

内積注意重みを用いた統合報告書の定量評価とポートフォリオ分析

森田 祐介 若村 浩明 椎名 唯圭
李 楚翹 大島 健斗 齋藤 哲朗 日尾 泰子

みずほ第一フィナンシャルテクノロジー株式会社
{yusuke-morita, hiroaki-wakamura, yuika-shiina,
chuqiao-li, kento-oshima, tetsuro-saito, yasuko-hio}@fintec.co.jp

概要

企業の長期的価値を評価するのに用いられる ESG 開示情報には、GHG 排出量や従業員男女比率といった数値的に比較可能な情報だけでなく、ポリシーやビジネスモデルとの関連性など、文章等によって表される企業個別の情報も含まれる。本研究では、従来投資判断に活用することが難しかった統合報告書のテキストデータについて、マテリアリティウェイトと内積注意重みを用いて定量評価する手法を提案した。さらに、実際に定量化したスコアによって作成した三分位ポートフォリオのパフォーマンスを比較することで、定量化したスコアが分析期間において将来リターンに対して有効性を持つことを明らかにした。

1 はじめに

近年では投資判断における ESG 情報の有効性についての研究が活発に行われている。ESG と投資パフォーマンスの関係について学術論文から調査した結果[1]によれば、ESG 情報と株価リターンにポジティブな関係が見られたとする研究は7割を超えているものの、その関係性について中立的・否定的な内容を示す研究も一定数存在した。この差異を生み出す要因としては、利用した ESG データの違いや、財務に影響を与える重要な ESG 課題(マテリアリティ) 考慮の有無等の可能性が指摘されている。

実際に企業による ESG 開示情報は多種多様であり、例えば GHG 排出量などの数値情報の開示だけではなく、統合報告書等に含まれる、ポリシーやビジネスモデルとの関連性などを示す文章などもこれに該当する。前者は数値情報であるため企業間での比較が可能であり ESG 評価機関等によるデータ整

備が進んでいることから、ESG スコアと投資パフォーマンスに関する分析も多く見られる。一方で後者については、統合報告書を発行する企業数が増加[2]する中で企業価値向上との関係が期待されるものの、企業間での比較が難しく、投資判断への活用が進んでいないのが現状である。

また、サステナビリティ会計基準審議会 (SASB) は、企業のサステナビリティを分析する視点として、5つの領域(環境、社会資本、人的資本、ビジネスモデルとイノベーション、リーダーシップとガバナンス) とそれに関連する 26 の課題カテゴリーを設定し、SASB スタンドर्डとして定めている。SASB では定性・定量調査を用いて企業のマテリアリティを業種ごとに特定し定めており、その詳細をマテリアリティマップとして公開している。マテリアリティの高い課題に対して定量的なスコアの高い企業は、株価リターンが高い[3]という報告もあり、超過リターンの獲得にマテリアリティの考慮が重要であることが示唆される。

以上を踏まえ、本研究では統合報告書の定量評価を目的として、26 の課題カテゴリーについて業種ごとの重要度を示すマテリアリティウェイトを定義し、テキスト情報との内積注意機構の注意重みを利用した「統合報告書スコア」の算出方法を提案する。また、算出した統合報告書スコアを用いて三分位ポートフォリオ分析を行い、統合報告書スコアが投資リターンの予測に対し有効性を持つかを調査したため報告する。

2 関連研究

ESG 関連文書の分析に関する研究は近年多く行われている。Eduardo ら[4]は、カナダ企業について、

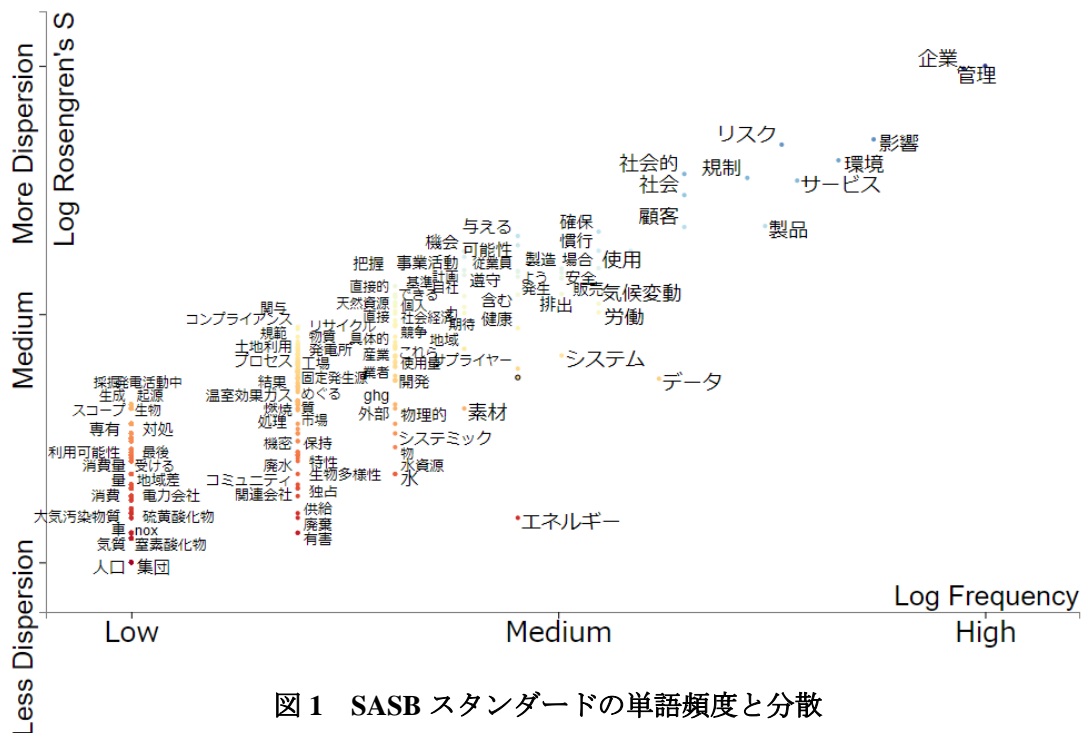


図1 SASB スタンドールの単語頻度と分散

ESG 情報の開示度が高い企業の株価リターンが業界全体のリターンと異なることを明らかにし、ESG 開示情報が投資家にとって価値ある情報であることを示した。Hyewon ら[5]は、統合報告書の各文と 17 の SDGs 目標各文の埋込表現との \cos 類似度と、そのセンチメント分析により、統合報告書がグリーンウォッシュに利用されている可能性を指摘した。秋山ら[6]は、ESG に関連するニューステキストを分析し、環境、社会、ガバナンスそれぞれに関するトピックワードの類似語の包含度を用いて、ファクターを構築しリターン分析を行っている。河村ら[7]は、文レベル、ページレベルの 2 つの注意機構と Bi-LSTM を用いて、GPIF の「優れた統合報告書」を正例とするアノテーションデータによる学習を行い、統合報告書の自動評価手法を提案している。一方で国内企業が発行する統合報告書を網羅的・定量的に評価し、その結果が株価リターンに及ぼす影響を分析した報告は我々の知りうる限り存在しない。

3 提案手法

本研究では、SASB スタンドールの課題カテゴリの定義文と対応するマテリアリティウェイト、および統合報告書の文章と内積注意重みを使って統合報告書スコアを作成する手法を提案する。得られる

統合報告書スコアは、統合報告書における重要なテーマに関する記載の充実度を示すものであり、企業価値や株価リターンとの関連が期待される。

3.1 SASB スタンドールの課題カテゴリー

SASB スタンドールの 26 の課題カテゴリーの定義文を日本語に翻訳し、前処理を行った。まず、カテゴリー定義文を mecab[8]により形態素解析し、名詞・動詞以外の単語を全て除去した。このようにして得られたカテゴリーごとの単語群の中には、各カテゴリーに共通して登場し、カテゴリーの特徴を表さない単語が多く存在する。これらの単語を stop words として除外するために、scatter text[9]を用いて出現頻度と分散の散布図を作成した。結果を図 1 に示す。出現頻度が高く、分散が小さい単語はどのカテゴリーにも共通してみられる傾向が高いため、定性判断で stop words とみなして分析から除外した。

3.2 マテリアリティウェイト

SASB が公開するマテリアリティマップを元に、業種毎の各課題の重要性を示すマテリアリティウェイトを作成した。ここで、SASB のマテリアリティマップは独自の業種分類 (SICS) を基にしているが、より標準的な GICS 分類を用いてウェイトを作成した。手順は以下の通りである：

1. 各 SICS 業種に対して、対応銘柄数を元に代表的な GICS Industry Group を割当
2. 各課題・各 GICS Industry Group に対して対応する SICS 業種の内マテリアリティがある業種の割合を算出
3. 特定の GICS Industry Group を除き、より上位階層の GICS Sector について平均
4. 各業種について、上記で算出された値を規格化

上記の 3. においては、11 種の GICS Sector の内で特に Industry Group 間の違いが大きい Industrials, Consumer Discretionary, Consumer Staples に含まれる Industry Group について、集計の対象外とした。

3.3 統合報告書のテキスト抽出

次に、pdf 形式の統合報告書を各企業の HP から取得した。取得した統合報告書の年度ごとの数を表 1 に示す。統合報告書はフォーマットの定めがなく、企業ごと、年度ごとに段組み数やヘッダー/フッターなどの情報が大きく異なる。このため、通常の Python ライブラリを用いて pdf からテキストの本文情報のみを抽出することは難しい。そこで本研究では、Adobe 社が提供する PDF Extract API[10]を用いて pdf の構造化情報を取得し、本文情報のみを繋ぎ合わせて本文テキストを抽出した。抽出した本文は、3.1 節と同様に名詞・動詞のみにしたのち、単語数が 3 つ以下の文章は全て分析対象から除外した。また、3.1 節で選定した stop words も除去した。

3.4 内積注意重みと統合報告書スコア

クエリを Q 、キーを K とする時、縮小付き内積注意重み A は以下の式で表される[11]。

$$A = \text{softmax}\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}\right)$$

ここで、 d_k はキーベクトルの次元数である。この分子は Q と K の内積で計算されるため、内積注意重みはクエリとキーの各要素の類似度を表していると捉えることができる。今回は内積注意機構のこの性質を利用し、統合報告書の各文章の埋込表現を並べた行列を Q 、SASB スタンドアートの 26 の課題カテゴリーの各文章の埋込表現を並べた行列を K として、内積注意重みを計算することで、統合報告書の各文章がどの課題カテゴリーに言及しているのかを計算した。なお、統合報告書は年度末から 9 か月経過後に

全ての企業で出版されるものと仮定し、情報公開のラグを考慮して、統合報告書の年度とリターン計測開始の間に 2 年のラグを取って計算を行った。また、カテゴリーごとのバイアスを取り除くため、カテゴリー i 、年度 y ごとに内積注意重みの min-max scaling を行った。

$$a'_{i,y} = \frac{a_{i,y} - \min(a_y)}{\max(a_y) - \min(a_y)}$$

その後企業が属する業界のマテリアリティウエイトをキー K に対するバリュー V とし、scaling 後の内積注意重み A' とバリュー V の内積を取ることで、それぞれの文章についてサステナビリティスコアを計算し、文章全体の平均を取って統合報告書スコアとした。

$$\text{Score} = \frac{1}{n} \sum A'V^T$$

なお、文章の埋込表現の計算には Azure OpenAI の text-embedding-ada002 モデルを用いた。

4 実験結果

3.4 節で算出した統合報告書スコアについて、既存 ESG スコアとの比較、及び三分位ポートフォリオ分析を行う。まず MSCI 社の ESG スコアと分析期間での相関係数を計算したところ、積率相関係数が -0.0093 、順位相関係数が -0.0155 となり、0 付近の値となった。このことから今回作成したスコアは数値情報に基づく ESG スコアとは異なる特徴を示していることがわかる。

次に、得られたスコアについて業種の影響を低減すべく GICS Sector 分類毎に中心化を行った上で、TOPIX500 ユニバースを対象に三分位分析を行った。ここでユニバース内のスコアの充足率は全期間で概ね 80% 程度である。スコア水準が高い銘柄から順にユニバースを 3 分割してそれぞれ等ウェイトで構成したポートフォリオ T1, T2, T3 について、毎月末リバランスした際のパフォーマンスを MSCI 社 Barra の日本株式モデル (JPE4) を用いて分析した。

表 1 年度ごとの統合報告書の取得数

年度	取得数
2016	590
2017	598
2018	640
2019	654
2020	656

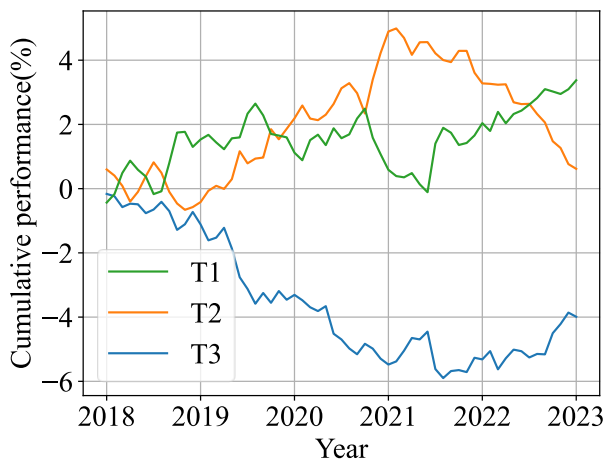


図2 分位ポートフォリオのリターン累積和

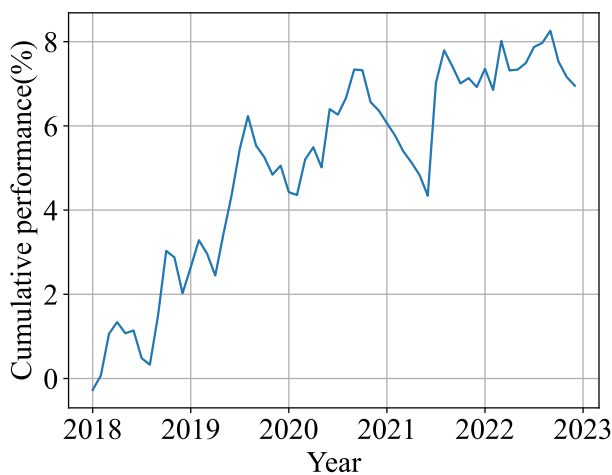


図3 第一分位と第三分位のリターンの差

業種・スタイルの影響を取り除いた銘柄選択効果に着目したところ、図2のようにT1はT3に対して高い累積収益率を示した。ただし、T1、T2、T3のリターンは各時点で合計が0となるように基準化し、単利での累積とした。また、T1をロングしT3をショートした際のロング・ショートポートフォリオの累積収益率の推移を図3に示す。分析期間において統合報告書スコアファクターが大きなスプレッドリターンを獲得していたことがわかる。

5 まとめ

本研究では、統合報告書の各文をクエリ、SASBスタンダードの課題カテゴリー文をキー、マテリアリティウエイトをバリューとする内積注意機構を用い

て統合報告書を定量評価する手法を提案した。作成したスコアはMSCI社のESGスコアと相関が小さく、従来のデータからは捉えられなかった特徴を捉えていることが示唆される。また作成したスコアを用いた三分位ポートフォリオ分析から一般的な業種・スタイル以外のリターンと関連性を持つことが示され、ポートフォリオ構築の投資判断に資する可能性を明らかにした。

本研究の手法は、統合報告書内の全てのテキストのスコアの平均を取るものであり、統合報告書内に含まれるSASBスタンダードに沿わない中立的な文章が多い場合にスコアが低くなる傾向にある。総合スコアの算出に用いる文章を選択する手法については今後の課題とする。

謝辞

ディスカッションにお付き合いいただき、たくさんの有益なアイデアを賜りました甲南大学の永田亮准教授に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 年金積立金管理運用独立行政法人，“「投資におけるESG及びSDGsの考慮に係る俯瞰研究」に関する報告書”，https://www.gpif.go.jp/investment/202306_ESG%20and%20SDGs_report.pdf
- [2] 国内自己表明型統合レポート発行企業等リスト2022年度版 https://www.edge-intl.co.jp/wp-content/themes/edge-intl/assets/pdf/01_research/02/list2022_sJ.pdf
- [3] Khan, Mozaffar N., George Serafeim, and Aaron Yoon, “Corporate Sustainability: First Evidence on Materiality.”, Harvard Business School Working Paper, No. 15-073, 2015.
- [4] Eduardo Schiehl, Sam Kolahgar, “Financial materiality in the informativeness of sustainability reporting”, Business Strategy and the Environment, Wiley Blackwell, vol. 30(2), pages 840-855, 2021.
- [5] Hyewon Knag, Jinho Kim, “Analyzing and Visualizing Text Information in Corporate Sustainability Reports Using Natural Language Processing Methods”, Applied Sciences 12, no.11, 5614, 2022.

- [6] 秋山祥伍, 江口潤一, 鈴木智也, “ニューステキストを用いた ESG ファクター運用”, 24 回 人工知能学会 金融情報学研究会, pp183-186, 2022.
- [7] 河村康平, 酒井浩之, 永並健吾, 高野海斗, 中川慧, “解釈性を考慮した統合報告書の自動評価”, 30 回 人工知能学会 金融情報学研究会, pp114-119, 2023.
- [8] 工藤拓, 松本祐治, “チャンキングの段階適用による日本語係り受け解析”, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.6, pp1834-1842, 2002.
- [9] Kessler, Jason S., “Scattertext: a Browser-Based Tool for Visualizing how Corpora Differ”, Proceedings of ACL System Demonstrations, 2017.
- [10] Adobe PDF Extract API:
<https://developer.adobe.com/document-services/docs/overview/pdf-extract-api/>
- [11] Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit, Llion Jones, Aidan N. Gomez, Łukasz Kaiser, and Illia Polosukhin. “Attention is all you need”, Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems, pp6000-6010, 2017.