

令和 4 年 5 月 24 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K03657

研究課題名(和文) 遷移方程式を特定化しない状態空間モデルの推定について：株価変動を例にとって

研究課題名(英文) On estimation of state space model without specifying transition equation: taking an example of stock return volatility

研究代表者

谷崎 久志 (Tanizaki, Hisashi)

大阪大学・経済学研究科・教授

研究者番号：60248101

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：株価の Volatility を説明するものとして、非対称性効果 (Asymmetry effect, すなわち、株価が下落した次の日には株価変動が大きくなる)、休日効果 (Holiday effect, すなわち、休日明けには株価変動が大きくなる)、曜日効果 (Day-of-the-week effect, すなわち、株価変動の大小は曜日に依存する) 等が考えられる。本研究では全ての効果を説明変数に含めて実証分析を行った。さらに、ビットコインについても同様の分析を行い、ビットコインの Volatility も株価と同様の効果によって説明されることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

景気の下降局面においては、経済は不安定であるということがよく知られている。景気の判断をする指標としては、GDPなどや家計調査データなどが使われる。しかし、これらのデータが公表されるのは数か月たってからである。そのため、公表される頃には過去の出来事となっている。real timeで景気状況を知るためには、日々または刻々と公表される株価データがより適切である。すなわち、株価の変動を調べることは現状の景気局面を調べることとなる。通常、株価変動は複数の複合した要因に依存することが知られている。本研究では、株価の変動要因を探ることと同時に、ビットコインも同様の変動要因となっているかを調べた。

研究成果の概要(英文)：It is known that stock price volatility depends on asymmetry effect (a decrease of stock price yesterday results in an increase of stock price volatility today), holiday effect (stock price volatility increases after holiday), day-of-the-week effect (stock price volatility is different, depending on the day of the week) and so on. We examine whether stock price volatility depends on these effects simultaneously. Moreover, we study the same analysis on Bitcoin, too. As a result, we make sure that Bitcoin volatility also is explained by these effects.

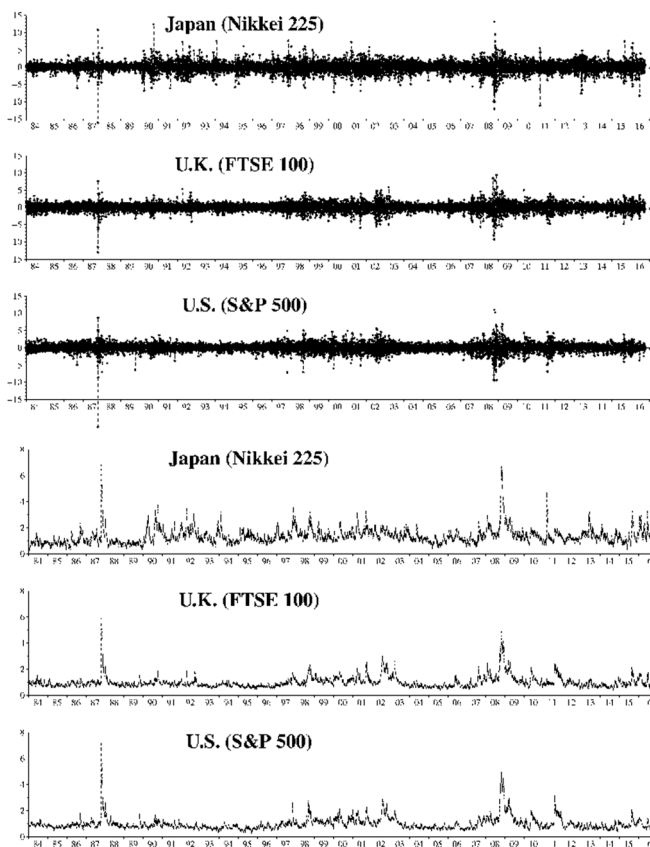
研究分野：計量経済学

キーワード：株価変動 状態空間モデル ビットコイン

## 1. 研究開始当初の背景

過去の様々な研究において、株価の Volatility を説明するものとして、非対称性 (Asymmetry effect, すなわち、株価が下落した次の日には株価変動が大きくなる)、休日効果 (Holiday effect, すなわち、休日明けには株価変動が大きくなる)、曜日効果 (Day-of-the-week effect, すなわち、株価変動の大小は曜日に依存する) 等が考えられてきた。さらに、株価の Volatility のスピル・オーバー (spill-over) 効果が国際間 (例えば、日英米間) で観測されるかどうか、または、株価の値自体ではどうかなどの研究も数多くなされている。

しかし、上述した変動要因を同時に全部の効果を含めた実証研究や国際間の Volatility の相互依存関係を調べた実証研究は、それ程多くない (上述の変動要因を個々に調べた実証分析は多いが、同時に調べたものはほとんど見当たらない)。したがって、本研究では、まず、各国の株価について、Volatility における非対称性、休日効果、曜日効果の有無を実証分析によって明らかにする。さらに、Volatility において国際間の相互依存関係があるかどうかを調べる。特に、Volatility の相互依存関係を見るために、日本 (日経 225)、英国 (FTSE 100)、米国 (S&P 500) の対数階差の 100 倍 (すなわち、前期からの株価変動率) をグラフにしたものが右図の上から 3 つのグラフである。対象期間が 1984 年 1 月 3 日または 4 日から 2016 年 10 月 7 日までの日次データである。1987 年 10 月のブラック・マンデー、1997 年のアジア金融危機から 2003 年の IT バブルのあたり、2008 年 9 月のリーマン・ブラザーズ倒産によるリーマン・ショックの間は 3 国共に株価変動が激しくなっていて、似た変動の様子が見える。また、右の下 3 つのグラフは GARCH(1,1) モデルに分散の説明変数に休日効果、曜日効果などを含めて、Volatility (誤差項の標準偏差) を推定したものである (ソフトは Eviews Ver.8.1 を用いた)。GARCH(1,1) を用いても 3 国の Volatility は同じような動きをしているように見える。この意味では、株価変動の相互依存関係があるように見える。この依存関係を統計的に計量分析する。



計量分析の際の計量モデルについて、過去の研究では、上のグラフに示されたような GARCH (Generalized AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity) モデルや SV (Stochastic Volatility) モデルのような、関数形を特定化した Parametric なモデルが Volatility の実証研究に用いられてきた。しかしながら、関数形は本来未知であり、関数形の特定化による誤りが生じる可能性が十分にある。したがって、本研究では、関数形を特定化せず Nonparametric な手法を用いて、より緩い仮定のもとで分析を行うことを考える。関数形を特定化することは通常的分析で一般的に見られる計量手法ではあるが、関数形の誤りにより間違った推論を行ってしまう可能性も十分にある。この関数形による誤りを排除することにより、より正しく分析が行われることが期待される。

以上が研究開始当初の構想であった。

## 2. 研究の目的

関数形を特定化せず Nonparametric な手法を用いて、より緩い仮定のもとで株価変動における国際間の相互依存関係の分析を行うことを、本研究では考える。株価変動 (すなわち、Volatility) は本来未知であり、観測されない変数 (例えば、 $t$ ) である。Volatility の持続性を考慮に入れて、通常、観測されない変数 ( $t$ ) は一期前の観測されない変数 ( $t-1$ ) の関数として表される。すなわち、 $t = f(t-1, \dots)$  という形で表される。ただし、 $f(\cdot)$  はある関数、 $\dots$

の部分には株価変動に影響を与えそうな変数(休日効果, 曜日効果, 非対称性効果, 一期前の他国の株価変動など)が入るものとする。上記の図の株価変動率を与えたもとで,  $y_t$  と  $f(\cdot)$  を同時に推定することになる。この点が非常に難しい問題となる。

パラメトリック・モデルで似たようなモデルに状態空間モデルがある。状態空間モデルを用いると, 上記の関数  $f(\cdot)$  を線形で仮定する(正確には,  $f(\cdot)$  の対数が線形)。このように, 状態空間モデルでは, 観測されない変数を線形の AR (AutoRegressive) モデルと仮定して, 観測可能な変数の情報を加えて, 観測されない変数を推定する方法である。ノンパラメトリック推定とは関数形  $f(\cdot)$  を特定化せずに関数形自体を推定する方法であるため, 問題はより複雑になる。すなわち, 状態空間モデルでは,  $y_t = \alpha_t + \epsilon_t$  と  $\log(\sigma_t) = \log(\sigma_{t-1}) + z_t + \epsilon_t$  の二つの式から,  $\alpha_t$ ,  $\epsilon_t$ ,  $z_t$  などを推定することになる。ただし,  $y_t$  は株価の変動率(観測される変数),  $z_t$  は  $\sigma_t$  に影響を与えそうな変数(観測される変数)ベクトル,  $\epsilon_t$  と  $\epsilon_t$  は誤差項(共に平均はゼロ,  $\epsilon_t$  の分散は 1)とする( $\sigma_t$  の推定値が前述の図の下 3 つのグラフに対応する)。一方, 本研究で扱うモデルは,  $y_t = \alpha_t + \epsilon_t$  と  $\log(\sigma_t) = \log f(\sigma_{t-1}, \dots)$  の二つの式で表される状態空間モデルとして表され,  $f(\cdot)$  をノンパラメトリック推定する必要があるため, 状態空間モデルとノンパラメトリック・モデルを組み合わせたようなものになっている。したがって, 本研究ではこの 2 つを組み合わせ, 観測されない変数の AR モデルを, 関数形を仮定せずに, 推定する方法を提案することを考えていた。

また, ノンパラメトリック推定 (Nonparametric Estimation) を行う場合, 密度関数自体が未知でこれを推定しようというものになる。密度関数を推定する場合, バンド幅 (または, 窓幅, 平滑化定数等の呼び名もある) を推定する必要がある。バンド幅の推定には, 平均自乗誤差の積分を最小にする方法, 尤度関数の推定値を最大にする方法等が考案されている。したがって, 本研究に派生する問題の一つとして, 密度関数の推定精度などをモンテ・カルロ実験によって比較する。

### 3. 研究の方法

なお, 本研究は Tanizaki and Hamori (2009) と谷崎 (2010, 2012) を別の角度から分析しなおすものである。Tanizaki and Hamori (2009) では, SV モデルを用いて, 日米英の 3 国間の株価変動を分析したものである。GARCH モデル, SV モデル, 不均一分散を考慮に入れて推定した通常の回帰モデル等のような関数形を特定化して, ボラティリティの変動要因を分析する研究は数多くあるが, 関数形を特定化せずにボラティリティの変動要因を調べた研究が谷崎 (2010) であり, ボラティリティの持続性を考慮せずに分析を行ったのに対して, 本研究はノンパラメトリック推定で, しかも, ボラティリティの持続性を考慮して分析を行うことを予定している。さらに, 本研究ではデータを前後の期間を増やして推定し直す予定である。すなわち, 谷崎 (2010) の対象期間は 1997 年 1 月 6 日 ~ 2009 年 11 月 29 日 (データ数は 3169) に対して, 本研究では可能な限り最新のデータを追加して推定し, 最近のボラティリティの動向も調べる。谷崎 (2012) では, 株価・外国為替レート・金利のレベル水準値とそのボラティリティの変動要因をパラメトリック・モデルの SV モデルによって分析を行った。

Tanizaki and Hamori (2009) と谷崎 (2010, 2012) も同様に, GARCH モデルや SV モデルを用いた過去の多くの実証分析において, 次のような推定結果が得られる。(i) 株価と外国為替レートについて休日明けにはボラティリティが増加し市場の不安定性が増す, (ii) 休日効果の反動として火曜日にはボラティリティは低下する, (iii) 金利については休日効果, 火曜日効果, 金曜日効果は観測されない, (iv) 株価と外国為替レートは相互にボラティリティの波及効果が存在する。このように, ボラティリティについて, 株価・外国為替レート・金利は, どちらか一方的に影響を及ぼしているのではなく, 相互に密接に影響を及ぼし合っているということが, 実証結果を通して得られる場合が多い。

以上のように, 本研究では, Tanizaki and Hamori (2009), 谷崎 (2010, 2012) の拡張を行う。その結果, 過去の研究と同様の推定結果が, 本研究でも得られれば, これまでの研究のロバスト性を証明することになる。

### 参考文献

- ・ Tanizaki, H. and Hamori, S., (2009), "Volatility Transmission between Japan, UK and USA in Daily Stock Returns," *Empirical Economics*, Vol.36, No.1, pp.27-54.
- ・ 谷崎久志 (2010) 「株価, 為替, 金利のボラティリティの変動要因・相互依存関係について: ノンパラメトリック推定の応用」 『国民経済雑誌』 第 201 巻, 第 3 号, pp.15-28.
- ・ 谷崎久志 (2012) 「日本における株価, 外国為替レート, 金利のボラティリティの相互作用に関する分析」 『経済学論究』 第 66 巻, 第 1 号, pp.29-46.

### 4. 研究成果

本研究に付随して得られた研究成果を含めて, 次の研究成果(書籍・学術論文・ディスカッション)

ョン・ペーパー)が得られた。Tanizaki (2020) は株価の推定に用いられる推定手法に関する研究のサーベイ論文である。Ma and Tanizaki (2021)の“Fat-tailed...”は株価変動に関する研究であり、特に、正規分布よりすそ野の広い分布を使った場合にも過去と同じ研究結果が得られるかどうかを検討したものである。Ma and Tanizaki (2019, 2019, 2021)では、株価変動要因の分析がビットコインにも当てはまるかどうかを検討したものである。

その他の溝淵・谷崎 (2021), Mizobuchi and Tanizaki (2018), 渡辺・谷崎 (2021), 谷崎・渡辺 (2020), 粟屋・谷崎 (2019), 吉川・谷崎 (2018)は、本研究を通して付随的に得られえた研究成果である。

さらに、2019年6月1, 2日に大阪大学で、第15回計量経済理論とその応用に関する国際シンポジウム (The 15th International Symposium on Econometric Theory and Applications) という国際シンポジウムを開催し、その概要は『Annual Report of The Murata Science Foundation』 No.33, pp.646-646, 2019.12に収められている。この国際シンポジウムで、2つの研究成果を発表した。

ただし、当初予定していたノンパラメトリック推定については十分な成果を残すことはできなかった。予想以上に難しい問題があることが研究を進めていくうえで判明した。引き続き、今後の課題としてこの点の研究を続けることにする。その反面、株価だけでなくBitcoinの分析を加えることができたのは大きな進歩だったと言えるだろう。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Hisashi Tanizaki	4. 巻 1
2. 論文標題 Nonlinear Smoother with Markov Chain Monte Carlo	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 書籍『Nonlinear Filters』（オーム社，S. Suigimoto, M. Murata and K. Ohnishi編），第9章	6. 最初と最後の頁 347-379
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 谷崎久志・渡辺千夏良	4. 巻 No.3
2. 論文標題 障がい者の消費行動と消費者事故・消費者トラブルに関する計量分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 消費者行政新未来創造オフィス，消費者行政新未来創造ディスカッション・ペーパー・シリーズ	6. 最初と最後の頁 1-41
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 渡辺千夏良・谷崎久志	4. 巻 No.1
2. 論文標題 大学生のキャッシュレス決済に関する計量分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 消費者庁・国際消費者政策研究センター，リサーチ・ディスカッション・ペーパー（Research Discussion Paper）	6. 最初と最後の頁 1-41
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 粟屋拓馬・谷崎久志	4. 巻 2
2. 論文標題 「物価モニター調査」を利用したインフレ予想の要因分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 消費者行政新未来創造オフィス，消費者行政新未来創造ディスカッション・ペーパー・シリーズ	6. 最初と最後の頁 1-32
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 D. Ma and H. Tanizaki	4. 巻 49
2. 論文標題 The day-of-the-week effect on Bitcoin return and volatility	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Research in International Business and Finance	6. 最初と最後の頁 129-136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ribaf.2019.02.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 D. Ma and H. Tanizaki	4. 巻 ahead-of-print
2. 論文標題 Fat-tailed stochastic volatility model and the stock market returns in China	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 China Finance Review International	6. 最初と最後の頁 ahead-of-print
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1108/CFRI-03-2018-0028	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 D. Ma and H. Tanizaki	4. 巻 9
2. 論文標題 On the day-of-the-week effects of Bitcoin markets: international evidence	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 China Finance Review International	6. 最初と最後の頁 455-478
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1108/CFRI-12-2018-0158	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 吉川純平, 谷崎久志	4. 巻 No.001
2. 論文標題 消費者事故・トラブルに関する統計分析: 「消費者意識基本調査」調査票データを用いて	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 消費者行政新未来創造オフィス, 消費者行政新未来創造ディスカッション・ペーパー・シリーズ	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 吉川純平, 谷崎久志	4. 巻 No.001
2. 論文標題 消費者事故・トラブルに関する統計分析: 「消費者意識基本調査」調査票データを用いて	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 消費者行政新未来創造オフィス, 消費者行政新未来創造ディスカッション・ペーパー・シリーズ	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Z. Lu, H. Tanizaki
2. 発表標題 Reconsidering the volatility of gold: Is gold a hedge or a safe haven?
3. 学会等名 The 15th International Symposium on Econometric Theory and Applications (SETA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 D. Ma, H. Tanizaki
2. 発表標題 The day-of-the-week effect on Bitcoin return and volatility
3. 学会等名 The 15th International Symposium on Econometric Theory and Applications (SETA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 S. Suigimoto, M. Murata and K. Ohnishi	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Ohmsha	5. 総ページ数 444
3. 書名 Nonlinear Filters	

1. 著者名 K. Mizobuchi and H. Tanizaki	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Nova Science Publishers Inc	5. 総ページ数 166
3. 書名 The Power-Saving Behavior of Households: How Should We Encourage Power Saving?	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計1件

国際研究集会 The 15th International Symposium on Econometric Theory and Applications (SETA2019)	開催年 2019年～2019年
---	--------------------

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------