

7/17/2021 Moonshotミレニア調査報告研究会, online

**気象を制御し、豪雨や台風などの気象災害の恐怖から解放された社会**

## 気象制御可能性検討チーム

チームリーダー

三好建正

サブリーダー

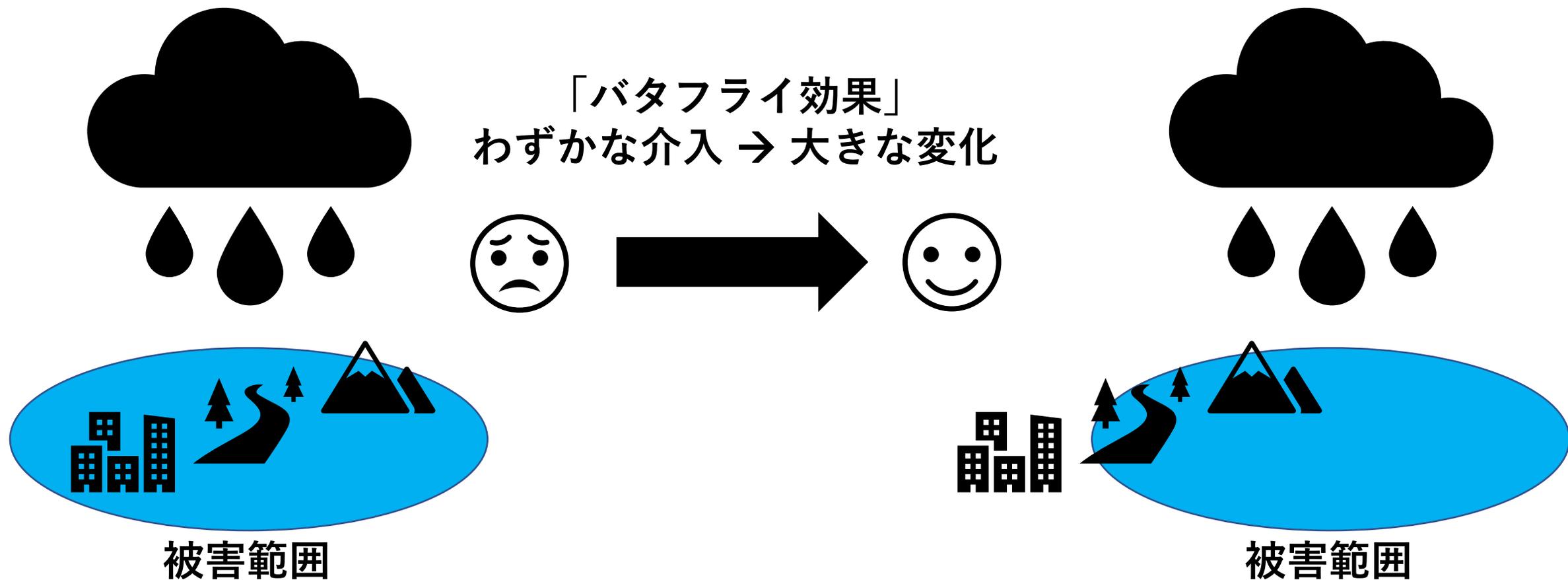
澤田洋平

チームメンバー

坂上貴之・富田浩文・牛尾知雄・寺崎康児・前島康光・Qiwen Sun

# 提案する社会像の概要

気象を制御し、豪雨や台風などの気象災害の恐怖から解放された社会



# 気象制御可能性検討セミナー

## 気象制御可能性検討セミナー

日時 2021年6月24日(木) 15:00~16:30

場所 オンライン開催

言語 日本語

### 研究会趣旨

2050年の社会像として、「気象を制御し、豪雨や台風などの気象災害の恐怖から解放された社会」を掲げ、2021年1月より半年間、度の新たな目標検討に向けた調査研究を進めています。コロナ禍で避難所の感染リスクが新たな問題となっています。近年頻発する火を越え、先手を打つ介入制御ができれば解決策が生まれます。本セミナーは、気象制御の科学理論、介入操作技術、経済合理性や宗家門家の知見を集め、議論します。これにより、2050年に気象制御を実現可能とする道筋について検討します。

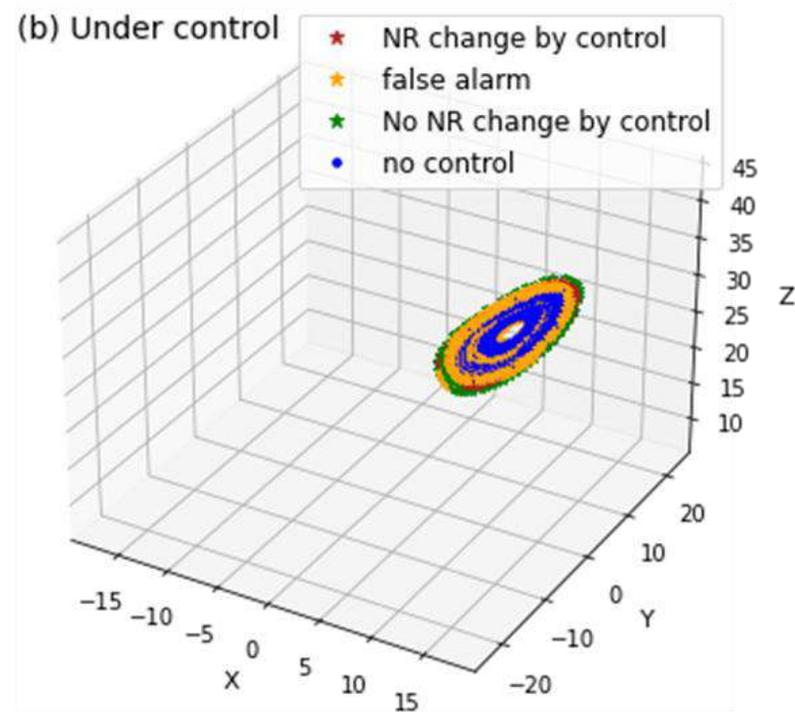


各界の専門家から気象制御に関して自由にご講演いただき、討論

- 気象制御は可能か？
- 可能だとして社会実装できるか？
- 異分野からの技術転用可能性

# 制御可能性の理論研究

数値シミュレーションを用いて気象制御の可能性を探る



# 気象制御可能性検討セミナー

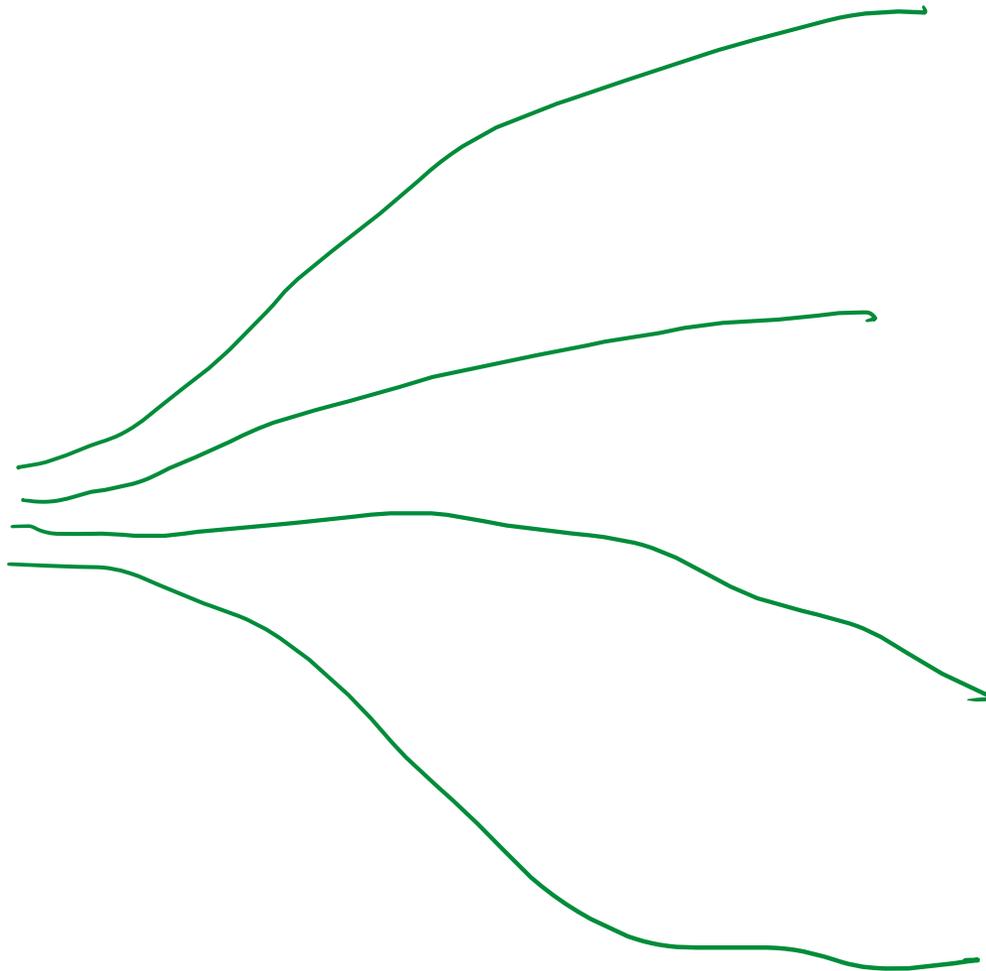
第16回	上土井 大助 氏 (宇宙航空研究開発機構 主任研究開発員)	宇宙太陽光発電システム (SSPS) の研究状況	第8回	沖 大幹 氏 (東京大学 大学院工学系研究科 教授)	水資源管理のための人工降雨と雨乞い
第15回	小西 啓治 氏 (大阪府立大学 大学院工学研究科 教授)	遅延が伴う相互作用による 発振器群の制御	第7回	潮 俊光 氏 (大阪大学 大学院基礎工学研究科)	非線形システムのカオス制御
第14回	大西 領 氏 (東京工業大学 学術国際情報センター 准教授)	微気象制御学と気象制御	第6回	久保田 拓志 氏 (宇宙航空研究開発機構 研究領域主幹)	2050年の衛星気象観測システムのアイデア
第13回	標葉 隆馬 氏 (大阪大学 社会技術共創研究センター 准教授)	新規科学技術の社会受容と倫理的課題を考えるということ	第5回	中山 幹康 氏 (東京大学 大学院新領域創成科学研究科 名誉教授)	「気候制御」と「国際河川における開発プロジェクト」：類似性の観点から
第12回	梶谷 義雄 氏 (香川大学 創造工学部 教授)	自然災害のコストとその評価手法について	第4回	筆保 弘徳 氏 (横浜国立大学 教育学部 教授) 坪木 和久 氏 (名古屋大学 宇宙地球環境研究所 教授) 寺尾 裕 氏 (東海大学 海洋学部 教授)	台風制御の検討 台風発電方法の提案
第11回	杉山 昌広 氏 (東京大学 未来ビジョン研究センター 准教授)	気候工学 (ジオエンジニアリング) のガバナンス	第3回	村上 正隆 氏 (名古屋大学宇宙地球環境研究所 特任教授 / 気象庁気象研究所 客員研究員)	気象改変研究の現状
第10回	余田 成男 氏 (京都大学 国際高等教育院 教授)	大気予測可能性とアンサンブル予報	第2回	合原 一幸 氏 (東京大学 特別教授 / 国際高等研究所 IRCN 副機構長)	複雑系の予測と制御
第9回	井村 順一 氏 (東京工業大学 工学院システム制御系 教授)	大規模システムの階層制御	第1回	牛尾 知雄 氏 (大阪大学 大学院工学研究科 教授)	これまで行った気象制御技術と今後に向けた一考察

# 気象制御可能性検討セミナー

第16回	上土井 大助 氏 (宇宙航空研究開発機構 主任研究開発員)	宇宙太陽光発電システム (SSPS) の研究状況	第8回	沖 大幹 氏 (東京大学 大学院工学系研究科 教授)	水資源管理のための人工降雨と雨乞い
第15回	小西 啓治 氏 (大阪府立大学 大学院工学研究科 教授)	遅延が伴う相互作用による 発振器群の制御	第7回	潮 俊光 氏 (大阪大学 大学院基礎工学研究科)	非線形システムのカオス制御
第14回	大西 領 氏 (東京工業大学 学術国際情報センター 准教授)	微気象制御学と気象制御	第6回	久保田 拓志 氏 (宇宙航空研究開発機構 研究領域主幹)	2050年の衛星気象観測システムのアイデア
第13回	標葉 隆馬 氏 (大阪大学 社会技術共創研究センター 准教授)	新規科学技術の社会受容と倫理的課題を考えるということ	第5回	中山 幹康 氏 (東京大学 大学院新領域創成科学研究科 名誉教授)	「気候制御」と「国際河川における開発プロジェクト」：類似性の観点から
第12回	梶谷 義雄 氏 (香川大学 創造工学部 教授)	自然災害のコストとその評価手法について	第4回	筆保 弘徳 氏 (横浜国立大学 教育学部 教授) 坪木 和久 氏 (名古屋大学 宇宙地球環境研究所 教授) 寺尾 裕 氏 (東海大学 海洋学部 教授)	台風制御の検討 台風発電方法の提案
第11回	杉山 昌広 氏 (東京大学 未来ビジョン研究センター 准教授)	気候工学 (ジオエンジニアリング) のガバナンス	第3回	村上 正隆 氏 (名古屋大学宇宙地球環境研究所 特任教授 / 気象庁気象研究所 客員研究員)	気象改変研究の現状
第10回	余田 成男 氏 (京都大学 国際高等教育院 教授)	大気予測可能性とアンサンブル予報	第2回	合原 一幸 氏 (東京大学 特別教授 / 国際高等研究所 IRCN 副機構長)	複雑系の予測と制御
第9回	井村 順一 氏 (東京工業大学 工学院システム制御系 教授)	大規模システムの階層制御	第1回	牛尾 知雄 氏 (大阪大学 大学院工学研究科 教授)	これまで行った気象制御技術と今後に向けた一考察

	気象学・改変技術
	応用数学・制御工学
	人文社会科学

# 制御可能性の理論



Chaos



limit to predictability

# 制御可能性の理論

small  
difference

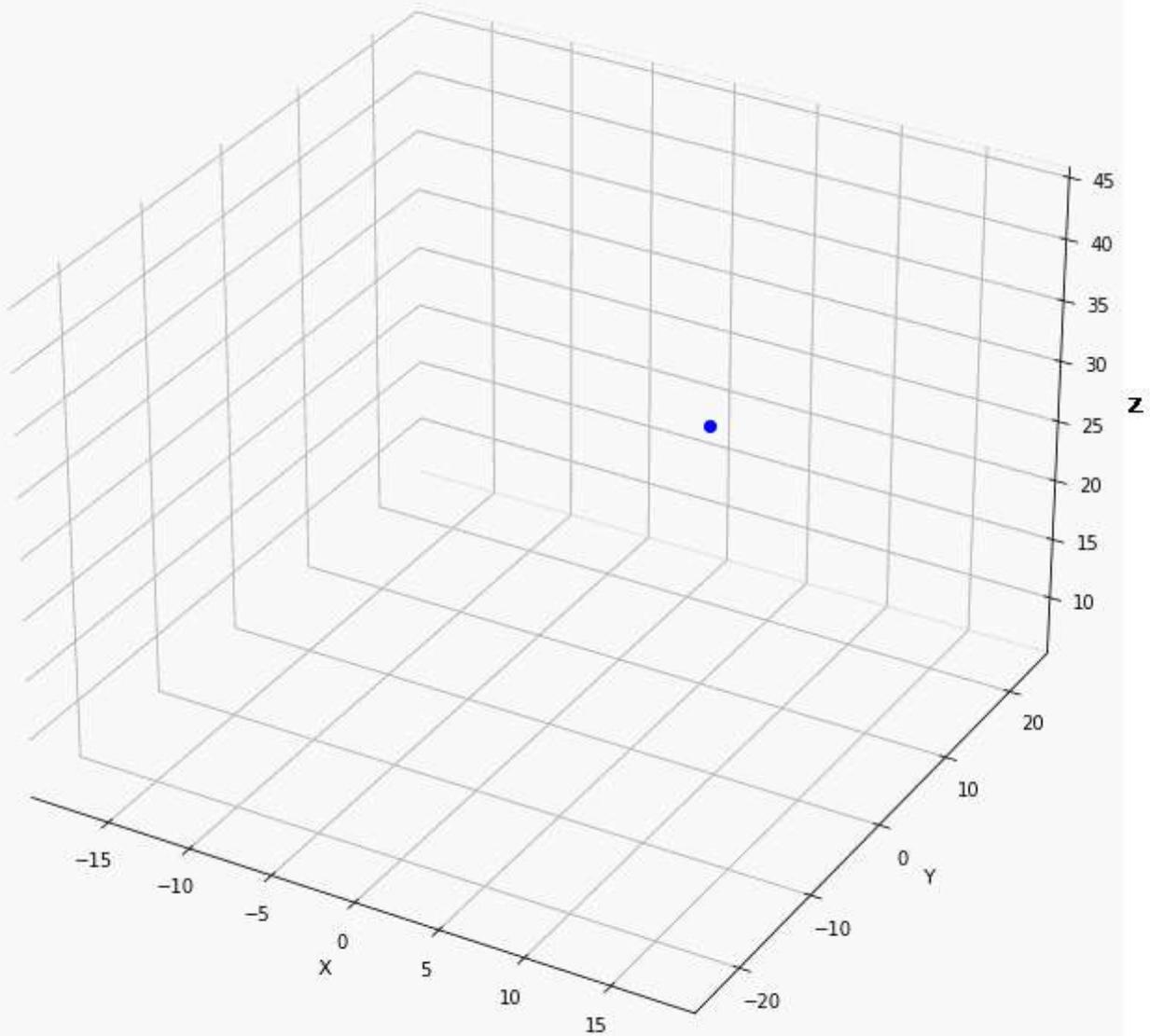


Chaos



effective control

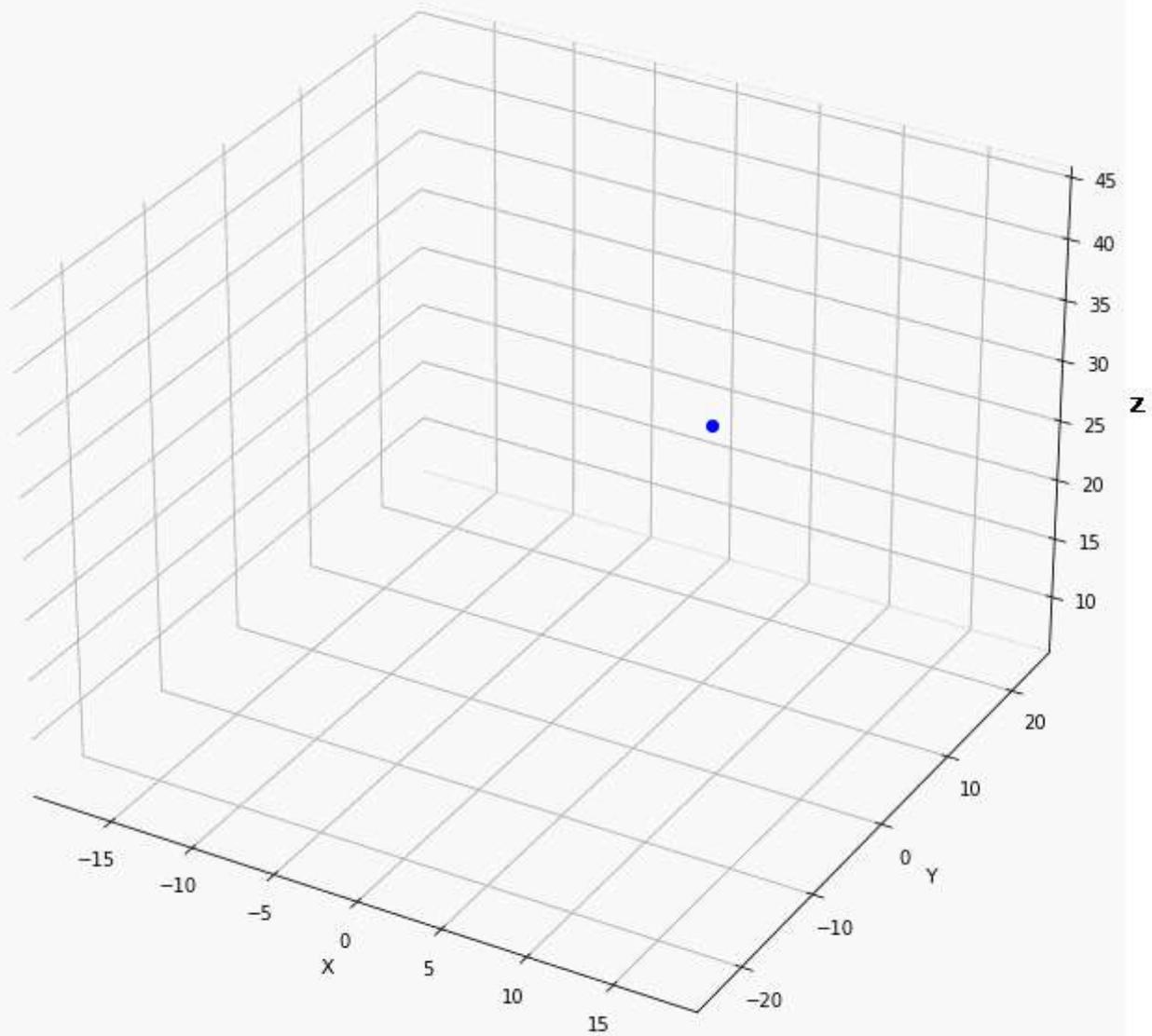
choose a desired  
scenario



## The Lorenz-63 model

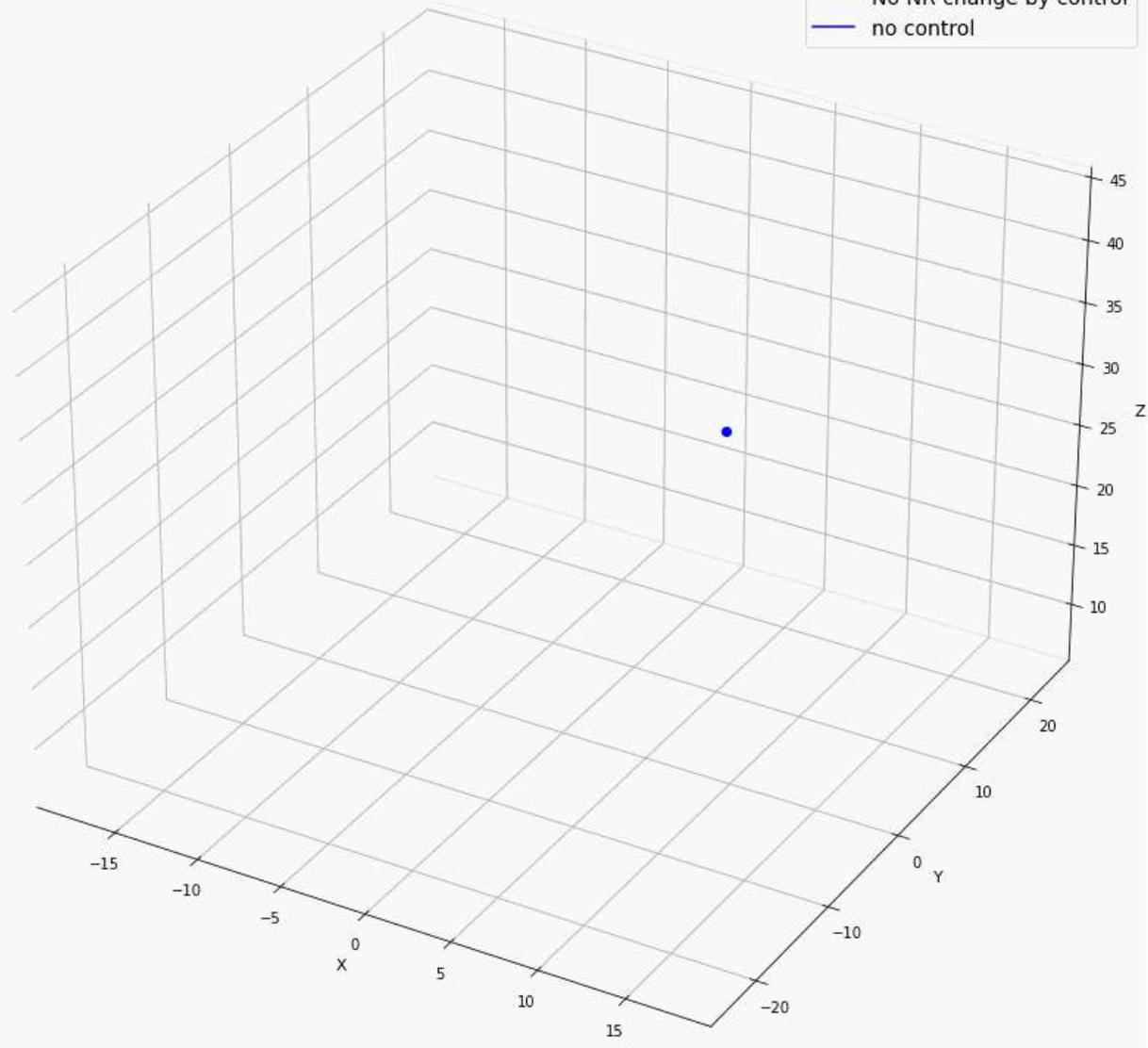
$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= -px + py \\ \frac{dy}{dt} &= -xz + rx - y \\ \frac{dz}{dt} &= xy - bz\end{aligned}$$

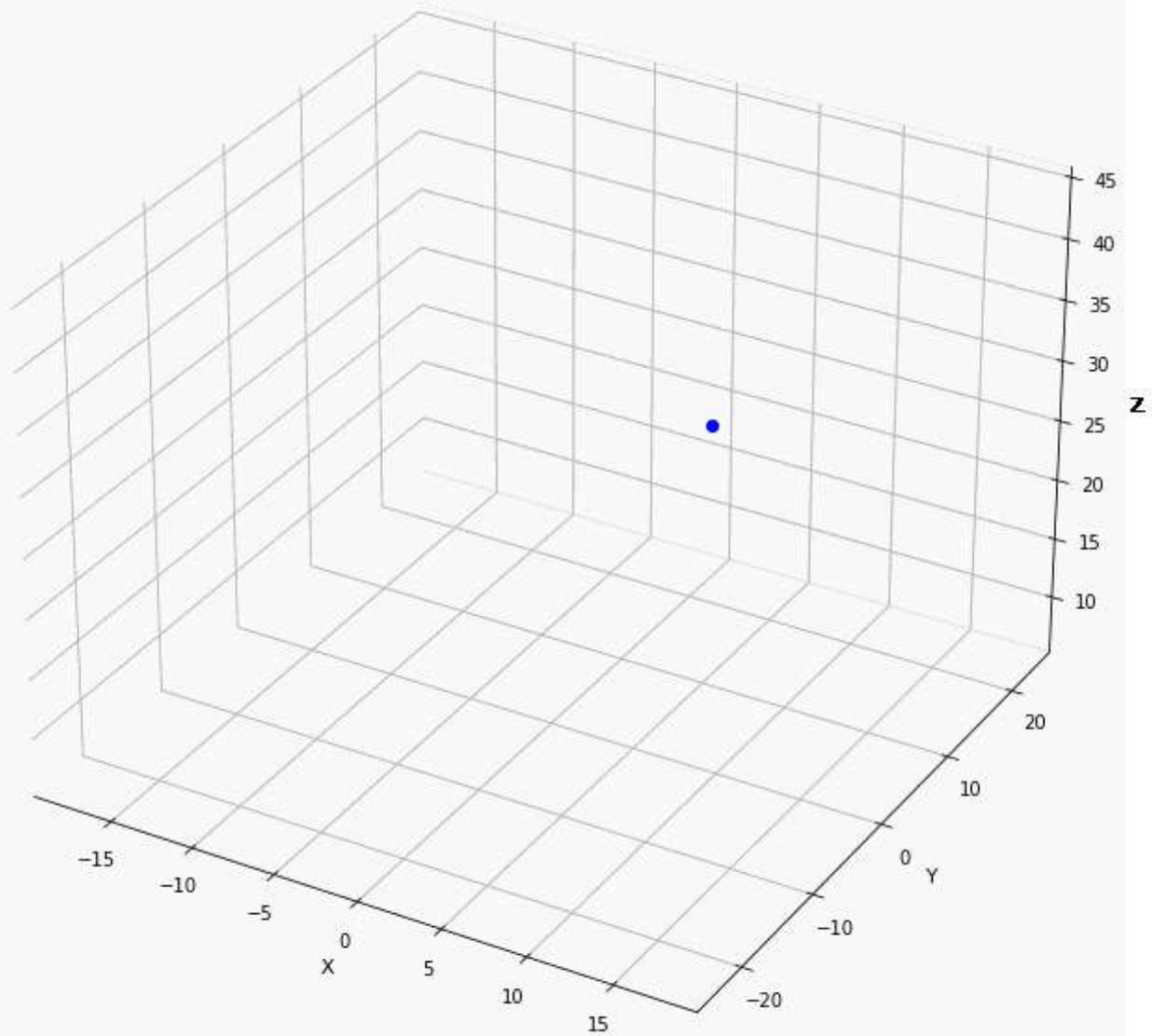
$$p = 10, r = 28, b = 8/3$$



Under control  $((x,y,z), D = 0.05, T=[4T_0])$

- NR change by control
- false alarm
- No NR change by control
- no control





Under control  $((x,y,z), D = 0.05, T=[4T_0])$

- NR change by control
- false alarm
- No NR change by control
- no control

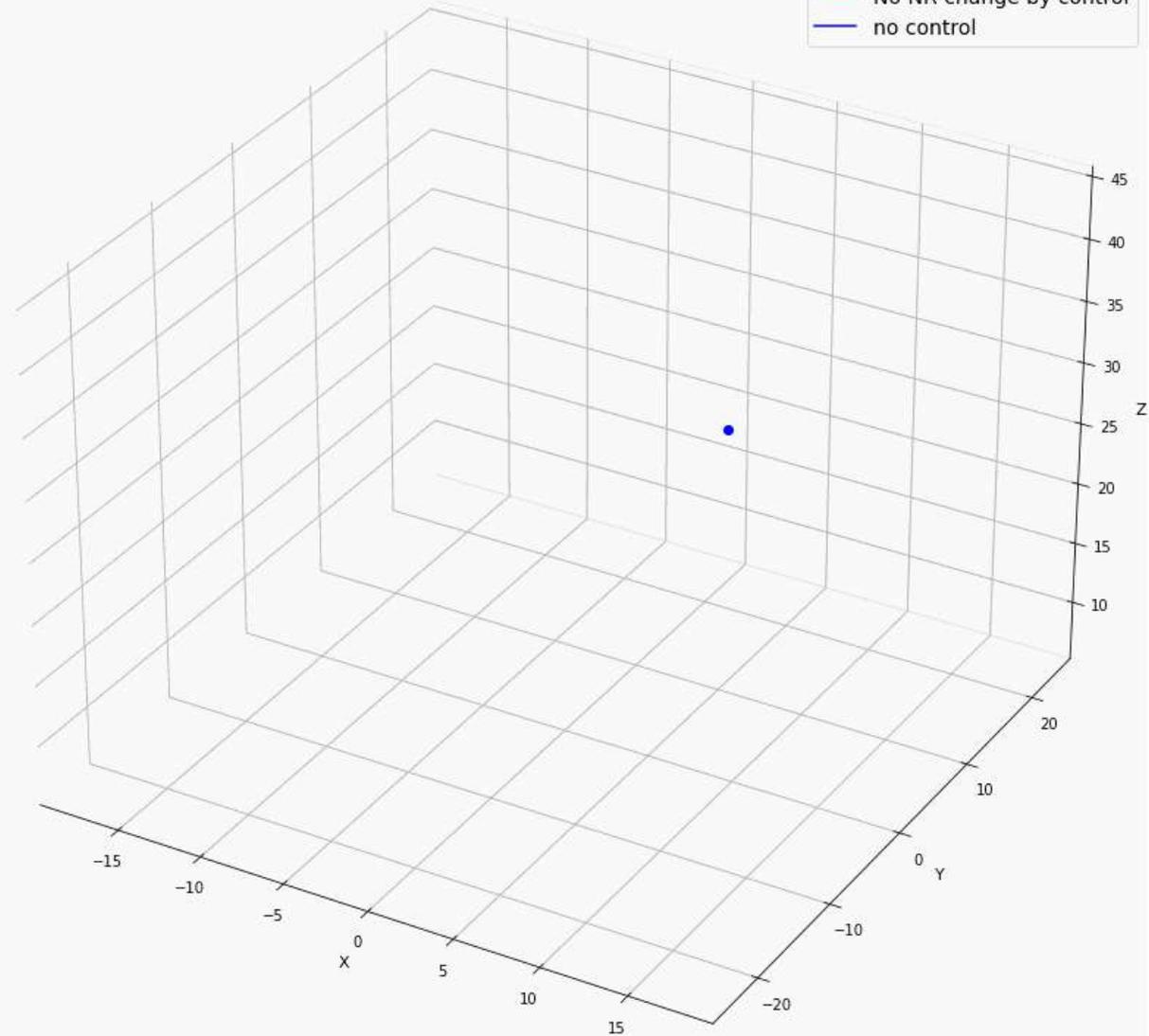
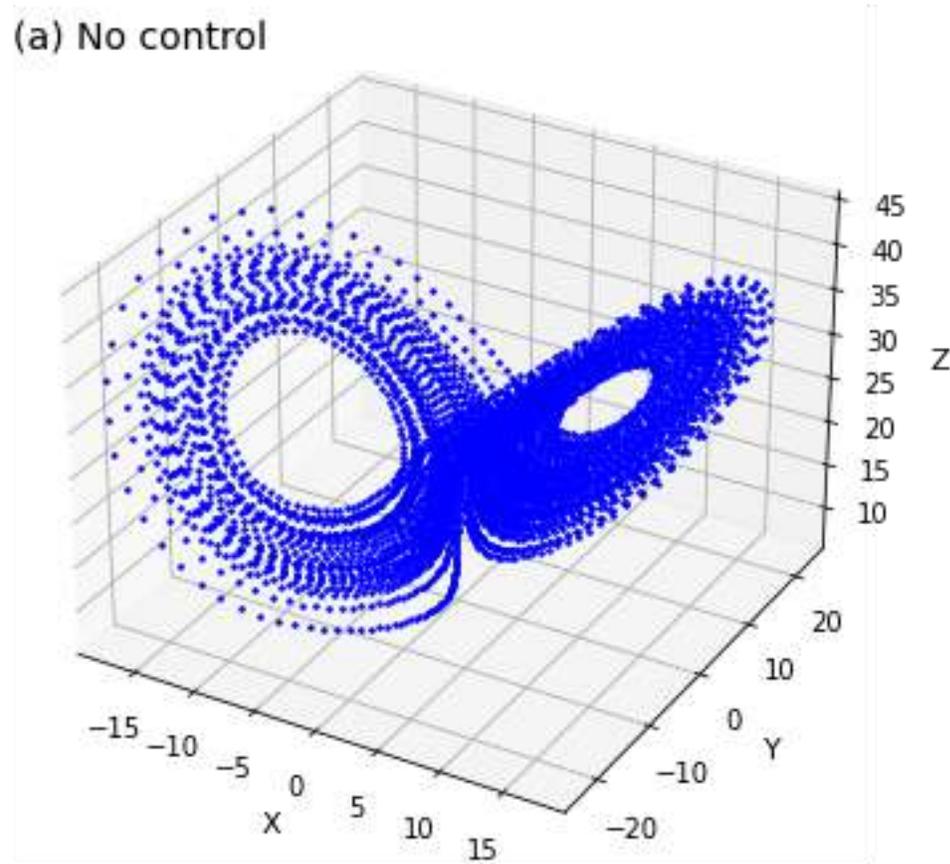


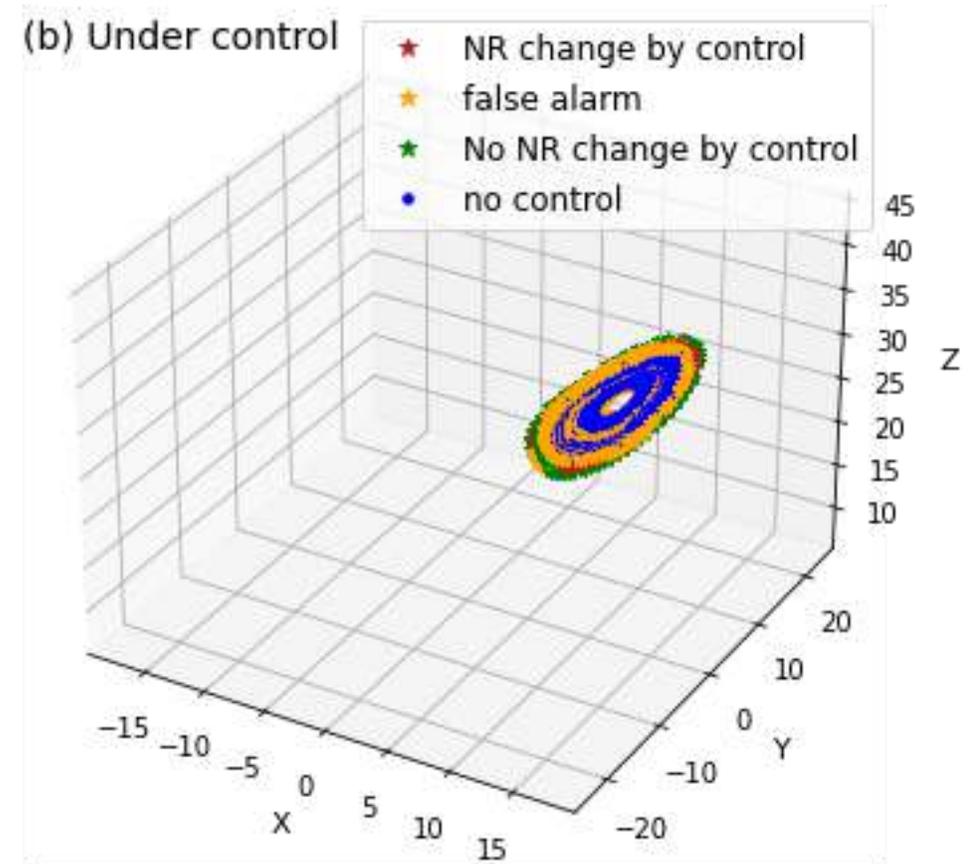
Figure 1 observe every 8 steps  $D = 0.05$   
(Miyoshi&Sun 2021)

<https://npg.copernicus.org/preprints/npg-2021-24/>

(a) No control

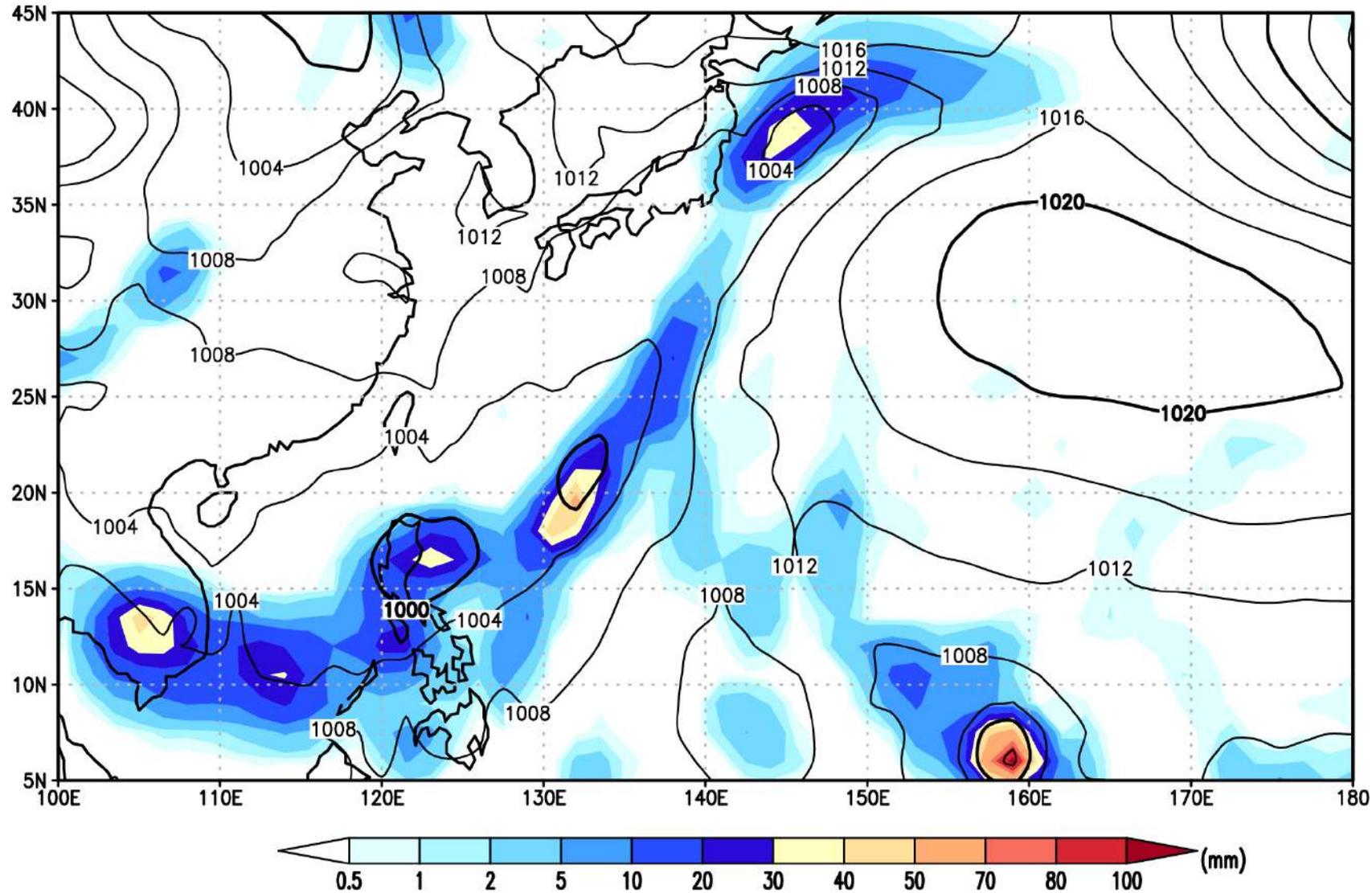


(b) Under control



# Typhoon in the nature run

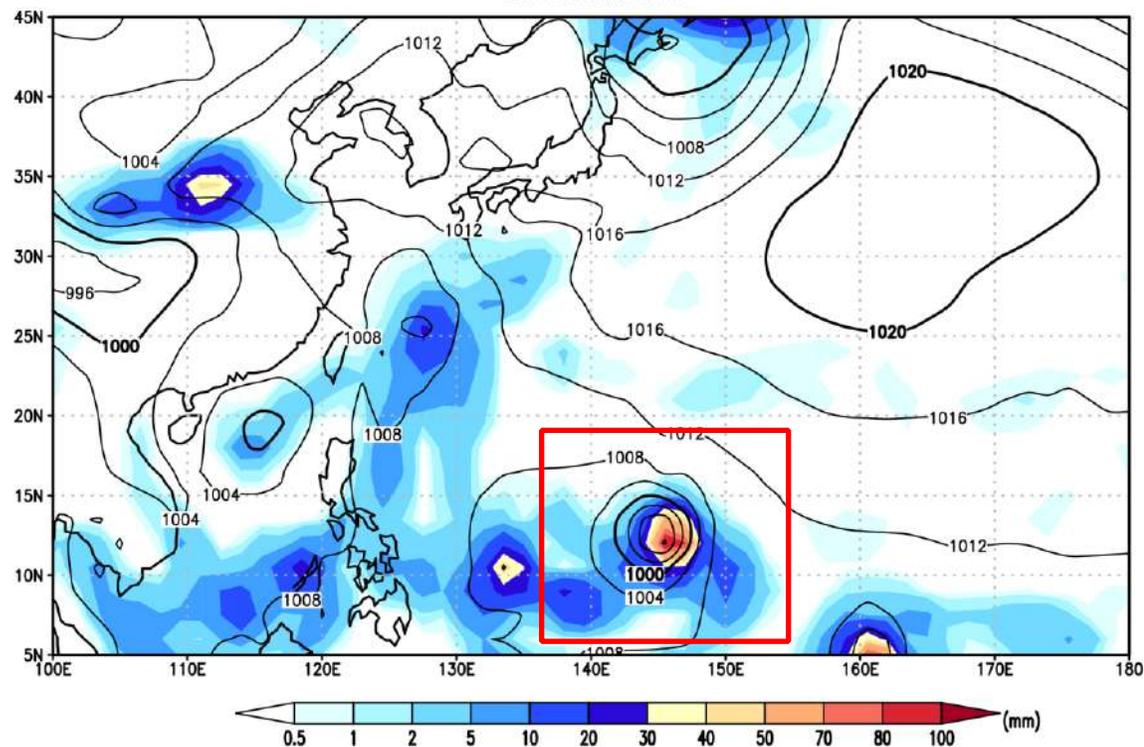
Sea Level Pressure (hPa) and 6-hourly Precipitation (mm)  
00Z20JUN2015



# 九州を直撃する台風

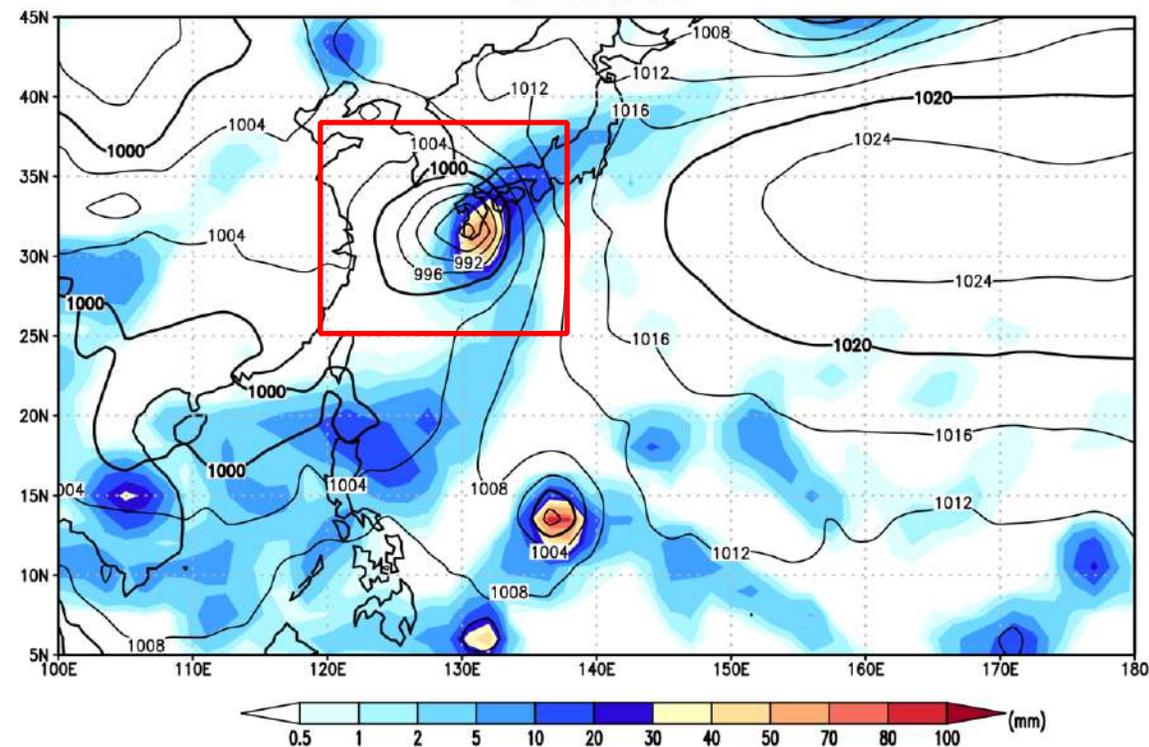
## 2015/6/23/00Z

Sea Level Pressure (hPa) and 6-hourly Precipitation (mm)  
00Z23JUN2015

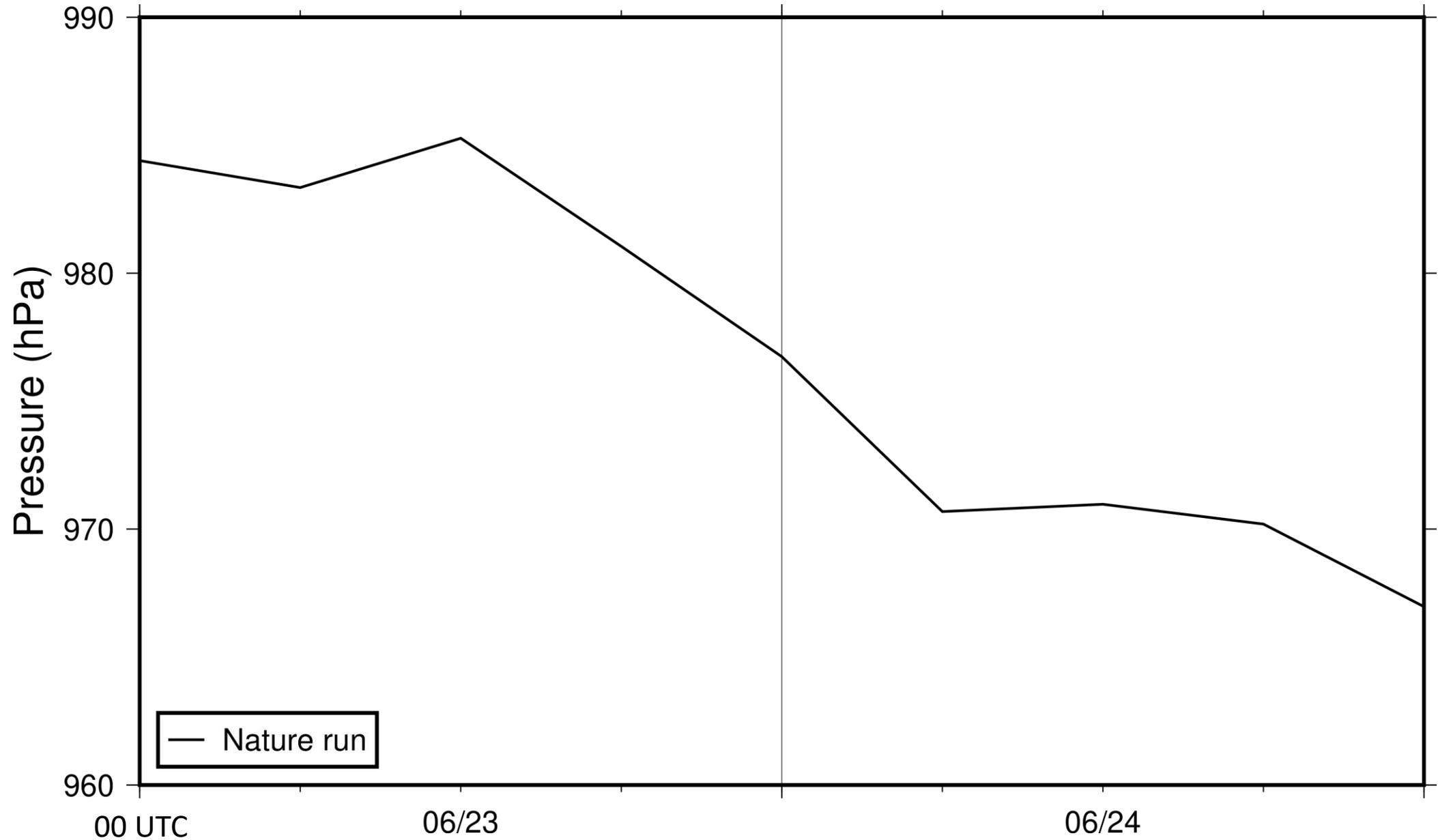


## 2015/6/28/00Z

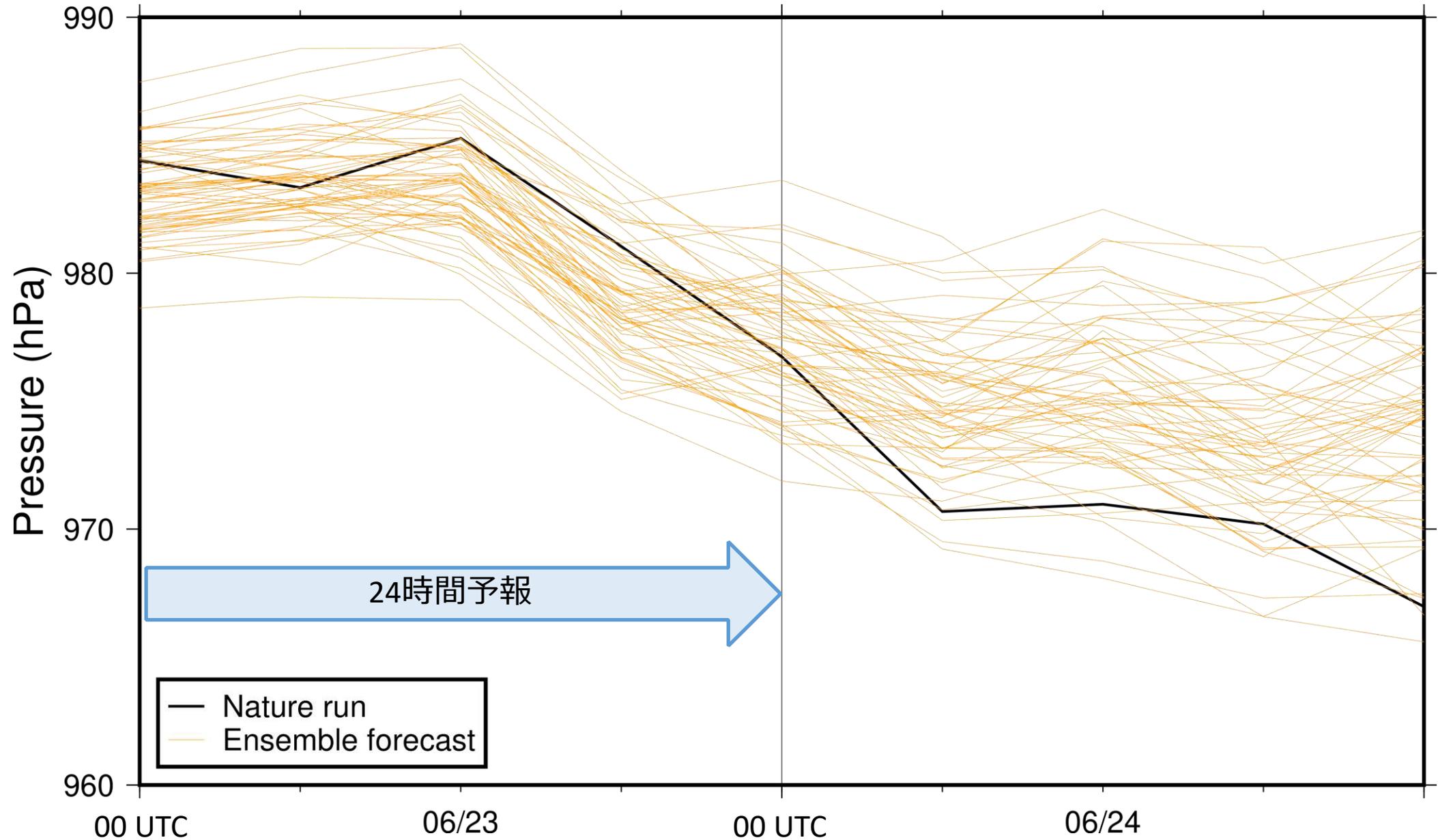
Sea Level Pressure (hPa) and 6-hourly Precipitation (mm)  
00Z28JUN2015



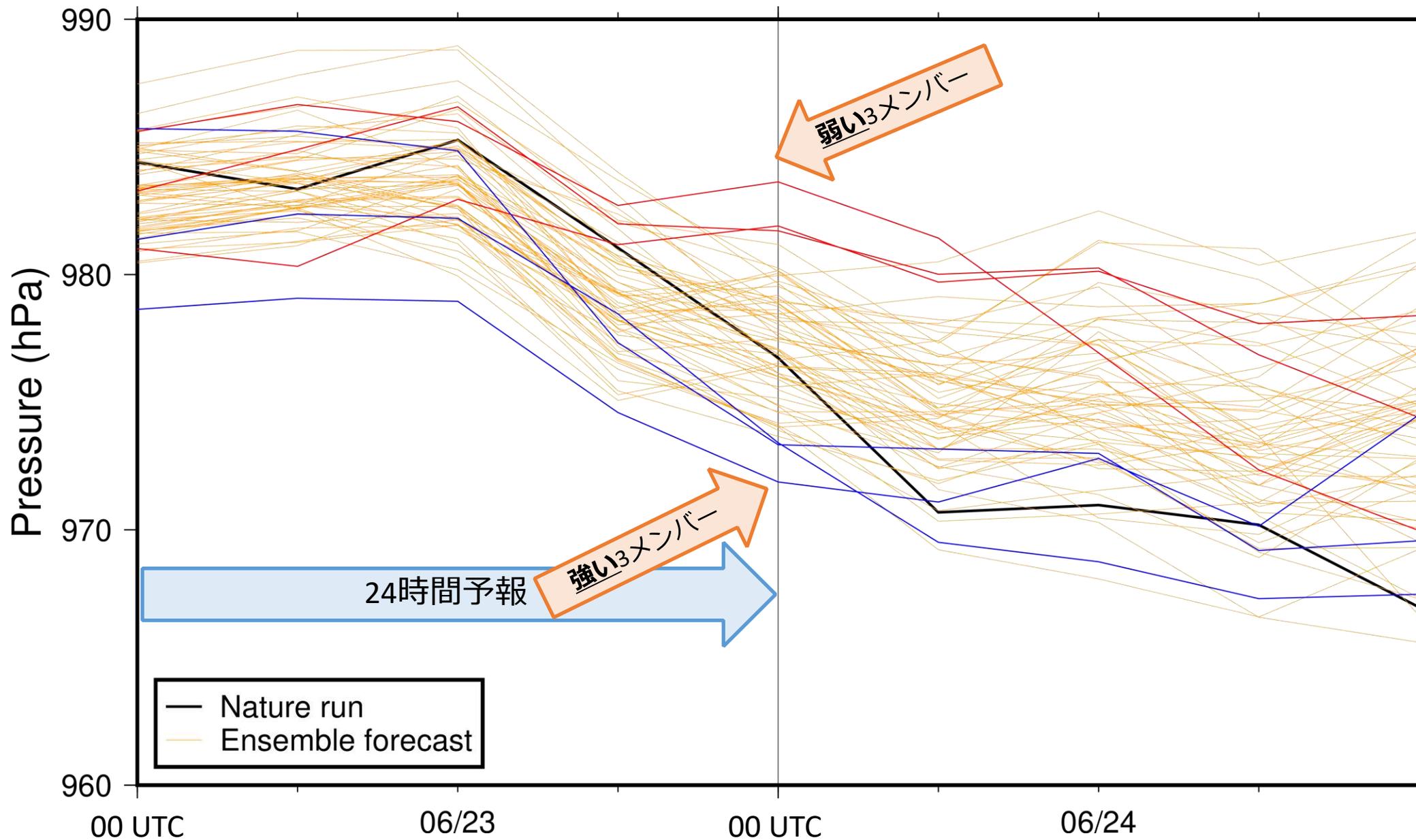
# コントロール実験



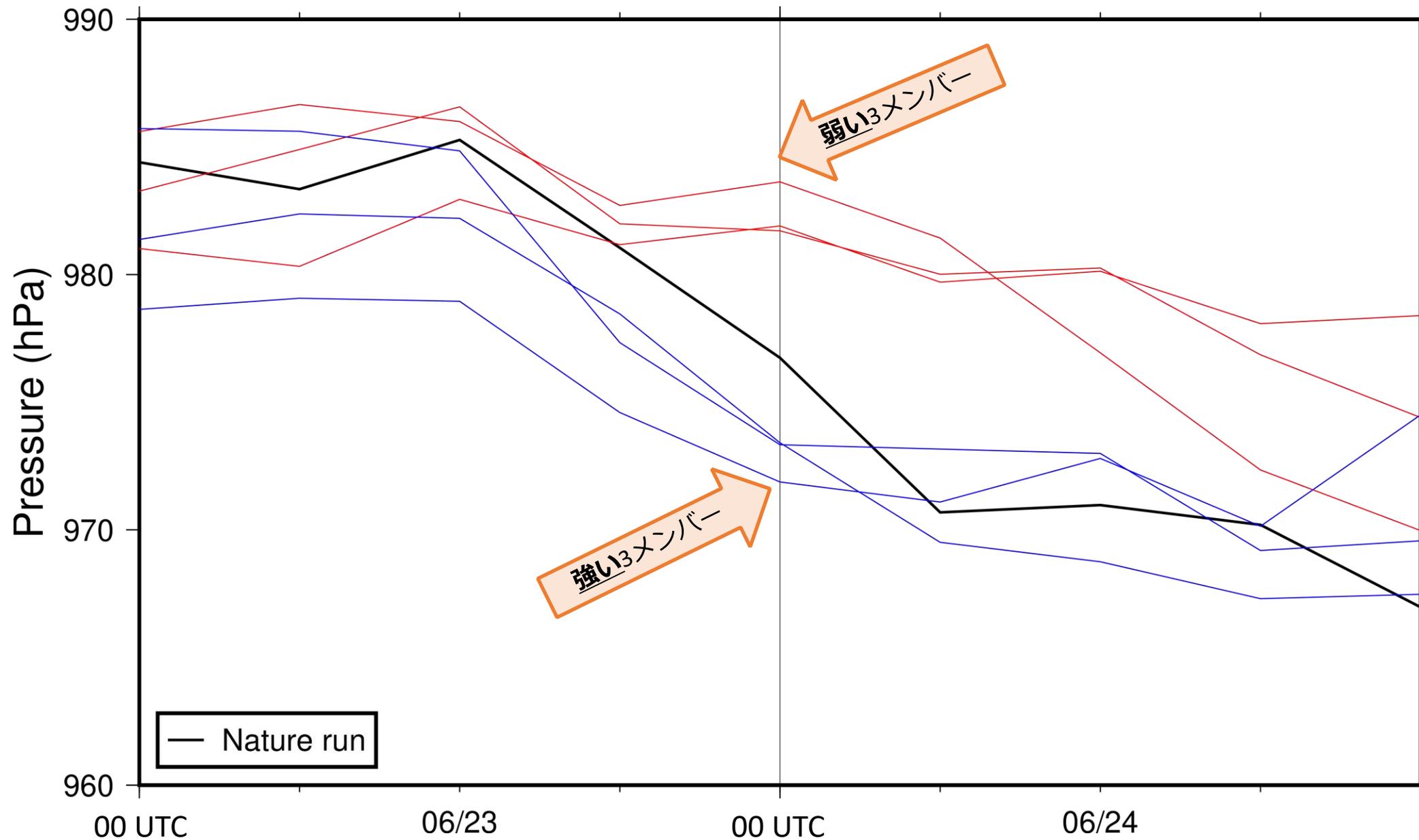
# コントロール実験



# コントロール実験

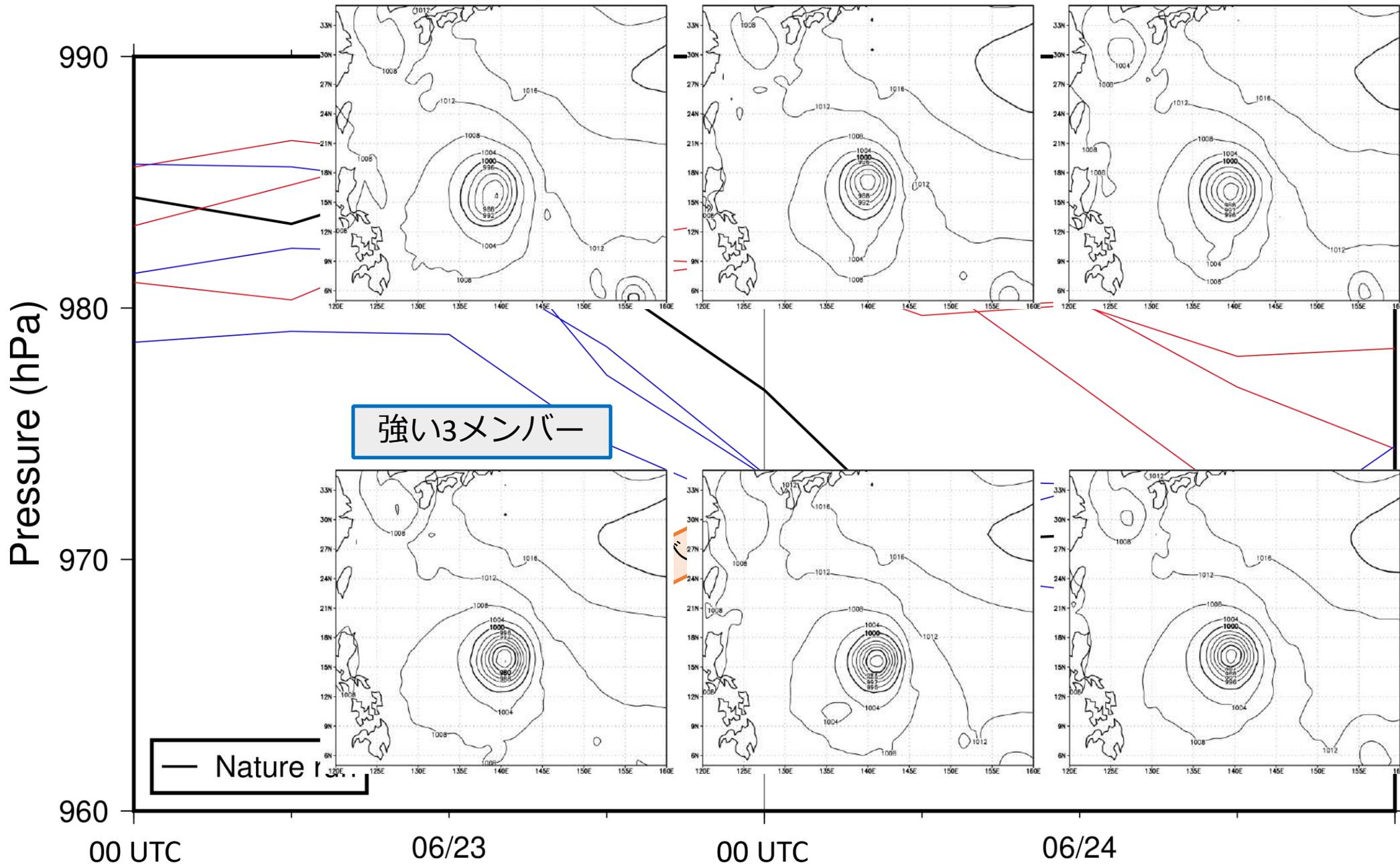


# コントロール実験

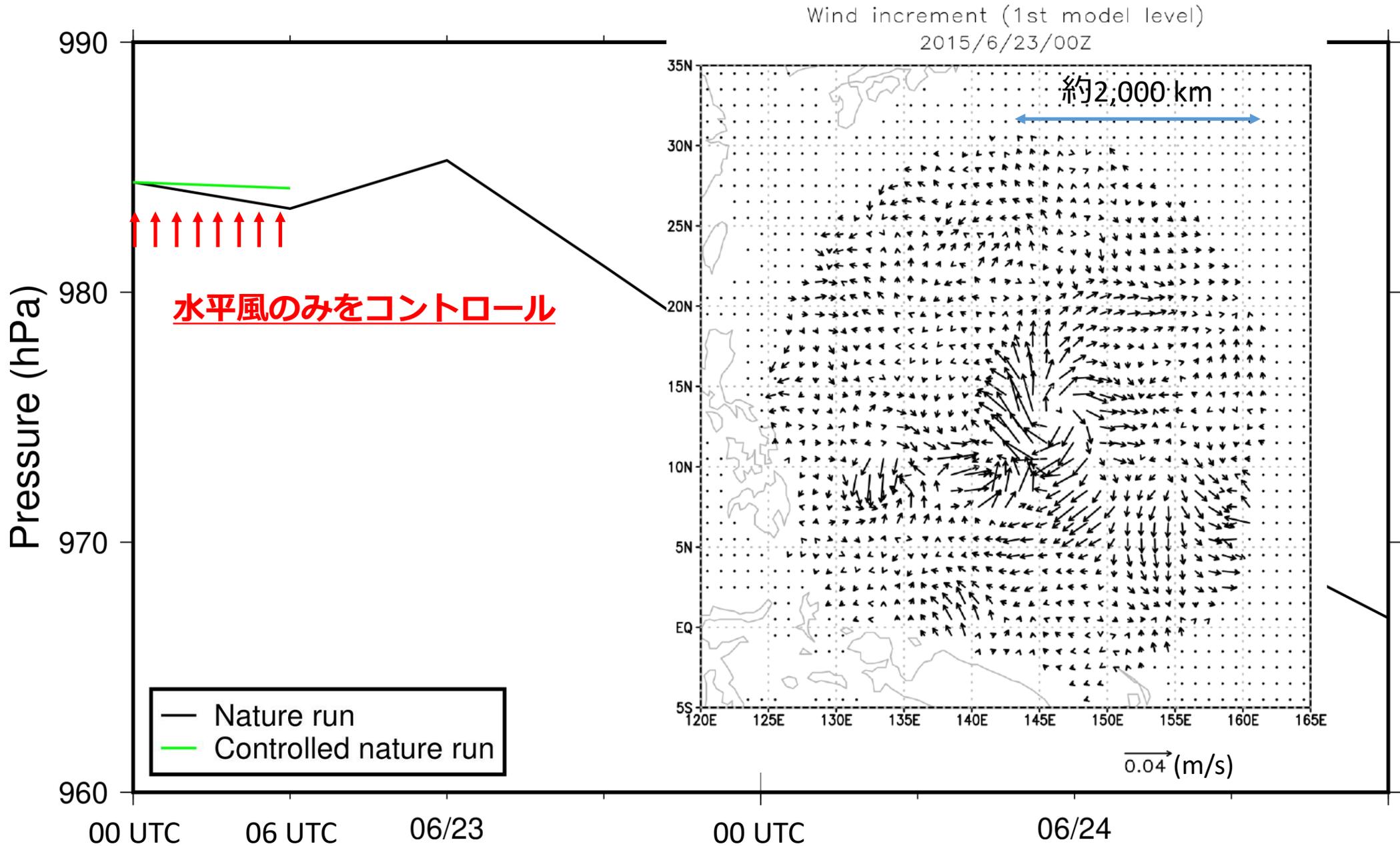


# コントロール実験

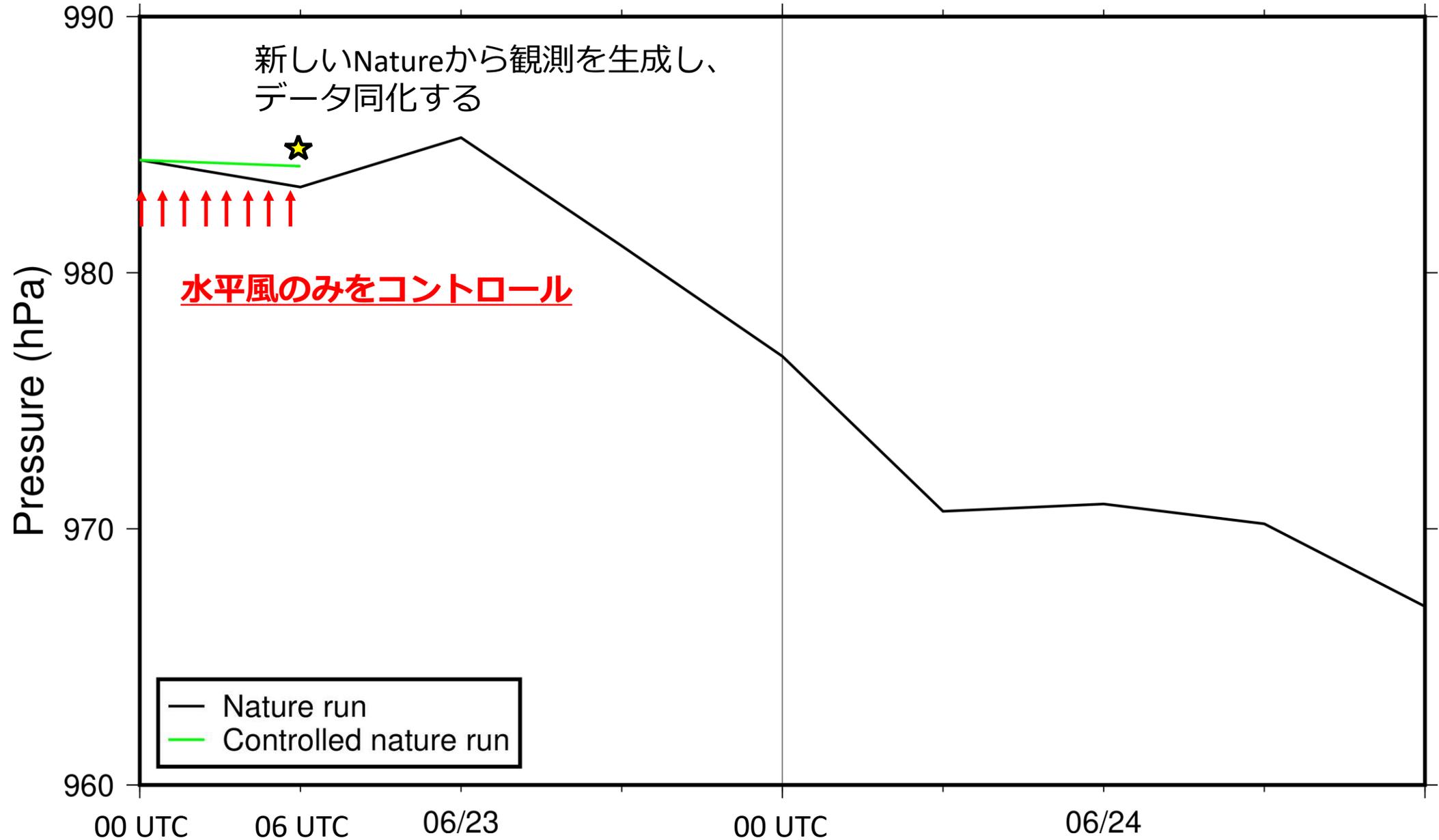
弱い3メンバー



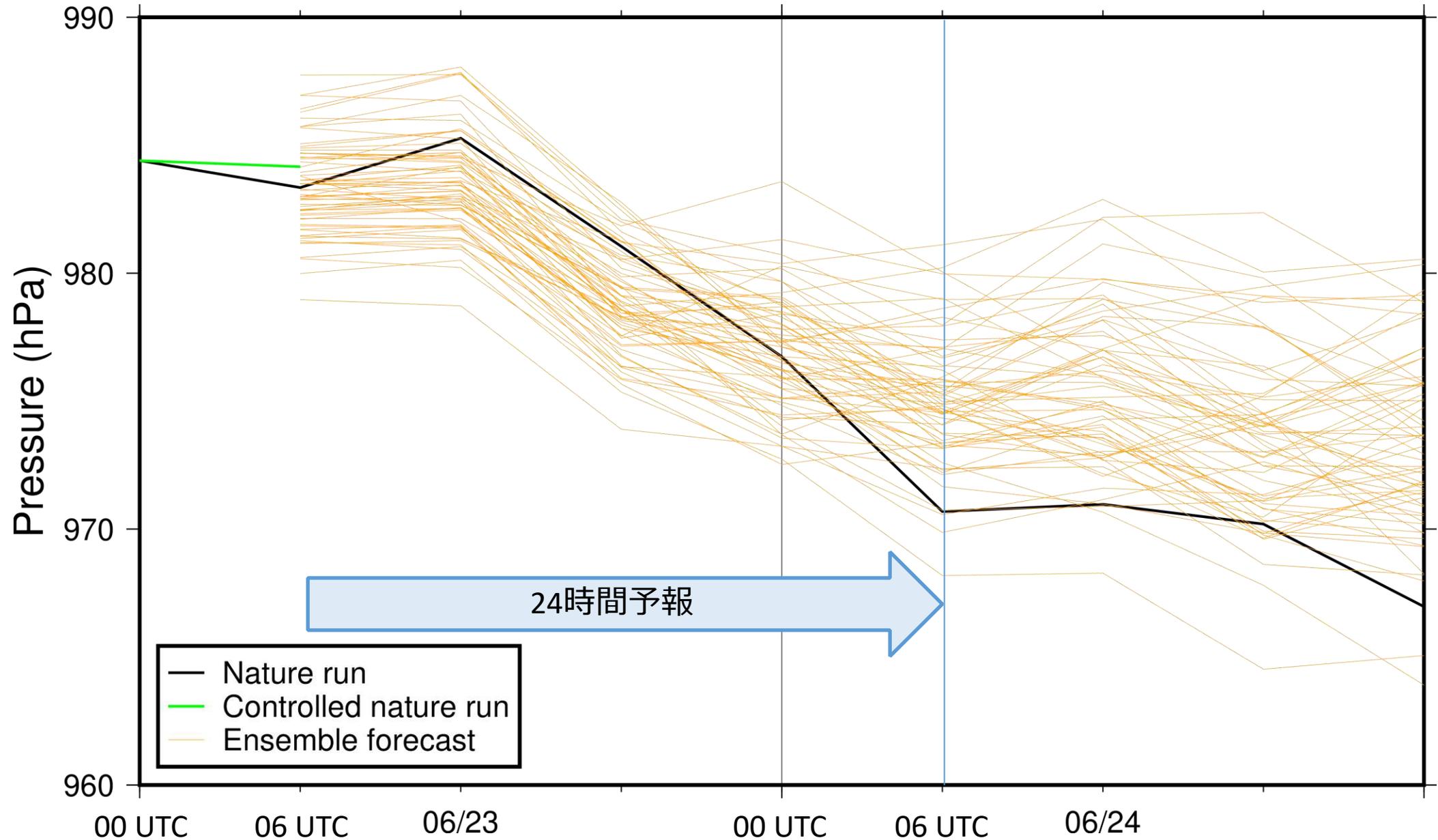
# コントロール実験



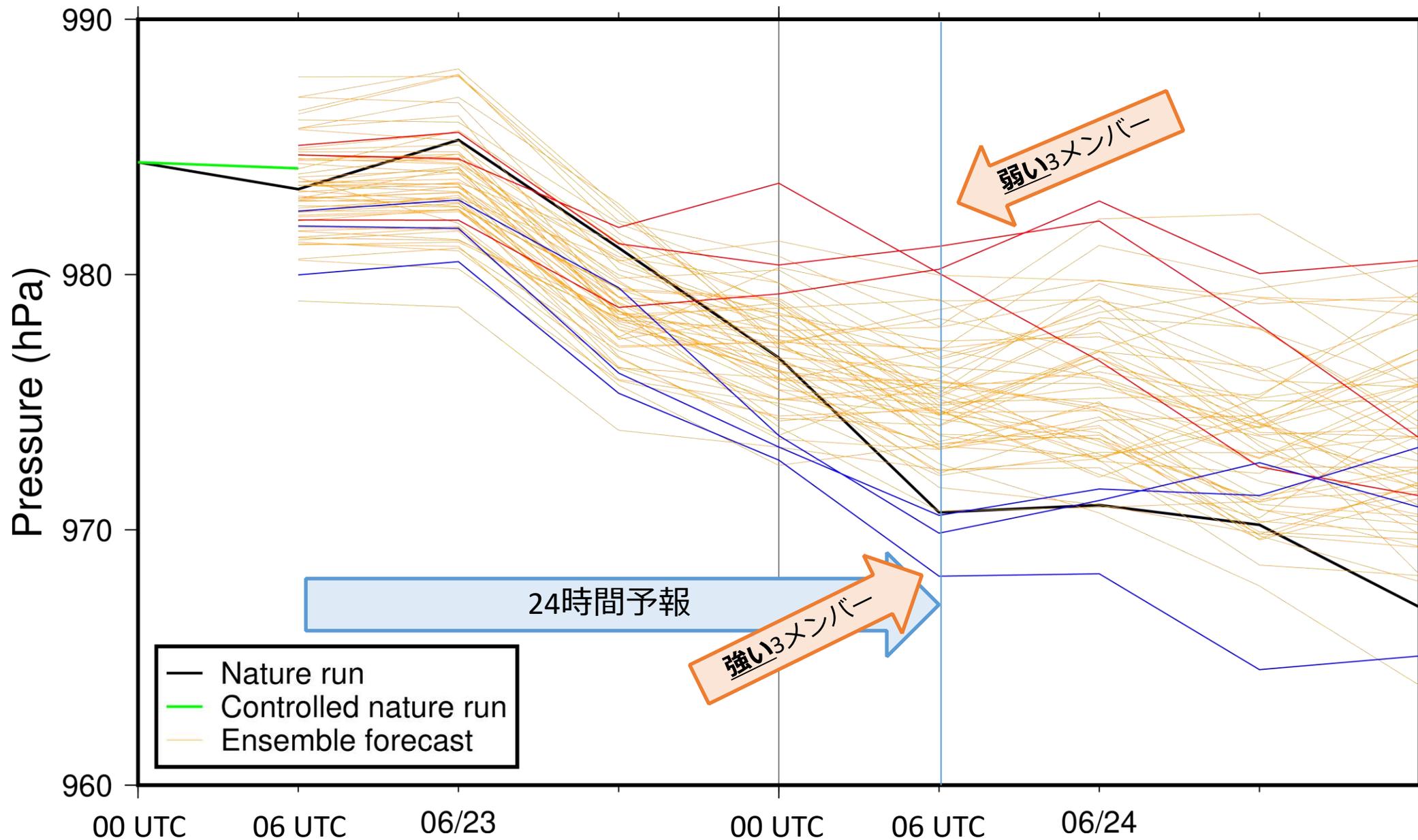
# コントロール実験



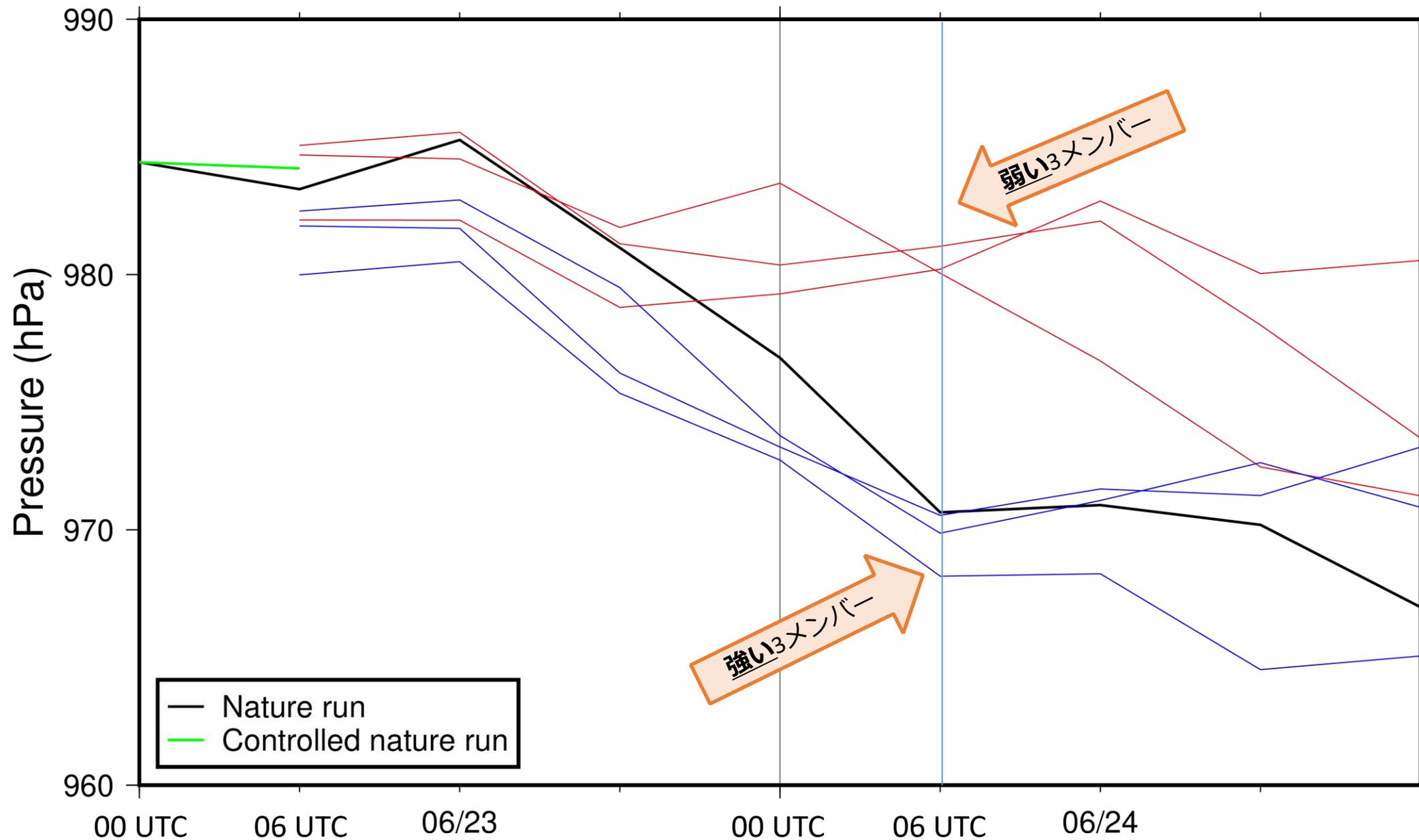
# コントロール実験



# コントロール実験

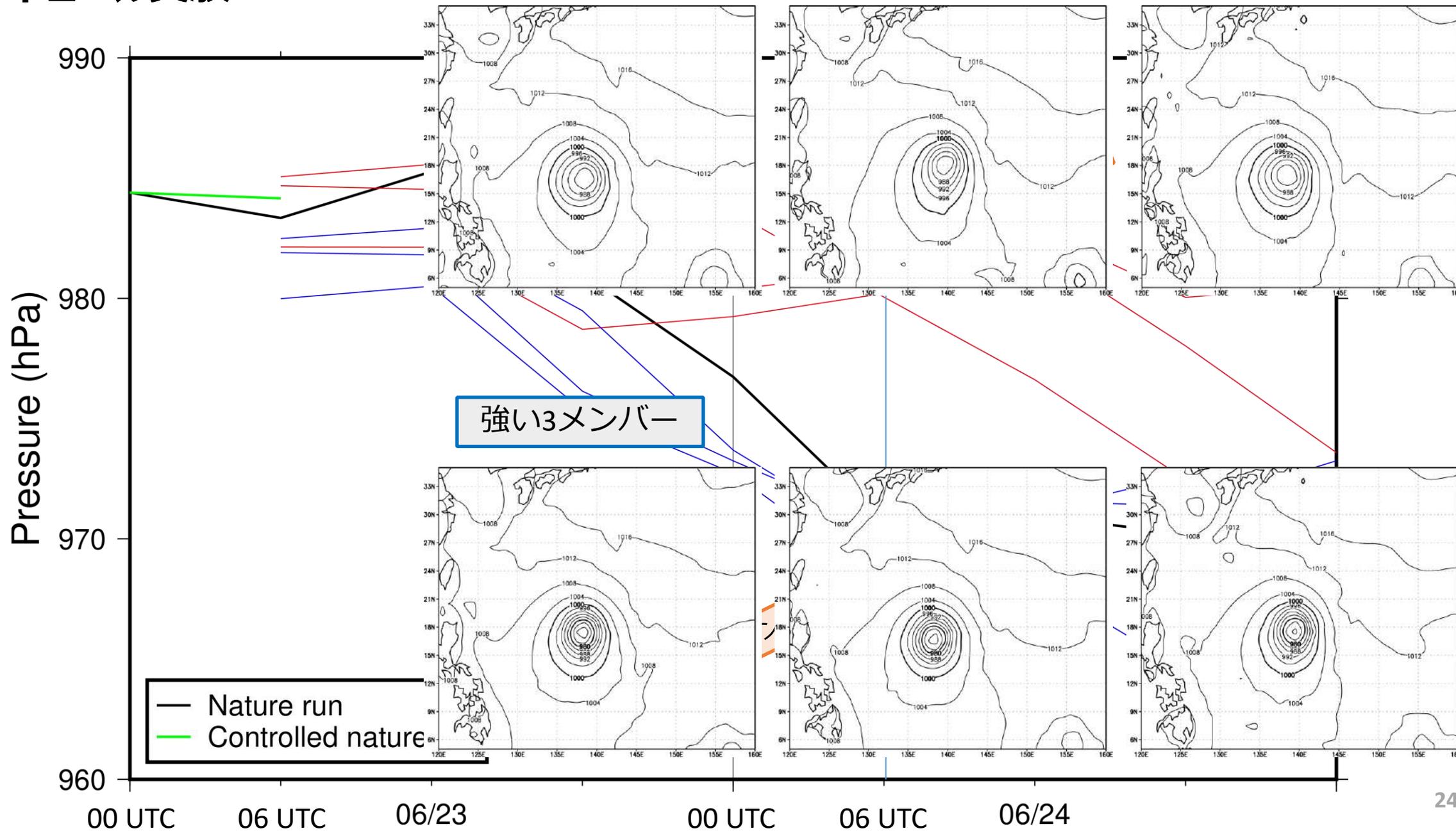


# コントロール実験

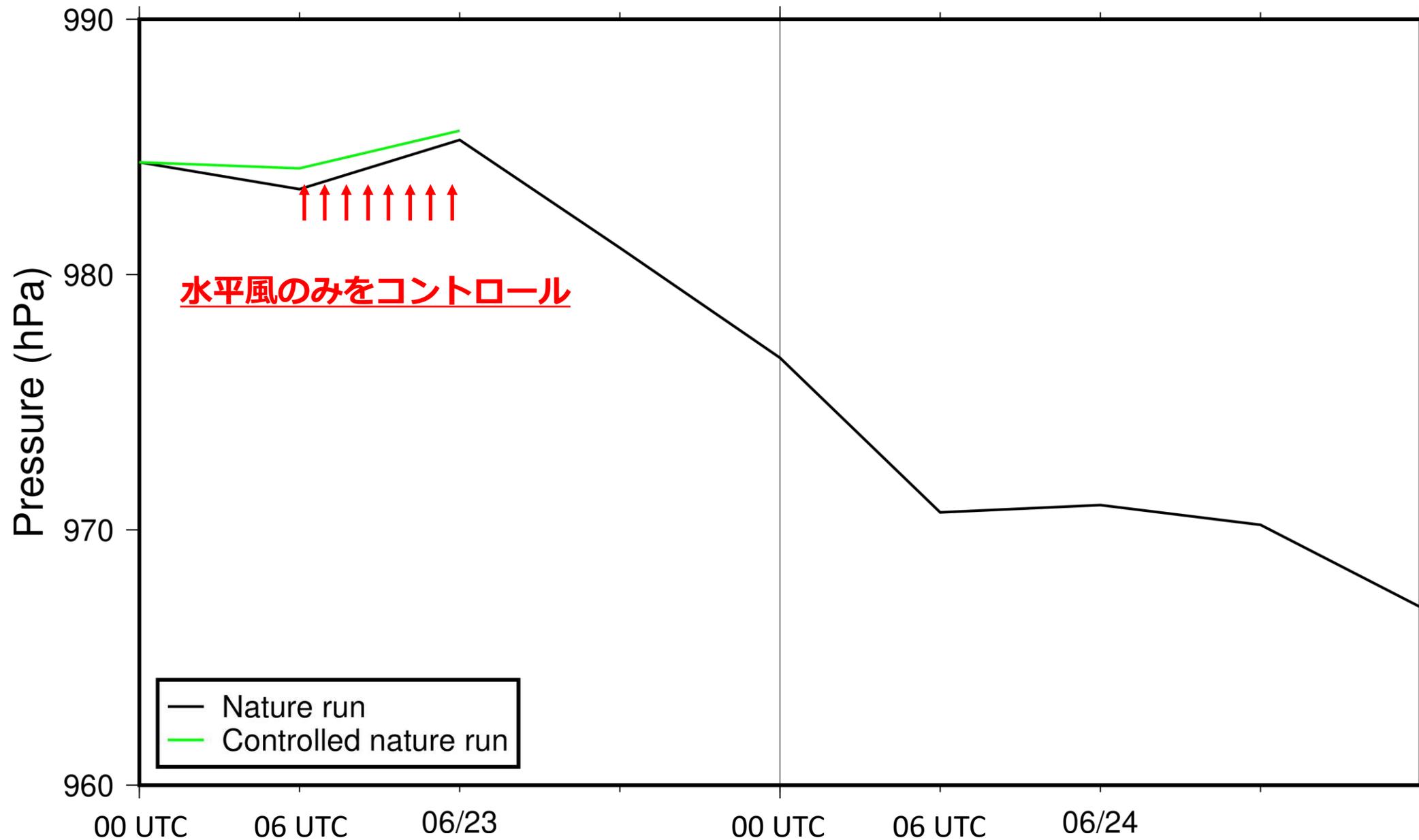


# コントロール実験

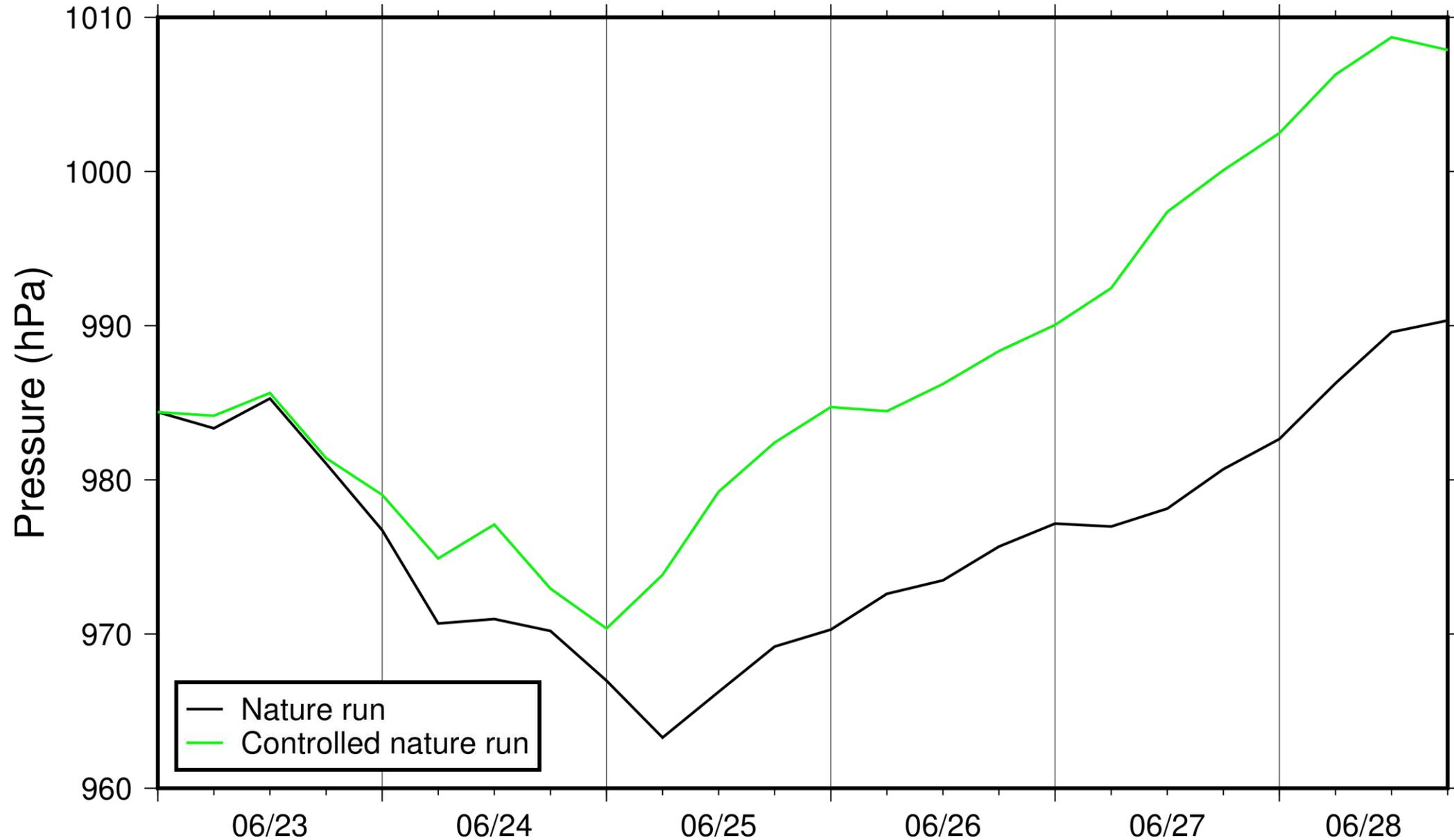
弱い3メンバー



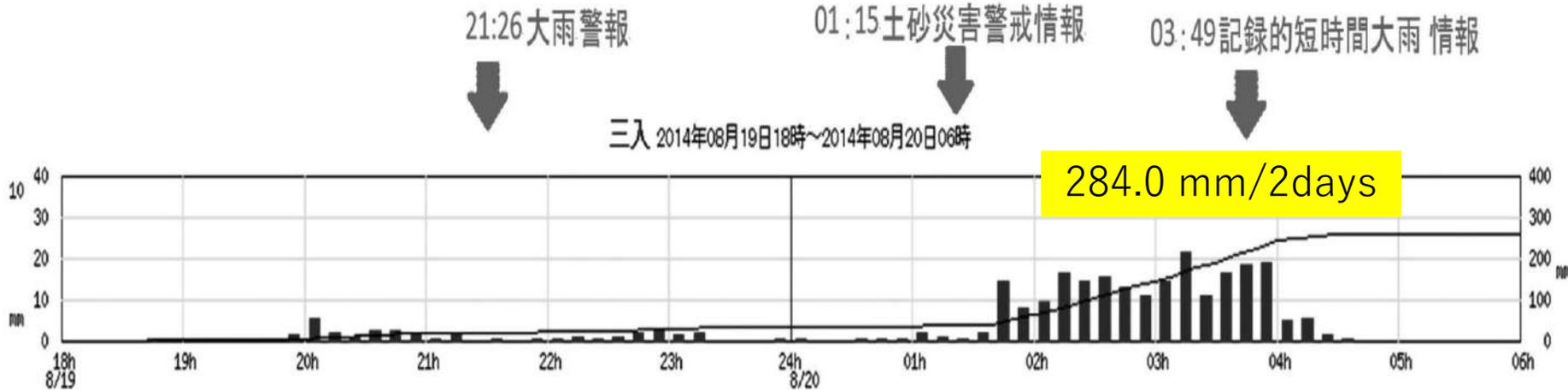
# コントロール実験



# コントロール実験

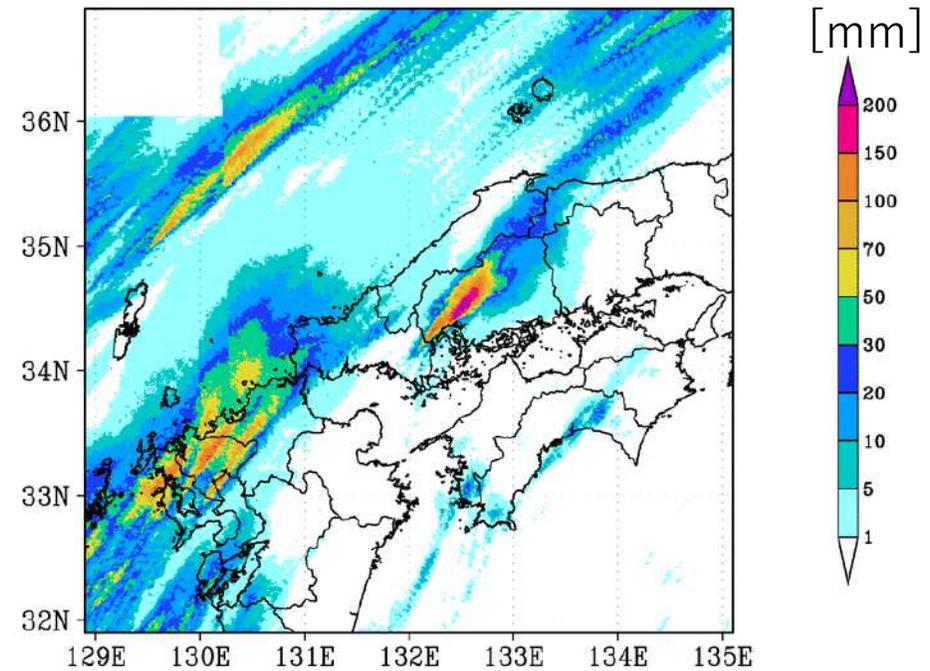


# Hiroshima heavy rainfall event in 2014



## JMA Radar AMeDAS

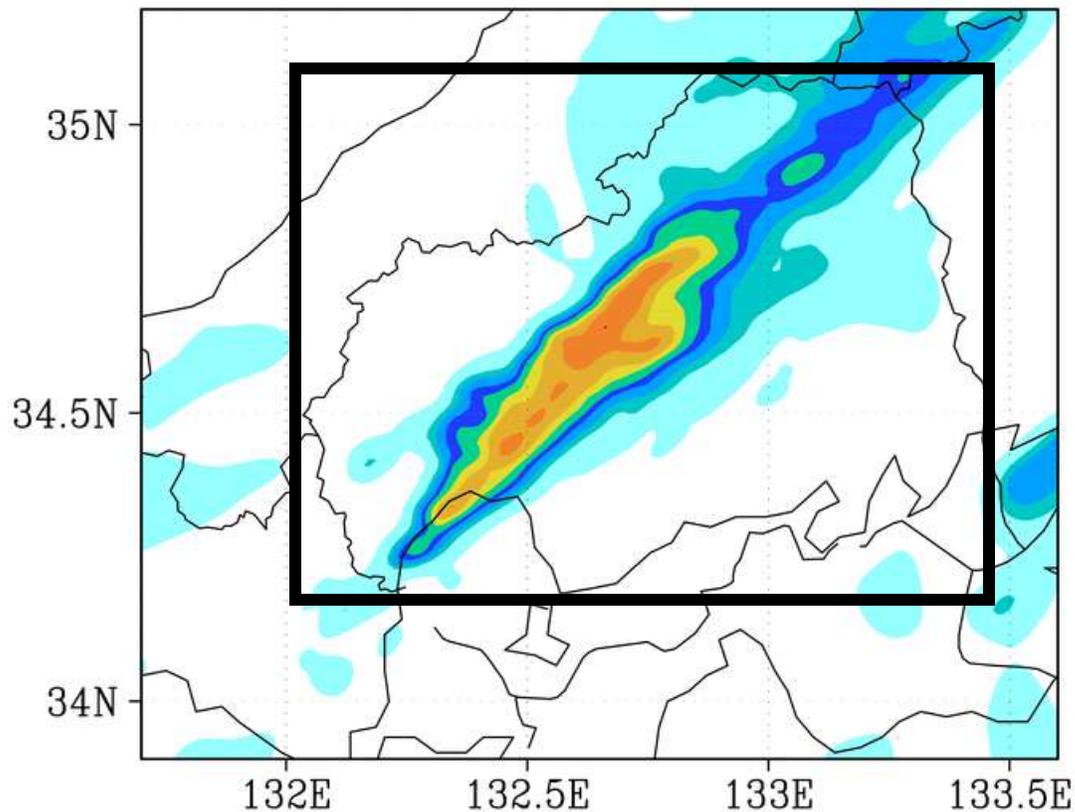
(00:00JST-06:00JST, August 20, 2014)



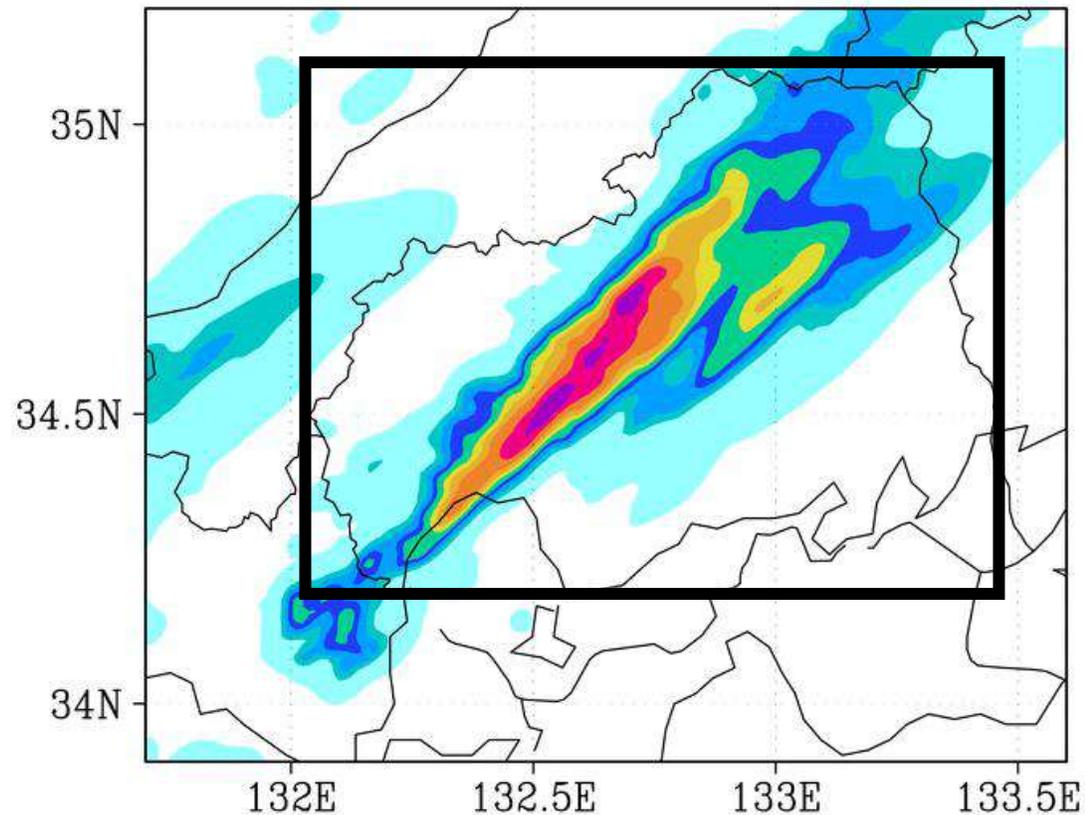
# 6-hour accumulated rainfall amount

00:00 – 06:00 JST, August 20, 2014

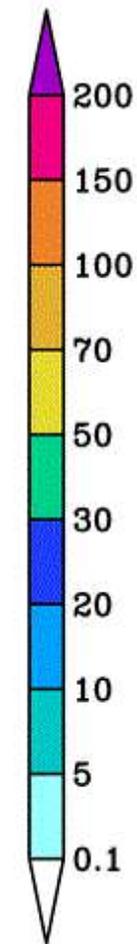
**CSE**



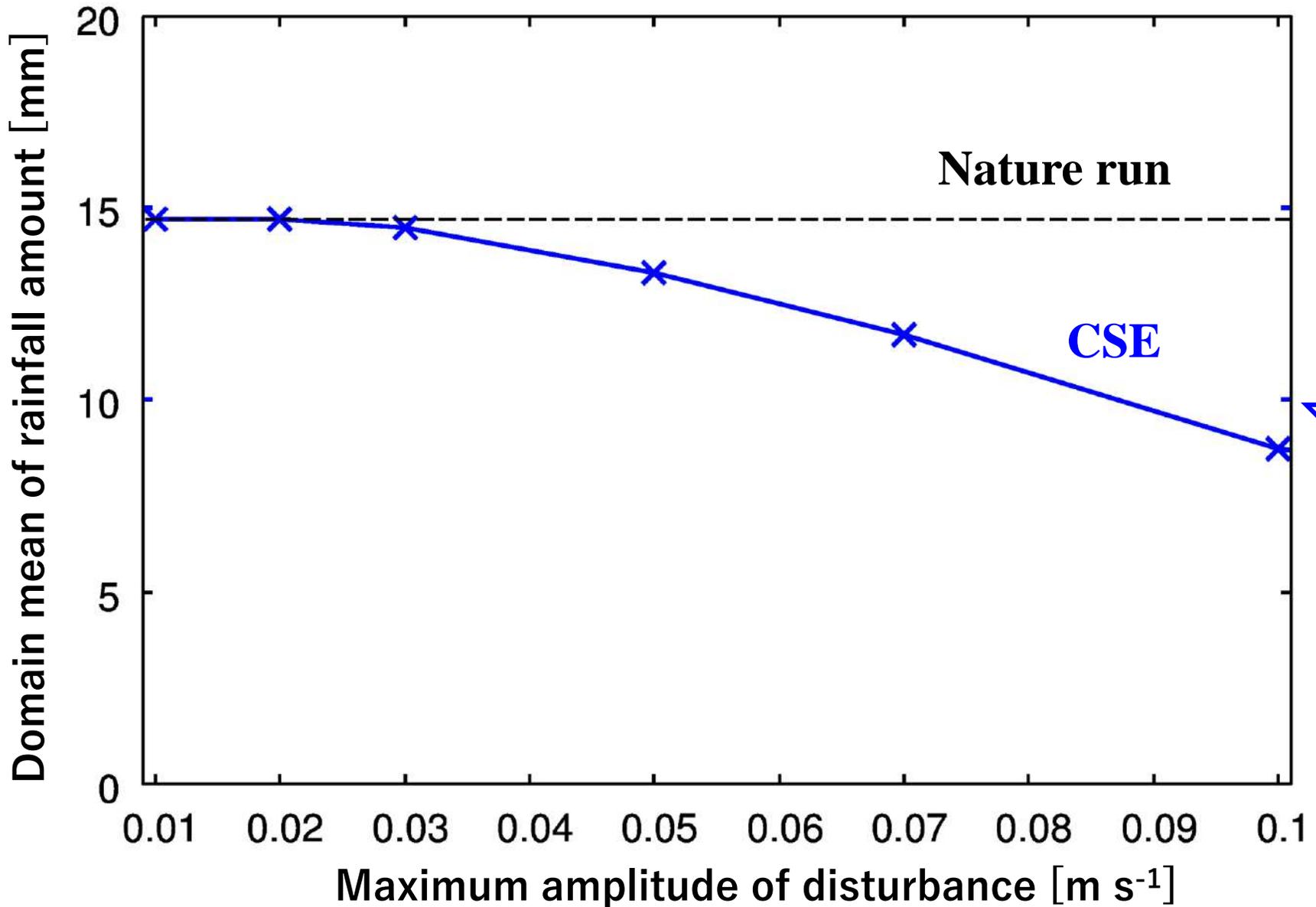
**Nature run**



[mm]



Black rectangle: Verification area



Decreased precipitation

# 実現に向けた課題や科学技術

気象制御の科学理論

どんな介入が有効？

介入操作技術

どんな介入が可能？

数値天気予報(50s-80s)



予測可能性(90s-20s)



**制御可能性(20s-?)**

人工降雨

台風弱化

雷誘導



**カオス制御**

観測システムシミュレーション実験(OSSE)・観測システム実験(OSE)



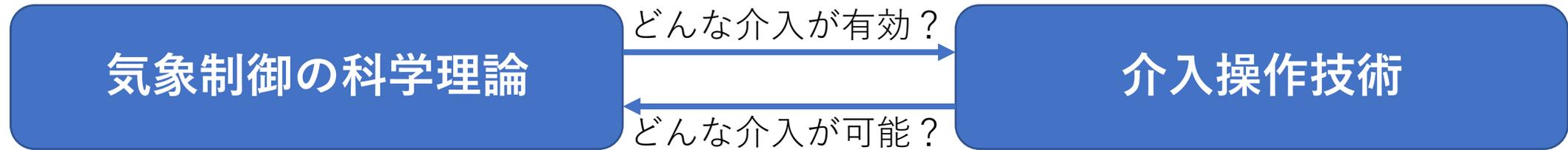
**制御シミュレーション実験(CSE)・制御実験(CE)**

# 実現に向けた課題や科学技術

課題	方策
<b>合意形成</b> ダム建設や公害等との類似性 軍事利用の可能性 技術格差の問題	<b>条約や法令の整備</b> 紛争解決方法
<b>経済合理性</b> 合理的判断の方法	<b>気象制御による経済効果の検討</b> 作用・副作用 誤差のある情報 風力・水力・水資源
<b>宗教倫理面</b>	<b>広く議論を深める</b> 人為的に気象を変える技術が受け入れられるか？

# 特に取り組むべき研究開発

- 技術的実現可能性の精査



気象学・応用数学・カオス制御  
土木工学・災害工学・交通工学  
都市工学・航空宇宙・電波工学

- 社会的課題の特定、解決策の検討

- 合意形成
- 経済合理性
- 宗教倫理面

経済学・法学・社会学

# 提案する社会像実現に向けたシナリオ

## 5年後のマイルストーン (GO/NOGO?)

十分小さいエネルギーを用いた現実的な介入操作で、後の気象に大きな変化をもたらせるということをシミュレーション上で示す

	~2030	~2040	~2050
科学技術	制御可能性の理論 介入操作の効果検証法 制御シミュレーション 実験(CSE) 実現可能性に目処	介入操作方法の具体化 効果検証方法の確立 制御実験(CE) 概念実証(POC)達成	実用化
社会適応	課題の精査 解決策の検討	解決策の精査 実施着手	解決策の実施 (条約締結等)