

# 陸面過程モデルを用いた いもち病被害面積の将来予測

東北大院理学研究科

○五十嵐健祐、山崎剛、吉田龍平

## ■ 背景 ～いもち病と夏の気象～

- ・ 水稻の代表的な病気 (いもち病)      ▶ 糸状菌の侵入により発症  
防除しないと枯れてしまう

葉面が連続的に濡れると感染しやすい

低温寡照多雨の天候の年や地帯に多発する

(鈴木,1969)

ヤマセに関する研究

- ・ 地上気温は上昇するがヤマセ特有の気圧配置は発生し続けるため、  
相対的な冷夏やヤマセは発生しうる (Kanno et al., 2013)
- ・ ヤマセの発生頻度は5月に減少、8月に増加し  
発生期間が遅れる (Endo, 2012)

温暖化した将来においても、いもち病はリスクとなりうるのか？

→ 将来気候におけるいもち病被害を見積もる必要がある



図1. 葉いもち病の症例

(引用：<http://www.pref.shiga.lg.jp/g/byogaichu/yoho/yoho25/yoho5.html>)

## 水稻のいもち病感染リスクを葉面保水率から調べた研究

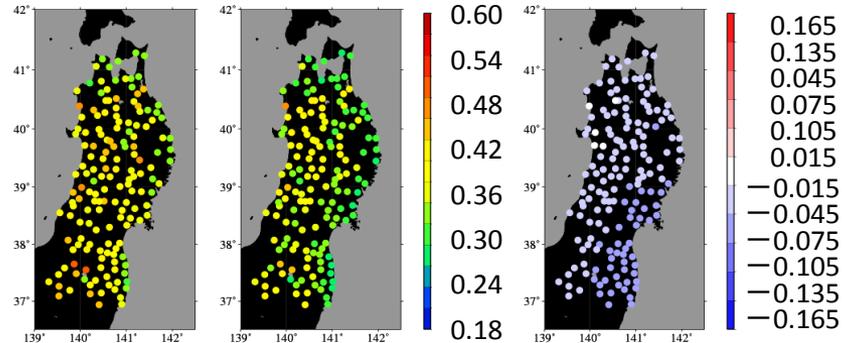


図2. 葉面保水率(小野寺2013) MIROC5-RCP4.5

(左)現在気候(1981-2000)、(中)将来気候(2081-2099)、(右)差異(将来ー現在)

- ・葉面保水率が減少し、水稻の葉面環境はドライになるため  
将来気候における水稻のいもち病感染リスクは低下する(小野寺2013)

葉面が濡れている時間から、いもち病被害を定量的に評価できるのではないか

## ■ 目的

- ・陸面過程モデルで得られる葉面保水率から濡れ継続時間、濡れ日数を算出し、いもち病被害面積率の予測モデルを構築
- ・いもち病被害面積を定量的に評価、将来予測を行う

## ■ 陸面過程モデル2LM (Yamazaki et al., 2004)

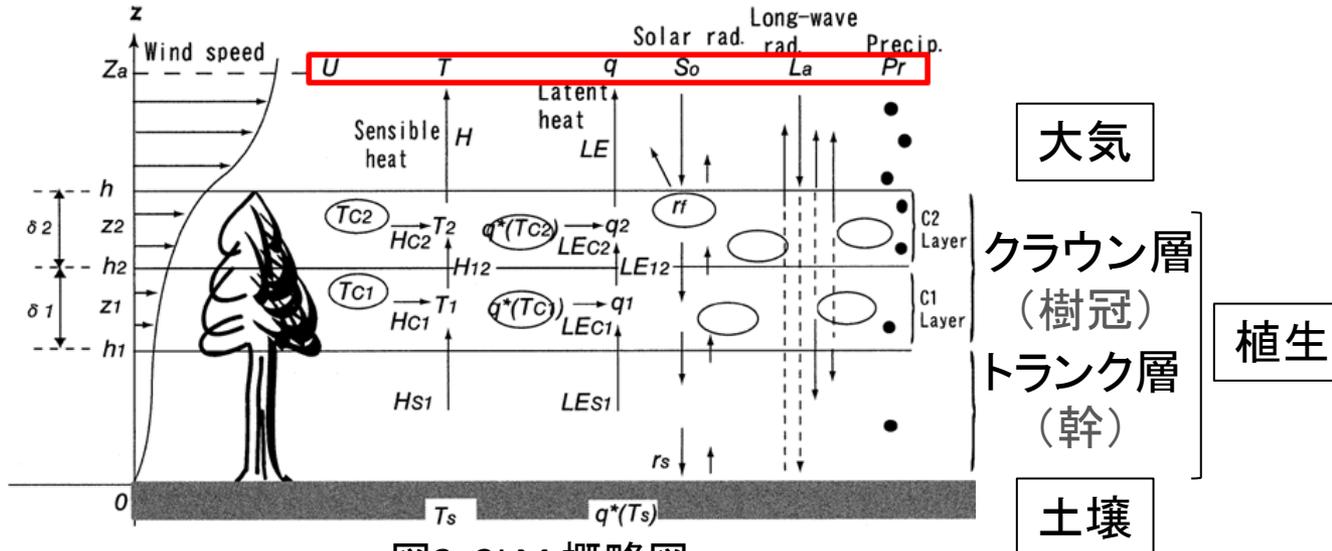


図3. 2LM 概略図

### ・入力値

- 地上気温 (°C)
- 風速 (m s<sup>-1</sup>)
- 降水量 (mm)
- 相対湿度 (%)
- 下向き短波放射 (W m<sup>-2</sup>)
- 下向き長波放射 (W m<sup>-2</sup>)

### ・出力値

- 顕熱フラックス (W m<sup>-2</sup>)
- 潜熱フラックス (W m<sup>-2</sup>)
- 葉面温度 (°C)
- 葉面保水率**

### ・ 葉面保水率 $R_i$

$$R_i = \frac{M_i}{M_{maxi}} \quad (i = 1, 2)$$

- $M_i$  : 葉面保水量 (mm)
- $M_{maxi}$  : 最大葉面保水量 (mm)

① JRA-25 長期再解析データ (Onogi et al., 2007)

(解像度:T106L40)

期間:1981-2000年(6-8月) 領域:北海道・東北

② 全球気候モデル MIROC5 (Watanabe et al., 2010)

(解像度:T85L40、温暖化シナリオ:RCP4.5)

期間:1981-2000年(6-8月) 領域:北海道・東北  
2081-2099年

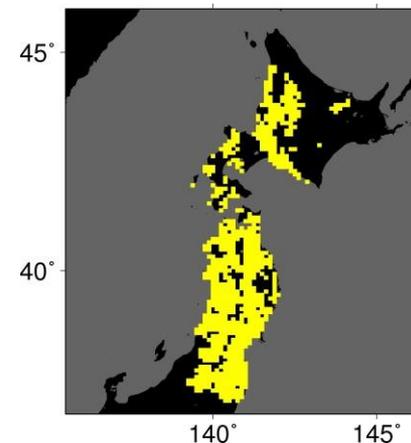


図4. 対象地点(黄)  
(水田率1.0%以上)

①、②は 気象庁非静力学モデルJMA-NHM (Saito et al., 2007)により  
水平解像度 10 km、時間解像度 1 時間にダウンスケール (島田ほか, 2014)  
(①:JRA25-NHM、②:MIROC5-NHM)

③ いもち病被害面積率データ (農林水産省作物統計データより)

期間:1981-2000年

領域:北海道・東北(県別)

濡れ継続時間・濡れ日数 算出までの流れ

JRA25-NHM  
MIROC5-NHM   ▶  2LM   ▶  葉面保水率   ▶  濡れ継続時間・濡れ日数

-定義-

判定値           : 葉の濡れ・乾きの判定に使用する **葉面保水率の閾値**  
(0.75 , 0.5 , 0.25 , 0.1 , 0.01 , 0.001 )

濡れ継続時間   : 葉面保水率が判定値以上である連続した時間  
条件①濡れ継続時間中の平均気温が15-25 °C  
条件②濡れ継続時間中の時間降水量が常に4mm/h 未満

濡れ日数       : 濡れ継続時間が10時間以上である日の合計日数

濡れ継続時間の算出サイクルは 24時間 とした

→ 区切り：日中で葉面が最も濡れていない時間帯に設定する必要

葉面保水率と判定値に基づいて、濡れと判定された割合の日変化を調べた

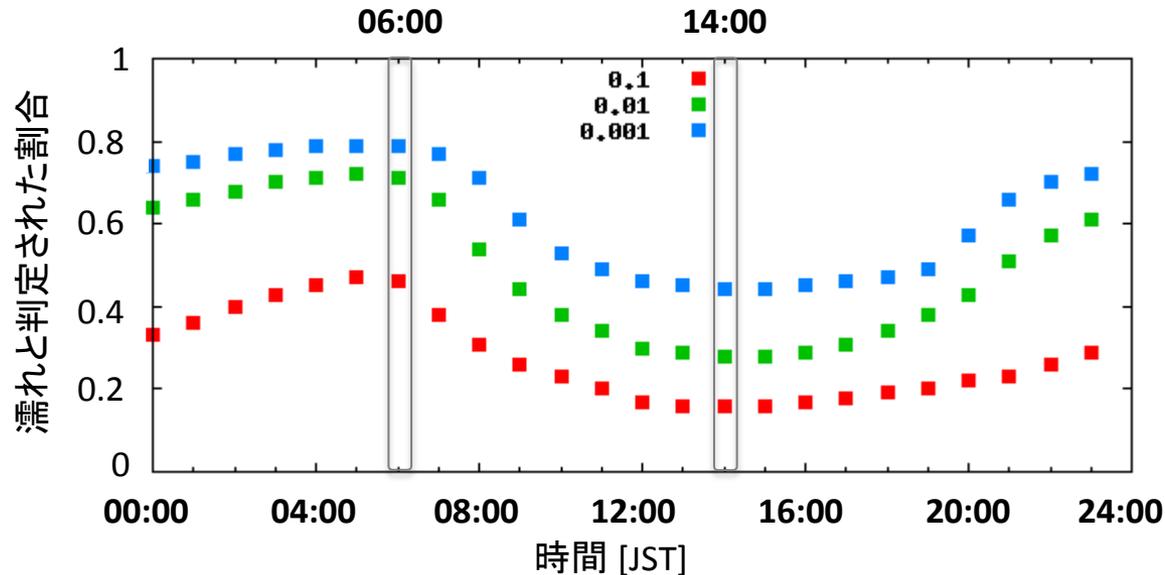


表1. 濡れと判定された割合の最大値・最小値

判定値	06:00	14:00
0.001	0.82	0.44
0.01	0.73	0.27
0.1	0.44	0.15

図5. 濡れと判定された割合の日変化  
対象地点、対象期間(1981-2000)の平均値

濡れ継続時間の算出は14:00から開始、翌日の13:00に終了とした

## ■ 濡れ継続時間・濡れ日数 算出の概要

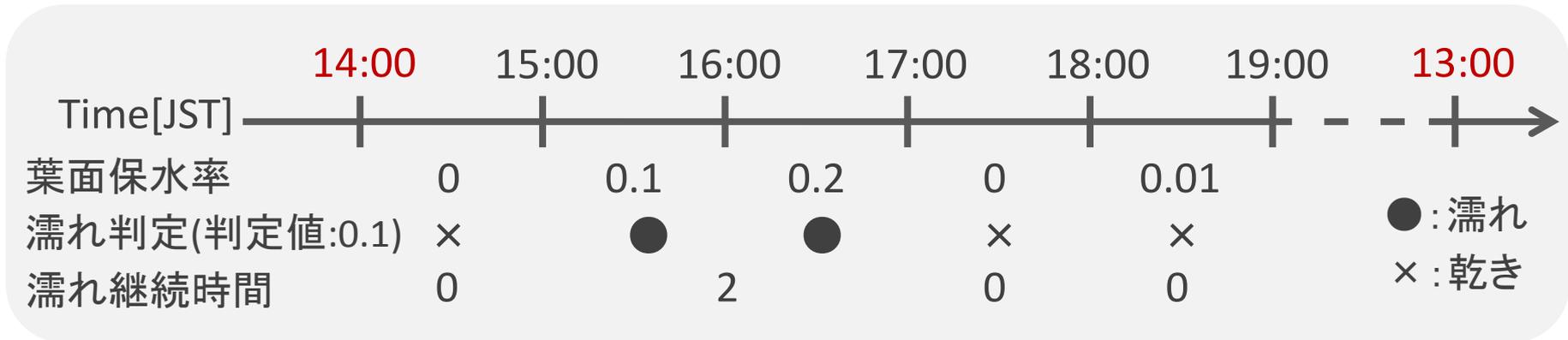


図6. 濡れ継続時間の算出の概略図

条件① 15:00 ~ 17:00 の平均気温が15-25 °C

条件② 15:00 ~ 17:00 の時間降水量が常に 4mm/h 未満

} 濡れ継続時間  
2 時間

判定値 ( 0.75 , 0.5 , 0.25 , 0.1 , 0.01 , 0.001 ) で行い、6~8月(91日間)の  
**濡れ日数**(濡れ継続時間が10時間以上の日の合計日数)を算出

北海道・東北地方(7県)、1981~2000年(20年)について行う

# 濡れ日数・いもち病被害面積率の年変化

判定値 : 0.5

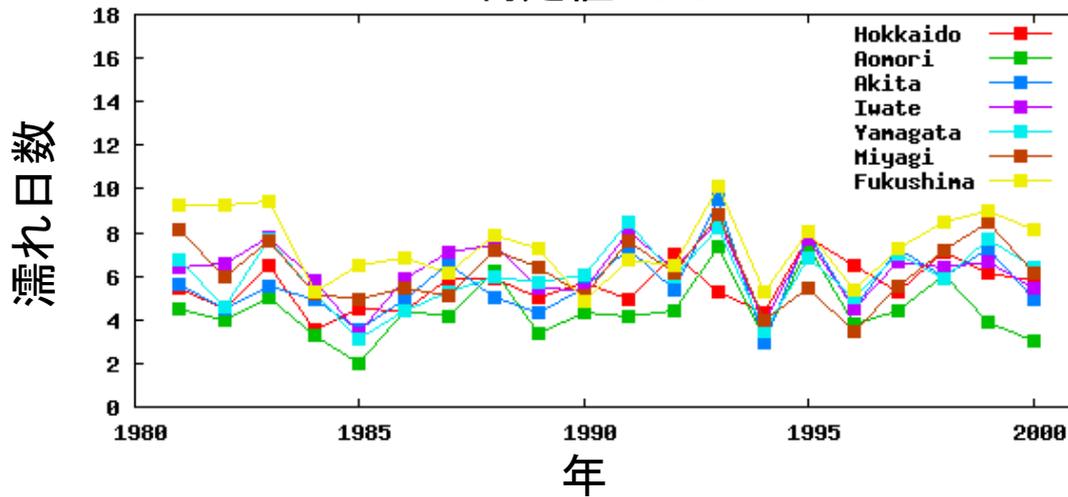


図7. 判定値 : 0.5 濡れ日数の年変化(県別)

表2. 判定値:0.5 濡れ日数20年平均値

	濡れ日数(day)
北海道	5.6
青森	4.4
秋田	5.7
岩手	6.3
山形	6.0
宮城	6.2
福島	7.4
平均	5.9

いもち病被害面積率

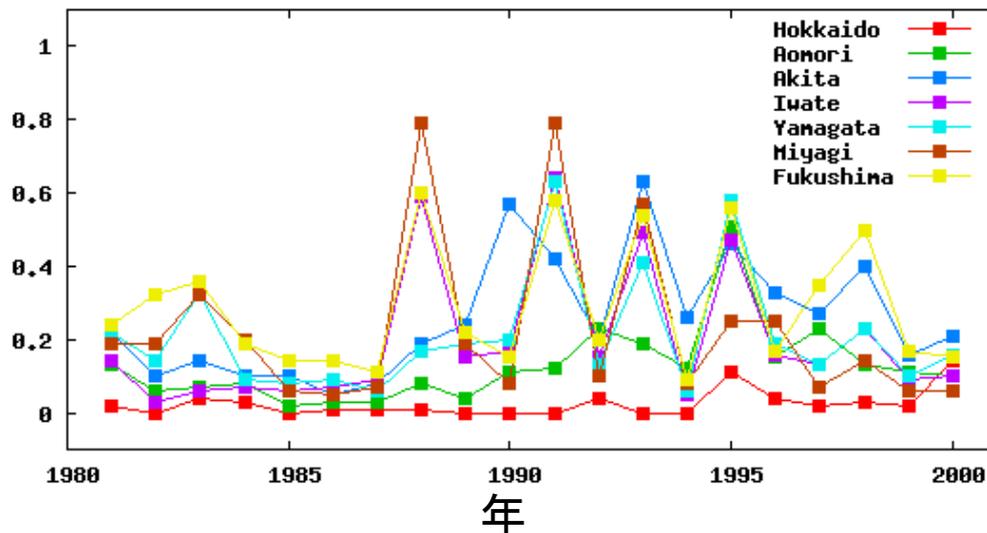


図8 いもち病被害面積率の年変化(県別)

表3. いもち病被害面積率20年平均値

	被害面積率
北海道	0.03
青森	0.13
秋田	0.26
岩手	0.20
山形	0.21
宮城	0.23
福島	0.29
平均	0.19

## 濡れ日数といもち病被害面積率との相関・予測モデル

判定値 : 0.5

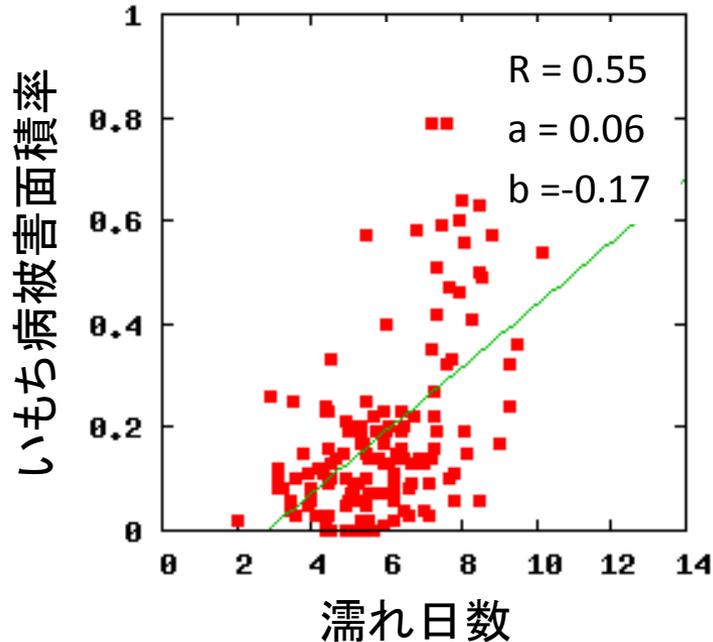


図9. 判定値 : 0.5 の濡れ日数といもち病被害面積率との相関  
R: 相関係数、a: 傾き、b: 切片

表4. 判定値による相関係数Rと統計量p値

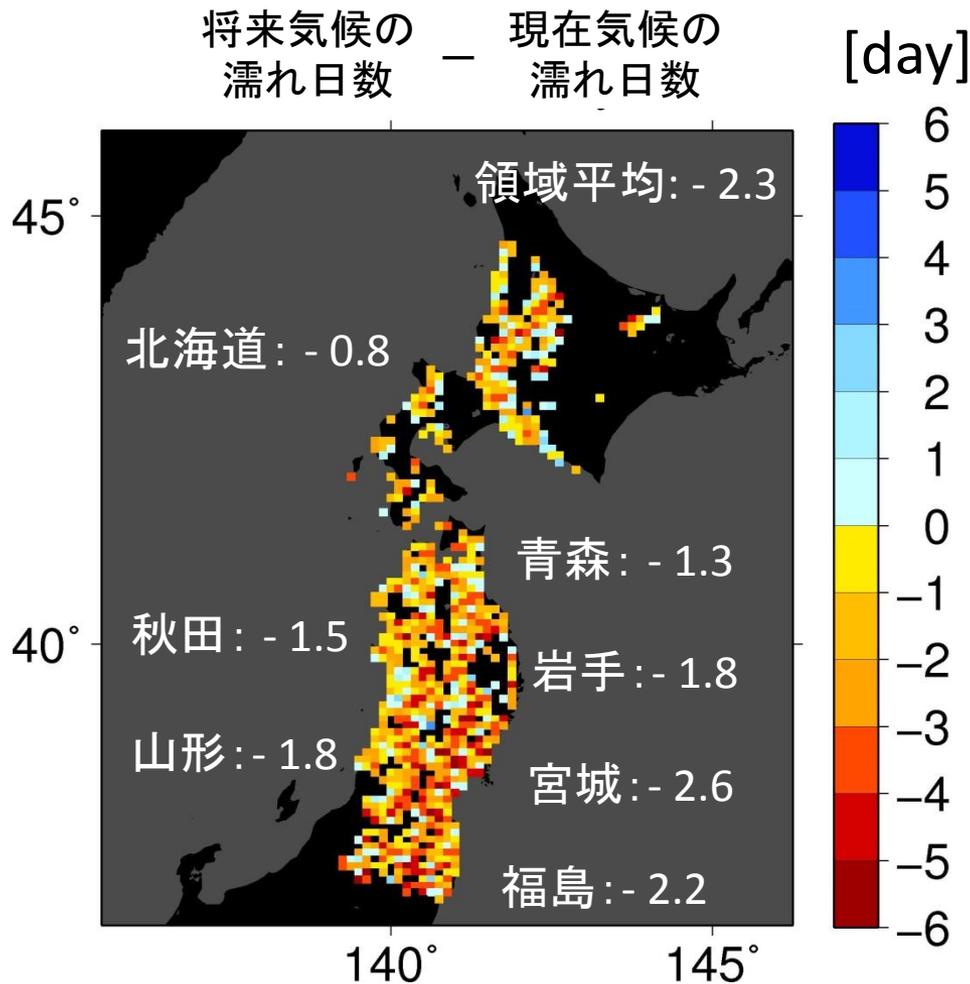
判定値	R	p 値
0.75	0.54	P < 0.001
0.50	0.55	P < 0.001
0.25	0.53	P < 0.001
0.1	0.51	P < 0.001
0.01	0.23	0.006
0.001	-0.16	0.06

予測モデル  $f(x) = ax + b$

$$f(x) = \begin{cases} 0 & (x \leq 2.8) \\ 0.06x - 0.17 & (2.8 < x < 19.5) \\ 1 & (19.5 \leq x) \end{cases}$$

$f(x)$  : いもち病被害面積率  
 $x$  : 濡れ日数(判定値 : 0.5)

## ■ MIROC5-NHM データによる濡れ日数 (1981-2000, 2081-2099)



・東日本において濡れ日数は領域平均で減少( 2.3 日)した

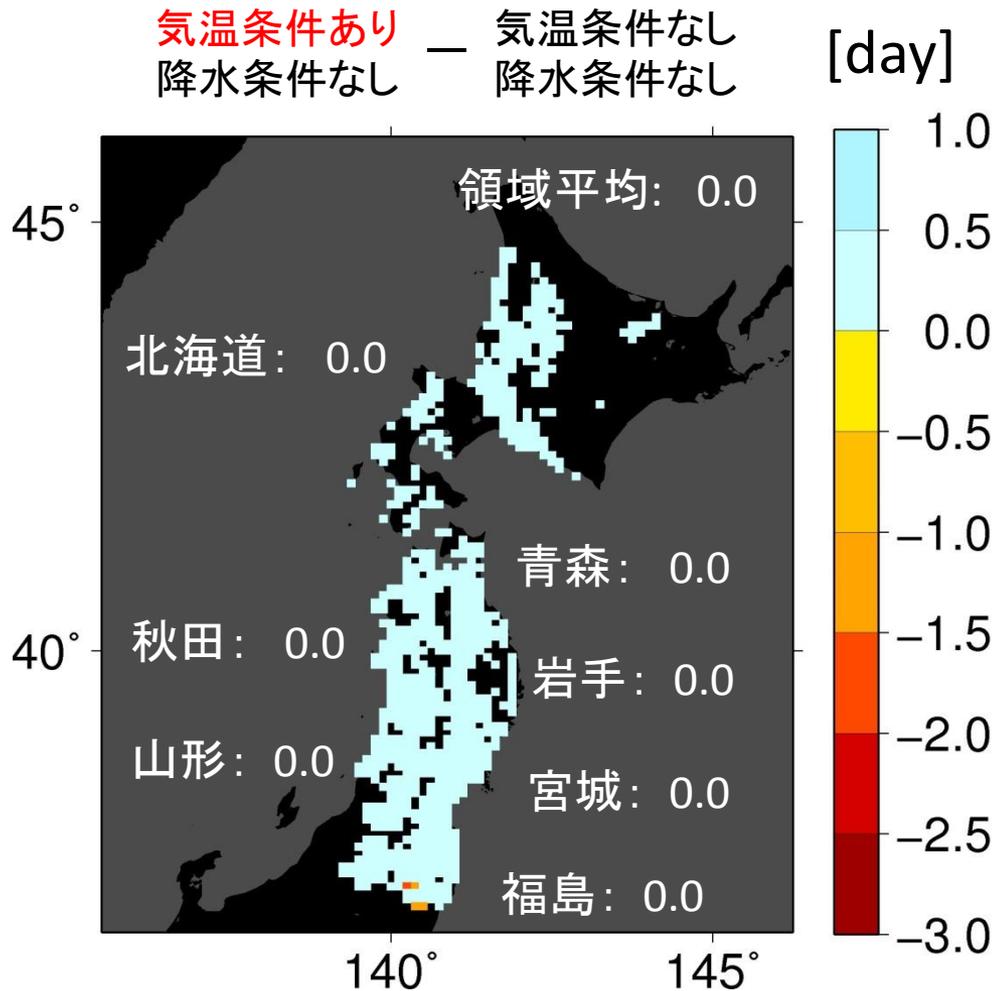
・東北地方太平洋側・南部でより減少する傾向がある

表5. 現在気候と将来気候の濡れ日数(day)

	現在	将来
北海道	7.5	6.3
青森	6.6	5.3
秋田	8.3	6.8
岩手	8.7	6.9
山形	8.7	6.9
宮城	8.9	6.3
福島	9.8	7.6
平均	8.3	6.6

図10. 濡れ日数の将来変化(県別)

## ■ 条件①: 濡れ継続時間中の平均気温が15-25°C



・条件①による濡れ日数の変化は領域全体でほぼなかった

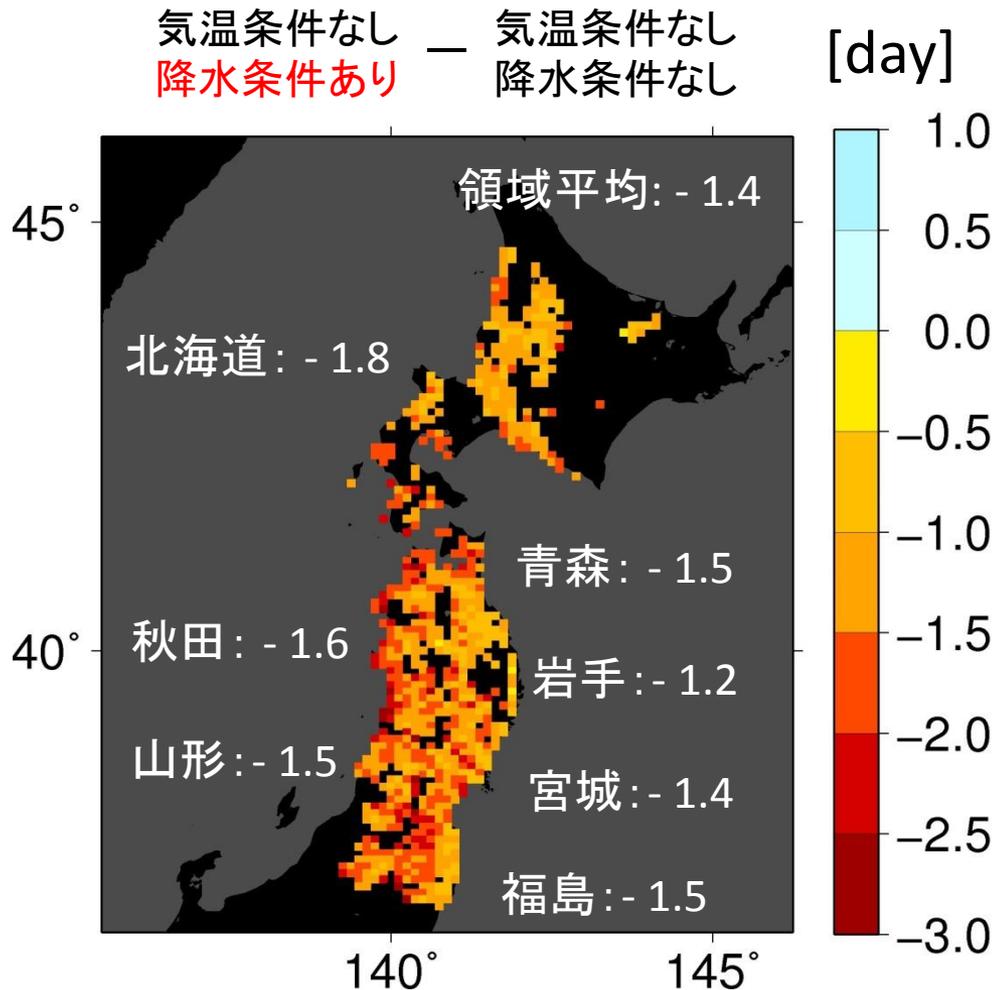
・今後予測モデルの構築の時は条件①は課さなくてもよい

表6. 現在気候と将来気候の日平均気温(°C)

	現在	将来
北海道	17.2	20.2
青森	18.4	20.8
秋田	18.7	21.3
岩手	17.7	20.1
山形	18.7	21.2
宮城	18.8	21.2
福島	18.4	20.6
平均	18.3	20.1

図11. 条件①による濡れ日数の将来変化

## ■ 条件②: 濡れ継続時間中の時間降水量が常に4mm/h 未満



・条件②による濡れ日数の変化は領域全体で減少(1.4日)した

・降水強度の増加による濡れ日数の変化が起こるため条件②は課す必要がある

表7. 現在気候と将来気候の降水強度[mm/day]

	現在	将来
北海道	10.1	11.0
青森	10.2	11.1
秋田	14.4	16.8
岩手	10.8	11.2
山形	14.3	15.1
宮城	11.8	11.3
福島	12.8	12.4
平均	12.1	12.7

図12. 条件②による濡れ日数の将来変化

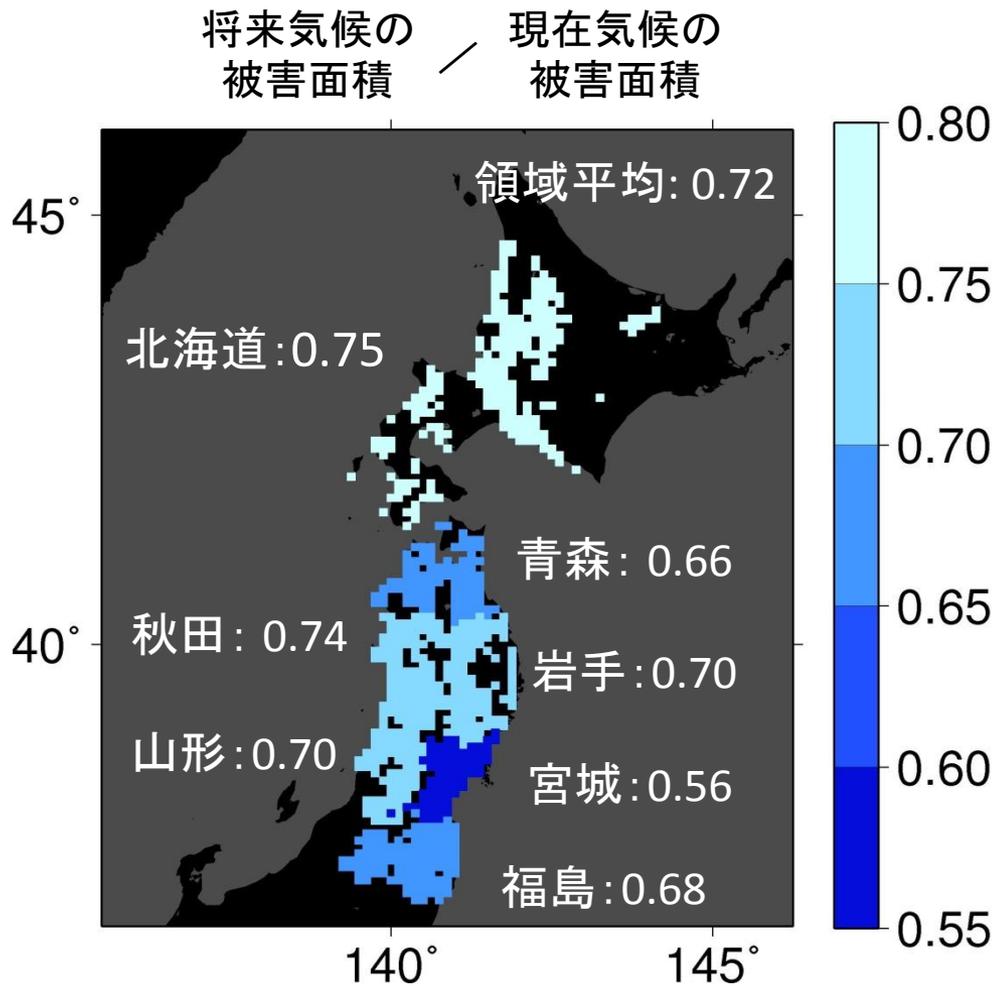
## ■ 要因①: 葉面保水率の減少

- ・ 飽差(空気の乾き具合を示す指標)が増加(空気が乾燥する)  
葉面上水分が蒸発しやすくなる
  - ・ 降水頻度が減少する  
葉面が降水を捕獲する機会が減る
- 濡れ継続時間が10 時間に達する事象は減少  
濡れ日数の減少にはたらく

## ■ 要因②: 気温の上昇、降水強度の増加

- ・ 濡れ継続時間中の平均気温が現在・将来ともに15～25℃の範囲内にある  
→ 濡れ日数にはほぼ影響しない
- ・ 濡れ継続時間中の時間降水量が4mm/h 以上になる事象が増加する  
→ 濡れ日数の減少にはたらく

## ■ いもち病被害面積の将来予測



- ・東日本におけるいもち病被害面積は領域平均で減少 (0.72 倍) した
- ・東北地方太平洋側・南部でより減少し宮城でほぼ半減 (0.56 倍) した

表8. いもち病被害面積の将来変化

	将一現 (ha)
北海道	- 10814
青森	- 5343
秋田	- 9302
岩手	- 7951
山形	- 9255
宮城	- 16136
福島	- 12331
平均	- 10161

図13. いもち病被害面積の将来変化(県別)

## 水稻葉面の濡れ継続時間といもち病被害面積の関係を調べた

## ■ 結果①: 濡れ日数といもち病被害面積率との相関・予測モデル

- ・ 判定値 : 0.1 以上で濡れ日数といもち病被害面積率には正の相関 ( $R=0.5$  程度) があった
- ・ 濡れ日数 (判定値 : 0.5) といもち病被害面積率との予測モデルを構築した

$$f(x) = \begin{cases} 0 & (x \leq 2.8) \\ 0.06x - 0.17 & (2.8 < x < 19.5) \\ 1 & (19.5 \leq x) \end{cases} \left[ \begin{array}{l} f(x) : \text{いもち病被害面積率} \\ x : \text{濡れ日数(判定値:0.5)} \end{array} \right]$$

## ■ 結果②: いもち病被害面積の将来予測 (MIROC5 RCP4.5)

- ・ 東日本全域でいもち病被害面積は減少 (0.72 倍) すると推定される
- ・ 東北地方太平洋側でより減少する割合が大きく宮城県でほぼ半減 (0.56 倍) すると推定される

- 他の全球気候モデルのデータとの比較
  - ・ MIROC5 データのみを用いて濡れ日数の将来変化を算出したが他の温暖化データを用いて結果のばらつきを把握する必要がある
- 対象領域の拡張、多角的な影響評価
  - ・ 西日本も含め、高温障害や冷害見通しも含めた包括的な影響評価
- 予測モデルの関数形の最適化
  - ・ 予測モデルは一次関数で構築したが、二次関数や指数関数に変えるなどして散布図によりあてはまりが良い関数でモデルを構築する