

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 — 【要約版】



2016年3月11日
株式会社日本取引所グループ
脇屋 勝*
大屋 幸輔**

* 株式会社大阪取引所 情報サービス室(兼)株式会社東京証券取引所 情報サービス部(兼)株式会社日本取引所グループ 総合企画部主任研究員 (m-wakiya@jpx.co.jp)、公益社団法人日本証券アナリスト協会検定会員

** 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

※VPINは、米国のTudor Investment Corporationの商標として登録されている。本稿における見解は筆者個人に属するものであり、Tudor Investment Corporationの見解を示すものではない。

JPXワーキング・ペーパーは、株式会社日本取引所グループ及びその子会社・関連会社の役職員及び外部研究者による調査・研究の成果をとりまとめたものであり、学会、研究機関、市場関係者他、関連する方々から幅広くコメントを頂戴することを意図しております。なお、掲載されているペーパーの内容や意見は執筆者個人に属し、日本取引所グループ等の公式見解を示すものではありません。

背景と目的

先行研究

- PIN (VPINのベースとなるもの)
- VPIN

データ

検証方法と結果

- 検証1: VPINの基本性質
- 検証2: フルサンプルでのVPIN計測
- 検証3: 日経平均VIとの比較

結論

HFTにより様相が変化した市場

テクノロジーの発展とHFT (High frequency trading) の登場によりマーケットの様相が激変 (O' Hara, 2015)

- 2010年5月の米国のフラッシュ・クラッシュを機に、**マーケットの急変の予兆を捉える指標に対する要望**が増す
- しかし、HFTの登場前に考案された多くの指標では、HFTの特徴を踏まえリアルタイムで計測することは困難

短期的な市場変動の予測を可能とする VPIN

Easley et al. (2012a)で**VPIN (Volume-synchronized probability of informed trading)**を提唱

- 事後的な計測ではあるが、2010年5月の米国市場での**フラッシュ・クラッシュの予測に成功**
- 著者のO' Haraは、SECのEquity Market Structure Advisory Committeeのメンバー
- SECやローレンス・バークレー国立研究所もVPINに関心を寄せる(Zewing, 2012)
- CFTC (2013)で、フラッシュ・クラッシュのような事例を予測する指標としてVPINを含め5つの指標を検討

VPINの有効性について異議

- Andersen and Bondarenko (2014a)で、VPINの短期的な市場変動の予測能力について否定的な見解
- VPIN提唱者は、Easley et al. (2014) で反論を展開するが未決着

本稿では、VPINが短期的な市場変動予測をリアルタイムで行うことが可能であるのかを明らかにすることを目的とする

PIN (Probability of informed trading)

オーダーフロー・インバランスを捉え投資家間の**情報の非対称性**を推計 (Easley et al., 1996)

PINの推定方法

以下の条件のもと尤度関数を用いて最尤推定法により未知のパラメータ $(\alpha, \delta, \mu, \varepsilon)$ を推定

- 2種類の投資家の存在を仮定 (**非情報投資家**: 公的情報のみ利用可能、**情報投資家**: 公的情報及び私的情報の利用可能)
- 取引データを買入主導による取引高 (B)、売り主導による取引高 (S) に分類
- 公的情報に基づき両投資家が出す平均的な注文は 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 (**私的情報がもたらされた場合**、それに基づき情報投資家が注文 μ を行うため、**市場に出される注文数量は合計で $\mu + \varepsilon$ と増加**)
- 私的情報を持つニュースの発生確率を α 、それが良いニュースである確率は $(1 - \delta)$ とする

$$L(\theta|B, S) = (1 - \alpha)e^{-\varepsilon} \frac{\varepsilon^B}{B!} e^{-\varepsilon} \frac{\varepsilon^S}{S!} + \alpha\delta e^{-\varepsilon} \frac{\varepsilon^B}{B!} e^{-(\mu+\varepsilon)} \frac{(\mu + \varepsilon)^S}{S!} + \alpha(1 - \delta)e^{-(\mu+\varepsilon)} \frac{(\mu + \varepsilon)^B}{B!} e^{-\varepsilon} \frac{\varepsilon^S}{S!} \quad (1.1)$$

※最尤推定法での未知のパラメータ $(\alpha, \delta, \mu, \varepsilon)$ の推定に時間を要する場合もあるためリアルタイム計測には適当ではない

数式(1.2)により**全取引に対する私的情報に基づく取引の占める割合 (投資家間の情報の非対称性の程度)**を推計

$$PIN = \frac{\alpha\mu}{\alpha\mu + 2\varepsilon} \quad (1.2)$$

※ PINの値が大きいほど、投資家間の情報の非対称性の程度が高いと解釈

VPINの基本性質

- ・ 感覚的に板や取引高からマーケットの変化を読み取るのとは異なり、**情報の非対称性の程度を指標化することで、過去の系列の推移を経験的に踏まえてマーケットが急変する予兆を捉えることが可能**
- ・ **投資家間の情報の非対称性の程度が高まるほど大きな値をとる**

VPINとPINとの比較

	PIN	VPIN
計測するもの	投資家間の情報の非対称性の程度	同左 (PINと同様の理論により計測)
データ	価格データ	取引高 及び価格データ
売主導・買主導別の分類	個別約定ごとに分類	任意の集約単位で分類
未知のパラメータの推定	必要	不要
時間軸	clock time	volume time (clock timeも可能)
HFTの影響	あり	影響は限定的
リアルタイムでの使用	困難	可能

VPIN計測方法の概要

(1) ティックデータの集約

- ・ ティックデータを観測開始時点から任意の取引高単位 (もしくは時間単位) で集約 (この集約単位を **bar** と定義)
- ・ 集約したティックデータを標準正規分布の累積分布関数を用い、売主導・買主導別に分類 (この分類方法が **bulk classification**)

(2) bar の集約

- ・ bar をさらに、任意の大きさで集約 (この集約単位を **volume bucket** と定義)
- ・ この集約単位でオーダーフロー・インバランスの期待値を集計

(3) VPINの計測

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 (この移動平均期間を **VPIN計測単位** と定義)

ティックデータの集約からVPIN計測までの流れ

第1段階の集約

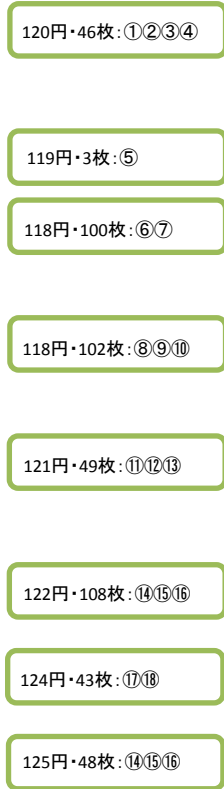
(time bar または volume bar を選択)

ティックデータ

時刻	約定番号	価格	取引高
10:01:01	①	120	30
10:01:01	②	121	10
10:01:30	③	122	5
10:01:59	④	120	1
10:02:05	⑤	119	3
10:03:36	⑥	118	40
10:03:54	⑦	118	60
10:04:04	⑧	117	20
10:04:45	⑨	117	80
10:04:52	⑩	118	2
10:05:43	⑪	119	47
10:05:44	⑫	120	1
10:05:50	⑬	121	1
10:06:11	⑭	120	100
10:06:27	⑮	121	3
10:06:51	⑯	122	5
10:07:04	⑰	123	39
10:07:35	⑱	124	4
10:08:09	⑲	124	13
10:08:22	⑳	125	36

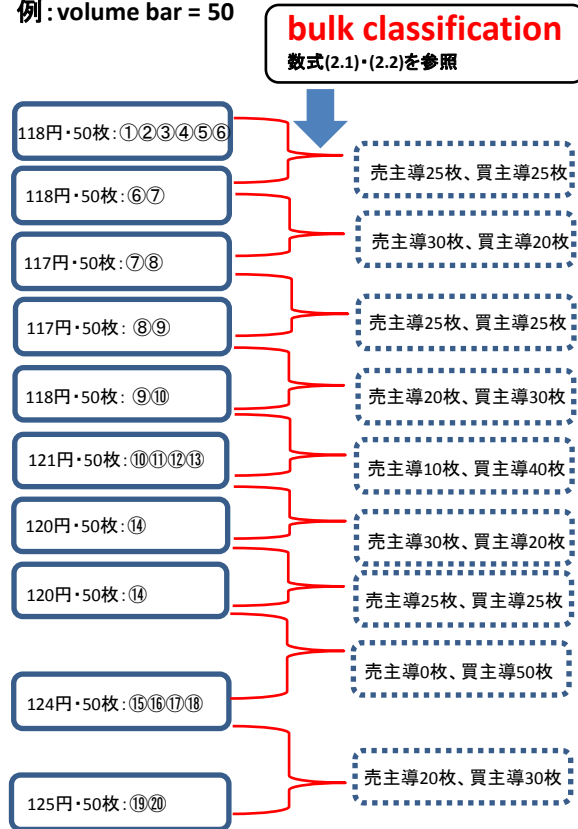
time bar

例: time bar = 1



volume bar

例: volume bar = 50



bulk classification

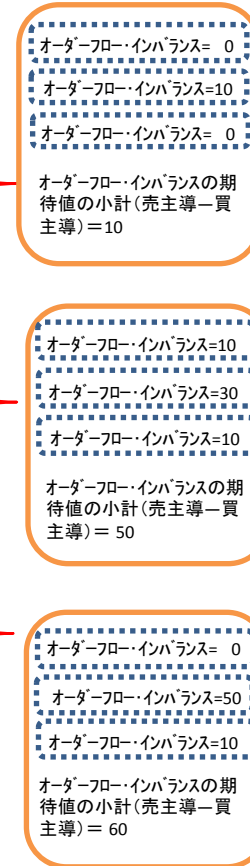
数式(2.1)・(2.2)を参照

第2段階の集約

(volume bar のケースで説明)

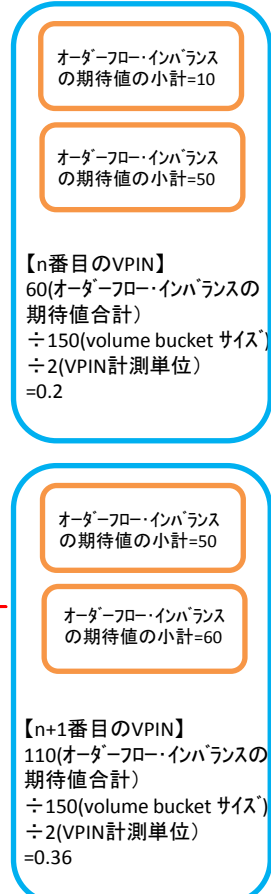
volume bucket

例: volume bucket = 150



VPIN

例: VPIN計測単位 = 2



※n-1番目のtime (volume) bar は、価格変化幅を計算するために使用し、取引高は使用しない。

【注意】

bulk classification 以降の処理は、time bar と volume bar とともに同じであるため、volume bar のケースのみを图示している

※ 投資家間の情報の非対称性の程度が高いほど、VPINの値は大きくなる

取引高の分類

- 第 τ 番目の volume bucket を V_τ とし、その中の第 i 番目の bar の取引高を v_i とする
- 第 i 番目の bar 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)
- p_i は各 bar に格納した最後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。これらを用いて累積分布関数 $Z(\cdot)$ を計算

$$V_\tau^B = \sum_{i=t(\tau-1)+1}^{t(\tau)} v_i \cdot Z\left(\frac{p_i - p_{i-1}}{\sigma_{\Delta p}}\right) \quad (2.1)$$

$$V_\tau^S = \sum_{i=t(\tau-1)+1}^{t(\tau)} v_i \cdot \left[1 - Z\left(\frac{p_i - p_{i-1}}{\sigma_{\Delta p}}\right)\right] = V - V_\tau^B \quad (2.2)$$

※volume time に関しては、 $t(0) = 0$ とし、 $t(1)$ は最初の volume time、 $t(\tau)$ は τ 番目の volume time

オーダーフロー・インバランスの期待値

- 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 (2.3) が近似的に成り立つ
- V_τ^B と V_τ^S の合計の期待値は、数式 (2.4) により算出

$$E[|V_\tau^S - V_\tau^B|] \approx \alpha\mu \quad (2.3)$$

$$E[V_\tau^B + V_\tau^S] = \alpha\mu + 2\varepsilon \quad (2.4)$$

※ PIN の推定と同様に、公的情報に基づき情報投資家および非情報投資家が出す平均的な注文は 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 、私的情報を持つニュースの発生確率は α

VPINの計測

- オーダーフロー・インバランスの期待値の系列の移動平均を求め、VPINを計測
- 分母の n は、VPIN計測単位に該当

$$VPIN = PIN = \frac{\alpha\mu}{\alpha\mu + 2\varepsilon} \approx \frac{\sum_{\tau=1}^n |V_\tau^S - V_\tau^B|}{nV} \quad (2.5)$$

※ 市場変動の急変が予測される際のアラートの基準を決めるは難しいため、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とすることが推奨されている

VPINの有効性を巡る論争のまとめ

Easley et al. (2012a)

- 短期的な市場変動予測を捉える指標としてVPINを提唱
- 事後ではあるが2010年5月のフラッシュ・クラッシュの予測成功

Andersen and Bondarenko (2014a, 2014b)

- VPINの市場変動を予測する能力は、ボラティリティーと同程度であると主張
- VPINの計算過程に内在する問題により、計測結果の正確性を損なっていると指摘

Easley et al. (2014)

- Andersen and Bondarenko (2014a, 2014b) の問題指摘を受けて、VPINの予測能力を改めて主張
- 正確性を損なうと問題指摘されたデータ集約のプロセスやbulk classificationこそが、HFTのノイズの軽減に寄与

Andersen and Bondarenko (2015)

- Easley et al. (2014)の反論を受け、VPINの計測方法、特に取引高を売主導・買主導別に分類する過程を詳細に検証
- bulk classificationが正確性を損なう主な原因と結論付け、VPINの予測能力について否定的な見解も変えず

大屋 (2015)

- 国債先物のデータを用いて、VPINにトレンドなどがある場合やCDF作成時の将来データの使用による問題点などを指摘
- 先行研究で示された各設定値を機械的に適用することに対する警鐘

日経225先物及び日経225mini (VPIN計測)

- 売買システムJ-GATEが稼働した2011年2月14日から2015年5月末までのデータ
- 営業日ごとに取引高を合計し、その中で最も取引高が多い限月の銘柄を各商品の日々のサンプルデータとして採用
※要約版では日経225先物の結果のみ掲載

日経平均ボラティリティー・インデックス (VPINとの比較)

- 15秒間隔で算出されたリアルタイムで算出されている2012年2月27日から2015年5月末までのデータ

VPINと日経平均VIとの比較

	日経225先物のVPIN	日経平均VI
指標の特徴	投資家間の情報の非対称性が高いほど大きな値をとる 投資家間の情報の非対称性が解消に向かえば、VPINの値は低下する	投資家が将来のボラティリティーが高くなると予想するほど大きな値をとる 投資家の不安心理が落ち着けば、値は平均に回帰する
指標の解釈	0から1の値を取るCDFを用いた場合、0.5を超えると情報の非対称性の程度が相対的に高まっていると解することが可能 市場急変のアラートとして用いる場合は、CDFの0.99を閾値とすることが提案されている	平時は10から20の範囲で推移し、投資家の不安心理が高まると30を超えるとされる 値が40を超えると投資家の不安心理が極度に高まっているとされる
計測方法	オーダーフロー・インバランスから算出	日経225オプションの約定価格から算出
時間軸	数分から数時間程度先	今後1ヶ月程度先

※日経平均ボラティリティー・インデックス(以下「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

各設定値の検証

- Easley et al. (2012a) では、VPINを計測する際のtime bar、volume bar、volume bucket、VPIN計測単位の**各設定値の基準及び根拠が不明確**
- VPINの基本的な性質が把握できず、VPINの予測機能の検証が困難
- 各設定値がVPIN値及びCDF (VPIN)に対して、どのような影響を与えるのかの基本性質の検証が必要

設定値		設定値の検証範囲
bar	time bar	1秒から60秒まで1秒単位で変化させる
	volume bar	1枚から111枚(1ティックあたりの取引高の99パーセントイル)まで1枚ずつ変化させる
volume bucket		800から8,700まで100単位で変化させる
VPIN計測単位		1から500まで1単位で変化させる
volume bucketとVPIN計測単位の組み合わせ		1日取引高平均を除するVPIN計測単位を250、200、150、100、50、25、5と変化させ、それに合わせてvolume bucketのサイズも変化させる

※ 各設定値の検証は、2013年3月から6月の3ヶ月の日経225先物のデータ
 CDF (VPIN)は、その形状の確認が容易な5月23日のサーキットブレーカー発動時の推移を確認
 検証対象の設定値以外は、volume bar 5、volume bucket 2,369、VPIN計測単位50

経験分布関数に代わる分布の検証

- 経験分布では累積確率の0.99を閾値とした場合、データの分布とは無関係に全データの1%は閾値を超えるものが出る
- 本来アラート水準を満たしていないものもアラートが出される可能性がある
- 経験分布関数を**対数正規分布**に代え、その形状の違いの検証が必要

各設定値の検証結果

設定値		検証結果
bar	time bar	time bar のサイズ: 大、VPIN値: 大 (集約される bar の間隔が大きくなると、bar 間の価格変化が大きくなり bulk classification で得られるオーダーフロー・インバランスの偏りが大きく出るため)
	volume bar	volume bar のサイズ: 大、VPIN値: 大 (time bar と同様の理由でVPINの値は大きくなるが、各 bar に格納される取引高は一定である。取引高自体の増減による影響が限定的となりVPINの値も安定する)
volume bucket		volume bucketのサイズ: 大、VPIN値: 小 (barをvolume bucketで再度集約するためbar単位で算出したオーダーフロー・インバランスがならされる。volume bucketが大きいほどVPINの計測は安定するが、計算頻度は低下)
VPIN計測単位		VPIN計測単位: 大、VPIN値: 小 (VPIN計測単位は、オーダーフロー・インバランスの期待値の系列の移動平均値を算出する長さである。VPIN計測単位が大きいほどその平均値は安定するが、計測頻度は低下)

※ Easley et al. (2012) と同様の基準で定めた各設定値は、適切な設定値であることを確認

経験分布関数に代わる分布の検証結果

経験分布に代えて対数正規分布を用いたものでもCDF(VPIN)の形状に顕著な差は検証できなかった

※ 検証結果の詳細については、ワーキング・ペーパー本文を参照

取引高や価格変化のボラティリティが一定でない場合の問題

確率分布関数の作成に用いるVPIN値

- VPINにトレンドや水準が異なる場合、VPINの相対的な位置付けが正確に行えず、本来出すべきタイミングでアラートを発することができない可能性
- **経験分布関数**をVPIN計測時点で**リアルタイムでその都度計算**し、将来時点のデータを用いた分布で計測したものと比較検証

volume bucket のサイズ及び bar 間の価格変化の標準偏差

- volume bucket のサイズ及び bar 間の価格変化の標準偏差の決定に将来時点のデータを用いて一括で求めた固定値を採用せず、**3ヶ月及び6ヶ月の移動平均値**を用いて将来予測可能かを検証

日経平均株価の前日比変動幅上位日のVPIN

日経平均株価の前日比変動幅上位日のVPINについて、将来データを用いず計測したCDF(VPIN)の相対的な位置付けを検証

日経平均株価の前日比上位変動日

年	月	日	前日比変動幅	イベント内容
2011	3	15	-1,015.34円	東日本大震災(サーキットブレーカー2回)による大幅下落
2011	3	16	+488.57円	3月15日の急落のリバウンド
2012	5	18	-265.28円	2012年 前日比下落幅 1位
2012	12	19	+237.39円	2012年 前日比上昇幅 1位
2013	5	23	-1,143.28円	中国経済統計の悪化、円高急伸による急落(サーキットブレーカー1回)
2013	6	10	+636.67円	米国債の格上げを受けての急騰
2014	2	4	-610.66円	米国雇用統計の悪化による急落
2014	10	31	+755.56円	日本銀行の金融緩和サプライズによる急騰
2015	1	20	+352.01円	前日比上昇幅 1位(2015年5月まで)
2015	4	30	-538.94円	前日比下落幅 1位(2015年5月まで)

(注) 各年で上下に最も変動幅が大きいものを選択し、特筆すべきイベントが発生している場合には、それも加えている。
 (出所) 日本経済新聞社の日経平均株価を参考に筆者作成。

VPINの基本統計量

	(a)	(b)	(c)
平均値	0.0054	0.0060	0.0047
標準偏差	0.0022	0.0031	0.0025
歪度	1.4477	1.4782	1.6110
尖度	6.9512	6.1835	6.8248
観測数	52,695	54,821	53,911
CDF(0.1)	0.0031	0.0030	0.0023
CDF(0.25)	0.0037	0.0036	0.0028
CDF(0.5)	0.0049	0.0051	0.0040
CDF(0.75)	0.0066	0.0076	0.0059
CDF(0.9)	0.0082	0.0100	0.0078

(注)(a)のvolume bucket及びbar間の価格変化の標準偏差は固定値。
 (b)のvolume bucket及びbar間の価格変化の標準偏差は6ヶ月の移動平均値。
 (c)のvolume bucket及びbar間の価格変化の標準偏差は3ヶ月の移動平均値。
 (出所)大阪取引所ヒストリカルデータから筆者作成。

※ 日経225 mini のケースは、ワーキング・ペーパー本文を参照

平均値

- 各設定値の条件により、同一商品でも大きく異なる
- VPINの値から投資家の非対称性の程度を判断することは困難**
- VPINの解釈には、CDF(VPIN)を用いることが必要

歪度・尖度

- VPINの分布は**左に偏り右に裾野が広い**
- VPINの分布の特徴から、CDF(VPIN)に用いる確率分布は、経験分布以外には**対数正規分布**も候補の一つ

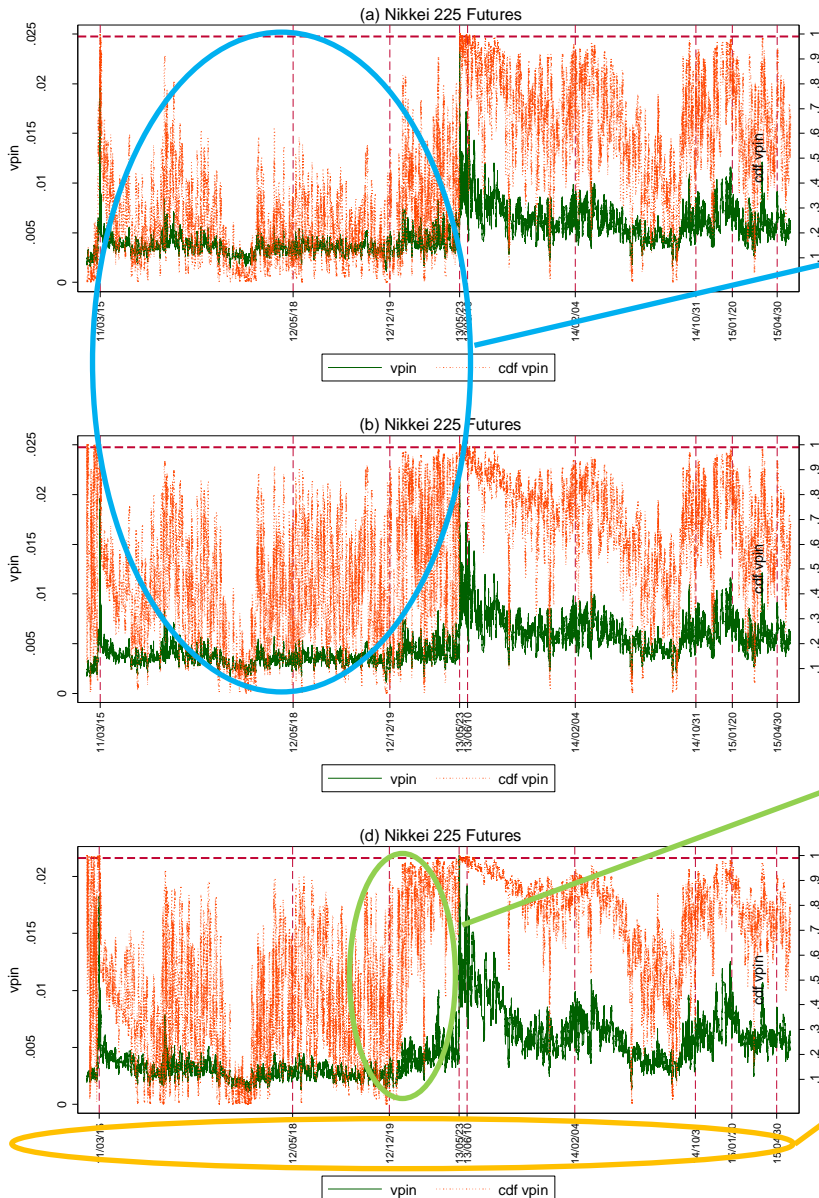
観測数

- volume bucketのサイズが異なるため、VPINの計測頻度が異なり観測数は同一ではない

CDF

- 各累積確率のVPINの水準は、各設定値の条件により異なる

分析期間全体の推移の検証結果



CDF (VPIN) の形状

- 全期間のVPINを一括して使用した(a)とVPIN計測時点までのデータに限定した (b)と比較では、前半部分のCDF(VPIN)の形状の違いが顕著
- 日経平均が-1,143.28円の大幅下落となった2013年5月23日後にVPINの水準が相対的に高いことが一因
- 経験分布の作成に全期間のVPINを用いると2013年5月23日以前のVPINは計測時点では高い水準であったとしても、低く位置付けられる
- 分析期間の取引高や価格変動が定常ではない場合、**将来時点のデータを用いてCDF(VPIN)を計測すると、短期的な市場変動予測を示す指標としては不適当**

volume bucket及び標準偏差の移動平均値

- 3ヶ月の移動平均の値の採用で、2013年前半の日経225先物の取引高の増加を伴う大幅な上昇局面を的確に捉える
- 2013年前半の CDF(VPIN)は、固定値(b)と比較して高水準

日経平均の大幅な変動日

- 日経225先物の価格変動が小さい2012年を除き、**各年で最も変動幅が大きい日のVPIN(CDF)は、アラート水準もしくは近い水準に達する**

※ (c)の日経 225 mini のケースは、ワーキング・ペーパー本文を参照

(注) volume bucket及び標準偏差は、(a)及び(b)は固定値、(d)は3ヶ月の移動平均値。
 CDFは、(a)は将来時点のデータを使用、(b)及び(d)は将来時点のデータは不使用。
 (出所) 大阪取引所ヒストリカルデータから筆者作成。

日経平均VIとの比較

- VPINは、VIXよりも短期的な価格変動の予測することが目的
- マーケットの大きな価格変動が将来に予測される場合、**VPINは日経平均VIに先に変動すると予想**

VAR推定

- VPINの過去の変化率は、日経平均VIの変化率について説明可能かをベクトル自己回帰(VAR)モデルを用いて検証
- 2変数のVAR(p) は、 x を対数変換したVPINとし、 y を対数変換した日経平均VIとして階差を取りVARモデルを推定

$$x_t = a_1 + b_{11}x_{t-1} + \dots + b_{1p}x_{t-p} + c_{11}y_{t-1} + \dots + c_{1p}y_{t-p} + e_{1t} \quad (3.1)$$

$$y_t = a_2 + b_{21}x_{t-1} + \dots + b_{2p}x_{t-p} + c_{21}y_{t-1} + \dots + c_{2p}y_{t-p} + e_{2t} \quad (3.2)$$

グレンジャーの因果性の検定

- VAR推定結果を用いて、グレンジャーの意味での因果性を確認

※ここでの因果関係は、通常の因果関係とは異なり、あくまでデータからの関係

日中の推移の確認

P12の「日経平均の前日比変動幅上位日」の以下の2日のCDF(VPIN)の推移を確認し、日中のVPINが短期的な市場変動の予測能力を検証

- サーキットブレーカー発動時(2013年5月23日)
- 日本銀行の金融緩和サプライズ(2014年10月31日)

VPINと日経平均VIに高い正の相関

VPIN及び日経平均VIの相関係数

	日経225先物		
	(a)	(b)	(c)
日経平均VI	0.6752	0.6838	0.7257
観測数	30,787	30,658	30,101

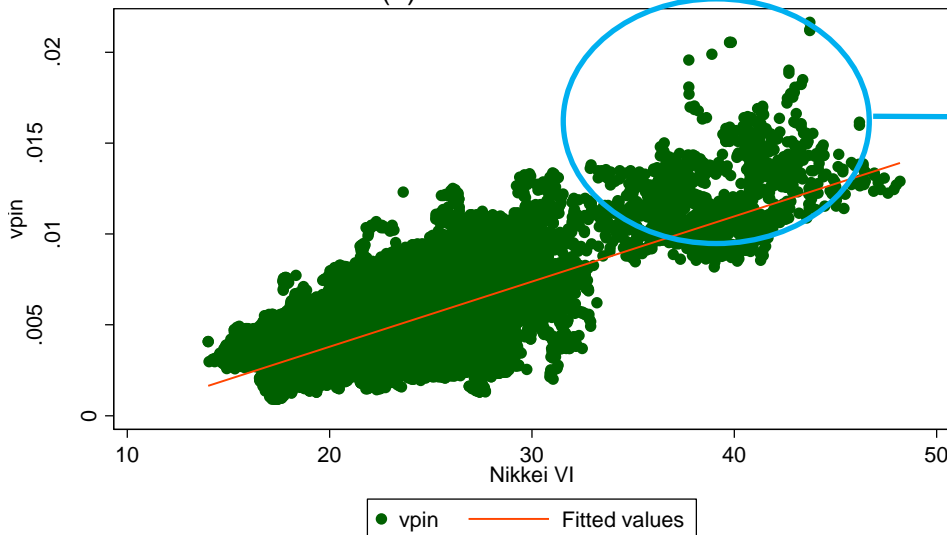
(注) (a)のvolume bucket及び標準偏差は固定値。
 (b)のvolume bucket及び標準偏差は、6ヶ月の移動平均値。
 (c)のvolume bucket及び標準偏差は、3ヶ月の移動平均値。
 (出所) 大阪取引所ヒストリカルデータから筆者作成。

- VPINと日経平均VIの相関係数は全ての計測条件で高い
- volume bucketのサイズが異なるため観測数に相違
- 3ヶ月の移動平均値のVPINが、0.7257と最も高い

※ clock time 方式で算出されている日経平均VIは、volume time 方式で計測されたVPINにマッチングさせたものであるため、実際の算出間隔とは異なることに注意

散布図と回帰線

(a) Nikkei 225 Ftutures



• 日経平均VIが不安心理が高まっているとされる30を超える水準にある場合に、VPINの値がより高い位置に集まる傾向

- 市場が大きく変動するタイミングでVPINが先行して推移している可能性

※(b)の日経 225 miniのケースは、ワーキング・ペーパー本文を参照

(注) volume bucket及び標準偏差は、3ヶ月の移動平均値。
 (出所) 大阪取引所ヒストリカルデータ及び日本経済新聞社提供データから筆者作成。

VAR推定結果

	日経平均VI	VPIN
日経平均VI(-1)	-0.3137 ***	0.0015
日経平均VI(-2)	-0.1283 ***	-0.0020
日経平均VI(-3)	-0.0457 ***	0.0013
日経平均VI(-4)	-0.0283 **	-0.0043 *
日経平均VI(-5)	-0.0319 ***	-0.0036
日経平均VI(-6)	0.0089 ***	-0.0001
日経平均VI(-7)	-0.0020 ***	0.0038
日経平均VI(-8)	0.0054 ***	0.0019
日経平均VI(-9)	0.0154 **	0.0023
日経平均VI(-10)	0.0191 ***	0.0003
VPIN(-1)	0.0066 ***	0.0030 ***
VPIN(-2)	0.0012 ***	-0.0179 ***
VPIN(-3)	0.0011 ***	0.0000
VPIN(-4)	0.0007 *	-0.0017 *
VPIN(-5)	0.0018 ***	-0.0007
VPIN(-6)	-0.0005	0.0011
VPIN(-7)	-0.0002	0.0011
VPIN(-8)	0.0006 *	0.0033 ***
VPIN(-9)	-0.0003	0.0013
VPIN(-10)	-0.0006	0.0015 *
切片項	-2.23×10^{-7}	9.39×10^{-7}
決定係数	0.0916	0.0004
観測数	1,183,209	1,183,209

VAR推定、グレンジャーの因果性検定の結果及び理論的な背景を踏まえれば、**VPINは日経平均VIに先行して動くことが示唆**

被説明変数: VPIN

- 説明変数である日経平均VIの4次のラグの係数のみ10%水準で有意

被説明変数: 日経平均VI

- 説明変数であるVPINの1、2、3、及び5次のラグの係数がプラスで1%水準で有意、4次のラグの係数もプラスで10%水準ではあるが有意

※ volume time で計測されたVPINをclock time 間隔に変換し、15秒間隔で算出されている日経平均VIとマッチング

※ 日経225先物及び日経平均VIの各系列に単位根はないことは確認済み

※ ラグ次数は、赤池情報量基準などにより10次のラグを選択

(注) volume bucket及び標準偏差は、3ヶ月の移動平均値

***、**、*はそれぞれ、1%、5%、10%水準で有意。

(出所) 大阪取引所ヒストリカルデータ及び日本経済新聞社提供データから筆者作成。

グレンジャーの因果性検定

結果変数		
原因変数	日経平均VI	VPIN
日経平均VI		12.630
VPIN	335.636 ***	

- VPINは、日経平均VIに対して1%水準で**グレンジャーの意味での因果関係がある**

(注)***、**、*はそれぞれ、1%、5%、10%水準で有意。

(出所) 大阪取引所ヒストリカルデータ及び日本経済新聞社提供データから筆者作成。

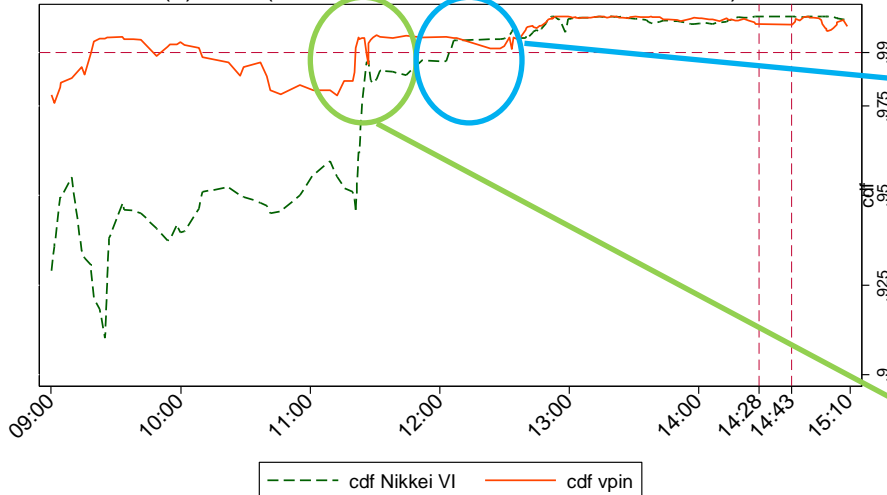
※日経 225 miniのケースは、ワーキング・ペーパー本文を参照

サーキットブレーカー発動時(2013年5月23日)

VPINは、日経平均VIより先行してアラート水準に達する

マーケットが急変する契機となる要因をあらかじめ投資家が把握していないケース

(a) CDF (VPIN Nikkei 225 Futures and Nikkei VI)



CDF(Nikkei VI)

- CDF (VPIN)より1時間程度遅い12時過ぎに累積確率が0.99の水準を突破

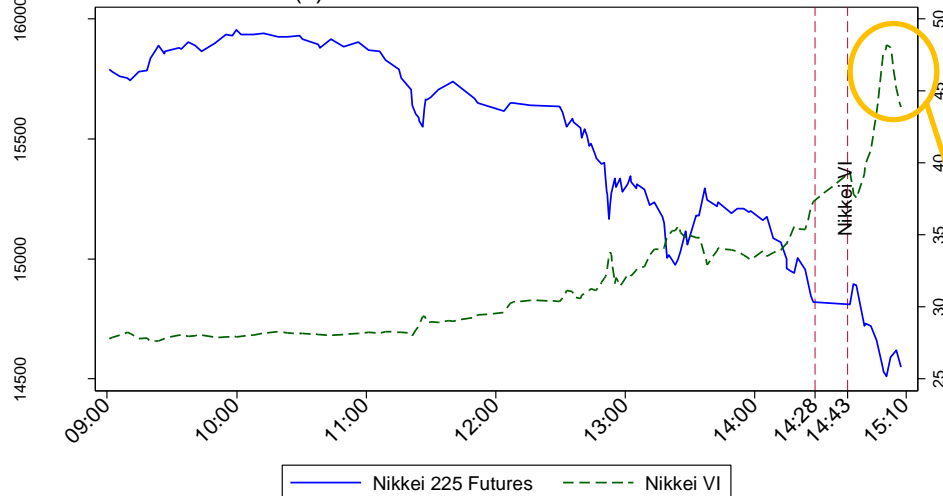
※ 指標の値それ自体に解釈の目安のある日経平均VIにCDFを用いることは適切ではない可能性がある。しかし、本研究ではVPINとの比較を行うため日経平均VIのCDFについても計測を行った。日経平均VIにCDFを適用する場合、その最適なCDFの分布関数や計測条件などについては、今後も検討が必要である。

CDF (VPIN)

- **市場が急落するより早く11時過ぎに市場の急変が予測されるアラート水準(累積確率0.99)を突破し市場が急落する兆しを捉える**
- 日経平均VIのCDF(Nikkei VI)より約1時間早い

※ VPINが日経平均VIに先行して推移することは、両指標の持つ性質や時間軸の差 (VPIN: オーダーフロー・インバランスから算出・時間軸は数分から数時間程度先。日経平均VI: 225OPの約定価格から算出・時間軸は1ヶ月程度先) によると推測され、当該結果はマーケット・マイクロストラクチャー理論と整合的である。

(c) Nikkei 225 Futures and Nikkei VI



日経平均VI

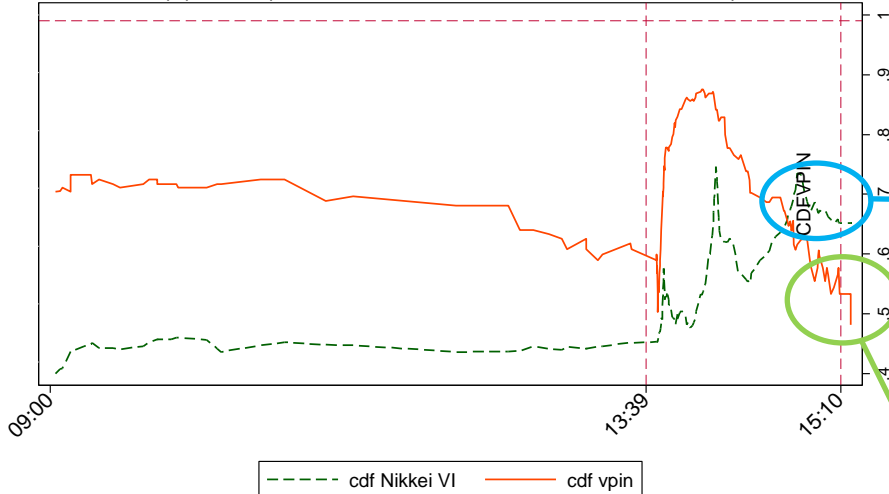
- CDFではなく日経平均VIの指数では、12時過ぎに投資家の不安心理が高まっているとされる30を超える
- サーキットブレーカー発動後に異常水準と見なされる40を超えた後、日中のピークを付ける

(注) 14時28分に15分間のサーキットブレーカー発動。
(出所) 大阪取引所ヒストリカルデータ及び日本経済新聞社提供データから筆者作成。

※(b)の日経 225 miniのケースは、ワーキング・ペーパー本文を参照

VPINと日経平均VIで対照的な挙動を示す

(a) CDF (VPIN Nikkei 225 Futures and Nikkei VI)

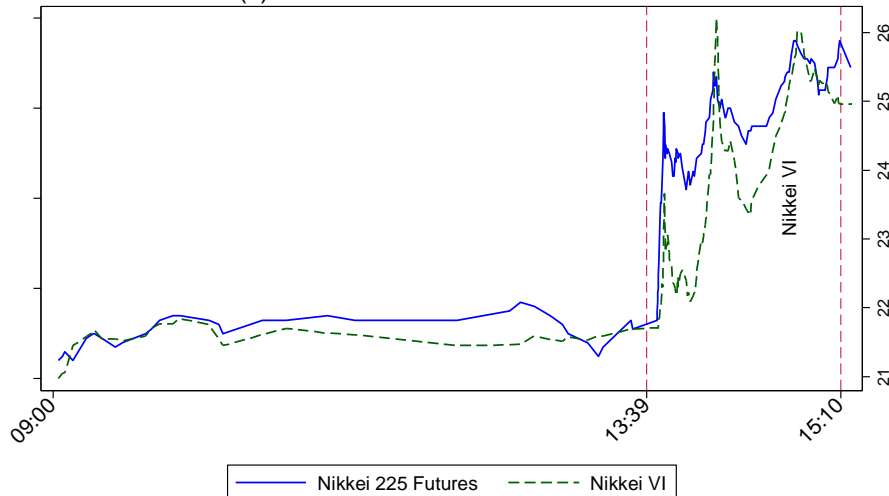


市場が変動する要因となる契機をあらかじめ投資家が把握しているケース

CDF(Nikkei VI)

- 急騰後に下落するが、引けでは**高止まる**
- 日経225先物とほぼ同じ推移

(c) Nikkei 225 Futures and Nikkei VI



CDF(VPIN)

- 会合終了CDF(VPIN)は、CDF(Nikkei VI)よりも先に急騰後引けでは、**日中で最も低い水準まで低下(情報の非対称性の緩和の結果)**
- 日経225先物の動きとは対照的

※ここで得られた結果は、Andersen and Bondarenko (2014a, 2014b) が指摘するような、VPINは市場の動きに呼応しているに過ぎないとするものではないことの証左

※(b)の日経 225 miniのケースは、ワーキング・ペーパー本文を参照

(注) 13時39分に日本銀行の政策委員会・金融政策決定会合終了。
 (出所) 大阪取引所ヒストリカルデータ及び日本経済新聞社提供データから筆者作成。

Easley et al. (2012a) において、基準・根拠が不明確とされていたVPIN計測前に決定する各設定値について検証を行い、それらが適切な設定であることを確認した

VPINの計測過程での各設定値及び累積分布関数に用いる確率分布を適切に用いることで、VPINはマーケットが急変する予兆を捉える指標となりうることを明らかにした

これにより、VPINをリアルタイムのリスク管理ツールとして実装することも検討可能な段階となり、本研究で得られた結果は市場関係者にとっても意義がある

実際の使用にあたっては、以下について留意が必要

- VPINの計測過程の特徴と限界についての十分な理解
- 機械的に先行研究で示された各設定を用いるのではなく個々の商品特性や運用ニーズに合致した各設定値の組合せの検討
- VPINは短期的な予測を行うもので中長期的なマーケットの見通しを捉えることはできない。そのため、性質や時間軸が異なる指標を併用することで、マーケットを多面的に捉えその予測精度を向上させることも検討すべき(例えば本研究で比較に用いた日経平均VIなど)

※ VPINを派生商品として用いる場合などVPINの幅広い活用事例については、Easley (2011b) を参照。

- Abad, D. and Yagüe, J. (2012) From PIN to VPIN: an introduction to order flow toxicity. *The Spanish Review of Financial Economics*, 10, 74-83.
- Ahn, H. J., Cai, J., Hamao, Y. and Melvin, M. (2014) Little guys, liquidity, and the informational efficiency of price: evidence from the Tokyo Stock Exchange on the effects of small investor participation. *Pacific-Basin Finance Journal*, 29, 163-181.
- 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.
- CFTC (2013) Concept release on risk controls and system safeguards for automated trading environments. Commodity Futures Trading Commission, September 9.
- Chakrabarty, B., Pascual, R. and Shkilko, A. (2013) Trade classification algorithms: a horse race between the bulk-based and the tick-based rules. SSRN Working paper.
- Easley, D., R. F. Engle, M. O'Hara. and L. Wu. (2008) Time-varying arrival rates of informed and Uninformed Traders. *Journal of Financial Econometrics* 6, 171-207.
- Easley, D. and O'Hara, M. (1987) Price, trade size, and information in securities markets. *Journal of Financial economics*, 19, 69-90.

- Easley, D. and O'Hara, M. (1992) Time and the process of security price adjustment. *Journal of Finance*, 47, 577-605.
- Easley, D. and O'Hara, M. (2004) Information and the cost of capital. *Journal of Finance*, 59, 1553-1583.
- Easley, D., López de Prado, M. and O'Hara, M. (2011a) The microstructure of the “flash crash”: flow toxicity, liquidity crashes and the probability of informed trading. *Journal of Portfolio Management*, 37, 118-128.
- Easley, D., López de Prado, M. and O'Hara, M. (2011b) The exchange of flow toxicity. *Journal of Trading*, 6, 8-13.
- Easley, D., López de Prado, M. and O'Hara, M. (2012a) Flow toxicity and liquidity in a high-frequency world. *Review of Financial Studies*, 25, 1457-1493.
- Easley, D., Hvidkjaer, S. and O'Hara, M. (2002) Is information risk a determinant of asset returns? *Journal of Finance*, 57, 2185-2221.
- 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. (2012b) Bulk classification of trading activity. SSRN Working paper.
- Easley, D., López de Prado, M. and O'Hara, M. (2012c) The volume clock: insights into the high frequency paradigm. *Journal of Portfolio Management*, 39, 19-29.
- 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.

- Kubota, K. and Takehara, H. (2009) Information based trade, the PIN variable, and portfolio style differences : evidence from Tokyo Stock Exchange firms. *Pacific-Basin Finance Journal*, 17, 319-337.
- Lee, C. and Ready, M. (1991) Inferring trade direction from intraday data. *Journal of Finance*, 46, 733-746.
- O' Hara, M. (2015) High frequency market microstructure. *Journal of Financial Economics*, 116, 257-270.
- Wu, K., Bethel, W., Gu, M., Leinweber, D. and Ruebel, O. (2013) A big data approach to analyzing market volatility. *Algorithmic Finance*, 2, 241-267.
- Zweig, J. (2012) Could computers protect the market from computers? *The Wall Street Journal*, May 25.
- 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.
- 株式会社大阪取引所 (2015), 『投資部門別取引状況(2014年)』。
- 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』。
- 株式会社日本取引所グループ (2015), 『日本取引所グループ規則集(2015年版)』。