

総務省「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会」報告 —「文明進化型の災害」に対応した安心・安全な社会経済の実現に向けて—



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長 いしい まもる
「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会」座長代理 石井 守

1. はじめに

太陽活動による地球近傍宇宙の変動「宇宙天気」は、頻度は小さいながらも甚大な被害を我々の社会にもたらす可能性がある。総務省では、2022年1月より10回にわたり「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会」を開催し、6月にその報告書をまとめた。本稿ではその活動について報告する。

2. 背景

宇宙天気とは、主に太陽活動を源として変動する地球近傍宇宙の状況を意味する。ほぼ11年周期で変動している太陽活動は現在第25期と呼ばれる周期に入り、2025年ごろに極大を迎えると予想されている。規模の大きな宇宙天気現象は社会に大きな被害を及ぼす可能性がある。最近の被害例としては、衛星コンステレーションによりグローバルなインターネット接続サービスを提供している米国SpaceX社の例が挙げられる。同社は2022年2月、ケネディ宇宙センター（フロリダ州）から49機のStarlink衛星を地球低軌

道に打ち上げたものの、地磁気嵐によって密度が増した大気による抵抗を受け、そのうちの40機が大気圏に再突入し喪失したと発表している^[1]。

これらの宇宙天気災害については、国際的には国家あるいは国際機関のレベルでの検討が進められている。国連防災機関（UNDRR）と国際学術会議（ISC）は近年、宇宙天気を「対処すべき災害」の一つに位置付ける（図1）とともに、主要国では宇宙天気現象に関する国家戦略を相次いで発表している^[2]。

我が国においては、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）が太陽活動や電離圏・磁気圏を観測・分析し、24時間365日の有人運用による「宇宙天気予報」を関係機関に提供している。宇宙天気予報は、社会経済の安全・安心に直結する業務であり、社会インフラの安定運用に責任を持つ企業に不可欠なサービスとして重要性が高まりつつある。

これらの状況を踏まえ、総務省では「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会」（以下、検討会）を2022年1月より開催し、宇宙天気のリスクに対する国家の対処能力を高めるため、観測・分析・予測・警報の強化の在り方等を検討した^[3]。

3. 検討会の概要

検討会は2022年1月12日に第1回が開催され、6月までに全10回の議論を行った。座長は名古屋大学宇宙地球環境研究所の草野完也所長、座長代理として筆者が務めた。構成員は宇宙天気の関連する大学・研究機関及び民間の各事業者が参画したほか、オブザーバーとして関係府省が参加した。

また、報告書における大きな検討課題である「宇宙天気の警報基準」については、情報通信研究機構宇宙環境研究室の津川卓也室長がリーダーとなり、「宇宙天気の警報基準に関するWG」を設置して集中的に議論を進めた。

4. 検討会報告書の概要

検討会で議論された内容については2022年4月12日に骨子案、同26日に報告書案が提示され、5月12日よりパブリッ



■ 図1. 国連防災機関（UNDRR）の報告書（左上）防災リスト（2020）、（右上）情報プロフィール、（下）宇宙天気関連のリスト。上から磁気嵐、電離圏嵐、無線ブラックアウト、太陽嵐

クコメントの募集を行った。

これらの検討の結果、6月21日の検討会で確定版が発表された。

報告書の特筆すべき点として以下の2点がある。

①最悪シナリオの検討

100年に1度以下の頻度で発生する極端な宇宙天気現象について、我が国が受ける被害の全体像を明らかにする試みである。

発生する現象としては以下を想定した。

- 最大キャリントン・イベントを超える太陽フレアが2週間にわたり継続
- 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
- 電離圏D領域の異常電離及びF領域のじょう乱が2週間にわたり継続

上記において、「通信・放送・レーダー」「衛星測位」「衛星運用」「航空運用」「電力分野」のそれぞれの社会インフラの分野に分けて被害の様相を取りまとめた。その結果の抜粋は以下のとおりである。

- 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

②社会影響を考慮した新たな警報基準の検討

これまでの宇宙天気に関する予警報は現象の規模に着目した基準となっている。一方、宇宙天気予報の利用者が具体的な対応を判断するためには社会的影響を基準とする



- 宇宙天気の物理現象面の規模の大きさに着目した基準（例：太陽 高エネルギー粒子の量 等）
- 社会インフラが受ける被害の危険度を直感的に理解しにくい。
- 発表される情報は専門用語を伴う学術的内容であり、一般企業や報道機関にとり直ちに意味を理解しにくい。

■ 図2. 現状の宇宙天気予報のコンセプト



- 宇宙天気現象がもたらすハザード（危害要因）を容易に理解
- 一般企業や報道機関が警報の意味を直ちに理解

■ 図3. 今後求められる宇宙天気予報のコンセプト

情報が提供される必要があることから、新たな警報基準を検討した。5分野で計17種類の予報・警報のカテゴリを設定し、内12種類について基準の閾値を策定した。

5. 提言

このような国家レベルの危機に対して報告書では、以下の点についての提言を示している。

【今後の観測・分析・予報の在り方】

- 宇宙天気予報の基礎はセンサーを用いた観測活動にあることから、NICTは観測センサーの充実・強化を推進すべき。
- 学術研究との連携による観測データの交換・共有を推進すべき。
- NICTは、引き続き、電離圏や太陽活動等の観測・分析システムの更なる高度化を推進すべき。

【警報に関する体制強化】

- 宇宙天気現象のリスクに対して企業等が迅速かつ効果的に対策を実施できるようにするため、NICTが予報・警報を確実に発表していくことが必要。
- 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・警報も併せて行っていくことが求められる。

【社会インフラへの影響と効果的な対処】

- 太陽活動によってひとたび大規模な宇宙天気現象が発生した場合には、「文明進化型の災害」として社会経済に多大な被害をもたらすおそれがある。
- 我が国は、国、関係企業・関係団体、学术界等が、安全・安心な社会経済の実現に向けて宇宙天気に関するリスクを理解し、効果的な対策を講じていくべき。
- このためには、後述の宇宙天気現象への災害対策基本法の適用を含め、国家全体として危機管理にあたるべき。



- 時間軸及びグローバル化の観点において我々の取組みが持続可能であることが重要であり、そのためにも確固とした産学官の連携体制を整えるべき。

【学術研究の強化、人材とコミュニティの強化、国際連携の強化】

- 前述の学術研究が抱える課題に対しては、宇宙天気現象の全体像を解明していくイニシアチブが必要。
- 学術研究の最終ゴールは、宇宙天気現象に対する安全・安心を確保してレジリエントな社会を構築することにあるため、産学官連携によって関連研究への取組みが強化されるべき。
- 学術研究においては、それぞれの研究者の独立性・自律性が尊重されるべきものであることから、国家として取り組むべき重要課題や産学官連携研究においては国や産業界からの支援策を設けることで、それらの課題への学術研究を促進するべき。
- 宇宙天気現象がもたらすリスクへの産業界等の認知度は低く、「宇宙天気」に関する科学的リテラシーを高めていく必要がある。
- 宇宙天気現象がもたらす被害と国民生活への影響に関するメカニズムについて、それらを他人に分かりやすく説明することが必要となる。
- このため、新たに「宇宙天気予報士」に関する民間の資格制度を創設することにより、宇宙天気に関して一定の学力や能力を持つ人材が様々な分野で活躍できる仕組みを作るべき。
- 高精度な宇宙天気予報を実現するためには、より高密度な観測結果をリアルタイムで収集するため、新たなパートナー国の開拓を進めることにより、我が国として必要な観測データの交換・共有体制を強化するべき。
- 観測データの効果的な交換を実現するため、我が国はデータ・予報業務等の国際標準化に取り組むべき。
- 相手国によっては適切なキャパシティ・ビルディングが不可欠であることから、国際協力を通じて相手国とのパートナーシップ強化に努めるべき。

【NICTに期待される役割】

- NICTは、宇宙天気予報に関する定常業務に加え、高いレベルの研究者を中核とした世界トップレベルの研究拠点を形成し、宇宙天気分野の観測・分析・予報を強化、国立研究開発法人としての役割を果たしていくべき。
- 研究者が腰を据えて研究に取り組める環境を整えつつ、学術界や産業界、国際社会との連携を維持することによ

り、長期的な観点で成果を創出する体制を整えるべき。

- 国内における宇宙天気研究のハブ拠点として、学術研究支援、学識者・有識者のネットワーク化、研究者の交流支援、学術界と産業界の橋渡し、若手研究人材の育成を推進するべき。
- 大学・企業・研究機関との共同研究を更に強化することで、社会インフラへの影響研究や大型プロジェクトを戦略的に推進するべき。特に、産業界との連携を深めることで、宇宙天気現象の観測センサーネットワークを社会インフラ側にも充実させていくべき。

6. おわりに

極端宇宙天気による社会への影響については、米国をはじめ諸外国では2015年ごろから議論が活発化し、多くの報告書が発行されてきた^[4]。我が国では、2015-2019年に科研費新学術領域「太陽地球圏環境予測～我々が生きる宇宙の理解とその変動に対応する社会基盤の形成～」の枠組みにおいて「科学提言のための宇宙天気現象の社会への影響評価」を発表したが^[5]、今回の報告書はこの結果を踏まえて国から発信した初の提言である点が意義深い。

また、社会影響を基とした警報基準を検討したことは世界的に見ても初めての試みである。

本報告書は、現在得られる最新の知見をもって準備されたものであるが、宇宙天気研究及び予報技術は非常に速い速度で進化していることから、内容については不断の見直しと修正を行う必要がある。

参考文献

- [1] How a rather mundane space storm knocked out 40 SpaceX satellites, Kasha Patel, The Washington Post, <https://www.washingtonpost.com/weather/2022/02/12/spacex-starlink-explainer-storm-sun/>
- [2] Hazard Definition & Classification Review : Technical Report, International Science Council, <https://council.science/publications/hazards/>
- [3] 宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会 https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/space_weather/index.html
- [4] National Space Weather Strategy and action Plan, National Science & technology Council, March 2019 <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2019/03/National-Space-Weather-Strategy-and-Action-Plan-2019.pdf>
- [5] 科学提言のための宇宙天気現象の社会への影響評価 <https://www2.nict.go.jp/spe/benchmark/>