

日本株式市場における daytime と overnight return の間の VC 相関解析

Volatility Constrained correlation on Japanese stock market

落合 友四郎^{1*} ホセ・ナチエル^{2†}
Tomoshiro Ochiai¹ Jose C. Nacher²

¹ 大妻女子大学社会情報学部

¹ Faculty of Social Information Studies, Otsuma Women's University

² 東邦大学理学部情報科学科

² Department of Information Science, Faculty of Science, Toho University

Abstract: Although econophysics techniques have been widely applied to investigate stock markets, the analysis of non-trading or night periods has received less attention. Here, we investigate the correlation between overnight and daytime return (correlation ND) and the correlation between daytime return and following overnight return (correlation DF). A standard correlation analysis reveals a weak negative correlation between overnight and daytime return (correlation ND) in Japanese Stocks Market. To enhance this signal, we use the Volatility Constrained correlation (VC correlation) method, which led to a significant amplification of this observed tendency. This result has strong implications for increasing predictability of day time return compared to standard correlation. Moreover, the amplified tendency observed for each stock revealed a linear scale relationship between the standard correlation and VC correlation. Taking together, the application of VC methodology to financial trading data overnight enhances the observed correlations which may lead to improve market predictions.

1 はじめに

株式市場や為替市場の価格変動等の分布や相関などに対しては統計的な性質が様々な方面から調べられている [1-7]。

株式市場には市場が開いている時間 (trading period) と市場が閉じている時間 (Non-trading period) がある。日本市場が閉まっている時間帯においても、ヨーロッパ市場や米国市場など海外市場は取引をしており、海外のニュースなどが翌日の日本市場に影響を与える。Wang et al[8] は、米国株式市場 (New York Stock Exchange (NYSE) stocks) の 1988 年から 2007 年までの 20 年間に對して、の daily return (close-to-close), overnight return (close-to-open), daytime return (open-to-close) の 3 種類の収益率 (return) のそれぞれの組み合わせについての相関などを調べた。この研究により、米国株式市場において overnight return (夜間収益率) と daytime return (日中収益率) の間には弱い負の相関があることが示された。また、Tsai et al.[9] は台湾株

式市場 (Taiwan Stock Exchange (TWSE)) における daytime return と overnight return の関係を調べた。この研究により、overnight return の振幅が大きい場合、overnight return と次の日の daytime return の正負の符合が逆符合になる確率が高くなることが示された。

我々は、以前の研究 [10] において、金融市場において相関のみならずその影響の方向性まで推定することのできる Volatility Constrained correlation (VC correlation) という方法を導入した。米国市場が日本市場に与える影響が、その逆の方向よりも大きいことがこの方法で定量的に示された。またこの方法は、生物・医学分野の遺伝子データにも応用されている [11]。

2 データ

今回用いたデータは日経 225 インデックスに採用されている 225 社の日足時系列データである。このデータには 2000 年から 2015 年までの日足の初値と終値が含まれる。株式分割があった場合は修正された初値と終値を用いる。

*連絡先: E-mail: ochiai@otsuma.ac.jp

†連絡先: E-mail: nacher@is.sci.toho-u.ac.jp

3 提案方法

日経225インデックスの採用銘柄にたいして、daytime return と overnight return の間の相関について調べた。daytime return と overnight return の間には2種類の相関を考えることができる。一つは (Correlation ND (Night to Day)) で、overnight return と翌日の daytime return の間の相関である。もう一つのタイプは (Correlation DF (Day to Following night)) で、daytime return とその後の overnight return の間の相関である (図1 参照)。

3.1 相関係数

各銘柄 i に対して overnight と daytime の return の間の通常の相関係数を $C^i[N, D]$ とし、daytime と following night の return の間の通常の相関係数を $C^i[D, F]$ とする。

3.2 VC 相関

次に VC 相関 (Volatility Constrained correlation (VC correlation)) を定義する。(詳しい数学的定義は論文 [10] を参照。) 時系列ペアにたいして VC 相関を計算する時、そのうちの1つの時系列の標準偏差に着目する。その注目した時系列の return とその平均の差の絶対値が標準偏差よりも大きい時のみの時系列ペアを取り出して相関係数を計算したものが VC 相関である。銘柄ペアには2つの時系列があるので、着目することのできる標準偏差は2通りある。それゆえ、例えば overnight(N) と daytime(D) の return の2つの時系列の間で、2種類の VC 相関係数 $F^i[N, D]$ と $F^i[D, N]$ を計算することができる。ここで、 $F^i[N, D]$ では overnight return の標準偏差を用いており、 $F^i[D, F]$ では逆に daytime return の標準偏差を用いる。

ここで、この2種類の VC 相関の値を比べることにより影響の方向性を推定することができる。例えば $F^i[N, D]$ が $F^i[D, N]$ より大きければ overnight return から daytime return の方向に影響を与えていることがわかる。

3.3 平均相関係数と平均 VC 相関

次に各銘柄 i に対するこれらの相関係数 $C^i[N, D]$ や VC 相関 $F^i[N, D]$ と $F^i[D, N]$ をすべての銘柄に対して平均を取ったものが平均相関係数 $C[N, D]$ や平均 VC 相関 $F[N, D]$ と $F[D, N]$ である。

3.4 相関の相関

また、ある年 y の相関係数 $C^i[N, D](y)$ と次の年 ($y+1$) の相関係数 $C^i[N, D](y)$ の間の相関係数を $TC[N, D](y)$ とする。ある年 y の VC 相関係数 $F^i[N, D](y)$ と次の年 ($y+1$) の VC 相関係数 $F^i[N, D](y)$ の間の相関係数を $TF[N, D](y)$ とする。

4 結果

まず、通常の相関係数である $C^i[N, D]$ と $C^i[D, F]$ を調べた。相関係数 $C^i[N, D]$ を計算すると、日本株式市場でほとんどのすべての年において、overnight return と翌日の daytime return が負の弱い相関をしていることが観測された (図2 参照)。これは、海外 (米国、台湾) 株式市場の結果と整合している [8, 9]。これに対して、相関係数 $C^i[D, F]$ を計算すると、daytime return と翌日の overnight return の間には明らかな相関は認められないことが分かった。

次に通常の相関係数の代わりに、VC 相関を ND (Night to Day) と DF (Day to Following night) に適用した。ND と DF の両方で VC 相関の絶対値は通常の相関係数より大きくなることが観測された。さらに VC 相関の非対称性より影響の方向性も推定することができることをさきほど説明したが、ND について VC 相関から決まる方向性は、期待通りに夜間セッションから翌日の日中セッションの方向であり、時間の因果律の方向性と一致することが示された (図2 (b) 参照)。

次に平均的性質ではなくそれぞれの銘柄について通常の相関係数と VC 相関を ND と DF に対して調べた。ND と DF の両方に対して、それぞれの銘柄の VC 相関係数が通常の相関係数の2倍ほど増幅されていることがわかった (図4 参照)。

また、ある年の ND と DF に対する相関係数は、次の年の相関係数と正の相関をすることがわかった (図5 参照)。(つまり相関係数の相関が正であるということ。また、VC 相関についても同様の結果になる。) これは各銘柄に対して、ある年の相関の傾向が次の年の相関の傾向に影響を与えていることを示している。例えば、ある年のある銘柄の相関 ND が正ならば次の年の相関 ND も正である可能性が高い、

5 終わりに

今回、日経225採用銘柄に対して overnight と daytime return (ND)、daytime return と following overnight return (DF) の間の相関について、通常の相関係数と VC 相関を用いて調べた。まず第一に、overnight と daytime return (correlation ND) の間に弱い負の相

関が観測された。第2に VC 相関を用いると、この弱い負の相関が増幅されて観測された。これは、VC 相関を用いることにより翌日の daytime return の予測可能性を高める重要な結果である。また、VC 相関から決まる影響の方向性は時間の因果律と整合性があることが確認された。第3にそれぞれの銘柄について VC 相関と通常の相関係数をプロットしてみると傾きが2程度の線形的関係があることが分かった。(言い換えると VC 相関で、通常の相関係数が2倍に増幅される。) これらの結果から、VC 相関を用いることにより、通常の相関係数よりも予測可能性を改良できることが分かった。

謝辞

T.O. was partially supported by JSPS Grants-in-Aid for Scientific Research (Grant Number 15K01200).

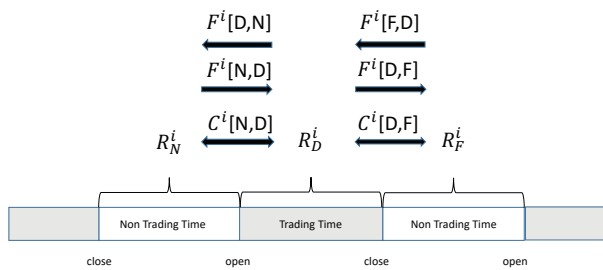


図 1: N(overnight), D(daytime), F(following overnight) のイラスト。

参考文献

- [1] R. N. Mantenga and H. E. Stanley, *An introduction to Econophysics*, Cambridge University Press, Cambridge, UK (2000).
- [2] S. Sinha, A. Chatterjee, A. Chakraborti and B. K. Chakrabarti, *Econophysics: An Introduction*, Wiley-VCH (2010).
- [3] J. M. Pollet and M. Wilson, *Journal of Financial Economics*, Vol. **96**, Issue 3, 364 (2010).
- [4] L. Sandoval and I. D. P. Franca, *Physica A* **391**, 187 (2012).

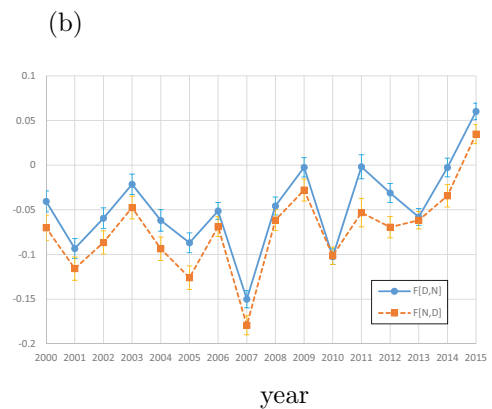
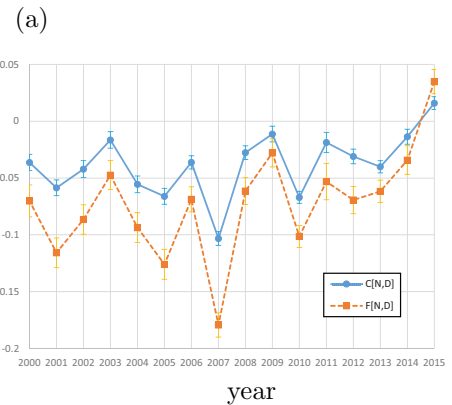


図 2: (a) overnight (N) と翌日の daytime (D) の間の平均相関 $C[N, D]$ と平均 VC 相関 $F[N, D]$ の推移。
(b) overnight と (N) 翌日の daytime (D) の間の VC 平均相関 $F[N, D]$ と平均 VC 相関 $F[D, N]$ の推移。
両方の図とも error bar は s.e.m である。

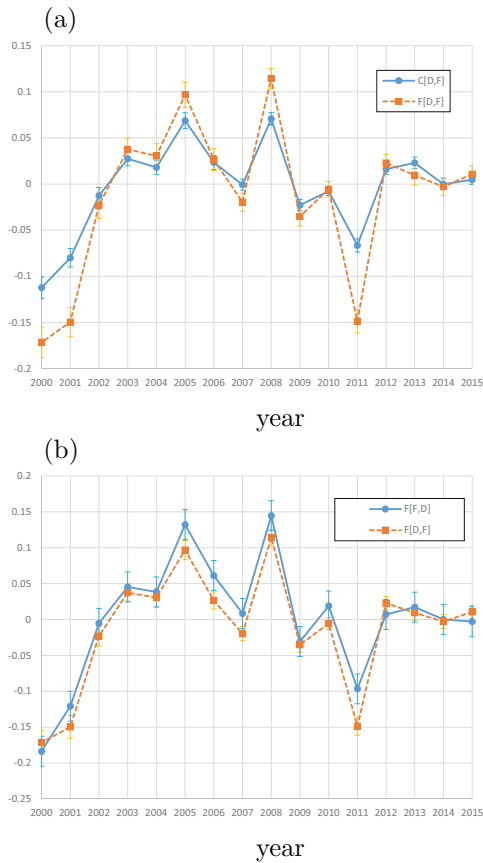


図 3: (a) daytime (D) と following overnight (F) の間の平均相関 $C[D, F]$ と平均 VC 相関 $F[D, F]$ の推移。
(b) daytime (D) と following overnight (F) の間の VC 平均相関 $F[D, F]$ と平均 VC 相関 $F[F, D]$ の推移。両方の図とも error bar は s.e.m である。

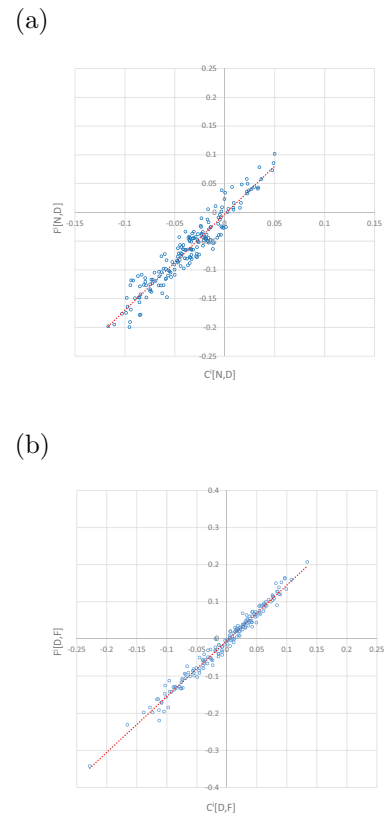


図 4: (a) overnight (N) と翌日の daytime (D) の間のそれぞれの日経 2 2 5 採用銘柄 i に対する相関係数 $C^i[N, D]$ と VC 相関係数 $F^i[N, D]$ の散布図。(b) daytime (D) と following overnight (F) の間のそれぞれの日経 2 2 5 採用銘柄 i に対する相関係数 $C^i[N, D]$ と VC 相関係数 $F^i[N, D]$ の散布図。両方の図とも相関と VC 相関は 2000 年から 2015 年のすべての期間にわたって計算されている。赤点線は regression line である。

- [5] T. Preis, D. Y. Kenett, H. E. Stanley, D. Helbing and E. Ben-Jacob, *Scientific Reports* **2**, 752 (2012).
- [6] Y. Shapira, D. Y. Kenett, and E. Ben-Jacob, *European Physical Journal B*. **72**, 657 (2009).
- [7] D.-M. Song, M. Tumminello, W.-X. Zhou, R. N. Mantegna, *Physical Review E* **84** 026108 (2011).
- [8] F. Wang, S.J. Shieh, S. Havlin and H. E. Stanley, *Phys Rev E* **79**, 056109 (2009).
- [9] K. T. Tsai, J. S. Lih and J. Y. Ko, *Physica A* **391**, 6497 (2012).
- [10] T. Ochiai, J.C. Nacher, *Physica A* **393**, 364 (2014) .
- [11] T. Ochiai, J.C. Nacher, *Biosystems* **145**, 9 (2016)

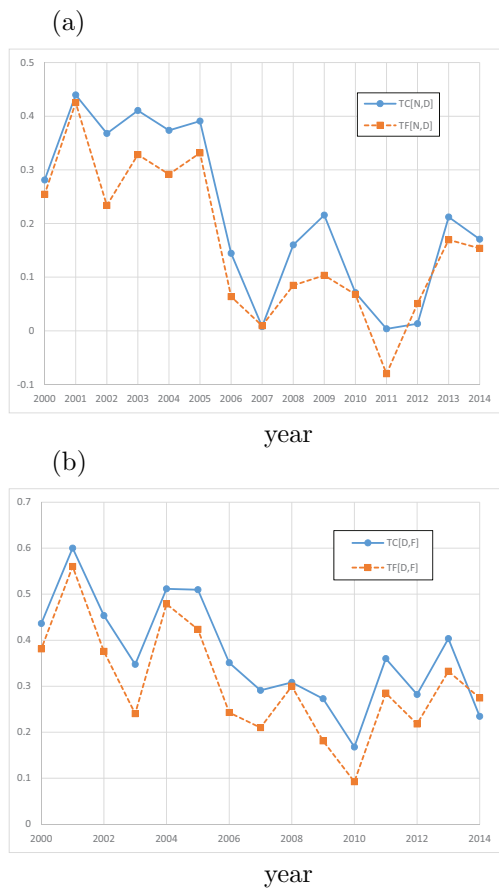


図 5: (a) ある年と次の年の間の相関係数の相関係数 $TC[N, D]$ と VC 相関係数の相関係数 $TF[N, D]$ 。 (b) 同様に $TC[D, F]$ と $TF[D, F]$ 。