

二次元格子上繰り返し囚人のジレンマゲームにおける フリーライダーの影響

藤原 紫王里* 中桐 斉之**

兵庫県立大学環境人間学部環境人間学科

1、はじめに

人類及び人類以外の社会においては、様々な協力の形式が存在する。囚人のジレンマ (PD) ゲームにおいても、個人(プレイヤー)たちが自者と他者を有利にしようとする際、互いに協力し合うことがある。ロバート・アクセルロッドが行ったノイズなし繰り返し囚人のジレンマゲームにおける戦略の研究では、それぞれの戦略が他の戦略を相手にして得た得点を総合するコンピュータを使った試合を行い、第一回目の試合では、Axelrod と Hamilton が考案したしっぺ返し戦略 (TFT) が勝利することが分かった [1]。しかしノイズあり繰り返し囚人のジレンマゲームにおいては、Novak と Sigmund が考案したパブロフ戦略 (PAV) が最強であると証明されている [2]。

また、内藤ら (2014) による先行研究において、各プレイヤーの協力者となるコロニー内プレイヤーの存在により、AC 戦略が勝者となるモデルが提案された [3]。

しかしながら、各コロニーのプレイヤーが必ずしも同じ戦略を持つとは限らない。コロニーに協力せず、利益だけを搾取する、フリーライド行動を行う個体が発生することがある。この個体をフリーライダーと呼ぶ [4]。

先行研究においては、一次元格子上に四つの戦略 (AC, AD, TFT, PAV) を配置し、繰り返し囚人のジレンマゲームを行った。各プレイヤーは同じ戦略を持つ仲間たちで形成される独自のコロニーを保有しているとする。各コロニーのパッチ数を変えてシミュレーションを行った先行研究においては、 $m \geq 9$ のとき最終平衡で AC がすべてのプレイヤーを占領する [3]。しかし、同じ集団内であってもすべての仲間が同じ戦略を選択するとは限らない。

そこで、本研究では、二次元格子上に各戦略を配置し、各プレイヤーが持つ仲間のコロニーに一定の確率でフリーライド行動を行うプレイヤーを加え、フリーライダーが発生した場合の影響を考える。

2、モデル

二人のプレイヤーが繰り返し囚人のジレンマゲームを行う。1STEP の間にプレイヤーは協調 (CO) と裏切り (DE) の二つの手からどちらか一つを選択する。ここで一定の確率で選択肢を間違えるゲームノイズ (x) を加えた。互いのプレイヤーの手により獲得する得点が決定する。本研究では、表 1 の利得行列を適用した。

表 1. 利得行列

	CO	DE
CO	3	0
DE	5	1

格子セルを、AC, AD, TFT, PAV のうちどれか一つの戦略を持ったコロニー (パッチ) を表すと考え。各コロニーでは、同一の戦略を持った $m+1$ の仲間が存在する。

初期条件として二次元格子上に 4 つの戦略を等確率で配置する。次に、ランダムに一つのプレイヤー (α)、隣接した 4 つのセルの内一つのプレイヤー (β) をランダムに選択する。それぞれのプレイヤーは、隣接したプレイヤーと同コロニー内セルとゲームをする。同コロニー内セルはプレイヤーと同じ戦略を持つが、コロニー内ノイズ (y) により一定の確率で他の戦略に変わる。

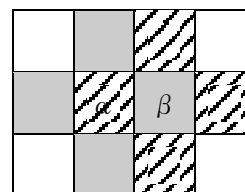


図 1. ゲームを行うセルの選択

Influence of free riders on iterated prisoner's dilemma game

on two-dimensional lattice

*Shiori Fujiwara

School of Human Science and Environment, University of Hyogo

**Nariyuki Nakagiri

School of Human Science and Environment, University of Hyogo

例えば、図 1 において初めに α が選択され、次に隣接する 4 つのセルから 1/4 の確率で右隣の β が選択される。 α は図 1 の灰色のプレイヤーとゲームをし、 β は斜線のプレイヤーとゲームをする。選択されたプレイヤーは 4 つの隣接するプレイヤーとゲームを行った後、同コロニー内のプレイヤーと m 回ゲームを行う。プレイヤー同士の勝敗は、 $4+m$ 回行ったゲームで得た合計点で競う。一つのゲームにつき、 N 回の繰り返し囚人のジレンマゲームを行う。得点が低かったプレイヤーおよびコロニーは、得点の高かったプレイヤーの戦略に変更される。両者の得点と同じだった場合、1/2 の確率でどちらかのプレイヤーの勝利となり、もう一方のプレイヤーの戦略が変更される。

今回は、 50×50 の 2500 のプレイヤーを配置してシミュレーションを行う。1 ステップに 2500 回ランダムに戦うプレイヤーを選択し、これを 500 ステップ行った。

3、シミュレーション結果

$m=20$ で固定し、ゲームノイズ(x)とコロニー内ノイズ(y)を変えてシミュレーションを行った。今回のシミュレーションでは、負けた戦略が勝った戦略に塗り替えられるため、最終的に一つの戦略が他の戦略を支配する。

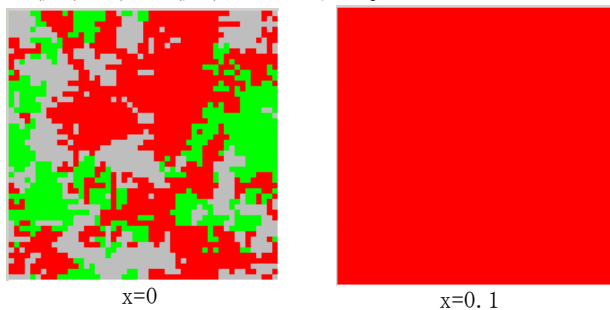


図 2. $y=0$ のとき

図 2 で $y=0$ のときの結果を示した。 $x=0$ のとき、AC、PAV、TFT の三戦略が共存する。 $x=0.1$ 以降、AC がすべてのプレイヤーを支配する。

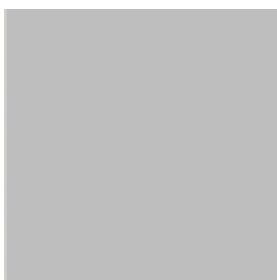


図 3. $x=0.1$ $y=0.2$

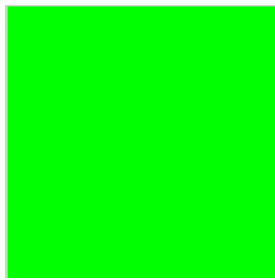


図 4. $x=0.3$ $y=0.5$

図 3 の $x=0.1$ のとき、 $y=0.1$ のときは AC が優勢するが、 $y=0.2$ 以降は PAV が占領する。図 4 の $x=0.3$ のとき、 $y=0.4$ までは AC が優勢し、 $y=0.5$

のとき TFT が勝利する。表 2 において、勝者の分布を示す。

フリーライダーの割合 (y)

	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0	混合	TFT	TFT	TFT	TFT	TFT
0.1	AC	AC	PAV	PAV	PAV	PAV
0.2	AC	AC	AC	AC	PAV	PAV
0.3	AC	AC	AC	AC	AC	TFT
0.4	AC	AC	AC	AC	AC	TFT

表 2. 勝者の表

4、考察とまとめ

繰り返し囚人のジレンマゲームにおいては、報復主義に基づく戦略が最強とされていたが、各戦略に同じ戦略を持つ仲間が形成されたコロニーを保有させることにより、AC 戦略が優勢する。動物の形成するコロニーには定説通りにはいかなる個体も一定数存在することから、コロニー内に AD 戦略を持つフリーライダーを発生させた。

AC 戦略は自分から DE を選択しないため、同じ AC 戦略同士での勝負に強く、DE を選択する戦略に対して弱い戦略である。このため、フリーライダーの存在により AC 戦略は不利になると予想されたが、ある一定の割合まではフリーライダーが存在しても AC 戦略が優勢する。

フリーライダーの割合が一定の割合を超えると、AC のコロニー内での得点が減少し、反対に他の戦略は増加するため他の戦略が優勢する。

また、ゲームノイズにより不安定な状況になると、AC 戦略が有利な環境になる。自然界や人間社会では、自分の選択が正しく相手に伝わるとは限らない。不安定な環境になるほど互いの協力が重要となる。

【参考文献】

- [1] R. Axelrod : The Evolution of Cooperation, Basic Books, New York, 1984
- [2] M. A. Nowak and K. Sigmund : Evolution of indirect reciprocity by image scoring, Nature Vol. 393, pp. 573-577, 1998
- [3] 上原隆司, 鈴木佳祐, 吉村仁, 秦中啓一, 内藤広海 : 格子上囚人のジレンマゲームにおける多様な勝者, 第 76 回情報処理学会全国大会講演論文集, 1, 287-288, 2014
- [4] 長谷川英介 : 働かないアリに意義がある, メディアファクトリー新書, p113