

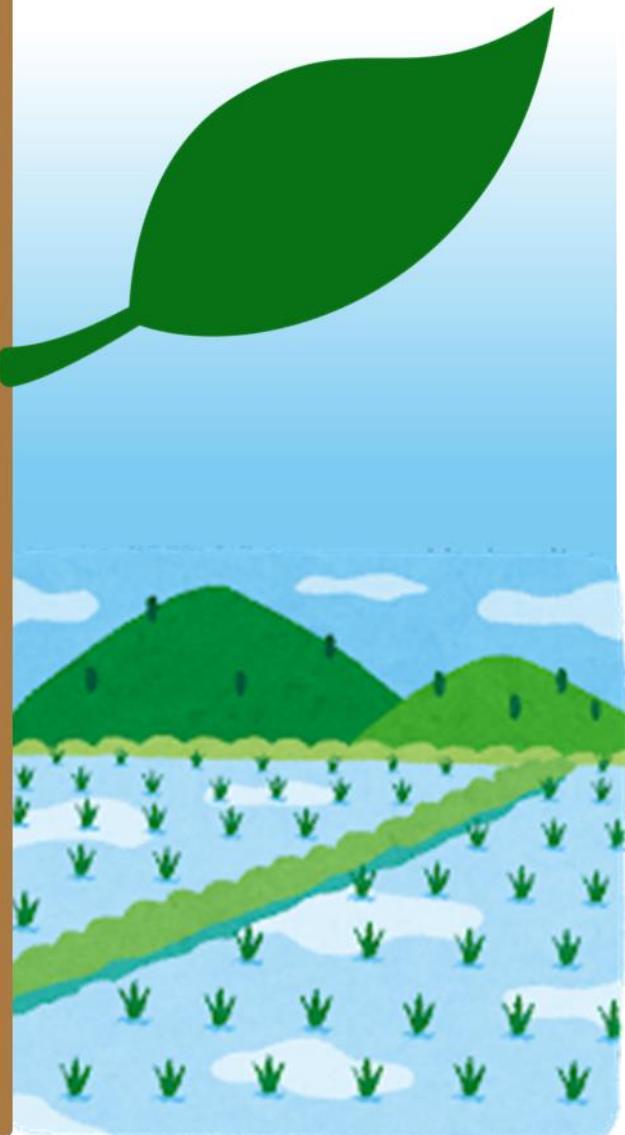
適応のための地域別の最適作物と環境負荷の評価

国立研究開発法人 農業・食品産業技術研究機構

上級研究員 櫻井 玄



(補足) 本発表の結果はプロジェクトの進行状況をご紹介するためのβ版であり、特に将来予測などについては正式公開版では結果に変更があることにご留意ください。



温暖化すると作物はどうなるのか?

作物は気候変動の影響を非常に大きく受ける分野の一つである。

気候変動によって日本で栽培されている作物は将来どのような影響を受けるのか、さまざまな作物種について、より細かな情報が必要とされている。

プロセスベースモデルによる
アプローチ

統計学的なアプローチ

基本的には、気候変動影響研究ではプロセスベースモデルによる予測が利用されることが多い。

発育ステージ

各器官の
バイオマス

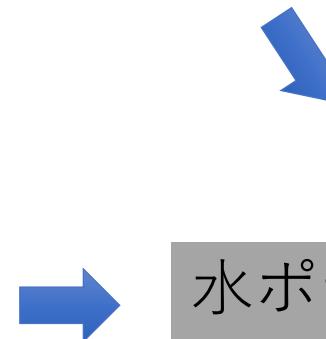
光合成産物量

各器官の
バイオマス

LAI

Pennman-Monteith
equation

$$ET_o = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p (\delta e) g_a}{(\Delta + \gamma (1 + g_a/g_s)) L_v}$$

蒸発散量や
土壤水分の計算

水ポテンシャル

このループが、作物が成熟するまで続く

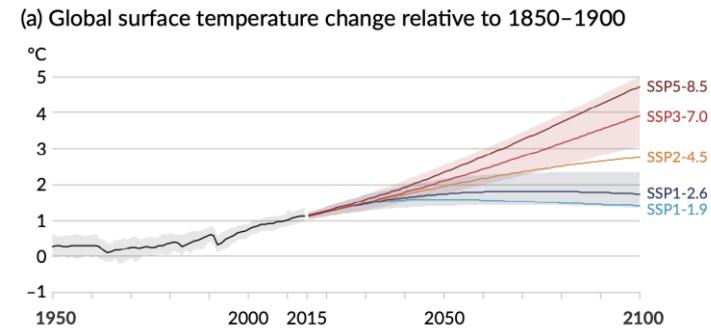
プロセスベースモデルでは作物の成長そのもの
がシミュレーションによって予測される。

プロセスベースモデルによる アプローチ

詳細な解析が可能だが、さまざまな実験データが必要なため、プロセスベースモデルが存在するのはイネや小麦など作物種が限られる。

統計学的なアプローチ

過去の収量統計データと気象データなどからデータドリブンな形で解析するアプローチであり、収量統計データがあれば、モデルを構築することができる。→今回の解析はこちらを用いる

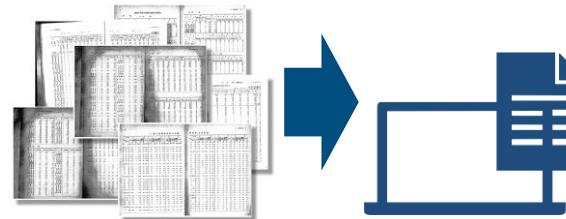


将来気象値による予測

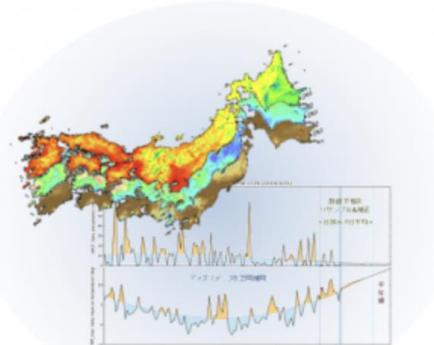
日本には農水省が長年測定し続けてきた収量統計データや各種統計データが存在する。世界的に見ても極めて貴重なデータが各種存在する。過去のデータを用いて様々なマイナー作物についてデータドリブンな予測ができる。

プロジェクトの全体像

はじめに



紙媒体資料のデジタル化



気象データ



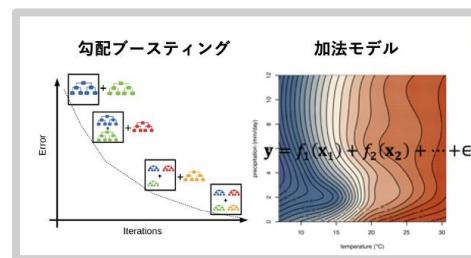
e-土壤図

+

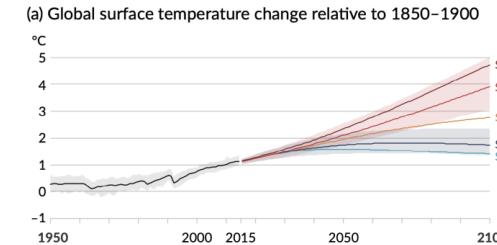
環境データ



収量データ・その他統計データ

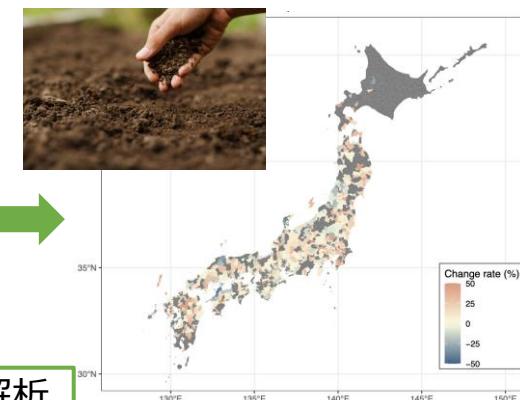


統計手法（加法モデル）による解析



将来気象値

将来における作物収量
変化と環境負荷を計算



気象・土壤と作物収量の関係を市町村レベルで、50~100種を対象として、全国スケールで解析する。また、20~40種について、リン・窒素を対象として、農地における各作物種の栽培体系の肥料負荷を計算する。

環境研究推進費2-2G2201サブテーマ2のメンバー



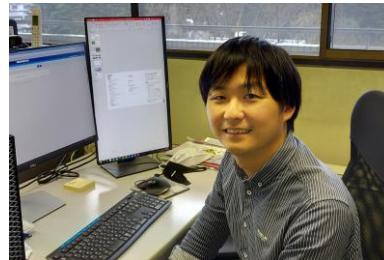
永井 孝志 上級研究員
リスク分析担当



種田 あづさ 主任研究員
環境負荷データ担当



大東 健太郎 主任研究員
最適化解析担当



森下 瑞貴 研究員
土壤データ担当



櫻井 玄 上級研究員
サブテーマ2代表
統計解析担当

これまでもコメなどの主要作物やいくつかの作物については、市町村以下のレベルで、将来の作物収量の変化に関する評価は存在したが、50～100種という多種について気象と収量の関係を解析し、将来の収量変化を評価した研究は皆無。しかし、そのような研究がないと**適応のための地域別の最適作物評価はできない**。



日本に眠る様々な作物統計データをデジタル化し、e-Statのデータと統合した上で、統計手法と機械学習手法を駆使して、**50～100種について、環境と作物生産性の関係を市町村レベルで明らかにする。**

アスパラガス い いちご いよかん いんげん うめ えだまめ おうとう かき かぶ かぼ
ちゃ カリフラワー かんしょ キウイフルーツ キャベツ きゅうり くり ごぼう こまつな
こんにゃくいも さといも さとうきび さやいんげん さやえんどう しゅんぎくしょうが
スイートコーン すいか すもも セルリー その他さといも そらまめ たまねぎ ちん
げんさい トマト なす なつみかんにら にんじん ににく ネーブルオレンジ ねぎ パイ
ンアップルはくさい はっさく ピーマン びわ ふき ぶどう ブロッコリー ほうれんそう
みかん みつば もも やまのいも らっかせいりんご レタス れんこん 夏だいこん
夏ねぎ 夏はくさい 夏秋キャベツ 夏秋トマト 夏秋なす 夏秋ピーマン 夏秋レタス 秋に
んじん 秋植えればれいしょ 秋冬さといも 秋冬だいこん 秋冬ねぎ 秋冬はくさい 春
きやべつ 春だいこん 春ねぎ 春はくさい 春レタス 春夏にんじん 春植えればれいしょ 小豆
小麦 西洋なし 青刈りえん麦 青刈りとうもろこし 大豆 茶 冬キャベツ 冬にんじん 冬レ
タス 冬春きゅうり 冬春トマト 冬春なす 冬春ピーマン 二条大麦 日本なし 牧草 葉たばこ
裸麦 六条大麦 水稻 陸稻 など

気象データ

農研機構メッシュ気象データ

1 km メッシュの気象データ。

市町村ごとに、農地（田・その他）面積で重み付けして平均気象を計算。

土地利用データ

国土交通省国土数値情報

森林や田、その他農地などの分類が記録されているデータ。

作物データ→ 60作物の統一的な解析はこれまでに例がない

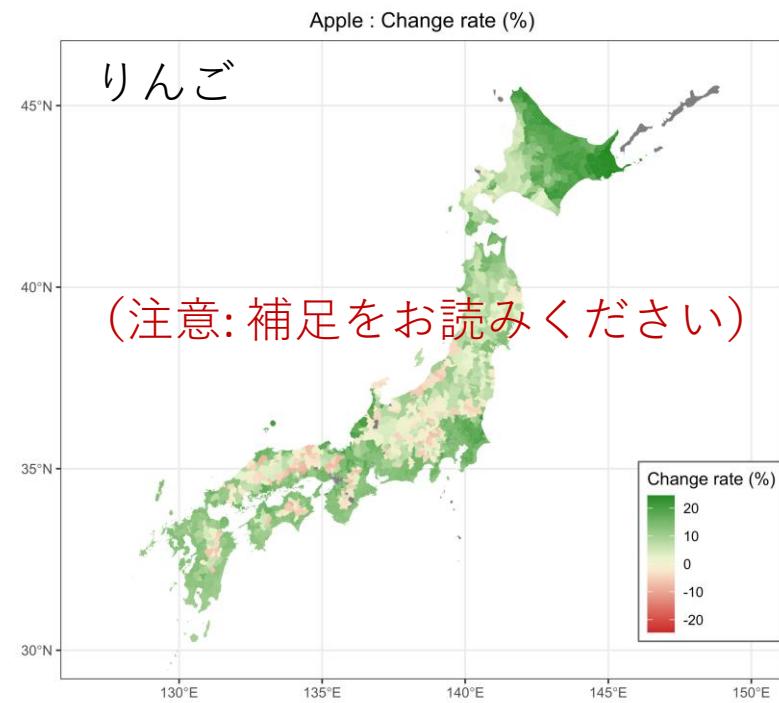
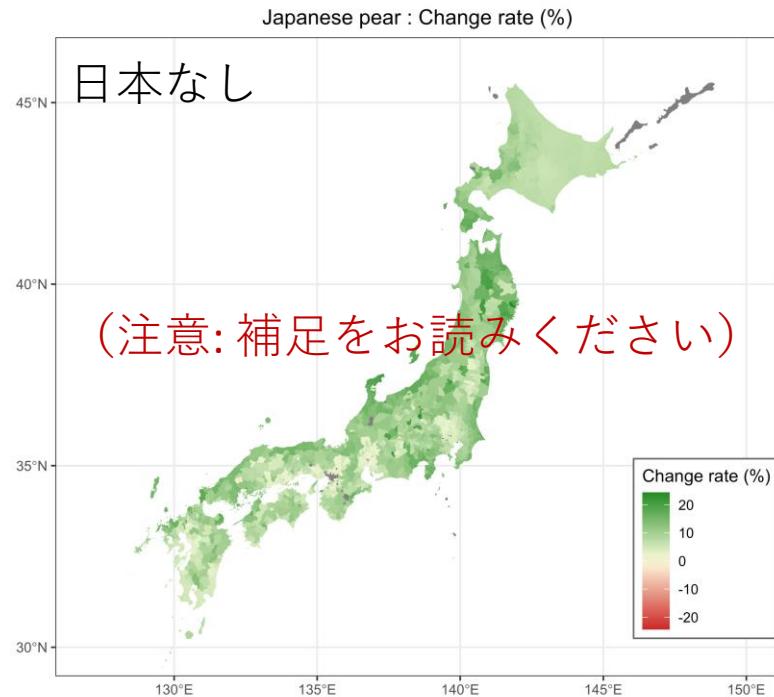
農林水産省作物統計データ

市町村レベルで、作物の収穫量や栽培面積などが年ごとに記録されている。

土壤データ → 本年度の進歩: これまでに考慮されていなかった要素

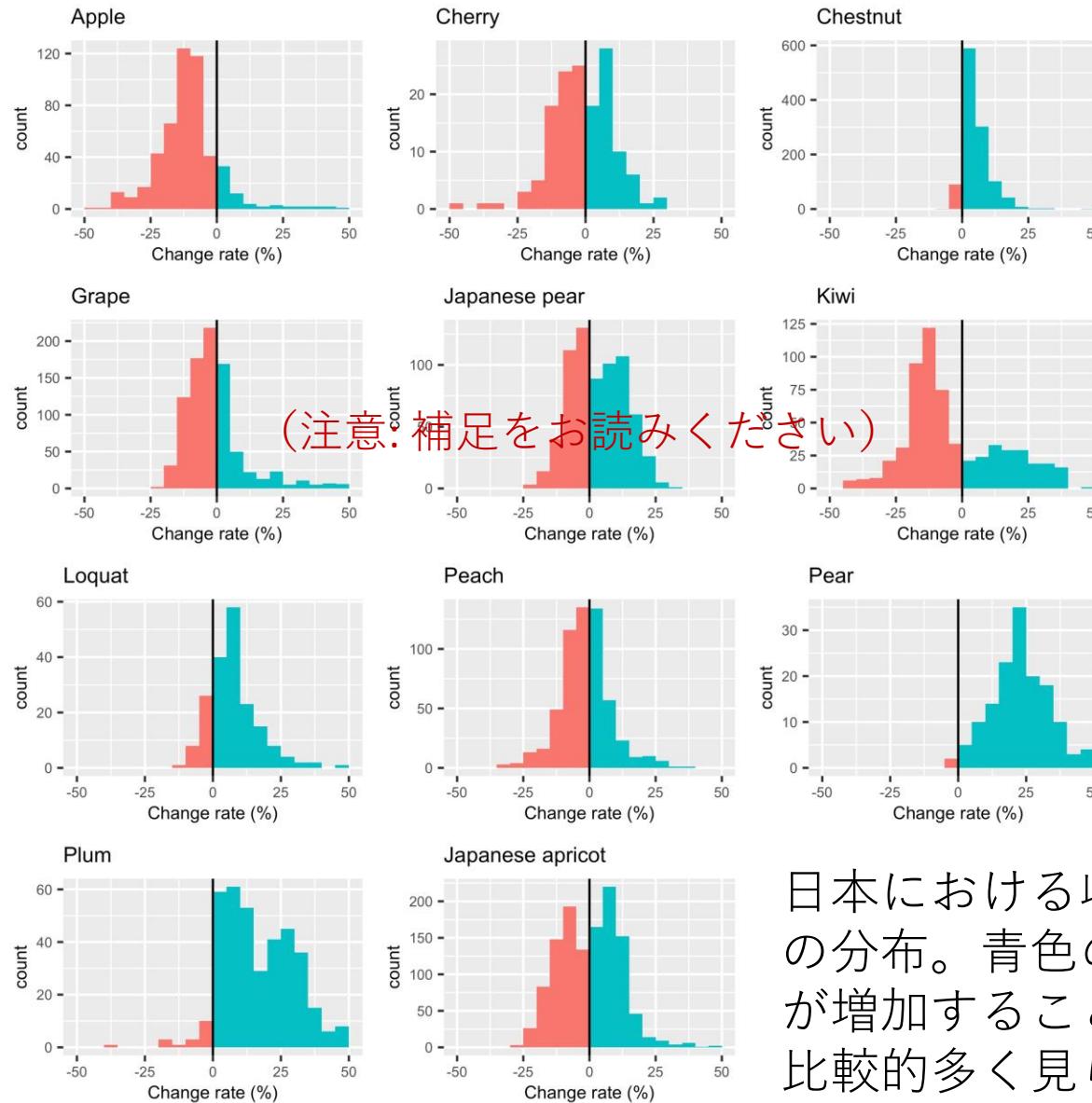
農研機構土壤インベントリーデータ

土壤の種類ごとの分布状況が記録されているデータ。土壤群や土壤亜群などのデータが記録されている。



（補足）図の結果はβ版であり、現在栽培されていない地域も含まれており、また、気象の外挿による不確実性は無視していることに注意。正式公表版では、より信頼度が高い地域のみを公表するとともに値の変更の可能性もあることに注意。

60作物のうち果樹の結果を図示。日本なしやりんごについては多くの地域で增收が予測される。
(RCP8.5による予測: 2050年頃の収量)



（補足）図の結果はβ版であり、正式公表版では数値が変更になる可能性があります。

日本における収量増加地域と減少地域の分布。青色の地域（2050年頃に収量が増加することが期待される地域）が比較的多く見られることがわかる。

各国の収量データを用いた統計的な解析の過去の研究の例。

このように統計的な手法を用いた研究は数多くあるが、ほとんどすべてが気象要素のみを考慮した解析。

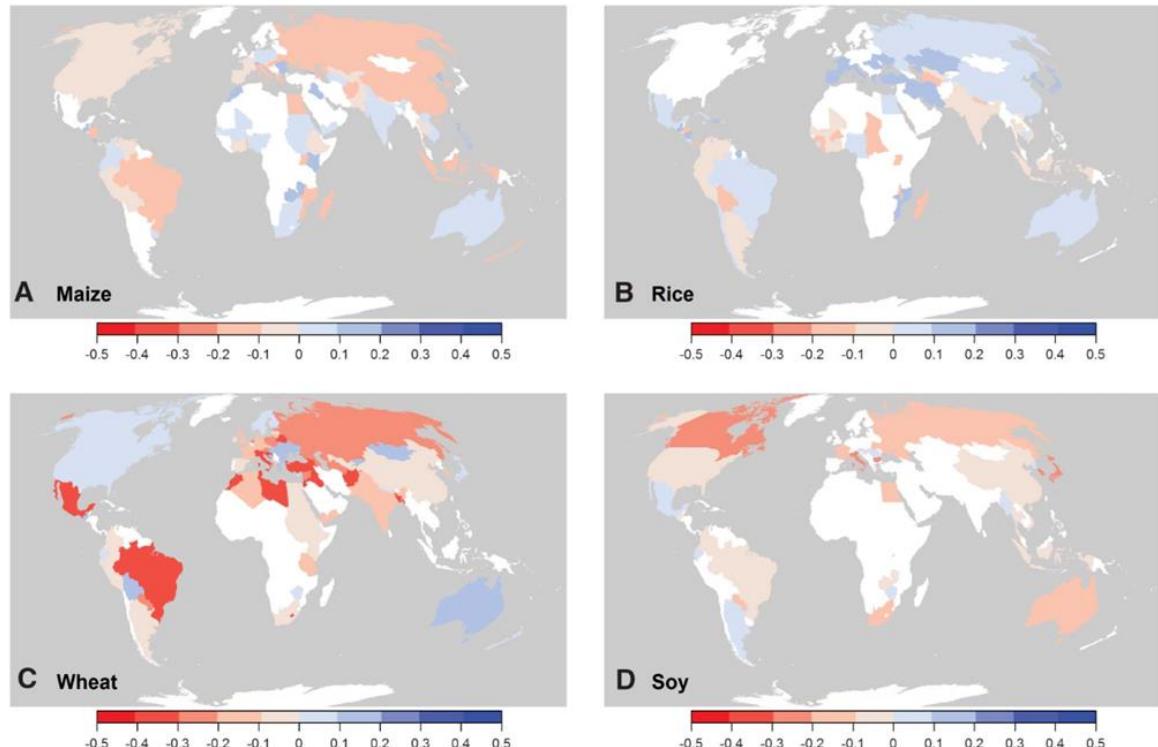


図: Lobel et al. (2009)

これまでの作物収量の解析研究における基本的な要素

気象要素のみで定式化

$$y = f(x_T) + f(x_P) + a + \epsilon$$

↑ ↑ ↑

作物収量 平均気温 平均降水量

土壤群の農地における面積比率を各市町村ごとに計算。

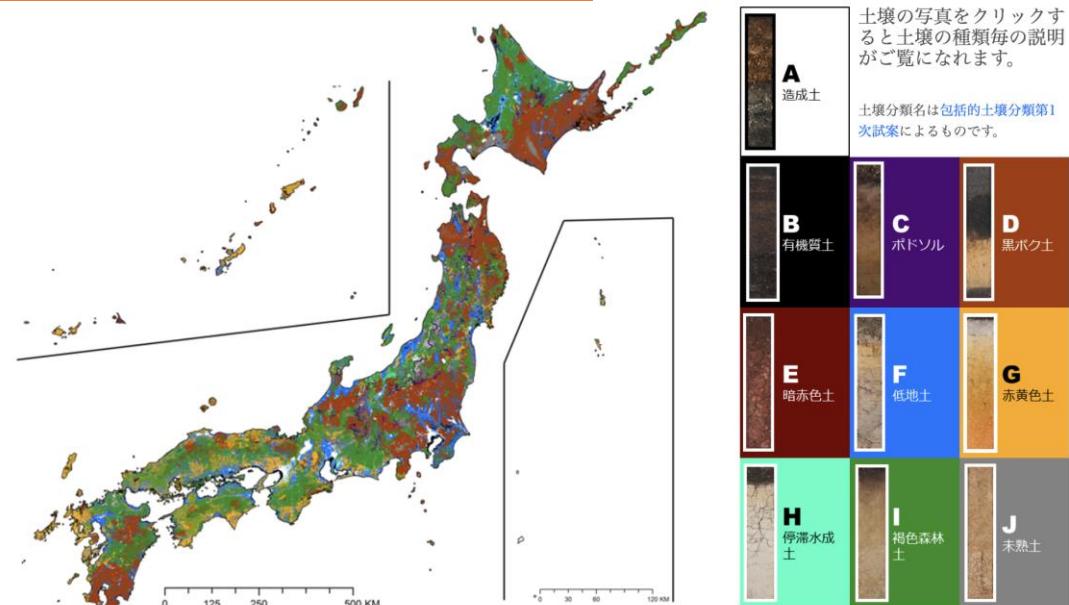
$$y = f(x_T, x_{PC1}) + f(x_P, x_{PC1}) + \sum b_i PC_i + a + \epsilon$$

土壤面積比率の第一主成分

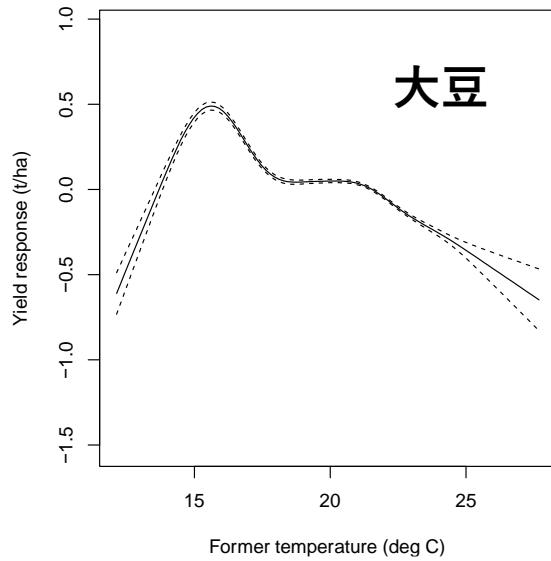
作物収量 平均気温 平均降水量 土壤面積比率の主成分

本研究では土壤の要因もモデルに組み込む。

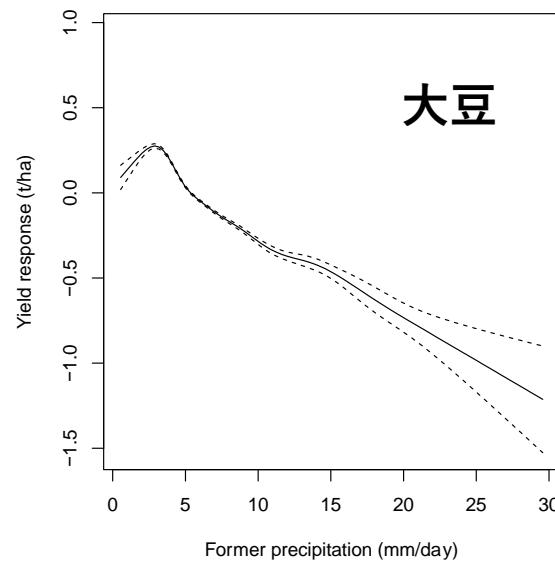
土壤群面積比率を主成分分析し、第一主成分を薄板平滑スプラインの第二変数に、50%累積寄与率までの主成分を固定効果として加法モデルに導入



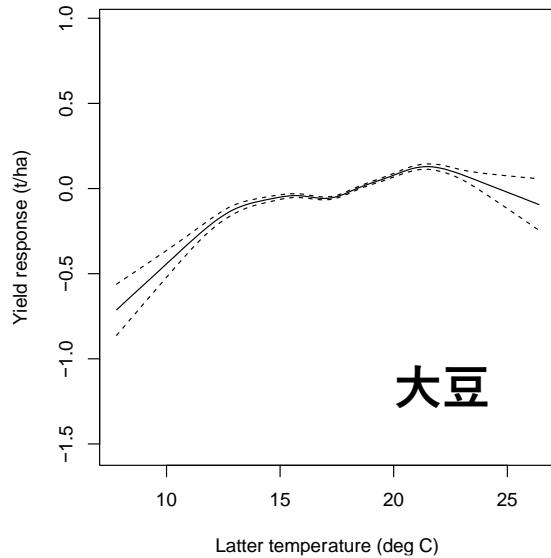
栽培前期の平均気温と収量反応の関係



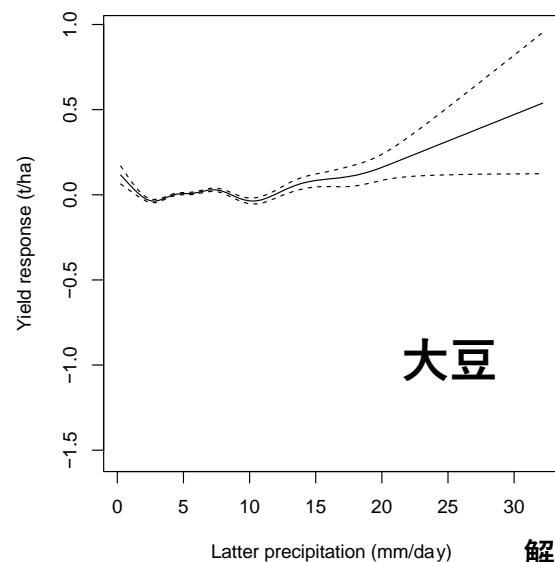
栽培前期の平均降水量と収量反応の関係



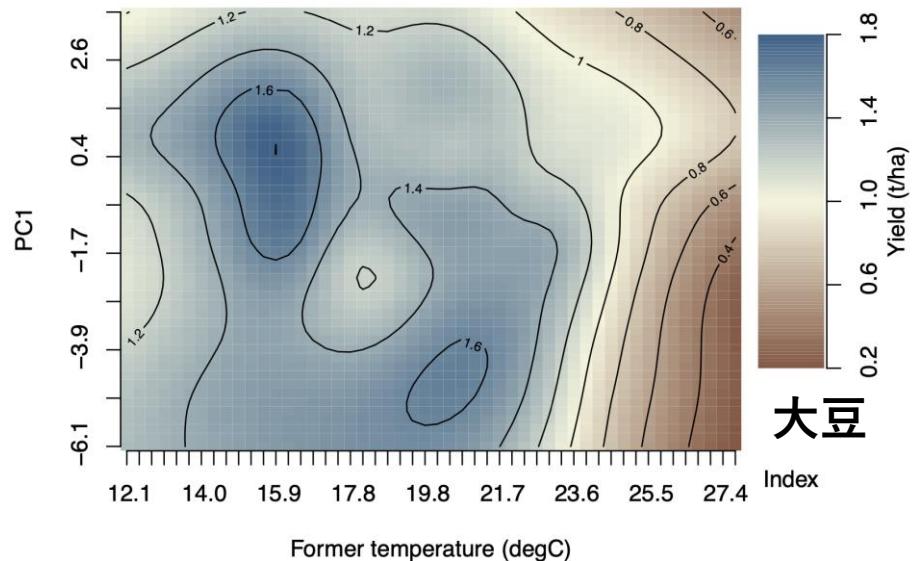
栽培後期の平均気温と収量反応の関係



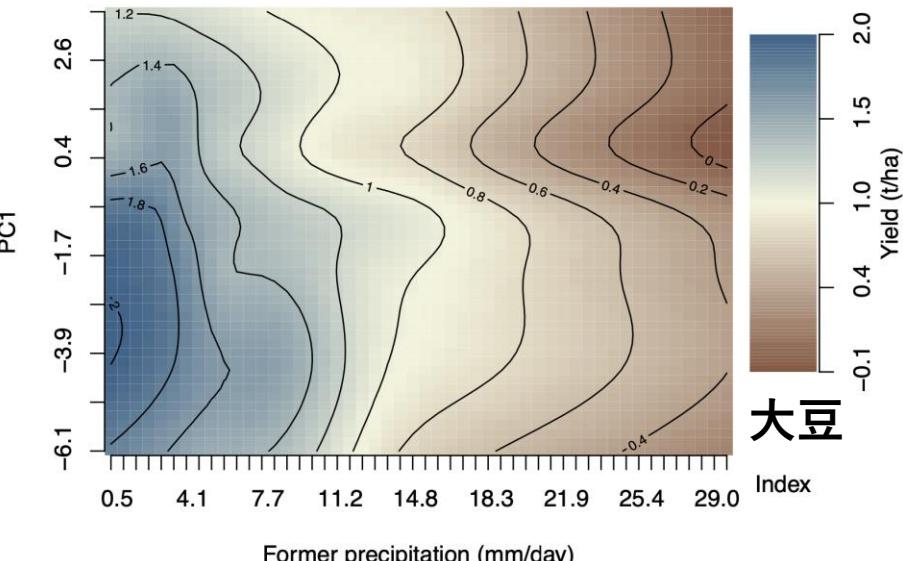
栽培後期の平均降水量と収量反応の関係



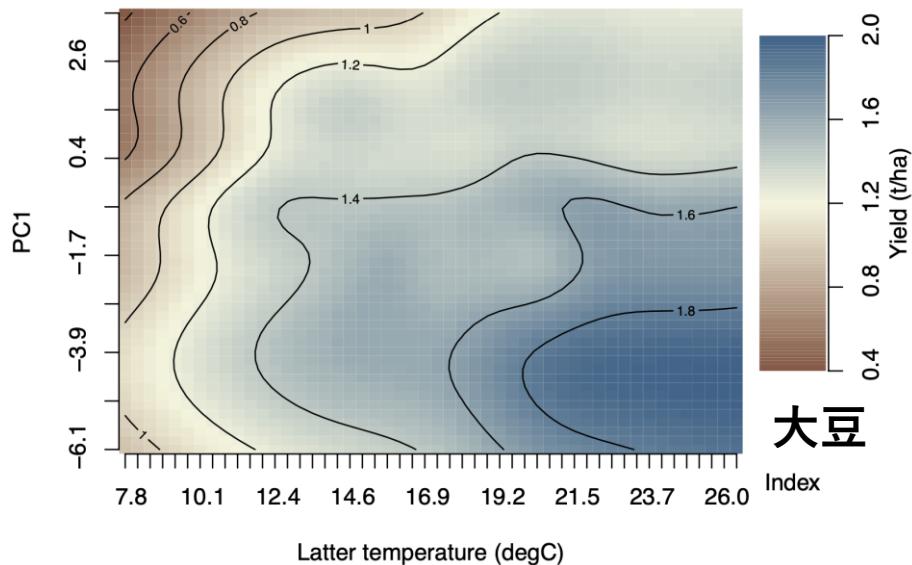
栽培前期の平均気温と収量反応の関係



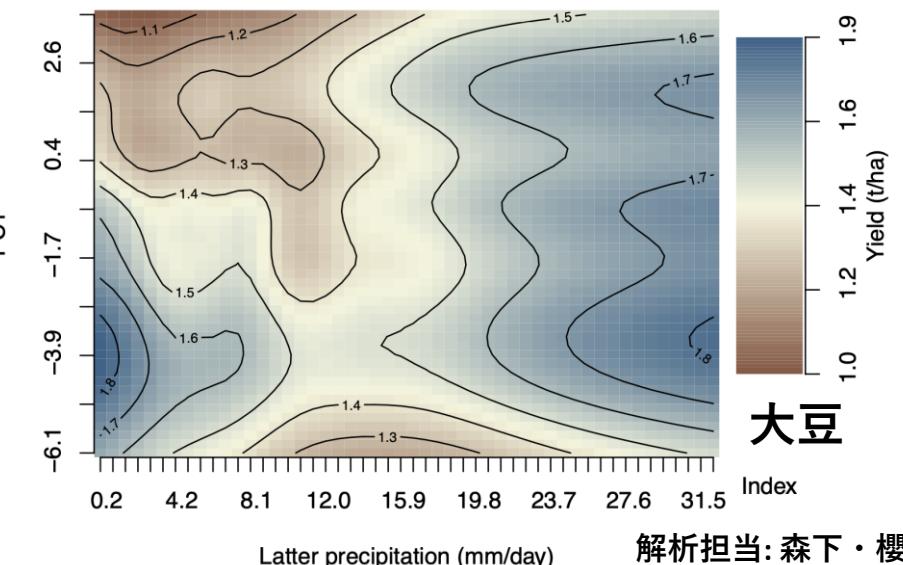
栽培前期の平均降水量と収量反応の関係



栽培後期の平均気温と収量反応の関係



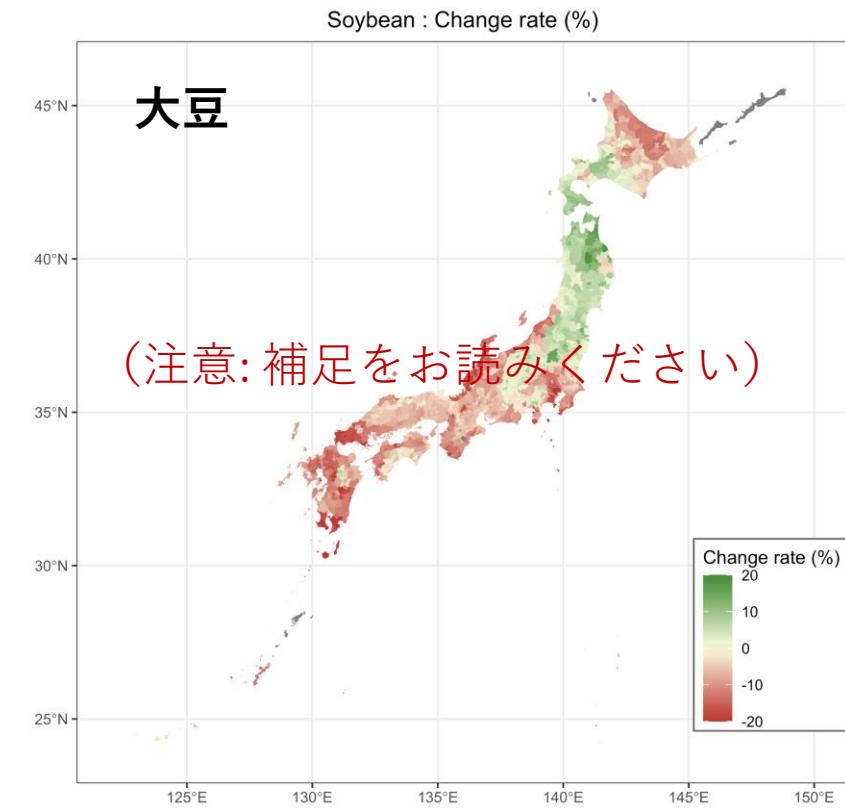
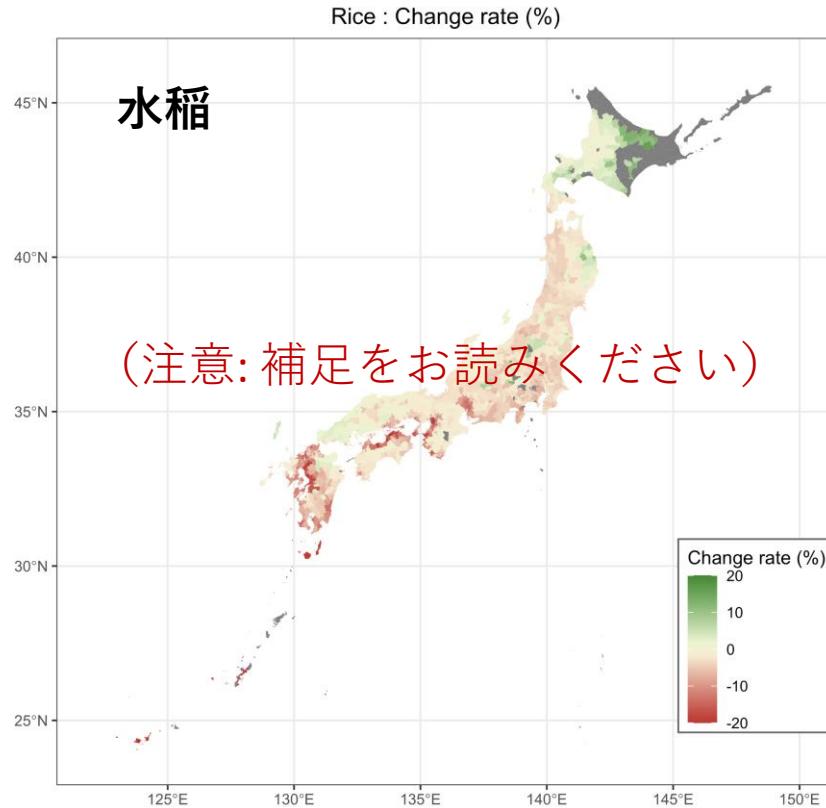
栽培後期の平均降水量と収量反応の関係



解析担当: 森下・櫻井

2041年～2061年における気候条件での将来予測（収量変化率） MRI-ESM2-0 SSP5 RCP5による予測

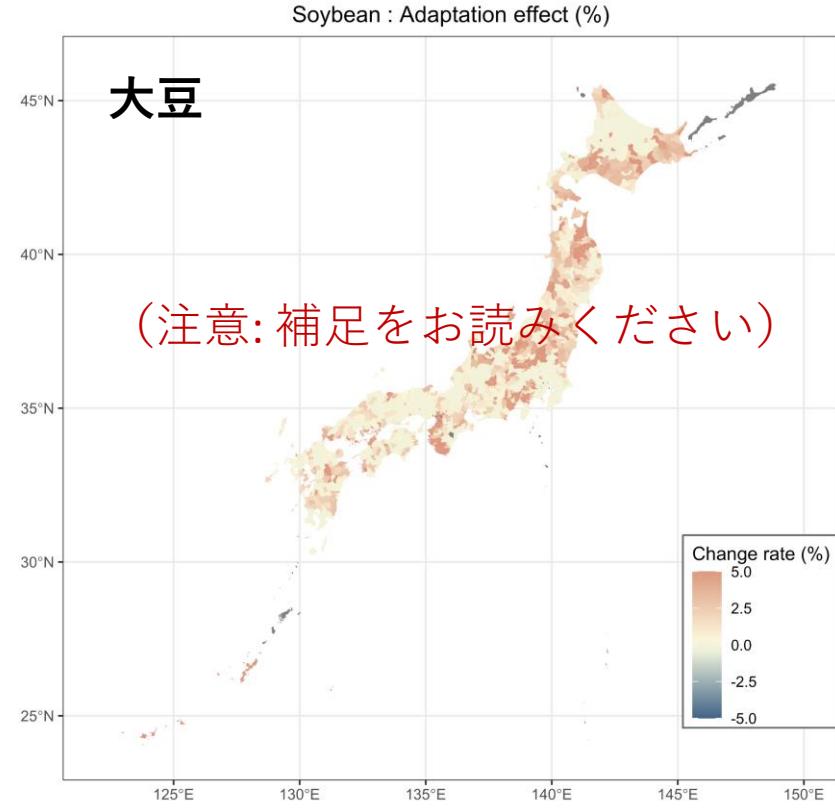
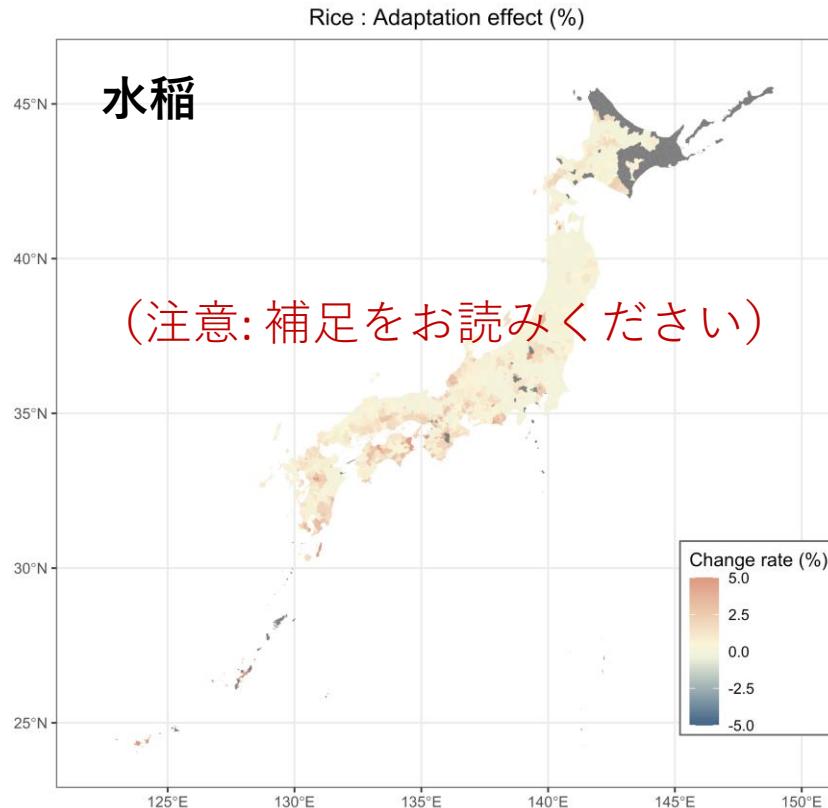
（補足）図の結果はβ版であり、現在栽培されていない地域も含まれており、また、気象の外挿による不確実性は無視していることに注意。正式公表版では、より信頼度が高い地域のみを公表するとともに値の変更の可能性もあることに注意。



水稻と大豆とともに、西日本における収量の現象が予測された。大豆に関しては、西日本と東北における収量変化の差が大きかった。
(注意) 本結果は収量の年トレンドは無視した結果であることに注意

2041年～2061年における気候条件での将来予測（収量変化率）
土壌を考慮した場合としなかった場合の予測の違いを示す
MRI-ESM2-0 SSP5 RCP5による予測

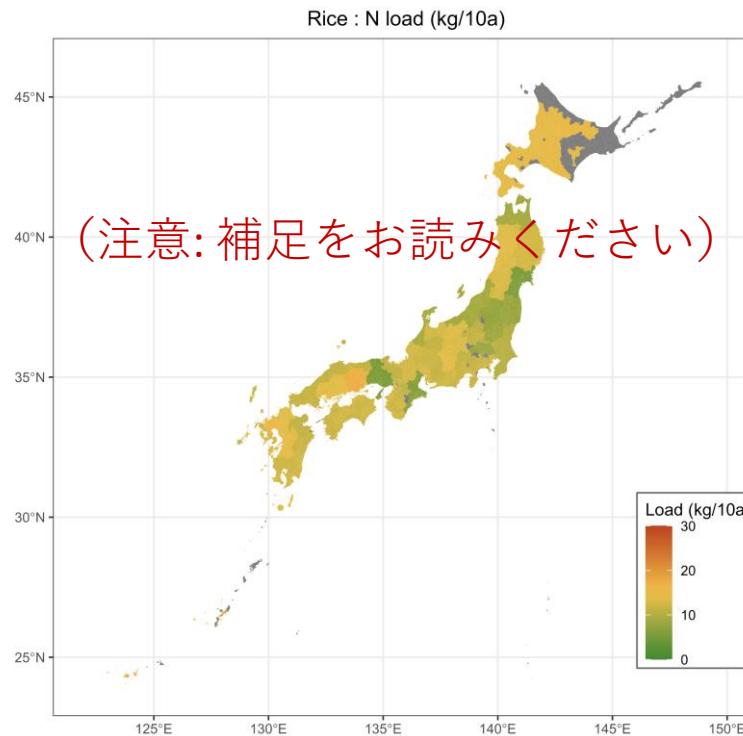
（補足）図の結果はβ版であり、現在栽培されていない地域も含まれており、また、気象の外挿による不確実性は無視していることに注意。正式公表版では、より信頼度が高い地域のみを公表するとともに値の変更の可能性もあることに注意。



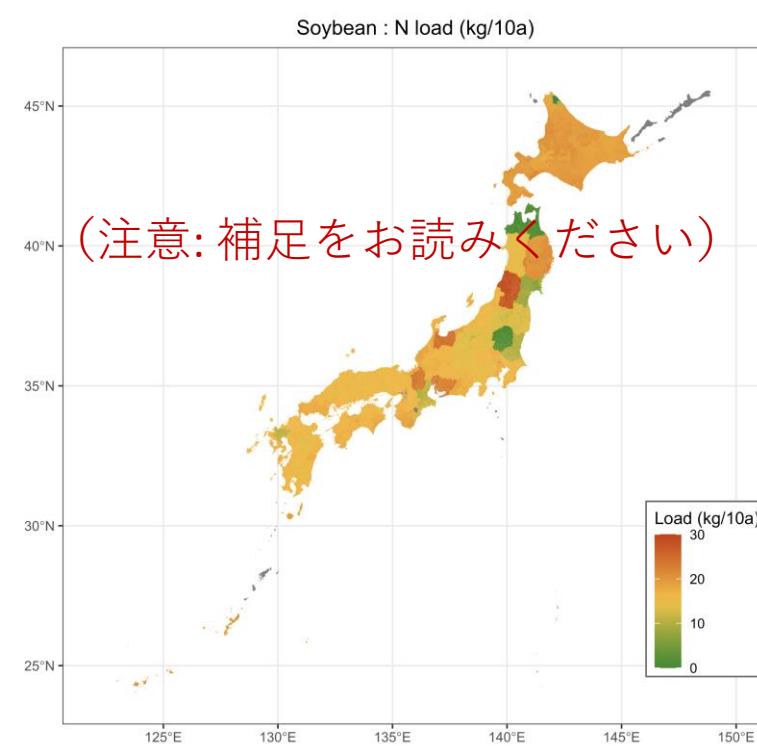
多くの地域で、土壌を予測に組み込んだ場合に数%の予測の違いが見られた。
特に、大豆は土壌の影響が大きく、将来における気象の影響は土壌特性によって大きく差が見られた。

2041年～2061年における気候条件での将来予測（土壤への窒素負荷） MRI-ESM2-0 SSP5 RCP5による予測

水稻栽培の窒素負荷



大豆栽培の窒素負荷

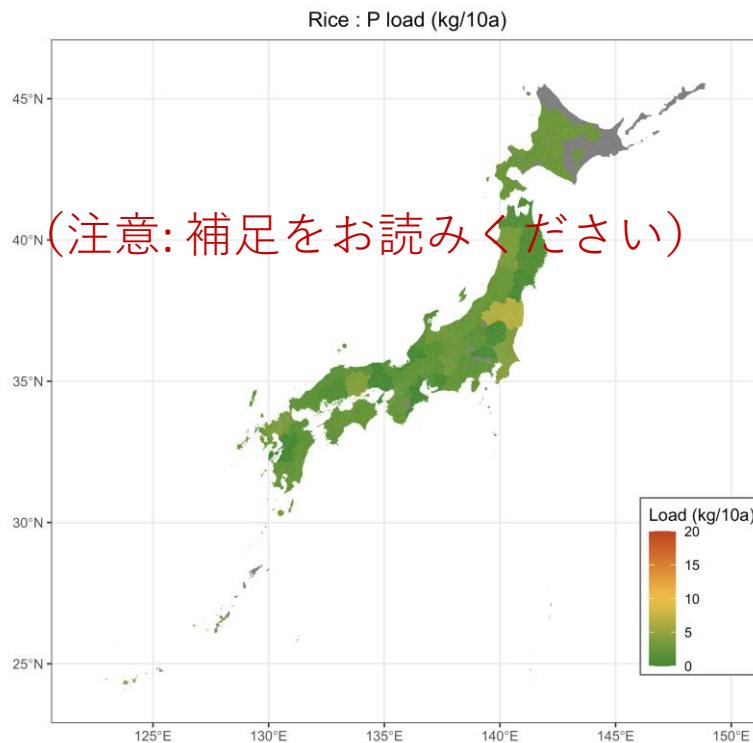


多くの地域で、水稻栽培よりも大豆栽培のほうが土壤に対する窒素負荷が大きい。図には示していないがリン負荷も同様の結果。

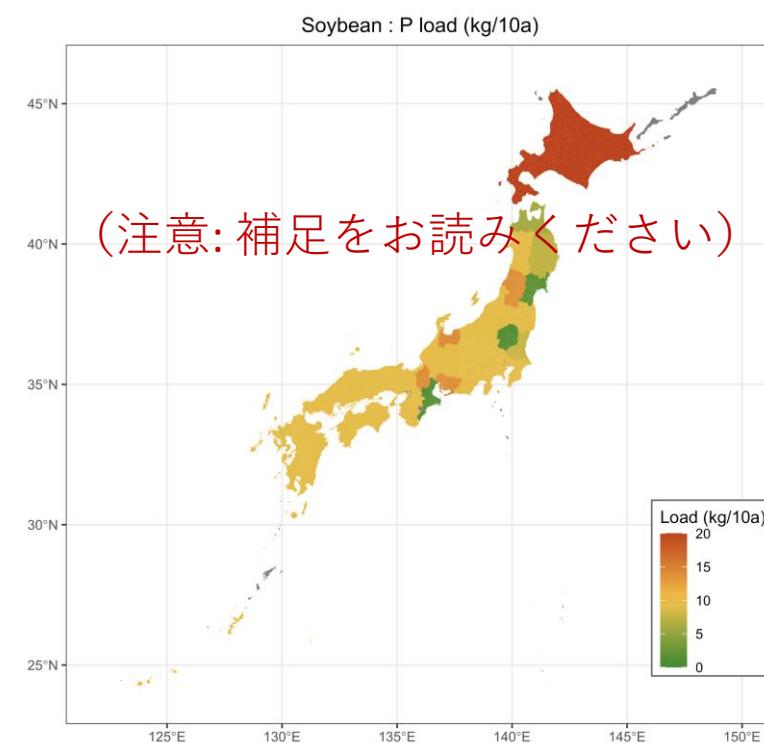
（補足）図の結果はβ版であり、現在栽培されていない地域も含まれており、また、気象の外挿による不確実性は無視していることに注意。正式公表版では、より信頼度が高い地域のみを公表するとともに値の変更の可能性もあることに注意。

2041年～2061年における気候条件での将来予測（土壤へのリン負荷） MRI-ESM2-0 SSP5 RCP5による予測

水稻栽培のリン負荷



大豆栽培のリン負荷



多くの地域で、水稻栽培よりも大豆栽培のほうが土壤に対するリン負荷が大きい。

（補足）図の結果はβ版であり、現在栽培されていない地域も含まれており、また、気象の外挿による不確実性は無視していることに注意。正式公表版では、より信頼度が高い地域のみを公表するとともに値の変更の可能性もあることに注意。

まとめ

- 本研究では、土壤群の情報をモデルに組み込み、土壤による気象要因への反応の違いを検証した。
- 土壤の特性をモデルに組み込んだ場合と組み込まなかった場合には、5パーセント前後予測に違いが見られた。
- 土壤負荷の計算結果では、水稻栽培よりも大豆栽培で土壤負荷が増加することが示唆された。将来における最適栽培作物を決定する場合には、土壤負荷も考慮して判断する必要がある。

それぞれの市町村で、将来どのような作物の収量が増減し、また、作物種を変更した場合どの程度、窒素とリンの土壤負荷が増減するのか、詳細なデータベースをプロジェクト最終年までの公表を目指す。