



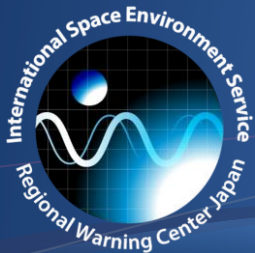
National Institute of Information and Communications Technology

2019年の宇宙天気

国立研究開発法人情報通信研究機構

宇宙環境研究室長

石井 守



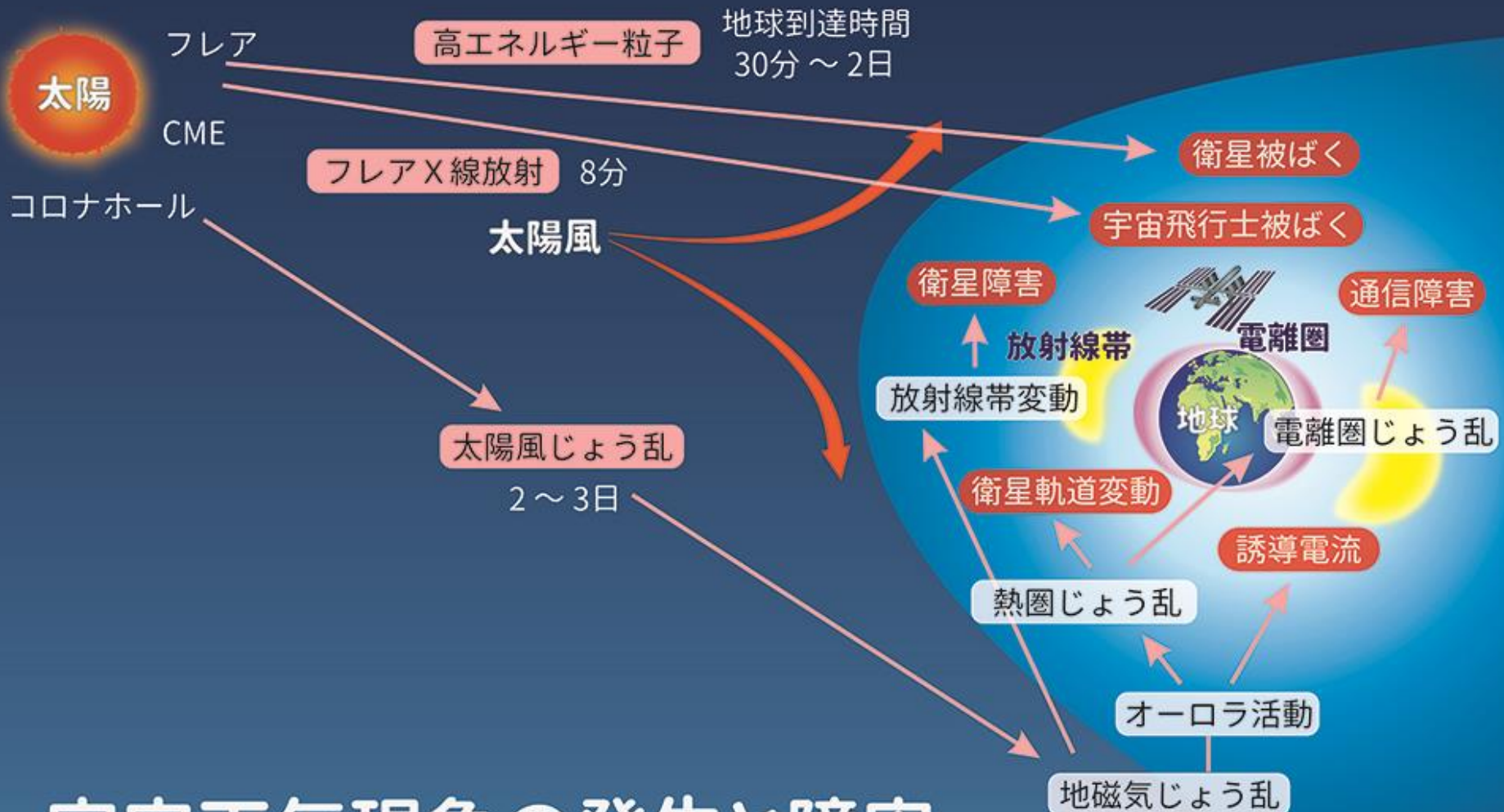
本日のトピックス

1. 宇宙天気とは
2. 2019年の宇宙天気活動
3. 宇宙天気に関する世界動向
 1. ICAOにおける宇宙天気情報利用
 2. 米国における宇宙天気政策
4. 国内の宇宙天気研究動向
 1. 宇宙天気ハザードマップ
 2. 電波伝搬シミュレータ
 3. Esによる航空運用への影響
 4. 航空機被ばく監視システム (WASAVIES)
5. まとめ

本日のトピックス

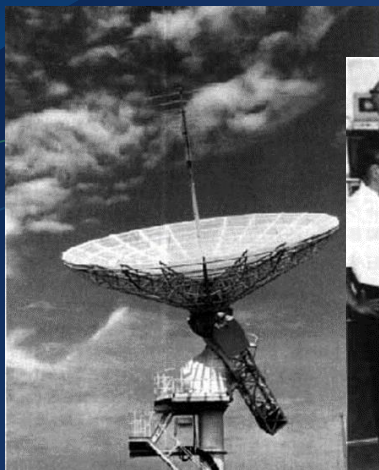
1. 宇宙天気とは
2. 2019年の宇宙天気活動
3. 宇宙天気に関する世界動向
 1. ICAOにおける宇宙天気情報利用
 2. 米国における宇宙天気政策
4. 国内の宇宙天気研究動向
 1. 宇宙天気ハザードマップ
 2. 電波伝搬シミュレータ
 3. Esによる航空運用への影響
 4. 航空機被ばく監視システム(WASAVIES)
5. まとめ

宇宙天気



宇宙天気現象の発生と障害

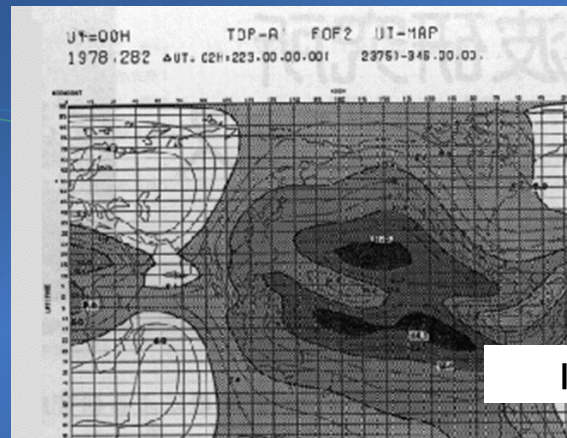
NICT 宇宙天気情報サービス



太陽電波スペクトル観測アンテナ (70-500MHz)



初期の電波警報会議
(1957?)



1978年8-9月 foF2 全球マップ



ISS-b “うめ2号”

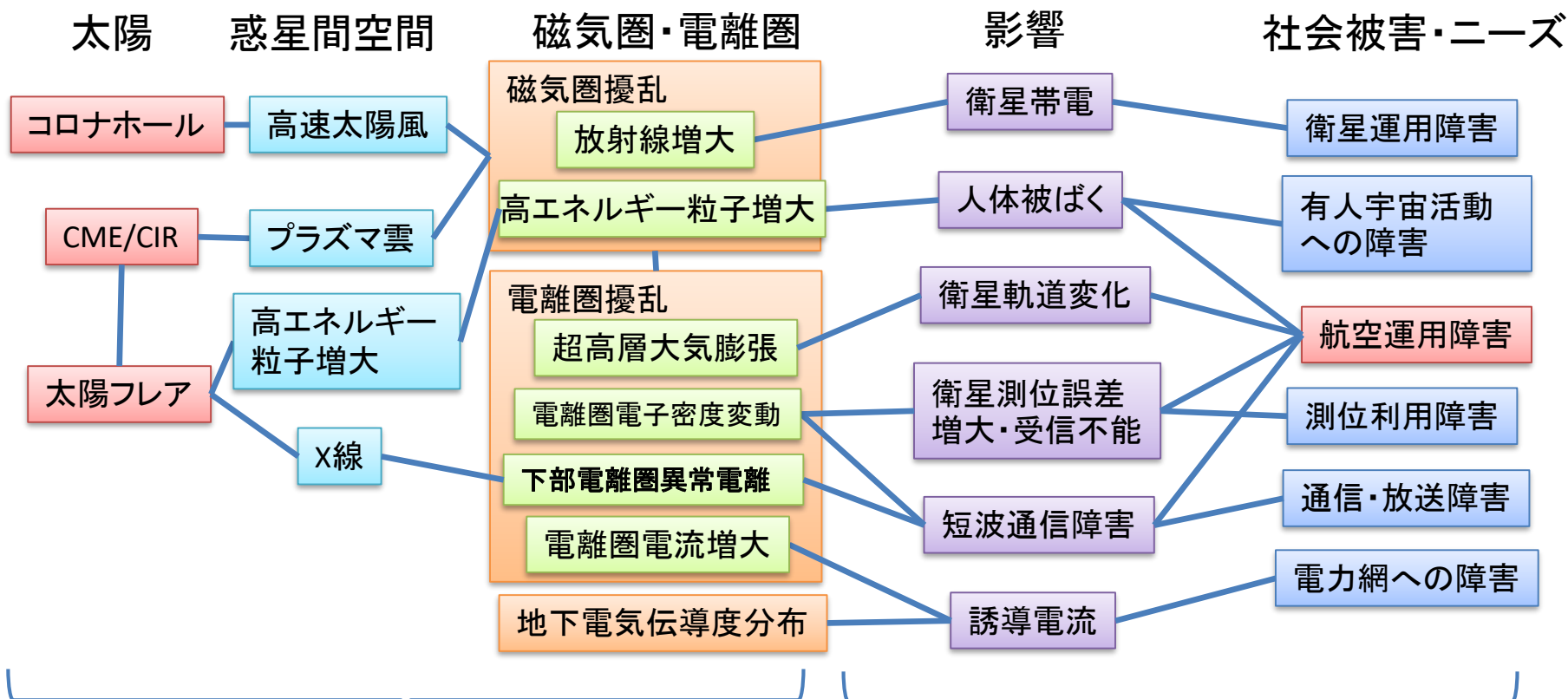
1952年より、NICTは定常的に太陽電波スペクトルを観測、また1957年より電波伝搬のための警報サービスを開始

1978年には、NICTは人工衛星を用いて世界初の電離圏 foF2 全球マップを完成

現在、NICTは宇宙天気情報を週末・祝日含め365日配信、更に2019年12月より24時間運用を開始する。



現在の NICT 宇宙天気予報室



学術的研究対象

実用化に向けた研究対象



大学・研究機関

宇宙天気の未解明のプロセスの研究や新たな知見を探索



NICTは宇宙天気において学術と実利用をつなぐ我が国唯一の組織



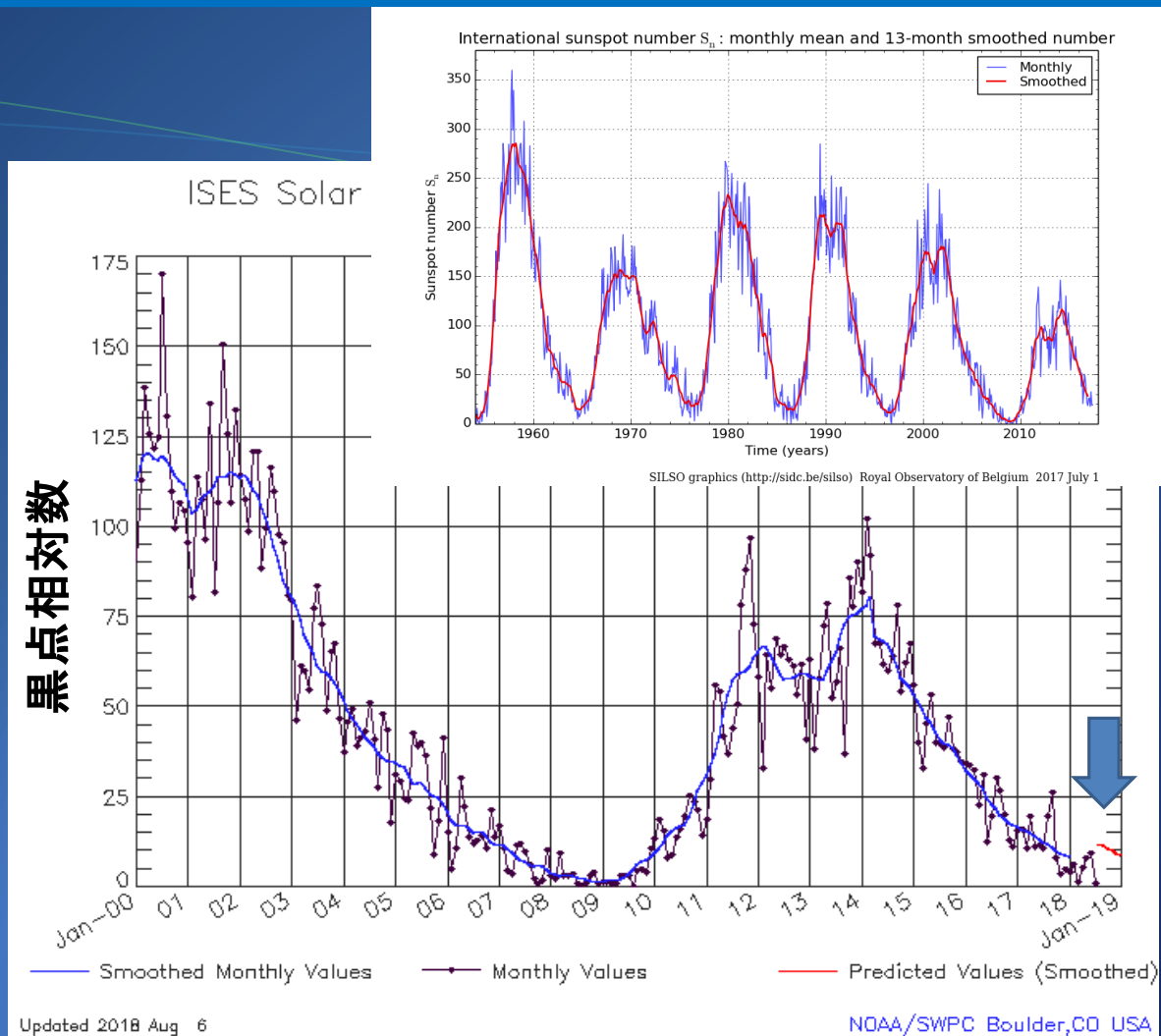
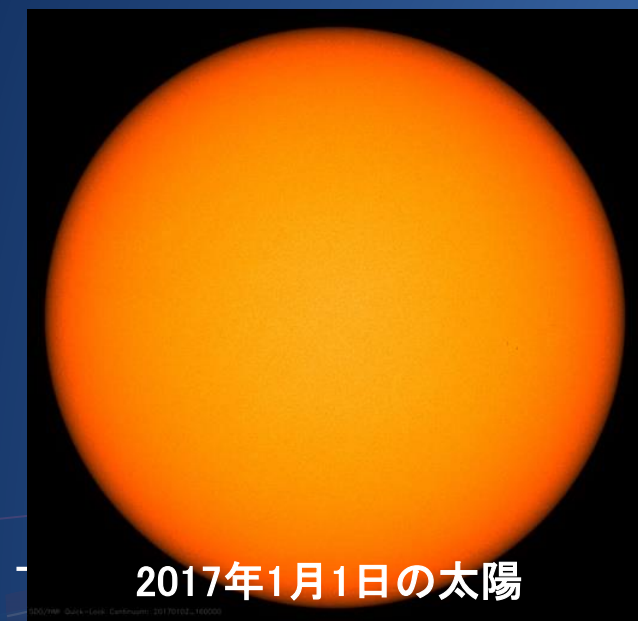
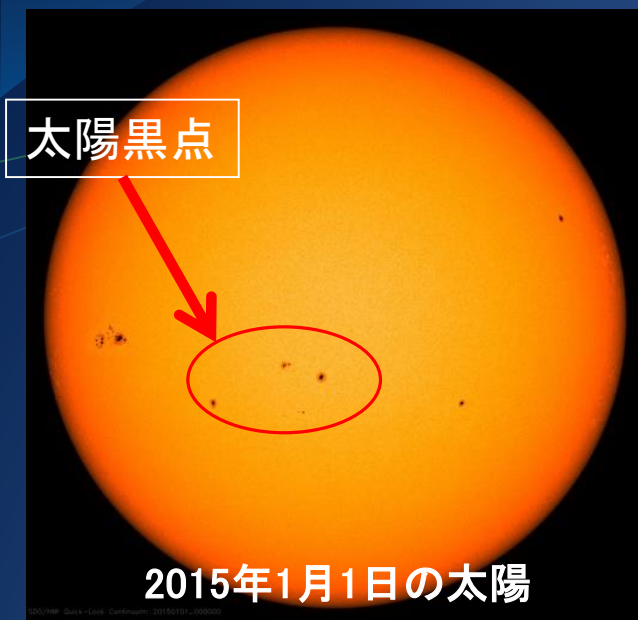
官公庁・企業

宇宙天気情報は利用者が業務を遂行する上で不可欠な情報

本日のトピックス

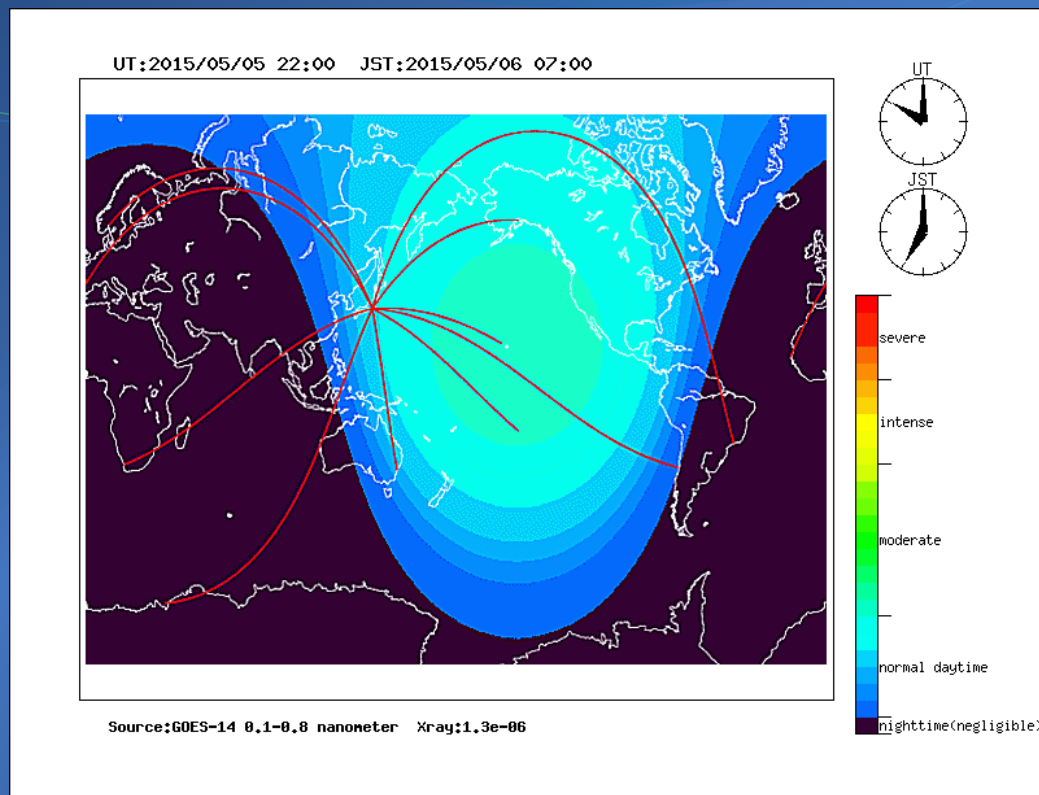
1. 宇宙天気とは
2. 2019年の宇宙天気活動
3. 宇宙天気に関する世界動向
 1. ICAOにおける宇宙天気情報利用
 2. 米国における宇宙天気政策
4. 国内の宇宙天気研究動向
 1. 宇宙天気ハザードマップ
 2. 電波伝搬シミュレータ
 3. Esによる航空運用への影響
 4. 航空機被ばく監視システム(WASAVIES)
5. まとめ

太陽活動の現状



2015年のデリンジャー現象

発生日	発生時間	原因となった フレアの規模
2015/01/13	4:30-5:15	M5.6/2B M4.9
2015/01/30	0:45	M2.0
2015/01/30	5:45	M1.7
2015/02/04	2:15	M1.2/2N
2015/03/03	1:30-1:45	M8.2/SB
2015/03/06	4:15-4:30	M3.0 LDE
2015/03/07	22:15-22:45	M9.2 LDE
2015/03/09	23:45-0:00	M5.8/2N
2015/03/10	3:30	M5.1/2B
2015/03/14	4:45	M1.3
2015/03/17	23:45	M1.0
2015/03/25	4:45	C8.7
2015/05/05	22:15	X2.7
2015/06/14	1:00	M2.0/SF
2015/06/21	1:45-2:45	M2.0 M2.6
2015/06/25	8:15-9:00	M7.9/3B LDE
2015/08/21	2:15-2:30	M1.2/1F
2015/08/27	5:45	M2.9
2015/08/30	3:00-3:30	M1.4
2015/09/28	4:00	M3.6
2015/09/29	5:15	M2.9/SF
2015/10/04	2:45	M1.0



現在もっとも最近に起こったXフレア
(2015年5月5日)の時のデリンジャー現象

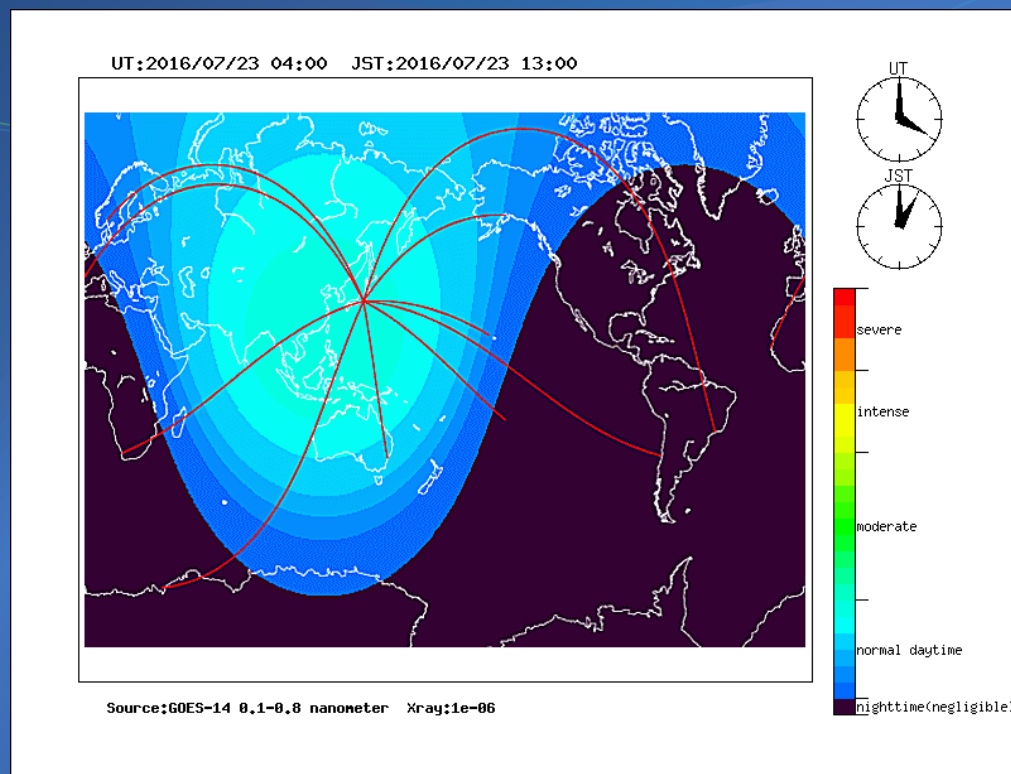
2016年・2017年のデリンジャー現象

10

発生日	発生時間 (日本標準時)	原因となった フレアの規模
2016/04/18	9:30	M6.7/1F
2016/07/23	5:15	M7.6
2016/07/24	6:15	M2.0/SF

発生日	発生時間 (日本標準時)	原因となった フレアの規模
2017/07/14	1:43	M2.4/1N
2017/09/05	4:45	M3.2

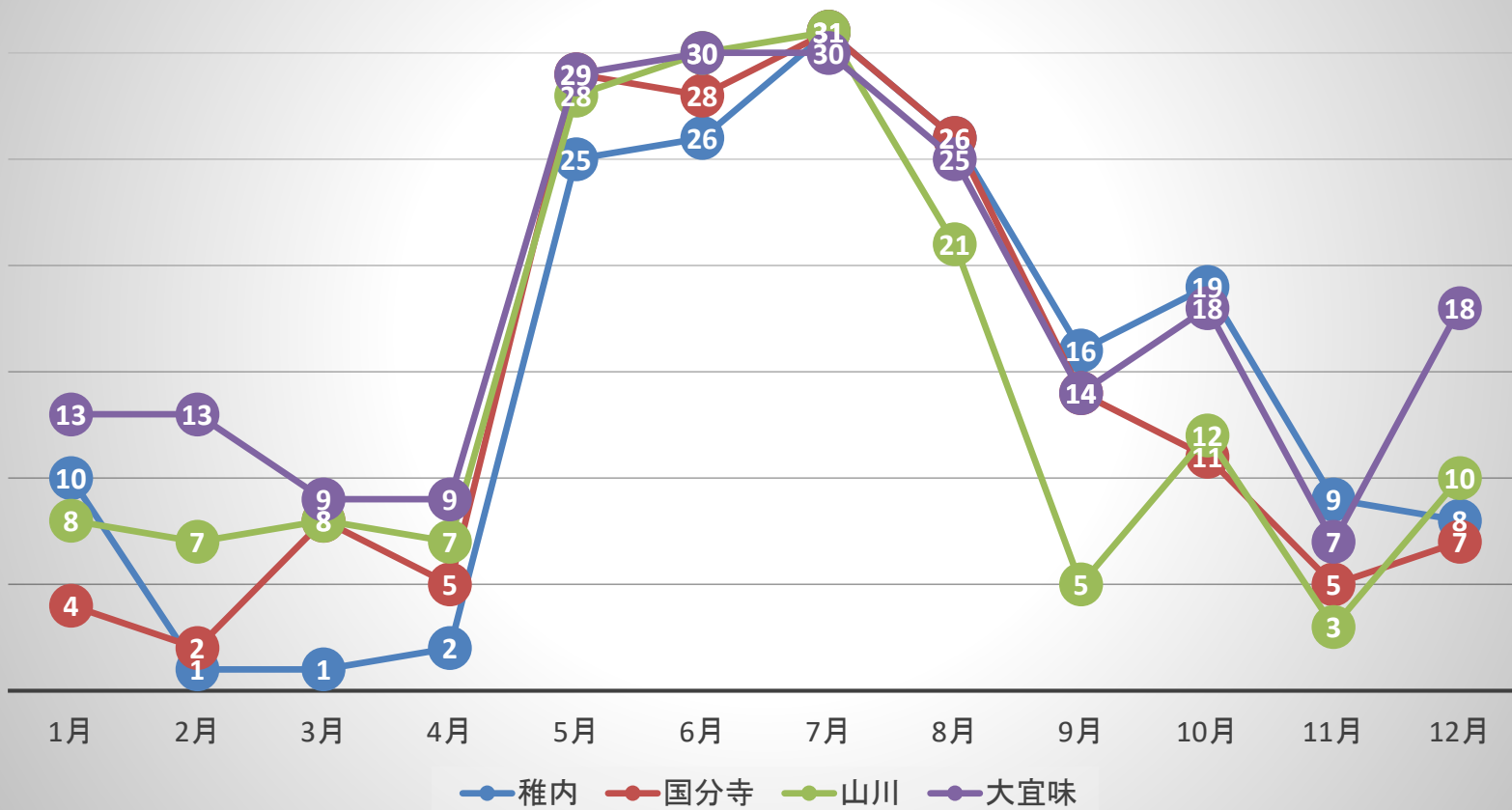
発生日	発生時間 (日本標準時)	原因となった フレアの規模
2018		



2016年で最大のフレア(M7.6、2016年7月23日)の時のデリンジャー現象

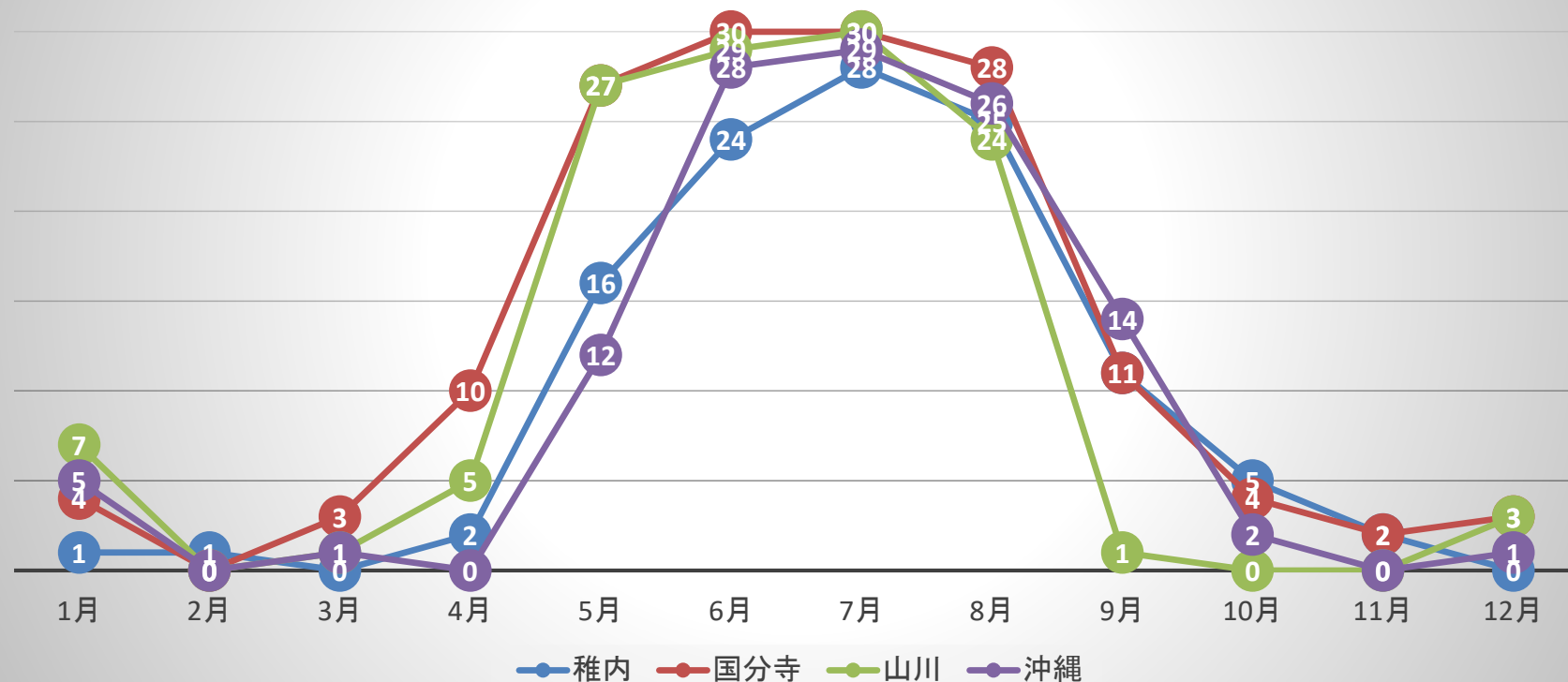
2018年のスポラディックE発生日数

スポラディックE層発生日数



2015年のスポラディックE発生日数

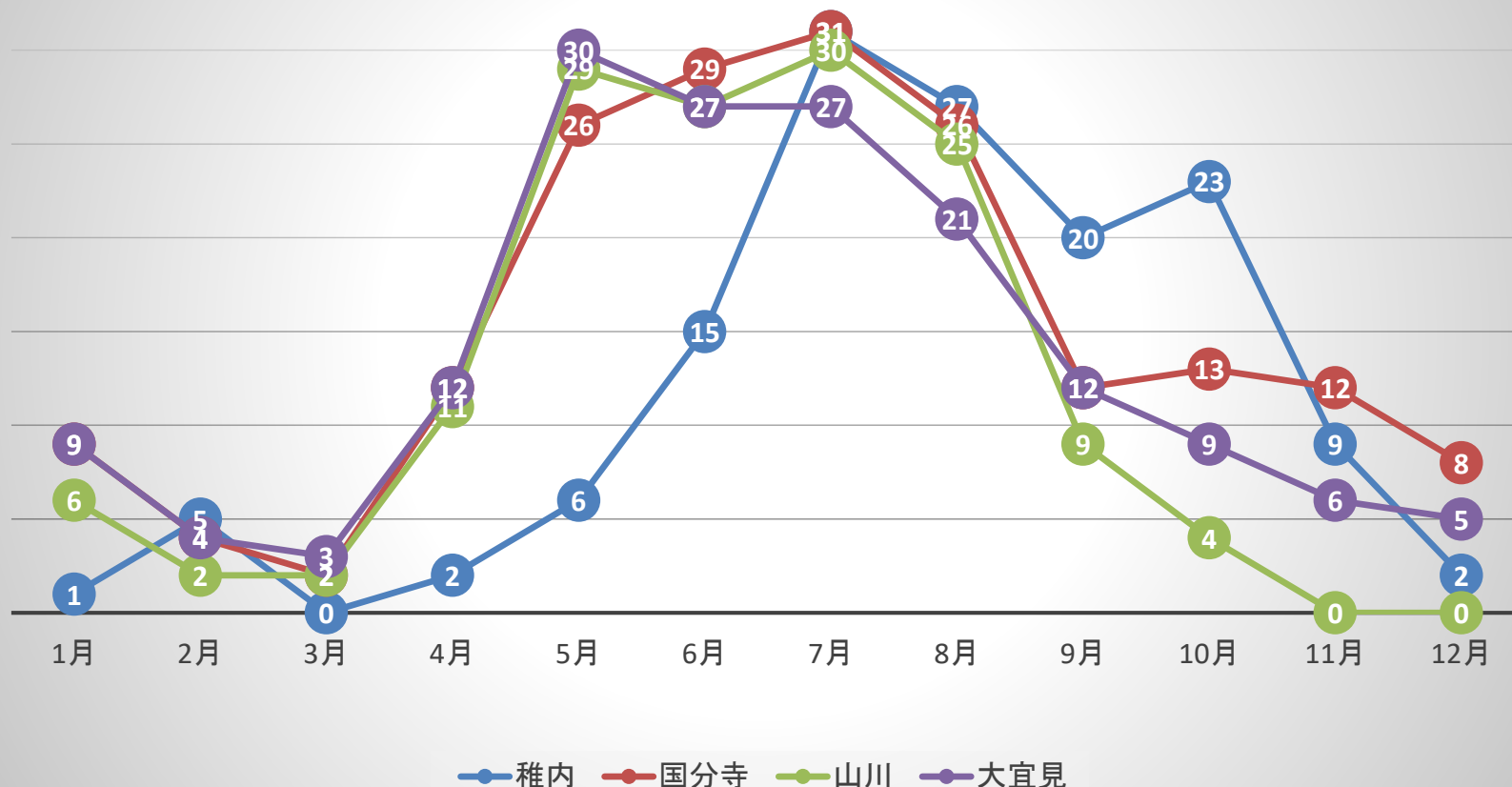
スポラディックE発生日数



山川は2015年8月31日～9月16日の間機器故障により欠測

2016年のスポラディックE発生日数

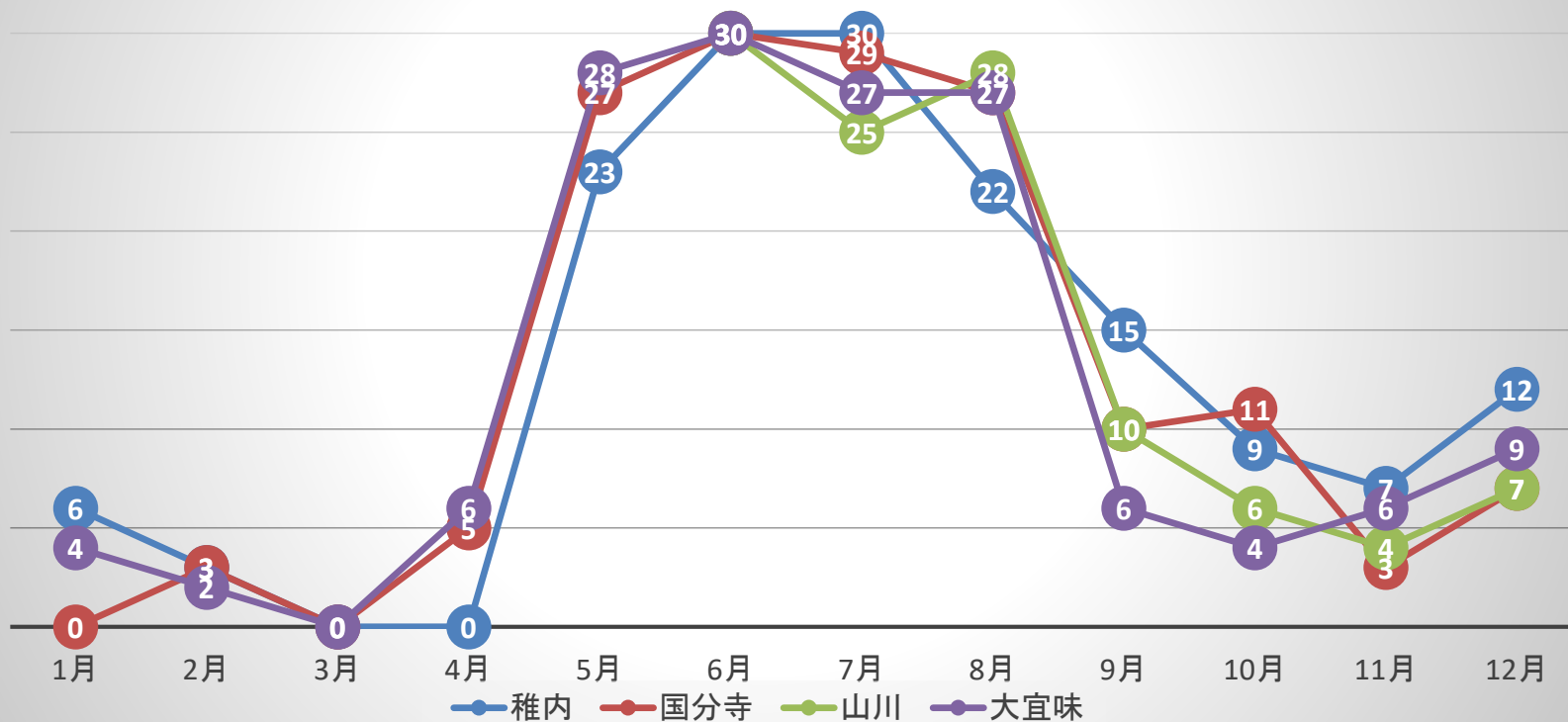
スポラディックE層発生日数



稚内は2016年5月13日~19日、山川は2015年10月21日~12月31日、
大宜見は12月2日~5日の間機器故障により欠測

2017年のスポラディックE発生日数

スポラディックE層発生日数



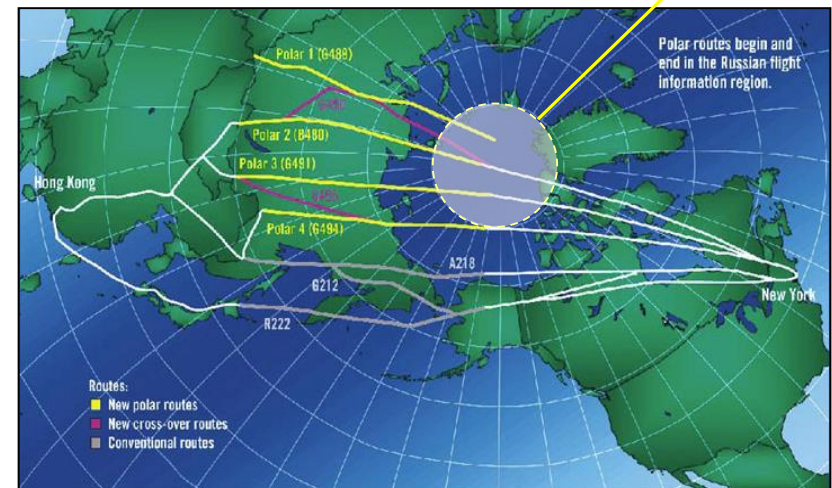
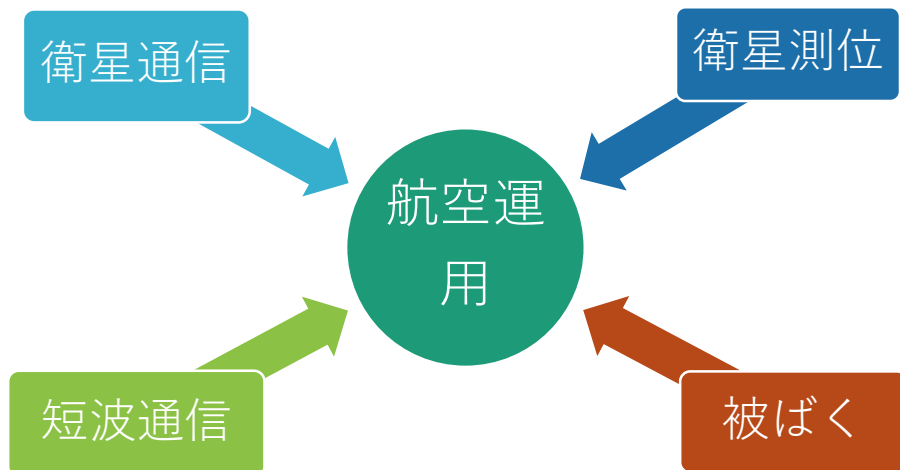
本日のトピックス

1. 宇宙天気とは
2. 2019年の宇宙天気活動
3. 宇宙天気に関する世界動向
 1. ICAOにおける宇宙天気情報利用
 2. 米国における宇宙天気政策
4. 国内の宇宙天気研究動向
 1. 宇宙天気ハザードマップ
 2. 電波伝搬シミュレータ
 3. Esによる航空運用への影響
 4. 航空機被ばく監視システム(WASAVIES)
5. まとめ

ICAOにおける宇宙天気情報の航空運用への 利用の必要性

- ◆ 東アジア域の経済的发展に伴い、米国東海岸および欧州から東アジア域への極航路の需要が増加している。
- ◆ 一方、極航路は太陽活動による短波および衛星通信、衛星測位および被ばくの影響が高まる領域でもあり、宇宙天気情報を用いてそのリスクを回避するニーズが増大してきている。

航空機が静止衛星と通信を行えないため、
短波通信のみが可能な領域



ICAOにおける宇宙天気情報の航空運用に向けた準備

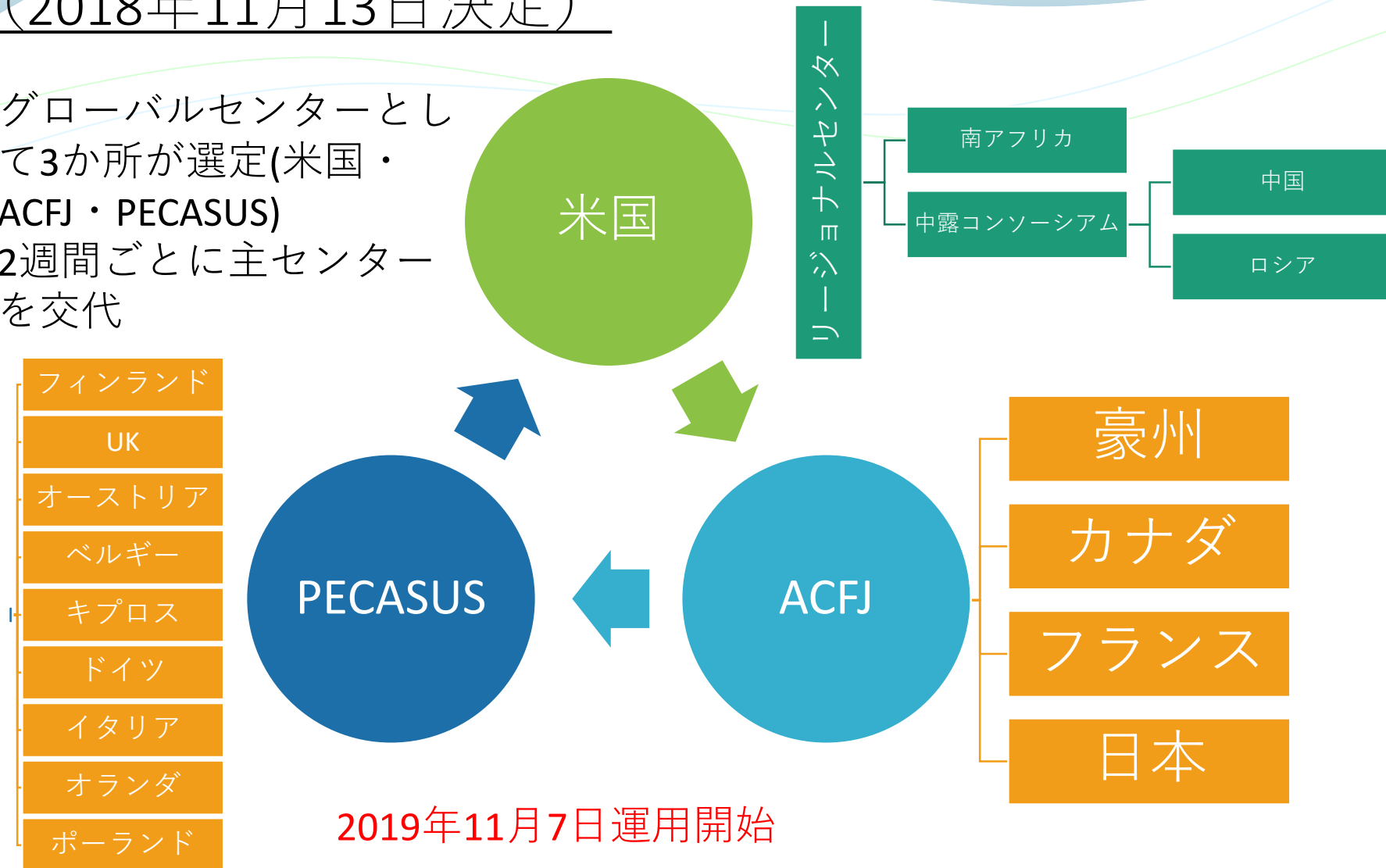
- ◆ 2011年11月：航空機運航に必要とされる宇宙天気情報に関してIATA（International Transportation Association：国際航空運送協会）からICAO（International Civil Aviation Organization：国際民間航空機関）に検討要望の書簡が出され検討が開始された。
- ◆ 2017年6月：ICAOから加盟各国に対し、情報提供についての関心の有無を問うステートレターを発信。
 - ◆ レターに対して22か国が関心を表明。
 - ◆ 書面審査で5か国がキャンセル。欧州9か国がコンソーシアムを組み、計8か国＋1領域が現地視察を受けた。
（国名等詳細情報は次ページ）
- ◆ 2018年11月：センター決定
- ◆ 2019年11月7日：サービスイン

ICAO宇宙天気センターの要件

- 制度上、運用上、技術上および伝達・普及の基準について要件が示されている。
- このうち最大の懸案事項は運用上の基準
 - **継続性**：24時間365日運用する能力を有すること
 - **信頼性**：24時間中に90分を越える単一欠落を起こさないことが99.9%保証できるシステムであること
 - **可用性**：1年に4時間を超える単一停電を起こさないことが98.0%保証できるシステムであること
 - **維持可能性**：2時間以内でのシステム回復が95.0%保証できるシステムであること
 - 注：これらの基準は複数の宇宙天気情報センターによるバックアップによるものでも可とする

結果：ICAO 宇宙天気センター (2018年11月13日決定)

- グローバルセンターとして3か所が選定(米国・ACFJ・PECASUS)
- 2週間ごとに主センターを交代



【参考】ICAOに提供するAdvisoryの例

SWX ADVISORY PROVIDED BY NICT

DTG:20170907/0600Z

SWXC: TOKYO

ADVISORY NR:2017/1

NR RPLC: -

SWX EFFECT: GNSS NON

OBS SWX: 07/0600Z NO SWX EXP

FCST SWX +6HR: 07/1200Z NO SWX EXP

FCST SWX +12HR: 07/1800Z NO SWX EXP

FCST SWX +18HR: 08/0000Z MOD IN POLAR REGION

FCST SWX +24HR: 08/0600Z MOD IN POLAR REGION

RMK: SEE SWC.NICT.GO.JP

NXT ADVISORY: NO EXP

情報配信日時

配信センター

予報番号

前回発表され、置き換えられる予報番号

情報の種類 (GNSS)

現況報告

6時間後予報

12時間後予報

18時間後予報

24時間後予報

補足情報先

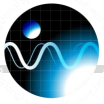
次のAdvisory配信予定

ICAO宇宙天気情報サービスイン セレモニー (2019年11月7日@小金井)

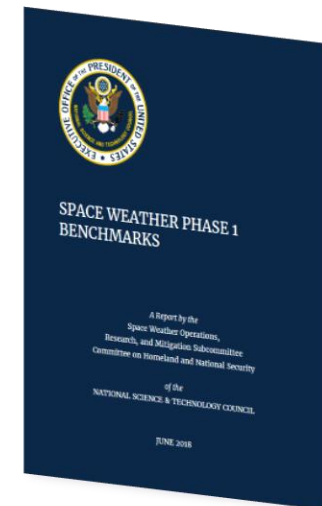
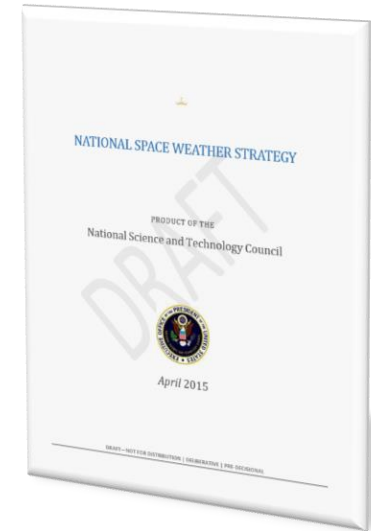


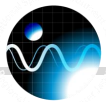
本日のトピックス

1. 宇宙天気とは
2. 2019年の宇宙天気活動
3. 宇宙天気に関する世界動向
 1. ICAOにおける宇宙天気情報利用
 2. 米国における宇宙天気政策
4. 国内の宇宙天気研究動向
 1. 宇宙天気ハザードマップ
 2. 電波伝搬シミュレータ
 3. Esによる航空運用への影響
 4. 航空機被ばく監視システム(WASAVIES)
5. まとめ



- 2014年11月より Space Weather Operations, Research, and Mitigation (SWORM) タスクフォースを立ち上げ以下の検討
 - 国家宇宙天気戦略
(National Space Weather Strategy*)
 - 宇宙天気アクションプラン
(Space Weather Action Plan)
- 2015年10月ホワイトハウスより発表
- 2018年6月SWORMが“Space Weather Phase 1 Benchmarks”策定
- ベンチマークは、2015年の宇宙天気戦略で策定することとされ、100年に一度の宇宙天気現象や理論的に最も深刻な宇宙天気現象におけるベースラインとなる各種数値を設定するもの。
- SWORMは、ベンチマークを設定すべき5つの範囲（誘導地電場、放射線、電離層擾乱、太陽電波バースト、高層大気拡張）を設定し、これまで分野ごとに見直し作業を進めてきたところ。

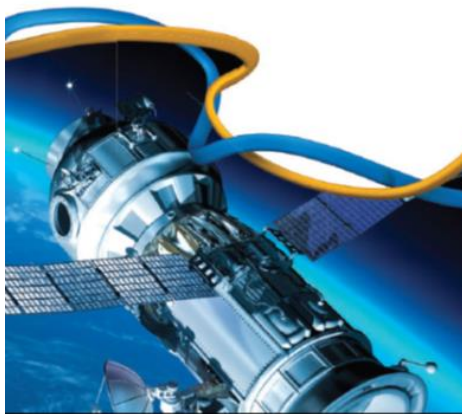




宇宙天気の世界インパクト文書（2015年）



Extreme space weather:
impacts on engineered
systems and infrastructure



極端宇宙天気：工学システムやインフラへの影響
英国王立工学アカデミー



**「우주전파재난」
위기관리 표준매뉴얼**

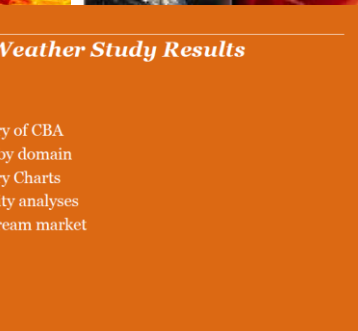
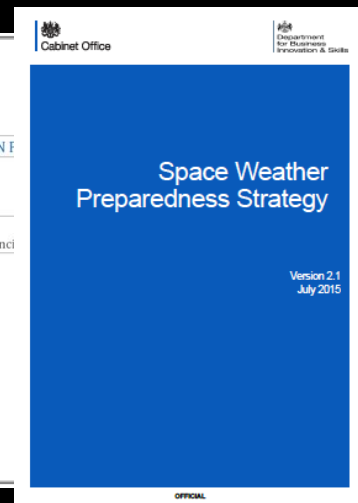
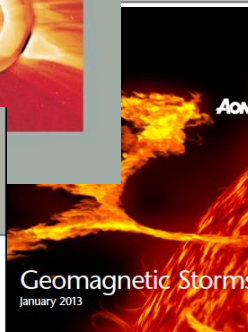
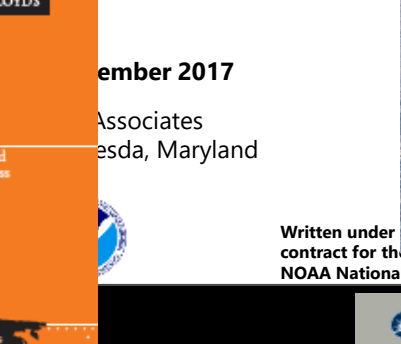
2013. 4.

미래창조과학부

宇宙電波障害危機管理標準マニュアル
韓国未来創造科学部

Courtesy of H. J. Singer

2019年現在



本日のトピックス

1. 宇宙天気とは
2. 2019年の宇宙天気活動
3. 宇宙天気に関する世界動向
 1. ICAOにおける宇宙天気情報利用
 2. 米国における宇宙天気政策
4. 国内の宇宙天気研究動向
 1. 宇宙天気ハザードマップ
 2. 電波伝搬シミュレータ
 3. Esによる航空運用への影響
 4. 航空機被ばく監視システム (WASAVIES)
5. まとめ

- 新学術領域 太陽地球圏環境予測“PSTEP”A01班では、ユーザーニーズに即した情報提供するため、宇宙天気に関するニーズシーズマッチングの検討を行ってきた。
- 激甚宇宙天気現象が発生した際、ユーザーが過不足なく対処するために、我が国において具体的にどの分野でどの程度のインパクトが発生するかを見積もる必要がある。
- この課題を解決するために、PSTEP A01班では“ハザードマップ”と呼ぶ文書作成を進めてきており、今年度に第1版を公開する予定

2. ハザードマップ構成

はじめに

1 宇宙天気現象

1.1. 宇宙天気とは

1.2. 宇宙環境と宇宙天気現象

1.3. 宇宙天気予報と予報に向けた取り組み

1.4. 宇宙天気現象の規模の推定

2 宇宙天気現象の社会影響

3 電力分野における宇宙天気現象の社会影響

4 衛星運用における宇宙天気現象の社会影響

5 航空運用における宇宙天気現象の社会影響

6 通信・放送における宇宙天気現象の社会影響

7 測位利用における宇宙天気現象の社会影響

8 有人宇宙活動における宇宙天気現象の社会影響

9 地上生活における宇宙天気現象の社会影響

10 残された課題

11 文献目録

定性的な説明

現象規模の推定

現象毎に発生頻度と規模を整理し、
現象規模の定義テーブルを作成する。

分野毎の社会影響

イントロ（定性的な話）

過去の事例と影響

事業者との議論

日本で起こり得る現象規模の試算

試算結果が与える影響

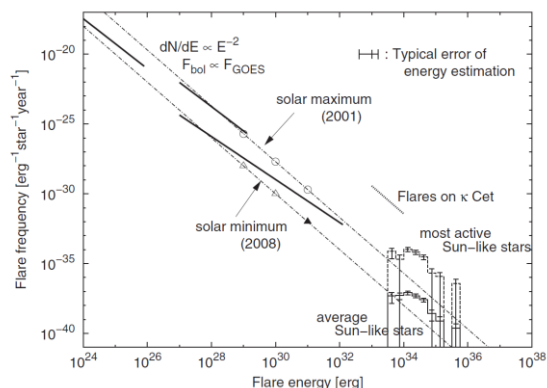
宇宙天気の影響マトリクス

今後の課題

3. ハザードマップ進捗

1.4項 宇宙天気現象の規模の推定

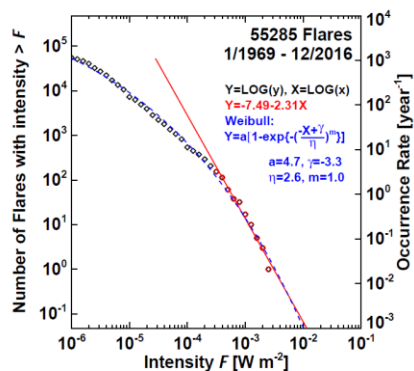
現象毎に発生頻度と規模を整理し、現象規模の定義テーブルを作成する。



フレア発生頻度とエネルギー量の比較

(例) 太陽フレア現象規模の定義 (値は議論中)

規模を示すパラメータ	日常～複数回/年	1回/1年	1回/10年	1回/100年	1回/1000年
GOES peak flux (1 - 8A)	M1 ~ X1	X7.6	X12	X44	X101
エネルギー (erg)	$2.7 \times 10^{28} \sim 2.0 \times 10^{30}$	1.0×10^{31}	1.0×10^{32}	1.0×10^{33}	1.0×10^{34}



エネルギーによるフレアの累積発生数

- 1000年に1度規模等の現象規模を定義する際、単に統計解析結果を外挿して求めるだけではなく、**その値が十分にあり得る値かどうかの根拠も併せて記載する。**
- どの範囲（頻度）の規模まで根拠をもって記載するかは現象毎に判断する。

3. ハザードマップ進捗

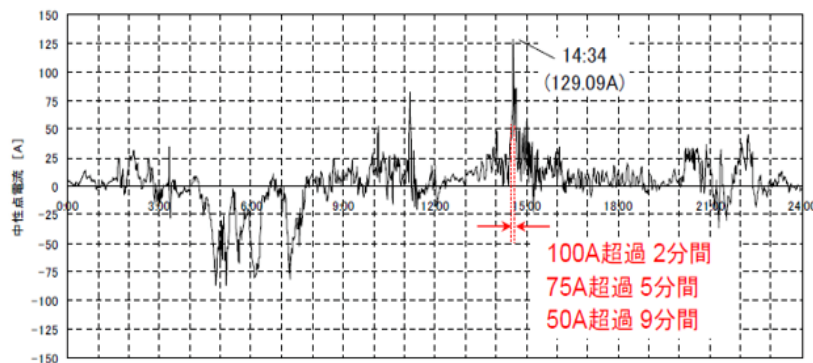
2章 宇宙天気現象の社会影響

宇宙天気の影響マトリクスのイメージ（内容は仮）

分野	宇宙天気現象	被害	発生頻度と影響				
			日常～複数回/ 年	1回/1年	1回/10年	1回/100年	1回/1000年
電力	地磁気誘導電流（GIC）	停電（送電線への過電流）	なし	なし	なし	一部地域の停電	広域の停電
	高エネルギー電子	宇宙機（深部帯電）	なし	なし	宇宙機故障	宇宙機故障	宇宙機損失
衛星運用	高エネルギー粒子（陽子、重イオン）	宇宙機（シングルイベントアップセット）	なし	なし	宇宙機故障	宇宙機故障	宇宙機損失
		宇宙機（太陽電池の劣化）	なし	なし	軽微	宇宙機寿命短縮	宇宙機寿命短縮
	超高層大気加熱	宇宙機軌道低下	なし	なし	軽微	宇宙機寿命短縮	宇宙機寿命短縮
	高エネルギー電子	宇宙機（磁気トルカ異常、表面帯電等）	なし	なし	軽微	宇宙機故障	宇宙機損失
	電離圏シンチレーション	衛星通信への影響	なし	なし	通信障害（短期）	通信障害（長期）	通信障害（超長期）
航空運用	太陽からの強いマイクロ波	レーダ障害	なし	なし	なし	航空機航路変更	航空機運休
	デリンジャー現象	短波通信への影響	なし	なし	軽微	長期	超長期
	極冠吸収（PCA）	短波通信への影響	なし	なし	なし	航空機航路変更	航空機航路変更
	高エネルギー粒子（陽子、重イオン）	電子機器（シングルイベントアップセット）	なし	なし	一部電子機器の不具合	電子機器全般の不具合	電子機器全般の不具合
		航空搭乗員被ばく	なし	なし	なし	航空機航路変更	航空機運休
	プラズマバブル	短波通信への影響	なし	なし	軽微	長期	超長期
	電離圏正相嵐 プラズマバブル 電離圏シンチレーション	測位精度への影響	なし	なし	航行方式の変更	航行方式の変更	航行方式の変更
	デリンジャー現象 極冠吸収（PCA） 電離圏負相嵐	短波通信への影響	無線障害（短期）	無線障害（短期）	無線障害（長期）	無線障害（超長期）	無線障害（超長期）
通信放送	電離圏負相嵐	短波通信への影響	軽微	通信障害	通信障害	通信障害	通信障害
	スボラディックE層	超短波（VHF）通信への影響	通信障害	通信障害	通信障害	通信障害	通信障害
測位利用	電離圏正相嵐 プラズマバブル 電離圏シンチレーション	GNSSへの影響	なし	測位精度の低下（誤差±xm）	測位精度の低下（誤差±xm）	測位精度の低下（誤差±xm）	測位精度の低下（誤差±xm）
	高エネルギー粒子（陽子、重イオン）	宇宙飛行士被ばく	なし	なし	安全区域への回避	地球帰還	地球帰還
地上生活	高エネルギー粒子（陽子、重イオン）	地上での被ばく	なし	なし	なし	なし	なし
		地上でのシングルイベント	なし	なし	なし	電子機器の不具合	電子機器の不具合
	地磁気誘導電流（GIC）	信号機器の誤動作	なし	なし	なし	交通障害、事故	交通障害、事故

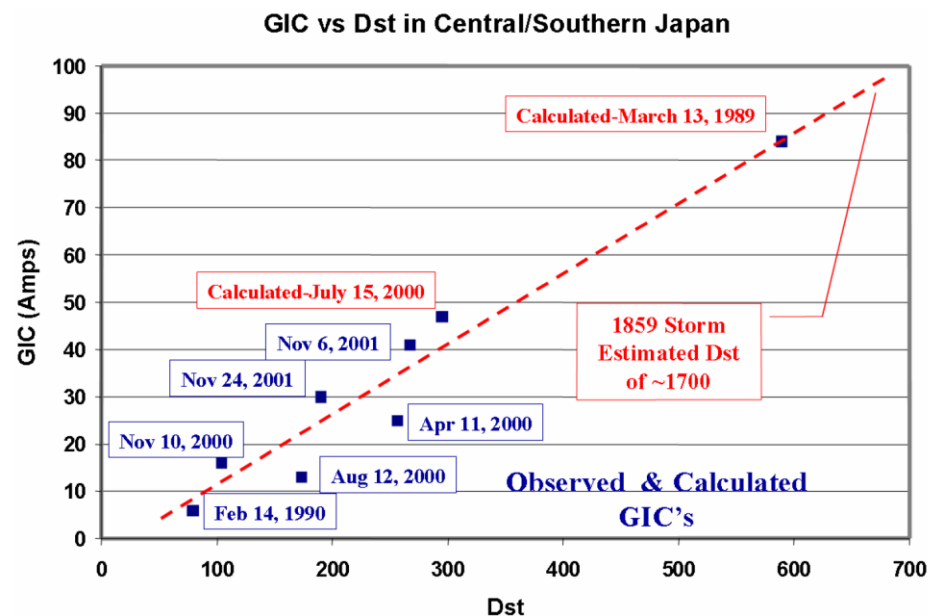
3 電力分野における宇宙天気現象の社会影響

3.2.1 日本の電力網に影響を与え得る地磁気誘導電流（GIC）の規模



日本のGIC測定波形（2003年10月31日：24時間）
（平成26年度経産省調査）

3.2.2 日本で発生しうる地磁気誘導電流（GIC）の規模の試算



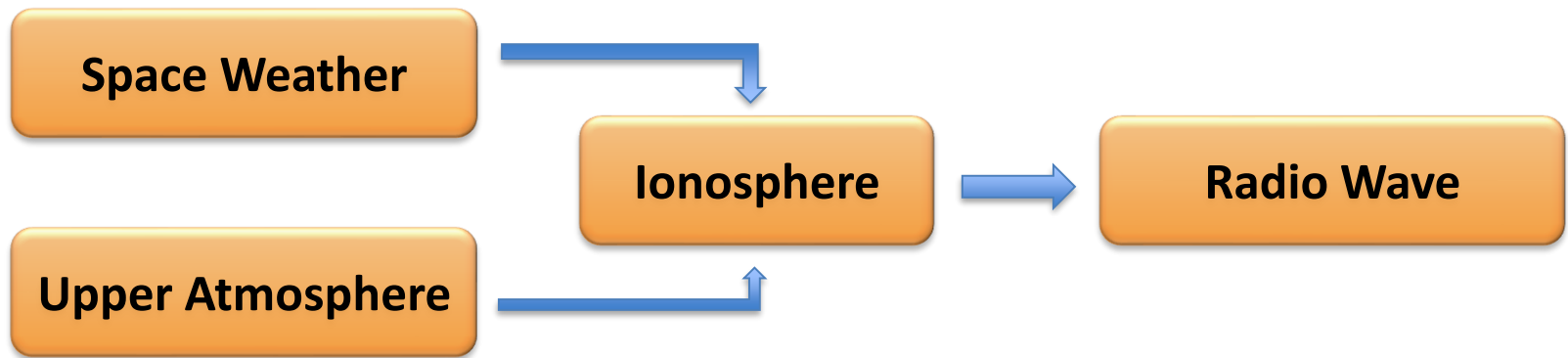
-Dst指数と中部電力で測定されたGICの関係 (Kappenman, 2004)

- 地磁気嵐の現象規模の定義（1.4項）を受けて、GIC見積もりを行う。
- どこでどれぐらいのGICかを示す

本日のトピックス

1. 宇宙天気とは
2. 2019年の宇宙天気活動
3. 宇宙天気に関する世界動向
 1. ICAOにおける宇宙天気情報利用
 2. 米国における宇宙天気政策
4. 国内の宇宙天気研究動向
 1. 宇宙天気ハザードマップ
 2. 電波伝搬シミュレータ
 3. Esによる航空運用への影響
 4. 航空機被ばく監視システム (WASAVIES)
5. まとめ

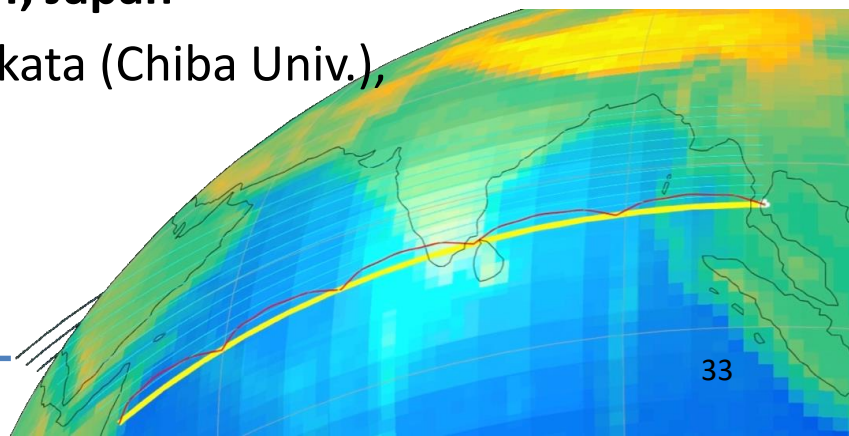
HF-START Evaluation Campaign



Kornyant Hozumi (kukkai@nict.go.jp), NICT, Japan

R. Nakao (Chiba Univ.), S. Saito (ENRI), H. Nakata (Chiba Univ.),
T. Tsugawa (NICT) and M. Ishii

EIWAC @Tokyo, Japan, 2019/10/30



電磁波伝搬

“乾燥空気、水蒸気および自由電子という3つの要素によって決定される
屈折係数 n は以下の式で与えられる

電離圏の寄与

$$n = 1 + \left(7.76 \times 10^{-5} \frac{P}{T} \right) + \left(3.73 \times 10^{-1} \frac{e}{T^2} \right) - 40.3 \frac{n_e}{f^2}$$

P : 大気圧 [hPa]

T : 大気温度 [K]

e : 水蒸気分圧 [hPa]

n_e : 自由電子密度 [m^{-3}]

f : 周波数 [Hz]

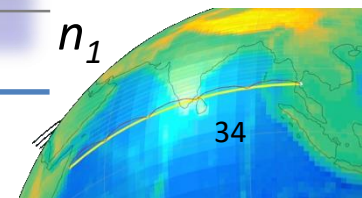
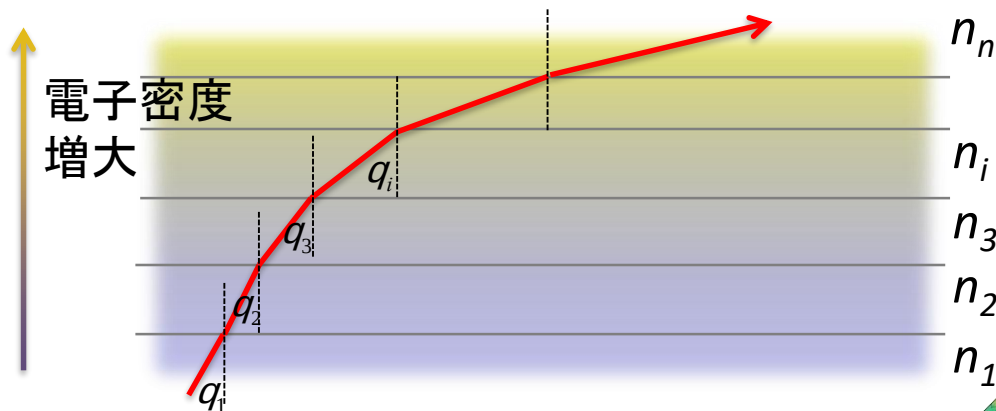
[Balsley and Gage 1980]

電磁波屈折

“衛星時代以前には全球通信の主要な手段”

スネルの法則

$$\frac{\sin q_{i-1}}{\sin q_i} = \frac{n_i}{n_{i-1}}$$



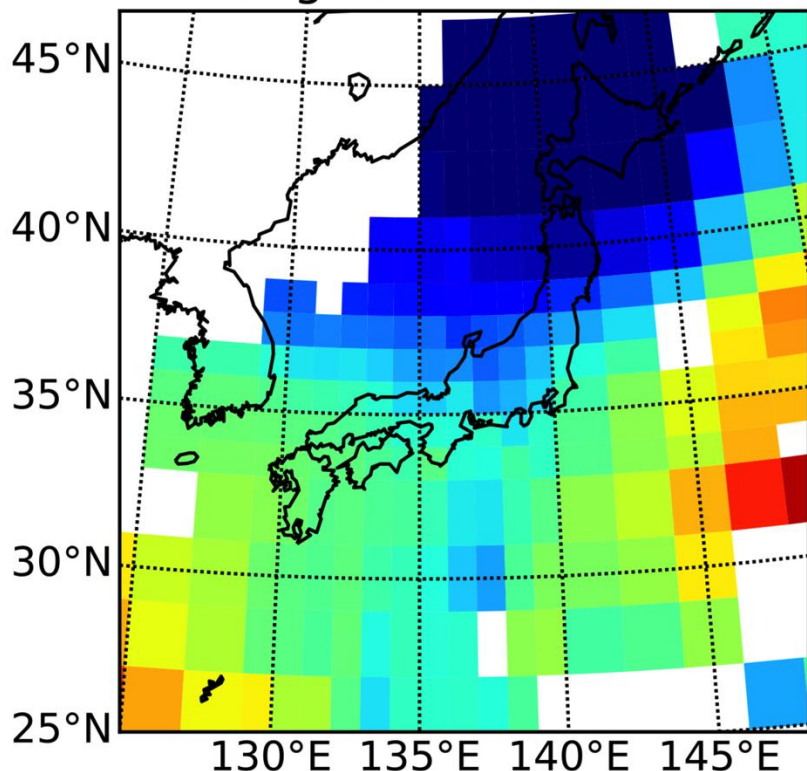
将来の準リアルタイム利用 に向けた電離圏トモグラフィ

空間の内挿: リニア (第1段階として)

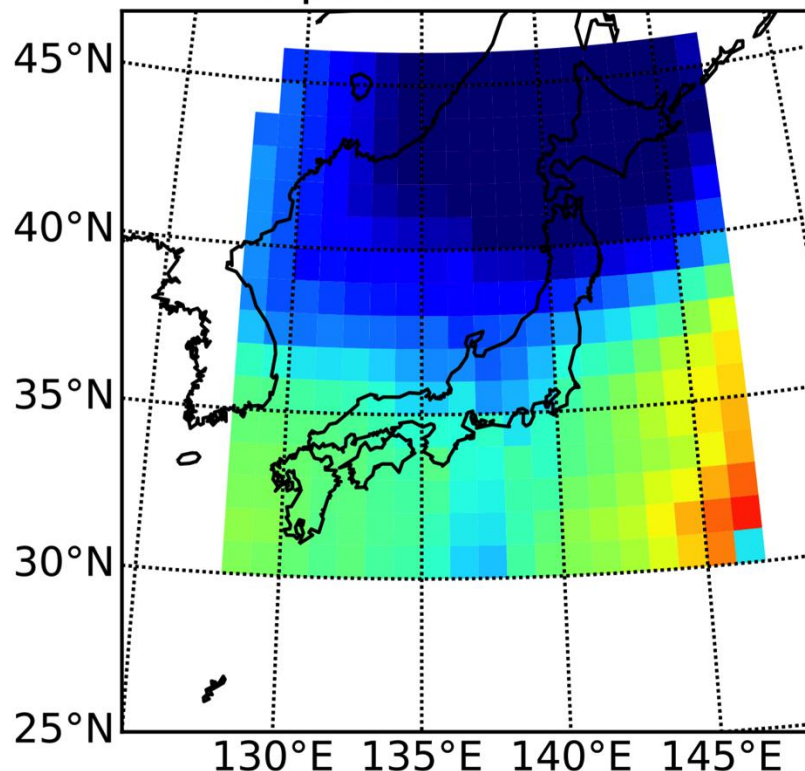
グリッドサイズ: 不規則 → 一定

300-km slice

Original Alt: 300 km

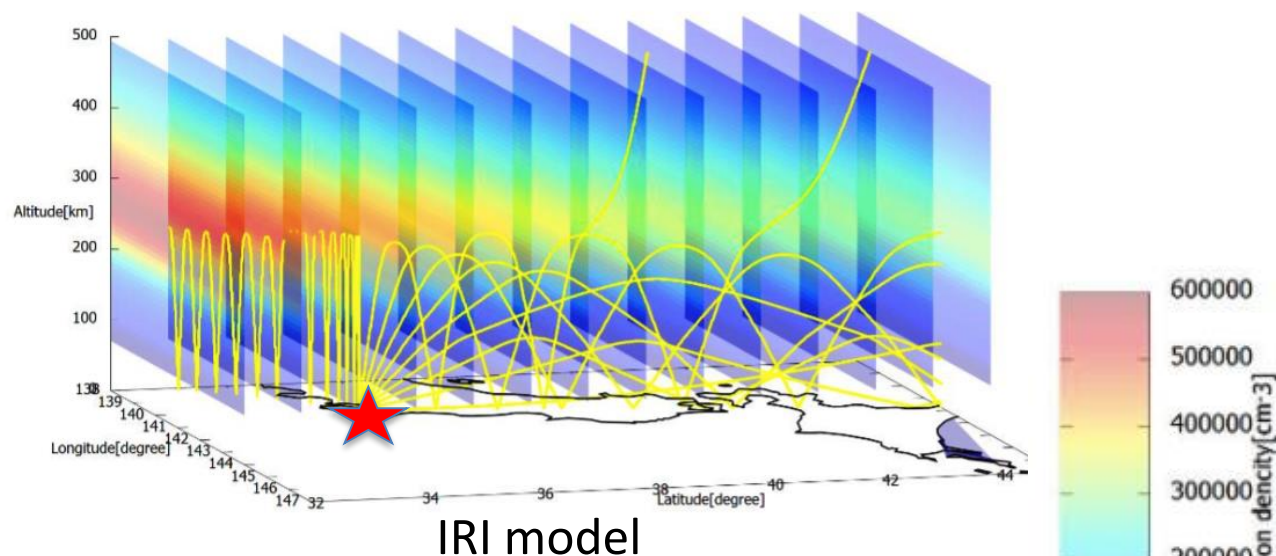


Interpolate Alt: 300 km

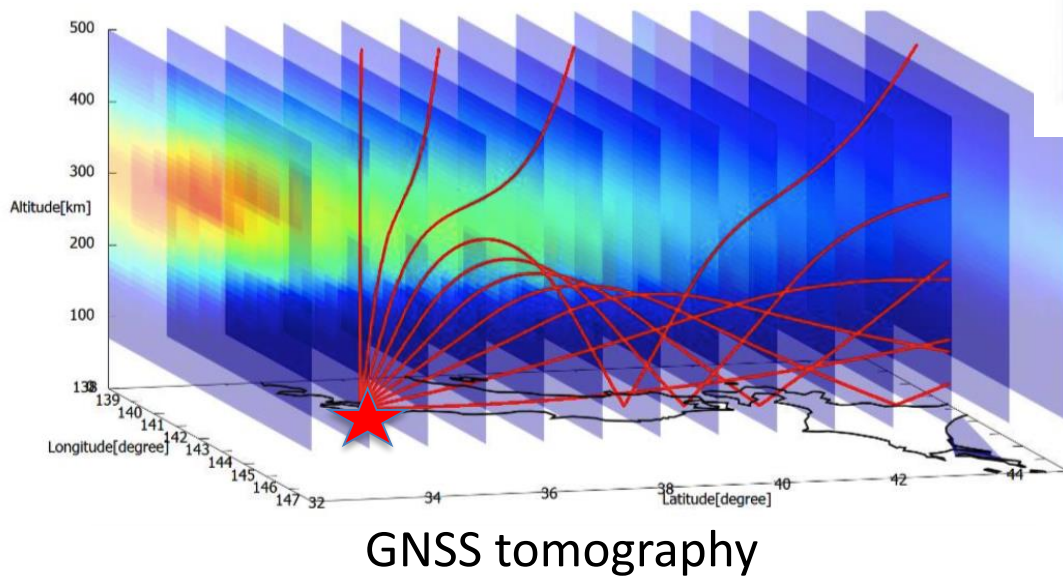


IRIモデルとGNSSトモグラフィによる違い

長良 → サロベツ
6.055 MHz

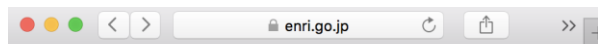


- 電離圏下部の構造が現実的であることが重要なのは明らか



- 伝搬モデルの背景となる電離圏モデルの選択は重要

Japanese GNSS Tomography



Select Time and Plot Method

Year Month Day Hour: Min
 2018 12 19 05 30

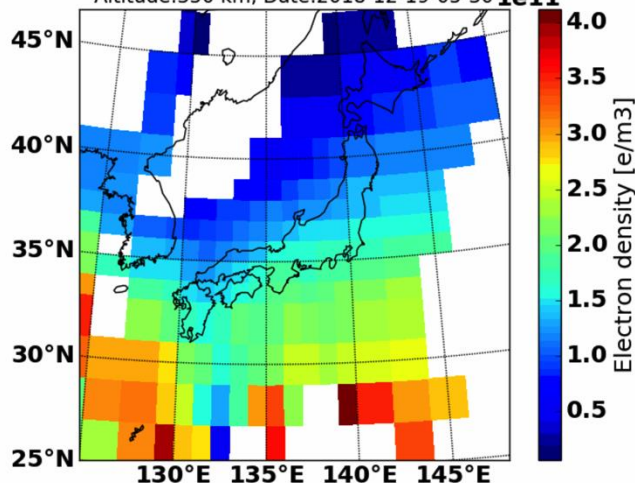
- ☐ Zonal cut (Input: Latitude)
- ☐ Meridional cut (Input: Longitude)
- ☒ Horizontal cut (Input: Altitude)
- ☐ Vertical profile (Input: Latitude and Longitude)

Latitude (deg.): Longitude (deg.): Altitude (km):
 35 135 350

submit

The 3-D real-time ionospheric tomography project is jointly conducted by
 Electronic Navigation Research Institute (ENRI) and Kyoto Univ.

Altitude: 350 km, Date: 2018-12-19-05-30 **1e11**



Basic domestic option

ユーザーによるインプット

Tx

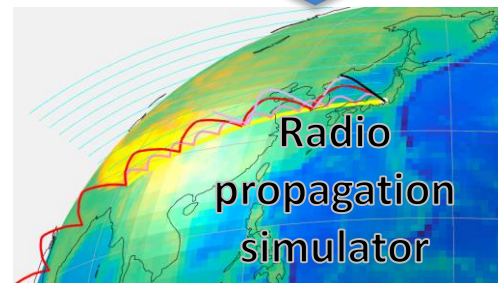
Rx

日に
ち

時間

周波数

内挿された電離圏トモグラフィデータの創出
 (Near real-time capability)



ユーザーへのアウトプット

特定の伝搬リンクのためのMUF-LUF マップ

特定の周波数の利用の可否

本日のトピックス

1. 宇宙天気とは
2. 2019年の宇宙天気活動
3. 宇宙天気に関する世界動向
 1. ICAOにおける宇宙天気情報利用
 2. 米国における宇宙天気政策
4. 国内の宇宙天気研究動向
 1. 宇宙天気ハザードマップ
 2. 電波伝搬シミュレータ
 3. Esによる航空運用への影響
 4. 航空機被ばく監視システム(WASAVIES)
5. まとめ

スプラディック E 層が航空航法に与える影響を 広域にモニタリングするシステムの構築

電気通信大学 細川 敬祐, 坂井 純, 富澤 一郎, 木村康弘

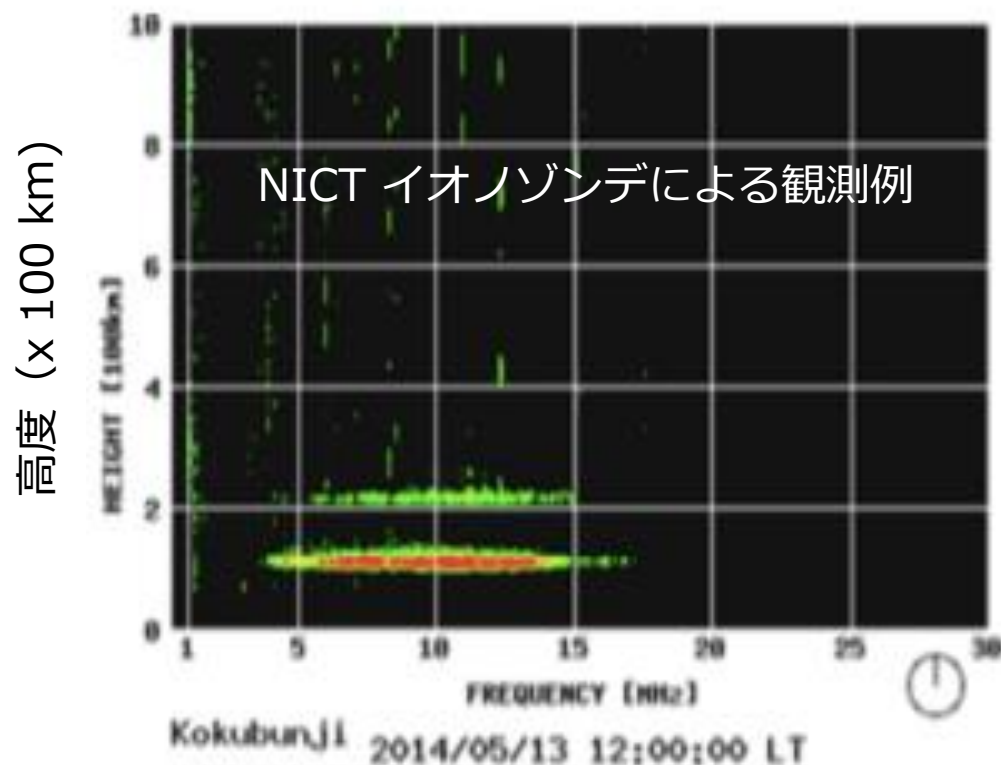
電子航法研究所 斎藤 享

情報通信研究機構 津川卓也, 西岡未知, 石井守

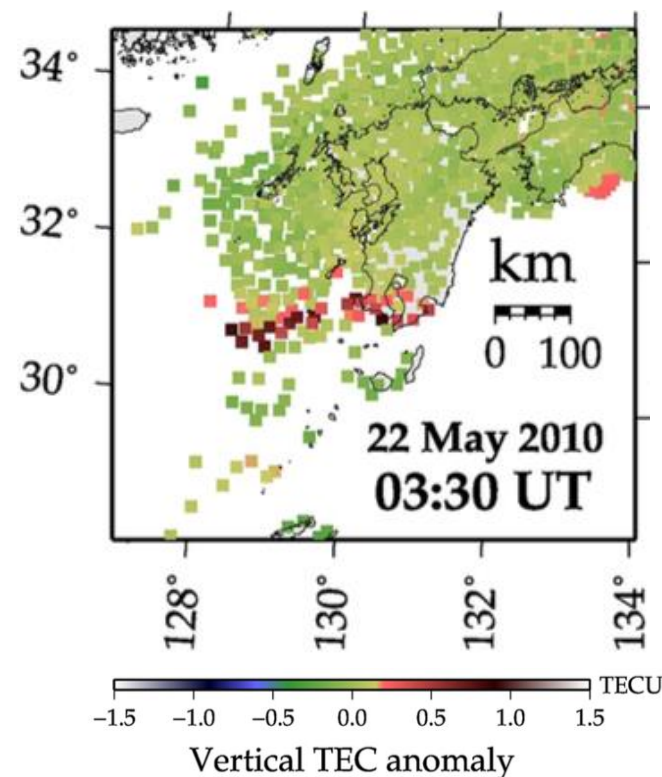


スプラディック E 層 - Es

- 夏季に電離圏 E 領域 ~ 100 km 高度に発生する高電子密度の層
- HF 帯の電波を反射, 斜め入射の場合は VHF 帯の電波も反射



送信周波数 (MHz)

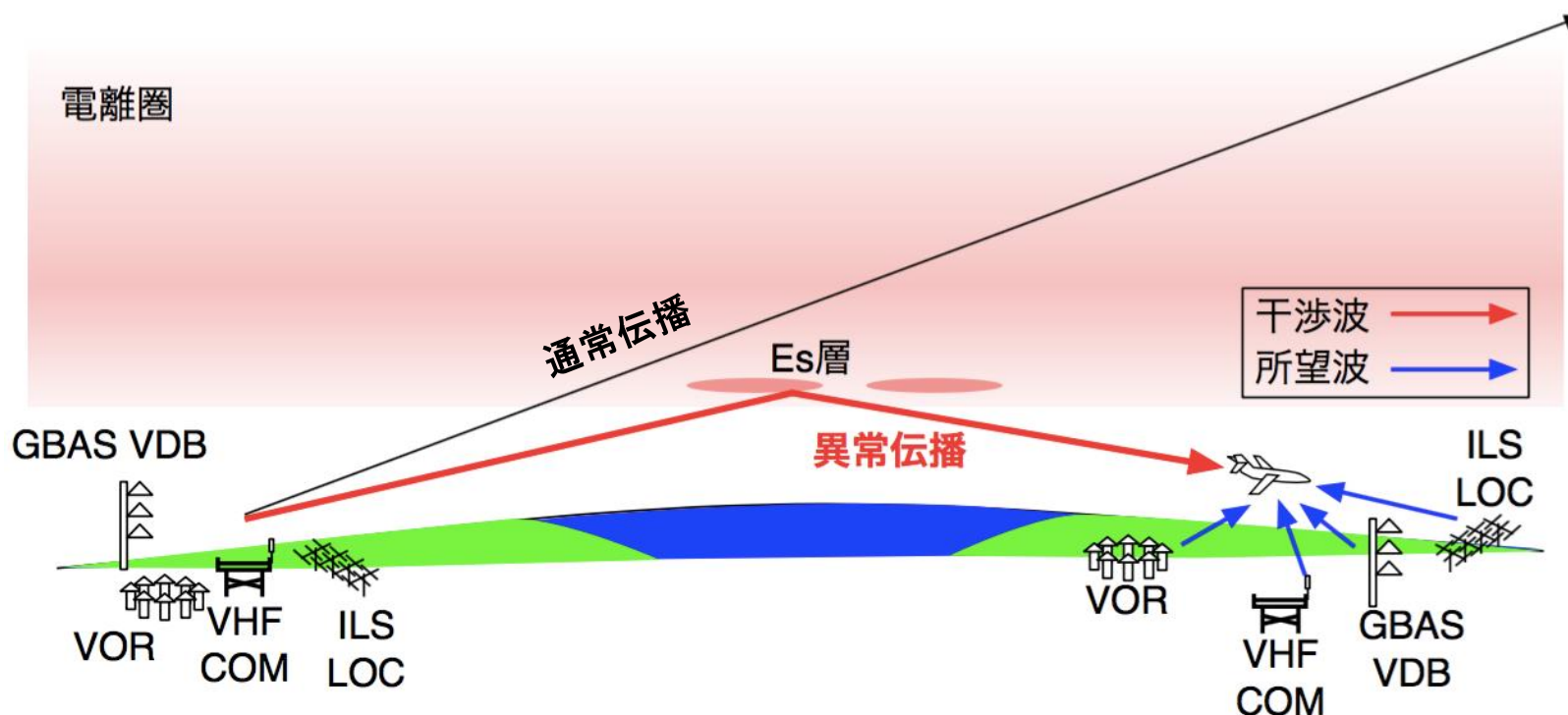


Maeda and Heki, 2015

Es と航空航法のかかわり

108-118 MHz

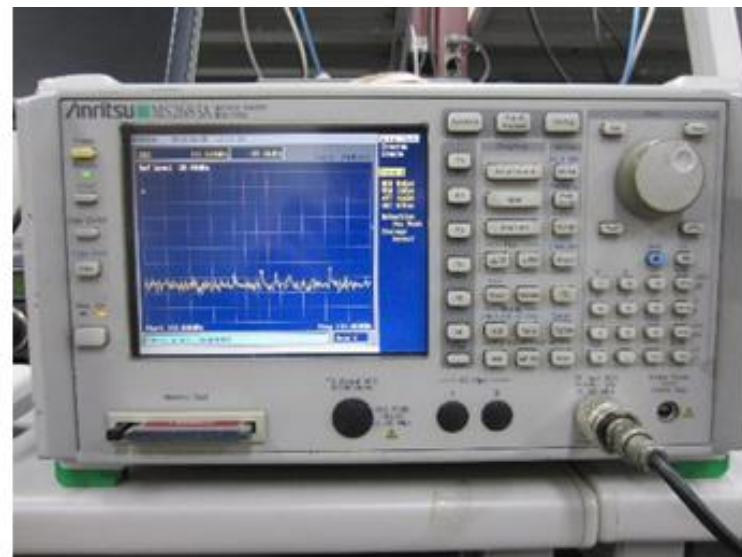
- 航空航法用 VHF 通信 (VOR, ILS LOC, GBAS VDB など)
- 斜め伝搬の場合に Es によって反射され、長距離異常伝播
→ 電波干渉が生じる可能性 → 連続モニタリングによる実証



Es に伴う航空用 VHF 帯電波の長距離異常伝播によって起こりうる通信の干渉の模式図

長距離異常伝搬のモニタリング

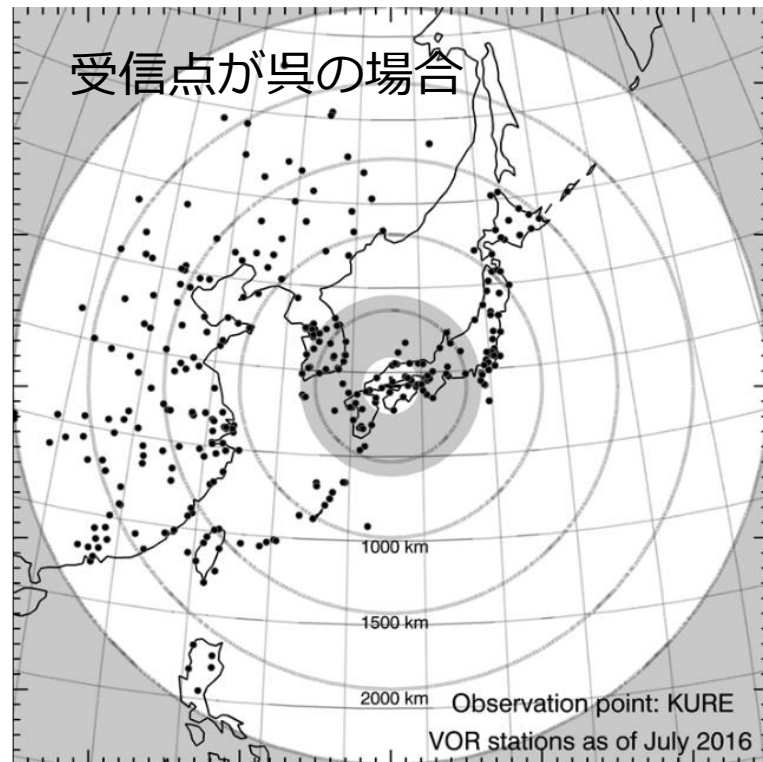
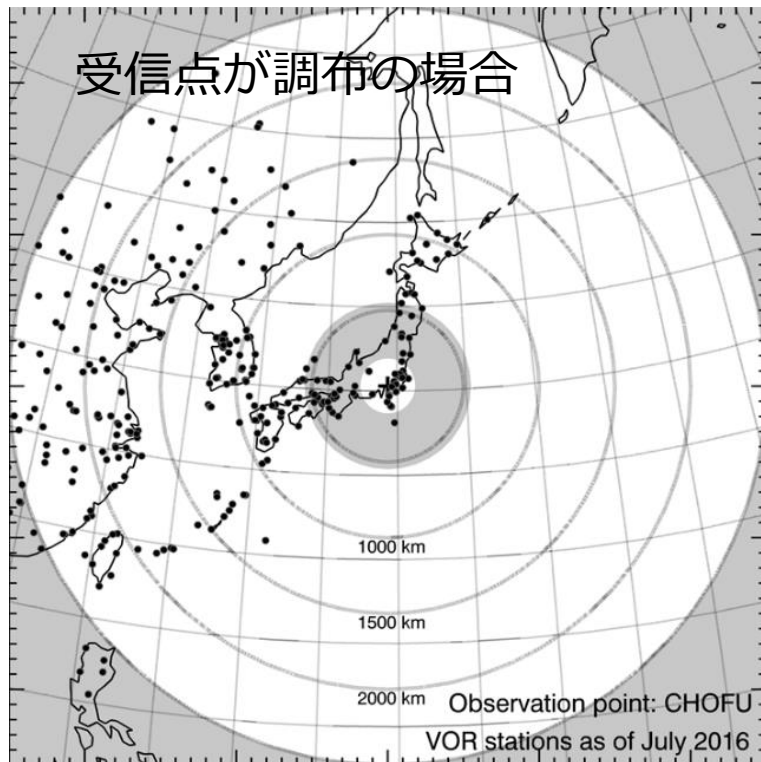
- 東京都調布と広島県呉において VHF 帯航空航法電波の受信観測
- VOR, ILS LOC, GBAS VDB の計 193 のチャンネルについて受信電界強度を継続的にモニタリング
- 2014 年から観測を開始 → 3 年分のデータを活用した解析が可能



調布に設置されている観測機器（受信アンテナおよびスペクトラムアナライザ）

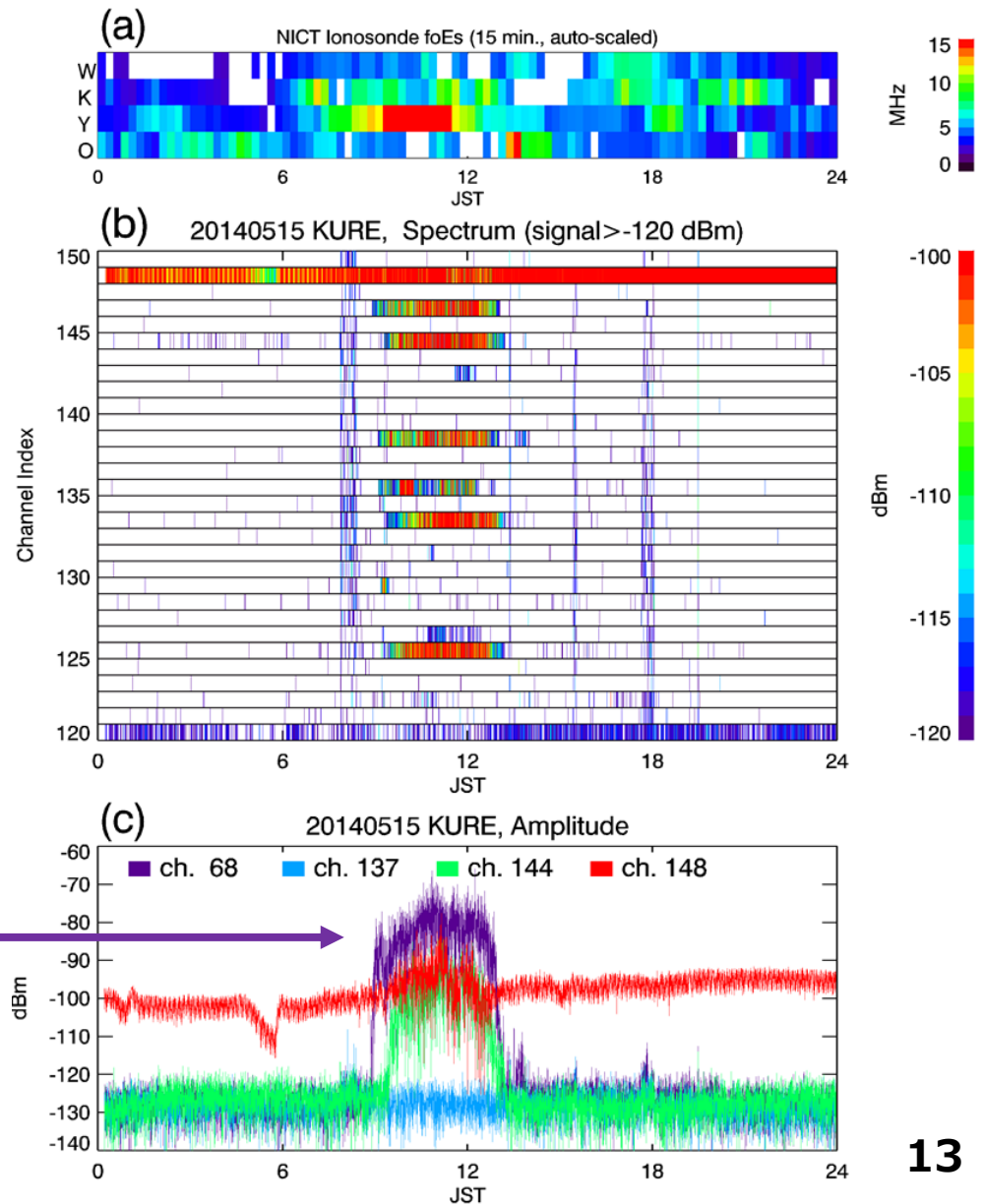
長距離異常伝搬のモニタリング

- Es 伝搬による VHF 波の最大到達距離は約 2500 km
- 直達波の受信が可能な領域とスキップゾーンに位置する送信局からの電波は長距離異常伝搬とは考えられない



極端事例の紹介

- 2014 年 5 月の観測例
- 山川 NICT イオノゾンデが強い Es を検出
- 呉において、複数の空きチャンネルで強い電界強度を記録
- 特に ILS LOC においては、-69 dBm という極端に強い電界強度
- 台湾 Hualien 空港滑走路 21R の LDA の可能性



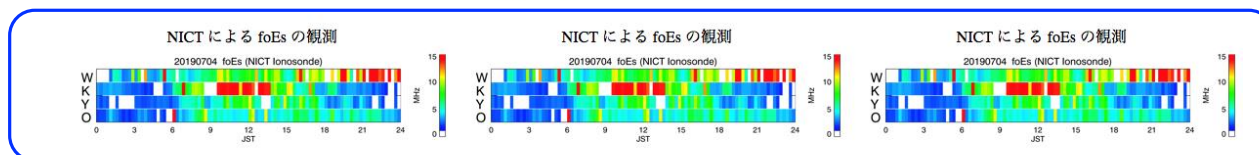
RT-Web



[プロジェクトの概要](#) [観測点の分布](#) [観測システム](#) [データの見かた](#) [GPS-TEC ROTI データの見かた](#) [関連する論文](#) [関連する学会発表](#)

1 時間毎に更新

NICT イオノゾンデ

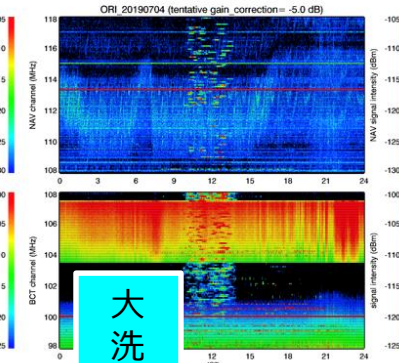
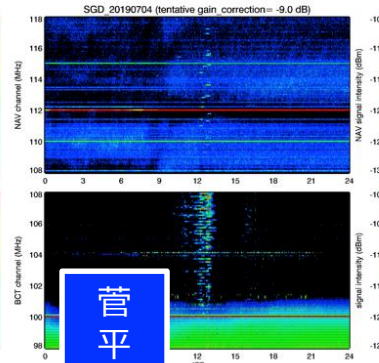
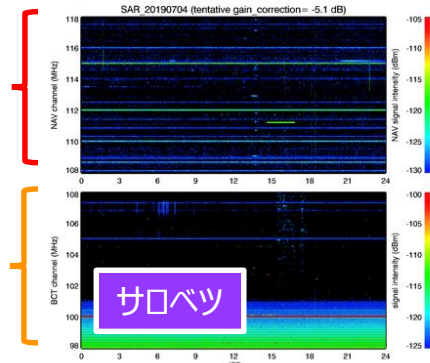


以下のスペクトルの特定の時刻をクリックすると、その時間を含む 1 時間ぶんの GPS-TEC ROTI のデータが見られます

サロベツ (北海道) : 機器概況, 拡大図

菅平 (長野県) : 機器概況, 拡大図

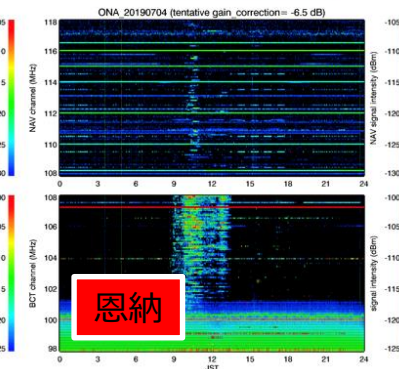
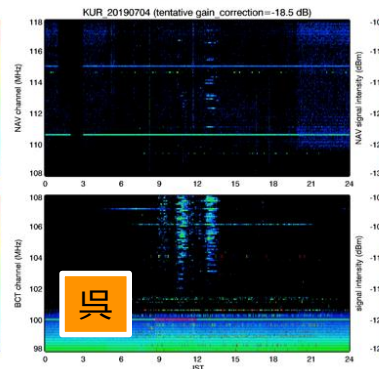
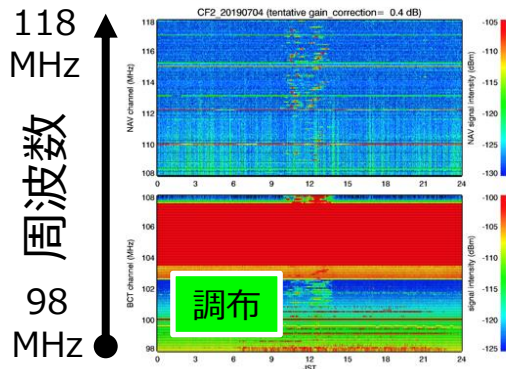
大洗 (茨城県) : 機器概況, 拡大図



調布 (東京都) : 機器概況, 拡大図

呉 (広島県) : 機器概況, 拡大図

恩納 (沖縄県) : 機器概況, 拡大図



118 MHz

↑

周波数

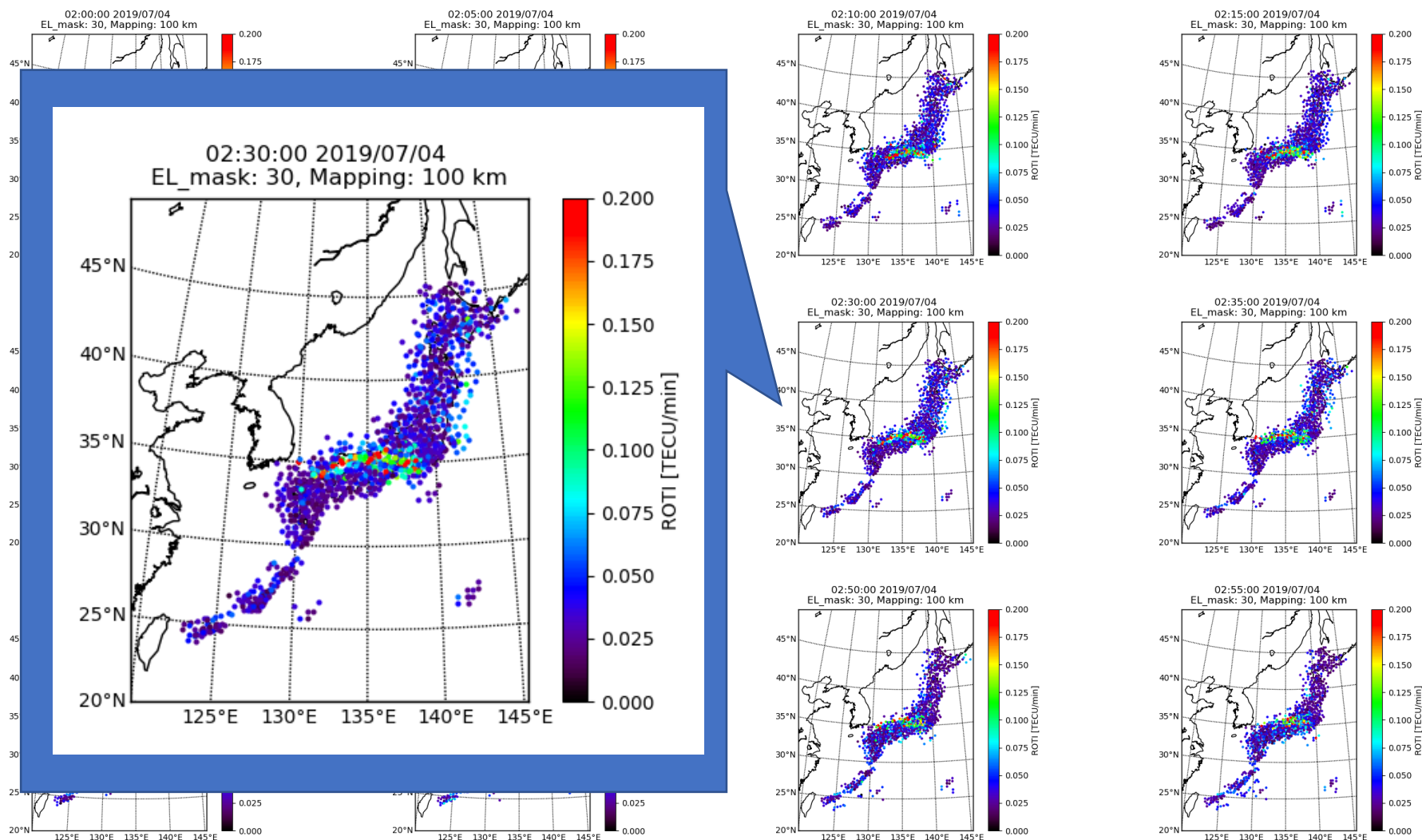
98 MHz

●

<http://gwave.cei.uec.ac.jp/cgi-bin/vor/vhf.cgi>

リアルタイム GPS-TEC ROTI

http:



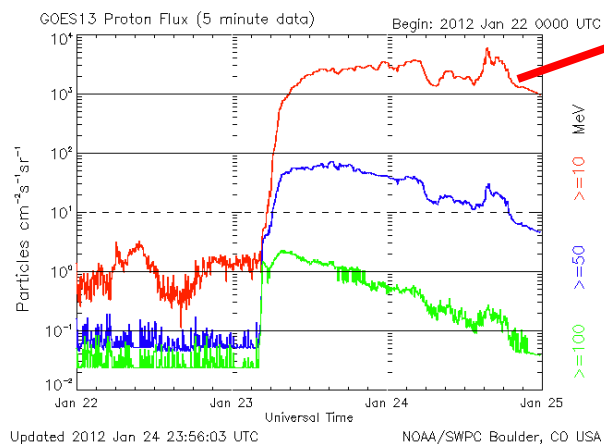
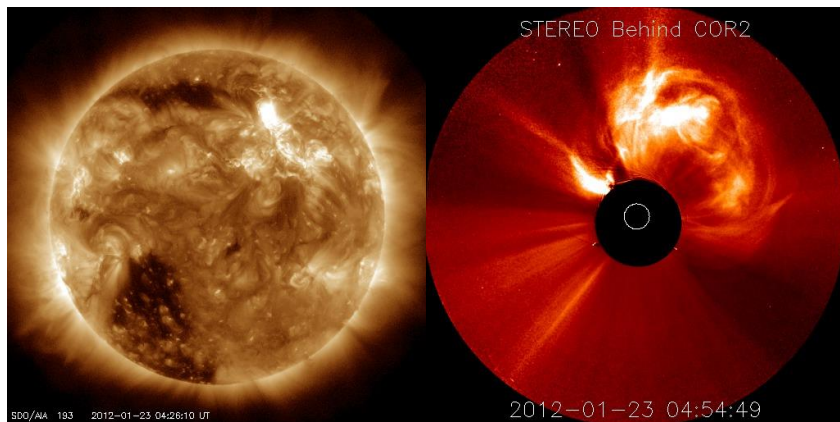
E.CC

本日のトピックス

1. 宇宙天気とは
2. 2019年の宇宙天気活動
3. 宇宙天気に関する世界動向
 1. ICAOにおける宇宙天気情報利用
 2. 米国における宇宙天気政策
4. 国内の宇宙天気研究動向
 1. 宇宙天気ハザードマップ
 2. 電波伝搬シミュレータ
 3. Esによる航空運用への影響
 4. 航空機被ばく監視システム (WASAVIES)
5. まとめ

【2012年1月23日 民間航空機が飛行ルート変更】

太陽放射線の増加による、無線通信障害を避けるため民間航空機が飛行ルートを変更





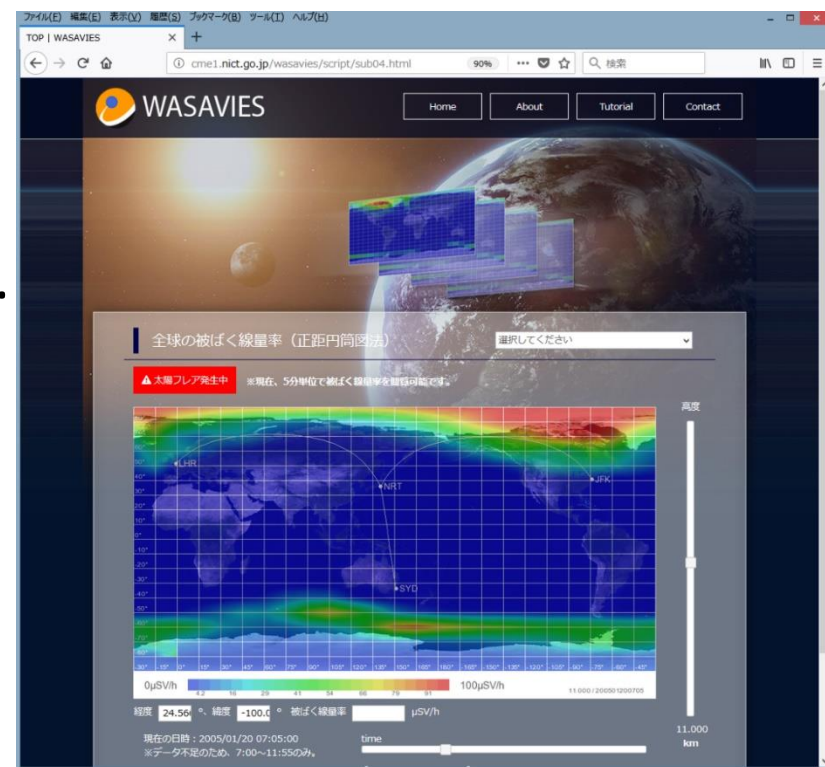
航空機被ばく警報システム (WASAVIES)

• 第1目標

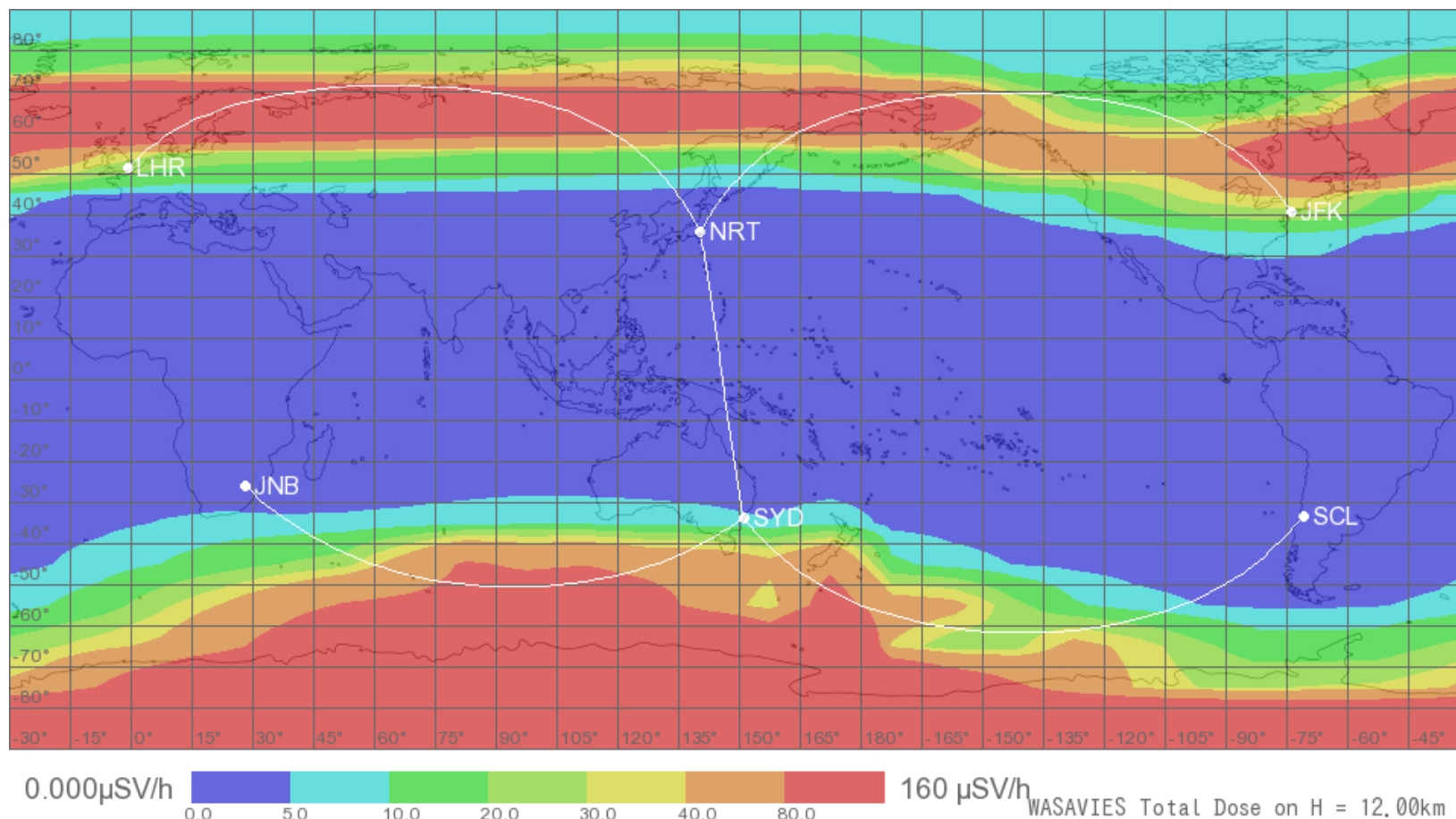
- 大規模太陽フレア発生時に起こる高エネルギー粒子の増大に対して、航空機が受ける被ばく線量を見積もる。

• 第2目標

- 大規模太陽フレア発生時に起こる高エネルギー粒子の増大に対して、国際宇宙ステーションでの被ばく線量を見積もる



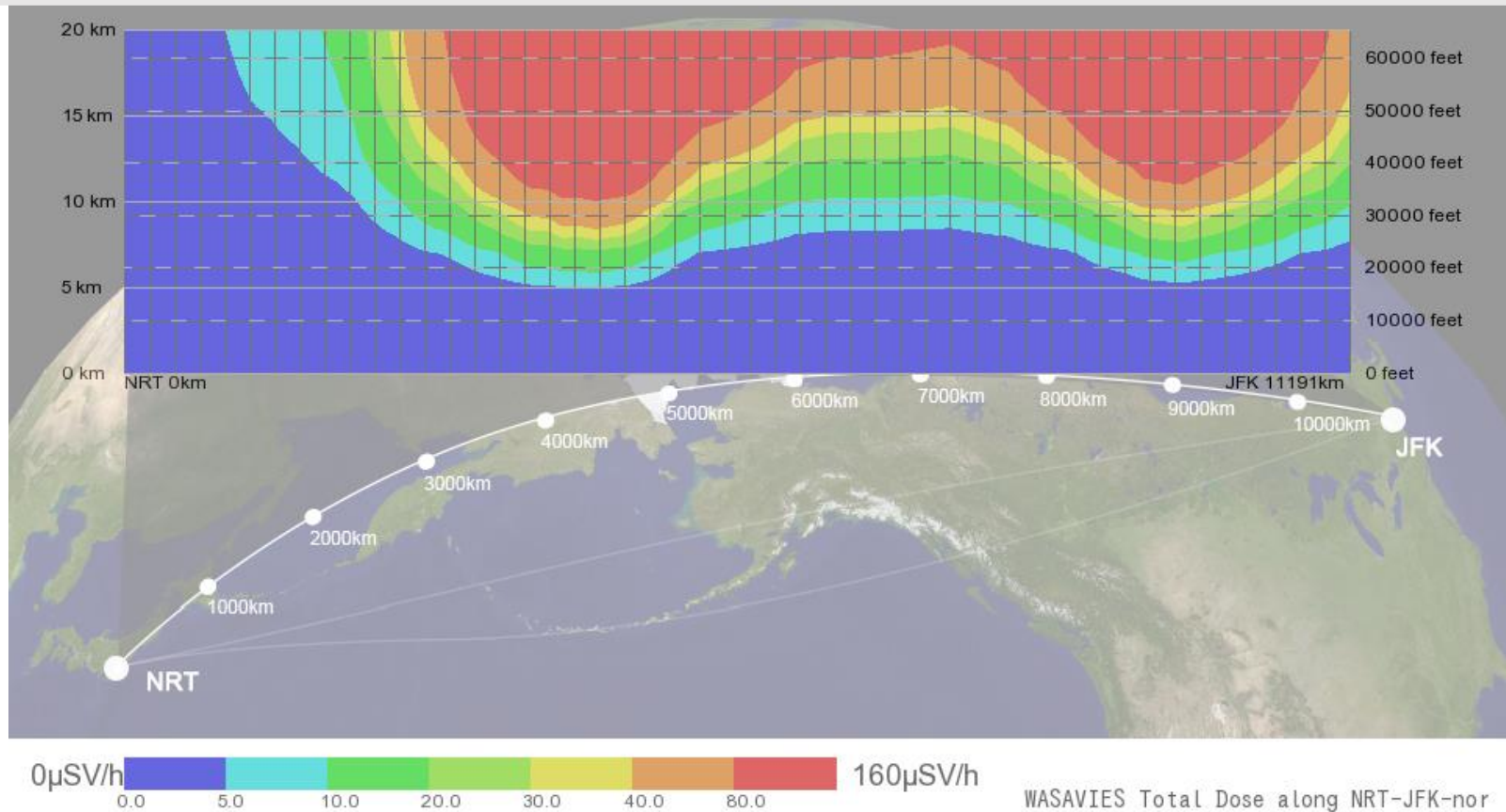
WASAVIESを用いた被ばく量世界分布の例



SEP dose rate at 12 km at the peak of GLE69

- ✓ 色づけはD-indexに従う (例 赤: severe, $D > 80 \mu\text{Sv/h}$)
- ✓ 高度や時間はユーザーが選択可能

WASAVIESを用いた 航路に沿った被ばく量推定



SEP dose rate on the flight route between NRT & JFK at the peak of GLE69

9 航路が選択可能
(NRT-JFK x 3, NRT-LHR x 3, NRT-SYD, SYD-JNB, SYD-SCL)

本日のトピックス

1. 宇宙天気とは
2. 2019年の宇宙天気活動
3. 宇宙天気に関する世界動向
 1. ICAOにおける宇宙天気情報利用
 2. 米国における宇宙天気政策
4. 国内の宇宙天気研究動向
 1. 宇宙天気ハザードマップ
 2. 電波伝搬シミュレータ
 3. Esによる航空運用への影響
 4. 航空機被ばく監視システム(WASAVIES)
5. まとめ

まとめ

- 今年はICAO宇宙天気情報サービスがスタートし、航空運用という重要なインフラで宇宙天気情報が使われ始めたという点で記念すべき年です。
- 宇宙天気の社会への影響の調査として「宇宙天気ハザードマップ」が今年度に第1版が完成の見込みです。また数々のユーザー向けの新たな情報提供も始まっています。
- 今後ともユーザーの皆様のニーズを的確に吸収し、使える情報提供に努めていきたいと思えます。今後ともよろしくお願いいたします。