



日本取引所グループ
JAPAN EXCHANGE GROUP

JPX WORKING PAPER

JPXワーキング・ペーパー

大規模言語モデルを用いたゼロショットテキスト分類による
TCFD 推奨開示項目の自動判定

土井 惟成, 小田 悠介, 中久保 菜穂, 杉本 淳

2024年3月4日

Vol. 43

備考

JPX ワーキング・ペーパーは、株式会社日本取引所グループ及びその子会社・関連会社（以下「日本取引所グループ等」という。）の役職員及び外部研究者による調査・研究の成果を取りまとめたものであり、学会、研究機関、市場関係者他、関連する方々から幅広くコメントを頂戴することを意図しております。なお、掲載されているペーパーの内容や意見は執筆者個人に属し、日本取引所グループ等の公式見解を示すものではありません。

大規模言語モデルを用いた ゼロショットテキスト分類による TCFD 推奨開示項目の自動判定*

土井 惟成[†] 小田 悠介[‡] 中久保 菜穂[§] 杉本 淳[¶]

2024/03/04

概要

サステナビリティ情報開示への要請は世界的な潮流として高まっている。この動向を受け、TCFDは、気候変動に関する 11 の推奨開示項目を設定し、実際の開示に対する規範としての活用を求めている。開示情報は多様な形式で記載されるため、推奨開示項目の充足状況の調査には膨大な資料の分析が必要となり、多大なコストを要する。このコストは、開示情報の充足状況の判定を機械的に行う手法により、一定程度削減できると考えられる。

本稿では、TCFD 推奨開示項目の充足状況の調査のために実施した一連の施策を報告する。具体的には、各項目の自動判定のためのより基本的な単位 (TCFD 推奨開示項目クライテリア) への分解と、各クライテリアに対するゼロショットテキスト分類の性能を検証した。更に、この手法を利用して、東京証券取引所の上場会社の有価証券報告書における、TCFD 推奨開示項目の充足状況を調査した。

* 本稿の作成に当たっては、日本取引所グループ等のスタッフから有益なコメントを頂いた。ここに深く感謝申し上げます。

[†] 株式会社日本取引所グループ 総合企画部 主任研究員, 東京大学大学院工学系研究科 博士後期課程 (n-doi [at] jpx.co.jp)

[‡] 奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 客員助教, シェルパ・アンド・カンパニー株式会社 AI 事業部 テクニカルディレクター (yusuke.oda [at] naist.ac.jp)

[§] シェルパ・アンド・カンパニー株式会社 Chief ESG Innovation Officer (naho.nakakubo [at] cierpa.co.jp)

[¶] シェルパ・アンド・カンパニー株式会社 Chief Executive Officer (jun.sugimoto [at] cierpa.co.jp)

目次

1	はじめに	3
1.1	本研究の背景	3
1.2	本研究の目的	4
1.3	本稿の構成	6
2	関連研究	7
3	TCFD 開示	8
4	サステナビリティ情報開示データセット	10
4.1	本データセットの作成手順	10
4.2	本データセットの制約	11
4.3	本データセットの統計量	12
4.4	評価用データセットの作成	13
5	提案手法	14
5.1	TCFD 推奨開示項目クライテリア	14
5.2	ゼロショットテキスト分類によるアプローチ	16
6	分類精度検証に関する実験	17
6.1	実験環境	17
6.2	実験結果及び考察	18
7	TCFD 推奨開示項目の充足状況の調査	20
8	おわりに	23
付録 A	分類精度評価実験におけるクライテリア別の評価結果の一覧	26
付録 B	TCFD 推奨開示項目と本クライテリアの関連	27
付録 C	LLMs に入力したプロンプトの例	28

1 はじめに

1.1 本研究の背景

気候変動への対応をはじめとするサステナビリティ (ESG 要素を含む中長期的な持続可能性) に関する課題は、中長期的な企業価値の向上を目指す中で、重要な経営課題であるとの意識が高まっている。この中で、金融安定理事会によって気候関連財務情報開示タスクフォース (Task Force on Climate-related Financial Disclosures, TCFD) が 2017 年 6 月に設立され、投資家等に適切な気候リスク評価ならびにその財務的な評価を促すために必要な情報開示に関する議論が行われてきた。2017 年 6 月に公表された「Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures」[1] (以下、TCFD 提言) では、気候変動に関する「ガバナンス」「戦略」「リスク管理」「指標と目標」の 4 点からなる構成要素と、これらに連なる 11 の推奨開示項目 (以下、TCFD 推奨開示項目) が設定された。

上場会社は、TCFD 提言に沿った情報開示 (以下、TCFD 開示) により、気候変動に関するリスクと機会を整理することができる。投資家は、TCFD 開示を用いることで、気候変動に関連した適切な情報開示に基づいた投資判断を行うことが可能になる。既存研究では、TCFD 開示が、投資家にとって重要な情報を提供できているかどうかに関して、多様な結果が示されている。例えば、Bingler et al. [2] は、2015 年から 2020 年までの間、世界中の TCFD 支持企業 818 社の TCFD 開示を調査した結果、企業は、TCFD の構成要素のうち、「ガバナンス」と「リスク管理」を中心に情報を開示しており、「戦略」と「指標と目標」の開示が増加していないことを明らかにした。一方で、Ding et al. [3] は、2010 年から 2018 年までの米国、英国、カナダ、オーストラリアの上場会社を対象として、炭素排出量が、TCFD 開示にどのような影響を与えるかを分析している。その結果、炭素排出量の多い企業ほど、「戦略」「リスク管理」「指標と目標」について、より積極的に TCFD 開示を実施していることを明らかにした。このように、TCFD 開示の動向に関して様々な見解があることを踏まえると、TCFD 開示に関する実態の詳細な調査は、意義深いものである。特に、既存研究は、TCFD 提言の構成要素単位の調査が中心であり、より詳細な TCFD 推奨開示項目単位の調査は限定的である。

そこで、TCFD 推奨開示項目の充足状況を調査する必要があるが、上場会社の全ての資料に対して人手での分析を実施する負担は大きい。この分析の負担を軽減する方法として、機械学習を利用した自動的な分類が考えられる。しかしながら、TCFD 開示を含むサステナビリティ情報に関する開示 (以下、サステナビリティ情報開示) は、各社の資料上に自然言語を始めとした多様な形式で記載され、多くの情報は構造化されていない。したがって、これらの情報を元に TCFD 推奨開示項目の充足状況を調査するためには、資料の読解が必須となる。そのため、従来の機械学習に基づく手法では、学習データの構築に係るコストが大きい。

この課題を解決する手法の一つとしてゼロショットテキスト分類がある。ゼロショットテキスト分類は、自然言語処理におけるタスクの一つであり、テキストと候補となるクラスのリストを入力すると、入力したテキストが属するクラスを出力し、この時、学習データは必要としない。Auzepy et al. [4] は、Davison [5] のゼロショットテキスト分類のモデルを利用して、2010 年から 2021 年までの間、TCFD を支持している世界中の銀行による 3,335 件の開示資料を対象として、TCFD 推奨開示項目の充足状況

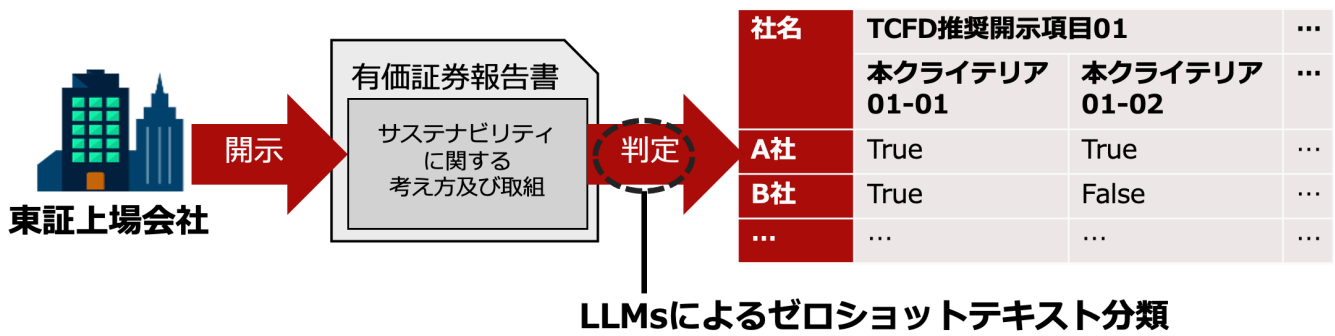


図1 提案手法の概要

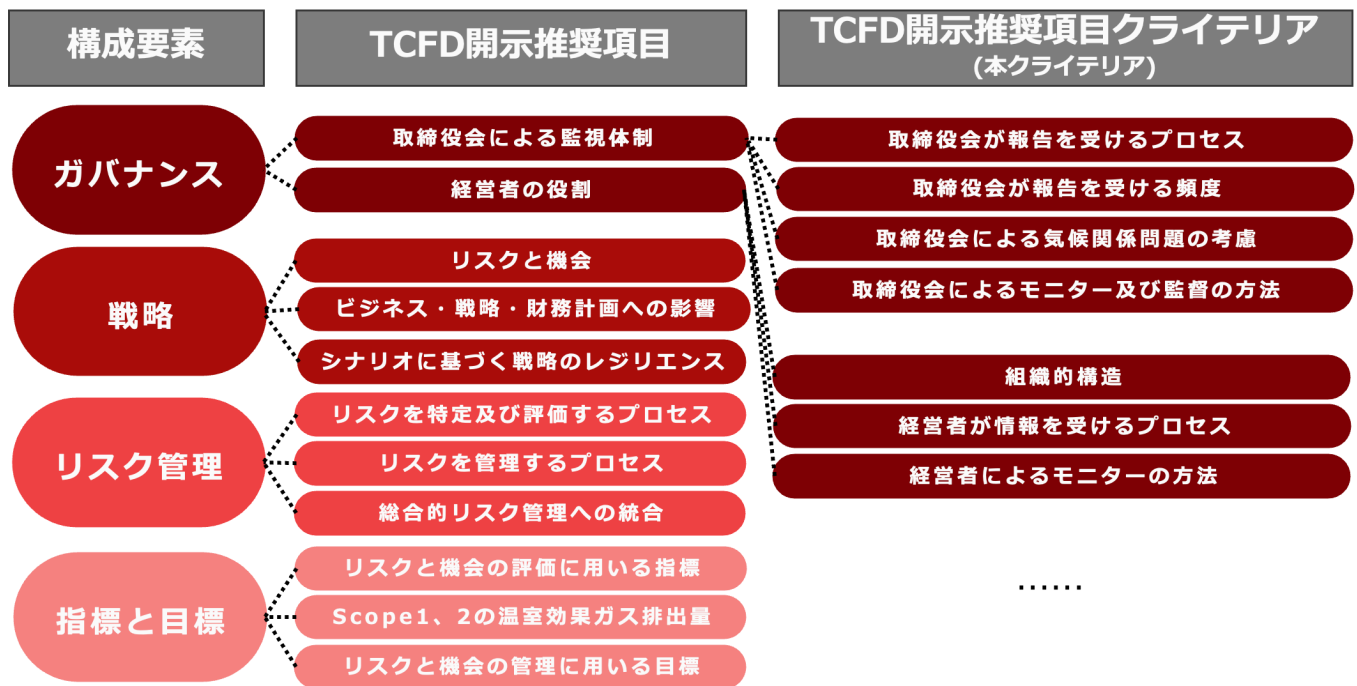


図2 本クライテリアの位置付け

を調査した。しかしながら、この手法では、Micro F1-Score（後述する正解率（Accuracy）と等価）が0.6029に留まっていること、また、ゼロショットテキスト分類モデルの都合から英語のテキストにしか対応していないという問題がある。更に、土井 et al. [6] は、日本国内の上場会社の有価証券報告書を対象として、大規模言語モデル（以下、LLMs）を用いた TCFD 推奨開示項目のゼロショットテキスト分類を提案しているが、その正解率は 86.0% に留まっており、向上の余地がある。

1.2 本研究の目的

本研究では、土井 et al. [6] と同様に、東京証券取引所の上場会社の有価証券報告書におけるサステナビリティ情報開示を対象に、LLMs を用いたゼロショットテキスト分類により、TCFD 推奨開示項目の充足状況を機械的に分類する手法を提案する。また、原文の 11 項目の TCFD 推奨開示項目では、判断基準の曖昧さに起因して、その該否の判断には高い専門性を要する。そこで、各企業の開示内容がそれ

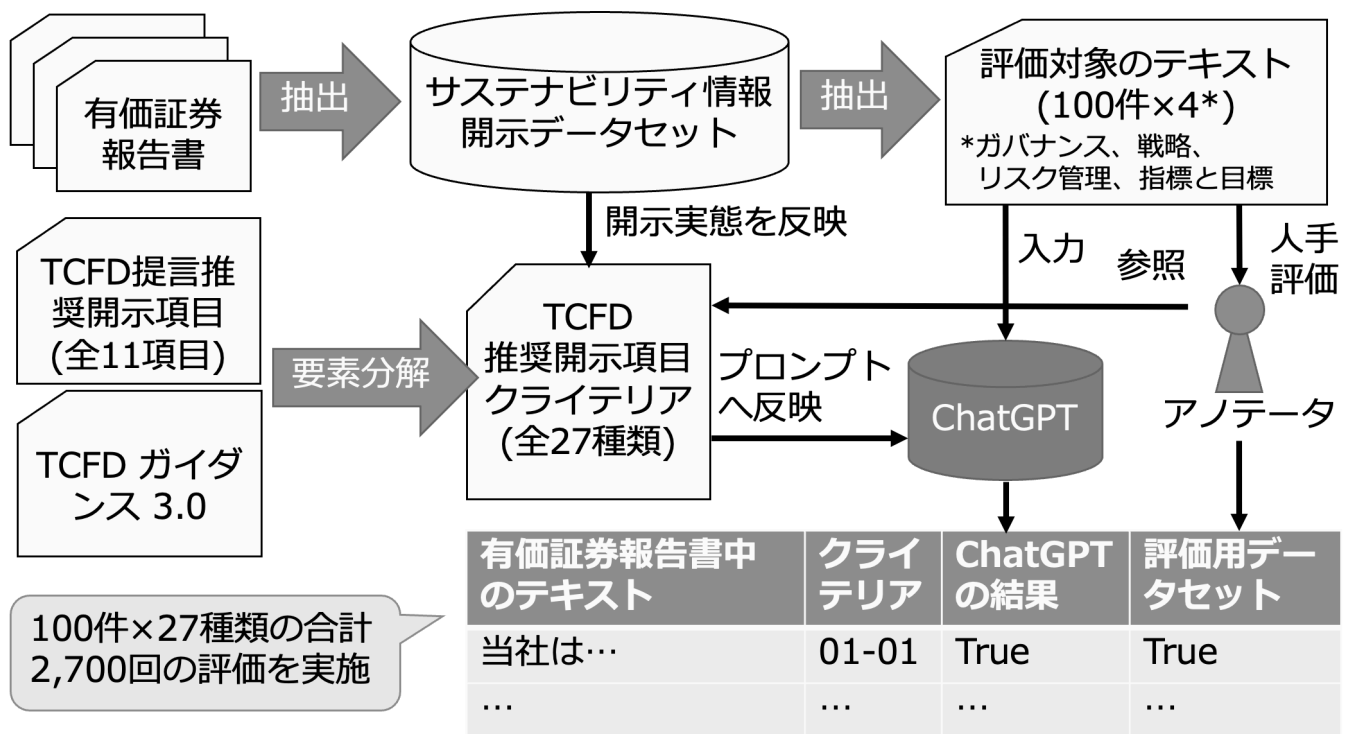


図3 提案手法の評価実験の流れ

それぞれの項目に沿った情報開示であるかどうかの判断基準として、合計 27 種類からなる TCFD 推奨開示項目クライテリア (以下、本クライテリア) を作成した。本クライテリアを用いることで、人間のみならず機械にとっても、TCFD 推奨開示項目の充足状況を評価することが容易となる。そして、分類精度が確認された手法を用いて、東京証券取引所の上場会社における TCFD 推奨開示項目の充足状況を調査する。提案手法の概要を図 1 に、本クライテリアの位置付けを図 2 にそれぞれ示す。

本研究と土井 et al. [6] の差分として、本クライテリアの精緻化と最新のモデルの利用の二点が挙げられる。前者の取り組みとして、分類精度の向上を狙って、本クライテリアの記載内容を見直した。後者の取り組みとして、同じく分類精度の向上を目的として、本研究時点で最新の LLMs を利用した。

本研究は大きく、提案手法の評価実験と、TCFD 推奨開示項目の充足状況の調査の二段階で構成される。提案手法の評価実験の流れを図 3 に示す。

本研究は、以下の点で学術的および実務的な貢献を提供する。第一に、本クライテリアの作成を通じて、TCFD 推奨開示項目の充足状況を機械的に評価するための基準を体系的に構築した点が挙げられる。これにより、開示情報の質の向上に資する具体的かつ実用的な指標を提供する。第二に、LLMs を活用したゼロショットテキスト分類による自動評価手法を提案し、これを用いて TCFD 開示の状況を分析することで、従来の手法では困難であった大量のテキストデータの機械的な評価を実現する。

一方、本研究の限界として三点考えられる。第一に、提案手法が、合計 400 件という小さなデータセットによって評価されていることである。このデータセットは高品質であるが、サンプルサイズが小さく、実験結果は普遍的ではない可能性がある。第二に、実験で利用した LLMs の詳細は公開されておらず、評価結果の再現性は限定的であることに留意しなければならない。第三に、有価証券報告書のテキスト及びテキストに変換した表のみを分析の対象としており、画像や他の文献は分析の対象外とした。

1.3 本稿の構成

第2章では、本研究に関連する既存研究について概観し、本研究の位置づけを明確にする。第3章では、TCFD開示の概要について説明する。第4章では、本研究で使用するサステナビリティ情報開示データセットについて詳述する。第5章では、本研究の提案手法として、TCFD推奨開示項目の自動判定のためのゼロショットテキスト分類に基づくアプローチを提案し、TCFD推奨開示項目クライテリアについて紹介する。第6章では、提案手法の性能を検証するための実験環境、方法及び実験結果について報告し、その結果に基づく考察を提供する。第7章では、提案手法を用いて東京証券取引所の上場会社の有価証券報告書におけるTCFD推奨開示項目の充足状況を調査する。最後に、第8章では、本研究の総括として、提案手法の貢献と今後の研究方向性について述べる。

2 関連研究

TCFD 開示に関する既存研究と、ゼロショットテキスト分類の応用に関する研究を概観する。

まず、TCFD 推奨開示項目に関する研究について述べると、Bingler et al. [2] は、ClimateBERT[7] という Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT)[8] モデルを用いて、英語の入力文を、Governance、Strategy、Risk Management、Metrics & Target のいずれかに分類するモデルを開発し、このモデルを利用して、TCFD 提言が世界各国の TCFD 支持企業の開示に大きな影響を与えていないことを報告した。次に、TCFD は、2023 年の Status Report[9] において、会社の開示資料を対象に、その記載内容が TCFD 推奨開示項目の 11 項目に適合するかどうかを判定する分類モデルを、訓練用データを作成のうえ、RoBERTa (Robustly Optimized BERT Pretraining Approach)[10] の言語モデルをファインチューニングすることで開発した。そして、そのモデルを用いて、TCFD 提言に沿った開示実態の調査を行った。Friederich et al. [11] は、ヨーロッパの企業の年次報告書を対象に、RoBERTa[10] を始めとする複数の機械学習手法を用いて、5 種類の気候関連リスクに分類するモデルを開発した。Moreno and Caminero [12] は、スペインの金融機関の企業報告書を対象に、固有表現認識を用いたテキストマイニングによって、TCFD 推奨開示項目の分類を提案した。これらに対する本研究との相違点として、入力文を日本語としていること、ゼロショットテキスト分類を利用していること、分類先が 27 種類のマルチクラスであることが挙げられる。

LLMs を活用したゼロショット学習は、特にデータセットの構築やラベル付けに関連するコストを大幅に削減することで注目されている。具体的には、特定のタスクに対する事前の訓練なしに、未知のテキストに対する分類や分析を可能にする。Kuzman et al. [13] は、英語とスロベニア語のデータセットを対象に、ニュースやプロモーションといった 9 種類の文のゼロショットテキスト分類に OpenAI の ChatGPT を利用したところ、ファインチューニングされたモデルよりも精度が上回ったことを報告している。Doi et al. [14] は、日本の上場会社が開示する監査報告書の記載事項の一つである、監査上の主要な検討事項を対象に、10 種類のトピックへの分類のために複数のモデルを試し、ChatGPT のモデルの一つである GPT-4[15] が最も精度が優れていることを報告した。これらを踏まえ、本研究においても、ゼロショットテキスト分類のモデルとして LLMs の有用性を示すことを目指す。

3 TCFD 開示

気候変動に関する情報開示は、その広範で緊急性の高い影響などから、世界全体で取り組むべき重要課題として広く認識されている。こうした理解の下、気候変動は金融市場を不安定化させる要因になる可能性が高いという考えから、金融安定理事会が 2015 年に TCFD を立ち上げ、2017 年 6 月に TCFD 提言が公開された。このような経緯を経て、サステナビリティ情報開示の中でも特に気候変動に焦点を当てたものが TCFD 提言である。

TCFD 提言は、気候変動の影響が企業財務にもたらすリスクと機会を、投資家等に報告するための枠組みであり [16]、「気候関連財務情報開示タスクフォースの提言の実施」[17]に基づくと、気候変動に関連するリスクと機会を開示するために、以下の 4 つの主要な構成要素が設定されている。

ガバナンス: 気候関連のリスクと機会に関する組織のガバナンス

戦略: 気候関連のリスクと機会が組織の事業、戦略、財務計画に及ぼす実際の影響と潜在的な影響

リスク管理: 気候関連リスクを特定し、評価し、マネジメントするために組織が使用するプロセス

指標と目標: 関連する気候関連のリスクと機械の評価とマネジメントに使用される指標と目標

これらの構成要素は、企業が気候変動に関するリスクと機会についてどのように理解・評価し、それに基づいて戦略を立案しているか、また、それらが企業にどのような財務的影響を与える可能性があるかを理解するための基盤を提供する。従って、TCFD 提言に沿った情報開示である TCFD 開示により、投資家やその他のステークホルダーは、気候変動が企業に与える潜在的な影響と、それに対する企業の管理手法・戦略を理解し、その情報を基にした意思決定を行うことが可能となる。

日本では、2021 年に改訂されたコーポレートガバナンス・コード [18]において、上場会社に対して、コンプライ・オア・エクスプレインの枠組みの下で、サステナビリティを巡る課題に積極的・能動的に取り組むよう検討を深めることを求めている。また、特にプライム市場上場会社に対しては、気候変動に係るリスクおよび収益機会が自社の事業活動や収益等に与える影響について、必要なデータの収集と分析を行い、TCFD またはそれと同等の枠組みに基づく開示の質と量の充実を進めるよう求めている。

そして、2023 年 1 月の「企業内容等の開示に関する内閣府令」の改正により、2023 年 3 月期以降の有価証券報告書では、「サステナビリティに関する考え方及び取組」の欄でサステナビリティ情報に関する開示が求められている [19]。なお、開示の構造としては TCFD と同様の 4 つの構成要素、すなわち「ガバナンス」「リスク管理」「戦略」「指標と目標」に分かれている。なお、「推奨開示項目の中には企業の開示負担が大きいものがある」といった観点から、「ガバナンス」と「リスク管理」は全ての企業が開示するものとしつつも、「戦略」と「指標と目標」は、各企業が重要性を判断して開示するものとされた [20]。参考として、2022 年度 3 月期の株式会社日本取引所グループの有価証券報告書におけるサステナビリティ開示（日英）[21, 22]の一部を図 4 に示す。

2 【サステナビリティに関する考え方及び取組】

(1) 考え方・体制

当社グループは、企業理念で掲げる「市場の持続的な発展を図り、豊かな社会の実現に貢献」に向け、我々を取り巻く環境や社会課題、それらとの関係に目を向け、企業価値の向上につながる取組を進めることが重要な経営課題の一つであると認識し、経営方針を定め、経営計画等を策定しています（第2 事業の状況-1 経営方針、経営環境及び対処すべき課題等参照）。

公正性・信頼性を備えた利便性・効率性及び透明性が高い市場と魅力的なサービスを提供するという当社グループのビジネスモデルを踏まえると、市場メカニズムを活用した取組を進めていくことが肝要と考え、長期ビジョンのもと、中期経営計画2024では3つのFocusの一つに「社会と経済をつなぐサステナビリティの推進」を掲げ、サステナビリティ関連情報の発信に係る機能強化や、関連指数算出・商品の上場、排出量市場創設の推進等に取り組んでいます。

当社グループのサステナビリティに関する考え方及び取組については、当社ウェブサイトもご参照ください。
<https://www.jpx.co.jp/corporate/sustainability/index.html>

2 Approach to Sustainability and Related Initiatives

(1) Approach and Organization

In order to “contribute to the realization of an affluent society by promoting sustainable development of the market” as set out in its Corporate Philosophy, the Group works on initiatives to improve its corporate value with attention to the surrounding environment and societal issues and the Group’s relationship to them. The Group considers this an important management issue and formulates its management policies and plans accordingly (see “1 Management Policy, Business Environment, and Issues to be Addressed” in “II Overview of Business”).

Given its business model, which is to provide attractive services along with a highly convenient, efficient, and transparent market that ensures fairness and reliability, the Group considers it essential to work on initiatives that utilize market mechanisms. Accordingly, in line with its long-term vision, the Group set out “promoting sustainability that connects society and economy” as one of the three Focus areas in its Medium-Term Management Plan 2024 and is working on related initiatives such as enhancing dissemination functions for sustainability-related information, calculating sustainability-related indices and listing-related products, and advancing the creation of an emissions trading market.

For more information on the Group’s approach to sustainability and related initiatives, please see the below webpage.
<https://www.jpx.co.jp/english/corporate/sustainability/index.html>

図4 2022年3月期の株式会社日本取引所グループのサステナビリティ開示の一部抜粋(上:和文、下:英文)

4 サステナビリティ情報開示データセット

サステナビリティ情報開示の媒体として、有価証券報告書、統合報告書、アニュアルレポート、ESG/CSR/環境/サステナビリティレポート、TCFD レポート等が考えられる。有価証券報告書以外の媒体は、上場会社が任意で開示するものであり、また、これらの多くは PDF 形式で公開されている。そこで、本研究では、一貫性のある分析の実現という観点から、HTML 形式で公開されている有価証券報告書を分析の対象とする。

本研究では、東京証券取引所の上場会社の有価証券報告書における TCFD 推奨開示項目の充足状況の調査のため、2023 年 10 月 31 日時点における東京証券取引所の上場会社の有価証券報告書から、サステナビリティ情報開示に関連するテキストを集約したデータセットとして、サステナビリティ情報開示データセット (以下、本データセット) を作成した。更に、後述する提案手法による分類精度を検証するため、本データセットから一部のデータセットを抽出することで、4 種類の構成要素ごとに 100 件の評価用データセットを作成した。

以下の節では、本データセットの作成手順、本データセットの統計量、評価用データセットの作成について述べる。

4.1 本データセットの作成手順

本データセットの作成の手順は、(1) 有価証券報告書の収集、(2) サステナビリティに関するテキスト欄の抽出、(3) XBRL タグに応じたテキストの抽出、(4) TCFD 開示関連の XBRL タグの抽出、(5) テキストの正規化から構成される。

(1) **有価証券報告書の収集:** EDINET (Electronic Disclosure for Investors' NETwork) で提供されている EDINET API を使用して、2023 年 4 月 1 日から 2023 年 10 月 31 日までに提出された有価証券報告書を収集した。その後、これらの有価証券報告書に対して、次の条件でフィルタリングを行った。

- 決算期末日が 2023 年 3 月 31 日以降
- 発行体が 2023 年 10 月 31 日時点で東京証券取引所に上場している内国株の上場会社

(2) **サステナビリティに関するテキスト欄の抽出:** 有価証券報告書の「サステナビリティに関する考え方及び取組」のテキストは、要素名が「DisclosureOfSustainabilityRelatedFinancialInformation-TextBlock」の XBRL タグの中で記載されていることから、この XBRL タグ内のテキストを抽出した。

(3) **XBRL タグに応じたテキストの抽出:** この処理では、XBRL タグの要素名とそれに紐づくテキストを抽出する。「サステナビリティに関する考え方及び取組」内は、各社が独自に定義した XBRL タグを含めた多様な XBRL タグにより、多段階の構成になっている。そこで、抽出する XBRL タグは、最大で二段階までとし、より深く定義された XBRL タグ内のテキストは通常のテキストとして扱う。また、p タグ、h3 タグまたは h4 タグで囲まれたテキストはそのままテキストとし

て扱い、表は二重リストの文字列に変換した。

(4) TCFD 開示関連の XBRL タグの抽出: 「サステナビリティに関する考え方及び取組」には、人的資本をはじめとする、気候問題には直接的には関連しないテキストが含まれている。そこで、「サステナビリティに関する考え方及び取組」から TCFD 開示に関連すると考えられるテキストのみを抽出する。そのために、前述で抽出された XBRL タグの要素名（第一階層、第二階層）とそれに紐づくテキストに対して、XBRL タグの要素名（第一階層、第二階層）のいずれかに「Governance」「Strategy」「RiskManagement」「MetricsAndTargets」のいずれかを含まれるものを抽出した。

(5) テキストの正規化: 以下をはじめとする正規化処理を実施した。

- 三点リーダーと丸数字を除いた文字に対して NFKC 正規化
- ハイフンに近似した形状の文字をハイフンに置換
- 連続する空白文字を 1 つの半角スペースに置換

これらのプロセスにより、東京証券取引所の上場会社の有価証券報告書から、TCFD 開示に関連すると考えられるテキストを精選し、それらを本データセットに含めた。本データセットには、各上場会社による「ガバナンス」「戦略」「リスク管理」「指標と目標」のテキストが含まれており、この情報を用いて、TCFD 開示の充足状況を分析することができる。

以上の手続きを通じて作成した本データセットの例を表 1 に示す。

4.2 本データセットの制約

本データセットには以下に述べる 3 点の制約がある。

(1) 有価証券報告書の提出期間: 本データセットは、2023 年 4 月 1 日から 2023 年 10 月 31 日までの期間に EDINET に提出された有価証券報告書に基づいて作成されている。そのため、2023 年度の全ての期間を対象としておらず、それ以降の期間に提出された有価証券報告書は含まれていない。このような例として、決算月が 8 月以降の上場会社が考えられる。これにより、東京証券取引所の上場会社の全体像を把握する上で、データの網羅性に限界がある。

(2) テキスト情報のみの利用: 本データセットは、テキスト情報に限定されており、図を初めとする視覚的な情報を含んでいない。なお、表については、二重リストに変換してテキスト情報として利用している。TCFD 開示においては、テキスト情報だけではなく、数値データや将来のシナリオ分析を示すグラフといった視覚的な情報が、重要な役割を果たすことがある。本データセットではこれらの視覚的情報を捉えることができないという点で、分析の制約となっている。

(3) 外部資料の非考慮: 一部の上場会社は、有価証券報告書における TCFD 開示は限定的であり、有価証券報告書の中でサステナビリティレポートを初めとする資料に言及する可能性がある。本データセットは、有価証券報告書のテキストのみを対象としており、そのような外部資料のテキストは含んでいない。従って、本研究での分析は、有価証券報告書に記載された情報に限定されており、上場会社のサステナビリティに関する取り組みの全体像を網羅的に捉えることには限界がある。

表1 本データセットの例（株式会社日本取引所グループのテキストを一部抜粋）

Code	1stXBRL	2ndXBRL	Text
86970	Governance TextBlock		[ガバナンス] 当社グループは、上記の考えのもと、グループ CEO を本部長、グループ COO を副本部長とするサステナビリティ推進本部を設置して、サステナビリティ関連課題の事業への影響を分析し、対応を進めています。これらに係る基本方針や重要事項は、適宜取締役会に報告し、監督が適切に図られる体制を整えています（第4提出会社の状況-4コーポレート・ガバナンスの状況等参照）。 (後略)
86970	Risk Management TextBlock		[リスク管理] 当社グループは、様々なリスクに対応するため、社外取締役を委員長とする「リスクポリシー委員会」及び CEO を委員長とする「リスク管理委員会」を設置し、「リスク管理方針」に従って、未然防止の観点からリスクの認識と対応策の整備・運用を行うとともに、リスクが顕在化あるいはそのおそれが生じた場合には、早期に適正な対応をとる体制を整えています。 (後略)
86970	Strategy TextBlock		[戦略] 当社グループは、気候変動がもたらすリスク・機会として想定される事項と、それらが当社グループの事業・戦略・財務計画に与える影響を検討し、リスク低減や企業価値向上に向けた施策を講じており、中期経営計画 2024 ではグリーン戦略として整理しています。 (後略)
86970	Strategy TextBlock	Reference ToOther Information Strategy	シナリオ分析の詳細については、当社ウェブサイトをご覧ください。 https://www.jpx.co.jp/corporate/sustainability/jpx-esg/environment/01.html

4.3 本データセットの統計量

本データセットは、2023年4月1日から2023年10月31日までに提出された有価証券報告書の中から、2023年10月31日時点で東京証券取引所に上場している日本国内の企業を対象に作成された。これらの有価証券報告書からサステナビリティ情報に関連するテキストを抽出した結果、2,198社の有価証券報告書からテキストが得られた。本データセットには、これらの有価証券報告書から抽出されたテキストが含まれており、全体でテキストは13,530件、総文字数は8,089,292文字だった。

表2に、XBRLタグに含まれる文字別に、テキスト数と文字数を示す。なお、XBRLタグの要素名の中には、「MetricsAndTargetsDataGovernanceTextBlock」のように、複数の構成要素名を含むものがあることから、各構成要素のテキスト数の総和と文字数の総和は、全体のテキスト数と文字数とは一致しない。

表2 XBRL タグ別の本データセットの統計量

XBRL タグに含まれる文字	テキスト数 (件)	上場会社数 (社)	文字数 (字)	1 社当たり 平均文字数 (字/社)
Governance	2,721	2,178	1,071,287	491.9
Strategy	4,551	2,164	4,291,547	1,983.2
RiskManagement	2,667	2,145	987,729	460.5
MetricsAndTargets	4,233	2,118	2,475,695	1,168.9
全体	13,530	2,198	8,089,292	3,680.3

4.4 評価用データセットの作成

本研究では、本データセットから抽出されたテキストを用いて、TCFD 推奨開示項目の充足状況を自動的に評価する手法の性能を検証するために、評価用データセットを作成した。この評価用データセットは、本データセットから4種類の構成要素ごとにランダムに選出された100件のテキストを含んでおり、各サンプルには、著者により手動でラベルを付与した。これらのラベルは、後述する本クライテリアに対応している。

評価用データセットの作成にあたっては、以下の手順を踏んだ。

1. 本データセットから「ガバナンス」「戦略」「リスク管理」「指標と目標」のそれぞれに対応するテキストをランダムに100件抽出（合計400件）
2. 抽出された各テキストに対して、「ガバナンス」「戦略」「リスク管理」「指標と目標」のそれぞれに対応する本クライテリアの充足状況（充足するか充足しないかの二値分類）を、手動によりラベル付け

この評価用データセットを用いることで、提案する自動評価モデルの性能を検証し、有価証券報告書におけるTCFD 推奨開示項目の充足状況をより正確に把握することが可能となる。

評価用データセットにおける各クライテリアの充足状況は[付録 A](#)に示す。

5 提案手法

本研究では、TCFD 推奨開示項目の充足状況を機械的に分類する手法として、LLMs を用いたゼロショットテキスト分類を提案する。この手法は、事前に訓練済みの LLMs を使用することにより、今回の分類タスクのために追加の訓練データを必要としない。また、原文の 11 項目の TCFD 推奨開示項目は、人間のみならず機械にも判断基準が曖昧となる可能性がある。そこで本研究では、各企業の開示内容がそれぞれの項目に沿った情報開示であるかどうかを検討するための判断基準として、11 項目の TCFD 推奨開示項目を元に合計 27 種類からなる本クライテリアを作成した。

以下では、本クライテリアの詳細について述べた後、提案手法であるゼロショットテキスト分類によるアプローチについて述べる。

5.1 TCFD 推奨開示項目クライテリア

<p>ID: TCFD-G-01-01</p> <p>タイトル: 取締役会が報告を受けるプロセス</p> <p>クライテリアの定義: 取締役会または委員会が、気候関連問題について、報告を受けるプロセスを述べているか。</p> <p>備考:</p> <ul style="list-style-type: none">• 委員会には、監査委員会やリスク委員会等が例として考えられる。• 気候関連問題とは、気候関連のリスクや機会のことを言う。• サステナビリティへの取り組みは、気候関連問題に関係していると見なす。• 今後の予定に関する内容は考慮しない。
--

図 5 本クライテリアのサンプル

TCFD 推奨開示項目をより具体的に評価するために、本研究では 27 種類の本クライテリアを作成した。本クライテリアは、11 項目の TCFD 推奨開示項目を更に細分化し、それぞれの項目に対して具体的な評価基準を設けることで、開示内容の詳細な分析を可能にする。より具体的な分析のためには、各クライテリアの適合度合いを示す多段階の指標を設けることが手段として考えられるが、今回は分類の簡便さを考慮して、各クライテリアを充足するかしないかの二値で分類することとした。

各クライテリアは、ID、タイトル、関連する TCFD 推奨開示項目、クライテリアの定義、備考で構成されている。ID とタイトルは各クライテリアを一意に分類するように定めた。また、各クライテリアは TCFD 推奨開示項目に紐づいていることから、どの項目に紐づいているかを各クライテリアの中で明記した。クライテリアの定義は、本クライテリアの中核を為すものであり、曖昧性を排除するために、可

気候関連財務情報開示に関するガイダンス3.0

本クライテリア

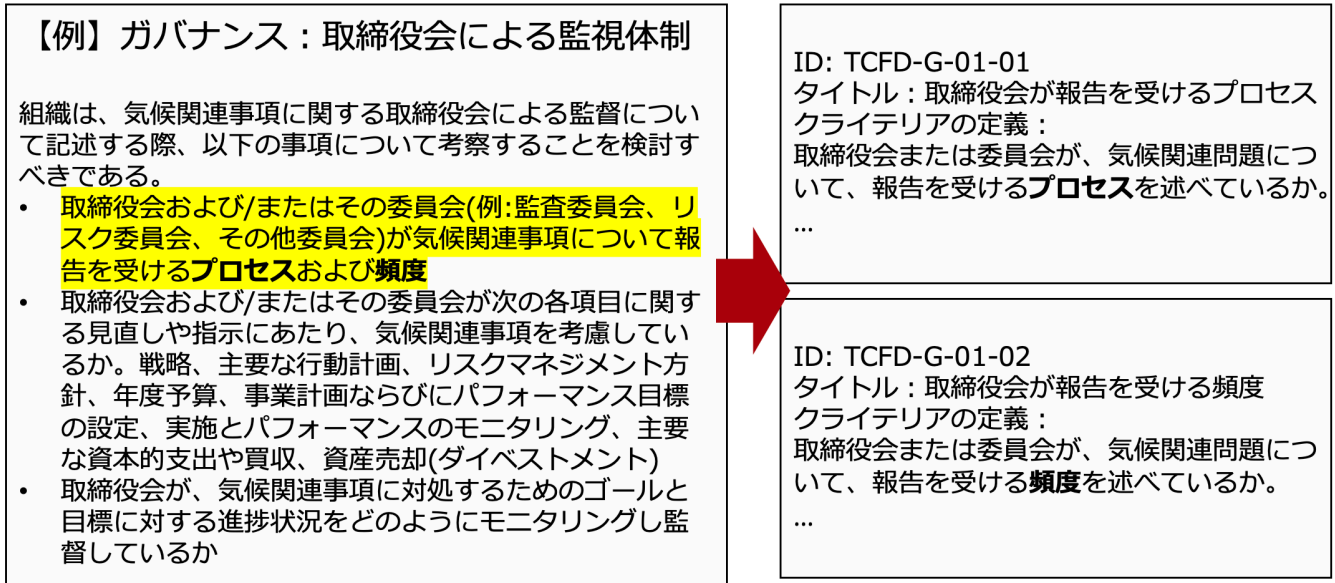


図6 本クライテリアの設計のイメージ

可能な限り簡潔な記載に留めた。備考は、用語の定義や例外条件を記載するものである。もし、提案手法の精度の改善のために、各クライテリアの記載内容を見直す場合は、クライテリアの定義にはなるべく修正を加えず、備考にて分類結果を補正することを目指した。クライテリアのイメージを図5に示す。

本クライテリアの作成の際には、気候関連財務情報開示に関するガイダンス3.0(以下、TCFDガイダンス3.0)[23, 24]を参照し、各TCFD推奨開示項目のガイダンスの内容を本クライテリアへ反映させた。言い換えると、本クライテリアは、TCFD推奨開示項目とTCFDガイダンス3.0の要素分解を目指したものである。更に、あるクライテリアの適合の如何が他のクライテリアの結果に依存しないよう、つまり、互いのクライテリアの判断基準は独立するよう、注意深く設計した。図6に、TCFD推奨開示項目の一つである「取締役会による監視体制」のうち、組織が記載を検討する内容を、互いに独立したクライテリアとして抽出した例を示す。

また、本クライテリアの作成の過程では、本データセットを踏まえ、現時点における日本の上場会社の実際の記載内容をある程度反映させるよう、修正を施した。このような修正の例として、TCFD推奨開示項目では曖昧な用語に対して、実際の記載内容で用いられている用語を例示として付与することが挙げられる。この時、本データセットの全てのテキストを対象とするのではなく、代表的なサンプルを抽出して本クライテリアを調整した。具体的には、Latent Semantic Analysis[25]を用いてテキストを200次元に圧縮し、その後K-meansによって4つの構成要素ごとに30件の代表的なテキストを抽出した。

TCFD推奨開示項目と本クライテリアの関係を、付録Bに記載する。

なお、本クライテリアは、以下のリンク先のGithubリポジトリで公開している。

https://github.com/cierpa/tcfdf_criteria

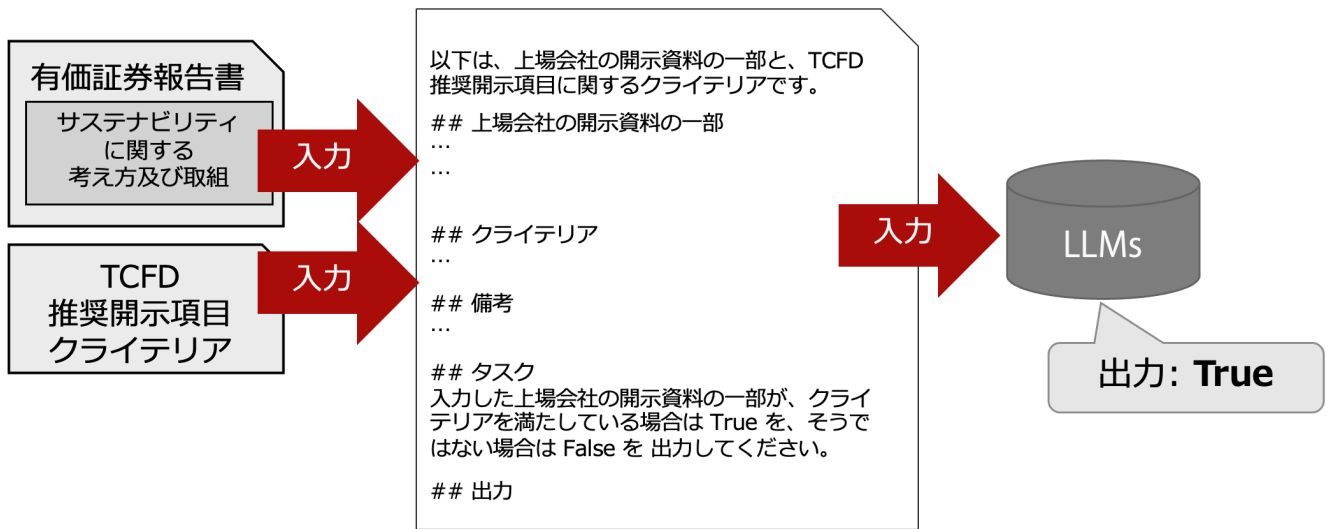


図 7 本提案手法におけるゼロショットテキスト分類の概要

5.2 ゼロショットテキスト分類によるアプローチ

本研究では、本データセットまたは評価用データセットのテキストと、本クライテリアの内容をプロンプトを LLMs に入力して、そのテキストがそのクライテリアに充足しているかどうかを判断する。この時、テキストに対応する XBRL タグの要素名を参照して、対応する構成要素に応じたクライテリアごとにプロンプトが実行される。すなわち、1つのテキストごとに、「ガバナンス」については計 7 クライテリア分、「戦略」については計 10 クライテリア分、「リスク管理」については計 4 クライテリア分、「指標と目標」については計 6 クライテリア分のプロンプトを実行する。なお、「MetricsAndTargetsDataGovernanceTextBlock」のように、XBRL タグの要素名が複数の構成要素を含むテキストに対しては、複数の構成要素のそれぞれに対応するクライテリアについてプロンプトを実行する。

また、各クライテリアを満たす場合は True、満たさない場合は False を出力するように、LLMs に入力するプロンプトに明記した。

以上を踏まえ、本提案手法におけるゼロショットテキスト分類の概要を図 7 に、プロンプトの例を付録 C に示す。

6 分類精度検証に関する実験

本研究では、提案手法の有効性を評価するために、評価用データセットを用いて、分類精度を検証した。評価用データセットには、4つの構成要素（ガバナンス、戦略、リスク管理、指標と目標）ごとに100件のテキストが含まれており、これらを用いてモデルの分類精度を検証した。

以下では、実験環境について述べた後、実験結果及び考察について述べる。

6.1 実験環境

本実験では、OpenAI の ChatGPT を利用し、API^{*1}を通じてプロンプトを実行する。この時、使用したモデル^{*2}は、GPT-3.5 の gpt-3.5-turbo-0125 と、GPT-4 の gpt-4-0125-preview である。

評価用データセットは、4つの構成要素のそれぞれに該当する各 100 件、合計 400 件のテキストで構成されている。本実験では、1つのテキストごとに、「ガバナンス」については計 7 クライテリア分、「戦略」については計 10 クライテリア分、「リスク管理」については計 4 クライテリア分、「指標と目標」については計 6 クライテリア分のプロンプトを実行する。これにより、各テキストに対して、それぞれのクライテリアに対する True（充足する）または False（充足しない）の判断を得る。

本研究の実験結果を評価するため、各クライテリアと構成要素ごとの正解率 (Accuracy)、適合率 (Precision)、再現率 (Recall)、F1-score を用いた。正解率は全ての評価結果に対する正確な分類の割合、適合率は True と予測されたデータのうち、実際に True であったデータの割合、再現率は実際に True であるデータのうち、True と予測されたデータの割合、F1-Score は適合率と再現率の調和平均であり、提案手法の全体的な精度を評価する。それぞれの定義を式 (1)-(4) に示す。なお、TP、TN、FP、FN はそれぞれ、True Positive（真陽性）、True Negative（真陰性）、False Positive（偽陽性）、False Negative（偽陰性）を表す。

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

$$\text{F1-score} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (4)$$

*1 <https://platform.openai.com/docs/api-reference>

*2 <https://platform.openai.com/docs/models>

表3 GPT-3.5 と GPT-4 の分類精度の比較

LLMs	正解率	適合率	再現率	F1-Score
GPT-3.5	59.3%	36.3%	95.8%	52.7%
GPT-4	92.8%	77.2%	94.4%	84.9%

6.2 実験結果及び考察

実験結果について、全体的な傾向について結果と考察を述べた後、より細かい構成要素別といくつかのクライテリアについて見受けられた傾向について結果と考察を述べる。

6.2.1 全体的な傾向の評価

GPT-3.5 と GPT-4 の分類精度を評価するため、評価用データセット全 400 件を対象とした正解率、適合率、再現率、F1-Score を分析すると、表 3 のとおりであった。

表 3 の結果から、GPT-4 を使用したゼロショットテキスト分類の方が GPT-3.5 を使用した場合よりも、分類精度が大幅に高いことが分かる。特に、正解率と F1-Score が大きく改善されている点は、GPT-4 が、TCFD 推奨開示項目の自動判定に適していることを示唆している。GPT-4 の推論能力は、サステナビリティ開示における複雑な自然言語の文脈を解釈し、より正確な分類判断を下すことに貢献していると考えられる。

本実験結果における GPT-4 の分類精度と土井 et al. [6] における分類精度を比較すると、正解率は 86.0% から 92.8%、F1-Score は 72.9% から 84.9% に向上した。この結果は、当該先行研究との差分である、本クライテリアの精緻化と最新のモデルの利用が分類精度の向上に寄与したことを示している。

また、GPT-3.5 と GPT-4 の双方において、再現率が高い傾向が認められる。これは、これらの LLMs が TCFD 推奨開示項目に関連する内容を見逃さずに捉える能力が高いことを示している。反対に、適合率が比較的低いことから、関連しない内容を正しく分類することが課題であることも示唆している。適合率が低い原因としては、プロンプトの設計によるものや、LLMs が文脈の解釈を誤ることが考えられる。この問題を解決するためには、より詳細なプロンプトの設計や、LLMs の文脈理解能力を高めるための追加のチューニングが必要となる可能性がある。

6.2.2 構成要素別およびクライテリア別評価

前項の結果を踏まえ、本項では GPT-4 の分類結果について評価する。なお、GPT-3.5 と GPT-4 による全てのクライテリアの分類結果は、付録 A に記載する。

GPT-4 を用いた提案手法による、各構成要素の分類精度を表 4 に示す。

各構成要素において、全体的に、GPT-4 を使用した提案手法は、分類精度が非常に高い傾向を示している。

まず、F1-Score に着目すると、「ガバナンス」と「指標と目標」は F1-Score が他よりも高い傾向が認められており、これらの分類においては提案手法が適していることが示唆されている。

表4 GPT-4 による構成要素別の分類精度

構成要素	正解率	適合率	再現率	F1-Score
ガバナンス	89.6%	86.9%	97.1%	91.6%
戦略	95.3%	68.0%	94.1%	77.9%
リスク管理	87.3%	72.7%	92.7%	81.4%
指標と目標	96.0%	84.2%	93.0%	88.1%
全体	92.8%	77.2%	94.4%	84.9%

次に、再現率に着目すると、どの構成要素においても高い再現率が確認された。このことは、提案手法が TCFD 推奨開示項目に関連するテキストを見逃さない能力を持っていることを示している。土井 et al. [6] では、「ガバナンス」における一部のクライテリアにおいて、低い再現率が示唆されていたものの、本研究ではクライテリアの改善による曖昧な判断基準の明確化や、最新モデルの使用による解釈能力の向上によって、再現率が大幅に改善した。

最後に、適合率に着目すると、「戦略」と「リスク管理」については、適合率が他の構成要素に比べて低い結果となっており、結果的にこれらについては F1-Score が低い傾向が認められる。すなわち、これらの構成要素においては、クライテリアに関連しない内容を正しく分類することに対する課題が見受けられる。クライテリア別の傾向を見ると、「戦略」の 03-02（適合率 55.6%）、03-03（適合率: 52.9%）及び 04-01（適合率: 54.2%）、並びに「リスク管理」の 08-01（適合率: 61.5%）及び 08-02（適合率: 66.7%）において、顕著に適合率が低いクライテリアが確認された。

これらの結果から、特定のクライテリアに関しては、分類の精度を向上させるために、プロンプトの設計の改善や、分類プロセスの最適化が必要であることが示唆される。特に、適合率が低いクライテリアについては、関連性が低いテキストを誤って充足すると分類してしまうケースが多いことが考えられるため、より具体的な文脈や用語をプロンプトに含めることで、分類精度の向上が期待できる。

6.2.3 実験結果に関する総括

全体として、GPT-4 を用いた提案手法において、高い分類精度が確認された。特に、「ガバナンス」と「指標と目標」の構成要素においては、高い適合率と再現率が得られ、これらの分類において提案手法が特に適していることが示された。一方で、「戦略」と「リスク管理」の構成要素における適合率の低さは、プロンプトの設計や分類プロセスの最適化の余地を示唆している。

なお、本研究の限界としては、評価用データセットのサイズが合計 400 件と比較的小さいため、結果の一般化には注意が必要である。また、使用した LLMs の内部における詳細な動作が不透明であることから、オープンな LLMs を用いることで、評価結果の妥当性を高めることが求められる。更に、LLMs の進化に伴い、モデルの選択やプロンプトの設計方法に新たな知見が得られる可能性があるため、定期的なモデルのアップデートと手法の再評価が重要である。

7 TCFD 推奨開示項目の充足状況の調査

提案手法を用いて、東京証券取引所の上場会社の有価証券報告書に含まれるサステナビリティ情報における TCFD 推奨開示項目の充足状況を調査する。調査方法としては、先に作成した本データセットを用い、提案手法を適用して、各上場会社がどの TCFD 推奨開示項目に対応しているかを機械的に判定した。なお、4.2 節に示すとおり、本データセットは有価証券報告書のテキスト情報のみを対象としており、図や外部資料に関する情報は含んでいない。

本調査では、全 2,198 社の 13,530 件のテキストを対象として、「Governance」「Strategy」「Risk Management」「MetricsAndTargets」のそれぞれの文字列を含む場合、「ガバナンス」「戦略」「リスク管理」「指標と目標」のそれぞれに対応するテキストとして扱い、本クライテリアに基づく分類を行った。具体的には、それぞれのクライテリアにおいて、各上場会社がそのクライテリアを充足しているテキストを含む場合には、その上場会社はそのクライテリアを満たすものと捉えることで、上場会社単位で分類結果を集約した。

まず、表 5 に、提案手法による本データセットの分類結果と分類精度評価実験時の評価用データセットの正解割合の比較を示す。評価用データセットは本データセットからランダムに 100 件ずつ抽出したデータセットである。そのため、もし提案手法の精度が十分高いものであれば、提案手法による本データセットの分類結果と評価用データセットの正解数は同様の傾向を示す。そこで、分類精度評価実験時の評価用データセットにおける、True (各クライテリアを充足する) のラベルを付与した割合を、提案手法により True (各クライテリアを充足する) と判断された割合で減算した値を観察する。この結果、大半のクライテリアにおいてはこの値は一定の範囲で収まったが、04-01 をはじめとして、分類精度評価実験において適合率が低かったクライテリアでは大きな乖離が確認された。言い換えると、分類精度評価実験において適合率が低いクライテリアにおいては、提案手法を用いた分類の結果は、真の分布における充足割合よりも多くなる可能性がある。そのため、本データセット全体における各クライテリアの充足状況をより正確に把握するためには、これらのクライテリアにおける適合率を高める必要がある。

次に、表 6 に、提案手法による本データセットの分類結果に基づき、各 TCFD 推奨開示項目の充足会社数を集計した結果を示す。この結果から、東京証券取引所の上場会社の有価証券報告書における TCFD 推奨開示項目の充足状況について、全体的な傾向を観察することができた。特に、「ガバナンス」と「リスク管理」に関する開示が相対的に充足しているのに対し、「戦略」と「指標と目標」に関する開示は、まだ多くの企業で充足されていないことが明らかとなった。この傾向は、企業内容等の開示に関する内閣府令が、2023 年度 3 月期以降頃における有価証券報告書について、「ガバナンス」と「リスク管理」は全ての上場会社が開示するものとしつつも、「戦略」と「指標と目標」には任意的な開示とした方針 [20] とも整合している。なお、分類精度評価実験において、「戦略」と「リスク管理」は他よりも適合率が低かったことから、これらの充足数は真の分布における充足数よりも多く出力されている可能性がある。

続いて、個々のクライテリアに関しては、特定の項目に関する開示が不足している場合が多く、これは投資家やステークホルダーが気候変動関連のリスクや機会に関する情報を十分に評価する上での障壁となっている可能性を示唆する。例えば、「取締役会が報告を受けるプロセス」(01-01) を充足する上場

表5 (1) 提案手法による本データセットの分類結果と (2) 評価用データセットの正解数の割合の比較

ID	タイトル	(1) 提案手法	(2) 評価用 データセット	(1)-(2)
01-01	取締役会が報告を受けるプロセス	71.3%	69.0%	2.3%
01-02	取締役会が報告を受ける頻度	28.7%	38.0%	-9.3%
01-03	取締役会による気候関係問題の考慮	69.6%	70.0%	-0.4%
01-04	取締役会によるモニター及び監督の方法	47.5%	47.0%	0.5%
02-01	組織的構造	73.9%	66.0%	7.9%
02-02	経営者が情報を受けるプロセス	77.8%	71.0%	6.8%
02-03	経営者によるモニターの方法	66.5%	66.0%	0.5%
03-01	リスクと機会の検討における時間的範囲	15.9%	14.0%	1.9%
03-02	特定の時間的範囲での気候関連の課題	10.8%	5.0%	5.8%
03-03	財務的影響を与えるリスクと機会の特定プロセス	18.4%	9.0%	9.4%
04-01	ビジネス又は戦略に与える影響	24.6%	13.0%	11.6%
04-02	財務計画に与える影響	7.9%	5.0%	2.9%
05-01	2℃以下シナリオ	11.0%	11.0%	0.0%
05-02	シナリオと時間的範囲	11.9%	7.0%	4.9%
05-03	シナリオにおける戦略への影響	13.5%	8.0%	5.5%
05-04	シナリオにおける戦略の対応	12.2%	7.0%	5.2%
05-05	シナリオにおける財務計画への影響	11.8%	8.0%	3.8%
06-01	リスクを特定及び評価するプロセス	60.1%	50.0%	10.1%
07-01	リスクを管理するプロセス	73.1%	62.0%	11.1%
08-01	特定及び評価プロセスの総合的リスク管理への統合	27.6%	18.0%	9.6%
08-02	管理プロセスの総合的リスク管理への統合	28.0%	21.0%	7.0%
09-01	評価指標	28.0%	25.0%	3.0%
09-02	評価指標の過去の実績値	9.2%	6.0%	3.2%
10-01	温室効果ガス排出量	20.8%	20.0%	0.8%
10-02	温室効果ガス排出量の過去の実績値	6.7%	6.0%	0.7%
11-01	気候関連の目標	26.5%	24.0%	2.5%
11-02	気候関連の目標が適用される時間軸	26.0%	23.0%	3.0%
	平均	32.6%	28.5%	4.1%

会社は 77.9% であるものの、「取締役会が報告を受ける頻度」(01-02) を充足する上場会社は 33.4% に留まった。この結果は、上場会社が TCFD 推奨開示項目の中で、特定の情報についての開示に重点を置きつつも、報告頻度などの、より詳細な情報は、十分に提供されていない可能性があることを示している。

なお、株式会社日本取引所グループでは、日本企業における TCFD 提言に沿った気候変動関連の情報開示の実態を把握し、上場会社が気候変動関連情報の開示に取り組むうえで参考となる情報を提供することを目的に、TCFD 賛同上場会社 259 社（2021 年 3 月末時点）を対象とした「TCFD 提言に沿った情報開示の実態調査」[26] を 2021 年 11 月に公表し、JPX 日経インデックス 400 構成銘柄を対象とした「TCFD 提言に沿った情報開示の実態調査（2022 年度）」[27] を 2023 年 1 月に公表している。2023 年度の調査においては、本提案手法による分類結果をもとに、より詳細な調査を実施し、その結果を公表する予定である。

表6 提案手法による本データセットの分類結果に基づく上場会社単位の各TCFD推奨開示項目の充足数の集計結果

ID	タイトル	充足社数	全上場会社数 (2,198社)に占める割合	TCFD 推奨開示別の 充足率(平均値)
01-01	取締役会が報告を受けるプロセス	1713	77.9%	60.2%
01-02	取締役会が報告を受ける頻度	735	33.4%	
01-03	取締役会による気候関係問題の考慮	1673	76.1%	
01-04	取締役会によるモニター及び監督の方法	1175	53.5%	
02-01	組織的構造	1702	77.4%	78.3%
02-02	経営者が情報を受けるプロセス	1851	84.2%	
02-03	経営者によるモニターの方法	1607	73.1%	
03-01	リスクと機会の検討における時間的範囲	677	30.8%	29.7%
03-02	特定の時間的範囲での気候関連の課題	487	22.2%	
03-03	財務的影響を与えるリスクと機会の特定プロセス	796	36.2%	
04-01	ビジネス又は戦略に与える影響	1024	46.6%	31.4%
04-02	財務計画に与える影響	358	16.3%	
05-01	2℃以下シナリオ	495	22.5%	24.6%
05-02	シナリオと時間的範囲	534	24.3%	
05-03	シナリオにおける戦略への影響	604	27.5%	
05-04	シナリオにおける戦略の対応	542	24.7%	
05-05	シナリオにおける財務計画への影響	528	24.0%	
06-01	リスクを特定及び評価するプロセス	1459	66.4%	66.4%
07-01	リスクを管理するプロセス	1713	77.9%	77.9%
08-01	特定及び評価プロセスの総合的リスク管理への統合	707	32.2%	32.3%
08-02	管理プロセスの総合的リスク管理への統合	715	32.5%	
09-01	評価指標	1076	49.0%	32.9%
09-02	評価指標の過去の実績値	372	16.9%	
10-01	温室効果ガス排出量	822	37.4%	25.0%
10-02	温室効果ガス排出量の過去の実績値	276	12.6%	
11-01	気候関連の目標	1008	45.9%	45.2%
11-02	気候関連の目標が適用される時間軸	979	44.5%	

8 おわりに

本研究では、LLMs を用いたゼロショットテキスト分類による TCFD 推奨開示項目の分類手法を提案し、その有効性を実証した。提案手法を用いることで、有価証券報告書に含まれる大量のテキストデータから TCFD 推奨開示項目の充足状況を機械的に評価し、その結果をもとに、東京証券取引所の上場会社の有価証券報告書における TCFD 推奨開示項目の充足状況を把握した。また、提案手法は、特に「ガバナンス」と「指標と目標」の分類において高い精度を示し、TCFD 推奨開示項目の充足状況を効率的に評価することが可能であることを示した。このアプローチは、サステナビリティ情報開示の分析において、高い効率性と精度を実現し、上場会社が気候関連情報を開示する際や、投資家が評価・分析の意思決定をする際に、参考となる情報を提供する可能性を秘めている。

今後の研究では、継続的な充足状況の調査、本クライテリアを含む分類手法の改善、有価証券報告書以外の開示媒体への展開が考えられる。また、提案手法は、サステナビリティ情報開示の自動化分析の一例であり、これを基にしたさまざまな応用が考えられる。例えば、他の ESG 要素に関する情報開示の分析や、国際的な開示基準への適用など、幅広い分野での展開が期待される。

参考文献

- [1] TCFD (Task Force Clim. Relat. Financ. Discl.). Recommendations of the task force on climate-related financial disclosures. 2017.
- [2] Julia Anna Bingler, Mathias Kraus, Markus Leippold, and Nicolas Webersinke. Cheap talk and cherry-picking: What climatebert has to say on corporate climate risk disclosures. *Finance Research Letters*, 47:102776, 2022. ISSN 1544-6123. doi: <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.102776>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1544612322000897>.
- [3] Dong Ding, Bin Liu, and Millicent Chang. Carbon emissions and tcf aligned climate-related information disclosures. *Journal of Business Ethics*, 182(4):967–1001, 2023.
- [4] Alix Auzepy, Elena Tönjes, David Lenz, and Christoph Funk. Evaluating tcf reporting: A new application of zero-shot analysis to climate-related financial disclosures, 2023.
- [5] Joe Davison. Zero-shot learning in modern nlp, 2020. <https://joeddav.github.io/blog/2020/05/29/ZSL.html> (accessed on 2024-03-01) .
- [6] 土井惟成, 小田悠介, 中久保菜穂, and 杉本淳. ゼロショットテキスト分類による TCFD 推奨開示項目の自動判定. pages 1279–1284, 3 2024.
- [7] Nicolas Webersinke, Mathias Kraus, Julia Anna Bingler, and Markus Leippold. Climatebert: A pre-trained language model for climate-related text, 2022.
- [8] Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, and Kristina Toutanova. Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding, 2019.
- [9] Task Force on Climate-related Financial Disclosures. Task force on climate-related financial disclosures 2023 status report, 2023. <https://www.fsb.org/wp-content/uploads/P121023-2.pdf> (accessed on 2024-03-01) .
- [10] Yinhan Liu, Myle Ott, Naman Goyal, Jingfei Du, Mandar Joshi, Danqi Chen, Omer Levy, Mike Lewis, Luke Zettlemoyer, and Veselin Stoyanov. Roberta: A robustly optimized bert pretraining approach, 2019.
- [11] David Friederich, Lynn H. Kaack, Alexandra Luccioni, and Bjarne Steffen. Automated identification of climate risk disclosures in annual corporate reports, 2021.
- [12] Angel-Ivan Moreno and Teresa Caminero. Application of text mining to the analysis of climate-related disclosures. *International Review of Financial Analysis*, 83:102307, 2022. ISSN 1057-5219. doi: <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102307>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1057521922002617>.
- [13] Taja Kuzman, Igor Mozetič, and Nikola Ljubešić. Chatgpt: Beginning of an end of manual linguistic data annotation? use case of automatic genre identification, 2023.
- [14] N. Doi, Y. Nobuta, and T. Mizuno. Topic classification of key audit matters in japanese audit reports by zero-shot text classification. In *2023 14th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)*, pages 540–545, Los Alamitos, CA, USA, jul 2023. IEEE Computer Society.

- doi: 10.1109/IIAI-AAI59060.2023.00108. URL <https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/IIAI-AAI59060.2023.00108>.
- [15] OpenAI. GPT-4 Technical Report, 2023. <https://cdn.openai.com/papers/gpt-4.pdf> (accessed on 2024-03-01) .
- [16] 金融庁. サステナビリティ開示に関する関係府省会議（第1回）説明資料, 2022. <https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/sustainability/dai1/siryou2.pdf> (accessed on 2024-03-01) .
- [17] TCFD Consortium. Implementing the Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures (Japanese), 2021. https://tcfd-consortium.jp/pdf/about/2021_TCFD_Implementing_Guidance_2110_jp.pdf (accessed on 2024-03-01) .
- [18] 株式会社東京証券取引所. コーポレートガバナンス・コード, 2021. <https://www.jpx.co.jp/equities/listing/cg/tvdivq0000008jdy-att/nlsgeu000005lnul.pdf> (accessed on 2024-03-01) .
- [19] 金融庁. サステナビリティ情報の記載欄の新設等の改正について（解説資料）, 2023. <https://www.fsa.go.jp/policy/kaiji/sustainability01.pdf> (accessed on 2024-03-01) .
- [20] 金融庁. 金融審議会 ディスクロージャーワーキング・グループ 報告, 2022. https://www.fsa.go.jp/singi/singi_kinyu/tosin/20220613/01.pdf (accessed on 2024-03-01) .
- [21] 株式会社日本取引所グループ. 2022 年度（第 22 期）有価証券報告書, 2023. <https://www.jpx.co.jp/corporate/investor-relations/ir-library/securities-reports/tvdivq0000008r0t-att/view22-0.pdf> (accessed on 2024-03-01) .
- [22] 株式会社日本取引所グループ. Annual Securities Report FY2022, 2023. https://www.jpx.co.jp/english/corporate/investor-relations/ir-library/securities-reports/tcgh5100000049ke-att/Annual_Securities_Report_fy2022.pdf (accessed on 2024-03-01) .
- [23] TCFD Consortium. 気候関連財務情報開示に関するガイダンス 3.0, . https://tcfd-consortium.jp/pdf/news/22100501/TCFD_Guidance_3.0_J.pdf.
- [24] TCFD Consortium. TCFD Guidance 3.0, . https://tcfd-consortium.jp/pdf/en/news/22100501/TCFD_Guidance_3.0_e.pdf.
- [25] Scott Deerwester, Susan T Dumais, George W Furnas, Thomas K Landauer, and Richard Harshman. Indexing by latent semantic analysis. *Journal of the American society for information science*, 41(6): 391–407, 1990.
- [26] 株式会社日本取引所グループ. TCFD 提言に沿った情報開示の実態調査, 2021. <https://www.jpx.co.jp/corporate/news/news-releases/0090/nlsgeu00000610sr-att/TCFDsurveyJP.pdf> (accessed on 2024-03-01) .
- [27] 株式会社日本取引所グループ. TCFD 提言に沿った情報開示の実態調査（2022 年度）, 2023. <https://www.jpx.co.jp/corporate/news/news-releases/0090/co3pgt0000006bsk-att/TCFDsurveyjp.pdf> (accessed on 2024-03-01) .

付録 A 分類精度評価実験におけるクライテリア別の評価結果の一覧

表 7 分類精度評価実験の結果一覧

ID	充足数	GPT-3.5				GPT-4			
		正解率	適合率	再現率	F1-Score	正解率	適合率	再現率	F1-Score
01-01	69	71.0%	70.4%	100.0%	82.6%	92.0%	89.6%	100.0%	94.5%
01-02	38	40.0%	38.8%	100.0%	55.9%	94.0%	92.1%	92.1%	92.1%
01-03	70	72.0%	71.9%	98.6%	83.1%	94.0%	92.1%	100.0%	95.9%
01-04	47	53.0%	50.0%	100.0%	66.7%	83.0%	75.9%	93.6%	83.8%
02-01	66	68.0%	67.7%	98.5%	80.2%	84.0%	82.9%	95.5%	88.7%
02-02	71	71.0%	71.0%	100.0%	83.0%	89.0%	86.6%	100.0%	92.8%
02-03	66	68.0%	67.7%	98.5%	80.2%	91.0%	89.0%	98.5%	93.5%
03-01	14	44.0%	19.1%	92.9%	31.7%	95.0%	73.7%	100.0%	84.8%
03-02	5	55.0%	8.3%	80.0%	15.1%	96.0%	55.6%	100.0%	71.4%
03-03	9	38.0%	12.7%	100.0%	22.5%	92.0%	52.9%	100.0%	69.2%
04-01	13	31.0%	15.0%	92.3%	25.8%	89.0%	54.2%	100.0%	70.3%
04-02	5	55.0%	8.3%	80.0%	15.1%	98.0%	80.0%	80.0%	80.0%
05-01	11	74.0%	29.7%	100.0%	45.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
05-02	7	83.0%	29.2%	100.0%	45.2%	96.0%	63.6%	100.0%	77.8%
05-03	8	68.0%	20.0%	100.0%	33.3%	96.0%	66.7%	100.0%	80.0%
05-04	7	62.0%	14.0%	85.7%	24.0%	96.0%	66.7%	85.7%	75.0%
05-05	8	63.0%	17.8%	100.0%	30.2%	95.0%	66.7%	75.0%	70.6%
06-01	50	51.0%	50.5%	100.0%	67.1%	87.0%	80.3%	98.0%	88.3%
07-01	62	62.0%	62.0%	100.0%	76.5%	86.0%	82.4%	98.4%	89.7%
08-01	18	24.0%	18.5%	94.4%	30.9%	88.0%	61.5%	88.9%	72.7%
08-02	21	37.0%	25.0%	100.0%	40.0%	88.0%	66.7%	85.7%	75.0%
09-01	25	66.0%	42.1%	96.0%	58.5%	94.0%	85.2%	92.0%	88.5%
09-02	6	48.0%	10.3%	100.0%	18.8%	98.0%	75.0%	100.0%	85.7%
10-01	20	79.0%	48.8%	100.0%	65.6%	98.0%	95.0%	95.0%	95.0%
10-02	6	72.0%	15.6%	83.3%	26.3%	98.0%	83.3%	83.3%	83.3%
11-01	24	79.0%	53.7%	91.7%	67.7%	93.0%	84.0%	87.5%	85.7%
11-02	23	68.0%	42.6%	95.8%	59.0%	95.0%	82.8%	100.0%	90.6%
全体		59.3%	36.3%	95.8%	52.7%	92.8%	77.2%	94.4%	84.9%

付録 B TCFD 推奨開示項目と本クライテリアの関連

表 8 TCFD 推奨開示項目と本クライテリアの関連

#	構成要素	項目名	クライテリア
01	ガバナンス	取締役会による監視体制	01-01: 取締役会が報告を受けるプロセス 01-02: 取締役会が報告を受ける頻度 01-03: 取締役会による気候関係問題の考慮 01-04: 取締役会によるモニター及び監督の方法
02	ガバナンス	経営者の役割	02-01: 組織的構造 02-02: 経営者が情報を受けるプロセス 02-03: 経営者によるモニターの方法
03	戦略	リスクと機会	03-01: リスクと機会の検討における時間的範囲 03-02: 特定の時間的範囲での気候関連の課題 03-03: 財務的影響を与えるリスクと機会の特定プロセス
04	戦略	ビジネス・戦略・財務計画への影響	04-01: ビジネス又は戦略に与える影響 04-02: 財務計画に与える影響
05	戦略	シナリオに基づく戦略のレジリエンス	05-01: 2℃以下シナリオ 05-02: シナリオと時間的範囲 05-03: シナリオにおける戦略への影響 05-04: シナリオにおける戦略の対応 05-05: シナリオにおける財務計画への影響
06	リスクマネジメント	リスクを特定及び評価するプロセス	06-01: リスクを特定及び評価するプロセス
07	リスクマネジメント	リスクを管理するプロセス	07-01: リスクを管理するプロセス
08	リスクマネジメント	総合的リスク管理への統合	08-01: 特定及び評価プロセスの総合的リスク管理への統合 08-02: 管理プロセスの総合的リスク管理への統合
09	指標と目標	リスクと機会の評価に用いる指標	09-01: 評価指標 09-02: 評価指標の過去の実績値
10	指標と目標	Scope1、2の温室効果ガス排出量	10-01: 温室効果ガス排出量 10-02: 温室効果ガス排出量の過去の実績値
11	指標と目標	リスクと機会の管理に用いる目標	11-01: 気候関連の目標 11-02: 気候関連の目標が適用される時間軸

付録 C LLMs に入力したプロンプトの例

プロンプトの例

以下は、上場会社の開示資料の一部と、TCFD 推奨開示項目に関するクライテリアです。

上場会社の開示資料の一部

...

クライテリア

取締役会または委員会が、気候関連問題について、報告を受けるプロセスを述べているか。

備考

委員会には、監査委員会やリスク委員会等が例として考えられる。

気候関連問題とは、気候関連のリスクや機会のことを言う。

サステナビリティへの取り組みは、気候関連問題に関係していると見なす。

今後の予定に関する内容は考慮しない。

タスク

入力した上場会社の開示資料の一部が、クライテリアを満たしている場合は True を、そうではない場合は False を出力してください。

出力