



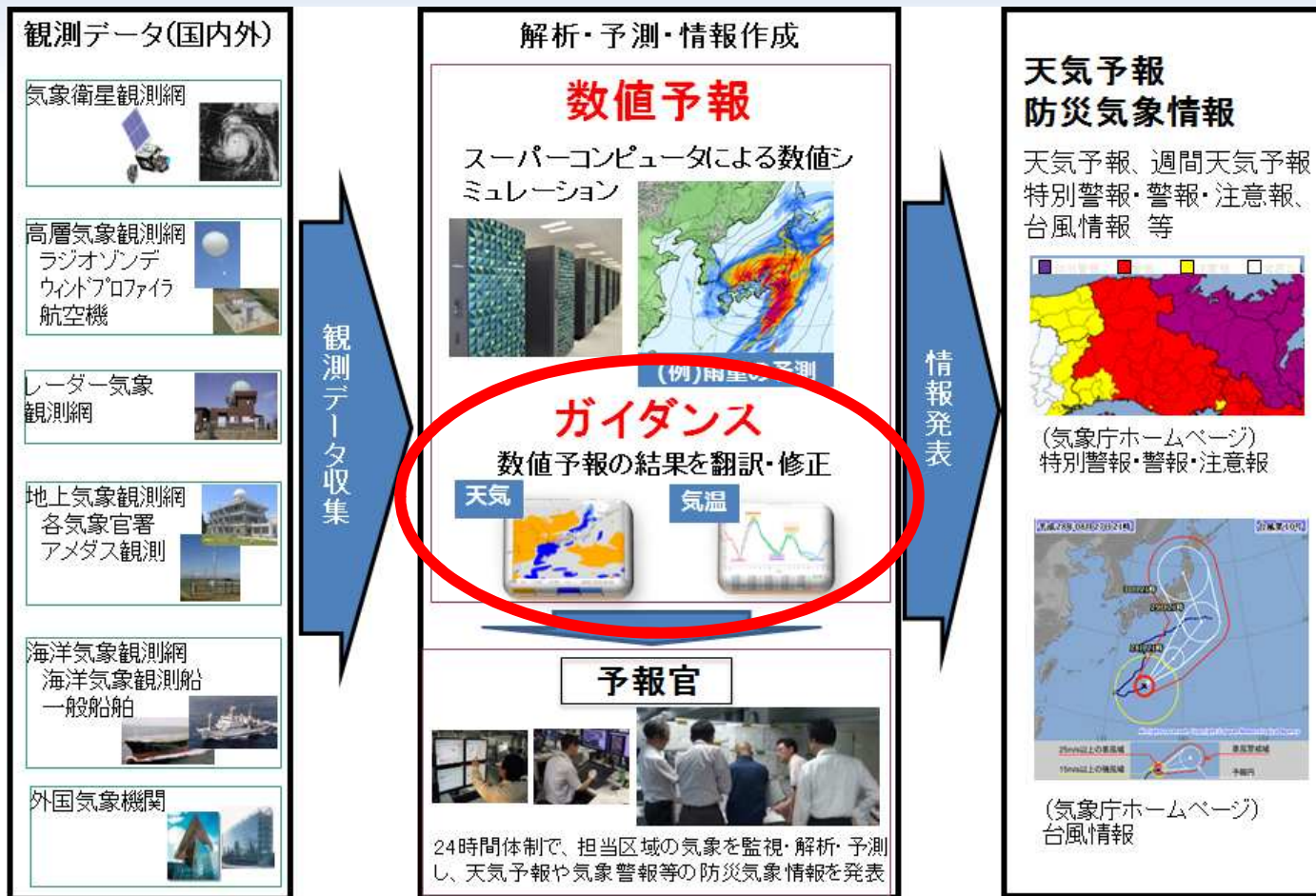
ガイダンスについて

～近年の特性と降水量ガイダンスの改良～

気象庁予報部数値予報課
アプリケーション班 高田伸一
2017年6月15日

天気予報や防災気象情報ができるまで

【天気予報・防災気象情報が発表されるまでの流れ】



数値予報とガイダンスは、日々の天気予報・防災気象情報の基盤
→ これらの精度を向上するためには、数値予報・ガイダンスの精度向上が不可欠

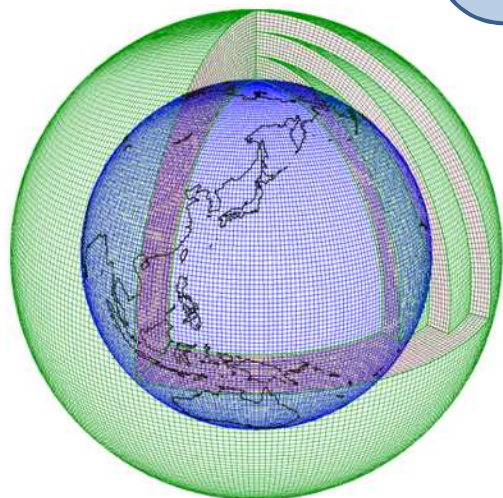
内容

- ガイダンスの概要
- ガイダンスによる数値予報の系統誤差補正
- ガイダンスの近年の特性
- 降水量ガイダンスの改良

ガイダンスの概要

ガイダンスとは？

数値予報



計算結果は未来の大気状態に対応する様々な数値の羅列（1億以上の格子点：ビックデータ）

ニューラルネット
カルマンフィルタ
ロジスティック回帰
等の統計手法

翻訳・修正

予報をガイドすることから（予報）ガイダンスと呼ばれる

天気予報・防災情報に必要な情報

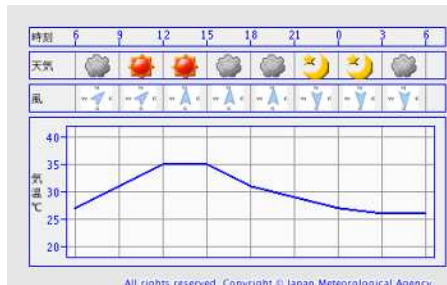
晴・曇り・雨



最高気温27



発雷確率30%...



予測精度の向上、予報業務の高度化に寄与

ガイダンス 数値予報の翻訳・修正

- 予報要素への翻訳

- 数値予報が直接予報しないものを数値予報の各種要素から算出

天気、降水確率、発雷確率、視程など

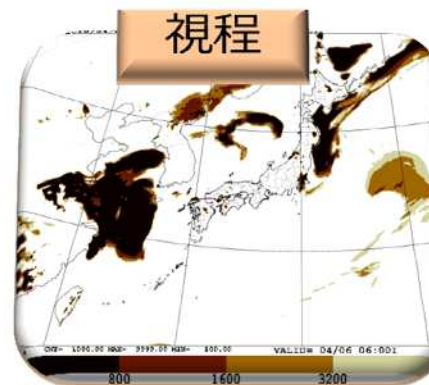
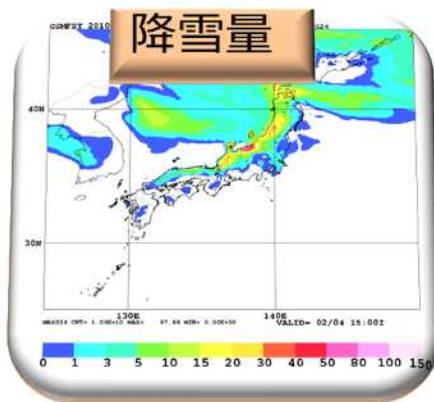
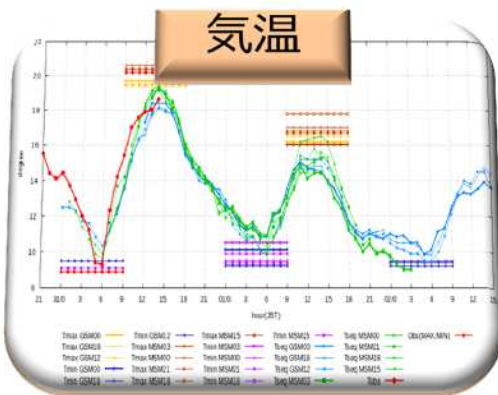
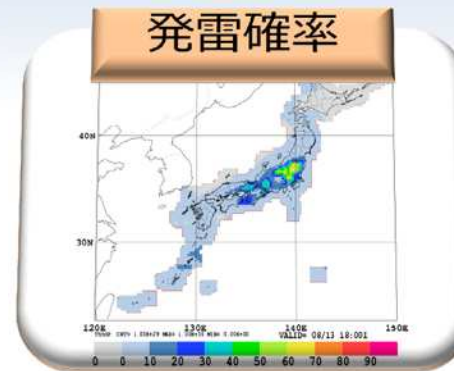
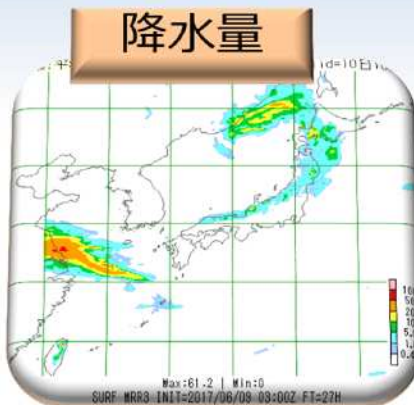
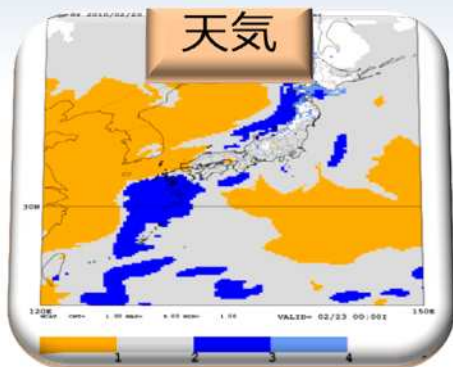
- 数値予報の修正（系統誤差の補正）

降水量、気温、風など

後で説明

- 数値予報モデルと実際の地形の違いによる風、気温、地形性降水等の補正
- モデルの不完全さによる誤差の補正
例：降水時に気温が高い、GSMは強雨の頻度少

ガイダンスの例



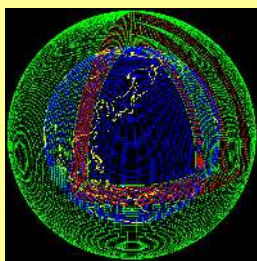
ガイダンスの概念 発雷確率（係数固定型）

説明変数

目的変数

過去の発雷の有無

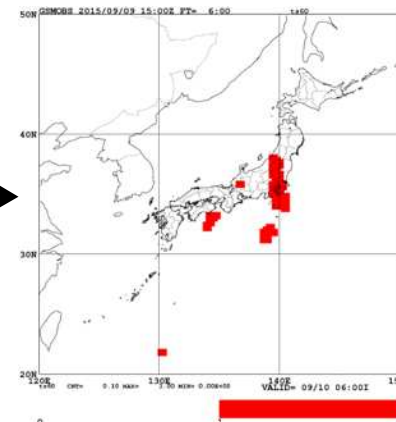
過去の数値予報



発雷に関する気象要素を抽出

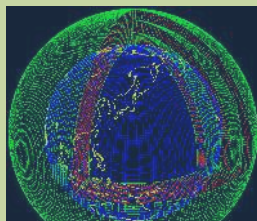
作成

予測式
(固定)



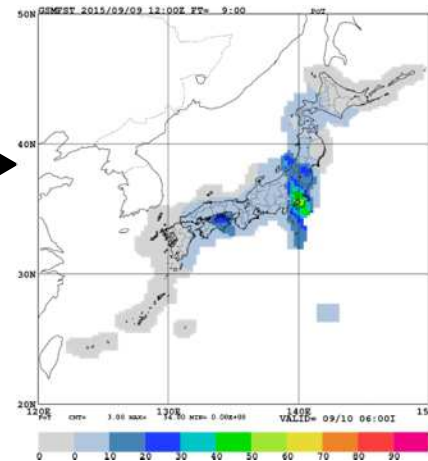
発雷確率

最新の数値予報



発雷に関する気象要素を抽出

利用

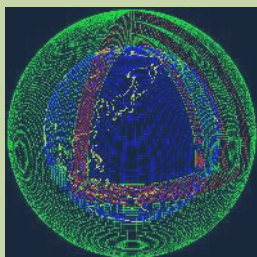


数値予報が変更になり特性が変化した場合は予測式を再作成する必要がある。

発雷確率はロジスティック回帰で予測式を作成

ガイダンスの概念 気温（係数更新型）

過去・直前の数値予報



気温に
関係する
気象要
素を抽出

新たな実況データが入ったら、直前の数値予報の説明変数と目的変数から予測式の係数を逐次更新する。

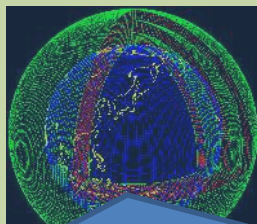
作成・更新

過去・直前の気温実況



予測式
(変化)

最新の数値予報



気温に
関係する
気象要
素を抽出

利用

気温予測



数値予報の変更によって、特性が変化しても徐々に予測式変化。ただし、変更に対応できるわけではない。

アメダスの移設・新設に柔軟に対応可能

ガイダンスで使っている手法

係数更新（逐次学習）型
随時学習できる
頻度で発生する
もの

- ニューラルネットワーク
 - 降雪量、日照率、最小湿度など
- カルマンフィルター
 - 気温、風、降水量など

説明変数と目的変数の複雑な関係にも対応できるが、ブラックボックス。

時系列解析の一手法。随時因果関係が変わるものに有効

係数固定（一括学習）型
主に発生頻度が少ないもの

- ロジスティック回帰
 - 発雷確率など
- 線形重回帰
 - 降水量（24時間最大）
- 機械学習を使っていないもの
 - 降水種別など

確率に利用

気象学的な調査・研究に基き予測式を作成

GSM・MSMガイドンス（格子）

要素名[和名]	内容	要素[略号]	予報時間(GSM/MSM)	間隔	部外配信	形式
天気		WCAT	6-84/3-39	3		等緯度経度格子 (GSM20km/MSM5km)
最大降水量	3時間内1時間最大降水量	RMAX31	6-84/3-39	3		
	3時間内3時間最大降水量	RMAX33				
	24時間最大降水量	RMAX24				
平均降水量	3時間平均降水量	MRR3	6-84/3-39	3		
	24時間平均降水量	MRR24	27-84/24-39	3		
降水確率	6時間降水確率	POP6	9-81/9-39(6-36)	6		
	3時間降水確率	POP3	6-84/3-39	3		
日照率(=曇天率)		ROCA	6-84/3-39	3		
発雷確率	前3時間発雷確率(アンサンプル)	ThndP	6-84/3-39	3		
	前3時間発雷確率	PoT	6-84/3-39	3		
降水種別	1時間降水種別	PTYP1	3-84/1-39	1		
	3時間降水種別	PTYP3	6-84/3-39	3		
最大降雪量	最大3時間降雪量	MAXS3	3-84/1-39	1		等緯度経度格子 (5km)
格子気温		TGDC	3-84/1-39	1		
視程分布予想	視程	VIS	6-84/3-39	3		
	視程、雲によるもの	VISC	6-84/3-39	3		
	視程、雨によるもの	VISR	6-84/3-39	3		
	視程、雪によるもの	VISS	6-84/3-39	3		
MSMの00,06,12,18UTC初期値は9-39、03,09,15,21UTC初期値は6-36						

GSM・MSMガイドンス（地点）

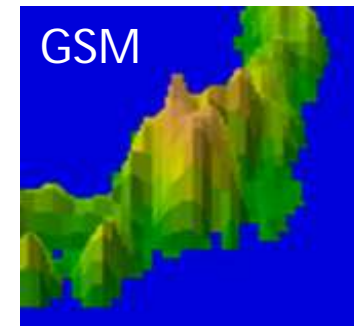
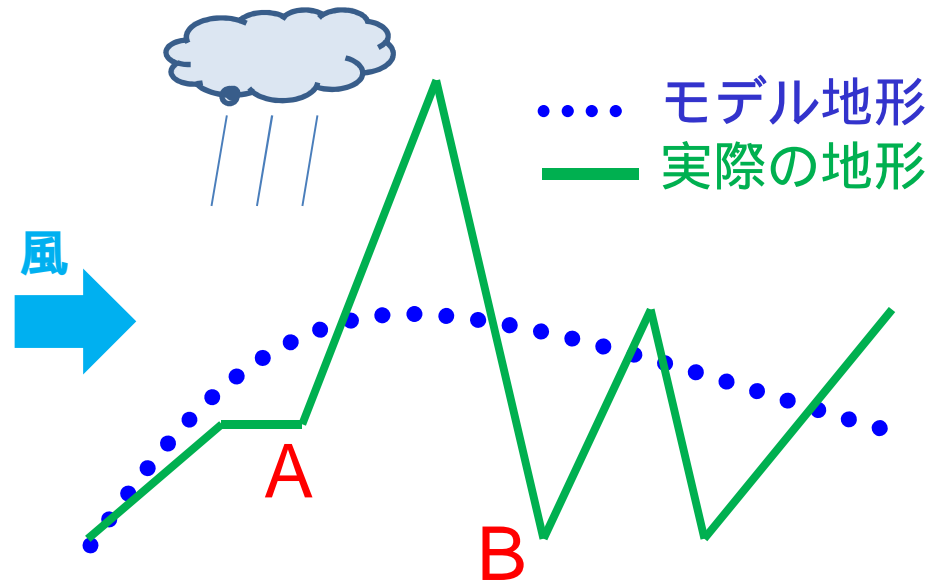
要素名[和名]	内容	要素[略号]	予報時間 (GSM/MSM)	間隔	部外配信	形式
気温		Temp[気温]	3-84/1-39	1		アメダス
日中の最高気温		Tmax[日中の最高気温]	[当日,]翌日,翌々日[,3日後]/[当日,]翌日	24		
朝の最低気温		Tmin[朝の最低気温]	翌日,翌々日,3日後/ [当日,]翌日[,翌々日]	24		
日最高気温 1	週間予報用の日最高気温	TmaxDay	明後日/なし	24		
日最低気温 1	週間予報用の日最低気温	TminDay	明後日/なし	24		
定時風	平均風速と風向	Wind[風向/風速]	3-84/1-39	3 (MSMは1)		
最大風速	最大風速時の平均風速と風向	Wmax	3-84/3-39	3		
最大瞬間風速 2	最大瞬間風速時の瞬間風速と風向	Gust	なし/1-39	1		
最小湿度	日最小湿度	RHmin[最小湿度]	翌日,翌々日[,3日後]	24		気象官署 (特別地域 気象観測所含む)
時系列湿度		Humi	3-84/1-39	1		
地点降雪量	6時間降雪量	Snow6	9-84/6-39	3		アメダス (積雪深計設 置地点)
	12時間降雪量	Snow	15-84/12-39	3		
	24時間降雪量	Snow24	27-84/24-39	3		
1 GSMのみ	2 MSMのみ					

ガイダンスによる数値予報の系統誤差 補正

ガイダンスによる系統誤差の補正

系統的(一貫性がある)誤差は修正可能

モデル地形と実地形の違い



実際の地形では

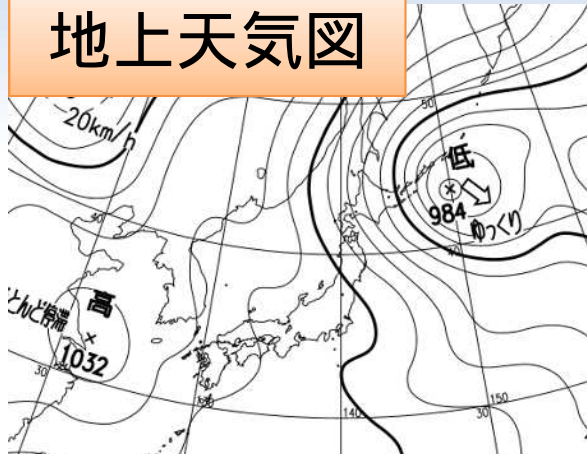
- A : 急斜面で地形性の降水多い
- B : 標高低く、気温高い

モデルの地形では

- A : 地形がなだらかで降水少ない
- B : 標高高く、気温低い

数値予報の粗いモデル地形に伴う誤差の補正

地上天気図



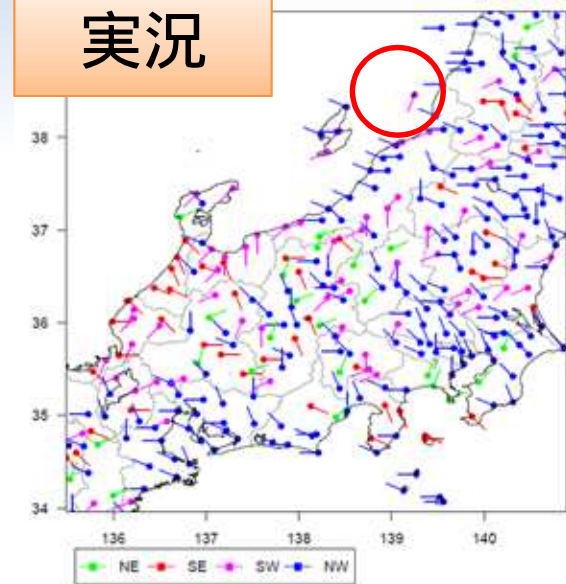
2012/01/05 12UTC

実地形

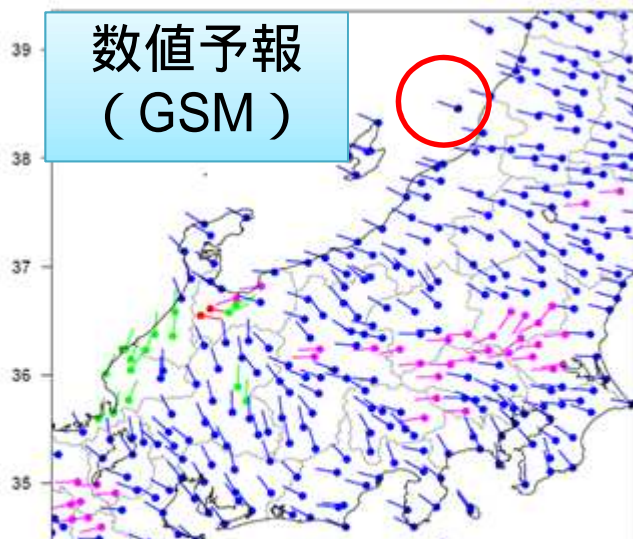


国土地理院HPより

実況

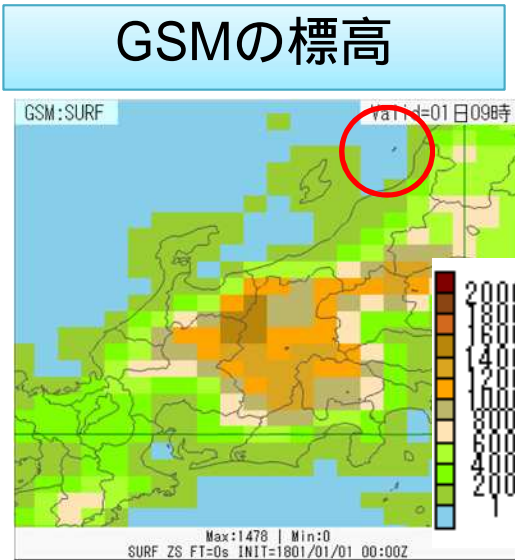


数値予報
(GSM)

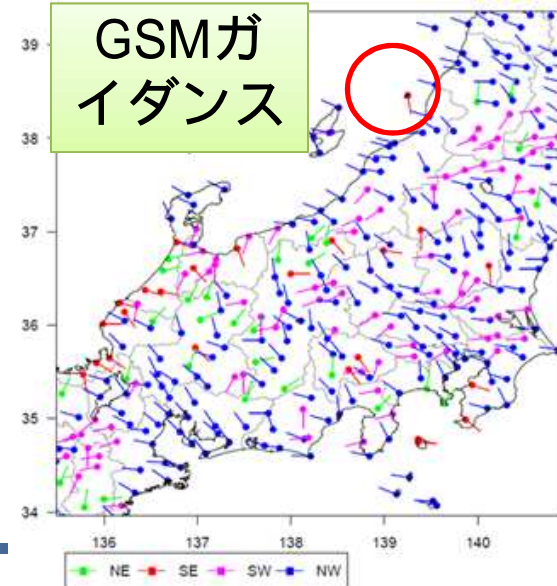


2012/01/04 12UTC (FT=24)

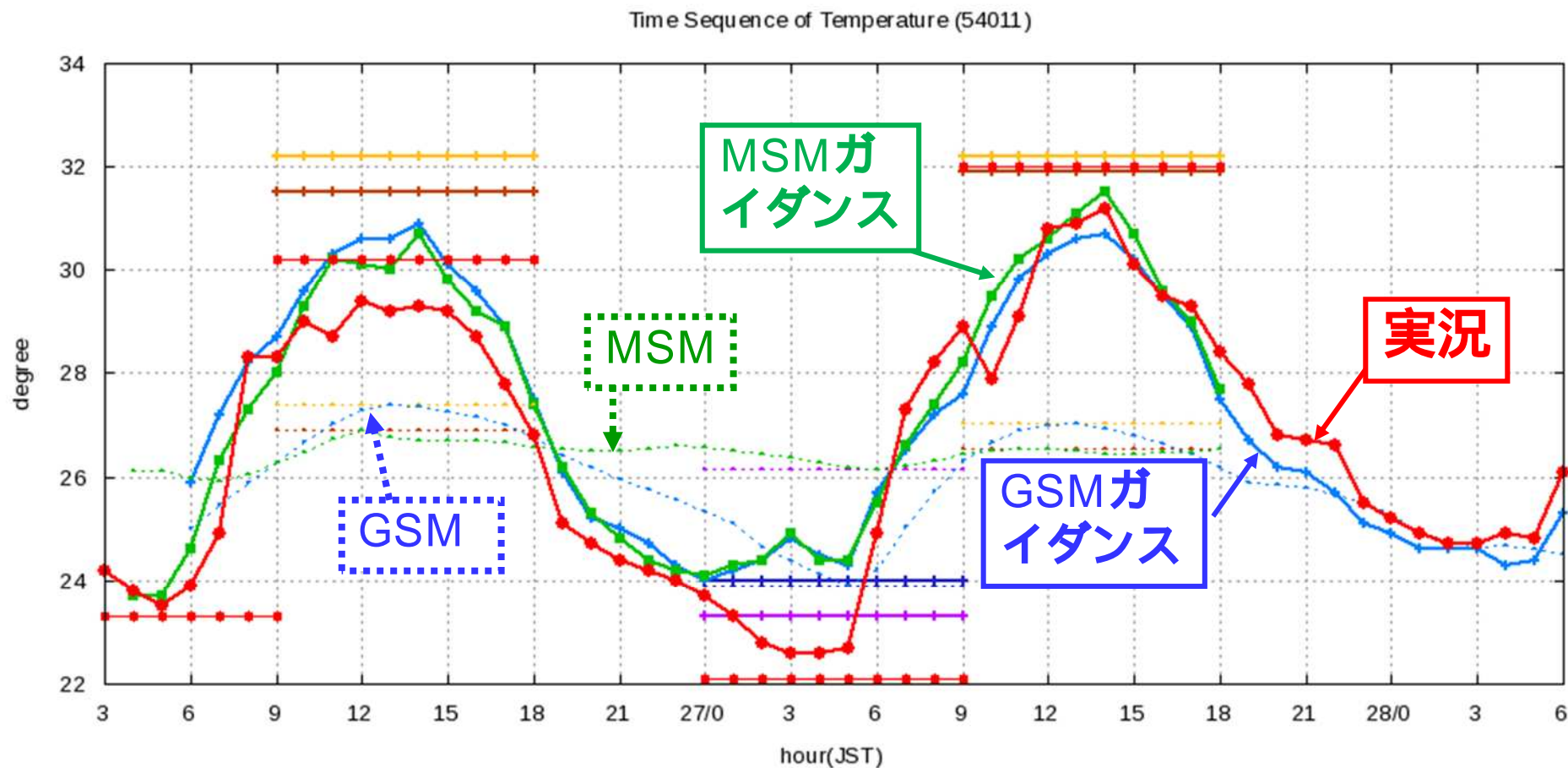
GSMの標高



GSMガイダンス



ガイダンスとモデルの比較（栗島：気温）



栗島はGSM, MSMとも海となっており、モデル気温は変化が少ないが、ガイダンスはそれを補正している。

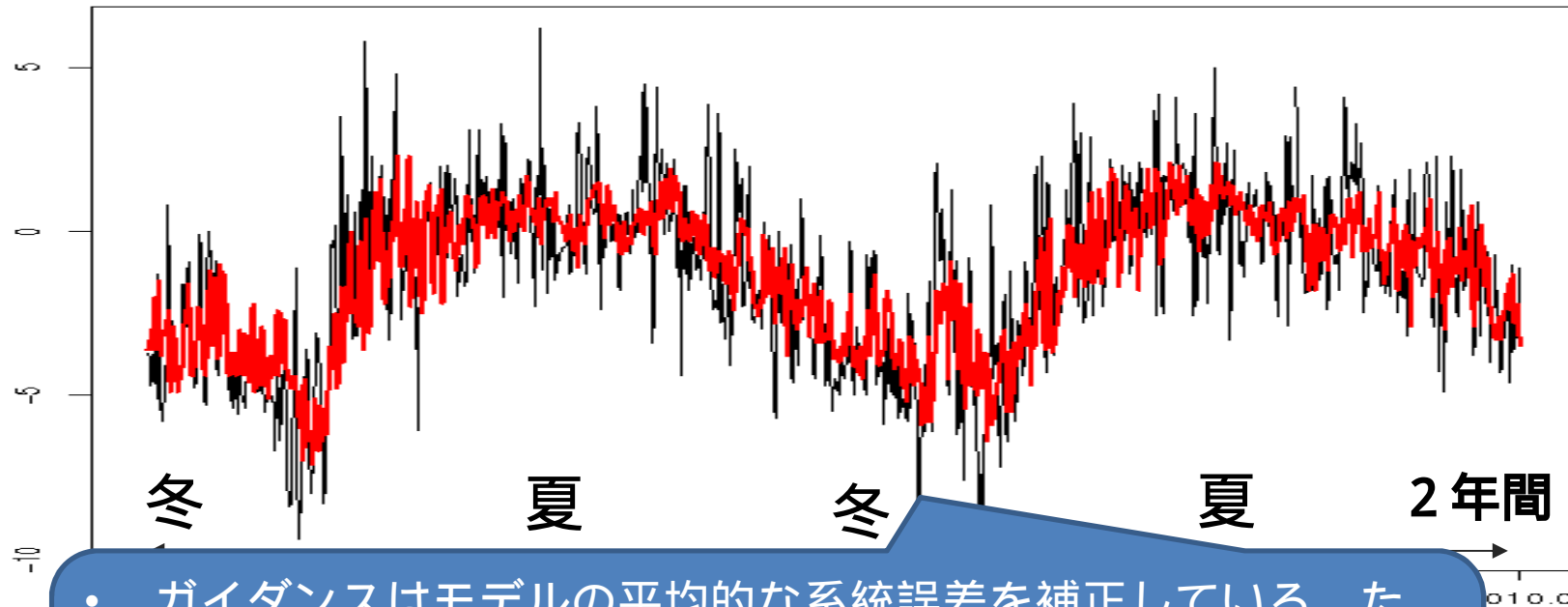
系統誤差とランダム誤差（気温の例）

軽井沢の最高気温の例

黒線：数値予報（MSM）の気温誤差

赤線：気温ガイダンスが補正できた誤差。

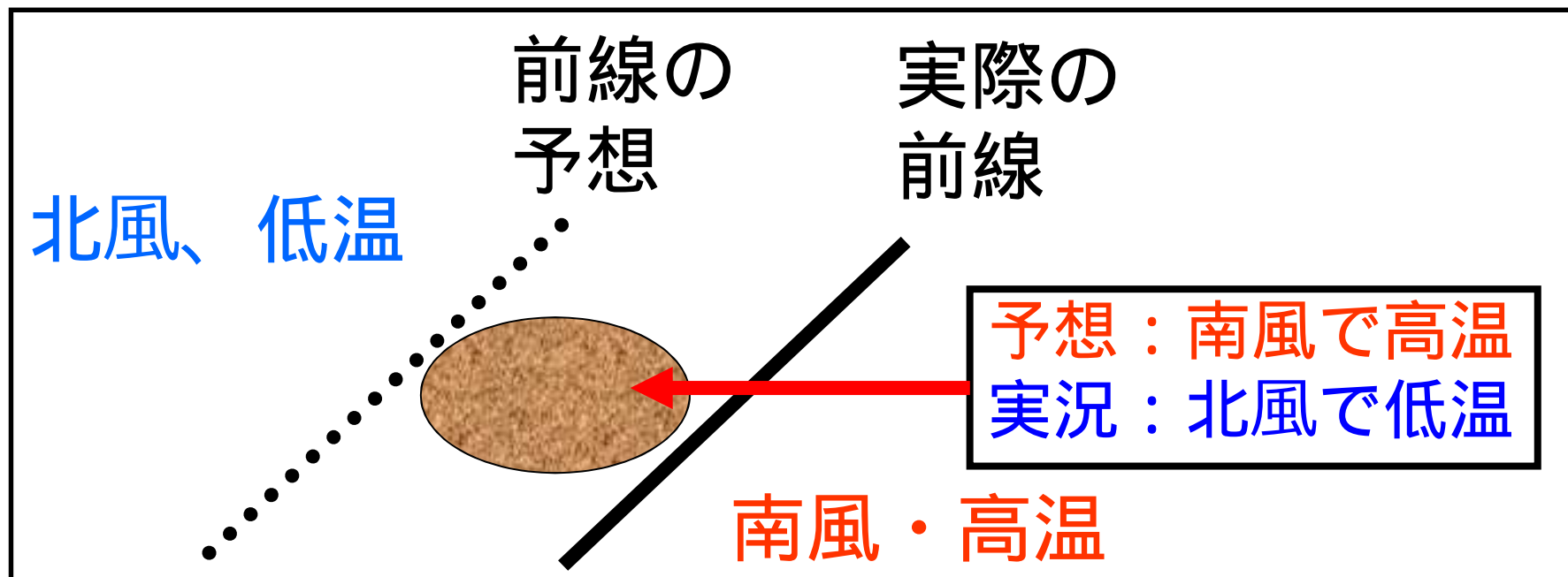
「赤と黒が一致 = ガイダンスが完全に補正できた」を意味する



- ガイダンスはモデルの平均的な系統誤差を補正している。ただし、ランダムに発生する誤差を補正できていない。
- なお、気温の系統誤差は季節変化しており、カルマンフィルターを用いることにより、季節変化に対応できている。

ランダム誤差の例

数値予報の前線の位置ずれ：ガイダンスでは修正不可能



その他、数値予報の天気（晴れ、曇り、雨）の外れ、数値予報が短時間強雨をまったく表現していない等の誤差は修正できない。

ガイダンスの近年の特性

ガイダンスの近年の特性

- ✓ 数値予報モデル：GSMは2016年3月、2017年5月に改良。MSMが2017年2月に改良
- ✓ ガイダンス：2014年2月に気温、2015年5月に発雷確率、2017年6月に降水量を改良



- 最新の数値予報の再予報とガイダンスを使って、GSMとMSMガイダンスの予測特性を2016年で比較
- 前回の講習会資料（2013年11月、気象庁HPに掲載）からの変化
- 適宜利用上の留意点を交える

検証期間は2016年6-8月（夏）、2016年12月～2017年2月（冬）。GSMが00UTC等初期値で6-42時間後の予測、MSMが03UTC等の初期値で3-39時間後の予測とし、対象時刻を合わせて検証する。

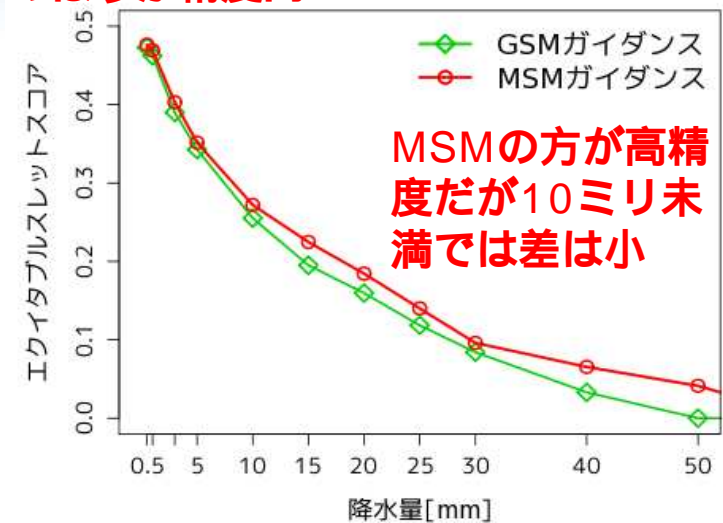
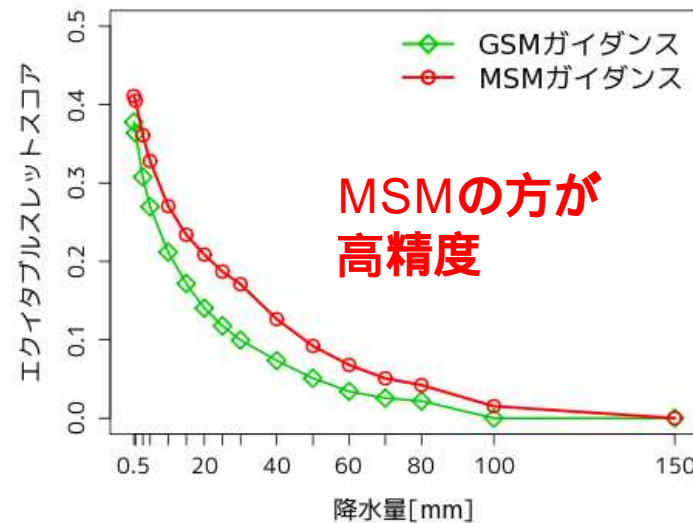
降水量ガイダンスの精度

降水量ごとの予測精度をGSMとMSMで比較

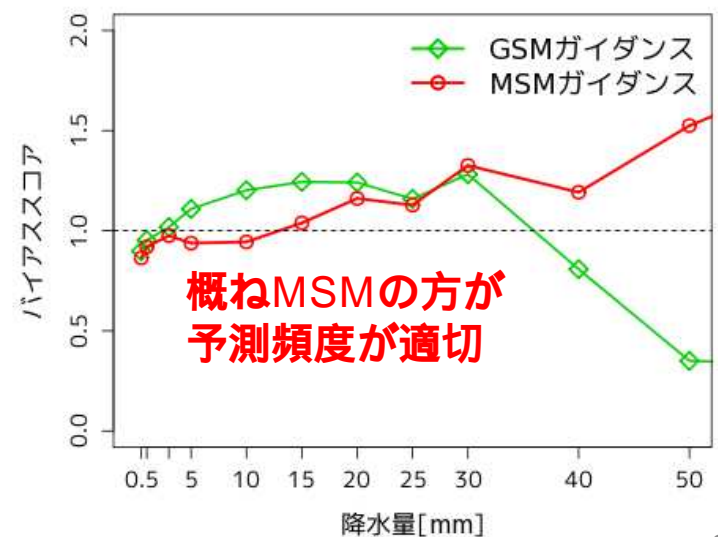
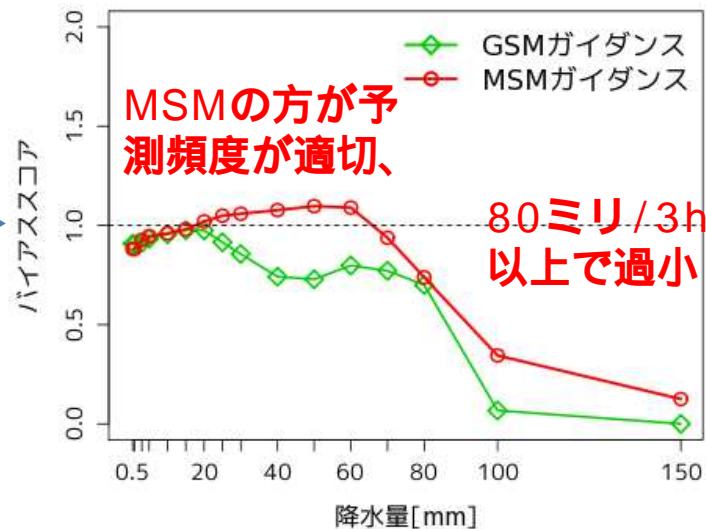
(夏)

1ミリは夏より冬のほうが精度高 (冬)

大きい程
高精度



1に近い程
予測頻度が
実況に近い



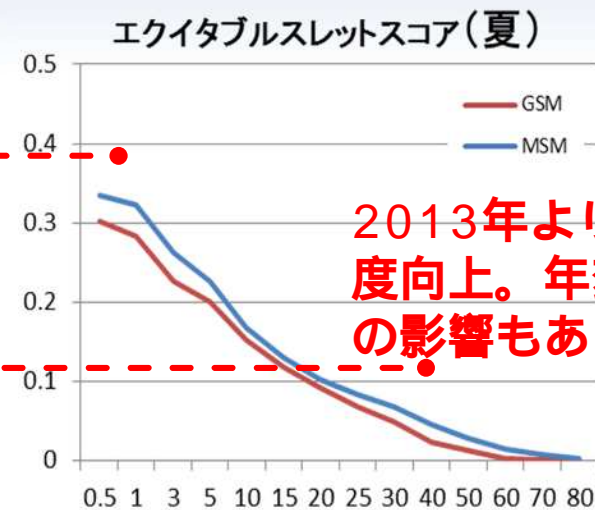
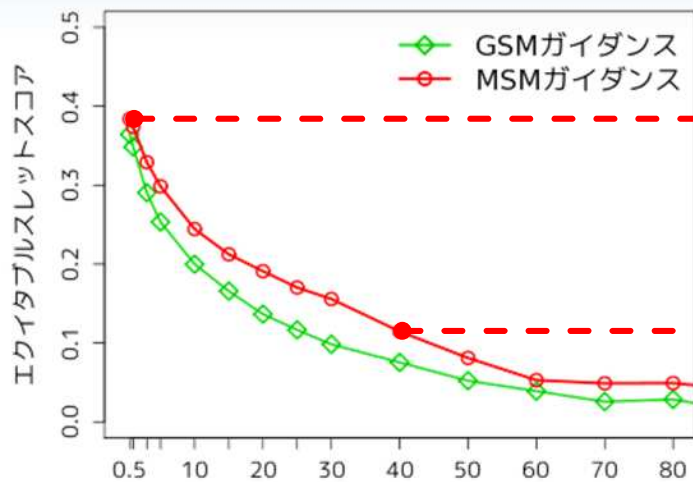
降水量ガイダンスの精度変化

2013年と
のETSの比較

2016年

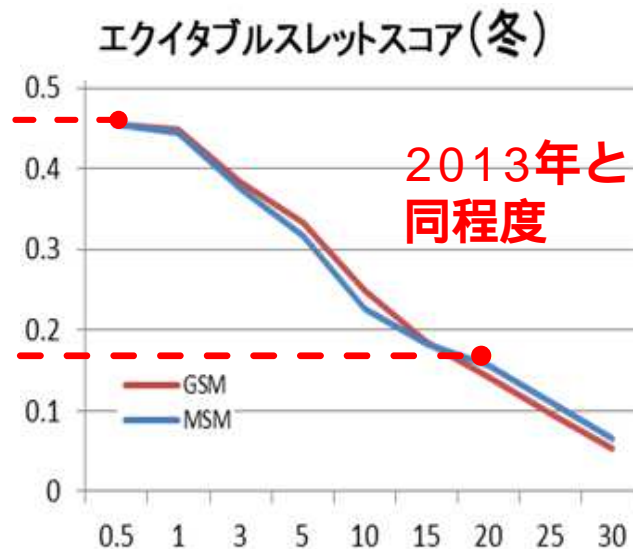
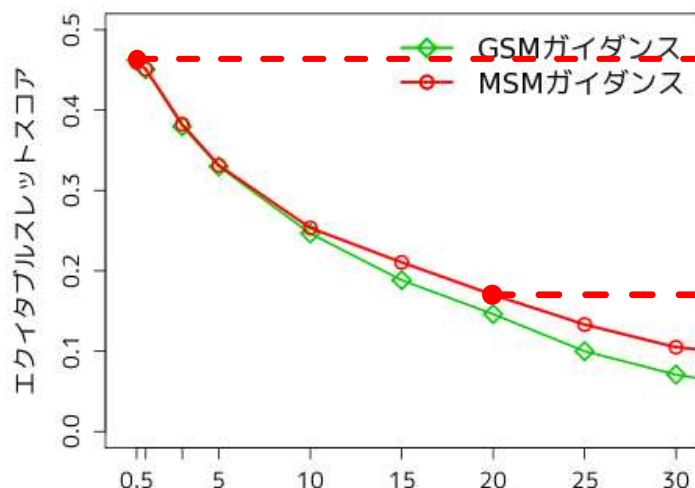
2013年

(夏)



2013年より精
度向上。年変動
の影響もある。

(冬)



2013年と
同程度

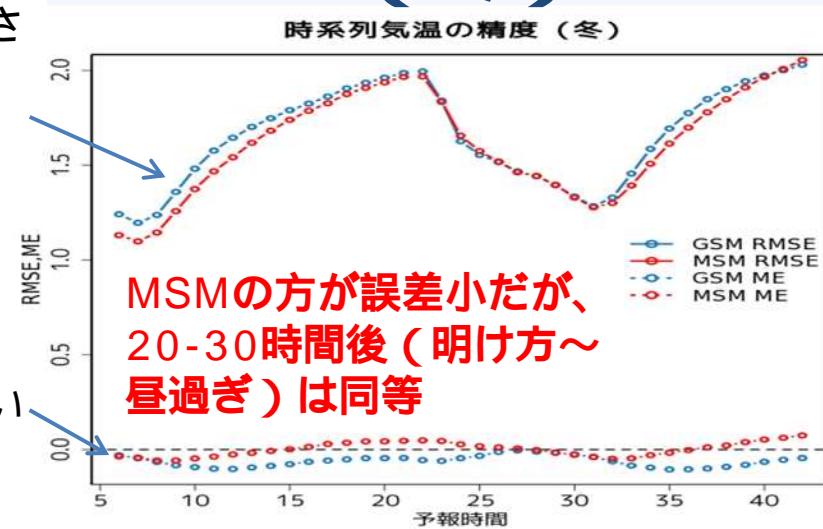
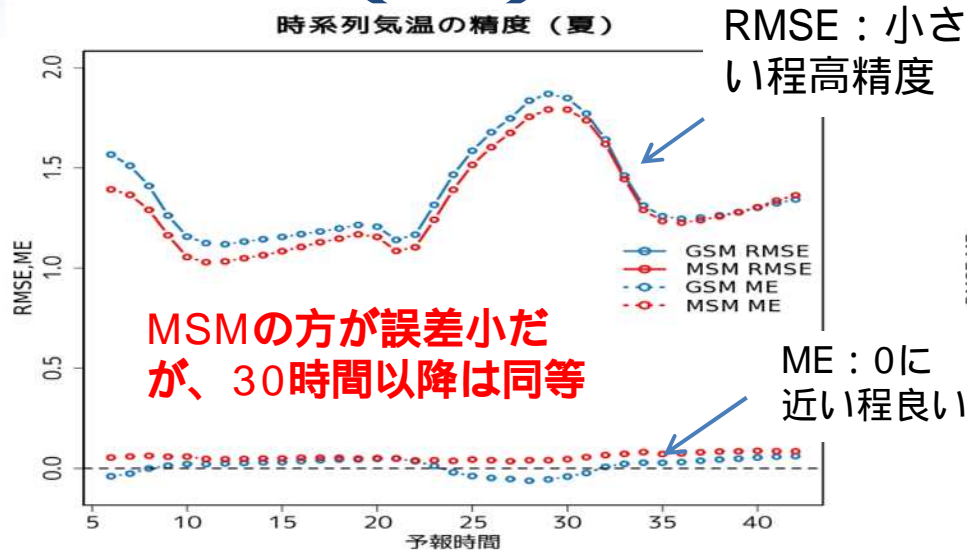
2013年と同条件で比較するために前頁のスコアとは異なる

気温ガイダンスの精度

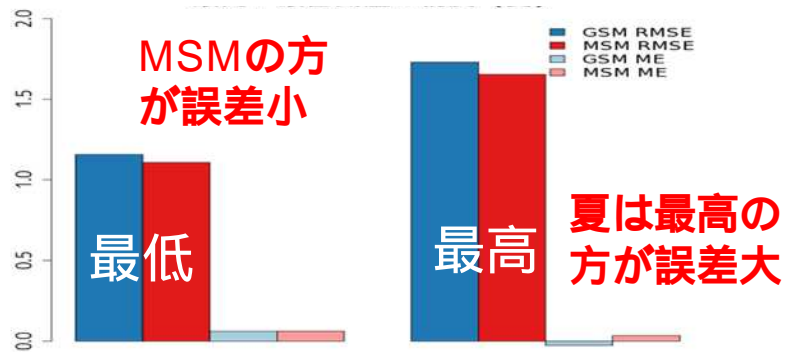
予測誤差をGSM
とMSMで比較

(夏)

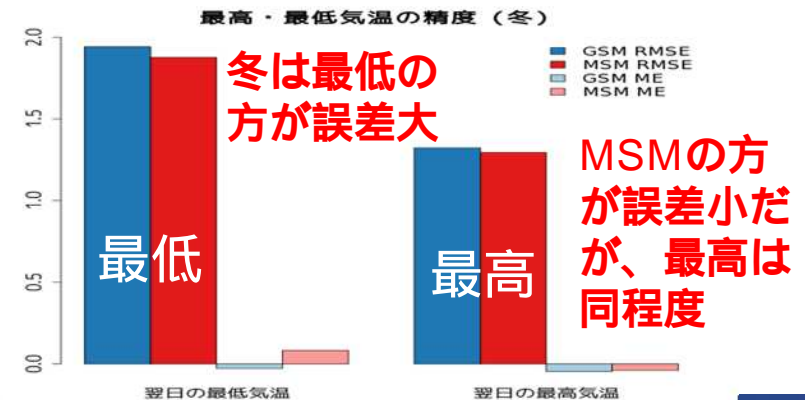
(冬)



時系列気温ガイダンスの予報時間ごとの平方根平均二乗誤差 (RMSE) と平均誤差 (ME)



翌日の最低・最高気温ガイダンスのRMSEとME



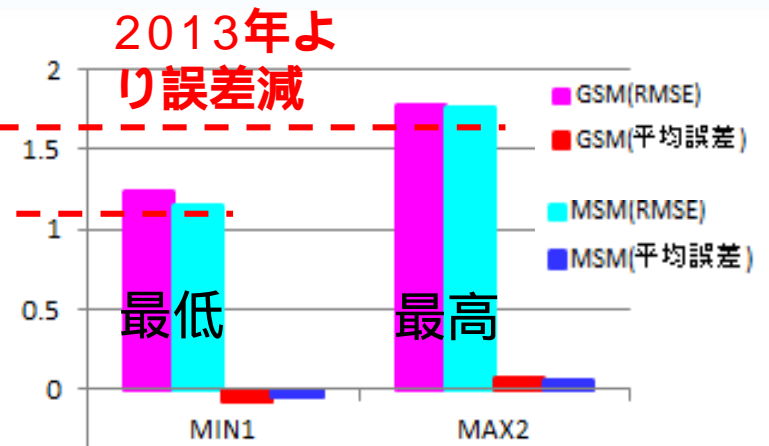
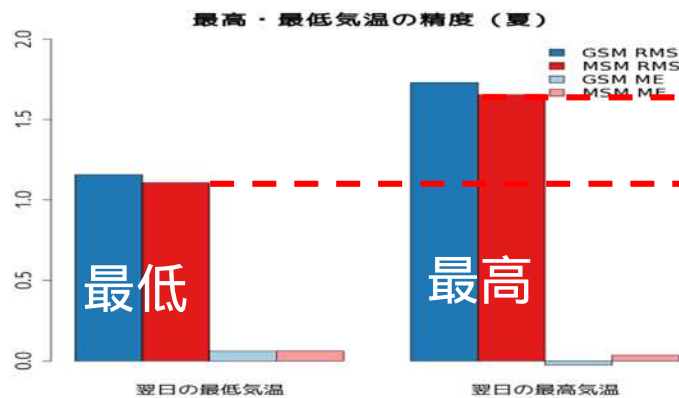
気温ガイダンスの精度変化

2013年から
のRMSEの変化

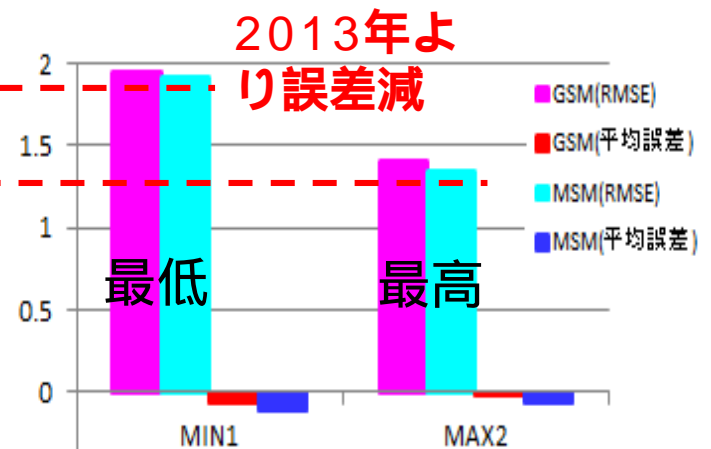
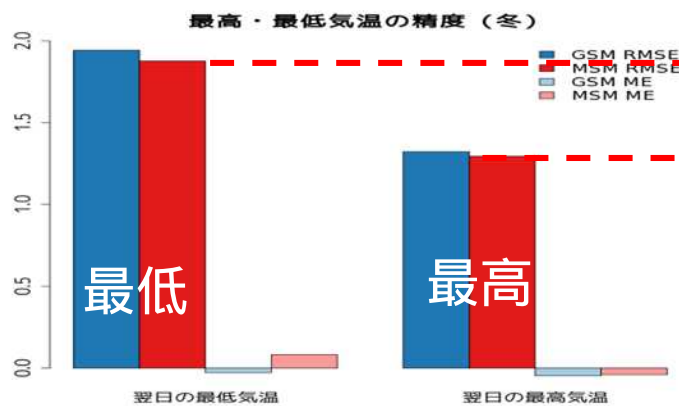
(夏)

2016年

2013年

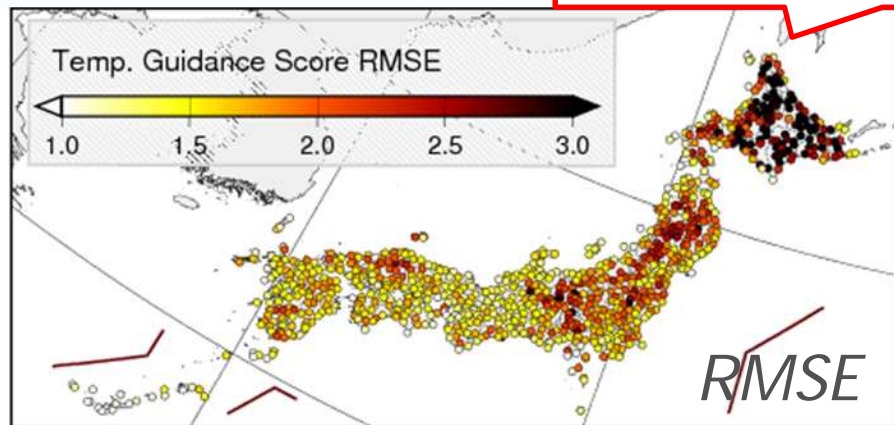


(冬)

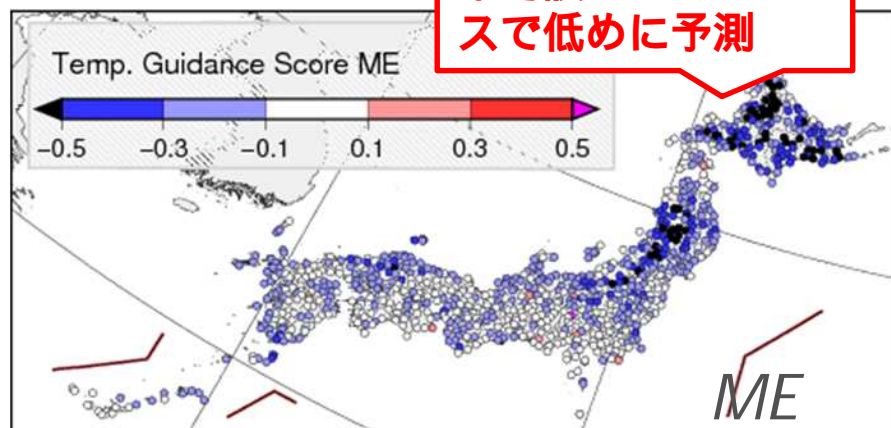


冬季のGSM最低気温ガイダンスについて

北海道、東日本の
内陸で誤差大

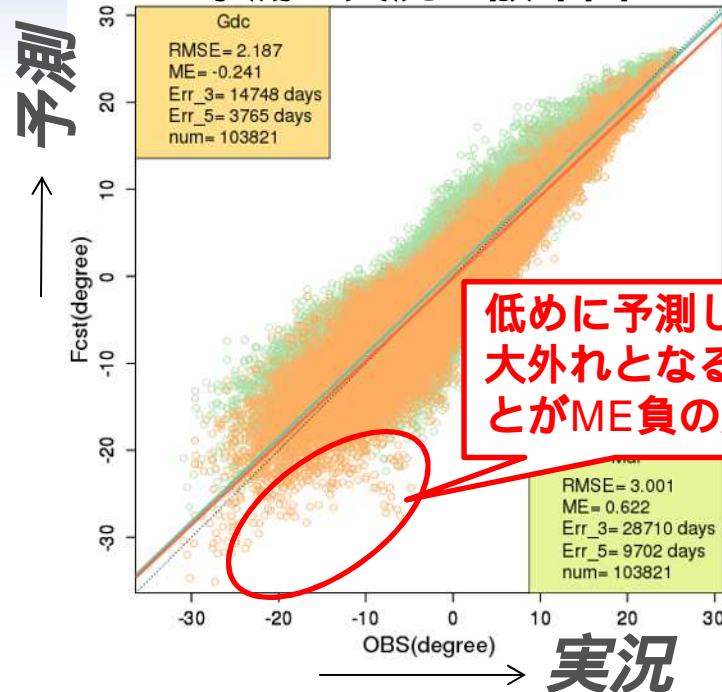


平均誤差がマイナ
スで低めに予測



これは2016年3月のGSM変更から顕著にみられるようになった。

予測 - 実況の散布図



GSMより誤差は小さい 翌日の最低はMSMを基本に

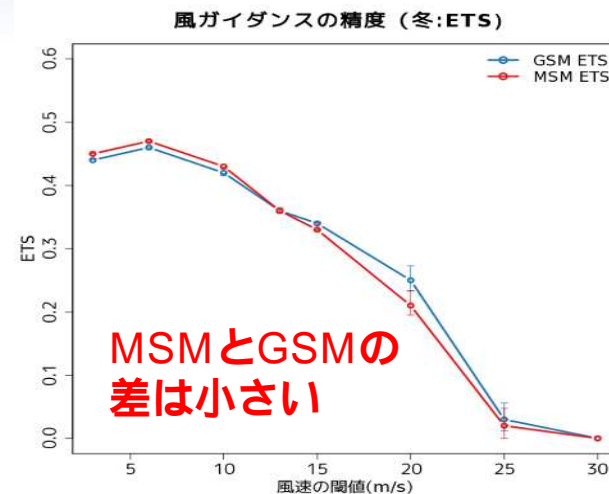
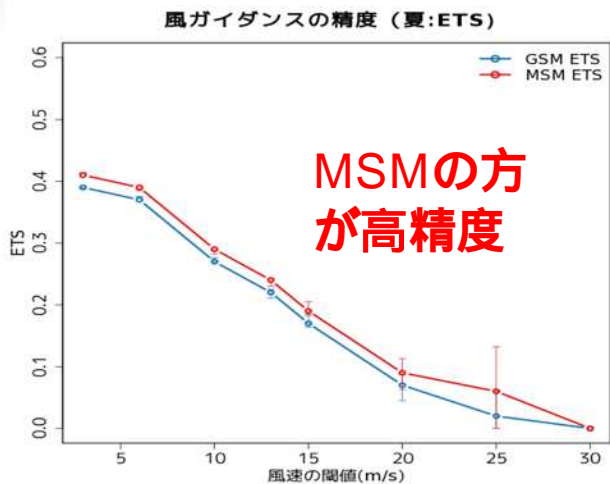
風ガイダンスの精度

(夏)

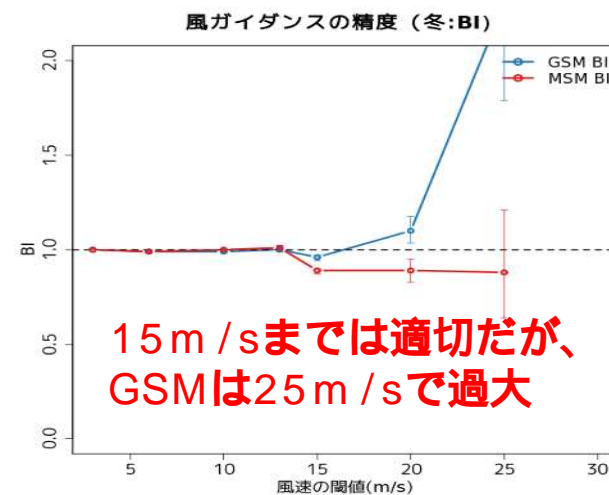
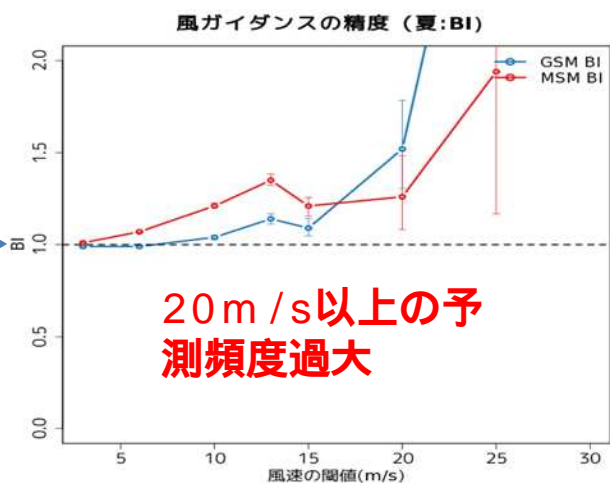
風速ごとの予測精度を
GSMとMSMで比較

(冬)

大きい程
高精度



1に近い程
予測頻度が
実況に近い



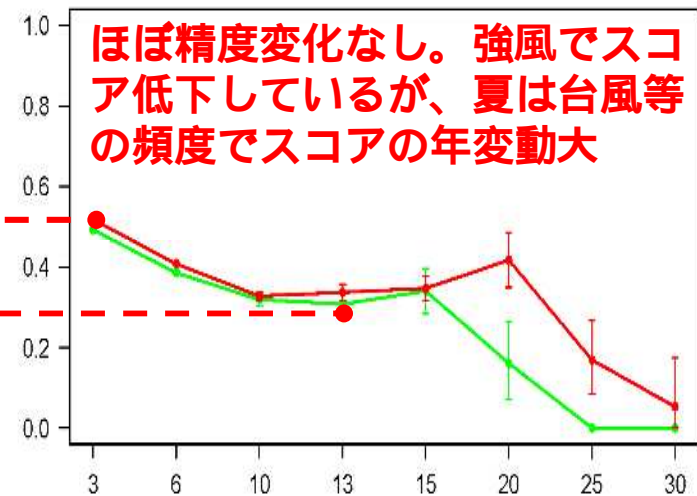
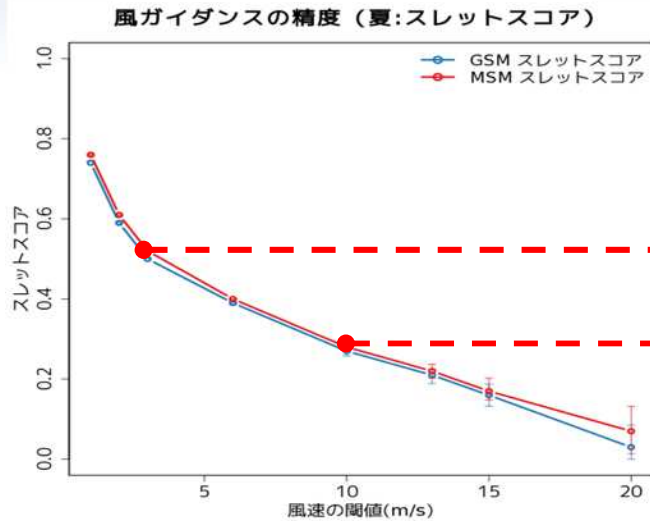
風ガイダンスの精度変化

2013年とのスレ
トスコアの比較

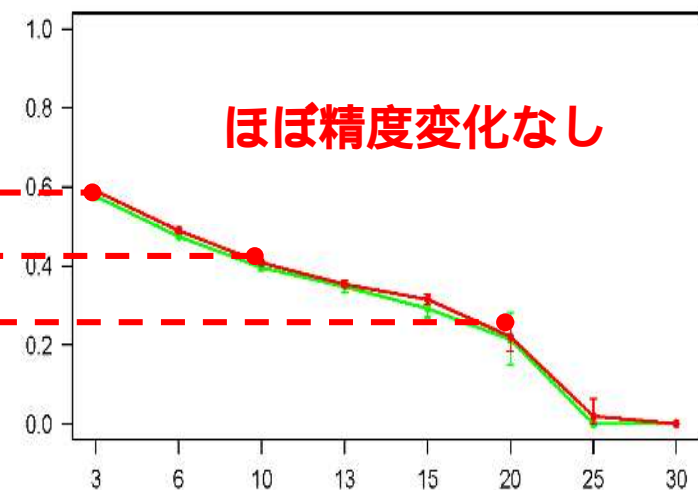
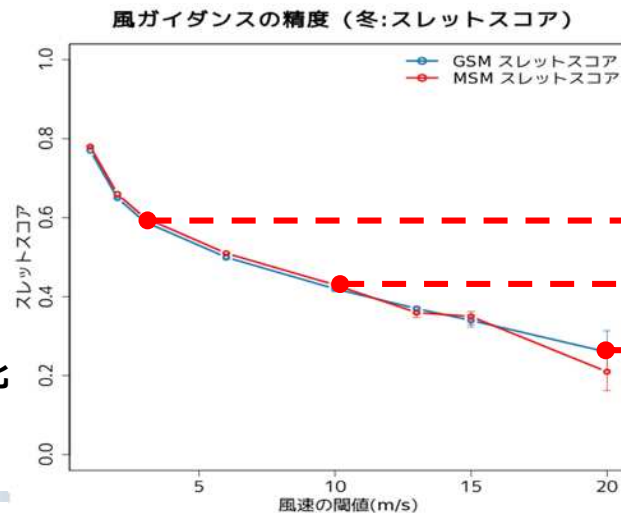
2016年

2013年

(夏)



(冬)



2013年と同条件で比較するために前頁のスコアとは異なる

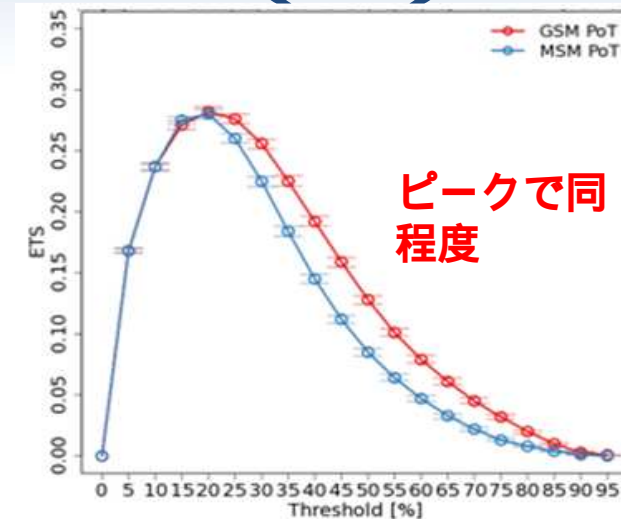
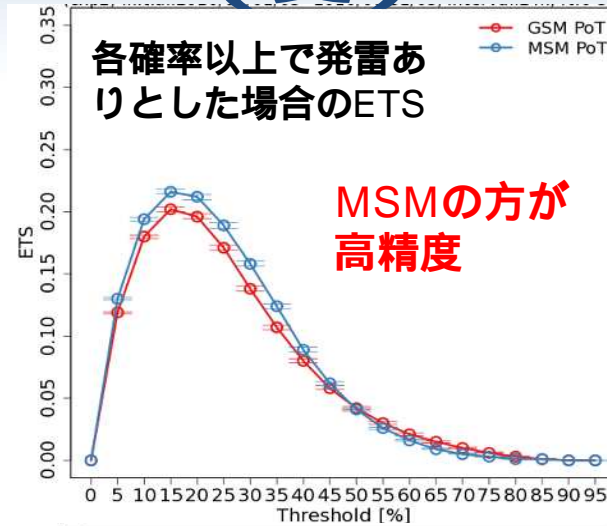
発雷確率ガイダンスの精度

予測精度をGSM
とMSMで比較

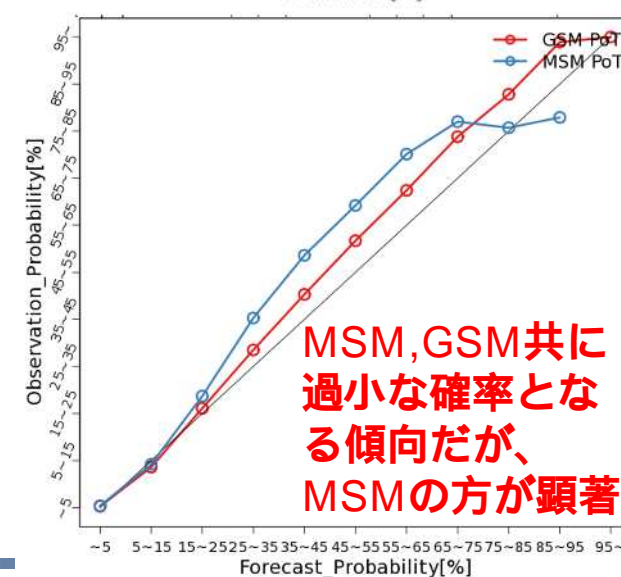
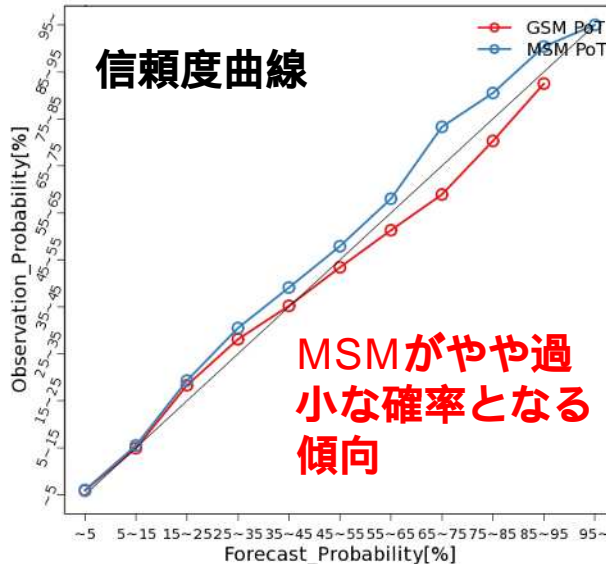
(夏)

(冬)

大きい程
高精度



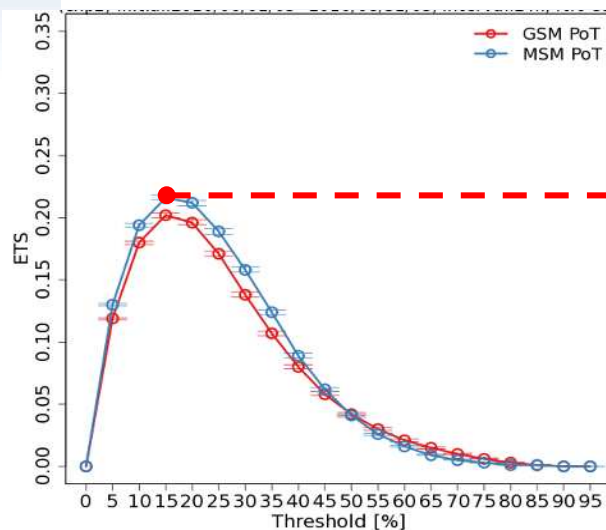
45°の直線に近い程良い



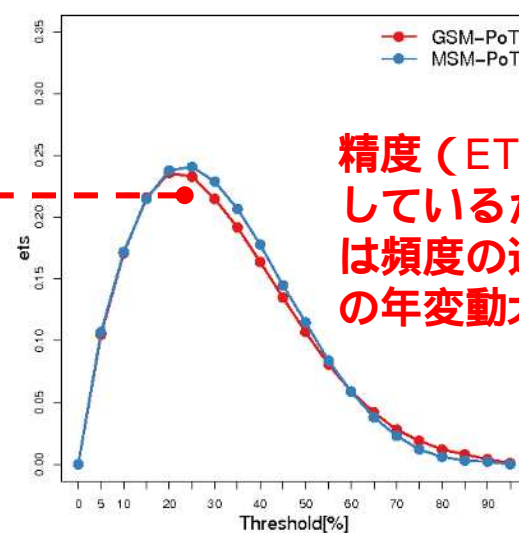
発雷確率ガイダンスの精度変化

(夏)

2016年

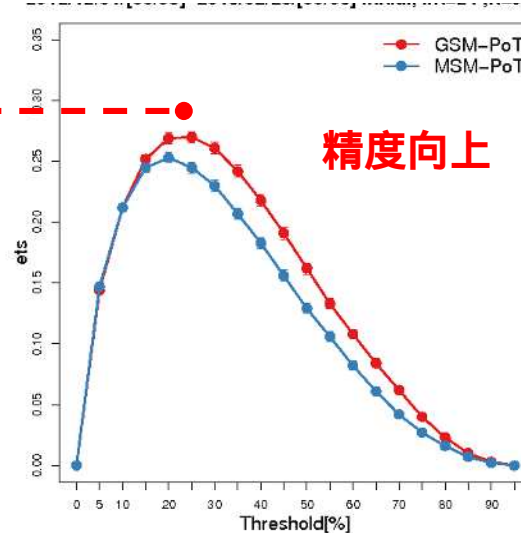
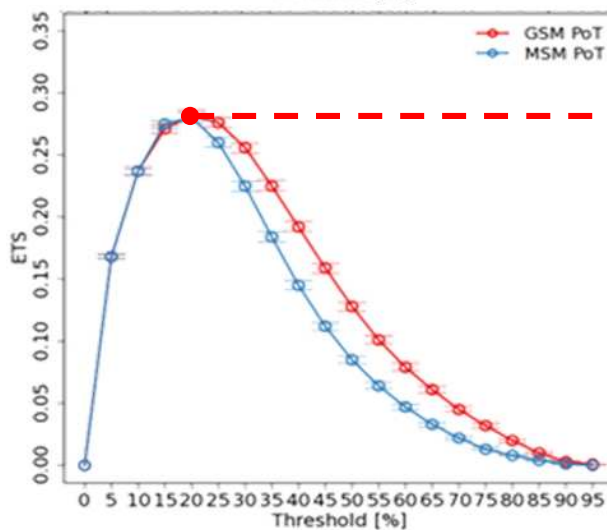


2013年



精度 (ETS) が低下しているが、夏の雷は頻度の違いでETSの年変動大

(冬)



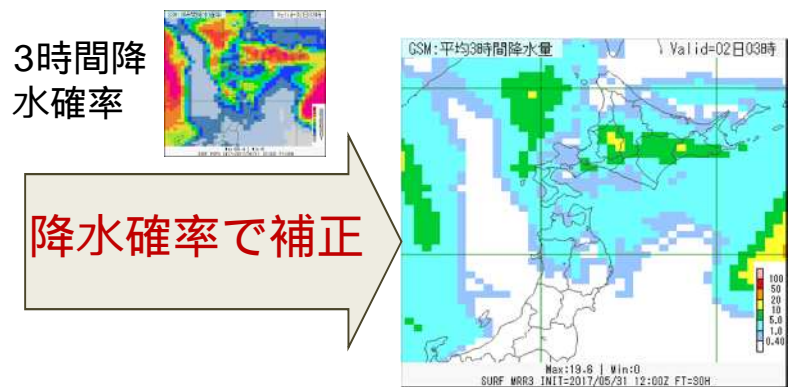
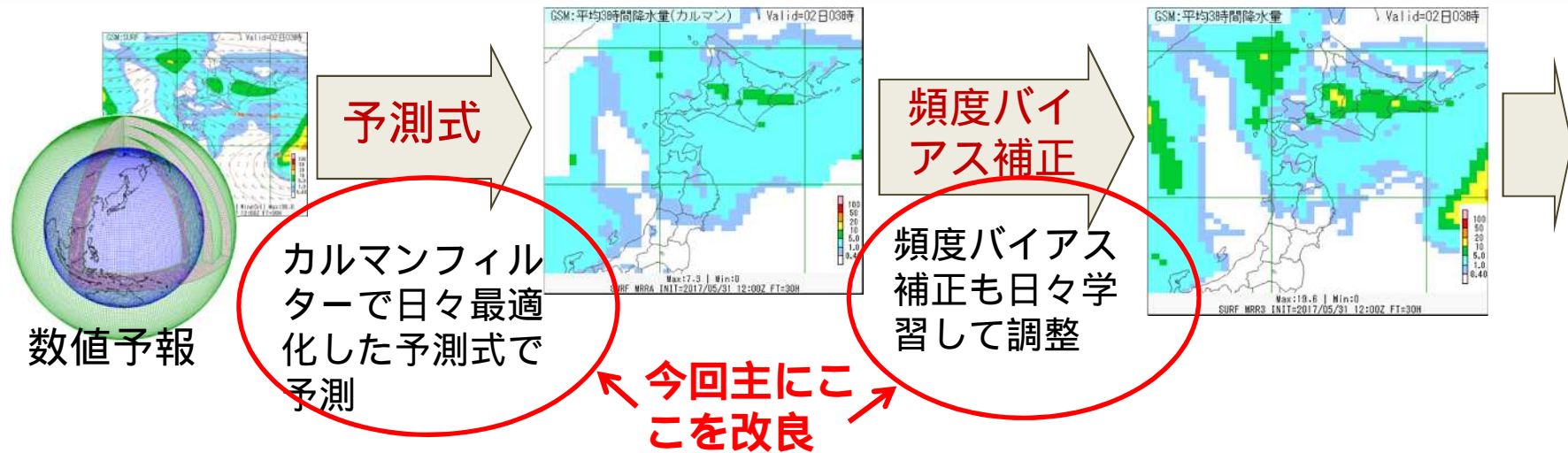
精度向上

降水量ガイダンスの改良

降水量ガイダンス(MRR)の改良

- 2017年6月8日00UTCからGSM,MSM降水量ガイダンス共に改良
- 降水量ガイダンスの以下の問題点を軽減
 - 予想外の大雨で過剰に学習し、その後に過大な降水量予測となる場合があった。
 - GSMガイダンスが冬と春に過剰
 - 80ミリ未満で降水量予測が過大、80ミリ以上で過小
- 精度は改良前と比べて大きな改善はないが、過剰な降水が抑制され、より信頼度の高い予測となる。

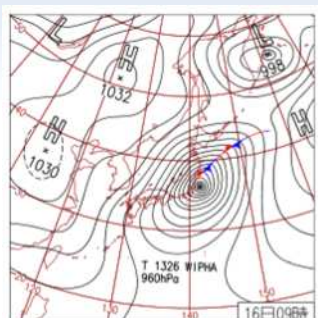
降水量ガイダンスの作成手法



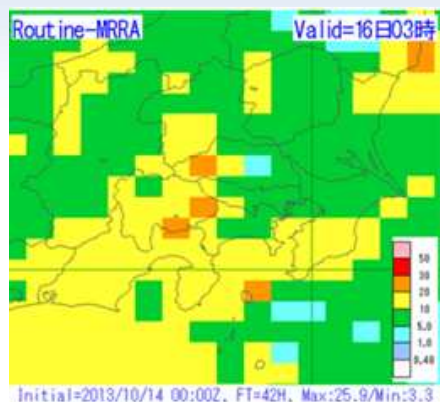
これが配信

頻度バイアス補正：予測降水量の降水量毎の頻度分布を実況降水量の頻度分布に合わせて予測値を補正する方法。これによって実況に近い頻度の大雨が予測される。

大雨後の過学習の軽減 伊豆大島の例



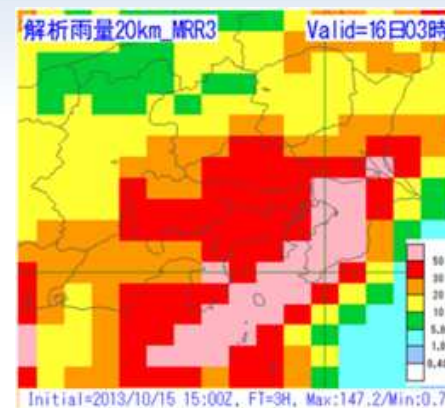
16日(水)伊豆大島で記録的大雨
台風と停滞前線により、東京都大島
元町で122.5mm/1h、24時間降水量
824mm、共に観測史上1位更新。最大
瞬間風速は千葉県銚子46.1m/s、宮城
県女川町江ノ島45.5m/sを観測。



大雨時の降水量ガイダンスの
予測（実況よりかなり少）

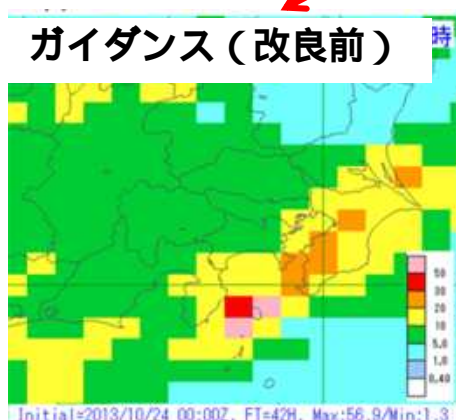
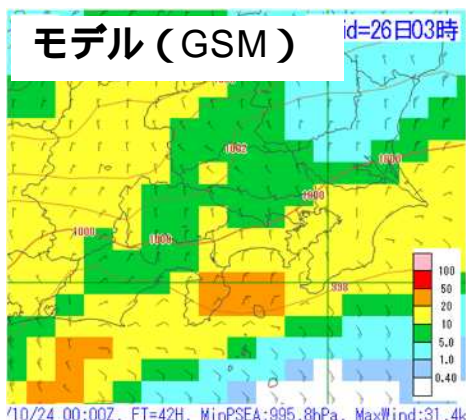


この差を埋め
ようとして予
測式の係数が
大きく変化

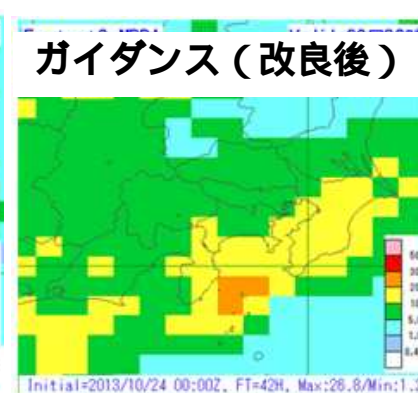
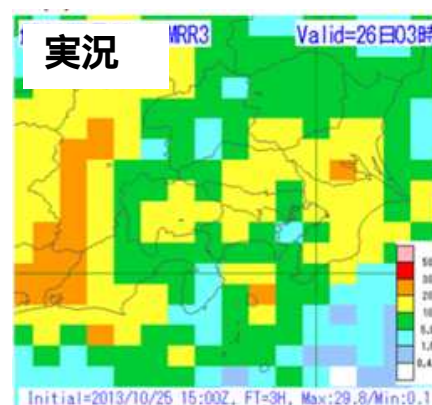


実況

約10日後



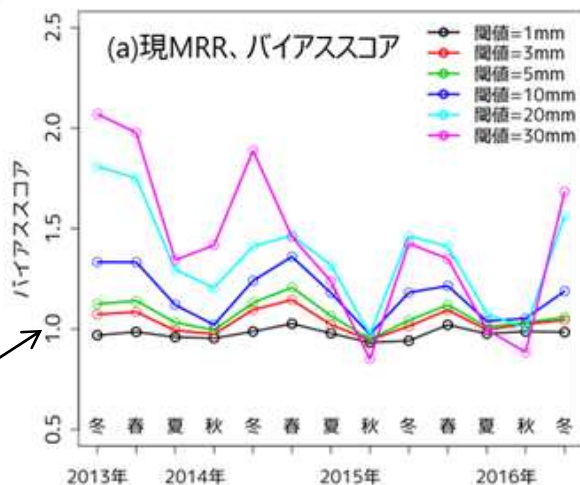
過大に予測して空振り



係数の変化を抑制し、
過大な予測を軽減

冬～春の予測頻度過剰の軽減（GSM）

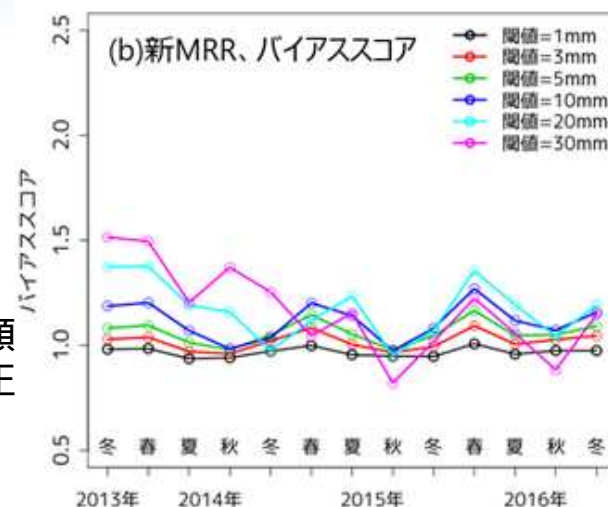
旧GSM降水量ガイダンスの季節別バイアスコア（予測頻度/観測頻度）



バイアスコア = 1 が予測頻度が適切であることを意味

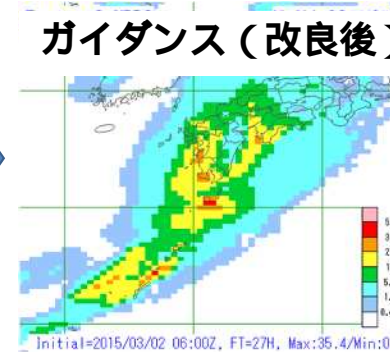
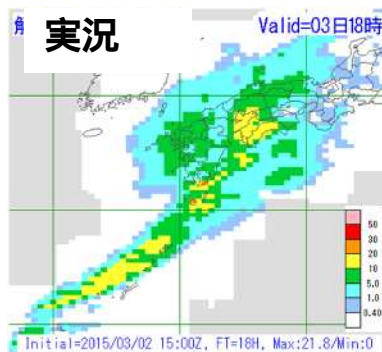
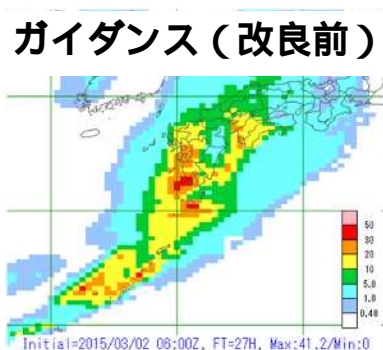
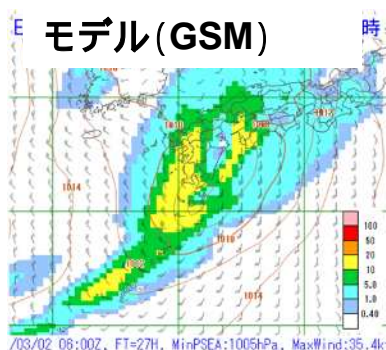
10ミリ以上で大きく1を超え予測頻度が過剰となっていた。

新GSM降水量ガイダンスの季節別バイアスコア



冬から春用の頻度バイアス補正係数を用意

予測頻度過剰がかなり抑制

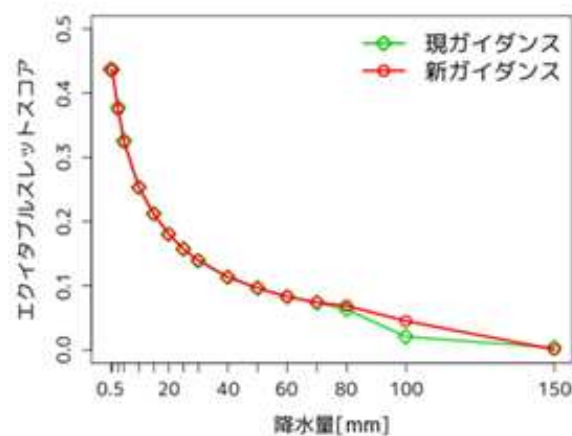
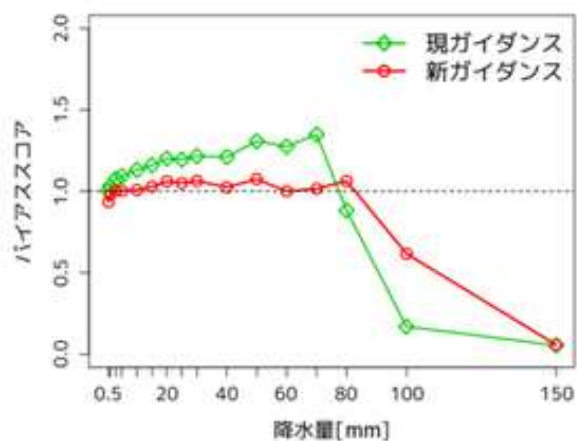


MSMのMRRには現GSMのMRRに見られるような予測頻度の明確な季節変化が見られないため、この処置はMSMには導入しない。

予測頻度の適正化

改良前の降水量ガイダンスは80ミリ/3h未満で予測頻度が過大で、80ミリを超えると過小であった（図の緑線）。
頻度バイアス補正の処理を改良することにより、赤線のように、より適切な予測頻度となる。

新旧MSM降水量ガイダンスの降水量別バイアスコア（左）、エクイタブルスレットスコア（右）



精度はほぼ変化がないが
100ミリでやや向上

まとめと今後

- ガイダンスは、統計手法を用い、数値予報が予測していない降水確率等の要素を作成し、また数値予報の系統誤差を補正している。
- ガイダンスの特性を示した。概ねGSMよりMSMガイダンスの精度は高い。また、数値予報とガイダンスの改良により、年変動はあるが、予測精度が向上している。
- 6月8日に降水量ガイダンスの改良を実施した。過剰な降水量予測が抑制され、信頼性が向上した。

今後

- 課題となっている冬季のGSM最低気温ガイダンスの大外れ軽減等、今後ともガイダンスの改良に取り組みます。
- H31年度に予定されているメソアンサンブルの運用開始に伴い、新たなガイダンスの開発を進めます。

終わり

