

日本における高齢化を考慮した熱ストレス下の農業労働能力評価



SATテクノロジー・ショーケース2026

■はじめに

2020年の農林業センサスによると、日本の水稻農家に占める高齢者(65歳以上)の割合は7割を超え、一部の都道府県では9割に達している。

水稻の農作業は主に屋外で行われるため、多くの高齢農業者が強い熱ストレスに曝されている。近年、地球温暖化の進行によりその影響はさらに深刻化している。

これまで、熱ストレスの増大による農業部門の労働生産性低下を定量的に評価する研究は、世界および地域レベルで行われてきた。しかし、既往研究では、高齢化による脆弱性は十分に考慮していない。

そこで本研究は、高齢化が進行する日本の水稻農家を対象に、年齢に起因する熱ストレス脆弱性を考慮した新たな労働生産性評価モデルを構築し、過去期間(1995～2014年)をベースラインとして将来シナリオ下 (SSP1-RCP2.6, SSP2-RCP4.5, SSP5-RCP8.5)での影響予測に発展させることを目指す。

本成果は、農業分野における気候変動適応策や食料安全保障政策の基礎情報として活用可能である。

■活動内容

1. 暑さ指数(WBGT)の時空間的傾向解析

大山ら(2024)¹による逐次WBGTデータセットを用い、水稻の生産が盛んな、東北・関東・中部地域を対象に1995～2014年の農業活動期(4～10月)におけるWBGTトレンドを県単位で評価した。その結果、日本海側の積雪量が多い地域で有意な上昇傾向が確認された。一方で、傾きの値そのものは、全地域で正(増加傾向)を示し、モデルアンサンブル平均に基づく増加量は 0.22～0.64 °C/20年であった。ここで用いるWBGT (Wet-Bulb Globe Temperature)は、気温・湿度・放射・風速を統合した暑さ指数であり、人体が受ける熱ストレスの程度を評価するための指標である。

2. 热ストレスによる労働生産性への影響評価

上記のデータセットを入力データとし、Fosterら(2021a)²の熱ストレスと作業能力の関係モデルを適用した。このモデルは、WBGTがある閾値を超えると、作業能力が非線形に低下することを示しており、閾値を下回る範囲ではほとんど影響がない一方、閾値を超えると急激に生産性が落ちるという特徴を持つ。

このモデルを用い、同地域・同期間を対象に熱ストレスの労働生産性への影響を定量的に評価することを試みる。

これにより、どの地域の労働力が、熱ストレスによる影響を大きく受けるか、その空間的な傾向を把握することが可能となる。

3. 高齢化による影響を組み込んだ労働生産性評価

Fosterら (2021b)³によると、熱ストレス下(25°C ≤ WBGT ≤ 35°C)において、体力レベルの低下に伴い労働能力が低下することが示された。また、真田ら(2007)⁴によって、体力レベルが健康な人であっても、年齢によって低下することが示された。これらを基に、熱ストレス下において年齢-体力レベル-作業能力の関係性を計算し、35°Cにおいて最大で23%の低下が見られた。

次に、農業センサスから得られた水稻農家の年齢別人口を用い、各年齢の人口を重みとして平均することで、地域ごとの代表的な「年齢-作業能力係数」を算出した。これにより、地域の年齢構成を反映した実証的で精度の高い年齢-作業能力評価が可能となり、高齢者の多い地域ほど熱ストレスの影響がより正確に反映されるようになっている。

得られた地域別係数をFosterら(2021a)²の労働生産性モデルに適用し、高齢化の影響を組み込んだ労働生産性の定量的な評価を試みる。

この手法により、地域の年齢構成を反映しながら、高齢化と気候変動が複合的に与える影響を現実的に把握することが可能となる。なお、本研究では年齢-熱ストレス-労働能力は、熱順化していない健康成人のデータを用い、熱順化による違いは考慮していない。このような実験的検証の不足は、本研究の主要な限界点である。

■関連情報等(特許関係、施設)

- **政策決定と食料安全保障:** 本研究は、将来の気候変動および高齢化が農業労働生産性に及ぼす影響を定量的に示すものであり、地域レベルの適応政策策定や食料安全保障のリスク評価に資する。
- **経済・市場影響:** 本研究の結果を作物モデル及び経済モデル (CGEなど) に統合することで、気候変動および高齢化が米の市場価格・農家所得に及ぼす影響を定量的に評価することが可能となる。

[1] Oyama, T. & Takakura, J. (2020). Future hourly WBGT dataset for 842 Japanese cities ver.2. Environmental Data Initiative.

<https://doi.org/10.6073/psota/6346743f78e3b041aacc1a02633eb3a>

[2] Foster, J. et al. (2021a). An advanced empirical model for quantifying the impact of heat on work capacity. *Int. J. Biometeorol.*, 65, 1215-1229.

[3] Foster, J. et al. (2021b). Aerobic fitness as a parameter for labour loss in heat. *Int. J. Sci. Med. Sport.*, 24(6), 824-830.

[4] Sanada, K. et al. (2007). Effects of age on ventilatory threshold and VO_{peak} in Japanese adults. *Exer. J. Appl. Physiol.*, 99(5), 475-483.

代表発表者
所 属
問合せ先

野口 健(のぐち けん)
筑波大学工学システム学類
〒305-0006 茨城県つくば市天王台1-1-1
TEL:029-853-4974

■キーワード: 気候変動・農家の高齢化
農業生産性・食料安全保障
熱ストレス・労働衛生・適応策
■共同研究者: 大樂 浩司
筑波大学 システム情報系 准教授