基礎研レポート

宇宙天気現象に関するリスク

太陽フレアなどのピークに入っている今日この頃

保険研究部 主任研究員　安井　義浩
(03)3512-1833　yyasui@nli-research.co.jp

1――はじめに

近年、暴風雨、洪水、山火事などの自然災害が、世界各地で頻発している。そうした自然災害は、すでに多くの被害をもたらしていることから、その対応として天気予報や警報、被害を軽減する方策や避難計画が講じられている部分もある。また被害を受けたあとの復旧計画もある場合があり、公的資金や民間保険などを活用した復興資金の準備なども考えられている。どんなに準備してもそれで万全ではないとしても、できる限りの対策が進められている。

今回は、まだあまり知られていない、あるいは上記のような自然災害に比べて、実際の影響がまだ明らかではない、太陽フレアによる影響などの「宇宙天気現象」と呼ばれるものについて紹介する。

これは宇宙では一般的な現象であり、温室効果ガス増加のように、人類の経済活動が災害の原因となるといったようなものではない。むしろ、通信技術の進化や、宇宙開発の進展等により、人類の進歩が宇宙環境に近づいていったために、被害が予想されるといった性質のもののようである。

宇宙天気現象の研究自体は古くから取り組まれているようだが、最先端の科学技術だけではなく、携帯電話の普及など社会全体に影響がある時代になって、ある程度注目され、影響も大きいとみなされるようになってきたもののようである。それでもなお、宇宙天気現象のもたらすリスクの社会的な認知度は低く、国際的にもこうした関心を高めていく必要があるとされる。

例えば、米国、英国では、国家全体で対処すべき「国家的リスク」として、宇宙天気を位置付けている。わが国においても、2022 年 6 月に総務省「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会」の報告書[1]（以下　報告書、と略記）が公表されている。以下では、主にその報告書をもとに、宇宙天気現象に関するリスクとその対応について、見ていくこととしたい。

2――太陽活動と、その地球への影響

[1] 宇宙天気予報の高度化のあり方に関する検討会報告書（2022.6.21）
https://www.soumu.go.jp/main_content/000821116.pdf

 | Copyright ©2025 NLI Research Institute All rights reserved

1｜太陽活動

まずは、そもそもの根源である太陽活動について概略をみておく。

太陽は、全体がガスの塊である。直径は地球の 109 倍の 140 万ｋｍ、質量は地球の 33 万倍の 2×10^{30} kgである。地球から 1 億 5,000 万ｋｍの距離にあり、これは光の速さ（秒速 30 万ｋｍ）でも約 8 分かかる。太陽の中心では核融合反応が起こっており、その温度は約 1600 万℃である。これによって膨大なエネルギーが生み出されており、これが太陽の表面に伝わる。そこでは様々に変化する様相が見られる。これらを太陽活動と呼ぶ。

太陽の表面温度は 6,000℃である。表面近くでは、太陽の外側に炎のように揺らぐ「プロミネンス」（約 10,000℃）、高温のプラズマである「コロナ」（約 100 万℃）、周囲より温度が低く磁場が強い「黒点」（約 4,000℃）などが観測されている。

そして「太陽フレア」であるが、これも太陽活動の一つで、黒点の周辺で突然明るく光る爆発現象のことを指す。その大きさは 1 万～10 万㎞で、太陽系内最大の爆発現象とされる。この爆発によって、太陽の大気に含まれるガス（CME：Coronal Mass Ejection コロナ質量放出）や高エネルギー粒子、放射線が発生する。

太陽フレアは、磁場が強い黒点の近くで発生することから、黒点近くの磁場の持つエネルギーが放出される現象と見られ、黒点の磁場の構造が複雑な場合に発生しやすいのではないかと考えられているが、こうしたメカニズムは、現在でも完全には解明されていない。

太陽活動は、約 11 年の周期で、活発になったり弱くなったりを繰り返している。これを、「太陽周期」と呼び、ピークを迎える時期を「太陽極大期」、弱まる時期を「太陽極小期」と呼ぶ。

こうした中、2024 年 10 月 15 日、アメリカ航空宇宙局は、「太陽は極大期に入っており、今後 1 年はピークが続く可能性がある」と発表した。現在は太陽活動のピークの真っ只中ということになる。

2｜地球への影響

太陽フレアなる爆発現象に伴って、電気や磁気を帯びたガス（CME）、高エネルギー粒子、放射線が周囲に放出される。前述の通り、太陽と地球の距離は約 1 億 5,000 万ｋｍであり、こうした放出物が地球に到達するのに要する時間には、放出物によって違いがある。電磁波は光の一種であり、従って地球に到達するのに約 8 分かかる。高エネルギー粒子は 30 分～2 日、太陽風（陽子、電子、アルファ線）は 2～3 日かかる。ある太陽活動が起こってから、地球にその影響が出るまでの時間には、現象によって、差があることになる。

一方、地球の周りには大気圏、電離圏、磁気圏、放射線帯があって、あたかも地球を保護しているかのような状態となっているが、上記のような太陽からの放射物との相互作用により、複雑な現象が超高度の上空で生まれている。例えばよく知られたオーロラもそのひとつである。

こうした、太陽からの放射物が地球に到来する現象や、地球周辺で発生する現象のことを「宇宙天気現象」と呼ぶ。これは太陽や地球ができた頃から「日常的に」起きていたのだろうが、現在までに

Copyright ©2025 NLI Research Institute All rights reserved

人間の活動は、通信・放送・測位、人口衛星、航空無線、電力等の高度な社会インフラを作り出してしまっているので、まれに発生する大規模な現象は、地球上の活動に大きな影響を及ぼすことがある。（一般に、こうしたものを「文明進化型の災害」と呼ぶ。）。

3｜自然災害全体の中での宇宙天気現象の位置づけ

国連防災機関（UNDRR）と国際学術会議（ISC）は2019年5月に、あらゆるハザードに対するリスクや脆弱性を評価するための方法を開発し、各国が自然災害等に対する取組を強化できるようにするため、ハザードの全容を明らかにするプロジェクトを開始した。

その結果、専門家によりハザードリストが整理され、2021年10月に「HAZARD INFORMATION PROFILES」[2]などが公表された。この中で、302種類のハザードが8つのクラスター（気象水文ハザード、地球外ハザード、ジオハザード、環境ハザード、化学ハザード、生物ハザード、技術ハザード、社会的ハザード）に分類され、詳細に定義されている。

宇宙天気現象に関わるものについては、「地球外ハザード」の中で、以下の通り、「地磁気嵐」「電離圏嵐」「太陽フレアによる電波障害」「太陽嵐」が定義されている。（報告書　p.13より）

○地磁気嵐（Geomagnetic Storm）
- （定義）太陽嵐によって引き起こされる地球磁場の乱れ。宇宙天気現象による高エネルギー粒子、太陽フレア、無線障害を含む。
- （影響）地磁気誘導電流（GIC）による送電網への影響

○電離圏嵐（Ionospheric Storms）
- （定義）太陽フレア等によって高度160㎞以上の電離圏（F領域）で発生する乱れ
- （影響）通信、航行、宇宙物体のレーダー追跡などに使われる電波の伝搬に影響。短波帯通信の途絶

○太陽フレアによる電波障害（Radio Blackout）
- （定義）太陽フレアによる短波帯での無線通信のフェージングまたはフェードアウト
- （影響）短波帯通信に用いられる電波の途絶

○太陽嵐（Solar Storm）
- （定義）太陽から地球近傍への大量の荷電粒子の到達
- （影響）人工衛星の電子回路の損傷、生物のDNAの損傷、短波帯通信の途絶、極域の航空機運航への影響

4｜過去の事例

[2] HAZARD INFORMATION PROFILES （2021 UNDRR ）
https://www.undrr.org/media/73913/download?startDownload=20250312

Copyright ©2025 NLI Research Institute All rights reserved

以下のように、これまでにも太陽フレア等が社会インフラに影響を及ぼした例はある。

・カナダ　ケベック州（1989 年 3 月）
太陽フレアの磁気嵐によって電力会社の設備が影響を受けて、約 9 時間の停電が発生。これにより約 600 万人に影響が及んだ。

・日本（2000 年 7 月～2001 年 3 月）
2000 年 7 月、日本の天文観測衛星「あすか」が、太陽フレアの磁気嵐により、姿勢が制御できなくなり、観測を中止せざるを得なくなった。その後も回復せず、「あすか」は徐々に軌道高度を下げ、2001 年 3 月大気圏に突入し消滅した。

・日本　成田空港（2001 年 4 月）
成田空港の管制塔と飛行中の国際線航空機との間で通信状況が悪化し、約 2 時間にわたって数分ずつ断続的に通信ができない現象が発生した。

・米国　フロリダ州（2022 年 2 月）
スペース X 社が打ち上げた人工衛星 49 機のうち 40 機が、太陽フレアの磁気嵐の影響で軌道から外れ、大気圏に落下し喪失した、と発表された。

地上では、雨や風などの状況すなわち天気が、人間（さらに広く生物全般？）生活に大きな影響を与えるので、前もってそれを予測し行動するための「天気予報」が重要となるのは周知のことであるが、それと同様に、宇宙及び地上の技術システムや人体に影響を及ぼす、太陽、太陽風、磁気圏、電離圏、超高層大気の状況、すなわち宇宙天気が我々の生活に大きな影響を与えるならば、前もってそれを知るための「宇宙天気現象の予報」を開発し、高度化する必要が高まっているということになる。

3――宇宙天気予報[3]と極端な宇宙現象がもたらす最悪シナリオ

1｜宇宙天気予報

通常の天気予報と同じように、こうした太陽フレア等を観測し、現状を知らせ、あるいは将来の予想を行うのが、「宇宙天気予報」である。これはわが国においては、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）が 2004 年から一般に公表してきている。

例えば、この原稿を書いている日本時間 3 月 12 日午前の「概況・予報」には

「太陽活動は活発でした。引き続き今後 1 日間、太陽活動は活発な状態が予想されます。地磁気活動は静穏でした。今後 1 日間、地磁気活動はやや活発な状態が予想されます。電離圏は静穏な状態で

[3] これは、主要国で行われている事業一般の名称にも見えるが、日本では、この用語「宇宙天気予報」は、1991 年に商標登録(現在は NICT)されている。
宇宙天気予報　国立研究開発法人情報通信研究機構
https://swc.nict.go.jp/

した。引き続き今後１日間、電離圏は静穏な状態が予想されます。」
とあり、詳細な説明もあとに続く。

通常の天気予報で言うところの、気温、気圧、降水確率、風速、波の高さなどにあたるもの（と筆者が勝手にイメージしているもの）として、太陽フレア、プロトン現象、地磁気擾乱（じょうらん）、放射線体電子、電離圏嵐、デリンジャー現象、スポラディックＥ層、など[4]の活発さを示すレベルが表示されている。

2｜最悪シナリオ

現在、太陽活動のピークの期間に入っているとなると、こうした宇宙天気により、われわれの生活や各種公共サービスにも支障がでるリスクがある。その中でも最悪のケースを想定して、対策を立てる必要がある。

そういった観点から、報告書には、極端な宇宙天気現象がもたらす最悪のシナリオとして、以下のようなものが挙げられている（報告書　ｐ．37～39）。ここで言う「極端な」とは、100 年に１度またはそれ以下の頻度で発生するもの（エクストリーム・イベント）と評価されるものであるが、被害に関する定性的定量的な想定方法は確立されていないため、引き続き検討していく必要があるとされているものである。

〇通信・放送・レーダーへの被害がもたらすもの

- 短波帯の通信は、発生直後から全国的に使用不可となる状況が２週間断続的に続く。短波帯の電波を用いる船舶無線、航空無線、アマチュア無線の利用に多大な支障が生じる。
- 短波帯の放送は、電離圏伝搬を伴う地域においては、２週間にわたり断続的に使用不可となる。
- VHF 帯・UHF 帯の周波数を使用する無線システムは、発生直後から太陽フレアの大規模爆発による電波雑音（太陽電波バースト）の影響を受け、昼間の時間帯に断続的に使用できなくなる期間が全国的に２週間続く。このため、防災行政無線、消防無線、警察無線、タクシー無線、列車無線等の通信システムに多大な支障を生じ、これらを用いる都道府県・市町村・公共機関等の公共サービスの維持が困難になる。
- 携帯電話システム（UHF 帯）には、太陽電波バーストの影響を受け、昼間の時間帯に最大で数時間程度のサービス停止が全国の一部エリアで２週間断続的に発生する。その結果、回線のふくそうや通信の途絶が発生し、緊急通報（110 番、119 番、118 番）を含む全ての通信がつながりにくい事態が各地で発生する。またスマートフォンからの携帯電話事業者経由のネット接続も困難になる。
- 衛星携帯電話の一部には、断続的に回線を使用できなくなる期間が全国的に２週間続く。このため、航空機、船舶、電力・ガス・石油などのライフライン企業、重要拠点のバックアップ、遠隔地の監視・制御、自治体の防災用途等、衛星携帯電話を利用する分野は活動に著しい制約を受ける。

[4] これら一つ一つの現象の説明に興味があれば、同ホームページなどをご覧頂きたい。ここでは様々な宇宙天気の種類があることを知っておけば充分と思われる。

Copyright ©2025 NLI Research Institute All rights reserved

・船舶無線については、短波通信と衛星携帯電話の両方が使用困難となり、洋上で孤立する船舶が発生し、遭難事故時の救助要請が困難になる。
・一部のレーダーについて、太陽電波バーストにより昼間の観測能力の低下が 2 週間にわたり断続的に発生する。気象観測用レーダー、航空管制用レーダー、防衛用監視レーダー、船舶用レーダー、沿岸監視用レーダー等の社会生活を支える公共用システムに多大な支障が生じる。その結果、航空機や船舶の運航見合わせが発生し、安全保障分野にも影響が生じる。

〇衛星測位への被害がもたらすもの
・衛星測位システム（GPS 衛星、準天頂衛星みちびき等）は、測位精度の大幅な劣化や測位の途絶が全国的に 2 週間にわたり断続的に発生する。
・このため、カーナビゲーションや自動運転、ドローンの位置精度が大幅に低下し、衛星測位に係る冗長系や安全対策を持たないシステムを運用した場合、最大で数十メートルの誤差（ずれ）が生じ、衝突事故が発生する。また、安全確保のための運行見合わせが 2 週間にわたり断続的に発生する。
・衛星測位を利用する農業機械、建設機械、車両（物流、旅客、バスロケーション、配車管理）、ロボット、貨物追跡システム、鉄道、船舶では、測位精度の大幅劣化や測位の途絶に伴い、運行抑制が 2 週間にわたり断続的に発生し、農作業や建設作業の遅れ、交通・物流の停滞が大規模に発生する。
・スマートフォンの位置情報の精度が劣化するため、緊急通報（110 番、119 番等）を発信した際、緊急通報位置の制度が劣化し、緊急時の駆けつけが遅れる。フードデリバリーの配達業務において、利用者個人や利用宅への荷物のピンポイント配送が困難になる。

〇衛星運用への被害がもたらすもの
・多くの衛星に何らかの障害、不具合、故障が発生し、そのうち相当数の衛星はシステム機能の一部または全部を喪失する。
・全ての衛星について慎重な運用を強いられ、気象衛星の利用制限により、天気予報の制度が劣化する。通信衛星の利用制限により、衛星通信の利用が困難になる。放送衛星の利用制限により、衛星放送の視聴が困難になる。測位衛星の利用制限により、衛星測位の利用が困難になる。観測衛星の利用制限により、リモートセッシング（農業、植生、都市計画、資源探査、海洋監視、防災、防衛等）の利用が困難になる。
・太陽電池の劣化が急激に進行し、衛星の寿命が大幅に短くなる。

〇航空運用への被害がもたらすもの
・衛星測位精度の劣化により通常レベルの運航頻度を維持することができなくなるため、世界的に運航見合わせや減便が 2 週間にわたり多発する。
・高緯度領域での飛行に伴う搭乗員の人体被ばくを避けるため、迂回航路を選択することに伴い飛行時間が長くなり、消費燃料も増加する。

・航空管制レーダーが太陽電波バーストの影響を受けて使用困難となり、観測能力の低下が各地域で 2 週間にわたり断続的に発生する。これに伴い、数時間単位での出発便の空港待機、到着便の上空待機が 2 週間にわたり断続的に発生し、運行スケジュールや計画が大幅に乱れる。混乱や事故リスクを避けるため、航空機の運休が 2 週間にわたり発生する。

〇電力分野への被害がもたらすもの

・電力系統においては、磁気圏じょう乱により地磁気誘導電流（GIC）が発生し、設備上・運用上の対策を措置していない電力インフラにおいては、保護装置の誤作動が発生し、広域停電が発生する。

・誤作動が起きなかった場合も、一部の変圧器の加熱による損傷が発生し、電力供給に影響が出る。

・電力供給の途絶や逼迫に伴い社会経済や全産業が広範囲に影響を受ける。

4――各段階における危機管理

1｜対応方向

前項で最悪シリオとされている事項を紹介したが、これらに対して具体的にどのような方策を取りうるのかという点に関しては、今のところ決定版と言えるものはなく、今後の研究、検討を待っている段階である。

基本的には国、関係企業・関係団体、学界等がこうしたリスクを理解し、効果的な対策を講じることに「着手すべき」という段階である。国家としてあるいは国際協力によって長い時間軸の中での取り組みを産官学の連携体制を整えるところから始まるようだ。

最悪シナリオにあるような被害・支障が発生するとなると、宇宙天気現象のリスクは、先例となる地震・津波、水害・土砂災害、火山噴火等の大規模自然災害と並ぶようなリスクであり、それらと同様の国家的、制度的な対策を講じる必要がある。

わが国の場合、例えば各種災害対策の根幹となる災害対策基本法では、対象とする災害を「暴風、竜巻、豪雨、豪雪、洪水、崖崩れ、土石流、高潮、地震、津波、噴火、地滑りその他の異常な自然現象」と定義しているが、それに宇宙天気現象による災害を組み込むことも視野にいれた検討が必要とされている。

2｜社会インフラに関して実施されるべき共通の対策

対応の方向として、他の自然災害と同様に、宇宙天気現象のハザードそのものをなくすことは困難であるので、社会インフラの脆弱性をできる限り小さくすることで、リスクを低減させる必要がある。

具体的には以下のような項目が挙げられている。（報告書　p. 44～45）

専門組織の設置、専門人材の配置、宇宙天気現象に対する社内の理解増進
被害発生の事前想定、インフラの脆弱性評価、リスク評価
評価を踏まえた事前対策の実施、耐性の強化、代替手段の確保

 Copyright ©2025 NLI Research Institute All rights reserved

被害発生時の対応マニュアル、所管省庁への被害報告手順、復旧・回復計画等の整備、自社の事業継続計画（BCP）への反映
定期的な訓練・演習の実施、訓練後の振り返り
宇宙天気予報等の専門サービスの活用
リスクファイナンス（損害保険等）の活用
分野（業界）毎の標準ガイドラインの策定、演習方法やそのガイダンスの開発
社会インフラにおける現象の共同観測、共同モニタリング
国民や消費者に対する周知徹底（インフラ被災時の二次的影響に関する情報）

3｜保険の活用

上記に挙げた中に損害保険の活用も挙げられているので、触れておく。

現在の損害保険においては、人工衛星やロケットに生じた損害を補償するためのいわゆる宇宙保険というものが、すでに販売されている。一般的に言って宇宙産業の発展のためには多様化するリスクに対応して、損失が発生した場合でも金銭面で対応するというリスクファイナンスが重要ではある。

宇宙保険の保険料率の算出にあたっては、通常想定されている宇宙環境（日常的に発生する宇宙天気現象）については想定内のものとして前提とされている上に、想定外の事態（これが大規模なあるいは極端な宇宙現象にあたるものと考えられる。）に備えた上乗せ部分（マージン）も織り込まれている。

ここから発展して、今後の調査研究の進展によって、想定外のものを、想定内として確率的に取り扱うことができれば、予防対処の可能性が増し、結果として衛星等の全体コストの低下や保険料率の低下を見込むことができるようになるとされている。

5――私見など

太陽活動がまさか地球上の人間の活動にこんなにも影響するとは、過去には想像しにくかったかもしれないが、電磁気、放射線などを使った技術の進展により接点ができてしまった。

通常の天気予報が、我々の生活になくてはならないものとなっているのと同様に、日常生活が情報通信技術に多く依存している現代においては、宇宙天気の様子を知っておくこともまた重要となる。しかし、過去いくつかの被害が実際にあったにせよ、宇宙天気現象が大規模な通信障害などを引き起こして、大きな被害を被ったと一般に認知されている例は少ないのではないか。現時点では、深刻に受け止められるのは、通信事業者であるとか、飛行機・船舶などの運航関係者にとどまっているのではないだろうか。あるいは、そうした分野では、既に予報を充分活用して、一般市民の生活に影響が及ばないように、影響をとどめて頂いているのかもしれない。

2025 年は太陽活動のピークとされており、例えばスマホの通信が一時的に不安定になる程度の軽微な影響が広い範囲で発生するなどすれば、真剣に取り組むべき課題として、一般市民や国の政策担当者にも、受け止められる機会になるかもしれない。（なお、筆者の生活もスマホに依存しており、支障が出ることを望んでいるわけでは決してないのだが。）

本資料記載のデータは各種の情報源から入手・加工したものであり、その正確性と完全性を保証するものではありません。
また、本資料は情報提供が目的であり、記載の意見や予測は、いかなる契約の締結や解約を勧誘するものではありません。

Copyright ©2025 NLI Research Institute All rights reserved