

MASを用いた空売りとクラッシュの関係性分析*

Analysis of the Relationship between Short-Selling and Crashes by using MAS

藏本 貴久^{1†} 奥田 洋司² 陳 ユ²
Takahisa Kuramoto¹ Hiroshi Okuda² Yu Chen²

¹ 東京大学大学院工学系研究科

¹ School of Engineering, The University of Tokyo

² 東京大学大学院新領域創成科学研究科

² Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

Abstract: 金融市場が被ってきたクラッシュは、経済に与える影響も非常に大きく、重要な現象である。空売りはクラッシュ発生の引き金になるとも言われているが、その関係性は十分に解明されていない。そこで、本研究では、マイノリティゲームを拡張して空売りを導入したMASモデルを構築し、空売りがクラッシュに与える影響を検証した。

1 序論

金融市場はクラッシュを被ってきたが、従来の理論での分析は難しかった[1]。一方で、クラッシュは影響力が非常に大きく、重要な現象である。この現象の分析に有効な手法として、マルチエージェントシミュレーションによるアプローチが挙げられる。市場参加者をエージェントというコンピュータプログラムでモデル化し、相互作用させた際の創発によってクラッシュを再現し、分析することが可能である。マルチエージェントシミュレーションを用いて金融市場の分析を行った研究は多く報告されており[2, 3, 4]、多くの成果を挙げている。

エージェントシミュレーションを用いた研究の分析対象は多岐にわたるが、空売りに関する研究はとりわけ盛んである[5, 6, 7]。空売りとは、他人から株式を借りて売却を行い、株式が下落した際に買い戻して返却することで利益を得る取引であり、クラッシュを引き起こす要因になるとも言われている。八木ら[7]は、空売り規制のある市場とない市場を人工市場モデルで構築し、空売り規制が株価下落を抑制すること、長期にわたる規制が市場安定化の阻害となることを示した。水田ら[6]は、人工市場を用いて値幅制限、完全空売り規制、アップティックルールの検証を行い、規制がない場合にはオーバーシュートが生じることを示した。さらに、値幅制限がもっとも効率的な市場をもたらす可能

性を示した。大井[5]は、人工市場を用いて価格規制、ネイキッド・ショート・セリングの禁止の有効性について検証を行っている。

本研究では、クラッシュという現象に焦点を当て、特に空売りがクラッシュにどのような影響を及ぼすのかを、マイノリティゲームを拡張したエージェントシミュレーションモデル[1]に空売りを導入することによって分析する。エージェントシミュレーションを用いたクラッシュ分析において、理論的な検証および実際の市場の統計量と比較を行ったうえで、空売りとクラッシュの関係の解明を試みたものは、著者が知っている限り、見当たらない。

2 既存のシミュレーションモデル

本研究では、Friedman[1]の構築したシミュレーションモデルを改良して、空売りがクラッシュに与える影響の分析を行う。本モデルの特徴は、勾配動力学による投資戦略の更新を行う点、均衡解が導出可能である点、行動ファイナンスの適用によってクラッシュを内部で発生させることができる点である。

2.1 ベースモデル：model 0

図1はFriedmanのモデルの概略図である。M人のファンドマネージャーをエージェントとしてモデル化し、その外部に存在するサプライヤーと取引を行わせる。エージェントはレバレッジ、ポートフォリオサイ

*本稿は日本ソフトウェア科学会学会誌「コンピュータソフトウェア」に投稿中の論文(論文番号20)の内容を一部含んでいる

†連絡先：東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻
〒277-8563 千葉県柏市柏の葉5-1-5
E-mail: kuramoto@multi.k.u-tokyo.ac.jp

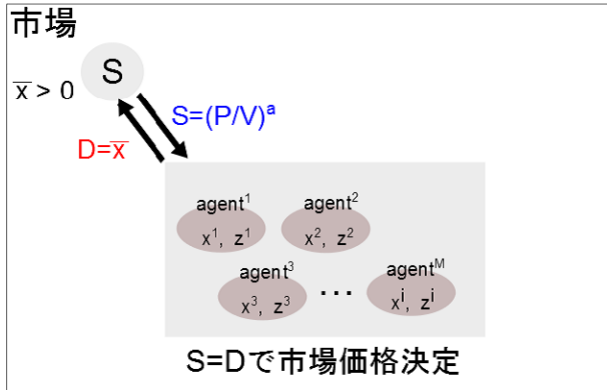


図 1: Friedman のモデルの概略図

ズとしてそれぞれ $x^i \in [0, \infty)$, $z^i \geq 0$ を有しており, x^i の割合で危険資産に, $1-x^i$ の割合で安全資産に投資を行う. また, その平均を需要 $D = \bar{x}$ と定義する. 外部のサプライヤーは, その他の市場参加者や有価証券発行者などをまとめたものであり, 供給は $S = (P/V)^a$ と表される. ここで, P は市場価格, V は理論価格, a は弾性係数である. $S = D$ を解くことによって, 市場価格は $P = V\bar{x}^a$ と求まり, エージェントのリターン

$$R(x^i) = (R_1 - R_0)x^i - \frac{1}{2}c(x^i)^2$$

が求まる. エージェントは $\phi = R(x^i)$ によって定められる利得関数の勾配

$$\phi_{x^i} = R_1 - R_0 + cx^i$$

に従って投資戦略を更新する. R_0 は安全資産からのリターンであり, R_1 は危険資産からのリターン, c はリスクコストの係数である.

2.2 行動ファイナンスの適用 : model 1

model 1 では model 0 に, マネージャーの運, constant-gain learning, 損失嫌悪という 3 つの性質が加わる [1]. マネージャーの運とは, 平均回帰の確率変数に基づいてリターンが変動するという性質である. constant-gain learning は, 直近の損失を一定の割合で学習する性質である. また, 損失嫌悪は, 損失の大きさによってリスクコストが上昇するという性質である. これらを反映し, model 0 と同様にステップを繰り返す.

3 空売りを導入したモデルの構築

本モデルにおける空売りは負のレバレッジに対応する. すなわち, エージェントの投資戦略として, $x^i \in$

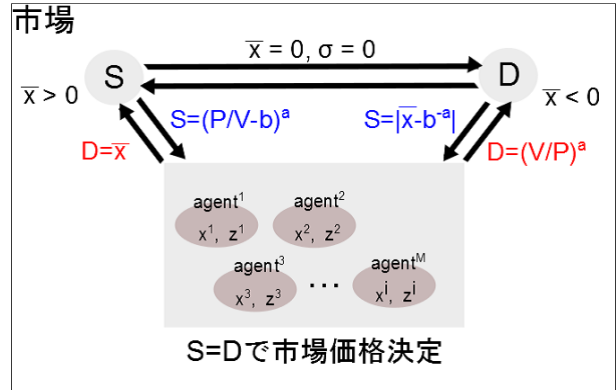


図 2: 拡張されたモデルの概略図

$(-\infty, \infty)$ が選択可能であればよい. それに伴い, 以下の 5 点を考慮する必要がある.

- レバレッジ範囲の変更
- 空売り時の利得
- 勾配動力学による戦略更新
- 価格決定モデル
- 供給曲線の変更

レバレッジ範囲の変更は, 負のレバレッジが選択できるように拡張すればよい. また, 空売り時の利得・勾配動力学による戦略更新については, Friedman[1] のモデルと同等のものを用いても整合性がとれる. 価格決定モデルについては, 元のモデルと対称なモデルを考える. すなわち, $\bar{x} < 0$ の際, 外部のディマンダー $D = (V/P)^a$ をモデル化し, 内部の供給を $S = |\bar{x}|$ とする. しかし, この際のレバレッジによる市場価格の変化は $\bar{x} = 0$ で不連続かつ, $\bar{x} \rightarrow -0$ で $P \rightarrow \infty$ になってしまうため, 現実的ではない. ゆえに, 元のモデルの供給曲線の変更が必要となってくる.

以上のことを考慮したモデルの概略図が図 2 となる. $\bar{x} > 0$ のとき, エージェントはサプライヤーと取引を行い, $\bar{x} < 0$ のとき, エージェントはディマンダーと取引を行う.

本研究では, 均衡解の導出を行い, モデルの挙動を確認している. そのうえで, 空売りが市場の統計量に与える影響, およびクラッシュに与える影響の分析を行っている.

参考文献

- [1] Friedman, D. and Abraham, R.: Bubbles and crashes: Gradient dynamics in financial mar-

kets, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 33, pp. 922–937 (2009)

- [2] Arthur, W. B. and Holland, J. H. and LeBaron, B. and Palmer, R. and Tayler, P.: Asset Pricing Under Endogenous Expectations in an Artificial Stock Market, *The Economy as an Evolving Complex System II*, pp. 15–44, Addison-Wesley, Reading, MA, (1997)
- [3] Chen, S. -H. and Chang, C. -L. and Du, Y. -R.: Agent-Based Economic Models and Econometrics, *Knowledge Engineering Review*, (2009)
- [4] 和泉 潔: 人工市場 市場分析の複雑系アプローチ, 森北出版, (2003)
- [5] 大井 朋子: エージェントシミュレーションを用いた「価格規制」と「ネイキッド・ショート・セリング禁止」の有効性の検証, *FSA Institute Discussion Paper Series*, (2012)
- [6] 水田 孝信, 和泉 潔, 八木 勲, 吉村 忍: 人工市場を用いた値幅制限・空売り規制・アップティックルールの検証, 第9回人工知能学会ファイナンスにおける人工知能応用研究会, (2012)
- [7] 八木 勲, 水田 孝信, 和泉 潔: 人工市場を利用した空売り規制が与える人工市場への影響分析, *人工知能学会論文誌*, Vol. 26, No. 1, pp. 320–327 (2011)