サステナブル投資の「純粋な」パフォーマンスを計測する

FTSE Russell　Lingjuan Ma
田村 浩道
Peter Gunthorp

0. はじめに

地球温暖化対策が加速する中、アセットオーナー（特に欧州）は、低炭素社会への移行に伴う投資リスクをヘッジするための、長期的なインデックスソリューションを求めている。サステナブル投資における指数あるいはファンドの設計においては、サステナブル投資の特性値と、従来から用いられているリスクファクター（スタイル、セクター、マクロ感応度など）との間の相関関係を認識し、制御することが重要である。

本稿では、特定のファクターエクスポージャを達成するための、透明でフレキシブルなフレームワークを提案する。このフレームワークでは、サステナブル投資の特性値やファクターエクスポージャが時間軸で変動するリスクを制御し、ベンチマークと同じレベルに中立化することも可能となる。結果として、目標とするサステナブル投資の特性値を達成しながら、他のファクターエクスポージャは中立化した「純粋な」サステナブル投資・ポートフォリオを作成することができる。

このフレームワークを用いて、いくつかの実証分析を行う。まずは、「純粋な」低炭素排出ティルト・ポートフォリオは、FTSE 先進国指数や FTSE エマージング指数などの多様なユニバースに対して比較的低いトラッキングエラーで作成可能であることを示す。また、ESG エクスポージャーの目標レベルを上げると、「純粋な」ESG ティルト・ポートフォリオからは単調増加の超過リターンが観察され、単純な ESG ティルト・ポートフォリオからはそのような関係は観察されないことを示す。これらは、ESG ティルト・ポートフォリオを構築する際には、意図しないファクターのエクスポージャーを制御する重要性を示唆しており、特に後者については ESG 特性値に対するリターンプレミアムの存在を示唆している可能性もあると考えている。

0.1 指標の定義

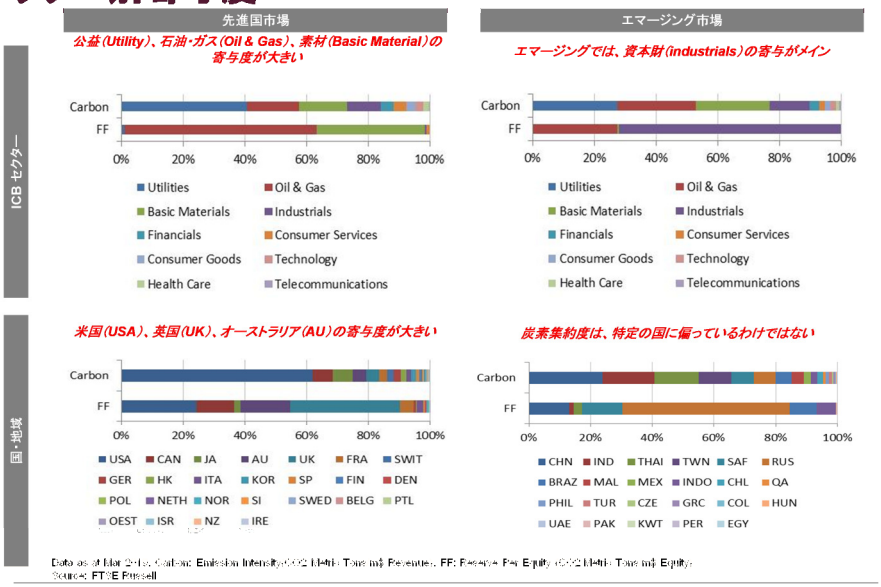
本稿では、次の定義を使用して、サステナブル投資の特性を分析する。

- 炭素集約度の指標（CO2 換算重量[トン] / 売上高[百万ドル]）
  炭素排出量は、事業活動に伴う GHG 排出量のスコープ 1 および 2 として定義。スコープ 3 は含まない。インデックスレベルの GHG 排出量は、全構成銘柄の事業活動に伴う GHG 排出量を組み入れウエートを考慮した上で集計される。インデックスの炭素集約度は、インデックスレベルの GHG 排出量を組み入れウエート考慮ベースの売上高で割ったもの。
- 化石燃料埋蔵量の指標：時価総額あたりの埋蔵量（CO2 換算重量[トン] / 時価総額[百万ドル]）
  企業の化石燃料埋蔵量の燃焼によって発生する温室効果ガス（GHG）排出量の CO2 換算重量（トン）を、企業の時価総額全体（米ドル）で割ったもの。
- 炭素集約度と化石燃料埋蔵量データの出所は Trucost。
- ESG：FTSE Russell の ESG レーティング

1. サステナブル投資指標における相関関係

図表 1.1、1.2 に示したように、炭素集約度や、化石燃料埋蔵量、ESG レーティングなどサステナブル投資の特性がセクター/国・地域/スタイルなどのリスクファクターと相関している。この相関関係を制御しなければ、高いボラティリティ/トラッキングエラーを生じさせる可能性がある。

1.1 化石燃料埋蔵量(FF)/炭素集約度(Carbon)のセクター別寄与度



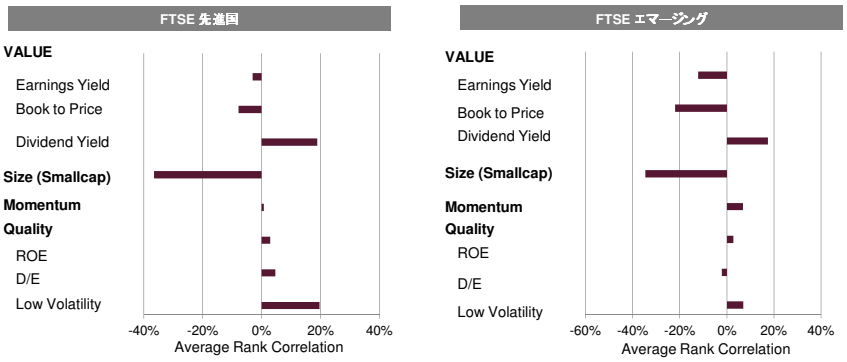
Source: FTSE Russell

FTSE Russell 5

1.2 ESG レーティングのスタイル・エクスポージャ

ESGレーティングはスタイルの特性を持つ。

- 配当利回りと正の相関
- (低)ボラティリティと正の相関
- 大企業ほどESGの評価が高くなる傾向



Date: Sep 2008 – Mar 2019.
Source: FTSE Russell

FTSE Russell 6

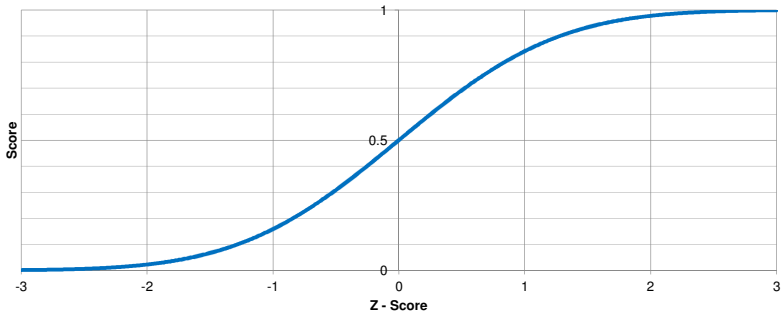
2. ティルト法によるポートフォリオ構築

次に、ティルト法によるポートフォリオ構築方法を説明する。これはいわゆる「ボトムアップアプローチ」によるファクターポートフォリオ構築法である。

ティルト法は、注目ファクターを正規化して0から1の範囲のSスコアに変換し、その値を基準となる時価総額指数等のウエートに掛けていく方法である。ファクター・ティルトの強さは、乗数 x を変更することによって制御され、ファクターを掛けていく順番は最終的な銘柄ウエートに影響を与えない。(図表 2.1, 2.2, 2.3)

2.1 ポートフォリオ構築：ファクターの正規化とマッピング

- ユニバースを決定し、生のファクター値を計算する
- 生のファクター値をZスコアに変換し、+/- 3で刈り込み
- 正規分布の累積密度関数を使用して、Zスコアを範囲0～1にマッピングする



Source: FTSE Russell

2.2 ポートフォリオ構築：ティルト法

ティルト法の一般化式:

$$W^F{}_i = S_{1i}{}^p * S_{2i}{}^q * \cdots * S_{ni}{}^r * M_i$$

i **番目の株式について:**

- $W^F{}_i$ **は、構築ポートフォリオの調整前ウエート**
- M_i **は、時価総額ウエート**
- S_{ni} **は、** n **番目の特性値に対応するSスコア**
- $p, q, \ldots, r$ **は、各ティルトの強さを表す正の乗数**
- **国やセクターのエクスポージャを達成するためにティルトを組み込むことが可能**

- **乗数（$p, q, \ldots, r$）を変えることで、あらゆるエクスポージャをターゲットにできる**
- **他のポートフォリオの特性値をターゲットにすることも可能**

2.3 ポートフォリオ構築：柔軟で透明なフレームワーク

- ファクター・ティルトは、0から1の範囲のSスコアに適用される（1 =最高、0 =最低）
- ファクター・ティルトの強さは、乗数 x を変更することによって制御される

$$w = w_{Mcap} \times S_{Value}^{x}$$

- xを増加させると、ファクターのティルトとアクティブなファクターエクスポージャのレベルが増加する
- 通常、リバランス毎にあらかじめ決められたティルト度合が適用される
- その結果、さまざまなレベルのアクティブ・ファクター・エクスポージャが生じる
- 逆に、一定レベルのアクティブ・ファクター・エクスポージャをターゲットにコントロールすることはできないだろうか？

FTSE Russell 10

次に紹介するターゲットエクスポージャ法（補正ティルト）は、目標とするエクスポージャを実現するティルト乗数を逆算してポートフォリオ構築を行う方法である。図表 2.4 では、補正ティルトによってバリュー・エクスポージャのレベルを明示的に制御できることを示している。図表 2.5, 2.6 は、マルチファクターに拡張し、3 つの相関関係があるファクター（バリュー+クオリティ+モメンタムなど）のエクスポージャベルを明示的に制御した例である。

2.4 ポートフォリオ構築：アクティブ・ファクター・エクスポージャのターゲット・レベル

- 目標とするエクスポージャを実現するティルト乗数を逆算する。
- 2種類の Value インデックス:

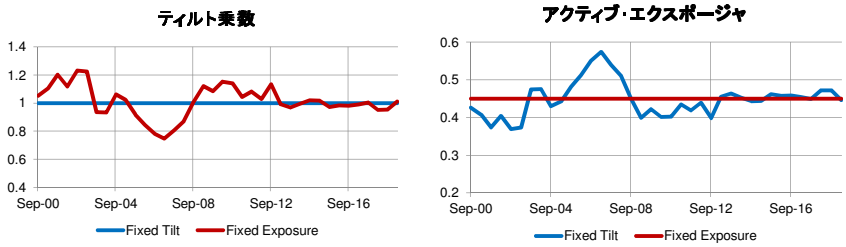
1. **固定ティルトインデックス: シングル・バリューファクターティルト**

   アクティブ・バリューエクスポージャは、時間軸で変化、しかしティルト乗数は1で不変

2. **固定エクスポージャ・インデックス: アクティブ・エクスポージャを0.45に固定**

   アクティブ・バリューエクスポージャは0.45で不変、しかしティルト乗数は時間軸で変化

FTSE Developedにおける、固定ティルト(Fixed Tilt)と、固定エクスポージャ (Fixed Exposure)インデックス



Source: FTSE Russell

2.5 ポートフォリオ構築：アクティブ・ファクター・エクスポージャのターゲット・レベル

マルチ・ファクターへの拡張

- ティルトを連続して適用することにより、マルチファクター・エクスポージャを達成

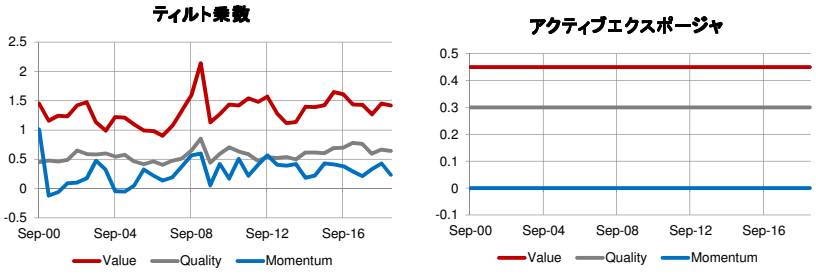
$$w = w_{Mcap} \times S_{Value}^{x_1} \times S_{Quality}^{x_2} \times S_{Volatility}^{x_3} \times S_{Size}^{x_4} \times S_{Momentum}^{x_5}$$

- 乗数 x を変更することによりファクターティルトの強さが制御される
- 固定ティルトにより、時間的に変化するアクティブファクター・エクスポージャが発生する
- 可変ティルトにより、あらかじめ設計されたレベルのアクティブエクスポージャを達成

2.6 マルチファクター・ターゲットインデックスへの拡張

- Value + Quality インデックスを作成することを想定
- 目標とする Value エクスポージャ＝ 0.45、Quality エクスポージャ＝ 0.3
- ターゲットとしていない Momentum のエクスポージャは0とする（中立化）

FTSE Developed ：Value + Quality （Momentum 中立）指数



Source: FTSE Russell

3. サステナブル投資への応用

ここで、サステナブル投資への応用を考える。前節で示したポートフォリオ構築法により、サステナブル投資の特性に基づいたターゲットエクスポージャインデックス（ロングオンリー）を作成する。

3.1 「純粋な」低炭素排出ポートフォリオ

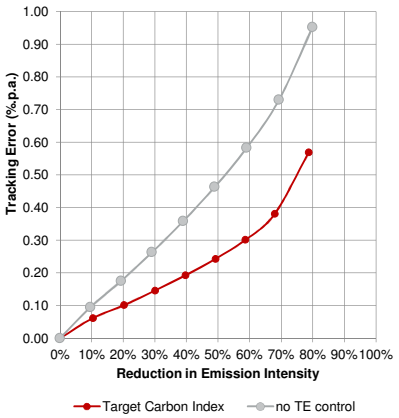
まず、「純粋な」低炭素排出ポートフォリオ（Target Carbon Index)を作成する。これは、炭素集約度の一定レベルの削減をターゲットとし、その他のアクティブ・リスクファクターのエクスポージャーをゼロに設定したものである。

3.1.1 基本的な考え方–「純粋な」低炭素排出ポートフォリオ (Target Carbon Index)

- 炭素集約度の一定レベルの削減を目標とする
  - より効率的な（より非効率な）企業をオーバー（アンダー）ウエイト
- ただし、他のアクティブ・リスクファクターのエクスポージャーをゼロに設定
  - アクティブなセクター/国のエクスポージャーはゼロ
  - アクティブなスタイルファクターのエクスポージャーはゼロ
    - 例えばバリュー、モメンタム、サイズ、ボラティリティ、クオリティ
- 中立性は半年ごとのリバランスで復元
- 分散と投資キャパシティを考慮
  - 微小なポジション（0.5 bps）を除外し、合理的な投資キャパシティレシオを確保

図表 3.1.3 には、トラッキングエラーとアクティブ・カーボンリスク・エクスポージャーの関係を示した。no TE control は、カーボンリスクのみにティルトを行って他の条件は付加しないで作成したインデックスである。これより、リスクファクターとの相関を制御しない場合、TE は相対的に高くなっていることがわかる。

3.1.3 トラッキングエラーとアクティブ・カーボンリスク・エクスポージャー



- ティルト法により相関の影響を制御する
- 特定レベルのエクスポージャを持つようにコントロールされたインデックスを作成
- ターゲット・カーボン・インデックスは、リスクファクターに対するアクティブなエクスポージャーをゼロにし、システマティックリスクをゼロにするようなティルトを適用する。
- スペシフィックリスクは本質的に分散可能であり、十分に分散されたポートフォリオでは無視できるものとする。

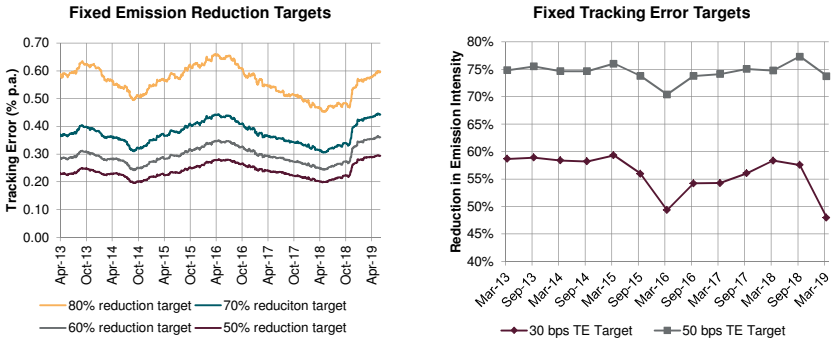
FTSE Developed March 2012 – December 2018, USD.
Source: FTSE Russell

FTSE Russell 15

図表 3.1.4 には、カーボンリスクとトラッキングエラーの関係を示した。炭素集約度削減量（またはアクティブカーボンリスクのエクスポージャ）のターゲットが固定されている場合、トラッキングエラーは時間とともに変化している。同様に、トラッキングエラーを固定した場合、炭素集約度削減量は時間とともに変化している。これらは、トラッキングエラーはカーボンリスクファクターの時変特性に起因することを意味しているものである。図表 3.1.5、3.1.6 には、実現および予想トラッキングエラーを示した。実現トラッキングエラーと予測トラッキングエラーはほぼ同等のレベルにあり、一貫性が観察されている。

3.1.4 カーボンリスクとトラッキングエラーの関係

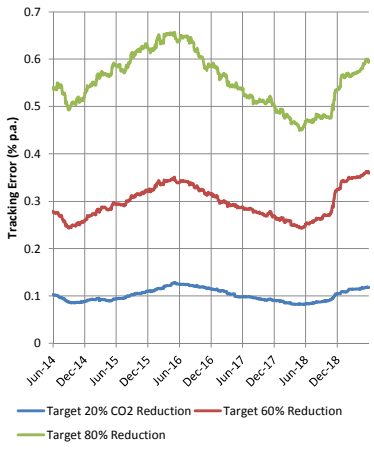
- 炭素集約度削減量のターゲット（またはアクティブカーボンリスクのエクスポージャ）が固定されている場合、トラッキングエラーは時間とともに変化する
- 同様に、トラッキングエラーを固定した場合、炭素集約度削減量は時間変化する可能性がある
- トラッキングエラーはカーボンリスクファクターの時変特性に起因する



FTSE Developed, rolling one-year Tracking Error, USD.
Source: FTSE Russell

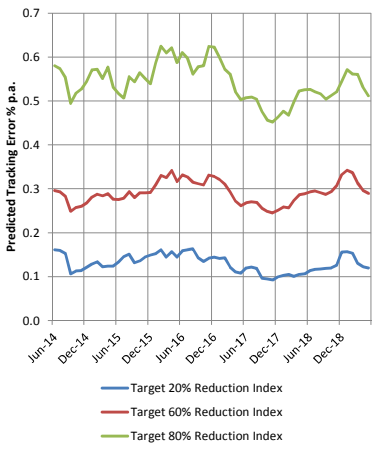
3.1.5 一貫性：実現および予想トラッキングエラー
先進国指数

実現（事後）トラッキングエラー



FTSE Developed e, USD.
Source: FTSE Russell

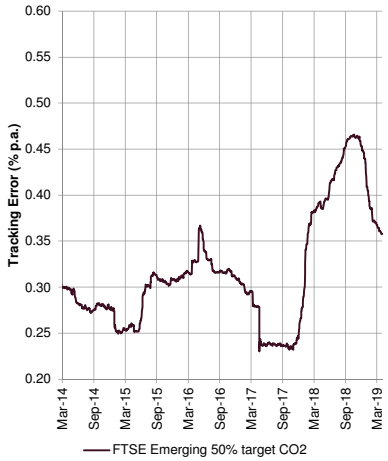
予測（事前）トラッキングエラー



Source: FTSE Russell, FactSet, Axioma World-Wide Fundamental Equity Risk Model MH 6/2/2014 through 5/31/2019

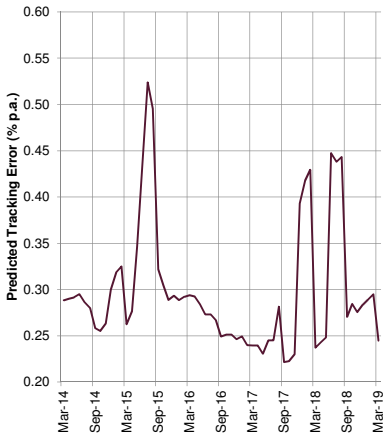
3.1.6 一貫性：実現および予想トラッキングエラー
エマージング指数

実現（事後）トラッキングエラー



FTSE EM Carbon Target Exposure Index, EUR. 1-year TE.
Source: FTSE Russell

予測（事前）トラッキングエラー



Source: FTSE Russell, FactSet. Axioma EM Fundamental Equity Risk Model MH 4|3/31/2014 through 3/29/2019

FTSE Russell 18

図表 3.1.7 には、低炭素排出ポートフォリオのパフォーマンスアトリビューションを示した。セクターを含むすべてのアクティブなリスクファクターエクスポージャーがゼロに設定されているため、超過収益は、主に個別銘柄選択効果に起因しており、アロケーション効果は小さくなっている。

Target 20% Reduction Index vs. FTSE All-World Developed (USD)	Attribution Analysis		
	Allocation Effect	Selection + Interaction	Total Effect
Total	0.38	1.08	1.46
1000 Basic Materials	0.14	0.41	0.56
8000 Financials	0.01	0.25	0.26
9000 Technology	0.09	0.11	0.21
5000 Consumer Services	0.00	0.20	0.21
2000 Industrials	0.02	0.10	0.12
4000 Health Care	0.07	-0.02	0.05
7000 Utilities	0.03	-0.01	0.02
3000 Consumer Goods	0.01	0.02	0.02
6000 Telecommunications	0.02	-0.03	-0.01
0001 Oil & Gas	-0.04	0.02	-0.02

Target 60% Reduction Index vs. FTSE All-World Developed (USD)	Attribution Analysis		
	Allocation Effect	Selection + Interaction	Total Effect
Total	0.37	2.04	2.41
1000 Basic Materials	0.07	1.49	1.55
8000 Financials	0.00	0.40	0.41
5000 Consumer Services	0.00	0.29	0.29
4000 Health Care	0.06	0.17	0.23
2000 Industrials	0.02	0.19	0.22
9000 Technology	0.11	0.05	0.16
3000 Consumer Goods	0.02	-0.04	-0.03
6000 Telecommunications	0.01	-0.07	-0.06
7000 Utilities	0.05	-0.13	-0.08
0001 Oil & Gas	0.03	-0.33	-0.31

3.1.7 パフォーマンス・アトリビューション

セクターアロケーション要因と個別株選択要因を区別する
セクターを含むすべてのアクティブなリスクファクターエクスポージャーがゼロに設定されているため、アロケーション効果は比較的小さく、主な効果はセクター内の個別銘柄選択効果である。

Target 80% Reduction Index vs. FTSE All-World Developed	Attribution Analysis		
	Allocation Effect	Selection + Interaction	Total Effect
Total	0.36	2.37	2.74
1000 Basic Materials	0.03	3.26	3.29
8000 Financials	0.00	0.69	0.69
2000 Industrials	0.03	0.52	0.55
4000 Health Care	0.04	0.42	0.46
5000 Consumer Services	-0.02	0.42	0.40
7000 Utilities	0.07	-0.16	-0.09
9000 Technology	0.11	-0.21	-0.10
6000 Telecommunications	0.01	-0.15	-0.14
3000 Consumer Goods	0.02	-0.33	-0.31
0001 Oil & Gas	0.07	-2.11	-2.04

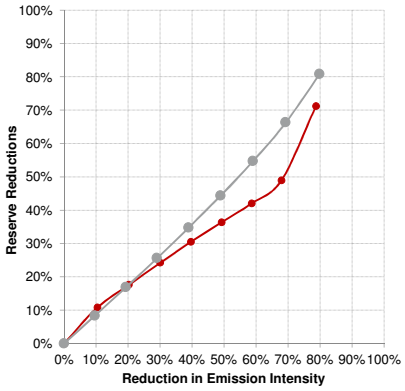
Data: 3/19/2012- 6/28/2019、パフォーマンスは仮説に基づいたバックテスト結果、巻末の注意事項も参照のこと、
Source: FTSE Russell, Factset

FTSE Russell 19

図表 3.1.8 には、炭素集約度の削減量と化石燃料埋蔵量の関係を示した。炭素集約度と化石燃料埋蔵量の間の正の相関関係があるため、炭素集約度の減少は、暗黙のうちに化石燃料埋蔵量へのエクスポージャの減少をもたらす結果となっている。図表 3.1.9 は、Green Revenue（売上高のうち環境関連の比率）と炭素集約度の関係を示している。セクター、国、スタイルのエクスポージャをコントロールしない場合（灰色）、炭

素集約度を低減すると Green Revenue は下がってしまう傾向があるが、セクター、国、スタイルのエクスポージャをコントロールすると、炭素集約度の低減により、より高い Green Revenue エクスポージャーを持つ結果になっている（赤色）。

3.1.8 意図せざるエクスポージャ：化石燃料埋蔵量
化石燃料埋蔵量と炭素集約度の相関は好ましい方向

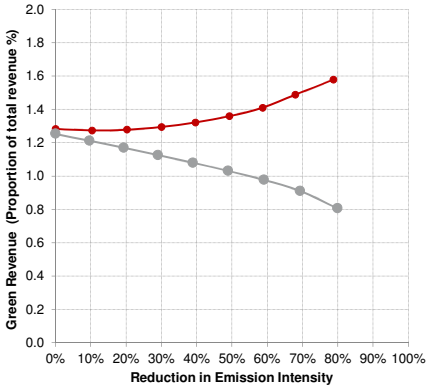


- 化石燃料埋蔵量（CO2換算重量[トン] / 時価総額[百万ドル] ）が高い企業は、より高い炭素集約度を示している
- すなわち、炭素集約度と化石燃料埋蔵量の間の正の相関関係がある
- 炭素集約度の減少は、暗黙のうちに化石燃料埋蔵量へのエクスポージャの減少をもたらす

FTSE Developed March 2012 – December 2018
Source: FTSE Russell

FTSE Russell 20

3.1.9 意図せざるエクスポージャ：Green Revenue
セクター中立アプローチは、Green Revenueと炭素集約度削減を同時に達成するためのソリューション



- セクターのエクスポージャーは、Green Revenueと炭素集約度の関係に悪影響を与えている（灰色）
- セクター、国、スタイルのエクスポージャをコントロールすると、炭素集約度の低減は、暗黙のうちに、より高いGreen Revenueエクスポージャーをもたらす（赤色）

FTSE Developed March 2012 – December 2018
Source: FTSE Russell

FTSE Russell 21

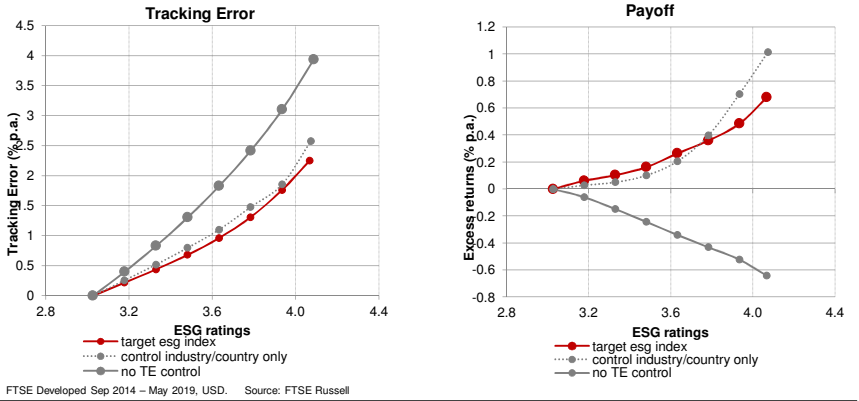
3.2. 「純粋な」ESG ポートフォリオ

次に、「純粋な」ESG ポートフォリオを作成する。これは、Target Carbon Index と同じ方法を用いて、すべてのアクティブ・リスク・ファクター・エクスポージャーをゼロに設定して作成した。図表 3.2 に示したように、ESG のエクスポージャーのレベルを上げると、「純粋な」ESG ポートフォリオで単調に増加する超過リターンが観察される。しかし、単純な ESG ティルトポートフォリオ（no TE control）での超過リターンは負の関係が見られる。これは、ESG ポートフォリオを構築する際に意図しないファクターエクスポー

ジャーを制御することの重要性を意味し、ESG 特性に対するリターンプレミアムの存在を示唆する可能性も考えられる。

3.2 基本アイデア：‘純粋な’ ESG インデックス

- 「純粋な」ESGポートフォリオは、Target Carbon Indexと同じ方法で作成可能。すべてのアクティブ・リスク・ファクター・エクスポージャーをゼロに設定する。
- ESGのエクスポージャーのレベルを上げると、「純粋な」ESGポートフォリオで単調に増加するペイオフが観察される。しかし、単純なESGティルトポートフォリオ（no TE control）でのペイオフは負になっている。
- リスクファクターと正の相関関係があるため、業界/国の要因のみを制御する（ control industry/country only’ ）場合、リスクファクターに起因する超過リターンが得られたと考えている。
- これは、ESGポートフォリオを構築する際に意図しないファクターエクスポージャーを制御することの重要性を意味し、ESG特性に対するリターンプレミアムの存在を示唆する可能性も考えられる。



FTSE Developed Sep 2014 – May 2019, USD. Source: FTSE Russell

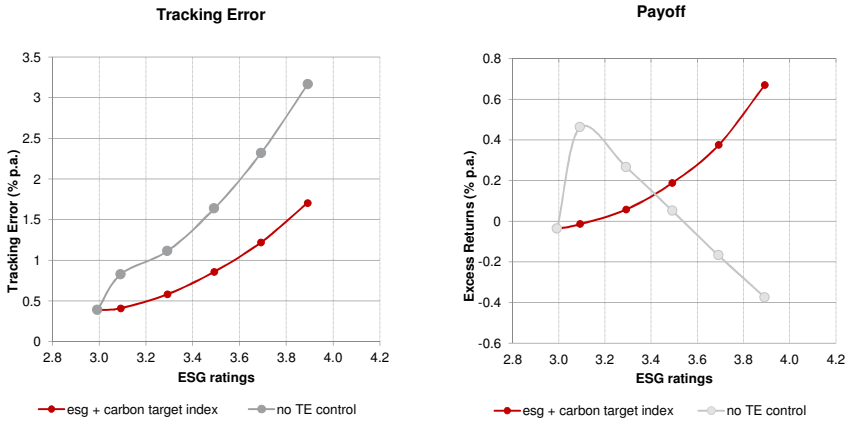
FTSE Russell 22

3.3. ターゲットカーボン+ ESG インデックス

次に、「純粋な」インデックスを形成するのではなく、特定のレベルの炭素集約度削減と ESG レーティングをターゲットにしたカーボン ESG インデックスを作成する。図表 3.3 には、70%の炭素集約度削減と、ESG レーティングの様々なレベルをターゲットとしたポートフォリオを示した。セクター/国/スタイルの中立性により、超過リターンは ESG に対して単調に増加していることがわかる。逆に、相関関係を制御しなければ、そのような関係は観察されていない。

3.3 基本アイデア：ターゲットカーボン+ ESGインデックス

- 例として、70%の炭素集約度削減と、ESGレーティングの様々なレベルをターゲットとしたポートフォリオを示す。
- 相関を制御しないと、TEは少なくとも40～150 bps高くなる。
- セクター/国/スタイルの中立性により、超過リターンはESGに対して単調に増加。
- 相関関係を制御しなければ、そのような関係は観察されない。



FTSE Developed September 2014 – December 2018, USD.
Source: FTSE Russell

FTSE Russell 23

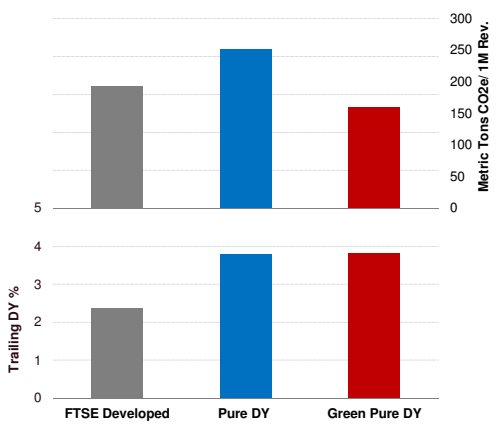
4.サステナブル投資とスマートベータファクターの組み合わせ

最後に、スマートベータ戦略とサステナブル投資の組み合わせについていくつか例を挙げる。2 節に示した方法により、一見矛盾する超過リターン獲得を目的とする投資目標と、サステナブル目標を同時に制御することが可能となる。

図表 4.1 では、投資目標=配当、サステナブル目標=炭素排出量である。公益事業セクターは炭素集約型セクターであるが、伝統的に高い配当を支払ってきた。「Green Pure DY」インデックスは、ベンチマークレベルの配当利回りを確保している一方で、炭素排出量を削減できることを示している。

図表 4.2 は、投資目標=サイズ、サステナブル目標=コーポレートガバナンスの例である。単純な小型インデックスはコーポレートガバナンススコアが低くなる傾向にあるが、「純粋なサイズと CG ニュートラルインデックス」では、サイズのエクスポージャを取ると同時に、コーポレートガバナンスのスコアがベンチマークと同等であることを示している。

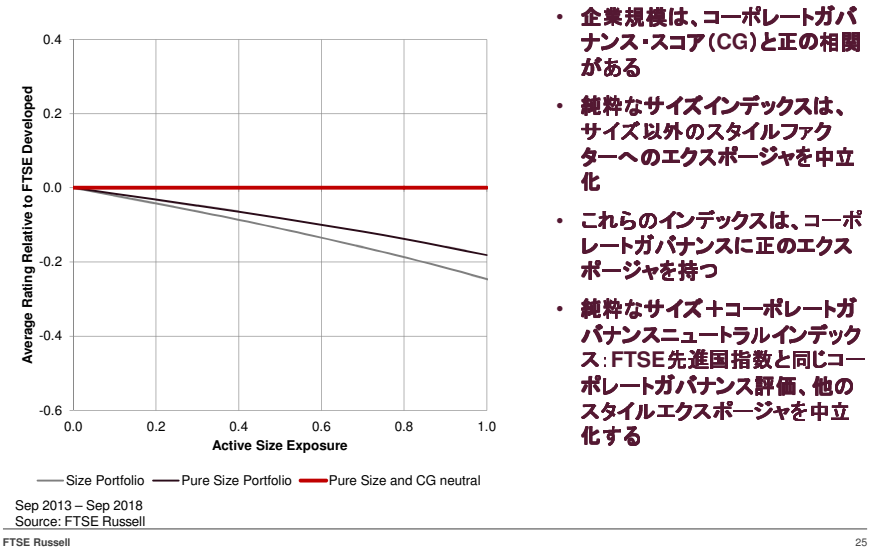
4.1 スマートベータファクターとサステナブル特性の調整：炭素集約度と配当利回り



- 時価総額加重指数：配当利回り 2.4%、炭素集約度 200（CO2 換算重量[トン] / 売上高[百万ドル]）
- 純粋な高配当利回りインデックスは、配当利回り以外のスタイルファクターへのエクスポージャを中立化する。
- 配当利回りは 3.8% と高いがグリーンではない。炭素集約度は 250（CO2換算重量[トン] / 売上高[百万ドル]）
- グリーン＋純粋な高配当利回り指数：配当利回り3.8%、他のスタイルファクターのエクスポージャはなく、はるかに環境に優しい：160（CO2換算重量[トン] / 売上高[百万ドル]）

Sep 2013 – Sep 2018、パフォーマンスは仮説に基づいたバックテスト結果。巻末の注意事項も参照のこと。 Source: FTSE Russell

FTSE Russell 24



5. おわりに

サステナブル投資特性と、スマートベータで用いられることの多いリスクファクターには相関関係が存在する。リスクファクター（たとえばサイズ）に投資して、投資リターンの改善を意図している場合、コントロールなしでは意図しない ESG のリスクを取ってしまう可能性がある。したがって、ポートフォリオ構築プロセスにおいて必要なのは、超過リターンの源泉と考えるリスクファクターをサステナブル投資の特性および投資哲学（インカムの追求、バリュー投資など）に合わせることや、相関をコントロールし、TE を下げることだと言えるだろう。

超過リターンを見込む投資目標（バリュー、クオリティ等）とサステナブル投資の目標は、矛盾する場合がある。本稿では、両方の目標を同時に達成するためのフレームワークを提示した。

「純粋な」低炭素排出ポートフォリオは、FTSE 先進国や FTSE エマージングなどのユニバースで比較的低いトラッキングエラーで組成できることがわかった。さらに、ESG エクスポージャーのレベルを上げると、「純粋な」ESG ポートフォリオにおいては単調に増加する超過リターンが観察され、「純粋ではない」ESG ポートフォリオではそのような関係は観察されなかった。これは、ESG ポートフォリオを構築する際に意図しないファクターエクスポージャーを制御することの重要性を意味し、ESG 特性に対するリターンプレミアムの存在を示唆する可能性もあると考えている。ただし、リターンプレミアムの存在については、その源泉は何なのかという根源的な問いに対する答えは見つかっておらず、また期間やユニバースの変更を含めた頑健性のチェックも必要であることは言うまでもない。