

ミーム銘柄の影響に対する法と行動経済学的研究

大塩浩平

明治大学大学院 法学研究科

要旨

本研究では、ミーム銘柄あるいはミーム株と呼ばれる株式に対する法と行動経済学の観点から行った。最初にテキストマイニング、センチメント分析を用いてインターネットでの言動と 3 銘柄の株価の連動性について調べ、ミーム銘柄の持つ 4 つのフェーズ+1 に対して一定の影響が見られるという結果が得られた。次に投資ハーディング現象と数理モデルの観点からミーム銘柄を解釈し、非効率な市場にしないための法的規制の必要性を述べ、情報拡散におけるハブの存在と人間の興味・意欲、ネットワークの構造についての関連性について定量的な分析を行い、そして最後に、相場操縦や情報開示といった問題に対して金融商品取引法とプログラム責任制限法の視点から必要となる法整備についてまとめた。

キーワード：ミーム銘柄、法と行動経済学、SNS、テキストマイニング、数理モデル

1. はじめに

インターネット利用者数は 2019 年度末までの調査で世界の人口 51%以上、40 億人弱と推定されている。¹ さらにソーシャル・ネットワーキング・サービス(以下 SNS)の利用者は 2021 年 6 月の調査で 42 億人を突破し、日本国内での利用者は 7975 万人にのぼるとも言われている。² 世界規模では、2021 年 4 月現在で月間利用者 28 億 5300 万人以上の Facebook や、1 日の利用者数が 1 億 9900 万人の Twitter といった SNS があり、テキストだけではなく画像や動画といった幅広い内容で SNS が利用されている。SNS やブログ、インターネット掲示板などでの発言や行動がきっかけとなり、特定の対象への批判やバッシングが殺到し収集がつかなくなる炎上現象や、一部の商品やサービスの評価が上昇し人気を博するヒット現象、ウイルスのように情報が拡散するバイラル現象を利用し、口コミを活用し低コストで顧客の獲得を図るバイラルマーケティングや、バズマーケティングなどでの応用などを通して実社会への影響も大きくなっている。³ 有名なものでは、2014 年頃に流行・拡散が始まった ALS 研究支援としての「アイス・バケツ・チャレンジ」があり、⁴ 賛否両論あったものの集まった資金によって ALS 治療における重要な遺伝子 NIMA 関

¹ このデータは International Telecommunication Union(ITU)のウェブサイトより参照した。(9月13日閲覧)
<https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>

² このデータは Insta Lab の以下のウェブサイトより参照した。(9月13日閲覧)
<https://find-model.jp/insta-lab/sns-users/>

³ バイラルマーケティング、バズマーケティングは厳密には異なる。

⁴ アイス・バケツ・チャレンジについては、the japan times
<https://www.japantimes.co.jp/tag/ice-bucket-challenge/> や USATODAY
<https://www.usatoday.com/story/news/2017/07/03/ice-bucket-challenge-5-things-you-should-know/448006001/> を

連キナーゼ 1 の発見や、慶應義塾大学の研究チームによって ALS 候補薬の効果を実証するなど、この運動は ALS の患者や家族だけではなく、医学にとっても大変良い影響をもたらした。Schlaile(2020)ではこの現象をミーム論と進化経済学的な観点から研究している。

本論文では「ミーム銘柄」の与える影響について研究を行っている。ミームは Dawkins がギリシャ語を語源とした造語であり「文化情報の基本単位」として定義され、簡単に言えば言語などで表現された情報が人から人へ模倣によって拡散し文化形成をしていくものであるが、ミーム銘柄は「インターネットミーム」と呼ばれるものの一部として考えるのが適切である。インターネットミームはミームそのものの定義とは異なり、ごく一部のコミュニティで流行していた画像や動画、短い文章といったものが、掲示板や SNS といったものを媒介して爆発的に広がっていくものを指しており、特に株式に関しては Reddit と呼ばれるオンラインコミュニティを発端として、その情報に目をつけた多くの個人投資家が特定の銘柄を買い漁った結果ミーム銘柄と呼ばれるようになった、という経緯がある。こういった動きは 2020 年 8 月ごろから活発になったため、ミーム銘柄についての学術的な研究はほとんど行われておらず、投資関連のブログやウェブサイトでの記載が見られることが多い。本研究ではインターネット上でのこういった言動・行動が株価の価格変動に影響を与えているのかを調べるため、第 2 章ではミーム銘柄の株価サイクルを表現した「4 つのフェーズ+1」を用いて、GameStop のショートスクイズ現象、AMC Entertainment(以下 AMC)、Nokia の 3 つの銘柄に関連する Google トレンド、Twitter、Reddit にテキストマイニングを用いた分析を行うことで、インターネット上での言動や行動と株価との連動性について分析した。ミーム銘柄はアメリカやイギリスといった英語圏を中心に発生しており、それを示すために Google の世界トレンドとアメリカ、イギリス、日本、中国の 4 カ国の国別トレンドを比較することで、世界的なトレンドの変化がアメリカやイギリスのトレンド変化に近いことを示し、Google トレンドと株価には一定の連動性があり、特に英語圏のユーザーの影響が大きいことを示した。より詳しい研究を行うため、Twitter に投稿されたツイートを分析しミーム銘柄に関する情報について、ワードクラウドを作成することでツイート内に現れる語の頻度から推定し、GameStop が他の銘柄に与えた影響について研究を行った。そして Reddit については、テキストマイニングを用いた分析に加えて、新たにセンチメント分析を用いた投稿内容の感情の分析を行った結果、株価の上昇または下落につながるミームについての考察を行うことができた。第 2 章での分析によって得られた結果は、あくまでも特定の銘柄に対する性質を分析したものであり、より一般的な理論的枠組みを示すため、第 3 章では投資家コミュニティ内での情報共有による集団心理、社会心理の形成といった側面に着目し、行動経済学、特に行動ファイナンスの理論を基準として研究を進めるにあたって、弱度の効率市場仮説の下でミーム銘柄と投資家

心理との関係性について考察した。さらに Aloosh(2021)によれば、ミーム銘柄は投資ハーディング現象として捉えることができる。このミーム銘柄を取り巻くネットワークの構造を 1 対 1, 1 対 N, N 対 N のメディアの分類と、スケールフリー性があることを仮定し、スケールフリーネットワークを用いたシミュレーションを行い、そして 3 種類のメディアの性質を自然に拡張したヒット現象の数理モデルと、減衰振動のモデルを応用した炎上現象の数理モデルの観点から、この現象をより数理科学的にまとめ、ミーム銘柄に関する情報拡散を止めるためにはハブとなるアカウントの行動を制限することが最も合理的な手法と考えられ、今後必要となるソーシャルメディアの取り組みについて述べた。

最後に第 2 章、第 3 章での研究を踏まえて、ボラティリティの乱高下や、ファンダメンタルズ(財政状況や業績等)を無視した取引による市場の不安定化、そして故意に風説や偽情報を流布、特定の金融商品について言及することで相場操縦を行うといった行為に対して、金融商品取引法に基づいた法的制御の方策を示唆した。金融システムだけではなく、オンライン掲示板 Reddit や Robinhood などのプラットフォームを担っている企業側の対応の変化も必要であり、プロバイダ責任法からミーム銘柄について言及した。この研究はミーム銘柄についての理解を深め、どのような状況下でミーム銘柄が発生しうるのか、そして対応すべきかについての手掛かりになるだろう。

2. ミーム銘柄

この章では、ミーム及びミーム銘柄の定義に触れ、先に述べたように実際のミーム銘柄についてテキストマイニング等を用いて解析していく。ミーム銘柄を理解する上で欠かせないのがミームという言葉の意味と、「4 つのフェーズ+1」の株価サイクルである。この章では、具体的な 3 銘柄を用いて、ミーム銘柄と呼ばれる原因と、行動ファイナンスとどのように関連するのかをこの章では説明する。

2.1 ミームの定義とモデリングに関する研究

まずミームという言葉は Dawkins によって提唱されたものであり、⁵ Blackmore や佐倉らによって研究が進められ、⁶ ミーム学・ミーム論などの形で多様に発展してきた。ミームそのものの定義はドーキンスの言葉を用いれば、人間の脳から脳へ複製、模倣が可能な文化の基本単位、言い換えれば文化情報の基本因子を指し、例としてアイデア・行動・スタイル・習慣などがある。ミームは自己複製子であり、複製、淘汰、変異に加えて、伝達も起こる。この定義以外にも Dennett や

⁵ Dawkins(1976)を参照。

⁶ Blackmore(2000), 佐倉(2001)などを参照。

Brodie などの定義も広く知られている。⁷ ミームに関する議論はとても長く、全てを記述することはできないが、いくつかの興味深い議論と研究に触れておく。ミームは文化、言語、性、宗教、メディア、民族、...等の幅広いテーマに対する研究に用いられ議論されてきた。さらに近年では、実際にミームを用いて文化形成や伝播を分析するという研究として水野(2003)があり、それによれば人間や生物といったエージェントがミームによって意思決定するモデルは次のようになっている。

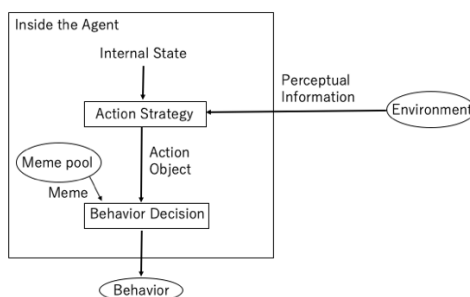


Figure1:ミームを組み込んだエージェントの意思決定モデル

この図によると、エージェント(人間个体)の行動戦略は、内部の状態と外部環境から知覚した情報によって行動とその対象を決定し、行動戦略によって行動が決定されると、エージェントがミームの集まりであるミームプールを参照し、対象への振る舞いを決定する。エージェントが自身の内部で選択したミームが行動決定の一因となり、過去の経験を再度ミームプールに蓄積し、さらに次の行動を決定することができる。最近の研究では、エージェントベースモデルと組み合わせることで、社会的学習や影響の研究を行っている他、有名な心理学の実験にも応用され、成果が挙げられている。⁸

一方でミーム銘柄の定義は、「企業の業績に関係なく SNS やインターネット掲示板で情報拡散が起こり大きく注目が集まり、短期間で急激に株価が上昇した銘柄」である。これは先に説明した通り、「インターネットミーム銘柄」という表現が正確であり、会社の業績や財務状況といったファンダメンタルズとは無関係に、一部のコミュニティで共有された情報、例えばヘッジファンドによる空売りの情報や、株価の上昇や投資に関連する情報を発見した個人投資家はその情報を鵜呑みにしてしまう。そして株式の購入や情報をさらに拡散させるといった行動が模倣されることに由来があるのではないかと考えられる。2020 年の夏頃から個人投資家が「自由な時間をお金に変える」ことを目的として、ミーム銘柄が発生したと言われており、株を使った”shenanigan(悪ふざけ)”や火遊びとも言われている。インターネット上でミーム銘柄とされて

⁷ Dennettは「文化的に伝播された教訓の単位」、Brodieは「心を構成する情報の単位」という定義を用いた。

⁸ Dye(2011)参照。

いるいくつかの銘柄を、左側に企業名、右側にその企業の概要を一覧にしてまとめておく。⁹

GameStop Corporation	NYSE:GME, ビデオゲーム小売店. 詳しくは後述する.
AMC Entertainment Holdings Inc.	NYSE:AMC, 映画事業会社. 詳しくは後述する.
Nokia	NYSE:NOK, 無線技術, 通信インフラ開発. 詳しくは後述する.
Clover Health Investments Corporation	NASDAQ:CLOV, アメリカ(テネシー), ヘルスケアテクノロジー企業. メディケア・アドバンテージ保険の運営等.
Virgin Galactic Holdings Inc.	NYSE:SPCE, アメリカ(ニューメキシコ), 宇宙旅行ビジネス企業.
Bed Bath and Beyond	NYSE:BBBY, アメリカ(ニュージャージー), 小売店チェーン, 家庭用品の販売.
Blackberry	NASDAQ:BB, カナダ(オンタリオ), 通信機器メーカー. Amazon とのパートナーシップ協定
Cineworld	LSE : CINE, イギリス(ロンドン), 映画事業.

Table1: ミーム銘柄と評価される企業リスト

上記の表を見ると、米国の小型株を中心に様々な業界、業種の企業があることがわかる。これ以外にもサイバーセキュリティなどの将来的に大きな成長が見込まれる産業分野の企業も注目されている。

最近ではあるが、ミーム銘柄の「4 つのフェーズ」というものが重要視されるようになっていく。¹⁰ ミーム銘柄を考える上で欠かせない内容である。以下に 4 つのフェーズ+1 を説明する。

1. **アーリーアダプターフェーズ**(以下フェーズ 1 と呼ぶ): 一部の投資家が過小評価されていると考えた一部の株を大量に買い始め、株価がゆっくりと上昇する。
2. **ミドルフェーズ**(以下フェーズ 2 と呼ぶ): (株式)市場を見ており、値上がりし始めている株を注視している人々、主に個人投資家たちが株価や出来高の増加に気がつき始め、その後より多くの人々が購入を開始し、株価が急騰する。
3. **後期/FOMO フェーズ**(以下フェーズ 3 と呼ぶ): 株式に関する情報がソーシャルメディアやオンラインフォーラムに広がっていく。これにより「見逃しの恐れ(Fear Of Missing Out / FOMO)」が

⁹ ちなみに日本では、ひらまつやペッパーフードサービスといった外食系やリクルートホールディングスなどの人材サービス分野がミーム銘柄候補と言われている。

¹⁰ Phaseを「相、段階、局面」とせずフェーズのままにしたが、特別な意味はない。

定着し、より多くの投資家が参加する。

4.利益獲得フェーズ(以下フェーズ 4 と呼ぶ):数日後、購入がピーク(天井)に達し、このミーム銘柄の売買ゲームに参加していた人々が、株の売り抜けを開始する。株取引に関わる人々は利益を失うことを恐れ、株価の変化に対して連鎖反应的に次々と株式を売却することになる。これは値段が下がり始める局面である。

+ 次のサイクルに向けて: 利益獲得フェーズ後に値段が暴落し、投資家は回避的になりその後株価は横ばいのまま推移する。買い手が関心を取り戻すまで数週間または数ヶ月間ほとんど活動が見られない可能性がある。

以上の4つのフェーズ+1については、第3章で行動経済学の視点からより詳しく考察する。ミーム銘柄の構造的なリスクとして、インターネット上の情報のみでのボラティリティの高い株取引にはリスクがあり、インフルエンサーなどと呼ばれる人気のソーシャルメディア内のユーザーや、一定の単純なタスクや処理を自動化するボットと呼ばれるアプリケーションによる過度な宣伝などによって、誤った情報の拡散に乗せられ相場操縦に加担する可能性や大きな損失を負う可能性もある。特に気をつけなければいけないのはフェーズ3の FOMO であり、恐怖の感情は投資としての正しい行動ではなく短絡的で誤った情報と判断に基づいた取引を誘発し、結果としてフェーズ4でのパニック売りのような状態を引き起こしてしまうからである。2.3章では感情に基づいた分析を行う。こういった危険性の指摘の一方で、この現象は短期間で非常に高いリターンが得られることもあり、さらに消費者や投資家の関心が企業活動といった部分へ高まることによって、不当に低い評価を受けていた企業が再度脚光を浴びたり、事業の拡大をもたらすこともあるため、一概に投資価値がない銘柄だけではないと考える投資家もいる。

本研究の目的はミーム銘柄を予測することや購入を促すことではない。行動経済学からの理論をベースとしてミーム銘柄の定性的、定量的性質を出来るだけ正しく理解し、相場操縦や風説の流布、買い煽りといった金融商品に関する問題と、違法情報や偽情報への対応や利用者の情報開示といったプラットフォームとその対策について理解することである。

2.2 ミーム銘柄の Googleトレンドと Twitterでの考察

ここでは最初に述べたようにミーム銘柄として有名になった GameStop, AMC Entertainment, Nokia の3つの企業について考察するために、各企業の株価の変化とその背景で起きた出来事について述べていく。それぞれの株価は Google Finance で得たデータであり、2021年度の年初から同年9月13日までのものである。

1. GameStop

Figure2: NYSE: GME¹¹

GameStop は 1984 年創業、アメリカ(テキサス)に本社をおき、欧米諸国を中心に展開する世界最大級のビデオゲーム小売店である。インターネットの普及に加えて、オンラインゲームへの顧客流出や実店舗での売上減少などがあり、業績低迷の影響によって 2019 年には株価が年初から 8 ヶ月で 70% 下落し、本社スタッフが 120 人削減されるなど苦しい状況が続いた。しかし 2021 年 1 月、ファンダメンタルズから考えて株価が下落すると予想した機関投資家、ヘッジファンドが GameStop 株の空売りを行った。¹² この空売りに対して、Reddit ユーザーの個人投資家が結託し買い向かう形となり、2021 年 1 月 4 日に 17 ドルだった株価は、同年 1 月 25 日時点で 77 ドル、1 月 26 日には Elon Musk 氏による 24 万以上の”いいね”を記録したツイートによって影響がさらに拡大し、¹³ 出来高は年初比 36 倍となる約 1.8 億株、そして 1 月 27 日には 347 ドルまで急上昇した。さらに 1 月 29 日には一時約 468 ドルまで株価が上昇し、ヘッジファンド(Melvin Capital)が大量の損切りを余儀なくされた。1 月 20 日から 1 月 25 日頃までは 1 株 39 ドルから 77 ドルへの株価の緩やかな上昇が見られるため、これをフェーズ 1 とすれば、1 月 25 日から 1 月 27 日に急激な上昇が見られるフェーズ 2 とみなすことができる。そして本件については 1 月 28 日に取引停止があり、投資家にとってはフェーズ 3 の FOMO のような状態になり、どのタイミングで売り抜けるかを考え始めるタイミングとなってしまう、その後 1 月 29 日から 2 月 4 日にかけて 1 株 468 ドルが 53 ドルまで急激に値崩れを起こすフェーズ 4 が発生した。その後 2 月 23 日頃までは株価が横ばいとなる現象が起こった。しかし 2 月以降も何度か仕手戦のような状態が繰り返され、株価の乱高下が続いた。こういった条件から、GameStop は代表的なミーム銘柄と評価されている。

これら 2021 年度 1 月に起こった一連の動きを GameStop の「ショーツクイズ(Short Squeeze)現象」と呼ぶ。ショーツクイズ現象に関連する法的措置については、第 4 章で詳しく述べる。

¹¹ NYSEはNew York Stock Exchange(ニューヨーク証券取引所)の略である。

¹² 空売りとは、手元がない株式を証券会社等の第三者から借り、その借りた株式を市場で売ることによって一定期間後に株式を買い戻して借り手に返すという行為を指す。第4章で説明する。

¹³ Elon Musk氏は以下の”Gamestonk!!”というツイートをした
<https://twitter.com/elonmusk/status/1354174279894642703>

2.AMC Entertainment Holdings Inc.

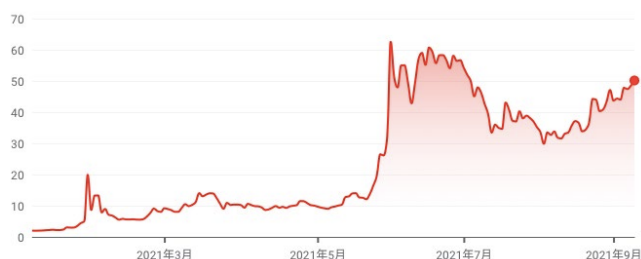


Figure3: NYSE: AMC

AMC は映画事業の持株会社であり, AMC シアターズなどの経営を行なっている. 新型コロナウイルスの影響で映画館が閉鎖され倒産寸前であったが, Reddit での書き込みによって個人投資家の買いが殺到したため, 6 月 2 日で前日終値比 95% 上昇, 年初は 2 ドルだった株価が 62 ドルまで上昇し, 年初来上昇率約 3100% と株価が急上昇した. 5 月 21 日に 12 ドルだった株価は, 5 月 26 日までに 19 ドルまでに上昇(フェーズ 1)し, そこから 6 月 2 日に 62 ドルの高値を記録した(フェーズ 2)ものの, 6 月 3 日に 51 ドル, 6 月 4 日に 48 ドルまで下落し落ち着きを見せた. こういった現象は GameStop と同時期の 1 月 27 日付近でも生じており, この値動きをチャンスと見た CEO は株式の発行を増やしており, 株主との対立が深まっている.

3.Nokia

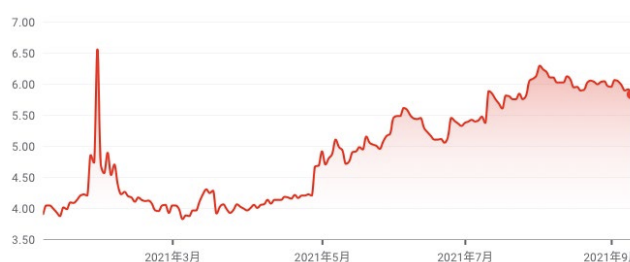


Figure4: NYSE: NOK

Nokia はフィンランドに本社を置く無線技術・通信インフラを中心とする開発ベンダーである. Covid-19 の影響で 5G 事業の展開が鈍化したにも関わらず, Reddit での人気により 1 月 27 日に株価が急上昇している. ミーム銘柄とみなされているが, 中国における 5G 設備の初契約といった成果もあり, 5G 技術の展開などを通して長期的に投資する価値がある企業と判断する投資家もいる.¹⁴

¹⁴ <https://www.fool.com/investing/2021/07/15/is-nokia-a-meme-stock-or-much-more/>

上記の企業の Figure2~Figure4 で注目すべき点は、1 月 27 日に一度急激に株価が上昇しているという点である。年始から比較して約 1 ヶ月間で GameStop では株価が約 19.6 倍、AMC では約 10.1 倍となっている。1 月 27 日より前の数日間でミーム銘柄の株価を押し上げる SNS 等での情報の流布が起きたということを検証するために、こういった情報が、どのように、どこで、そしてその影響をどのように測定するか、の 4 つの観点から分析を行うこととした。影響の測定方法として、テキストマイニングを用いて Google トレンド、Twitter、Reddit の 3 つのプラットフォーム内での情報の分析を行うこととした。

この株価の変動とその背景で起こっていた現象に合わせて、Google での検索結果の推移を見てみることにする。この分析には R というプログラミング言語を用いた Google トレンドのデータパッケージである gtrendsR を用いて分析した。遠山(2021)を参考とし、ソースコードは以下の通りである。2021 年の 1 月 1 日から 8 月 31 日のトレンドを調査した。

```
install.packages("gtrendsR")

library(gtrendsR)

trend <- gtrends(keyword=c("GameStop","AMC","Nokia"), time = "2021-01-01 2021-08-31")

#国別の場合は geo を指定する必要がある。日本"JP", アメリカ"US", イギリス"GB", 中国"CN"

summary(trend)

plot(trend)
```

世界の相対トレンドと株価の変動の連動性について見ていく。ここで注意して欲しいのが、左のグラフは検索数そのものを表しているのではなく、“GameStop”や“AMC”といった特定の単語の検索数の最大値を 100 とした時、それ以外の単語がどの程度検索されているかという相対的な数値を表したものである。具体的には、1 月末において GameStop の検索比率が 100 となっている時、AMC は 60 程度、Nokia は 20 程度になっており、Google での GameStop の検索数が 100 万であれば、AMC は約 60 万、Nokia は約 20 万検索されたと考えるとわかりやすい。

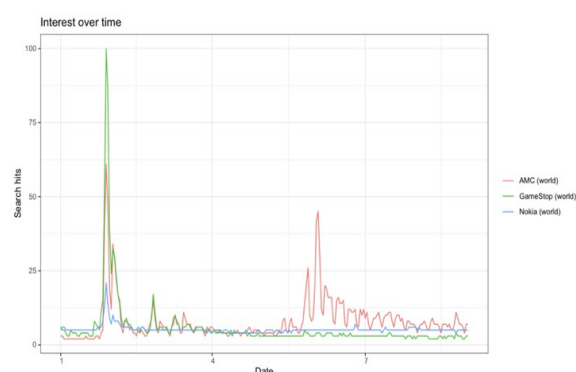
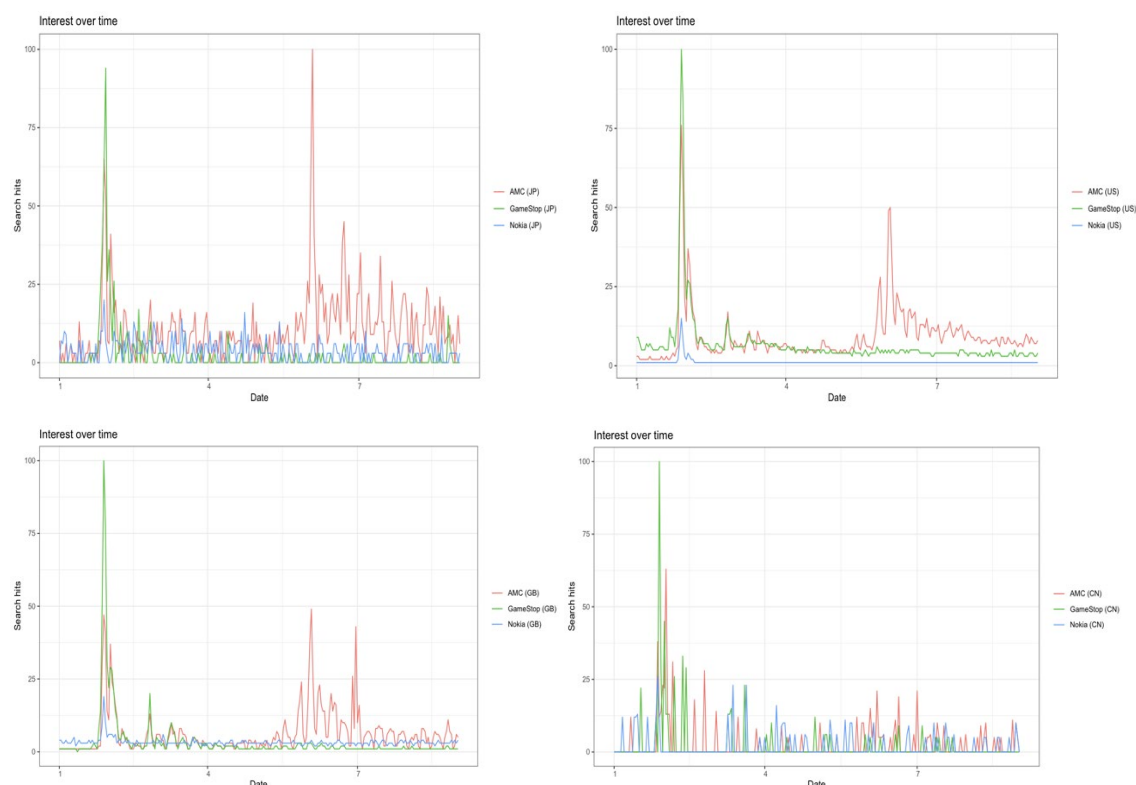


Figure5: 3 企業の世界トレンド推移(1 月~8 月末:左図)と株価推移(2020 年 10 月~2020 年 9 月末:右図)

この結果, 左図からわかるように 1 月末付近で 3 社ともに一度急激に検索数が伸びており, AMC に関しては第二波となる 6 月上旬付近で再度検索数が増加し, その際に株価も急上昇している.トレンドの比率と株価の連動性については,トレンドの大きさとは関係なく GameStop の株価は変動しており, 1 月末の AMC の株価の上昇と, Nokia の株価の上昇はトレンドに対して小さすぎる.しかし, Google の検索機能で直接企業名を検索する人よりは, Reddit や Twitter, YouTube などにアクセスし, そのウェブサイトを経由して株価の情報を入手したり拡散したりするので, Google のトレンドのみでは株価との連動性を考察するには証拠が乏しすぎると思われる.

より詳しく調べるために, 次は地域性に着目した分析を行う. Figure6 は国別の相対的トレンドについてのグラフである. 日本(JP), アメリカ合衆国(US), イギリス(GB), 中国(CN)での GameStop, AMC, Nokia の 3 社のトレンドの検索割合を表したものとなっている. この分析で知りたいことは, GameStop のショートスクイズ現象に代表されるミーム銘柄の情報の拡散は, 米国の掲示板型ソーシャルニュースサイトである Reddit を中心に起きた現象とされており, アメリカやイギリスの英語圏ユーザーが中心となって情報の拡散が起きているのではないかと考えられる. そこで, Google のトレンドでも同様の結果が得られるのか検証する.



企業のトレンド推移(日本(JP:左上), アメリカ(US:右上), イギリス(GB:左下), 中国(CN 右下))

各国のトレンドの共通した部分と異なる部分について見てみると, アメリカとイギリスの相対的なトレンド, そしてアメリカと世界のトレンドとはかなり似ていることが分かる. 一方で日

本と中国は世界トレンドのグラフとは大きく異なっており、日本では AMC の 6 月上旬におけるトレンドの伸びが他と比較しても特に大きいことがわかるが、これは他の要因が関わっている可能性もあるため、AMC Entertainment の検索のみではないことに注意してほしい。¹⁵ 中国のグラフは生け花の剣山のような形をしており、他の国グラフとは異なる形状が見られ、特に AMC のトレンドが小さい一方で、Nokia のトレンドが比較的大きいという他の国にはない特徴がある。以上の結果から考えると、Reddit というコミュニティを超えて、Google のトレンド比率から英語圏のユーザーがミーム銘柄に影響を与えているということを示すことができた。

次に SNS での動きを調べていく。本研究では、Twitter で GameStop, AMC, Nokia に関連するツイートについて調べた。数ある SNS の中で Twitter を選んだ理由は、GameStop のショートスクイズ現象の際に Elon Musk 氏によるツイートが大きな波紋を呼んだためである。今回は 2021 年 1 月 25 日から 1 月 27 日の 2 日間と条件を指定し、その期間内に投稿された約 1 0 0 のツイート、単語数は合計約 350 語の英語のツイートのみに対してテキストマイニングを用いてワードクラウドを作成した。ワードクラウドとは、文章中で出現頻度の高い単語を 30 個ほど選出し、その出現頻度に応じた大きさで図示する方法である。これらのツイートは、ツイッター社が検索のキーワードとの関連性が高いと評価した「話題のツイート」に基づいて作成したものであり、各社の公式アカウントへのコメントやリツイート、商業的なツイートが含まれ、アカウントについても企業アカウントや公式アカウント、個人のアカウントなどが混在している。このテキストマイニングについては、User Local テキストマイニングツールを用いて作成した。¹⁶

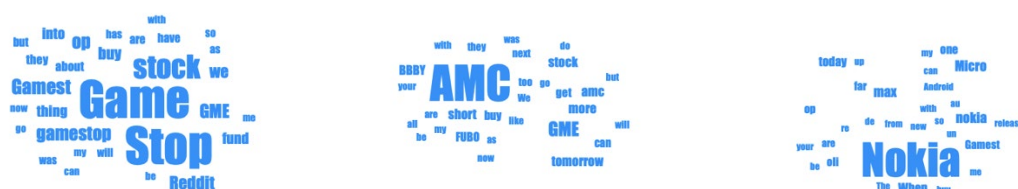


Figure7: 3 企業の Twitter ワードクラウド

Figure7 は GameStop, AMC, Nokia の 3 銘柄に関するツイート中に含まれるキーワードが可視化されたものである。出現頻度が高い方が文字のサイズが大きくなる。これらの 3 つのワードクラウドを比較してみると、共通して名詞である”GME”や”Gamest”といった GameStop に関連する単語が含まれており、動詞の”buy(買う)”も含まれているのがわかる。“sell(売る)”や”loss(損失)”といったような株価の下落に繋がるネガティブなイメージの生じる単語は見られない。一方で

¹⁵ 日本ではAMCと調べると、6月上旬の「COVAXワクチン・サミット(AMC増資首脳会合)の開催について」という外務省のページが見つかるので、AMC Entertainmentとは関係なくトレンドが高くなっている可能性もある。 https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ghp/page1_000976.html

¹⁶ <https://textmining1.userlocal.jp>

GameStop と AMC の両社には”stock(株/銘柄)”, ”now(今)”という名詞が入っているが, Nokia にはそれが入っておらず, GameStop では”will”, AMC では”tomorrow”という未来に関連する単語が出現するのに対して, Nokia では”today”という単語が出ており, ここでも違いが発生しているのがわかる. この内容は 3.2 章で再登場する. また, それぞれのワードクラウドには関連する固有の名詞が含まれており, 例えば GameStop では “Reddit”, AMC では”FUBO”や”BBBY”, Nokia では”Micro/max”や”Andoroid”である. Reddit は世界最大級のアメリカ合衆国の掲示板型ソーシャルニュースサイトであり, 2021 年 1 月時点での月間利用者数は 4 億 3000 万人と他のコンテンツと比較しても影響力が大きいインターネット掲示板である. Reddit での動きは 2.3 で検証する. FUBO はフボ TV を, BBBY はベッド・バス・アンド・ビヨンドの企業をそれぞれ意味しており, これらの 2 銘柄もミーム銘柄と言われ, 1 月 27 日に上昇しているのが興味深い. Micromax は Android や release という単語及び Nokia のビジネスモデルの観点から, Micromax mobile という 1999 年設立のインドの電機メーカーを指しているのではないかとと思われる. Micromax はミーム銘柄ではなく, スマートフォンの発売に関連して投稿数が増えたのではないかと考えられる. AMC や Nokia などの銘柄は GameStop の株価が上がった影響を受けて, 個人投資家がより儲けるために他の銘柄について言及したとも考えられる.

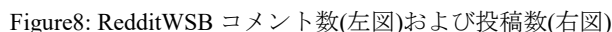
これら結果から, Twitter のような文字数制限が設けられた中でもミーム銘柄に関する情報はやり取りされており, その際には企業名や株価に関連する動詞といった小さい情報の拡散が株価に影響した可能性が高い. このワードクラウドを作成した日時の関係から, フェーズ 1 あるいはフェーズ 2 のどちらかであり, 2.2 章で分析したツイート内容は株価の上昇に影響したと考えられる.

2.3 Reddit での動きとミーム銘柄の連動性

2.2 では Google での検索数を用いた相対的なトレンドと, twitter でのワードクラウドを作成し分析した結果, 英語圏のユーザーの影響力とフェーズ 1 あるいは 2 における Twitter 上での情報共有に関する知見を得ることができた. そして GameStop や AMC といったミーム銘柄の情報拡散が行われたいわゆる「震源地」である Reddit WallStreetBets(以下 Reddit WSB)ではどのような内容での議論が行われ, 株価の変化に反応していたのかについてテキストマイニングを用いて分析する. Reddit WSB は Reddit 内の株取引コミュニティを指している. 本分析では, 機械学習関連のプラットフォームである kaggle に”Reddit WallStreetBets Posts”というデータセットがあり, それを用いて分析を行った.¹⁷ 分析方法については同サイトに Python を用いたソースコードや関連する情報がまとめられているので, それを参考にしながら行った. 最初に投稿数の増減に

¹⁷ 以下のページに置いてある. <https://www.kaggle.com/gpreda/reddit-wallstreetsbets-posts> コードについても多く置いてあるため, 何名かの方達を参考にした.

13



ウェブサイトからの情報によれば、サービスの利用者(subscribers)は 1000 万人以上、平均して 1 日あたりのコメント数は 18000 弱、投稿数は 680 程度となっている。コメントはトピックに対して自分の意見を述べたり、他のユーザーへの返信を行うことであり、自分の意見を発信したい場合には投稿を行うことになる。これらの投稿には文字だけではなく、画像や動画、他のサイトのリンクをつけることも可能である。上のグラフを詳細にみると、1 月 27 日のコメント数は 350000 程度、1 月 28 日のコメント数は 395000 程度、投稿数は 68250 と他の日時と比較して非常に多く、いかに **GameStop** のショートスクイズ現象の影響が大きかったかを表している。また投稿のタイトル・本文に含まれる単語は以下のワードクラウドからわかる。



¹⁸ <https://subredditstats.com/r/wallstreetbets>

このワードクラウドでも、2.2 で説明したのと同様に出現頻度が高い単語が大きく表示される。タイトル、本文のどちらも共通して **stock(株)**に関連する情報がやり取りされていることがわかる。タイトルでは **sell(売る)**や **hold(売らずに保有する)**, **loss(損失)**があるのに対して、本文ではその割合が低い。1 つ面白いことに、タイトルには **moon(月)**が入っており、株価とは関係のない単語のように見えるが、これは英語のスラングで“**over the moon(天にも昇る気持ち/とても嬉しい)**”などといった使い方で用いられている名詞である。よってタイトルでは株で儲けた喜びや高揚感といった **Positive** な印象を与えている。2つのワードクラウドには、感情に関連すると推察される **big, good, much** といった形容詞や副詞といったものがいくつか含まれているのが見て取れる。この時、フェーズ 2 のような熱狂を生み、フェーズ 3 での **FOMO** による恐怖心の伝播、そしてフェーズ 4 でのパニック状態といったように、心理状態は投資にどういった影響を及ぼしていたのかを分析する必要があると考えられる。そこでこの章の最後に、センチメント分析を用いて投稿者たちの感情についての分析をまとめ、そこから得られる情報について述べる。最初に Python の NLKT(Natural Language Tool Kit)ライブラリのパッケージである **nlkt.sentiment** を用いて、投稿を **Positive, Neutral, Negative**(肯定的, 中立的, 否定的)の 3 つに分けた場合、投稿にどのような傾向が現れるのかについてである。SentimentAnalyzer は、NLTK の機能と分類子を使用して、特に教育と実証の目的で感情分析タスクを実装および促進するためのツールである。¹⁹

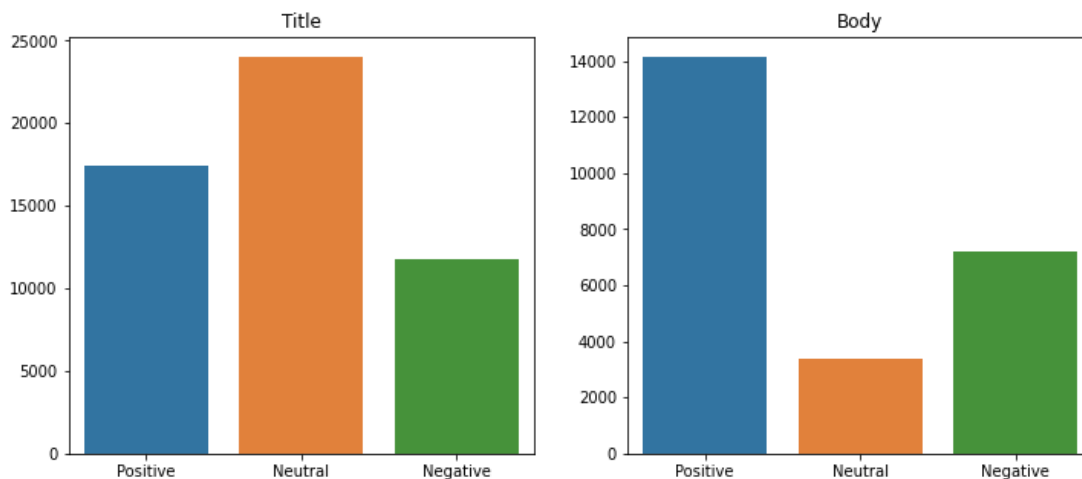


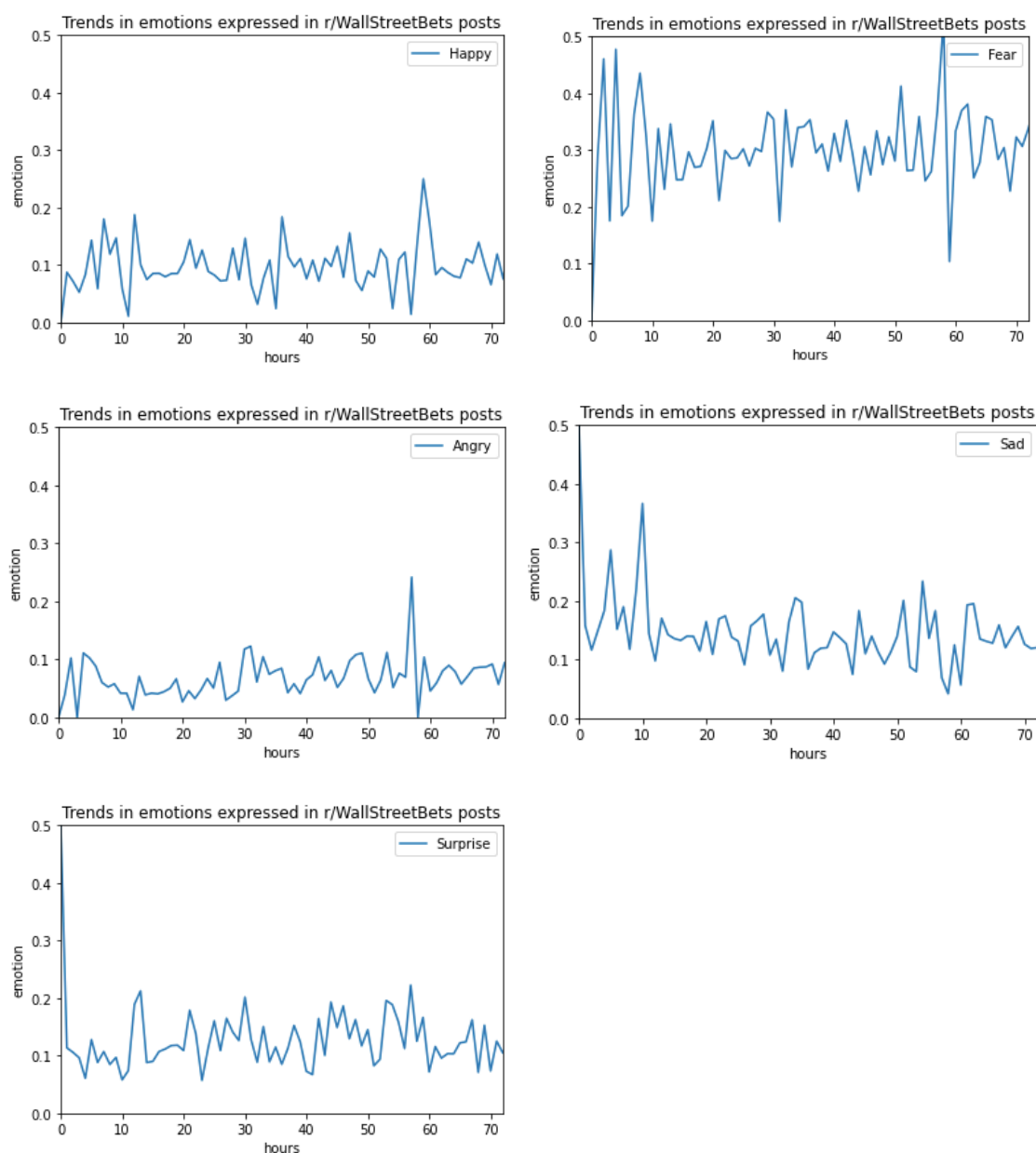
Figure10: センチメント分析(1) 3 種類の分類

このグラフから分かるように、タイトルと本文に含まれる感情の分布は異なっている。上記のワードクラウドでの予想とほぼ一致するように、タイトルの方では **Positive** な単語が **Negative** な単語より多くなっている一方で、本文では **Neutral** な言葉がタイトルと比較して大きく減少し、代わりに **Positive** な言葉が多くなっていることがわかる。タイトルと本文では異なった印象を与

¹⁹ <https://www.nltk.org/api/nltk.sentiment.html> これに関連するVADERの論文
<http://comp.social.gatech.edu/papers/icwsm14.vader.hutto.pdf>

えるかもしれないが, Negative は総じて Positive よりも少ないため, 全体的に見ればタイトルと本文は共に肯定的なイメージを持たれるだろう。

加えてもう 1 つ, text2emotion を用いて時系列的なセンチメント分析を行った結果次のようになった。text2emotion は文章の中身から感情を抽出する Python のパッケージであり, テキストを処理しそれに埋め込まれている Happy, Angry, Sad, Surprise, Fear の 5 つの異なる感情カテゴリを認識するものである。²⁰ ここではタイトルと本文を分割せずに分析を行った。データセットの関係から, 2021 年 1 月 28 日から 1 月 30 日までの 72 時間での変動は次のようになった。



²⁰ <https://pypi.org/project/text2emotion/>

Figure11: センチメント分析(2) 時系列的な 5 種類の分類

Figure12 は横軸が時間、縦軸が 1 を最大とした時の感情の変化を表す。時系列的な分析を行った結果、Fear(恐怖)や Sad(悲しみ)の割合が Happy(幸福), Angry(怒り), Surprise(驚き)などの感情よりも明らかに大きい結果となった。これは nlkt.sentiment と text2emotion とのアルゴリズムの違いや日時の違いもあるため、一概にどちらか一方が正しく、どちらか一方が間違っているというわけではない。nlkt.sentiment ではデータセット内の全てのデータを用いたため、どのフェーズに対応するかは分からず、多くの投稿者たちが株取引に関する話題で積極的に情報発信や受信を行っていた、という結果を得ることはできた。text2emotion では日時を 1 月 28 日から 1 月 30 日に指定したため、異なる結果を得ることになった。28 日に Robinhood による一部銘柄の取引停止が起きたことで Fear や Sad が増加し、グラフの始点から 56 時間~58 時間後にかけて Fear と Angry が一度急激に上昇したのち下降した反面、その同じタイミングで Happy のグラフが一時的に上昇している。nlkt.sentiment だけではわからなかった時系列的な感情変化がこのグラフから読み取れる。ここでは比較的 Fear の感情比率が高いため、フェーズ 3 の FOMO の状態からフェーズ 4 での連鎖的なパニック売りを起こす段階に変化している状況に対応するように感情が変化していることが分かった。完全ではないがセンチメント分析によって特にフェーズ 3 や 4 を可視化することができたと結論付けることができるだろう。

この章の結論として、Google トレンド、Twitter、そして Reddit の分析によって得られたデータから、フェーズ 1, 2 において情報が広がり、株価を上げるためにうまく買い急ぎを誘導したり、より情報の拡散に加担させる役割として考えられるのは、Positive な感情を表す言葉、特に企業名などの株式名詞や動詞といったものであり、フェーズ 3 やフェーズ 4 において FOMO から売り抜けにより株価が急降下した時に現れる言葉として考えられるのは、Negative な感情、特に Fear を中心とする感情を表す言葉であると推定できる。そこで、これらの GameStop 等の特殊な一部の例から、一般的な事象への理解を広げるにあたって、次の章では行動経済学、そして数理モデルを用いて分析を行う。

3. 行動経済学を用いたミーム銘柄の分析

2 章では実際のミーム銘柄に関するトレンド分析や感情分析をすることで、興味深い点としてミーム銘柄の各フェーズに対応する感情やキーワードを見つけることができた。そこで 3.1 では、ファイナンスの主流の理論である効率市場仮説を中心として行動経済学の手法を用いてミーム銘柄の 4 つのフェーズ+1 についての考察を展開していく。それらを踏まえた上で、3.2 ではスケールフリーネットワークを用いた数理モデル、そして 3.3 では微分方程式型の数理モデルおよび動力的モデルから研究を進める。本研究では、投資ハーディング現象としてミーム銘柄を捉えることで、数理モデルを用いて社会的に分析する手法をとっており、数理ファイナンスの中

心的な議論であるデリバティブ価格の導出や、ポートフォリオ戦略についてなどの確率微分方程式、ブラック・ショールズモデルといった確率解析を用いる高度な数学モデルを用いた研究とは一線を画す内容となっていることに留意してほしい。

3.1 効率的市場仮説と投資家心理

効率的市場仮説(Efficient Market Hypothesis; EMH)とは、Fama(1970)によってまとめられた仮説で、「株価の価格は、その株式について得られる全ての情報を反映している」というものである。²¹すなわち、新しい情報が得られた際に、1)確率 P を正確に更新し、2)その確率のもとで効用 U の期待値を最大化する。EMH は伝統的な経済学に基づく考え方であり、株式の価格は将来の業績の見通しを反映して決まり、市場関係者や投資家の心理的要因などとは無関係であるとされている。EMH は「得られる全ての情報」の範囲によって以下の3つに分類される。

- 1.弱度の効率市場仮説：過去の市場取引全てのデータが現在の価格に反映されている。
- 2.準強度の効率市場仮説：全ての入手可能な公開情報は現在の価格に反映されている。
- 3.強度の市場効率仮説：私的情報を含め、全ての情報は現在の価格に反映されている。

実証研究によれば、株価はランダムウォークしており、弱度の効率性は大体において成立しているが、準強度の効率性は厳密には成立せず、強度の効率性は成立しないと考える。EMH が成立する範囲については、ケインズ理論によれば金融市場はミクロ的にしか適用できず、個別銘柄レベルでは効率的であるかもしれないが、マクロ的には非効率的であるため、市場全体は必ずしも実体経済の実情を正確に把握していないと言われている。Samuelson(1998)も同様に主張していたが、実際には銘柄レベルでも市場が非効率的になることがよく観察されている。²²

行動ファイナンスの主張は、(1)投資家は完全に合理的な人間ではない、(2)株式市場は完全に摩擦のない市場ではない、ということから株価の歪みが裁定取引によって修正されず、株価がファンダメンタル価値から乖離することがよくあるということである。²³

裁定取引の機会を利用して、本研究のテーマでもあるミーム銘柄のように、株価のファンダメンタル価値に関わる情報との無関係な動機により株売買するノイズトレーダーと呼ばれる、非合理的投資家の存在がもたらすノイズトレーダーリスク等のリスクに加えて、裁定の限界もある。ミーム銘柄は効率的市場仮説に対するある種のアノマリー(反証)になるのではないだろうか。

次に投資行動に関する心理的要因についての分類を説明する。

²¹ 山田(2011), 筒井(2017)参照。

²² Shillar(2005)参照

²³ 裁定取引とは、非効率市場における高い値段の市場と低い値段の市場の乖離を狙って取引し、利益を上げる投資戦略である。価格の差から利益をあげる取引のことである。摩擦のない市場ならば、株式市場は効率的になると考えられる。

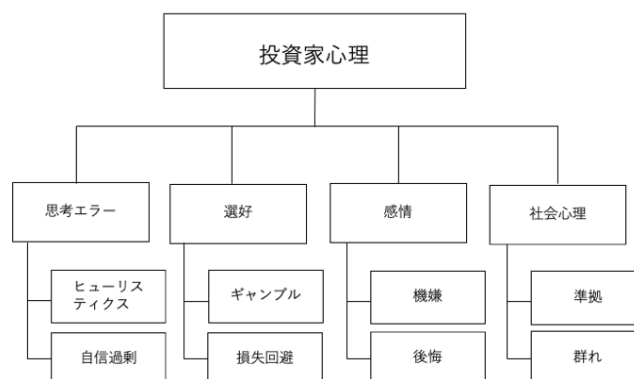


Figure12: 投資家心理の4つの要因(筒井(2017)より引用)

思考エラー(認知バイアス)とは、情報処理や分析過程における過ちや経験則の使用により発生する最適ではない行動を指し、特にミーム銘柄に関連するものとして、たまたま目についた係留、特にインターネットで見かけた情報から考える傾向に基づいて価値評価を行った結果、中途半端なプロセスとなり最終的に出発点である係留に落ち着くという「係留ヒューリスティクス」や、想像が容易な事象の確率を過大評価し、メディアなどで積極的に取り上げられた銘柄が投資されやすいという「利用可能性ヒューリスティクス(親近感バイアス)」や、自分の能力や性格といった自己イメージに対する過度な楽観に基づく意思決定の「自信過剰」、自分の能力を過大評価し、情報を多く集めれば自分の株式の評価がより精度の高いものになるという「確証バイアス」が当てはまると考えられる。次に選好に関しては、ギャンブル選好や近視眼的な損失回避といったものは、ミーム銘柄にとって当てはまる部分があると考えられる。さらに感情については第2章で確認した内容でもあるが、人間は株式投資にどの程度感情に頼るのかに関する研究として、心理学者の Forgas(1995)の提唱した「感情混入モデル」によれば、投資のような解くべき問題が難しいほど感情の影響を受けやすくなると言われている。人間は自分の懐く感情を情報として利用する傾向があり、機嫌が悪い場合には問題解決の努力をし、時間を費やすため理性的に問題処理が行われる。対して、機嫌がいい時は明らかな危険を察知せず問題を深く考えず感情で決断することが多い。さらに後悔という感情は高次認知的処理が必要であり、投資家が後悔の後の投資を考える際により慎重にあらゆる情報を分析すると考えられ、これがミーム銘柄におけるフェーズ4の後の回避的な時間を生み出すとも考えられる。最後に社会心理として、集団メンバーによる投資ハーディング(herding)現象は金融市場でも働き、コミュニティ意識や安心感といった便益だけでなく都合よく責任転嫁するためにも使われる。この投資ハーディング現象こそが Reddit ユーザーを中心として起こしたミーム銘柄を理解するのに最適な現象である。この説を実証的研究から支持するものとして Aloosh(2021)があり、この研究では統計的手法を用いた分析によって、Covid-19が発生する前はあまり人気のなかった銘柄が、発生後には特定の(ミーム)銘柄に投資家が群がり、分散投資が不足してしまうことを示した。そしてこうい

った行動を投資家たちの非合理的な行動と評価し、ミーム銘柄は群衆行動(herding behavior)の影響を受けやすく、投資家のポートフォリオの多様化が不十分になり、投資戦略がソーシャルメディアに独占的に依存してしまうことでリスク管理に影響を及ぼすことを示した。

以上の分析から、私は行動ファイナンスの文脈においてミーム銘柄を投資ハーディング現象とみなして研究を進めることとした。ミーム銘柄の 4 フェーズ+1 を説明するのに本章で述べた投資家の心理的側面、特に感情や社会心理からのアプローチが最適であると考えられるからである。フェーズ 1 から 2 への変化は、ここでの係留ヒューリスティクスや利用可能性ヒューリスティクス、ギャンブル選好といった要因、フェーズ 2 と 3 は群衆心理の形成、そしてフェーズ 4 では近視眼的な損失回避といった、フェーズ変化といったものも投資家心理を用いて説明できるようになった。個人投資家による結託を取り締まるのは簡単ではないが、これを放置したままにすると市場が非効率的になる可能性が一層高まり、株式市場の安定性や信頼性が失われる可能性があるため、法的介入が必要であると私は考えている。3.2 章と 3.3 章では数理モデルを用いて投資ハーディング現象としてのミーム銘柄の定量的性質に踏み込んでいく。

3.2 バイラル現象としてのミーム銘柄

2.3 ではセンチメント分析、3.1 では投資家心理と株価の関連性について行動ファイナンスの観点から考えた。すなわち人間の感情や社会心理をより定性的・定量的に分析することが、今後のミーム銘柄の発生を含めた株式市場全体の動向を伺う重要な要素の一つであることが理解できただろう。1 月末頃の twitter や Reddit WSB でのテキストマイニングを用いた分析によれば、株価の上昇に関する積極的な情報発信・意見交換が行われ、フェーズ 1 あるいはフェーズ 2 のような状況になっていたことが窺える。しかし Reddit WSB では Fear や Sad といった感情の投稿割合が高いタイミングも存在し、これはフェーズ 3 の FOMO からフェーズ 4 が起こっていたのではないかと予想できる。

ここでもう一度 4 つのフェーズの流れについて確認しておく。フェーズ 1 では値上がりしている銘柄を買うという株取引においては自然な行動であり、フェーズ 2 では SNS などのツールを通して値上がりの状況を知った投資家たちが市場に集まり、さらにフェーズ 3 についてもフェーズ 2 と連続するように株価の上昇の情報を見逃さないようにさらに市場に人が集まってくるという一般的な動きが見られる。フェーズ 4 ではフェーズ 3 において情報の見逃しがないようにという社会心理が働く中、株を売る人が出てきたことによって、それに続くように株を売却する動きが発生するのを予見するのは容易なことだろう。これら一連のフェーズが予想できるのであれば、フェーズ 2 の時点でファンダメンタル価値から乖離しすぎた株価はすぐに正常に戻るはずである。しかし、フェーズ 3 が発生することに違和感はないだろうか。私はこの情報の拡散というところにミーム銘柄のカラクリが潜んでいると考えた。ソーシャルメディアを通じて得

られる情報には、一部の発信者側の戦略が混入している状態、すなわち風説の流布や買い煽りにより株価を吊り上げ、売り抜けしたいといった相場操縦を行うために情報を「うまく」拡散させたと考えることも可能である。もちろん、幸運にも情報が広がっただけかもしれないが、「うまく」という表現は拡散のタイミング、ターゲットとする投資家集団、Reddit や Twitter といったプラットフォームの選択、そして情報の内容に話題性や共鳴性があるといった諸条件がうまく噛み合わなければ、ハーディング行為が形成されずフェーズ 2 以降が機能しない。したがって、情報そのものの本質や目的を知らずに、大多数のユーザーはフェーズ 2 から 4 まで情報に操られている、とも考えられる。この時、情報の拡散は経路依存的である。これには 2 つの意味があり、1 つはコミュニケーションツールへの依存性、もう 1 つは過去の決定や経験が任意の状況での判断に影響を与えているという経済学的意味である。1 つ目のコミュニケーションツールについてグラフ理論を用いると、エージェントをノードとし、エッジがパソコンやスマートフォンといったツールであるとすれば、この連結性、グラフの形状を調べることで情報の拡散を追いかけることができるのではないかと、ということである。そこでコミュニケーションツールを「メディア」というものの変化に注目して 3 つに分類してみると、手紙や電話、メールといった情報の発信者と受信者が 1 対 1 のツール、新聞やラジオ、テレビといった 1 対 N (N は 2 以上の大きい有限な数) のツール、そして近年ではインターネットの登場によって情報が双方向、すなわち SNS などの N 対 N で発信されるツールが発達した。以上のように 1 対 1, 1 対 N , N 対 N に分類してみると、これは有向グラフ $G = (V, E)$ を用いて次のようにモデル化できる。²⁴

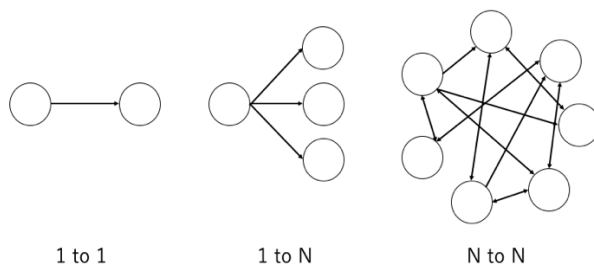


Figure13: 3 パターンのコミュニケーションの模式図

しかし、有向グラフではこれからの数学的な議論が煩雑になるため、3.2 では向きを忘れたグラフである無向グラフとしてシミュレーションを行う。²⁵ 情報は Reddit WSB 内において Reddit ユーザーを媒介して、その中のとあるユーザー、もしくはその情報を入手した外部の人間が Facebook や Twitter といった SNS や YouTube などのソーシャルメディアといったウェブサイトを経由し、さらにそれを見たユーザーがその情報を拡散するといった現象が繰り返された結果、

²⁴ メディアの進化について、ミームの視点からの研究がなされている。佐倉(2001)参照。

²⁵ グラフ理論に基づくシミュレーションについては、橋本・牧野(2021)を参照した。グラフそのものの幾何学的性質については、Robin J. Wilson (1996) “Introduction to Graph Theory Fourth Edition” Longman などが丁寧に纏まっている。

情報が広く知れ渡る。この現象をモデル化したものとして、Barabasi and Albert(1999)によって提唱されたスケールフリーネットワークが最も近いと考えられる。このネットワークの特徴は「ハブ」と呼ばれる多数のエッジを持つ少数のノードと、少数のエッジを持つ多数のノードで構成され、グラフのサイズ及び平均次数に依存しないという点である。ミーム銘柄に関するハブはクラスターやインフルエンサーと呼ぶと分かりやすい。このネットワークの構造は自然界に多く見られ、航空網や交通網、人間関係やタンパク質の相互作用といったものまで普遍的に適用可能である。

ここでのシミュレーションは、Reddit の 1 日の投稿数が平均 680 とあったことから、1 人が 1 つの投稿を行うとしてノード数を最低値の 680 と仮定し、さらにその投稿によって、2.3 の感情分析で用いた Positive と Negative の 2 種類の感情を含む情報が拡散するとして、新たに加えるノードのリンク数が 2 のスケールフリーネットワークのシミュレーションを行った結果以下のようになった。

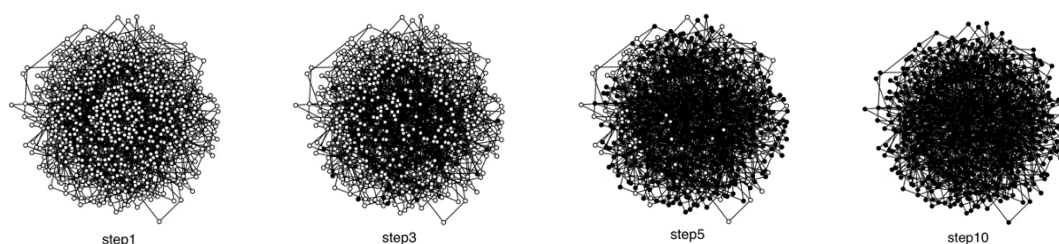


Figure14: ノード数 680, リンク数 2 のスケールフリーネットワークのシミュレーション

(左から step1, step3, step5, step10 で時系列順)

Figure14 は、白い点が情報を持たないノード、黒い点が情報を持つノードを表しており、情報が拡散していく様子を表している。step が 1 つ増えるたびに、情報を持つノードから持たないノードへと情報が伝わり、シミュレーションでは 50% の確率で情報を得るようにした。

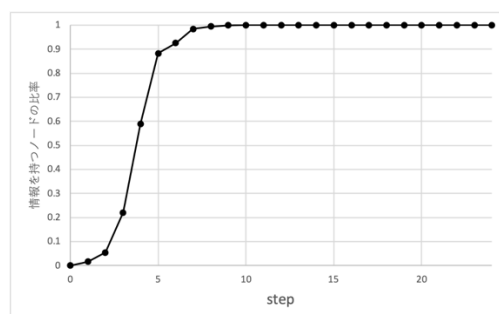


Figure15: 時系列グラフ

Figure15 で step と情報を有するノードの比率を表したグラフであり、例として step を単位時間 T(1 時間や 1 分, 1 秒) と捉えた場合, step1 から 4T 程度で 90% 程度の人がある情報が知っている可能性が高いということがわかる。step5 までの間に急激に比率が上昇している部分があるが、これ

はハブの存在を示しており、ハブに到達すると急激に情報拡散が起こる。²⁶

よって、スケールフリーネットワークのシミュレーションは、フェーズ 1 での緩やかな増加からフェーズ 2 における個人投資家が急増する現象、そしてフェーズ 4 で一斉に売却が起きる現象についても示唆を与えてくれる。それと同時に、ミーム銘柄において急激な情報拡散を抑えるためには、ハブとなるユーザーや情報源の行動を抑制することができれば、フェーズ 2 の増加が緩やかになり、フェーズ 3 に移行することなく、ファンダメンタル価格に戻る可能性が高くなると考えられる。より発展的な考察として、インターネット上で投資家が形成するネットワークの自由エネルギーを計算することができれば、²⁷ ミーム銘柄の相転移、投資家の量的変化が質的变化につながるということを理論的に実証できるだろう。

3.3 ミーム銘柄の微分方程式型数理モデルからの解析

3.2 ではスケールフリーネットワークの仕組みからフェーズ 2 と 4 の量的現象について考察を行った。そこで、前半では先ほどの 1 対 1, 1 対 N, N 対 N の 3 種類のコミュニケーションの考え方を常微分方程式型のヒット現象の数理モデルに自然に拡張し、シミュレーションを行った。後半では投資家のアクティビティを減衰振動の数理モデルを用いてモデル化し、ノードのエネルギーを計算した動力的な炎上現象の数理モデルを用いて、3.2 では把握できなかったミーム銘柄の現象を解析的な手法で考察する。注意すべき点は、ここでのヒット現象や炎上現象と呼ぶものは SNS やインターネット上での現象に限定していることである。

最初にヒット現象について微分方程式を使った数理モデルを用いて、ミーム銘柄に関する興味や関心の度合いの性質から考察していく。導出や関連する議論については石井(2015)を参照している。このモデルでは、単位時間あたりのエージェントの興味や意欲 $I_i(t)$ (i : エージェント, t : 時間) を物理量として定義しモデルを構築している。単位時間あたりに存在する投資家の人数を $N(t)$ 人とした時、1 人 1 人の株式購入意欲の積分値を $W_i(t)$ とすれば、

$$N(t) = \sum_i W_i(t) \quad \dots (1)$$

と表すことができ ($i = 1, \dots, N$)、購入意欲の積分値を微分したものが式(2)で表される単位時間当たりの購入意欲となる。

$$\frac{dW_i(t)}{dt} = I_i(t) \quad \dots (2)$$

²⁶ ノードのリンク数は 2 なので、2 の n 乗と考えると 2 の 9 乗は 512、2 の 10 乗は 1024 のため、680 まで到達するには step 10 まで必要と考えることができ、スケールフリーネットワークの構造の面白さが分かる。

²⁷ ここでの自由エネルギーは、不確定性や不確実性を表す量であり、これを最小化することで知覚や行為を行っていると考えられる。

ミー・銘柄の情報拡散では3つのコミュニケーションツールが必要になると考えられる。²⁸ 3.1で説明した1対1, 1対N, N対Nの異なる3つのツールを通して行われるコミュニケーションの考え方を自然に拡張し, それぞれ数学的に表現し, 以下の微分方程式方のモデルを定義する.

$$\frac{dI_i(t)}{dt} = -aI_i(t) + CA(t) + \sum_j d_{ij}I_j(t) + \sum_j \sum_k h_{ijk} d_{jk}I_j(t)I_k(t) \quad \dots (3)$$

右辺第1項と第3項が1対1, 第2項が1対N, そして第4項がN対Nである. 添字の i, j, k はそれぞれ $i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, N, k = 1, \dots, N$ となる自然数を表している. (1)式の解の存在と一意性については成り立つものとして議論を進める. a は意欲の減少を表す減衰項を表している. 簡単にするために, N 人のエージェントが同じ振る舞い, すなわち模倣を行うと仮定して, 以下のように平均場近似を行う.

$$I(t) = \frac{1}{N} \sum_i I_i(t) \quad \dots (4)$$

(4)を(3)に代入し, $d_{ij} \cong d, h_{ijk}d_{jk} = p_{ijk} \cong p$ と近似できると仮定して

$$\begin{aligned} \frac{dI_i(t)}{dt} &= \frac{1}{N} \sum_i \frac{dI_i(t)}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{N} \sum_i I_i(t) \right) = \frac{dI(t)}{dt} \\ \sum_{i \neq j}^N d_{ij}I_j(t) &= \frac{1}{N} \sum_i \sum_j d I_j(t) = \sum_i d \frac{1}{N} \sum_j I_j(t) = NdI(t) \\ \sum_j \sum_k p_{ijk} I_j(t)I_k(t) &= p \sum_j \sum_k I_j(t)I_k(t) = \frac{1}{N} \sum_i p \sum_j \sum_k I_j(t)I_k(t) \\ &= \sum_i p \frac{1}{N} \sum_j \sum_k I_j(t)I_k(t) = Np \sum_i \frac{1}{N} \sum_j I_j(t) \sum_k I_k(t) = N^2 p I^2(t) \end{aligned}$$

となるから, これらを(1)式に代入しさらに簡単のため $Nd = D, N^2p = P$ として

$$\frac{dI(t)}{dt} = CA(t) + (-a + D)I(t) + PI^2(t) \quad \dots (5)$$

となる. C は1対Nの宣伝の強さを表す係数, D は直接コミュニケーションの係数, そして P は間接コミュニケーションの係数を表している.

(5)の $I(t)$ を数値計算を用いて求めた結果は次のようになる.²⁹

```
import numpy as np
import scipy
from scipy.integrate import odeint
```

²⁸ 例えばミー・銘柄の場合, 短時間・短期間で情報を収集し取引を行う必要があるため, インターネット掲示板やSNSといったリアルタイム性が強く情報の収集効率の良いN対Nツールが好まれ, 優先される傾向があると考えられる. これに加えてブログやネットニュースを見て状況をチェックしたり, チャットツールなどを用いて株取引の情報を共有する可能性があることも考慮した.

²⁹ プログラミング言語はPythonを用いて計算した. Pythonは数値計算に不向きではあるが, オイラー法やルンゲ・クッタ法を使わずともodeintで常微分方程式が簡単に計算できる.

```

import matplotlib.pyplot as plt

def func(I, t, C, a, D, P):
    dIdt = C*t + (-a+D)*I + P*I*I
    return dIdt
C = 680
a = 100
D = 680
P = 11401600
I0 = 0
t = np.arange(0, 7, 0.5)
I = odeint(func, I0, t, args=(C, a, D, P))
plt.plot(t, I, label='I(t)')

plt.legend()
plt.show()

```

各パラメータの決定方法について簡単に説明すると、初期値 $I(0) = 0$ として、 C, a, D, P の値はそれぞれ Reddit WSB での平均投稿数 680 を参考に、 $C = D = 680$ 、 $P = 680 \times 680 \times 24.6 = 11401600$ とした。 a は減衰項のため、ミーム銘柄に対する間接コミュニケーション係数の値とした。³⁰ グラフは 7 日間を前提として、以下ようになった。

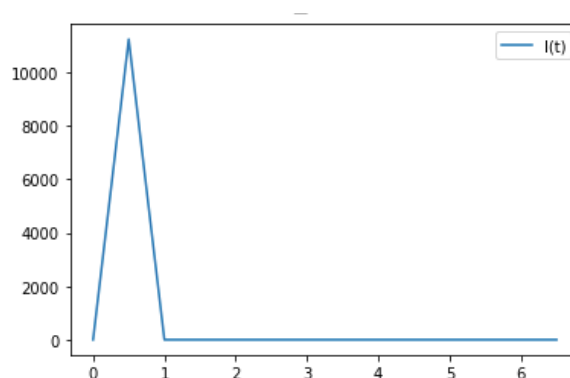


Figure16: シミュレーション結果

Figure16 の横軸は時間を表し、縦軸は意欲の大きさを表す。このシミュレーションの結果から、エージェント i が特定の銘柄の株価や出来高といった情報を得た際に、すぐに購入意欲を示すが、1 日以内に関心を失ってしまうことがわかる。このシミュレーションでは Reddit WSB を参考にした数字を用いたが、例えば GameStop などの実際の 1 日当たりの単位時間に対する取引量や参加した投資家の人数といった数字を用いれば、より良い結果を得られたと考えられる。このヒット現象の数理モデルからわかることとして、フェーズ 2 において短時間で株価が急激に上昇し、フェーズ 4 で急激に下落する理由がこの購入意欲を表すパラメータの性質によるものではないか、と推察できる。この結果を逆手にとって、相手にミーム銘柄を買わせたいのならば、できる限りその場、その時間で衝動的に株を買いたくなるような宣伝内容にすれば良い。例えば

³⁰ 参考文献ではパラメータをマルコフ連鎖モンテカルロ法的一种であるメトロポリス法によって求めているが、私はRedditの投稿数から計算することで係数を求めた。

「明日はもっと株価が上がるかもしれないから、この株を買っておこう」より「この株を今すぐ買うべきだ！明日にはもっと値段が上がる！これはチャンスだ！」といったような内容にすれば食いつく人が増え、値段の吊り上げに成功するかもしれないが、もちろんこういった行為は風説の流布や相場操縦にあたるかもしれないので、やってはいけない。³¹ また、このようなメディアの発達にも関わらず、個人の興味や意欲といったものがシミュレーション結果のように短時間しか持続しないならば、全てのアカウントやウェブサイトを一覧監視し行動を制限・規制することは不可能に近く、効率が悪いということがわかる。これは 3.2 の最後でも述べたように、ネットワーク内のハブの存在をいかに早い段階で見つけ出し、情報伝達の動きを鈍化させるかに注力する法規制が必要であることを示唆している。

次に扱うモデルでは、3.1 や 3.2 で述べた投資家の関心や意欲といった心理的側面に着目し、興味や意欲が自然に減衰することから、ユーザーのアクティビティをバネに繋がれた調和振動子としてモデル化し、減衰振動を用いた数理モデルを用いて考察を進める。ミーム銘柄のフェーズ変化を起こさせない、もしくはこの解析結果を用いて、フェーズ 2 や 4 における情報共有の速度を緩和し、効率的な法的規制を行うための方法について考えていく。

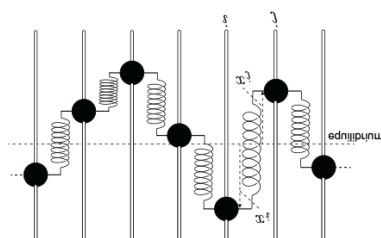


Figure17: ネットワーク上の振動モデル(合田(2017)より引用)

このモデルは合田(2017)によるものであり、インターネット上の炎上現象を減衰振動のモデルを用いてモデル化したものである。この方程式の詳しい導出や、関連する議論については、参考文献を参照されたい。このモデルの導出にあたって、炎上現象は「ソーシャルメディアネットワーク上でのユーザーのアクティビティの強さが時間と共に発散する現象」と定義している。参考文献ではグラフ理論の言葉を用いれば、この炎上現象をノードの振動エネルギーが時間と共に発散することとしている。Figure17 のような振動モデルを有向グラフ $G = (V, E)$ でモデル化し、グラフから定義される scaled Laplacian 行列 S の固有値 $\tilde{\lambda}_\mu (\mu = 0, \dots, n-1)$ に対する長さ 1 の固有ベクトル \tilde{v}_μ と定義する。このネットワーク上の調和振動子の振動モード(振動の状態を表すパラメータ) $\tilde{a}_\mu(t)$ は、時間と共に減衰すると考え、 n 個の独立な運動方程式

³¹ 株(stock), 今(now), 明日(tomorrow), 買う(buy)といった単語は、2.2でTwitterのテキストマイニングを行った際に出てきたため、例として取り上げた。

$$\frac{d^2 \bar{a}_\mu(t)}{dt^2} + \gamma \frac{d \bar{a}_\mu(t)}{dt} + \bar{\lambda}_\mu \bar{a}_\mu(t) = 0 \quad \dots (6)$$

の解(γ :減衰定数)として表すことができるとする. この方程式は減衰振動の運動方程式と同じである. この時 $\bar{a}_\mu(t)$ は一般の有向グラフの場合の振動解として,

$$\bar{a}_\mu(t) = \bar{a}_\mu(0) \exp\left[-\frac{\gamma}{2}t\right] \exp\left[\pm i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2}t\right] \quad \dots (7)$$

と表すことができる($i=\sqrt{-1}$, 虚数単位). これは

$$\begin{aligned} \frac{d \bar{a}_\mu(t)}{dt} &= -\frac{\gamma}{2} \bar{a}_\mu(0) \exp\left[-\frac{\gamma}{2}t\right] \exp\left[\pm i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2}t\right] \\ &\quad \pm i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2} \bar{a}_\mu(0) \exp\left[-\frac{\gamma}{2}t\right] \exp\left[\pm i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2}t\right] \\ &= \left(-\frac{\gamma}{2} \pm i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2}\right) \bar{a}_\mu(0) \exp\left[-\frac{\gamma}{2}t\right] \exp\left[\pm i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2}t\right] \\ \frac{d^2 \bar{a}_\mu(t)}{dt^2} &= \frac{\gamma^2}{4} \bar{a}_\mu(0) \exp\left[-\frac{\gamma}{2}t\right] \exp\left[\pm i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2}t\right] \\ &\quad \mp \frac{\gamma}{2} i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2} \bar{a}_\mu(0) \exp\left[-\frac{\gamma}{2}t\right] \exp\left[\pm i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2}t\right] \\ &\quad \mp \frac{\gamma}{2} i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2} \bar{a}_\mu(0) \exp\left[-\frac{\gamma}{2}t\right] \exp\left[\pm i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2}t\right] \\ &\quad - (\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2) \bar{a}_\mu(0) \exp\left[-\frac{\gamma}{2}t\right] \exp\left[\pm i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2}t\right] \\ &= \left(\frac{\gamma^2}{2} - \bar{\lambda}_\mu \mp \gamma i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2}\right) \bar{a}_\mu(0) \exp\left[-\frac{\gamma}{2}t\right] \exp\left[\pm i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2}t\right] \end{aligned}$$

これらの結果を代入して

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \bar{a}_\mu(t)}{dt^2} + \gamma \frac{d \bar{a}_\mu(t)}{dt} + \bar{\lambda}_\mu \bar{a}_\mu(t) &= \left(\frac{\gamma^2}{2} - \bar{\lambda}_\mu \mp \gamma i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2}\right) \bar{a}_\mu(0) \exp\left[-\frac{\gamma}{2}t\right] \exp\left[\pm i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2}t\right] \\ &\quad + \gamma \left(-\frac{\gamma}{2} \pm i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2}\right) \bar{a}_\mu(0) \exp\left[-\frac{\gamma}{2}t\right] \exp\left[\pm i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2}t\right] \\ &\quad + \bar{\lambda}_\mu \bar{a}_\mu(0) \exp\left[-\frac{\gamma}{2}t\right] \exp\left[\pm i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2}t\right] \end{aligned}$$

$$= \left(\frac{\gamma^2}{2} - \bar{\lambda}_\mu \mp \gamma i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2} - \frac{\gamma^2}{2} \right. \\ \left. \pm \gamma i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2 + \bar{\lambda}_\mu} \right) \bar{a}_\mu(0) \exp \left[-\frac{\gamma}{2} t \right] \exp \left[\pm i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2} t \right] = 0$$

となることから、(5)が(4)式の解であることを示すことができる(複合同順).

ここで(7)の固有値 $\bar{\lambda}_\mu$ を複素数, α, β を実数とした時, $i \sqrt{\bar{\lambda}_\mu - (\gamma/2)^2} = \alpha + i\beta$ と表して

$$a_\mu(t) = a_\mu(0) \exp \left[-\left(\frac{\gamma}{2} \pm \beta \right) t \right] \exp[\pm i \alpha t] \quad \dots (8)$$

と書くことができる. (8)から $a_\mu(t)$ が $|\beta| > \gamma/2$ の時発散することがわかる. ここで単振動の振動

エネルギー E は質量 m , 角振動数 ω , 振幅 A とすれば $E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$ であるから, $\bar{\omega}_\mu = \sqrt{\bar{\lambda}_\mu}$ と置き換

えて, ノード i の振動エネルギー E_i は

$$E_i = \sum_{\mu=0}^{n-1} |\bar{\omega}_\mu a_\mu(t) \bar{v}_\mu(i)|^2 = |\bar{\omega}_0 a_0(t) \bar{v}_0(i)|^2 + \dots + |\bar{\omega}_{n-1} a_{n-1}(t) \bar{v}_{n-1}(i)|^2 \quad \dots (9)$$

と表現できる. $a_\mu(t)$ が発散するならば E_i も発散することが分かる. これはネットワーク上の振動ダイナミクスから特異で爆発的な振る舞いが自律的に引き起こされるモデルを表す. 例えば, $a_\mu(t)$ がある時間 t にエージェントの持つ感情のアクティビティであるならば, E_i に変換されたエネルギーはその感情に基づいた言動であると考えられる. この現象は減衰項を含む方程式から得られた解を含むにも関わらずエネルギーが発散してしまう, という現象的にも数学的にも面白い結果を得られる. そしてこの数理モデルを取り上げた理由として, 炎上現象を止める方法を考察している点である. 一番簡単な方法は, 減衰定数 $\gamma (\geq 0)$ の値によらず, グラフから得られる Laplacian 行列の固有値が実数であることである. そして有向グラフが対称化可能であるという条件は Laplacian 行列の固有値が実数となることの十分条件である. フェーズ 2 や 4 のようなある種の炎上現象を緩和する方法は, 取引に参加する投資家のネットワークの構造から Laplacian 行列及び固有値を求め, 固有値の値が実数になるようにする, もしくはネットワークの構造を対称化可能なものに調整すれば良い. これを規制当局が介入し解決を図る場合には, プラットフォーム側の情報開示といった協力が必要不可欠である.

インターネット上でのヒット現象は, Happy や Surprise といった Positive を中心とする感情に基づいて, 商品やサービスに関わる評価を押し上げるのに対して, 炎上現象は道徳やモラル, 常識に反するような行為に対して, Negative な感情, 特に Angry や Fear といった感情がきっかけとなって, 非難や批判の情報が拡散し, 事態の收拾がつかなくなってしまう. 現代では SNS やインターネット掲示板などを通して情報収集や拡散に自らが参加しやすいという状況が生まれている.

そのため興味や意欲によって生まれるエネルギーの本来生じる減衰の影響が小さくなりすぎてしまい、ユーザーの行動に心理的なブレーキがかからず、もしくは反対に積極的に炎上に参加するといった現象を生み出してしまう。これまで想定されていなかったユーザーの行動も今後法的な規制を行うにあたって考慮が必要になってしまうと考えられる。

この章の結論として、最初に行動ファイナンスの基本的な理論と、投資家心理についてまとめ、ミーム銘柄を投資ハーディング現象としてモデル化するという研究方針を決め、3.2 ではスケールフリーネットワークを用いたシミュレーションによって、ハブの存在が急激な情報拡散に加担しているということが示され、この構造上全てのユーザーの活動を監視・規制するのではなく、ハブの動きを注視するべきだという結論を得た。そして微分方程式を用いたヒット現象の数理モデルからは、フェーズ 2 や 4 で株価が急騰急落する状況について、エージェントの興味・意欲の持続性の観点から生じていること、そしてそれを逆手にとってミーム銘柄の買いを誘導するような宣伝についての考察も行った。最後の炎上現象の数理モデルでは、投資家のネットワーク構造の固有値や対称化といった数学的な観点からフェーズ 2 や 4 を緩和する方法を探った。3.3 では決定論的なモデルを用いた分析を行ったが、「量的変化が質的变化に結びつく」という現象の理解を行うのは、これらのモデルおよび手法では限界があることがわかった。3.3 のヒット現象の数理モデルは、数理物理学とヒット現象の出会い、炎上の数理モデルは現象の工学的な理解により生まれたものである。そこでミーム銘柄や投資ハーディング現象に関するより進んだ研究を行うためには、物理学や工学といった知識の融合によりさらに発展する可能性を秘めていると考えられる。

4. ミーム銘柄に関する法的措置

これまでの研究を通して、ミーム銘柄の定性的、定量的性質について調べてきたが、実際にミーム銘柄の急激な株価の上昇に企業や政府はどのように対応したのかを考慮し、これまでの考察を踏まえて今後の法整備に活用する必要がある。法的介入や規制の前に、証券取引所のサーキットブレーカー制度により強制的に取引を停止させるといった措置を行うことで、フェーズ 2 や 4 の場当たり的な解決策にはなるだろうが、本研究で目指すのはより根本的で持続的な問題解決であり、そのためには法的な介入は必ず必要になると考えられる。

主に第2章で分析を行ってきた GameStop のショートスクイズ現象の際に、アメリカ合衆国の FinTech 企業である Robinhood が提供する証券取引アプリにおいて、1 月 28 日に GameStop を含む一部の銘柄の取引を一時停止したことで個人投資家の反感を買う形になった。Figure のグラフをもう一度確認してもらえると、1 月 28 日に一度 GameStop の株価が急落し、その後反転して 1 月 29 日には急激に上昇している。この問題は、GameStop や Robinhood だけにとどまらず、世界中の株価に悪影響を及ぼした。これら一連の騒動にホワイトハウスが監視に乗り出すなど大きな波紋

を呼んだ。この対応は正しかったと言えるのだろうか。

一方で海外の投資家は、こういった規制当局の対応の遅れ、そして株の取引停止を行ったにも関わらず SNS 上での誤った情報の拡散を行った人々に対する法的措置を取らなかった対応を受けて、SNS を用いて(道徳には反するが)相場操縦を行うことが可能ではないかと推察しており、具体的には以下の戦略が考えられている。

- (1)値上がりを期待して(いるように見せて)特定の銘柄を買い、SNS で誇大宣伝を行い、値上がりをした早い段階で現金化、キャッシュアウトする。
 - (2)終値あるいは終値後に株式を購入し、投資家が無意識のうちに値上がりを警戒するようになることで、ポートフォリオに偏りを生じさせ、アーリーアダプターフェーズやミドルフェーズに誘引する(行動経済学でいうナッジ理論)。
 - (3)一部の投資家(集団)によって株価、市場を支配することで希望の金額になるように行動する。ショートスクイズやガンマスクイズといった形で儲ける。
- (1)~(3)の戦略で相場操縦を行うことを推奨しているブログや投資サイトが見られるが、当然相場操縦自体は違法行為である。これらの行為をどの段階、どの法律で規制するべきなのかを考える必要がある。

この章では金融商品に対する規制と、プラットフォーム側に求められるあり方に着目して考察していくことにする。

4.1 金融商品取引法

GameStop のショートスクイズ現象の際に相場操縦を行なったとして、Keith Gill が誇張した主張や、虚偽の投稿などの欺瞞的で操作的な行為によって集団訴訟(クラス・アクション)された。³² 彼の以前の雇用主と子会社も同時に被告として指名された。Gill 氏は証券業の免許を所持している専門家にもかかわらず、自身をアマチュア投資家と名乗り、YouTube や Twitter, Reddit を通じて GameStop 株の取引を煽り、株価を人為的に押し上げ利益を得た。これは株価操作や相場操縦と言われており、相場操縦とは相場を意識的、人為的に変動させ、あたかも自然の需給によって形成されたものであるかのように装い、他人を誤認させ相場の変動を利用して自己の利益を図ろうとする行為を指す。日本では金融商品取引法第 159 条相場操縦行為の禁止によってこのような行為は禁止されており、有名な判例としては協同飼料事件(東京地判昭 59・7・31 判時 1138-25)や、キャッツ事件(東京地裁平 17・3・11 判時 1895-46)、大阪証券所取引事件(最大判平 19・7・12 刑集 61-5-456(654))がある。³³ 相場操縦に関連して、金融商品取引法第 160 条では相場操縦行為等による損害賠償責任がある。相場操縦以外にも、虚偽の投稿については、金融商品取引法第 158

³² <https://hypebeast.com/2021/2/gamestop-reddit-keith-gill-market-manipulating-lawsuit>

³³ 森山(2020)参照。

条風説の流布、偽計、暴行又は脅迫の禁止によって違法行為とされている。金融商品取引法では第六章の二において行政罰である課徴金納付命令、第八章では刑事罰についてまとめられている。これ以外にもショートスクイズ関連として、2008 年当時ポルシェによるフォルクスワーゲングループの買収未遂事件がきっかけとなった際に、CEO を務めていた Wendelin Weidenking が相場操縦の罪に問われた。また 2012 年には米国取引委員会(SEC)が Philip Falcone を証券詐欺罪で訴えた。³⁴

一方で GamaStop のショートスクイズ現象の際には、ヘッジファンドによる株の空売りが行われた。空売りという行為については、日本の金融商品取引法第 162 条空売り及び逆指名注文の禁止はあるが、適用除外が多いため判断が難しい。アメリカでは民主党がヘッジファンドに批判的であり、今後空売り規制が厳しくなる可能性がある。

テキストマイニングを用いて相場操縦を発見する研究も進んでいる。宮崎・松尾(2015)によれば株価の急騰急落直前のユーザーの行動、具体的には書き込み件数や株価の評価行動や他者への返信行動などが異常に増加する、といったアクティビティを分析することで、相場操縦に関わるユーザーを発見する手法である。技術に頼った解決は理想であるが、ミーム銘柄に関しては心理的な要因が大きいハーディング現象として捉えた時、証券会社やファンドのトレーダーではない素人の個人投資家の「共謀(collusion)」について考える必要がある。どこにどの程度責任があるのか、どういった責任の配分が必要か考える必要があり、ミーム銘柄は小型株が中心であるため、相場操縦に加担した中心人物への損害賠償責任が問われるだろうが、課徴金や刑事罰については慎重に考えるべきである。

4.2 プロバイダ責任制限法

GameStop のショートスクイズ現象の際に、空売りを行った機関投資家に対する誹謗中傷や被害予告などが行われた。³⁵ これらのインターネット上での誹謗中傷に対する日本政府の取り組みとしては、2020 年 7 月総務省総合通信基盤局が発表した「SNS 上での誹謗中傷への対策に関する取り組みの大枠について」や、令和 3 年 9 月総務省事務局「プラットフォームサービスに関する研究会 中間とりまとめ」といった資料がある。³⁶ それによれば、インターネット上の違法有害情報への取り組みとして、民間の取り組みと国の取り組みと分かれており、民官通じてのユーザーに対する情報モラルや ICT リテラシーの向上といった啓発活動や相談対応に加えて、民間で

³⁴ <https://www.sec.gov/litigation/litreleases/2013/proposedjudgment-pr2013-159.pdf>

³⁵ インターネット・trolol, 荒らしとも呼ばれる。

³⁶ 「SNS上での誹謗中傷への対策に関する取り組みの大枠について」

https://www.soumu.go.jp/main_content/000695577.pdf

「プラットフォームサービスに関する研究会 中間とりまとめ」

https://www.soumu.go.jp/main_content/000769270.pdf

は事業者による取り組み、国側としてはプロバイダ責任制限法による環境整備が挙げられている。判例として、Reddit と比較する形で日本の電子掲示板における 2 ちゃんねる(現 5ch)などでは、プロバイダ責任制限法 4 条(発信者情報開示請求権)の要件が肯定された眼科医対電子掲示板事件(東京地判平 15・3・31 判時 1817-84)や女流麻雀士対 2 ちゃんねる事件(東京地判平 15・6・25 判時 1869-46)といったものがあげられる。

しかしミーム銘柄については、相場操縦や風説の流布に関連する違法情報や偽情報への対応、ソーシャルメディア等のプラットフォーム利用者の相場操縦に関する情報の開示や発信者情報開示といった本質的な問題の解決が先である。違法情報への対策としては、どのような種類・性質の情報やアカウントに対して削除等の対応を行うのか、事業者側が規約やポリシーを明確にし、その取り組みから得られたデータを各事業者が公表することが最低限必要であると考えられる(プロバイダ責任制限法第 3 条関連)。発信者情報についても明らかな違法性や危険性があり、規約やポリシーに違反するものは公表をするべきである。偽情報についてはプラットフォーム事業者の情報提供による透明性やアカウントビリティの確保はもちろんのこと、特に SNS 上では偽情報が偏ったクラスターに分かれて分散しているという特性があるため、プラットフォームのアーキテクチャの工夫やファクトチェックなどが必要になる。相場操縦に関する情報の開示については、プラットフォーム側が積極的に規制当局へ協力することが必要である。仮に相場操縦を引き起こすようなやりとりをプラットフォーム側が放置し、被害が拡大した場合には、損害賠償が生じる可能性がある。仮にその証拠を隠滅するなど捜査に非協力的な態度であったり、十分な透明性が確保されない場合には、課徴金や刑事罰といった法的措置も検討されるだろう。

そして最後に気をつけるべき点として Robinhood の収益モデル/ビジネスモデルである。Robinhood の収益は 3 つのカテゴリに分類され、1 つ目は有料サブスクリプションサービス Robinhood Gold の会員費用であり、2 つ目は証券の貸借取引による利息収入、そして 3 つ目は Payment For Order Flow(PFOF)によるものである。この PFOF は Robinhood ユーザーの株式等の売買注文を値付け業者に売却することでリベート(手数料)が Robinhood に支払われる。Robinhood はこのリベート収入に依存していることが問題視され、値付け業者による市場の混乱を招く恐れもあり、今後こういったビジネスモデルについての情報開示といったプラットフォーム側の透明性を高めることが、利用者にとっても Win-Win の関係をもたらすと考えられる。³⁷

4.3 その他の法律

日本において誹謗中傷の刑事責任は、内容によるが刑法第 222 条脅迫罪、刑法第 223 条強要罪、

³⁷ <https://www.investopedia.com/articles/active-trading/020515/how-robinhood-makes-money.asp>

刑法第 230 条名誉毀損罪、刑法第 231 条侮辱罪、刑法第 233 条信用毀損罪・業務妨害罪が成立する。虚偽の風説を流布した場合は信用毀損や業務妨害罪に当たると考えられ、また刑事責任とは別に、民法第 709 条を根拠とした不法行為責任により、民事責任を果たす必要がある。内容としては、金銭による損害賠償と、名誉回復措置がある。

5. 結論

第 2 章ではテキストマイニングを用いて Google トレンドからは地理的要因、Twitter からはフェーズ 1 と 2 における情報共有について、そして Reddit からは投稿内容のより詳しい性質、特にフェーズ 3 と 4 を中心とした感情・心理的な分析を行うことによって、GameStop など特定の銘柄に対する定性的な分析を行い、結果としてフェーズ 3 と 4 では実際に Fear などの感情が高まっていることがわかった。これに基づいて第 3 章では、行動ファイナンスと投資家心理の研究成果をまとめた上で、Aloosh(2021)の研究と合わせてミーム銘柄が投資ハーディング現象であるとし、市場の非効率性の問題と法的介入の重要性について述べた。これに続いて数理モデルの観点からより一般的な性質と、注視すべきフェーズとその規制方法について考察を行なった。スケールフリーネットワークからは情報拡散とハブの関係について、ヒット現象の数理モデルからは株式の購買意欲の持続時間について、そして炎上現象の数理モデルからはネットワークの固有値や対角化可能性といった数理的な性質から必要な対策の考察を行った。

法的な規制をするべきかどうかを見極める方法として、私はミーム銘柄としてインターネット上で評価されている銘柄に関連する SNS やソーシャルメディアでの投稿に対して、投資に参加するコミュニティの抽出及び構造の画定を行い、投稿内容から得られる情報が客観的に見て明らかな相場操縦が疑われるような内容については、削除や規制が必要であると思われる。加えてそういった内容の投稿を行うアカウントの中でも特にハブ(インフルエンサー / クラスタ)のような性質を持つものについては、アカウントそのものの投稿規制や削除といった手段が有効であると考えられる。こういった点に対して、金融商品取引法、プロバイダ責任制限法を中心に法的規制について考察した結果、風説の流布や相場操縦に関しては株価の急激な上昇や下落により市場に大きな混乱を招く前に法的介入を行うことで対処可能だと考えられる。規制当局等の行政からの規制や、警察・検察からの刑事法上の規制、そして損害賠償といった民事規制を考えた場合、ミーム銘柄に関する相場操縦を行った人物については賠償義務が発生する可能性が高いが、刑事罰や行政罰といった厳しい罰則が必要かどうかについては慎重に議論する必要がある。プラットフォームについては国からの責任も当然問われるため、行政による規制や最悪の場合刑事罰も考えられる。

コミュニティの抽出については、複雑ネットワークからの研究が非常に進んでおり、林(2019)によればネットワーク上のランダムウォークの「滞留」をコミュニティの定義とし、この定義に

基づいて伝統的なモジュラリティ最大化とインフォマップ手法が定式化され、さらなるコミュニティ抽出の能力を拡張できる可能性があるとされている。ハブの特定についても、林(2019)を参照すると、SNS 上の情報伝達に最も影響力を持つインフルエンサーの発見は、「ネットワークが分断される最小の除去ノード集合を全ての組み合わせの中から見つけること」に帰着される。現在でも上に挙げたネットワーク科学からの研究は発展を続けており、将来的には非規制対象の人物、例えば相場操縦を行った人物のアカウントのフォロワーや関連性の薄い一般投資家、そして責任の間われる必要のないプロバイダといった区別が効率的に行えることが可能になるだろう。本研究でもスケールフリーネットワークを用いた分析を行ったが、技術発展によって私が必要と考える法規制が効率的に行えると思われる。

ありきたりな結論になってしまうが、個人投資家が SNS やその他のオンラインプラットフォームからの情報のみに基づいて投資決定を行う場合、その情報の信頼性と品質を検証するべきである。そして金融商品や投資に関する情報を投稿する場合は、虚偽または誤解を招く情報を広め相場操縦に加担する可能性があるため注意を払う必要がある、ということである。今後ミーム銘柄のように株価の乱高下が続くならば、SNS 等を用いた相場操縦や風説の流布への規制が厳しくなると言われており、今後の動向を注視する必要がある。

判例

東京地判昭 59・7・31 判時 1138-25 (1984).

東京地裁平 17・3・11 判時 1895-46 (2005).

最大判平 19・7・12 刑集 61-5-456(654) (2007).

SEC v. Falcone et al, U.S. District Court, Southern District of New York, No.12-05027

東京地判平 15・3・31 判時 1817-84(2003)

東京地判平 15・6・25 判時 1869-46(2003)

参考文献

Schlaile, M.P.(2020) *Memetics and Evolutionary Economics To Boldly Go Where no Meme has Gone Before*, *Economic Complexity and Evolution*, Springer, pp.141-175.

Arash Aloosh, Hyung-Eun Choi, and Samuel Ouzan (2021) *Meme Stocks and Herd Behavior*, SSRN Papers.

Richard Dawkins (1976) *The Selfish Gene*, Oxford University Press, (日高敏隆, 岸由二, 羽田節子, 垂水雄二訳『利己的な遺伝子 40 周年記念版』紀伊國屋書店, 2018).

Susan Blackmore (2000) *The Meme Machine*, Oxford University Press, (垂水雄二訳『ミーム・マシーンとしての私 上・下』草思社, 2000).

- Benjamin D.Dye(2011) *Modeling Memes: A Memetic View of Affordance Learning*, University of Pennsylvania ScholarlyCommons.
- Fama, E. F. (1970) *Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work*” Journal of Finance, Vol.25, No.2, pp.383-417.
- Samuelson, P. A. (1998) *Summing Upon Business Cycle: Opening Address, in Beyond Shocks: What Causes Business Cycle ?*, edited by J. C. Fuhrer and S. Schuh, Boston: Federal Reserve Bank of Boston.
- Jung, J. and R. Shiller (2005) *Samuelson's dictum and the stock market*, Economic Inquiry, 43(2), 221-228.
- Forgas, J. (1995) *Mood and Judgement: The Affect Infusion Model (AIM)* , Psychological Bulletin, 117(1), 39-66.
- A.L. Barabasi and R.Albert (1999) *Emergence of Scaling in Random Networks*, Science, Vol. 286, Issue 5439, pp. 509-512.
- 佐倉統(2001)『遺伝子 vs ミーム 教育・環境・民族対立』廣済堂出版, 2001.
- 水野雄介, 加藤昇平, 武藤敦子, 伊藤英則(2003)『ミームによる文化形成・伝達のシミュレーション』情報処理学会第 65 回全国大会.
- 遠山弘徳(2021)『COVID-19 に対する社会の声を聞く:R の学習』静岡大学経済研究, 25 巻 3 号 101-136 頁.
- 筒井義郎, 佐々木俊一郎, 山根承子, グレグ・マルデワ(2017)『行動経済学入門』東洋経済新報社, 125-155 頁.
- 山田哲也(2011)『行動ファイナンスの新展開: 不確実性下における投資理論を背景として』日本銀行金融研究所/金融研究.
- 橋本洋志・牧野浩二(2021)『Python コンピュータシミュレーション入門 人文・自然・社会科学の数理モデル』オーム社, 207-220 頁.
- 石井晃(2015)『ヒット現象の数理モデル』特集/つながるデータと広がる地平 組織科学 Vol.48 No.4: 5-20 頁.
- 合田雅樹(2017)『ネット炎上の動力的モデルについて』計算社会科学会.
- 森山友香子(2020)『相場操縦規制の対象に関する一考察』駒澤法曹 Komazawa law journal / 駒澤大学法科大学院編, 16 号, 98-137 頁.
- 宮崎邦洋, 松尾豊(2015)『株式掲示板におけるユーザー行動異常検知を用いた相場操縦発見手法に関する研究』JSAI special interest group on financial informatics 人工知能学会研究会資料.
- 林幸雄, 谷澤俊弘, 鬼頭朋見, 岡本洋(2019)『Python と複雑ネットワーク分析 関係性データからのアプローチ』近代科学社 94-171 頁.
- Erin Gobler (2021) “What Is a Meme Stock ” the balance (10 月 10 日閲覧)

<https://www.thebalance.com/what-is-a-meme-stock-5118074>

cmc markets (2021) “5 booming meme stocks to watch” (10 月 10 日閲覧)

<https://www.cmcmarkets.com/en/trading-guides/meme-stocks>

Rebecca Lake (2021) “What Investors Need to Know About Meme Stocks” Yahoo! Finance (10 月 10 日閲覧)

<https://finance.yahoo.com/news/investors-know-meme-stocks-161322212.html>

Nicholas Rossolillo (2021) “What Are Meme Stocks?” The Motley Fool (10 月 10 日閲覧)

<https://www.fool.com/investing/stock-market/types-of-stocks/meme-stocks/>

Michael O’Mahony (2021) “What is a ‘Meme Stock’?” MyWallSt (10 月 10 日)

<https://mywallst.com/blog/what-is-a-meme-stock/>

Ruth Saldanha (2021) “What is a Meme Stock? Hard to define, but investors should know it when they see it.” MORNINGSTAR (10 月 10 日閲覧)

<https://www.morningstar.ca/ca/news/213048/what-is-a-meme-stock.aspx>

Derek Horstmeyer and Valerie Mayer (2021) “Meme Stocks and Systematic Risk” CFA Institute, Enterprising Investor, Practical analysis for investment professionals (10 月 10 日閲覧)

<https://blogs.cfainstitute.org/investor/2021/08/09/meme-stocks-and-systematic-risk/>

Jenks & Harvey LLP (2021) “Meme stocks and market manipulation” (10 月 10 日閲覧)

<https://www.jenksharveylaw.com/blog/2021/03/meme-stocks-and-market-manipulation/>

Thomas Yeung (2021) “Want to Make \$1 Million? Market Manipulation Is Back (Thanks to Social Media)” Nasdaq (10 月 10 日閲覧)

<https://www.nasdaq.com/articles/want-to-make-%241-million-market-manipulation-is-back-thanks-to-social-media-2021-07-16>

Rick Steves (2021) “AQUIS EXCHANGE WARNS OF HIGH VOLATILITY IN UK AHEAD OF ‘MEME STOCKS’ SCENARIO” FINANCE FEEDS (10 月 10 日閲覧)

<https://financefeeds.com/aquis-exchange-warns-high-volatility-uk-ahead-meme-stock-scenario/>

Chris MacDonald (2021) “Meme stock interviewing: 2 top shares to buy right now” The Motley Fool (10 月 10 日閲覧)

<https://www.fool.co.uk/investing/2021/08/05/meme-stock-investing-2-top-shares-to-buy-right-now/>