

2025年度第1回海洋AI公開セミナー  
『海洋AIコンソーシアムにおける海洋×AIの最前線』

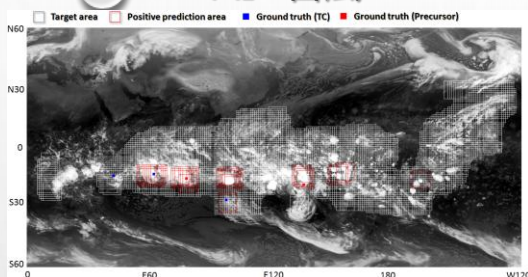
# 海洋地球科学分野に特化した 大規模言語モデルの開発と応用

海洋研究開発機構

松岡 大祐

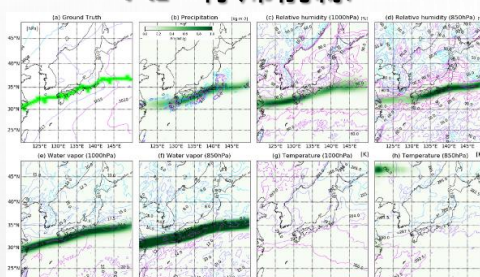
# 海洋地球科学×AI

## AI×台風



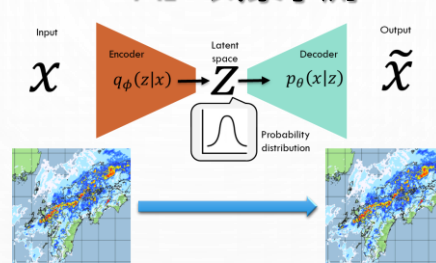
Matsuoka et al. 2018; Matsuoka et al. 2022; Matsuoka 2023

## AI×停滞前線



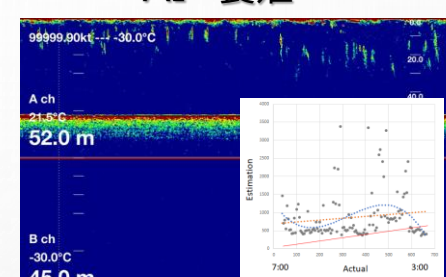
Matsuoka et al. 2019

## AI×気象予測



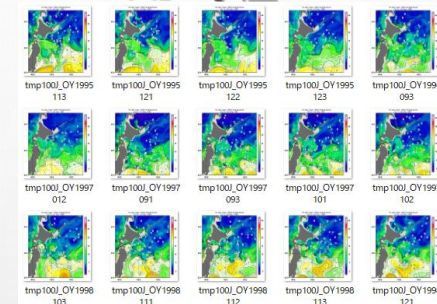
Hirabayashi and Matsuoka, 2025

## AI×養殖



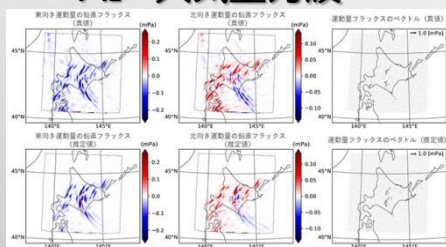
Nishikawa et al. 2025

## AI×水産



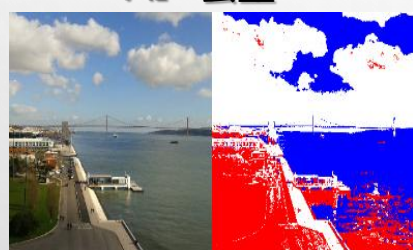
Yoshida et al. 2024

## AI×大気重力波



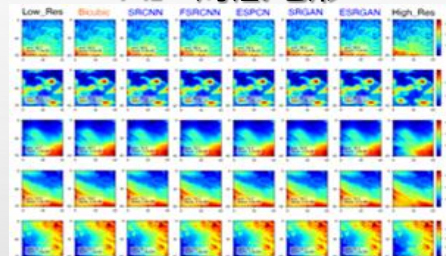
Matsuoka et al. 2020

## AI×雲量



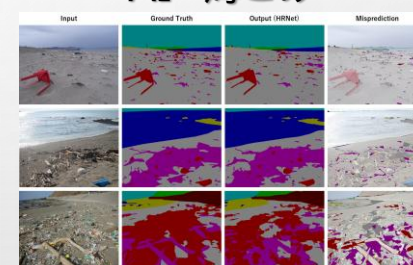
Onishi et al. 2018 Sugiyama et al. 2023

## AI×海底地形



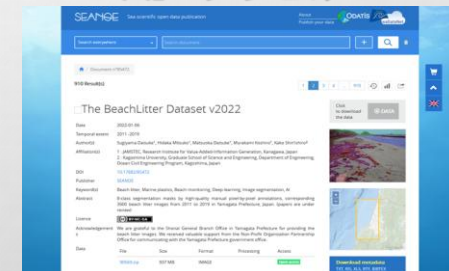
Hidaka et al. 2021; Yutani et al. 2022; Murakami et al. 2025

## AI×海ごみ



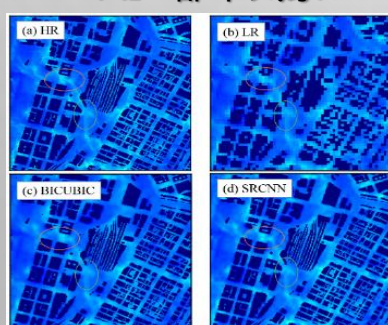
Hidaka et al. 2022; Andriolo et al. 2023

## AI×プラごみ



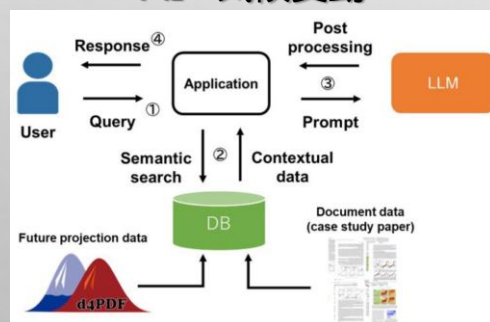
Sugiyama et al. 2022; Hidaka et al. 2023

## AI×都市気象



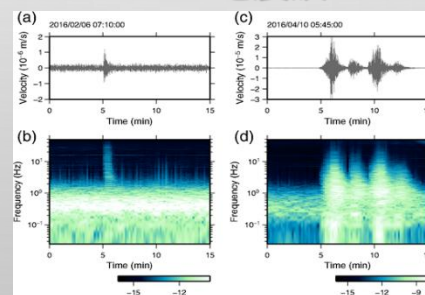
Onishi et al. 2018; Yasuda et al. 2022

## AI×気候変動



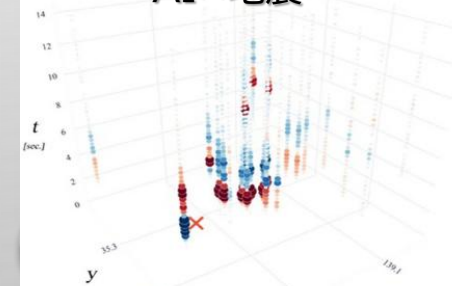
Matsuoka et al. 2025

## AI×地震波



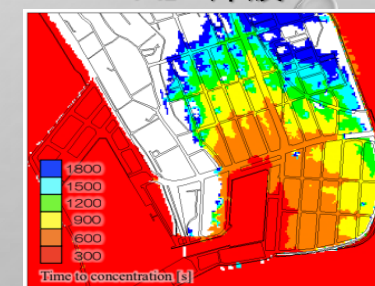
Nakano et al. 2018

## AI×地震



Sugiyama et al. 2021

## AI×津波



Hirokawa et al. 2019



# AI研究の歴史

## 第一次AIブーム (推論・探索) 1956-1970

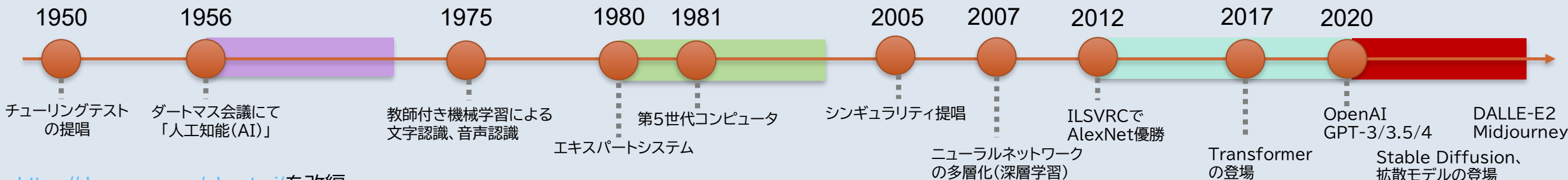
冬の時代

## 第二次AIブーム (知識表現) 1980-1995

冬の時代

## 第三次AIブーム (機械学習・深層学習) 2010-現在

## 第四次AIブーム (生成AI) 2023-現在



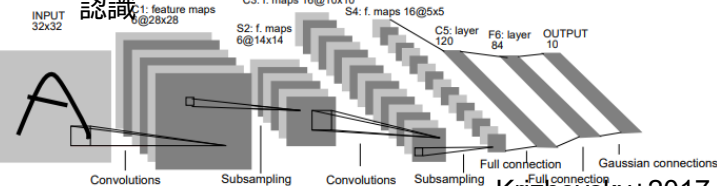
<https://dxconso.com/about-ai/>を改編

## 識別系AIの登場と産業・学術への利用

大規模画像データベースImageNet (2012)



畳み込みニューラルネットワークによる手書き文字認識

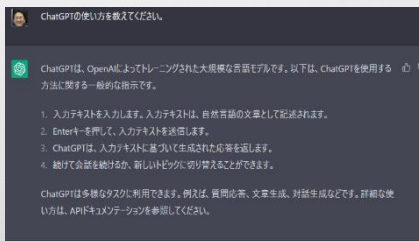


## 生成AIのサービス化

画像生成AI



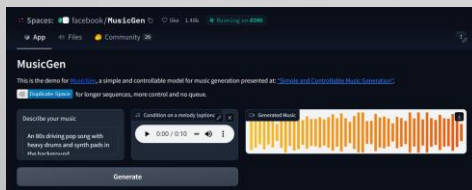
文章生成AI



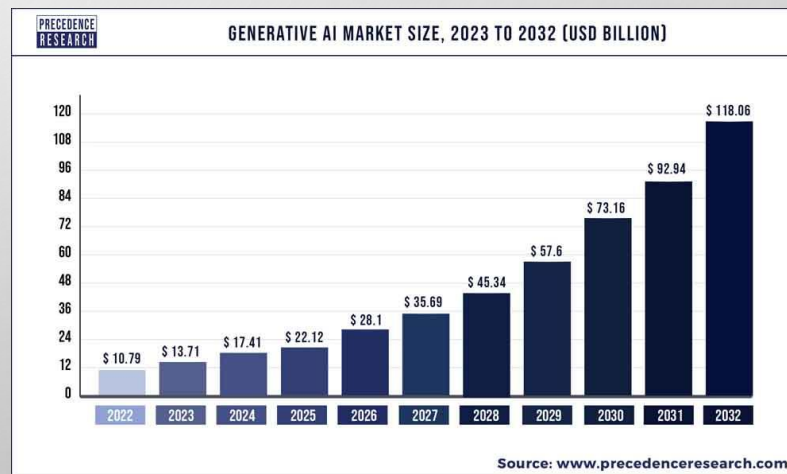
動画生成AI



音楽生成AI



## 生成AIの市場規模 (指数的に増加するとの予測)



# 経済産業省 GENIACプロジェクト

- ・国産生成AI開発力強化のための助成事業
- ・基盤モデル開発から特定目的のための特化型モデル開発まで
- ・クラウド利用料金の2/3

地域気候サービスのための生成AI基盤モデル開発  
(2024年10月～2025年4月、36,000千円)



上席研究員  
松岡 大祐



会社名	国立研究開発法人海洋研究開発機構
所在地	神奈川県横須賀市夏島町2番地15
URL	<a href="https://www.jamstec.go.jp/j/">https://www.jamstec.go.jp/j/</a>

国立研究開発法人海洋研究開発機構(JAMSTEC)は、平和と福祉の理念に基づき、海洋・地球・生命の統合的な理解と、社会的な課題解決への貢献を目指した文部科学省所轄の研究機関です。海洋国家の日本において、海の研究を通じて、科学技術の向上、学術研究の発展、地球や生命の理解などに広く貢献するための活動に取り組んでいます。

地球環境の把握、海洋資源の利用、地震・火山活動に関する調査研究を進めるとともに、それらの研究を支える探査機・観測機器の運用や技術開発を行い、さらには、革新的な成果や発見につながる最先端の研究を推進しています。また、研究活動によって得られたデータから新たな価値を生み出し、政策的な課題解決や社会・経済のニーズに貢献するための研究開発を進めています。

JAMSTECはスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を有しており、気候変動予測などのシミュレーション研究も盛んに行われています。本事業では、アンサンブル気候予測データベース(d4PDF)と大規模言語モデルを活用することで、効果的かつ現実的な地球温暖化対策(適応策、緩和策)を立案するための「地域気候サービス」を実現するための生成AI基盤モデルの開発を目指します。

[https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/geniac/index.html](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/geniac/index.html)

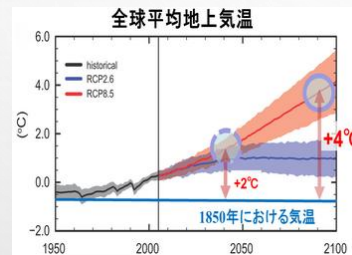


# 提案の背景

- 気候変動による影響は今後もますます顕在化
- 効果的かつ現実的な温暖化対策の立案が重要
- 科学・社会・産業・経済・政策等の高度な専門知識が必要

## 気候変動予測データ

- 社会経済シナリオ
- 温室効果ガス排出シナリオ
- 地域ダウンスケーリング



## 例)防災行動計画



## 社会経済状況

- 災害外力
- 脆弱性
- 暴露

## 影響評価

- 経済社会影響  
(地域産業、地域経済、国土基盤等)
- 生活影響  
(健康、安全、安心、行動、家計等)

## ※想定されるリスク

- 水・土砂災害
- 水資源(渇水・水質)
- 農林水産業
- 自然生態系
- 健康(熱中症・感染症等)

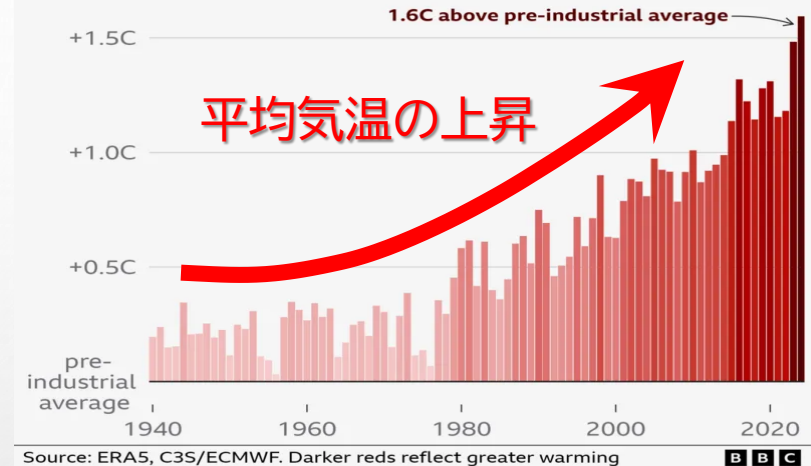
## 地域温暖化対策

- 適応策の策定
- 緩和策の策定
- ガバナンス

被害総額2,500億-4,000億ドル／年

## 2024 was the first year above 1.5C

Global average temperature by year, compared with the pre-industrial average (1850-1900)





# 適応策の例

長野県における気候変動の影響と適応策 体系図

【分野】	【大項目】	【小項目】	【予測される影響】
農業・林業・水産業	農 業	土地利用作物	水 稲 P2～P3
		野 菜	レタス P4～P5
		果 樹	リンゴ P6～P7
			ブドウ P8～P9
	林 業	木材生産（人工林等）	アカマツ・マツタケ P10～P11
水環境・水資源	水資源	水供給（地表水）	水の供給 P12～P13
自然生態系	陸域生態系	高山帯及び亜高山帯の自然生態系	ライチョウ P14～P17
		自然林・二次林	竹・ブナ・シラビソ P18～P20
	淡水生態系	河川の生態系	イワナ・ワカサギ P21～P22
自然災害・沿岸域	河 川	洪 水	洪 水 P23～P25
	山 地	土砂災害	土砂災害 P26～P28
健 康	暑 熱	熱中症	熱中症 P29～P30
	感染症	節足動物媒介感染症	蚊が媒介する感染症 P31～P32
産業・経済活動	観光業	観光業	スキー産業 P33～P34
国民生活・都市生活	文化・歴史などを感じる暮らし	生物季節、伝統行事	生物季節・伝統行事 P35～P36
	その他	暑熱による生活への影響	ヒートアイランド現象 P37～P38

## （ア）気候変動により想定される影響

日本で高さが 10m を超えるような竹林を形成するのはマダケ属の竹（モウソウチク（孟宗竹）やマダケ（真竹）、ハチク（淡竹）等）です。現在の日本の竹林のほとんどは他の地域から人の手によって持ち込まれ、本来はその地域の生態系に存在しなかった外来種であると考えられます。しかし 1970 年代以降にはタケノコの輸入自由化や農家の高齢化に伴って竹林の管理放棄が進みました。成長の早いモウソウチク等はタケノコから約 1 か月で 20m もの高さに達し、落葉広葉樹の里山林では、周りの植物を日陰にして枯らしてしまいます。放置竹林は周囲の在来種生に急速に拡大し、里山における生態系・生物多様性への脅威となっていることから、里山里山管理の上で最大の問題点とも言われています。

現在の竹林の分布と気候条件（気温と日射量）の関係を説明するモデルを構築し、気候予測データ<sup>[15]</sup>（全球気候モデルは MRI-AGCM、排出シナリオは RCP8.5（21 世紀末（2051-2100 年）において、1981-2000 年の年平均気温に比べ 3.6～6.7℃上昇する予測）、地域気候モデルは NHRCM を用いた力学的ダウンスケーリングによる空間解像度 5km）を用いて、モウソウチクとマダケの生育に適した地域を予測しました<sup>[16]</sup>（図 35）。

その結果、1980-2000 年には東日本（北緯 35 度以北、東経 136 度以東：図 35 の範囲）で生育に適した土地の割合は 35%であったのに対し、日本の平均気温が産業革命前に比べて 1.5℃上昇した場合には 46 ～ 48%、2℃上昇では 51 ～ 54%、3℃上昇では 61 ～ 67%、4.0℃上昇した場合には 77 ～ 83%まで増加し、北限は最大 500km 進んで稚内に到達すると予測されました。温暖化を抑制する緩和策と同時に、外来種予防三原則に基づいた生態系管理などの適応策も進めることが重要です。

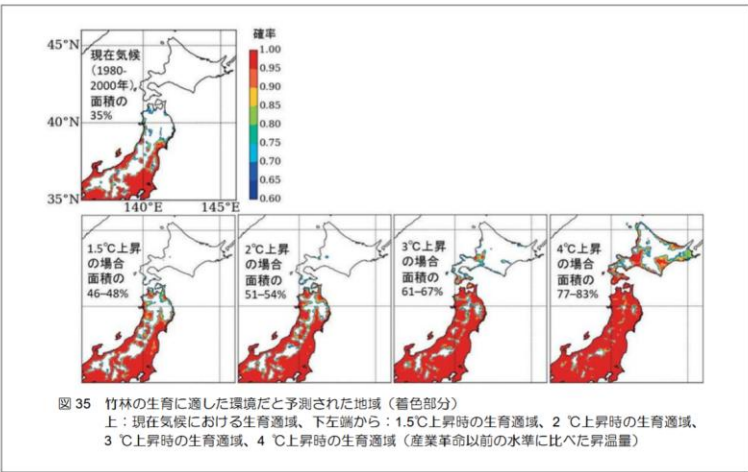


図 35 竹林の生育に適した環境だと予測された地域（青色部分）  
上：現在気候における生育適域、下左端から：1.5℃上昇時の生育適域、2℃上昇時の生育適域、3℃上昇時の生育適域、4℃上昇時の生育適域（産業革命以前の水準に比べて昇温量）

## 10 洪水

### （ア）気候変動により想定される影響

近年では日本各地で毎年のように豪雨による洪水被害が頻発しています。2019 年には長野県においても令和元年東日本台風による大雨で千曲川が氾濫し大きな被害を受けました。（図 45）



図 45 令和元年東日本台風による洪水被害の状況

長野県の将来における洪水リスクについて予測しました。将来の降雨予測に用いたデータは、気候予測データ<sup>[2]</sup> 全球気候モデルは GFDL-CM23、HadGEM2-ES、MIROC5、MRI-CGCM3、CISRO-Mk3-6-0 の 6 つ、排出シナリオは RCP2.6（21 世紀末（2051-2100 年）において、1981-2000 年の年平均気温に比べ 1.0～2.8℃上昇する予測）および 8.5（21 世紀末（2051-2100 年）において、1981-2000 年の年平均気温に比べ 3.6～6.7℃上昇する予測）、統計的ダウンスケーリングによる空間解像度 1km）を近未来（2031-2050 年）および 21 世紀末（2081-2100 年）でそれぞれ平均した値を使用しました。

1981-2000 年における再現期間（30 年から 200 年）の降雨空間分布を求め、気候予測による降雨の増加率をそのまま空間分布に乗り、将来の降雨空間分布を作成しました<sup>[23]</sup>。洪水氾濫解析は 2 次元不定流モデルを利用し、堤防の効果水系毎、河川区間毎に河道標高を下げることで表現しました<sup>[24]</sup>。

図 46 は、一例として長野県における再現期間 100 年の洪水の浸水深分布を示しています。一部の地域は令和元年東日本台風の浸水深分布と合致していました。千曲川、埴川、天竜川、釜無川などの大きい河川沿いに広く氾濫域が存在していることがわかります。また、地形が急峻な場所、平野部に出たところ、合流地点などにおいて広い氾濫が見られます。なお、この図は全县一様に再現期間 100 年の洪水が発生した場合を示した図であり、地点毎で見る必要があります。

表 1 および表 2 は、長野県と日本全国の洪水時における床上浸水面積の予測値をそれぞれ示したものです。RCP2.6 の場合、床上浸水面積が近未来より 21 世紀末において減少していますが、RCP8.5 の場合には、長野県の床上浸水面積は大きくなっていることがわかります。

# TCFDレポートの例

CEOメッセージ				
TCFD提言に基づく気候関連財務情報開示	1	ガバナンス Governance	2	戦略 Strategy
			3	リスク管理 Risk Management
				4
				指標と目標 Metrics and Targets

事象例			当社グループの事業活動におけるリスク・機会の例	時間軸
物理的リスク	急性	台風や洪水等の頻度の高まりや規模の拡大の可能性		短期～
	慢性	気温の上昇 干ばつや熱波等、その他気象の変化 海面の上昇 節足動物媒介感染症への影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>・保険金支払の増加や再保険料の上昇などによる保険収益の減少</li> <li>・営業拠点ビル等が被災することによる事業継続への影響</li> </ul>	中期・長期
移行リスク	政策および法規制	炭素価格の上昇 環境関連の規制・基準の強化 気候関連の訴訟の増加	<ul style="list-style-type: none"> <li>・炭素価格上昇による投融資先企業の企業価値や当社保有資産価値の下落</li> <li>・賠償責任保険に係る保険金支払いへの影響</li> </ul>	中期・長期
	技術	脱炭素社会への移行やレジリエンス向上に向けた技術革新、技術開発の進展	<ul style="list-style-type: none"> <li>・脱炭素社会への移行が不十分である投融資先企業の企業価値や当社保有資産価値の下落</li> <li>・技術革新やお客様ニーズの変化を捕捉できないことによる収益の低下</li> </ul>	中期・長期
	市場	商品・サービスの需要と供給の変化		短期～
	評判	脱炭素社会への移行やレジリエンス向上の取組みに対するお客様や社会の認識の変化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・東京海上グループの取組みが不適切と見做されることに伴うレピュテーションの毀損</li> </ul>	短期～
機会	資源の効率性、エネルギー源、製品・サービス、市場、レジリエンス	エネルギー源の変化やレジリエンス向上に向けた製品・サービス需要や社会の認識の変化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・脱炭素社会への移行、レジリエンス向上に伴う企業の保険ニーズや資金需要増加による保険収益機会・投融資機会の増大</li> <li>・脱炭素社会への移行やレジリエンス向上の取組みに対するお客様からの評価向上</li> </ul>	短期～

注:表中の短期は3年未満、中期は3年超10年未満、長期は10年超の期間を指す

# 事業の目的

- 生成AIによって温暖化対策立案を支援する**地域気候サービス**
  - 自治体における温暖化対策（適応策・緩和策）立案
  - 企業における温暖化リスク推定と対策・戦略立案



温暖化によって人命や国益を脅かされることのない社会づくりに貢献

安心・安全に暮らせる  
街づくり

企業における損失軽減  
と価値向上

農林水産業における  
生産性向上と損失軽減

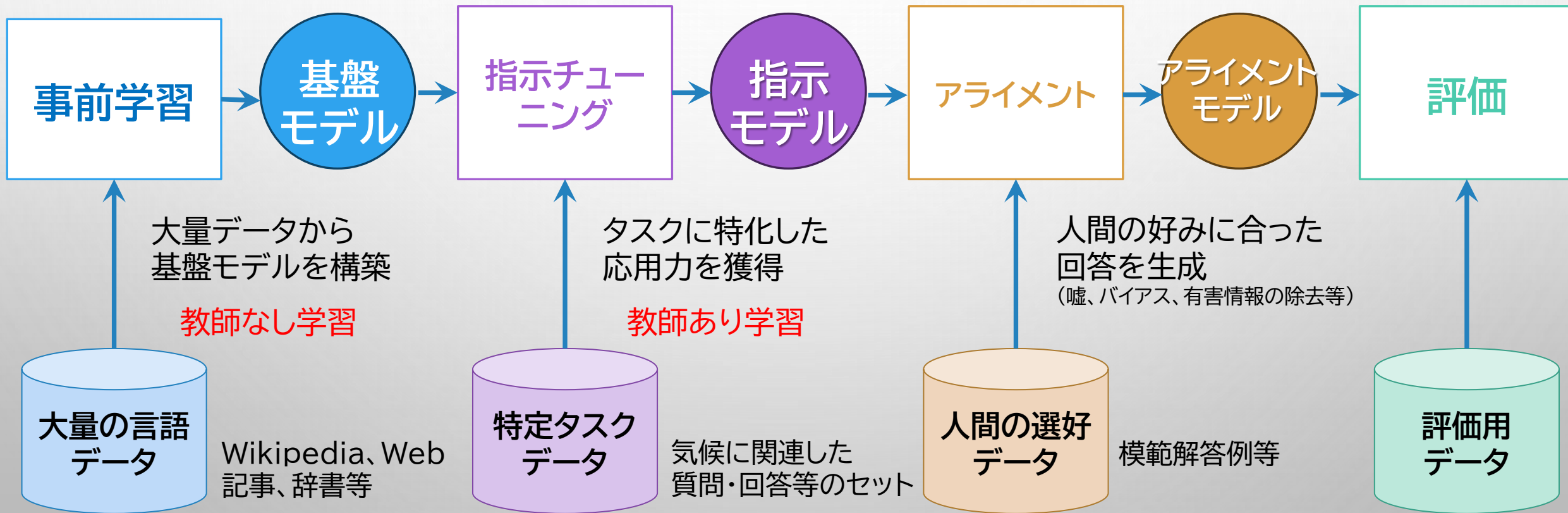
ボトムアップでの  
日本の活性化

地域間・業種間の  
格差低減



# 気候特化型モデル構築の流れ

- 基盤モデル(GPT、Llama等の汎用的なモデル)をベースに、気候学の知識を有する特化型モデルの構築へ



## 各企業のTCFDレポート

東京海上ホールディングス

TCFD REPORT 2023

	事例例	当社グループの事業活動におけるリスク・機会の例	時間軸
物理リスク	急性	台風や洪水等の頻発の局まわり根根の基人の可能性	短期～
	慢性	気候の上昇 干ばつや熱波等、その他気候の変化 海面の上昇 節足動物媒介感染症への影響	中長期
移行リスク	政策および法規制	気候変動の上昇 環境関連の規制、基準の強化 気候関連の訴訟の増加	中長期
	技術	脱炭素社会への移行に乗り遅れた投資先企業の企業価値や当社保有資産価値の下落 技術革新や新客ニーズの変化を捕捉できないことによる収益の低下	中長期
	市場	商品・サービスの需要と供給の変化	短期～
機会	評判	脱炭素社会への移行の取組みに対するお客様や社会の認識の変化	短期～
	資源の効率性、エネルギー源、製品・サービス、市場、レジリエンス	エネルギー源の変化やレジリエンス向上に向けた製品・サービス需要や社会の認識の変化	短期～



TOKIO MARINE

## 各自治体の温暖化対策実行計画

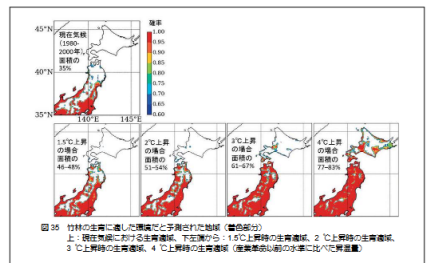
### 8. 竹・ブナ・シラビソ

#### (ア) 気候変動により想定される影響

日本で高さ10mを超えるような竹林を形成するのはマダガスカル（モウソウタケ（蓋形竹）やマダガ（真竹）、ハダク（束竹）等）です。現在の日本の竹林のほとんどは他の地域の人の手によって持ち込まれ、本来はその地域の気候の中で育ちながらその地域で暮らす人々によって、しおりの1979年以降にはタケノコの輸入自由化や農家の高齢化によって竹林の整備が減少しました。成長の早いモウソウタケ等はタケノコが1年1回で20mの高さに達し、密生する密生林では、周りの植物が日陰に落ちてしまいます。放置竹林は周囲の在来樹木に急速に拡大し、里山における生態系・生物多様性への悪影響とされていることから、里山管理の上で最大の懸念点とも言われています。

現在の日本の分布と気候条件（気温と日射量）の関係を説明するモデルを構築し、気候予測データ<sup>24</sup>（全球気候モデルはMIROC5、抽出シナリオはRCP8.5（21世紀末（2051-2100年）において、1981-2000年の年平均気温に比べ3.6～6.7℃上昇する予測）、統計的ダウンスケーリングによる空間解像度1km）を用いて21世紀末（2081-2100年）におけるそれぞれの種の適生予測を行いました<sup>24,25</sup>。

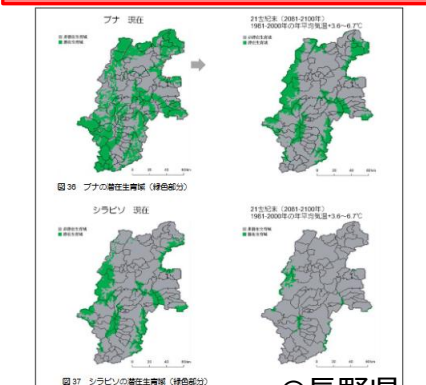
その結果、1980-2000年には東日本（北緯35度以北、東経136度以西、図35の範囲）で生育に適した土地の割合は35%であったのに対し、日本の平均気温が産業革命前<sup>26</sup>に比べて1.3℃上昇した場合には44～48%、2℃上昇では51～54%、3℃上昇では51～57%、4℃上昇では51～57%の割合は77～83%まで増加し、北陸は最大500km進んで域内に到達すると予測されました。温暖化を抑制する緩和策と同時に、外来種予防三原則に基づいた生態系管理などの適応策も進めることが重要です。



長野県の森林のうち自然林の分布状況を概観すると、県の東部に暖帯性の常緑広葉樹林が分布するものの、県の大部分、標高およそ1,500m付近までの範囲にはブナ林に代表される冷温帯の常緑広葉樹林や混交林が広くみられます。その上部にはシラビソ、オオシラビソなどとなる高山帯常緑針葉樹林、さらに標高約2,500m付近より上部には高山帯樹林が分布します。

ブナおよびシラビソの分布と気候条件との関係を説明するモデルと気候予測データ<sup>24</sup>（全球気候モデルはMIROC5、抽出シナリオはRCP8.5（21世紀末（2051-2100年）において、1981-2000年の年平均気温に比べ3.6～6.7℃上昇する予測）、統計的ダウンスケーリングによる空間解像度1km）を用いて21世紀末（2081-2100年）におけるそれぞれの種の適生予測を行いました<sup>24,25</sup>。

ブナは、1981-2000年では生育にわたって適生地域が広がりますが、21世紀末には生育適地が北進地域や本州北部、下関市（山口県）の山奥部や長野県、岐阜県、静岡県に広がる可能性があります（図36）。また、シラビソは、1981-2000年では適生地域が長野県、岐阜県、静岡県に広がる可能性があります（図37）。



◎長野県

# 開発概要

△△社で想定される温暖化リスクを抽出するとともに戦略を立てて

地域気候サービス  
生成AI基盤モデル  
(LLM)

〇年後に〇〇市で想定される災害リスクを考慮して防災計画を立てて

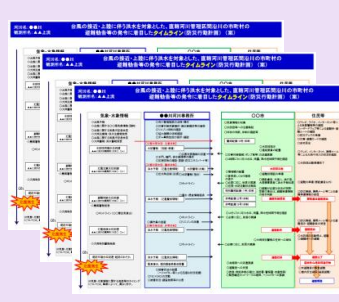
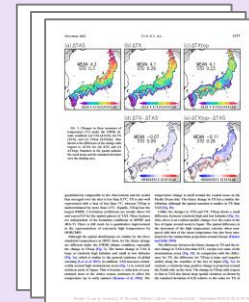
検索拡張生成 (RAG)

ファインチューニング  
+ 検索拡張生成 (RAG)

学術論文・報告書

適応策・緩和策

TCFDレポート



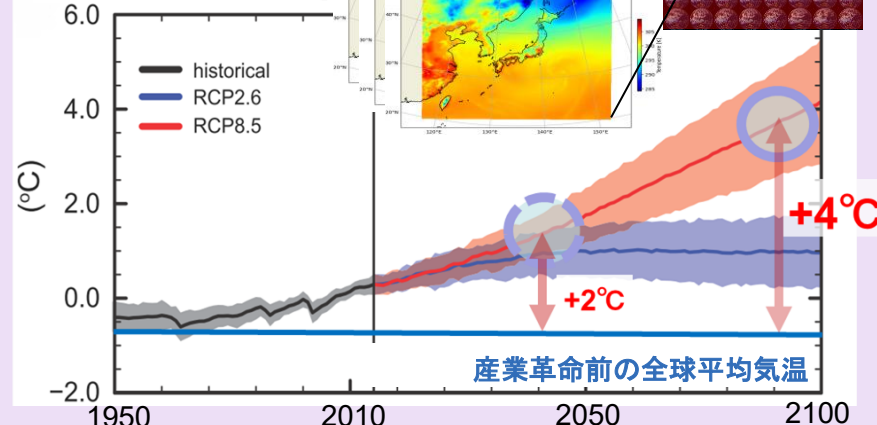
「科学的知見」

「気候変動予測データ」

過去再現

+2℃の世界

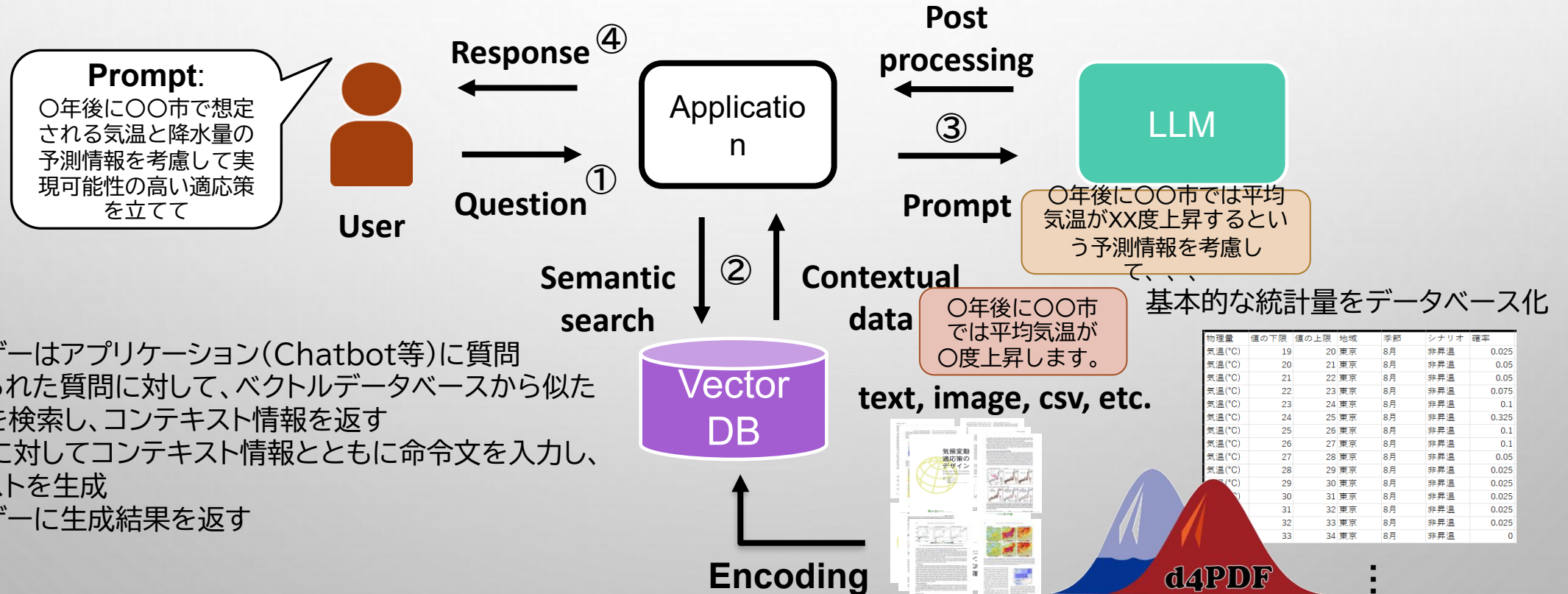
+4℃の世界





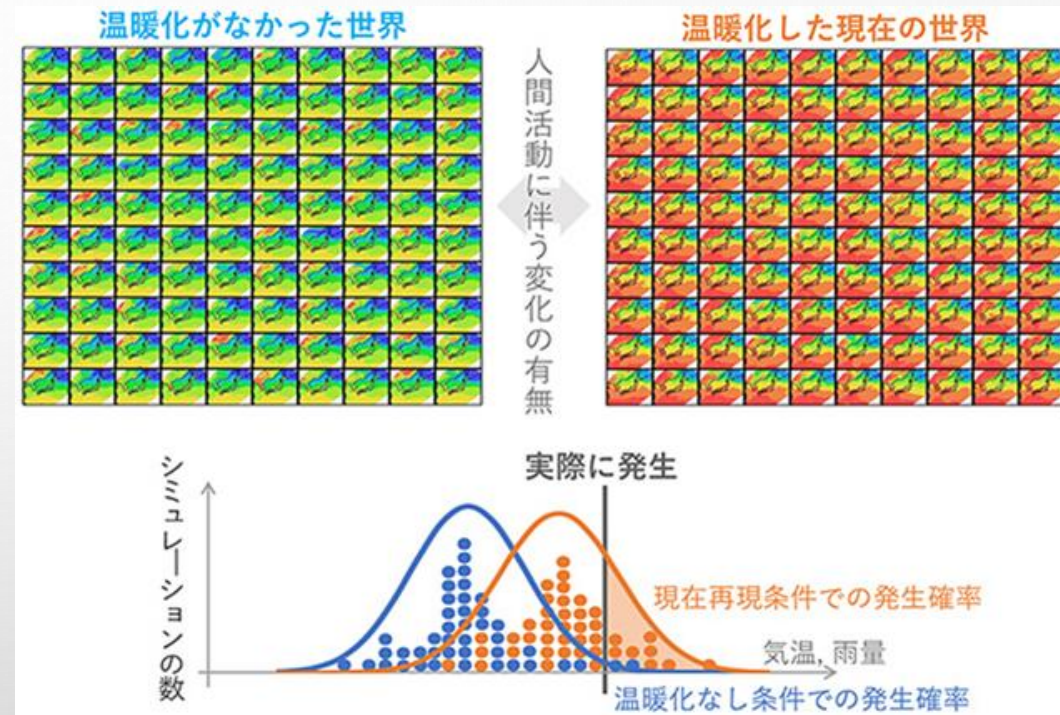
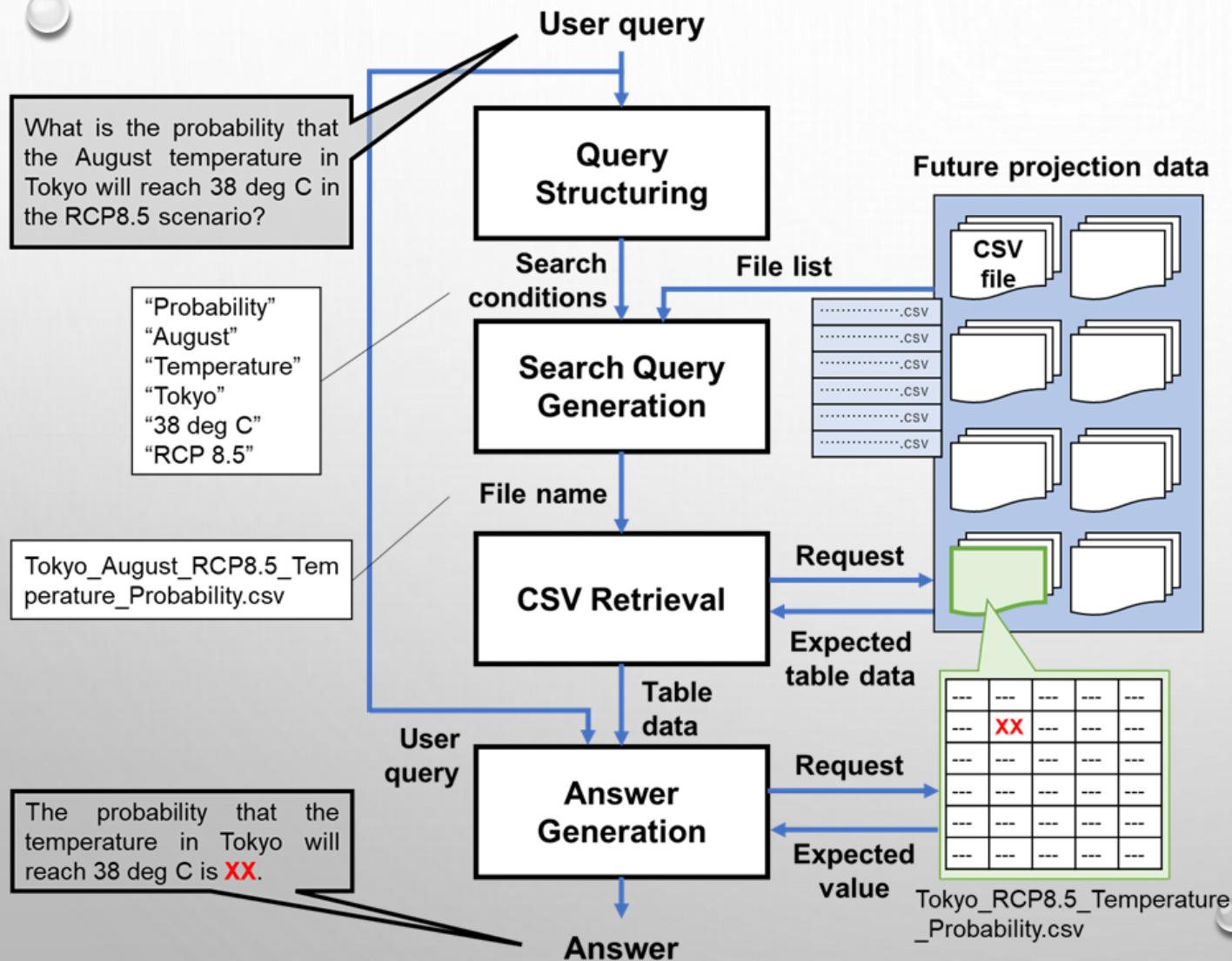
# 外部知識・外部データの活用

- 検索拡張生成(RAG: Retrieval Augmented Generation)によるテキスト、数値(シミュレーション結果)、画像データの利用
- モデルが有していない知識(最新情報含む)の活用が可能に



- ① ユーザーはアプリケーション(Chatbot等)に質問
- ② 与えられた質問に対して、ベクトルデータベースから似た情報を検索し、コンテキスト情報を返す
- ③ LLMに対してコンテキスト情報とともに命令文を入力し、テキストを生成
- ④ ユーザーに生成結果を返す

# アンサンブル気候変動予測データの活用



<https://www.jamstec.go.jp/j/pr/topics/explore-20241223/>

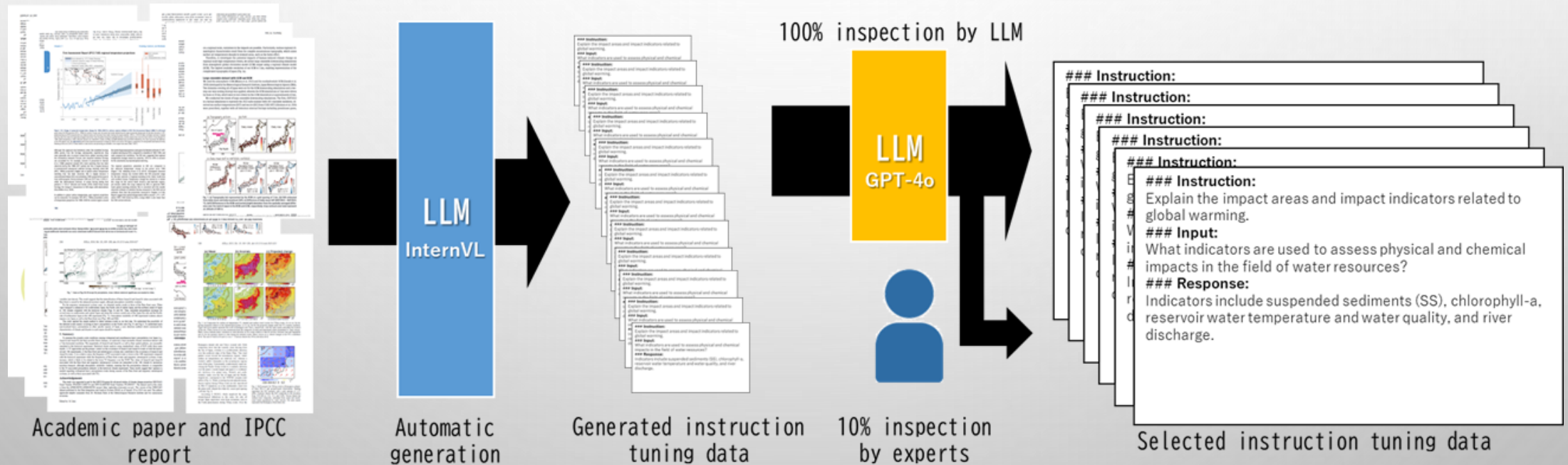


# モデルのファインチューニング

- 気候学に特化した(視覚・)言語理解および生成能力
- テーブルデータの読み取り能力
  - d4PDFの活用
- 数学的演算能力
  - 統計的なデータ処理
- 日本語能力
  - 国内の自治体または国内企業のユーザ向け

# 気候学に特化したモデルのチューニング

- 指示チューニング用データ(質問と応答のセット)を用いて、基盤モデルのパラメータを更新
- LLMを用いて、論文や報告書等の関連文書からチューニング用データを自動的に生成



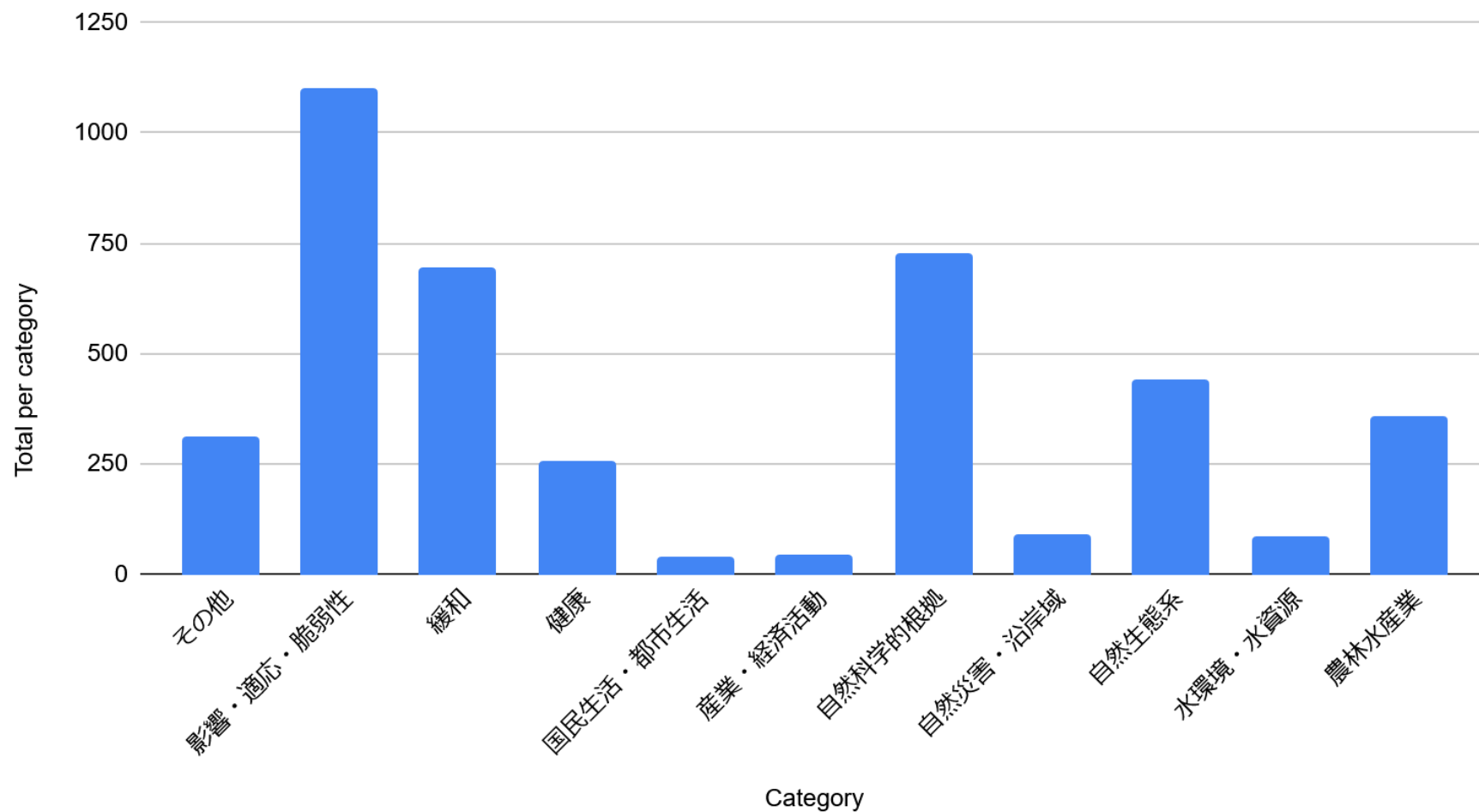
- 学術論文 (227本) A-PLAT、先端力学プロ等
- IPCC第6次報告書 (73 chapter分)



# 気候学に特化したモデルのチューニング

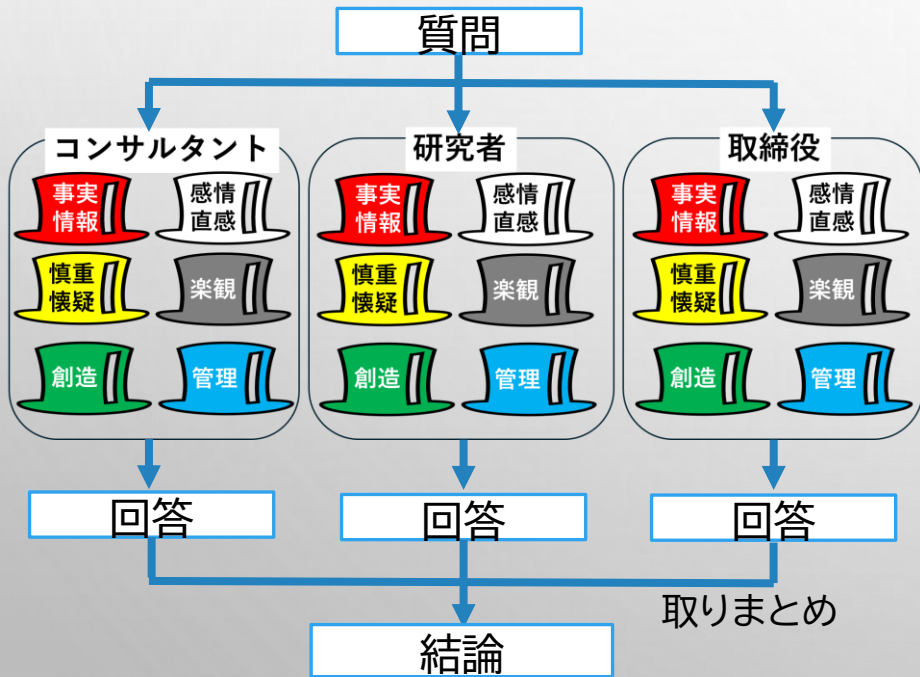
- 学術論文（227本）
- IPCC第6次報告書（73 chapter）

Total per category



# プロンプトエンジニアリング

- LLMに対して指示または質問する際の入力テキスト(プロンプト)の形式を変更することによってより良い生成結果を引き出すための技術
- ハルシネーション対策、特定タスクへの最適化、簡潔なプロンプトによるトークン数の節約等



### 指示：

東京海上ホールディングスにおいて次の目標を達成するために3人の専門家が話し合ってアイデアを出してください。期待しています。

### 目標：

再生可能エネルギー普及を後押しするための保険提供の拡大。

### 手順：

1. 3人の専門家がアイデア発想法のシックスハット法を利用してアイデアを考案します。
2. それぞれの専門家が気に入ったアイデアについて語ります。
3. 各ステップで各専門家は他人の説明を考慮して間違いや弱みを率直に受け入れ、他人の考えを洗練させながら、そのアイデアを発展させます。
4. 帽子の色を白、赤、黒、黄色、緑、青の順番で変えて、1~3を繰り返します。最初は全員、白の帽子の視点で考案してください。
5. 3人の意見を組み合わせる最終的なアイデアを3つ出力します。

### 専門家：

1. 気候関連のリスクに精通したコンサルタント
2. 気候変動を専門とする研究者
3. 金融経済に精通した東京海上ホールディングスの取締役

### 背景：

2024年度のTCFDレポートによると今までに東京海上ホールディングスは様々な形で再生可能エネルギーの普及を後押ししてきました。以下はその代表的な事例です。

1. 東京海上日動は、まだ日本では洋上風力発電の存在が広く知られていなかった2013年から世界各地で保険の引き受けを行っており、現在では洋上風力関連の保険分野において国際的にも主要プレーヤーの一社とみなされています。
2. 東京海上日動は、太陽光PPA（Power Purchase Agreement）事業者向けに、発電設備の損壊リスクや管理に起因する賠償責任リスク、需要家（太陽光発電設備を利用する法人）の倒産リスク等を包括的に補償する「太陽光PPA事業者向けパッケージ保険」を提供しています。
3. 天候の影響を受けやすく供給量が不安定な再生エネルギー発電事業者にとっては、発電量と電力需要とのギャップが課題です。その解決策として、事業者が発電した電力を貯蔵しておく蓄電システムが注目されています。

### 制約：

1. 日本語で議論を行ってください。
2. 説得力や実現可能性を重視してください。
3. 最終的なアイデアの出力結果には、内容 意義 実現可能性を詳細に記載してください。



# プロンプトエンジニアリング

## 「事実と情報」

専門家A: 気候関連のリスクに精通したコンサルタント

「再生可能エネルギー事業者、特に太陽光発電事業者は、天候リスクや設備の老朽化、需要家の倒産リスクに直面しています。これらのリスクは、特に異常気象が増加する中で深刻化しており、保険によるリスク分散が急務です。」

専門家B: 気候変動を専門とする研究者

「気候変動の影響により、異常気象の頻度が上がっており、再生可能エネルギーの発電量にも大きな変動が見られます。今後、蓄電システムや高度な気象予測技術を活用した対応が必要になるでしょう。」

専門家C: 東京海上ホールディングスの取締役

「太陽光PPA 事業者向けパッケージ保険はすでに提供されていますが、今後の市場拡大に向けて、新技術の普及やさらなる補償の範囲拡大が求められています。保険市場の成長にとってもチャンスです。」

## 否定的視点

専門家A

「ただし、AI を活用したリスク予測技術や蓄電システムの普及にはコストがかかるため、保険料が高額になる可能性があります。導入の敷居が高くなる懸念があります。」

専門家B

「気候変動の影響は予測が難しく、技術だけでは完全にリスクを管理しきれない場面もあります。特に大規模な異常気象に対しては、保険の範囲外となる可能性もあります。」

専門家C

「信用リスク保険を拡充する際に、事業者がリスク回避行動を取らず、逆に無謀な投資を進めることを助長する可能性も考えられます。バランスが重要です。」

## 創造的視点

専門家A

「AI による天候リスク予測を利用して、発電量の変動に応じて自動的に保険料が調整される『動的保険』はどうでしょう？これにより、リスクが高い時期にはより強力なカバーが提供され、コスト効率も向上します。」

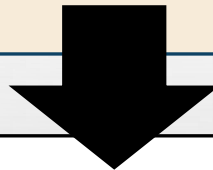
専門家B

「再生可能エネルギー事業者向けに、蓄電システムの保証だけでなく、技術進歩に応じた補償範囲の拡大を含む『テクノロジー適応型保険』も考えられます。事業者が新しい技術を導入しやすくなり、リスクを軽減できます。」

専門家C

「信用リスクをAI で予測し、リスクに応じて保険料や補償範囲を調整する『信用予測保険』も有効です。これにより、リスク管理が高度化し、倒産リスクが低減します。」

最終的に「管理」の視点から最終アイデアを取りまとめる



## 1. 動的発電リスク保険

内容: AI を活用して天候リスクを予測し、発電量の変動に応じて保険料が自動的に調整される保険。

意義: 事業者のリスク管理を高度化し、天候リスクに柔軟に対応。安定した収益を確保。

実現可能性: 既存のAI 技術を活用し、導入可能。リスクの精度を高めるデータ収集が課題。

## 2. テクノロジー適応型蓄電保険

内容: 蓄電システムの保証に加え、技術進歩に応じた補償範囲を提供する保険。事業者が新技術を導入しやすいよう支援。

意義: 再生可能エネルギーの安定供給を確保し、技術革新を後押し。蓄電システムの導入が加速。

実現可能性: 技術の進展に応じた柔軟な保険設計が必要だが、成長分野であり実現性は高い。

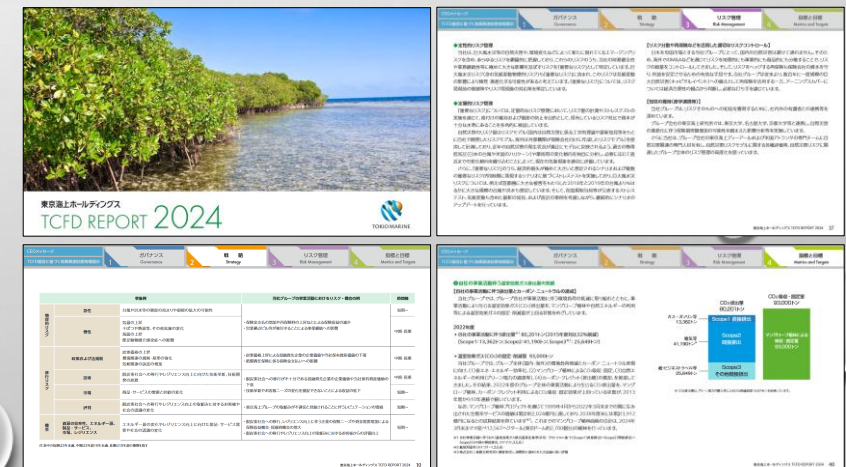
## 3. 信用予測付きPPA保険

内容: AI を活用して需要家の信用リスクを予測し、リスクに応じて保険料や補償範囲を調整する保険。

意義: 事業者が新規契約や拡大に際して安心してリスクを管理できる。信用リスクの予測精度向上により、リスクを最小化。

実現可能性: AI を用いた信用リスク予測は既存の技術で可能。保険設計の高度化が求められるが、実現可能。

参考)東京海上ホールディングスTCFDレポート



Today

長野県が行っている温暖化対 ...

長野県が行っている温暖化対策を...

Previous 7 days

このまま二酸化炭素の排出量が増

このまま二酸化炭素の排出量が増

長野県は地球温暖化の影響を軽減するために、様々な取り組みを行っています。ここでは主な対策をいくつかご紹介します。

1. 再生可能エネルギーの導入

長野県は、再生可能エネルギーの導入を進めています。具体的には、太陽光発電や風力発電の促進を行っており、クリーンなエネルギー源へのシフトを図っています。

2. 省エネルギー推進

省エネルギーを促進するために、家庭や事業所向けにエネルギー効率の高い設備への切り替えを推奨しています。また、省エネの啓発活動も積極的に行っています。

3. 森林保全活動

森林は二酸化炭素を吸収する役割があるため、長野県では森林の保全と再生を重視しています。地域の住民と協力して、植樹活動や森林整備を行っています。

4. 教育と啓発活動

地球温暖化に対する理解を深めてもらうため、学校教育や地域イベントを通じて啓発活動を行っています。特に子どもたちへの環境教育を重視しています。

これらの取り組みにより、長野県は持続可能な地域社会を目指し、温暖化の影響を少しでも抑える努力をしています。さらなる詳細は各市町村の行政サイトや長野県の公式サイトで確認することができます。[長野県公式環境ページ](#)をご参照ください。

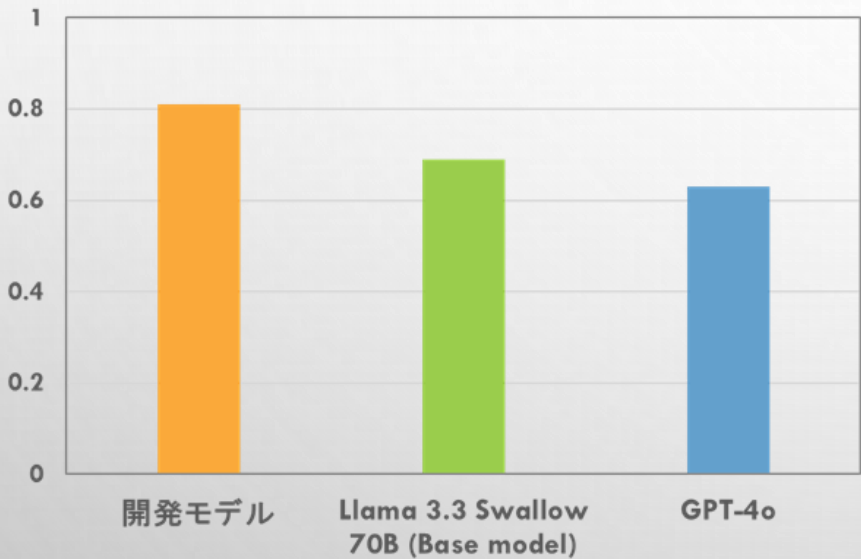
Type your message here...





# 精度評価

- 気候学関連の学術知識における基本性能の精度向上率20%以上（ベースラインモデル比）
- 温暖化対策生成能力の精度向上率20%以上（ベースラインモデル比）



General performance

	ROUGE-1	BLEU-4	MMLU-Pro	MC	NLI	QA	RC	HE	EL
Baseline	64.28	53.18	0.56	0.98	0.77	0.64	0.91	0.70	0.63
Ours	75.47	66.24	0.55	0.96	0.74	0.66	0.92	0.74	0.63

気候変動によって影響を受けるエネルギーシステムの脆弱性には、以下のどれが含まれますか？

- A) 低降雨による水力発電能力の増加
- B) 海面上昇による風力発電能力の向上
- C) 石油とガスシステムの嵐や火災への脆弱性
- D) 高気温による発電所の容量増加

正答：C

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書より出題

# 精度評価

Model	English task										
	Agriculture, forestry and fishery	Water environment and water resources	Natural ecosystems	Disasters and coastal area	Health	Industry and economy	Daily life and urban life	Others	Physical science basis	Impacts, adaptation and vulnerability	Mitigation
Ours (with RAG)	0.716 (0.904)	0.769 (0.923)	0.757 (0.898)	0.722 (0.904)	0.742 (0.912)	0.697 (0.939)	0.654 (0.904)	0.750 (0.898)	0.730 (0.902)	0.894 (0.939)	0.885 (0.943)
Swallow 70B	0.695	0.662	0.664	0.670	0.714	0.606	0.654	0.622	0.730	0.853	0.838
GPT-4o	0.678	0.677	0.683	0.687	0.678	0.727	0.615	0.648	0.720	0.849	0.831

Japanese task											
	Agriculture, forestry and fishery	Water environment and water resources	Natural ecosystems	Disasters and coastal area	Health	Industry and economy	Daily life and urban life	Others	Physical science basis	Impacts, adaptation and vulnerability	Mitigation
	0.673 (0.665)	0.713 (0.701)	0.698 (0.702)	0.688 (0.645)	0.728 (0.701)	0.723 (0.681)	0.718 (0.667)	0.711 (0.695)	0.815 (0.806)	0.881 (0.881)	0.865 (0.853)
	0.579	0.655	0.580	0.656	0.572	0.575	0.539	0.617	0.732	0.843	0.797
	0.598	0.632	0.621	0.613	0.634	0.532	0.718	0.605	0.745	0.840	0.772



# 精度評価

Model	Japanese MT-Bench							
	Coding	Extraction	Humanities	Math	Reasoning	Roleplay	STEM	Writing
Ours	0.543	0.727	0.644	0.498	0.505	<b>0.881</b>	0.497	0.740
Swallow 70B	0.705	0.820	0.870	0.730	0.623	0.811	0.781	0.832
GPT-4o	<b>0.855</b>	<b>0.926</b>	<b>0.880</b>	<b>0.872</b>	<b>0.706</b>	0.862	<b>0.838</b>	<b>0.849</b>

Japanese task									
Jcom	JEMHopQA	NIILC	JSQuAD	XL-Sum	MGSM	WMT20 (E-J)	WMT20 (J-E)	JMMLU	JHumanEval
0.953	0.623	0.672	<b>0.909</b>	0.137	0.760	0.308	0.250	0.694	-
0.981	0.618	0.662	0.907	0.162	0.812	<b>0.319</b>	<b>0.261</b>	0.707	0.700
<b>0.982</b>	<b>0.731</b>	<b>0.709</b>	0.889	<b>0.170</b>	<b>0.864</b>	0.314	0.254	<b>0.797</b>	<b>0.752</b>

[illegible]

# ケーススタディ

## Prompt 1

Please provide the ensemble mean,  $+\sigma$  value, and  $-\sigma$  value of the daily maximum temperature in July for Kumagaya City under the warming scenario (RCP8.5). For each of these values, how much higher is it compared to the average daily maximum temperature in July 2020 in Kumagaya City (27.6 °C)?

## Response 1

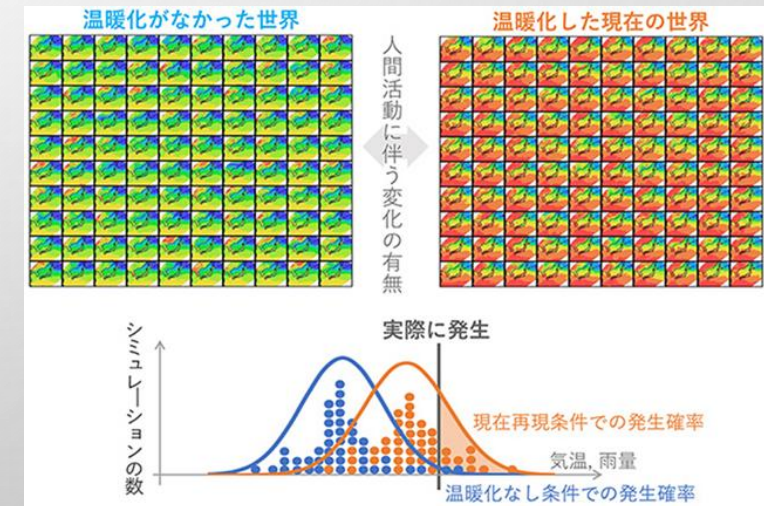
The ensemble mean of the daily maximum temperature in July for Kumagaya City is 33.0 °C, which is 5.4 °C higher than the July 2020 average of 27.6 °C. The  $+\sigma$  value is 35.1 °C, an increase of 7.5 °C, and the  $-\sigma$  value is 30.9 °C, an increase of 3.3 °C.

### Green curtain



(c) Kumagaya city

### Cooling spot





# ケーススタディ

## Prompt 2

### ### Instruction ###

Using the temperature-increase values, design three levels of heat-mitigation measures—average, pessimistic, and optimistic. Concretize the measures currently implemented in Kumagaya City (e.g., estimate how many green curtains and rest spots should be added for each level).

### ### Current heat-mitigation measures in Kumagaya City ###

- Installation and maintenance of green curtains
- Installation of rest spots in the city where people can take shelter from the heat

### ### Method for estimating numbers to add ###

- (1) The increase in the number of heat-illness (heatstroke) cases from July 2020 for each level (average, pessimistic, optimistic) is calculated as  $20 \times$  the rise in daily maximum temperature for that level. Define: a rise of  $5.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  = average level;  $7.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  = pessimistic level;  $3.3\text{ }^{\circ}\text{C}$  = optimistic level.
- (2) At a minimum, add 1 green curtain for every 50 additional heat-illness cases, and add 1 rest spot for every 10 additional cases.

### ### Constraints ###

- Please show the calculation process.

## Response 2

### Kumagaya City Heat-Mitigation Plan

### ### Assumptions ###

- Method for calculating the increase in heat-illness (heatstroke) cases from July 2020:
  - Average rise ( $5.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ )  $\times 20 = 108$  cases
  - Pessimistic rise ( $7.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ )  $\times 20 = 150$  cases
  - Optimistic rise ( $3.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ )  $\times 20 = 66$  cases
- Standard for adding green curtains: 1 additional green curtain per 50 additional heat-illness cases
- Standard for adding rest spots: 1 additional rest spot per 10 additional heat-illness cases

### ### Number of additions for each level ###

- Average:  $108 \div 50 = 2.16 \rightarrow 3$  green curtains
- Pessimistic:  $150 \div 50 = 3 \rightarrow 3$  green curtains
- Optimistic:  $66 \div 50 = 1.32 \rightarrow 2$  green curtains
- Average:  $108 \div 10 = 10.8 \rightarrow 11$  rest spots
- Pessimistic:  $150 \div 10 = 15 \rightarrow 15$  rest spots
- Optimistic:  $66 \div 10 = 6.6 \rightarrow 7$  rest spots

# ケーススタディ

## Prompt 3

### ### Instruction ###

Three experts described in detail below will collaborate in a discussion to achieve the following objective. Each expert will explain their own thought process in detail, while acknowledging mistakes honestly when pointed out by others. At each step, the experts will refine one another's ideas, recognize contributions, and further develop the discussion.

### ### Objective ###

Consolidate the following three levels of heat-mitigation measures into a single strategy:

- (1) When the daily maximum temperature rises by 5.4 °C : Install at least 3 green curtains and add at least 11 rest spots.
- (2) When the daily maximum temperature rises by 7.5 °C : Install at least 3 green curtains and add at least 15 rest spots.
- (3) When the daily maximum temperature rises by 3.3 °C : Install at least 2 green curtains and add at least 7 rest spots.

### ### Expert Details ###

Researcher: Scientifically analyzes the impacts of warming based on data.

Consultant: Proposes effective measures to help Kumagaya City address climate-change risks, emphasizing effectiveness over cost, while building on the researcher's analysis.

Kumagaya City official: Examines whether the city can realistically implement the measures, focusing especially on cost considerations.

### Response 3

#### ### Start of Discussion ###

Researcher: Let's begin our discussion on Kumagaya City's heat-mitigation measures. I will scientifically analyze the impacts of warming based on data. Warming in Kumagaya can be categorized into three levels: daily maximum temperature rises of 3.3 °C, 5.4 °C, and 7.5 °C. At each level, additional green curtains and rest spots will be required.

Consultant: Building on the researcher's analysis, I will propose effective measures so that Kumagaya City can address climate-change risks. I will prioritize effectiveness over cost.

City Official: I will consider whether Kumagaya City can realistically implement these measures, especially in terms of cost.

Researcher: For a 3.3 °C rise, at least 2 green curtains and 7 rest spots are needed. For a 5.4 °C rise, at least 3 green curtains and 11 rest spots. For a 7.5 °C rise, at least 3 green curtains and 15 rest spots.

Consultant: To implement these measures effectively, public awareness campaigns and partnerships with businesses are also important.

City Official: Considering costs, it may be realistic to start with measures for a 3.3 °C rise, then phase in higher-level measures as needed.

Researcher: That approach makes sense. A phased introduction is an effective way to balance cost management and effectiveness.

Consultant: Public cooperation is also necessary. By incorporating citizens' opinions on where to install green curtains and how to use rest spots, the measures can become more effective.

City Official: Incorporating public input is also important to ensure the sustainability of the measures.

Researcher: Taking into account the opinions of all three experts, Kumagaya City's heat-mitigation strategy is more likely to succeed by combining scientifically grounded, effective measures with cost management and public cooperation.

#### ### Conclusion of the Discussion ###

Kumagaya City's heat-mitigation measures can be implemented effectively and sustainably by prioritizing phased introduction and public cooperation. With collaboration between the researcher, consultant, and city official, the city can address climate-change risks while protecting citizens' living environment.

#### ### Reflection on the Discussion ###

Each expert used their expertise while respecting others' opinions and working together to advance the discussion. This process was an important step toward making Kumagaya City's heat-mitigation strategy more effective and sustainable.

#### ### Summary ###

Kumagaya City's heat-mitigation measures are more likely to succeed by combining scientific data, effective actions, cost management, and public cooperation. By adopting a phased approach and incorporating citizen feedback, the city can realize more effective and sustainable strategies.



# 社会実装に向けた取り組み・将来展望

- 公開・ビジネス化の展望
  - 自治体向けにモデルを公開予定（無償利用）
  - 企業向けにモデルのカスタマイズ化（ライセンス販売）
- 自治体への実装に向けた取り組み
  - 温暖化適応策の立案・更新における開発モデルの利用について検討中  
（長野県、茨城県、東京都、神奈川県、埼玉県、富山県、新潟県、山口県ら）
- 民間企業への実装に向けた取り組み
  - TCFD/TNFDレポート、ESG戦略の立案・更新における開発モデルの利用、ビジネス化について検討中  
（商社、保険、陸運・海運、SIer、通信販売、金属・鉄鋼、コンサルなど10数社）
- 国際展開
  - ASEAN諸国における活用について検討を開始（ベトナム、タイ等）