

難問：季節予測

1. 季節予報はどこで知ることができるのか
2. 1か月予測の方法は、毎日の天気予測と何が違うのか。
3. 3か月予測・暖候期予測の方法
4. 気象庁と気象研究所による季節予測モデル開発
5. 今後の季節予測の研究

尾瀬 智昭（気象研究所）

季節予報はどこで知ることができるのか。

アドレス http://www.jma.go.jp/jma/index.html

気象庁 Japan Meteorological Agency

English

サイトマップ サイト内検索 ご意見・ご感想

ホーム 防災気象情報 気象統計情報 気象等の知識 気象庁について 案内・申

防災気象情報

防災気象情報ガイド 気象情報サイトマップ よくある質問集

気象警報・注意報

気象情報

海上警報

台風情報

洪水予報

土砂災害警戒情報

津波警報・注意報

地震情報

東海地震関連情報

噴火予報・警報

天気予報

週間天気予報

季節予報 / 異常天候早期警戒情報

天気分布予報 / 時系列予報

解析雨量・降水短時間予報

天気図

レーダー・降水ナウキャスト

気象衛星

アメダス 地図形式 / 表形式

空港の気象

ウィンドプロファイラ(上空の風)

黄砂情報 実況図 / 予測図

紫外線情報

潮位観測情報

波浪観測情報

民間の気象情報サービス

気象統計情報

最新の気象データ(今日の最高・最低気温、24時間降水量、史上1位の更新状況など)

過去の気象データ検索

天気予報・台風 / 竜巻等の突風データベース / 地震・津波 / 火山 / 地球環境・気候

緊急地震速報について

トピックス

平成20年4月2日
さくらの開花予想(第5回)(東北地方)

平成20年4月1日
3月の天候
気象庁本庁業務継続計画の策定について

平成20年3月31日
アメダスセンターシステムの障害について
津波警報・注意報に関する解説ページの掲載について

さくらの開花予想(第5回)(東北地方)
2008年のさくらの開花・満開状況

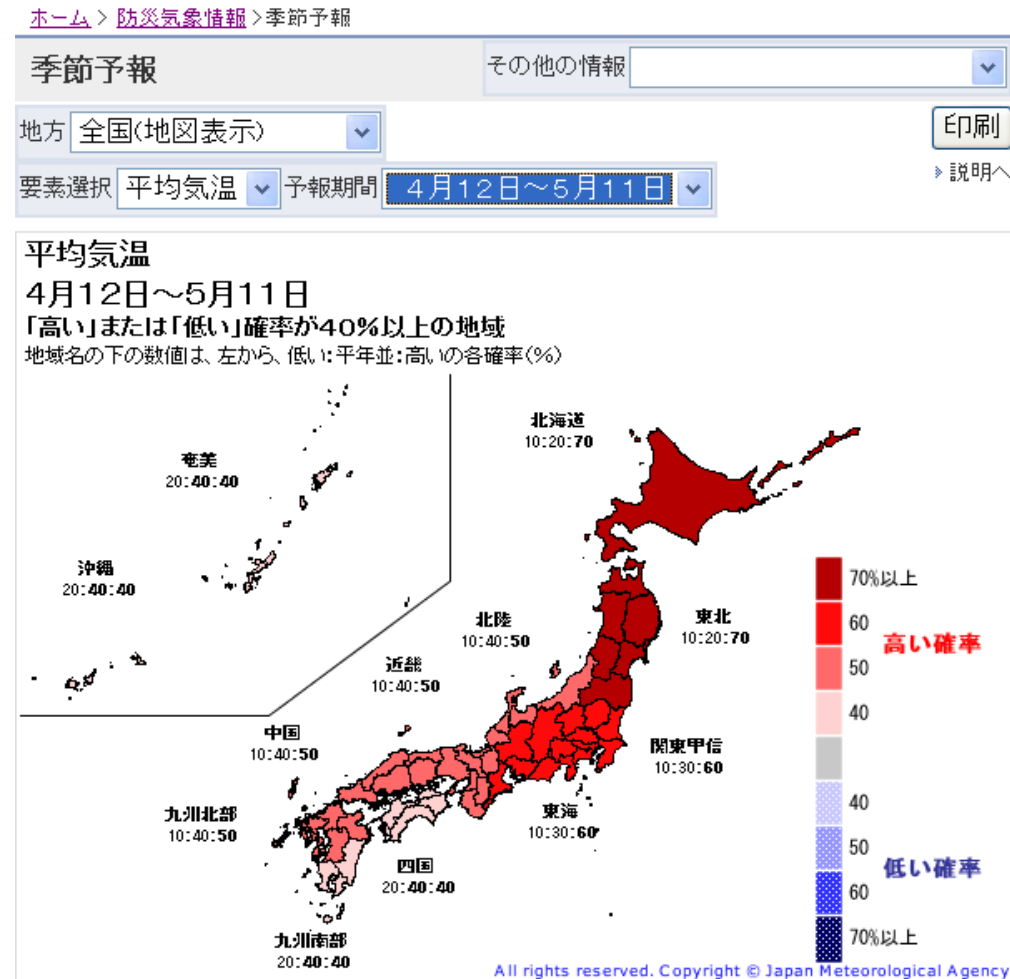
緊急地震速報に係る悪質商法や不審な人物などにご注意
ビデオ「その時、あなたははどうする! 緊急地震速報のしくみ」

リーフレット「気象庁は12月1日から噴火警報、噴火警戒レベル」

地球環境ポータルサイト

はれるんランド
はれるんランド
小学校高学年以上を対象とした子供向け

季節予報の特徴



- 期間や場所を平均。

- 確率を使って表現。

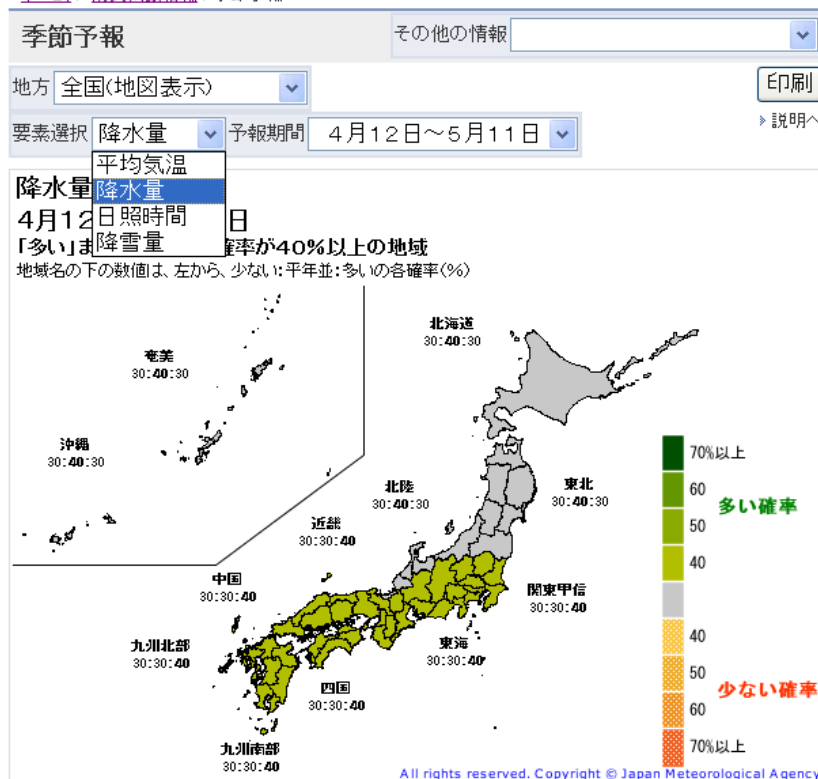
地図上をクリックすると各地方の詳しい予報がご覧いただけます。
1か月予報は毎週金曜日14時30分、3か月予報は毎月25日頃14時、暖候期予報は2月、
寒候期予報は9月の3か月予報と同時に発表します。

▶ [最新の異常天候早期警戒情報](#)

気象庁ホームページから

季節予報の種類

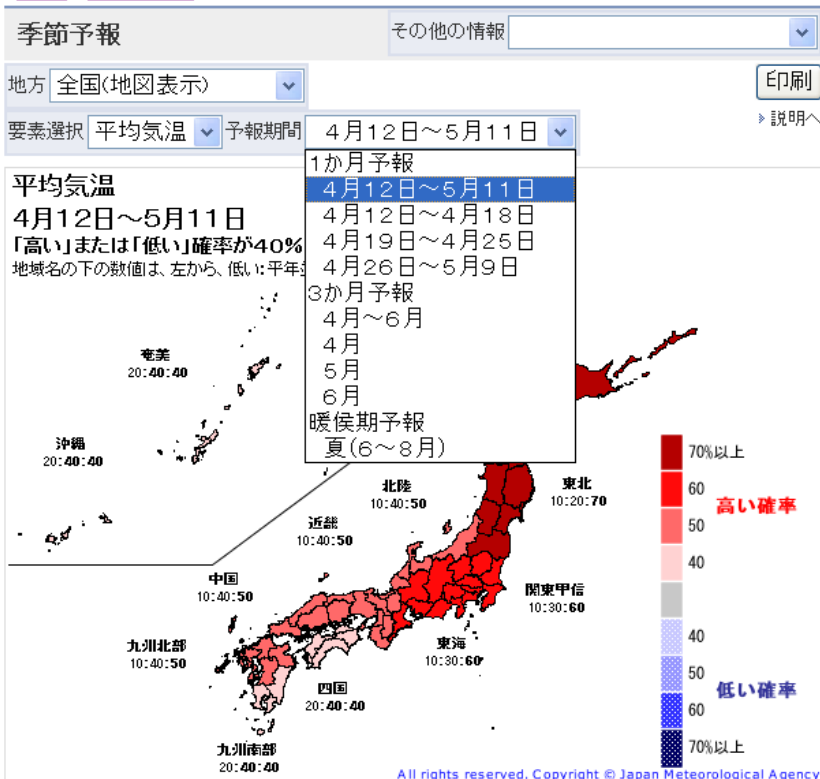
[ホーム](#) > [防災気象情報](#) > 季節予報



地図上をクリックすると各地方の詳しい予報がご覧いただけます。
1か月予報は毎週金曜日14時30分、3か月予報は毎月25日頃14時、暖候期予報は2月、寒候期予報は9月の3か月予報と同時に発表します。

[最新の異常天候早期警戒情報](#)

[ホーム](#) > [防災気象情報](#) > 季節予報



地図上をクリックすると各地方の詳しい予報がご覧いただけます。
1か月予報は毎週金曜日14時30分、3か月予報は毎月25日頃14時、暖候期予報は2月、寒候期予報は9月の3か月予報と同時に発表します。

[最新の異常天候早期警戒情報](#)

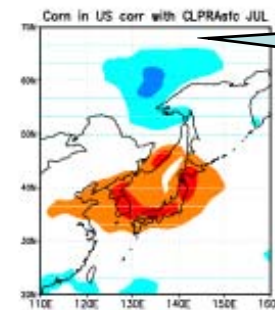
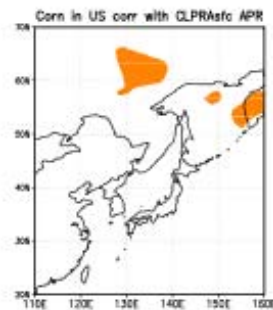
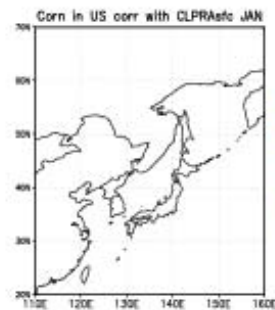
気象庁ホームページから

期間平均した気温の予測は利用できるのか

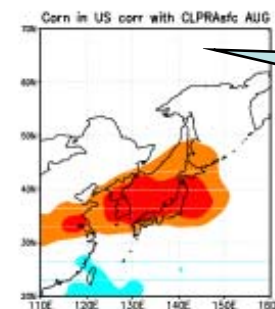
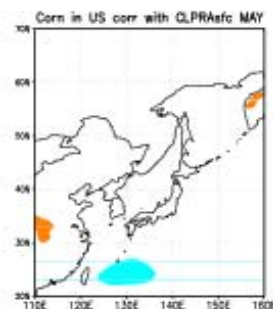
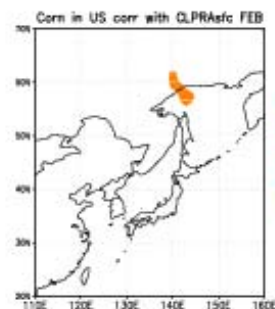
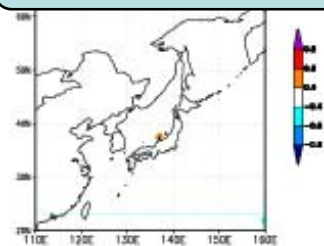
日本の米総生産高と月平均気温との関係

(1月から12月まで:1979-2004年の統計結果:米は5年ランニング平均からの差)

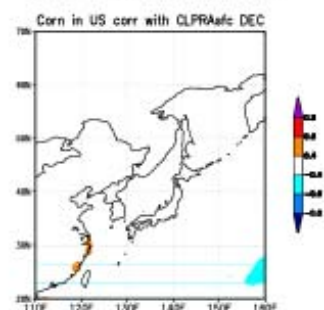
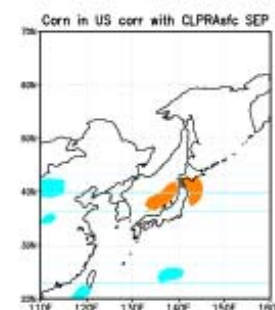
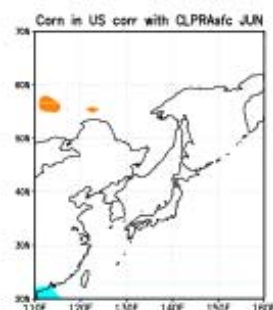
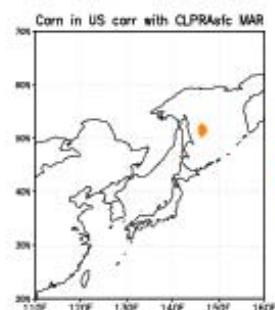
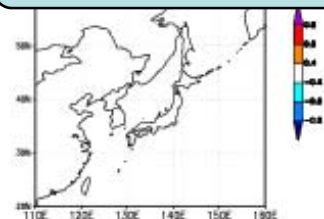
自給率
100%



7月



8月



海外からの輸入食料と気候との関係は。

アドレス <http://www.toukei.maff.go.jp/world/index.files/wagakunijisseki.htm>

品目別輸入実績

統計表の表示が一部欠けたり重なりすぎた場合は、ブラウザの「更新」をクリックして下さい。

2006年

[<↓ 輸出を見る>](#)

【輸入】 (上位30品目)

- [1位 たばこ](#)
- [2位 豚肉](#)
- [3位 製材加工材](#)
- [4位 とうもろこし](#)
- [5位 えび](#)
- [6位 チップ](#)
- [7位 合板](#)
- [8位 生鮮・乾燥果実](#)
- [9位 かつお・まぐろ類](#)
- [10位 牛肉](#)
- [11位 アルコール飲料](#)
- [12位 丸太](#)
- [13位 天然ゴム](#)
- [14位 大豆](#)
- [15位 小麦](#)
- [16位 鶏肉調製品](#)
- [17位 冷凍野菜](#)
- [18位 コーヒー豆\(生豆\)](#)
- [19位 さけ・ます](#)
- [20位 生鮮野菜](#)
- [21位 ペットフード](#)
- [22位 菜種\(採油用\)](#)
- [23位 ナチュラルチーズ](#)

◆エクセルファイルはここをクリック◆

品目別輸入実績 (とうもろこし)

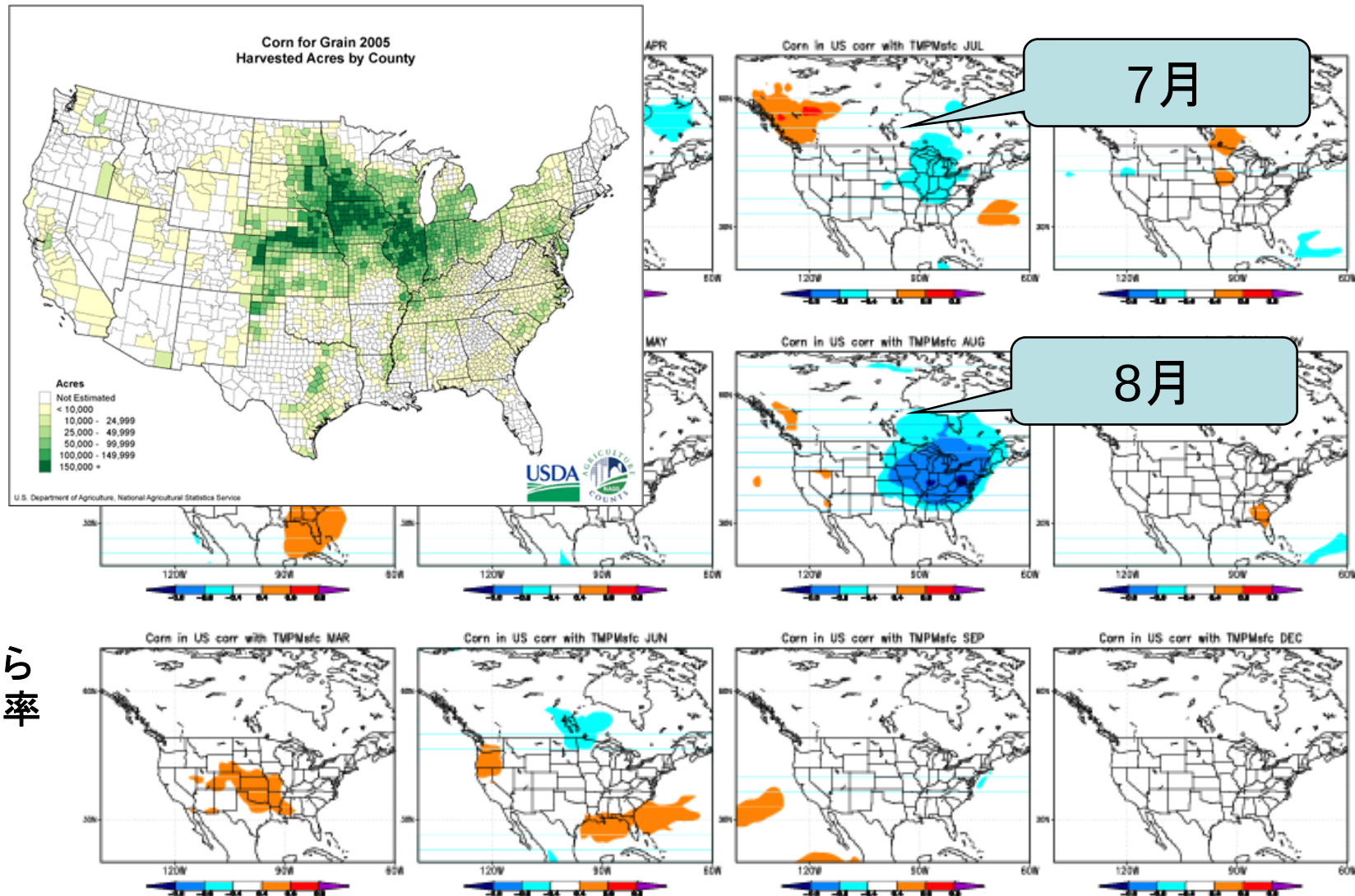
日本の自給率 (0%)

米国からの輸入率 (97%)

2006年			
国名	単位	数量	金額(千円)
世界(計)	MT	16,883,282	300,762,338
アメリカ合衆国	MT	16,340,690	289,565,057
中華人民共和国	MT	449,432	8,514,399
アルゼンチン	MT	79,384	1,406,753
フランス	MT	907	466,072
インドネシア	MT	6,196	200,279
ペルー	MT	992	130,198
タイ	MT	2,903	117,578
チリ	MT	289	84,057
オーストリア	MT	133	80,817
ドイツ	MT	142	80,290
オーストラリア	MT	1,343	48,100
ハンガリー	MT	39	23,605
ベルギー	MT	525	18,399
フィリピン	MT	59	12,254
スロバキア	MT	14	8,026
ミャンマー	MT	120	2,459
台湾	MT	81	2,347
シンガポール	MT	22	917
ブラジル	MT	2	441
オランダ	MT	9	290

米国のコーン単位面積生産高の月平均気温との関係

(1月から12月まで:1979-2004年の統計結果:コーンは5年ランニング平均からの差)



自給率

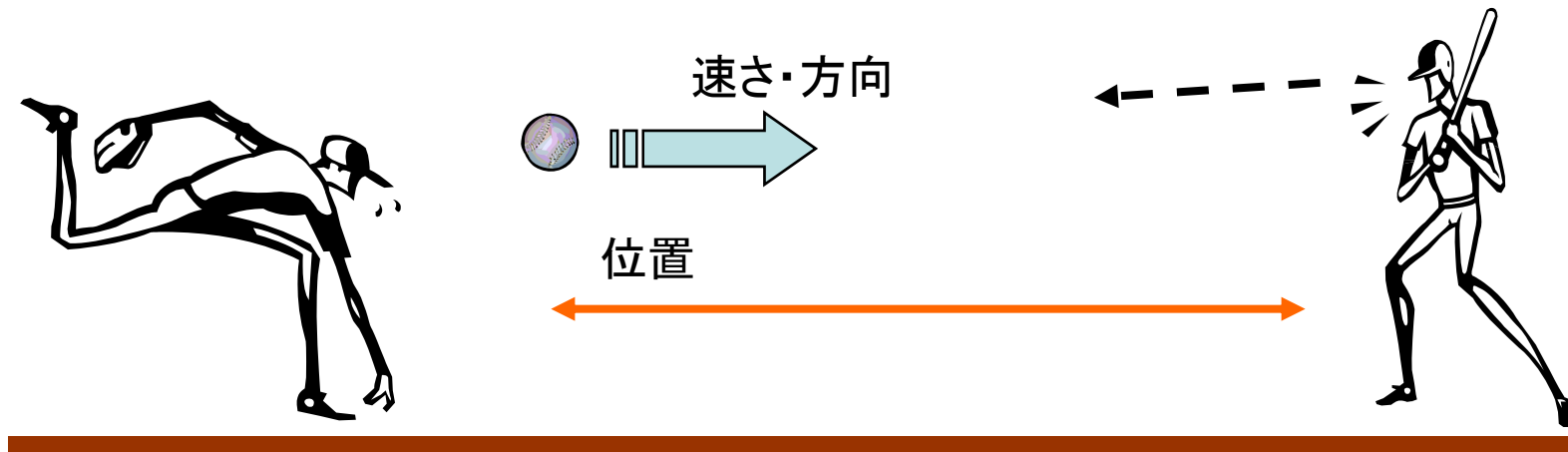
0%

米国からの
輸入率

97%

季節予測の「天気図」

ボールの動きを予測するためには 何をすればいいのか



① まず、現在の状態（初期値）を**測る**。

現在のボールの場所、速さ、方向を見積もる。

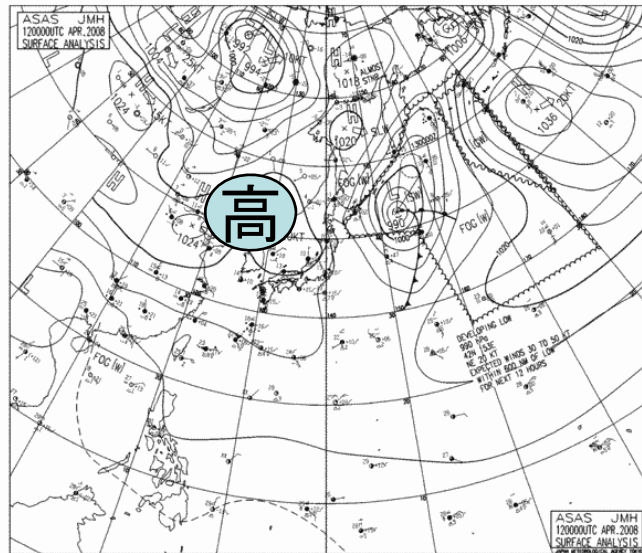
② 次に、将来の状態を（物理法則に基づいて）**計算する**。

まっすぐ来るボールを考えて、ボールの来る場所とその時刻を見積もる。

明日の天気を予測するためには何が必要か

4月12日朝9時

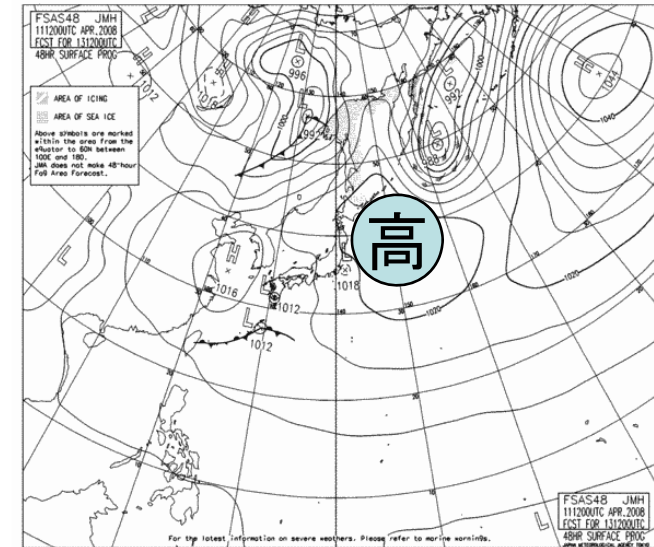
ホーム > 防災気象情報 > 天気図
天気図
情報選択 実況天気図(アジア) 印刷
実況天気図(アジア) 平成 20 年 04 月 12 日 09 時 説明へ



「実況天気図」は3時間おきに、「実況天気図(アジア)」は6時間おきに、それぞれ観測時刻の約2時間30分後に発表しています。
「24時間予想図」と「48時間予想図」は12時間おきに発表しています。

4月13日夜9時

ホーム > 防災気象情報 > 天気図
天気図
情報選択 48時間予想図 印刷
48時間予想図 平成 20 年 04 月 13 日 21 時の予想 説明へ



「実況天気図」は3時間おきに、「実況天気図(アジア)」は6時間おきに、それぞれ観測時刻の約2時間30分後に発表しています。
「24時間予想図」と「48時間予想図」は12時間おきに発表しています。

① まず、現在の状態 (初期値)を測る。

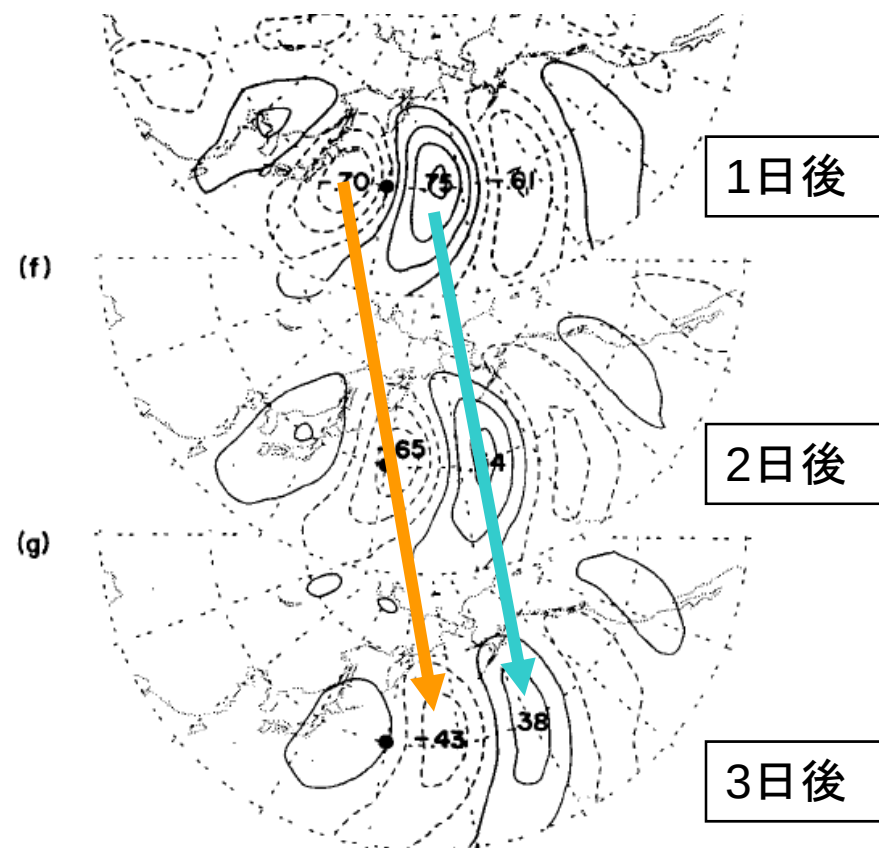
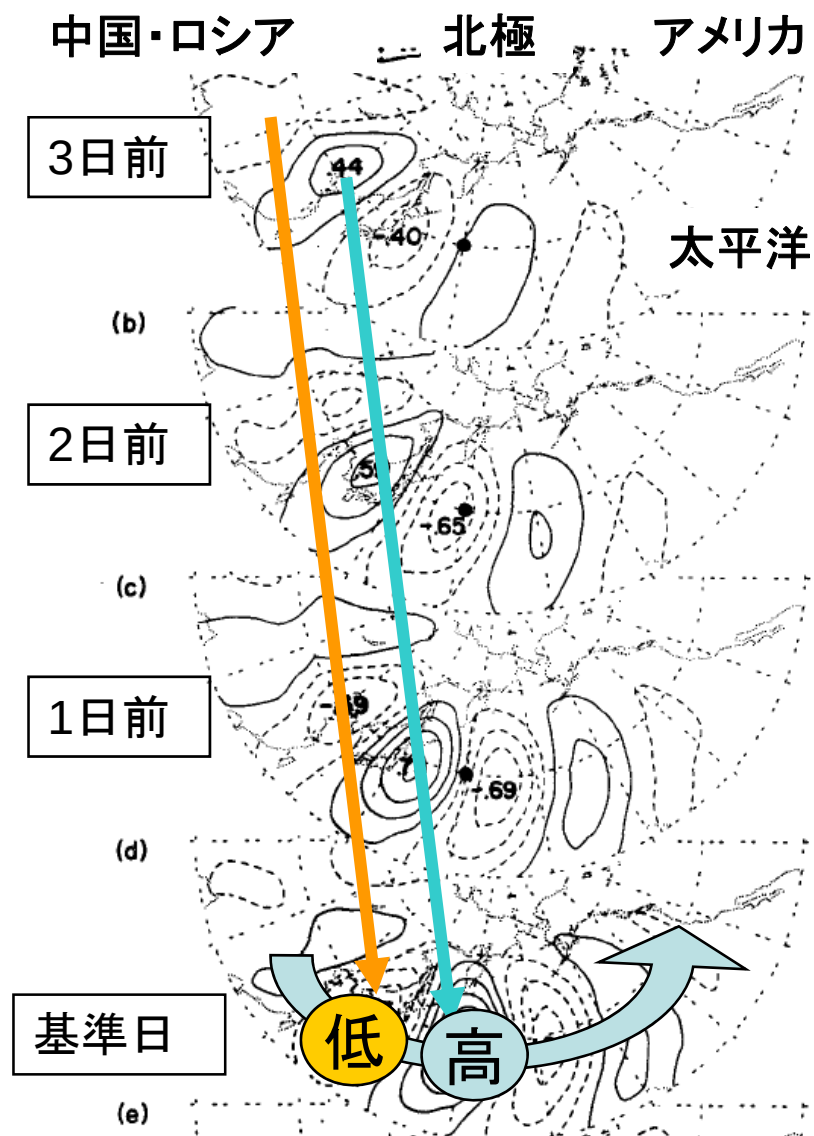
世界中で、風・雲・気温・湿度を観測する。

高気圧・低気圧など天気図を描く。

② 次に、将来の状態を(物理に基づいて)計算する。

物理の式をもとに、将来の天気図をコンピュータで計算する。

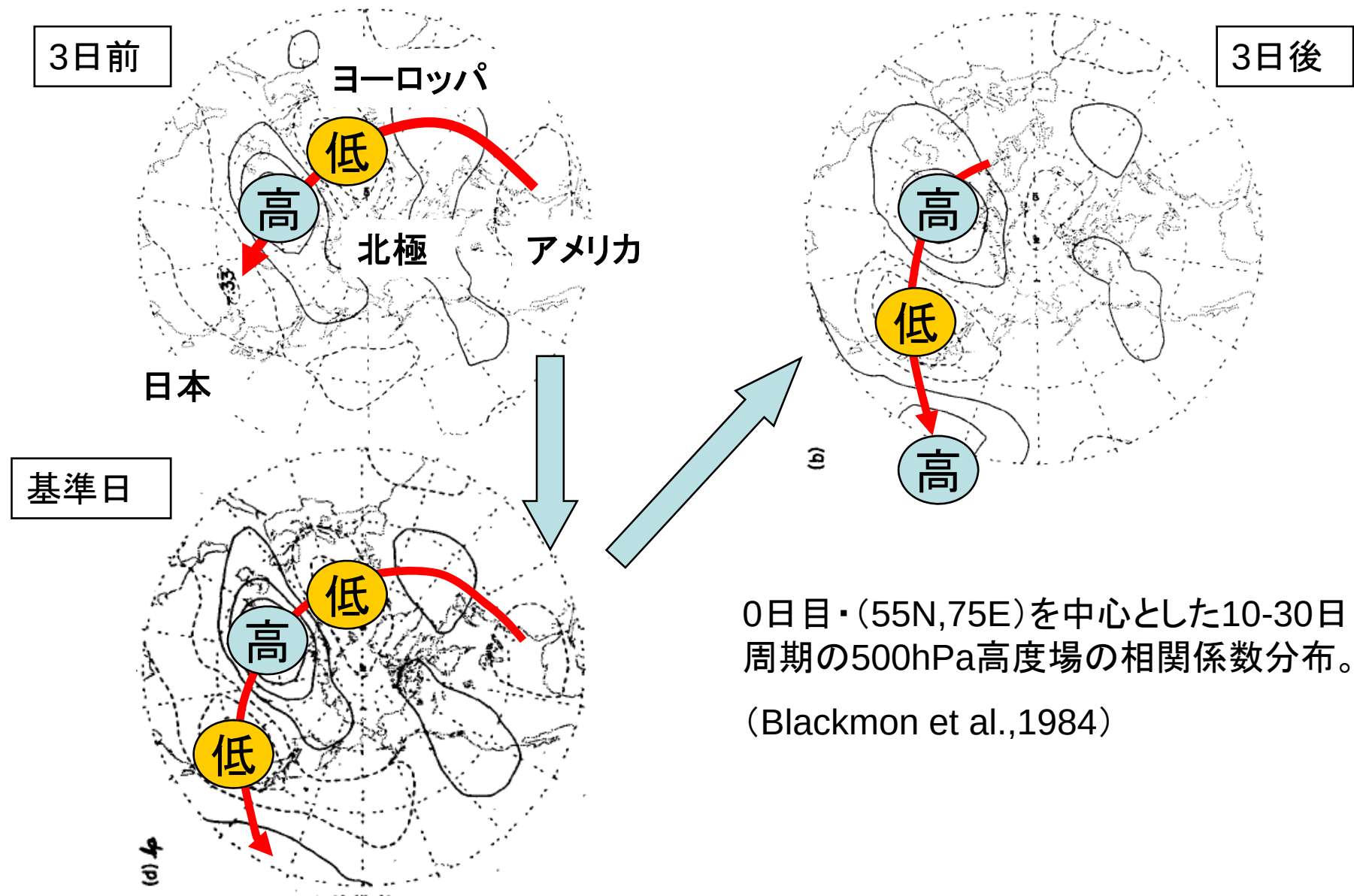
毎日の天気図の中の高気圧・低気圧の平均的な動き



0日目・(40N,160E)を中心とした2.5-6日
周期の500hPa高度場の相関係数分布。

(Blackmon et al.,1984)

期間平均すると、ヨーロッパからゆっくりと伝わる大きな波が見える。



油断大敵

熱帯から来る波や上空から降りてくる変動も見る必要がある。

夏季

熱帯北西太平洋から
日本へ来る波

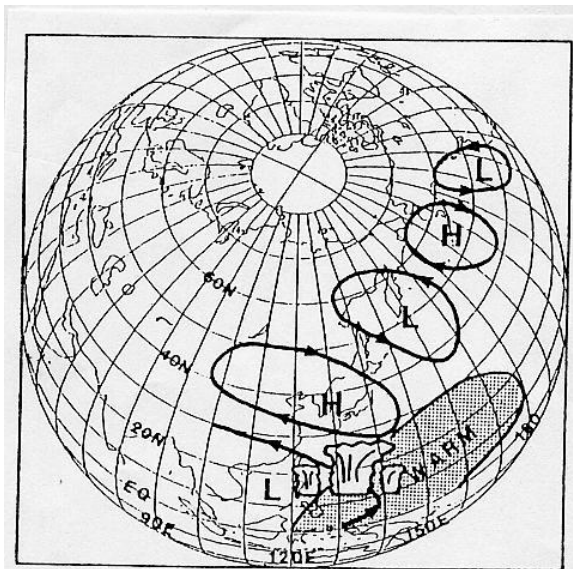
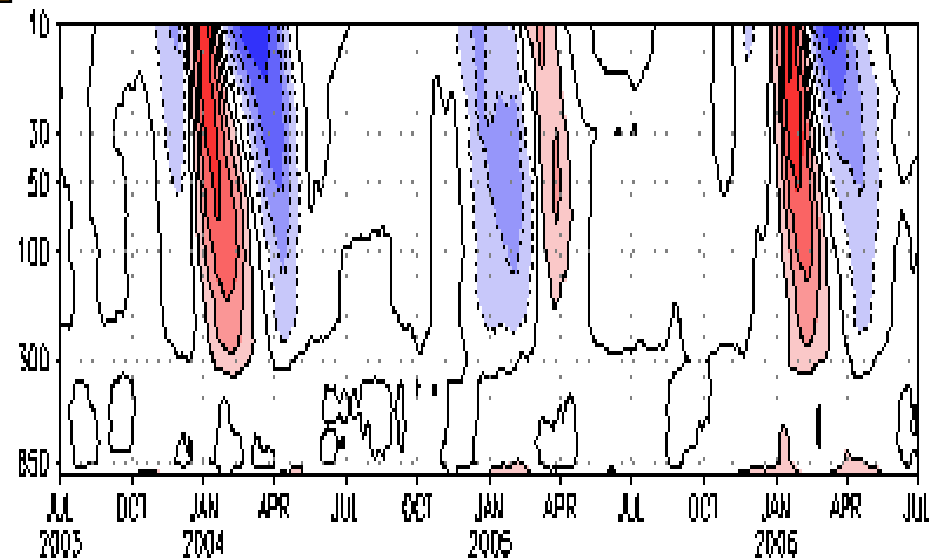


Fig. 18. Schematic pictures showing the relationships between SST anomalies, convective activities and atmospheric Rossby-wave trains.

(Nitta,1987)

冬季

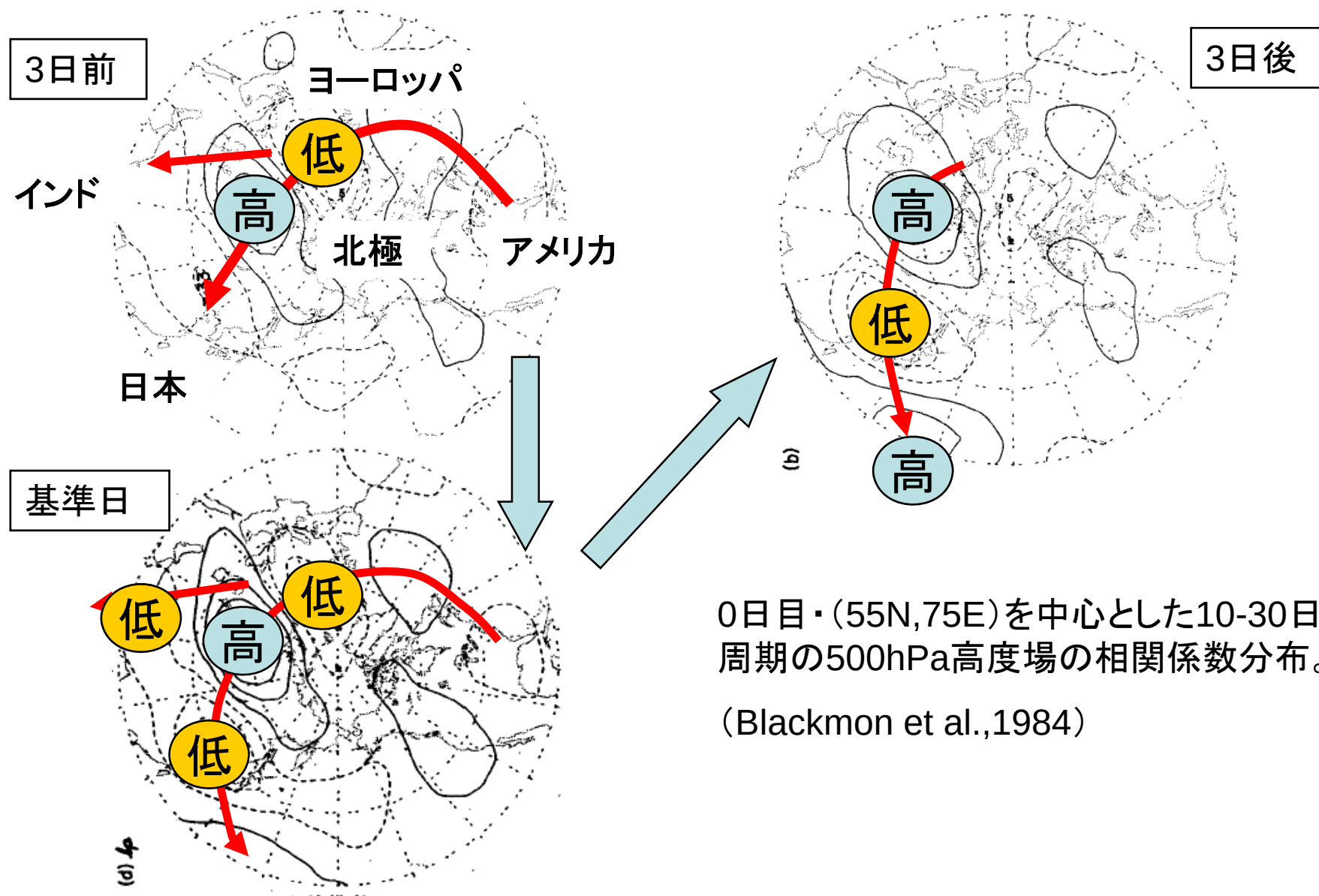
北極上空(成層圏)から
降りてくる気温変動



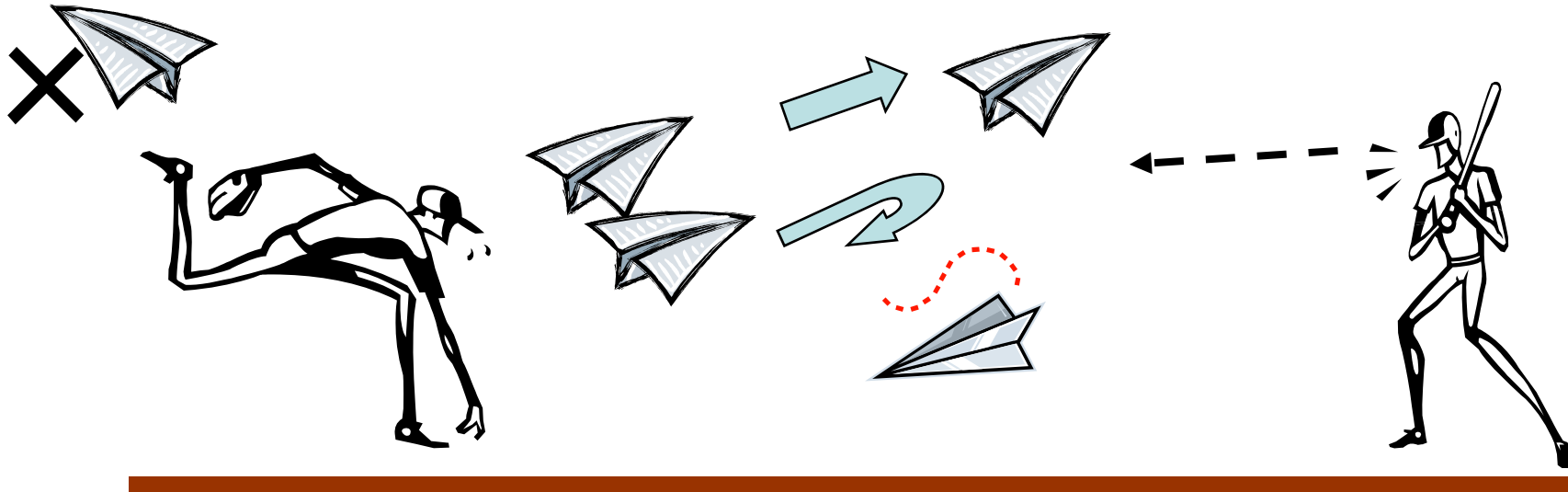
(Kuroda and Kodera,2001)

なぜ、確率で表現するのか

波の道が分かれる？



気象の長期の予測は、紙飛行機の予測に似ている？



- ① まず、現在の状態（初期値）を測る。**測定の誤差も評価。**
現在の紙飛行機の場合、速さ、方向とこれらの**誤差**を見積もる。
- ② 次に、将来の状態を（物理法則に基づいて）**誤差範囲のいろんな初期値から計算する。**
いろんな飛び方を考えて、紙飛行機の来る場所とその時刻を**たくさん**予測する。
予想外が無いように要注意。

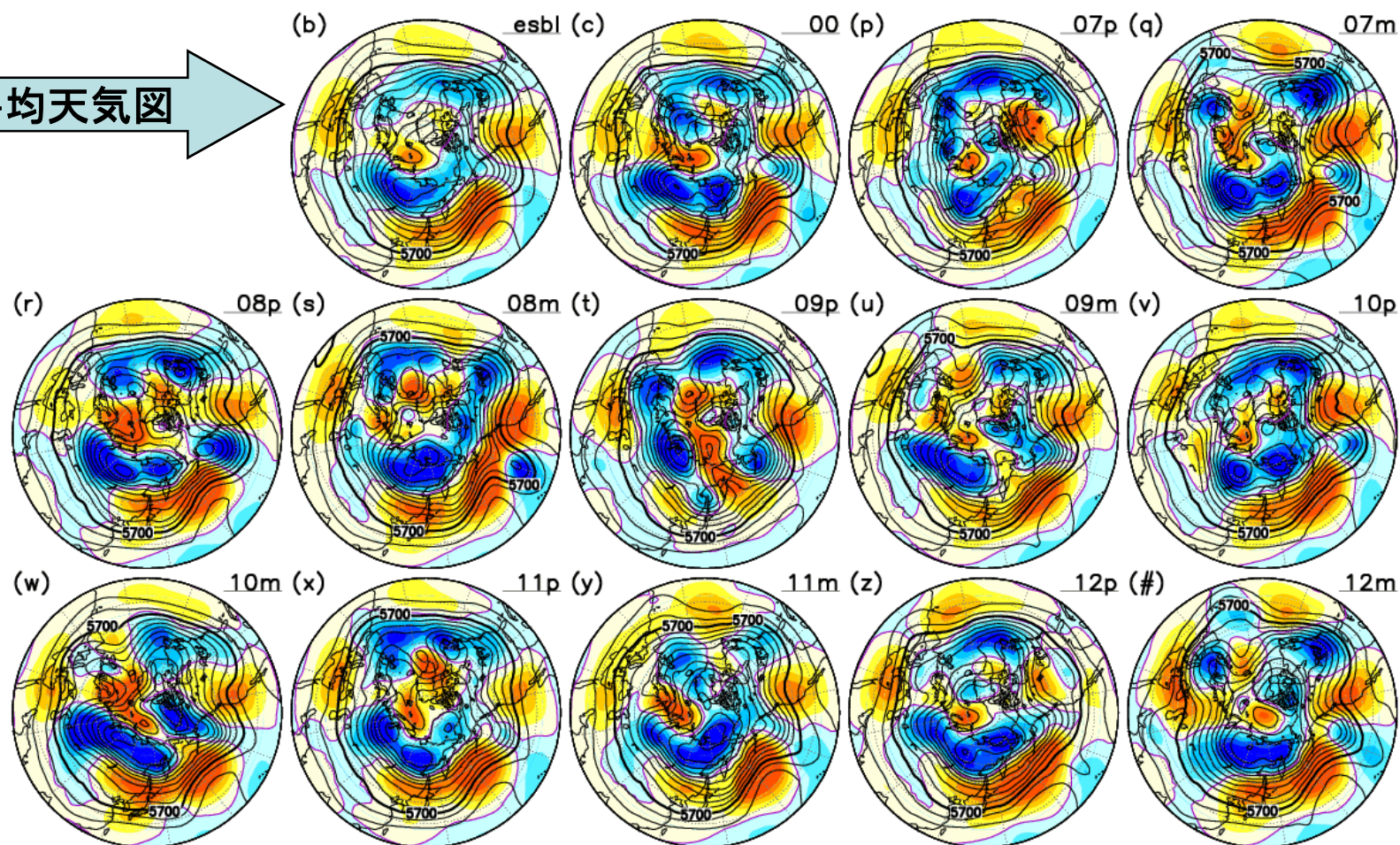
季節予報ではたくさんの天気図を予測する

1週間目の予測は、互いに似ている

init: 2008/04/09/12[1.2]

from: 2008/04/12/12- (w1)

平均天気図



気象庁資料

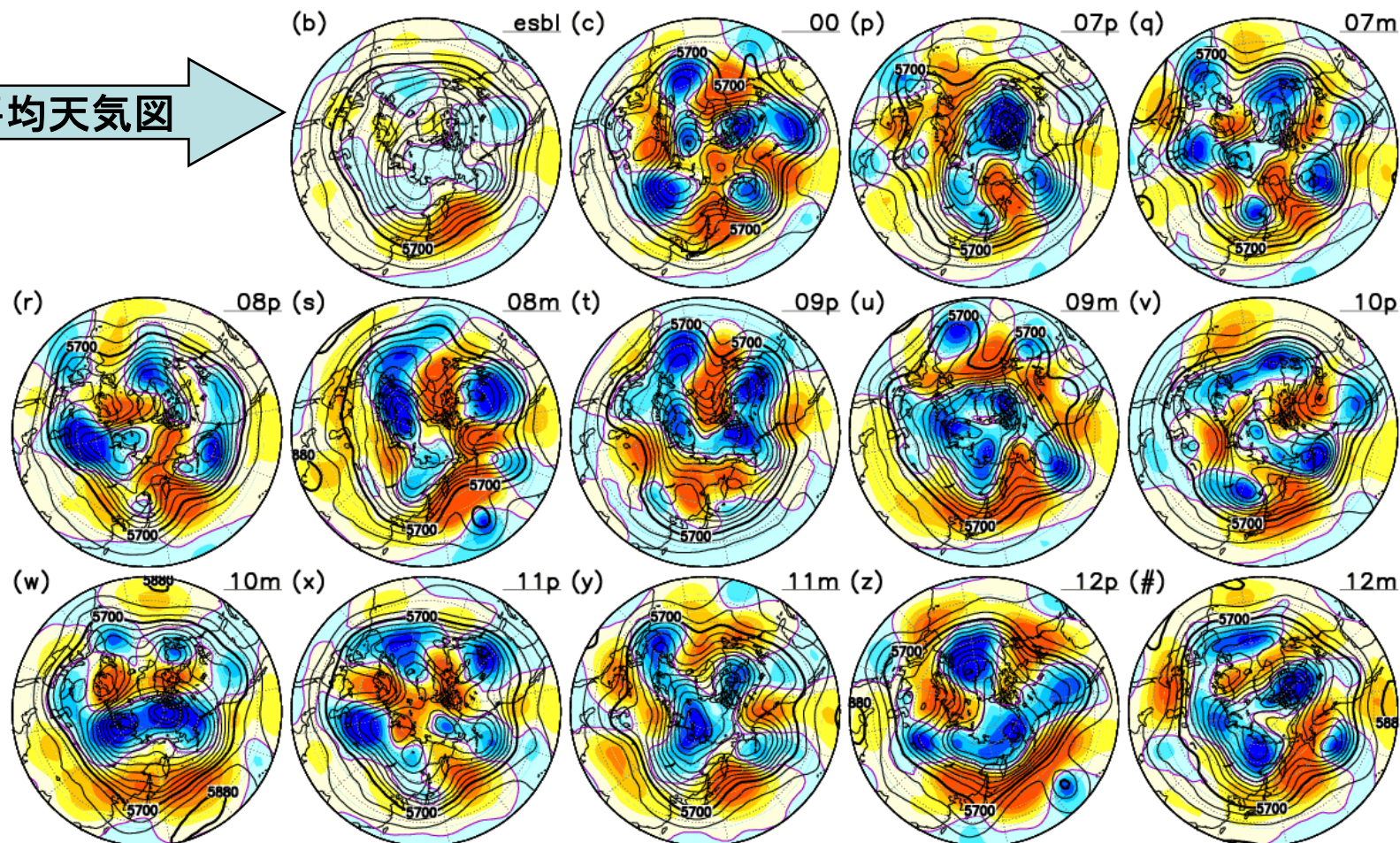


2週間目の予測では、互いに違いもあるが共通点もある。
共通点が予測。

init: 2008/04/09/12[1.2]

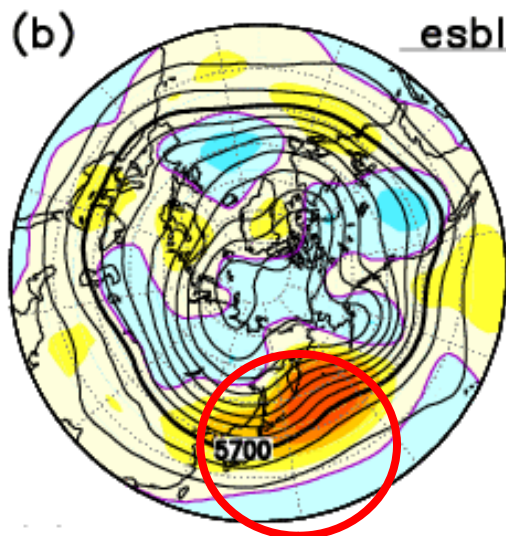
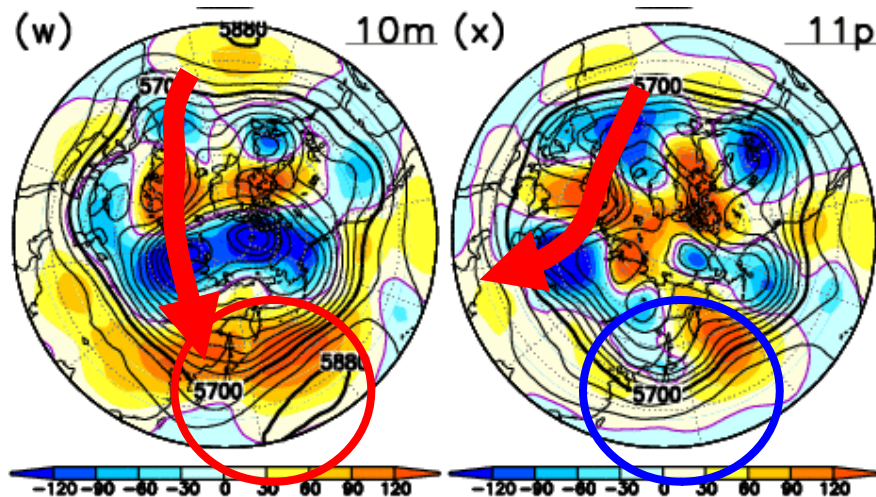
from: 2008/04/19/12- (w2)

平均天気図



日本の気温予測に注目すると

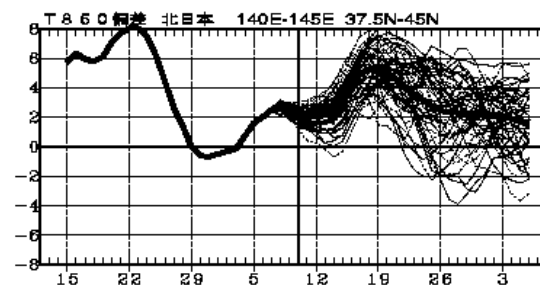
ある予測では日本の気温は高いが、別の予測では低い。



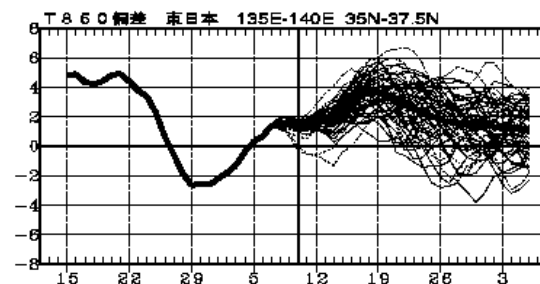
たくさんの
予測を平
均すると、
気温は高
いと予測。

気象庁資料

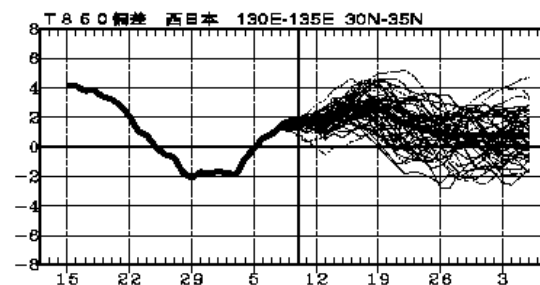
1 か月予報資料 (4) 各種時系列



北日本
の気温
予測

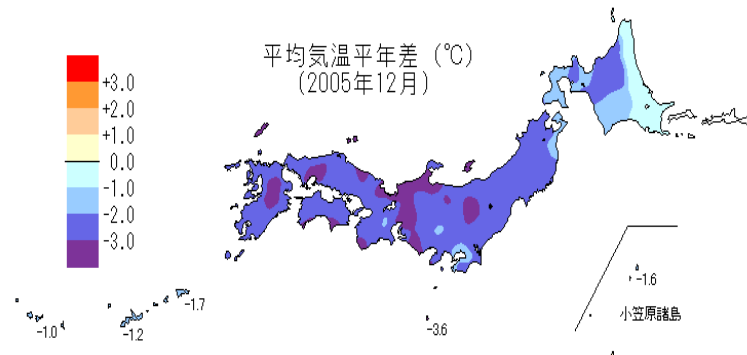


東日本
の気温
予測



西日本
の気温
予測

2005年12月寒冬はいつから予測できるのか



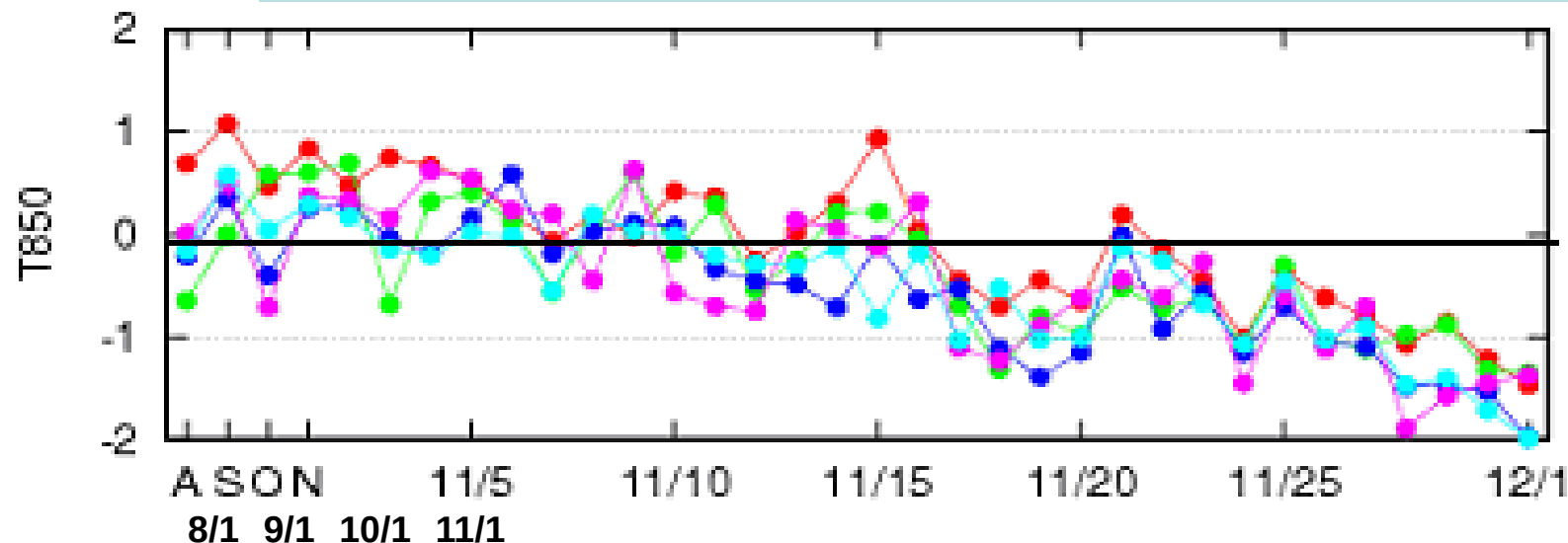
●8月から11月上旬まで (稲葉,2006年)

寒冬・暖冬は半々。

●11月10日ごろから
寒冬を示すメンバが増え始める。

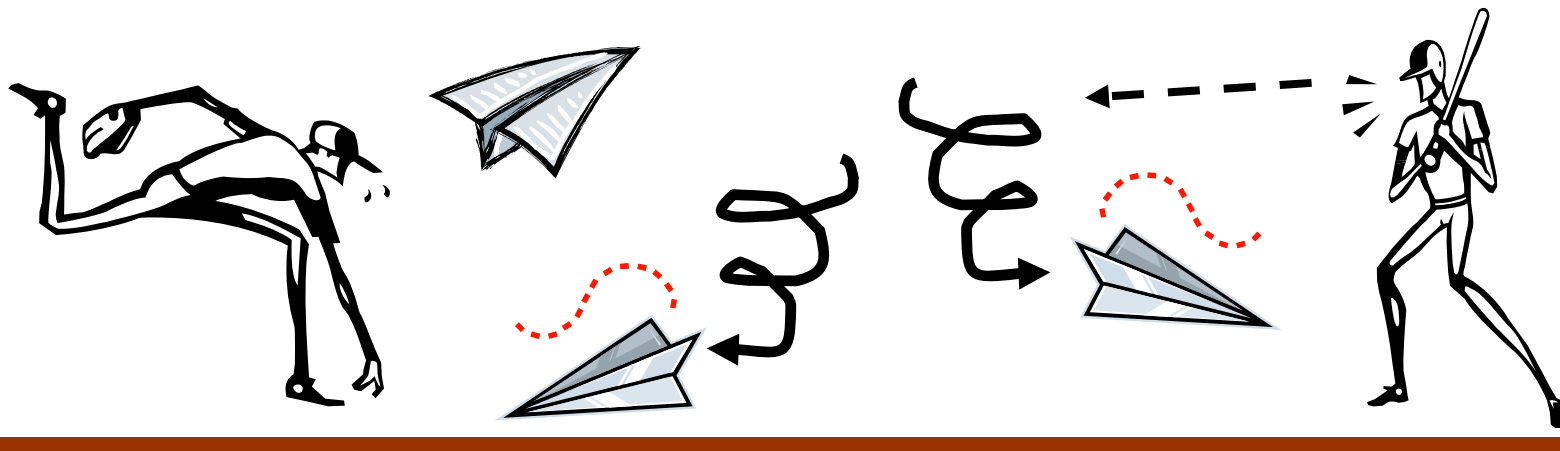
●11月17日ごろから
すべてのメンバが寒冬を予測。

8月1日から11月30日の初期値から始めた
5メンバ予測実験による日本の12月平均気温の予測値



ここからは
3か月予測・暖寒候期予測の話

天気予報と同じ方法で予測ができるのは せいぜい1か月先の予測まで。



・3か月予測

春の時点で、夏の天候を予測する方法はないのか。

秋の時点で、冬の天候を予測する方法は。

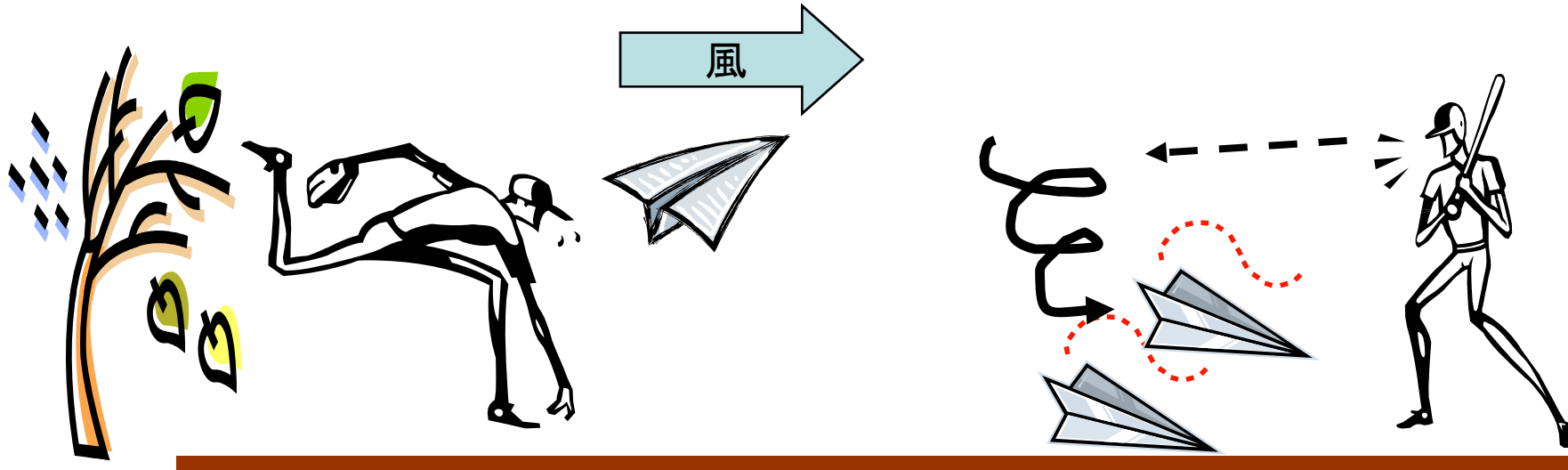
・暖候期予測

冬の時点で、夏の天候を予測する方法は。

・寒候期予測

夏の時点で、冬の天候を予測する方法は。

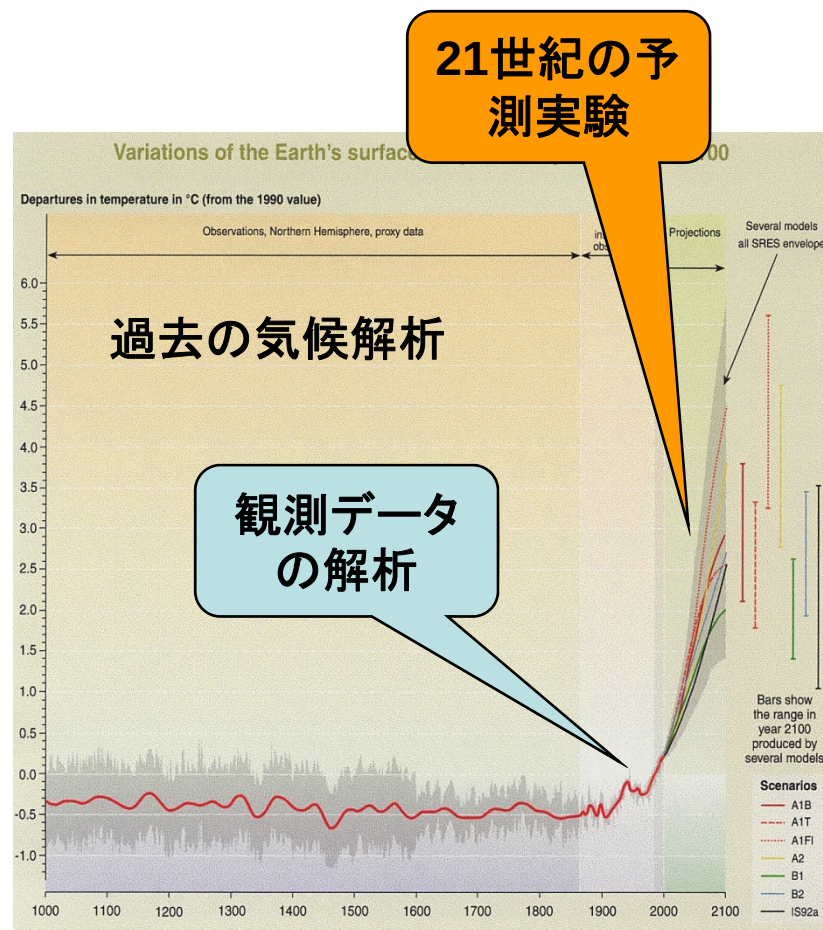
風(外からの力)が安定して吹いていれば、 紙飛行機の予測可能性は高まる



① まず、現在の状態 (初期値)を測る。測定の誤差も評価。**外からの力も測定。**
現在の紙飛行機の場所、速さ、方向とこれらの誤差を見積もる。**風を測る。**

② 次に、将来の状態を(物理に基づいて)誤差範囲のいろんな初期値から計算する。**外からの力の影響も計算する。**
いろんな飛び方を考えて、紙飛行機の来る場所とその時刻をたくさん予測する。**風の影響も考える。**

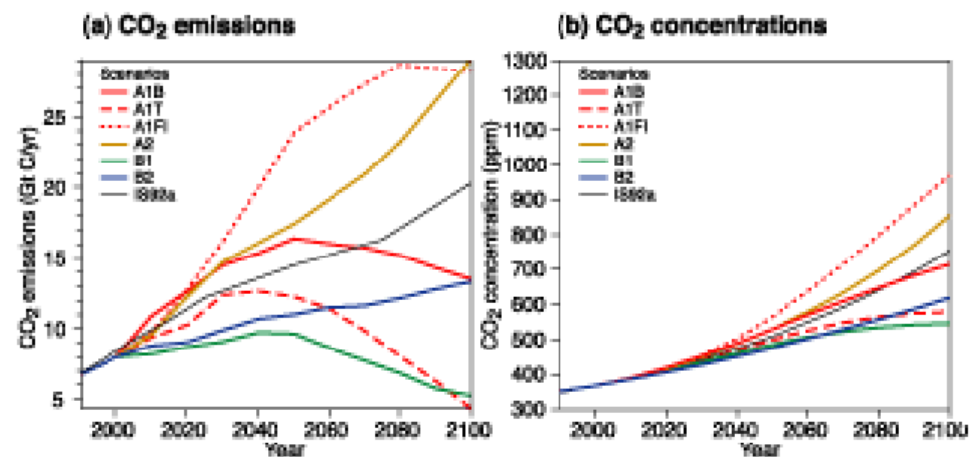
典型的な予測例は、温暖化予測



1000年

2000年

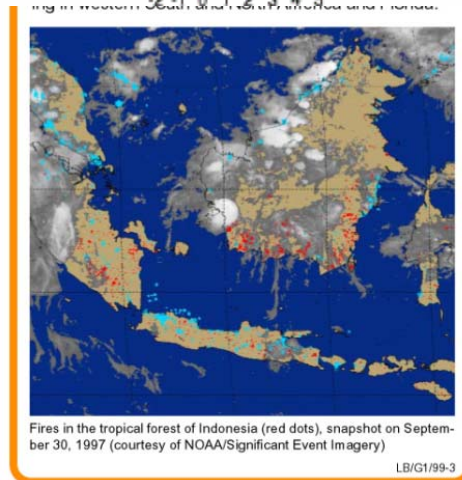
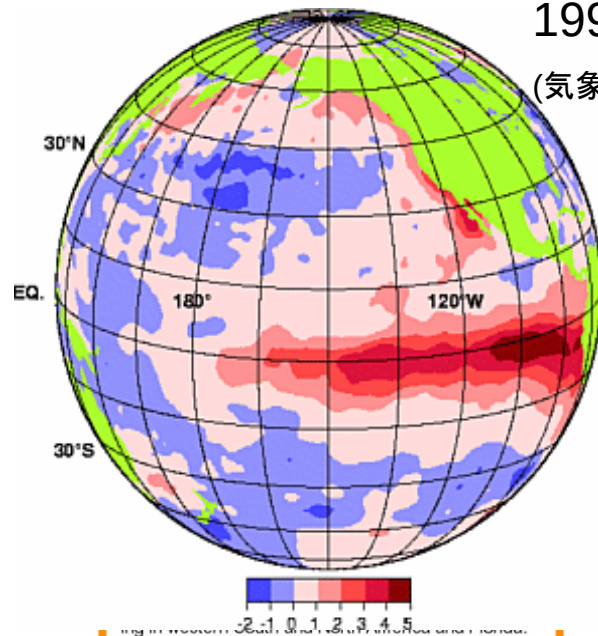
21世紀の 二酸化炭素の排出と増加シナリオ



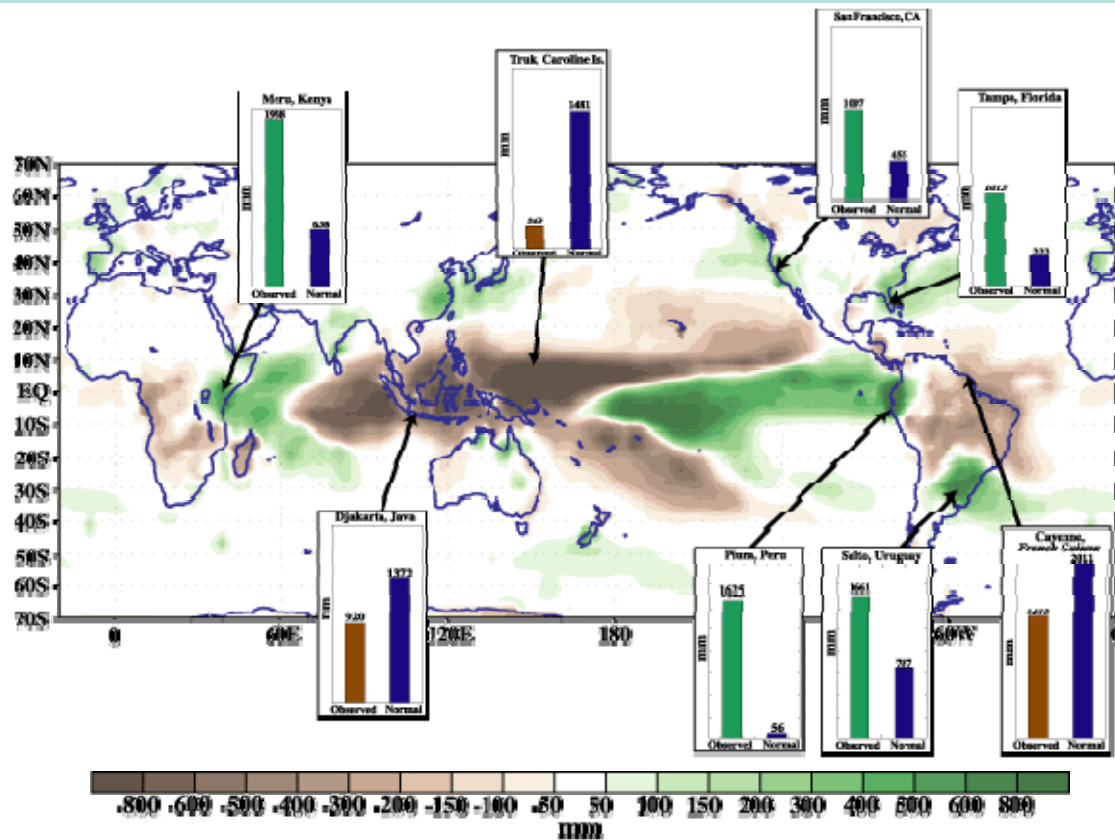
季節予測に役に立つ力のひとは、エルニーニョ変動

1997年11月の月平均海面水温平年偏差

(気象庁ホームページから)



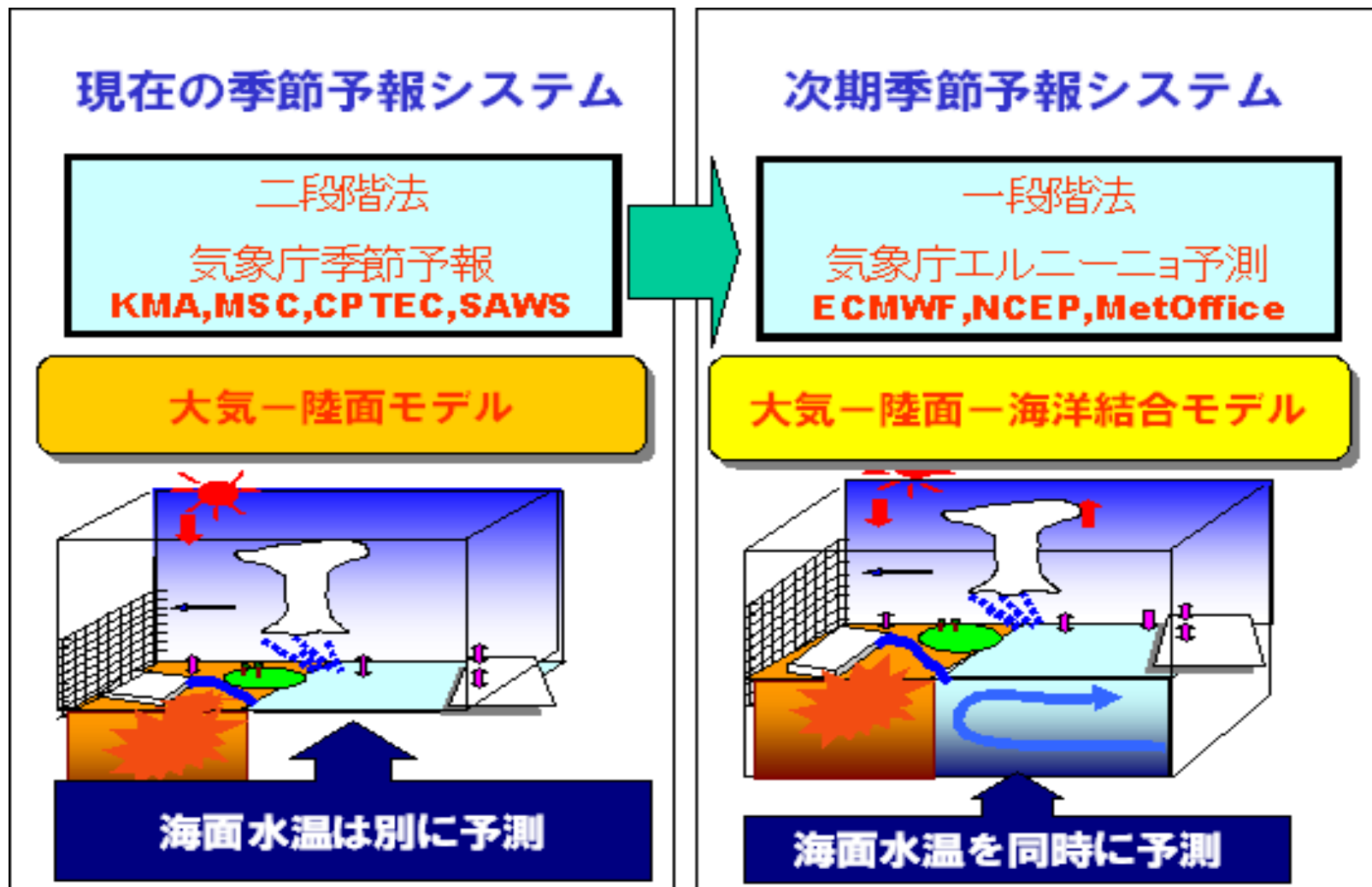
積算降水量(1997年11月-1998年4月)と気候値(青)の比較



(from BAMS, 1999, 80, S1-48).

エルニーニョを季節予測に利用するためには、
大気だけでなく海もいっしょに予測する必要がある。

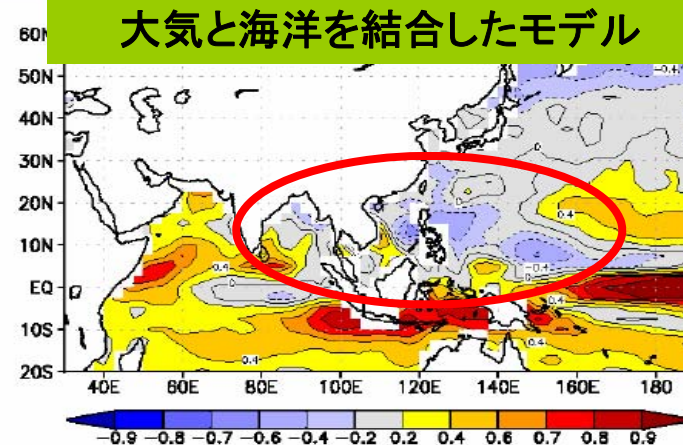
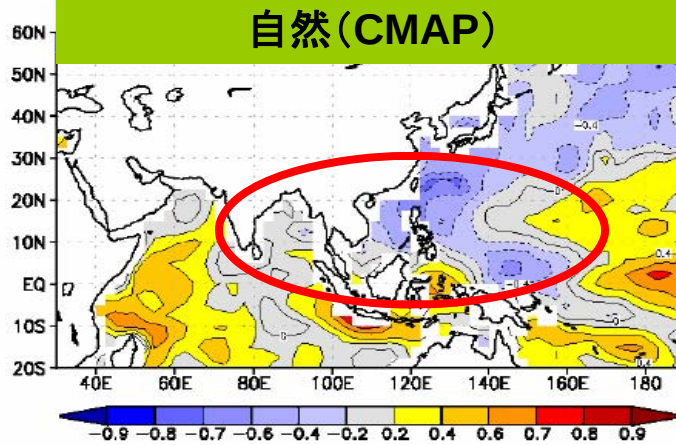
次期季節予測システムを、気象庁・気象研究所で共同開発（高谷・安田ほか開発グループ）



海面水温と雨の変動の関係をみると、大気と海洋を同時に予測したモデルの方が、自然に近い。

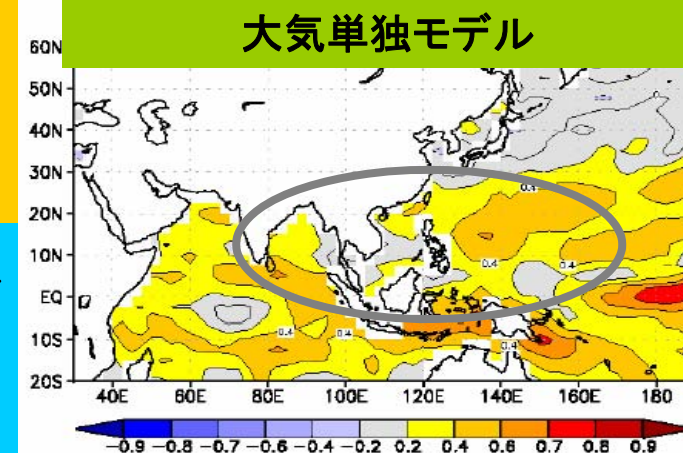
高谷と安田他(2007)

北半球夏の海面水温と降水量の時間相関係数 (4月末初期値)



・海面水温の高い場所で、雲は立ちやすく、雨が多い。

・雨の多い場所では、雲が多いので、日射も少なく、風も強くなり、海は冷える。



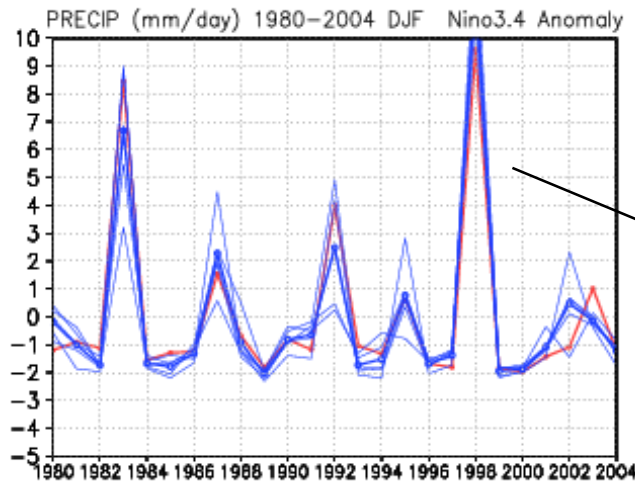
世界気候研究計画(WCRP)の 季節予測に関する国際プロジェクトへの参加

国際標準実験を通して
季節予測成績を国際的に比較し、
共同で問題点を探る。

気象庁と気象研究所で開発中のモデルでは エルニーニョ域の海面水温と雨はどれくらい予測できるのか

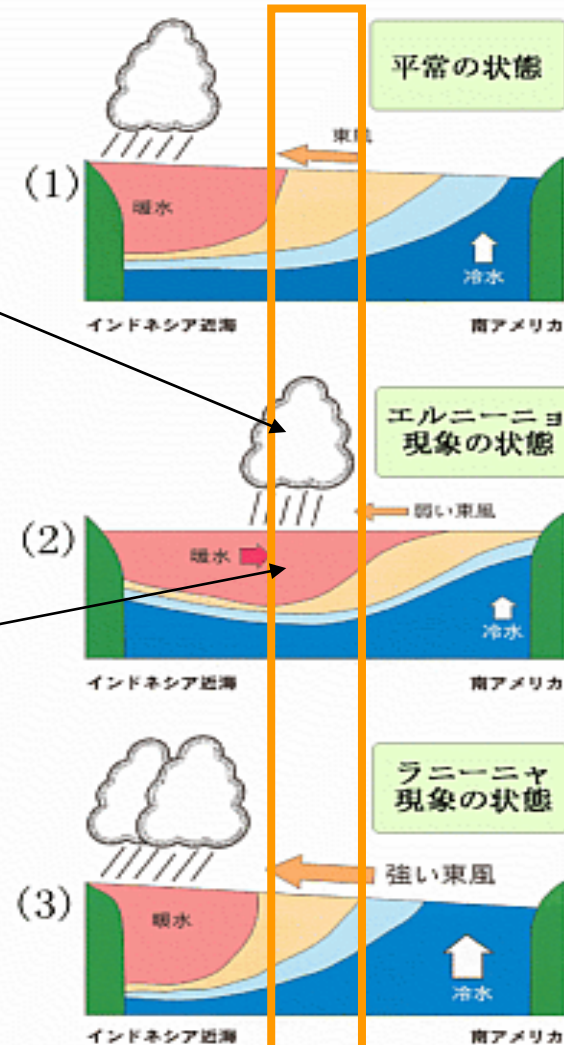
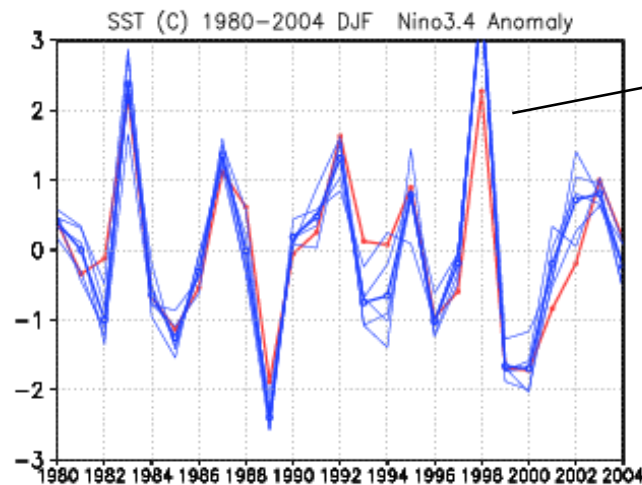
— 7月末の時点で、次の冬の予測をした場合 —

雨



1979/1980年の冬 → 2003/2004年の冬

海面水温

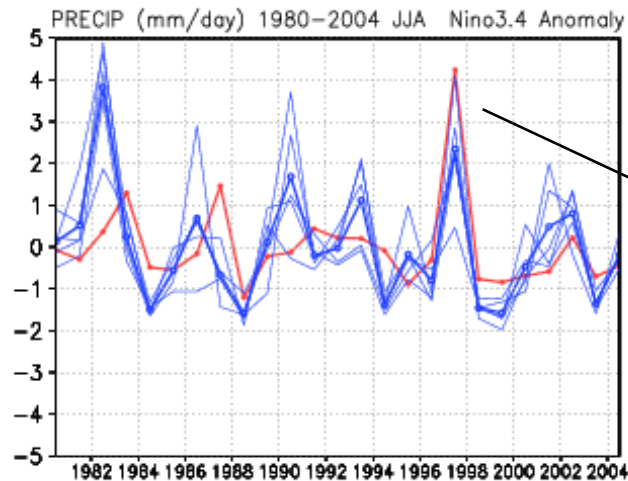


(気象庁ホームページから)

気象庁と気象研究所で開発中のモデルでは エルニーニョ域の海面水温と雨はどれくらい予測できるのか

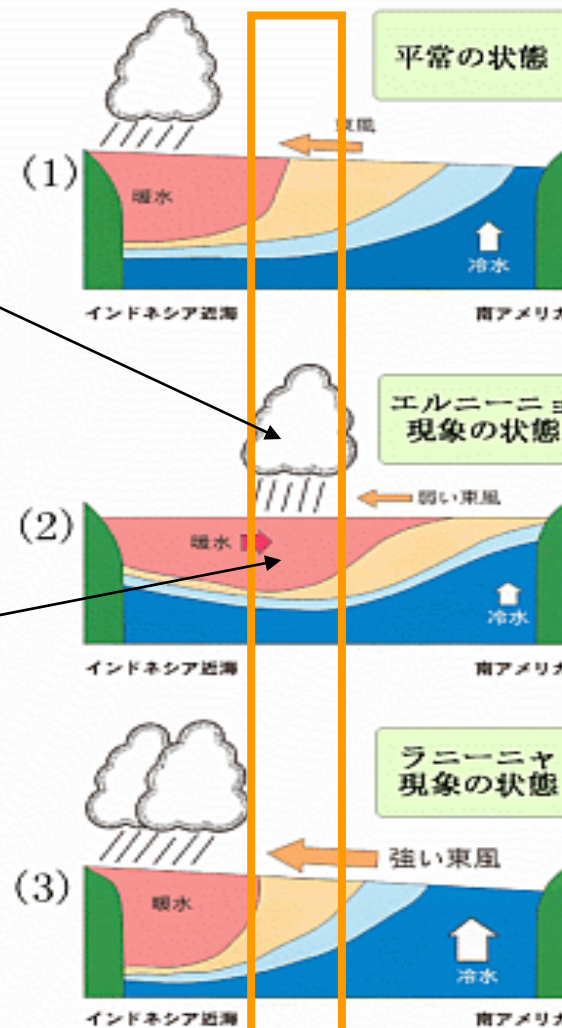
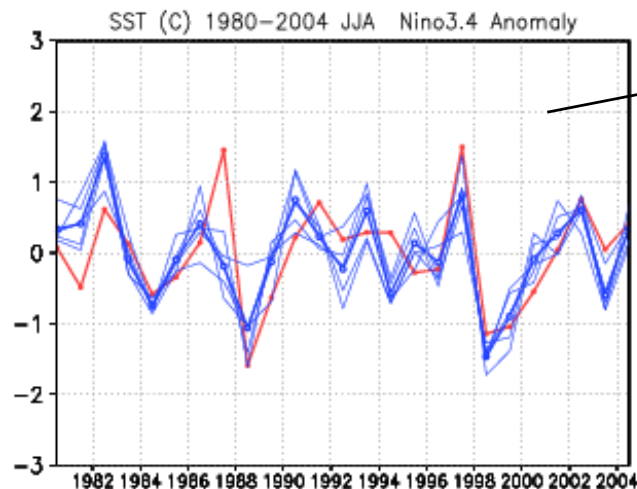
— 1月末の時点で、次の夏の予測をした場合 —

雨



1980年の夏 → 2004年の夏

海面水温

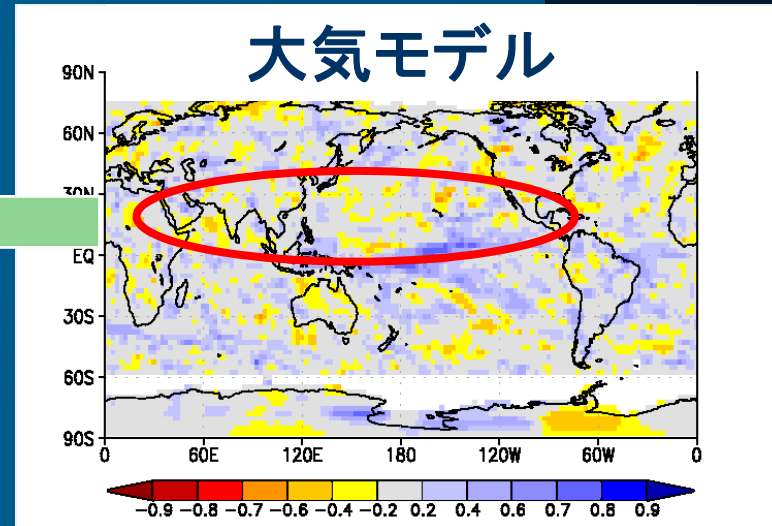
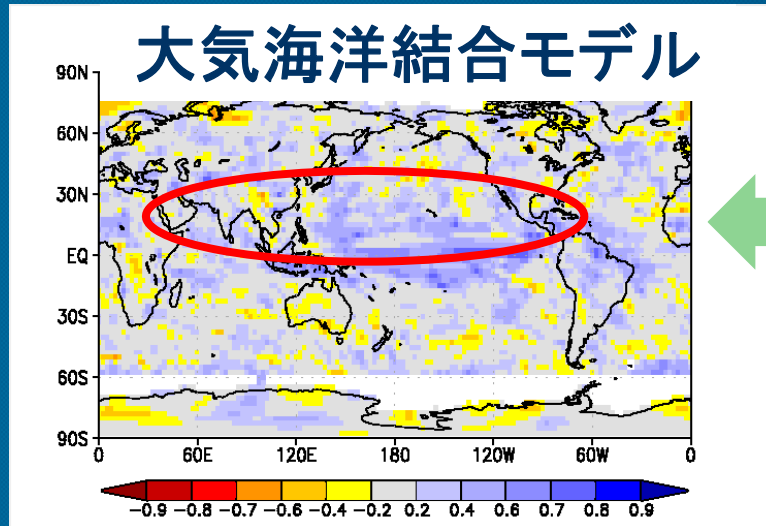


(気象庁ホームページから)

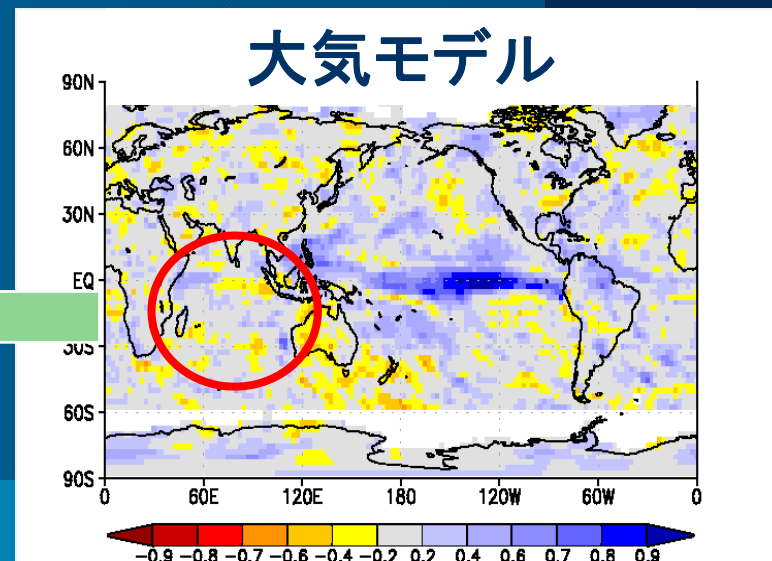
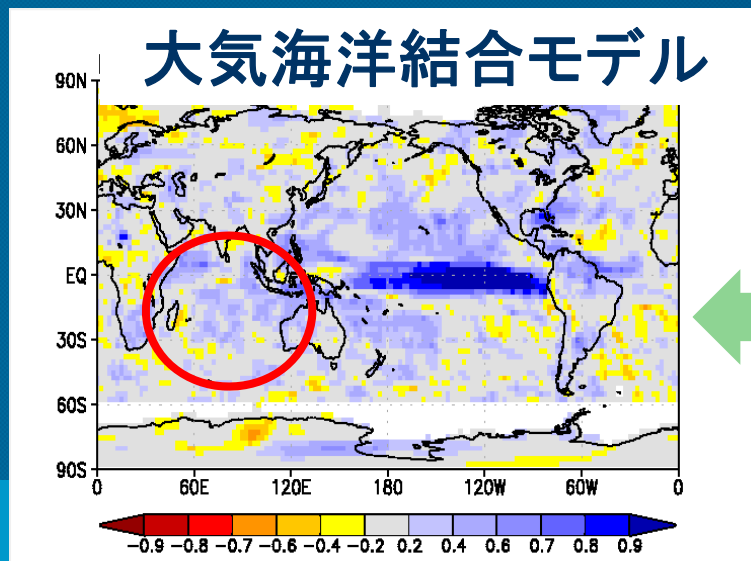
大気海洋結合モデルと大気単独モデルの予測成績を比較

1月末から夏を予測

Takaya et al., 2007

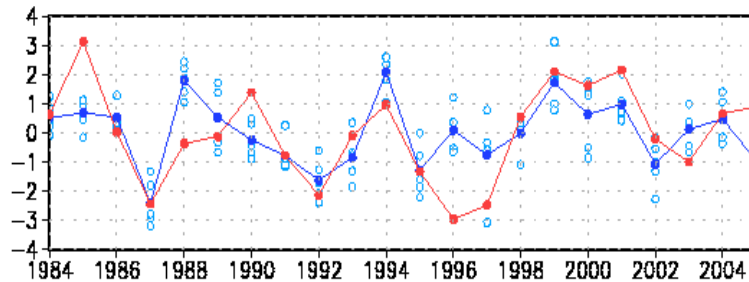


7月末から冬を予測



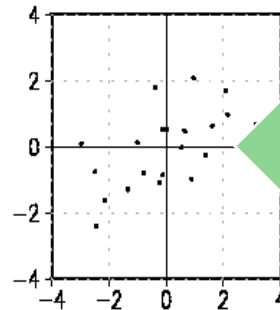
アジアモンスーン(インドや東南アジア)の風の予測 (1月末から同じ年の北半球の夏を予測)

大気海洋結合モデル

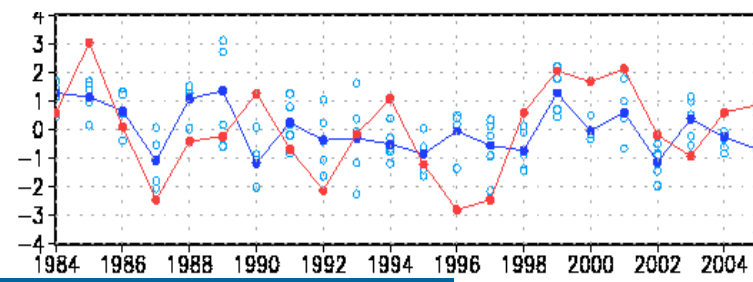


青: 予測
赤: 解析

相関: 0.59

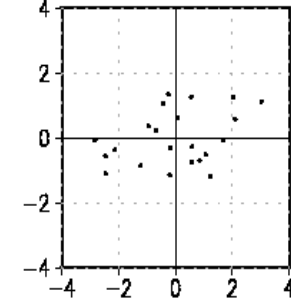


大気モデル

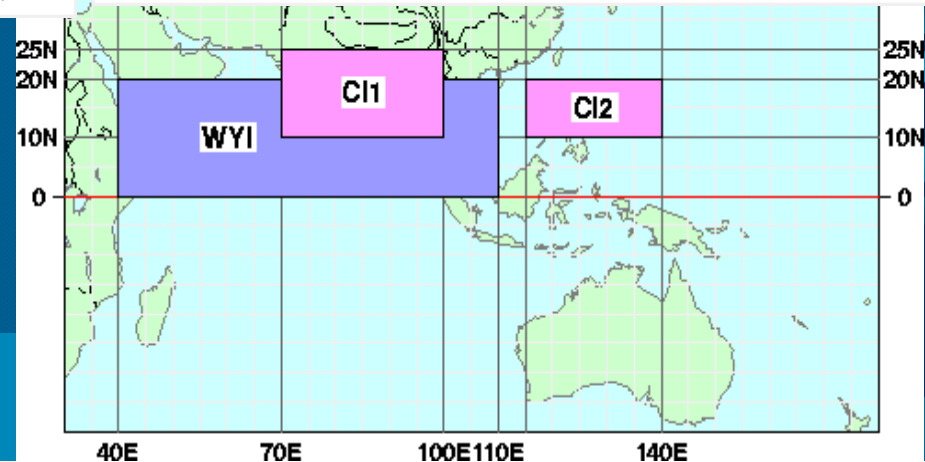


青: 予測
赤: 解析

相関: 0.35



ウェブスター・ヤングインデックス:
(0-20N,40-110E) における850hPaと
200hPa東西風の平均



外国では台風発生数の季節予測も実験中

ECMWF Newsletter No. 112 – Summer 2007

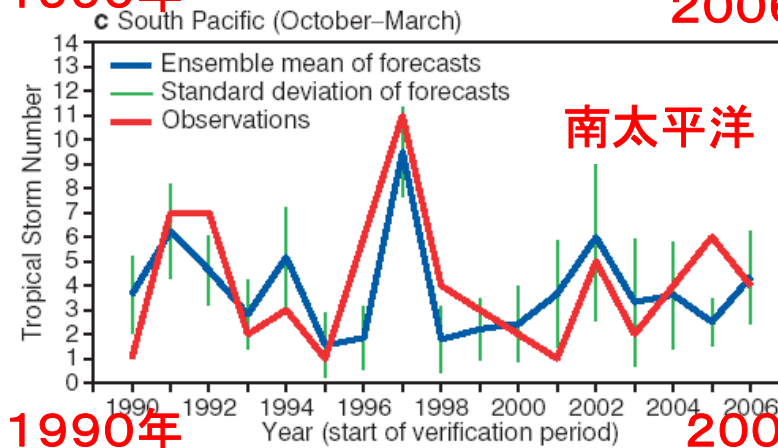
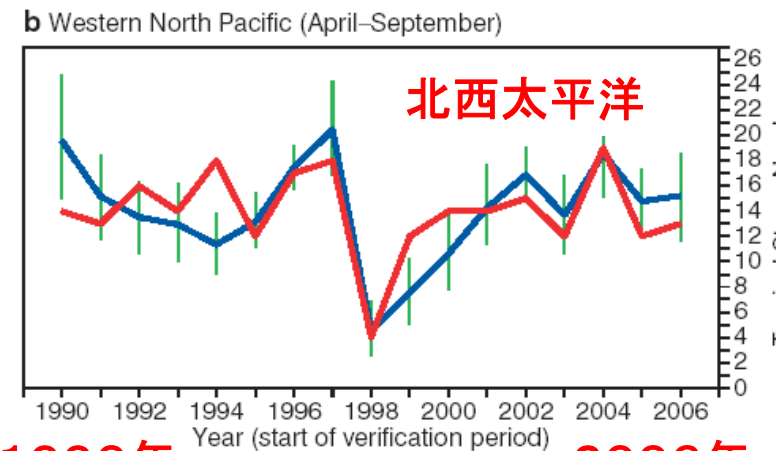
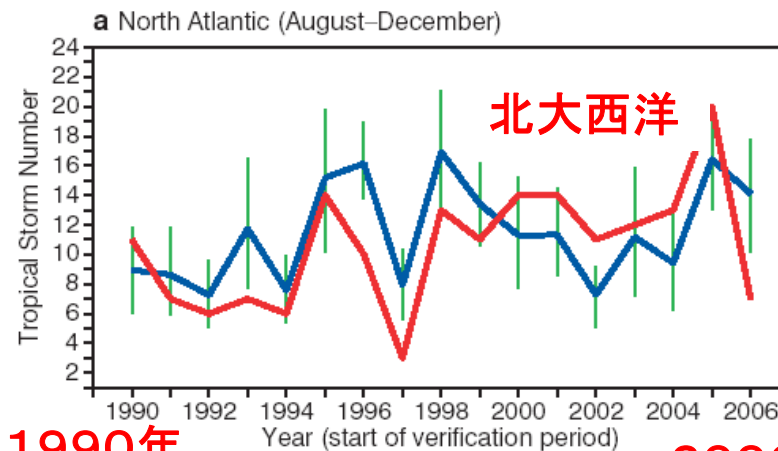
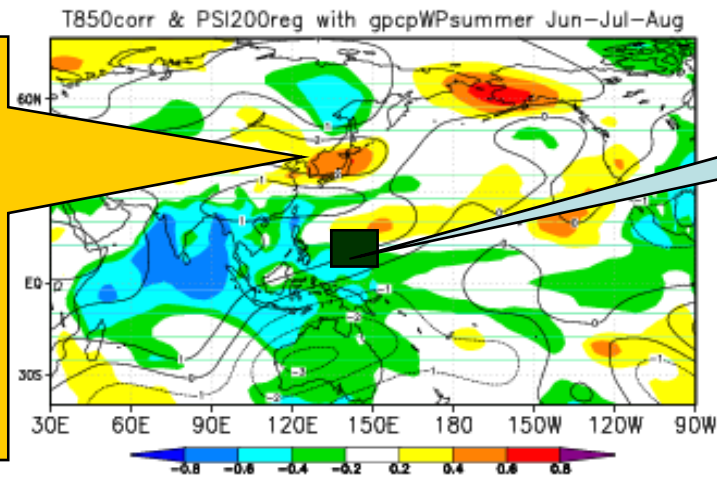


Figure 6 (a) Ensemble mean of the number of tropical storms over the North Atlantic for the period August to December from forecasts starting on 1 July for 1990 to 2005 using System 3. The solid blue line represents the ensemble mean of the forecast starting on 1 July and the vertical green line represents two standard deviations. The dotted red line corresponds to the observed number of tropical storms. (b) As (a) but for the Western North Pacific with the forecasts starting on 1 March and covering the period April to September. (c) As (a) but for the South Pacific with the forecasts starting on 1 September and covering the period October to March.

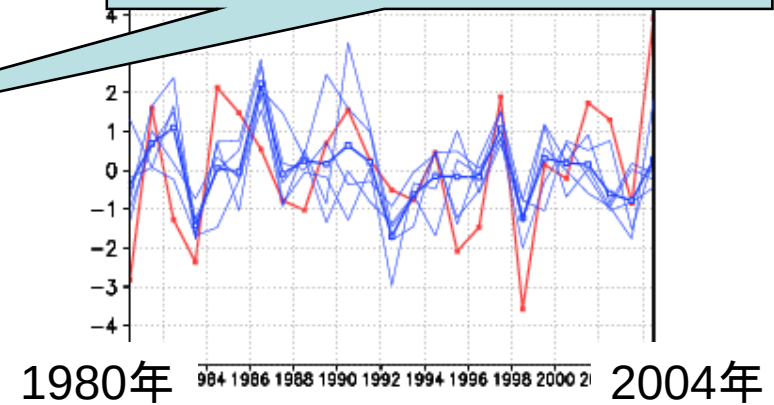
日本の気温は 熱帯の北西太平洋の雨と関係がある。

熱帯北西太平洋で雨が多いと、

日本は
暑い夏になりやすい

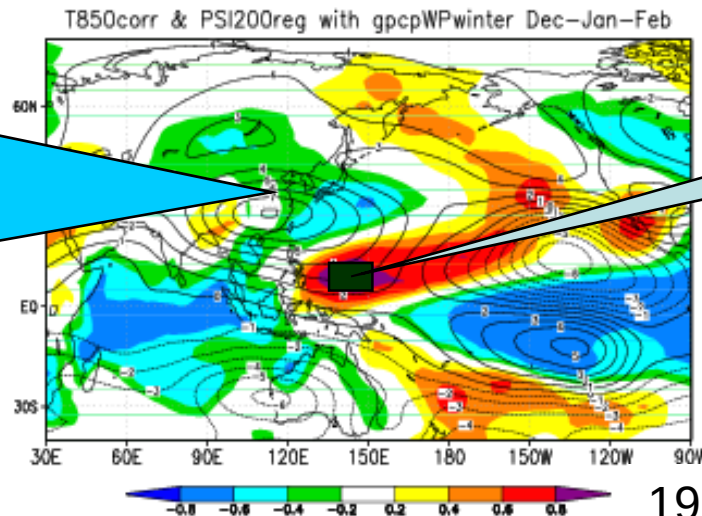


1月末から予測した
北西太平洋の雨の予測 (夏)

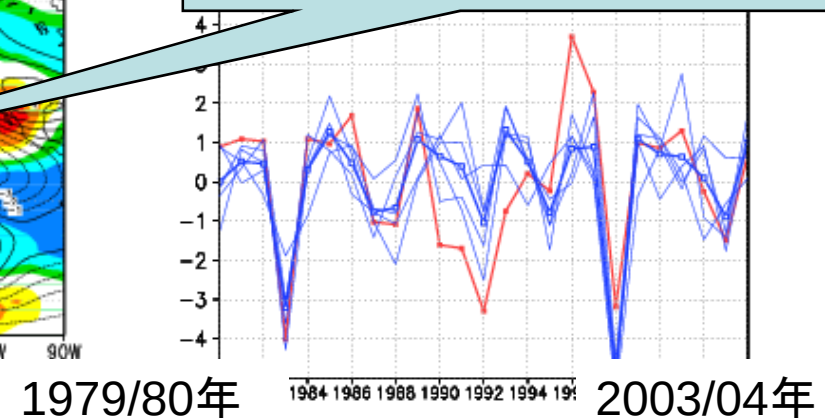


熱帯北西太平洋で雨が多いと、

日本は
寒い冬になりやすい。

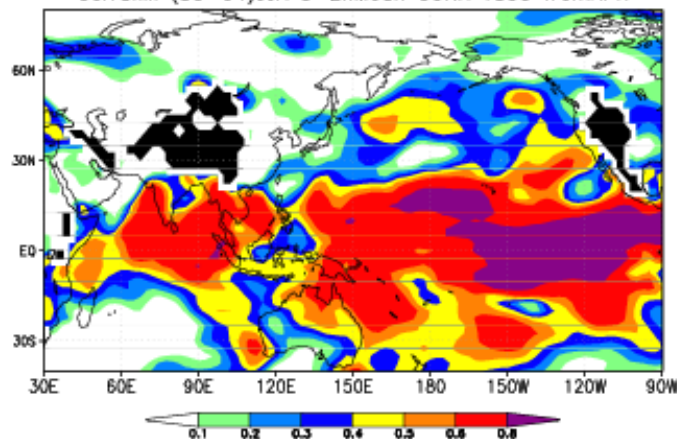


7月末から予測した
北半球冬の雨の予測 (冬)

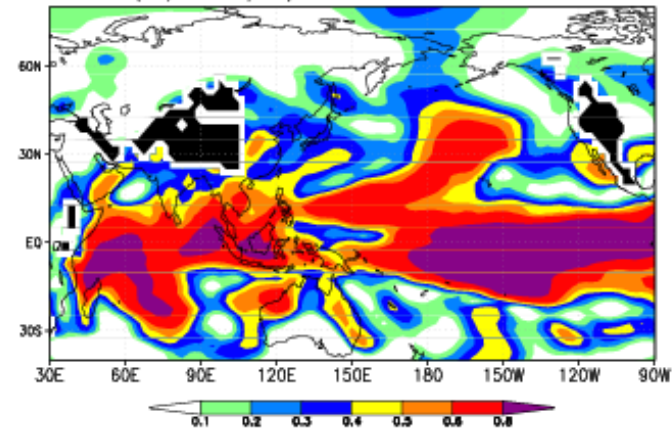


気温季節予測の「決定論的」予測精度(相関係数)

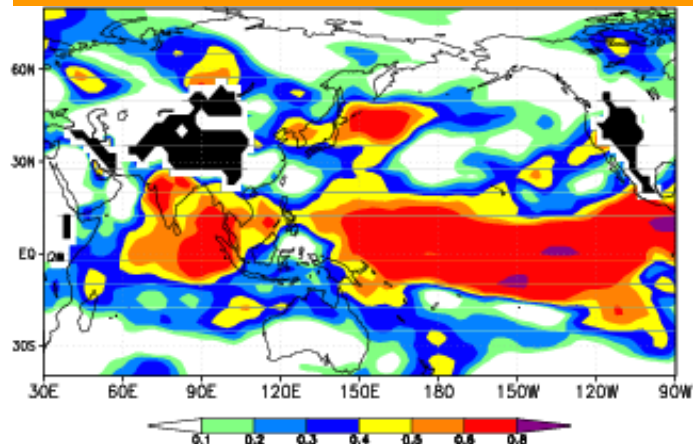
4月末時点で夏の気温を予測



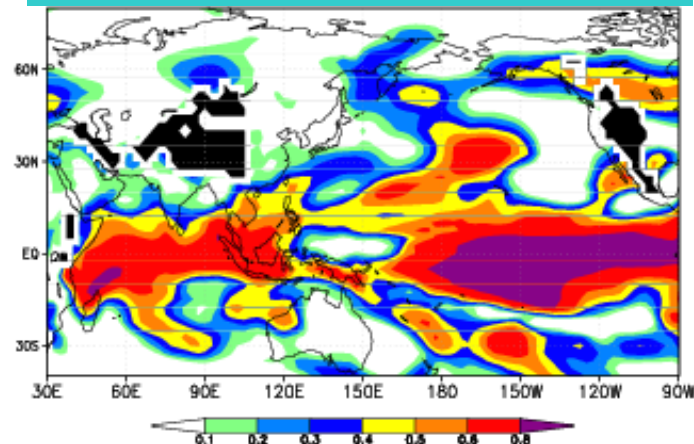
10月末に冬の気温を予測



1月末時点で夏の気温を予測



7月末に冬の気温を予測



季節予測の確率的な精度評価の例

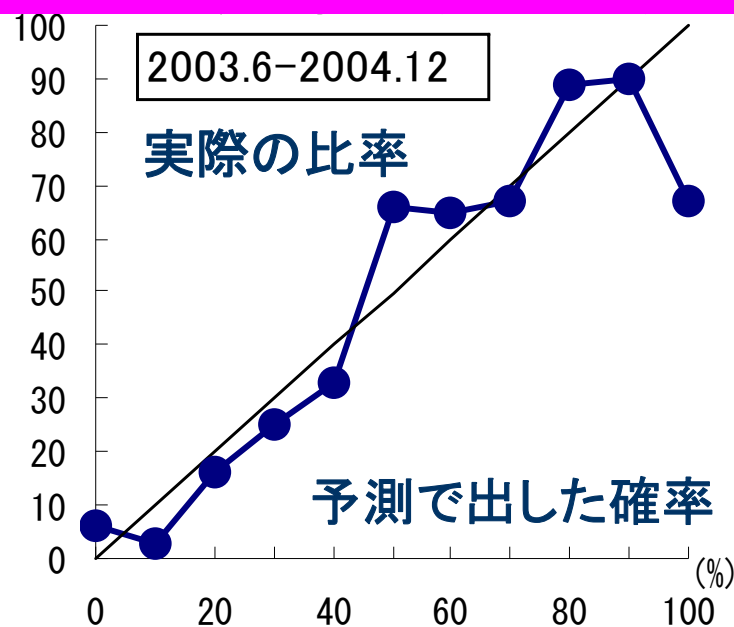
気温の高・中・低をある確率で予測した時、実際にそうであった回数の統計的比率

気象庁現業モデルによる3分割確率予測の日本域における信頼度成績。

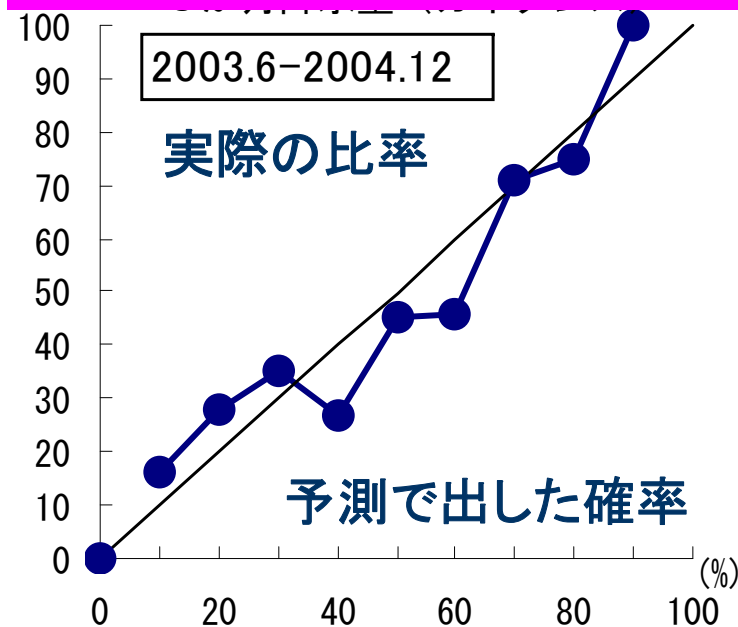
観測から観測による統計的ダウンスケーリングを実施。

信頼度

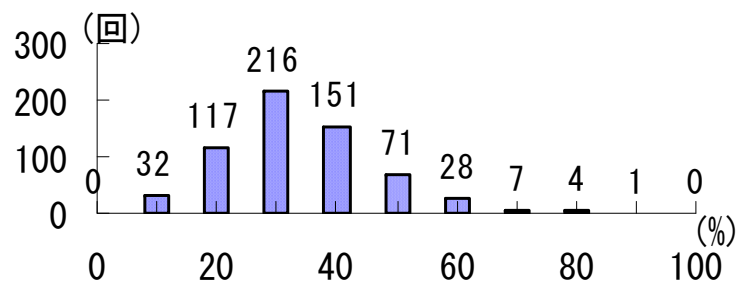
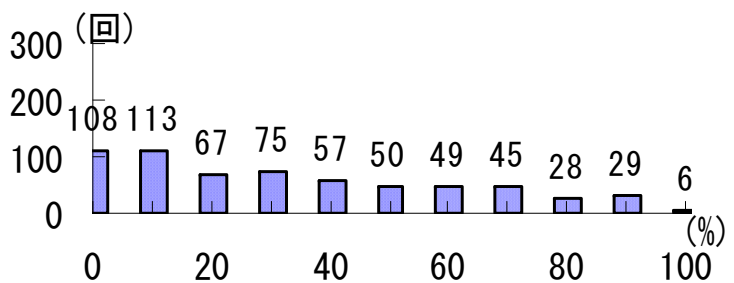
地上気温



降水量



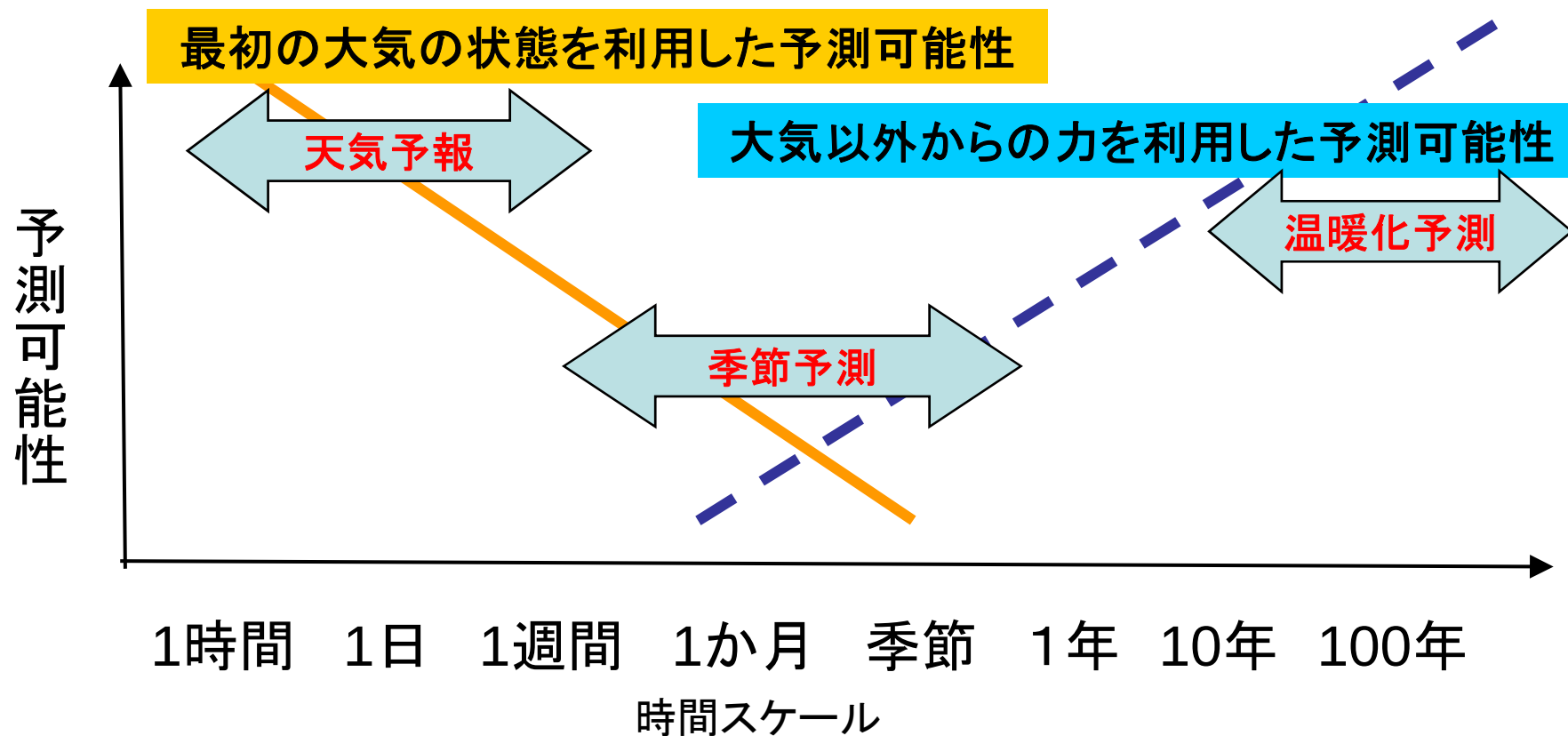
予測回数



やはり、決定論的精度を上げたい

将来の課題

まとめ：なぜ、季節予測は難問なのか



小さな
低気圧

低気圧
高気圧

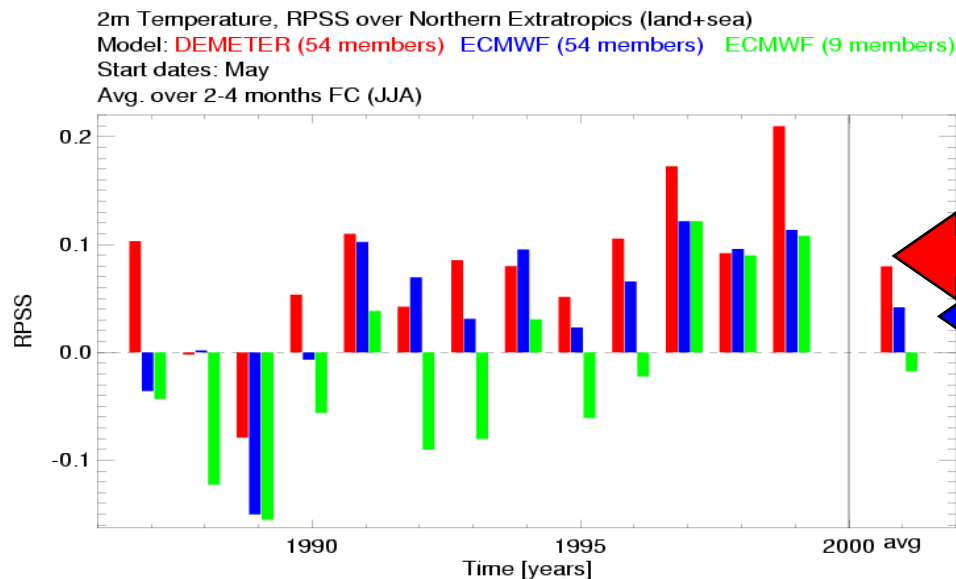
大きな
ゆっくり
とした波

エル
ニー
ニョ

地球温暖化

季節予測精度向上の基本は 大気海洋結合モデルの精度をあげること。

- 大気モデルでは、熱帯からの波の伝わり方を正確に表現。
 - 海洋モデルでは、海洋の初期状態を正確に把握。誤差も知る。
 - 結合モデルでは、インド洋の海面水温・雨の予測精度向上。
- 複数のモデルを使って複数の予測をする。 （マルチモデルサンサンブル法）
なぜならば、初期値と同じくらい、モデルはあやしい。



精度比較をすると。

複数のモデルとたくさんの初期値

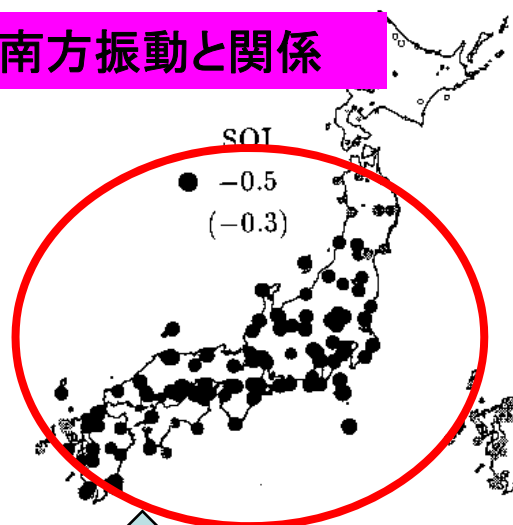
たくさんの初期値

ひとつの初期値

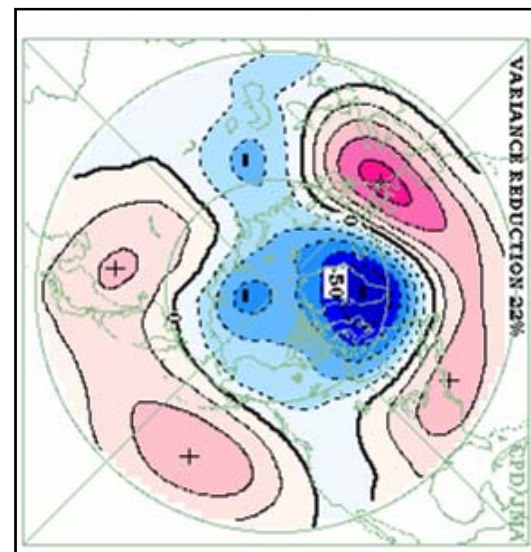
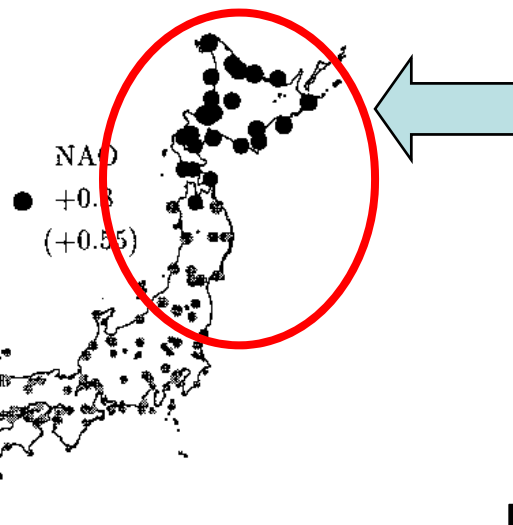
日本の冬の気温には、 熱帯のエルニーニョのほかに北極の大気振動も影響。

S.-P. Xie, H. Noguchi and S. Matsumura

南方振動と関係



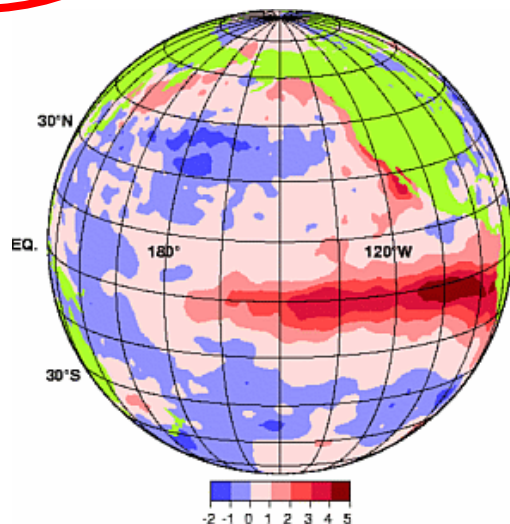
北極振動と関係



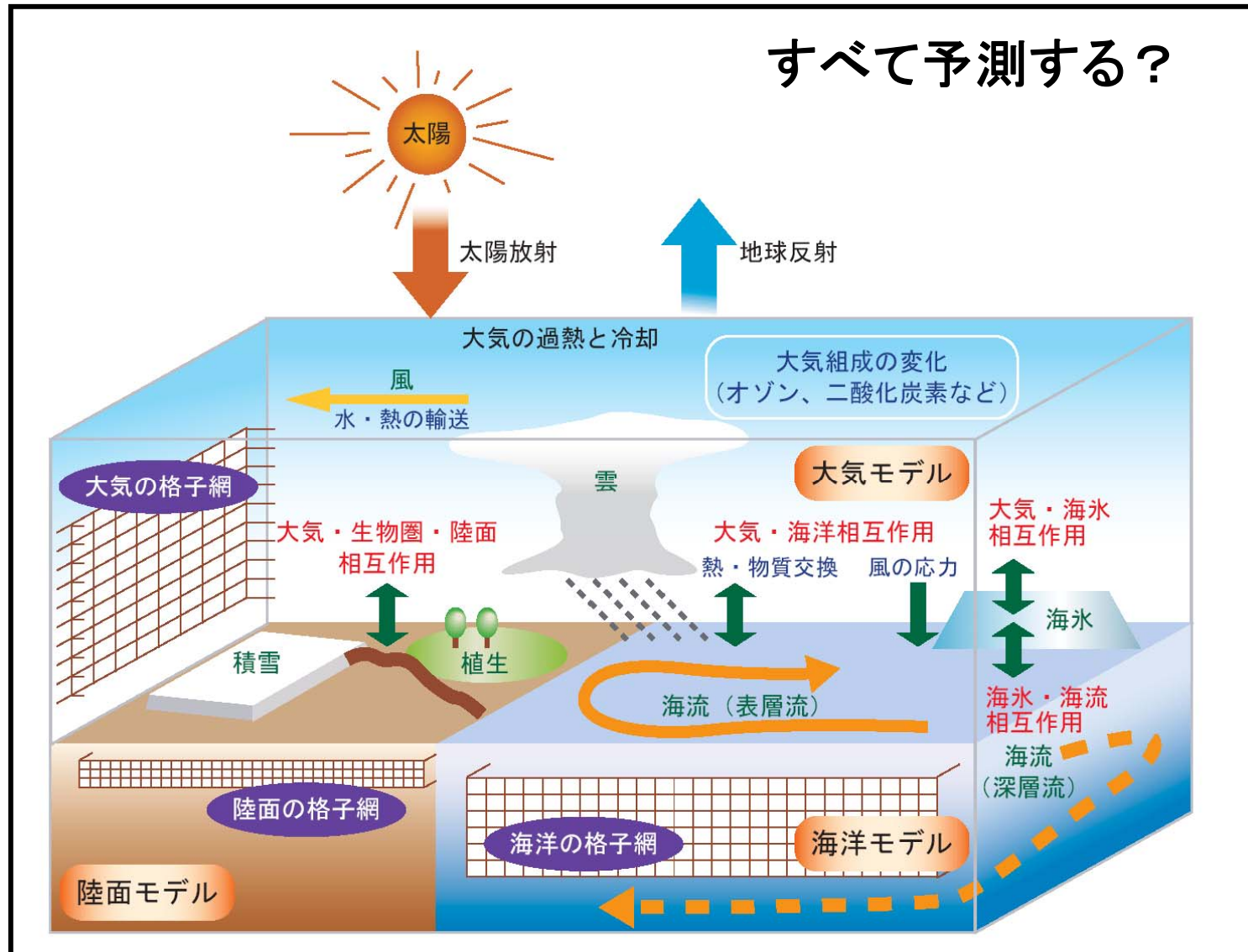
原因は？

↑ いろんな可能性

- ・ 大西洋の海面水温の変動
- ・ ユーラシア大陸の雪の変動
- ・ 北極の海氷の変動
- ・ 成層圏・オゾン・太陽活動の変動
- ・ 火山の爆発
- ・ 地球温暖化と関連



地球システムモデルによる予測可能性の研究

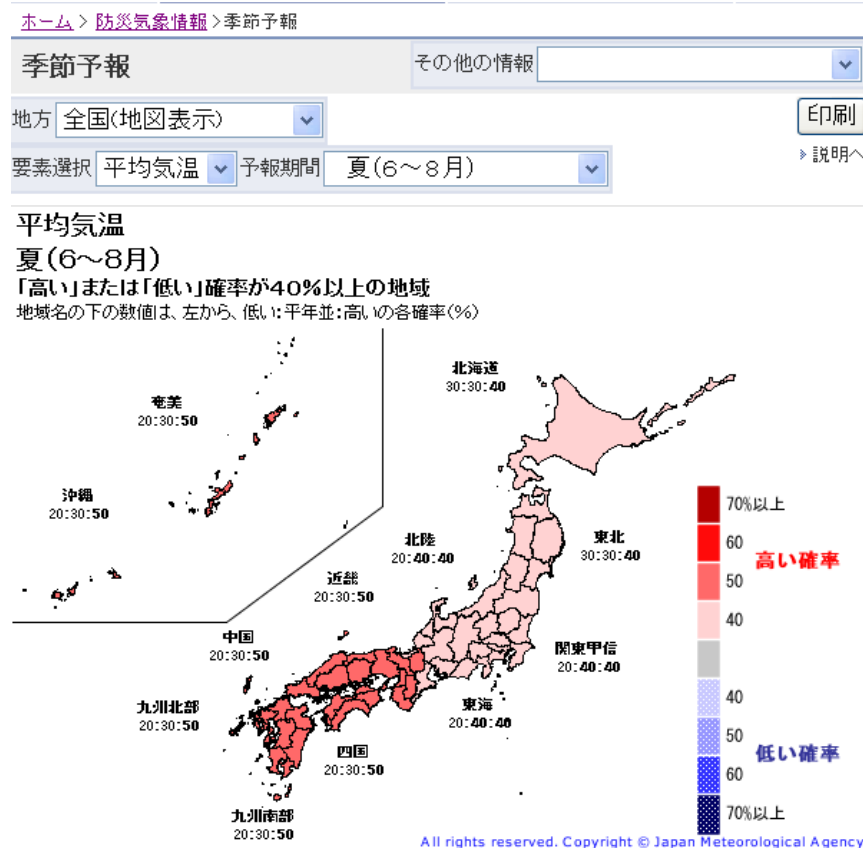


以上です。質問ありましたら。

そして、今年の夏はどうなるのか

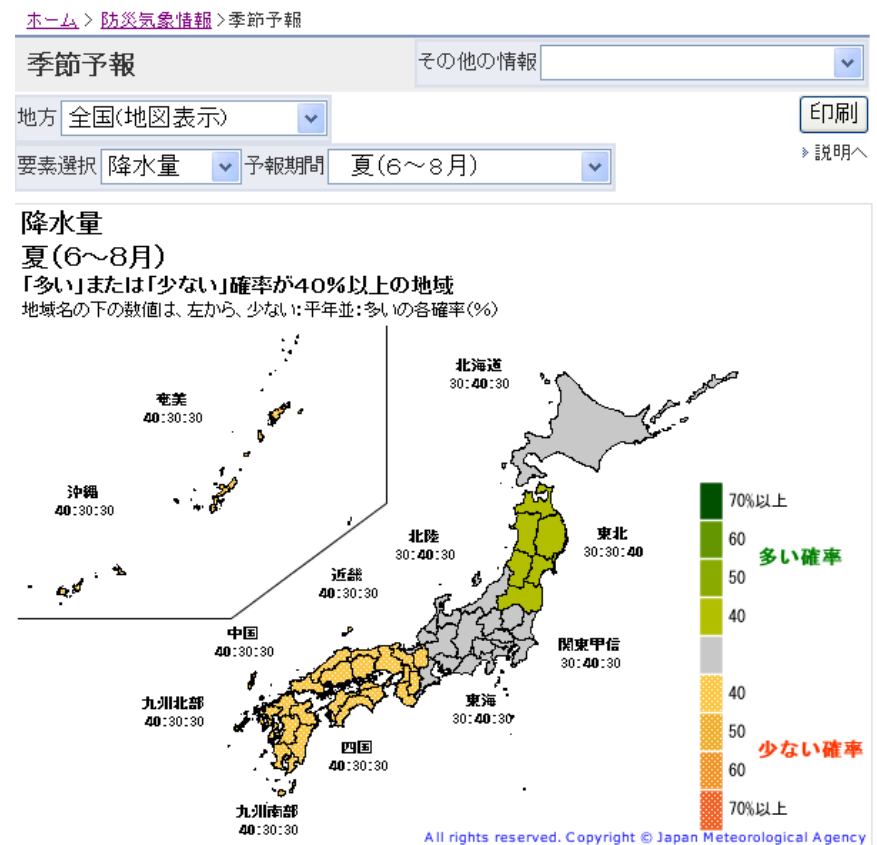
想定質問

気象庁(モデル+予報官)によれば



地図上をクリックすると各地方の詳細い予報がご覧いただけます。
1か月予報は毎週金曜日14時30分、3か月予報は毎月25日頃14時、暖候期予報は2月、寒候期予報は9月の3か月予報と同時に発表します。

▶ [最新の異常天候早期警戒情報](#)



地図上をクリックすると各地方の詳細い予報がご覧いただけます。
1か月予報は毎週金曜日14時30分、3か月予報は毎月25日頃14時、暖候期予報は2月、寒候期予報は9月の3か月予報と同時に発表します。

▶ [最新の異常天候早期警戒情報](#)