

計算科学による新たな知の発見・統合・創造
計算科学の戦略と次世代スーパーコンピュータ

気象学者からの提言

気象予測と気候予測の問題点

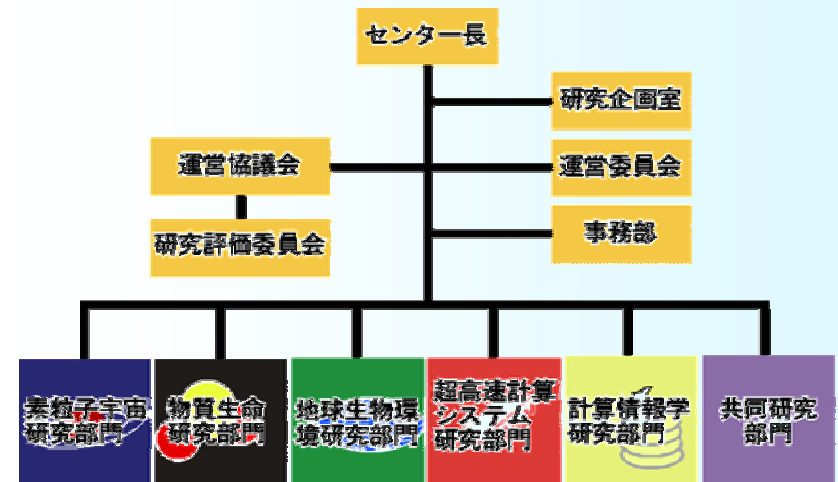
筑波大学計算科学研究センター

地球生物環境研究部門

田中 博



地球生物環境研究部門



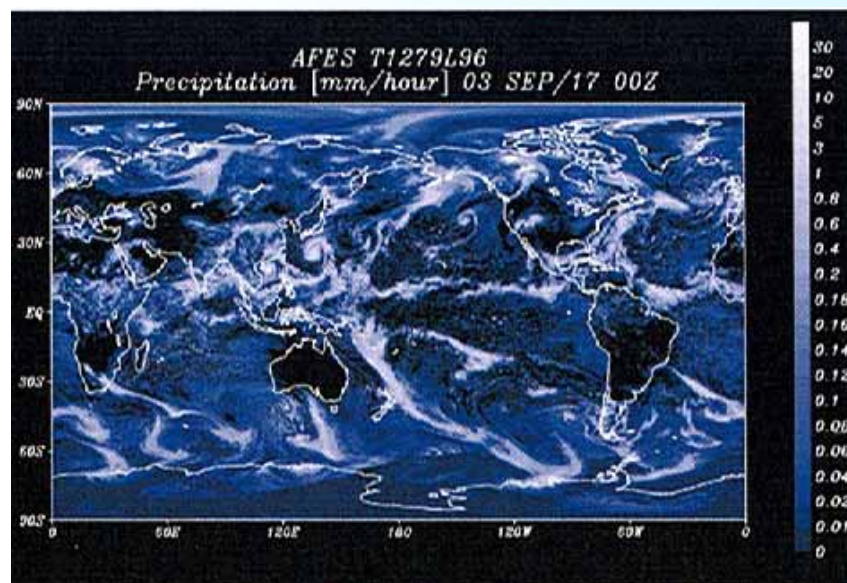
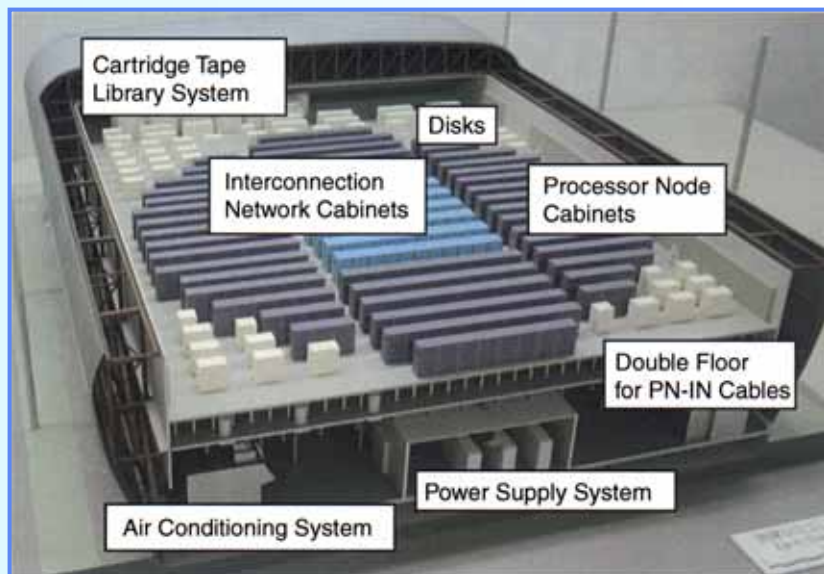
大気大循環モデル

→ 気候システムモデル

→ 地球システムモデル

Earth Simulator
(Super Computer)

10年先に 40T flops → 4P flops?

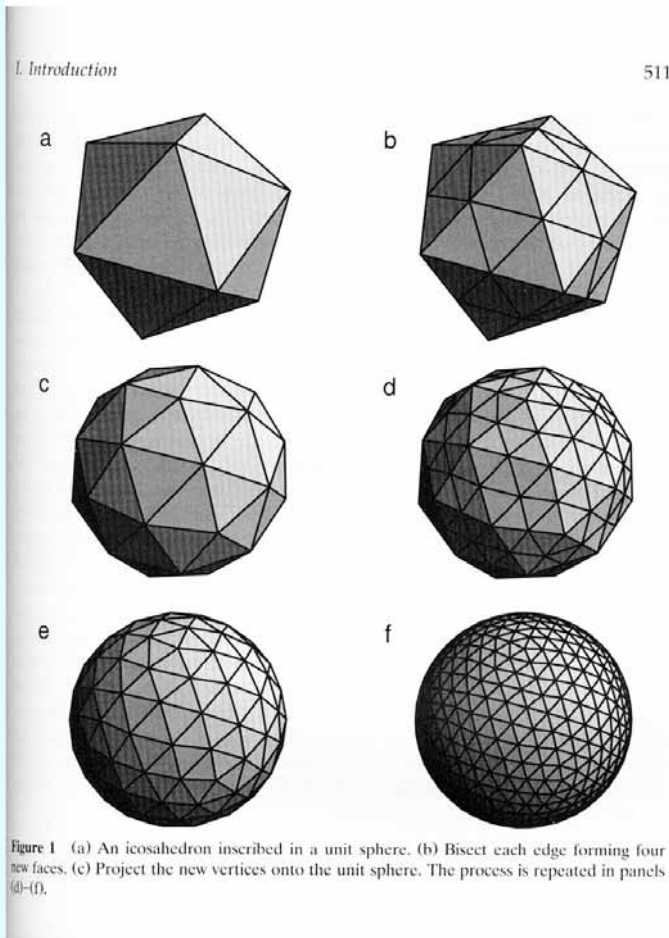


(Ohfuchi et al. 2005, EOS)

将来の格子網

正多面体格子

10年後の予測



大気の格子網

10km $\rightarrow$ 1km 10倍
 Δt 1分 $\rightarrow$ 0.1分 10倍

海洋の格子網

1km $\rightarrow$ 0.1km 10倍
 Δt 10分 $\rightarrow$ 1分 10倍

陸域の格子網

1km $\rightarrow$ 0.1km 10倍
 Δt 100分 $\rightarrow$ 10分 10倍

トータルとして 10000倍

超高解像度モデル時代

全球1kmグリッドでも、ミクロな現象の
パラメタリゼーションは必須

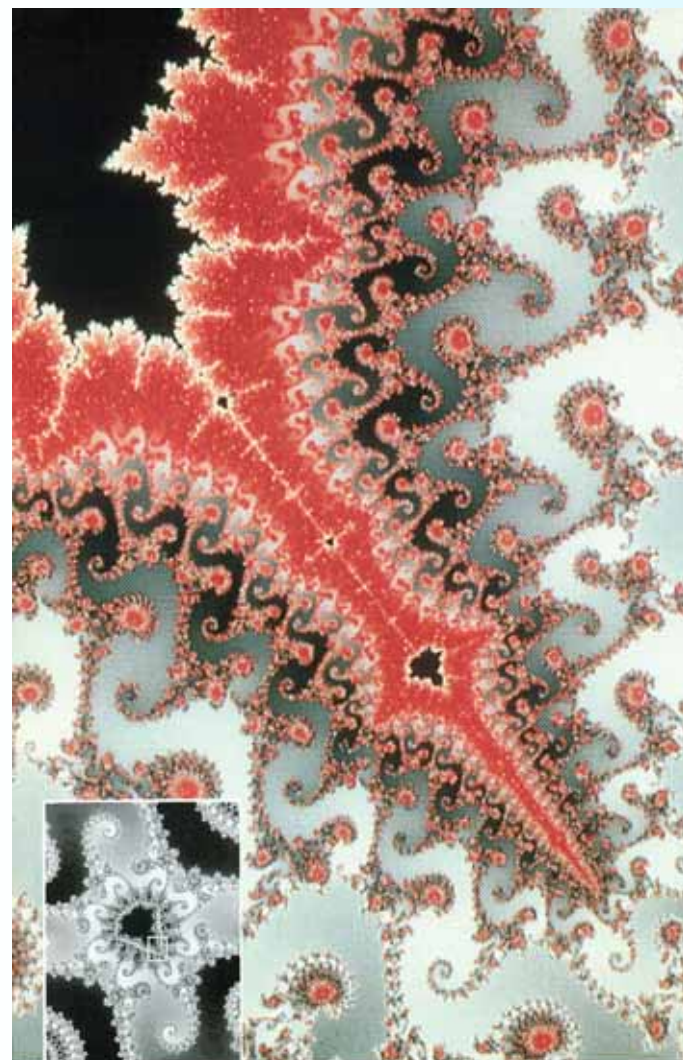
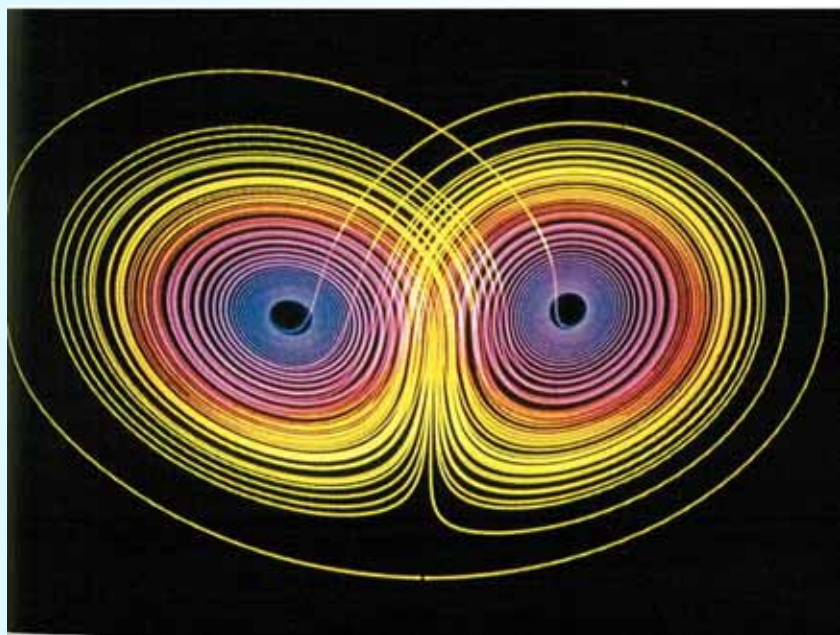
格子点



高解像度モデルに堪える
初期値が必要

カオスの性質は一層強まり
局所的には短時間先も予測が不可能

カオスとフラクタル



初期値対策：4次元同化の高度化

モデル(例)：移流方程式
$$\frac{\partial T_f}{\partial t} = -U \frac{\partial T_a}{\partial x}$$

同化方程式：
$$T_a(i) = T_f(i) + K(i)[T_o(i) - T_f(i)]$$

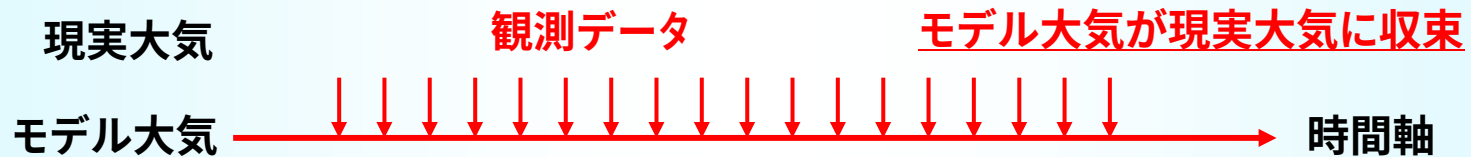


図3.9 予報解析サイクル（4次元間欠データ同化）の模式図。詳しくは本文参照。

観測が無くても予報値が残る！

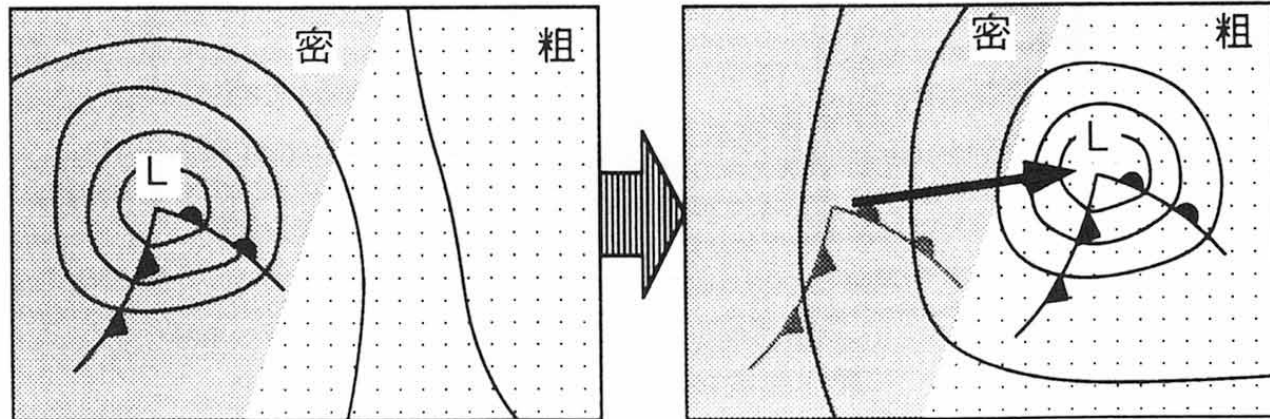
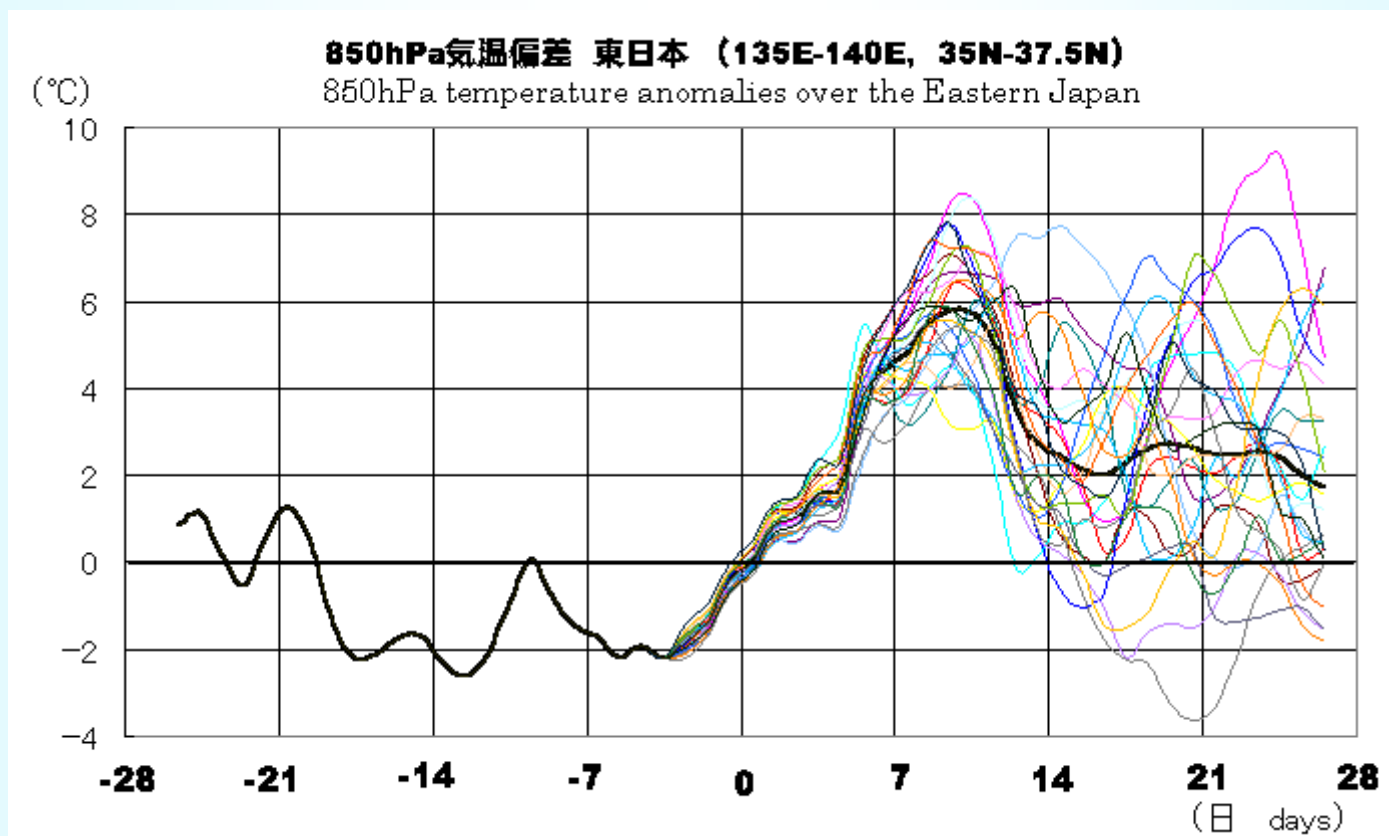
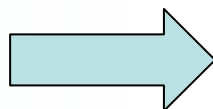


図3.10 観測データが密な部分の情報が，予報モデルによる予報を通じて，観測データの疎な部分に引き継がれていくことを表す模式図。

カオス対策： アンサンブル予報技術



- ・アンサンブル予報技術
- ・四次元同化技術

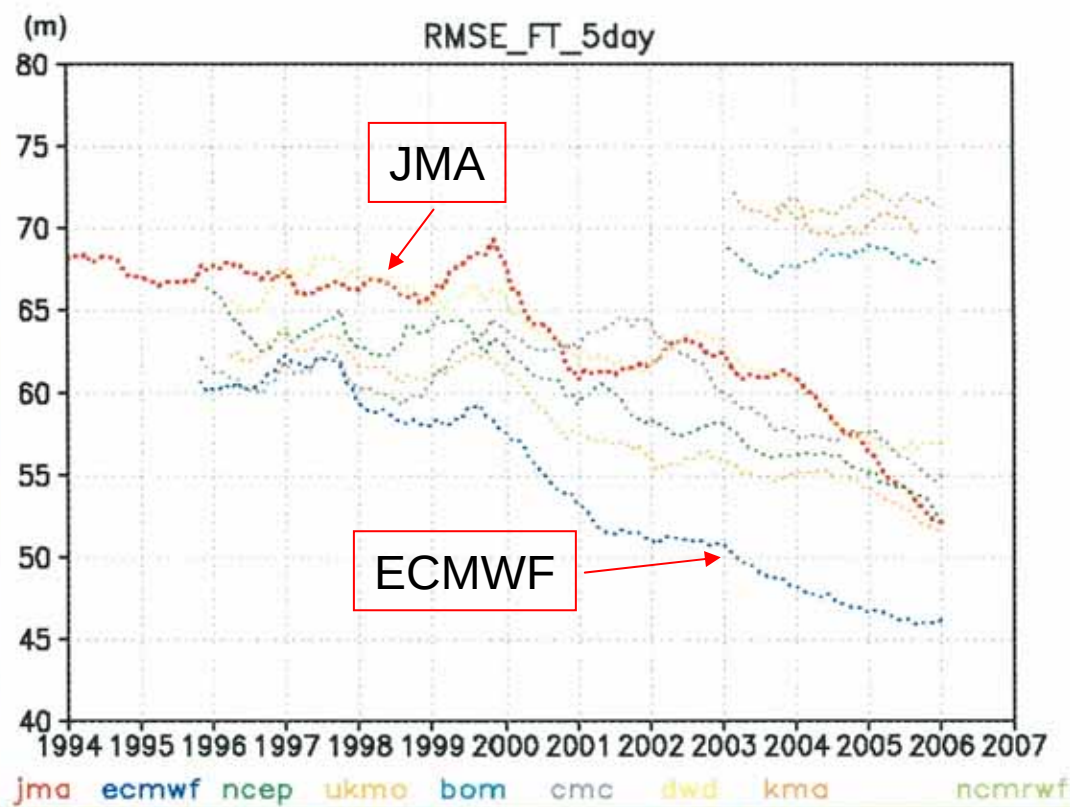


アンサンブルカルマンフィルターの開発

予報精度の向上と国際競争

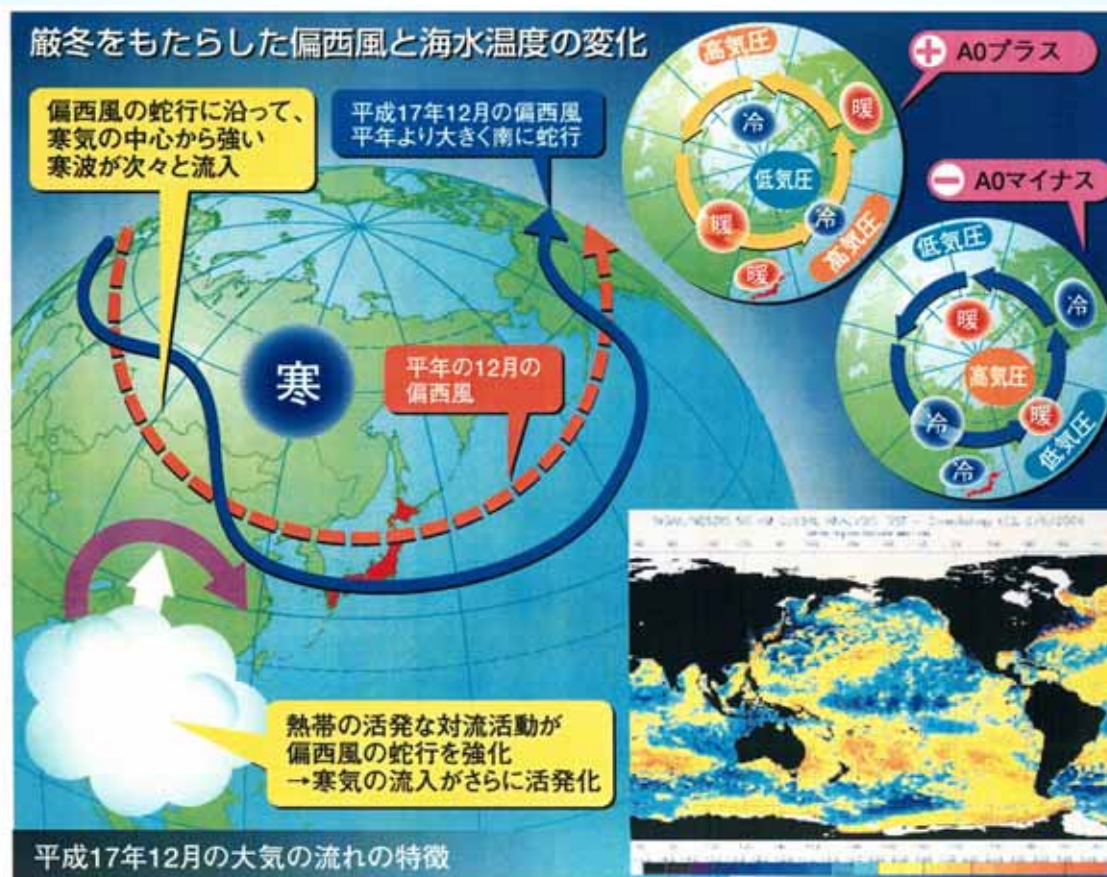


RMSE of 5-day Forecasts for NH Z500

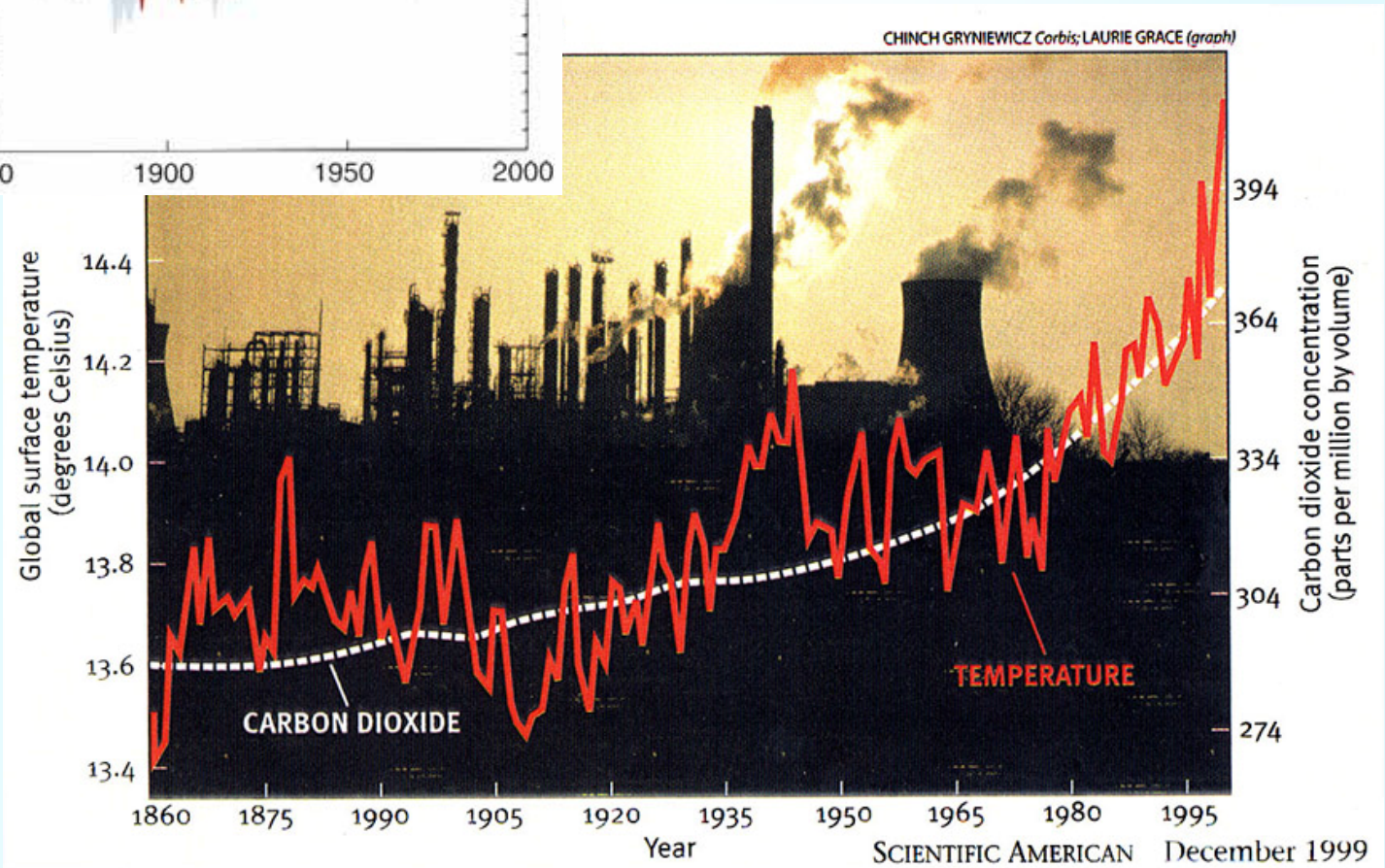
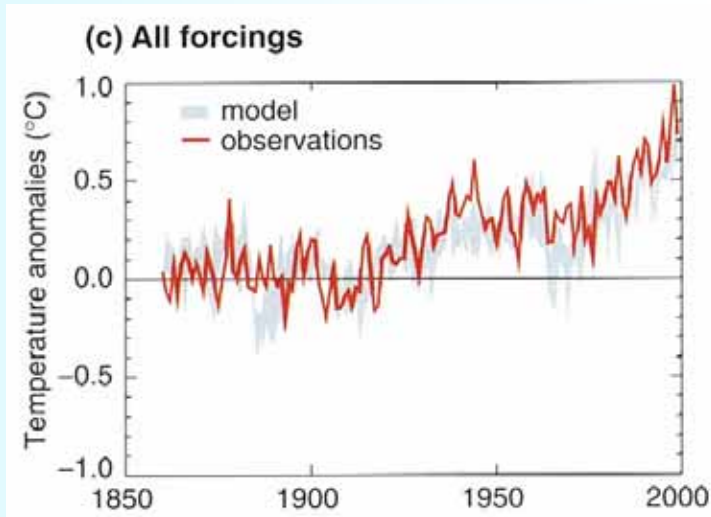


12-month running mean plotted at last month

平成18年豪雪は予測できなかった

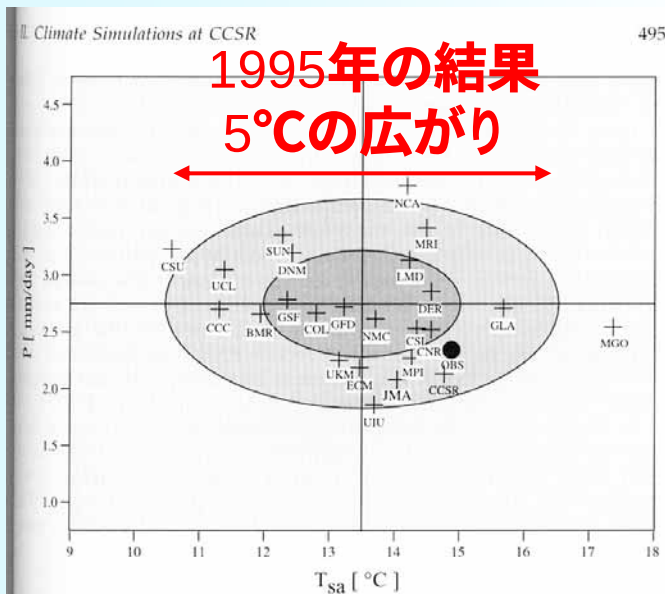


温暖化予測モデルの開発と チューニングの問題

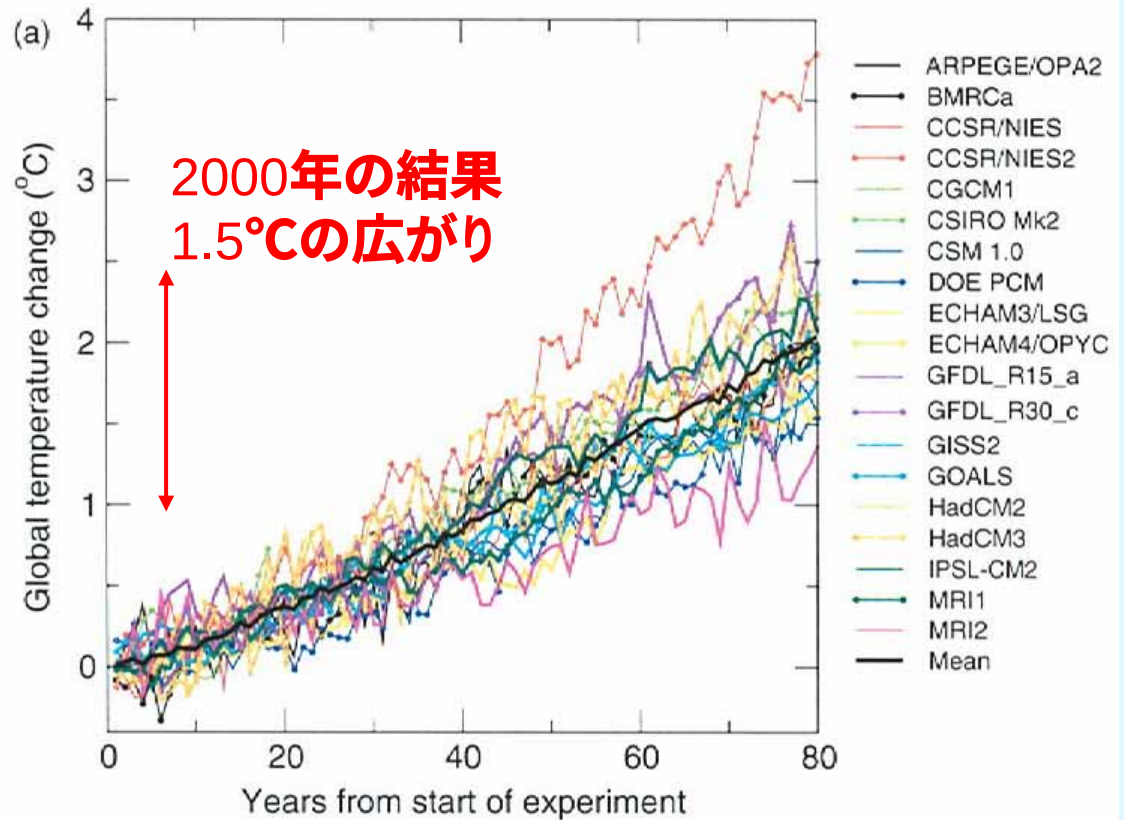


気候モデルデモクラシーの問題

予測結果の検証が出来ない

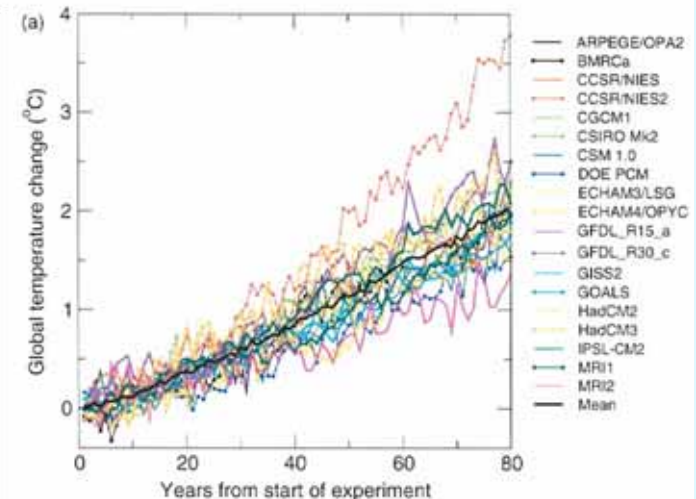
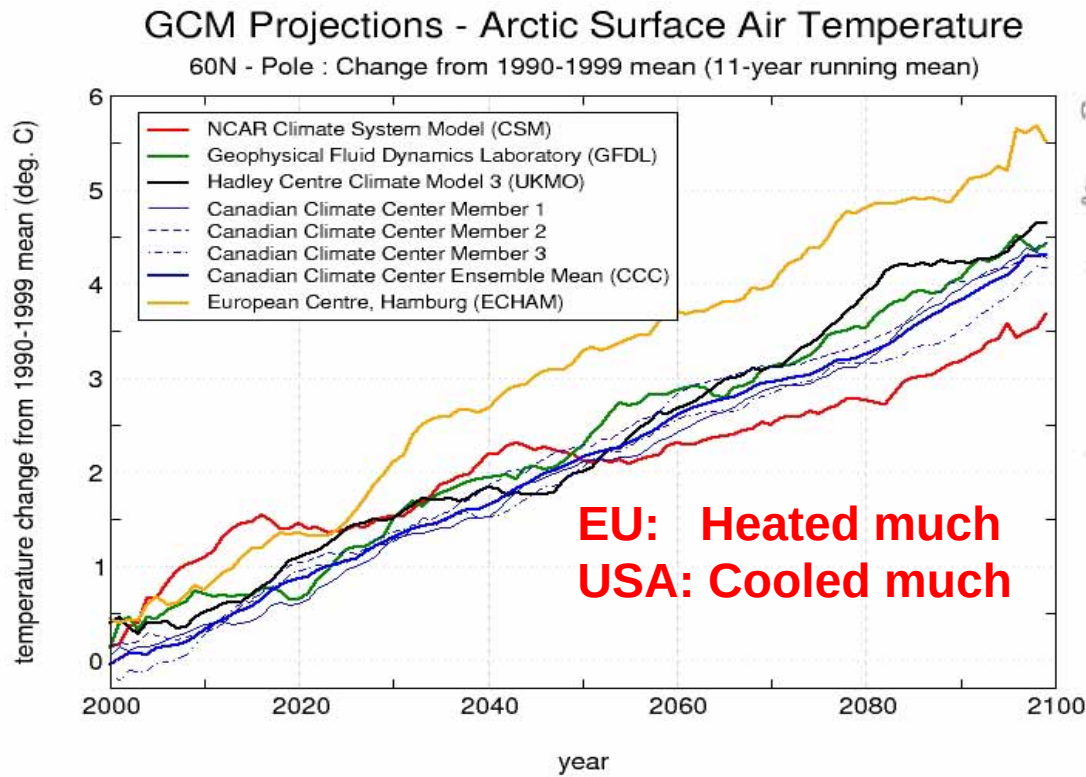


AMIP-1 (Sumi 2000)



将来予測に国策が反映していないか

サイエンスは多数決ではない。
ひとつの正しい答えが他のすべてを凌駕する。



環境省 Heated much ?
国交省 Cooled much ?

気象予測と気候予測の問題点 提言



地球生物環境研究部門

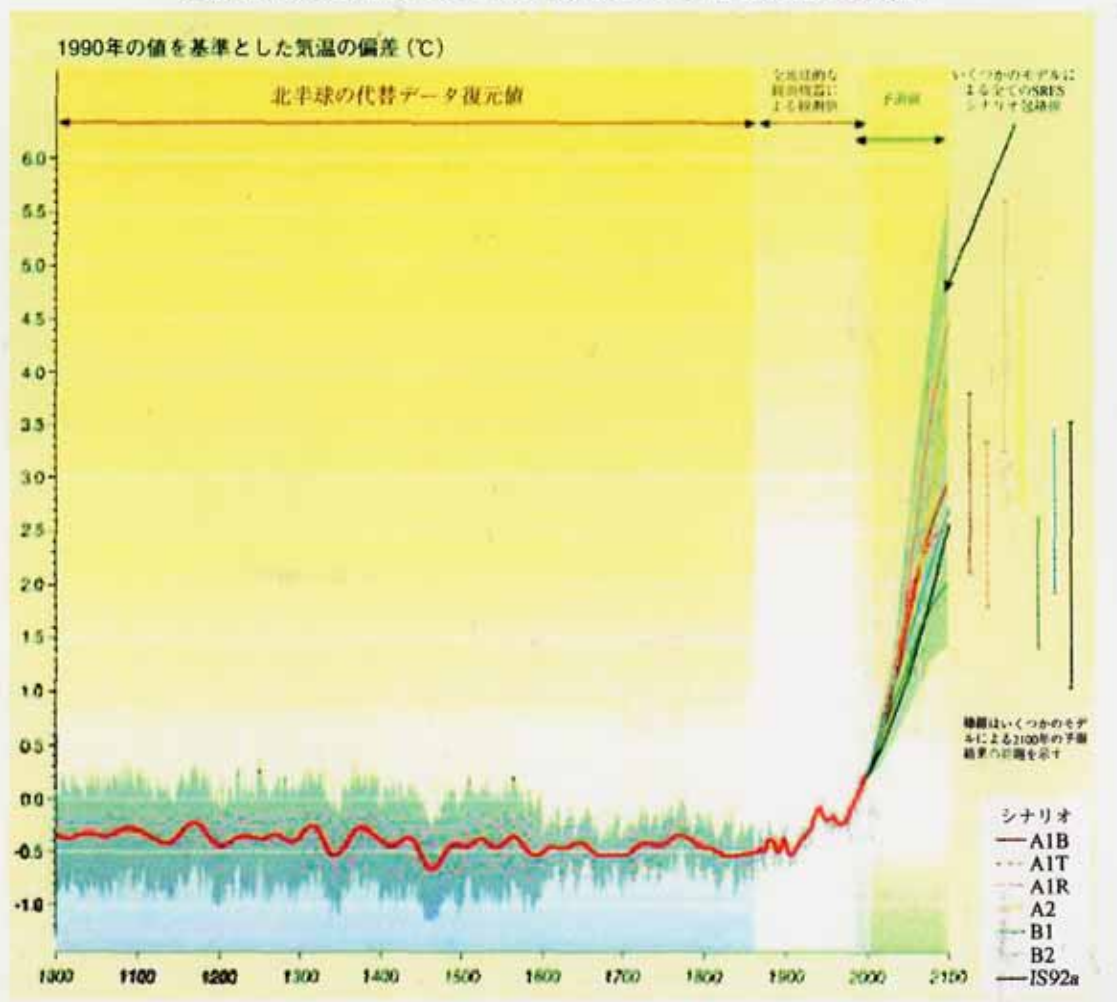


- **気象予測とカオスの壁**
 - 高解像度に堪える初期値が必要
 - 4次元同化・アンサンブル予報技術の高度化
- **気候予測とモデルデモクラシー**
 - 将来予測の信頼性向上が課題
 - 故意に将来予測をチューニングしない

END

温暖化予測

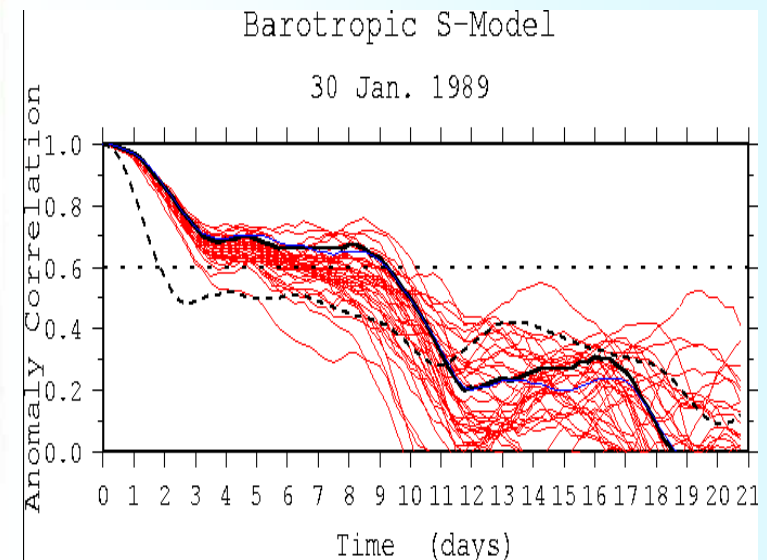
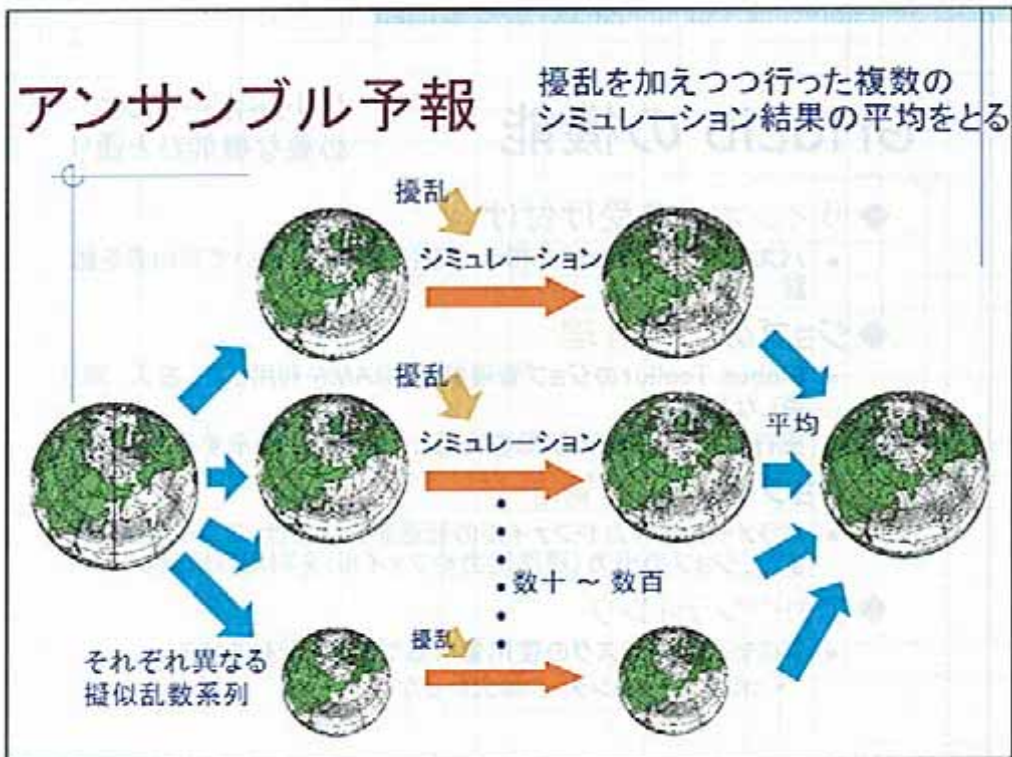
西暦1000年から2100年までの地上気温の変化



Stochastic Physics アンサンブル予報の例

物理過程に確率変数

筑波大学の順圧大気大循環モデル



産業総合技術研究所との共同研究
(Takemiya et al. 2003)

北極振動と日本の異常気象

気圧と気温の偏差

A0 プラス



日本は暖冬

A0 マイナス



日本は寒冬

大気の予報限界・アンサンブル予報

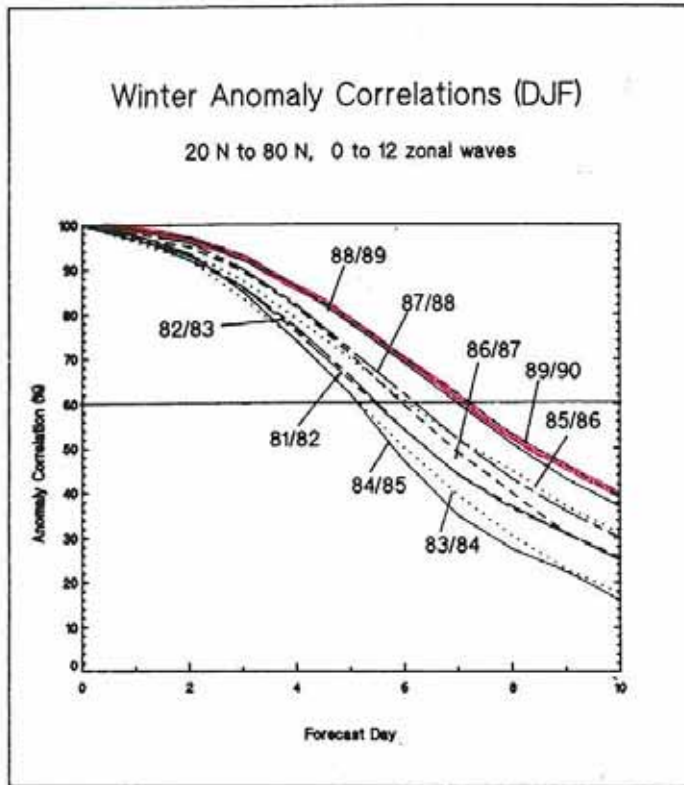
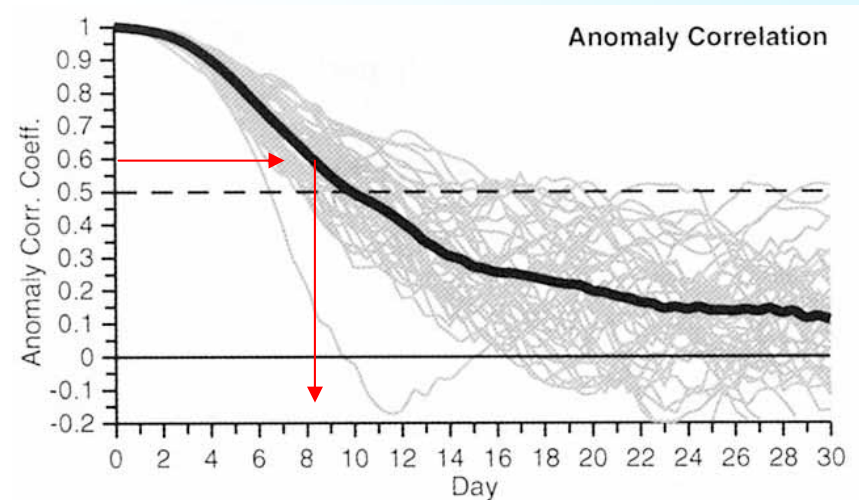


FIG. 6. Anomaly correlation (see footnote 2) as a function of forecast length for the December-January-February winter seasons of 1981/82 throughout 1989/90. The anomaly correlation is computed from 20°N to 80°N and includes only zonal wavenumbers 0 to 12.

今日の予報限界は約8日



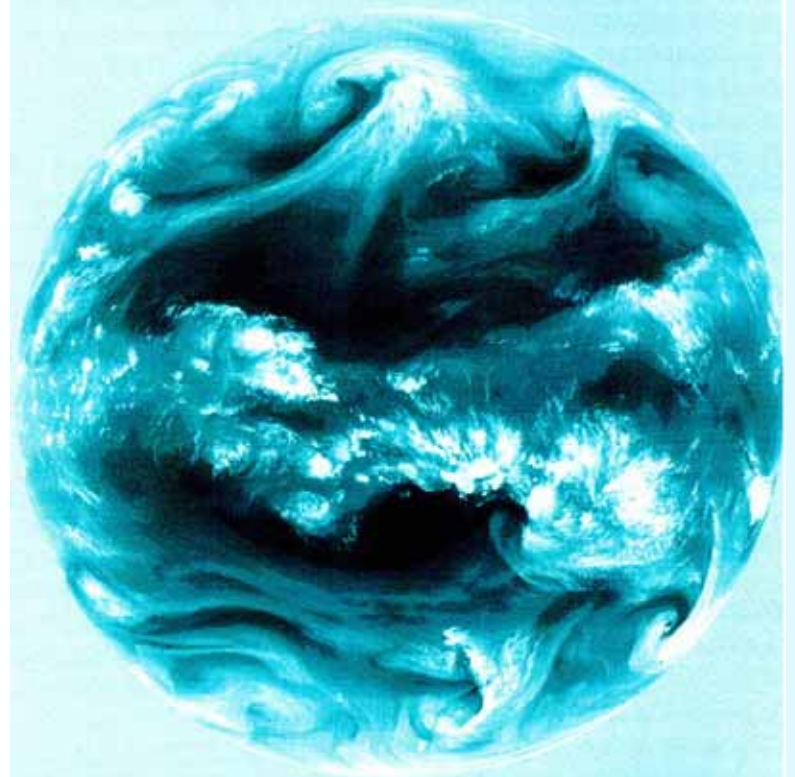
ECMWF Ensemble Forecasts (46 forecasts)
(Vitart 2005)

大気大循環モデルの発展

大気大循環研究とは



「ひまわり」5号がはじめて撮影した水蒸気画像



1995年4月20日10時10分の
水蒸気画像