

令和 6 年 5 月 30 日現在

機関番号：11601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K12191

研究課題名（和文）気候変動による穀物生産の不安定化が日本の食糧安全保障に与える影響の解明

研究課題名（英文）Impact assessment of climate change on future food security in Japan

研究代表者

吉田 龍平（Yoshida, Ryuhei）

福島大学・共生システム理工学類・准教授

研究者番号：70701308

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：気候変動によって穀物生産が受ける影響を評価した。最新の気候予測データCMIP6と作物生育モデルCYGMAを用いて政府農業開発投資10億ドルに対するトウモロコシ収量の伸びを推定し、温暖化が著しい場合には低所得国を中心に収量の伸びが鈍化することが明らかになった。日本のコメも温暖化が緩和できない場合には品質が低下し、九州では収量も低下するために生産額は現在より低下する可能性が高いことを示した。気候変動の緩和に向けた取り組みに加え、高温耐性品種の開発および移植日の調整といった適応策の推進が不可欠である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

開発途上国を中心に世界の人口は増加を続けており、食糧生産性の向上を維持するために収量の増加が必要である。本研究は温暖化緩和の進捗によっては同じ農業研究開発投資や栽培方法であっても収量の増加が目減りあるいは減少へ転じることを示しており、気候変動に対する対策が急務であることを示している。また、収量や品質といった作物情報を生産額へと翻訳することで影響評価研究を進展させ、気候変動によって農作物が受ける影響の定量化を推進した。

研究成果の概要（英文）：We evaluated the impact of climate change on crop production. Using the latest climate prediction data from CMIP6 and the crop growth model CYGMA, we estimated the increase in maize yield in response to a government agricultural expenditure of \$1 billion. The results indicate that under significant warming scenarios, yield growth will slow, particularly in low-income countries. Additionally, we found that if global warming is not mitigated, the quality of rice in Japan will deteriorate, and yield will decrease in Kyushu, potentially leading to lower production value compared to the current levels. It is essential to not only work towards mitigating climate change but also to promote adaptive strategies such as the development of heat-resistant crop varieties and adjustments to transplanting dates.

研究分野：農業気象学

キーワード：気候変動 作物生産

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

気候変動が農産物の生産に与える影響が顕在化する現在、世界の食糧安全保障を確立することが急務である。熱波や干ばつといった極端現象が減収を招く一方で、世界の食料需要は人口増加やバイオエタノールの関心の高まりで増加しており、気候変動下で増収を継続するのは課題が多い。食糧安全保障において、重要なのは穀物の安定的な確保である。日本の2018年の食料自給率(カロリーベース)は37%で(農林水産省 2018)、コメを除いて自国で食料需要を満たすことはできていない。そのため主要な穀物(トウモロコシやダイズ、コムギ)は多くを輸入に頼っており、輸出国の生産量の動向が日本の食糧安全保障の鍵となっている。

2. 研究の目的

本研究は、大規模アンサンブル生育シミュレーションと詳細農地データに基づき、今後の日本の食糧安全保障の見通しを明らかにする。主要4穀物のうち自給ができていないコメは自国生産、その他の穀物は日本へ多く輸出する国(以下、輸出国)と世界の主要生産国を対象とする。収量のばらつきを空間(国)および時間(年々変動)に着目して不作/豊作の発生頻度を明らかにし、農地政策や栽培管理の検証を通して、気候変動の顕在化が懸念される将来において安定した食糧安全保障を保つための方法を明らかにする。

3. 研究の方法

第6次結合モデル相互比較プロジェクト(CMIP6)による気候予測データで駆動された全球作物モデルCYGMAの予測結果を用いた。気候変動が著しい場合(SSP585)と緩和された場合(SSP126)の2つのシナリオで今世紀半ばのトウモロコシ収量を解析した。ただし、CMIP6の多くの気候モデルは平衡気候感度を過大評価していることから(Scafetta, 2022, Geophysical Research Letters)、大気再解析ERA5の気候感度に近いMPI-ESM1-2-HRとMRI-ESM2-0モデルの2つを使用した。次いで、農業研究開発投資(R&D)10億ドルあたりの収量の伸びを国ごとに算出した。解析に用いた国は1996-2005年のトウモロコシ生産量が10万トンを超える71カ国であり(図1)、世界銀行が分類する4つの所得水準(高所得国, 高所得国, 低中所得国, 低所得国)で集計した。

国内の米生産はYoshida et al.(2015)に基づき、与えられた品種と気象条件の年間米収量をシミュレートするH/Hモデルによって都道府県別・品種別の米収穫量を計算した。品質についてはFukui et al.(2019)に基づき、イネの品質を左右する開花日以降の温度蓄積による暑熱ストレスを指数化(HD指数)して都道府県別・品種別の一等米比率を算出した。このように計算された収穫量と品質の変化を、農林水産省が公表する米の地域別・品種別の相対取引価格を用いて生産額に換算した。品種間価格差や等級別の割引を通じて、生産額には質と量の差が反映されている。

4. 研究成果

気候変動の緩和が進んで昇温が抑えられる場合には今世紀半ばにかけて収量が増加するものの、緩和が行われず昇温が大きい場合には収量の伸びが頭打ちになった。この傾向は所得水準が低い国でより顕著であった(図2)。農業R&D10億ドルあたりの収量の変化は現在の所得水準が低い国ほど大きかった(図3)。これは、先進国で現在行われている収量増加の技術が低所得国で導入される余地が大きいためである。ただしこの変化は温暖化が緩和できない場合には縮小し、低所得国では緩和できた場合と比較して農業R&Dに対する収量の伸びは半減した。これらの結果は、開発途上国を中心とした人口増加が著しい地域の食糧生産性の向上を継続するために温暖化への緩和が不可欠であることを示している。

高所得国における気候変動の影響は、生産量の増減と品質の劣化の双方に現れる。食料消費が飽和状態にあるため、品質の低下が著しい場合には穀物価格が低下し、生産者の所得が減少する。気候変動の影響を大きく受ける米の主要産地として九州と東北を取り上げ、気候モデルによる収穫量・品質の予測から生産額の変化を算出した。Process based modelによる分析から、品種別の変化を識別し、10kmメッシュごとの変化を図示した(図4)。気候シナリオの違い、特に温度上昇が急激に進む場合は、品質の劣化による生産額の低下が現在は寒冷地である東北地方にも及ぶことがわかった。過去の統計学的分析との整合性から天候と農産物生産額との因果関係を生理学的メカニズムに応じて分析できることが示され、適応戦略として移植日等のフェノロジーを改善することの妥当性が示された。シミュレーションの結果から、生産額変動の地域特性や生産調整の強化といった過剰生産への制度的対応の必要性も示唆された。しかし、九州地方での農業用水利用の実態や二毛作による裏作の麦栽培歴の調査から、こうした制度変更は多くのステークホルダーによる合意形成が必要な課題であることも明らかとなった。

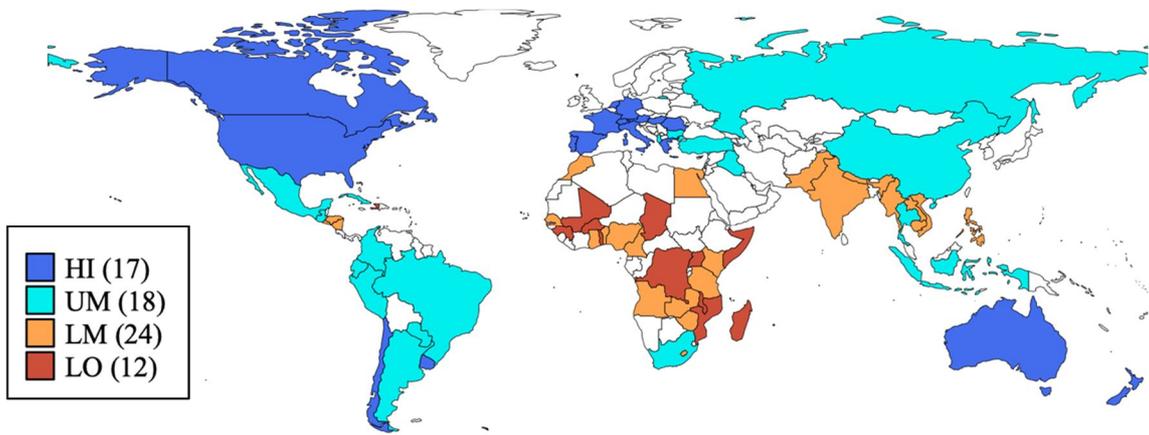


図1 農業研究開発投資に対するトウモロコシ収量の変化を算出した対象国．凡例のアルファベット二文字は世界銀行が区分する所得水準を表し．HIは高所得国，UMは高中所得国，LMは低中所得国，LOは低所得国．それぞれの括弧内の数値は国の数を表す．

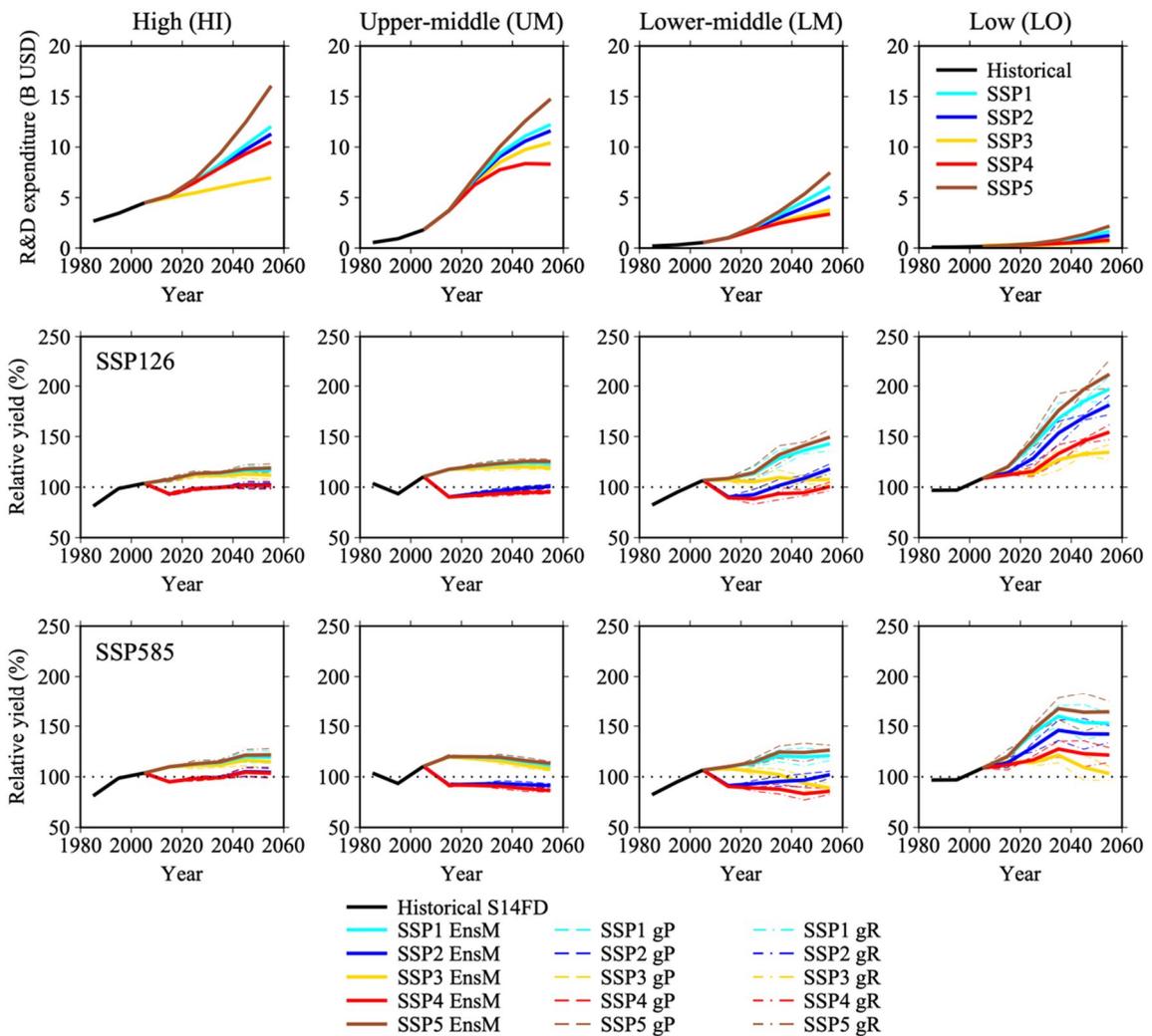


図2 今世紀半ばにかけての(上段)農業R&D,(中段)温暖化が緩和できたSSP126シナリオのトウモロコシ収量,(下段)緩和できないSSP585シナリオのトウモロコシ収量．色の違いは社会経済シナリオあるいは温暖化シナリオの違いを表す．中下段の点線は解析に使用した2つの全球気候モデルの結果，実戦は2つのモデルのアンサンブル平均を表す．

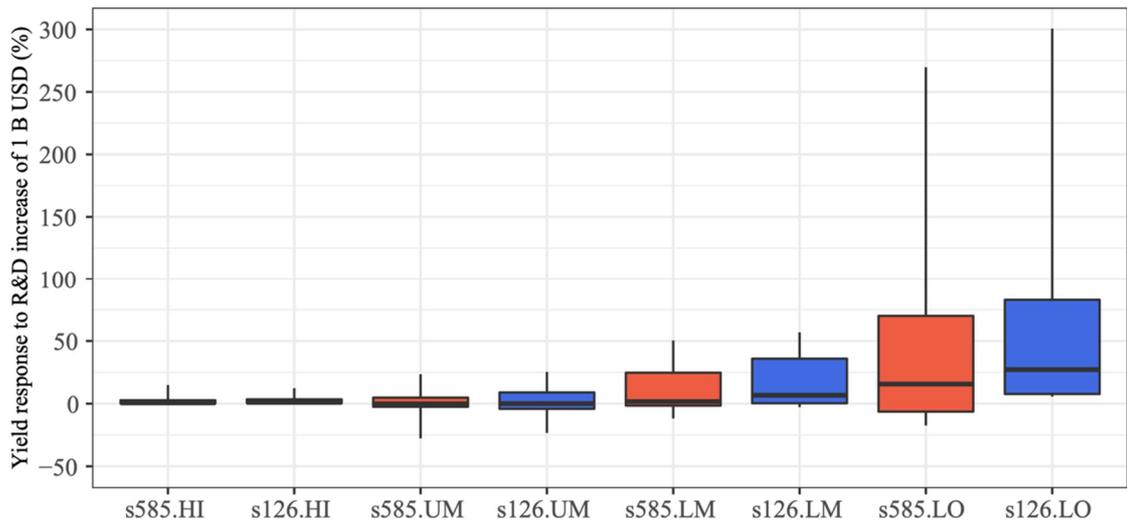


図3 農業R&D 10億ドルあたりのトウモロコシ収量の変化率。(赤) s585 と(青) s126 は気候変動が緩和できなかった SSP585 シナリオと緩和できた場合の SSP126 シナリオを表し、アルファベット 2 文字は図 1 の所得水準と対応している。箱ひげ図は所得水準ごとに集計した国のばらつきを表し、ひげは上位 10%と下位 10%、箱は上位 25%と下位 25%、横線は 50%の値を表す。

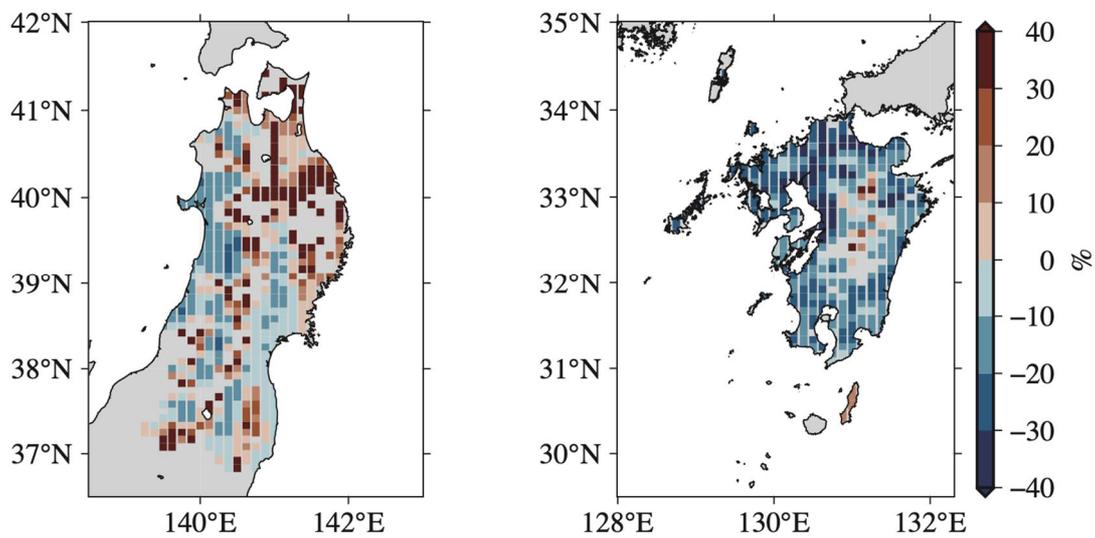


図4 産業革命前と比較して世界の平均気温が4℃ 昇温した場合のコメ生産額の変化。(左) ひとめぼれ,(右) ヒノヒカリに対する分布で、灰色は 10 km メッシュ内の水田面積が 1%未満あるいは解析対象外の地点を表す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Yoshida Ryuhei, Iizumi Toshichika	4. 巻 18
2. 論文標題 Climate mitigation sustains agricultural research and development expenditure returns for maize yield improvement in developing countries	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Environmental Research Letters	6. 最初と最後の頁 044026 ~ 044026
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1748-9326/acc543	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 YOSHIDA Ryuhei, FUKUI Shin, FUKUI Shin, YAMAZAKI Takeshi	4. 巻 76
2. 論文標題 Applicability of meteorological ensemble forecasting to predict summer cold damage in rice growth	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Agricultural Meteorology	6. 最初と最後の頁 128 ~ 139
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2480/agrmet.D-20-00004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 西原是良
2. 発表標題 水田政策改革期におけるビール麦契約数量の変動：都道府県別パネルデータによる検証
3. 学会等名 2024年度日本農業経済学会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 吉田龍平, 西原是良, 高橋大輔
2. 発表標題 質と量に基づく今後のコメ生産額変動の推定
3. 学会等名 第19回ヤマセ研究会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 吉田龍平, 西原是良, 高橋大輔
2. 発表標題 気候変動が東北と九州のコメ産出額に与える影響
3. 学会等名 日本気象学会2023年度秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yukinaga Nishihara, Daisuke Takahashi, Ryuhei Yoshida
2. 発表標題 Estimating the social impacts of climate change on rice production in Japan using process-based crop models
3. 学会等名 2023 International conference on agricultural and environmental economics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田龍平, 飯泉仁之直
2. 発表標題 農業研究開発による作物収量増加に対する気候緩和の寄与
3. 学会等名 日本気象学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田龍平, 西原是良, 高橋大輔
2. 発表標題 日本のコメ産出額が地球温暖化によって受ける影響の予測
3. 学会等名 日本農業気象学会2023年全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西原是良, 岡田将誌, 中河嘉明, 横沢正幸
2. 発表標題 求められる利水と治水のインターリンケージ: 気候変動への適応の過程に注目して
3. 学会等名 水文・水資源学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田将誌, 中河嘉明, 西原是良, 横沢正幸
2. 発表標題 全球作物生産性予測モデルCROVERの信濃川流域への適用
3. 学会等名 日本地理学会発表要旨集 2021 年度日本地理学会秋季学術大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	西原 是良 (Nishihara Yukinaga) (20714893)	東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・助教 (12601)	
研究 分担者	高橋 大輔 (Takahashi Daisuke) (30619812)	拓殖大学・政経学部・教授 (32638)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------