

太陽活動による宇宙天気災害のリスク Risk of Space Weather Disasters due to Solar Activities

○浅井朋彦¹, 関太一², 佐々木真³*Tomohiko Asai¹, Taichi Seki², Makoto Sasaki³

The risks posed by solar activity has been discussed and presented, The impacts of solar events such as solar flares and coronal math ejection cause severe space weather disasters through geomagnetic storm. As evidenced by historical events and recent damages to satellites, improved prediction and infrastructure resilience are urgent issues. The experimental study on the nonlinear processes in magnetic reconnection, which is one of the essential issue to improve the accuracy of weather forecasting has been conducted.

太陽のコロナ中には磁場によって保持された約100万度のプラズマ領域 — 彩層があり, 巨大な磁気エネルギーを貯蔵している。このエネルギーが突然放出される現象に太陽フレアやコロナ質量放出(CME)がある。太陽フレアが生じると短時間に 10^{25} J のオーダーの莫大なエネルギーが放出される。これは日本国内で1年間に消費される電力の100万倍に相当する。10億トンにもなるプラズマの塊が放出されるCMEでは, 太陽風の速度は秒速800km程度まで上昇し強い衝撃波を伴う。いずれも美しいオーロラを引き起こすと同時に, 地球磁気圏に磁気嵐を発生させる。

1859年のCarrington Eventで生じた磁気嵐は, Dst (Disturbance Storm-Time Index) ~ -1760 nTにも達し, 和歌山県でもオーロラが観測されたとの記録が残されている。現在同規模の磁気嵐が発生すれば, 航空機や衛星, 通信, 電力網などが全地球的規模で障害を受ける「激甚宇宙天気災害」が発生, その被害総額は米国内のみでも2.6兆ドルとも試算されている[1]。同クラスの巨大フレア(推定Dst ~ -1182 nT)は2012年7月にも発生しており, この時は幸い地球から見て太陽の裏面で発生したが, 2週間早く発生していれば地球に甚大な被害があったとされる。Carrington Event規模の磁気嵐が10年以内に発生する確率を12%とする研究もあり[2], 地球規模の激甚災害を引き起こす可能性と鑑みると, その対策は火急の課題である。

近年発生した被害としては, 2022年にスペースXが打ち上げた多数の人工衛星が機能停止に陥った事象が知られている。このケースでは, 1月29日にCMEの発生が確認され, 翌日には2月1-2日に地球

に到達, 磁気嵐が生じるとの予報が配信された。2月1日にNASAの太陽探査衛星DSCOVRが衝撃波を観測, 3日(3時UT)に磁気嵐が発生したが, スペースXの衛星はその後18時UTに打ち上げられ, 49基のうち40基以上が運用高度へ移動できず大気圏に再突入された。磁気嵐による衛星の被害としては過去最大とされている。

このような太陽活動による宇宙天気災害への対応には, インフラの適切な設計に加え, 太陽フレアやCMEの発生・影響の予測が必要である。しかし, 磁気嵐の影響を受けるインフラが膨大で施設側の対策は困難である現代においては, 既存インフラへのリスクアセスメントと同時に, 予測精度の向上が現実的な対策となる。

太陽活動はおよそ11年の周期で変動し, 太陽活動の次回ピークは2025年頃と予想され世界各国で警戒が高まっているが, 上記の事例のように被害の回避にはより精度の高い長期的な予測が必須である。日本では総務省を中心に宇宙天気予報の精度向上へ向けた対策が進められているが, 太陽フレアの発生機構や地球放射線帯における粒子加速機構の理解など学術的課題も多数残されている。

当研究グループでは, 磁気エネルギーの開放の起因とされる磁気リコネクション現象について, コロナループなどで生じる非線形な突発のプロセスを実験室内で再現, 観測を行うことでそのメカニズムや前兆現象などについて検証している。しかし, 前述の通り宇宙天気災害への対策に必要な課題は多岐に亘り, 当ソサイエティにおいてもそのリスクの理解や対策について取り組みが必要である。

謝辞: 本研究は日本大学特別研究の助成を受けたものである。

参考文献

[1] N. Homeier et al.: “Solar storm risk to the north American electric grid” Risk reports by Lloyd's and the Atmospheric and Environmental Research, Inc., 2013.

[2] P. Riley: “On the probability of occurrence of extreme spaceweather events”, Space Weather, Vol.10, S02012, doi:10.1029/2011SW000734, 2012.