

宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会
宇宙天気の警報基準に関するWG
について

国立研究開発法人情報通信研究機構
電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター
宇宙環境研究室 津川 卓也

宇宙天気警報基準に関するWG

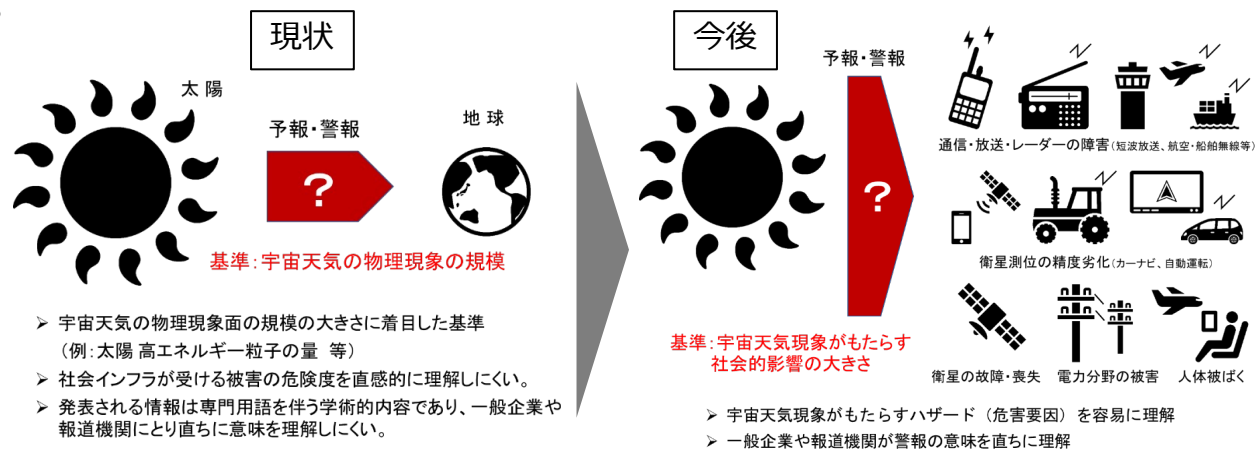
- 2022年1月より総務省「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会」開催、宇宙天気予報に関して分野横断的に国家としての観測・分析能力や対処の在り方等を検討。
https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/space_weather/index.html
- 本検討会の元に設置された「宇宙天気の警報基準に関するWG」**において、「通信・放送」「測位」「衛星運用」「電力」「航空機人体被ばく」の分野について、宇宙天気がもたらす**社会的影響の大きさも考慮した新たな宇宙天気の警報の種類・閾値**、及び**極端な宇宙天気現象がもたらす最悪シナリオ**について検討。

社会的影響を考慮した新たな予報・警報基準の導入

- 宇宙天気予報の目的は、ハザードを把握・予測することにより社会インフラにもたらされるリスクを軽減すること。
- このため、地震・津波における「マグニチュード」と「震度・津波警報」の関係と同様、宇宙天気の物理現象の規模に関するものだけでなく、社会インフラのリスク（被害）に着目した予報・警報も必要。

- 5分野17のカテゴリを設定し、内12について閾値を策定した。

- 通信・放送・レーダー障害
- 衛星測位精度劣化
- 衛星の故障
- 電力分野の障害
- 人体被ばく



新たな基準検討の基本方針

新たな基準検討の基本方針

【背景】

- 科研費新学術領域研究 太陽地球圏環境予測 (PSTEP) (2015-2019) で取りまとめられた報告書「科学提言のための宇宙天気現象の社会への影響評価」(以下、「PSTEP報告書」)では、ユーザーヒアリングも広く実施され、宇宙天気現象の規模・頻度と各分野における社会的影響の大きさの紐づけ(宇宙天気の影響マトリクスの作成)がされた。

【基本方針】

- 社会的影響の大きさも基準とした予報・警報の種類・閾値の作成について、「通信・放送」「測位」「衛星運用」「電力」「航空機人体被ばく」の各分野毎に会合を実施し、以下の手順で検討を進めた。
 - PSTEP報告書をベースとして、マトリクスの閾値を頻度から物理量に直して社会的影響の可能性を検討し、運用として予報・警報を発令する意味があるもの、技術的に発令が可能なものを取捨選択する。新たな閾値が必要であれば再設定する。
 - ICAO宇宙天気スケールや、米国・英国等の戦略文書等も参考に、国外との整合性も考慮する。
 - 検討したスケールについて、WG・検討会・宇宙天気ユーザー協議会のメンバー等、各分野のユーザーヒアリングを行い、その有効性や予警報の粒度・段階について検証する。予警報のタイミング等についても検討する。

宇宙天気の警報基準に関するWG概要

メンバー

※各分野会合は分野外のメンバーの参加や、必要に応じて外部の有識者の参加も可能とした。

氏名 (敬称略)	所属	担当
津川 卓也	情報通信研究機構電磁波研究所	リーダー
久保 勇樹	情報通信研究機構電磁波研究所	サブリーダー
石井 守	情報通信研究機構電磁波研究所	サブリーダー
陣 英克	情報通信研究機構電磁波研究所	通信・放送
齋藤 享	電子航法研究所	通信・放送/測位
前田 隼	北海道大学附属図書館	通信・放送
西岡 未知	情報通信研究機構電磁波研究所	測位
岩本 貴司	三菱電機株式会社 先端技術総合研究所	測位
金田 知剛	日本電気株式会社	測位
佐藤 一敏	三菱電機株式会社	測位
前田 剛	内閣府準天頂衛星システム戦略室	測位
岸本 統久	内閣府準天頂衛星システム戦略室	測位
今給黎 哲郎	内閣府準天頂衛星システム戦略室	測位
長妻 努	情報通信研究機構電磁波研究所	衛星運用
坂口 歌織	情報通信研究機構電磁波研究所	衛星運用
木本 雄吾	宇宙航空研究開発機構	衛星運用
國母 隆一	株式会社アクセルスペース	衛星運用
玉置 晋	宇宙技術開発株式会社	衛星運用
中溝 葵	情報通信研究機構電磁波研究所	電力
海老原 祐輔	京都大学 生存圏研究所	電力
塩田 大幸	情報通信研究機構電磁波研究所	航空機人体被ばく
佐藤 達彦	日本原子力研究開発機構	航空機人体被ばく
西塚 直人	情報通信研究機構電磁波研究所	
齊田 季実治	一般社団法人ABLab	
山口 真吾	総務省国際戦略局宇宙通信政策課	
小林 伸司	総務省国際戦略局宇宙通信政策課	
菅野 剛	総務省国際戦略局宇宙通信政策課	

会合日時 (2022年 20回のリモート会議開催)

- 全体：第1回 1/24、第2回 3/17、第3回 4/6
- 通信・放送分野：第1回 1/31、第2回 3/4
- 測位分野：第1回 2/7、第2回 2/10、第3回 2/17、第4回 2/24、第5回 3/17、第6回 3/23
- 衛星運用分野：第1回 2/7、第2回 3/7、第3回 3/14、第4回 4/1、第5回 4/5
- 電力分野：第1回 2/4、第2回 2/16
- 航空機人体被ばく分野：第1回 2/4、第2回 2/21

最悪シナリオの想定手法

- 100年に1回程度の頻度で発生する極端な宇宙天気現象（いわゆるエクストリーム・イベント）について、我が国が受ける被害の全体像（様相）を明らかにすることにより、社会インフラにおける対策の必要性を関係企業等に周知するとともに、産学官による対策の企画立案の基礎資料とすることを目的として起こり得る最悪シナリオを検討した。
- 過去の大規模イベントにおける状況や最新の学術研究、海外における同種の被害想定等を踏まえて策定した。
- エクストリーム・イベントの発生時に我が国において発生し得る最悪の被害の様相を以下のそれぞれの社会インフラの分野に分けて、被害の発生直後から2週間後までの被害の様相をとりまとめた。
 - 通信・放送・レーダー
 - 衛星測位
 - 衛星運用
 - 航空運用
 - 電力分野
- 一部の分野においては、社会インフラが被害を受けたことで発生する社会インフラの利用者側の影響も想定した。

観測史上最大の巨大太陽フレアの影響

ScienceDaily®

Your source for the latest research news

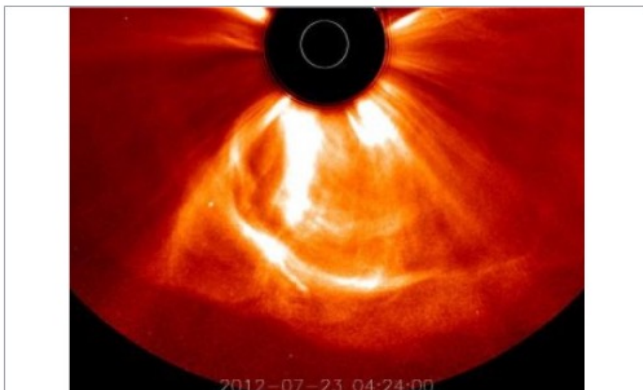
Fierce 2012 magnetic storm just missed us: Earth dodged huge magnetic bullet from the sun

Date: March 18, 2014

Source: University of California - Berkeley

Earth dodged a huge magnetic bullet from the sun on July 23, 2012.

According to University of California, Berkeley, and Chinese researchers, a rapid succession of coronal mass ejections -- the most intense eruptions on the sun -- sent a pulse of magnetized plasma barreling into space and through Earth's orbit. Had the eruption come nine days earlier, it would have hit Earth.



- 記録上最大の宇宙天気現象：
キャリントンイベント (1859年9月)
→ 電信線の帯電、電信オフィス発火
- 2012年7月には、キャリントン級の太陽フレアが発生
- 運良く地球の方向を外れたため、影響はなかった

キャリントン級太陽フレアの 経済的損失の試算

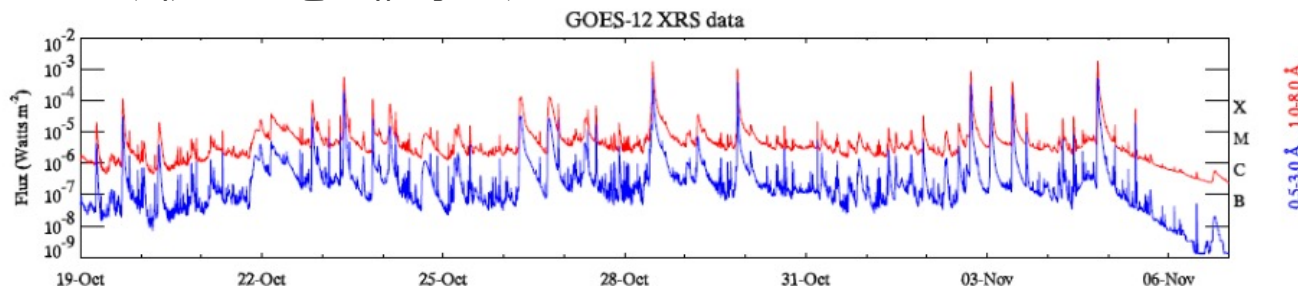
領域	被害推定額 (兆円)
米国、カナダ	12.8~16.4
スカンジナビア、 英国	2.9~3.7
独・仏・伊・スイ ス・ オーストリア	7.4~9.5
欧州全体	10.2~13.2
日本	4.1~5.3
豪州	0.7~1.0

Reference: SWISS Re, Space Weather Workshop
2014, April 8-11, 2014, Boulder US.

- 東日本大震災 (10~25兆円)
に匹敵。

想定に用いた前提条件

- ① 100年に1回またはそれ以下の頻度で発生する極端な宇宙天気現象（いわゆるエクストリーム・イベント）がもたらす被害を想定した。
- ② 2週間にわたりX10クラス以上の太陽フレアが連続して発生し、そのうち最大のものはキャリントン・イベントを超えて太陽電波バースト、デリンジャー現象、電離圏嵐、プラズマバブルが継続的に発生し、電離圏D領域の異常電離およびF領域のじょう乱が2週間にわたり継続するケースを推定した。
- ③ この期間においてGNSS（全球測位衛星システム）からの電波がGPS L1 周波数の遅延量（疑似距離）として最大37m遅延するような電離圏状態が2週間発生しているものとした。
- ④ 10MeV以上の高エネルギー陽子のフラックスが10,000PFU以上の状態が2週間にわたり断続的に、または100,000PFU以上の状態が数日間継続的に発生するものとした。
- ⑤ この期間の太陽フレアの影響が地球を直撃し、大規模な地磁気嵐が2週間にわたり断続的に発生、そのうち最大のものはキャリントン・イベントを超え、最大500Aの自然電流が2週間にわたり断続的に電力網等に流れるものとした。

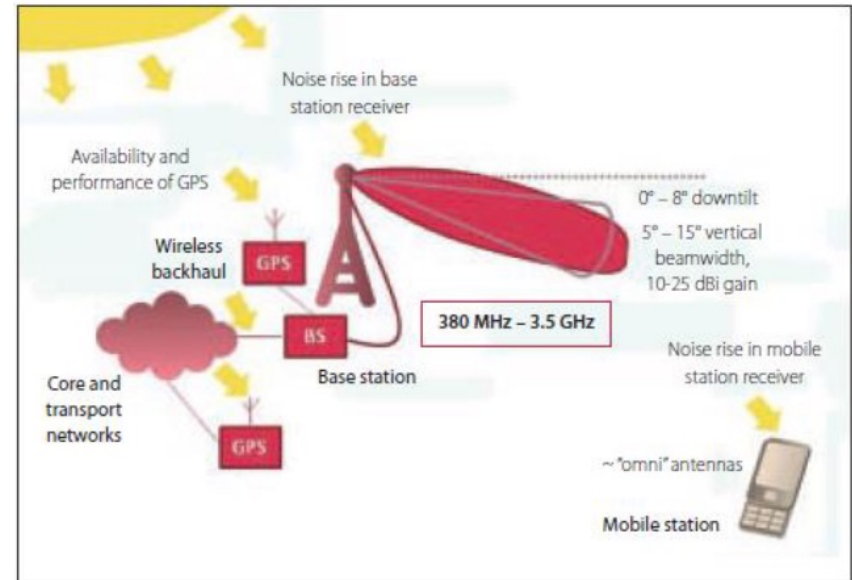


2003年10–11月Halloween eventにおいてGOES衛星が静止軌道上で観測したX線フラックス変動。本イベントでは、Xクラスフレアが2週間程度断続的に発生した。[Weaver, Michael, Halloween space weather storms of 2003, NOAA technical memorandum OAR SEC-88, 2004, <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/19648>]

極端な宇宙天気現象がもたらす最悪シナリオ

最悪シナリオ【抜粋】

- 通信・放送が2週間断続的に途絶し、社会経済に混乱。携帯電話も一部でサービス停止
- 衛星測位の精度に最大数十メートルの誤差（ずれ）が発生。ドローン等の衝突事故が発生
- 多くの衛星に障害が発生。そのうち相当数の衛星が喪失。衛星を用いたサービスが停止
- 航空機や船舶は世界的に運航見合わせが発生。運行スケジュールや計画に大幅な乱れ
- 耐性のない電力インフラにおいて広域停電が発生



携帯電話に対する障害発生メカニズム

https://raeng.org.uk/media/lz2fs5ql/space_weather_full_report_final.pdf