

カスケードの規模：個人選好の強さと社会的圧力との関係

松山 和史, 生天目 章
防衛大学校 電気情報学群 情報工学科

〒239-0811 神奈川県横須賀市走水 1-10-20

g46046@nda.ac.jp

あらまし

カスケード現象は、多くの人が他人の行動を模倣した意思決定をすることで、自分の選好とは反する行動をとってしまう現象であり、社会科学では重要なテーマである。また、インターネット上でのランキングシステムや協調フィルタリングの普及により情報工学でも重要なテーマになりつつある[1]。本研究では、多数のエージェントによる逐次的な意思決定をモデル化する。そして、意思決定の際に重要な二つの要求である個人選好の強さと社会的圧力の強さとの関係から、カスケード現象が生じるメカニズムを明らかにする。また、多数派とは反対の行動をとる天の邪鬼的な意思決定をするエージェントを導入し、カスケード現象が起きる条件やカスケードの大きさ等を求める。

キーワード カスケード現象, 同調主義者, 天の邪鬼

Relation between individual preference and social pressure in cascade phenomena

Abstract

The cascades phenomenon is an important theme in the social sciences. It is the phenomenon that the people act contrary to one's own preference. It is the reason why many people make decision that imitated others behavior. It is becoming more and more important in information technology because of ranking-system on the internet or diffusion of collaborative filtering. In this research, we make the modeling sequential decision making by many agents. And we reveal mechanism that the cascades phenomena is happen from relationship strength of the social pressure and individual preference. These two things is important factor when people make decision. We obtain conditions which the cascades phenomenon is happen and the size of it by innovating agent which decision making like contrary persons.

Keyword: cascade phenomena, individual preference, social pressure

1. はじめに

経済学では、人間は、経済活動において自己利益のみに従って行動する、完全に合理的な存在であると仮定してきた。しかし、実際の人間は、そこまで合理的に、そして計算高くも行動していないことは知られている。そして、合理的経済人モデルだけでは説明できない経済現象が数多くある。そうした現象は、主に行動経済学という分野で、心理学や認知科学などをバックボーンにして、広い分野で研究されている[2][3][4][5][6]。

カスケード現象は、多くの人が自分の選好とは反する行動をとってしまう現象である。多くの人は、知的な存在で、個々に合理的に判断をしようとしている。しかし、自分が保有している情報が不完全、あるいはあいまいな場合には、他人がとった行動を観察することにより、情報を確かなものにしようとする。そのために、他人の行動から影響を受け、自ら保有する情報が全く反映されないような行動をとることが株式市場では、広く知られている。[7]

意思決定をする際、自らの選択は他人の行動に影響を受ける。このとき人間は、大きく2つに分けられる。一つは、他の多くの行動に賛同してしまう“同調主義的な行動”と、もう一つはそれとは反対に多数派とは逆の行動をとるいわば“天の邪鬼的な行動”である。投票行動で知られている“逆戻し現象”はこのような天の邪鬼的な行動に基づいているものである。自分の考えを反映させず、他人の行動のみによって行動すれば、同調主義者は付和雷同となる。一方で、天の邪鬼は、ひねくれ者となる。これらの二つの行動には共通性があり、社会的圧力として個人選好に影響を与える。

本研究では、個人選好および社会的圧力という2つの要素を取り入れ、逐次的意思決定モデルを定式化する。そして、マルチエージェントシミュレーションにより、カスケードの大きさとの関係を明らかにする。第2節において、意思決定モデルを定義し、第3節においてカスケードの大きさをはかるカスケード率を定義する。第4節において実験結果及び考察を示す。

2. 意思決定モデル

2.1 個人選好に基づく意志決定

各エージェントが、 S_1 もしくは S_2 のどちらかを選択する、二者択一問題を考える。この二者択一の離散選択問題は、確率的な選択を取り入れたロジットモデルにより定式化する[8]。すなわち、エージェントが S_1 を選択するのは、 S_1 を選択した時の効用 U_1 が S_2 を選択した時の効用 U_2 よりも大きい場合である($U_1 > U_2$)。そして、 S_1 を選択する確率は $\Pr[U_1 > U_2]$ と考える。

また、個人において選好が明確な人もいれば、優柔不断な人もいる。このことを、温度パラメータ λ を用いて表現する。そして、確率 p を次式で定義する。

$$p = \frac{1}{1 + e^{-\frac{U_1 - U_2}{\lambda}}} \quad (1)$$

2.2 社会的圧力に基づく意志決定

2.2.1 同調主義者の意思決定

同調主義者は、より多くの人によって選択されている方を選択しようとする。そして、時点 t に意志決定する同調主義者が受けている社会的圧力 $S(t)$ を以下のように定義する。

$$S(t) = \frac{M(t)}{M(t) + N(t)} \quad (2)$$

$M(t)$: 時点 t までに S_1 を選択したエージェント数

$N(t)$: 時点 t までに S_2 を選択したエージェント数

すなわち、二者択一の選択でより人数が多い方を選択しようとする。

2.2.2 天の邪鬼の意思決定

また、天の邪鬼は、より少ない人が選択している方を選択する。そして、時点 t に意志決定する天の邪鬼が受けている社会的圧力 $S(t)$ を以下のように定義する。

$$S(t) = 1 - \left[\frac{M(t)}{M(t) + N(t)} \right] \quad (3)$$

すなわち、天の邪鬼は、選択の少ない方を選択しようとする。

2.3 エージェントの選択確率

エージェントが選択をする際、個人選好に社会的圧力の影響が加えられる。この2つの間で重み α [0,1]を仮定する。そして、時点 $t+1$ におけるエージェントの S_1 を選択する確率 $q(t+1)$ は次式となる。

(i) 同調主義者の選択確率

$$q(t+1) = (1-\alpha)p + \alpha S(t) \quad (4)$$

(ii) 天の邪鬼の選択確率

$$q(t+1) = (1-\alpha)p + \alpha [1 - M(t) / \{M(t) + N(t)\}] \quad (5)$$

ここで、 p は(1)式の個人選好の強さで、 $S(t)$ は(3)式の社会的圧力である。そして、 α は2つの確率の重みづけである。

2.4 同調主義者と天の邪鬼の混在する集団

集団の中には同調主義者と天の邪鬼が混在する。そして、天の邪鬼の割合を θ とする。つまり、 $\theta=0$ の時、同調主義者の集団。 $\theta=1$ の時、天の邪鬼の集団。 $0 < \theta < 1$ の時、同調主義者の集団の中に θ の割合で天の邪鬼が混在する集団となる。

3. カスケードの規模：カスケード率の定義

ここで、カスケード現象の大きさを示す指標を定義する。(1)式で求められる個人選好において、 S_2 よりも S_1 を選択するエージェント($p \geq 0.5$)の割合を μ とおく($0 < \mu < 1$)。そして、カスケード現象が発生しなければ、集団全体の選択確率 q は個人選好に依存するので、 S_1 を選択したエージェントの割合は、 $M(t) / \{M(t) + N(t)\} =$

μ となる。

しかし、カスケードが発生すれば個人選好が反映されなくなり、 μ はかけ離れてしまう。したがって個人選好が反映された p と μ の差がカスケードの指標になる。そして、意志決定した時の μ からの変動幅でカスケードの規模と定義する。そして、カスケードを、

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N [M(t) / \{M(t) + N(t)\} - \mu]^2 \quad (6)$$

と定義する。

また、カスケードが生じた時の最大変動幅を σ_{\max}^2 で表す。そして、カスケード率を最大変動幅との相対度数として次式で定義する、

$$\sigma^2 / \sigma_{\max}^2 \quad (0 < \sigma^2 / \sigma_{\max}^2 < 1) \quad (7)$$

と定義する。ここで、カスケード率の最大変動幅 σ_{\max}^2 は、次のように求める。

(i) $\mu \geq 0.5$ の時、

$$\sigma_{\max}^2 = \sum_{i=1}^N (-\mu)^2 = N\mu^2 \quad (8)$$

(ii) $\mu < 0.5$ の時、

$$\sigma_{\max}^2 = \sum_{i=1}^N (1-\mu)^2 = N(1-\mu^2) \quad (9)$$

4. シミュレーション

エージェント数を 1000 人、 $t=0$ の時、すでに S_1 と S_2 を選択している初期人数をそれぞれ $M(0)=1$ 、 $N(0)=1$ とする。また(1)式の温度パラメータ $\lambda=0.001$ と設定する。

4.1 S_1 と S_2 を選好する人数が同じ場合 ($\mu=0.5$)

4.1.1 同調主義者の集団 ($\theta=0$)

当初、 $\alpha=1$ と設定し、社会的圧力のみ依存するエージェントにて実験した。このときの(4)式で与えたエージェントの選択確率は、

$$q(t) = M(t) / \{M(t) + N(t)\} \quad (10)$$

$q(t)$ は様々な値をとるためサンプルを5つ図1に示す。また、平均選択確率を図2に示す。これは、確率 q はあらゆる値を一様にとり、人数が多くなると安定することがわかる[9]。

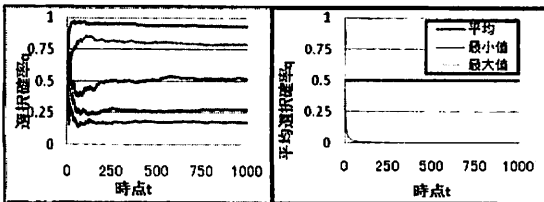


図 1: 時点 t における選択確率

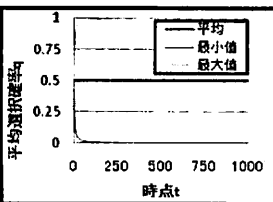


図 2: 平均選択確率の推移

また、カスケード率のサンプル5つを図3に、平均カスケード率を図4に示す。確率 q が安定するため、カスケード率についても、 t を増加させるとあらゆる値をとるが安定することがわかる。

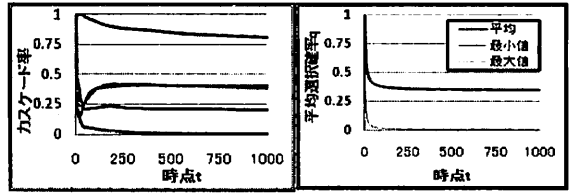


図 3: 時点 t におけるカスケード率

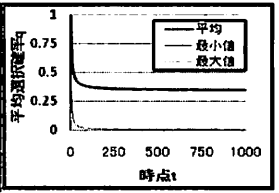


図 4: カスケードと逐次的な選択の関係

次に、社会的圧力 α を0から1に強め、カスケード率を求める。図5に結果を示す。 $\alpha=0$ の時、個人選好で選択するので、カスケード率は低い。しかし、 α を強めると常に平均カスケード率が高くなる。また、 $\alpha=0.5$ を超えた付近において、急速に平均カスケード率は上昇する。これは、同調的な行動が、カスケード現象を引き起こしていることを示している。

図6には $\alpha=0, 0.5, 1.0$ の時における、カスケード率の確率分布密度を示す。 $\alpha=0$ の時、カスケード率は0.005以下という低い結果が多い。しかし、 α が上昇し、同調的な行動を取り始めると、低い結果は減少し、高い結果が増える。その結果、 $\alpha=1$ の時は、一様分布となり、低い結果も高い結果も出る。すなわち、同調主義者が同調的な行動を取り始めると、必ずカスケード現象が起こるのではなく、様々な大きさのカスケードが発生することを示している。

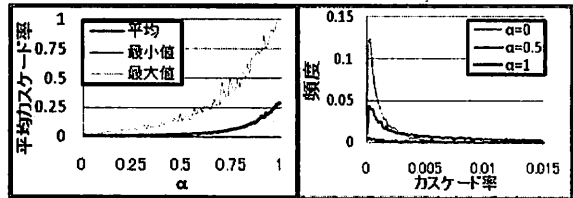


図 5: 同調主義者とカスケード率の関係

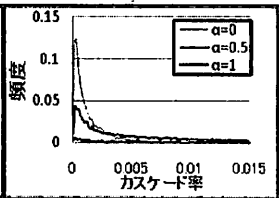


図 6: カスケード率の頻度

4.1.2 天の邪鬼の集団 ($\theta=1$)

次に、 $\alpha=1$ に設定し、天の邪鬼的に行動するエージェントにて実験を行った。このときの(5)式で与えたエージェントの選択確率は、

$$q(t) = 1 - [M(t) / \{M(t) + N(t)\}] \quad (11)$$

時点 t における平均選択確率及び平均カスケード率を、図7及び図8に示す。天の邪鬼的な行動をとると、より少ない人が選択している方を選択する。そのため、選択確率 q は t が増加するごとに0.5に近づく。 $q(t) \rightarrow 0.5$ となるため、(11)式より $M(t) / (M(t) + N(t)) \rightarrow 0.5$ に収束し、カスケードは(6)式により0に収束する。図8が示すとおり、天の邪鬼的な行動をとり続けるエージェントが続くほど、カスケードは起きないことがわかる。

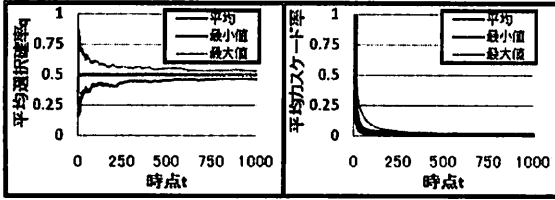


図 7: 選択確率 q の推移 図 8: カスケード率の推移

次に、社会的圧力 α を 0 から 1 に強め、カスケード率を求める。図 9 に結果を示す。 $\alpha=0$ の時点においても、カスケード率は低い、 α を強めるとさらにカスケード率を低くしていることがわかる。また、図 10 に、 $\alpha=0, 0.5, 1.0$ の時における、カスケード率の確率分布密度を示す。 α を強めると、カスケード率はさらに低くなり、高いカスケード率は発生しなくなる。すなわち、天の邪鬼的になればなるほど、カスケードを抑えることがわかる。

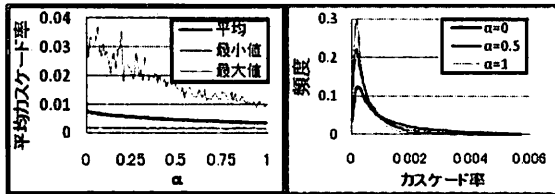


図 9: 天の邪鬼とカスケード率の関係 図 10: カスケード率の頻度関係

4.1.3 同調主義者と天の邪鬼が混合する集団 ($0 < \theta < 1$)

最後に、同調主義者の集団の中に、 θ の割合で天の邪鬼が存在した時の平均カスケード率を求めた。結果を図 11 に示す。

この図は、 x 軸に重み α 、 y 軸に天の邪鬼の割合 θ 、 z 軸にカスケード率をとる。つまり、奥に行けば同調主義者の集団の中に天の邪鬼の存在数が多くなり、右側は個人選好が強く、左側は社会的圧力が強い。一番カスケード率が高くなっている部分は、 $\alpha=1, \theta=0$ の、全員が同調主義者であり、同調による選択をした時である。

$\alpha=1$ 及び $\theta=0$ の時のカスケード率が最も大きく、その点から遠くなるほどカスケード率は下がっている。分布で、図 6 及び図 10 の示すとおり、 $\alpha=1, \theta=0$ 付近においては様々なカスケード率をとり、それ以外では、カスケード率は 0 に近い値をとる。この図より、高いカスケード現象が引きおきるには、同調主義者が多く存在し、かつ同調的行動をとる必要があることが分かる。

また、特徴として、 $\alpha=1$ の時、集団の中にわずか 4% ($\theta=0.04$) の天邪鬼が存在すると、カスケード率は 0.35 から 0.18 に半減する。これは、カスケード現象の特徴の一つである、カスケード現象の崩壊を示していると考えられる。

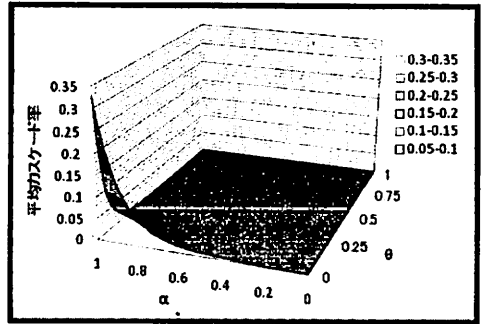


図 11: 社会的圧力と平均カスケード率の関係

4.2 S_1 と S_2 を選好する人数が異なる場合 ($\mu > 0.5$)

この節においては、母集団における個人選好があらかじめ偏っている時のカスケード率への影響を分析する。モデルは、 S_1 と S_2 を選択する二者択一モデルであり、 S_1 と S_2 は対称的である。そのため、 S_1 と S_2 を選好する人数が同じ集団 ($\mu=0.5$) と、 S_1 と S_2 を選好する人数が異なる集団 ($\mu=0.75, 1.0$) を比較する。

4.2.1 温度パラメータ λ による変化

個人選好 p は温度パラメータ λ による影響が大きい。このことを、図 12 に示す。

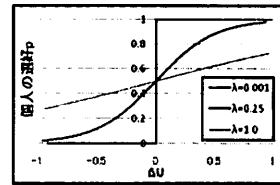


図 12: λ と個人選好の関係

$\lambda=0.001$ (ステップ関数) は判断が明確の集団 (以下、集団(a)) を、 $\lambda=0.25$ (S 字カーブ) は平均的な集団 (以下、集団(b)) を、 $\lambda=1.0$ (直線) は優柔不断の集団 (以下、集団(c)) を表す。

4.2.2 社会的圧力が働かない場合 ($\alpha=0$)

温度パラメータは個人選好に影響を与えるため、当初、社会的圧力が働いていない、 $\alpha=0$ の時において実験する。そして、選択確率 q 及びカスケード率を図 13 及び図 14 に示す。集団(a)は図 12 が示すとおりステップ関数となる。そして、(1)式より、個人選好は、 $p = \{0, 1\}$ となるため、平均選択確率 \bar{q} は、

$$\bar{q} \cong \mu \quad (12)$$

である。そこで、全員が個人選好に従って選択するので、(6)式に示したカスケード率は $\sigma^2=0$ となり、図 14(a) の示すとおり、カスケード率は 0 になる。また、集団(b)、集団(c)のように温度パラメータを高くすると、選択確率 q は 0.5 に近づく。そのため、図 14(b)、(c) が示すように、平均カスケード率は高くなる。つまり、判断の明確な集団は、個人選好の通りに選択するためカスケードは発生しない。しかし、優柔不断になるにつれ、個人選好が弱まり、選好と反対の方を選択する時もある。

るため、カスケード率を上昇させている。

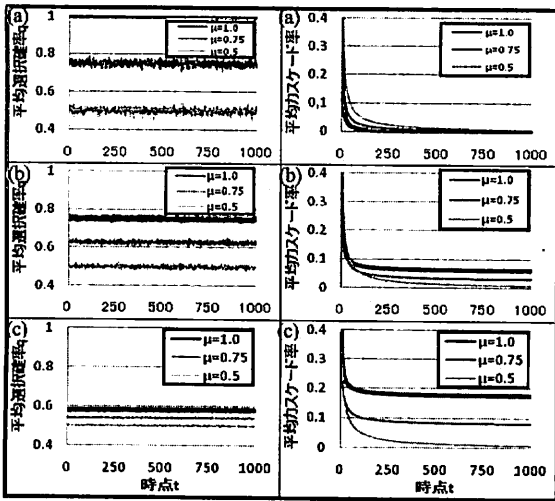


図 13: 平均選択確率 q の推移

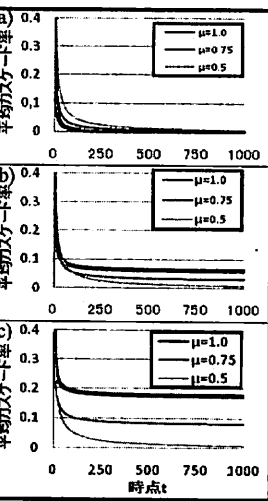


図 14: 平均カスケード率の推移

4.2.3 同調主義者による集団 ($\theta=0$)

次に、社会的圧力 α を 1 に強め、カスケード率を求める。結果を図 15 に示す。

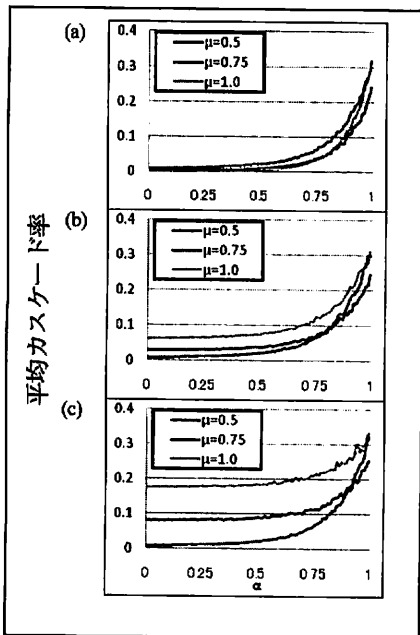


図 15: 同調主義者と平均カスケード率

集団(a)について、 $\alpha=0$ の時、カスケードは起きていない。しかし、 α が強まるにつれカスケードが起き始めている。これは、時点 $t=1$ の時の最初に選択するエージェントが、個人選好より社会的圧力を重視し始めるためである。 $\mu=1.0$ の集団をみると、 $\alpha=0$ の時、個

人選好は $p=1$ となるので、 S_1 を選択する。しかし、 α を強めると、 $t=1$ の時の社会的圧力 $S(1)=0.5$ の影響を受け始める。このため、最初のエージェントが個人選好と反対の方を選択する時もあるため、次に続くエージェントが雪崩的に反対の方を選択し、カスケード率が上昇する。同様に集団(b), (c)についても、 α が強まるにつれカスケード率は上昇する。

4.2.4 天の邪鬼による集団 ($\theta=1$)

また、天の邪鬼の集団において、社会的圧力 α を 1 に強め、カスケード率を求める。4.1 節において、 $\mu=0.5$ の時は、天の邪鬼はカスケード現象を抑える効果があった。しかし、 $\mu \neq 0.5$ の時は違う結果となる。結果を図 16 に示す。

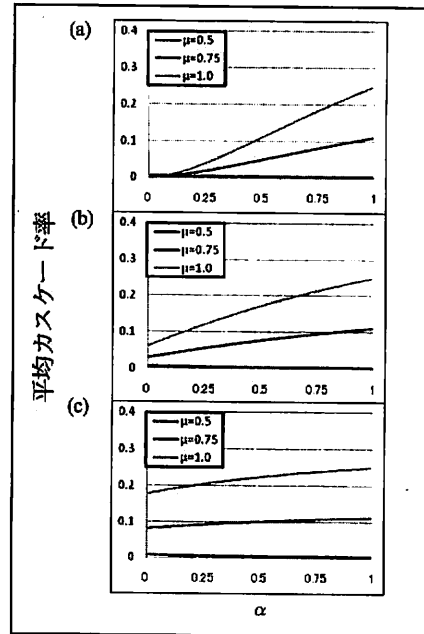


図 16: 天の邪鬼と平均カスケード率の関係

$\mu=0.5$ の時は、どの集団も平均カスケード率は 0 になる。しかし、 $\mu=0.75, 1.0$ の時は、社会的圧力を増加させると、カスケード率も増加している。これは、天の邪鬼は多くの人を選択した方と反対の方を選択するため、個人選好では S_1 を選択する確率が高いエージェントが多くいても、周りとは反対の方を選択しようとする。その結果、カスケード率は上昇する。その結果、天の邪鬼は $\mu=0.5$ の時はカスケード現象を抑える働きをするが、 $\mu \neq 0.5$ の時、逆に、カスケード現象を促進させる働きがあることが分かった。

4.2.5 同調主義者と天の邪鬼が混在する集団 ($0 < \theta < 1$)

最後に、 $\lambda=0.001$ において、同調主義者の集団の中に、 θ の割合で天の邪鬼が存在した時の平均カスケード率を求めた。 $\mu=0.75$ の時の結果を図 17 に、 $\mu=1.0$ の時の結果を図 18 に示す。また、確率分布密度を図 19 に示す。

図 17 及び図 18 は、 x 軸に重み α 、 y 軸に天の邪鬼

の割合 θ , z 軸にカスケード率をとる。一番カスケード率が高くなっている部分は、同調主義者の集団による、同調的な選択をした時である。

また、 $\mu=0.5$ の図 11 では、天の邪鬼が増えるとカスケード率は大きく下がる。しかし、図 17, 図 18 では、天の邪鬼が増えるとカスケード率を上昇させていることがわかる。理由は 4.2.4 節において示した通りである。

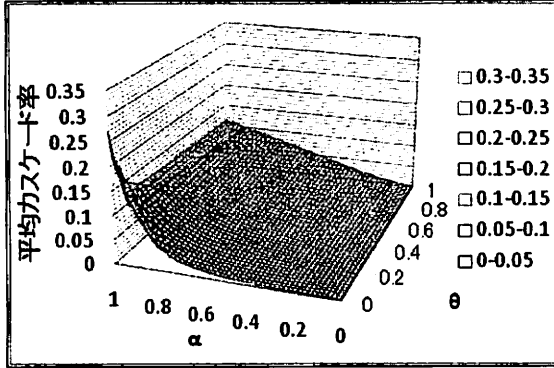


図 17: 社会的圧力とカスケード率の関係 ($\mu=0.75$)

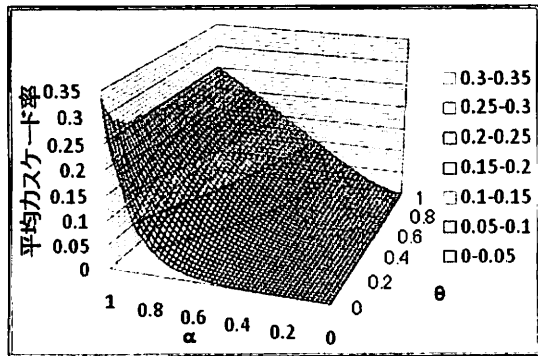


図 18: 社会的圧力とカスケード率 ($\mu=1.0$)

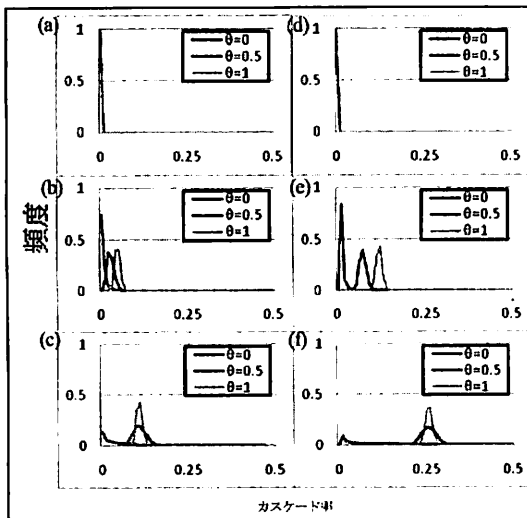


図 19: 各条件下でのスケード率の発生頻度
左側は $\mu=0.75$, 右側は $\mu=1.0$ である。また、上段から $\alpha=0, 0.5, 1.0$ を示す。

カスケードの起きる分布についても特徴がある。1 段目の図 19(a)(d)は、 $\alpha=0$ の、個人選好に従って選択する集団のカスケード率の確率密度分布を示している。この時は、全てのエージェントは個人選好を重視しているため、カスケードは起こらない。2 段目の図 19(b)(e)は、 $\alpha=0.5$ で天の邪鬼が多いほど、カスケード率を大きい。3 段目の図 19(c)(f)は、 $\alpha=1.0$ の時で、同調主義者は同調的選択を天の邪鬼は天の邪鬼的選択をしている。同調主義者のみの集団では、あらゆる値をとり、一様分布となる。しかし、天の邪鬼はある値を多くとる。つまり、同調主義者はカスケードの大きさを予測することができないが、天の邪鬼の引き起こすカスケードはあらかじめ予測することができる。このように、社会的圧力を増加させると、同調主義者も天の邪鬼もカスケードを発生させる。しかし、カスケードの発生の仕方が異なることがわかる。

5. まとめと今後の課題

本稿では、多数のエージェントによる逐次的な意思決定をモデル化することにより、個人選好の強さと社会的圧力の強さとの関係からカスケードの大きさを分析した。その結果、同調主義者は同調することによりカスケードを引き起こすことがわかった。この時、カスケード率は一様分布となり、カスケードが起きない時も存在する。それに対し天の邪鬼は、 S_1 と S_2 を選好する人数の比率によって、働きが違う。人数が同じ場合に関してはカスケードを抑制させる。その力は強く、4%存在するだけで、カスケードの大きさは半分になってしまう。しかし、人数が違う場合 ($\mu \neq 0.5$) は逆にカスケードを促進させることがわかった。

本研究では全てのエージェントにおいて、社会的圧力を一定値として実験を行った。しかし、集団の中には自己主張の強い者もいれば、優柔不断なものもいる。今後の課題としては、個人により社会的圧力が異なるように条件を細分化する。また、集団で意思決定する場合におけるカスケード現象の分析が必要である。

参考文献

- [1] 福原 知宏: 協調フィルタリングに関する研究動向(1988)
- [2] 山口 勝業: 行動ファイナンスの社会心理学的基礎: 証券アナリストジャーナル(2003)
- [3] 下方 拓: 情報化社会の寛容システムの可能性: IIPS policy paper323J(2007)
- [4] 福井義高: 情報カスケードと会計基準(2001)
- [5] James Surowiecki: 「みんなの意見」は案外正しい(2006)
- [6] Bernardo A. Huberman and Fang Wu: Management Fads, Pedagogies, and other Soft Technologies(2006)
- [7] 秦 訪: 非対称情報, 失敗への恐怖と情報カスケード(2007)
- [8] 中山晶一朗, 中村泰之: 社会的相互作用を考慮した離散選択モデルと統計力学モデル
- [9] B. Arther, Yu. M. Ermolev, and I. Welch: A generalized uran problem and its applications(1983)