

データ同化の今後の展望



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

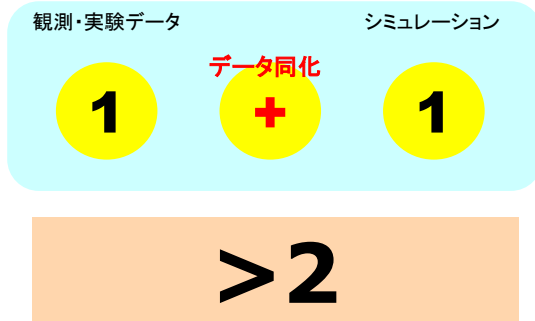
データ同化



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



カオス同期 Chaos Synchronization

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

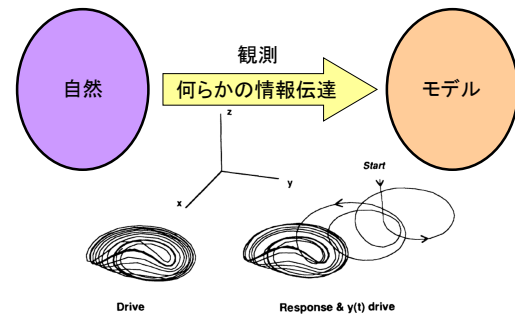
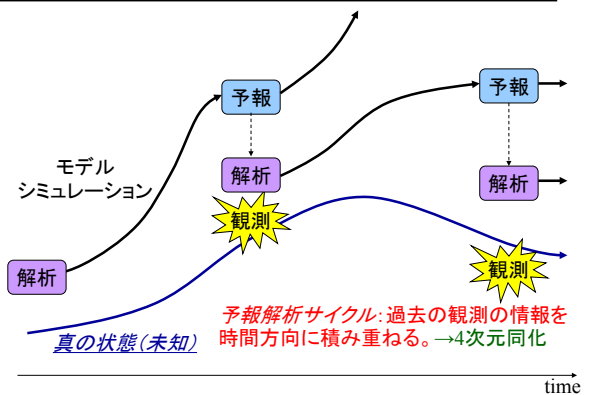


FIG. 1. The attractors for the Rössler drive system and the $(x'-z')$ response system and $y(t)$ drive variable.

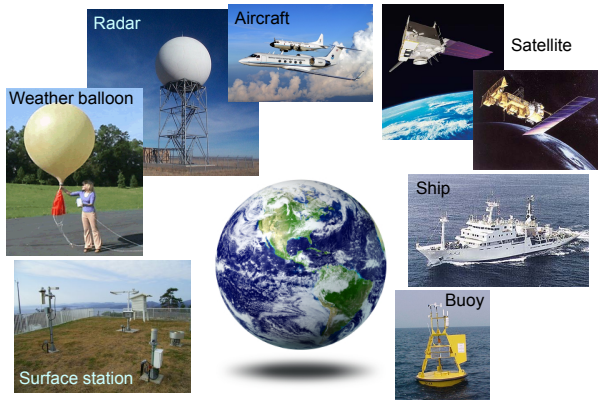
データ同化の役割、方法、効果

- **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

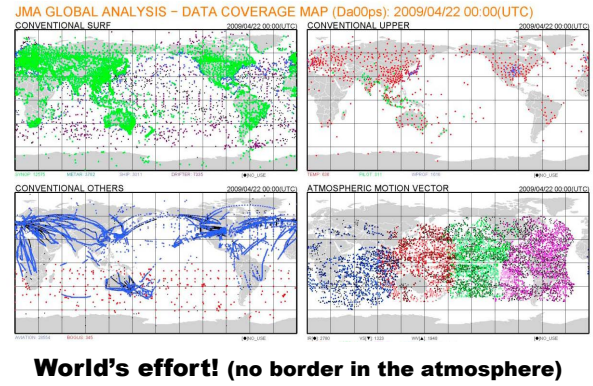
数値天気予報のしくみ



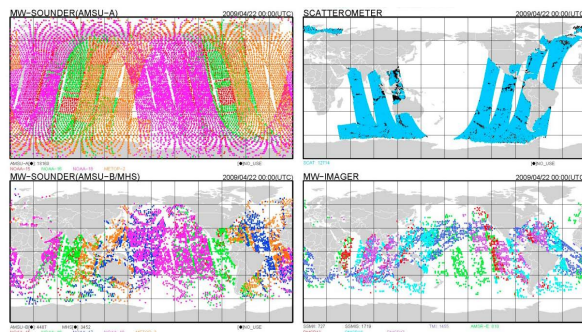
Global Observing System



Observation data (6-h period) (Courtesy of JMA)

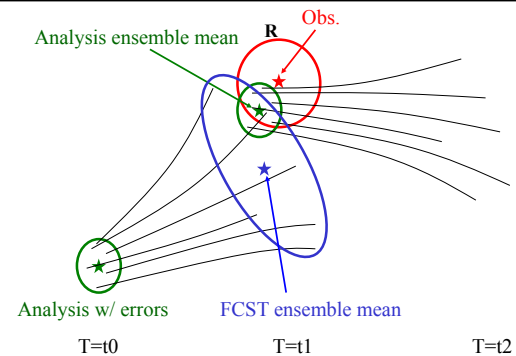


Observation data (6-h period) (Courtesy of JMA)

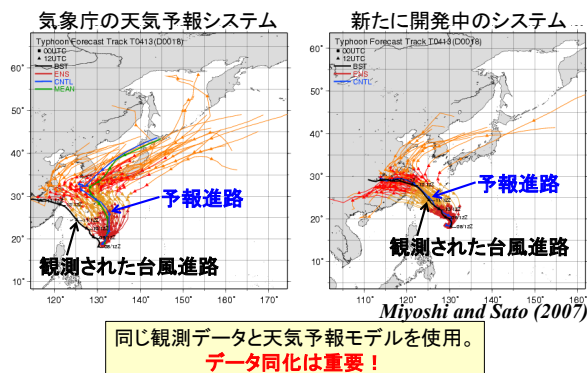


NWP has been pioneering “Big Data” science!

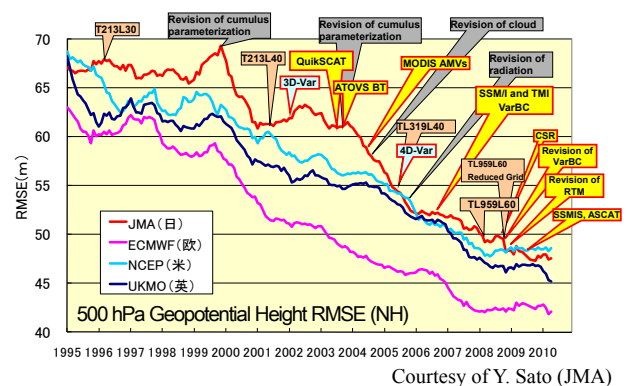
We consider the evolution of PDF



データ同化による台風予報の改善

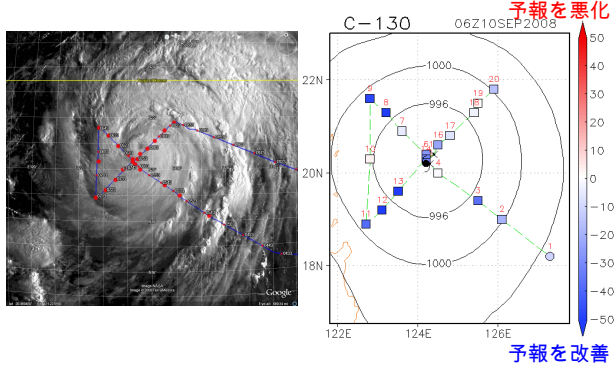


DA is important in NWP.



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



Ota et al. (2012)

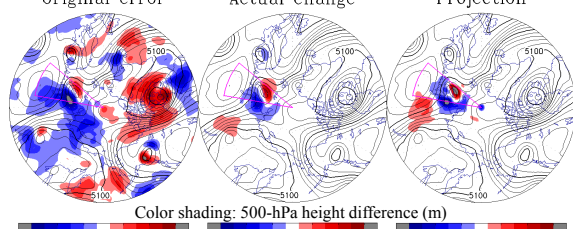
24-h forecast error

Actual impact of

MODIS winds

Estimated impact from

the ensemble



- Ensemble can estimate the error structure very well!!

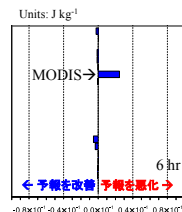
i.e., we don't need data-denial test if we have ensemble forecasts.

堀田大介, 太田洋一郎(気象庁), Eugenia Kalnay(メリーランド大学), 三好建正(理研AICS)

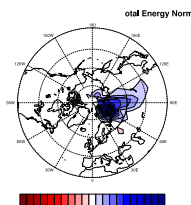
- ・ 背景：予報の「大はずし」("dropout")問題
 - 現象数値予報システムでは、ときより**予報スコアの一時的・急激な悪化(大はずし)**が起こる。
 - 原因：「**悪い観測データの同化**」(Kumar et al, 2009)
 - アンサンブル・データ同化では、予報を悪化させた観測を**EFSO**という診断手法により事後的に検出可能(Kalnay et al 2012; Ota et al.)
 - ・ 「大はずし」問題の解決策：「先回りの”QC手法”(Proactive QC)
 - 解析の6時間後に「悪い」観測をEFSOよりより検出
 - 検出された「悪い」観測を排除して再解析・予報を再実行
 - **解析の品質向上上、予報の「大はずし」を予防**
 - ・ 「悪い」観測のデータベースの構築 → **観測データ開発者へのフィードバック**
 - 「大はずし」の原因となった観測データについて、関係するメタデータとともに事例を蓄積
 - 構築されたデータベースを衛星機関等観測データ作成元に還元することで、観測データ自身の改良にも貢献できうる
- ※ 詳細については JCSDA Quarterly Newsletter (<http://www.jcsda.noaa.gov/news.php>) No.47 に短報あり

Daisuke Hotta
Eugenia Kalnay

各観測データ種別による6時間予報
へのインパクト
(誤差ノルム: 湿潤全エネルギー)

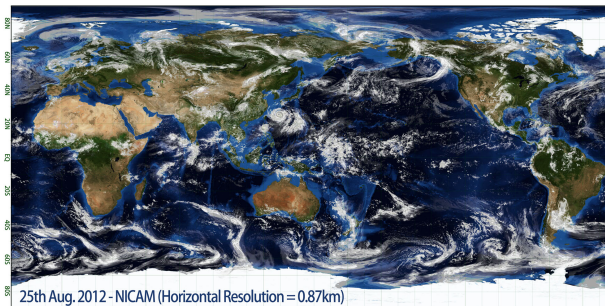


MODIS風の除去による24時間予報の改善
最も大きな場所では予報誤差が48%も減少



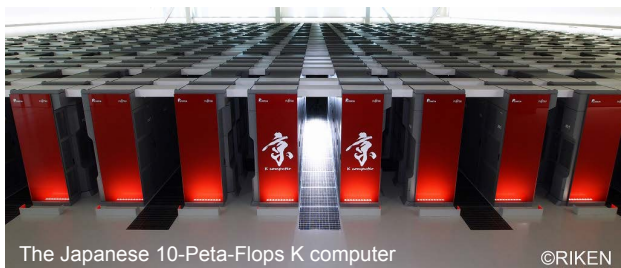
Daisuke Hotta
Eugenia Kalnay

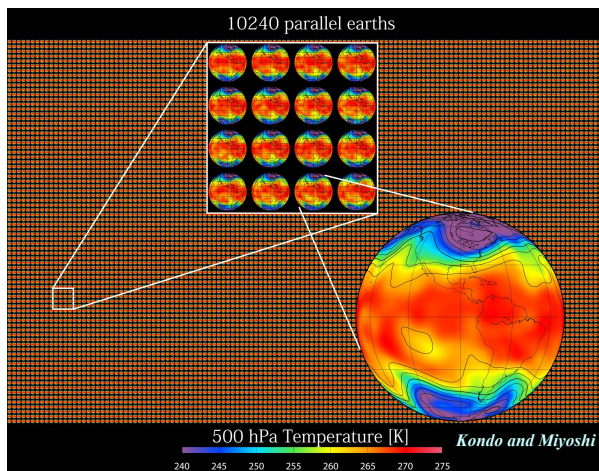
「京」による全球870メートル世界最高解像度のシミュレーション



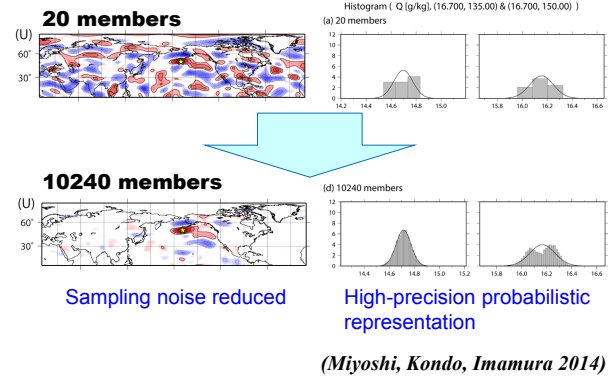
©JAMSTEC・AORI (SPIRE Field3), RIKEN/AICS
Visualized by Ryuii Yoshida

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





Advantage of large ensemble



August 2010, AGU meeting, Brazil

Observation error correlations and correlated observations

Takemasa Miyoshi¹, E. Kalnay¹, and H. Li²

¹University of Maryland, College Park

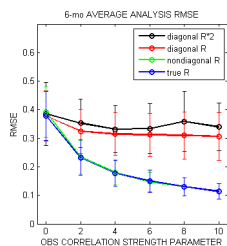
²Shanghai Typhoon Institute
miyoshi@atmos.umd.edu

With many thanks to
K. Ide, S. Greybush,
UMD Chaos-Weather group

将来課題:

非ガウス性を考慮する同化手法

Results with 10-member EnSRF



- The adaptive estimation of **diagonal R** fails to extract information from correlated observation errors.
 - When the **diagonal R** is *overestimated*, it becomes even worse.
- The adaptive estimation of **non-diagonal R** works very well, almost identical to the **true R** case.

Error-correlated observations give better analysis, only when non-diagonal **R** is explicitly considered.

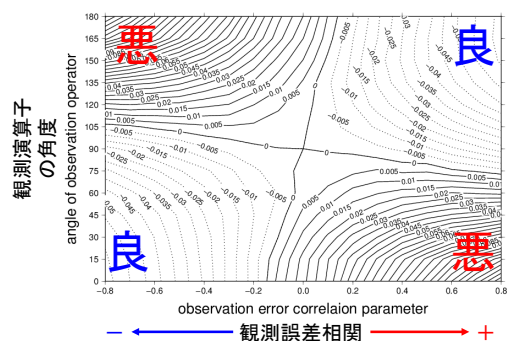
観測誤差相関

Terasaki, K. and T. Miyoshi, 2014: Data Assimilation with Error-correlated and Non-orthogonal Observations: Experiments with the Lorenz-96 Model. SOLA, in press.

通常、データ同化では無視されるが、考慮することが重要 (Miyoshi et al. 2013)

真の観測誤差を用いた実験

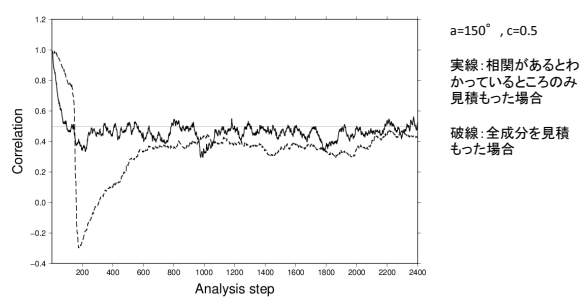
Lorenz-96 40変数モデルを使った結果は初めて



RIKEN ADVANCED INSTITUTE FOR COMPUTATIONAL SCIENCE



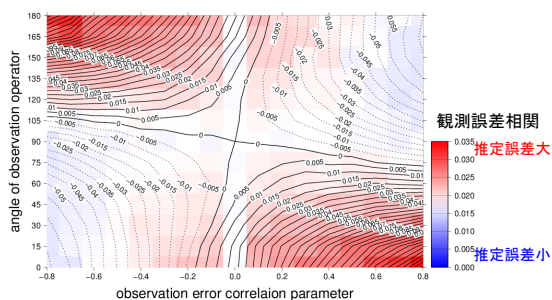
観測誤差相関の動的推定



RIKEN ADVANCED INSTITUTE FOR COMPUTATIONAL SCIENCE



観測誤差相関を動的推定した実験



RIKEN ADVANCED INSTITUTE FOR COMPUTATIONAL SCIENCE



将来課題:

観測誤差相関を推定、考慮する

データ開拓: (例)カメラ画像を利用できるか

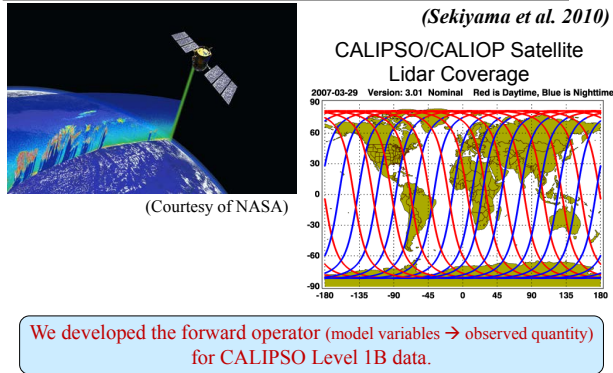


さらに先の将来課題:

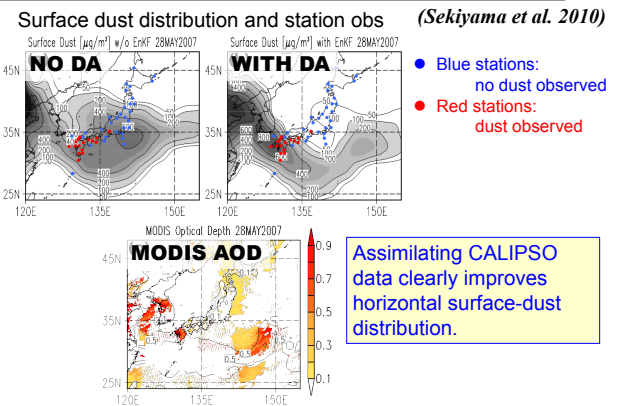
予報誤差と観測誤差の相関?

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?)

CALIPSO衛星データの同化(世界初)



黄砂分布が改善



JAXA PMM

Ensemble-based Data Assimilation of TRMM/GPM Precipitation Measurements



PI: Takemasa Miyoshi

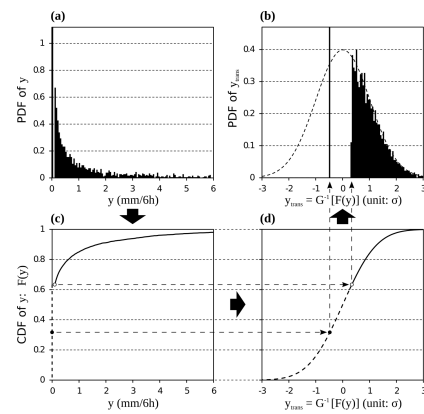
RIKEN Advanced Institute for Computational Science
Takemasa.Miyoshi@riken.jp



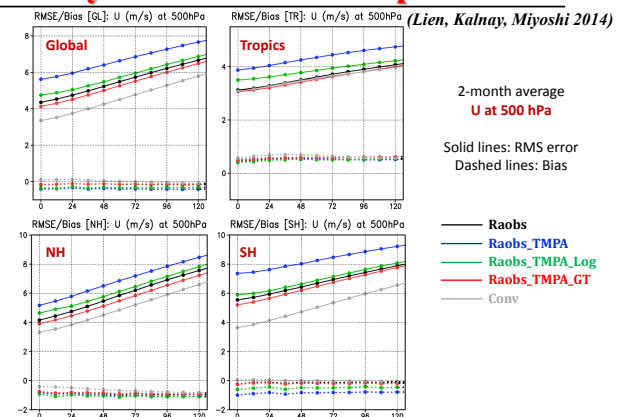
Co-Is: H. Tomita (RIKEN), M. Satoh (U. Tokyo), and E. Kalnay (U. Maryland)

Researchers: K. Terasaki, S. Kotsuki (RIKEN)

Example of precipitation distribution in DJF near Maryland



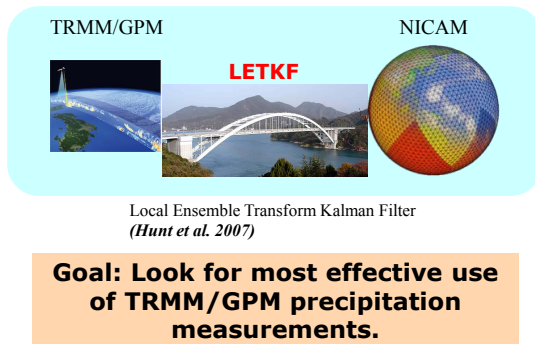
5-day forecasts were improved.



Most recent results from Guo-Yuan Lien and Eugenia Kalnay

REAL TMPA AND GFS-LETKF

NICAM-LETKFでGPM降水データの同化



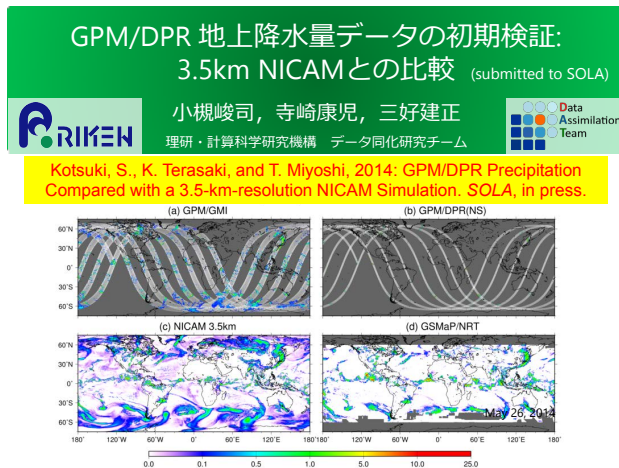
Computer simulations create the future

全球非静力学モデルNICAMを使った
局所アンサンブルカルマンフィルタLETKF

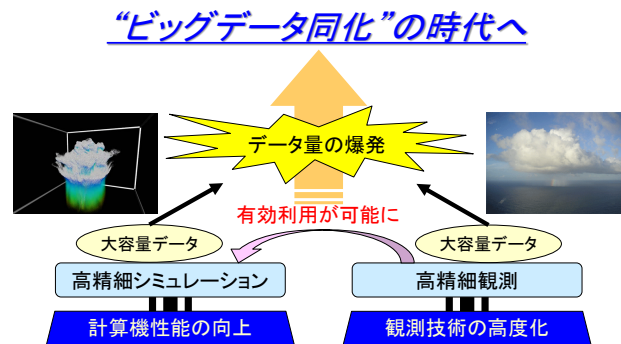
寺崎 康児¹, 沢田雅洋², 三好建正¹
理化学研究所 計算科学研究機構
東京大学 大気海洋研究所(現気象研究所)

京
K computer

RIKEN ADVANCED INSTITUTE FOR COMPUTATIONAL SCIENCE



今後20年を考える



JST CREST

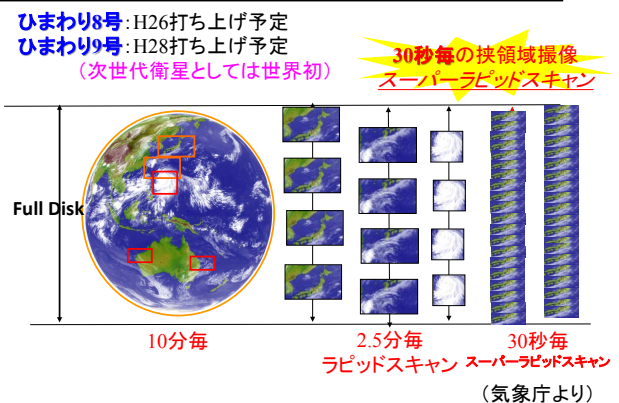
「ビッグデータ同化」の技術革新の
創出によるゲリラ豪雨予測の実証

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

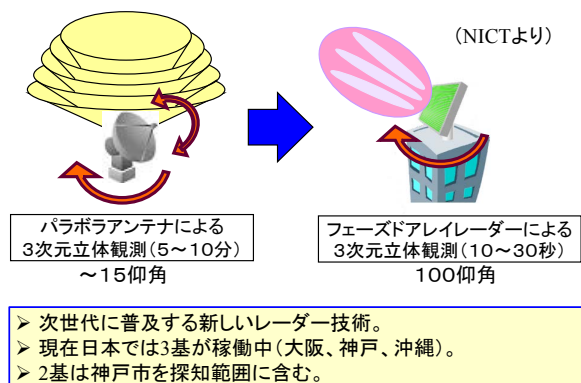
別所康太郎(気象衛星センター)、瀬古弘(気象研)、富田浩文(理研)、
佐藤晋介(NICT)、牛尾知雄(大阪大学)、石川裕(東京大学)

BDA CREST JST 独立行政法人 科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

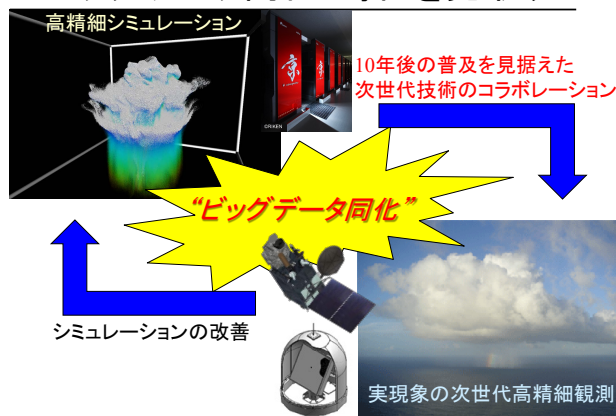
次世代静止気象衛星



次世代型フェーズドアレイレーダー



“ビッグデータ同化”時代を先取り

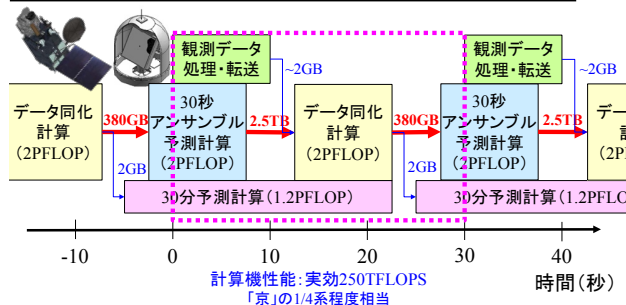


ビッグデータ同化によるゲリラ豪雨予測



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

将来構想、夢

- データ同化研究 ⇔ 天気予報のあり方、カタチ
時代の10年先を行くフラグシップスパコン → 「未来の天気予報」
- 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！



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... 積乱雲 マルチコンポーネント: 海洋、陸面、物質、生態
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)
- 衛星データ、新しいデータ: 観測研究者との連携
既存のセンサ、新しいセンサ、雑多なデータ リトリバルデータの活用
FSO、OSSE → 効果的な観測とは? Proactive QC





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

Registration is now open!

