

気候変化シナリオの力学的ダウンスケールデータを用いた  
東北地方における水稻最適品種の将来変化吉田龍平<sup>1</sup>福井眞<sup>2</sup>・島田照久<sup>1</sup>・長谷川利拡<sup>2</sup>・岩崎俊樹<sup>1</sup>

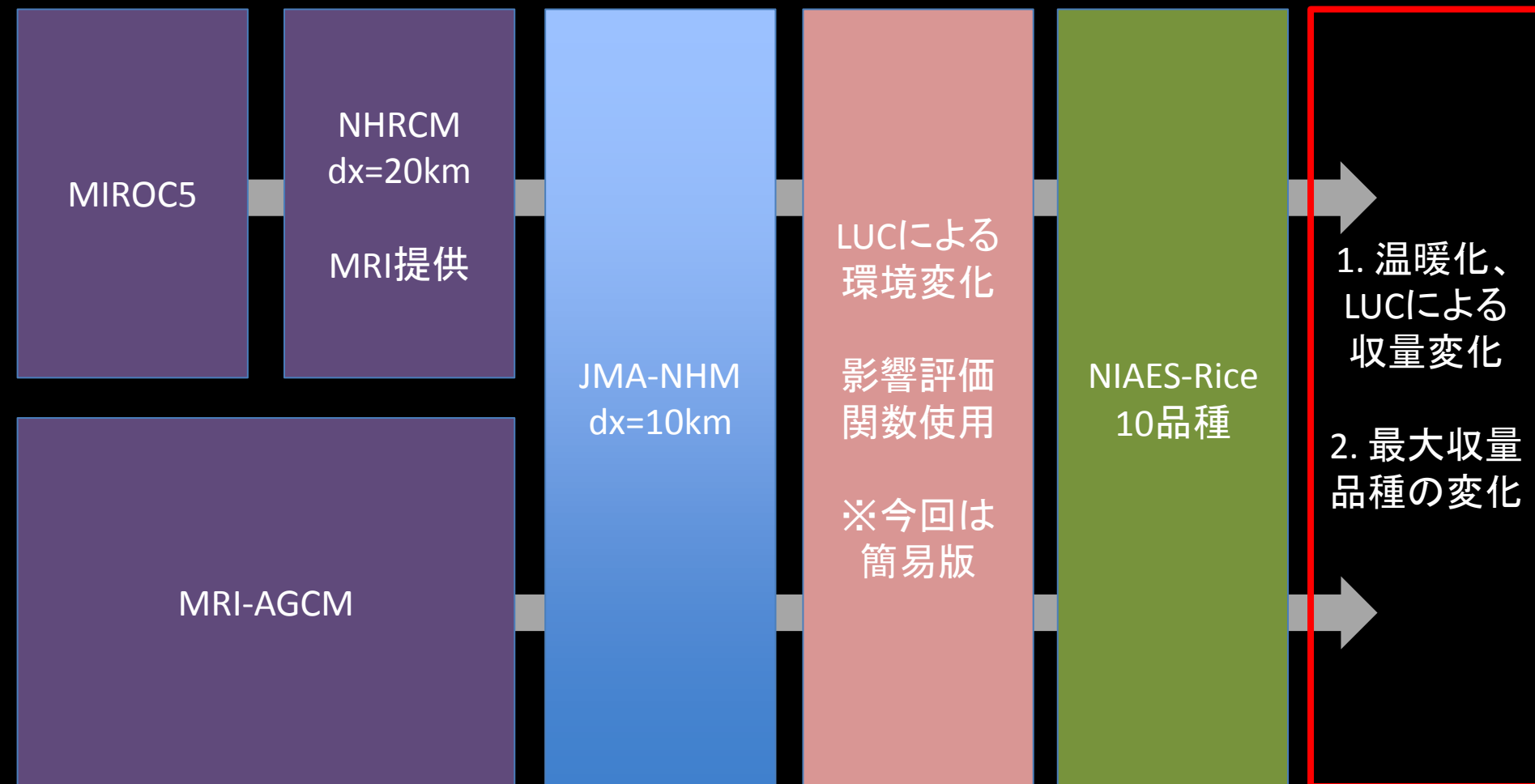
1: 東北大院理、2: 農業環境技術研究所

- ・温暖化による作物収量への影響は正か負か？
- ・全球モデル(GCM)による温暖化予測を作物モデルに利用したリスク評価(e.g., Parry et al. 2004; Challinor et al. 2005)
- ・日本のコメ収量変化 (2090sの1990s対比)  
新潟、愛知、熊本では数%の増収or減収  
北海道では27%の増収 (Iizumi et al. 2011, CC)
- ・2090sの対1990s減収確率: 北陸、関東以西20%以上、  
一方で東北・北海道では10%以下 [ここまで大気の影響]
- ・温室効果ガスその他、土地利用変化(LUC)も  
気候へ影響を与える一因(Kalnay and Cai 2003, Nature)

# Introduction: 土地利用変化→温暖化→収量影響

- 日本では、近年のLUCにより、水田の持つ気温変化の緩和効果 (Wakiyama et al. 2007, JAM)が失われつつある
  - 四国では1987-2006の水田減少により、昇温量が非水田の5倍(Yoshida et al. 2012, GRL)
  - LUC由来による温暖化で2005年の四国では1200tの減収 (Yoshida et al. 2012, GRL)
1. 東北の将来のコメ収量はどうなるのか？
  2. 最大収量品種は？
  3. LUCによる環境変化は東北でも影響を与える？

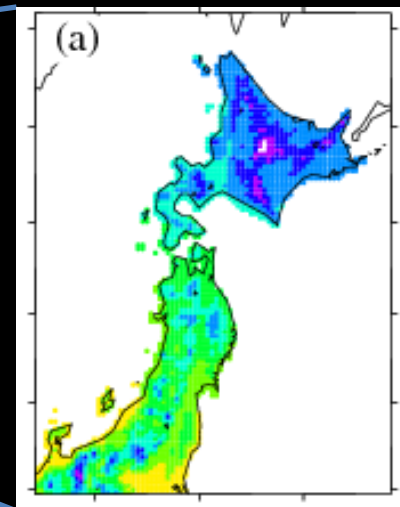
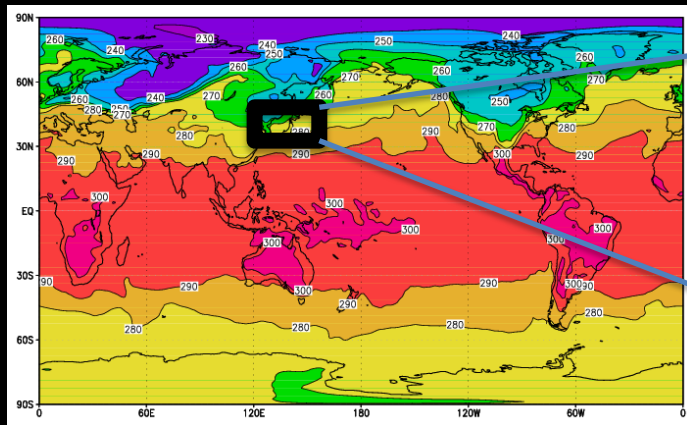
# 全体プロセス



LUC: 土地利用変化(Land Use Change)

温暖化+LUCを考慮した将来の東北における最適品種の提案

# 気候変化シナリオのダウンスケール



GCM: 1. MIROC5 w/ RCP4.5  
2. MRI-AGCM w/ SRES A1B

東北地方10kmメッシュ

[ダウンスケールに用いた設定]

- ・モデル: 気象庁・気象研究所JMA-NHM (Saito et al. 2007, JMSJ)
- ・期間: 1981-2000年および2081-2099年の各年5月28日-9月1日  
(ただし5月はspin up期間として解析から除外)
- ・時間・空間解像度: 1時間・10km
- ・対流パラメタリゼーション: Kain-Fritsch scheme
- ・乱流パラメタリゼーション: Mellor-Yamada Level 3

# CDF法(lizumi et al. 2010, JAM)によるバイアス補正

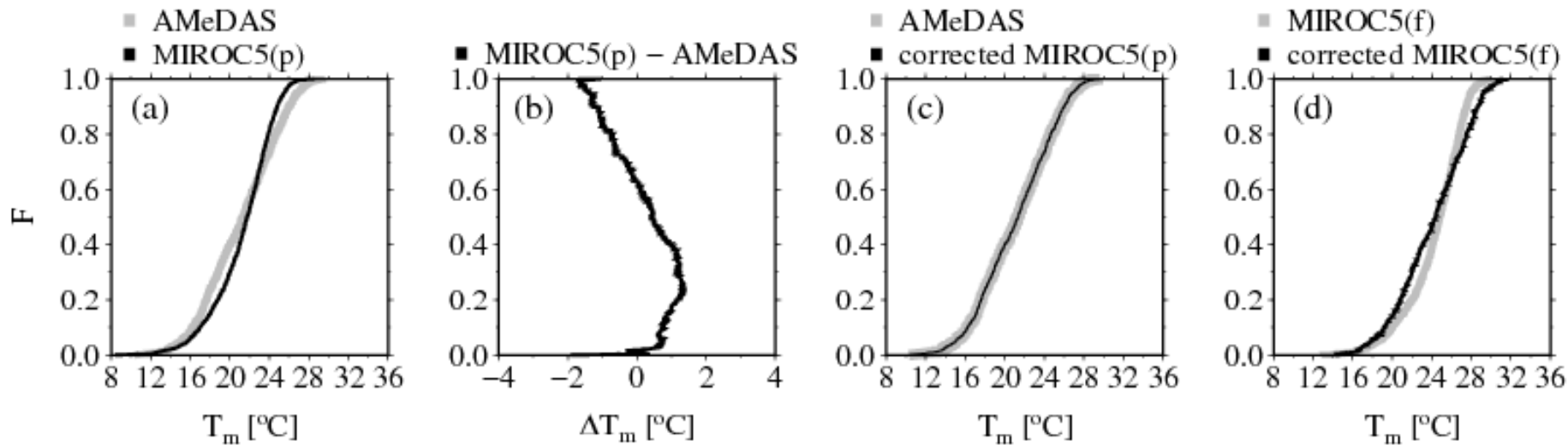


図: 累積分布関数によるバイアス補正の例(仙台)

## [手順]

- (a) 1981-2000 JJAの日平均気温(92dy x 20 yr=1840dy)
- (b) MIROC5(現在気候:p)のバイアス
- (c) MIROC5(p) - バイアス (現在気候はAMeDASと一致する)
- (d) MIROC5(将来気候:f)と(b)の誤差分を補正した将来気候

1.AMeDAS、バイアス補正済 2.現在、3.将来気候の3データを使用

# 東北全体で3.9°C高温化、13 Wm<sup>-2</sup>短波増加

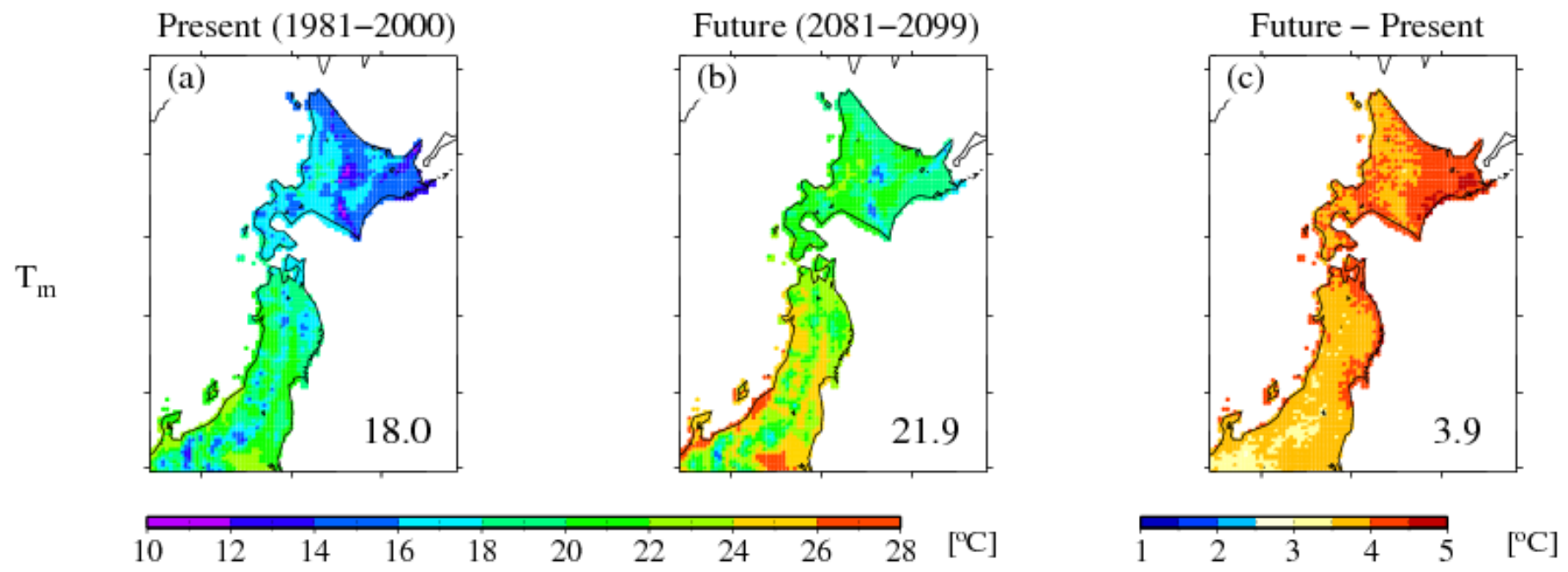


図: 現在および将来気候の通年日平均気温の空間分布  
 右下の数値は領域平均値 (MIROC5)

平地を中心にして1.0-1.5°Cの昇温、  
 一方で山岳域の昇温量は小さい(<1.0 °C)

# 東北全体で $3.9^{\circ}\text{C}$ 高温化、 $13\text{ Wm}^{-2}$ 短波増加

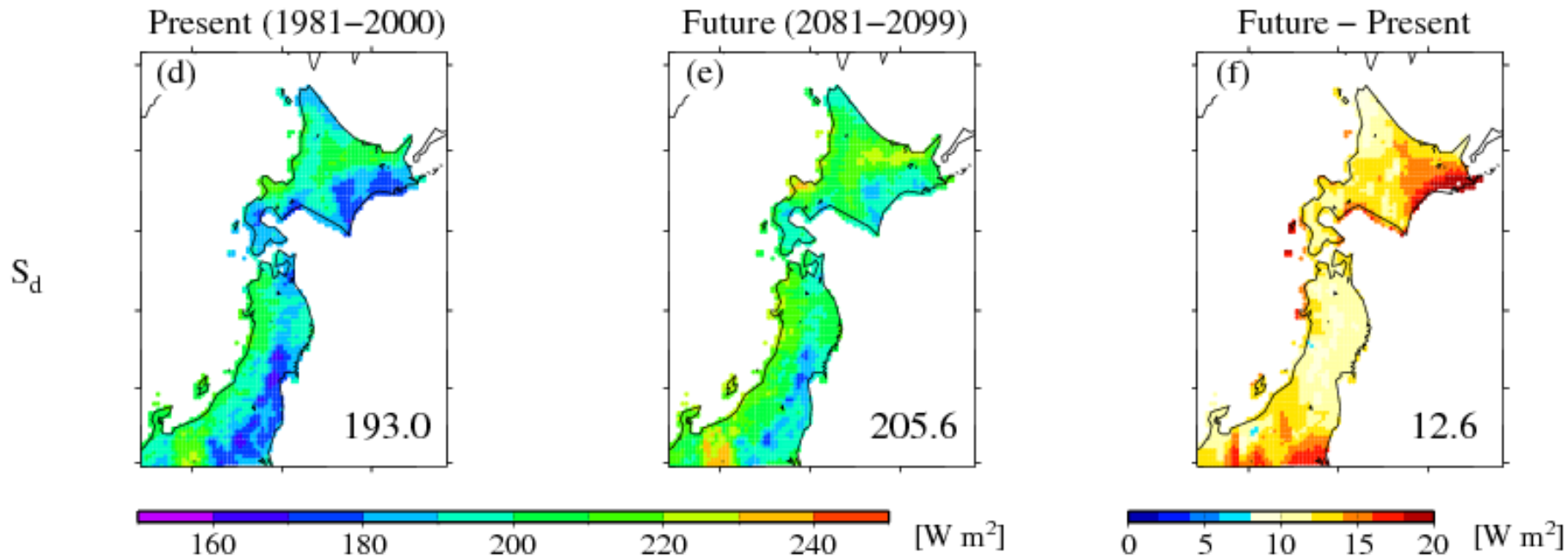
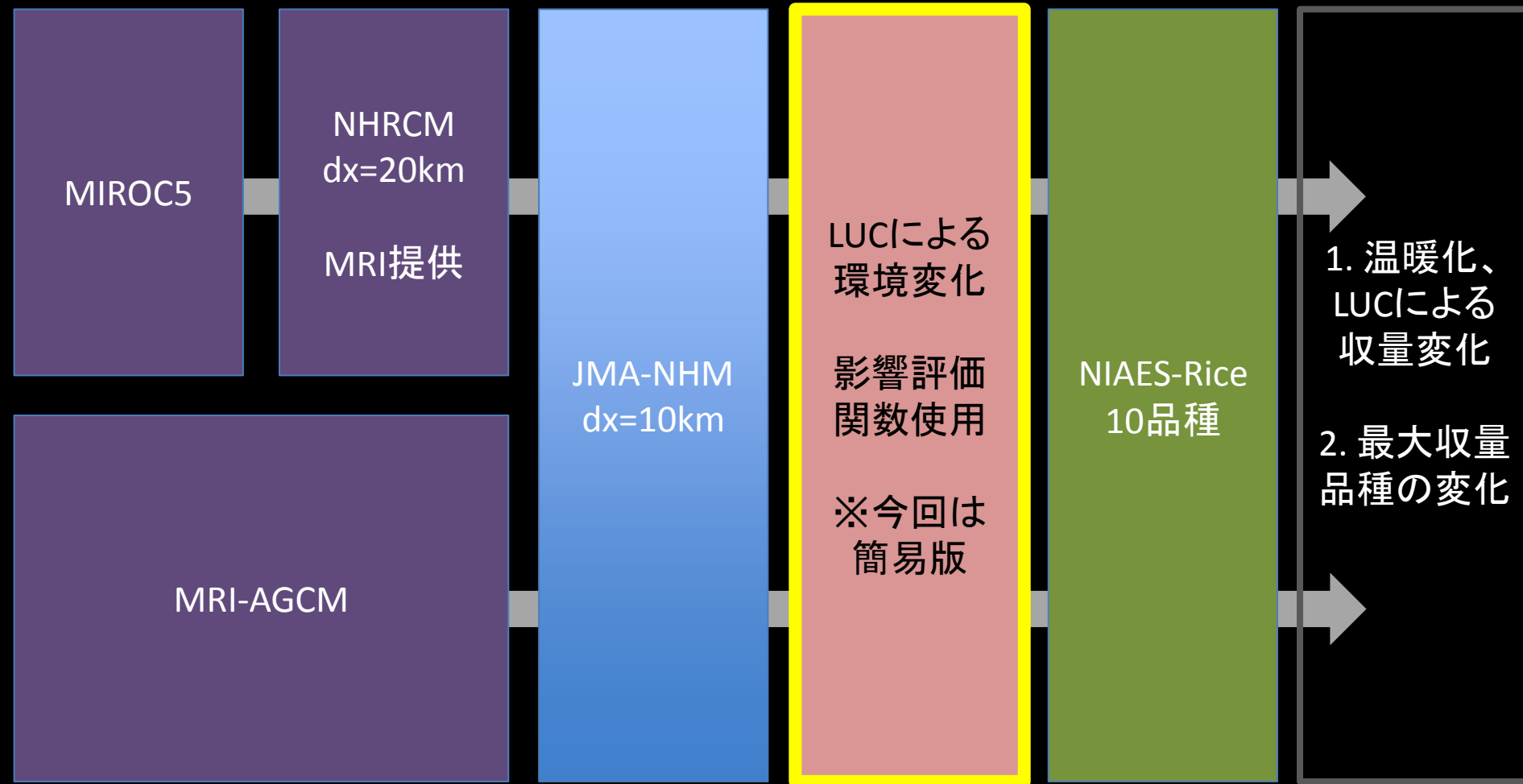


図: 現在および将来気候の通年日平均日射量の空間分布  
右下の数値は領域平均値 (MIROC5)

下向き短波は領域平均で $10\text{ Wm}^{-2}$ 程度増加する  
道東および関東で東北の2倍程度の増加



# 次はLUCによる環境変化を気候データに乗せる

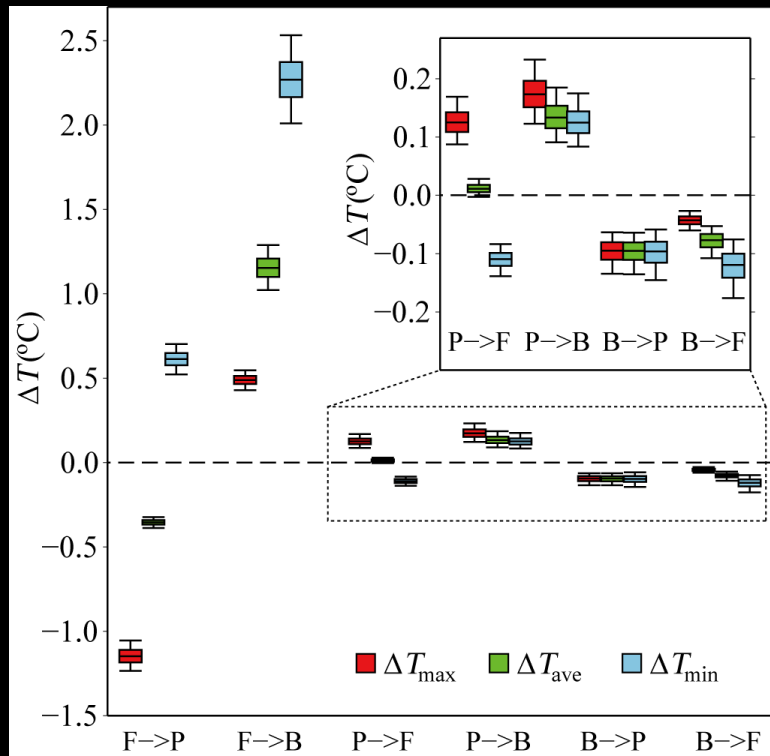


LUC: 土地利用変化(Land Use Change)

温暖化+LUCを考慮した将来の東北における最適品種の提案

# 東北地方でLUC→環境の「影響評価関数」の構築が間に合わなかったので・・・

- ・簡易版として、高知での気温変化量を利用



最大値・最小値  
抽出

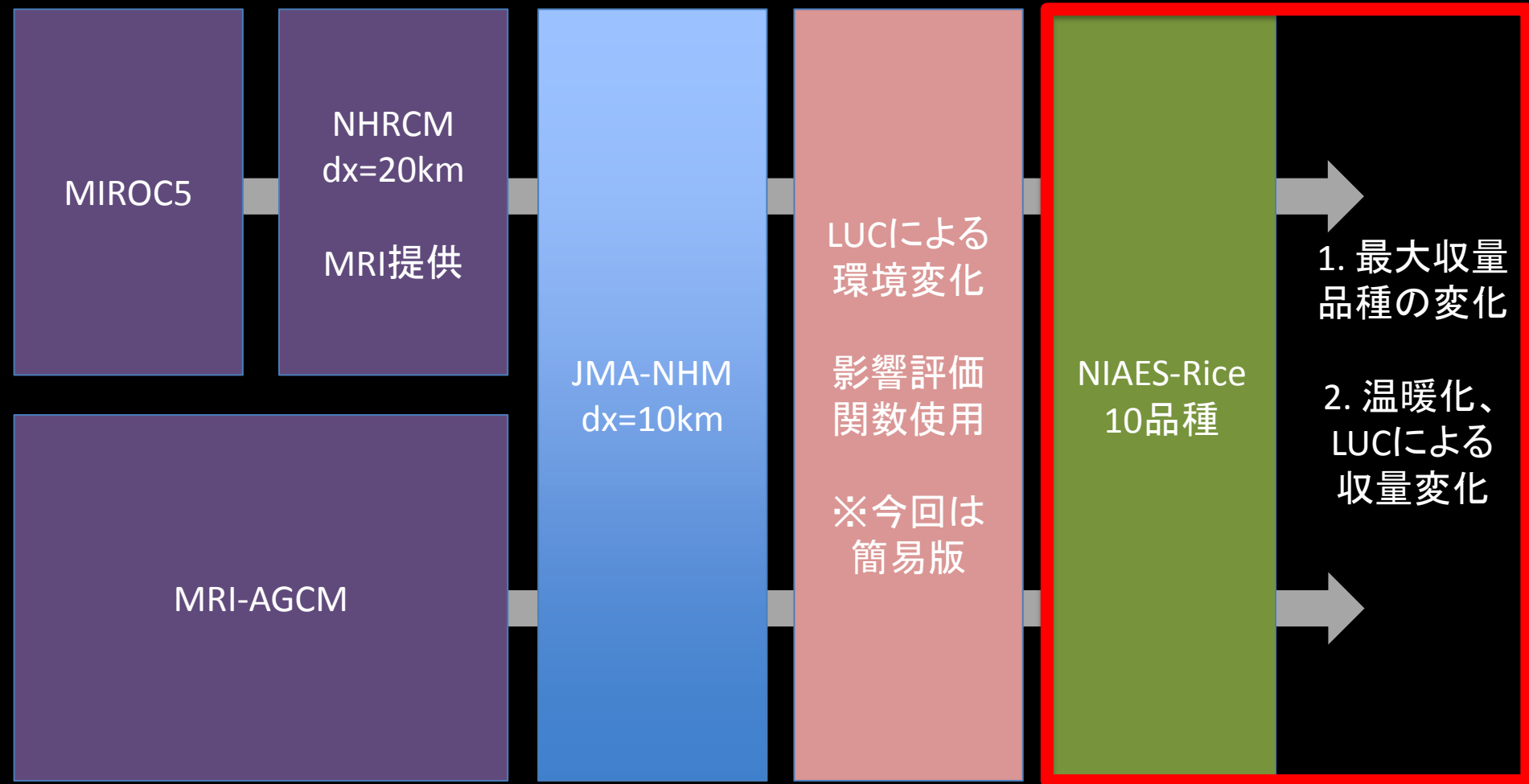
Yoshida et al.  
(under review, Climate Research)

表: LUC起源の  
昇温・冷却量の最大値

	Tx	Tm	Tn
warming	0.5	1.2	2.3
cooling	-1.1	-0.4	-0.1

図: 「地表面パラメータ変化→気温変化」のデータベースと、Monte-Carlo simulationによる10,000通りのLUCシナリオによって得られた四国の気温変化 (F: 森林、B: 建物、P: 水田)

# 東北における水稲収量の算出



LUC: 土地利用変化(Land Use Change)

温暖化+LUCを考慮した将来の東北における最適品種の提案

# バイアス補正済み気候変化シナリオを 水稲生育モデルへ

- ・水稲生育モデル(NIAES-Rice,  
Hasegawa et al. ; Fukui et al. in preparation)
- ・気象状態量(気温、下向き短波、湿度、風速)  
窒素投入量、CO<sub>2</sub>濃度から玄米収量を算出
- ・日長感受性、温度感受性の品種間差がパラメータとして  
考慮されている(日々の生長に関係)
- ・本研究ではパラメータが得られている10品種を扱う  
(品種名は次スライド)



# 作物モデルパラメータが利用できる品種を選出

表: 検証に使用した品種リスト

---

1	あいちのかおり	6	ひとめぼれ
2	あきたこまち	7	キヌヒカリ
3	あさひの夢	8	きらら397
4	はえぬき	9	コシヒカリ
5	ヒノヒカリ	10	こしいぶき

---

色は各品種が開発された地域を表す

北海道、東北、北陸、東海、中国、四国、九州

# 基準実験(メッシュアメダス入力)のパフォーマンス

## →概ね10%程度(12.6%)のバイアス

表: NIAES-Riceモデルによる県平均収量の再現性

	青森	岩手	宮城	秋田	山形	福島
観測 [g/10a]	543.5	509.2	503.5	558.7	585.2	528.7
モデル [g/10a]	484.2	412.5	650.7	597.2	536.5	521.8
Bias (%)	-10.9	-19.0	29.2	6.9	-8.3	-1.3

- ・観測値は農水省公表の「食糧統計年報」を使用
- ・計算は1981-2000の20年平均、観測は2003-2008の6年平均に注意
- ・「農林水産統計H22年度」を参考に、  
各県作付面積の最も多い品種の出力を使用
- ・Biasは(モデル-観測)/観測x100で算出

# 温暖化に伴う収量の変化

# コシヒカリ(福島以南で主要)の収量変化

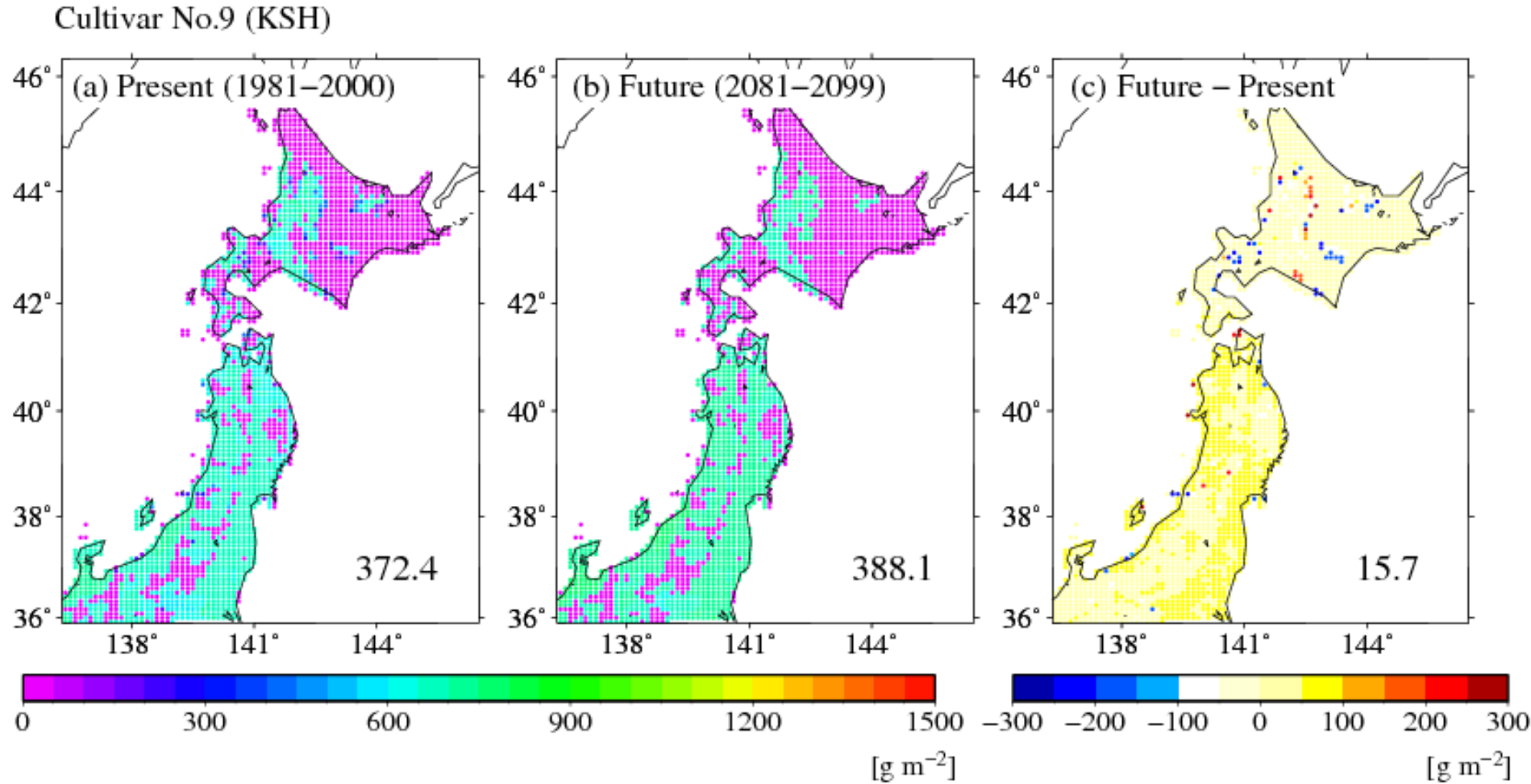


図: コシヒカリを全域で栽培した場合の20(or 19)年平均収量  
右下の数値は領域平均値 (MIROC5)

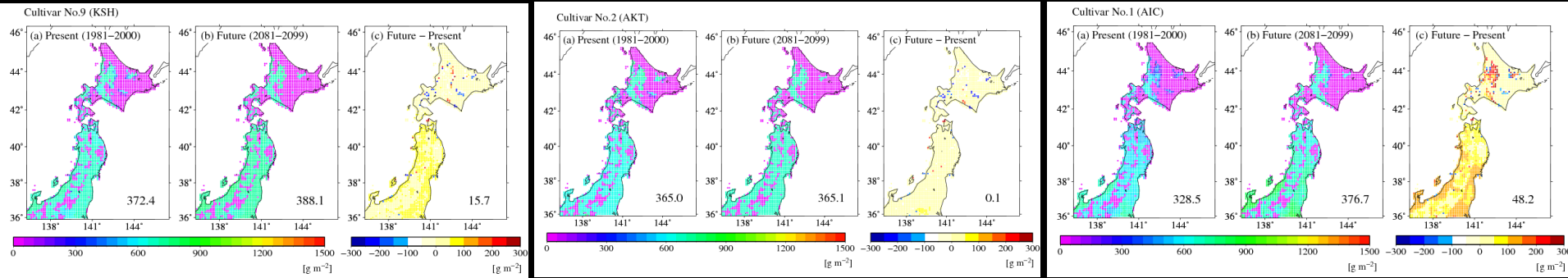
東北で増収傾向、北海道ではきれいな関係は見られない



# 各グリッドごとに最大収量の品種を抽出する

例)

```
do grid= 1, 2400
```



コシヒカリ

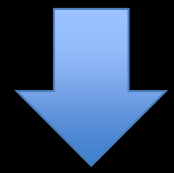
あきたこまち

あいちのかおり

収量 300

250

500



最大収量品種(grid)

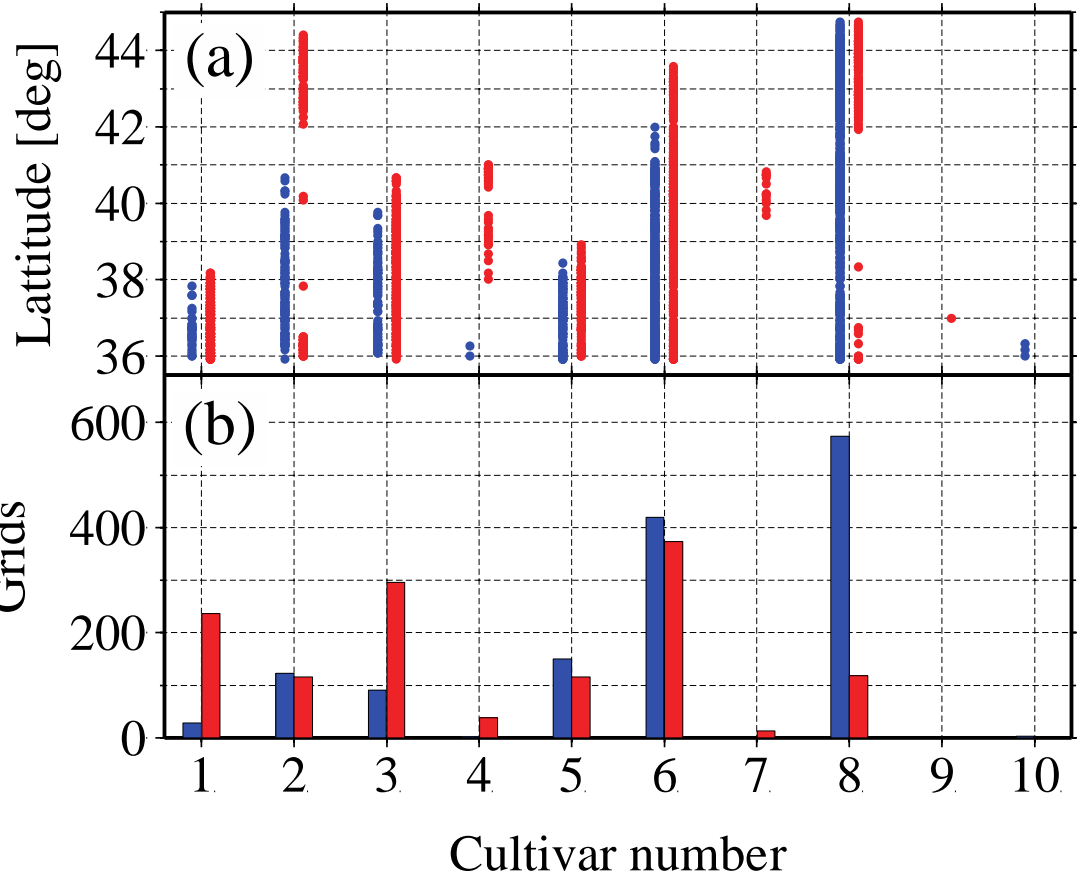
```
end do
```

上記do loopを現在気候、将来気候ともに行い、  
最大収量品種の場所・量の変化を見る

# 最大収量となる品種の移り変わり

東北・北海道品種が最大となるエリアは北へ移動し、  
中京品種が東北での主要品種となりうる

[MIROC5]



■ Πρεσεντ (1981□2000) ■ Φωταε (2081□2099)

北のみで最大収量へ:

あきたこまち(2)、きらら397(8)

最大収量となるエリアが北へ伸張:

あいちのかおり(1)、あさひの夢(3)、  
ヒノヒカリ(5)、ひとめぼれ(6)

将来最大収量となるグリッド数増加:

あいちのかおり(1)、あさひの夢(3)

減少: きらら397(8)

図: (a) 収量が最大となる品種の南北分布(MIROC5) (b) 36-44Nで品種ごとに集計した当該品種が最大収量となるグリッド数(MIROC5)

土地利用管理による環境調節は  
収量に影響を与えるのか？

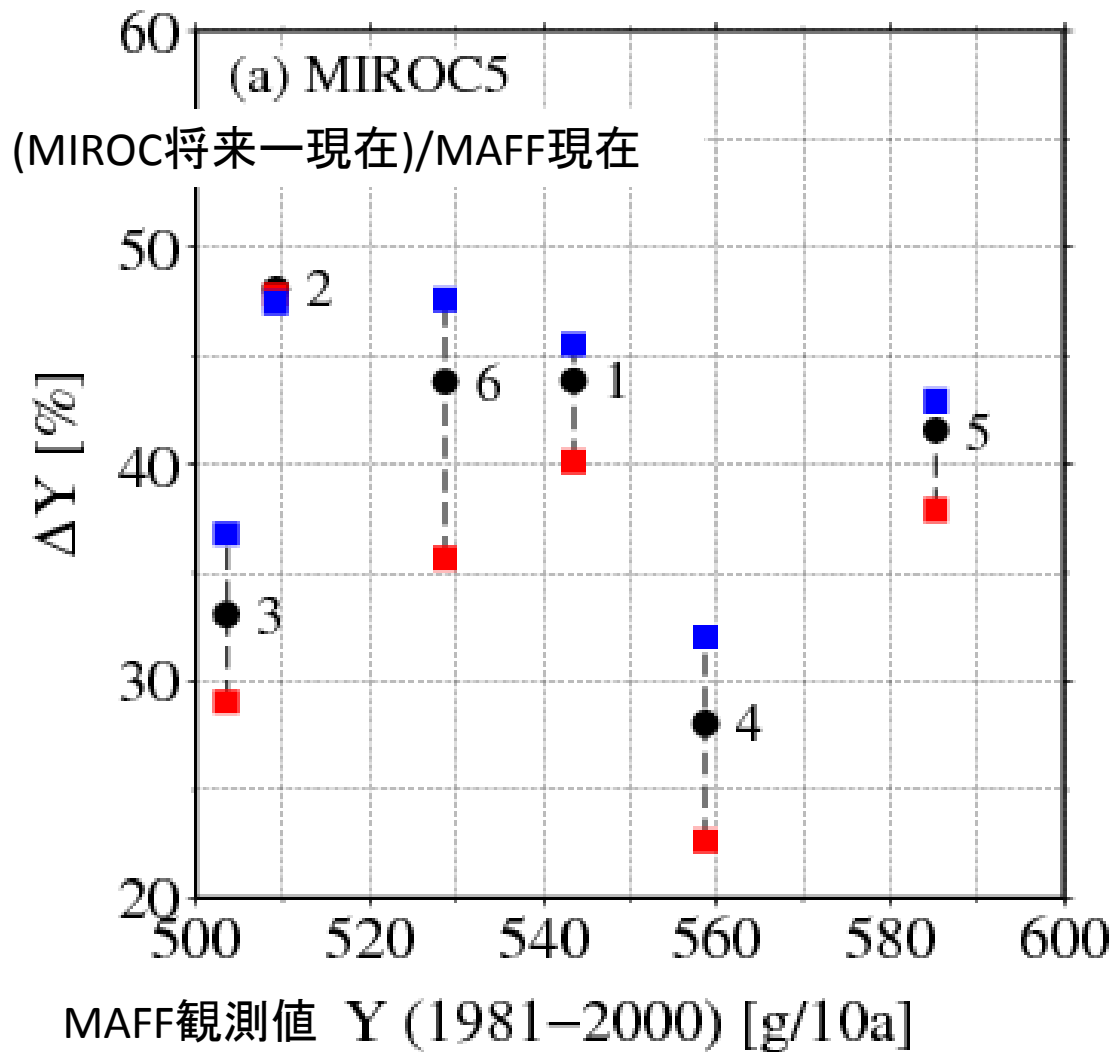


表: LUCによる気温変化

	Tx	Tm	Tn
warming	0.5	1.2	2.3
cooling	-1.1	-0.4	-0.1

四国の10,000通りのLUCによる最大昇温と冷却量を参考  
(Yoshida et al., under review, Climate Research)

LUCによる収量変動幅→  
温暖化による収量変化の18%に相当

- (a): Future - Present
- (a) + LUC-induced warming
- (a) + LUC-induced cooling

図: 土地利用管理による気温変化も考慮した現状品種の温暖化による収量変化  
1: 青森 2: 岩手 3: 宮城 4: 秋田 5: 山形 6: 福島

# まとめ

## 気候変化シナリオの力学的ダウンスケールデータを用いた 東北地方における水稲最適品種の将来変化

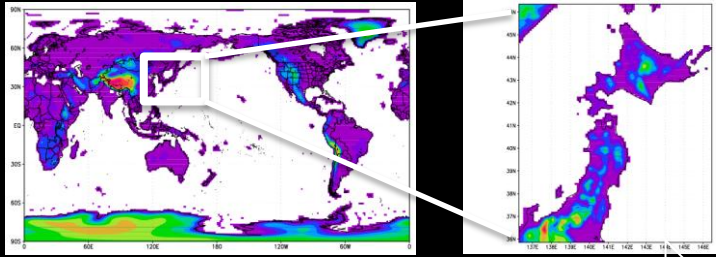
1. 東北の将来のコメ収量はどうなるのか？  
→現在の品種で固定された場合、3-4割程度の増収
  2. 最大収量品種は？  
→東北・北海道品種：東北で優勢⇒北海道で優勢  
中京品種が最大収量となる地域が東北で増加
  3. LUCによる環境変化は東北でも影響を与える？  
→温暖化による収量変化に対し、最大で2割程度寄与
- 今後：1. 増収についてどの因子が効いているか？  
2. 影響評価関数による東北でのLUC影響の追加解析



# 1. 温暖化シナリオの高解像度化

全球モデル

領域モデル



ダウンスケール

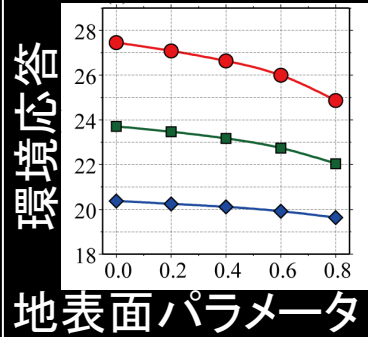
大気側温暖化シナリオ

a. 1981-2000

b. 2081-2100

# 2. 土地利用変化による

## 周辺環境の影響評価関数の作成



地表面パラメータ変化に対する環境応答を関数化

10000通りの  
仮想土地利用変化シナリオ  
+  
影響評価関数

土地利用変化由来の局地環境変化

# 3. 「合成」温暖化シナリオの水稻生育モデルへの適用・適応策の立案

3. 「合成」温暖化シナリオの構築

1. 大気側温暖化シナリオ

2. 土地利用変化由来の局地環境変化

水稻生育モデルによる温暖化影響評価

・土地利用変化の影響も考慮したコメ収量への影響

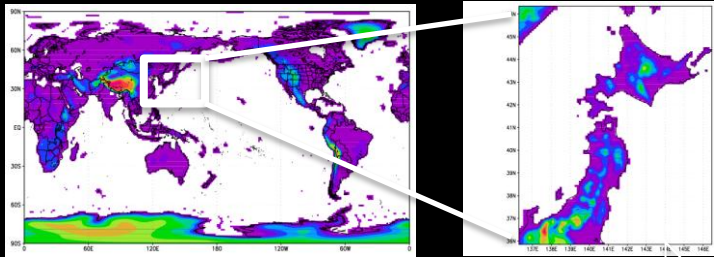
・栽培品種の変更による減収低減の定量的評価

東北地方における  
安定した収量確保のための  
奨励品種の提案

# 1. 温暖化シナリオの高解像度化

全球モデル

領域モデル



ダウンスケール

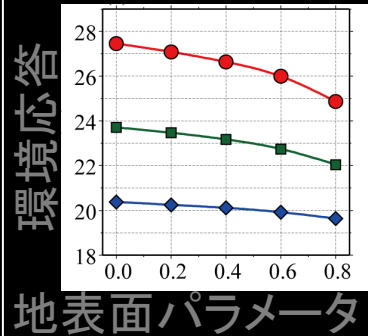
大気側温暖化シナリオ

a. 1981-2000

b. 2081-2100

# 2. 土地利用変化による

## 周辺環境の影響評価関数の作成



地表面パラメータ変化に対する環境応答を関数化

10000通りの  
仮想土地利用変化シナリオ  
+  
影響評価関数

土地利用変化由来の局地環境変化

# 3. 「合成」温暖化シナリオの水稻生育モデルへの適用・適応策の立案

3. 「合成」温暖化シナリオの構築

1. 大気側温暖化シナリオ

2. 土地利用変化由来の局地環境変化

水稻生育モデルによる温暖化影響評価

・土地利用変化の影響も考慮したコメ収量への影響

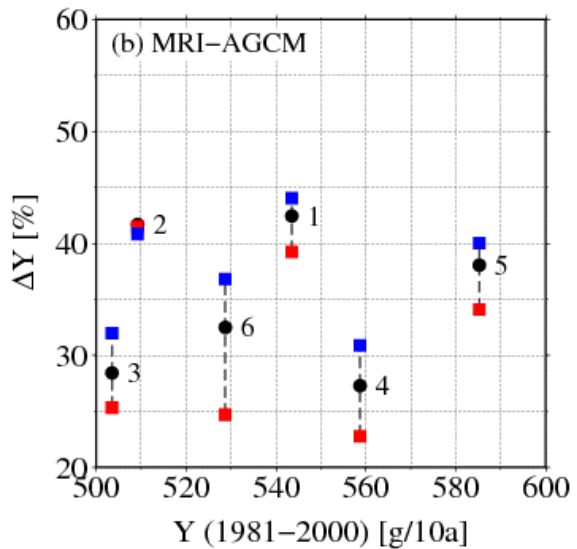
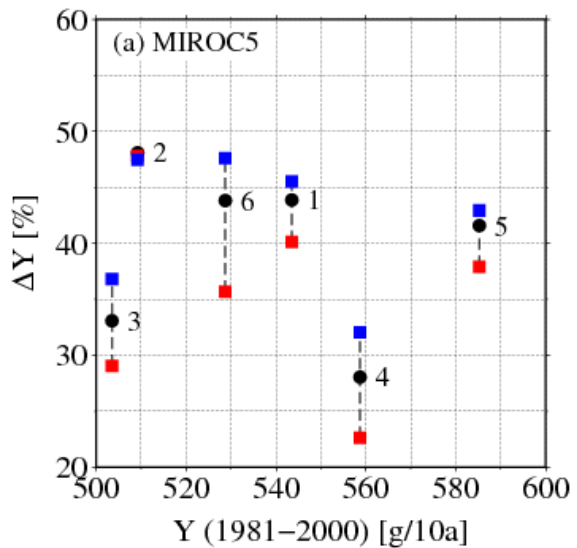
・栽培品種の変更による減収低減の定量的評価

東北地方における  
安定した収量確保のための  
奨励品種の提案



# 土地利用管理による環境調節は収量に影響を与える？

LUCによる収量への影響はGCMによらない  
(少なくとも2モデルでは)

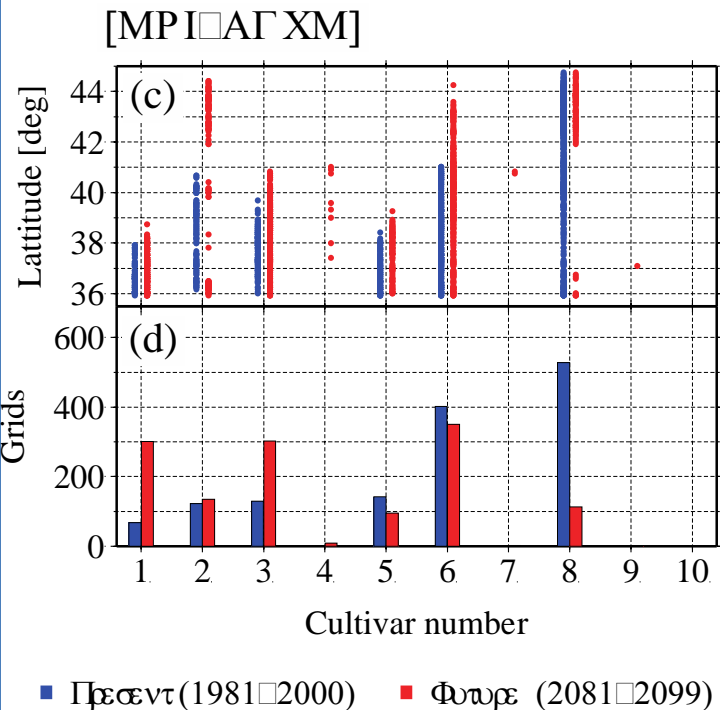
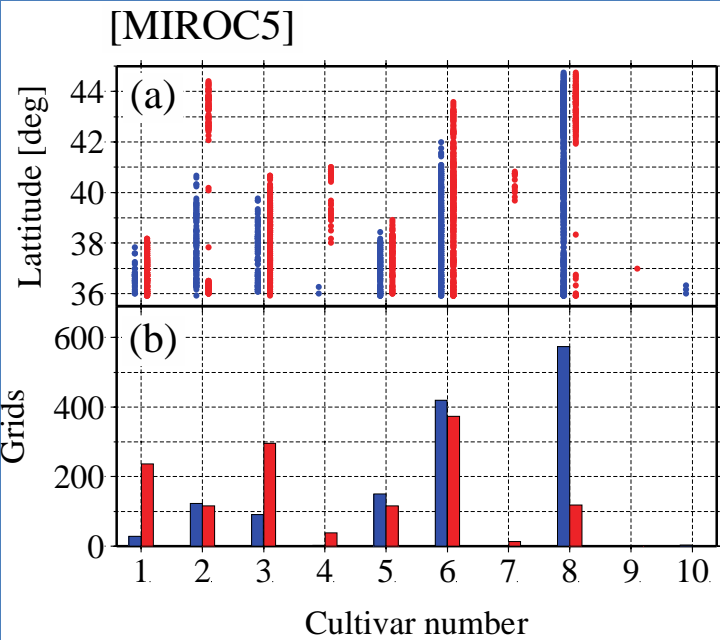


- (a): Future - Present
- (a) + LUC-induced warming
- (a) + LUC-induced cooling

## 表: LUCによる気温変化

	Tx	Tm	Tn
warming	0.5	1.2	2.3
cooling	-1.1	-0.4	-0.1

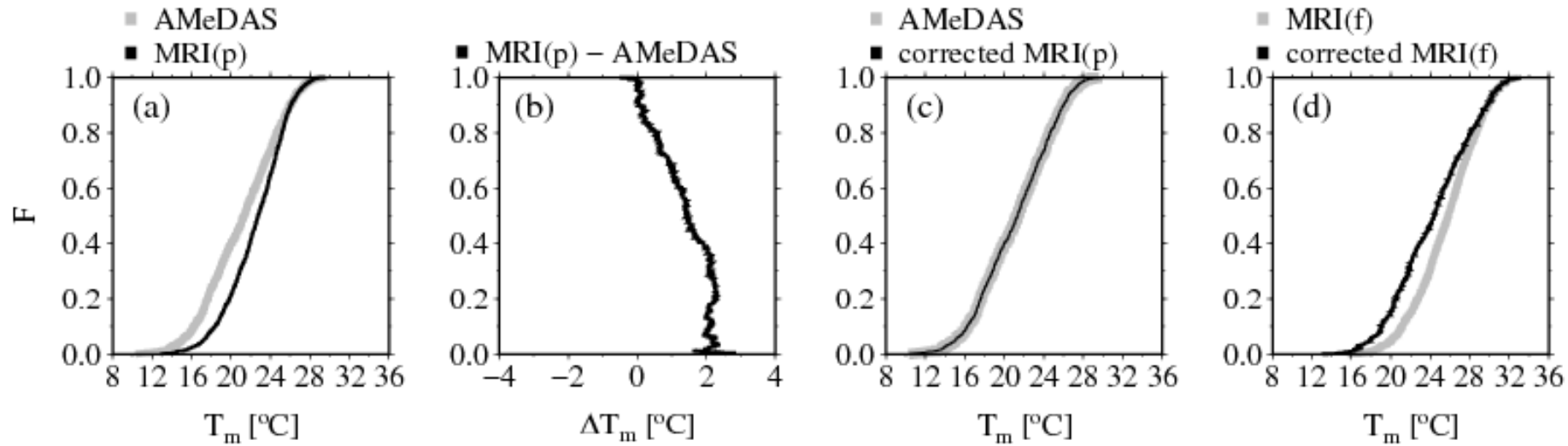
図: 土地利用管理による気温変化も考慮した現状品種の温暖化による収量変化  
1: 青森 2: 岩手 3: 宮城 4: 秋田 5: 山形 6: 福島



傾向はMRI-AGCMにしても  
同じ

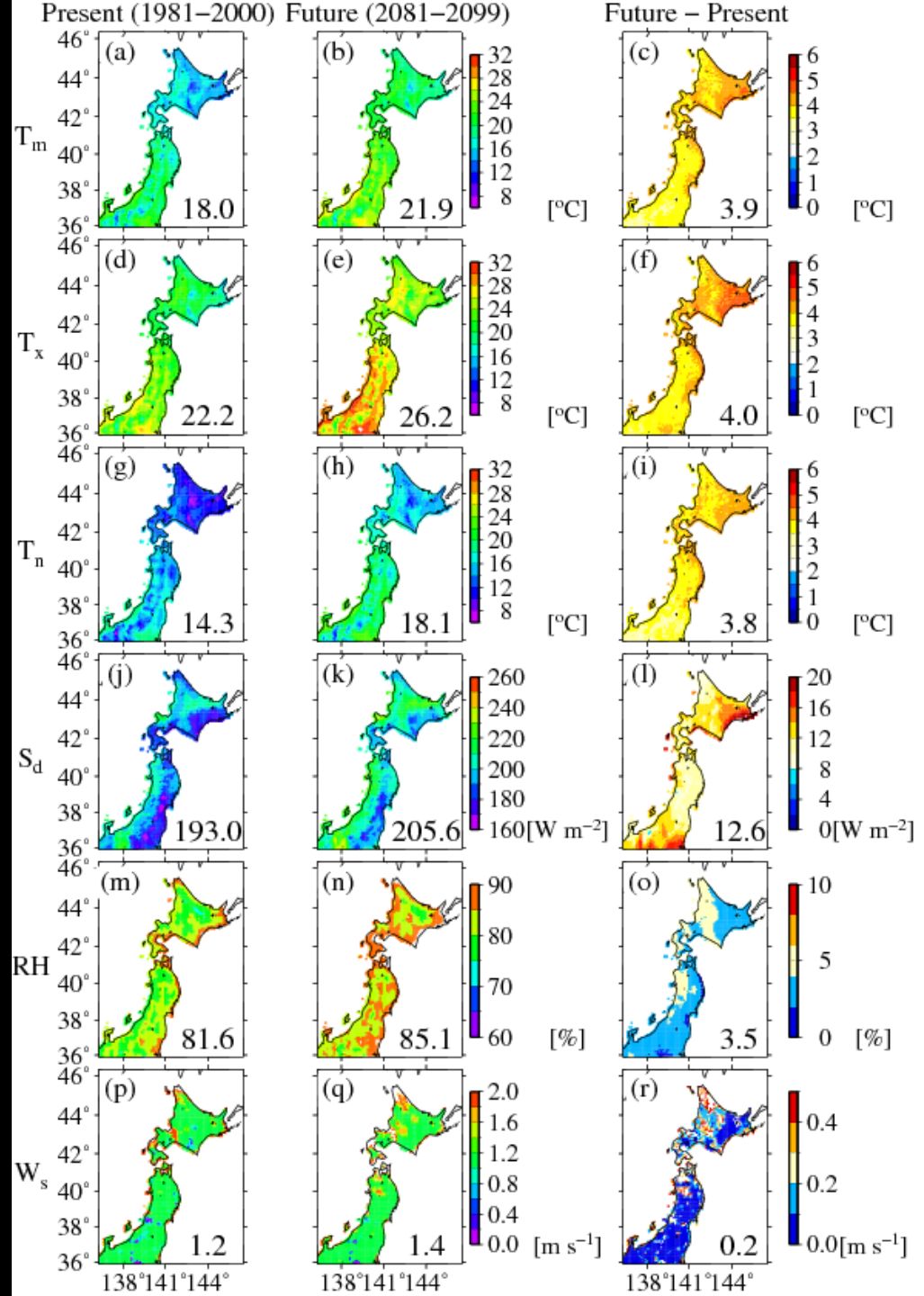
図: (a) 収量が最大となる品種の南北分布(MIROC5) (b) 36-44Nで品種ごとに集計した当該品種が最大収量となるグリッド数(MIROC5) (c), (d): (a), (b)と同様ただしMRI-AGCM使用

# CDF法によるバイアス補正



MRI-AGCMは全パーセンタイルでモデルが高温予報

# JJA平均の気候値 (MIROC5)



# JJA平均の気候値 (MRI-AGCM)

