6-2

タカ・ハトゲームのマルチエージェントシミュレーション

日大生産工(院) ○砂原　知行　日大生産工　齋藤　敏雄

1. はじめに

社会的合理性と個人合理性が一致しない社会的ジレンマ状態は数多く存在する。

本研究では、その中の、職場でのフリーライダー問題を取り上げる。職場でのフリーライダー問題は、もし、職場の貢献者が、十分いるなら、フリーライダーとなることが合理的であり、もしフリーライダーが多いなら、自分が貢献せざるを得ないといった社会的ジレンマ状態である。一般に、組織が、効率的に運営されるためには、フリーライダーが少ないことが不可欠である。

この状況は、ゲームとして定式化される。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をマルチエージェントモデリングによりモデル化する。すなわち、職場におけるフリーライダー問題を n 人タカ・ハトゲーム的状況としてモデル化し、貢献者からフリーライダーに戦略を変更する引き金となる貢献者の数を主なパラメーターとして、いくつかのケースについてシミュレーションする。

2. タカ・ハトゲーム

2.1 タカ・ハトゲームの定義

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、しばらくにらみ合った後、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。

表 1 において、V は、資源を手に入れた場合の利益，C は、戦って怪我を負った場合のダメージを表している。

表 1．タカ・ハトゲームの利得行列 (0<V<C)

自分＼相手	dove	hawk
dove	V/2	0
hawk	V	((V−C)/2

ハト同士が出会ったときには、お互いに誇示牽制し合い、相手が強く出たら逃げる。

そのため、そのときの期待利得は、V/2 となる。

タカ同士が出会ったときは、戦いを始め、一方が勝利し利益 V を得て、もう一方は敗北して怪我を負い、損失 C を被る。そのため、そのときの期待利得は、(V -C) / 2 となる。

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。そのため、そのときのタカの利得は、V、ハトの利得は 0 となる。ここで V と C の値は、0<V<C とする。

本研究では、タカ・ハトゲームのタカとハトそれぞれを戦略として考える。タカ戦略を H、ハト戦略を D で表わす。また、タカ・ハトゲームを拡張して、n 人タカ・ハトゲーム

Multi-Agent Simulation of The Hawk-Dove Game

Tomoyuki SUNAHARA and Toshio SAITO

を考える。n人タカ・ハトゲームは、以下のように構成される。
プレーヤーの集合N={1,2,…,n}
戦略の集合A={D,H}
自分の戦略a∈A
自分を除いたDを採るプレーヤー数m
利得関数u ：A×Z→Rは、aとmの関数
利得関数はDの数m に比例して増加する。
あるm*が存在して、

u(D, m) < u(H, m)　if m ≥ m*
u(D, m) > u(H, m)　if m < m*

となる。
ここで、m*は、閾値である。
図 1 は、n 人タカ・ハトゲームの利得を表している。合理的な戦略は、○(ナッシュ均衡)を境として切り替わる。m*は、○の一番近くの整数である。集団内の D を採るプレーヤーの数が少ない時には、D を採る方が利得は高く、D を採るプレーヤーの数が多い時には、H を採る方が利得は高くなる。

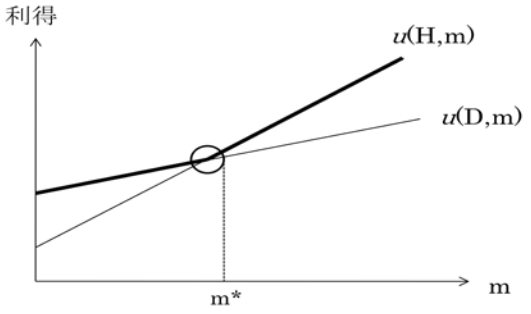

図 1. n 人タカ・ハトゲームにおける利得

2.2 想定する状況

本研究では、職場でのフリーライダー問題を取り上げる。ここでフリーライダーとは、組織の目的に貢献している人がいる時に、手を抜いて、成果にただ乗りする人を意味する。職場での貢献者をハト、フリーライダーをタカと考え、それらが相互に影響を及ぼし合っているとする。

3. シミュレーションの実際

3.1 モデルの定式化

ゲームのプレーヤーをエージェントとしてモデル化する。
エージェントの集合 N={1,2,…,n}
戦略の集合 A={D,H}
ここで、D は貢献者、H はフリーライダーを表すものとする。
各エージェントは、以下の属性をもつ。

P_i= (a,v,j)

ここで a∈A は戦略、v は利得、j∈{模倣、合理的}は性格、を表す。
ここで、性格は以下の２つとする。
①模倣
自分と同じ集団の中で、自分の得た利得より大きい利得を得たエージェントがあれば、その中で最大の利得を得たエージェントの戦略を模倣する。自分の得た利得より小さい、あるいは同じだった場合は、戦略を変えない。
②合理的
自分の戦略を変えた場合の利得が戦略を変えなかった場合の利得より大きいとき。
性格は各エージェントにランダムに割り与える。
エージェントは、近傍の 4 人のエージェントとゲームを行う。すなわち 5 人ゲームを行う。そのときの利得関数 u: A×Z→R は、

Case1 のとき　$u(a.m)\begin{cases}2m+7 & \text{if } a=D\\ 4m & \text{if } a=H\end{cases}$

Case2 のとき　$u(a.m)\begin{cases}2m+5 & \text{if } a=D\\ 4m & \text{if } a=H\end{cases}$

Case3 のとき　$u(a.m)\begin{cases}2m+3 & \text{if } a=D\\ 4m & \text{if } a=H\end{cases}$

Case4 のとき　$u(a.m)\begin{cases}2m+1 & \text{if } a=D\\ 4m & \text{if } a=H\end{cases}$

とする。

これらの利得関数は、貢献者がフリーライダーに戦略を変更する引き金となる人数 m*を、1~4 人に場合分けするものである。

3.2 環境

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。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。セルオートマトンのサイズは、10 とする。

3.3 実行手順

(1)1 つのセルは、近傍の中の 4 つのセルを相手として 5 人ゲームを行い、利得行列に従う利得を獲得する。

(2)セルの性格に従って戦略を変化させる。

(3)すべてのセルについて(1)(2)を行う。

(4)　(1)(2)(3)を繰り返し行う。(図 2)

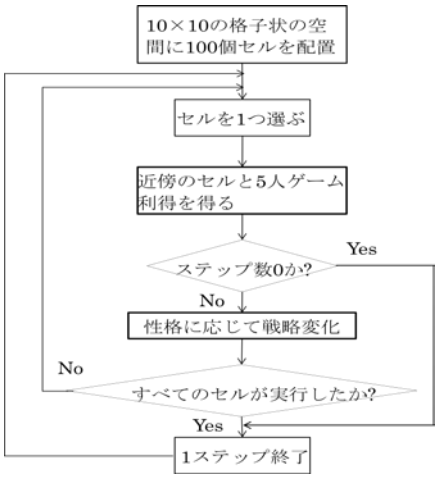

図 2.シミュレーションの流れ

3.4 条件設定

k ステップにおける空間内の D を採るものの割合を p(k)とする。

・m*は 1,2,3,4(4 つの Case)

・初期配置での D の割合 p(0)

・初期配置での性格(模倣)の割合γを、0%,10%,30%,50%,70%,90%,100%

として、Case ごとに実験を行った。

4. 実行結果

Case1:　m*=4 のとき

まずγを 100%として実行する。

初期配置での D の割合 p(0)が 0%、100%のときは、結果は明らかである。

p(0)が 10%、30%、50%、70%、90%のいずれの場合でも、時間ステップ経過後の挙動に違いは見られず、D を採るセル 80%~80%、H をとるセル 5~20%の周辺を推移し続けるようになった。p が 100%になることはなかった。例えば p(0)=50%とした場合の推移の様子は図 3 のようになる。

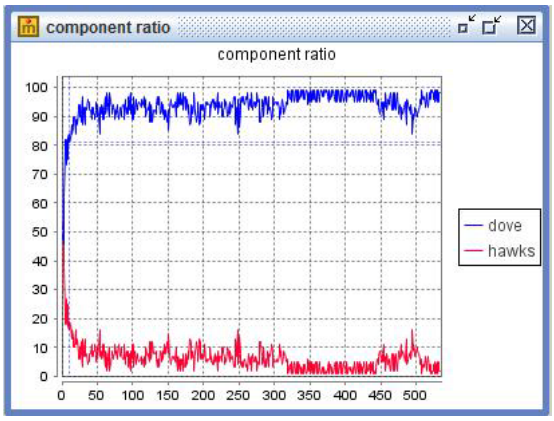

図 3. m*=4、p(0)=50%、γ=1 とした時の推移

以下γの値による変化は表 2 のようになる。γを 0%とした場合、一回のシミュレーションにおける戦略の割合は、一定になった。

Case2:　m*=3 のとき

γの値が小さくなる毎に p は低くなるが、0%とした場合、γを 10 パーセントとした時よりも、高くなっている。

Case3:　m*=2 のとき

いずれのγの値でも p が 50%を切った。γ=0.7 のとき、p が最も低くなっている。

Case4:　m*=1 のとき

γを 100%とした場合、実行の度に p の割合が大きく違った。

Case2、Case3、Case4 の結果は、それぞれ表 3、表 4、表 5 に示す。

表 2．Case1: m*=4 のときのγの値による
セル・オートマトン上の戦略の割合

γ の値	セル・オートマトン上の戦略の割合
1	p(0)=0 のとき、すべて D p(0)=1 のとき、すべて H 0 <p(0)< 1 のとき、p: 80~95%
0.9	いずれの p(0)でも p: 50~90%
0.7	いずれの p(0)でも p: 50~70%
0.5	いずれの p(0)でも p: 50~70%
0.3	いずれの p(0)でも p: 55~65%
0.1	いずれの p(0)でも p: 55~65%
0	いずれの p(0)でも p: 55~65%

表 3．Case2: m*=3 のとき

γ の値	セル・オートマトン上の戦略の割合
1	p(0)=0 のとき、すべて D p(0)=1 のとき、すべて H 0 <p(0)< 1 のとき、p: 65~75%
0.9	いずれの p(0)でも p: 65~75%
0.7	いずれの p(0)でも p: 50~60%
0.5	いずれの p(0)でも p: 40~50%
0.3	いずれの p(0)でも p: 40~50%
0.1	いずれの p(0)でも p: 40~50%
0	いずれの p(0)でも p: 50~55%

表 4．Case3: m*=2 のとき

γ の値	セル・オートマトン上の戦略の割合
1	p(0)=0 のとき、すべて D p(0)=1 のとき、すべて H 0 <p(0)< 1 のとき、p: 40~50%
0.9	いずれの p(0)でも p: 20~40%
0.7	いずれの p(0)でも p: 20~30%
0.5	いずれの p(0)でも p: 30~35%
0.3	いずれの p(0)でも p: 35~45%
0.1	いずれの p(0)でも p: 40~50%
0	いずれの p(0)でも p: 45~50%

表 5．Case4: m*=1 のとき

γ の値	セル・オートマトン上の戦略の割合
1	p(0)=0 のとき、すべて D p(0)=1 のとき、すべて H 0 <p(0)< 1 のとき p: 0~40%
0.9	0≦p(0)≦0.2 のとき p: 5~40% 0.2< p(0)≦1 のとき p: 5~10%
0.7	いずれの p(0)でも p: 15~25%
0.5	いずれの p(0)でも p: 20~30%
0.3	いずれの p(0)でも p: 25~40%
0.1	いずれの p(0)でも p: 30~40%
0	いずれの p(0)でも p: 30~40%

5．おわりに

本研究では、職場におけるフリーライダー問題を n 人タカ・ハトゲーム的状況としてモデル化し、シミュレーションを行った。

＜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) S.S.Komorita, A Model of the N-Person Dilemma-Type Game(1976).
4) Y.C.Ni, C.Xu, P.M.Hui, N.F.Johnson, Cooperative behavior in evolutionary snow-drift game with bounded rationality(2009)
5) 市川惇信, 複雑系の科学, オーム社(2002).
6) 小林盾, 職場のゲーム-フリーライダー問題のゲーム理論的予測と組織調査-(2005).
7) 生天目章, マルチエージェントと複雑系, 森北出版株式会社(1998) .
8) ロバート・アクセルロッド, 対立と協調の科学, ダイヤモンド社(2003)