



HPCI戦略プログラム分野3成果報告会
2014年8月12日, イイノカンファレンスセンター

領域雲解像4次元データ同化技術 の開発

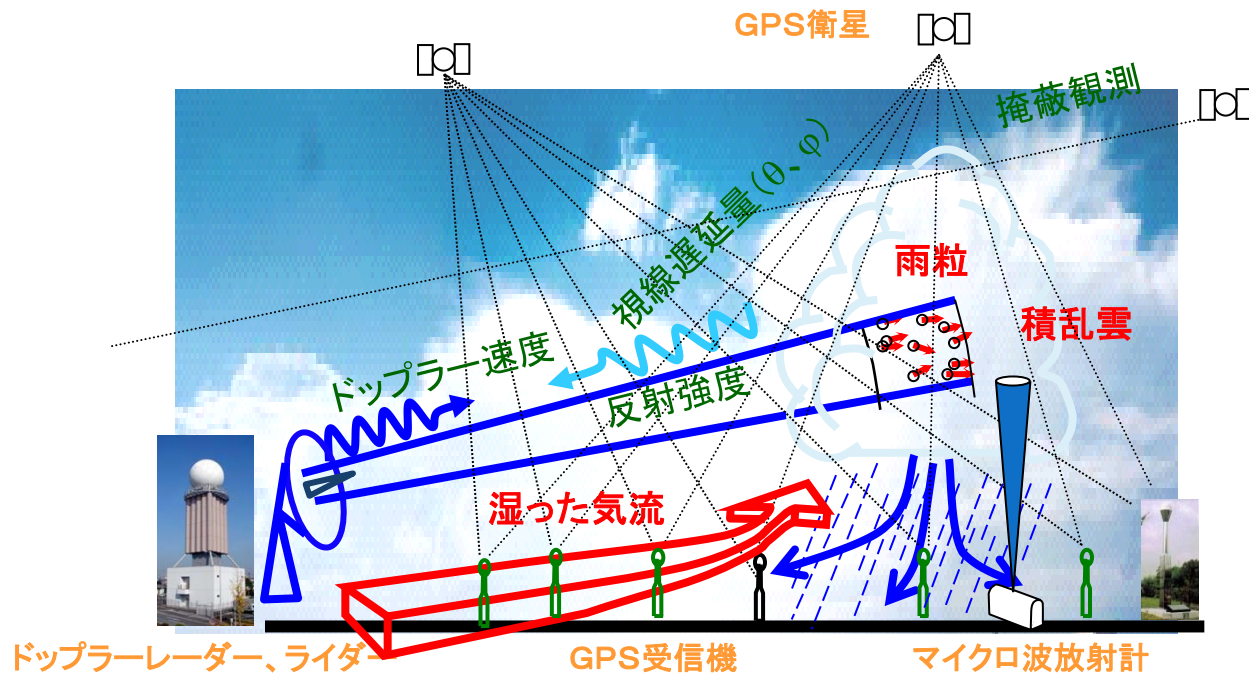
露木 義

気象研究所気候研究部

内 容

- 研究計画の紹介
- 2012年5月6日のつくば竜巻
— Nested-LETKF の開発 —
気象研究所/JAMSTEC 瀬古 弘
気象研究所 横田 祥
- 平成24年7月九州北部豪雨
— Hybrid-4DVar の開発 —
琉球大学 伊藤耕介
- まとめと今後の計画

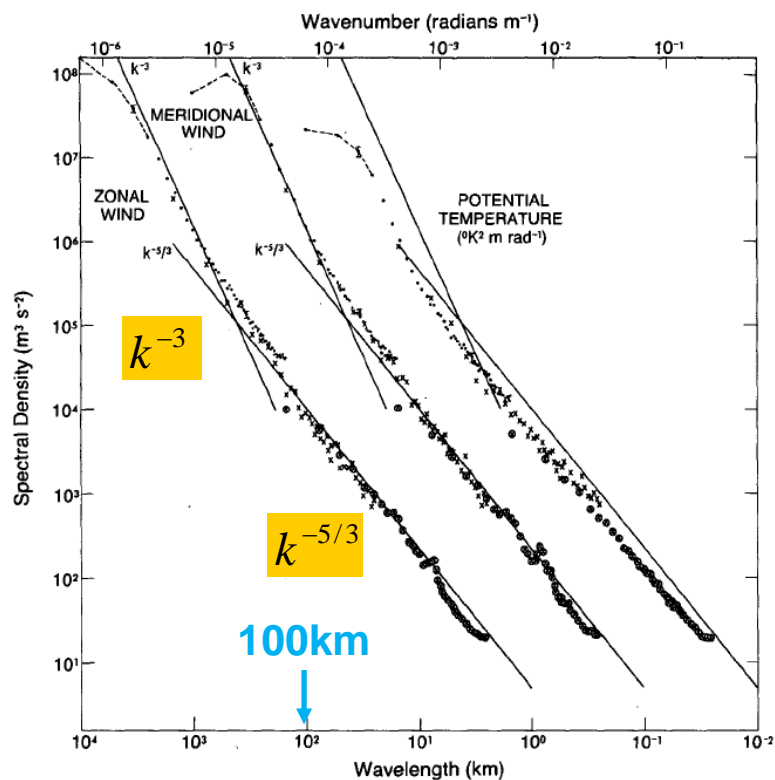
領域雲解像4次元データ同化技術の開発



- 最先端の4次元データ同化技術を雲解像モデルに適用し、超並列計算に対応させる。
- ドップラーレーダー動径風やレーダー反射強度など、**積乱雲**に関する稠密な観測データを同化し、高精度の初期値を作成する。
- **集中豪雨・局地的大雨・竜巻**など、従来は予測が困難だったメソスケールの顕著現象の力学的予測の可能性を実証する。

メソスケール現象の予測可能性

パワースペクトルの傾き



大 ← 水平スケール → 小

Nastrom and Gage (1985)

初期値敏感度に対する 湿潤過程の効果

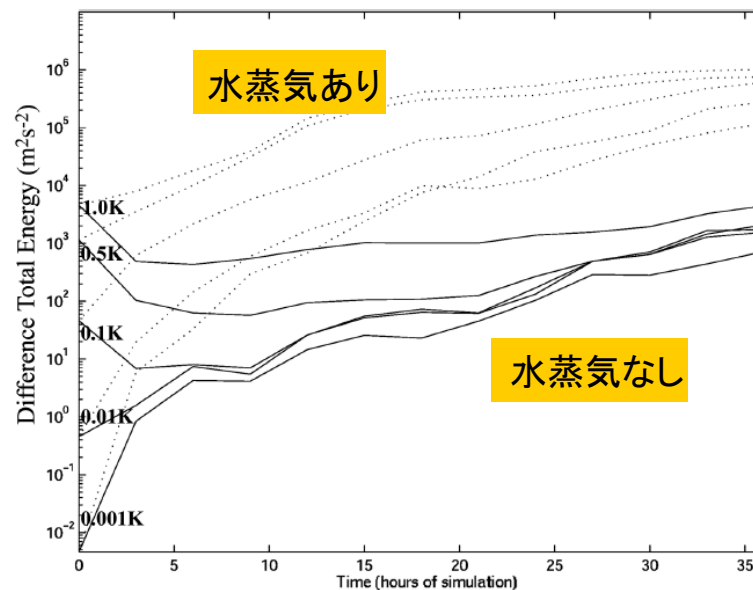


FIG. 7. As in Fig. 4 but for the fake dry experiments (solid curves). The dotted curves indicate the corresponding error evolution in the moist experiments.

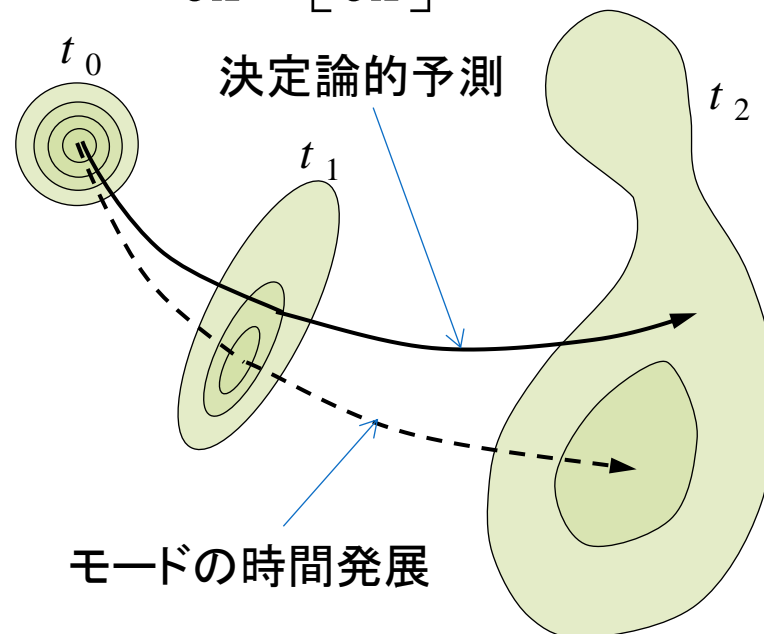
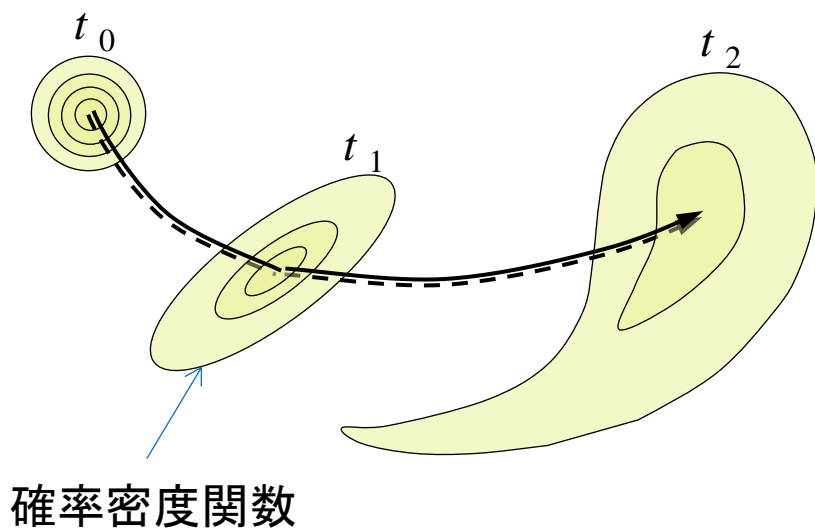
Zhang et al. (2003)

最も確からしい状態の時間発展

決定論的非線形システム: $\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{F}(\mathbf{x}, t)$

$$\frac{\partial}{\partial \mathbf{x}} \text{Tr} \left[\frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{x}} \right] = \mathbf{0}$$

$$\frac{\partial}{\partial \mathbf{x}} \text{Tr} \left[\frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{x}} \right] \neq \mathbf{0}$$

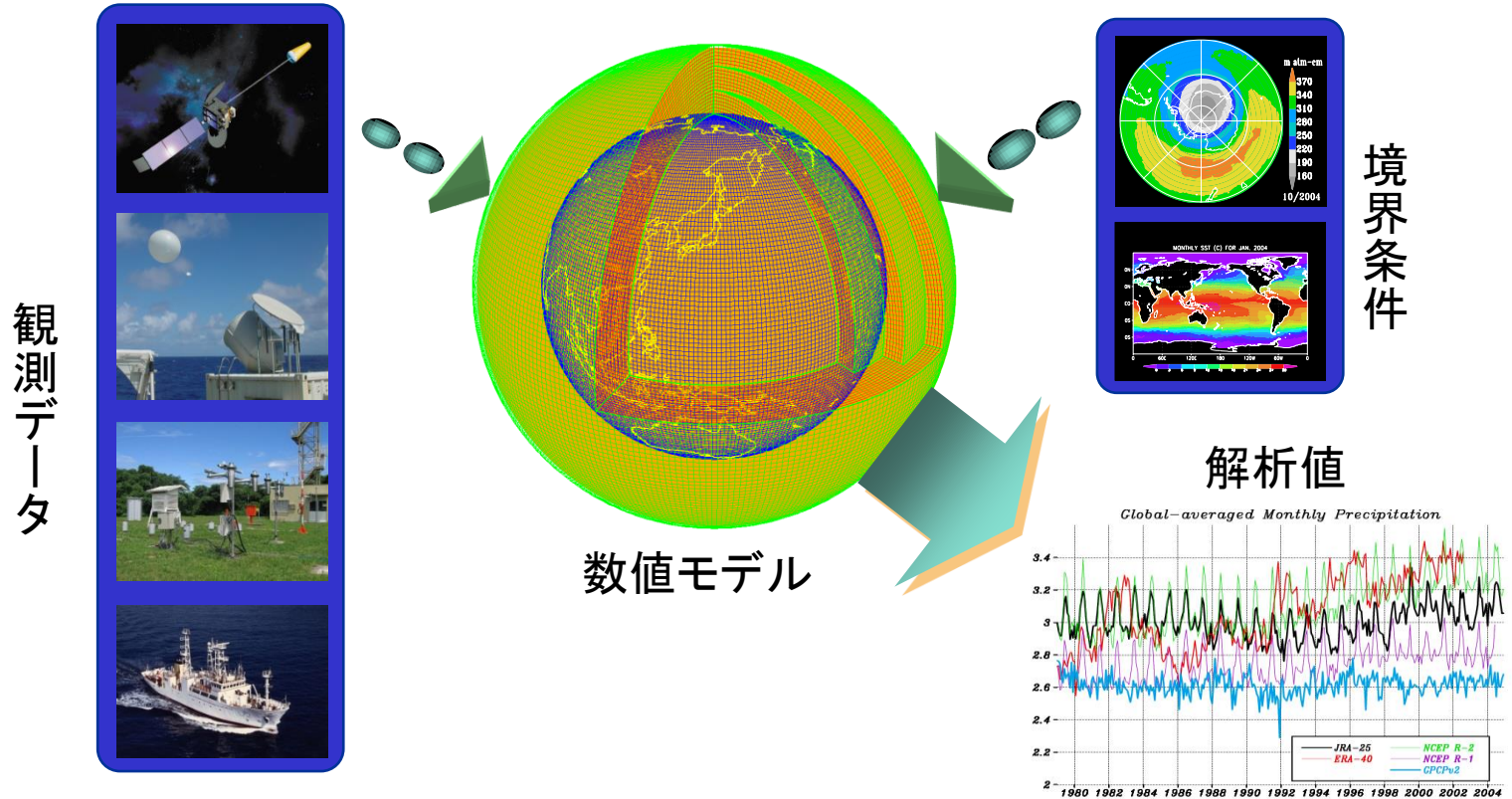


- ・正準ハミルトン系
- ・準地衡風方程式系

- ・積乱雲
- ・気候システム

データ同化

数値シミュレーションと観測データの融合手段



数値モデルによる予測値を第一推定値とし、それを観測データで修正して大気の状態を推定する。

研究の概要

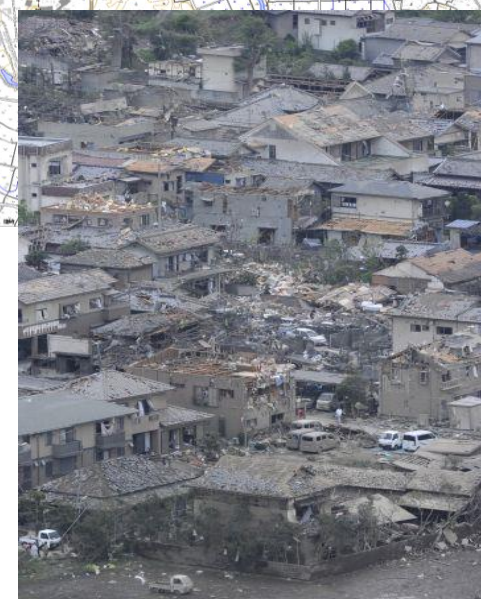
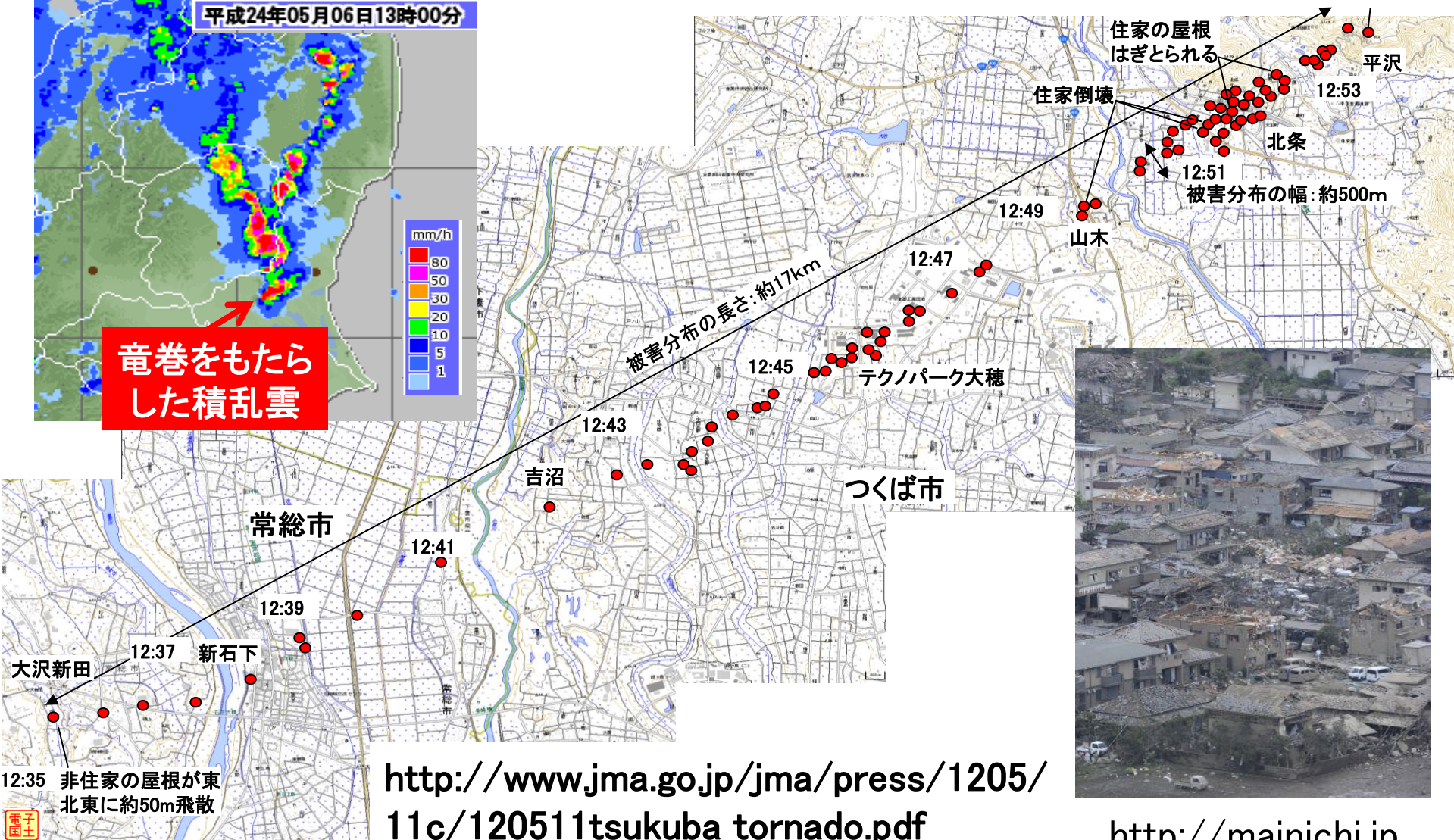
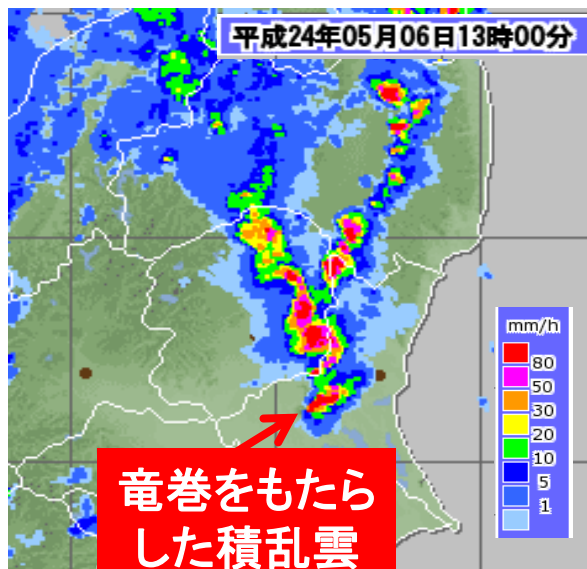
□ 先端的な雲解像データ同化システムの開発とそれらの相互比較実験

雲解像モデル	データ同化法	担当機関
NHM	アンサンブルカルマンフィルタ	気象研、JAMSTEC、気象庁
NHM	4次元変分法	気象研、JAMSTEC、琉球大
NHM	アンサンブル変分法	気象研、JAMSTEC
CReSS	ハイブリッド	防災科研
NHM	粒子フィルタ	統数研

□ 稠密な観測データの同化技術の開発

- マルチパラメータレーダー (京大防災研, 防災科研, ...)
- GPS 視線遅延量 (気象研), ...

2012年5月6日のつくば竜巻



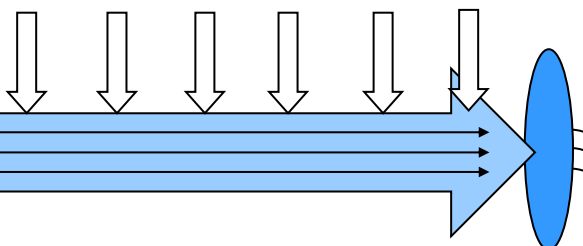
http://www.jma.go.jp/jma/press/1205/11c/120511tsukuba_tornado.pdf

<http://mainichi.jp>

Nested-LETKF

広域 LETKF

15km格子、12(32)メンバー
従来観測データを同化

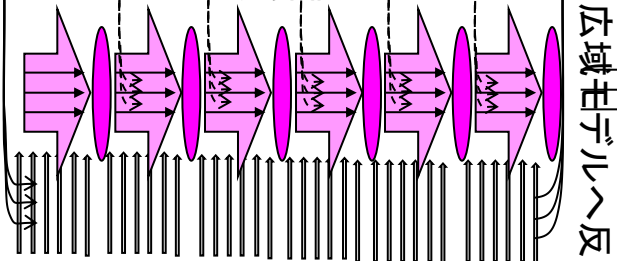


狭域 LETKF

1.875km格子、12(32)メンバー
稠密観測データを同化

気象庁現業メソモデル

ダウンスケール



1時間ごとの同化
観測データ (10分間隔)

境界値

広域モデルへ反映

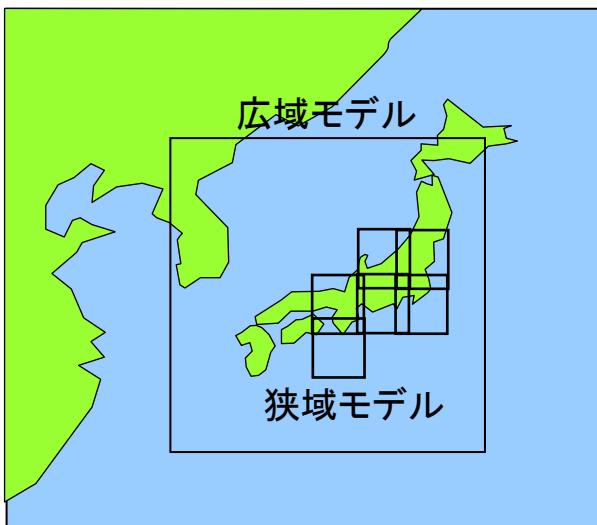
6日10時

(6日11時)

ダウンスケール実験

350mと50m格子、12メンバー

つくば竜巻発生

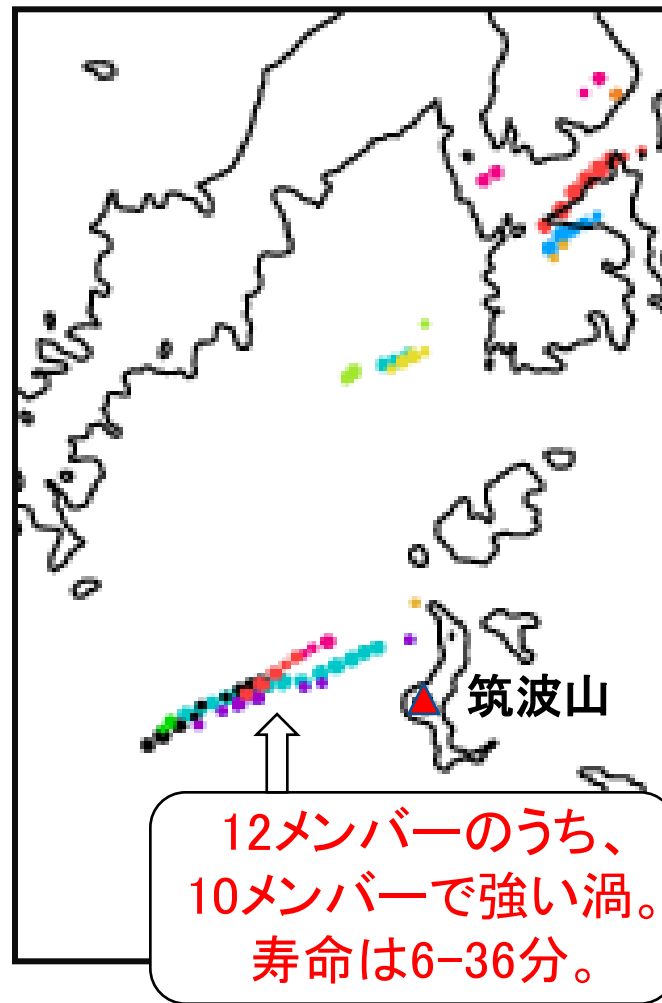
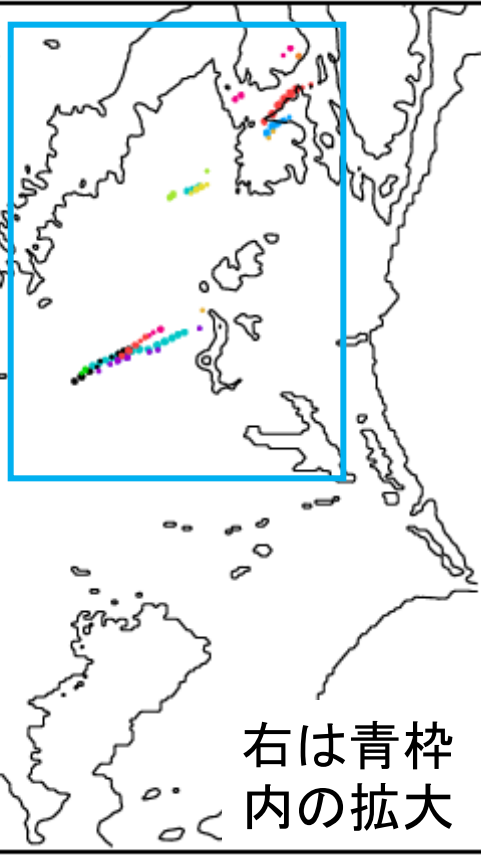
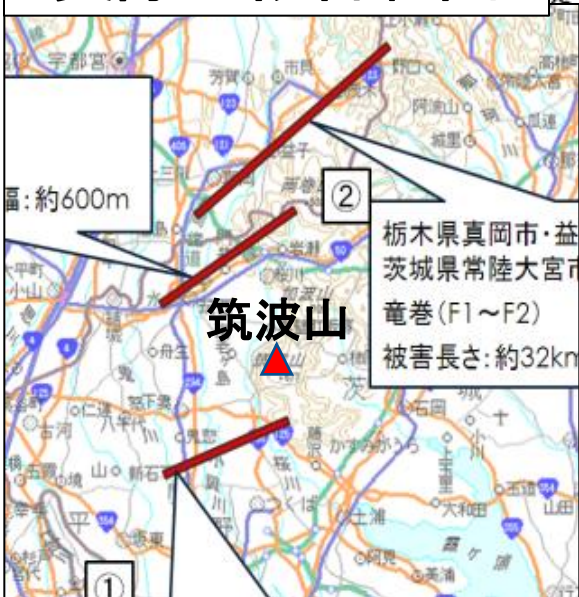


アンサンブルカルマンフィルタにおいて、積乱雲に関する稠密観測データを、従来観測データとは異なる設定で同化する。

従来観測データのみによる再現実験

渦度が $0.1s^{-1}$ を超えた位置

実際の被害範囲



- ・ 格子間隔:350m
- ・ 強い渦は観測と同じく3箇所再現。

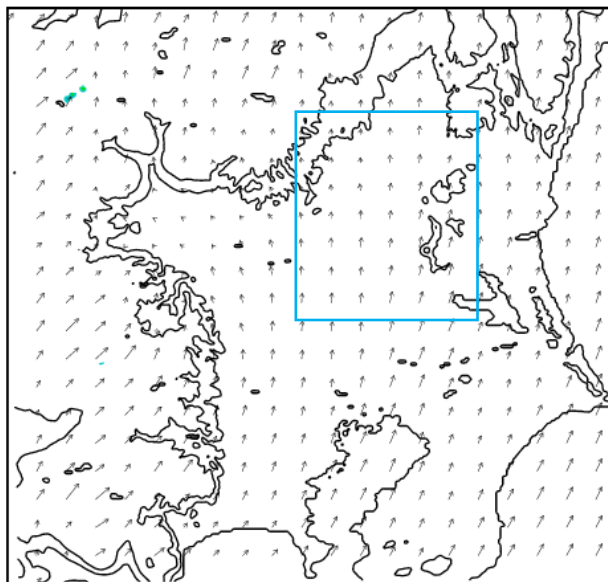
アンサンブル メンバーによる 違い (格子間隔:350m)

地上20mの雨水量
11時30分～14時30分

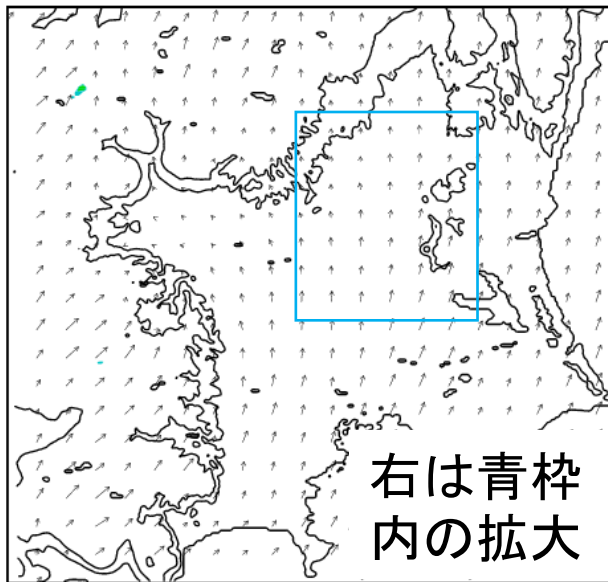
上:強い渦が再現さ
れたメンバー
(#004)

下:強い渦が再現さ
れなかったメン
バー(#007)

350 m #004 0min

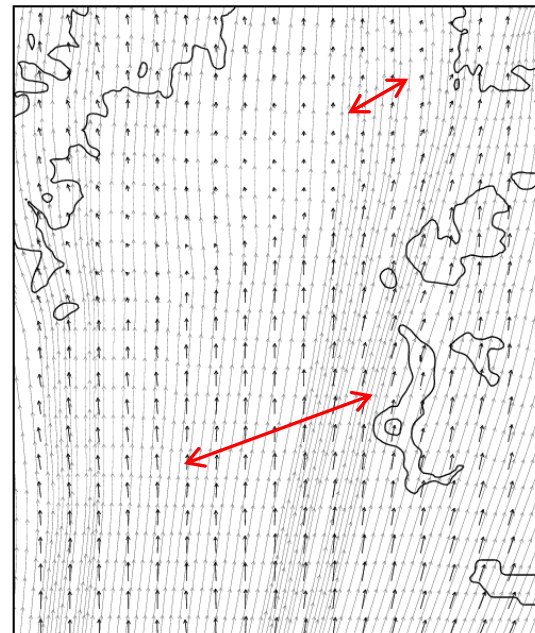


350 m #007 0min

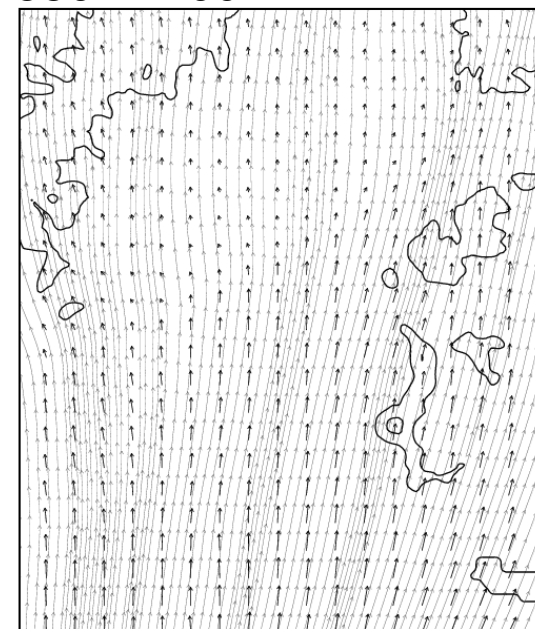


右は青枠
内の拡大

350 m #004 0min



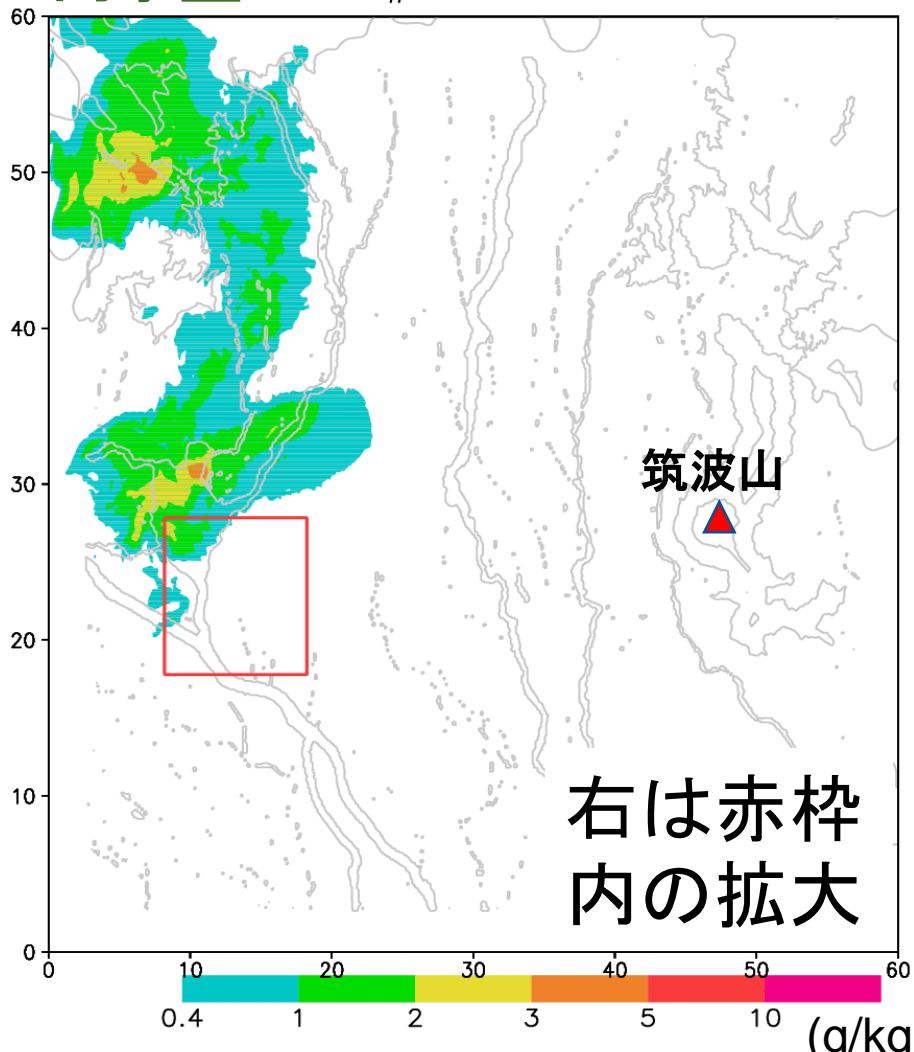
350 m #007 0min



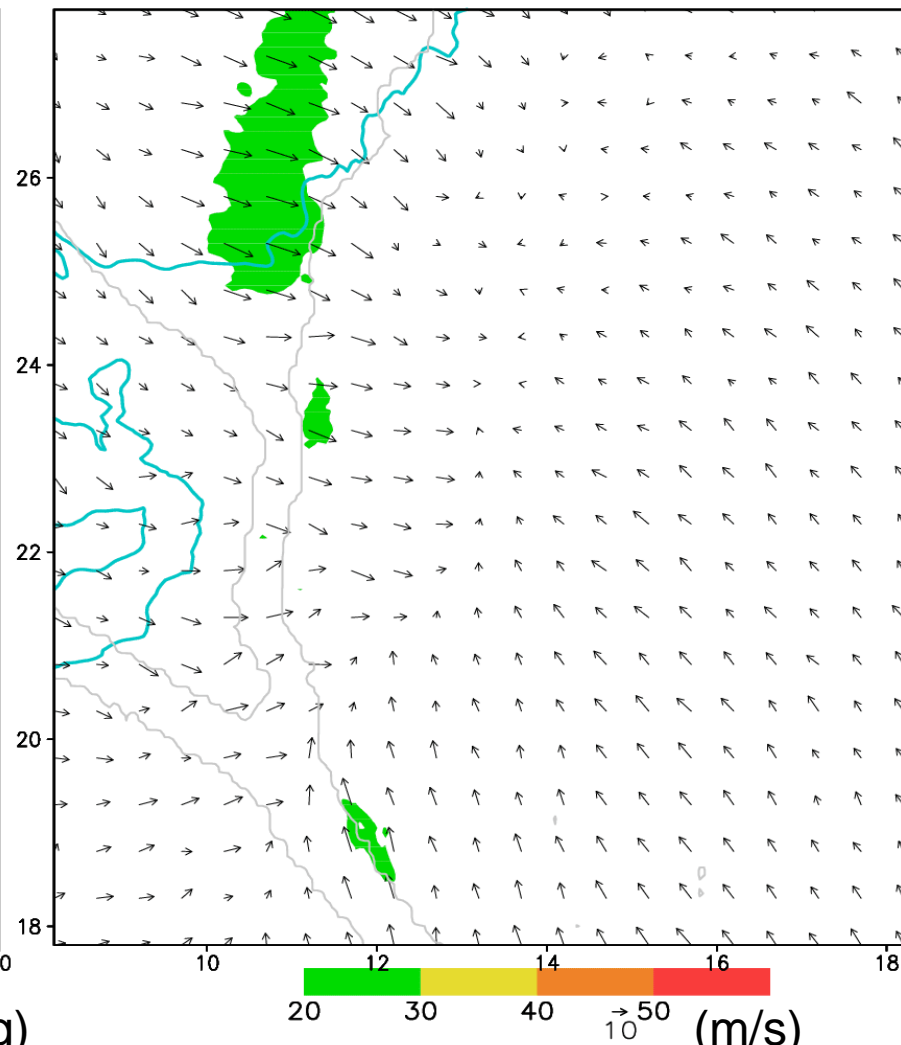
京コンピュータで再現された つくば竜巻(格子間隔50m)



雨水量 Qr #004 0min



風速 Vel #004 0min

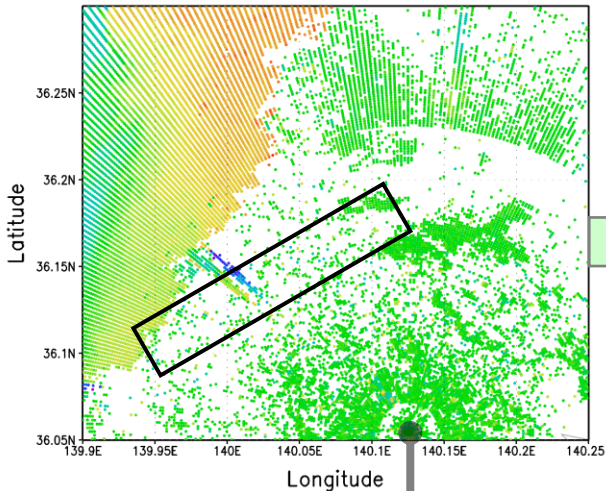


2012/5/6つくば竜巻同化実験

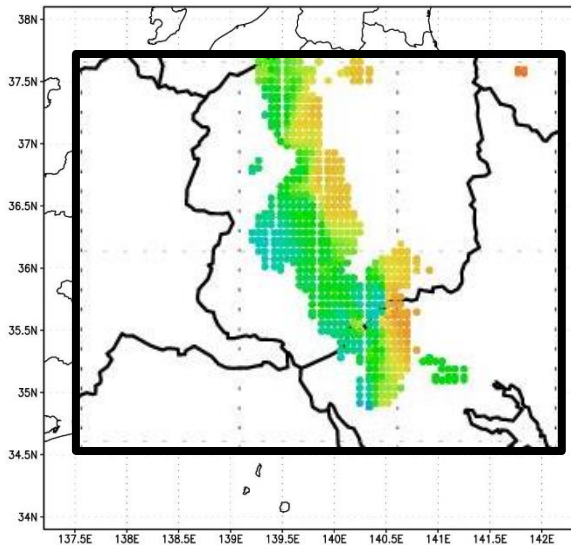
気象研究所レーダーによる観測

12:30 JST, 仰角1.0°

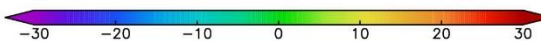
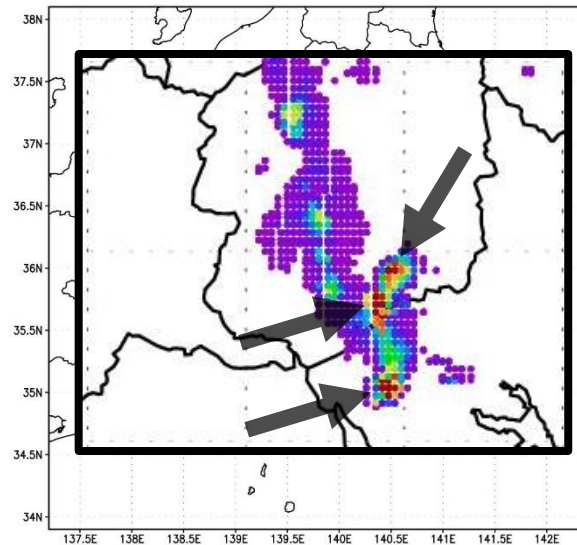
MRI-C Doppler Velocity (m/s)
20120506 12:29:13JST PPI EL=000.5 deg



ドップラー速度(m s⁻¹)



雨水量(g m⁻³)
(反射強度と偏波情報から推定)



**3つの竜巻に対応する
3つのピークが見える**

※気象研究所レーダーデータは気象研究所
気象衛星・観測システム研究部第二研究室よりご提供いただきました。



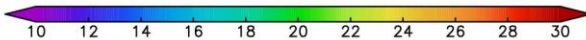
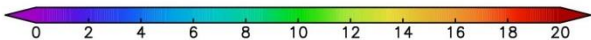
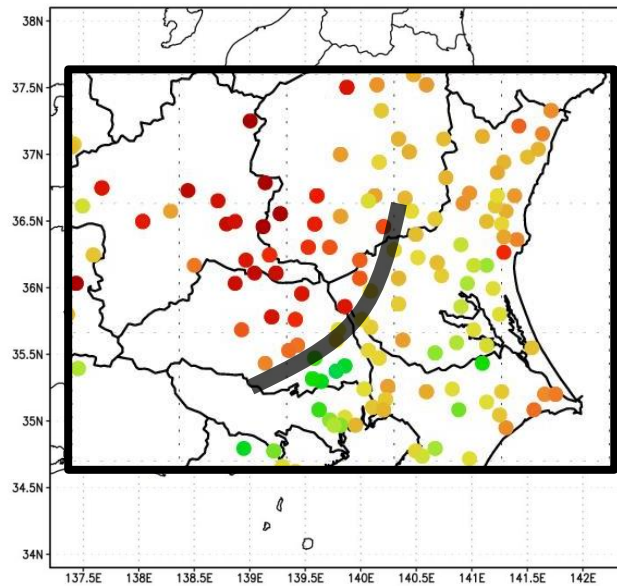
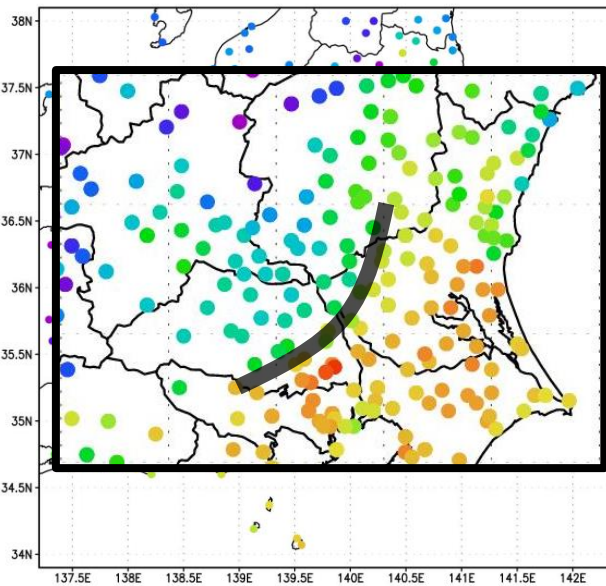
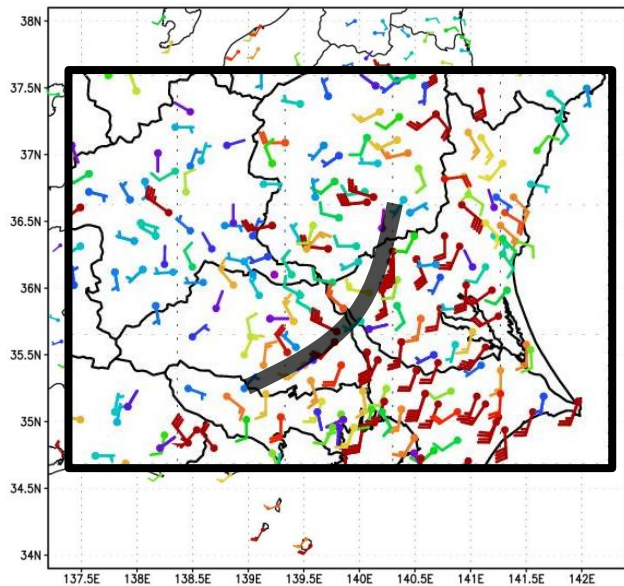
アメダス・環境センサーネットワークによる地上観測

12:30 JST

水平風(m s⁻¹)

気温(K)

相対湿度(%)



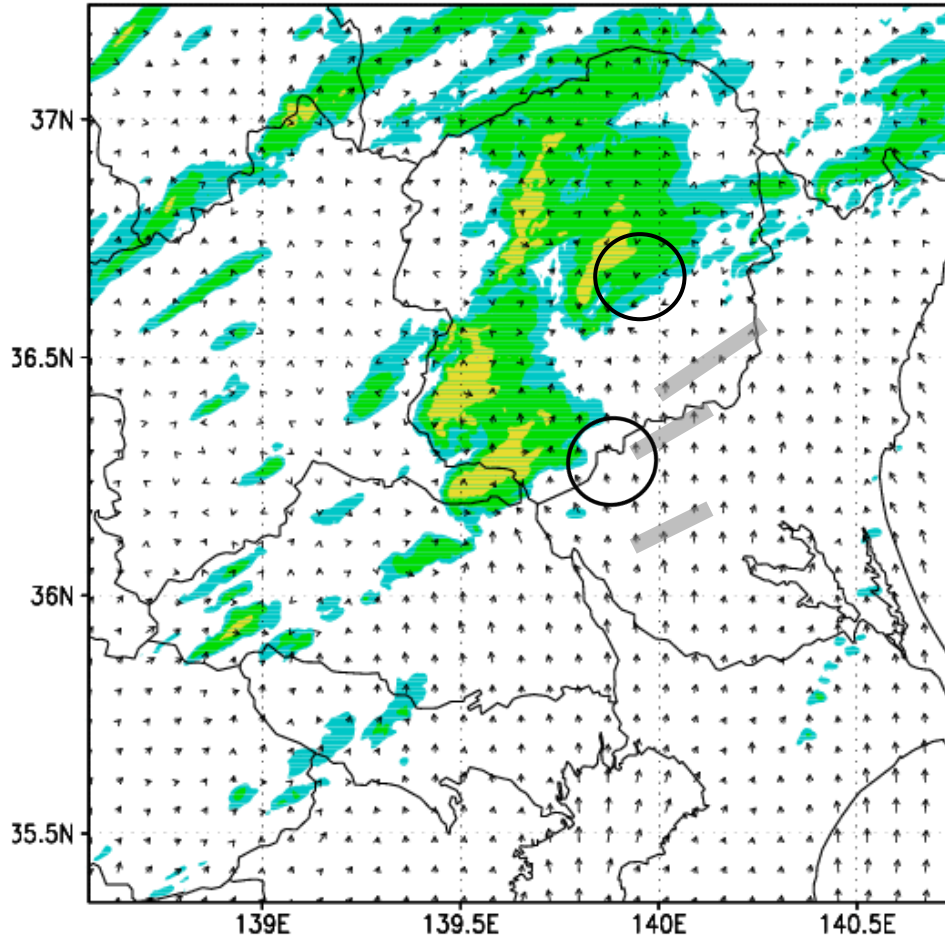
シアーラインがはっきり見える

※環境センサーネットワークデータは
株式会社NTTドコモよりご提供いただきました。

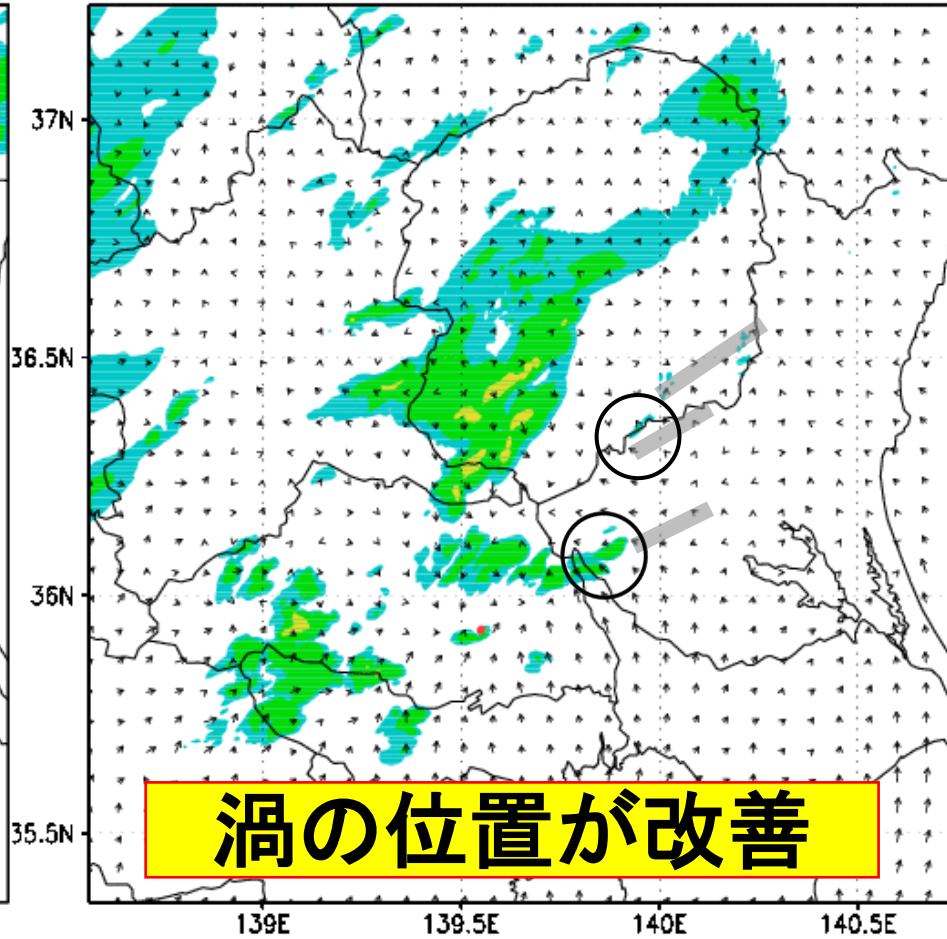
高密度観測データの同化の影響

現業観測データのみ同化

Qr+Qs (g/kg), Vorticity (>0.02/s)
@z=20m 20120506 02:30UTC



気象研究所レーダーデータや 高解像度地上観測データも同化

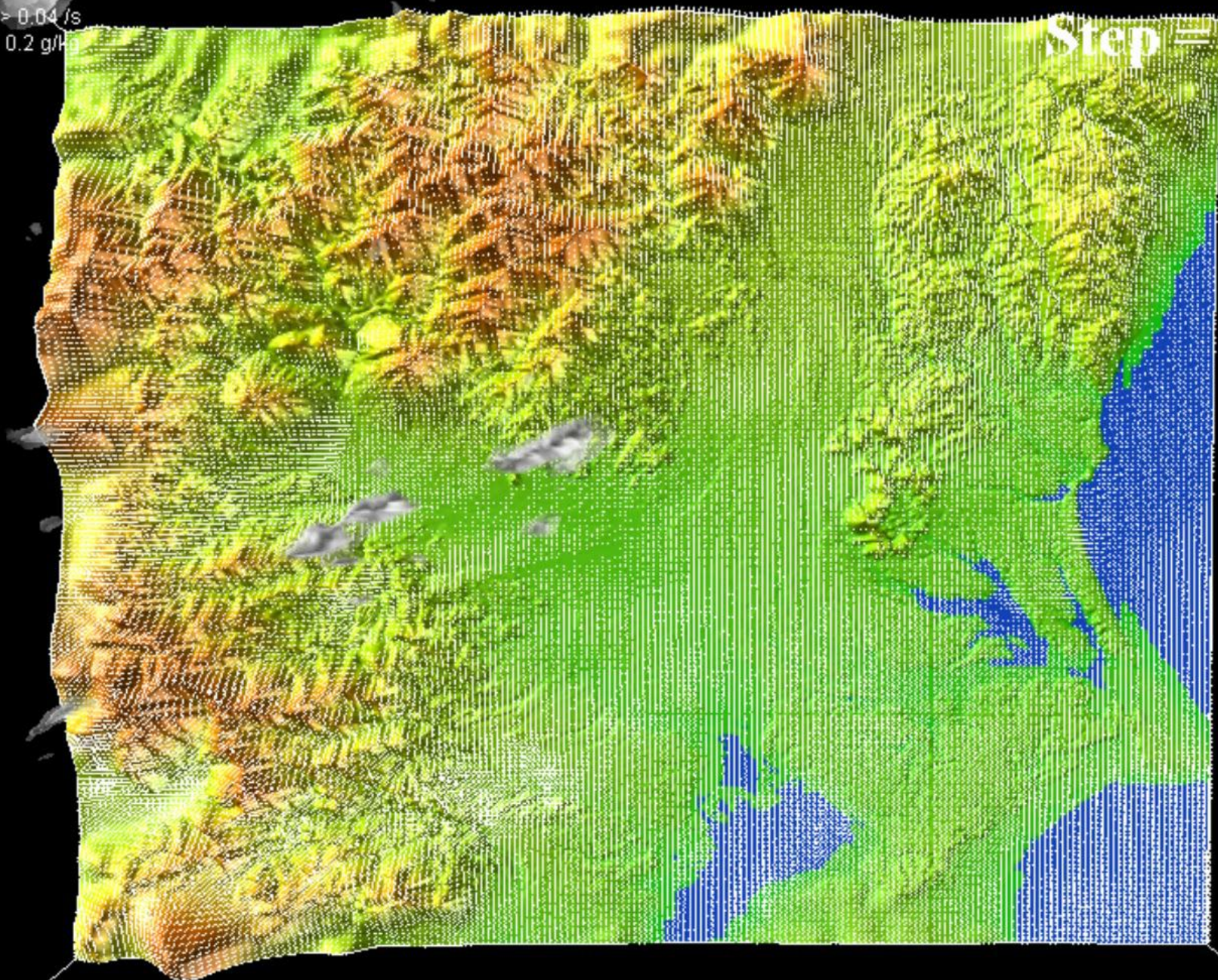


渦の位置が改善

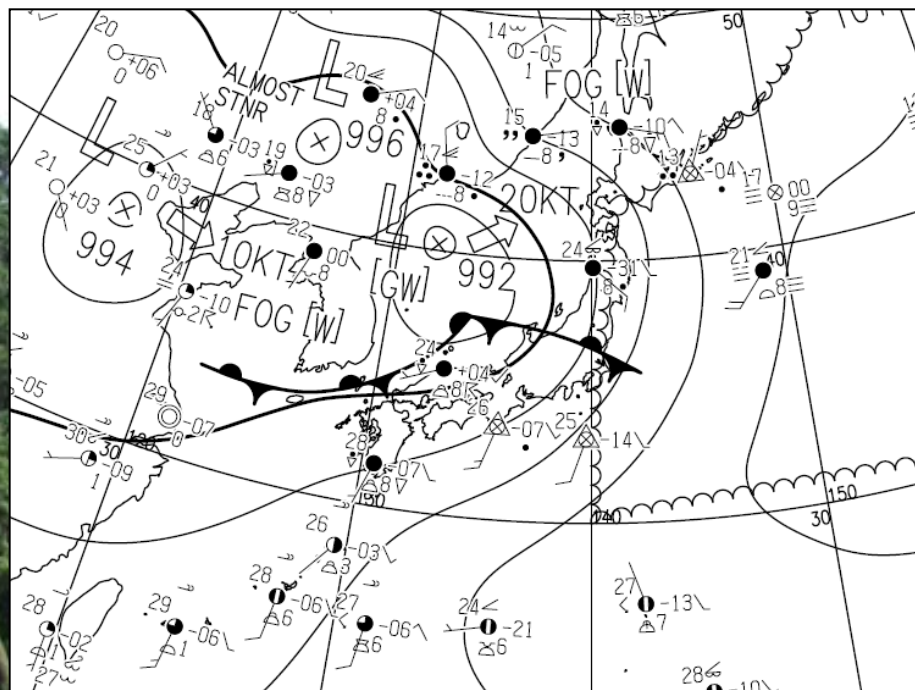


VOR > 0.04 /s
QC > 0.2 g/h

Step = 1



平成24年7月九州北部豪雨

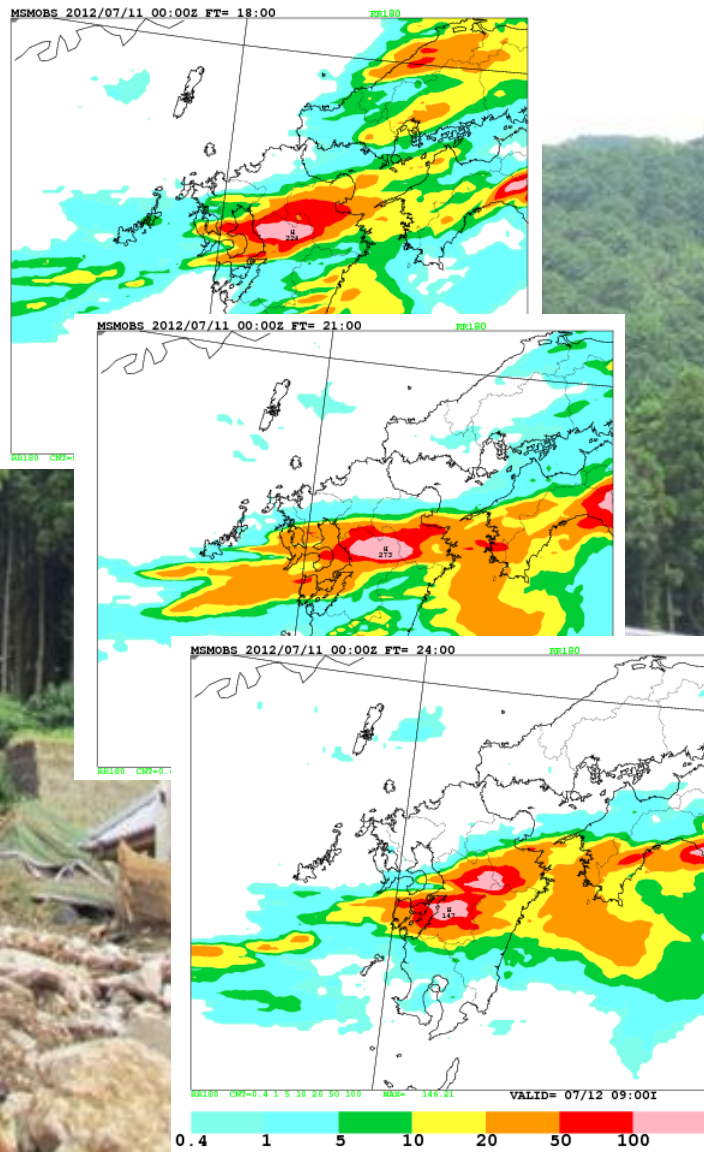


2012年7月12日03JSTの天気図

総降水量は、5日間に500mmに達している。

(気象研 國井 勝 氏提供)

観測された3時間降水量



Hybrid-4DVar

- 4次元変分法で用いられる第一推定値の誤差情報は、過去の平均的な誤差特性を反映しているに過ぎない。
⇒ 極端現象の予測には不向き。
- そこで、第一推定値の誤差情報として、毎回のアンサンブルカルマンフィルタによる計算結果を用いる。

気象庁現業メソ4次元変分法システム

アンサンブルカルマンフィルタ同化システム

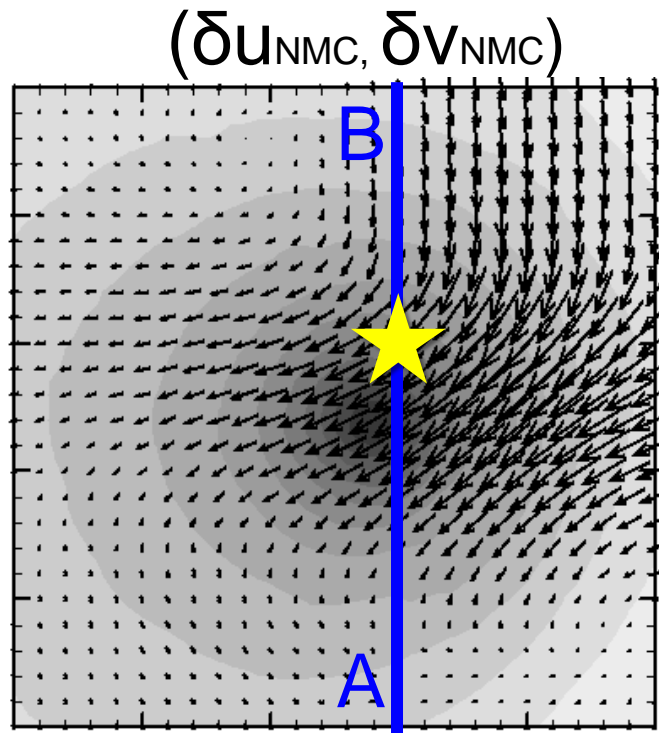
JNoVA

NHM-LETKF

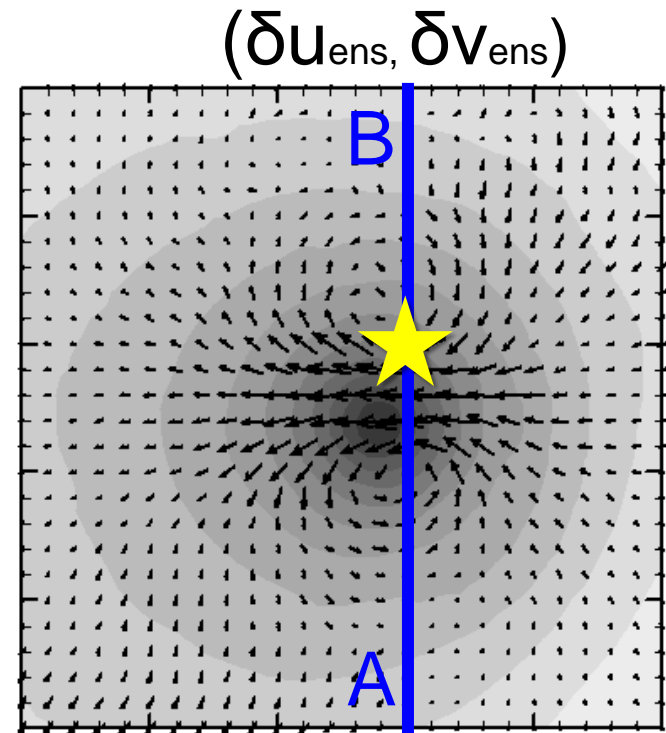
meso Hybrid

疑似観測実験:2011年台風第15号

- 台風中心の北に東風を強める疑似観測データを導入
- 陰影: 第一推定値の海面気圧 ($t=1h$)
- ベクトル: 水平風の修正量 ($t=0h, z=1120m$)

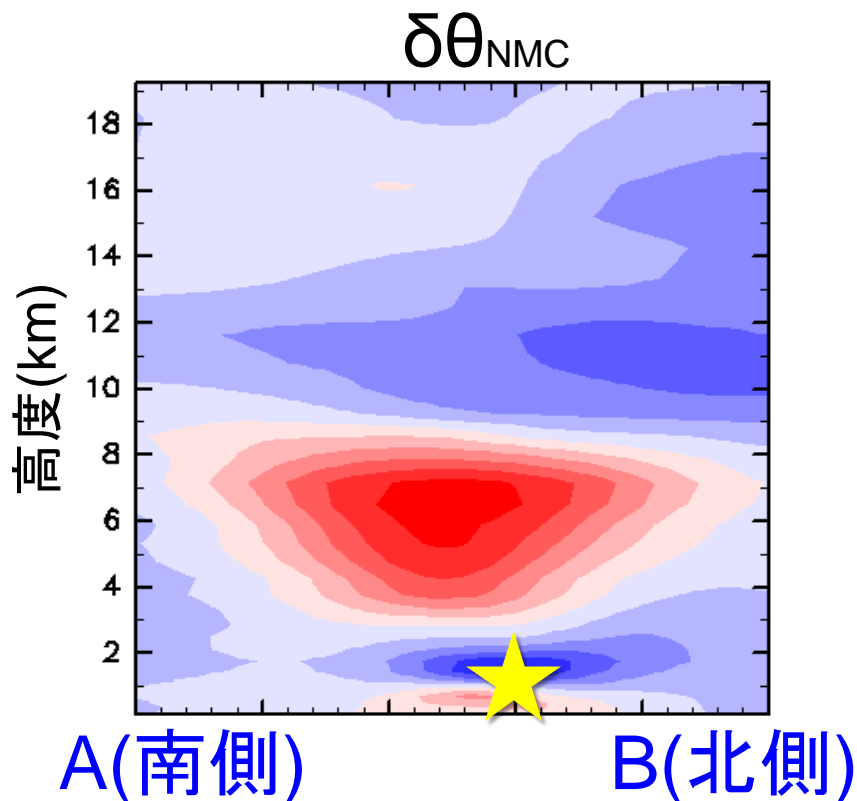


台風の渦を反映しない
水平風の修正

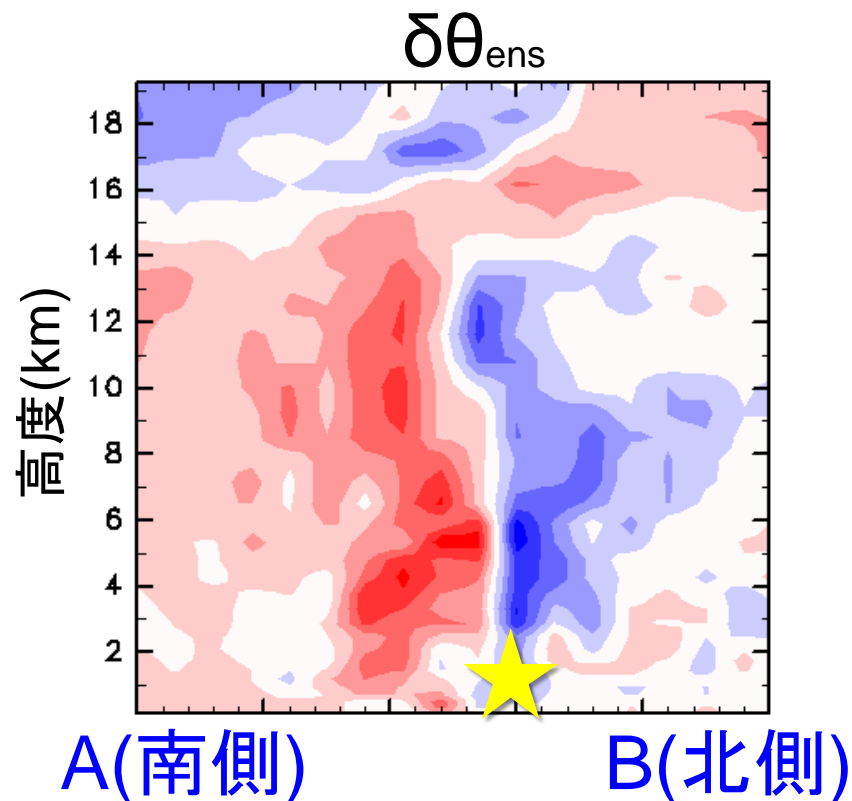


台風の渦を南偏させる
水平風の修正

- 疑似観測データによる温位の修正量の鉛直断面をみると、Hybrid-4DVar では、対流圏全体にわたって南側で暖かく、北側では冷たくなった(台風の南偏)



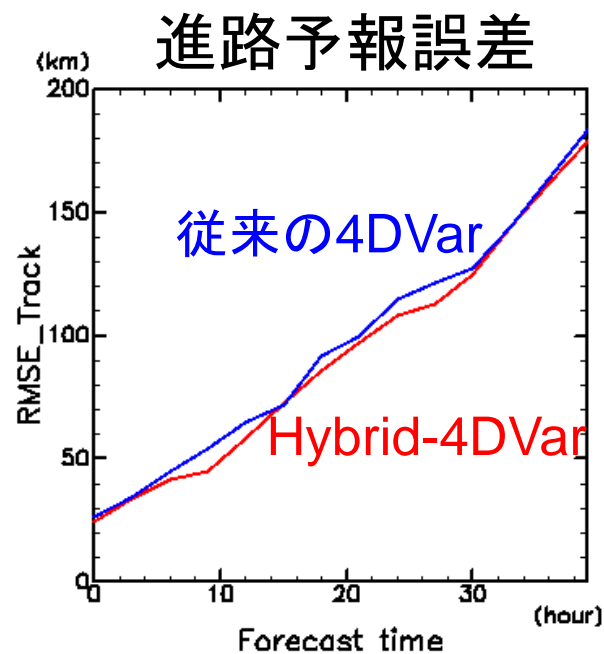
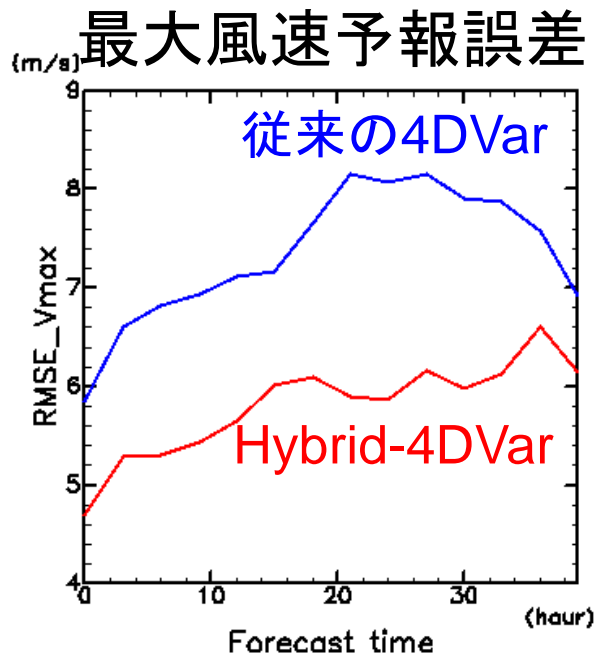
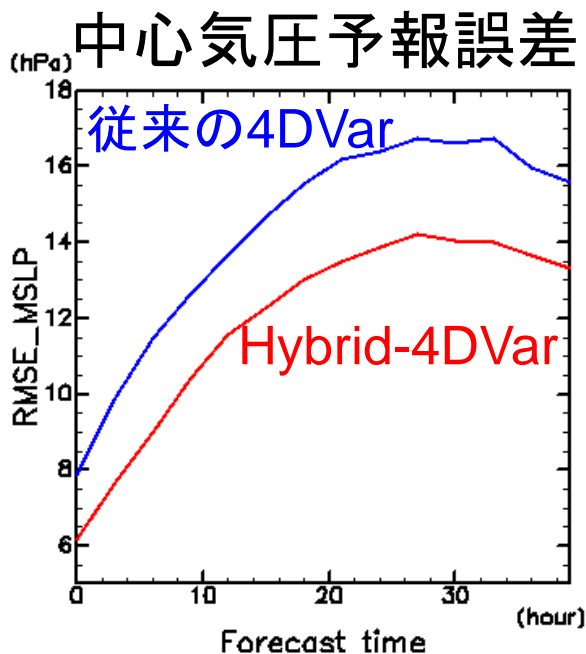
下層に寒気核を
作ってしまっている



暖気核を南に移動
させる修正

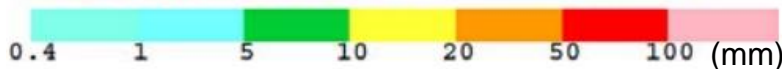
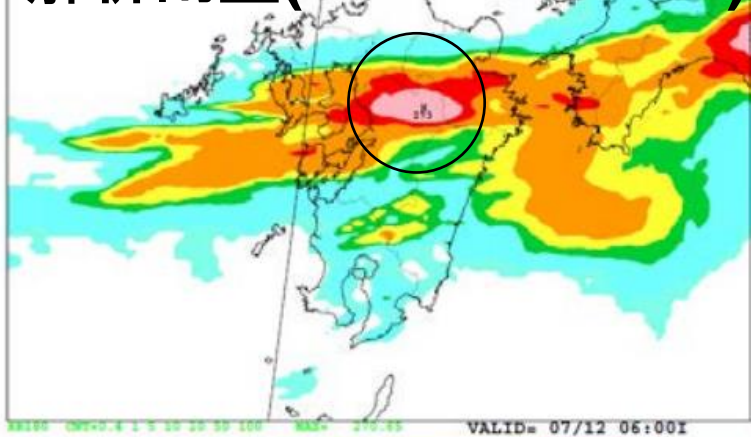
2011年台風第15号の予報成績

- 中心気圧・最大風速 ⇒ 誤差が20-30%低下
- 進路 ⇒ 誤差が1-5%程度低下

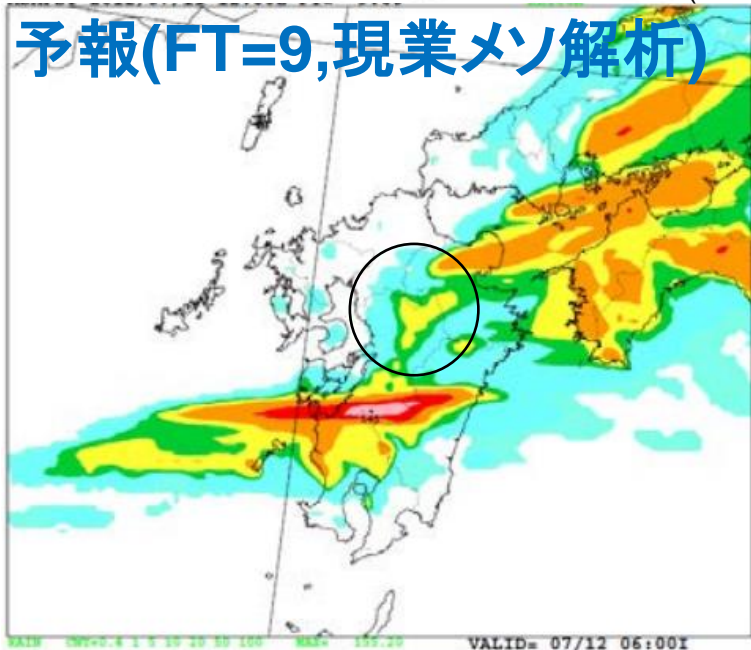


平成24年7月九州北部豪雨

解析雨量(7/12 03-06JST)

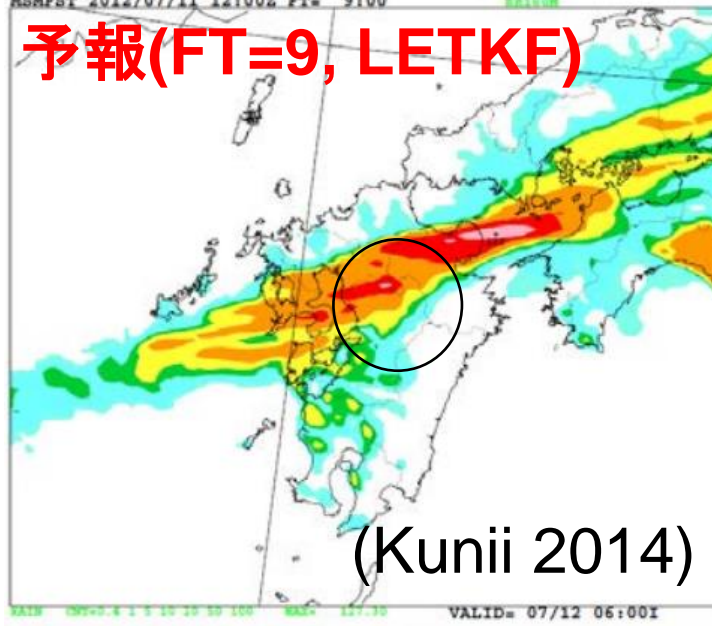


予報(FT=9, 現業メソ解析)



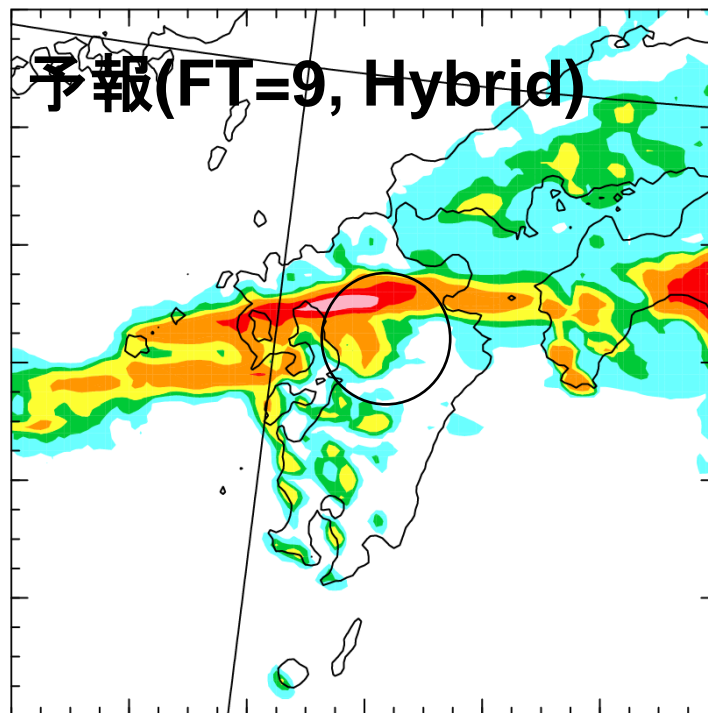
MSMFSST 2012/07/11 12:00Z FT= 9:00

予報(FT=9, LETKF)



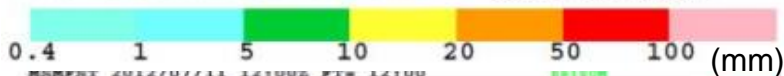
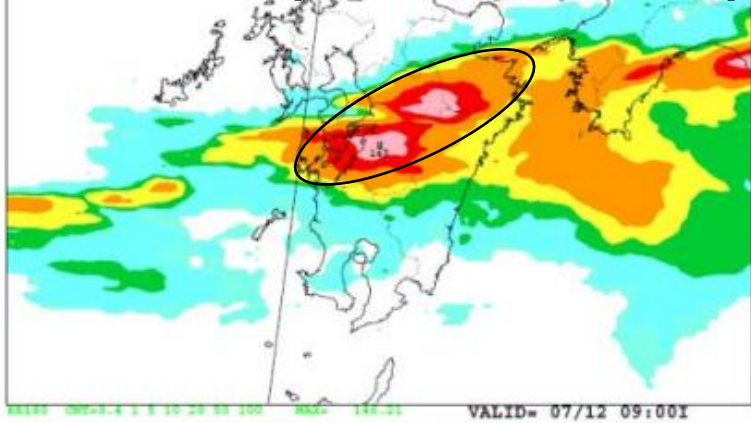
(Kunii 2014)

予報(FT=9, Hybrid)

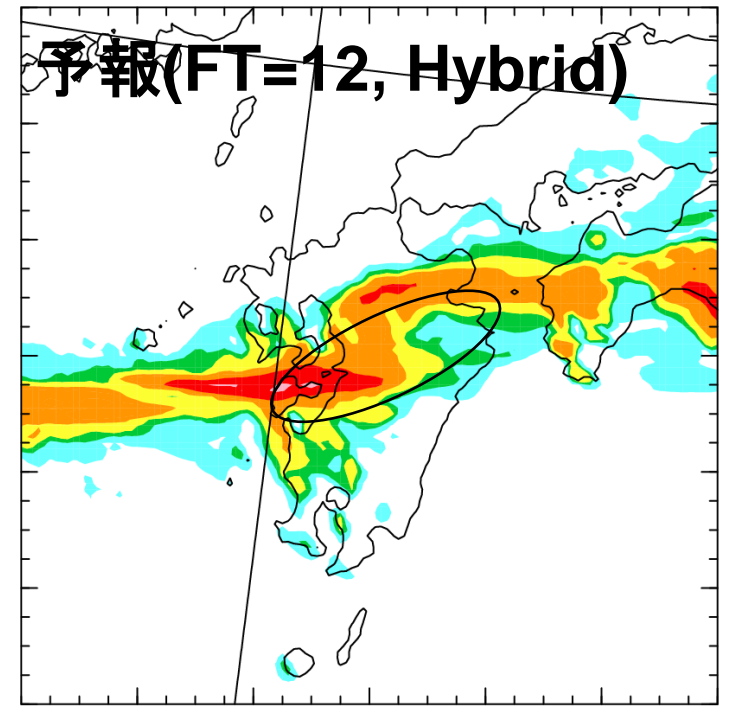
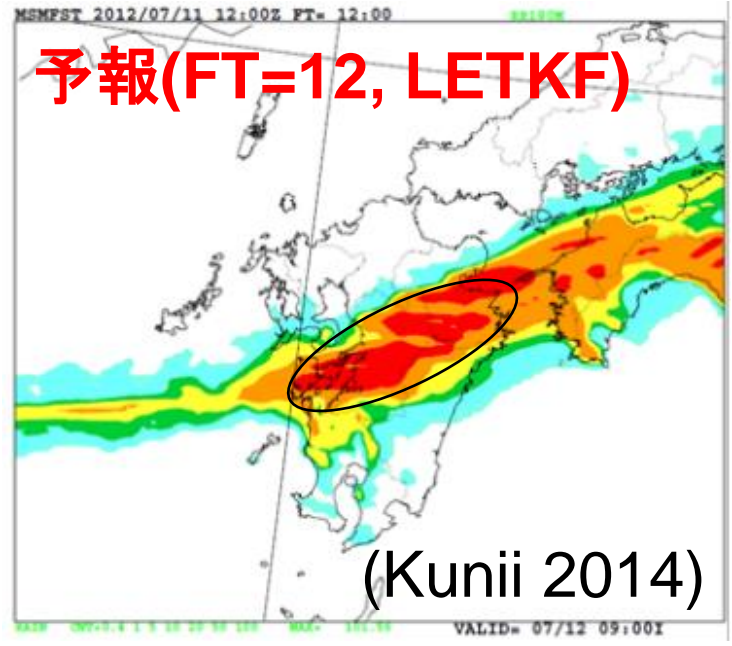
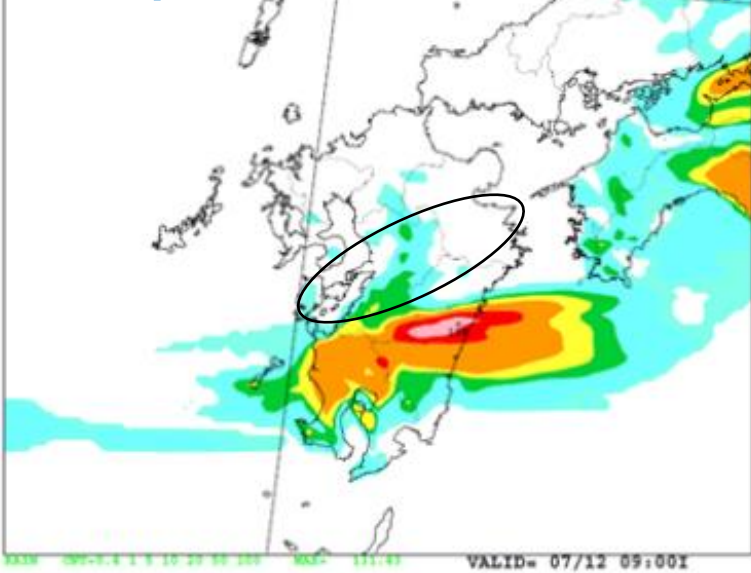


平成24年7月九州北部豪雨

解析雨量(7/12 06-09JST)



予報(FT=12, 現業メソ解析)



まとめ

- **Nested-LETKF**: 2012年5月6日の竜巻について、観測と同じく3つの領域に強い渦の発生を再現できた。また、高密度観測データが、つくば竜巻の発生位置の予測に有効であることを示した。
- **Hybrid-4DVar**: 2011年台風15号の強度予測が向上し、平成24年7月九州北部豪雨では雨量の予測が大きく改善した。

今後の計画

- 顕著事例に対する雲解像データ同化システムの相互比較実験
- 目標2の領域雲解像アンサンブル解析予測システムへの反映