

サーキットブレーカー制度の有効性とその限界 ～人工市場シミュレーションによる検討～

小林 重人[†] 橋本 敬[†]

本研究では、株式市場の緊急取引停止措置であるサーキットブレーカーを導入した人工市場シミュレーションによって、サーキットブレーカーの発動期間を変えたときの市場の振る舞い、および、サーキットブレーカーの有効性について考察を行った。実験結果から、サーキットブレーカーが約定数量の減少との引き換えに価格変動の抑制、市場決済システムの安定化のために重要な役割を果たすことが示唆され、さらにサーキットブレーカーの発動期間の変化がサーキットブレーカーの設計において重要なパラメータであることも示された。本研究では現実には観察しにくい事象に対して制度的考察を行っており、有効なサーキットブレーカーの発動期間を定量的に示す可能性を大いに含んでいる。

Benefits and Limits of Circuit Breakers ～Computational Study using Artificial Stock Market～

SHIGETO KOBAYASHI[†] and TAKASHI HASHIMOTO[†]

In various stock markets, there is a system called 'circuit breakers' that interrupt dealing of stocks for a certain period when stock price changes greatly. The purpose to introduce this system is to directly control rapid changes of stock prices and to evade a confusion of the market. However, extremely large-scale change on a stock price that invokes the circuit breakers is so rare that empirical research on the circuit breakers has not been possible and efficiency of the system has not been confirmed. In this paper, we consider the influence of the circuit breakers on a stock market using an Agent-Based Simulations "U-Mart", by operating the period of interruption and the criterion to invoke the circuit breakers. From experimental result, we found the followings: circuit breakers play an important role for the control of price fluctuations and the stabilization of the settlement system, while the circuit breakers reduce the stock trading volume. We also suggest that the period of interruption is an important parameter in an institutional design of the circuit breakers, since the stock trading volume and the volatility are sensitive to the period.

1. はじめに

今日、金融市場を介する貨幣経済が実体経済を大きく超えて益々肥大化してきている。外国為替市場を例にすると、世界全体で1日平均1兆8800億ドル¹⁾、年間で約470兆ドルの取引がなされているが、年間の貿易取引額は8兆5380億ドル²⁾と、実体経済のおよそ55倍もの取引が行われている。こうしたことから、金融市場における価格の急激な変動は、金融市場のみならず、経済や景気全体へ悪影響を及ぼす可能性を大いに含んでいるといえる。金融市場における制度の多くは、そうした大きな価格変動や取引に伴う不確実性を事前に抑制することで、市場の安定化を図るもので

ある。また、急激な価格変動は市場流動性の低下を招き、スムーズな取引を阻害する場合がある。

急激な株価変動によるリスクを回避するために創られた市場制度のひとつにサーキットブレーカーがある。サーキットブレーカーとは、広くは「株価が大きく変動した時に発動される何らかの措置」のことであるが、本稿では、大きな価格変動が発生した際に取引を一定期間停止させる措置をサーキットブレーカーとして扱う。

サーキットブレーカーは、1987年10月19日に発生したブラックマンデーを調査したブレイディ委員会の報告書³⁾のなかで提唱され、その後、アメリカのみならず、ブラジル、インド、イスラエルなど世界各国の証券取引所に導入された。ブレイディ報告による

[†] 北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科
School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

例えば、ニューヨーク証券取引所では、ダウ工業株平均の前日の

と、サーキットブレーカーが導入された意図は、主に株価の急激な変動を直接抑制して市場の混乱を回避すること、および、市場参加者に意思決定の時間的猶予を与えて冷静な判断を促すことの2つである。

このようなメリットを持つサーキットブレーカーに対する評価は、古くから取引対象や取引時間などについて厳密なルールを取り決めてきた証券取引所や市場参加者、研究者の一部からある程度なされているものの、サーキットブレーカーの導入によって株価の暴落が回避された、もしくは、サーキットブレーカーの発動によって、その後の価格発見メカニズムがスムーズに働いたという実証研究はあまり多く見られない⁴⁾。

逆に研究者の多くは、市場参加者がリスクを覚悟して取引に臨む以上、取引を妨げるような措置の必要はなく、人為的に市場を停止させることは自由経済を阻害すると主張し、サーキットブレーカーの実効性に懐疑的な立場をとっている。この理由として、サーキットブレーカーが導入されたのが1987年のブラックマンデー以降であり、サーキットブレーカーの発動要因となる相場の大規模変動が極端に少ないことから、統計的なデータが十分に確保できていないことが挙げられる。

Greenwald and Stein⁵⁾ は、サーキットブレーカー制度の擁護者として知られている。しかし、市場参加者の合理的な行動の帰結として、市場価格が急落しているにも関わらず、それをあえて人為的に取引停止させる必要があるのかについては慎重に議論をしなくてはならないと述べている。さらに、取引の一時中断による市場参加者の不確実性の増大により、逆に市場の安定性を妨げる可能性があることを指摘している。また、緊急取引停止とは異なる取引制限措置である価格制限に関して、Kyle⁶⁾ や Fama⁷⁾ は、価格制限を設けると、価格形成に関して不確実性が生まれ、実質的に価格変動が増大し、それゆえ価格制限が大きなボラティリティを引き起こすと述べている。

こうした状況を踏まえ、本稿では株式市場の一時的な取引停止措置である「サーキットブレーカーの発動期間」と「発動後の市場の振る舞い」とがどのような関係を持っているのかを考察し、市場安定化に寄与させるべきサーキットブレーカーの制度設計を分析することを目的とする。

2. 研究手法

市場の安定性に寄与する制度設計が必要であることは認識されていながらも、実際の株式市場を使った大規模な経済実験ができるわけではなく、確実に有効性が発揮できる制度の設計や導入は困難である。そこで、本稿では U-Mart⁸⁾ と呼ばれる人工市場シミュレータを用いてサーキットブレーカーの有効性を考察した。

U-Mart は株価指数を取引する仮想先物市場であり、価格決定には注文受付時間に集まった入札をまとめてマッチングさせる「板寄せ」方式を採用している。また、現物指標として現実の価格データを用いることができるという特徴を有している。すなわち、現物価格がどのように変化していくかという期待についての判断と売買の決断が、U-Mart で独自に形成される先物価格へと反映するような仕組みとなっている。こうした方法を取ることで、現実の市場とのつながりがある程度持つ仮想市場となっている。

しかし、現状の U-Mart では値幅制限や取引停止といった広義のサーキットブレーカーが何ひとつ整備されていない。従って、我々は日経 225 先物を取り扱っている大阪証券取引所の制度を参考にして U-Mart を改良することでサーキットブレーカー制度の整備を行った。

3. サーキットブレーカーの発動基準

大阪証券取引所で採用されているサーキットブレーカーの発動基準は、先物価格が、決められた変動幅を超えて上昇（または下落）し、かつ理論価格を決められた乖離幅を超えて上回っている（又は下回っている）かどうかによってサーキットブレーカーの発動が決まる形式である。ここでいう理論価格とは、現物価格を基準に求められる先物取引における理論上の価格のことを指す。

本稿では、2001年10月に定められた表1の大阪証券取引所の旧基準を基にして、発動基準の価格変動幅 P_c の値を決めている。基準値段とは前日の先物価格の終値を指し、基準値段がいくらであるかによってサーキットブレーカーの発動基準である変動幅と乖離幅が決められる。変動幅は基準値段（前日の先物価格

板寄せ方式は、東京証券取引所の前場と後場の「寄りつき」と「引け」で行われている。

本稿における理論価格は以下の式で求める。

・理論価格＝前回板寄せの現物価格＋理論ベース

・理論ベース＝前日の先物価格の終値 × {(短期金利 - 配当利回り) × 残存日数 ÷ 365}

終値からの下落率（ポイント）と下落が発生した時間によって、取引を停止させる期間を取り決めている。

の終値)から現在の先物価格がとれほど動いたかを示す値で、乖離幅は現在の先物価格が理論価格からどれくらい乖離しているかを示す値である。この2つの値が表1で定められた基準幅を同時に超えて上昇(または下落)した場合に、取引停止措置であるサーキットブレーカーが発動される。

表1 大阪証券取引所のサーキットブレーカーの発動基準(旧基準)

基準値段	変動幅	乖離幅
20,000 円未満	700 円	200 円
20,000 円以上 30,000 円未満	1,000 円	300 円
30,000 円以上 40,000 円未満	1,300 円	400 円
40,000 円以上	1,600 円	500 円

4. シミュレーションの概要

本章では、前章で述べたサーキットブレーカーの発動基準を実装した U-Mart シミュレータを用い、取引を停止する期間の長さ(停止する板寄せの回数)を主要なパラメータとして、サーキットブレーカーが市場に及ぼす影響を、シミュレーションを用いて分析する。

本研究における具体的なパラメータ設定は、次の通りである。今回のシミュレーションで現物に採用する日経平均株価の時系列がすべて 20,000 円未満なので、発動基準の価格変動幅を $P_c=700$ 円と固定し、サーキットブレーカーの発動期間を $T_s=0$ (サーキットブレーカーなし)、1, 2, 3, 4 と変えてシミュレーションを行った。

シミュレーションで使用するマシンエージェントは、U-Mart Version2.0 にデフォルトでセットされているものを利用した。マシンエージェントは、「裁定取引」「トレンド」「アンチトレンド」「現物移動平均」「先物移動平均」「デイトレード」「現物相対力指数(RSI)」「先物相対力指数(RSI)」の8つの戦略(標準エージェントセット)と U-Mart マシンエージェントコンテストに参加した8つの戦略(コンテストエージェントセット)の比を 3:2 とし、「現物ランダム」と「先物ランダム」の戦略を持つエージェントの比を 1:1 とし、全体で計 200 体となるようにエージェントを用意した。豊富な戦略を持つエージェントを多数用意することで、市場に求められるアルゴリズムの十分な多様性(市場の厚み)を確保することを意図している。

また、エージェントの組み合わせ比率による市場の

振る舞いを調べるために市場に占めるランダムエージェントの比率を変化させて実験を行っている。

ランダムエージェントとは、直近の現物価格または先物価格の周りでランダムに注文を出すエージェントである。植木ら⁹⁾は、ランダムエージェントが市場に流動性を与える一種のマーケットメーカーの役割を果たす極めて重要なエージェントである可能性を指摘している。

塩澤ら¹⁰⁾の研究報告において、小山はランダムエージェントを流動性の提供者と考えてエージェント間のポジションの偏在を定義し、ヒューマンエージェントによる実験からポジションの偏在が強いときよりも、それが解消されるときに市場の不安定性が発生することを明らかにしている。これらのことから、市場制度の効率性を考える際には、恒常的に取引が成立する市場だけを想定するのではなく、市場の流動性が十分に確保されている状況からそうではない状況まで幅広く考察する必要があるだろう。

そこで、本研究ではエージェント全体に占めるランダムエージェントの割合(RA)を、それぞれ RA=0%, 5%, 10%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% にセットして各 100 試行実験を行った。

U-Mart システムに与える現物指標として、下降トレンドを示す日経平均株価(2000年4月17日~2000年10月10日)の日次データを用い、市場が下降トレンドにある場合に、サーキットブレーカーの停止期間の違いによる市場の安定性の分析を行った。ただ、下降トレンドであっても、相場が振動する局面が数多く現れる指標を採用したので、価格の急騰に対してもサーキットブレーカーが発動することを確認している。

その他の設定は次の通りである。

- 取引日数は 15 日、板寄せは 1 日 8 回
- サーキットブレーカーの発動期間は板寄せの回数で区切る
- 先物の理論価格を決定するための短期金利は、採用した現物指標当時の CD3ヶ月物、利回りも現物指標当時の日経平均の平均期待利回りを使用

解析は、市場の流動性に注目して行う。市場の流動性とは市場が株価変動を生じずにどれだけ大きな注文を約定させられるかという概念で、大きな注文を執行できるほど市場の流動性が高いと言われる¹¹⁾。つまり、サーキットブレーカーの発動後にスムーズな価格発見が実現されるためには、市場の流動性の確保が必

本実験を行う前に、予備実験として同様のエージェント比率で全体が 50 体、100 体でシミュレーションを行い、分析に不可欠である約定率、注文数量、約定数量、ボラティリティの各指標の定性的傾向が異なることを確認している。

取引停止期間は板寄せの回数で区切っているため、サーキットブレーカーの発動期間が 4 期間の場合は市場が半日止まっていると考えることができる。

要になってくる。仮にサーキットブレイカーの発動によって株価の急落が回避され、その後の株価変動が減じられたとしても、約定数量が小さくなっては意味がないと言える。

そこで本研究では、

- (1) 約定数量（売買高）
- (2) ヒストリカル・ボラティリティ

の2つを中心に解析を行うことにする。なお、以後の全ての実験結果は、100 試行の平均である。以下に示す図中の横軸に表れる step は板寄せの回数を示しており、step 数が増えるごとに日数が経過する。

5. サーキットブレイカーの発動期間を変えた場合のシミュレーション

5.1 約定数量

市場の流動性を測る指標としてまず総約定数量の変化を図1に示す。総約定数量は、取引期間中に約定された取引高の総計のことを指す。図中に示されている数量は各条件における 100 試行の平均値である。

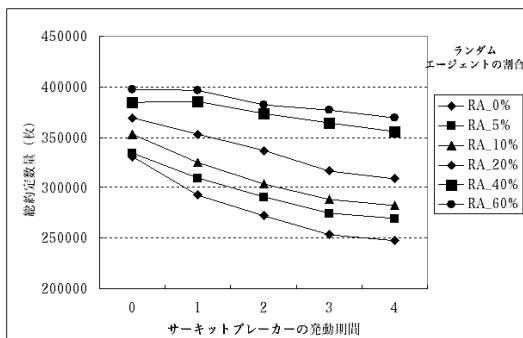


図1 サーキットブレイカーの発動期間に対する総約定数量の変化

まずサーキットブレイカーの発動期間による総約定数量の変化に注目すると、総約定数量はランダムエージェントの割合にかかわらず、サーキットブレイカーの発動期間が増えるごとに下落する傾向にあることがわかる。これは単純にサーキットブレイカーの発動によって取引機会が喪失された結果であると考えられる。

ランダムエージェントの割合別の総約定数量の変化では、ランダムエージェントの割合が大きくなるにつれて増加する傾向にある。これは、大きな価格変動によって需給が片方に傾いてもランダムエージェントがそれを拾うからであると推測される。特に現物ランダム戦略は、現物価格と先物価格の乖離が大きい場面であっても先物価格に関係なく現物価格の周りでランダムに売り買いの注文を出し続けるので、市場における価格

形成機能に大きく寄与していると考えられる。

総約定数量は、サーキットブレイカーの発動期間の増加に伴って減少することを示したが、注文に対する執行はいかに変化するのであろうか。それは約定率をもって示すことができる。約定率とは注文量に対して約定された量の割合である。約定率の発動期間に対する違いを図2に示した。図2からは、ランダムエージェントの割合が大きくなるにつれて、約定率も大きくなっていることがわかる。しかし、ランダムエージェントの割合の条件別に見てみると、サーキットブレイカーの発動期間によって約定率が大きく異なることはなく、ランダムエージェントの割合が同じグループ間での分散分析においても有意な差は得られなかった。

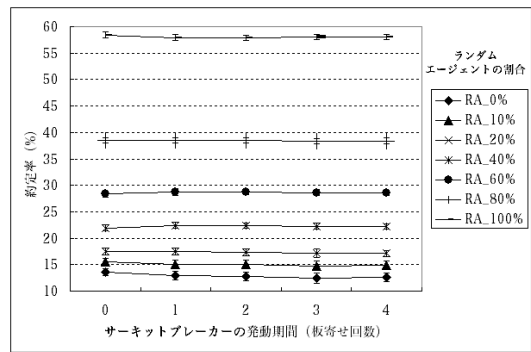


図2 サーキットブレイカーの発動期間に対する約定率の変化: エラーバーは標準偏差

約定率がサーキットブレイカーの発動期間に影響されないことの原因を調べるために、次にサーキットブレイカーの発動期間に対する総注文数量の変化を図3に示す。総注文数量は、取引期間中にエージェントから注文された総量のことを指し、図中に示されている数量は各条件における 100 試行の平均値である。

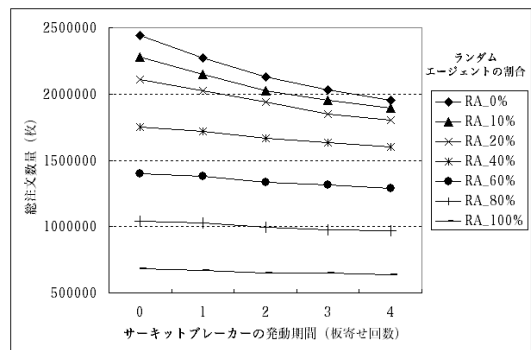


図3 サーキットブレイカーの発動期間に対する総注文数量の変化

表 2 価格のヒストリカルボラティリティにおけるクラスカル・ワリス検定の有意確率 ($T_s = 0 - 2$) とマン・ホイットニーの U 検定の有意確率 ($T_s = 0, 1$ $T_s = 0, 2$ $T_s = 0, 3$)

RA	$T_s = 0 - 2$	$T_s = 0, 1$	$T_s = 0, 2$	$T_s = 0, 3$
0%	0.401	0.678	0.221	0.025
5%	0.034	0.676	0.169	0.010
10%	0.106	0.041	0.001	0.00
20%	0.00	0.940	0.003	0.002
40%	0.01	0.00	0.00	0.00

図 3 をみると、総約定数量とは逆に総注文数量はランダムエージェントの割合が大きくなるにつれて少なくなっていることがわかる。これは、価格変動が多いので、価格トレンドを見つけたエージェントや疑似裁定をもくろむテクニカルエージェントの取引機会が多いと、ランダムエージェントは価格変動に関係なく取引しないという選択肢があるのが効いているものと推測される。この 2 つのことから、約定量はサーキットブレーカーの発動期間が延びるに従って減少するものであり、取引停止による市場の流動性の低下は、サーキットブレーカーの発動時間をなるべく抑えることでしか防ぐことはできないと考えられる。

5.2 ボラティリティ

サーキットブレーカーを擁護する根拠の中で最も主張される論点は、取引停止措置が価格の変動性を低めるというものである。これはブレイディ報告³⁾でも期待されている点であり、サーキットブレーカーの実証研究で語られているのも大部分はこの点である。一般に、こうした市場における価格の変動性を測る指標としてボラティリティが用いられる。ボラティリティは株価がどの程度変動するかを表したものであり、本稿では以下の式によりヒストリカル・ボラティリティ (v_x) を定義する。

$$v_x = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - m_x)^2} \quad (1)$$

$$x_i = \log S_i - \log S'_i \quad (i = 1, \dots, N) \quad (2)$$

$$m_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_t \quad (3)$$

ここで、 S_i は今回の株価、 S'_i は前回の株価、 N を取引期間におけるサンプル数とする。式 (2) で求められた x_i は株価対数変化率であり、式 (3) で求められた m_x は株価対数変化率の標本平均である。式 (1) から分かる通り、ヒストリカル・ボラティリティは、前回価格からの変動の標準偏差であり、急激な暴騰暴落の程度を示す指標である。

サーキットブレーカーの発動期間に対するヒストリ

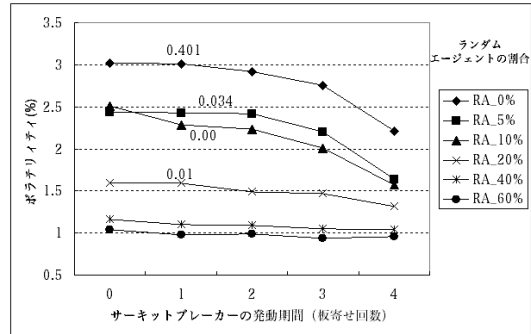


図 4 サーキットブレーカーの発動期間に対するヒストリカルボラティリティの変化: 図中の数字はサーキットブレーカーの発動期間 1, 2, 3 ($T_s = 1, 2, 3$) の価格のヒストリカル・ボラティリティ間におけるクラスカル・ワリス検定後の有意確率

カル・ボラティリティの変化を (図 4) に示した。図 4 から、全体的にサーキットブレーカーの発動期間が増えるに従ってヒストリカル・ボラティリティが下落する傾向にあるが、ランダムエージェントの割合が大きいものほど減少幅は小さくなっていくことがわかる。これは、前節の総約定数量に関する分析でも結論付けた通り、ランダムエージェントが市場に十分な流動性を与えていることで価格変動そのものが起こりにくくなっている結果である。逆に、価格変動が大きいランダムエージェントの割合が少ないものでは、サーキットブレーカーの発動がヒストリカル・ボラティリティの減少に大きく寄与していることがわかる。

これを確認するために、0 期間 ($T_s = 0$) から 2 期間 ($T_s = 2$) のヒストリカル・ボラティリティ間に有意な差があるかどうかをクラスカル・ワリス検定により確認した (有意水準 5%)。図 4 と表 2 に書かれている数字は検定後の有意確率を示したものである。その結果、ランダムエージェント 0% の場合を除いたすべての条件において、3 群間内の有意差が認められなかった。また、サーキットブレーカーのない 0 期間 ($T_s = 0$) との 2 標本検定でどの期間において有意差が認められるかをマン・ホイットニーの U 検定で調べたところ、RA=0% と RA=5% の場合は 3 期間、RA=5%、20% の場合は 2 期間、それ以外の場合では 1 期間で、有意差が認められた。

価格変動が大きいランダムエージェント 0% の組み合わせでも、発動期間を十分に長くしないとヒストリカル・ボラティリティが減少しないことから、短期的な変動を抑えるためにはサーキットブレーカーの発動期間をどのように設定するかが重要となってくる。

5.3 エージェントの破産と最終利益

ブルーリボン報告¹¹⁾でも言及されているように、

サーキットブレーカーのメリットとして、注文プロセスにおけるボトルネックを防ぐという効果が挙げられる。専門のトレーダーならいざ知らず、ほとんどの個人投資家にとって市場の変動を常にモニタリングすることには困難が伴う。サーキットブレーカーは、そうした常時モニタリングできない個人投資家にも市場の変化に追いつけるように時間を与え、投資家保護を図っている。しかし、この観点からサーキットブレーカーの有効性を検証しようとしても、本市場モデルではすべてのエージェントが等しい取引機会を持つことを前提としているので、有益な議論ができる可能性が極めて低い。

そこで、本研究では、注文プロセスの中でも特に決済システムに焦点を当ててサーキットブレーカーの有効性を考えることにする。

先物市場では、保有するポジションについて日々値洗いという方法で評価替えを行っている。値洗いによって、市場価格の変動に際しても確実に決済の履行を行うことができるが、変動の大きさに応じては、負担できないほどの追加証拠金を求められることがある。追加証拠金を支払うことができない投資家が大量に発生すると、値洗いを前提とした決済システムが破綻する恐れがある。こうした観点からみると、取引所が提供する決済システムは社会の公共財として見ることでできる公共性を持っているので、決済システムの安定性保持は社会システム上、必要不可欠であるといえる。投資家個人の保護だけで議論を進めると、必ず投資家のモラルハザードの問題が生まれるが、サーキットブレーカーのようなセーフティーネットの提供をあくまで決済システムの安定性を図るものと考えるとき、市場に発生する大量の破産者の存在は見逃すことができない。

これらのことから、本研究では市場取引によって破産したエージェントを決済システムの安定性を妨げる要因と捉え、サーキットブレーカーの発動とどのような関係にあるかを調べることにする。

図5は、サーキットブレーカーの発動期間に対する破産エージェント数の変化である。ランダムエージェントの割合に関わらず、サーキットブレーカーが発動したときには破産するエージェントの数が大きく減少したことがわかる。サーキットブレーカーが発動しない場合 ($T_s = 0$) とする場合 ($T_s = 1, 2, 3, 4$) における、破産エージェント数の2標本間のマン・ホイットニーのU検定を有意水準5%で行ったところ、すべてのケースで有意差が認められた。

サーキットブレーカーが発動しない0期間では全

体の約5%のエージェントが破産したが、サーキットブレーカーが発動した1期間では破産者の割合が約2%から0.5%に落ち込んだ。これは価格の乱高下によって損失を被ったエージェントの値洗いによる破産を、サーキットブレーカーが未然に防止した可能性がある。サーキットブレーカーの発動によって急激な騰落による投資家の破産が防がれたこと示す重要な証拠である。

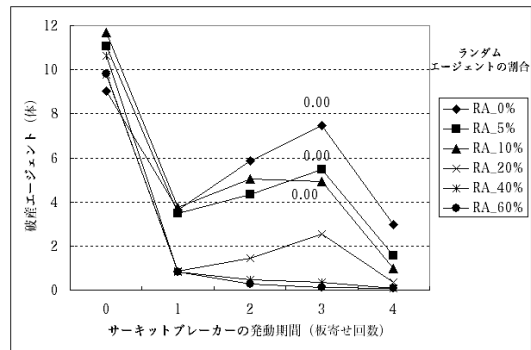


図5 サーキットブレーカーの発動期間に対する破産エージェント数の変化

6. 現物価格に変動を与えた場合のシミュレーション

前節までのシミュレーションでは、日経平均株価の日次データを現物指標として先物市場におけるサーキットブレーカーの発動と市場の振る舞いとの関係を分析してきた。その結果、サーキットブレーカーは市場の流動性を低下させるが、価格変動が大きな市場ではボラティリティの減少に効果的な役割を果たすことがわかった。

そこで本節では、さらなる価格変動に対してサーキットブレーカーがどのような振る舞いをするのかを調べることにする。具体的には、これまで採用してきた日経平均株価(2000年4月17日~2000年10月10日)の現物指標を図6のように1%, 3%, 5%それぞれ上下方向に価格を引き伸ばし、ランダムエージェントの割合を20%に設定してシミュレーションを行った。

6.1 総約定数量

図7は、現物指標に変動を与えた場合のサーキットブレーカーの発動期間に対する総約定数量と取引停止期間の変化である。図中の棒グラフからは、現物指標の変動率が大きいものほど、概ね取引停止期間が長くなっていることわかる。サーキットブレーカーの発動期間と取引停止期間との関係は、ほぼ正比例の関係に

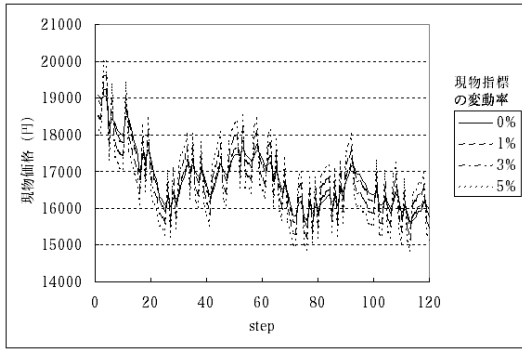


図 6 変動を与えた現物指標の時系列

なっており、これは前節のシミュレーションとまったく同じ結果である。併せて、サーキットブレーカーの発動期間が増える毎に約定数量は減少傾向にあり（図 7 の折れ線グラフ）、これも前節で行ったシミュレーション結果と同じである。この 2 つの結果から、価格変動が大きくなった場合、サーキットブレーカーは、約定数量を減少させる効果しか持たないことがわかる。また、図 7 の現物指標の変動率 3% と 5% における約定数量の比較から、必ずしも価格変動が大きくなればなるほど約定数量が減少するわけではないことがわかる。

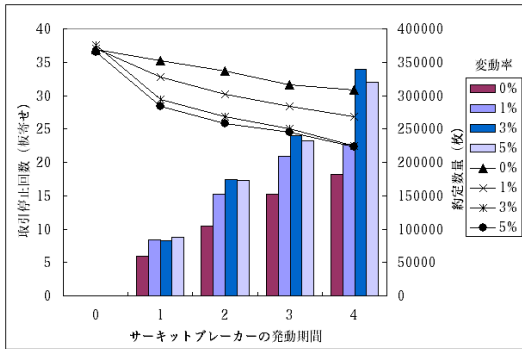


図 7 現物指標に変動を与えた場合のサーキットブレーカーの発動期間に対する総約定数量（折れ線グラフ）と取引停止回数（棒グラフ）の変化：横軸はサーキットブレーカーの発動期間、左縦軸は取引停止回数、右縦軸は約定数量

6.2 ボラティリティ

次に現物指標に変動を与えた場合の先物価格の標準偏差とヒストリカル・ボラティリティの変化をそれぞれ図 8 と図 9 に示す。

図 8 を見ると、現物指標に変動を与えた場合の $T_s = 0 - 2$ における価格の標準偏差間に差がないように思われる。これを確認するために、0 期間 ($T_s = 0$) から 2 期間 ($T_s = 2$) の価格の標準偏差間に有意な差が

表 3 現物指標に変動を与えた場合の $T_s = 0 - 3$ の価格の標準偏差間におけるクラスカル・ワリス検定後の有意確率

現物指標の変動率	$T_s = 0 - 3$
1%	0.552
3%	0.051
5%	0.279

あるかどうかをクラスカル・ワリス検定により確認した（有意水準 5%）。図 8 と表 3 に書かれている数字は検定後の有意確率を示したものである。その結果、現物指標に変動を与えたすべての条件において、3 群間内の有意差が認められなかった。このことから、現物指標の変動が大きい場合には、短いサーキットブレーカーの発動期間 ($T_s = 1, 2$) では価格全体の標準偏差が減じられず、長いサーキットブレーカーの発動期間 ($T_s = 3, 4$) によって先物価格の標準偏差が減少されることがわかった。これは、採用する現物指標の価格変動が大きいので、短期間の取引停止措置では、またすぐに大規模な変動が起ってしまうことの表れと言える。

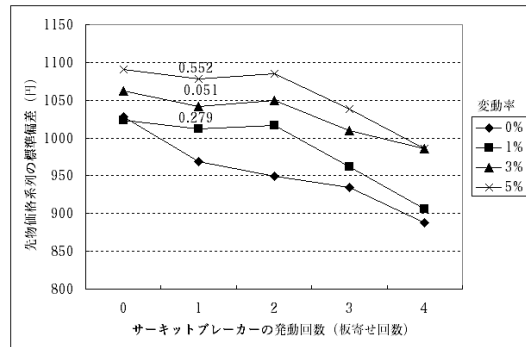


図 8 現物指標に変動を与えた場合のサーキットブレーカーの発動期間に対する先物価格の標準偏差の変化

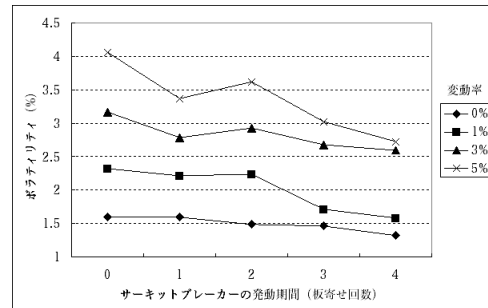


図 9 現物指標に変動を与えた場合のサーキットブレーカーの発動期間に対するヒストリカル・ボラティリティの推移

逆に、ヒストリカル・ボラティリティについて(図9)、現物指標の変動率が5%の場合をみると、サーキットブレーカーの発動期間が1期間($T_s = 1$)であってもボラティリティの抑制に大きな効果を挙げていることがわかる。これを裏付けるために、現物指標に変動を与えたサーキットブレーカーの発動期間がない0期間と1期間おけるヒストリカル・ボラティリティの2標本間のマン・ホイットニーのU検定を有意水準5%で行ったところ、すべてのケースで有意差が認められた。

現物指標に人為的に変動を与えていることから、一回の板寄せで変動する価格が前節のシミュレーションよりも大きくなるので、取引停止措置がクリティカルに効いてくるものと思われる。しかし、現物指標の変動率が小さくなるに従って、ボラティリティの減少幅は小さくなるが、どの変動率でみても、4期間では大幅にボラティリティの減少に寄与していると言える。

ボラティリティの変化の結果から、大規模な価格変動が断続的に起こる際には、価格全体の変動の抑制と、急激な価格差を生み出さないためにサーキットブレーカーを長期的に発動させる必要があると思われる。

7. 結 論

本稿では、市場の取引停止措置をサーキットブレーカーと定義し、サーキットブレーカーと市場の振る舞いの関係について論じた。そのために、株価指数先物市場モデルである「U-Mart」に、先物価格が、決められた変動幅を超えて上昇(または下落)し、かつ理論価格を決められた乖離幅を超えて上回っている(又は下回っている)かどうかによって市場での取引を停止させるタイプのサーキットブレーカーを導入した。

サーキットブレーカーを導入した人工市場シミュレーションを用いた実験では、サーキットブレーカーが価格変動を抑えるという面で、効果的な役割を果たすことが示唆された。また、サーキットブレーカーの発動期間を変化させた実験から、ボラティリティの減少には長期間の発動が最も有効であり、価格変動が大きければ大きいほど、その効果もよく現れることが示された。さらに、サーキットブレーカーの発動によって破産するエージェント数が激減したことから、サーキットブレーカーが価格の乱高下によって損失を被ったエージェントの値洗いによる破産を未然に防止した可能性があることが示唆された。このことからサーキットブレーカーは、市場の決済システムの安定化にも寄与すると考えられる。しかし、約定数量に関しては、いかなる局面でもサーキットブレーカーの発動期間が延び

るごとに減少する傾向が見られ、流動性の確保には寄与しないことが示された。

以上の議論に基づいて、本研究では、サーキットブレーカーが、約定数量の減少との引き換えに価格変動の抑制、市場の決済システムの安定化のために重要な役割を果たしていると結論付ける。また、サーキットブレーカーの発動期間の変化が約定数量とボラティリティの変化量に直接効いてくることから、サーキットブレーカーの発動期間は、サーキットブレーカーの設計において重要なパラメータであると考えられる。

参 考 文 献

- 1) BIS: Triennial Central Bank Survey Foreign exchange and derivatives market activity in 2004, Technical report (2005).
- 2) 藤田昌久, 朽木昭文編: 空間経済学から見たアジア地域統合, 技術報告, 日本貿易振興機構 (JETRO) 東アジア経済研究所 (2005).
- 3) Brady Commission Presidential Task Force: Report of the Presidential Task Force on Market Mechanisms Brady Commission Presidential Task Force on Market Mechanisms (1988).
- 4) 清水季子, 村永 淳: 取引停止措置が市場機能に及ぼす影響, *IMES Discussion Paper Series*, Vol.99-J-1 (1999).
- 5) Greenwald, B. and Stein, J.: The Task Force Report: The Reasoning Behind the Recommendations, *Journal of Economic Perspectives*, Vol.2, No.3, pp.3-23 (1988).
- 6) Kyle, A.S.: Trading Halts and Price Limits, *Review of Futures Markets*, Vol.7, No.3, pp.426-434 (1988).
- 7) Fama, E.F.: Perspectives on October 1987, or, What Did We Learn from the Crash?, Technical Report 232, Center for Research in Security Prices Working paper series, Chicago (1988).
- 8) 喜多 一: U-Mart 入門 (2000). U-Mart 2000 エージェント開発キット添付資料.
- 9) 植木潤吾, 森 直樹, 甲斐啓仁, 深瀬真澄, 佐藤 浩, 後藤 岳, 上田智巳, 桑井淳子, 中島義裕: U-Mart によるシミュレーション研究, 進化経済学論集, Vol.6, pp.323-329 (2002).
- 10) 塩沢由典, 村上晴美, 橋本文彦, 中島義裕, 谷口和久, 小野 功, 佐藤 浩, 森 直樹, 喜多一, 小山友介: 仮想先物市場 (U-Mart システム) を用いた経済システムの制度創発に関する研究報告書, 技術報告, 科学研究費「特定領域研究」ITの深化の基盤を拓く情報学研究 平成16年度研究成果報告書 A06 (2005).
- 11) 大村敬一, 川北英隆, 宇野 淳, 俊野雅司: 株式市場のマイクロストラクチャー 株価形成メカニズムの経済分析, 日本経済新聞社 (1998).