



メソアンサンブル予報システム (MEPS) の予報特性等について

気象・地震等の情報を扱う事業者等を
対象とした講習会（第7回）

令和元年6月20日

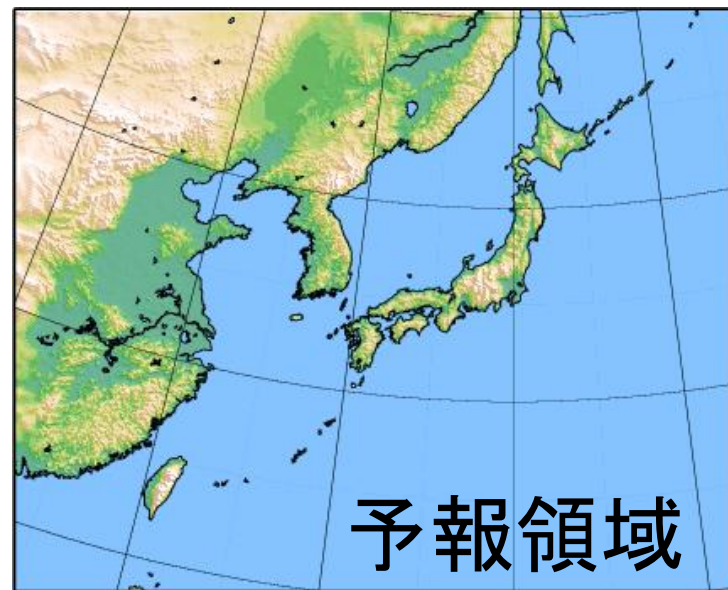
気象庁予報部数値予報課

内容

- 概要
- 統計検証
- シナリオ予測
- アンサンブル平均
- モデルのバイアス
- まとめ

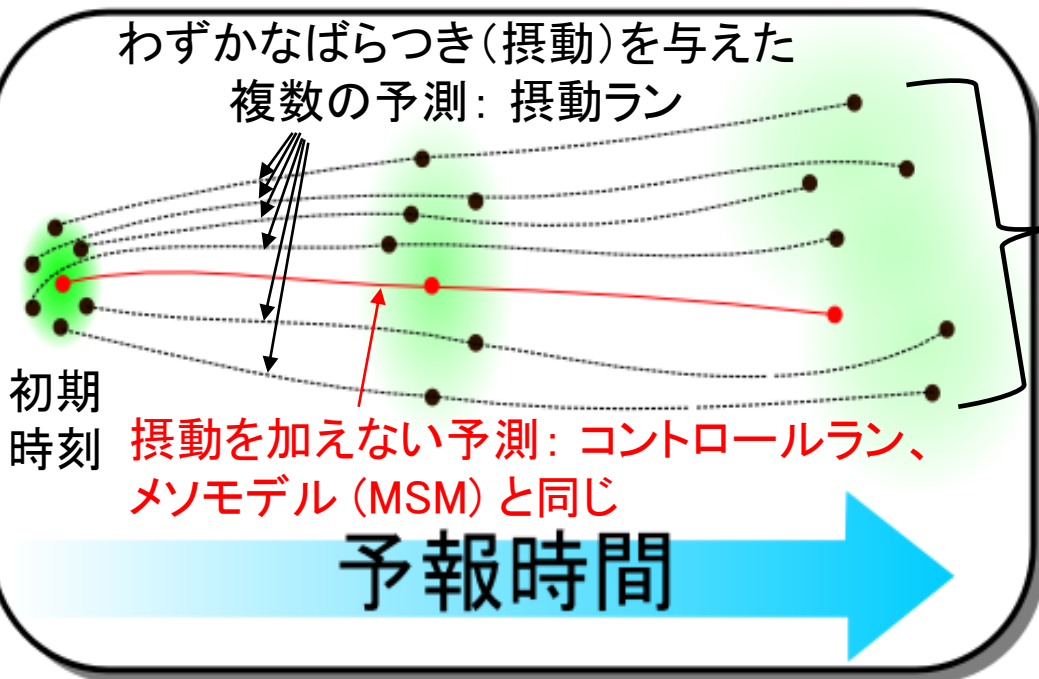
メソアンサンブル予報システム

- 目的は、メソモデル (MSM) による予測の信頼度や不確実性を把握すること
- 令和元年 6月27日、メソアンサンブル予報システム (MEPS: Meso-scale ensemble prediction system) を運用開始予定
- 水平格子間隔: 5 km
- メンバー数: 21
 - コントロールランは MSM
- 予報時間: 39時間
- 予報頻度: 4回／日 (初期時刻 00, 06, 12, 18 UTC)



アンサンブル予報

- 初期値作成、時間積分などにおいて生じ得る誤差の要因に対応するわずかな「ばらつき」(摂動)を加えた複数の予測(アンサンブルメンバー)により予測の不確実性を評価する手法



予測値のばらつきの大きさ(スプレッド)は MSM による予測の信頼度を表す

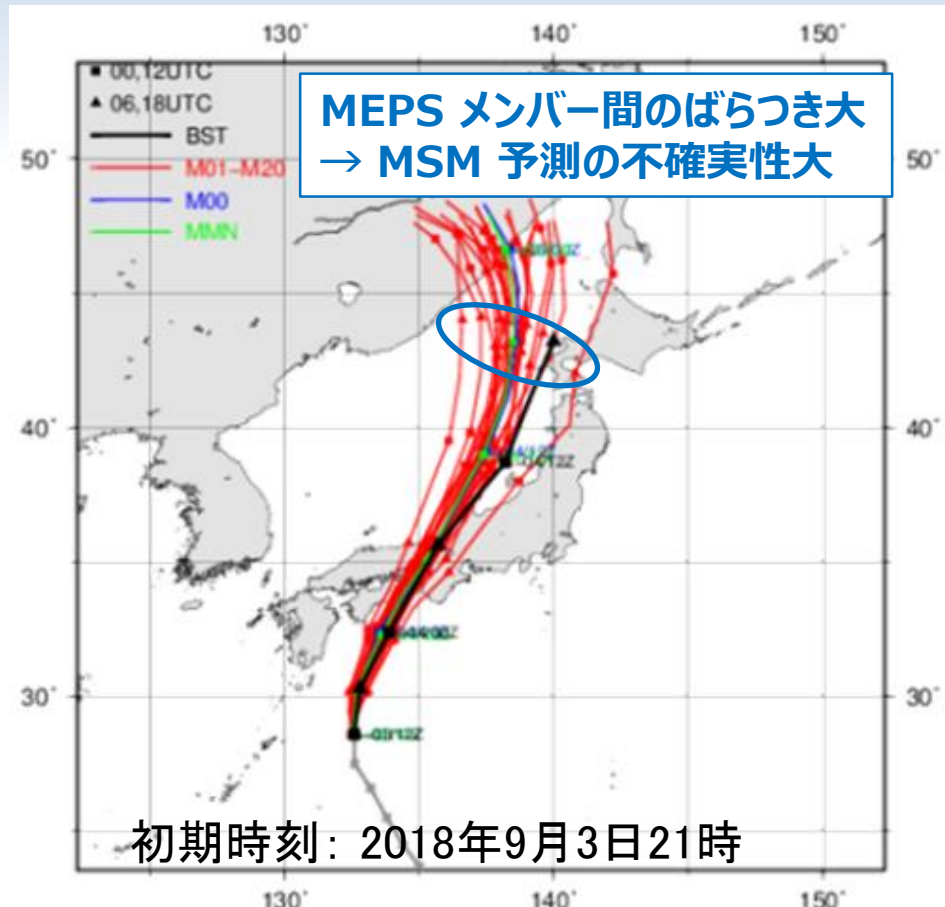
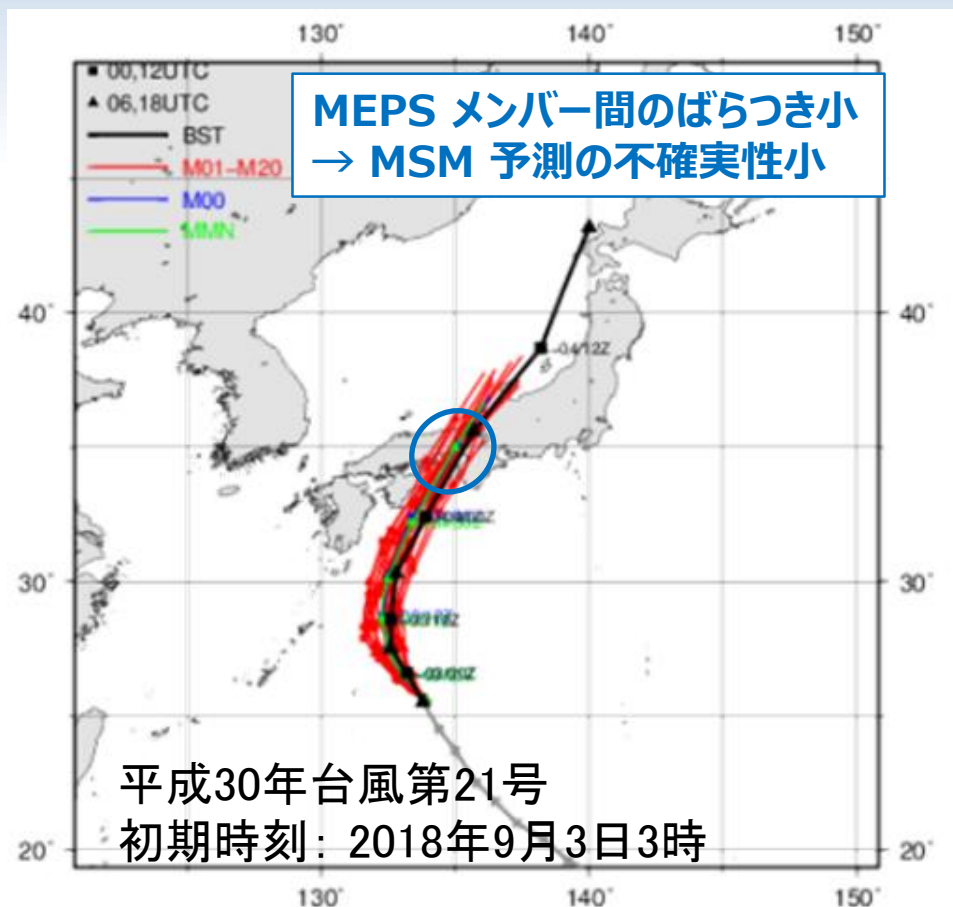
スプレッドが小さい

→ 信頼度が高い(不確実性が小さい)

スプレッドが大きい

→ 信頼度が低い(不確実性が大きい)

アンサンブル予報の例：台風の進路



アンサンブル予報から得られる情報

気温/降水量など

メンバー予測値の分布(粗密)で確率分布を表現

確率分布の
着目点

確率分布の端

閾値以上の確率

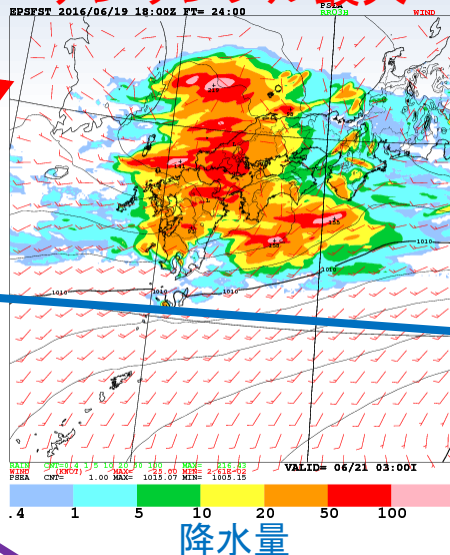
確率分布の
平均/幅

さらに

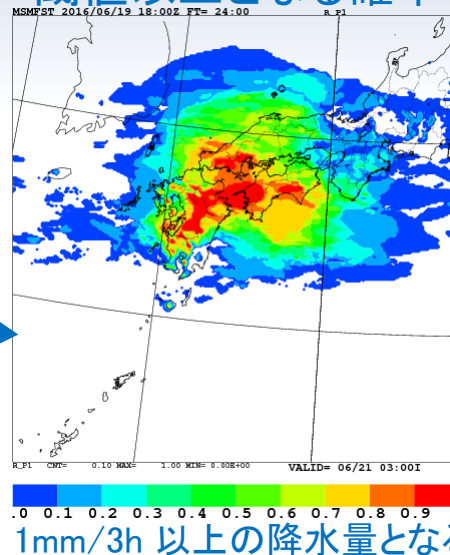
確率分布の偏り

確率分布の山

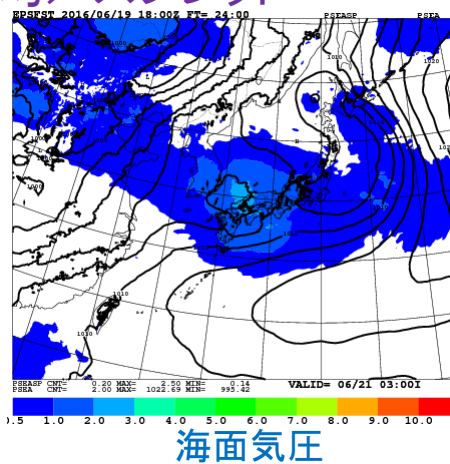
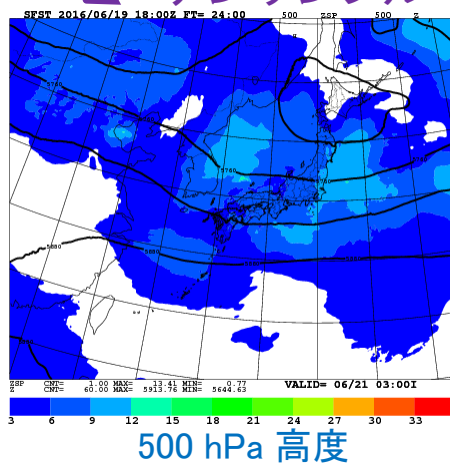
アンサンブル最大



閾値以上となる確率



アンサンブル平均/スプレッド



アンサンブル予報から得られる情報

気温/降水量など

メンバー予測値の分布(粗密)で確率分布を表現

確率分布の
着目点

確率分布の端

閾値以上の確率

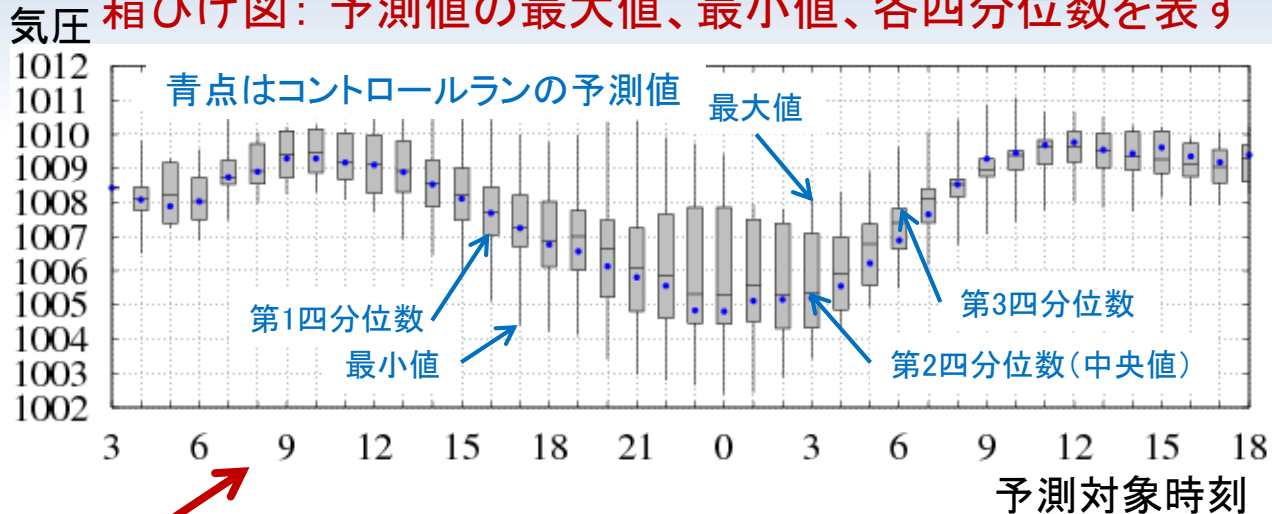
確率分布の
平均/幅

さらに

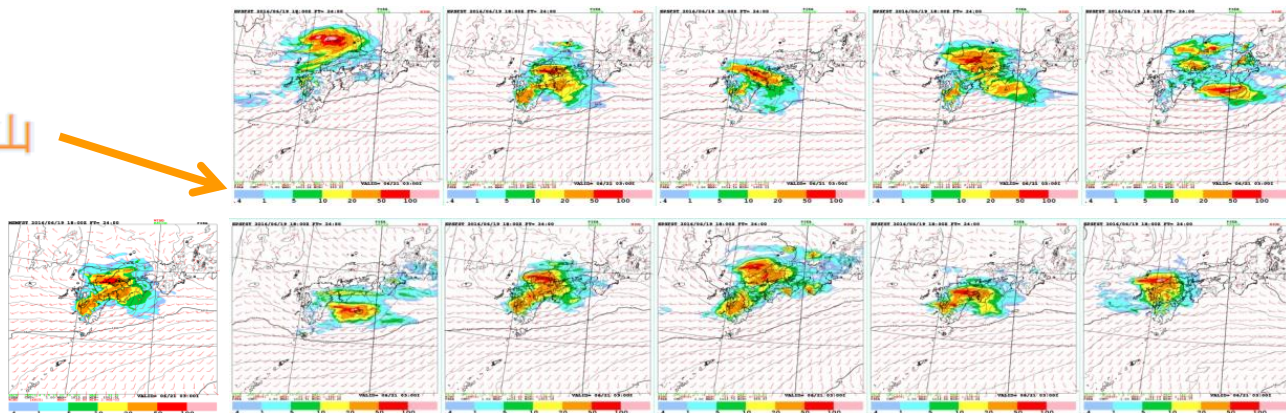
確率分布の偏り

確率分布の山

箱ひげ図: 予測値の最大値、最小値、各四分位数を表す



複数のシナリオに関する情報



降水量

内容

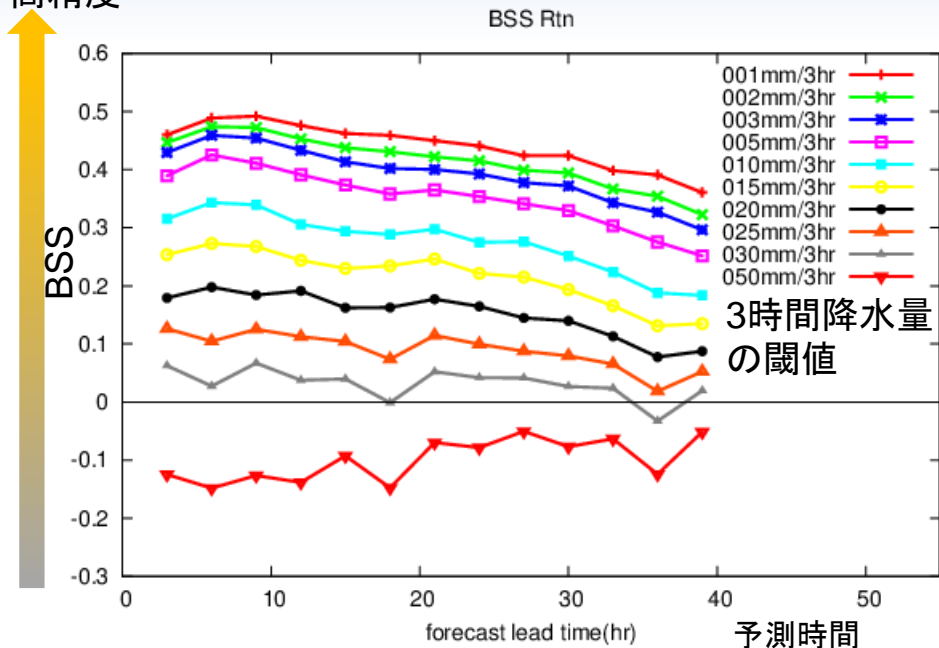
- 概要
- 統計検証
- シナリオ予測
- アンサンブル平均
- モデルのバイアス
- まとめ

降水予測確率検証(夏)

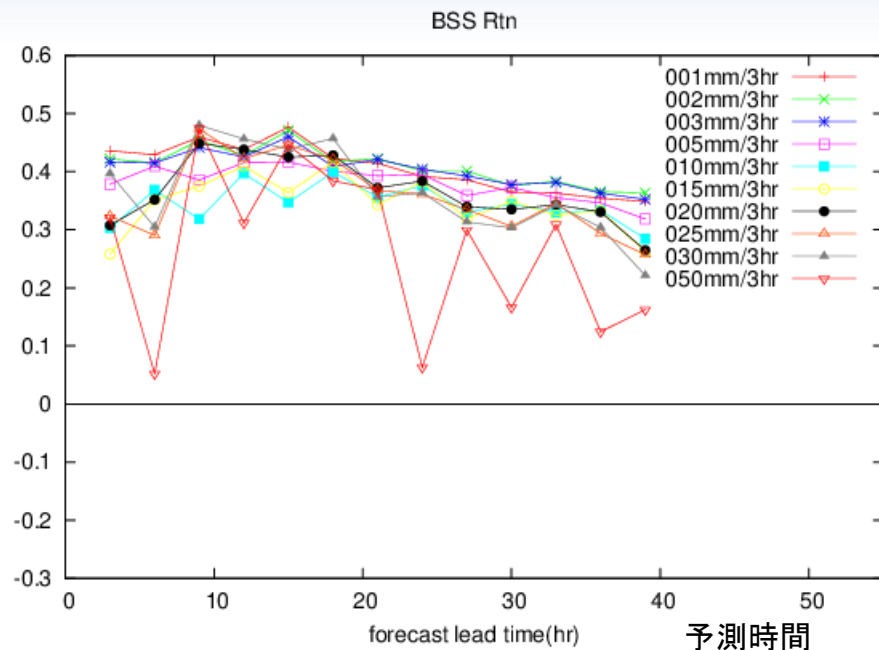
BSS: ブライアスキルスコア、気候値を予測値とした場合に対する予測の改善の度合い

BSS = 1(完全予測)、> 0(気候値予測を改善)、= 0(気候値予測と同じ)、< 0(気候値予測を改悪)

高精度



2018年7月(124事例)



2018年台風第21号(9月2~4日、8事例)

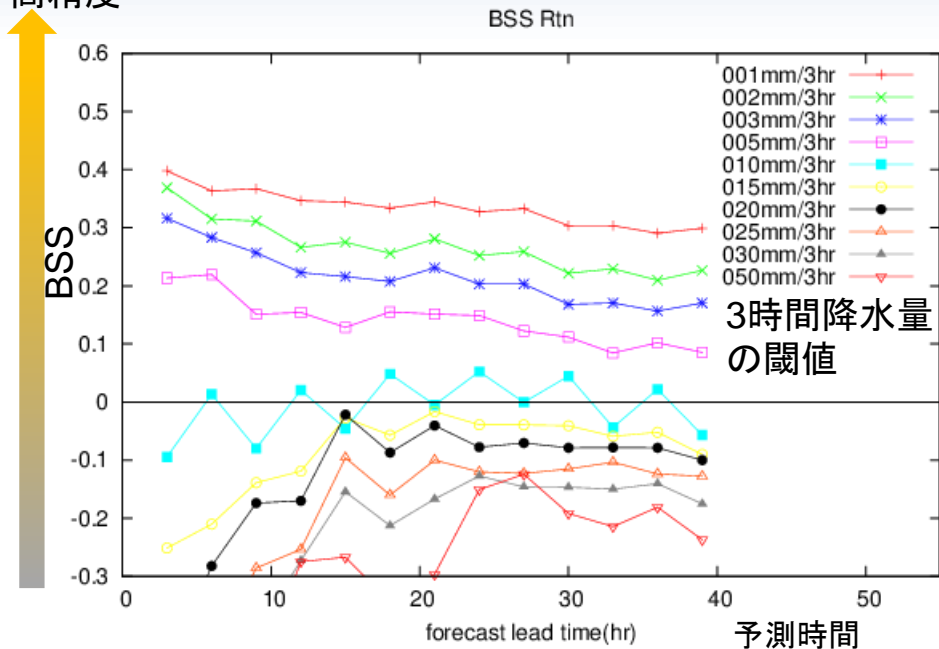
- 1か月を通じた検証では閾値 30 mm/3h 以上で気候値予測を改善
- 台風事例ではより強い降水に対しても改善

降水予測確率検証(冬)

BSS: ブライアスキルスコア、気候値を予測値とした場合に対する予測の改善の度合い

BSS = 1(完全予測)、> 0(気候値予測を改善)、= 0(気候値予測と同じ)、< 0(気候値予測を改悪)

高精度



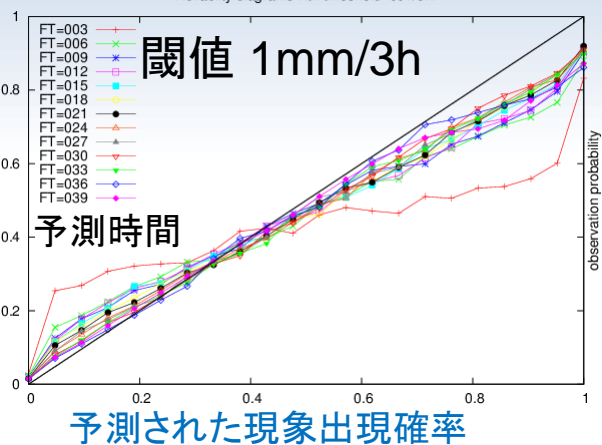
2018年12月(124事例)

- 1か月を通じた検証では閾値 5 mm/3h 以上で気候値予測を改善

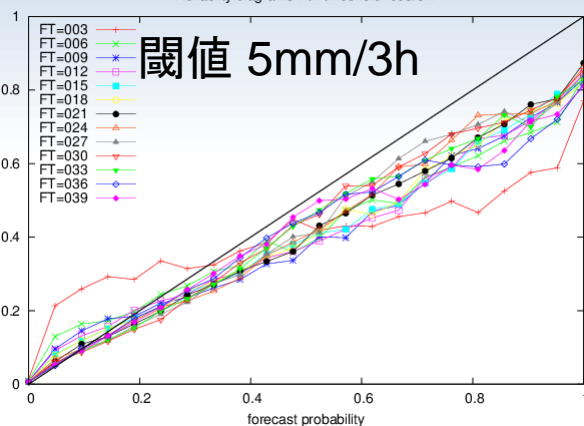
降水予測確率信頼度曲線(夏)

実況で現象が出現した相対頻度

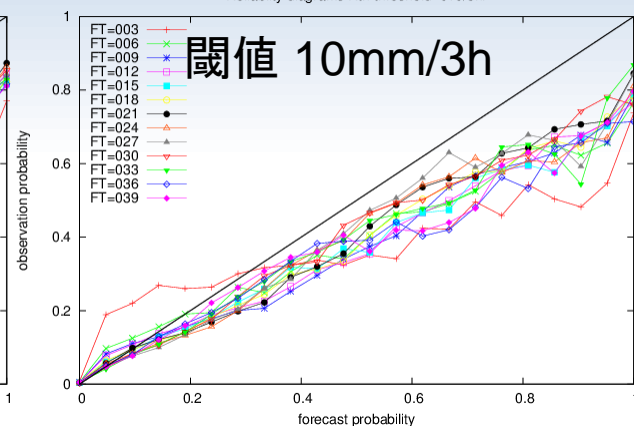
Reliability diagrams Rtn threshold=001/3hr



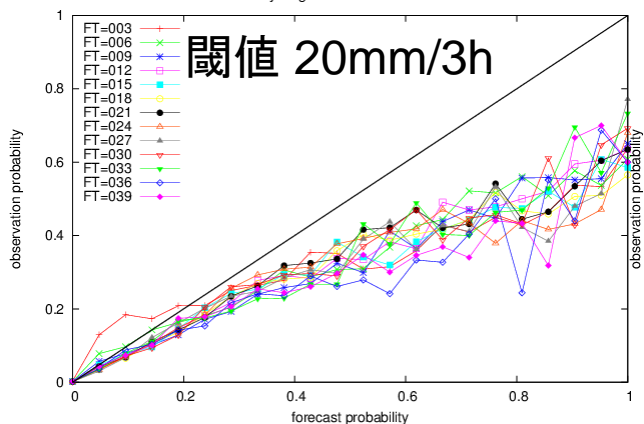
Reliability diagrams Rtn threshold=005/3hr



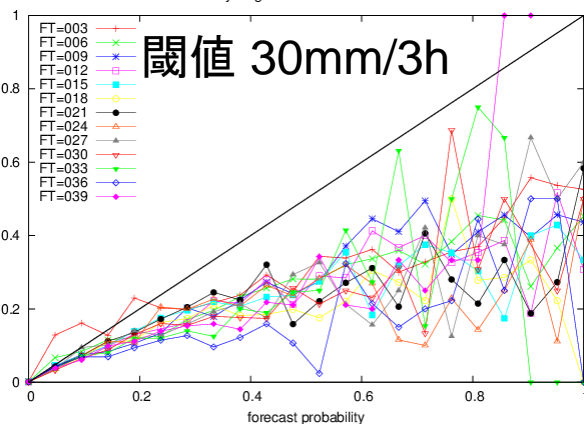
Reliability diagrams Rtn threshold=010/3hr



Reliability diagrams Rtn threshold=020/3hr



Reliability diagrams Rtn threshold=030/3hr



黒線：予測確率と実況頻度が
等しい
黒線に近い：信頼度が高い
黒線より上：予測過少
黒線より下：予測過多

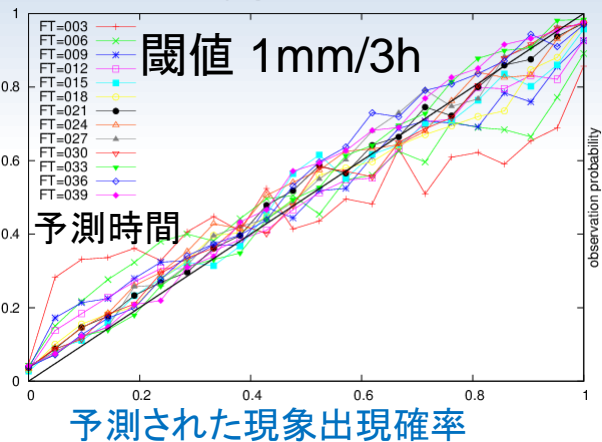
2018年7月(124事例)

- 強い降水に対しては予測確率が高いほど実況頻度は予測確率より低くなる(予測過多)

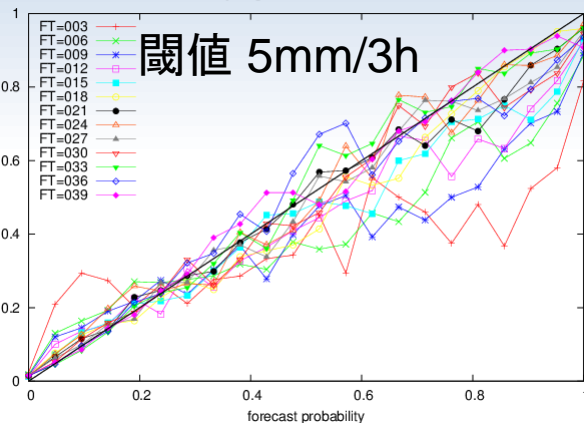
降水予測確率信頼度曲線(台風)

実況で現象が出現した相対頻度

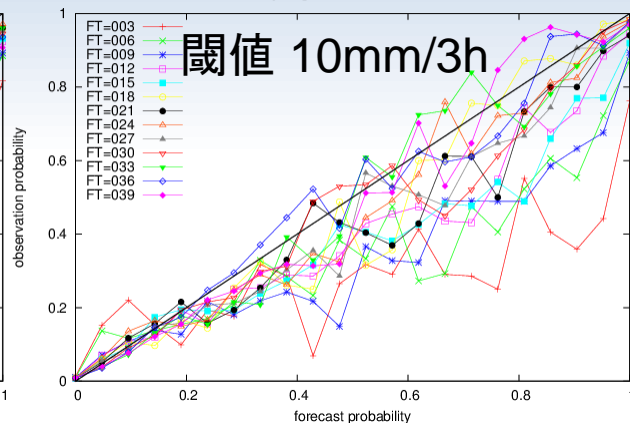
Reliability diagrams Rtn threshold=001/3hr



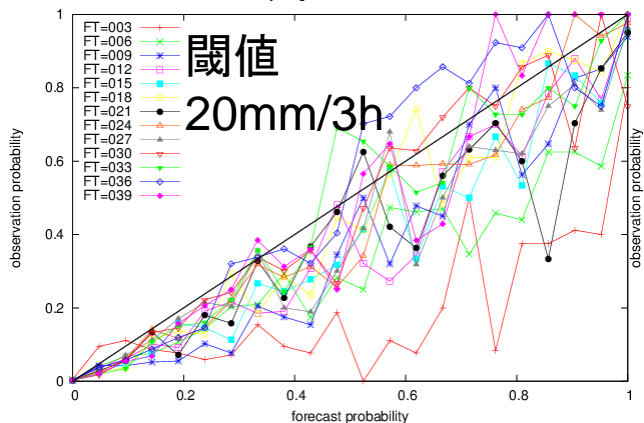
Reliability diagrams Rtn threshold=005/3hr



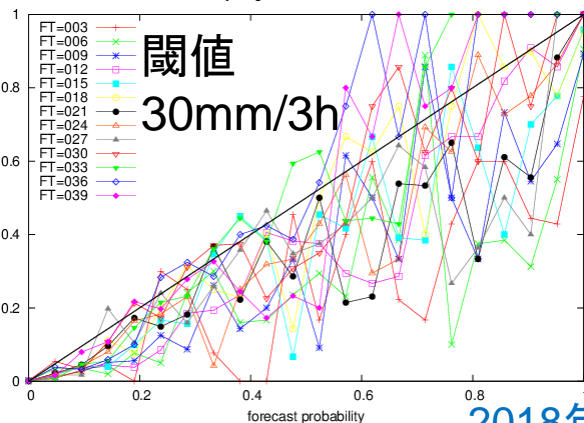
Reliability diagrams Rtn threshold=010/3hr



Reliability diagrams Rtn threshold=020/3hr



Reliability diagrams Rtn threshold=030/3hr



黒線：予測確率と実況頻度が等しい
 黒線に近い：信頼度が高い
 黒線より上：予測過少
 黒線より下：予測過多

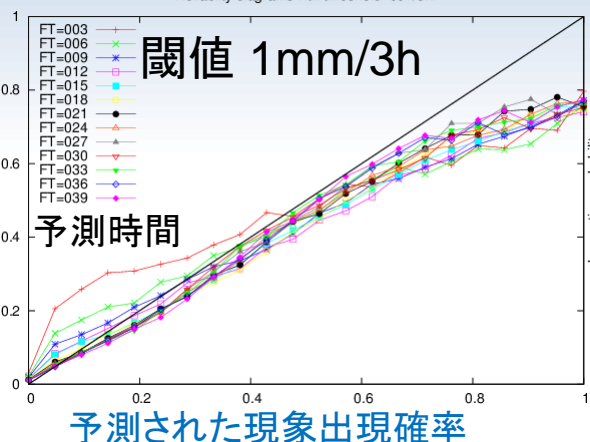
2018年台風第21号(9月2~4日、8事例)

- 台風事例ではより強い降水に対しても信頼度が高い

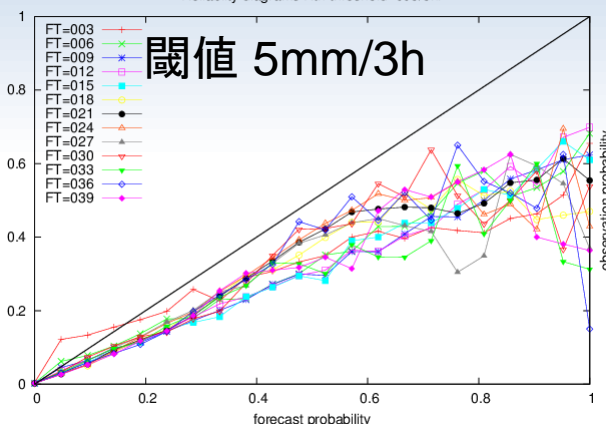
降水予測確率信頼度曲線(冬)

実況で現象が出現した相対頻度

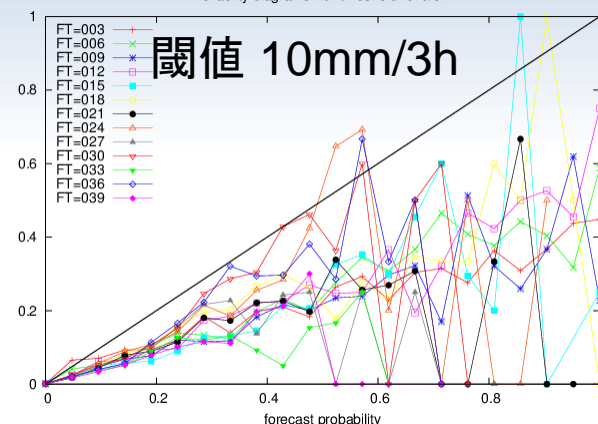
Reliability diagrams Rtn threshold=001/3hr



Reliability diagrams Rtn threshold=005/3hr



Reliability diagrams Rtn threshold=010/3hr

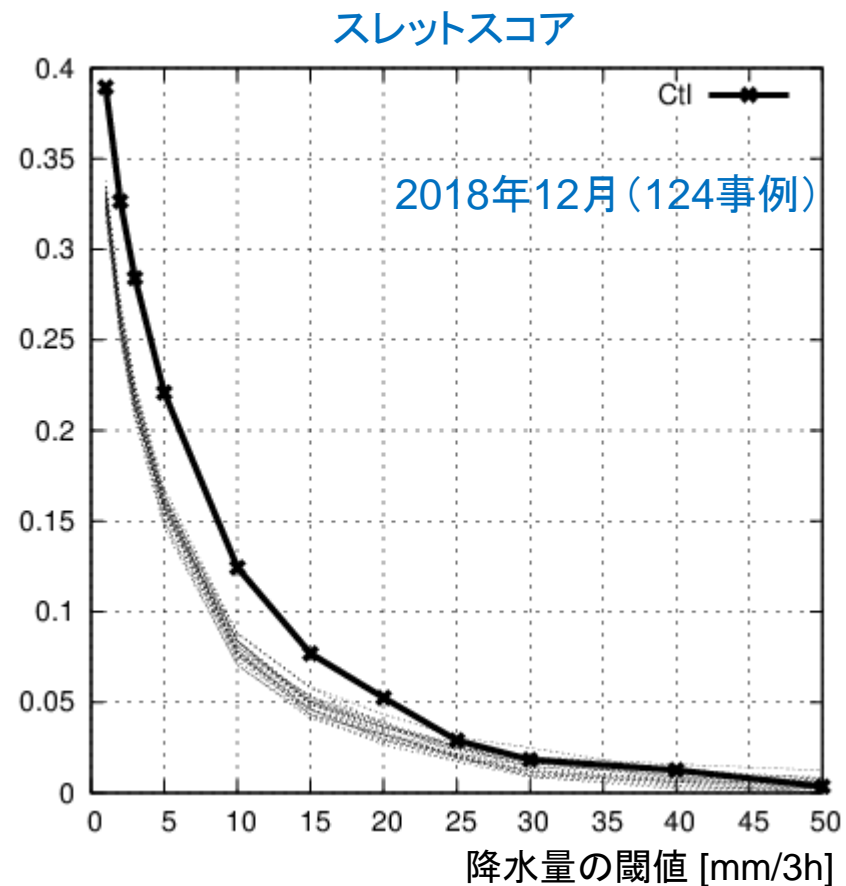
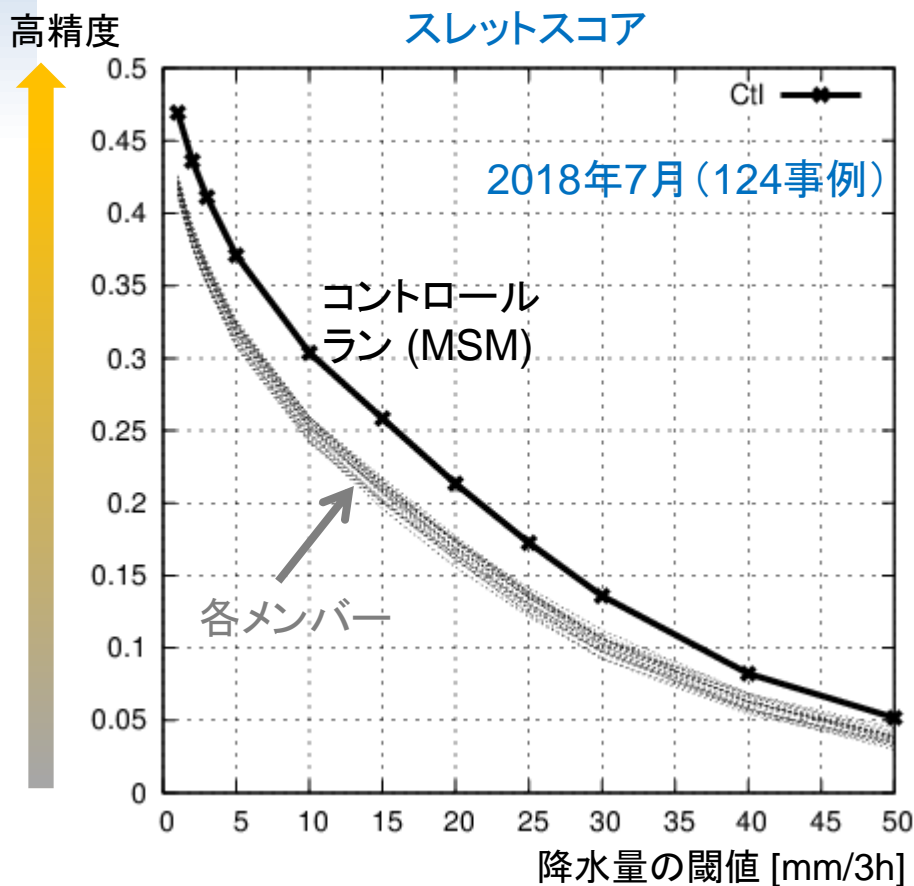


- 強い降水に対しては予測確率が高いほど実況頻度は予測確率より低くなる(予測過多)

黒線: 予測確率と実況頻度が等しい
 黒線に近い: 信頼度が高い
 黒線より上: 予測過少
 黒線より下: 予測過多

2018年12月(124事例)

降水予測検証



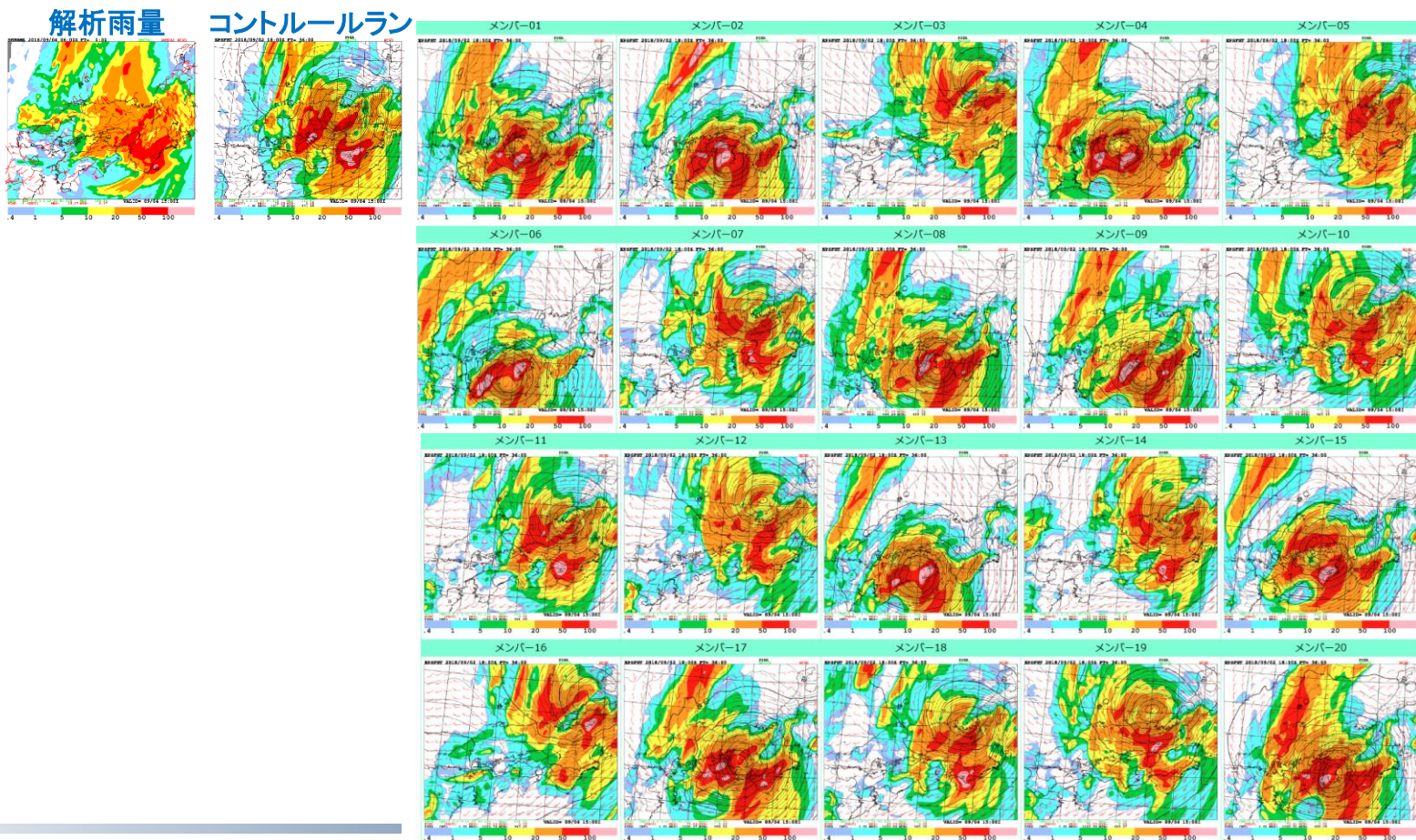
- 各メンバーの予測精度はコントロールランに劣る

内容

- 概要
- 統計検証
- シナリオ予測
- アンサンブル平均
- モデルのバイアス
- まとめ

各メンバーのシナリオ予測

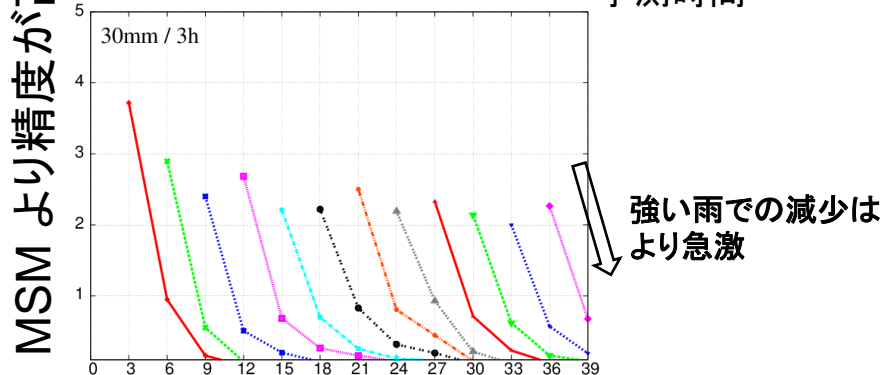
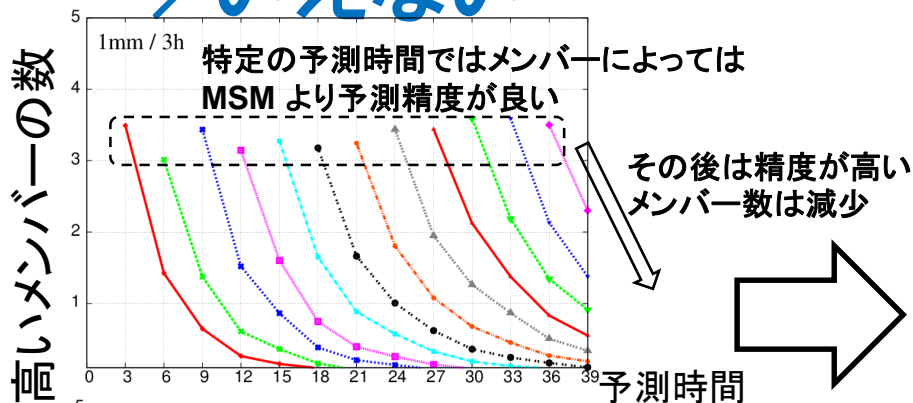
- ある予測時間において精度が高いメンバーの予測はその後の精度も高いといえるか



各メンバーのシナリオ予測

- ある予測時間において精度が高いメンバーの予測はその後の精度も高いといえるか

→ いえない



○ : MSMより精度が高い、× : MSMより精度が低い

予測時間 メンバー	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
2	○	×	×	×	×	○	○	○	○	×	×	×	○
3	○	×	×	×	×	×	○	○	×	×	×	○	×
4	○	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	×	×
5	×	○	○	○	×	×	×	○	×	×	○	×	×
6	×	○	×	×	×	×	×	×	○	○	×	×	×
7	×	×	○	○	○	×	×	×	×	×	×	○	○
8	×	×	○	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○
9	×	×	×	○	○	○	×	×	×	○	×	×	×
10	×	×	×	×	○	○	○	×	×	×	○	○	×

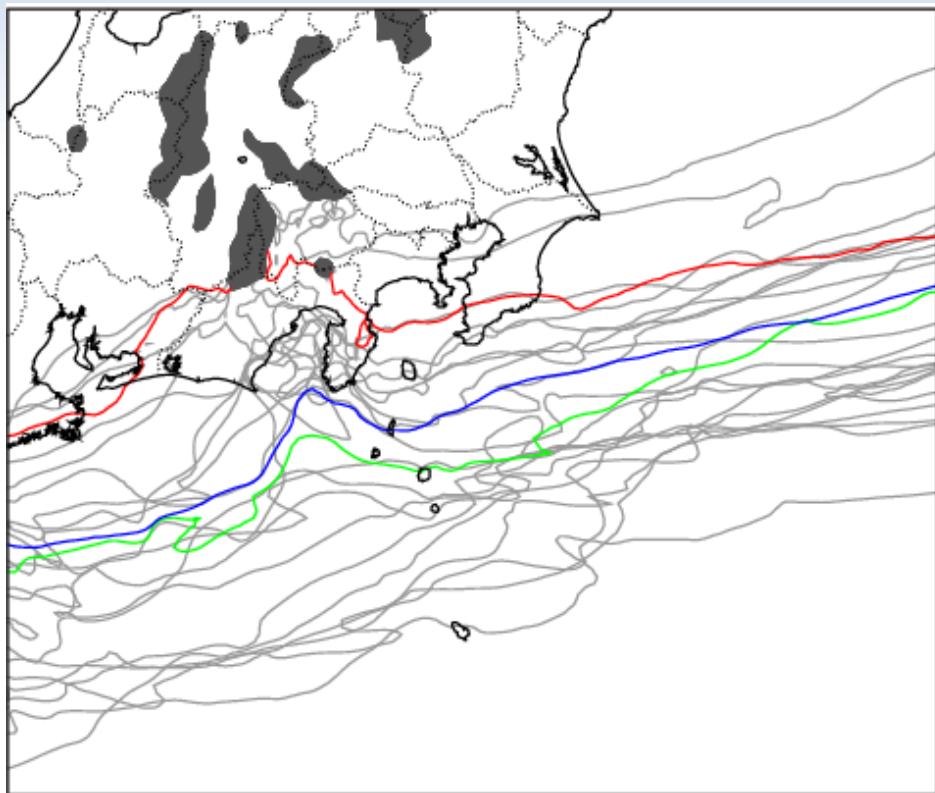
統計期間：2015年3月24日～2015年10月31日の初期時刻 18 UTC のみ。11メンバーによる結果。

各予測時間ごとに予測精度の良いメンバーが存在する事例を抽出し、その推移を調査。

内容

- 概要
- 統計検証
- シナリオ予測
- アンサンブル平均
- モデルのバイアス
- まとめ

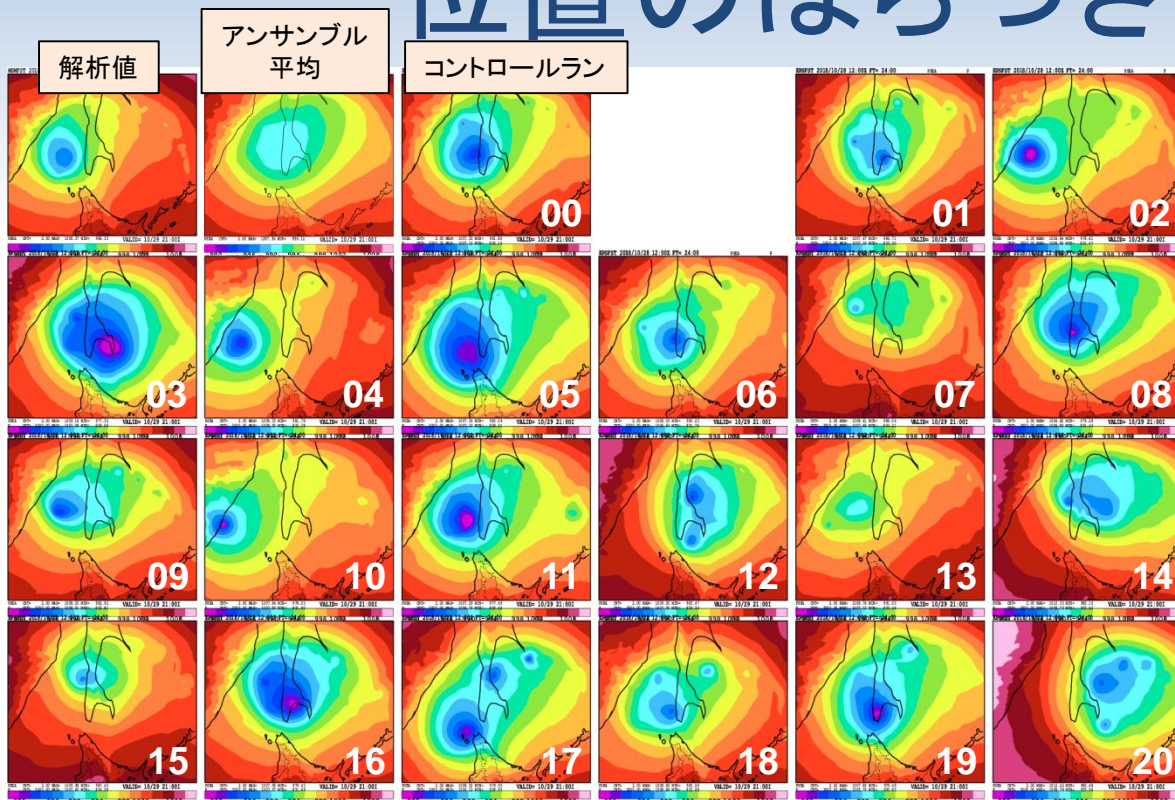
気温のアンサンブル平均



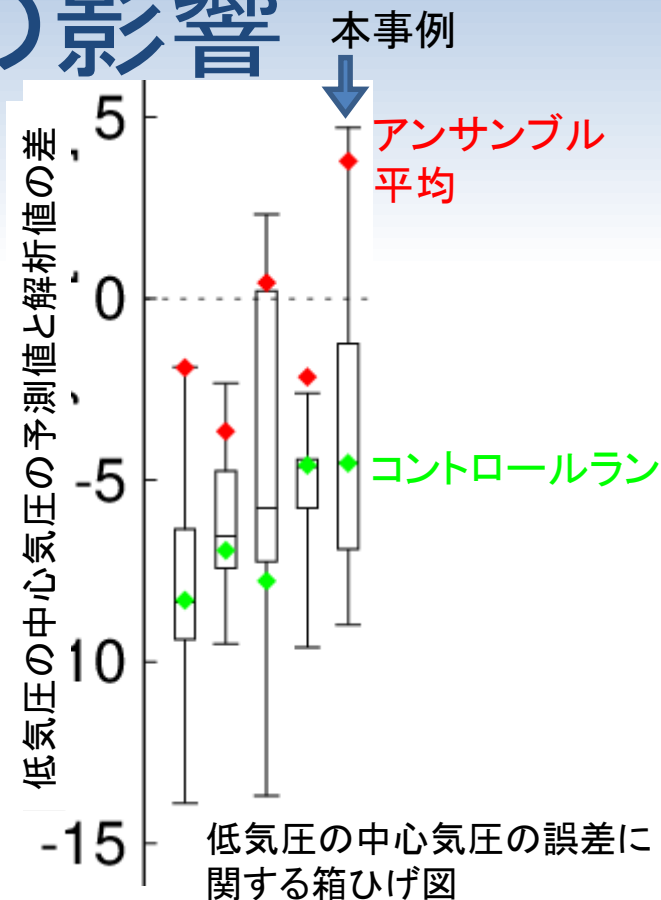
850 hPa 気温0°C線
初期時刻 2019年1月30日00 UTC
からの 36時間予測
— 解析値(MSM 初期値)
— コントロールラン(MSM 予測値)
— アンサンブル平均

- 関東地方の雨雪判別が難しかった事例
- 各メンバーに極端な偏りは見られずアンサンブル平均はコントロールランより解析値に近かった
- 統計検証から、基本的な要素ではコントロールランよりもアンサンブル平均の精度が高いことを確認

位置のばらつきの影響



低気圧の周辺の海面気圧



- 中心位置のばらつきによりアンサンブル平均はメリハリが小さくなるため、中心気圧を浅めてしまう
- アンサンブル平均は局地的な現象を隠してしまう

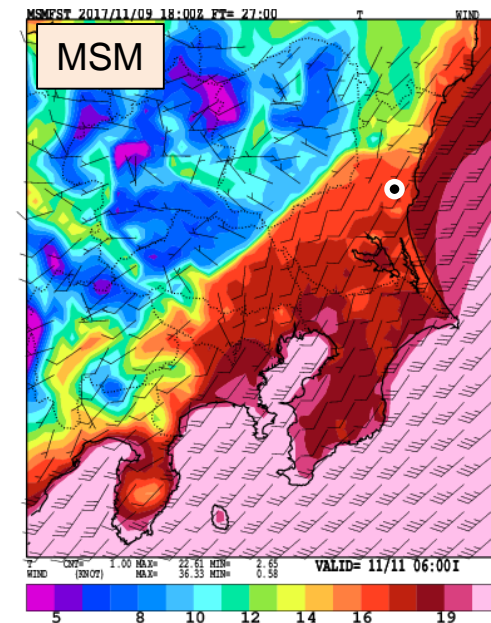
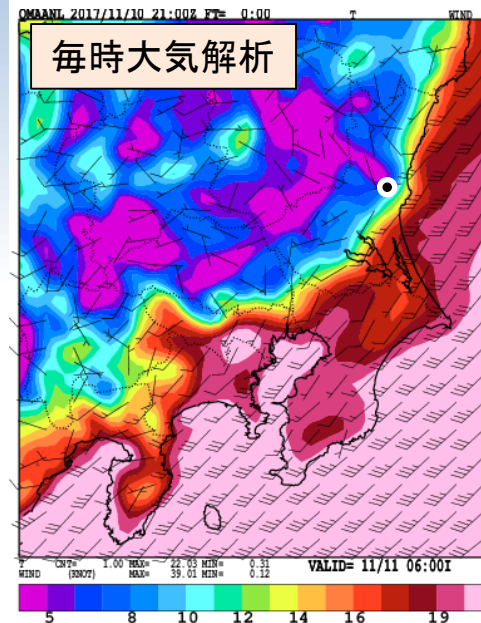
内容

- 概要
- 統計検証
- シナリオ予測
- アンサンブル平均
- モデルのバイアス
- まとめ

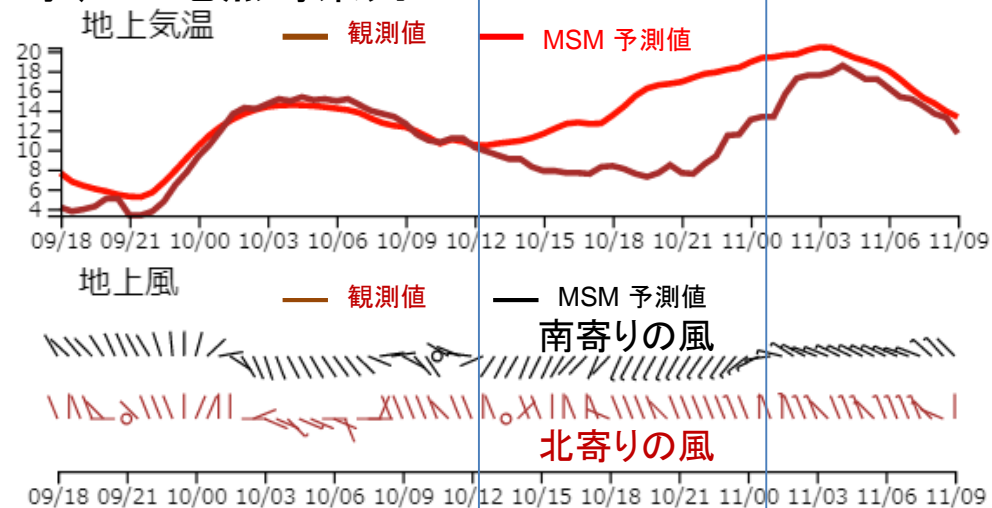
地表面付近の 薄い冷気層

- 毎時大気解析
 - 総観場の南寄りの風が吹く高温域と内陸の地表面付近の冷気層との間に強い温度傾度帯
- MSM 予測
 - 解析と比べて内陸の気温が高く、温度傾度帯を北に予測

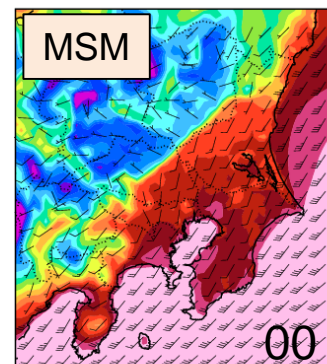
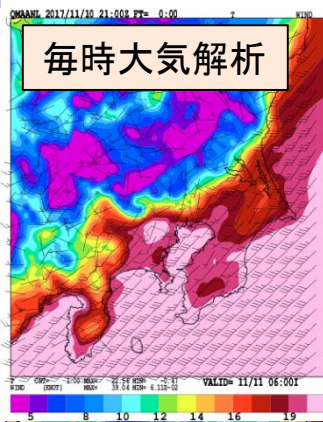
地上の気温と風速



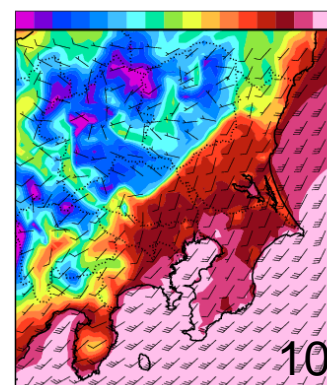
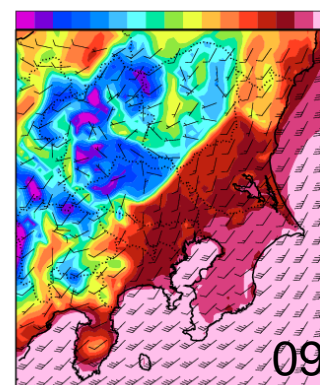
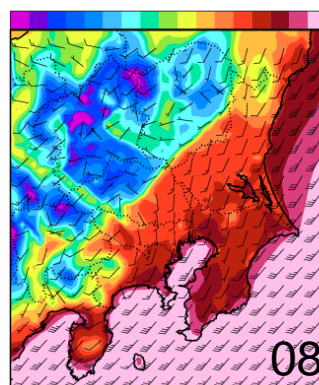
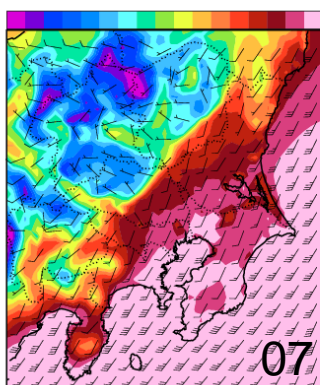
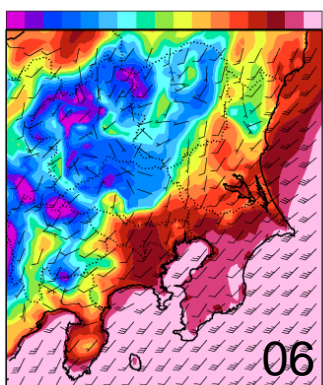
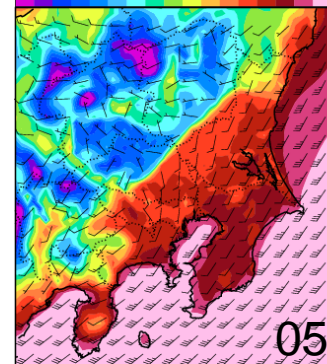
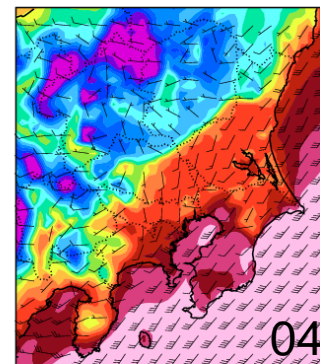
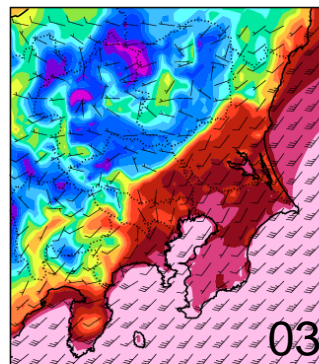
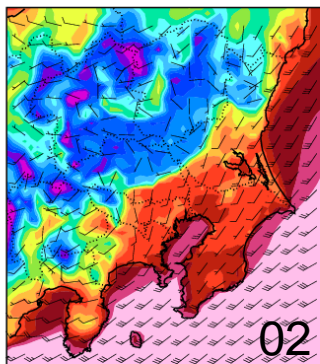
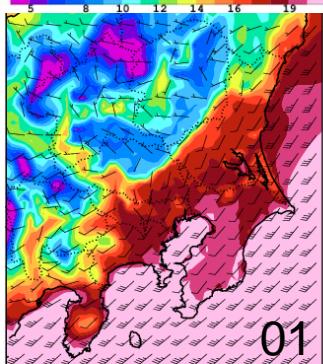
水戸の地点時系列



- MEPS 各メンバー予測
 - どのメンバーも MSM と同様に 温度傾度帯を解析より北に予測



MEPS 各メンバー

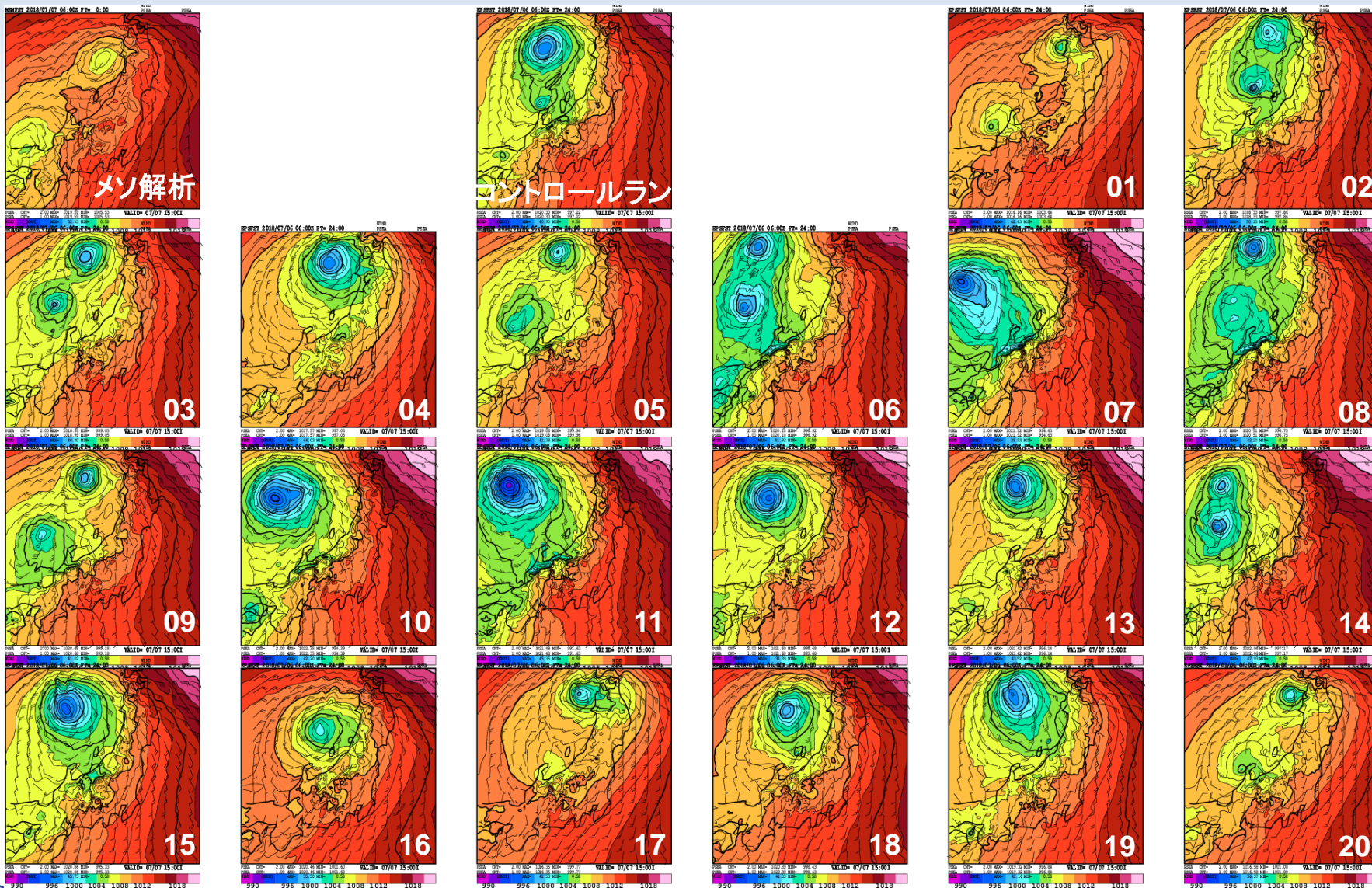


低気圧の過発達

- MSM が予測する低気圧の過発達
 - モデルの格子スケールの上昇流の強まり(正のフィードバック)による気圧の低下
 - 上昇流 → 水蒸気凝結 → 潜熱放出 → 浮力強化 → 上昇流
- MEPS の特性
 - モデル本体は MSM と同じなので、MSM と同様の特性を持つ
 - 各メンバーに正負の摂動が入るため、コントロールラン (MSM) の周りに偏らずにばらつき、低気圧の過発達を予測するメンバーが多い

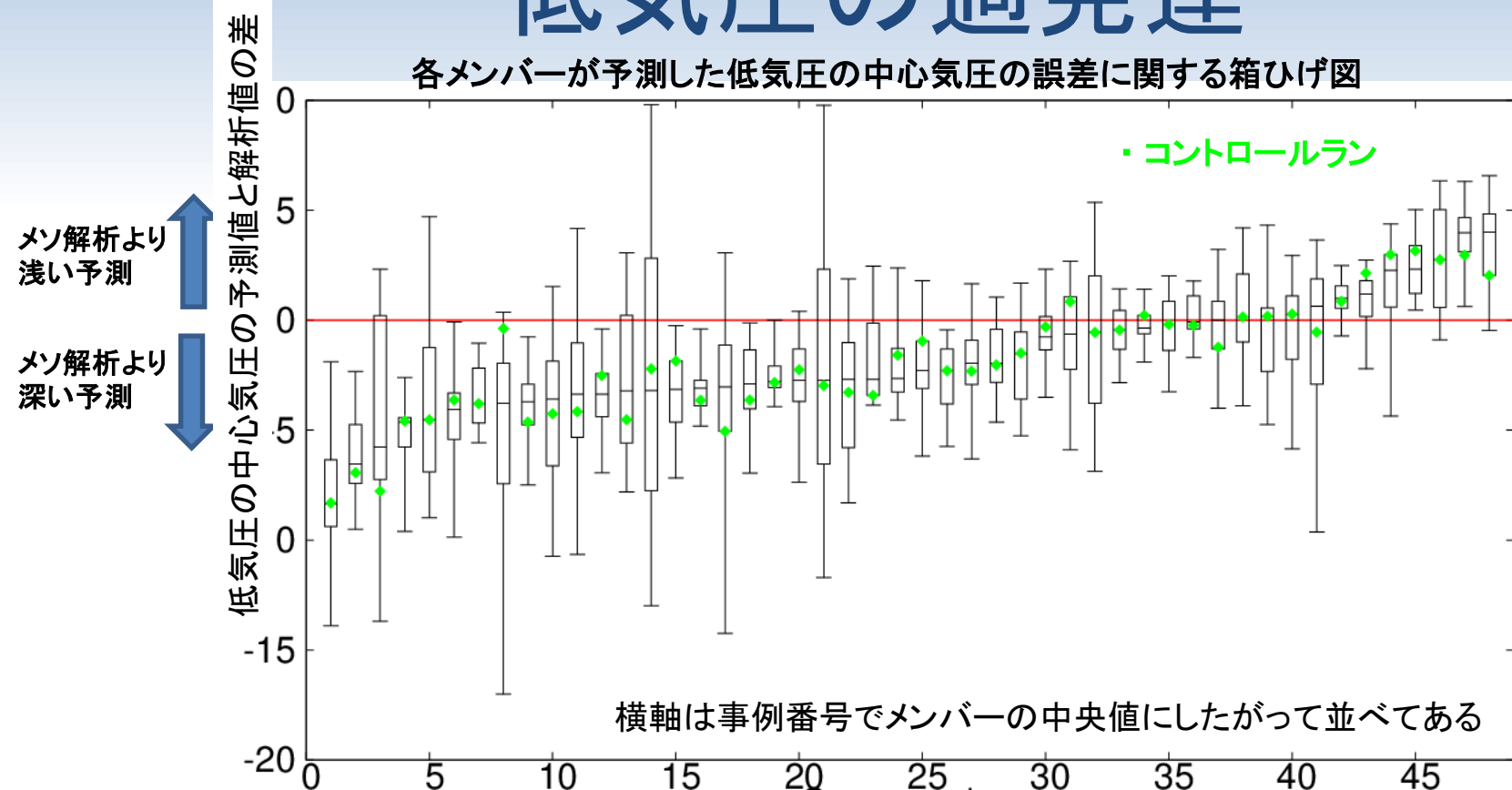
低気圧の過発達

海面気圧と地上の風速



低気圧の過発達

各メンバーが予測した低気圧の中心気圧の誤差に関する箱ひげ図



- メソ解析より深い予測をするメンバーが多い
- 各メンバーの予測はおおむねコントロールランの周りに偏らずにばらつく

内容

- 概要
- 統計検証
- シナリオ予測
- アンサンブル平均
- モデルのバイアス
- まとめ

まとめ

- 令和元年6月27日に MEPS の運用を開始する予定
 - MSMによる予測の信頼度を把握する
 - 確率や複数のシナリオに関する情報を得る
- 降水確率予測検証
 - 夏：閾値 30 mm/3h 以上で気候値予測を改善、台風事例ではより強い降水に対しても改善
 - 冬：閾値 5 mm/3h 以上で気候値予測を改善
 - 強い降水に対しては予測過多

まとめ

- 降水予測検証
 - 各メンバーの予測精度はコントロールランに劣る
- 降水に対するシナリオ予測
 - ある予測時間において精度が高いメンバーの予測がその後の精度も高いとはいえない
- アンサンブル平均
 - コントロールランよりアンサンブル平均の精度が高い
- モデルのバイアス
 - MEPS の各メンバーは MSM と同様のバイアス
 - 低気圧の過発達など

参考文献

河野耕平, 西本秀祐, 三戸洋介, 2019:

「1.5 メソアンサンブル予報システム」.

数値予報解説資料(平成30年度数値予報
研修テキスト), 気象庁予報部, 9-13.

<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/nwptext/51/1_chapter1.pdf>

配信資料に関する技術情報

～メソアンサンブル数値予報モデルGPVの提供開始について～

<<https://www.data.jma.go.jp/add/suishin/jyouhou/pdf/505.pdf>>

配信資料に関するお知らせ

～メソアンサンブル数値予報GPVの正式提供開始日時決定等に伴う配信
資料に関する技術情報第505号の修正について～

<<https://www.data.jma.go.jp/add/suishin/oshirase/pdf/20190604.pdf>>