

宇宙天気予報

柴田一成（京都大学理学研究科附属天文台）

宇宙天気予報とは何か？ 先日、ある人から、「宇宙」の「天気予報」ですか、それとも、「宇宙天気」の「予報」ですか、と質問されて、なるほど、そういう質問がありうるのかと、妙に感心した。そういえば、別の人と議論していたとき、私が宇宙天気予報のことを話題にすると、その人が急に系外惑星の天気予報を議論し始めたので不思議に思ったことがあったが、それはそういう理由だったのかと納得した。彼は「宇宙」(cosmos)の「天気予報」だと思ったのだ。しかし、ここでの「宇宙天気予報」は、「宇宙天気」の「予報」のことである。「宇宙天気」(space weather)とは、「宇宙(space)と地上の諸施設の性能、信頼度に影響を与え、また、人命に危険を及ぼす太陽から超高層大気に至る領域の状況」(米国宇宙天気プログラム1993; 恩藤・丸橋編著「宇宙環境科学」)のことを言う。ひらたく言えば、太陽から超高層大気(電離層や熱圏)における風速や気圧、電磁場変化の状態のことである。地上で嵐や台風が来たりすることがあるように、太陽から地球超高層大気にいたる宇宙空間でも、嵐や強風が来る。太陽表面で爆発(フレア)が起こると、強いX線や紫外線が地球上層大気に到達して、上層大気に大きな影響を与える。まもなく、大量の放射線粒子(陽子や中性子)が飛んできて、人工衛星を故障させたり、宇宙飛行士を被爆の危険に陥れる。最後は猛スピードのプラズマ流が地球磁気圏を襲う。もし、惑星間空間磁場の向きが南向きだと、磁気嵐が発生して、磁気圏や電離層に突然強大な電流が流れ、地上の変電所の変圧器が故障したりするなど、様々な被害が発生する。現代の科学技術が進歩して宇宙開発が進むにつれ、人工衛星による通信(GPSやテレビ中継)や気象衛星観測など、我々の日常生活は宇宙を利用して便利になってきたが、その分、宇宙天気の影響を敏感により強く受けるようになってきた。いまや、我々の毎日の生活の基盤を守り、宇宙飛行士の安全を確保するためにも、宇宙天気の予報が不可欠なのである。

宇宙天気予報の現状はどうなっているのだろうか？ これを知るもっとも手取り早い方法は、わが国のNICT(情報通信研究機構)の宇宙天気予報ホームページ(<http://hirweb.nict.go.jp/forecast/>)、あるいは、米国NOAA(国立海洋大気圏局)の今日の宇宙天気のホームページ <http://www.sec.noaa.gov/today.html>

を見ることである。そこには、現在の太陽 X 線強度、太陽風速度や磁場、放射線粒子(プロトンと電子)、地磁気強度などのリアルタイムデータとそれに基づく予報が常に示されている。太陽表面から太陽風、地球磁気圏、電離層にいたるまで、様々な観測がなされており、これらのデータを見るのは圧巻である。現代は本当にすごい時代になったものだ。太陽で発生した大フレアからコロナ質量放出という巨大なプラズマの塊が宇宙空間に飛び出し、秒速 1000km もの猛スピードで地球に向かってやってくる様子が手に取るように「見える」時代になったのだから。その迫力には息をのむこと、しばしばである。宇宙天気予報電子メールサービスというもある。私もこのサービスの愛読者である。太陽から地球に至る宇宙空間がどうなっているかすぐにわかり楽しい。現在は、太陽でたまに大フレアが起きると、警報(Alert)がホームページやメールに出て大騒ぎとなる。そんなときは、仕事でどんなに忙しくても、私もちょっと心配になる。

実は私自身も「宇宙天気予報」に直接貢献したことがある。1994年4月のことである。当時私は、わが国のようこう太陽観測衛星の運用当番として鹿児島県の内之浦基地で2週間ほど仕事をしてきた。ようこう衛星の運用当番は1日5回ほど内之浦の上空にやってくるようこう衛星からの通信を受け取り、衛星の機器に異常がないか、観測データはちゃんと取れているかどうかなどチェックし、太陽に異変があれば電子メールで全世界に通報するのが仕事である。その日の最初の太陽 X 線画像を見たとき、私はすぐにカスプ状(先がとがった形状)の巨大なループがあるのに気づいた(図1参照)。X線強度は弱い巨大である。カスプ状の構造は、ようこうが発見した重要な現象で、リコネクションと呼ばれる過程にともなってプラズマ噴出が起きている証拠だ。ただし普通のフレアにともなうカスプはもっとX線が強い。普通の人はこんなX線の弱い現象では異変と考えない。私は元々理論家で、しかもリコネクション理論の信望者だったから、

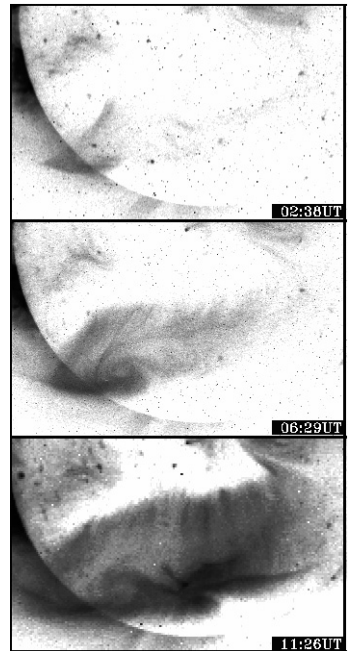


図1 1994年4月14日の巨大アーケード(ようこう軟X線望遠鏡による)。図はネガ。(McAllister et al, 1996)

X線が弱くてもカスプを見つけただけで、異変が起きたと思った。巨大なプラズマの塊が太陽から宇宙空間に飛び出した可能性があるかと直感し、それを電子メールに書いたのである。数時間すると巨大なカスプはどんどん大きくなり、10 時間後には太陽の南半球を覆うくらいに大きくなった。しかし X 線は弱いので、従来の X 線観測に基づく予報では「太陽は静かなまま」だ。1週間後、内之浦の運用当番を終え、東京に戻ると、ようこうチームの米国側のリーダーのアクトンさんが「柴田さん、素晴らしい仕事おめでとう。」というのではないか。しばらく何のことかわからなかったが、良く聞くと、私の電子メールを受け取った人が、これは大磁気嵐につながるかもしれないと考えて、米国シカゴの電力会社に通報したら、2 日後に本当に大磁気嵐が起きたのだという。しかし事前通報があったので1台数億円もする変圧器がこわれずに済み、シカゴの電力会社は数億円の被害が未然に防げたと米国政府に大層感謝したらしい。それが米国政府から NASA へ、NASA からようこうチームへと話(感謝)が伝わり、最後に私がアクトンさんからいたく感謝された、というわけだ。私にとってこれは嬉しいと同時に、ちょっとした衝撃であった。純粋科学を研究しているつもりが、社会と密接に関わっていることを知ったからである。

もともと私の専門は太陽研究を基礎にした宇宙の爆発現象の研究である。何十億光年かなたの活動銀河の中心核で起きている謎の大爆発を解明したい、というのが 30 年以上昔、大学に入りたての頃の私の青春の夢であった。活動銀河の中心核はあまりにも遠いので生きているうちに観測で解明するのは困難だろう、それなら理論でせまろう、それも急がば回れで、まずは身近な太陽の爆発を解明すれば活動銀河の謎を解明するヒントが見つかるのではないかと、というわけで太陽の研究を始めたのである。その頃は太陽が地球にこんなにすごい影響を与えているとは思ってもよらなかった。地球には全く関心が無かった。それが、このような劇的な形で、太陽が地球に甚大な影響を与えていることを知ったのである。のみならず、基礎科学としての太陽観測データでも社会の被害を未然に防ぐのに役立つことができることを理解したのである。それ以来、私は一太陽研究者として社会的責任を負っていると感じるようになった。太陽の爆発(フレア)の解明は宇宙の謎の解明に役立つだけでなく、地球で起きている被害を防ぐにも役立つからである。宇宙の謎解きのロマンに憧れて研究に邁進した行き着き先が社会的責任の自覚とは、人生とはおもしろいと思わざるを得ない。

そんなわけで、現在の私は国際的には CAWSES (Climate And Weather of

the Sun-Earth System = 太陽地球系の気候と天気)国際共同研究プロジェクトの宇宙天気委員会の委員長 (co-chair) をつとめるかわら, 国内では学術創成研究「宇宙天気予報の基礎研究」(平成 17 年より 5 年計画) の代表者をつとめている。従来あまり交流のなかった太陽分野と地球分野の研究交流を推進しつつ, 太陽面爆発 (フレア) の発生機構を解明することによって, より確かな宇宙天気予報ができるようにしたいと, 日本全国の太陽-地球分野の仲間たちと日夜奮闘中の今日この頃である。(図2に宇宙天気現象の概念図を示す)

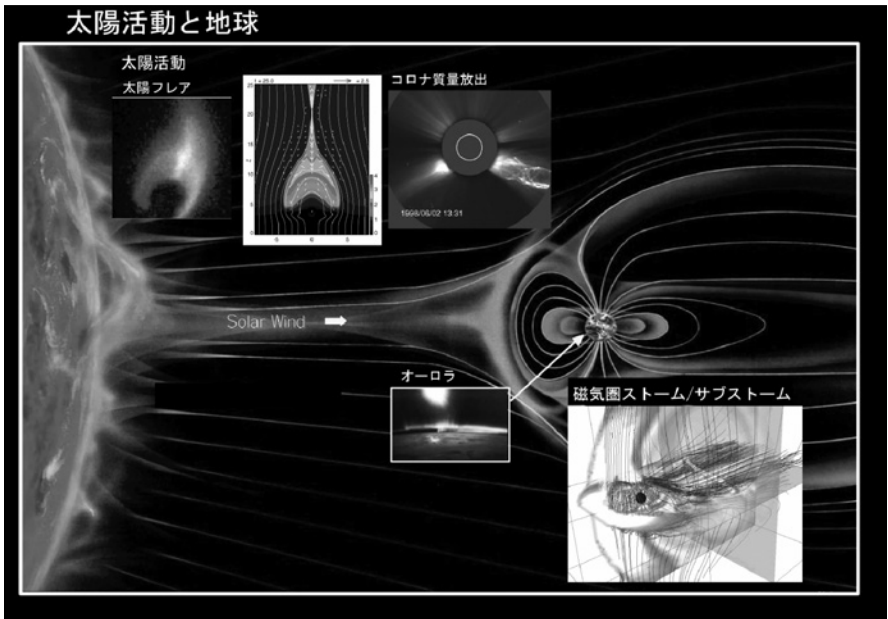


図2 宇宙天気予報の研究対象の概念図。太陽フレア・コロナ質量放出の結果, 地磁気嵐 (ストーム) が起こり, 様々な被害が発生する。それを未然に防ぐために宇宙天気予報が必要であり, そのためには, これらの現象の解明が不可欠である。(上出洋介氏作成の原図に横山央明氏, 荻野竜樹氏, ISAS, NASA 提供の挿入図を追加。)

この原稿は, 岩波書店の雑誌『科学』第 77 巻第 2 号 (2007) の特集「太陽系の新しい常識」用に執筆した原稿のオリジナル版である。実際に岩波『科学』に出たのは, これの半分程度 (図は無し) で, 文章改訂などの編集を経た上で, 2007 年 2 月号 169-170 ページに掲載された。本原稿は岩波『科学』編集部田中太郎氏の了解を得て, オリジナル版に掲載したものである。