

# 雲解像大気モデル(CReSS)を用いた 局地的短時間豪雨のシミュレーション

若月泰孝(筑波大学)

坪木和久、加藤雅也(地球水循環研究センター)

石井克哉(情報基盤センター)

# CReSSについて

- Cloud Resolving Storm Simulator  
(Tsuboki and Sakakibara)
- 雲・降水の物理過程を陽に解く、大気モデル
- 非静力学モデル
- 積雲対流のシミュレーション

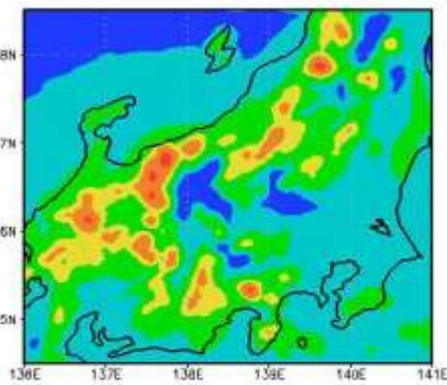


# 雲解像モデルを用いた研究

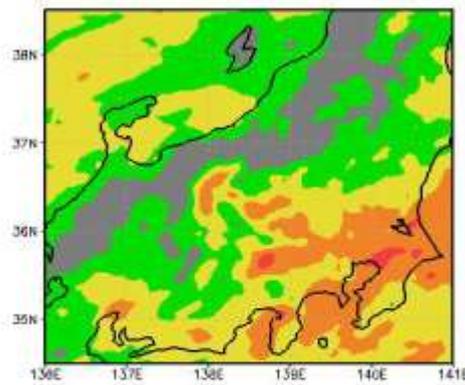
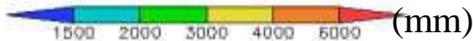
- 気候変化予測シミュレーション(WRF)

- CMIP-3 A1Bシナリオ
- 4-GCM ensemble mean  
(csiro\_mk3\_0, gfdl\_cm2\_1, miroc3\_2\_hires, mri\_cgcm2\_3\_2a)

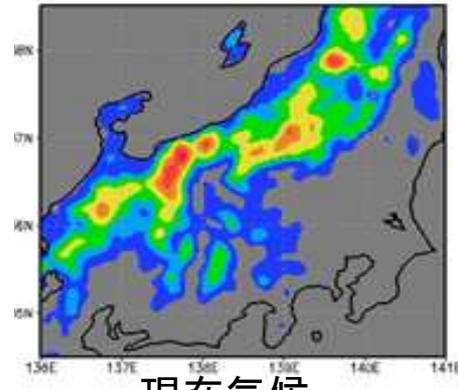
- 現在気候: 1980-1999年
- 将来気候: 2080-2099年



降水量(現在気候)



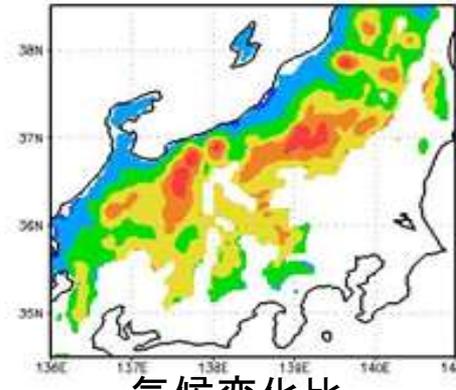
気候変化比



現在気候



最深積雪深(cm)



気候変化比



- 短時間降雨予測手法開発

– 10分サイクルの予報・解析シーケンス : 現在実験・改良中

- この他の4つの話題を紹介

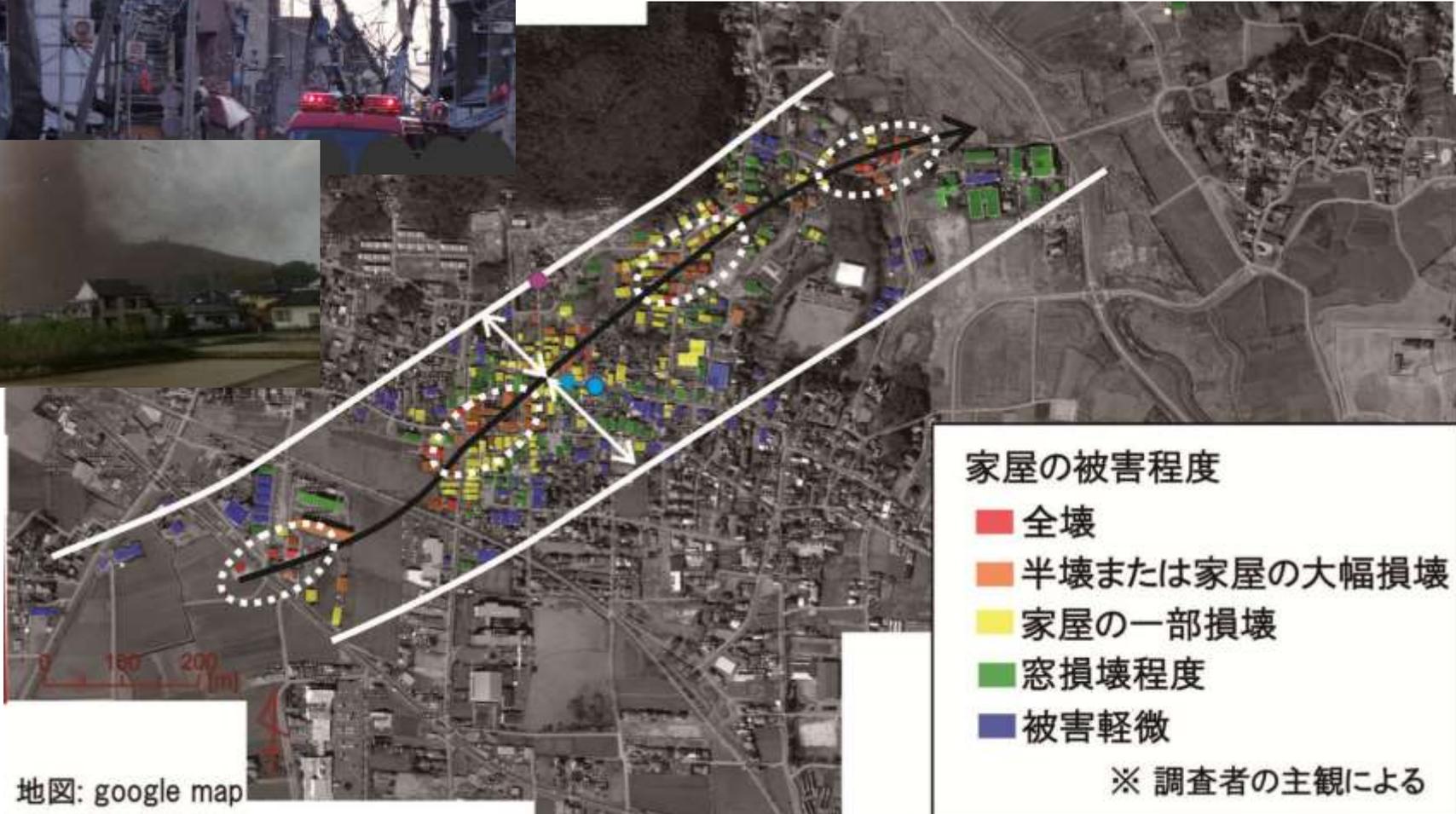
# 竜巻の数値シミュレーション



幅: 200~300 m

移動速度: 少なくとも60 km/h

最大風速(推定): 70m/s~ (F3)



地図: google map

## 家屋の被害程度

■ 全壊

■ 半壊または家屋の大幅損壊

■ 家屋の一部損壊

■ 窓損壊程度

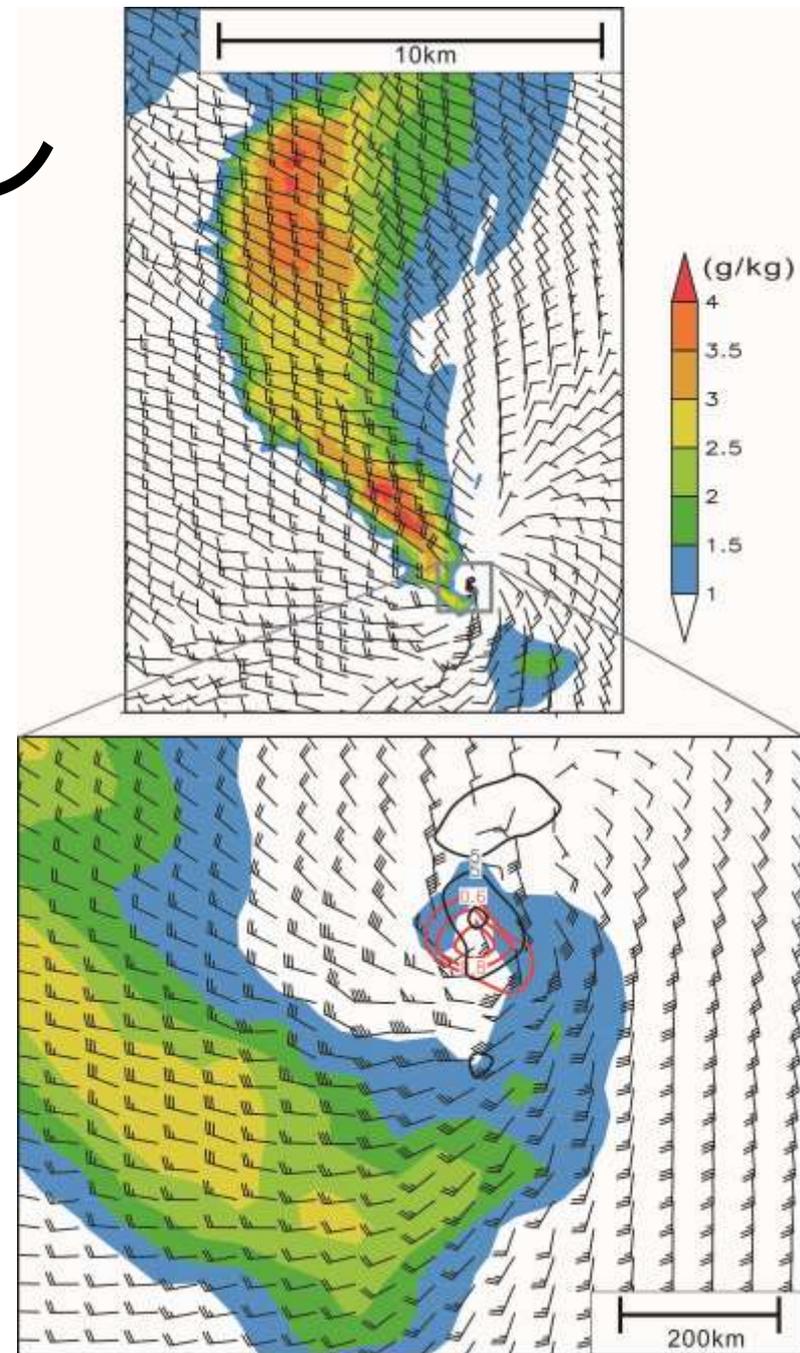
■ 被害軽微

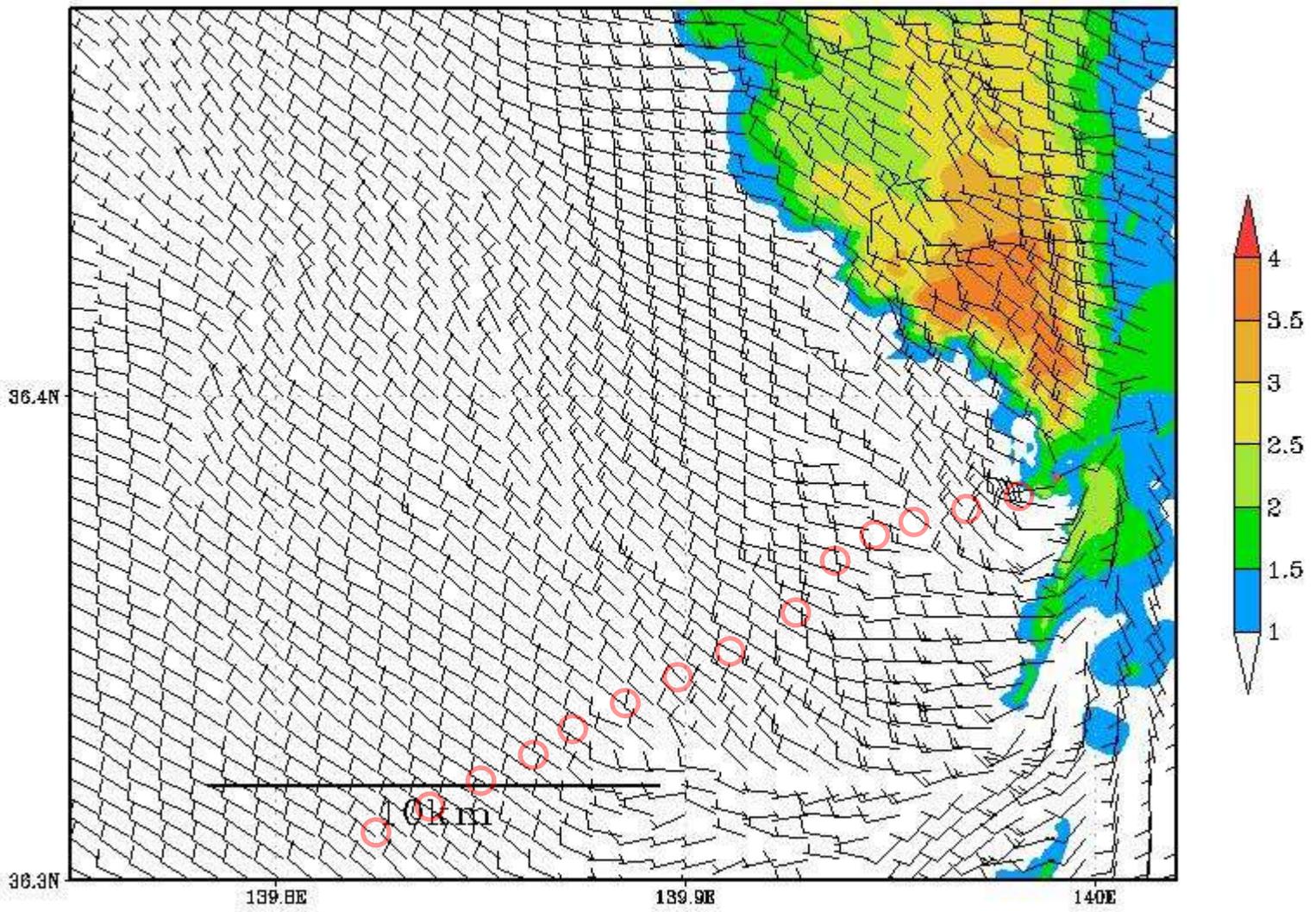
※ 調査者の主観による

# 再現シミュレーション

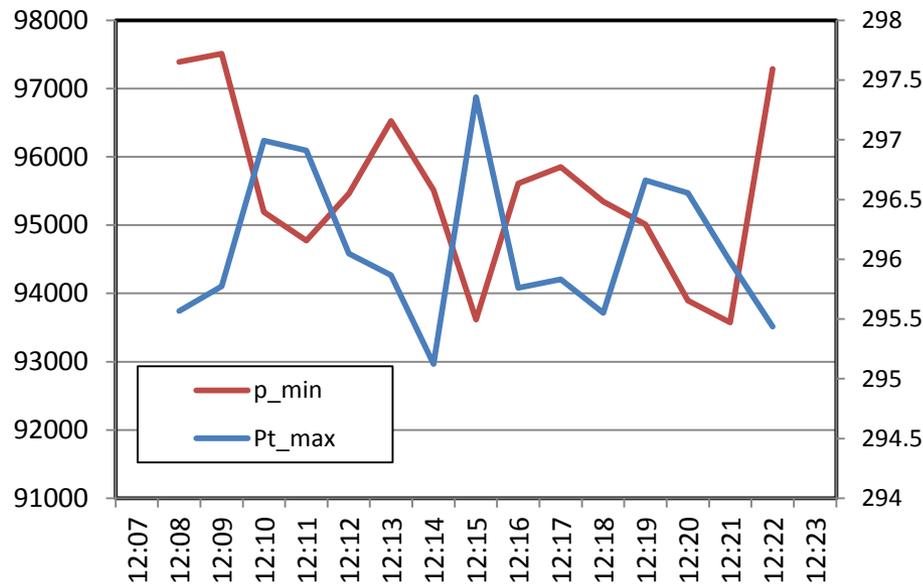
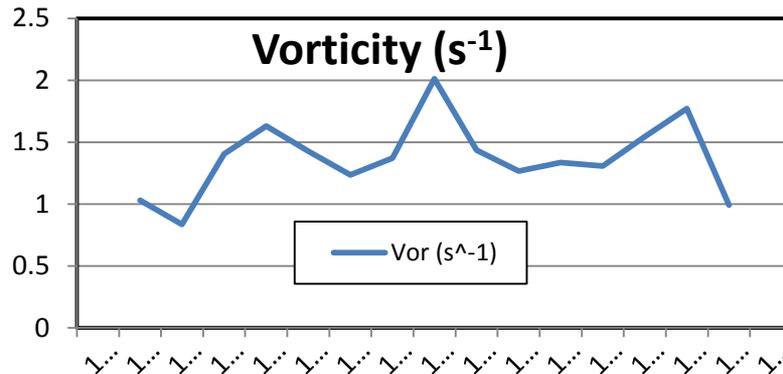
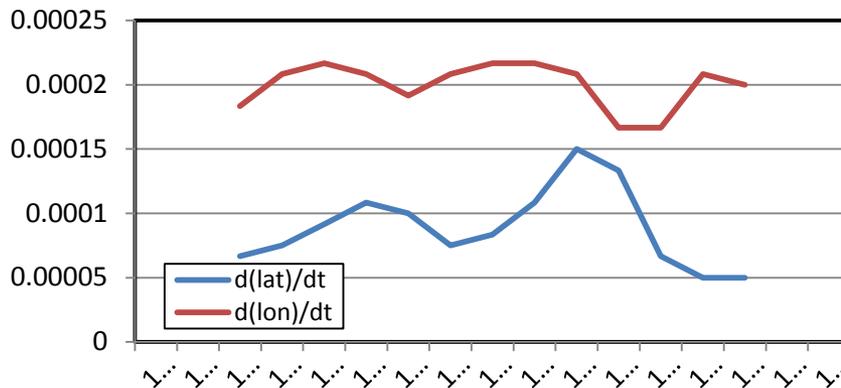
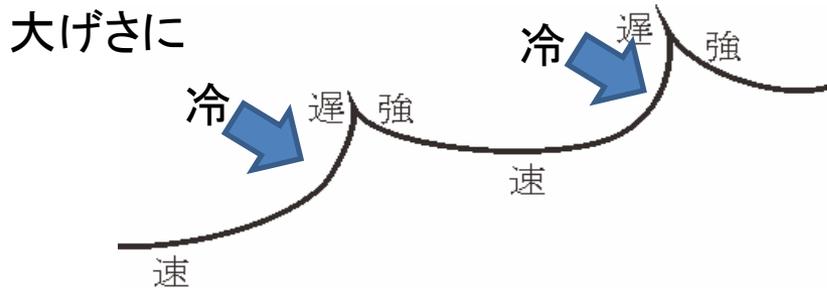
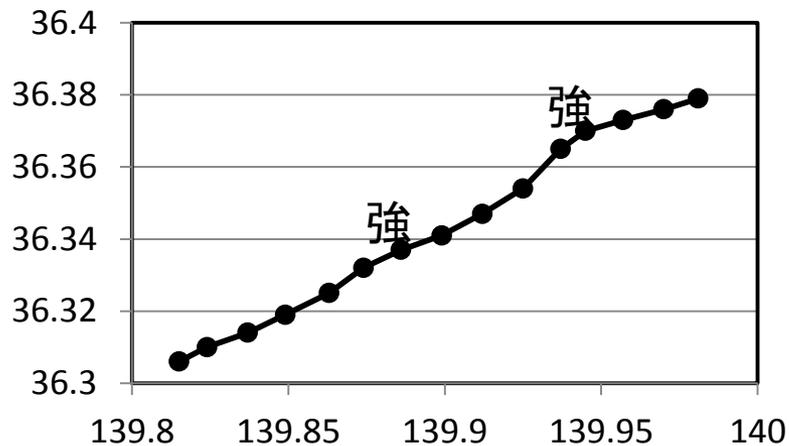
- 初期値・境界値は気象庁MSM
- 50m解像度実験(500m実験を仲介)
- 発生位置と時刻は観測と少しずれる
- スーパーセルによる竜巻と推定
- 幅200m程度の強い渦を再現
- 最大風速 75~95m/s (最下層)
  - 竜巻と対応
- 移動速度20.7 m/s (75km/h)

仮想のフック状構造先端のモデル最下層の渦構造. カラーは雨水混合比, 矢羽は風速, 黒の等値線は上昇流( $5, 10 \text{ m s}^{-1}$ ), 赤の等値線は鉛直渦度( $0.6, 0.8, 1.0 \text{ s}^{-1}$ ). 下図は上図のフック状構造先端の拡大図. 時刻は12:13JST.

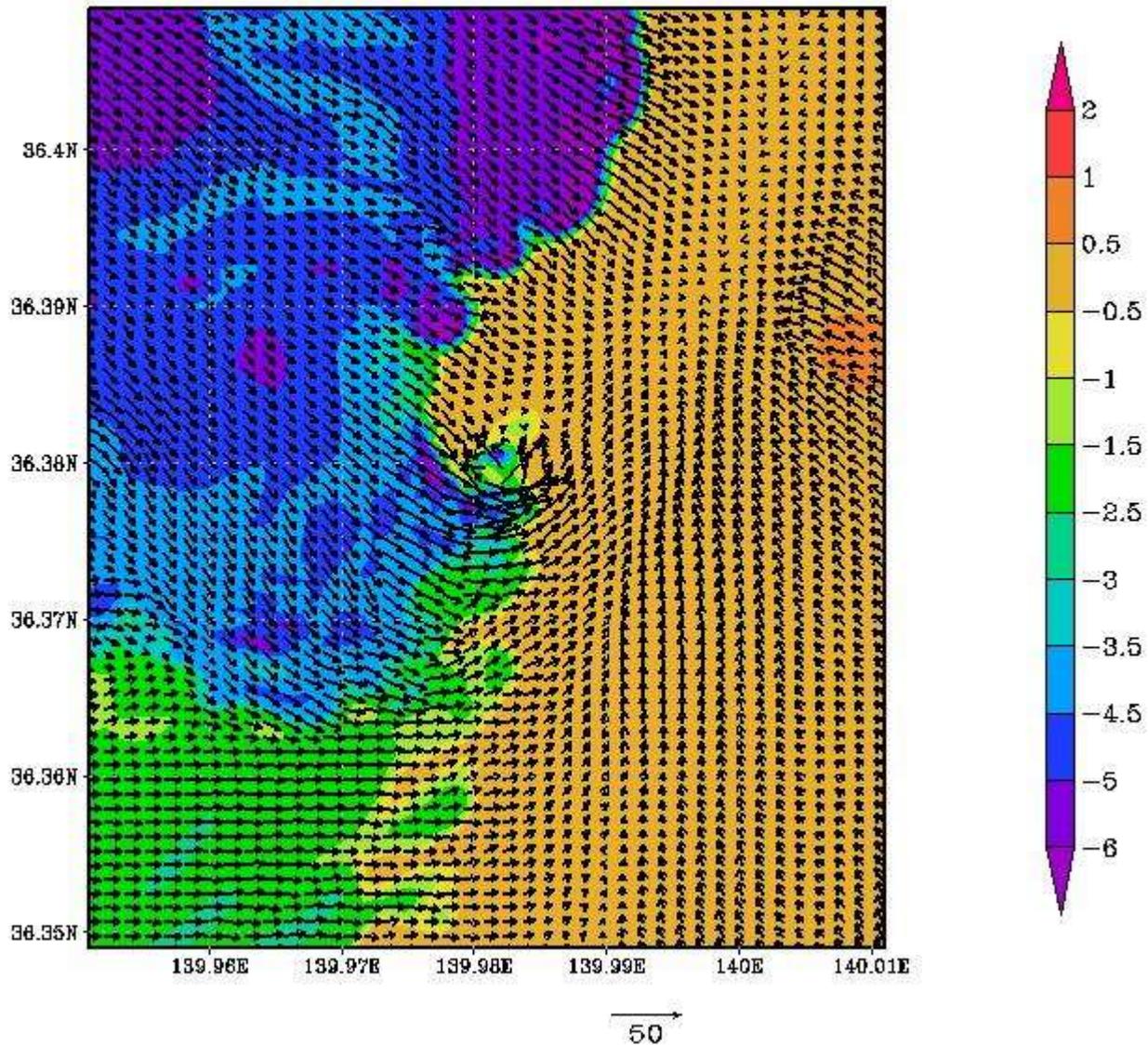




- 4～6分周期で竜巻の強度が変化している
- それに先行して、東西方向、南北方向の移動速度が鈍化する。
- 観測された蛇行は、1～2分周期に相当するので少し違う。
- モデルでの周期性の原因は不明で、さらなる調査が必要。



# 最下層の温位偏差(K)と風速の分布(竜巻を中心として)



背面冷気流 → 渦強化 → 下降流? → 背面昇温 → 渦弱化 → 戻る  
【さらなる研究が必要】

# アンサンブルシミュレーション

## • 気象庁週間アンサンブル(特異ベクトル法)

全球大気モデル(GSM)の誤差成長パターンを特異ベクトルとして抽出し、特異ベクトルに正と負の特異値をかけたものをGSMに上乗せし、シミュレーションしたものが、**気象庁週間アンサンブル**で、25モード(50メンバー)の摂動を初期値に導入しシミュレーションすることで、予測の不確実性を定量化している。

週間アンサンブルの格子間隔: 約60km格子

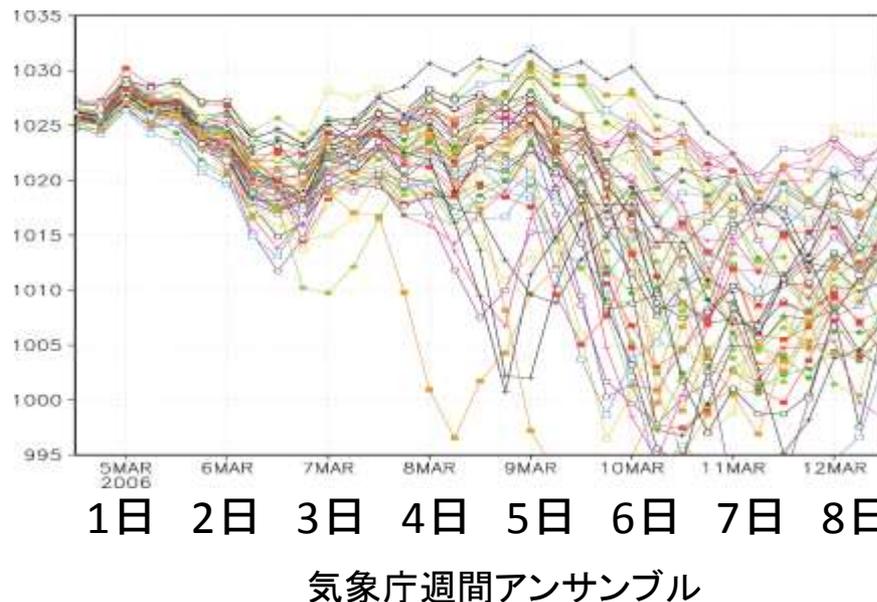
$$\mathbf{X}(m) = \mathbf{X}_m + \left( \mathbf{X}_g(m) - \overline{\mathbf{X}_g} \right)$$

↑  
↑  
↑  
↑  
CReSSアンサンブルの  
初期値・境界値

気象庁MSM  
(5km解像度)

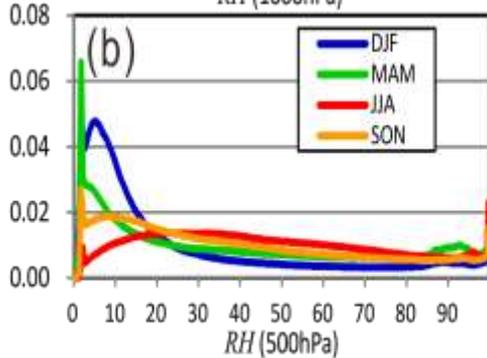
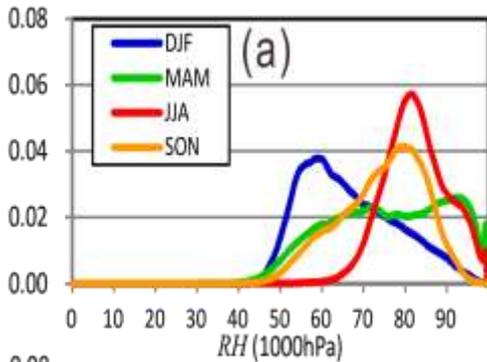
↑  
↑  
↑  
↑  
週間アンサンブル  
の予測値

週間アンサンブル  
の予測値の平均



# 修正相対湿度; *MRH*

水蒸気の統計操作で、しばしば、過飽和や水蒸気量の負値が現れる。これは、湿度変数の非正規性と0-100%の制約による。それを回避する新しい湿度変数を作った。



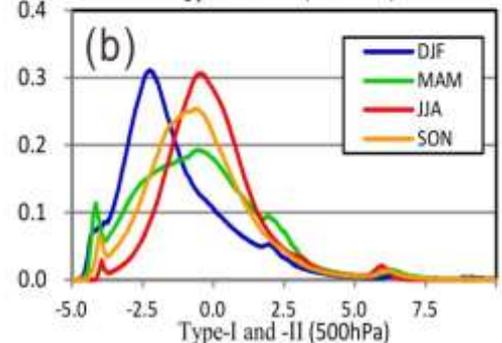
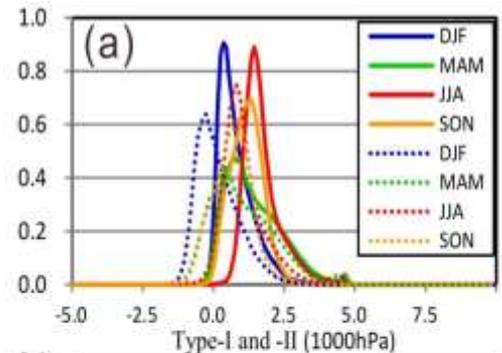
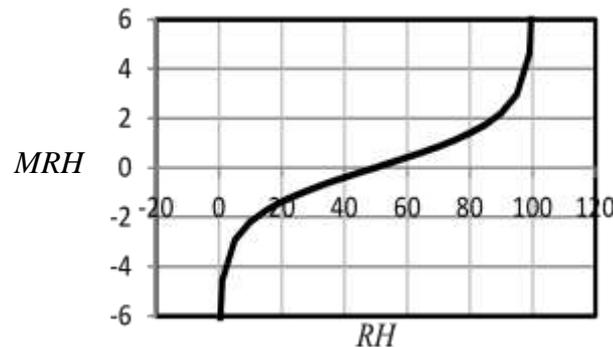
相対湿度がJohnson's  $S_B$  分布に従うと仮定

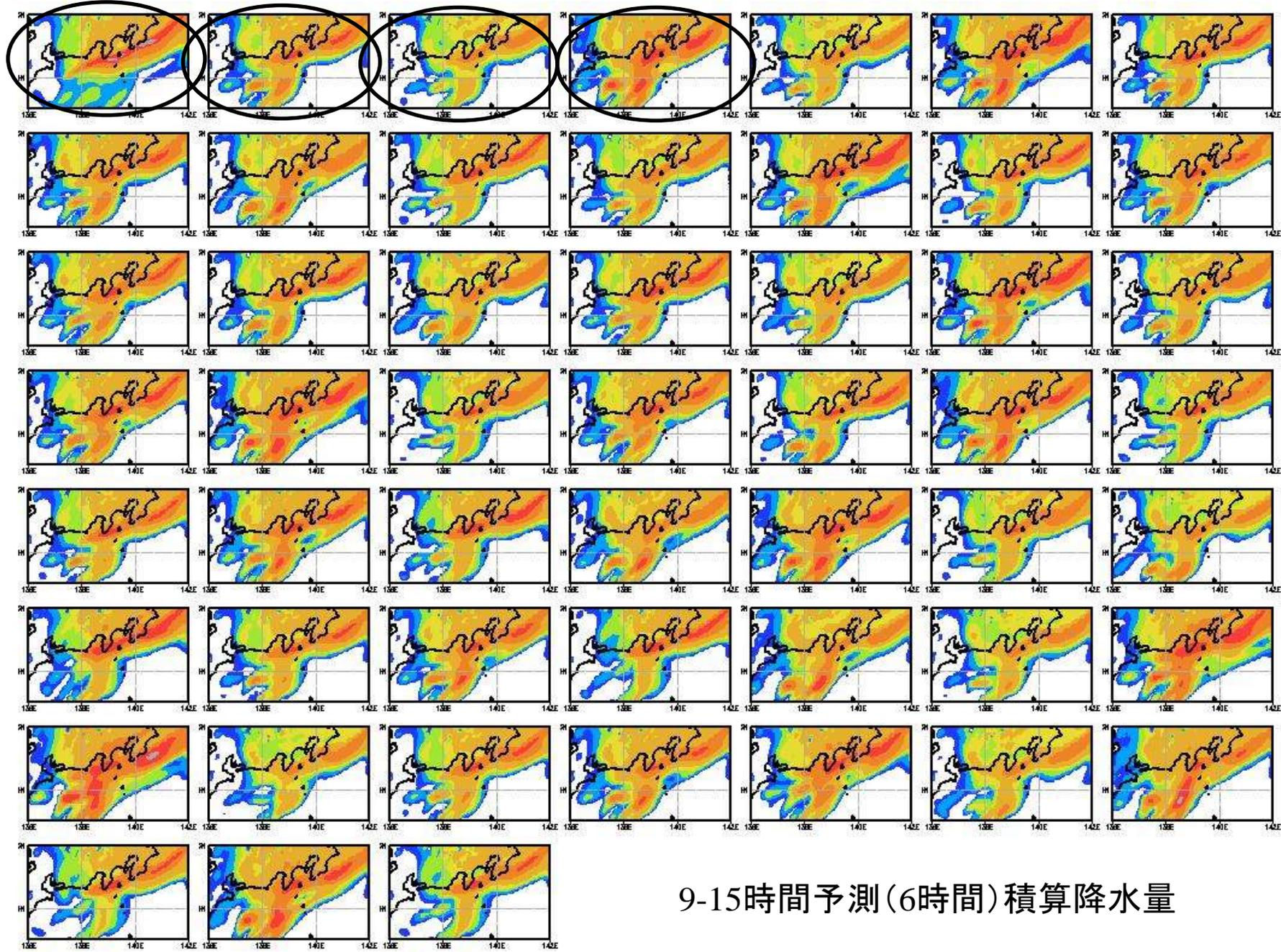
$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \left( \frac{\lambda}{(x-\xi)(\lambda+\xi-x)} \right) \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{\ln \left( \frac{x-\xi}{\lambda+\xi-x} \right) - \mu}{\sigma} \right)^2 \right]$$

新変数: MRH

$$z = \ln \left( \frac{x}{100-x} \right)$$

は正規分布。

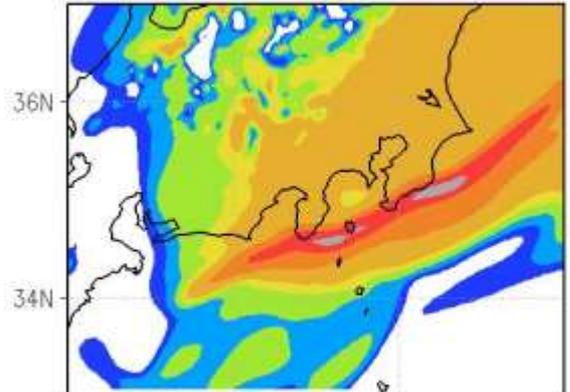




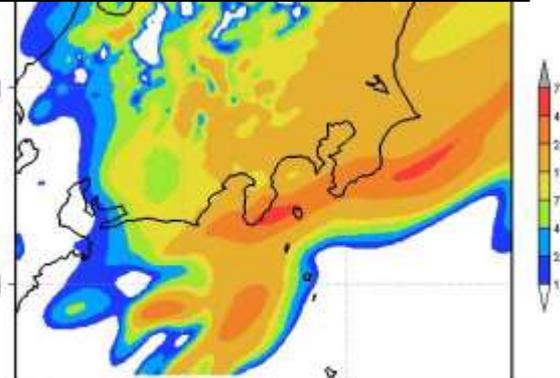
9-15時間予測(6時間)積算降水量(暫定結果)

15時間では、誤差成長が十分ではないので、33時間予測への適応が必要

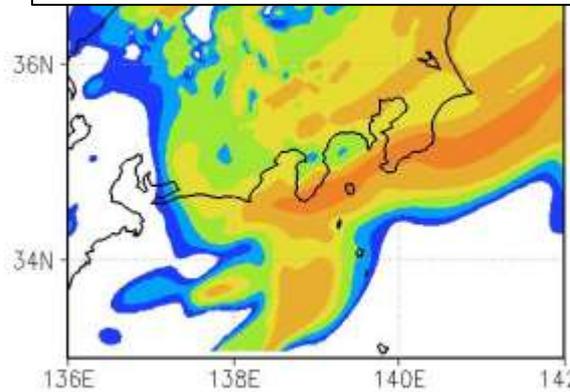
MSM



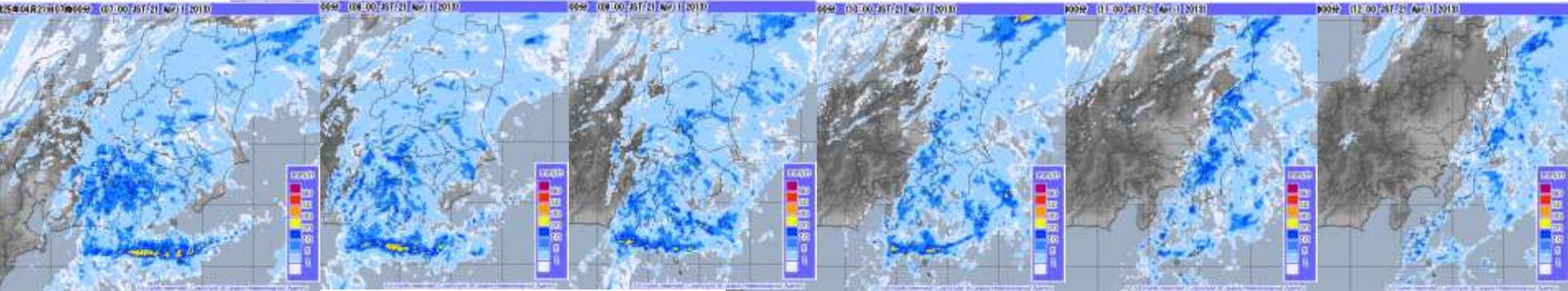
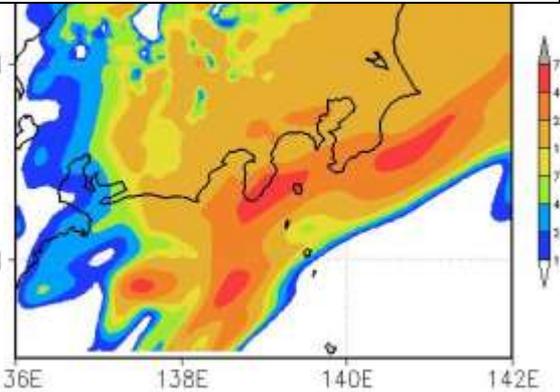
ESMのモード0(GSMそのもの)  
-ESMのアンサンブル平均



ESMの第1モード(プラス)  
-ESMのアンサンブル平均



ESMの第1モード(マイナス)  
-ESMのアンサンブル平均



# まとめと今後の方針

- 豪雨現象の理解、地球温暖化影響評価、豪雨予測など、多目的にCReSSなどの雲解像モデルシミュレーションが利用されている。
- 本プロジェクトへのご協力・ご尽力に感謝します。