

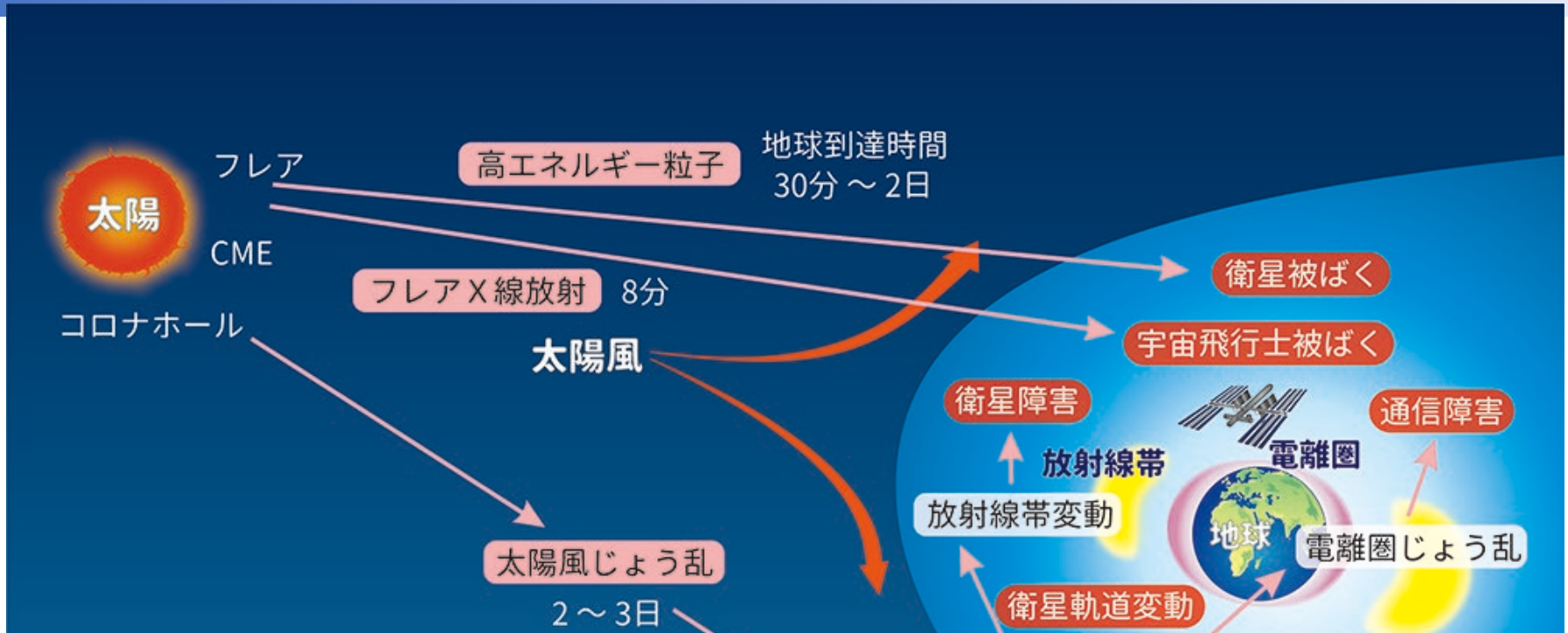
情報通信研究機構における 宇宙天気予報の取り組み概要

国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT)

電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター長

石井 守

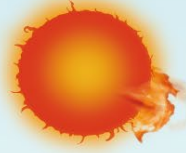
1. 宇宙天気



- 宇宙天気
 - 太陽：熱や光だけでなく紫外線や高いエネルギー粒子・高温のガスをも噴出
 - 地球：磁場と大気のバリアで地表を保護
 - 磁場のバリアは不完全：地球近傍の宇宙や電離圏を乱すことも
 - 宇宙天気：太陽-地球近傍の電磁環境

1. 宇宙天気 -フレア発生8分後-

フレア発生後、約8分後に現れる地球での影響



フレア発生

X線・紫外線



通信/放送衛星
観測衛星



航法測位衛星
(GPS等)

主に昼間側の領域
に広く影響

短波通信・無線障害

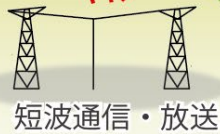
電離圏

D層

デリンジャー現象



船舶 / 無線



短波通信・放送



防災無線・FM放送



衛星測位への影響

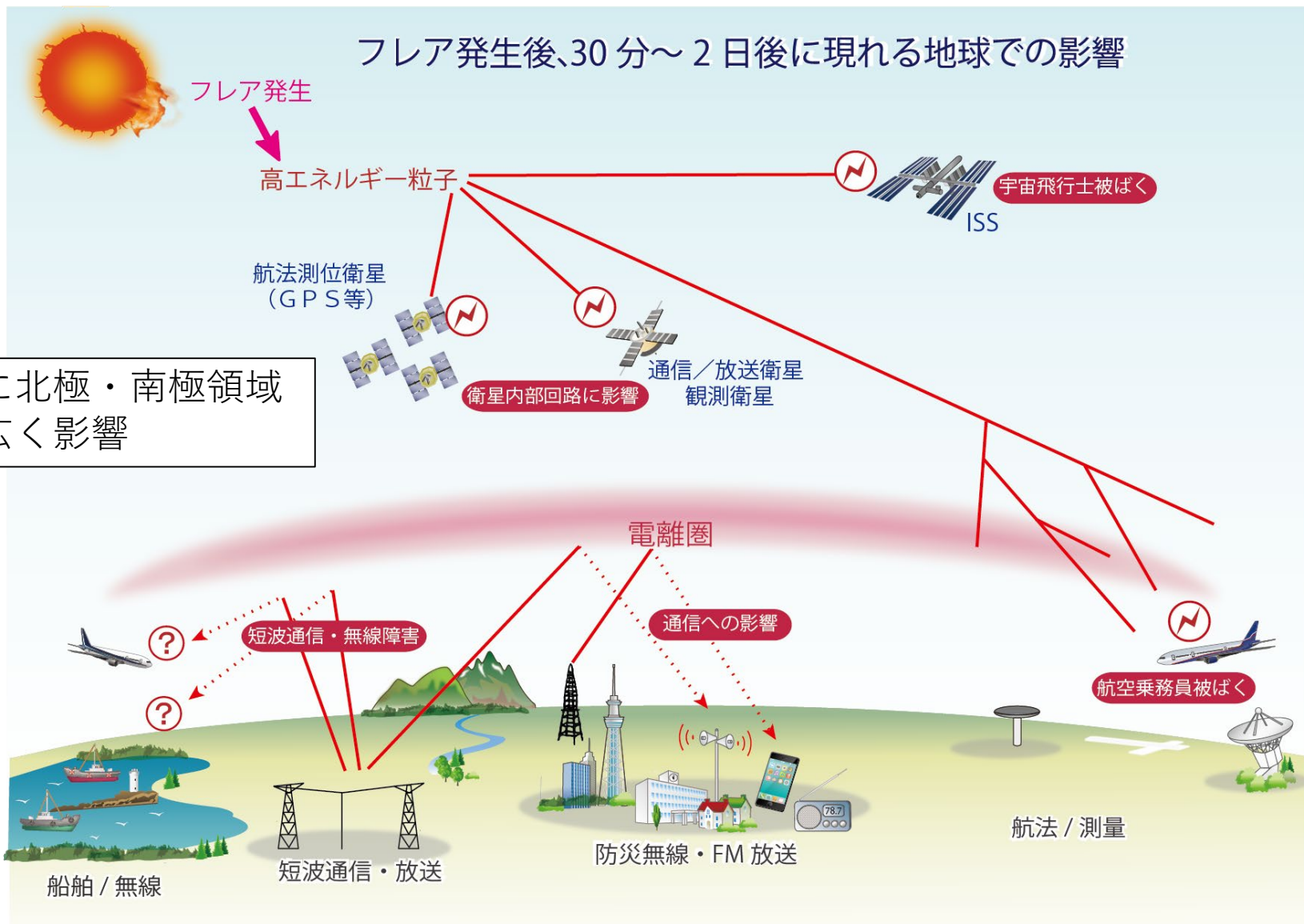
航法 / 測量

空港管制レーダ影響

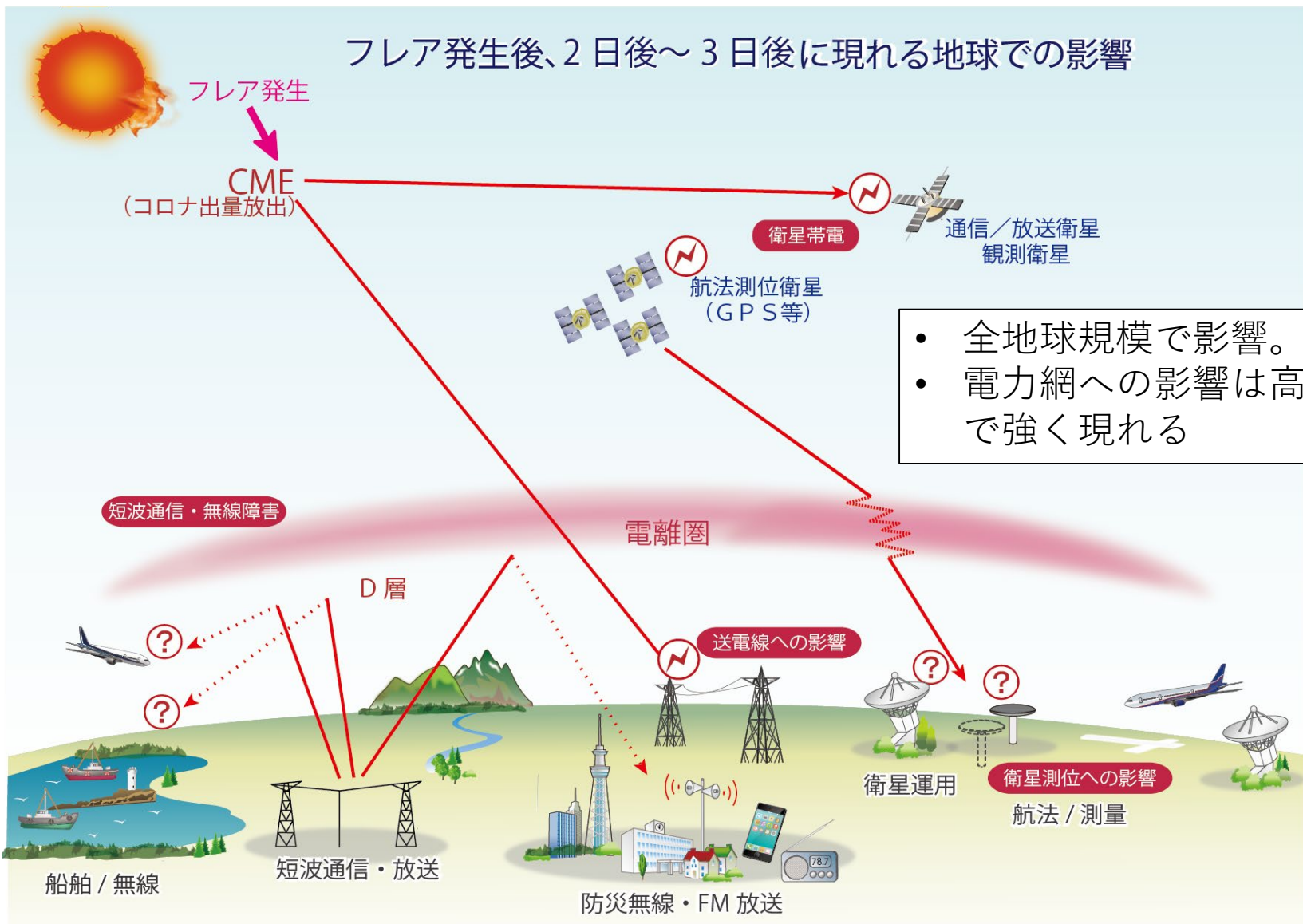


1. 宇宙天気 -フレア発生30分後-

特に北極・南極領域
に広く影響



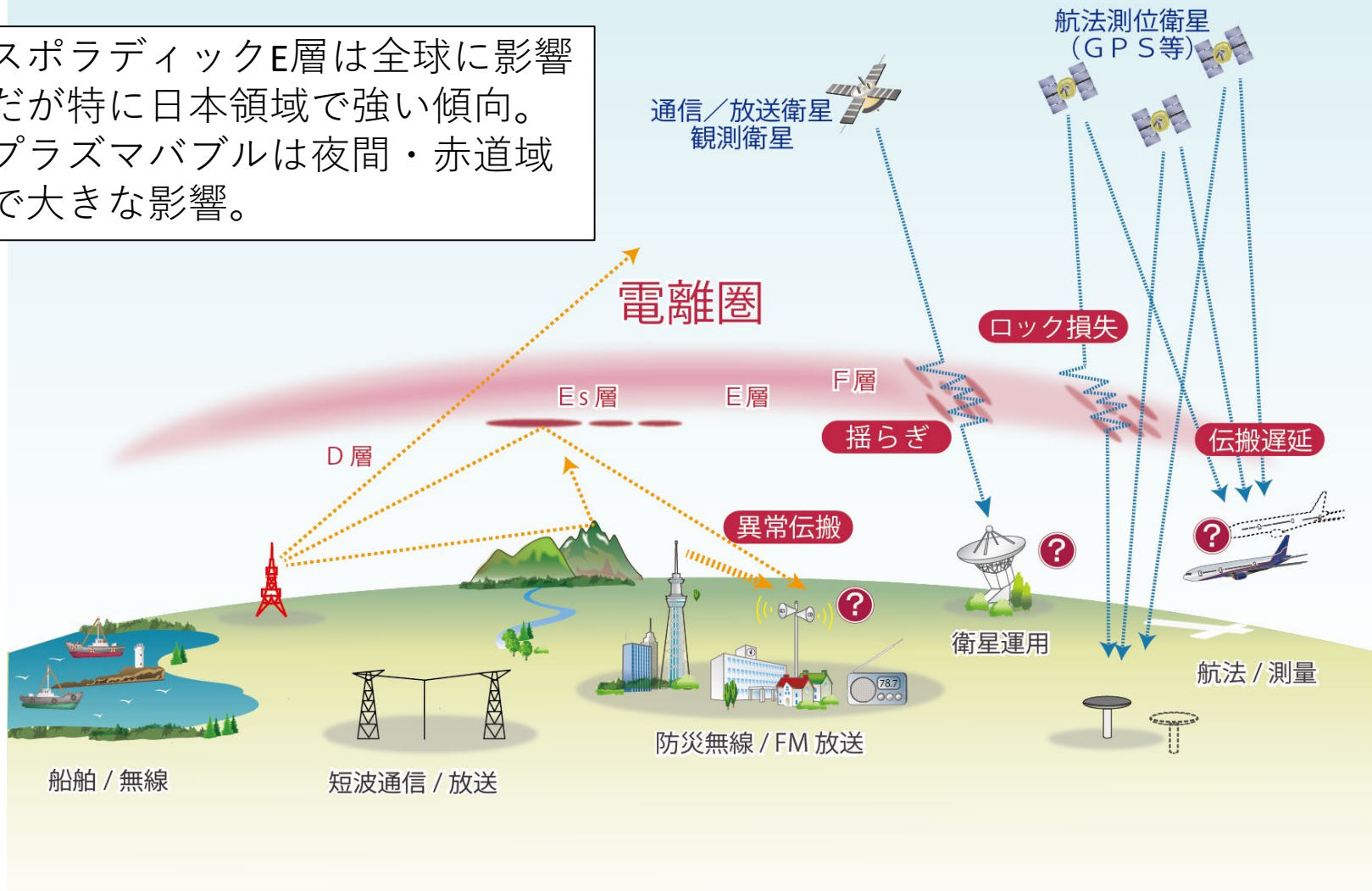
1. 宇宙天気 -フレア発生2日後-



1. 宇宙天気 –フレアに起因しない現象– NICT

スプラディック E 層・プラズマバブル

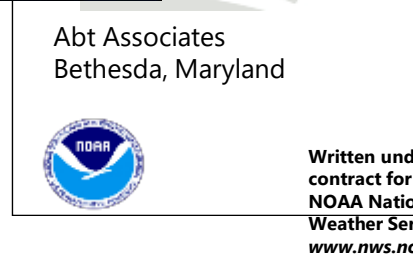
- スプラディックE層は全球に影響だが特に日本領域で強い傾向。
- プラズマバブルは夜間・赤道域で大きな影響。



2. 国内外の状況

● 国際動向

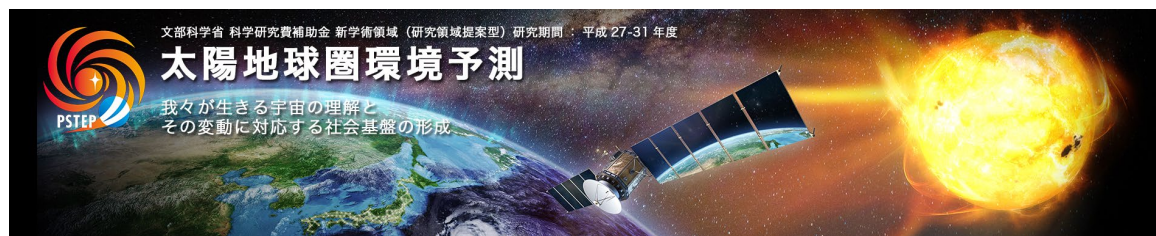
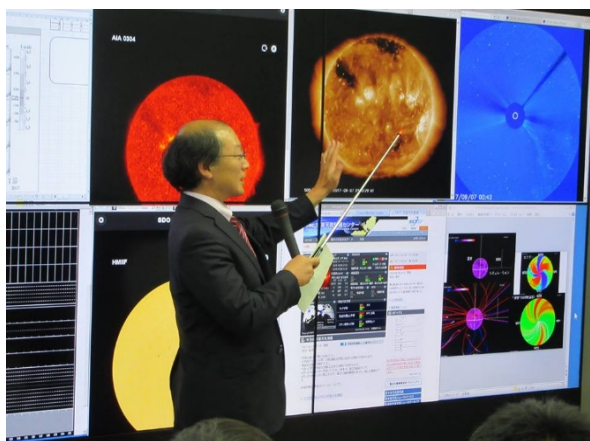
- 米国：宇宙天気に関する対策・ワークプランを発表、国家的対応
- 英国・韓国・豪州・スウェーデン等も同様の対応
- 国際民間航空機関（ICAO）で宇宙天気情報の民間航空利用を開始



2. 国内外の状況

● 国内動向

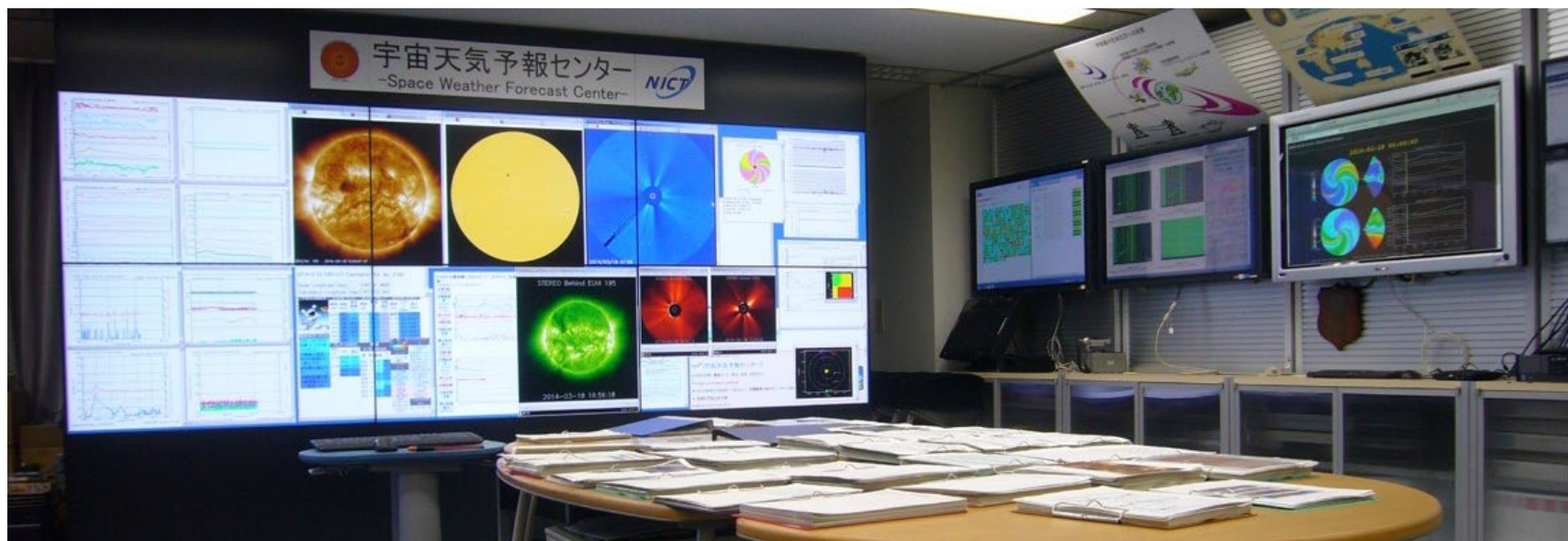
- 2015-2019年、国内主要研究機関から100名を超える研究者による新学術領域「太陽地球圏環境予測」プロジェクト（PSTEP）を実施
- 2017年9月6日発生のX9.3太陽フレア：2日間で60を超えるTVニュース。社会の高い関心
- 平成29年度補正予算により、宇宙天気観測・予報体制の強靱化を推進。観測システムの二重化、予報センター副局整備等
- 2019年度より財源として電波利用料が認められた。12月1日より宇宙天気状況24時間監視体制開始



メディア	報道数
テレビニュース	60
新聞	271
Web ニュース	779

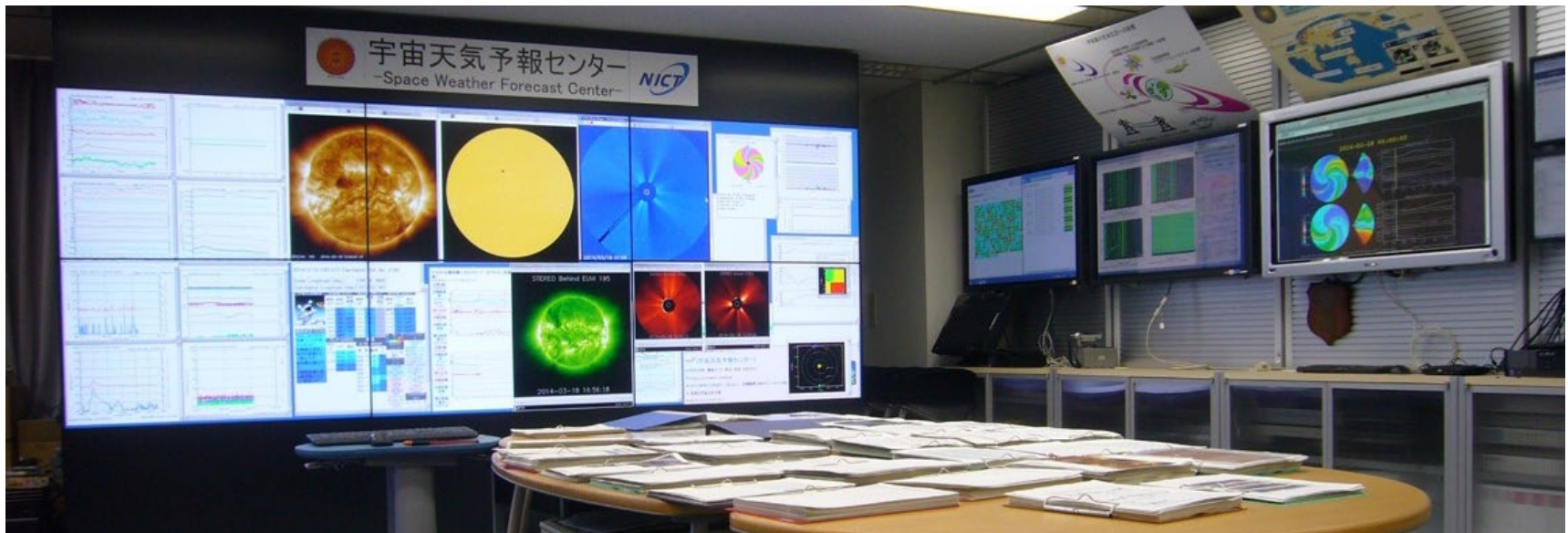
3. NICTの宇宙天気予報業務

- 電波の伝わり方に関する予警報（NICT法第14条4号業務）として実施
 - 1988年より週7日の運用を継続
 - 1日に2回の情報発信 + 臨時情報等（電子メール：約7000件、Web7万アクセス/月）
 - 2019年12月1日より24時間監視体制開始
 - 主な利用業態：通信・放送等電波利用、測位利用、電力、航空、地下探査、官公庁、学術、アマチュア無線 等



3. NICTの研究課題

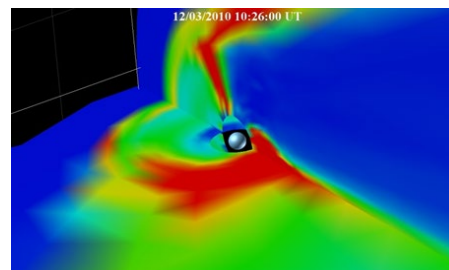
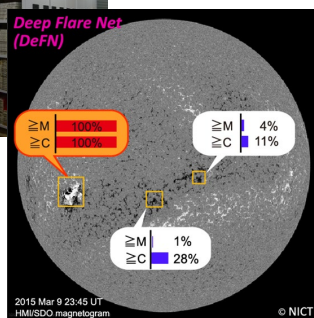
- 研究課題：「宇宙天気予報精度の向上」
- 利用者が必要とする精度の情報を必要とするリードタイムで利用者が使いやすい形で提供
 - 現況把握のための観測機器の開発・定常的な観測の実施
 - 太陽地球環境の未解明のプロセスを解明し、数値予報手法を開発。観測結果を用いた精度評価により、予測精度の向上を進める。
 - 膨大な蓄積の過去情報から特徴量を見出し、経験予報手法を開発。併せて機能的な手法により未知の物理メカニズムを推定し新たな知見を得る。



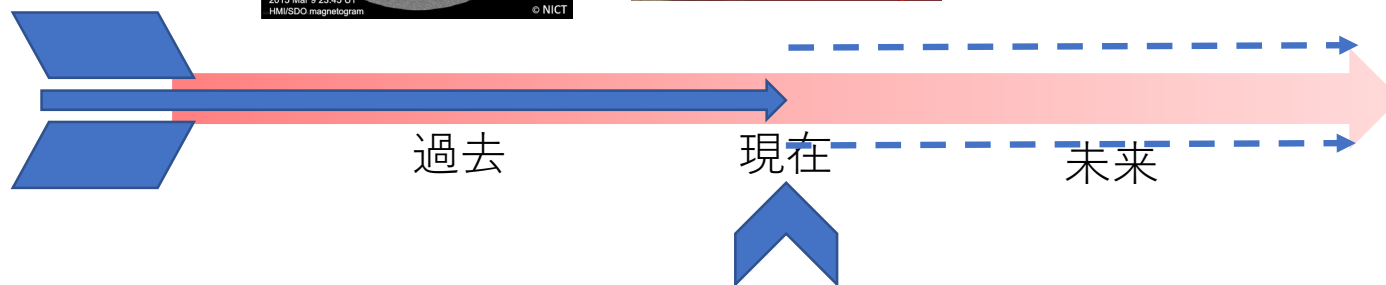
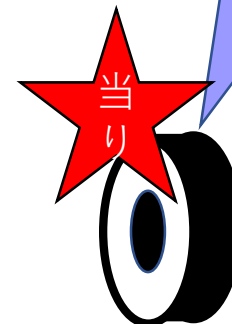
4. どのように実現していくか

● 研究課題の手段・計画

- 現在を知る：観測手法の開発・定常的観測の実施
- 過去を知る：観測データの蓄積・整理・活用
- 未来を知る：シミュレーション技術開発・データ同化
- 要求を知る：ユーザーが必要とする情報の提供・コンテンツ開発



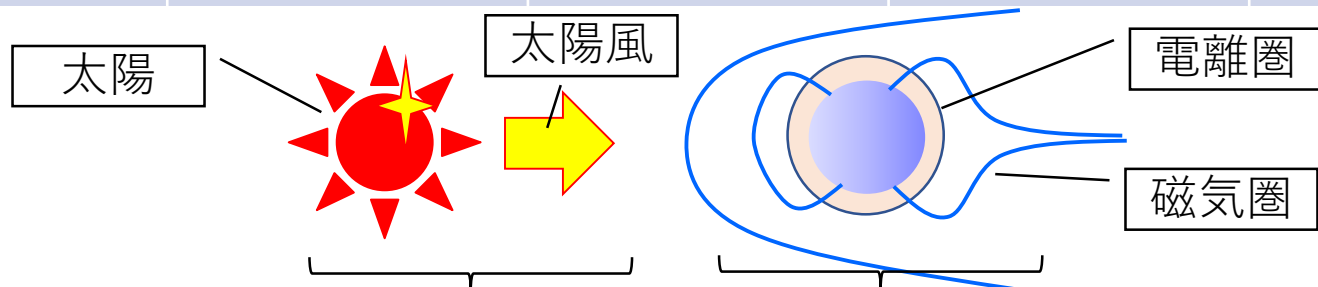
目標
宇宙天気予報精
度の向上



4. どのように実現していくか

● 研究課題の手段・計画

	観測	DB/経験モデル	シミュレーション	アプリケーション
電離圏	イオノゾンデ・GNSS受信機	電離圏DB・電離圏擾乱予測モデル	GAIAモデル	電波伝搬シミュレータ HF-START
磁気圏	地磁気・極域HFレーダ	ひまわりDB・放射線帯予測	REPPUモデル	テーラーメイド宇宙天気 SECURE
太陽・太陽風	太陽電波	太陽観測DB・フレア発生予測モデル	SUSANOOモデル	航空機被ばく推定 WASAVIES



太陽・太陽風：早期警戒に向けた研究開発

磁気圏・電離圏：数値予報に向けた取り組み・利用に即した情報提供

5. 近年の活動の成果

- 現在を知る：観測観測手法の開発・定常的観測の実施
 - 太陽フレア発生を約8分後に検知、早期警戒態勢をとる：太陽電波望遠鏡
 - 磁場のバリアの状態を知る：GOES、ひまわり等衛星観測
 - 衛星測位や通信に大きな影響を与える電離圏の状態を知る：国内・東南アジア電離圏観測ネットワーク



山川太陽電波望遠鏡



新型電離圏観測装置
VIPIR2



5. 近年の活動の成果

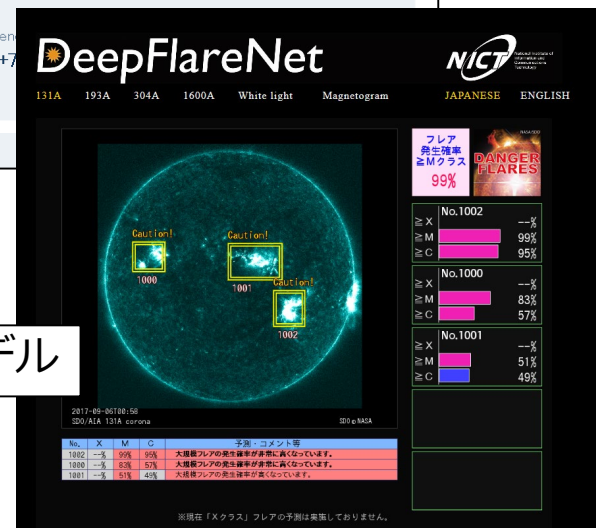
● 過去を知る：観測データの蓄積・整理・活用

- 平磯太陽観測データベース
- ひまわりによる磁場観測データベース
- 国内・国外電離圏観測データベース
- 太陽フレア予測モデル
- 放射線帯予測モデル
- 電離圏擾乱予測モデル



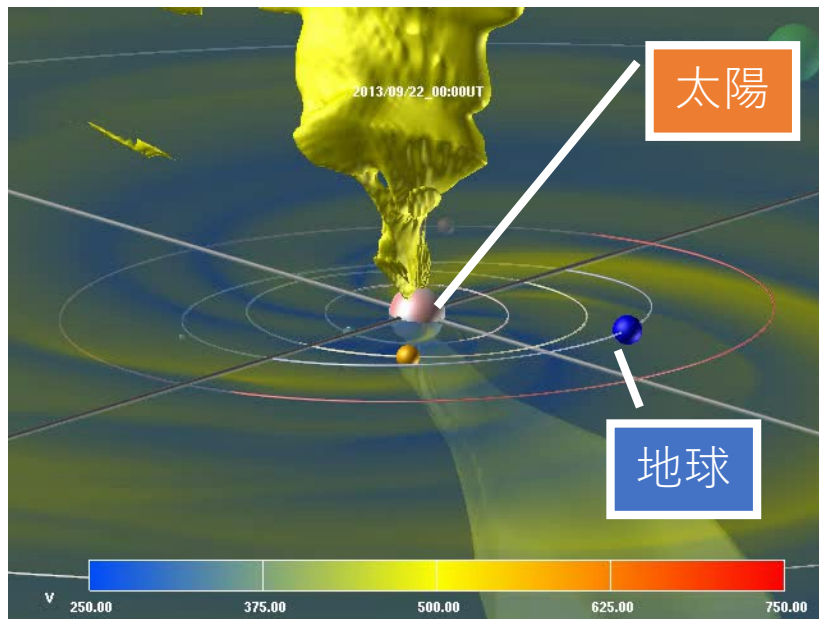
平磯太陽観測データ

太陽フレア予測モデル

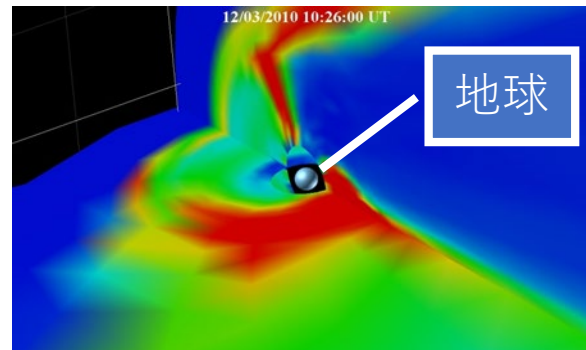


5. 近年の活動の成果

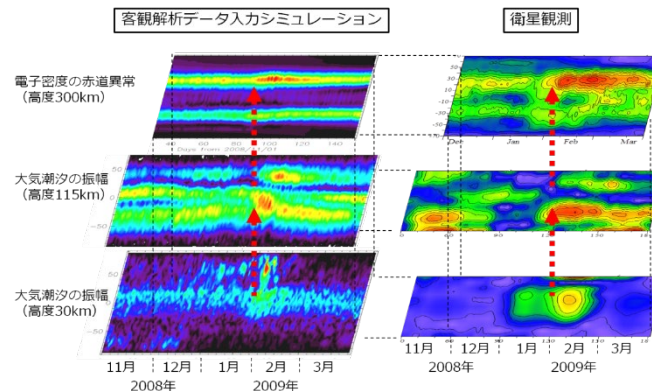
- 未来を知る：シミュレーション技術開発・データ同化
 - 太陽風予測シミュレーションコード (SUSANOO)
 - 磁気圏シミュレーションコード (REPPU)
 - 地表から電離圏を一貫して計算可能なシミュレーションコード (GAIA)



太陽風予測シミュレーションコード (SUSANOO)



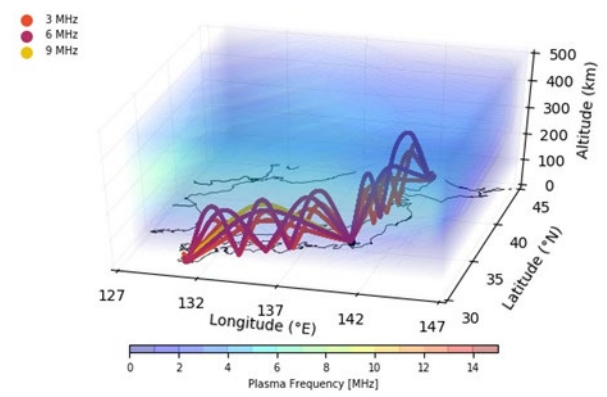
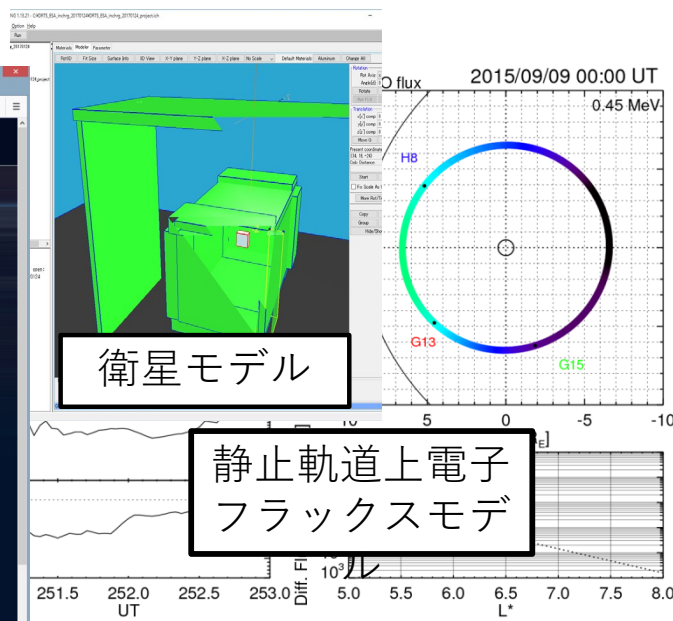
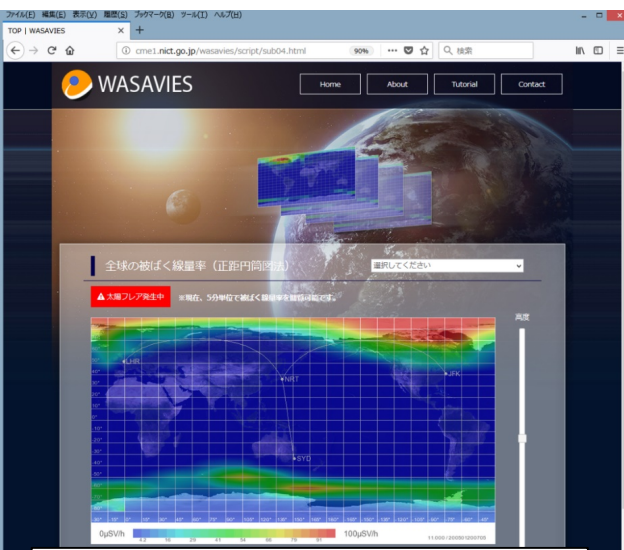
磁気圏シミュレーションコード (REPPU)



電離圏シミュレーションコード (GAIA)

5. 近年の活動の成果

- 要求を知る：ユーザーが必要とする情報の提供・コンテンツ開発
 - 太陽からの高エネルギー粒子による航空機被ばくを推定：WASAVIES
 - 磁気圏嵐のときの個別の衛星に対する危険度を推定：テラーメイド宇宙天気システム (SECURE)
 - 電離圏擾乱のときの電波の伝わり方を推定：電波伝搬シミュレータ (HF-START)



6. 成果展開について:国内展開

- 宇宙天気ユーザーズフォーラム
 - 2003年より毎年1回開催、2021年度に第16回を開催
 - 宇宙天気情報の正しい使い方の講習・啓発活動
 - ゲストスピーカーによる講演
 - 広く一般に制限なく参加可能
- 宇宙天気ユーザー協議会
 - PSTEPにおいて、宇宙天気情報についてユーザーとの双方向コミュニケーションを形成するために2015年に設立。2021年11月までに12回開催。
 - 宇宙天気情報に関するニーズ・シーズマッチングおよび関連アプリケーションのフィードバック等の活動を実施。
 - 各分野で更に発展した検討を行う場合には個別にNDA等を結び対応



第14回宇宙天気ユーザーズフォーラム(2019.11.11)



第8回宇宙天気ユーザー協議会(2020.2.21)

6. 成果展開について：国際展開

- ICAO宇宙天気グローバルセンターの活動
 - 2019年11月7日：ICAO宇宙天気情報サービス開始。日本は豪・仏・加との連合によりグローバルセンターとして活動
 - NICTはセンター間の情報の平滑化、モデルの標準化活動に特に貢献
- 宇宙天気に関する国際活動展開
 - 国連を軸とした展開：UN/COPUOS、ITU、WMO、ICAO
 - 学術団体：COSPAR、URSI、SCOSTEP
 - 米国：“Space Weather as a Global Challenge”への参画
 - 宇宙天気サービスコンソーシアム：ISES
 - アジア・オセアニアでのイニシャティブ：AOSWA



国連宇宙平和利用委員会
(UN/COPUOS)



“Space Weather as a Global Challenge
2018” (2018年7月24日駐米日本大使館)

7. まとめ

- 高精度測位利用や電波利用の広帯域化に伴い、高度なICT社会が実現されつつある。その一方で、自然起源の電磁干渉である大規模宇宙天気現象に対する意識およびその備えは未だ充分とはいえない。
- NICTは長年に渡る宇宙天気情報の蓄積と最先端の観測・シミュレーション技術による「宇宙天気予報精度の向上」を目標として研究開発を続けている。さらにその情報を分かりやすい形で提供するコンテンツ開発を行っている。
- 国内利用者に対しては、「宇宙天気ユーザーズフォーラム」および「宇宙天気ユーザー協議会」の場によりユーザーとのコミュニケーションを深めている。
- 海外については、ICAOにおける宇宙天気情報の配信が開始した。また各国特に東南アジアでの宇宙天気情報の利用が注目されており、この領域でのイニシャティブをとりつつ協力体制を構築している。
- 本検討会において、事業者各位との議論を重ね、我が国にとって役に立つ予警報・情報の適時配信を行いたいと考える。