2K-04

棄権の選択肢を持ったプレイヤにおける少数派ゲーム

水上　健人† 大島　佐知子‡ 菱山　玲子‡

早稲田大学創造理工学部　経営システム工学科†

早稲田大学創造理工学研究科　経営システム工学専攻‡

1　はじめに

市場における利益や損失の認知を考慮したエージェントの行動モデルはこれまで，プロスペクト理論やゲーム理論のもとで研究されている．本研究では少数派ゲームを取り上げ，市場における投資家の戸惑いや躊躇という心理的思考に着目した社会的意思決定をモデル化する．従来の少数派ゲームは，各プレイヤは毎回のステージゲームに参加することを前提としている．しかし，実際の投資家は必ずしも常時，市場に参加し続けるわけではない．そこで本研究では特に，投資家の戸惑いや躊躇といった側面を，「市場取引に参加しない（棄権）」という行動選択を許容するゲームとして検討する．

2　関連研究

少数派ゲームは Challet ら[1]により提案され，我が国では今枝ら[2]や片平ら[3]により研究されてきた．今枝ら[2]は記憶長の異なる 3 種類のプレイヤが混在した状況下で少数派ゲーム実験を行い，中位の記憶長を持ったプレイヤ数が少ない場合，その成功率は上位の記憶長を持ったプレイヤの成功率を上回り，中位の記憶長のプレイヤ数が増えると上位のプレイヤの成功率は中位，下位のプレイヤの成功率を大きく上回ることを明らかにした．片平ら[3]は，プレイヤに異なる参加周期を付与し，プレイヤの記憶長が小さい場合に参加周期の短いプレイヤに群衆行動が起こり，結果として長期プレイヤの成功率が短期プレイヤを上回ることを明らかにした．これらの一連の研究で，エージェントが自律的に，自らの市場取引への参加・不参加を意思決定する「棄権」を伴うモデルはこれまでに研究例がなく，この点で本研究は，より現実的な投資家の行動モデルを反映している．

3　提案

少数派ゲームでは参加プレイヤは「行動 A=1」「行動 B=0」のどちらかを選択できる．参加する全プレイヤが行動を意思決定した後，選択した人数が少ない方の行動を勝利サイドとし，その行動を選択した勝利プレイヤのスコアに 1 点が加算される．同点の場合はスコアへの点数付与は行われない．プレイヤは自らの行動の候補を過去のステージゲームの結果と自身の所持する戦略セットをもとに決定する．戦略セットとは，過去の履歴 m のすべてに対応した行動の選択ルールがあり，その戦略表はゲームの終了まで変更されることなくプレイヤが所持し続けるものとする．例えば記憶長 m=2，t 期のとき，記憶長が 2 のため過去 2 期分，つまり t-1 期，t-2 期の勝利サイドを参考に次の行動を決定する．

Minority Game under consideration in participants' abandonment

Kento MIZUKAMI †, Sachiko OSHIMA ‡, Reiko HISHIYAMA ‡

†School of Creative Science and Engineering, Waseda University

‡Graduate School of Creative Science and Engineering, Waseda University

過去の履歴は 0 か 1 で表現されるため，履歴の並び方は 2^2=4 通りあり，それに対して行動を決めるため戦略表のパターン(以降，「戦略」とする)はそれぞれの履歴に対して 0 か 1 で表現されるため全部で 2^4=16 通りとなる．

表 1. m=2 のプレイヤが持ちうる戦略

履歴		S_1	S_2	S_3	・・・	S_{15}	S_{16}
0	0	0	1	0	・・・	0	1
0	1	0	0	1	・・・	1	1
1	0	0	0	0	・・・	1	1
1	1	0	0	0	・・・	1	1

また，プレイヤは複数の戦略を持つことができる．戦略にもとづき行動し勝利することができれば，その戦略の戦略スコアに 1 点が加算される．複数の戦略を持っている場合は戦略スコアが高い方の戦略をもとに行動の候補を決定し，戦略スコアが最大のものが複数ある場合はそこからランダムに戦略を選択する．また，プレイヤは戦略，戦略スコアにおける過去何ゲームを参考とするか(参照数 u)と棄権の基準勝率 v に応じて「行動の候補」を採用するか「棄権」を選択するかが決まる．例えば u=1000，v=0.4 のときは過去 1000 ゲームにおいて 400 回以上その戦略で勝利していなければプレイヤは棄権を選択することになる．棄権を選択したプレイヤも行動の候補がその回のステージゲームでの勝利サイドと一致すれば戦略スコアが加算される．

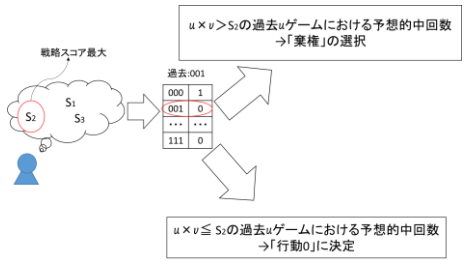

図 1．プレイヤの行動の選択方法

本研究では片平ら[3]の研究に基づきプレイヤに参加周期 α を付与し，各プレイヤは自身の参加周期に該当する回のステージゲームにのみ参加することを許容するモデルとした．参加周期 α は 1～10 までで，例えば参加周期が 1 のプレイヤなら毎ゲームに参加，参加周期が 10 のプレイヤであれば 10 ゲーム毎にゲームに参加する．なお，今回は公平性のため，各参加周期のプレイヤを同数ずつにしてシミュレーションを行う．式として表すと

$$t = \alpha_i x + k_i \qquad (1)$$

となる．ただし α_i=プレイヤ i の参加周期，x=0, 1, 2, ・・・を表し，k_i は 0～α_{i-1} までの値を各参加周期のプレイヤ間においてほぼ均等に与える．この参加周期はゲームのはじめに各プレイヤに均等に割り振られ，ゲームの終了まで各プレイヤの参加周期は一定である．この参加周期に従いプレイヤは各ゲームに参加し，その中で過去 u ゲームにおいて勝率が v 以上を満たしていな

Copyright ©2018 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

いプレイヤは「棄権」を選択し，その回のゲームには参加しない．本研究のフローチャートを図 2 に示す．このゲームを繰り返し従来の少数派ゲームにおける市場での投資の成功条件との比較を行い，予想を的中させたことで勝利したプレイヤの割合を表す成功率，過去のステージゲームでの結果を元に棄権を選択したプレイヤの割合を表す棄権率等，市場の安定性に関する分析を行った．

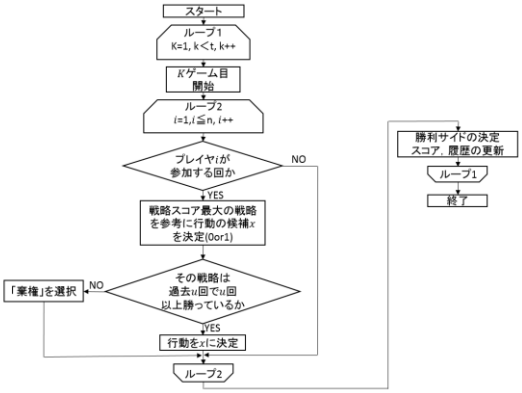

図２．少数派ゲームのフローチャート

4　実験結果

以下に実験結果を示す．図 3, 図 4 では，過去の参照数 ν=100，プレイヤ数 n=1000，戦術数 s=2，試行回数 t=10000 としたときの記憶長 m=2，m=10 におけるプレイヤの棄権の基準勝率を変化させた場合の平均成功率，平均棄権率の変化を表す．なお，グラフで基準勝率が 0.35 から変動しているのは，0.35 以下の時はゲームへの参加条件が緩く，ほぼ全てのプレイヤが棄権せず，平均成功率，最近棄権率は常に一定の値となっていたためである．

図 3 の平均成功率に関しては，棄権の基準勝率よらず，記憶長が 10 の場合は，記憶長 2 の場合よりも高い平均成功率を維持している．また，基準勝率が上がると，平均成功率は記憶長 2，10 の両方の場合において減少する．

図 4 の平均棄権率については，基準勝率が小さい場合には棄権を選択するプレイヤが十分に少なく，記憶長が 2，10 のプレイヤ両方で平均棄権率が 0 に近い値となっている．しかし，基準勝率の値が上昇することでプレイヤがゲームに参加すること自体が困難となり，平均棄権率が大きく上昇した．このことは，u=0.48 として記憶長 m を変化させた時の平均成功率，平均棄権率の変化を示した図 5 からも読み取れる．また，平均成功率も平均棄権率同様に，記憶長が 10 のプレイヤほど高くなった．

5　考察

図 3 において，記憶長 2 の短期プレイヤが長期プレイヤと比較して全体として成功率が低下している理由は，平均成功率に影響を与えやすい短期プレイヤの群衆行動により成功率が落ちてしまったためと考えられる．また，基準勝率 ν が 0.5 に近づくにつれて成功率が急激に落ちる．これは，棄権するプレイヤの増加により行動 A を選択するプレイヤと行動 B を選択するプレイヤが同数となり，得点の付与が行われなくなるケースが増加することに起因すると考えられる．

また，図 4 より，棄権の基準勝率 0.35 付近から平均棄権率が指数関数的に増加した理由は，参加周期が同一のプレイヤ間では毎ゲームにおける勝率はほぼ同じであり 0.5 に近づくにつれてゲームに参加できず，棄権をするプレイヤが同時に現れてしまったためである．一方，例えば ν=10 など参照数が少ない場合はプレイヤ間で勝率は一定だが参照数が少ないため，棄権の基準勝率が 0.35 より低い場合であっても棄権を選択するプレイヤは現れると考えられる．また，ν=10000 など参照数が膨大な場合は，各プレイヤで過去 ν ゲームにおける勝数はほぼ同一のものに収束するため，図 5 に比べ，より急激に平均棄権率が変化すると考えられる．

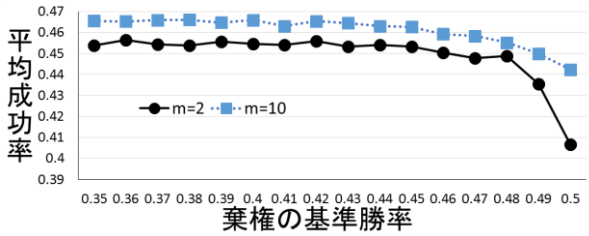

図３．成功率と棄権条件の比較

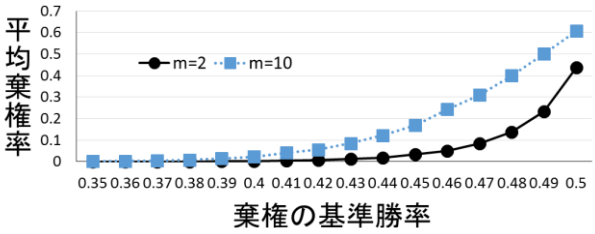

図４．棄権率と棄権条件の比較

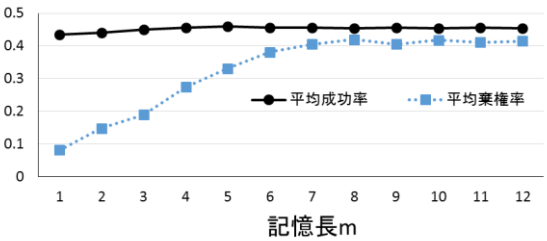

図５．記憶長と成功率，棄権率の関係

6　まとめと今後の課題

本研究ではエージェントに棄権という行動の選択肢を与え，シミュレーション実験により分析を行った．現実の市場ではプレイヤ数は膨大であり，記憶長や参加周期，価値観など更に様々な特性を持つ投資家が混在する．この点で，今後は大規模かつ多様な特性をプレイヤに与える条件下でのシミュレーションを行い，成功率の変化や投資における成功条件を考察する必要がある．

参考文献

[1]Challet, D., Zhang, Y.-C.: Emergence of cooperation and organization in an evolutionary game, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 246(3-4), pp. 407-418, (1997).

[2]今枝 辰博:異種のエージェントによるマイノリティゲーム，*The Gakusen management review*, 13(3), pp. 317-331, (2000).

[3]片平 啓，秋山 英三:参加周期の異なるプレイヤが存在する少数派ゲーム，情報処理学会論文誌, 58(1), pp. 269-277, (2017).

Copyright ©2018 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.