



新しい大気海洋結合モデルを 利用した季節予報の精度向上

2022年5月21日

気象庁 大気海洋部 気候情報課

及川 義教





(現職)

気象庁 大気海洋部 気候情報課 予報班長

(主な経歴)

- ・数値予報
- ・海氷解析
- ・地球温暖化
- ・気候解析
- ・台風予報
- ・季節予報
- ・その他、地方気象台、人事院、文部科学省勤務

気象庁虎ノ門庁舎



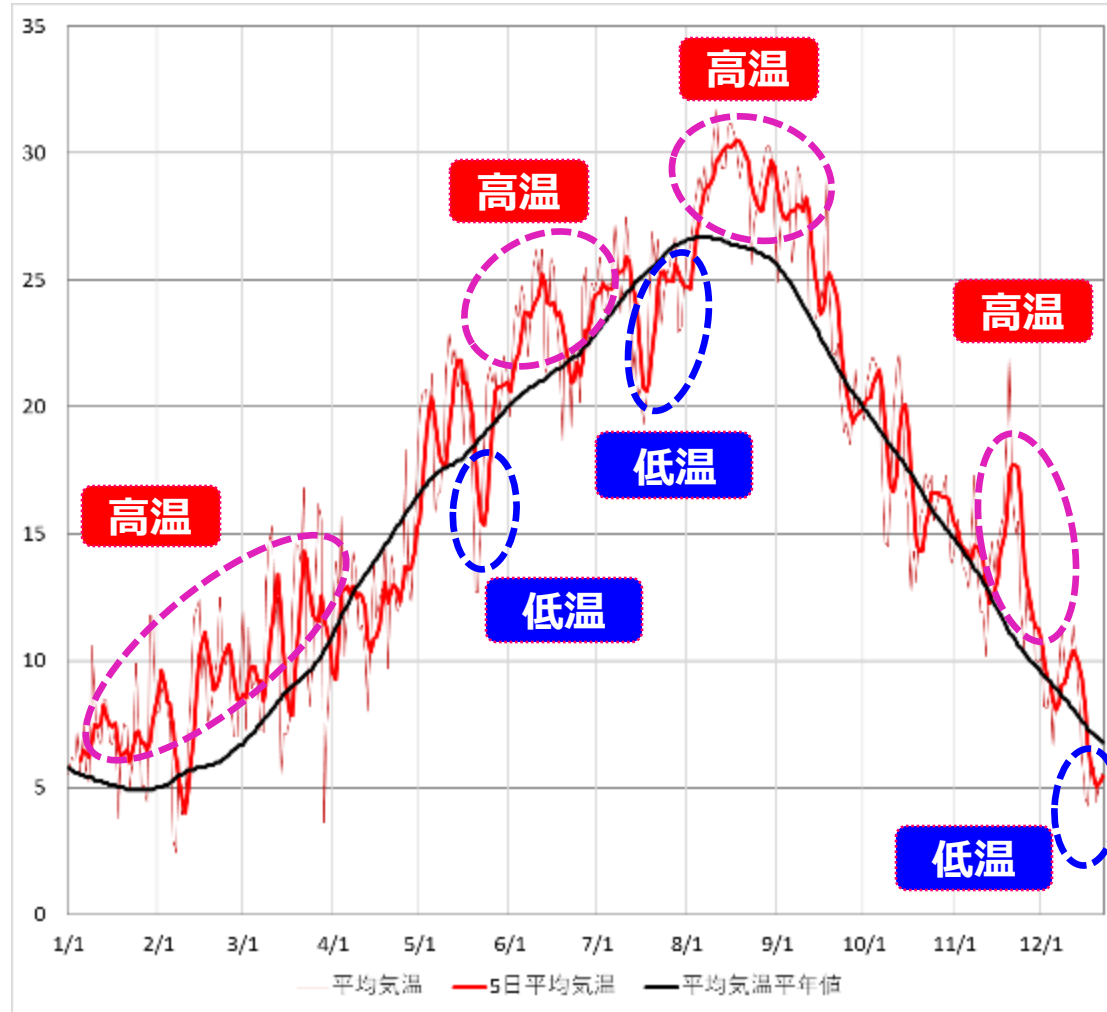
本日の話題

- 0. 季節予報の基礎
- 1. 新しい大気海洋結合モデルの概要と精度
- 2. 事例比較
- 3. 季節予報に関連する最近の話題

0. 季節予報の基礎

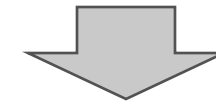
季節予報とは

(°C) 2020年の東京都千代田区の気温経過



- ・ 冬は寒くて、夏は暑い（季節変化）。
- ・ 気温は日々変動するが、平年に比べて、気温が高い“時期”、低い“時期”がある。

冷夏/猛暑や暖冬/寒冬など、
**いつもの季節変化とどれだけ
かけ離れた天候が現れるか**
が人々の生活に影響を与える。



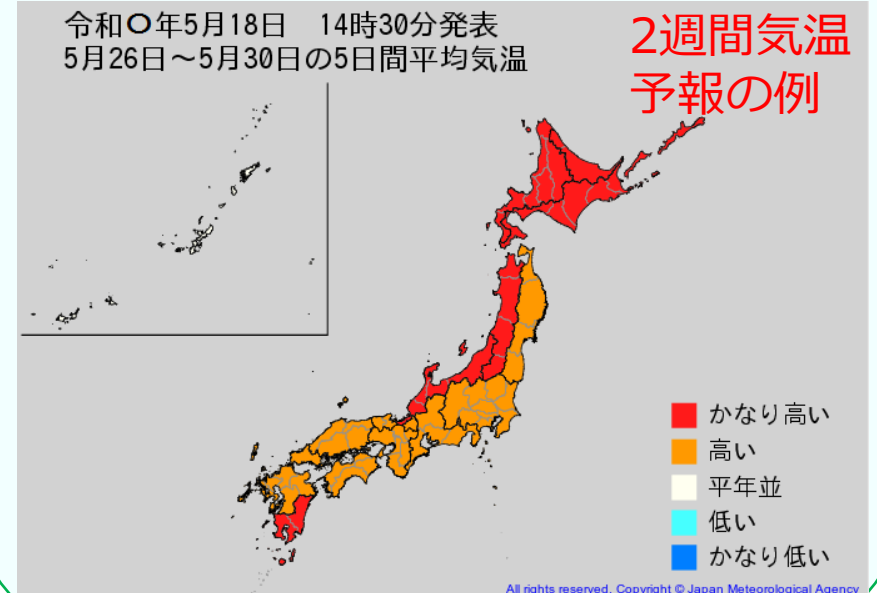
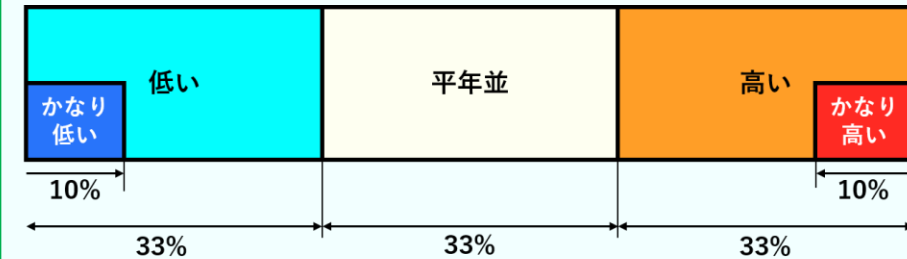
平年との違いが季節予報の対象

**1か月や3か月先までの日々の天
気を予報するものではない。**

季節予報における3つの階級

5階級の場合

「かなり**」は10年に1度
(発現率10%)の現象



- ①気温平年差を低い順に並び替える
- ②低い方の10年の範囲を「低い」
真ん中の10年の範囲を「平年並」
高い方の10年の範囲を「高い」とする

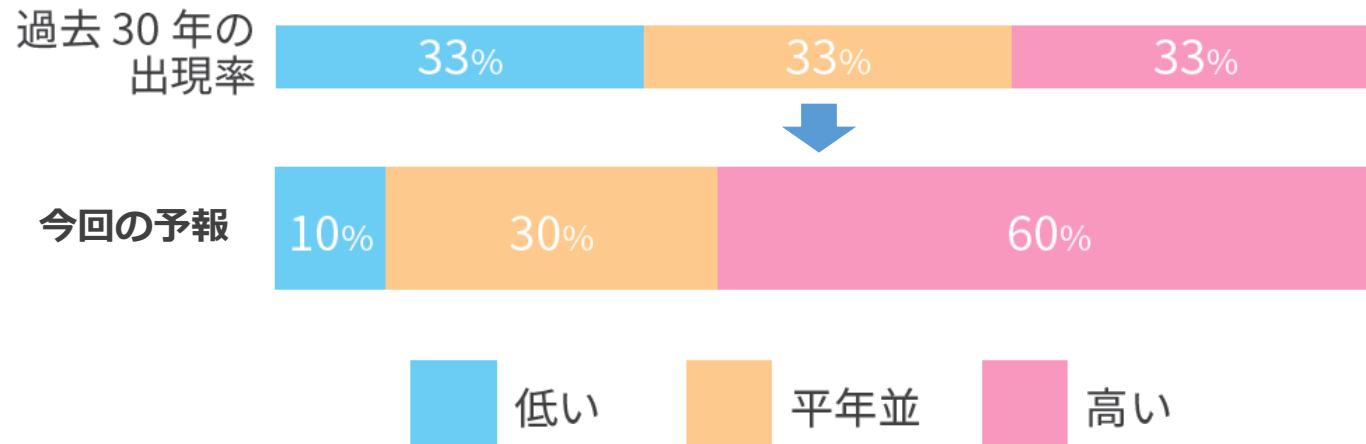
「平年並」って、
30年間に起こった現象の中で
真ん中の10年の範囲のことだったんだ！



この例では「平年並」の範囲は $-0.1^{\circ}\text{C} \sim +0.3^{\circ}\text{C}$

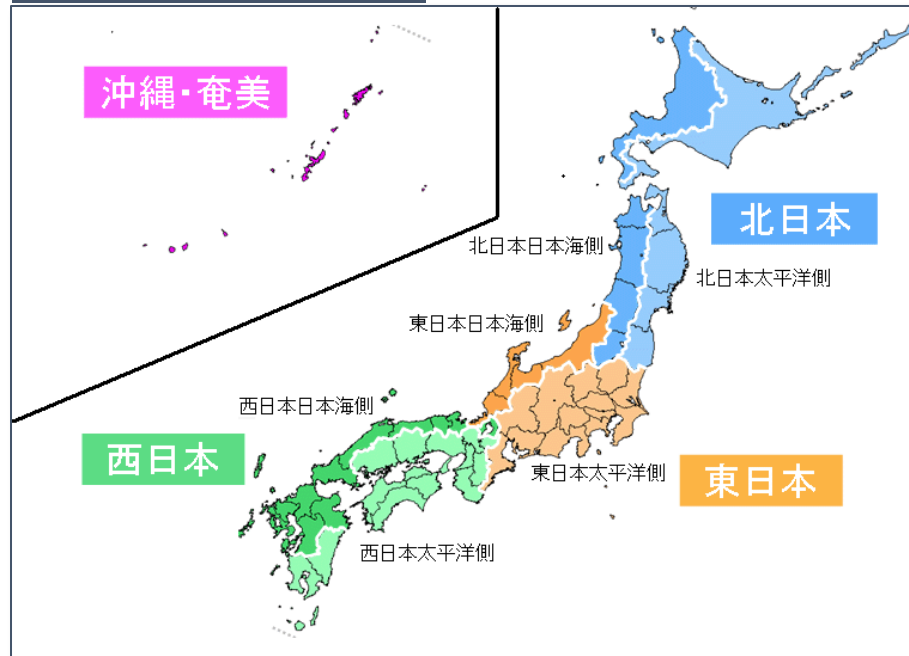
季節予報における3つの階級

- 季節予報では「低い（少ない）」「平年並」「高い（多い）」という3つの階級になる確率を予報します
- 今回の予報が、過去30年の出現率と比較して、どのくらい数字が大きいか、小さいかをみることが重要です



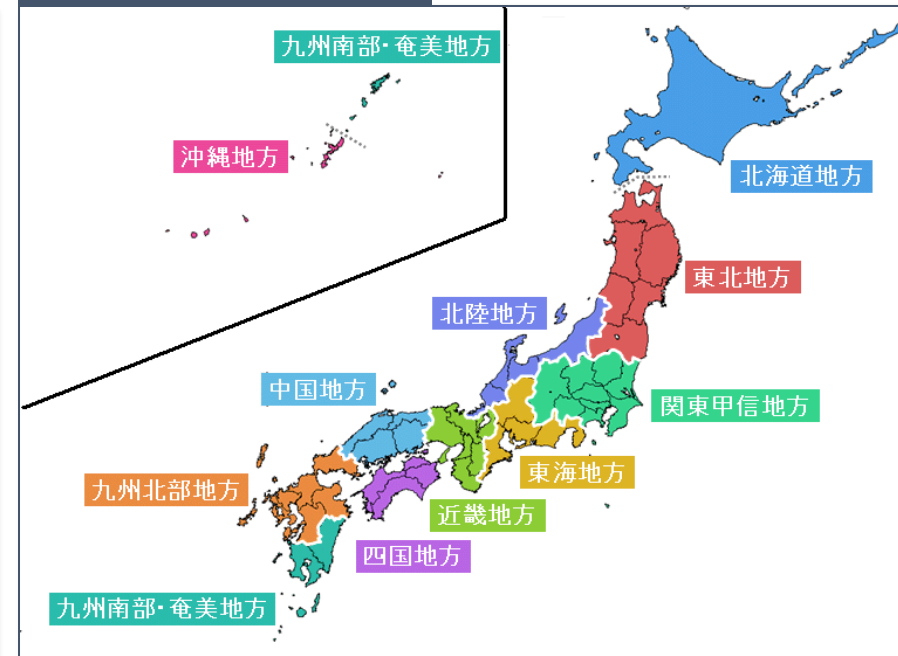
季節予報で用いる地域区分

全般 季節予報



全国を4つの地域に分けて予報します。
降水量・日照時間の予報では
日本海側と太平洋側に細分して発表します。
降雪量は、冬季の日本海側のみ発表します。

地方 季節予報



全国を11の地方に分けて予報します。
それぞれの地方を細分する場合があります。

北海道地方：北海道日本海側、北海道太平洋側、
北海道オホーツク海側

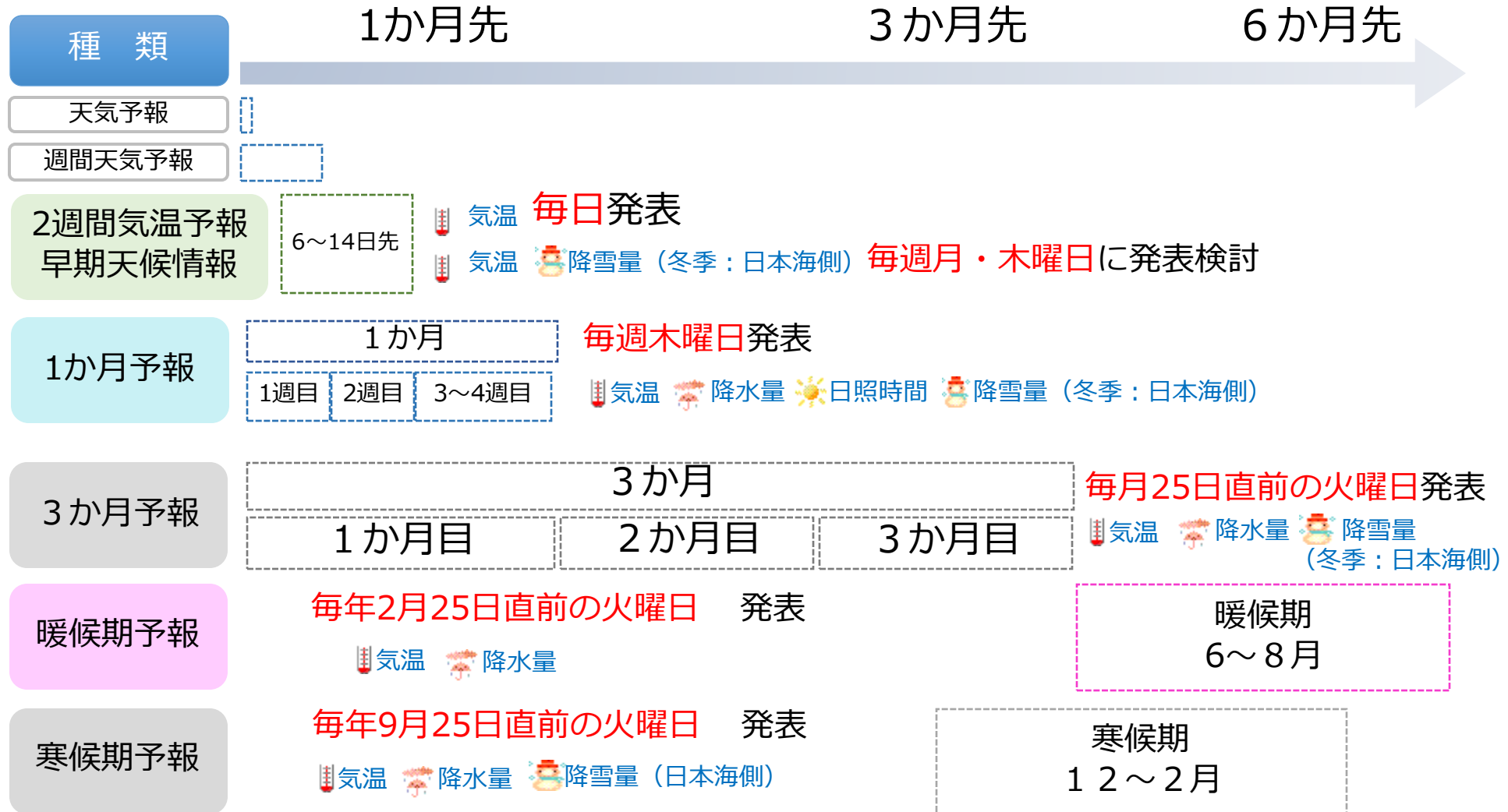
東北地方：東北日本海側、東北太平洋側

近畿地方：近畿日本海側、近畿太平洋側

中国地方：山陰、山陽

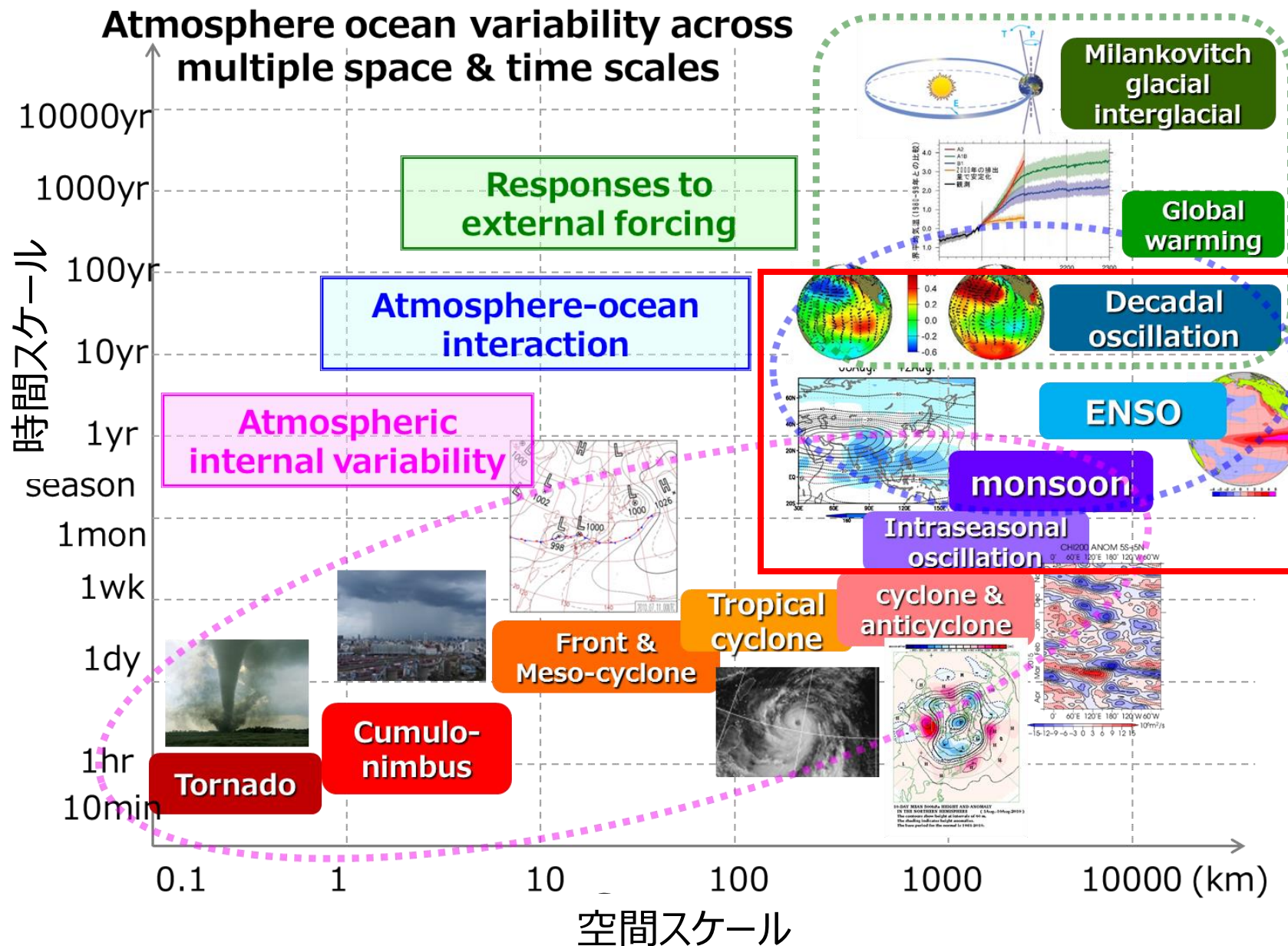
九州南部・奄美地方：九州南部、奄美地方

季節予報の種類



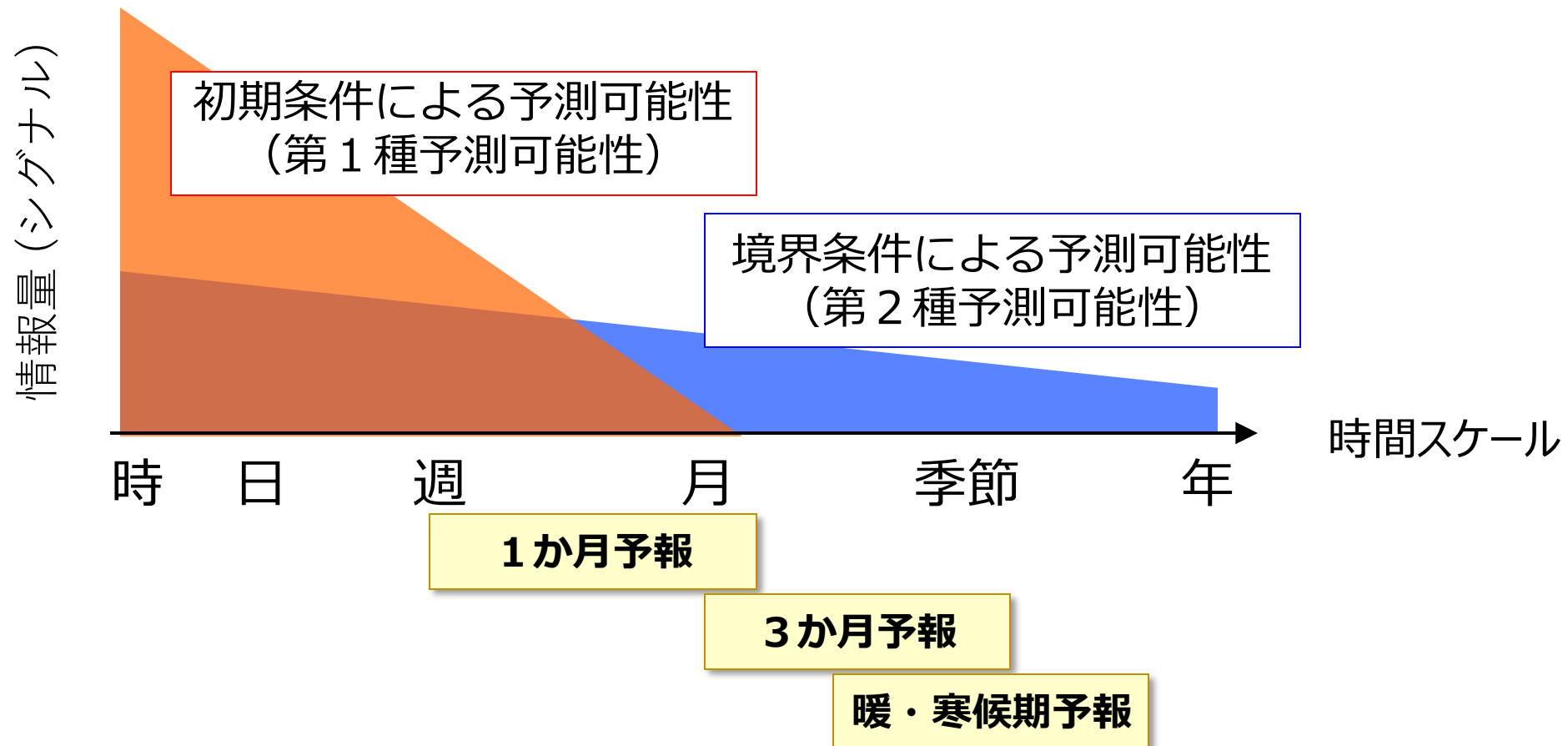
季節予報は、週平均、1か月間や3か月間といった期間全体の大まかな天候を予報

季節予報が対象とする現象



季節予報と予測可能性

- 初期値に含まれる誤差が時間とともに急激に増大するため、「初期状態がどう時間発展するか？」という予測には限界がある（第1種予測可能性）。
- 予報時間が長くなると、海面水温など境界条件によるゆっくりとした変動をもとに、それに伴う大気の変動を予測する（第2種予測可能性）。



予報の手がかり

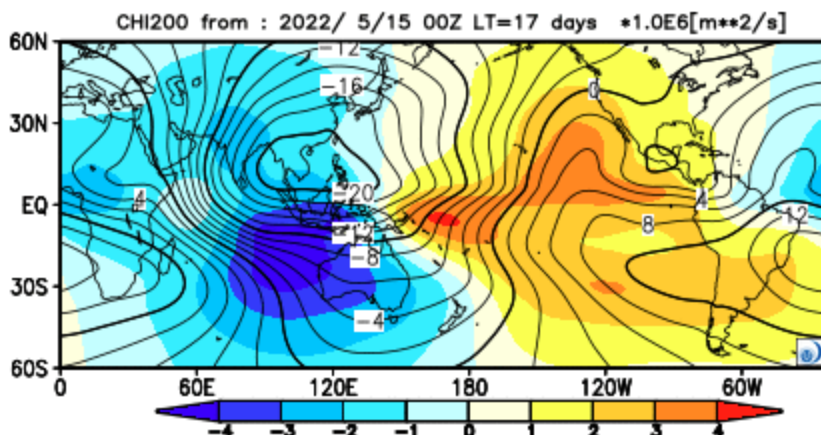
- 長期予報が可能であるのは、熱容量の大きい海洋のゆっくりとした変動が、季節予報の時間スケールで予測可能であるため。
- 気候システムのうち、年々の時間スケールで変動する最も卓越した現象が、エルニーニョ/ラニーニャ現象。

予報の種類	シグナル	ノイズ
週間予報	日々の天気を支配する移動性の高・低気圧	
1 か月予報	天候を支配する偏西風の蛇行やブロッキング (大気内部の長周期変動)	移動性の高・低気圧
3 か月予報 暖・寒候期予報	エルニーニョ現象などの季節から年の時間 スケールで変動する海洋の影響を受ける 大気の変動	大気内部の長周期 変動

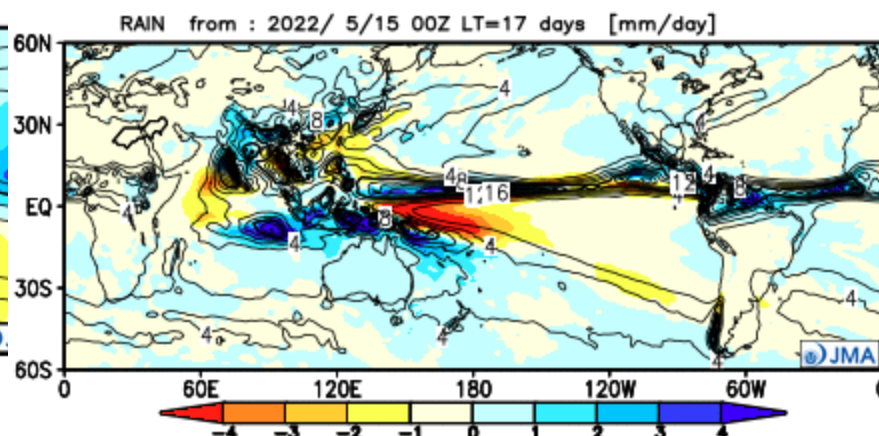
季節予報で参照する資料

- ・熱帯から中高緯度に及ぶ影響の評価が最も重要な手がかりとなる
- ・平年からの隔たり（偏差）をもとに予報を組み立てる

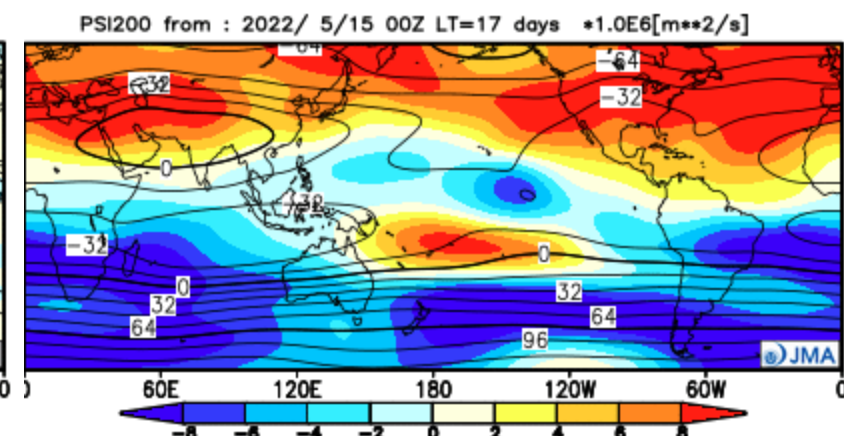
熱帯の対流活動（速度ポテンシャル）



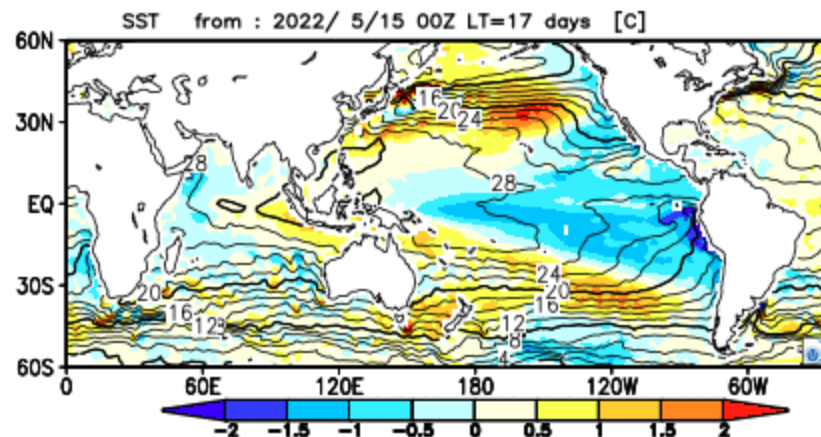
熱帯の降水量



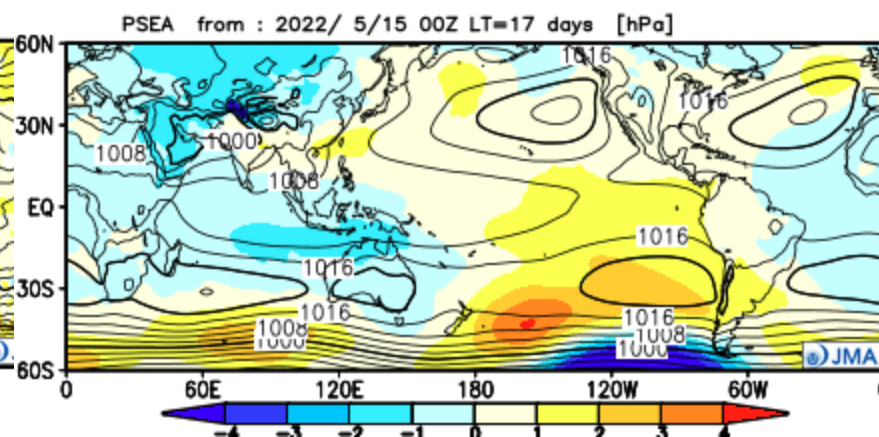
大気循環（対流圏上層の流線関数）



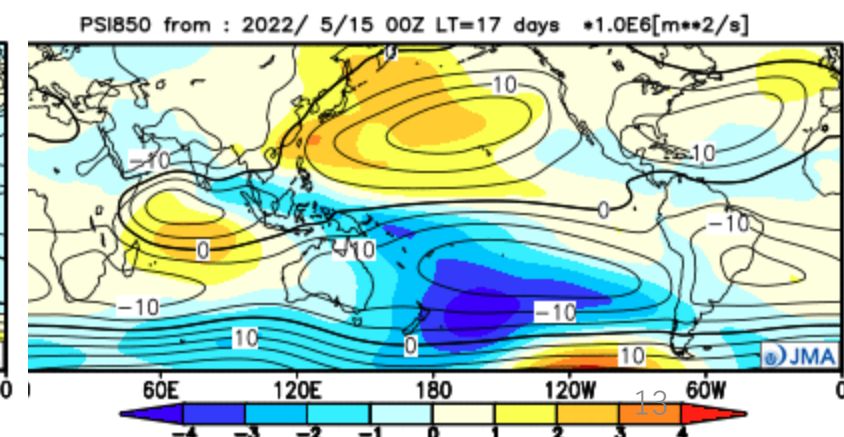
海面水温



海面気圧



大気循環（対流圏下層の流線関数）



1. 新しい大気海洋結合モデルの概要と精度

新しい大気海洋結合モデル（2/9報道発表）



報道発表

令和4年2月9日
情報基盤部
大気海洋部

新しい大気海洋結合モデルを利用した季節予報の精度向上

令和4年2月に発表するエルニーニョ監視速報、3か月予報、暖・寒候期予報から新しい「大気海洋結合モデル」の利用を開始します。これにより、これまでよりも高い信頼度で予報できるようになります。

気象庁では、エルニーニョ現象の予測などを行うエルニーニョ監視速報や3か月以上先を予測する季節予報（3か月予報、暖・寒候期予報）の作成に大気海洋結合モデルを利用してきましたが、令和4年2月から新しい大気海洋結合モデルの利用を開始します。



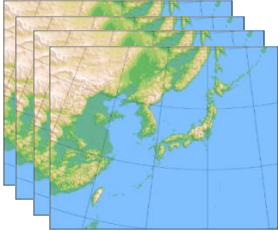
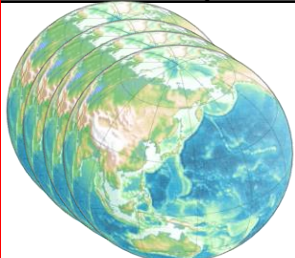
【報道発表】新しい#大気海洋結合モデルを利用した#エルニーニョ監視速報を2/10から、#3か月予報#暖候期予報を2/25から開始します。大気と海洋の変動の予測精度が改善され、高温や低温など季節の天候の特徴をより高い信頼度で予報できるようになります
jma.go.jp/jma/press/2202...



午後2:12 · 2022年2月9日 · Twitter Web App

154 件のリツイート 5 件の引用ツイート 307 件のいいね

気象庁で運用している数値予報モデル

	局地モデル (LFM)	メソモデル (MSM)	メソEPS (MEPS)	全球モデル (GSM)	全球EPS (GEPS)	季節EPS (JMA/MRI- CPS3)
モデル領 域						
水平 解像度	2km	5km	5km	約20km	約27km (18日まで) 約40km (それ以降)	大気約55km、 海洋0.25x0.25度
予報 期間	10時間 (毎時)	51時間 (00,12UTC) 39時間 (03,06,09, 15,18,21UTC)	39時間 (00,06,12,18UTC)	264時間 (00,12UTC) 132時間 (06,18UTC)	5.5日 (06,18UTC) 11日 (00UTC) 18日 (12UTC) 34日 (週2回)	7か月 (1日1回)
メンバー数	1	1	21	1	51 (18日まで) 25 (それ以降)	5/初期値
主要な 目的	航空気象情報 防災気象情報 降水短時間予報	防災気象情報 降水短時間予報 航空気象情報 分布予報 時系列予報 府県天気予報	防災気象情報 航空気象情報 分布予報 時系列予報 府県天気予報	分布予報 時系列予報 府県天気予報 台風予報 週間天気予報 航空気象情報	台風予報 週間天気予報 早期天候情報 2週間気温予報 1か月予報	3か月予報 暖候期予報 寒候期予報 IL-ニコ監視速報
初期値 解析手法	ハイブリッド3次元変分法	4次元変分法	メソモデルの初期値 + SV*の摂動 (初期値+側面)	ハイブリッド 4次元変分法	全球モデルの初期値+ SV*の摂動 + LETKF**の摂動	4次元変分法 + BGM***法の摂動
SST	HIMSST (固定値)	海洋混合層モデル	HIMSST (固定値)	MGDSST (偏差固定)	2段階SST (7日目以降にCPS3の 予測SSTを利用)	海洋モデル 予測値

*SV:特異ベクトル / **LETKF:局所アンサンブル変換カルマンフィルタ / ***BGM法:成長モード育成法

季節アンサンブル予報システム 新旧比較

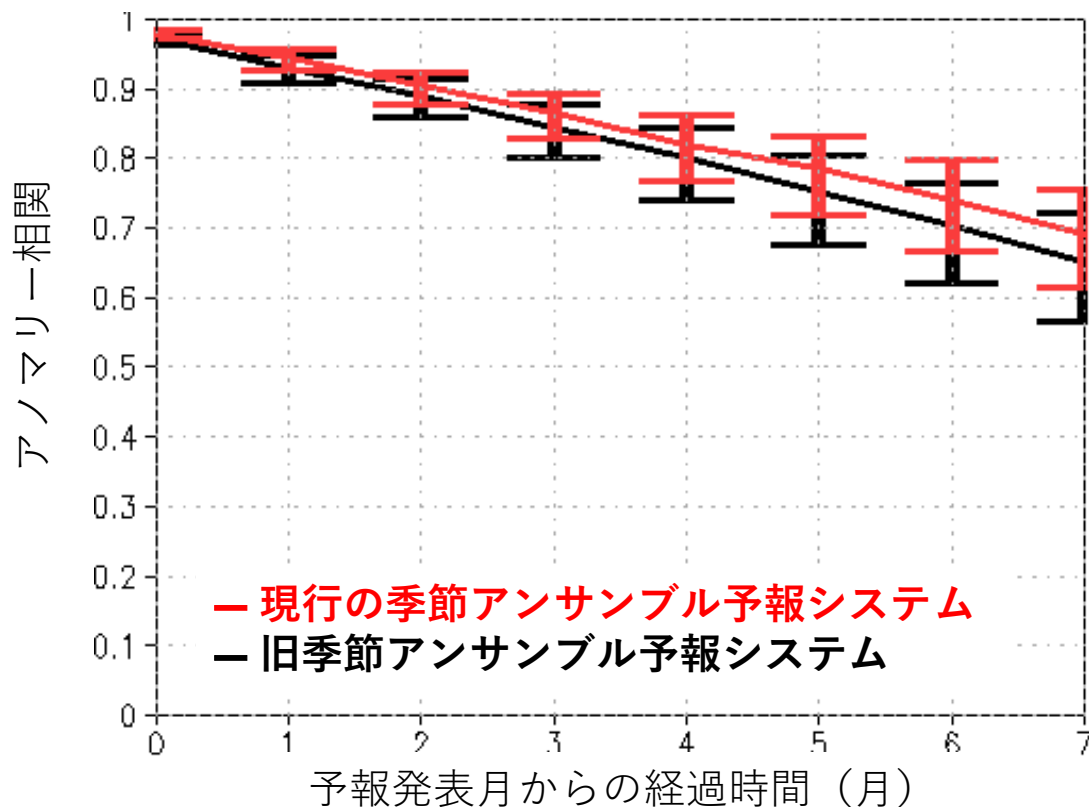
システム名	JMA/MRI-CPS3 (GSM2003+MRI.COMv4.6)	JMA/MRI-CPS2 (GSM1011+MRI.COMv3.4)
水平分解能	大気：約55km 海洋：経度方向0.25度×緯度方向0.25度	大気：約110 k m 海洋：経度方向1.0度×緯度方向0.5-0.3度
鉛直層数	大気：100層（上端0.01hPa） 海洋：60層	大気：60層（上端0.1hPa） 海洋：52層＋海底境界層
初期値	大気：全球速報解析 陸面：オフライン地表面解析（*） 海洋：4次元変分法（*） 海水：3次元変分法（*） * 大気強制力は、速報解析部分が全球速報解析で、 遅延解析部分がJRA-3Q	大気：気象庁第2次長期再解析（JRA-55） 陸面：JRA-55 海洋：3次元変分法（大気強制力：JRA-55） 海水：初期値化なし
予報時間	240日	240日
現業運用仕様	毎日00UTC初期値 5メンバー	5日おき00UTC初期値 13メンバー
再予報	24初期値×5メンバー×30年（1991～2020年）	24初期値×5メンバー×41年（1979～2019年）
再予報初期値	大気：気象庁第3次長期再解析（JRA-3Q） 海洋：4次元変分法（大気強制力：JRA-3Q）	大気：気象庁第2次長期再解析（JRA-55） 海洋：3次元変分法（大気強制力：JRA-55）
プロダクト解像度	全球域1.25度、日本域0.5625度	全球域2.5度

モデル仕様 国際比較

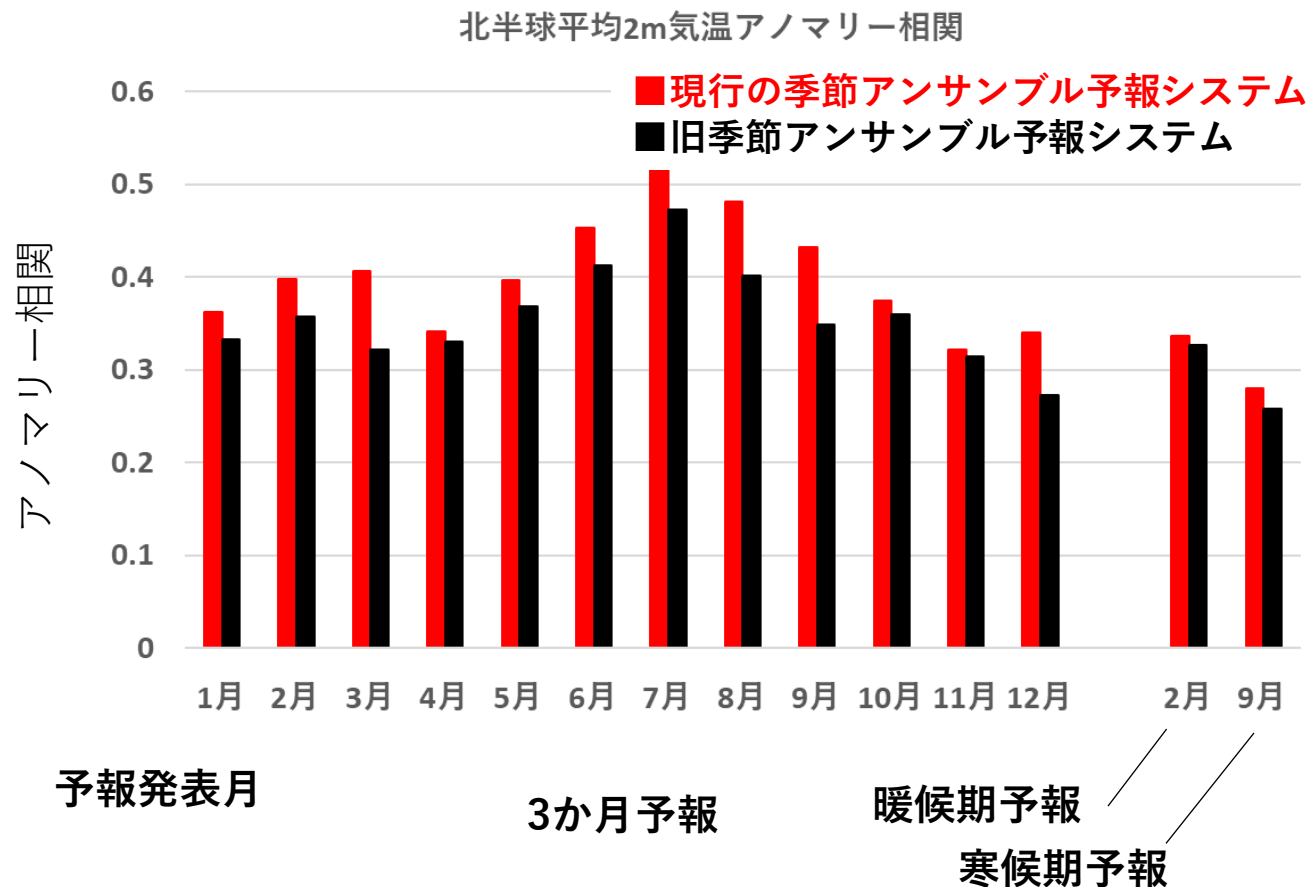
	日本 新季節EPS	日本 旧季節EPS	欧州 ECMWF	英国 UKMO	仏国 MetFr	米国 NCEP
大気解像度	約55km 100層	約110km 60層	約36km 91層	約50km 85層	約36km 137層	約100km 64層
海洋解像度	0.25度 60層	1.0×0.3-0.5度 52層+海底境界	0.25度 75層	0.25度 75層	0.25度 75層	0.25度 40層
実行頻度	毎日1回	5日に1回	月1回	毎日1回	月1回	毎日1回
初期値あたり メンバー数	5	13	51	4	51	4
月あたり メンバー数	約150	約78	51	約120	51	約120
予報時間	240日	240日	7～13か月	195日	7か月	9か月

エルニーニョ予測・季節予報のスコア

エルニーニョ現象の予測精度



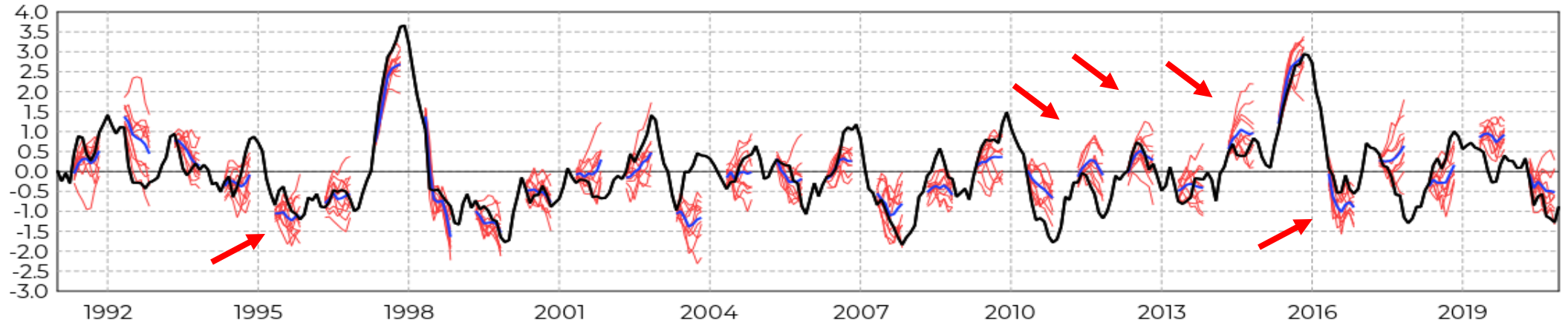
季節予報の予測精度



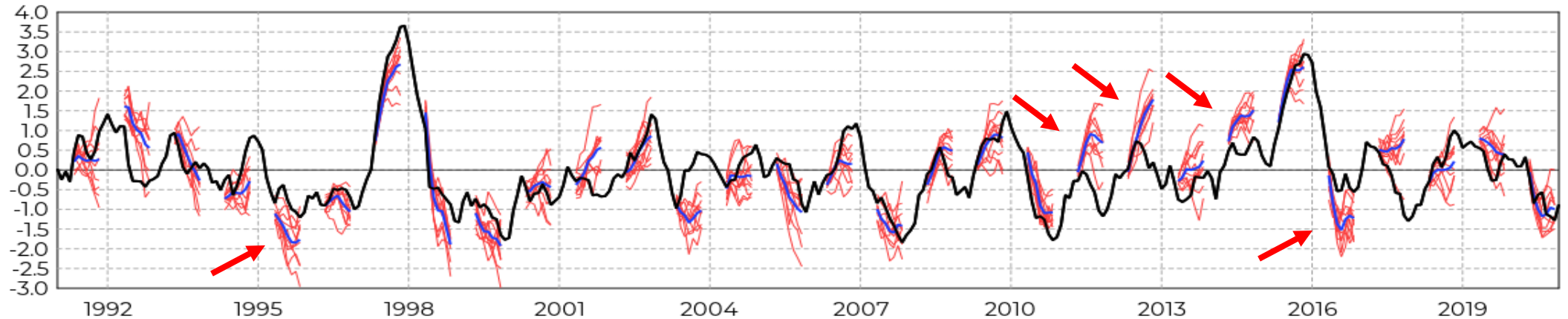
海洋変動の予測精度

エルニーニョ監視海域の海面水温偏差予測（赤）と実況（黒）

CPS3 NINO3 clim:1991-2020 init:May



CPS2 NINO3 clim:1991-2020 init:May



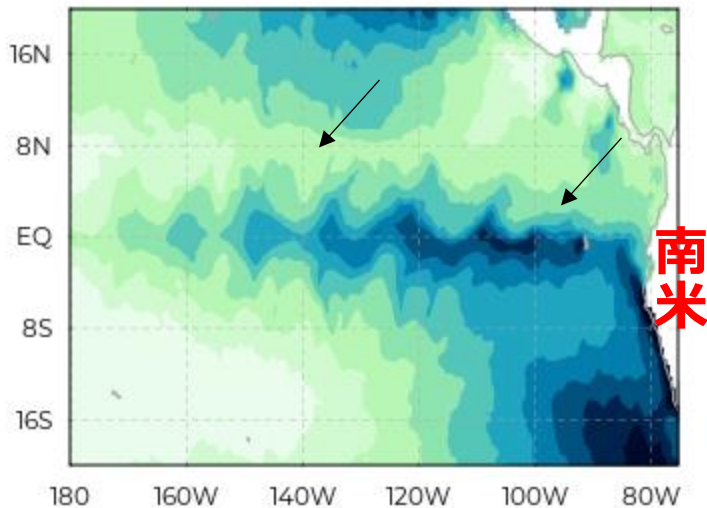
➤ 事例に拠って過大・過小だった**スプレッド**がより**適切**になり、春初期値のENSO**大外し**が**改善**する傾向

海洋変動の予測精度

1999年12月12日00UTC初期値 予報10-14日目平均 (12/22-26) 海面水温予測値

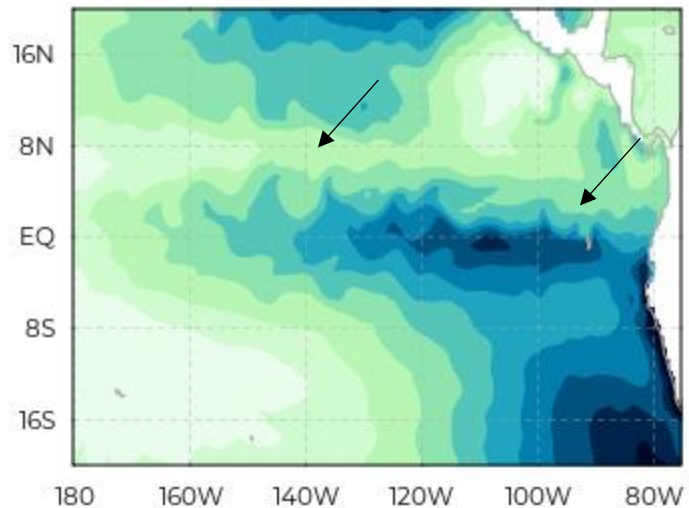
Analysis

(0.05度解像度 衛星観測利用解析値)



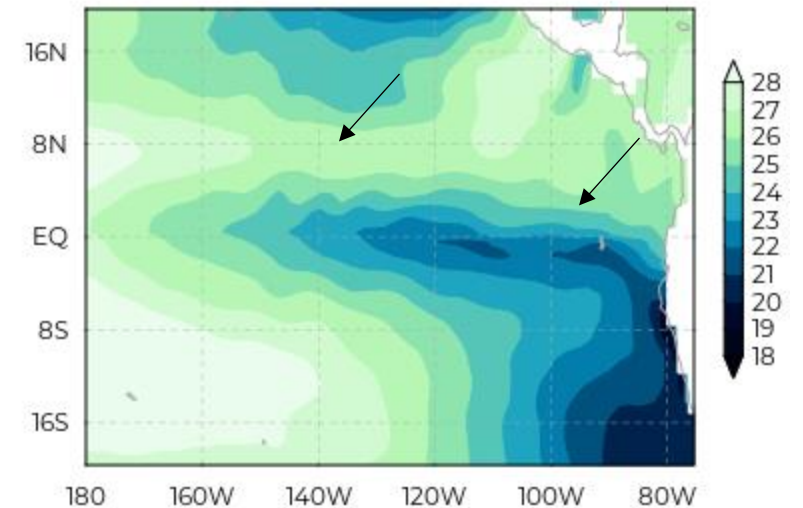
CPS3

(大気TI319 – 海洋0.25x0.25°)



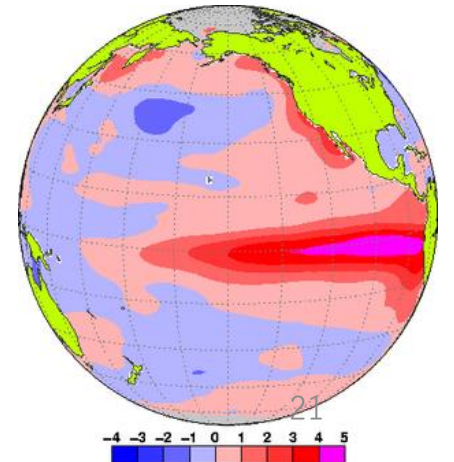
CPS2

(大気TI159 – 海洋1x0.3-0.5°)



- 渦許容解像度化によりペルー沿岸、ガラパゴス諸島西岸など湧昇域の表現が改善
- 赤道不安定波に伴う海洋渦の表現向上による赤道と南北両半球間の熱交換
 - ENSO に伴う東太平洋SST偏差の表現がより現実的に

* AnalysisはESA SST CCI* Level 4
Merchant et al. (2014)
海洋同化に使用していない独立SST解析値

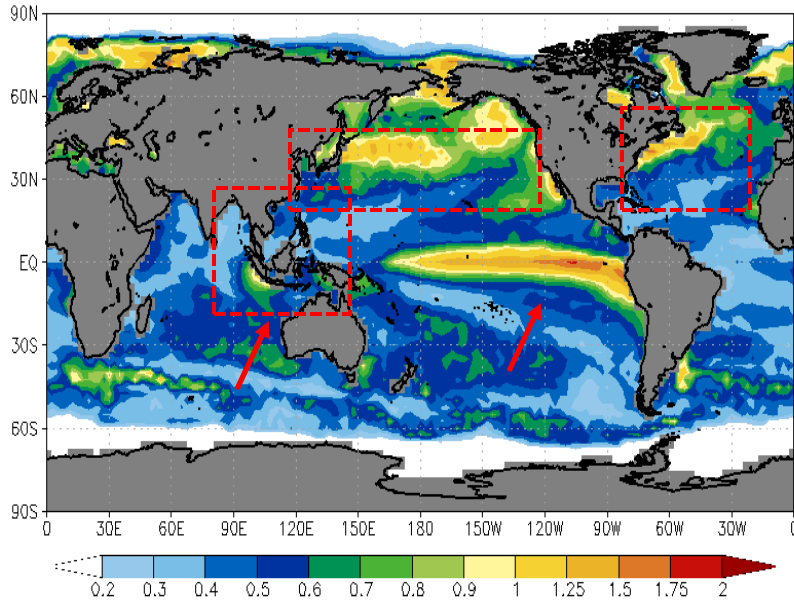


海洋変動の予測精度

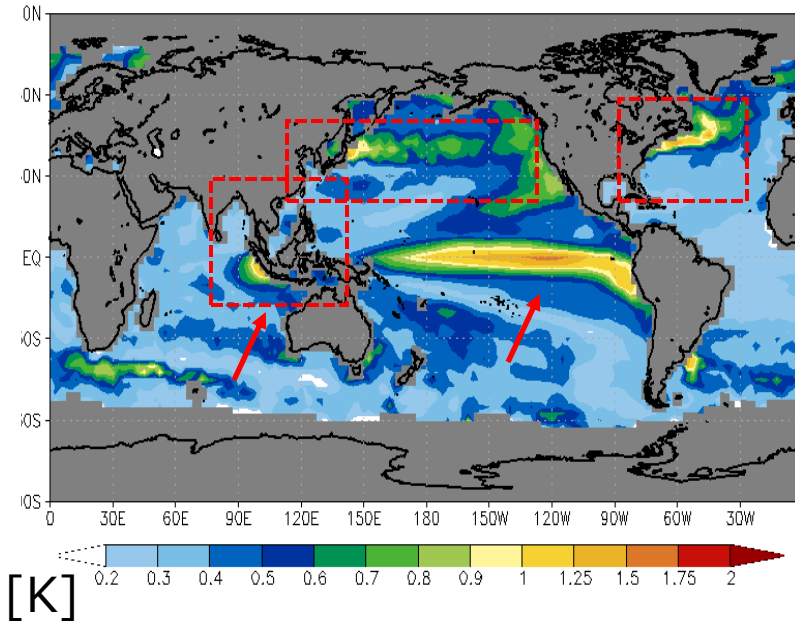
海面水温標準偏差

7月初期値

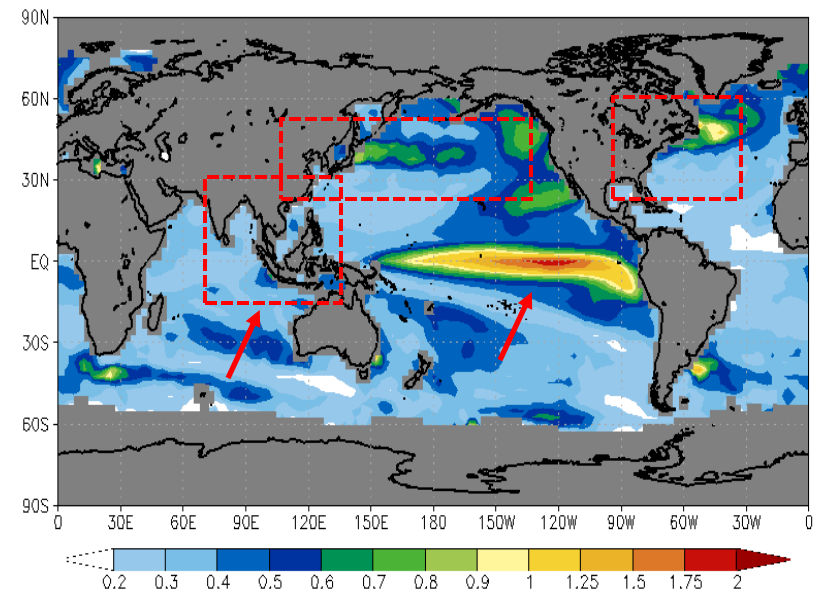
解析値 (MGDSST)



現行の季節アンサンブル予報システム



旧季節アンサンブル予報システム



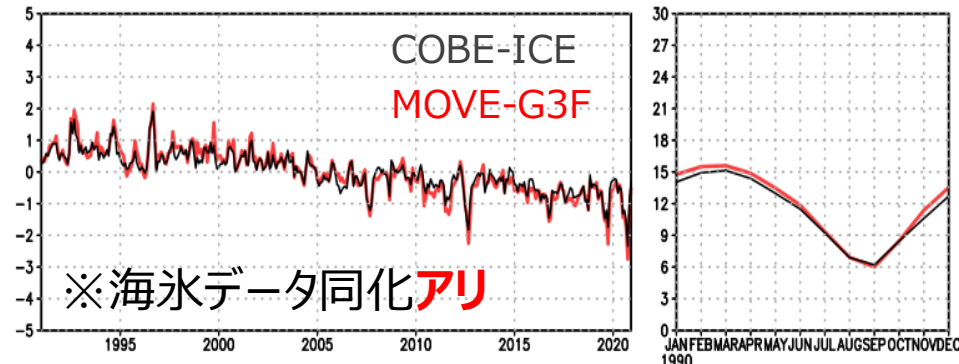
- 東部太平洋赤道域の変動過大が改善
- インド洋東部 (IOD東極) の変動過小が改善
- 中緯度前線帯の変動が改善 (図略)

海氷データを同化

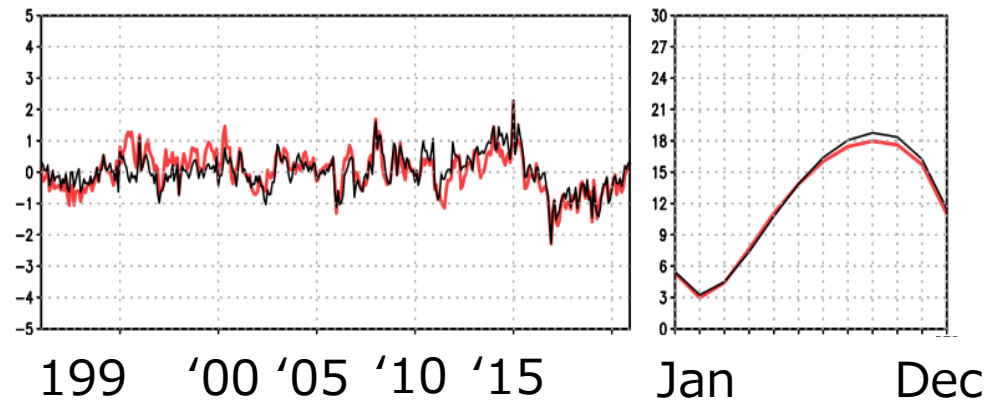
MOVE-G3F (新システム)

SH SeaI 月平均偏差の経年変化 気候値の季節変化

北半球



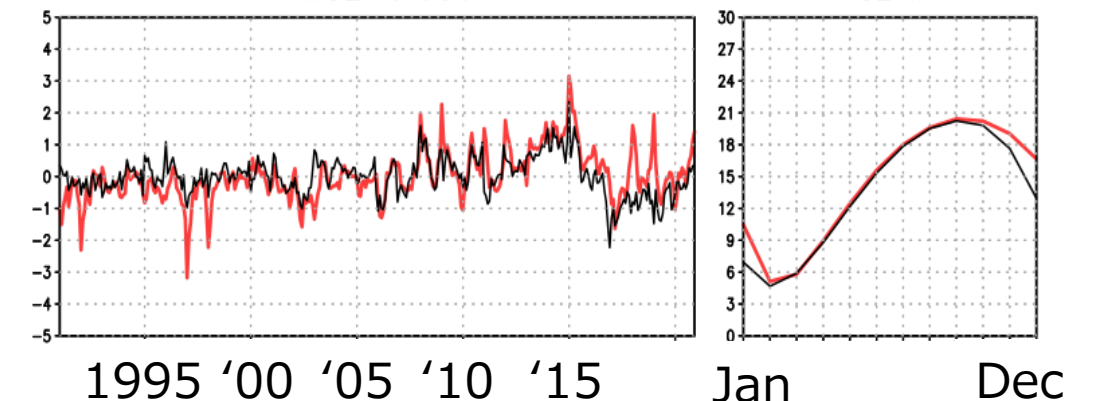
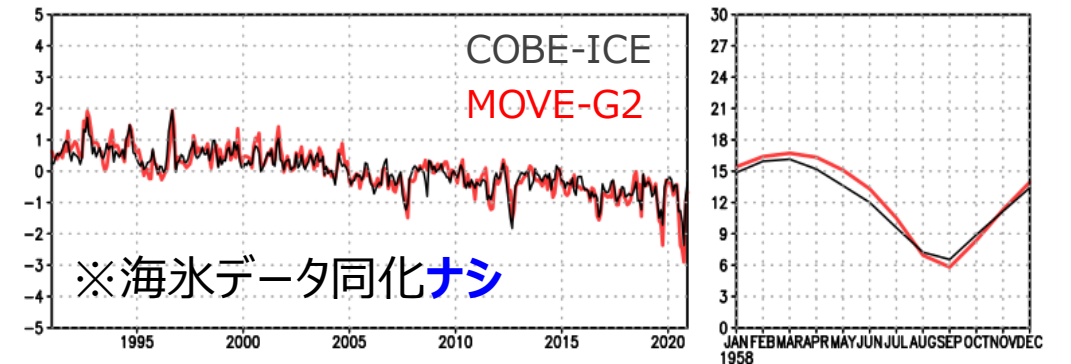
南半球



5

MOVE-G2 (旧システム)

SH SeaI 月平均偏差の経年変化 iff: 気候値の季節変化



- CPS3では海氷データ同化システムを導入。北半球の海氷減少トレンドの表現はほぼ同等だが、**季節サイクル**や**年々変動**が独立解析に近づき、期待通り同化システムが機能していることを示す

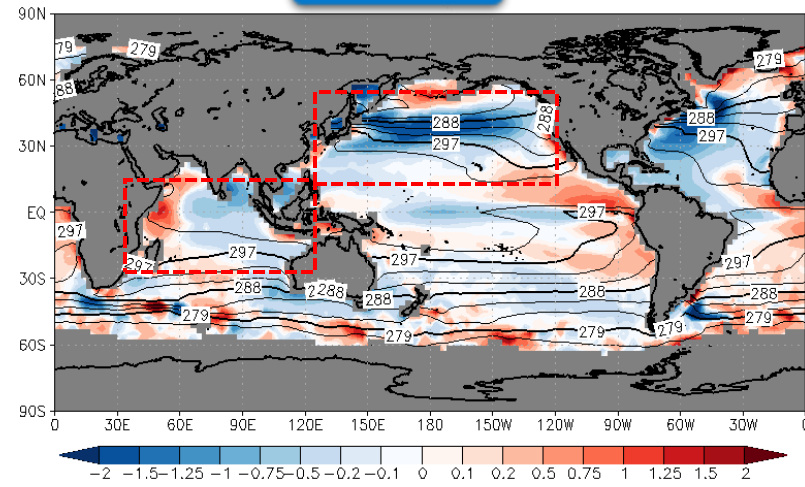
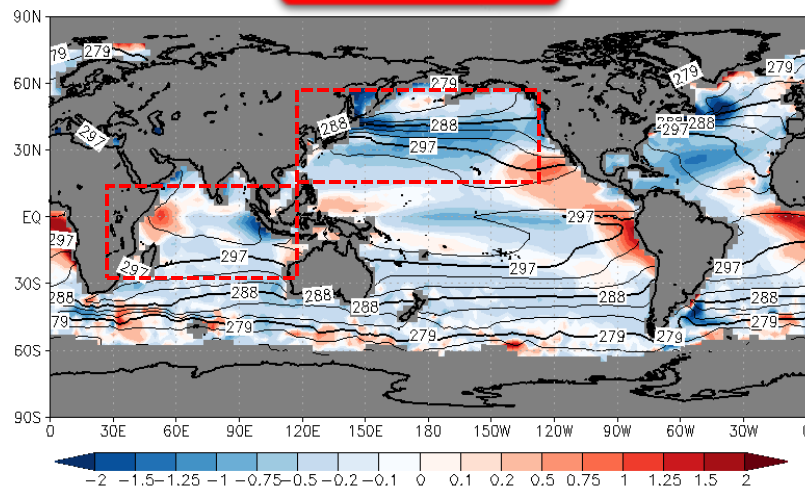
海面水温バイアス

(1991-2020年)

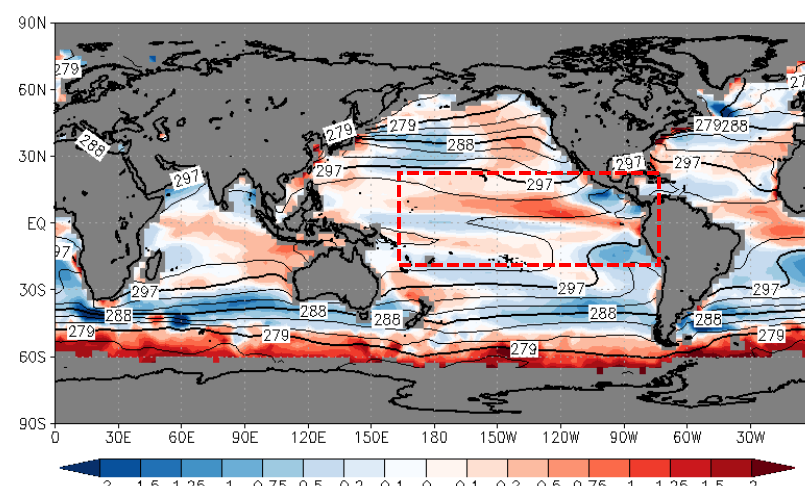
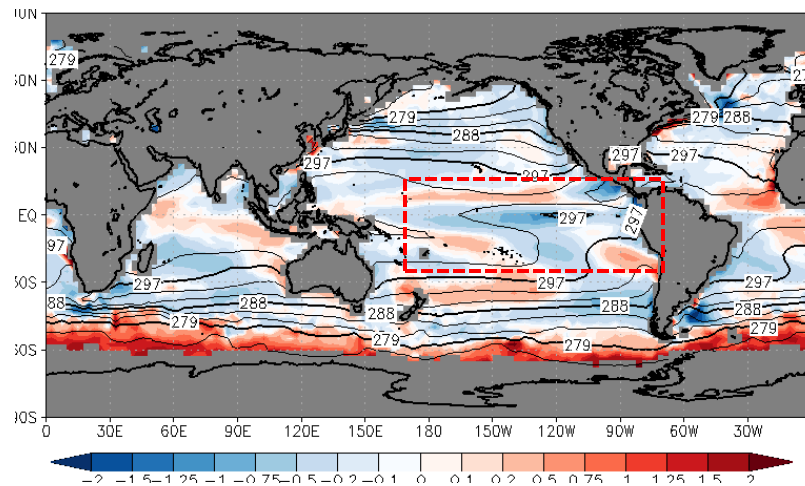
CPS3

CPS2

4月末初期値
JJA



10月末初期値
DJF

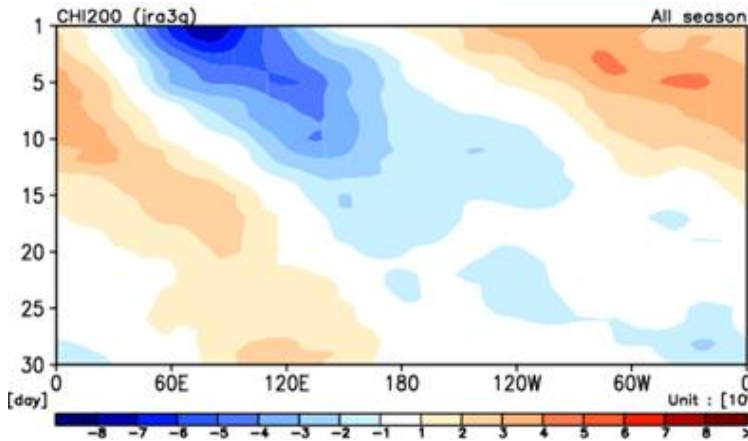


黒潮続流域の低温バイアス、ITCZ域（太平洋東部等）の高温バイアスが改善。
低温域の割合が増え、夏季インド洋ダイポール域の東極の低温バイアスはやや改悪。

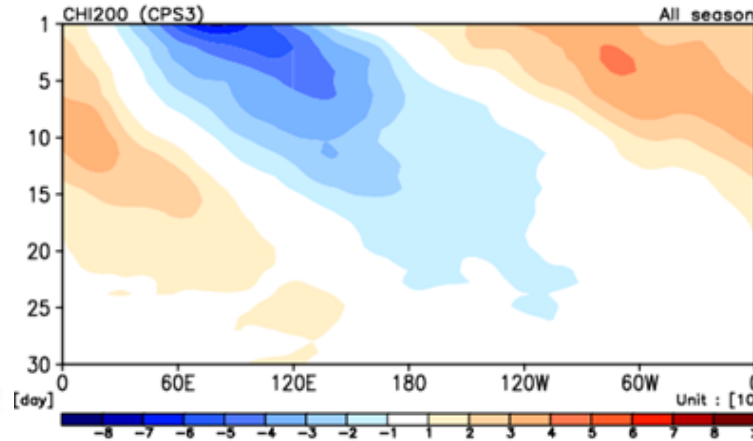
赤道季節内変動

200hPa速度ポテンシャルのホフメラー図

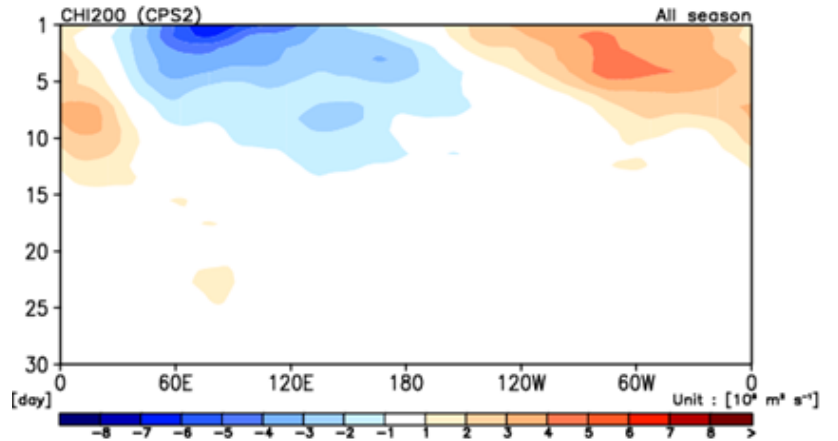
解析値 (JRA-3Q)



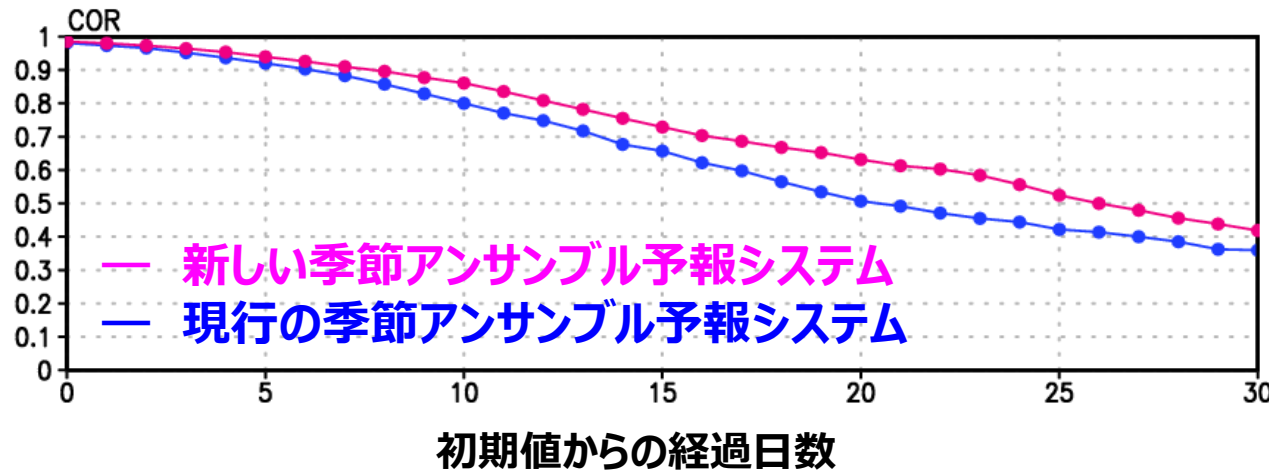
現行の季節アンサンブル予報システム



旧季節アンサンブル予報システム



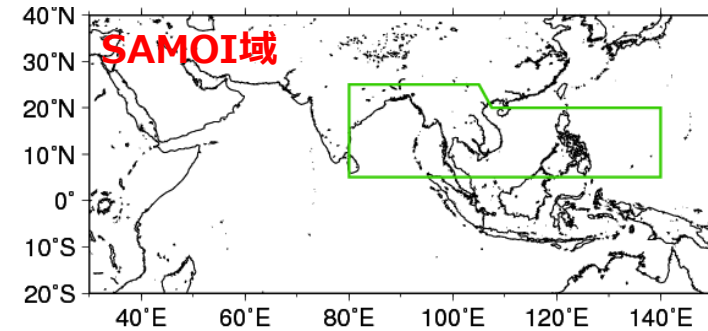
相関



➤現行の季節アンサンブル予報システムでは、赤道季節内振動 (MJO) の強い振幅が維持されつつ東進がより明瞭に見られるようになった。

モンスーンの予測精度

モンスーン指数のアノマリー相関（スコア）



オンセット前の初期値において
インドモンスーンの予測精度が低い
ただし、改善傾向

台風シーズン前の初期値において
北西太平洋モンスーンの予測精度が低く
改悪傾向

初期値月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
SAMOI	0.83	0.86	0.84	0.51	0.47	0.67	0.78	0.82	0.86	0.85	0.90	0.88
WNPM	0.72	0.64	0.72	0.63	0.65	0.20	0.51	0.66	0.75	0.76	0.87	0.81
SA	0.79	0.74	0.58	0.05	0.31	0.43	0.51	0.49	0.53	0.44	0.69	0.81
CI1	0.58	0.66	0.42	0.20	0.21	0.55	0.55	0.47	0.52	0.41	0.34	0.55
CI2	0.67	0.69	0.76	0.62	0.45	0.20	0.63	0.74	0.81	0.76	0.88	0.80
MC	0.68	0.65	0.73	0.79	0.84	0.88	0.90	0.88	0.87	0.75	0.87	0.75
DL	0.79	0.83	0.89	0.89	0.89	0.86	0.76	0.74	0.80	0.85	0.83	0.79

インドモンスーンは年間を
通じて予測精度が低め

日付変更線付近と海洋大陸の
予測精度は年間を通じて高い

モンスーン成熟期以降の初期値では
モンスーンの予測精度は何れも良好
ただし、改悪傾向

青字 改善
赤字 改悪
黄色 スコア ≥ 0.5
灰色 スコア < 0.3

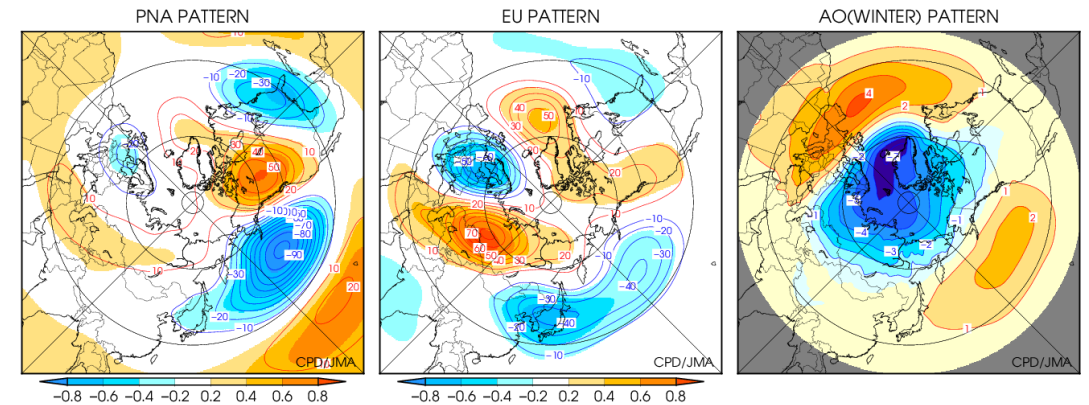
熱帯のさまざまな領域の
対流活動の強さの指標

※再予報検証のLAF構成は、月中頃と月末初期値であることに留意
※初期値翌月を0か月目とした時の1～3か月目平均の予測精度を示す

テレコネクションの予測精度

テレコネクション指数のアノマリー相関（スコア）

秋後半～春前半初期値の予測精度は高く、改善傾向
春後半～秋前半初期値の予測精度は低く、改善傾向不明瞭



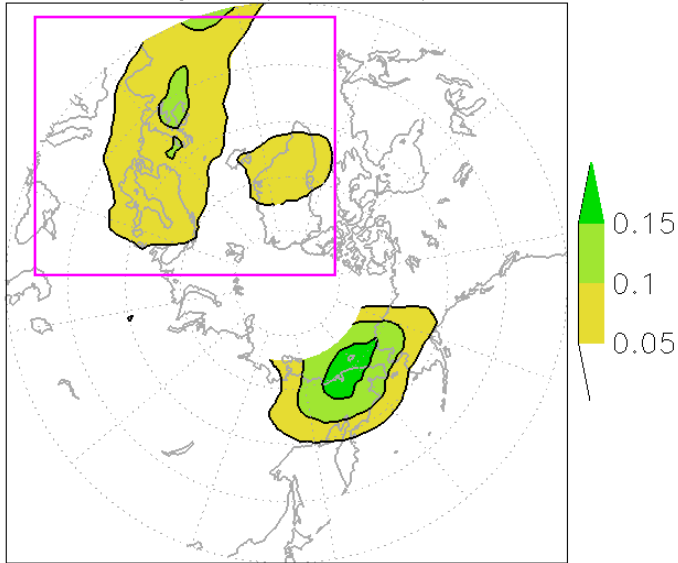
初期値月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
PNA	0.27	0.36	0.19	0.52	-0.01	0.20	0.11	0.03	0.30	0.42	0.65	0.41
TNH	0.27	0.44	0.03	0.30	-0.13	0.07	0.11	-0.24	0.24	0.47	0.60	0.34
WA	0.20	0.43	0.03	0.51	0.49	0.16	0.11	-0.20	0.31	0.33	0.47	0.19
WP	0.16	0.34	0.18	0.48	0.30	0.50	0.29	0.11	0.21	0.31	0.39	0.53
EA	-0.19	0.19	0.18	0.50	0.12	0.01	0.02	-0.06	0.01	-0.04	0.17	0.17
EU	0.11	0.33	0.25	0.43	0.25	0.52	0.08	-0.16	0.27	0.15	0.34	0.19
NAO	0.18	0.34	0.04	0.46	0.29	-0.25	0.22	-0.21	-0.02	-0.01	0.35	0.20
AO夏	0.14	0.33	0.00	0.48	0.23	-0.16	0.27	-0.27	-0.01	-0.13	0.34	0.23
AO冬	0.18	0.31	0.04	0.47	0.24	-0.30	0.15	-0.26	-0.06	-0.06	0.28	0.23

青字 改善
赤字 改悪
黄色 スコア ≥ 0.3
灰色 スコア < 0.2

※再予報検証のLAF構成は、月中頃と月末初期値であることに留意
※初期値翌月を0か月目とした時の1～3か月目平均の予測精度を示す

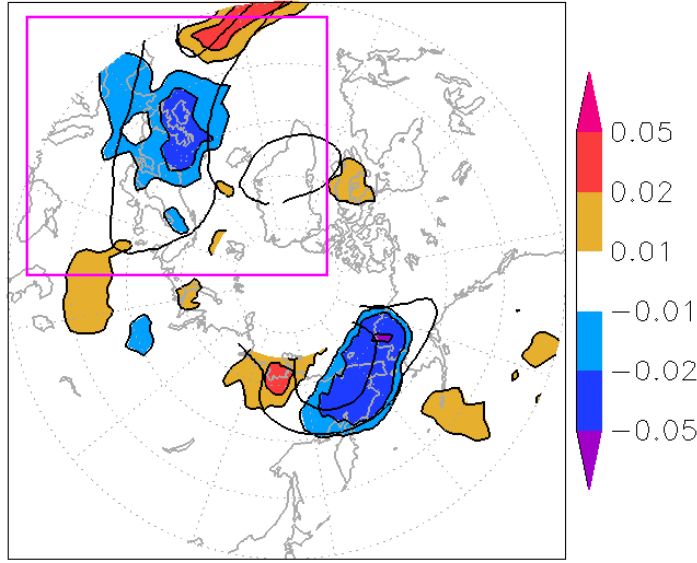
ブロッキングの再現性

<analname>
ft=04-27dy mean:07dy
init: DJF 30 years (1991-2020)



解析値 (JRA-3Q)
(現実のブロッキング発生回数)

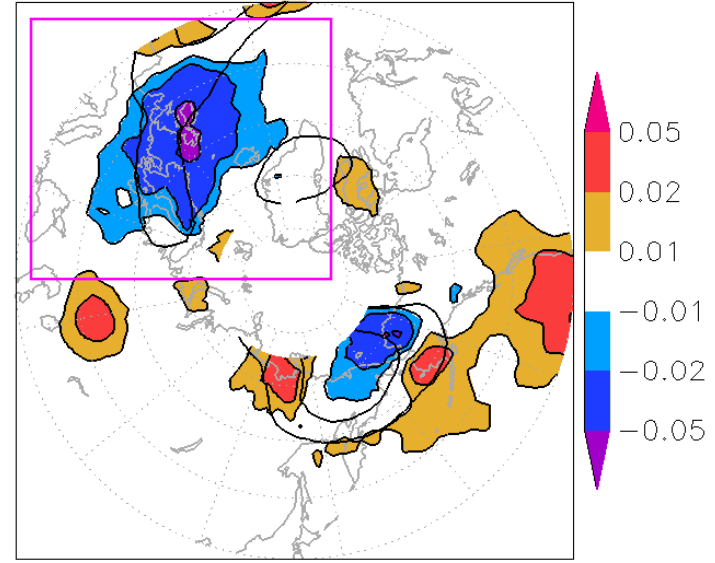
<CPS3(5mem)-analname>
ft=04-27dy mean:07dy
init: DJF 30 years (1991-2020)



現行季節アンサンブル予報システム

(発生回数のバイアス)

<CPS2(5mem)-analname>
ft=04-27dy mean:07dy
init: DJF 30 years (1991-2020)



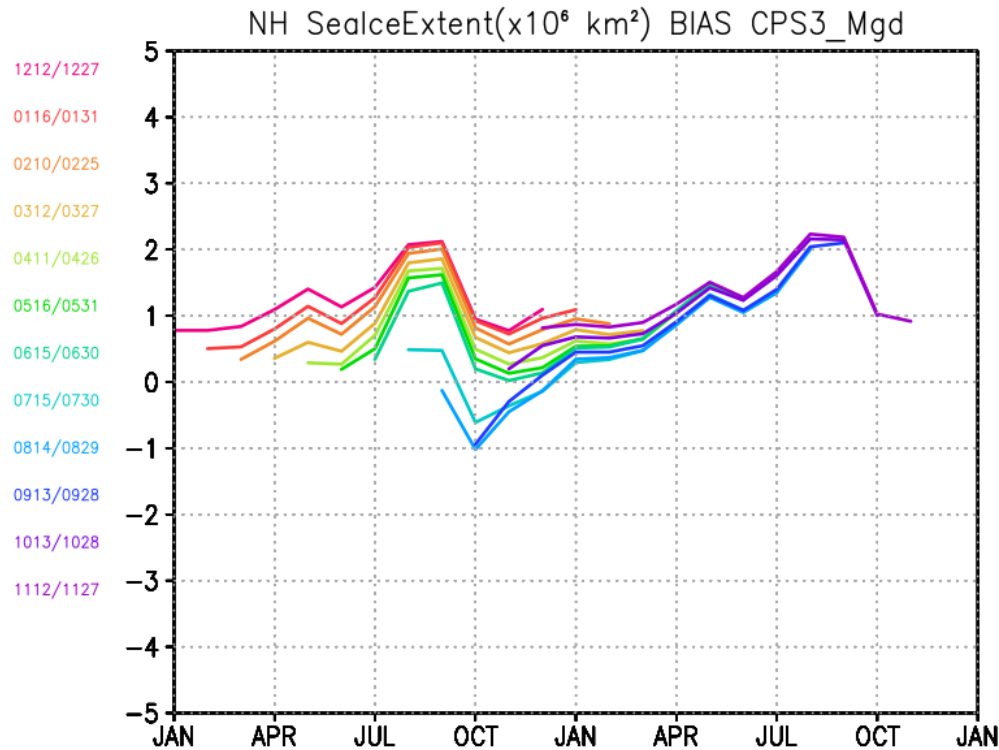
旧季節アンサンブル予報システム

- FT=4-27dyのブロッキング高気圧の出現頻度
大西洋側の頻度過小バイアスの改善

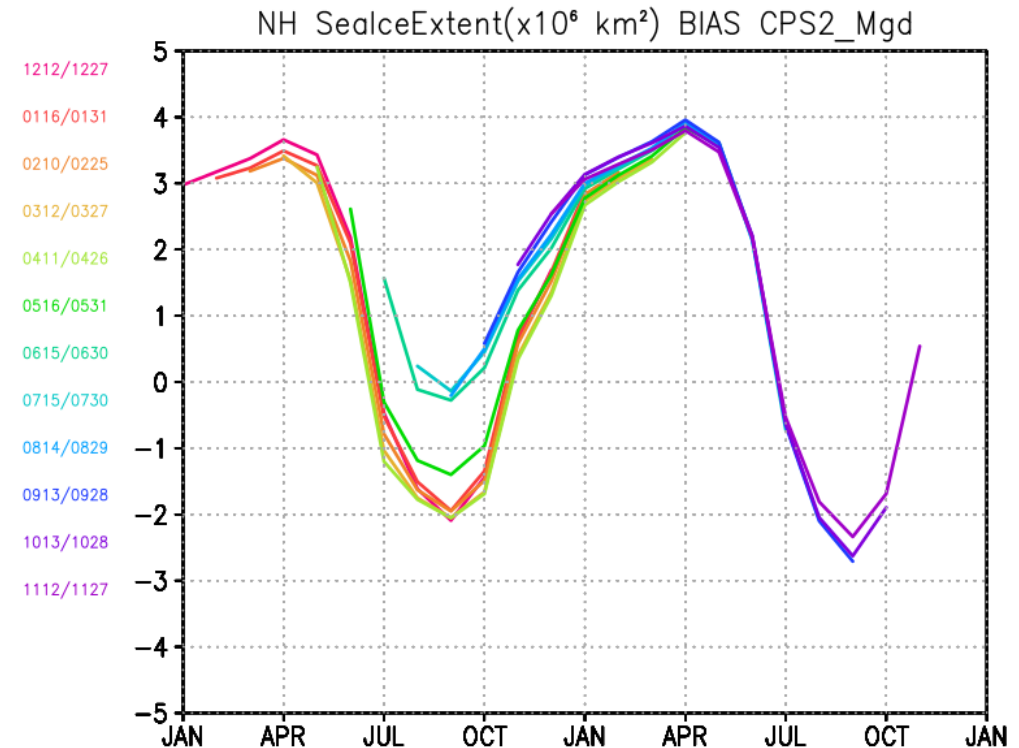
北極海氷の予測精度

現行の季節アンサンブル予報システム

(海氷面積のバイアス)



旧季節アンサンブル予報システム



色の違いは初期値を表す

➤ 初期値での過大バイアス、予報の過小バイアスが共に改善

海面気圧の予測精度（冬）

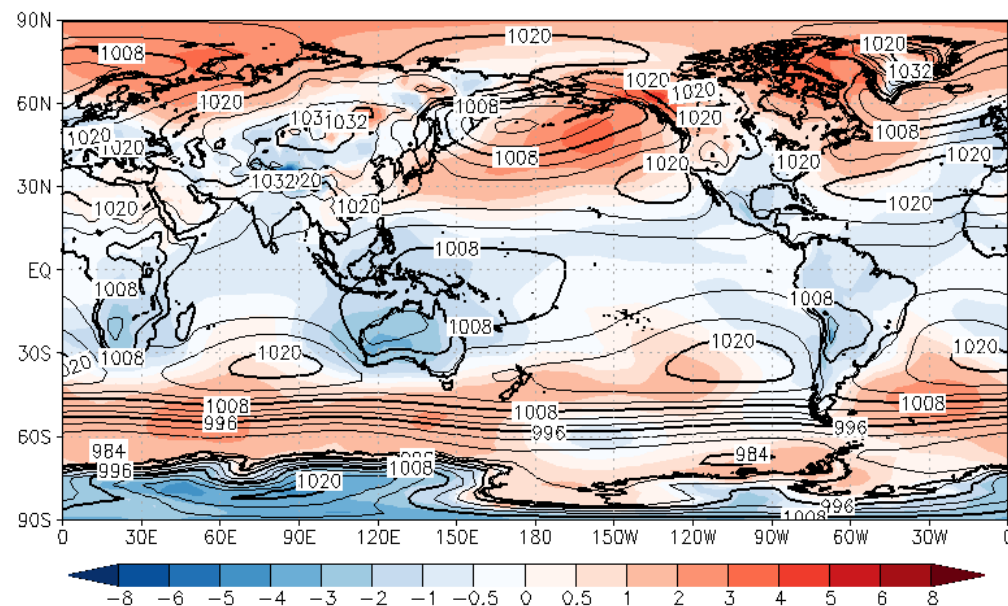
現行の季節アンサンブル予報システム

<CPS3(10mem) : JRA-3Q>

PSEA [hPa]

BIAS / Model Clim for 30 years (1991-2020)

Initial : 1028, 3mon mean : mon 01-03



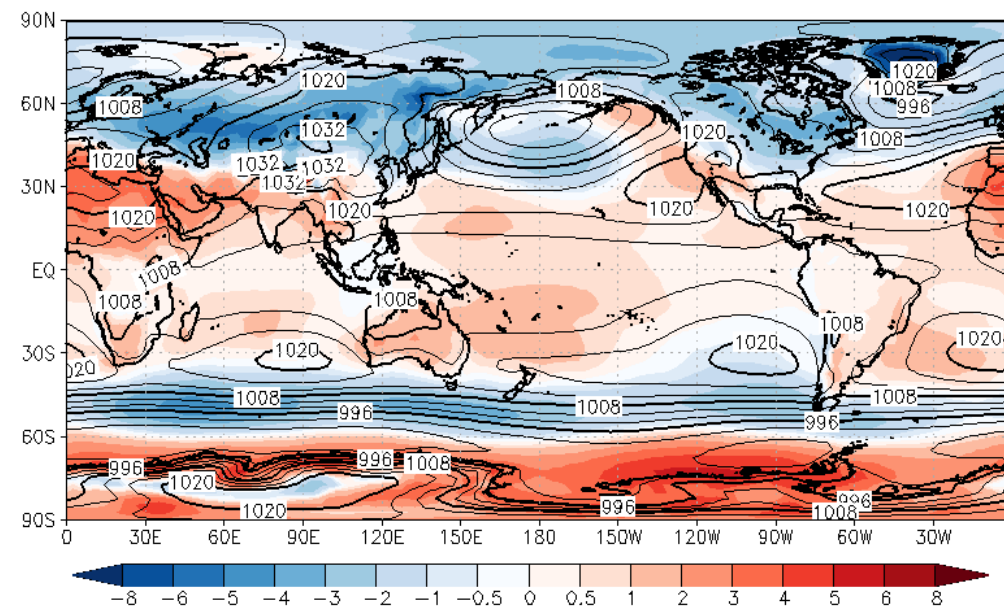
旧季節アンサンブル予報システム

<CPS2(10mem) : JRA-3Q>

PSEA [hPa]

BIAS / Model Clim for 30 years (1991-2020)

Initial : 1028, 3mon mean : mon 01-03

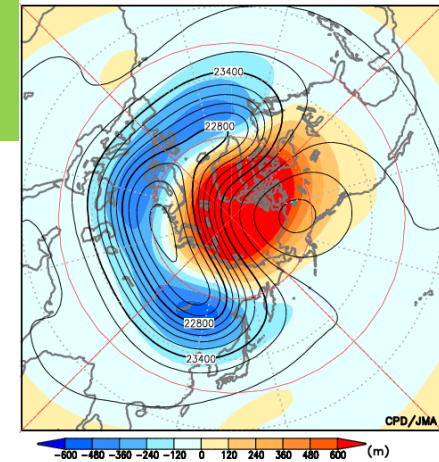


(海面気圧のバイアス)

➤ 冬季シベリア高気圧のバイアスは改善、アリューシャン低気圧のバイアスは反転

成層圏突然昇温

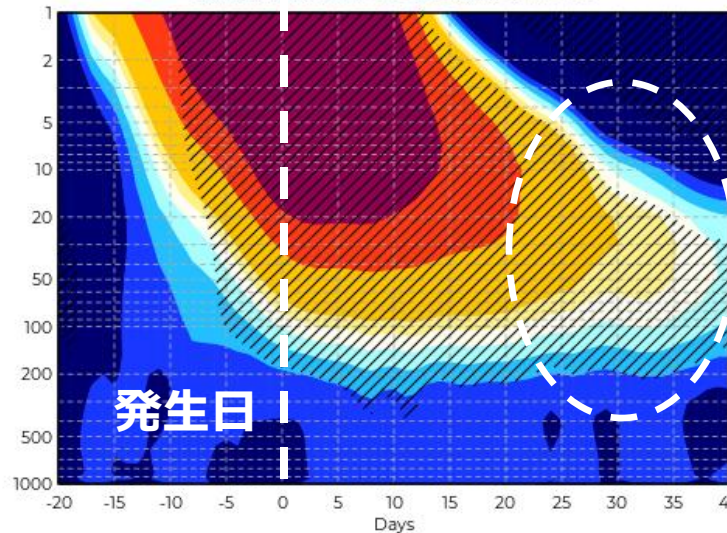
11Jan.2021 - 20Jan.2021



北半球冬季の10hPa-60N風が東風になる & 中緯度より極が高温になる (Butler et al. 2015) 事例を抽出

JRA-3Q再解析

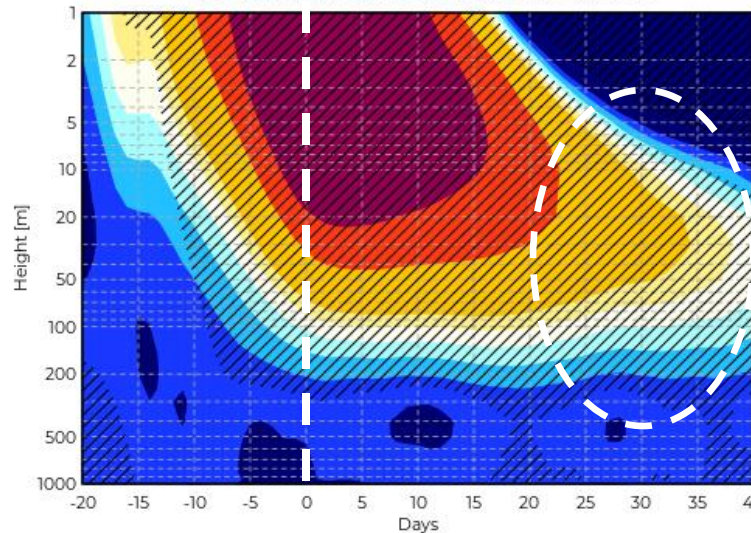
JRA3Q NAM index (GPH 60-90N) b15 1991-2020



発生頻度 **0.6**個/年 (30事例)

CPS3

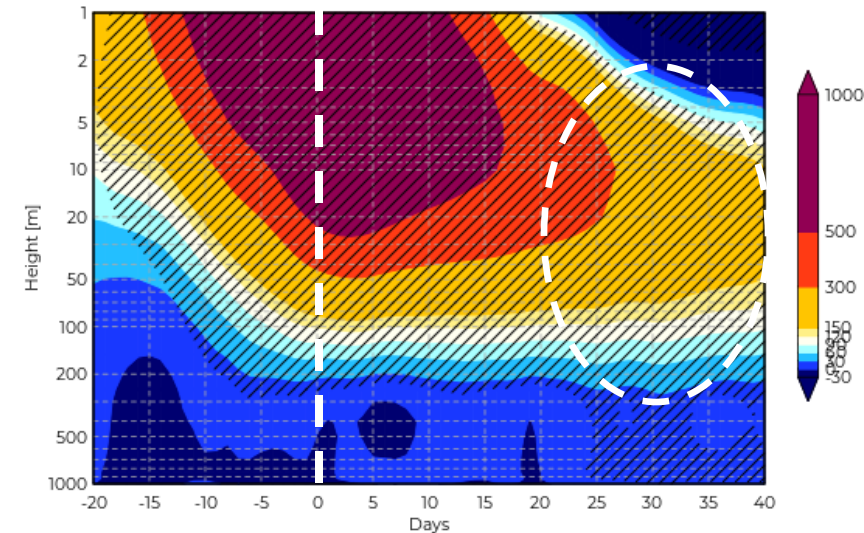
CPS3 NAM index (GPH 60-90N) b15 1991-2020 init28oct



発生頻度 **0.68**個/年 (300事例*)

CPS2

CPS2 NAM index (GPH 60-90N) b15 1991-2020 init28oct



発生頻度 **0.36**個/年 (300事例*)

- 強い極渦バイアス & SSWの発生頻度過少
- 現象の終息が遅れる傾向

→ とともに改善

*10/13, 10/28初期値 10メンバーx30年

予測計算実行スケジュールの変更

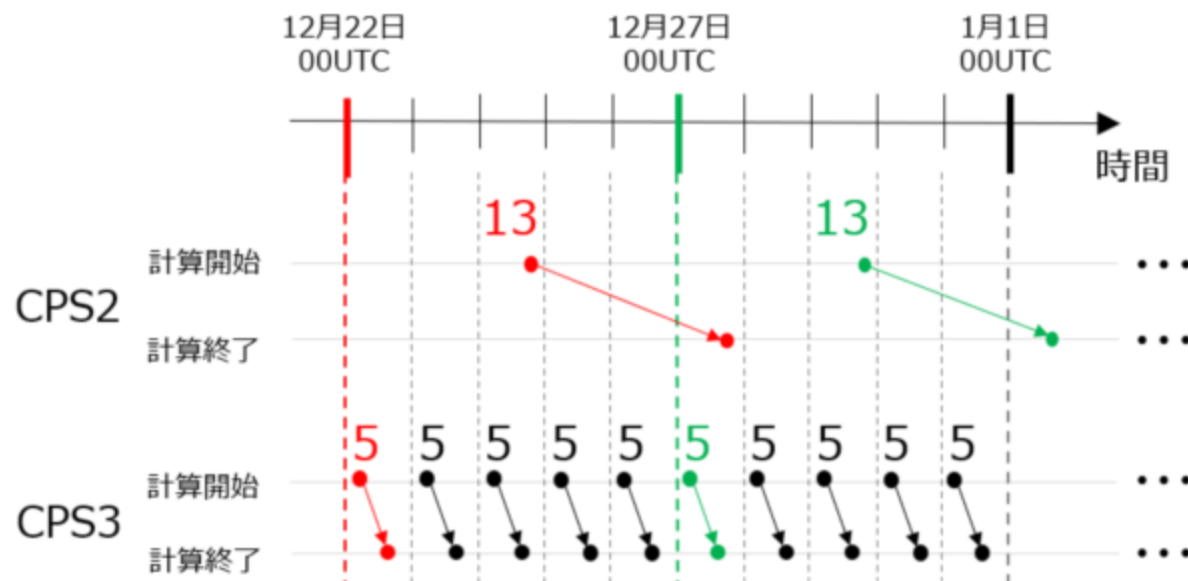


図 4.11.6 CPS2 および CPS3 の予報実行スケジュール。図中の数字は 1 初期日あたりのメンバー数を、矢印は予測計算を開始・終了する時刻を示す。CPS2 と CPS3 の違いを強調するため、12 月 22 日 00UTC および 12 月 27 日 00UTC を初期値とする予測計算に関わる数字・矢印のみ、それぞれ赤および緑で描画している。

CPS2:
5日に1回、13メンバ分の予測計算を行う



CPS3:
毎日5メンバ分の予測計算を行う

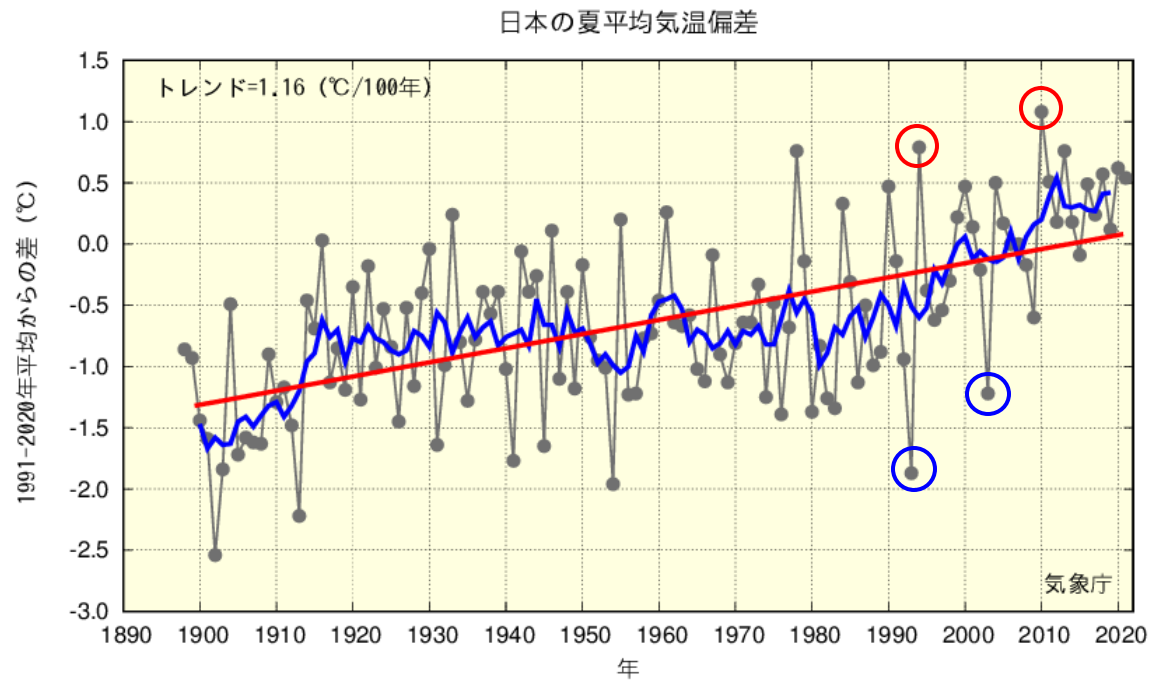
メリット

- ・5日間隔の制約に縛られずに予報を利用できる
- ・1か月予報や2週間予報に使われる全球アンサンブルの下部境界条件として、より新しい予報に基づく海面水温を提供できる

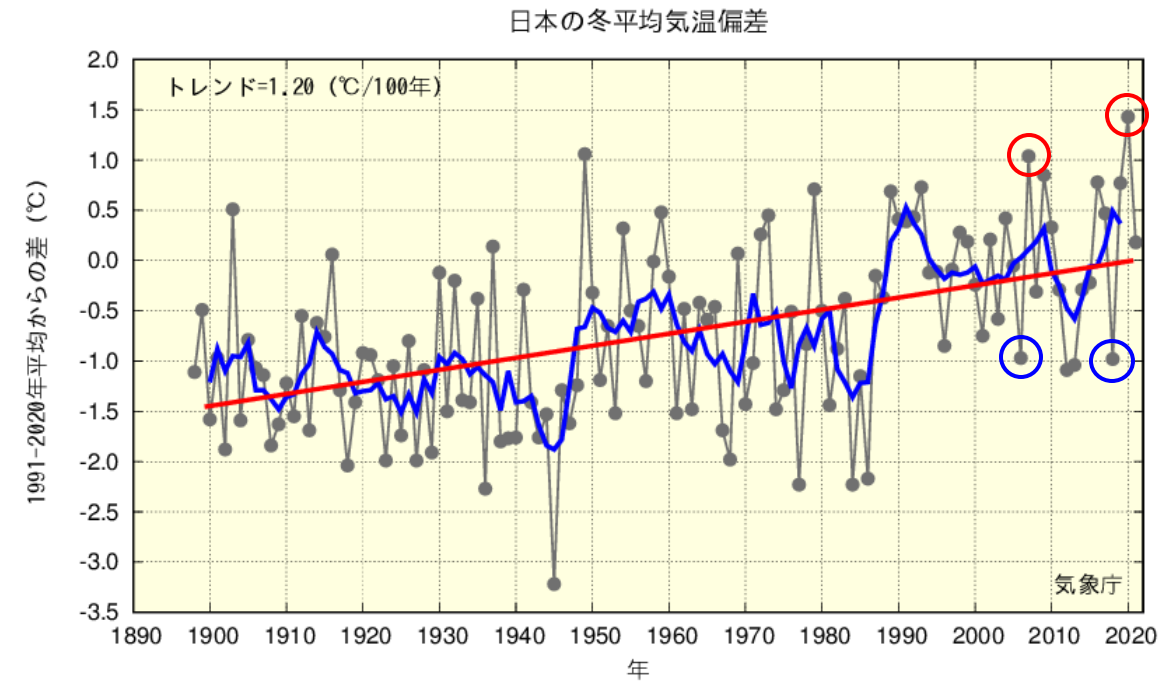
2. 事例比較

近年の顕著な気温

日本の夏平均気温



日本の冬平均気温



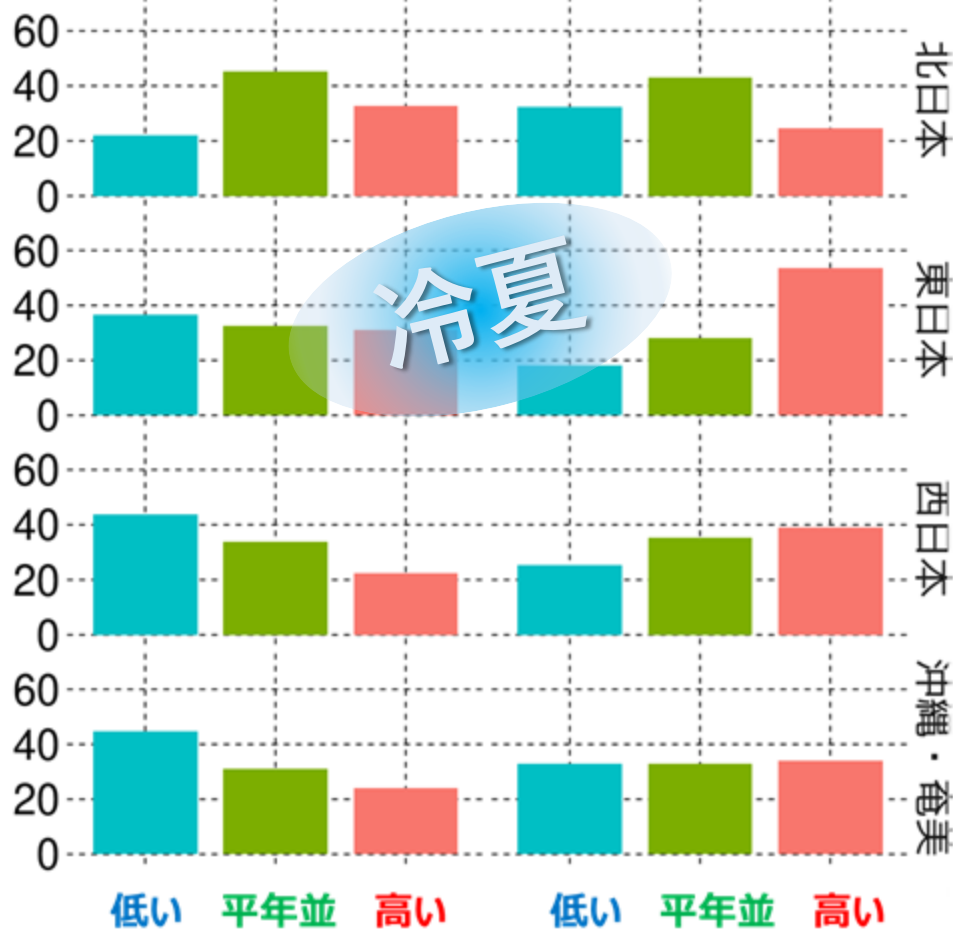
2003年冷夏 2019/20年暖冬

3か月予報

2003年4月から計算開始した場合の2003年夏の予報

新しいモデル

従来のモデル



観測された
気温の階級

低い

低い

低い

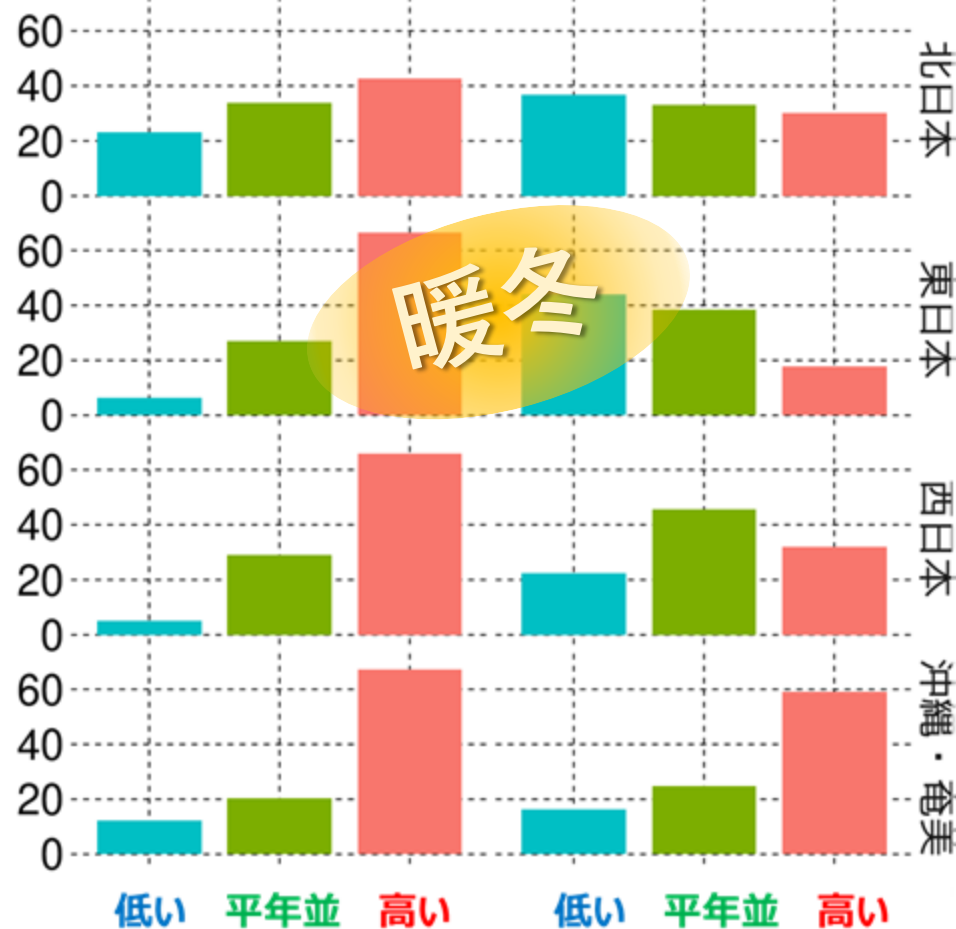
平年並

寒候期予報

2019年8月から計算開始した場合の2019/20年冬の予報

新しいモデル

従来のモデル



観測された
気温の階級

高い

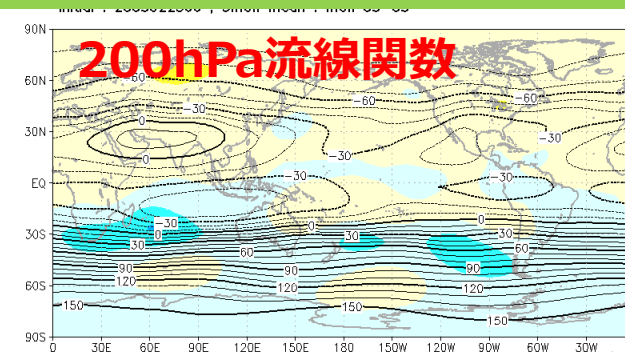
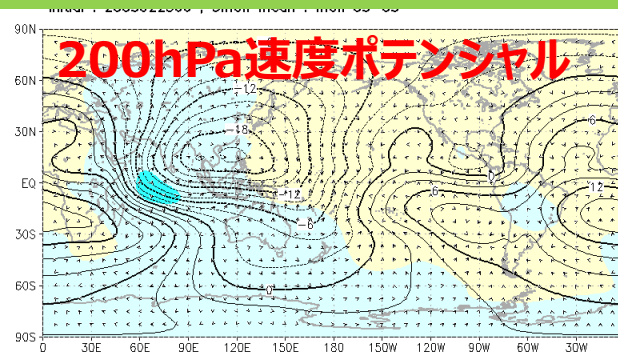
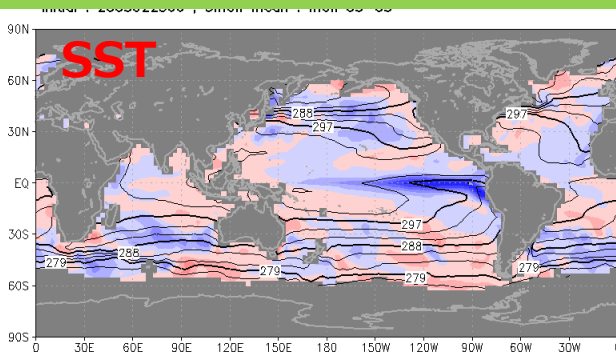
高い

高い

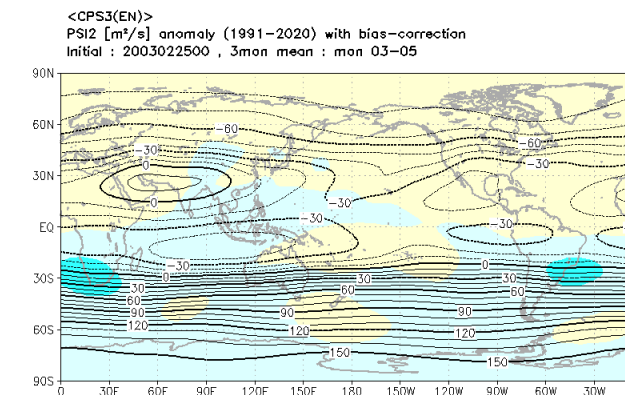
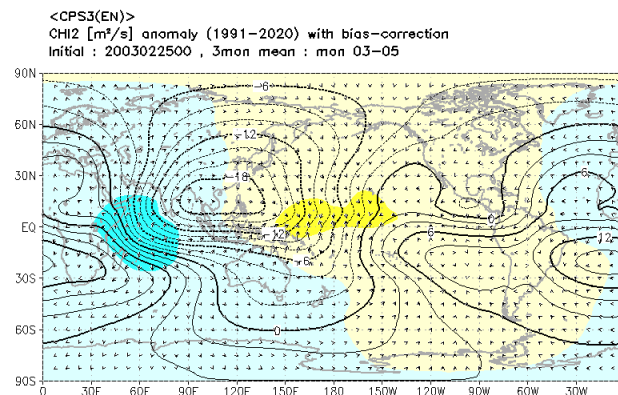
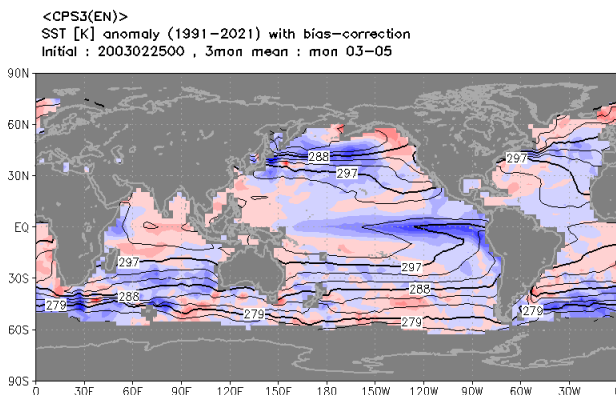
高い

2003年夏の循環場

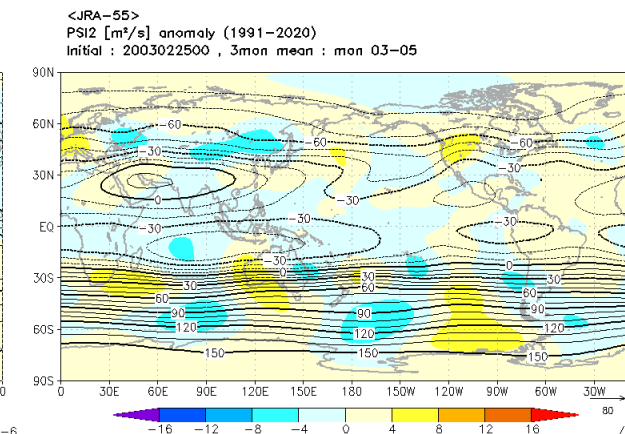
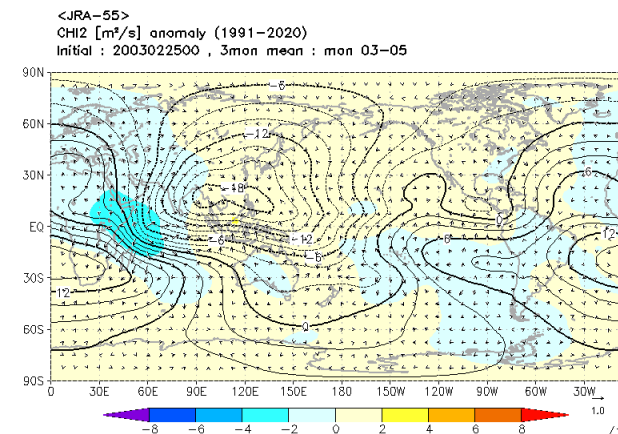
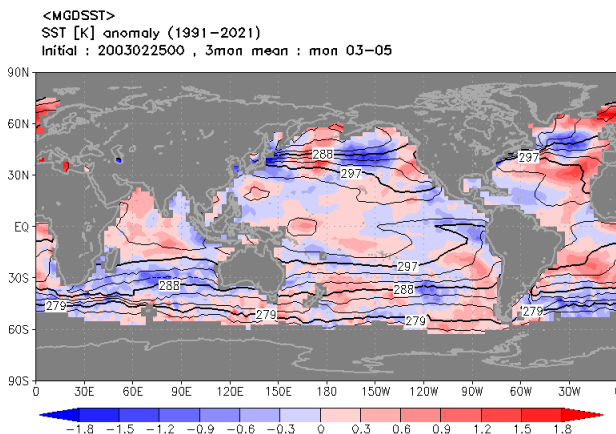
CPS2



CPS3

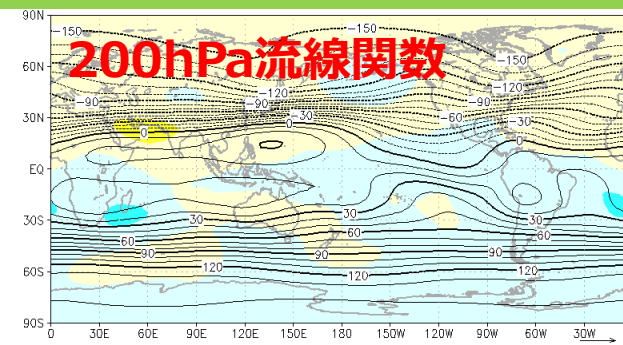
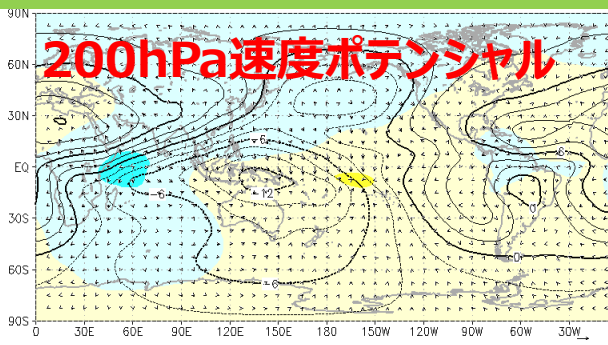
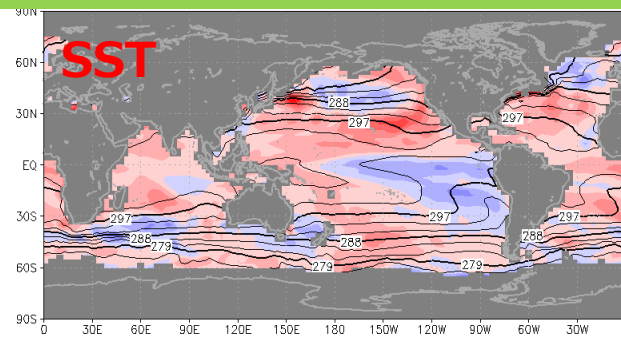


解析

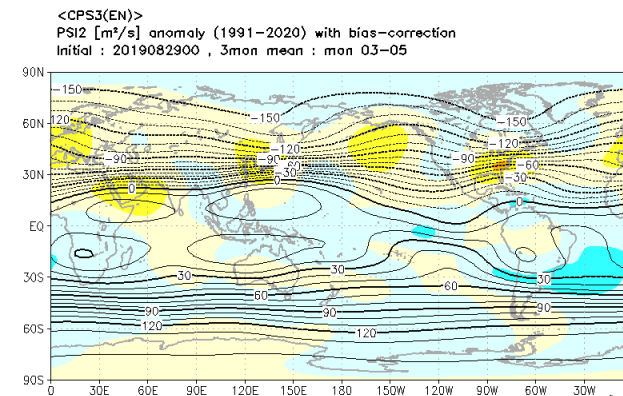
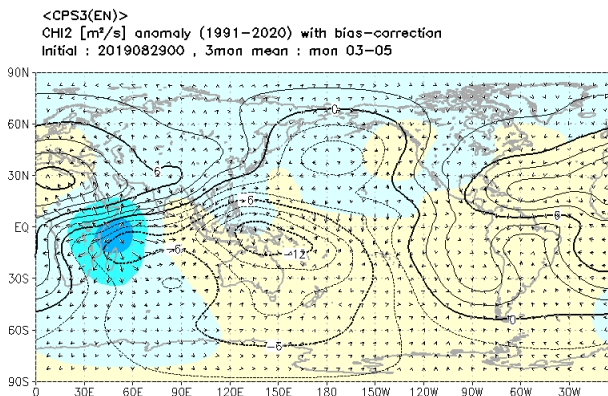
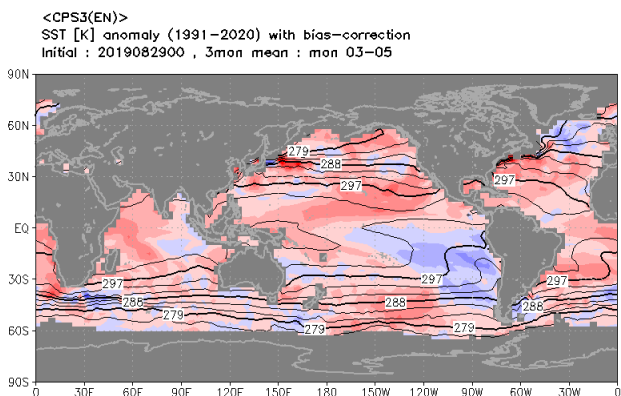


2019/20年冬の循環場

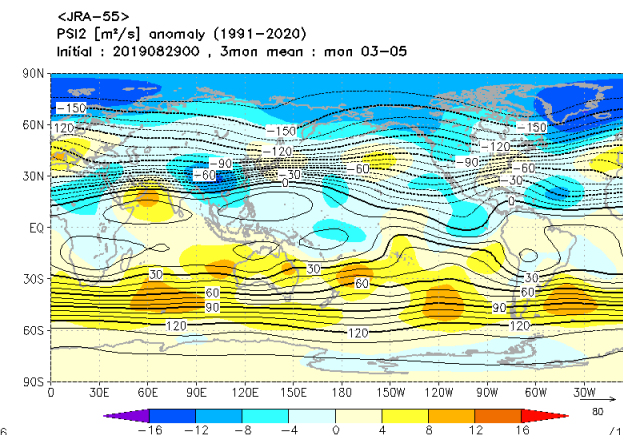
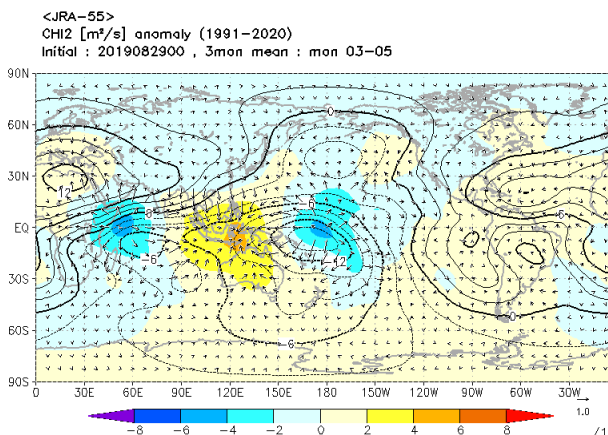
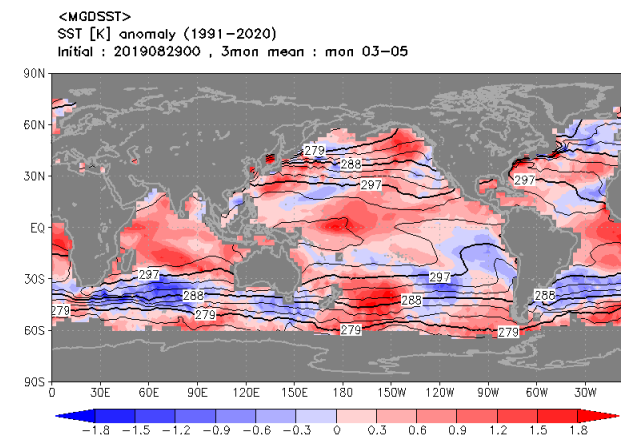
CPS2



CPS3



解析



冷夏、猛暑

極端な高温・低温の夏の予測精度比較（いずれも2月初期値予報）

		1993年夏（冷夏）						1994年夏（猛暑）						2010年夏（猛暑）					
		CPS3			CPS2			CPS3			CPS2			CPS3			CPS2		
		1993/06-08			1993/06-08			1994/06-08			1994/06-08			2010/06-08			2010/06-08		
北日本	予測値	-0.2			-0.3			0			-0.5			0.1			-0.6		
	予測確率	35	46	19	38	44	18	24	44	32	51	36	13	22	45	33	53	38	9
	予測階級	-			-			-			低い			-			低い		
	実況	-2.3			-2.3			1			1			1.8			1.8		
東日本	予測値	-0.3			-0.1			-0.1			-0.6			0.4			-0.4		
	予測確率	53	31	16	35	35	30	38	33	29	66	23	11	11	24	65	54	28	18
	予測階級	低い			-			-			低い			高い			低い		
	実況	-2.2			-2.2			0.9			0.9			1.1			1.1		
西日本	予測値	-0.2			-0.2			-0.2			-0.5			0.4			-0.3		
	予測確率	53	34	13	52	33	15	52	32	16	69	24	7	15	29	56	57	29	14
	予測階級	低い			低い			低い			低い			高い			低い		
	実況	-1.7			-1.7			0.8			0.8			0.5			0.5		
沖縄・奄美	予測値	-0.3			-0.3			-0.3			-0.4			0.4			0.1		
	予測確率	61	25	14	61	26	13	63	24	13	67	23	10	5	15	80	16	29	55
	予測階級	低い			低い			低い			低い			高い			高い		
	実況	0			0			-0.1			-0.1			-0.2			-0.2		
		わずかに改善傾向						わずかに改善傾向						改善傾向					

寒冬、暖冬

極端な高温・低温の冬の予測精度比較（いずれも8月初期値予報）

2005/06年冬（寒冬）

2006/07年冬（暖冬）

2017/18年冬（寒冬）

		CPS3			CPS2			CPS3			CPS2			CPS3			CPS2		
		2005/12-2006/02			2005/12-2006/02			2006/12-2007/02			2006/12-2007/02			2017/12-2018/02			2017/12-2018/02		
北日本	予測値	-0.1			0			0.1			-0.1			0			0.3		
	予測確率	42	34	24	34	34	32	30	35	35	39	33	28	34	34	32	25	32	43
	予測階級	-			-			-			-			-			-		
	実況	-1			-1			1.1			1.1			-0.7			-0.7		
東日本	予測値	-0.2			0			0.4			0			0.2			0.3		
	予測確率	37	40	23	28	38	34	12	33	55	29	38	33	16	37	47	16	35	49
	予測階級	-			-			高い			-			-			-		
	実況	-1.3			-1.3			1.2			1.2			-1			-1		
西日本	予測値	-0.1			0.1			0.5			0.2			0.5			0.1		
	予測確率	35	44	21	23	43	34	9	35	56	20	43	37	7	36	57	19	46	35
	予測階級	-			-			高い			-			高い			-		
	実況	-1			-1			1.1			1.1			-1.5			-1.5		
沖縄・奄美	予測値	0			0.2			0.4			0.1			0.1			0		
	予測確率	26	26	48	16	23	61	8	16	76	18	24	58	18	23	59	25	29	46
	予測階級	-			高い			高い			高い			高い			-		
	実況	-0.3			-0.3			0.6			0.6			-0.6			-0.6		

わずかに改善傾向

改善傾向

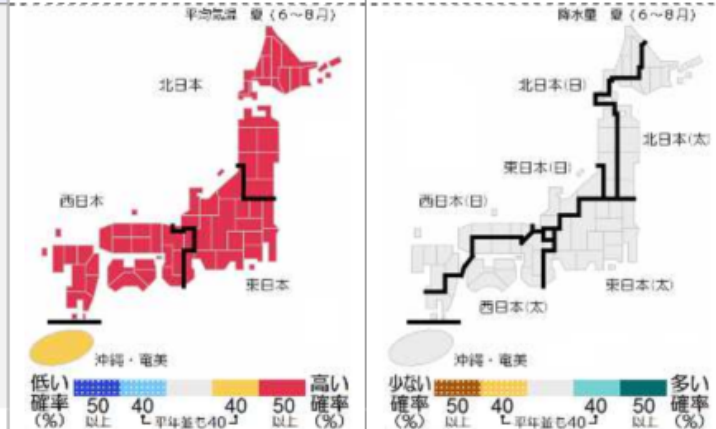
改悪傾向

2022年2月発表の暖候期予報

夏（6～8月）の平均気温・降水量

		平均気温 夏（6～8月）	降水量 夏（6～8月）
北日本	日本海側	低 20 並 30 高 50% 高い 見込み	少 30 並 40 多 30% ほぼ平年並 の見込み
	太平洋側		少 30 並 40 多 30% ほぼ平年並 の見込み
東日本	日本海側	低 20 並 30 高 50% 高い 見込み	少 30 並 40 多 30% ほぼ平年並 の見込み
	太平洋側		少 30 並 40 多 30% ほぼ平年並 の見込み
西日本	日本海側	低 20 並 30 高 50% 高い 見込み	少 30 並 40 多 30% ほぼ平年並 の見込み
	太平洋側		少 30 並 40 多 30% ほぼ平年並 の見込み
沖縄・奄美		低 20 並 40 高 40% 平年並か高い 見込み	少 30 並 40 多 30% ほぼ平年並 の見込み

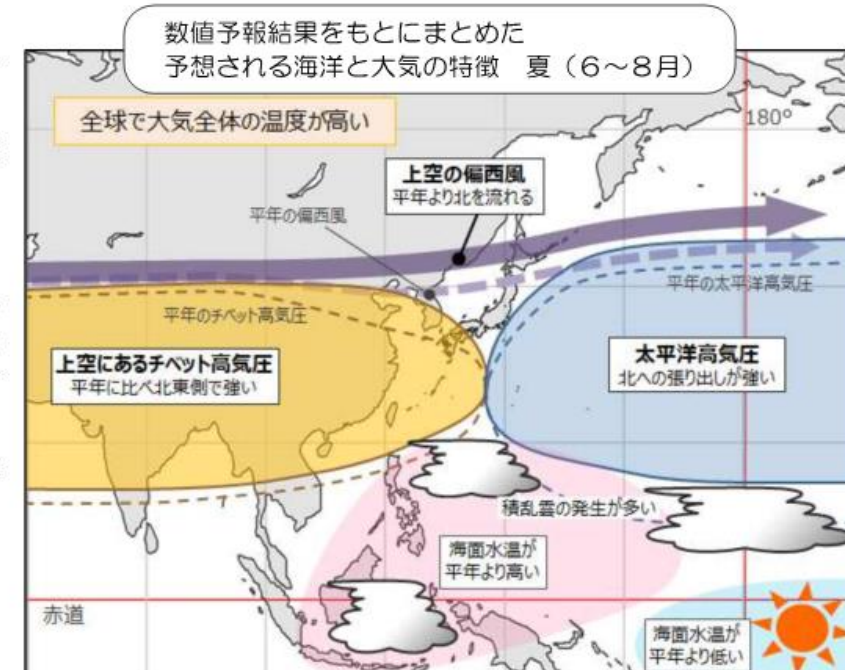
数値は予想される
出現確率です



新しい季節予報モデルによる、初めての夏の予報

予想される海洋と大気の特徴

- 地球温暖化の影響等により、全球で大気全体の温度が高いでしょう。
- 海面水温は、太平洋赤道域の日付変更線付近で平年より低いでしょう。一方、太平洋熱帯域の西部では高く、積乱雲の発生が多いでしょう。
- これらの影響のため、上空にあるチベット高気圧は平年に比べて北東側で強く、上空の偏西風は日本付近で平年より北を流れるでしょう。
- 太平洋高気圧は北への張り出しが強いでしょう。



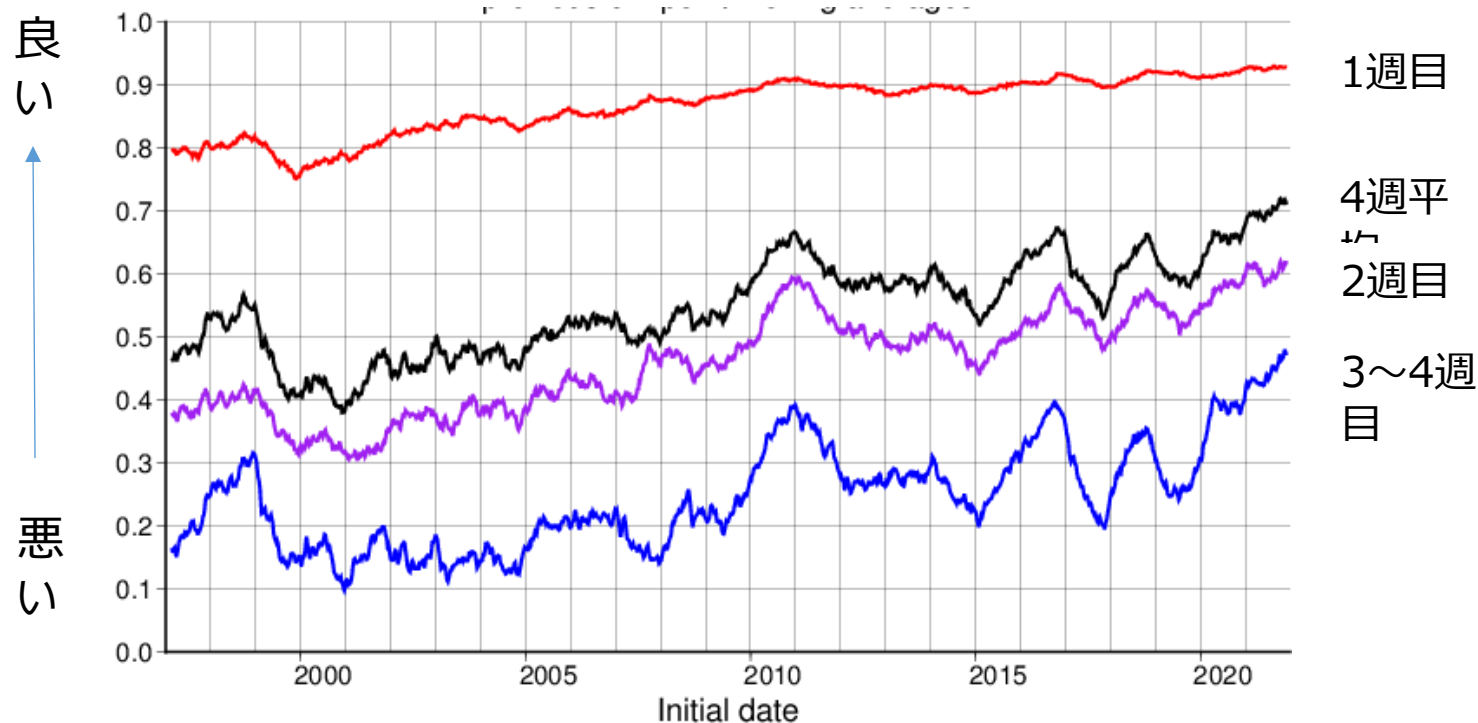
6～8月対象の3か月予報は、5/24に発表します

3. 季節予報に関連する最近の話題

季節予報の精度 経年変化

1か月予報のための数値予報の予測精度

前1年移動平均のアノマリー相関係数（北半球500hPa高度）



1か月予報のための数値予報の精度は、1996年の運用開始以降、高解像度化等のモデル改良、初期値の改良、アンサンブル手法の改良、境界条件の改良等により着実に向上。



季節予報の予測技術は着実に向上。数値予報モデルの改良により、今後も予測精度向上の見込み。**しかし、利活用は進んでいなかった。**

季節予報の利用拡大の取り組み

気候の影響を受けやすい分野の専門家と連携した共同調査や研究により、季節予報を使った「気候リスク管理」（気候の影響を軽減あるいは利用）の“成功事例”を創出する



季節予報の利用拡大の取り組み

小麦赤かび病

- 小麦粒中にかび毒を蓄積させる
- 開花時期に発生

問題



開花期（5月頃、年々の寒暖差で2～3週間変動）
の薬剤散布が有効

- ⇒ 無人ヘリコプターを利用
- ⇒ 2～3週間前の予約が必要

農業
対策



開花期予測（気温や日長を利用）

従来：気温平年値を利用 ⇒ 気温予測値の利用

○気温予測値を利用するメリット
開花3週前の時点（通常4月10日頃）において、
20年分（1991～2010年）で**改善は13年**、**改悪は3年**、
極端な高温の際には数日（最大3日）程度改善。

農研機構における
「小麦赤かび病を適期に防除するための
開花期予測システム」の運用

リアルタイムアメダスを用いた麦の発育ステージ予測（農研機構HP）
http://www.naro.affrc.go.jp/org/warc/meteo_fukuyama/WEB/wheat/index_mugi.html

季節予報の利用拡大の取り組み

全国各地で実施している、農業指導普及員向けのセミナー等を通して、天候の見通し（気温予測データ）を定量的に活用した栽培管理事例が創出され、**都道府県の営農指導情報**などに反映されている。



セミナーの様子（宮崎県農業総合研究所 2020年1月）
宮崎地方気象台が調整、鹿児島地方気象台が講師

	作物	項目	具体的な情報例
早期警戒	野菜 	冷害・高温 障害対策	徳島県 ニンジンの栽培開孔判断資料
	花き 		鳥取県 ストックの出荷時期調整
発育・ 防除 適期 予測	水稻 	収穫適期予測	山形県 おきたま米づくり情報 https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/taio_kensho.html 香川県 「おいでまい」通信 新潟県 稲作技術情報
	小麦 	開花日予測 (赤カビ病対策)	農研機構 西日本農研センター リアルタイムアメダスを用いた麦の発育ステージ予測 https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/taio_komugi.html
	果樹 	開花日予測等	山梨県 モモの開花予想と開花日 福島県 果樹（ナシ、モモ、リンゴ）の開花予測、収穫予測での検証 埼玉県 ナシ開花予測
	野菜・茶 	収穫適期予測	岐阜県 2週間気温予報を活用した出荷予測の活用の紹介 佐賀県 お茶づくり技術情報
	病虫害 	発生予察	栃木県 植物防疫ニュース ヒメトビウンカ第一世代発生時期予測 岩手県 農作物病虫害防除速報 アカスジカスミカメ（斑点米カメムシ）第一世代発生予測 沖縄県 技術情報 カンシャコバネナガカメムシ（サトウキビの害虫）の防除適期
水産		養殖関連情報	青森県 水温予測 宮城県 ワカメ養殖通報 福岡県 ノリ養殖通報

季節予報の利用拡大の取り組み

平年値ではなく1か月予報の数値予測データ（平年値に+2.3℃を加算）を利用したことで、3月4日の時点で最早の開花日（3/23）予測を的中（山梨県）

R3 モモの開花予想(R3/3/4現在)

表 発育速度モデルによるモモ「白鳳」の開花予想

今後の気温推移	予想開花始め	昨年差 (日)	平年差 (日)
平年並	3月29日	3日遅い	5日早い
平年より2.3℃高い*	3月23日	3日早い	11日早い

予想地点は山梨市江曽原（標高440m）、品種は「白鳳」

* モデル予測値：気象庁HPにおける確率予測資料（1か月予報、甲府、3/6～4/2）より
昨年の開花始め 3/26、平年の開花始め 4/3（H14～R2の平均）

○ 留意点

今後の気温推移により、予測日は変化します。
3月末まで毎週1回予想を更新し、果樹試験場HPに掲載する予定です。
(http://www.pref.yamanashi.jp/kajushiken/103_001.html)

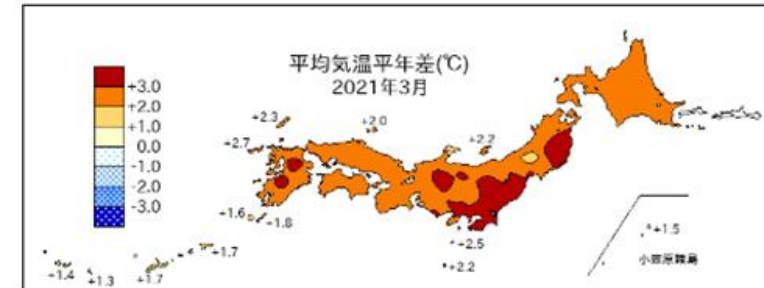
○ 次回発表予定

3月8日(月) (第2報)

○ 予想方法について

モモの生育と気温の相関が高いことを利用して、気温から開花日を推定しています。気温と発育量の関係を示す発育速度モデル（杉浦ら 2010）を基に、これまでの気温推移から現在までの発育量を求め、その後は気温が平年値で推移した場合の開花日を予想しています。

※今後の気温を平年並と見通した場合
(3/29)よりも6日早くなる予測



実況図（2021年3月）
本州では+2度以上の高温

季節予報の利用拡大の取り組み

季節予報支援資料の改善～文章形式から、カラー図表を利用したビジュアルな形式へ

2022年3月まで

全般季節予報支援資料 3か月予報 2022年3月25日
予報期間：2022年4月～2022年6月 気象庁

予報資料の解釈

● 3か月平均

- 熱帯の海面水温（SST）は、3月10日発表のエルニーニョ監視速報では、「ラニーニャ現象が続いているとみられる。今後、春の間にラニーニャ現象が終息し、平常の状態になる可能性もある（40%）が、ラニーニャ現象が続く可能性の方がより高い（60%）。その後、夏は平常の状態になる可能性が高い（70%）。」としている。今予報期間は、次第に平常の状態に移る時期に当たるが、太平洋赤道域では実況より弱まりながらも中部から東部で負偏差が続くため、大気循環場はラニーニャ現象時の特徴が残る。太平洋西部では平年より高く、インド洋熱帯域は西部で負偏差、東部で正偏差の予測となっている。
- 熱帯の対流活動（降水量、速度ポテンシャル）は、SST分布に対応して、太平洋赤道域の日付変更線付近やインド洋西部を中心に対流不活発となる一方、インド洋東部から東南アジアを経て太平洋中部の北緯5度付近では対流活発となる予測。対応して、インド洋西部や日付変更線付近では上層収束偏差、東南アジア付近で上層発散偏差がみられる。
- 200hPa 流線関数は、上層発散偏差に対応して、ユーラシア大陸南部で高気圧性循環偏差となり、この付近で亜熱帯ジェット気流は北偏する予測。その下流側の本州付近では、亜熱帯ジェット気流はほぼ平年の位置を流れるが、風速は平年より弱く、南北の温度傾度が緩いことに対応している。一方、日付変更線付近の上層収束偏差に対応して、太平洋熱帯域の中部から東部にかけては低気圧性循環偏差が、その北の千島付近からアラスカの南にかけては高気圧性循環偏差が予測されており、これらの偏差は、後述する負のPNAパターンの形成に関連している。
- 850hPa 流線関数は、熱帯域ではインド洋で赤道対の低気圧性循環偏差、東南アジア付近も低気圧性循環偏差で、ラニーニャ現象時の春の特徴と一致している。この低気圧性循環偏差に対応して沖縄・奄美付近は北東風偏差となり、暖かく湿った気流が流れ込みにくい時期があると

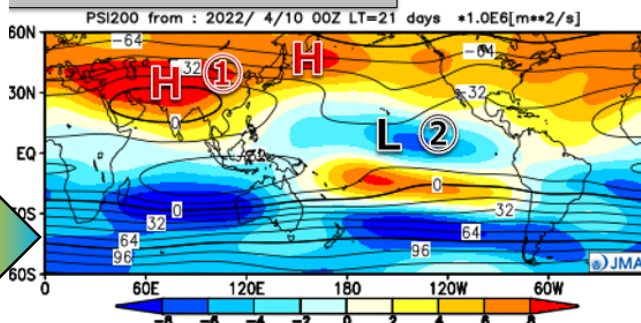
2022年4月から

3か月（5～7月）の予報資料の解釈 熱帯域の予測



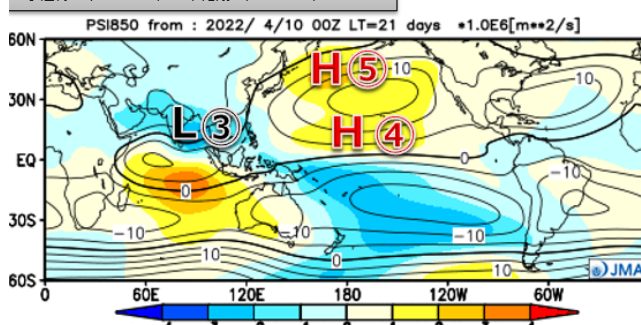
200hPa流線関数

等値線: $16(10^6 \text{ m}^2/\text{s})$ ごと、陰影: $(10^6 \text{ m}^2/\text{s})$



850hPa流線関数

等値線: $5(10^6 \text{ m}^2/\text{s})$ ごと、陰影: $(10^6 \text{ m}^2/\text{s})$



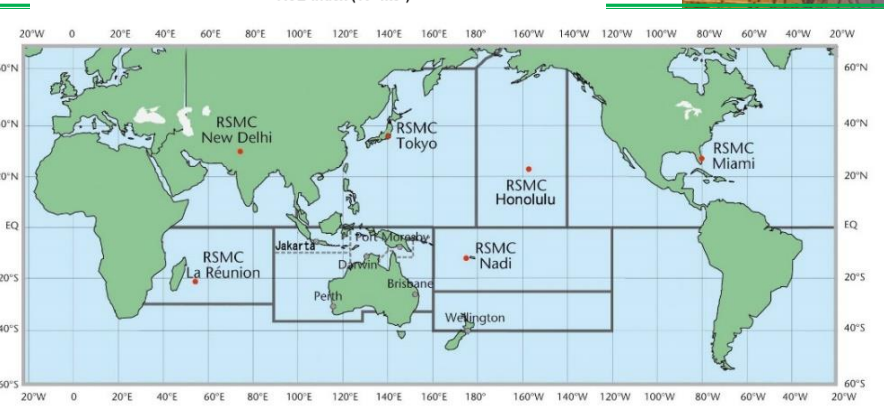
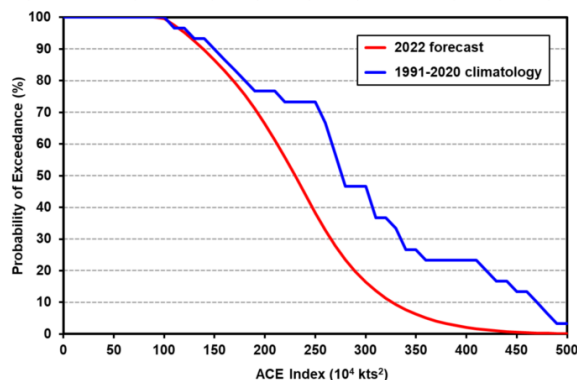
- 200hPa流線関数: 対流活動の偏差に対応して、ユーラシア大陸南部から日本の東にかけて広く高気圧性循環偏差で、チベット高気圧は北側で強い①。太平洋熱帯域では低気圧性循環偏差②。
- 亜熱帯ジェット気流は、ユーラシア大陸から日本の東にかけて全体的に平年より北を流れやすい。
- 850hPa流線関数: 対流活動の偏差に対応して、インド洋で低気圧性循環偏差③、太平洋で高気圧性循環偏差④。本州付近は、日本のはるか東に中心を持つ高気圧性循環偏差に覆われる⑤。太平洋高気圧は北への張り出しが強い。

新たなサービスの可能性 台風季節予報 <検討中>

- 世界の多くの熱帯低気圧発生海域で季節予報を提供
- 北西太平洋では…？

Tropical Storm Risk (TSR)

HOME | STORM TRACKER | FORECASTS | SKILL | ABOUT | PRESS | PUBLICATIONS | STAFF | POSTS | LINKS



大西洋、中・東部太平洋

NOAA's 2021 Hurricane Season Outlooks



Central Pacific
Near- or Below-Normal Season
2-5 Tropical Cyclones
Average is 4-5 TCs

Eastern Pacific
Near- or Below-Normal Season
12-18 Named Storms
5-10 Hurricanes
2-5 Major Hurricanes
65%-120% Median ACE
Averages are 15 NS, 8 H, 4 MH

Atlantic
Above-Normal Season Likely
13-20 Named Storms
6-10 Hurricanes
3-5 Major Hurricanes
110%-190% Median ACE
Averages are 14 NS, 7 H, 3 MH

For 2021 the probabilities of each season type are:

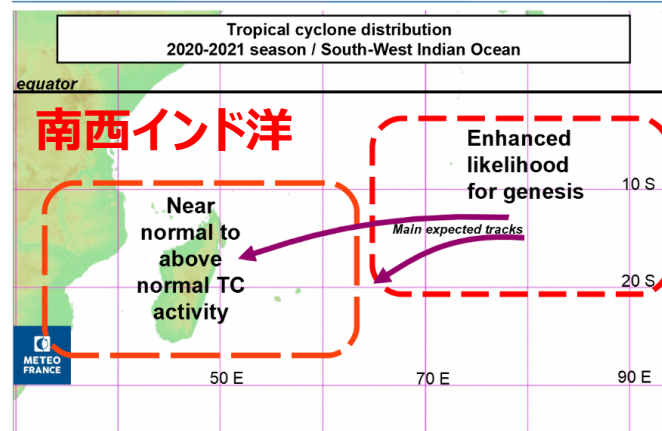
	Atlantic	Eastern Pacific	Central Pacific
Above Normal	60%	20%	20%
Near Normal	30%	35%	35%
Below Normal	10%	45%	45%

- Accumulated Cyclone Energy (ACE) measures the overall strength of the hurricane season.
- For the Central Pacific, Tropical Cyclones (TCs) include tropical depressions, tropical storms and hurricanes.

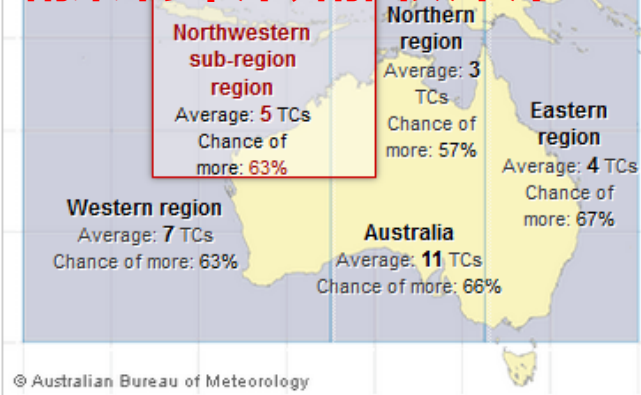
For the Atlantic hurricane season, climate signals and model forecasts indicate that an above-normal season is most likely (60% chance), followed by a 30% chance for an above-normal and a 10% chance for a below-normal season.

Seasonal forecast:

Tropical Cyclones activity – base : 2020/11



南東インド洋、南西太平洋



% Chance of more tropical cyclones than average

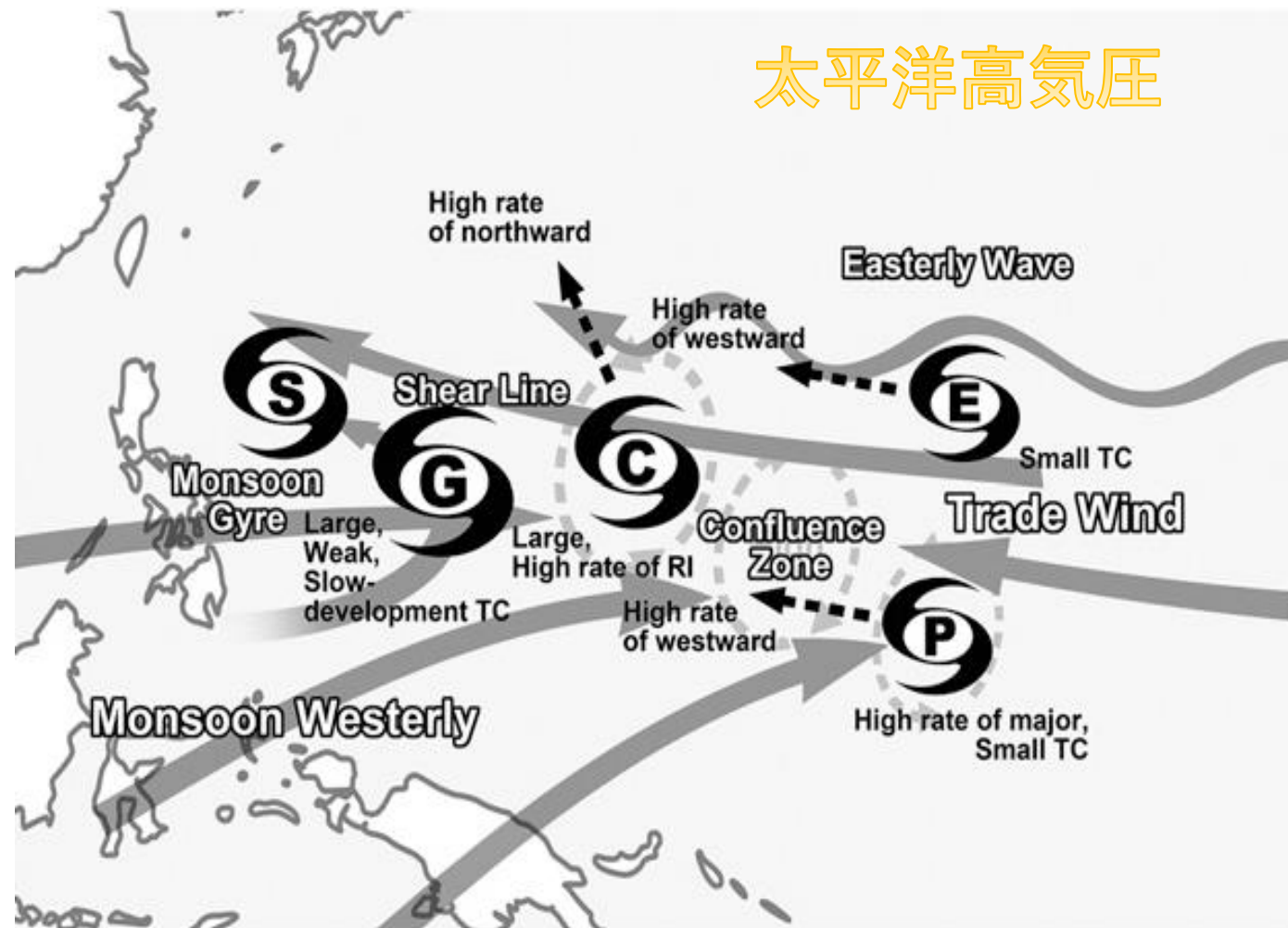
Region	Long-term* average number of tropical cyclones	Chance of more tropical cyclones
Australian	11	66%
Western	7	63%
Northwestern sub-region	5	63%
Eastern	4	67%
Northern	3	57%

北インド洋も計画中

The Panel requested RSMC New Delhi to consider providing seasonal forecasting of tropical cyclones to the Panel Members as early as possible.

新たなサービスの可能性 台風季節予報 <検討中>

北西太平洋の台風発生に関する循環場の概念モデル
(Fudehyasu and Yoshida (2018))

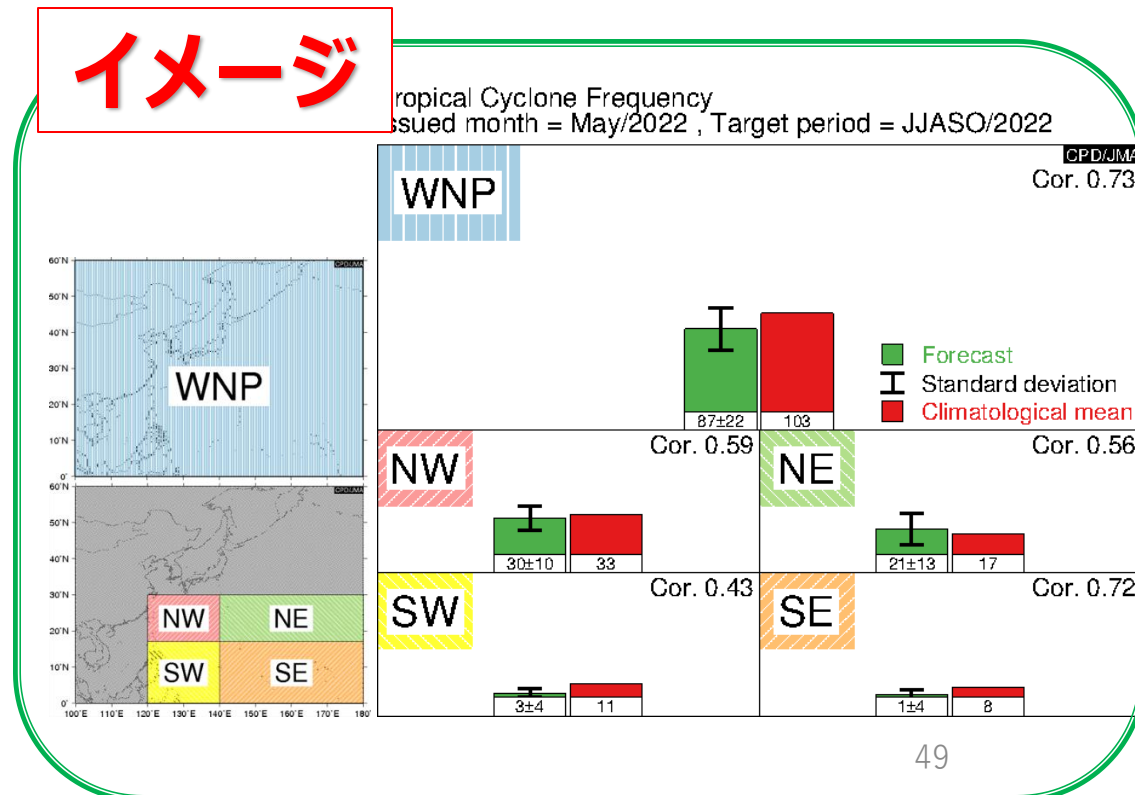


- 台風発生数や発生位置はモンスーンの西風や太平洋高気圧の張り出しに影響される。
- これらはエルニーニョ・ラニーニャ現象、インド洋の海洋変動などが関係する。



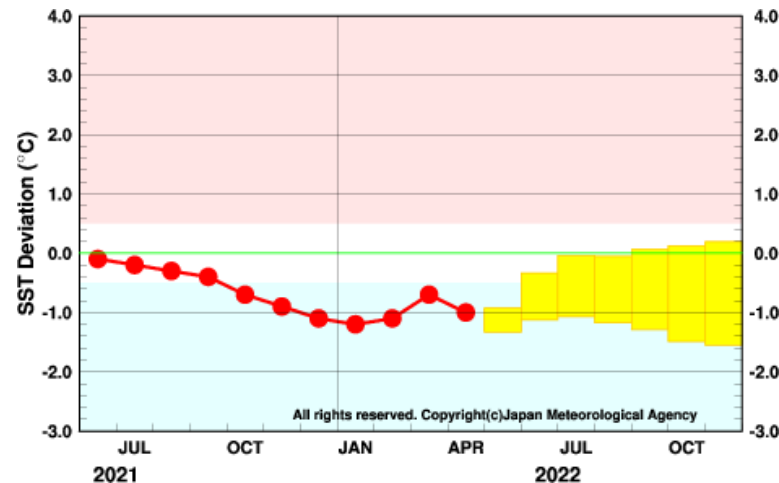
季節スケールの予測可能性

イメージ

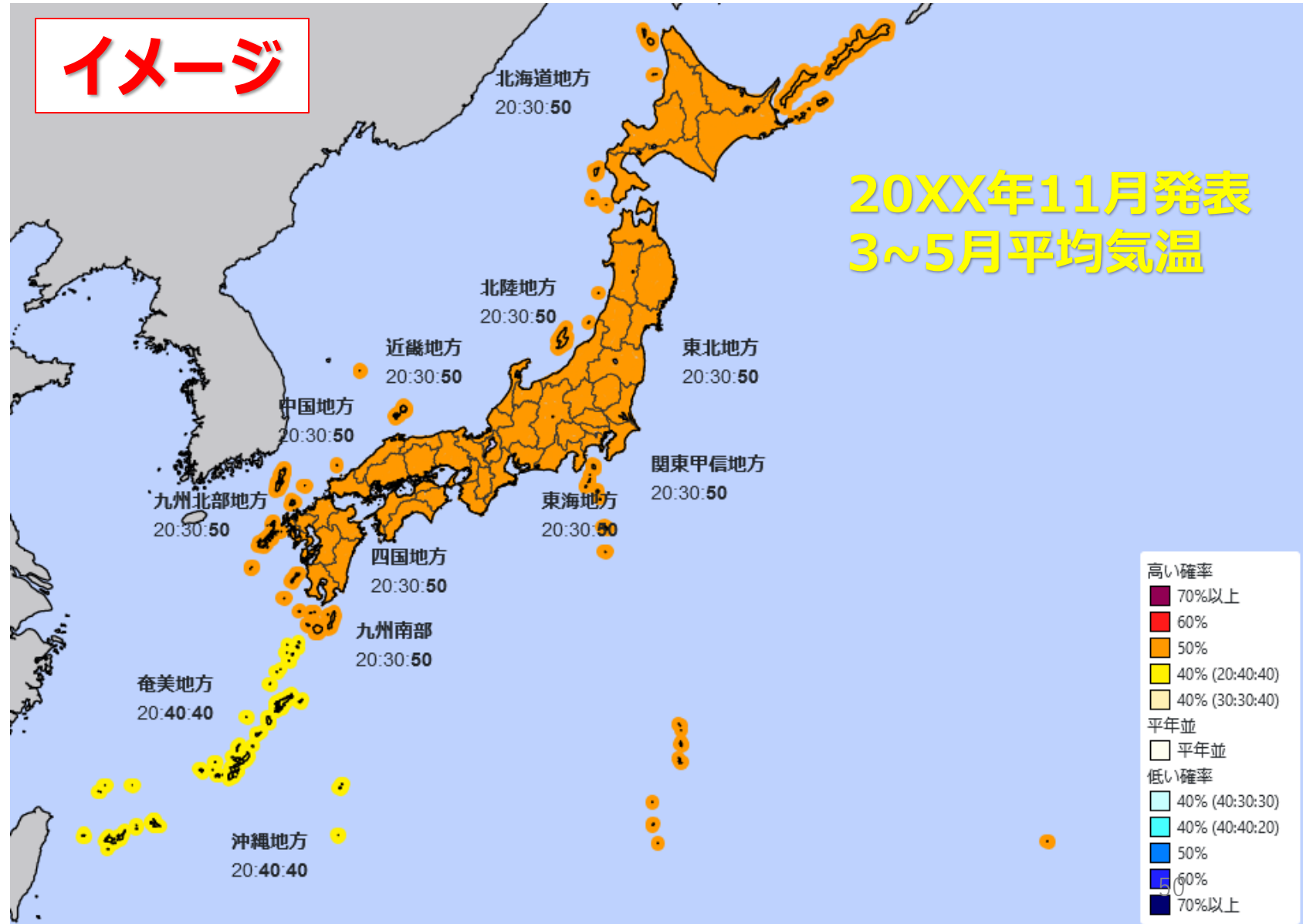


新たなサービスの可能性 6か月予報<検討中>

- 農業や家電等の生産計画には6か月やさらに長い予報が必要との意見も
- エルニーニョ監視速報では、すでに6か月先までの見通しを毎月発表



エルニーニョ監視海域の月平均海面水温の基準値との差の経過と予測



<関連> 1年先予測の研究



報道発表

令和3年4月7日
気象研究所
東京大学先端科学技術研究センター
東京大学大気海洋研究所
(一財)気象業務支援センター

1年先の夏季アジアモンスーンの予測に成功

資料配付先：気象庁記者クラブ、筑波研究学園都市記者会、
大学記者会（東京大学）、文部科学記者会・科学記者会

気象庁気象研究所、東京大学先端科学技術研究センター、東京大学大気海洋研究所の研究チームは、最新の季節予測モデル¹⁾を用い、1年先の夏季アジアモンスーンの予測に初めて成功しました。この成功は、エルニーニョ現象及びその後の影響がよく再現されていたこと、また、大規模なアンサンブル予測²⁾を行ったことに起因していることを明らかにしました。本研究成果は、2021年4月7日付けで、国際科学誌ネイチャー・コミュニケーションズ誌に掲載されます。

エルニーニョ現象の影響が翌夏まで尾を引くことを
手掛かりに1年先の夏のモンスーン予測に成功

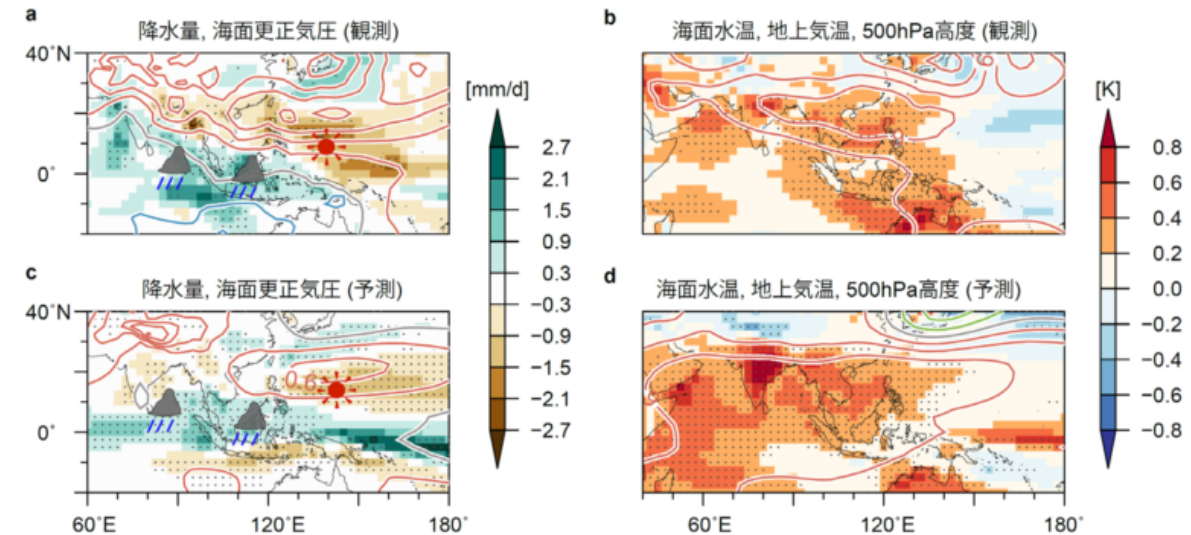


図3 エルニーニョ現象が発生していた冬の翌夏（6月～8月）の(a, b)観測値と4月末を初期値とした同期間の(c, d)予測値を比較した図。(a, c)降水量と（色）海面更正気圧（等値線、間隔：0.3hPa）の予測期間平均からの差、(b, d)海面水温・地上気温（色）、500hPa高度（等値線、間隔：3 m）の予測期間平均からの差。ドットは(a, c)降水量と(b, d)海面水温または地上気温の差が統計的に有意な領域を示す。雲と太陽のマークはそれぞれ降水が多い領域、降水が少ない領域を示す。

<関連> 1年先予測の研究

(3) 熱帯低気圧の予測

上に述べたアジアモンスーンの変動は、北西太平洋域(0°–60°N, 100°W–180°)の熱帯低気圧の活動にも影響することが知られています。本研究では、北西太平洋域の熱帯低気圧の活動度(存在頻度³⁾)が高いと、熱帯インド洋の海面水温が低く、太平洋赤道域の中東部の海面水温(NINO3.4)は高くなることを示しました。さらに、熱帯低気圧の活動に影響を与えるモンスーントラフ⁴⁾の強さを表すモンスーントラフ指数(5°N–20°N, 130°E–180°の850hPa渦度の平均)と熱帯低気圧の活動度の予測が1年前から可能であることを示しました(図4)。

インド洋熱帯域の海洋変動が日本の 天候へ影響を及ぼすメカニズム

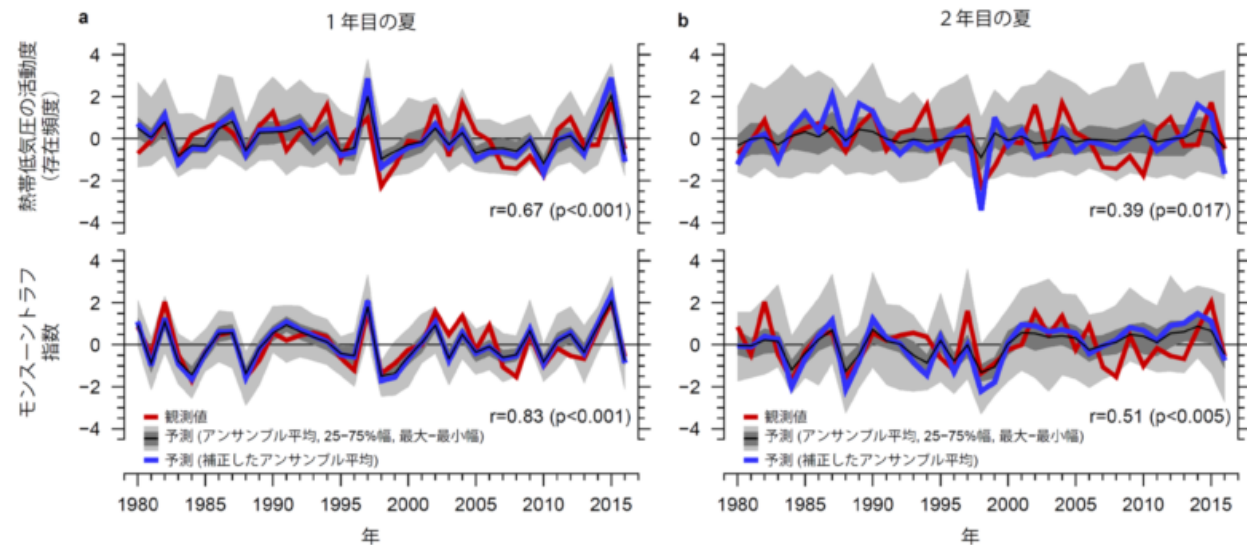
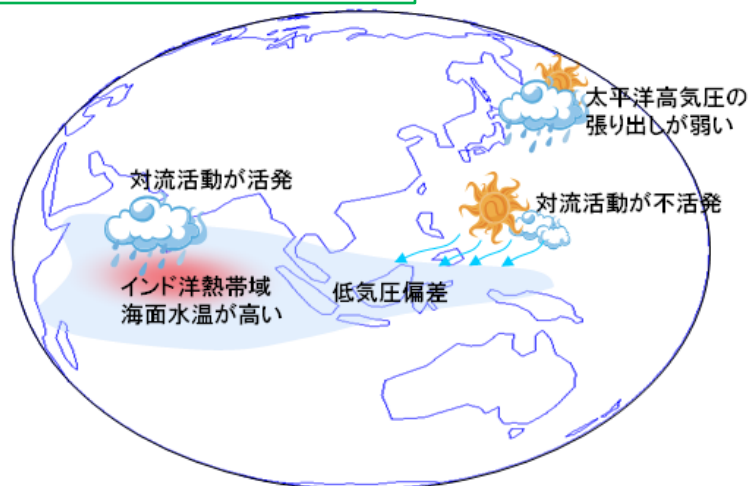


図4 各年4月末を初期値とした(a)1年目の夏(6月～8月)と(b)2年目の夏の熱帯低気圧の活動度(存在頻度)とモンスーントラフ指数の予測値と観測値の時系列。赤線：観測値、黒線：アンサンブル平均予測、青線：振幅を補正したアンサンブル予測。全期間の観測値と予測値の相関係数(r)はグラフ内に表示。モンスーントラフ指数の定義は本文参照。

2021年4月7日気象研究所報道発表資料より

2030年の気象業務の方向性

【2030年の科学技術を見据えた気象業務の方向性】

● 2030年の気象業務が担うべき役割

- ・ 一人一人の生命・財産が守られ、しなやかで、誰もが生き活きと活力のある暮らしを享受できるような社会（安全、強靱で活力ある社会）の実現のため、気象業務の果たす役割が現在以上に高まる。
- ・ 観測・予測技術について、常に最新の科学技術を取り入れ技術革新を行い不断の改善を進めるとともに、気象情報・データが、社会の様々な場面で必要不可欠なソフトインフラ、国民共有の財産として活用されていくことを目指す。

● 気象業務が寄与する社会の姿（安全、強靱で活力ある社会）

顕著現象に対する的確な防災対応・行動

より精度の高い気象情報・データが、様々な各主体に提供・「理解・活用」され、的確な防災対応・行動へ。



一人一人の活力ある生活

日常生活の様々なシーンに応じた情報の入手により、個々人の生活の質・快適性が向上。



経済活動等におけるイノベーション

気象情報・データが、様々なビッグデータや先端技術と組み合わせて活用され、多様なサービス提供・生産性向上。



● 気象業務の方向性

観測・予測精度向上のための技術開発、気象情報・データの利活用促進、これらを「車の両輪」とする防災対応・支援の推進について、利用者目線に立ち、社会的ニーズを踏まえた目指すべき水準に向けて、取組を進める。

※交通政策審議会
気象分科会提言
「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」について
より

2030年の季節予報の姿

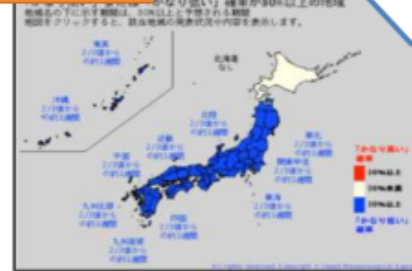
目標④ 気候リスク低減、生産性向上に資する数ヶ月先までの予測精度向上

- ◎ 台風予報改善を目指した数値予報モデルの総合的改善の取り組みや、地球システムモデル等の先進的技術を導入し、熱波や寒波をはじめとする社会的に影響の大きい顕著現象の予測を1ヶ月先まで確度高く提供。

● 2週間先までの顕著現象（気温、暴風、大雪）の予測情報を提供

- 2030年：極端な高温、低温に加え、2週間先までの暴風や大雪等の社会的に影響の大きい顕著な気象現象を、一次細分区域ごとに精度よく予測

現在



地方予報区ごとに顕著な気温・雪を
7日平均で予測

2030年

気温は日別、暴風・大雪は週の前後半程度で、
1次細分区域ごとの顕著現象を精度高く予測

【発表区分】 地方 ⇒ 一次細分
【要素】 気温・雪 ⇒ 気温、暴風、大雪
【2週目の予報】
7日平均 ⇒ 気温：日別、他：週の前後半

顕著現象の可能性	1日先	2日先	3日先	4日先	5日先	6日先	7日先	8～10日先	11～14日先
秋田（気温）									
秋田県沿岸（暴風）								[高]	[中]
秋田県沿岸（大雪）								[中]	

● 1ヶ月先までの熱波・寒波等の予測情報を提供

- 2030年：1ヶ月先までの熱波、寒波等による極端な高温、低温の発生する可能性を週ごとに予測、提供

現在

< 気温経過の各階級の確率(%) >



凡例： ■ 低い ■ 平年並 ■ 高い

2030年

熱波・寒波の可能性を週ごとに端的に表現

	1週目	2週目	3週目	4週目
関東甲信地方	低温	平年並	顕著な高温 [可能性大]	顕著な高温 [可能性中]

- 熱中症、雪害等に対する可能な限り早期の事前対策。
- 物流、農業、水産業等の各産業における気候によるリスクの軽減。

2週間先まで

1か月先まで

2030年の季節予報の姿

3か月先まで

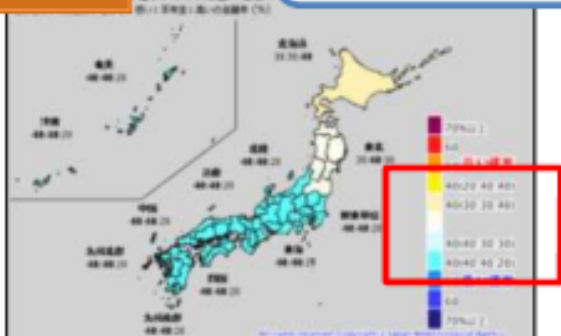
目標④ 気候リスク低減、生産性向上に資する数ヶ月先までの予測精度向上

◎ 地球システムモデル等の先進的技術を導入し、冷夏、暖冬等の社会経済的に影響の大きい情報を確度高く提供。

➤ **2030年**：生産、流通、販売等への利用を通じて広く社会経済の生産性向上に資するため、地球システムモデル等の先進的技術を導入し、冷夏、暖冬等の社会経済的に影響の大きい情報を確度高く提供。

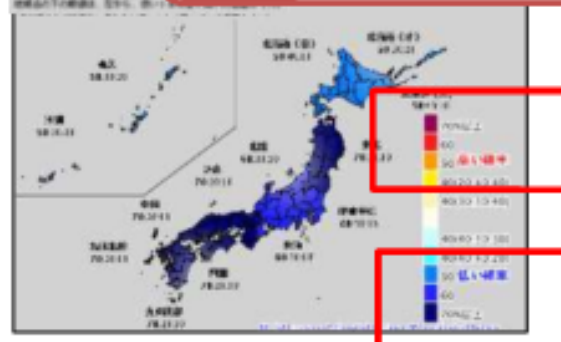
現在

気温が「高い」「低い」大きな確率の予報
(メリハリのある予報)を出せていない。



2030年

3ヶ月先の、冷夏・暖冬等の顕著な高温低温
を現在の1か月予報と同等の精度で予測



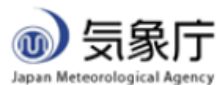
生産、流通、販売等への利用を通じて広く社会経済の気候によるリスクを軽減、生産性を向上。

まとめ

- 季節予報は熱帯の大气・海洋からの影響を最大の手がかりとする確率予報
- 新しい季節予報モデルでは赤道季節内変動やエルニーニョ現象など、熱帯の大气海洋現象の精度が改善
- 2003年冷夏や2019/20年暖冬事例で確率予報のメリハリ向上
- 3か月予報の利活用拡大に向けた取り組み
- 新たな季節予報サービスの展開、2030年の予報の姿

季節予報関係資料

外国気象機関の予報官向けに提供している予報資料をご覧ください



Tokyo Climate Center

WMO Regional Climate Center in RA II (Asia)

TCC home About TCC

Home World Climate Climate System Monitoring El Niño Monitoring NWP Model Prediction Global Warming Climate in Japan Training Module Press releases

HOME > Ensemble Model Prediction

JMA's Ensemble Prediction System (Products for Long-Range Forecasting of WMC Tokyo)

JMA, as a WMO World Meteorological Centre (WMC), operates the ensemble prediction system of an atmospheric general circulation model (AGCM) for one-month atmosphere-ocean coupled general circulation model (CGCM) for three-month and warm/cold season prediction. Ensemble prediction products, verification charts the ensemble prediction system are available on this page. JMA was designated as a WMC in 2017 and, as a part of its activities, the Centre conducts global numerical prediction (Global Producing Centre for Long-Range Forecast; GPC-LRF)

Notice

Main Products

- 16 May 2022
Announcement: Terminating the data provision of CPS2 six-month forecasts
- 14 March 2022
Announcement: Upgrade of Global EPS for one-month prediction
- 14 February 2022
Announcement: Upgrade of the JMA's Seasonal Ensemble Prediction System

One-month Prediction

- One-month Prediction (12 May 2022)
- Z500, T850 & SLP (Northern Hemisphere) (12 May 2022)
- Stream Function, Velocity Potential & Surface Air Temperature (60N-60S) (12 May 2022)
- Verification (15 May 2022)
- Hindcast Verification **NEW**
- One-month Guidance Tool, Commentary
(Only registered NMHSs can access this guidance tool.)

Three-month Prediction

- Three-month Prediction (16 May 2022)
- Z500, T850 & SLP (Northern Hemisphere) (16 May 2022)
- Stream Function, Velocity Potential & Surface Air Temperature (60N-60S) (16 May 2022)

Monthly Discussion on Seasonal Climate Outlooks last updated : 19 May 2022

This product is intended to assist NMHSs in the Asia-Pacific region in interpreting WMC Tokyo's three-month prediction and warm/cold season prediction products.

Forecast Products in Support of Early Warnings for Extreme Weather Events last updated : 16 May 2022

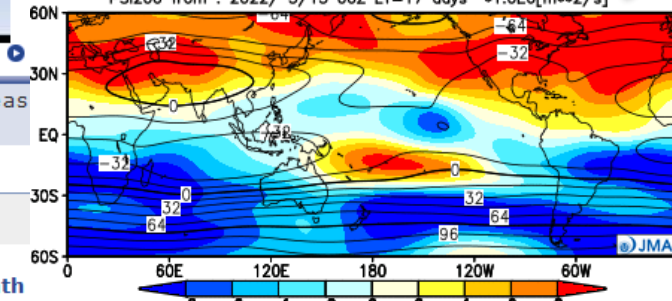
Early warning products for extreme weather events covering the period to two weeks ahead. (Only registered NMHSs can access this page.)

Tokyo climate center

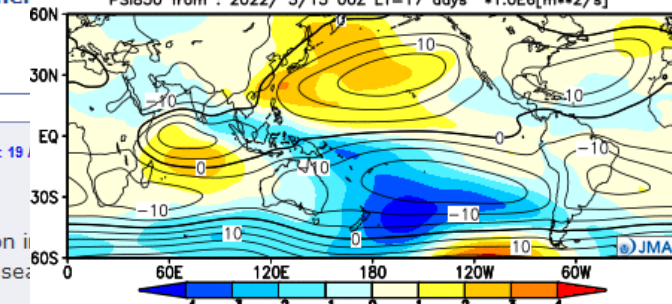
検索

Ensemble forecast (1st month : JUN)

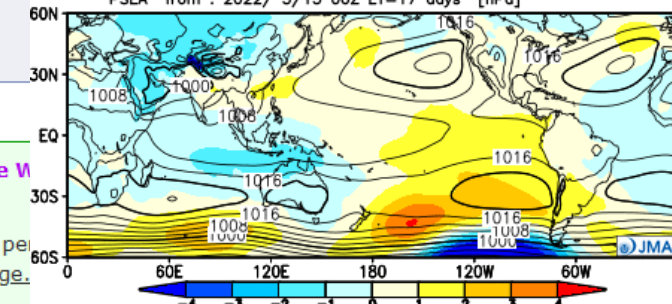
PSI200 from : 2022/ 5/15 00Z LT=17 days *1.0E6[m**2/s]



PSI850 from : 2022/ 5/15 00Z LT=17 days *1.0E6[m**2/s]



PSEA from : 2022/ 5/15 00Z LT=17 days [hPa]



<https://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/model/index.html> → 最新の予測資料を見てください



ありがとうございました