

ESG 関連 ETF と日本株価指数の変動比較

長倉大輔研究会 1 班

川田 琉偉

李 鍾豪

三木 笙

目次

目次.....	2
1. はじめに.....	3
2. データ	4
3. 分析モデル	5
4. 推定結果.....	7
4.1 株価指数の推定結果.....	10
4.2 「環境」を考慮した ETF の推定結果と TOPIX との比較.....	10
4.3 「社会」を考慮した ETF の推定結果と TOPIX との比較.....	10
4.4 「ガバナンス」を考慮した ETF の推定結果と JPX 日経インデックス 400 との比較	11
5. 結論.....	11
付録	12
参考文献.....	12

1. はじめに

本研究では、環境(Enviroment)、社会(Social)、統治/ガバナンス(Governance)からなる ESG ごとに考慮した ETF、上場投資信託(Exchange Traded Funds)のボラティリティ、価格の変動度合いを解析し、日本の株価指数のボラティリティと比較することで、ESG の各項目が日本の株式投資行為に与える影響の有無、内容、程度について分析した。

従来まで、ある企業、事業に対し、どれほどの投資をすれば、どれほどの利益を得られるのかという収益や損益が投資行為の尺度の大きな柱であった。しかし、2006 年の 4 月に国際連合が、発表した責任投資原則(PRI、Principles for Responsible Investment)において ESG に配慮した投資を提唱し、世界の金融市場が ESG に配慮した投資に舵をきった。これにより、企業は投資分析と意思決定のプロセスや活動状況の報告に ESG の課題を組み込むことが増え、投資家は事業の損益だけではなく、その事業が地球や社会に対してどのような働きかけをして、今後どれほどの社会的価値を創造し得るのかというように、社会や環境に対する効果を含めた投資効果を見定めた投資を行うことが増えた。更に、近頃は持続可能な開発目標、SDGs(Social Development Goals)や企業の社会的責任、CSR(Corporate Social Responsibility)といった ESG と重なる方向性の理念の知名度が上昇し、ESG を意識した投資に拍車がかかっている。

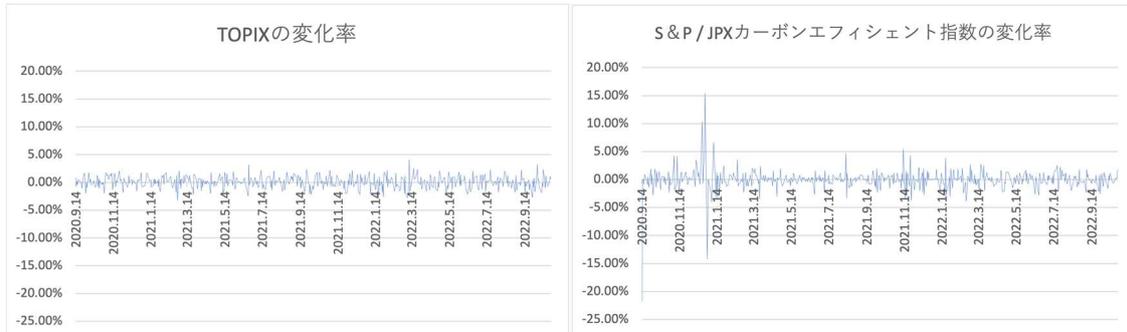
谷崎(2012)は、日本における株価、外国為替レート、金利のボラティリティの相互作用について、関数形を特定化したパラメトリックなモデルである、確率的ボラティリティ変動モデル、SV(Stochastic Volatility)モデルを、ベイズ推定を用いて推定し、それぞれのレベル水準とボラティリティの変動要因を分析した。これにおいて、レベル、ボラティリティの両方について、日本の株価・外国為替レート・金利という三市場間で相互に影響を及ぼしていることが確認できたとされた。

齋藤(2022)は、TOPIX と企業の ESG 評価を考慮した、ESG 総合型である FTSE Blossom Japan Index の構成銘柄に基づいたポートフォリオを構築し、その日次収益率とボラティリティについて、SV モデルを用いて分析した。これによれば、単純な変化率やボラティリティ水準などの推移での比較では明確な差は認められなかった。しかし、SV モデルを用いて分析することで、単なる TOPIX のポートフォリオに比べ、ESG 評価がより高い企業のみ絞ったポートフォリオでは、株価が短期間で一方向に動きにくい性質を持つことが確認され、収益率及びボラティリティにおいてその変動リスクを抑制する性質があった。

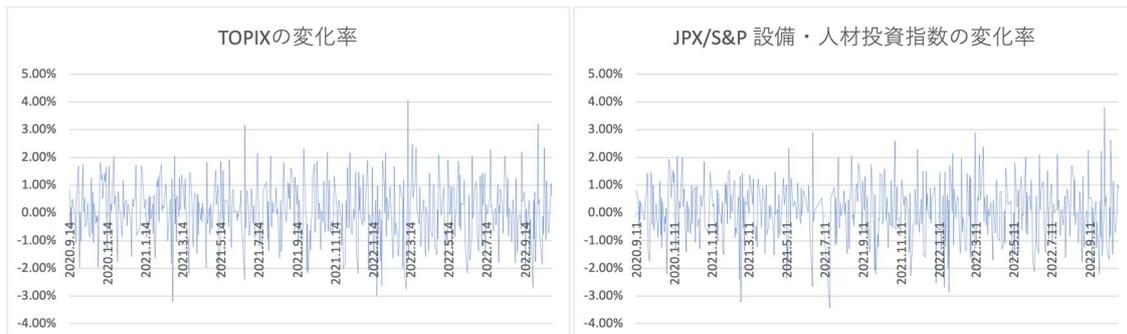
本分析では、ESG を総合的ではなく、銘々に評価された ETF からなる指数を分析対象とし、日本の代表的な株価指数と併せてボラティリティを、細密な分析が可能な SV モデルを通して見ることで、ESG 各要素が株価に与える影響を調査する。

2. データ

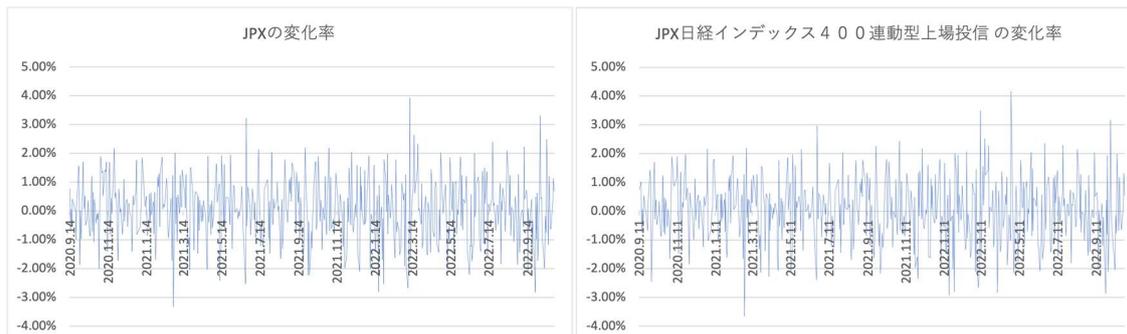
TOPIX と環境データの変化率



TOPIX と社会データの変化率



JPX とガバナンスデータの変化率



分析では、日本の株価指数の変動と ESG を配慮した株価指数の変動を比較するため、日本を代表する株価指数と ESG に関する株価指数のデータを分析対象とした。分析の対象期間は2020年9月11日から2022年10月26日までとし、終値を基準に分析を行った。

第一に、日本の株価指数としては、TOPIXとJPX日経インデックス400を使用し

た。TOPIX（東証株価指数）は、東京証券取引所第一部上場株式銘柄を対象として公表している株価指数である。JPX日経インデックス400は、JPX総研及び株式会社日本経済新聞社が東京証券取引所プライム市場、スタンダード市場、グロース市場の上場銘柄のうち400銘柄を対象とした平均株価である。

第二に、ESG関連の株価指数は、日本取引所グループが公表しているESG関連指数・上場商品（<https://www.jpx.co.jp/>）を参考にし、株の出来高が安定しており、データの期間が長いETF（上場投資信託）指数を選定した。

まず、環境関連の指数としては、NZAM 上場投信 S&P / JPXカーボンエフィシエント指数（2567）を使用した。これはTOPIXに組み入れられている銘柄の中から、炭素効率の高い企業のウェイトを高め、効率の低い企業のウェイトを低くすることで、炭素排出量の削減を目指すETFである。「S&P/JPX カーボン・エフィシエント指数」を対象指標として連動しており、TOPIXとの乖離を抑制するように設計されている。

そして、社会関連の指数としては、One ETF JPX/S&P 設備・人材投資指数（1484）は、設備・人材投資に積極的かつ効率的に取り組んでいる企業を構成銘柄とする株価指数「JPX/S&P 設備・人材投資 指数」との連動を目指すETFである。この銘柄は「JPX/S&P設備・人材投資指数」と連動しており、TOPIXと類似した株価変動するように設計されている。

最後に、ガバナンス関連の指数としては、NEXT FUNDS JPX日経インデックス400連動型上場投信（1591）を使用した。これは、グローバルな投資基準に求められる諸要件を満たした、「投資者にとって投資魅力の高い会社」400社を対象とする「JPX日経インデックス400」との連動を目指すETFである。TOPIXと類似した株価変動するように設計されている。

3. 分析モデル

次の式から構成されるSVモデルを推定する。 $t=1,2,\dots,T$ とする。Tはサンプルサイズである。

$$y_t = \exp\left(\frac{h_t}{2}\right) \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim N(0, 1) \quad (1)$$

$$h_{t+1} = \mu + \varphi(h_t - \mu) + \eta_t \quad \eta_t \sim N(0, \sigma_n^2) \quad (2)$$

ε_t は t に関して独立で、平均0、分散1の標準正規分布としている。 η_t は過去と独立であると仮定し、平均0、分散 σ_n^2 の正規分布としている。このモデルにおいて h_t の無条件

分布は、平均 μ 、分散 $\frac{\sigma_n^2}{1-\varphi^2}$ の正規分布となる。

価格変化率である y_t は $y_t = 100 \times \log\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$ によって算出しており、その価格変化率は

ボラティリティである $\exp(h_t)$ から構成されている。価格変化を図示したものが図の1から図6である。潜在変数の h_t は観測変数である y_t から推測されるため、 y_t を用いて $H_n = (h_1, h_2, \dots, h_n)$ と $\theta = (\mu, \varphi, \sigma_n^2)$ を推定する。

推定する未知パラメーター $\theta = (\mu, \varphi, \sigma_n^2)$ において φ は h_t に対するショックの持続性を表すパラメーターであり、本論文では h_t は定常であると仮定し、 $|\varphi| < 1$ であると仮定し、 φ が1に近い値であるほどボラティリティに対するショックの持続性が高い(2005 Watanabe)。 μ はボラティリティの平均、 σ_n^2 はボラティリティの分散である。

結果の考察は、それぞれのETFとそれぞれのETFが連動している株価指数との比較によってどのESG指標がリスク変動に対してどのような影響があるのかを分析していく。比較内容は、未知パラメーターの推定値、およびの価格変化率のボラティリティを比較するために $\exp(h_t)$ の標準偏差_(付録)を用いて比較する。

4. 推定結果

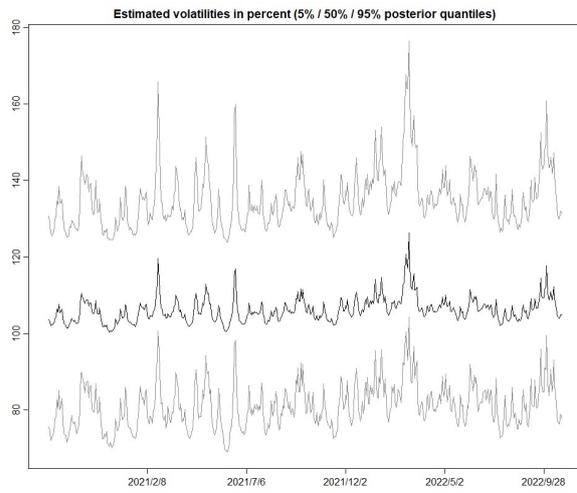


図 1 JPX 日経インデックス 400 ボラティリティ推移

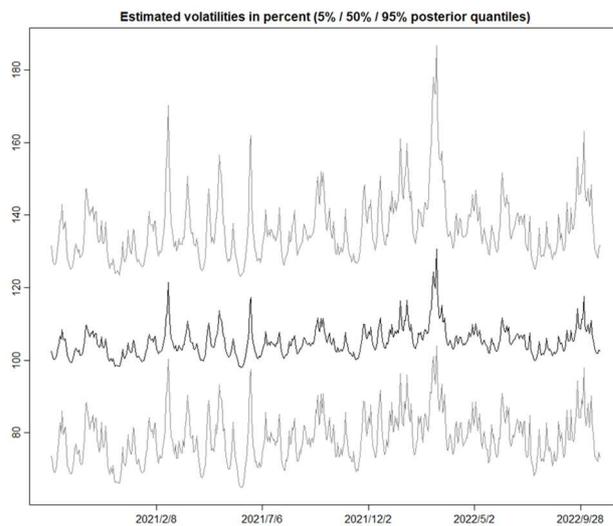


図 2 TOPIX ボラティリティ推移

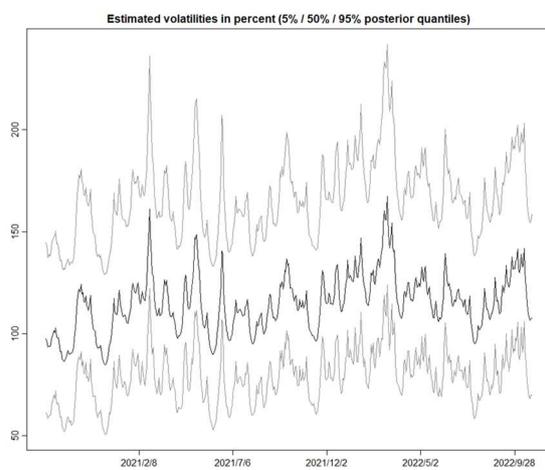


図 3 2567 (環境) ボラティリティ推移

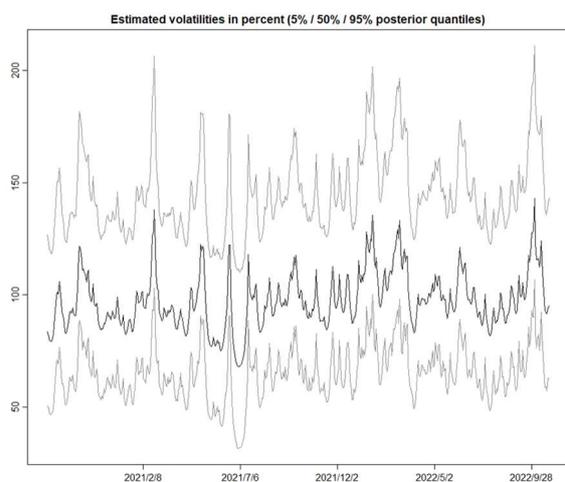


図 4 1484 (社会) ボラティリティ推移

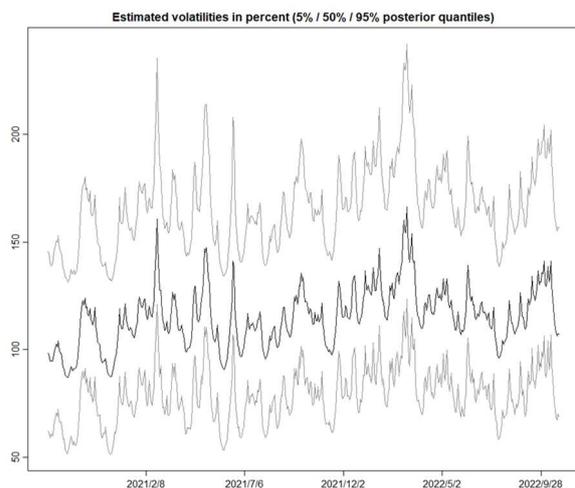


図 6 1591 (ガバナンス) ボラティリティ推移

JPX400

	平均	標準偏差	5%	50%	95%
μ	0.101	0.08	-0.033	0.102	0.23
φ	0.563	0.258	0.082	0.602	0.91
σ_n	0.226	0.129	0.038	0.212	0.45
$\exp(\mu/2)$	1.054	0.042	0.984	1.053	1.12
σ_n^2	0.067	0.069	0.0015	0.21	0.21

表 1 JPX400

TOPIX

	平均	標準偏差	5%	50%	95%
μ	0.083	0.080	-0.0502	0.083	0.21
φ	0.540	0.291	-0.0324	0.609	0.91
σ_n	0.228	0.129	0.0334	0.215	0.46
$\exp(\mu/2)$	1.043	0.042	0.9752	1.043	1.11
σ_n^2	0.068	0.071	0.0011	0.046	0.22

表 2 TOPIX

2567 TOPIX カーボン

	平均	標準偏差	5%	50%	95%
μ	0.027	0.198	-0.29	0.026	0.36
φ	0.769	0.063	0.66	0.774	0.86
σ_n	0.883	0.130	0.68	0.876	1.11
$\exp(\mu/2)$	1.019	0.101	0.86	1.013	1.20
σ_n^2	0.797	0.236	0.47	0.768	1.23

表 3 2567 (環境)

1484 JPX S&P

	平均	分散	5%	50%	95%
μ	-0.086	0.105	-0.265	-0.083	0.078
φ	0.698	0.147	0.417	0.728	0.877
σ_n	0.387	0.122	0.187	0.385	0.589
$\exp(\mu/2)$	0.959	0.050	0.876	0.959	1.040
σ_n^2	0.165	0.099	0.035	0.149	0.347

表 4 1484 (社会)

1591 JPX400

	平均	標準偏差	5%	50%	95%
μ	0.085	0.094	-0.073	0.087	0.23
φ	0.594	0.228	0.167	0.641	0.89
σ_n	0.351	0.130	0.134	0.350	0.56
$\exp(\mu/2)$	1.045	0.049	0.964	1.045	1.12
σ_n^2	0.140	0.095	0.018	0.123	0.32

表 5 1591 (ガバナンス)

JPX400	TOPIX	2567(環境)	1484(社会)	1591(ガバナンス)
2.896	2.872	3.005	2.665	2.909

表 6 y_t の標準偏差

JPX400	TOPIX	2567(環境)	1484(社会)	1591(ガバナンス)
0.035	0.031	-0.024	0.043	0.030

表 7 価格変化率の平均

4.1 株価指数の推定結果

日本の株価指数である TOPIX と JPX 日経インデックス 400 の分析結果が以下の表 1、表 2 である。JPX の方がボラティリティの平均 μ が TOPIX より多少大きくなっていく。またボラティリティに対するショックの持続性 φ や分散はどちらもほとんど同じ値であり、分散が非常に小さいことからリスクは小さかった。

4.2 「環境」を考慮した ETF の推定結果と TOPIX との比較

「環境」を考慮した ETF の分析結果が表 3 である。 φ は 0.769 と 1 に近く、ショックの持続性が高い。また σ_n^2 も 0.797 と高いが平均 μ は非常に小さい値となっていた。TOPIX に比べて平均は小さいものの分散が大きく、ボラティリティに対するショックの持続性が高い。また y_t の標準偏差は TOPIX に比べて大きくなっている。以上より、値動きの幅は平均的には小さいが、イベントに対する感応度は高いため、リスクを分散できているとは言えない結果となった。

4.3 「社会」を考慮した ETF の推定結果と TOPIX との比較

「社会」を考慮した ETF の分析結果が表 4 である。 μ が負の値となっており、非常に平均が小さい。一方で TOPIX と比較すると、 φ も 0.7 と大きく、分散は非常に大きかった。また y_t の標準偏差は TOPIX より小さくなっていた。以上より、平均が小さい分全

体のばらつきは小さくなっているが、分散が大きくなっていることからイベントに対する反応が大きく、リスクを分散できているとは言えない可能性が高い。

4.4 「ガバナンス」を考慮した ETF の推定結果と JPX 日経インデックス 400 との比較

「ガバナンス」を考慮した ETF の分析結果が表 6 である。この株も「社会」を考慮した株同様に JPX400 と比べて平均が非常に小さく、分散は大きくなっている。ボラティリティに対するショックの持続性 ϕ は JPX400 と近い値であった。 y_t の標準偏差は JPX400 とほとんど同じ値であった。以上より、平均が小さいためボラティリティ自体は小さくなっているが、イベントに対する反応は大きいので、リスクを分散できているとは言えない可能性が高い。

5. 結論

本論文では日本を代表する株価指数である JPX400 と TOPIX、近年注目を得ている ESG を考慮した ETF、それぞれのボラティリティを SV モデルを用いて分析した。

結果としては「環境」に関する ETF はボラティリティが大きく、リスクを分散できていない。そのうえ、価格変化率の平均も負の値であるため TOPIX を「環境」という観点からはリスク分散ができていないことが分かった。

次に「社会」と「ガバナンス」はどちらもボラティリティは抑えられていたが、何かしらイベントごとが起きた時の反応は TOPIX、JPX400 といった株価指数より敏感に反応していた。また、価格変化率の平均は「ガバナンス」の方は JPX400 より少し低いが、「社会」の方は TOPIX より高い値であった。

以上より、結果としては「社会」の中でも設備・人材を考慮した One ETF JPX/S&P 設備・人材投資指数は安定性が低い可能性が存在するものの、TOPIX よりリスクが抑えられていると考えた。

しかし本論文で扱っている ETF は日経平均株価とは異なり、値動きの幅が小さいことや、出来高が小さいといった違いがある。また、「環境」に関する ETF は新しいものが多く、データが十分でない可能性が非常に高い。加えて、昨今の環境に対する注目の高まりによって、研究結果が大きく異なる可能性もあると考えられる。そのため、これからの動向に注意していきたい。

付録 y_t の無条件標準偏差の値

y_t の無条件分散は、 $E(y_t) = 0$ であるので $Var(y_t) = E(y_t^2)$ である。さらに重複期待値の法則より

$$E(y_t^2) = E[E(y_t^2 | h_t)]$$

である。 $E(y_t^2 | h_t)$ は $y_t = \exp(\frac{h_t}{2}) \varepsilon_t$ より

$$\begin{aligned} E(y_t^2 | h_t) &= E[\exp(h_t) \varepsilon_t^2 | h_t] = \exp(h_t) E[\varepsilon_t^2] \\ &= \exp(h_t) \end{aligned}$$

となる。ここで、2 番目の等式は、 h_t と ε_t が独立であることより得られ、また最後の等式は $E(\varepsilon_t^2) = 1$ より得られる。

$h_t \sim N(\mu, \frac{\sigma_n^2}{1-\phi^2})$ であるため $\exp(h_t)$ は対数正規分布

に従う。よってその期待値を計算すると

$$\begin{aligned} Var(y_t) &= E(\exp(h_t)) \\ &= \exp\left(\mu + \frac{\sigma_n^2}{2(1-\phi^2)}\right) \end{aligned}$$

となる。よって

$$s.d.(y_t) = \sqrt{Var(y_t)} = \exp\left(\frac{\mu}{2}\right) \exp\left(\frac{\sigma_n^2}{4(1-\phi^2)}\right)$$

となり、これを計算して比較する。

参考文献

- 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 66 巻、29-46.
- 齋藤周 (2022) 「日本株式を対象とした ESG 総合型指数のボラティリティ分析」、Discussion Papers In Economics And Business 21-27、1-19.
- Darjus Hosszejni, Gregor Kastner (Nov 30, 2021)
“Modeling Univariate and Multivariate Stochastic Volatility in R with stochvol and factorstochvol” Journal of statistical software
- RDocumentation
<https://www.rdocumentation.org/packages/stochvol/versions/3.2.0/topics/svsample>
- Gregor Kastner
“Dealing with Stochastic Volatility in Time Series ~Using the R Package stochvol”
WU Vienna University of Economics and Business
<https://cran.r-project.org/web/packages/stochvol/vignettes/article.pdf>

- <https://www.eco.nihon.ac.jp/center/economic/publication/journal/pdf/35t.watanabe.pdf>
- Joshua C.C. Chan (May 2013)
“Moving Average Stochastic Volatility Models with Application to Inflation Forecast”
* Research School of Economics, Australian National University
<https://joshuachan.org/papers/MASV.pdf>