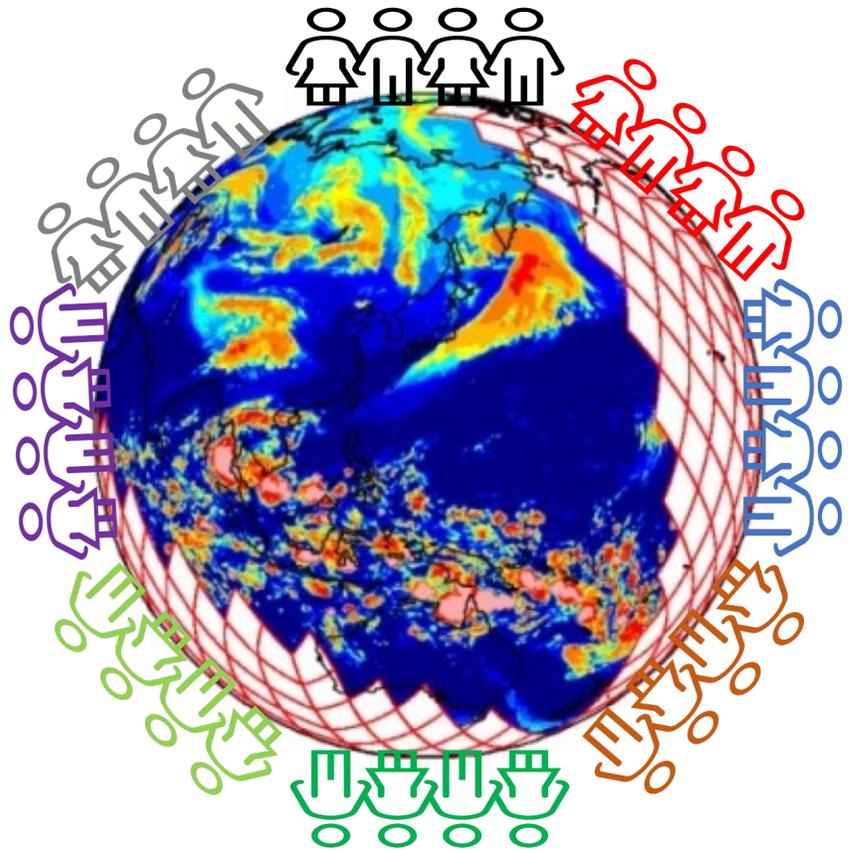


## テーマ 2

# 「全球スケール予測」の現状と展望

テーマ 2 責任者：宮川 知己  
(東京大学大気海洋研究所)



なぜ“全球”を取り扱い、  
なにを目指しているのか？

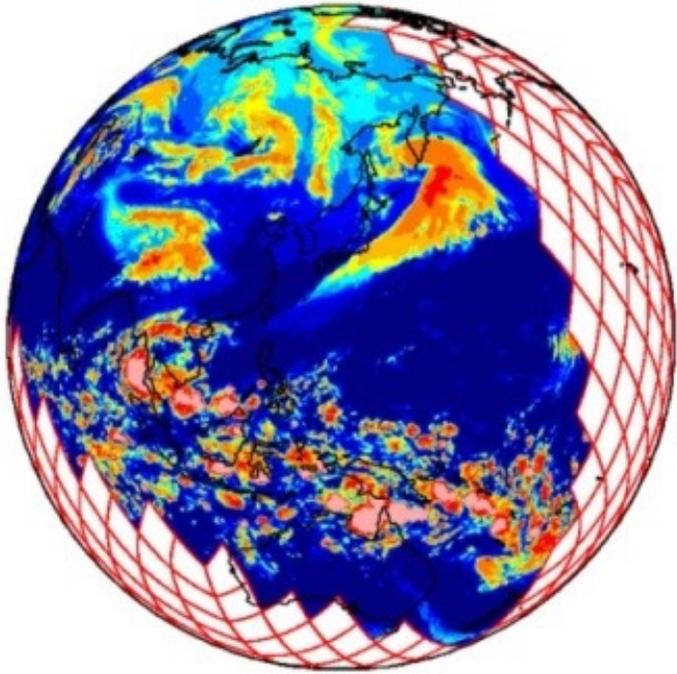
世界平和？

なぜ“全球”を取り扱い、  
なにを目指しているのか？

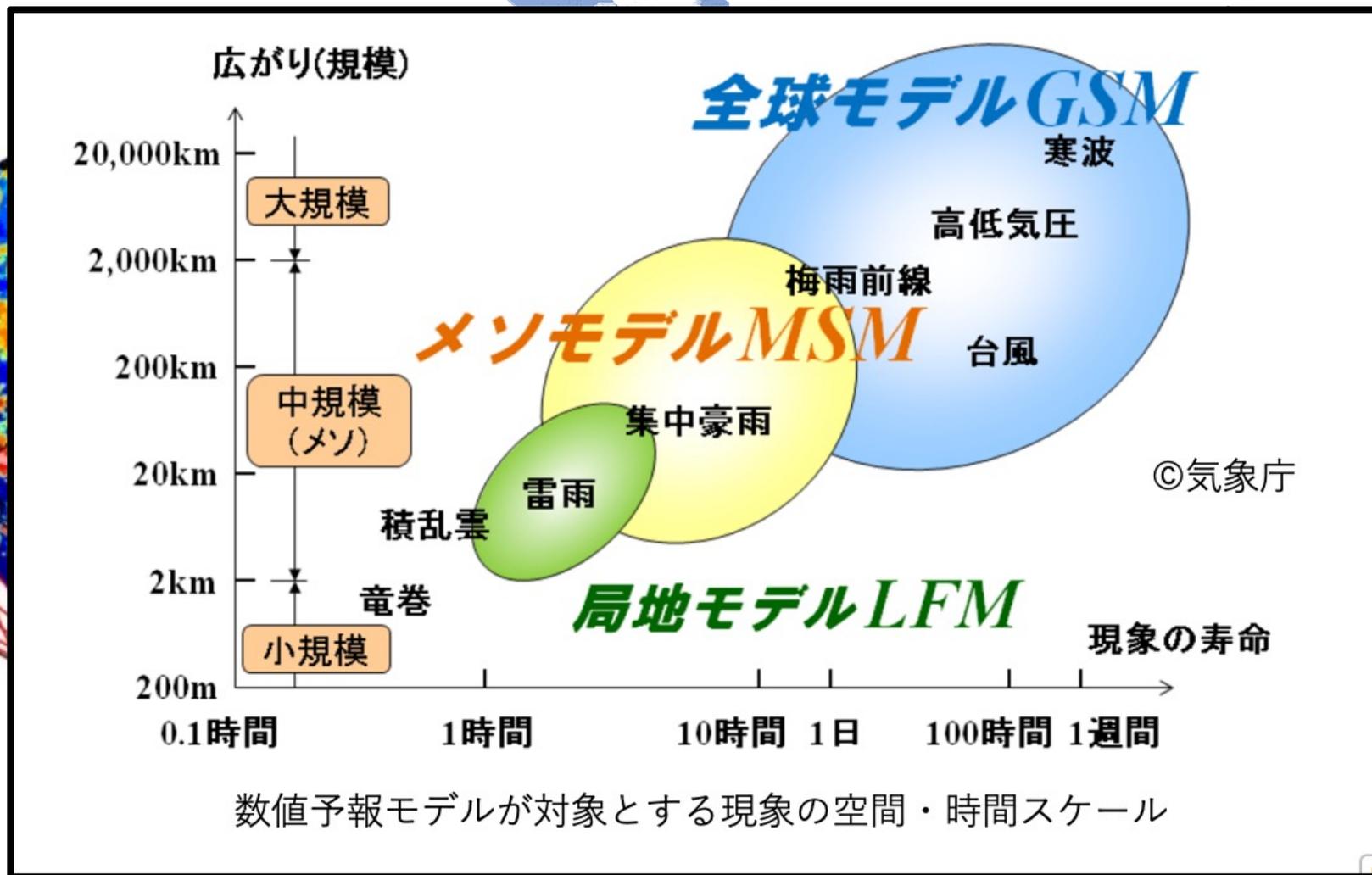
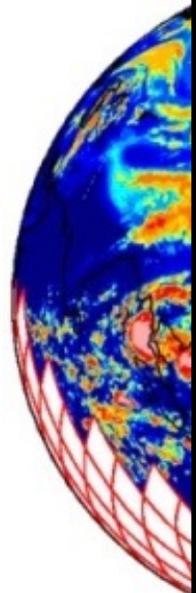
予測対象期間が長くなると



- ・より遠くの状況が影響する
- ・より水平スケールの大きな現象の影響が効く



なぜ“全球”を取り扱い、  
ているのか？



が長くなると

況が影響する

ールの大きな  
効く

なぜ“全球”を取り扱い、  
ているのか？

広がり(規模)

全球モデルGSM

全球とはつまり → 中長期予測

なると

※具体的には週～月～季節をターゲットに 影響する

200m

0.1時間

1時間

10時間 1日

100時間 1週間

数値予報モデルが対象とする現象の空間・時間スケール

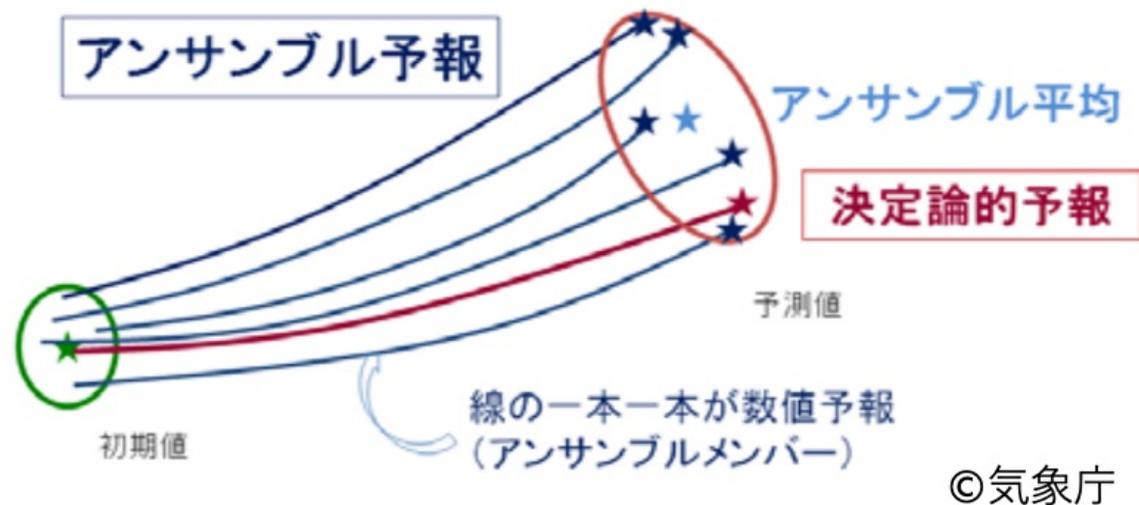
ールの大きな  
効く

テーマ1 (日本域, “数日”) →  
迫る危機を回避する

**テーマ2 (全球, “週～季節”) →**  
**リスクの高まりに対して備える**

テーマ3, テーマ横断 (データ同化) →  
“現在”の情報を数値モデルに適切に与える

“リスクの高まり”を捉える  
アンサンブル予報による確率密度情報が鍵



決定論的予報とアンサンブル予報

大規模現象の振る舞いを捉えつつ大アンサンブル化

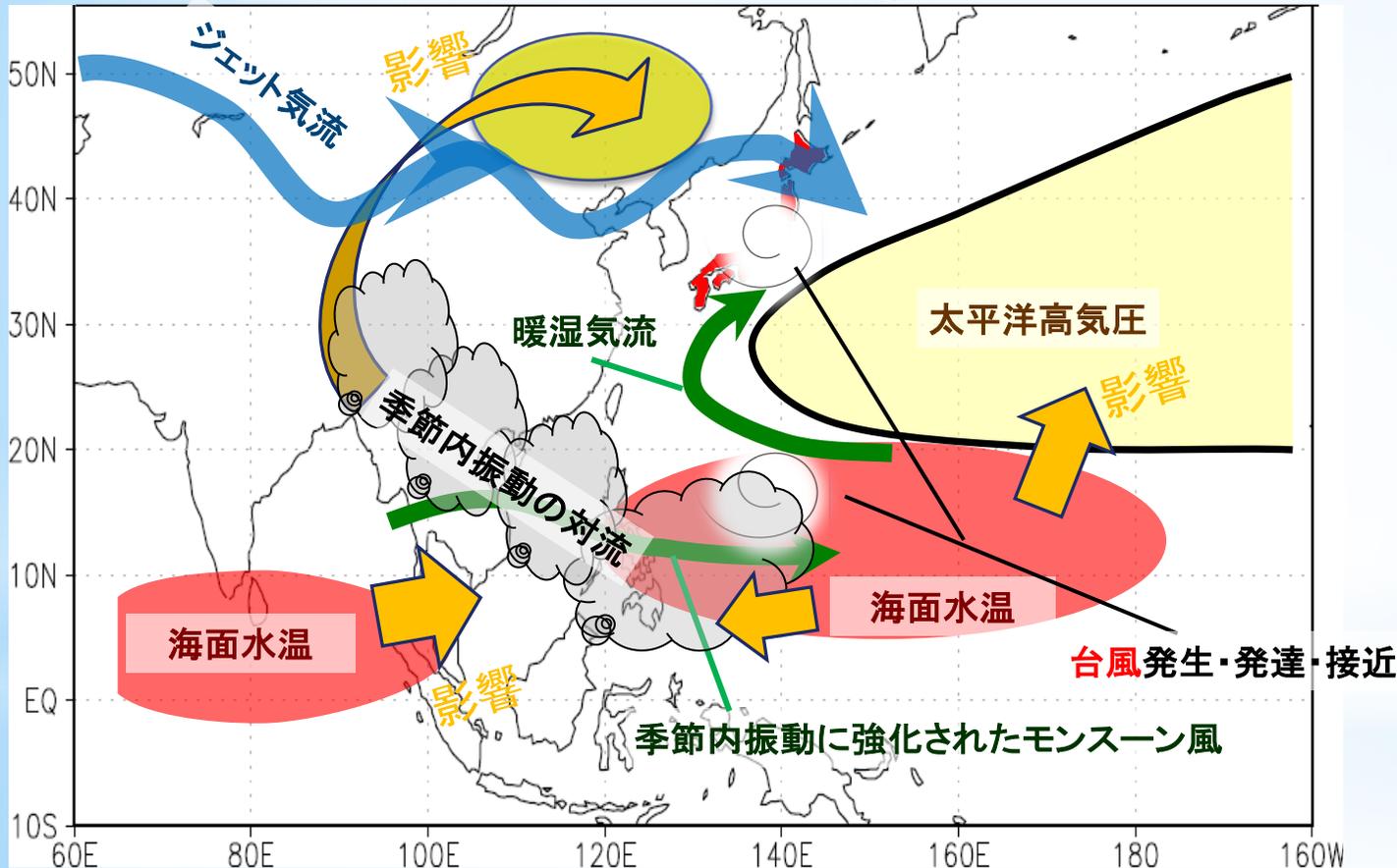


リードタイムの長い予測でも  
有益な確率密度情報を得ることを目指す

具体的には、、、

予測対象となる極端気象現象

台風に影響する様々な要素の模式図

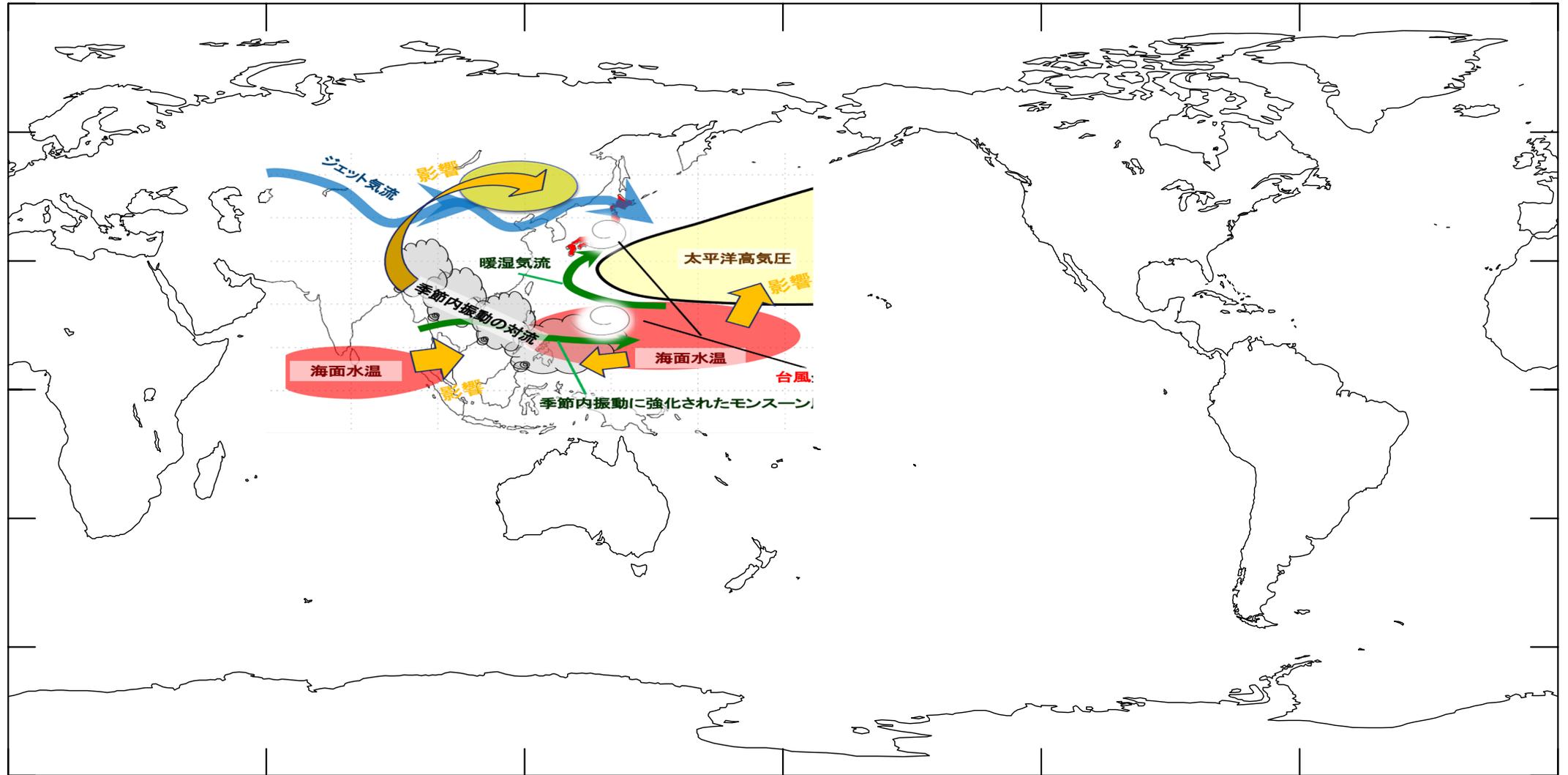


## 台風

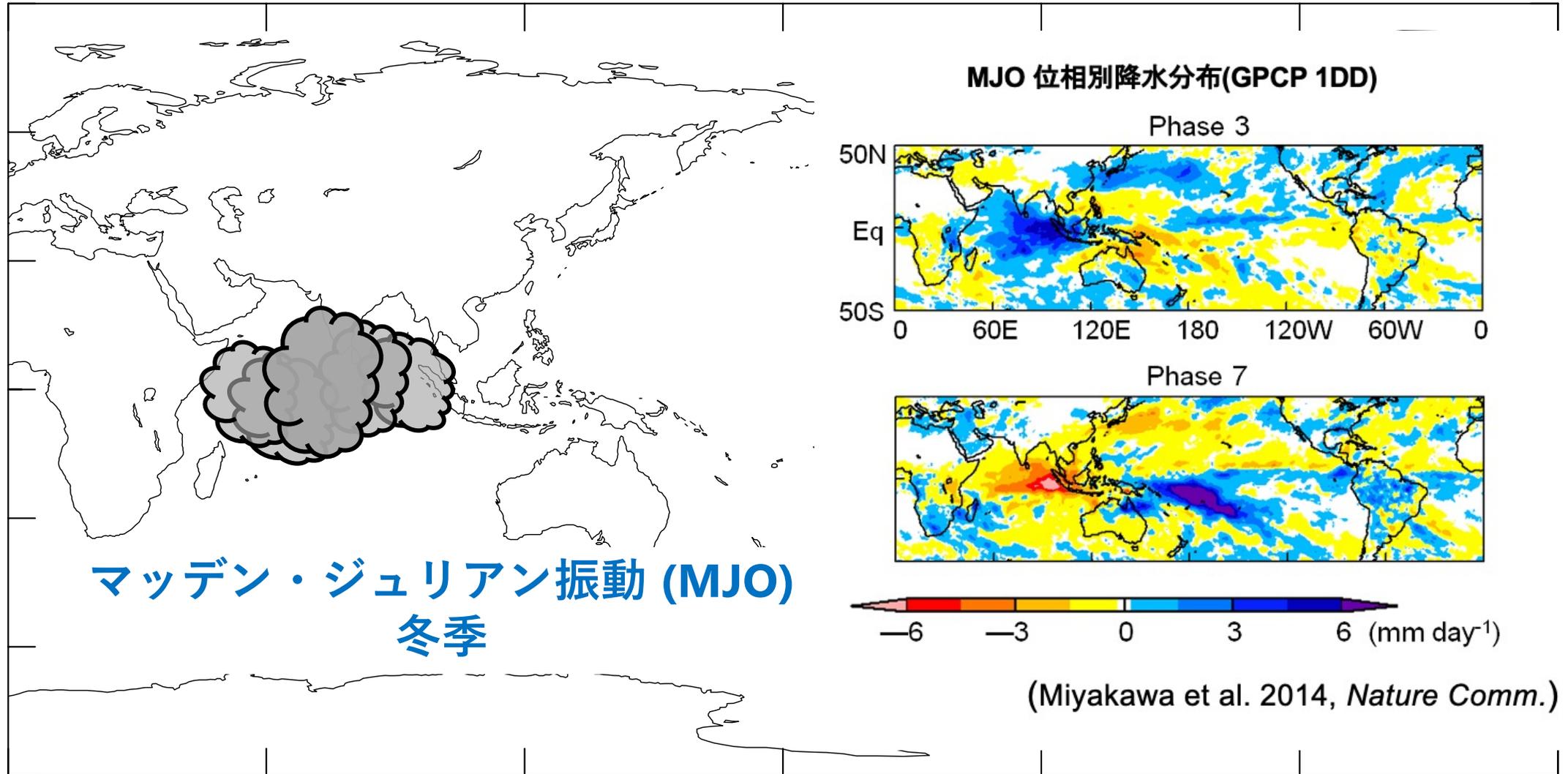
熱波・寒波  
干ばつ・多雨  
など

※大規模場の変動により生じる確率分布の偏りを早期に捉える

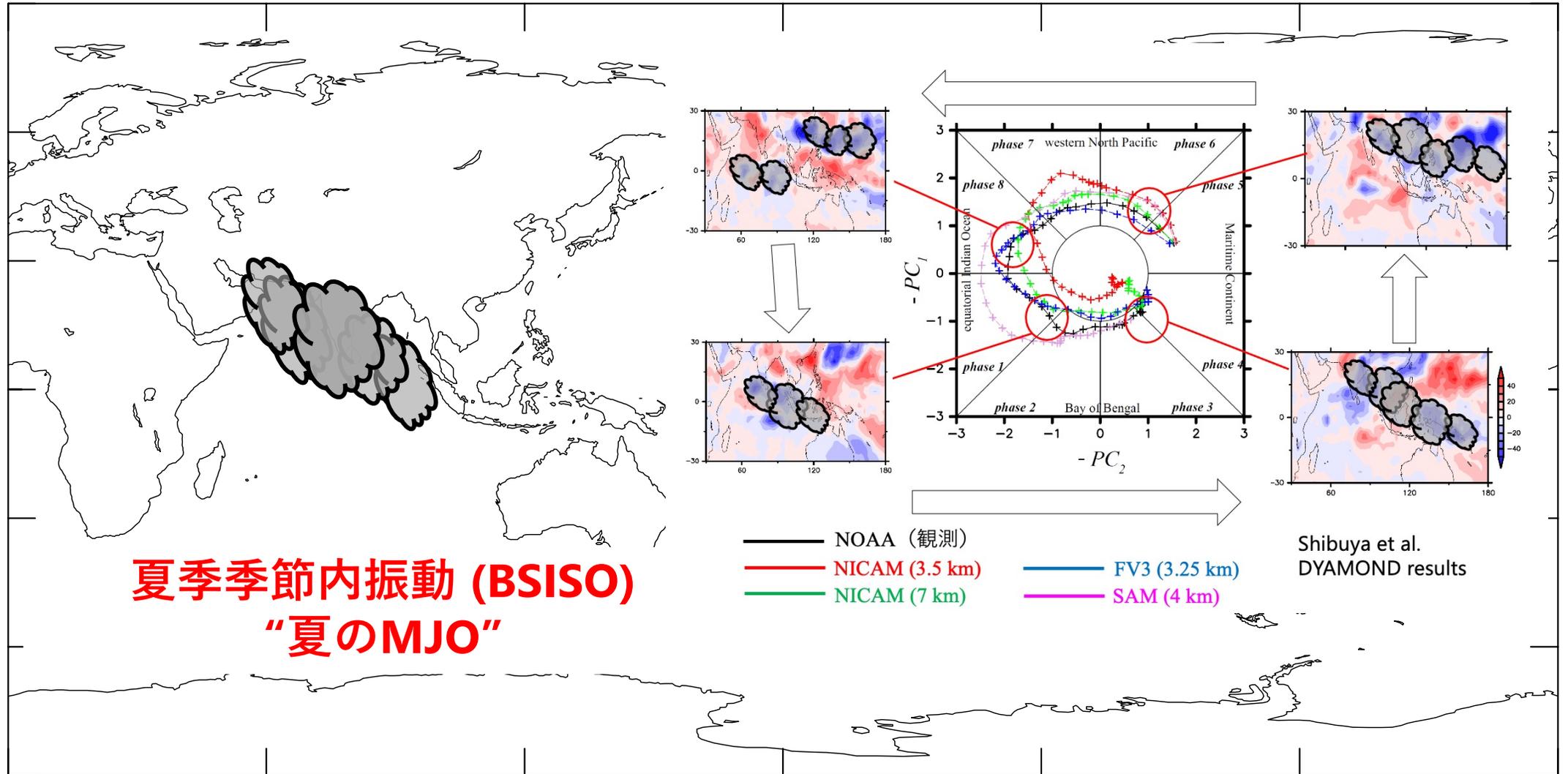
# 全球視点で



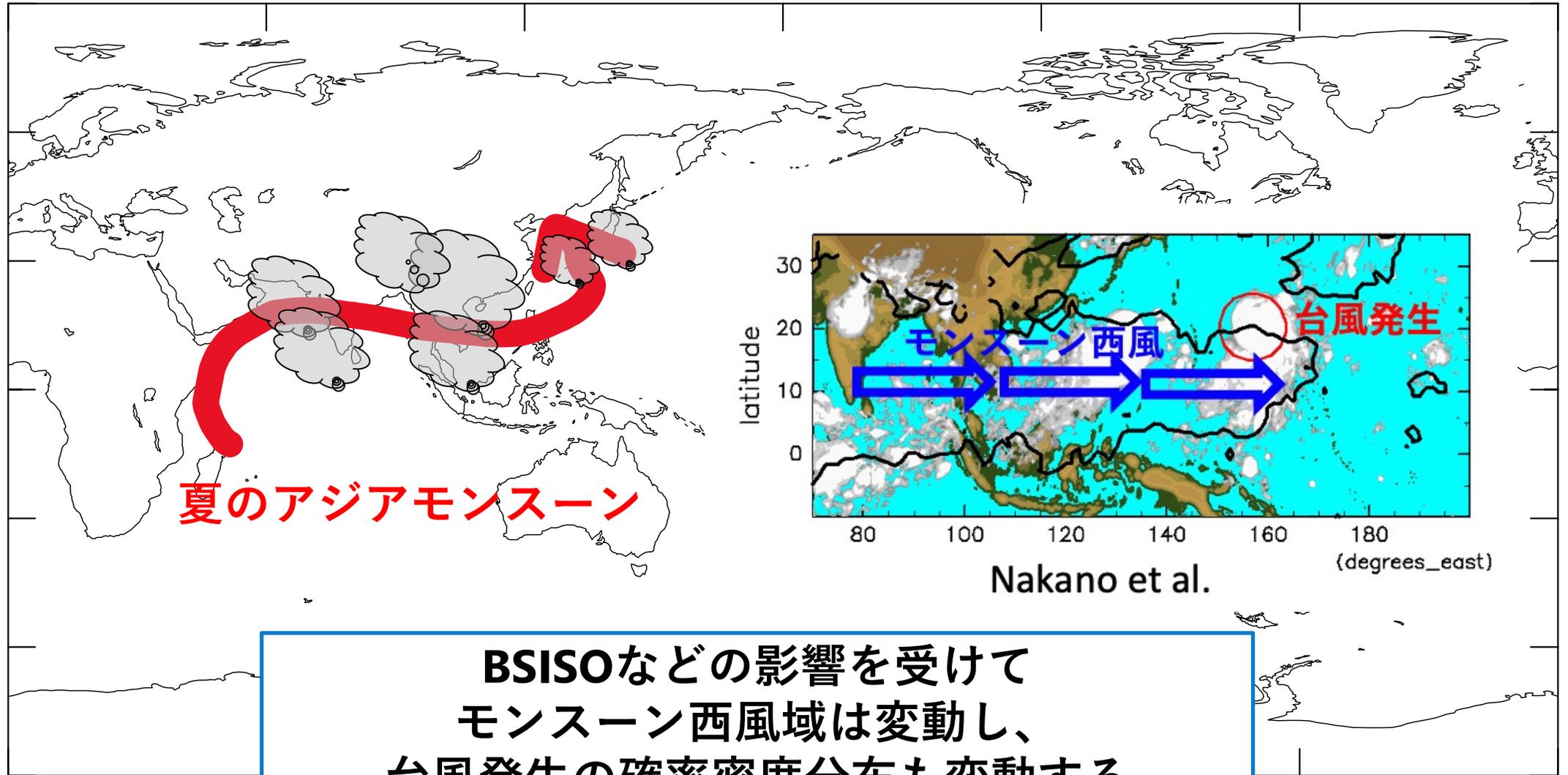
# 全球視点で



# 全球視点で

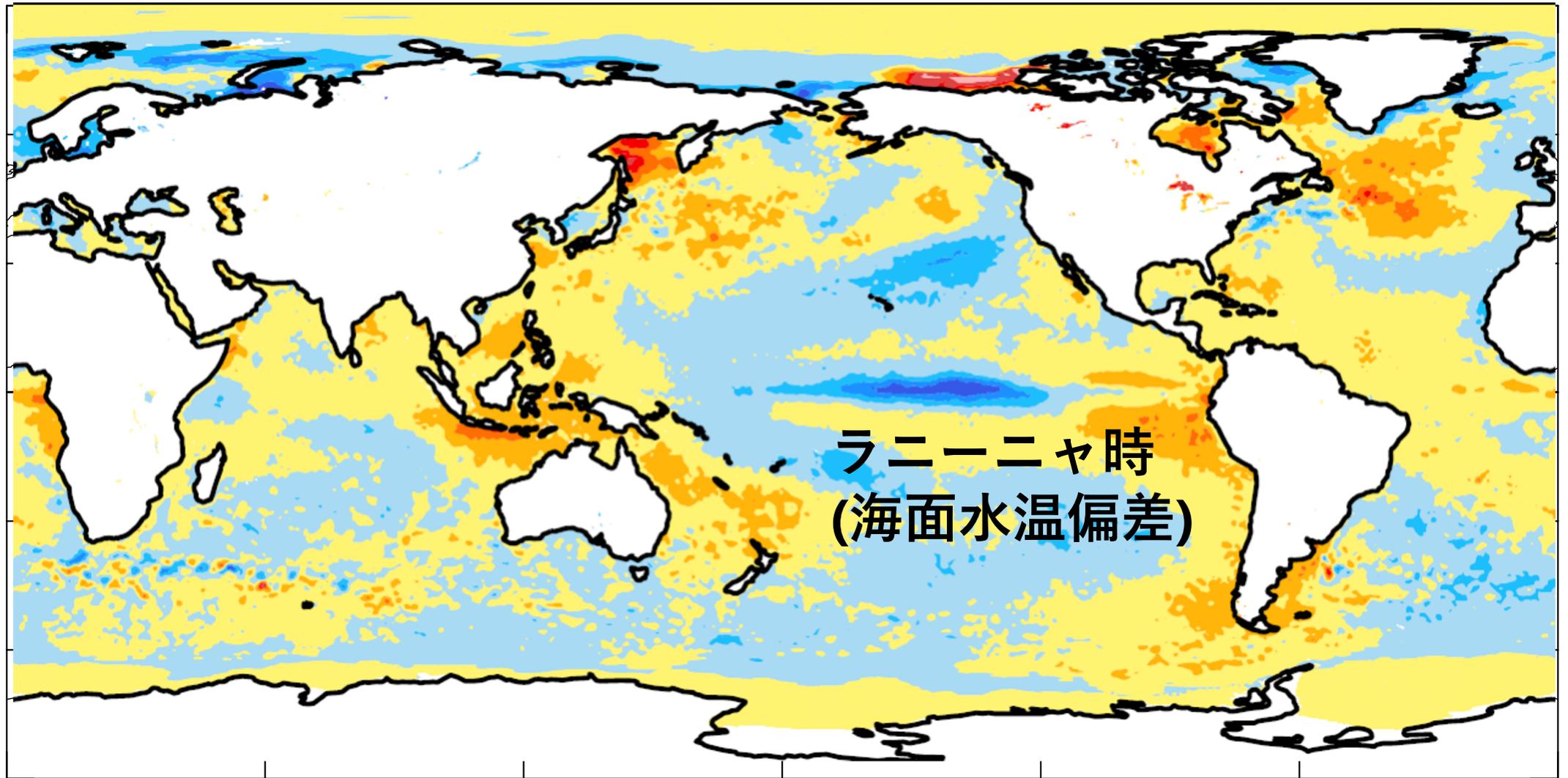


# 全球視点で

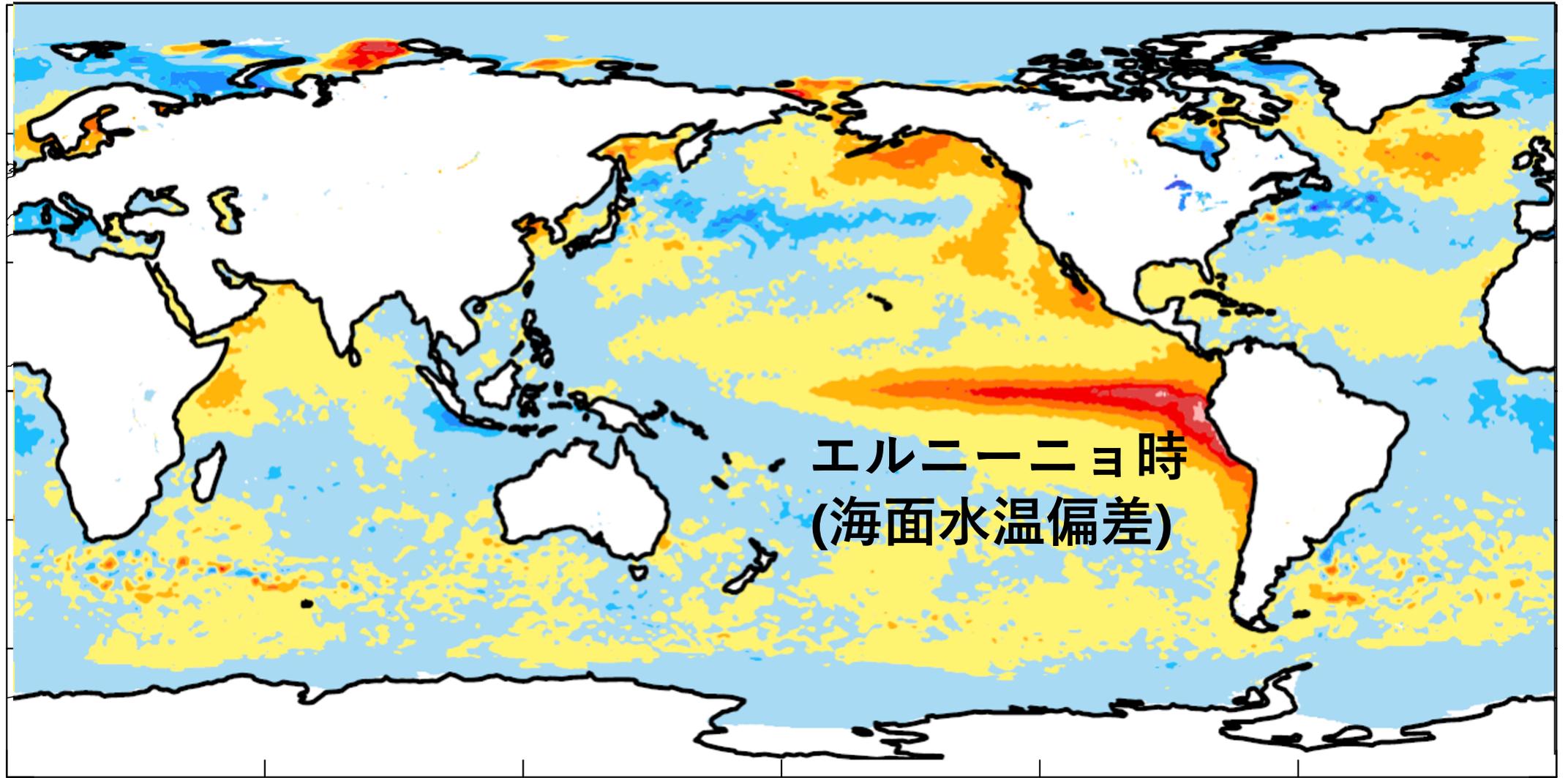


**BSISOなどの影響を受けて  
モンスーン西風域は変動し、  
台風発生の確率密度分布も変動する**

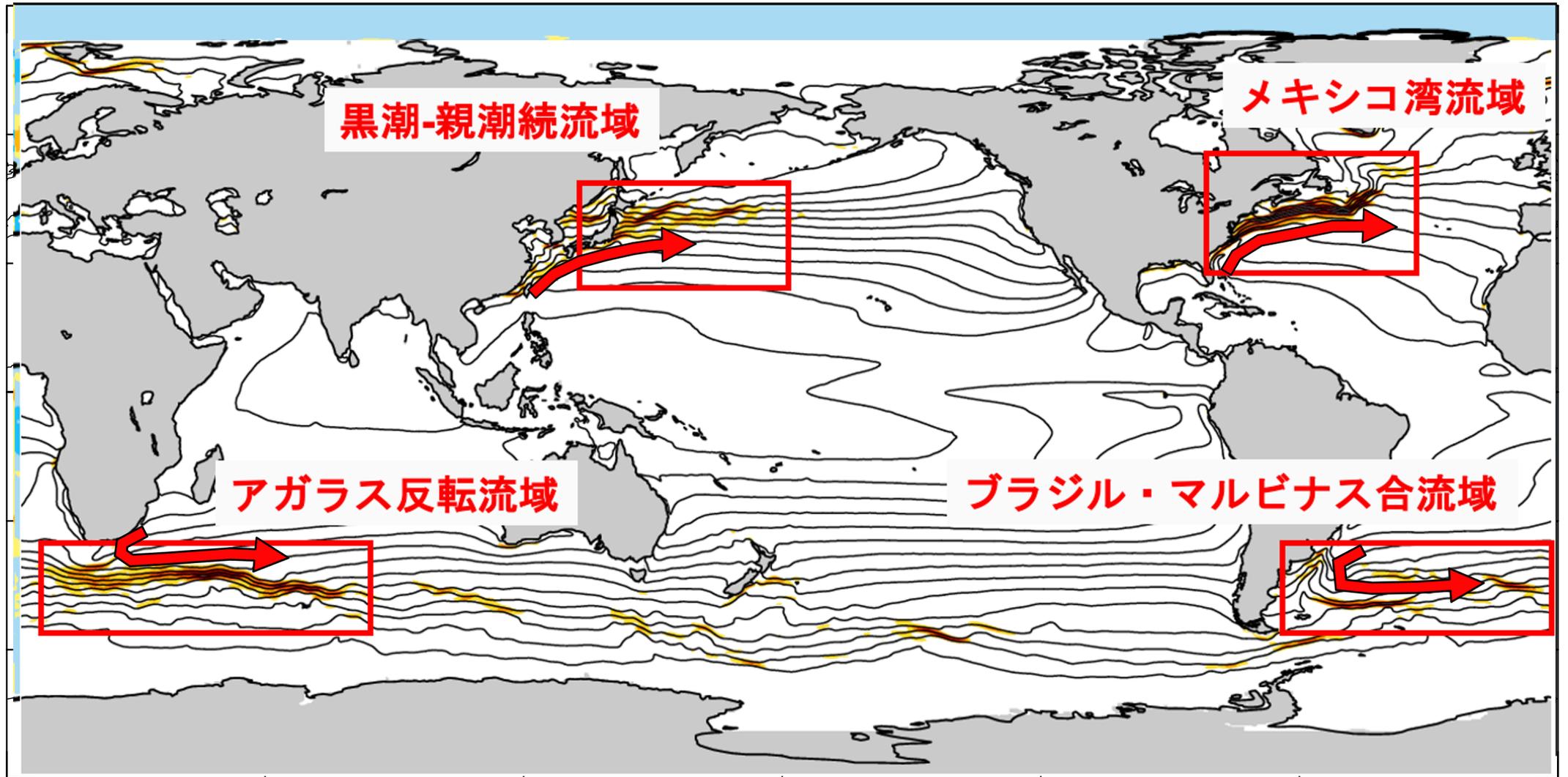
# 全球視点で



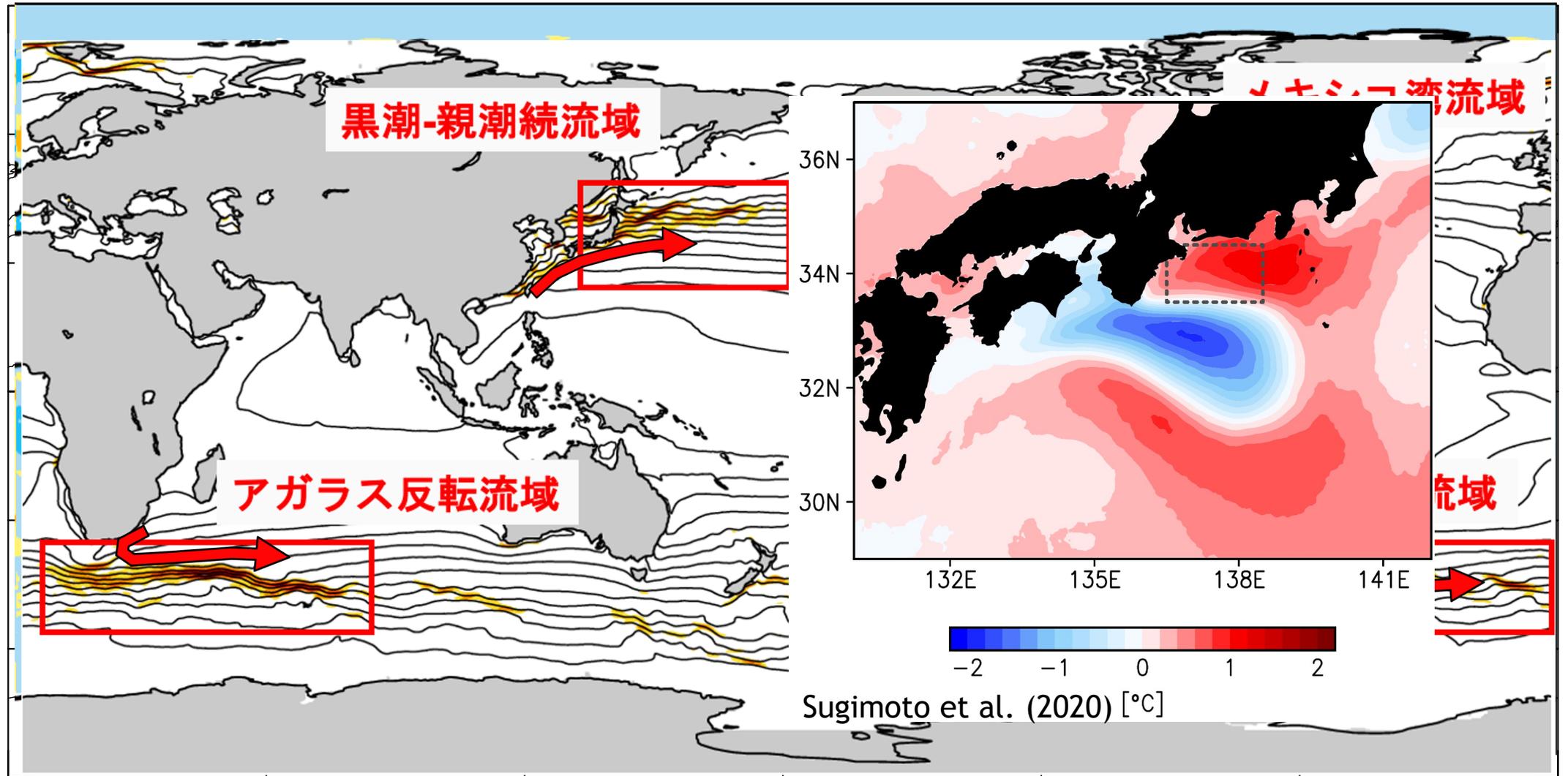
# 全球視点で



# 全球視点で



# 全球視点で



## 週～季節スケールの予測に関わる大規模変動

### 熱帯・亜熱帯の大気循環

MJO (Madden-Julian oscillation)

BSISO (Boreal Summer Intra-Seasonal oscillation)

アジアモンスーン

PJ (Pacific-Japan) パターン

### 海洋

ENSO (El Nino Southern oscillation)

IOD (Indian Ocean Dipole)

PMM (Pacific Meridional mode)

西岸境界流

### 中・高緯度大気

シルクロードパターン

北極振動

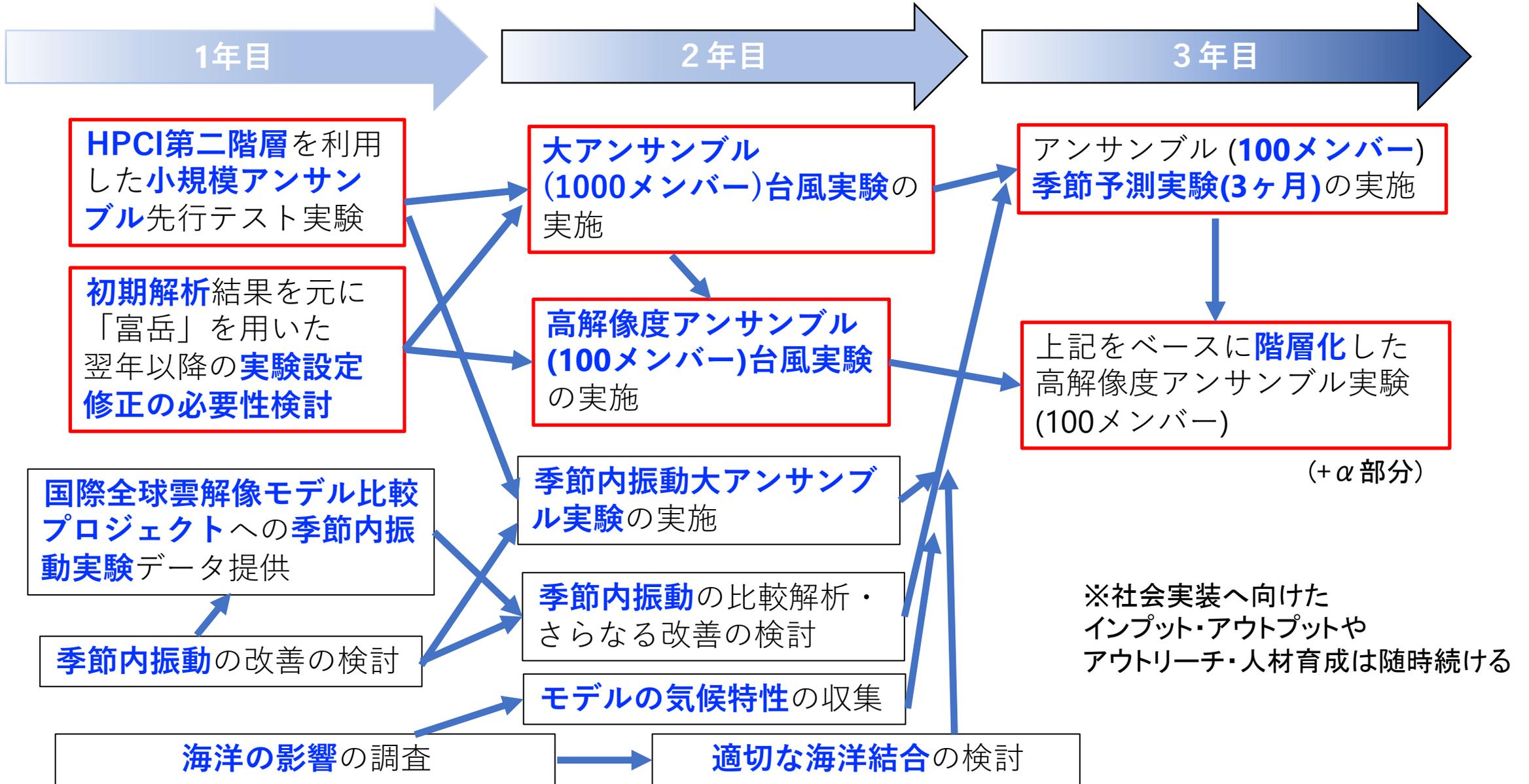


## テーマ 2 のTODOリスト (根幹部分)

- 台風の大アンサンブルによる調査
  - NICAMによる1000メンバーアンサンブル実験の実現
  - 台風と季節内振動の関係の解析
- 季節内振動の調査
  - 季節内振動の再現性向上への取り組み  
(国際全球雲解像モデル比較プロジェクト DYAMOND2)
  - 季節内振動の大アンサンブル実験
- 海洋の影響の調査
  - 海面温度分布の違いに対する大気の応答の確認
  - 海洋結合によるインパクトの分析

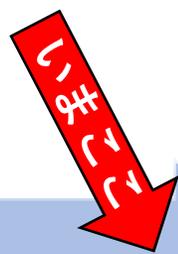


# テーマ2 計画のタイムライン





# テーマ2 計画のタイムライン



HPCI第二階層を利用した小規模アンサンブル先行テスト実験

初期解析結果を元に「富岳」を用いた翌年以降の実験設定修正の必要性検討

国際全球雲解像モデル比較プロジェクトへの季節内振動実験データ提供

季節内振動の改善の検討

海洋の影響の調査

大アンサンブル(1000メンバー)台風実験の実施

高解像度アンサンブル(100メンバー)台風実験の実施

季節内振動大アンサンブル実験の実施

季節内振動の比較解析・さらなる改善の検討

モデルの気候特性の収集

適切な海洋結合の検討

アンサンブル(100メンバー)季節予測実験(3ヶ月)の実施

上記をベースに階層化した高解像度アンサンブル実験(100メンバー)

(+α部分)

※社会実装へ向けた  
 インプット・アウトプットや  
 アウトリーチ・人材育成は随時続ける

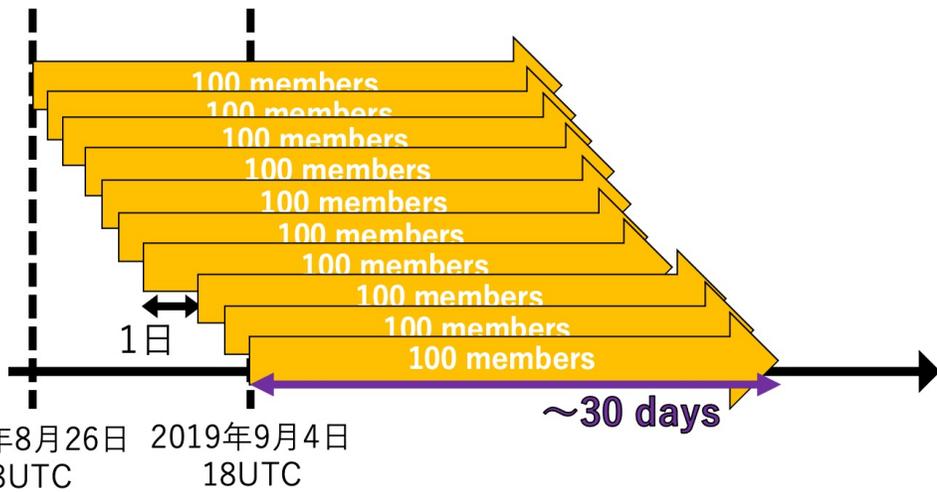
# 大アンサンブルによる台風の調査:

<今年度最注目<成果>

## 1000メンバーアンサンブル実験 達成！ (前倒し)

8/31 [80(16)]

100メンバー(NEXRA) × 10初期日 (のうち3初期日分)



未出版図のため  
upload不可

( 山田 洋平@JAMSTEC )

※ 詳細は山田洋平の講演にて



# 季節内振動の調査: MJO 再現性向上への取り組み

DYAMOND (全球雲解像モデル国際比較プロジェクト) への貢献  
フェーズ 2 (lead by Daniel Klocke & Tomoki Miyakawa) 提出用  
2020年 1-2月のEUREC<sup>4</sup>A観測MJO事例実験データ 作成完了!

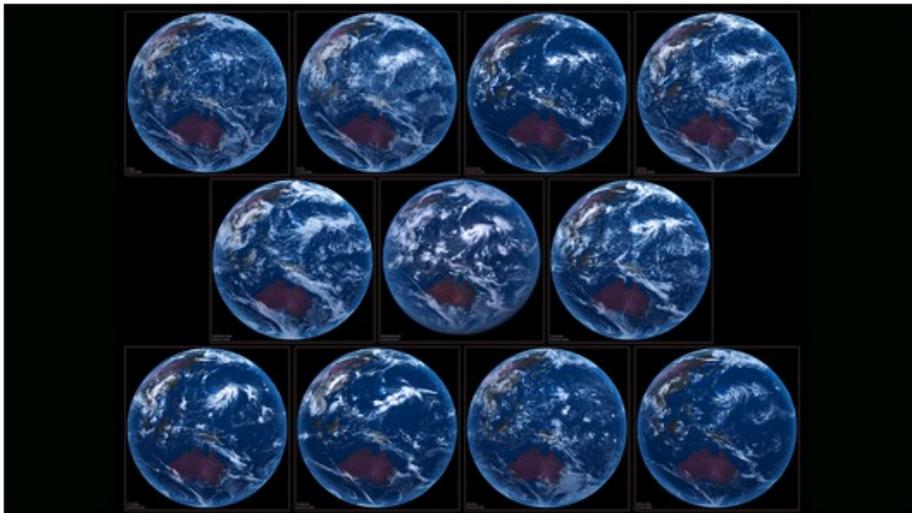


宣伝役 (Bjorn Stevens  
@Max Plank研究所,  
テーマ2 協力者)

8/31 [80(16)]

MJOの雲微物理パラメータについての感度実験・調整

The DYAMOND Initiative



NICAMの再現したEUREC<sup>4</sup>A事例 (赤外放射)

未出版図のため  
upload不可



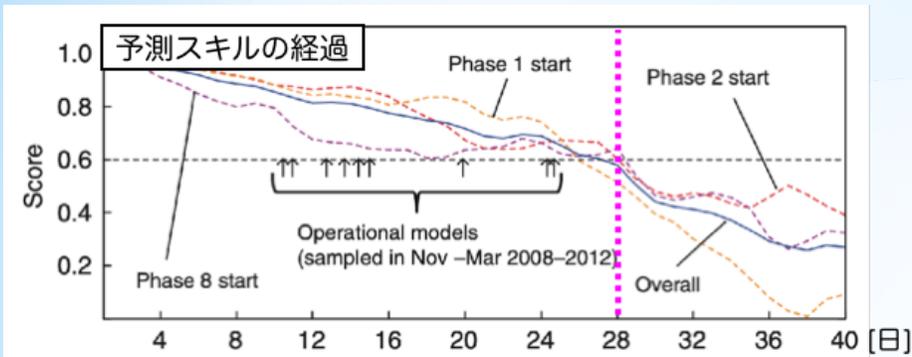
(末松 環@東大AORI)

<https://www.esiwace.eu/services/dyiamond>

※ 詳細は末松環のポスターにて

# 季節内振動の調査: MJO 大アンサンブル実験

<MJO予測可能性のメカニズム解明を目指して>



全球雲システム解像モデル

(NICAM) では、

全体的な傾向として、

およそ1ヶ月先までの

MJO伝播の予測可能性

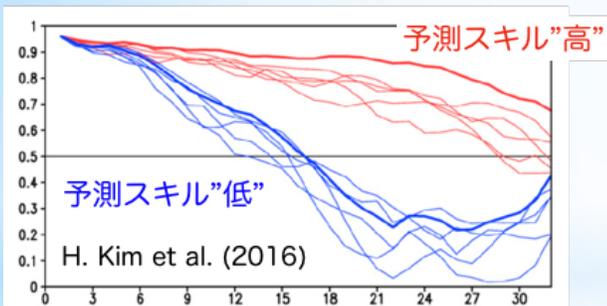
(Miyakawa et al. 2014)



(高須賀 大輔

@お茶の水女子大学)

## 初期条件による予測スキルの高低

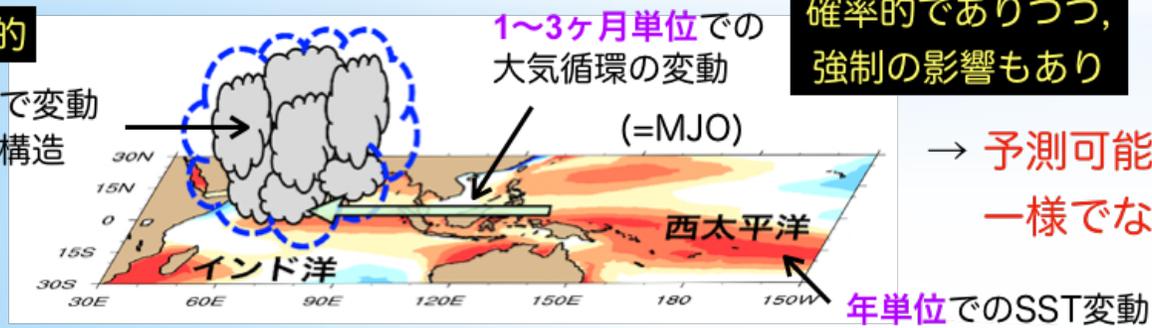


しかし、MJOの予測可能性は  
事例や実験開始のタイミングで  
大きく揺らぎうる

2018年12月に顕在化したMJOを対象に、  
わずかに状況が異なる600メンバーを  
初期条件にした大アンサンブル実験を完了！

確率的

数日単位で変動  
する内部構造



→ 予測可能性が  
一様でない一因

強制

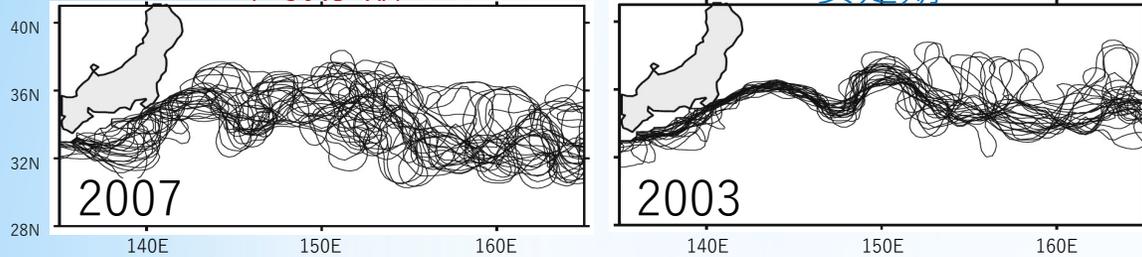
未出版図のため  
upload不可

# 海洋の影響の調査： 海面温度分布の違いに対する大気の応答の確認

黒潮続流流路

不安定期

安定期



(週平均 SSH 170 cm 等値線) (e.g., Qiu et al. 2014)

黒潮続流流路の変動は  
高低気圧の活動に大きな  
影響を与える

NICAMの3ヶ月×10アンサンブルメンバーの感度実験により、異なる海面温度分布におけるモデル大気応答の気候特性の違いを確認した。過去に京で実施された実験も解析に加えてさらに調査を進めている。

未出版図のため  
upload不可

NICAMに与えた  
海面水温の3ヶ月(DJF)平均  
(10アンサンブルメンバー)

NICAMの  
ストームトラック活動変動  
 $V'V'200\text{hPa}$  (m/w)  
(Jan)



(升永 竜介@東大AORI)

# 海洋の影響の調査: 海洋結合によるインパクトの分析

高解像度(0.1度)の力学海洋モデルと結合したNICOCOの1ヶ月実験を完了。

0.25度海洋と比較して西岸境界流域の表現改善を確認。  
SSTバイアスの分布傾向を把握。

未出版図のためupload不可



(升永 竜介@東大AORI)

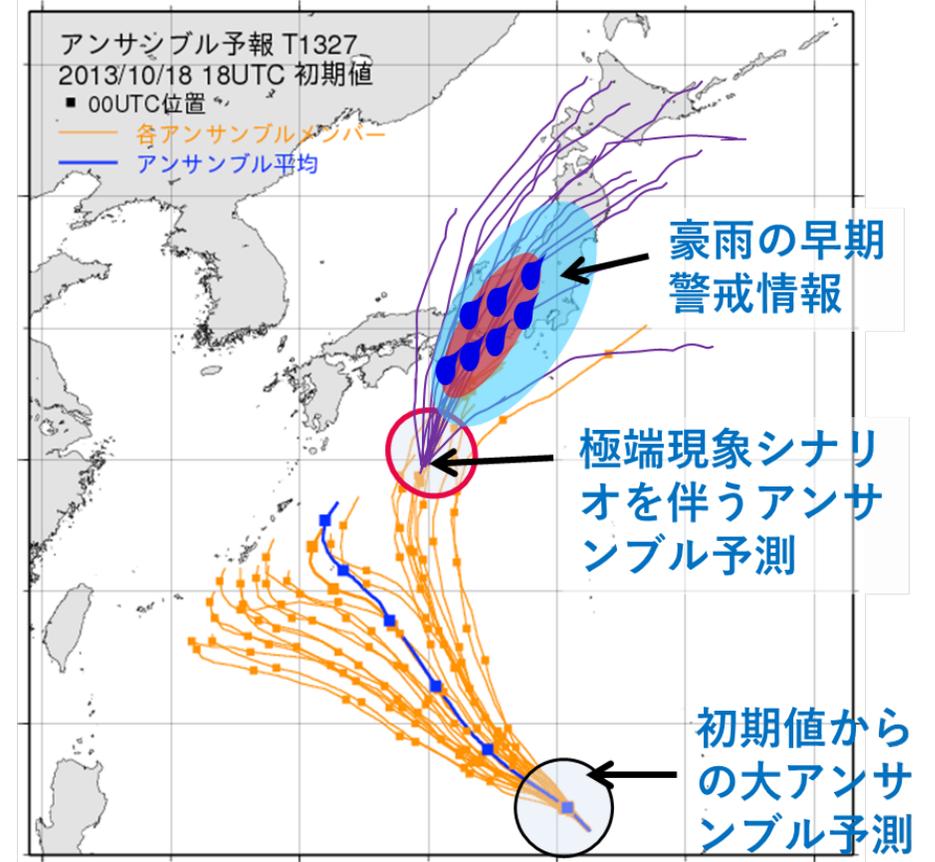


## テーマ 2 TODO リスト (+ $\alpha$ 部分)

- 実現可能性の高いシナリオ (**メインシナリオ**)
- インパクトが大きいシナリオ (**危険シナリオ**)

上記を絞り込み、これらのシナリオの発現を前提としたアンサンブル予測と組み合わせることにより **階層的なリスク評価** を実施する

(**リスク対策のタイムライン** を考慮した適切な事前情報の提供可能性の検討)



## 社会実装連携

- 予報業務を担当する気象庁との連携, 情報交換

実際に**予報の現場**で**“使える”情報**とは何かについてのインプット

「富岳」級スパコンにより実現する次世代の予報についての可能性を提示

- 東京海上日動との連携, 情報交換

「被災者の少ない社会」 「**早期に立ち直れる社会**」の実現のために有用な情報とは何かについてのインプット

# 成果リスト 1

## 論文:

Masunaga, R., Nakamura, H., Taguchi, B. and Miyasaka, T. (2020) Processes shaping the frontal-scale time-mean surface wind convergence patterns around the Gulf Stream and Agulhas Return Current in winter. *J. Climate*, 33, 9083-9101. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0948.1>.

Nakamura, Y., T. Miyakawa, M. Satoh (2020) The role of Typhoon Kilo (T1517) in the Kanto-Tohoku heavy rainfall event in Japan in September 2015. *J. Meteor. Soc. Japan.*, 98, 915-926. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2020-046>.

Matsugishi, S., Miura, H., Nasuno, T., and Satoh, M. (2020) Impact of latent heat flux modifications on the reproduction of a Madden–Julian oscillation event during the 2015 Pre-YMC campaign using a global cloud-system-resolving model. *SOLA*, 16A, 12-18, <https://doi.org/10.2151/sola.16A-003>.

Yuta Kawai and Hirofumi Tomita: Numerical Accuracy of Advection Scheme necessary for Large-Eddy Simulation of Planetary Boundary Layer Turbulence, submitted to *Monthly Weather Review* (2020/11/02).

Shibuya, R., Nakano, M., Kodama, C., Nasuno, T., Kikuchi, K., Satoh, M., Miura, H., Miyakawa, T. (2020) Prediction skill of the Boreal Summer Intra-Seasonal Oscillation in global non-hydrostatic atmospheric model simulations with explicit. *J. Meteorol. Soc. Japan.*, submitted.

## 招待講演・国際学会発表

Nakano, M., F. Vitart, K. Kikuchi, 2020: Impact of the boreal summer intraseasonal oscillation on typhoon tracks in the western north Pacific, JpGU-AGU Joint meeting 2020.

Yamada, Y., 2020: Evaluation of the contribution of tropical cyclone seeds to changes in tropical cyclone frequency due to global warming in high-resolution multi-model ensemble simulations. PRIMAVERA General Assembly GA5, 27-29, April, online.

## 成果リスト 2

Takasuka, D., and M. Satoh, 2020: Diversity of Initiation Regions of the MJO Associated with the Mutual Relationship Between the Intraseasonal and Low-frequency Variability, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, poster, online, July 2020.

Takasuka, D., and M. Satoh, 2020: Can Mixed Rossby-gravity Waves Make Building Blocks of MJO Convection in the Indian Ocean? AGU 2020 Fall Meeting, poster, online, Dec. 2020.

Nakano, M., Y-W Chen, M. Satoh, 2020: 100-member ensemble forecast by NICAM to examine forecast bust case Typhoon Krosa (2019) , JpGU-AGU Joint meeting 2020.

Nasuno, T., M. Nakano, H. Murakami, K. Kikuchi, 2020: Responses of the subseasonal to seasonal atmospheric variability to the recent Pacific SST anomaly, JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (online), 2020/07/12-16.

Nasuno, T., M. Nakano, H. Murakami, K. Kikuchi, 2020: Responses of the subseasonal to seasonal atmospheric variability to the recent Pacific SST anomaly, AGU Fall Meeting 2020 (online), 2020/12/1-17.

Miyakawa, T., Fugaku project global scale prediction team, 2020: "From K to Fugaku: activities toward extended-range prediction using NICAM/NICOCO", JpGU 2020 iPoster session, AAS01-09.

Suematsu, T., Yanase, T., Miura, H., Satoh, M., 2020: A consecutive development of MJO events in the 2018-2019 winter season reproduced by a three-month SST-forced experiment with NICAM, American Geophysical Union Fall meeting 2020, 1~17 December 2020, online.

Suematsu, T., Kodama, C., Yashiro, H., Yanase, T., Miura, H., Miyakawa, T., Satoh, M., 2020: Dependence of the reproducibility of the MJO convection on differences in the surface flux conditions in NICAM, 日本地球惑星科学連合大会, 12~16 July 2020, online.

Kodama, S., Satoh, M., 2020 : Water vapor transport associated with remote precipitation caused by typhoon in autumn season, 日本地球惑星科学連合大会 (オンライン, 2020.7)

# 成果リスト 3

国内学会・研究会発表

佐藤正樹, 2020: 全球非静力学モデルNICAMによる気象・気候予測研究. 日本気象学会春季大会、紙上開催. 2020年5月.

高須賀大輔, 佐藤正樹, 2020: 季節内-経年変動の相互関係から見たMJO発生領域の変調, 日本気象学会2020年度春季大会、紙上開催, 口頭, 東京, 2020年5月.

児玉真一, 佐藤正樹, 2020: 秋季の台風による遠隔降水に伴う水蒸気輸送, 日本気象学会春季大会, 紙上開催. 2020年5月.

池端耕輔, 佐藤正樹, 2020: 台風発生数と弱い熱帯低気圧の生存率. 日本気象学会2020年度秋季大会, オンライン, 2020年10月25-31日.

那須野智江, 中野満寿男, 村上裕之, 菊地一佳, 2020: 海面水温偏差に対する季節内から季節スケールの大気場の応答: 2018年夏季台風シーズン感度実験, 日本気象学会2020年秋季大会 (オンライン), 2019/10/25-31.

後藤優太, 佐藤正樹, 「日本周辺の線状降水帯の統計解析」, 日本気象学会2020年度秋季大会(オンライン, 2020.10), オンデマンド講演.

高須賀大輔, 神山翼, 2021: 北半球冬季MJOの発生状況が経年変化する背景要因, 第12回熱帯気象研究会, 口頭, オンライン, 2021年3月.

池端耕輔, 佐藤正樹, 2020: 台風発生数と弱い熱帯低気圧の生存率. 2020年度台風研究会「台風災害の実態解明と台風防災・減災に資する方策」, オンライン, 2020/9/17-18.

Miyakawa, T. and Fugaku project global scale prediction team, 2020: Global scale forecast project running on the new supercomputer Fugaku, 2020 virtual MJO Taskforce face-to-face meeting, Aug 13, 2020.

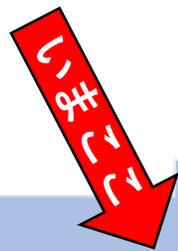
宮川知己, 山田洋平, 澁谷亮輔, 中野満寿男, 八代尚, 2020: “全球季節予測” (台風をはじめとする極端気象の2週間~3ヶ月予測), 富岳テーマ2—東京海上研究所 情報交換会, 2020年8月6日.

# 成果リスト 4

- 山田洋平, 2020: 台風Faxai(2019)を対象とした100メンバーアンサンブルシミュレーション, 台風診断ミーティング2020, 2020年8月31日(月), online.
- 山田洋平, 中野満寿男, 2020: 2019年台風15号を対象としたアンサンブルシミュレーション, 台風研究会「台風災害の実態解明と台風防災・減災に資する方策」, 2020年9月17日(木)・18日(金), online.
- 後藤優太, 佐藤正樹, 「東アジア域の線状降水帯の統計解析」, 大槌シンポジウム(オンライン, 2020.12).
- 小玉知央, 2020: 全球雲解像気候シミュレーションに向けて, 第1回雲解像気候学ワークショップ, オンライン(口頭), 2020/12/23.
- 小玉知央, 2020: 全球雲解像気候シミュレーションに向けて, NICAM開発者会議, オンライン, 2020/11/30(口頭).
- 児玉真一, 佐藤正樹, 2020: 秋季の台風による日本の遠隔降水の統計解析, 大槌シンポジウム(オンライン, 2020.12.14).



# テーマ2 計画のタイムライン



HPCI第二階層を利用した小規模アンサンブル先行テスト実験

初期解析結果を元に「富岳」を用いた翌年以降の実験設定修正の必要性検討

国際全球雲解像モデル比較プロジェクトへの季節内振動実験データ提供

季節内振動の改善の検討

海洋の影響の調査

大アンサンブル(1000メンバー)台風実験の実施

高解像度アンサンブル(100メンバー)台風実験の実施

季節内振動大アンサンブル実験の実施

季節内振動の比較解析・さらなる改善の検討

モデルの気候特性の収集

適切な海洋結合の検討

アンサンブル(100メンバー)季節予測実験(3ヶ月)の実施

上記をベースに階層化した高解像度アンサンブル実験(100メンバー)

(+α部分)

※社会実装へ向けた  
 インプット・アウトプットや  
 アウトリーチ・人材育成は随時続ける



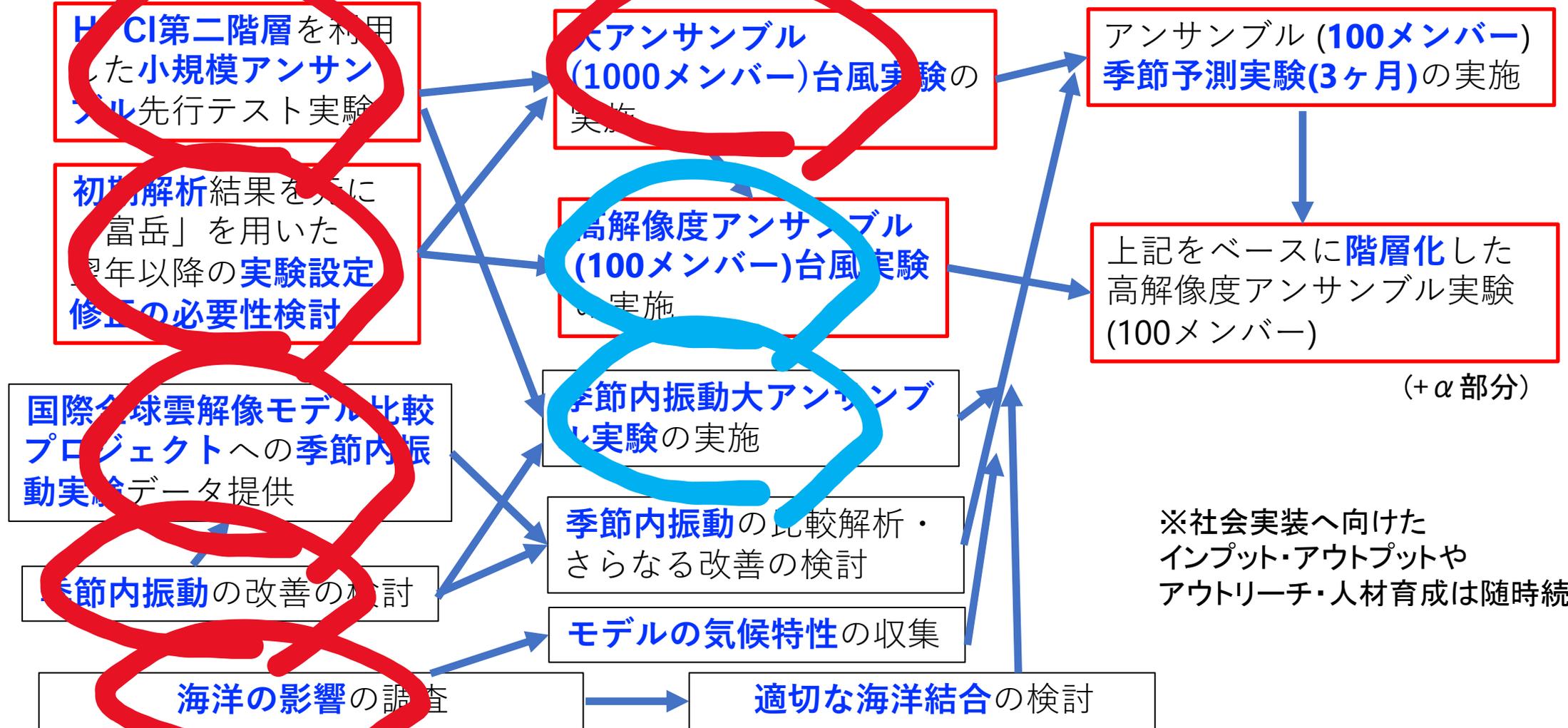
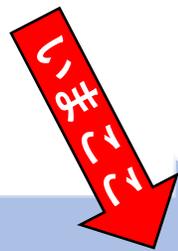
# テーマ2 計画のタイムライン

実施済み

1年目

2年目

3年目



※社会実装へ向けた  
インプット・アウトプットや  
アウトリーチ・人材育成は随時続ける



## まとめと展望

- **全球高解像度の大量アンサンブル計算**により、社会的に影響の大きい**極端気象現象**を“週～季節”の時間スケールで**確率的**に予測し、リスクの高まりに対して**事前に備える**ために有用な情報を創出することを目指している
- **台風**, 多雨/干ばつ, 寒波/熱波 などの**極端気象現象**がターゲット
- 熱帯季節内振動(MJO, BSISO), 海洋の変動(ENSO, 西岸境界流)を中心に、極端気象現象にとっての背景場となる**大規模変動の動向**を含めて予測する。
- **台風の1000メンバーアンサンブル実験**, **MJOの国際比較プロジェクト**へ貢献する実験, **MJOの600メンバーアンサンブル実験**, **海洋の違いに対する大気の応答**や**海洋結合のインパクト**を調べる実験が順調に進行している（富岳の資源提供が当初想定よりも順調だったため、一部は来年度の予定を**前倒し**して完了）
- 引き続き実験・解析を進め、**予測可能性のメカニズム理解**も深めつつ**社会の実情を考慮**した有用な情報創出のための研究開発を実施する



# まとめと展望

- **全球高解像度の大アンサンブル計算**により、社会的に影響の大きい**極端気象現象**を“週～季節”の時間スケールで**確率的**に予測し、リスクの高まりに対して**事前に備える**ために有用な情報を創出することを目指している
- **台風**, 多雨/干ばつ, 寒波/熱波 などの**極端気象現象**がターゲット
- 熱帯季節内振動(MJO, BSISO), 海洋の変動(ENSO, 西岸境界流)を中心に、極端気象現象にとっての背景場となる**大規模変動の動向**を含めて予測する。
- **台風の1000メンバーアンサンブル実験**, **MJOの国際比較プロジェクト**へ貢献する実験, **MJOの600メンバーアンサンブル実験**, **海洋の違いに対する大気の応答**や**海洋結合のインパクト**を調べる実験が順調に進行している（富岳の資源提供が当初想定よりも順調だったため、一部は来年度の予定を**前倒し**して完了）
- 引き続き実験・解析を進め、**予測可能性のメカニズム理解**も深めつつ**社会の実情を考慮**した有用な情報創出のための研究開発を実施する

**週～季節の極端現象確率予測**に向けて  
**かつてない規模の全球高解像度大アンサンブル実験**と**海洋結合**の  
調査が順調に進行している