

2013年3月16日, 京を知る集い, 秋田

「京」を使った 最先端の天気予報研究

三好 建正

(みよしたけまさ)

理化学研究所 計算科学研究機構

データ同化研究チーム

Takemasa.Miyoshi@riken.jp

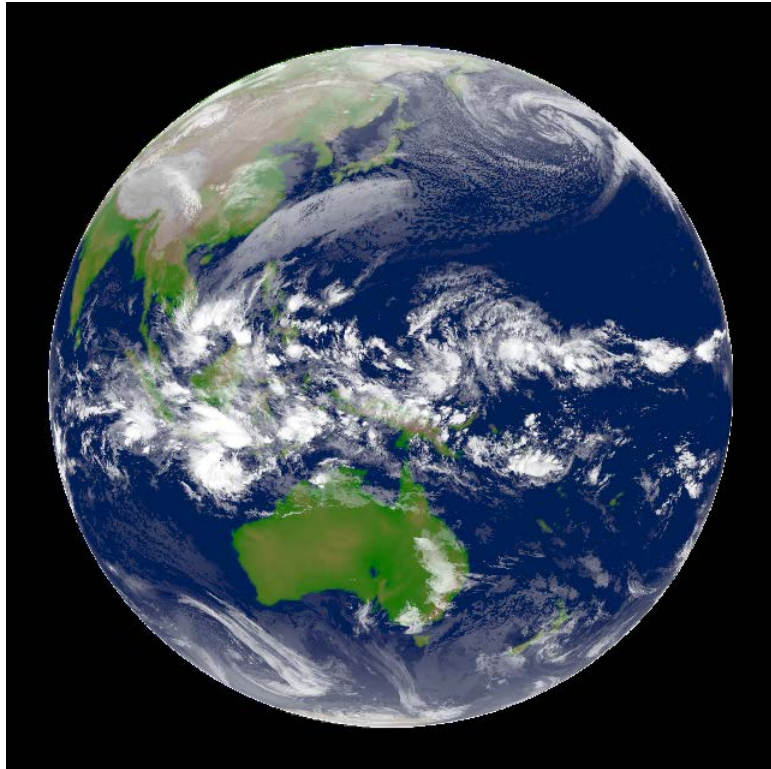


序章

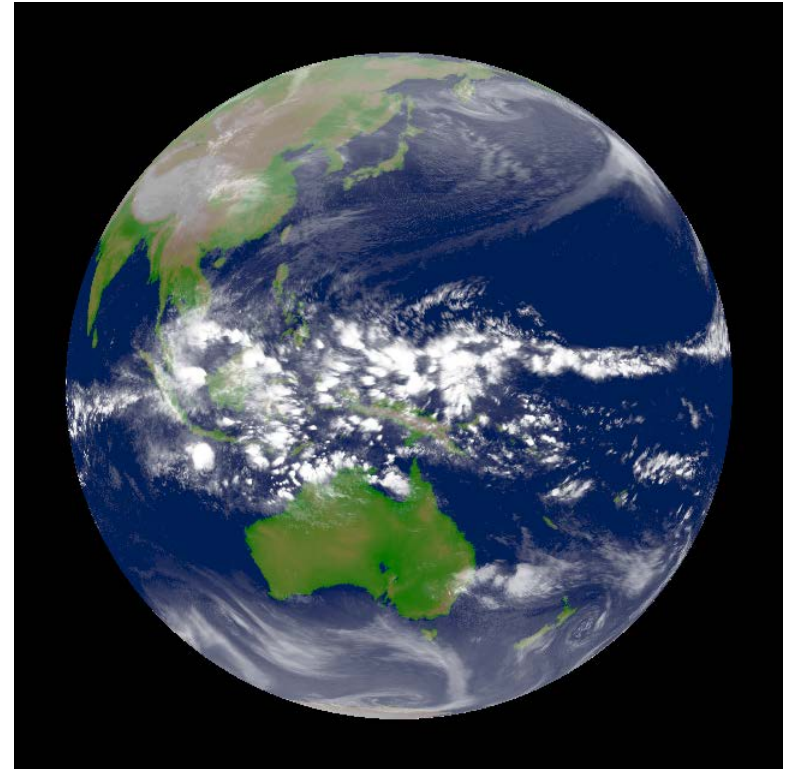
数値天気予報について

シミュレーションと本当の観測、どっち？

A



B



東京大学 三浦裕亮 准教授 提供

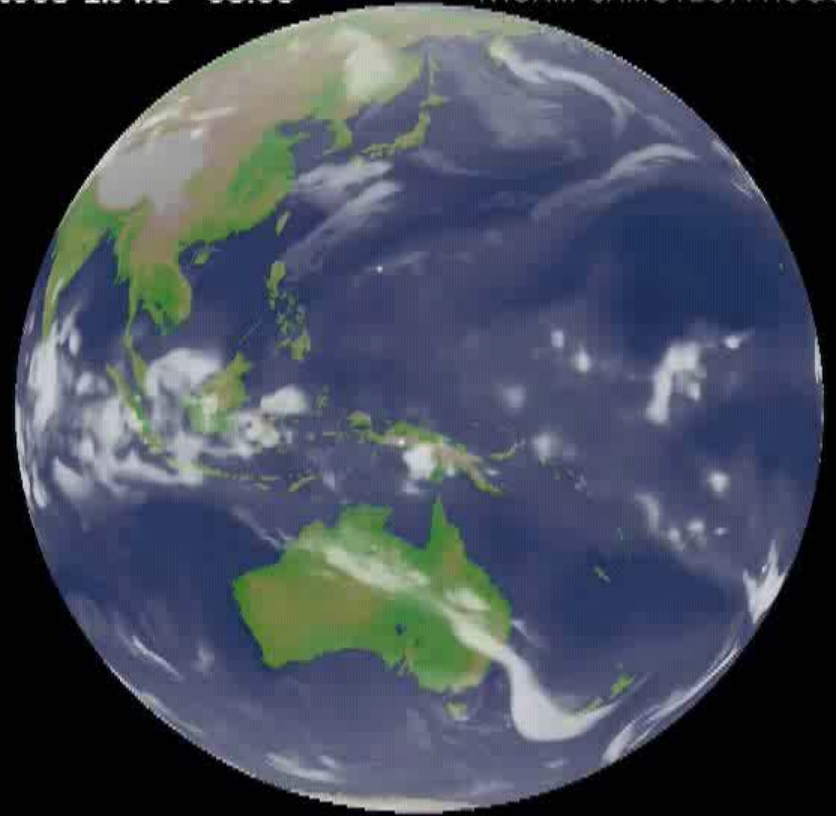
最先端の天気予報シミュレーション

MTSAT-1R IRI 06122503 JST Kochi Univ.



2006-12-25 03:00

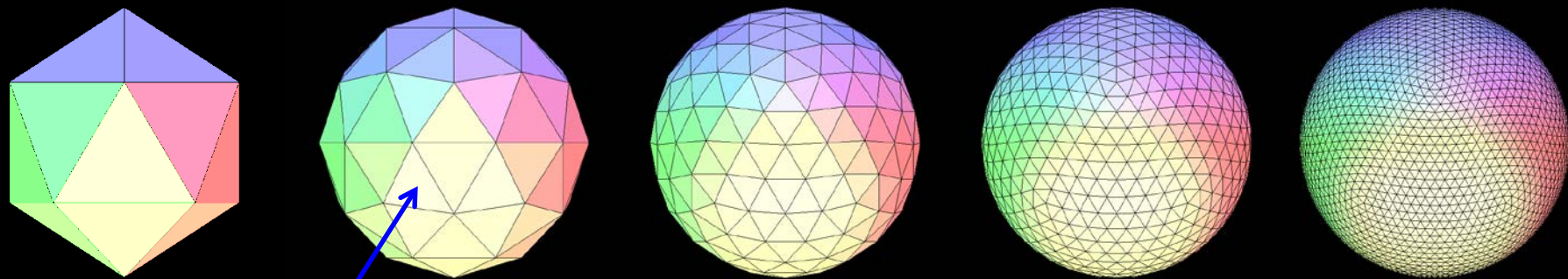
NICAM JAMSTEC/FRCGC



東京大学 三浦裕亮 准教授 提供

天気予報シミュレーションの方法

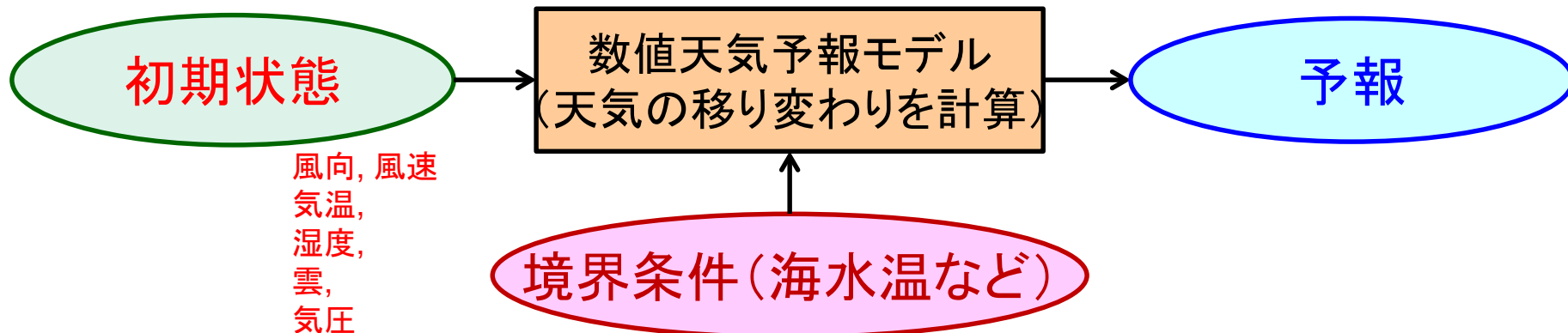
1. 地球を細かく分割します。



分割したそれぞれの場所で、「大気状態」を考えます。

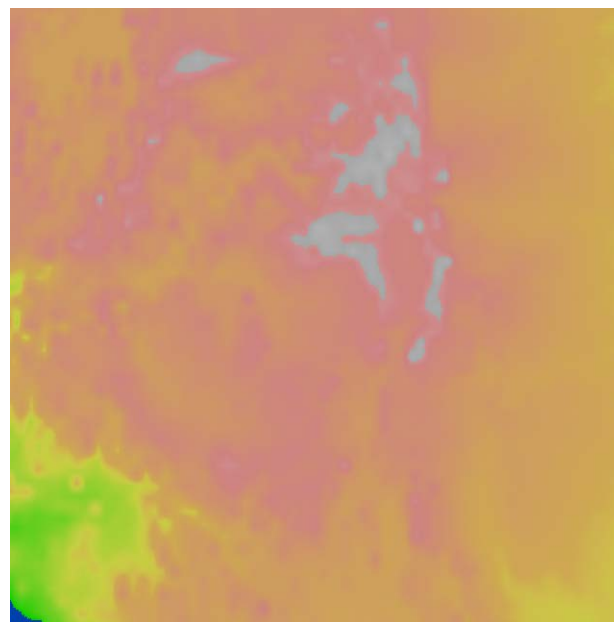
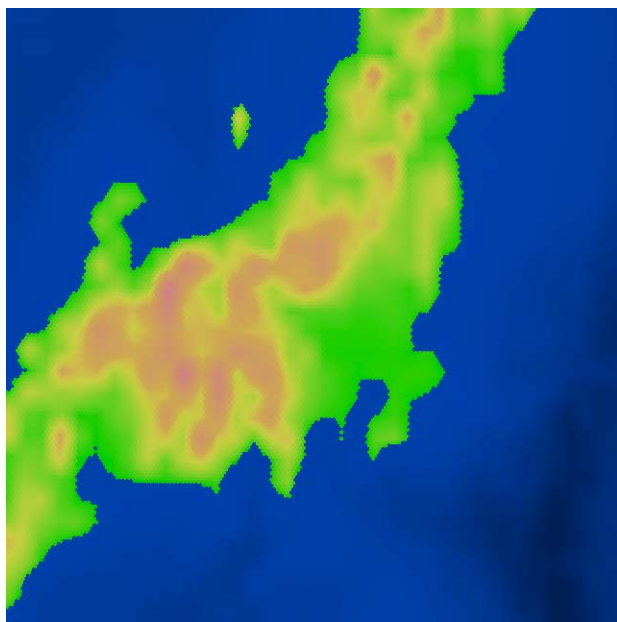
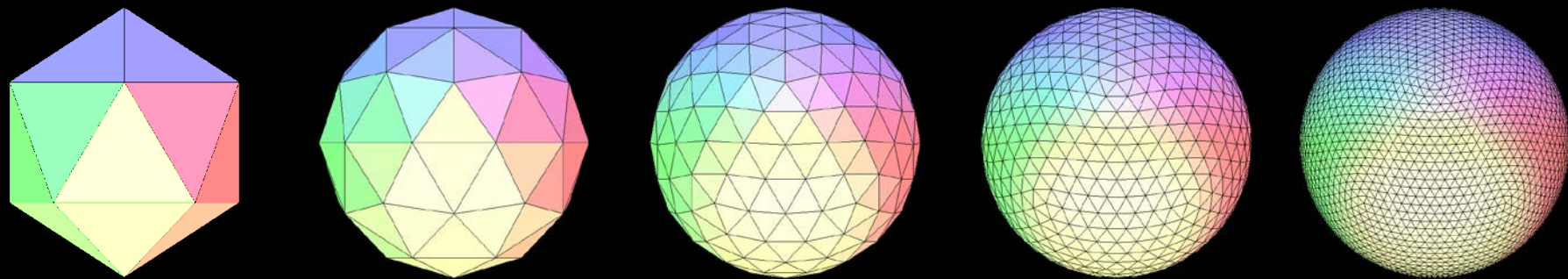
風速、風向、気温、湿度、雲、気圧

2. 周辺の影響などを考えて、天気の移り変わりを計算します。



分割するほど、大きな計算に

NICAMモデルの分割方法(東大 三浦准教授 提供)



解像度 $dx \sim 480$ km
 $dx \sim 240$ km
 $dx \sim 120$ km
 $dx \sim 60$ km
 $dx \sim 30$ km
 $dx \sim 15$ km
 $dx \sim 7.5$ km
 $dx \sim 3.75$ km

リチャードソンの夢 (1922)

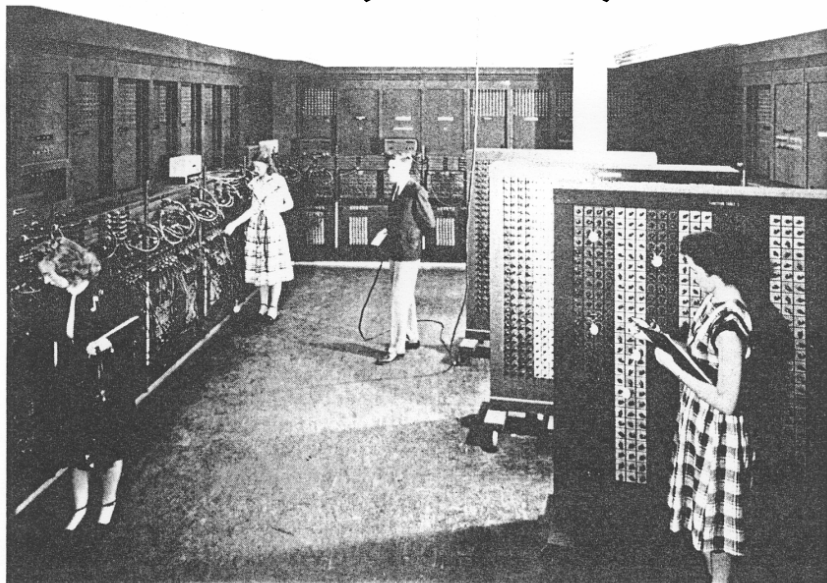


お天気工場

手で計算 → 失敗

世界初の天気予報シミュレーション(1946)

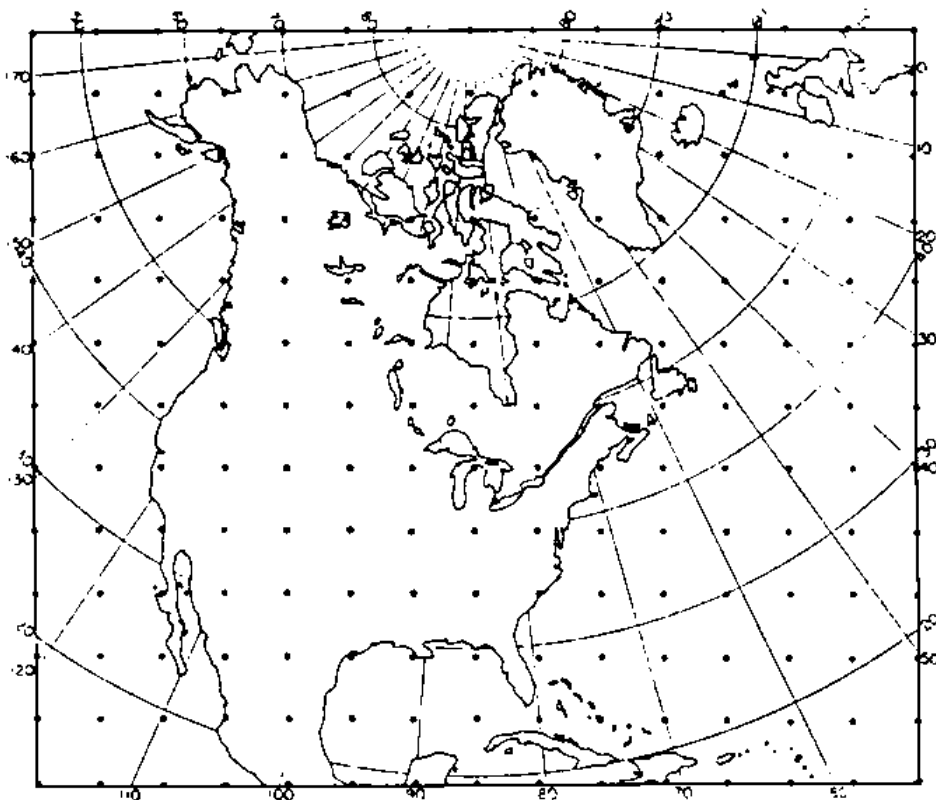
ENIAC (1946)



最初期のコンピュータ

初めてうまく計算できました。
しかし、1日予報するのに、
1日計算がかかりました。
これでは予報になりません。

解像度: 736 km



現在の天気予報シミュレーション

気象庁の天気予報に使われているスーパーコンピュータ
日立SR16000



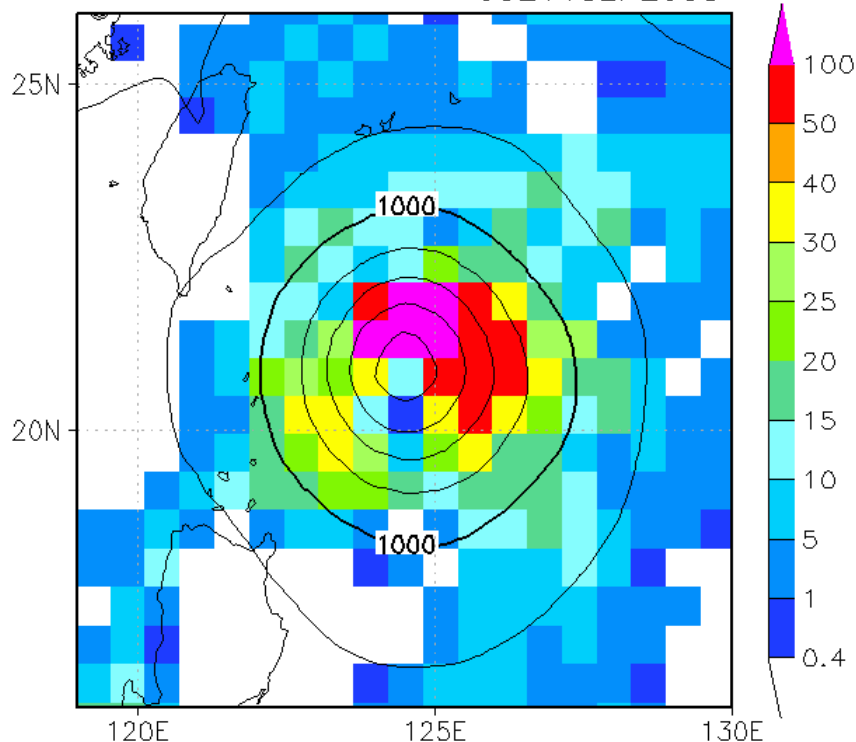
解像度20 kmの地球全体の1週間後の天気
予報計算が、たったの2, 3分程度！！

解像度は、重要です。

たとえば、台風を違う解像度で見てください。

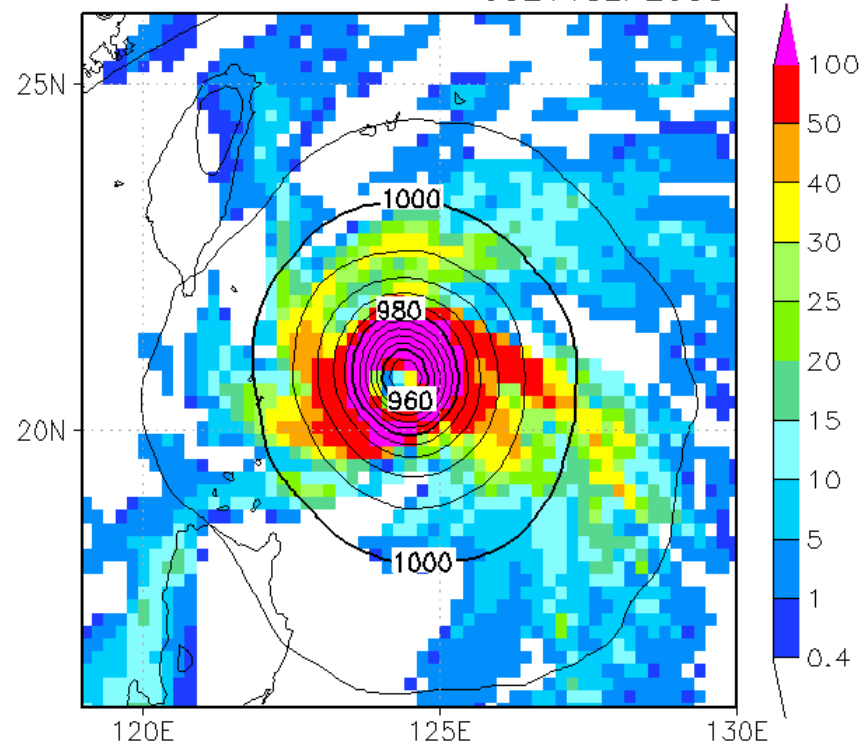
解像度60 km

00Z11SEP2008



解像度20 km

00Z11SEP2008

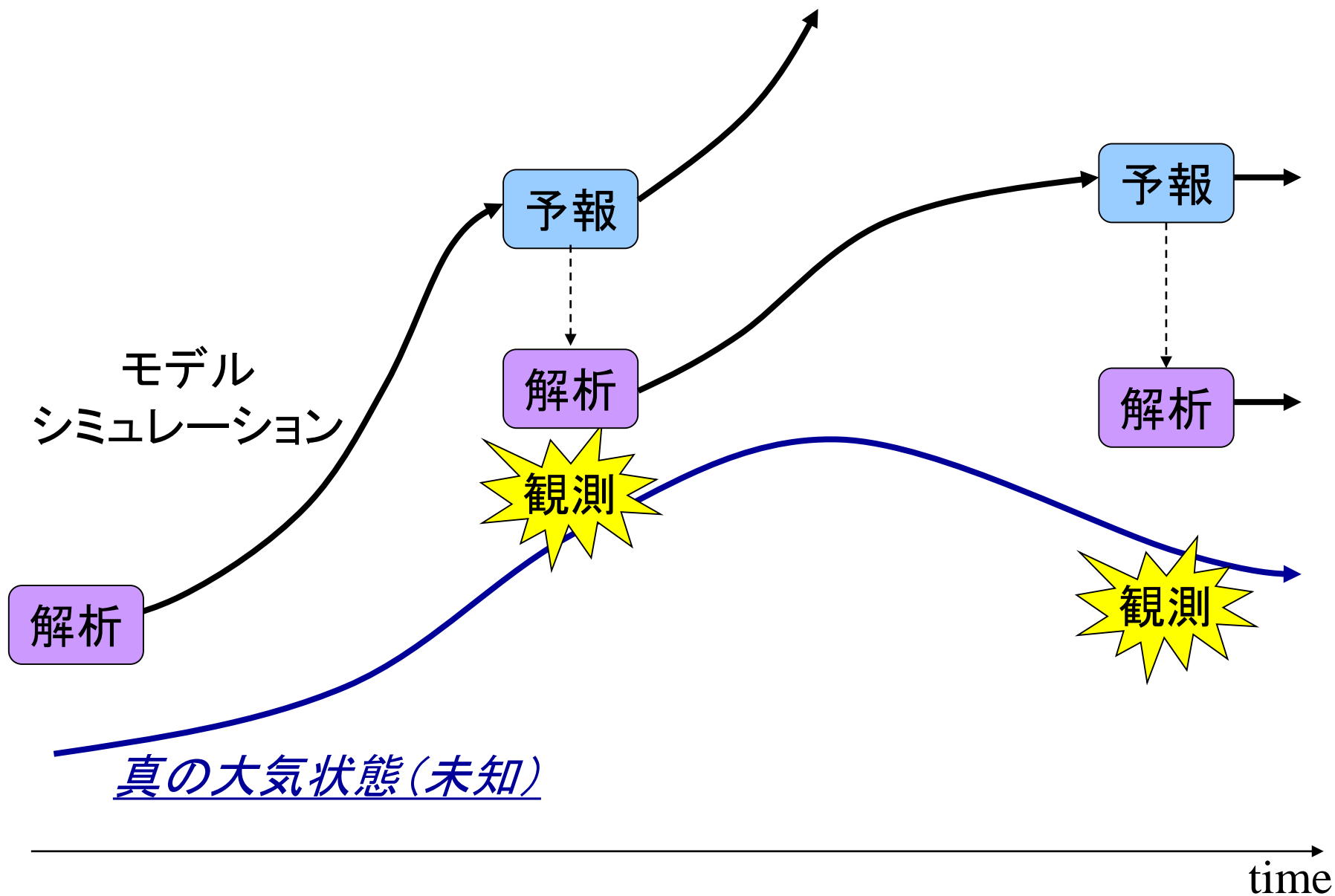


解像度を上げると、一般に計算量はその4乗(空間3次元+時間)に比例して増えます。たとえば、解像度を3倍にすると、 $3^4=81$ 倍！

第2章

シミュレーションと現実世界

数値天気予報のしくみ



天気の観測

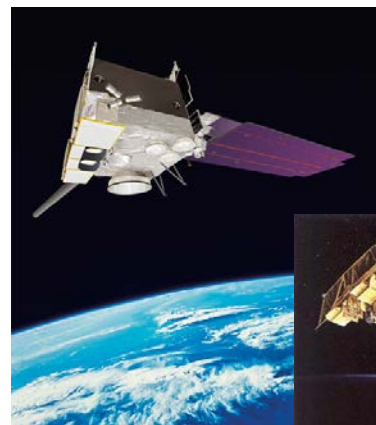
気象レーダー



航空機



人工衛星



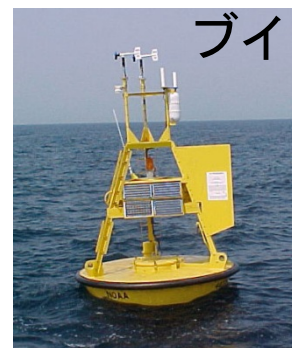
風船観測



船舶



ブイ



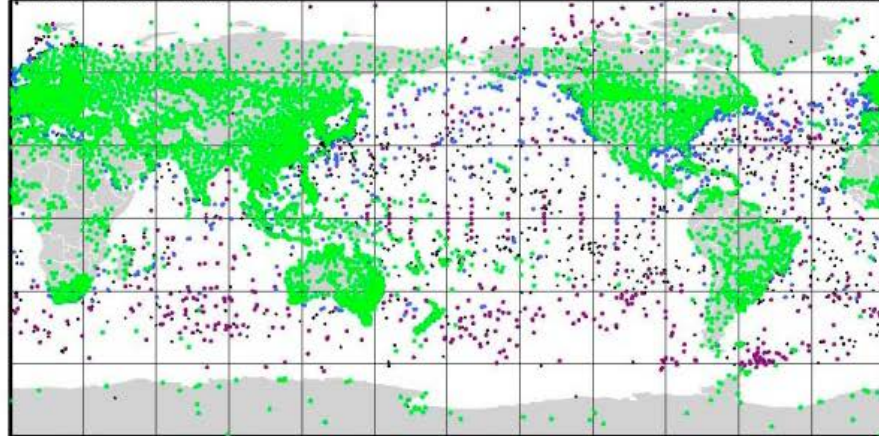
地上観測



6時間で集まる観測データ

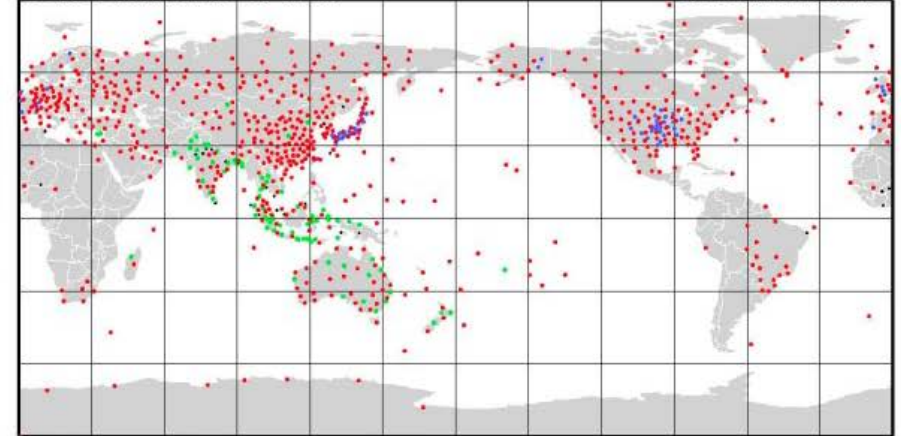
JMA GLOBAL ANALYSIS - DATA COVERAGE MAP (Da00ps): 2009/04/22 00:00(UTC)

CONVENTIONAL SURF 2009/04/22 00:00(UTC)



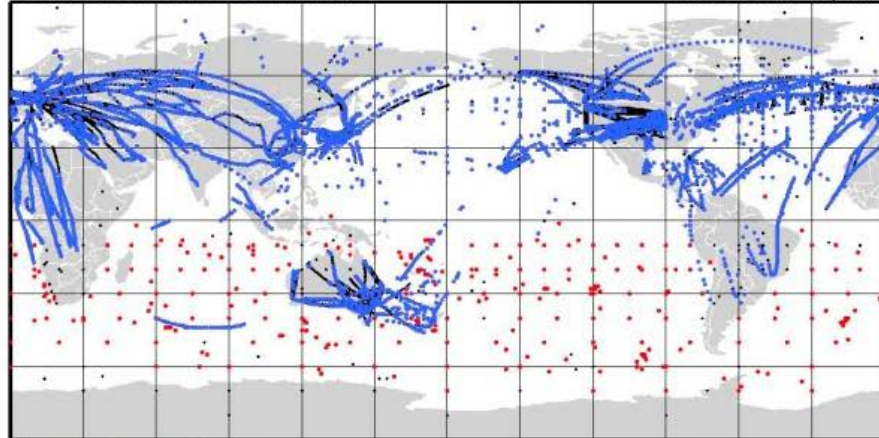
SYNOP: 12575 METAR: 3782 SHIP: 3011 DRIFTER: 7335 [●]NO_USE

CONVENTIONAL UPPER 2009/04/22 00:00(UTC)



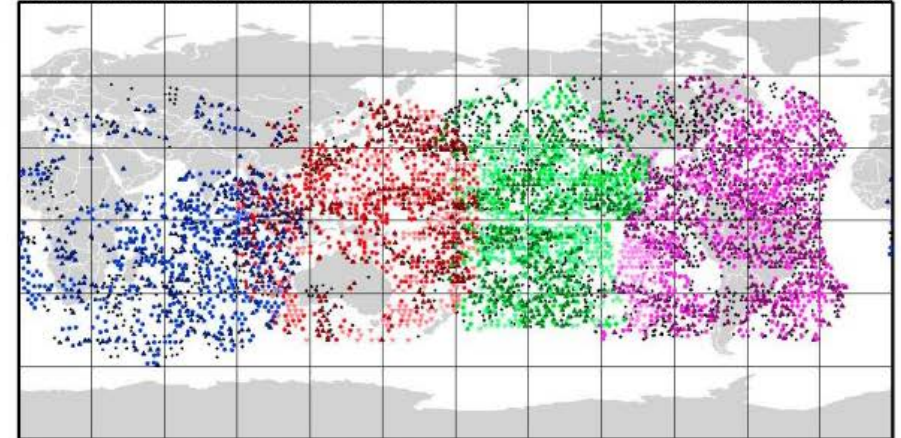
TEMP: 636 PILOT: 811 WPROF: 1616 [●]NO_USE

CONVENTIONAL OTHERS 2009/04/22 00:00(UTC)



AVIATION: 28554 BOGUS: 345 [●]NO_USE

ATMOSPHERIC MOTION VECTOR 2009/04/22 00:00(UTC)

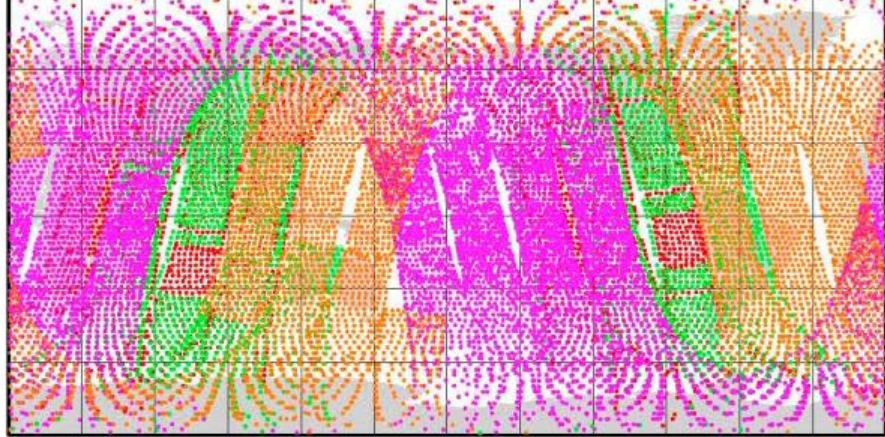


IR[●]: 2780 VS[▼]: 1323 WW[▲]: 1948 [●]NO_USE

大気には国境がない。天気観測は、国際協力の賜物。

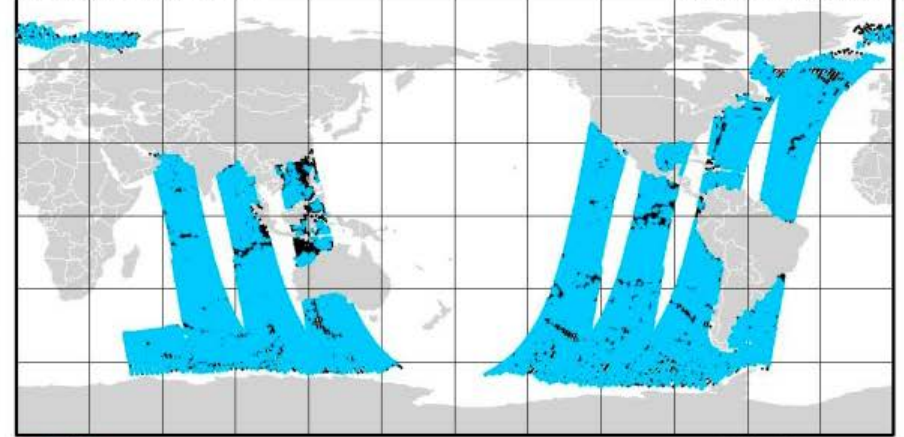
6時間で集まる観測データ

MW-SOUNDER(AMSU-A) 2009/04/22 00:00(UTC)



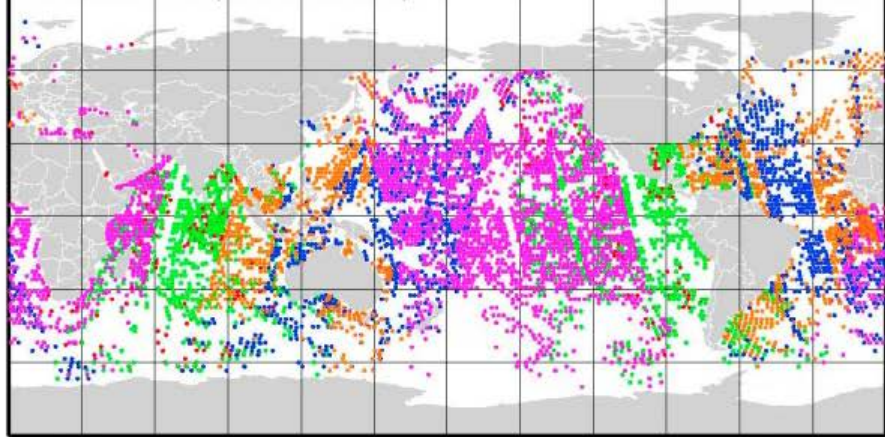
AMSU-A[●]: 18163
NOAA-15 NOAA-16 NOAA-18 METOP-2
[●]NO_USE

SCATTEROMETER 2009/04/22 00:00(UTC)



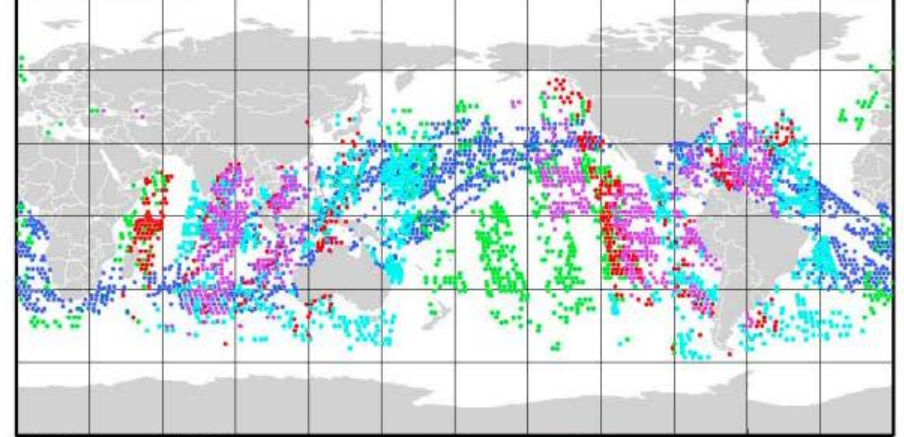
SCAT 12714
[●]NO_USE

MW-SOUNDER(AMSU-B/MHS) 2009/04/22 00:00(UTC)



AMSU-B[●]: 4487 MHS[●]: 3452
NOAA-15 NOAA-16 NOAA-17 NOAA-18 METOP-2
[●]NO_USE

MW-IMAGER 2009/04/22 00:00(UTC)



SSM/I 727 SSMIS 1719 TMI 1455 AMSR-E #10
DMSP13 DMSP16 DMSP17

人工衛星はたくさんの天気の観測データを提供している。

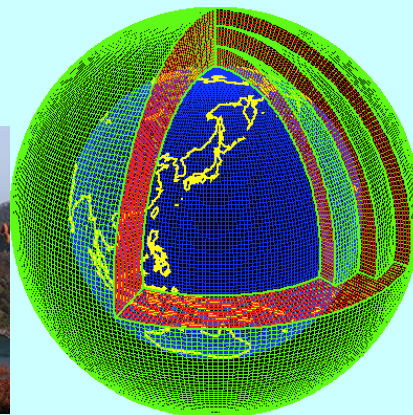
データ同化

観測データ



天気予報シミュレーション

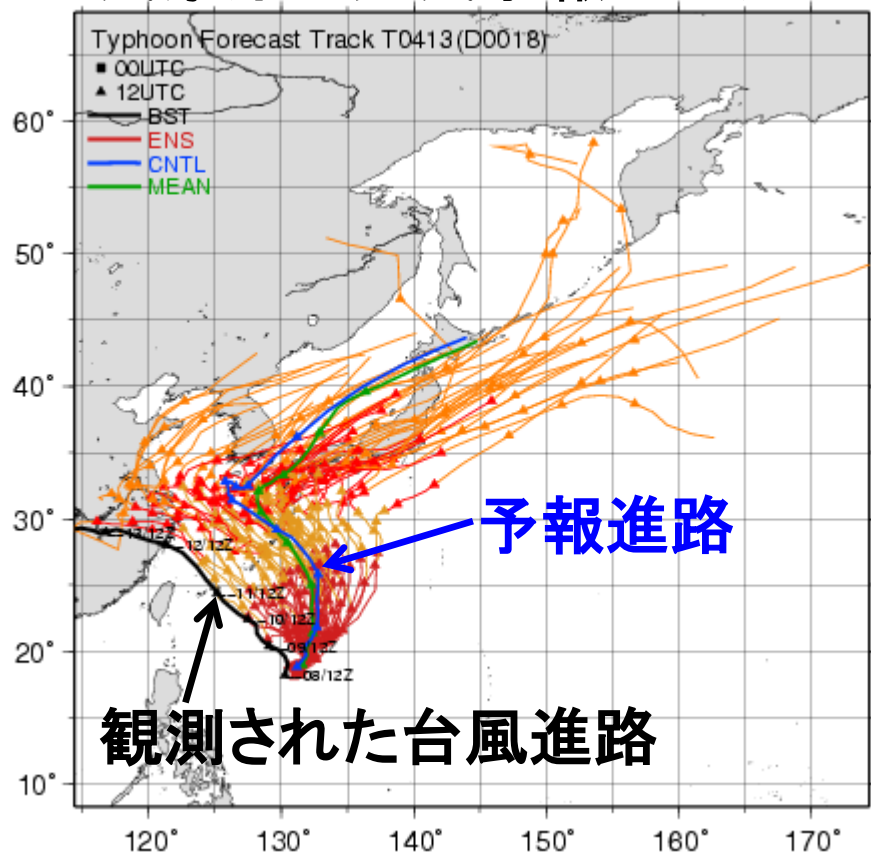
データ同化



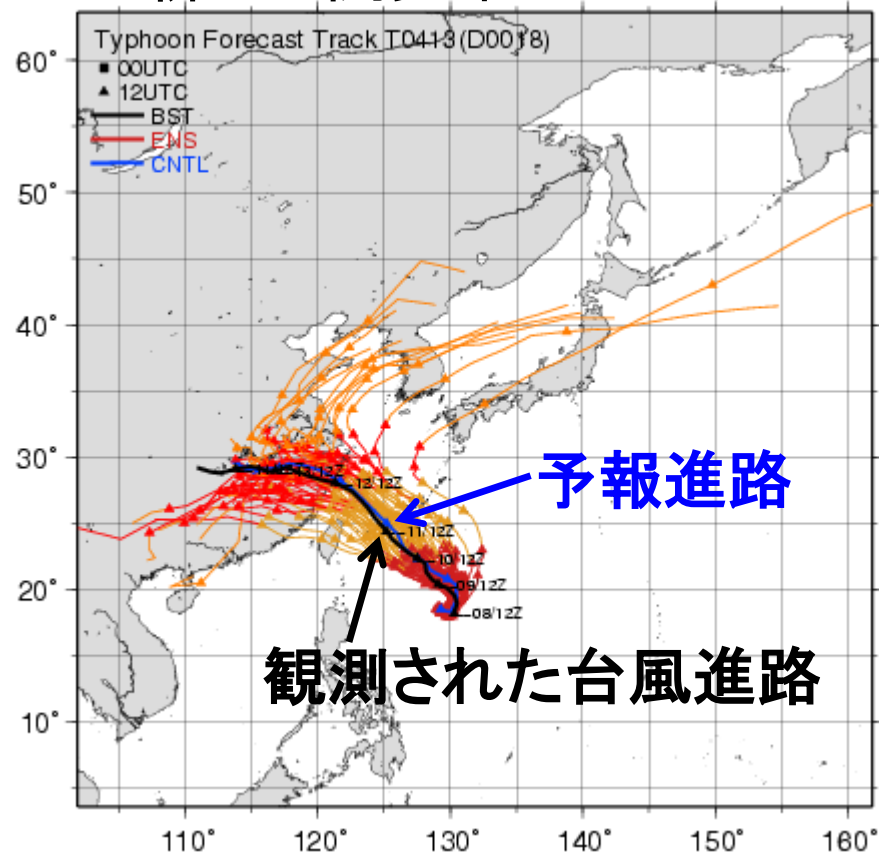
データ同化は、シミュレーションと現実世界を結びつけ、相乗効果を生み出す。

データ同化は、とても重要。

気象庁の天気予報システム



新たに開発中のシステム

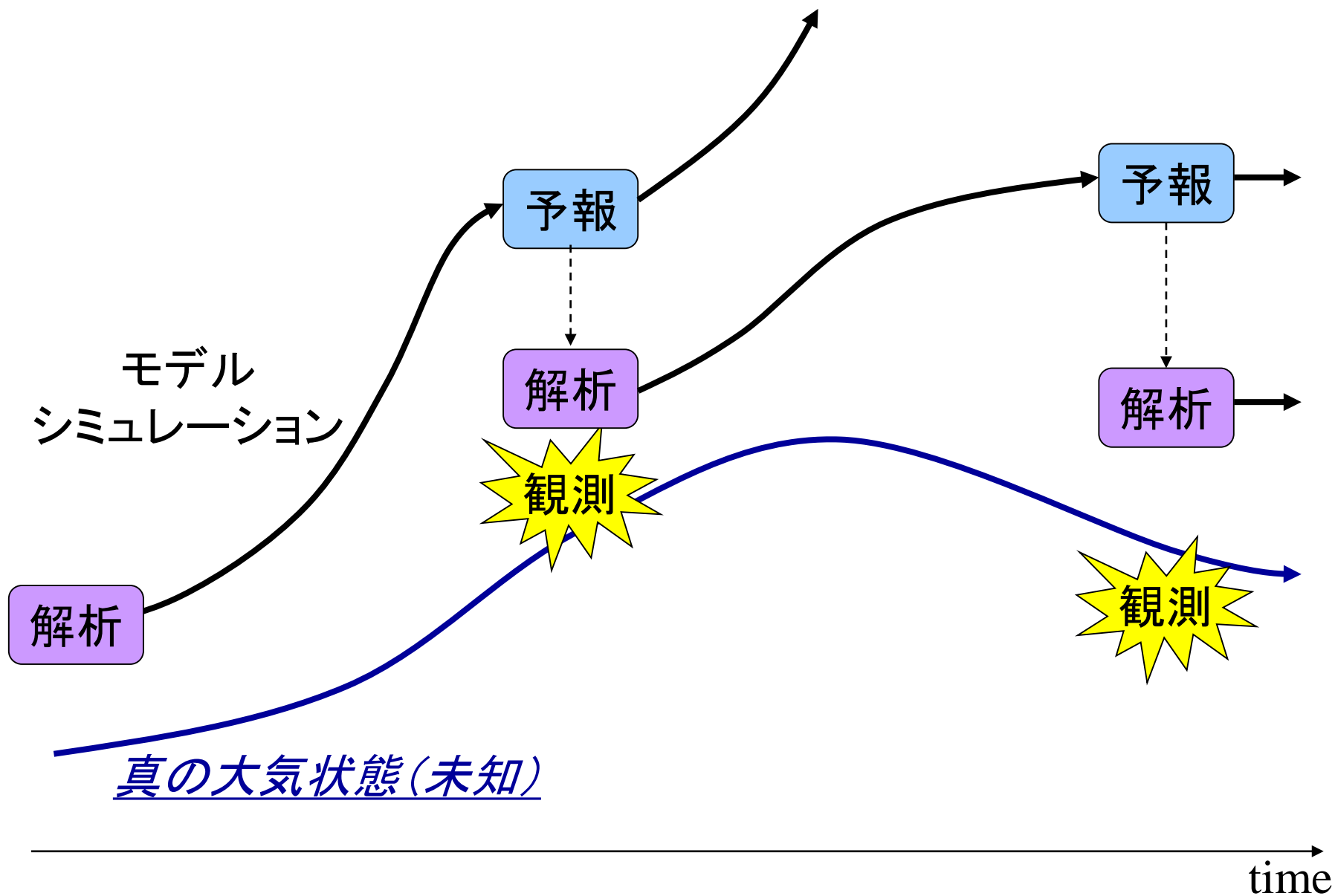


Miyoshi and Sato (2007)

同じ観測データと天気予報モデルを使用。

データ同化は重要！

数値天気予報のしくみ



第3章

天気予報の研究

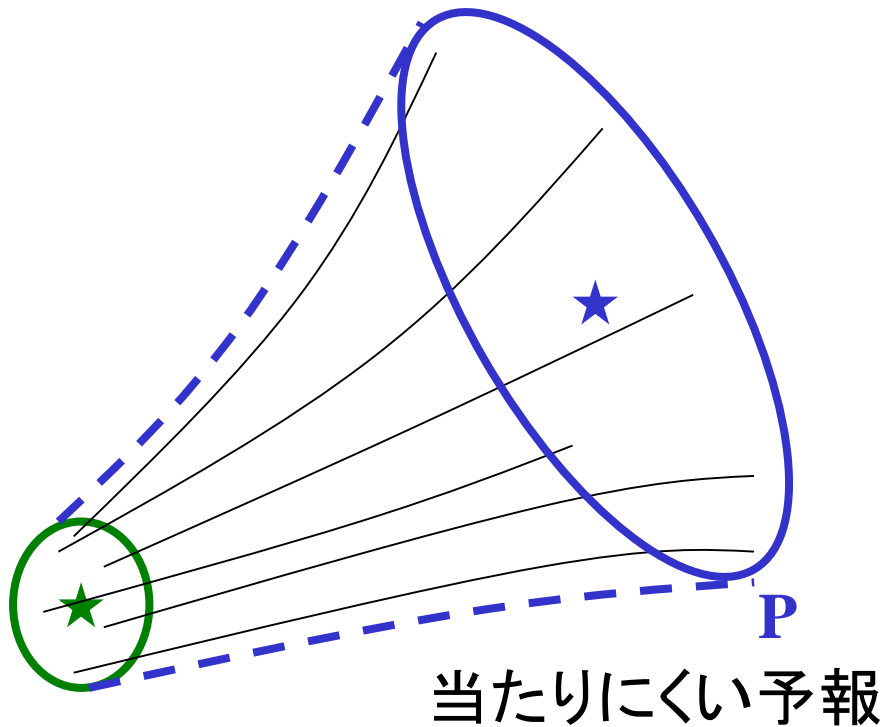
天気予報は時々外れます。なぜ？

- どんな予測が当たるでしょう？
 1. ゲリラ豪雨
 2. 季節予報(今年は暑い夏？)
 3. 潮の干満
 4. 日食
 5. 株価
 6. 明日誰と会うか

- 当たりやすい予測の特徴は何でしょうか？

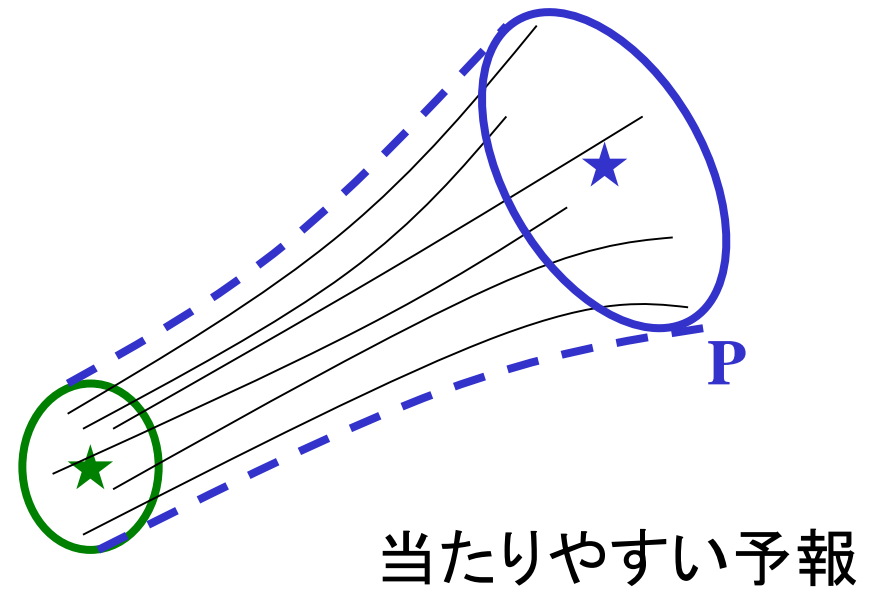
“当たりやすさ”を予測する

- 初期状態をばらつかせて、予報がどうばらつくかを調べる(アンサンブル予報)



$T=t_0$

$T=t_1$

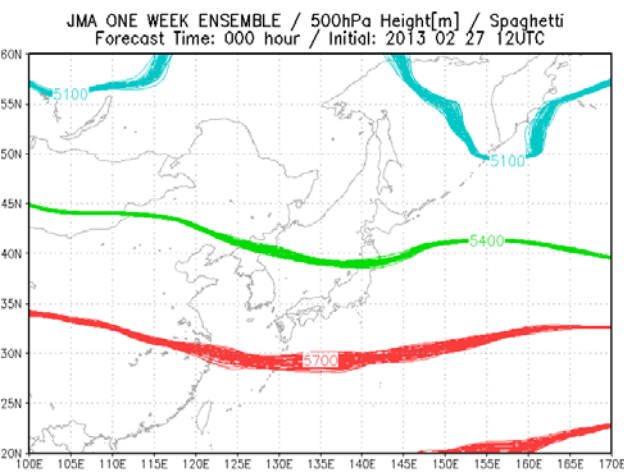


$T=t_0$

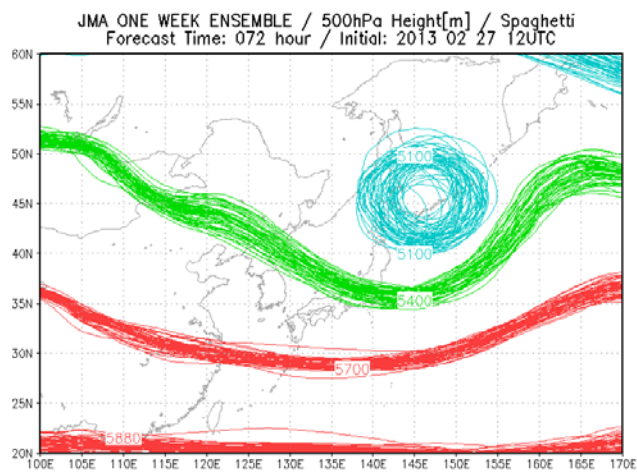
$T=t_1$

実際の天気予報の場合

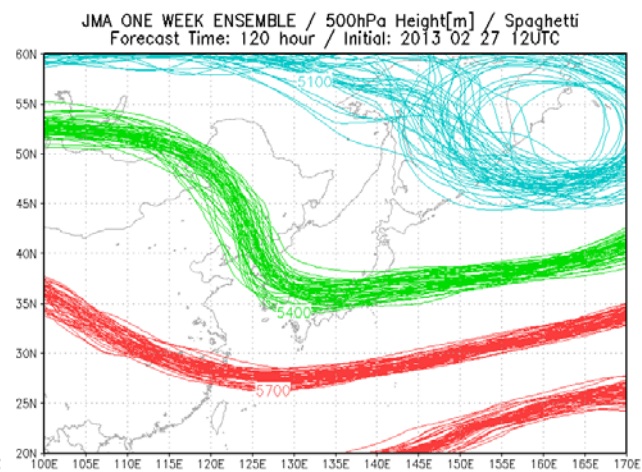
初期状態のばらつき



3日予報



5日予報



気象庁の週間アンサンブル予報より
予報初期時刻: 2013年2月27日夜9時

予報の“当たりやすさ”を考える

模式図

不確実な初期状態



不確実な予測

このように予測に限界がある系を「カオス力学系」といいます。

天気はカオス力学系の一例です。

時と場合によって予報の当たりやすさは違う



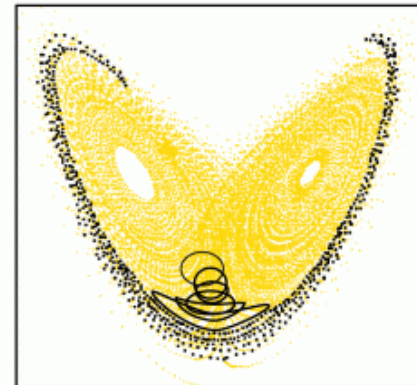
全くあてにならない予報



先の例をもう一度考えてみましょう。

- どんな予測が当たるでしょう？

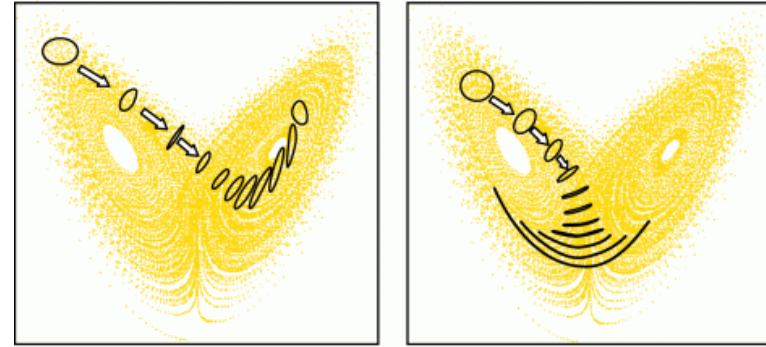
1. ゲリラ豪雨
2. 季節予報(今年は暑い夏？)
3. 潮の干満
4. 日食
5. 株価
6. 明日誰と会うか



予測可能性への挑戦～天気予報研究の最先端

- 高精度の初期状態を得たい

- 観測を強化、高度化する
- データ同化を改善する



- 予報の誤差を理解する



- 予報の“当たりやすさ”を予測する

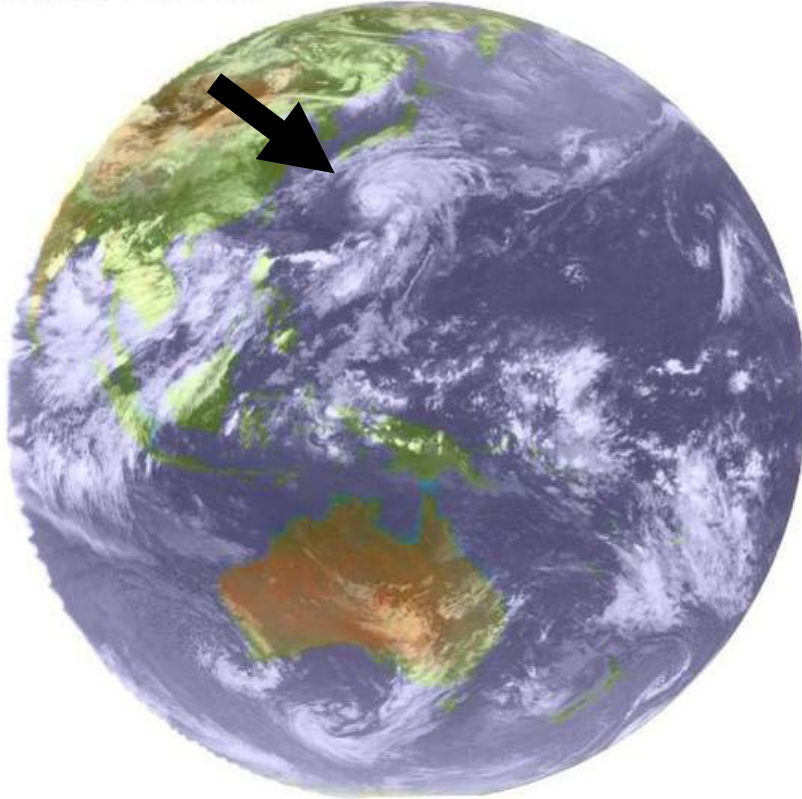
- 確率的な表現へ
- 複数のシミュレーションを行うため、大きな計算が必要

終章

最先端の天気予報研究

“当たりにくさ”を予測因子に？

衛星雲画像

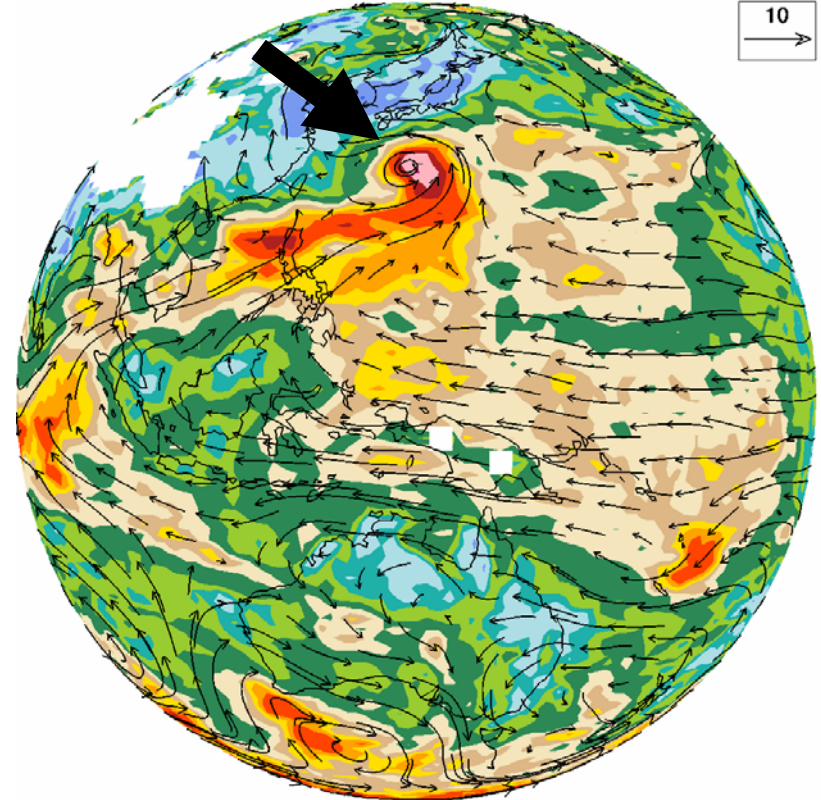


色：当たりにくさの指標

(u,v) m/s

2005060812

u sprd m/s



京都大学 榎本剛 准教授 提供

天気が悪くなる時に“先立って”、予報が“当たりにくく”なるようだ！

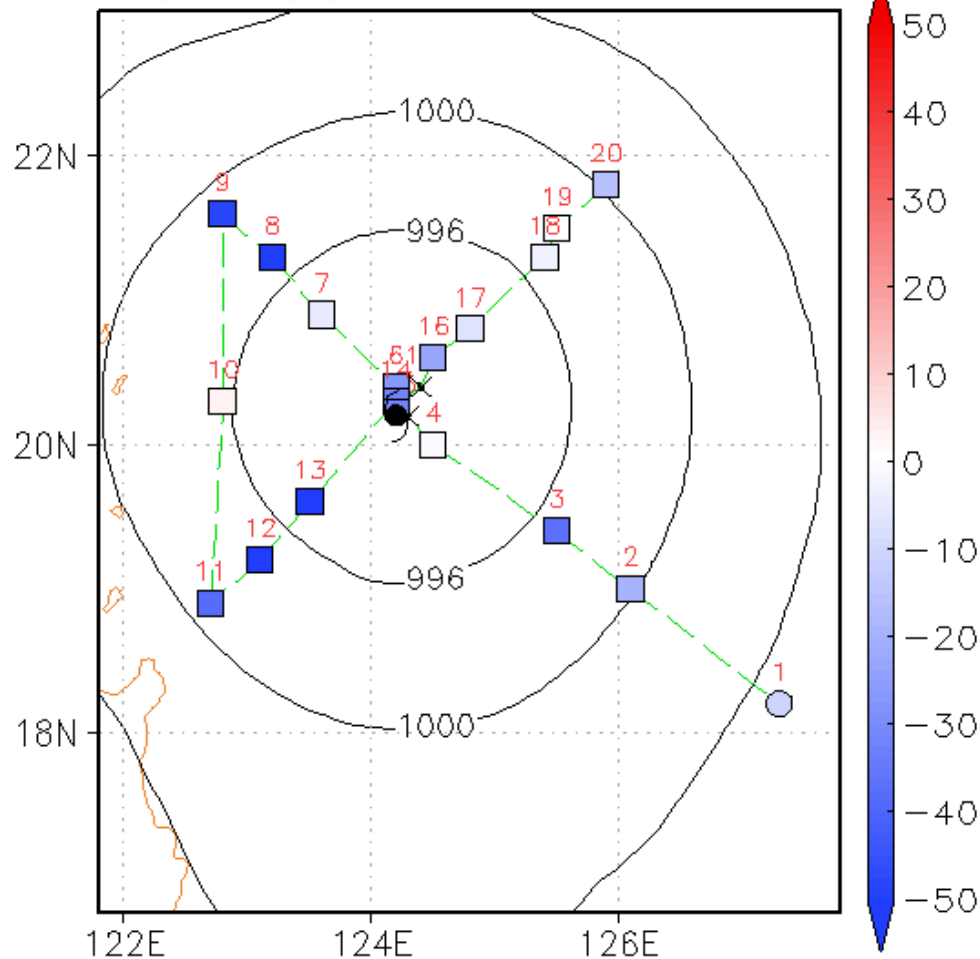
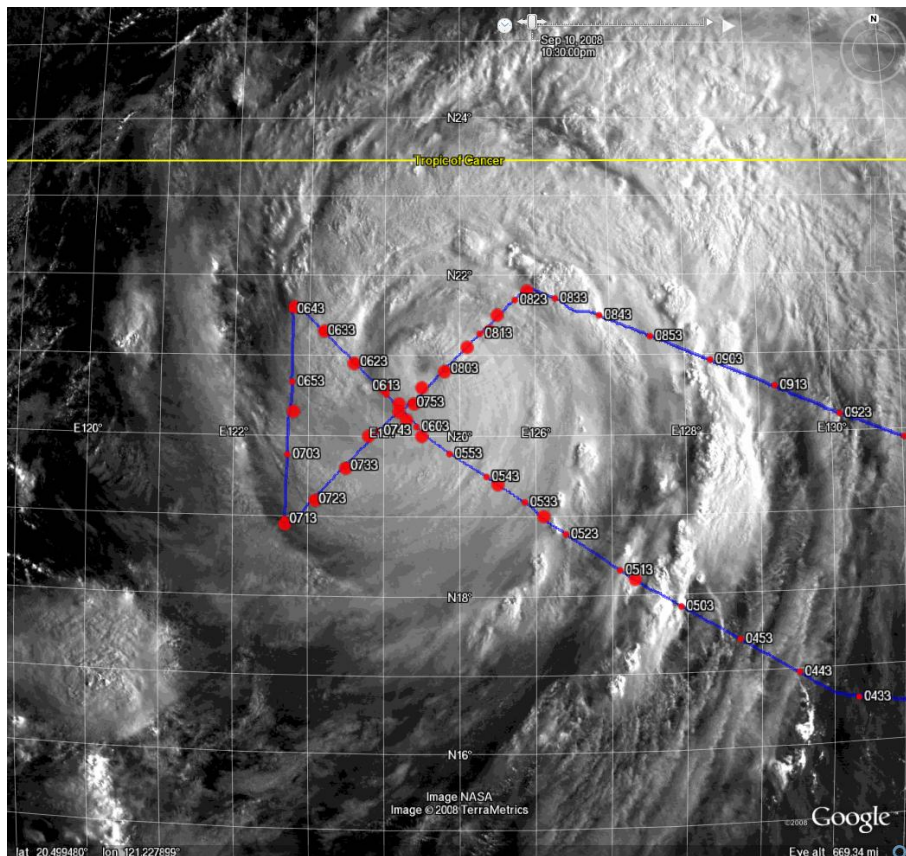
観測の“価値”を計算する

航空機観測についてその“価値”を計算した例

予報を悪化

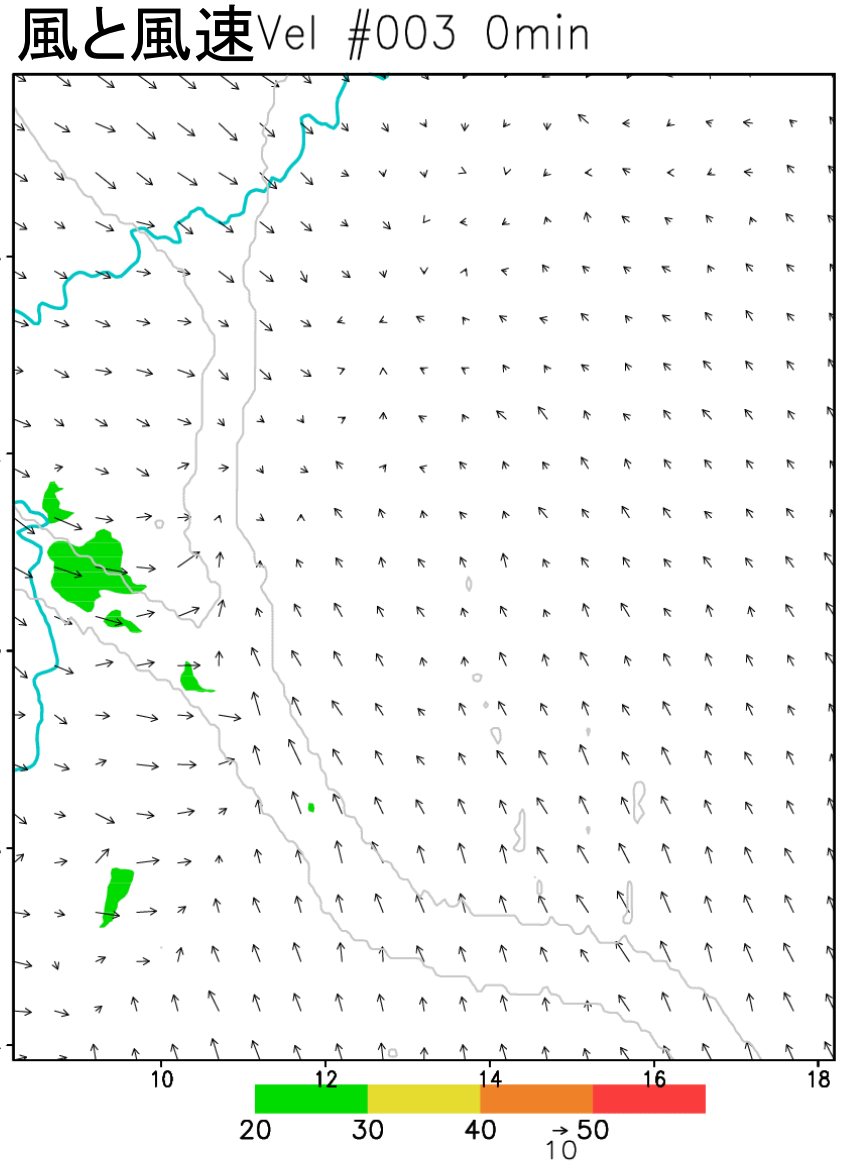
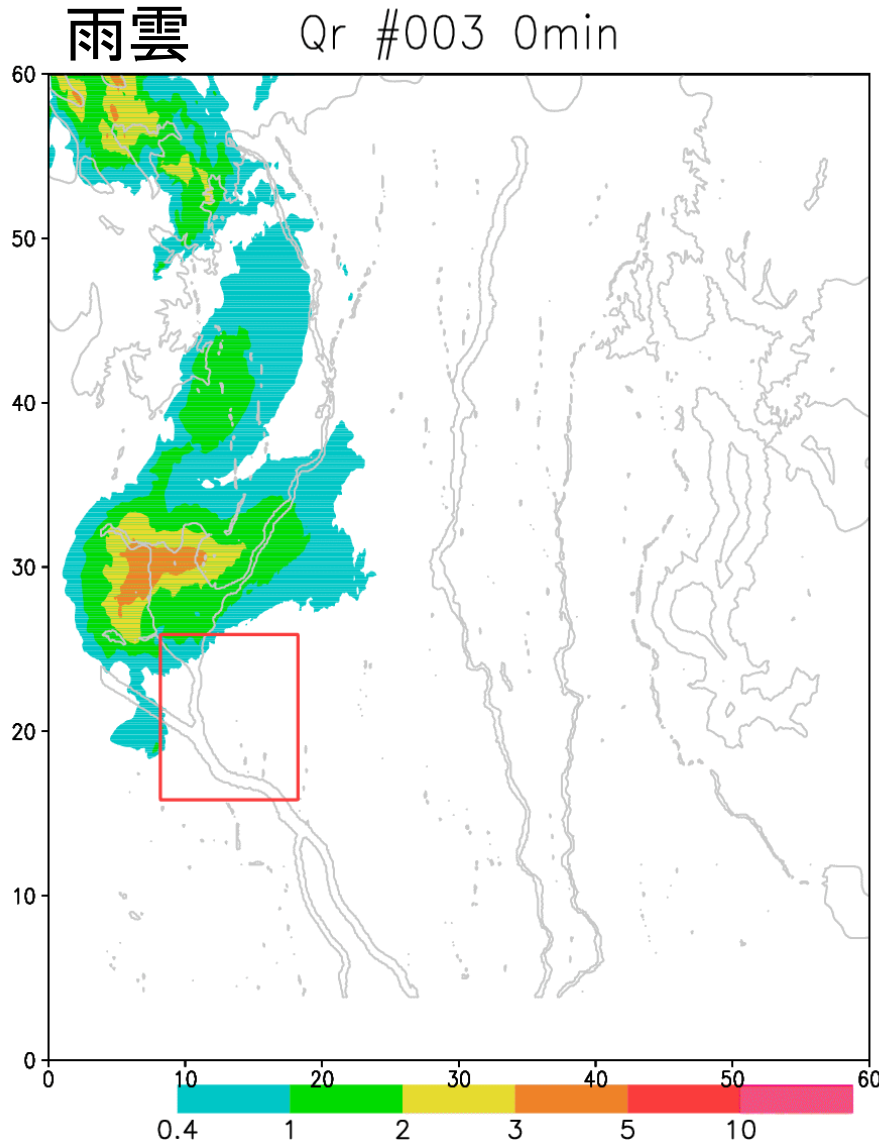
C-130

06Z10SEP2008



予報を改善

竜巻の予測可能性シミュレーション



気象研究所 瀬古弘 主任研究官 提供

スーパーコンピュータの開発をめぐる国際競争

スーパーコンピュータは、科学技術の発展や産業競争力の強化に不可欠な国家存立の基盤

中国、欧州の他インドやロシアでも自主開発が始まっている。

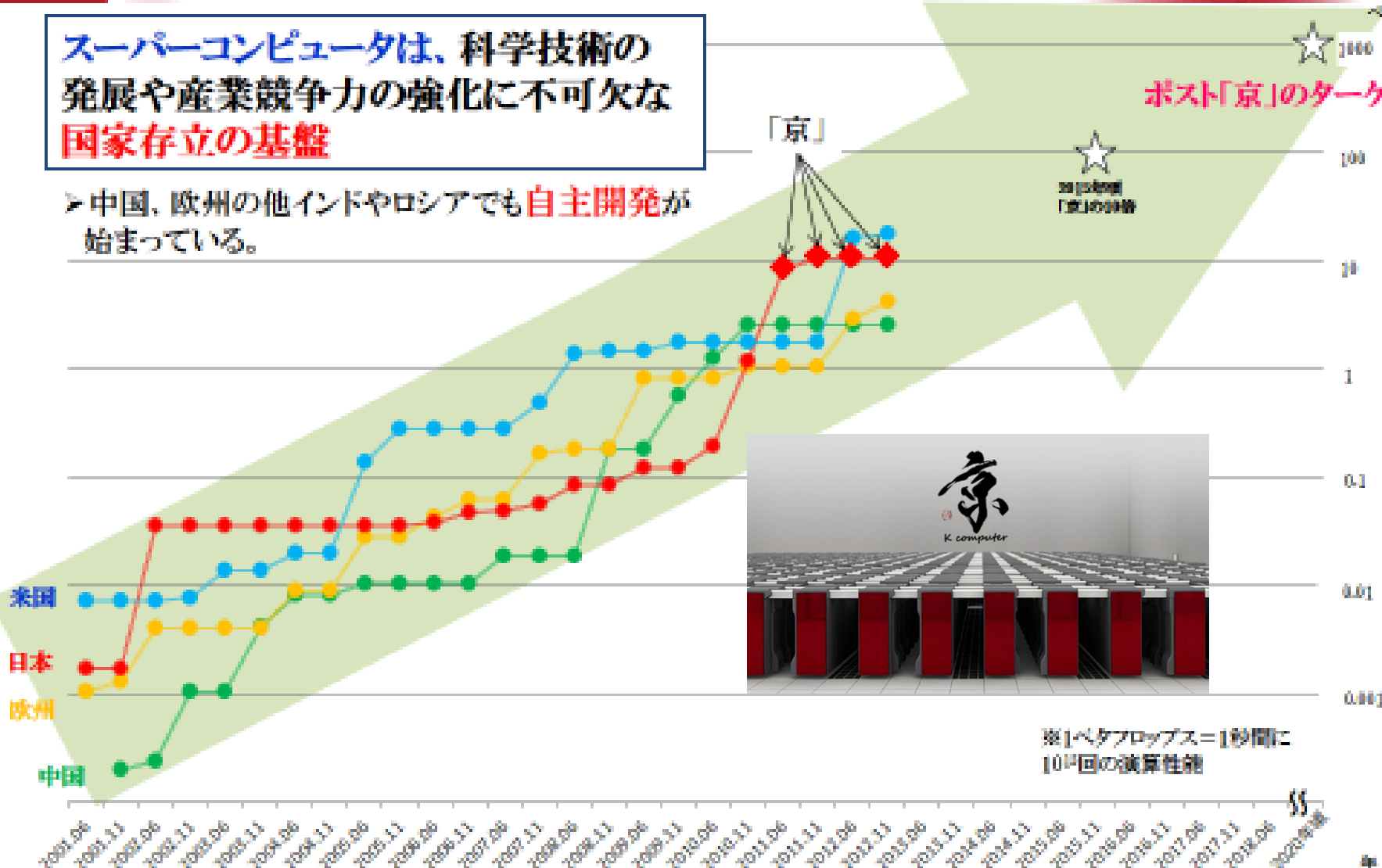
ペタフリップス

☆ 1000

ポスト「京」のターゲット

☆ 200 petaflops
「京」の目標

「京」

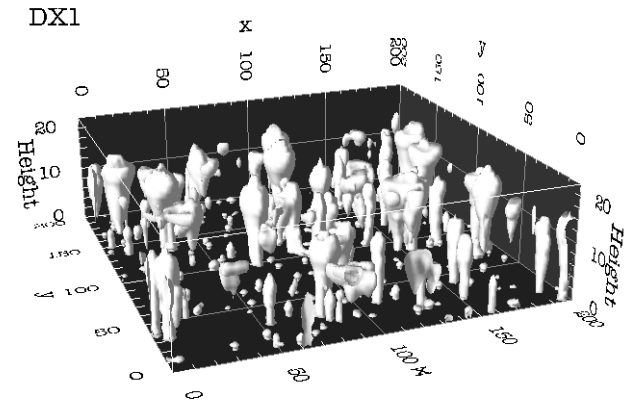
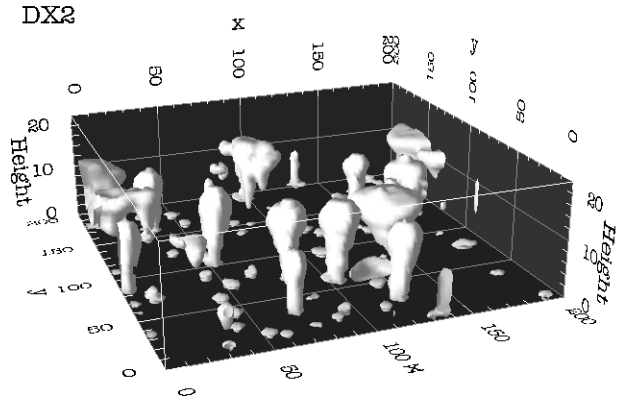
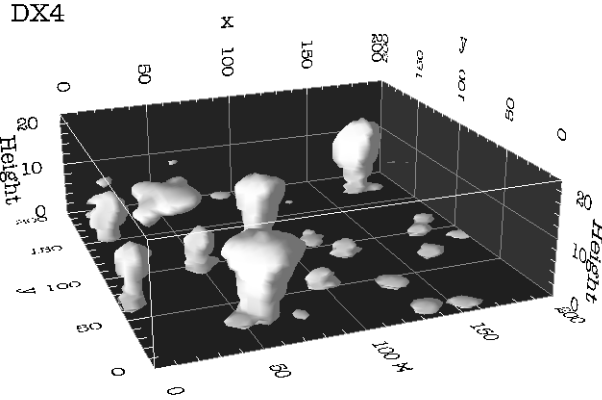
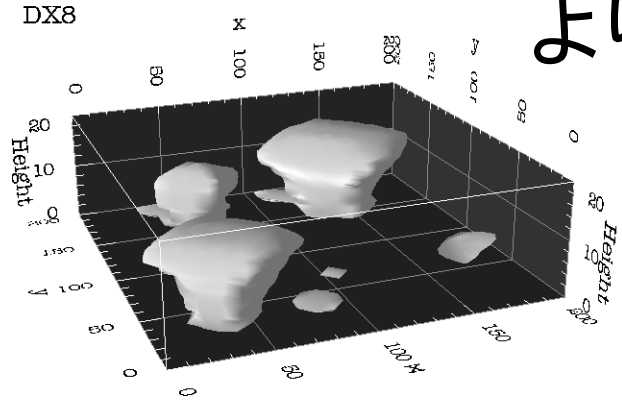


※1ペタフリップス=1秒間に10¹⁵回の演算性能

シミュレーションが未来をひらく

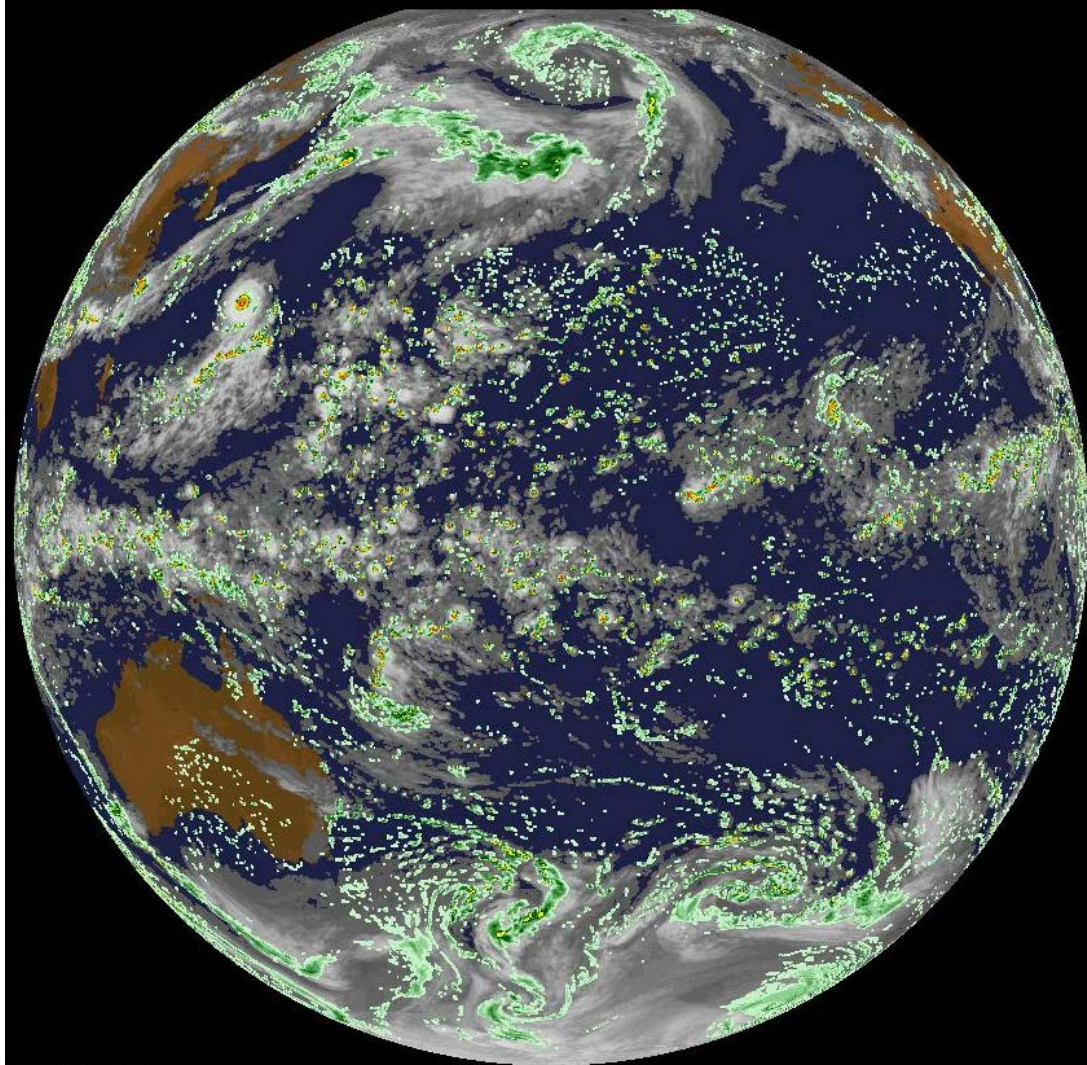
より高性能なスパコンで、

より正確・精細な天気予報を目指して



より細かい雲を忠実に再現

おわりに



東京大学 佐藤正樹 教授 提供