



## 第2章 応用編

### 2.3 局地数値予報システムの改良

# 変更の概要

2022年3月22日実施

- 局地解析にハイブリッド3次元変分法を導入
  - 従来は、気候学的に事前に見積もった背景誤差(モデル予測誤差)を考慮して観測情報を初期値に反映。
  - メソアンサンブルから日々の気象場に応じた背景誤差(モデル予測誤差)を考慮できるようにシステムを高度化。
- 物理過程の高度化
  - 初期値・境界値であるメソモデルの物理過程の高度化にあわせて、局地モデルの蒸発散プロセスを精緻化

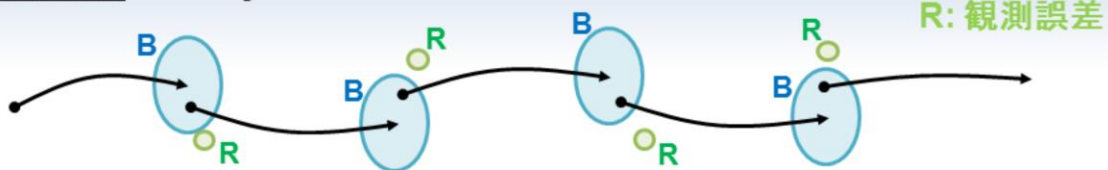
2022年3月に実施した局地数値数値システムの改良の概要を述べる。

局地解析で用いている3次元変分法(3DVar)では、背景誤差(モデル予測誤差)を考慮して観測情報を初期値に反映させている。変更前は背景誤差(モデル予測誤差)として気候学的に事前に見積もった値のみを用いていたが、変更後はメソアンサンブルから算出した日々の気象場に応じた値を考慮(ハイブリッド同化)し、観測情報をより適切に初期値に反映させることができるようになった。また、局地モデルの陸面過程を改良し、蒸発散プロセスをより精緻に扱えるようにした。陸面過程の変更は、本改良と同時に実施したメソ数値予報システム改良における陸面過程の改良と同等のものである。

これらの変更の詳細については、気象庁数値予報開発センター(2022)を参照のこと。

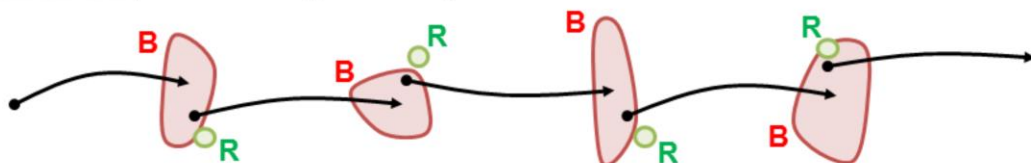
# ハイブリッド同化の概要

- **変更前:**  $B = B_c$



- 気候学的背景誤差 ( $B_c$ ) は水平方向に一様等方で解析時刻によらず一定
- このため、観測の同化によるインクリメントは日々の気象場に応じたモデル予測誤差によらず決まる。

- **変更後:**  $B = 0.5B_c + 0.5B_e$



- メソアンサンブルの予報値から作成した背景誤差 ( $B_e$ ) を気候学的背景誤差 ( $B_c$ ) に混ぜることにより、 $B$  は水平方向に非等方、解析時刻毎に異なる。
- アンサンブルスプレッドが大きい位置で背景誤差が大きくなり、予報誤差が大きい点でより観測に近づけることが可能になった。



局地解析に導入されたハイブリッド3次元変分法の概要及びその効果について述べる。

局地解析では3DVarと1時間予報を繰り返すことにより初期値を作成している。3DVarでは背景誤差(モデル予測誤差)を考慮して観測情報を初期値に反映させている。変更前は、気候学的に事前に見積もった値のみを背景誤差として用いてきた。このようにして求められた背景誤差(気候学的背景誤差:  $B_c$ )は水平方向に一様等方で解析時刻によらず一定であり、観測の同化によるインクリメント(第一推定値の修正量)は日々の気象場によらず一定であった。変更後は、メソアンサンブルの予報値から作成した日々の気象場に応じた背景誤差( $B_e$ )を気候学的背景誤差( $B_c$ )に混ぜることにより、解析に用いる背景誤差( $B$ )は水平方向に非等方で解析時刻毎に異なるようになった。アンサンブルスプレッドが大きい位置で背景誤差が大きくなり、予報誤差が大きい点でより観測に近づけることが可能になった。

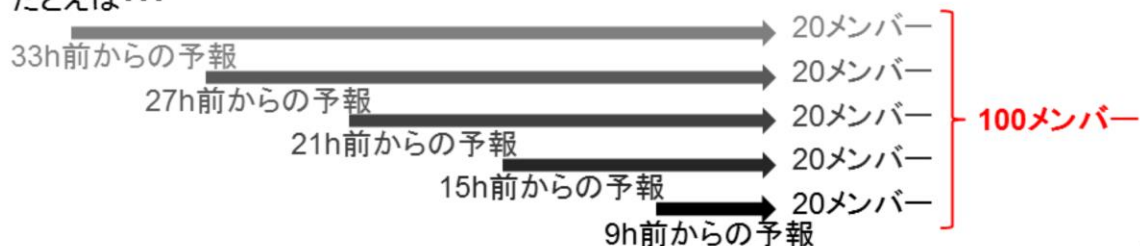
# ハイブリッド同化の導入

## 異なる初期時刻のMEPSを用いたメンバー増

メソアンサンプルのメンバー数が多いほど $B_e$ は精度よく推定されることが期待される。

→ 異なる初期時刻のMEPSを用いて100メンバーに増やす

たとえば…



※MEPSは6時間毎に39時間予報を行っているため、同じ予報対象時刻の予報が6～7初期値あるが、MEPSの実行時間の関係で利用できるのは5初期値分。

※異なる初期時刻のMEPSを用いるにあたっては、予報時間が長くなるほどスプレッドが大きくなることを考慮している。

日々の気象場に応じた背景誤差( $B_e$ )を精度よく推定するための工夫について述べる。

アンサンブルメンバー数が増加するほど、予測の不確実性の推定精度は向上することが期待される。このため、メソアンサンプルの予報値から日々の気象場に応じた背景誤差( $B_e$ )を求めるにあたっては、異なる初期時刻のMEPSを用いて100メンバー(20メンバー/1初期時刻 × 5初期時刻)を利用している。アンサンブル予報では予報時間が長くなるほどスプレッドが大きくなるが、異なる初期時刻のMEPSを用いるにあたっては、予報時間の長さによってスプレッドが異なることを考慮している。

# モデル変更による特性変化の概要

- 夏期間の予報前半の強雨を中心に空振りと見逃しが減少し、予測精度が改善する。
- 気象場に応じたモデル予測誤差を考慮して観測情報を初期値に反映させるようになったことにより、強雨の位置や強度が実況に近づく事例が多く見られるようになった。
- 地上気象要素の予測が改善する。地上乾燥バイアスが大幅に軽減するとともに、地上気温の日中の負バイアス、夜間の正バイアスがそれぞれ軽減する（日変化表現の改善）。



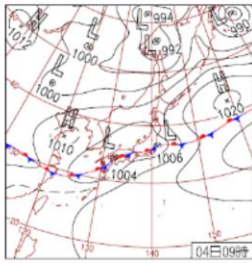
2022年3月の局地数値予報システムの改良による特性変化の概要について述べる。

夏季の予報前半の強雨を中心に、降水の予測精度が向上するとともに、気象場に応じた予測誤差を考慮して観測情報を初期値に反映させるようになったことにより、強雨の位置や強度が実況に近づく事例が多く見られるようになった。

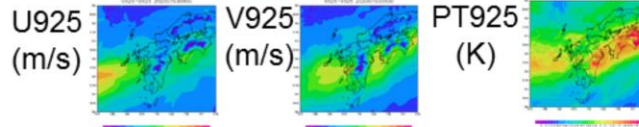
陸面過程等の改良により、地上気象要素の予測も改善した。変更前の局地モデルでは地上が乾燥する傾向があったが、変更後は乾燥バイアスが大幅に軽減された。また、変更前の局地モデルで見られた日中の低温バイアス及び夜間の高温バイアスが軽減し、変更後は地上気温の日較差がより実況に近い予測となっている。

# 解析インクリメントの変化の例 (次スライドの線状降水帯事例)

天気図(2020/7/4 00UTC)



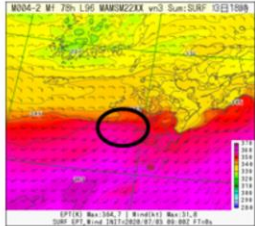
2020/7/3 09UTCのMEPSのアンサンブルスプレッド  
(LAF法を用いて100メンバー)



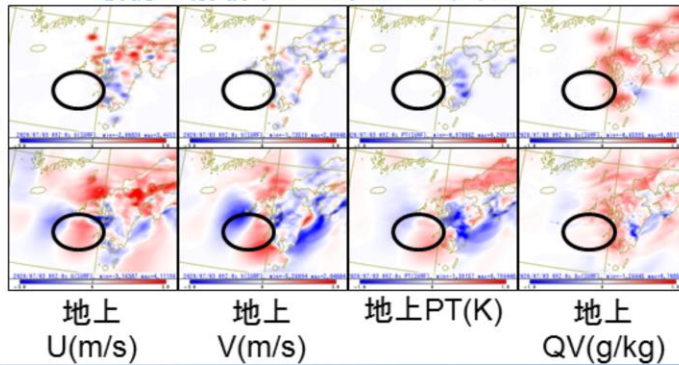
2020/7/3 12UTC初期値作成までの4回のうち  
最初の解析(09UTC)のインクリメント

変更前

第一推定値の地上の相当温位と風



変更後



地上  
U(m/s)

地上  
V(m/s)

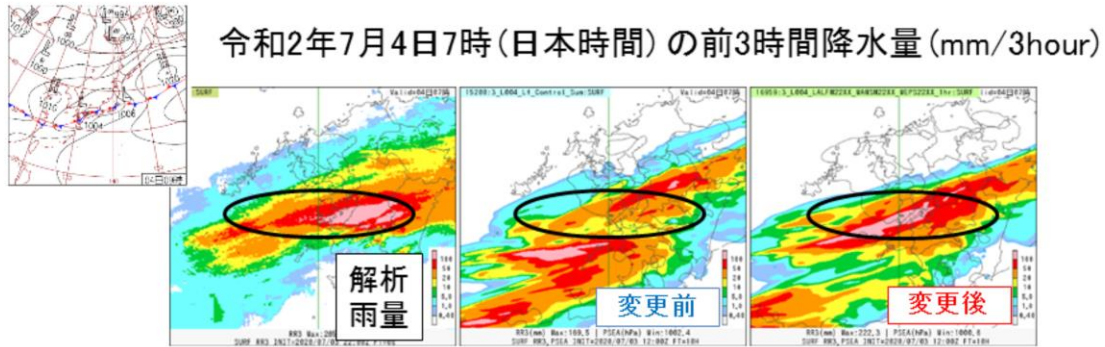
地上PT(K)

地上  
QV(g/kg)

ハイブリッド3次元変分法の導入による解析インクリメント(観測情報による第一推定値の修正量)の変化の例を示す。右上段がメソアンサンブル予報システム(MEPS)のアンサンブルスプレッド、右中段が改良前の解析インクリメント、右下段が改良後の解析インクリメントである。改良後は、解析インクリメントが気象場の流れに沿った分布になり、地上観測によるインクリメントが海上にも及んでいることがわかる。

# 強雨予測の改善事例

線状降水帯への暖気流入を強めるような解析インクリメントが入り、線状降水帯をより強めることにより予測が改善する事例

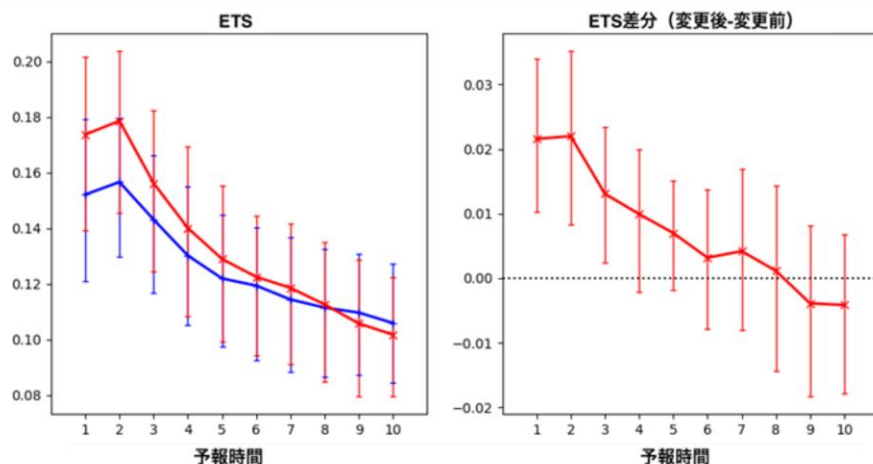


変更後は、線状降水帯に伴う降水の位置・強度を、より現実に近く予測

線状降水帯に伴う降水予測精度が向上した事例として、前スライドで解析インクリメントを示した令和2年7月4日の線状降水帯事例の変更前後の予測結果を示す。変更後は、線状降水帯への暖気流入を強めるような解析インクリメントが入り、降水の位置・強度がより実況に近い予測になっている。

# 降水予測の改善

夏季の予報前半の強雨を中心に、降水の予測精度が向上する。



1時間積算雨量(閾値: 10mm/h)の検証結果  
(検証格子10km)

— 変更前  
— 変更後

夏季における降水予測(1時間10mm)の予報時間別の検証結果を示す。

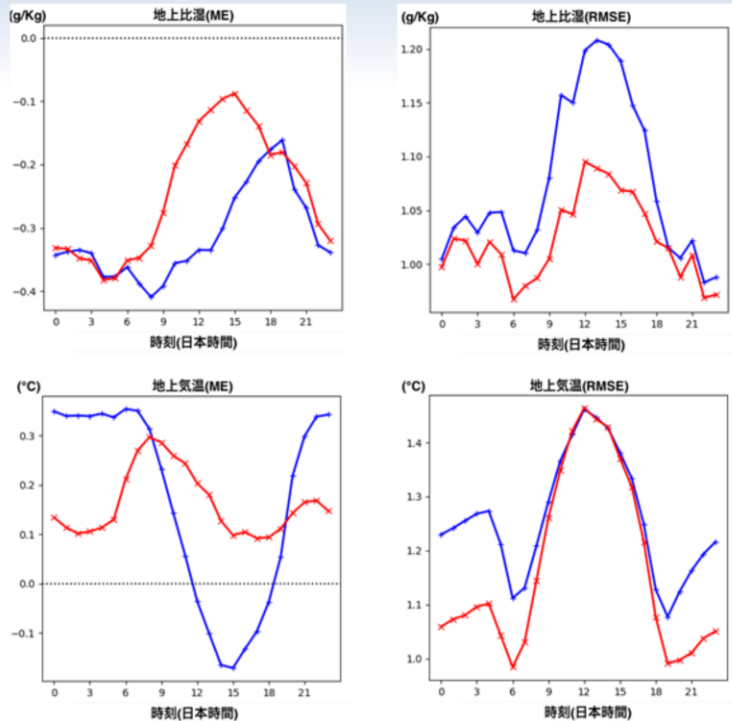
夏季の予報前半の強雨を中心に、空振りと見逃しが減少(図省略)し、予測精度が向上する。



# 地上気象要素の改善

- 地上気温・比湿の対象時刻別検証結果（夏期間）
- 地上乾燥バイアスの軽減
- 日中の低温バイアス、夜間の高温バイアスがそれぞれ軽減
- RMSEが改善

— 変更前  
— 変更後



夏季における地上気温・比湿の対象時刻別の検証結果を示す。

変更前の局地モデルでは地上が乾燥する傾向があったが、変更後は乾燥バイアスが軽減し、全対象時刻にて平方根平均二乗誤差 (RMSE) も減少した。また、変更前の局地モデルで見られていた、日中の低温バイアス及び夜間の高温バイアスが軽減した。変更後は地上気温の日較差がより実況に近い予測になり、全対象時刻にて平方根平均二乗誤差 (RMSE) が減少した。

## 参考文献

- 気象庁数値予報開発センター, 2022: 局地解析へのハイブリッド同化手法の導入, 数値予報開発センター年報(令和3年), 100-101.