

# 友の友は友が生み出す社会秩序

## Social Order based on a Chain of Friendships

中井 豊  
(芝浦工業大学システム工学部)

武藤 正義  
(東京工業大学大学院社会理工学研究科)

### 1. はじめに

秩序問題とは、社会が万人の万人による闘争状態(ホブズ状態)から協力状態へどの様に移行するかを問うものであるが、この問題に対し、古くは、国家権力(Hobbes,T.:1651)、市場取引(Smith,A.:1776)による秩序形成から、継続的關係による説明(Trivers,R.:1971)、2 次の制裁による説明 (Axelrod,R.:1986)、群淘汰による説明(Sober,E. & Wilson,D.:1998)など様々な理論が提出されてきた。そして、近年、評判による秩序形成が注目され、内集団利他戦略(Takagi,E.:1996)、imaging score 戦略(Novak,A. & Sigmund,K.:1998)、standing 戦略 (Leimar,O. & Hammerstein,P.:2001)、strict discriminator 戦略 (真島&高橋:2003)が提案されている。これらの戦略はいずれも、他者に対して利他的に振舞った人だけに利他的行動を取る戦略であるため、選別的利他戦略(discriminator strategy(DISC))と呼ばれるが、これらの理論は共通の問題を抱えている。つまり、いずれの理論も、全ての player が他の全ての player の過去の全行動を知っているという強い情報構造を持っており、しばしば非現実的と批判される。そこで、本研究では、「友の友は友である」という常識的な戦略に注目する。つまり、この戦略では、社会全体ではなく身の回り(友)のみ注目すれば良い。そして、この戦略が上記の課題を克服しつつ社会秩序をもたらすことが出来るかを検討した。

### 2. Battle Game と友人選別戦略(FSS)

最初に、万人の万人による闘争状態を表現するため、以下に示す Battle Game を導入する。

- (1) 社会には全部で  $n$  人の player が存在する。
- (2) 各 player は誰が「友」で誰が「敵」という独自の世界観を持つ。
- (3) 各 player (performer : 行為者)はランダムに他の player 1 人(performed : 行為の相手)と出会う。
- (4) performer は自らの世界観に従って performed が「友」か「敵」かを判断し、performed が「敵」の場合に攻撃し(攻撃)、「友」の場合には攻撃しない(平和)。(図1)
- (5) performer が攻撃した場合、performer は利得 0.5 を獲得し、performed は利得 1.0 を失う。performer が攻撃しない場合は、両者の利得は変化しない(何も起こらない)。(図1)
- (6) 各 player は上記の(3)~(5)の行為を計  $m$  人に対して繰り返す。
- (7) 1 回の Game で player 全員が以上の行為を行う。つまり、1 回の Game において、(3)~(5) の行為が延べ  $n \times m$  回発生する。
- (8) 1 回の Game の終了後、各 player が performer あるいは performed として得た利得を総計し、各自が獲得した総利得とする。

攻撃の代表例には、詐欺、窃盗、強盗などが考えられる。財産を奪うことで、加害者の利得が 0.5 増え、被害者の利得が 0.5 減る。更に、物的・身体的・心理的ダメージにより、被害者の利得だけが 0.5 減ることになる。

ここで、Battle Game の帰結を考えてみよう。仮に、当事者が直接行為し合う場合(行為が双方向な場合)を想定すると、この 2 人の損得状態は図 2 の様な利得表で表すことが出来るが、この表は正に囚人

のジレンマの利得表となっている。つまり、何の仕掛けもなければ、Battle Game が行われる社会は、全ての人が全ての他者を攻撃する状態（闘争状態）に陥ることになる。従って、平和状態の実現には何らかの工夫が必要である。

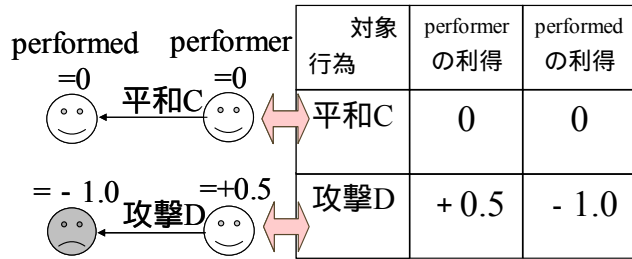
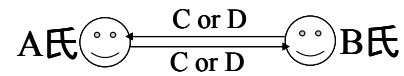


図 1. Battle Game パラダイム



	B氏 平和C	攻撃D
A氏 平和C	0	+0.5
攻撃D	-1.0	-0.5

ナッシュ均衡(攻撃, 攻撃)

図 2. Battle Game を行う 2 人の利得行列

ところですぐ分かる様に、Battle Game には、誰が「友」で誰が「敵」かを決定する方法が定義されていない。そこで、友人選別戦略(Friend Selection Strategies (FSS))を導入する。FSS player は、自分あるいは「友」に対して行為する他者だけに注目し、その他者の 1 回前の行為のみを覚えていると仮定する。つまり、FSS player は全 player の過去の全行為を知る必要はなく、強い情報構造を持たない。そして、自分（以下、「私」あるいは「me」ともいう）に対する行為だけから「友」と「敵」を判断する戦略群を、「私」の友人選別戦略（My Friend Selection Strategies (MFSS))と呼び、自分および「友」（以下、「我々」あるいは「us」ともいう）に対する行為だけから「友」と「敵」を判断する戦略群を、「我々」の友人選別戦略（Our Friend Selection Strategies (OFSS))と呼ぶ。

ここで、本稿における「友」と「我々」の持つ意味に注意しよう。ここに言う「友」とは、自らが一方的に判断し平和的に振舞う他者のことであって、相手の意思は関係がない。この意味で、「我々」とは相思相愛の仲よしグループではなくて、自らが一方的に決めた、いわば「私」のテリトリーに過ぎない。

さて、MFSS と OFSS にはそれぞれ、「私」あるいは「我々」(=「私」+「友」)を攻撃した player を「友」とみなすか「敵」とみなすか、また、攻撃しなかった player を「友」とみなすか「敵」とみなすか、計 4 種類の戦略を想定することが出来る。OFSS を例にとると次の 4 戦略となるが、この中の「我々」と us を「私」と me に替えると、MFSS の 4 戦略になる。

- (1) us-ALL\_D:「我々」のお人好し戦略。「我々」に行為した player を、彼が攻撃してきたか否かを問わず、誰でも「友」とみなす戦略。
- (2) us-TFT (Tit For Tat):「我々」のしっぺ返し戦略。「我々」を攻撃しなかった player を「友」とみなし、攻撃した player を「敵」とみなす戦略。(図 3)
- (3) us-CHK (chicken):「我々」の卑怯者戦略。「我々」を攻撃しなかった player を「敵」とみなし、攻撃した player を「友」とみなす戦略。
- (4) us-ALL\_C:「我々」の意地悪戦略。「我々」に行為した player を、彼が攻撃してきたか否かを問わず、誰でも「敵」とみなす戦略。

次に、各戦略への理解を深めるため、各戦略に従う player のイメージを表 1 に示そう。現実の社会における戦略（処世術）には、自分と相手の価値観、背景、勢力などが複雑に織り込まれているのだが、FSS は一切これらを些少し、ただ力の行使の有無のみに着目した理念型であることに注意しよう。

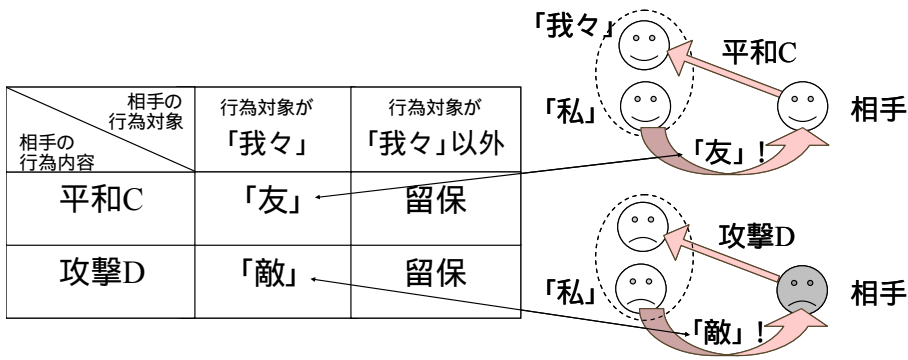


図3. 「我々」の  
しっぺ返し戦略(us-TFT)

me-CHK を例にとると、me-CHK は力を行使してきた相手とは争わず行使しなかった相手に仕掛ける戦略であって、身近な処世術で最も近いものを探せば、「長いものにはまかれる（強い者に従え）」となる。もちろん、この格言が目にするのは、相手が力を行使した事というよりは相手の勢力（強弱）であるので、me-CHK そのものではない。しかしながら、強者がしばしば力を行使することを考えれば、me-CHK はこの格言の持つ 1 側面を強調し単純化したものと言えよう。また、us-CHK については、力を示した他者とは争わず彼を自身の延長（「我々」とみなす考え方であるので、身近な人物像で言えば、強者の周りにいてより強い者とは争わずより弱い者には力を行使する人と言える。更に、us-ALL\_C や us-ALL\_D の意味を考えよう。前者は、「友」に関係してきた他人に対して、平和的か攻撃的であったかを問わず、平和的に振舞う強烈なお人好しである。また、後者は、自分のテリトリー（「我々」）に関係してきた他人に対して、平和的か攻撃的であったかを問わず、攻撃的に振舞う強烈な小心者と言える。従って、理論的には有り得ても現実には稀な戦略と言える。

さて、本研究では、モデルが示す複雑な挙動に対して、極力見通しを良くしたい。そこで、現実には余り見られない戦略を外して、考察の対象とする戦略を減らしたい。但し、単に除外するだけでは MFSS と OFSS の数的なバランスがくずれ好ましくない。以上から、me-ALL\_D と us-ALL\_D を ALL\_D に、me-ALL\_C と us-ALL\_C を ALL\_C に統合し、モデルの中立性を維持しながら戦略数を 6 に減らした（なお、中井&武藤（2005）は 8 戦略の場合を検討している）。

表 1. 各戦略に従う player のイメージと研究対象とする 6 戦略

戦略	具体的なイメージ	研究対象戦略 (6戦略)
me-ALL_D	自分に関係してくる人を嫌う人。小心者。猜疑心の強い人。	
us-ALL_D	自分のテリトリー（「我々」）に関わってくる人を嫌う人。但し、「我々」の誰かが「我々」に関係する場合、「我々」が消滅してゆく。孤独になってゆく独裁者。	
me-TFT	自分に売られた喧嘩を買う一匹狼。	
us-TFT	自分のテリトリー（「我々」）に売られた喧嘩を買う人。	
me-CHK	例えば、声の大きな人に従い、声の小さな人に命令する人。小役人	
us-CHK	例えば、声の大きな人を自身の延長（「我々」とみなし、より声の大きい人とは争わず小さな人を従わせる人。立ち回りのうまい小役人。コバンザメ。	
me-ALL_C	自分に関係してくる人を愛する人。良い人。	
us-ALL_C	自分のテリトリー（「我々」）に関わってくる人を愛する人。強烈なお人好し。伝道者。	

### 3. 平和状態の進化シミュレーション

人工社会の1世代は、判断、行為、挫折、変異の4フェーズから構成される(図4)。判断フェーズでは、各 player は、自らの戦略と1世代前の他者の行為を基に、1世代前の世界観を更新する(例えば、me-TFT player は、1世代前に自分を攻撃した player を「敵」と評価し、自分の世界観を書き換える)。そして更新に当っては、ある確率で判断エラーが発生すると仮定する。行為フェーズでは、更新した世界観に基づいて、ランダムに出会った他者に対して Battle Game を行う。挫折フェーズでは、行為フェーズで低利得に終わりある閾値(挫折率と言おう)以下となった player が挫折し、その戦略を破棄し、別途ランダムに出会う player 達(模倣の相手と言おう)の中で最も高利得を得た player の戦略を模倣する。変異フェーズでは、ランダムに選ばれた player の戦略が突然変異する。そして第0世代に、全員に、全員を「敵」とみなす世界観(ホブス状態)と ALL\_D を持たせ、幾世代にも渡って上記プロセスを繰り返し、平和状態が生まれてくるかを観察した。

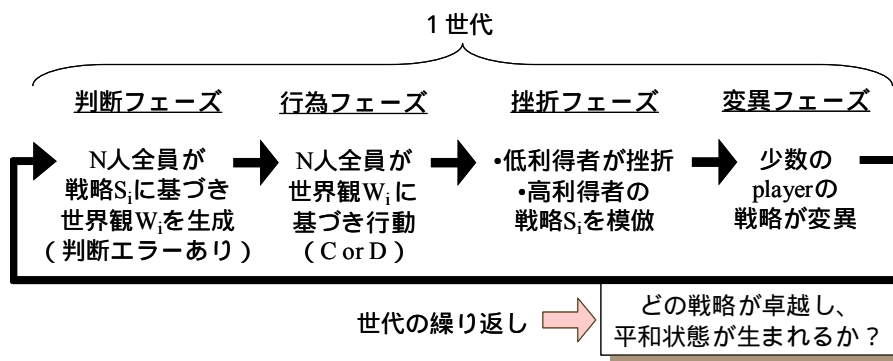


図4. 平和状態の生成・崩壊モデル

以下、実装した判断フェーズのアルゴリズムを掲げておこう(図5,6)。

- (1) 全 player は独自の戦略と世界観を持つ。
- (2) ( $t$  世代の player  $i$  の) 戦略  $S_i^t$  は、ALL\_D / me-TFT / us-TFT / me-CHK / us-CHK / ALL\_C のいずれかである。
- (3) ( $t$  世代の player  $i$  の) 世界観  $W_i^t$  は、「友」を1、「敵」を0と表現する行ベクトルで、個々人が一方的にのみならず「友」あるいは「敵」を表現するものである。 $i$  が  $j$  を「友」と判断していても、逆に  $j$  が  $i$  を「友」と判断しているとは限らない。
- (4) 各 player は、1世代前の「私」や「我々」に対する他 player の行為を思い出し、自らの戦略  $S_i^t$  に従って、1世代前の自分の世界観  $W_i^{t-1}$  を更新する。「我々」に含まれる「友」は、1世代前の世界観  $W_i^{t-1}$  に示された「友」である。
- (5) 判断フェーズの終わりに、世界観に対して判断エラーを加える(エラー率で1と0を反転する)。

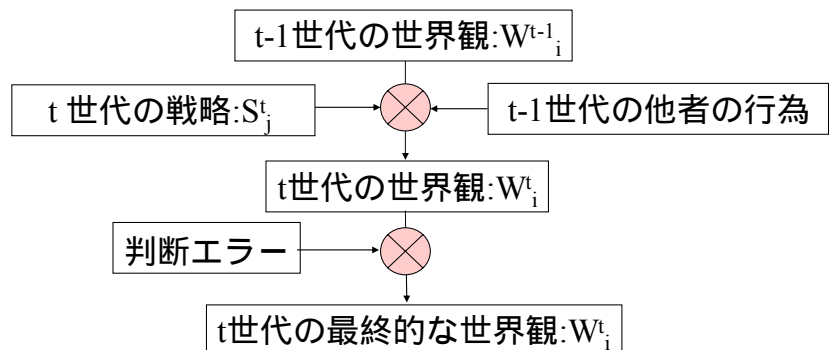


図5. 判断フェーズの流れ

- (6) お人好し戦略では、1 世代前の他 player の行為が平和的であれ攻撃的であれ、1 回の行為に対してその player に+1 を付与する。
- (7) しっぺ返し戦略では、他 player の行為が平和的な場合、1 回の行為に対して+1 を付与し、攻撃的な場合、1 回の行為に対して - 1 を付与する。
- (8) 卑怯者戦略では、他 player の行為が平和的な場合、1 回の行為に対して - 1 を付与し、攻撃的な場合、1 回の行為に対して + 1 を付与する。
- (9) 意地悪戦略では、他 player の行為が平和的であれ攻撃的であれ、1 回の行為に対して - 1 を付与する。
- (10) 「我々」戦略の場合、ある player の行為が + 1 と評価されると同時に、その player の別の行為が - 1 と評価される場合がある。
- (11) つまり、ある player が「友」か「敵」かを定めるには、その player の「我々」に対する全行為を総合判断する必要がある。
- (12) このため、彼の全ての行為に対する評価点の総和を取り、+ の場合を「友」とみなし、- の場合を「敵」とみなす。
- (13) 総和が 0 の場合、「友」「敵」の判断を留保し、1 世代前の「友」「敵」の判断をそのまま継承する。

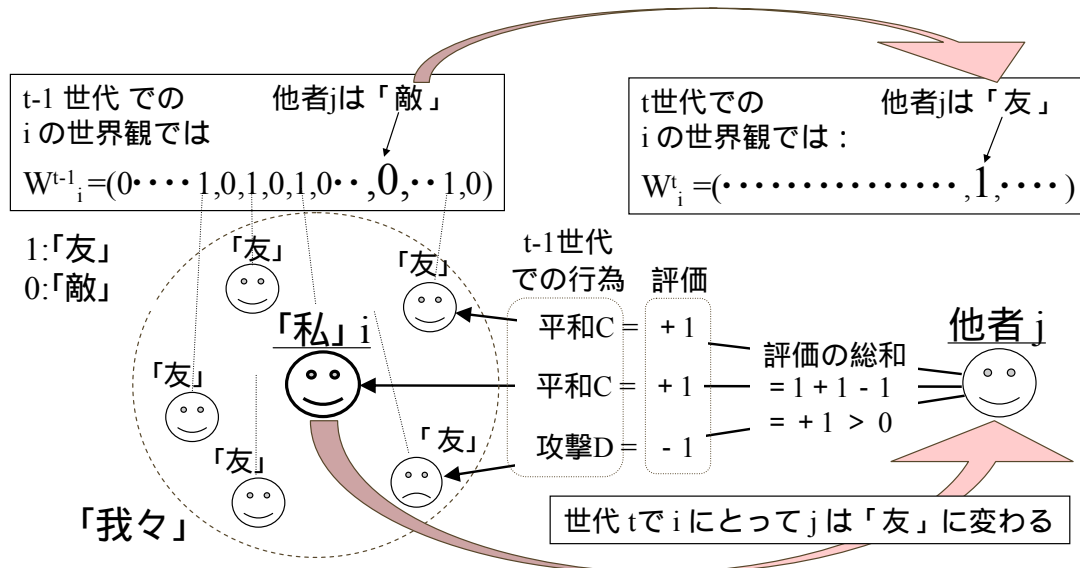


図 6. us-TFT における「友」「敵」の判断

#### 4. 平和状態の生成・崩壊

最初に、「私」ばかりの社会と「我々」も現れる社会の 2 ケースを比較した。前者では us-TFT と us-CHK を除く 4 戦略で、後者では全 6 戦略でシミュレーションを行った（図 7）。図は、友人比率（= 友人の数 / (総人数 - 1)）の世代時系列を観測したもので、友人比率 100% の状態が生れた場合に平和状態が生成したとみなす。ここで両図を比較すると、「私」ばかりの社会では、概ね、友人比率が低く敵対状態が続くが、「我々」も現れる社会では友人比率が高く平和状態が生れたことが見て取れる。この事により、「我々」という意識が秩序形成に直接寄与することが分かるとともに、秩序形成には全ての player の行為を知る必要はなく、自分と「友」に関係した player の行為だけを知ればよいことが分かる。

次に、図 7 に現れた平和状態において、友人関係がどの様に変遷したかを調べてみよう。具体的には、誰が誰を「友」と判断しているのかを一望するため、全員の世界観を並べ行列を構成し、友人関係のネッ

トワーク構造を観察する（図 8：この図の行は個人の世界観を示しており、「友」を白マスで「敵」を黒マスで表している。また、自分自身は白マスで示されている）。この表現を使えば、互いに「友」と判断し合っている  $n$  人の内集団( 相思相愛のグループ )は、対角線上の  $1$  辺  $n$  の正方形で示されることになる。

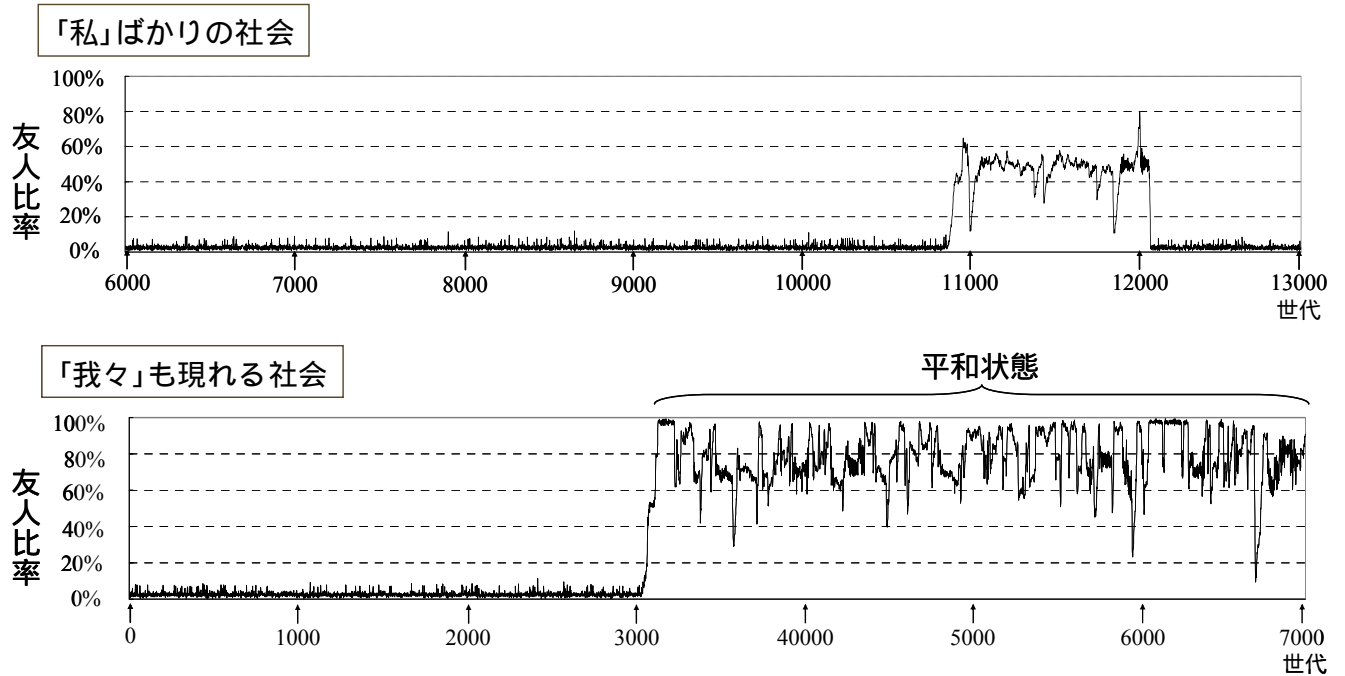


図 7. 友人比率の世代時系列（上段：「私」ばかりの社会、下段：「我々」も現れる社会）

\* 総人数=20 人、行為の相手=19 人（総当り）（挫折時に戦略を学ぶ）模倣の相手=19 人、挫折率=-0.1、世界観の判断エラー率=5%(他者 1 人当たり)、戦略の突然変異率=0.3%

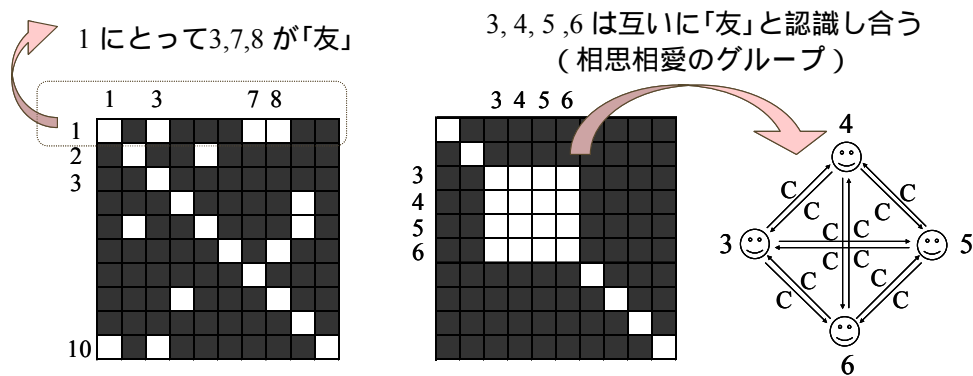


図 8. 友人関係のネットワーク表現

結果例を図 9 に示す。本図は 3050 世代から 100 世代にわたって見られた友人関係の変化を示したものである。この図によれば、3000 世代までは概ね全員が全員を「敵」とみなす社会であったのだが、3050 世代当たりで少数の us-TFT player による内集団が登場し、この us-TFT 集団が拡大するとともに多くの他者を「友」とみなす us-TFT player が増え、3150 世代当たりで全員が全員を「友」とみなす us-TFT 集団となり平和状態が成立したことが分かる（なお、図中 3100 世代のネットワーク構造の行と列を適切に入れ替えれば、対角線上の正方形になるのは明らかであろう）。

今度は、us-TFT ばかりでなく他の戦略の消長も観察してみよう。具体的には、各戦略の構成比（以下参照）を世代時系列で観察する。



- (1) ALL\_D 比= ALL\_D の人数 / 総人数
- (2) me-TFT 比= me-TFT の人数 / 総人数
- (3) us-TFT 比= us-TFT の人数 / 総人数
- (4) me-CHK 比= me-CHK の人数 / 総人数
- (5) us-CHK 比= us-CHK の人数 / 総人数
- (6) ALL\_C 比= ALL\_C の人数 / 総人数

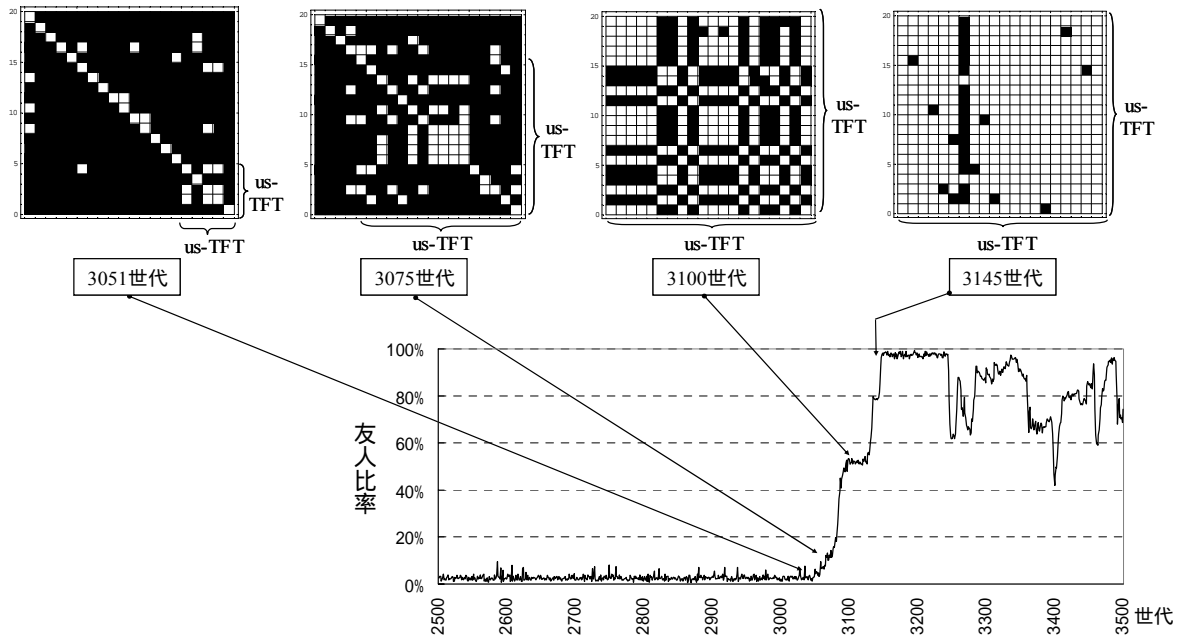


図 8. 平和状態の生成時に見られる友人関係の変化

ところで、6 戦略とは言え時系列をそのまま読み取るのは難しい。そこで、どの世代がどの戦略の時代であったかを示すことにしたい。つまり、毎世代、多数派戦略(構成比が 50%を超える戦略)を同定してラベリングし、友人比率の時系列に重ね合わせた。

典型例を図 9 に示す。なお、前述の図 7 の各 player は総当り(行為の相手が 19 人)で他者に行っていたのであるが(Global Interaction と呼ぼう)、本図の各 player は少数の他者(行為の相手が 4 人)と行っている(Local Interaction と呼ぼう)。図 9 を図 7 と比べればすぐ分かる様に、Global Interaction から Local Interaction になるにつれ平和状態が崩れ易くなっており、戦略の変遷、特に、平和状態の崩壊局面を詳しく調べることが出来る。

さて、本図を見れば、多数派戦略の典型的な遷移パターンに関して、以下が読み取れる(図 10)

- (1) us-ALL\_D がひしめき闘争状態が続くが、
- (2) us-TFT の内集団が現れ、成長し、平和状態が成立する。
- (3) 次に、me-TFT と me-CHK が侵入し、us-TFT とともに多数派を競い合い、平和状態が揺らぎ出す。
- (4) その後、ALL\_D が現れ、勢力を伸ばし、平和状態が崩壊する。

秩序の崩壊に関して良く知られているシナリオは、「TFT が支える秩序の下に ALL\_C が増えた結果、ALL\_C を食食物にする ALL\_D が侵入し秩序を崩壊する」というものであるが、上述の結果は、ALL\_C 以外の戦略が崩壊のきっかけになるという点で、新しいシナリオとなっている。

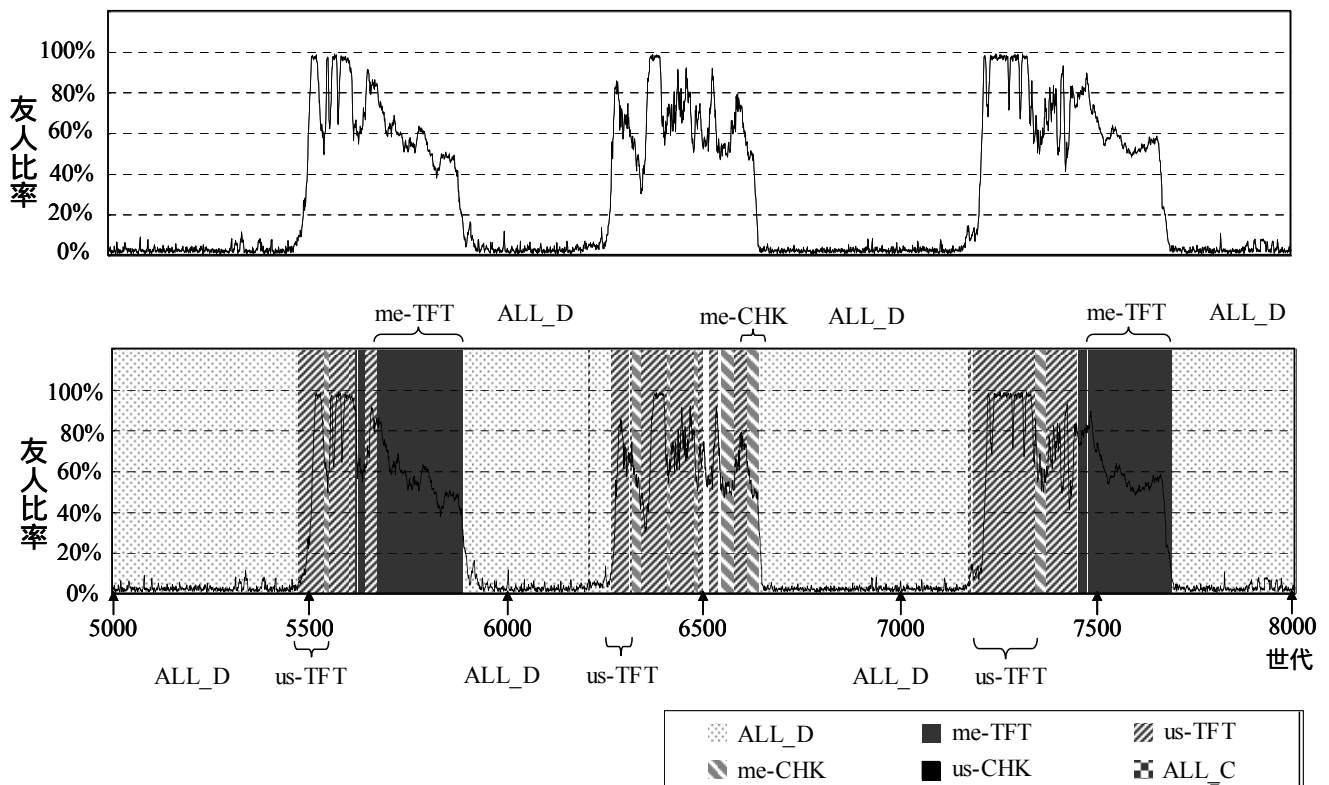


図 9. 平和状態の生成・崩壊と多数派戦略の時系列

\* 総人数=20 人、行為の相手=4 人、(挫折時に戦略を学ぶ) 模倣の相手=19 人、挫折率= - 0.1、世界観の判断エラー率=5%(他者 1 人当たり)、戦略の突然変異率=0.3%

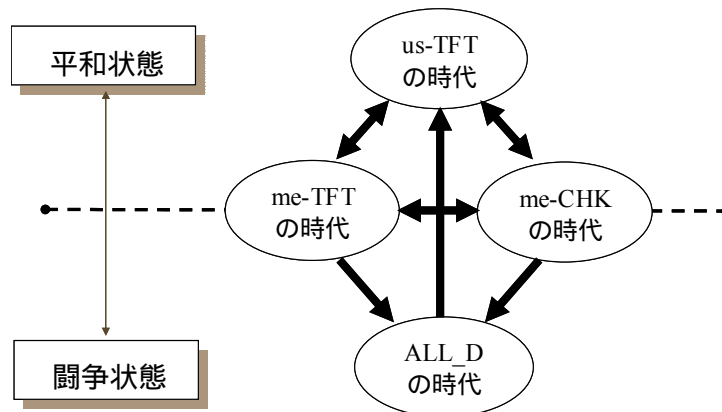


図 10. 多数派戦略の典型的な遷移パターン

### 5. 平和状態に関する考察

ここで、us-TFT が支える平和状態の意味を検討しよう (図 11)。平和の生成局面は次の様に解釈することができる。

- (1) 周りが「敵」ばかりの人々が多数を占める闘争状態の中で us-TFT 戦略を持つ人が現われる。[ One for Friends ]
- (2) 次に、この人々の間で友好の連鎖が始まり、内集団が成長する。[ One for Friends, Friends for One ]
- (3) 更に、内集団が成長し誰もが互いに「友」である平和状態が生れる。[ One for All, All for One ]



つまり、[ One for Friends ] → [ One for Friends, Friends for One ] → [ One for All, All for One ] という遷移の様相が浮かび上がるのであって、このことから、「共同体意識」が創発し平和状態を生み出したと解釈することができる。

次に、規範性が生れたかを検討しよう。本研究で構成した平和状態では、メンバーの誰かが攻撃された場合、「全員」が他者（メンバーを攻撃した者）に対して「同一の判断」（＝「敵」）と「同一の行動」（＝攻撃）を取るという意味で、規範性が認められる。この規範性はどこから来たのであろうか。ここで、先行研究における規範性を見てみよう。先行研究の戦略は、善人選別的利他戦略とも言うべきものであって、「善人に協力する人を善人とみなし、協力する」という共通の論理が認められる。つまり、「善人＝善人を支援した人」と判断するのだが、この定義は再帰的であってこれだけでは善人か悪人かを決定出来ない。結局、この式の右辺に現れる善人を再び定義しなければならず、「善人＝『善人を支援した人』を支援した人」の様過去へ遡及を繰り返さねばならない。従って決定可能であるためには、元々誰が善人で誰が悪人であったかという初期世界観が必要となるが、先行研究では、全員に「他者全てを善人とみなす」初期世界観がアプリアリに与えられる。そして前述の様に、全員が他者の過去の行為を全て目撃するという前提があるため、善人選別的利他戦略を持つ人は、他者と「同じ経験（目撃）」を持ち「同じ初期世界観」を更新してゆくので、「同じ世界観」を持つことになる。要するに、先行研究では、善引いては規範性が始めからモデルに組み込まれている。一方、us-TFT 戦略は、「友人に協力する人を友人とみなし、協力する」戦略であるので、友人選別的利他戦略と呼んでも良いものであって、「友＝友を協力した人」と判断する。そして、第0世代に「他者全てを「敵」とみなす」のであるが、先行研究と異なるのは、自分や「友」の体験を通して他者を知るため、他者と経験が異なる点にある。つまり、友人選別的利他戦略を持つ人は、他者と「異なる経験（目撃）」を持つので、原理的には、他者と「異なる世界観」を持つことになる。従って、us-TFT 戦略自体には規範性が仮定されていない。「誰も」が他者に対して「異なる判断」と「異なる行動」を取り得るので、規範があるとは言えない。結局、元々規範性のない戦略から平和規範が創発したと言える。

なお、以上の様相が道徳とは無関係であることに注意しよう。前述の通り、「友」という概念と打算の無さの間には何の関係もない。us-TFT 戦略が卓越した理由は、挫折した人々が高利得を目指して us-TFT 戦略を模倣したからに過ぎない。言い換えれば、共同体意識と平和規範に支えられた平和状態は、高い利得を希求する打算性が生んだ集団安全保障体制と言える。

最後に、今後の主な課題を整理しておく。まず、平和状態の生成・崩壊局面において、モデル内部で何が起きているかを明らかにする必要がある。特に、us-TFT が維持する平和状態の中に、me-TFT や me-CHK がどういった論理で侵入するのか興味深い。

次に、モデルの検証がある。本研究は、秩序問題に関する他の研究と同様、理念型の理論研究ではあるが、現実との突き合わせが望ましいことには変わりはない。そこで例えば、歴史現象に注目し、本稿で示した秩序の生成・崩壊と同型の現象が現実に見出されるか検討の価値があろう。

またそもそも、本モデルには限界がある。us-TFT 戦略が念頭に置く人間像は「限られた情報を持つ人間」であって、自分や「友」に対して行為する相手だけを観察すれば良かった。とすると、この前提は「友」が少なければ少ない状態ほど有効であって、言い換えれば、闘争状態から平和状態が立ち上がる場面の説明に適している。ところが、一旦平和が確立すると全員が「友」となり全員が全員を観察することになるので、先行研究が課していた強い情報構造が再び現れてしまう。以上から、本研究の射程は、比較的小規模な集団に限られると言える。

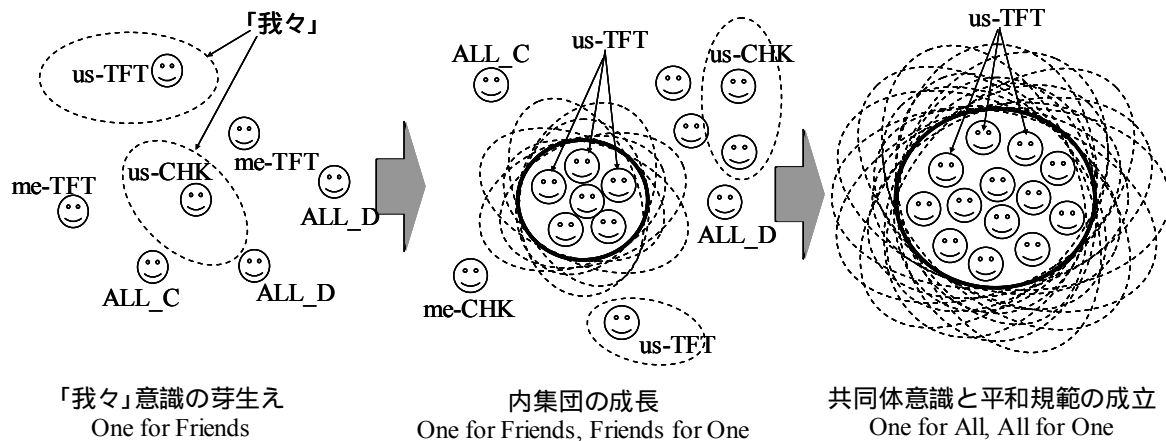


図 11. 共同体意識と平和規範による平和状態の成立

### 【付記】

本研究は、東京工業大学 21 世紀 COE プログラム「エージェントベース社会システム科学の創出」の一環である。

### 【参考文献】

- 1) Axelrod,R.1984.*The evolution of Cooperation*.NY:Basic Books.
- 2) Axelrod,R.1986. "An evolutionary approach to norms."*American Battle Science Review*, 80.
- 3) Hobbes,T. 1651. *Leviathan*.NY:Collier Books Edition(1992).
- 4) Leimar,O.&Hammerstein,P.2001. "Evolution of Cooperation through Indirect Reciprocity."*Proceedings of the Royal Society of London Series B:Biological Sciences*, 268,P743-P753.
- 5) Novak,A.K. & Sigmund,K.1998. "Evolution of Indirect Reciprocity by Image Scoring."*Nature*, 393,P573-P577.
- 6) Novak,A.K. & Sigmund,K.1998. "The Dynamics of Indirect Reciprocity."*Journal of Theoretical Biology*, 194,P561-P574.
- 7) Smith,A. 1776.*Wealth of Nations*.NY:Modern Library Edition(1994).
- 8) Sober,E. & Wilson,D. 1998. *Unto Others: The Evolution and Psychology of Unselfish Behavior*. Cambridge,MA:Harvard University Press.
- 9) Takagi,E.1996. "The generalized exchange perspective on the evolution of altruism."*In W.B.G. Liebrand & D.M.Messick(Eds.) Frontiers in Social Dilenmmas Research*.Berlin:Springer-Verlag,P311-P336.
- 10) Takahashi,N.&Yamagishi,T.1996. "Social Relational Foundation of Altruistic Behavior."*The Japanese Journal of Experimental Social Psychology*,36(1),P1-P11.
- 11)Takahashi,N.2000. "The Emergence of Generalized Exchange."*American Journal of Sociology*, 105(4),P1105-P1134.
- 12) Trivers,R.(1971): "Evolution of Reciprocal Altruism", *Quarterly Review of Biology*, 46, P35-P37.
- 13) Yamagishi,T.&Cook,K.S.1993. "Generalized Exchange and social dilemmas."*Social Psychology Quarterly*, 56,P235-P249.
- 14) 真島.2003. 『間接互惠性の成立 - 進化シミュレーションを用いた選別的利他戦略の検討』北海道大学人文科学科修士論文
- 15) 中井, 武藤.2005. 『友人選別的利他戦略による平和状態の進化シミュレーション』「社会情報学研究」,9(2),P59-P71.