

宇宙環境と地球の気候—太陽圏システムの物理学—



宮原ひろ子

武蔵野美術大学 教養文化・学芸員課程研究室

2008年12月、太陽活動が約200年ぶりとも言われた太陽活動の低下を見せた。通常11年の周期で増減する太陽活動のリズムが乱れ、太陽表面での磁場活動や太陽総放射量が観測史上最低のレベルに達した。2009年1月に開始した第24太陽活動周期は2013年に極大を迎えたが、太陽表面の磁場活動の指標となる太陽黒点の数は、2001年の極大期の半分程度に低下した。太陽活動は今後どうなるのだろうか。17世紀の半ばから70年間にわたって発生した太陽活動の異常低下（マウンダー極小期）は再来するのだろうか。人工衛星による太陽観測と、樹木や氷床コアなどを使った長期的な太陽活動変動の復元の両面から研究が進められている。また、もしマウンダー極小期が再来するとすれば地球環境にどのような影響が出るのかも、社会にとって重要な問題である。こちらについては、気象観測と古気候学的な手法による研究から検証が進められている。

太陽活動が地球に影響する経路はいくつか考えられる。日射量変動の影響、太陽紫外線の成層圏への影響、太陽宇宙線の中間圏への影響、そして銀河宇宙線の影響である。銀河宇宙線が気候に影響するプロセスは未解明な点が多いが、大気成分のイオン化を通じて雲活動に作用していると考えられている。1997年に銀河宇宙線と低層雲の被覆率に相関が見られるという驚くべき発表がなされて以来、その相関の検証や、チャンバー実験による物理プロセスの研究が進められている。

地球に飛来する銀河宇宙線のフラックスは、宇宙線をシールドする太陽圏磁場や地磁気の強度などによって決まる。太陽圏とは、太陽表面から吹き出すプラズマと磁場の風（太陽風）が到達する領域のことである。太陽風は、太陽から約80天文単位（AU）のところで星間物質との相互作用により亜音速に減速し、最終的には太陽から120 AUあたりにまで達

していると考えられている。また、太陽圏の周辺の宇宙環境が変わっても、地球に飛来する宇宙線量は変化する。

銀河宇宙線量の変動は本当に気候変動に影響するのだろうか。それについて1つの手がかりを与えているのは上述のマウンダー極小期である。太陽黒点が70年間にわたって消失している間、太陽圏環境が変化し、宇宙線フラックスが特異なパターンで変動していたことが明らかになったのである。その頃、地球は小氷期と呼ばれる寒冷化を経験しているが、実はその間、地球の気候は特徴的なパターンで変動を続けた。最近の研究で、その変動パターンが宇宙線の変動によって説明可能であることが示された。太陽圏を満たす磁場の大規模構造の変動によって宇宙線の変動パターンが決まり、そしてそれが気候変動を駆動する一要因になっている可能性が高いことが示されたのである。

そのほか、地球史上のイベントと宇宙環境の変動に、強い相関関係があることも明らかになりつつある。地磁気強度と気候にも相関関係が見つっている。宇宙線が雲活動に影響するプロセスは研究途上であるが、宇宙線は地球の変動に重大な役割を果たしている可能性が高い。地球は、大気、海洋、生物圏などのサブシステムから成る多圏複合システムで、それ自身複雑な内部振動を持つが、その気候システムを、太陽圏システムというさらに大きなくくりでとらえ直す必要があることを示唆している。さらに言えば、太陽圏周辺の磁場環境あるいは放射線環境を含めた銀河系システムというさらに大きな視点での議論が必要であることも意味している。地球、太陽、太陽圏、宇宙線の物理を有機的に結び付け、地球史上の様々な未解明の変動を宇宙という視点でとらえ直すことで、その原因を究明することを目指しているのが「宇宙気候学」である。

—Keywords—

太陽活動周期：
西暦1755年を起点にして数える太陽活動の11年周期のサイクル。

太陽黒点：
太陽内部で作られた磁束管が太陽表面に浮上した領域。

太陽宇宙線：
太陽フレアに起因する粒子。