

世界の穀物生産に対する これまでの気候変化影響

飯泉 仁之直

農研機構 農業環境変動研究センター

本研究では、文部科学省による複数の学術研究プログラム（「創生」、「統合」、SI-CAT、DIAS）間連携および地球シミュレータにより作成されたd4PDFを使用した。

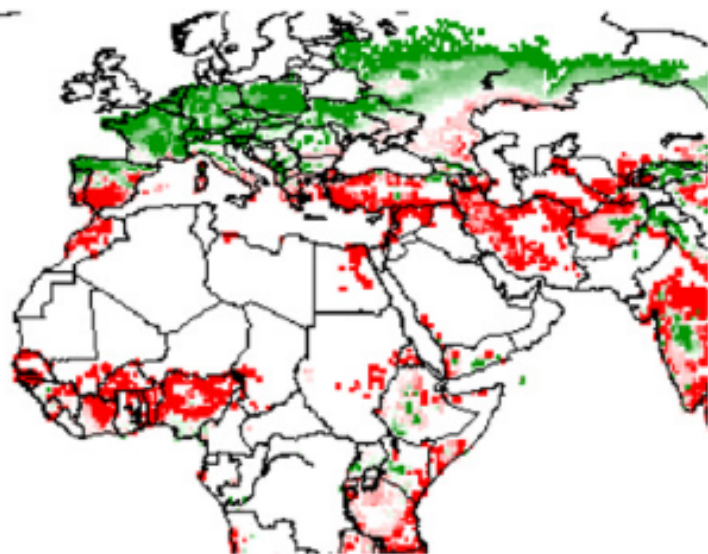
<https://doi.org/10.1002/joc.5818>

 Open Access

Crop production losses associated with anthropogenic climate change for 1981–2010 compared with preindustrial levels

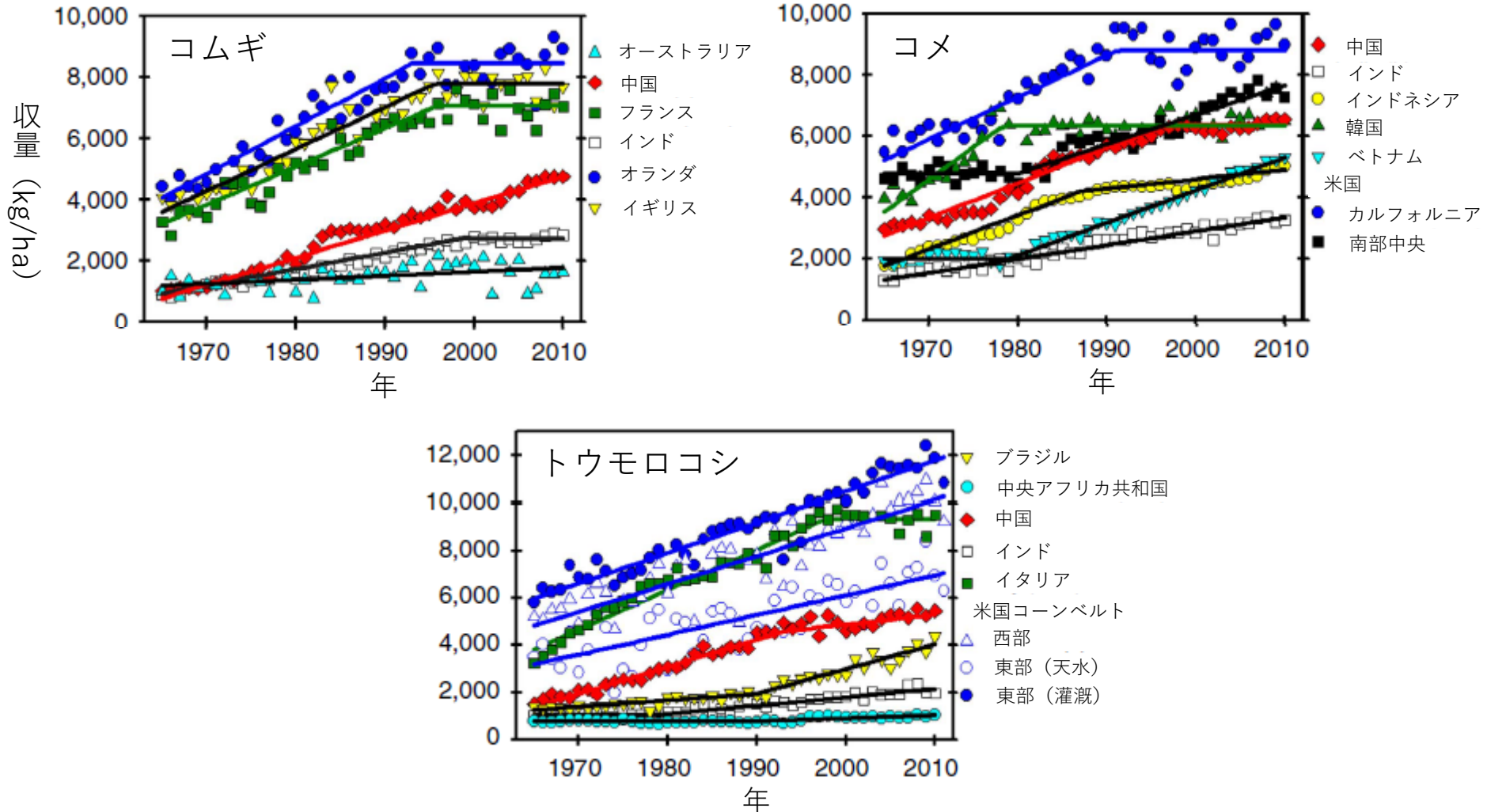
Toshichika Iizumi, Hideo Shiogama, Yukiko Imada, Naota Hanasaki, Hiroki Takikawa, Motoki Nishimori

Version of Record online: 20 August 2018



The presented study estimates the impacts of historical climate change on the global average yields of maize, rice, wheat and soybean in 1981–2010. The analysis uses the results of factual and counterfactual climate simulations performed with an atmospheric general circulation model that do and do not include anthropogenic forcings to climate systems, respectively, as inputs to a global gridded crop model. Based on the yield impacts, estimates of average annual economic production losses at the global level are quantified.

ヨーロッパ北西部のコムギや東アジアのコメなどの 収量増加が近年、停滞している

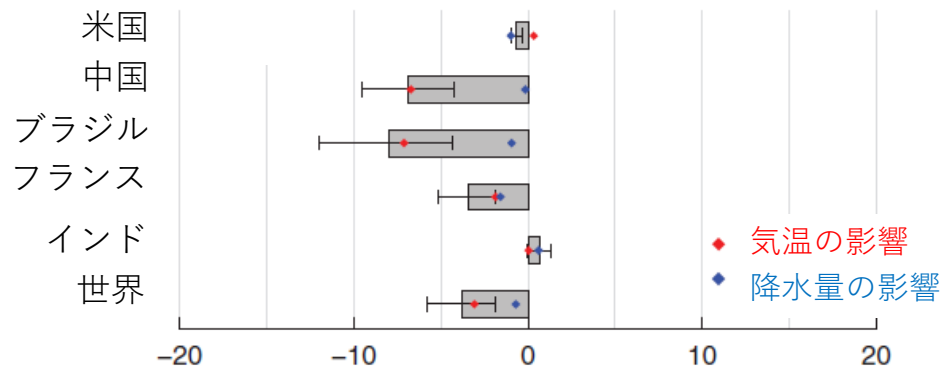


世界の生産量の3.8~5.5%が過去29年間の気候変化で失われた

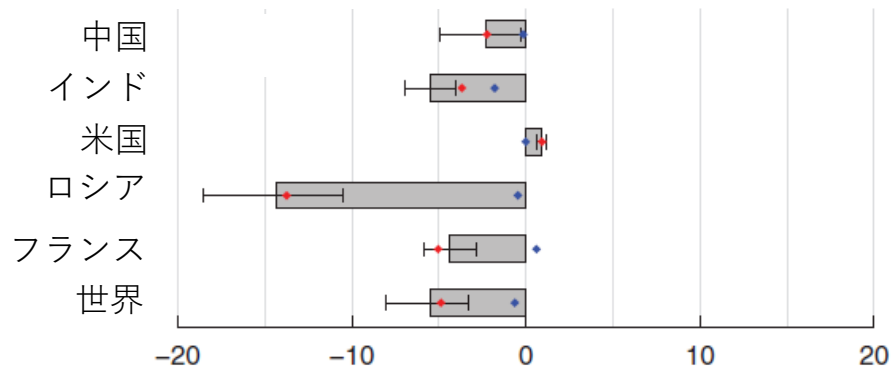
※ それぞれ、メキシコの年間生産量2300万トン、フランスの年間生産量3300万トンに相当

※ 1980~2008年

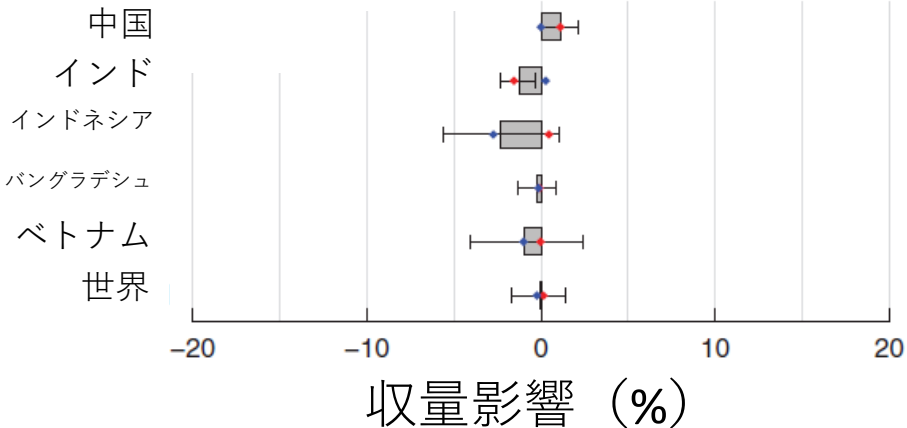
トウモロコシ



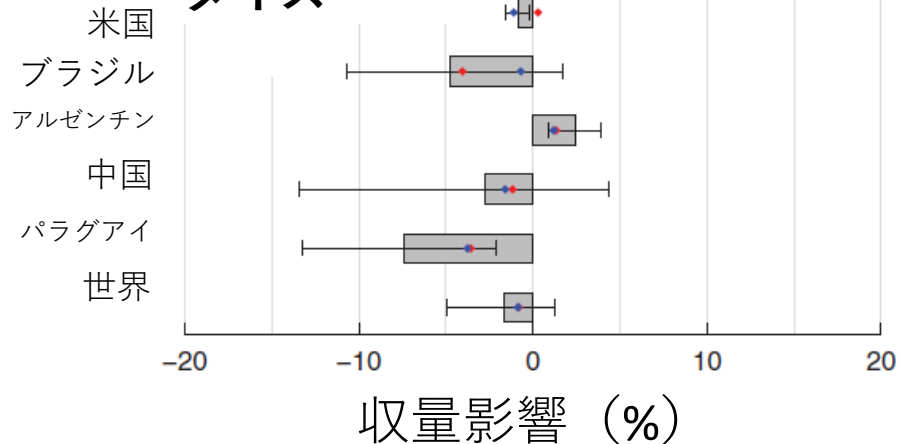
コムギ



コメ



ダイズ

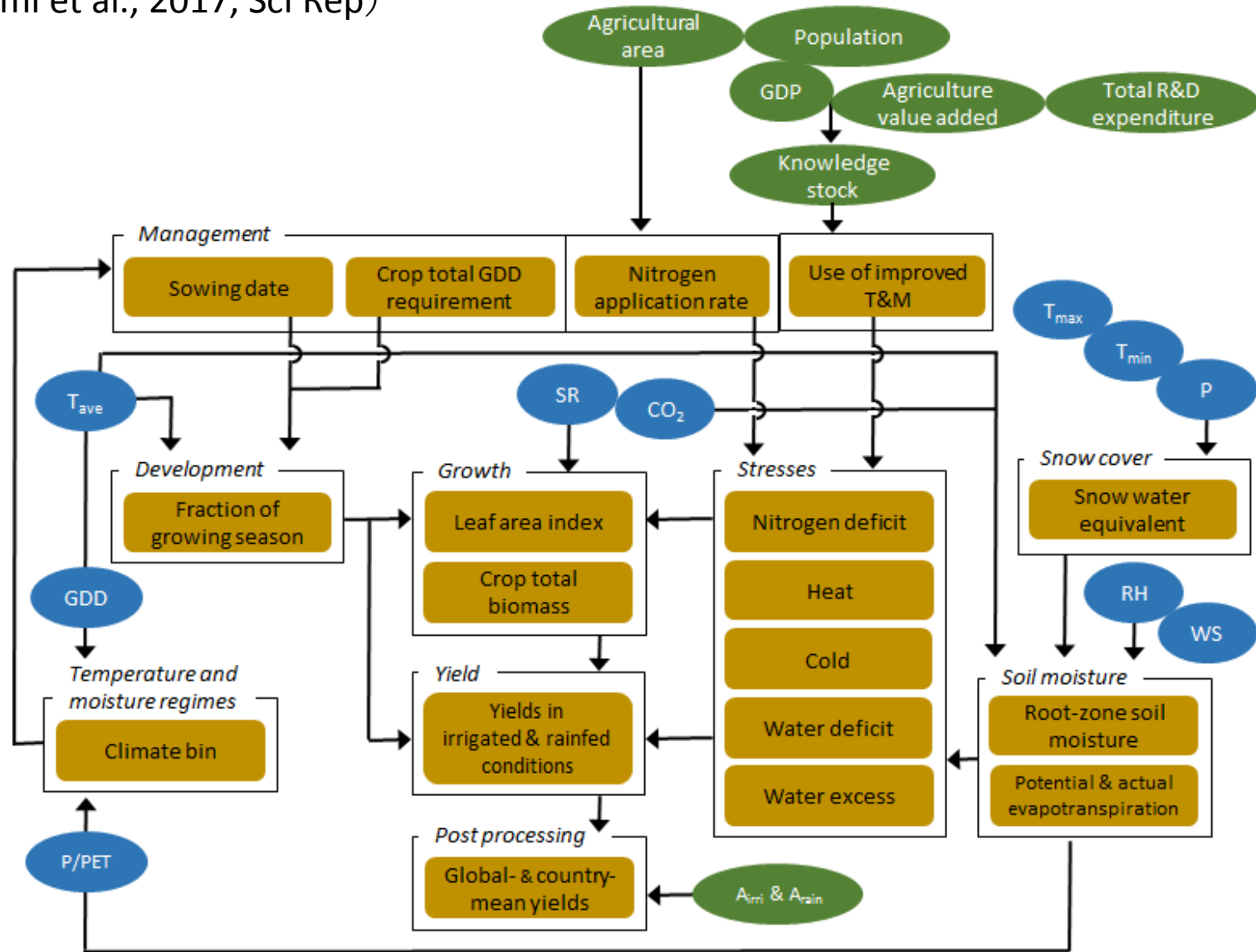


目的

- 収量影響の知見のほとんどは統計モデルに基づいている。
- この知見の信頼性をさらに高めるうえで、独立した手法（プロセスモデル）による推定が必要。
- 近年、**detection & attribution** 解析用の大気大循環モデルによる大規模アンサンブル実験データ（d4PDF）が公開されている。
- プロセスベースの全球作物モデルに、バイアス補正したd4PDFを入力し、これまでの気候変化が作物収量に与えた影響を評価する。
- 対象は全球・主要穀物（トウモロコシ、コメ、コムギ、ダイズ）。

全球作物モデル CYGMA

Crop Yield Growth Model with Assumption on climate and socioeconomy
(Iizumi et al., 2017, Sci Rep)



d4PDFデータ（全球・60km）のバイアス補正

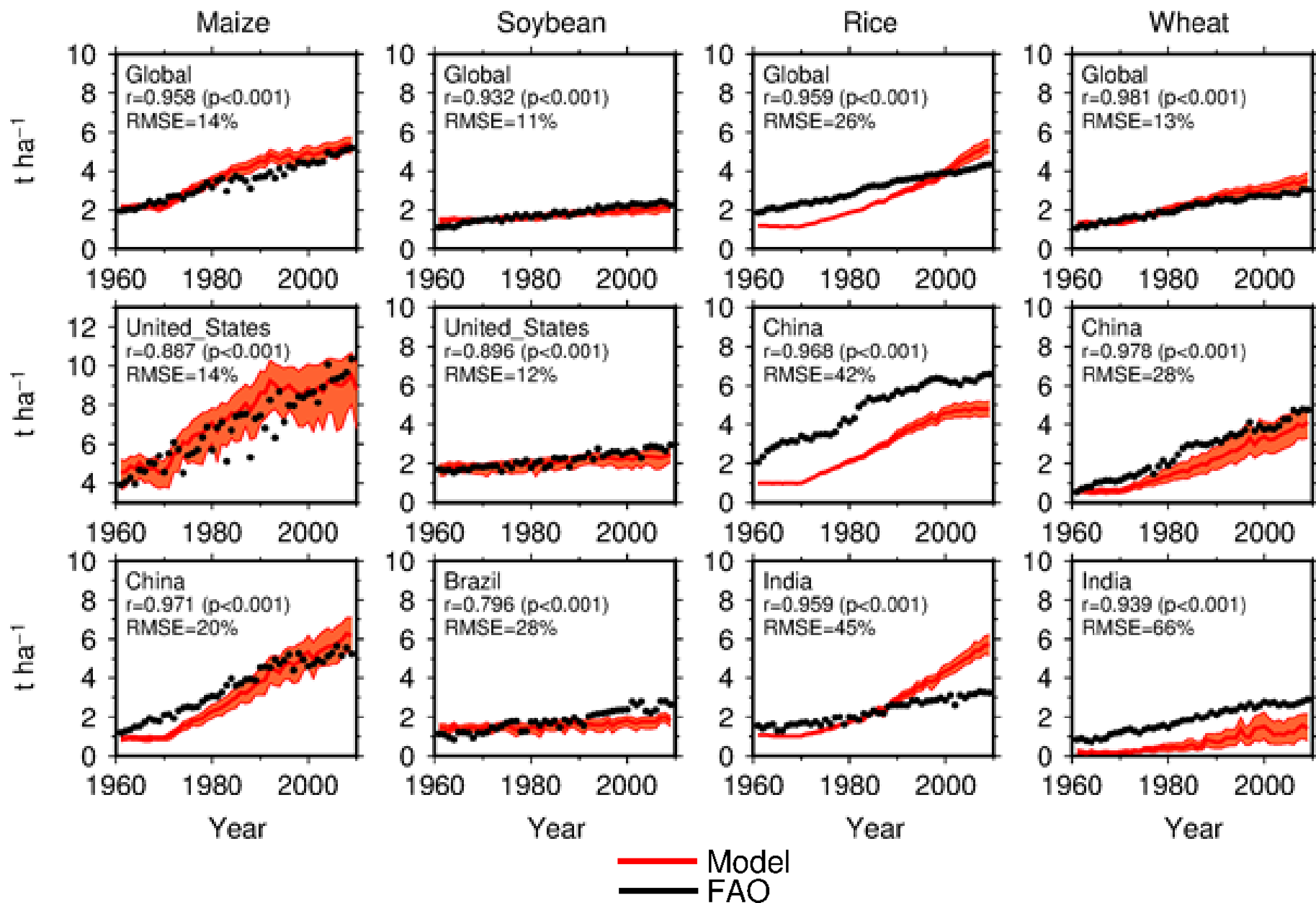
- AGCM出力値：d4PDFの過去実験（HPB）と過去非温暖化実験（HPB_NAT）の日別出力値。
- 期間：いずれの実験も60年間（1951-2010年）
- アンサンブル数：いずれの実験も100（計200）
- バイアス補正手法：CDFDM法（Cumulative Distribution Function-based Downscaling Method, Iizumi et al., 2011, J Geophys Res）
 - ※ 0.5625° から0.5° に距離逆数加重平均で空間内挿してからCDFDM法を適用
- 日別気象の参照データ：S14 Forcing Data（S14FD, Iizumi et al., 2017, J Geophys Res）の日別値、参照期間は40年間（1961-2000年）
- 要素：10変数。日平均・最高・最低2m気温、降水量、相対湿度、10m風速、下向き短波・長波放射量、地上気圧、比湿
 - 全雲量から経験式により下向き短波・長波放射量を推定し、バイアス補正
 - バイアス補正後の相対湿度、平均気温、地上気圧から比湿を計算

<https://doi.org/10.20783/DIAS.544> から入手可能

全球作物モデルによる数値実験

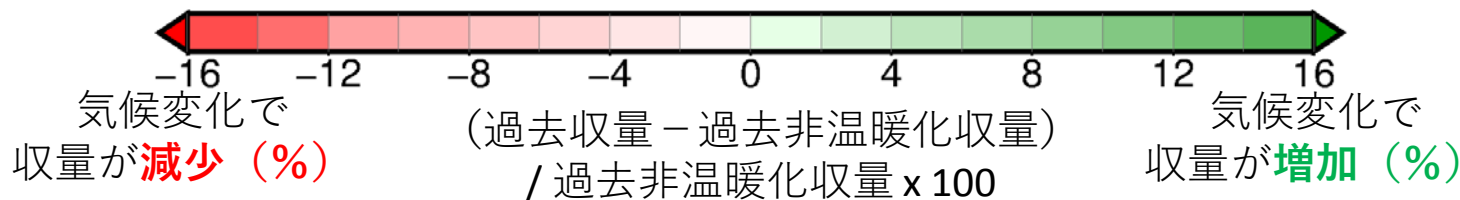
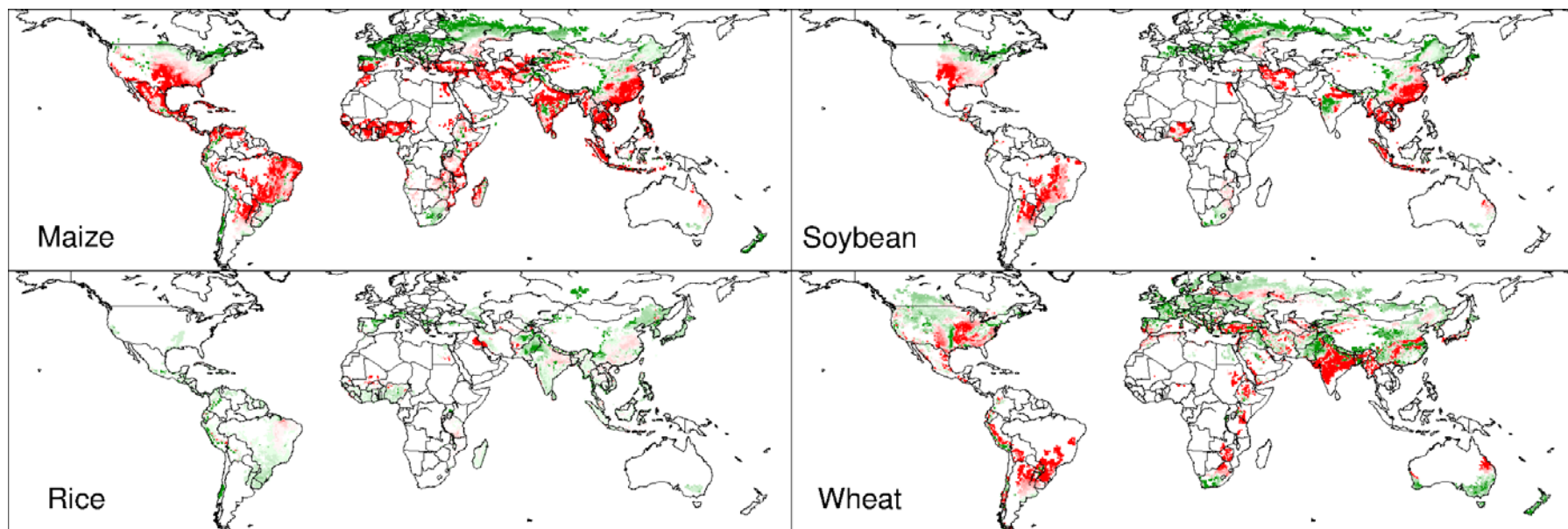
実験名	気候	社会経済	栽培管理の調整	期間
Ally	バイアス補正した過去実験（HPB）出力値。 CO ₂ 濃度は観測値（2010年に389ppm）。施肥効果があると仮定	窒素投入量、増収技術の導入割合が一人あたりGDP、一人あたり農地面積、農業研究開発支出の1961年からの累積額（知識ストック）に応じて変化	あり。播種日と作物の温度要求量が気候条件の長期変化に応じて変化	1961-2010
Alln	バイアス補正した過去実験（HPB）出力値。施肥効果はないと仮定 （CO ₂ 濃度は1850年代の値に固定 = 285ppm）	同上	同上	1961-2010
NAT	バイアス補正した過去非温暖化実験 （HPB_NAT）出力値。 CO ₂ 濃度は1850年代の値に固定	同上	同上。ただし、気候変動がないため、「なし」としても結果は大きく変わらない	1961-2010

モデルによる収量の再現 (ALLy+ALLn) / 2



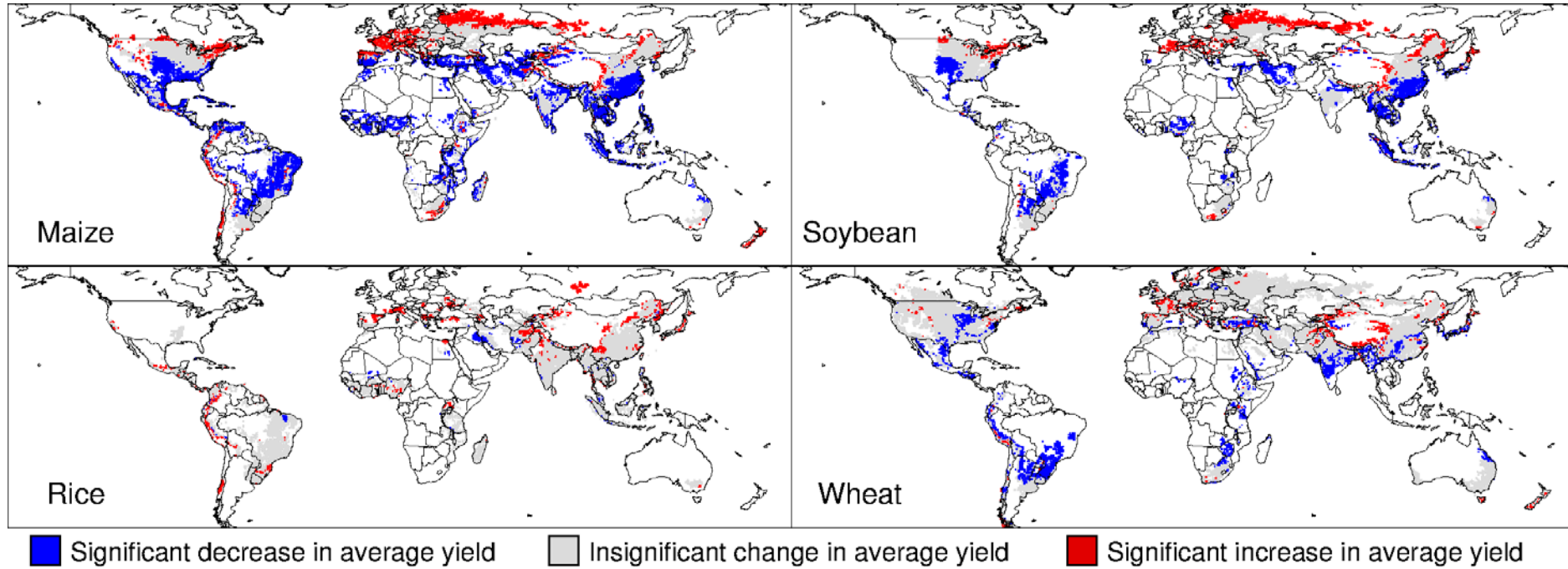
これまでの気候変化による生産影響（1981-2010年）

d4PDF 100メンバー使用



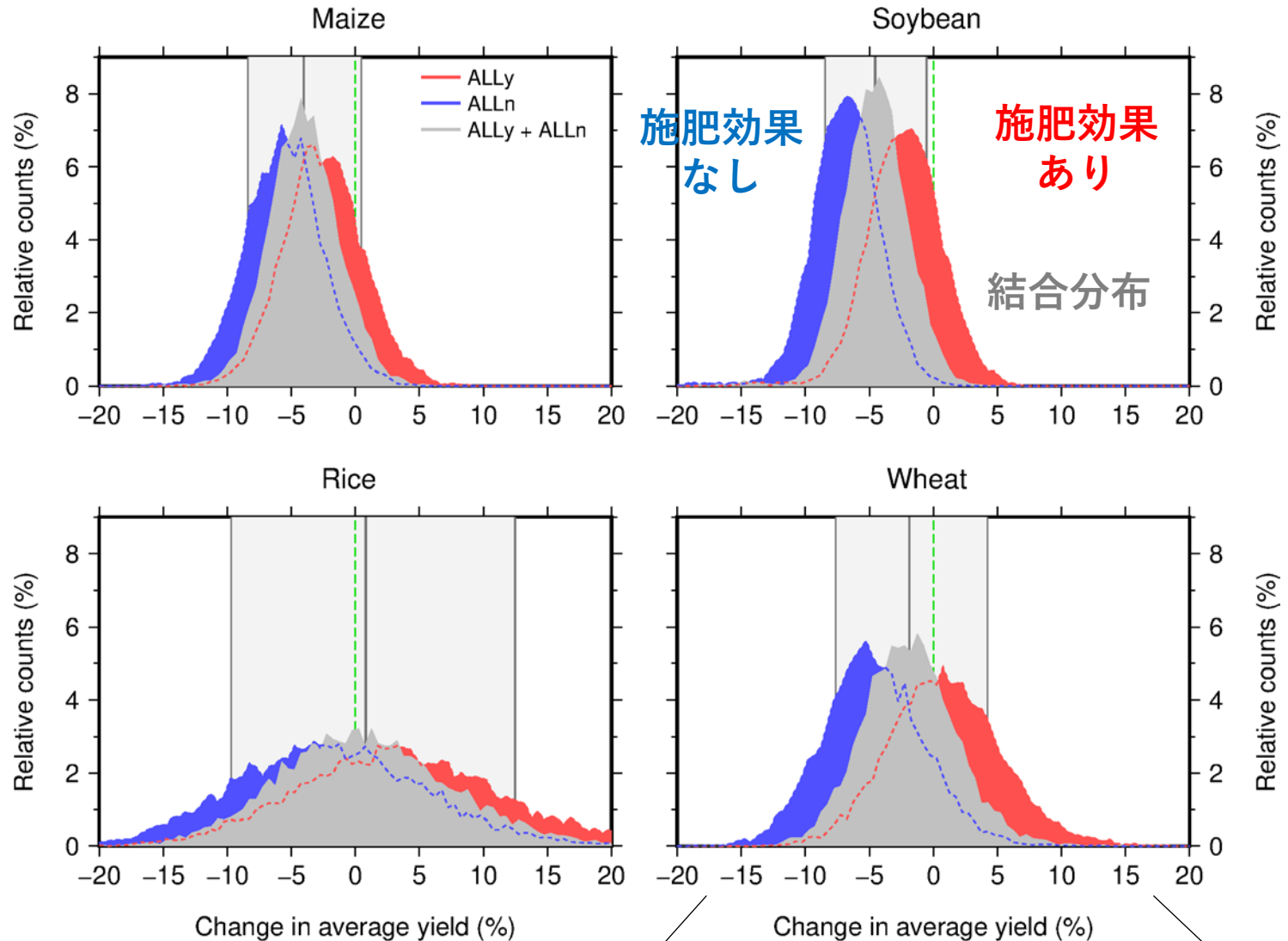
	全球平均収量影響 (%)	全球生産影響 (億ドル/年)
産業革命以前 (1850-1900) に対する		
1986-2005年の 全球年平均気温は+0.61°C		
トウモロコシ	-4.1 (-8.5, +0.5)	-223 (-493, -20)
ダイズ	-4.5 (-8.4, -0.5)	-65 (-215, +35)
コメ	-1.8 (-9.6, +12.4)	-8 (-218, +111)
コムギ	-1.8 (-7.5, +4.3)	-136 (-363, +51)

収量影響の有意性 (アンサンブル数が多いため可能)



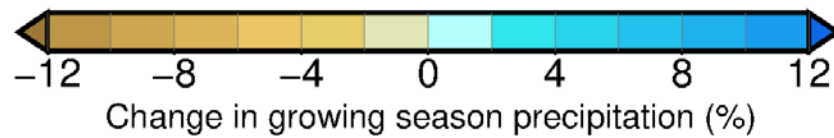
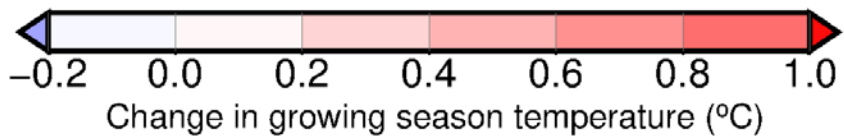
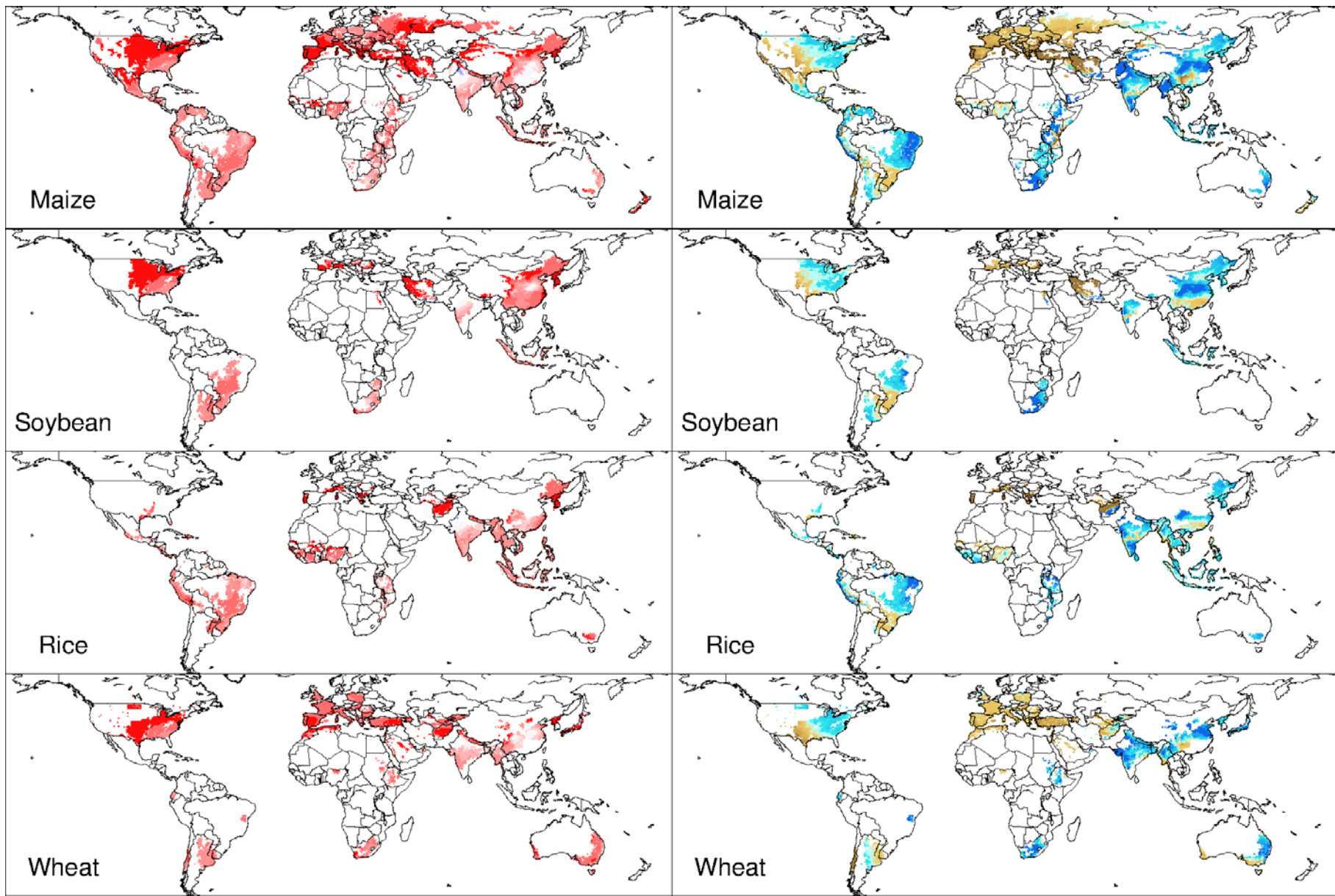
気候変化による全球平均収量への影響

Global

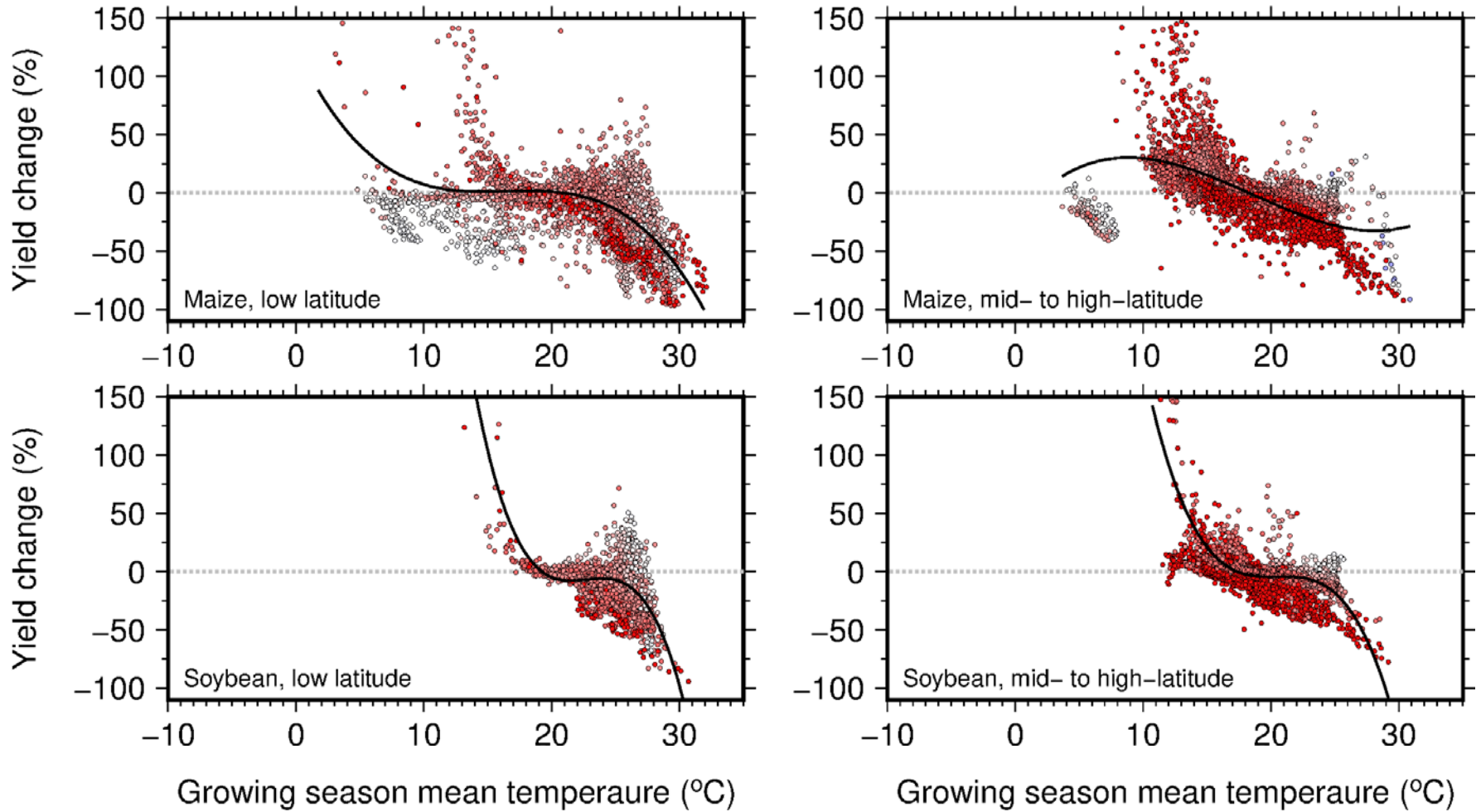


— 気候変化で
平均収量が**減少**

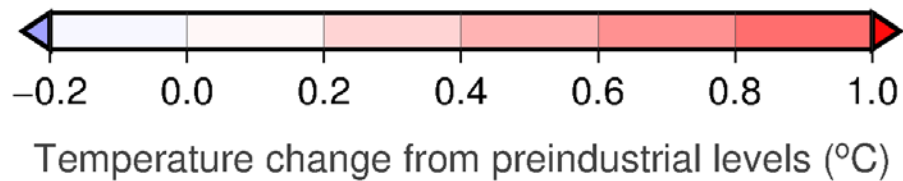
+ 気候変化で
平均収量が**増加**



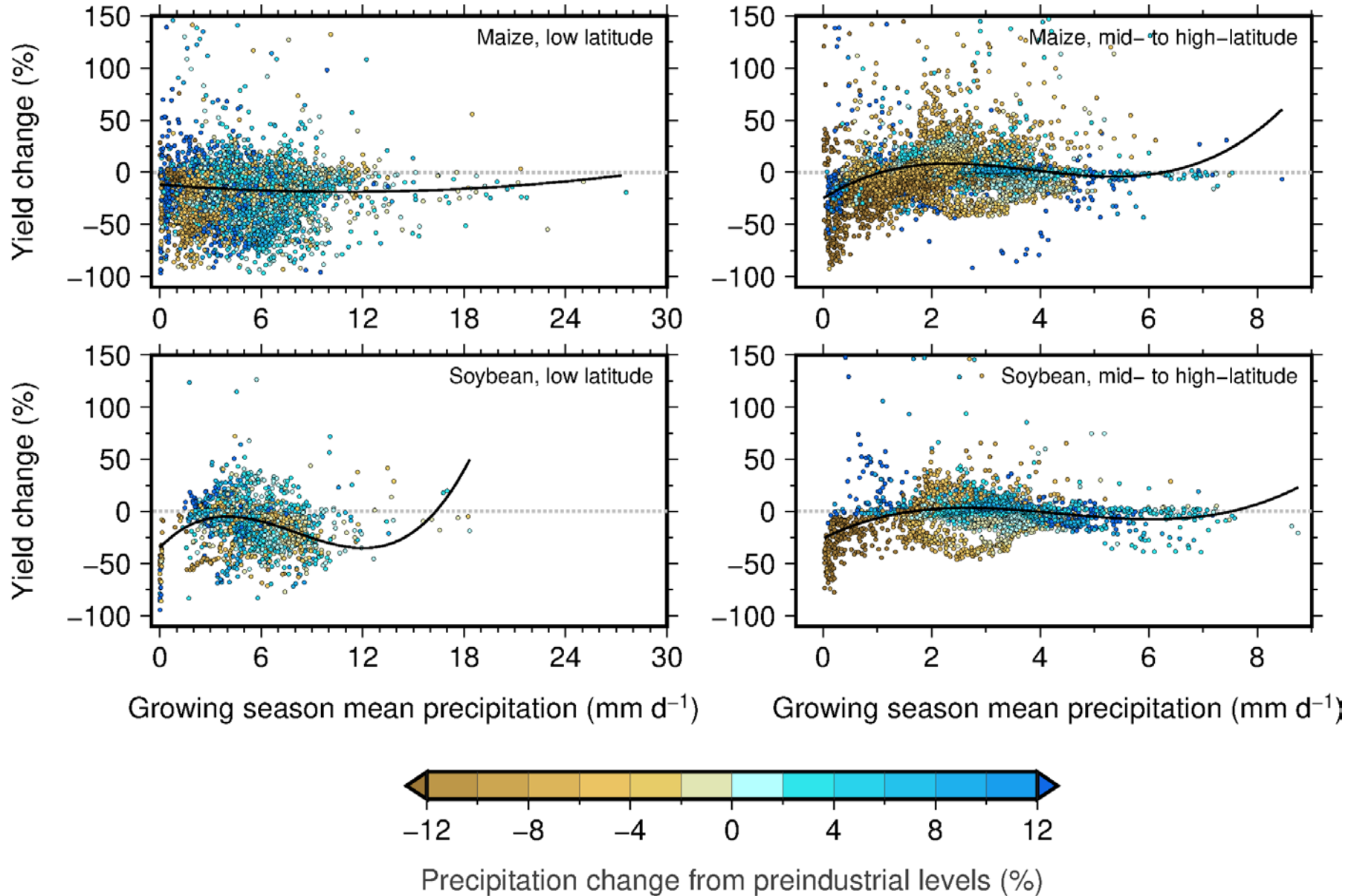
気温が高い地域では気温上昇により収量が低下



HPB実験の出力
から計算



中高緯度の乾燥地域では降水量減少により収量が低下



まとめ

■今回得られた知見

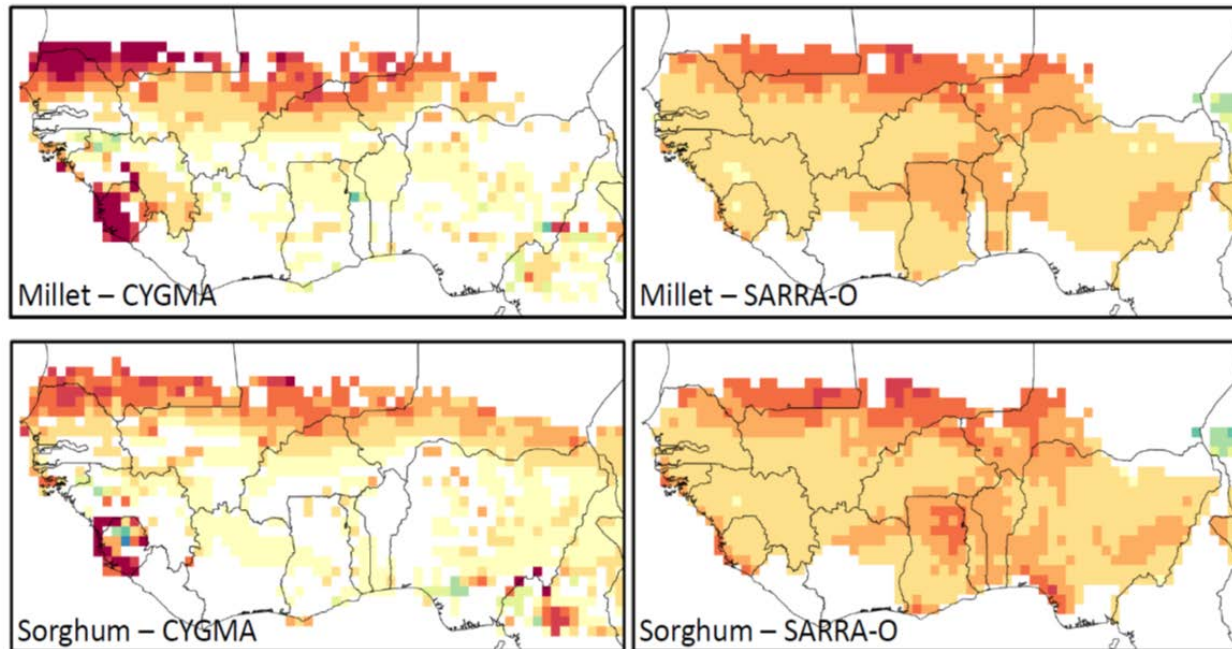
- d4PDFを利用した評価により、近年の気候変化が既に穀物の生産被害をもたらしていることが示された。
- これまでの（自律的な）適応は気候変化の悪影響を軽減するうえで十分ではなかったと示唆される。
- 特に熱帯低緯度地域でのより積極的な適応技術の開発・普及、そのための投資が必要。

■今後の方向性

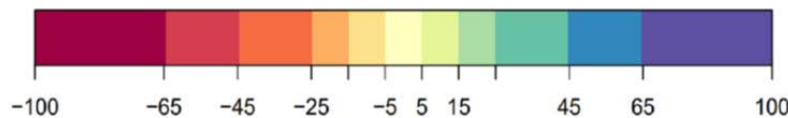
- IPCC Land SRにインプット（済）
- バイアス補正d4PDFデータをDIASに登録（調整：塩竈さん。済）
- 収量影響についてのevent attributionも技術的には可能。
- d4PDFが継続的に更新されると、適応の進捗が十分かどうかを数年ごとに評価できる可能性がある。そうした評価は、政府適応計画の推進を担う機関において有用と見込まれる。

農業影響評価におけるd4PDFの普及

- IPSLと共同で（JSPS二国間交流事業）、ミレットとソルガムを対象に、2つの作物モデルとd4PDFを用いた影響評価を実施中
- 鳥取大学乾燥地研究センターと共同で、スーダンの春コムギを対象に、近年の気候変化による生産被害額を推定中



- オリジナルのd4PDF作成者が論文の連名に含まれない
- 影響評価論文でのd4PDFの引用のルールのも明確化を希望



気候変化で
収量が**減少** (%)

(過去収量 - 過去非温暖化収量)
/ 過去非温暖化収量 x 100

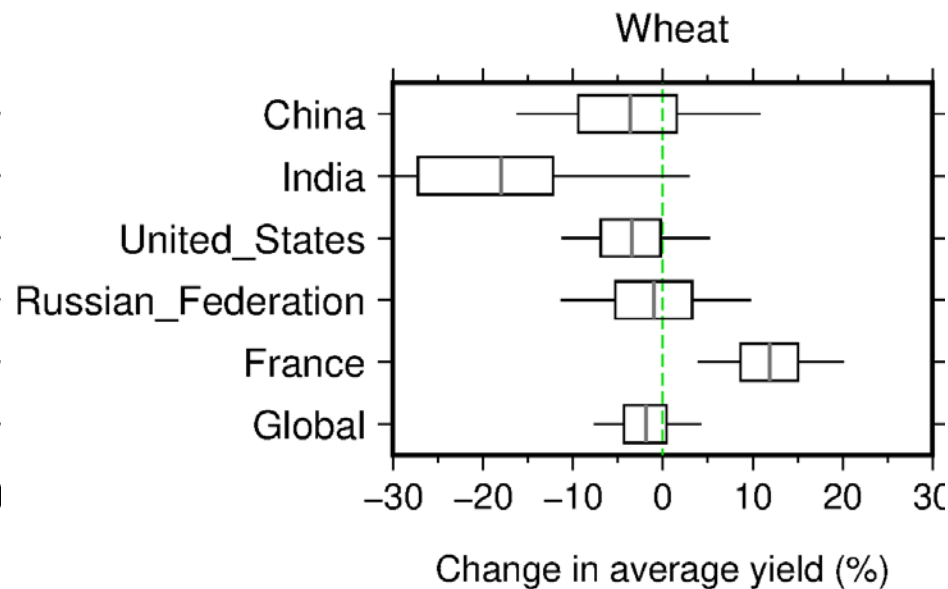
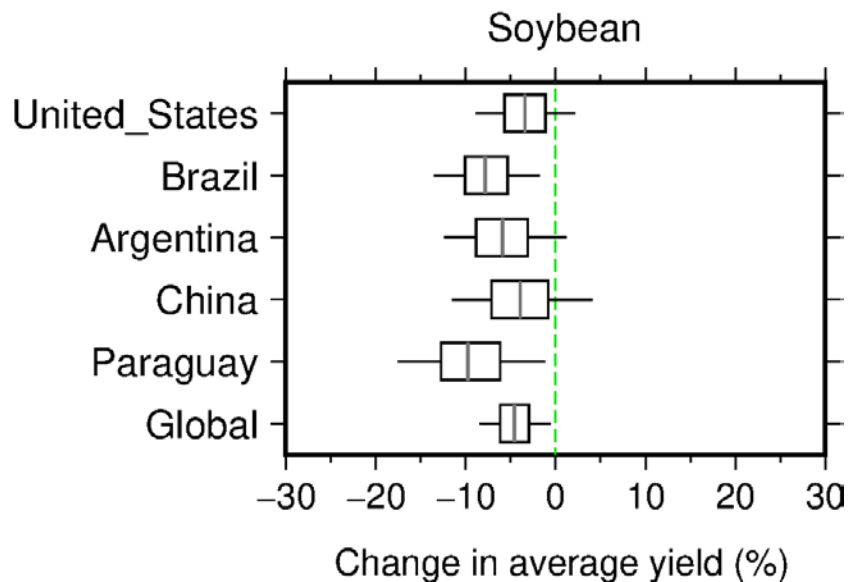
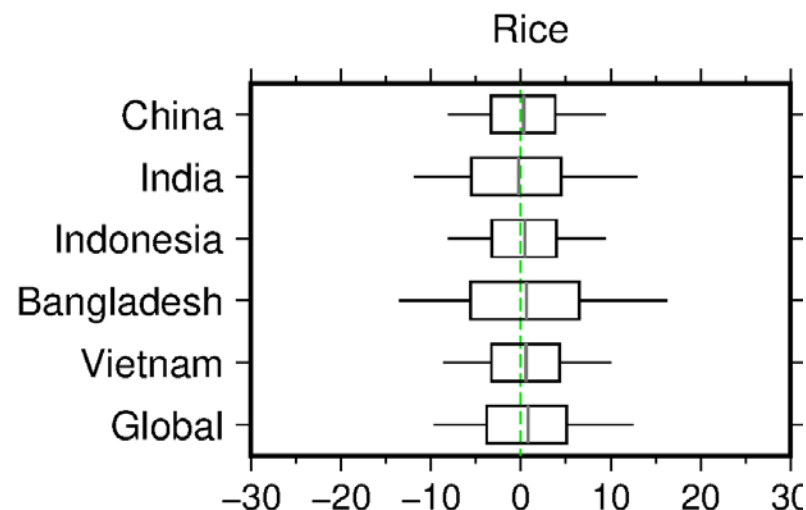
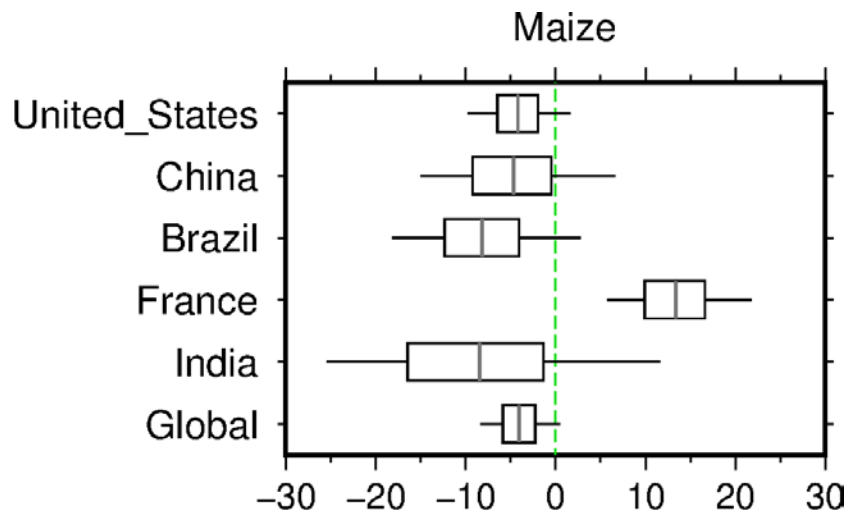
気候変化で
収量が**増加** (%)

Sultan, ..., lizumi (in review)

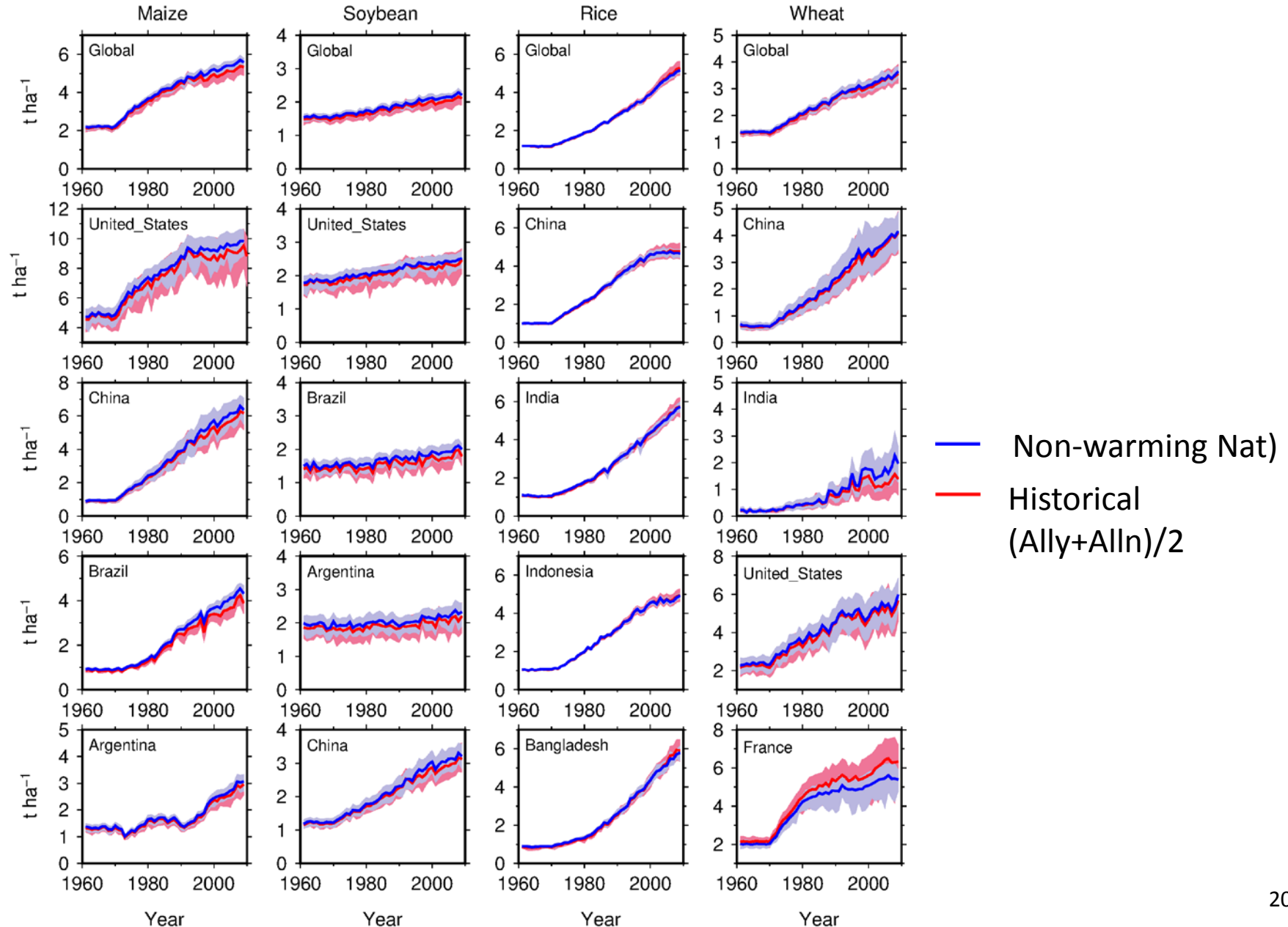
ありがとうございました

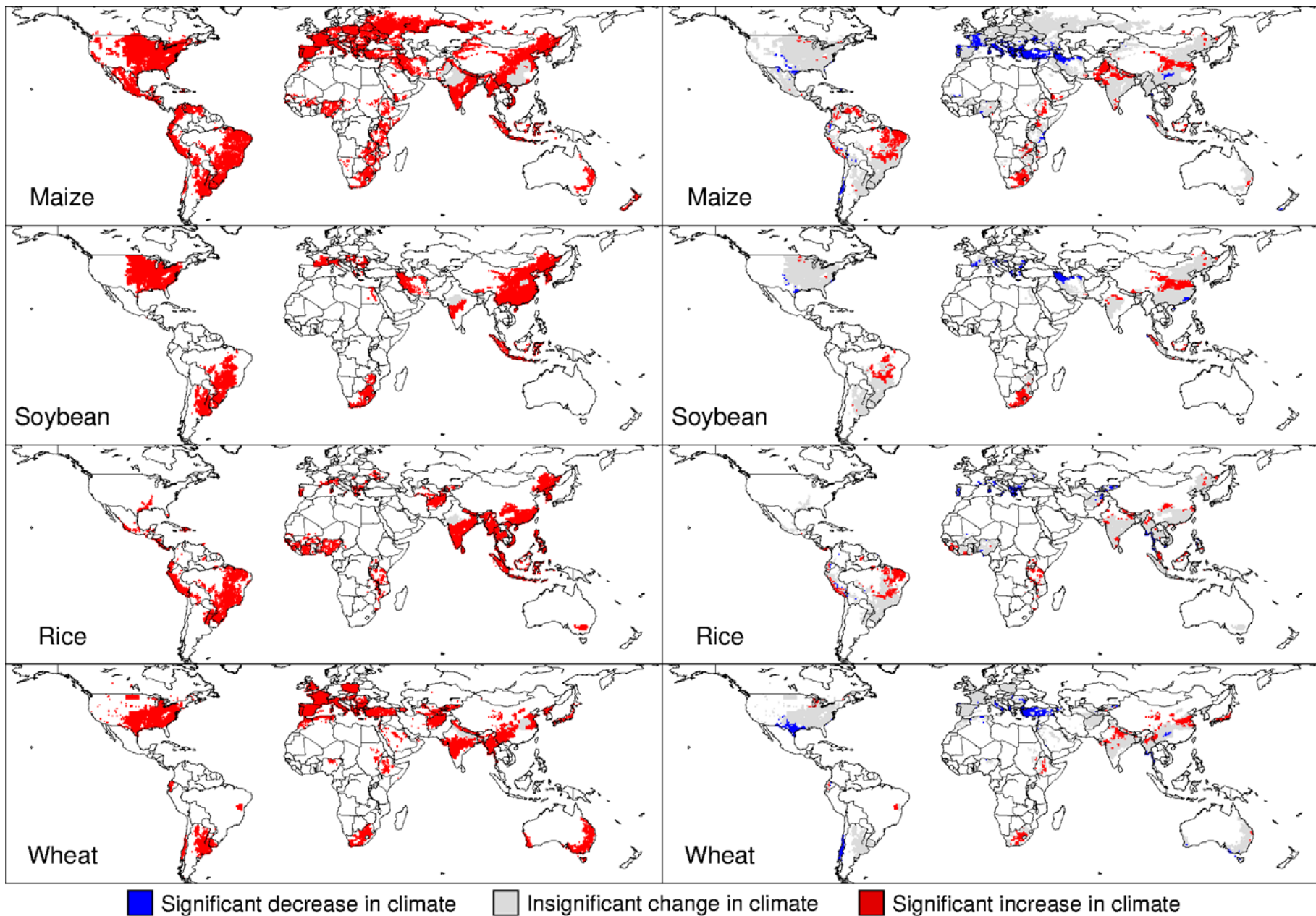


気候変動による平均収量への影響（主要生産国）



収量トレンドへの気候変動の影響は無視できない

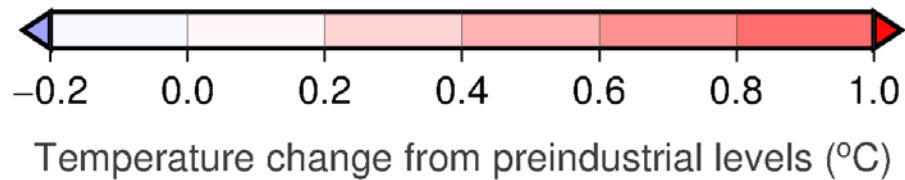
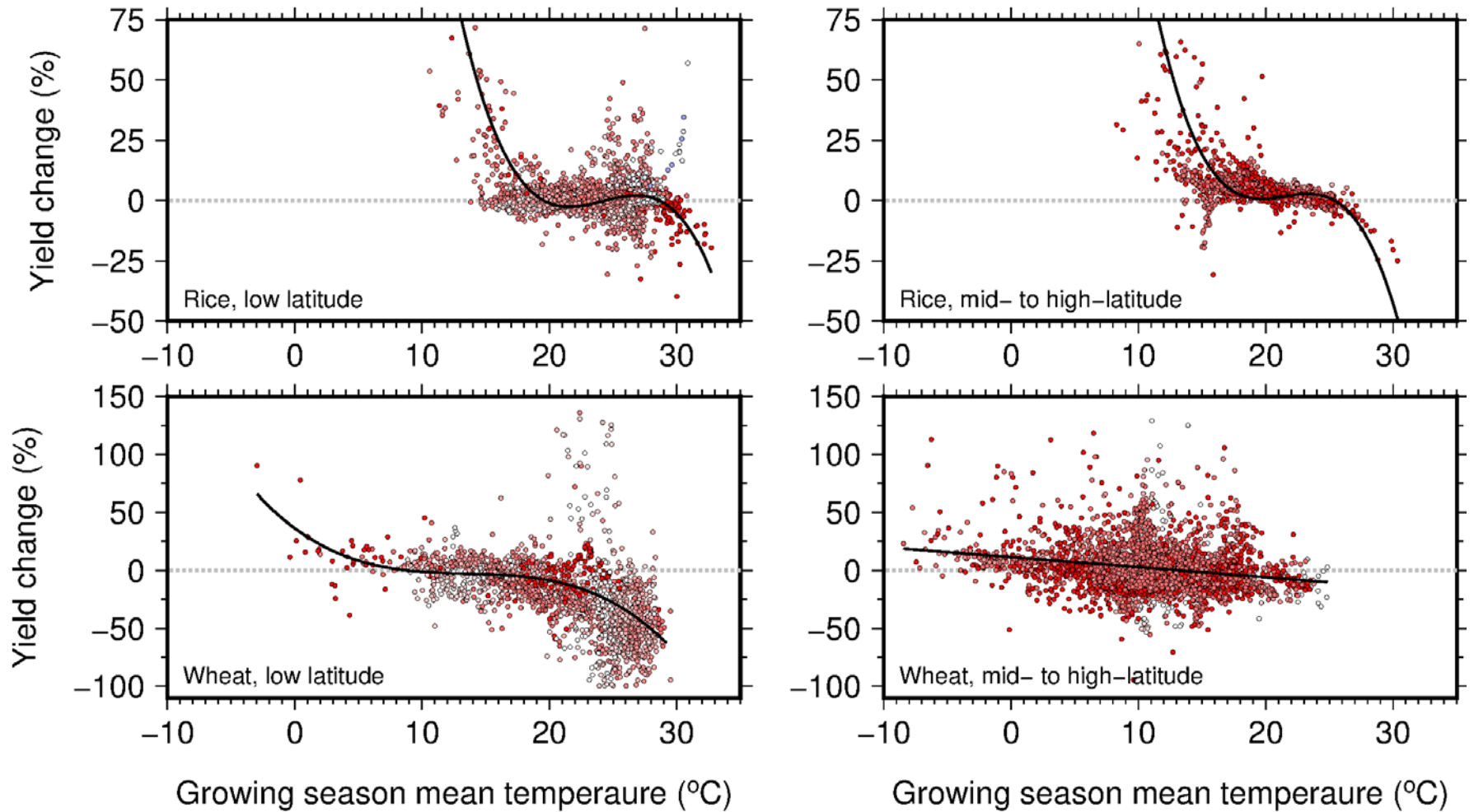




生育期間の平均気温の変化の有意性

生育期間の平均降水量の変化の有意性

気温が低い地域では気温上昇により収量が増加



低緯度では降水量変化と収量影響の関係は明確でない

