

## 7D-9

## ゲーム型生態系における戦略の進化

佐竹誉大 星野力  
筑波大学構造工学系

**要旨** 人工生命とは、人工的な手段を用いて生物に特有な現象を構築することを目的とする研究分野の総称である。ここではその研究の一つとして、2次元上に配置されたN囚人ジレンマゲームを行うプレイヤーに、行動決定則を表す遺伝子を与え、ゲームの得点によって環境への適応度を定めるようなゲーム型生態系を考える。この様な系において、遺伝的アルゴリズムによる行動決定則の探索を行った。

**ゲーム環境** プレイヤーモデルは10×10の格子上に配置され、自分と自分に隣接する8個体の行動の関数として得点を得る。格子は上下、左右が連続したトラス状である。(図1)

各プレイヤーは前回のラウンドの得点を入力とし、次のラウンドの行動を出力とする。個体の知りうる情報は「自分が前回何点獲得したか」のみ。個々の対戦相手がいかなる行動をとった結果なのかは判らない。

**遺伝子表現** 個体を表す遺伝子列は幾つかの遺伝子が結合したものである。各プレイヤーは入力の値によって発現する遺伝子座を決定する。遺伝子は1(=定数)ビットのバイナリ/グレイコードで表される。その遺伝子は次に「協調」行動をとる確率を表す。プレイヤーはこの確率に従い次の行動を決定する。(図4)  

$$\text{協調確率} = \text{遺伝子の値} / (2^l - 1)$$
 と正規化しておく。

**探索手段** 一世代200ラウンドとし、一世代中の得点の合計を適応度として遺伝的アルゴリズムにより探索する。各個体は隣接する8個体からルーレットルールにより交配相手を選択し、遺伝子の交叉・突然変異によって新個体を生成して自分と置き換える。

**実験** 一つの遺伝子を6ビットとし、160～170世代経過して挙動が安定した時点で、全個体の遺伝子型を調べたところ、以下のような傾向が見られた。

- 1) 発現頻度が高いと思われる遺伝子 (= 協調確率) は、70%以上または30%以下の値をとっている。
- 2) それらの遺伝子は集団中で多様性が少なくなっている。

3) 初世代で全ての個体をランダムに発生した場合、系の安定後には全体の適応度が低くなっている。

4) 初世代で格子の一部に「完全協調種」を集中配置した場合は、系の安定後には3)の場合よりも協調行動が多くなり、全体の適応度が上昇した。

4)について全個体の遺伝子を調べたところ、「原則として協調行動をとり、まれに裏切る」という行動と解釈出来る。3)の場合に比べ協調行動をとる傾向にあるのは、協調行動をとるものを集中配置したので協調種が生き残りやすくなり、協調遺伝子が格子中に拡散するための時間が稼げたのであろう。

以上のような条件に基づいてゲームプレイヤーに生き残り戦略を探索させた結果、「しっぺ返し」「堪忍袋」[2][3]と呼ばれるような明確な戦略と解釈できるものは発生しなかった。

同様の実験で一つの遺伝子座を1ビットとして、行動決定から確率的な要因を排除した場合、以下のような傾向が見られた。

5) 初世代で全ての個体をランダムに発生した場合、速やかに協調行動が消滅した。発現しない遺伝子が増え、発現する遺伝子の多様性が速やかに失われたためと思われる。

6) 初世代で格子の一部に「完全協調種」を集中配置した場合は、5)の場合よりも長時間、協調行動をとるための遺伝子が保存され、協調行動が多くなったが、系は長時間安定せず次第に協調行動は減っていった。

以上のことにより、1ビットよりも6ビットの協調確率をとるモデルの適応度がより高くなったことから、ある程度の不確かさが行動決定に関与する方が有利である。

## 参考文献

- [1] 松尾和洋: ゲーム型生態系における自己組織化 (計測と制御, Vol.29, No.10), 1990
- [2] Robert Axelrod, 松田裕之 (訳): つきあい方の科学 (HBJ 出版), 1984(1987)
- [3] 西山賢一: 勝つためのゲームの理論 (講談社), 1986

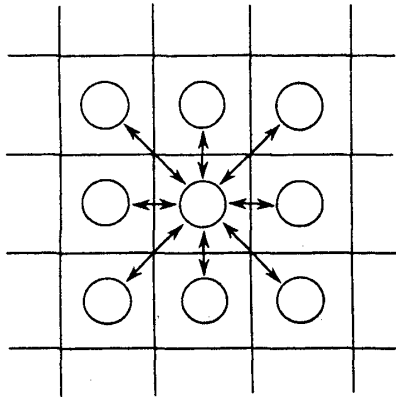


図1 ゲーム環境  
格子上に配置された各プレイヤーは  
自分の周辺8個体とのみ対戦・交配する

	協調	裏切り
協調	R	S
裏切り	T	P

図2 2人対戦の囚人のジレンマ利得表  
 $S < P < R < T$ ,  $T + S < 2R$

		n人が協調を選択
一人のプレイヤー	協調	$(n-1)R + (N-n)S$ $n=1,2,\dots,N$
	裏切り	$nT + (N-n-1)P$ $n=0,1,\dots,N-1$

図3 N囚人ジレンマゲームの利得表  
( $N=9, S=1, P=3, R=4, T=5$ )

得点 (入力)	(第一手)	8	9	...	13	14	...
遺伝子座	0	1	2	...	6	7	...
遺伝子	011011	001010	101011	...	110101	010011	...

$$\frac{53}{2^6 - 1} \quad \frac{19}{2^6 - 1}$$

前ラウンドの得点が  
1 3点の場合の協調確率  
(バイナリとしてdecodeした場合)

図4 遺伝子表現

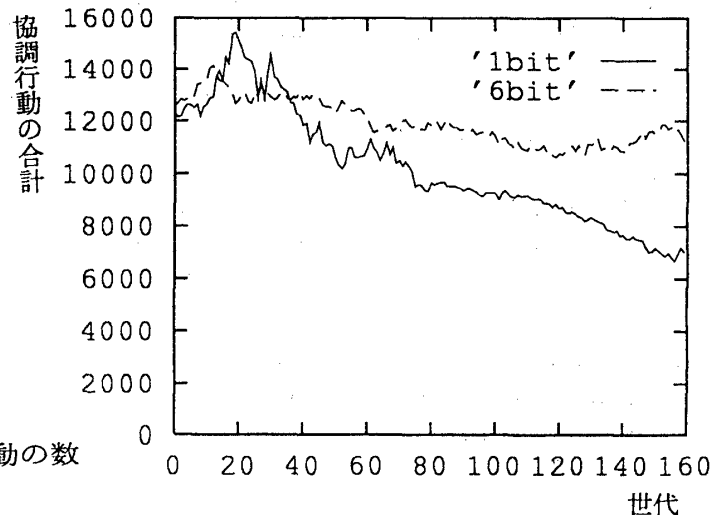


図5 協調行動の数