

# 結露対応版イネ葉面濡れ確率予報に向けた 気象庁週間アンサンブルダウンスケーリング予報実験

池田翔・山崎剛（東北大）  
菅野洋光・大久保さゆり（農研機構）

# はじめに



## ◆確率予報と社会経済活動への貢献

☑気象庁は、「**確率予報の強化**」、「**気象データの利活用**」などの「**生産・流通計画の最適化等に役立つ高精度な気象・気候予測の実現**」にむけ取り組んでいる[1]。

## ◆長時間の葉面濡れが病害発生に必要な条件

☑いもち病の感染には適温と**葉面の持続した濡れ**が必要であり、それらを把握することで、適切な薬剤の散布が可能になる[2]。

☑梅雨前線・ヤマセによる降水に加え、早朝の葉面結露でも感染の可能性はある[3]。

☑病気の発生予測には、**特別気象データが必要**で、非常に気象に敏感[4]。

## ◆効果的な薬剤散布にむけて

☑近年の自然志向の高まりとともに農薬の使用回数も制限されることが多く、**効果的な薬剤散布が求められ**[4]、気象予報データによる**適期防除が必要**。

## ◆今後も病害リスクには注意

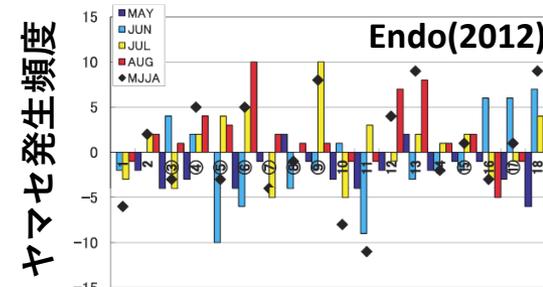
☑ヤマセ・梅雨の遅延の温暖化予測[5]もあり、植物体の濡れによる病害発生リスクには今後も注意。病害発生時は必ずしも冷害をもたらすほどの低温であるとは限らず[3]、温暖化でいもち病害が増える予測もある [6]。



「葉いもちの病斑」

温度	必要な湿潤時間
15℃	17時間
16	15
17	14
18	13
19	12
20-21	11
22-25	10

## モデルアンサンブルによる 将来予測



将来8月ヤマセの増加

[1]気象庁 平成30年報道発表資料、[2]菅野(2018)、[3]大久保ほか(2015)；越水(1988)、[4]菅野ほか(2010)、[5] Endo(2012)；Kitoh and Uchiyama(2006)、[6]北海道中央農試(2011)；明治製菓ファルマHP

# これまでのBLASTAM予報研究 と 本研究

## ◆イネいもち病における気象データの高解像度化のメリット

☑ **山地/内陸盆地**の湿潤状態（地形性降雨、盆地霧など） [1]

## ◆力学的アンサンブルDS気象予報データ

☑ **高解像度**の**信頼度付き**予報情報が得られるため、**圃場ごと**に精度の高い確率予報が可能になる。

## ◆これまでの問題点

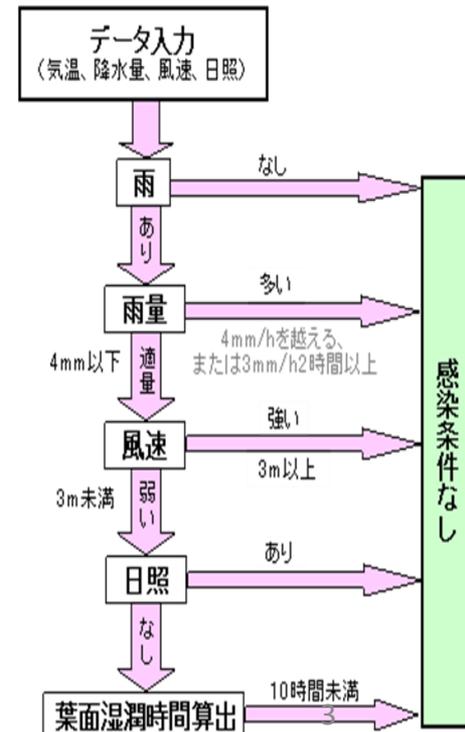
(a)	BLASTAM（アメダス実況）	リードタイムの確保×
(b)	BLASTAM（GSM）	決定論、信頼度情報×
(c)	BLASTAM（アンサンブル予報）	結露×

☑ アンサンブルキャスト[2]を用いたBLASTAM予報実験は行われているが、**結露には未対応**[3]。

☑ BLASTAM濡れ判定の解決策として、湿度法や陸面過程モデルの導入を提案[1]。

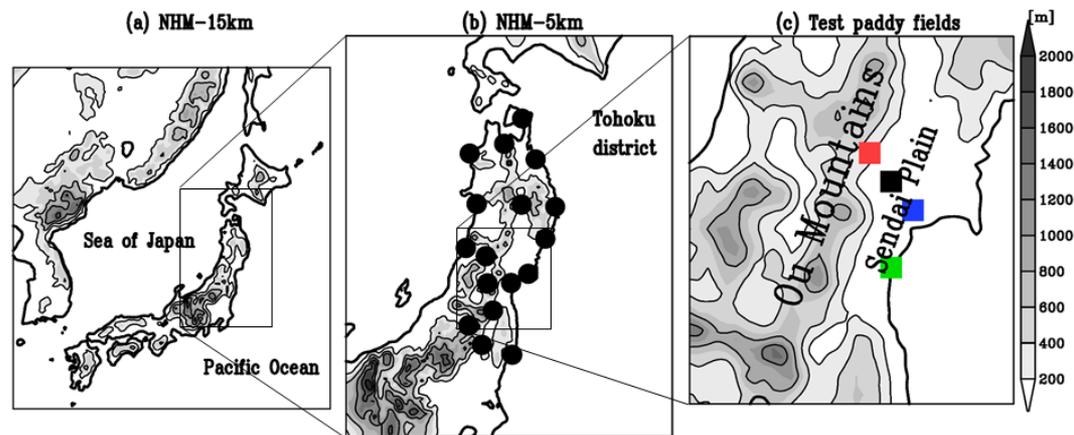
## BLASTAM 濡れ判定部分

濡れ推定モデル	陸面過程モデル2LM (Yamazaki et al., 2004)	湿度法 (菅野,2018) など	BLASTAM (越水, 1988)
	物理モデル	しきい値	しきい値
必要な 気象要素	湿度	湿度	
	降水		降水
	風		風
	短波放射量		日照
	気温		
	長波放射量		
降水濡れ	○	○	○
結露濡れ	○	○	×



[1]大久保ほか(2015)、[2]Fukui et al.(2014)、[3]紺野ほか(2015)

# 目的



## ①メソアンサンブル週間予報の予測可能性

- ・東北地方17地点で相対湿度の検証

## ②湿度法による濡れ予報信頼度の検証

- ・水田4地点で濡れ検証

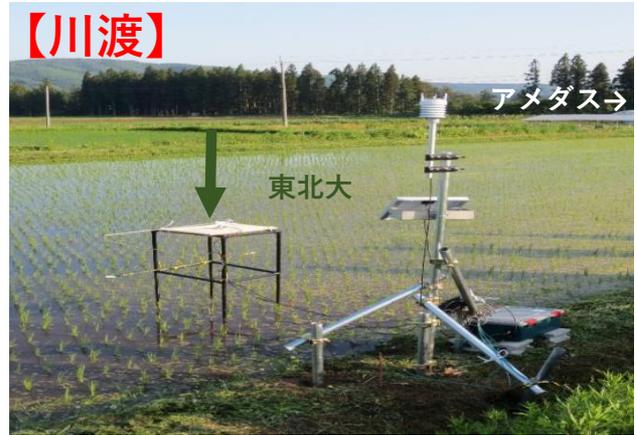
## ③濡れ検出力の比較（湿度法 / 2LM 法）

- ・水田4地点で濡れ検証、地域性/時間帯

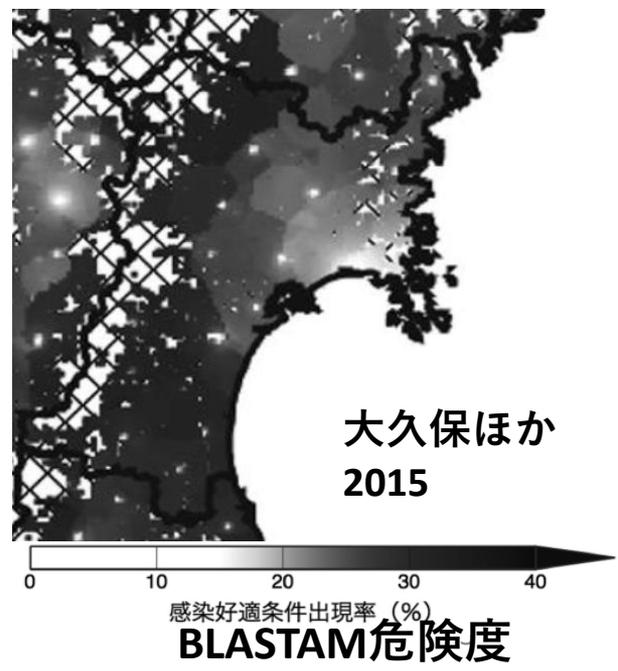
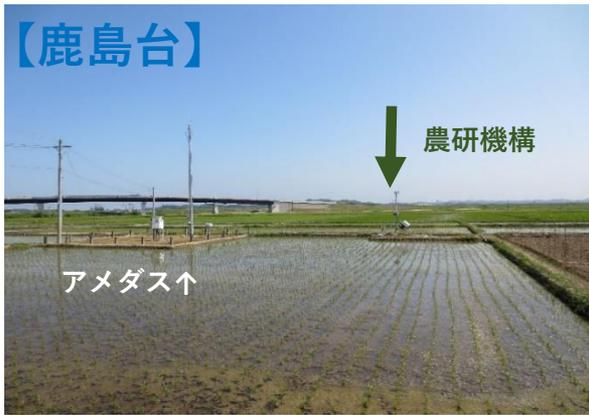
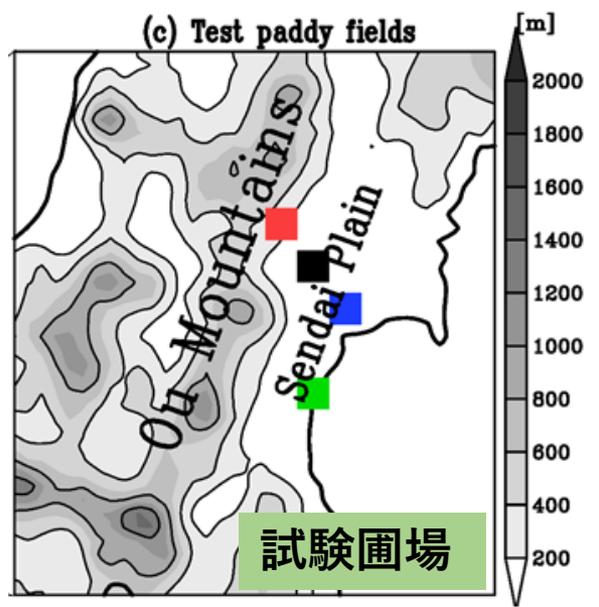
⇒以上の、時別データの統計解析が目的

# 2015年の水田観測

水田データは、  
菅野様、大久保様、成田様 提供

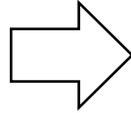
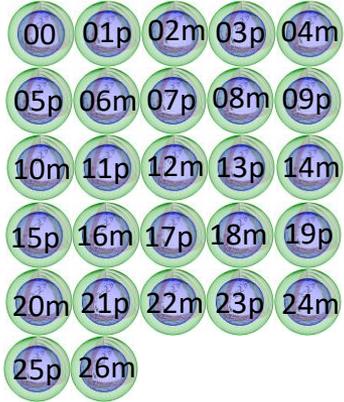


- (観測項目)
- ◆ 気温
  - ◆ 湿度
  - ◆ 降水
  - ◆ 長波放射
  - ◆ 風向/風速
  - ◆ 短波放射

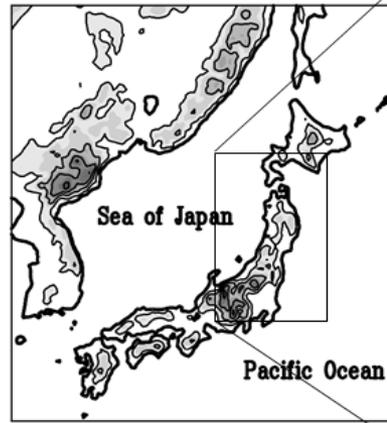


# アンサブルDS週間葉面濡れ予報

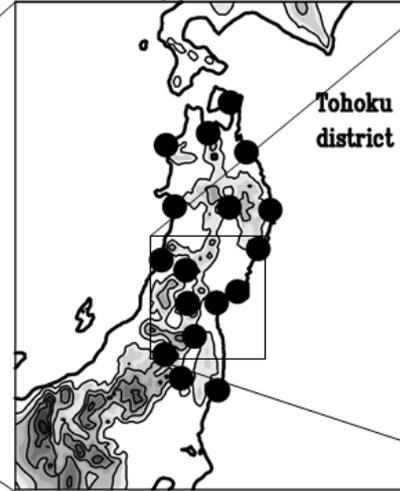
JMA



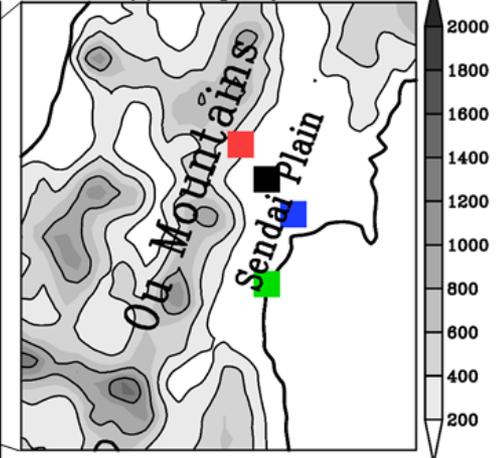
(a) NHM-15km



(b) NHM-5km

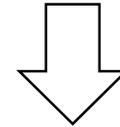


(c) Test paddy fields



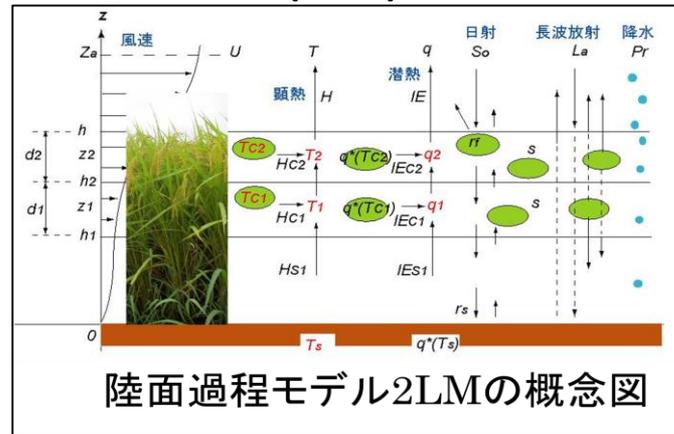
JMA-WEPS (27メンバー)  
2015年6-8月、92初期値

NHMの出力  
葉面濡れ予報

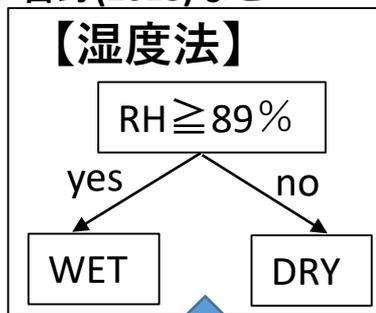


実験名	NHM-15km	NHM-5km
水平解像度	15km	5km
タイムステップ	60 s	20 s
格子数(X,Y,Z)	130,140,36	130,160,36
初期値・境界値	週間EPS	15kmの出力値
陸面過程	スラブモデル	
雲物理過程	氷相を含むバルクモデル	
乱流クロージャー	Improved Mellor-Yamada Level3	
対流パラメタリゼーション	Kain-Fritschスキーム	
海面水温	初期日のアノマリーを日別気候値に足す	

Yamazaki et al.(2004)



菅野(2018)など



精度を検証



# バイアス補正 (線形重回帰)

$$RMSE(FT)^2 = \sigma_e(FT)^2 + ME(FT)^2$$

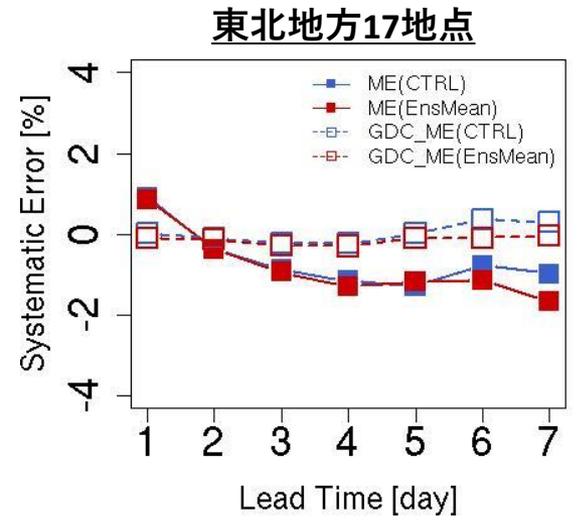
ランダムエラー 系統誤差

## (STEP1) 係数作成

- ◆目的変数 $y$  : 水田/気象官署で観測した相対湿度
- ◆説明変数 $x_k$  : アンサンブル平均のモデル予想値

地上相対湿度、地上風東西南北成分、地上風速、  
下層雲量、中層雲量、前1時間降水量、海面更正気圧

として、 $FT$ ・地点ごとに係数 $a_k$ を作成



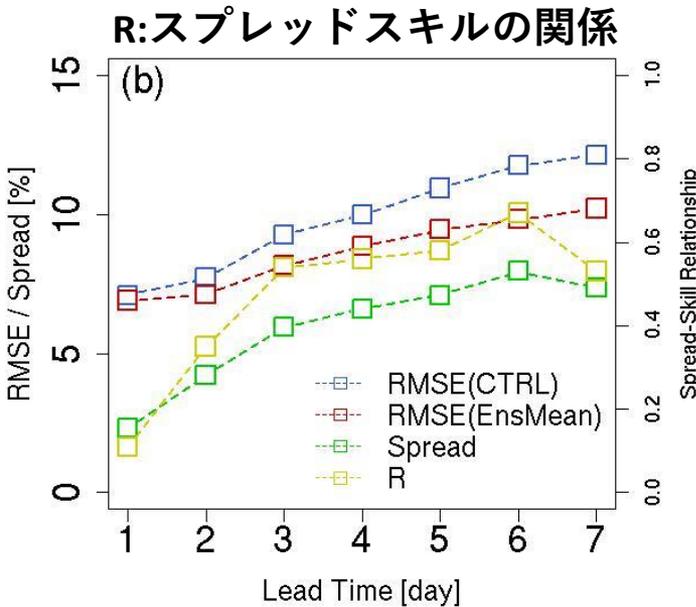
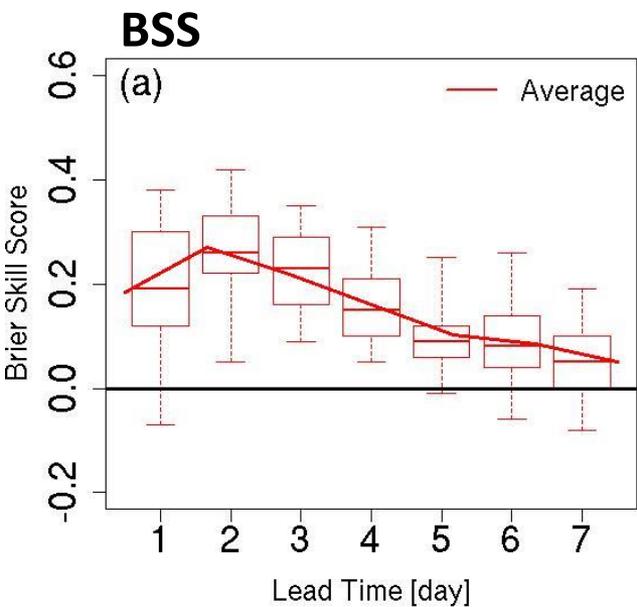
## (STEP2) 27メンバー補正

$$y_{s,m}(FT) = a_{0,s}(FT) + \sum_{k=1}^N a_{k,s}(FT) * x_{k,s,m}(FT)$$

s : 水田/気象官署station      m : アンサンブルメンバー  
N : 説明変数の数                  k : 気象要素

# 東北地方17地点

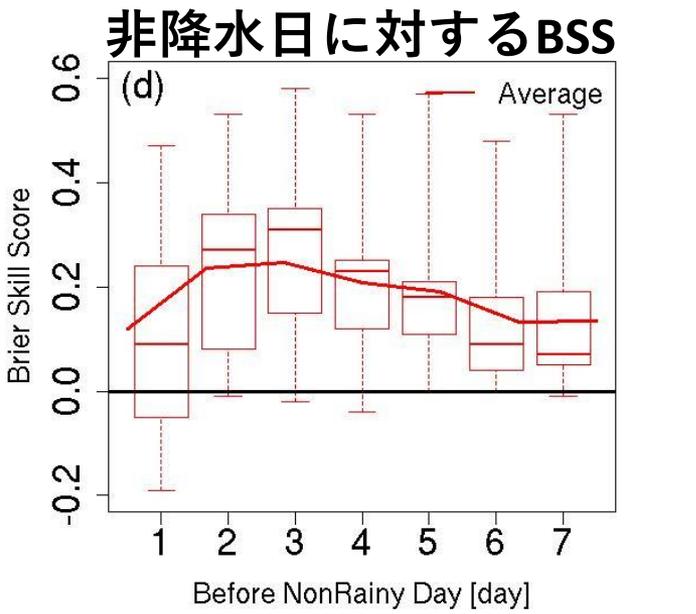
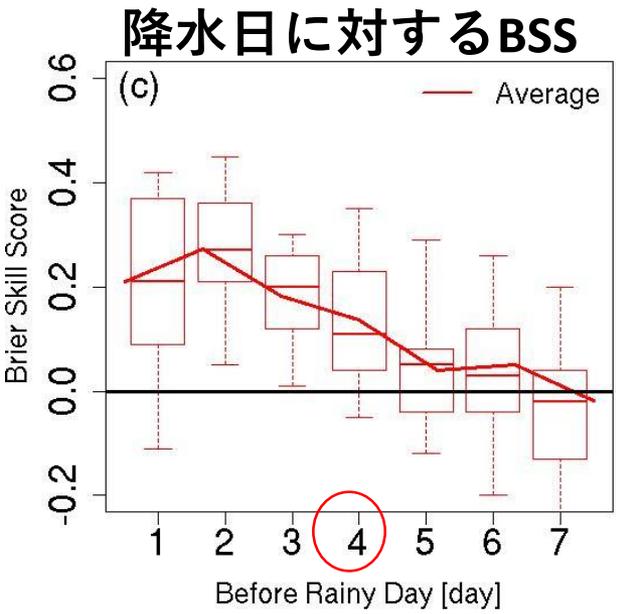
## ブライアスキルスコア



$$BSS = 1 - BS_{fcst} / BS_{clim}$$

$$BS_{fcst} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_i - a_i)^2$$

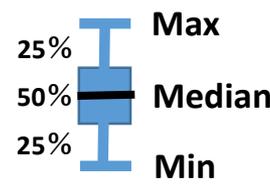
$p_i$  : 湿度89%以上の確率 (0~1)  
 $a_i$  : 現象の有無 (1/0)  
 $N$  : 事例数  
 $i$  : イニシャル



## スプレッドスキルの関係

$$R(FT) = \frac{M-1}{M+1} \frac{Spread(FT)^2}{RMSE_{EM}(FT)^2}$$

$M$  : アンサンブルサイズ (27)

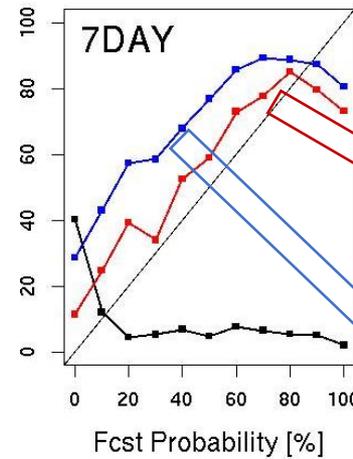
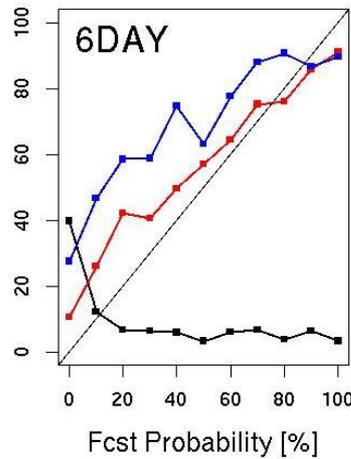
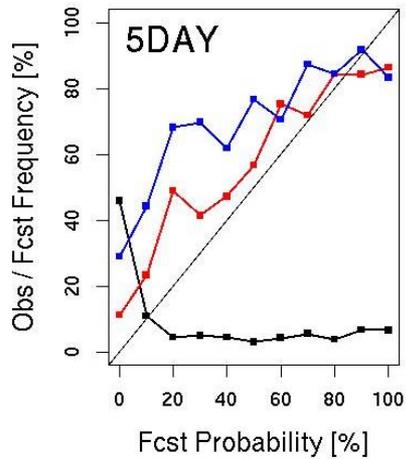
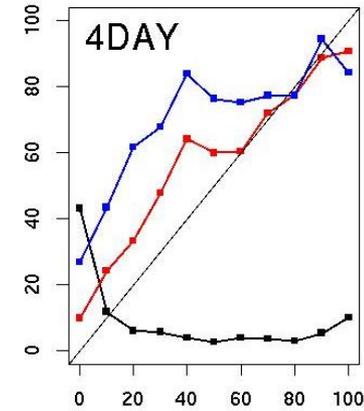
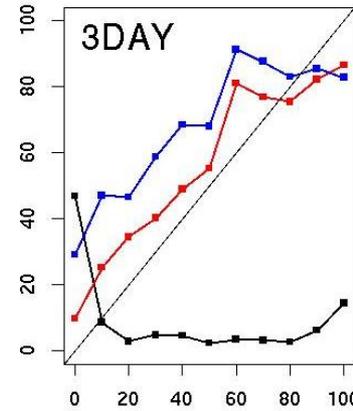
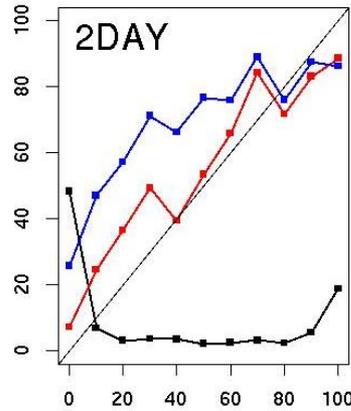
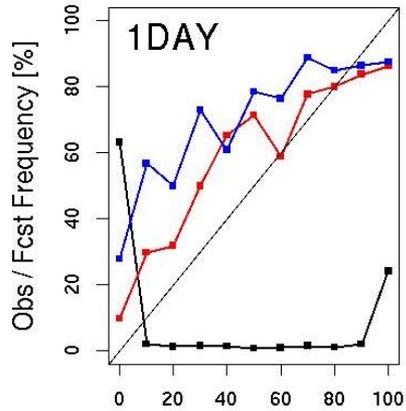


# 古川農業試験場

$$p'_i(FT) = p_i(FT) - b(FT)$$

モデル確率      バイアス

## Reliability & Sharpness ダイアグラム



FRK

- Fcst Frequency [%]
- Wet Frequency [%]
- Rh Frequency [%]

相対湿度

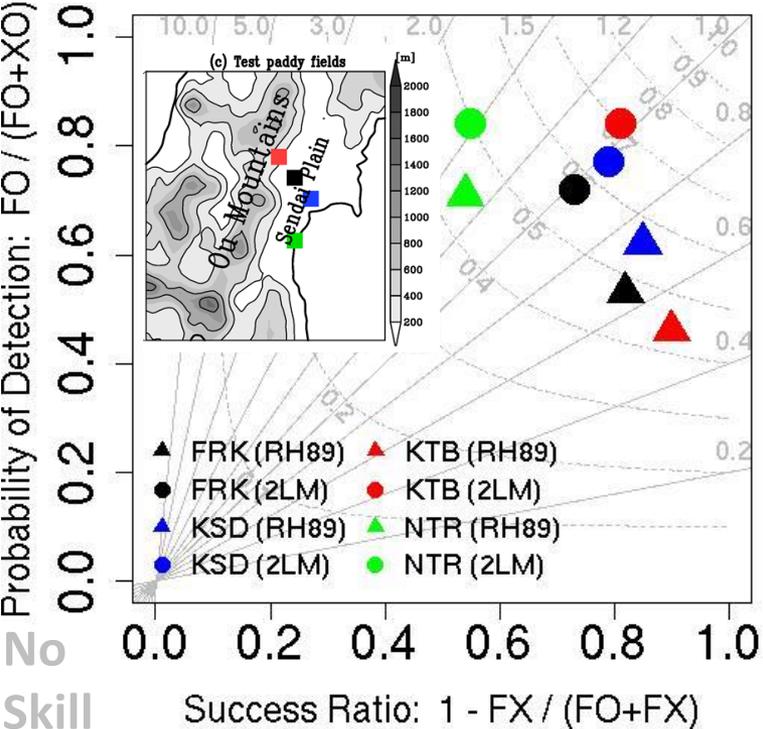
葉面濡れセンサー



内陸・山地（古川/鹿島台/川渡）  
⇒ **dry bias** 濡れ確率予報  
濡れ推定の手法にバイアスがある

# 全球解析値DS気象データ(dx=5km)による濡れ再現

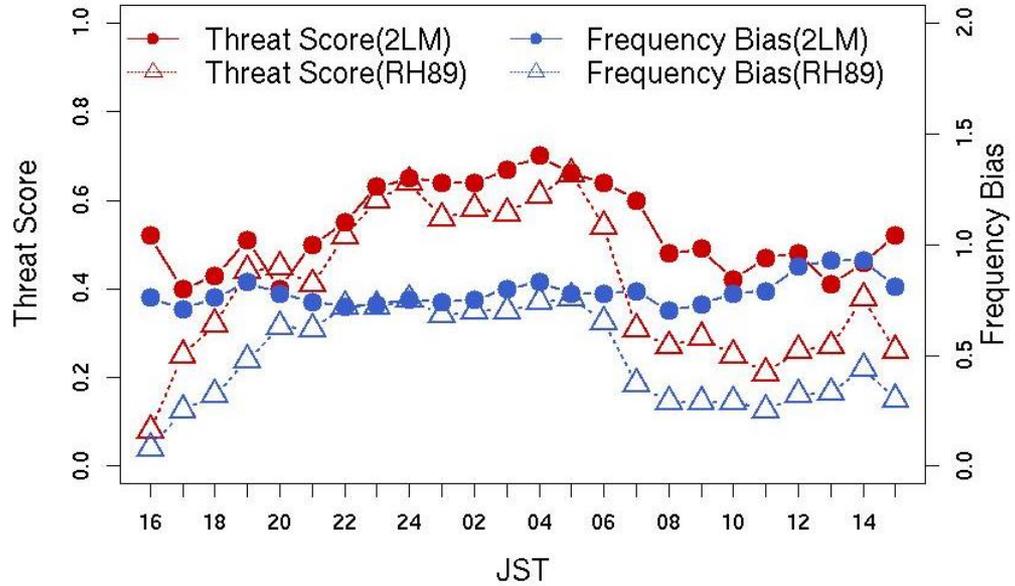
POD-SRダイアグラム Perfect



横軸：1-(空振り率) 縦軸：捕捉率  
直線：頻度バイアス  
曲線：スレットスコア

contingency table		濡れ再現	
		あり	なし
2×2		あり	なし
	あり	FO	XO
	なし	FX	XX

## 古川農業試験場



↑  
スレットスコア

$$TS = FO / (FO+FX+XO)$$

↑  
頻度バイアス

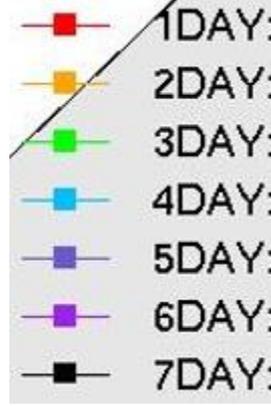
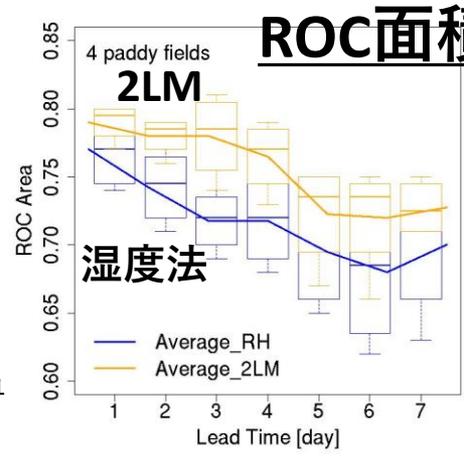
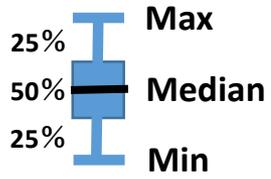
$$FB = (FO+FX) / (FO+XO)$$

湿度法：日較差の大きい内陸/山地では捕捉しづらい  
陸面過程モデル：朝の濡れ継続時間の再現/予報に有利

# 確率予報の検出力

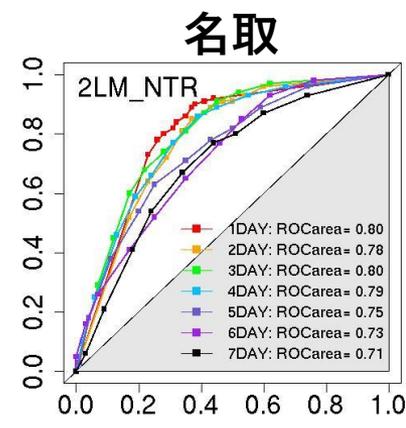
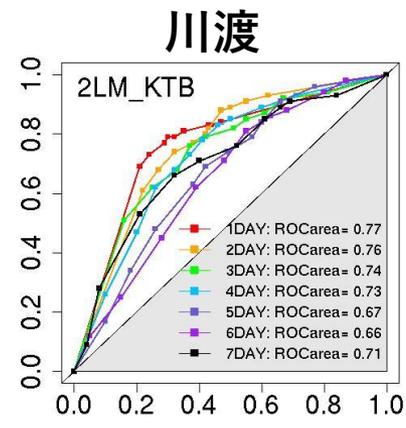
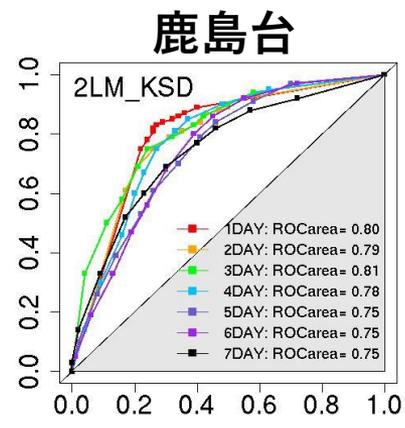
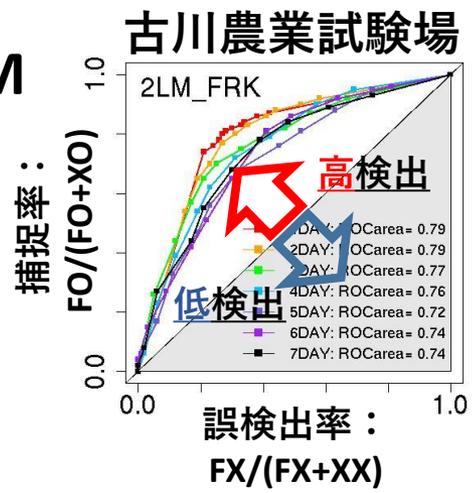
高検出

ROC面積

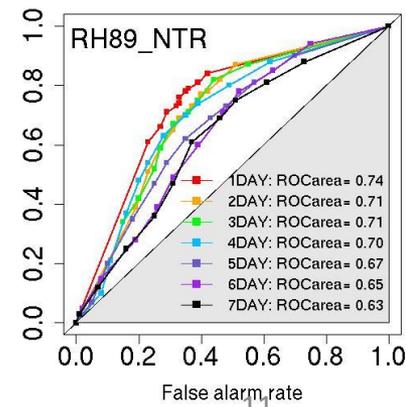
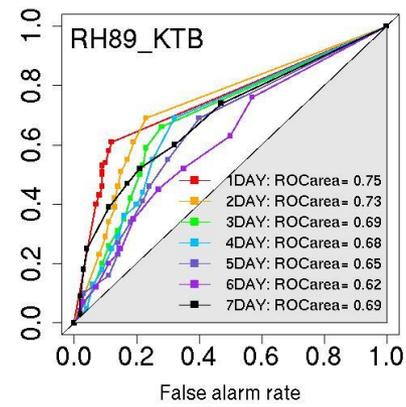
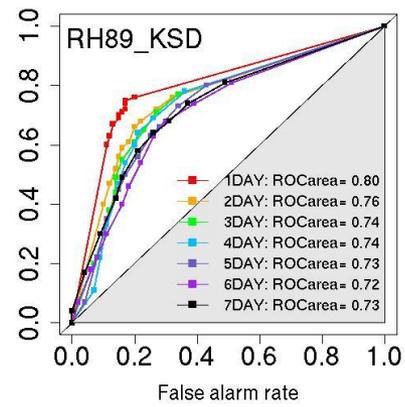
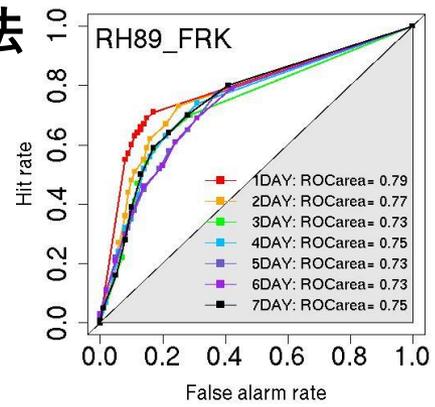


## ROC曲線

2LM



湿度法



# 結論

## ①メソアンサンプル週間予報の予測可能性（時別相対湿度）

◆降水日は4日程度、非降水日は1週間程度、気候値予報に対して確率予報が有効。

## ②湿度法による濡れ予報信頼度

◆内陸/山地においてdry bias濡れ予報。

## ③濡れ検出力の手法の比較

◆陸面過程モデル：

湿度法が苦手とする、朝の濡れ継続時間の再現/予報に有利と考えられる。

## （まとめ）

◆結露への解決策として、湿度法/2LM法による、結露対応版の確率濡れ予報が提案できた。

◆今後、農業分野と連携した「結露対応版BLASTAM 2」が期待される。