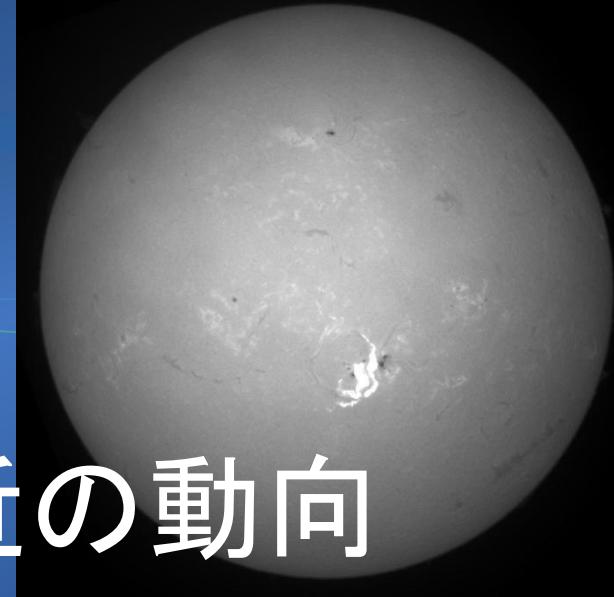


宇宙天気予報の最近の動向



国立研究開発法人情報通信研究機構

久保勇樹

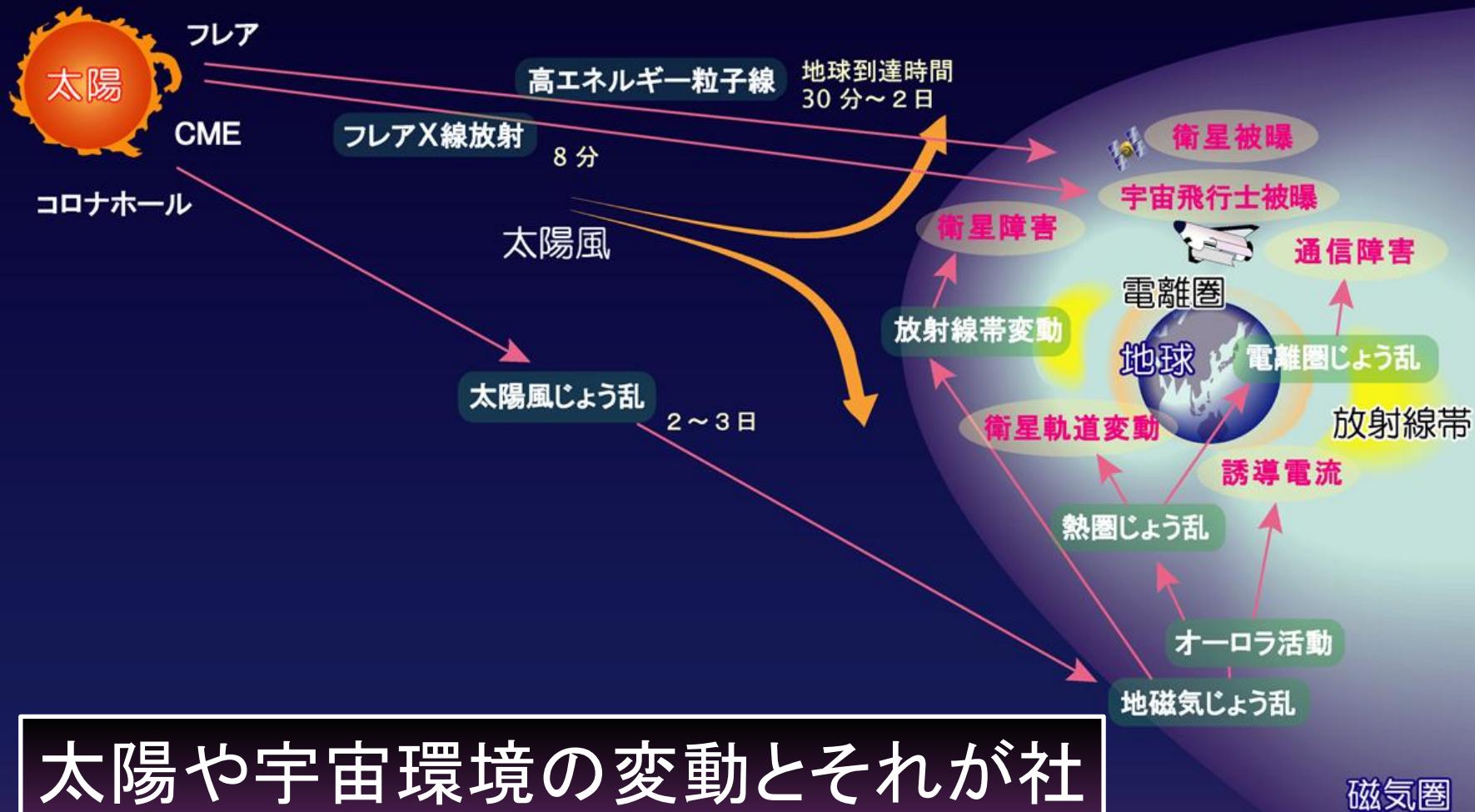
九州電波協力会講演会(2025年12月8日)

目次

- 宇宙天気予報と太陽活動
- 宇宙天気災害事例
- 宇宙天気予報の業務
- 宇宙天気予報の研究
- 宇宙天気予報の国際動向

宇宙天氣予報と太陽活動

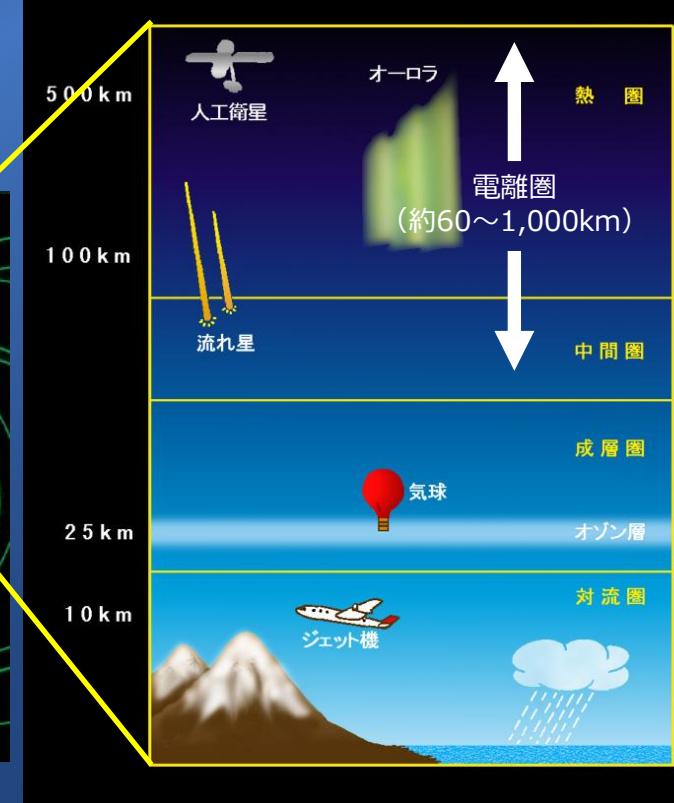
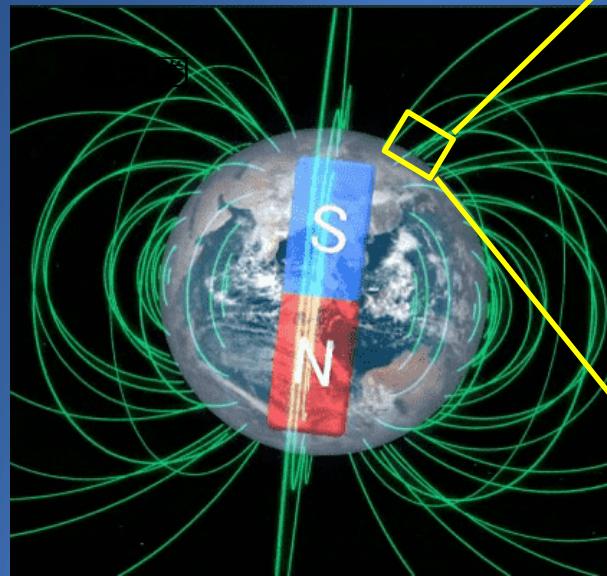
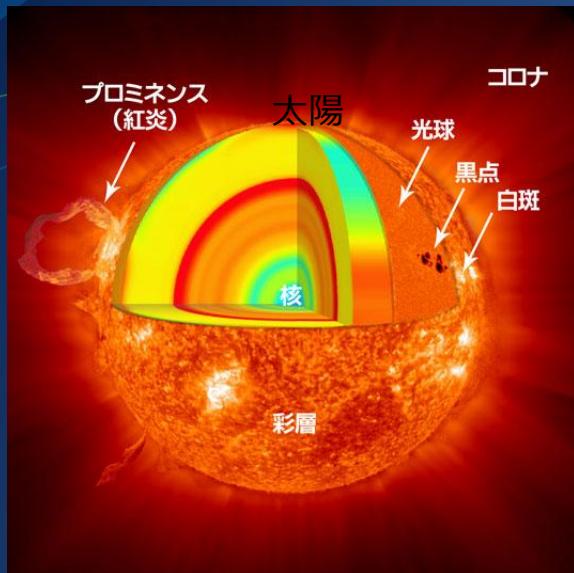
宇宙天気予報



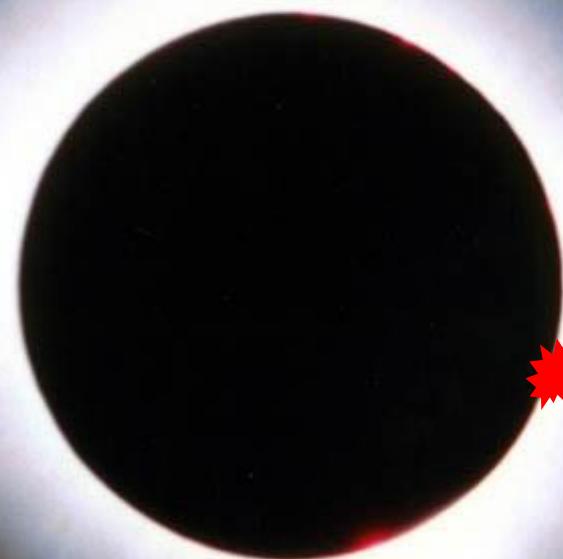
太陽や宇宙環境の変動とそれが社会生活に与える影響を予測する

宇宙環境じょう乱の発生から障害まで

基礎知識(太陽、磁気圏、電離圏)



太陽フレアとそれに伴う現象



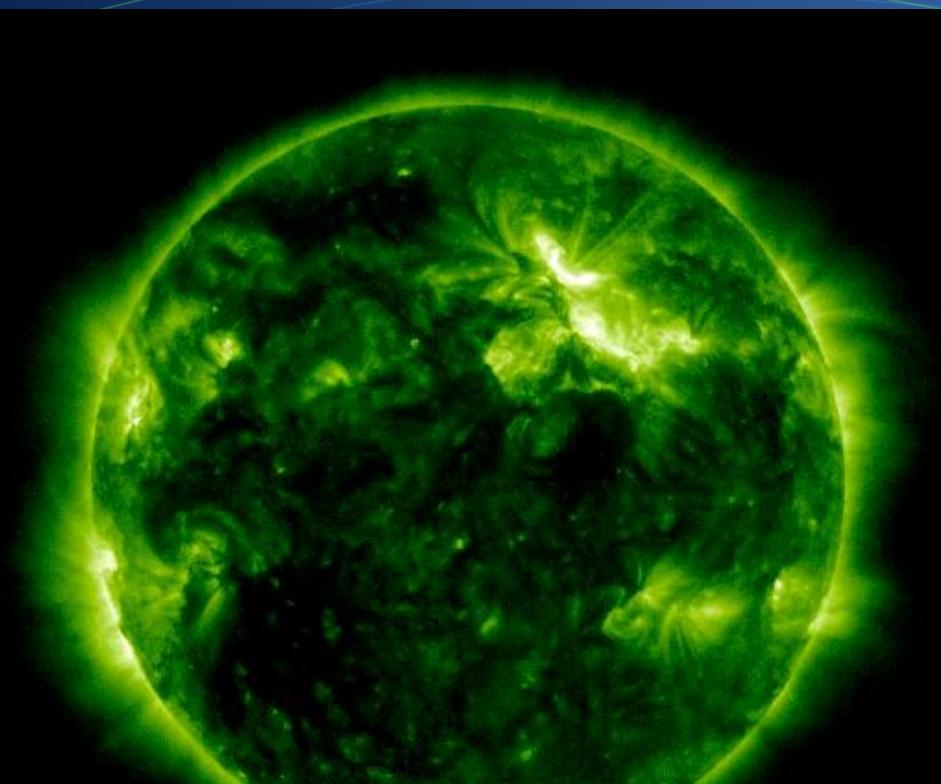
コロナガス

2. 太陽宇宙線(~30分-十数時間)

3. 1 X線、紫外線、電波...(~8分20秒)
2 コロナ
ガス噴出
(1-5日)



太陽フレア、コロナガス噴出



太陽フレアと呼ばれる太陽表面での爆発現象は、ほとんど黒点の周辺で起こる

SDO/AIA 94 2012-01-22 18:11:15 UT

<http://sdo.gsfc.nasa.gov/>



太陽フレアに伴ってコロナガスが噴出されることがある

2012/01/23 00:06

<http://sohowww.nascom.nasa.gov/>

太陽活動と黒点の関係

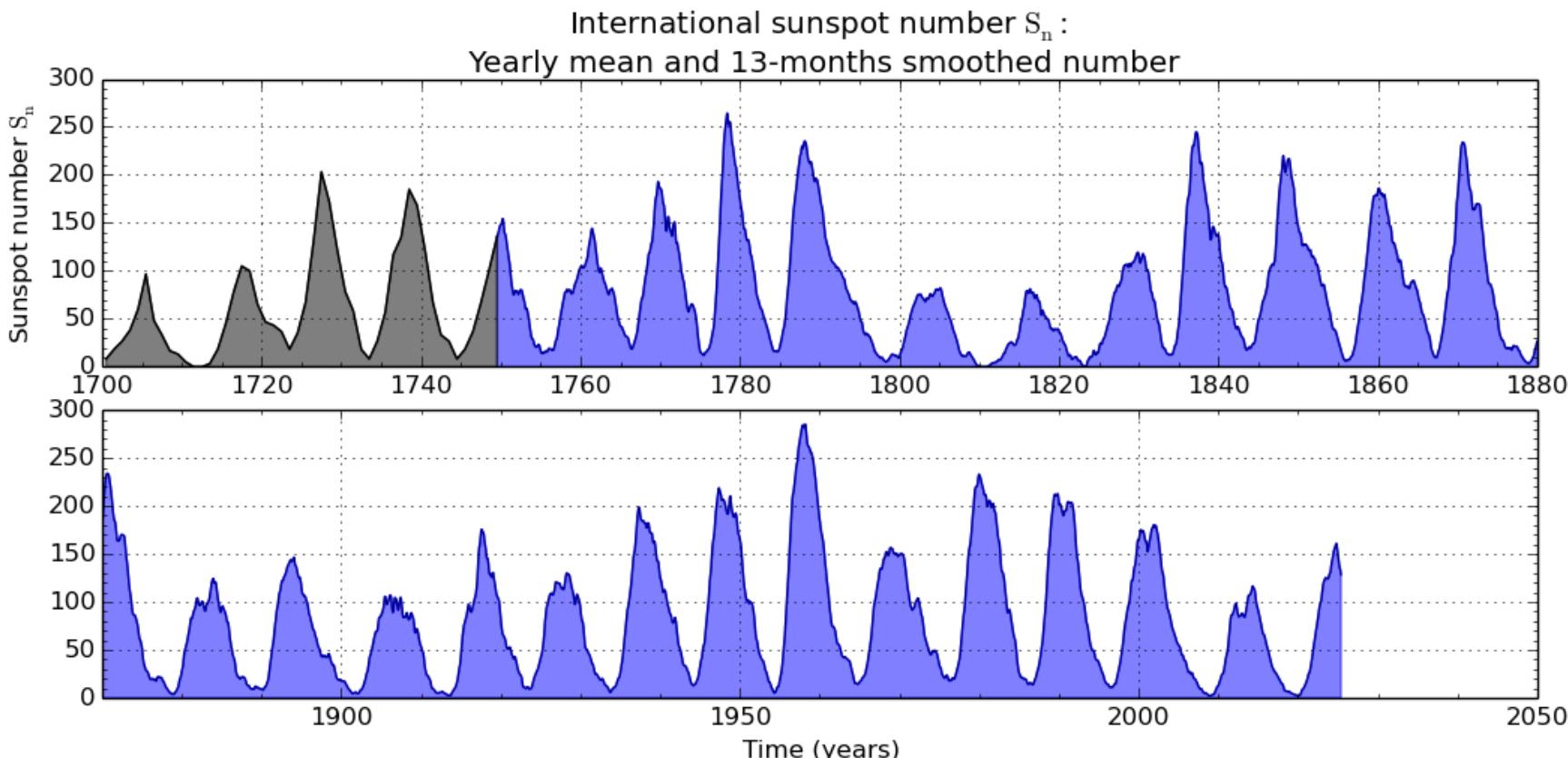
太陽フレアは、ほとんどの場合、黒点の周辺で起こる。



黒点数が多いと、太陽活動が活発。



太陽活動周期



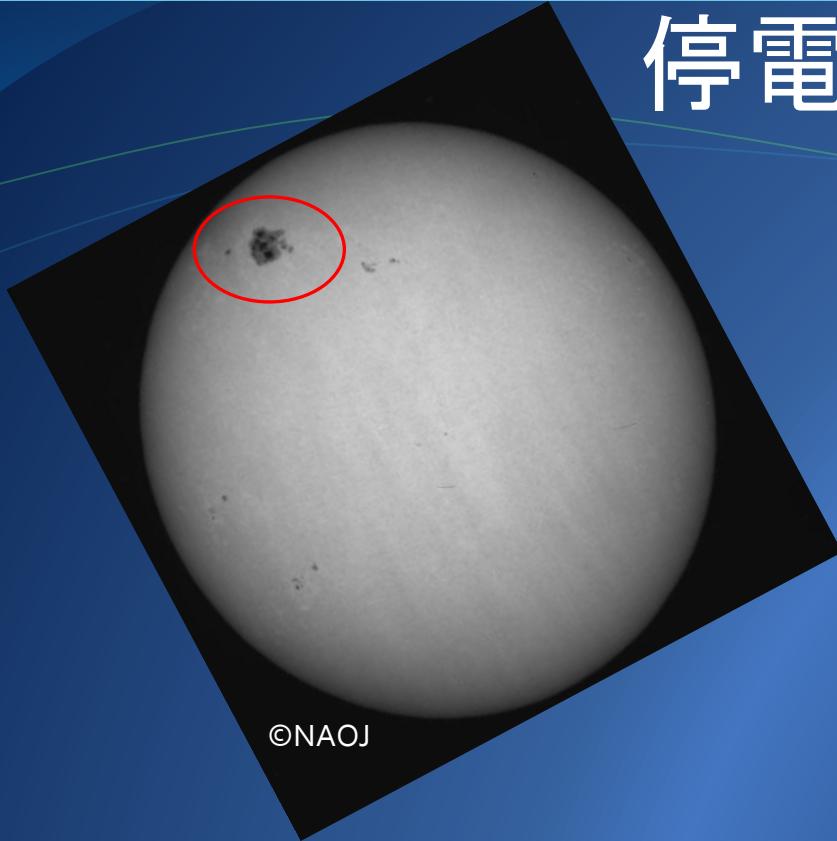
SILSO graphics (<http://sidc.be/silso>) Royal Observatory of Belgium 2025 December 1

現在、太陽活動極大期

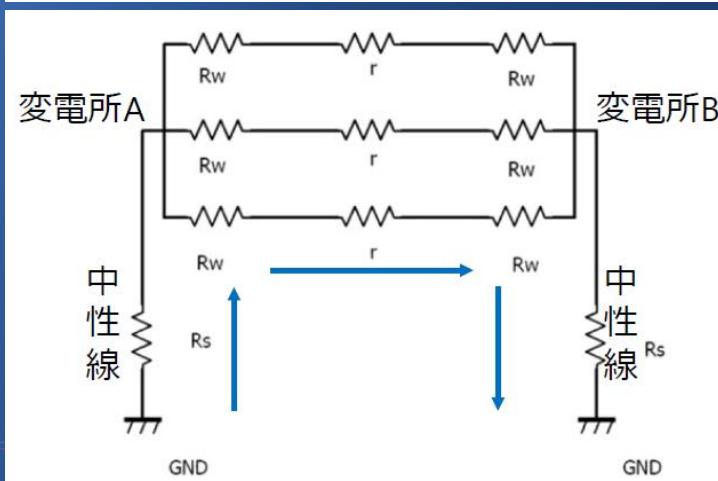
- 極大期とは、太陽黒点数が多くなる3~4年間くらいのことを言います。
- 「〇年△月に太陽活動が活発で大きなフレアが起こる」ということではありません。

宇宙天気災害事例

1989年3月13日 カナダ／ケベック州 停電が発生



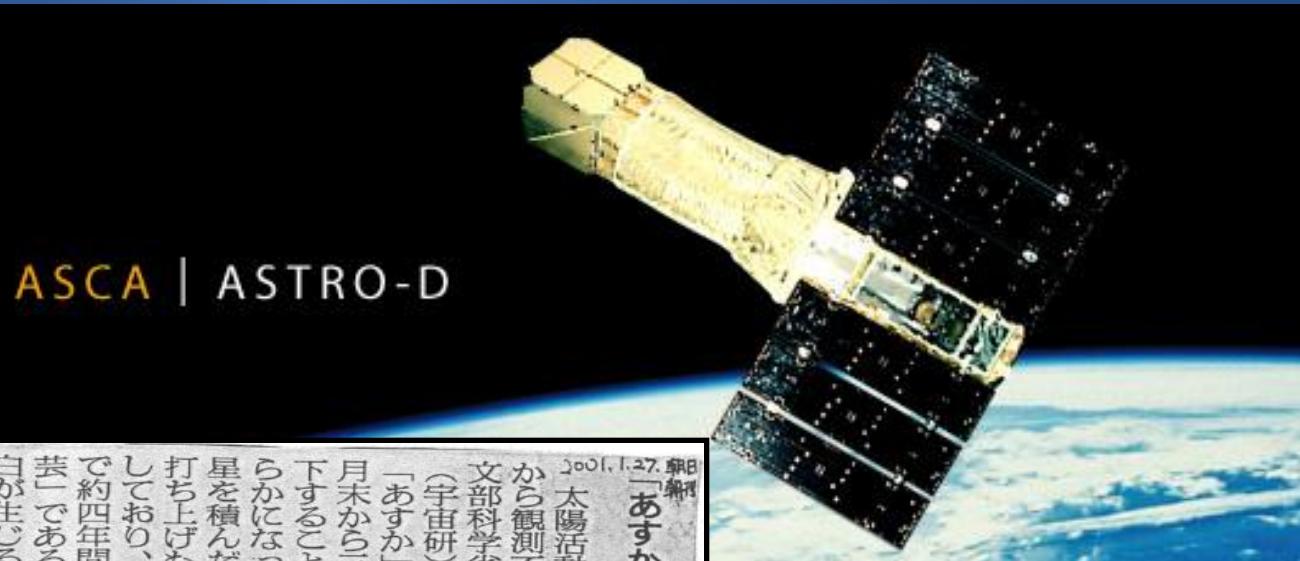
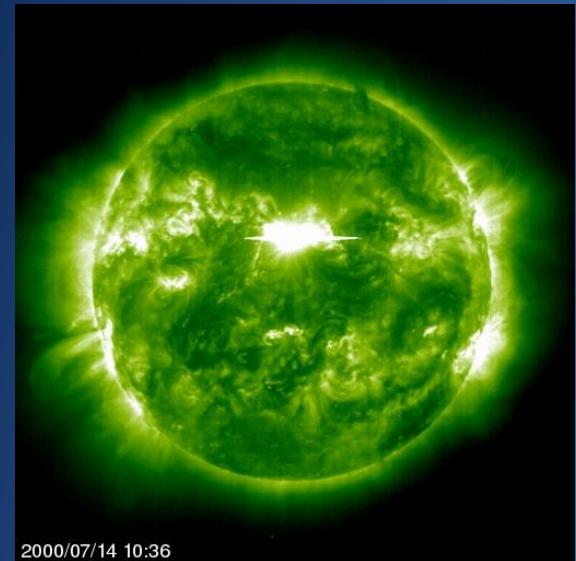
- 大規模太陽フレアが発生
- コロナガスが地球に衝突
- 地磁気嵐が発生
- 送電線に過剰な誘導電流が流れる
- 変電所の変圧器が焼損



海老原祐輔氏(京都大学)講演資料より

2000年7月15日 宇宙空間 日本のX線天文衛星ASCAが制御不能

- ・ 日本のX線天文衛星ASCAが姿勢制御不能となり運用終了
- ・ 原因 太陽からのガスの塊が地球に衝突した



2001.1.27.朝日
「あすか」結局落下へ
太陽活動の影響で昨年夏
から観測不能になっていた
文部科学省宇宙科学研究所
(宇宙研)のX線天文衛星
「あすか」が回復せず、二
月末から三月初めの間に落
下することが、二十六日明
らかになった。次世代の衛
星を積んだM5ロケットの
打ち上げも昨年二月に失敗
しており、次の打ち上げま
で約四年間、日本の「お家
であるX線天文学に空
が生じることになる。

2022年2月4日 宇宙空間 スターリンク衛星40機ほど消失

スペースXがスターリンク衛星40機を喪失 地磁気嵐の影響で運用高度へ移動できず大気圏再突入へ

秋山文野 エキスパート | サイエンスライター/翻訳者（宇宙開発）
2022/2/9(水) 17:52

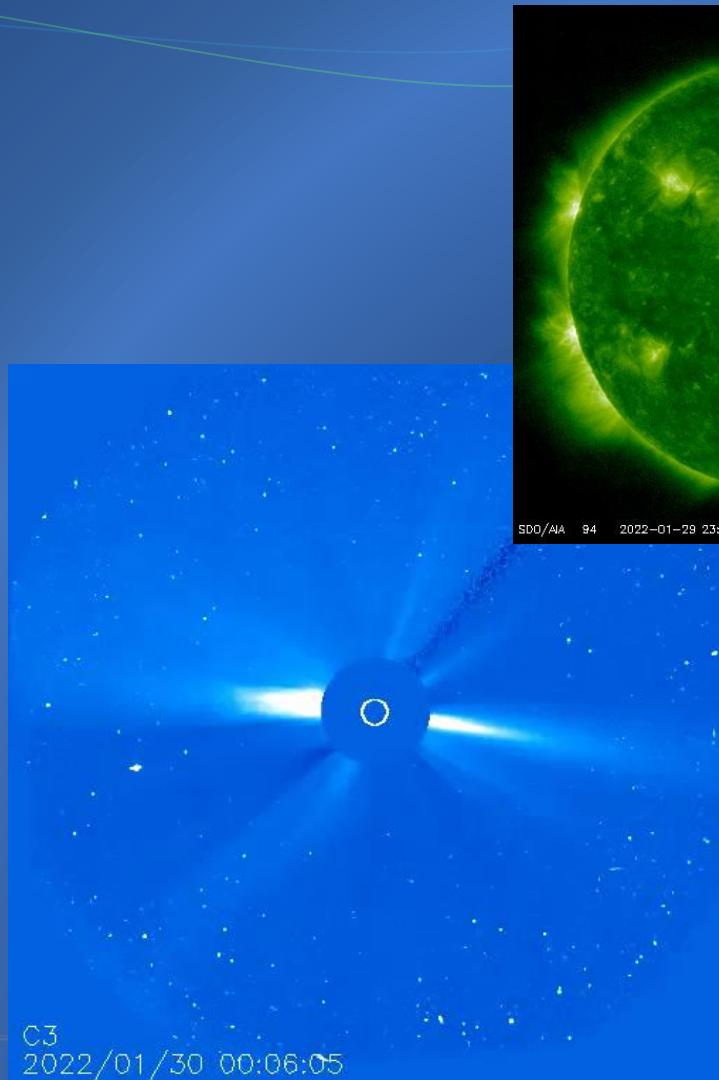


Credit : SpaceX

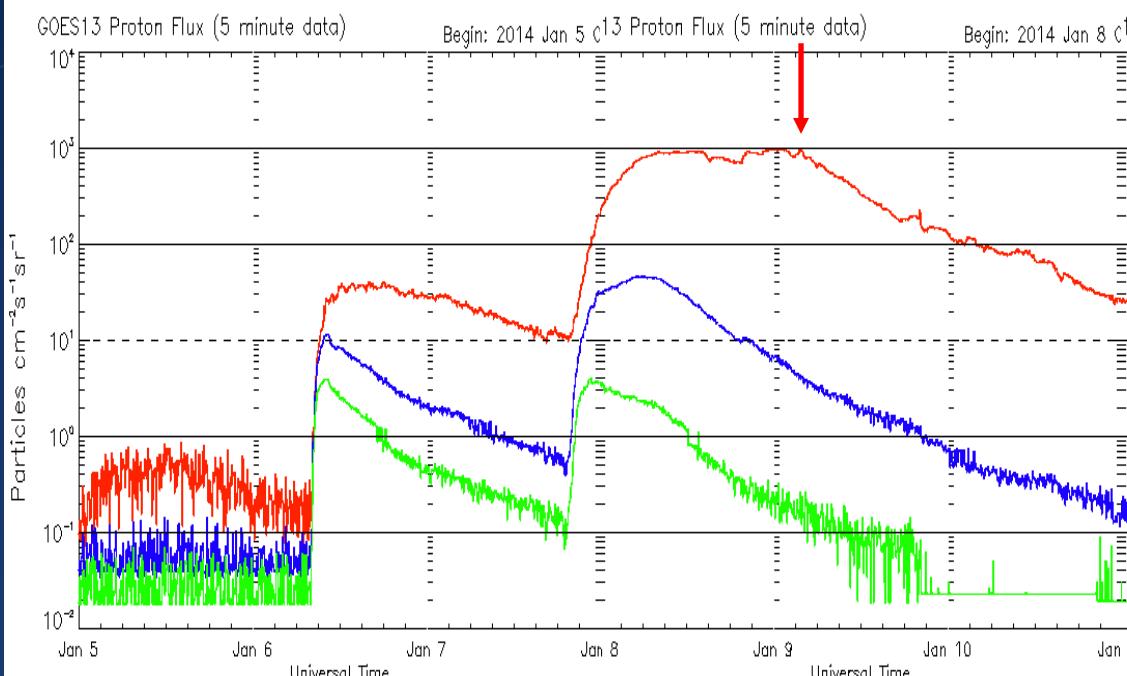
2022年2月8日、米スペースXは2月3日に打ち上げた通信衛星スターリンクの49機中、40機が地磁気嵐の影響で運用高度へ到達できず、大気圏に再突入すると発表した。スペースXは再突入は軌道の安全を守るための措置で、「衛星のスペースデブリ化を防ぐため」としている。

米国東部時間2月3日午後1時13分（日本時間4日午前3時13分）、スペースXはフロリダ州のケネディ宇宙センターから49機のスターリンク衛星を打ち上げた。衛星は近地点が高度210キロメートルの軌道に投入され、高度500キロメートルの運用高度まで移動する予定だった。

スペースXの発表では、米国時間で2月4日ごろに発生した地磁気嵐（強い磁気を帯びた太陽風と地球の磁場の相互作用で磁気圏の状態が乱される現象）のため、大気が加熱され密度が高まって衛星が受ける大気の抵抗が増加し、スピードが低下した。大気抵抗は、打ち上げ前より50パーセント増したという。日本の情報通信研究機構（NICT）は、2月4日に地磁気嵐発生の臨時情報を発出している。



2014年1月8日 アメリカ ロケット打ち上げ延期

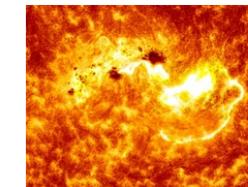


Begin: 2014 Jan 5 c13 Proton Flux (5 minute data)
Begin: 2014 Jan 8 c13 Proton Flux (5 minute data)
Begin: 2014 Jan 11 0

ホーム > 宇宙 > 企業動向 > 記事

2014年01月09日(木) 07時45分

シグナス補給船運用第1号、太陽活動活発化のため打ち上げ延期



オービタル・サイエンシズ(Orbital Sciences)特別編集
シグナス補給船、大気圏に突入して燃料燃焼してミッション終了…
スカイボックスイメージング社高解像度地球観測衛星を2015年…
シグナス補給船ミッションを終了…国際宇宙ステーションから離脱

オービタル・サイエンシズ社は、2014年1月8日に予定されていた国際宇宙ステーション民間補給機「シグナス Orb-1」の打ち上げを、1月7日に発生した太陽活動の活発化

のため延期すると発表した。

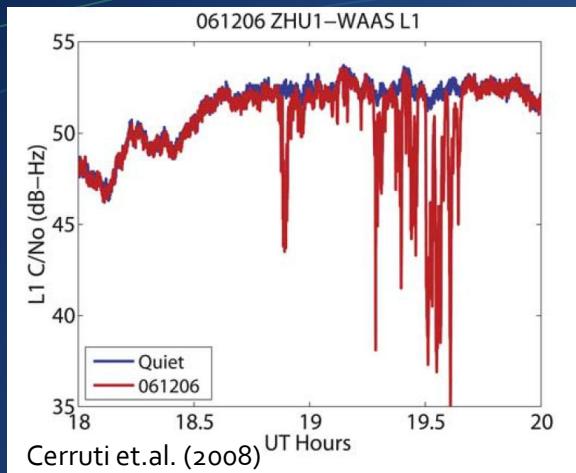
1月7日、NASAとESAの太陽活動観測衛星SOHOは大規模な太陽活動を捉えた。また、NASAの太陽観測衛星SDOがアメリカ東部時間1月7日午後1時32分に撮影した映像には大規模な黒点がみられ、Xクラスの太陽フレアが発生したことが判明した。

大規模な太陽フレアが発生すると、国際宇宙ステーションに到達する宇宙放射線の量も増大し、滞在中の宇宙飛行士は船内の壁の厚い場所に退避するといった対応を迫られることがある。オービタル・サイエンシズ社は、アメリカ東部時間1月8日午後1時32分(日本時間1月9日前3時32分)に予定していたシグナス補給船の打ち上げを延期した。

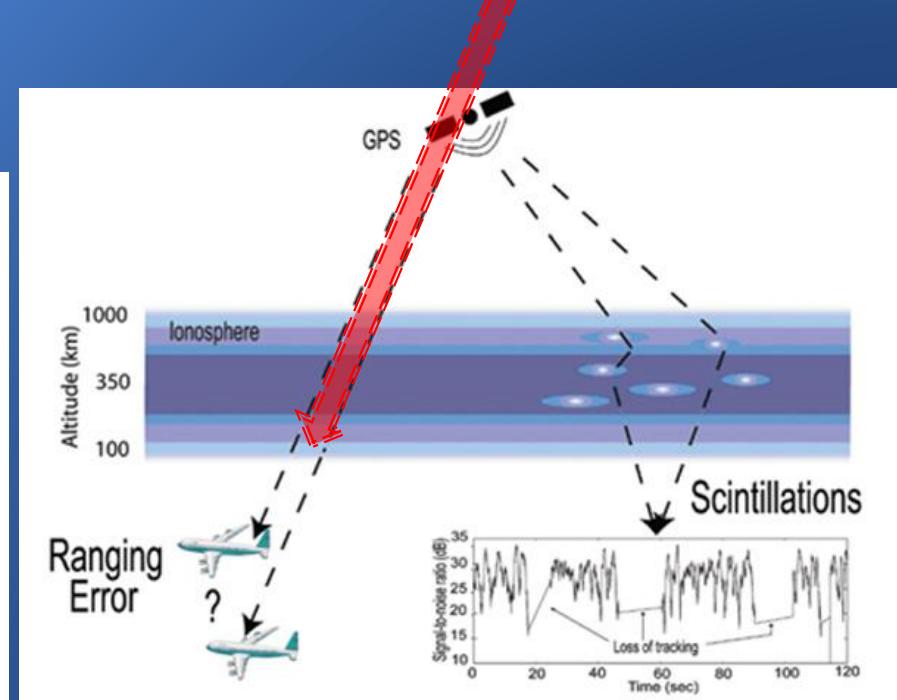
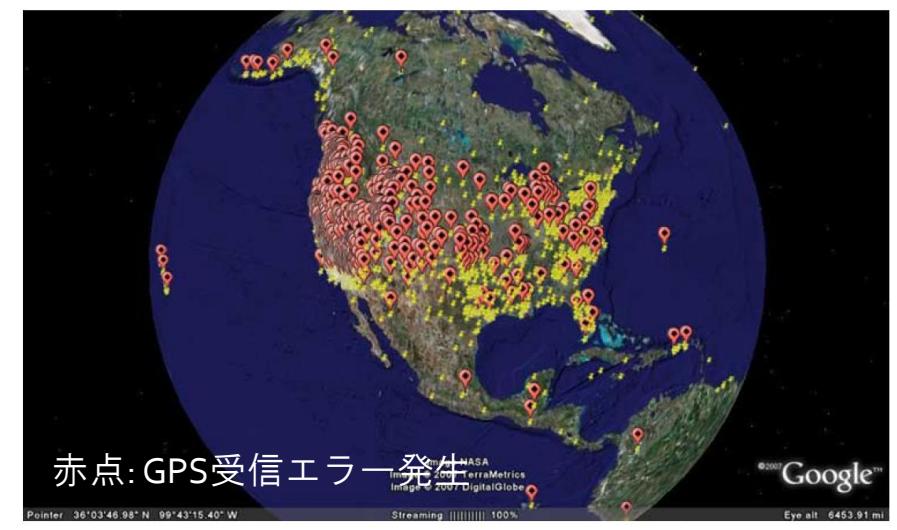
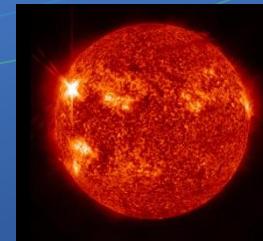
新しい打ち上げ日時は1月8日の時点では未定だが、翌9日(木曜日)中に打ち上げが可能な場合は午後1時7分(日本時間1月10日午前3時7分)となる。ISSへの到着は1月12日の午前となる予定だ。

高エネルギー粒子の増加のため、電子機器の誤動作を懸念して打ち上げが延期された。

2006年12月6日 アメリカ他 GPS信号に太陽電波が混信



大規模な太陽電波バーストが起こると、GPSなどの電波と混信を起こすことがある。



2025年11月12日 日本 GPS測位誤差の増大

国土交通省
国土地理院
Geospatial Information Authority of Japan

本文へ 総合トップへ 文字サイズ変更 標準 拡大 ENGLISH

Google 提供 検索 サイトマップ

国土地理院について 位置の基準・測量情報 地図・空中写真・地理調査

地理院ホーム > 位置の基準・測量情報 > 電子基準点 > 報道発表資料等 > 太陽フレアによる11月12日のGNSS測位への影響

太陽フレアによる11月12日のGNSS測位への影響

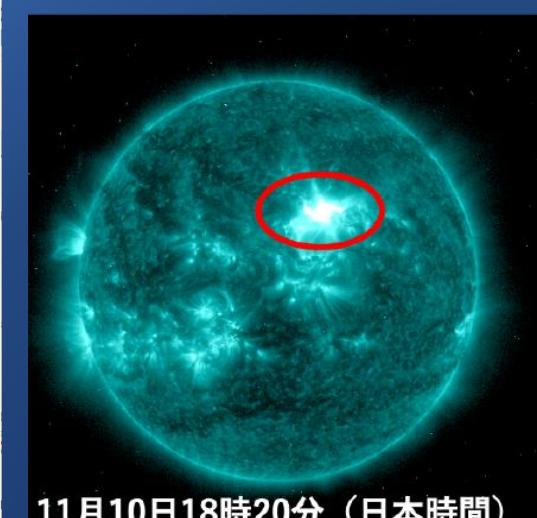
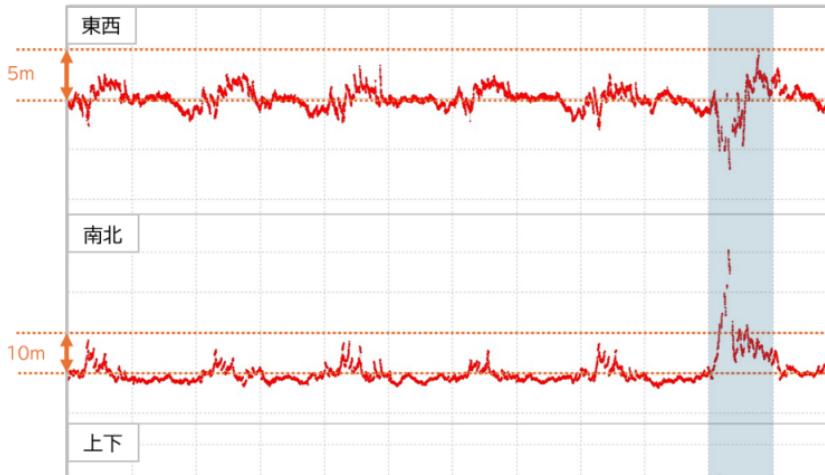
カーナビやスマートフォンなどで一般の皆様が利用する測位方式では、日本時間の11月12日に誤差が大きくなる時間帯がありました。

発表日時: 2025年11月14日(金) 09時30分

- カーナビやスマートフォンなどで一般の皆様が利用する測位方式では、日本時間の11月12日に誤差が大きくなる時間帯がありました。
- 測量で用いられる測位方式においても、同日の朝から夕方にかけて測量を実施した場合、電離層の乱れの影響を受けた可能性があります。

カーナビやスマートフォンなどで用いられる一般的なGNSS測位方式

つくば市にある電子基準点のデータを、一般的なGNSS測位方式で解析したところ、日本時間の11月12日9時頃から21時頃に測位結果の誤差が大きくなることが確認されました(図1)。

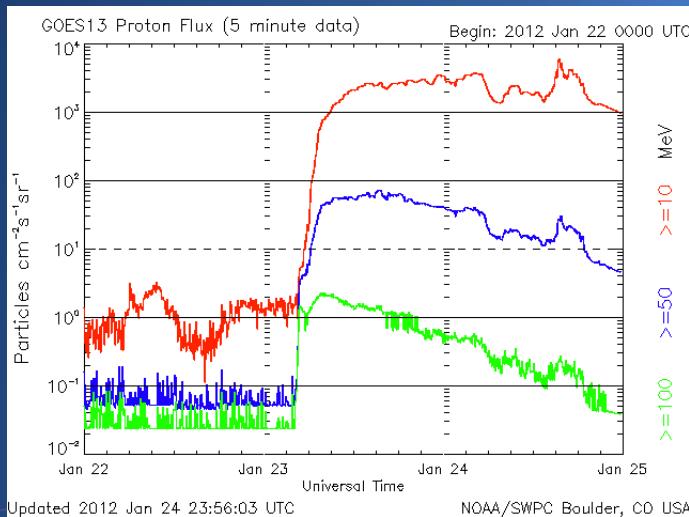
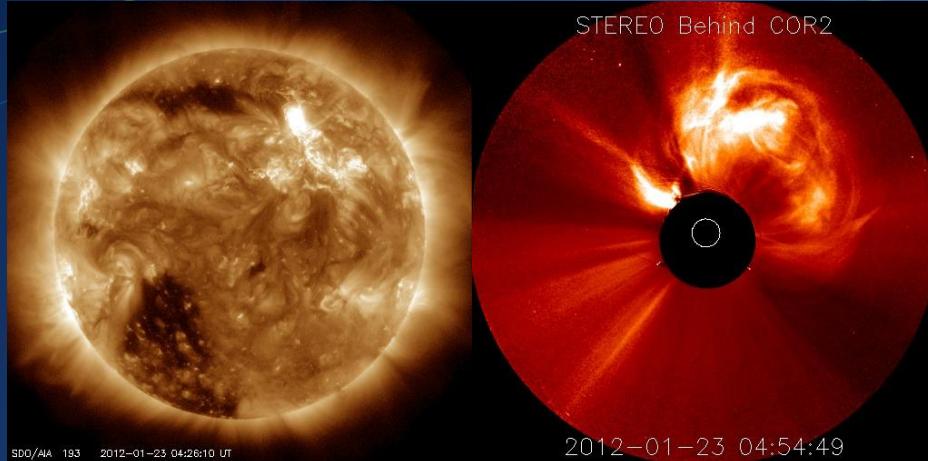


11月10日18時20分（日本時間）

16

NICT

2012年1月23日 アメリカ他 民間航空機の飛行ルート変更



Delta diverts polar flights due to solar storm | Reuters - Mozilla Firefox

www.reuters.com/article/2012/01/24/us-delta-idUS

REUTERS EDITION: U.S.

Business Markets World Politics Tech Opin

WestlawNext Hear what Ed and others are saying

"IT MEANS V PRODUCT A EDWARD DEUTSCH MCELROY, DEUTSCH

UNITED POLAR ROUTES

WASHINGTON CHICAGO

BEIJING HONG KONG SHANGHAI OSAKA TOKYO

Delta diverts polar flights due to solar storm

IEVIDENCE MOUNTING.

WestlawNext

MORE REUTERS RESULTS FOR: Delta aims for record-breaking polar flight 2011 Glass build-up found in NATO F-16 engine-US 2010 Red dust found in NATO F-16 engine: US official 2010 Airline going green to shrink fuel costs 2008

F12 NWA

A Delta Air Lines jet takes off past a Northwest Airlines jets parked at gates at the Minneapolis-St.Paul International Airport in Minneapolis, Minnesota October 30, 2008. Credit: Reuters/Eric Miller

Tue Jan 24, 2012 3:59pm EST

(Reuters) - Delta Air Lines was diverting some flights on polar routes between Detroit and Asia to avoid disruptions to aircraft communications by a strong solar radiation storm, the airline said on Tuesday.

The storm, considered the strongest since 2005, has caused minor disruptions for U.S. airlines, and Delta said it altered routes for "a handful"

Twitter 96 Share 13 Share this Email Print

Related News

Sun hurls strong geomagnetic storm toward Earth Mon, Jan 23 2012

2011 was ninth-warmest year since 1880: NASA Thu, Jan 19 2012

US airlines seen profitable despite economic woes Wed, Jan 18 2012

US airlines boost domestic long-haul fares Fri, Jan 13 2012

NICI

観測史上最大級の現象が起こったら？

経済損失の計算

Regions	Best	Worst
米国、カナダ	128,808	163,866
スカンジナビア、英国	28,903	37,210
独・仏・伊・瑞・澳	73,934	95,185
欧州全体	102,837	132,395
日本	41,746	53,745
豪州	7,617	9,806

Unit: 百万ドル

- 潜在的・地球レベルの影響は本計算に含んでいない
- 東日本大震災の経済損失: 100,000-250,000 (百万ドル)

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

宇宙天気予報の業務

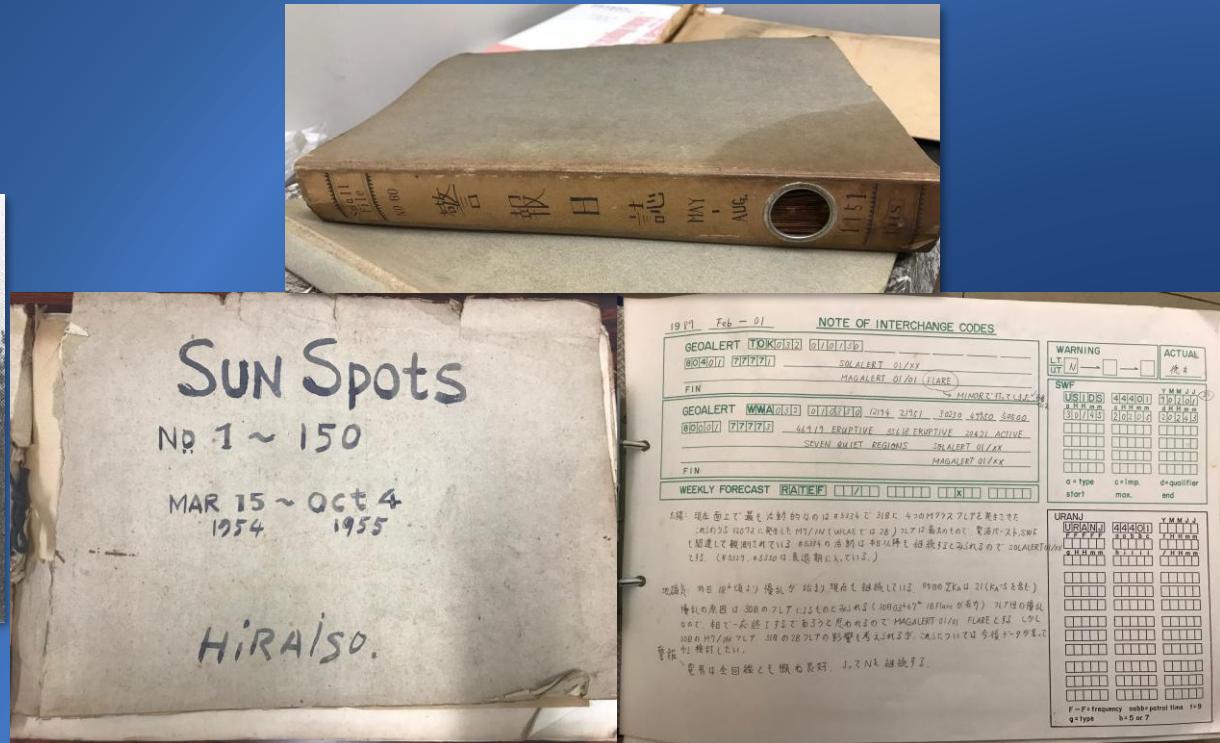
宇宙天気予報業務(1950年代～)

- 1940年代後半から1950年代前半、郵政省電波研究所において、短波通信障害を事前に利用者に知らせるため、「電波伝搬警報」の発信を開始
 - 1932年、電離層観測開始
 - 1952年、太陽電波観測開始



平磯における200MHz太陽電波観測(1952)

Isobe & Yamashita (1994)

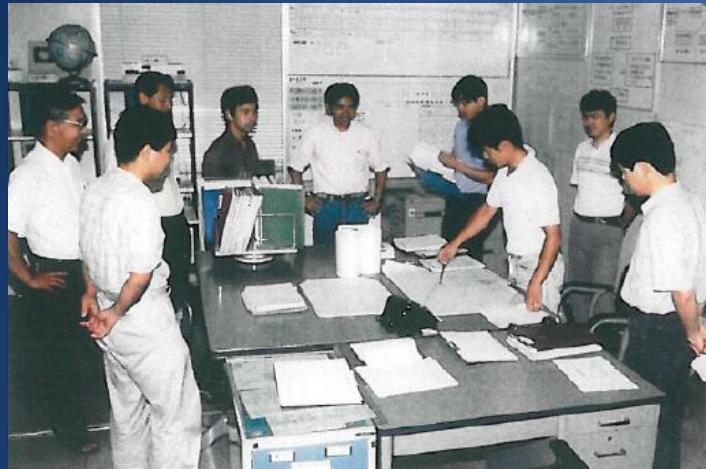


1950年代の短波伝搬警報の記録

宇宙天気予報業務(1988~)

- 電波伝搬警報が宇宙天気予報に発展
- 年間365日、休まず宇宙天気予報を発信
- 予報情報は国際宇宙環境サービス(IES)加盟各国と交換
 - IES: 宇宙天気予報を発信している運用機関の組織

1990年頃の宇宙天気予報会議



国際宇宙環境サービス(IES)。現在、21ヶ国が加盟している



宇宙天気予報業務(2019~)

- ・ 宇宙天気予報センター副局開設
(2019/3)
- ・ ICAO 宇宙天気センター 開設
(2019/11/7)
- ・ 宇宙天気予報業務24時間運用
開始(2019/12/1)



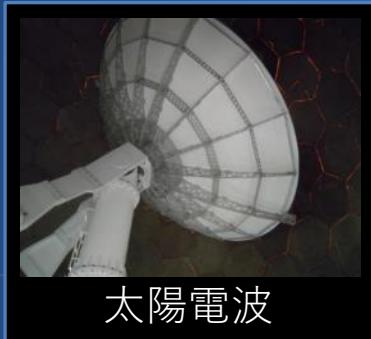
副局



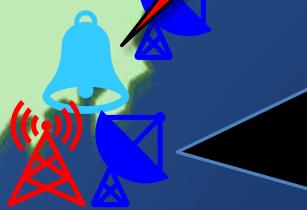
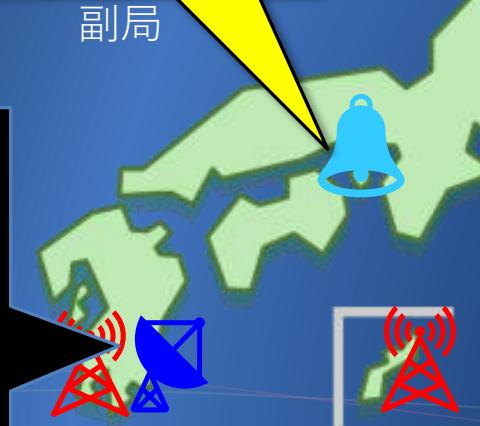
電離圏



主局



太陽電波



太陽風

現在の宇宙天気予報

運用日	365日
運用時間	24時間
日報	00:00-01:00UTC 12:00-13:00UTC
週報	12:00-13:00UTC(金曜日)
臨時情報	イベント発生時(24時間)
イベント自動通報	イベント発生時(24時間)
ウェブサイト予報更新	06:00-07:00UTC

宇宙天気予報 : swc.nict.go.jp

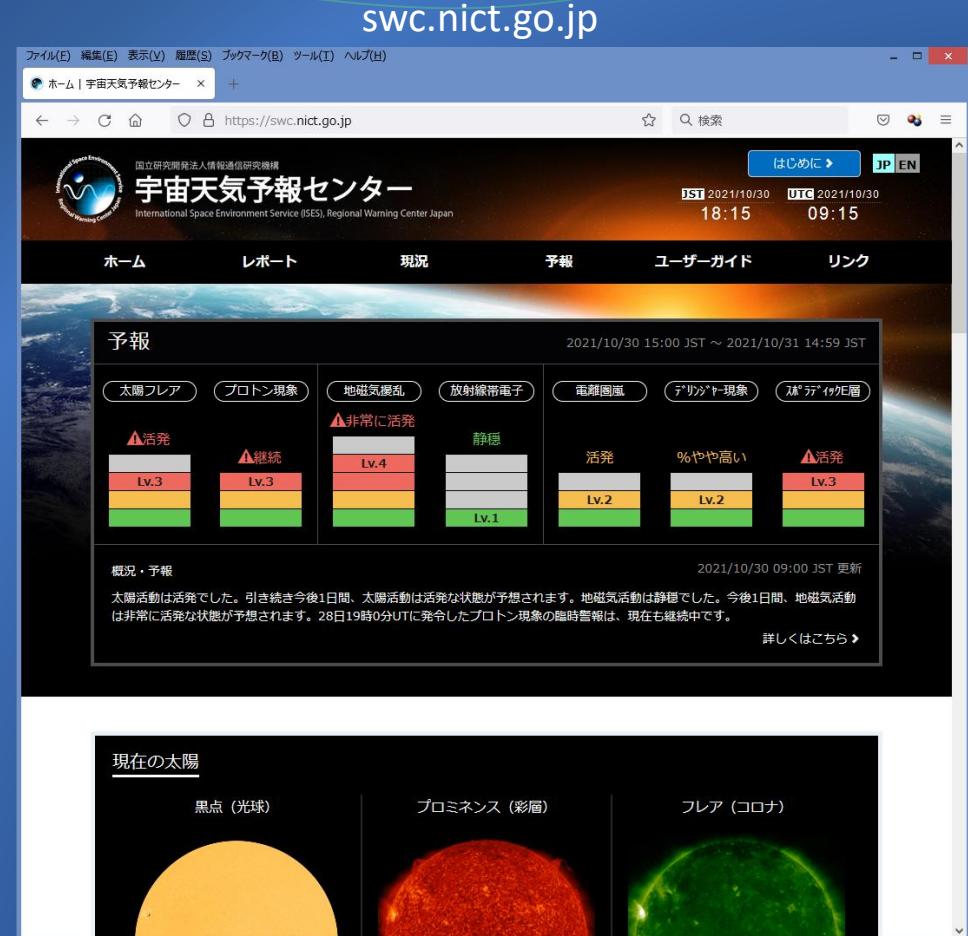
The screenshot shows the homepage of the Space Weather Forecast website. At the top, there's a header with the site's name and a timestamp: JST 2023/01/10 11:58 UTC 2023/01/10 02:58. Below the header, there are tabs for Home, Report, Current Status, Forecast, User Guide, and Links. A red box highlights the 'Current Status' tab. Underneath it, there's a section for 'Temporary Information' with a message about a solar flare detection. The main content area features a large image of Earth from space and a forecast table for various space weather parameters from January 9 to January 10, 2023. The forecast table includes columns for Solar Flare, Proton Event, Magnetic Storm, Radiation Belt Electrons, CME, Aurora, and Dst. Most categories are listed as 'Stable' (静穏) or 'Low' (Lv.1). A note at the bottom states that solar activity was very active and stable.

- 宇宙天気予報(swc.nict.go.jp)
 - レポート
 - 情報配信サービス

宇宙天気予報の内容

- 以下の7種類の予報を発信

- 太陽フレア
- プロトン現象
- 地磁気擾乱
- 放射線帯電子
- 電離圏嵐
- デリンジャー現象
- スボラディックE層



臨時情報、イベント通報、宇宙天気警報

臨時情報(手動配信)

- 太陽フレア
 - Mクラス以上で継続時間が長いフレア(LDE)発生時
 - Xクラス発生時
- CME
 - 上記フレアに伴いFull-halo CME(地球への影響が確実視される)が発生した時
- プロトン現象
 - プロトン現象発生時(10, 100, 1,000, 10,000PFU)
- 地磁気嵐
 - 地磁気嵐発生・終了時(気象庁地磁気観測所による判断)
- 放射線帯電子
 - 高いレベル、非常に高いレベル到達時

イベント自動通報

- 太陽フレア
 - Mクラス以上発生時
- プロトン現象
 - プロトン現象発生時(10, 100, 1,000, 10,000PFU)
- 放射線帯電子
 - 高いレベル、非常に高いレベル到達時

宇宙天気警報(SAFIR)

- 太陽フレア(通信・放送)
 - Xクラス以上発生時(日本が昼間の場合のみ)
- プロトン現象(通信・放送、宇宙システム)
 - プロトン現象発生時(10, 100, 1,000, 10,000PFU)
- 放射線帯電子(宇宙システム)
 - 非常に高いレベル到達時
- 被ばく線量率(航空機被ばく)
 - FL150–600で $30 \mu\text{Sv}/\text{h}$ を超えた時

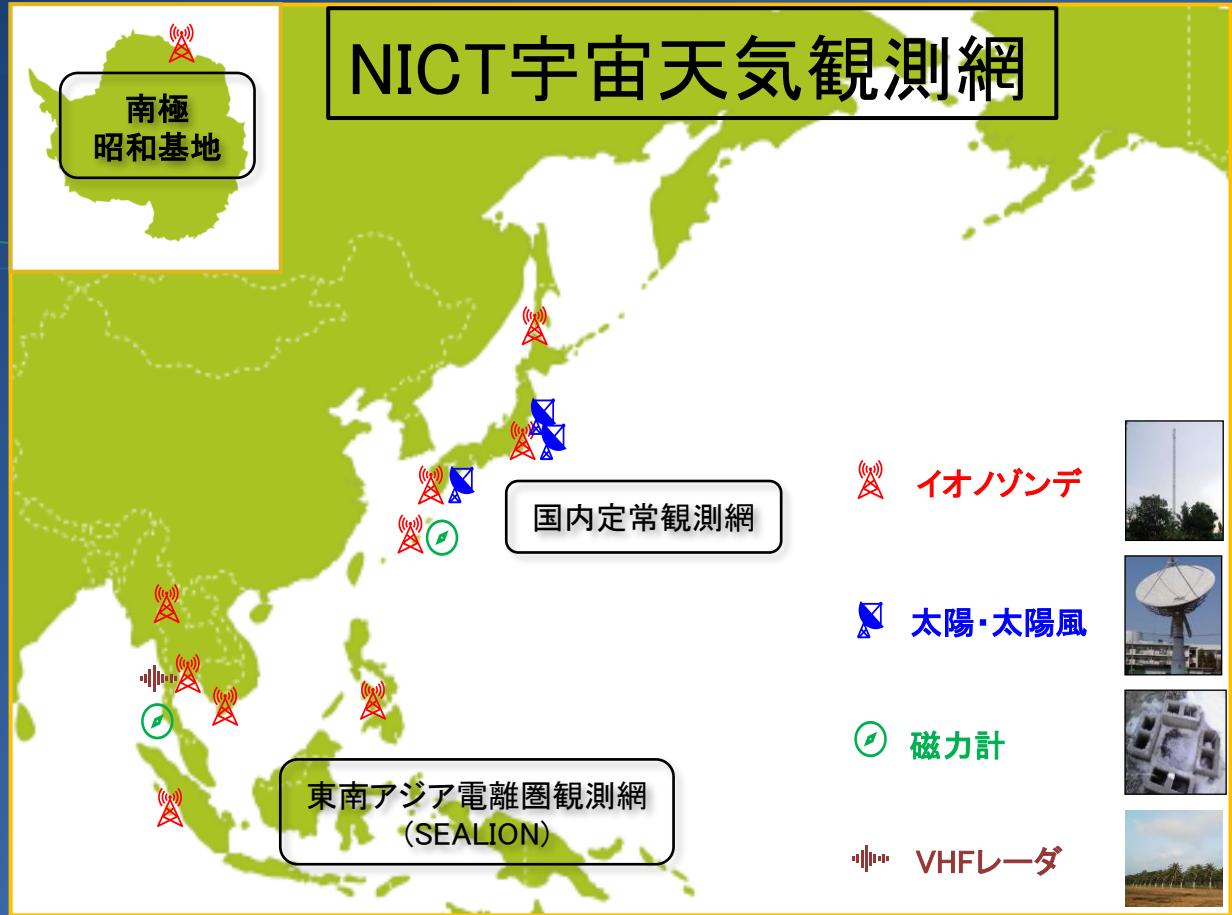
- 宇宙天気予報のページから登録できます。
- 登録者にメール配信しています。

- 宇宙天気予報(swc.nict.go.jp)
 - レポート
 - 情報配信サービス

宇宙天気予報の研究

宇宙天気予報研究

- 現在を見る
 - 観測
- 未来を予測する
 - 数値シミュレーション
- 過去を振り返る
 - データ解析
- 社会に還元する
 - 情報発信



現在を見る: 観測

国内電離圏観測

電離圏の3次元変動を監視

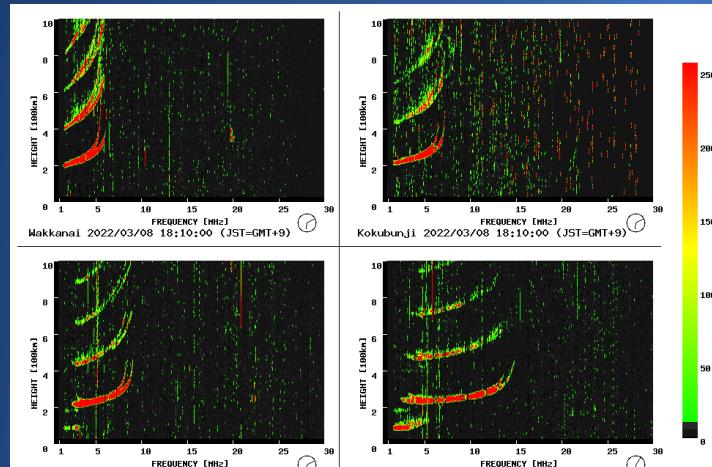
イオノゾンデ（稚内、国分寺、山川、沖縄）で電離圏を監視



イオノゾンデで高度方向、
GEONETで水平方向の電離圏
変動を知る。

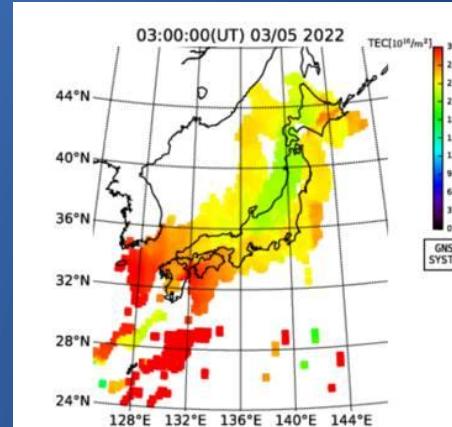
GEONETデータで電離圏を監視

高度(100km)

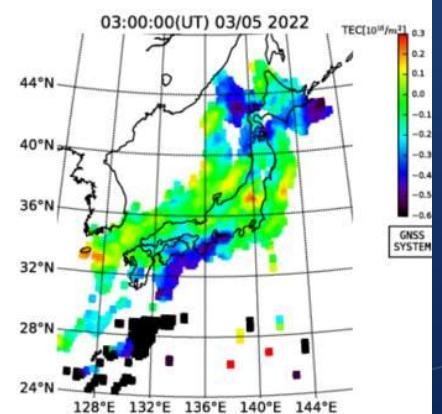


周波数(MHz)

全電子数



全電子数変動成分



東南アジア電離圏観測

プラズマバブルの発生・伝搬を監視

東南アジア各国と協力しイオノゾンデを以下の場所に設置

- ・ チュンポン（タイ）
- ・ チェンマイ（タイ）
- ・ バクリウ（ベトナム）
- ・ コタバン（インドネシア）
- ・ セブ（フィリピン）



イオノゾンデアンテナ

タイと協力しVHFレーダーをチュンポンに設置

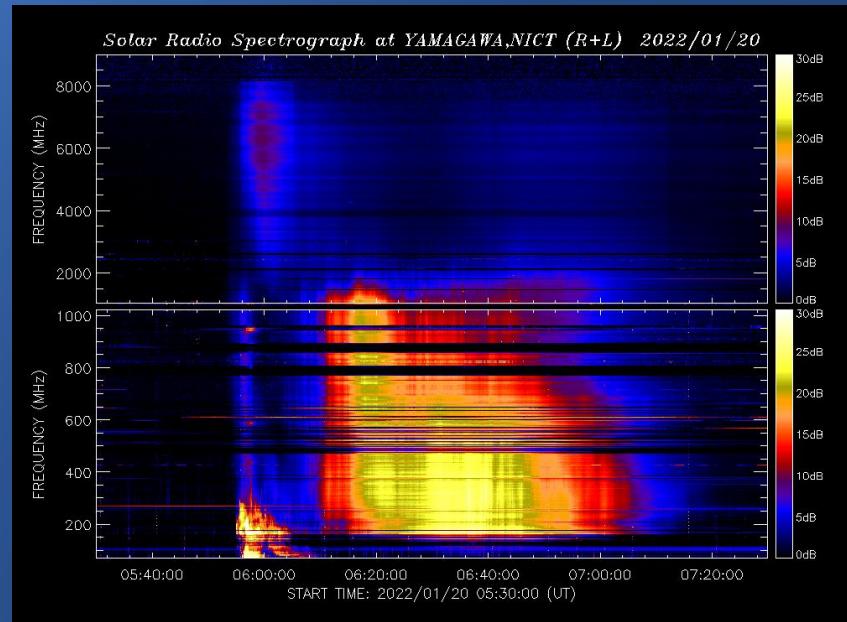
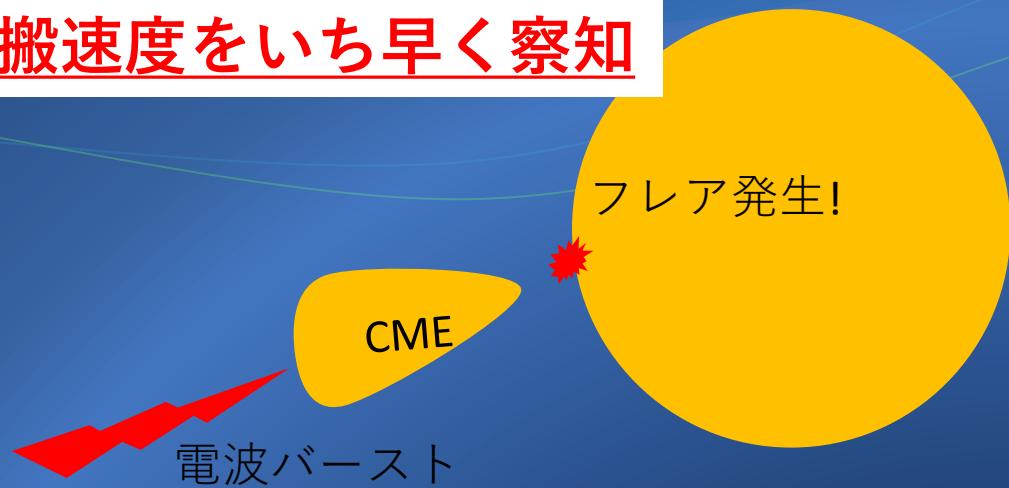


VHFレーダー@チュンポン（タイ）

太陽電波望遠鏡(鹿児島県指宿市)

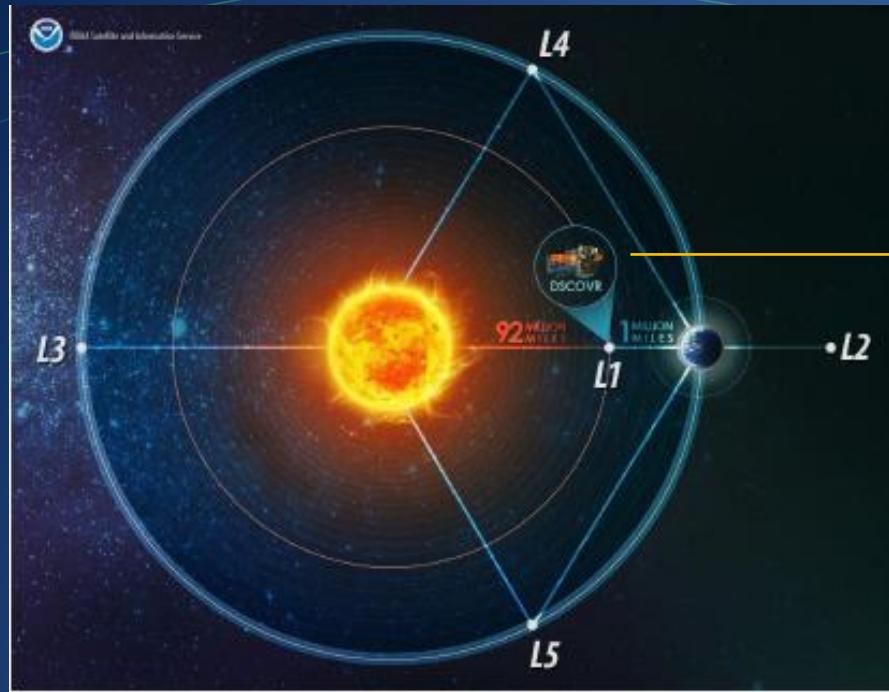
太陽フレアやCMEの発生、伝搬速度をいち早く察知

	山川太陽電波望遠鏡
周波数帯域	70 MHz～9.0 GHz
周波数分解能	31.25 kHz (70 MHz～1.0 GHz) 1.0 MHz (1.0 GHz～9.0 GHz)
時間分解能	8ミリ秒
偏波	右左偏波

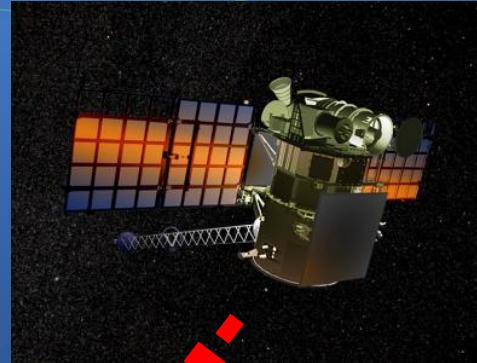


太陽・太陽風観測衛星データ受信

24時間365日太陽風を監視



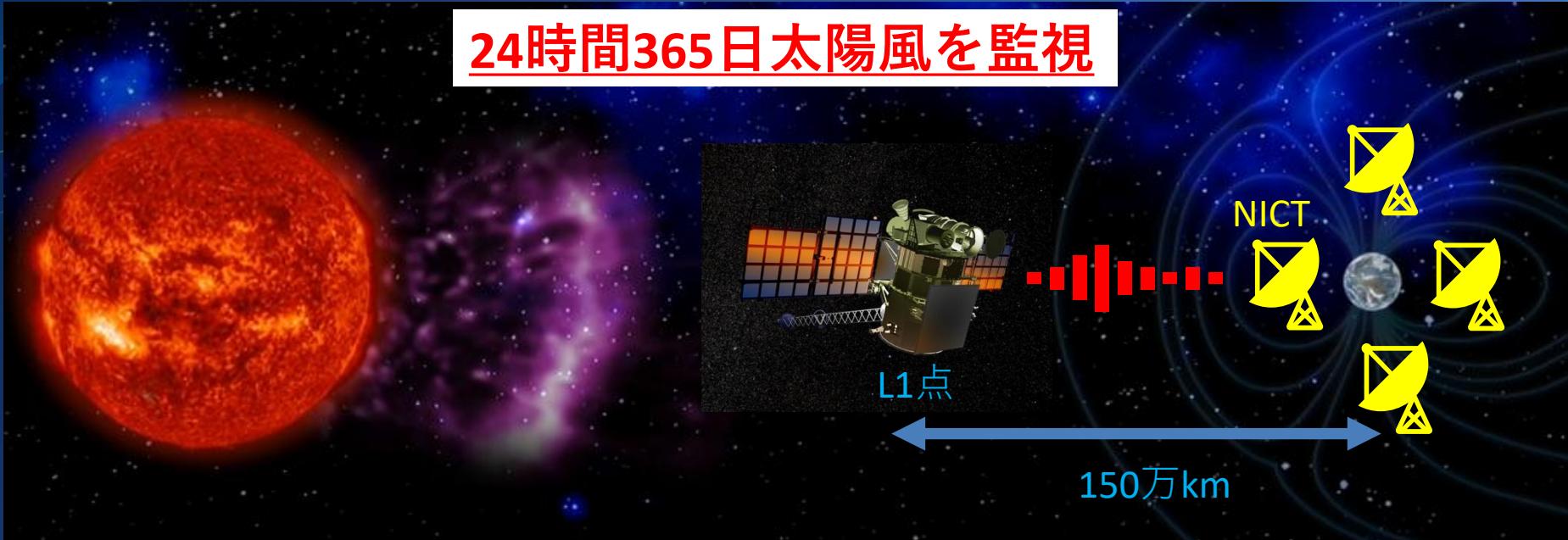
太陽風(嵐)を常時監視する
探査機DSCOVR (NOAA)



DSCOVR地上局
(RTSW Net : 米、独、日、韓)

次期太陽風監視衛星データ受信

24時間365日太陽風を監視



- 2025年9月打ち上げ成功。
- 現在、L1点に向けて飛行中。
- 米国NESDIS/NOAAが運用。
- NICTは国際協力（SWFO Antenna Network）へ参加。
- アンテナネットワーク地上局を鹿島宇宙技術センターに設置。



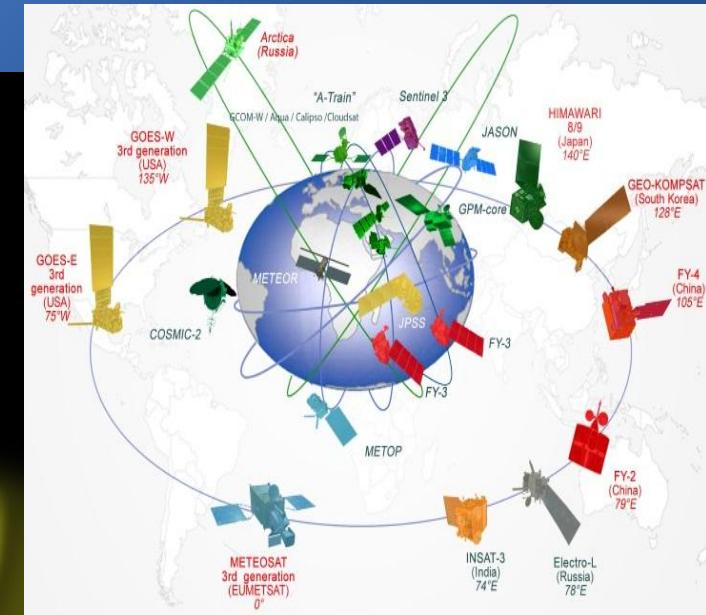
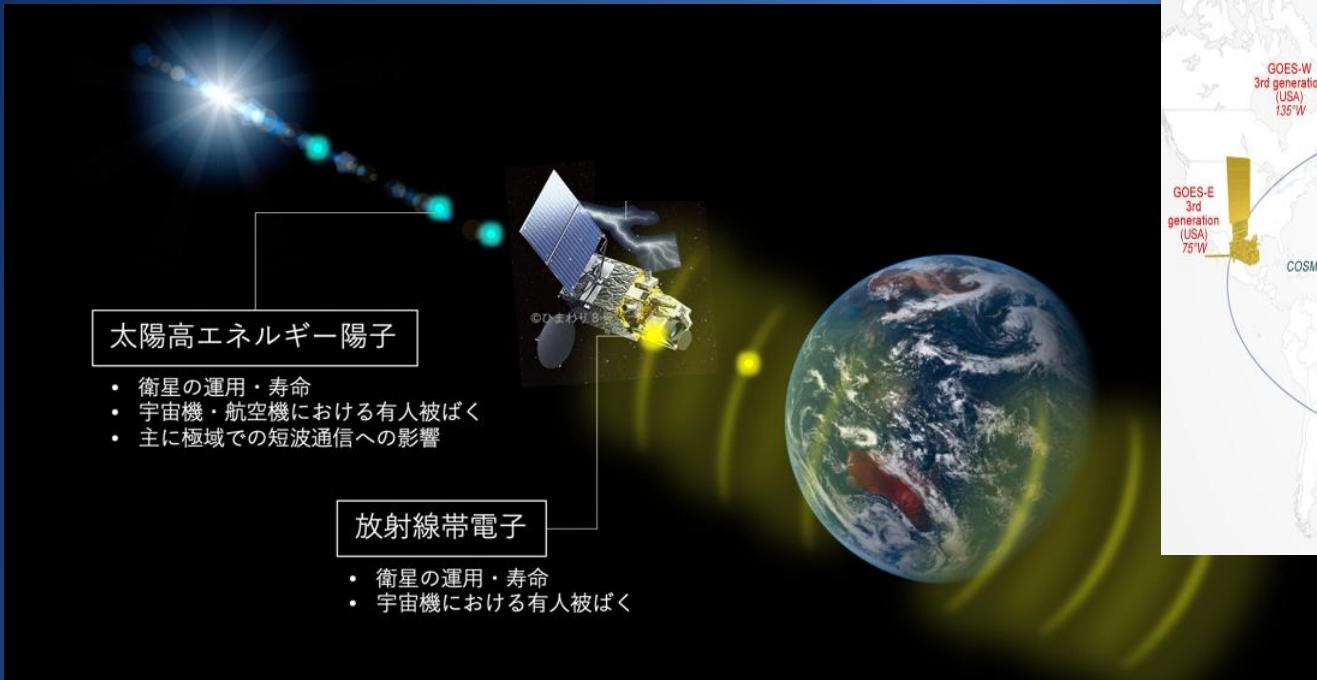
衛星搭載センサー(次期ひまわり)

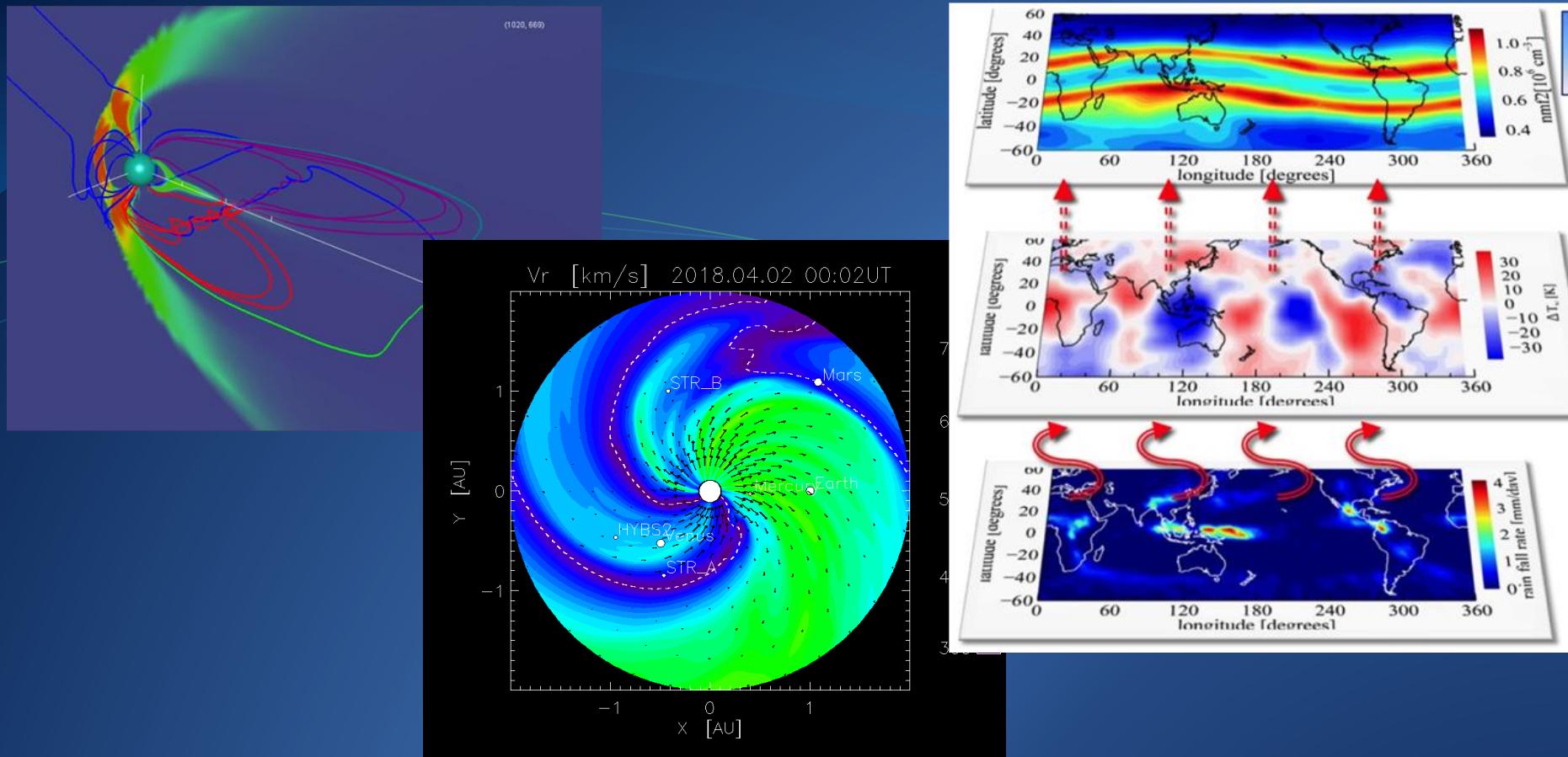
宇宙放射線状況を監視

次期気象衛星ひまわり10号、およびその後の11号(+…)
への搭載を目指し、
宇宙環境センサーを開発中。

フライトモデル製造中

- **高エネルギー陽子**：衛星誤動作等の原因、航空機等被ばくの原因
- **放射線帯電子**：衛星帶電等の原因

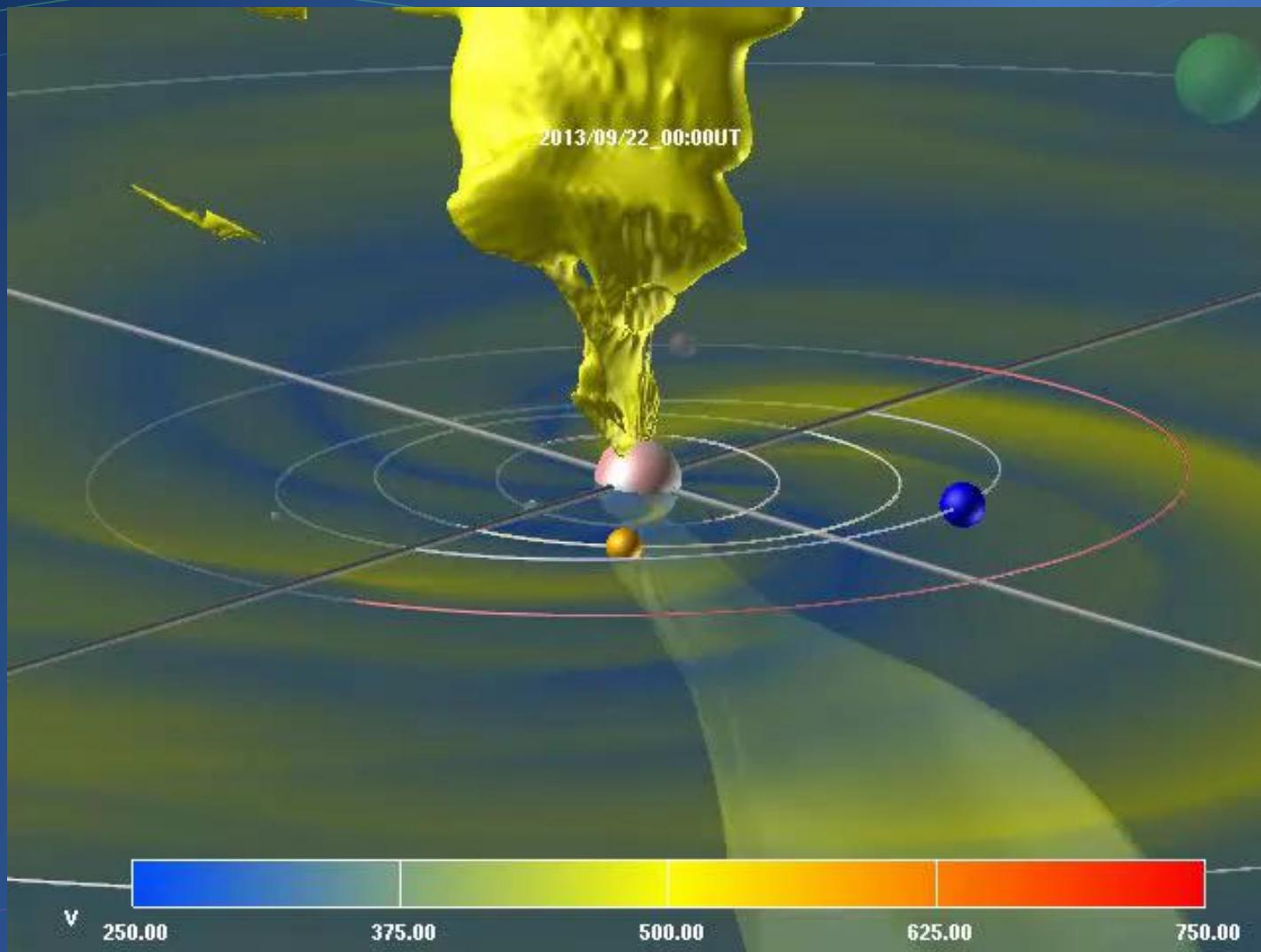




未来を予測する：数値シミュレーション

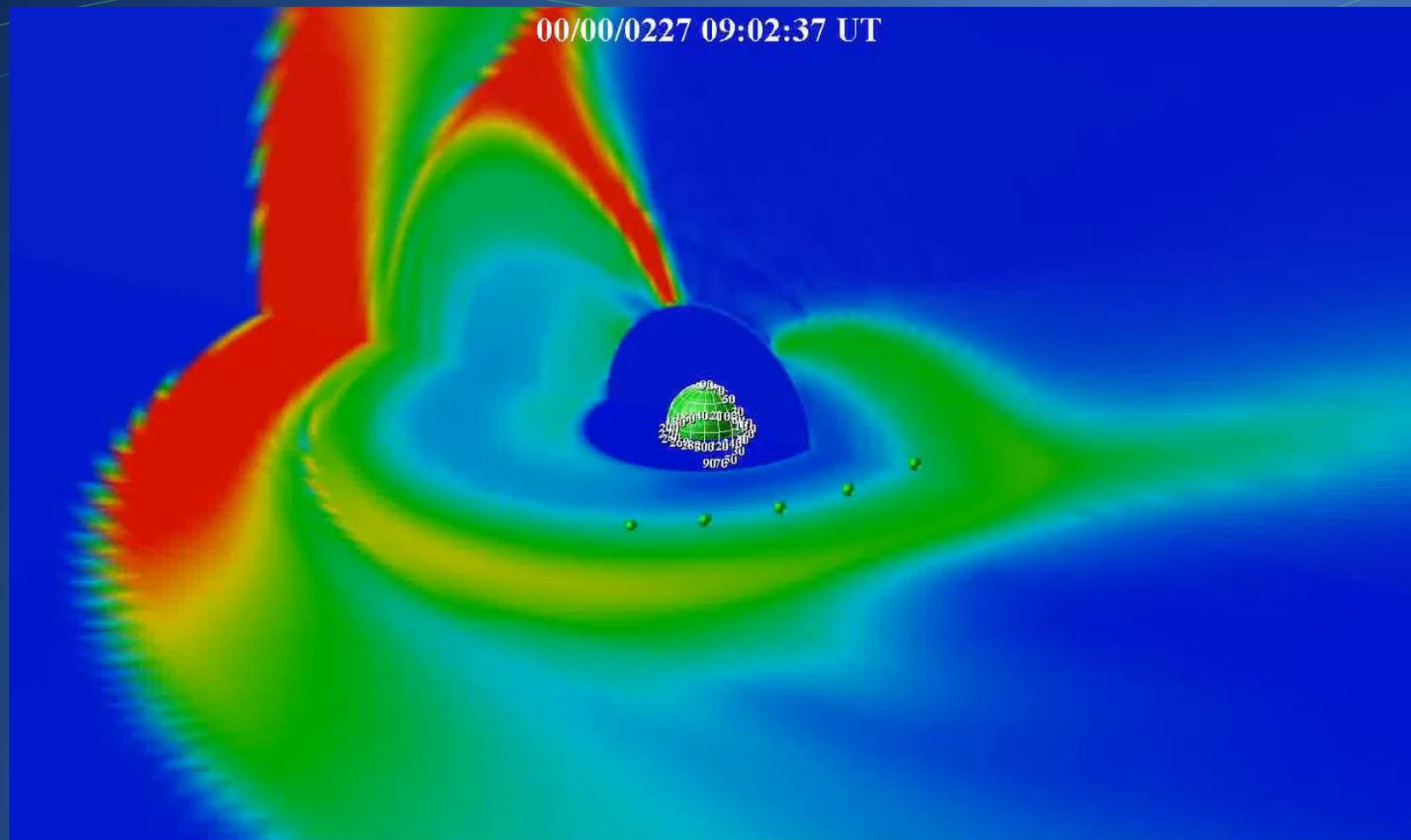
太陽嵐到来予測

©塙田大幸(NICT)



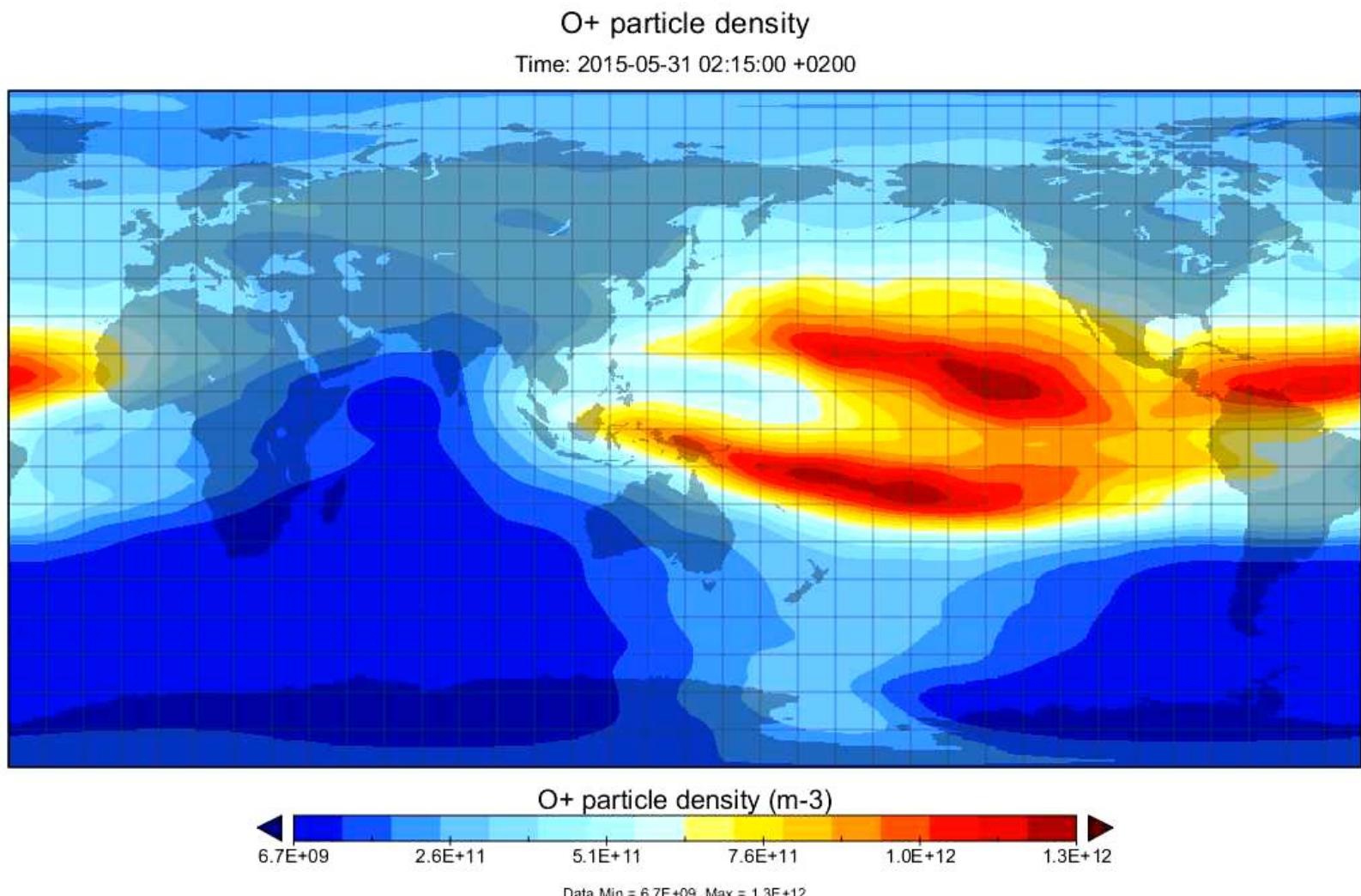
磁気嵐予測

©久保田康文(NICT)



電離圈擾亂予測

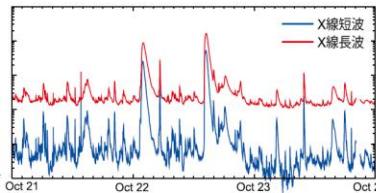
©陣英克(NICT)



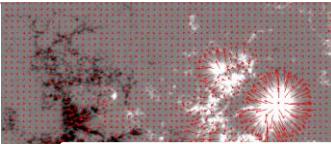
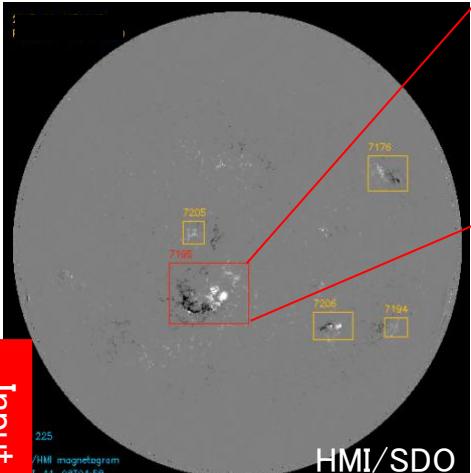
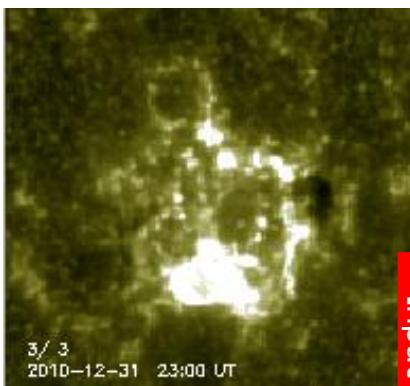
過去を振り返る：データ解析

AIフレア発生予測

Used data



30万枚以上の太陽画像から60種以上の特徴量を抽出



DeepFlareNet

131A 193A 304A 1600A White light Magnetogram JAPANESE ENGLISH

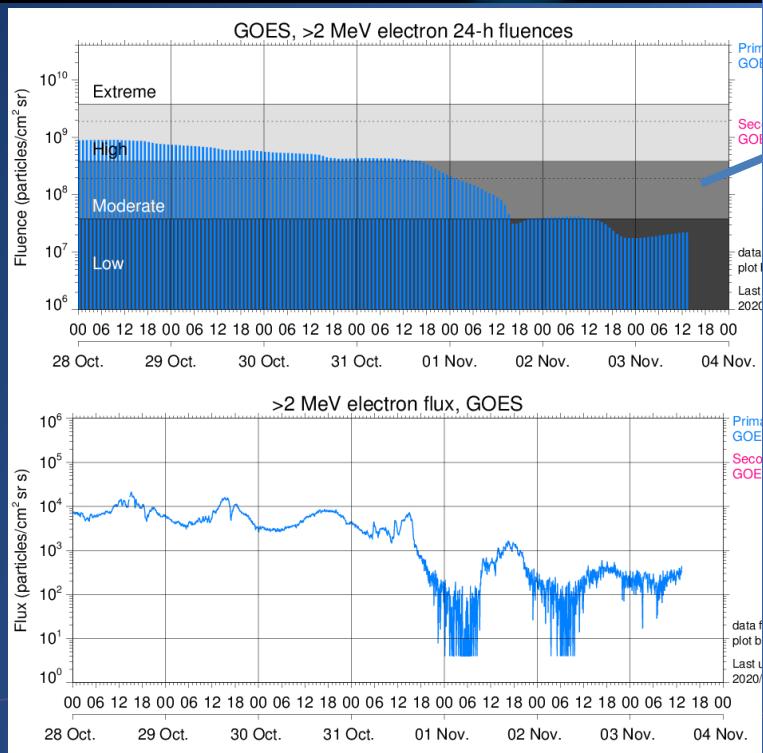
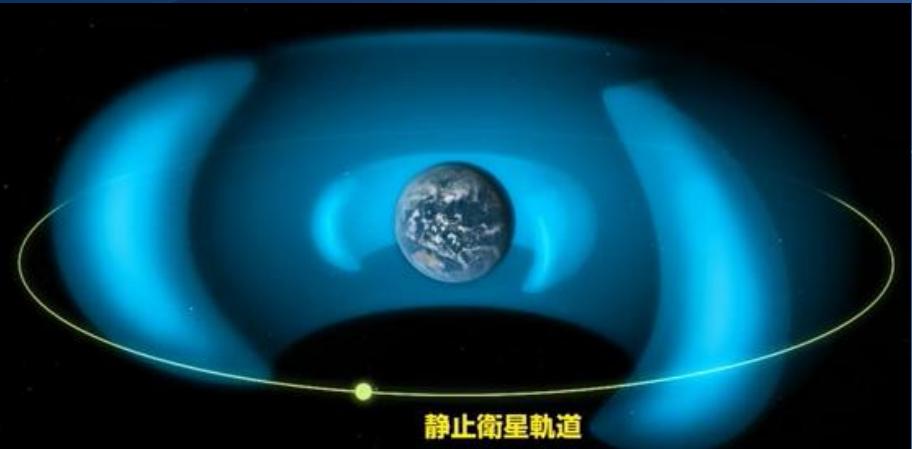


$\geq X$	no sunspot	--%
$\geq M$		1%
$\geq C$		1%

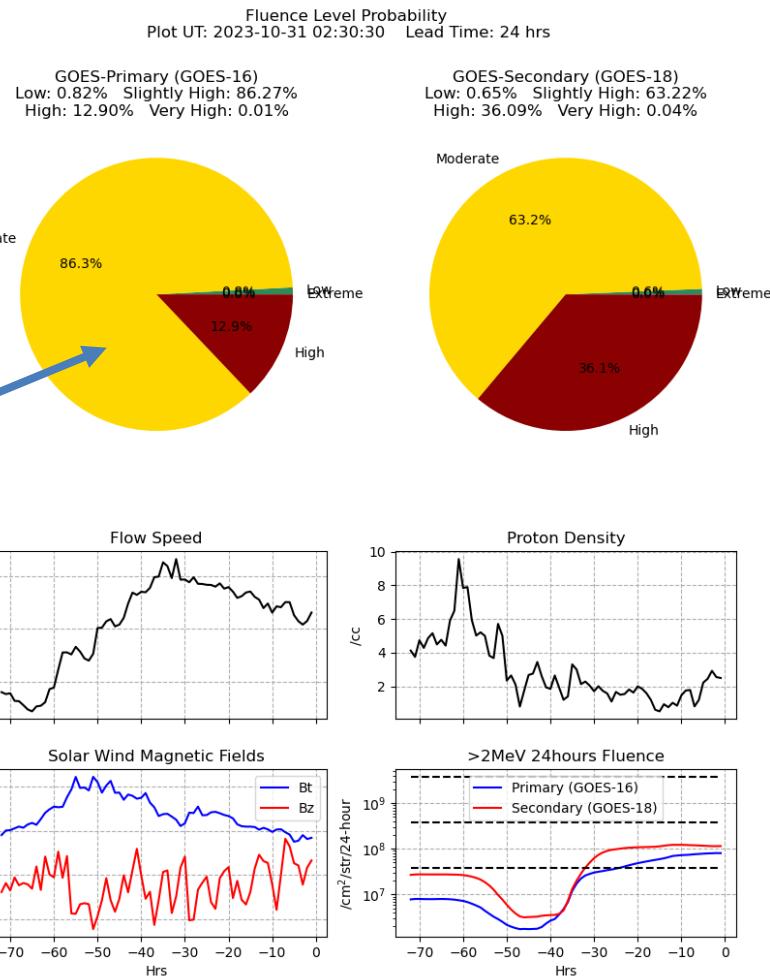


Output

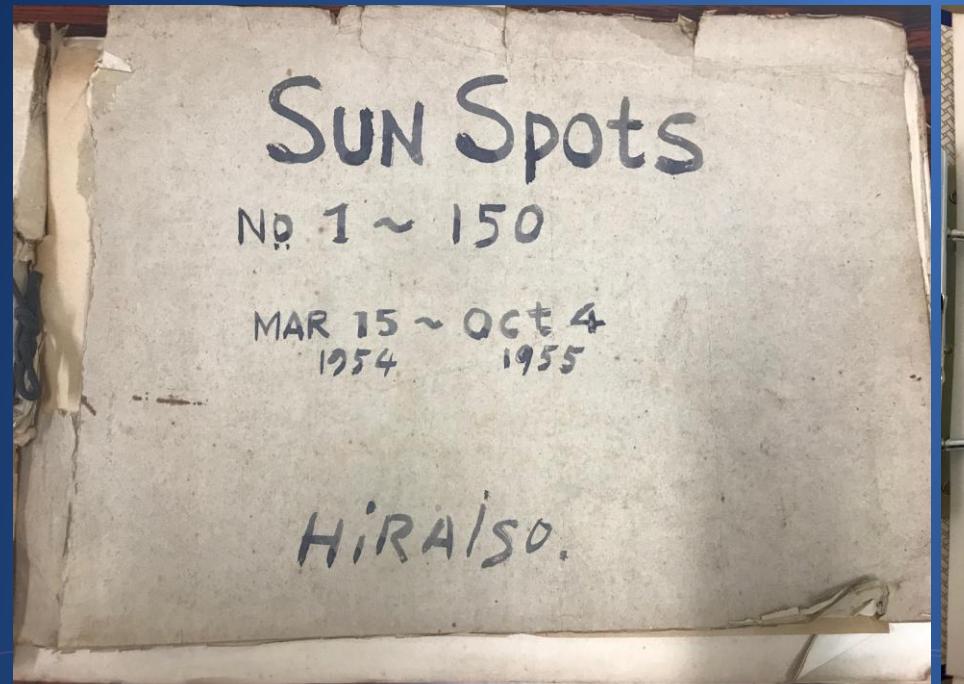
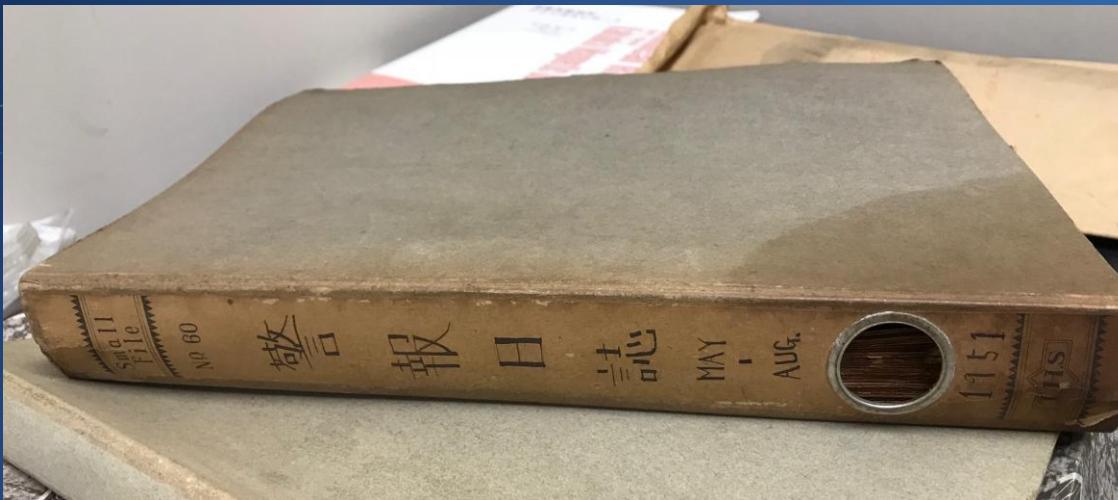
AI放射線帶電子予測



24時間後の4レベルの発生確率



過去データ再生

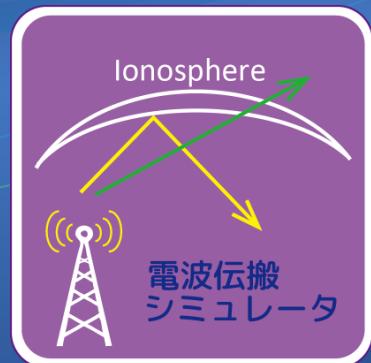
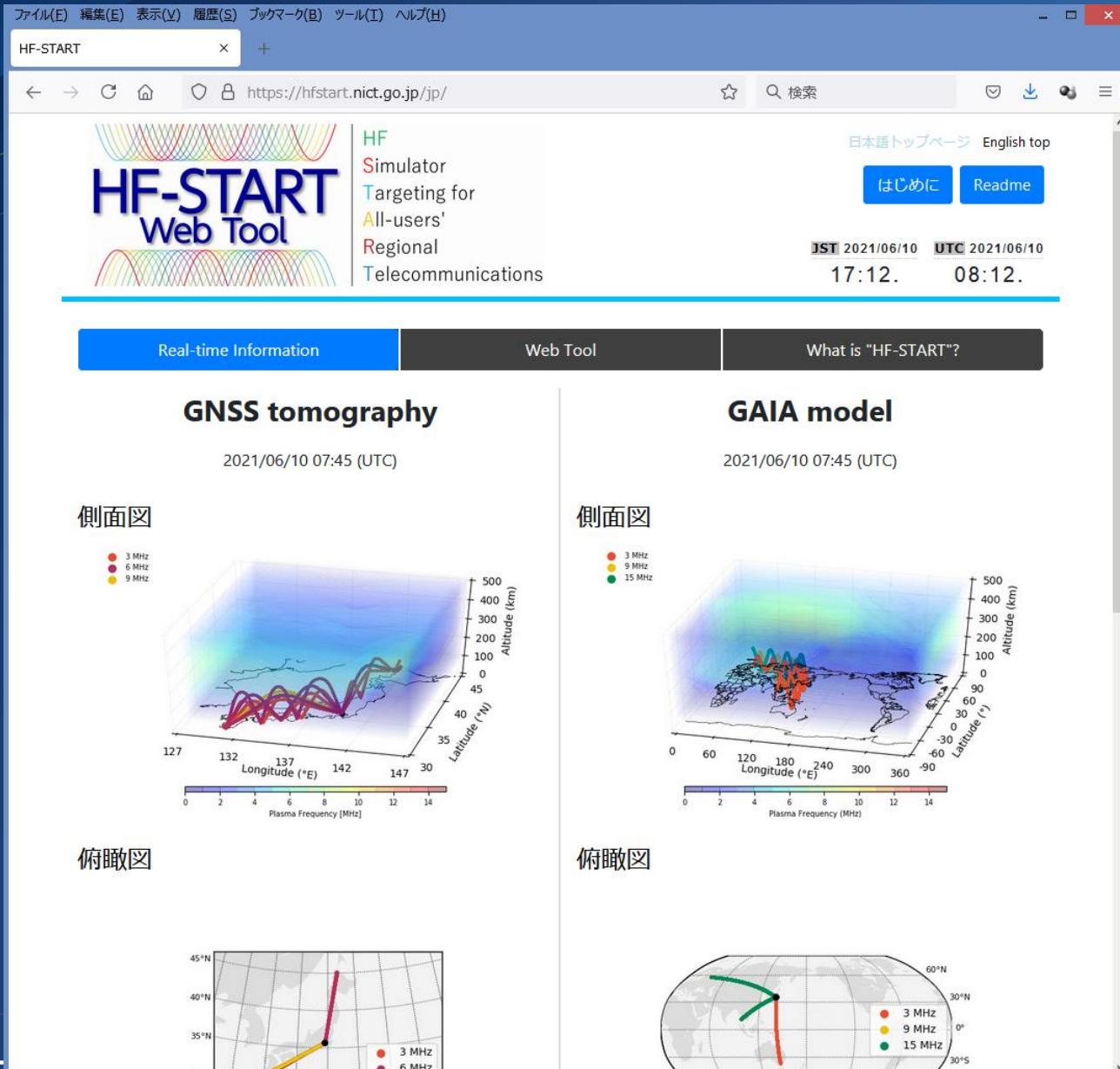


NOTE OF INTERCHANGE CODES	
GEOALERT TOK 032 01/01/30	SOLALERT 01/XX
80401 77771	MAGALERT 01/01 FLARE
FIN	
GEOALERT WWA 032 01/03/30 12194 21951	30230 49950 50500
80001 77773	46191 ERUPTIVE 331618 ERUPTIVE 20421 ACTIVE
SEVEN QUIET REGIONS SOLALERT 01/XX	
MAGALERT 01/XX	
FIN	
WEEKLY FORECAST RATE[F] 1/100 X	
太陽: 現在面上で最も活動的のは #5334で 31日に 4つのMクラスフレアを発生させた これらのうち 12072に発生した M7.1/N (URLAEで#28) フレアは最大のもので、電波バースト、SWF も関連して観測されている。#5334の活動は相次ぐも継続すると言われるので、SOLALERT 01/XX である。(#5329, #5330は表退期に入っています。)	
地磁気: 昨日 18時頃より擾乱が始まり現在も継続している。昨日のZKAは 21(KA5を含む) 擾乱の原因は 30日のフレアによるものとみられる(30日03時47分 18Flare が有力)。フレア性の擾乱 なので、相次ぐ終了するであろうと思われるので MAGALERT 01/01 FLARE とする。しかし 30日の M7.1/N と 31日の 28ルートの影響も考えられるが、これについては今後データを集め、 警報を検討したい。	
電界: 全回線とも概ね良好、J, T, NZも継続する。	
WARNING L.T. [] UT [] → [] → [] ACTUAL 徒歩	
SWF US IIDS 44401 Y M M J J a H H m m 702101 30145 20205 d H H m m 20243	
a = type c = imp. d = qualifier start max. end	
URANJ 44401 Y M M J J F F F F a b b c T H H m m a H H m m h i i / H H m m	
F = F = frequency aabb = patrol time f = 9 g = type h = 5 or 7	



社会に還元する: 情報発信

電波伝搬シミュレータ HF-START



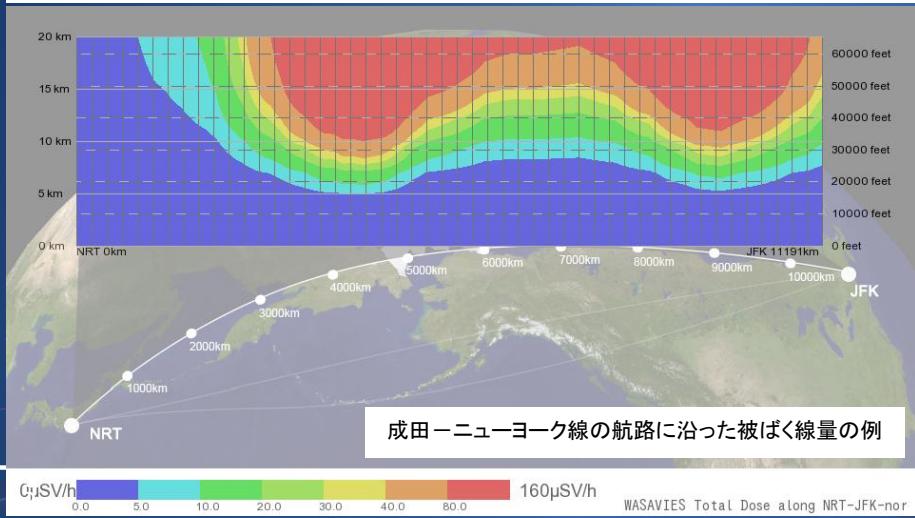
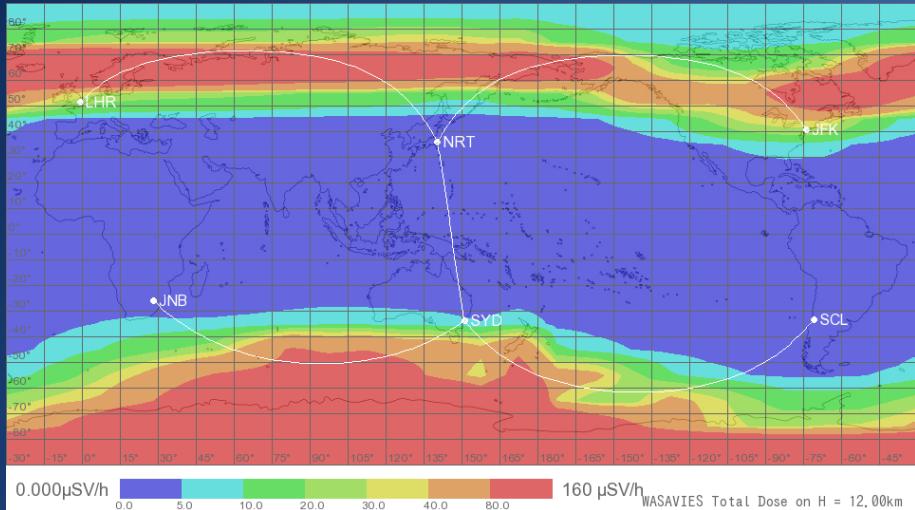
hfstart.nict.go.jp

- 電離圏中の電波の伝搬を追跡するシミュレーション
- 電離圏擾乱予測シミュレーションで再現された電離圏情報を用いることで電波伝搬予想になる。

太陽放射線被ばく警報システム

WASAVIES

- 地球上のあらゆる場所での宇宙放射線による被ばく線量をリアルタイムに計算。



wasavies.nict.go.jp

Screenshot of the WASAVIES web application. The top navigation bar includes links for TOP, ファイル(F), 編集(E), 表示(V), お気に入り(A), ツール(T), ヘルプ(H), Top, Data, What's WASAVIES, References, Contact, and English. The main content area features a globe with a color-coded dose map. Below it is a "Data Page 全世界被ばく線量率" section with a map of the world showing dose rates. A legend at the bottom left shows dose rates from 0 µSv/h to 160 µSv/h. The bottom status bar displays "updated on 2019.02.27 00:00 UTC", "現在の日時: 2019-02-27 14:15:57", "経度: -31.435 °, 緯度: 11.603 °, 被ばく線量率: 2.12 µSv/h", and "● D-index ● 最大値可変".



衛星帯電評価システム SECURES

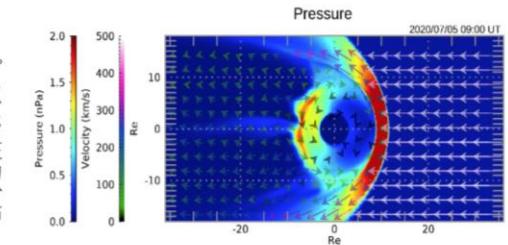


Space Environment Customized Risk Estimation for Satellite (SECURES)
Realtime Assessment of Satellite Surface Charging at Geosynchronous Region
by Global Magnetosphere Simulation and Spacecraft Surface Charging Analysis Model

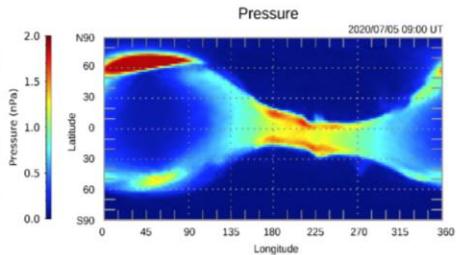
開始日付: 2020/07/05

開始時間: 09:00

SM座標系
磁気圏赤道面



地理座標系
静止軌道球面(6.6 [R_E])展開図



プラズマ圧力分布

再生 停止 表示日時: 2020年07月05日 09:00

プラズマ環境データは、磁気圏MHDシミュレーションにより計算されたものです。

衛星電位は、シミュレーションで算出されたプラズマ環境データを用いた、衛星帯電計算モデルによる推定値です。

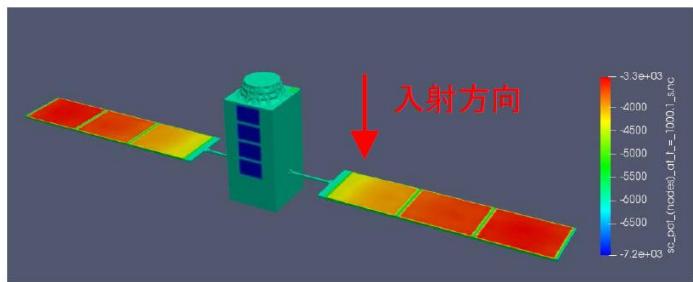
本システムの基盤研究は、科学研究費補助金 新学術領域研究「太陽地球圏環境予測：我々ができる宇宙の理解とその変動に対応する社会基盤の形成(PSTEP)」の枠組みのもと、大阪府立大学、宇宙航空研究開発機構、情報通信研究機構の協力で実施されました。（参考文献：Nagatsuma, T., Nakamizo, A., Kubota, Y., Nakamura, M., Koga, K., Miyoshi, Y., and Matsumoto, H. Development of space environment customized risk estimation for satellites (SECURES). Earth Planets Space 73, 26 (2021).）

パラメータ			
緯度 [°]	絶度 [°]	プラズマ密度 [1/cc]	プラズマ圧力 [nPa]
22.0	-18.0	1.000	1.622 11.098
日陰=1	モデル衛星1 (Scientific Satellite)	モデル衛星2 (Commercial Satellite)	
日照=0	表面電位 ϕ_{SC} [V]	表面電位最大値 ϕ_{MAX} [V]	フレーム電位 ϕ_{FRAME} [V]
1	-8700	-5600	-8100 2500

secures.nict.go.jp/geo/



みちびき衛星の帯電状況



- 磁気圏内での典型的な衛星の表面帯電量を評価するシステム
- 地磁気嵐予測シミュレーションとつなげることでリアルタイムに情報を発信
- 人工衛星ごとにカスタマイズすることで個々の衛星の帯電量予測情報になる

宇宙天気予報・警報の発信



- 24時間365日、宇宙天気現象の監視をしています。
- 毎日3回、宇宙天気予報を発信をしています。

● 臨時情報 2018/10/10 09:10 更新

【放射線帯電子】
静止軌道における2MeV以上の電子の24時間フルエンスが、10月9日15時UTに高いレベルに達しました。

● 予報 2018/10/10 15:00 JST ~ 2018/10/11 14:59 JST

太陽領域 > 磁気圏領域 > 電離圏領域 >

● 今日の宇宙天気 2018/10/10 15:00 JST 更新

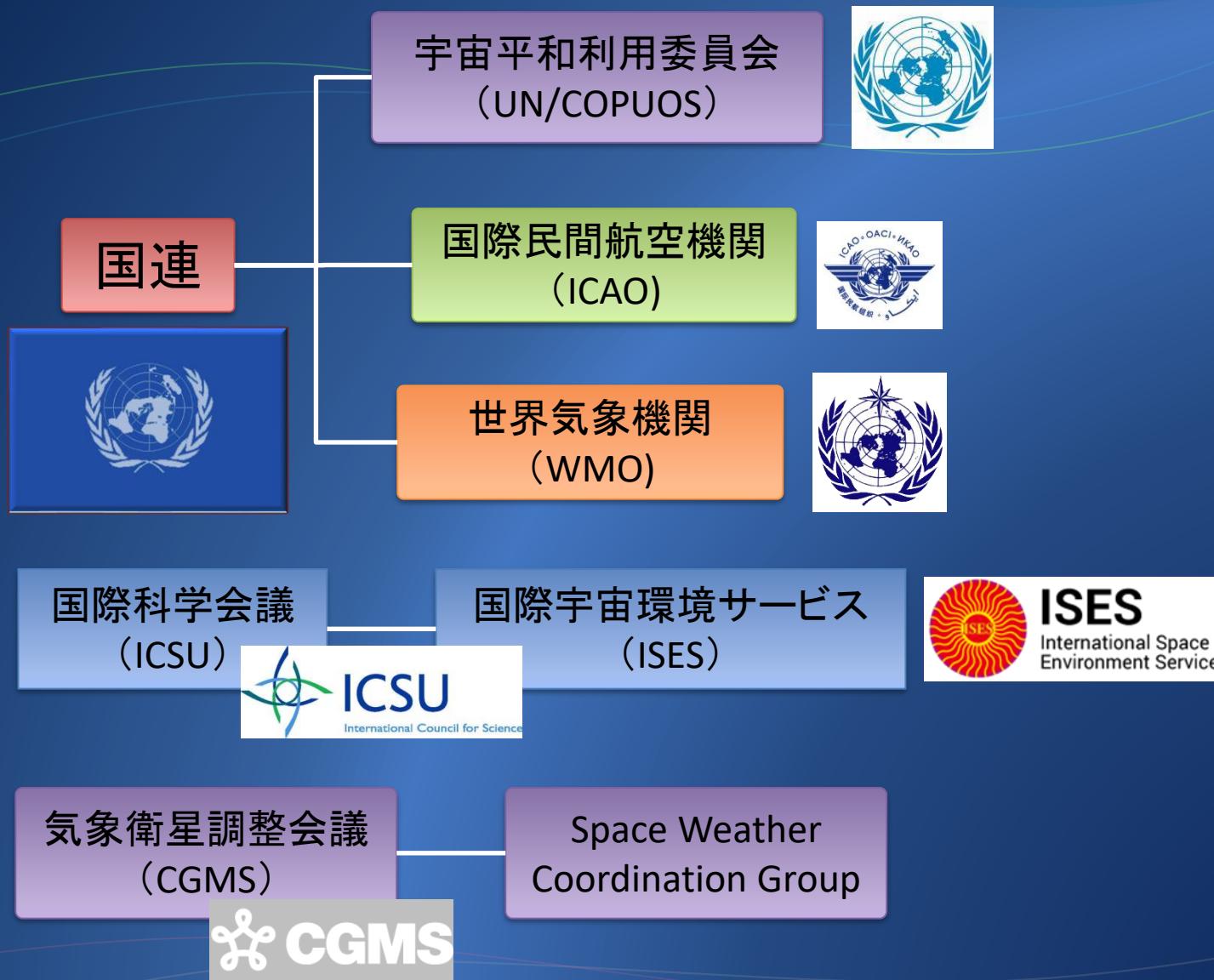
太陽活動は静穏でした。引き続き今後1日間、太陽活動は静穏な状態が予想されます。地磁気活動はやや活発でした。今後数日間、地磁気活動は静穏な状態が予想されます。10月10日0時10分UTに放射線帯電子の臨時警報を発令しました。

● トピックス 2018/10/01 14:00 JST 更新

第5回アジア・オセニア宇宙天気連合（AOSWA）ワークショップがインドネシアで開催されました

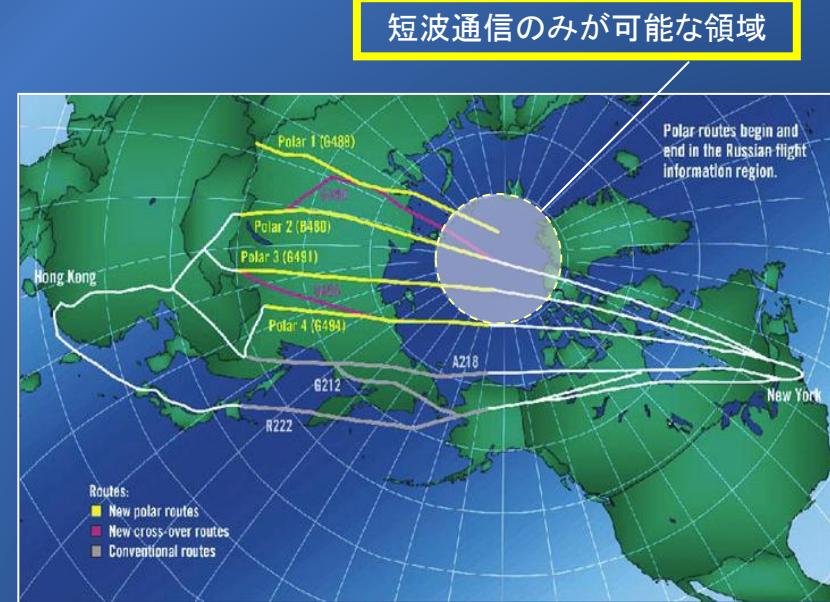
宇宙天気予報の国際動向

宇宙天氣關係國際組織



宇宙天気情報の航空機運航への利用

- 国際民間航空条約第3附属書:航空機の運行責任者等に提供しなければならない気象情報を規定。
- 第3附属書の第78次改訂(2018年)において宇宙天気情報が規定された。
- 宇宙天気情報が航空運航に不可欠な情報として使用されている。**



ICAO宇宙天気センター

米国

歐州連合

日豪仏加連合

中露連合

国連防災機関(UNDRR)

HAZARD INFORMATION PROFILES

Supplement to :

UNDRR-ISC Hazard Definition & Classification Review - Technical Report



UNDRRが2021年10月に公表したハザードリストの中に、宇宙天気に関する4つの災害が含まれている。

Hazard Information Profiles - Supplement to UNDRR-ISC Hazard Definition & Classification Review - September 2021

HAZARD TYPE			
Identifier	Hazard Cluster	Specific Hazard	Page Number
EXTRATERRESTRIAL			
ET0001	Extraterrestrial	Airburst	159
ET0002	Extraterrestrial	磁気嵐	Geomagnetic Storm (including energetic particles related to space weather, and solar flare radio blackout [R Scale]) 162
ET0003	Extraterrestrial	UV Radiation	164
ET0004	Extraterrestrial	Meteorite Impact	167
ET0005	Extraterrestrial	Ionospheric Storms	169
ET0006	Extraterrestrial	Radio Blackout	171
ET0007	Extraterrestrial	Solar Storm (Solar Radiation Storm) (S Scale)	174
ET0008	Extraterrestrial	Space Hazard / Accident	177
ET0009	Extraterrestrial	Near-Earth Object	179

SENDAI FRAMEWORK
FOR DISASTER RISK REDUCTION 2015-2030



International
Science Council
The global voice for science

 **UNDRR**
UN Office for Disaster Risk Reduction

米国では...

宇宙天気を地震や津波と並べ、米国戦略的国家危機評価
(US Strategic National Risk Assessment)の一つとして検討

Threat/ Hazard Group	Threat/Hazard Type	National-level Event Description
Natural	Animal Disease Outbreak	An unintentional introduction of the foot-and-mouth disease virus into the domestic livestock population in a U.S. state
	Earthquake	An earthquake occurs within the U.S. resulting in direct economic losses greater than \$100 Million
	Flood	A flood occurs within the U.S. resulting in direct economic losses greater than \$100 Million
	Human Pandemic Outbreak	A severe outbreak of pandemic influenza with a 25% gross clinical attack rate spreads across the U.S. populace
	Hurricane	A tropical storm or hurricane impacts the U.S. resulting in direct economic losses of greater than \$100 Million
	Space Weather 宇宙天気	The sun emits bursts of electromagnetic radiation and energetic particles causing utility outages and damage to infrastructure
	Tsunami	A tsunami with a wave of approximately 50 feet impacts the Pacific Coast of the U.S.
	Volcanic Eruption	A volcano in the Pacific Northwest erupts impacting the surrounding areas with lava flows and ash and areas east with smoke and ash
	Wildfire	A wildfire occurs within the U.S. resulting in direct economic losses greater than \$100 Million



他国の状況

● 国際動向

- ・米国：宇宙天気に関する対策・ワークプランを発表、国家的対応
- ・英国・韓国・豪州・スウェーデン等も同様の対応



日本の状況

宇宙天気ハザードマップ <https://www2.nict.go.jp/spe/benchmark/>

科学提言のための宇宙天気現象の社会への影響評価
科学研究費補助金：新学術領域研究「太陽地球圏環境予測（PSTEP）」*1

The diagram illustrates the flow from solar activity to societal impacts. On the left, the Sun (太陽) is shown with three types of flares: Corona Hole (コロナホール), CME/CIR (CME/CIR), and Solar Flare (太陽フレア). These lead to various space weather events in the middle column, such as High-Speed Solar Wind (高速太陽風), Plasma Cloud (プラズマ雲), and X-ray (X線). These events then lead to impacts in the right column, including Magnetic Storms (磁気圏擾乱), Ionosphere Disturbance (電離圏擾乱), and Ground Current Anomaly (地下電気圧異常電流). These impacts include Increased Radiation (放射線増大), Increased High-Energy Particle Flux (高エネルギー粒子増大), Ionosphere Distortion (超高層大気膨張), Ionosphere Density Change (電離圏電子密度変動), and Ionosphere Current Increase (電離圏電流増大). These further lead to societal impacts like Satellite Power Generation (衛星発電), Human Health Impacts (人体被ばく), Satellite Orbit Change (衛星軌道変化), Satellite Position Error (衛星位置誤差), Shortwave Communication Failure (短波通信障害), Induced Current (誘導電流), Satellite Operation Failure (衛星運用障害), Human Activity Impact (有人宇宙活動への障害), Aviation Operation Failure (航空運用障害), Navigation System Failure (測位利用障害), Telecommunications Failure (通信・放送障害), and Power Grid Failure (電力網への障害).

はじめに

本報告は、科学研究費補助金：新学術領域研究「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（2015-2019、略称：PSTEP）」*1 の活動のうちにまとめられたものである。

宇宙天気とは、主に太陽活動が源となって発生する、地球近傍宇宙の諸現象のことであり、我々の社会活動に与える影響が重要なファクターとなっている。しかしながら、従来の研究では宇宙環境の変動メカニズムおよびその予報までは対象としていたものの、その社会への定量的な影響についての議論は進められていないかった。このため、たとえ宇宙天気予報の警報を発信したとしても、そのための備えをどのようにしたら良いかについての指針がなく、その結果ユーザーの過剰な心配あるいは無関心に陥っていたのが現状である。

本報告は、宇宙天気現象の社会への影響について、現在得られている知見を駆使し検討を行ったものである。加えて、我が国において今後どの程度の宇宙天気現象・災害が発生しうるか、その際にどのようなことが発生しうるかについて可能な限り検討を重ねた結果を示してある。

我が国は中緯度に位置する島国と言うこともあり、例えば誘導電流による電力網への影響などは從来無視されてきた。しかしながらPSTEPの研究の中でその認識を再検討するべき結果も示されてきている。

本稿をもとに今後宇宙天気情報のユーザーとのコミュニケーションを図り、ユーザー側の具体的な対応策の検討まで進める上で、最先端の研究成果を社会活動に取り入れる好例としたい。また、本検討を進めている中で、現在の知見では十分な答えが得られない点も露わになってきた。これらを今後の課題として示し、将来の研究テーマとして検討を進めることで本稿を隨時改訂していく。

国立研究開発法人情報通信研究機構 石井 守 (PSTEP A01 班代表)

宇宙天気現象の社会影響について、現在得られている科学的知見を駆使して検討した214ページに及ぶ報告書を発表

日本の状況

宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会(総務省)

宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会 報告書

「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

令和4年（2022年）6月21日

宇宙天気予報ユーザーを交えて、社会影響を考慮した警報基準を策定。
これに従った情報サービスを準備中。

分野	影響と被害	障害を起こし得る宇宙天気現象・物理量	(領域・軌道)	社会的影響度と影響			
				Lv 1	Lv 2 (注意報相当)	Lv 3 (警報相当)	Lv 4 (特別警報相当)
宇宙システム運用	深部帯電 衛星の誤動作・故障	(地磁気嵐・サブストーム・粒子)	低軌道	K≤4	K-5	K-6	K≥7
			中軌道	-	-	*	*
			静止軌道	-	-	■	■
			(非地球周回)	-	-	-	-
	表面帯電 衛星の誤動作・故障	(トーム・サブストーム・粒子)	低軌道	-	■	■	■
			中軌道	-	*	*	*
			静止軌道	-	■	■	■
			(非地球周回)	-	-	-	-
	大気ドラッグの増加 衛星姿勢・軌道変化	(高高度に依存)	低軌道	$3.8 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ 1未満	$3.8 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ 以上	$3.8 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ 以上	$3.8 \times 10^{-9} \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ 未満
			中軌道	-	-	-	-
			静止軌道	-	-	-	-
			(非地球周回)	-	-	-	-
宇宙システム運用	トータルドース増加 衛星の半導体・材料の劣化	(放射線带電子増大 高エネルギー電子 (2MeV以上))	低軌道	-	-	-	*
			中軌道	-	-	-	*
			静止軌道	-	-	-	*
			高度50,000 km以上	-	-	-	-
	深部帯電 (ESD) 衛星の誤動作・故障	(低エネルギー電子 高エネルギー電子 (10MeV以上))	低軌道	-	-	*	*
			中軌道	-	-	*	*
			静止軌道	-	■	■	■
			高度50,000 km以上	-	-	-	-
シングルイベント効果 衛星の誤動作・故障	プロトン現象 高エネルギー陽子 (10MeV以上)	100PFU以下	100~1,000PFU	1,000~10,000PFU	10,000PFU以上		
		低軌道	△	■	■	■	■
		中軌道	-	■	■	■	■
		静止軌道	-	■	■	■	■
	トータルドース急増 衛星の半導体・材料の劣化		非地球周回	-	■	■	■
			低軌道	-	■	■	■
			中軌道	-	■	■	■
			静止軌道	-	■	■	■
			非地球周回	-	■	■	■

- ・ 現在そして将来の社会インフラの安全に
資するため

24時間365日休まず、宇宙天気予報を行っ
ています。

swc.nict.go.jp

ご清聴ありがとうございました。