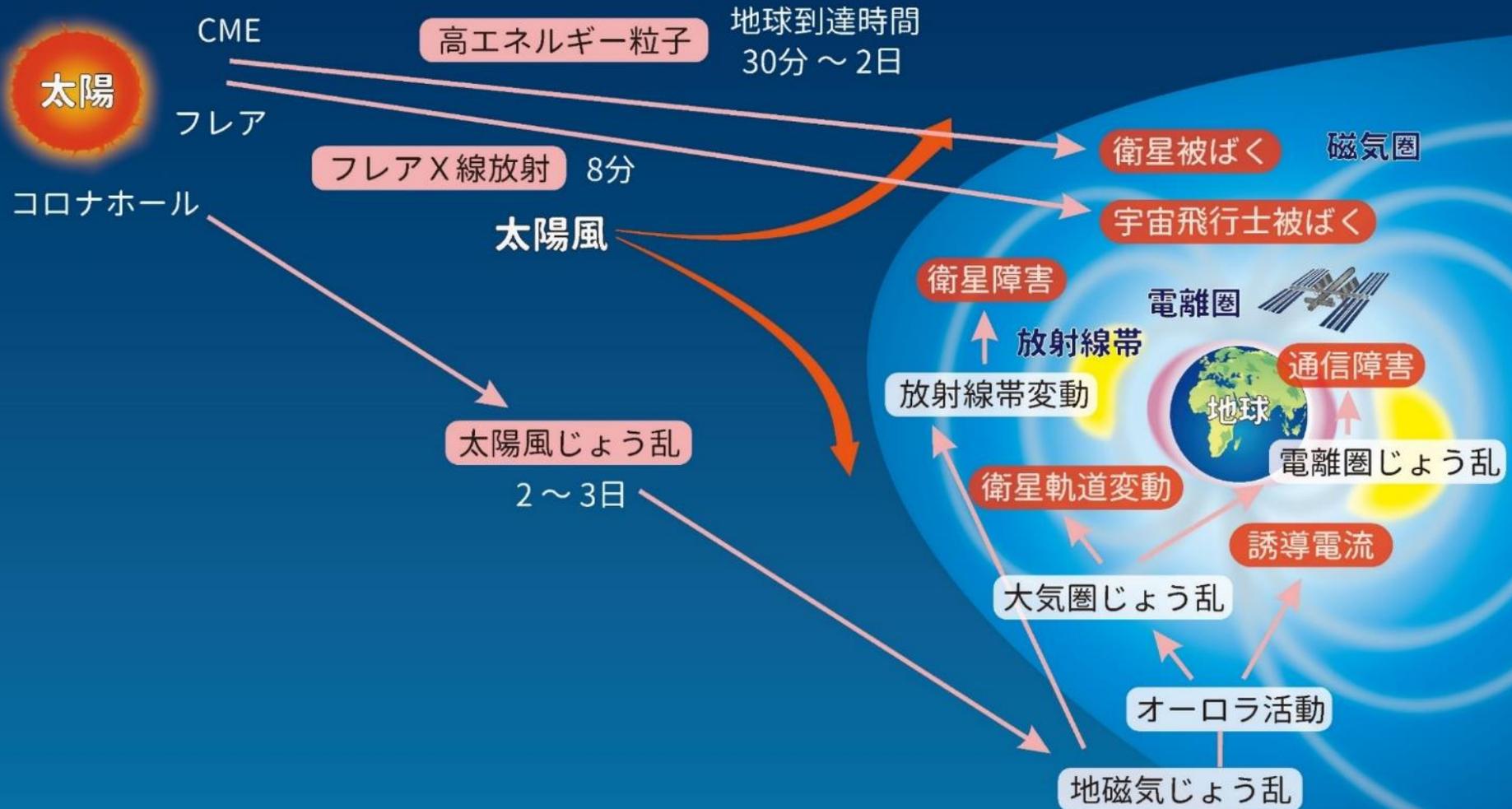


宇宙×ICTに関する懇談会(第4回)

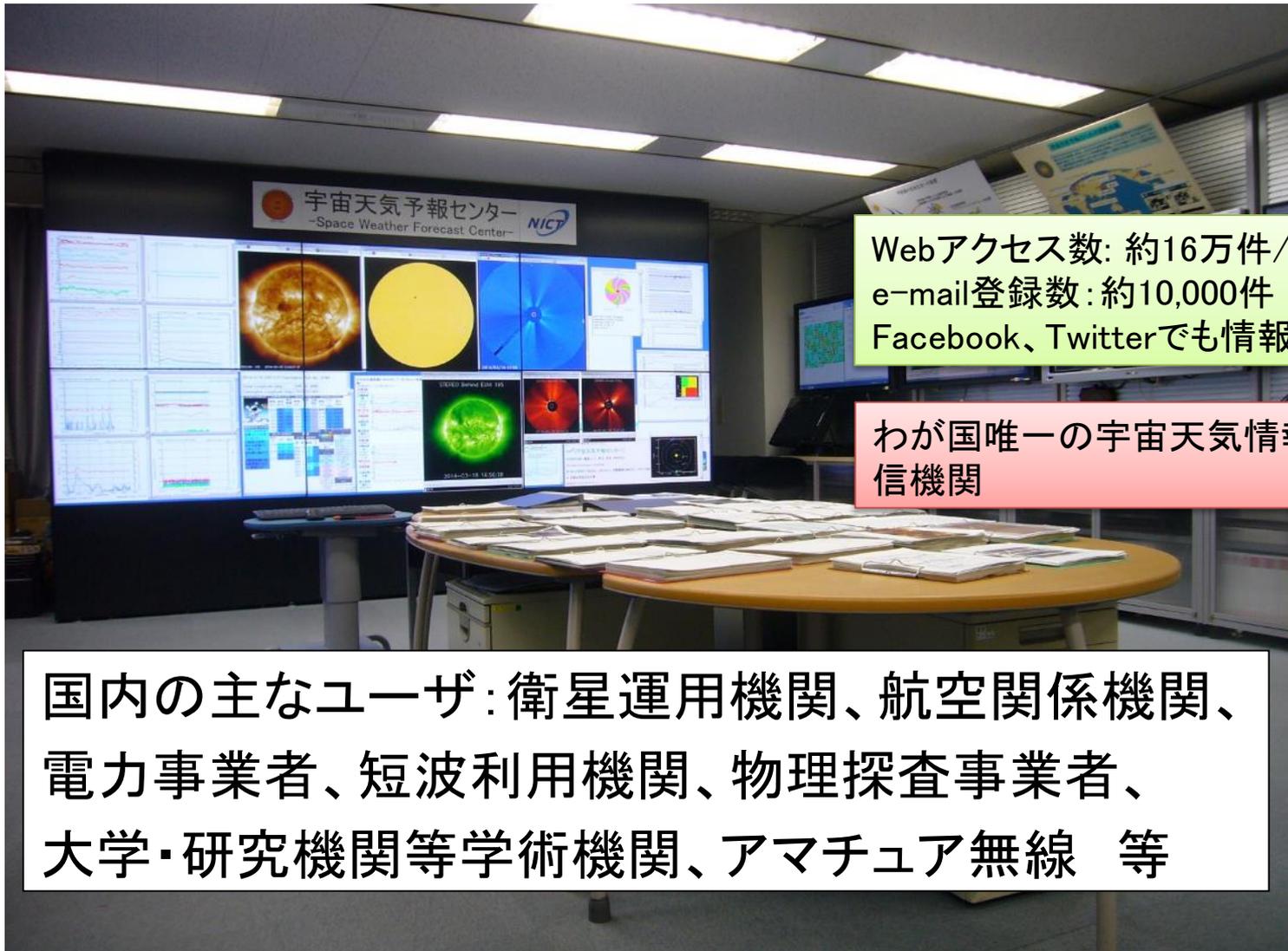
# NICT宇宙天気研究の現状 と今後の展開

平成29年2月6日

国立研究開発法人 情報通信研究機構  
電磁波研究所



## 宇宙天気現象の発生と障害



Webアクセス数: 約16万件/月  
 e-mail登録数: 約10,000件  
 Facebook、Twitterでも情報発信

わが国唯一の宇宙天気情報発信機関

国内の主なユーザ: 衛星運用機関、航空関係機関、電力事業者、短波利用機関、物理探査事業者、大学・研究機関等学術機関、アマチュア無線 等

# 極端宇宙天気による経済的損失の計算

人類の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)

現代社会で発生した場合の損失試算

単位: 兆円

Regions	Best	Worst
米国、カナダ	12.9	16.4
スカンジナビア、英国	2.9	3.7
独・仏・伊・瑞・澳	7.4	9.5
欧州全体	10.3	13.2
日本	4.1	5.4
豪州	0.8	1.0

- 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: 10-25兆円

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

**ScienceDaily**  
Your source for the latest research news

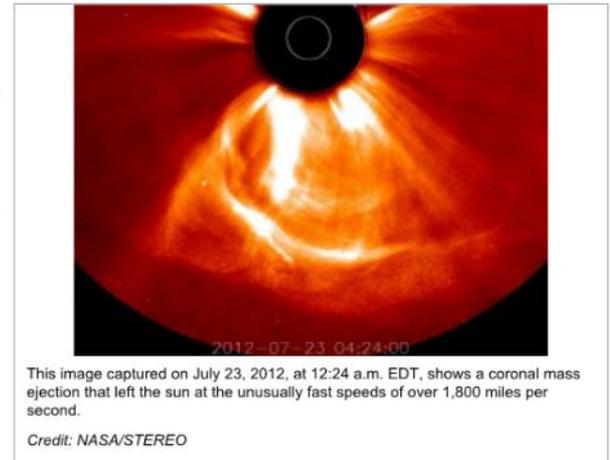
## Fierce 2012 magnetic storm just missed us: Earth dodged huge magnetic bullet from the sun

Date: March 18, 2014

Source: University of California - Berkeley

Earth dodged a huge magnetic bullet from the sun on July 23, 2012.

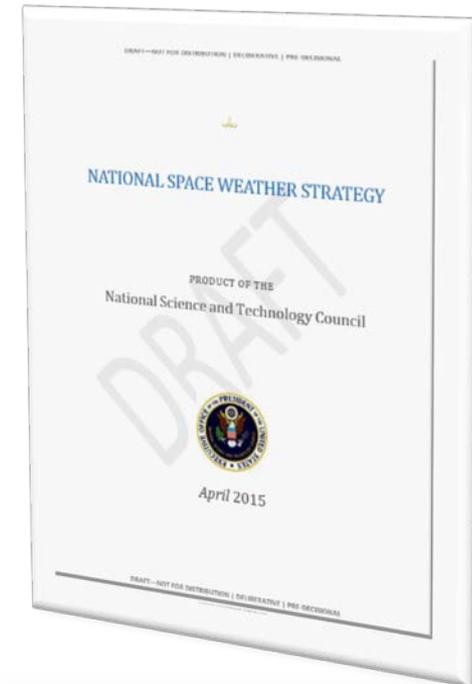
According to University of California, Berkeley, and Chinese researchers, a rapid succession of coronal mass ejections -- the most intense eruptions on the sun -- sent a pulse of magnetized plasma barreling into space and through Earth's orbit. Had the eruption come nine days earlier, it would have hit Earth, potentially wreaking havoc with the electrical grid, disabling satellites and GPS, and disrupting our increasingly electronic lives.



2012年に同規模の現象発生。  
地球をそれたため影響なし

# 米国の対応

- 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
- 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検討
- 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
- 2016年10月大統領令“極端宇宙天気現象への備え”



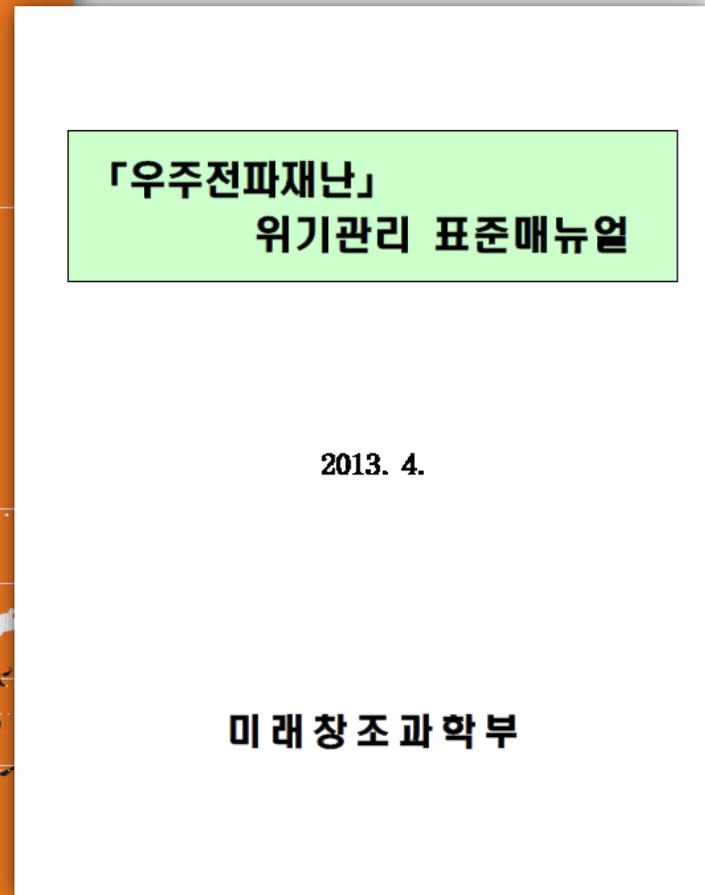
# 各国・保険機関が相次いで宇宙天気 の経済インパクトを発表



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）

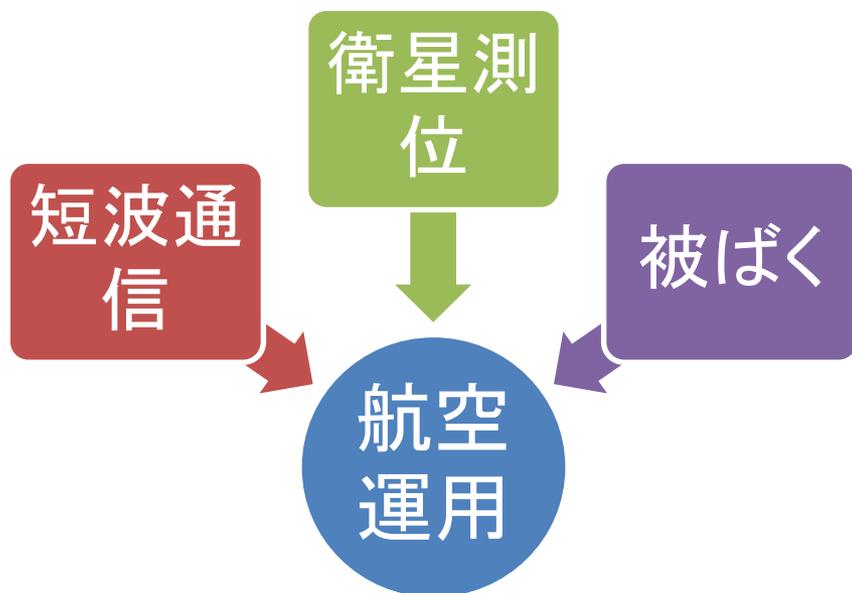


宇宙天気 その地球及びビジネスへの影響（ロイズ）

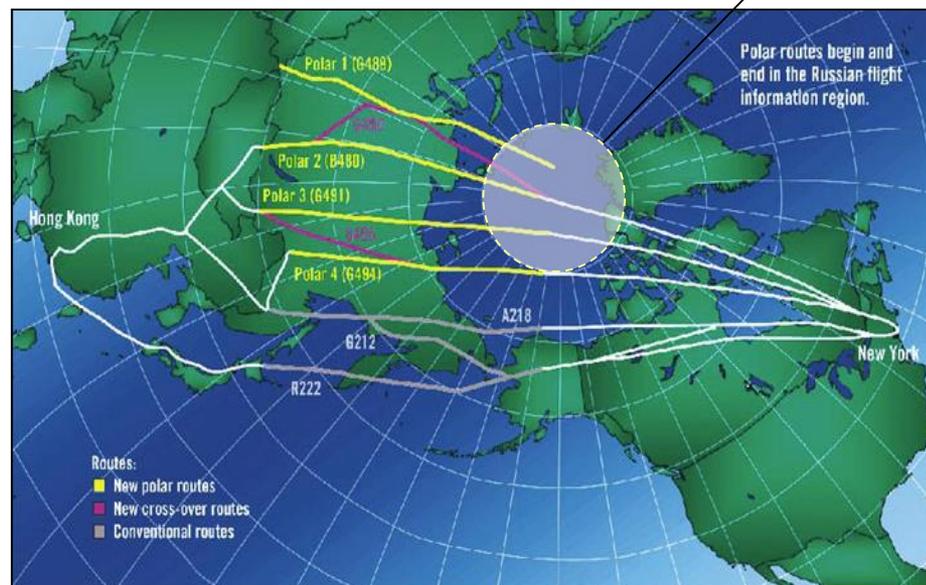


「宇宙電波障害」  
危機管理標準マニュアル  
（韓国・未来創造科学部）

- 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

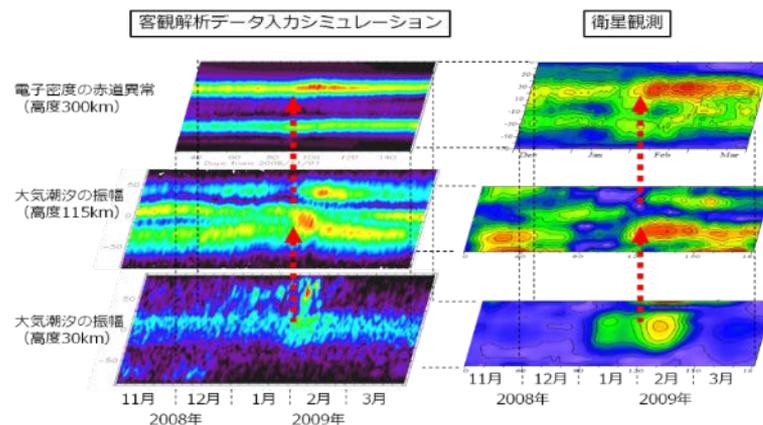
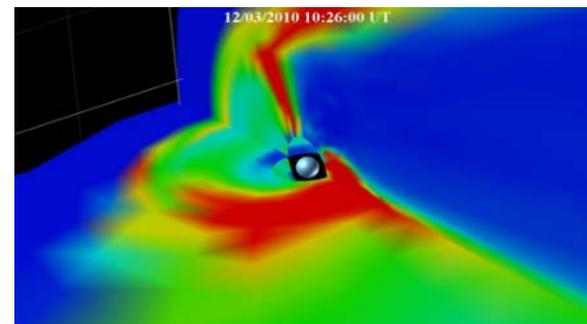


- ICAO宇宙天気センター: HF通信、衛星測位、被ばくに関連する宇宙天気現象(太陽フレア、地磁気嵐、電離圏活動など)の現況と今後24時間の予報を発信
- 世界全体で数か所設置される見込み: **近隣諸国との競合の可能性がある**
- ICAO宇宙天気センターの要件
  - **24時間/週7日**運用する能力を有すること
  - 高い信頼性・可用性・維持可能性を有すること
- **2017年2月より選出プロセス開始。2018年7月に指名の予定**

- 将来商業的有人宇宙利用(宇宙観光等)が普及した場合、ICAO宇宙天気センターが情報提供の拠点となる可能性大
- 我が国がICAO宇宙天気センターを有するか否かは **将来の宇宙開発における近隣諸国との関係に大きく影響する可能性大**
- **維持可能な予算枠組みを含め**、ICAO日本宇宙天気センターの検討を関係各省と進めることが必要(現在の宇宙天気予報業務は運営費交付金で執行)



宇宙天気観測網



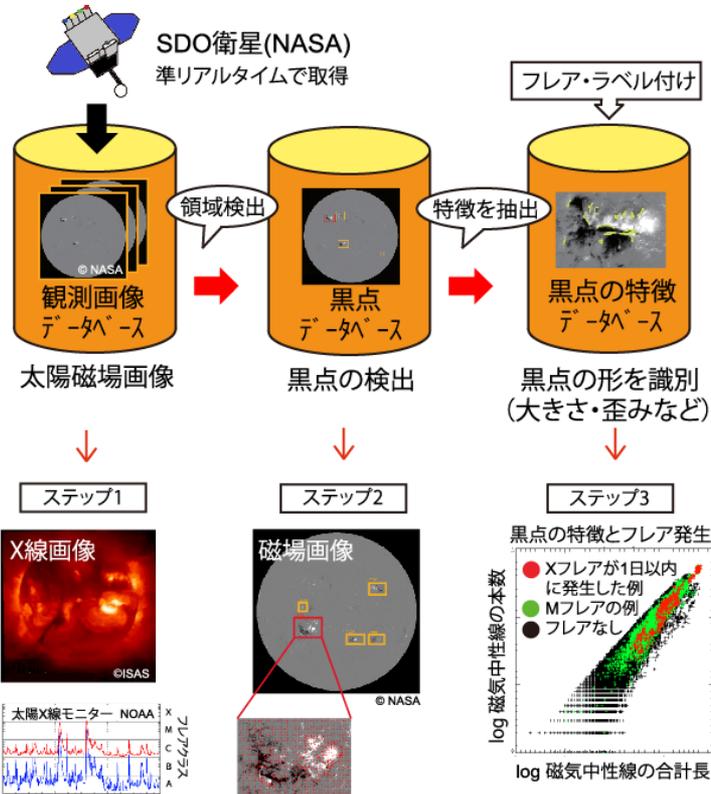
宇宙天気シミュレーション技術

## NICT宇宙天気予報技術の優位性

- 西太平洋をカバーする観測網: 領域最大のネットワーク
- 世界トップクラスのシミュレーション技術: 電離圏=大気モデルは世界で唯一の優位性
- AIによる経験モデル開発: すでに一部は実用化

# 新規成果 AIを用いた太陽フレア発生予測

## << 太陽研究の手法 >>



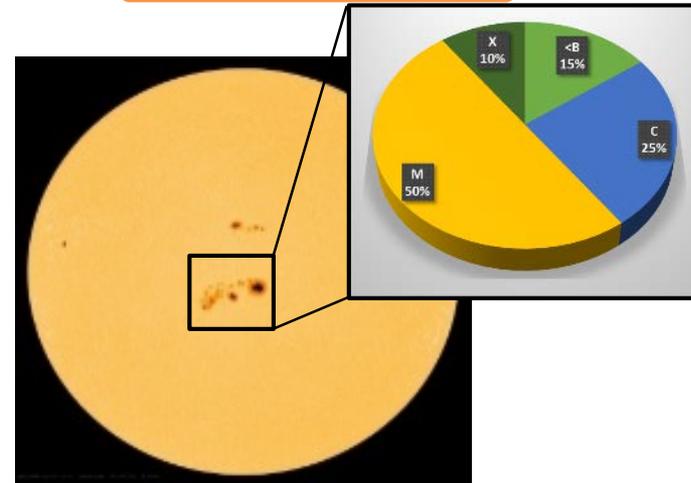
## < 機械学習 > の手法



過去にフレアを起こした黒点の特徴をAIで抽出、同じ特徴を持つものを発生確率が高いと認定

8割に  
予報  
精度  
アップ

## フレア発生確率予報



将来は、黒点群ごとにフレアの発生規模予測が可能になる

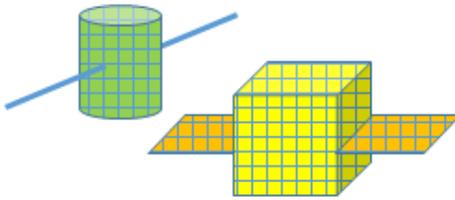
# 現状の課題：人工衛星のスペックを含めた 宇宙天気予報「テラーメイド宇宙天気」

テラーメイド宇宙天気：人工衛星の材質や形状までを考慮した宇宙天気予報の提供  
 極端宇宙天気現象の際にどの衛星のどの部分が危険にさらされているかを警報可能に

割合は低減しつつあるが、帯電・放電は依然として主要な衛星障害の原因。

JAXA-NICTの協力、共同研究により、この部分の実用化を目指す。

JAXA 衛星搭載機器開発  
衛星設計への反映



個々の衛星形状モデル

衛星帯電モデル  
MUSCAT(表面帯電)

衛星帯電モデル  
(深部帯電)

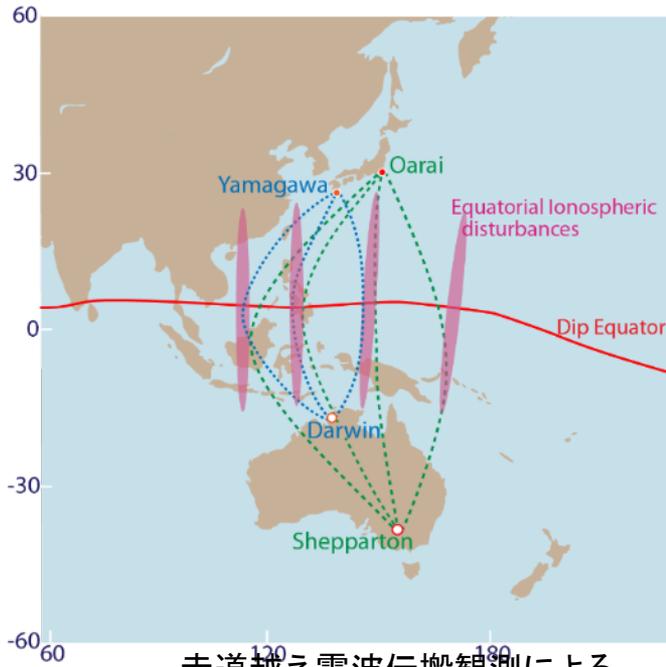
個々の衛星に  
対する  
具体的なリスク  
情報

観測・シミュレーションによる  
ジオスペースの現況把握(観測)及び  
予測(シミュレーション)

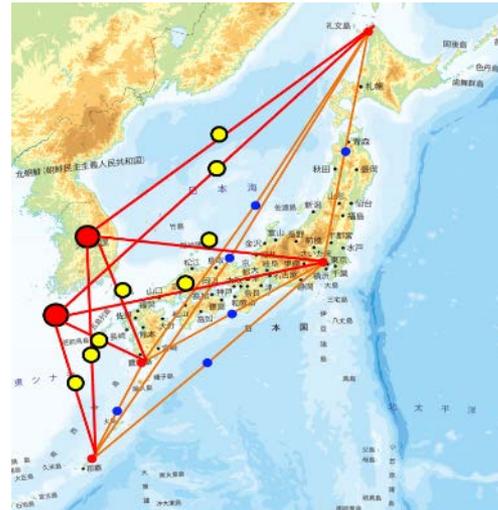
サブストーム粒子  
密度・温度・圧力

放射線帯電子  
フラックス

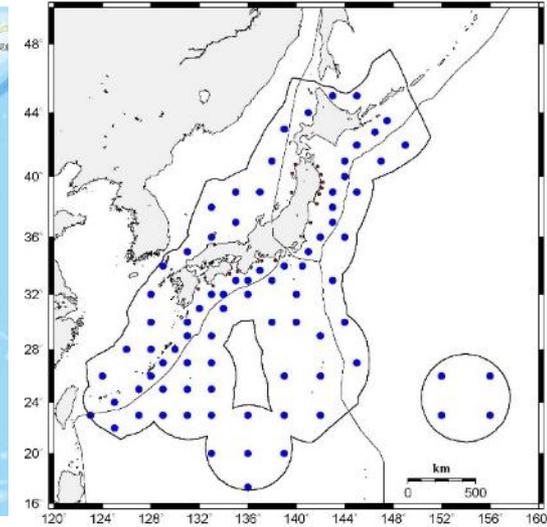
NICT 宇宙天気応用研究  
予警報業務



赤道越え電波伝搬観測による  
海上電離圏擾乱の把握



電離圏斜め伝搬観測

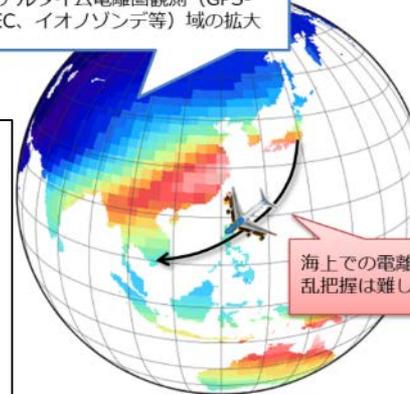


海上GNSSブイによる  
電離圏観測

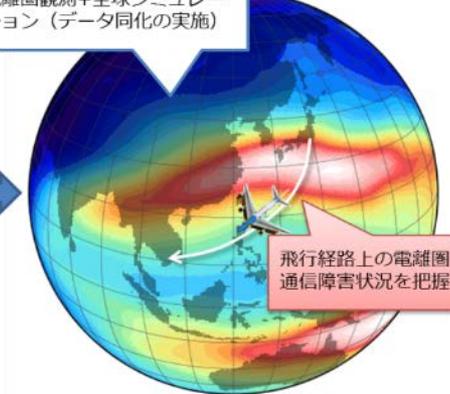
全球大気圏電離圏モデルを利用したデータ同化

リアルタイム電離圏観測 (GPS-TEC、イオノゾンデ等) 域の拡大

電離圏観測+全球シミュレーション (データ同化の実施)



海上での電離圏擾乱把握は難しい



飛行経路上の電離圏による通信障害状況を把握できる

観測点の少ない海上電離圏のデータを  
を集め数値モデルに入力

航空運用等に寄与する情報提供を可能に

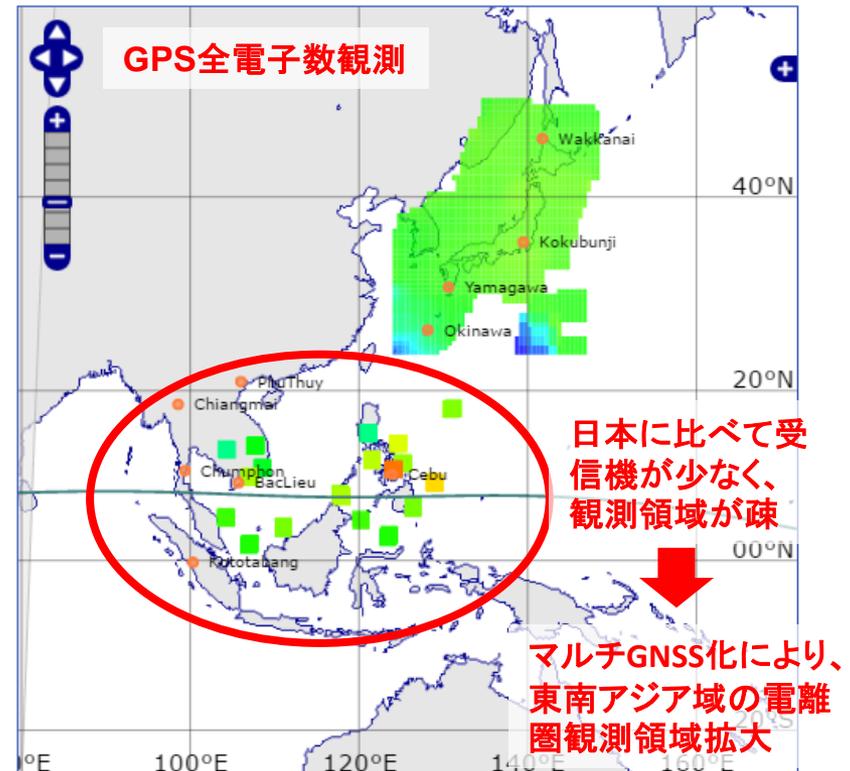
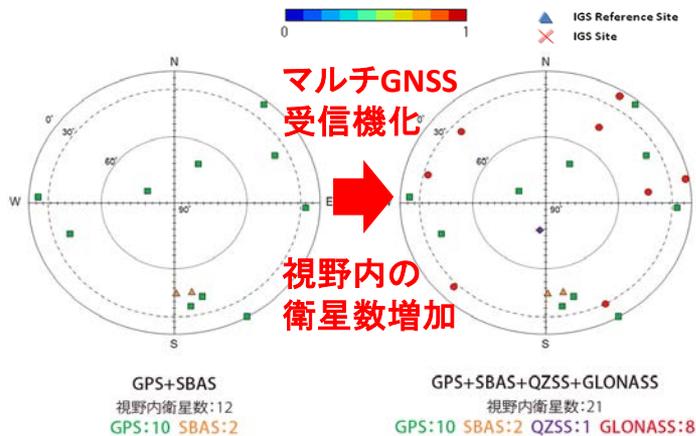
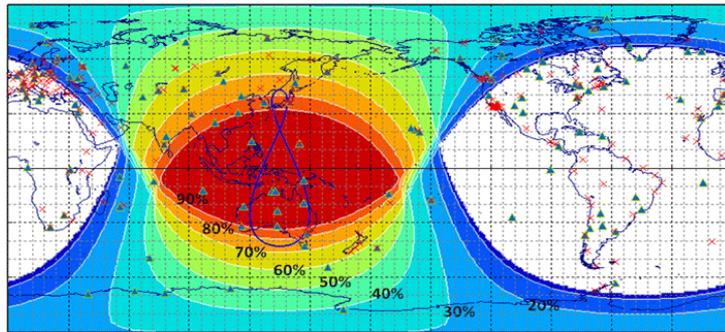
- 全球モデルとの融合により、電離圏観測の空白領域を埋めることが可能となる。
- 観測データを同化することにより、全球モデルの再現精度が向上する。

# 現状の課題： 赤道域電離圏観測の拡大及び高機能化

## ● 目的

準天頂衛星の視野が長い東南アジア域におけるGPS電離圏観測のマルチGNSS化により、観測領域の拡大及び高密度化を進め、赤道異常やプラズマバブルの位置精度向上を図る。これにより当地でのCLASやLISの性能を確保し高精度測位による利用を促進する → **東南アジアにおける新産業展開**

準天頂衛星(QZSS)が受信可能な時間率



## まとめ

- 宇宙天気情報は今後の宇宙利用の活発化(惑星探査、有人宇宙進出)において必要不可欠。長年の経験と実績を有するNICTは我が国において唯一の存在。
- ICAOのニーズに対する我が国の対応:喫緊の課題
  - 将来、有人宇宙が商業ベースで運用される時に宇宙利用のイニシアティブを左右する問題。
- 科学的に未解明の現象をAIを用いて予報、観測の少ない海上電離圏観測、高精度測位の海外展開などで我が国の優位性をアピール

## 論点

- 欧米では民間企業がコマーシャルベースで情報提供する段階。なぜ日本では普及していないのか？
- 欧米では宇宙天気は安全保障と共に検討。我が国における安全保障利用の活性化は？
- 欧米では宇宙天気はスペースデブリ・地球近傍天体とパッケージとして議論:総合的な宇宙利用の安心安全が必要では？