



太陽フレアが与える影響



サイエンスライター・Vtuber

彩恵 りり

2024年5月10日頃、世界中で「オーロラ」の観測が話題となりました。オーロラは、通常は高緯度地域でのみ観測できますが、この時は愛知県や、北緯19度のハワイ島で164年ぶりに観測されるなど、非常に広い地域でオーロラが観測されました。これほどの出来事になったのは、その数日前に発生した「太陽フレア」が原因です。

太陽フレアとは、太陽の表面で発生する爆発的なエネルギー放出現象のことであり、1秒間に全世界の電力数年分に匹敵するエネルギーを放出します。しかも、これは最も規模の小さな太陽フレアでの数値であり、大規模な太陽フレアはその数十万倍ものエネルギーを放出します。発生の正確なメカニズムは現在でも完全には解明されていませんが、おおよそのことは判明しています。太陽の表面には、温度が低く磁場が強い「黒点」という場所があります。黒点付近では「磁気リコネクション」と呼ばれる磁場の変動が発生しますが、この変化に合わせて、電気を帯びた超高温のガスである「プラズマ」も移動します。この時に、直接上空へと飛び出すプラズマもあれば、逆に勢いをつけて落下し、表面付近のプラズマと衝突するプラズマもあります。

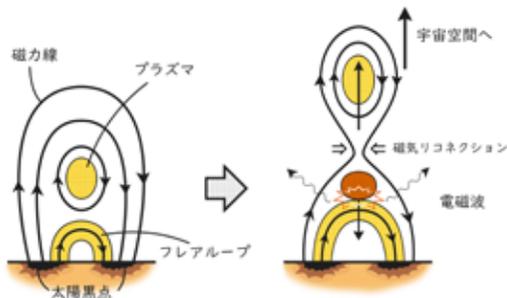


図1 太陽フレアが発生する仕組み (イラスト: 島宮七月)

これらの激しい現象によって、電波・可視光線・X線などの様々な波長の電磁波や、陽子や電子といったプラズマを構成する荷電粒子が宇宙空間へと放出されます。これは「コロナ質量放出」と呼ばれ、1回で数十億トンもの物質が飛び出します。

太陽フレアの影響は、その規模や直撃するかどうかで変化しますが、いずれにしても直接の原因は超高速の荷電粒子の流れです。特に身近なのは、大気分子との衝突で荷電粒子の運動エネルギーが最終的に分子から放出される光エネルギーに変換されるもので、これが冒頭で紹介したオーロラです。オーロラの発生が普段は高緯度地域に限定されるのは、荷電粒子の動きが、地球の固有の磁場である「地磁気」に影響されるためです。地磁気は荷電粒子の動きを変え、大気への直撃を避けます。しかし極地は地磁気が弱いため、荷電粒子が大気に直撃し、オーロラが発生します。

しかし、大規模な太陽フレアではより激しい現象が発生します。特に影響が大きいのは、大気や地磁気の保護がない宇宙空間です。荷電粒子は電離放射線そのものであるため、宇宙飛行士は高線量被曝の危険があり、人工衛星や宇宙探査機は故障するリスクがあります。例えばJAXAの小惑星探査機「はやぶさ」は、荷電粒子の直撃で太陽光パネルが回復不可能な損傷を受け、ミッションの延長を余儀なくされました。一方で地球でも、普段より荷電粒子の勢いが強いことや、後述する地磁気の低下により、普段より低い緯度にも荷電粒子が流入し、オーロラが発生します。これが2024年に観測された低緯度オーロラの原因です。また、荷電粒子の運動エネルギーは大気の加熱と膨張をもたらすため、高度の低い人工衛星は空気抵抗の増大で落下する恐れがあります。実際、2022年にはスペースXが打ち上げたばかりのスターリンク衛星38

機が落下する事故がありました。

また、地球の大気上空には、大気分子がX線や紫外線によってイオン化し、電波を反射・吸収する「電離層」と呼ばれる層がありますが、太陽フレアではX線や紫外線の量が増大するため、通常よりも電波の吸収・反射が強くなる「デリンジャー現象」が発生します。これが起こると、携帯電話やテレビ・ラジオ放送が送受信できなくなる、衛星を使った測位システムが使えないため、航空機が安全に飛ばせなくなるなどの影響が発生し得ます。

しかし最も深刻なのは、地磁気の強度変化による地上への影響でしょう。宇宙空間における荷電粒子の流れが、電磁誘導により磁場を発生させ、地磁気と打ち消し合い、地磁気の強度を弱めます。このような地磁気の強度変化は、地上のあらゆる金属に電磁誘導による電流を流します。これは「磁気嵐」と呼ばれます。磁気嵐の影響を最も強く受けるのは、世界で数百万kmもの長さがある送電線です。コイルに磁石を出し入れする電磁誘導の実験を地球規模で行っているようなものであり、想定外の電流は変圧器をシャットダウンさせ、場合によっては融かしてしまうでしょう。実際の事例として、1989年にはカナダのケベック州で磁気嵐による大規模な停電が発生し、復旧に数ヶ月かかりました。また、1859年に発生した「キャリントン・イベント」と呼ばれる、観測史上初、かつ最大級の太陽フレアでは、当時敷かれ始めた電信用の長距離通信網が影響を受けました。電源から遮断しても、磁

気嵐による誘導電流だけで2時間も長距離通信ができたという逸話が残されています。

キャリントン・イベント以降、より小さな規模の磁気嵐による被害は記録され続けており、人類が長距離通信や送電、電子機器に依存するに依り、より弱い磁気嵐でも影響を受けていることを間接的に示しています。もしキャリントン・イベントが現代に発生すれば、アメリカ1国・1年間・そして直接被害だけで数百兆円規模の損害が発生し、復旧に4年から10年もかかると予想されています。また、地層や樹木を調べることで見つかった大規模な太陽フレアの痕跡である「ミヤケ・イベント」や、宇宙望遠鏡「ケプラー」による太陽と同程度の恒星でのフレアの観測結果は、キャリントン・イベントより大規模な太陽フレアの発生が数百年から数千年の単位で起こることを示しています。

ただし、長年の太陽フレアの研究により、単発の大規模なフレアだけでなく、より小さなフレアが連続で発生しても、激しい磁気嵐が起こることが分かっています。例えば2015年には、発生した太陽フレアは小規模であったにも関わらず、大規模な磁気嵐が発生し、北海道でオーロラが観測されるなどしました。これは、フレアの前後に通常の太陽活動で放出された物質が挟まって荷電粒子の膨張を阻止し、濃密な荷電粒子が地球に衝突した結果起きたものと推定されています。このような太陽フレアの性質や影響の正確な理解は、磁気嵐による社会への影響を最小限にし、また発生の予測や予防を立てる上で重要な観点となります。



図2 太陽フレアが地球や私たちへ与える影響（イラスト：島宮七月）