

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 13 日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510209

研究課題名(和文)人工市場に基づいた株式市場の包括的規制検証システムの開発

研究課題名(英文)Development of validation system of market regulations using an artificial market

研究代表者

八木 勲(Yagi, Isao)

神奈川工科大学・情報学部・准教授

研究者番号：10457145

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：市場規制が金融市場に与える本質的な影響を分析する検証システムを、人工市場(計算機上に構築された仮想的な金融市場)シミュレーションシステムの技術を用いて開発した。そして、本システムで検証した市場規制(空売り規制、レバレッジ規制、値幅制限など)の中では、値幅制限が最も市場安定化に効果的であることがわかった。さらに、本システムを、市場規制を組み合わせることでより効果的な市場規制が可能かどうかを調査するシステムへと拡張し、検証を行った。その結果、複数の市場規制を組み合わせるよりも単独の市場規制(値幅制限)の方が市場安定化には有効であることがわかった。

研究成果の概要(英文)：We developed a validation system of financial market regulations based on an artificial market simulation system. We found the following fact using our proposal validation system. A price variation limit was the most effective for the stabilization of the market in major regulations such as a short-selling regulation, a leverage regulation, a price variation limit, and up-tick rule, when a market price plunged. Next, we developed a validation system that was able to check compound market regulations, for example, the regulation combined a short-selling regulation with a price variation limit. We investigated whether some compound market regulations contributed to the market stability or not. As a result, we found any compound regulations did not contribute to the market stability compared to the a price variation limit.

研究分野：知能情報学

キーワード：マルチエージェント 社会シミュレーション 人工市場 ファイナンス 市場規制

### 1. 研究開始当初の背景

米国から端を発したサブプライム問題やリーマンショック等突発的な出来事により金融市場が不安定になるところがある。このような場合、金融当局は市場の安定化を図るため、空売り規制をはじめとするさまざまな市場規制を発動する。しかし、こういった局面でどのような市場規制を選択すべきかは、過去の事例が少ないこともあり、確固たる対処法が確立されているわけではなかった。さらにどの市場規制が有効かを実世界で調査するには、金融市場に与える影響を考えるとあまりにもリスクが高く、容易に実験することは困難である。そのため、金融や政府は、各局面において試行錯誤しながら市場安定化に導いてきた。

学术界においても、これまでの指標データ等を分析し、市場規制の有効性を検証してきたが、相反する結果が得られることも少なくなかった。理由としては、市場規制が安定化に有効かどうかを調査するには、市場が他の外部要因の影響を受けない状態で、分析対象となる規制を発動しなければならないが、現実の市場においては、それは事実上困難であるからである。

### 2. 研究の目的

本研究では、上記 2 つの問題点を克服し、市場規制が市場に与える本質的な影響を調査することを目的としている。すなわち、1) 金融市場が検証対象とする市場規制以外の外部要因の影響を受けない状態で、その規制の検証を行うこと、2) 新しい市場規制発動要領が提案可能かどうかを調査すること、である。

### 3. 研究の方法

上記の目的を達成するために人工市場（計算機上に仮想的に構築した金融市場）シミュレーションシステム技術を利用する。人工市場を用いることで、他の外部要因の影響を受けない市場環境が用意できる。さらに、ミクロレベルでの並列分散的な意思決定（発注）と相互作用（取引）の結果、マクロレベル（市場）において、ミクロレベルでは直接設計されていなかった新しい挙動が創発される様子（価格急騰など）を確認できる。そして、ミクロレベルとマクロレベルの関係を分析することで、従来の実証研究とは異なったアプローチで空売り規制をはじめとする市場規制の本質的な効果を見出し、効果的な規制法が提案可能な市場規制検証システムを開発する。

これらを実現するため、次の 3 つの目標を設定した。

まず、人工市場（特にエージェントの売買ルールに関する部分）と空売り規制モデル（特に空売り規制期間に関する部分）を詳細化し、さらに現実市場がもつ特性に近づくよう精度を上げた空売り規制検証システムを開

発する。そして、より現実に近い環境において、空売り規制が市場に与える影響を再確認し、市場安定化に効果的な空売り規制法を提案することを第 1 の目標とする（図 1 中①空売り規制検証システム）。

次に、空売り規制の分析で得られた知見を参考に、他の主要な市場規制（値幅制限など）を検証可能なシステムを開発する。そして、市場に与える影響を確認し、市場安定化に効果的な規制法を提案することを第 2 の目標とする（図 1 中①～④の各種規制検証システム）。

最後に、上記規制をはじめとする、さまざまな市場規制を自由に組み合わせた統合型市場規制が、市場安定化に有効であるかを検証する包括的規制検証システムを開発する。そして、個々の市場規制では対応できない不安定な市場を安定化する、包括的な市場規制法を提案することが第 3 の目標である（図 1 中⑤包括的市場規制検証システム）。

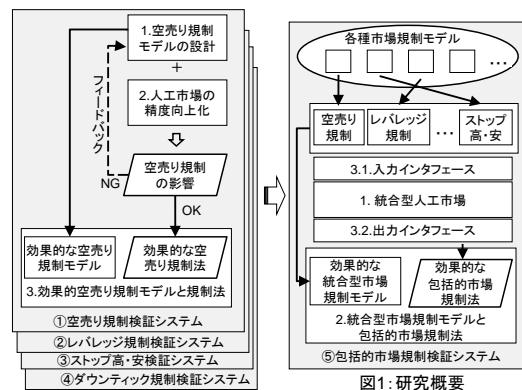


図 1: 研究概要

### 4. 研究成果

本研究で得られた成果は次の通りである。

#### ① 空売り規制検証用人工市場の構築

本研究を開始するにあたり空売り規制検証用人工市場を試作していた。しかし、試作版は非常にシンプルなモデルであったので、人工市場（特にエージェントの売買ルールに関する部分）と空売り規制モデル（特に空売り規制期間に関する部分）を詳細化し、さらに現実市場がもつ特性に近づくよう精度を上げた空売り規制検証システムの開発を試みた。その結果、空売り規制が発動されている市場ではバブルが発生する可能性が、空売り規制のない市場と比較して高いことがわかった。それに伴い、収益率ボラティリティも空売り規制のない市場より高くなることが判明した。

さらに、この実験を行う過程でリバーサル現象（企業不祥事や自然災害の影響でファンダメンタルズ（理論価値）が急激に悪化し、資産価格が暴落した後、急反発すること）についても再現することに成功した。そのときのエージェントの動向から本現象のメカニズムを解明することができた。このメカニズムは以下のとおりである。まず、資産の理論

価格が急落すると、それを基に売買している投資家は、割高となった資産を手放そうと一斉に売却行動を起こす。そうするとこの資産の需給バランスが崩れ（需要<<供給）、理論価格を下回る価格で取引がなされるようになる。すると、資産価値が割安となるため、一転して投資家らは一斉に購入行動を起こし、需給バランスが反転するため（需要>>供給）、理論価格を上回る価格で取引が行われる。このようにリバーサル現象が発生することが本実験にて解明できた。

## ② 各種市場規制検証用人工市場の構築

空売り規制以外の主要な市場規制（レバレッジ規制、値幅制限（ストップ安）とトリガー式アップティック規制）が市場に与える影響を分析した。

まず、レバレッジ規制のモデル化を、空売り規制モデルを参考に試みた。はじめにエージェントの初期保有資産を変更し実験することでレバレッジ規制が市場に与える影響を観察した。その結果、初期保有資産が大きくなればなるほど、収益率ボラティリティは大きくなり暴騰暴落が発生する可能性が高くなった。空売り規制が発動されているときはそれが顕著であった。

次に、より現実的に即したレバレッジ規制モデル（取引の途中でレバレッジ率を変更可能とする）を用いて実験を行った。市場価格が上昇している過程でレバレッジ率に制限がかかると、それまで大きく空売りしていたエージェントの強制決済が発生し、市場価格がさらに急上昇していく、いわゆる踏み上げ相場が発生することが確認できた。図 2.1 は市場価格上昇時にも規制をかけない場合の市場価格価格推移を、図 2.2 は市場価格上昇直後に規制をかけた場合の市場価格推移を表している。

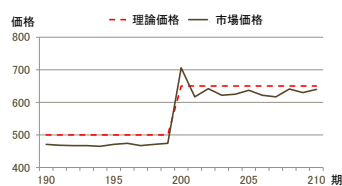


図2.1 価格上昇後も規制なし

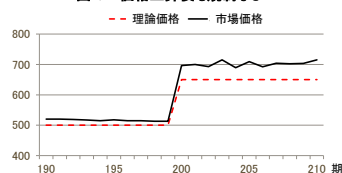


図2.2 価格上昇直後に規制あり

このモデルを検証するためには、信用取引を考慮した人工市場が必要となるので、人工市場モデルそのものも大きく変更を加えることになった。その結果、投資家が保有する資産の含み損益まで算出するため、投資家の各期の正確な純資産が算出できるようになっている。

さらに取引中にエージェントが低価格で注文を誤発注してしまった場合の実験も行

った。このとき誤発注が短期的であっても、市場価格は下降トレンドがしばらく続いた後、ゆっくりと適正価格へ戻ってくるということがわかった。

このような大規模誤発注が行われたとき、値幅制限（ストップ安）および、空売りの価格規制の一種であるトリガー式アップティック規制が市場混乱を抑える効果があるかどうかを分析した。まず、誤発注時の値幅制限の効果を分析したところ、誤発注期間より値幅制限の期間が短いと同じくらいするとき、値幅制限が有効であることが分かった。次に、アップティック規制が誤発注時に与える効果を分析したところ、本ルールは、誤発注期間と同じくらいの期間で解除しないと価格が下げ止まった後、急騰してしまうことが分かった。また、一旦下がった価格がある一定の価格まで持ち直してきたときに解除する方法も価格安定化には有効であることが分かった。

## ③ 包括的規制検証システムの開発

これまで各市場規制を検証するためにシステムを1つずつ構築してきた。しかしこの要領では、複数の市場規制をフレキシブルに組み合わせるなどして新しい市場規制を提案しようとしたとき、毎回はじめからシステムを再構築する必要があり時間的な効率が悪かった。そこで、プラットフォームを1つの人工市場とし、その上に各種市場規制モデルを乗せてフレキシブルな検証ができる包括的規制検証システムの開発を行った。

そしてこのシステムの操作性を検証するために、空売り規制と値幅制限を組み合わせたハイブリッド型の市場規制が資産価格急落後の市場安定化に効果があるかどうかを調査した。市場安定化には値幅制限が最も効果があることがわかっていたので、値幅制限のみによる効果との比較を行った。その結果、ハイブリッド型市場規制は、値幅制限により市場価格の急落は防ぐことができたが、市場価格が急落後の理論価格に収束する前に、空売り規制の影響によって市場価格を急上昇させてしまう可能性があることがわかった。

今回検証したハイブリッド型市場規制が市場に与える効果については芳しくない結果となったが、検証プロセスについては、包括的規制検証システムによって作業の効率化を図ることが可能となった。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計7件）

1. Isao Yagi, Takanobu Mizuta, and Kiyoshi Izumi: “Does the financial contagion happen in the market where the selling of assets on margin is active?,” In Proc. typeII The 2014

- IEE/WIC International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT 2014), 2014, pp.37--38, 査読有.
2. Takanobu Mizuta, Kiyoshi Izumi, Isao Yagi, and Shinobu Yoshimura: "Regulations' Effectiveness for Market Turbulence by Large Erroneous Orders using Multi Agent Simulation," IEEE Computational Intelligence for Financial Engineering and Economics 2014(CIFEr2014), 2014, pp.138--143, 査読有.
  3. 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と最適な制度の設計," 電気学会論文誌論文誌 C, Vol. 133, No.9, 2013, pp.1694--1700, 査読有.
  4. Takanobu Mizuta, Kiyoshi Izumi, Isao Yagi, and Shinobu Yoshimura: "Design of Financial Market Regulations against Large Price Fluctuations using by Artificial Market Simulations," Journal of Mathematical Finance, Scientific Research Publishing, Vol.3, No. 2A, 2013, pp.15--22, 査読有.
  5. 水田 孝信, 八木 勲, 和泉 潔: "現実の価格決定メカニズムを考慮した人工市場の設定評価手法の開発," 人工知能学会論文誌, Vol. 27, No. 6, 2012, pp. 320--327, 査読有.
  6. 八木 勲, 水田 孝信, 和泉 潔: "人工市場を用いた市場暴落後における反発メカニズムの分析," 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 11, 2012, pp. 2388--2398, 査読有.
  7. Isao Yagi, Takanobu Mizuta, and Kiyoshi Izumi: "A study on the Reversal Mechanism for Large Stock Price Declines Using Artificial Market," In Proc. IEEE Computational Intelligence for Financial Engineering and Economics 2012(CIFEr 2012), 2012, pp.227--233, 査読有.

[学会発表] (計 12 件)

1. 内藤 大輔, 八木 勲: "信用取引対応の人工市場を利用した市場規制の検証," 第 77 回情報処理学会全国大会, 2015 年 3 月 19 日, 京都大学 (京都府京都市).
2. 青山 徹, 八木 勲: "酒田罫線予測精度検証システムの開発," 第 77 回情報処理学会全国大会, 2015 年 3 月 19 日, 京都大学 (京都府京都市).
3. 今井 亮介, 八木 勲: "投資家の嗜好を考慮した関連銘柄表示システムの開発," 第 77 回情報処理学会全国大会, 2015 年 3 月 19 日, 京都大学 (京都府京

都市).

4. 八木 勲, 水田 孝信, 和泉 潔: "空売りが活発な市場における金融ショック伝播分析," 第 13 回金融情報学研究会, 2014 年 10 月 11 日, 東京大学 (東京都文京区).
5. 内藤 大輔, 八木 勲: "信用取引を考慮した人工市場の構築," 第 76 回情報処理学会全国大会, 2014 年 3 月 12 日, 東京電機大学 (東京都).
6. 水田 孝信, 和泉 潔, 八木 勲, 吉村 忍: "人工市場を用いた大規模誤発注による市場混乱を防ぐ制度・規制の検証 ~ トリガー式アップティック・ルールを中心に ~," 第 11 回金融情報学研究会, 2013 年 10 月 12 日, 東京大学 (東京都文京区).
7. 水田 孝信, 和泉 潔, 八木 勲, 吉村 忍: "人工市場を用いた大規模誤発注が価格変動に与える影響の分析," 第 27 回人工知能学会全国大会, 2013 年 6 月 7 日, 富山国際会議場 (富山県富山市).
8. 八木 勲, 杉田 駿: "株式市場における委託保証金率変更による影響の一考察," 第 10 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, 2013 年 3 月 19 日, 東京証券取引所東証ホール (東京都中央区).
9. 杉田 駿, 八木 勲: "人工市場を用いた株式市場における委託保証金の増減による影響分析," 第 75 回情報処理学会全国大会, 2013 年 3 月 8 日, 東北大学 (宮城県仙台市).
10. 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 38 回日本金融・証券計量・工学学会 (JAFEE) 冬季大会, 2013 年 1 月 25 日, 筑波大学東京キャンパス (東京都文京区).
11. 水田 孝信, 和泉 潔, 八木 勲, 吉村 忍: "金融危機を誘発する学習過程を実装した人工市場における値幅制限と空売り規制の分析," 行動経済学会第 6 回大会, 2012 年 12 月 8 日, 青山学院大学 (東京都渋谷区).
12. 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 年 11 月 17 日, 慶應義塾大学日吉キャンパス (神奈川県横浜市). 2012 年度人工知能学会研究会優秀賞受賞

6. 研究組織

(1) 研究代表者

八木 勲 (YAGI ISAO)

神奈川工科大学・情報学部・准教授

研究者番号: 10457145