

### 3.7.3 電磁波計測研究所 宇宙環境インフォマティクス研究室

研究室長 石井 守 ほか17名

#### 太陽活動極大に向け、1,000年に一度のフレアにも対応を目指す

##### 【概要】

太陽の活動は、約11年の周期で変動しており、現在の周期（第24周期）は平成25年5月頃にピークを迎えると言われている。その一方で第24周期はこれまでにない低調な推移を示しており、その動向が注目されている。

太陽の活動は人類の活動に大きく影響を与えている。太陽は核融合により約46億年の長きにわたり輝き続けている。この天然の核融合炉に対して地球は2つの強固な防護壁を持っている。1つは磁気圏と呼ばれる地球の持つ磁場であり、これが太陽から来る太陽風と呼ばれる電気を帯びた高温の気体が地球表面に届くのを防いでいる。もう1つは地球の大気（超高層大気）であり、X線や紫外線が地表に届くのを防いでいる。これら2つのバリアが太陽活動から生命を守っている。

しかし、太陽活動の状態によっては、このバリアをすり抜け、その一部が地球近くにまで到達することがある。これにより主に影響を受けるのは、気象や通信・放送などで今や社会インフラとして不可欠な人工衛星の運用や、電波の利用などである。特に、近年カーナビや携帯端末などで利用が拡大している、GPSなどの人工衛星による測位に誤差が生じたり、利用ができなくなるなどの不具合が生じることが知られている。

宇宙天気予報とは、太陽からの光や電波、高温の大気、そのバリアとなる地球の磁気圏や超高層大気の状態、および人工衛星や地上の通信・放送インフラへの影響を実況し、予報するものであり、その情報は多くのユーザーに利用されている。

宇宙環境インフォマティクス研究室は、宇宙天気予報を定常業務として配信しているほか、その予報精度の向上を目的として研究開発を行っている。

##### 【平成24年度の成果】

NICTでは、短波通信の安定運用を目的とした超高層大気の監視と研究を長年にわたり行ってきた。電離圏と呼ばれる高度60-1,000kmの電気を帯びた大気は、短波帯の電波を反射したり、人工衛星からの電波を遅らせたりする性質を持つため、人類活動への影響が大きい宇宙天気の領域である。近年、衛星通信や衛星測位の利用が盛んになってからは、人工衛星の運用の安定化を視野に入れて、監視・予報する宇宙天気の領域を広げてきた。

以下、宇宙天気予報を3つのカテゴリに分けて説明する。

#### 1. 太陽監視

太陽の観測は長らく地上から可視光（人が見ることのできる波長の光）を使った望遠鏡による光学観測が行われてきた。しかしこの方法では天気が悪いと観測できないことがあるため、近年では太陽から出される電波を地上で観測する方法と、人工衛星による観測がもっぱら使われている。平成24年度は、平磯太陽観測施設で稼働している太陽電波観測装置の補正予算による更新が決定し、平成25年度中の完成に向けて作業を進めている。

#### 2. 太陽風監視

第2番目のカテゴリとして、太陽と地球の間で重力の釣りあう点（ラグランジュ点）に浮かぶ探査機“ACE”による太陽風の直接観測を行っている。ACEでは太陽風の速さ、濃さ、温度とともに磁場の向きと強さを観測し、太陽風が地球に到達するおよそ1時間前に地上にその情報を送っている。NICTは平成



図1 静止軌道上の電磁環境を経験モデルを用いて予測し、衛星帯電など障害を引き起こす危険性を検証するモデルを開発。数日先までの予測を行うモデルを開発。従来のモデルよりも高い予測精度が得られることを確認。Webによる外部への情報公開を開始。本予測情報はJAXAへ提供。

9年からACEの受信を国際協力のもとに行っているが、平成24年度の補正予算により、この受信システム更新が決定され、平成25年度の完成に向けて準備している。

### 3. インフラへの影響監視

最後に第3のカテゴリとして、実際にインフラに影響を与える領域の監視を行っている。1つは静止衛星の軌道上の電磁環境監視である。平成24年度には、静止軌道上の電磁環境を経験モデルにより推測し、衛星帯電など障害を引き起こす危険性を数日先まで予測可能なモデルを開発し（図1）、Webによる外部への情報公開を開始した。また、地上の通信・放送や衛星測位に影響を与える電離圏擾乱を把握するため、以下の2点を進めた。（1）国内の定常観測として稚内・国分寺・山川・沖縄の4地点で行っている観測の装置の更新検討を開始、平成25年度中にまず国分寺の装置の更新に着手することを目指している。新しい装置では受信される信号の偏波を考慮した観測が可能となり、これにより観測量をリアルタイムで計算し予報モデルに入力が可能になると期待される。（2）衛星測位による電離圏擾乱の推定について以下の研究を行った。電離圏擾乱は衛星測位に影響を与えるが、2周波の受信機を用いることでこの衛星から受信機までの伝搬経路上の全電子数（TEC）を推定することが出来る。これまでは、国土地理院が整備したGEONETを使った国内を中心とした変動を準リアルタイムで計算してきたが、平成24年度には欧米などのデータも加え、地球全体のTECの変動が得られるようになった（図2）。これを支えたのが、多点のデータを効率的に収集するクロウリング技術と、得られたデータを可視化する技術である。

平成23年の東日本大震災以来、様々な分野において“想定外”の現象（極端現象）についても対処可能であるべきとの議論が活発になり、宇宙天気分野においても「1,000年に一度のスーパーフレアとそれに伴う社会生活への影響」への対応が議論されている。当研究室では平成24年にスーパーコンピュータの更新を行い、従来機に比べて約100倍の速さの性能を持つものになった。この新型機を使い、これまで開発してきた太陽から地球の磁気圏までのシミュレーションコードをより精緻化し、極端現象の計算にも耐え得るものにする開発を進めている（図3）。また、新たに地上から電離圏までのシミュレーションコードを開発、地上の気象などの影響を受ける電離圏の現象を再現することに成功した。将来的にはこれらを1つのものに統合し、極端現象が生活インフラに与える影響を正確に把握することにより、必要十分な体制の整備に寄与したい。

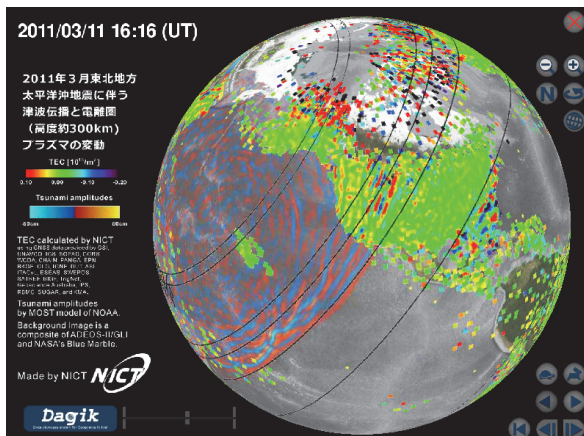


図2 全球高解像度 TEC データ及び津波シミュレーションデータを利用した地震後の電離圏変動の研究。2011年3月11日東北地震後に観測された電離圏変動のうち、伝搬速度が遅い同心円状の波は、伝搬する津波波面に励起された大気重力波によるものであることが、全球 TEC 観測及びシミュレーション結果から明らかになった。

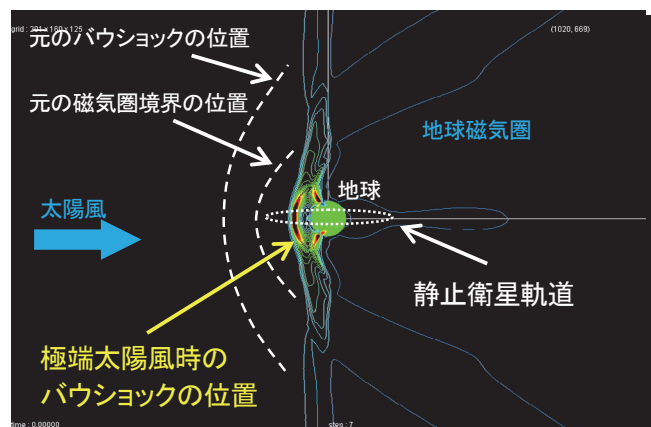


図3 極端太陽風のもとでの地球磁気圏シミュレーション。静止軌道衛星が、極端太陽風のもとでは磁気圏を飛び出し、直接太陽風にさらされる状況になり得ることが示された。図のカラーは圧力を意味する。