

大規模アンサンブル気候予測データベース（d4PDF）を利用した 将来の自治体レベルの暑熱環境

中島 虹（産総研）・今田由紀子（東大AORI）・伊東瑠衣（JAMSTEC）・岡 和孝（国環研）

本研究は、環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20231007)および文科省「気候変動予測先端研究プログラム」の支援により実施しました。記して感謝の意を表します。

深刻化する暑熱環境

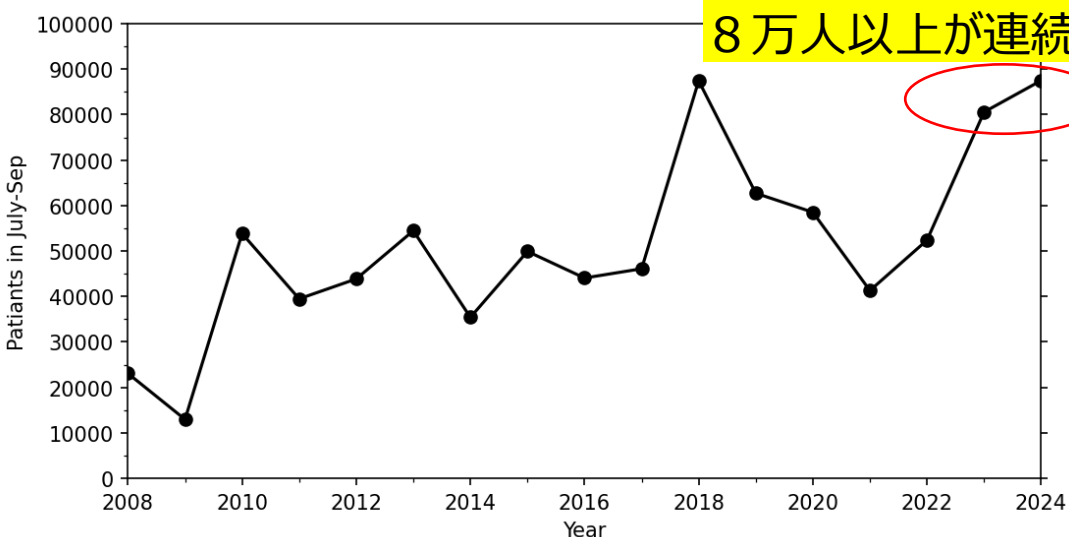


図 全国の7 - 9月における熱中症搬送者数
(消防庁HPのデータをもとに作成)

暑熱環境は既に社会問題として顕在化

- 健康被害
 - 熱中症により8万人以上が救急搬送
 - 猛暑により1300人以上のメッカ巡礼者が死亡
- 屋外スポーツ
 - 東京オリンピックのマラソンコースが東京から札幌に変更
 - 夏の高校野球でクーリングタイム（途中休憩）が導入

地球温暖化が進行した将来の暑熱環境を予測することが、地球温暖化適応に重要

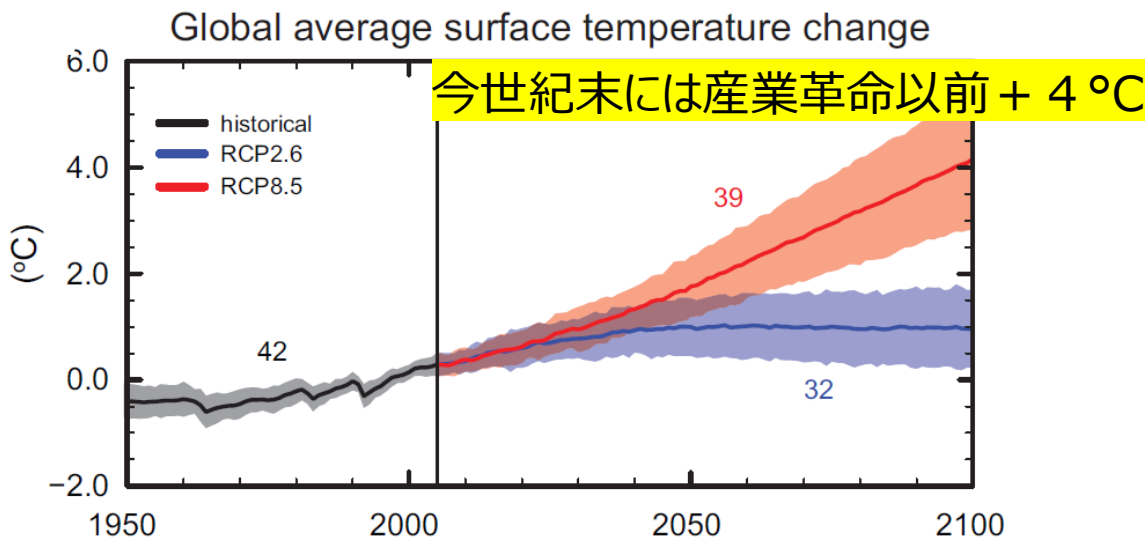
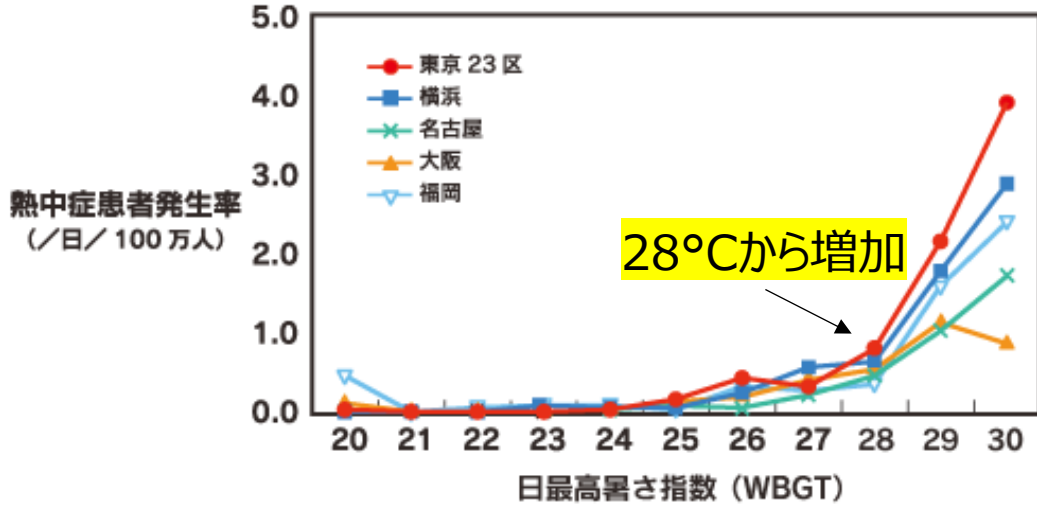


図 全球気温変化の将来予測。(IPCC AR5)

気候予測データベース (d4PDF) が解決策の一つ

- 現在と将来の暑熱環境を評価可能
- 自治体レベルで評価可能
- 温暖化適応に重要なデータセット

暑熱環境の指標：暑さ指数（WBGT）



本発表での重要な指標

WBGTとは

- 熱中症との関係が大きい指標
- $$WBGT = 0.7 \times Tw + 0.2 \times Tg + 0.1 \times Ta$$

湿球温度
黒球温度
乾球温度
- 日常生活や運動、屋外労働、警戒情報の指針

図 日最高WBGTと熱中症患者の関係（環境省HPより）

熱中症警戒アラート・熱中症特別警戒アラート（気象庁・環境省）

- 翌日もしくは当日のWBGTが基準を超えると予想される場合に発令

表1 WBGT別の指針（日本体育協会,2019より）

WBGT	警戒情報および運動指針
35°C以上	熱中症特別警戒アラート
33-35°C	熱中症警戒アラート
31°C以上	運動は原則中止
28-31°C	厳重警戒(激しい運動は中止)
25-28°C	警戒(積極的に休憩)
21-25°C	注意(積極的に水分補給)
21°C未満	ほぼ安全(適宜水分補給)

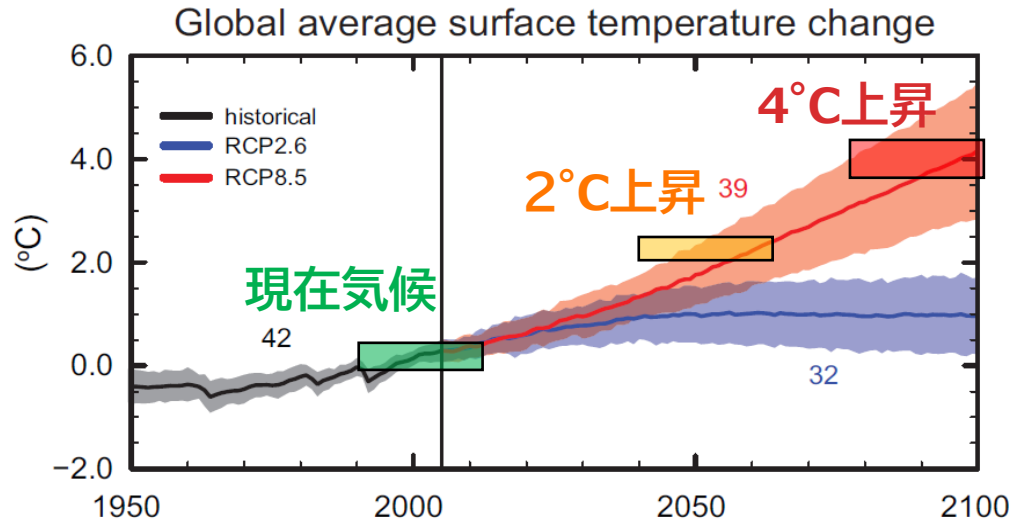
キーメッセージ（環境省HP）
 広域的に過去に例のない危険な暑さ等になり、人の健康に係る重大な被害が生じるおそれあり

本発表では、WBGTの将来変化に関して、気候予測データベース(d4PDF)の解析結果について報告



地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (d4PDF) database for Policy Decision making for Future climate change

本発表で使用



d4PDFとは

- 全世界および日本周辺域について、60, 20, **5kmメッシュ**の高解像度大気モデルを使用したモデル実験出力
- 過去～現在、および地球の平均気温が産業革命以降2°Cおよび4°C上昇した未来の気候状態について実験
- モデルの入力値にばらつき（摂動）を与えたアンサンブル実験

利点

- 大規模アンサンブル（12メンバー）：確率的に評価可能
例）将来の熱中症警戒アラート発令の頻度
- 高空間解像度（5km）：自治体レベルで将来を評価可能
- 高時間分解能（1時間）：日変化がわかる
例）日中だけでなく夜間も熱中症対策には重要

モデルの課題

- 完全に気候を表現できるモデルはないため、系統的な誤差（バイアス）が発生する

気候変動評価には、バイアスを補正して利用することが推奨される

*本発表では、環境省によるWBGT推定値（全国821地点）をバイアス補正の観測値に利用

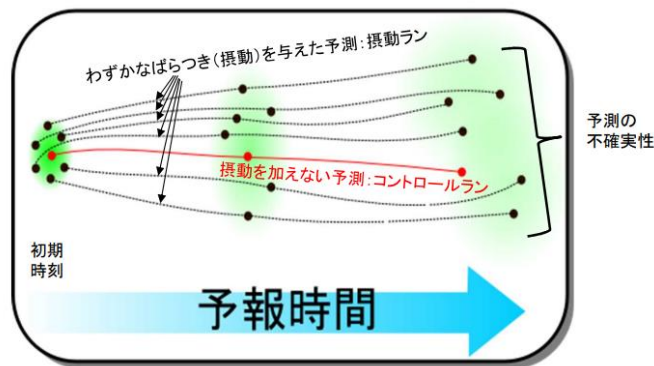


図 アンサンブル実験のイメージ（気象庁HPより）

バイアス補正

- 観測値、モデル計算値をそれぞれ大きさごとに並び替えたときの関係式からモデル計算値を補正 (Piani et al. 2010)
- 地点、月、時刻別に補正

頻度分布を概ね再現
(観測 vs 補正後)

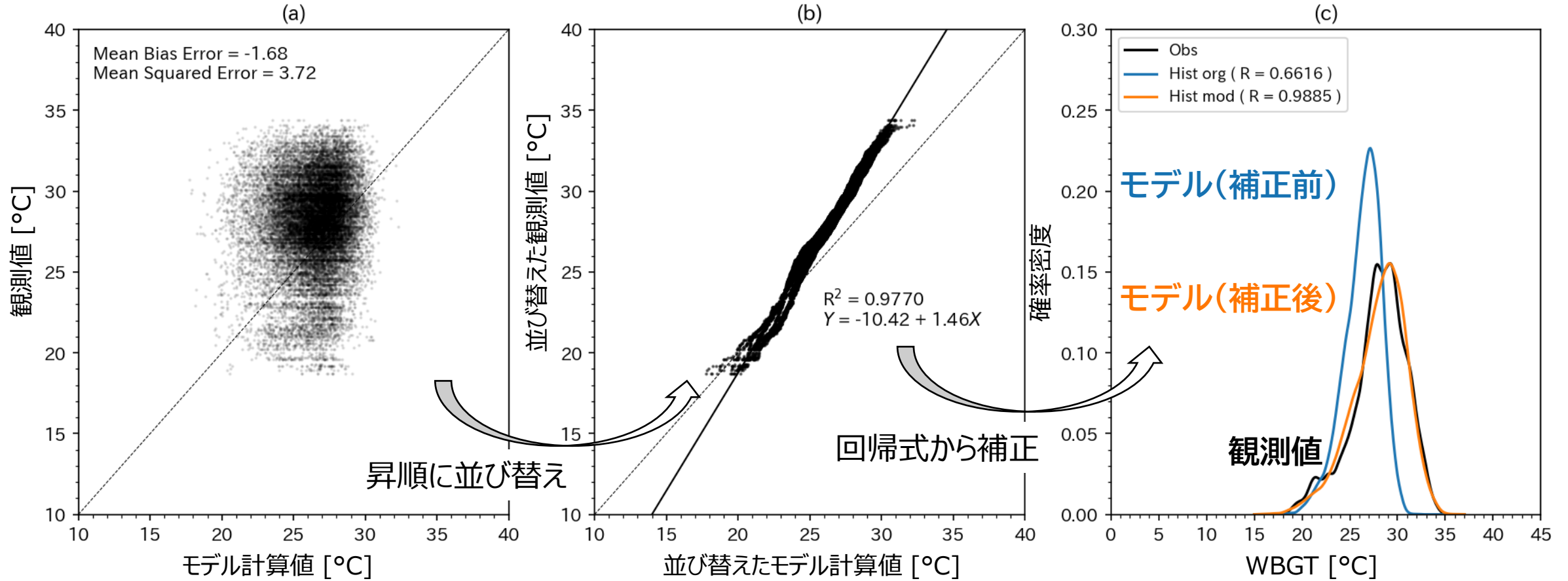


図 バイアス補正手順。(a) 補正前のモデルと観測値の関係、(b) 並び替えた散布図、(c) 観測値、補正前、補正後のWBGT確率密度分布 (東京の14時を例に)

厳しくなる8月の暑熱環境

札幌

現在の東京と同程度

東京

現在気候では例のない
危険な暑さが頻発

福岡

WBGT:	<21	21-25	25-28	28-31	31-33	33-35	35 ≤
現在気候:	25.03%	47.16%	23.96%	3.81%	0.05%	0.00%	0.00%
2°C上昇:	8.72%	36.46%	38.16%	15.81%	0.83%	0.01%	0.00%
4°C上昇:	0.67%	11.25%	29.36%	38.71%	15.65%	4.21%	0.15%

WBGT:	<21	21-25	25-28	28-31	31-33	33-35	35 ≤
現在気候:	2.03%	13.73%	27.85%	39.95%	13.45%	2.83%	0.16%
2°C上昇:	0.17%	5.13%	16.16%	34.67%	27.78%	13.16%	2.92%
4°C上昇:	0.00%	0.36%	3.77%	14.85%	21.01%	28.47%	31.55%

WBGT:	<21	21-25	25-28	28-31	31-33	33-35	35 ≤
現在気候:	0.45%	9.50%	25.27%	45.94%	16.27%	2.44%	0.12%
2°C上昇:	0.03%	1.71%	10.50%	30.93%	33.78%	19.64%	3.43%
4°C上昇:	0.00%	0.05%	1.00%	6.48%	14.32%	31.16%	47.00%

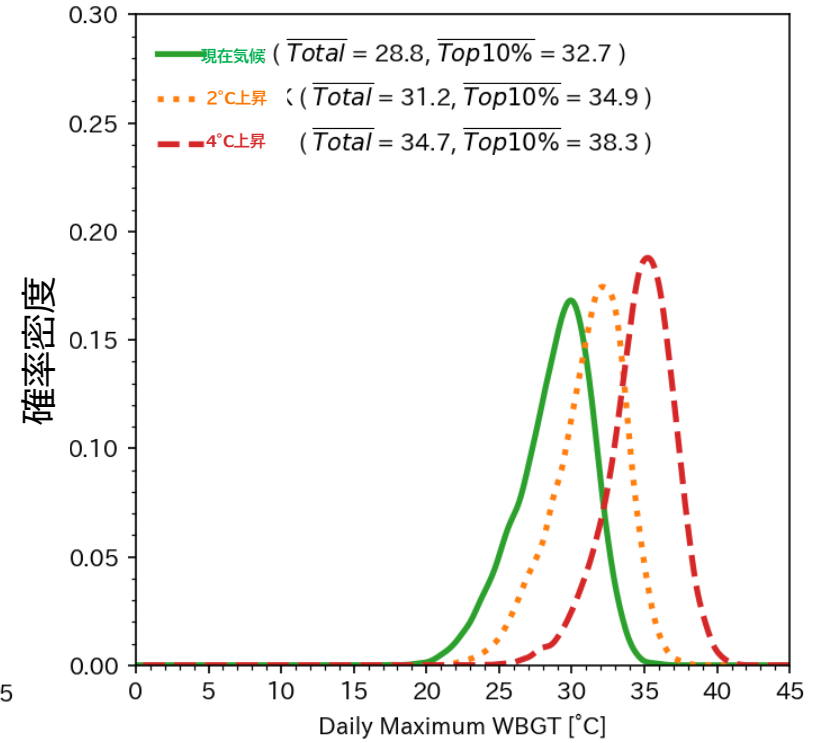
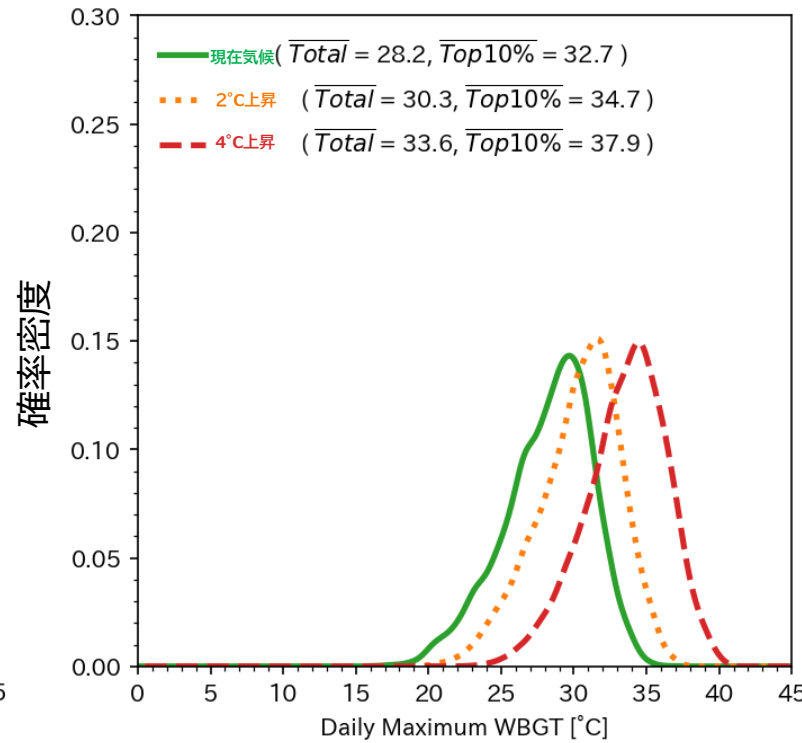
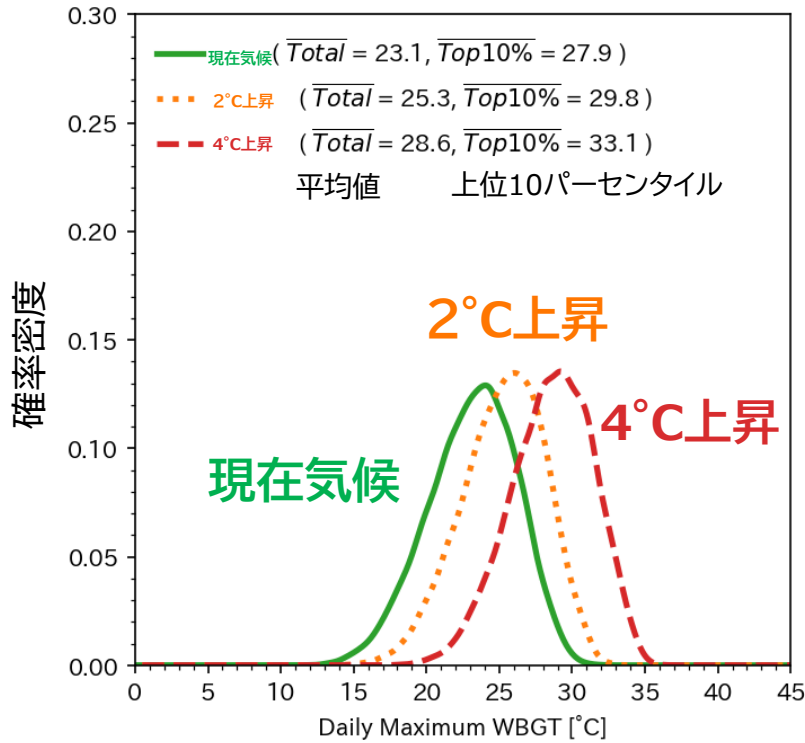
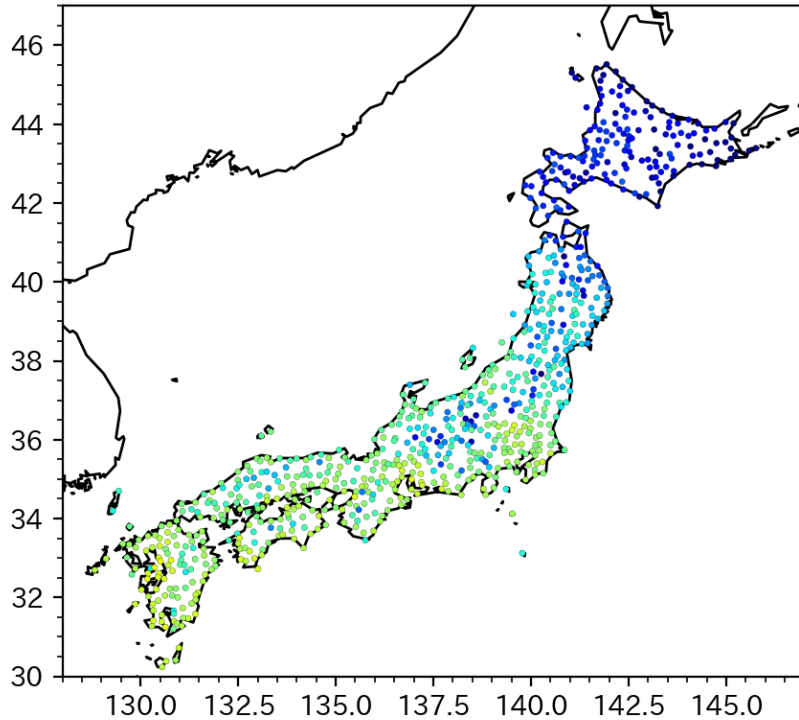


図 8月の日最高WBGT頻度分布. (左) 札幌、(中) 東京、(右) 福岡

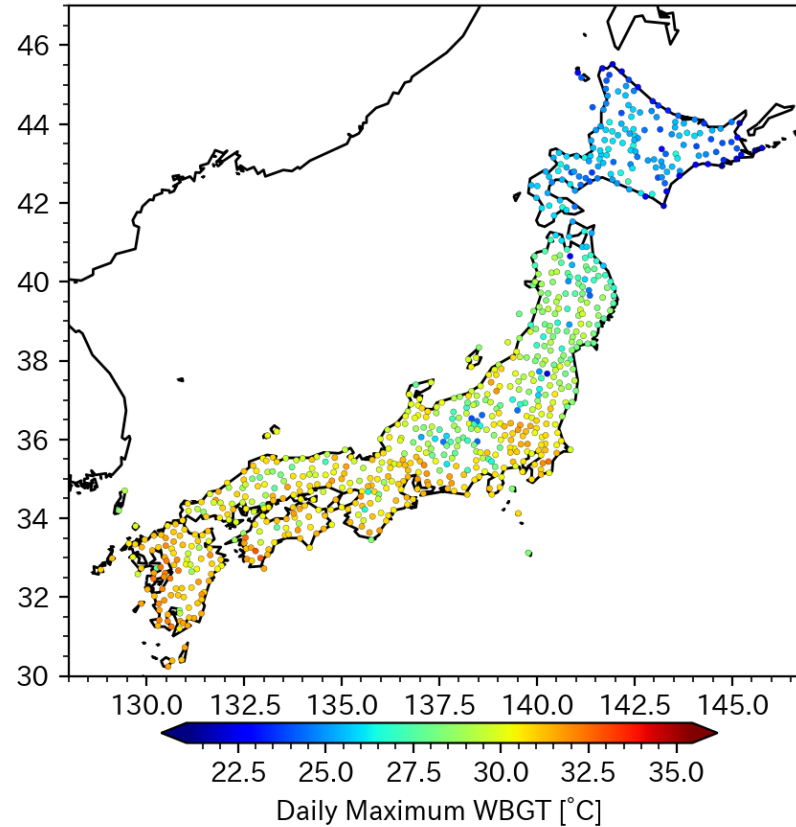
厳しくなる8月の暑熱環境

多くで熱中症警戒アラート基準（33℃）を超える

現在気候



2°C上昇



4°C上昇

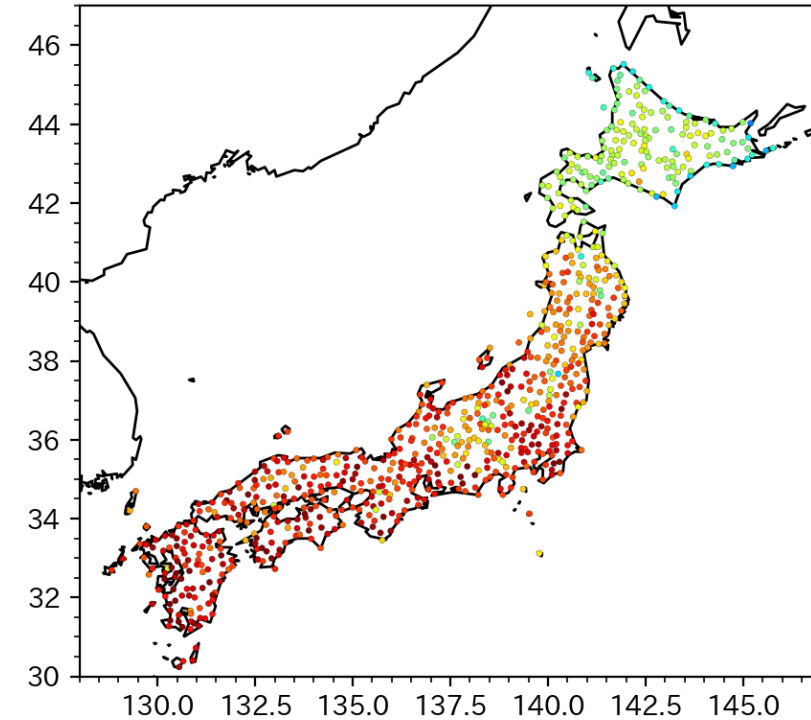


図 8月平均の日最高WBGT分布. (左) 現在気候、(中) 2°C上昇、(右) 4°C上昇

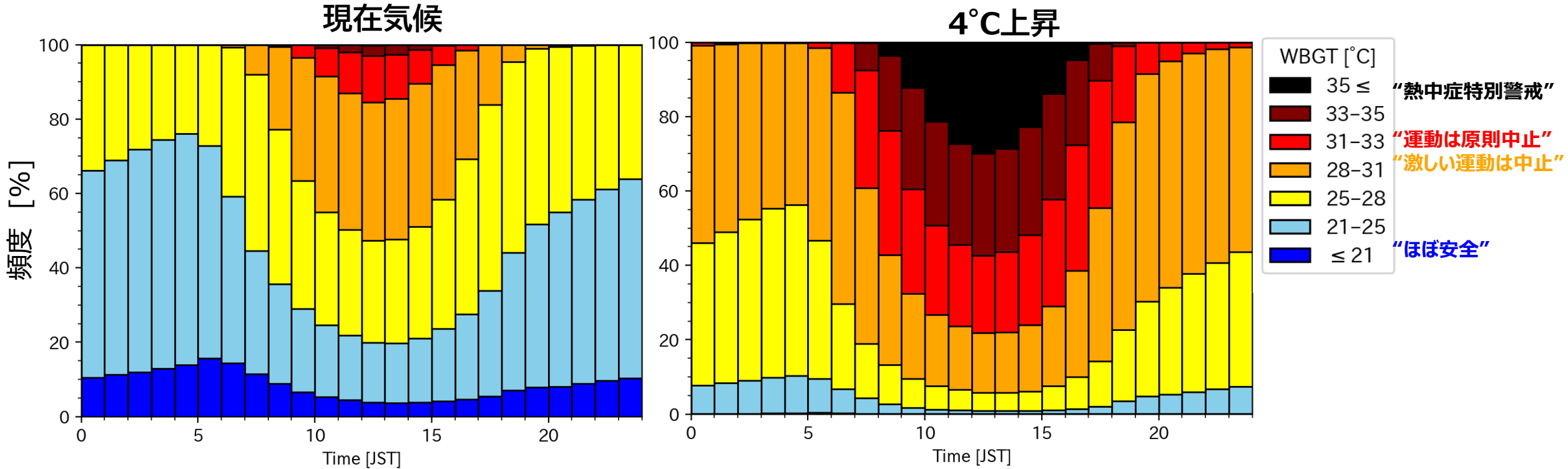
日中は屋外スポーツ困難、夜間でも要注意の暑熱環境



屋外競技の開催はかなり難しい暑さ

日中：“運動は原則中止”が70%以上

夜間：“激しい運動は中止”が50%以上

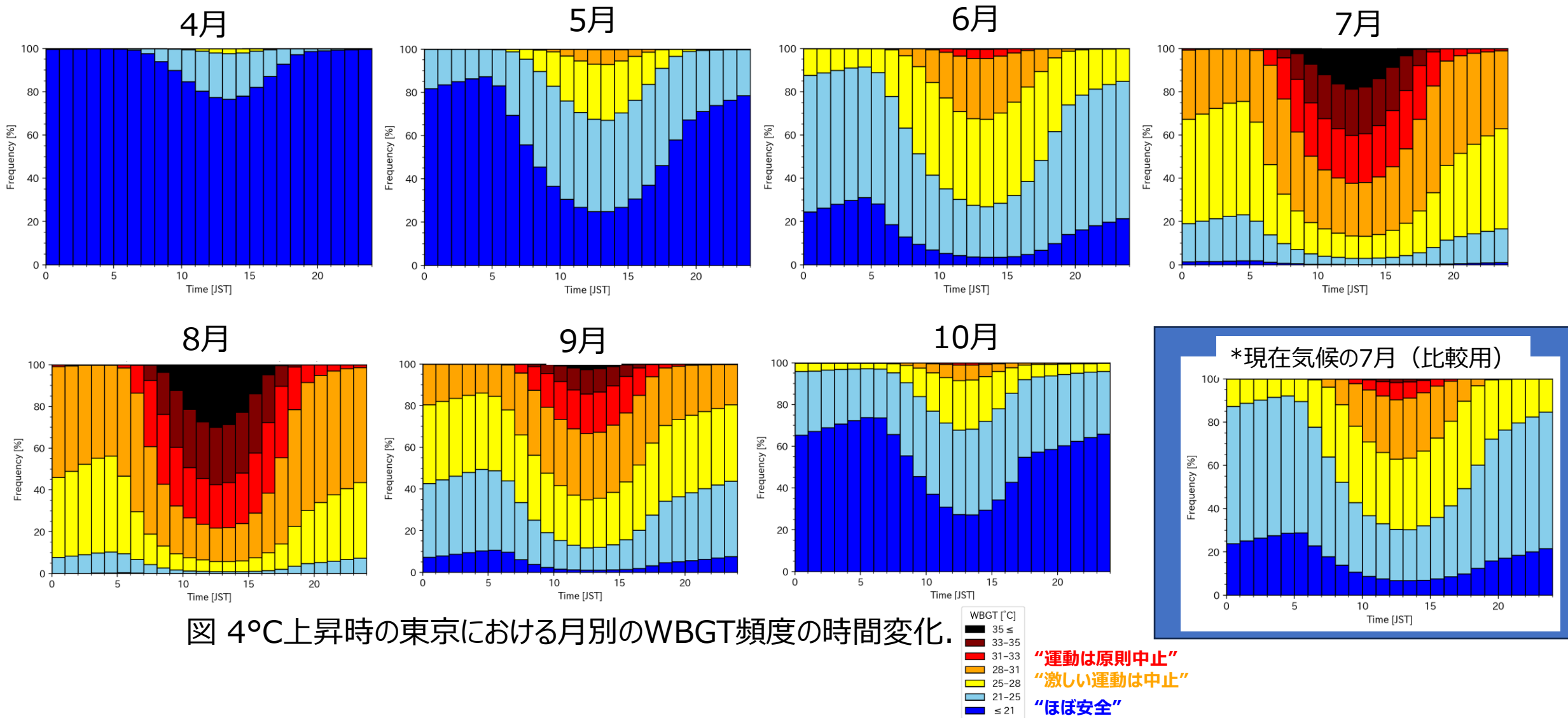


東京における8月のWBGT頻度の時間変化. (左) 現在気候、(右) 4°C上昇

運動会・全国大会が開催可能な月は？

- 盛夏期（7～9月）は開催が難しい
- 6, 10月は比較的安全

気候予測データベースが気候変動適応のキーとなる



気候予測データベースを身近に：Web GISの活用

背景：気候変動緩和策・適応策の実装が急務
課題：研究成果を実施主体に向けてスムーズに提供できていない



難点：

- 膨大なファイルサイズ(~PB)
- 各地域のデータ取得が難しい

・存在は知っていても、ハンドリングが大変
・どう使えばいい？
・各地域のデータだけでも十分。。。



利用者

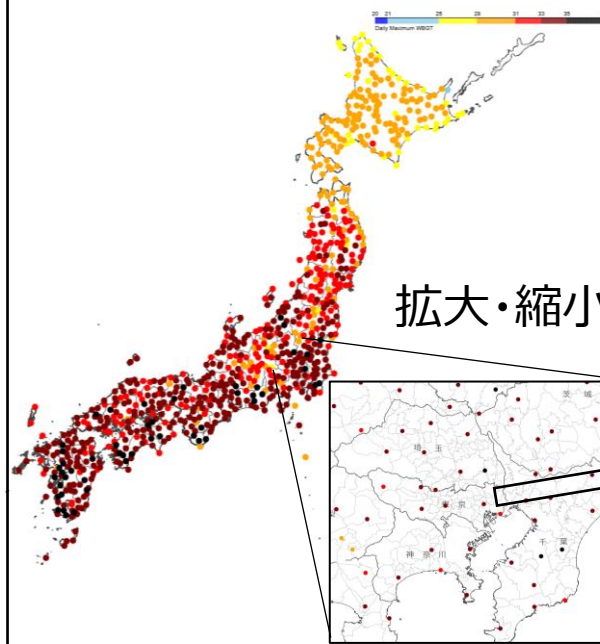
どう提供すれば？



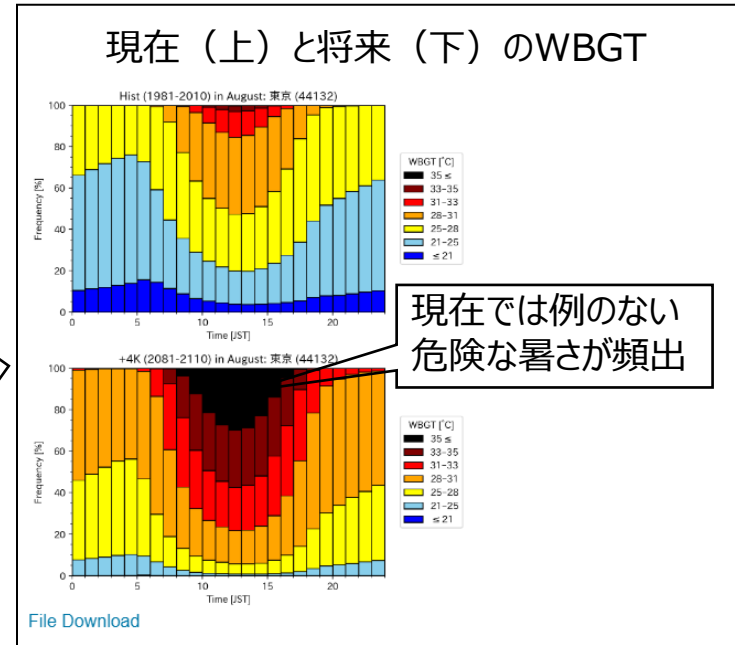
データ作成側

解決策：Web GIS
(インターネットの地図上でデータにアクセスするシステム)

任意地点で情報提供し、地域分析を容易に



地点クリックで結果を表示
データもダウンロード可能



データアーカイブサイト (A-PLAT等) での掲載を検討中

➤ 温暖化が進行した将来の暑熱環境を大規模アンサンブル気候予測データベース (d4PDF) を利用して評価

- 北海道を除く日本の多くの地点では、**熱中症警戒アラート基準 (WBGT>33°C)** を超えること、
現在気候ではほとんど発生しない、**熱中症特別警戒アラート基準 (WBVGT>35°C)** が頻出すると予測
- 北海道は現在気候の東京と同程度のWBGTとなると予測
- 盛夏期 (7~9月) は、日中の高頻度で**“運動は原則中止”** (WBGT>31°C) となり、
夜間でも高頻度で**“激しい運動は中止”** (WBGT>28°C) となると予測
⇒現在の日程では、将来に屋外スポーツを開催することが困難になることを示唆

今後の暑熱対策にも有用な結果

➤ 研究結果の可視化・提供ツール (Web GIS) を開発中

成果の社会実装に有用

役に立つポイント

1. 地点別に**テキストデータ**で提供
 - d4PDF解析のハードル (データ容量・プログラム) を低くし、地域の解析を容易にする
2. 任意地点の成果 (☒) がすぐ見れる
 - 対策検討の材料



ツールについてご意見・ご要望 (要素、☒など) いただければ幸いです。

