

1 はじめに

利己的に振舞うことが一人ひとりにとって有利な社会において、相互作用する人々の数が変動することで人々の振る舞いはどのように進化するのだろうか。本研究では、開放型社会での囚人のジレンマゲームを扱う進化型エージェントを用いたシミュレーションにより、協調行動が創発されるための条件を明らかにする。そして、協調社会を築くには、付き合う人々に適切な数が存在することを示す。

2 進化モデル

生態系では種々の個体間あるいは種間の相互作用が存在する中で進化が働いている。そこで、複雑な個体間の相互作用がある環境でゲーム理論を使用した研究は数多く行われている。その中で、複雑社会・経済・生物学等数々の分野でモデル化に使用されるゲームで最も多く知られているのは、囚人のジレンマゲームである。本モデルでは、N人による囚人のジレンマゲームを考え、そして対戦する相手の数であるNが変わる開放型のジレンマ問題を考える。図1に、 $N = 2 \sim 16$ の場合の対戦相手の関係を示す。各エージェントは、それぞれの近傍に位置するエージェントと対戦し利得を得る。その結果により、エージェントの中で最大の利得を獲得したエージェントと自らの戦略を交配させ GA（遺伝的アルゴリズム）により新たなエージェントの戦略を創り出す。本モデルは各エージェントがそれぞれ周辺と相互作用し間接的もしくは直接的に多くのエージェントの影響を受ける開放型社会を形成し、エージェント間の相互作用が社会全体に伝播する。

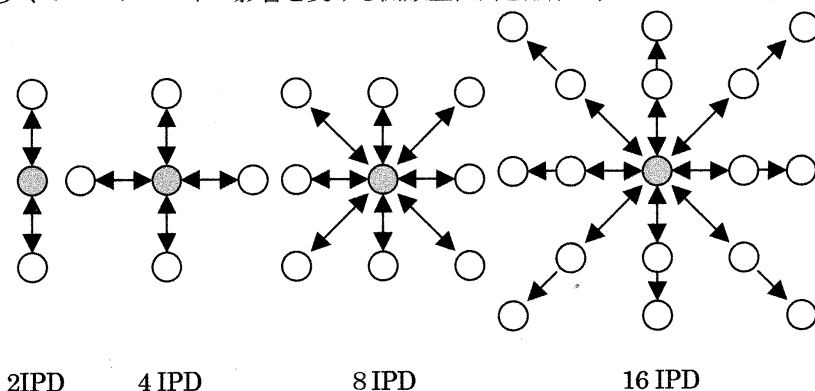


図1 N人ゲーム

	C	D
協調 (C)	3	0
裏切り (D)	5	1

図2 利得表

各エージェントは、それぞれ戦略16bit、記憶長4bit、初期2回の戦略2bitの遺伝子表現を用いる。そして、GAによる交配によって戦略を進化させ、次世代のエージェントの戦略を創り出す。各エージェントはそれぞれ2, 4, 8, 16人と対戦するが各対戦当たりの利得行列は図2に示す。2人によるジレンマゲームとする。また、確率的に戦略決定上の誤りが起きる（突然変異）も起きるようにした。

3 シミュレーション結果

社会全体でのエージェントの総数を400とする。初期段階での戦略の分布はランダムとして、突然変異の確率は0.01%とした。また同じ相手と20回の繰り返しの対戦を行わせた。図3は平均協調率グラフ

である。

(1) 2人ゲーム：対戦相手が2人の場合、社会全体の協調率は非常に緩やかに振動しながら少しずつ上がっていく。2万世代のシミュレーション結果においても緩やかに社会全体が協調するようになり、2万世代では協調率が0.87ほどになった。

(2) 4人ゲーム：対戦相手が4人の場合、0～20世代に0.4付近で振動を繰り返し、20～150世代までで協調率が上昇し、その後は非協調戦略の影響を多少受けるが安定している。

(3) 8人ゲーム：対戦相手が8人の場合、0～20世代で協調率が下降するが、20～110世代の間で協調率が急激に上昇し、その後の世代では非協調戦略の影響を受けるが、高い協調率の世代が多い。

(4) 16人ゲーム：対戦相手が16人の場合、0～20世代で急激に協調率が下降するが、20～100世代の間で急激に協調率が上昇する。また、その後の世代では非協調戦略の登場に激しい影響を受ける。

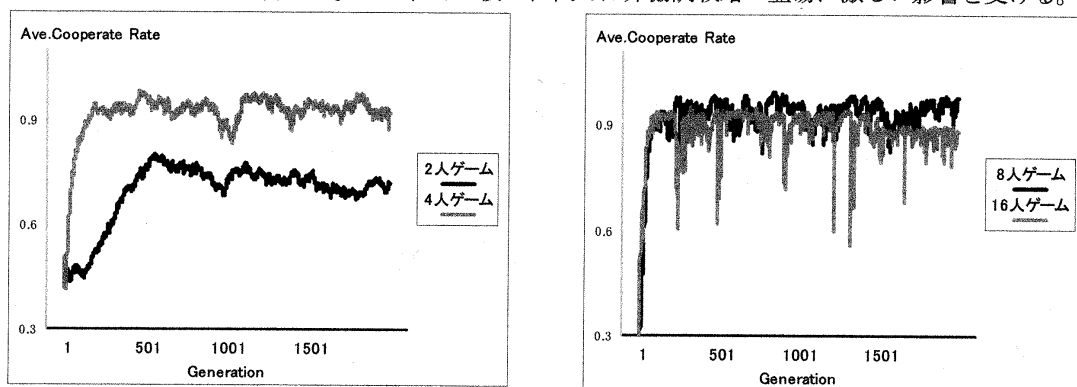


図3 シミュレーション結果

4 まとめ

シミュレーション結果から、周辺の付き合う人数が少ないほど協調行動が創発されにくく、社会が安定するまでに多くの世代を要する。また、付き合う人数が増加するに伴い早い世代で協調行動が創発された。しかし、人数が増えすぎると社会は安定しない。今回のシミュレーション結果では8人の近傍と相互作用する場合がもっとも高い協調率が得られた。よって、付き合う人数は少なすぎても多すぎてもよくなく、中間的な8人がよい。また、本モデルはエージェントの移動性がないため、周りの対戦相手が固定されていることも、協調行動が創発される一因であると考えられる。今後の課題としては、社会の不確実性（ノイズ）が入ったときに社会はどのように変化していくのかを調べる必要がある。

参考文献

- (1) リチャード・ドーキンス著： 利己的な遺伝子、紀伊国屋書店、1991
- (2) Y-G.Seo and S-B.Cho and X.Yao： The Impact of Payoff Function and Local Interaction on the N-Player Iterated Prisoner's Dilemma Game 1999

Evolution in an open World

Yuuchirou Inoue, Hiroshi Satou, Akira Namatame

Department of Computer Science, National Defense Academy