

### 3.8.3 電磁波計測研究センター 宇宙環境計測グループ

グループリーダー 村田健史 ほか 21 名

#### 宇宙環境監視・予測技術の研究開発：宇宙天気予報を目指して

##### 概要

宇宙環境計測グループでは、安定した電波の利用と宇宙環境の安心で安全な利用のために、宇宙環境監視・変動推定技術に関する先端的な研究開発を行い、成果を宇宙天気予報の精度向上に反映させている。

- (1) 電波伝播障害の研究開発では、東南アジア域において夜間電離層擾乱現象の光学イメージング観測装置の設置・運用の開始、電離圏全電子数マップの Web による公開・提供、南極観測用低電力型観測レーダの新規開発、大規模 3D データプレビューアーの開発を行った。
- (2) 宇宙環境計測・予測技術の研究開発では、STEREO 探査機データを用いた地磁気擾乱予測の検討や太陽活動領域の先行的監視を行った。また、リアルタイム宇宙天気統合シミュレータに関して、モデルの統合化や試験的公開を開始するとともに電離圏全電子数 (TEC) や極域ポテンシャルの経験モデルなどとの比較を実施した。
- (3) その他の成果として、コンピュータシミュレーションと観測データ解析を融合させて皆既日食による電離圏への影響の数値予測を行った。また、科学研究向けクラウド (サイエンスクラウド) の設計と実装に着手した。

##### 平成 21 年度の成果

###### (1) 電波伝播障害の研究開発

平成 21 年度は、夜間電離圏擾乱現象の光学イメージング観測装置の東南アジア域での設置・運用の開始、電離圏観測ネットワークで得られたデータの処理・可視化システムの構築を進めるとともに、他機関との共同研究により衛星電波を使った新たな電離圏観測を開始することを目標として、研究および研究開発を進めた。具体的な成果は、以下のとおりである。

- ① 夜間の電離圏イメージング観測のための光学観測装置の部分試作に関しては、電離層観測棟光学実験室における国内試験運用を終え、平成 22 年 2 月にタイ王国チェンマイ大学シリントン観測所に装置を設置し観測を開始した。装置開発と並行して、光学観測データとイオノゾンデ、GPS などの電波観測データを合わせて解析するための可視化ツールを開発した。これにより、プラズマバブルをはじめとする電離圏じょう乱の発達過程を 2 次元的に観測し、電離圏じょう乱予測技術に必要な研究を推進していくことが可能となった。
- ② 電離圏観測ネットワークで得られた観測データ及び日・米・欧の GPS 網を利用して自動生成した電離圏全電子数マップを、平成 20 年度に構築した NICT の Web サイト上で安定して公開・提供を行った。今後、さらに上記光学観測データを含む NICT 内外の電離圏およびそれに関連するデータを自動収集・公開する仕組みを発展的に構築する予定である。また、横断的なデータ表示・解析のためのデータフォーマットおよびメタデータを策定している。

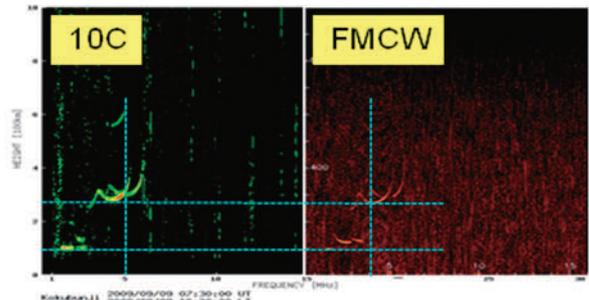


図 1 南極観測用低電力型電離圏観測レーダ新規開発：南極における電離層定常観測の省力化・安定化を目的として、低電力で運用可能な FMCW (周波数変調連続波) レーダを新規開発し、南極へ搬出した。左図は現行の装置によるイオノグラム、右図は新規開発した装置によるイオノグラム

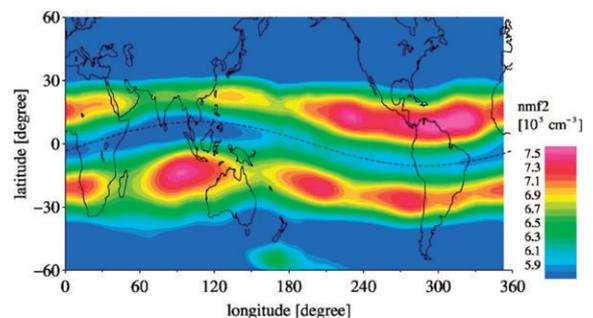


図 2 大気圏 - 電離圏結合モデルの完成：大気圏大気大循環モデル、ダイナモモデル、電離圏モデルが初めてセルフコンシステントにつながられた。図は、大気圏 - 電離圏結合モデルで再現された低緯度電離圏電子密度ピークの構造

- ③ 南極における電離層定常観測の省力化・安定化を目的として、南極昭和基地に高さ40mの電離圏観測用デルタアンテナを建築するとともに、低電力で運用可能なFMCW（周波数変調連続波）レーダを新規開発し、南極での試験を開始した（図1）。
- ④ 観測データやシミュレーションデータなど可視化データの自動CG化アプリケーションを開発し、ユーザが理解しやすい可視化システムを構築した。また3次元シミュレーションデータなど大容量の可視化データでも長時間連続再生が可能な大規模3Dデータプレビューを開発し、シミュレーションによる長期間の宇宙環境の変動を連続的にモニターすることを可能にした。新たなWebサイトを作成し、本活動についての情報発信を強化した。

**(2)宇宙環境計測・予測技術の研究開発**

深宇宙探査機データによる警報の衛星・有人宇宙活動への応用、データ標準化の基礎検討、リアルタイム宇宙天気統合シミュレータの本格運用、シミュレーションの結果と観測データとの比較・検証、リアルタイム観測データなどを活用した宇宙環境情報の提供・データベース化を行うことを目標として、研究および研究開発を進めた。具体的な成果は以下のとおりである。

- ① 深宇宙探査機データを用いた警報の応用として、STEREO探査機データを用いた地磁気じょう乱予測の可能性について検討を行った。また、STEREO探査機データを用いた太陽活動領域の先行的監視について、NASAと連携してリアルタイムの追跡運用を行い、リアルタイムデータの公開に貢献するとともに、数少ない黒点群の観測データを用いた評価を行った。
- ② 電離圏と熱圏の統合モデルの開発に関しては、統合化を達成し、リアルタイム電離圏モデルに組み込んだ（図2）。磁気圏・電離圏結合モデル及び電離圏・熱圏・大気圏結合モデルについては、結合のためのコーディングを進め、初期結果を得た。また、太陽風、電離圏のリアルタイムシミュレーションの計算結果については、磁気圏とともにWebによる試験的な公開を始めた。リアルタイムシミュレーション結果の検証に関しては、電離圏は全電子数（TEC）、磁気圏は極域ポテンシャルの経験モデルなどとの比較を実施した。
- ③ リアルタイムの観測データなどによる宇宙環境情報の提供に関しては、着実に情報提供を行うとともに、提供しているデータや情報のデータベース化に着手した。

**(3)その他の成果**

宇宙環境計測グループでは、次世代型宇宙天気予報を目指した新しい取り組みを始めている。コンピュータシミュレーションと観測データ解析を融合した宇宙天気予報もそのひとつである。この融合技術の検証として、平成21年7月22日の皆既日食による電離圏の影響を事前に数値予測した。22日より前に予測をプレスリリースし、日食後に検証した結果、予測が概ね的中していることを確認した（図3）。また、次世代型宇宙天気研究の基盤として、図4に示す科学研究向けクラウド（サイエンスクラウド）の設計と実装に着手した。サイエンスクラウドでは、大規模分散ストレージ構築とスパコン仮想化、大規模可視化環境などを一元的に利用できるため、新しい科学研究への寄与が期待される。

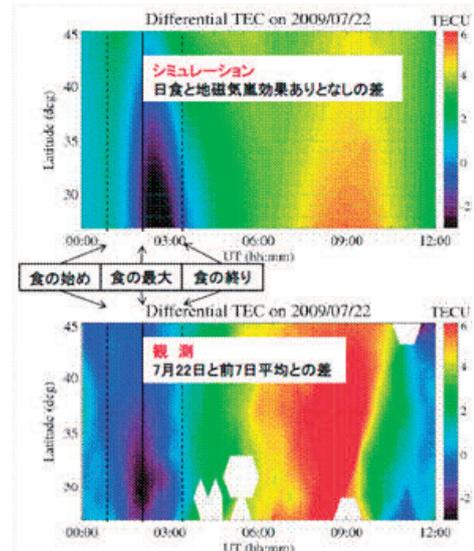


図3 平成21年7月22日皆既日食時の電離圏観測：皆既日食時のGPS全電子数観測の解析を行い、日本全域で全電子数が20-30%低下していることを2次元観測で明らかにした。観測結果は、シミュレーション結果とも定性的に一致している。

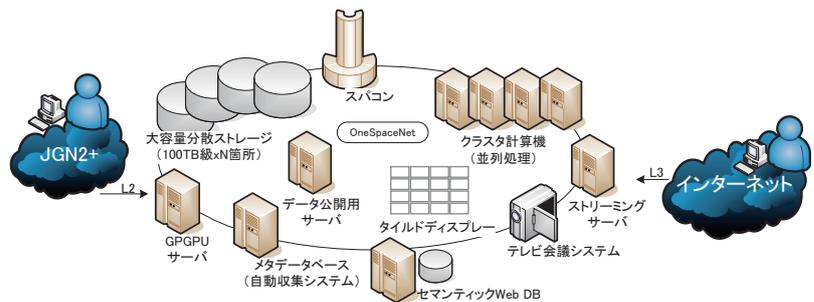


図4 日本初のサイエンスクラウド構築：テストベッド研究推進グループとの協力により日本初の大規模サイエンスクラウドの基盤を構築した（平成22年度から運用開始予定）。