

太陽活動の気候影響

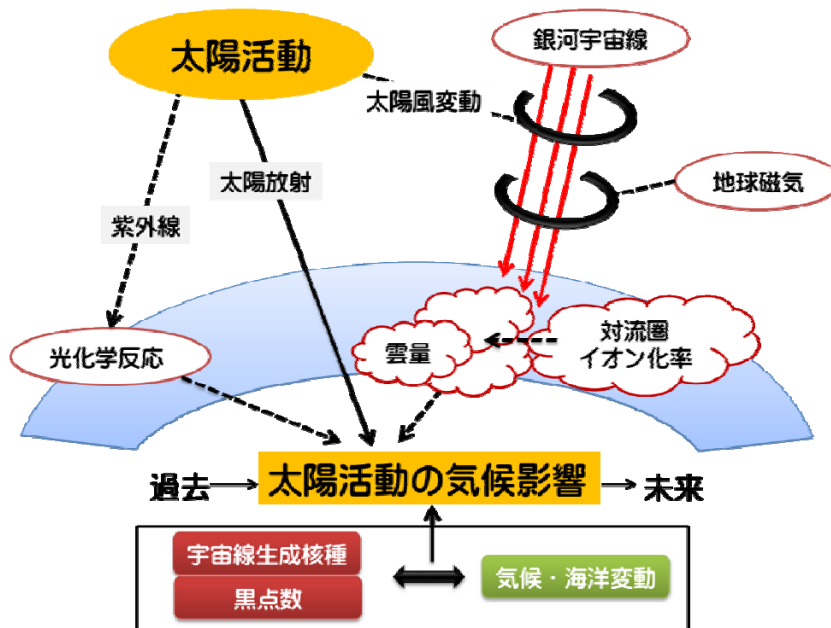
太陽活動の変動は気象や気候に影響を与えるのだろうか。天文学、太陽物理学、気象学、気候学、古気候学、海洋学などを専門とする研究者が、過去 200 年以上に亘り考えてきたテーマである。

2000 年前、中国の宮廷天文学者たちは、太陽活動の変動を調べるため、太陽黒点の様子を詳細に史書に記録した。1801 年、ウィリアム・ハーシェルは、太陽黒点の出現数とロンドンの小麦の市場価額に有意な関係を見出し、太陽黒点数が減少すると気候が変化し、さらに、小麦の収穫量が変化して市場価額に影響を与えたと考えた。これは、太陽-気候-社会（人間生活）の結びつきを考察した初めての試みとされている。

太陽活動がほぼ停滞したかのように太陽黒点がほとんど観測されなかったマウンダー極小期の時代（西暦 1645-1715 年の 70 年間）には、少なくとも大西洋およびヨーロッパと北アメリカなどの周辺地域で寒冷化した多数の証拠が確認されている。1780 年冬季にはニューヨーク湾が結氷してマンハッタンからスタッテンアイランドへ歩いて渡れ、アイスランドでは海水が何マイルにもわたって島を取り囲んで長期間に渡って港湾が閉鎖し、漁業や交易に打撃を与えたとの記録が残されている。太陽活動の沈静が寒冷化をもたらすと結論づけるのは時期尚早だが、太陽活動が中-長期的な気候変動に影響を与えるとの説は、多くの研究者に支持されている。

2017 年 3 月 7 日から 20 日にかけて、太陽の黒点が一つも観測されていないという状況が発生した。マウンダー極小期の時代には、黒点周期に対応する太陽磁場の周期（シュワーベサイクルの周期）は約 14 年だったと推定されている。2008 年に始まった第 24 太陽活動周期の黒点周期は、約 13 年と長くなっており、マウンダー極小期の時代と類似している。これから太陽活動が停滞期に入るかもしれないとの指摘がなされ、近未来に地球規模で寒冷化が引き起こるかという説も論じられている。その真偽に対して意見を述べるためには、太陽活動の気候への影響について多様な観点で検討していく必要がある。

20 世紀の後半以降の全球平均の地表気温は明確な上昇傾向を示す。一方、1998 年-2012 年には、10 年あたり 0.03-0.05℃の気温上昇にとどまり、あたかも地球温暖化が停滞したかのような現象が出現した。この現象は、「地球温暖化ハイエイタス(global warming hiatus)」と呼ばれている。大気中の温室効果ガスの濃度が年々増加しているにもかかわらず、地表気温の観測値には明確な上昇が認められない。インターネット上のブログや報道で「地球温暖化が止まった」と取り上げられ、それが科学コミュニティを越え広がり、一般社会にも大きなインパクトを与え



「太陽活動の気候影響」研究スキーム。

た。地球温暖化ハイエイタスの出現のメカニズムの解明は、陸域海洋の気温データセット（例えば、HadCRUT3）の詳細な解析や MIRC0 などの全球気候モデル実験から、地球システムに備わった気候の変動特性「自然のゆらぎ」である可能性が示唆されているが、現段階では十分な説明が与えられていない。このような 10 年–100 年程度の変動に太陽活動等の経年変化が間接的に影響している可能性が指摘されている。温暖化が進行する時代に出現する数年–数十年の「自然のゆらぎ」の特徴やそれを引き起こす要因についての理解を促すことは、人為起源の気候変化による将来予測をより確かなものにし、その人間社会への影響を踏まえた環境政策を立案するために極めて重要である。

太陽活動は約 11 年の周期で変動し、さらに数十年から数千年の時間スケールで変動することが知られている。人工衛星を使った観測から、約 11 年の周期変動と伴って太陽放射量が 0.1% ほど変動することが明らかになっている。理論計算によると、太陽放射量の 0.1% の増加は全球平均気温を約 0.05℃ だけ上昇させることになる。海洋表層の海水温の観測データや過去の太陽活動指標と気候変動指標の関係を解析から、約 11 年の周期変動に伴い、理論値のから推定される 2 倍ほどの振幅で気温が変動することが明らかになっている。この事実を科学的に説明するには、定量的な気候変動の復元や太陽活動の経年変化のデータを蓄積していくことが必要と思われる。

^{14}C や ^{10}Be は宇宙線生成核種と呼ばれ、それらの生成率は太陽活動の影響を受ける宇宙線の強度の変化によって変化する。過去に数万年間に遡っての太陽活動の経年変化を調べるには、樹木年輪の ^{14}C や極域氷床コアの ^{10}Be の分析が有効とされている。 ^{14}C や ^{10}Be の分析から、過去 1 万年間の完新世にマンダー極小期と類似した太陽活動の衰退エピソードが 12 回繰り返し引き起こされた可能性が指摘されている。宇宙線生成核種分析の結果と古気候のデータを突き合わせることで、太陽活動によって駆動される比較的長い時間スケールでの気候変動の理解は格段に促されると考えられる。

この四半世紀、太陽活動の変動が気候や人間社会への影響を与えるメカニズムを検討するうえで有効な証拠が蓄積されてきた。本研究が進める融合プロジェクト「太陽活動の気候影響」は、太陽物理学、気象・気候学、環境学、古気候学、地球電磁気学、宇宙線物理学などの最新の知見を融合し、太陽活動の変動性を把握し、太陽によって駆動される地球システムの理解を促し、将来の地球環境の予測に貢献することを目標としている。

2018 年度の主な活動

ISEE 共同研究等

2018 年度は、融合研究「太陽活動の気候影響」に関連する 5 課題の国際共同研究、5 課題の一般共同研究が実施された。また多様な話題をテーマとした 11 回の研究集会在開催された。共同研究 10 課題で気候に関連する課題は 3 件、太陽活動に関連する課題は 7 件で太陽活動の変動性を把握し、太陽によって駆動される地球システムの理解につながる新たな知見が得られた。

西暦 994 年の宇宙線イベント：南極・グリーンランドで同時発生

南極大陸のドームふじ氷床コアのおおよそ 1 年の時間分解能での宇宙線生成核種 ^{10}Be 測定の約 1 年の時間分解能での測定の結果、グリーンランドの氷床コアで確認されている西暦 994 年の宇宙線生成核種の増加が南極でも確認された。この宇宙線生成核種の増加が、太陽起源のイベントであることの有力な証拠が得られた。

過去 22 万年間の日射量変化で駆動されるレバントの水文気候変化

陸上科学掘削計画死海深層掘削プログラム(ICDP-DSDDP)で採集された過去 22 万年間の死海湖底堆積物の層相と北半球中緯度の日射量が同期して変化することが明らかになった。この事実は、死海堆積の層相変化が北大西洋と熱帯域の気候状態の影響を受ける死海集水域の水文気候状況で規定されるので、北大西洋と熱帯域の気候が日射量（太陽）によって変化する証拠である。