

令和 4 年 6 月 22 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K21659

研究課題名（和文）近世における気候変動がコメ収量に及ぼした影響の定量的解明

研究課題名（英文）Quantification of climate change effect on rice production in early modern period in Japan

研究代表者

加藤 知道（Kato, Tomomichi）

北海道大学・農学研究院・准教授

研究者番号：60392958

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：稲刈帳による収量の年々変動を解析した結果、天保の大飢饉とされる期間（1832-1839年）において、東日本の地点では大きく負の値を取っていた。さらに、古くにデータが存在している山形・山梨では天明の大飢饉があったとされる期間（1783-1786年）においても、度々収量が大きく低下する年が見られた。またモデルによる再現については、モデル構造の改良と、生理生態パラメータを江戸時代終わり頃を想定した最適化を行うことができた。また入力する気候データの整備もおこない、すぐにモデルによる再現を行える準備ができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したアプローチでは、稲刈帳による文献データと、最先端の作物モデルや、パラメータ最適化等のデータ同化技術を組み合わせ、これまで日記等の資料でしかわかっていなかった飢饉等のイベントを、定量的に再現することを可能にした。

これはイネに限らず、小麦、大豆、とうもろこし等にも応用でき、かつ空間スケールを世界まで広げることが可能であり、発展性が高いところに意義がある。

研究成果の概要（英文）：Analysis on the farmer's accounting diary showed us that there has been the reduction in rice grain production in large famines (Tenpo: 1832-1839 and Tenmei: 1783-1786). For modeling study, we modified the structure of rice production model, and could optimize the eco-physiological parameters assumed to be used in the end of Edo era. The input climate data were also concatenated to be used for representation of modern time rice production.

研究分野：農業気象学

キーワード：飢饉 定量化 モデル パラメータ最適化 稲刈帳

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近世(1600-1850年)において、我が国の最重要作物であるコメ収量の年々変動は、気候変動(冷害・干ばつなど)が主な原因であると考えられている。しかし、実際の水田のコメ収量について、全国規模の収集と復元気候データとの統合的な比較はほとんど行われていない。また水稲生育モデルが開発されているが、パラメータ調整は現在の品種に対してのみ行われており、過去の品種に対応できていない。そこで本研究は、篤農家による稲刈帳に記録された実測コメ収量と、古環境復元データと、水稲生育モデル・パラメータ最適化を組み合わせ、近世における気候変動がコメ収量に及ぼした影響を定量的に解明することが重要である。

### 2. 研究の目的

我が国の最重要作物であるコメの収量の年々変動は、気候変動が主な原因であると知られている。しかしながら、コメ収量の年々変動の原因についての統計資料を元にした分析は、ほとんどが現代の短期的な過去を対象(1960年以降)にしが行われてこなかった。特に近世のコメ収量は、各地の篤農家によって稲刈帳に記録されているが、全国規模のデータ収集や気候値との比較は行われていない。またコメ収量の将来予測をするために、水稲生育モデルが開発されているが、生理・生態パラメータは、現在の栽培品種に対して調整が行われており、過去の品種に対応できていないという課題がある。

そこで本研究は、稲刈帳による実測コメ収量、古環境データ、水稲生育モデル(MATCRO-Rice)とパラメータ最適化を組み合わせ、日本の近世における気候変動がコメ収量に及ぼした影響を定量的に解明することを目的とする。

### 3. 研究の方法

稲刈帳による実測コメ収量への気候変動の影響の解明(2019-2020年): 全国十数地点において非常に長い期間にわたって実測された(山梨県北巨摩地区(1770-1940年)や、佐賀県巖木村(1780-1934年)など)坪当収量(籾重・刈束数)を、文献収集・デジタル化・単位変換(kg玄米重/10a)する。そして、年輪より復元された夏季気温データ(Asia2k, 2°x2°グリッド, 800-1989年, Cook et al., 2013, Clim.Dyn.)をNASAサイトよりダウンロードし、ArcGIS上で内挿補間することにより、0.05°グリッドマップを作成し、11箇所の最寄りのグリッドを抽出した。さらに太平洋10年規模振動PDO指数(D'Arrigo, et al., 2006, I.J.Clim.)および、北米年輪解析によるENSO指数(Li et al., 2011, Nature Climate Change)をダウンロードした。

表1. 稲刈帳による坪刈りデータ収集対象地

名称	地域(現在住所)	地区	緯度・経度	期間(西暦年)	引用
山形	山形県置賜郡川西町上堀金	前田、喜右工門	37.98, 140.08	1707-1861	青山, 1984
新潟1	新潟県新潟市西蒲区	下和納	37.74, 138.88	1826-1977	佐藤, 1987
新潟2	新潟県魚沼市湯之谷	芋川	37.21, 139.04	1806-1936	アチックミュージアム, 1939
栃木	栃木県大田原市両郷	家の前, 梅木下, 薄澤堀, 日渡	36.94, 140.17	1810-1942	岸, 1947
山梨	山梨県北杜市明野町	浅尾	35.80, 138.45	1770-1938	佐藤, 1987
静岡	静岡県伊豆市	八幡	34.95, 139.00	1817-1977	佐藤, 1987
兵庫	兵庫県尼崎市	西昆陽	34.78, 135.38	1783-1875	山崎, 1961
佐賀1	佐賀県唐津市巖木町	浪瀬	33.31, 130.05	1780-1934	早川, 1950
佐賀2	佐賀県唐津市相知町	町切	33.33, 130.04	1804-1935	早川, 1950
佐賀3	佐賀県唐津市相知町	横枕	33.35, 130.03	1830-1935	早川, 1950
佐賀4	佐賀県唐津市相知町	湯屋	33.34, 130.04	1841-1935	早川, 1950

水稲生育モデルのパラメータ最適化による近世品種の気候感度の解明(2019-2020年): 水稲生育モデル MATCRO-Rice の植物季節 mGDH、窒素感受性 SLNY、SLNYMN、冷害感受性 Tcmin、全穂バイオマス中の子実重量割合 HI の5つのパラメータを対象に、最適化を行う。AMeDASによる気象データなどを利用し、対象地点の気候入力データを作成する。そして準ニュートン法 L-BFGSによるパラメータ微小変化と再計算の繰り返しから、モデル-実測間の差を最小化する最適なパラメータを、31年間の対象期間をずらしながら得る。それらパラメータの時間・地理的变化から、近世イネ生理特性と収量気候感度の変遷を明らかにする。

次に米国大気海洋局20世紀再解析データ(NOAA-CIRES-20CRV3, T254, 512 x 256グリッド, 3時間ステップ, 1806-2015年)を、日本全国の緯度/経度5km格子(0.05度格子)で面的に計算する。水田分布データはLUI5(氷見山ら, 1995)をデジタル化する。

#### 4. 研究成果

稲刈帳に関する文献を収集し、11ヶ所についてデジタル化を行った。山形県河西町、山形県飯豊町、栃木県大田原市、千葉県流山市、新潟県新潟市、新潟県魚沼市、山梨県北杜市、静岡県伊豆市、兵庫県尼崎市、佐賀県唐津市4ヶ所(いずれも現在の行政区分)の1707-1977年の間に存在するデータが揃った。なお、山形県データについては刈束数、それ以外は玄米重量である。水稲収量の長期トレンドは、ほとんどの場所にて上昇を示していた。一方で、微小変化成分は特に天保の大飢饉とされる期間(1832-1839年)において、東日本の地点では大きく負の値を取っていた。さらに、古くにデータが存在している山形・山梨では天明の大飢饉があったとされる期間(1783-1786年)においても、度々収量が大きく低下する年が見られた。しかし、主に西日本で被害があったとされる享保年間には、山形のデータしか残っていなかったために、明瞭は収量の低下は見られなかった。

復元気候データ(樹木年輪より復元した夏季気温データとエルニーニョ・南方振動指数)との水稲収量の変動成分は、どの地点でも明瞭な相関を示すことはなかった(相関係数  $r^2$  が全ての地点と復元気候データの間で 0.01 以下)。これは水稲収量が地形などのローカルな条件による微気象変動から影響を受けているが、対比に利用した年輪解析の気候データは、多数の観測データを平均しているために、微気象を反映できていないことから来していると思われる。また、エルニーニョ・南方振動指数は、北米の年輪データを元に行っていることや、エルニーニョ現象よりもPDOなどのより日本付近の気候モードに支配されていることを示唆している。

#### 水稲生育モデルのパラメータ最適化による近世品種の気候感度の解明

農林水産省や農林省作成の作物統計資料を利用して、MATCRO-Riceの植物季節 mGDH、窒素感受性 SLNY, SLNYMN、冷害感受性 Tcmin、全穂バイオマス中の子実重量割合 HI の5つのパラメータを、岩手県、新潟県、愛知県、熊本県の水稲子実収量データに対して準ニュートン法 L-BFGS によって最適化した。その際に、入力気候データは県庁所在地のアメダスデータと、WFDEI の再解析気候データを調和させたものを利用した。その結果、21年ウィンドウで過去に10年ずつ遡り、各ウィンドウの初期パラメータを10年前の値にして最適化を行うと、徐々にパラメータ値を変化させながらスムーズに収量を統計データに合わせることができるとわかった。最終的に統計データを利用して1883-1903年の最適パラメータが作成できると、品種改良の速度が遅い近世の標準的なパラメータセットとして利用できると示唆された。

次に面的な計算を行うための入力気候データとして、米国大気海洋局20世紀再解析データ(NOAA-CIRES-20CRV3, T254, 512 x 256グリッド, 3時間ステップ, 1806-2015年)を、空間解像度を  $0.05^\circ \times 0.05^\circ$  (5km x 5kmグリッド)に再グリiddingし、時間ステップを1日に変更した。さらに、農研機構メッシュ農業気象データ(1km x 1kmグリッド, 1日ステップ, 1980年-2019年)を、 $0.05^\circ \times 0.05^\circ$  (5km x 5kmグリッド)に再グリiddingし、これに対してNOAA-CIRES-20CRV3のデータを調和させた。最後に1850年の水田分布を文献よりデジタル化して作成した。これにより、天保の大飢饉(1830年代)を含む近世末の水稲子実収量の面的計算が可能になると考えられた。

#### 参考文献

- 青山高義 1994. 山形県の小氷期後期における気候の復元について. 東北日本における環境変化に関する研究. 山形大学特定研究経費報告書 102-123.
- アチックミュージアム, 1939, 新潟縣北魚沼郡湯之谷村屋家所蔵種子帳・稲刈帳, アチックミュージアム彙報, 38, 139pp.
- Li, J., S.-P. Xie, E.R. Cook, G. Huang, R. D'Arrigo, F. Liu, J. Ma, and X.-T. Zheng. 2011. Interdecadal modulation of El Niño amplitude during the past millennium. *Nature Climate Change*, 1(2), 114-118, doi:10.1038/nclimate1086
- 河津 俊作, 本間 香貴, 堀江 武, 白岩 立彦, 2007, 近年の日本における稲作気象の変化とその水稲収量・外観品質への影響, 日本作物学会紀事, 76 巻 3 号 p. 423-432
- 岸英次, 1947, 関谷家稲刈覚帳の研究: 一農家における文化七年以降の水田生産力の変遷, 農業総合研究所研究叢書, 第一号, 139pp.
- 鬼頭宏, 2006, 坪刈帳 -気候変動資料としての活用をめぐる-, 地球環境学, 2, 115-128
- 近藤純正, 1985, 東北地方の大飢饉をもたらした天保年間の異常冷夏, 天気, 32(5), 241
- 佐藤常雄, 1987, 日本稲作の展開と構造 - 坪刈帳の史的分析, 吉川弘文館, 375p
- 早川孝太郎 1950, 佐賀県稲作坪刈の研究, 農林省農業総合研究所, 331p
- 平野淳平・大羽辰矢・森島 濟・財城真寿美・三上岳彦, 2013, 山形県川西町における古日記天候記録にもとづく1830年代以降の7月の気温変動復元 地理学評論 86 (5), 451-464
- 山崎隆三, 1961, 地主制成立期の農業構造, 歴史学研究叢書, 青木書店, 306p
- Zaiki M, Können GP, Tsukahara T, Mikami T, Matsumoto K, and Jones PD. 2006. Recovery of 19th century Tokyo/Osaka meteorological data in Japan. *International Journal of Climatology* 26: 399-423.
- Cook, E.R., Krusic, P.J., Anchukaitis, K.J., Buckley, B.M., Nakatsuka, T., Sano, M. and PAGES Asia2k Members (2013): Tree-ring reconstructed summer temperature anomalies

for temperate East Asia since 800 C.E. *Climate Dynamics*, 41, 2957-2972

D'Arrigo, and R. Wilson, 2006: On the Asian expression of the PDO, *Int. J. Climatol.*, 26, 1607-1617

Lobell DB, Schlenker W, Costa-Roberts J. 2011, Climate trends and global crop production since 1980, *Science*, 29;333(6042):616-20. doi: 10.1126/science.1204531.

Mikami, 1996, Long term variations of summer temperatures in Tokyo since 1721, *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University* (31), 157-165

Schauberger B, Ben-Ari T, Makowski D Kato T, Kato H, Ciais P. Yield trends, variability and stagnation analysis of major crops in France over more than a century. *Scientific Reports*. 2018, 15;8(1): 16865. doi: 10.1038/s41598-018-35351-1.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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	増富 祐司  (Masutomi Yuji)  (90442699)	国立研究開発法人国立環境研究所・気候変動適応センター・室長    (82101)	

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