

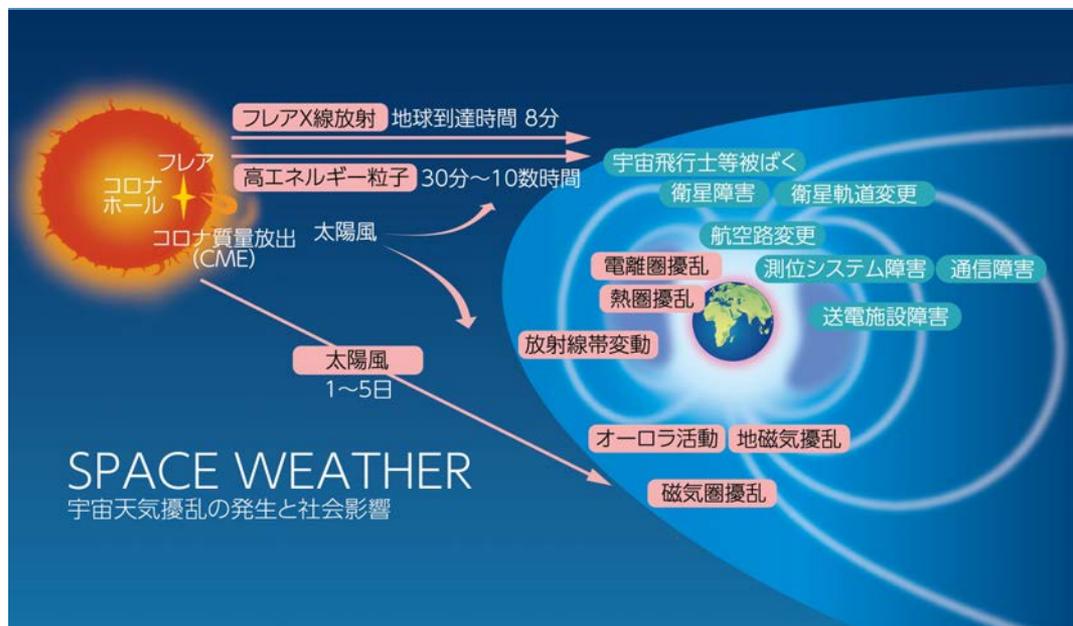


宇宙天気予報

概要

太陽活動などを源とする地球近傍の宇宙環境の変動「宇宙天気」は、電波利用や航空・衛星運用など社会インフラに影響を与えます。

NICTの宇宙天気予報の取組をご紹介します。



特徴

- 毎日「宇宙天気予報」を発信
- 国際協力で宇宙環境をリアルタイム観測
- AIやシミュレーションによる予測

ユースケース

- 通信・放送・衛星測位等の電波利用への影響監視・予報
- 航空運用（通信・測位・被ばく）への影響監視・予報
- 衛星運用（帯電・シングルイベント効果等）への影響監視・予報

今後の展開

- 社会影響を考慮した新予警報基準の策定と運用開始
→ 通信・衛星運用・航空運用等の安定運用に貢献
- ひまわり10号による宇宙環境監視に向けた取組
→ 日本上空の宇宙環境の現況・予報の精度向上
- 高精度衛星測位システムの安定利用
→ 様々な分野での自動運転・ドローン利用の加速化

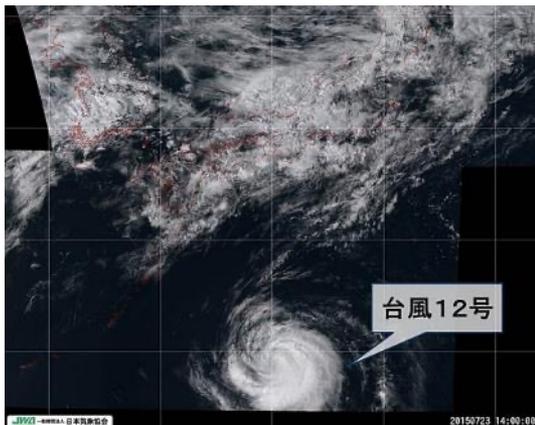
宇宙天気とは？

現象

影響

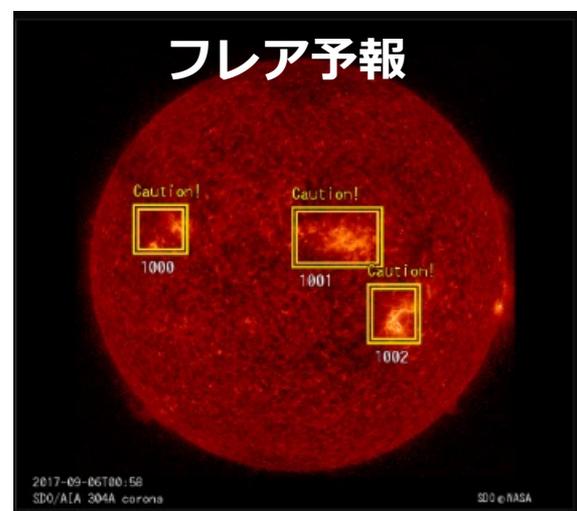
予報

天気



→ 地表に影響を与える大気の状態

宇宙天気



→ 地球周辺に影響を与える宇宙環境の状態

宇宙天気の影響事例

通信

太陽から放射されるX線による電波伝搬障害

[朝日新聞
DIGITAL 2018年
8月28日記事]



昨年9月 X線で電波障害

- 2017年9月、X9.3など10日までに連続的にフレア発生。
- 日照側の広い領域で短波通信が途絶する現象が複数回発生した。
- 米国では、当時カリブ海で発生していた複数の大型ハリケーンの影響を受けていた関係者の短波通信が全面的に途絶した。

太陽フレア、ハリケーン災害救援に支障

電力

地磁気嵐に伴う送電線への誘導電流の発生

- 1989年3月に発生した過去50年間で最大級の強い地磁気嵐に伴う誘導電流のため、米国ニュージャージー州の発電所のトランスが焼損。
- カナダでは保護リレーの不要動作により、約9時間の停電：約600万人に影響。

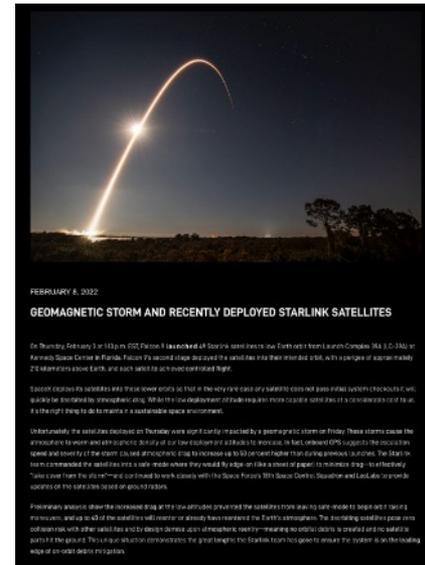


(PSG & E 提供)

衛星運用

衛星の故障や誤動作、軌道への影響

- 2022年2月、地磁気嵐の影響により大気が加熱され、低高度での大気密度が増加、大気抵抗が増大し、SpaceX社 Starlink衛星40機を喪失。



過去最大の巨大太陽フレアの影響

- 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、日本など中緯度でもオーロラが観測
- 2012年7月には、キャリントン級の太陽フレアが発生したが、地球方向を外れ、影響はなかった
- 現代社会におけるキャリントン級太陽フレアの経済的損失の試算では、東日本大震災（10～25兆円）に匹敵。
- 2022年1～6月、総務省「宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会」で、キャリントンイベント以上の規模を想定し、我が国における最悪シナリオを検討。

ScienceDaily®

Your source for the latest research news

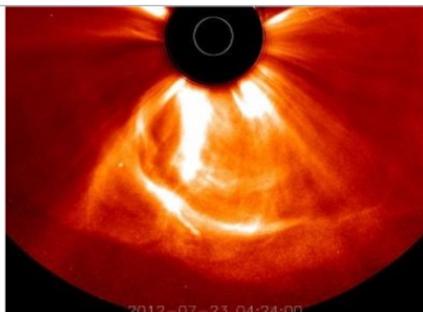
Fierce 2012 magnetic storm just missed us: Earth dodged huge magnetic bullet from the sun

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.



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)

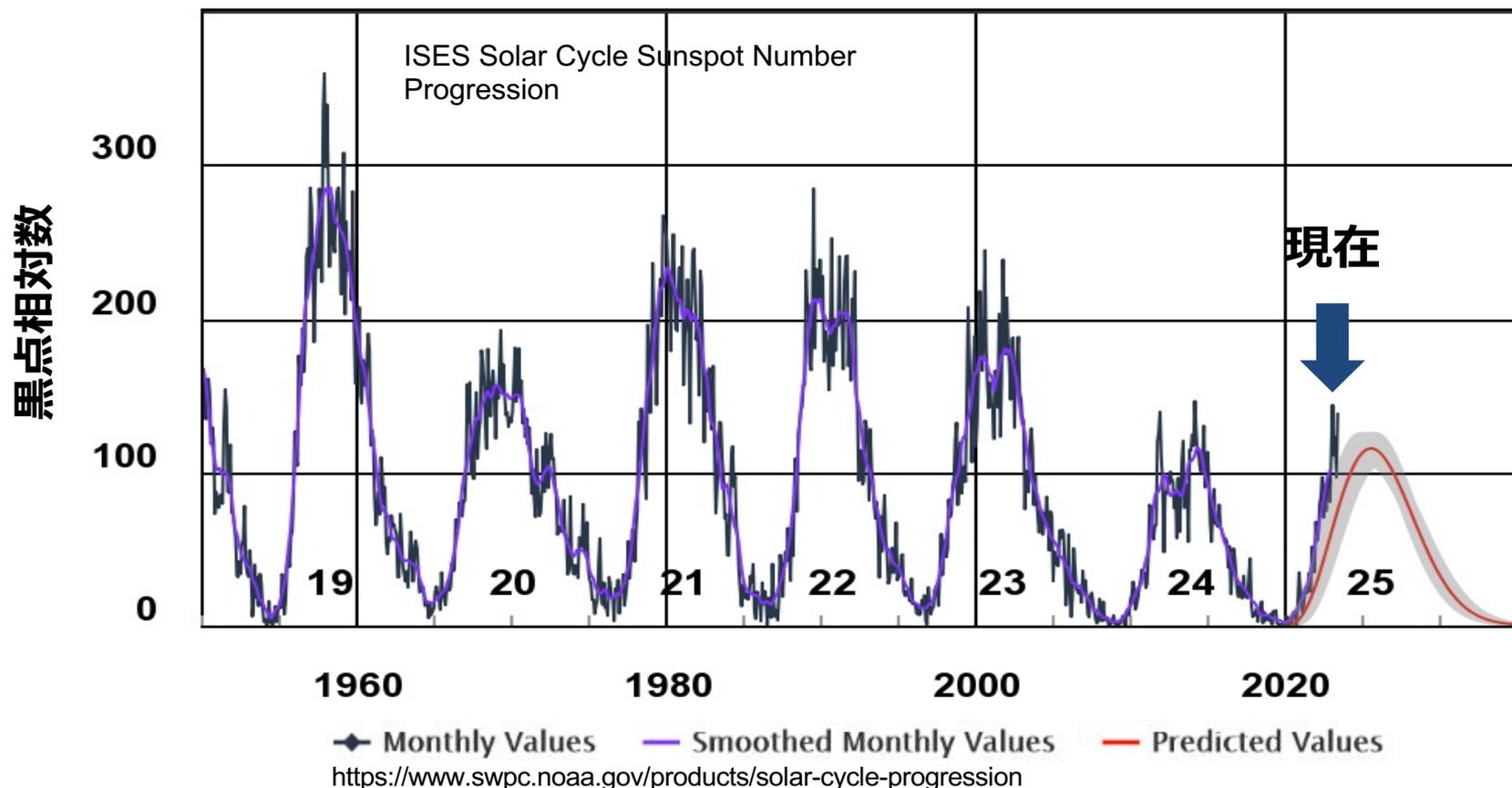
最悪シナリオ（抜粋）

- 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

太陽活動の現状

- 太陽活動は11年周期を持ち、次のピークは2025年頃と予想される
- ピーク付近になると太陽フレアの規模・頻度が大きくなる

1950～2022年までの太陽活動変化（赤線は予測値）



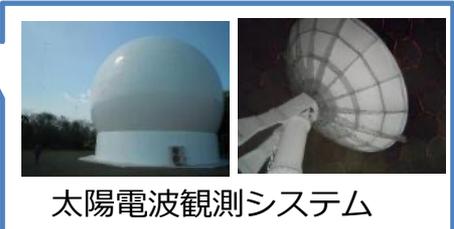
NICT宇宙天気予報業務



情報通信研究機構法等に基づき、日本で唯一NICTが実施している業務

宇宙天気予報業務に係る規定等

- NICT法: (第14条4) 電波伝搬の観測・予報の送信
- 電波法: (第百三条の二第4項) 電波伝搬の観測・分析等



- 国内ユーザー：衛星運用、航空、電力、測位、電波利用者、学術利用、等
- 電子メール登録者：7000件
- Webアクセス：70,000件/月
- Facebook, Twitterでも情報提供中

最近の動向

- ICAO サービスイン (2019/11/7～)
- 24時間運用 (2019/12/1～)
- 予報会議オンライン化 (2020～)
- 強靱化: システムの二重化、通信回線増強、神戸副局

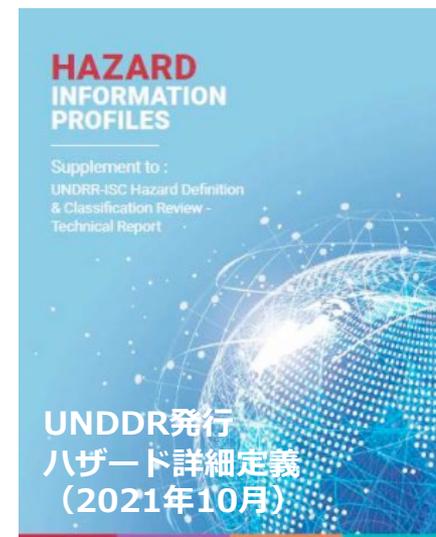
宇宙天気の世界的位置づけ

- 国連防災機関（UNDRR）と国際学術会議（ISC）が共同で、2019年5月に仙台防災枠組に関連するハザードの全容を明らかにするための技術作業部会を設置。ハザードリストを2020年に発行。
- 2021年10月に公表された詳細なハザードリストにおいて、宇宙天気は8つの大分類のうちの一つ「地球外ハザード」に細分化して位置付けられた。

HAZARD TYPE			
Identifier	Hazard Cluster	Specific Hazard	Page Number

EXTRATERRESTRIAL			
ET0001	Extraterrestrial	<u>Airburst</u>	159
ET0002	Extraterrestrial	地磁気嵐 <u>Geomagnetic Storm (including energetic particles related to space weather, and solar flare radio blackout [R Scale])</u>	162
ET0003	Extraterrestrial	<u>UV Radiation</u>	164
ET0004	Extraterrestrial	<u>Meteorite Impact</u>	167
ET0005	Extraterrestrial	電離圏嵐 <u>Ionospheric Storms</u>	169
ET0006	Extraterrestrial	短波通信障害 <u>Radio Blackout</u>	171
ET0007	Extraterrestrial	太陽嵐 <u>Solar Storm (Solar Radiation Storm) (S Scale)</u>	174
ET0008	Extraterrestrial	<u>Space Hazard / Accident</u>	177
ET0009	Extraterrestrial	<u>Near-Earth Object</u>	179

<https://council.science/publications/hazard-information-profiles/>

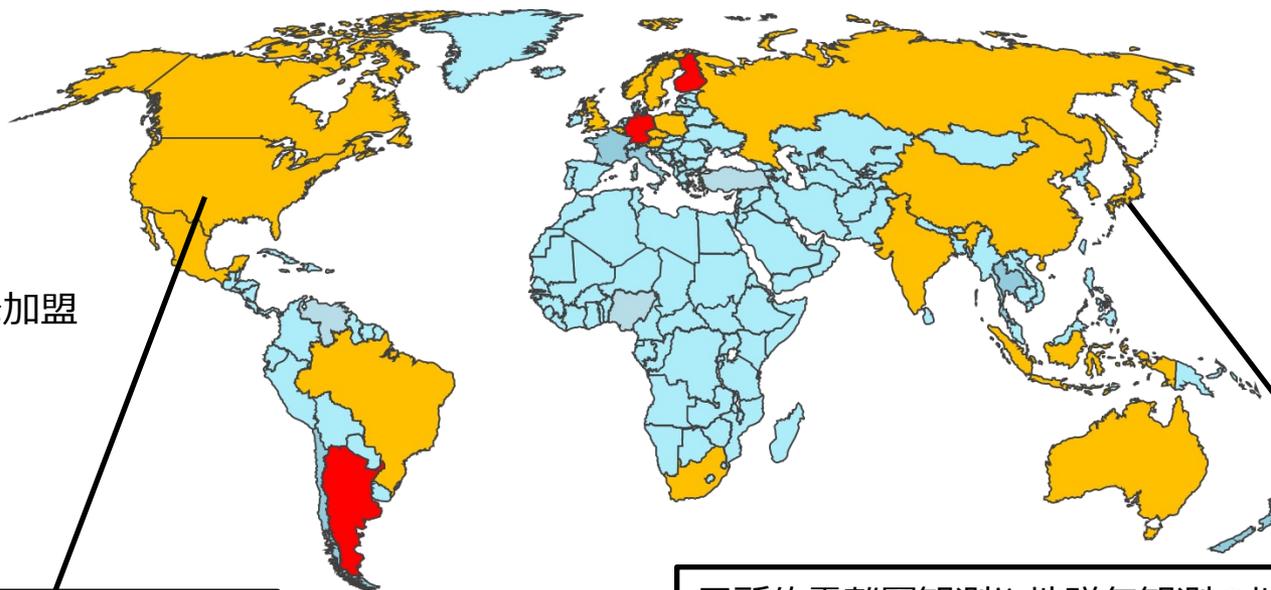


国際宇宙環境サービス(ISES)



国際協力により宇宙天気予報を推進

ISES加盟国
黄：既存加盟国
赤：2020年以降加盟



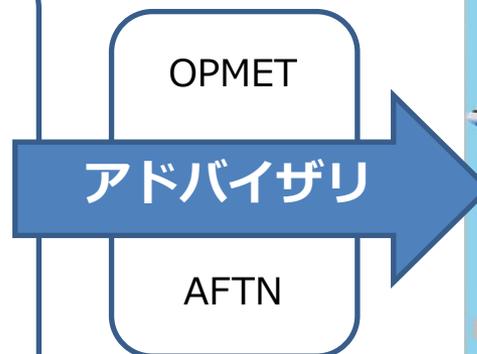
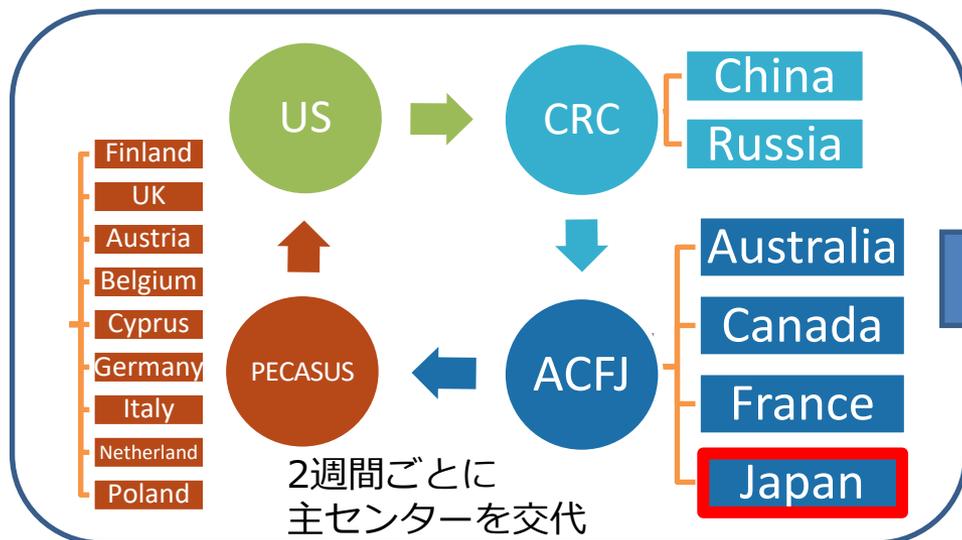
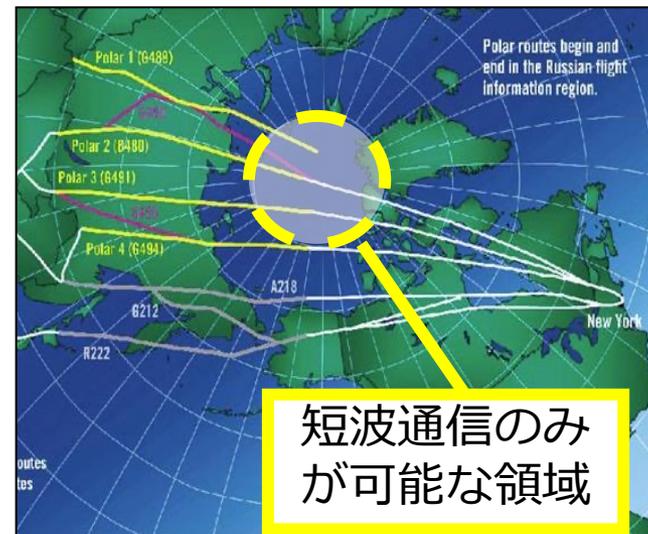
太陽監視衛星、太陽風監視衛星、静止軌道衛星など多くの衛星を運用し、データを提供。

局所的電離圏観測や地磁気観測の地上観測網が充実している他、独自の宇宙天気数値予測モデル（太陽風、磁気圏、電離圏）の開発を実施。

- 2023年4月現在、21のRegional Warning Center, 2つのCollaborative Expert Center、4つのAssociate Warning Centerが加盟
- 1962 年以来、50年以上にわたり定常的に宇宙環境情報を提供。NICTは発足時からのメンバーとして運営に大きく貢献、2023年から議長国

民間航空運用での宇宙天気情報利用

- 国際民間航空機関（ICAO）は特に極域における通信・測位・被ばくの影響を懸念、21世紀初頭より宇宙天気情報の民間航空での利用を検討。
- ICAOは3つのグローバル宇宙天気センターを指名【US, 欧州連合(PECASUS)、日豪仏加連合(ACFJ)】。2019年11月より民間航空に対しサービス開始。2021年11月より中露連合（CRC）がグローバルセンターとして参入。2週間ごとにその役割を交代する。
- センター間のデータの共通化を目指し、NICTにサーバーを構築、情報共有・検討を主導して実施。



- 2022年1－6月、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、6月21日に報告書が公表された。https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01tsushin05_02000047.html

国家レベルの危機管理に向けた提言（骨子）

今後の観測・分析・予報の在り方

- 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

警報に関する体制強化

- 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

社会インフラへの影響と効果的な対処

- 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）
- 共通的対策の導入（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をもたらす災害への対処

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

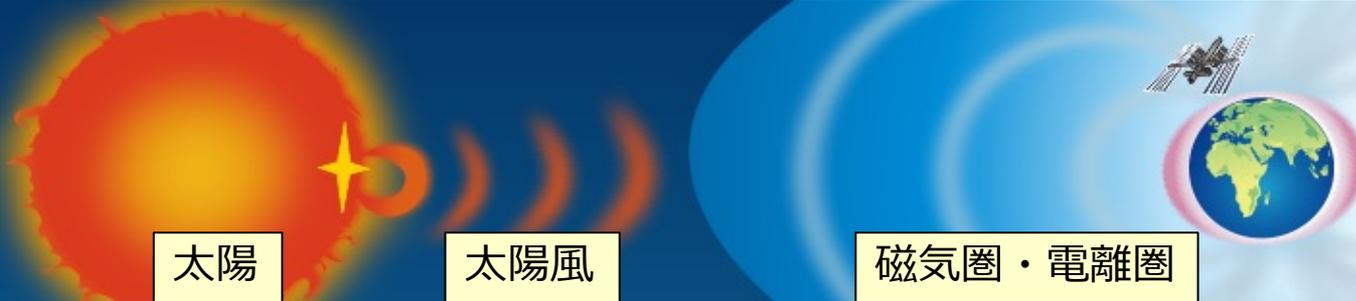
- 分野横断的・産学官連携による研究推進、予測技術の実現、高度人材等の育成・処遇
- 周知啓発を担うコミュニティ形成、宇宙天気に関するアウトリーチ活動
- 「宇宙天気予報士」制度の実現

情報通信研究機構（NICT）に期待される役割

- 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

NICT宇宙天気予報の研究開発

目的：宇宙天気予報精度向上とニーズに即したサービス提供



観測：**衛星・飛行体による定常宇宙天気監視の検討**
国際協力のもと地上観測の拡充

予測：観測と数値予報モデルを用いた**データ同化手法の開発**による精度向上
過去の観測結果を教師データとした**AIを用いた経験モデル開発**

提供：ユーザーとの対話によるニーズの調査
ユーザーニーズに即した**アプリケーションの開発、情報提供**

必要とされる情報を必要とされる頻度・精度で必要とされるユーザーに提供

準天頂衛星によるアジア・オセアニア域での高精度測位

人工衛星・月・深宇宙探査への宇宙環境情報提供

宇宙天気災害ベンチマーク作成による防災・減災

課題

目標

発展

宇宙天気予報の高度化に向けた取組

衛星による宇宙天気監視： 次期ひまわり衛星

Solar Energetic Protons

- Spacecraft operation and lifetime
- Radiation exposure of aircraft crew and astronaut
- HF black out within polar cap

Spacecraft charging

- Evaluation of the effects of satellite thermal control materials and electronic boards

Energetic Electrons in Outer Radiation Belt

- Spacecraft operation and lifetime

国際協力のもと観測の拡充

南極昭和基地

国内電離圏観測 & 太陽観測

東南アジア域における電離圏擾乱監視システム (SEALION)

- イオノゾンデ
- VHFレーダー
- GNSS受信機
- 太陽・太陽風
- 磁力計



太陽風シミュレーション

大気圏・電離圏データ同化モデル

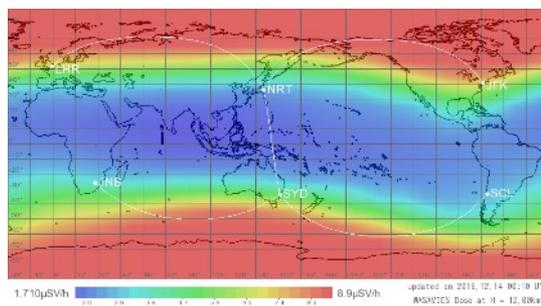
GAIA高精度化 (極域、太陽光入力等)

GAIAモデル (全大気・電離圏結合モデル)

データ同化スキームの改良、衛星データの同化検討・試行

GAIA計算の可視化・ウェブツール作成

予測のためのシミュレーション・データ同化



太陽放射線被ばく
警報システム：
WASAVIES

電波伝搬シミュレータ：
HF-START

ユーザーニーズに
即したアプリケー
ション・情報提供

