

## 新型コロナウイルス禍での日経平均株価の ボラティリティと分散リスクプレミアム(2)

一橋大学経済研究所教授 渡部敏明

### 5 データ

前号では、危険中立測度  $Q$  の下でのボラティリティと実測度  $P$  の下でのボラティリティ、およびそれらの差である分散リスクプレミアムの計算方法について解説した。本号では、そこで説明した方法を用いて日経平均株価の危険中立測度  $Q$  の下でのボラティリティと実測度  $P$  の下でのボラティリティ、分散リスクプレミアムを計算し、新型コロナウイルス禍でそれらがどのように推移したかを概観する。その前に、それらの計算に用いたデータについて本節で説明する。

$Q$  の下でのボラティリティには、大阪大学数理・データ科学教育研究センターが計算している Volatility Index Japan (VXJ) を用いる。ただし、VXJ は改定のため 2020 年 9 月末で更新がストップしているため、2020 年 10 月以降は日経平均 VI で代用した。危険中立測度  $Q$  の下でのボラティリティは前号の (2) 式のように表されるが、右辺の積分は解析的に解けないので、総和で近似する必要がある。日経平均 VI では、VIX 同様、市場で取引されている権利行使価格の異なるアウト・オブ・ザ・マネーのオプション価格だけを用いて総和を行っているが、市場で取引されている権利行使価格の異なるオプションの数は多くないので、この方法では近似誤差が無視できない可能性がある。それに対して、VIX では、近似精度を高めるために、ボラティリティ・サーフェスを用いて市場で取引されていないオプション価格を導出し、それらも用いて総和を取っている。詳しくは、前号および Fukasawa et al. (2011), Jiang and Tian (2005, 2007) を参照されたい。

$P$  の下でのボラティリティの計算では、まず前場と後場の 5 分ごとの日経平均株価の 2 乗を足し合わせて日次 RV を計算する。前日の終値から当日の始値までの夜間のリターンの 2 乗や前場と後場の間の昼休みのリターンの 2 乗は、時間間隔が長いので加えない。そうすると、夜間と昼休みを含む、前日の終値から当日の終値までの 24 時間のボラティリティを過小評価してしまう。ここでは、それをそのまま用いて昼休みと夜間を除いた  $P$  の下でのボラティリティを計算し、Hansen and Lunde (2005) に従い、それに前号 (5) 式の  $c$  を掛けることにより、昼休みと夜間を含んだ  $P$  の下でのボラティリティに調整した。次に、それを Barndorff-Nielsen and Shephard (2004, 2006) の方法によって連続成分  $C$  とジャンプ成分  $J$  に分割する。Barndorff-Nielsen and Shephard (2004, 2006) は、価格にノイズが無い場合、以下の Bipower Variation (BV) が連続成分  $C$  に収束することを示している。

$$BV_t = \mu_1^{-2} \frac{n}{n-1} \sum_{i=2}^n |r_{t-1+i/n}| |r_{t-1+(i-1)/n}|. \quad (11)$$

\*本研究は一橋大学社会科学高等研究院および科学研究費基盤研究 (A) 20H00073, 19H00588, 17H00985 より助成を受けている。

ここで、 $\mu_1 = \sqrt{2/\pi}$ . 通常、この  $BV_t$  をそのまま  $C_t$  として用いるのではなく、 $RV_t - BV_t$  を用いてジャンプの検定を行い、統計的に有意であれば  $J_t = RV_t - BV_t$ , 有意でなければ  $J_t = 0$  とする. ここでは、ジャンプの検定の有意水準は1%とした。この検定について詳しくは、渡部 (2020) を参照されたい。その上で、 $C_t = RV_t - J_t$  とする。さらに、それらを用いて、前号の (8), (9) 式から  $E_t^P[RV_{t+1:t+22}]$  を計算する。ただし、前号の (8) 式には間違いがあり、正しくは以下の通りである。

$$\begin{aligned} \ln RV_{t-21:t} &= c + \alpha \ln(VXJ_{t-22}^2/12) + \beta_d \log C_{t-1} + \beta_w \ln C_{t-5:t-1} + \beta_m \ln C_{t-22:t-1} \\ &\quad + \gamma_d \ln(1 + J_{t-1}) + \gamma_w \ln(1 + J_{t-5:t-1}) + \gamma_m \ln(1 + J_{t-22:t-1}) + \delta R_{t-1}^- + \epsilon_t. \end{aligned} \quad (8)$$

同様に、前号第2節最後の  $(VXJ/12)^2$  は  $VXJ^2/12$ , (10) 式右辺の  $(VXJ_t/12)^2$  は  $VXJ_t^2/12$  である。(8) 式のパラメータは過去 1,000 日のデータを用いて最小 2 乗法により推定した。既に説明したように、これは昼休みと夜間を含んでいないので、前号 (5) 式の  $c$  を掛けることにより、昼休みと夜間を含んだ P の下でのボラティリティに調整した。 $c$  も過去 1,000 日のデータを用いて計算した。なお、前号 (5) 式の  $c$  は (7), (8) 式の定数項の  $c$  とは異なることに注意されたい。

日経平均株価の高頻度データは、毎年 10 月に 9 月末までの 1 年分を日経メディアマーケティングから購入しているため、現在は 2020 年 9 月末までしかない。そこで、2020 年 10 月以降は、日経平均株価の 5 分ごとのリターンから計算した  $RV$  と  $BV$  を Oxford Man Institute Realized Library からダウンロードして用いた。Oxford Man Institute Realized Library のデータだけではジャンプの有意性の検定ができないので、検定は行わず、 $J_t = \text{Max}[RV_t - BV_t, 0]$ ,  $C_t = RV_t - J_t$  とした。また、Oxford Man Institute Realized Library のデータは営業日であってもデータがない日があり、今回利用した 2020 年 10 月 1 日から 2021 年 3 月 15 日の間でも、2020 年 10 月 1 日、12 月 7 日、12 月 21 日、2021 年 1 月 15 日のデータがなかったので、それらの日は除いた。

## 6 結果

前号および前節で説明した方法により、2019 年 5 月 15 日から 2021 年 3 月 15 日までの危険中立測度 Q の下でのボラティリティと実測度 P の下でのボラティリティ、およびそれらの差である分散リスクプレミアムを計算した。日本で初めて PCR 検査陽性者が出たのは 2020 年 1 月 16 日であるが、比較のため、それ以前の 2019 年 5 月 15 日から計算した。図 2 にその結果と日本全国 PCR 検査陽性者数を示している。日本全国 PCR 検査陽性者数は前号の図 1 同様、厚生労働省のオープンデータからダウンロードした。日本全国 PCR 検査陽性者数は土日祝日を含め毎日報告されるので、図 2 の横軸は土日祝日も含んでいる。土日祝日は市場が閉まっており日経平均株価のデータがないので、Q の下でのボラティリティ、P の下でのボラティリティ、分散リスクプレミアムは計算できない。そこで、それらは土日祝日は線が切れている。これは、前号の図 1 も同様

である。

2019年2月20日まではQの下でのボラティリティもPの下でのボラティリティも低く推移しており、それらの差も小さく、分散リスクプレミアムは0に近い。その後、新型コロナウイルス感染者数の増加に伴い、Qの下でのボラティリティもPの下でのボラティリティも急上昇し、2020年3月16日にピークを迎えた後、急激に減少している。分散リスクプレミアムも同様の動きを示しており、2020年3月19日がピークになっている。新型コロナウイルス感染者数が増加する中、なぜQの下でのボラティリティ、Pの下でのボラティリティ、分散リスクプレミアムが急低下したのかはこの図だけではわからないが、第1次補正予算、第2次補正予算でコロナ対策を盛り込んだこと、日本銀行による新型コロナ対応資金繰り支援特別プログラムやETFの積極的な買入れなどが寄与していると考えられる。しかし、Qの下でのボラティリティ、Pの下でのボラティリティ、分散リスクプレミアムは、下がった後も、上昇する前の2019年2月20日までと比べると高くなっており、分散リスクプレミアムはほとんどの日で0から乖離し、正の値になっている。また、それらは時々ジャンプしており、株式市場にリスクがくすぶっていることを見て取れる。例えば、2020年6月15日に、新型コロナウイルス第2波に対する懸念からQの下でのボラティリティ、Pの下でのボラティリティ、分散リスクプレミアムがすべて上昇している。

## 7 今後の発展

図2には日本全国PCR検査陽性者数も示している。この図からは、日本全国PCR検査陽性者数は、第1波の頃はQの下でのボラティリティ、Pの下でのボラティリティ、分散リスクプレミアムに影響を与えていたが、第2波、第3波では全く影響を与えていないように見える。しかし、日本全国PCR検査陽性者数にはトレンドや木金土は陽性者数が多く、日月火は少ないという曜日による違いがある。そこで、より厳密に分析するためには、日本全国PCR検査陽性者数からトレンドや曜日による違いを除去した上で、例えば(8)式に説明変数として加えて統計的に有意かどうかを検定する必要がある。また、日本全国PCR検査陽性者数だけでなく、重症者数や死亡者数を加えることもできる。

第1次補正予算、第2次補正予算におけるコロナ対策、日本銀行による新型コロナ対応資金繰り支援特別プログラムやETFの積極的な買入れ、緊急事態宣言、GoToトラベルなどの政策がQの下でのボラティリティ、Pの下でのボラティリティ、分散リスクプレミアムにどのような影響を与えたのかを分析することも重要である。さらに、日中の高頻度リターンからRVだけでなく、歪度や尖度といった高次のモーメントを計算することで、投資家のリスク回避度を推定することができる。そこで、それが新型コロナウイルス禍でどのように推移したのかを分析することも興味深い。投資家のリスク回避度の推定については、大屋(2019)を参照されたい。

最後に、本稿では日経平均株価について分析したが、新型コロナウイルスの影響は産業によって異なり、例えば、サービス産業は大きな打撃を受けている。そこで、各産業ごとの分析も重要であろう。

## 参考文献

- Barndorff-Nielsen, O. E. and Shephard, N. (2004), “Power and Bipower Variation with Stochastic Volatility and Jumps (with discussion),” *Journal of Financial Econometrics*, 2(1), 1–37.
- Barndorff-Nielsen O. E. and Shephard, N. (2006), “Econometrics of Testing for Jumps in Financial Economics Using Bipower Variation,” *Journal of Financial Econometrics*, 4(1), 1–30.
- Fukasawa, M., Ishida, I., Maghrebi, N., Oya, K., Ubukata, M. and Yamazaki, K. (2011), “Model-free Implied Volatility: From Surface to Index,” *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, 14(4), 433–463.
- Hansen, P. R. and Lunde, A. (2005), “A Forecast Comparison of Volatility Models: Does Anything Beat a GARCH(1,1)?” *Journal of Applied Econometrics*, 20(7), 873–889.
- Jiang, G. J. and Tian, Y. S. (2005), “Model-free Implied Volatility and Its Information Content,” *Review of Financial Studies*, 18(4), 1305–1342.
- Jiang, G. J. and Tian, Y. S. (2007), “Extracting Model-Free Volatility from Option Prices: An Examination of the VIX Index,” *Journal of Derivatives*, 14(3), 35–60.
- 大屋幸輔 (2019) 「インプライド・モーメントがもたらす情報：VIXは何を伝えているのか」宇井貴志・加納隆・原千秋・渡部敏明編『現代経済学の潮流 2019』第4章, 99–125, 東洋経済新報社.
- 渡部敏明 (2020) 「Heterogeneous Autoregressive モデル-サーベイと日経 225 株価指数の実現ボラティリティへの応用-」『広島経済大学経済研究論集』42(3), 5–18.

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。  
本資料の内容は、株式会社大阪取引所の意見・見解を示すものではありません。  
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。

図2：Qの下でのボラティリティ, Pの下でのボラティリティ, 分散リスクプレミアム

