

短期的な市場変動予測指標としての VPIN の有効性について

株式会社大阪取引所 情報サービス室

脇屋 勝

大阪大学大学院 経済学研究科(兼)数理・データ教育研究センター 金融・保険部門

大屋 幸輔

1. はじめに

2015年8月以降、わが国の株式市場のボラティリティは高く、この状態が現在も続いている。例えば、2015年8月24日には中国市場の急落を受けて日経平均株価は前日比-895.15円、翌25日も-733.98円と連日の大幅下落を記録し、同年9月9日には+1,343.43円と21年7ヶ月ぶりの上昇幅となった。さらに、2016年2月9日には、海外市場の株安の流れを受けて前日比-918.86円となり年が変わってからも、株式市場のボラティリティの低下は限定的である。そのため、市場が急変する際のマーケットの変動リスクに対して投資家をはじめ市場関係者の関心は高まっている。

マーケットで急激な価格変動が発生した際、投資家の心理状態や将来の価格変動を示す日経平均ボラティリティ・インデックス（以下「日経平均VI」）が、今後のマーケット動向を考えるうえでの有益な指標として新聞紙面などで取り上げられることも多い¹。しかし、現時点では日経平均VIは、欧米市場の影響を受ける夜間の取引時間帯には算出されていないことや急騰後には高止まる傾向も見られ、立会時間中のマーケット変動の予兆をリアルタイムで捉えることには適していない場合もある。

市場の短期的な予兆を捉える指標に対する要望が高まる中、Easley et al. (2012) で提唱されたVPIN (Volume-synchronized probability of informed trading) について検討が進められている²。このVPINは、事後的ではあるが2013年5月6日の米国でのフラッシュ・クラッシュの予測に成功し、米国のSECやCFTCなどの規制当局も短期的な将来のマーケット変動を捉えるシグナルとして注目している指標の1つである³。

その一方で、VPINの短期的なマーケット変動の予測機能についての有効性を巡っては賛否を問う意見があり評価は定まっていない⁴。わが国のデータを用いたものでは、大屋(2015)で指摘したVPINを計測するうえでの問題点を踏まえて、脇屋・大屋(2016)においてVPINを計測する前に決めておく各設定値を適切に用いることができれば、VPINの短期的な市場予測は有効に機能することを示しているが、実証研究の蓄積はまだ十分なものとはいえない。

¹ 日経平均VIは、株式会社日本経済新聞社（以下「日本経済新聞社」）が算出。具体的な計算方法については、日本経済新聞社(2014)を参照。

² VPINは、米国のTudor Investment Corporationの商標として登録されている。

³ Easley et al. (2012)の著者であるO'Haraは、米国SECの株式市場構造諮問委員会(Equity Market Structure Advisory Committee)のメンバー。

⁴ VPINの有効性についての論争の詳細は、Andersen and Bondarenko (2014a)、Andersen and Bondarenko (2014b)、Easley et al. (2014)、Andersen and Bondarenko (2015)を参照。

そこで、本レポートでは、2015年8月以降の大きな市場変動が連続する相場環境や取引高が相対的に少ない夜間立会においても VPIN は短期的な市場変動の予兆を捉えることができるのかを明らかにすることを目的とする。

2. VPIN の計測方法

VPIN の有効性の検証を行う前に、基本性質の概要について述べる⁵。VPIN は、Easley et al. (1996) の PIN (Probability of informed trading) と同様の概念によりオーダーフロー・インバランスから投資家間の情報の非対称性の程度を計測する指標である⁶。この VPIN は、PIN とは異なり未知のパラメータの推計を必要とせず、価格データに加えて取引高のデータも用いて計測するため、HFT (High frequency trading) が増加しているマーケットの状況をリアルタイムで把握することに適しているとされる(Easley et al. 2012)。

VPIN 計測方法について簡単に説明する。VPIN は、次のようにティックデータを2段階のデータ集約を経て計測される。第1段階ではティックデータを観測開始時点から任意の取引高単位 (volume time) で bar と呼ばれる単位で集約する。通常的时间単位よりも volume time で集約することで、HFT による取引が増えている場合でも、精度の高い VPIN の計測が可能になる。なお、volume time で集約した bar は、volume bar と呼ばれている。第2段階では bar をさらに、任意の大きさで集約し、この集約単位 (volume bucket) でオーダーフロー・インバランスの期待値を集計する。この第 τ 番目の volume bucket を V_τ とし、その中に集約されている第 i 番目の bar の取引高を v_i と定義する。なお、 p_i は各 bar に格納された最後尾のティックの約定価格、 $\sigma_{\Delta p}$ は bar 間の価格変化の標準偏差である⁷。そして、第 i 番目の bar の取引高を v_i に標準正規分布の累積分布関数 $Z(\cdot)$ を用いて、各 bar に集約された取引高 v_i を買い主導による取引高 v_i^B 、もしくは売り主導による取引高 v_i^S に分類 (bulk classification) する。

$$V_\tau^B = \sum_{i=t(\tau-1)+1}^{t(\tau)} v_i \cdot Z\left(\frac{p_i - p_{i-1}}{\sigma_{\Delta p}}\right) \quad (1)$$

$$V_\tau^S = \sum_{i=t(\tau-1)+1}^{t(\tau)} v_i \cdot \left[1 - Z\left(\frac{p_i - p_{i-1}}{\sigma_{\Delta p}}\right)\right] = V - V_\tau^B \quad (2)$$

ここで、公的情報に基づき情報投資家および非情報投資家が平均的に出す注文は ϵ 、私的情報に基づき情報投資家のみ発注可能な注文を μ とする。また、私的情報を持つニュースの発生確率は α とすると、 V_τ^B と V_τ^S の差 (オーダーフロー・インバランス) の期待値について、数式 (3) が近似的に成り立ち、さらに V_τ^B と V_τ^S の合計の期待値は、数式 (4) のように算出される。

⁵ VPIN の基本性質などの詳細な議論については、脇屋・大屋 (2016) を参照。

⁶ PIN については、Easley et al. (1996)、大屋 (2012) を参照。

⁷ volume time は、 $t(0) = 0$ とし、 $t(1)$ は最初の volume time、 $t(v)$ は v 番目の volume time。

$$E[|V_t^S - V_t^B|] \approx \alpha\mu \quad (3)$$

$$E[V_t^B + V_t^S] = \alpha\mu + 2\varepsilon \quad (4)$$

最後に、数式 (5) によりオーダーフロー・インバランスの期待値の系列を移動平均し VPIN を求める。VPIN の値が大きくなるほど、投資家間の情報の非対称性の程度は大きいといえるがこの VPIN 自体の値で、市場が急変する予兆を知らせるアラートとしての基準を決めることは難しい。そのため、Easley et al. (2012) では経験累積分布関数(CDF : cumulative distribution function) を用いて、そのアラート水準の閾値を累積確率の 0.99 とすることを推奨している。なお、分母の n は、移動平均を行う単位の大きさ (VPIN 計測単位) である。

$$VPIN = \frac{\alpha\mu}{\alpha\mu + 2\varepsilon} \approx \frac{\sum_{t=1}^n |V_t^S - V_t^B|}{nV} \quad (5)$$

3. 検証方法と結果

短期的な市場変動予測指標としての VPIN の有効性を検証するために、売買システム J-GATE 稼働後の 2011年2月14日から2016年2月29日の日経225先物のティックデータを用いる⁸。なお、日経225先物は現在13限月が同時に取引されているが、営業日ごとに最も取引高が多い限月をサンプルデータとして採用している。

このサンプルデータを用いて VPIN を計測し、表1の日経平均株価が大きく変動した日の VPIN の値の推移を確認し、各日の情報の非対称性の程度を検証する⁹。さらに、連日の大幅下落を記録した2015年8月24日から25日前後および日本銀行による「マイナス金利付き量的・

表1 日経平均株価の前日比変動幅上位およびイベント発生日

年	月	日	前日比変動幅	イベント内容
2015	8	24	-895.15円	中国株の急落。25日-733.98円、26日+570.13円
2015	9	1	-724.79円	中国経済指標の悪化
2015	9	9	+1,343.43円	中国政府の景気支援発表、下げすぎた株価の自律的な反発
2015	9	29	-714.27円	米国の金利年内引き上げ言及
2015	12	18	-366.76円	日本銀行による追加の金融緩和のアナウンスメント
2016	1	22	+941.27円	原油価格の上昇
2016	1	29	-476.85円	日本銀行によるマイナス金利導入のアナウンスメント
2016	2	9	-918.86円	米国株安および円高進行
2016	2	15	+1,069.97円	割安感の出た銘柄への買い注文など

(出所) 日本経済新聞社の日経平均株価を参考に筆者作成。

⁸ 本レポートの分析期間は、2015年6月から2016年2月であるが、CDFに用いる経験分布の確率分布関数については2011年2月14日からのデータで作成したものをを用いている。

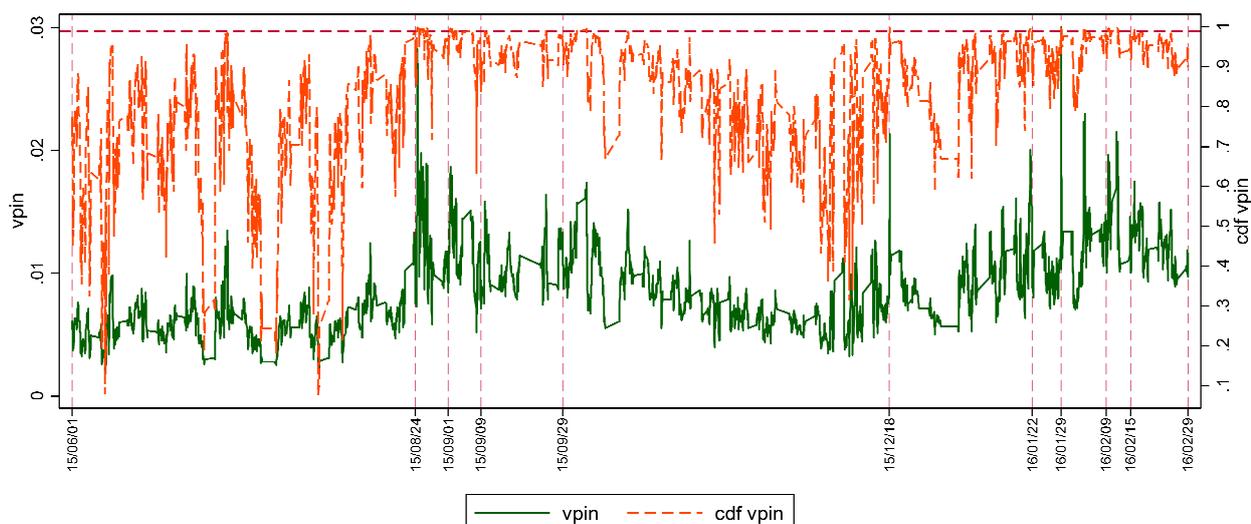
⁹ VPIN計測にあたって、事前に決めておく設定値である volume bar のサイズは5、volume bucket のサイズは取引高の1日平均の3ヶ月移動平均値、VPIN計測単位は25とした。なお、Easley et al. (2012) における設定値である VPIN計測単位50でもVPINの計測を行い同様の結論が得られている。

質的金融緩和」の導入のアナウンスがなされた2016年1月29日については、VPINが短期的な市場変動の予兆をどのように捉えているのか、取引時間中の推移についての検証も行う。

図1は、2015年6月1日から2016年2月29日までのVPINおよびCDF (VPIN)の推移を示したものである。この図から、表1で取り上げた日経平均株価が大きく動いた日のCDF (VPIN)は、アラート水準(0.99)もしくはそれに近い水準に達していることがわかる。これらの中では、日本銀行がマイナス金利導入のアナウンスを行った2016年1月29日のVPINの値が最も高くなっていることが見てとれる。これは、初めてのマイナス金利導入が市場に与える影響について、投資家間での情報の非対称性が極度に高まっていたと解することが可能である。次に高いVPINの値となっていたのが、2015年8月24、25日の連日の大幅下落を記録した日である。これは、中国経済の減速懸念による中国株式市場の暴落を受けてのものであり、その不透明感がそのまま投資家間の情報の非対称性に反映されたものと考えられる。

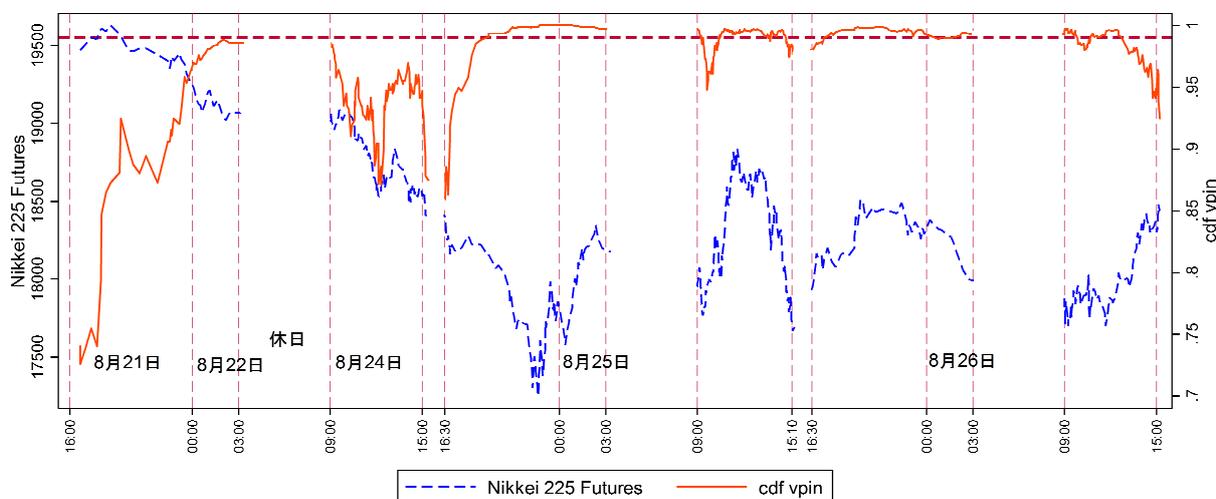
図2は、2015年8月21日から26日までのCDF (VPIN)の推移を示している。日経平均株価の前日比-895.15円となった月曜日24日の日中のCDF (VPIN)は取引開始の9時時点から日経225先物が下落し続ける一方で、CDF (VPIN)はアラート水準に達することなく低下しているため、VPINは市場動向を捉えていないように見える。しかし、これは前週の土曜日22日の夜間立会でCDF (VPIN)はアラート水準付近にまで上昇したが、週末を挟んで投資家間で週明けからの相場の見通しが共有されることで、週明け24日の立会開始時点では情報の非対称性は低下していた結果と考えられる。次に、24日の夜間立会が開始した直後には、CDF (VPIN)はアラート水準を突破し、その後の日経225先物の急落の予兆を捉えることができていた。さらに、翌25日の午前9時の日中立会開始後に始まる日経225先物の乱高下前からCDF (VPIN)はアラート水準を越え、その水準を維持したまま夜間取引の終了を迎えた。最後に、26日の9時

図1 2015年6月1日から2016年2月29日までのVPINおよびCDF (VPIN)の推移



(出所) 大阪取引所ヒストリカルデータから筆者作成。

図2 2015年8月21日から26日までのCDF (VPIN)の推移

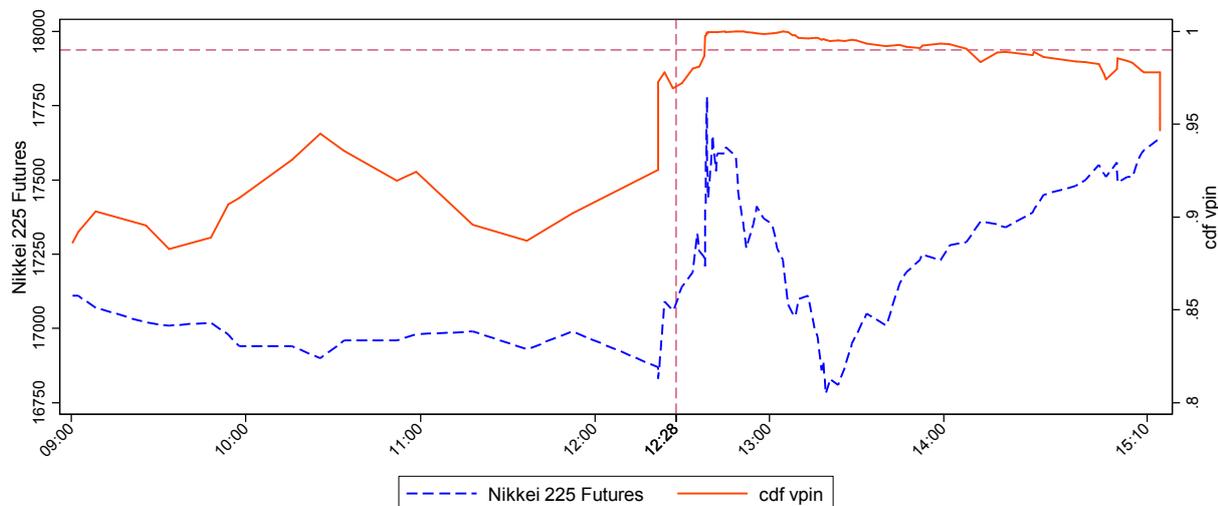


(出所) 大阪取引所ヒストリカルデータから筆者作成。

時点から CDF (VPIN) アラート水準は超えたままの状態にあり、日経 225 先物の上昇が始まった直後から大引けにかけて CDF (VPIN) は急落し取引を終えている。

図 3 は、2016 年 1 月 29 日の日本銀行によるマイナス金利導入のアナウンスがなされた日中の VPIN の推移をみたものである。12 時 28 分の日本銀行によるマイナス金利の導入公表前に CDF (VPIN) は上昇し、日経 225 先物が急落する前にアラート水準を突破している。その後、日経 225 先物は急騰直後に急落し、さらに上昇に転じた。一方、CDF (VPIN) は、日経 225 先物が 12 時半ごろの急落前の水準に回復するにしたがいアラート水準を割り込み、CDF (VPIN)

図3 2016年1月29日の日中のCDF (VPIN) の推移 (日本銀行のマイナス金利導入のアナウンス)



(注) 12時28分 マイナス金利の導入公表。

(出所) 大阪取引所ヒストリカルデータから筆者作成。

が急騰する12時28分前の当該会合前と同等の水準で終えた。このCDF (VPIN) の推移から投資家間の情報の非対称性が解消に向かったことがわかる。

以上の結果から日経225先物が乱高下する前には、VPINはその予兆を示す指標として機能していると考えられる。

6. おわりに

本レポートでは、2015年8月以降の大きな市場変動が連続する場合や取引高が相対的に少ない夜間立会においても、VPIN計測前に決めておく各設定値やCDF (VPIN) の確率分布を適切に用いればVPINは短期的な市場変動の予兆を捉えうることを明らかにした¹⁰。このことは、VPINは、日経平均VIが高止まる期間や指標が算出されていない夜間立会の時間においても有用な指標として検討に値するといえ、投資家や取引所をはじめとする市場関係者にとっても意義がある。

今後、VPINの計測過程での各設定値及びCDF (VPIN) を求める際の累積分布関数に用いる確率分布の運用次第でさらに計測精度を高めて行くことは可能であると考えられる。そのためには、デリバティブ市場に限らず現物市場においても実証研究を積み重ねていくことが必要となる。

参考文献

- Andersen, T. G. and Bondarenko, O. (2014a) VPIN and the flash crash. *Journal of Financial Markets*, 17, 1-46.
- Andersen, T. G. and Bondarenko, O. (2014b) Reflecting on the VPIN dispute. *Journal of Financial Markets*, 17, 53-64.
- Andersen, T. G. and Bondarenko, O. (2015) Assessing measures of order flow toxicity and early warning signals for market turbulence. *Review of Finance*, 19, 1-54.
- Easley, D., Kiefer, N. M., O'Hara, M. and Paperman, J. B. (1996) Liquidity, information and infrequently traded stocks. *Journal of Finance*, 51, 1405-1436.
- Easley, D., López de Prado, M. and O'Hara, M. (2012) Flow toxicity and liquidity in a high-frequency world. *Review of Financial Studies*, 25, 1457-1493.
- Easley, D., López de Prado, M. and O'Hara, M. (2014) VPIN and the flash crash: a rejoinder. *Journal of Financial Markets*, 17, 47-52.
- 大屋幸輔 (2012) 「日中データによる情報の非対称性の計測」, 『先物・オプションレポート』, 大

¹⁰ VPIN計測にあたっての各設定値やCDF (VPIN) の確率分布についての詳細な議論は、脇屋・大屋 (2016) を参照。

阪証券取引所, Vol.24 No. 7.

大屋幸輔 (2015), 「情報の非対称性のリアルタイム計測としての VPIN を巡って」, 『先物・オプションレポート』, 大阪取引所, Vol.27, No.4.

株式会社日本経済新聞社 (2014), 『「日経平均ボラティリティー・インデックス」リアルタイム算出要領』。

脇屋勝・大屋幸輔 (2016), 「VPIN を用いた短期的な市場変動予測－日経 225 先物及び日経 225mini を用いた実証分析－」, 『JPX ワーキング・ペーパー』, 株式会社日本取引所グループ, Vol.11.

本資料に関する著作権は、株式会社大阪取引所にあります。

本資料の一部又は全部を無断で転用、複製することはできません。

本資料は、デリバティブ商品の取引の勧誘を目的としたものではありません。

本資料の内容や意見は執筆者個人に属し、株式会社大阪取引所の公式見解を示すものではありません。