

LETKFを用いた大阪平野南部で 発達した雷雨の再現実験 (LETKFのネストシステムを目指して)

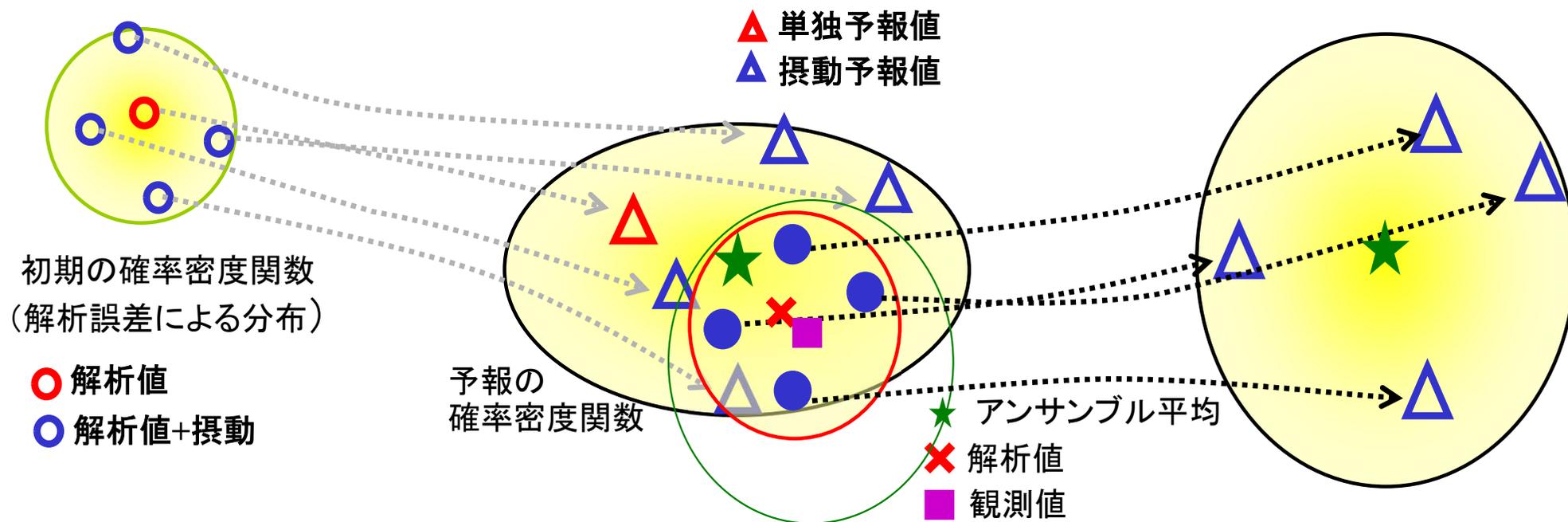
瀬古弘・露木義・斉藤和雄(気象研究所)

黒田徹(海洋研究開発機構)

藤田匡(気象庁)・三好建正(メリーランド大)

LETKFを用いたアンサンブル予報

観測や解析に誤差はつきもの
大気の初期状態はある存在確率で把握する方が望ましい。
(特に**局地豪雨は初期値に敏感で、決定論的な予報は困難**)



- ・単独予報よりアンサンブル平均の方が精度が良いことが多い。
- ・単独予報が悪くても、メンバーの予報が良いことがある(見逃しが少なくなる)。
- ・アンサンブル予報の予報誤差を利用し、観測データを用いて、次のメンバーの摂動を作成。

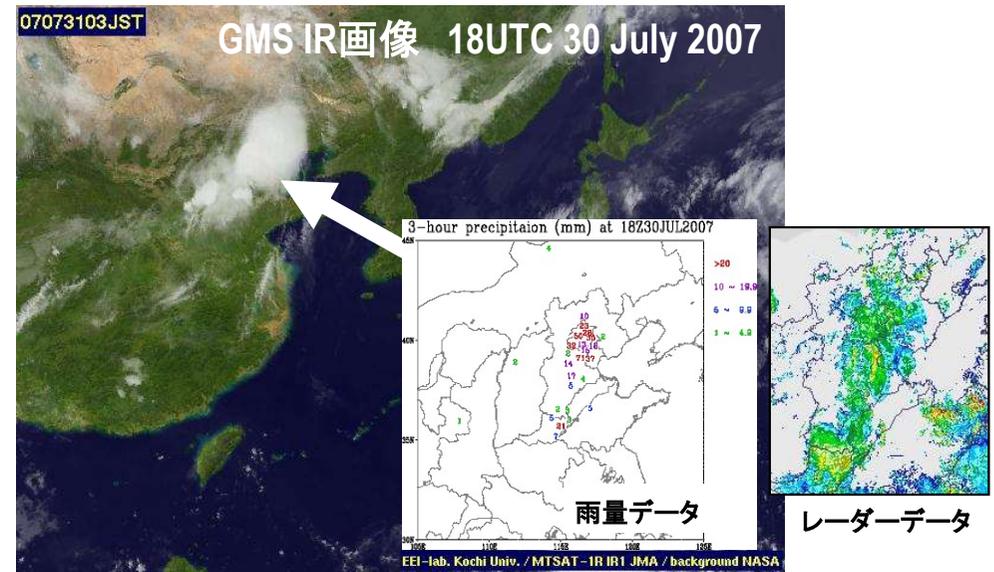
ネストした同化システムの必要性

細かい格子のモデルで再現したい現象がある。

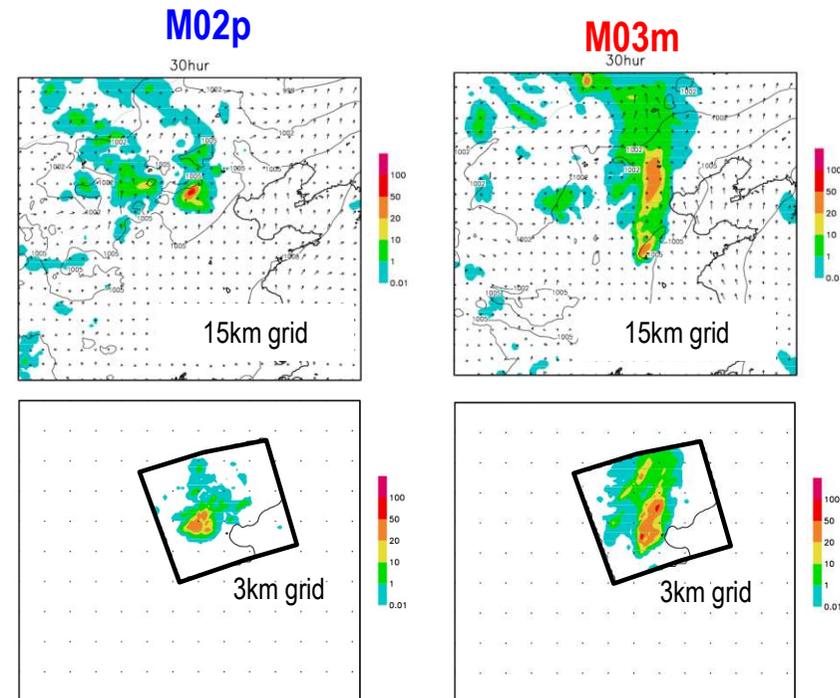
- ・ 局地豪雨は対流まで表現する必要がある。
- ・ 正確な降水量などは細かい格子でないと再現できない。

高解像度で数値実験を行なう必要性

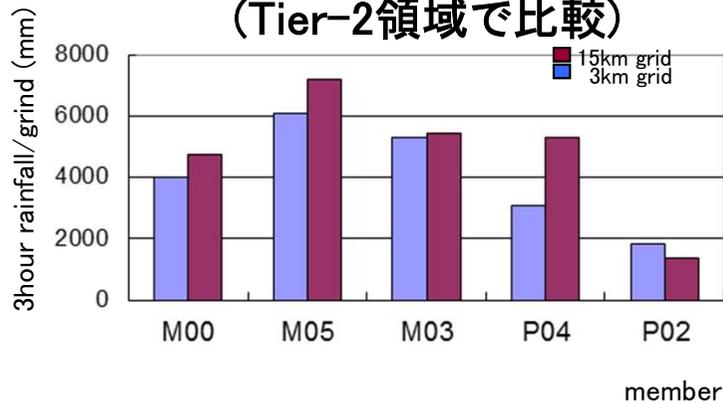
- ・「B08RDP Tier2」で取り上げられた2007年7月31日の雷雨」に注目する。
- ・南北に伸びた降水系が北京を通過し、18UTCに3時間降水量70mmの降水が観測された。



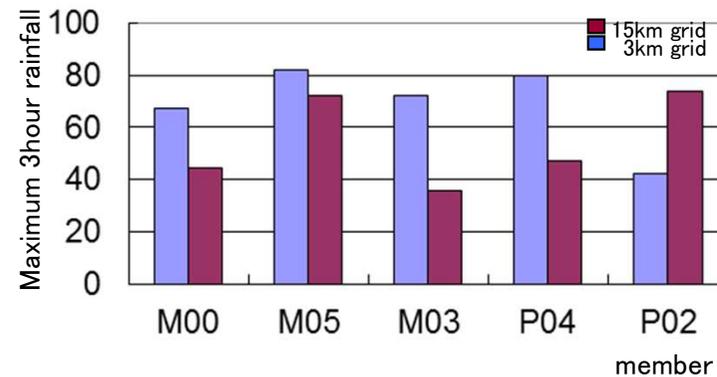
- ・Tier 1 ($\Delta X=15\text{km}$) は、十分な予報なのだろうか？
- ・Tier-1からダウンスケール予報を行なって格子間隔2kmの予報 (Tier-2)を得た。
- ・Tier-2 の3時間降水量をTier-1の格子に置きなおし、降水量の総和や降水量の最大値、降水域の面積を比較する。



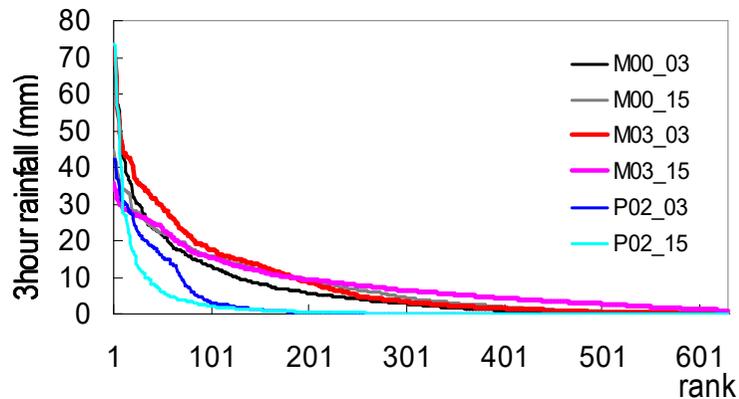
3時間降水量の総和 (Tier-2領域で比較)



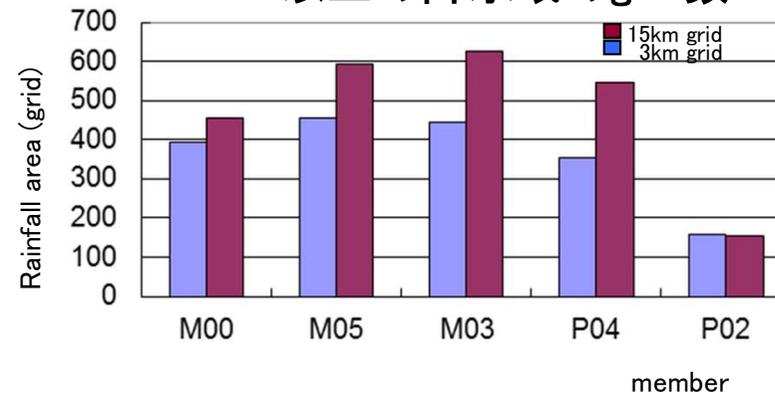
格子点内での最大降水量



3時間降水量の順位



1.0mm以上の降水域のgrid数



- ・P02 以外では、Tier-1 の降水量が Tier-2 よりも大きい。
- ・しかし、降水量の最大値はTier-2のほうが、Tier-1 よりも大きい。
- ・1.0mm 以上の降水域は、Tier-2 よりも、Tier-1 の方が広い。
- ・Tier-2 の方が降水が集中している。(降水のヒストグラムでも、確認できる。)

- ・「P02 以外は、Tier-1 の降水量は Tier-2 より多い」ことから、
「現実に近いと考えられる高解像度の値は、粗い解像度の値からは単純には算出できない。統計でなく、計算で求める必要がある。」

ネストした同化システムの必要性

細かい格子のモデルで再現したい現象がある

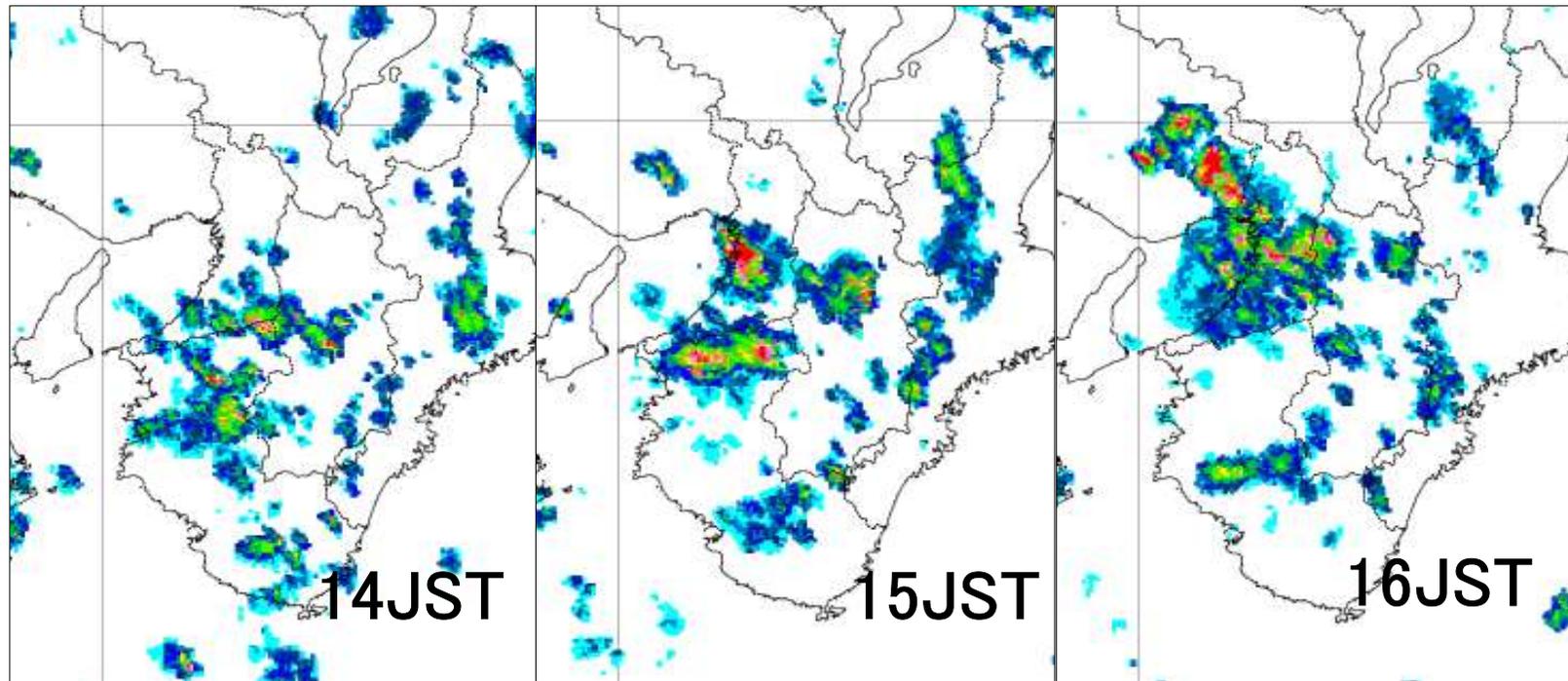
- ・局地豪雨は対流まで表現する必要がある。

これらの現象の再現の同化データとして、高分解能な観測データ(ドップラーレーダなど)を用いることができる。

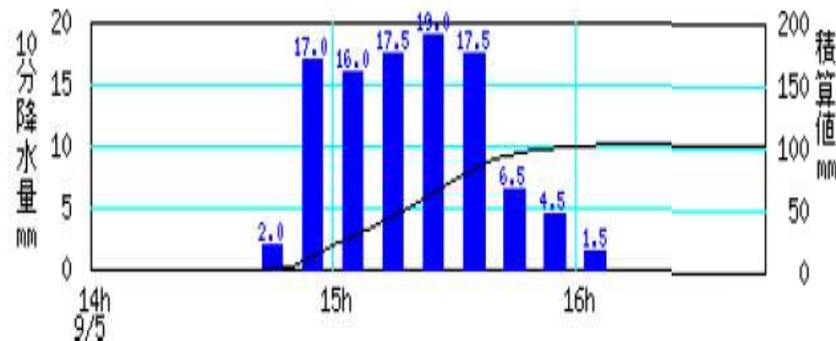
できれば、細かい格子で再現した現象の影響を、親モデルに返してやりたい。

(収束線の位置の修正などに寄与すると思う。)

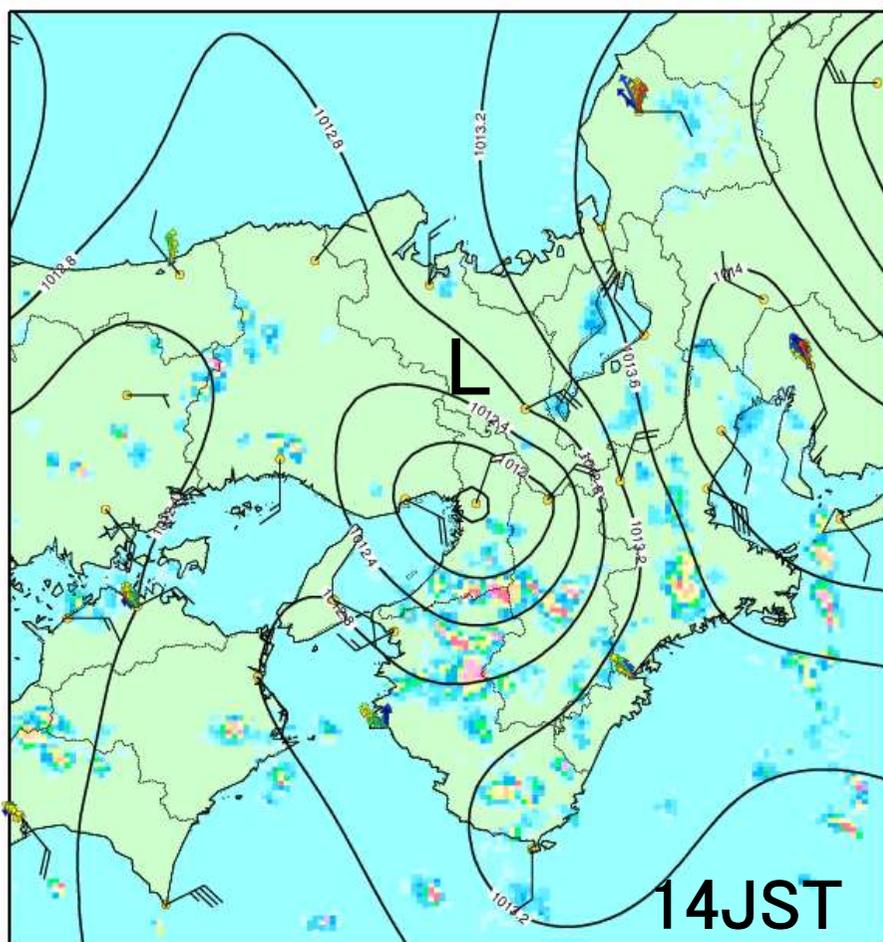
2008年9月5日の堺市の雷雨の事例



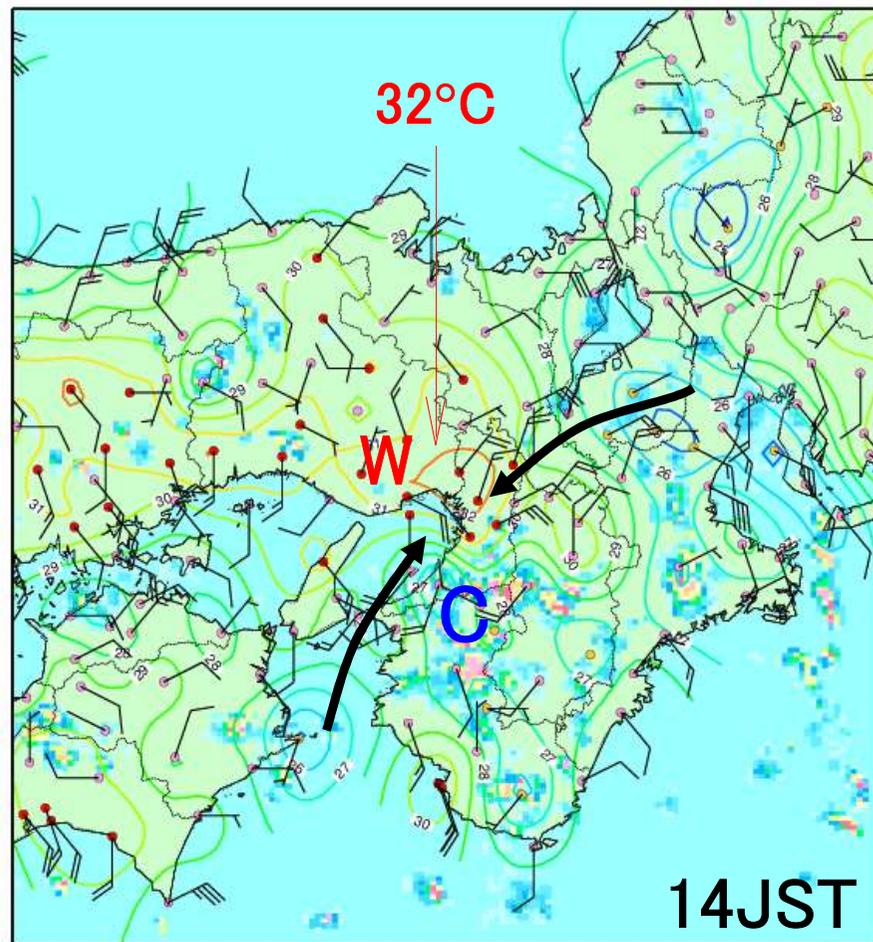
現業レーダで観測した2008年9月5日のエコー分布



2008年9月5日14時から17時までの堺市のアメダスの10分間降水量



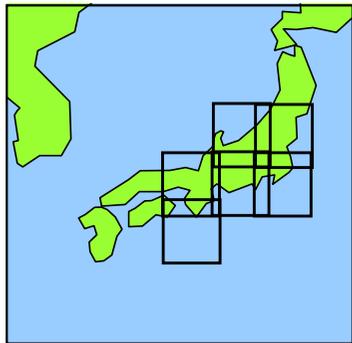
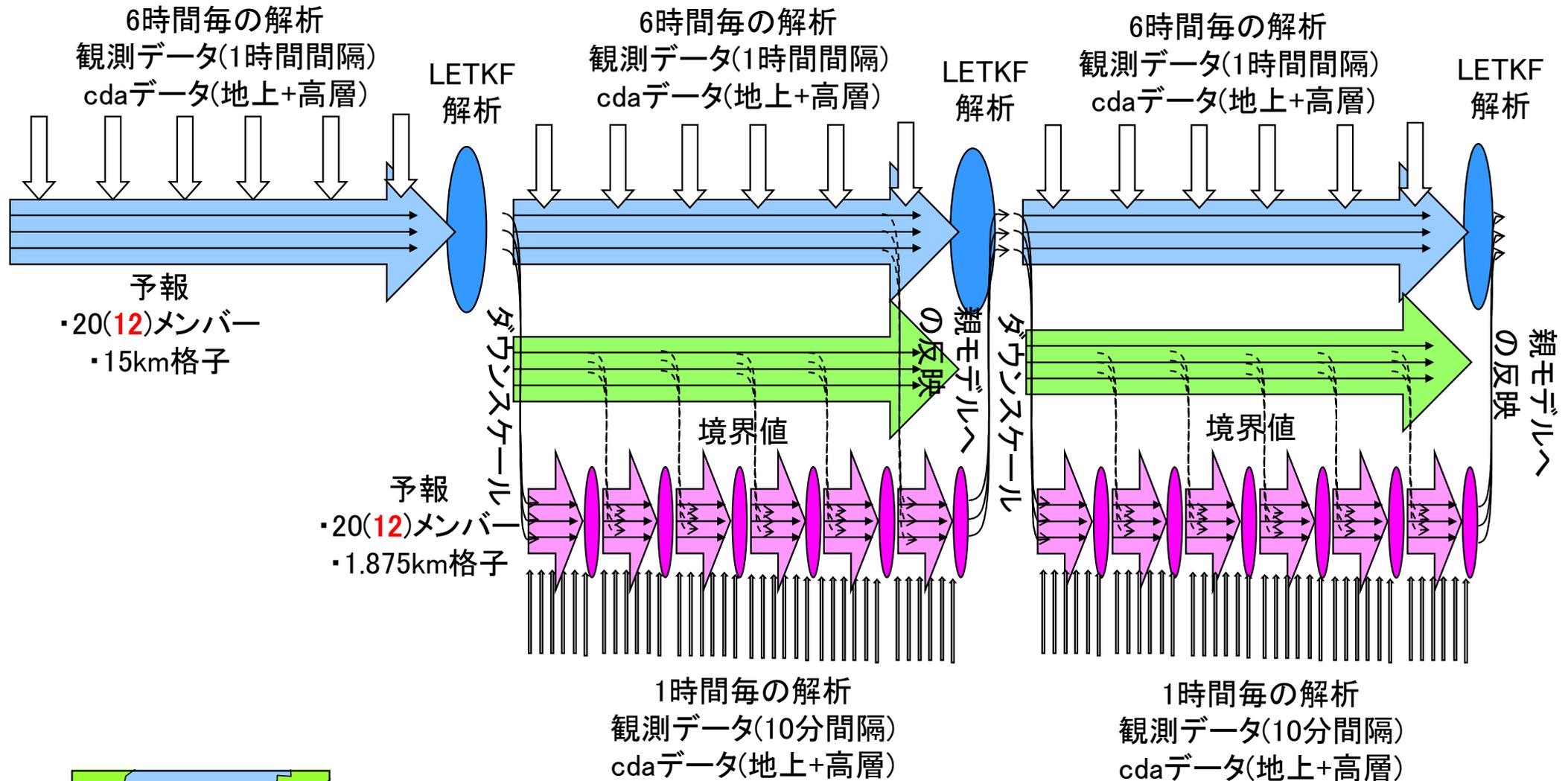
2008/09/05 14:00(JST)



2008/09/05 14:00(JST)

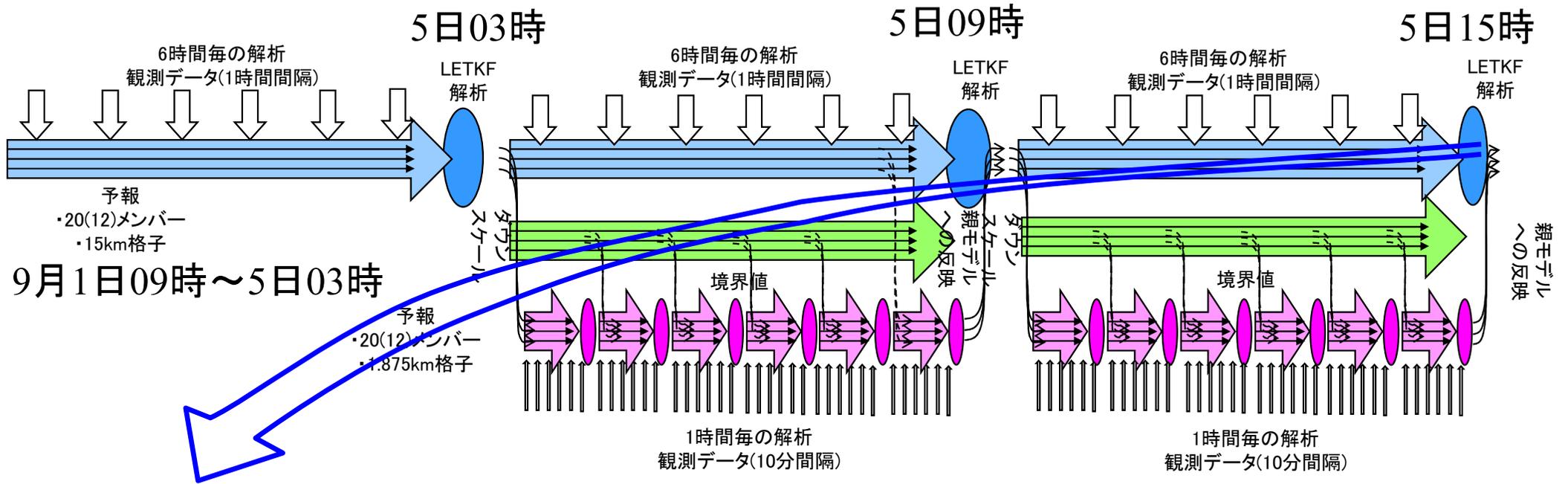
- ・大阪付近で気温が上昇し、熱的な低気圧が形成された。
- ・紀伊半島の西部には、南風。伊勢湾からは南東風。
- ・大阪平野の熱的な低気圧に向かって地上風が収束していた。

ネストした同化システムの流れ

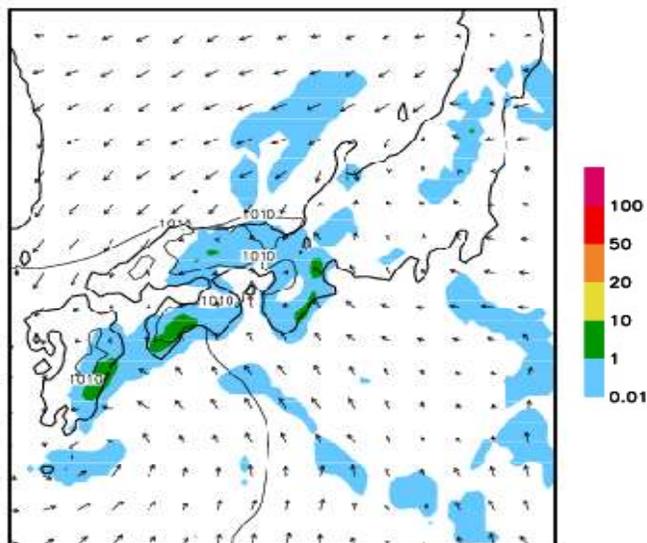


- ・複数の子領域を、周辺を重なるようにして配置する。
- ・今回は1パッチの実験を紹介する。

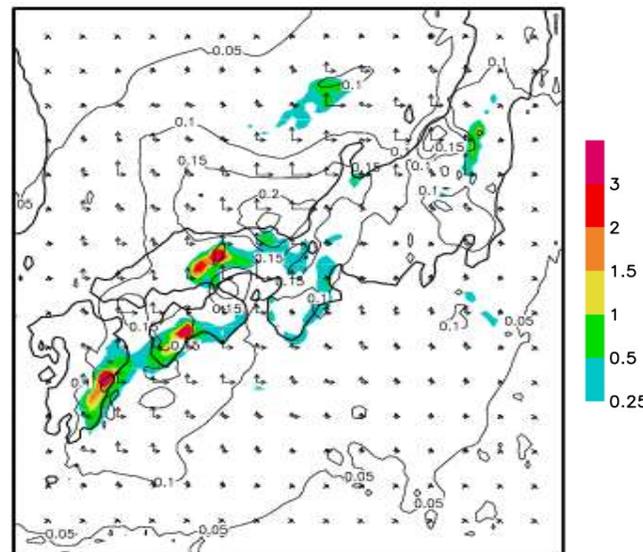
ネストした同化システムの結果



アンサンブル平均 (15時、15km)



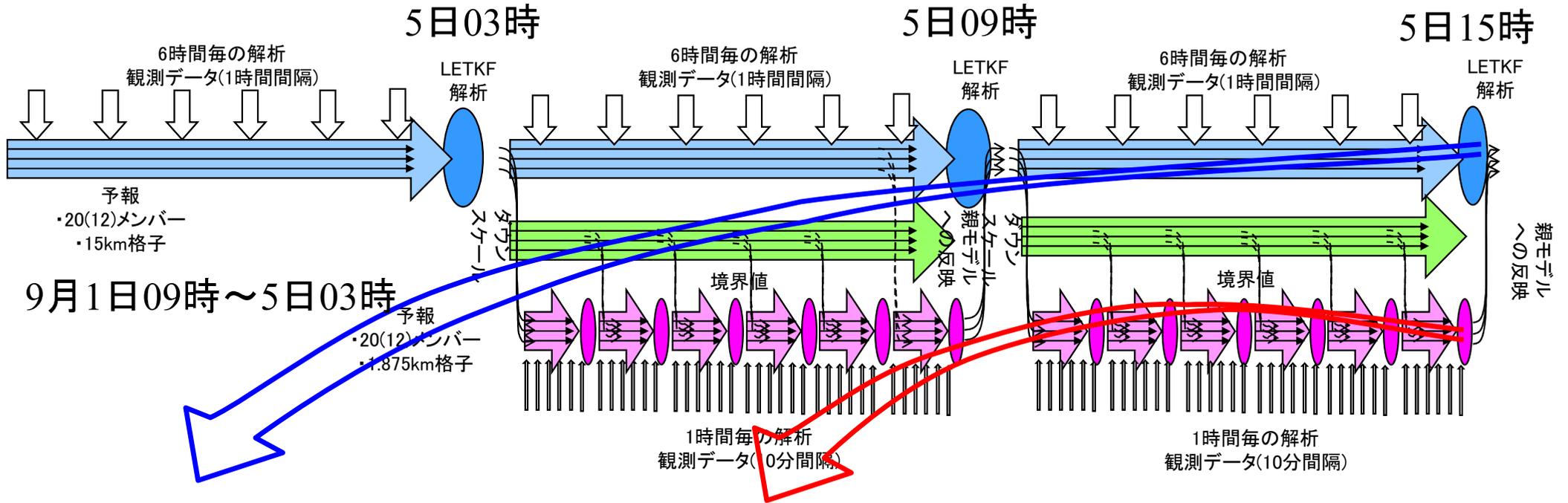
スプレッド (15時、15km)



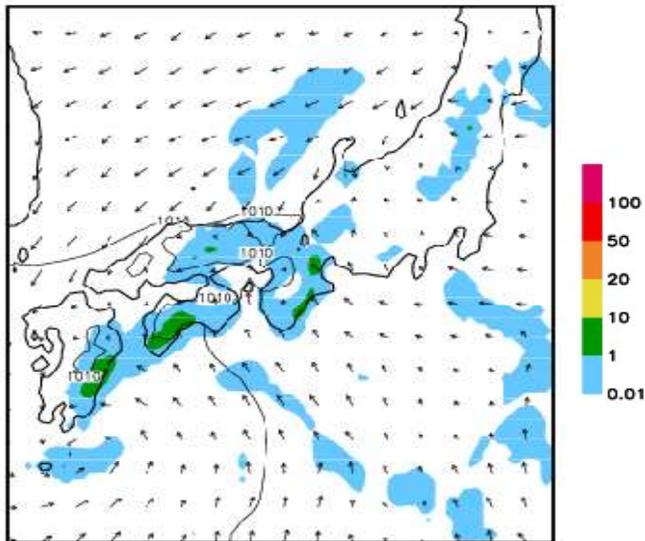
・テスト用のシステムなので、Outerの15kmモデルの領域は狭く、スプレッドも小さい。

・領域のほぼ中心の関西を使う。

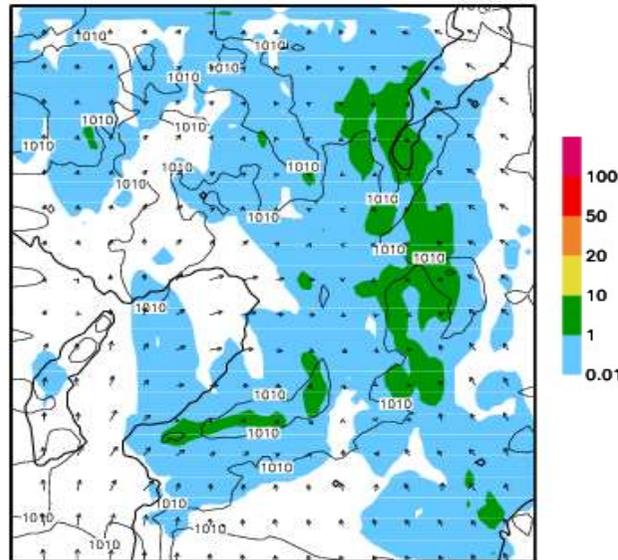
ネストした同化システムの結果



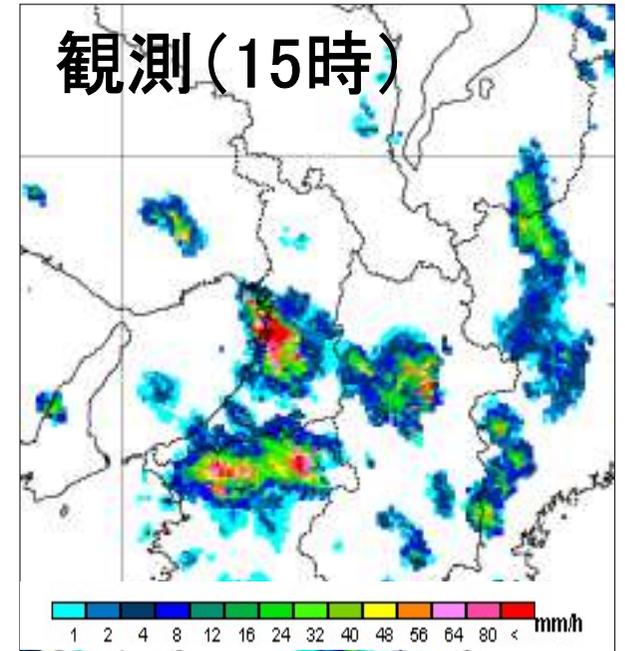
アンサンブル平均(15時、15km)



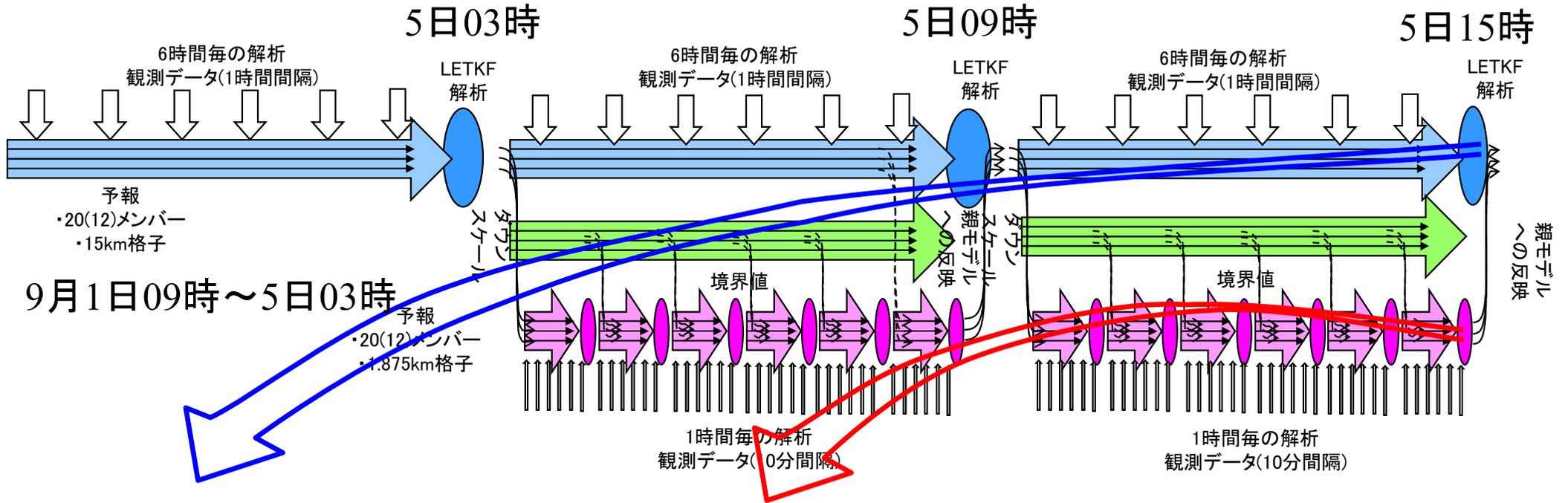
アンサンブル平均(15時、2km)



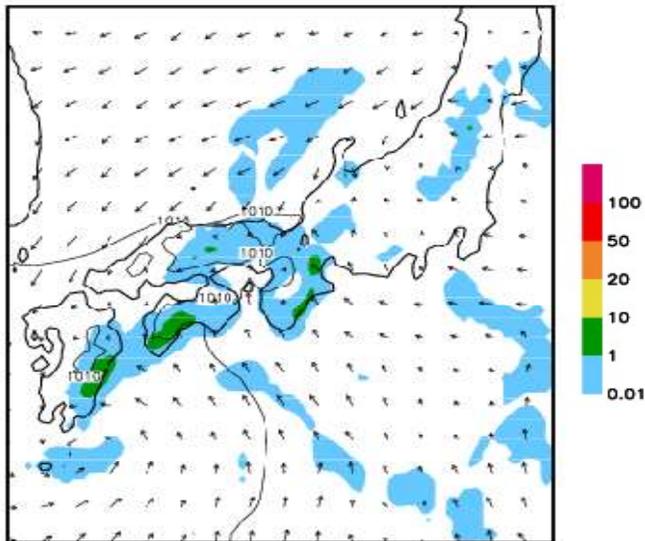
観測(15時)



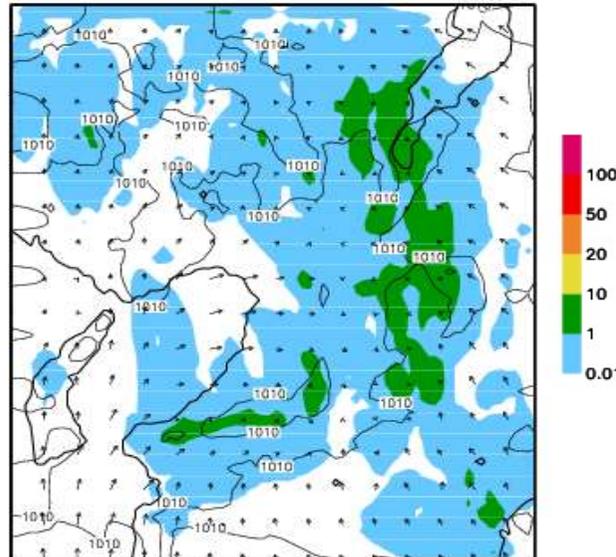
ネストした同化システムの結果



アンサンブル平均(15時、15km)

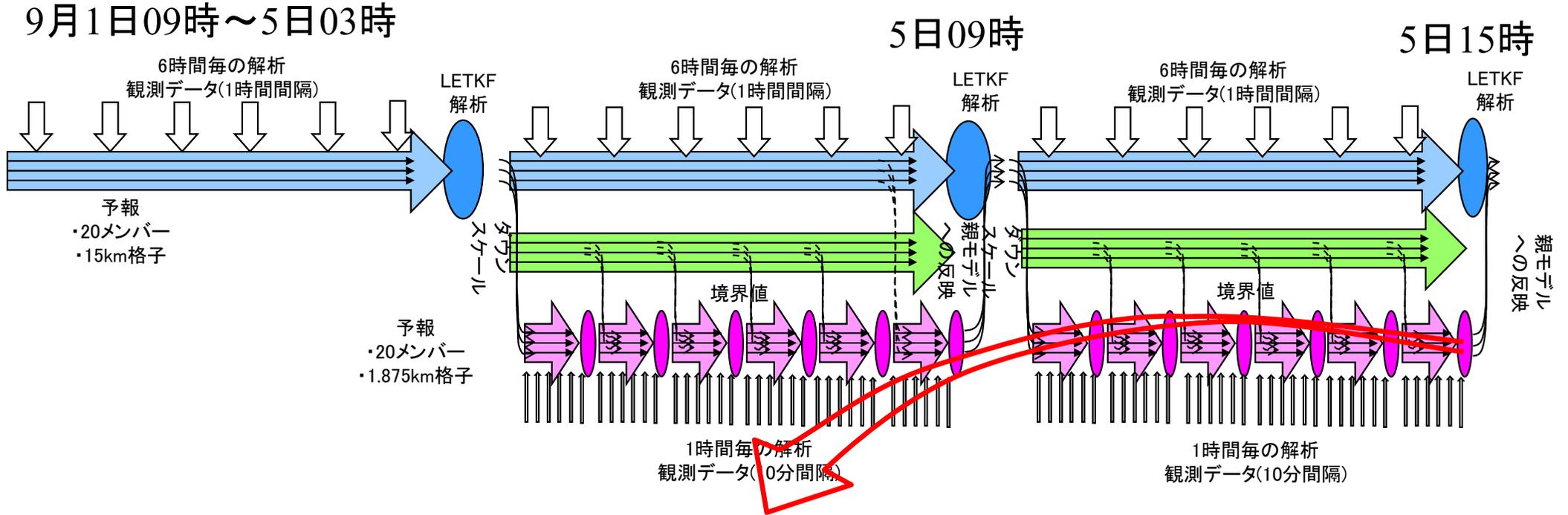


アンサンブル平均(15時、2km)



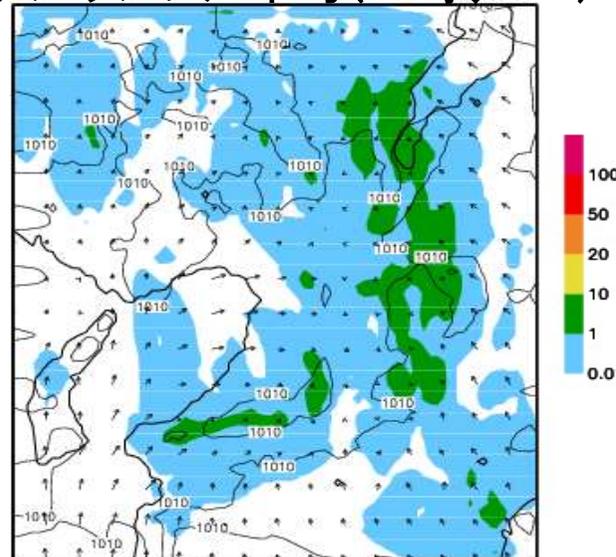
・アンサンブル平均
なので、メリハリ
がないが、格子間
隔約2kmのinner
は、より細かな降
水分布を表現して
いる。

ネストした同化システムの結果

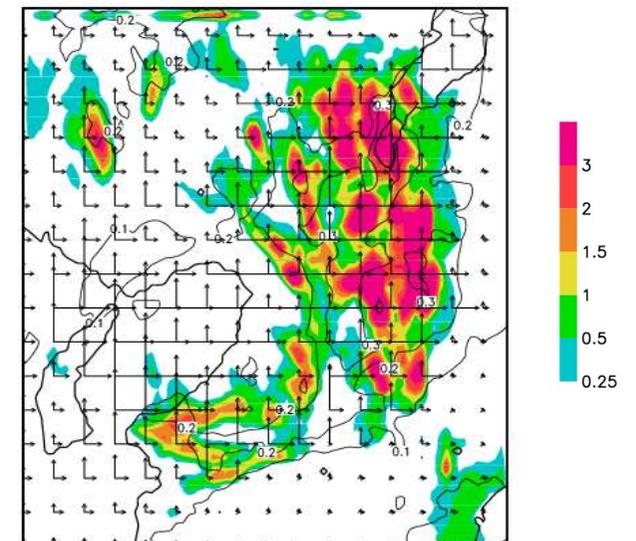


- ・降水域や大阪湾でスプレッドが大きい。
- ・境界のスプレッドは親モデルを反映。この場合では、子モデルで作られるものより小さい。

アンサンブル平均(15時、2km)

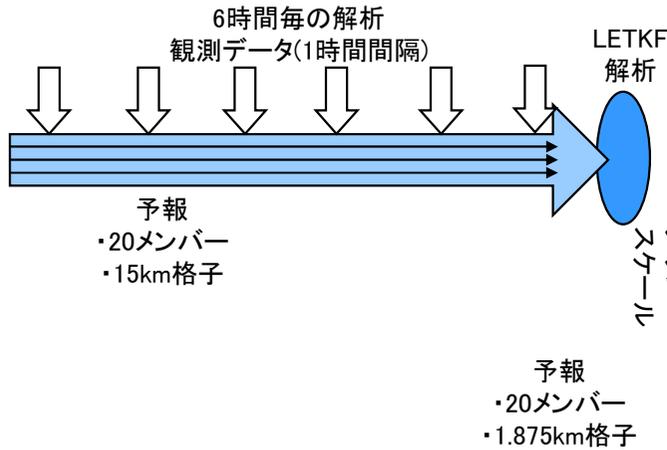


スプレッド(15時、2km)

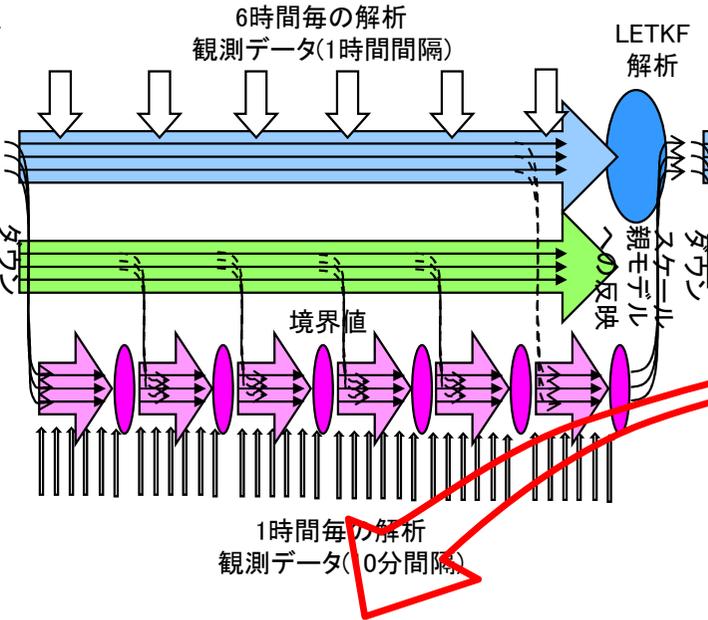


ネストした同化システムの結果

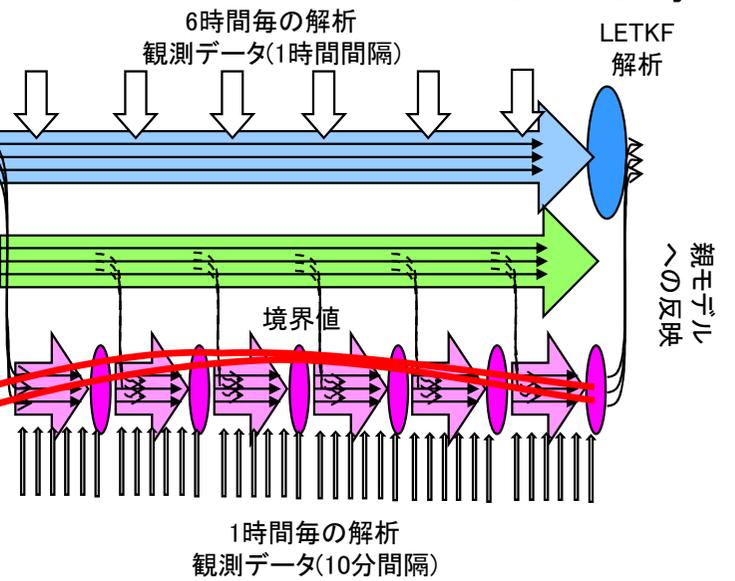
9月1日09時～5日03時



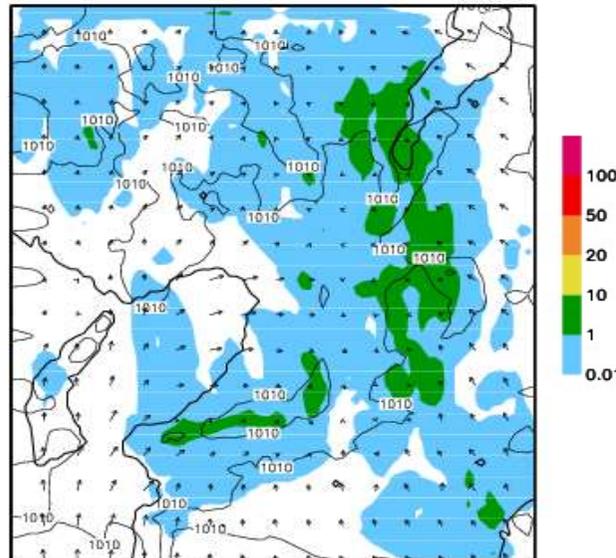
5日09時



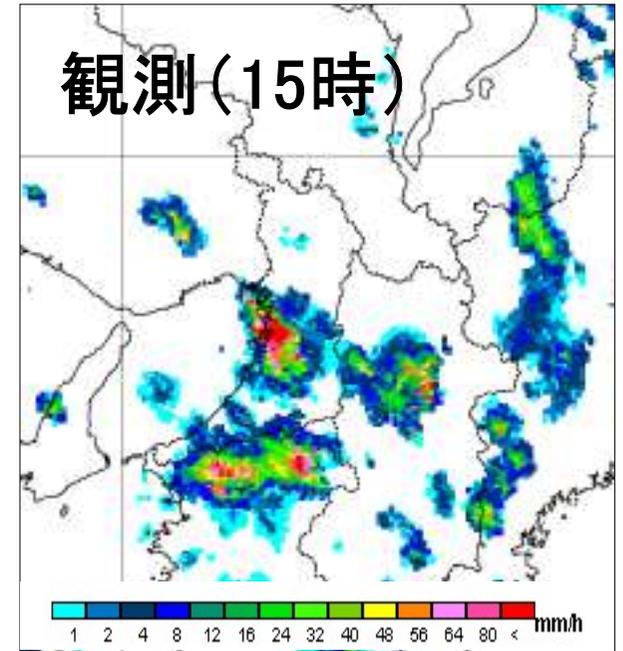
5日15時



アンサンブル平均(15時、2km)

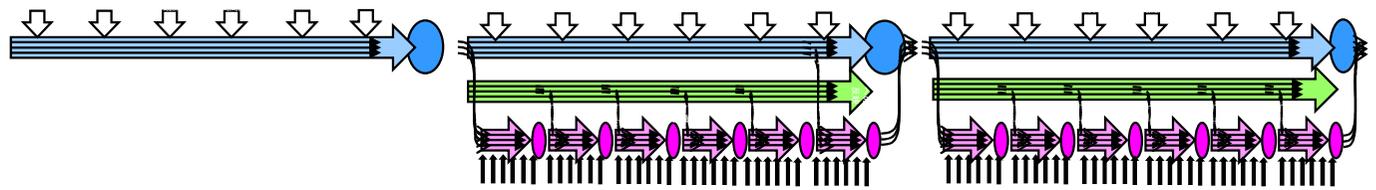


観測(15時)

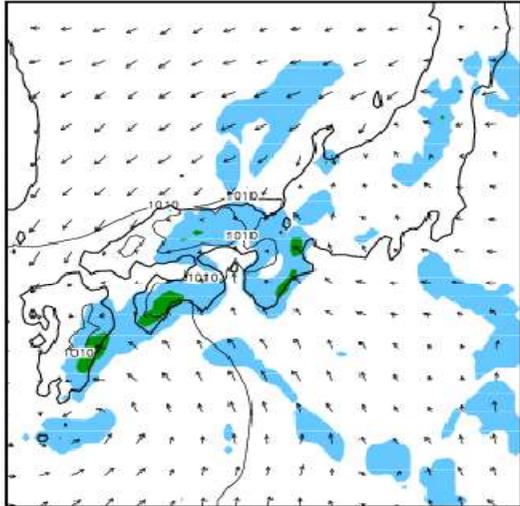


- ・より観測に近づけるには、GPS可降水量や、ドップラーレーダー等の高分解能なデータが必要。

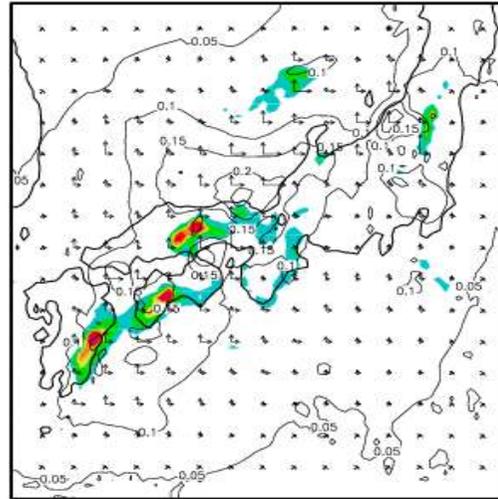
ネストあり



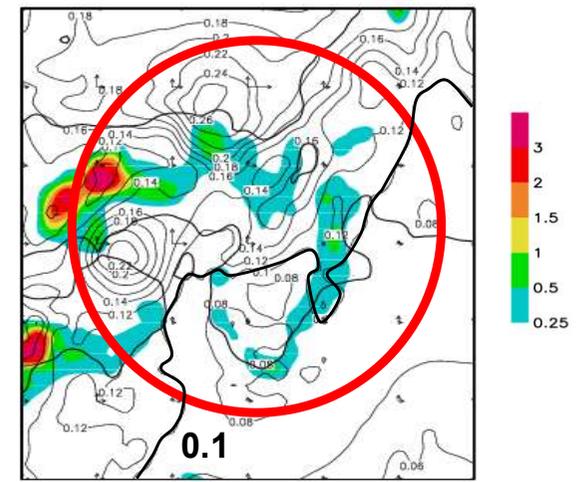
アンサンブル平均(15時、15km)



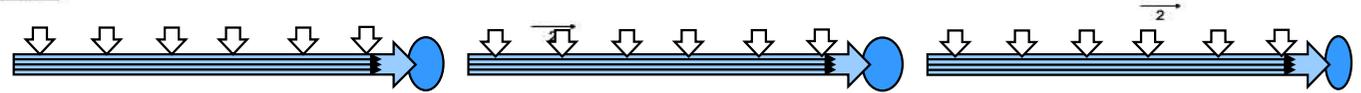
スプレッド(15時、15km)



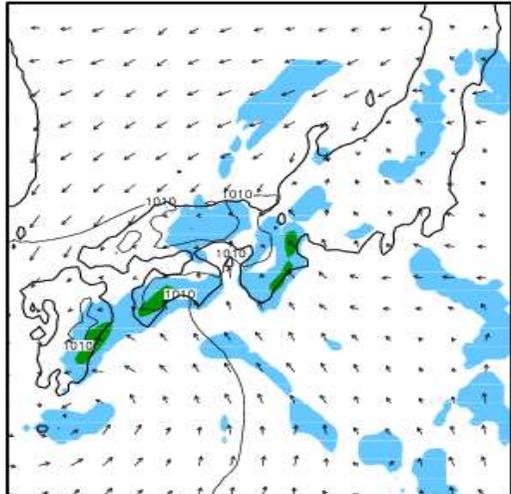
スプレッド 拡大(15時、15km)



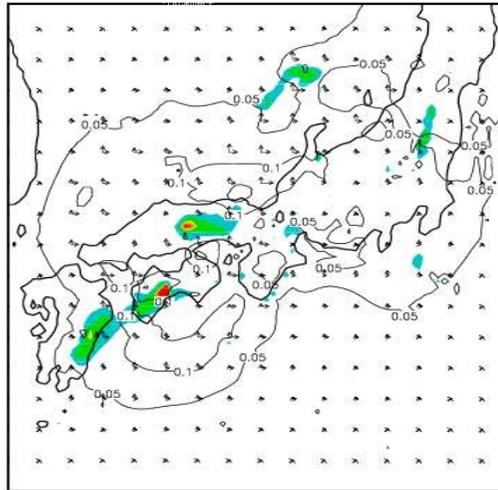
ネストなし



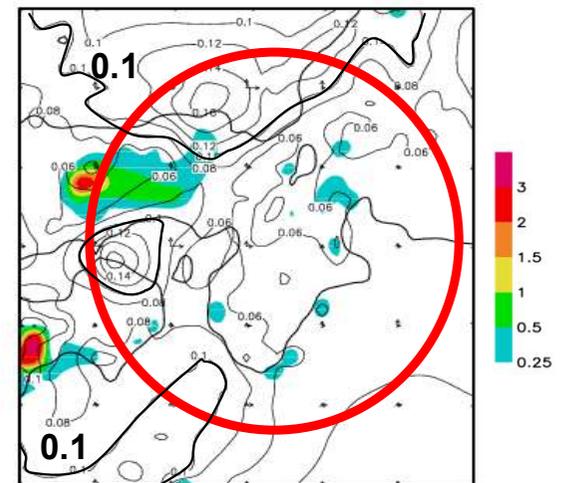
アンサンブル平均(15時、15km)



スプレッド(15時、15km)

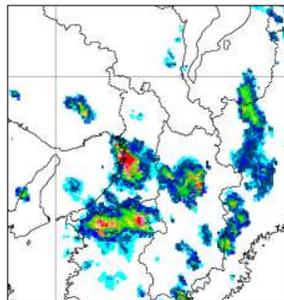


スプレッド 拡大(15時、15km)

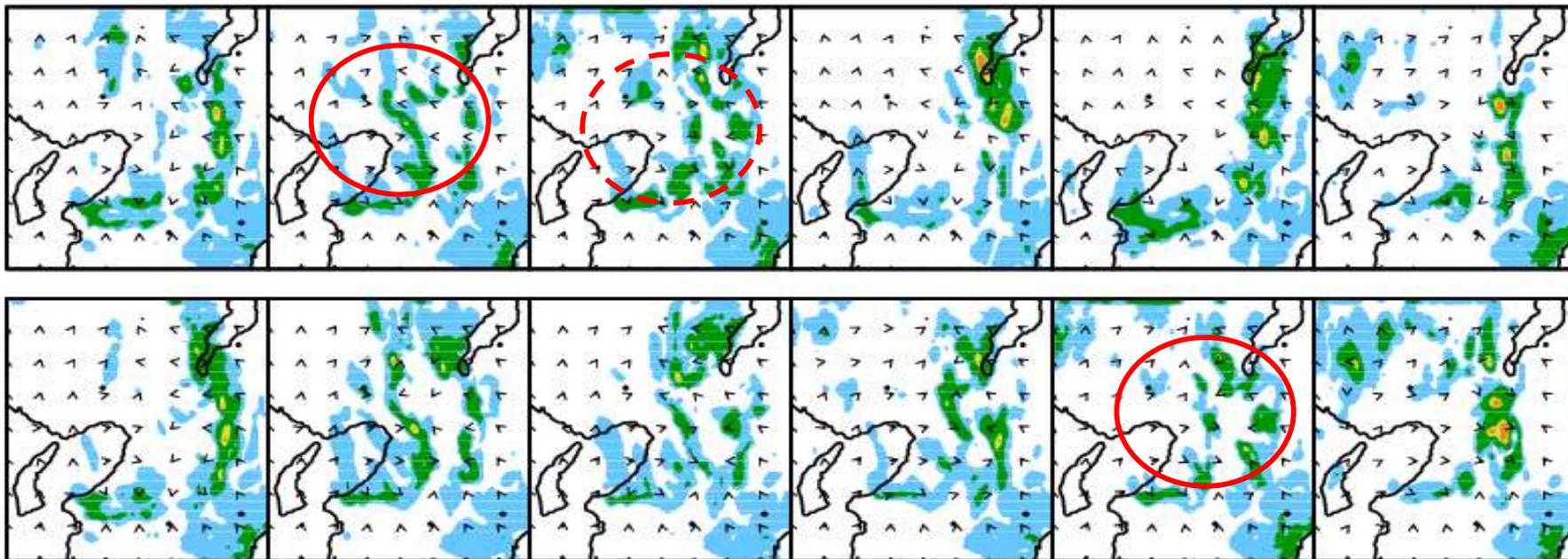


ネストにより、スプレッドがわずかに増加した。

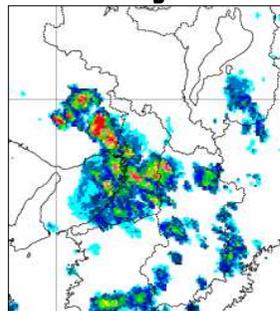
15時



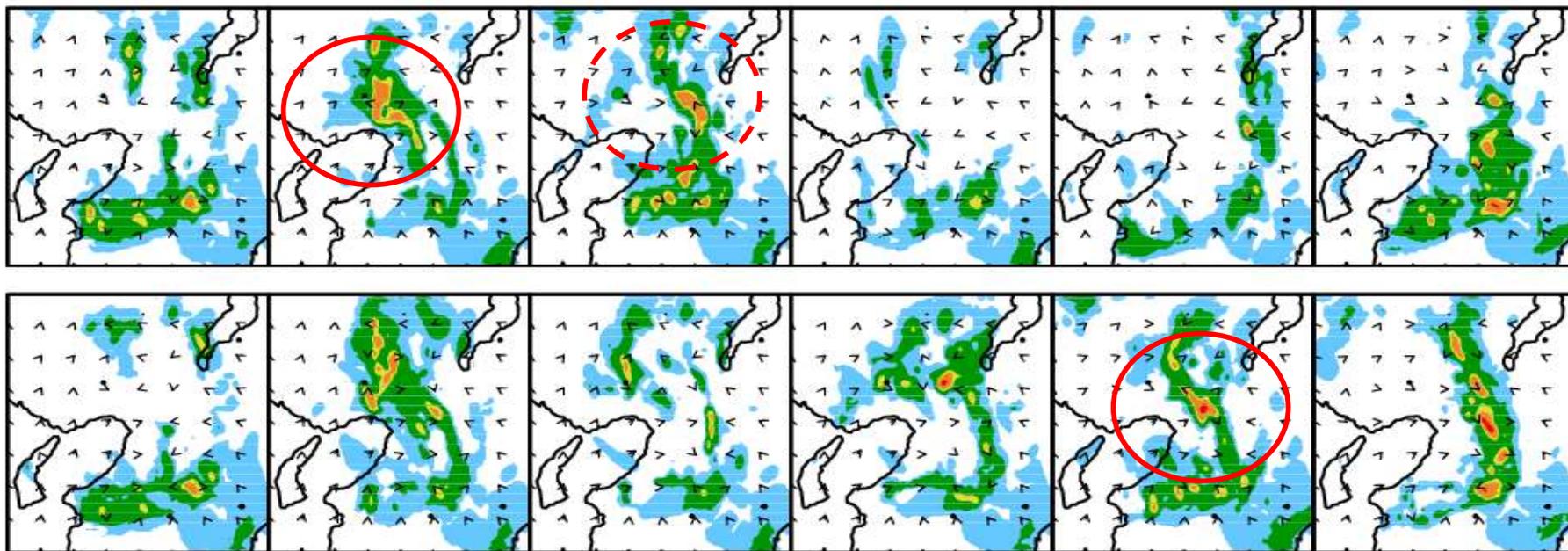
15時



16時

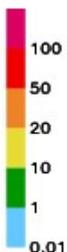
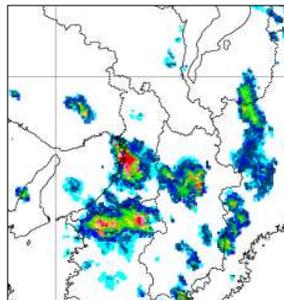


17時

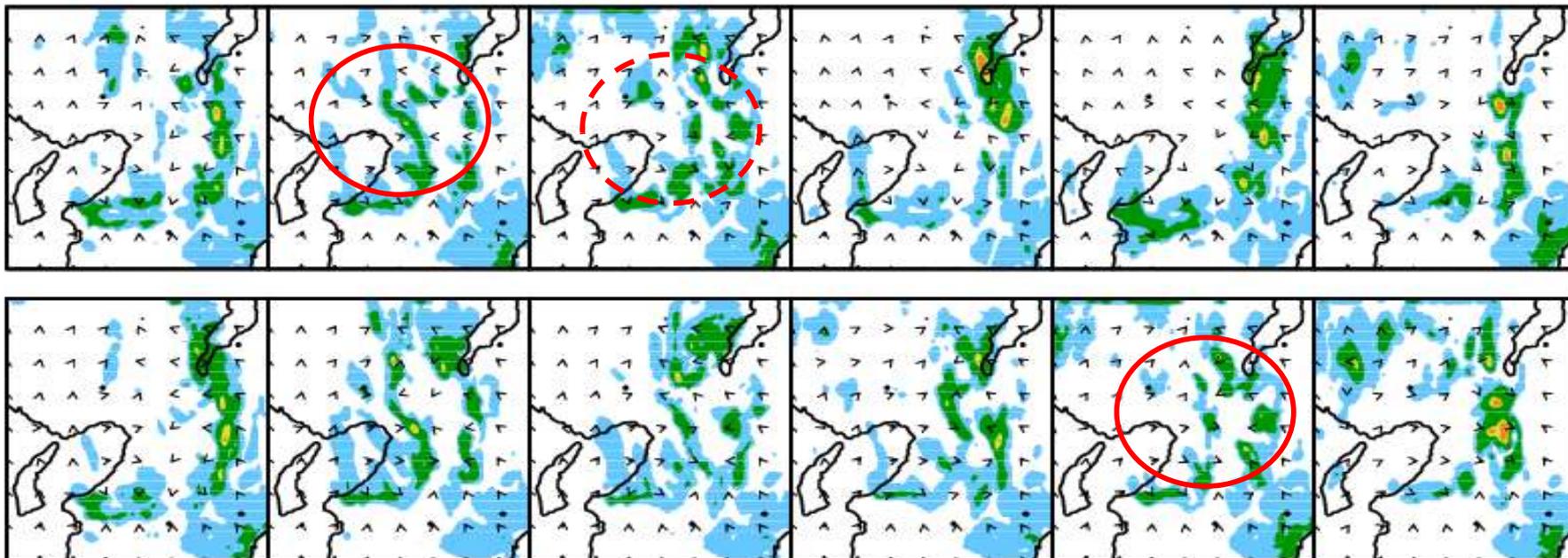


個々のメンバーを見てみると...

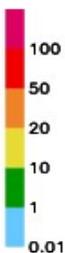
15時



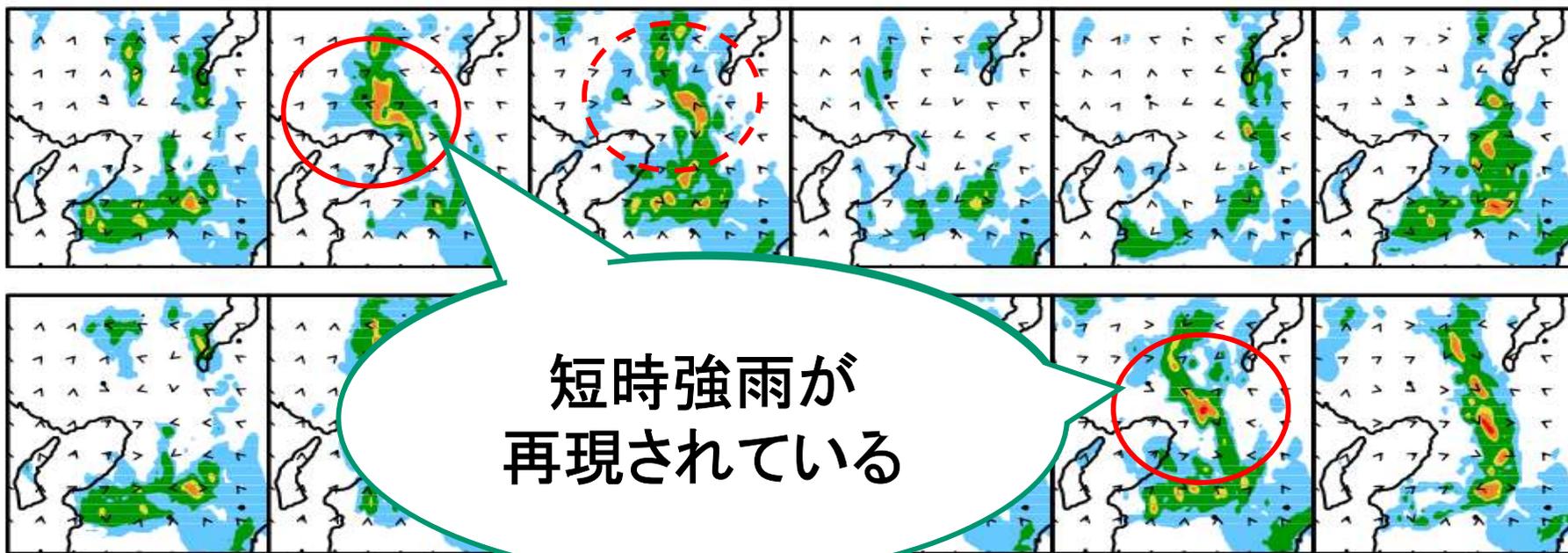
15時



16時



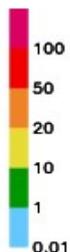
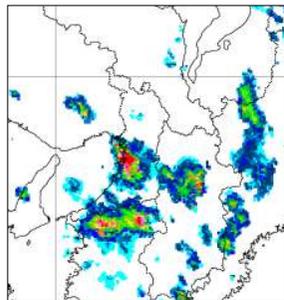
17時



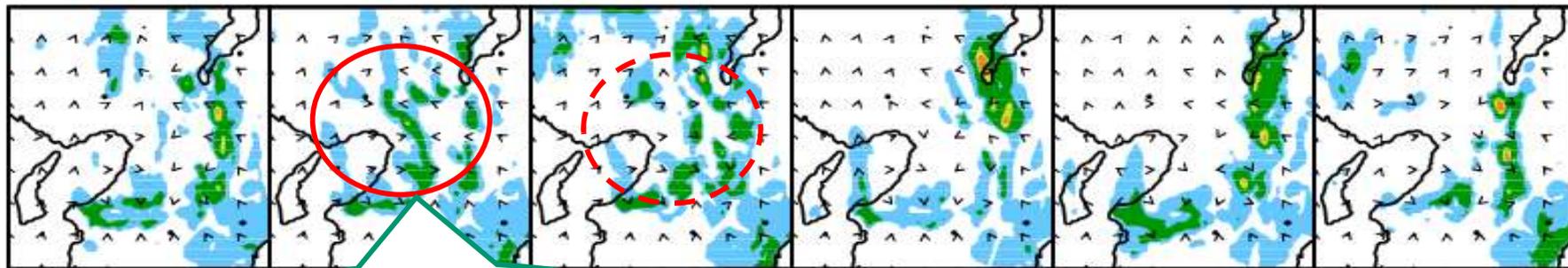
短時強雨が
再現されている

個々のメンバーを見てみると...

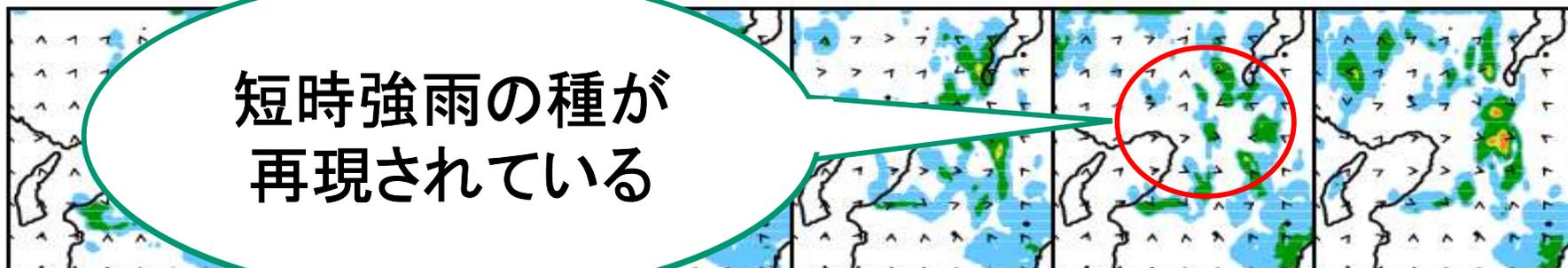
15時



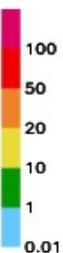
15時



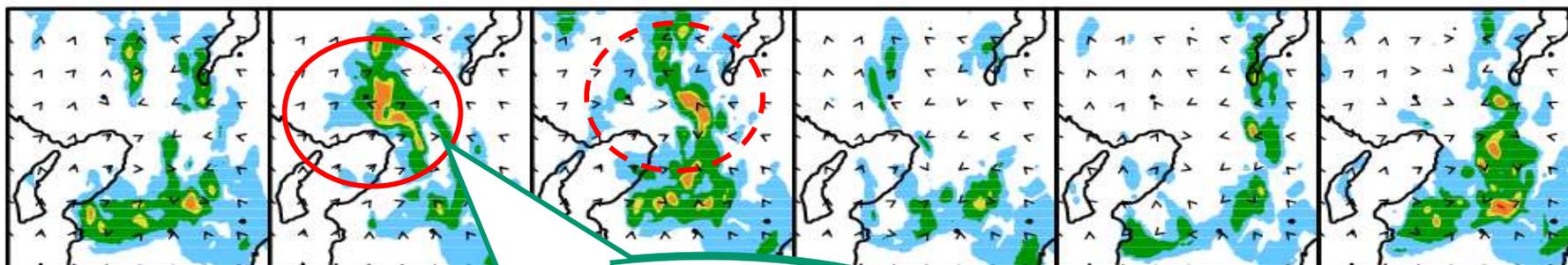
短時強雨の種が
再現されている



16時



17時

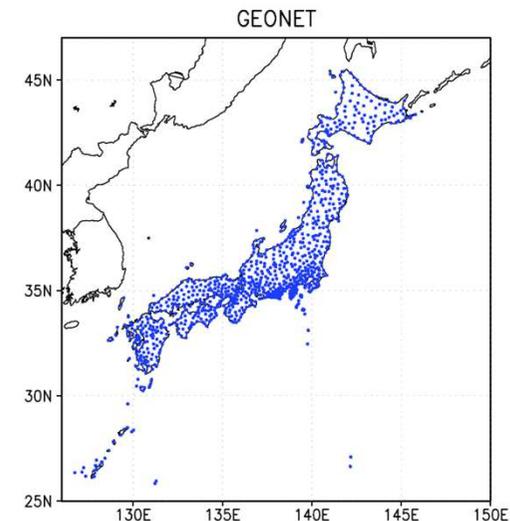


短時強雨が
再現されている



個々のメンバーを見てみると...

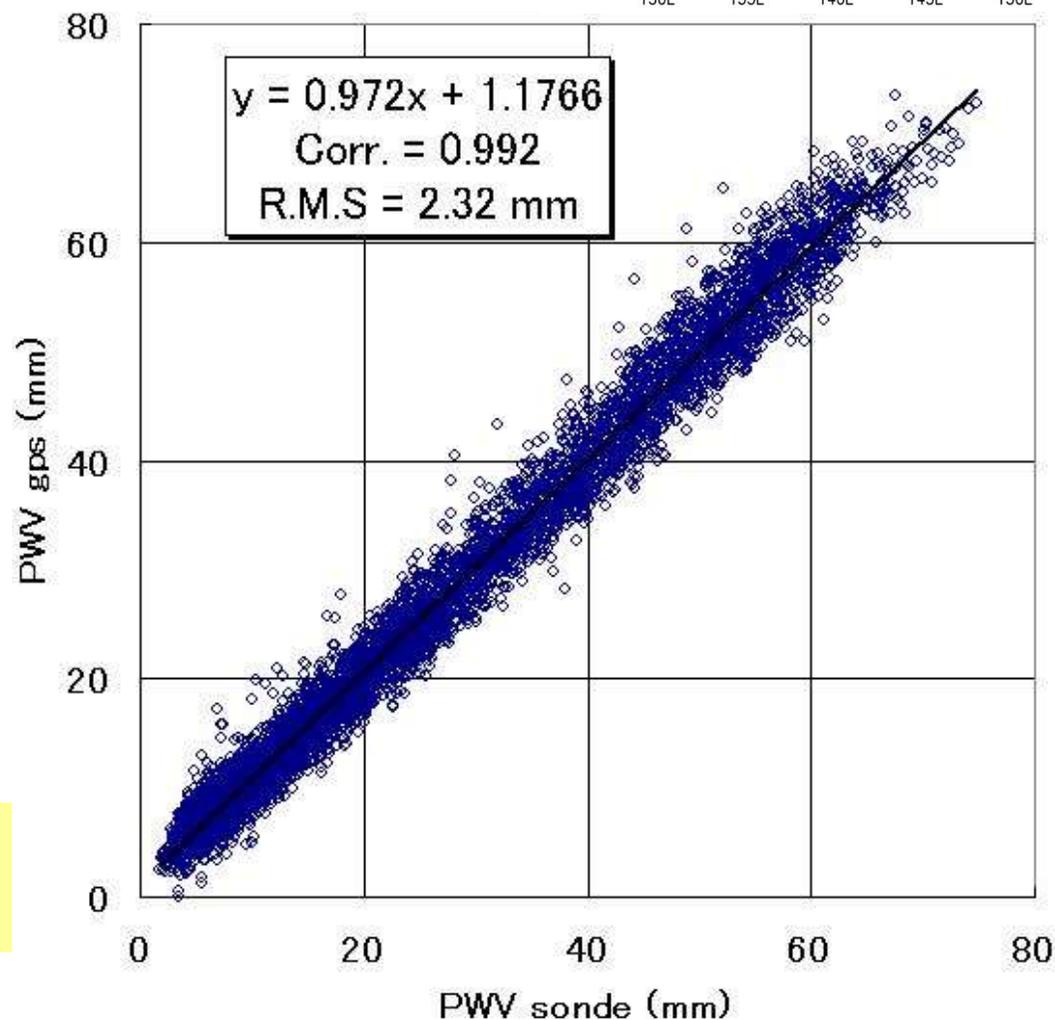
GPS可降水量の精度： ゾンデと同等



高層ゾンデで観測されたPWVとGPS解析によるPWVとの比較(1999年6月～2000年5月)。ゾンデの観測点とGPSが水平距離10km未満, 高度差20m未満の下表の点で比較を行った。

高層観測点	GPS点	水平距離 (km)	高度差 (m)
47420/根室	0006	7.5	-6.0
47580/三沢	0539	2.7	11.3
47590/仙台	0037	7.3	-11.3
47600/輪島	0053	1.0	0.1
47646/舘野	0584	6.6	0.0
47681/浜松	3050	9.8	-6.8
47744/米子	0654	1.0	3.9
47918/石垣島	0750	0.9	12.5
47945/南大東島	0497	0.6	1.2

*高度差=GPS点標高-高層観測点標高



ゾンデとの比較で2.3mm(ただし、精密暦を用いた事後解析であることに注意)

GPS可降水量の同化(手法1)

観測データ:GPS可降水量

- ・モデルと観測点の標高差が50m以下を使用

NHM-LETKFで得た 第一推定値と統計値

- ・各観測点で±100km内の格子の気温・湿度や湿度のスプレッドのプロファイル

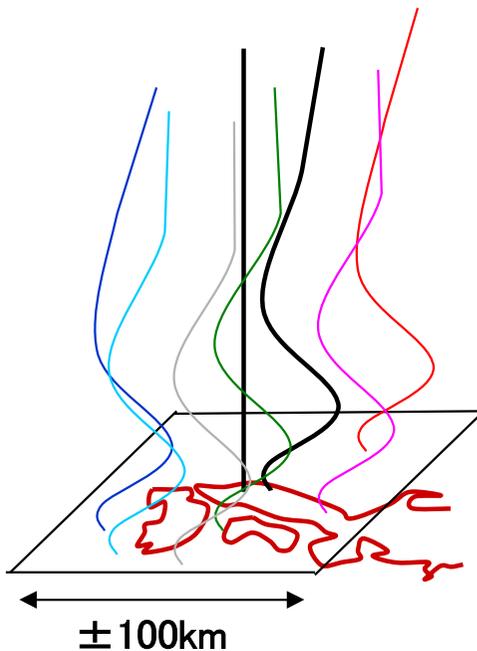
LETKFの入力データ: 湿度プロファイル

- ・観測誤差の鉛直相関を考え、40層のデータを鉛直方向に300hPaまで3層ごとに間引いて与えた。

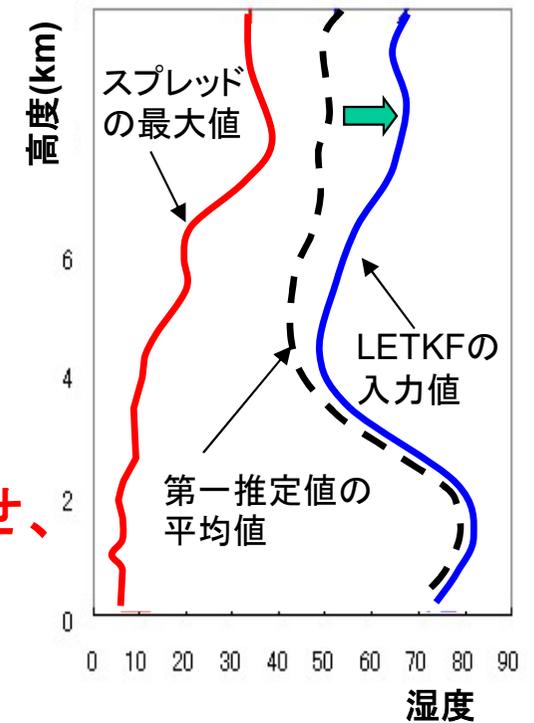
現象の位置ずれを考え、受信機から±100km内の湿度の平均とスプレッドの最大値を得る。

仮定: 予報誤差が大きいほど、解析値と第一推定値の差が大きい。

予報誤差に応じて、第一推定値を増減させ、LETKFの入力値を求めた。



入力データの模式図



GPS可降水量の同化(手法2)

観測データ:GPS可降水量

- ・モデルと観測点の標高差が50m以下を使用

NHM-LETKFで得た 第一推定値と統計値

- ・各観測点で±100km内の格子の気温・湿度や湿度のスプレッドのプロファイル

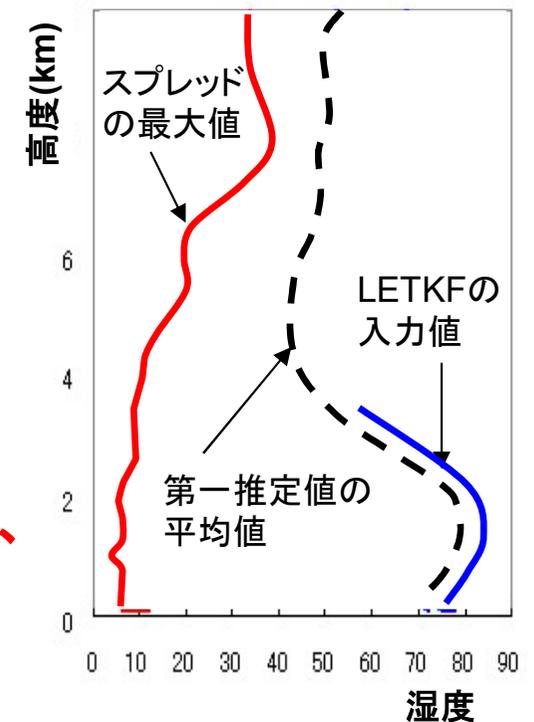
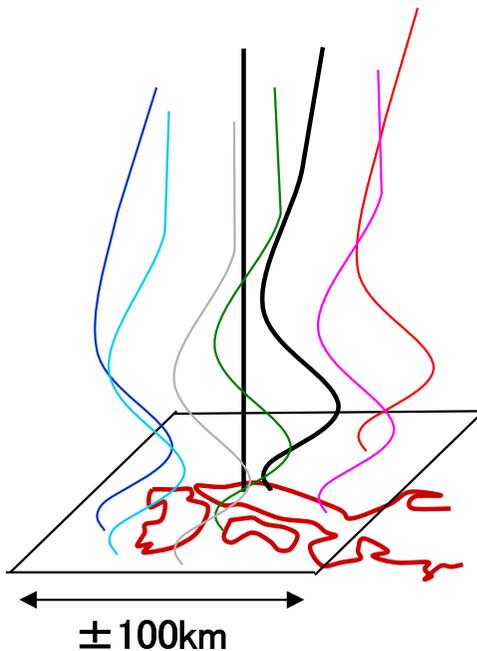
LETKFの入力データ: 湿度プロファイル

- ・観測誤差の鉛直相関を考え、40層のデータを鉛直方向に300hPaまで3層ごとに間引いて与えた。

現象の位置ずれを考え、受信機から±100km内の湿度の平均とスプレッドの最大値を得る。

仮定: 予報誤差が大きいほど、解析値と第一推定値の差が大きい。

可降水量と各層の水蒸気量の相関を取り、その絶対値が大きな層だけ変更させてLETKFの入力値を求めた。

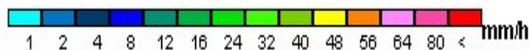
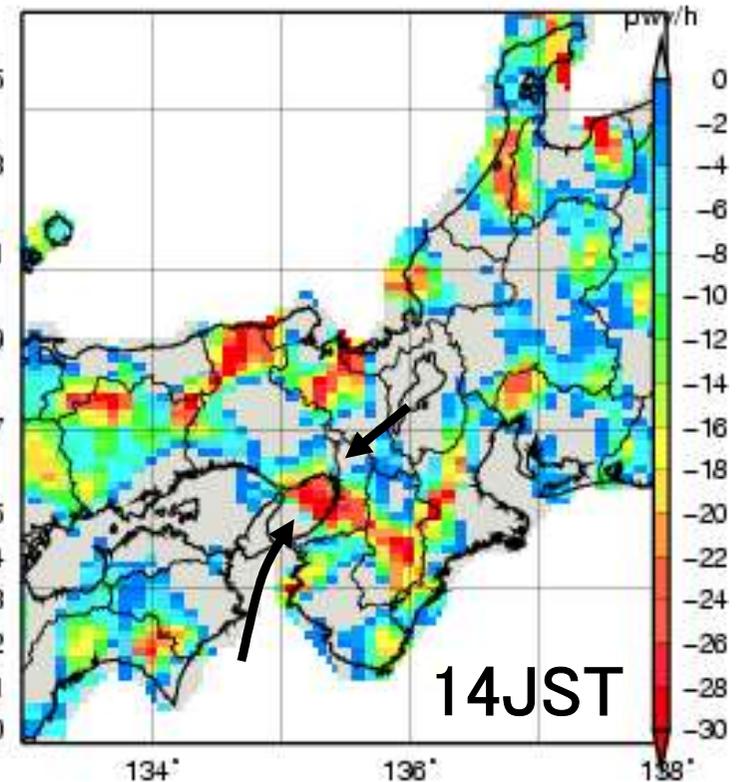
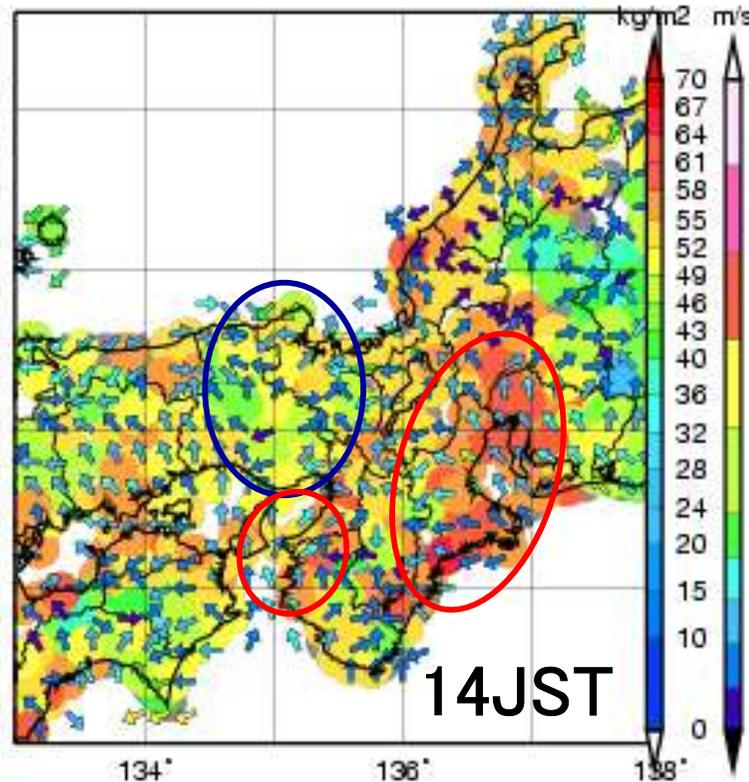
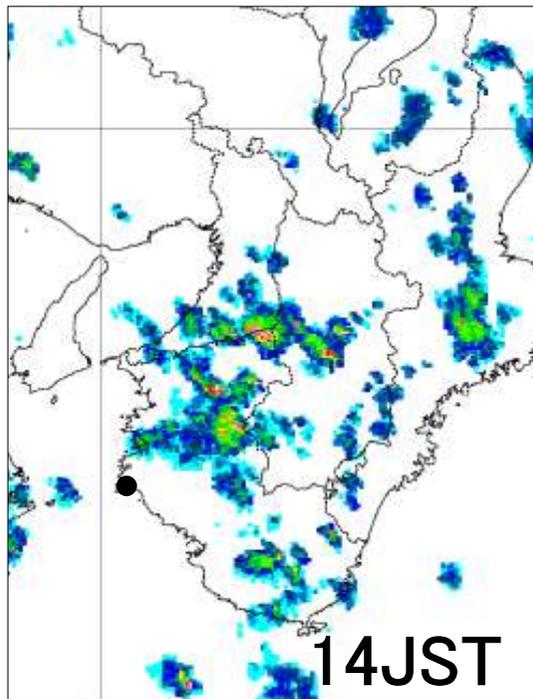


観測されたGPS可降水量

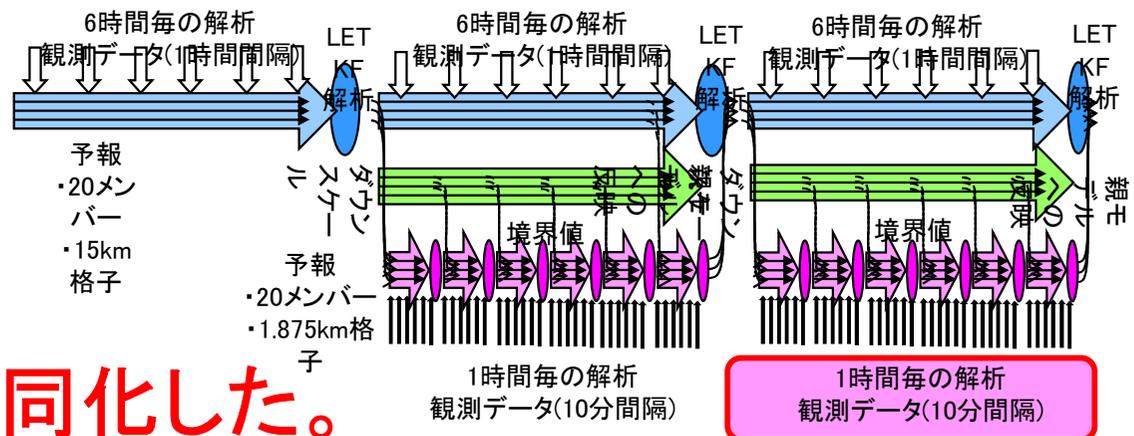
2008 / 09 / 05 / 05_00(UTC)

GPS PWV site = 1158

FLUX_DIV

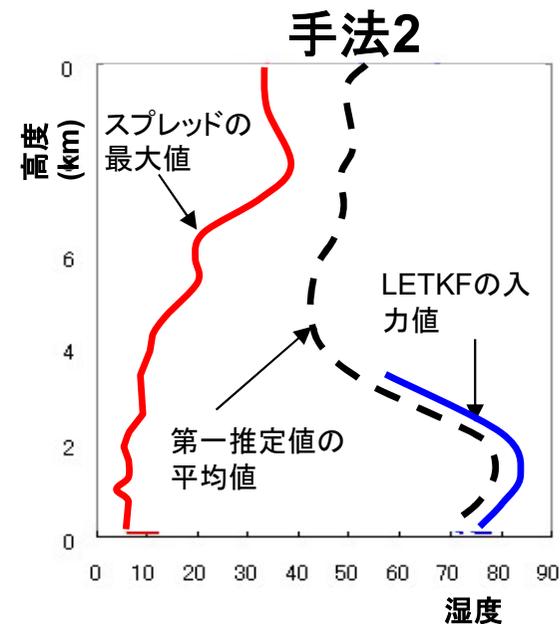
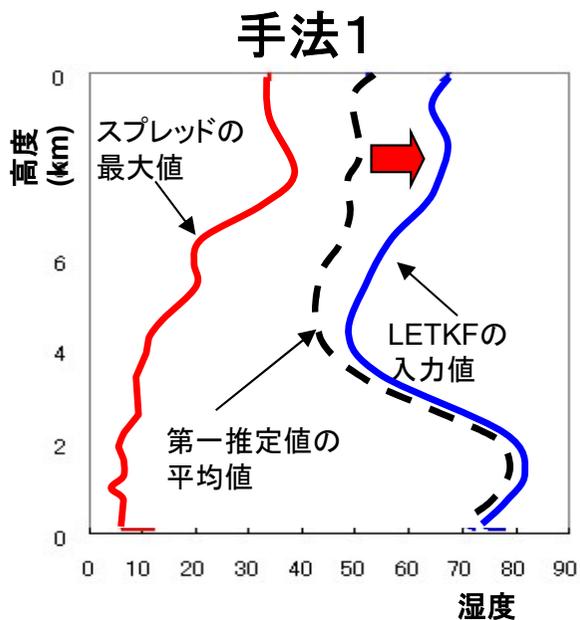
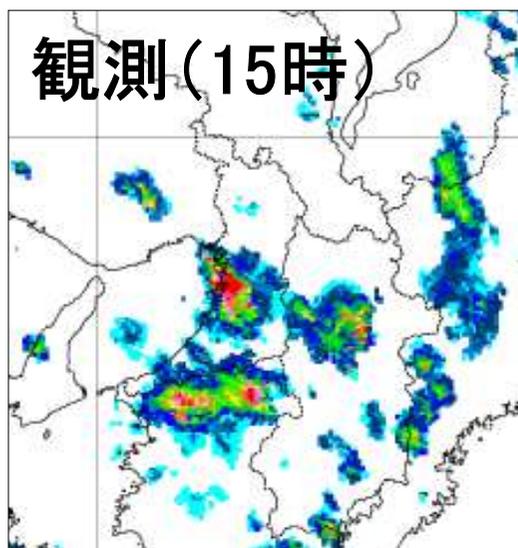


現業レーダで観測した9月5日
14時のエコー分布と、
GPS可降水量と収束量。

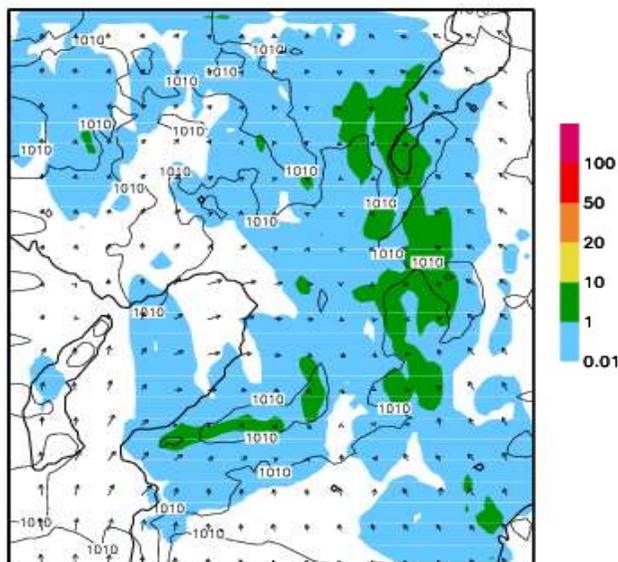


9時-15時の間に10分毎に同化した。

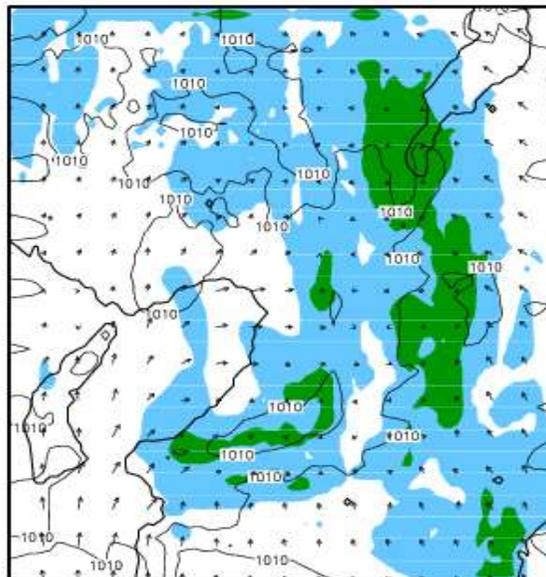
可降水量の同化の結果



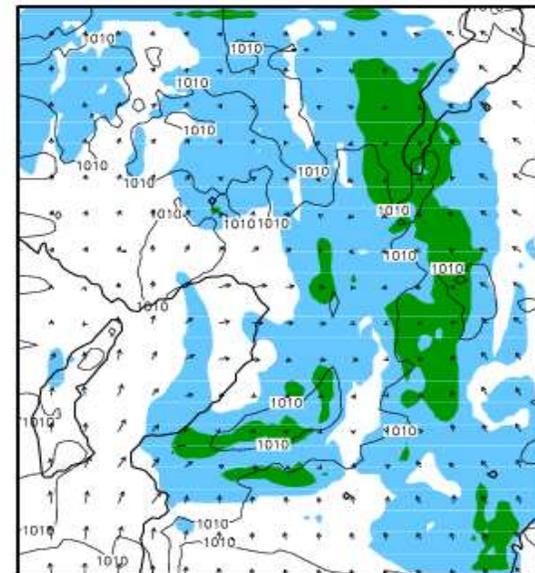
アンサンブル平均(CNTL)



アンサンブル平均(手法1)



アンサンブル平均(手法2)

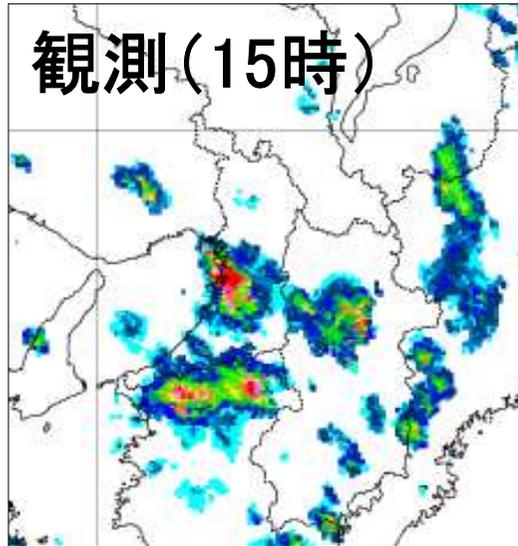


20

20

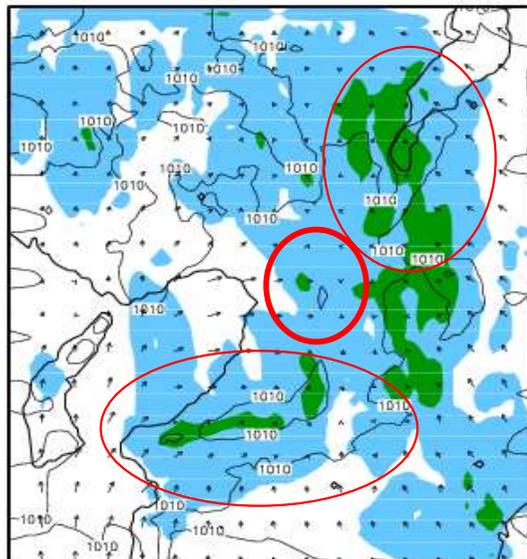
20

可降水量の同化の結果



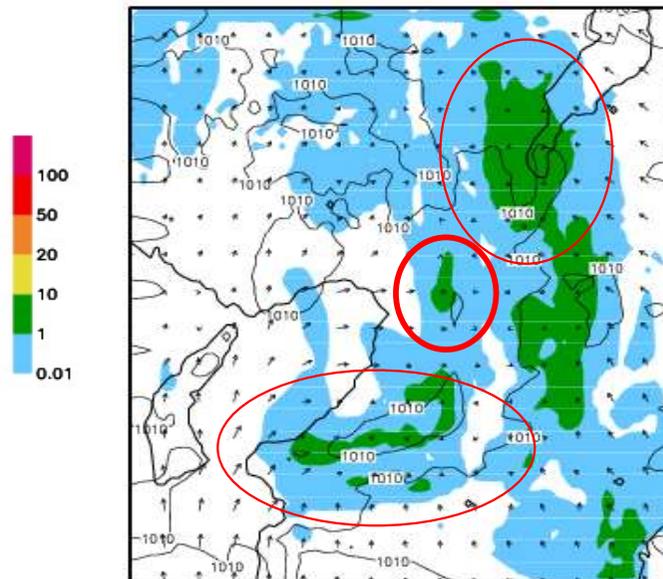
- GPSを同化しても、降水分布に顕著な差はないが、大阪府や和歌山県北部、滋賀県の降水域が、強められた。
- 本事例では、手法1と2の差は、大きくなかった。

アンサンブル平均(CNTL)



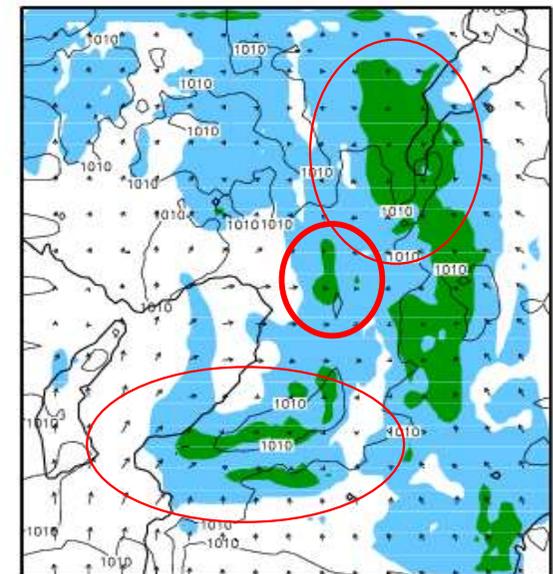
20

アンサンブル平均(手法1)



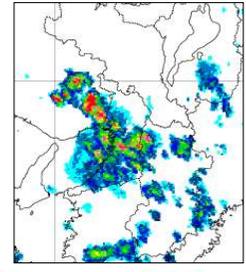
20

アンサンブル平均(手法2)

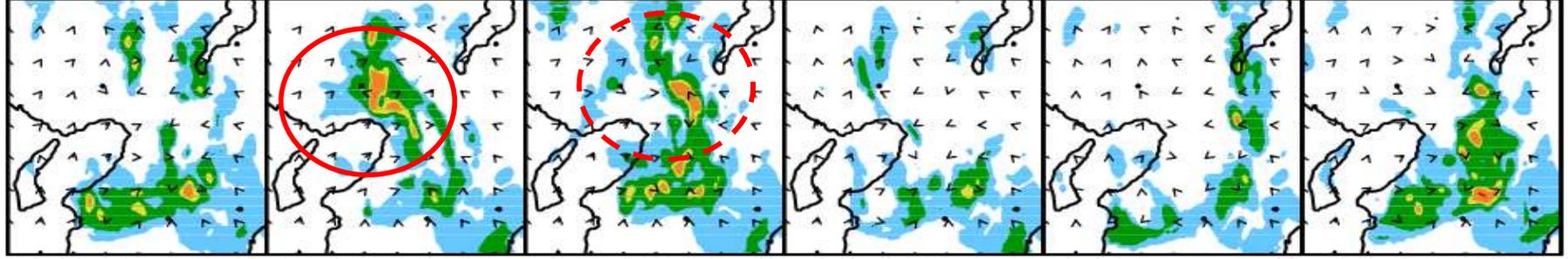


20

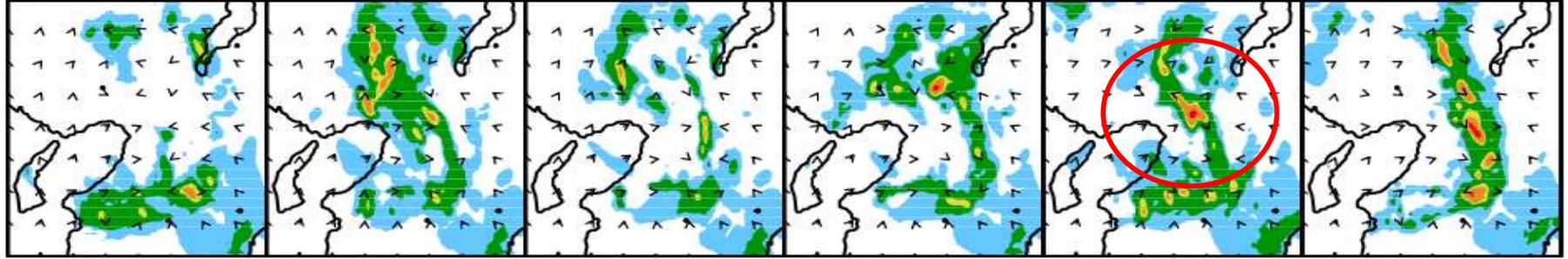
CNTLと比較すると、 雷雨の再現が良くなっている



17JST

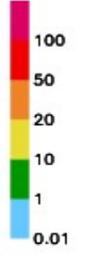
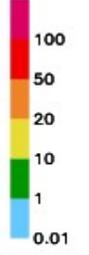
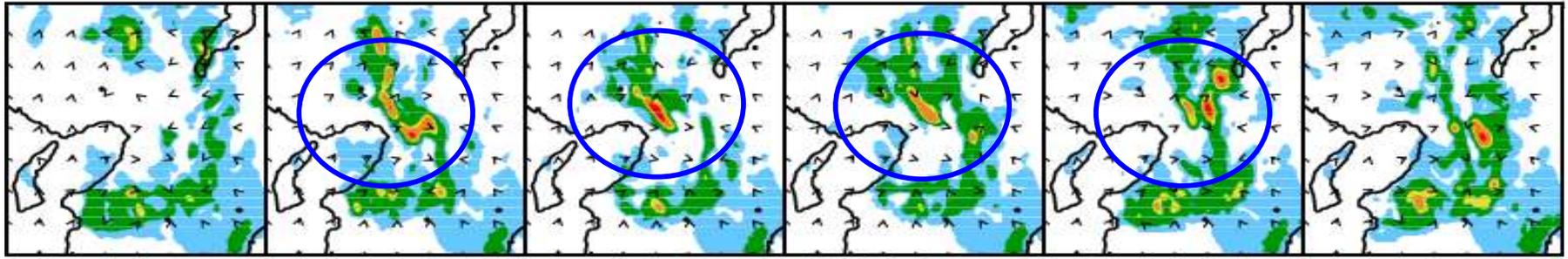
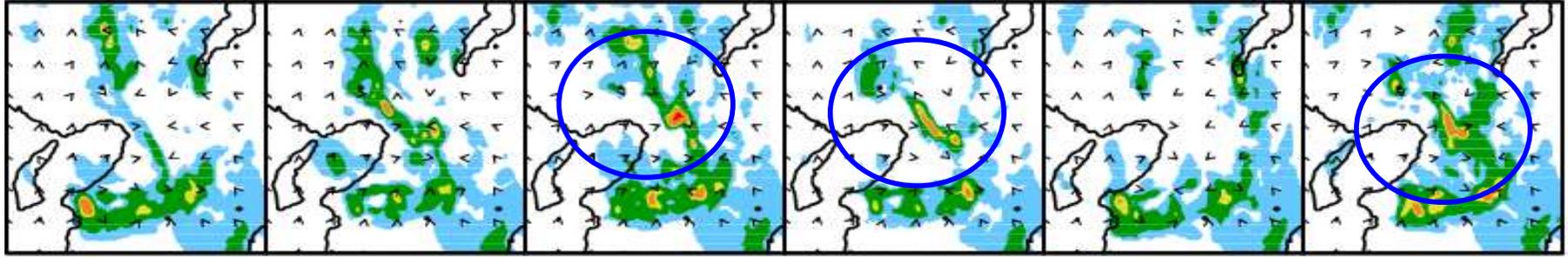


CNTL

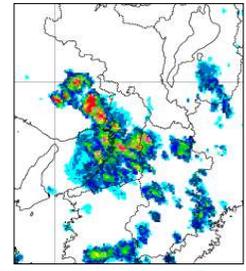


GPS_手法2

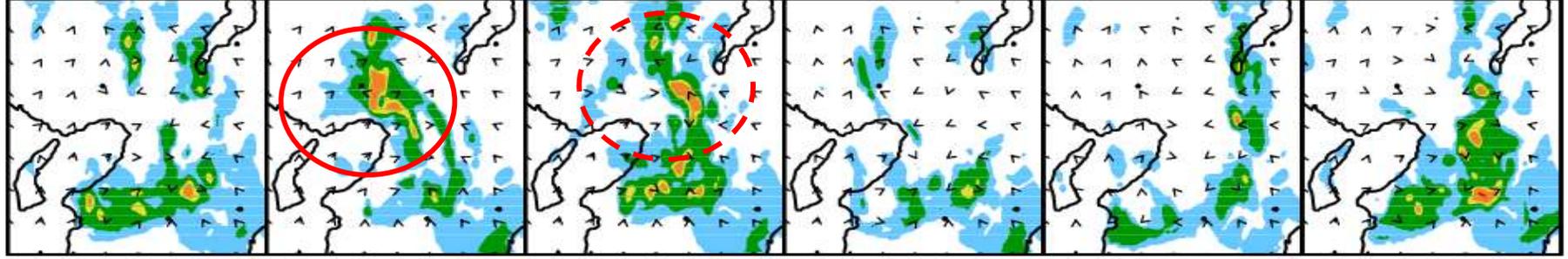
17JST



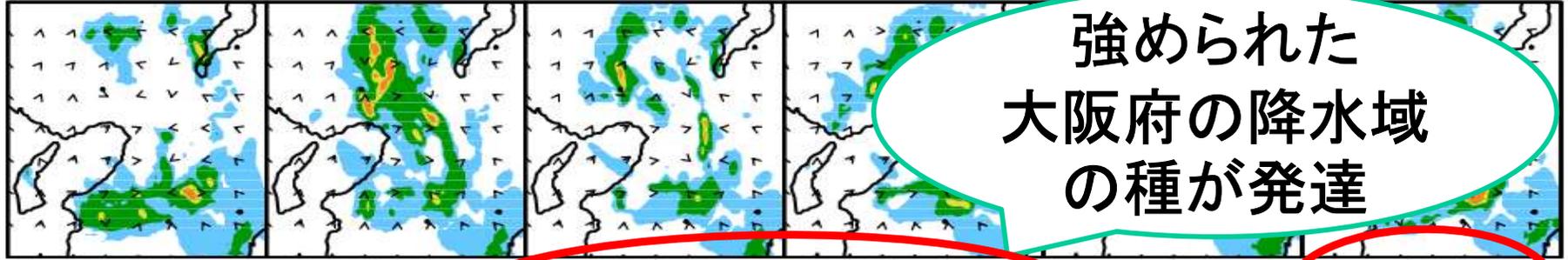
CNTLと比較すると、 雷雨の再現が良くなっている



17JST



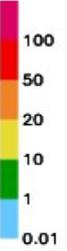
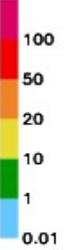
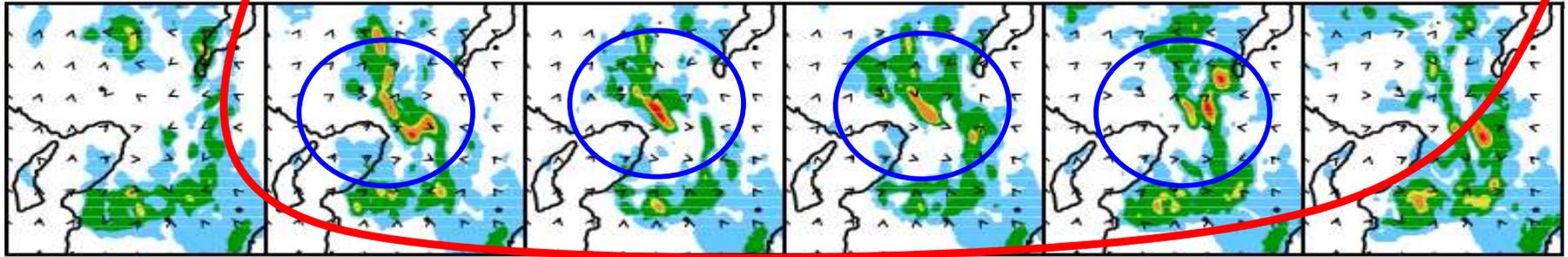
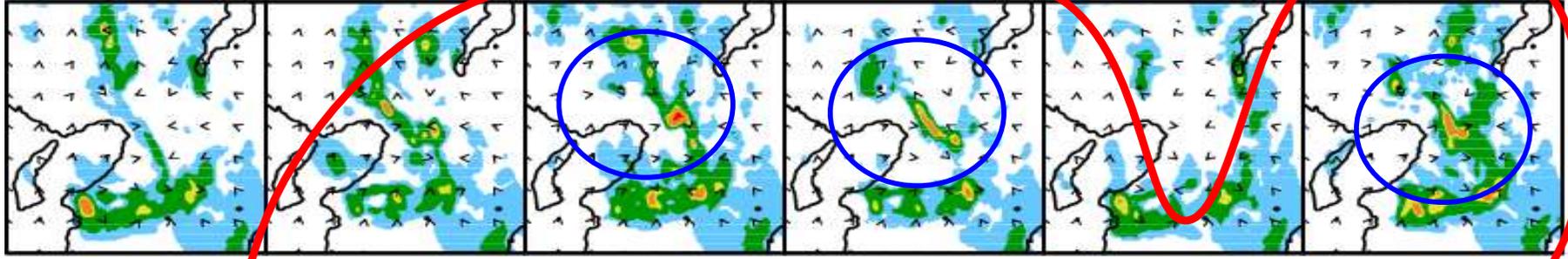
CNTL



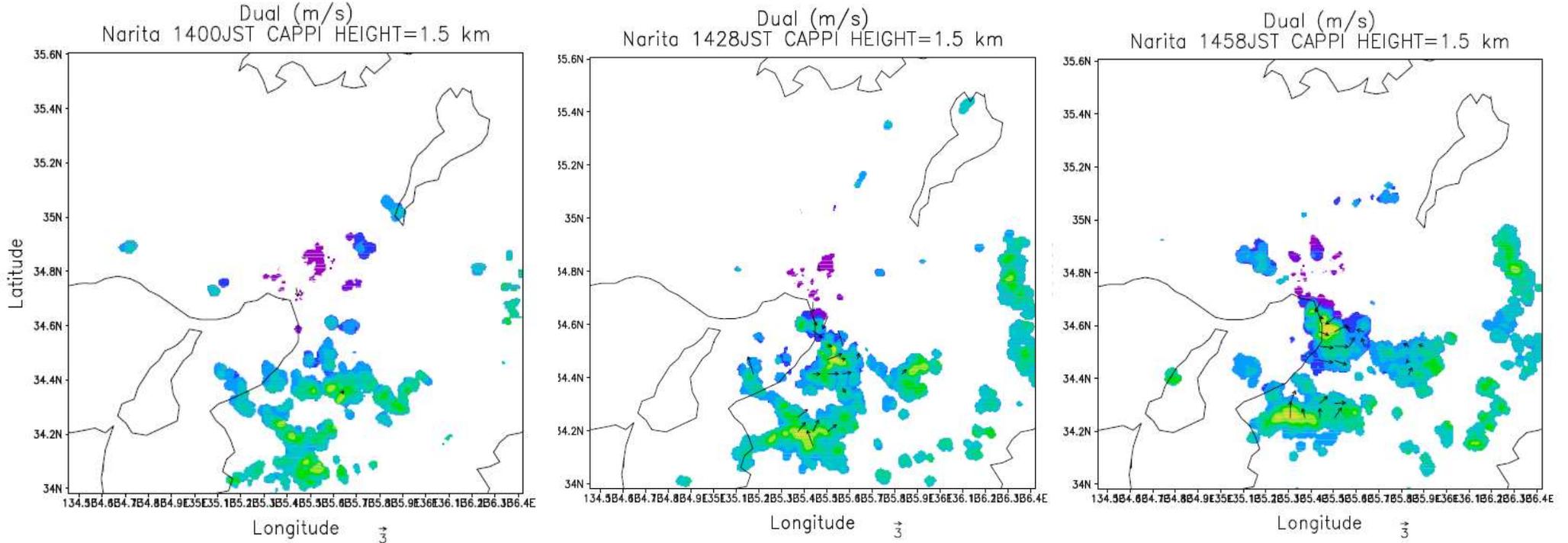
強められた
大阪府の降水域
の種が発達

GPS_手法2

17JST

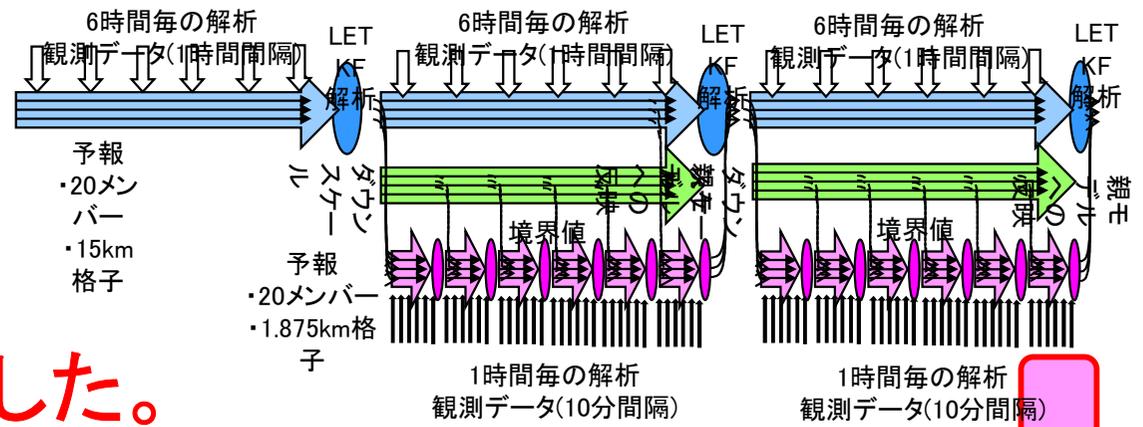


観測されたドップラーレーダーの水平風

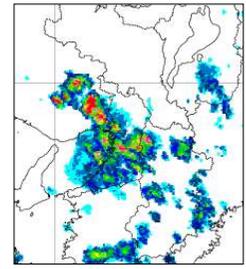


関西空港と大阪空港のドップラーレーダーの動径風から、draftを用いてdual解析を高度0.5kmから1km毎に行った。

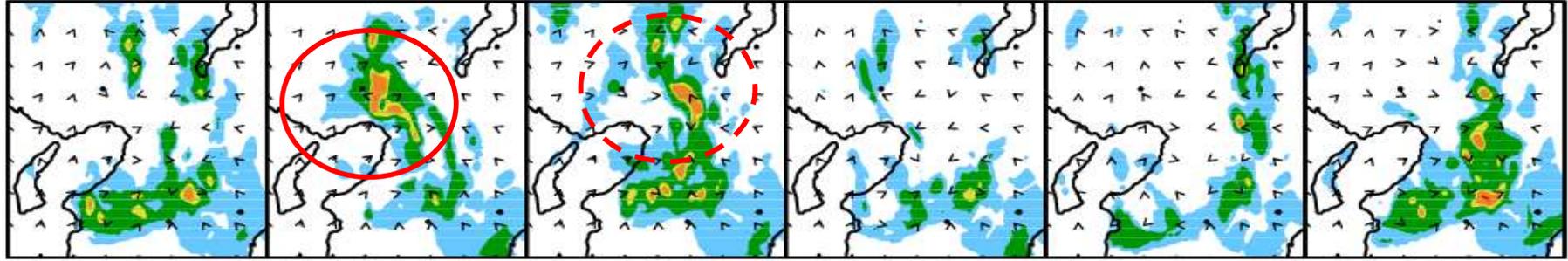
14-15時の高度3.5km以下の水平風を10分毎に同化した。



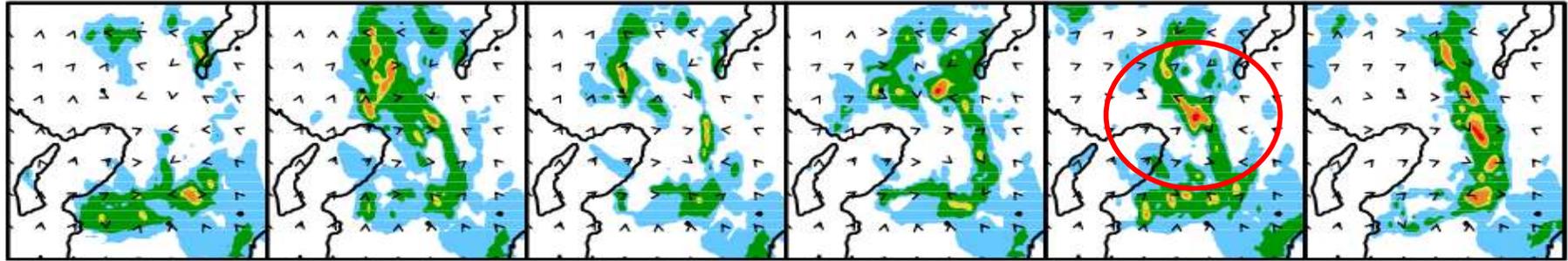
Radarの水平風を同化すると、GPSほどではないが、観測と同じ位置・形状で再現されているものが増えている。



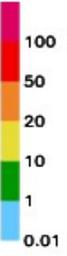
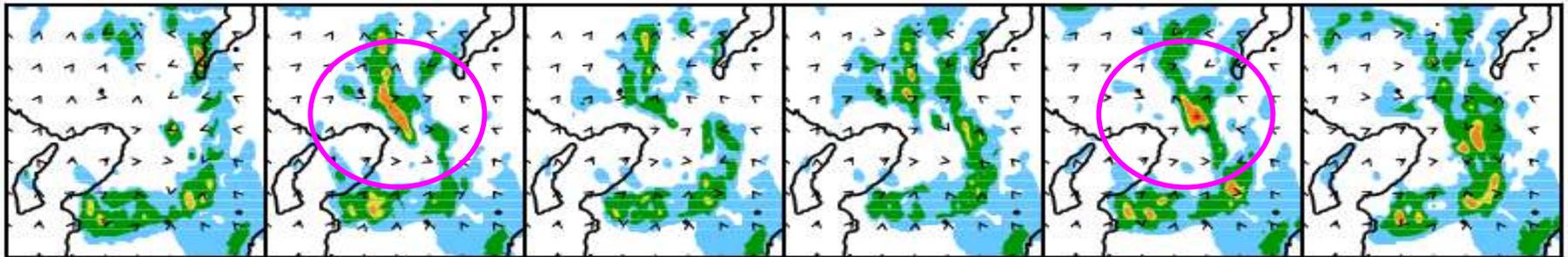
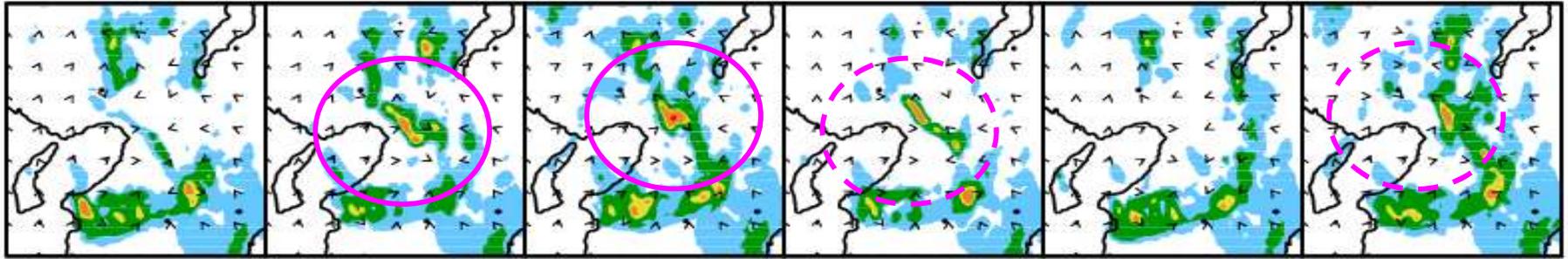
17JST



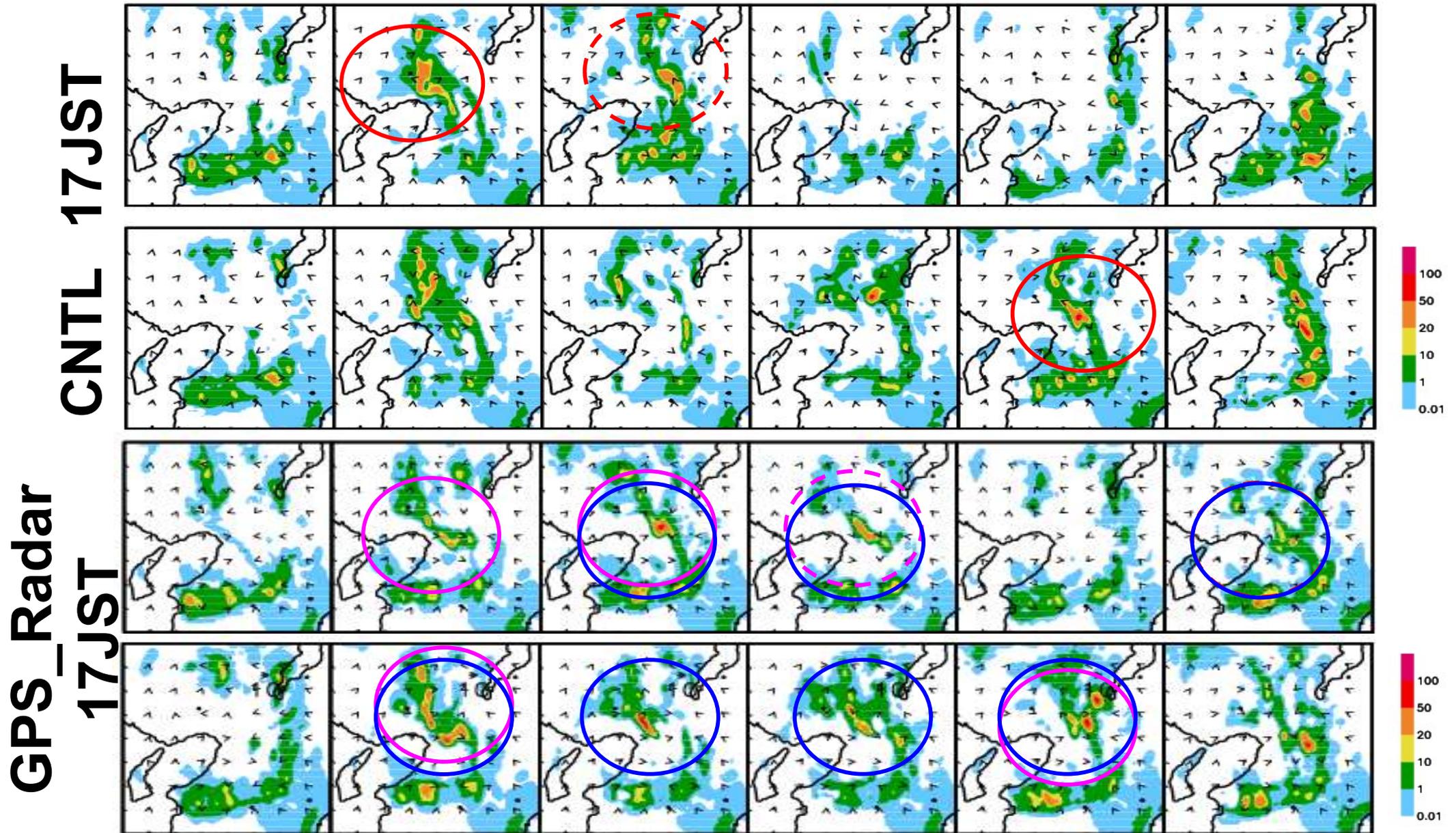
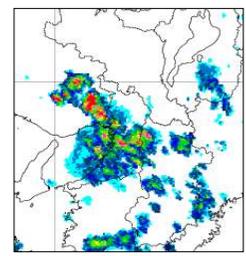
CNTL



Radar_UV
17JST

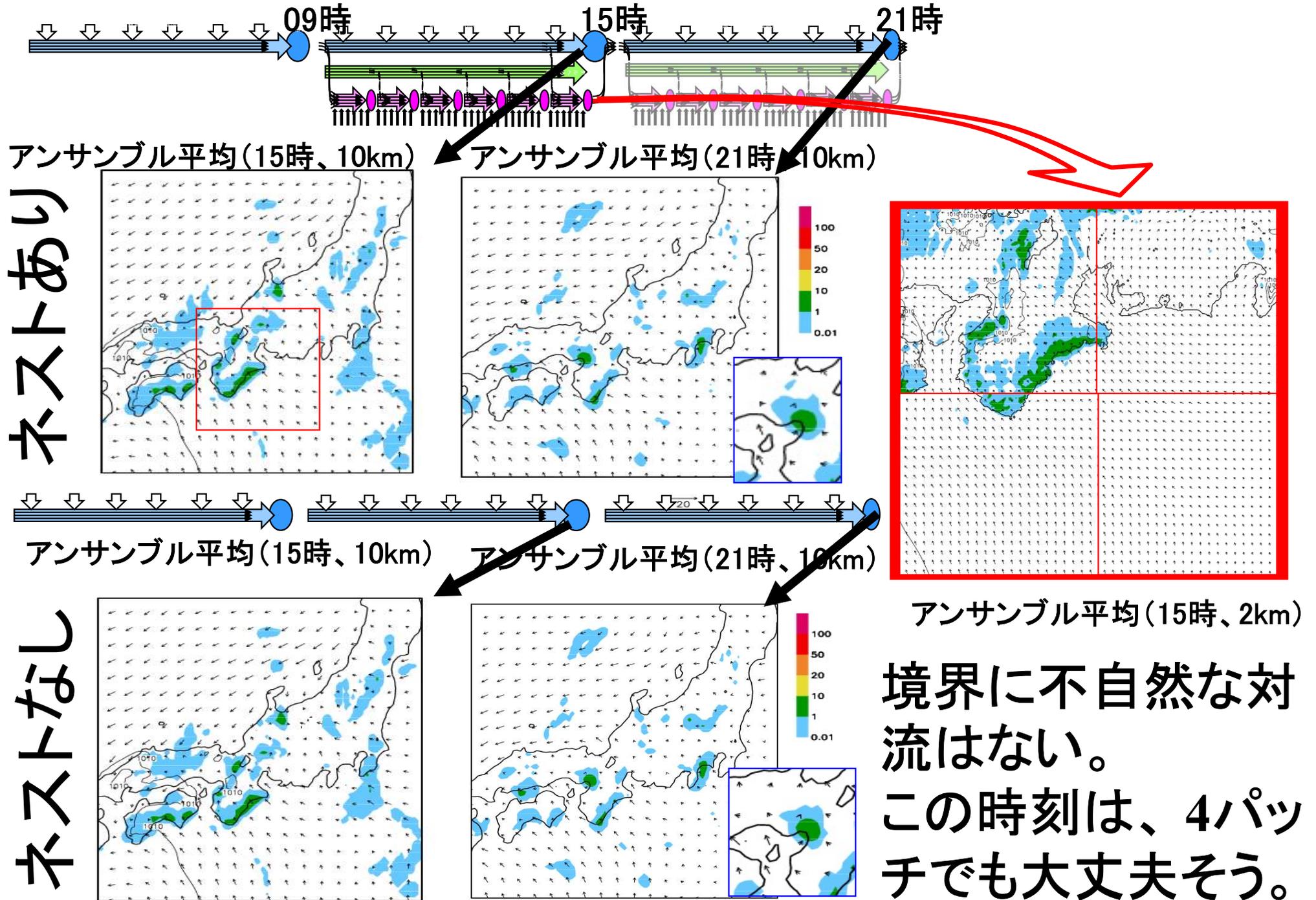


GPSとRadarを両方同化すると、両方の改善が反映される。



青とピンクの丸はGPSとレーダで改善されたメンバーを示す。

複数パッチのテスト(境界は悪さをするか?)



まとめと今後

1. LETKFをネストさせて、対流スケールの同化を試みた。
2. 2008年9月5日の大阪の雷雨の事例では、ネストにより、詳細な降水分布が再現できた。
3. 可降水量やドップラーレーダの水平風を同化すると、雷雨の再現が改善された。
4. 今後、ネスト法や可降水量・ドップラー風の同化法等の改善を継続すると共に、他の高解像度な観測データの同化法の開発も行う。