

人工市場を用いたサーキットブレーカーの制度的考察

小林 重人 橋本 敬

北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科

抄録 株式市場には相場が大きく変動した時に取引所が市場での取引を一時中断させるサーキットブレーカーという制度がある。この措置の目的は、株価の急激な変動を直接抑制し、市場の混乱を回避することにある。しかしサーキットブレーカーの発動要因となる株価の大規模変動が極端に少ないことから、これまでサーキットブレーカーに対する実証的な研究は十分に行われておらず、実効性に関しては議論の分かれるところである。そこで本研究は、エージェントベースシミュレーションの枠組みである人工先物市場 U-Mart を用いて、サーキットブレーカーの発動期間と発動基準を操作し、サーキットブレーカーが市場全体に与える影響を考察する。実験結果から、価格の下落幅が小さい場合には、サーキットブレーカーの発動期間を変えても価格変動の抑制に効果がないことが示唆され、逆に価格の下落幅が大きい場合には、サーキットブレーカーの発動期間によっては価格形成がスムーズに働かない可能性があることを示した。

キーワード 人工市場, サーキットブレーカー, U-Mart, マルチエージェントシミュレーション, 制度設計

Institutional Analysis of Circuit Breakers using Artificial Stock Market

Shigeto Kobayashi and Takashi Hashimoto

School of knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

Abstract 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: When the degree of the decline is relatively small, the circuit breakers may not have an effect on suppressing the fluctuations of stock prices. On the other hand when the degree is large, longer period successfully suppresses the fluctuation, but the shortest one may disturb the smooth formation of stock prices.

Keywords Artificial Market, Circuit Breakers, U-Mart, Multi-Agent Simulations, Institutional Design

1 はじめに

金融市場は、財市場に比べて価格の変動が大きく、实体经济に深刻な悪影響を与えることが多い。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抑制し、市場の安定化を図るものである。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。

こうした事態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、

本研究では、その中でも取引停止措置をサーキットブレーカーとして定義する。

サーキットブレーカーは、1987年10月19日のブラックマンデーを調査したブレディ委員会の報告書[1]の中で提唱され、その後、アメリカのみならず、ブラジル、インド、マレーシアなど世界各国の証券取引所に導入された。サーキットブレーカーが導入された意図は、主に次の2つである。ひとつは、株価の急激な変動を直接抑制し、市場の混乱を回避しようとするもの。もうひとつは、市場参加者に意思決定の時間的猶予を与えて、冷静な判断を促すものである。

こうしたメリットを持つサーキットブレーカーに対する評価は、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が発動されたこと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ほとんど見られない。逆に研究者の多くは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の発動要因となる相場の大規模変動が極端に少なく、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[2]。

Greenwald and Stein[3,4]は、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という疑問を投げかけた。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、サーキットブレーカーとは異なる取引制限措置である値幅制限に関して、Kim and Rhee[5]は、ストップ安・ストップ高¹になった銘柄は、その後のボラティリティの減少量が通常より少ないという事実を突き止め、値幅制限が価格発見機能を妨害すると主張している。

こうした指摘を踏まえ、本研究では「サーキットブレーカーの発動基準」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。

これらの分析を行う方法として、本研究ではエージェントベースシミュレーション(Agent-Based Simulations ABS)を用いる。具体的には、ABSのひとつであるU-Mart[6]と呼ばれる市場シミュレータにサーキットブレーカーの制度を組み込むようにして実験を行う。従来の統計的手法やファイナンス理論では個人の振る舞いを考えることができないため、市場活動の結果として生まれたマクロ指標がどのように形成されたかという問いに答えることが難しい。しかし、実際の市場では、制度の影響を受けた市場参加者の振る舞いの積み重なりによって、マクロレベルの現象が引き起こされるので、市場制度の問題を考えるときには、ミク

ロの部分から考えなくてはならない。それができる方法としてABSは非常に有効である。

また現在、実験経済学的手法を用いて市場の制度設計を分析する研究が進められているが、人間を対象とした実験では、被験者への参照情報が何であり、またそれをどのようにして扱っていくのかという問題があるので、実験のプロトコルを立てにくい場合がある。また実験を行うに当たって、何十人という人間を集めなくてはならないので、費用と時間がかかることが多い。これに対して、人工市場は条件設定も容易で何度も繰り返し実験をすることが可能であるという点で有利である。

U-Martは、市場全体の需要と供給をいったん全て集めて需給が釣り合うところに価格が決まる株価指数を取引する仮想先物市場である。この入札方法は「板寄せ」と呼ばれ、具体的にこの「板寄せ」を中断することによって市場を一時的に停止させる。またシステムには、現物指標として日経平均株価の実データを取り入れることで現実の市場とのつながりをもたせた。

本稿では、まず2章でシミュレータに導入するサーキットブレーカーのモデルを示し、3章で下落率の異なる現物指標を用いてサーキットブレーカーの停止期間の長さが市場に与える影響を調べる。4章でその実験結果を考察し、5章でまとめを述べる。

2 サーキットブレーカー・モデル

現実の市場で見られるサーキットブレーカーの発動基準は、大きく2つに分類することができる。ひとつは、現在の価格が前日終値より何%下落したかによって取引停止期間が決まるタイプで、これは世界中の多くの証券取引所で採用されている。もうひとつは、主に日本や韓国の先物市場で採用されている形式で、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²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タイプである。

本研究では、両タイプのサーキットブレーカー・モデルをシミュレータに実装済みであるが、以下の理由から後者の先物市場で扱われているサーキットブレーカー・モデル（具体的には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

¹ 1日の取引において、ある銘柄の株価に認められる値動きの上限値と下限値のこと。制限幅いっぱいには株価が上昇することをストップ高、反対に下落することをストップ安と呼ぶ。

² 理論価格は次の式で求められる

・理論価格＝現在の現物指数＋理論ベース
・理論ベース＝前日の先物株価指数の終値
× {(短期金利－配当利回り)} × 残存日数 ÷ 365

発動基準)を用いる。

(1) 下降局面だけではなく、上昇局面に対して発動されるサーキットブレーカーの役割を見ることができる。

(2) 先物価格は、現物指数に比べて価格変動が大きいので、サーキットブレーカーが効いてくる局面が現物市場のそれよりも多いと予測される。

(3) 一般に先物価格は、価格の上昇、下落を問わず、現物指数に先行して変化することが知られている。この理由として、情報が価格に織り込まれる経路の違いとして価格変動の速度が異なることが挙げられる。このことから、先物価格の乱高下に対するサーキットブレーカーの発動が、現物市場に対する未然のブレーキとなりうると考えられるので、先物市場におけるサーキットブレーカーの役割を考察することは非常に意義深い。

3 シミュレーション

本論文では、上記のサーキットブレーカー・モデルに対し、発動基準の価格変動幅 p_c 、取引を停止する期間の長さ(停止する板寄せの回数) T_s を主要なパラメータとして、通常の下降トレンドの場合と暴落の場合に対するサーキットブレーカーの市場に対する影響を、シミュレーションを用いて解析する。具体的には、 $p_c=700$ 円と固定し、 $T_s=0$ (サーキットブレーカーなし)、1、4と変えてシミュレーションを行っている。 p_c の値は大阪証券取引所と同じ基準を採用している。

今回のシミュレーションで用意した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、それぞれ「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)」の戦略を持つものを3体ずつ、U-Mart マシンエージェントコンテストに参加した8つの戦略を持つものを2体ずつ、「現物ランダム」「先物ランダム」の戦略を持つエージェントを5体ずつ、計50体のエージェントを用意した。ランダム戦略を持つエージェントを多く用意したのは、価格の急激な下落による需給の偏りに対応できないエージェントの破産が、市場の動きに大きな影響を与えないようにするためである。

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当時のCD3ヶ月物、利回りは日経平均の平均期待利回りを使用

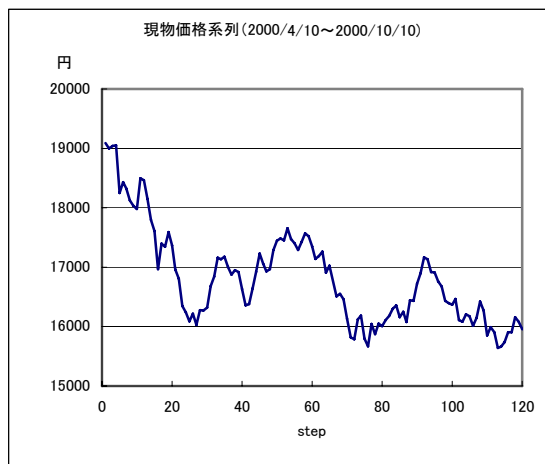
解析は、市場の流動性に注目して行う。市場の流動性とは市場が株価変動を生じずにどれだけ大きな注文を約定させられるかという概念で、大きな注文を執行できるほど市場の流動性が高いという[7]。つまり、サーキットブレーカーの発動後にスムーズな価格発見が実現されるためには市場の流動性の確保が必要になってくる。仮にサーキットブレーカーの発動によって、株価の急落が回避され、その後の株価変動が減じられたとしても、約定数量が小さくなっては意味がないといえる。そこで本稿では、

- ① ヒストリカルボラティリティ(価格の標準偏差)
 - ② 総約定数量(売買高)
- の2つを用いて解析を行うことにする。

なお、以下の全ての結果は、50試行の平均である。図中の横軸の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。

3.1 下降トレンドに対するサーキットブレーカーの影響

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(図1)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。

図1:現物価格系列(日経平均株価)

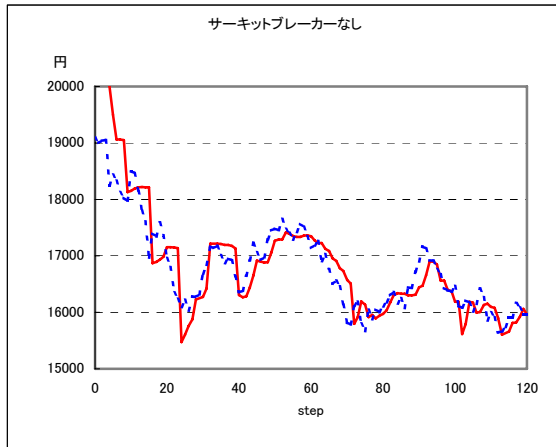


図 2: サーキットブレーカーなし ($T_s=0$) の先物価格系列 (実線)

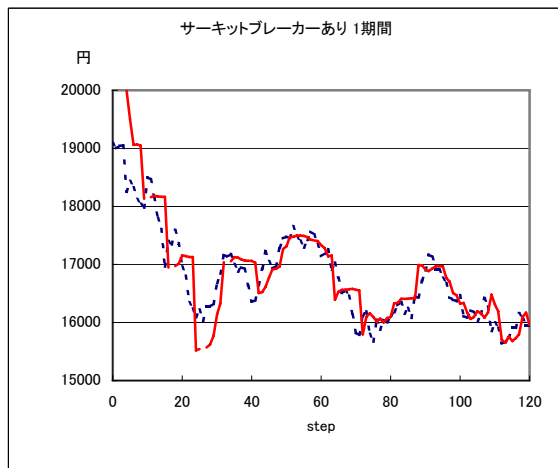


図 3: サーキットブレーカーあり 1 期間 ($T_s=1$) の先物価格系列 (実線)

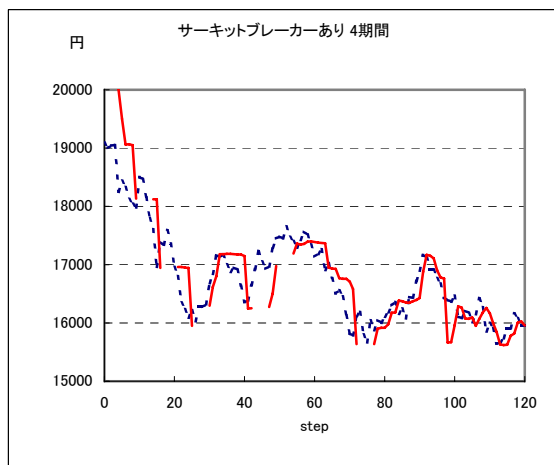


図 4: サーキットブレーカーあり 4 期間 ($T_s=4$) の先物価格系列 (実線)

表 1: 総約定数量・ボラティリティ (平均値)

T_s	総約定数量 (枚)	ボラティリティ (円)
0	86461	1143
1	83054	1161
4	67902	1189

図 2, 3, 4 に、 $T_s = 0, 1, 4$ の場合の典型的な時系列を示す。図から見て取れるように、 $T_s=1$ の時は、18step や 26step あたりでの大きな下落に対し、サーキットブレーカーが発動し、先物価格がついていないことがわかる。 $T_s=0$ における 26step での 800 円ほどの下落に対し、 $T_s=4$ ではサーキットブレーカーの発動によって、価格の下落が 15,948 円で食い止められており、大きな変動が抑えられているように見える。

しかし、統計的に見た場合、変動抑制の効果は出ていない。表 1 に 50 回の試行に対する総約定数量、ボラティリティの平均値を示した。この実験によると、緩やかな下降トレンドでそれほど大きな変動がない場合には、サーキットブレーカーの停止期間を伸ばすごとにわずかながらボラティリティが増加した。一方、総約定数量は、サーキットブレーカーの発動期間を伸ばすごとに減少した。

3.2 大暴落に対するサーキットブレーカーの影響

次に先ほどの実験で現物指標として採用した日経平均株価の価格系列に人為的に大きな下落を起こして、先ほどと同様の条件でシミュレーションを行った。人為的に下落を起こしたのは図 5 の円で囲んだ部分で、最大 7% 現物価格を下落させた。

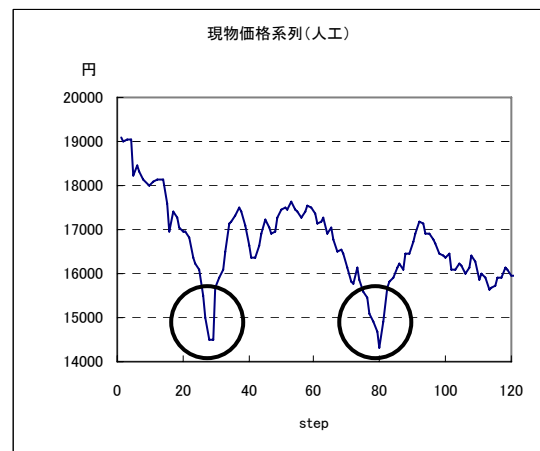


図 5: 現物価格系列 (人工)

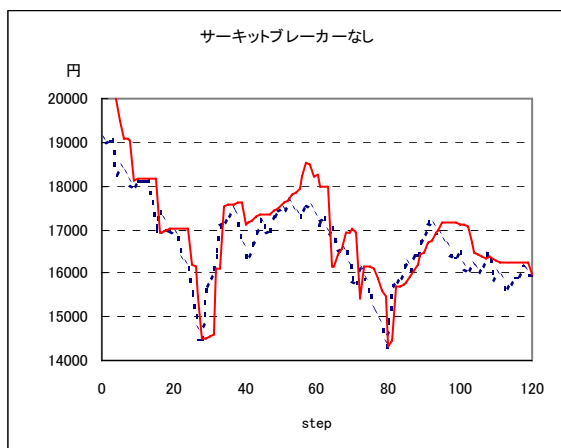


図6: サークットブレーカーなし ($T_s=0$) の先物価格系列 (実線)

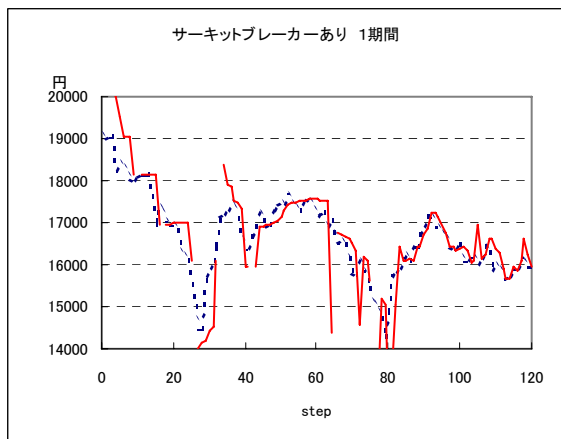


図7: サークットブレーカーあり1期間 ($T_s=1$) の先物価格系列 (実線)

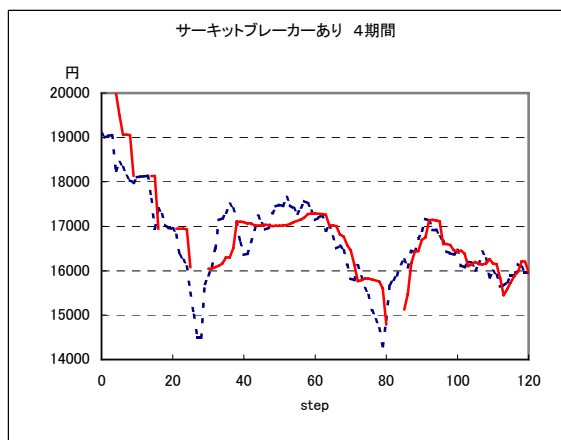


図8: サークットブレーカーあり4期間 ($T_s=4$) の先物価格系列 (実線)

表2: 総約定数量・ボラティリティ (平均値)

T_s	総約定数量 (枚)	ボラティリティ (円)
0	58426	1299
1	64589	1484
4	69212	1244

図6,7,8に, $T_s=0,1,4$ の場合の典型的な時系列を示す. 図から読み取れるように, $T_s=1$ の時は, サークットブレーカーが乱高下に対して発動される度に先物価格が現物価格の変動に比べて大幅に変動していることがわかる. $T_s=0,27$ stepでの1,700円ほどの下落に対し, $T_s=1$ では停止前の価格 (16,085円) と再開後の価格 (13,993円) で2,000円以上の乖離が発生し, $T_s=0$ の同stepでの変動よりも大きな価格差が生まれている. 逆に $T_s=4,27$ step付近では, 停止前の価格 (16,074円) と再開後の価格 (16,050円) で24円しか差がなく, サークットブレーカーによって大規模な変動が抑えられたことがわかる.

統計的に見た場合 (表2), 先ほどの実験とは異なり, サークットブレーカーを1期間発動させたときが最もボラティリティが大きく, 続いて $T_s=0$, $T_s=4$ という結果になった. ここから, サークットブレーカーの停止期間の長さによっては変動を抑制する効果が見て取れる. 下落率が大きい下降トレンドの場合には, サークットブレーカーの停止期間がボラティリティの大きさに強い影響を与えることが示された. また総約定数量も先ほどの実験とは異なり, サークットブレーカーの発動期間を伸ばすごとに増大するという結果を得た.

4 考察

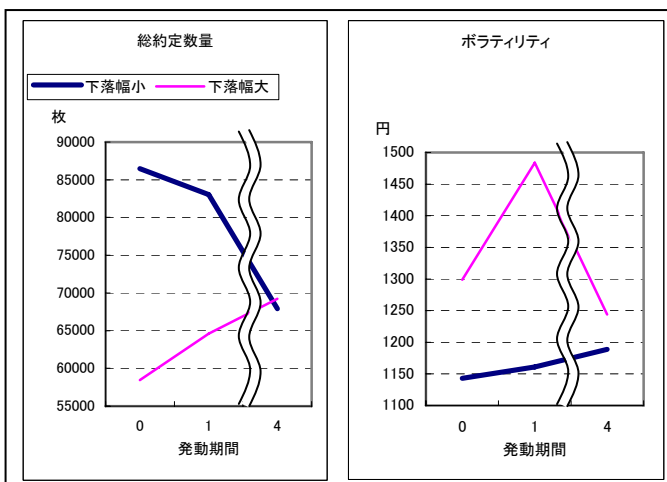


図9: 発動期間毎の総約定数量 (左) とボラティリティ (右) の変化

現物指標の価格系列の下落幅が小さい場合にはサーキットブレーカーの発動期間をいくつにとってもボラティリティの減少に寄与しないことが示唆された(図9右, 太線)。現実の株式市場において、一般にサーキットブレーカーの発動期間は、下落率の大きさによって決定される。ニューヨーク証券取引所の例をとってみると、ダウ工業株平均が前日終値より10%下落で全銘柄の取引が1時間停止され、20%下落で2時間停止、30%下落で終日停止となる³。つまり、下落幅が小さい場合にはサーキットブレーカーは、価格変動を抑え込むという狙いよりも、むしろ市場参加者にクールダウンを促すといったアナウンスメント効果に主眼を置いていると考えるのが妥当である。

反対に下落幅が大きい場合には、サーキットブレーカーの発動期間によって、その後の市場のふるまいが大きく変化するので(図9右, 細線)、慎重に発動期間を決める必要があると考えられる。なぜなら、2つめの実験結果からも示唆されたように、サーキットブレーカーの発動期間によってはボラティリティを減らすどころか、逆に価格発見機能がスムーズに働かない可能性があるからである。しかし、これに関してはなぜそのようなメカニズムになるのか、まだ十分な考察ができておらず、今後の課題としてエージェントの手の出し方の詳細な追跡や各板寄せ毎の約定率を分析することによって明らかにしていくつもりである。また、人為的に暴落を起こした実験では、サーキットブレーカーによって取引停止期間が増えているにもかかわらず、総約定数量自体が上昇するといった現象が見られた(図9左, 細線)。これについても詳しい解析はまだ進んではいないが、シミュレーションならではの新たな知見である可能性も捨てきれない。

5 おわりに

本稿では、人工市場にサーキットブレーカーを導入し、サーキットブレーカーの発動期間による市場全体のふるまいについて考察を行った。実験では、価格の下落幅によっては発動期間を変えてもサーキットブレーカーがボラティリティの減少に寄与しないこと、さらにはサーキットブレーカ

ーの発動期間によっては価格形成がスムーズに働かない場合があることが示唆された。

ABSで制度設計を分析する研究は、その多くが現状の制度下で見られる現象を確かめたものである。一方、本研究では現実には観察しにくい事象に対してABSを用い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停止期間を定量的に示す可能性を持つ。すなわち、ABSで制度設計を試みるための第一歩となっていると言えるだろう。

これまでの実験はいずれも下降トレンドを持つ価格系列を現物指標と設定したものであり、サーキットブレーカーも主に価格の下降局面に効いている場合の考察であった。今後は、上昇トレンドにても同様の分析を行い、上昇局面で効いてくるサーキットブレーカーの働きについて調べる予定である。また、発動基準と市場のふるまいの関係について実験を行うことにより、制度設計の観点から新たなサーキットブレーカー像を構築することにも試みたい。

参考文献

- [1] Brady Commission Presidential Task Force on Market Mechanisms, "Report of the Presidential Task Force on Market Mechanisms", A Report submitted to the President of the United States, the Secretary of the Treasury, and the Chairman of the Federal Reserve Board, 1988
- [2] 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* No.99-J-1, 1999.
- [3] Greenwald, B. and J. Stein, "The Task Force Report: The Reasoning Behind the Recommendations," *Journal of Economic Perspectives*, 2(3), Summer 1988.
- [4] Greenwald, B. and J. Stein, "Transaction Risk, Market Crashes, and the Role of Circuit Breakers," *Journal of Business*, 64(4), 1991.
- [5] K.A. Kim and S.G. Rhee, "Price Limit Performance: Evidence from the Tokyo Stock Exchange," *Journal of Finance*, 52(2), 1997.
- [6] 喜多 一, U-Mart 入門, U-Mart 2001 付属資料, 2001.
- [7] 大村 敬一・宇野 淳・川北 英隆・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.

³ 10%下落した場合、14:00~14:30の間ならば30分間停止され、14:30以降は、ダウ工業株平均が発動基準を満たしても取引は停止されない。20%下落した場合、13:00よりも前ならば取引が2時間停止され、13:00~14:00の間ならば取引が1時間停止される。14:00以降は、終日取引が停止される。30%下落した場合に限り、取引時刻に関わらず、終日取引が停止される。