

『証券経済学会年報』第49号別冊  
第82回秋季全国大会  
学会報告論文

**「ブラック・マンデーが提起した課題の今日的意義」**

## 「ブラック・マンデーが提起した課題の今日的意義」

佐藤 猛

(日本大学)

### はじめに

1980年代の米国ではレーガノミックスが新たな経済成長を到来させた。株式市場の主要指標であるニューヨーク証券取引所(NYSE)のダウ工業株(30種)平均(DJIA)は【図1】で示したように1982年8月の777ドルから1987年8月のピークには2,722ドルまで上昇した。この長期間の強気相場は企業収益の上昇、低金利政策、インフレの減速等の良好なマクロ経済指標の反映である。このピークを過ぎて株価は徐々に下げ局面となった。その理由として、膨大な貿易赤字、金利上昇、買収・合併(M&A)関連借入金利の課税立法案等、逆にマクロ経済の要因の悪化が挙げられる。そして1987年10月クラッシュ(10月14日から20日までの1週間)が始まった。その中で、10月19日(月曜日)はダウ工業株平均が1日で2,246ドルから1,738ドルとなり、22.6%下落した。この日はダウ工業株平均が12.8%下落した世界大恐慌の始まりの1929年10月24日(木曜日)のブラック・サザデーのクラッシュに匹敵するものとして、ブラック・マンデー(Black Monday)と呼ばれている。同様に米国店頭市場のナスダック(NASDAQ)指数も11.4%下落した。

ブラック・マンデーは世界大恐慌以来、米国証券市場では最大のクラッシュであった。

ブラック・マンデー時、現物取引がおこなわれているニューヨーク証券取引所(NYSE)とスタンダード&プアーズ(S&P)500の株価指数を対象に先物取引を開設しているシカゴ・マーカティル取引所(CME)は大量の売り注文に見舞われて、取引停止または中断を余儀なくされた。このようにブラック・マンデーは証券市場の売買システムが崩壊した日でもあった。

当時、米国の新聞報道はブラック・マンデーを1929年のクラッシュの再来として扱う論調は少なく、冷静であった。なぜなら1929年に起きた大恐慌の教訓から、連邦準備制度理事会(FRB)による証券市場への信用規制の確立、証券取引委員会(SEC)および銀行預金保証制度の創設等のセーフティーネットが出来上がっていたからである。よって関心はブラック・マンデーの決済不能の回避方法、取引停止等の市場メカニズムに寄せられた。

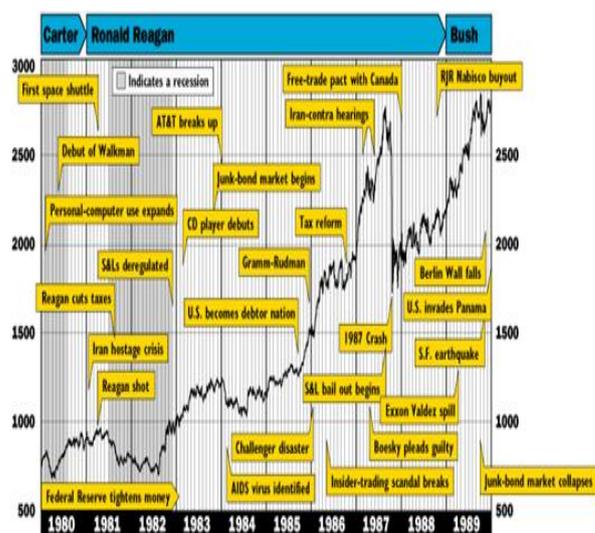
こうした関心は近代証券史の中で新しいクラッシュの形態であることを示唆しているが、その位置付けについ

ての議論は深化しなかった。それ故、ブラック・マンデーは新たなクラッシュ(たとえばリーマン・ショック)が起きる度に話題になる過去のイベントとして取り扱われているに過ぎない。本稿ではブラック・マンデーを歴史的には工学的システムに支えられた証券市場において、初めて起きた新しいクラッシュであるので、常に現代性を持っているとの認識がある。こうした観点から、「ブラック・マンデーが提起した課題の今日的意義」について上梓することにした。

本稿の構成(1-3)は以下の通りである。1ではブラック・マンデーの主因をポートフォリオ・インシュランスに基づいて説明する。続いて2ではブラック・マンデーが提起した課題の提示とその内容の検討である。3はこの課題が高頻度取引(HFT)システム下においても重要な意義を持っている、すなわち、提示された課題の今日的意義についてである。おわりにでは新たな課題として、高頻度取引システムとクラッシュの関係を視座に、課題の重要性を説く。

以上からブラック・マンデーが現代証券市場においても単なる証券市場史上、市場最大のクラッシュのみならず、現在の市場メカニズムにおいても重要な大きな影響を与えていること明らかにする。

【図1】1980年代(米国市場)の株価推移



出所：Dow-Jones 社(許可済み)

## 1 ポートフォリオ・インシュランス

まず、ブラック・マンデーの特質を確認しよう。ポートフォリオ・インシュランスを主因とした決済（清算）と信用システムも危機的状況に陥った史上最大のクラッシュ（株価暴落）であった。歴史的には工学的システムに支えられた証券市場において、初めて起きた新しいクラッシュである。ここで、ポートフォリオ・インシュランスとは株式の下落に対してデリバティブ取引（または債券と株式の複製）を用いて損失をヘッジする取引をいう。これはプロテクティブ・プット（現物買い+プット・オプションの買いの合成）でもある。

この取引は1980年代の証券市場のコンピューター化を背景として年金基金運用の機関投資家中心に盛んに利用されていたので、常に証券市場では大きな影響を持っていた。

以下、ポートフォリオ・インシュランスの特性とブラック・マンデーの関係について整理しよう。

### (1) カスケード効果

もしファンダメンタルズの悪化により現物価格（＝株価）が下落したとき、ポートフォリオ・インシュランスを利用している機関投資家はポートフォリオのエクイティ・エクスポージャーを迅速にヘッジするためにシカゴ・マーカンタイル取引所でスタンダード&プアーズ500の先物を売る。デルタ・ヘッジによる先物市場でのリバランスである。そしてシカゴ・マーカンタイル取引所の機械的な売りによる先物価格の下落はニューヨーク証券取引所の現物市場へ伝達される。再びポートフォリオ・インシュランスの機械的な売りを誘発する。このような株価のスパイラルな下落を（下方）カスケード効果という。こうしたカスケード効果がポートフォリオ・インシュランスの特性の一つであり、この特性こそがクラッシュの原因の一つに挙げられている。

もしポートフォリオ・インシュランスの機械的な売りの規模の情報がわかれば、適切なアービトラージ（裁定）が可能であり、ファンダメンタルズと相場との乖離はすぐに調整されて均衡化することが期待されたはずである。ポートフォリオ・インシュランスの情報の不完全性がカスケード効果を促進してしまったとする見解である。

### (2) 株価変動（ボラティリティ）

ポートフォリオ・インシュランスがポピュラーになると、ポートフォリオ・インシュランスが市場の価格変動（ボラティリティ）を増加させたか否かについての問題

が議論された。そして、この価格変動が大きくなってしまった時がブラック・マンデーであるとの主張がなされた。たとえば、グロスマン（Grossman）[1988]に従うと、ポートフォリオ・インシュランスは実物価格の価格変動を増大させるファクターであるとする<sup>1</sup>。この主張に同意する実証研究も多い<sup>2</sup>。一般に、ポートフォリオ・インシュランスが価格変動を高めて、クラッシュに導くとの主張はカスケード効果等を考えると受け入れやすい<sup>3</sup>。

### (3) 流動性の欠如

グロスマン&ミラー（Grossman&Miller）[1988]は以下のように主張する。

「即時性の需要の不均衡の意味において、ブラック・マンデー時、流動性イベント（ポートフォリオ・インシュランス）が先物市場と現物市場を襲った。それは前例のない規模の膨大な売り注文であった。現物市場のマーケット・メーカーの資本原資からみると、マーケット・メーカーはこの大きな流動性イベントにコミットするのに負担が大きすぎた。先物市場のシカゴ・マーカンタイル取引所においても、より小さいマーケット・メーカー（ローカルズ）はフロアーから去った。それは自発的か、または決済会社からの圧力によるものか不明である。マーケット・メーカーはこうした変動のある市場に大きなポジションをあえて取ろうとはしなかった。一部のマーケット・メーカーは通常よりも大きなディスカウントで値付けをした。ついに、この両市場は高い流動性と低いコストによる値付けができなくなった。」

### (4) ファZZ

シラー（Shiller）[1987,1988b]によると、従来のヘッジであるストップ&ロス戦略はより高度化したポートフォリオ・インシュランスに変わったとする。このポートフォリオ・インシュランスは予想以上に人気を博し、市場において大きな比重を占めるようになった。これをシラーはポートフォリオ・インシュランスを金融イノベーションのバブルであると称した。このポートフォリオ・インシュランスの下方カスケード効果が株価のポジティブ・フィードバックと相まってクラッシュをもたらしたとシラーは主張する。ファZZによるバブルが収まるとクラッシュに陥る。こうしたシラーが支持する行動ファイナンス・モデルとしては①1次の自己回帰モデル、②スイッチ・モデル、③平均回帰モデルがある。これらの理論モデルは後述するオプション取引のボラティリティ・スマイルと相互関係性があるので、紹介しておく。

## ① 1 次の自己回帰モデル

ファンダメンタルズ・モデルと対比する意味で行動ファイナンス支持者であるサマーズ (Summers) [1986] の 1 次の自己回帰AR(1)を用いた行動ファイナンス・モデルを示す。

$$S_t = \mu + \alpha_1 S_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

$S$ : 株価

(1)式では今期の株価が前期  $t-1$  の株価の反応度係数  $\alpha$  ( $>0$ ) を乗じて決まるポジティブ・フィードバック・モデルである。このモデルは過去の株価が現在の株価に(心理的)影響させている。このモデルを想定して、シラーはブラック・マンデーの原因究明を試みたのである。

## ② スイッチング・モデル

行動ファイナンス・モデルの応用として、心理の動きを 1 次の自己回帰モデルAR(1)を用いたスイッチ・モデルからクラッシュが起きることを説明する<sup>4</sup>。

$$S_t = \alpha + \beta_1 S_{t-1} + \varepsilon_t \quad (\text{強気過程}) \quad (2.1)$$

$$S_t = \alpha + \beta_2 S_{t-1} + \varepsilon_t \quad (\text{弱気過程}) \quad (2.2)$$

上記式において、まず株価は強気過程の価格モデル(2.1)に従って推移すると仮定する。その後、ある上限になると株価は一転して、弱気過程の株価モデル(2.2)にスイッチが変わるので、急速に下落する。その後、ある下限の水準に達すると、強気過程に再びスイッチして上昇に転ずる。シラー[1988]の社会的経路の説明は心理的スイッチとしてモデル化が可能である。

## ③ 平均回帰モデル

ブラック [1988]はブラック・マンデーの原因の 1 つの可能性として平均回帰を挙げた。(3)式で示したように株価はバブルまたは心理的なユーフォリア(陶酔的熱狂)を起因として上昇すると、その反動として株価は平均的な水準 ( $\mu$ ) に回帰する。 $\lambda$  は平均回帰する速度を示している。しかし、変数が一定であれば、クラッシュのような急激な変化は起きない。またオプション価格モデルの中に心理を導入したヘストンの確率ボラティリティ (オプション) モデル[1993]でもこのモデルの考えが利用されている

$$dS_t = \lambda(\mu - S_t)dt + \sigma S_t dB_t \quad \lambda > 0 \quad (3)$$

$B$ : ブラウン運動

以下、このポートフォリオ・インシュランスの特性を基礎にしたブラック・マンデーの原因について列挙する。

- ① ポートフォリオ・インシュランスのカスケード効果
- ② ポートフォリオ・インシュランスの情報の不足
- ③ ポートフォリオ・インシュランスのボラティリティの変動
- ④ ポートフォリオ・インシュランスによる流動性の欠如による
- ⑤ ポートフォリオ・インシュランスのファッズ

## 2 ブラック・マンデーが提起した課題の検討

本章ではポートフォリオ・インシュランスの関係でブラック・マンデーが提起した課題を挙げて、その内容を検討する。まず、前項の②に対する課題としてサンシャイン取引が議論の対象になった。また同じく②から④の課題としてはサーキット・ブレーカー制度が議論になった。同様に③と⑤からボラティリティ・スマイルが議論されるようになった。

## (1) サンシャイン取引

ポートフォリオ・インシュランスの情報の非対称性(不完全性)の対策として、公表して売買取引をサンシャイン取引 (sunshine trading) が議論された。ポートフォリオ・インシュランスは 1987 年の 10 月クラッシュまでは非常に人気があった。当時、証券市場で 1% 下落するごとに 1000 万株を売る必要があったと推測されている。1 日平均取引量は 1 億 6000 万株であり、その影響は大きい<sup>5</sup>。しかし、ポートフォリオ・インシュランスの取引情報は事前公表されていなかった。

そこで、ポートフォリオ・インシュランスの取引に関する透明性が議論となった。その対策の一つがポートフォリオ・インシュランスの売買内容を事前公表して取引するのがサンシャイン取引である。この導入は次のようなメリットを市場に提供すると考えられた。

- ① ポートフォリオ・インシュランスの売買は機械的取引でファンダメンタルズの変化に伴う通常の取引とは異なるので、通常の売買取引と区分認識することが望ましい。サンシャイン取引は不要な証券価格の不安定さを排除できる。
- ② サンシャイン取引は取引コストを低下させて流動性を増加させることが出来る。

以上のことをアドマティ&プフライデラー (Admati & Pfleiderer) [1988]モデルは取引コストから市場の効率性と投資家の効用の上昇をもたらすことを厳密に証明した。このモデルの結論部分のみ紹介しよう。

いま、 $\Theta$  事前公表がない場合の係数、 $\Theta^*$  を事前公表がある場合の係数として、効用を比較すると、当然、事前公表がある場合には私的情報の便益を低下させるのでトレーダー効用は下がる<sup>6</sup>。(4)式はこのことを意味している。

$$-\Theta^{1/2} e^{-w} > -\Theta^{*1/2} e^{-w} \quad (4)$$

$w$ : 当初の富

そこで、トレーダーが事前公表をやめさせるために支払う金額を  $\varphi$  とすると、均衡においては

$$-\Theta^{1/2} \exp(-w + \varphi) = -\Theta^{*1/2} \exp(-w) \quad (5)$$

となり、(5)式のように支払う金額  $\varphi$  は期待取引コストの節約分  $\Delta$  より少ななければならない。すなわち、(6)式のようになる。

$$\varphi = \frac{1}{2} \log \left( \frac{\Theta}{\Theta^*} \right) < \Delta \quad (6)$$

(6)式の条件を充足すれば、トレーダーの取引コストが下がり、彼らの効用が上昇する。

しかし、ブラック・マンデーが起きる前でもニューヨーク証券取引所は先物取引の注文フローの開示が必要との認識を持っていた。グロスマン (Grossman) [1988] は①取引終了直前の相場の開示、②インデックスおよび先物の満期日における取引開始の前の注文の不均衡に関する開示、を提案している。

クラッシュ後、サンシャイン取引導入の支持見解が強まった。ミラー (Miller) [1991] は「膨大なポートフォリオ・インシュラーの流動性はニューヨーク証券取引所やシカゴ・マーカントイル取引所のマーケット・メーカー能力をはるかに凌いでいる。これに対処するためには、情報を伴わないポートフォリオ・インシュラーと情報投資家の区分できる時間が必要である<sup>7</sup>。」として、本格的なサンシャイン取引導入を支持する。

クラッシュ前にギダー、ピボディ&Co およびリーランド、オブライアン&ルービンスタイン (LOR) アソシエ

イツなど一部の機関投資家のポートフォリオ・インシュラーがサンシャイン取引を実施した。市場関係者は彼らを称賛した。

一方、ハリス (Harris) [2003] は次のようにサンシャイン取引に疑意を呈する。

「本来、サンシャイン取引は機関投資家のポートフォリオ・インシュラーが取引費用を下げようとして、注文とその取引時期を公表することがあった。提供する取引機会を他のトレーダーに通知する目的で行われたサンシャイン取引は大口トレーダーが直面する差別価格の問題や、情報の非対称性の問題を解決してくれるものと期待された。しかし、これは他のトレーダーが準備をしている取引を事前に集めて取引するフロントランナーやクオート・マッチャーを惹きつけてしまい、価格を不安定化させた。この結果、彼らはエクスプロジヤー (リスク) を管理する以上の取引費用を支払うことになった<sup>8</sup>。」

さらに、サンシャイン取引はあらかじめ他の顧客とマッチングして、スペシャリストやマーケット・メーカーのブローカー業務を経ない可能性があるため、取引所がこの取引を規則化することは難しいとの指摘もなされた。

以上、サンシャイン取引支持者はミラーと同様に効率的市場の信奉者に多い。この理由は取引の情報開示が市場の効率性を増すとの信念からである。アドマティ&ブライデラーも同じ視点からの理論モデルであり、この信念については正鵠を射ている。しかし、制度的にはハリス (Harris) が指摘したように多くの解決すべき問題があった。このためニューヨーク証券取引所、シカゴ・マーカントイル取引所では厳格な取引開示制度は実施されなかった<sup>9</sup>。たとえばニューヨーク証券取引所は市場の日々のボラティリティ分析の手助けとして事後的な取引高を証券会社に提出させて公表する制度のみに止まった<sup>10</sup>。

## (2)サーキット・ブレーカー

ポートフォリオ・インシュランスの情報の不完全性に関するブレディ報告書 (Brady Report)<sup>11</sup> の勧告、その後、作業部会により具体策が検討された。その結果が「金融市場についての作業部会の中間報告」(1988年5月)としてまとめられた。これにより各市場が協調して規制を行うことになった<sup>12</sup>。しかし、取引停止と値幅制限からなるサーキット・ブレーカーの実施については、当時から賛否両論が渦巻いていた。まず、サーキット・ブレーカーを定義する<sup>13</sup>。

① 注文不均衡の取引停止：注文の不均衡のとき、それ

が解消するまで取引が停止される場合<sup>14</sup>。

- ② 値幅制限による取引停止：すべての取引価格（たとえばダウ工業株平均、スタンダード&プアーズ500）が所与の日の特定の範囲内を超えると取引が停止される場合<sup>15</sup>。
- ③ カラー：インデックス・アービトラージのプログラム取引についてスーパー・ドット・システム（証券会社を通さず、直接フロアーに注文できる迅速な取引システム）を通して成行き注文が一時的に制限される場合。

ブラック・マンデー以前は、規則ではなくニューヨーク証券取引所におけるスペシャリストの判断により、①の規制外の取引一時停止が行われていた。またシカゴ・マーカンタイル取引所の規則によりブラック・マンデー以前からスタンダード&プアーズ500指数先物<sup>16</sup>について1日30ポイント（平均15%に相当）の値幅制限が実施されていた。これは②に該当する。ここで議論するサーキット・ブレーカーの対象は、ニューヨーク証券取引所を中心とした協調的規制としての取引停止である。それが市場に及ぼす影響が最も大きいからである。

このサーキット・ブレーカーについては理論的見地から多くの議論が行われた。

まずグリーンワルド&スタイン（GreenWild&Stein）[1991]によると「市場が大きな変動に見舞われたとき、サーキット・ブレーカーは大きな変動を緩和させる。この規制により買方は大きな取引量のショックがあると注文を控える傾向が強くなる。なぜなら、買方には最終執行価格が保証されない『取引リスク』が存在するからである。サーキット・ブレーカーはトレーダーに注文フローの不均衡についての情報を知る時間を与える。よって、サーキット・ブレーカーは価格が穏やかに均衡化するように価格調整機能を持つことが期待される」とする。

これに対して、アミフド&メンデルソン（Amihud&Mendelson）[1987]によると、サーキット・ブレーカーは取引停止の間、価格情報がないことから、価格に大きな影響を与えるとする。

スブラハマンヤム（Subrahmanyam）[1994]は「サーキット・ブレーカーはマグネット効果（株価を加速度的に下落させる効果）により、それを実施する前に価格ボラティリティが増大する効果を持つ可能性がある。なぜなら、価格変動が大きい日にはサーキット・ブレーカーにより市場からロック・アウトされるとの懸念からトレーダーは前もって株式を取引するからである。さらに、

サーキット・ブレーカーが存在しないときは、1回で取引ができる。サーキット・ブレーカーが存在するときは、取引停止の前後の2回取引しなければならない。当然、サーキット・ブレーカーが存在すると取引コストは高くなる。投資家がリスク回避型であれば、より多くの在庫コストも考慮せざるを得ない。」としてサーキット・ブレーカーの導入に反対する。

株価と市場の透明性の関連性から中間的見解に立つマッドハヴァン（Madhavan）[1991]は、サーキット・ブレーカーは不均衡情報によるノイズを軽減化させる一方、再開時には投資家は一層戦略的となるのでリスク・プレミアムの上昇、ボラティリティの上昇に繋がるとした。

このように、理論的に同意されたモデルが確立しているわけではない。

しかし、1988年10月19日にニューヨーク証券取引所はシカゴ・マーカンタイル取引所と協議して、異常な株価ボラティリティの期間に、協調取引停止が出来る規則80(B)を策定した。この規則によりダウ工業株平均が前日終値比250ポイントの上下したとき2時間、400ポイント以上のときは閉鎖し、同時にシカゴ・マーカンタイル取引所も取引停止をとることになった<sup>17</sup>。規則80(B)は1997年10月27日に初めて発動された。1998年4月以降、サーキット・ブレーカーの規則は、ダウ工業株平均が前日終値の下落率10%、20%、30%に対して、1時間から2時間の取引停止（ただし14時30分以降、20%以上の下落率の時は終日）等と、より柔軟な措置となった。この背景には、株式市場はできる限りオープンにすべきであるとのグリーンズパン連邦準備制度理事会（FRB）議長の考え方が強く影響していると言われている<sup>18</sup>。

賛否両論があったサーキット・ブレーカーの規則80(B)がなぜ制定されたのか。そこにはブラック・マンデーの再発防止に関係する規制当局の証券政策方針が大きく影響している。すなわち、証券市場に限らず、一般に規制当局は極端なイベントが発生したとき、再発防止という観点から過剰反応を示すものである。こうした背景が取引停止規制を押し進めた。ブラック・マンデーにおいて、多くの人々は規制当局に将来のクラッシュの再防止の施策を期待した。これは規制当局者にその権限があるか否か、その施策が市場に追加的コストを負荷するか否かを問うものではない。規制当局者にとって多くの投資家に信任を得るための都合のよい機会であったので、その経済的な有効性について検証せず規制を実行することになった<sup>19</sup>。

サーキット・ブレーカーの制度について、ミラー（Miller）

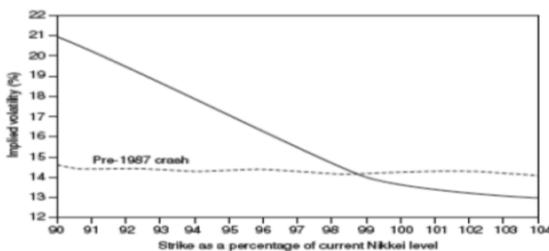
[1997]は以下のように評価する。

「すでにサーキット・ブレーカーの規則 80(B)は導入され、これを廃止することができない。世界のだれも、特にマスコミはサーキット・ブレーカーの導入は大成功であり、今後、悲惨なクラッシュの危険はないと考えている。こうしたクラッシュの再発防止によりプログラム取引という怪物にも打ち勝った。そう信じているのに、なぜ、われわれ研究者はそれを壊そうとするのだろうか。たとえそれが偽薬であっても標準医療として受け入れられ、すでに医療手続きの一部となっている<sup>20</sup>。」

### (3) ボラティリティ・スマイル

ブラック・マンデーの原因をポートフォリオ・インシユランスのファズの崩壊による投資家心理の影響が大きいとした見解は、すでに紹介した。これを暗示するようにブラック・マンデー後、クラッシュ後遺症といわれる投資心理が顕著に現実のオプション市場で現れた<sup>21</sup>。従来、オプションの実際の市場価値からブラック&ショールズ・モデルを逆算したインプライド・ボラティリティは行使価格との関係において一定であるので、2つの関係をグラフにすると一定の直線である。しかし、ブラック・マンデーを契機としてその関係は形状を異にしている。これは【図2】から理解できるであろう。いわゆる、ボラティリティ・スマイル(volatility smile)という現象である<sup>22</sup>。

【図2】 ボラティリティ・スマイルの実際

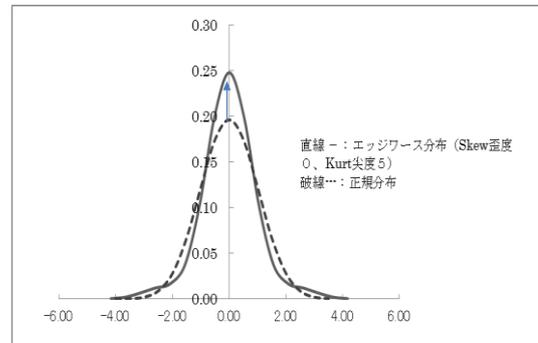


(出所) [finmath.stanford.edu/seminars/documents/Sanford.Smile](http://finmath.stanford.edu/seminars/documents/Sanford.Smile).

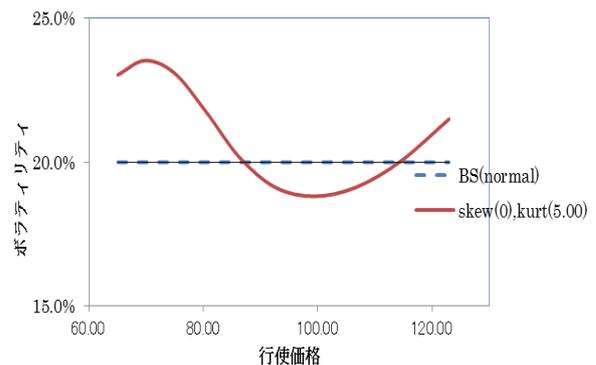
この現象を解明することは喫緊の問題となった。なぜならば、実用的に普及したブラック&ショールズ・オプション価格モデルの信頼性が揺らぎ始めるからである。解析すると【図3】で示す通り基礎商品である株価指数の分布が太い尾 (Fat Tail) の形をとる。その時、オプション価格は【図4】のようにボラティリティ・スマイルの形になる<sup>23</sup>。このような現象を解析するために、2つのア

プローチはなされた。ひとつがヘストン確率変動オプション・モデルである。もう一つはボラティリティ変動モデルである。

【図3】 太い尾



【図4】 ボラティリティ・スマイルのシミュレーション



### 3 提起された課題の今日的意義

売買システムの取引発注方式のコンピューター化は1970年代のニューヨーク証券取引所 (NYSE) における電子注文のドット (DOT) システム、そして1986年にはスーパー・ドット (superDOT) システムにアップグレードされた。また1987年のブラック・マンデー当時のティック・サイズは1/8ドルであった。こうした売買システムの現状から、グロスマン&ミラー[1988]は市場で対応できない大きな流動性イベントがブラック・マンデーの原因であるとした。そこでブラック・マンデーを契機に売買システムの効率化が証券市場の中心テーマの1つとなった。

この売買システムのイノベーションが高頻度取引 (HFT) システムの構築であった。高頻度取引は証券市場に次の変化をもたらせた。まず、1997年には従来の1/8

から1/16ドルに変更が行われた。さらに2001年には100分の1ドル単位(0.01ドル=1セント)のデシマライゼーション(Decimalization: 10進法)を可能にさせた。つぎに機関投資家はコンピューター・プログラムによる自動発注取引のアルゴリズム取引(AT)を盛行させた。

高頻度取引は取引情報をより効率的にして、スプレッドを縮小させるなど、流動性を厚くする効果があるとされた。また機関投資家のマーケット・インパクトを回避のための注文小口化の傾向を強くしたともいわれている。

高頻度取引システムを包摂した証券理論を扱う研究をオハラ(O'Hara) [2014]は高頻度取引マーケット・マイクロストラクチャー研究と呼んで、この研究は今まさに「黄金期」を迎えていると言う。

規制機関(商品先物委員会と証券取引委員会)の共同報告書[2010]によれば、高頻度取引システムの特徴を以下のように整理している。

- ① 注文の発注、回送、執行するための超高速コンピューター・プログラムの使用
- ② ネットワークの遅延の最小化のため取引所コロケーション・サービスを利用
- ③ 注文と清算が非常に短期
- ④ 取引にキャンセルが多い
- ⑤ 日中で取引をフラットにする

こうした高頻度取引システム下でブラック・マンデーが提起した各課題についての今日的意義について検討する。

### (1) サンシャイン取引の今日的意義

ポートフォリオ・インシュランス取引情報の非対称性を少なくするためにサンシャイン取引(sunshine trading)の必要性が唱えられた。この根拠となるのがアドマティ&プフライデラー(Admati&Pfleiderer) [1988]モデルであった。

その後、この問題提起は余り議論にならなかったが、高頻度取引におけるフラッシュ・オーダーおよびダークプールに関連して、サンシャイン取引が再び脚光を浴びることになる。

フラッシュ・オーダーとは取引所が一般に公開されている相場情報では取引が成立しなかった場合に、他取引所へ注文情報を転送しているが、その前の1秒にも満たない時間(0.3秒)だけ取引所内の一部の投資家に対して注文情報を公開して取引をさせるシステムをいう。2009年9月に、証券取引委員会は一部の投資家に有利にする取引であるとして、禁止する提案をした。しかし、2014

年に至っても実施されていない。

フラッシュ・オーダー(マイクロ秒単位)はサンシャイン取引(時間または日々単位)とタイムスパンは異なるが、取引の情報公開による効果は同じであるとして、サンシャイン取引の視点からフラッシュ・オーダーを支持する見解がある。

フラッシュ・オーダーの評価としてスカジェルトルプ、ソジリ&ザム(Skjeltorp, Sojli&Tham) [2010]は

- ① 取引公表は市内よりコストが安くなる
- ② 取引公表は逆選択コストを低減させる
- ③ 市場の流動性と効率化は取引公表により前進する
- ④ 取引公表はボラティリティを少なくさせる等を挙げている。

つぎにデシマライゼーションによる急激なティック・サイズの縮小によってイタの流動性が減少し、既存の取引所市場での大口注文の執行が難しくなったことから、マーケット・インパクトを回避するため、匿名性で大口注文に特化したダークプール(dark pool)取引<sup>24</sup>が行われるようになった。その後、2007年10月の本格的なレギュレーションナショナル・マーケット・システム(NMS)の導入による市場間競争が激化する中、各取引所は各自市場への流動性喚起のためにダークプールが利用された。さらにテイカー・フィーを回避する目的で、ダークプールは注文の小口化が進展して、取引所市場と同様な機能を持つようになった。こうしたダークプールを批判する根拠としてサンシャイン取引の理論が用いられた。なぜならサンシャイン取引は取引情報公開を通して市場効率性に寄与するとの観点からダークプールは理論的に許容できないのである。

さらにブルナマイヤー(Brunnermeier) [2007]によると高頻度取引システムは長期的より短期的インパクトが強くなり、サンシャイン取引を採用すると、取引情報公開され、投資家の注意を引くのでカウンターパーティーが多くなることが望まれると主張する。

また、フラッシュ・クラッシュ(flash crash)<sup>25</sup>の原因が情報の非対称性(指標としてはVPIN(The Volume Synchronized Probability of Private Information based traders—取引注文の不均衡)であるとイズレイ、ロオペズ デ パラド&オハラ(Easley, López de Prado&O'Hara) [2011]は分析した。こうしたことから高頻度取引システムでの取引情報の公開の重要性が理解される。

### (2) サーキット・ブレーカーの今日的意義

ブラック・マンデーの流動性の欠如に対する対策として、取引所のサーキット・ブレーカー（売買停止）規制が提案された。理論的にはこの規制に関する賛否両論があったが、連邦政府の強い要請で規制が実施された。その後、サーキット・ブレーカーの実例が少ないので、おのずと実証的研究は少なくなった。そのためサーキット・ブレーカーは現状にいかにか適合させるかという政策的な視点で改正が行われた。そして、2010年のフラッシュ・クラッシュの発生後、個別銘柄について証券取引委員会は株価による一定の変動率が生じた時には売買停止することが規則化された。

サブラハニヤム (Subrahmanyam) [1994]は以前、取引コスト面からサーキット・ブレーカーについて反対を唱えていたが、高頻度取引システムの下、サーキット・ブレーカーの有効性を認める。その理由として、取引コスト低下によるアルゴリズム取引(AT)が増加することからボラティリティがさらに大きくなり、マーケット・マイクロストラクチャー・ノイズ<sup>26</sup>も大きくなる。そのため、今後とも高頻度取引システムにおけるアルゴリズム取引の特徴に合わせたサーキット・ブレーカーの規制作りが必要であることを主張する。このように、今やサーキット・ブレーカーは高頻度取引システムの制度の中の一部に完全に組み込まれている。

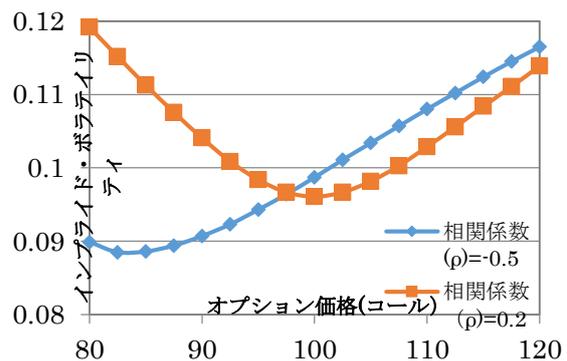
### (3) ボラティリティ・スマイルの今日的意義

ブラック・マンデー後、インプライド・ボラティリティが行使価格と一定でなく、ボラティリティ・スマイルといわれる現象があらわれたことはすでに紹介した。そして、この現象を理論的に解明したモデルが(7)式で示したヘストン (Heston)の確率ボラティリティ・モデル[1993]である。この理論モデルで重要な点はボラティリティ ( $dv$ ) はコックス、インガーソルン&ロス (CIR:Cox, Ingersoll & Ross) [1985]モデルと同型を採用していることである<sup>27</sup>。すなわち、オプション・モデルの中に行動ファイナンスで論じた平均回帰の概念導入されている。そしてスポット価格と  $Z_1$  と  $Z_2$  の相関係数を変化させることで  $S$  (スポット価格) との関係においてボラティリティ・スマイルが形成される。このモデルのシミュレーションを試みた結果が【図5】である<sup>28</sup>。

$$\begin{aligned} dS_t &= \mu_t S_t dt + \sqrt{v_t} S_t dZ_1 \\ dv_t &= k(\theta - v_t) dt + \sigma \sqrt{v_t} dZ_2 \quad (7) \\ \langle dZ_1 dZ_2 \rangle &= \rho dt \\ V(S, v, t) &= S_t P_1 - KP(t, T) P_2 \end{aligned}$$

$S$ : 株価  $\theta$ : ボラティリティの平均  $\sigma$ : ボラティリティ  
 $Z_i$ : ウィーナー過程  $\rho$ : 相関係数  $k$ : 平均回帰  
 速度係数  $V_c$ : コール・オプションの価値  $P_j$ : 確率  
 $t-T$ : 期間

【図5】ヘストン・モデル



しかし、ヘストン・モデルはシミュレーション解析が可能であるものの、連続式であり実証的研究には難がある。そこで時系列の統計的分析において、AR (自己回帰) モデルで現在の分散を過去の分散に関係づけて説明をするエンゲル (Engle) [1982]が提案した ARCH モデル (自己回帰条件付分散不均一モデル) その後、ARCH モデルを一般化した GARCH モデルがボラースルヴ (Bollerslev) [1986]により提案された<sup>29</sup>。分散は不均一だから正規分布とはならないので、ヘストン・モデルと同じような分布となる。こうした GARCH モデルを始めとしたボラティリティ変動モデルの進展による、オプションのボラティリティの実証研究が盛んに行なわれ、現代では金融資産全般にわたっている。実証研究の中で、ボラティリティに対するショックの持続性が非常に高いことが知られている。これを GARCH 効果という。これ投資家の投資行動様式や行動ファイナンス様式が反映されていると推測できる。

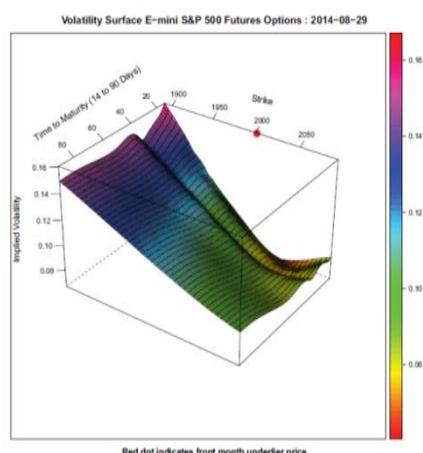
また、持続性はボラティリティの構造変化によって引き起こされている可能性もあろう。これが GARCH モデルの定式化にマルコフ過程に従う状態変数を含めたマルコフ・スイッチング GARCH (MS-ARCH) モデルである。このように GARCH モデルによる金融資産の実証的研究はクラッシュについての興味ある特性を提供している。しかし、現在、析出結果の解明がなされていないので人工市場による実験研究の進展が待たれる。

そもそも、ボラティリティ・スマイルの今日的意義と

の目的はこうした市場の特性の実証ではなく、ボラティリティを効率的な正規分布に近づけることである。

現代の高頻度取引システムは市場の流動性を増して、オプション市場にボラティリティの分布の歪の解消に寄与するであろうか。実際の米国 NASD では【図 5】に示されている通り、ボラティリティ・スマイルが依然、続いている。したがって、高頻度取引システムのオプション市場において、これを前提とした資産リスク管理や投資運用をしなければならない<sup>30</sup>。

【図 5】 E-miniS&P500 先物オプション・ボラティリティ・サーフェイス



(出所)CMEGroup:Option Volatility Surface Report. (29 August.2014)

## おわりに

ブラック・マンデー後、株式のボラティリティは太い尾の分布を形成した。これはポートフォリオ・インシュランスのファズから始まり、そのバブルが破裂して、ついにはクラッシュ恐怖症となってしまったからであるとする。よって証券市場でのタレブ (Taleb) [2007]が指摘するようにブラック・スワン現象が起きることへの警鐘は正鵠を射ている。このブラック・スワン現象はボラティリティ・スマイルであり、太い尾の分布の別表現である。ヘストン・モデルの実験や変動ボラティリティの GARCH モデルの実証研究によると、株価の振る舞いの特性は高頻度取引 (HFT) システム化のオプション取引の基礎をなす株式のボラティリティに関して依然、太い尾の分布を形成している<sup>31</sup>。これらの分布は当然、ファズ (心理) やクラッシュ恐怖症が常に証券市場に浸透していることを意味してい

る。なぜならヘストンは平均回帰であり、GARCH モデルは残差の AR とマルコフ過程を利用しているからである。

よって、フーコー (Foucault) [2012]は高頻度取引 (HFT) でも突然のクラッシュが起こる可能性を否定しない。

そして、こうした分析で抽出されたブラック・スワン現象を排除する取引メカニズムとして、①サンシャイン取引-取引の公開と②サーキット・ブレーカー-売買停止の提案は価格がより正規分布に近づく、すなわち市場が効率的になるための制度・規則として説得力を持っているように思える。さらに、ヘンダーセンシュット、ジョンズ&メンクヴェルド (Hendershott, Jones & Menkveld) [2011]<sup>32</sup>によれば、1987年ブラック・マンデーのようなマーケット・メーカーの市場退出により株価暴落に拍車をかけたが、今後、経済性の面からアルゴリズム取引者が流動性供給者機能を持つか否か重要な課題であるとしている。その意味で高頻度取引システムは不可避なので、ブラック・マンデーからいろいろな教訓を学ばなければならない<sup>33</sup>。

注：

<sup>1</sup> Grossman[1988]は以下の展開をおこなった。

$$\frac{dP}{P} = (\mu - x)dt + \sigma dB + dx$$

$$dx = \left( \frac{dP}{P} - \mu dt \right) t$$

x : ポートフォリオ・インシュランスのドリフト項(定数)

dx : ポートフォリオ・インシュランスが原因で生じる価格変動

$\mathbf{I}$  : ポートフォリオ・インシュランスの利用割合

よって  $\mathbf{I} = 0$  のとき株価は幾何ブラウン運動をする。また

$\mathbf{I}$  (ポートフォリオ・インシュランスの比率) が増加する価格過程では価格変動が増す。

<sup>2</sup> ポートフォリオ・インシュランスが市場の価格変動を増加させる説を支持する代表的見解として、Brennan & Schwartz[1989]である。その他には Harris[1989a, 1988b]、Damodaran [1990]等がある。

<sup>3</sup> Schwert[1990]によると、株価変動はポートフォリオ・インシュランス導入前 (1980年代以前) より高い水準であったことが実証されている。この結果では、ポートフォリオ・インシュランスと価格変動との関係は認められないことになる。

<sup>4</sup> マルコフ・スイッチング・モデルでは条件  $s_t = \mathbf{1}$  or  $s_t = \mathbf{0}$  として  $s_t = \mathbf{P}$  (推移行列) とすればよい。これ

を利用してフィードバックからトレーダーの心理の過剰反応を明らかにした代表的なモデルに Barberis, Shleifer & Vishny [1998] がある。

<sup>5</sup> Harris[2003]p.561.

<sup>6</sup> 詳しい展開は Admati&Pfleiderer[1988]の付録を参照。

<sup>7</sup> Miller[1991]pp.136-137.

<sup>8</sup> Harris[2003]pp.327-328(訳書517-519頁)。

<sup>9</sup> ただし1992年、電子証券取引所のアリゾナ証券取引所(AZX)でサンシャイン取引が行われたが、その成果は芳しくなかった。

<sup>10</sup> この制度を“RDRT”という。この制度は1988年5月から始まり、2009年7月には1週間ごとのプログラム取引の統計を公表するように変更された。

<sup>11</sup> 米大統領特別委員会によるブレディ報告書のみが中立的で包括的な市場間調整を求めた。この委員会は広範に規制機関に勧告できる権限を持っており、提出されたブレディ報告書が最も重要である。

<sup>12</sup> Lindsey&Pecora[1998] (p.298) は1987年10月クラッシュ後10年間のマーケット・メカニズムに関する規制展開の総括の結論として、以下のように述べている。「改革は1987年のマーケット・ブレイク時、カバーしきれなかったシステムの弱点を中心におこなわれた。しかし、技術や取引のイノベーションがあってもシステムのリスクは依然として残る。たとえリスクを取り除くことができても、非常に高価になり、過重な負担を負うことになる。そのとき、問題は規制が必要か否かである。すなわち、対応するコストは規制の有効性の程度により異なる。」

<sup>13</sup> たとえばHarris[2003](p.572)の定義はさらに広義であり、取引税及び証拠金、建玉制限、ポジション制限等を含めている。

<sup>14</sup> この中には、ニューヨーク証券取引所の注文不均衡の取引中断も含まれる。

<sup>15</sup> 当時、わが国ではすでに個別銘柄のストップ値段による取引停止があった。なお、デリバティブ取引では債券先物取引(1985年:東証)、日経平均先物取引(1988年:大証)が開始された。2010年、東証の先物取引は値幅基準による15分間の中断である。

[http://www.tse.or.jp/rules/tdex\\_plus/circuit\\_breaker.pdf#01](http://www.tse.or.jp/rules/tdex_plus/circuit_breaker.pdf#01)

<sup>16</sup> S&P500(現物)はブラック・マンデーの以前の高値は336.77ポイント(1987年8月25日)であり、ブラック・マンデーの時は282.7から225.06ポイントへと20.4%下落を記録した。(ブラック・マンデーの時はDJIAでは2,246ドルから1,738ドルへと22.6%下落となった。)

<sup>17</sup> ブラック・マンデーの3カ月後、1988年2月9日、ニューヨーク証券取引所は規則80Aの採択を公表し、5月4日証券取引委員会の同意のもとに試用6ヶ月間の実施に踏み切った。この規則は株価のボラティリティを減少させることを目的としたサーキット・ブレーカーに関する最初のものであった。主な内容は、ダウ工業株平均が前日終値比50ポイント基準でインデックス・アービトラージの目的のためニューヨーク証券取引所のスーパー・ドット・システム(小口注文または自動

執行を対象)の使用を制限するというものであった。これを50ポイント・カラーという。

<sup>18</sup> その後、規則80Aは諸改正を経て、2007年11月にはカラーおよびアップ&ダウン・ティック・ルールを含む規則80(A)は廃止された。こうした背景には市場のコンピューターの高度化がある。なお、アップ&ダウン・ティック・ルールの内容は証券取引委員会の空売りの規制10a-1とほぼ同じものである。

<sup>19</sup> Harris[1997]p.24.

<sup>20</sup> Miller[1997]p.178(訳書27ページ)。

<sup>21</sup> またMontierよればプロスペクト理論から低い確率に対する過大評価の結果であるとしている。

<sup>22</sup> ボラティリティ・スキュー(skew)も含める。

<sup>23</sup> Jackson&Staunton[2003]の付属ソフトを利用。

<sup>24</sup> ダークプールとは「証券会社が投資家から受託した注文を取引所に回送(発注)せず、自己勘定注文と、或いは、顧客注文同士で対当させ、約定させる仕組み」と定義される。主に大手投資銀行が執行サービス向上の一環として運営し、機関投資家に対してサービスを提供している私設取引システムのことである。気配情報は世間一般には公表されないので約定情報も事後的にしか把握できない「Dark Pool(見えない流動性)」の呼び名が付いたといわれる。ダークプールは代替取引システム(ATS)に分類され、情報開示等については、レギュレーションATSに従う。このダークプールの拡大の背景として、①デシマライゼーション(Decimalization)による急激なティック・サイズの縮小によって板の流動性が減少、②既存の取引所市場での大口注文の執行が困難性、③マーケット・インパクトを回避するため匿名性を売りとする大口注文に特化したダークプールに流れたこと、④2007年10月のレギュレーションNMSの導入による市場間競争が激化する中、各取引所は機関投資家に手数料が低廉なダークプールを提供するに至ったこと、等があげられる。

ダークプールは元々、マーケット・インパクトを回避するために利用される大口注文の執行市場(クロッシング・ネットワーク)という色合いが強かったが、テイク・オーダー・フィーを回避するといった目的で、ダークプールの利用が拡大してくるにつれ、ダークプールにおける注文の小口化が進展し、ダークプールの取引のほとんどは、取引所市場と同様、小口注文によって行われていて、その性格は初期とは異なってきている。ダークプールを含むATSでは売買審査機能のような自主規制機能は有しておらず、その規則改正に当たって証券取引委員会(SEC)の承認を得る必要がなく、そのサービス内容や手数料の詳細を公表することも求められていないため、どのように運営されているのか、基本的に外部者は知ることができないため、フラッシュボーイズ(Lewis, M [2014]Flash

Boys : A Wall Street Revolt) 発売以降、HFT とともにダークプールに対する批判も高まりを見せていて、証券取引委員会がダークプールへの規制強化の導入を検討しているとの観測がある。(大塚剛士[2014.7.10] JAX ワーキングペーパー特別レポート「米国市場の複雑性と HFT を巡る議論」より抜粋)

<sup>25</sup> 2010年5月6日、突然、午後2時40分ごろダウ工業株平均が5分間で573ドル暴落をして、午後2時47分ごろから1分半で543ドル急騰した。

<sup>26</sup> 市場のマイクロ構造から生じる取引価格と本源的価値の乖離部分をマイクロストラクチャー・ノイズと捉えことが一般的である。

<sup>27</sup> CIR [1985]モデルは以下のおとり。

$$dr_t = a(b - r_t)dt + \sigma\sqrt{r_t}dW_t$$

$a, b, \sigma$  : 正の定数  $r_t$  : t期の金利

<sup>28</sup> シミュレーションは Rouah & Vainberg [2007] の付属ソフトを利用した。  $v=0.01$   $\kappa=2$   $\theta=0.01$   $\lambda=0$   
 $\sigma=0.1$   $K=100$   $r=0$   $T-t=0.5$

<sup>29</sup> いま、株価収益率  $R_t$  (定常)について  $R_t = \mu + u_t$

$\mu = E(R_t)$  のとき、 $u_t$  は平均株価収益率の乖離幅であ

り、確率変数である。この  $u_t$  を以下のように標準偏差 (ボラ

ティリティ)  $\sigma_t$  と確率変数  $\varepsilon_t$  (i.i.d.) の積過程に分

解する。すなわち、 $u_t = \sigma_t \varepsilon_t$  とする。このとき標準偏

差 (ボラティリティ)  $\sigma_t$  について自己回帰 (AR :

Autoregressive) 過程の時系列で過去の分散に影響を受ける場合

をモデル化したものを自己回帰条件付不均一 (ARCH : Autoregressive conditional heteroscedasticity) モデルという。

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \dots + \alpha_q u_{t-q}^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2$$

同様に  $\sigma_t^2$  が自己回帰移動平均 (ARMA: Autoregressive moving average) 過程と同じような時系列で過去の分散に影響を受ける場合をモデル化したものを一般自己回帰条件付不均一 (Generalized ARCH) モデルという。

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \dots + \alpha_q u_{t-q}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_p \sigma_{t-p}^2$$

$$= \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

<sup>30</sup> たとえば SABR モデル (局所ボラティリティ) 等である。

<sup>31</sup> スティグリッツ (Stiglitz) [2014] は 高頻度取引 (HFT) システムが投資家にとって、以下の理由から利便性を与えていないとする見解がある<sup>31</sup>。

①市場は通常、活発過ぎ変動しすぎである。

②HFT はネガティブ・サムゲームである。

③HFT は価格発見に寄与しない。

④HFT は重要な情報発見のインセンティブを減らす(情報量は多くなるが)。

⑤HFT は流動性の重要なタイプに寄与しない。

⑥社会的有用な市場とそうでない市場の区分は重要である。

(Felix Salmon:Stiglitz[2014]Conference Paper)

<sup>32</sup> Hendershott, Jones, Menkveld.[2011] p31.

<sup>33</sup> 2014年6月5日にSECのホワイト(White)委員長が、「今後の市場構造改革の方向性」について言及しているが、特に高頻度取引(HFT)については以下の通りである。

テクノロジーの進展を逆行させたり、アルゴリズム取引を禁止すべきではない。また、現在のコンピューター・ドリブンの取引環境が投資家利益に適合しているか検証すべきである。たとえば①プロップ・ファームに対する規制強化。②取引アルゴリズムのリスク管理監督の強化。③レイテンシー格差を縮小するためのNMSプランの高速化。④NMSプランを通じて配信される相場情報にタイム・スタンプを付与。⑤直結データ・サービスに関する取引所の情報開示。⑥個人投資家を保護するための他の投資家の処理スピードの規制導入。

## 主要参考文献

大崎貞和[2014] 「HFT (高頻度取引) と 複雑化する米国の株式市場構造」 野村総合研究所。

<https://fis.nri.co.jp/~media/Files/knowledge/media/.../camri201411.pdf>

大塚剛士[2014.7.10] JAX ワーキングペーパー特別レポート「米国市場の複雑性と HFT を巡る議論」日本取引所グループ。

佐藤猛[2004b] 「Brady レポートのクラッシュ分析の本質」『日本大学商学部創設 100 周年記念号』107-126. 本大学商学部商学研究会。

- 佐藤猛[2005a]「市場流動性モデルからの米国1987年10月クラッシュに関する示唆（Ⅰ）」『商学集志』75(1)15-32. 日本大学商学部商学研究会。
- 佐藤猛[2005b]「市場流動性モデルからの米国1987年10月クラッシュに関する示唆（Ⅱ）」『商学集志』75(1)49-6. 日本大学商学部商学研究会。
- 佐藤猛[2008b]「サーキット・ブレーカーに関する一考察—米国1987年10月クラッシュの遺物—」『商学集志』76(3)13-23. 日本大学商学部商学研究会。
- 佐藤猛[2009a]「オプションの変容—米国1987年10月クラッシュの遺物—」『商学集志』78(4)1-15. 日本大学商学部商学研究会。
- 清水葉子[2014]「アメリカの証券市場構造とHFT（高頻度取引）」証研レポート2014年度（1687号）52-59.
- 三井秀俊[2004]『オプション価格の計量分析』税務経理協会。
- 渡部敏明[2000]『ボラティリティ変動モデル』朝倉書店。
- Abergel,F.,Bouchaud,J.P.,Foucault,t.,Lehalle,C.A.,Rozenbaum,M.[2012]**,Market Microstructure, John Wiley & Sons. West Sussex,U.K.
- Admati,A.R.,Pfleiderer,P.[1988]**, “Sunshine Trading and Financial Market Equilibrium,” *Review of Financial Studies* 4(3),443-481.
- Carteay A.,Penalvaz ,J.[2011]**, “Where is the Value in High Frequency Trading?” *Universidad Carlos III, Madrid — Business Economics Department*.SSRN.1-54.
- Barclay,J.,Warner,B[1993]**,“Stealth Trading and Volatility, ” *Journal of Financial Economics*34, 281-305.
- Bollerslev, T. [1986]**, “Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity”. *Journal of Econometrics* 31 (3), 307-327.
- Brady,N.[1988]**,Report of the Presidential Task Force on Market Mechanisms, (Brady Commission) Government Printing Office, Washington D.C., in Ream (compl.) [1988], Volume I Document No.6.
- Campbell, J.Y.,Lo, A.W.,Mackinlay, A.C.[1997]**, *The Econometrics of Financial Markets*, Princeton University Press, New Jersey (視迫得失、大橋和彦、中村信弘、本多俊毅、和田賢治訳[2003]『ファイナンスのための計量分析』共立出版)。
- Cox, J.C.,Ingersoll J.E.,Ross,S.A. [1985]**, “A Theory of the Term Structure of Interest Rates,” *Econometrica* 53(2), 385-407.
- Easley,D.,López de Prado,M.,O’Hara,M[2011]**, “The Microstructure of the “Flash Crash ” : Flow Toxicity, Liquidity Crashes, and the Probability of Informed Trading, ” *Journal of Portfolio Management* 37(2),118-128.
- Engle, R. F. [1982]**, “Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation”. *Econometrica* 50 (4), 987-1007.
- Fischer,S.(ed.)[1988]**,*Macroeconomics Annual 1988*, NBER, Cambridge, Massachusetts.
- Gennotte,G.,Leland.H.[1990]**, “Market Liquidity, Hedging, and Crashes,” *American Economics Review* 80(5),999-1021.
- Greenwald,B.,Stein,J.[1991]**,“ Transactional Risk, Market Crashes, and the Role of Circuit Breakers,” *Journal of Business* 64(4), 443-463.
- Grossman,S.J.[1988]**, An Analysis of the Implications for Stock and Future Price Volatility of Program Trading and Dynamic Hedging Strategies,” *Journal of Business* 61(3),275-298.
- Grossman,S.J.,Miller,M.H.[1988]**, “Liquidity and Market Structure,” *Journal of Finance* 43(3), 617-637.
- Harris, L. [2003]**, *Trading and Exchanges*, Oxford University Press, New York (宇佐美洋監訳[2006]『市場と取引』（上下）東洋経済新報社)。
- Hendershott,T.,Jones.,C.H.,Menkveld,A.J.[2011]**, “Does Algorithmic Trading Improve Liquidity,” *Journal of Finance* 66(1),1-33.
- Heston,S.L.[1993]**, “A Closed-Form Solution for Option with Stochastic Volatility with Applications to Bond and Currency Option,” *Review of Financial Studies* 6(2), 327-343.
- Lindsey,R.R.,Pecora.A.P.[1998]**, “Ten Years After: Regulatory Development in the Securities Markets Since the 1987 Market Break, ” *Journal of*

---

Financial Service Research 13(3),283-314.

**Madhavan,A.[1991]** "Security Price and Market Transparency,"SSRN Working Paper , 1-17.

**Miller,M.H.[1991]** ,Financial Innovations and Market Volatility, Blackwell, Cambridge, Massachusetts

**Miller, M.H.[1997]** ,Merton Miller on Derivative, John Wiley and Sons, New Jersey (斎藤治彦訳[2001]『デリバティブとは何か』東洋経済新報社)。

**Rouah,F.D.,Vainberg,G.[2007]** ,Option Pricing Models & Volatility, John Wiley& Sons, New Jersey.

**SEC&CFTC[2010]**, Finding Regarding the Market Events of May 6. 2010, The Securities and Exchange Commission and The Commodity Futures Trading Commission (2010.9.30), 1-104.

**Shiller,R.J.[1988a]**, "Fashion, Fads ,and Bubble in Financial Markets," in Shiller [2001]49-68.

**Shiller,R.J.[1988b]**, "Portfolio Insurance and Other Investor Fashion as Factors in the 1987 Crash Stock Market Crash, "in Fischer( ed. )[1988] 287-295.

**Shiller,R.J.[1989]**, "Investor Behavior in the October 1987 Stock Market Crash: Survey Evidence, "in Shiller[2001] 379-402.

**Shiller,R.J.[2001]**,Market Volatility, MIT Press, Massachusetts.

**Skjeltorp,J.A., Sojli,E.,Thamy,W.W.[2010]**, "Tapping hidden liquidity: Flash Orders at the NASDAQ," Norges Bank Erasmus University Microstructure Workshop.

[https://fisher.osu.edu/blogs/efa2011/files/MM\\_1\\_3.pdf](https://fisher.osu.edu/blogs/efa2011/files/MM_1_3.pdf)

**Subrahmanyam,A.[1994]** , "Circuit Breakers and Market Volatility: A Theoretical Perspective, " Journal of Finance 49(1),237-254.

**Subrahmanyam,A.[1995]** , "On Rules Versus Discretion in Procedures to Halt Trade, Circuit Breakers and Market Volatility: A theoretical Perspective, " Journal of Economics and Business 47(1),1-16.

**Subrahmanyam,A.[2013]**, "Algorithmic Trading, The Flash Crash, and Coordinated Circuit Breaker " , Borsa Istanbul Review,13(3), Pages 4-9.

**Taleb, N.N.[2007]**,The Black Swan: The Impact of the

---

Highly Improbable , Random House, New York. (望月 衛訳[2006]『ブラック・スワン—不確実性とリスクの本質』(上下)ダイヤモンド社)。

以上