

## プログラム取引の進展に伴う影響と懸念<sup>(1)</sup>

田代 一 聡

### はじめに

コンピュータ能力の発展に伴い、二〇一〇年代に入ってから、第三次AIブームなどと呼ばれ、関心を集めるとともに、AIや機械学習の進展が、我々の労働環境へ多大な影響を及ぼすことが指摘されている。

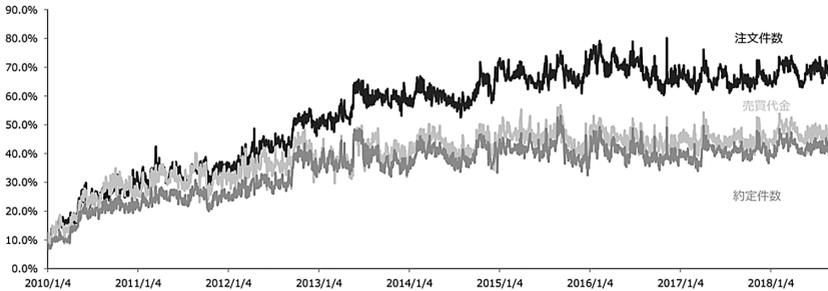
また、コンピュータやIT技術の進展は、証券市場にも多大な影響を多方面に与えているのは周知の事実であろう。その中でも象徴的なのは、東

京証券取引所における一九九九年の立会場および場立ちの消滅ではないだろうか。

以降、取引はコンピュータシステムによって速度の向上が図られ、二〇一〇年よりアローヘッドが稼動し、二〇一五年からはアローヘッドがリニューアルされてきた。現在では一日に受付可能な注文件数は二億七千万件となっており、一九八二年の一〇万件から桁違いの進歩を遂げている。

このような証券取引の環境の変化の影響を受けて、証券市場への市場参加者も大きく変わってきている。特に、コンピュータプログラムを利用す

図表1 コロケーションの比率



〔出所〕『JPXの最近の取組み』より

ることで、人間の判断を一つ一つ介在させて注文するのは、文字通り桁違いのスピードで取引をすることが可能となり、誰でもそのようなプログラムが利用できる環境となった。その中でも、高速で多くの注文を出す『高頻度取引 (High-frequency trading、HFT)』の登場は、市場の取引に大きな影響を及ぼしつつある。

高頻度取引が最初に衆目を集めたのは、二〇一〇年五月六日にアメリカで起きたフラッシュ・クラッシュと呼ばれる事件であろう。午後二時三十分すぎからダウ平均が急落し、その後数分のうちに元に戻るといふ現象が起きたのである。この事件に高頻度取引が関与しているのではないかと直後から疑われ、関与がほぼ確実である。<sup>(ii)</sup>

その後も、相場が急落した後急速に回復する、フラッシュ・クラッシュは観測されている。最近では、二〇一九年一月三日に外国為替相場で起き

た現象がフラッシュ・クラッシュにあたるとされている。<sup>(iii)</sup>

本邦においても、二〇〇八年から、高頻度取引において重要なコロケーションサービスの提供が開始され、コロケーションに設置されたサーバーからの注文・約定・売買代金の比率は、二〇一〇年の一〇%程度から、二〇一八年では、注文の七十%程度、約定件数と売買代金の四割程度を占めるまでに増加している。

二〇一八年四月より、高頻度取引業者の登録制が導入され、その実態把握が進められている。<sup>(iv)</sup>

このように取引の速度が上がり、プログラムによる取引が市場における取引の主流となりつつある現状に対して、今までの取引市場と大きく異なるとの心配の声が聞かれる。

この論考では、プログラム同士が取引を行うことで、どのような問題が考えられるのかを改めて

考え、そのようなことが真に問題たりえるのか考察していくことを目的とする。

まず、プログラムと人間が取引を行うときの差異を概観し、プログラム取引の増加による懸念についてまとめる。その後にこの懸念について考察していく。

## 一、証券取引におけるプログラムと人間の差異

人間の意思決定に要する時間よりはるかに短い時間で、多数の注文を出す高頻度取引を行うためには、取引をコンピュータプログラムで制御する必要がある。プログラム同士が取引することによって、どのような問題を起こすのかを考えたいが、そのためには、プログラムによる取引が人間による取引とどのように異なるのかについて概観

する必要がある。

プログラムが取引を行うといっても、原理として、何らかの変化や刺激によって取引の意思決定を行うという意味では、人間と大きな差は無いと考えられる。プログラム取引においては、このような取引を実行に移す変化や刺激のことを、引き金（トリガー）・イベントと呼ぶ。

プログラムと人間による取引の違いは、人間のような『曖昧さ』があまり無い点であろう。人間の場合は、同じような刺激を起こす同じような出来事が起きたとしても、引き金が引かれて取引が実行されるときもあれば、引き金が引かれないときもあるであろう。<sup>64)</sup>

もう一つ、プログラムと人間の違いとして、『証券市場からの退場』を挙げたい。取引を行った結果、損失を出した場合のことである。

プログラム取引によって損失を出した場合に

は、ほぼ確実に、プログラムを改良するか、今まで使用したものは捨てて新しいプログラムに変更するであろう。

これは、損失を出していた市場参加者はほぼ完全に退場し、新たな市場参加者が登場するものと取らえられよう。<sup>65)</sup>つまり駄目なプログラムは市場からほぼ排除されていくことを意味している。

一方で、人間の投資家を考えた場合にはどうであろうか。損失を出した人はこれにこりて証券市場に二度と手を出さずに退場してしまう人もいるであろう。しかし、損失を出しても、なけなしの資金を労働賃金からなんとか捻出して、証券市場の参加者として残留する私のような人間もまたいるだろう。

このような、人間の取引とプログラムによる取引の差異が、プログラム同士が取引を行うことで、どのような問題を生じさせるのかについて次

節で検討する。

## 二、プログラム同士が取引するこ との懸念

奥山「二〇一六」によれば、金融庁は、高速取引が市場に及ぼす影響について、①市場の安定性に与える影響、②市場の公正性给与える影響、③市場の効率性给与える影響、④投資家間の公平性给与える影響、⑤企業価値に基づく価格形成に与える影響、⑥システム面给与える影響、の六点から検証することとしている。

この中で『⑤企業価値に基づく価格形成に与える影響』に着目して、議論を進めていく。この理由は、プログラム同士による取引で、フラッシュ・クラッシュのように短時間での価格の急な変動が生じることが、広く懸念されていると感じ

られるためである。<sup>(ix)</sup> この懸念を整理すると、『投機的行動が増えるのではないか、それによって、価格が乱高下してしまい、企業の本源的価値から株価が乖離してしまうのではないか』となるのではないだろうか。

『投機的行動』の定義をどのようにするのかについてはここでは詳しく立ち入らずに、ざっくりと『ある程度の短い時間で価格差を利用して儲ける行動』と理解して、この懸念について考察していく。

この懸念は、さらに三つの懸念に分解できる。『投機的行動が増える』『価格が乱高下する』『企業の本源的価値が反映されなくなる』の三つである。これらの懸念について、順番に検討する。

### 三、『投機的行動が増える』という懸念

この懸念について考えるにあたって、より根源的な問題として、投機的行動の是非について考える必要がある。投機的行動を是とする意見として、投機が価格を安定させるというフリードマンの仮説<sup>(x)</sup>がある。

これは直感的には図表2で表される。現在の位置までの左側の曲線は過去の値動きを表し、右の破線は将来の価格の動きの『予想』を表す。ここに投機家加わり儲けようとする。すると価格が低いときに購入し、高くなったら売るという行動をとる。その結果として、価格が下がったときの価格を押し上げ(①の囲み)、価格が高くなったときの価格を押し下げる(②の囲み)こととな

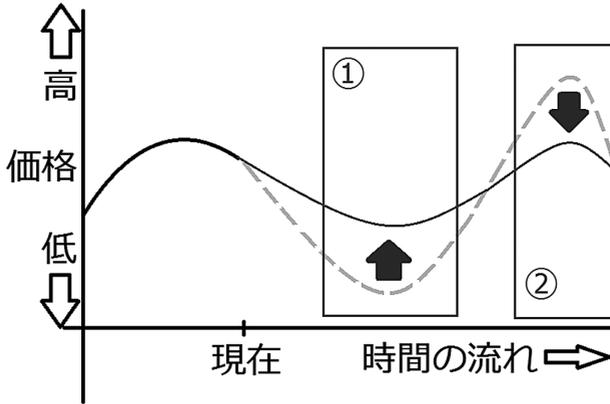
る。投機の結果として細い実線のような価格推移となり価格変動を抑えることとなる。

他方、投機的行動が価格を不安定化させることについては、有名なケインズの美人投票の問題や、Hart and Kreps [1986] や Stein [1987] などの議論がある。投機的行動によって、価格が不安定化するというのが、証券市場における投機に対して抱かれる一般的なイメージに近いのではなからうか。

また、直感的に価格を安定させること自体は良いことであると考えられているが、その直感はずしも正しくない(Newbery and Stiglitz [1984])。一般に投機的行動は悪いことであると断定的に見られているように思われるが、このように投機的行動の是非ははっきりとはしないのである。

プログラム取引の進展によって、投機的行動が『増えるのか』という点については、増える可能

図表2 投機的行動の影響



〔出所〕 著者作成

性がかなりあると考えている。プログラムによる取引の人間との大きな差異として、取引のスピードがあげられる。そのため、人間が数日あるいは一週間程度かけて行っていた投機的行動、例えば、最初に買いを見せてちょうちんを点け、値上がりしたところで売り抜けるといった一連の行動に要する時間が短縮される可能性が高いのではないだろうか。とすると、単位時間、たとえば一年間当たりに起きる投機的行動は増えることとなるであろう。

一方で、将来的には投機的行動が減る可能性もあると考えられる。このような投機的行動で利益を出すためには、損失をこうむるものが存在しなければならぬ。人間とプログラムの差異として、『市場からの退出』を挙げたが、投機で儲ける人のえさとして損失をこうむった後、また戻ってきて同じように損失をこうむる私のような人間

とは異なり、投機的行動によって損失をこうむるプログラムは人間よりも速やかに退出すると考えられる。損失をこうむるプログラムが存在しなくなれば、投機的行動で利益を得られるプログラムも存在できなくなるため、投機的行動が減る可能性へと到達するのである。

#### 四、『価格が乱高下する』という懸念

価格が乱高下するののかという懸念については、前節の投機的行動の結果と密接に関連している。投機的行動によって、価格が安定化される可能性も乱高下させる可能性もあること、仮に投機が価格を乱高下させるとして、それが増える可能性も減る可能性も存在することを見た。

ここでは、より根源的に、証券市場において価

格が乱高下することの影響を考察したい。

通常の財・サービス市場などを想定した場合、価格の乱高下は消費活動の安定した発展を害する要素として考えられている。<sup>(4)</sup>

一方で、証券市場、特に証券流通市場において、価格が乱高下したときに、喜ばれる面も、喜ばれない面もあまり多くないように思われる。

『信用取引』を行っている人々にとって価格の乱高下は嬉しくない出来事であるかもしれない。自分の予想と違う方向へ大きく価格が動く結果として、追証の発生や強制清算といった状態が起きてしまうのである。しかし、この可能性はプログラム取引と関係なく存在するし、大きく儲けられる可能性も同じように考えられるため、悪いことばかりでもない。

また、資産運用業にとって、価格の乱高下によって、パフォーマンスの測定時点で価格の急下

落に見舞われる可能性が大きくなることは問題となるであろう。しかし、乱高下が当たり前の市場であれば、乱高下に対応して行動が取られるのは疑いない。

証券発行市場における価格の乱高下は、流通市場よりも問題が大きいかもしれない。証券発行時の価格決定に株価が利用されるためである。株価の乱高下はこの価格決定に影響してしまうかもしれない。

しかし、ある時点の株価だけが使用されるわけではないし、またそれだけで決定されるわけでもない。影響は限定的であろう。そのため、証券発行市場では、株価に本源的価値が反映されるのかという点がより重要かもしれない。この点については、次節で考えたい。

## 五、『企業の本源的価値が反映されなくなる』という懸念

この懸念について答えるに当たって、本来は『企業の本源的価値』は何を指すのか、という問題をきちんと考える必要がある。しかし、これに答えるのは容易でないため、ここでは企業の本源的価値を『企業が運営されることで、株主にもたらされる将来の利得の現在の価値』と考えることで、この問題は脇に置くことにする。

このような本源的価値が、プログラム取引の増大によって株価に反映されなくなると懸念されているのである。

しかし、そもそもの問題として、プログラム取引がなかったとしても、株価に本源的価値が反映されているのかというのは定かではない。例え

『De Long』[一九九〇]は、長期的に証券価格が本源的価値と一致しないことを示した。

そのため、株価に本源的価値が反映されているのかは、その人の考え次第ともいえる。もし、『株価は企業の本源的価値と全く無関係に決定されている』と考えるならば、ここで考えている懸念は問題とならない。また逆に、『株価は常に企業の本源的価値を反映している』と考えるならば、やはりここでの懸念は無用であろう。

『企業の本源的価値が反映されなくなる』という懸念は、『株価に企業の本源的価値はある程度は反映されているが、そこから外れるときもある』という想定の下で初めて懸念として成立する。

私自身は、『短い期間では、上手く反映されないこともあるが、ある程度長い期間をみれば、概ね企業の本源的価値が反映されているのではない

か』と考えている。これは、プロ野球において、一試合の勝ち負けでは、あるチームの強さを直ちに判定できないが、一シーズンを終えた最終的な結果には、各チームの力関係が概ね正確に現れるであろうという考えに似ている。

このように株価と企業の本源的価値の関係を考える場合に、プログラム取引の増大はどのような影響をもたらされるであろうか。

プログラム取引が価格の乱高下を増やしたとしても、そもそも短い期間の株価には、企業の本源的価値を上手く反映されていないと考えているので、プログラム取引によって企業の本源的価値が反映されなくなるという効果は薄いであろう。

一方で、ある程度長い期間について考えた場合、取引が早く行われる結果、一定の時間の間に、より多くの試合が行われるのと同じ効果が期待できるため、より正確に企業の本源的価値が反

映されるかもしれない。もしくは、一定の試合数が行われるまでの時間が短くなる結果として、『ある程度長い期間』の想定は、プログラム取引が無い場合と比較して短くなるかもしれない。これらの意味において、プログラム取引は企業の本源的価値を株価に反映するのを阻害するどころか、より反映されやすくする役割を担う可能性すらあろう。

## おわりに

テクノロジーの進展に伴い、我々の経済活動は大きく変化している面もあればそれほど変化が見られない面もある。証券市場は、テクノロジーの進展の影響をかなり大きく受ける分野であるように思われる。

テクノロジーの進展の中で、昨今取りざたされ

る、プログラム同士による証券取引の世界において、どのようなことが起きるのかについて、わざわざかりであるが考察した。

どのような未来がやってくるのかについて、全く予想が付かないが、おそらく経済学にとっては理想の証券市場は、常に企業の本源的価値に近い気配値が付いているが、取引はほとんど行われないうちであらう。

証券市場の判断が全てコンピュータプログラムで制御され、意見の不一致がなくなるなどの条件が成立すると、このような未来も起こりうるかもしれない。しかし、このような未来がやってくる可能性は非常に低いと考えている。なぜなら、証券市場における人間の意思決定の割合がかなり低下したとしても、完全に排除される可能性はまずないと考えているためである。

(注)

- (i) 本稿を執筆するにあたり、『証券流通市場の機能に関する研究会』での足立高德氏の講演が大変参考になり、特に謝意を記す。また、倉澤資成氏にはいつも議論に付き合っていたなき、感謝いたします。
- (ii) 二〇一〇年のフラッシュ・クラッシュに関して、イギリスの高頻度取引を行う個人投資家が相場操縦による罪で二〇一五年に逮捕された。  
 『UK speed trader arrested over role in 2010 U.S. Flash crash』ロイター 二〇一五年四月二十二日 <https://uk.reuters.com/article/uk-usa-security-fraud/uk-speed-trader-arrested-over-role-in-2010-u-s-flash-crash-idUKKBN0NC21O20150421>
- (iii) 『年明け魔の時間のフラッシュクラッシュユーアルゴで円高トレンド増幅か』ブルームバーグ 二〇一九年一月四日 <https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2019-03-31/PP957C6K50XY01>
- (iv) 取引所のサーバーの近くに注文を出すためのサーバーの設置場所を提供するサービス。物理的な距離によって生じる通信の遅れを小さくすることで、注文の遅れを少なくすることができる。
- (v) コロケーションに設置されたサーバーからの注文が必ずしも高頻度取引に使用されているわけではない点に注意が必要である。
- (vi) 『高速取引に監視の目 金融庁、HFTの登録六〇社に』日本経済新聞 二〇一九年一月三十日 <https://www.nikkei.com/article/DGXMZ040673970G9A130C1EFP900/>
- (vii) 代表的な例として、同じ情報を得ても、情報の与えられ方で人間の意志決定が変わってしまうという、行動経済学で知られるフレーミング効果がある。
- (viii) 改良したプログラムを新しい参加者と与えられるかは、哲学の問題（テセウスの船）が関係してくるように思われるが、ここでは改良前と改良後は別のものと考える。
- (ix) 『プログラム同士の「超高速取引」で、株式市場がクラッシュする日がやってくる』WIRED 二〇一八年四月五日 <https://wired.jp/2018/04/05/how-technology-unsettled-stock-market/>
- (x) 倉澤「一九八八」p.191を参照。
- (xi) 例えば、日本銀行『物価の安定』についての考え方を参照。 [https://www.boj.or.jp/announcements/release\\_2000/data/k001013a.pdf](https://www.boj.or.jp/announcements/release_2000/data/k001013a.pdf)
- (xii) 詳しい条件は Milgrom and Stokey [1980] を参照。

(参考文献)

- 奥山 大輔 『我が国株式市場における高速取引に対する規制の  
在り方』 月刊資本市場二〇一六 No.373
- 倉澤 資成 『入門 価格理論 第三版』 日本評論社一九八八
- De Long, Bradford, Andrei Shleifer, Lawrence H. Summers  
and Robert J. Waldmann [1990] Noise Trader Risk in  
Financial Markets. *The Journal of Political Economy*, Vol.  
98, No. 4, pp. 703-738.
- Hart, Oliver D. and David M Kreps [1986] Price  
Destabilization Speculation. *The Journal of Political  
Economy*, Vol. 94, No. 5, pp. 927-952.
- Milgrom, Paul, and Nancy Stokey [1980] Information, Trade  
and Common Knowledge. *The Journal of Economic  
Theory*, Vol. 26, No. 1, pp. 17-27.
- Newbery, David M. G. and Joseph E. Stiglitz [1984] Pareto  
Inferior Trade. *The Review of Economic Studies*, Vol. 51,  
No. 1, pp. 1-12.
- Stein, Jeremy C. [1987] Information Externalities and  
Welfare-reducing Speculation. *The Journal of Political  
Economy*, Vol. 95, No. 5, pp. 1123-1145.

(たしり かずとじ・当研究所研究員)