

日本株式市場における **ESG**スコアとボラティリティの関係性

理工情報生命学術院 システム情報工学研究群

リスク・レジリエンス工学学位プログラム 博士前期課程2年

地下 恭輔

研究概要

- 本研究では、投資リスクの指標であるボラティリティに着目し、**ESGスコアに基づくESG評価とボラティリティの関係**を分析した
 - ボラティリティは資産価格の変動幅（リスクの大きさ）を示し、小さいほど安定している

研究手法

1. ESG指数であるFTSE Blossom Japanの構成銘柄とTOPIX構成銘柄のボラティリティ平均値を比較
2. 3つのESGスコアを用いたボラティリティの統計的分析
 - ① 重回帰分析
 - ② 内生性を考慮した操作変数法（2段階最小二乗法；2SLS）
 - ③ 傾向スコアマッチング分析

結果

- **ESG評価の高い企業はボラティリティが低い傾向**がみられた
- **ESGスコアを組み込んだ投資戦略は、年金積立金の安定運用に貢献する可能性**が示唆された

- GPIFは世界最大級の年金基金であり、**持続可能な経済成長の実現**を目的として**ESG投資**を積極的に推進している
 - 2015年にPRIに署名
 - 2017年からESG指数に基づくパッシブ運用を開始
- ESG投資は長期的な経済価値と社会的責任を重視しており、GPIFが目指す**年金積立金の安定的かつ効率的な運用と高い親和性**を持つ

GPIF × ESG投資 = 持続可能な経済と安定的な資産運用

- 長期的に安定した資産運用では、**短期的な価格変動（リスク）を抑えることが重要な課題**
 - 短期的な価格変動が、長期的な資産価値に累積的な影響を与える
 - 極端な市場変動は長期ポートフォリオに大きな影響を与えるため、短期的なリスク管理も無視できない
- ボラティリティは資産価格の変動幅を示す指標で、**小さいほど安定したリターンが期待できる**
- ESGスコアに基づくESG評価が企業のリスク特性（ボラティリティ）にどのような影響を与えるかは十分に解明されていない

本研究では、ESG評価と企業のボラティリティの関係に着目し、**ESG投資が年金積立金の安定的な運用に貢献できるか**を検証した

研究手法

- ESGスコアとボラティリティの関係は、使用したESGスコア・分析手法などによって異なる結果が示される可能性がある[1][2]



- 結果の頑健性を保証するために、複数のESGスコア・分析手法を用いて多角的にESG評価とボラティリティの関係性を分析した
 1. ESG指数であるFTSE Blossom Japanの構成銘柄とTOPIX構成銘柄のボラティリティ平均値を比較
 - ESG指数に含まれる企業はボラティリティが低いのかを検証
 2. 3つのESGスコアを用いたボラティリティの統計的分析
 - ① 重回帰分析
 - ② 内生性を考慮した操作変数法（2段階最小二乗法；2SLS）
 - ③ 傾向スコアマッチング分析
 - ESGスコアの高い企業はボラティリティが低いのかを検証

- 対象期間は2021-2023の3年間
- ESG指数として、FTSE Blossomを採用
- ESG指数銘柄217社とTOPIX銘柄1843社の年率ボラティリティの平均値を比較
 - 全銘柄・11セクター・5マーケット別に比較
 - 平均値の差が有意であるかを検定（ANOVA F-test, Welch t-test）

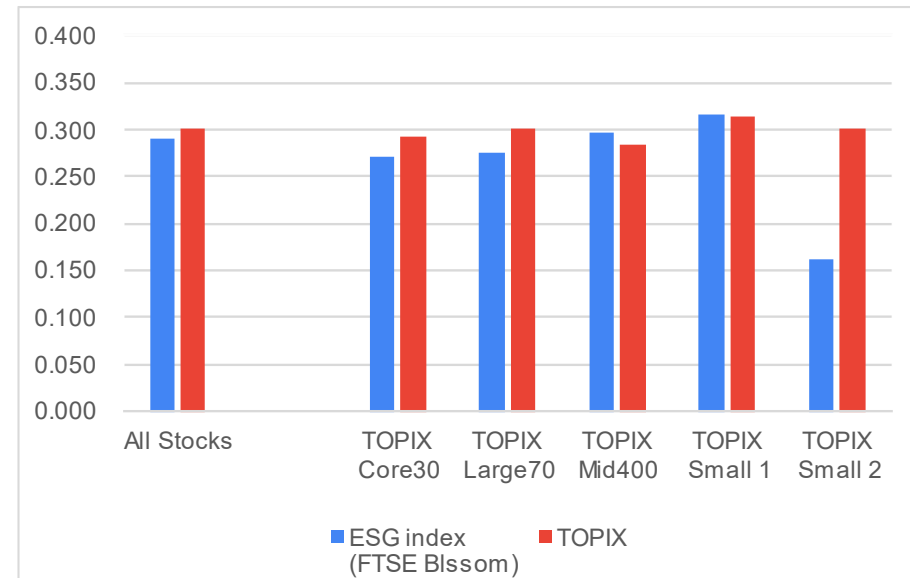
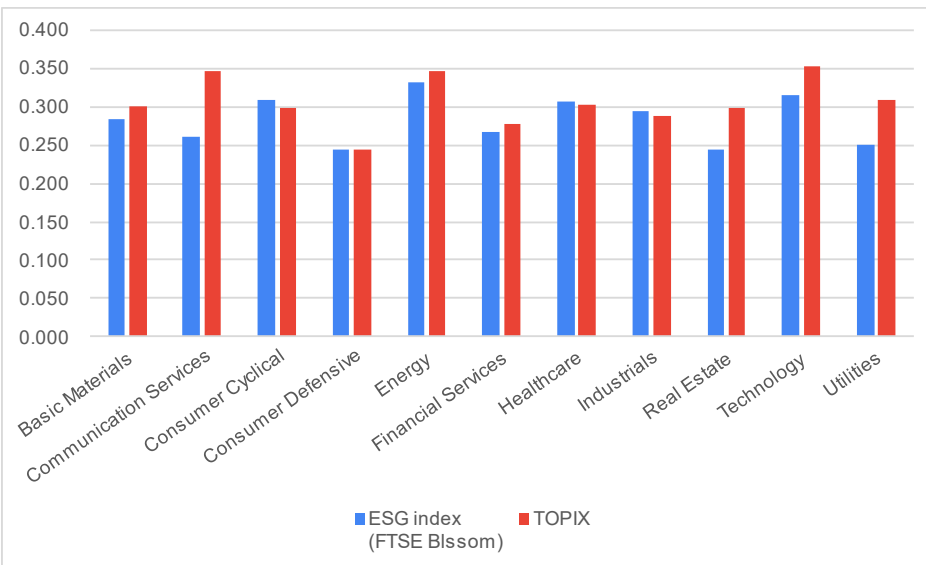


図5 ボラティリティの比較結果
 (左：セクター別、右：全銘柄・マーケット別)

表1 ボラティリティの比較結果,平均値の差の検定結果

	ESG index (FTSE Blssom)	TOPIX	Change Rate	Levene's Statistic	P value (Levene)	ANOVA F-test Statistic	P value (ANOVA)	Welch t-test Statistic	P value (Welch)
All Stocks	0.290	0.302	-4.02%	25.808	0.000			-2.393	0.017
By Sector	ESG index (FTSE Blssom)	TOPIX	Change Rate	Levene's Statistic	P value (Levene)	ANOVA F-test Statistic	P value (ANOVA)	Welch t-test Statistic	P value (Welch)
Basic Materials	0.284	0.301	-5.38%	1.593	0.209	0.885	0.348		
Communication Services	0.261	0.347	-24.75%	0.075	0.784	3.775	0.055		
Consumer Cyclical	0.310	0.299	3.52%	9.012	0.003			0.926	0.358
Consumer Defensive	0.243	0.244	-0.45%	5.403	0.021			-0.091	0.928
Energy	0.331	0.347	-4.57%	1.031	0.325	0.044	0.837		
Financial Services	0.267	0.278	-4.12%	0.216	0.643	0.370	0.544		
Healthcare	0.307	0.303	1.40%	0.072	0.789	0.029	0.864		
Industrials	0.295	0.288	2.34%	3.125	0.078	0.297	0.586		
Real Estate	0.244	0.298	-18.38%	1.372	0.246	0.871	0.354		
Technology	0.315	0.352	-10.48%	11.969	0.001			-3.172	0.003
Utilities	0.249	0.310	-19.44%	0.779	0.387	0.760	0.393		
By Market	ESG index (FTSE Blssom)	TOPIX	Change Rate	Levene's Statistic	P value (Levene)	ANOVA F-test Statistic	P value (ANOVA)	Welch t-test Statistic	P value (Welch)
TOPIX Core30	0.272	0.292	-6.81%	2.033	0.165	0.465	0.501		
TOPIX Large70	0.276	0.302	-8.70%	1.684	0.199	2.155	0.147		
TOPIX Mid400	0.297	0.284	4.71%	0.716	0.398	3.742	0.054		
TOPIX Small 1	0.316	0.315	0.56%	0.210	0.647	0.005	0.945		
TOPIX Small 2	0.162	0.301	-46.15%	1.249	0.264	1.708	0.191		

- **ESG指数銘柄の方がボラティリティが低い傾向がみられた**
 - 17セグメントのうち、12セグメントでボラティリティが低い
- ESG指数銘柄のボラティリティが有意水準5%で小さかったのは、**全銘柄とTechnologyのみ**

手法2 ESGスコアを用いたボラティリティの統計的分析

- 対象期間は2021-2023の3年間
- 年率ボラティリティをESGスコアと株価指標・企業財務指標で回帰
 - 全銘柄、セクター・マーケット別に検証

$$Volatility_{i,t} = \alpha + \beta_1 ESG\ score_{i,t} + \beta_2 DY_{i,t} + \beta_3 LEV_{i,t} + \beta_4 ROA_{i,t} + \beta_5 SIZE_{i,t} + \beta_6 MTB_{i,t} + \varepsilon \quad (1)$$

$ESG\ score_{i,t}$: ESGスコア $ROA_{i,t}$: 総資産利益率
 $DY_{i,t}$: 配当利回り $SIZE_{i,t}$: 総資産の自然対数
 $LEV_{i,t}$: レバレッジ比率 $MTB_{i,t}$: 時価簿価比率

ESGスコア	分析対象	性質
FTSE Russell	217社	スコアが高いほど高評価
Morningstar Sustainalytics	188社	スコアが低いほど高評価
Arabesque S-Ray	85社	スコアが高いほど高評価

Arabesque S-Rayは時価総額・流動性の高いマーケットの銘柄のみ対象（TOPIX Core30・Large70）

表2 重回帰分析結果 (FTSE Russell)

	ALL Stocks	Basic Materials	Communication Services	Consumer Cyclical	Consumer Defensive	Energy	Financial Services	Healthcare
Constant	0.647*** (0.0609)	0.0461 (0.2421)	1.0576* (0.5401)	0.6416*** (0.1327)	0.2662 (0.1656)	3.3181 (2.6712)	0.0608 (0.1464)	1.4671*** (0.3047)
ESG Score	-0.0114* (0.0067)	-0.0239 (0.0207)	-0.0631 (0.0454)	-0.0057 (0.0159)	0.0153 (0.0135)	0.0878 (0.2289)	0.0160 (0.0173)	-0.0142 (0.0259)
DY	-0.5864*** (0.165)	-2.2131*** (0.5967)	-5.0507*** (1.0158)	-0.6484 (0.5263)	-0.7912 (0.5809)	-0.2644 (4.6218)	-1.4774* (0.7587)	-1.5097 (1.1695)
ROA	0.5113*** (0.0742)	0.9366** (0.3849)	0.2340 (0.4338)	0.1328 (0.2159)	-0.6074* (0.3504)	1.2065 (1.1877)	1.3787 (0.9097)	0.1525 (0.2367)
LEV	0.1501*** (0.0199)	0.2096** (0.0846)	0.3118 (0.1841)	0.2159*** (0.0479)	-0.0745 (0.0578)	-0.1684 (0.2345)	-0.2339 (0.216)	0.2852*** (0.0821)
SIZE	-0.0144*** (0.0023)	0.0096 (0.0086)	-0.0211 (0.0219)	-0.014*** (0.0048)	-0.0018 (0.0079)	-0.1102 (0.122)	0.0129* (0.0076)	-0.0432*** (0.0117)
MTB	0.0033* (0.0018)	-0.0149 (0.0157)	0.0017 (0.0097)	-0.0157** (0.0075)	0.0193*** (0.0065)	-0.0876 (0.2594)	-0.0133** (0.0053)	0.0025 (0.0054)
Observations	651	60	18	114	69	9	48	42
Adj R2	0.1731	0.1843	0.7529	0.2184	0.3162	0.5816	0.5866	0.5465

	Industrials	Real Estate	Technology	Utilities	TOPIX Core30	TOPIX Large70	TOPIX Mid400	TOPIX Small 1
Constant	0.6523*** (0.1264)	-1.8862** (0.8513)	0.6951*** (0.157)	3.3346 (12.4348)	0.5229* (0.3037)	0.3396 (0.23)	0.1471 (0.1377)	1.2416*** (0.453)
ESG Score	-0.0469*** (0.0122)	-0.0262 (0.0151)	-0.0018 (0.0166)	-0.1854 (0.3926)	-0.041** (0.0189)	-0.0352*** (0.011)	0.0093 (0.0089)	-0.0217 (0.0359)
DY	-0.0255 (0.2109)	1.1065 (1.4214)	-2.494*** (0.6825)	-13.1547 (10.8508)	-0.9132** (0.4406)	-1.31*** (0.345)	-0.2269 (0.2025)	-4.8988*** (1.1476)
ROA	0.5676*** (0.0978)	0.7162 (1.0286)	0.6703*** (0.1792)	0.6137 (1.506)	0.3627 (0.2318)	0.2867* (0.1625)	0.4964*** (0.0909)	0.7102** (0.3436)
LEV	0.2087*** (0.0331)	0.95*** (0.2631)	0.1961*** (0.0507)	1.1072 (0.9862)	0.0532 (0.0739)	0.0410 (0.0452)	0.1224*** (0.0313)	0.1371* (0.075)
SIZE	-0.0118** (0.0045)	0.0568** (0.0231)	-0.016** (0.0066)	-0.0898 (0.4989)	-0.0043 (0.0107)	0.0018 (0.0084)	0.0010 (0.0053)	-0.0309 (0.0189)
MTB	0.0083** (0.0036)	-0.1079*** (0.0304)	-0.0057 (0.0047)	-0.2570 (0.402)	0.0057 (0.0058)	0.0023 (0.0037)	0.0075*** (0.0027)	-0.0061 (0.0075)
Observations	180	18	84	9	74	160	370	44
Adj R2	0.3447	0.7032	0.3103	-0.1754	0.2129	0.1510	0.1529	0.4801

- 16セグメントのうち、13セグメントでESGスコアの係数が負
- 全銘柄, Industrials, TOPIX Core30, Large70ではESGスコアの係数は有意に負
 - ESGスコアが高い (ESG評価が高い) ほど、ボラティリティは低い

表3 重回帰分析結果 (Morningstar Sustainalytics)

	ALL Stocks	Basic Materials	Communication Services	Consumer Cyclical	Consumer Defensive	Financial Services	Healthcare	Industrials	Real Estate	Technology	Utilities	TOPIX Core30	TOPIX Large70	TOPIX Mid400
Constant	0.3746*** (0.0719)	0.4628 (0.4763)	1.0567*** (0.335)	0.7067*** (0.1822)	0.7562** (0.2979)	0.4391** (0.1734)	1.5077*** (0.3896)	0.3946** (0.1564)	-1.6441 (2.2001)	0.4421* (0.2231)	-1.2267 (1.0749)	0.5041** (0.2458)	0.4074** (0.1861)	0.0056 (0.1453)
ESG Score	0.0008** (0.0003)	0.0075*** (0.0019)	0.0008 (0.0064)	0.0029** (0.0012)	-0.0016 (0.0014)	0.0003 (0.0011)	0.0011 (0.0026)	-0.0003 (0.0006)	0.0089** (0.0031)	0.0013 (0.0012)	0.0044* (0.0025)	0.0021* (0.0012)	0.0022*** (0.0007)	0.0001 (0.0005)
DY	-0.7143*** (0.1749)	-0.8035 (0.7458)	-5.7935*** (1.0796)	-1.438*** (0.5065)	-0.6391 (0.5849)	-1.1761** (0.4686)	-1.7408 (1.0767)	1.0327*** (0.337)	2.1043 (2.3742)	-0.4491 (0.3588)	-1.1171 (0.7347)	-0.9902** (0.412)	-1.245*** (0.3435)	-0.4411* (0.2423)
ROA	0.0106 (0.0811)	0.0262 (0.4439)	1.0716*** (0.341)	0.1739 (0.1646)	-0.5009 (0.5035)	0.7368 (1.0736)	0.2349 (0.2248)	-0.6616*** (0.1544)	0.5305 (1.2694)	0.2227 (0.1779)	-0.1979 (0.6753)	0.3877** (0.1918)	0.3699*** (0.1296)	-0.3334** (0.1331)
LEV	0.0140 (0.0186)	0.0862 (0.0943)	0.4045*** (0.1208)	0.0758 (0.0474)	0.0273 (0.0644)	0.2909** (0.1395)	0.3064*** (0.0885)	-0.0644** (0.0322)	0.4951 (0.4671)	0.0655 (0.0451)	-0.1799 (0.1317)	0.1164* (0.0602)	0.0761* (0.0386)	-0.0665** (0.0314)
SIZE	-0.0040 (0.0026)	-0.0151 (0.0181)	-0.0312** (0.0138)	-0.0165** (0.0067)	-0.0173 (0.0107)	-0.0132** (0.0052)	-0.0477*** (0.0144)	-0.0037 (0.0056)	0.0442 (0.0614)	-0.0068 (0.0076)	0.0480 (0.0398)	-0.0115 (0.0088)	-0.0075 (0.0069)	0.0113** (0.0055)
MTB	0.0039** (0.0016)	0.0133 (0.0203)	-0.0089 (0.0107)	-0.0051* (0.003)	0.0156** (0.0066)	-0.0027 (0.006)	0.0009 (0.0039)	0.0142** (0.0062)	0.0132 (0.062)	-0.0004 (0.0038)	0.0761 (0.0974)	0.0048 (0.0042)	0.0020 (0.0023)	0.0099*** (0.0031)
Observations	564	39	27	90	51	63	48	138	18	63	21	88	200	272
Adj R2	0.0847	0.3374	0.5184	0.1639	0.3307	0.2920	0.4115	0.0924	0.4052	-0.0098	0.6217	0.2015	0.1873	0.0490

- 14セグメントのうち、12セグメントでESGスコアの係数が正
- 全銘柄, Basic Materials, Consumer Cyclical, Real Estate, Utilities, TOPIX Core30, Large70ではESGスコアの係数は有意に正
 - ESGスコアが低い (ESG評価が高い) ほど、ボラティリティは低い


表4 重回帰分析結果 (Arabesque S-Ray)

	All Stocks	Communication Services	Consumer Cyclical	Consumer Defensive	Financial Services	Healthcare	Industrials	Real Estate	Technology
Constant	0.6391*** (0.134)	-0.8444 (2.6843)	0.2376 (0.3085)	0.7594 (0.8055)	0.0962 (0.2375)	3.5877*** (0.7335)	1.3764*** (0.4525)	-1.9781 (2.4288)	1.1864*** (0.2585)
ESG Score	-0.0009** (0.0004)	-0.0199* (0.0049)	-0.0012 (0.0013)	0.0001 (0.0027)	-0.0014** (0.0006)	-0.0028 (0.0019)	0.0005 (0.0008)	0.0042 (0.0026)	-0.0025*** (0.0007)
DY	-0.625** (0.2435)	-0.2321 (2.1007)	-1.4513** (0.7038)	-2.8476 (2.2336)	-2.9798*** (0.7441)	1.2398 (1.4824)	1.2658*** (0.474)	1.0369 (2.0368)	-0.5590 (0.7583)
ROA	0.5674*** (0.1)	-0.7276 (0.3534)	-0.5867* (0.3121)	-0.8081 (0.8366)	4.6561** (2.19)	0.2925 (0.2479)	0.0363 (0.212)	0.3785 (0.9424)	0.7487*** (0.155)
LEV	0.1304*** (0.0305)	-1.1183 (0.8423)	-0.1317 (0.0846)	0.2218 (0.1972)	0.4767** (0.2205)	0.3512*** (0.1111)	0.1316** (0.0542)	1.4852* (0.6517)	0.2577*** (0.046)
SIZE	-0.0133*** (0.0048)	0.1058 (0.1105)	0.0088 (0.0109)	-0.0197 (0.0283)	-0.0034 (0.0074)	-0.1167*** (0.0255)	-0.0433** (0.0163)	0.0357 (0.0643)	-0.03*** (0.0089)
MTB	0.0016 (0.001)	-0.0284 (0.0126)	-0.0121** (0.0046)	0.0064 (0.0209)	-0.0136** (0.0056)	-0.0069 (0.0045)	0.0167* (0.0086)	-0.1311** (0.0507)	-0.0018* (0.001)
Observations	255	9	42	21	33	33	63	12	33
Adj R2	0.2982	0.9310	0.1775	0.3292	0.4523	0.5774	0.2849	0.8096	0.7914

- 9セグメントのうち、6セグメントでESGスコアの係数が負
- **全銘柄**, Communication Services, Financial Services, TechnologyではESGスコアの係数は有意に負
 - **ESGスコアが高い (ESG評価が高い) ほど、ボラティリティは低い**

手法2

②内生性を考慮した操作変数法（2段階最小二乗法；2SLS）

- 重回帰分析の結果、**すべてのESGスコアにおいてESG評価が高いほど、ボラティリティが低くなる傾向がみられた**
 - 全銘柄, TOPIX Core30, Large70では**すべてのESGスコアの係数が有意**
(Arabesque S-RayではTOPIX Core30, Large70に属する企業のみ分析対象)
 - ESGスコアは企業規模、インダストリーとの間に強い相関があり、ESGスコアを用いた回帰モデルによる推定では**内生性の問題が生じている可能性**がある
 - 内生性が生じている場合、**パラメータ推定値にバイアスがかかり、有意であったとしてもみせかけの因果関係**である可能性が高い
- 
- El Ghoul et al[3], 湯山ら[4]に基づき、**各個社のESGスコアの操作変数としてセクター別のESGスコア平均を用いた操作変数法（2SLS）**による推定を行う
 - 推定モデルにおける内生性の有無は、Durbin Score χ^2 検定とWu-Hausman F 検定で検証
 - Wu-Hausman F 検定の帰無仮説が棄却される場合、ESGスコアは内生的であり、**2SLSモデルによる推定結果が適切**

②2SLSによる推定結果 (FTSE Russell)

表5 2SLSによる推定結果 (FTSE Russell)

	All Stocks	Basic Materials	Communication Services	Consumer Cyclical	Consumer Defensive	Energy	Financial Services	Healthcare
Constant	0.747*** (0.0722)	0.2947 (0.3418)	0.2105 (0.9516)	1.058*** (0.2553)	-0.5685 (0.7501)	12.5847 (24.9166)	0.0244 (0.222)	1.6336*** (0.4234)
ESG Score	-0.0684*** (0.0201)	-0.1539** (0.0686)	-0.2166* (0.1201)	-0.1598** (0.0697)	-0.1990 (0.1698)	0.9917 (2.4023)	0.0293 (0.0633)	-0.1354 (0.1267)
DY	-0.5068*** (0.1759)	-2.4208*** (0.7947)	-2.9581 (2)	0.2005 (0.8089)	-2.0564 (1.6384)	6.1101 (21.2602)	-1.4477* (0.7761)	-0.4014 (1.8645)
ROA	0.499*** (0.0784)	0.9495* (0.5085)	0.0030 (0.6378)	0.1145 (0.2963)	-2.1666 (1.4493)	0.3938 (4.0868)	1.4693 (1.005)	0.2938 (0.3339)
LEV	0.1305*** (0.022)	0.3209** (0.1241)	-0.0069 (0.3363)	0.212*** (0.0657)	-0.4357 (0.3103)	0.5184 (1.884)	-0.2076 (0.2484)	0.2022 (0.1341)
SIZE	-0.0103*** (0.0028)	0.0153 (0.0117)	0.0298 (0.0459)	-0.0100 (0.0069)	0.0648 (0.0548)	-0.5601 (1.2028)	0.0118 (0.0093)	-0.0332* (0.018)
MTB	0.005** (0.002)	-0.0021 (0.0216)	0.0243 (0.0203)	-0.0011 (0.0121)	0.0299* (0.0169)	-0.3578 (1.0326)	-0.0136** (0.0055)	0.0053 (0.0074)
Observations	651	60	18	114	69	9	48	42
Adj R2	0.0807	-0.4237	0.4962	-0.4703	-2.4681	-2.6811	0.5806	0.2620
Durbin chi2 (P-val)	(0.0007)	(0.0249)	(0.0712)	(0.0219)	(0.2413)	(0.6798)	(0.6434)	(0.2851)
Wu-Hausman F (P-val)	(0.0014)	(0.0052)	(0.021)	(0.0012)	(0.0031)	(0.385)	(0.8283)	(0.2108)

	Industrials	Real Estate	Technology	Utilities	TOPIX Core30	TOPIX Large70	TOPIX Mid400	TOPIX Small 1
Constant	0.9885*** (0.2026)	-1.9772 (4.019)	0.5244** (0.2263)	6.7436 (14.1185)	0.675* (0.3403)	0.5608* (0.2903)	0.2815* (0.1583)	1.0316* (0.524)
ESG Score	-0.1801*** (0.0495)	-0.2566 (0.4798)	-0.134** (0.0656)	-0.0496 (0.4687)	-0.081** (0.0398)	-0.1091** (0.0436)	-0.0614** (0.0294)	-0.1185 (0.088)
DY	0.2851 (0.2952)	-6.6945 (17.4108)	-2.7456*** (0.9287)	-10.5458 (12.0645)	-0.8717* (0.4564)	-1.4845*** (0.4052)	-0.0734 (0.2276)	-3.5598** (1.6611)
ROA	0.5086*** (0.1288)	9.1704 (18.077)	0.6804*** (0.242)	0.8194 (1.5915)	0.3298 (0.2411)	0.5171** (0.2263)	0.4224*** (0.1027)	0.6861* (0.3763)
LEV	0.227*** (0.0435)	0.8007 (1.2781)	0.1359* (0.074)	1.3198 (1.0811)	0.0506 (0.0764)	0.0401 (0.0515)	0.0898** (0.0363)	0.1601* (0.0841)
SIZE	-0.0069 (0.0061)	0.0922 (0.131)	0.0092 (0.0147)	-0.2341 (0.5721)	-0.0041 (0.0111)	0.0035 (0.0096)	0.0059 (0.006)	-0.0119 (0.0258)
MTB	0.0114** (0.0048)	-0.1105 (0.1433)	-0.0062 (0.0064)	-0.1446 (0.4581)	0.0063 (0.0061)	0.0010 (0.0043)	0.0097*** (0.003)	0.0022 (0.0106)
Observations	180	18	84	9	74	160	370	44
Adj R2	-0.1070	-5.6009	-0.2564	-0.2457	0.1604	-0.1022	0.0048	0.3780
Durbin chi2 (P-val)	(0.0003)	(0.5929)	(0.0411)	(0.9157)	(0.0418)	(0.0123)	(0.0368)	(0.1779)
Wu-Hausman F (P-val)	(0.0002)	(0.013)	(0.0032)	(0.7263)	(0.2361)	(0.0431)	(0.0057)	(0.1817)

- 全銘柄, Industrials, TOPIX Core30, Large70は内生性を考慮しても、ESGスコアの係数は有意に負

表6 2SLSによる推定結果 (Morningstar Sustainalytics)

	All Stocks	Basic Materials	Communication Services	Consumer Cyclical	Consumer Defensive	Financial Services	Healthcare	Industrials	Real Estate	Technology	Utilities	TOPIX Core30	TOPIX Large70	TOPIX Mid400
Constant	0.4514*** (0.0765)	1.8185 (2.0172)	1.1011** (0.3871)	0.7435** (0.3435)	1.2965 (1.6047)	0.2319 (0.3433)	1.4208*** (0.4187)	1.7162 (2.9233)	-5.5490 (12.7281)	0.3702 (0.662)	-7.0315 (10.6222)	0.5459** (0.2565)	0.4636** (0.1925)	-0.0098 (0.1496)
ESG Score	-0.0008 (0.0006)	0.0206 (0.0183)	0.0148 (0.0339)	0.0150 (0.0713)	-0.0061 (0.0132)	0.0026 (0.0034)	0.0041 (0.0054)	-0.0271 (0.0581)	0.0526 (0.0961)	0.0028 (0.0133)	-0.0237 (0.0493)	-0.0005 (0.0029)	0.0007 (0.0012)	-0.0017** (0.0007)
DY	-0.73*** (0.1784)	-0.0795 (1.5533)	-5.5927*** (1.2913)	-1.3577 (0.8781)	-0.3206 (1.1317)	-0.9614* (0.5736)	-1.6137 (1.1113)	2.0117 (2.4951)	14.1086 (28.0723)	-0.4262 (0.4145)	-5.7823 (8.4099)	-0.8114* (0.4606)	-1.1752*** (0.3511)	-0.5303** (0.251)
ROA	-0.0080 (0.0829)	-0.7415 (1.2734)	0.9987** (0.4166)	0.4388 (1.5789)	-0.1563 (1.1477)	0.8323 (1.1241)	0.2667 (0.2336)	-1.0497 (1.0343)	1.2833 (5.7043)	0.2309 (0.1936)	-0.9810 (2.5648)	0.2451 (0.2438)	0.3514*** (0.1318)	-0.34** (0.137)
LEV	0.0237 (0.0192)	0.0289 (0.17)	0.3191 (0.2429)	-0.0375 (0.6708)	0.0325 (0.0733)	0.2577* (0.1524)	0.3075*** (0.0898)	0.1508 (0.4823)	-0.1241 (2.421)	0.0645 (0.0465)	-0.3061 (0.4774)	0.0722 (0.0762)	0.0808** (0.0392)	-0.0631* (0.0323)
SIZE	-0.0053* (0.0027)	-0.0761 (0.0889)	-0.0422 (0.0302)	-0.0253 (0.053)	-0.0332 (0.0477)	-0.0079 (0.0093)	-0.0476*** (0.0146)	-0.0309 (0.0628)	0.1532 (0.3554)	-0.0054 (0.014)	0.3125 (0.4751)	-0.0099 (0.0092)	-0.0084 (0.007)	0.0136** (0.0057)
MTB	0.0029* (0.0017)	0.0355 (0.0446)	0.0082 (0.0421)	-0.0089 (0.0226)	0.0139 (0.009)	0.0028 (0.01)	0.0017 (0.0041)	0.0247 (0.0334)	-0.0517 (0.3022)	0.0006 (0.0098)	-0.7875 (1.5264)	0.0029 (0.0047)	0.0019 (0.0023)	0.0092*** (0.0031)
Observations	564	39	27	90	51	63	48	138	18	63	21	88	200	272
Adj R2	0.04816	-0.68807	0.40450	-0.78301	0.17135	0.23491	0.39370	-12.91910	-10.01840	-0.03796	-2.93447	0.15328	0.16745	-0.00742
Durbin chi2 (P-val)	(0.178)	(0.2609)	(0.6636)	(0.8337)	(0.6438)	(0.4466)	(0.4487)	(0.6406)	(0.5842)	(0.8334)	(0.6307)	(0.8621)	(0.5497)	(0.0233)
Wu-Hausman F (P-val)	(0.0003)	(0.2531)	(0.6505)	(0.8059)	(0.7065)	(0.4661)	(0.5283)	(0.07)	(0.0409)	(0.9081)	(0.0587)	(0.3075)	(0.1519)	(0.0012)

- **全銘柄**, Real Estate, Utilitiesでは2SLSモデルが適切であることが示されたが、**ESGスコアの係数は有意ではない**
- Basic Materials, Consumer Cyclical, **TOPIX Core30, Large70**ではWu-Hausman F検定より、**重回帰分析の結果が適切**であることが示された

手法2

②2SLSによる推定結果 (Arabesque S-Ray)

表7 2SLSによる推定結果 (Arabesque S-Ray)

	All Stocks	Communication Services	Consumer Cyclical	Consumer Defensive	Financial Services	Healthcare	Industrials	Real Estate	Technology
Constant	0.7897*** (0.1548)	-0.3698 (2.7673)	0.5012 (2.3681)	1.1636 (5.4684)	0.0878 (0.2431)	11.3675 (11.5872)	22.5095 (170.2529)	19.8074 (119.5665)	1.5899* (0.8962)
ESG Score	-0.0026*** (0.0009)	-0.0184* (0.0052)	-0.0057 (0.0398)	-0.0649 (0.2513)	-0.0019 (0.0021)	-0.0459 (0.0622)	0.1383 (1.108)	-0.0361 (0.2197)	-0.0120 (0.0131)
DY	-0.5308** (0.2559)	-0.7316 (2.1793)	-0.6522 (7.145)	26.6448 (114.6701)	-2.9585*** (0.7596)	-2.2107 (8.3104)	2.0927 (13.2987)	-2.9289 (25.7265)	4.3616 (6.9875)
ROA	0.5643*** (0.1037)	-0.6584 (0.3649)	-0.9008 (2.8133)	-4.1912 (14.1381)	4.6617** (2.2225)	0.1021 (1.1518)	-3.3098 (27.3895)	-4.2916 (26.1976)	1.1085* (0.6473)
LEV	0.136*** (0.0317)	-0.9360 (0.8717)	-0.0693 (0.5632)	-0.4212 (2.7921)	0.4427* (0.2591)	1.4787 (1.6856)	0.8371 (5.8231)	-6.3153 (42.6268)	0.4457 (0.2844)
SIZE	-0.0149*** (0.005)	0.0836 (0.1142)	0.0081 (0.0141)	0.1154 (0.5526)	-0.0012 (0.0113)	-0.3099 (0.2989)	-1.0658 (8.2296)	-0.4243 (2.539)	-0.0283 (0.0247)
MTB	0.0006 (0.0012)	-0.0290 (0.0129)	-0.0126* (0.0067)	0.1007 (0.3883)	-0.014** (0.0059)	-0.0571 (0.0745)	-0.1040 (0.9929)	-0.1616 (0.3871)	-0.0069 (0.0075)
Observations	255	9	42	21	33	33	63	12	33
Adj R2	0.2463	0.9278	-0.0968	-27.4020	0.4360	-7.6184	-421.2090	-8.0618	-0.5737
Durbin chi2 (P-val)	(0.0029)	(0.0003)	(0.886)	(0.7962)	(0.3739)	(0.4603)	(0.9006)	(0.8695)	(0.3586)
Wu-Hausman F (P-val)	(0.0222)	(0.0745)	(0.8988)	(0.0916)	(0.7971)	(0.0006)	(0.0018)	(0.24)	(0.0401)

- 全銘柄, Communication Services, Technologyでは、2SLSモデルが適切であることが示された
 - 全銘柄, Communication Servicesでは**ESGスコアの係数は有意に負**
- Financial ServicesはWu-Hausman F検定の結果より、重回帰分析の結果が適切であることが示された

手法2 ②2SLSによる推定結果まとめ

- 全銘柄では、すべてのESGスコアにおいて2SLSモデルが適切だった
 - FTSE RussellとArabesque S-Rayの**ESGスコアの係数は有意に負**
 - Morningstar Sustainalyticsの**ESGスコアの係数は有意ではない**
- TOPIX Core30, Large70では、すべてのESGスコアにおいて**ESG評価が高いほどボラティリティが低い傾向にあるという結果の頑健性**が示された



- **日本株式市場において、FTSE RussellとArabesque S-RayのESGスコアが高い（ESG評価が高い）企業はボラティリティが低い傾向にある**
 - 一方で、Morningstar SustainalyticsのESGスコアに基づくESG評価の高い企業は必ずしもボラティリティが低い傾向にあるとはいえない
- **時価総額と流動性の高いマーケットでは、ESG評価とボラティリティの関係が顕著になる**可能性がある

手法2 ③傾向スコアマッチング分析

傾向スコアマッチング分析

- ESGスコアを処置変数とし、式(1)における他の説明変数（交絡因子）の影響を勘案したうえでも、ESGスコアがボラティリティ（アウトカム）に有意な差を与える影響を有するか否かを検証する

$$Volatility_{i,t} = \alpha + \beta_1 ESG\ score_{i,t} + \beta_2 DY_{i,t} + \beta_3 LEV_{i,t} + \beta_4 ROA_{i,t} + \beta_5 SIZE_{i,t} + \beta_6 MTB_{i,t} + \varepsilon \quad (1)$$

$ESG\ score_{i,t}$: ESGスコア $ROA_{i,t}$: 総資産利益率
 $DY_{i,t}$: 配当利回り $SIZE_{i,t}$: 総資産の自然対数
 $LEV_{i,t}$: レバレッジ比率 $MTB_{i,t}$: 時価簿価比率

- 本研究では、湯山ら[4]の手法を参考に、ESGスコアを年次ごとの全サンプルで平均値を境に2つに分け、ESG評価が高い場合は1、低い場合は0とするダミー変数を処置変数と置く
 - FTSE Russell, Arabesque S-Ray : 平均値より上位を1、下位を0
 - Morningstar Sustainalytics : 平均値より上位を0、下位を1

表8 傾向スコアマッチング分析による推定結果

Outcome	Treatment Variable	ATE : Average Treatment Effect		
		FTSE Russell ESG Score (High(1)Low(0))	Morningstar Sustainalytics ESG Score (High(0) Low(1))	Arabesque S-Ray ESG Score (High(1)Low(0))
Volatility	All Stocks	-0.0054 (0.0056)	-0.005 (0.0053)	-0.0219** (0.0088)
	Basic Materials	0.012 (0.0167)	-0.0775*** (0.0199)	NA NA
	Communication Services	-0.0643 (0.0688)	0.024 (0.0358)	-0.2177*** (0.0391)
	Consumer Cyclical	0.0001 (0.0141)	-0.017 (0.0137)	-0.0281 (0.0166)
	Consumer Defensive	0.0125 (0.013)	0.006 (0.0145)	-0.0243 (0.0224)
	Energy	-0.0963* (0.0395)	NA NA	NA NA
	Financial Services	0.0015 (0.0212)	-0.010 (0.0108)	-0.0362*** (0.0103)
	Healthcare	-0.0641** (0.0262)	0.016 (0.0283)	0.0081 (0.0303)
	Industrials	-0.0144 (0.0104)	0.011 (0.0089)	-0.0032 (0.0142)
	Real Estate	-0.0081 (0.0186)	-0.0442*** (0.0139)	-0.0303 (0.0187)
	Technology	-0.0184 (0.0142)	-0.0279* (0.0148)	-0.0652* (0.0346)
	Utilities	0.0438 (0.0357)	-0.0734 (0.0468)	NA NA
	TOPIX Core30	-0.0217 (0.017)	0.0041 (0.0145)	NA NA
	TOPIX Large70	-0.0112 (0.0094)	-0.0178** (0.0086)	NA NA
	TOPIX Mid400	0.0112 (0.0076)	0.002 (0.0079)	NA NA
	TOPIX Small 1	-0.0359 (0.0345)	NA NA	NA NA

- 全銘柄では、すべてのESGスコアのダミー変数の係数は負だったが、Arabesque S-Rayのみ有意だった
- FTSE RussellとMorningstar Sustainalyticsの推定結果において有意だったセグメントは、重回帰分析・2SLSによる推定で有意だったものとほとんど一致しなかった
- Arabesque S-Rayの推定結果においてESGスコアのダミー変数が有意に負だったセグメントは、重回帰分析・2SLSによる推定でも有意に負だった

手法2 まとめ

FTSE Russell・Morningstar Sustainalytics

- 重回帰分析・操作変数法による推定結果と傾向スコアマッチング分析による推定結果は、**ESG評価が高いほどボラティリティが低いという傾向は概ね共通していた**
- 一方で、ESGスコアの有意性では相違が生じており、**FTSE RussellとMorningstar SustainalyticsのESG評価とボラティリティの関係は分析手法によって異なる**と考えられる

Arabesque S-Ray

- 重回帰分析・操作変数法による推定結果と傾向スコアマッチング分析による推定結果は、ほぼ一致していた
 - 他の2つのESGスコアよりも、**ESG評価が高いほどボラティリティが低いというESG評価とボラティリティの関係に頑健性をもつ**と考えられる

まとめ・考察

まとめ

- 本研究では、複数のESGスコア・分析手法を用いて多角的にESG評価とボラティリティの関係性を分析した
 1. ESG指数であるFTSE Blossom Japanの構成銘柄とTOPIX構成銘柄のボラティリティ平均値を比較
 2. 3つのESGスコアを用いたボラティリティの統計的分析
- 手法1,2より、**ESG評価の高い企業はボラティリティが低い傾向**がみられた
 - Arabesque S-Rayのスコアは異なる分析手法でも有意な結果が確認され、他のスコアと比較してボラティリティとの関連性がより明確に示された。

考察：ESG評価とボラティリティ低減の要因

- ESG評価の高い企業はガバナンス改革やブランド価値向上に努めている
 - **顧客ロイヤルティ・社会的信頼・財務安定性の向上**がボラティリティの低下に寄与している可能性がある
- 近年の日本株式市場におけるESG指数などを通じたESG投資の拡大
 - **ESG評価の高い企業への安定した資金流入**が株価の変動を抑えている

今後の活用可能性・研究課題

- ポートフォリオ全体のリスク管理・安定運用
 - GPIFはユニバーサル・オーナーとして**市場全体への投資**を前提としている
 - **ESGスコアを考慮した指数の選定や間接的なウェイト調整**によって、ポートフォリオ全体のリスク管理・安定運用に貢献できる可能性がある
- Arabesque S-RayのESGスコアの活用
 - **既存のESG指数の評価基準に組み込む**ことで、リスク低減の観点からESG指数の信頼性向上に寄与する可能性がある
 - **エンゲージメントにおける対話すべき企業の特定や根拠**として用いることでエンゲージメントの効果向上に貢献できる可能性がある

研究課題

- 分析期間・対象を拡大した継続的な検証
 - 本研究の分析は期間・対象が限定的ではあり、結果の信頼性・頑健性を保証するためには継続的な検証が必要
- ESG評価とシャープレシオの関係性の検証
 - ESG評価とシャープレシオの関係性を分析することで効率的な資産運用におけるESG評価の活用可能性を検証することができる考える

参考文献

- [1] Albuquerque, R., Koskinen, Y., Yang, S., Zhang, C., Resiliency of environmental and social stocks: an analysis of the exogenous COVID-19 market crash. 2020 *The Review of Corporate Finance Studies* 9 (3), 593-621
- [2] Diana-Mihaela Sandu, “ESG Spillover and Volatility.” *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Oeconomica*, Volume 68 (2023): Issue 3
- [3] El Ghoul, Sadok, Omrane Guedhami, Chuck C.Y. Kwok, and Dev R. Mishra. “Does corporate social responsibility affect the cost of capital?” *Journal of Banking & Finance* 35.9(2011): 2388-2406.
- [4] 湯山智教, 白須陽子, 森平爽一郎: ESG開示スコアとパフォーマンス, 証券アナリストジャーナル, Vol. 57(10) (2019), 72-83.

Appendix ESG指数とTOPIXの構成銘柄数・比率

FTSE Blossom

	TOPIX Core30	TOPIX Large70	TOPIX Mid400	TOPIX Small 1	TOPIX Small 2	合計	セクター比率
Energy	0	1	2	0	0	3	1.38%
Industrials	7	11	39	3	0	60	27.65%
Consumer Cyclical	1	9	23	5	0	38	17.51%
Real Estate	0	4	2	0	0	6	2.76%
Consumer Defensive	1	7	13	1	1	23	10.60%
Financial Services	4	6	5	1	0	16	7.37%
Technology	3	6	17	2	0	28	12.90%
Basic Materials	1	3	14	2	0	20	9.22%
Healthcare	3	6	4	1	0	14	6.45%
Communication Services	5	0	1	0	0	6	2.76%
Utilities	0	0	3	0	0	3	1.38%
合計	25	53	123	15	1	217	
マーケット比率	11.52%	24.42%	56.68%	6.91%	0.46%		

TOPIX

	TOPIX Core30	TOPIX Large70	TOPIX Mid400	TOPIX Small 1	TOPIX Small 2	合計	セクター比率
Energy	0	0	1	5	9	15	0.81%
Industrials	1	3	64	125	316	509	27.62%
Consumer Cyclical	1	5	39	96	204	345	18.72%
Real Estate	0	0	5	14	39	58	3.15%
Consumer Defensive	0	0	25	29	90	144	7.81%
Financial Services	0	3	20	35	52	110	5.97%
Technology	1	3	24	66	182	276	14.98%
Basic Materials	0	0	27	48	91	166	9.01%
Healthcare	1	2	25	20	47	95	5.15%
Communication Services	1	0	19	17	68	105	5.70%
Utilities	0	0	11	4	5	20	1.09%
合計	5	16	260	459	1103	1843	
マーケット比率	0.27%	0.87%	14.11%	24.91%	59.85%		

- セクター比率は似ているが、マーケット比率は大きく異なる
- TOPIXは小型株（TOPIX Small 1,2）が多い

Appendix 記述統計量・相関行列 (FTSE ESGスコア)

	count	mean	std	min	max
volatility	651	0.288	0.074	0.115	0.659
ESGスコア	651	3.682	0.404	2.600	4.7
DY	651	0.027	0.019	0.000	0.204
LEV	651	0.515	0.197	0.059	0.969
ROA	651	0.043	0.049	-0.167	0.409
SIZE	651	28.222	1.538	23.777	33.589
MTB	651	1.739	1.868	0.241	20.976

	volatility	ESGスコア	DY	LEV	ROA	SIZE	MTB
volatility	1						
ESGスコア	-0.094	1					
DY	-0.141	0.049	1				
LEV	-0.001	-0.012	0.137	1			
ROA	0.218	0.058	0.162	-0.498	1		
SIZE	-0.198	0.145	0.225	0.629	-0.242	1	
MTB	0.256	0.059	-0.375	-0.285	0.409	-0.327	1

- ESGスコアとボラティリティは、ほぼ無相関
- ESGスコアとSIZE（総資産の自然対数）は弱い正の相関がある

Appendix 記述統計量・相関行列 (Sustainalytics ESGスコア)

	count	mean	std	min	max
volatility	564	0.280	0.062	0.148	0.508
ESGスコア	564	25.025	7.770	7.150	69.69
DY	564	0.024	0.016	0.000	0.131
LEV	564	0.539	0.223	0.050	0.996
ROA	564	0.041	0.049	-0.167	0.272
SIZE	564	28.876	1.421	25.560	33.589
MTB	564	1.965	2.211	0.152	19.776

	volatility	ESGスコア	DY	LEV	ROA	SIZE	MTB
volatility	1						
ESGスコア	0.085	1					
DY	-0.250	0.025	1				
LEV	-0.082	0.157	0.196	1			
ROA	0.073	-0.210	-0.008	-0.607	1		
SIZE	-0.169	0.067	0.318	0.691	-0.416	1	
MTB	0.204	-0.204	-0.331	-0.327	0.578	-0.417	1

- ESGスコアとボラティリティは、ほぼ無相関
- ESGスコアはLEV（レバレッジ比率）と弱い正の相関、ROA（総資産利益率）・MTB（時価簿価比率）と弱い負の相関がある

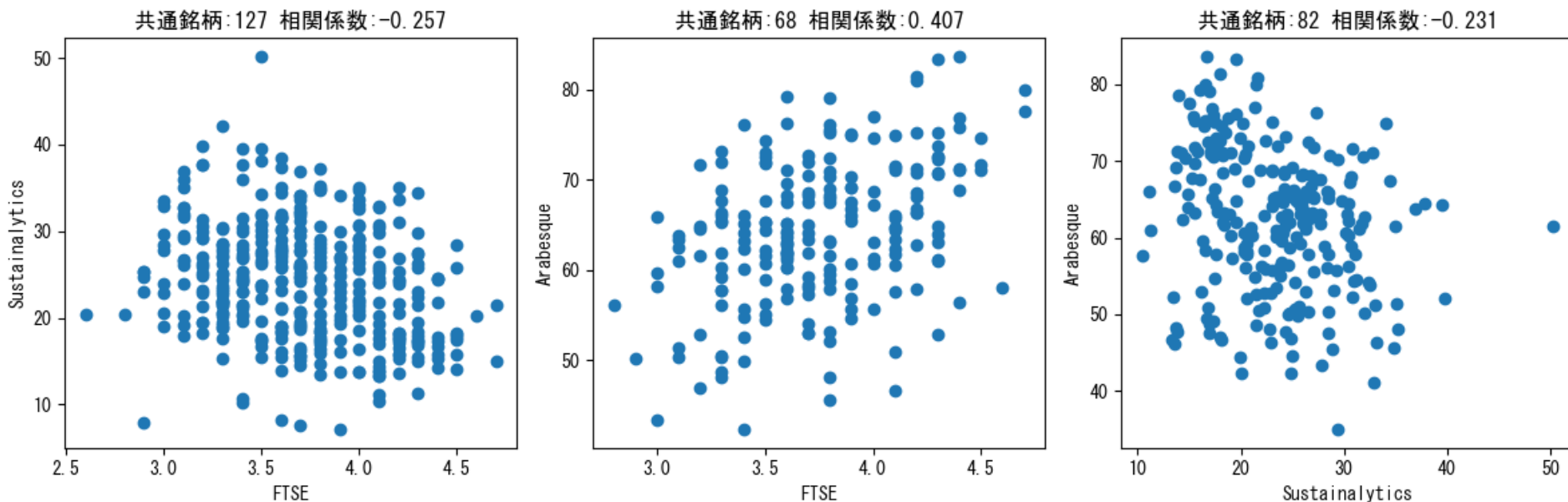
Appendix 記述統計量・相関行列 (Arabesque ESGスコア)

	count	mean	std	min	max
volatility	255	0.281	0.069	0.148	0.568
ESGスコア	255	62.016	9.566	31.635	83.649
DY	255	0.023	0.018	0.000	0.155
LEV	255	0.534	0.226	0.050	0.996
ROA	255	0.049	0.054	-0.125	0.328
SIZE	255	29.302	1.460	25.502	33.589
MTB	255	2.734	4.814	0.298	57.687

	volatility	ESGスコア	DY	LEV	ROA	SIZE	MTB
volatility	1						
ESGスコア	-0.235	1					
DY	-0.189	0.164	1				
LEV	-0.136	0.062	0.252	1			
ROA	0.387	-0.097	0.074	-0.604	1		
SIZE	-0.320	0.111	0.397	0.780	-0.534	1	
MTB	0.429	-0.291	-0.315	-0.206	0.407	-0.476	1

- ESGスコアとボラティリティには、弱い負の相関がある
- ESGスコアはDY（配当利回り）・SIZE（総資産の自然対数）と弱い正の相関
MTB（時価簿価比率）と弱い負の相関がある

Appendix ESGスコアの相関



- GPIFのレポート[2]同様、**ESGスコア間の相関は小さい**
- FTSEとArabesqueは中程度の正の相関（相関係数0.4）
- SustainalyticsのESGスコアは低いほど、ESG評価が優れているため、他のESGスコアとの相関は負になっている

Appendix

ボラティリティ 平均値の差 検定

ANOVA F-test

- 2つ以上のグループの平均値を比較し、グループ間の平均値の差が「統計的に有意な差があるのか」を検証する
 - 帰無仮説 H_0 : 全てのグループの母平均が等しい
(グループ間に有意差がない)
 - 対立仮説 H_1 : 少なくとも1つのグループが他のグループと異なる母平均を持つ
(グループ間に有意な差がある)

Welch t-test

- 分散が異なる場合でも、正確な検定を行うことが可能
 - 帰無仮説 H_0 : 2つのグループの母平均は等しい
 - 対立仮説 H_1 : 2つのグループの母平均は等しくない

等分散性を満たす場合はANOVA F-test、満たさない場合はWelch t-testで検定
(等分散性はLevene検定で検証)

Appendix 内生性の有無に関する統計検定

Durbin Score χ^2 検定

- 回帰分析において説明変数の外生性を直接検証するための統計的検定
 - 帰無仮説 H_0 : 説明変数は外生的である
 - 対立仮説 H_1 : 説明変数は内生的である

Wu-Hausman F検定

- OLS（最小二乗法）推定値と2SLS（操作変数）推定値の間に統計的に有意な差があるかどうかを評価することで、説明変数が内生的か外生的かを検証する
 - 帰無仮説 H_0 : OLS推定は一致しており、説明変数は外生的である
(OLS推定値と2SLS推定値の間に有意な差はない)
 - 対立仮説 H_1 : OLS推定は一致しておらず、説明変数は内生的である
(OLS推定値と2SLS推定値の間に有意な差がある)

Wu-Hausman F検定において、帰無仮説が棄却される場合は2SLS推定値が適切、棄却されない場合はOLS推定値が適切であると判断