

2023、2024 年の高温による春の展葉の早期化を衛星データで確認

JAXA の気候変動観測衛星「しきさい」の観測データを用いて、近年の日本における展葉（植物の葉の展開）日を推定したところ、春の高温が顕著だった 2023、2024 年の展葉が例年よりも早まっています。このことは、気候変動による高温が、日本の生態系に影響を及ぼしていることを示唆しています。

温暖化によって春の開花や展葉（植物の葉の展開）が早まる現象は定量的に予測されていましたが、本研究では、2023、2024 年に生じた顕著な高温下において、予測と矛盾しない展葉の早期化が生じていることを、衛星の観測データ分析により明らかにしました。

JAXA の気候変動観測衛星「しきさい」の観測データを用いて、2018～2024 年の日本の展葉日を推定した結果、2023 年の関東・中部地方、2024 年の北陸・東北・北海道地方で、展葉日が例年より 3～7 日早かったことが分かりました。特に世界自然遺産の白神山地周辺では、例年より 9 日ほど早かったことが推定されました。また、展葉日の早期化は、春の気温が高い年ほど顕著であり、温暖化などの高温が広範囲の生態系に影響を及ぼしていることが示唆されました。

さらに、展葉日と気温の関係について、春の気温が 1°C 上昇すると展葉日が約 4.4 日早くなる傾向が認められました。この傾向は、気候変動の将来予測シナリオに当てはめると、RCP2.6（最も気温上昇の低い場合）では約 7 日、RCP8.5（最も気温上昇が高くなる場合）で約 21 日の早期化に対応します。展葉日の早期化は生態系への悪影響につながるため、こうした顕著な高温下における生態系の反応を理解することは、将来の気候変動に伴う生態系への影響を定量化する上で非常に重要です。今後も異常気象は増加すると考えられ、継続的な衛星観測を通じた生態系監視や実地観測サイトの拡充が求められます。

研究代表者

筑波大学 生命環境系

奈佐原（西田）顕郎 准教授

水野 優輝 環境科学学位プログラム 博士前期課程 2 年

研究の背景

気候変動による地球温暖化に伴い、植物フェノロジー（展葉^{注1)}、開花、紅葉などの季節的な現象）が変化することが予測されています。2023年、2024年は、世界的に観測史上稀にみる高温に見舞われ、日本でも顕著な高温が観測されました。そこで本研究では、この高温が植物フェノロジーをはじめ、生態系にもたらした影響の可視化を試みました。

研究内容と成果

本研究では、JAXAの気候変動観測衛星「しきさい」^{注2)}に搭載されたSGLIセンサー（Second generation GLocal Imager、多波長光学放射計）の観測データから、植生指標CCI（Chlorophyll Carotenoid Index）^{注3)}を計算し、2018～2024年の7年間における日本主要4島周辺の展葉日（Start of Season: SOS）を推定しました。「しきさい」衛星は、CCIの計算に必要な緑色（530 nm）と赤色（672 nm）の観測波長において空間分解能が250 mで、同系統のセンサーである、NASAが打ち上げたTerra/Aqua衛星のMODISセンサー（Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer、中分解能撮像分光放射計：空間分解能500 m～1 km）と比較して、より細かい植生の変化を捉えることが可能です。推定の結果、2023年の関東・中部地方、2024年の北陸・東北・北海道地方で、2018～2022年の平均より3～7日程度、SOSが早かったことが示唆されました（図1）。特に、ブナ原生林が広がる白神山地周辺地域では、平均より9日程度SOSが早かったことが分かりました。

また、農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）の提供する気温データ（メッシュ農業気象データ）と、今回推定したSOSを比較すると、春（2月～4月）の気温が高いほどSOSが早くなる傾向（図2）が、日本の広範囲で確認されました。すなわち、春の気温が1℃上昇するとSOSが4.4日早くなり、この傾向は、気候変動の将来予測シナリオ^{注7)}に当てはめると、RCP2.6（2100年までに2℃上昇）では約7日、RCP8.5（2100年までに4℃上昇）で約21日の早期化に対応します。SOSは積雪、春化^{注4)}、植生分布の変化などにも影響されるため、慎重な議論が必要ですが、気候変動がもたらす高温は、すでに日本各地の生態系に影響を与えていると考えられます。なお、本研究の「しきさい」衛星によるSOS推定結果は、筑波大学が中心となって運営している陸域植生の長期観測網（Phenological Eyes Network, PEN）^{注5)}の実地観測データとの整合性も確認されています。ただし、これらの議論はSOSが不明瞭な常緑樹林が優占する地域（中部地方以西）は対象外です。

今後の展開

気候変動などに伴う気温変化により植物フェノロジーが変化することは、従来から定量的に予測されてきましたが^{注6)}、それを本研究では実際の観測により裏付けることができました。特に今回白神山地で見られた顕著なSOSの早期化は、気温変化といったストレスに対して、ブナなどの感度が高いことを示唆しています。白神山地では今後100年ほどの間にブナの生息適域が僅かになるといった先行研究（松井ら、2007）もあり、それとの関連性を注視する必要があります。

本研究で観測されたSOSの早期化は、2023～2024年に発生した一時的な高温イベント（温暖化に加え、エルニーニョ現象などさまざまな要因が寄与していると考えられている）に対する反応ですが、こうした顕著な高温下における生態系の反応を理解することは、将来の気候変動に伴う生態系への影響を定量化する上で非常に重要です。今後もこうした異常気象は増加することが予想されており、継続的な衛星観測を通じた生態系モニタリングや実地観測サイトの拡充が求められます。

参考図

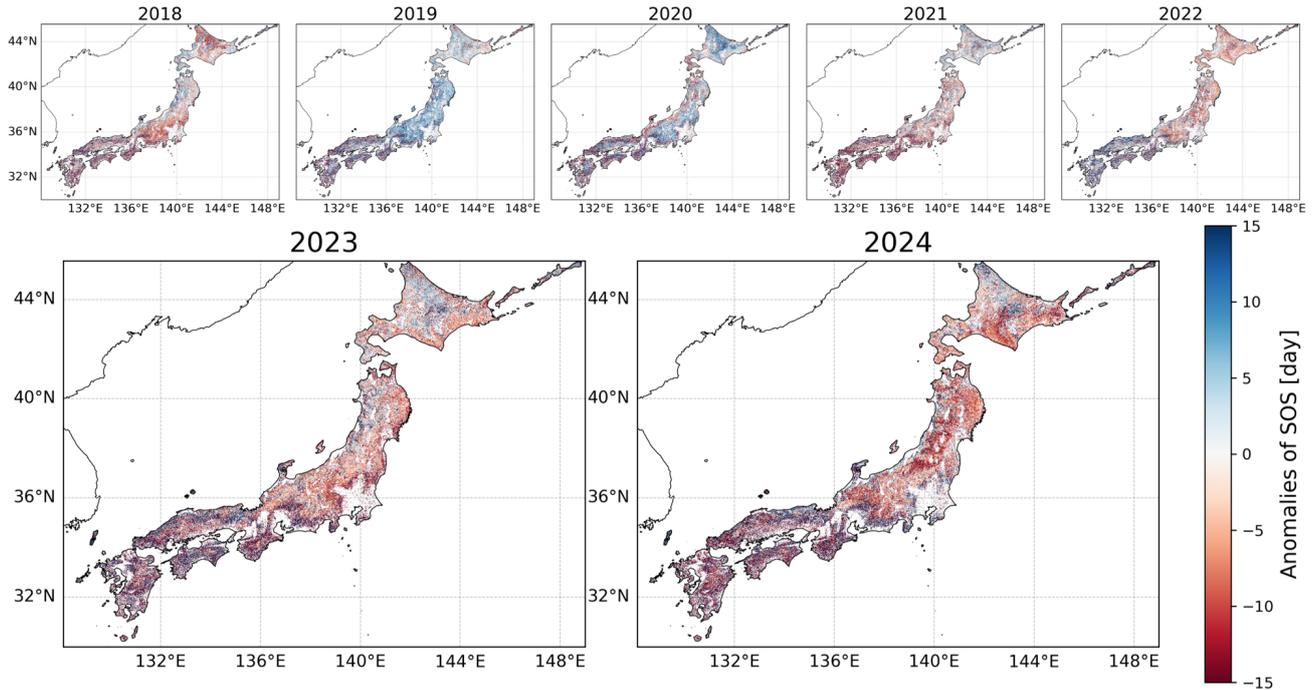
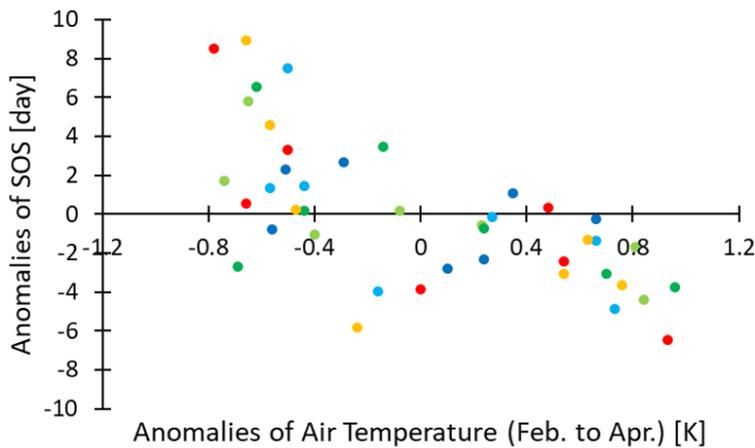


図1 2018～2024 各年の展葉日 (SOS) の偏差

各年の SOS 推定結果と平均 SOS (2018～2022) の差。赤ほど平均より SOS が早く、青ほど遅いことを示す。2023 年の関東・中部地方、2024 年の北陸・東北・北海道地方で顕著に SOS が早かったと示唆された。なお、中部地方以西の常緑樹林が優占する地域の SOS は不明瞭なため、議論の対象ではない。



● Hokkaido ● Northern Tohoku ● Southern Tohoku ● Hokuriku ● Kanto ● Chubu

図2 SOS の偏差と春の気温の偏差の関係

地方別、各年の SOS の偏差 (縦軸) と春 (2 月～4 月) の平均気温の偏差 (横軸) の関係。春の気温が低いほど SOS が遅く、春の気温が高いほど SOS が早いことが分かる。

用語解説

注1) 展葉 (spring leaf flush)

樹木や草本の芽 (たたまれた状態の葉) が開いて広がっていくこと。展葉した日 (展葉日) を SOS (Start of Season) と呼ぶ。

注2) 気候変動観測衛星 GCOM-C (しきさい)

2017年12月にJAXAによって打ち上げられた衛星で、多波長光学放射計 (SGLI: Second-generation GLObal Imager) によって近紫外線から可視光、熱赤外線まで19種類の光を観測する。

注3) CCI (Chlorophyll Carotenoid Index)

カロテノイドに敏感な指標で、植物の光合成の監視に適した指標。光合成が活発でないときは負の値をとるが、活発になると正の値をとる。この特徴を利用し、本研究では CCI が負から正になるタイミングを SOS と定義した。

注4) 春化

植物が冬の低温状況に一定期間さらされることによって、開花もしくは発芽能力が誘導されること。

注5) Phenological Eyes Network (PEN)

人工衛星による生態系の長期観測を検証するための地上観測ネットワーク。本研究では岐阜大学高山試験地 (TKY)、国立環境研究所富士北麓サイト (FHK)、北海道大学苫小牧研究林 (TOS) のデータを利用した。PEN のデータは <https://pen.envr.tsukuba.ac.jp/> より閲覧可能。

注6) 植物フェノロジーと気候変動に関する先行研究

気温が 1K 上昇すると植物の芽吹きが平均 3.4 日早まる (藤本、2008)、2000 年代と比較して、2030 年代の SOS は 7~12 日、2090 年代には 15~26 日早まる (Hadano et al., 2013)、などの予測がある。

注7) 将来予測における代表濃度経路シナリオ (RCP: Representative Concentration Pathways)

国連気候変動に関する政府間パネル (IPCC) が定義する、社会経済シナリオに沿った温室効果ガス排出量に伴う温暖化予測の経路。

研究資金

本研究は、主として宇宙航空研究開発機構 第 3 回地球観測研究公募 (ER3GCF102) によって実施しました。

掲載論文

【題名】 Impact of high temperature in 2023 and 2024 on spring leaf flush phenology in Japan derived by GCOM-C satellite.

(GCOM-C 衛星を用いた 2023 年・2024 年の高温が春の展葉フェノロジーに与えた影響の観測)

【著者名】 Y. Mizuno, H. Tachikawa, T. Sasagawa, T. Kobayashi, and K. N. Nasahara

【掲載誌】 *Scientific Reports*

【掲載日】 2025 年 4 月 16 日

【DOI】 10.1038/s41598-025-94623-9

問合わせ先

【研究に関すること】

奈佐原 (西田) 顕郎 (なさはら けんろう (旧姓にしだ))

筑波大学 生命環境系 准教授

URL: <https://pen.envr.tsukuba.ac.jp/~nishida>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp