

ジレンマ的状况におけるプレイヤー像について

— Agent-Based Modelの観点から —

行方常幸

行方洋子

目次

| | | |
|-----|----------------------|-----|
| 1 | はじめに | 149 |
| 2 | ジレンマ的状况 | 150 |
| 3 | Agent-Based Model | 151 |
| 4 | プレイヤー像 (人間モデルと数理モデル) | 153 |
| 4.1 | 固定観念, 思い込み (タグ) | 154 |
| 4.2 | Connection | 157 |
| 4.3 | Reluctance | 158 |
| 4.4 | 基準の変化 (thresholdの変化) | 160 |
| 4.5 | 同じ相手と対戦すること, しないこと | 161 |
| 4.6 | 未来の可能性 (宣言) | 163 |
| 4.7 | Pavlov-like戦略 | 165 |
| 5 | まとめ | 167 |
| | 参考文献 | 168 |

1 はじめに

ジレンマ的状况として, よく知られている囚人のジレンマゲーム, その簡素形であるDonor-Recipientゲームを繰り返し行う場合を, Agent-Based Modelとして扱い, 協調の出現という観点から, 登場人物であるプレイヤー (エージェント) 像を考察する。日常生活を行うプレイヤーのどのような要素が協調の実現に関連するか, それをどのように数理モデルとして扱うか, に焦点を当てる。

2 ジレンマ的状况

本稿で扱うジレンマ的状况とはゲーム理論で扱われている繰り返し囚人のジレンマゲームをベースにしている。囚人のジレンマゲームとは2人のプレイヤー間の同時手番のゲームで、各プレイヤーは協調 (C(Cooperate)) か裏切り (D(Defect)) のどちらかの手を取り、その結果に応じて次のような利得が得られる：自分の利得が高い方から順に T (Temptation) (相手がCを取り自分がDを取った時)、 R (Reward) (双方がCを取った時)、 P (Punishment) (双方がDを取った時)、 S (Sucker's payoff) (相手がDを取り自分がCを取った時) である。相手の手が (CまたはDに) 固定された時、自分の利得はCを取るよりもDを取る方が大きいので ($T > R$ または $P > S$)、自分はDを取る。この個人的な利害に焦点を当てた観点から双方がDを取れば ((D,D) と表す)、得られる利得は (P,P) となる。一方、(全体的、社会的観点から見て) 双方にとってより多くの利得 (R,R) を与える戦略の組み合わせ (C,C) が存在する ($R > P$)。このように個人的観点から得られた結果 (D,D) (または、利得 (P,P)) と社会的観点から得られる結果 (C,C) (または、利得 (R,R)) が一致せず、個人的観点から得られた方が共貧的な状況であるので、ジレンマ的状况と呼ばれる。

囚人のジレンマゲームを簡略化したDonor-Recipientゲームには、DonorとRecipientが存在し (本稿では各ゲームで各プレイヤーが50%の確率でどちらかになる)、Donorは2つの手CまたはDのどちらかを取る。Cは「Donorは費用 c を払ってRecipientに利益 b を与える」ことを意味する ($b > c$)。Dは「Donorが何もしない」ことを意味し、利得の授受はない。Recipientは何もしない単なる利得の受け手である。個人の利得に焦点を当てると、Donorはわざわざ費用を払ってRecipientに利益を与える誘因を持たない。また、Donor-Recipientゲームを2回続けて行い、1回ずつDonorとRecipientになると、囚人のジレンマゲームの特殊ケースとなっており、囚人のジレンマゲームを分解した形になっている。お互いにDonorになった時に、費用を払って相手に利益を与える

方が、社会的に望ましい。

上述のジレンマ的状况において、個人的観点から得た結果と社会的観点から得た結果がことなり社会的観点の方が望ましい。ジレンマゲーム（四人のジレンマゲームまたはDonor-Recipientゲーム）を繰り返し行う場合に、（妥当と思われる）どのような仮定の下で協調（結果（C,C））が起こるか、に関する研究が多数行われている [1, 2]。われわれは [3, 4, 5, 6, 7, 8] においてAgent-Based Modelを利用して、協調の出現を考察した。本稿ではそこで十分に述べる事が出来なかったプレイヤー像に関して、人間モデルとその数理モデルに焦点を当てて述べる。

3 Agent-Based Model

われわれの興味は、「協調が出現している」＝「プレイヤーが死滅せずに生存し、ある程度の頻度で協調行動が起こっている」という社会的な現象の原因をプレイヤー個々の中を探ることである。このために有効なのがAgent-Based Modelであり、それを実装してコンピュータを利用して結果を確かめるのがAgent-Based Simulationである。すなわち、多数のプレイヤー（エージェント）が相互に行為を行い作用し合った場合、全体としてどういう状況が生じるだろうか、をAgent-Based Modelによりプレイヤーをモデル化し、それをAgent-Based Simulationにより数値的に確かめる、のである。

Agent-Based Modelでは行為の主体としてプレイヤーを具体的に想定する。どういう時に、どういう行為を行うのか、その行為を行うために、自分の性質として何を持っており、その性質は（自他の行為と環境によって）どのように変化するのか、等々、プログラムとして動作するように具体的に決める必要がある。すなわち、プログラム可能であるという意味での行動のルールなので、習慣などを容易に扱えるし、色々工夫できる。合理的、非合理的、異常行動など、なんでも、プログラム可能なものであればプレイヤーの行為として実装可能である。

次にプレイヤーはどのような環境にいるのか、も設定しなければならない。われわれの場合、これは次のようなDemographicモデルである：30×30の格子状のセルがある。初期に格子状のセルの中に100人のプレイヤーがランダムに配置される。各期に、まず近所または遠くへ移動し、次に近所または遠くのプレイヤーとゲームを行う。今期までに稼いだ利得の総和（富）がある値を超えて、かつ、自分の近所に場所があれば、子供を作りその子供に初期の資金を自分の富の中から与える。親の性質の多くが子供に遺伝する。また、小さい確率で突然変異が起り、親の性質が遺伝せず、ランダムに子供の性質が決められる。富が負の値になれば、そのプレイヤーは死ぬ。また、プレイヤーには有限の寿命が有り、1期に1才ずつ年を取る。われわれの場合、ゲームの利得の構造が、相手がCを取れば正の値、相手がDを取れば負の値になるように、変換されているので、プレイヤーが死滅せず生き残るためには、ある程度のプレイヤーが協調行動Cを取る必要がある。

このように、行為の主体であるプレイヤーがどのように他のプレイヤーと相互作用をするかの環境を、これも、プログラムとして動作する程度まで具体的に決める必要があり、かつ、自由に設定できる。

以上、Agent-Based Modelは、社会的な現象である「協調の出現」を多数の個人の行為の結果として説明したいわれわれの目標に合致した方法である、ことを述べた。また、計算機の技術の進歩により、また、Agent-Based SimulationがAscape等の無料のプログラミング環境の整備に伴い、ノートパソコンで実行できるようになった時期であることもわれわれの研究が実行できた要因として無視できない。

Agent-Based Modelという方法を用いる研究の肝要な点は、プレイヤー及びそれが活動する環境をいかにモデル化するか、である。Agent-Based Modelという方法論自体は、このどのようにプレイヤー及び環境をモデル化するか、に関して、何も規定していない。この方法論の限定の範囲内でわれわれが独自で行う必要がある、この点（特に、プレイヤーをどのようにモデル化するか）を述べるのが本稿の目的である。すなわち、妥当と思われるプレイヤー

像を提示することである。

4 プレイヤー像（人間モデルと数理モデル）

Agent-Based Modelは数理モデルである。日常生活を行っている人間は数理モデルに従って生きているわけではない。人間の行動をモデル化しそれを更に数理モデルとして扱う必要がある。具体的な人間の行動を観察しそれを分類し人間モデルとして抽象化する作業に長ける研究者、物事を計算機でのシミュレーションにうまく適合するように見ることに長けている研究者、この2種類の研究者が共同で研究を行える場をAgent-Based Modelは提供している。

日常生活において、ある程度の協調が保たれているのは、何故なのか、がわれわれの興味対象である。いうまでもなく、人は、個人的に日々意思決定を行いながら生活している。そして、その個々の意思決定の集積が全体としての動向を生み、その結果ある程度の協調が出現し、なおかつそれが持続しているという見方をとる。個人と全体の利害が一見一致しない場合、人は、一般的に利己的な選択をするという考えは、支持も不支持もあり、議論を巻き起こしてきた。戦争や、経済的な観点からいうなら、自己の利益を優先させるにはどのようなすべきかに焦点を当てて意識的に意思決定することが必要であろうが、私たちの関心は、そんな特別な場合ではなく、いつもの日常生活で人がどう行動するかというところにある。日常生活で、ある程度保たれている協調について研究することにある。

日常的に行動する場合、私たちは、誰しも自分の行動の様式というものを持っている。それは、おそらく社会化の過程で、経験、学習、環境、などから自分なりに身につけたものだろう。それは、修正を繰り返しながらも、選択に関しての気を遣う意識的作業をなるべく省き、生き物にとっての基本的な目標である「生き延びる」ということに資するように改良される。そうして創り出された行動の様式である習慣は、普通の日常的な生活において特に威力を発揮する。いつもの日常生活において、あれかこれかの選択について、特に問題が起きな

い限りこの習慣によってほとんど自動的に行われるので、気を遣う必要がない。他の関心事に、この省かれた気を向けることができる。

次節以降において、この習慣に焦点を当て、その中から協調の出現に関連し得る性質を、まず人間モデルとして抽出し、その人間モデルをプログラム可能なように数理モデルとして捉え直す。また、Agent-Based Simulationによって得られた興味ある事柄についても簡単に説明する。数理モデルとSimulationの結果に関しての詳細は対応する文献の参照をお願いする。

4.1 固定観念、思い込み（タグ）

4.1.1 人間モデル

表象とは、印、記号、など個々の具体的な属性を抽象化したもので、私たちの行為とは本来無関係のものであるが、様々な人間の行為と結びついて私たちの行為の選択に関わりを持つ場合がある。

人種、性別、宗教などそのカテゴリーに入る人に対する偏見が醸成される過程は、最初、個人的な経験から始まるのか、それとも集団で同時的に発生するのかに関わらず、個人もグループも、近隣の人たちに伝達しあい、そしてまもなく集団で共有することになる。噂を聞いた人は、自身の経験の有無にかかわらず、知人が言っているという理由で、信じることは容易である。そういった基盤の上に、さらに個人的な経験があれば、なおさら表象と行為の結びつきは強固になる。こうしていったん作られた固定観念は、その反対の例に遭遇した場合に解消される可能性もあるが、多くは特異な例とみなされ、この固定観念は容易に無効化できないのが普通である。とにかく、個人が持つ属性、黒人、黒い目、長身、老婆、眼鏡をかけている、背広を着ている、などと、その人の行為、たとえば、勘定をごまかす、愛想がいい、信頼できる、嘘つきである、などと結びつき、その結果、表象を見れば行為を予想することになる。それをタグと呼んでおく。このように、タグは相手の何らかの表象（属性）と相手の行為が組み合わさって、その個人の記憶に残り、その印象が刻印されることである。その組み合わせで、同様のことが繰り返し起きると、行為と表象がどん

どん分かちがたくなる。たとえば、「背広を着ている人は、信頼できる」、という組み合わせは、必ずしも正しいとは限らないが、わたしたちが、人を見て判断しなければならないときに、何もわからないよりは、その判断材料としてタグを使う。

このタグのやっかいなことは、その表象と行為の組み合わせが変化し得ることである。「背広を着ている人は、信頼できる」が、人々の間に広がると、それを利用する人が出てきて、最も信頼できそうにない人がこぞって背広を着始めるということになったりする。昼間、住宅地を背広姿でドロボーが、徘徊することになると、今度は、「背広を着た人は、信用できない」という新たなタグが、昼間の住宅地で共有されたりする。

タグが多くの人で共有されている、ということと、真実であるということの間には乖離がある。真実であるとは、相手が次にとる手（行為）の予想、あるいは時として、性質の予想が、当たることであるが、多数の人に共有されているからといって、次に相手が予想される手を取るとは限らない。さらにいえば、タグは、私たちにとってよくわからない相手を判断するのに使うもので、信憑性に関しては、何の保証もない。しかし、自分一人より多数が思い込む方が迷いが少ないので、より安心が得られるのでより安定したタグといえる。より多くの人を持つ固定観念のように、それは容易には変えられず、その表象とその意味の組み合わせは、より長く持続する。次にその表象（を持つ人）が違う意味であったとしても（つまり違う行動）であったとしても、長い間には、人々の予想に従うようになる、すなわち自らの表象に対して他の人々が期待する行為を選択するようになる、ということは、よく起こる。これは、個人が多数に合わせるということで、個人の集団への同化が進み、個人の中において、表象と行為の組み合わせが解けて、多くの他の人と同じようになる。また逆に、タグは、個人の中で、あるいは集団の中で、いつの間にか付け替えられるものでもあるので、安定性にも、限界がある。不安定で、不確か、しかし、信じ、思い込まれている間は、選択の際に有効なものといえる。

4. 1. 2 数理モデル [3]

通常、相手を区別して行為を行うが、何に基づいて区別しているのであろうか。われわれの興味あるジレンマ状況においては、相手の行為のパターン（戦略）を識別し、それに基づいて行為ができるのが望ましいが、それが可能である場合は限られている。観察可能なものは相手のある表象、特徴だけであり、相手の戦略は観察できない場合が多い。本来、表象と行為の意味のある組合せがタグであるが、数理的にモデル化する場合、外部から観察（区別）可能なプレイヤーの特徴、見かけ、をタグとする。すなわち、表象の方だけをタグと呼ぶ。そして、意味のある組合せが現れるのか、を調べる、という立場をとる。プレイヤーは相手をタグを通して識別でき、相手のタグに依存した行為を取ることが可能となる。また、自分のタグは遺伝的に生来決まっているもので、自分の意思で変更することはできない、と仮定する。

Simulationの結果観察された興味ある事柄 [3]

数理的なタグには、本来、実質的意味は無い。初期には、タグとプレイヤーの行為のパターン（戦略）との間には何の関連もない。それにも関わらず、どれかのタグと戦略の関連が進化的に生まれ、その関連が時間と共に（punctuated equilibrium 断続均衡的に）変わり得る、という興味深い事象が見られた。具体的には、戦略にはAllDとReferentialの2つがあり、0から3の整数値をとる4つのタグがある。AllDは何時もDを取る戦略であり、Referentialに関しては次の説で説明する。始めのある期間にはタグ2と3の多くがReferentialであり、それに続くある期間ではタグ1の多くがReferentialであり、更にそれに続くある期間ではタグ0の多くがReferentialであった。更にこれらの変化が急激に起こっていた。始めのある時期に「タグ2または3が戦略Referentialと意味のある組合せ」となり、人間モデルのところで述べた意味でのタグとなっており、この表象と行動の組合せが時間の経過と共に変化する、ことが確認された。人が見かけによる判断で意思決定することは、意味があると言える。

4. 2 Connection

4. 2. 1 人間モデル

日常的といえは、人との関わりりの基本的なものにConnectionがある。初めてかかわる人ではなく、以前に関わりを持ち、その中でも、自分に同調した人は、反目した人より記憶に残る可能性がある。仲間と見なした人と、再び会う機会があれば、互いに好意的に振る舞う事が期待される。こうして、仲間の輪に入る事で、互恵関係を作るのがConnectionである。Connectionの基本は、裏切られるかも知れない疑念から解放されることによって、より安心して協調の手を取ることが出来ることである。より多くの人々が協調的になる、ということを目指すなら、出会った人にはまず協調的に振まう、その際、相手が協調的かどうかを区別する。そして自分の協調に答えてくれた人を記憶しておいて、次にその人と会う機会が訪れた時に、忘れずに協調的行為をする、ということになる。そうすることで、Connection関係を増やすことが、協調的な社会を作るのに効果的だと考えられる。では、非協調的な人、つまりその機会において、自分の利得を損ねた人に対してどうするのか。記憶しておいて、次に出会ったときに、しっぺ返しをする、というのも一つかも知れない。もし自分が、人間観察に長けていて、相手が骨の髄まで利己的な人であると正確に見抜けるなら、「記憶する」そしてしっぺ返しをするのが、良いかもしれない。しかし、残念ながら人は、そこまで判別出来ない、といわざるを得ない。思い込みや一時の感情に支配されて、本来協調的な相手の一時的な裏切りの行為を記憶してきっちり「裏切りの手」を取り、協調の相手を失うリスクを考慮すると、記憶しない方が良いであろう。一見お人好しのように思われるかも知れないが、この行為は、社会全体の協調を増やす事に寄与するだろう。

4. 2. 2 数理モデル [3]

プレイヤーは既に述べたタグを通して相手を識別する。さらにプレイヤーは協調的と判断できた相手を、次に述べるConnectionとして記憶できるとする。Connectionは自分と相手が共にCを取った時の相手の、最近の、10人

のリストである。この協調的な相手に対して協調的な関係を維持するために、Connectionの利用方法を3つ考察した：(1) Connectionリストに居る相手に再度会った時はCを取る。(2) (更に) 自分の富が負になった時に、Connectionリストに居る皆に1の寄付を募り、それで自分が生き延びるなら、実際に貰う。(3) (更に) 自分が寿命で死ぬ時、自分の富から最大20まで、Connectionリストに居る人々になるべく均等に与える。

Simulationの結果観察された興味ある事柄 [3]

従来考察されていたAllC (何時もCをとる) とAllDからなる母集団では協調が出現しないが、Referential (= 「Connectionを利用するタグ付きTFT」) とAllDからなる母集団では協調が実現する状況が観察された。ただし、TFT (Tit-for-tat) とは最初にCを取り、以降は相手が前回に取った手を取る、戦略である。また、タグ付きTFTとは、相手の各タグに応じて利用するTFTを、タグの個数だけ持っており、相手の各タグに応じて対応するTFTを利用する。つまり、Connection的機構を持つことにより社会全体の協調が増えると言える。

4.3 Reluctance

4.3.1 人間モデル

行動の様式は、そのもの自体習慣的なものだが、習慣的な行為の複合でもありと考えられる。例えば、TFTという戦略は、「相手が取った手を自分が次ぎに取る」のだが、「相手の手」と「次にとる」という二つの習慣が合わさったものと考えられる事が出来る。私たちが考える「TFTもどき」もしくは「reluctant TFT」は、相手がとった手を、自分が取ることにかわりがないのだが、「次に出す」を「次の次」、もしくはさらに「次の次の次」、というように「行為の遅れ」をTFTに組み込んだものである。というのも戦略のもつ合理性の中に、人間が本来的に持っている行為面の性質を入れることで、戦略TFT—これも人間の性質がもつ習慣的な側面を表しているのだが—をより現実的な人間像に近づけたいと思ったからである。行為面の遅れは、意味的には両面があり、優

柔不断，対応の遅さ，といった否定的なものから熟慮，慎重さ等良い面にも受け取ることができる。とにかく惰性的な行為のもつ慣性的な力を何らかの形で戦略に加えることにした訳である。

4.3.2 数理モデル [4, 5, 6, 7]

まず，TFTに関して要点を述べる：ジレンマ的状况において登場する，社会的に望ましい性質；協調から始め，相手の裏切りには即座に報復を，相手の協調にもすぐに応じる，性質を持つ戦略である。相手の行為に応じて自分の行為を変える戦略の有名な代表選手である。2つの内的状態を持つオートマトンとして表現できる。自分は協調行動から始める，という意味で社会的に望ましい戦略であり，相手の裏切りにはその都度返礼する部分に着目すると，(1) 厳格な報復者でもある。また，(2) 相手の行為に自分の行為を合わせようとする，という性質を持つ。同じ相手と繰り返し囚人のジレンマゲームを行うという状況では，(1) の性質により，AIIDをはびこらせない。しかし，(1) の性質により，TFT同士でも，エラーが発生する時は報復の応酬になり，また，(2) の性質により，AIICの増加を許し，(結果として) AIIDをはびこらせる，という欠点を持つ。

TFT-like：TFTの(1)の厳密な報復者という欠点は過反応であると解釈できる。相手の行動に反応しすぎない，反応に遅れる，ということモデル化したのがTFT-likeなReluctantプレイヤーである。内的状態を2よりも多くし，D（を取る）状態とC（を取る）状態に分け，その境目をthresholdと呼ぶ。相手がCを取ればC状態の方に，相手がDを取ればD状態の方へ推移する。

Simulationの結果観察された興味ある事柄 [4, 5, 6, 7]

TF2T (Tit-for-two-tats) やGTFT (Generous TFT) はC状態が多い，または，C状態に存在する可能性が高いという意味で，協調行動の方へ偏っている。われわれが導入するTFT-likeなReluctantプレイヤーは1つの戦略ではなく複数の戦略を表しており，初期には，C状態が多い戦略も，逆に，D状態が多い戦略も，対称的に分布しているという意味で，偏りが無い。それでもこの

TFT-likeなReluctanceの導入により協調の出現が増える状況が確認された。つまり、反応の遅れは必ずしも負のイメージではなく、かえって、協調的な社会を押し進めることに寄与することが見て取れる。

4.4 基準の変化 (thresholdの変化)

4.4.1 人間モデル

人は変わる、という点に焦点を当てよう。人は行動の様式を自分なりに持っている。そしてそれは常に少しずつ修正される。微調整や細やかな修正を繰り返す、人は、生まれてから死ぬまで長きにわたり、年齢、経験、状況の変化の中を生きる事になる。このような小さな修正に加え、枠組や基準ごと大きく変わることがある。個人の中での習慣や行動のパターンは、ある時期に基準が変わり得る。

若い頃の漠然とした基底的な思い込みが、その後の対人経験を経て、大きく修正されたりする。例えば、「人間はそれほど悪くない。世の中は持ちつ持たれつでうまくできている。」という思いが、手ひどい裏切りにあって「人間は油断ならぬもので、世の中はすべて競争であり、勝者にならないければ何も得られない。」等が変わったりする。また、人によっては、その逆もある。「他人は自分のことしか考えない。だから自分の損得をしっかりと考えないといけない。」という考えで生きていたが、窮地に陥った時に思わぬ助け船を出して貰い「人は人と助け合うことがあり、それは素晴らしいこと」が変わったりする。基底的人間観や人生観の変化によって各人の一つ一つの選択が変わり、その総体である社会的な協調が増えることはあり得る。

4.4.2 数理モデル [5, 6]

「ある時期に基準が変わり得る。」で変わる基準は何であろうか。それを「プレイヤーの基本的な傾向」= thresholdと捉える。thresholdで表される人間の協調への傾向が成人になった時にそれまでの（協調を受けた）経験に基づいて変化し得る、と考える。この変化の方法として、自分の客観的な傾向による（協

調度による)方法の他に、自分の(社会の協調率に関する)主観的な思いによる(予想協調率による)方法を導入した。

AICで生まれたプレイヤーが、自分の今までのゲームで受けた行為の経験がCとD、半々であった場合(経験協調率が1/2)、このまま(協調度が1である)AICであり続けるか、(協調度が1/2である)TFTに変わるか、に対する答えとして、TFTに変わりうる、と想定したのが(協調度による)可変thresholdのモデルである。

他方、社会的動物として、例えば、教育などによって、社会の予想協調率を40%と低く教えられていた、または、自分が(予想協調率として)40%と信じ込んでいた。このプレイヤーが上記と同様に、自分の今までのゲームで受けた行為の経験がCとD、半々であった場合(経験協調率が1/2)、自分の行為のパターン(協調度)を変えるかどうか、に対する答えとして、予想協調率40%よりも経験協調率50%の方が大きいので、予想よりも経験を重視し、(自分の協調度の如何に関わらず)より協調的になる(ようにthresholdをかえる)、と想定したのが、(予想協調率による)可変thresholdモデルである。

Simulationの結果観察された興味ある事柄 [5, 6]

不変thresholdモデルよりも(協調度による、または、予想協調率による、のどちらでも)可変thresholdモデルの方が、つまり「人は変わる」を導入した方が、協調の出現率が高くなる。更に、(協調度による)可変thresholdのモデルが(予想協調率による)可変thresholdモデルよりも協調の出現率が高くなる事例、反対に、(予想協調率による)可変thresholdのモデルが(協調度による)可変thresholdモデルよりも協調の出現率が高くなる事例、が観察された。

4.5 同じ相手と対戦すること、しないこと

4.5.1 人間モデル

同じ相手と対戦すること、しないことについて考える。同じ相手と再び、もしくは、何回も対戦することが予想される場合と同じ相手と二度と会わないように感じる場合がある。これが、協調的に振る舞おうとするかどうかというこ

と関係しそうである。直感的に、協調的な手が増えるのは、相手をよく知っている人と思ひ、今後も対戦が見込まれる場合であり、互いに見知らぬ人で、二度と会わないような場合は裏切りの手が増えそうである。Demographicモデルでは、概ね、同じ相手と何回も対戦が見込まれる場合は、自分が近所に動き、近所のプレイヤーとゲームを行う時に対応する。

4. 5. 2 数理モデル [3, 4, 5, 6, 7, 8]

われわれの研究の参照元である、従来のDemographicモデルで協調が出現したのは、プレイヤーが近所に移動し近所のプレイヤーとゲームをしたからである、と解釈可能である。では、この仮定を緩めたら協調の出現はどうか、がわれわれの研究の出発点であった。その時点ではglobal（ある確率で全空間内のどこかへ移動する、または、全空間内に居るあるプレイヤーと対戦する）はlocalではないある特別な一例を意味した。すなわち、Connectionを利用するタグ付きTFT [3], Reluctantプレイヤー [4], 可変threshold [5] までは、各々、globalはlocalではないある特別な一例を意味した。しかし、move-playパターン [6] から始め、宣言 [7], Pavlov-like [8] では、move-playのlocalとglobalを特殊で簡単ではあるがより基本的な構造を持つものに設定した。すなわち、（1より小さいが）高い確率で移動とプレイが近所、または、遠く（すなわち、全格子、空間からランダムに選ぶ）にした。パターンとしてll（local move, local play）、lg（local move, global play）、gl（global move, local play）、gg（global move, global play）があり、例えば、lgプレイヤーは高い確率でlocal move近所に移動し、global play（対戦相手）を全空間からランダムに選ぶ。

Simulationの結果観察された興味ある事柄

[3, 4, 5] ではそこで考慮された要素によって、協調の出現率が、その要素がない時よりも、高くなる事例が観察された。

[6] では上記のように簡単ではあるが構造を設定したことにより、初期にglobal playを含む場合、協調的な戦略はllに進化し、非協調的な戦略はlgまた

はggに進化する、が観察された。すなわち、高い可能性でmoveとplayがlocalまたはglobalである母集団では、時間が経てば、協調的な人は近所に動き近所の人とゲームを行うようになる。非協調的な人は遠くの人とゲームを行うようになる：人間モデルのところで述べた直感は妥当である。

4.6 未来の可能性（宣言）

4.6.1 人間モデル

意思の決定は、日々の問題であり、生きていく限りつきまとい私たちに悩ませている。些細なことから、自分にとって重要なことまで、問題のレベルは様々であるが、その度合いに応じて、そしてそれらを通じて自分自身を表現している。意思決定するときは、すでに自分が持っている自分なりの意思決定様式に従うが、そればかりでなく、そこに自分なりの未来に対する希望や、今後こうしたいという自分の意思を表現することもある。すでに持っている自分の行動パターンは、過去の経験などいままでの経緯で作られたものであるが、それと今後の未来に対する意思の表示は、現在の目の前の選択で繋がっている、といえる。目の前の選択の機会が、単に過去と未来が出会う場であるばかりでなく、自ら持っている行動のパターンを改変、生成する可能性に満ちた場でもある。行動のパターンは、いったんできあがればかなり強固に持続するけれども、同時に常に改変され続けるものでもある。

相手の行為の結果を受ける以外に、基本的に何も行動出来ない状況であったとしても、少しなりとも自分の今後の行為や自分の意思を言葉で表現できる可能性があれば、相手の選択に影響を与えるかもしれないという考えが浮かぶ。より協調的な社会を目指すことを考えている私たちにとって、相手が協調的かどうかを知る手がかりを得ることは、大変重要である。対戦の相手が、協調的であると思うことができるなら、こちらは協調の手を取ることに異存は無いのであるが、問題の焦点は、相手が協調的かどうかを自分一人で見極めなくてはならないことである。もし、「私は協調的な人間で、今後も協調的に生きていきたい」という相手の宣言があれば、それに対して、賭けてみようとする可

能性が生まれる。当然、この宣言の真偽に関して知るすべはないが、信じることを選択する価値があると判断すれば、それだけ協調的な行為者が増えることになる。協調的な行為者が、一時的にせよ、増えるということが、社会にもたらす影響は、小さくないと私たちは予想する。今の社会が、いろいろな問題をはらみつつも、一応安定的に保たれていることに関する様々な、見過ごされている要因を探る上で、重要な観点である。人は、自分が思い描く肯定的な未来に対して、とにかくそれに合致したように思えるビジョンを見つけない生き物なのであるから。

4.6.2 数理モデル [7]

プレイヤーの行為には現在の行為だけではなく未来に託す意図も含まれる、ということモデル化したもの。本来のDRゲームのRecipientには行為がないが、相手Donorの行為の直前に、「自分が協調的である」という宣言をするか否かの費用のかからない宣言を導入した。

AllCとAllDを含むすべてのプレイヤーは高い確率または低い確率で「自分は協調的である」と宣言する。相手が宣言しなければ、Donorは自分の元の戦略を利用する。相手が宣言をした場合、AllCとAllD以外のDonorであるプレイヤーは自分の能力により相手の宣言をReliableかSuspiciousかのどちらかに判断する。この判断能力にH(High Believer), L(Low Believer), G(Good Player)の区別を行った。判断能力が無く一律に高い確率80%でReliableと判断するH, 低い確率20%でReliableと判断するL, 判断能力があり正しく判断(協調率が高いプレイヤーの宣言をReliableと判断し、協調率が低いプレイヤーの宣言をSuspiciousと判断する、ことが正しい判断)できる確率が高い(80%)のGを想定した。Reliableと判断した場合、Cを取る。Suspiciousと判断した場合、PunisherであればDを取り、Punisherでなければ自分の元の戦略に従う。

Simulationの結果観察された興味ある事柄 [7]

Punisherが居なければ、例え、判断能力が無いLしか居なくても、協調の出現率が、宣言を導入しない場合よりも、高くなる事例が観察された。これは、

例え、嘘でも宣言をすることは協調をするチャンスを増加させる、からであると考えられる。人間モデルのところで述べた「信じることを選択する価値があると判断すれば、それだけ協調的な行為者が増えることになる。協調的な行為者が、…増えるということが、社会にもたらす影響は、小さくないと私たちは予想する。」を裏打ちしている。ただし、Punisherが存在する場合、協調の出現率が高くなるためには、(人間を見極められる人) Gの存在が必要であり、Punisherの殆どはGである。すなわち、相手を罰することが有効であるためには正確な判断能力が必要とされる。Connectionの人間モデルのところで述べた「もし自分が、人間観察に長けていて、相手が骨の髄まで利己的な人であると正確に見抜けるなら、「記憶する」そしてしっぺ返しをするのが、良いかもしれない。しかし、残念ながら人は、そこまで判別出来ない、といわざるを得ない。思い込みや一時の感情に支配されて、本来協調的な相手の一時的な裏切りの行為を記憶してきっちり「裏切りの手」を取り、協調の相手を失うリスクを考慮すると、記憶しない方が良いであろう。」を彷彿とさせる。

4.7 Pavlov-like戦略

4.7.1 人間モデル

私たちが習慣的にもつ行動を見ると、「行動の選択基準」と「実際に取る行為」からなる。行動を選ぶ基準が、一つしかないより、複数ある方が、全体としては協調の度合い、量ともにその動向になんらかの影響を与えるのではないかと、の思いがある。

私たちは、行動を選択する際に色々異なる基準をもつ。習慣的に行動様式を持ってはいるが、実際には個人の内外の状況によって、また環境や条件などが異なる毎に少しずつ変える。例えば、いつもは、目先の利得に従って行動を決める人でも、相手との特別な人間関係を優先させて、損失覚悟の行動を取ることもある。このように、実際は場面によって揺らぎが起きるのが常である。そしてさらに、根底から基準が違う人達が、共に社会に生きているのも事実である。自分の利得の大きい方を選択するのではなく、快不快にしたがって行為を

変えるということもある。そんな様々な行動基準の人々が存在する事が、極端で価値が単一で一辺倒な社会になることを救っていると予想される。このような思いから、TFTと基本的に異なる行動基準を持つ戦略であるPavlovの拡張であるPavlov-likeが存在すればどのようなようになるのか、を探ってみる。協調的な社会とは、とどのつまり、様々な価値観が自由に存続する過程で生じる事であり、皆が同じ基準をもち、同じ行為をする結果ではない。協調への極端な傾きが、手離して歓迎されないのは、次のステップにおいて、非協調への大きな振れ幅を想起させるからである。私たちが望む協調的な社会とは、一時的に、少しでも多くの協調が出現することではなく、たとえそんなに多くなくても、より安定的に協調性が保たれている社会なのである。

数理モデル [8]

TFT程有名ではないが、Pavlovは快感を受ければ行為を維持し、不快を受ければ行為を変えするという、基本的な戦略である。2つの内的状態を持つオートマトンとして表現できる。相手がCを取れば自分の利得は正なので、(快感を覚え)自分の行為を変えない、相手がDを取れば自分の利得は負なので、(不快を覚え)自分の行為を変える、というwin-stay, lose-shift戦略である。この戦略の特徴は、(AllCに対して、エラーにより、自分がD、相手がCの状況が発生した場合、この状況をキープするので) AllCの増加を許さない(従って、AllDをはびこらせない)。Pavlov同士の時、例え、エラーが発生しお互いにDを取る状況が発生しても、また、お互いにCを取る状況に改善される。すなわち、上述のTFTの欠点を持たない。これにより、同じ相手との無限回繰り返しの囚人のジレンマ的状况では(TFTの出現の後に)このPavlovが多くなる。

Pavlov-like : PavlovにもReluctanceを導入したのが、Pavlov-like戦略である。内的状態を2よりも多くし、D(を取る)状態とC(を取る)状態に分け、その境目をthresholdと呼ぶ。相手がCを取ればthresholdから離れる方向に、相手がDを取ればthresholdに近づき飛び越える方向に推移する。自分がC状態ならばTFT-likeと同じ推移をするが、自分がD状態ならばTFT-likeと反対の推移をする。すなわち、TFT-likeは相手の手に同調しようとする方向に推

移すが、Pavlov-likeは相手の手に同調しない方向に推移する。このことから「D状態のPavlov-like戦略が存在すれば、社会全体が過度に協調的になることも、過度に非協調的になることもない。」と予想できる。

Simulationの結果観察された興味ある事柄 [8]

TFT-likeとPavlov-likeの両方を含む母集団の方が、Pavlov-likeだけより、さらにPavlov-likeだけの方がTFT-likeだけより、協調の出現率が高い状況が観察された。また、Pavlov-like戦略の存在が協調率を中間領域に留める、ことが確認された。すなわち、TFT-likeのプレイヤーのみの世界より、Pavlov-likeも一緒に住む世界の方が、非協調への極端な動きも、そして協調への強い傾きも共に緩和することが示された。

5 ま と め

本稿では、日常的なジレンマ的状况において協調が保たれているのは、何故なのか、をプレイヤーの習慣レベルの行動様式の中に探る、という問題意識から、個人の行動様式を十分に扱うことが可能なAgent-Based Modelを利用してジレンマ状况における協調の出現を扱い、特に、習慣的な日常行動のどの点に着目し（人間モデル）、それをどのようにプログラム可能なようにみなすか（数理モデル）、に焦点を当てて説明を行った。

人間の習慣的な行動パターン、基準の中で、タグ、Connection、反応の遅れ、行動基準の変化、未来の可能性に賭ける、色々な行動基準を入れた複合的な効果、等が協調の出現に効果がある場合がAgent-Based Simulationによって確認され、様々な習慣的な行動パターンが協調の出現に貢献していることが分かった。

参考文献

- [1] Martin A. Nowak, Roger Highfield (2011). "Super Cooperators: altruism, evolution, and why we need each other to succeed" Free Press, New York.
- [2] Flaminio Squazzoni (2012). "Agent-Based Computational Sociology" Kindle version, Wiley.
- [3] Tsuneyuki Namekata, Yoko Namekata (2010). "Emergence of Cooperation in Demographic Prisoner's Dilemma Game - Tags and Connections -" in T. Itoh and K. Suzuki eds. Proceedings of the 13th Czech-Japan Seminar on Data Analysis and Decision Making in Service Science (held in November 3-5, 2010 Otaru, Japan).
- [4] Tsuneyuki Namekata, Yoko Namekata (2011). "Effect of Reluctant Players in Demographic Prisoner's Dilemma Game" in Roman Bartak ed. Proceedings of the 14th Czech-Japan Seminar on Data Analysis and Decision Making under Uncertainty (held in September 18-21, 2011 Hejnice, Czech Republic).
- [5] Tsuneyuki Namekata, Yoko Namekata (2012). "Effect of Variable-Threshold Strategies in Demographic Donor-Recipient and Prisoner's Dilemma Games" in Conference Proceedings Vol II: Book of Papers of RC33 8th International Conference on Social Science Methodology (held in July 9-13, 2012 Sydney, Australia).
- [6] Tsuneyuki Namekata, Yoko Namekata (2012). "Emergence of cooperation and patterns of move-play in Demographic Donor-Recipient Game" in Masahiro Inuiguchi, Yoshifumi Kusunoki and Hirosaki Seki eds. Proceedings of the 15th Czech-Japan Seminar on Data Analysis and Decision Making under Uncertainty (held in September 24-27, 2012 Osaka, Japan).
- [7] Tsuneyuki Namekata, Yoko Namekata (2013). "Effect Of Declaration On Emergence Of Cooperation In Demographic Donor-Recipient Game" in ECMS 2013 Proceedings edited by: W. Rekdalsbakken, R. T. Bye, H. Zhang, European Council for Modeling and Simulation. doi:10.7148/2013-0039.
- [8] Tsuneyuki Namekata, Yoko Namekata (2013). "Role of Pavlov-like Strategy on Emergence of Cooperation in Demographic Donor-Recipient Game" in Vaclav Kratochvil and Jirina Vejnarova eds. Proceedings of the 16th Czech-Japan Seminar on Data Analysis and Decision Making under Uncertainty (held in September 19-22, 2013 Mariánské Lázně, Czech Republic). Faculty of Management University of Economics, Jindřichův Hradec, Czech Republic.