行われることは、全国の事例においても見ることができる。例えば、昭和5年に行われた入会地の調査では、次の様な懲罰方法が報告されている。

- ・山梨県北都留郡七保村大字葛野

最近ニ於テハ別ニ制裁規定ナク住民各自ノ徳義ニ訴ヘ規律ノ励行ヲ期シツヽアリ若シ取極ニ違背スル者アルトキハ区長ヨリ注意ヲ促シ已²¹[止]ムヲ得ザル場合ハ其筋ヘ訴フルコトヽセリ (福島・北條 1968a:335)

- ・長野県南安曇郡梓村大字上野

制裁トシテハ罰金ナルモノアリ是ハ違背行為ヲ山廻リ役ニ發²¹[発]見セラシ其際惣代ニ報告シ惣代ハ相等ト認ムル金額ヲ罰金トシテ申シツケタルモノナリ其他山稼器具ノ没収等ノ制裁アリ何レモ関係者申合ノ制裁アリ (福島・北條 1968b:138)

- ・和歌山県西牟婁郡東富田村大字十九淵

維新以前ハ規律違背行為ヲナシタルモノハ庄屋及戸長等ガ連帯ニテ概ネ詫證文一札ヲ入シサセ後來ヲ戒メタル上之ヲ許シタルモノヽ如シ現今ニ於テハ管理者及組合長ノ合議ニヨリ賠償等ノ制裁ヲ加ヘツヽアリ (福島・北條 1968b:345)

- ・長崎県西彼杵郡福田村大字大浦

特ニ規定シタルモノナキモ其ノ都度山惣代協議ノ上之[規律違反に対する制裁のこと]ヲ行フモノトス(福島・北條 1968c:153)

これらの事例に共通していることは、区長・惣代・庄屋・戸長・山惣代といった「役割」を持った一部の成員が、口頭での注意や罰金の申しつけを行う、ということである。もちろん、これらの調停を違反者が受け入れ反省をしなければ、村八分のような多くの成員が参加する懲罰にまで発展するかも知れない。しかし、村八分に至ることはほとんど無いため、実際に懲罰の費用を支払うのは特定の役割を持つ人だけなのである。つまり彼らが、先頭に立って社会規範を他者に強制し、その他の者

²¹ []内は著者の加筆である。

はそれに従っている、という構図がある。そしてこの構図は、日本の入会地の事例に限ったことではない (Rustagi et al. 2010)。

もし懲罰の分業を説明できたならば、部分的に、過剰な懲罰が抑制されるメカニズムも考察できるようになる。なぜなら、一部の成員のみしか懲罰を実行しないということは、全てのプレイヤーが参加するより強力な懲罰は抑制されることを意味するためである。このことは、本研究の「なぜ小集団の社会的ジレンマ状況では、非効率的な社会規範が発生しないのか」という問いとも密接に関わっている。本研究における社会規範の効率性の定義は、社会規範の内容と強制方法の両方がパレート効率的であることだった。これはつまり、逸脱者が発生していない場合と、逸脱者が発生し強制が実行されている場合のどちらでも、パレート効率的な状況が実現することである。第4章では、成員間のコミュニケーションが可能で、かつ十分長期的な社会関係が存在する状況では、社会規範の内容はパレート効率的となることを示した。しかしここでは、プレイヤーが実行可能な強制方法は、一部のプレイヤーが非協力行動に転じることであった。そこで本章では、費用を伴う強力な懲罰も実行可能な場合に、全員が参加する過剰な懲罰が行われる可能性があるのか、それとも一部のプレイヤーが実行するにとどまるのか、ということを検討する。

5.2. 費用を伴う懲罰に関する先行研究

これまでの理論的研究では、「現実の場面では過剰な懲罰が抑制されている」という視点を持つ先行研究は多くない。現実のコモンズ管理で実行される懲罰は、段階的サンクション (Ostrom 1990:94–100) のように、秩序を維持するための費用を最小化したものがほとんどである。しかし、現在行われている多くのシミュレーション研究では、このような視点が欠落している。その結果として、例えば Axelrod のメタ規範モデルのように、経路依存的で非効率的な社会規範を定式化してしまっていることが疑われる研究が存在する。

その原因の一つとして、これまでの研究は「二次のジレンマ」の解決メカニズムの説明を目標としてきたことが考えられる。本節では、二次のジレンマという概念を中心にレビューし、費用を伴う懲罰に関するこれまでの研究成果を概観する。

5.2.1. 二次のジレンマ

「分業」のような懲罰方法の詳細な特徴が理論的に研究されてこなかった理由は、その前の段階として、「なぜ費用を伴う懲罰が実行されるのか」ということが理論的にうまく説明できてこなかった、という事情がある。これまでの多くの先行研究では、「二次のジレンマ」と呼ばれる現象が発生するために、費用を伴う懲罰が存在することは個人合理性を仮定するゲーム理論モデルでは説明ができないと考えられてきた (Ostrom 1998)。二次のジレンマ問題は、もともとの社会的ジレンマ状況である「一次のジレンマ」を解決するために、費用を伴う懲罰を実行しようとしたときに発生する。これは、懲罰の費用を自分が支払わなくとも、他の人が支払ってくれることによって、一次のジレンマの解決という一種の公共財を享受できるという問題である。全員が同様に考え、他者の懲罰費用の支払いにフリーライドしようとする、懲罰は実行されずに社会的ジレンマが顕在化してしまうのである。

二次のジレンマを数学的に言い換えると、有限繰り返しゲームにおいては、費用を支払って懲罰する手段が与えられたとしても、その懲罰はサブゲーム完全ではない状況である (Ostrom et al. 1992)。このことを、図 6 によって説明しよう。この図は、二人囚人のジレンマを行った後、1 の費用を支払うことによって相手に 1 の損害を与えることが可能なゲームの樹形図である。この図のノード（実線）のうち、太線が最適反応を表すノードである。これを見ると、A、B とともに裏切り、懲罰も実行しないという経路が全て最適反応となっている。つまり、「仮に裏切りを行ったとしても、合理的な相手は、費用を支払ってまで懲罰を行わないだろう」という予想が立てられてしまい、その結果どちらも裏切るのである。3 人以上のゲームについても、同様のロジックによって全員が裏切り、全員が懲罰しない、というサブゲーム完全な均衡が実現する。

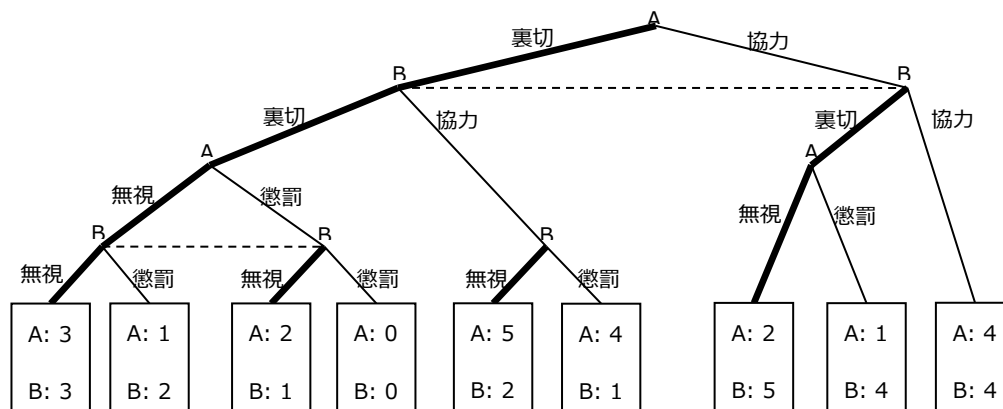


図 6 懲罰付き二人囚人のジレンマの利得構造

現実に実行される懲罰が理論的に説明できない原因は、これまで、アクターの合理性の仮定にあると考えられてきた。そしてこの問題を解決するため、適応的エージェントを仮定したシミュレーション研究が行われてきた。これらの研究は、大きく分けて二つに大別することができる。一つ目は Axelrod (1986) が提唱した「メタ規範」のモデルで、もう一つは Henrich と Boyd (2001) が提唱した「遺伝子・文化の共進化」というモデルである。しかし結論から述べると、これらのモデルは全て致命的な欠陥を抱えており、それゆえに冒頭で紹介したような「役割分化」を説明することができない。そこでその理由を、これら二つのモデルの詳細を解説しながら述べよう。

5.2.2. メタ規範と完全フォーク定理

Axelrod のメタ規範とは、「もし非協力者を処罰しない者がいた場合、その者も罰すべきである」という規範である。まずこのシミュレーションモデルについて、大まかに説明しよう。指定された回数だけゲームの期が繰り返され、その各期は三つのステップから成る。最初のステップでは N 人囚人のジレンマ・ゲームを行う。第 2 ステップでは、1 ステップで裏切ったプレイヤーに対し、自らの利得を減少させて利他的懲罰を加えるチャンスを与えられる。第 3 ステップでは、第 2 ステップで懲罰を加えなかった者に対してメタ懲罰を加えるチャンスを与えられる。各期末には、その期に得られた利得に応じて、エージェントの行動を決定する遺伝子のシェアが変化する。小さな利得しか得られなかったエージェントの遺伝子は、大きな

利得を得たエージェントの遺伝子に置き換えられる。遺伝子から行動が決定される方法は、次の通りである。遺伝子は、三つの性向を決定する遺伝子座が存在し、この性向によって各ステップにおいてどのような行動を取るかが決まる。まず、第 1 ステップで協力する確率を、協力性向と呼ぼう。各エージェントは、協力性向を決める遺伝子座を持つ、言い換えれば、この遺伝子座の状態に従って協力確率が決定される。そして協力性向が高い遺伝子を持つエージェントほど、高い確率で協力を行うことになる。これと同様に、「懲罰性向」と「メタ懲罰性向」を決める遺伝子座が存在し、これに従って第 2 ステップ・第 3 ステップにおける行動が決定される。Axelrod は、懲罰性向とメタ懲罰性向が同じ遺伝子座から決定される場合と別の遺伝子座から決定される場合を比較し、前者においてのみ全員が協力を行う状態が安定した均衡となる、ということを示した。同じ遺伝子座から同時に懲罰性向とメタ懲罰性向が決定されるということは、懲罰とメタ懲罰という行動が連動していることになる。この二つが連動することによって、「懲罰を怠る」という二次のジレンマと「メタ懲罰を怠る」という三次のジレンマが解消される、ということになる。

Axelrod のメタ規範は、完全フォーク定理の証明で用いられている戦略と、本質的に同様のものである(Jankowski 1990)。なぜなら、完全フォーク定理で用いられている戦略では、仮に費用付き懲罰が実行されている期間中にそれを怠った場合、次の期からはその怠ったプレイヤーが懲罰の対象となるためである。懲罰の費用を支払うプレイヤーは、本当は支払いたくないと考えるかもしれない。しかし、自分が懲罰対象となることが恐ろしいので、そのような逸脱は行わないのである。したがって本章では、二次のジレンマの解決メカニズムとしての完全フォーク定理は、Axelrod のメタ規範と同等のものだと考える。

しかしメタ規範は、完全フォーク定理と全く同様に、過剰な懲罰が実行可能であり、かつ、それを用いて非効率的な行動を社会規範の内容として強制することが可能である。Axelrod のモデルにおけるミニマックス行動は、全てのプレイヤーが懲罰対象者に全力で懲罰を行う、というものである。したがって、割引因子の値が十分に大きければ、際限なく強力な懲罰を行う均衡が実現できてしまう。また、そのような均衡が一度実現してしまえば、一人で逸脱を行うことは不可能である。それゆえ、仮にその社会規範の内容が非効率的なものであったとしても、均衡として維持されてしまう。つまり、社会規範の内容と強制方法は、高度に経路依存的なので

ある。

5.2.3. 遺伝子・文化の共進化モデル

二つ目の「遺伝子・文化の共進化モデル」は、メタ規範や完全フォーク定理の問題を解決しようと試みたものである (Boyd 2006)。このモデルは、数理生物学の「群淘汰」モデル (Price 1970) が原点となっている。群淘汰とは、多数の個体は何らかの理由でいくつかの群に分割されていた場合に発生する淘汰メカニズムである。群淘汰は、二つの水準の淘汰を想定する。一つ目は、通常の淘汰と同様の、群内（個人）水準の淘汰である。ここでは、群の中の平均適応度よりも高い適応度の個体は他の個体よりも高い確率で生き残り、子孫を増やす。一方、群の中の平均適応度よりも低い適応度の個体は、子孫を残す前に高い確率で死に絶えてしまう。次の淘汰の水準は、群間である。群水準の淘汰では、低い平均適応度しか得ていない群は、高い平均適応度を持つ群に攻め込まれ、乗っ取られてしまう。ここでいう淘汰を、学習や模倣という穏便な言葉で言い換えたものが「遺伝子・文化の共進化モデル」である (Bowles, Choi, and Hopfensitz 2003)。つまり、ある集団の中で低い効用しか享受できない行動を取る個人は、より高い効用を得ている個人の行動を模倣する。そして、低い効用しか得られない集団は、高い効用を得ている集団の文化や規範、制度を模倣するのである。

これまでに、社会的ジレンマ状況における懲罰を説明するために、多数のシミュレーションモデルや進化ゲームモデルが構築されてきた (Bowles and Gintis 2004; Boyd et al. 2003; Fehr and Fischbacher 2003; Fowler 2005; Henrich et al. 2006; Smirnov 2007)。基本的にこれらのモデルの説明は、以下の通りである。群間水準の無いモデルを想定した場合、運良く費用を伴う懲罰によって協力を実現できたとしても、その懲罰を伴う社会規範はすぐに崩壊し、再び非協力が増加しそこで均衡してしまう。これは二次のジレンマが原因である。懲罰によって一度は高い協力水準を達成しても、二次のジレンマが顕在化するため、懲罰を行わない協力行動が増加する。その時に、突然変異によって非協力者が出現すると、あっという間に集団全体に非協力行動が広まってしまう。一方、群淘汰を仮定すると、次のような進化的ダイナミクスが出現する。社会的ジレンマにおける協力行動は、群内水準の適応度を下げる代わりに、群間水準の適応度を上昇させる。そのため、完全な個人水準の淘汰が

行われる場合と比べ、群淘汰が存在する場合は、わずかに協力率が高くなる。このとき、この協力率の上昇幅を増幅させるものが、費用を伴う懲罰の手段である。つまり、懲罰によって群内の非協力を強力に押さえつけることが可能になると、そのような方法を採用する集団が現れる。その結果、その集団は群間水準で高い平均適応度を達成し、他集団から模倣されるようになるのである。つまり、メタ規範を用いること無く二次のジレンマを抑制するメカニズムとして、群淘汰が着目されたのである。そして群淘汰のモデルにおいては、メタ規範とは異なり、社会規範は効率的なものである必要がある (Boyd 2006)。なぜなら、メタ規範や完全フォーク定理で発生するような非効率的な社会規範は、群水準で淘汰されるためである。

しかし「遺伝子・文化の共進化モデル」の決定的な問題は、冒頭の例のような、懲罰者と傍観者（単なる協力者）が混在する状態を積極的に説明できない、という点である。このモデルにおいて、懲罰者と傍観者が混在した状態が頻繁に出現することは事実である (Rustagi et al. 2010)。しかしその状況では、傍観者は懲罰者よりも懲罰の費用を負担しないため、傍観行動が増加するような進化的ダイナミクスが働く。なぜなら、突然変異によってわずかな数の非協力者が出現するために、懲罰者は常に懲罰の費用を少しずつ支払い続けなければならないためである。その結果、時間が経過するにつれて懲罰者は減少し、それと入れ違いに非協力者が出現する。こうして懲罰「制度」が崩壊した集団は、「制度」を存続させ高い協力率を維持する他の集団に取って代われ、再び懲罰と協力が行われる状態に復帰するのである。このサイクルの中で、懲罰者と傍観者が混在する状況は、秩序が崩壊する途中の不安定な一局面に過ぎないのである。当然、一部の成員だけが懲罰を行う状態よりも、全員が強力な懲罰を実行する状態の方が、より安定していて長期的に存続できる (Henrich and Boyd 2001)。つまり、懲罰者と傍観者が混在していなければならない積極的理由は、このモデルから導くことはできないのである。

5.3. ゲーム理論モデルによる分析

そこで本章では、繰り返しゲームにおける結託による逸脱という分析枠組みによって、分業が必要な理由を説明する。モデルの概要は、以下の通りである。まず第4章で述べたように、費用を伴う懲罰を実行する手段が存在しない場合、集団規模が大きくなるにつれて協力均衡の維持が難しくなる。このときに費用を伴う懲罰が

可能になると、次のような戦略プロファイルによって社会規範均衡を構成することができる。もし少人数による逸脱が発生すると、4章で述べた非協力行動による懲罰に加え、費用を伴う懲罰が実行される。ただし、これを実行するプレイヤーは少数でなくてはならない。なぜなら、もし多数のプレイヤーが懲罰を行うと、全員で結託し懲罰を中止させてしまう誘因が生まれてしまうためである。一方、少数のプレイヤーしか懲罰に参加しないのであれば、懲罰を行っていないプレイヤーは結託に参加する誘因を持たないため、全員が参加する結託は実行されない。

これに付随して、次の2点も明らかにしたい。1点目は、分業が行われる中で、費用を伴う懲罰を行う者が非協力行動をとることはありうるのか、ということである。これまでの実験室実験およびフィールド研究では、費用を伴う懲罰を行うアクターは、協力行動も同時に行う傾向があることが知られている (Henrich et al. 2006; Rustagi et al. 2010)。この点は、遺伝子・文化の共進化モデルであれば説明することができる (Rustagi et al. 2010)。そこで本章のモデルでも、なぜこの傾向が見られるのかということの説明する。

2点目は、メタ規範を用いることなく二次のジレンマを解決することはできるのか、ということである。遺伝子・文化の共進化モデルは、メタ規範を用いることなく二次のジレンマを解決するメカニズムを考察することを、一つの目標としていた。そこで本章でもこれを踏襲し、メタ規範を含まない戦略プロファイルを考察する。そこで二次のジレンマの解決メカニズムとして仮定するのが、日和見的非協力行動である。これは、逸脱による非協力行動が発生した場合と、費用を伴う懲罰が十分に実行されなかった場合に、非協力行動をとるというものである。逸脱による非協力行動が非協力行動を招く、という点は、前章で考察した戦略プロファイルと同様である。本章では、費用を伴う懲罰が実施されなかった場合にも、同様の事が起こると考える。そうすると、日和見的非協力行動が、費用を伴う懲罰を怠ることへの抑止力となる。つまり、一度「貧乏くじ」を引いて懲罰の役割を担ってしまったプレイヤーは、他のプレイヤーよりも多くの費用を負担しなければならないが、多少のコストを支払ってでも役割を演じた方が良い、ということになる。

ところで、本章で用いる均衡概念はサブゲーム完全強ナッシュ均衡ではなくパレート完全ナッシュ均衡である。この理由は2点ある。1点目は、全体プレイヤーによる結託を仮定するだけでも分業が発生する、という積極的な理由である。サブゲ

ーム完全強ナッシュ均衡では部分集合プレイヤーの結託も想定するが、本章の目的を達成するうえでこれらの仮定は不要である、2 点目は、部分集合プレイヤーの結託まで考慮した場合、かなり複雑な戦略を考慮することが必要になり、分析が難しくなることである。そのため、サブゲーム完全強ナッシュ均衡の存在証明は今後の課題と位置づける。

5.3.1. モデルの定義

本章では段階ゲームとして、懲罰が実行可能な N 人囚人のジレンマ G_{PNPD} を定義する。これは、第 3 章の段階ゲーム $G = (N, A, \{u_i\}_{i \in N})$ に、以下の具体的な仮定を加えたものである。

各期における各プレイヤーの、行動の選択肢の集合は $A_1 = \dots = A_n = \{0,1\} \times [0, \bar{b}]^n$ とする。プレイヤー $i (\in N)$ の行動を $(e_i, b_{i1}, \dots, b_{in}) \in A_i$ としたとき、 $e_i = 1$ であることを協力行動、 $e_i = 0$ であることを非協力行動と呼ぶ。次に、ある $j \in N$ に対して $b_{ij} > 0$ であることを、 i はプレイヤー j に対して懲罰費用を支払う（費用を伴う懲罰を行う）という。このとき、プレイヤー j は βb_{ij} の損害を受けることになる。懲罰の強度の上限は \bar{b} とする。また、協力と制裁の意思決定は同じ時点で行われるものとする。

そして、行動の組 $a = ((e_1, b_{11}, \dots, b_{1n}), \dots, (e_n, b_{n1}, \dots, b_{nn}))$ が実現した場合のプレイヤー i の各期の利得は

$$u_i(a) = \frac{\alpha \cdot \sum_{j \in N} e_j}{n} - e_i - \sum_{j \in N} b_{ij} - \sum_{j \in N} \beta b_{ji}$$

とする。ただし $\alpha \in (1, n)$, β は有界な正の実数とする。そして G_{PNPD} を段階ゲーム

とする無限繰り返しゲームを $G_{PNPD}^\infty(\delta)$ とする。 $G_{PNPD}^\infty(\delta)$ の第 t 期の行動戦略

$s_i^t : H^t \rightarrow A_i$ は、 $s_i^t(h^t) = (f_i^t(h^t), g_{i1}^t(h^t), \dots, g_{in}^t(h^t))$ と表現する。 $f_i^t(h^t)$ は、 h^t が実現していたときの i の協力行動・非協力行動に関する意思決定で、写像 $f_i^t : H^t \rightarrow \{0,1\}$ として定義する。 $j \in N$ に対する懲罰の強度 $g_{ij}^t(h^t)$ は、写像

$g_{ij}^t : H^t \rightarrow [0, \bar{b}]$ として定義する。その他の記号は、第 3 章における $G^\infty(\delta)$ のものを引き継ぐこととする。

まず、ある履歴のもとで全てのプレイヤーが費用を伴う懲罰の実行者か対象者のどちらかになる戦略プロファイルは、パレート完全ナッシュ均衡とはならないことを確認する。つまり

命題 9 $G_{PNPD}^{\infty}(\delta)$ において戦略プロファイル $s \in S$ が与えられたとき、ある $t \in Z^+$,

$h^t \in H^t$ が存在して、その期に全てのプレイヤーが次の条件のいずれかに該当するならば、 s はパレート完全ナッシュ均衡ではない。その条件とは、自分が懲罰の費用を支払うことと、自分が懲罰の対象となることである。

(証明)

第 3 章の命題 3 (p.58) より、 s にしたがった場合よりも全てのプレイヤーが 1 期間で多くの利得を上げられる行動の組が存在する事を示せば良い。それは、「協力行動・非協力行動に関する意思決定は変更せずに、懲罰の費用を支払うことを全てのプレイヤーがやめる」というものである。この行動変更を実行すれば、第 t 期の全プレイヤーの利得は真に増加する。

(証明終わり)

次に、懲罰を行うプレイヤーが同時に非協力行動をとるような戦略プロファイルは、パレート完全ナッシュ均衡とはならないことを示す。つまり、

命題 10 $G_{PNPD}^{\infty}(\delta)$ において戦略プロファイル $s \in S$ が与えられたとき、 $f_i^t(h^t) = 0$

かつ $\sum_{j \in N} g_{ij}^t(h^t) > 0$ を満たす $i \in N, t \in Z^+, h^t \in H^t$ が存在すれば、 s はサ

ブゲーム完全強ナッシュ均衡・パレート完全ナッシュ均衡ではない。

(証明)

第 3 章の定義 1 (p.54) より、全てのプレイヤーが s にしたがった場合よりも多くの（全期間にわたる）割引利得を上げることができる戦略が存在する事を示せば良い。それは、「現在の期に i は懲罰の費用 $\sum_{j \in N} g_{ij}^t(h^t)$ を支払うことをやめ、かつ

十分遠い未来の T 期後に協力行動をとる。その他のプレイヤーは i の逸脱を無視する。」というものである。ただし T は

$$\delta^T \left(1 - \frac{\alpha}{n}\right) < \sum_{j \in N} g_{ij}^t(h^t)$$

を満たすものとする。この逸脱を実行すれば、第 t 期の全プレイヤーの利得は真に増加する。なぜなら、 i の割引利得は

$$\sum_{j \in N} g_{ij}^t(h^t) - \delta^T \left(1 - \frac{\alpha}{n}\right)$$

だけ増加し、その他のプレイヤーの割引利得は $\delta^T \alpha / n$ だけ増加するためである。

(証明終わり)

5.3.2. パレート完全ナッシュ均衡の導出

次に、パレート完全ナッシュ均衡となる可能性のある戦略プロファイルを定義する。この戦略プロファイルでは、第 4 章の一般化贖罪戦略と同様に、各期のはじめに一人の「懲罰対象」を指定し、この懲罰対象が誰なのか、また何人いるのかによって行動を決定する。まず、1 期前に（戦略に従えば）本来協力行動を行わなければならないにもかかわらず、逸脱して非協力行動を取ったプレイヤーを懲罰対象に指定する。また、1 期前に非協力行動を取っていない場合でも、懲罰対象に指定される場合がある。それは、1 期前に懲罰対象に対して指定された通りの懲罰の費用が支払われなかった場合である。この場合、懲罰対象が贖罪として協力行動を取ったとしても、また同じプレイヤーが懲罰対象となる。こうして懲罰対象が決定された上で、次の様な行動が取られる。まず、懲罰対象が存在しない場合は、全員が協力行動をとる。このような期のことを**平常期**という。次に、懲罰対象のプレイヤーが存在する場合、何人かのプレイヤーが懲罰として非協力行動を行ったうえ、懲罰対象に対して費用を伴う懲罰も実行される。このような期のことを**懲罰期**という。この戦略を懲罰付き贖罪戦略と呼び、以下の様に定義する。

まず、プレイヤー j に対して費用 $r \in [0, \bar{b}]$ を支払い懲罰することを、各成分が

$$b_j^{j,r} = r, b_i^{j,r} = 0, \forall i \in N \setminus j$$

を満たすベクトル $\mathbf{b}^{j,r} = (b_1^{j,r}, \dots, b_n^{j,r})$ として定義する。また n 個の成分を持つ零ベクトルを $\mathbf{0} = (0, \dots, 0)$ とする。そして、

定義 5 $G_{PNPD}^\infty(\delta)$ における懲罰付き贖罪戦略 $s^{m,r} = (s_1^{m,r}, \dots, s_n^{m,r})$ を、以下の条件を

満たす戦略プロファイルとする。まず、それぞれの $i \in N$ について

$s_i^{m,r} = \{s_i^{t|m,r}\}_{t=1}^{\infty}$ とし、第 t 期までの履歴 h^t が与えられたときの行動戦略は

$s_i^{t|m,r}(h^t) = (f_i^{t|m,r}(h^t), g_i^{t|m,r}(h^t), \dots, g_i^{t|m,r}(h^t))$ と表現する。そして、現在が第 t 期だとして、

(A) 第 t 期の（一人の）懲罰対象 d^t を、以下のように決定する。決定した後に次の (B) に従い、第 t 期の行動を決定する。

(A-1) 現在の期が第 1 期 ($t=1$) の場合、懲罰対象は存在しない。つまり $d^1 = \emptyset$ とする。

(A-2) 現在の期が第 2 期以降 ($t \geq 2$) の場合、以下の場合分けに従って懲罰対象を決定する。まず、第 $t-1$ 期に実現された行動の組を $((e_1^{t-1}, b_{11}^{t-1}, \dots, b_{1n}^{t-1}), \dots, (e_n^{t-1}, b_{n1}^{t-1}, \dots, b_{nn}^{t-1}))$ 、第 $t-1$ 期の懲罰対象を d^{t-1} とする。そのうえで、

(A-2-1) 第 $t-1$ 期に懲罰対象が存在し、かつ逸脱して非協力行動を行ったプレイヤーが存在しなかった場合は、次の通りである。まず、その懲罰対象に対して $r(n-m^*-2)$ 以上の懲罰の費用が支払われていた場合は、第 t 期の懲罰対象は存在しない。他方、支払われた費用が $r(n-m^*-2)$ を下回っていた場合、第 t 期の懲罰対象は第 $t-1$ 期の懲罰対象のままとする。つまり $j \in d^{t-1}$ として

$$d^{t+1} = \begin{cases} \emptyset & \text{if } \sum_{i \in N} b_{i|j}^{t-1} \geq r(n-m^*-2) \\ d^t & \text{otherwise} \end{cases}$$

とする。

(A-2-2) 第 $t-1$ 期に懲罰対象が存在せず、かつ逸脱して非協力行動を行ったプレイヤーが存在しなかった場合、第 t 期の懲罰対象は存在しない。つまり $d^t = \emptyset$ とする。

(A-2-3) 第 $t-1$ 期に（懲罰対象の有無にかかわらず）逸脱して非協力行動を行ったプレイヤーが一人だけ存在した場合、第 t 期の懲罰対象はそのプレイヤーとする。つまり、

$$d^t = \{j \in N \mid f_j^{t-1}(h^{t-1}) - e_j = 1\}$$

とする。

(A-2-4) 第 $t-1$ 期に（懲罰対象の有無にかかわらず）逸脱して非協力行動を行ったプレイヤーが2人以上存在した場合、第 t 期の懲罰対象は存在しない。つまり $d^t = \emptyset$ とする。

(B) 第 t 期の行動戦略 $s_1^{t|l m, r}(h^t), \dots, s_n^{t|l m, r}(h^t)$ は、懲罰対象 d^t のもとで、以下の条件を満たすものとする。行動を決定した後は、次期を $t=t+1$ として(A)に戻り、第 $t+1$ 期の懲罰対象を決定する。

(B-1) $d^t = \emptyset$ ならば、全員が協力行動をとる。つまり、任意の $i \in N$ について $s_i^{t|l m, r}(h^t) = (1, \mathbf{0})$ となる。

(B-2) $d^t \neq \emptyset$ ならば、以下のように行動する。まず、 d^t のプレイヤーは必ず協力行動のみを行い、懲罰は行わない。 d^t 以外の m 人は、非協力行動のみを行い、懲罰は行わない。 d^t 以外の $n-m-2$ 人は、協力行動を行い、かつそれぞれ費用 r を支払い d^t に対して懲罰を行う。そして上記以外の一人は、協力行動のみを行う。つまり、 $j \in d^t$ としたうえで

$$(B-2-1) \quad s_j^{t|l m, r}(h^t) = (1, \mathbf{0}),$$

$$(B-2-2) \quad \left| \left\{ i \in N \mid s_i^{t|l m, r}(h^t) = (0, \mathbf{0}) \right\} \right| = m,$$

$$(B-2-3) \quad \left| \left\{ i \in N \mid s_i^{t|l m, r}(h^t) = (1, \mathbf{b}^{j, r}) \right\} \right| = n - m - 2,$$

$$(B-2-4) \quad \left| \left\{ i \in N \mid s_i^{t|l m, r}(h^t) = (1, \mathbf{0}) \right\} \right| = 2$$

を全て満たすものとする。

この戦略は、第4章における一般化贖罪戦略と比較して、以下の点が異なっている。まず1点目は、懲罰期において $n-m-2$ 人のプレイヤーが費用 r を支払い懲罰することである。2点目は、もし費用を伴う懲罰が実行されなかった場合、同じプレイヤーに対する懲罰期が繰り返されることである。これはつまり、費用を伴う懲罰を怠ったプレイヤーは、日和見的な非協力行動が次期も行われるため、利得が減少することを意味する。一方、懲罰対象が協力行動を行い、かつ費用を伴う懲罰が定められた通りに実行されることによって、全員が協力を行う平常期に復帰することができる。この利得の落差が、懲罰の費用を支払うプレイヤーにとって、懲罰を

怠らない誘因となる。そして 3 点目は、複数人が同時に非協力行動へ転じる逸脱は、無視されて反応（処罰）が行われない点である。この理由は、本章で用いる均衡概念がパレート完全ナッシュ均衡であることによる。パレート完全ナッシュ均衡は、全員が参加する逸脱と、単独の逸脱に耐えられることのみを要求する。つまり、真部分集合プレイヤーによる逸脱は発生しないことが、仮定されているためである。

表 1 は、平常期と懲罰期において、各行動をとるプレイヤーの人数と、そのプレイヤーが得る 1 期間の利得を示している。

表 1 $s^{m,r}$ における各プレイヤーの行動と 1 期間の利得

行動	(1,0)	(1,0)	$(1, b^{d^t, r})$	(0,0)
	懲罰対象でない	懲罰対象		
平常期	$\alpha - 1$ (n 人)	— (0 人)	— (0 人)	— (0 人)
d^t の	$\frac{\alpha(n-m)}{n} - 1$	$\frac{\alpha(n-m)}{n} - 1$	$\frac{\alpha(n-m)}{n} - 1 - r$	$\frac{\alpha(n-m)}{n}$
懲罰期	(1 人)	(1 人)	($n - m - 2$ 人)	(m 人)

次に、戦略プロファイル $s^{m,r}$ がパレート完全ナッシュ均衡となる条件を導出する。

定理 4 $G_{PNPD}^\infty(\delta)$ において、

$$\delta \geq \frac{r^*}{\alpha m^* / n + r^*}, \delta \geq \frac{nr^* + n - \alpha}{\alpha m^* + n\beta r^* (n - m^* - 2)}, m^* \leq \frac{n}{\alpha}$$

を同時に満たす非負整数 m^* および $r^* \in [0, \bar{b}]$ が存在すれば、パレート完全ナッシュ均衡が存在し、それは $s^{m^*, r^*} = (s_1^{m^*, r^*}, \dots, s_n^{m^*, r^*})$ である。

(証明)

全てのプレイヤーが参加する結託による逸脱 (I) と、単独プレイヤーによる逸脱 (II) のそれぞれについて、誘因が存在しないことを示す。

まず記号を準備する。結託の人数は $c = |C|$ とする。そして、プレイヤーの部分集合のべき集合を $\Omega = \{C \mid C \subseteq N\}$ としたうえで、写像 $\psi^t : H^t \rightarrow \Omega, \phi^t : H^t \rightarrow \Omega, P^t : H^t \rightarrow \Omega, Q^t : H^t \rightarrow \Omega$ を以下の様に定義する。戦略 s^{m^*, r^*} と第 t 期までの履歴

$h^t \in H^t$ が与えられたとき、第 1 期から第 t 期の各期における懲罰対象は、定義 5 の (A) に従って一意に定まる。そこで、第 t 期までの履歴 $h^t \in H^t$ が与えられたときの第 t 期の懲罰対象を $\psi^t(h^t)$ とする。次に $O^t(h^t)$ は、懲罰対象が $\psi^t(h^t)$ である場合に日和見的非協力をを行うプレイヤーの集合、つまり

$$O^t(h^t) = \{i \in N \mid s_i^{t|m^*, r^*}(h^t) = (0, 0)\}$$

とする。 $P^t(h^t)$ は、協力行動と費用を伴う懲罰を実行するプレイヤーの集合、つまり

$$P^t(h^t) = \{i \in N \mid s_i^{t|m^*, r^*}(h^t) = (1, \mathbf{b}^{d^t, r})\}$$

とする。そして $Q^t(h^t)$ を、懲罰は行わず協力行動のみを行う懲罰対象以外のプレイヤーの集合、つまり

$$Q^t(h^t) = \{i \in N \setminus \{\psi^t(h^t)\} \mid s_i^{t|m^*, r^*}(h^t) = (1, 0)\}$$

とする。 $O^t(h^t), P^t(h^t), Q^t(h^t)$ それぞれの人数は $o^t(h^t) = |O^t(h^t)|$, $p^t(h^t) = |P^t(h^t)|$, $q^t(h^t) = |Q^t(h^t)|$ とする。もし、 $\psi^t(h^t) = \emptyset$ となるような h^t が実現していた場合（つまり第 t 期が平常期の場合）は、 $o^t(h^t) = p^t(h^t) = 0$, $q^t(h^t) = n$ である。一方、 $\psi^t(h^t) \neq \emptyset$ となるような h^t が実現していた場合（つまり $\psi^t(h^t)$ への懲罰期の場合）は、 $o^t(h^t) = m^*$, $p^t(h^t) = n - m^* - 2$, $q^t(h^t) = 1$ である。

(I) 全プレイヤーが参加する結託 N が与えられたとき、次の重み付けベクトルが、第 3 章の定理 2 (p.64) の条件 (8) を全て満たすことを示す。考える重み付けベクトル $\Lambda^t(h^t) = (\Lambda_1^t(h^t), \dots, \Lambda_n^t(h^t))$ は、

$$\Lambda_i^t(h^t) = \begin{cases} 1 & \text{if } i \in O^t(h^t) \\ \frac{n - o^t(h^t) \cdot \alpha}{q^t(h^t) \cdot \alpha} & \text{if } i \in Q^t(h^t) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

を満たすものとする。これは、全ての要素が非負（ $\because n/\alpha \geq m^* \geq o^t(h^t)$ ）で、かつ $\sum_{i \in N} \Lambda_i^t(h^t) > 0$ である。そこで、任意の $t \in \mathbb{Z}^+$, $h^t \in H^t$, $\tau = 0, 1, 2, \dots$ のもとで

$$u_C^{\Lambda^t(h^t)}(\pi^{t+\tau}(s^{t|m^*, r^*} \mid h^t)) = \sup_{a_C \in A_C} u_C^{\Lambda^t(h^t)}(\{a_C, \pi_{-C}^{t+\tau}(s^{t|m^*, r^*} \mid h^t)\})$$

を満たすことを示せば、条件 (8) を全て満たしたことになる。

第 t 期までに履歴 h^t が実現していたとする。このとき全員が $s^{t|m^*, r^*}$ に従った場合、現在の期は平常期か、またはいずれかのプレイヤーに対する懲罰期である。いずれの期においても、 $O^t(h^t)$ のプレイヤーは $(0, 0)$ 、 $P^t(h^t)$ は $j \in \psi^t(h^t)$ として $(1, \mathbf{b}^{j, r^*})$ 、

その他は(1,0)を行う。次期以降は平常期となり、全員が協力を繰り返す。そこで、現在の期に実現する全ての行動の組と、次期以降に実現する平常期の場合の行動の組の両方が、1 期間の重み付け利得を最大にしていることを示す。

まず、 s^{m^*, r^*} に従った場合よりも 1 期間の重み付け利得を増加させる可能性が無い行動変更を除外する。まず、①懲罰に支払う費用を増加させる行動変更は、支払うプレイヤーと懲罰を受けるプレイヤー両方の 1 期間の利得を減少させるだけなので、無視できる。次に、② $P^t(h^t)$ が支払う懲罰の費用を減額する行動の変更も、重み付け利得は変化しない。なぜなら、費用を支払う $P^t(h^t)$ と懲罰を受ける $\psi^t(h^t)$ の利得は、重み付けがゼロのため、懲罰を控えて利得が増加したとしても重み付け利得に影響を与えないためである。最後に、③「 $O^t(h^t)$ と $Q^t(h^t)$ 」以外の (s^{m^*, r^*} に従えば全員が協力行動をとる) プレイヤーが非協力行動に変更することも、1 期間の重み付け利得を必ず減少させる。なぜなら、これらのプレイヤーの利得に対する重み付けはゼロなので、非協力行動に転じて忌避できる協力のコストは、重み付け利得には影響しないためである。

そうすると、1 期間の重み付け利得が s^{m^*, r^*} に従った場合を上回る可能性がある行動の変更は、 $O^t(h^t)$ のプレイヤーが第 t 期に協力行動に転じる逸脱、第 $t+1$ 期以降に非協力行動に転じる逸脱、 $Q^t(h^t)$ のプレイヤーが第 t 期以降のいずれかの期に非協力行動に転じる逸脱の 3 種類のみである。そこで、 $Q^t(h^t)$ のプレイヤーのうち x 人が非協力行動、それ以外は協力行動をとり、また $O^t(h^t)$ のプレイヤーのうち y 人が協力行動、それ以外は非協力行動をとる行動の組 $a^{x,y}$ について考える (ただし $q^t(h^t) \geq x \geq 0, o^t(h^t) \geq y \geq 0$)。

第 t 期以降のいずれかの期に $a^{x,y}$ をとった場合の 1 期間の重み付け利得は

$$\begin{aligned}
u_N^{A^t(h^t)}(a^{x,y}) &= (q^t(h^t) - x) \cdot \frac{n - o^t(h^t) \cdot \alpha}{q^t(h^t) \cdot \alpha} \cdot \left(\frac{n - o^t(h^t) - x + y}{n} \alpha - 1 \right) \\
&\quad + x \cdot \frac{n - o^t(h^t) \cdot \alpha}{q^t(h^t) \cdot \alpha} \cdot \frac{n - o^t(h^t) - x + y}{n} + (o^t(h^t) - y) \cdot \frac{n - o^t(h^t) - x + y}{n} \alpha \\
&\quad + y \cdot \left(\frac{n - o^t(h^t) - x + y}{n} \alpha - 1 \right) \\
&= \frac{n - o^t(h^t) \cdot \alpha}{\alpha} \left(\frac{n - o^t(h^t)}{n} \alpha - 1 \right) + o^t(h^t) \frac{n - o^t(h^t)}{n} \alpha + \frac{(n - n\alpha)x}{(n - o^t(h^t))\alpha} \\
&= \frac{n}{\alpha} (\alpha - 1) + \frac{(n - n\alpha)x}{(n - o^t(h^t))\alpha}
\end{aligned}$$

である。このとき、 $n - n\alpha < 0$ であり、また y は消去されるので、 $x = 0$ と任意の $o^t(h^t) \geq y \geq 0$ において、この式は最大となる。そして全員が s^{m^*, r^*} に従った場合は、第 t 期に $x = 0, y = 0$ 、それ以降は $x = 0, y = o^t(h^t)$ となり、どちらもこの式を最大に

している。

(II) 単独のプレイヤーが逸脱によって利得を増加させることができないことを第3章の命題 4 (p.59) によって示す。ここでは、任意の $t \in Z^+, h^t \in H^t, i \in N$ について

$$U_i(s_i^{m^*, r^*} | h^t) = \sup_{a_i \in A_i} \left\{ \mu_i \left(\left\{ a_i, \pi_{-i}^t(s_i^{m^*, r^*} | h^t) \right\} \right) + \delta U_i \left(s_i^{m^*, r^*} | \left(h^t, \left\{ a_i, \pi_{-i}^t(s_i^{m^*, r^*} | h^t) \right\} \right) \right) \right\}$$

が満たされること、つまり 1 期間だけ $s_i^{t|m^*, r^*}(h^t)$ から逸脱して単独で別の行動をとったとしても i の全期間の利得は増加しないことを示す。以降では、懲罰に支払う費用を増加させる行動変更は明らかに利得を減少させるので、考慮しない。

(II-1) $i \in O^t(h^t)$ である場合、逸脱を行わなかった場合の行動は $s_i^{t|m^*, r^*}(h^t) = (0, 0)$ だが、逸脱して協力行動をとると明らかに割引利得は減少する。

(II-2) $i \in P^t(h^t)$ である場合、逸脱を行わなかった場合の行動は、 $j \in \psi^t(h^t)$ として $s_i^{t|m^*, r^*}(h^t) = (1, \mathbf{b}^{j, r^*})$ なので、得られる全期間の割引利得は

$$U_C^\lambda(s_i^{m^*, r^*} | h^t) = \frac{n - o^t(h^t)}{n} \alpha - 1 - r^* + \frac{\delta}{1 - \delta} (\alpha - 1)$$

である。利得を増加させる可能性があるのは、費用を伴う懲罰のみ怠る $(1, 0)$ 、非協力行動に転換する $(0, \mathbf{b}^{j, r^*})$ 、懲罰を怠った上非協力行動も行う $(0, 0)$ である。以下では、いずれの逸脱を行っても逸脱しなかった場合の割引利得を上回らないことを示す。

まず、逸脱して $(1, 0)$ を実行した場合に得られる割引利得は

$$\frac{n - o^t(h^t)}{n} \alpha - 1 + \delta \left\{ \frac{\alpha(n - m^*)}{n} - 1 - r^* \right\} + \frac{\delta^2}{1 - \delta} (\alpha - 1)$$

である。逸脱を行わなかった場合の割引利得から、行った場合の割引利得を引くと

$$-r^* + \delta \left(\frac{\alpha m^*}{n} + r^* \right)$$

なので、 $\delta \geq r^* n / (\alpha m^* + r^* n)$ ならば非負であり、逸脱しても割引利得は増加しない。

次に、逸脱して $(0, 0)$ を実行した場合の割引利得は

$$\frac{n - o^t(h^t) - 1}{n} \alpha + \delta \left\{ \frac{\alpha(n - m^*)}{n} - 1 - \beta r^* (n - m^* - 2) \right\} + \frac{\delta^2}{1 - \delta} (\alpha - 1)$$

である。逸脱を行った場合と行わなかった場合の割引利得の差は

$$\frac{\alpha}{n} - 1 - r^* + \delta \left\{ \frac{\alpha m^*}{n} + \beta r^* (n - m^* - 2) \right\}$$

なので、 $\delta \geq (nr^* + n - \alpha) / \{\alpha m^* + n\beta r^* (n - m^* - 2)\}$ ならば非負であり、逸脱しても割引利得は増加しない。

最後に、第 t 期だけ $(0, \mathbf{b}^{j,r^*})$ に転じる逸脱は、第 t 期に得られる利得は $(0, \mathbf{0})$ に転じた場合より少ない一方で、 $t+1$ 期以降に得られる割引利得は $(0, \mathbf{0})$ に転じた場合と変わらない。そのため、 $(0, \mathbf{0})$ に転じる逸脱によって利得を増加させることができない。ならば、 $(0, \mathbf{b}^{j,r^*})$ についてもできない。

(II-3) $i \in Q^t(h^t)$ だった場合、逸脱を行わなかった場合の行動は $s_i^{t|lm^*, r^*}(h^t) = (1, \mathbf{0})$ で、得られる割引利得は、

$$U_C^\lambda(s_i^{t|lm^*, r^*} | h^t) = \frac{n - o^t(h^t)}{n} \alpha - 1 + \frac{\delta}{1 - \delta} (\alpha - 1)$$

である。割引利得を増加させる可能性があるのは、非協力行動 $(0, \mathbf{0})$ に転換する逸脱である。これを実行した場合に得られる割引利得は

$$\frac{n - o^t(h^t) - 1}{n} \alpha + \delta \left\{ \frac{\alpha(n - m^*)}{n} - 1 - \beta r^* (n - m^* - 2) \right\} + \frac{\delta^2}{1 - \delta} (\alpha - 1)$$

である。逸脱を行った場合の割引利得から行わなかった場合の割引利得を引いた差は

$$\frac{\alpha}{n} - 1 + \delta \left\{ \frac{\alpha m^*}{n} + \beta r^* (n - m^* - 2) \right\}$$

なので、 $\delta \geq (n - \alpha) / \{\alpha m^* + n\beta r^* (n - m^* - 2)\}$ ならば非負である。それゆえ、逸脱したとしても割引利得は増加しない。

(II-4) $i \in \psi^t(h^t)$ だった場合、逸脱を行わなかった場合の行動は $s_i^{t|lm^*, r^*}(h^t) = (1, \mathbf{0})$

で、得られる割引利得は

$$U_i(s_i^{t|lm^*, r^*} | h^t) = \frac{\alpha(n - m^*)}{n} - 1 - \beta r^* (n - m^* - 2) + \frac{\delta}{1 - \delta} (\alpha - 1)$$

である。逸脱を行わなかった場合の行動は $(1, \mathbf{0})$ なので、割引利得を増加させる可能性があるのは、非協力行動に転換する 1 期間の逸脱 $(0, \mathbf{0})$ である。これを実行した場

合に得られる割引利得は

$$\frac{n-m^*-1}{n}\alpha - \beta r^*(n-m^*-2) + \delta \left\{ \frac{\alpha(n-m^*)}{n} - 1 - \beta r^*(n-m^*-2) \right\} + \frac{\delta^2}{1-\delta}(\alpha-1)$$

である。逸脱を行った場合と行わなかった場合の割引利得の差は

$$\frac{\alpha}{n} - 1 + \delta \left\{ \frac{\alpha m^*}{n} + \beta r^*(n-m^*-2) \right\}$$

なので、 $\delta \geq (n-\alpha)/\{\alpha m^* + n\beta r^*(n-m^*-2)\}$ ならば正となる。それゆえ、逸脱せず(1,0)を行った時に割引利得は最も大きくなる。

(証明終わり)

5.4. 結論：得られたインプリケーションと残された課題

本章の分析によって明らかになったインプリケーションは、以下の三点である。まず一点目は、命題 9 より、全てのプレイヤーが懲罰を行うか、受けることになる戦略プロファイルは、全員による結託に耐えられないということである。このことは、本章の「なぜ懲罰を行う者を行わない者の分離が生じるのか」という問いに対する回答である。つまり、全員が費用を伴う懲罰に関わってしまうと、全員で結託して懲罰を「なあなあ」にしてしまう誘因が発生するのである。一方、一部の人だけが懲罰の費用を負担する場合は、その人たちに費用を支出させることを「強制」することができる。

二つ目のインプリケーションは、メタ規範だけでなく、日和見的非協力行動であってもよい、というものである。日和見的非協力者が存在する場合、費用を伴う懲罰を怠ると、懲罰期が長引くことになる。そうすると、その間に日和見的非協力行動が発生するため、懲罰を怠った者は損をすることになる。このようなメカニズムによっても、二次のジレンマを解決することは可能である。

三点目は、命題 10 より、費用を伴う懲罰を行う者は非協力行動をとることはない、ということである。この理由は以下の通りである。仮に、ある戦略プロファイルに従うと、費用を伴う懲罰を行うとともに、非協力行動をとることになるプレイヤーが存在したとする。このとき、そのプレイヤーが他のプレイヤーに対して、次のような提案を行ったとしよう。それは「私は将来協力行動を行おう。その代わり、

今期に行う懲罰への費用拠出は減免して欲しい。次期以降に、私が費用を拠出しなかったことは見なかったことにしてもらえないだろうか。」というものである。この提案は必ず全員に承諾される。なぜならば他のプレイヤーは、費用を伴う懲罰を怠ることを見逃すことによって一人のプレイヤーが協力行動に転じるため、利得が確実に増加するためである。そのため、社会規範の懲罰の費用を負担させることが可能なプレイヤーは、協力行動をとる「道徳的な」プレイヤーだけに限られる。

5.4.1. 今後の展望

本章の分析は、いくつかの問題が残されている。一点目は、本章のモデルにサブゲーム完全強ナッシュ均衡は存在するのか否か、という問題である。サブゲーム完全強ナッシュ均衡は、パレート完全ナッシュ均衡と比べ、部分集合による結託を認める分、強い均衡概念である。そこで、そのような結託を認めた場合に均衡が存在するのかということは、今後確かめる必要がある。

二点目は、費用を伴う懲罰が実行される均衡とされない均衡の違いを明らかにすることである。本章では、 r^* の値の大きさ（懲罰の厳しさ）がどのような効果を持つのか、ということについては詳しく議論することはできなかった。定理 4 で $r^* = 0$ とおいた（費用を伴う懲罰を実行しない）場合は、第 4 章の定理 3 における均衡が存在する条件と一致する。しかし、 $r^* > 0$ とした場合に均衡が存在するパラメタ条件がどのように変化するか、ということはまだ確認できていない。現時点でできる予想は、懲罰の効率 β の値が大きい場合に、 r^* の値の大きさに比例して均衡が存在するパラメタ (α, δ) の範囲が広くなるということである。これを確かめることは今後の課題としたい。

三点目は、結託が可能な状況においてメタ規範は実行可能なのか、できるとすればどのような制約の下で実行可能なのか、という点である。本章ではメタ規範についての考察を行わなかった。しかし完全フォーク定理は、メタ規範を用いることで、サブゲーム完全ナッシュ均衡として維持できる利得の範囲が大きく広がる事を証明している。そこで今後は、メタ規範を用いることによってパレート完全ナッシュ均衡・サブゲーム完全強ナッシュ均衡として均衡を維持できるパラメタの範囲（割引因子・公共財の価値・費用を伴う懲罰の効率など）を広げることができるか否かを考察する必要がある。

四点目は、段階的サンクションが実行されるメカニズムである。本章で考察した戦略は、社会規範からの違反回数に応じて懲罰の強度を変えるということを行わなかった。しかし、現実には観察されるのは、違反を重ねるごとに懲罰が強くなる段階的サンクションである。そこで今後は、このメカニズムを解明することが必要だろう。このときに有用だと思われるのが、プレイヤーのタイプが不完備情報となっているモデルである。これは例えば、プレイヤーの間に割引因子の値に関する情報が不完備であるために、どの程度の懲罰を加えれば社会規範を守るようになるのか、また、どの程度の強度の懲罰まで本当に実行されるのか、ということが互いに分からない状況である。このような場合、割引因子の小さいプレイヤーは、はじめのうちは逸脱を繰り返し、どの程度の強度の懲罰が実行されるのかを探る戦略をとる可能性がある。そのようなモデルを考えることによって、段階的サンクションが発生するメカニズムを説明できる可能性がある。

第6章 結論

6.1. 本研究から得られた知見

本研究では「なぜコモンズにおいて、望ましくない社会規範ではなく、望ましい社会規範ばかりが発生するのか」という問いについて考察してきた。この問いに対する本研究の結論は、次の通りである。それは、多くのコモンズ管理の場面では、コミュニケーションを行って同時に行動を変化させることが可能である、という条件が満たされているためである。ただ長期的関係だけが存在する状況においては、協力を促進する社会規範も、非協力を強制する社会規範も、どちらでも維持されてしまう可能性がある。しかし人びとが同時に行動を変化させることのできる状況では、非協力を強制する非効率的な社会規範は、いつかは崩壊する。その結果、協力を促進する社会規範のみが生き残るのである。

それではなぜ、第1章で紹介した実験室実験において望ましくない社会規範が観察されたのだろうか。その原因の一つは、被験者間のコミュニケーションが禁じられていたことだと考えられる。記述的規範が発生するメカニズムを考察することは、本研究の範疇を超えるものの、次のことならば予想することができる。それは、コミュニケーションの手段が与えられていないことが、非効率的な記述的規範が生じる必要条件となることである。したがって、サクラのいない実験で、被験者に「全員で一斉に協力を行おう」などといった拘束力の無いメッセージを発する手段を与えた場合には、Antisocial Norm は発生しにくいと予想される。

本研究では、まず第1章で、「社会規範とは、その内容が効率的なものであり、人びとの行動を変容させるものである」という定義を捨て、代わりに「社会規範とは他者からの強制を伴う行動の指針である」という定義を採用した。そして第2章では、これら二つの定義を巡って社会学内で論争があったことを見てきた。前者の定義を支持するのが、社会規範の発生メカニズムの説明を目指す合理的選択理論である。後者の定義を支持するのが、発生メカニズムの説明は不可能だとするシンボリック相互作用論である。二つの陣営は、社会規範が持つ二つの側面のうち、自らの主張に都合の良い片側だけを注目してきた。合理的選択理論は社会規範がもたらす効率性ばかり着目し、シンボリック相互作用論は経路依存性にばかり光を当ててい

た。本研究では、社会規範の定義に関しては、シンボリック相互作用論の主張の方が適切だと考える。そして合理的選択理論は効率性の定義を放棄すべきであり、社会規範を強制方法によって定義したモデルを構築すべきである、と主張した。

ところが、この枠組みを採用した場合、「コモンズにおいてなぜ望ましい社会規範が発生するのか」という問いだけでなく、「なぜ望ましくない社会規範が発生するのか」という問いに答えなくてはならない。そこで本研究の第3章では、繰り返しゲームのモデルを用いて社会規範を定義したうえで、均衡精緻化という方法を議論した。均衡概念としてゲーム理論で通常用いられるサブゲーム完全ナッシュ均衡を仮定した場合は、繰り返しゲームには（パレート劣位なものも含め）非常に多様な均衡が存在することが、「完全フォーク定理」として既に知られている。この均衡概念は、一切のコミュニケーションが禁じられた、完全に原子化されたプレイヤーを仮定している。そのため、個々人が単独での行動変更しかできない状況は、経路依存的な社会規範が実現すると考えられる。その一方で、互いにコミュニケーションを取り複数人が同時に行動を変更できる状況では、非効率的な社会規範は崩壊することを示すことができる。そして、コミュニケーションが可能な状況を分析する均衡概念として、「サブゲーム完全強ナッシュ均衡・パレート完全均衡」が適切であることを議論した。ただし、これら均衡概念の場合、全てのゲームに均衡が存在するという保証は無い。そこで、第3章では、戦略プロファイルが均衡となっていることを判定するための手法を導出し、次章以降での数学的準備を行った。

第4章と第5章では、具体的なモデルについて、コミュニケーションが実行可能であることを仮定した均衡を導出した。その中で、コモンズや社会的ジレンマの研究分野で問題となっている問いに取り組んだ。一つ目は第4章の「コミュニケーションが社会的ジレンマを解決するメカニズム」であり、二つ目が第5章の「分業を伴う二次のジレンマ解決メカニズム」である。これらの現象は、従来のモデルではうまく説明できなかったが、本研究の「繰り返しゲームの均衡精緻化」というアプローチを用いることによって説明することができた。どちらの現象も、非効率的な社会規範だけが選択的に崩壊し効率的な社会規範だけが生き残った結果として、説明できたのである。

6.2. 得られた知見の実証に向けて

本研究の目的は理論モデルの構築であり、得られた知見を実証することは範囲外であった。しかし当然、今後の研究において得られた知見は実証研究で検証されなければならない。そこで本節では、この検証の方法について展望したい。

一つの考えうる方法は、実験室実験である。本研究のモデルで仮定されているコミュニケーションは、極めて限定的なものである。本研究で想定した「結託による逸脱」とは、タイミングを合わせて同時に行動を変更するというものである。その際に必要なコミュニケーションは、「自分は次の期にこのように行動を変更する。だから他の人はこのように行動して欲しい。」というメッセージを一方的に伝えることだけである。メッセージを聞いたからといってそれに従う義務は存在しないし、ましてや対面して話し合う必要も無い。そこで、実験室実験においてこのような限定的なコミュニケーション手段を与え、それで本当に協力均衡へのシフトが発生するか否かを検証する、という方法が考えられる。

このときに重要なのが、コミュニケーションの手段と、利得関数のパラメタであろう。本研究のモデルで示した条件が揃えば、サブゲーム完全強ナッシュ均衡・パレート完全ナッシュ均衡を実現するために必要なコミュニケーションは、限定的なもので十分である。そこでモデルが予測する条件下で、対面による話し合いが可能な場合と、単なる文字列の送受信しか認めない場合とを比較し、結果に大きな差が無いことを確認することで、モデルの検証を行うことが可能だろう。もう一つの重要な点は、利得関数のパラメタである。本研究の第4章のモデルでは、一人の逸脱者に対して大多数のプレイヤーが非協力を行うようなトリガー戦略は、サブゲーム完全強ナッシュ均衡とならない。その代わりに、逸脱が発生した場合は、逸脱によって得られた利得を相殺するに十分な人数の日和見的非協力者が出現する。そこで、モデルから予測される日和見的非協力者の人数と、実際に観察される日和見的非協力者の数を比較する方法が考えられる。また第5章のモデルでは、コミュニケーションの手段が存在する条件では全員が費用を伴う懲罰を行う可能性があるが、コミュニケーションを認めた場合は一部のプレイヤーしか懲罰を行わなくなる、と予想される。これらの予測を検証することで、モデルの妥当性を確認することができるだろう。

6.3. 本研究の限界と今後の展望

本研究では繰り返しゲームの複数均衡として社会規範を説明するアプローチを提唱したが、まだ本稿では十分に発展させきれたとは言い難い。それぞれの章で完結する問題点については、各章内で議論してきた。ここでは、各章に共通する限界点とそれに関わる今後の展望に言及し、結論としたい。

6.3.1. 内在化された社会規範の定式化

本研究のモデルは、内在化された社会規範とそうでない社会規範を区別することができない。本研究では社会規範を「ほとんどの人がその社会規範が指し示す内容に従い、万一逸脱が発生したら、社会の成員の反応によって逸脱者の効用が低下する状態」と定義し、それに基づいてモデルを定式化した。そのため、なぜ人びとが社会規範に従うのかという点については、関心を払わなかった。

しかし、社会規範が内在化されているのか否かを区別することは、重要な問題である。なぜなら、内在化された社会規範はそうではない社会規範に比べて、より崩壊しにくいと考えられるためである。つまり、ある社会規範が内在化されやすいものかそうでないのかをモデルから予測することができれば、その社会規範がどれくらい強固なものであるかを判断することができるためである。また、そもそも内在化されていない社会規範を社会規範と呼んで良いのか、という議論も存在する。本研究では便宜的に内在化されていない社会規範も社会規範と呼んだ。しかし、このことが適当であったか否かは、今後の研究によって問われるべきであろう。

社会規範の内在化をモデルとして定式化する上で、有用だと考えられるアプローチがある。それは、進化ゲーム理論の均衡概念やモデルを部分的に導入する、という方法である。進化ゲーム理論は、過去の経験から最適な行動を学習する「後ろ向き合理性」のモデルである。このモデルは、内在化された社会規範を定式化する上で適しているだろう。そして既に、第5章で紹介した「遺伝子・文化の共進化モデル」として、進化ゲーム理論を用いた社会規範の研究は行われている。一方、本研究で考察したように、未来を予測して合理的選択を行う「前向き合理性」も、社会規範で考慮すべき要素である。なぜなら、例えばサブゲーム完全性のように、「もし自分が社会規範から逸脱した場合に、どのようなことが起きるのだろうか」ということを予想することは、社会規範を考える上で必須の要素である。そこで、これら

を相補的に用いた分析を行うことで、社会規範の内在化について考察を行うことが可能になると予想できる。

6.3.2. 社会規範が発生するメカニズムの解明

第1章で述べたように、本研究のアプローチは「どのようなメカニズムによって社会規範が実現されるのか」ということは明らかにできない。なぜならば、本研究のロジックは「他の社会的状態は均衡として維持できないが、ある社会規範均衡だけは均衡となる。そのため、どのような経緯でそれが実現するかは分からないが、とにかくその社会規範均衡が実現するはずである。」というもののためである。

この問題を解決する上でも、進化ゲーム理論を併用することは有用なアプローチとなるだろう。なぜなら、進化ゲーム理論のモデルの一つであるレプリケーターダイナミクスは、ある均衡に到達するまでの経路を分析することも可能なためである。そこで、サブゲーム完全強ナッシュ均衡などの均衡概念を進化ゲーム理論のモデルで表現し直すことによって、社会規範が発生したり変化したりするダイナミクスを明らかにすることができるだろう。

6.3.3. コミュニケーションおよび結託形成の戦略的妨害の可能性

コミュニケーションが可能か否かということが外生的に与えられる、という本研究の仮定は、満たされない場合があるかもしれない。それは、社会規範としてコミュニケーションが禁止される状況である。もし、コミュニケーションの実行可能性がプレイヤーの意思決定によって内生的に左右されるのであれば、次の命題は検討をし直さなければならない。それは、本研究が主張する、「コミュニケーションが可能な状況では非効率的な社会規範は発生しない」というものである。なぜならば、手段としてはコミュニケーションが実行可能な環境であっても、社会規範としてコミュニケーションを禁止することは、現実にあるためである。それは身近な例では、戦前・戦中日本の言論統制下において存在した「戦争遂行のために奉仕すべき」という強い社会規範である。この社会規範に疑問を差し挟む言論を口にした人びとは、フォーマルまたはインフォーマルな手段で弾圧された。その結果として、敗戦という極めて望ましくない結果がもたらされたことは、周知の事実である。このように、言論統制を行うことによって自縄自縛し、非効率的な社会規範を維持で

きる環境をあえて作り出すことが、現実にあるのである。

このような状況の他にも、コミュニケーションの実行を内生的に考える必要がある状況があるだろう。それは、コミュニケーションを行うために費用が必要であったり、一部のプレイヤーはコミュニケーションに参加する意思を持たなかったりする状況である。これらのケースは、サブゲーム完全ナッシュ均衡とサブゲーム完全強ナッシュ均衡の中間に位置していると言えるだろう。そのような場合にも、コミュニケーションや結託による複数人同時逸脱が行われるプロセスを、明示的に扱うことが必要だろう。

そこで、今後の研究においては、プレイヤーたちが内生的にコミュニケーションを行うか否かの意思決定をするモデルを構築する必要がある。このときに、チーブトークゲームやシグナリングゲームのように、コミュニケーション行為が戦略変数に含まれるモデルは参考になるだろう。そして、プレイヤーのコミュニケーションに関する意思決定を明示的に定式化することによって、より広い範囲の社会規範、特に望ましくない社会規範を分析することが可能になるだろう。

6.3.4. 不平等な社会規範へのモデルの応用

本研究は、社会的ジレンマにおける社会規範という、合理的選択理論が伝統的に得意としてきた対象を扱ってきた。端的に言えば、これまで合理的選択理論が扱ってきた対象は、社会規範の望ましさが明確に分かるものであった。例えば社会的ジレンマという状況は、全員が協力している状況の方が、非協力をしている状況よりも望ましいことは、明白である。しかし本研究のモデルは、原理的に、望ましさが明白でない状況にも応用することが可能である。なぜなら、「社会規範は望ましいものである」という仮定を置いていないためである。そこでジェンダー規範など、これまで RCT が苦手としてきた、「望ましさ」が曖昧な社会規範の説明に応用できる可能性がある。

このときに着目すべき点は、パレート効率は極めて不平等な「望ましさ」の基準である点である。例えば本研究の第4章と第5章のモデルでは、社会規範からの逸脱者に対して懲罰を行う際、必ず役割の分業を行う必要があった。このことは、懲罰の費用を負担するなどして効用が低下する人と、そうで無い人が発生することを意味する。他方、現実には存在する「望ましくない」社会規範も、その内部で不平等

が存在する場合が多い。たとえばジェンダー規範は、男女で著しいダブル・スタンダードが存在する。一方、ジェンダー規範はパレート効率性という意味では「望ましい」社会規範かも知れない。なぜなら、女性の効用を大幅に低下させる代わりに、男性の効用がわずかに増加させるものであれば、パレート効率性という基準を満たすためである。また、閉鎖的な新興宗教団体においては、その内部で強い規範が共有されている場合が多い (Willer et al. 2009)。この規範の多くは、宗教団体のリーダーを利するばかりで、その成員によっては望ましくないものである。それはたとえば、金銭は卑しいものだから宗教団体に寄付をしてけがれをはらうべきである、といったものである。このような規範には、教団を批判する自由な言説を禁じるようなものも含まれている場合が多い。これは、結託による逸脱が発生しないように「デザイン」されているかのようである。そのため、あたかも教祖が意図的に作り上げた社会規範であるかのように見える。ところが、Willer らの例では、教祖自らもその規範に支配されて毒薬を自ら飲む、という場合もある。このような社会規範は Coleman (1990: 248)は Disjoint Norms と呼んでいる。このような社会規範が発生するメカニズムは、本研究の域を超えるが、今後合理的選択理論によって明らかにされることを期待したい。

参考文献

- Abreu, Dilip. 1988. "On the Theory of Infinitely Repeated Games with Discounting." *Econometrica* 56(2):383–96.
- Asheim, Geir. B., Camilla BrettevilleFroyn, Jon Hovi, and Fredric C. Menz. 2005. "Regional versus Global Cooperation for Climate Control." *Journal of Environmental Economics and Management* 51(1): 93-109.
- Aoki, Masahiko. 2001. *Toward a Comparative Institutional Analysis*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Aumann, Robert J. 1959. "Acceptable Points in General Cooperative N-person Games." Pp. 287–324 in *Contributions to the Theory of Games IV*, edited by Albert W. Tucker and Robert D. Luce. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Axelrod, Robert. 1986. "An Evolutionary Approach to Norms." *American Political Science Review* 80(4):1095–1111.
- Axelrod, Robert. 1997. *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Balliet, Daniel. 2010. "Communication and Cooperation in Social Dilemmas: A Meta-Analytic Review." *Journal of Conflict Resolution* 54(1):39–57.
- Bernheim, Douglas B. and Debraj Ray. 1989. "Collective Dynamic Consistency in Repeated Games." *Games and Economic Behavior* 1:295-326.
- Barrett, Scott. 1999. "A Theory of Full International Cooperation." *Journal of Theoretical Politics* 11(4):519–41.
- Bertsekas, Dimitri P. 2012. *Dynamic Programming and Optimal Control Volume 2*. 4th ed. Nasha, N.H.: Athena Scientific.
- Bicchieri, Cristina, and Yoshitaka Fukui. 1999. "The Great Illusion: Ignorance, Informational Cascades, and the Persistence of Unpopular Norms." *Business Ethics Quarterly* 9(1):127–55.

- Binmore, Ken, and Larry Samuelson. 1994. "An Economist's Perspective on the Evolution of Norms." *Journal of Institutional and Theoretical Economics* 150(1):45–63.
- Blumer, Herbert. 1969. *Symbolic Interactionism*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Bowles, Samuel, Jung-Kyoo Choi, and Astrid Hopfensitz. 2003. "The Co-evolution of Individual Behaviors and Social Institutions." *Journal of Theoretical Biology* 223(2):135–47.
- Bowles, Samuel, and Herbert Gintis. 2004. "The Evolution of Strong Reciprocity: Cooperation in Heterogeneous Populations." *Theoretical Population Biology* 65(1):17–28.
- Boyd, Robert. 2006. "Reciprocity: You Have to Think Different." *Journal of Evolutionary Biology* 19(5):1380–82.
- Boyd, Robert, Herbert Gintis, Samuel Bowles, and Peter J. Richerson. 2003. "The Evolution of Altruistic Punishment." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100(6):3531–35.
- Carpenter, Jeffrey P., Peter Hans Matthews, and Okomboli Ong'ong'a. 2004. "Why Punish? Social Reciprocity and the Enforcement of Prosocial Norms." *Journal of Evolutionary Economics* 14(4):407–29.
- Centola, Damon, Robb Willer, and Michael Macy. 2005. "The Emperor's Dilemma: A Computational Model of Self-Enforcing Norms." *American Journal of Sociology* 110(4):1009–40.
- Chen, Richard C., and Gilmer L. Blankenship. 2004. "Dynamic Programming Equations for Discounted Constrained Stochastic Control." *IEEE Transactions on Automatic Control* 49(5):699–709.
- Cialdini, Robert B., Raymond R. Reno, and Carl A. Kallgren. 1990. "A Focus Theory of Normative Conduct: Recycling the Concept of Norms to Reduce Littering in Public Places." *Journal of Personality and Social Psychology* 58(6):1015–26.
- Coleman, James S. 1990. *Foundations of Social Theory*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- David, Paul A. 1985. "Clio and the Economics of QWERTY." *American Economic Review* 75(2):332–37.
- Dawes, Robyn M. 1975. "Formal Models of Dilemma in Social Decision Making." Pp. 87–107 in *Human Judgment and Social Processes*, edited by Martin Kaplan and Steven Schwartz. New York: Academic Press.
- Durkheim, Emile. [1912] 1915. *The Elementary Forms of the Religious Life*. Translated by Joseph Ward Swain. New York: The Free Press.
- Durkheim, Emile. [1897] 1951. *Suicide: A Study in Sociology*. Translated by John A. Spaulding and George Simpson. Glencoe, Ill: The Free Press.
- Elster, Jon. 2011. "Norms." Pp. 195–217 in *The Oxford Handbook of Analytical Sociology*, edited by Peter Hedström and Peter Bearman. New York: Oxford University Press.
- Farrell, Joseph, and Eric Maskin. 1989. "Renegotiation in Repeated Games." *Games and Economic Behavior* 1(4):327–60.
- Fehr, Ernst, and Urs Fischbacher. 2003. "The Nature of Human Altruism." *Nature* 425(6960):785–91.
- Fine, Gary A. 2001. "Enacting Norms: Mushrooming and the Culture of Expectations and Explanations." Pp. 139–64 in *Social Norms*, edited by Michael Hechter and Karl-Dieter Opp. New York: Russell Sage Foundation.
- Fowler, James H. 2005. "Altruistic Punishment and the Origin of Cooperation." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102(19):7047–49.
- Friedman, James W. 1971. "A Non-Cooperative Equilibrium for Supergames." *The Review of Economic Studies* 38(1):1–12.
- Fudenberg, Drew, and Eric Maskin. 1986. "The Folk Theorem in Repeated Games with Discounting or with Incomplete Information." *Econometrica* 54(3):533–54.
- Fudenberg, Drew, and Jean Tirole. 1991. *Game Theory*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- 福島正夫・北條浩. 1968a. 『昭和五年 全国山林原野入会慣行調査資料 第一分冊』 森林所有権研究会.

- 福島正夫・北條浩. 1968b. 『昭和五年 全国山林原野入会慣行調査資料 第二分冊』 森林所有権研究会
- 福島正夫・北條浩. 1968c. 『昭和五年 全国山林原野入会慣行調査資料 第五分冊』 森林所有権研究会..
- Goffman, Erving. 1959. *Presentation of Self in Everyday life*. Garden City, N.Y.: Anchor.
- Greif, Avner. 1998. “Historical and Comparative Institutional Analysis.” *American Economic Review* 88(2):80–84.
- Hardin, Garrett. 1968. “The Tragedy of the Commons.” *Science* 162(5364):1243–48.
- Hauert, Christoph, Arne Traulsen, Hannelore Brandt, Martin a Nowak, and Karl Sigmund. 2007. “Via Freedom to Coercion: the Emergence of Costly Punishment.” *Science* 316(5833):1905–7.
- Hechter, Michael, and Karl-Dieter Opp. 2001. *Social Norms*. edited by Michael Hechter and Karl-Dieter Opp. New York: Russell Sage Foundation.
- Helland, Leif. and Jon Hovi. 2008. “Renegotiation Proofness and Climate Agreements: Some Experimental Evidence.” *Nordic Journal of Political Economy* 34:1-26.
- Henrich, Joseph et al. 2006. “Costly Punishment Across Human Societies.” *Science* 312(5781):1767–70.
- Henrich, Joseph, and Robert Boyd. 2001. “Why People Punish Defectors. Weak Conformist Transmission Can Stabilize Costly Enforcement of Norms in Cooperative Dilemmas.” *Journal of Theoretical Biology* 208(1):79–89.
- Hernández-Lerma, Onesimo, and Rosario Romera. 2004. “The Scalarization Approach to Multiobjective Markov Control Problems: Why Does It Work?” *Applied Mathematics and Optimization* 50:279–93.
- Herrmann, Benedikt, Christian Thöni, and Simon Gächter. 2008. “Antisocial Punishment Across Societies.” *Science* 319(5868):1362–67.
- Horne, Christine. 2001a. “Sex and Sanctioning: Evaluating Two Theories of Norm Emergence.” Pp. 305–24 in *Social Norms*, edited by Michael Hechter and Karl-Dieter Opp. New York: Russell Sage Foundation.

- Horne, Christine. 2001b. "Sociological Perspective on the emergence of social norms." Pp. 3–34 in *Social Norms*, edited by Michael Hechter and Karl-Dieter Opp. New York: Russell Sage Foundation.
- Irwin, Kyle, and Christine Horne. 2013. "A Normative Explanation of Antisocial Punishment." *Social Science Research* 42(2):562–70.
- Jankowski, R. 1990. "Punishment in Iterated Chicken and Prisoner's Dilemma Games." *Rationality and Society* 2(4):449–70.
- Kerr, Norbert L., and Cynthia M. Kaufman-Gilliland. 1994. "Communication, Commitment, and Cooperation in Social Dilemma." *Journal of Personality and Social Psychology* 66(3):513–29.
- 草柳千早. 2002. 「相互行為と権力作用—批判的エスノメソドロジーの実践—」伊藤勇・徳川直人編『相互行為の社会心理学』北樹出版, 123–39.
- Mackie, Gerry. 1996. "Ending Footbinding and Infibulation: A Convention Account." *American Sociological Review* 61(6):999–1017.
- 丸田利昌. 1999. 「複雑系経済学とその周辺(10)進化ゲーム」『数理科学』37(11):56–65.
- McKean, Margaret A. 1992. "Management of Traditional Common Lands (Iriaichi) in Japan." Pp. 63–98 in *Making the Commons Work*, edited by Daniel W. Bromley. San Francisco, C.A.: ICS Press.
- 中山弘隆・谷野哲三. 1994. 『多目的計画法の理論と応用』コロナ社.
- Ostrom, Elinor. 1990. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective action*. New York: Cambridge University Press.
- Ostrom, Elinor. 1998. "A Behavioral Approach to the Rational Choice Theory of Collective Action: Presidential Address, American Political Science Association, 1997." *American Political Science Review* 92(1):1–22.
- Ostrom, Elinor. 2009. "A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems." *Science* 325(5939):419–22.
- Ostrom, Elinor, James Walker, and Roy Gardner. 1992. "Covenants With and Without a Sword: Self-governance is Possible." *American Political Science Review* 86(2):404–17.

- Parks, Craig D., and Asako B. Stone. 2010. "The Desire to Expel Unselfish Members From the Group." *Journal of Personality and Social Psychology* 99(2):303–10.
- Parsons, Talcott. 1937. *The Structure of Social Action: A Study in Social Theory with Special Reference to a Group of Recent European Writers*. New York: Free Press.
- Parsons, Talcott. 1951. *The Social System*. New York: The Free Press.
- Piunovskiy, Alexey B., and Xuerong Mao. 2000. "Constrained Markovian Decision Processes: The Dynamic Programming Approach." *Operations research letters* 27:119–26.
- Price, George R. 1970. "Selection and Covariance." *Nature* 227(5257):520–21.
- Rubinstein, Ariel. 1979. "Equilibrium in Supergames With the Overtaking Criterion." *Journal of Economic Theory* 9:1–9.
- Rubinstein, Ariel. 1980. "Strong Perfect Equilibrium in Supergames." *International Journal of Game Theory* 9(1):1–12.
- Rustagi, Devesh, Stefanie Engel, and Michael Kosfeld. 2010. "Conditional Cooperation and Costly Monitoring Explain Success in Forest Commons Management." *Science* 330(6006):961–65.
- 盛山和夫. 1991. 「秩序問題の問いの構造」 盛山和夫・海野道郎編『秩序問題と社会的ジレンマ』 ミネルヴァ書房, 3–34.
- Smirnov, Oleg. 2007. "Altruistic Punishment in Politics and Life Sciences: Climbing the Same Mountain in Theory and Practice." *Perspectives on Politics* 5(03):489.
- Stokey, Nancy L., and Robert E. Lucas. 1989. *Recursive Methods in Economic Dynamics*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- 鈴木鉄忠. 2006. 「集合行為のジレンマにおける「連帯集団」の効果—「 n 人チキンゲーム」によるゲーム理論的分析—」『理論と方法』21(1):49-61.
- Tajfel, Henri, Michael G. Billig, R. P. Bundy, and Claude Flament. 1971. "Social Categorization and Intergroup Behaviour." *European Journal of Social Psychology* 1(2):149–78.
- Taylor, Michael. 1987. *The Possibility of Cooperation*. New York: Cambridge University Press.

- Voss, Thomas. 2001. "Game Theoretical Perspectives on the Emergence of Social Norms." Pp. 105–36 in *Social norms*, edited by Michael Hechter and Karl-Dieter Opp. New York: Russell Sage Foundation.
- Weber, Max. [1930] 2003. *The Protestant Ethic and the Spirit of Capitalism*. Translated by Talcot Parsons. London: Routledge.
- Willer, Robb. 2009. "Groups Reward Individual Sacrifice: The Status Solution to the Collective Action Problem." *American Sociological Review* 74(1):23–43.
- Willer, Robb, Ko Kuwabara, and Michael W. Macy. 2009. "The False Enforcement of Unpopular Norms." *American Journal of Sociology* 115(2):451–90.
- 山岸俊男. 1999. 『安心社会から信頼社会へ—日本型システムの行方』 中央公論新社.
- 山田富秋. 2002. 「相互行為における家族—グブリアムとホルスタインの構築主義的アプローチ—」 伊藤勇・徳川直人編 『相互行為の社会心理学』 北樹出版, 161–77.

謝辞

まず、佐藤嘉倫先生には、学部2年次より9年間にわたって指導を頂いたことを、感謝したいと思います。研究の具体的な方法だけでなく、研究に対する姿勢を教えて頂きました。社会現象に対して「なぜこのようなことが起きるのだろう」と興味を持ち、それを理論的に「おもしろく」説明しようとする先生の感性は、多くのことを私に気づかせてくれました。これは、私にとって一生の宝になるものと思います。また、副指導教員の河村和徳先生は、この博士論文を書くきっかけを与えて下さいました。それは、市町村合併の交渉過程を繰り返しゲームによって説明するという論文の執筆を、指導して頂いたことです。この機会が無ければ、繰り返しゲームの奥深さに気がつくことは無かったと思います。また、「数理モデルは現実を説明できてこそ意味がある」という姿勢は、現実の世界を見つめることの重要性を教えてくれました。もう一つのきっかけは、海野道郎先生の授業の中で、社会的ジレンマの研究の楽しみを教えて下さったことです。自分の頭で考えモデルを作らせる先生の授業は、今でも私の記憶に強く残っています。また、浜田宏先生の数理モデルに対する真摯な姿勢は、私にとって数理社会学者としてのロールモデルとなりました。この博士論文では、自分の数学的記述のあいまいさで多大な迷惑をかけたため、今後はこのようなことが無いよう、数学を基礎からやり直そうと考えています。また永吉希久子先生からは、社会規範に関する大変鋭いコメントを頂きました。

研究室の先輩・仲間・後輩からも、様々な支えを受けました。川嶋伸佳助教には、博士論文に関する様々な手続きなどについて教えていただいただけでなく、暖かい励ましを何度ももらいました。大林真也君と毛塚和宏君には、私の分かりにくい草稿を丁寧に添削してもらいました。また稲垣佑典さんには、私が落ち込んでいるときに何度も慰めてもらいました。また、ここで名前を挙げられなかった方たちからも、様々なサポートを受けて、この博士論文を執筆することができました。

最後に、妻の山田今日子には、博士論文の執筆で様々な迷惑をかけたにもかかわらず、応援をしてもらいました。また父伸一と母静代には、執筆を諦めそうになったとき、何度も激励を受けました。ありがとう。

なお、ここに掲載した研究は、JSPS 科研費（特別研究員奨励費 11J01623）の助成を受けて実施しました。