

artisoc によるゲームのシミュレーション

日大生産工(院) ○砂原 知行 日大生産工 齋藤 敏雄

1. はじめに

本研究では、マルチエージェント・シミュレータ「artisoc」を使い、複数の個体が存在する社会の中で、ゲームが繰り返し行われる状況のシミュレーションを行う。

人間の社会では、多種多様な人々が互いに影響を及ぼしあっており、ゲーム的状况に遭遇することは、日常茶飯事である。ゲームが繰り返し行なわれているような社会を想定してモデル化し、観察することは、社会現象を理解する上で有意義である。

2. セル・オートマトンとゲーム

2.1 社会科学におけるシミュレーションの意義

シミュレーションとは、対象とする現象のある側面を抽象して、モデル化し、いろいろな過程の下で、実際に操作してその挙動を観察することである。社会科学では、複雑な社会現象を理解することが主要な目的である。

2.2 セル・オートマトンの定義

- (1) セルと呼ばれる単位が二次元の格子状に配列している。格子の一边のセルの数を、オートマトンのサイズという。
- (2) 一つのセルは、それに隣接するセルの集まりからなる一つの近傍をもち、近傍には、そのセル自身は含まない。ここで近傍は、

隣接する上下左右の四つのセルとする。近傍の取り方はすべてのセルについて共通である。

- (3) 一つのセルは、 N 個の状態のいずれかをとる。状態を $\{0, 1, 2, \dots, N-1\}$ と表す。ここで状態を表す数字は、状態を区別するためであって、数を表すためではない。取り得る状態はすべてのセルで共通である。時刻 0 におけるセルの状態を初期状態という。すべてのセルの状態の配置をセル・オートマトンの状態という。

- (4) あるセルの次の時刻における状態は、そのセルの近傍におけるセルの状態によって決まる。あるセルの近傍におけるセルの状態からそのセルの次の時刻での状態を定める規則を推移規則という。推移規則はすべてのセルに共通である。

本研究では、セル・オートマトンを、互いにゲームをする個人の集まりのモデルとして利用する。セル・オートマトンの開発実行環境として、株式会社構造計画研究所が開発した、マルチ・エージェントシミュレータ「artisoc」を利用する。

2.3 ゲーム

2.3.1 ゲームの定義

自らの意思決定の結果が、他の人の意思決定に依存して決まるというものである。たとえば、じゃんけんで自分がグーを出す

Simulation of games using artisoc

Tomoyuki SUNAHARA and Toshio SAITO

という意思決定をした場合、じゃんけんの相手がチョキを出すという意思決定をすれば結果は「勝ち」になり、相手がパーを出すという意思決定をすれば、結果は「負け」になる、という状況も結果が他人の意思決定に依存しているといえる。このようにゲームが扱われる状況を「ゲーム的状況」という。ゲームの構成要素は「プレーヤー」、「戦略」、「利得」の三つで、ゲームはこれらを用いて表現される。

2.3.2 タカ・ハトゲーム

社会に複数の個体が存在しており、個体間で資源を取り合う状況を仮定する。各個体はハト(dove)とタカ(hawk)のどちらかとする。

ハトがハトと出会ったときには、しばらくにくみ合った後、それぞれ 1/2 の確率で資源を得る。ハトとタカが出会ったときには、攻撃的なタカから、ハトは逃げていくので、タカが資源を得る。タカ同士が出会ったときは、戦ってお互いに怪我を負う。この状況をゲームと見て、表 1 の利得行列で表す。

表 1. タカ・ハトゲームの利得行列

自分 \ 相手	dove	hawk
dove	(2, 2)	(0, 10)
hawk	(10, 0)	(-5, -5)

2.3.3 タカ・ハト・法令遵守者ゲーム

タカ・ハトゲームの中に、第 3 の個体として「法令遵守者(law-abider)」を追加する。法令遵守者は、ハトと出会ったとき、法的に資材が自分のものだと判断した場合は、自分のものとし、法的にハトのものだと判

断した場合は、しばらく待って 1/2 の確率で自分のものとする。法令遵守者がタカと出会ったとき、法的に資材が自分のものだと判断した場合は、襲ってくるタカに反撃をし、お互いに怪我を負う。法的にタカのものだと判断した場合は、潔く諦める。法令遵守者同士が出会った場合は、法的に自分のものだと判断したほうが資材を持っている。このゲームの利得行列を表 2 に示す。

表 2. タカ・ハト・法令遵守者の利得行列

自分 \ 相手	dove	hawk	law-abider
dove	(2, 2)	(0, 10)	(1, 6)
hawk	(10, 0)	(-5, -5)	(2.5, -2.5)
law-abider	(6, 1)	(-2.5, 2.5)	(5, 5)

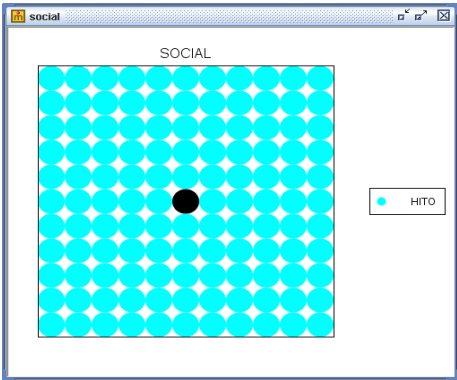


図 1. artisoc 実行画面

3. シミュレーションの実際

3.1 ゲームのセル・オートマトンでのモデル化の手順

(1) 社会を構成する個人をセルで表現し、個人が保有する戦略を状態で表す。(図 1) 本研究では、前節で述べたタカ、ハト、あるいは法令遵守者のとる行動を戦略とする。すなわち、タカ戦略、ハト戦略、法令遵守者戦略の三つとする。

- (2) 各セルは、そのセルの近傍の中の全てのセルを相手としてゲームを行い、利得行列に従う利得を獲得する。その総和がそのセルが得る総利得となる。
- (3) 次のステップでは、近傍の中で、自分の得た総利得より大きい総利得を得たセルがあれば、その中で最大のセルの戦略を模倣する。自分の得た総利得より小さい、あるいは同じだった場合は、戦略を変えない。
- (4) (2)(3)を繰り返す。

3.2 均質な個人の集まり(社会)における異質な個人の広がり(社会)のプロセスとパターン

タカ・ハトゲームをここでは取り扱う。すべての人が同一の戦略をとる均質な社会は安定的である。しかし、ほとんどの人が同一の戦略をとる均質な社会に、別の戦略をとる異質な人が現れた場合、社会全体は安定するのか。

ここで新たに表 3 のような利得行列を想定する。タカ戦略をもつ個人がハト戦略をもつ個人と出会ったときに得られる利得 α の値によって、異質な個人の社会への影響がどのように及ぼされるかを観察する。

表 3. タカ・ハトゲーム利得行列

自分 \ 相手	dove	hawk
dove	(2, 2)	(1, α)
hawk	(α , 1)	(0, 0)

(1)ハト戦略を保有する均質な社会の中のタカ戦略

初期状態では、全てのセルがハト戦略をとる均質な社会の中に一つだけタカ戦略をとるセルを配置する。そのとき、利得 α の

値によって、全体の挙動は表 4 のように分類される。

表 4. 一つの dove を置いた場合の利得 α の値による全体の挙動パターン

利得 α の値	セル・オートマトンの挙動
$-\infty \sim 3.0$	dove が単調に増加し、すべてのセルが dove を継続する。
$3.0 \sim 4.0$	dove が上下左右に一直線に増加して、安定した形となる。
$4.0 \sim \infty$	すべて hawk になる。

表 5. 一つの hawk を置いた場合の利得 α の値による全体の挙動パターン

利得 α の値	セル・オートマトンの挙動
$-\infty \sim 1.75$	すべて dove になる。
$1.75 \sim 2.0$	最初の hawk 一人だけが hawk を継続する。
$2.0 \sim 2.33$	中心は hawk を継続し、その近傍の 4 つが dove と hawk を繰り返す。
$2.33 \sim 2.66$	中心の hawk と、その近傍の 4 つが、hawk を続ける安定な形となる。
$2.66 \sim 3.5$	複雑な挙動を続ける。
$3.5 \sim 4.0$	hawk が増加し、一部の dove を残して、安定した状態となる。
$4.0 \sim \infty$	hawk が増加し、すべてのセルが dove を継続する。

(2)タカ戦略を保有する均質な社会の中のハト戦略

初期状態では、全てのセルがタカ戦略をとる均質な社会の中に一つだけハト戦略をとるセルを配置する。そのときの利得 α の値によって、全体の挙動は、表 5 のように分類される。

すべてのセルがタカになった場合、全員が利得 0 に関わらず、永続的に続くことになる。一人一人が、利得を最大にしようとする、全体としては、利得が得られないという社会の様子を観察することができる。

3.3 複数の戦略をもつ個体が混在した社会の推移

初期状態で戦略が混在した場合の挙動を観察する。各戦略をもつ個体の初期配置はランダムに決める。

(1) タカ・ハト戦略が混在した社会の推移

表 1 の利得行列で実行する。初期状態で、タカとハトの戦略の割合を、0 以外の任意の値に設定すると、いずれの場合でも安定した状態にはならず、dove が 15~25%、hawk が 75~85%の近辺で推移し続ける。例えばハトを 0.5%、タカを 99.5%とした場合の推移の様子は図 2 のようになる。

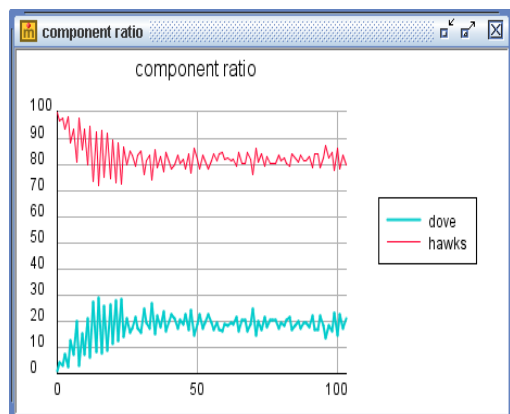


図 2. dove0.5%、hawk99.5%の初期状態で実行したときの推移

(2) タカ・ハト・法令遵守者からなる社会の推移

表 2 をこの社会におけるゲームの利得行列とする。

初期状態の各戦略の割合を、0 以外の任意の値に設定すると、いずれの場合も、「law-abider」が単調に増加し、最終的に全てのセルが「law-abider」戦略になることが確認された。例えばハトを 99.0%、タカを 0.5%、法令順守者を 0.5%とした場合の推移の様子は図 3 のようになる。

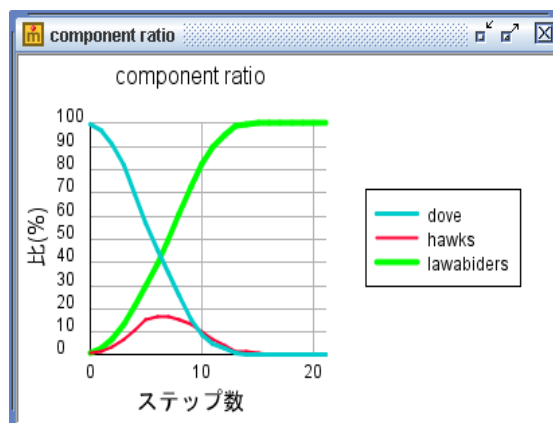


図 3. Dove99.0%、hawk0.5%法令順守者 0.5%の初期状態で実行したときの推移

4. おわりに

本研究では、二つあるいは三つの戦略をもつ個体が、近傍の複数の個体とゲームを繰り返すプロセスをセル・オートマトンで表現し、全体としての個体の行動の変化をシミュレートした。現実の社会を捉える時には、もっと多くの戦略が必要かもしれない。

<参考文献>

- 1) 山影進, 人工社会構築指南, 書籍工房早山(2007).
- 2) G. Nigel Gilbert, Klaus G. Troitzsch, Simulation for the Social Scientist, Open Univ Pr(1999).
- 3) 市川惇信, 複雑系の科学, オーム社(2002).