

# 気候変動予測研究の現状と 今後の方向性

---

海洋研究開発機構  
環境変動予測研究センター  
センター長 河宮 未知生  
(統合的気候モデル高度化研究プログラム 領域テーマB代表)

全ての気候変動対策の基盤となる気候モデルの高度化（不確実性の低減）を通じ、気候変動メカニズムを解明するとともに、気候変動予測情報を創出。



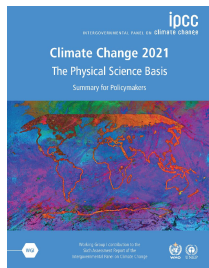
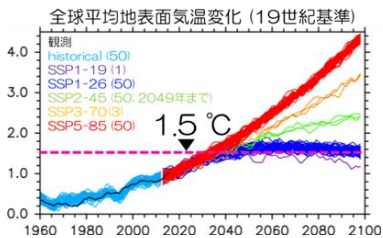
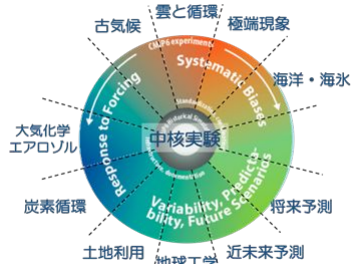
※ 2 気候感度：大気中のCO<sub>2</sub>濃度が2倍になった時の気温上昇量。

※ 3 ティッピング・エレメント：ティッピングポイントの影響を受けやすい地球システムの構成要素。

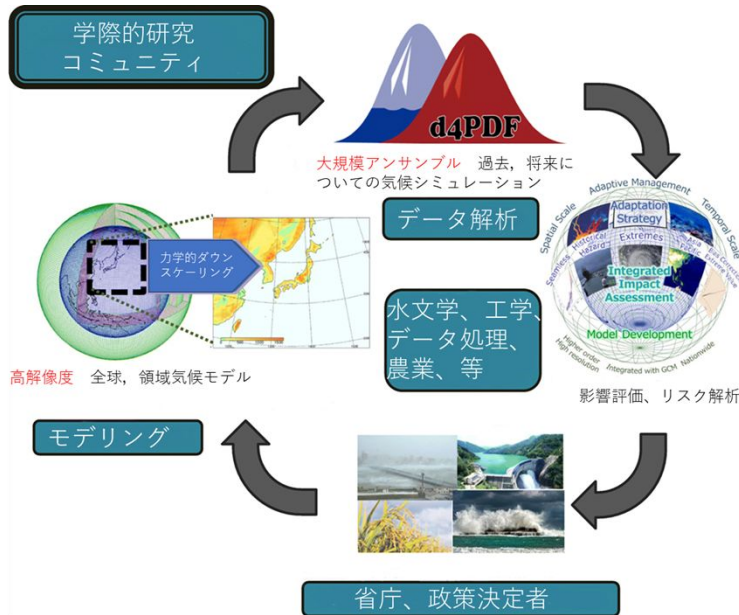
ティッピングポイント：（相対的に）急激もしくは不可逆的なシステムの変化を引き起こす閾値。

- 文部科学省の気候モデル研究事業で開発した、わが国独自の気候モデルは、関連研究での被引用数が世界トップクラスで、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の報告書作成に貢献。
- 創出された気候変動予測情報は、気候変動の影響評価や適応策のエビデンスとして活用。

# 統合プログラム成果例：CMIP6への貢献，d4PDF



- **IPCC最新報告書**への貢献
- **DIAS**とも**協力**し、**国際配信システム**を通じ**予測データ発信**  
→世界中のユーザーから**460万件**を超える**ダウンロード**

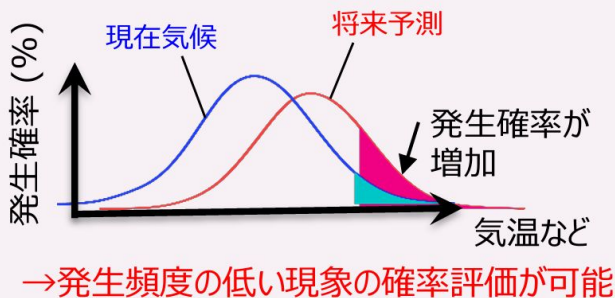
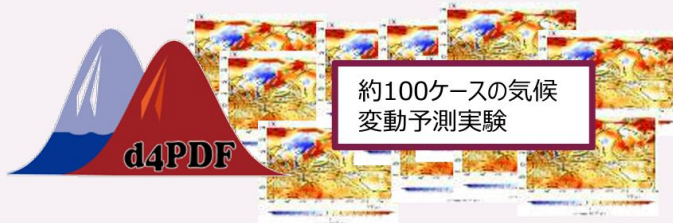


- 統合プログラム等で作成
- 国交省での**治水計画立案**などに**活用**されている
- 成果を継承し、予測データも活用した**気候変動対策推進**を目指す

# 気候変動予測データセットの作成による適応策への貢献

- これまで不可能とされてきた異常気象の将来変化の確率的評価が可能になった。(約100ケースの気候変動シミュレーションd4PDF)
- 国土交通省の「気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言」(令和元年10月)、「気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策の推進について 提言」(令和2年6月)、「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方」(令和2年7月)では、d4PDFを基にした将来予測を気候変動を踏まえた対策を進めることが示された。

世界に類のない大規模(約2PB)アンサンブルデータベース d4PDF

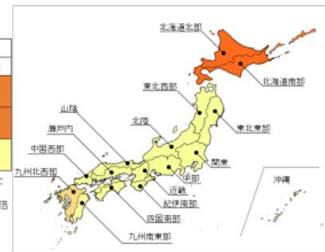


## 気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言 改訂版【概要】 ＜気候変動に伴う降雨量や洪水発生頻度の変化＞

- 降雨特性が類似している地域区分ごとに将来の降雨量変化倍率を計算し、将来の海面水温分布毎の幅や平均値等の評価を行った上で、降雨量変化倍率を設定。
- 2℃上昇した場合の降雨量変化倍率は、北海道で1.15倍、その他(沖縄含む)地域で1.1倍、4℃上昇した場合の降雨量変化倍率は、北海道・九州北西部で1.4倍、その他(沖縄含む)地域で1.2倍とする。
- 4℃上昇時には小流域・短時間降雨で影響が大きいため、別途降雨量変化倍率を設定する。

### ＜地域区分毎の降雨量変化倍率＞

地域区分	2℃上昇	4℃上昇	
		通常時間	短時間
北海道北部、北海道南部	1.15	1.4	1.5
九州北西部	1.1	1.4	1.5
その他(沖縄含む)地域	1.1	1.2	1.3



### ＜参考＞降雨量変化倍率をもとに算出した、流量変化倍率と洪水発生頻度の変化の一級水系における全国平均値

気候変動シナリオ	降雨量	流量	洪水発生頻度
2℃上昇時	約1.1倍	約1.2倍	約2倍
4℃上昇時	約1.3倍	約1.4倍	約4倍

※ 2℃、4℃上昇時の降雨量変化倍率は、産業革命以前に比べて全球平均気温がそれぞれ2℃、4℃上昇した世界シミュレーションモデルから計算。  
 ※ 流量変化倍率は、降雨量変化倍率を基に、一級水系の治水計画の目的とする規模(1100~1200)の浸透率の変化倍率の平均値。  
 ※ 洪水発生頻度の変化倍率は、一級水系の治水計画の目的とする規模(1100~1200)の浸透率、現在1年間の洪水発生頻度の平均値(約1.5)を基礎として算出(例えば、ある降雨量の発生頻度が現在11000回で、将来ではその発生頻度が1150となる場合は、洪水発生頻度の変化倍率は1.15となる)。

令和3年4月  
国土交通省 気候変動を踏まえた治水計画のあり方提言【概要】より

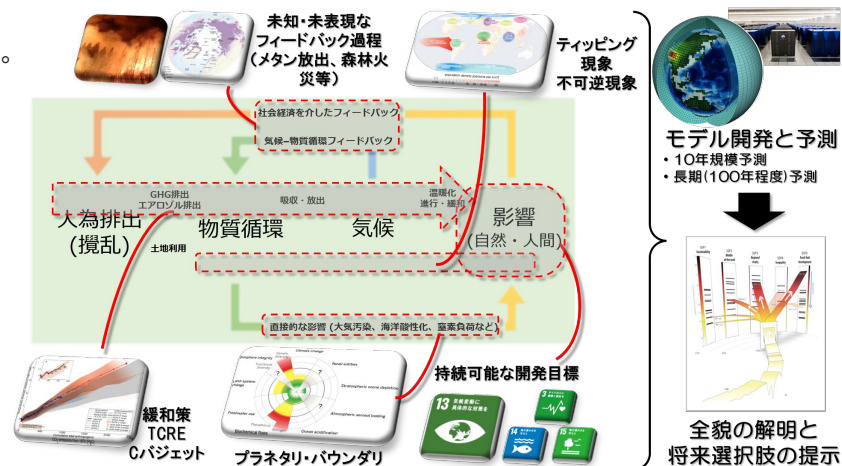
# 今後の課題例(1):モデル高度化の必要性

- **イベントアトリビューション** (\*)には特定の極端現象(「平成30年7月豪雨」など)を再現するモデル性能が必要。この点についてはさらに改善が必要。
  - 平成30年7月豪雨の例に即して言えば、梅雨前線の南下と停滞、台風による暖かく湿った空気の流入といった現象と位置関係を、正確に表現する必要がある。こうした改善には、観測データとの比較を通じたモデル結果の検証と、再現性向上のためのモデル内プロセス改良の不断の努力が不可欠。

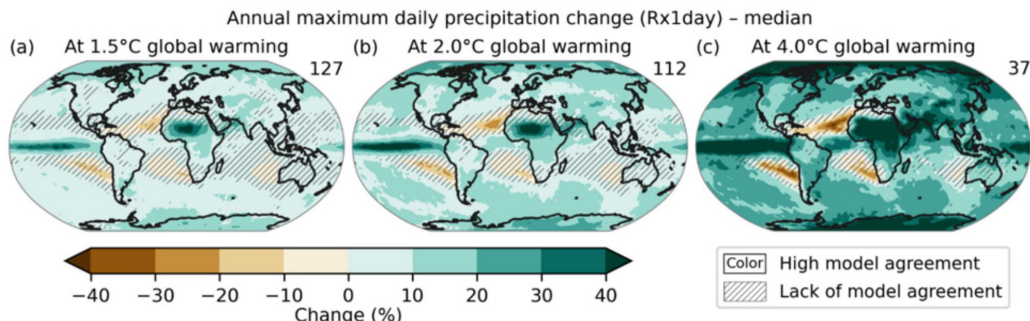
\* イベントアトリビューション:実際に発生した気象災害に対する地球温暖化の寄与の度合いを定量的に示す手法 IPCC WG1の最新報告書でも大きく取り上げられ(特に第11章)、今後も精力的な取り組みが必要と認識されている。

- 2050年**カーボンニュートラル**や**SDGs達成**のためのツールの一つとして、新たな予測要素の創出にも取り組む必要がある。

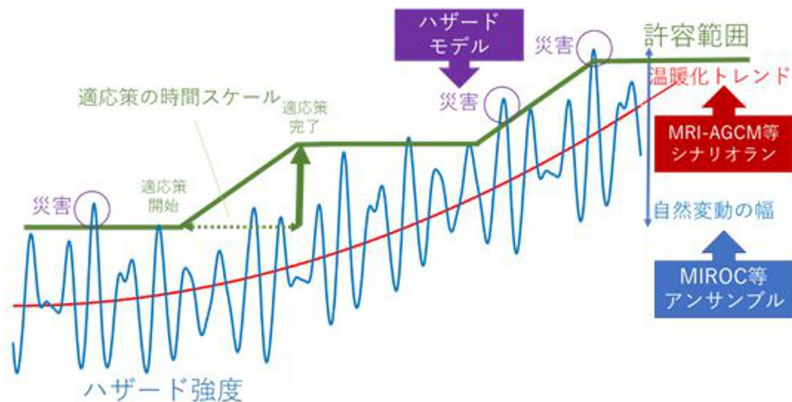
- SDGsを視野に含めた気候変動対策の推進については、IPCC「1.5°C特別報告書」(SR1.5)第5章などで重要性が強調されている。
- 「地球システムモデル」の開発を通じた、
  - **森林火災や永久凍土融解**による温室効果気体放出量の評価 etc.
    - 衛星データを利用した森林火災のモデル化の試みなど
  - **生物燃料と食糧生産の競合関係**に関する検討
  - …など。



## 今後の課題例(2): 時間連続データの創出



温暖化レベルアプローチに基づいた降水量変化予測

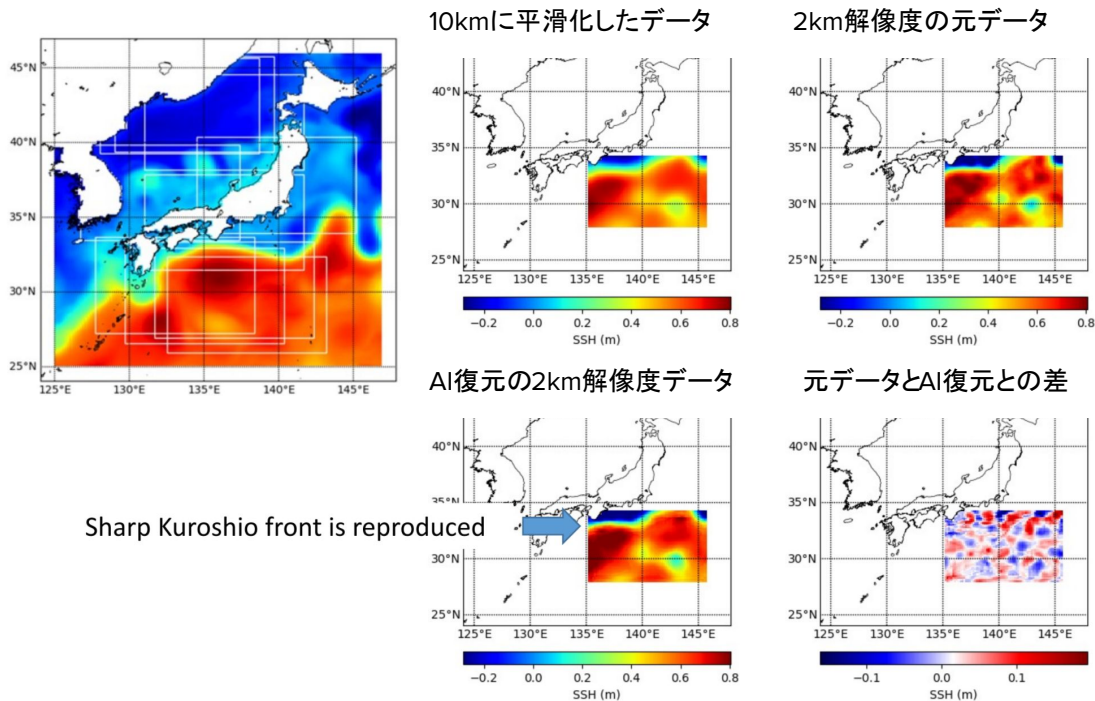


時間的に連続な予測データに基づいた適応策推進の概念図

- AR6では、個別シナリオに基づいた時系列よりも、「2°C温暖化時」などといった「**温暖化レベル**」で整理したアプローチが採用され、AR6の新規性の一つとなった。
- 一方で、適応策推進のためには、自然変動も考慮し、複合災害も含めたハザード予測が必要であり、**複合災害も対象としたハザード統合予測モデル**とともに、**近未来から時間的に連続する「予測」**データが有用となる。
  - 時間連続なデータセット創出の重要性は、「**データセット2022**」配信に向けたデータ利用者との意見交換会でも強調された。
- 時間連続データの場合、統計的有意性を担保するための**実験数が膨大**になる。時間連続な予測を少数行い、**AI**をもちいて「温暖化レベル」間の内挿を行うなどの工夫が必要。

# 予測データ創出におけるAIの活用例

Preliminary test of Downscaling by DL ( from Matsuoka-san@IEP)



## AIを用いた時空間内挿

- データの高解像度化や、確率論的評価の高精度化(アンサンブル数増加)のためには、AI活用が効果的である可能性。
- 左図で示した海面高度の微細構造復元など、AI活用が高解像度化にも有効であることが示されている。

AIを用いたダウンスケーリングの例: 黒潮に沿った海面高度

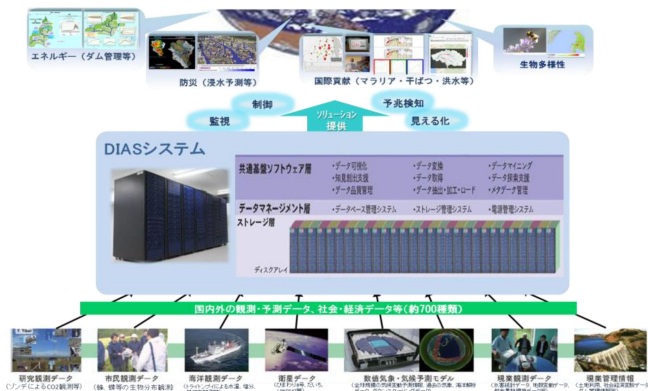
# 効果的な予測データの活用に向けて

- 防災、脱炭素などの取り組みにおけるデータ利用の活発化
- 研究活動のデジタル化、データ駆動型の研究拡大

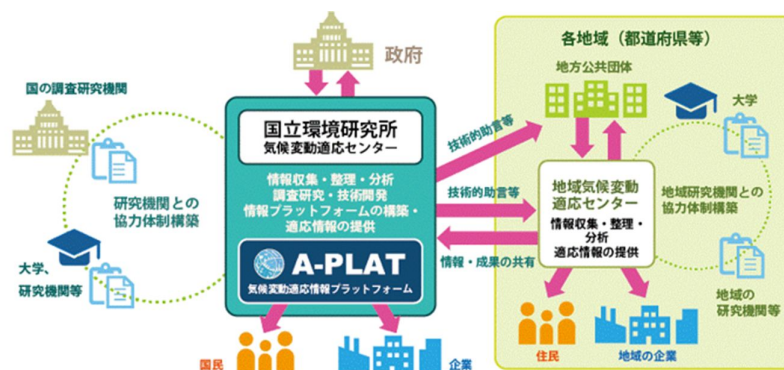
など、気候変動分野でも予測データの活用は進んできてはいるが、予測データ等は **現状ではまだまだ専門家向けのデータ** であり、活用の範囲は限定的



**DIAS, A-PLAT** といった既存の枠組みを活用しながら、予測データも活用した気候変動対策を推進する必要がある。



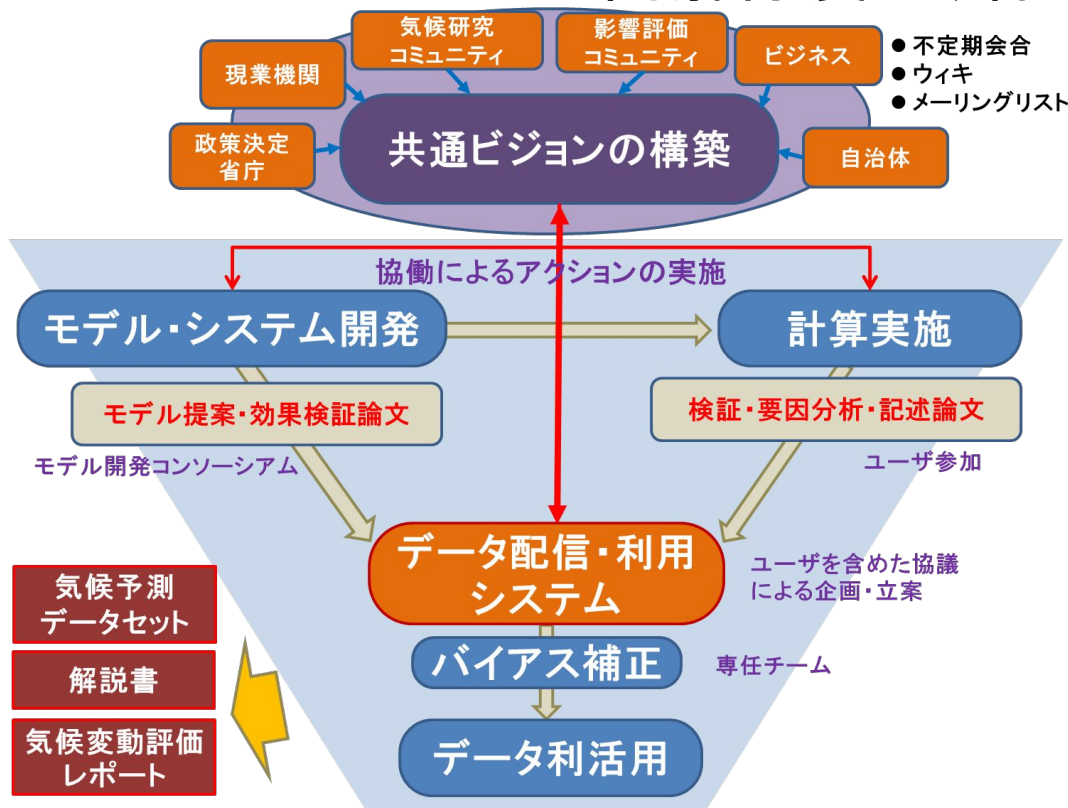
データ統合・解析システム (DIAS)



気候変動適応情報プラットフォーム (A-PLAT)



# ニーズ対応のための高解像度化、体制確立



気候予測データセット検討・開発・提供・利用体制

- 気候変動対策のための予測データセット拡充のためには、**非専門家を含めた利用者からのニーズ**を十分把握することが必須。
  - これまでに例えば、時間連続なデータセット創出の重要性が、「**データセット2022**」配信に向けたデータ利用者との意見交換会で強調されている。
- 専門家の側でも、ニーズをできる限り満たすデータ創出に注力しながら、データの**利用法や精度の限界などを示した解説書**を整備する必要がある。

# まとめ

## ● 現状

- 予測データ創出の組織化やデータの高解像度化、**データ発信の体系化**が進む
- 科学的理解、適応策・緩和策へのデータ活用の促進
  - **SDGsとの連動**の必要性 (IPCC SR1.5), **イベントアトリビューション** への一層の取り組み (IPCC AR6) の重要性などが認識されている。
  - 国内の予測データ利用に関する意見交換会では、**近未来から時間連続なデータセット**のニーズが顕わになった。

## ● 今後の課題

- IPCCや二酸化炭素排出量検証に貢献するための **モデルの高度化** やメカニズム解明
- 気候変動対策のニーズ対応のための予測データの **高解像度化、新たな予測要素**の創出
- **近未来** 予測データ、**時間連続** データの創出
- 予測データの創出における **AIの活用** (時間連続データの創出、計算の効率化など)