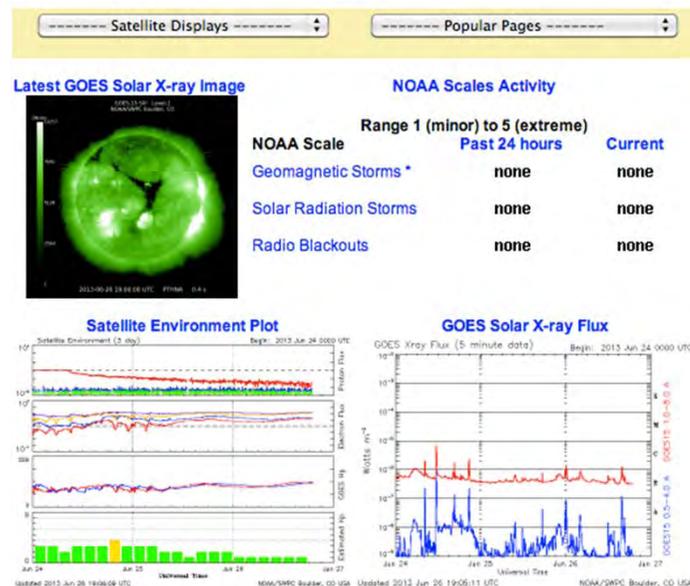


# 宇宙天気現象の現状と将来

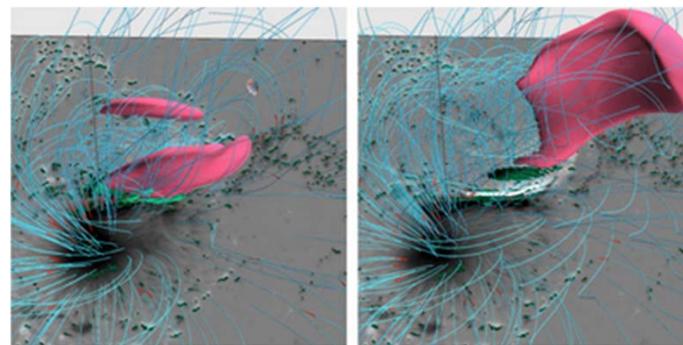
- 目標
  - 太陽面、太陽風の観測を入力として、太陽面の擾乱(フレア発生)、高エネルギー粒子生成、惑星間空間の伝播、地球への影響(磁気嵐、放射線帯、電離圏擾乱)を予測できる統合数値モデル
- 現状できていること
  - 太陽面、太陽風(@L1)、地球磁気圏、電離圏の状況のNowcast
  - 太陽面、惑星間空間の観測から、太陽風・コロナ質量放出の地球到来(磁気嵐)を予測(予報と現況の中間くらい)
  - 経験モデルによる予測(フレアを起こしそうな黒点の有無など)
- 最近の進展
  - 観測量を入力とした数値モデルの開発(まだ局所的)
  - 太陽周回のSTEREO衛星が地球から見えない側も観測
- 今後期待される発展
  - 放射線帯の予測モデル開発 by ERG
  - 3次元コロナ磁場再現とフレア発生予測モデル開発 by Solar-C
- 課題
  - 基礎的な物理過程の理解
  - データ同化、統合数値モデルの開発
  - 長期変動の理解と予測
  - 局地的な情報(軌道、緯度経度)
  - 定常的な観測体制(国際分担)
  - 「何を」「どの精度で」予測すべきかと回避、防護策

宇宙天気予報は地上の天気予報からは数十年遅れている。観測体制の整備と基礎研究がまだまだ必要。

## Current Space Weather Conditions



米NOAA宇宙天気予報センター



「ひので」の磁場観測を入力とした太陽フレア発生の数値シミュレーション(名古屋大学、草野氏)

# 宇宙天気予報サイト

NICT <http://swc.nict.go.jp/>

太陽フレア	プロトンフラックス	高エネルギー電子	Bz/ Bt  (nT)	速度 (km/s)	密度 (p/cc)	磁気圏半径 (Re)	磁気圏圧 (nPa)
B 7.43	1.06e-01	6.26e+01	-2.8/10.3	(-)	440.5	15.3	9.0

宇宙天気予報 2013/06/21 04:16:21 JST

最新状況 (04:06) 昨日、C1.9の小規模フレアが発生しています。太陽風南向き磁場が大きくなっています。磁気圏は静かです。太陽放射線と放射線帯電子はともに静穏です。

宇宙天気予報 予報期間: 日本時間の午後3時から翌日の午後3時までの24時間

フレア (GOES) 発生日 JST 強さ

発生日	JST	強さ
6/21	18:12	C1.9
6/20	18:26	C8.4
6/19	16:19	C3.5
	09:50	C2.3
	07:54	C1.6

太陽風 (ACE) 時刻 JST 速度 km/s 南北磁場 nT

各国の宇宙天気予報センターの予報

予報の精度について

NOAA/SWPC宇宙天気スケールについて

<https://twitter.com/swnews>

宇宙天気ニュース @swnews

宇宙天気ニュースの記事更新や、フレア速報をお知らせします。速報は自動で検出しているので、検出ミスや停止していることがあります。 鹿児島 - swnews.jp

2,831 ツイート 0 フォロワー 11,781 フォロワー

ツイート

宇宙天気ニュース @swnews 14時間  
今日のタイトルが抜けていました。m(\_ \_)m ごちさす。「太陽の東端でC8.4のフレアが発生しました。太陽風は高速風が近づいているかもしれません。」 #swnews

宇宙天気ニュース @swnews 17時間  
記事  
宇宙天気ニュース @swnews 6月19日  
C8.4は、太陽の東端で発生しました。sdo.gsfc.nasa.gov/assets/img/bro... 本当はC8よりも大きかったのかもしれませんが。 #swnews

- 世界中で大体同じような予報
- 局所的な情報もある

<http://aurora3d.jp/spaceweather/>

Aurora 3D

今日の宇宙天気予報 詳しくはこちら

今日のオーロラ予報 詳しくはこちら

パンアレン帯予報

2013/06/20 1900 UT Ver: 0

06/20	06/21	06/22	06/23	06/24	06/25
20%	10%	10%	20%	30%	30%

見方

- 10~30% 静止軌道における「放射線の雨」は静かでしょう。
- 40~60% 静止軌道における「放射線の雨」はやや活発でしょう。
- 70~90% 静止軌道における「放射線の雨」は活発でしょう。

人工衛星に影響があるという「放射線の雨」とは? [詳しくはこちらから](#)

オーロラ予報

2012/11/16 1200 UT Ver: 2.0

11/16	11/17	11/18	11/19	11/20	11/21
1 (2)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (1)

見方

- Kpが未満 オーロラ活動はあまり活発ではありません。

National Weather Service Space Weather Prediction Center

Current Space Weather Conditions

NOAA Scales Activity

NOAA Scale	Range 1 (minor) to 5 (extreme)	Current
Geomagnetic Storms *	none	none
Solar Radiation Storms	none	none
Radio Blackouts	none	none

Satellite Environment Plot

GOES Solar X-ray Flux

米NOAA

<http://www.swpc.noaa.gov/>

esa space situational awareness European Space Agency

Welcome to the SSA Space Weather Service Network

Please note that all SSA-SWE Services are under review/construction

610C/SWC-Be3plus Forecast of 20 Jun 2011

Solar Weather

Latest solar image with active regions

Latest solar emission at 17-80 nm and 6-20 nm

ESA

<http://swe.ssa.esa.int/web/guest>

# 欧州の宇宙天気

- ESA's Space Situational Awareness (SSA) Programme 2009年発足。2019年まで
- 3つのSSAインフラ
  - A. Survey and tracking of objects in Earth orbit
  - **B. Monitoring Space Weather**
  - C. Watching for NEO
- SSA preparatory pahse 2009-2012
  - この間の予算~54M€、うち産業界に30M€の発注
  - フランス、スペインに試験用のレーダー設置
- Current phase 2013-2016
  - この期間の予算46.5M€
  - “The current Phase II activities place increased emphasis on developing space weather and NEO services, while research, development and validation activities continue in the space surveillance and tracking domain”
  - Space Weather Coordination Centre設立
  - 技術実証衛星として、太陽、宇宙空間プラズマ観測装置も積んでいたProba-IIが、2013年からSSAプログラムに移行し、ESAの最初の“SSA mission”になる

Proba-2



欧州は宇宙天気をSSAの  
主要なプログラムと位置づけ、  
今後数年で強化の方向

# 米国の宇宙天気

空軍

- 軍から宇宙天気情報の需要がある。空軍や海軍がそれぞれ宇宙天気研究や監視業務をNASA等とも協力しつつ推進
- 宇宙天気予報業務はNOAA(海洋大気局)
- 宇宙天気に関わる省庁横断のプログラムNational Space Weather Programを1994年に設立。NASA、国防総省、商務省、エネルギー省、内務省、国立科学財団が参加。
  - goal of the NSWP is to achieve an active, synergistic, interagency system to provide timely, accurate, and reliable space weather warnings, observations, specifications, and forecasts.
- 民間の宇宙天気サービス会社が複数ある。2010年にAmerican Commercial Space Weather Associationを設立
- 宇宙天気予報にとってキーとなるモニター的観測の多くを抑えている。太陽面(SDO, STEREO), 太陽風(SOHO)、太陽X線、高エネルギー粒子(GOES)



**National Space Weather Program**

AGENCY PARTICIPANTS

Space weather refers to conditions on the Sun and in the space environment that can influence the performance and reliability of space-borne and ground-based technological systems, and can endanger human life or health.

The National Space Weather Program (NSWP) is an interagency initiative to speed improvement of space weather services. It emerged in 1994 from the efforts of several U.S. government agencies to prepare the country to deal with technological vulnerabilities associated with the space environment. The overarching goal of the NSWP is to achieve an active, synergistic, interagency system to provide timely, accurate, and reliable space weather warnings, observations, specifications, and forecasts. It will build on existing capabilities and establish an aggressive, coordinated process to set national priorities, focus agency efforts, and leverage resources. The Program includes contributions from the user community, operational forecasters, researchers, modelers, and experts in instruments, communications, and data processing and analysis. It is a partnership between academia, industry, and government. The vehicle to implement and manage the Program is the National Space Weather Program Council (NSWPC) within the Office of the Federal Coordinator for Meteorology under guidance of the Federal Committee for

**ACSWA**  
American Commercial Space Weather Association  
2010

Search this Site Search

Home Contact Us About ACSWA Presentations Capabilities

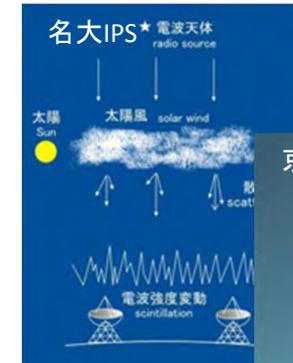
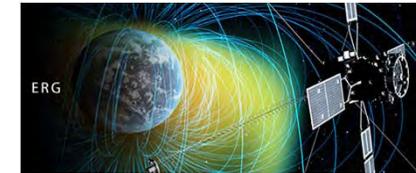
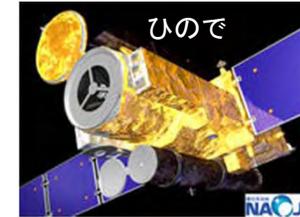
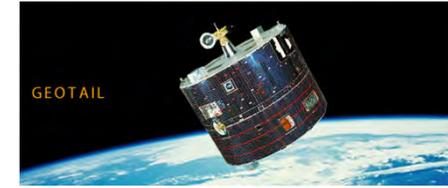
**JOIN US!**

America's commercial space weather companies are providing operational space weather solutions for 21<sup>st</sup> Century challenges and are reducing space weather risks

ACSWA

# 日本の宇宙天気

- 業務としての宇宙天気予報を担うのはNICT
- JAXA: ひので、GEOTAIL、あけぼの、れいめい等のISAS科学衛星による宇宙天気現象の基礎研究と衛星搭載センサーによる宇宙環境モニタリング
- 地上観測の多くは大学・国立天文台等の研究機関が持っている
  - 光学観測: 京大、国立天文台(<=衛星に比べてリアルタイムに太陽面の状況が分かるのが利点)
  - 太陽電波観測: 国立天文台野辺山、東北大、NICT
  - 太陽風電波シンチレーション(IPS)観測: 名大
  - 磁力計ネットワーク(九大)、オーロラレーダー(極地研、名大)
  - 地磁気(Dst、AE等の世界的に使われている地磁気擾乱指数は京大地磁気センターが出している)
  - ....
- 宇宙天気情報のユーザ
  - JAXA、衛星オペレーター、航空会社(ICAO勧告ができれば宇宙天気情報を使わざるを得なくなる?)
  - 宇宙天気情報の利用の仕方: 衛星障害の同定、比較、クリティカルオペレーションを避けるor対応できる体制の確保(運用要員の増員とか)
- 日本の衛星観測は、フレアの磁気リコネクションモデル確立(ようこう)、サブストームオンセットの研究(GEOTAIL)、データ駆動型フレアシミュレーション(ひので)など、宇宙天気分野で極めてインパクトの大きな成果を挙げて来た(予報のためのモニター観測という側面はやや弱い)
- 大学等の持つ地上観測ネットワーク、モデリング研究にも強みを持つ



## 国際組織

- 国連COPUOUS長期的宇宙活動維持WG 宇宙天気専門家会合
- International Space Environment Service
- WMO, ICAO, COSPAR
- 詳細はNICT報告より

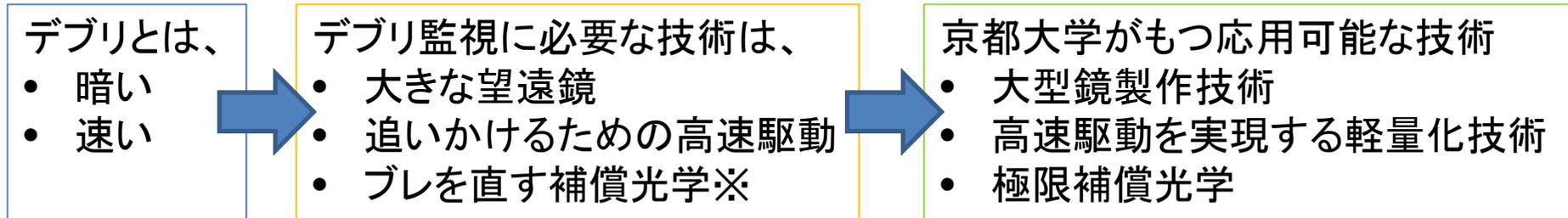
## 他国

- 衛星保有の新興国で宇宙天気への関心増加し、独自プログラムを立ち上げている。特に中国(有人ミッションのサポートのためか)、韓国

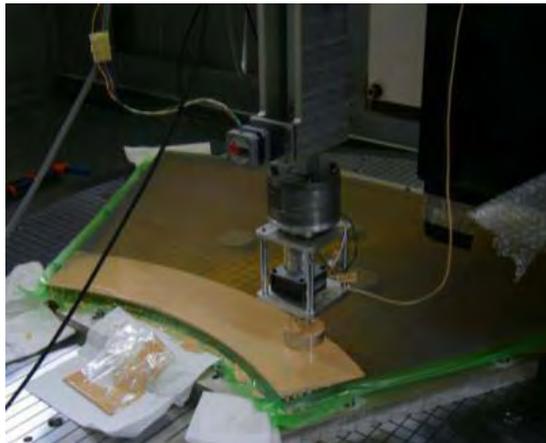
# 個人的意見

- 宇宙利用が進むほど、宇宙天気現象に脆弱な社会になる
  - もっとも宇宙利用が進むアメリカ(軍)がもっとも宇宙天気情報を欲している
  - 宇宙利用を始めた新興国でも続々と宇宙天気プログラムを発足
- 宇宙天気はまだ基礎研究段階。研究を推進することが宇宙の利用拡大と自律性確保の点からも重要
- 日本の太陽、宇宙天気研究は世界トップレベル
- 従ってSSAの重要な一部として日本が国際的に貢献できる分野
  - 精密磁場観測(Solar-C)など宇宙天気研究を先導することができて他国が欲しいデータ、または米国のACEやSTEREOのように宇宙天気モニターとしてキーとなるミッションを(国際協力で)やるのが一つの方法
  - 数値モデルの開発整備も重要
- 学術コミュニティの持つリソース(観測施設、データ、人材)をもっと業務的な宇宙天気予報にも活用できる
- 宇宙利用の拡大に伴い、日本の行政、産業に宇宙天気情報のニーズがどれほどあるか(今後出てくるか)要調査
  - 衛星障害のデータがあまり出てないので、定量的な調査が難しい
- 米NSWPのように、宇宙天気(或はSSA)に関して省庁・機関横断型で情報交換する場を作るべきではないか
  - 研究開発、衛星運用、通信放送、測位、気象、環境、外交安全保障などが関係
  - NICTが主催するユーザーフォーラムもあるのでその活用も手

# 参考：大学が天体観測のために開発した技術のデブリ探査への応用



※高速駆動のために生じる微小振動で像がボケる



鏡の高速加工技術  
分割方式により集光力の高い  
大口径の鏡を速く安く作れる  
(民間と大学の共同研究)



開発中の軽量望遠鏡構造  
従来の望遠鏡の1/5の軽さ  
5倍速い駆動が可能



補償光学技術  
デブリ追跡に必要な保障  
レベルよりはるかに高い補  
償技術を開発