

January 26, 2015, 第7回EFD/CFD融合WS, 秋葉原

データ同化の応用に向けた展望



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
Takemasa.Miyoshi@riken.jp



with many thanks to

気象庁

メリーランド大学 Weather-Chaos Group
CREST ビッグデータ同化 共同研究メンバー
JAXA PMM データ同化 共同研究メンバー
データ同化研究チーム

Who am I?

<http://data-assimilation.jp/miyoshi/>



Takemasa Miyoshi, Ph.D.

Team Leader
Data Assimilation Research Team
RIKEN Advanced Institute for Computational Science

Visiting Professor
University of Maryland, College Park

Visiting Senior Scientist
Application Laboratory, JAMSTEC



Education

- 2005 Ph.D. in Meteorology, University of Maryland, College Park, Maryland, USA ([Dissertation PDF](#))
- 2004 M.S. in Meteorology, University of Maryland, College Park, Maryland, USA ([Scholarship Paper PDF](#))
- 2000 B.S. in Physics, Faculty of Science, Kyoto University, Kyoto, Japan

Professional Experience

- 2012–present Team Leader, Data Assimilation Research Team, RIKEN, Japan
- 2013–present Visiting Professor, University of Maryland, College Park, Maryland
- 2013–present Visiting Senior Research Scientist, Earth Simulator Center, JAMSTEC, Japan
- 2011–2012 Assistant Professor, University of Maryland, College Park, Maryland
- 2008–2011 Research Assistant Professor, University of Maryland, College Park, Maryland
- 2008–2009 Visiting Assistant Researcher, University of California, Los Angeles, California
- 2005–2008 Scientific Official, Numerical Prediction Division, Japan Meteorological Agency
- 2003–2005 Graduate Student, University of Maryland, College Park, Maryland
- 2002–2003 Scientific Official, Numerical Prediction Division, Japan Meteorological Agency
- 2000–2002 Technical Official, Planning Division, Japan Meteorological Agency



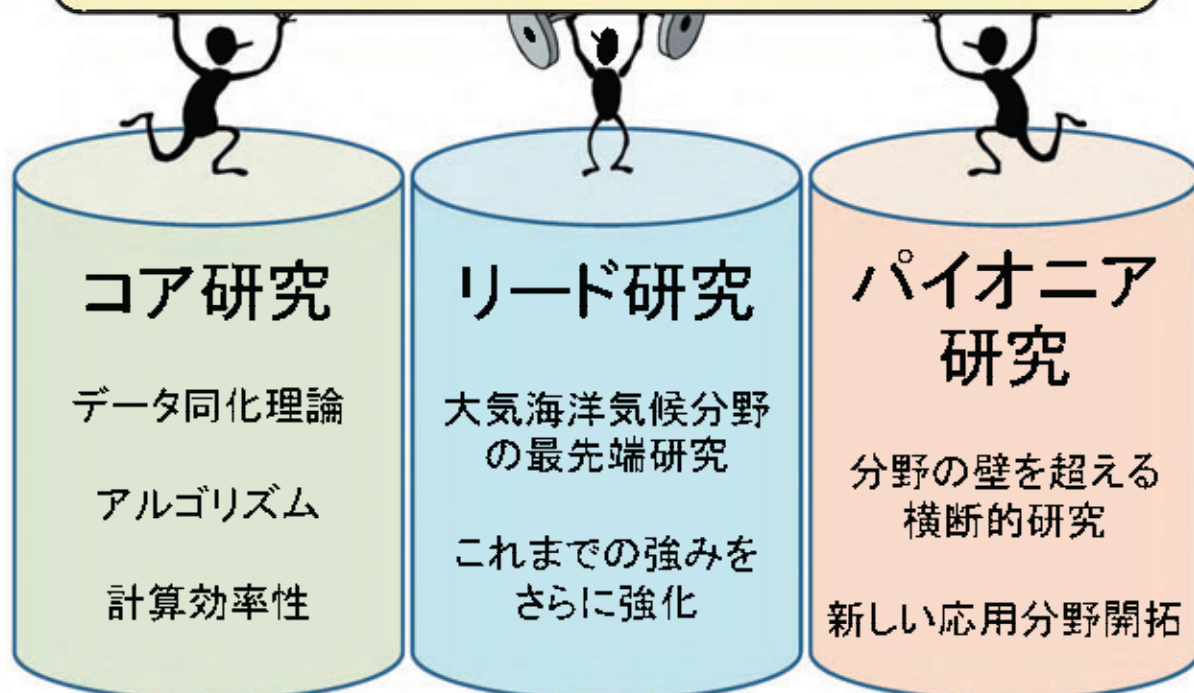
データ同化研究チームについて

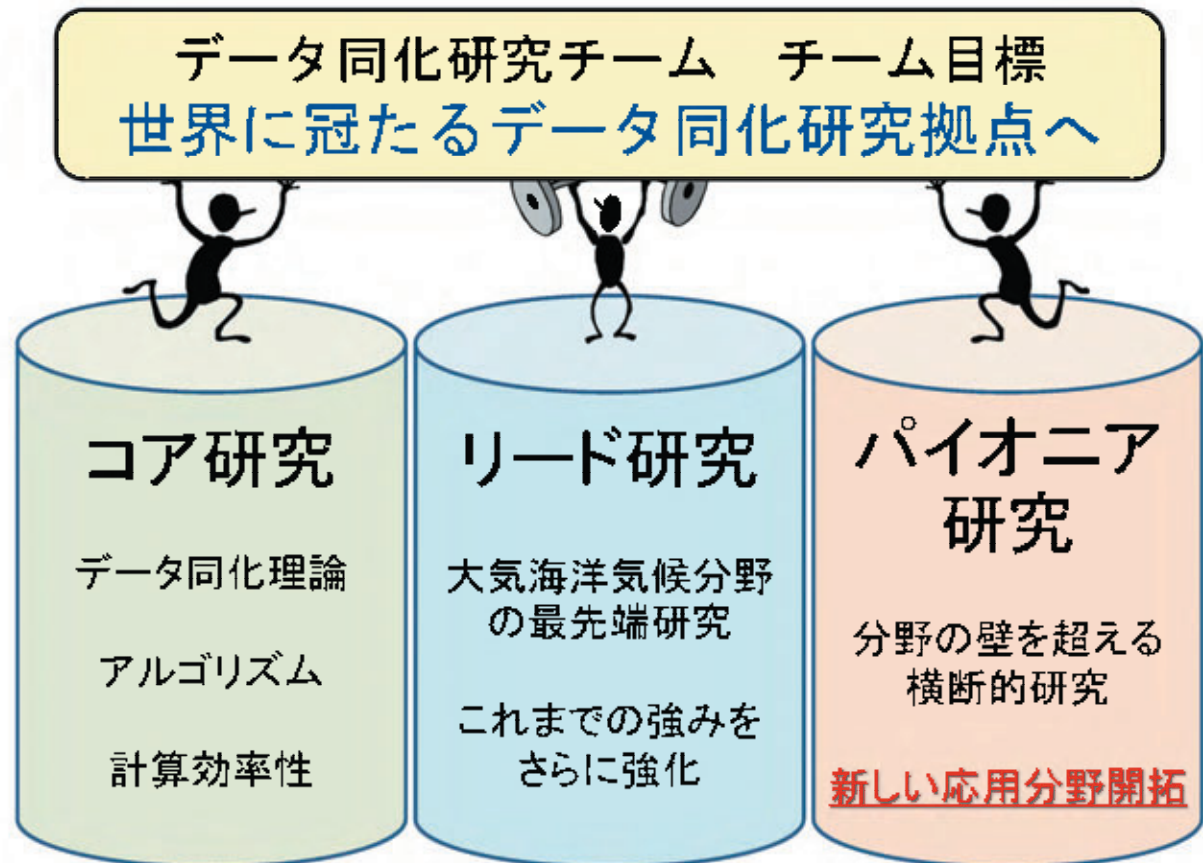
データ同化研究チームは、**航空宇宙研究所・計算科学部**に2012年10月に新たに設置されました。データ同化は、シミュレーションと観測データとを融合し、観測データを生み出す計算モデルに基づいた予測的科です。計算機が高度化しシミュレーションが複雑になるほど、実際に観測されたデータとシミュレーションとを結び合わせることは難しくなります。データ同化研究チームでは、スーパーコンピュータ「京」を生かした大規模シミュレーションのための効率的かつ高精度なデータ同化アルゴリズムを研究開発するとともに、データ同化の先進的な理論研究や、幅広い応用研究を行います。具体的には、数値気象システム「京」に最適な並列化データ同化アルゴリズムを開発し、「京」の威力を発揮して世界最先端のデータ同化研究を行うとともに、「京」の高度利用に資する高度データ同化ソフトウェアを開発します。



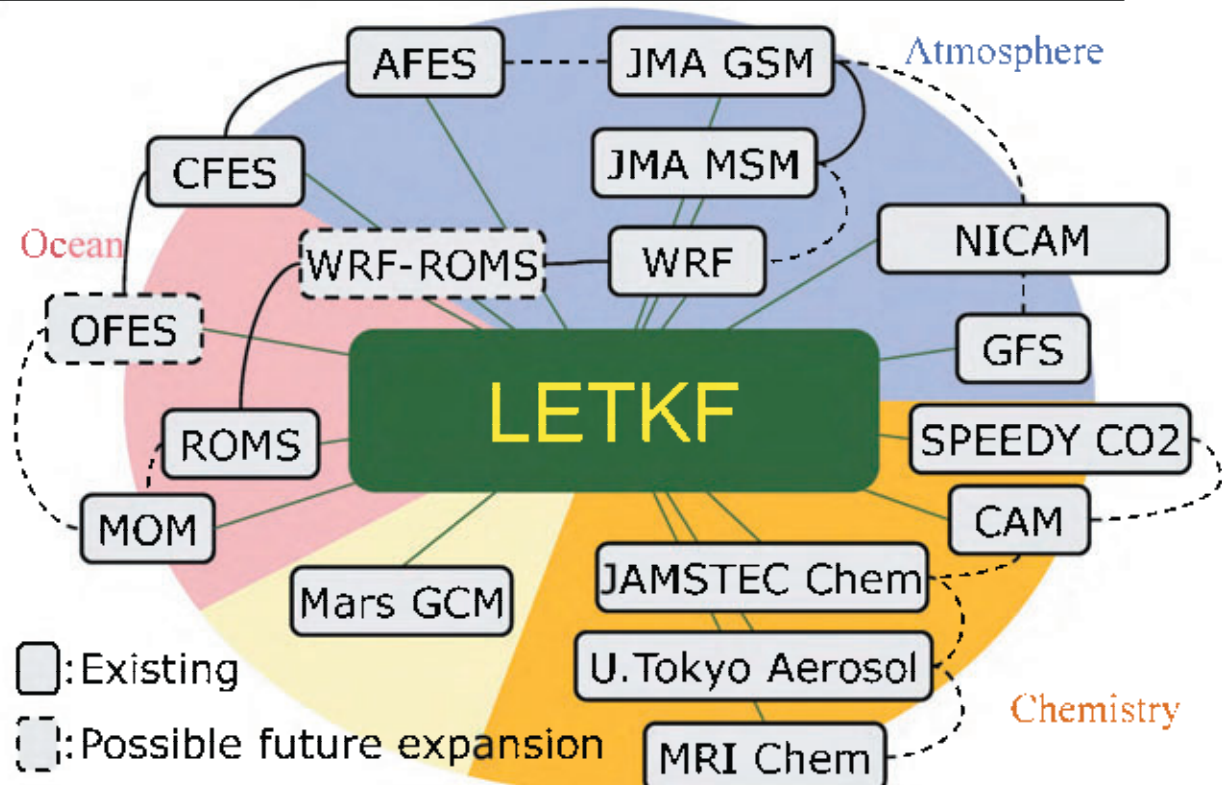
2014年7月11日 花園園地

データ同化研究チーム チーム目標 世界に冠たるデータ同化研究拠点へ

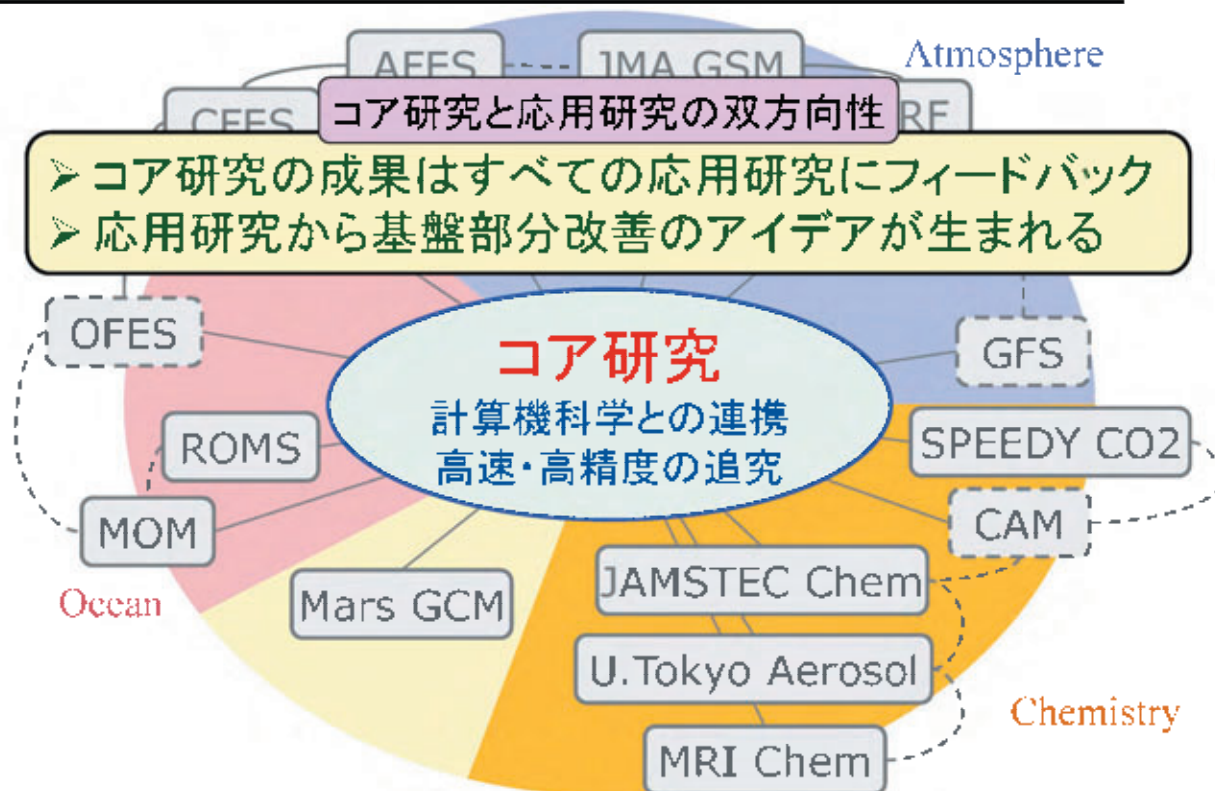




Expanding collaborations



コア研究と応用研究の相乗効果



序章

シミュレーションと現実世界を結ぶ データ同化

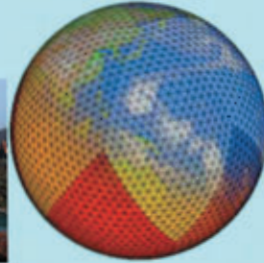
データ同化

観測・実験データ



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。

双方の情報を最大限に抽出

データ同化

観測・実験データ



データ同化



シミュレーション



> 2

カオス同期 Chaos Synchronization

Master (drive) system *Yang et al. (2006)* Slave (response) system

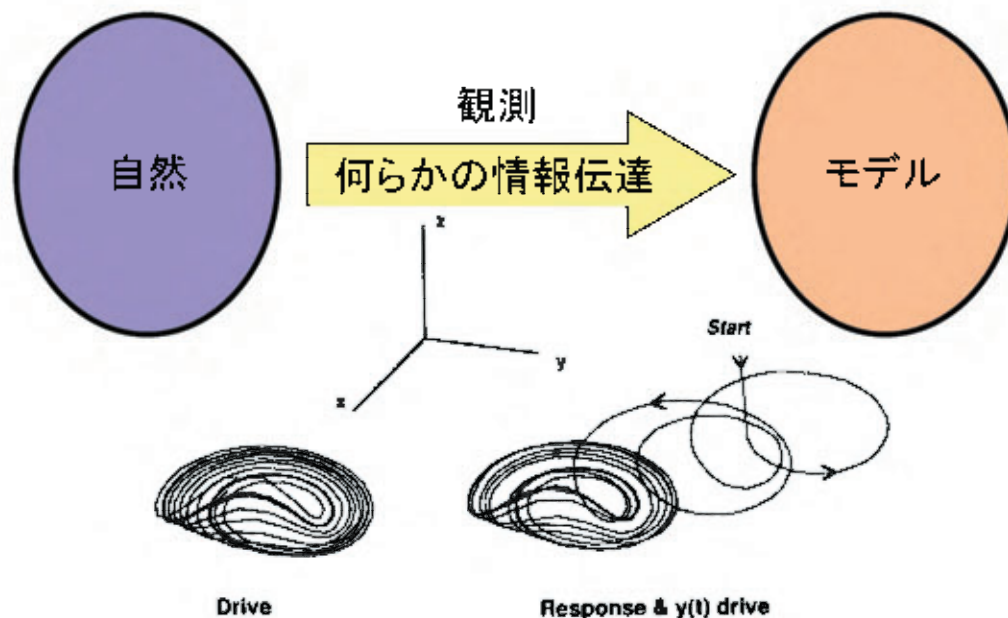
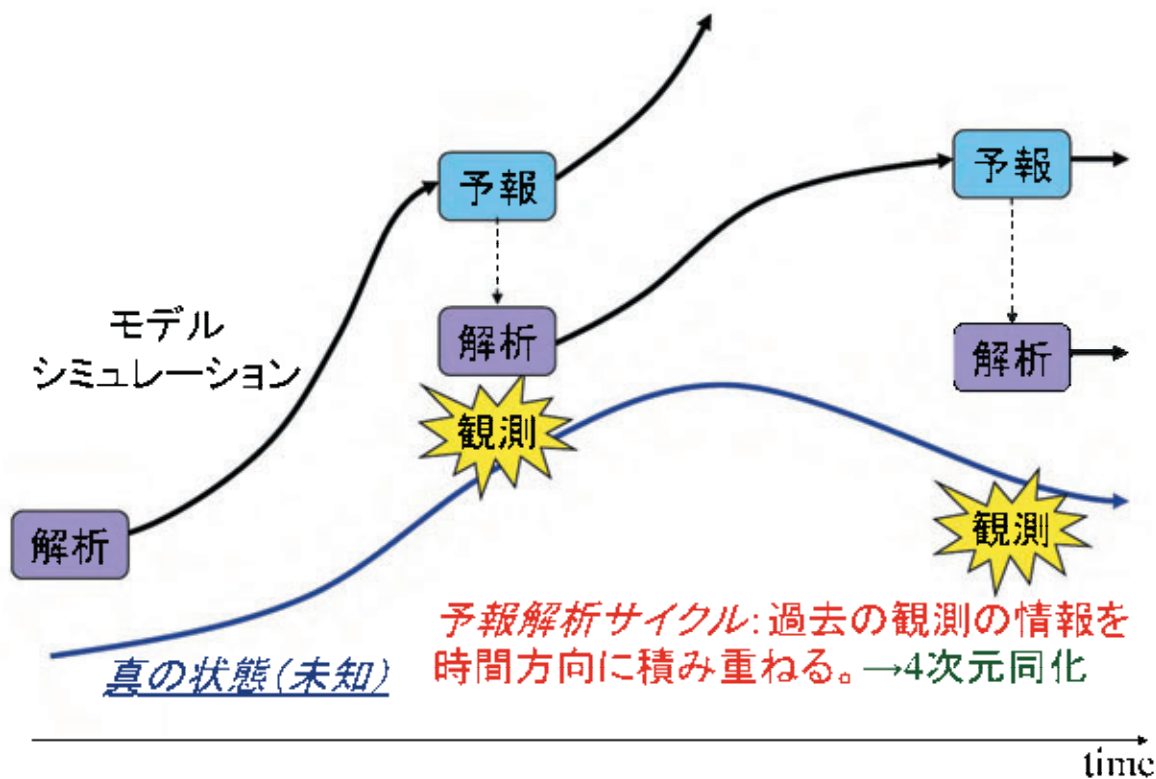
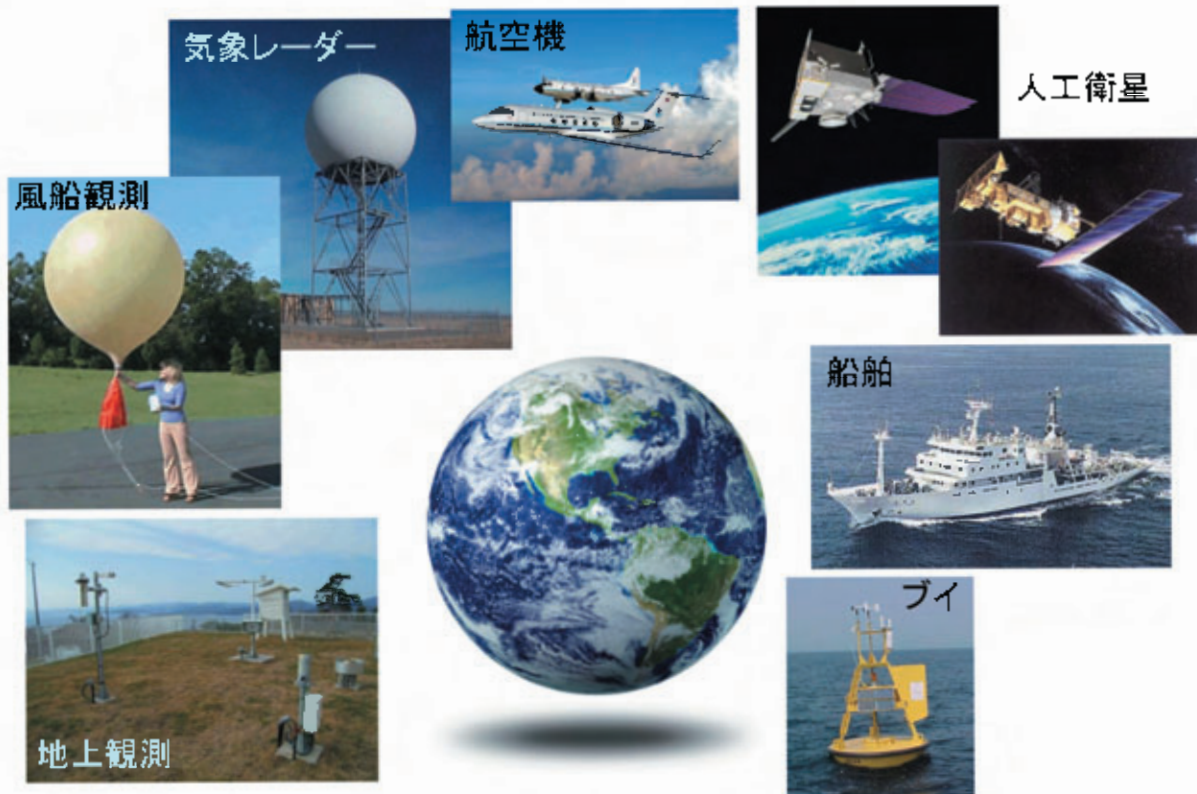


FIG. 1. The attractors for the Rössler drive system and the $(x'-z')$ response system and $y(t)$ drive variable.

数値天気予報のしくみ

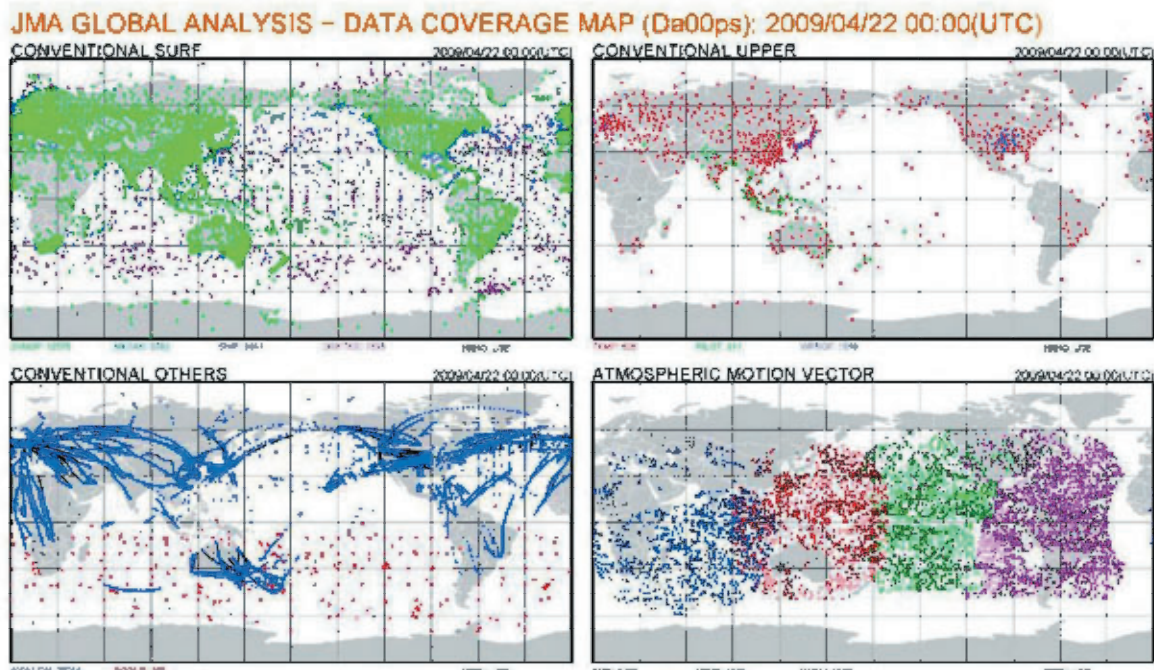


天気の観測



6時間で集まる観測データ

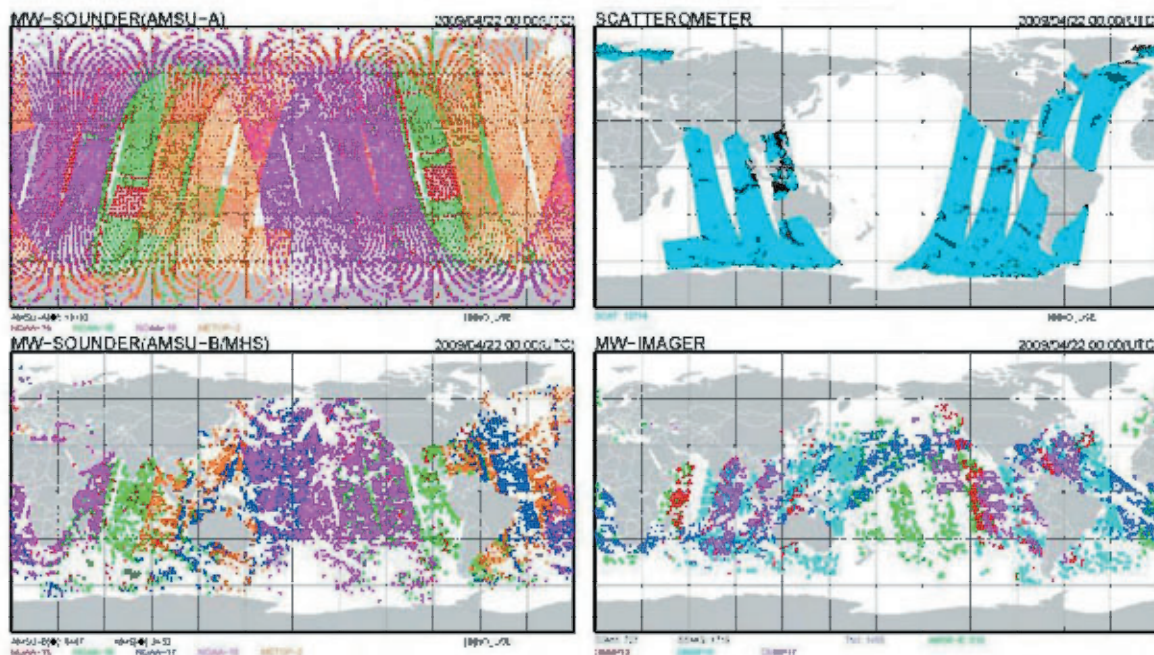
(気象庁より)



大気には国境がない。天気の観測は、国際協力の賜物。

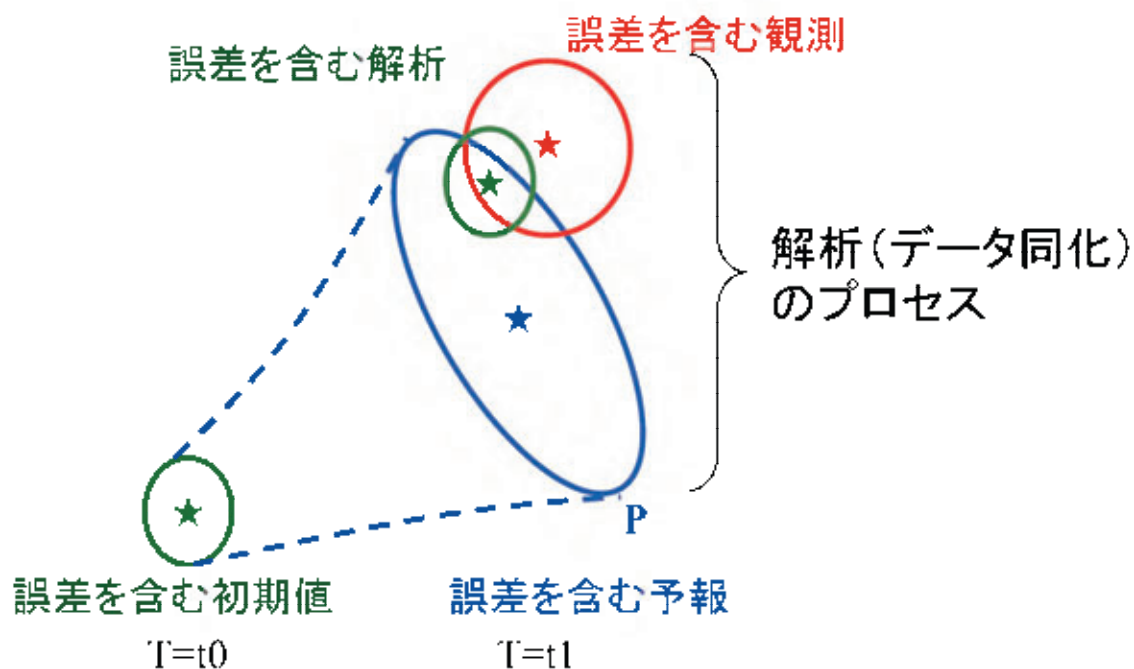
6時間で集まる観測データ

(気象庁より)

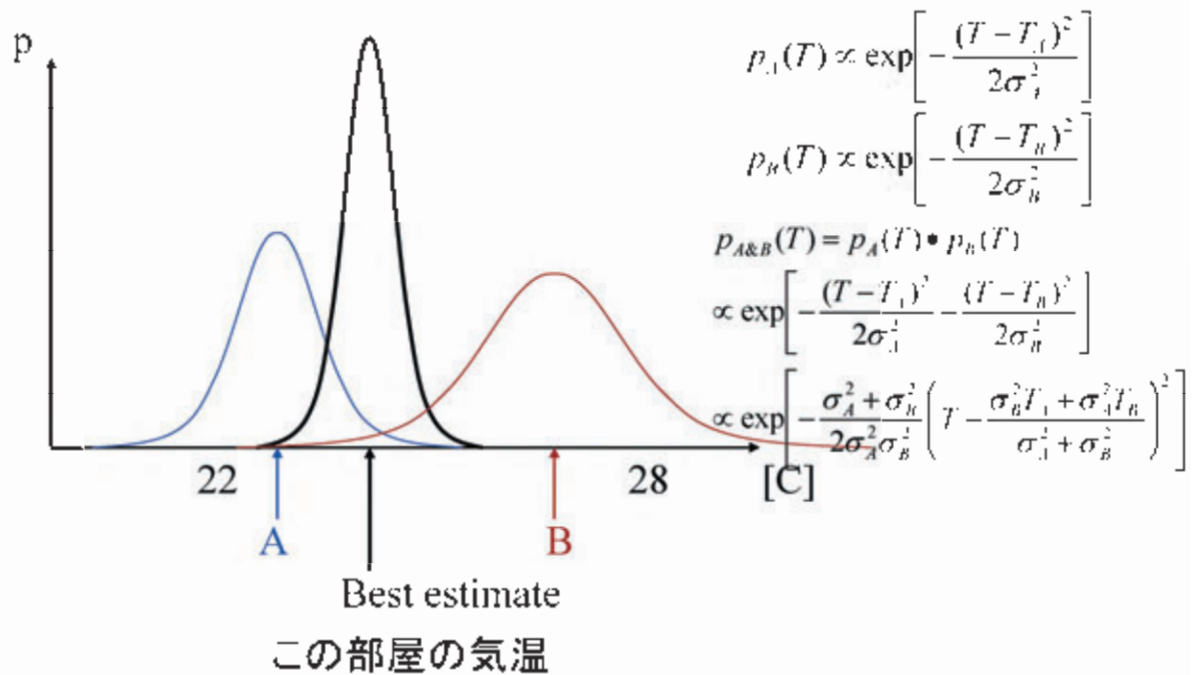


NWP has been pioneering “Big Data” science!

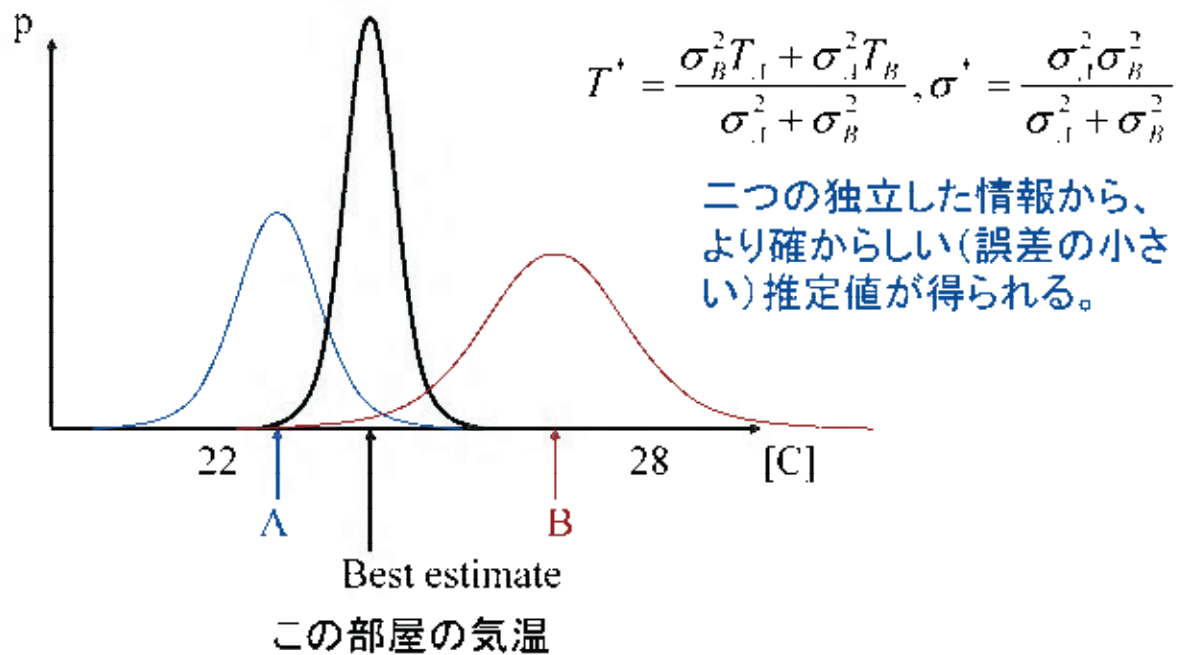
確率論的な表現



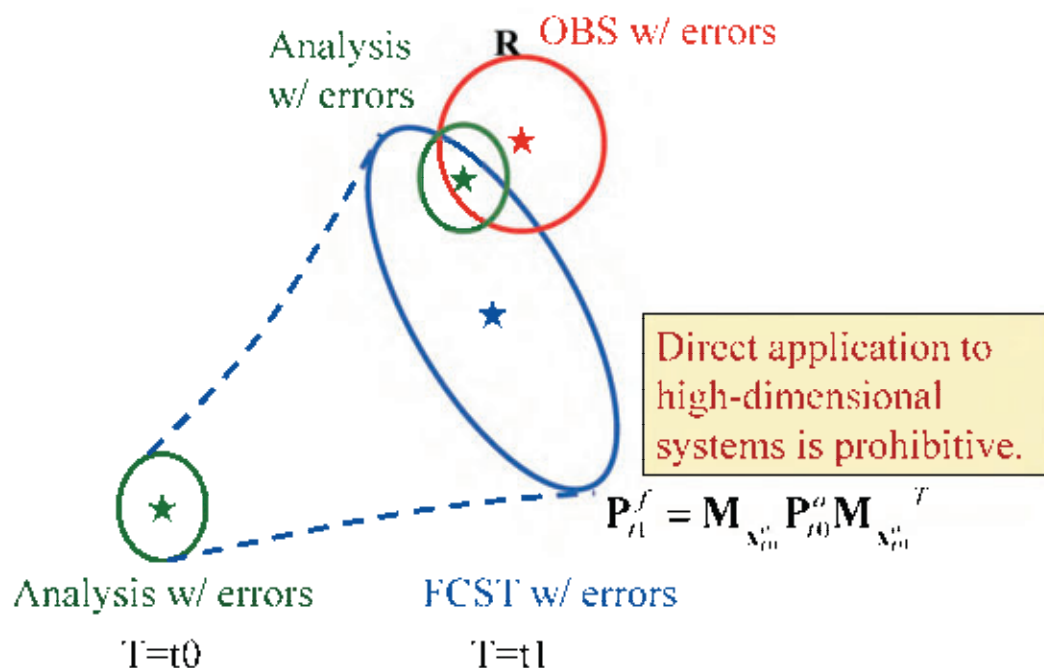
情報の組み合わせ(1次元の例)



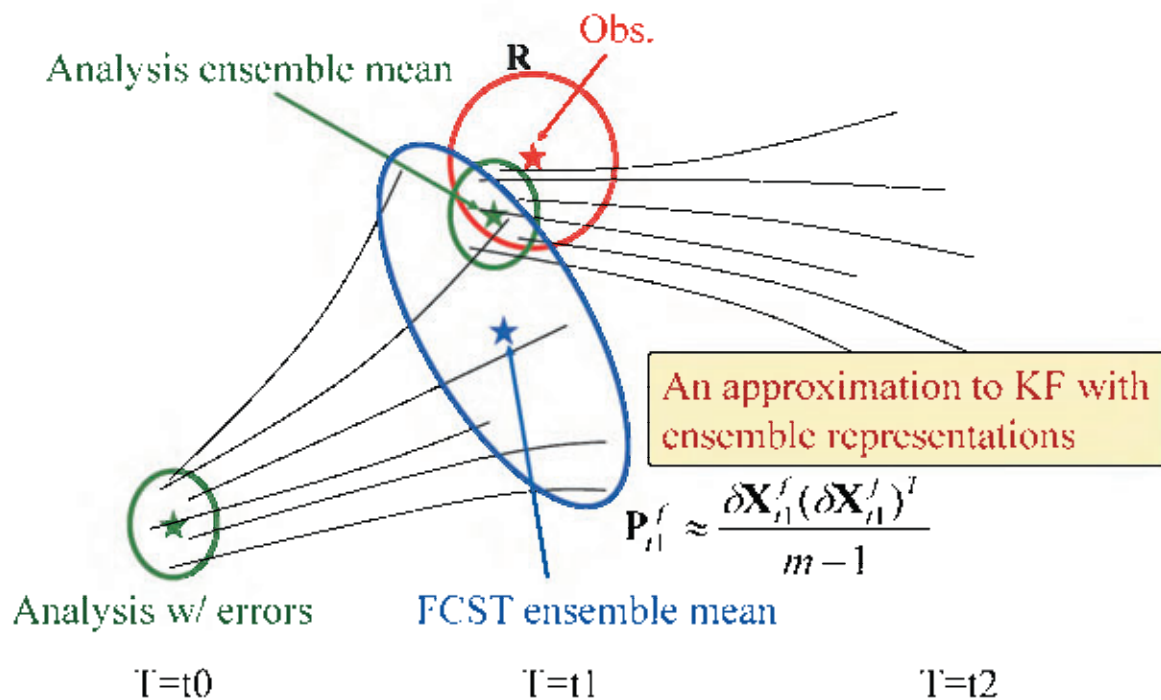
情報の組み合わせ(1次元の例)



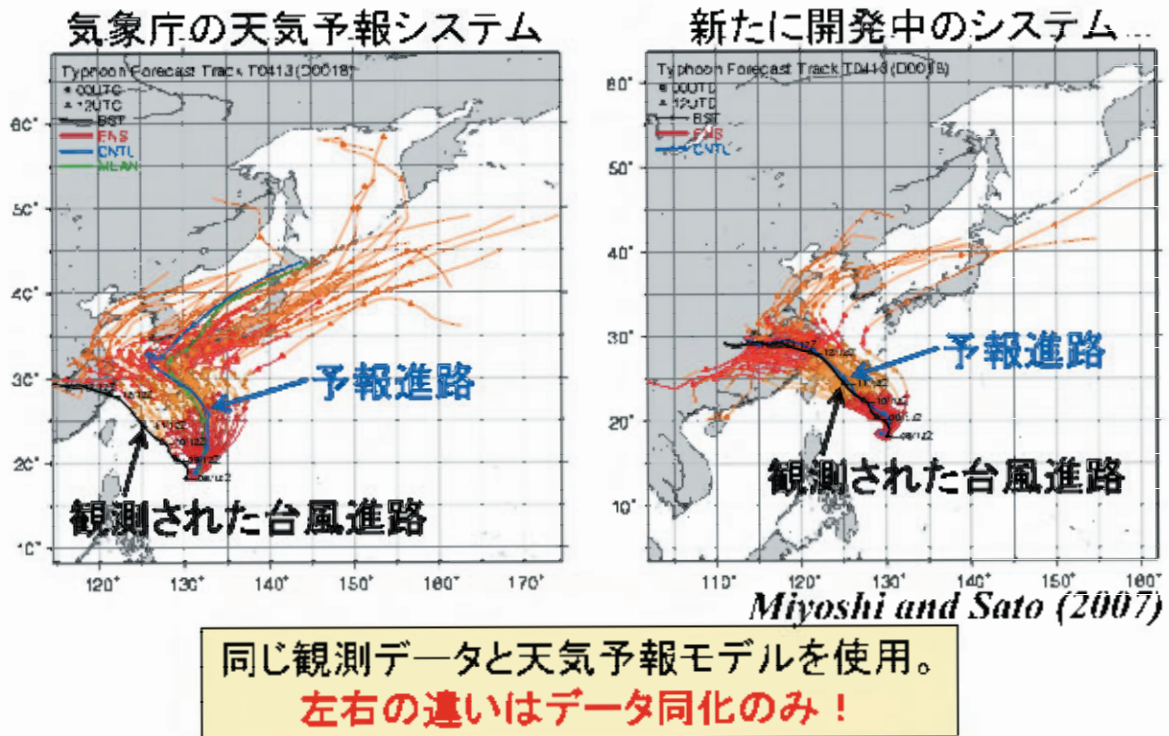
Kalman Filter (KF)



Ensemble Kalman Filter (EnKF)

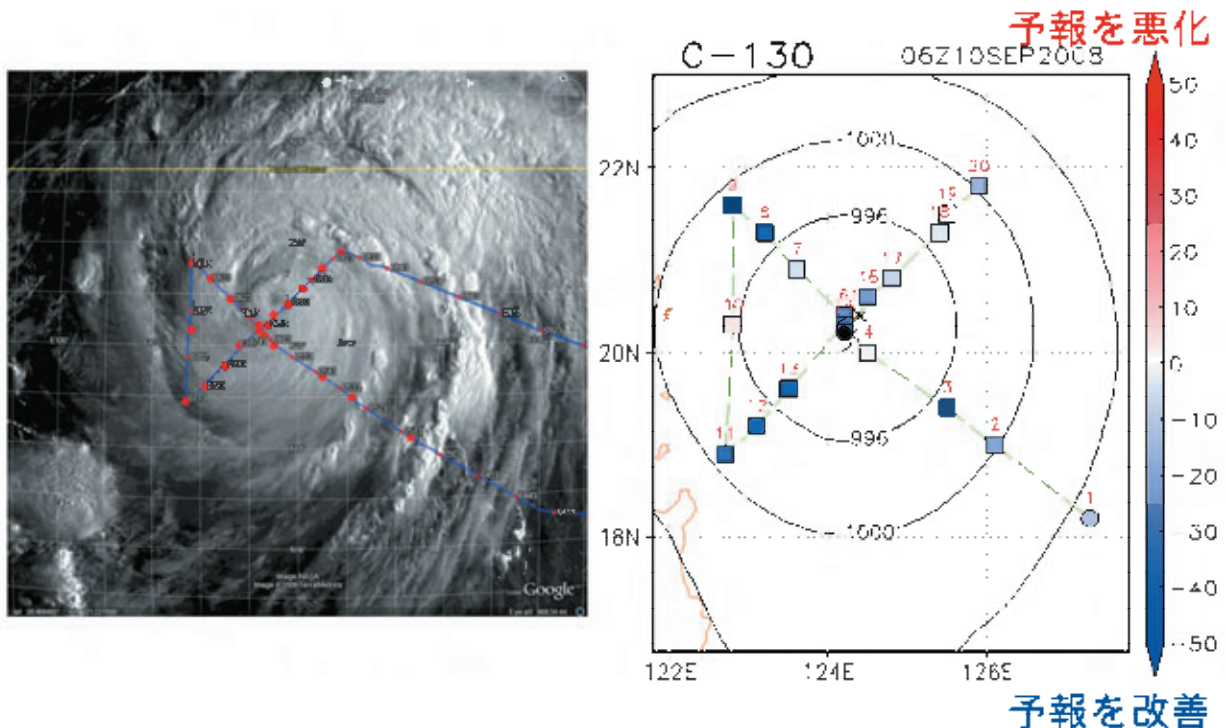


データ同化は、予報を左右する。



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



データ同化：シミュレーション⇔現実

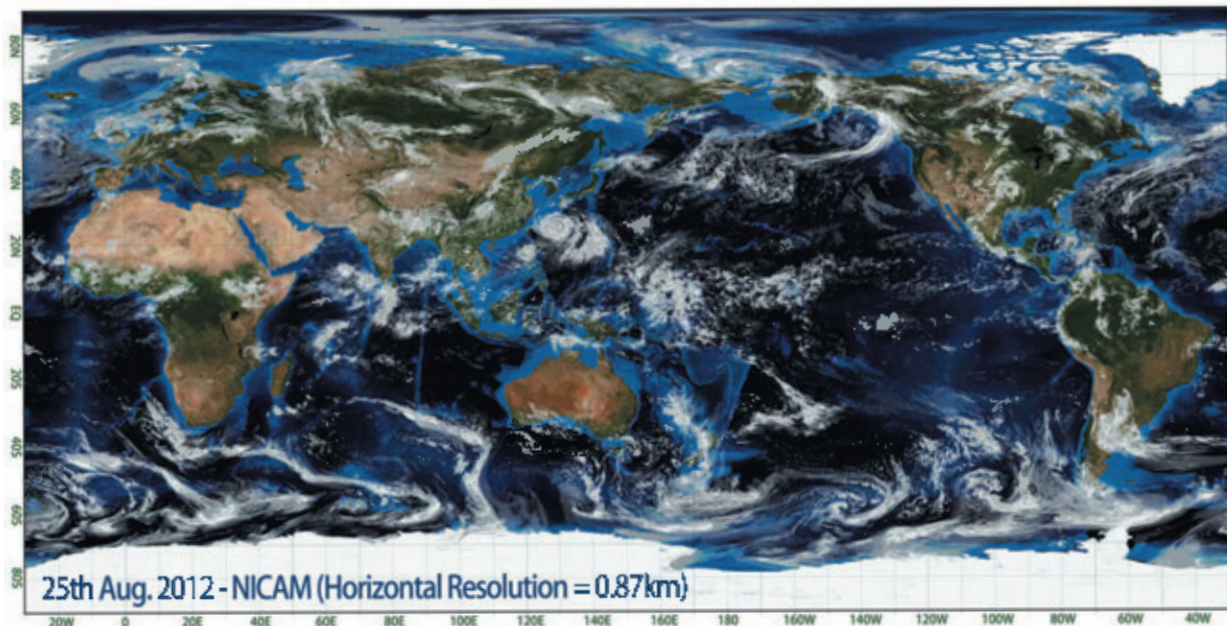
- **役割**：シミュレーションと現実世界をつなぐ
 - **方法**：統計数理のアプローチ、データドリブン
 - **効果**：
 - シミュレーションと現実世界のギャップを低減
 - シミュレーションの誤差評価
 - シミュレーション精度の向上
 - 初期値の改善
 - モデルパラメータの最適化
 - モデル誤差の推定・補正
 - 観測・実験システムの最適化
 - 観測・実験システムの効果を評価
 - 効果的な観測・実験システムの提言
-

第2章

最先端の天気予報研究

最先端のシミュレーション (Miyamoto et al. 2013)

「京」による全球870メートル世界最高解像度のシミュレーション



©JAMSTEC・AORI (SPIRE Field3), RIKEN/AICS
Visualized by Ryuji Yoshida

Computers getting more powerful...

- With an Exa-scale supercomputer (~2020), we can afford **100 members** of global 870-m simulation.
- Or a **larger ensemble** at a lower resolution?



The Japanese 10-Peta-Flops K computer

©RIKEN


理化学研究所

[理研について](#)
[研究紹介](#)
[広報活動](#)
[外部連携](#)
[採用情報](#)

広報活動

[Home](#) > [広報活動](#) > [プレスリリース\(研究成果\)](#) > [2014](#)

[新聞記者向け](#)

2014年7月23日
 独立行政法人理化学研究所
 独立行政法人科学技術振興機構

「京」を使い世界最大規模の全球大気アンサンブルデータ同化に成功 ー天気予報シミュレーションの高精度化に貢献ー

ポイント

- ・ 10,240個という世界最大規模の全球大気アンサンブルデータ同化を実現
- ・ 理化学研究所が開発した「EigenExe」を活用し、計算を大幅に高速化
- ・ 気象観測の影響が現実に1万km程度に及ぶ可能性を解明

要旨

理化学研究所（理研、野依良一理事長）は、天気予報シミュレーションの高精度化を目標に、スーパーコンピュータ「京」^[1]を使って、10,240個のアンサンブル^[2]で3週間分という世界最大規模の「全球大気アンサンブルデータ同化^[3]」に成功しました。必要とされる計算量は、これまでの100個程度のアンサンブルを使った場合に比べて100万倍という大規模なものになります。これは、理研計算科学研機構（平岡公彦機構長）データ同化研究チームの三好謙吾チームリーダーと、近畿工科大学、および大規模並列計算技術研究チームの今村徹也チームリーダーの研究グループによる成果です。

スーパーコンピュータを使った天気予報を行う方法の1つに「アンサンブル予報」があります。アンサンブル予報は、風や気温などの気象変化を物理学的法則に基づき、コンピュータで計算して将来の気象の状態を予測するシミュレーションを、数回して複数実行し、結果に確からしい「バリエーション（変幻世界）」を作ります。この平均やばらつきから、確率的な天気予報を行います。

[この記事](#)
[一覧へ戻る](#)
[この記事](#)

[Like](#) 56
 [ツイート](#) 54
 [印刷](#)

広報活動

プレスリリース(研究成果)

2014

2013

2012

2011

2010

2009

2008

2007

2006

2005

2004

2003

2002

2001

2000

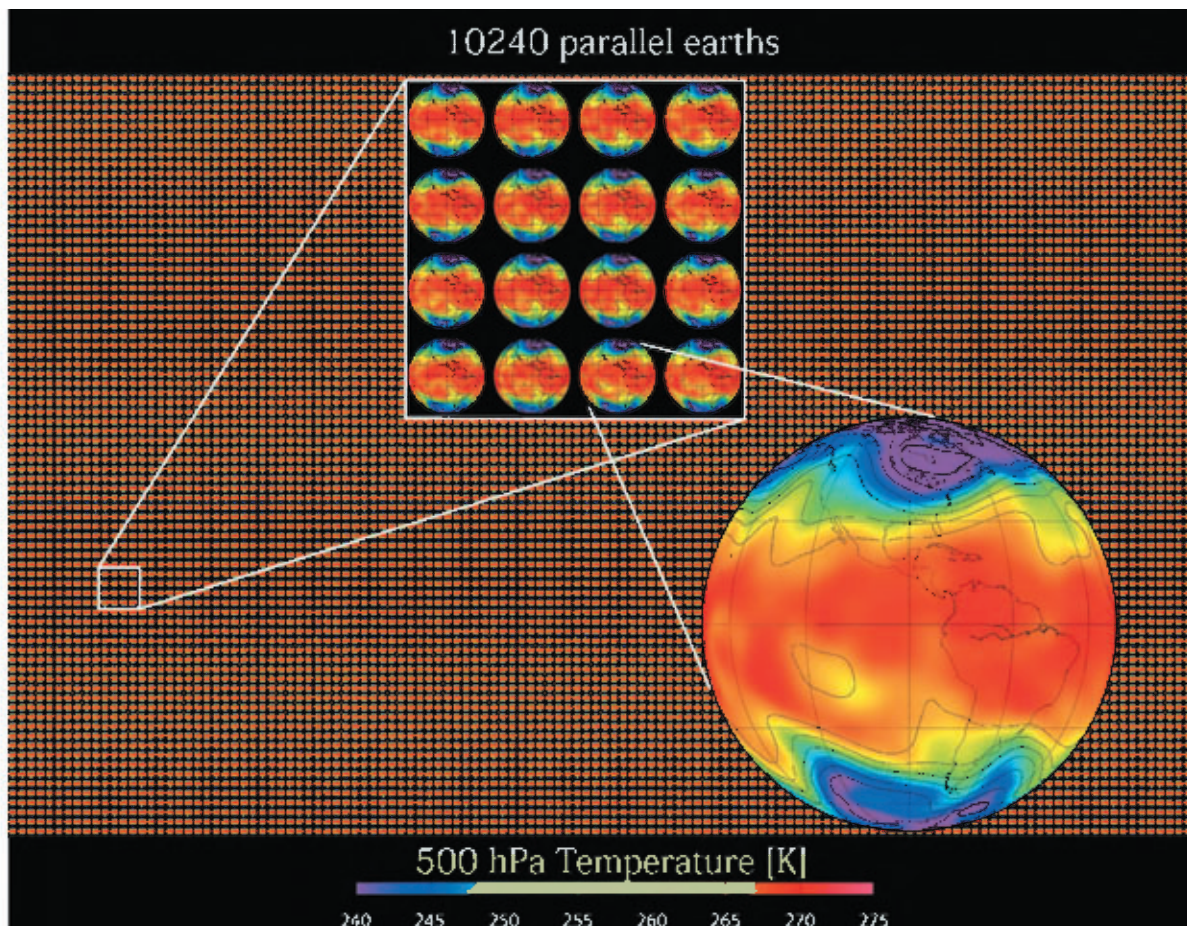
1999

1998

1997

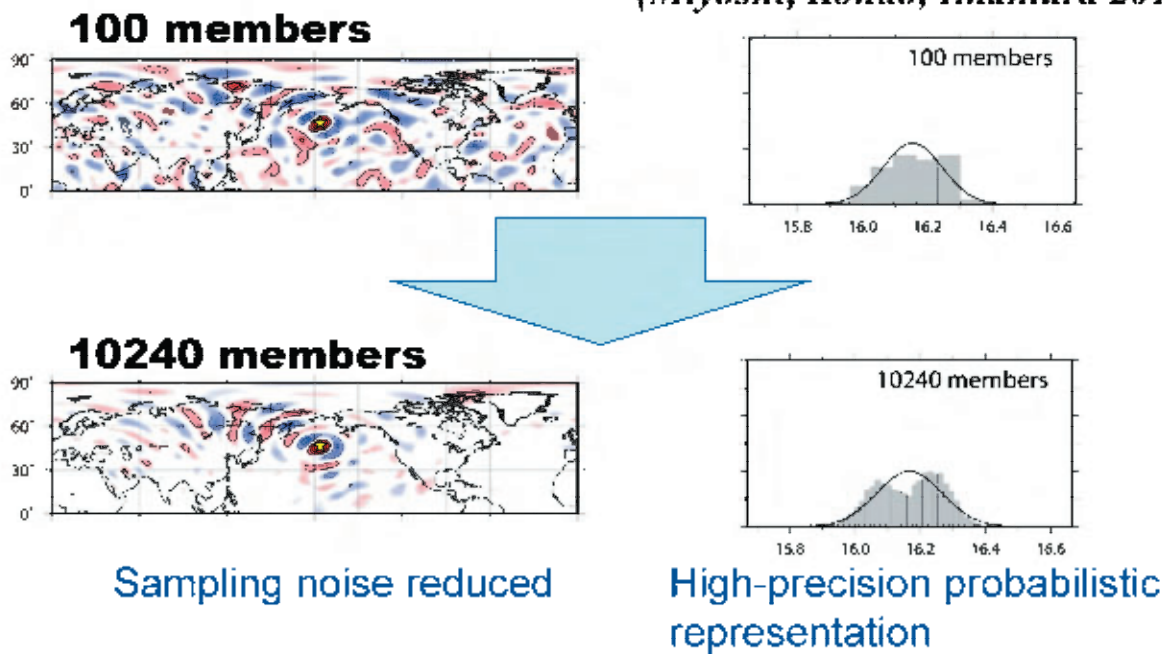
トピックス

イベント/シンポジウム



Advantage of large ensemble

(Miyoshi, Kondo, Imamura 2014)



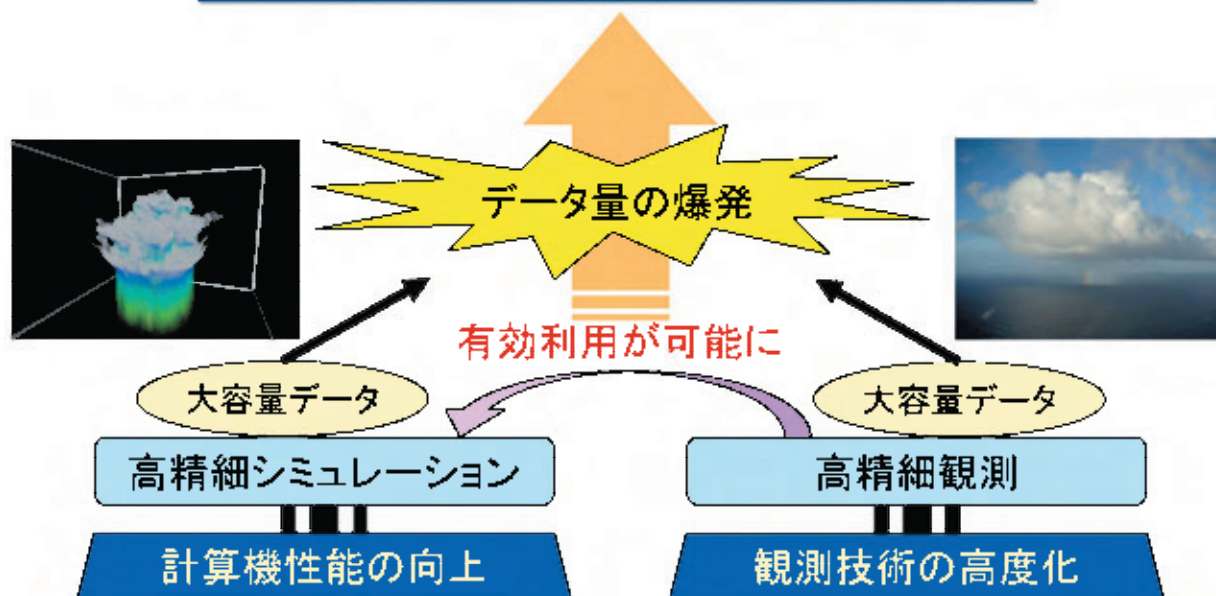
第3章

ビッグデータ同化



今後20年を考える

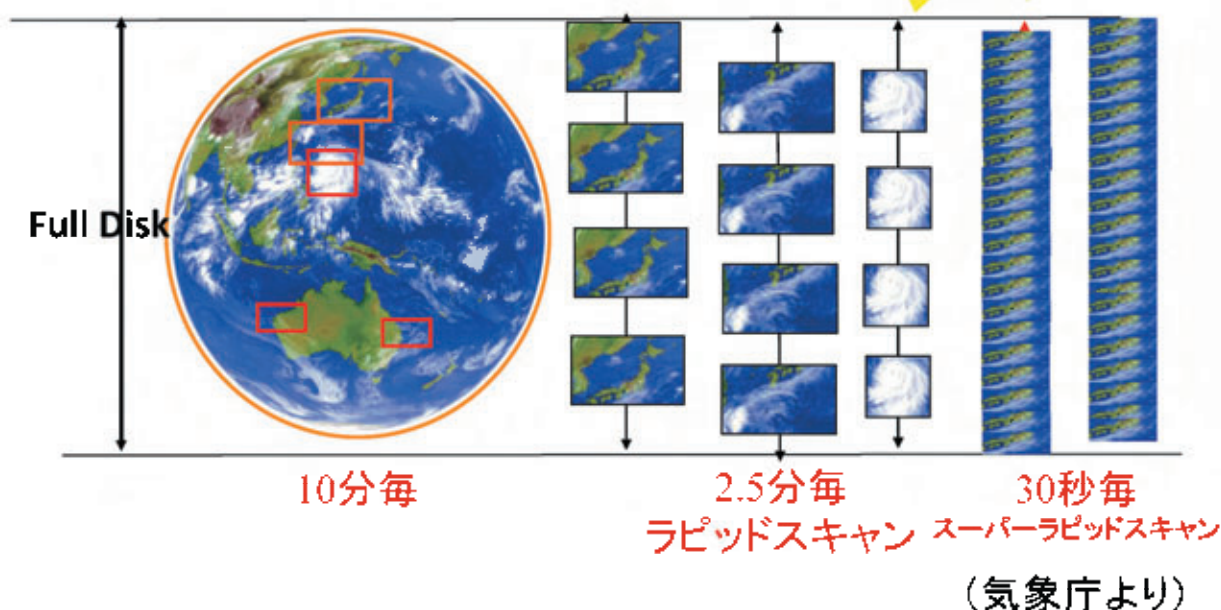
“ビッグデータ同化”の時代へ



次世代静止気象衛星

ひまわり8号: H26.10.7打ち上げ成功

ひまわり9号: H28打ち上げ予定
(次世代衛星としては世界初)

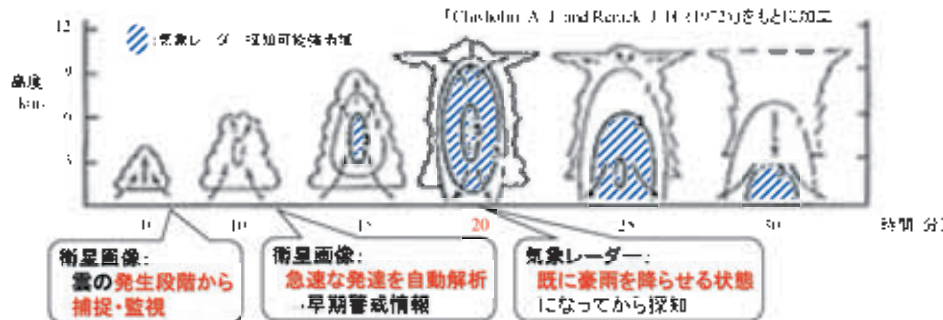
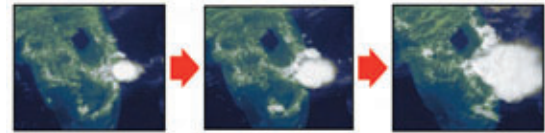


高解像度衛星画像による豪雨の検知

積乱雲の発達の早期検知

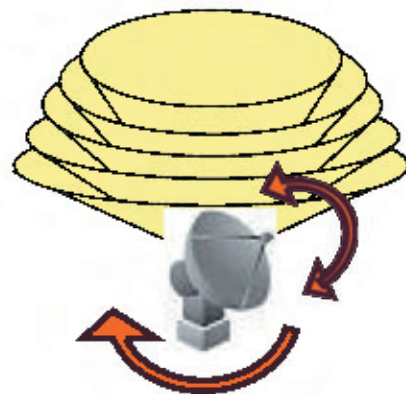
短時間間隔で取得される衛星画像を分析処理し、積乱雲を発生段階からレーダーよりもいち早く監視・検出し、集中豪雨や突風等の発生に対する早期警戒情報を提供する。

衛星で捉えた積乱雲の短時間連続画像

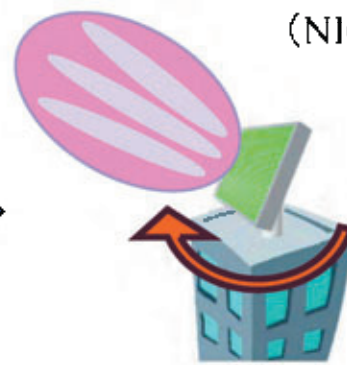


(気象庁より)

次世代型フェーズドアレイレーダー



パラボラアンテナによる
3次元立体観測(5~10分)
~15仰角

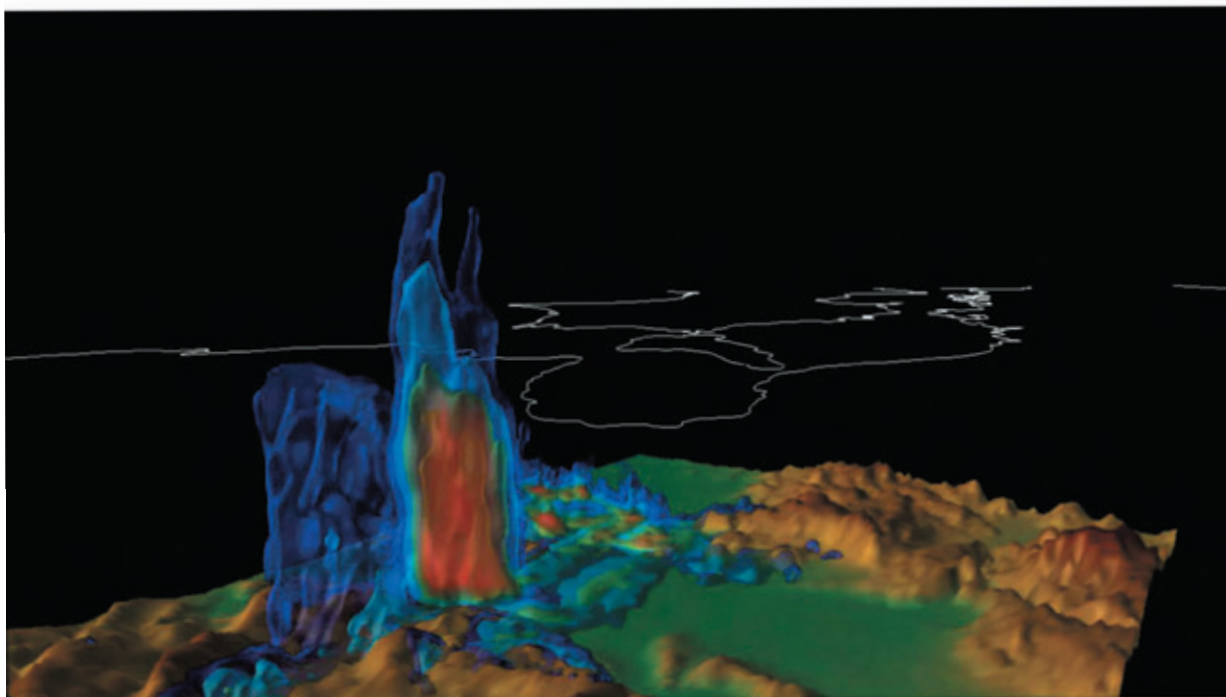


(NICTより)

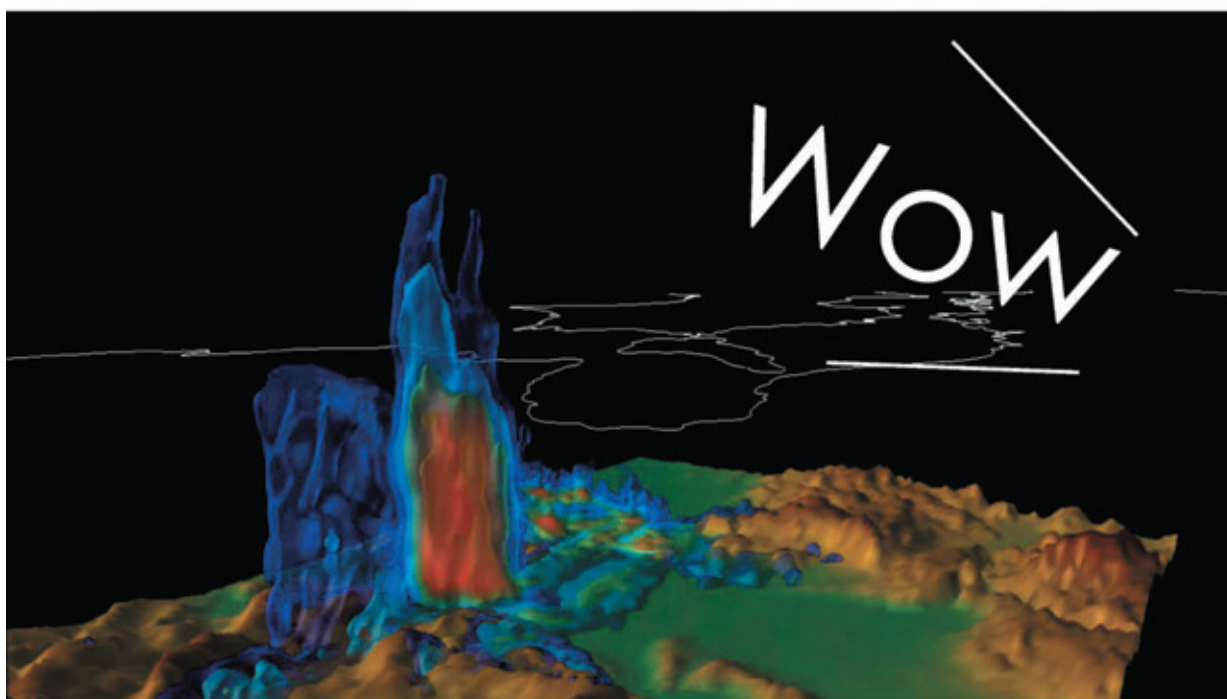
フェーズドアレイレーダーによる
3次元立体観測(10~30秒)
100仰角

- 次世代に普及する新しいレーダー技術。
- 現在日本では3基が稼働中(大阪、神戸、沖縄)。
- 2基は神戸市を探知範囲に含む。

従来のレーダー(5分毎)

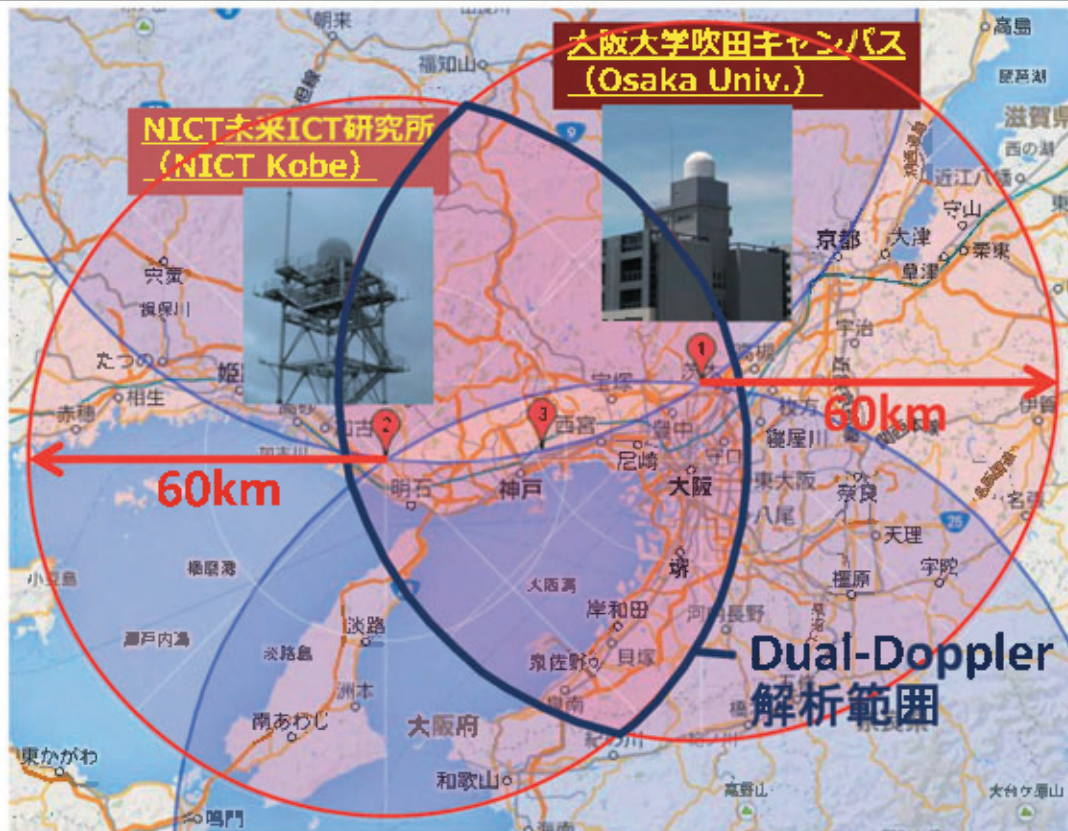


フェーズドアレイレーダー(30秒毎)





阪大・神戸PAWR観測範囲



37

データ開拓：(例)カメラ画像を利用できるか



1. 情報抽出(天気、視程など) → 同化
(課題) 自動抽出技術
2. モデルから画像を作る(カメラの観測演算子) → 直接同化
(課題) 高精細3次元放射モデル(今後20年の課題か?)

“ビッグデータ同化”時代を先取り



ビッグデータ同化によるゲリラ豪雨予測

●親水公園で水遊び



水位は 10分間で約1m30cm も上昇

局地的大雨によって、平成20年7月28日、兵庫県神戸市灘区の郷貫組が急激に増水し、河川内の親水公園で水遊びをしていた子供たちなどが溺れ、その内5人が亡くなった。（写真提供：神戸市）



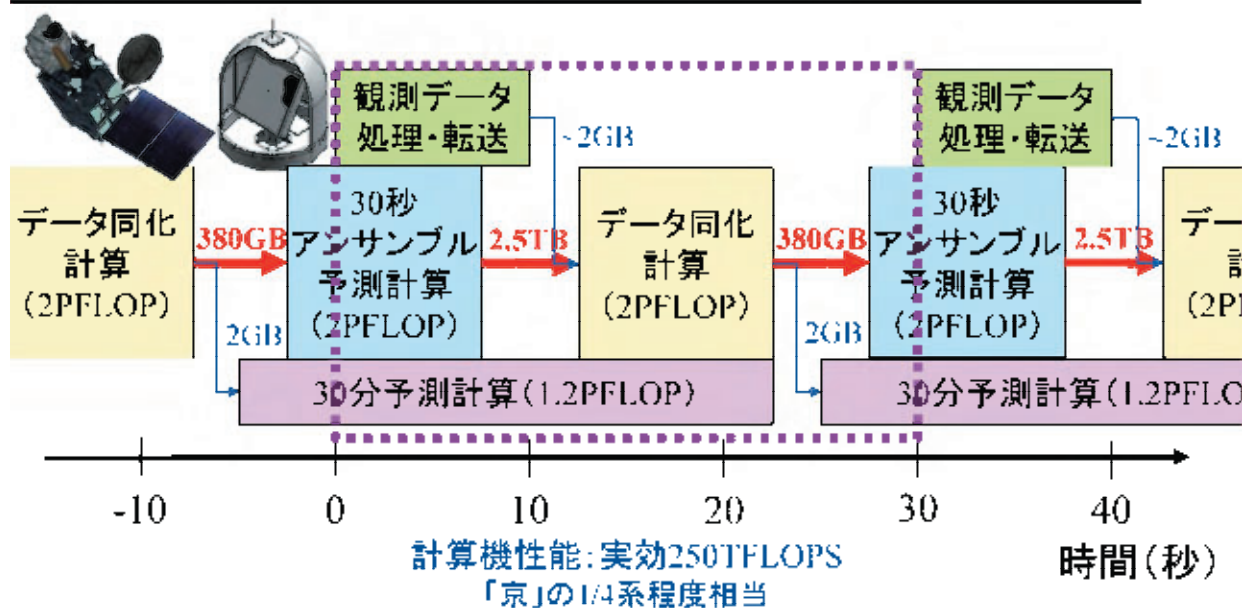
増水直前



増水時

研究のねらい: 高精細シミュレーションと次世代高精細観測のビッグデータ同化により、ゲリラ豪雨の30分予測に道筋を。

革新的な超高速30秒更新天気予報



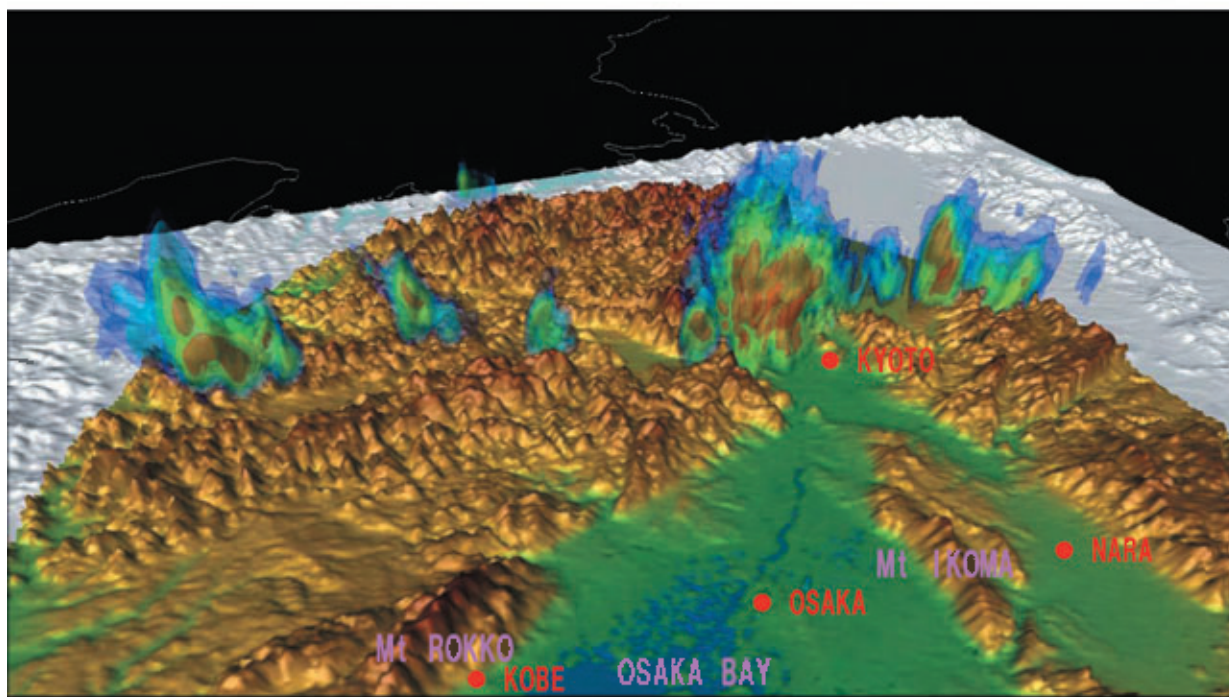
現在の毎時更新システムよりも120倍高速

Case study: July 13, 2013, a disaster in Kyoto



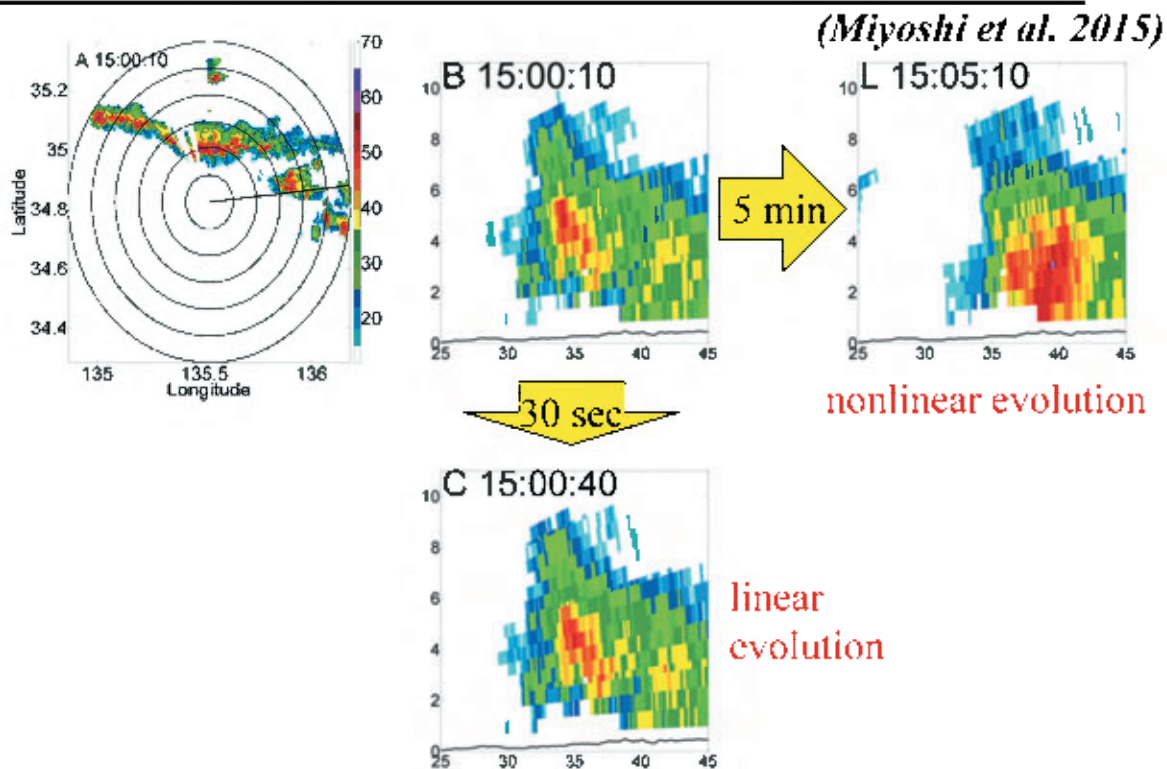
The top page of Yomiuri newspaper
on 14 July, 2013

Phased Array Radar (2013/7/13, 14:00~16:20)



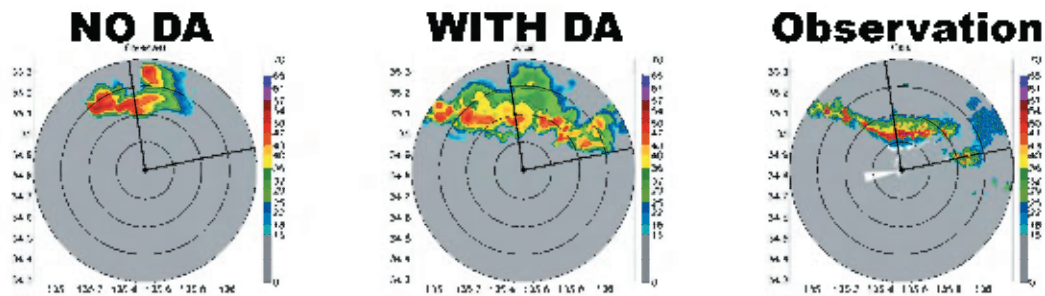
10fps → 300x

30-sec. and 5-min. evolutions

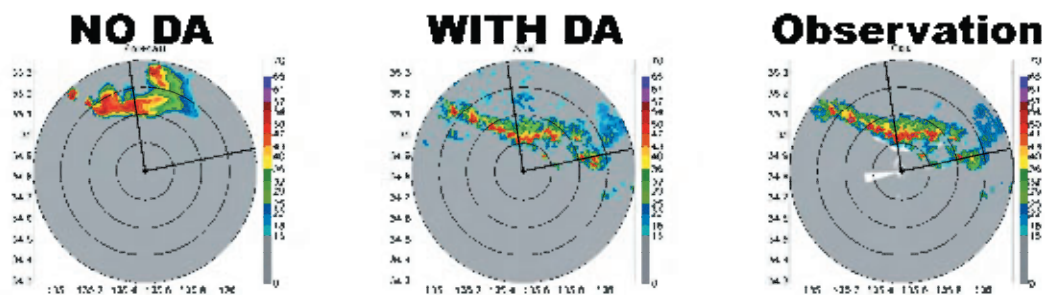


Impact of “Big Data Assimilation”

15:00:30 JST after the first assimilation

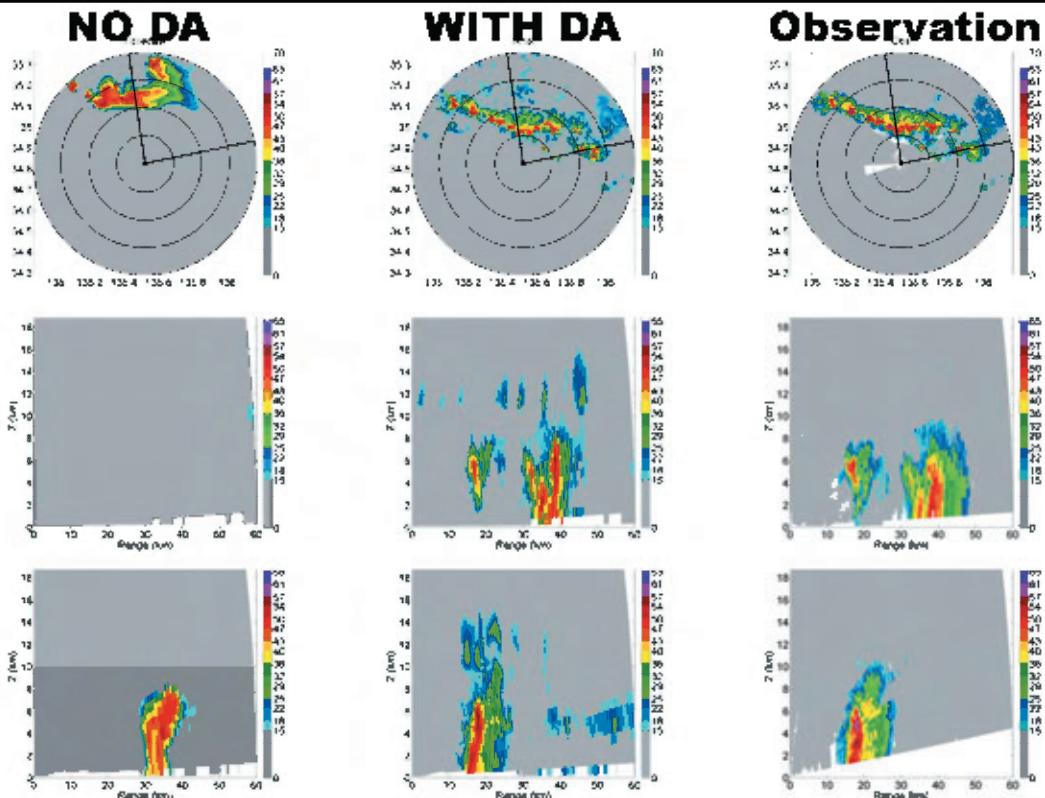


15:06:00 JST after the 12th assimilation



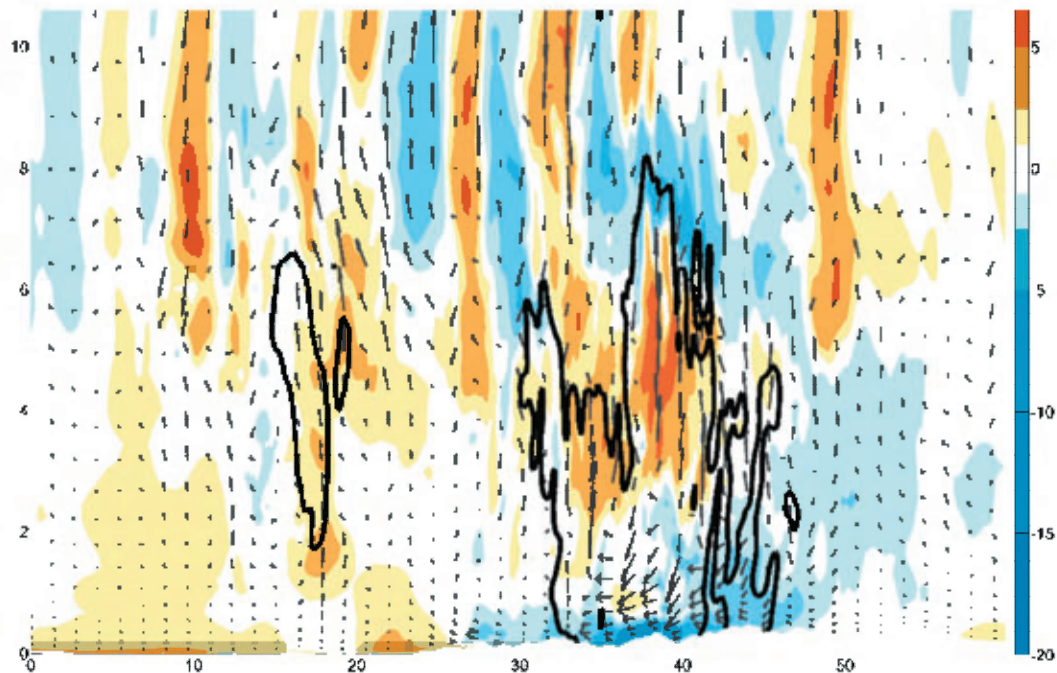
Vertical section

15:06:00 JST



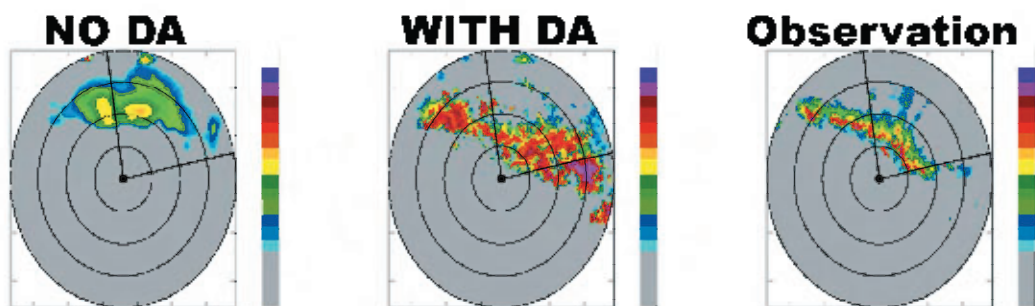
気象場全体が整合的

15:06:00 JST

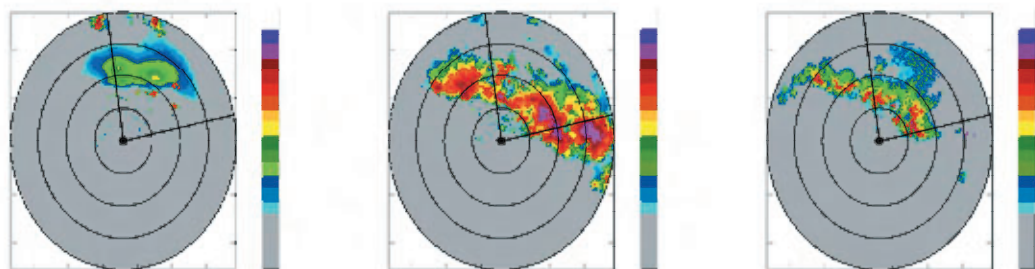


Forecasts

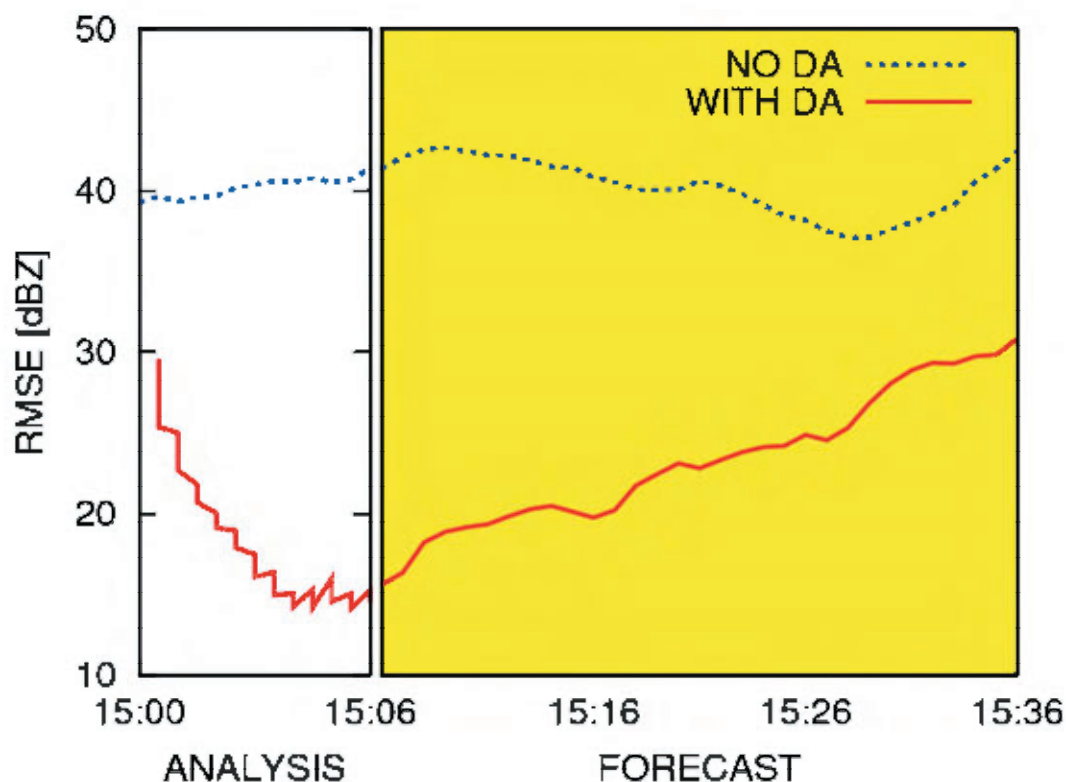
10-min. 15:06:00 JST → 15:16:00 JST



20-min. 15:06:00 JST → 15:26:00 JST



RMS Errors



今こそ、ビッグデータ同化研究を

◆天の時

- ゲリラ豪雨予測は喫緊の社会的課題
- 次世代気象レーダー、京コンピュータの稼働、次期ひまわりの打ち上げ
- これら次世代技術により、サイエンス・ビッグデータの応用が可能に

◆地の利

- 我が国には10年後の普及を見据えた次世代技術が揃っている
→ 世界的に見ても稀有
- 神戸に2基の次世代気象レーダー

◆人の和

世界で活躍する各分野のエース研究者のコラボレーション



京コンピュータ

- H24秋から稼働



次期衛星ひまわり

- H26.10.7打ち上げ成功



フェーズドアレイ気象レーダー

- H24夏から1基稼働
- H26.3に追加設置

世界に先立って、幅広く応用可能な革新的基盤技術を創出
→ 本研究による「ビッグデータ同化」技術が世界の研究・実利用に貢献

将来構想、夢

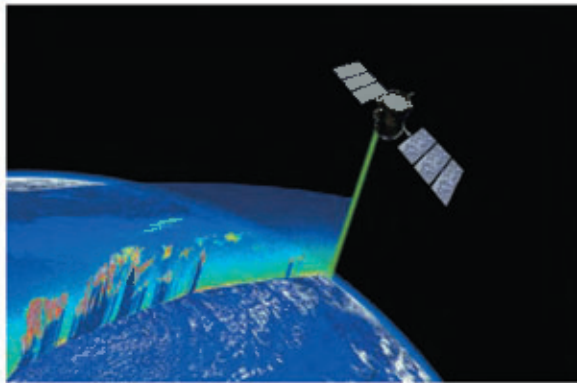
- 時代の10年先に行くフラグシップスパコンで、10年先に実現できるであろう「**未来の天気予報**」を切り拓く
- エクサスケール・スーパーコンピュータは、2020年目標
“Tokyo 2020” 夏季オリンピックでエクサスパコンを使ったデモ
日本の知恵の集積で初めて可能な最先端技術、未来の天気予報
「ビッグデータ同化」システムを世界に披露したい！



終章

幅広い応用へ向けて

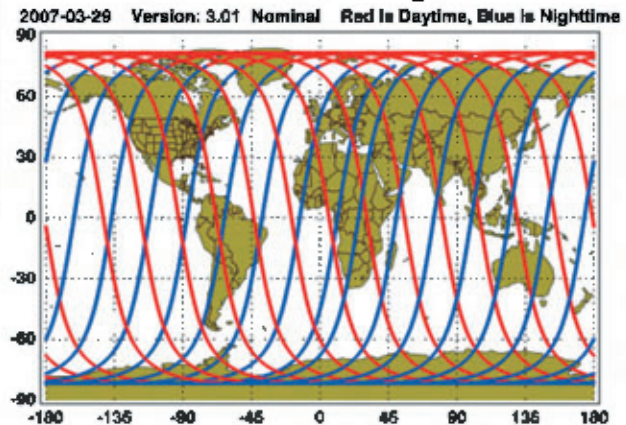
CALIPSO衛星データの同化(世界初)



(Courtesy of NASA)

(Sekiyama et al. 2010)

CALIPSO/CALIOP Satellite Lidar Coverage

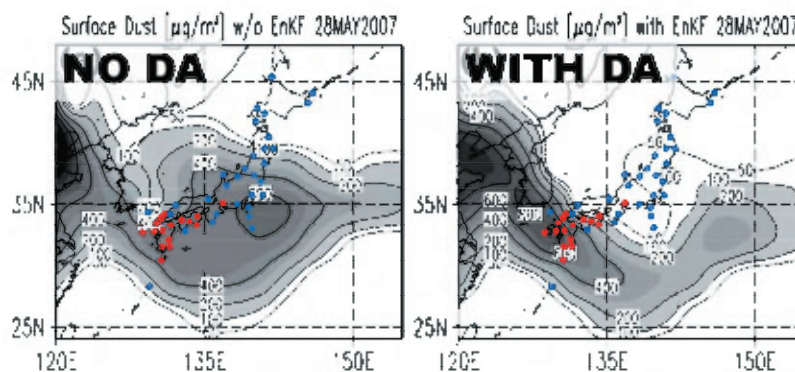


We developed the forward operator (model variables → observed quantity) for CALIPSO Level 1B data.

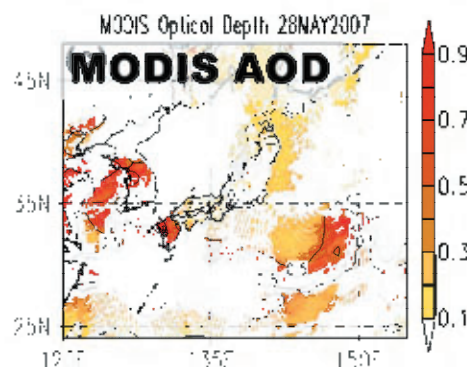
黄砂分布が改善

Surface dust distribution and station obs

(Sekiyama et al. 2010)



- Blue stations: no dust observed
- Red stations: dust observed



Assimilating CALIPSO data clearly improves horizontal surface-dust distribution.

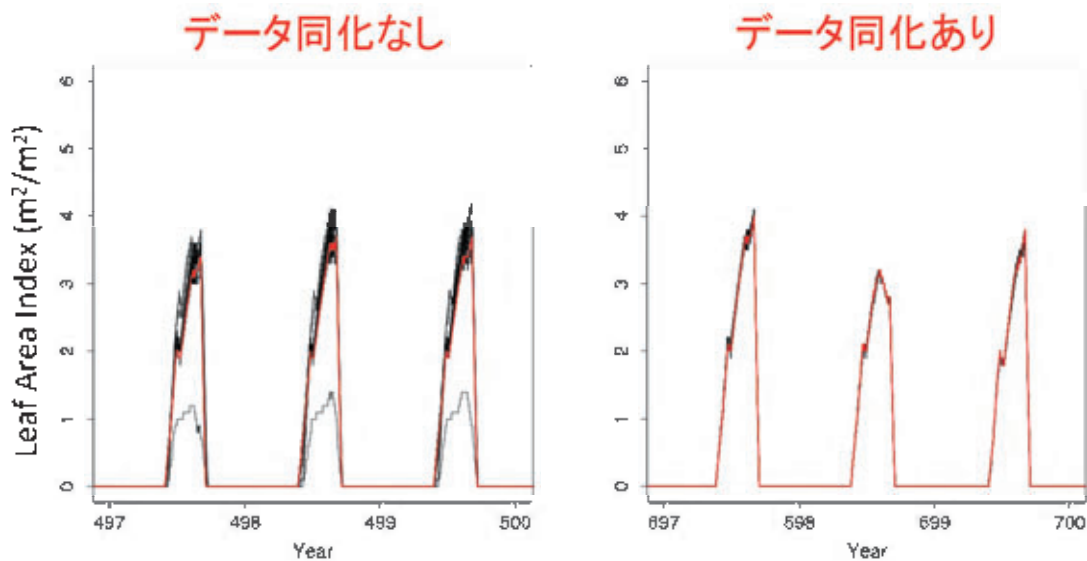
生態系シミュレーションへの応用



(Arakida et al. 2014)

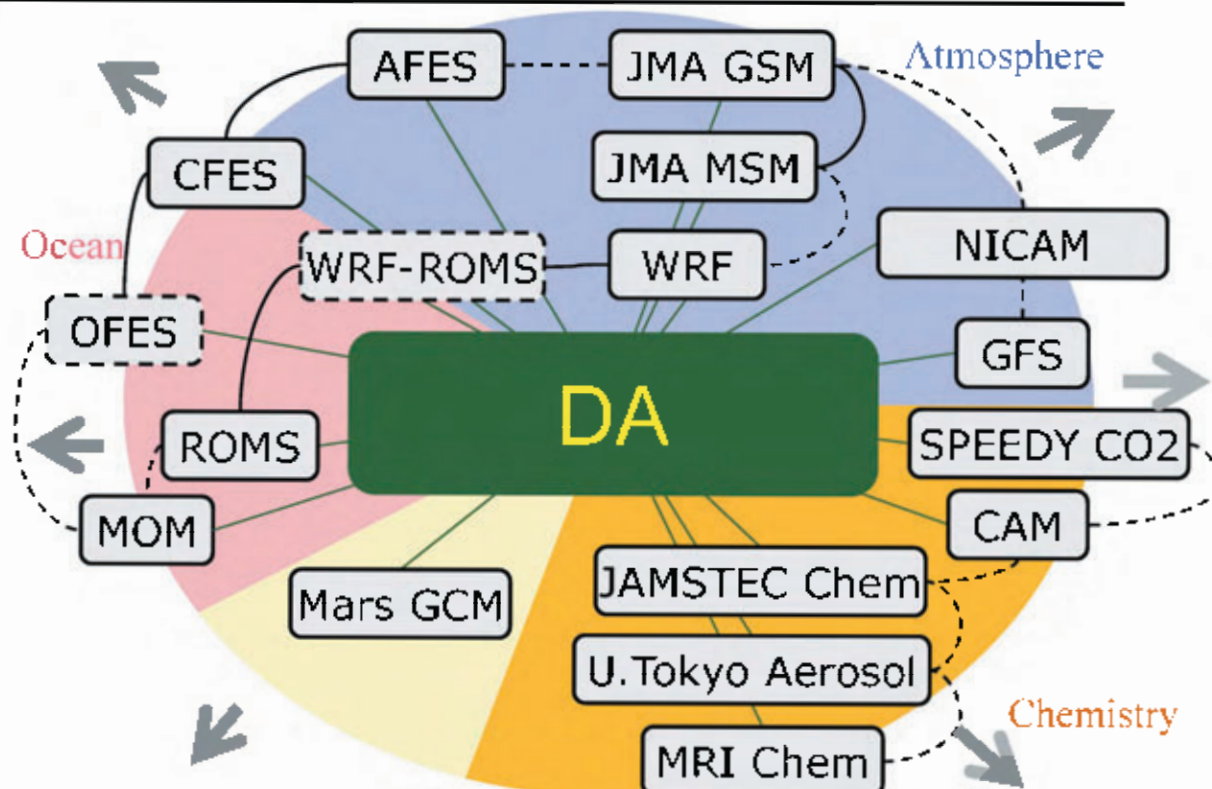
初期の結果 (LAIの同化)

粒子フィルタ法を適用



(Arakida et al. 2014)

さらに幅広い応用へ



将来展望

- **超並列計算機、演算加速器、ビッグデータ**
 アンサンブル数 ⇔ モデルの複雑さ
 マルチスケール: 全球...乱流 マルチコンポーネント: 海・陸・物質・生物
 データ同化手法(局所化、誤差相関、非ガウス誤差など)
 リアルタイム性の追求(ビッグデータ同化、高速データ転送・処理、高性能QC)
- **新しいデータ、新規応用開拓: 多様な連携(1+1>2)**
 既存のセンサ、新しいセンサ、雑多なデータ 観測研究者との連携
 様々なシミュレーション領域 計算科学・シミュレーション研究者との連携





<http://data-assimilation.jp/isda2015/>

Registration is now open!

