

## 1 目的

Minority Game は市場の最もシンプルなモデルとして提案され、研究が盛んにおこなわれてきた。本研究では、エージェントの記憶の長さ  $M$  について進化するモデルを導入し、2つの意味で効率的な状態を自発的に形成する事を示した。

## 2 系の効率性・市場の効率性

Minority game とはエージェントの数を  $N$  (奇数)、選択肢を 1 と 0 とし、選択した数が少ない方を勝ちとするルールを元に行う。その際、各エージェントは過去の  $M$  ステップの少数グループの情報を元に、次のステップの決定を下す戦略テーブルをもち、成績の良いものを使うという適応も入ったモデルである。選択肢 (1,0) を選択した人数を  $N_1$  と  $N_0$  とし、一方は  $\frac{N+1}{2}$ 、一方が  $\frac{N+1}{2} - 1$  としたら、系の効率性は最も高く系の効率性を調べるには  $A = N_1 - N_0$  の分散  $\sigma^2$  を調べる必要がある。そこで、過去の歴史パターン  $2^M$  とエージェントの数の比  $\alpha = \frac{2^M}{N}$  に対してどのように変わっていくかを調べると、次のようになる。

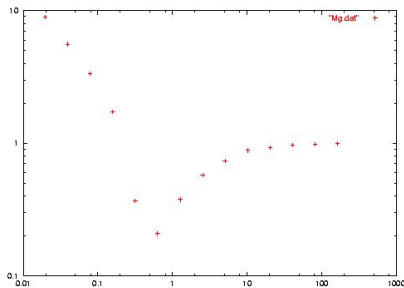


図 1:  $\alpha$  に対する  $A$  の分散 横軸:  $\alpha$  縦軸:  $\sigma^2$

- (1)  $\alpha \ll 0.3$  の時、 $\frac{\sigma^2}{N}$  が大、非効率である。
  - (2)  $\alpha \simeq 0.3$  の時、 $\frac{\sigma^2}{N}$  が最小、最大効率である。
  - (3)  $\alpha \gg 0.3$  の時、 $\frac{\sigma^2}{N}$  が 1 に収束し、ランダムなエージェントの系の効率性と同じ。
- 一方、経済学において、効率市場仮説というのがあり、それは入手可能な情報を元に、未来を予測し確実に儲ける方法はない事を述べている。そこで、 $\alpha_c \simeq 0.3$  の相転移点を境界点として二つの相の市場効率性を調べた結果  $\alpha \ll 0.3$  の相で各歴史パターンにおいて 1 をとる確率が 5 割なので効率性をもつ。一方、 $\alpha \gg 0.3$  の相で各歴史パターンにおいて 1 をとる確率はばらついているので未来の予測することが可能なので非効率である。

## 3 進化と効率性

試行の途中に一番負けているエージェントの戦略を一番勝っているエージェントの戦略に変える事によって系と市場の効率性はどのように変わるか調べた。(記憶の長さ  $M$  は固定) はじめに、市場の効率性は  $\alpha \ll 0.3$  の相では、進化前と同じく効率的である。しかし、 $\alpha \gg 0.3$  の相では、平均エントロピー  $I^\mu$  の変化を見ると、進化前と進化後では

$$\bar{I}^\mu = 0.082023 \Rightarrow \bar{I}^\mu = 0.055025$$

これは、市場の効率性がよくなっていくことがわかる。系の効率性は  $\alpha \ll 0.3$  の相では、進化前より効率性が良くなり (分散  $\sigma^2$  が減少)、 $\alpha \gg 0.3$  の相では、進化前より効率性が悪くなった (分散  $\sigma^2$  が増大)。

$\alpha \ll 0.3$  の相では頭の良い者 ( $M$  が大) が効率的で、 $\alpha \gg 0.3$  の相では頭が悪い者 ( $M$  が小) が効率的なので各エージェントの記憶の長さを変えて進化させていくと相の境界に向かって進化がおこると考えられる。

そこで、各エージェントが持つ記憶の長さ  $M$  を非一様とする集団からスタートさせ、試行途中に一番負けているエージェントの記憶の長さ  $M$  を一番勝っているエージェントの記憶の長さ  $M$  に変えるという進化を行った。集団のパラメータ  $\bar{\alpha} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\frac{2^{M_i}}{N})$  の変化を調べると、次の図のようになる。

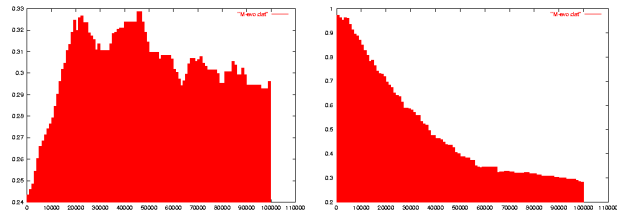


図 2: 初期条件:  $M = 2, 3, 4, 5, 6$  と初期条件:  $M = 4, 5, 6, 7, 8$  縦軸:  $\bar{\alpha} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\frac{2^{M_i}}{N})$  横軸:  $t$

$\bar{\alpha}$  はもっとも効率性がよかった  $\alpha_c \simeq 0.3$  に収束していく事がわかった。この  $\alpha_c$  では先ほどにも記述した様に市場としての効率性も持つ。つまり、市場としての効率性及び系としての効率性という二重の意味で効率的な市場のモデルとなっている事が分かった。

### ● 参考文献

D.Challet, Y.-C.Zhang, Emergenc of cooperation and organization in an evolutionary game PHYSICA A (1997)246,407-418.