

猛暑、大雨、林野火災も？

—異常天候をもたらす偏西風の蛇行と温暖化—

気象庁 気象研究所

気候・環境研究部 第一研究室 関澤 惇温



はじめに：自己紹介

2



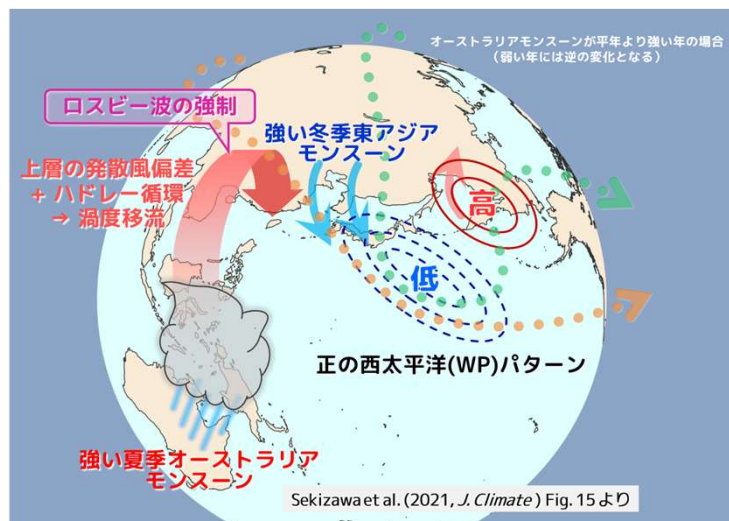
名前：関澤 僊温（せきざわ しおん）

所属・役職：気象庁 気象研究所 気候・環境研究部 第一研究室 研究官

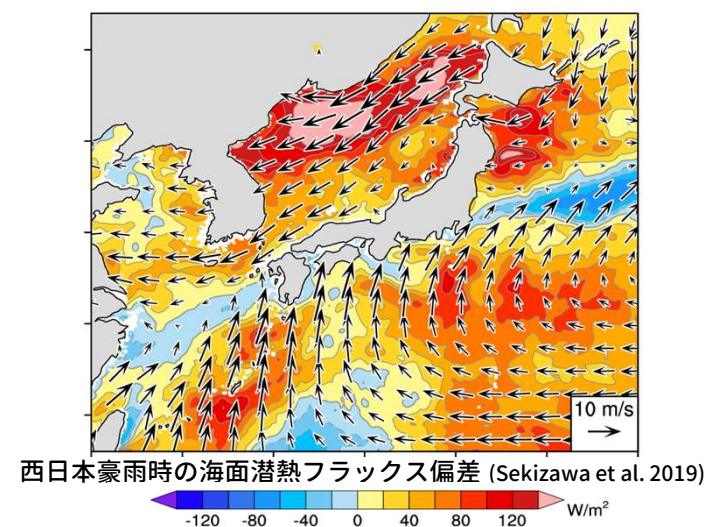
研究テーマ：

テレコネクション（遠隔影響），モンスーン，異常気象の要因分析など

例）北オーストラリアの降水量の変動が
日本の冬の季節風の強さを変える



例）平成30年7月の西日本豪雨にともなって，
日本近海での蒸発が顕著に増大していた



本日は「林野火災」が主なテーマですが，気候変動予測先端研究プログラムが主催のシンポジウムということで…
林野火災にも関連するかもしれない「異常天候をもたらす偏西風の蛇行と温暖化の影響」についてお話しします

異常気象はなぜおこるのか？

3



よく聞かれる質問：「この猛暑・豪雨は**温暖化のせい**ですか？」



この意味をどう考えるかによって、答え方が変わる

結論から言えば、特定の猛暑や豪雨が「温暖化のせい」かどうか100%白黒つけることは不可能

温暖化していなくても、
(例えば) とても暑い夏や記録的な大雨はある
異常気象の“直接的な要因”は温暖化ではない

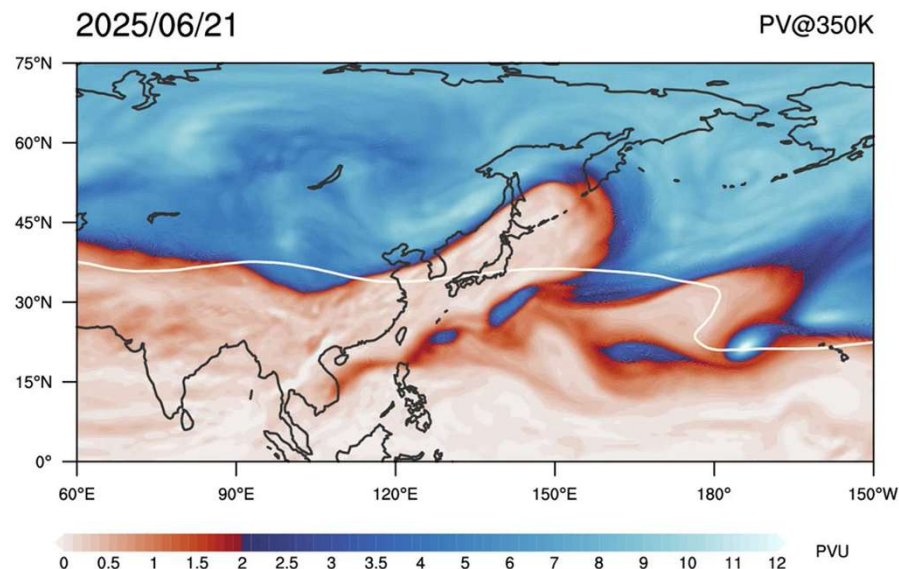
→ 日本における異常気象は偏西風の蛇行によって
もたらされることが多い

暖かい空気と冷たい空気の境界を吹くジェット気流
(=上空の偏西風の特に強いところ) の位置がたえず変動

偏西風の大きな蛇行あるいは長期間の蛇行が
異常気象の要因となる

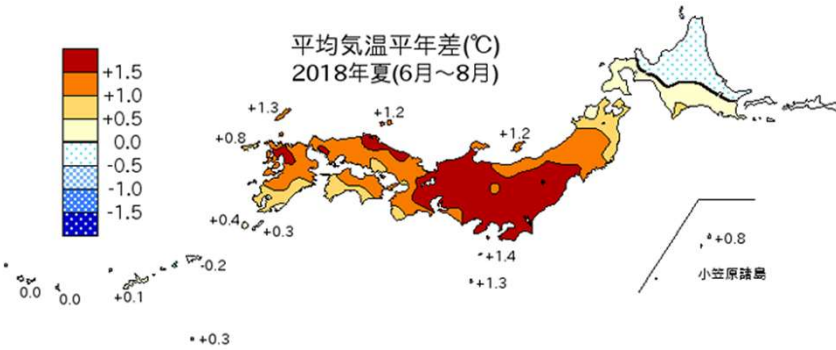
例) 今年の5月中旬～8月上旬のジェット気流のようす **[動画]**

赤いところ：熱帯の空気、青いところ：中緯度～極の空気
白線：平年のジェット気流（青と赤の境界）の位置

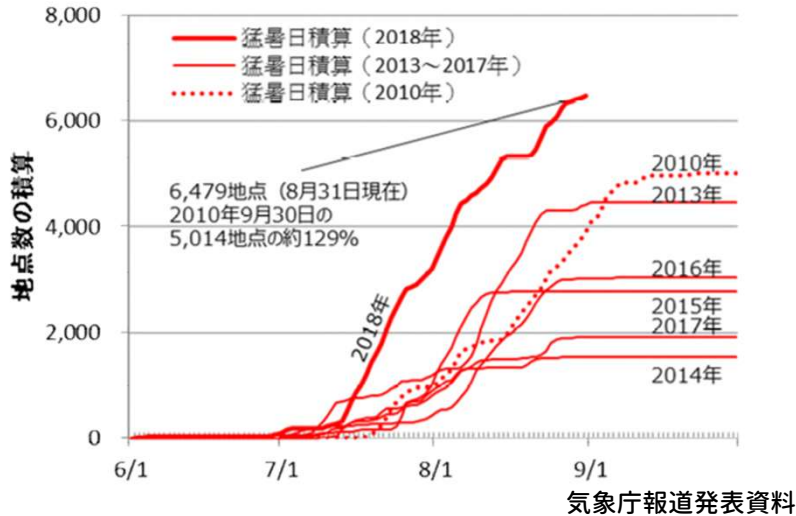


例えば… 2018年夏の猛暑と豪雨

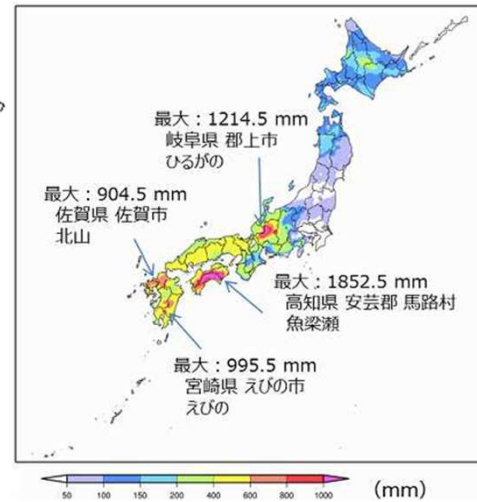
6～8月平均気温の平年からの差



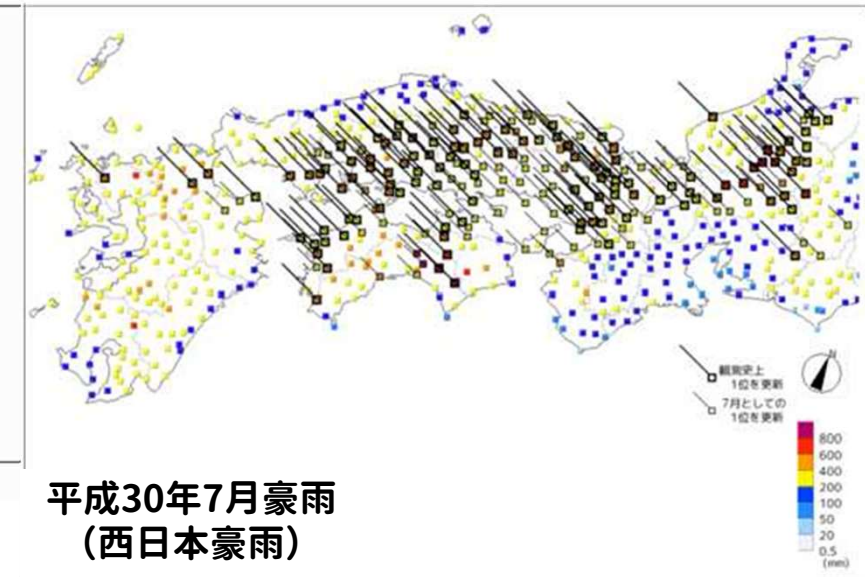
全国のアメダスで観測された猛暑日の地点数の積算



6月28日～7月8日の降水量



72時間降水量の最大値を更新した地点



平成30年7月豪雨
(西日本豪雨)

気象庁報道発表資料

この2018年夏の猛暑や豪雨も、偏西風の蛇行が一因

偏西風の蛇行がもたらした2018年夏の猛暑と豪雨

[動画]

2018062900

寒帯前線ジェット

(黒：平年の位置)

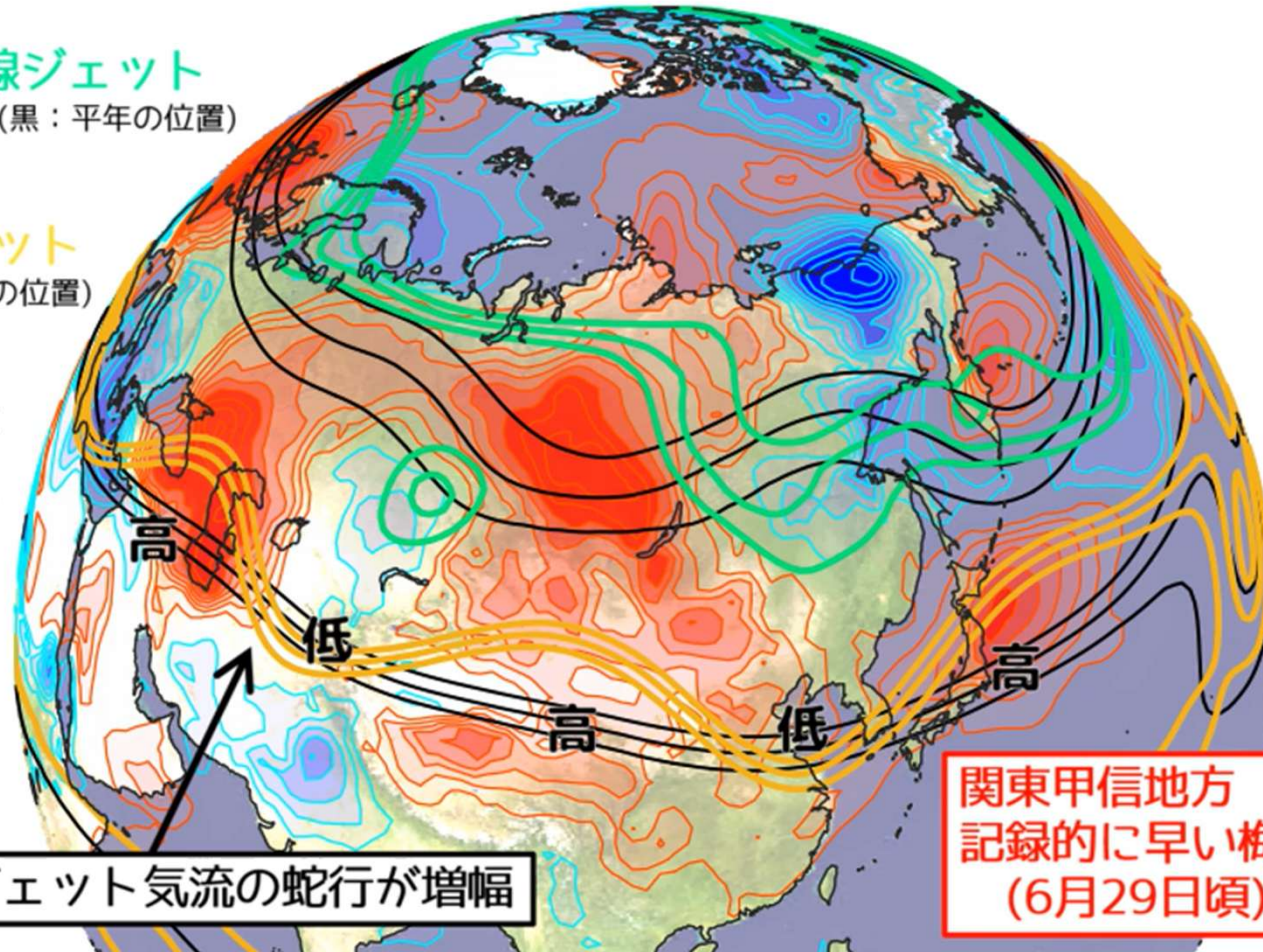
亜熱帯ジェット

(黒：平年の位置)

赤と青の陰影は
下層の気温の
平年からのズレ

赤：高温

青：低温



亜熱帯ジェット気流の蛇行が増幅

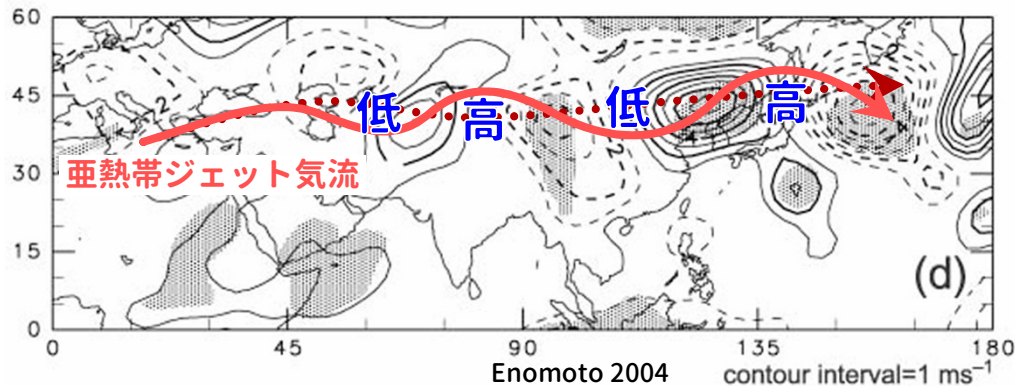
関東甲信地方
記録的に早い梅雨明け
(6月29日頃)

偏西風の蛇行とテレコネクションパターン

シルクロードパターン

アジア大陸上の夏の亜熱帯ジェット気流の蛇行

8月の上空12km付近の南北風（蛇行が大きい年と小さい年の差）



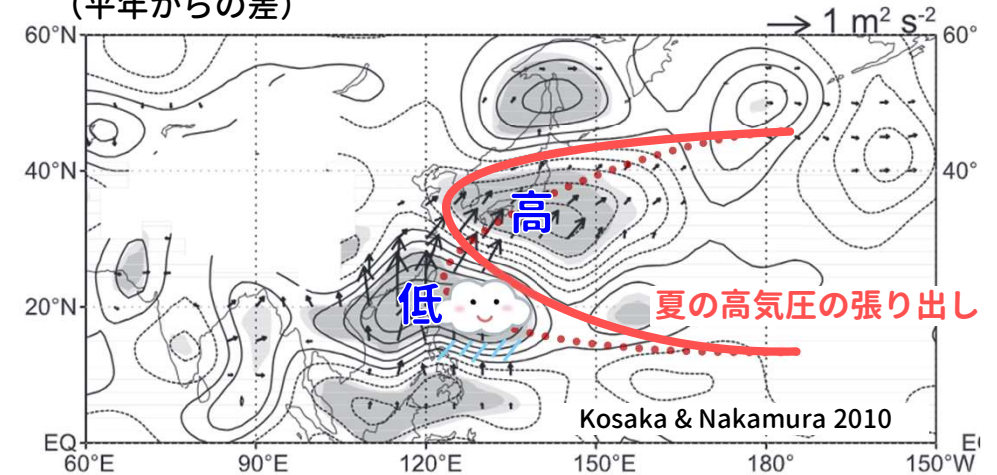
偏西風の蛇行には生じやすいパターンがある
「テレコネクションパターン」

要因は？ 大気中でひとりでに生じる“内部変動”＋熱帯の海面水温変動の影響も受ける
“内部変動”も熱帯の海面水温変動も、温暖化がなくても存在する“自然変動”

太平洋－日本（PJ）パターン

フィリピン付近の降水活動と 日本上空の夏の高気圧の強さのシーソー

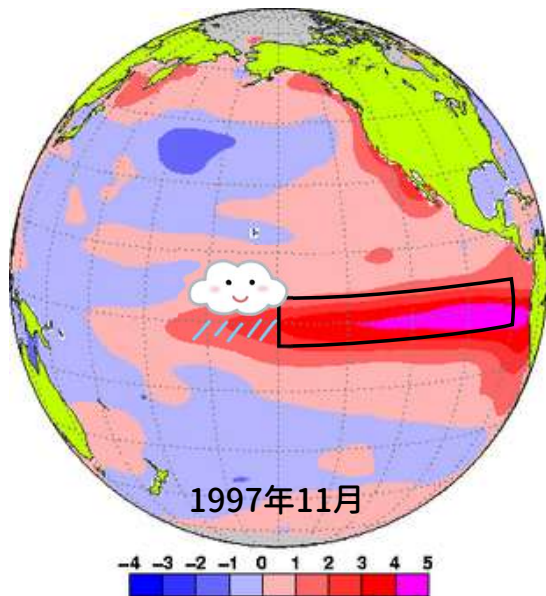
夏のフィリピン付近で降水量が多い時の上空1500m付近の大気循環
（平年からの差）



偏西風の蛇行に影響する海面水温変動：エルニーニョ現象，ラニーニャ現象

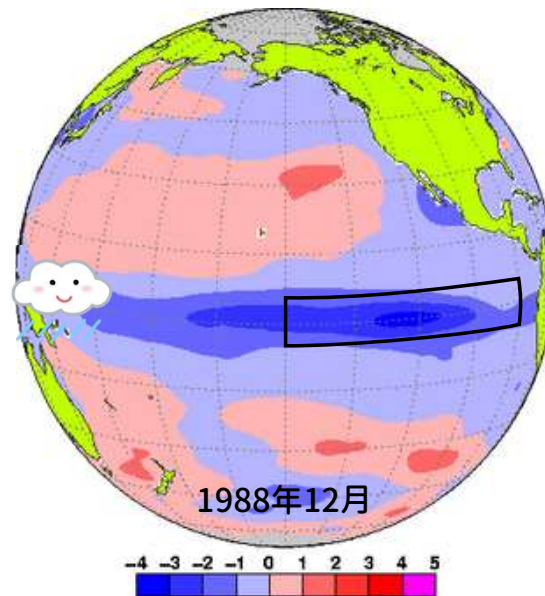
熱帯太平洋でみられる海面水温変動

エル二一二ヨ現象



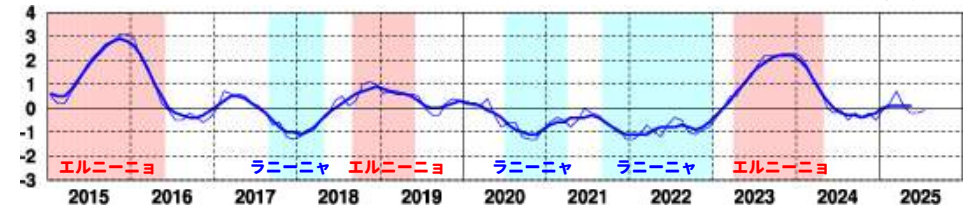
海面水温の平年からの差 (°C)

ラニーニャ現象



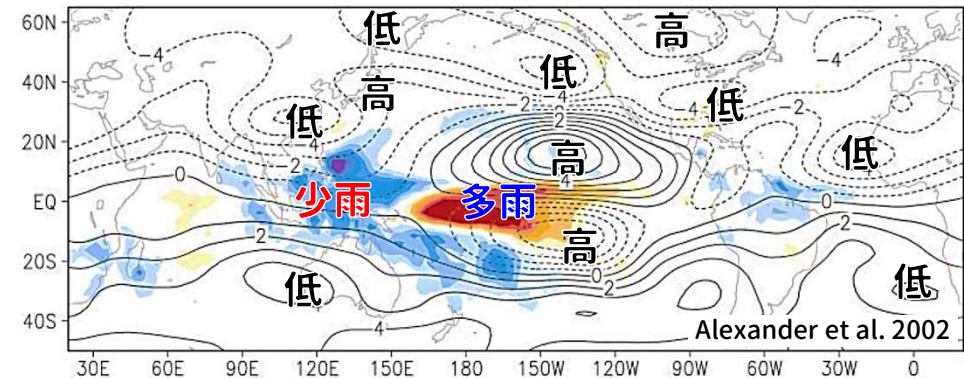
気象庁

監視海域の海面水温の基準値からの差 (°C)



气象庁

エルニーニョの冬に典型的にみられる
降水量と上空12km付近の大気循環（平年からの差）



Alexander et al. 2002

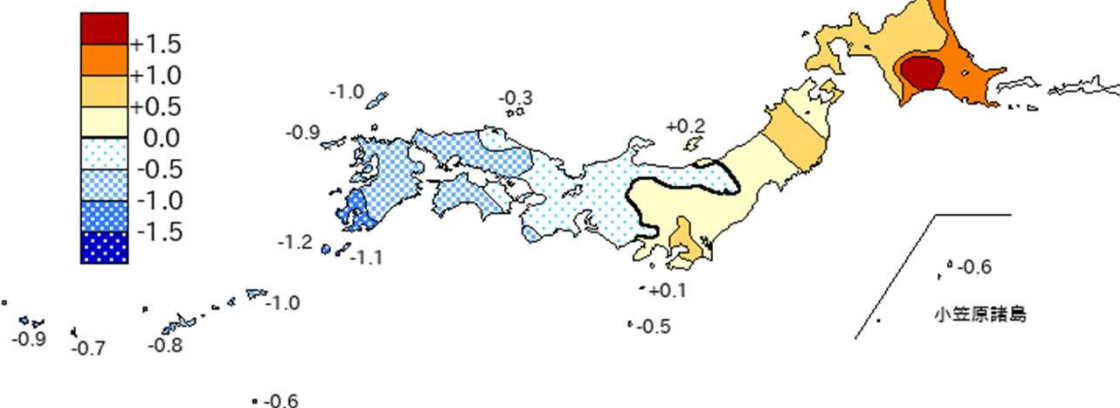
海面水温の分布の変化に対応して、降水活動が活発な領域も移動

降水活動にともなう凝結熱は大気循環の駆動力の一つなので、その移動は大気循環を大きく変えうる
→ 偏西風の蛇行の一因に

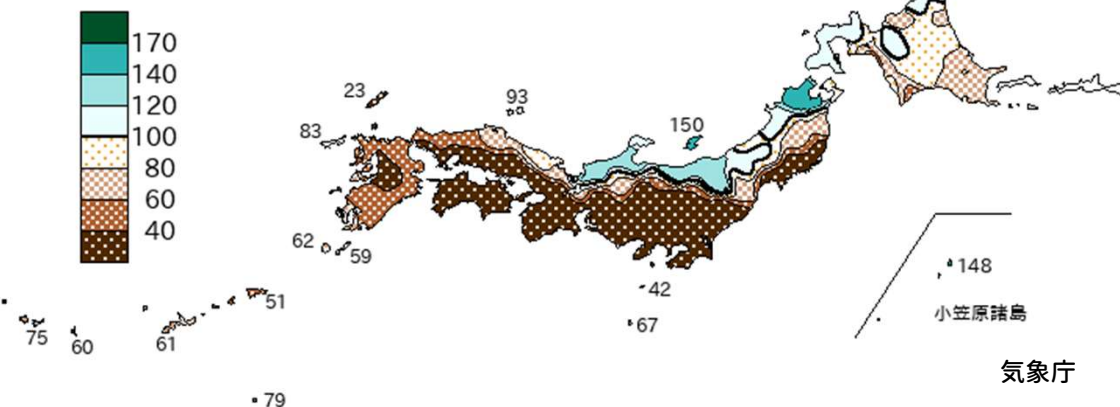
自然変動があるので温暖化していても寒い冬がある：2024/25年の冬の例

8

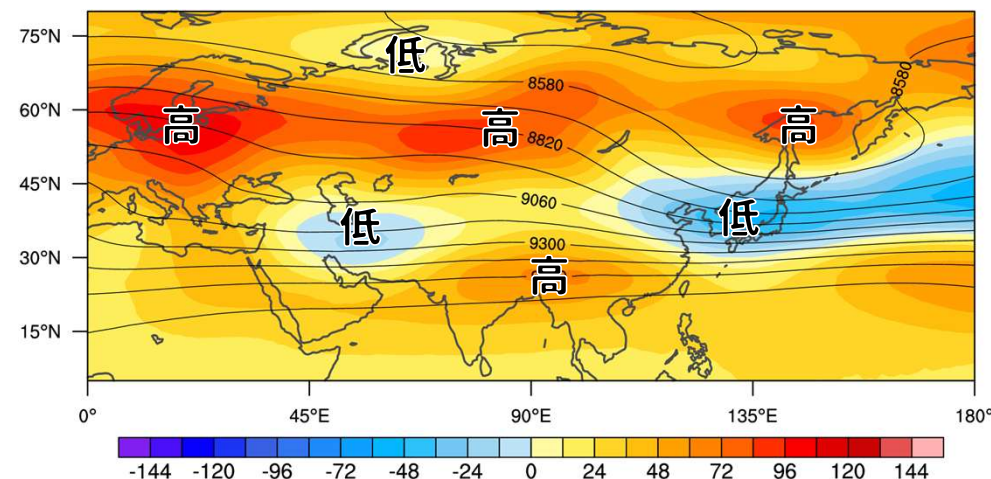
2024年12月～2025年2月平均気温の平年からの差 (°C)



2024年12月～2025年2月平均降水量の平年との比 (%)



左と同じ期間で平均した上空9km付近の大気循環（平年からの差）

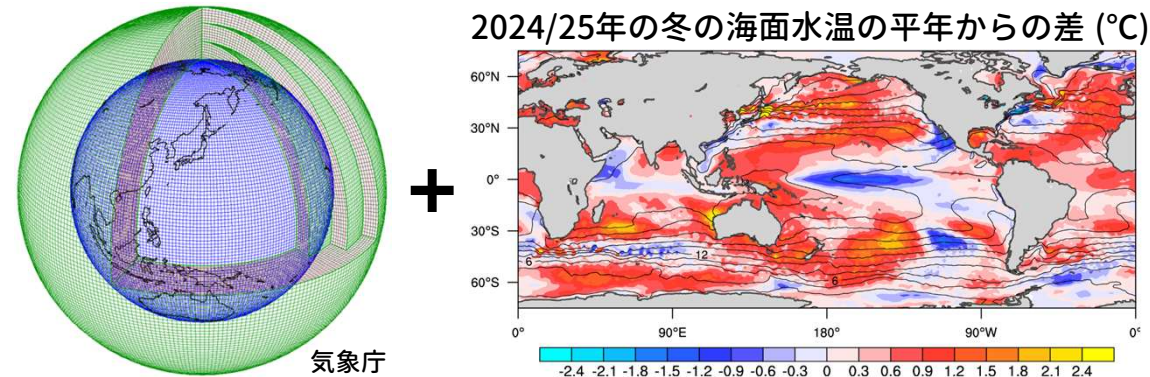


- 南西諸島～西日本を中心に低温
- 太平洋側を中心に降水量が顕著に少なかった（大規模な林野火災が多かった一因？）
- 東～北日本日本海側では降水量が多かった

日本上空の気圧の谷が平年より深く，
大陸からの冬の季節風の吹き出しが強かった

→ 弱いラニーニャ現象の影響か，大気中でひとりでに生じる“内部変動”か？

大気の“内部変動”と海面水温の影響を切り分ける：アンサンブル実験

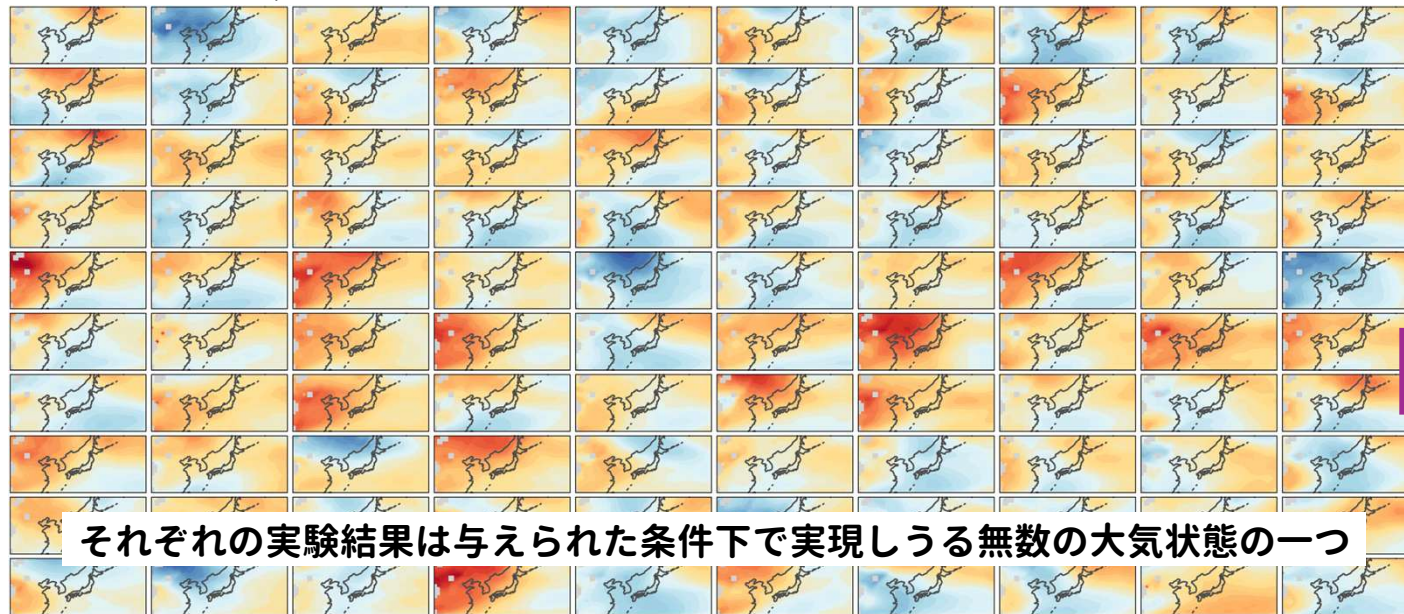


大気の状態を再現する「大気大循環モデル」に観測された海面水温を与えて実験

ただし、観測誤差程度のわずかな違いをもつ100個の海面水温を与える

→ 海面水温のわずかな違いによって、大気中でひとりでに生じる“内部変動”が異なるものとなり100個の全く異なる大気状態が再現される

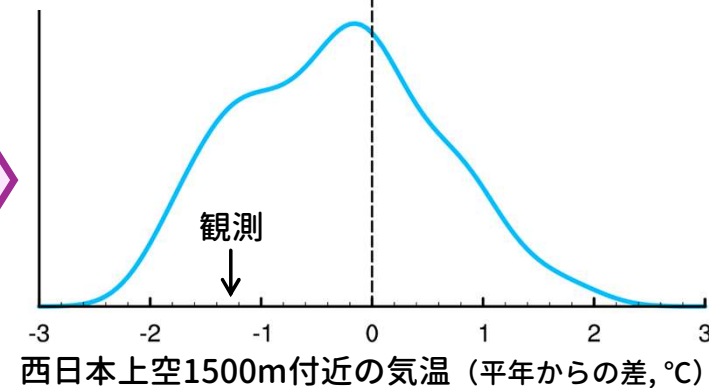
実験結果：2024/25年の冬の上空1500m付近の気温（平年からの差）



「アンサンブル実験」

実現しやすい分布
(確率分布)

平年値

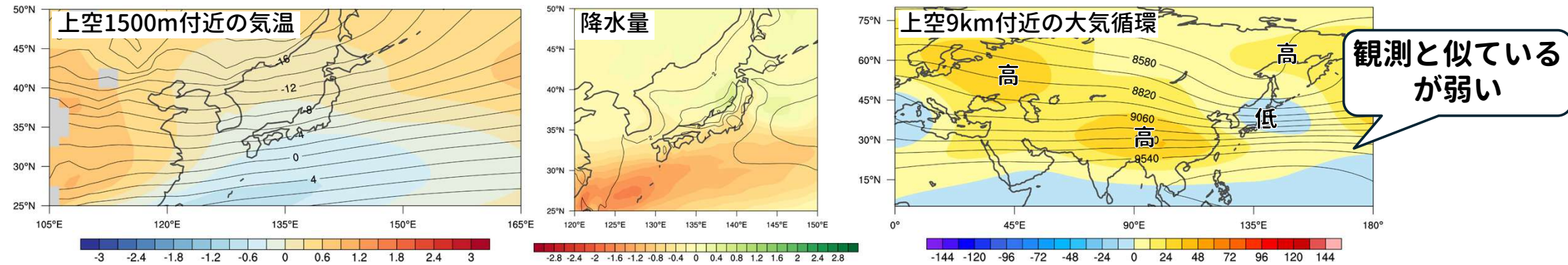


海面水温 → 実現しやすい分布を変える

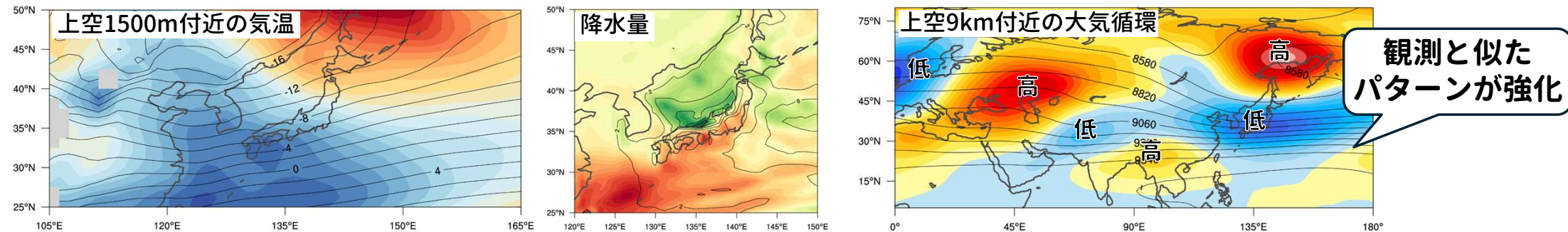
大気の“内部変動” → どれが実現するかを決める

2024/25年の寒い冬は大気の“内部変動”？ 海面水温の影響？

海面水温の影響：100個の実験の平均（実現しやすさの分布がどう変わっていたか）



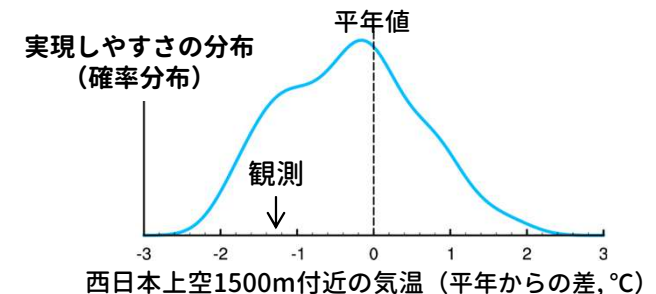
大気の“内部変動”の影響：100個のうち西日本で特に低温となった実験（どれが実現するか）



2024/25年の冬の西日本を中心とした低温や太平洋側の少雨は、

- ・ ラニーニャ現象などの海面水温変動からの影響
- ・ 大気中の“内部変動”としての偏西風の蛇行の影響

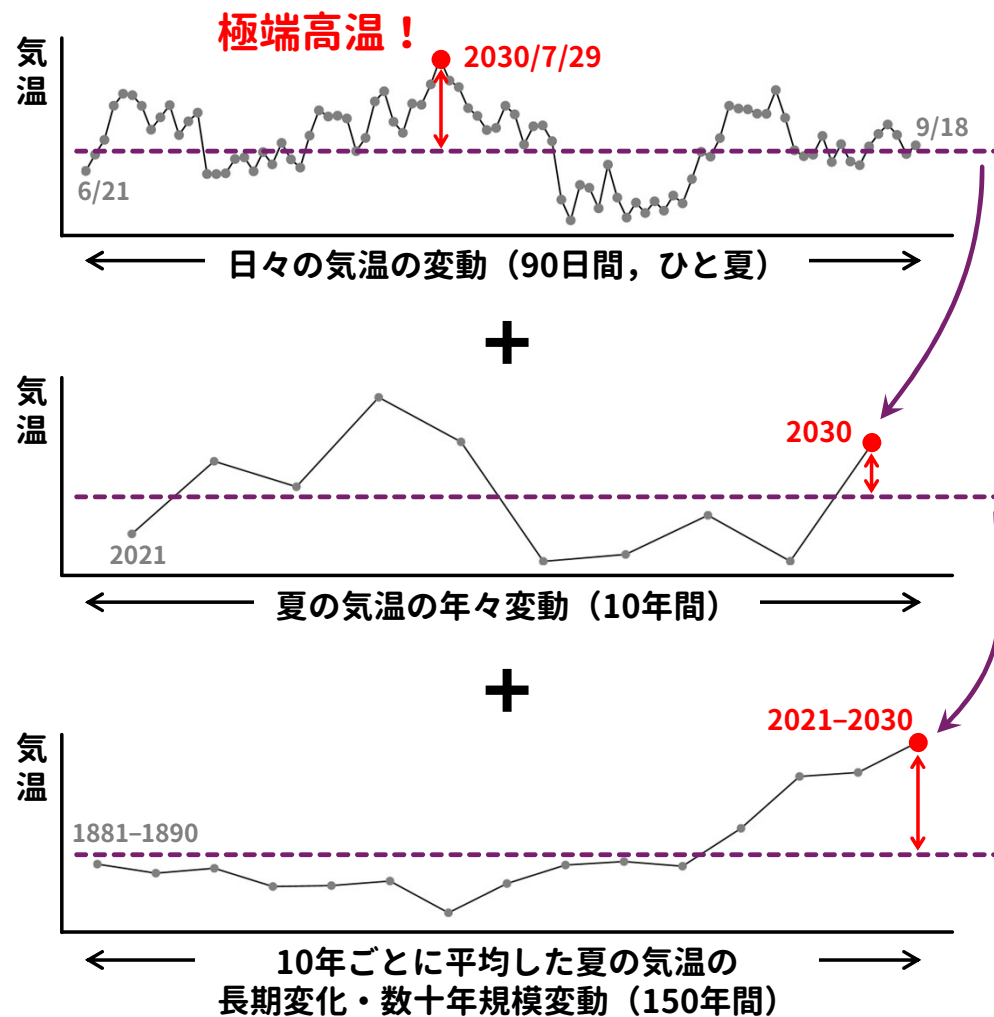
の重ね合わせの結果だったと考えられる



では、異常気象に対する温暖化の寄与をどう考えればよい？

11

※ この図の具体的な日付や気温変動はあくまでも例



極端な現象のタイミングを決める

数日～数週間スケールの偏西風の蛇行

数か月スケールの偏西風の蛇行，
エルニーニョ/ラニーニャ現象など海面水温の年々変動

数十年スケールの海面水温の変動，
土地利用の長期変化，
温室効果ガス濃度の長期変化

極端な現象の発生確率を変える
(平均状態や変動の大きさを変える)

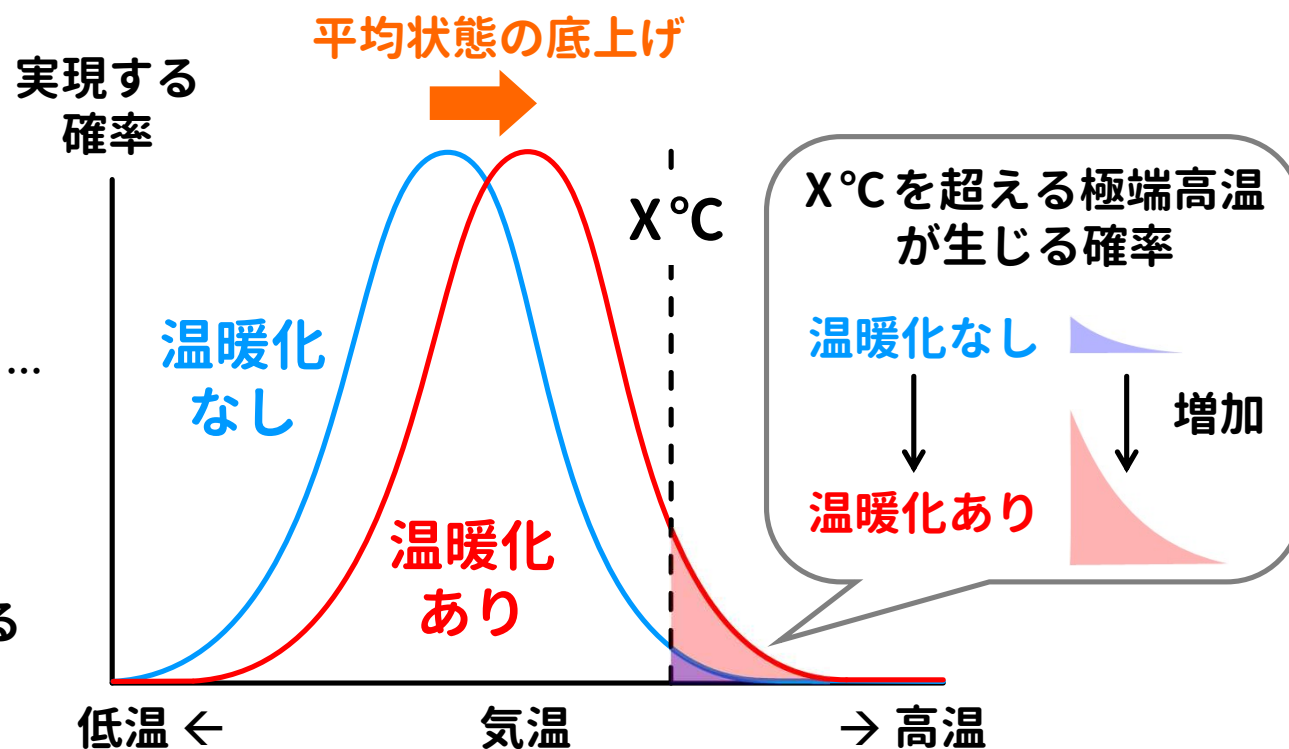
では、異常気象に対する温暖化の寄与をどう考えればよい？

地球温暖化は異常気象の直接的な要因（タイミングを決めるトリガー）にはならないが、平均状態の底上げや自然変動の大きさを変えることで、気温や降水量などの確率分布を変え、極端な現象の頻度や強度に影響を与える

温暖化によって確率分布はどう変わる？

限られた期間の観測だけから見積もることは難しい…

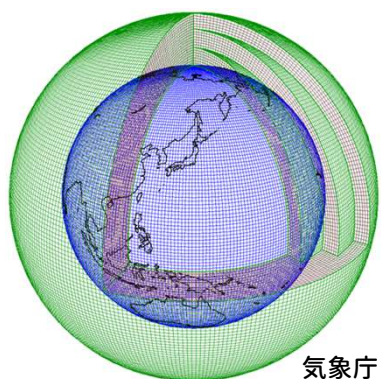
与えられた気候条件下において
実現しうる無数の大気状態を再現できる
「アンサンブル実験」が強力な手法となる



→ 異常気象に対する温暖化の寄与を同定する「イベント・アトリビューション」手法の一つ

アンサンブル実験を用いた確率型イベント・アトリビューション

13



+

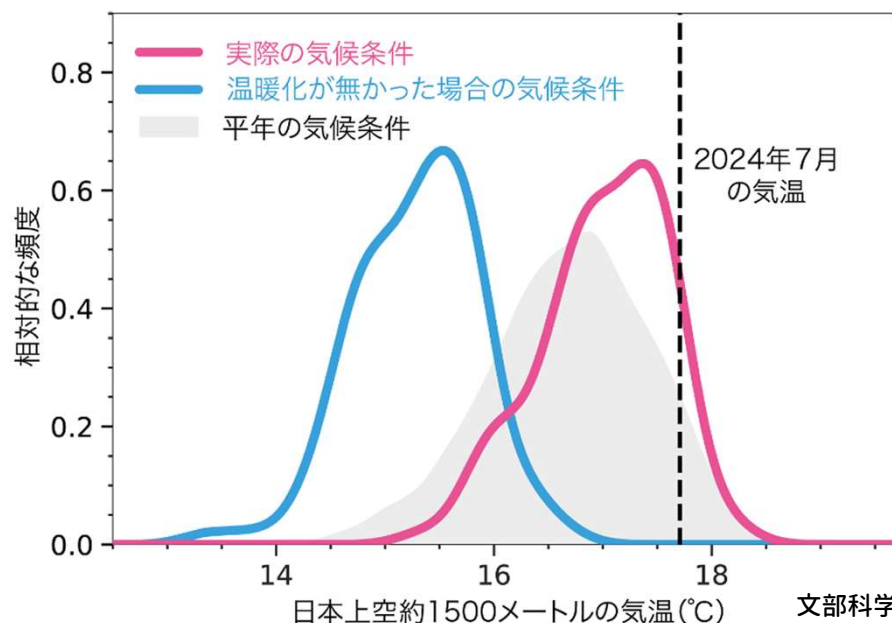
過去再現実験：実際の気候条件

観測された海面水温や海氷の分布，
温室効果ガス，オゾン，エアロゾルの濃度を与える

非温暖化実験：温暖化が無かった場合の気候条件

観測から産業革命後の長期変化傾向を除去した海面水温や海氷の分布，
産業革命前のレベルの温室効果ガス，オゾン，エアロゾルの濃度を与える

例) 2024年7月の日本上空1500m付近の気温の確率分布



- **過去再現実験**では 観測された気温を上回る確率は 約11%
- **非温暖化実験**では 観測された気温を上回る確率は ほぼ0%

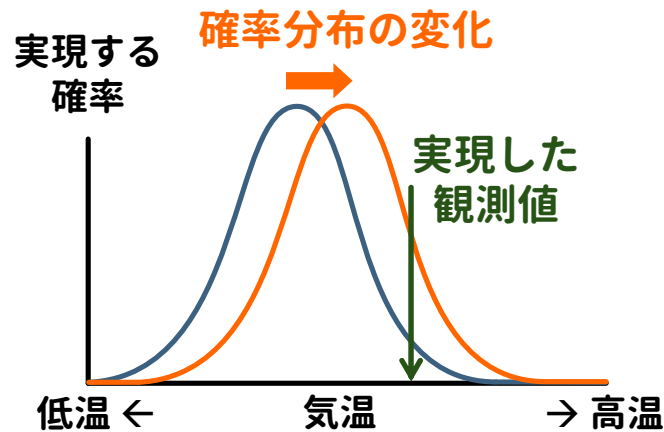
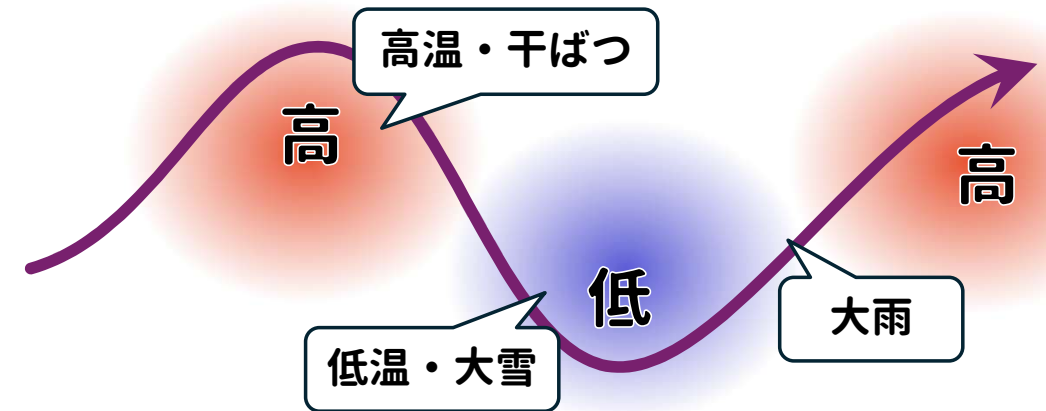
→ 温暖化による気温の底上げがなければ，
観測されたような高温はほぼ生じ得なかった

(ただし，温暖化による気温の底上げがあったとしても，
“自然変動” 次第ではこのような高温にならない年もある)

日本でみられる異常気象は、
多くの場合 **偏西風の蛇行** により生じる



気温や降水量は常に揺らいでおり、
その揺らぎ方は **確率分布** を用いて表せる



確率分布にしたがってどの値が実現するかを決める

大気中でひとりでに生じる“内部変動”

エルニーニョ/ラニーニャ現象など海面水温の変動

温室効果ガス濃度の長期変化

確率分布を決める

「異常気象は温暖化のせい？」→ これらの役割をしっかりと切り分けて議論することが大切
大気大循環モデルを用いた **アンサンブル実験** により、これらの寄与を評価することができる