

# 確率的戦略を持つ二値ゲームの戦略分布の解析\*

永津里絵<sup>1</sup> 風間隼<sup>2</sup> 中村泰之<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院情報科学研究科 <sup>2</sup> 名古屋大学情報文化学部

## 1 はじめに

限られた資源の中で複数のエージェントが互いに競い合う、という状況は社会科学や経済学、生物学などの広範囲の分野において多数見られる。今回、上記の例の本質を捉えた非常に単純なモデル、El Farol Bar 問題 [1] を拡張したものを取り上げる。Johnson 等の提案した、確率的に意思決定を行うエージェントを El Farol Bar 問題に取り入れたモデルにおいて、エージェントがおよそどのような分布になるのかはよく知られている [2, 3]。しかしそうなる理由については、大変限定された状況に対してのみ簡単に説明されていた [2]、他の状況についての説明や、より詳しい説明などは未だされていない。そこで、このモデルの定常状態の様子と、そのような分布になる詳細なメカニズムについて明らかにしていくことを本研究の目的とする。

## 2 モデルの概要

Johnson 等は確率的に行動を選択するエージェントを El Farol Bar 問題に組み込んだ。このゲームは  $N$  人のエージェントが、席に限りのあるバーに行くかどうかを繰り返し選択していくゲームである。 $t$  ステップ目にバーに赴いたエージェントの数を  $A_t$ 、席の数を  $L$  とする。 $A_t \leq L$  の時バーは混雑しておらず、反対に  $A_t > L$  の時混雑している、と言える。ここで、混雑している状態を 1、混雑していない状態を 0 と表すことにする。バーへ行った場合、空いている時は楽しめ、混んでいる時は楽しめない。エージェントに与えられる唯一の情報はバーが混雑していたかどうかの結果の履歴のみである。各エージェントは、過去  $m$  ステップの履歴  $\alpha$  と、 $2^m$  通りの履歴について、前回ある履歴が出た時、その次のステップでの結果が 1 か 0 のどちらであったか、を記録した  $2^m$  次元のベクトル  $h_t (h_t^\alpha \in \{0, 1\})$  (これを傾向と呼ぶことにする) をもとにしてバーに行くかどうかを決定する。具体的には次のとおりである。各エージェントは戦略としての確率  $p$  を持っており、傾

向  $h_t$  を  $p$  の確率で信じて行動をする。つまり  $h_t^\beta = 1$  ならば、エージェントは確率  $p$  で傾向を信じてバーに行かないことを選択し、確率  $1-p$  でバーに行くことを選択する。反対に  $h_t^\beta = 0$  ならば、エージェントは確率  $p$  でバーに行き、確率  $1-p$  でバーに行かない、ということである。

また、各エージェントはそれぞれポイント (点数) を持っている。ある戦略  $p$  を持つエージェントのポイントがしきい値  $d < 0$  未満になった時、その戦略  $p$  はモデルに適さないと判断されて他の戦略  $p'$  に変更される。同時にポイントも 0 にリセットされる。新しい戦略  $p'$  は  $\max\{p - R/2, 0\} \leq p' \leq \min\{p + R/2, 1\}$  の範囲からランダムに選ばれる。

## 3 シミュレーション

この節では定常状態の形とそうなる理由を明らかにするために、シミュレーションによって実際のモデルの動きを見ていく。以下何も説明がなければエージェント数  $N = 1001$ 、履歴の長さ  $m = 3$ 、しきい値  $d = -4$ 、とする。この値は  $l \neq 50\%$  において  $l_c$  の正確な値や戦略の分布に影響を与えるが、先行する研究において  $R = 2.0$  としていることが多く [3]、比較をするために同じ値を用いることとする。各エージェントの戦略の初期値は  $p = 0.00$  から  $p = 1.00$  までランダムに与えられるものとする。

図 1 はステップ数ごとの戦略の分布である。横軸に戦略、縦軸に分布を示した。また、これ以降の分布の図は全てグラフの面積が 1 となるように規格化したものである。これらの結果から、 $l$  の値に関わらず  $10^6$  ステップで十分な試行回数だと言える。以下、基本的に  $10^6$  ステップでシミュレーションを行うこととする。

図 2 は  $l$  を動かした時の  $10^6$  ステップ後の分布の形である。横軸を戦略、縦軸を分布とし、分布の様相が急激に変化した  $l = 78 \sim 80\%$  における分布を示した。 $l = 50\%$  から  $78\%$  まで分布は少しずつ右に偏っていったが急激な変化ではなく、 $l = 80\%$  以降は変化しなかった。 $l = 78\%$  から  $l = 79\%$  に変わると、 $p = 1.00$  の戦略は急激に減り、 $p = 0.50$  以上かつ  $p \neq 1.00$  の戦略は少し増えた。また、 $p = 0.50$  より小さい戦略はほとんどなくなった。 $l = 80\%$  では変化はさらに進み  $p = 0.50$  以上の戦略の分布は全てほぼ同じ高さになり、 $p = 0.50$

\* Analysis of a Distribution of Stochastic Strategies in a Binary Game  
Rie Nagatsu and Yasuyuki Nakamura, Graduate School of Information Science, Nagoya University  
Jun Kazama, School of Informatics and Sciences, Nagoya University

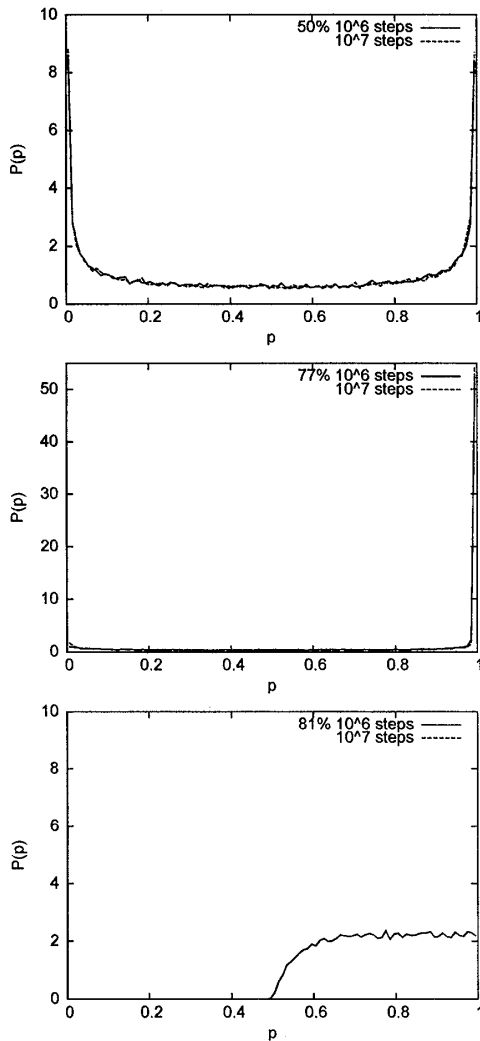


図 1: 様々なステップ後の戦略の分布

より小さい戦略は 0 になった。これによりこの研究における  $l_c$  は  $l_c = 79\%$  と言うことができ、これ以降は  $l_c = 79\%$  として話を進めていく。

$l$  に対して、定常状態にある分布の形を系統的に調べたところ、 $l = 50\%$ ,  $50\% < l < l_c$ ,  $l > l_c$  において、特徴的な分布に分類できることがわかった。

$l = 50\%$  では図 1 (上) のような左右対称の分布で、文献 [2, 3] における分布の形とだいたい同じような形になっていた。 $50\% < l < l_c$  においては、対称性が崩れ、 $l$  が大きくなるに従い、 $p = 1.00$  の戦略が占める割合が高くなっていった。 $l = 77\%$  では図 1 (中) のような分布である。ただし、Johnson 等の結果とは異なる分布の形状となっていた。 $l > l_c$  では、 $l$  の値によらず図 1 (下) のような、 $p$  が大きいところでほぼ水平な分布となった。 $l = 81\%$  において、Johnson 等は  $p = 0.60$

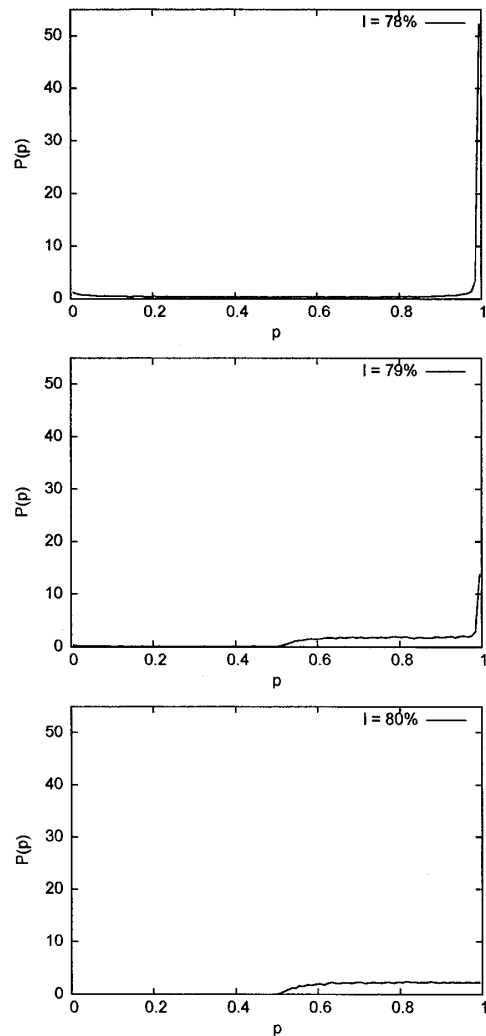


図 2: 様々な  $l$  における戦略の分布

付近から徐々に下がっていくことを示している。彼らは文献 [3] において戦略の初期値が戦略の分布に影響を与えているが、その影響によるものと考えられる。

## 参考文献

- [1] Arthur, W. B.: Inductive reasoning and bounded rationality: the El Farol problem, Amer. Econ. Assoc. Papers and Proc., Vol. 84, pp. 406-411 (1994)
- [2] Johnson, N. F., Hui, P. M., Johnson, R., and Lo, T. S.: Self-Organized Segregation with in an Evolving Population, Phys. Rev. Lett., Vol. 82, No. 16, pp. 3360-3363 (1999)
- [3] Johnson, N. F., Leonard, D. J. T., Hui, P. M., and Lo, T.S.: Evolutionary freezing in a competitive population, Physica A, Vol. 283, pp. 568-574 (2000)