

宇宙天気概況

平成27年7月17日

国立研究開発法人 情報通信研究機構
宇宙環境インフォマティクス研究室長
石井 守

本日の内容

- 「宇宙天気」とは？
- 最近の宇宙天気状況
- 宇宙天気に関わる最近のNICTの活動
- 宇宙天気に関わる国際および国内動向

What is “Space Weather?”

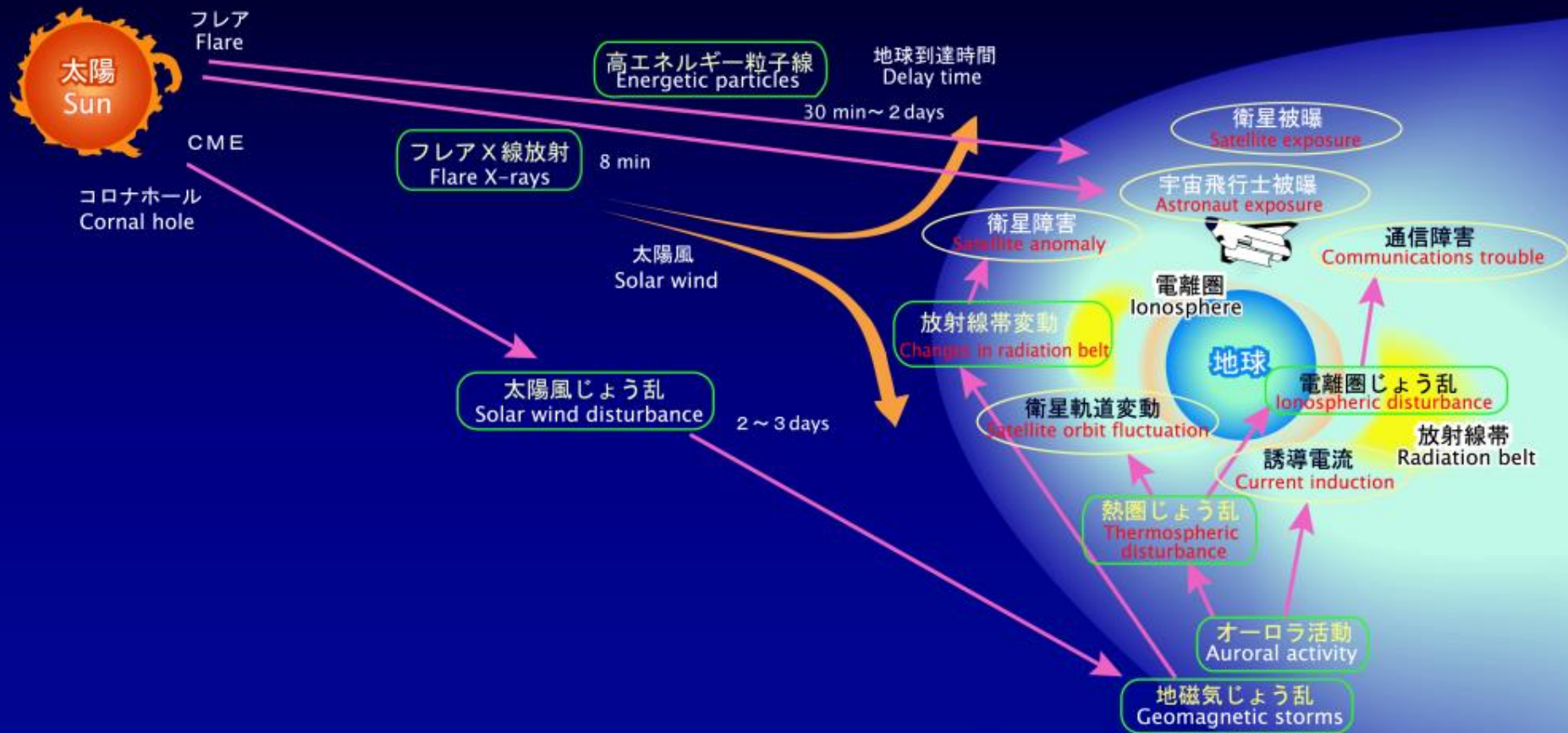
「宇宙天気」とは？

目に見える宇宙天気 オーロラ



宇宙ステーションから撮影されたオーロラと大気光 [<http://eol.jsc.nasa.gov>]

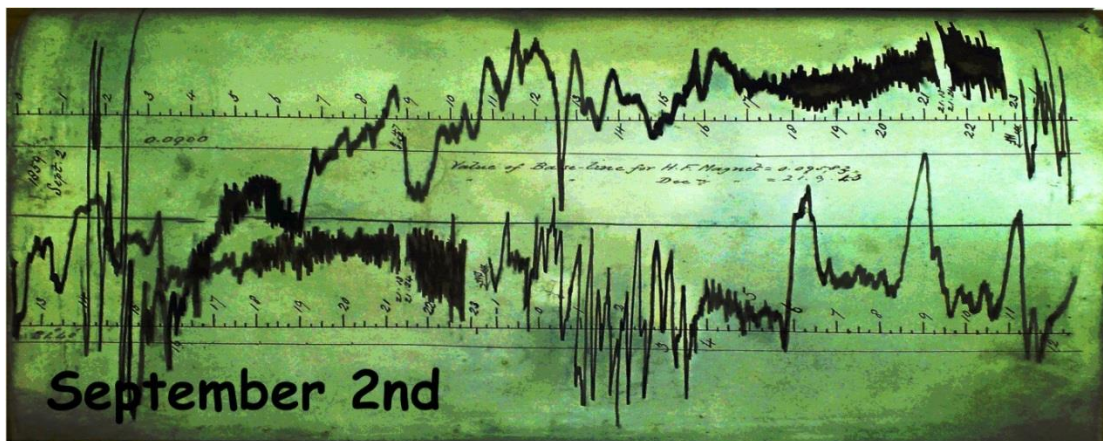
宇宙天気



Space weather: cause and effect
宇宙環境擾乱の発生と障害

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1-2日)



- 送電線が帯電
- 電信オフィスが発火
- 非常に明るいオーロラが発生し、夜でも新聞が読めた

今も起こるキャリントン級の爆発

ScienceDaily®

Your source for the latest research news

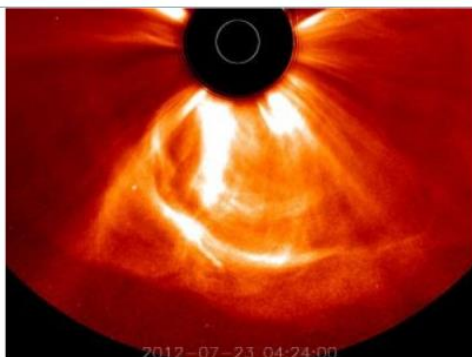
Fierce 2012 magnetic storm just missed us: Earth dodged huge magnetic bullet from the sun

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, potentially wreaking havoc with the electrical grid, disabling satellites and GPS, and disrupting our increasingly electronic lives.



This image captured on July 23, 2012, at 12:24 a.m. EDT, shows a coronal mass ejection that left the sun at the unusually fast speeds of over 1,800 miles per second.

Credit: NASA/STEREO

現在キャリントン級の現象が起こった時の経済的損失の見積もり

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

参考：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.

2012年7月23日に、キャリントン級のフレアが発生。地球方向を外れたため影響はなかった。

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	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



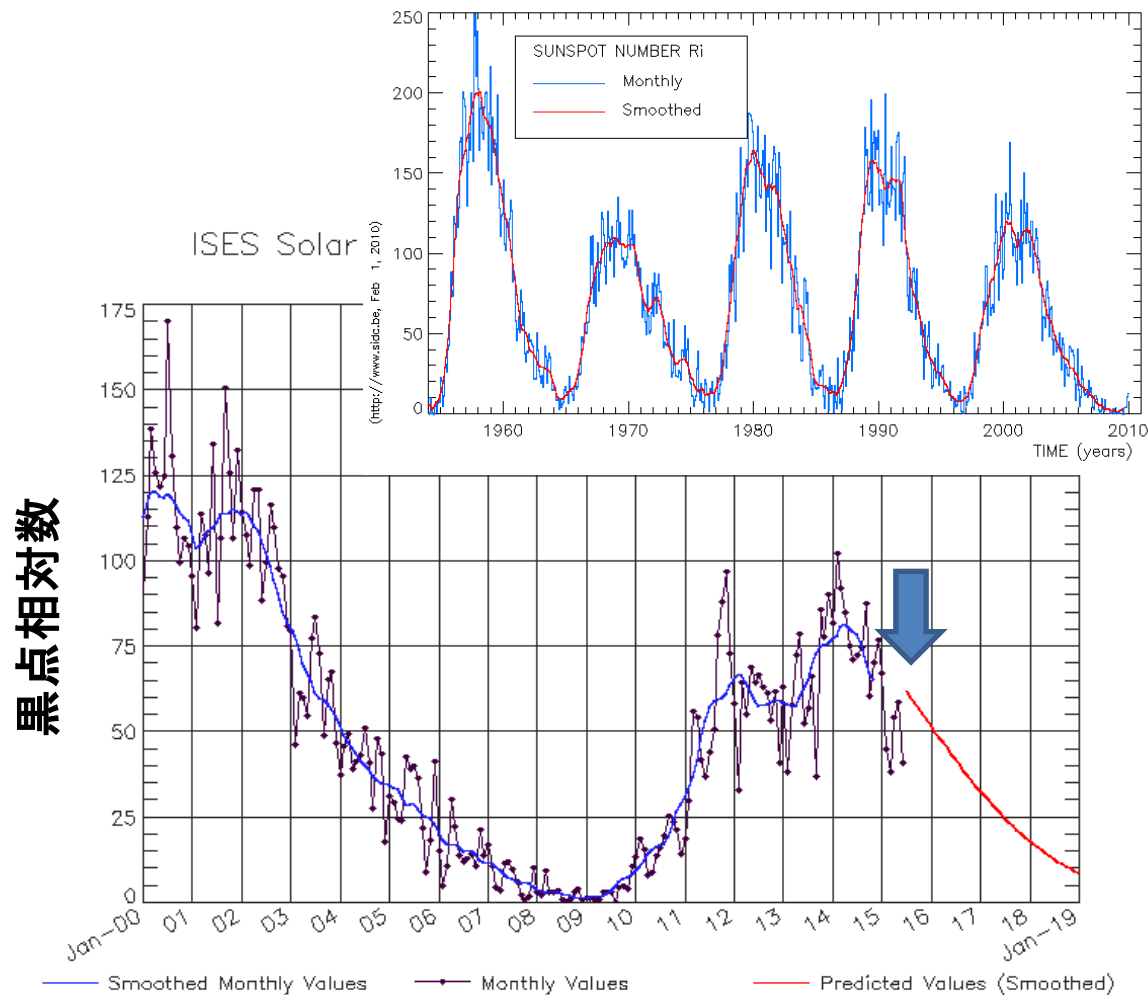
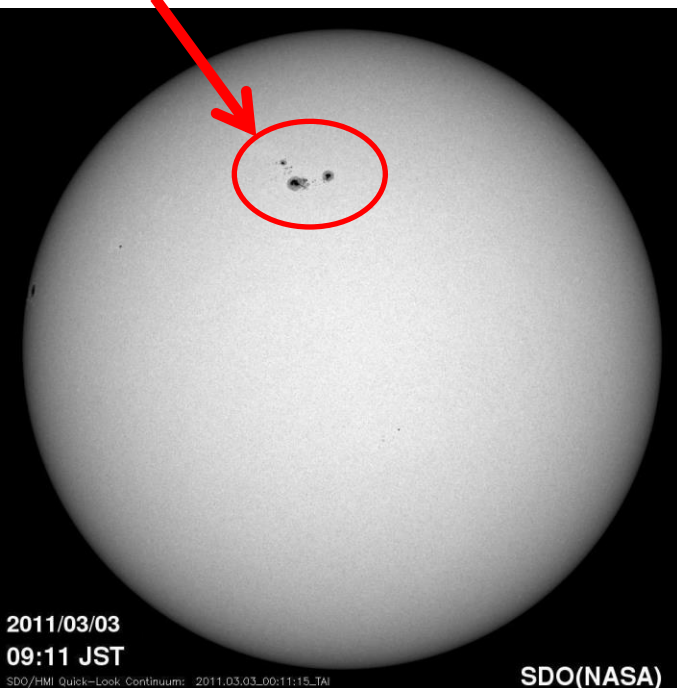


Recent Space Weather condition

最近の宇宙天気状況

太陽活動の現状

太陽黒点

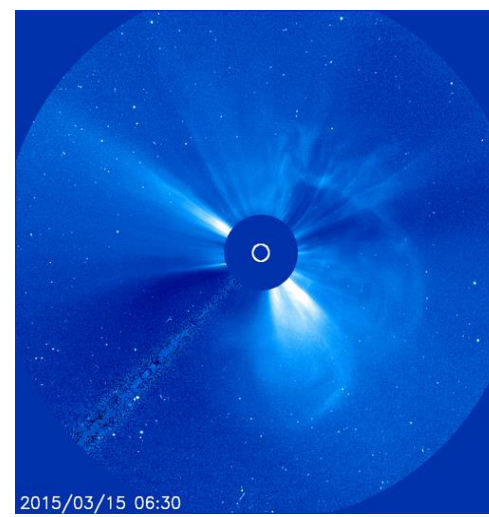
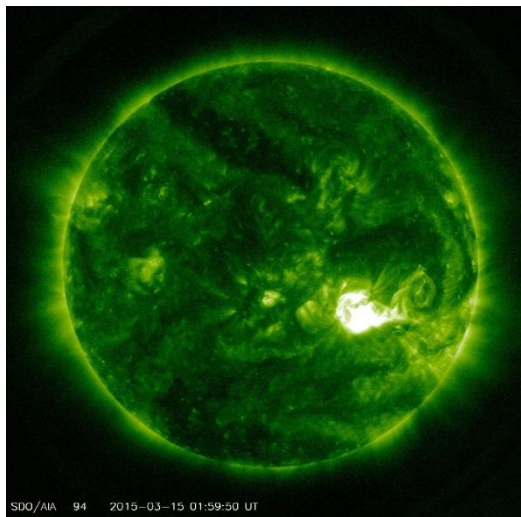
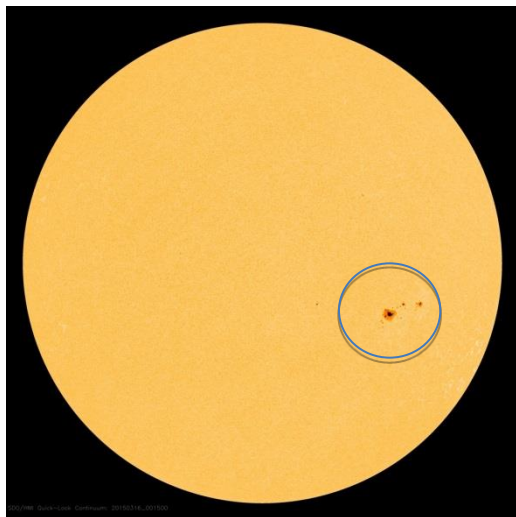


2000年1月から2019年1月までの
太陽活動変化(赤線は予測値)

情報通信研究機構 サロベツ観測所 2018年3月18日 4時22分（日本時間）撮影



源となった太陽活動



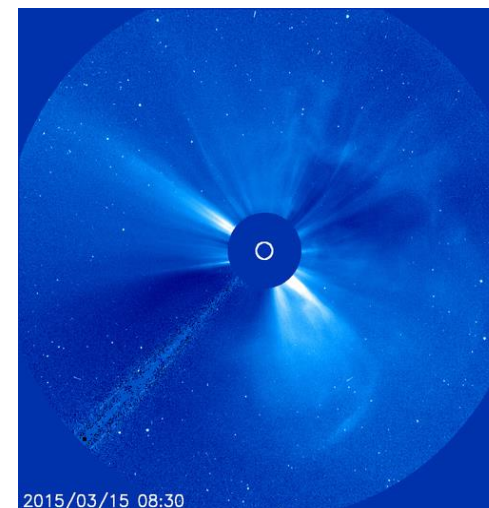
3月15日に活動領域12297で発生したCクラスフレア

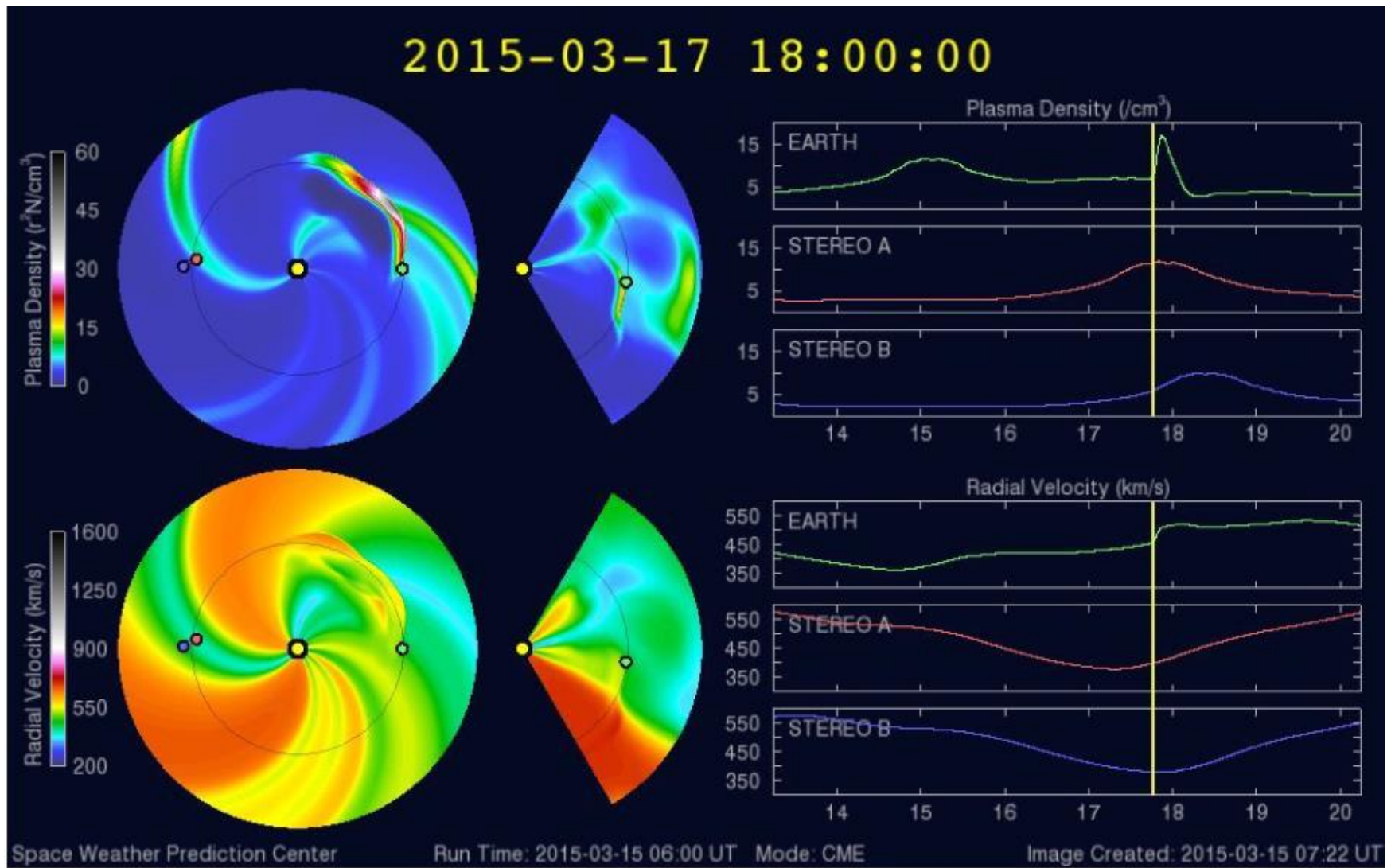
(左)活動領域12297の黒点画像

(中)活動領域12297で発生したCクラスフレア

(右・下)パーシャルハロー型のCME

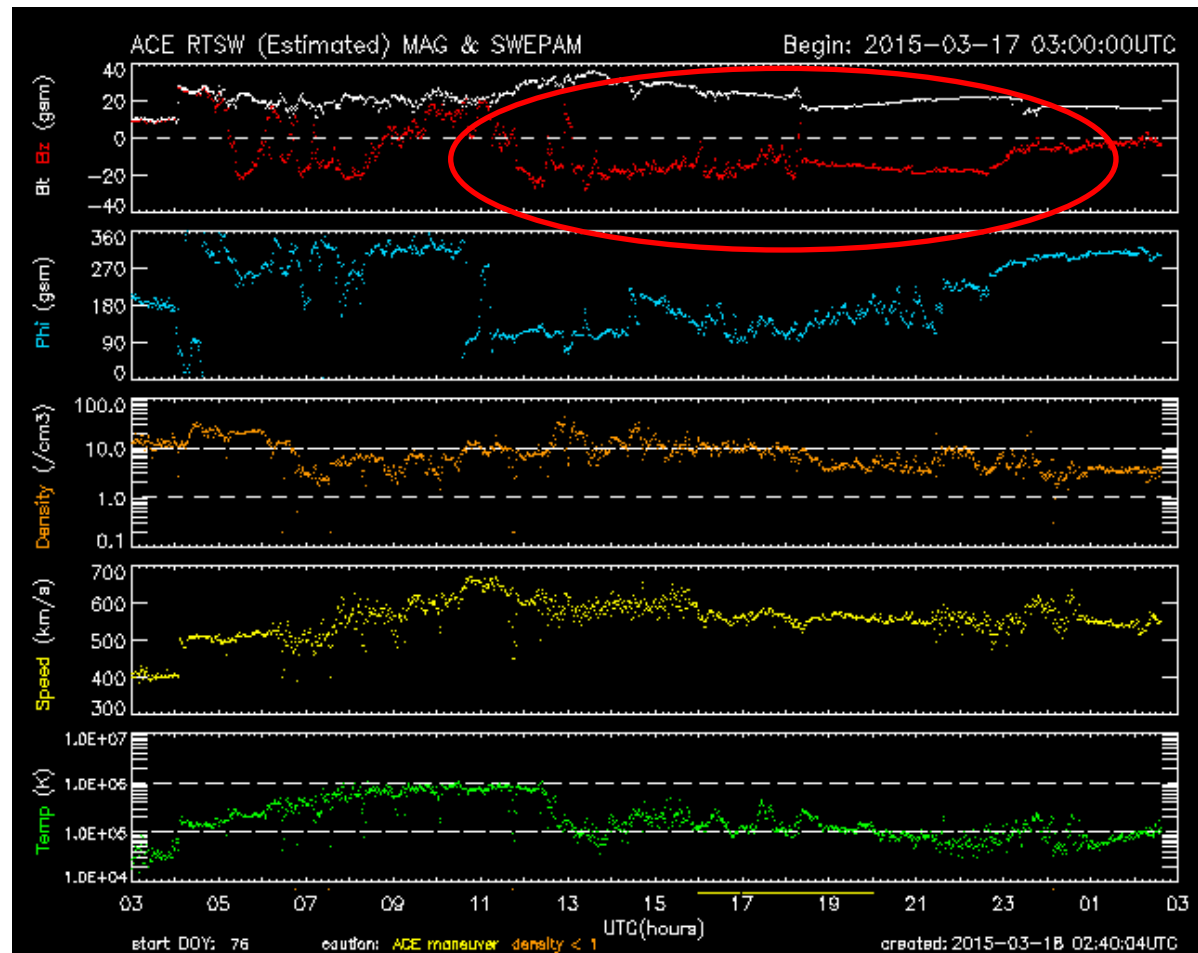
2時間で3.5太陽直径→CMEの初速度720km/s





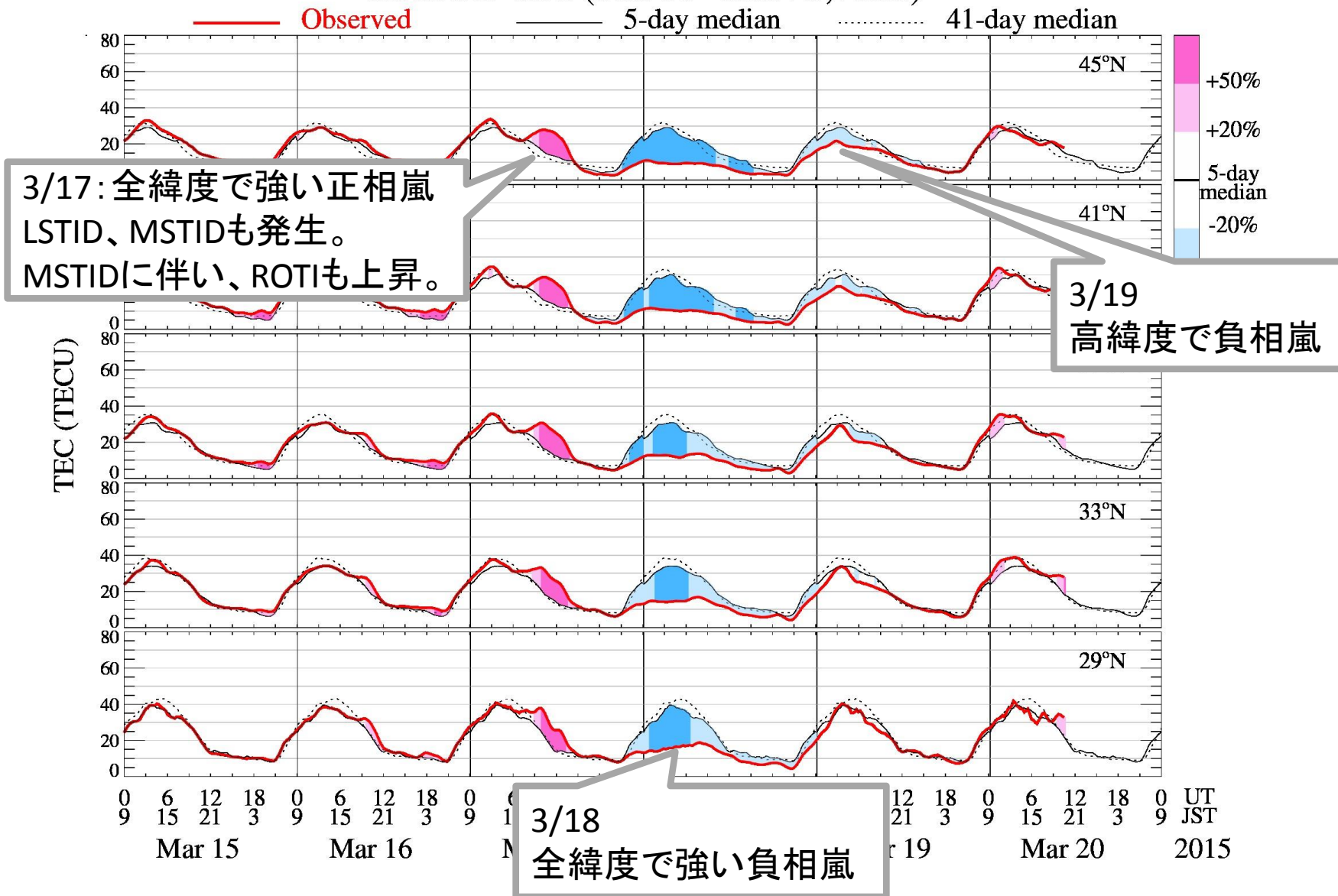
3月18日時点のACE観測データ

太陽風速度は650 km/s から500 km/s前後に推移し、磁場強度は25 nTから10 nT へ下降した。磁場の南北成分は一時 -25 nTになったが現在は、ほぼ0 nTである。

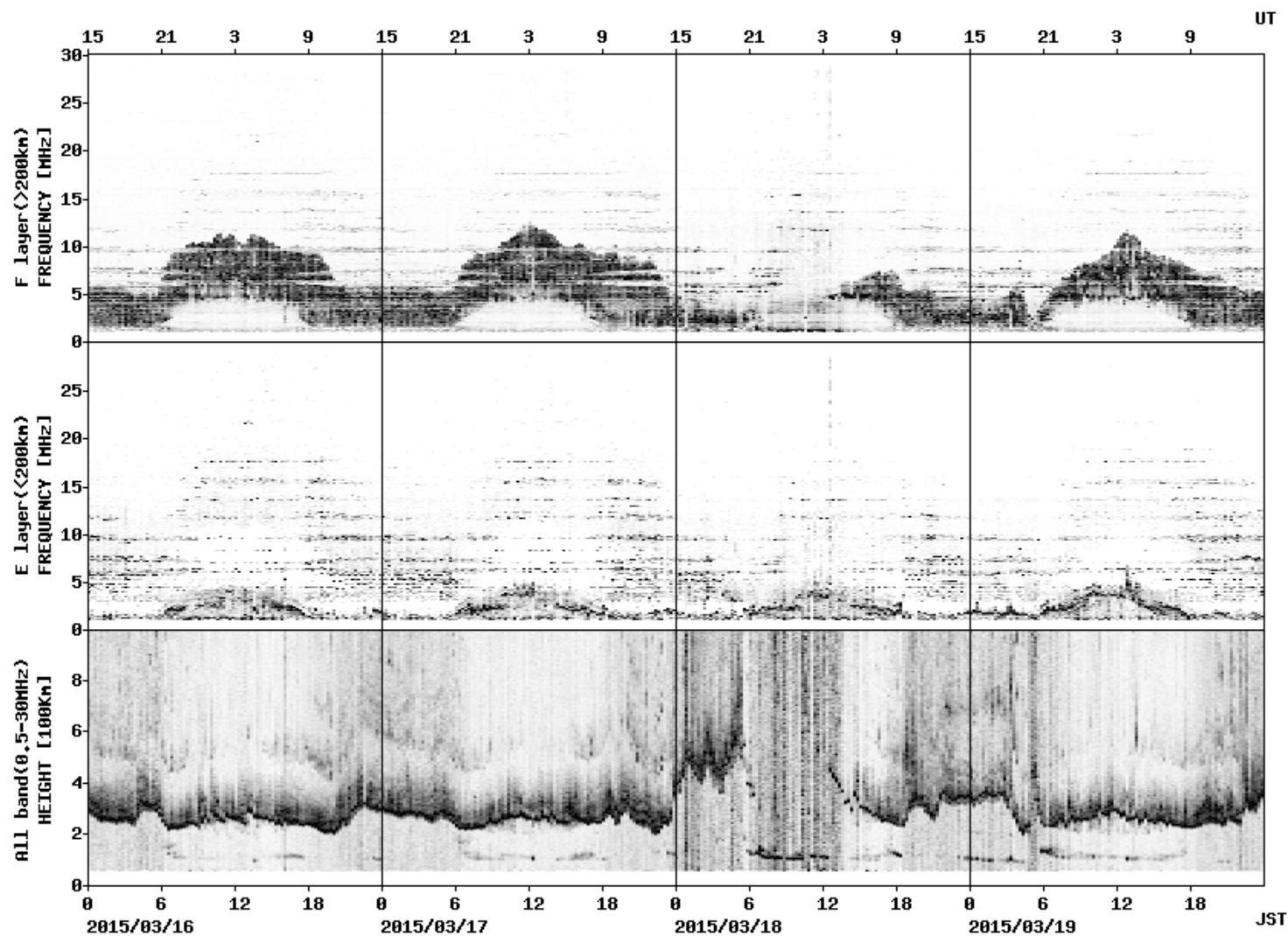


電離圏全電子数の変化

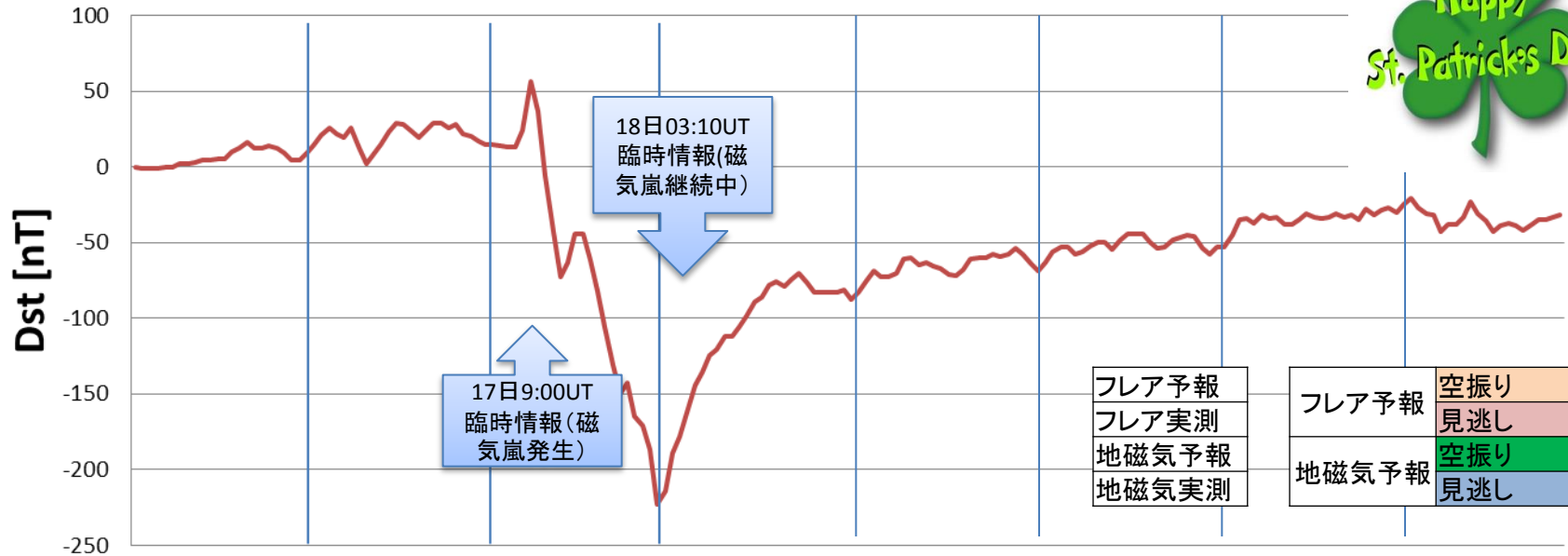
GEONET TEC (Mar 15 - Mar 20, 2015)



国分寺のイオノグラム(サマリプロット)



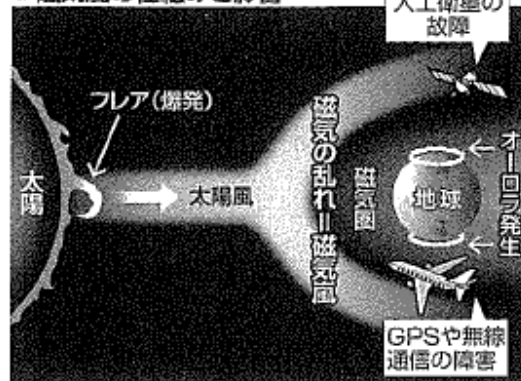
St. Patric Event



	3/15	3/16	3/17	Date (UT)		3/20	3/21	3/22
Tokyo 06:00UT	2	2	2	2	2	1	0	1
	2	2	2	1	1	1	1	1
	0	1	2	1	1	1	1	1
	0	2	4	2	1	1	0	2
Beijing 06:30UT	-	2	2	2	2	1		
	2	2	2	1	1	1	1	1
	-	0	0	2	1	1		
	0	2	4	2	1	1	0	2
Brussels 12:30UT	2	2	2	2	1	1	0	1
	2	1	2	1	1	1	0	1
	0	1	1	1	1	1	1	1
	1	4	3	2	1	1	2	0
Boulder 03:30UT	2	2	2	1	1	1	0	0
	2	2	2	1	1	1	1	1
	1	0	1	4	1	1	2	2
	0	1	4	2	1	1	0	2
Sydney 00:00UT	1	2	2	2	2	1	1	1
	2	2	2	1	1	1	1	1
	0	0	1	3	1	1	0	1
	0	1	4	2	1	1	0	2

宇宙天気予報 外れる

磁気嵐の仕組みと影響



専門家ら原因調査へ

先月、国内で11年ぶりに観測されたオーロラは、情報通信研究機構(東京)が毎日出している予測「宇宙天気予報」を大きく上回る規模の磁気嵐が原因だったことがわかった。磁気嵐は人工衛星の運用や、無線通信などに影響することがある。機構は「事前に警報を出すべきケースだった」と話しており、専門家と共に予報が外れた原因を調べる。

11年ぶりオーロラ 強い磁気嵐 予測できず

磁気嵐は、太陽表面で起きるフレア(爆発)によって太陽風と呼ばれる電気を帯びた粒子が大量に噴き出し、地球にぶつかって地磁気の流れが乱れる現象。フレア発生から数日以内には起きるため、予報がで



強力な磁気嵐のため、国内で11年ぶりに観測されたオーロラ(3月18日午前1時、北海道陸別町で)＝西谷望・名古屋大准教授提供

【改善策】情報提供の多角化

従来の臨時情報提供

- ・ 項目: 太陽フレア、プロトンイベント、地磁気嵐、地球放射線帯嵐
- ・ 条件: 決められたパラメータが基準値を超えた場合
- ・ 時間: 予報官勤務時間(土日祝含む毎日のワーキングアワー)

改定版情報提供

このほか、テンプレート
の充実等により迅速な報道
発表、広報対応
を検討

SNSによる情報
発信を準備中



	自動通報	臨時情報
太陽フレア	自	臨
太陽高エネルギー粒子	自	臨
CME		臨
衝撃波	検討中	
地磁気擾乱	自	臨
放射線帯電子	自	臨
デリンジャー現象	自	
電離圏嵐	自	
シンチレーション	検討中	



既存



新設

- 詳細なレポートを以下に報告してあります。
- <http://seg-www.nict.go.jp/patrick0317.html>



Recent NICT Activity for Space Weather

宇宙天気に関わる最近のNICTの活動

NICT太陽監視システム



太陽電波望遠鏡

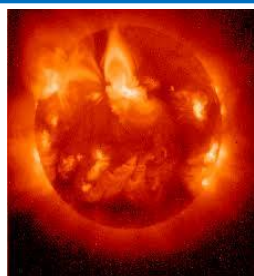


NICT小金井本部
(東京都)

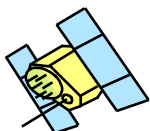
山川電波観測施設
(鹿児島県)



太陽風観測データ受信システム



太陽風



太陽風監視機 (ACE,
DISCOVER)

太陽電波

観測データ



Web,電子メール
による宇宙天気
情報の提供

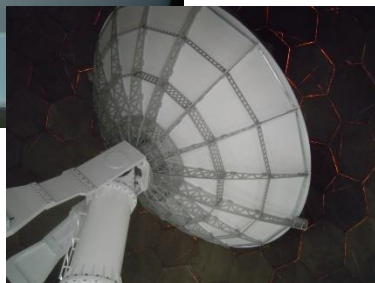


データ解析



レドーム内には直
径8mのパラボラ
アンテナ

迅速な情報



受信機



太陽電波望遠鏡

- ・太陽面爆発現象の早期発見とその地球への影響の見積もりにより、リードタイムの延伸をはかる
- ・平磯から山川へのシステム機能の移設



直径11mのパ
ラボラアンテナ

受信機



高精度情報

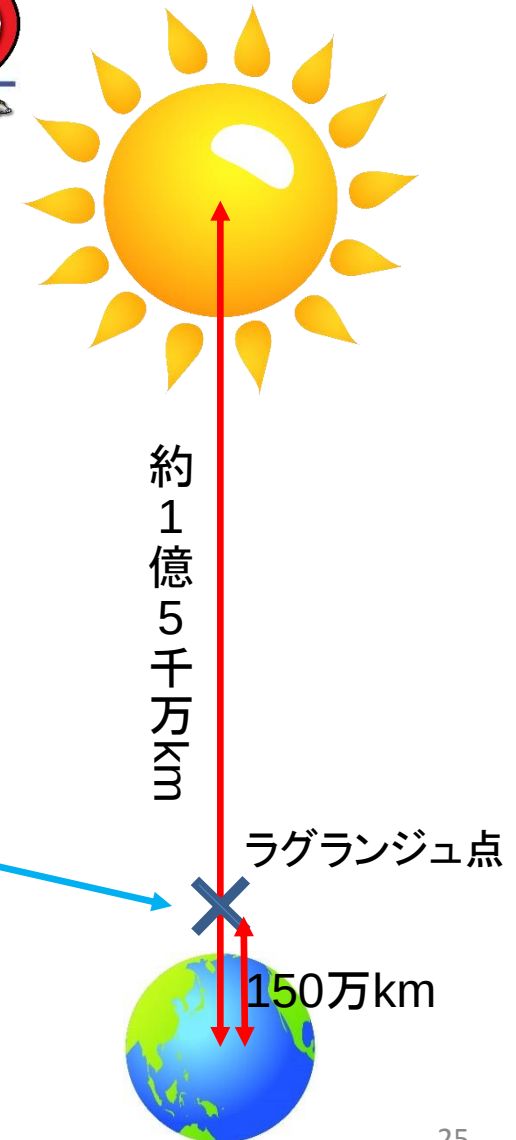
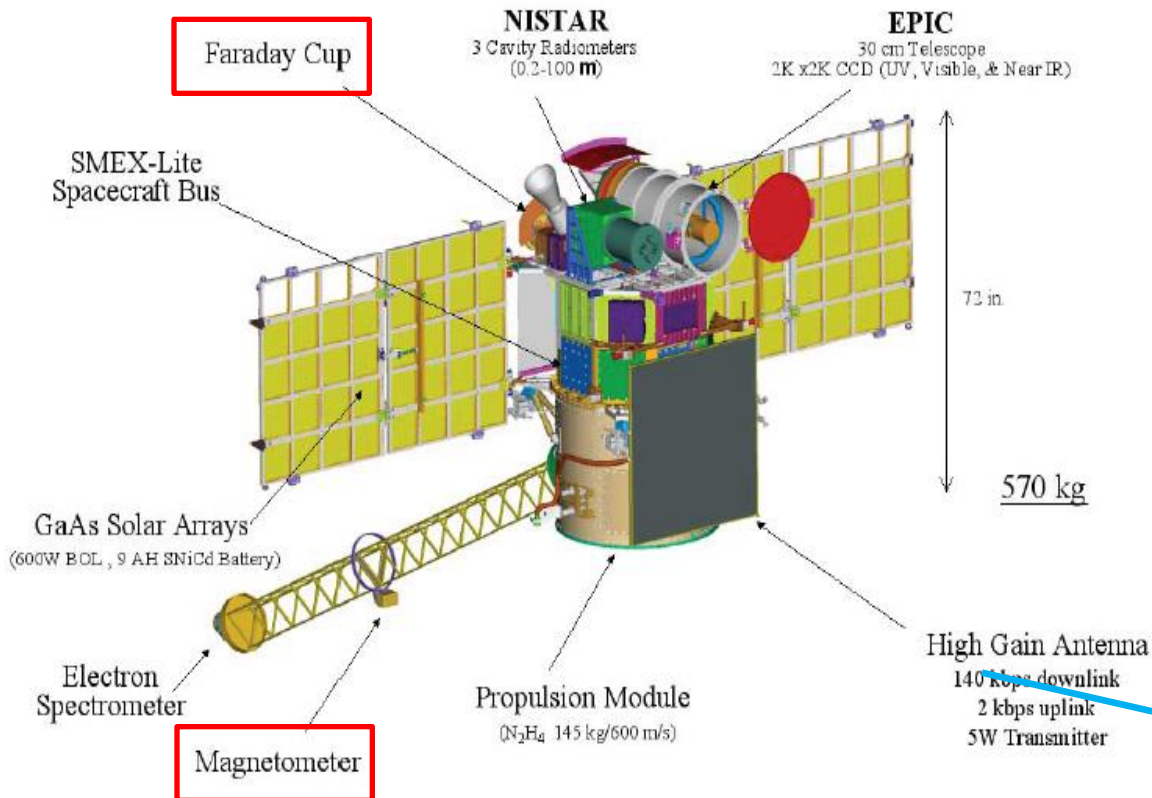
太陽風観測データ受信システム

- ・ACE/DISCOVER観測データを受信
- ・リードタイムは短いものの精度の高い太陽風情報を取得

次期太陽風観測探査機 Deep Space Climate Observatory (DSCOVR)



DSCOVR Observatory



2015年2月11日打ち上げ
2015年6月にラグランジュ点到達



Global Positioning System (GPS)

SEALION(South-East Asia Low-latitude Ionospheric Observation Network)



- King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
- Chiang Mai University (CMU)



- National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN)

- 東南アジア電離圏観測ネットワーク
- プラズマバブルを中心とする赤道域電波伝搬障害を研究する目的で2003年よりNICTが構築
- 後のAOSWAの核となる



- イオノゾンデ
- GPSシンチレーション
- GPS全電子数
- 磁力計
- 全天大気光カメラ

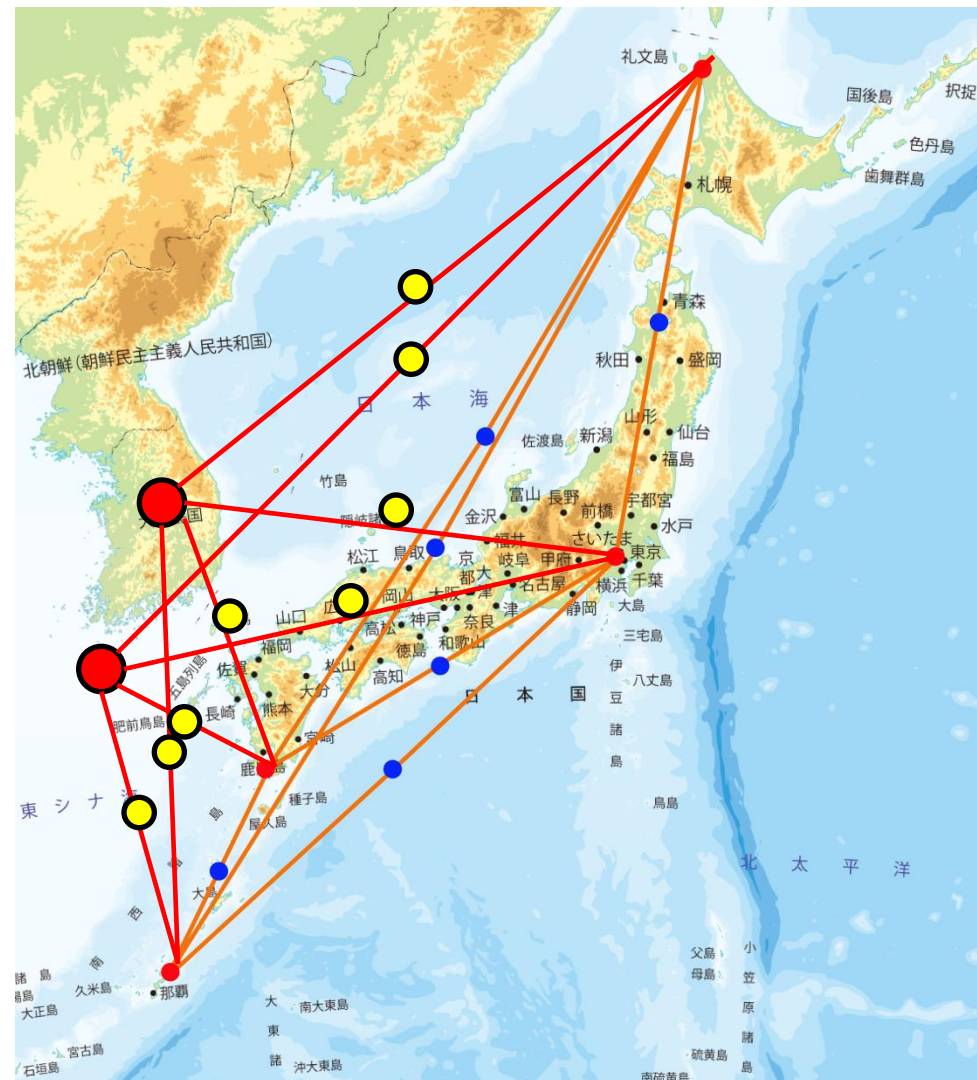


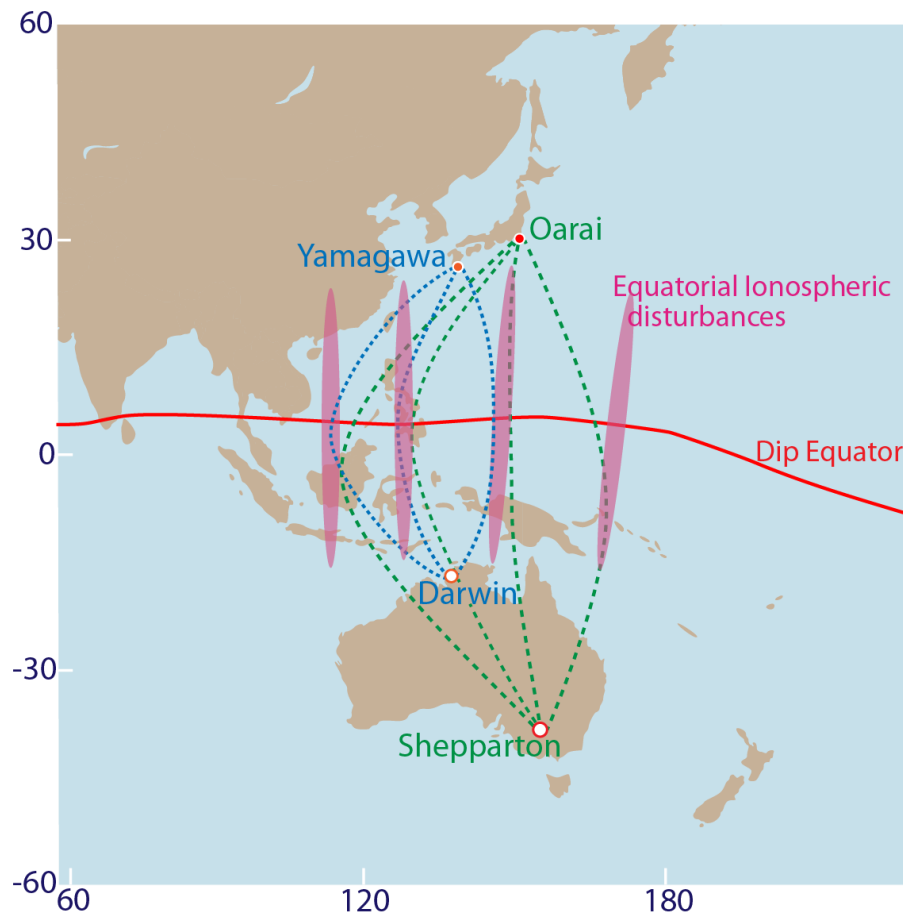
- University of San Carlos (USC)



- Hanoi Institute of Geophysics, Vietnamese Academy of Science and Technology (VAST)

- 航空運用に宇宙天気情報が利用されることから、海上電離圏情報を得ることが今後重要となってくる。
- 現在海上電離圏情報を得る手段としては
 - イオノゾンデ(電離圏レーダ)の斜め伝搬観測
 - 赤道越え電波伝搬
 - 低高度衛星オカルテーション
 - GPSバイが考えられる。
- NICTは近隣国と連携し手法開発を進めている。
- 図: 韓国との連携による日本海・東シナ海上空の斜め伝搬観測

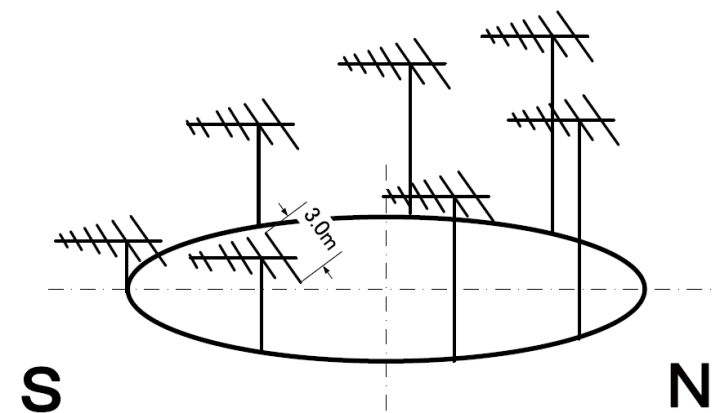




日本・豪州間のHF・VHF帯の電波伝搬の方向探査を定常的に行い、プラズマバブルに伴う伝搬異常からその位置を推定するリモートセンシング手法を開発



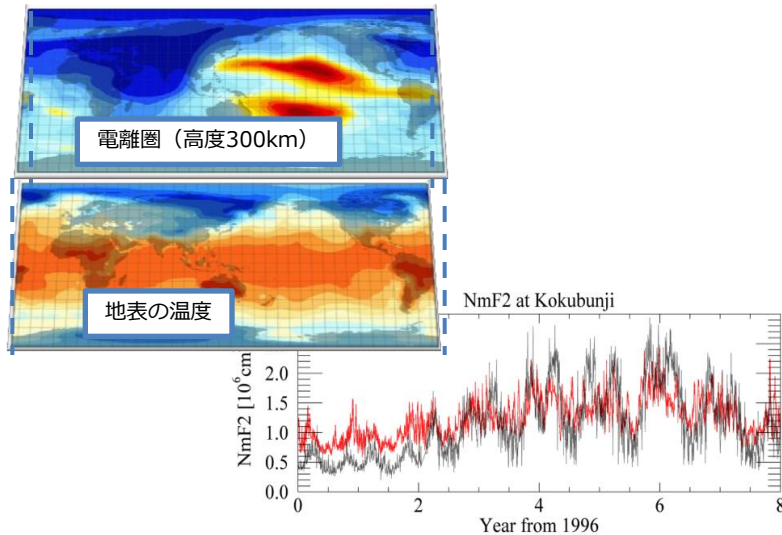
現存するHF-TEPシステム(大洗)



新規VHF-TEPシステム(山川)

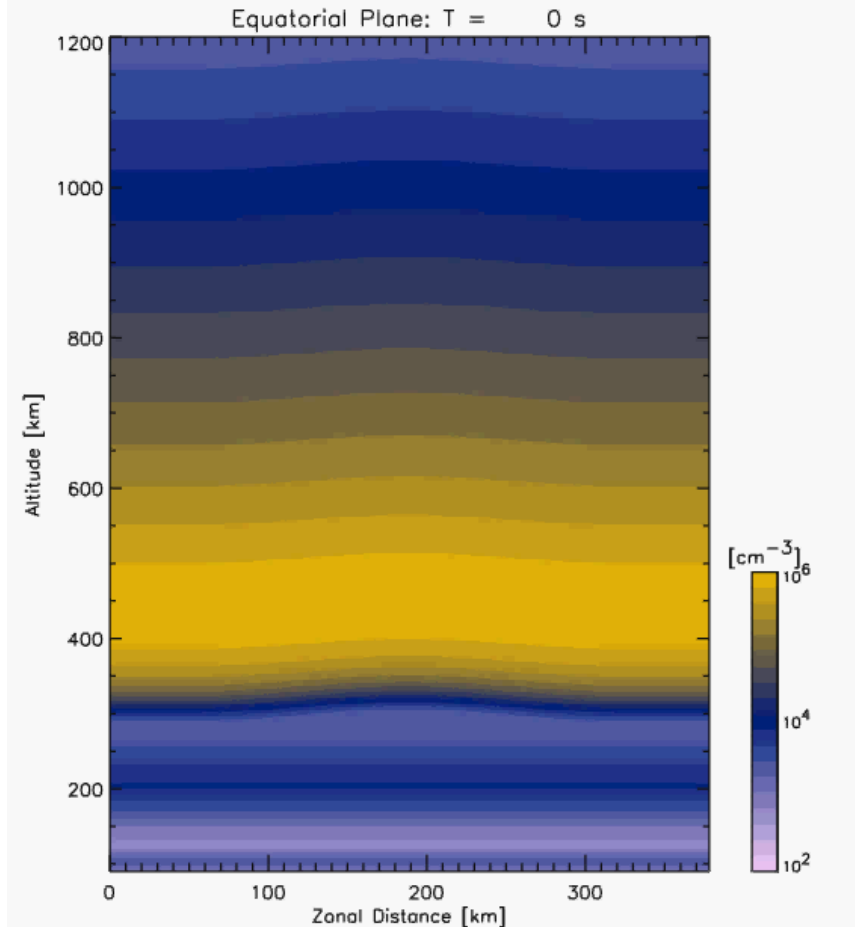
地表から電離圏までの天気予報モデル

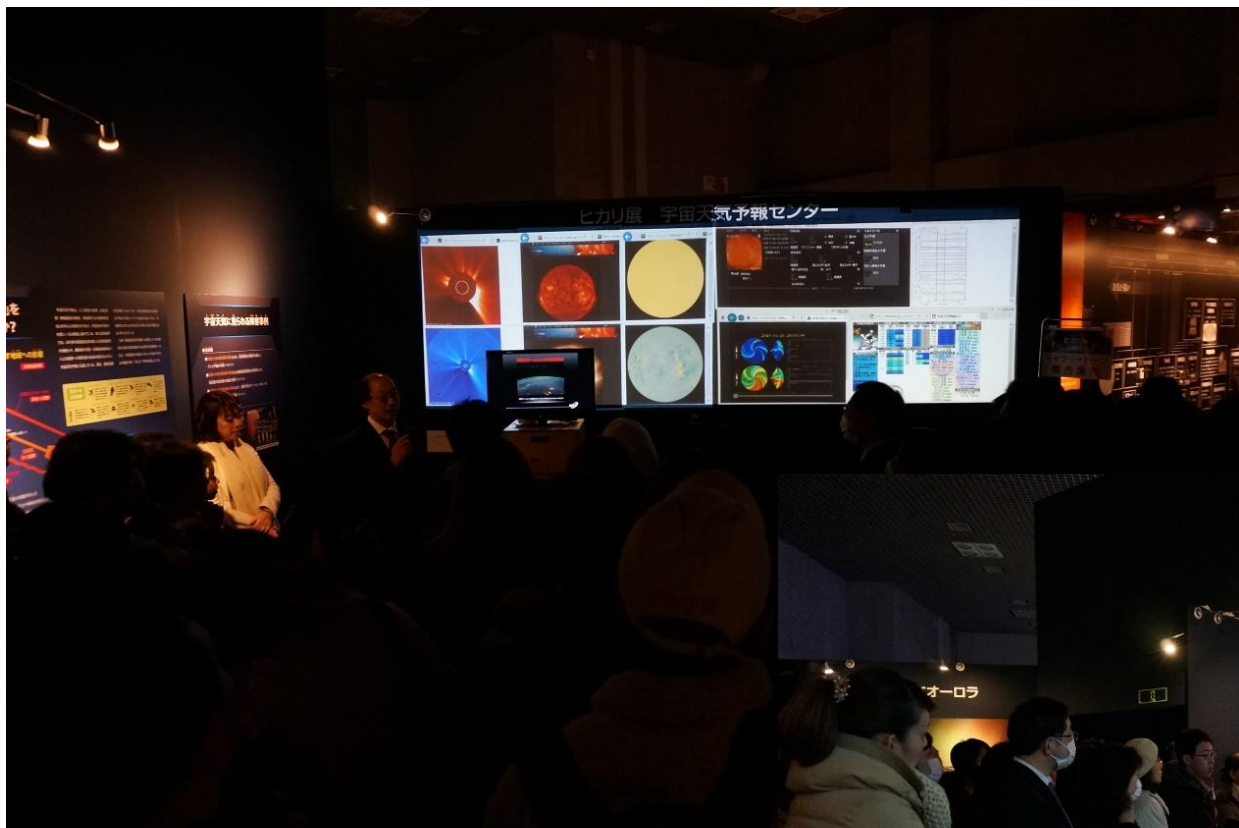
電離圏擾乱予測のための地球全体の 数値モデル



- 電離圏は太陽の影響とともに、地表近くの気象にも大きく影響を受ける。
- 電離圏の天気予報をするためには、地表の天気を取り入れた予報モデルを作る必要がある。
- NICTは地球全体を見渡すとともに、細かい変化をとらえるモデルづくりを進めている。

細かい乱れを再現する局所数値モデル





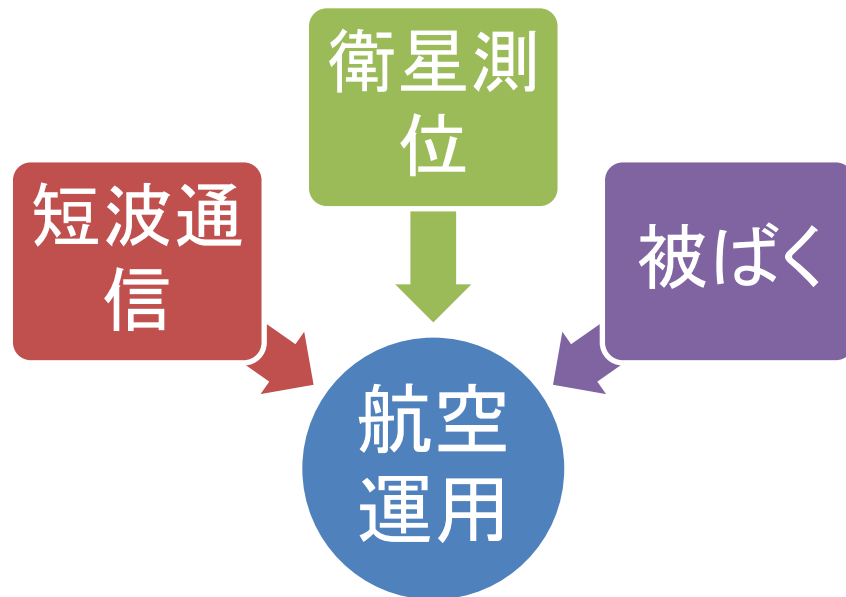


International and Domestic Activity for Space Weather

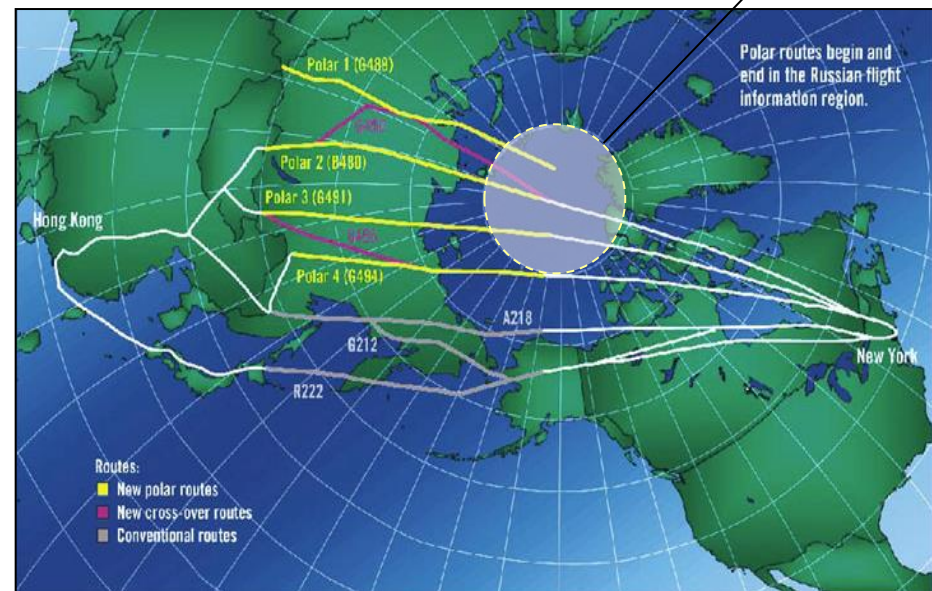
宇宙天気に関わる国際および国内 動向

宇宙天気情報の航空機運用への利用義務化

- 国際民間航空機関 (ICAO) 第3付属書: 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。
- 現在、宇宙天気情報を含めるよう第3付属書の改定が進められている。
- 2020年代には、宇宙天気情報が航空運用に不可欠な情報として使用される見込み

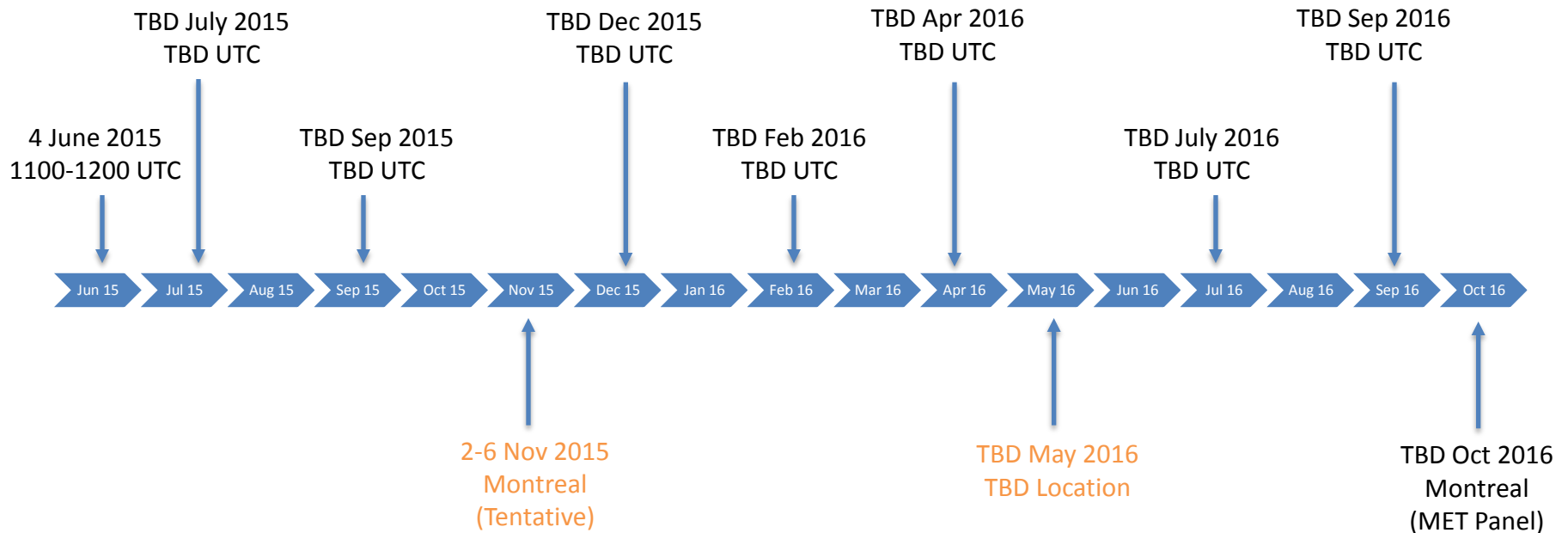


短波通信のみが可能な領域



Proposed WG-MISD Schedule

Telcon/Webex



Face-to-Face

The coordinators will determine the telcon/webex schedules for each of the sub-groups.

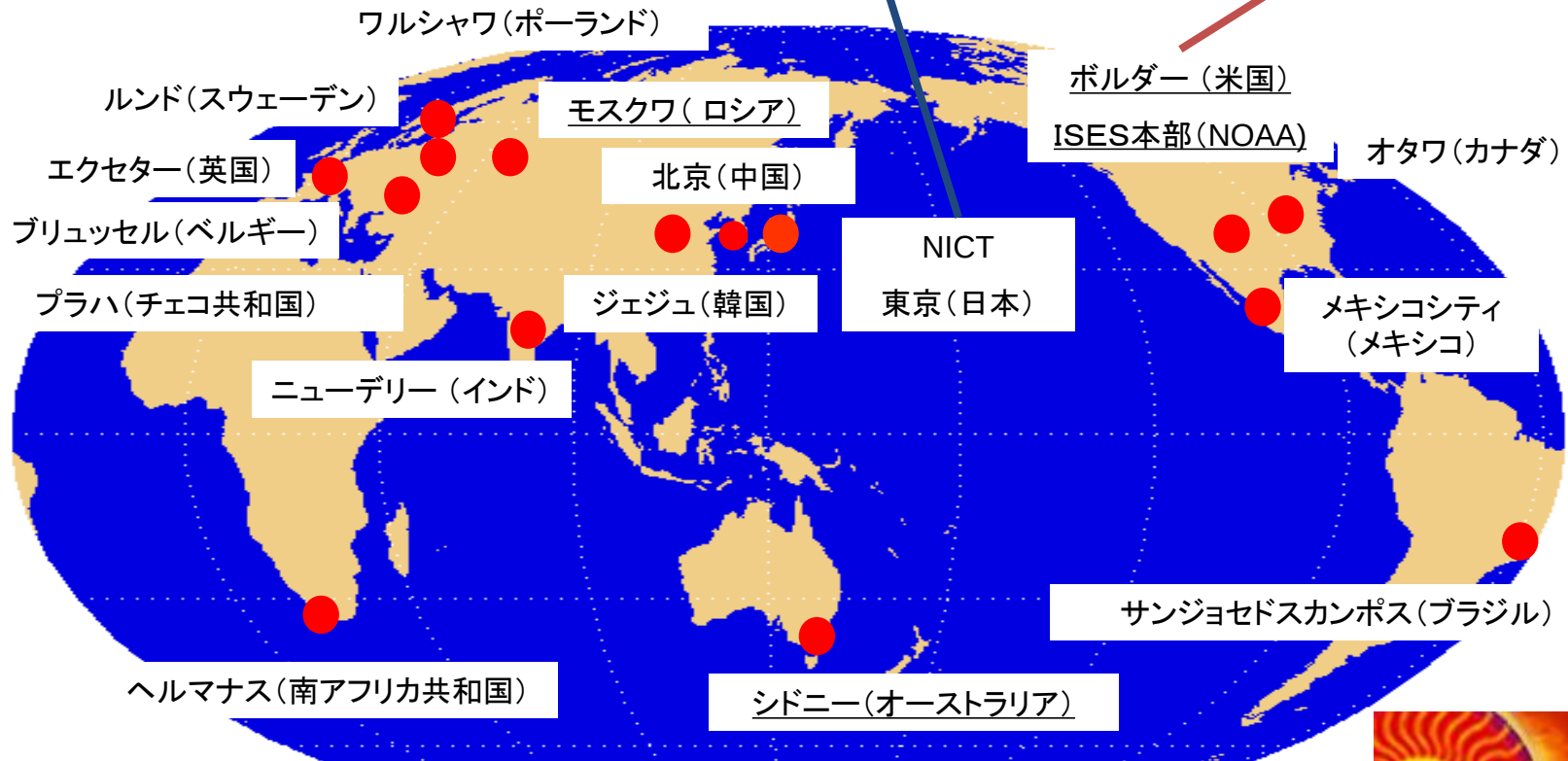
Action: Determine dates (e.g., 2nd Thursday of the month) and times (e.g., 1100 UTC) for future WG-MISD telcon/webex meetings.



(16か国が加盟。ESAがCollaborative Expert Centerとして参加)

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。

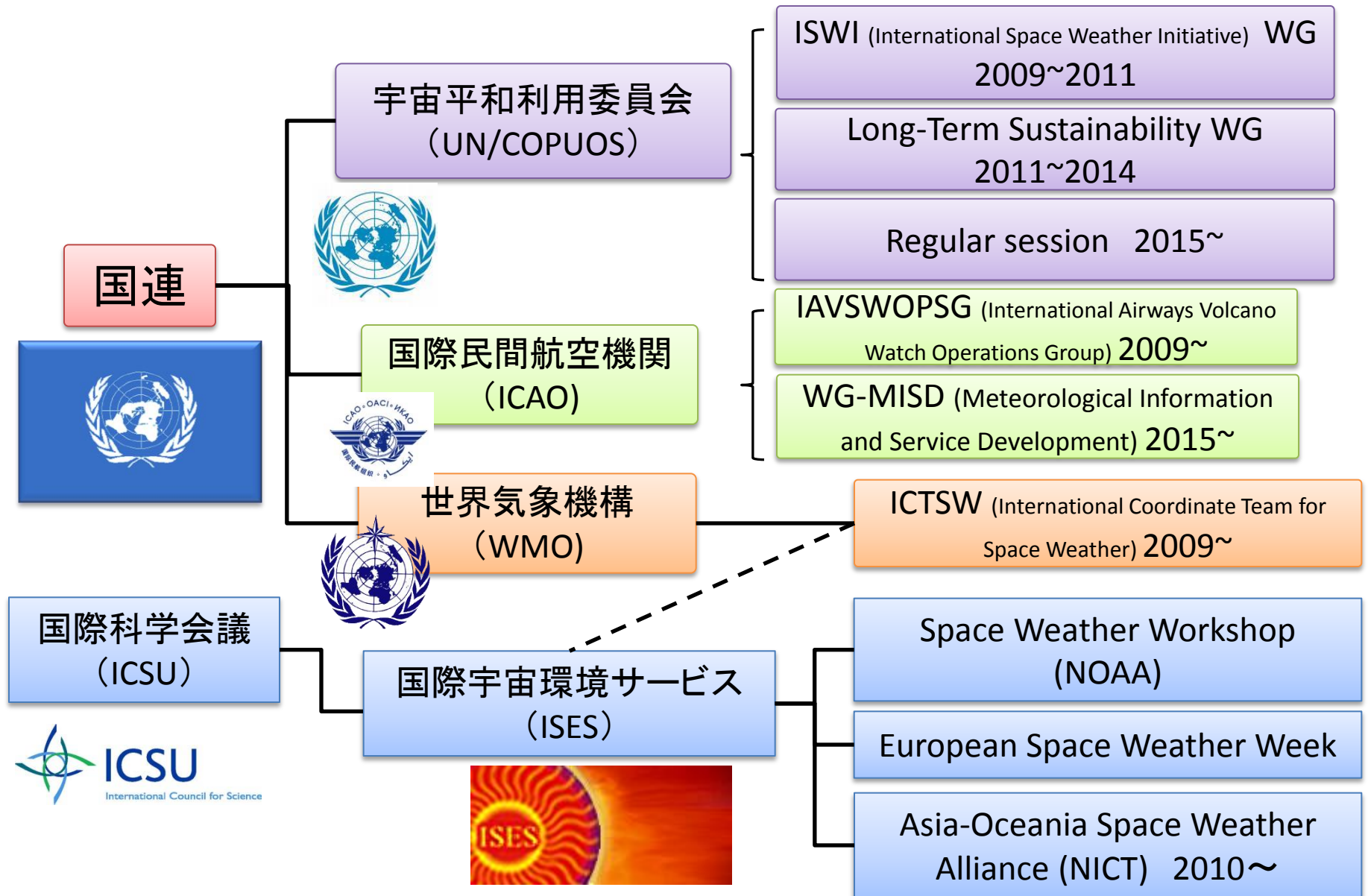
太陽監視衛星、太陽風監視衛星、静止軌道衛星など多くの衛星を運用し、データを提供。



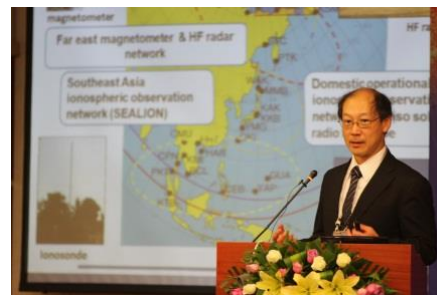
国際協力によって宇宙天気予報を推進。



世界の宇宙天気(運用)関係組織



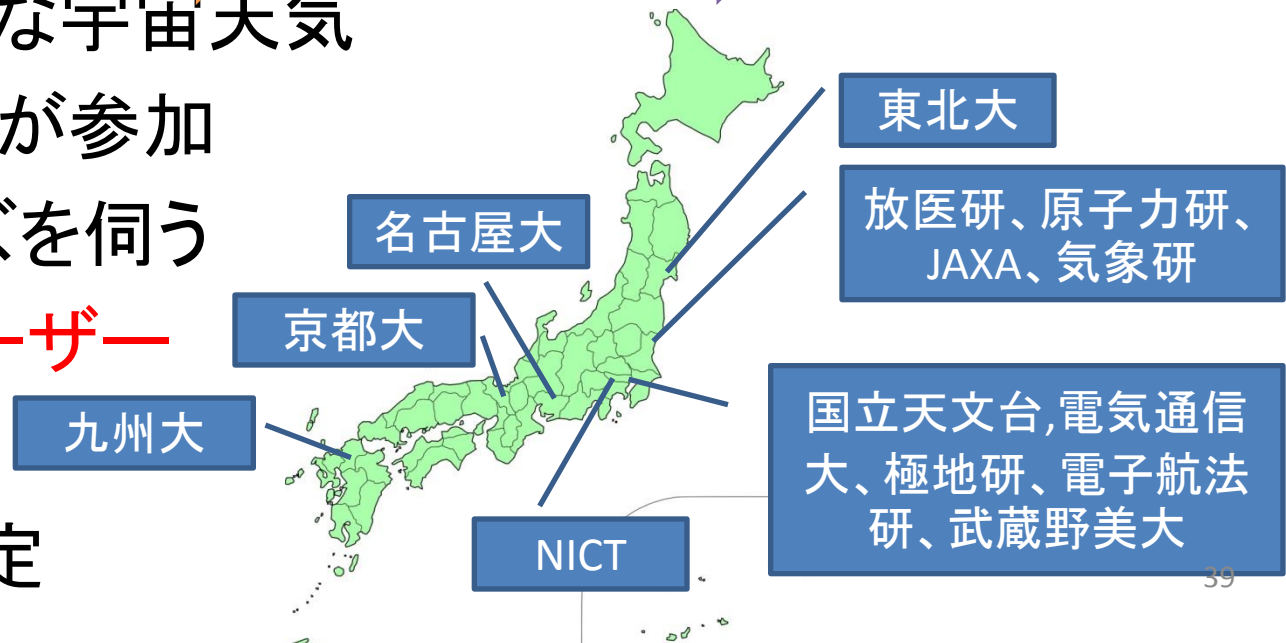
- AOSWA: アジア・オセアニア宇宙天気アライアンス (Asia-Oceania Space Weather Alliance)
- **SEALION の枠組みを発展**
- キックオフ: 2010年10月に5か国で開始
- 目的: 宇宙天気の運営および研究に関する情報交換
- 現在13か国26機関が参加
- 第1回会合: 2012年2月22-24日, タイ・チェンマイ
- 第2回会合: 2013年11月4-7日, 中国・昆明
- 第3回会合: 2015年3月2-5日, 日本・福岡

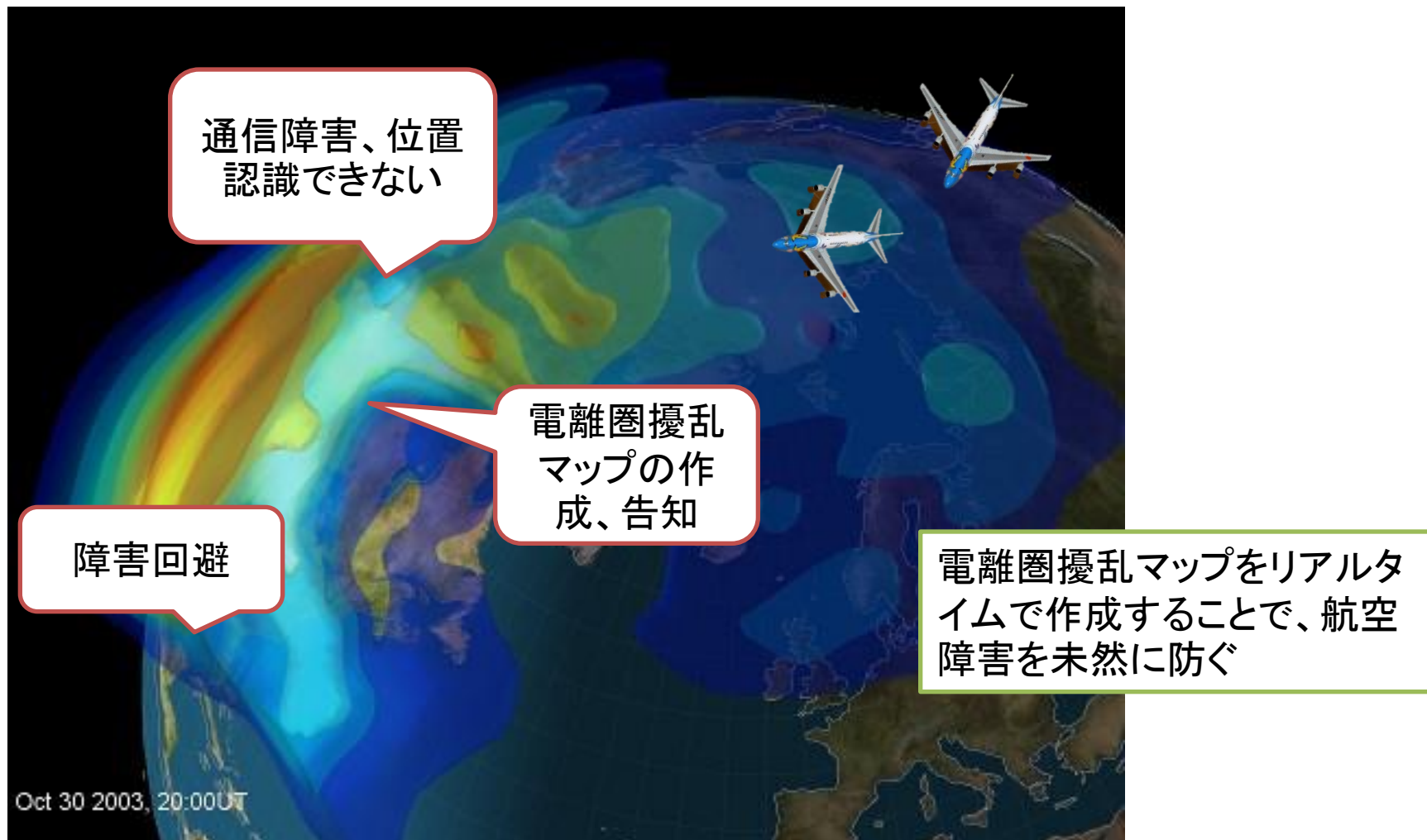


- 科研費：新学術領域研究「太陽地球圏環境予測」
- A01班「双方向宇宙天気予報システムの構築」



- 国内の主要な宇宙天気関連研究機関が参加
- 利用者ニーズを伺う「宇宙天気ユーザー協議会」を立ち上げる予定





日本で観測されたオーロラ



情報通信研究機構 稚内観測施設

平成27年6月23日 13:46 UT (22:46 JST) ISO 3200 露出 20秒