

季節予報概論

気象庁気象研究所気候研究部第二研研究室

前田 修平

smaeda (at) mri-jma.go.jp

私の履歴（気象庁業務歴）

- 1979-1983 気象大学校：卒論「基本流と擾乱の弱非線形相互作用」
- 1984-1988 富山地方気象台、新潟地方気象台：降雪の予測
- 1989-1995 予報部長期予報課：ブロッキングの解析、1993冷夏/1994暑夏対応、梅雨問題対応、アンサンブル1か月数値予報開始
- 1996-1997 気候・海洋気象部海務課：気象審議会「今後の気候情報のありかた」
- 1998-2000 気象研究所気候研究部第四研究室：ブロッキングの持続メカニズム、温暖化による帯状平均場の変化、第3期温暖化特研の要求
- 2001-2014 地球環境・海洋部気候情報課：アンサンブル3か月数値予報開始、2003冷夏/2004暑夏/平成18年豪雪対応、1か月予報の初期摂動作成に関する京大との共同研究、異常気象分析検討会設置、異常天候早期警戒情報の提供開始、気候リスク対策官の設置（気候情報の利活用促進）、農研機構との共同研究、アパレル・ファッション産業協会との共同調査、季節予報の前任予報官・エルニーニョ情報管理官としての情報作成・解説、環境推進費による温暖化研究の実施（CMIP3/5の解析）
- 2015- 気象研究所気候研究部第二研究室：

* 平成元年から気候に関する仕事、今年で27年目

講義の狙い

- 日々の天気予報や週間天気予報は、主に大気の総観規模擾乱の予測に基づいて作成される。
- 一方、1か月予報や3か月予報などの「季節予報」は、惑星波など総観規模擾乱より時間スケールが長く空間スケールも大きい大気の現象、また、エルニーニョ現象などの大気海洋結合系の現象の予測に基づいて作成される。
- この講義では、季節予報の概要を理解するとともに、これら関連する現象とその予測の概要を、実際に観測された事例と地球流体力学の知識を用いて理解する。

集中講義のプログラム

I: 1月25日、1320-1450

季節予報の概要

II: 1月25日、1500-1630

季節予報に関わる大気/海洋現象(1)大気大循環、季節変化、中高緯度大気

III: 1月25日、1640-1810

季節予報に関わる大気/海洋現象(2)熱帯大気、エルニーニョ/ラニーニャ現象

IV: 1月26日、1000-1130

季節予報の予測システムと予報事例

V: 1月26日、1140-1310

季節予報の利活用促進の取り組み～サンダルとゴキブリと季節予報～

VI: 1月26日、1500-1630

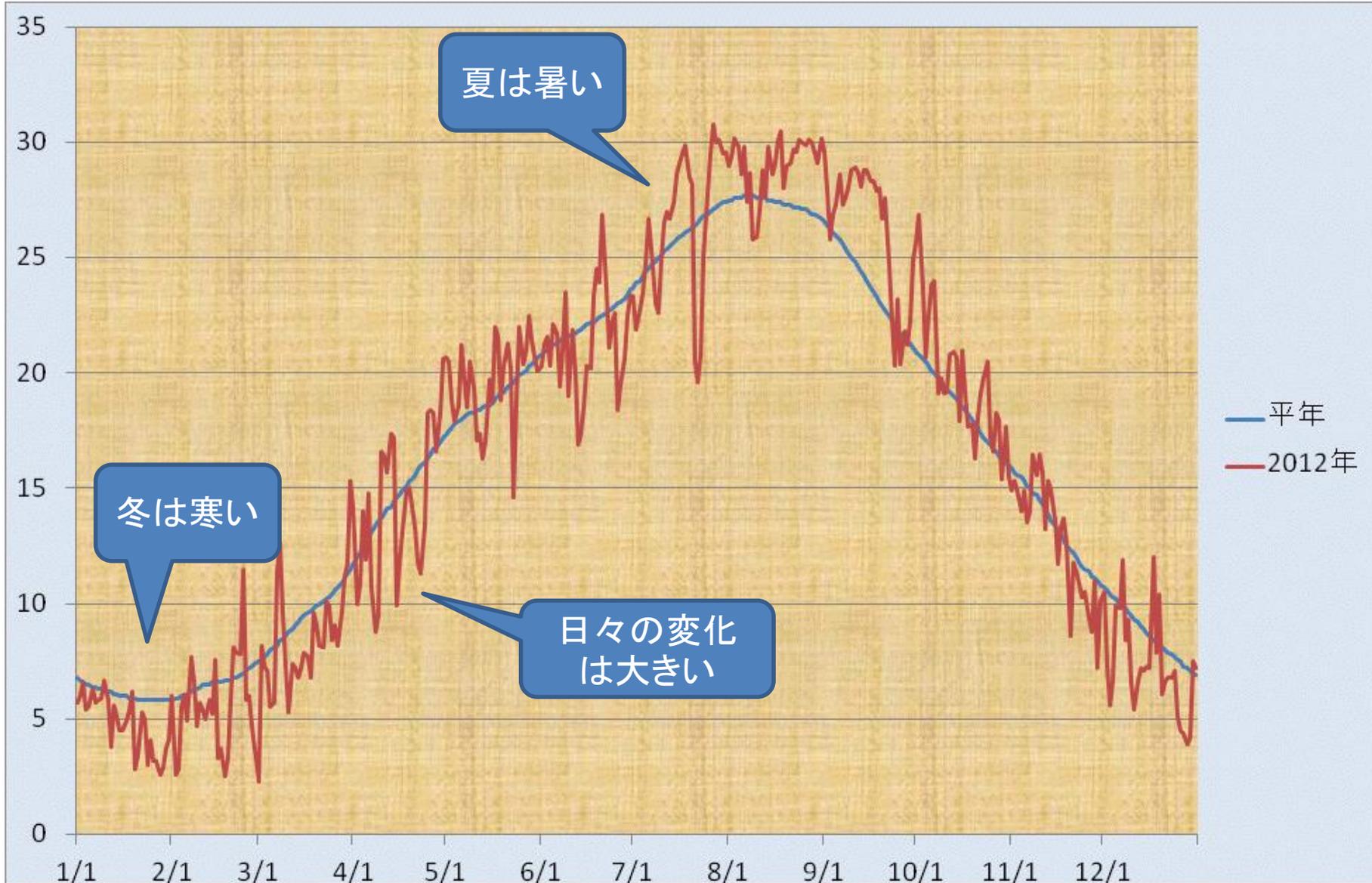
セミナー: 2014/15エルニーニョ現象とその影響

* 講義資料には、気象庁が実施している季節予報担当者向けの研修資料(季節予報研修テキスト、Web技術指導、東京気候センター(TCC)研修資料)から多くを引用しました。

I: 1月25日、1320—1450
季節予報の概要

2012年の東京の日平均気温

°C

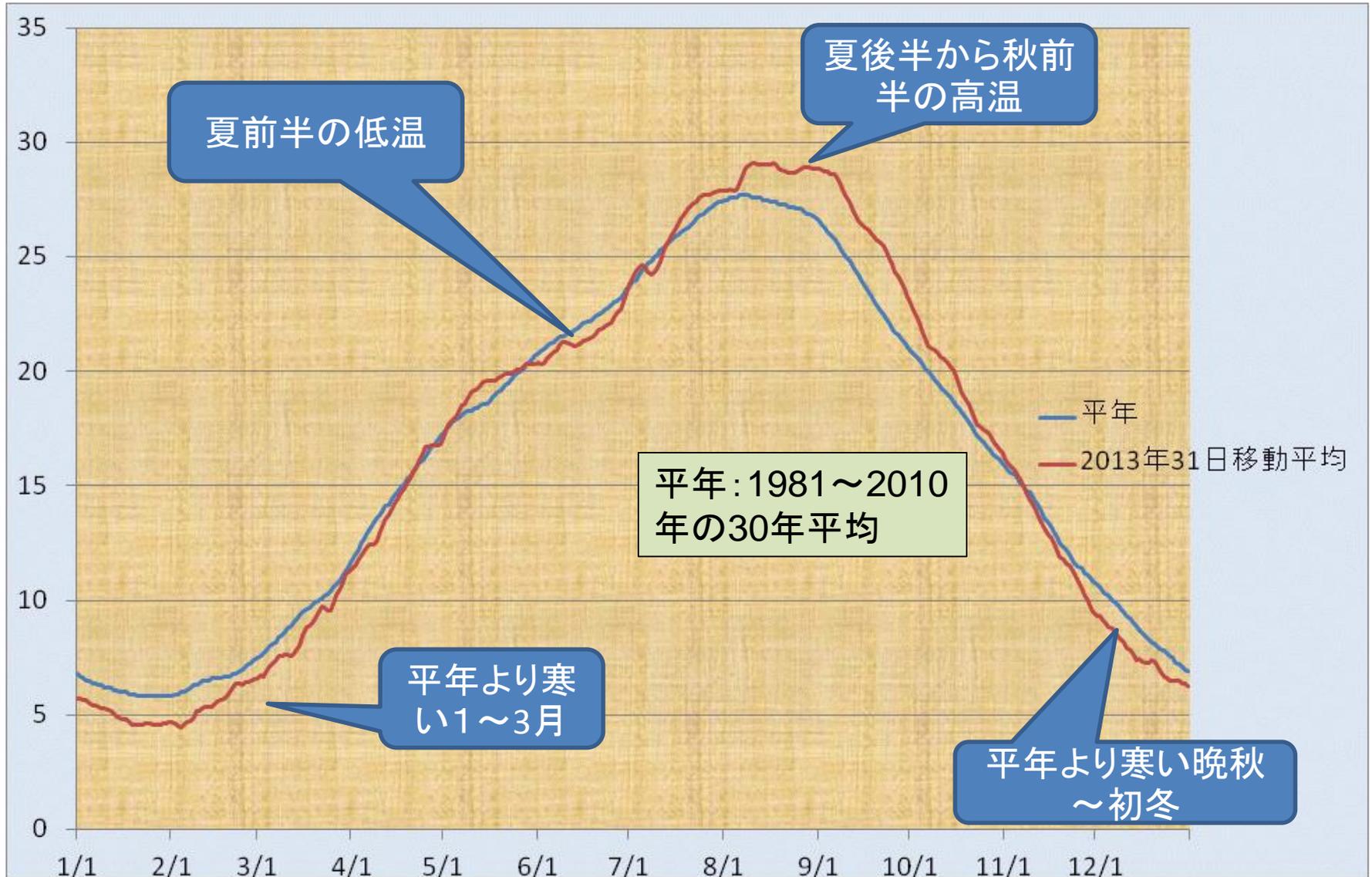


2012年の東京の日平均気温 (7日移動平均)



2012年の東京の日平均気温 (31日移動平均)

°C



平年から隔たった天候の影響例(平成22年夏の猛暑)

【食料分野】

コメの品質低下

1等米激減

猛暑響き農家苦境 所得補償も値下げ要因

今年夏の猛暑は、全国的に稲作被害をもたらした。農家は、収穫量が減少し、品質も低下した。また、高温による米の品質低下も懸念されている。農家は、所得補償を受けつつも、米の価格も値下げを余儀なくされている。

品名	単収(kg/ha)	品質(%)
1等米	4,200	85%
2等米	3,800	80%
3等米	3,500	75%
4等米	3,200	70%
5等米	2,800	65%

(平成22年10月18日 朝日新聞)

野菜・果樹の品質低下等

猛暑、作物に打撃

定植「雨待ち状態」 割れ果、果実

猛暑による作物の品質低下が懸念されている。定植後の雨待ち状態が続く中、果樹では割れ果や果実の品質低下が報告されている。農家は、雨の降りを待ちつつ、被害の軽減を模索している。

(平成22年9月3日 日本農業新聞)

畜産への影響

猛暑で家畜大量死

牛乳・豚肉供給に影響 需給締まり価格上昇

猛暑による家畜の大量死が報告されている。牛乳と豚肉の供給に影響を及ぼし、需給が締まり、価格が上昇している。農家は、暑熱対策を急いでいる。

(平成22年9月14日 日本経済新聞)

水産への影響

サンマの不漁

わずか2度の温度差で

サンマの不漁が続いている。わずか2度の温度差で、漁獲量が激減している。漁民は、原因を調査している。

(平成22年8月30日 東京新聞)

養殖業への被害

養殖魚、軒並み高騰

猛暑で赤潮被害

猛暑による赤潮被害が報告されている。養殖魚の価格が軒並み高騰している。農家は、被害の軽減を模索している。

(平成22年8月28日 日本経済新聞)

【自然生態系分野】

樹木枯れ

猛暑広がるナラ枯れ

猛暑によるナラ枯れが報告されている。樹木の枯死が拡大している。自然生態系への影響が懸念されている。

(平成22年8月30日 産経新聞)

世界遺産・屋久島で

季節予報はどんな予報か？

天気予報

天気予報や週間天気予報では、日々の天気、気温や降水量などを予報する。

季節予報

季節予報では、週～月～3か月間などの平均的な気温や降水量、天候等の大まかな傾向を、平年と比較しつつ予報する。

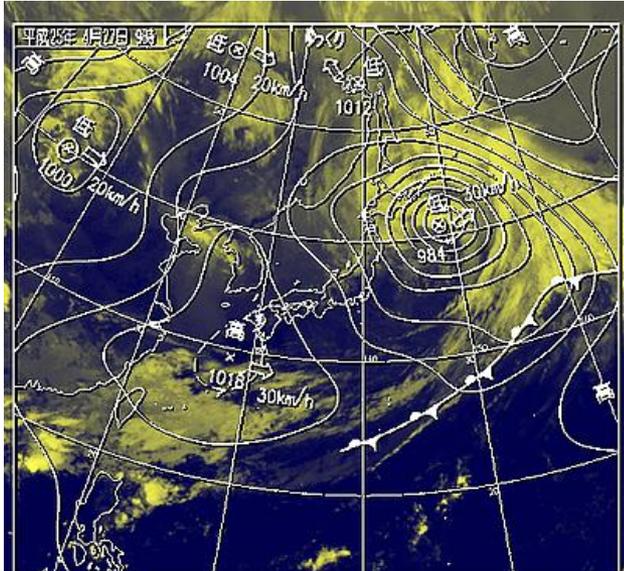
気象庁の季節予報

種類	発表日時	概要
異常天候早期警戒情報	原則月・木曜日 14時30分	5日後から14日後までの間の7日間平均気温が「かなり高い」または「かなり低い」となる天候の可能性等
1か月予報	毎週木曜日 14時30分	向こう1か月間の平均気温、降水量、日照時間、降雪量等
3か月予報	毎月25日頃 14時	3か月平均気温、降水量、降雪量等
暖候期予報	2月25日頃 14時	夏（6～8月）の平均気温、降水量等
寒候期予報	9月25日頃 14時	冬（12～2月）の平均気温、降水量、降雪量等

天気予報と季節予報での対象とする大気の現象の違い

天気予報

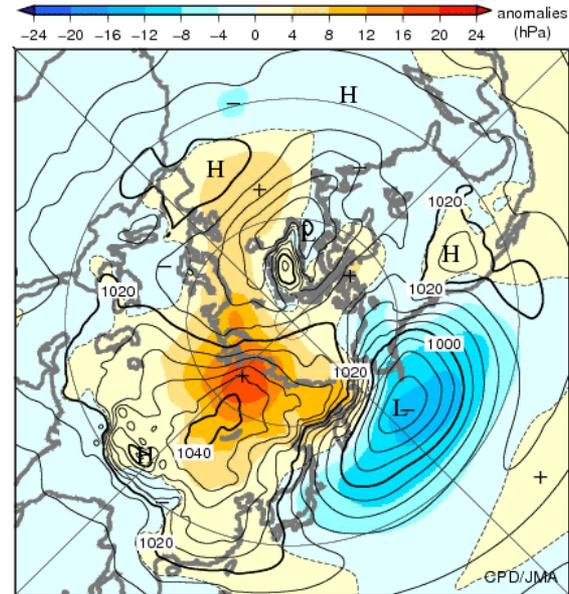
平成25年4月27日9時の地上天気図と気象衛星「ひまわり」の画像



低気圧の影響で北海道を中心に雨、移動性高気圧に覆われて東・西日本では晴れ。低気圧の後面に寒気が入り、気温は低め

季節予報

平成17年12月の月平均地上天気図。色は平年からの差

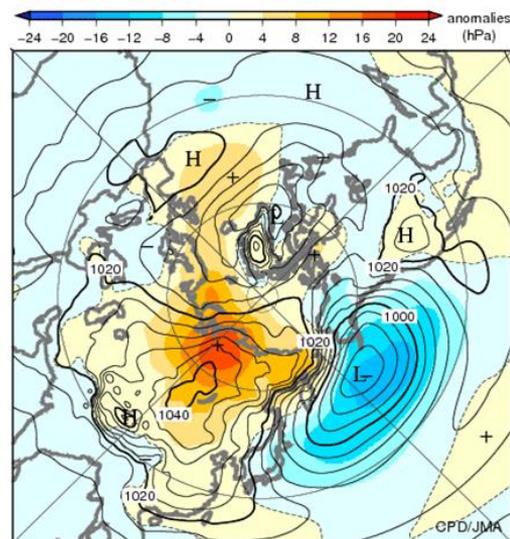


平年に比べ、シベリア高気圧とアリューシャン低気圧が強いため、西高東低の冬型の気圧配置が明瞭。冬の季節風が強く、全国的に低温で、日本海側では多雪。

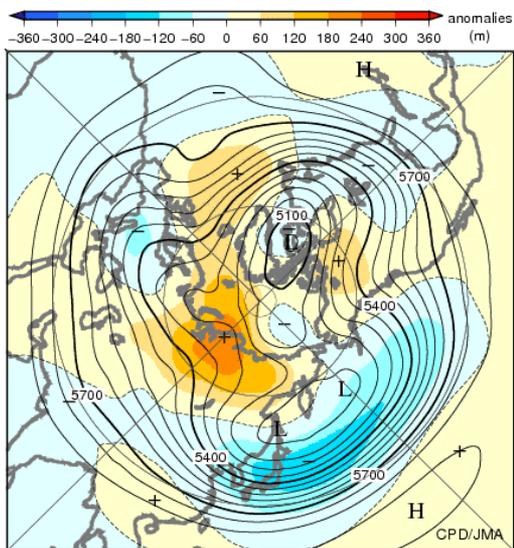
季節予報は、(天気予報よりも)大きく、寿命が長い大気現象の予測に基づいて行う。

平成17年12月の平均天気図

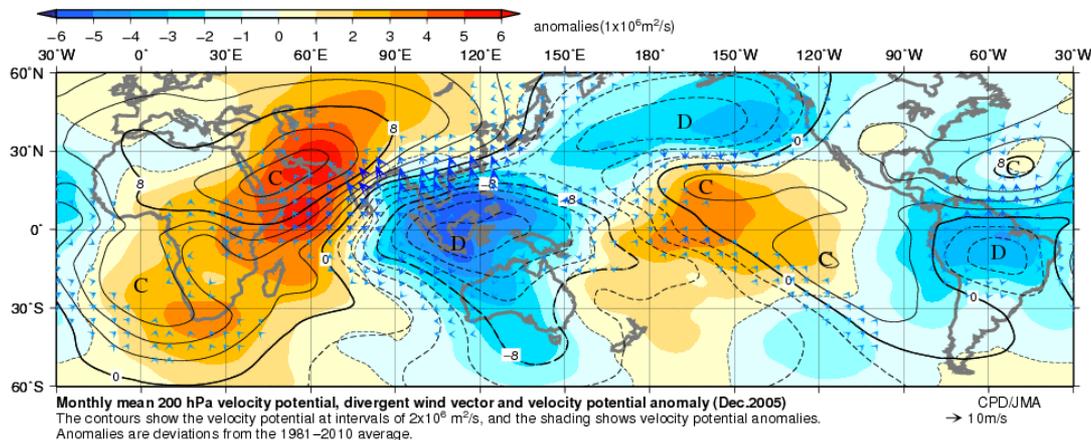
海面気圧。色は平年からの差



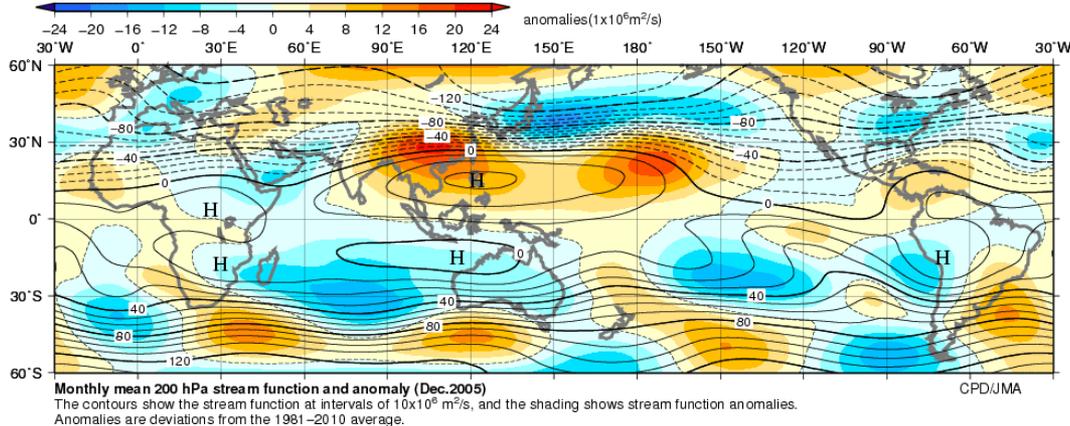
500hPa高度。色は平年からの差



200hPa速度ポテンシャル、発散風偏差。色は平年からの差

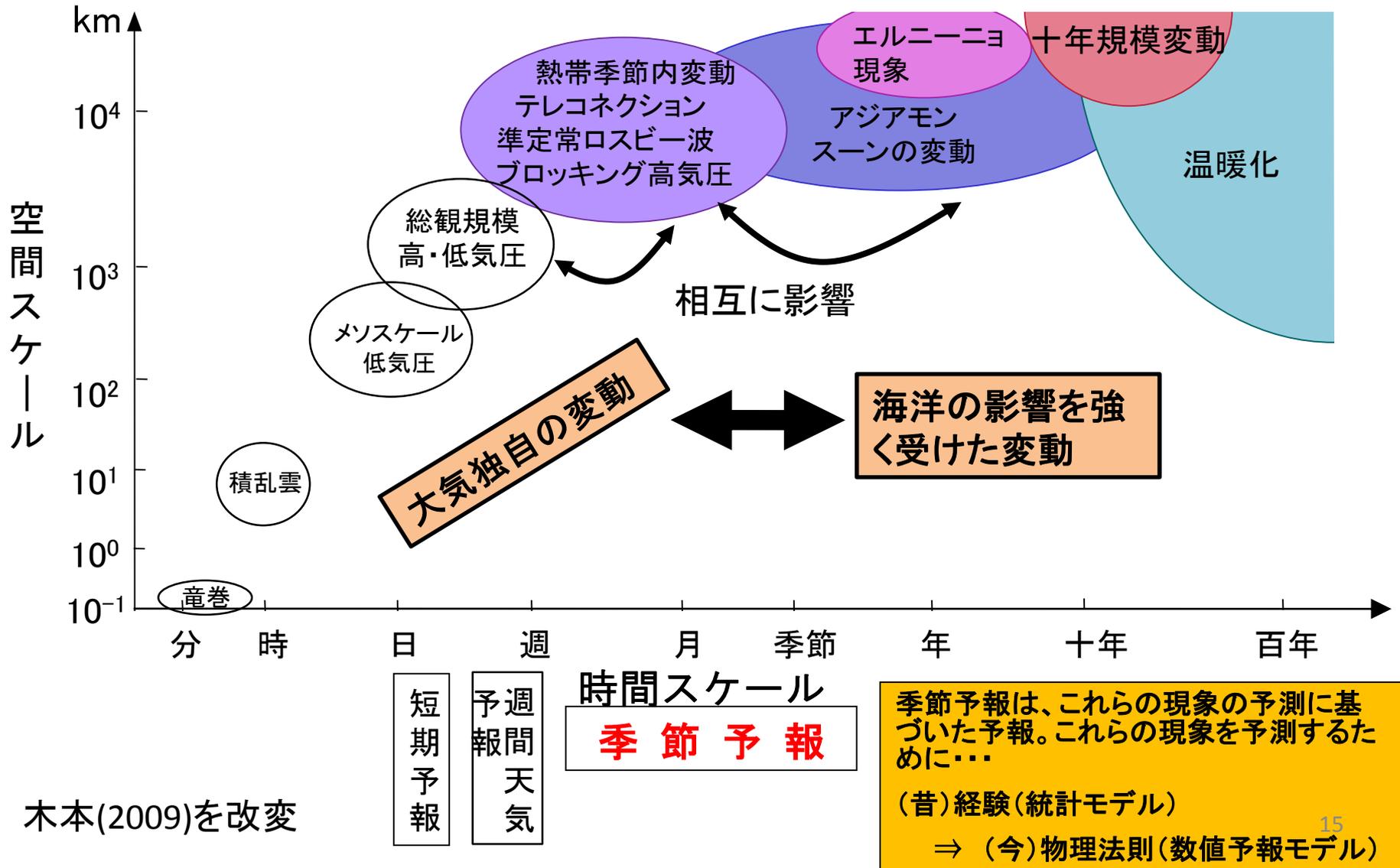


200hPa流線関数。色は平年からの差



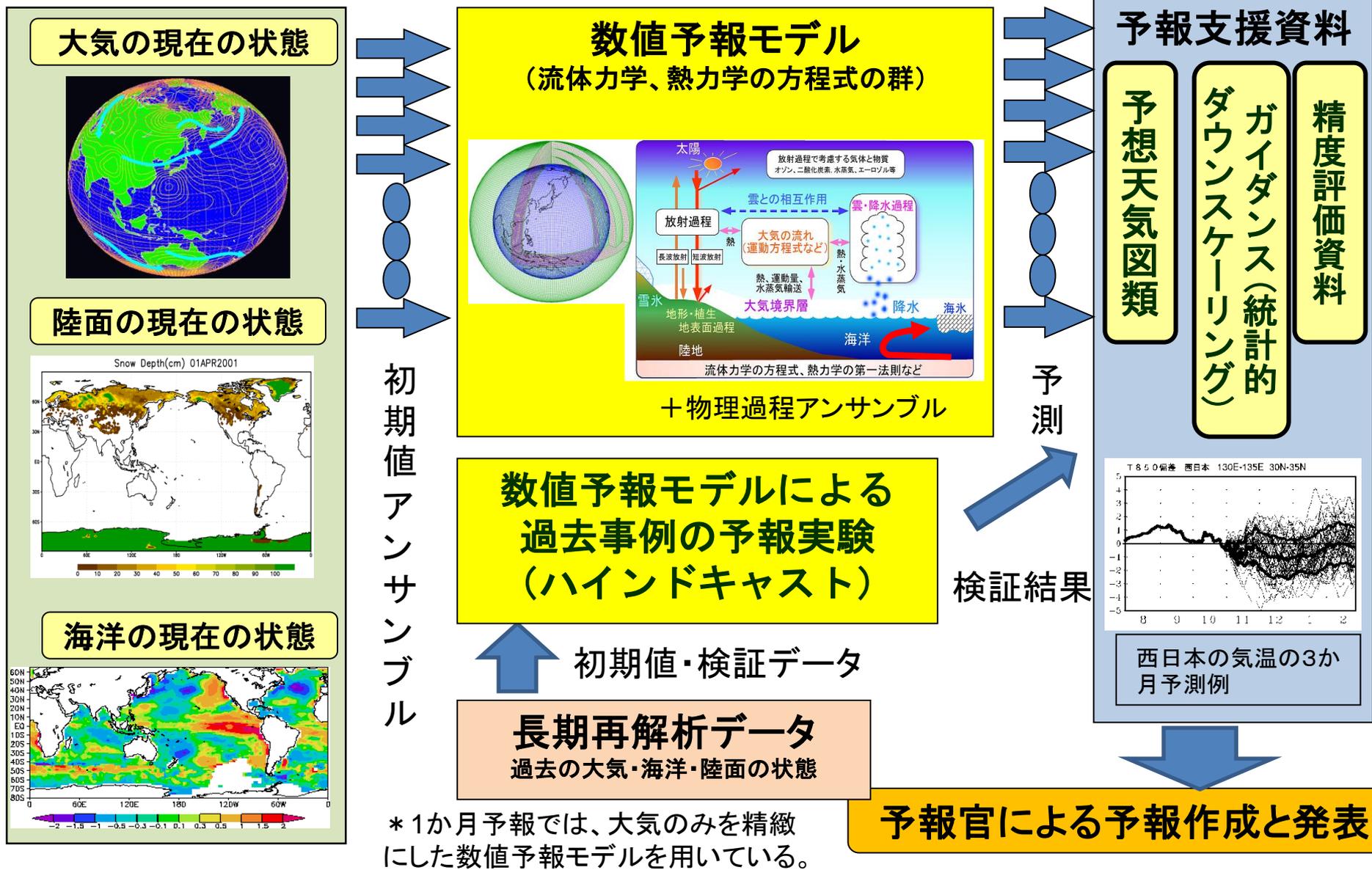
強い冬型の気圧配置、偏西風の大きな蛇行
(中・高緯度と亜熱帯)、インドネシア付近での
強い上層発散、、、『平成18年豪雪』

季節予報が対象とする現象とその時空間スケール



木本(2009)を改変

どうやって予報しているのか？



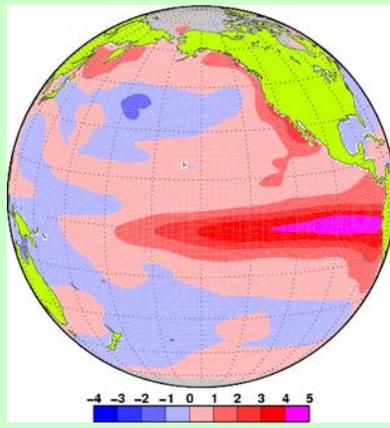
季節予報はなぜ可能なのか？

- ・季節予報の時間スケールで予測可能な、ゆっくりと変動する現象があるため。
 - 1か月予報では、大気内部の「長周期変動」が重要。

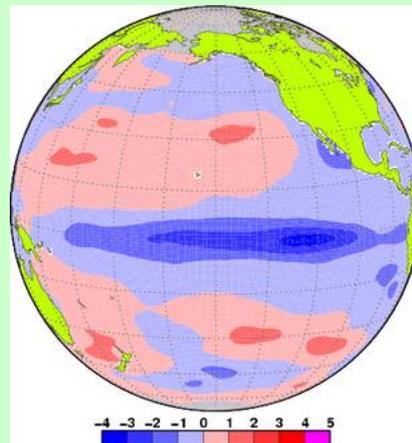
熱帯季節内変動
テレコネクション
準定常ロスビー波
ブロッキング

- 3か月予報では、海洋の影響を受けた大気的外部変動が重要。特に、気候システムの最も顕著な年々変動であり、予測も可能なエルニーニョ/ラニーニャ現象に伴う大気の変動。

エルニーニョ現象



ラニーニャ現象



エルニーニョ
現象

アジアモン
soonの変動

季節予報にとって
のシグナル！

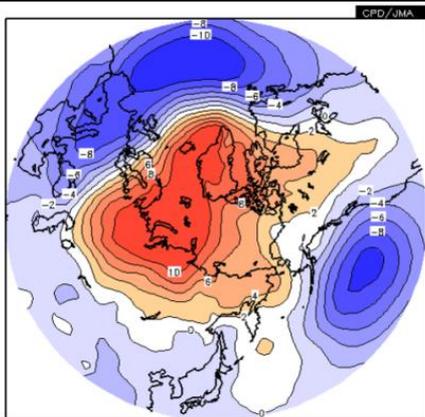
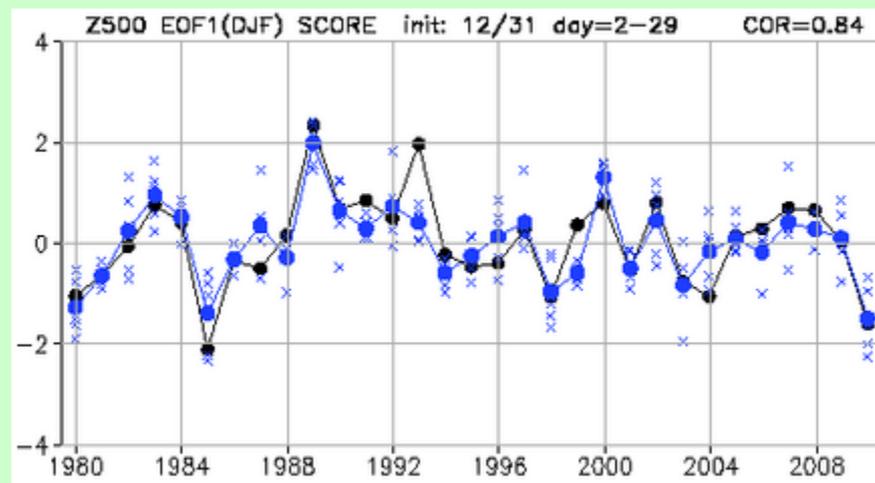
月平均海面水温平年偏差
1997年11月(左)、1988年12月(右)

1か月予報による北極振動の予測

北極振動の予測:

●:実況 ●:予測

北半球大気の大規模な変動のひとつ。北極域の寒気の中緯度への放出に関連し、日本の天候にも影響を与える。右図は、その指標である冬の北半球500hPa高度第1主成分（北極振動に対応）の予測精度。1979～2009年の12月31日初期値の1月2日～1月29日の28日平均の予測。



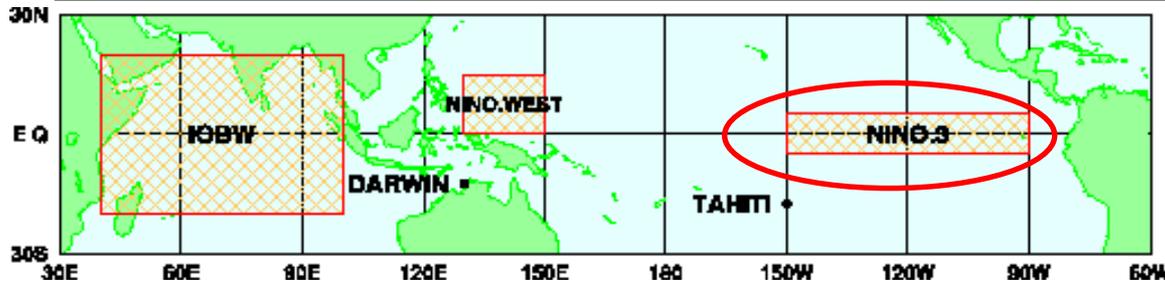
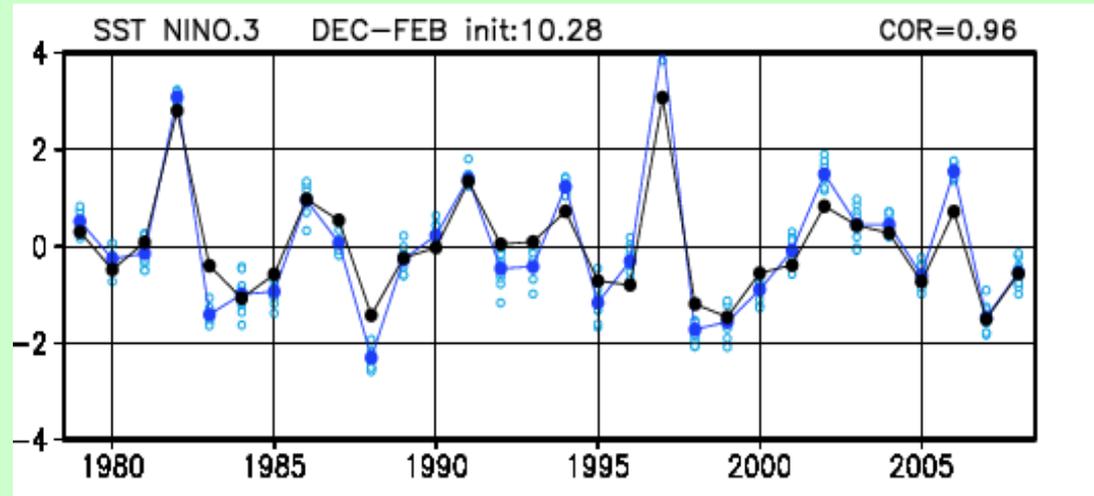
1か月予報の時間スケールでの北極振動の予測は十分可能(シグナルとなる)

3か月予報によるエルニーニョの予測

エルニーニョ現象の予測:

●:実況 ●:予測

エルニーニョ監視海域の海面水温(NINO.3)の予測精度。1979~2008年の10月28日初期値の12~2月の予測:



エルニーニョ現象は半年程度先ならば予測は十分可能

季節予報はなぜ難しいのか？

- 大気の変動には「カオス」的性質があるため
- 中高緯度における大気の変動は、海洋の影響が小さい大気の「内部変動」成分が大きい。
- 大気の内変動には「現在」のちょっとした違いが「将来」の大きな違いとなる「カオス」的性質があり、予報期間が長くなると予測が難しくなる。

季節予報にとってのノイズ

- ・大気、海洋、陸面、海氷などの「気候システム」を構成するコンポーネントとそれらが相互に作用しあつた変動について、観測により実況を把握し、予測する必要があるため

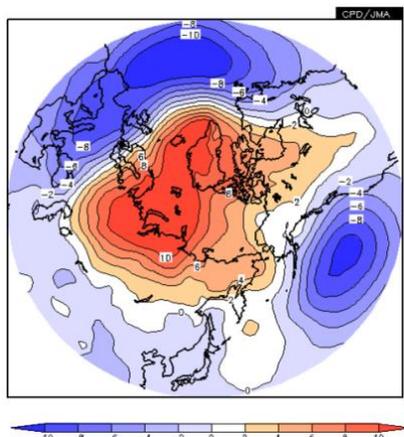
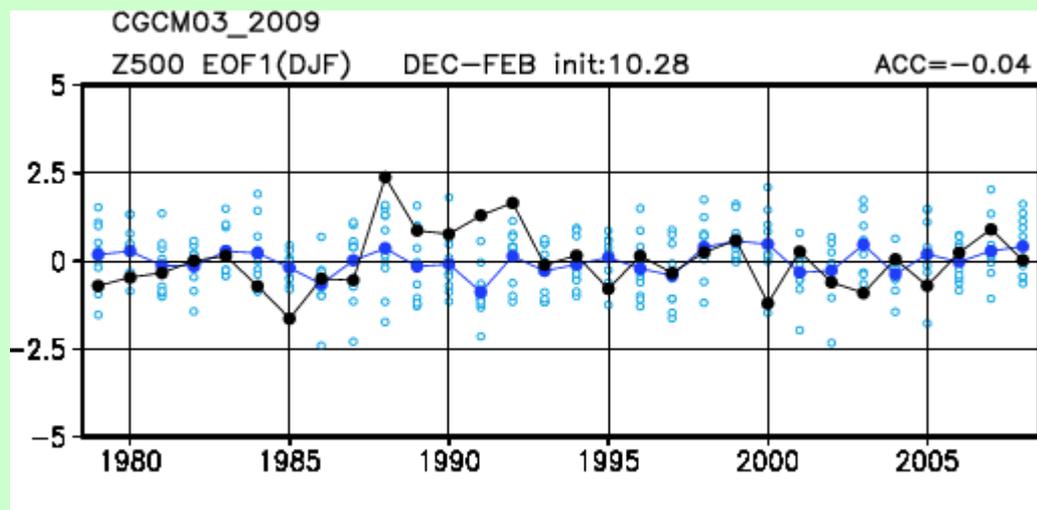
観測の充実や数値予報モデルの精緻化で対応

3か月予報による北極振動の予測

北極振動の予測:

●:実況 ●:予測

北半球大気の大規模な変動のひとつ。北極域の寒気の中緯度への放出に関連し、日本の天候にも影響を与える。右図は、その指標である冬の北半球500hPa高度第1主成分(北極振動に対応)の予測精度。1979~2008年の10月28日初期値の12~2月の予測。



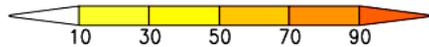
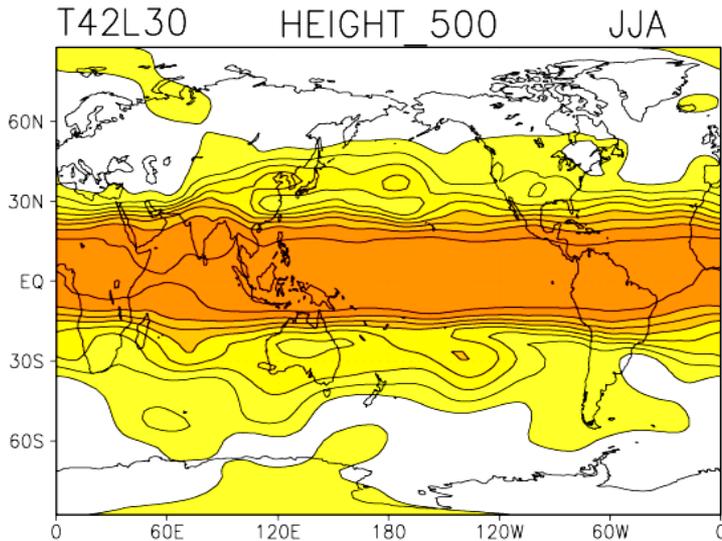
現状では3か月予報の時間スケールでの北極振動の予測は、(いまのところ)困難

3か月平均場の予測可能性

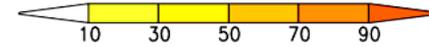
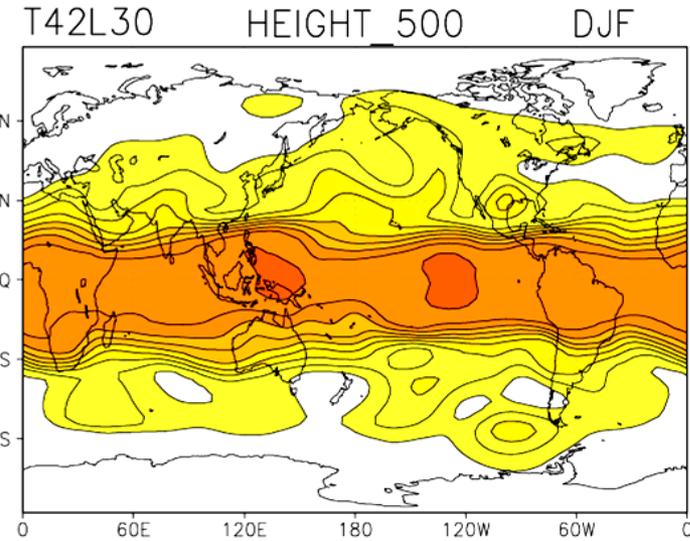
夏(6~8月)と冬(12~2月)の500hPa高度

$$R^2 = \text{Signal} / (\text{Signal} + \text{Noise})$$

夏 JJA



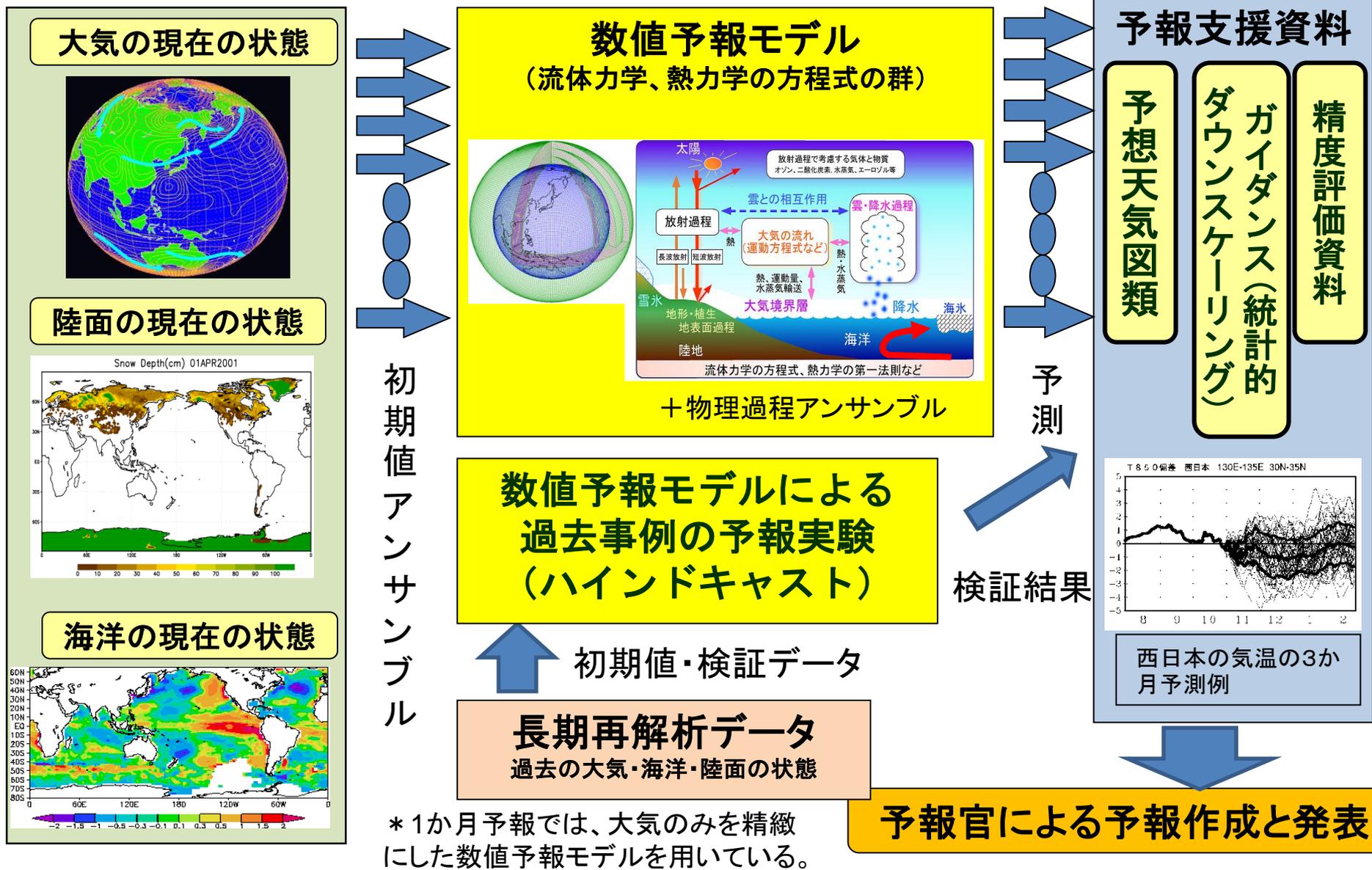
冬 DJF



Sugi 2002

- ・海面水温が「完全に予測」された場合に、大気の変動の何%が予測可能か見積もった。
- ・日本付近では、大気の変動の20~40%程度が予測可能。

どうやって予報しているのか？

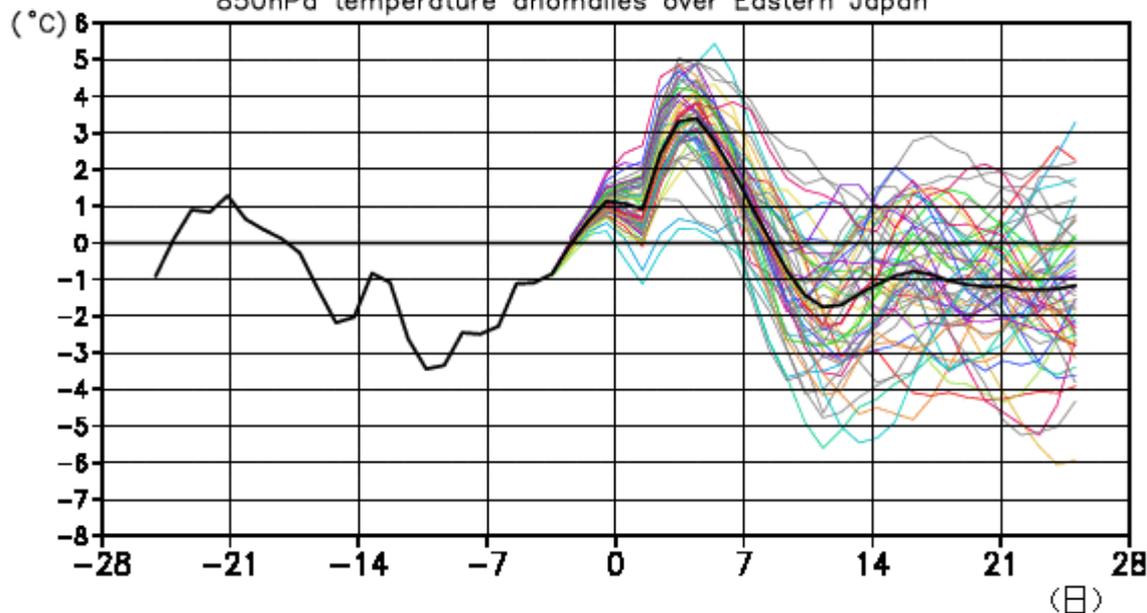


どうやって予報しているのか？

- 現在の状態を正確に把握することは不可能、かつ、大気はほんの少しの違いが将来の結果を大きく変える(カオス)特性を持っている。
- これらに対応するため、少しずつ異なる50個の数値予報の結果から確率的な予報を行っている(アンサンブル予報)。

850hPa気温偏差 東日本 (135E-140E, 35N-37.5N)

850hPa temperature anomalies over Eastern Japan

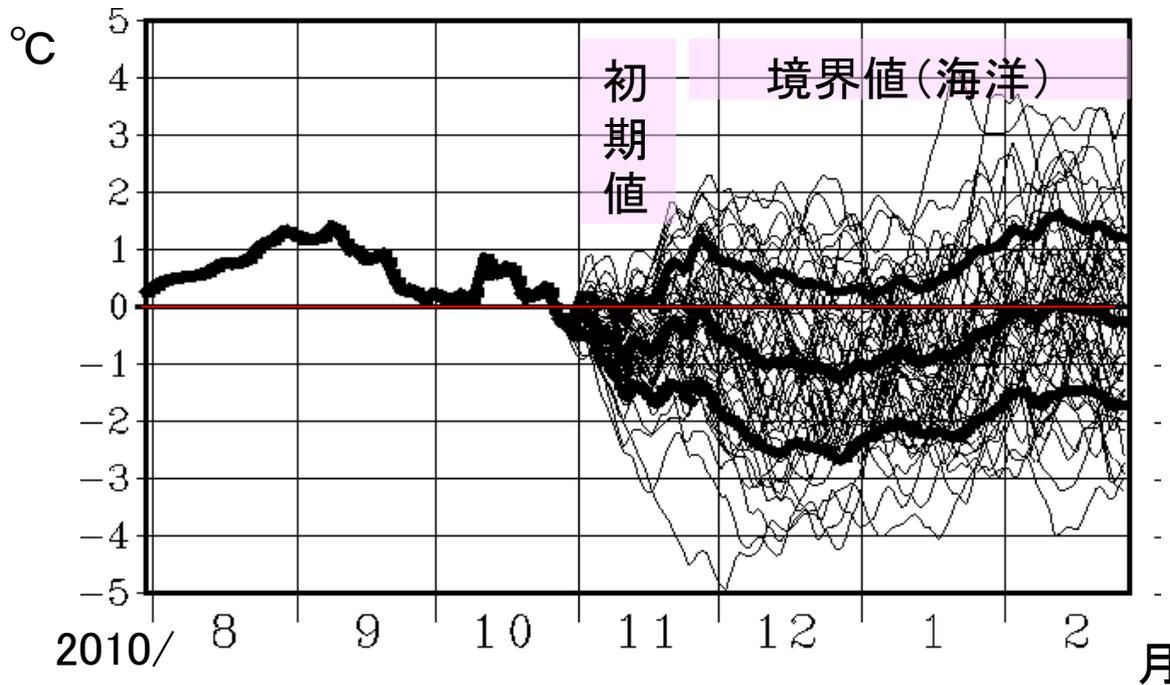


1か月アンサンブル予報による東日本の1500m上空の気温の予測例
(50個の予測の重ね合わせ)

シグナルは、初期値と境界値から

季節予報モデルにより予測される大気の変動
＝予測可能な変動(シグナル)＋不可能な変動(ノイズ)
シグナル1(1か月まで):初期値が持っている情報
↓↓ 次第にボタンタッチ
シグナル2(2か月以降):海洋(の初期値)が持っている情報

例:2010/11年冬の西日本上空の気温偏差(30日移動平均)の予測



細黒線:各メンバーの予測
太黒線:観測、アンサンブル平均、アンサンブル平均±σ

季節予報技術に求められること

季節予報にとってのSignalとNoiseを
適切に予測すること

- 大気、海洋、陸面の観測と解析技術
- 気候システムの変動を予測できる大気海洋結合モデル
- 予測の「不確実性」を適切に推定できるアンサンブル予報技術
- 過去事例を対象とした大規模な予報実験と評価
- 予報実験結果を用いた予測の補正技術

近年における主な技術の進展と業務改善 (季節予報と異常気象情報関連)

1995年: 海洋データ同化の開始

1996年: 1か月アンサンブル数値予報の導入と確率予報の開始

1999年: 大気海洋結合モデルによるエルニーニョ予測の開始

2003年: 数値予報モデルによる3か月、暖・寒候期予報の開始

2006年: JRA-25長期再解析の完了

2007年: 異常気象分析検討会の設置

2008年: 異常天候早期警戒情報の開始

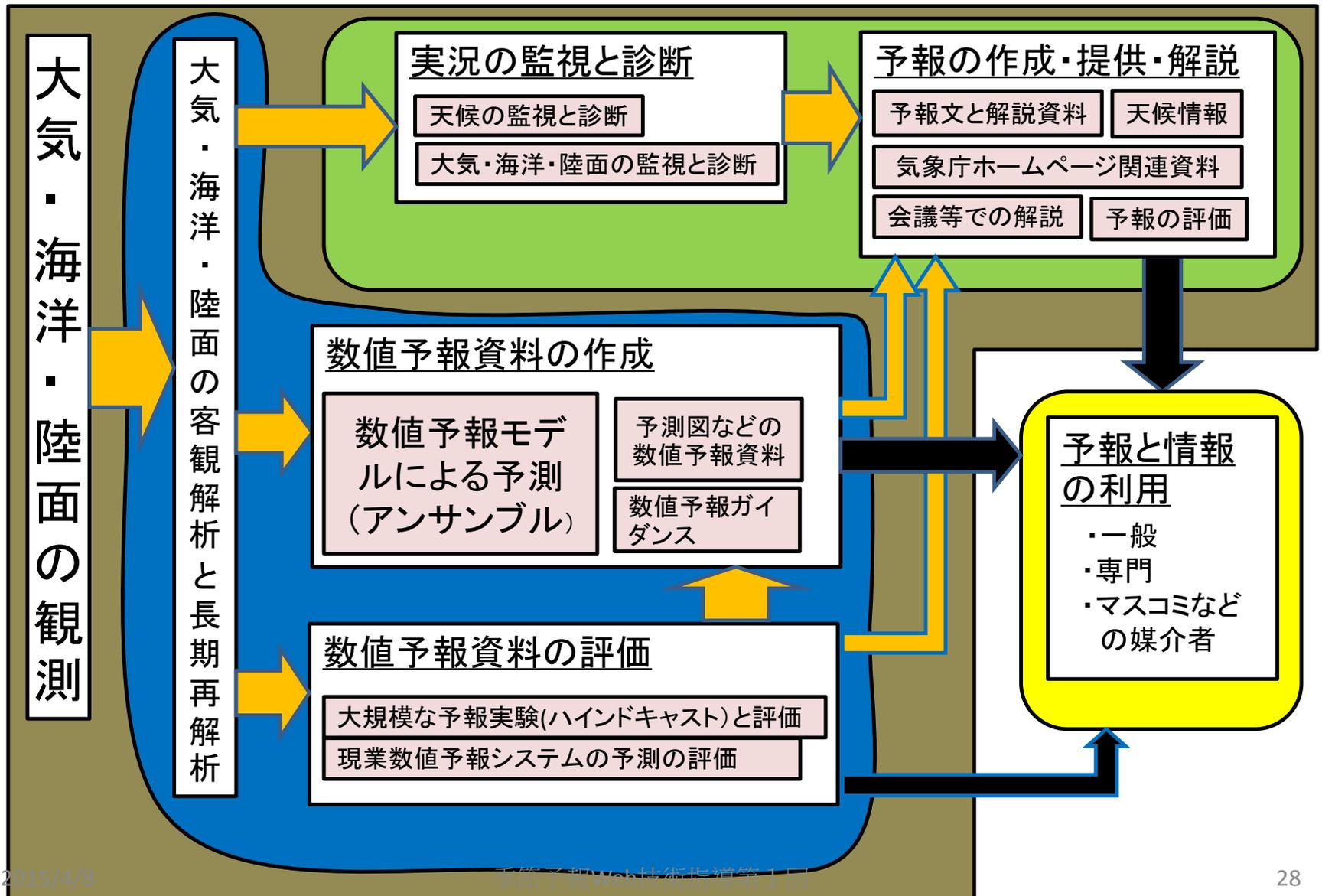
2009年: エルニーニョ監視速報の拡充(インド洋と西太平洋熱帯域)

2010年: 大気海洋結合モデルによる3か月、暖・寒候期予報の開始

2013年: JRA-55長期再解析の完了

2015年: 大気海洋結合モデルの更新

予報官の役割

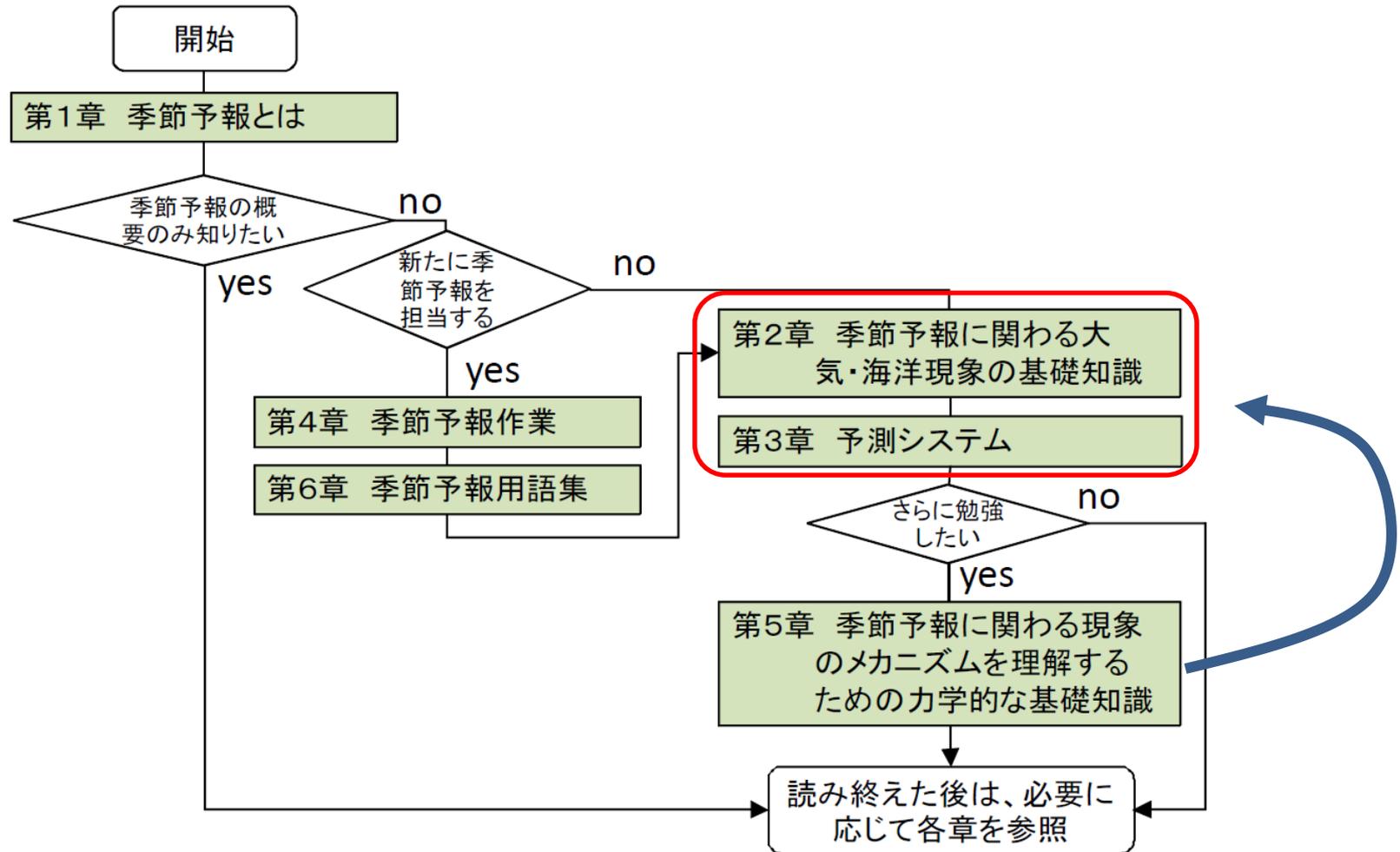


季節予報を行うために必要な知見

- 1) 日本あるいは地方の天候に関する知見
- 2) 季節予報に関する大規模な大気・海洋の変動とそれらが天候に与える影響に関する知見
- 3) 季節予報に関する大規模な大気・海洋の変動の予測可能性に関する知見
- 4) 予測資料とその特性(予測精度を含む)に関する知見
- 5) 天候が社会に与える影響と対策に関する知見

季節予報作業指針(H25.3)

～基礎から実践まで～



*気象庁内の担当者向けに作成。だが、気象業務支援センターからも市販。2700円。

2	季節予報に関わる大気・海洋現象	14
2.1	はじめに	14
2.2	日本の天候の季節変化	17
2.3	日本の天候の季節変化をもたらす大気循環場の季節変化	28
2.3.1	日本付近のジェット気流の変化とその要因	28
2.3.2	日本付近の移動性擾乱の活動の変化とその要因	37
2.3.3	停滞性の高低気圧及び前線の特徴と形成メカニズム	41
2.3.4	アジアモンスーンの季節変化	83
2.3.5	熱帯域大気循環・海面水温の季節変化	95
2.4	様々な時間スケールの大気・海洋の変動	103
2.4.1	偏西風の変動とテレコネクションパターン	103
2.4.2	熱帯季節内変動とその影響	112
2.4.3	エルニーニョ／ラニーニャ現象に代表される熱帯海洋変動とその影響	123
3	季節予報の予測システム	157
3.1	季節予報の予測可能性と確率予報	157
3.2	1か月予報と異常天候早期警戒情報の予報システム	168
3.3	3か月予報と暖・寒候期予報の予報システム	196
3.4	予報システムの今後の展望	216
5	季節予報に関わる現象のメカニズムを理解するための力学的な基礎知識	282
5.1	準地衡風近似による北半球中・高緯度大気の大規模な現象の理解	282
5.2	赤道 β 平面近似による低緯度の大気の大規模な循環の理解	306
5.3	熱帯大気と中・高緯度大気との関係	315