

レポート

太陽フレア・宇宙天気を踏まえたレジリエンス戦略 ～宇宙天気によるリスク・機会を起点とした戦略高度化の可能性～

イノベーション&インキュベーション部 プリンシパル/ストラテジック・フューチャリスト 木下祐輔

甚大な被害が予測されるにも関わらず、社会的な認知度が低い課題の一つに、「太陽フレアによる社会・産業・インフラへの影響(宇宙天気)」がある。地球と生命の歴史上、太陽フレアの影響は過去にも幾度となく受けてきているものの、現代ほど文明・社会インフラが発展していない頃の社会における影響・被害を、現代社会に当てはめて捉えることは難しい。ゆえに、巨大な太陽フレアが起こった場合の社会・産業への影響の洞察は重要である。

本レポートでは、「太陽フレアによる影響(宇宙天気)」の概要と巨大災害への懸念を踏まえ、未来洞察のアプローチから企業の対応の方向性や事業機会について論じる。

1. 巨大太陽フレアによってもたらされる未曾有の大災害

2022年4月、総務省が主催する「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会(第8回)」において、巨大太陽フレア(太陽表面における大爆発)による被害の最悪シナリオが情報通信研究機構(NICT)によって発表された。この中では、太陽フレアが発生した場合、人工衛星の損傷などをはじめとする宇宙空間における影響にとどまらず、地上の通信インフラ、電力インフラ、航空輸送などが途絶え、社会・産業に多大な影響を与えることが指摘されている。まさに「現代文明」といえるインフラ機能を無にし得る、「未曾有の大災害」のリスクである【図表1】。こういったリスクに向き合い、適切な策を講じる分野は「宇宙天気」と呼ばれている。

【図表1】巨大太陽フレア発生に伴う被害の最悪シナリオ

宇宙空間 への影響	人工衛星の損傷 ・機能低下	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 衛星の不具合・故障、または大幅な機能制限が余儀なくされ、衛星通信・衛星放送やリモートセンシングの利用が困難になる ✓ 気象衛星の利用制限などにより、天気予報の精度が低下する ✓ 衛星の軌道や太陽電池に影響を及ぼし、衛星寿命を低下させる
	携帯電話を含めた 無線通信の障害	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 防災行政無線、消防無線、警察無線、交通無線に支障をきたし、公共サービスの維持が困難になる ✓ 携帯電話回線の輻輳や通信断絶が発生し、緊急通報につながりづらくなる ✓ 衛星携帯電話回線にも支障をきたし、遭難事故などにおける救助要請が困難になる
	GPSの測位精度 の大幅低下	<ul style="list-style-type: none"> ✓ GPSによる測位に数十メートルの誤差が生じ、モビリティの安全運行ができなくなり事故が多発する ✓ 正常な運行管理が困難になり、物流などが滞り、産業・経済に影響を与える ✓ ナビアプリの利用が困難になり、フードデリバリーサービスも混乱する
地表付近 への影響	航空輸送への障害	<ul style="list-style-type: none"> ✓ GPSに頼らない運行が余儀なくされ、通常よりも減便・見合わせが多発する ✓ レーダーや航空無線の断絶が影響し、数時間単位の遅延が頻発する
	電力インフラ損傷 や大停電	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 対策を施していない電力インフラで故障・誤作動が発生し、広域停電が発生する ✓ 電力途絶・逼迫に伴い、社会経済や全産業が広範に影響を受ける

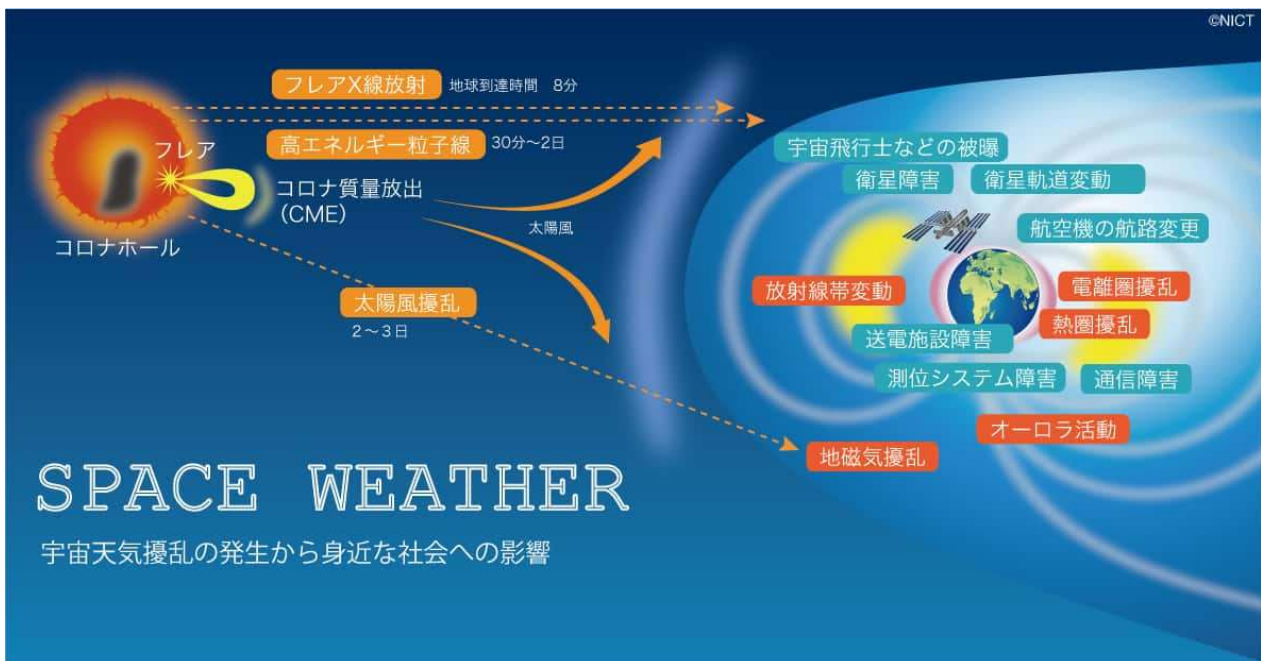
(出所) 情報通信研究機構(NICT)「宇宙天気の警報基準に関するWG 報告:最悪シナリオ」(2022年4月)
を参考に当社作成

2. 宇宙天気とは

一般に「天気」といえば、人類が生活する地球上の大気現象や日射の状況を指し、晴れ・曇り・雨・雪のような言葉で表される、われわれにとって身近な現象だ。一方、「宇宙天気」となると、途端に日常感がなくなるが、「天気」と同じような捉え方をして差し支えない。宇宙空間も地球大気のように変動していて、しばしば人類に被害をおよぼすような現象を引き起こす、ということである。

宇宙空間は、一般的な認識だと、無重力・真空力で空っぽの空間というイメージがあるだろう。しかし、実態としては、太陽や地球・月などの天体による重力が存在する上に、電気を帯びた希薄なガス(プラズマ)で満たされている。加えて、宇宙空間には太陽や地球による固有の磁場が存在し、その希薄なガスと複雑に相互作用する中で、劇的に変動している。宇宙天気は、これらを観測し、地球の環境への影響を予測することである【図表 2】。

【図表 2】宇宙天気の概要



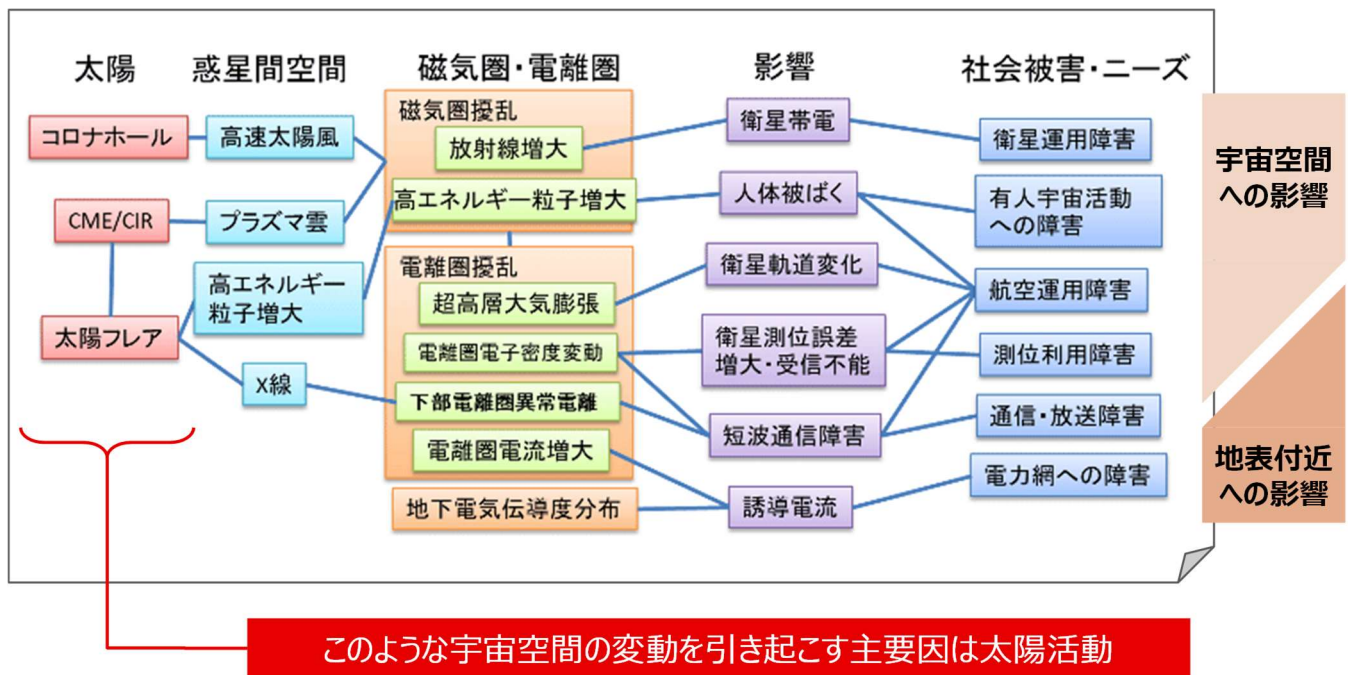
(出所) 情報通信研究機構 (NICT) HP

宇宙空間の変動の大きなきっかけとなるのが、本稿のタイトルにもある太陽フレアなどの太陽嵐である。太陽フレアとは、太陽表面で発生する爆発で、宇宙空間に莫大なエネルギーを放出する現象を指す。そのエネルギーは、遠く離れた地球にまで影響をおよぼすほどで、地球固有の磁場(地磁気)を激しく乱す「磁気嵐」などを引き起こす。「磁気嵐」が起こると、地球周辺の放射線量の急激な増加や、地球の超高層大気の膨張が起こる。これにより、人工衛星や国際宇宙ステーションに代表される宇宙機の故障や修復不可能な破壊、有人宇宙活動にあたる宇宙飛行士の被曝(ひばく)などのリスクにつながる。2003年10月に起きた巨大フレアの際には、多くの人工衛星が機能障害に陥り、そのうちいくつかは永久故障で運用停止に至った。また、2022年2月、イーロン・マスク氏の民間宇宙会社「スペースX」のインターネット衛星「スターリンク」が、打ち上げられた49基のうち、太陽フレアの影響で40基以上が機能不全に陥ったという出来事は記憶に新しい。

宇宙天気において重要視すべきは、太陽フレアの影響は宇宙空間においてだけでなく、地球上においても多大な影響を受けるという点だ。太陽フレアにより発生した強力な電磁波や、前述の「磁気嵐」に伴う電磁気学的現象により、

地球の超高層大気にじょう乱が起こることで、広域的な電波通信障害(デリンジャー現象)や、GPSの測位精度の悪化などが生じる。現在、放送・航空機・船舶などの重要な社会インフラに加え、ほぼ全ての機器が通信やGPSによって支えられているため、太陽フレアは地球上に重大な影響を与える可能性がある。さらに、「磁気嵐」による地磁気の変動が、ファラデーの法則で知られる電磁誘導により、長距離送電網に異常な電流を誘導することで、電力網が損傷し大規模停電につながるリスクもある。1989年3月に起きた巨大なフレアとそれによる「磁気嵐」の影響で、カナダのケベック州における電力網が機能停止し、9時間にわたって停電が続き、600万人もの人が影響を受けた。前述の電波通信障害と同様、現代社会における大規模停電による影響は計り知れない。

【図表 3】太陽フレアによる宇宙空間・地球への影響

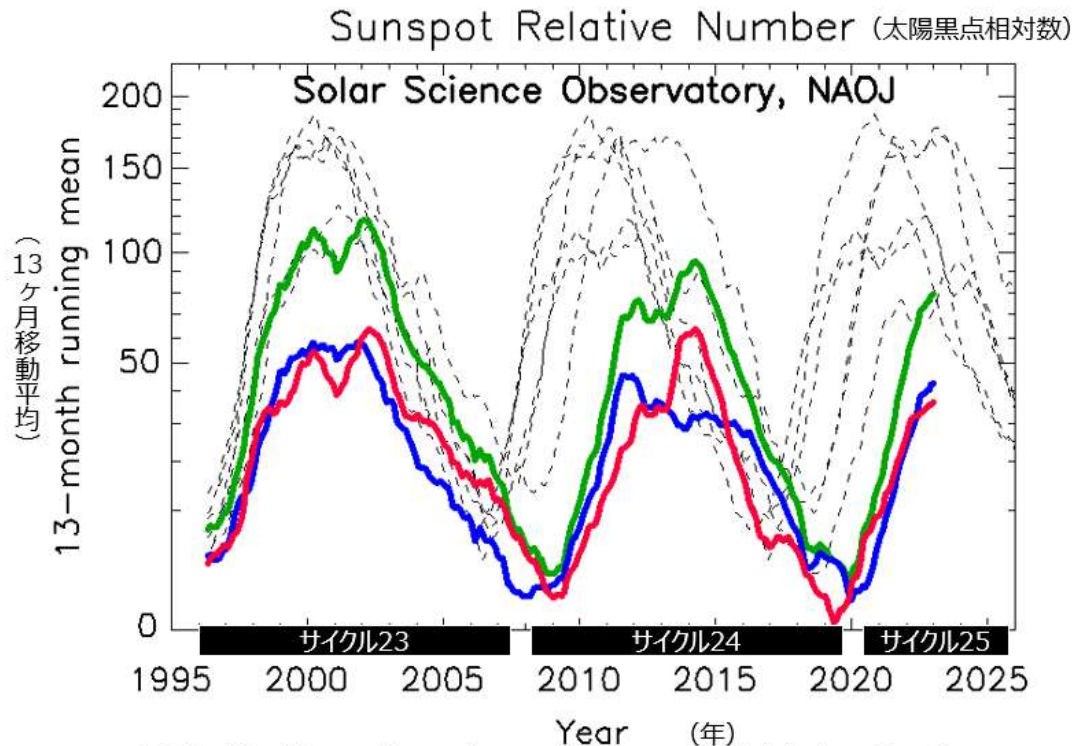


(出所) 情報通信研究機構 (NICT) 「太陽フレアなど宇宙天気による社会への影響を評価」(2020年10月)

3. すぐ目の前まで迫っている大災害

宇宙規模のダイナミックな現象とそれによる甚大な影響は現実味がないものの、もう間もなく起こり得る可能性もある。太陽フレアは太陽活動が活発であるほど発生頻度は増加し、大規模フレアが起こりやすい。この太陽活動の活発さはおよそ11年周期で変化しており、現在の周期はサイクル25と呼ばれ、そのサイクル25は2024年～2025年に極大期が到来すると予測されている。太陽活動の活発さの指標として使われる太陽黒点数は、足元増加傾向にあり、前回のサイクル24と比較しても高い水準へと向かっている【図表 4】。

【図表 4】太陽活動の活発度合いの指標：黒点数の推移



(注) 緑線・青線・赤線はそれぞれ1996年5月以降の太陽全体・北半球・南半球の黒点相対数
 点線(黒)は過去の周期における黒点相対数を極小を1996年5月にそろえてプロットしたもの

(出所) 国立天文台 太陽観測科学プロジェクト HP「2022年12月の太陽活動」

前回のサイクル 24 では極大期であっても太陽活動は比較的活発でなかった。その前の周期にあたるサイクル 23 の活動が活発で、巨大なフレアとそれによる巨大磁気嵐が何度も発生し、電力網や多くの人工衛星にダメージを与えた。今回の 2024 年～2025 年のピークに際し、太陽活動がサイクル 23 と同程度に活発化した場合、どれだけ大きな影響があるのか、約 20 年前と現在の社会インフラを比較しながら考察する。

まず宇宙機の視点に立つと、サイクル 23 のピーク(2000 年～2002 年)と比較すると、比べ物にならないほど多くの人工衛星が地球周辺を周回し、通信・測位などの社会システムに組み込まれ、多くの有人宇宙活動も行われている。さらに、地上の視点に立っても、スマートかつ繊細な機器・インフラがインターネットにより複雑に機能している上に、脱炭素・脱原発の潮流による電力供給の逼迫度が上がっていることから、停電による影響が計り知れない。以上の考察から、2024 年～2025 年の太陽活動ピークに伴う影響は甚大であると予想される。社会インフラの発展に伴い、巨大太陽フレア発生時の被害や影響が大きくなっていくため、「人類の文明進歩に潜む脆弱性」とも指摘されている。

政府はこういった未曾有の災害に対する対策を行ってきた。ちょうどサイクル 22 のピーク(1989 年～1990 年)に備えるタイミングである 1988 年、総務省と情報通信研究機構(NICT)により宇宙天気情報センターが開設された。ここでは、太陽活動やフレアの発生状況、太陽風や地磁気や宇宙放射線などの宇宙空間環境を常時モニタリング、および情報発信しており、人工衛星の運用や、地上の電波障害、電力インフラの対策に役立っている。なお、宇宙航空研究開発機構(JAXA)は NICT が所管する宇宙天気インフラの一部である“宇宙環境のその場観測”を担う人工衛星の運用を担当している。

2022 年には、総務省主催で「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会」が開かれた。同会議の提言書では「最悪ケースでは 2 週間にわたってテレビ放送や携帯電話の利用に影響が発生する恐れあり」との分析結果を踏まえ、社会認知の遅れへの懸念を改めて指摘し、宇宙天気のインフラや取り組みを加速する必要性を呼びかけている【図表 5】。

【図表 5】宇宙天気政策に対する提言書(2022年6月)

宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会 報告書(概要)

【別紙2】

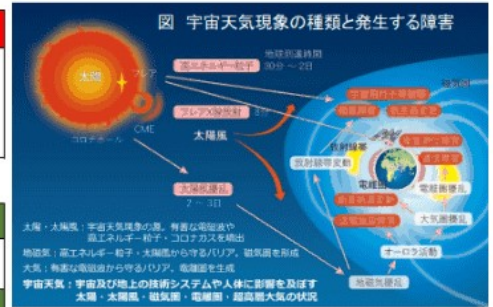
～「文明進化型の災害」に対応した安全・安心な社会経済の実現に向けて～

1

- 太陽フレア爆発等の極端な宇宙天気現象によって、通信・放送・測位、人工衛星、航空無線、電力等の社会インフラに異常を発生させ、社会経済活動に多大な影響を与えるおそれ。このため、我が国初となる「極端な宇宙天気現象がもたらす最悪シナリオ」を策定
- 宇宙天気現象を現実のリスクとして捉え、国家全体としての危機管理の必要性を提言

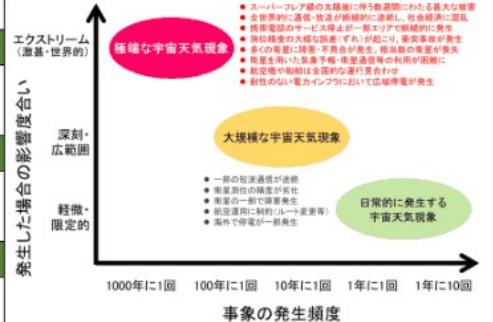
極端な宇宙天気現象がもたらす最悪シナリオ(100年に1回またはそれ以下の頻度で発生、抜粋)

- 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



国家レベルの危機管理に向けた提言(骨子)

<p>今後の観測・分析・予報の在り方</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 多地点の観測データの確保、宇宙空間への観測センサー設置 ● 宇宙天気予報の分析の自動化・高精度化・知能化
<p>警報に関する体制強化</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 社会インフラのリスク(被害)を考慮した新たな警報基準、NICTによる確実な警報伝達
<p>社会インフラへの影響と効果的な対処</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 関係企業による対処(通信・放送、衛星測位、衛星運用、航空運用、電力、人体被ばく) ● 共通の対策の導入(企業向けの標準的ガイドライン 等) ● 災害対策基本法に基づく極端な宇宙天気もたらす災害への対処
<p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 分野横断的・産学官連携による研究推進、予測技術の実現、高度人材等の育成・処遇 ● 周知啓発を担うコミュニティ形成、宇宙天気に関するアウトリーチ活動 ● 「宇宙天気予報士」制度の実現
<p>情報通信研究機構(NICT)に期待される役割</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 世界トップレベルの研究拠点形成、企業が抱える課題の解決支援 ● 国際連携強化、人材育成とコミュニティ形成、データ・プラットフォーム構築(オープンデータ) ● 宇宙天気予報オペレーションセンター(仮称)の創設



(出所)総務省「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会」(2022年6月)

4. 太陽フレアへの対応の方向性の事業機会

本章では、太陽フレアによる影響(宇宙天気)を踏まえた企業としての対応の方向性と、そこから生まれる可能性がある事業機会について論じる。具体的には、総務省が発表している「最悪のシナリオ」をドライバーとして、未来の社会・産業への影響を洞察する。

前述の通り、太陽フレアは人工衛星の損傷などをはじめとする宇宙空間における影響にとどまらず、地上の通信インフラ、電力インフラ、航空輸送などを機能停止させ得ることが指摘されている。それらを考慮し、社会・産業に非常に大きな影響を与える直接的なドライバーとして、「大停電」「大規模システム障害」を想定する。それぞれの影響は、以下の通りである。

■大停電

巨大なフレアが断続的に続くことで、広域停電も長時間継続する可能性がある。その場合、非常用電源も機能を停止し、電気を活用するあらゆるインフラが機能しない状態が考えうる。大規模震災でもこのような状況は想定されるが、日本全土など広域で影響を受ける場合の影響は計り知れない。

■大規模システム障害

大停電にならなくとも、太陽フレア発生後に起こる通信障害やGPS測位精度低下などが生じることで、一部の機器に不具合が生じる可能性がある。その不具合が、接続されたシステム・機器全体に影響をおよぼすことで、交通システムや決済システムなど、大規模なシステムの全体がダウンする、といった事態が起こりうる。

「大停電」「大規模システム障害」を起点に、民間企業が対応すべき方向性を【図表6】に示す。大きく分けて、「フレアに強いインフラを整える」「フレア発生時の影響を防ぐ」「障害・災害になる事態に備える」「障害・災害による損失を保障する」の三段階において事業機会があると想定できる。

(1) フレアに強いインフラを整える

大停電・大規模システム障害が起きてしまうことで起こる事後の諸々のリスクや災害への対応・対策として、そもそも障害を起こしづらい設備や、バックアップ設備、非常時の生活維持などのサービス具備が必要となる

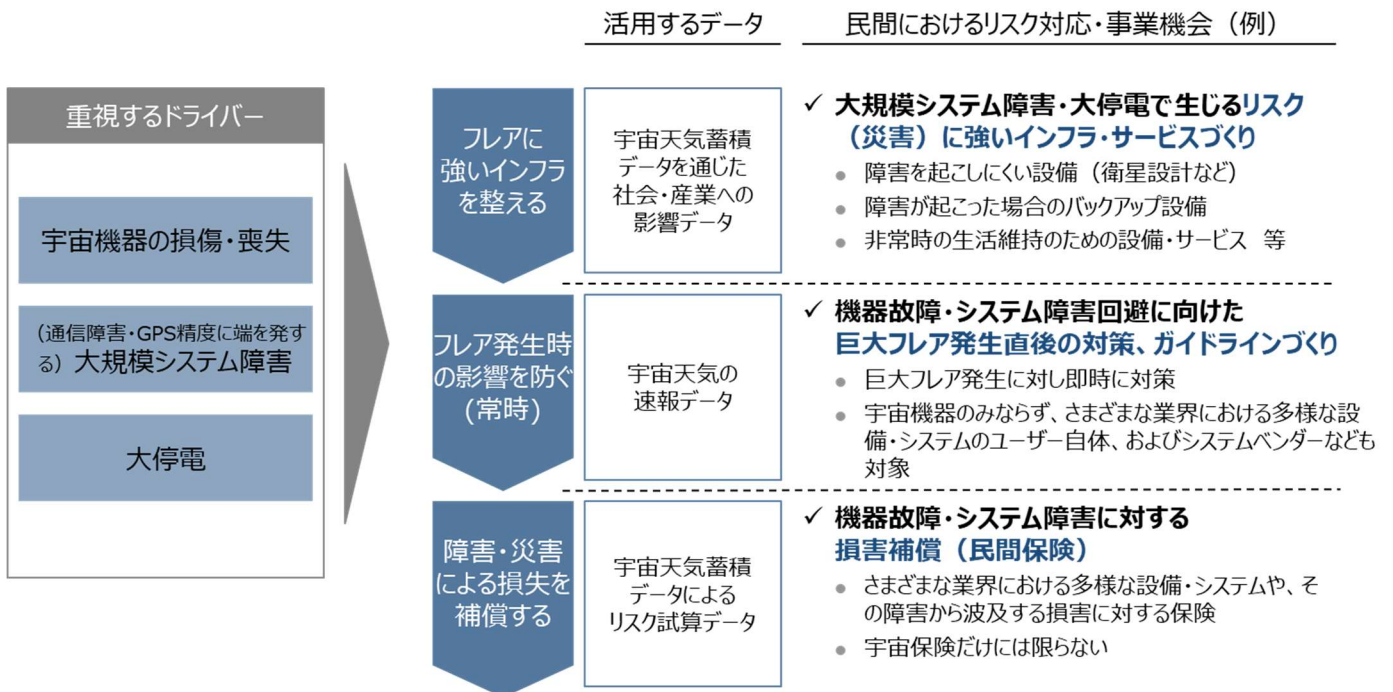
(2) フレア発生時の影響を防ぐ

宇宙天気の情報データ活用による、機器故障・システム障害の回避に向けた事前策による対応が求められ、多様な業界のシステムユーザー、システムベンダーなどが対象となる

(3) 障害・災害による損失を補償する

大停電・大規模システム障害などにより起こりうる損害を補償する保険サービスによる対応が求められ、宇宙機以外を含めたさまざまな業界が対象となる

【図表6】民間企業における宇宙天気による事業機会の捉え方



(出所) 当社作成

4. 結論

ここまで論じてきたように、巨大太陽フレアが社会・産業に与える影響は、最悪の場合、大震災直後の被災地のような広域にわたるインフラ機能停止が長時間持続する可能性がある。太陽フレアによる災害が大震災と異なるのは、事前に太陽フレアを観測することで、ある程度事前対策が可能な点である。したがって民間企業にとって、太陽フレアによる災害は事前に対応できる打ち手が存在し得るものとして、未来社会・産業洞察を踏まえた BCP(事業継続計画) やリスク管理、さらには対策による市場機会を認識し、経営戦略に組み込むことが重要になる。

参考文献

i 「ユーザーガイド 宇宙天気とは」情報通信研究機構(NICT) HP

<https://swc.nict.go.jp/knowledge/relation.html>

ii 「宇宙天気の警報基準に関する WG 報告:最悪シナリオ」(2022 年 4 月)情報通信研究機構(NICT) (最終確認日: 2023/9/15)

https://www.soumu.go.jp/main_content/000811921.pdf

iii「太陽フレアなど宇宙天気による社会への影響を評価」(2020 年 10 月)情報通信研究機構(NICT) (最終確認日: 2023/9/15) <https://www.nict.go.jp/press/2020/10/07-1.html>

iv「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会」(2022 年 6 月)総務省(最終確認日:2023/9/15)

https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/space_weather/index.html

iv 国立天文台 太陽観測科学プロジェクト HP(最終確認日:2023/9/15)

<https://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/solarobs.html>

— ご利用に際して —

- 本資料は、執筆時点で信頼できるとされる各種データに基づいて作成されていますが、当社はその正確性、完全性を保証するものではありません。
- また、本資料は、執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社の統一した見解を示すものではありません。
- 本資料に基づくお客さまの決定、行為、およびその結果について、当社は一切の責任を負いません。ご利用にあたっては、お客さまご自身でご判断くださいますようお願い申し上げます。
- 本資料は、著作物であり、著作権法に基づき保護されています。著作権法の定めに従い、引用する際は、必ず出所:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティングと明記してください。
- 本資料の全文または一部を転載・複製する際は著作権者の許諾が必要ですので、当社までご連絡ください。

ご利用に際してのご留意事項を最後に記載していますので、ご参照ください。

(お問い合わせ)コーポレート・コミュニケーション室 E-mail: info@murc.jp