

5-3 JGN II による宇宙天気情報ネットワークの構築

5-3 Space Weather Information Network on JGN II

亘 慎一 村田健史 荻野龍樹 家森俊彦 湯元清文 高橋真理子
信清憲司 木村映善 島津浩哲 北村泰一 北村健太郎 篠原 学
菊池 崇 五十嵐喜良

WATATRI Shinichi, MURATA Takeshi, OGINO Tatsuki, YEMORI Toshihiko,
YUMOTO Kiyohumi, TAKAHASHI Mariko, NOBUKIYO Kenji, KIMURA Eizen,
SHIMAZU Hironori, KITAMURA Yasuichi, KITAMURA Kentaro, SHINOHARA Manabu,
KIKUCHI Takashi, and IGARASHI Kiyoshi

要旨

宇宙天気分野は、太陽、惑星間空間、磁気圏、電離圏という広大な領域にわたる情報を扱うため、分散したデータや研究者をいかに有機的に結び付けて効率的に研究を進めていくかということが大きな課題の一つである。高速のネットワーク JGN II を活用した一つの試みを紹介する。

The space weather covers information over a vast area such as the Sun, interplanetary space, magnetosphere, and ionosphere. It is a problem how to handle distributed databases of various data and how to communicate among distributed researchers. This report introduces one attempt to use high-speed network JGN II.

[キーワード]

宇宙天気, 4次元可視化, グリッド, 国際デジタル地球年 (eGY)

Space weather, Visualization of 4-dimension data, Grid, electrical Geophysical Year (eGY)

1 まえがき

インターネットの普及は、衛星や地上の観測データがほぼリアルタイムで利用できるようになるなど宇宙科学分野における研究のスタイルを変えつつある。一方、太陽から地球の超高層大気までを対象とする宇宙天気は、太陽、惑星間空間、磁気圏、電離圏という広大な研究領域をカバーしており、それに携わる研究者も多岐にわたっている。このため、地上観測や衛星観測による様々な観測データ組みを合わせた解析、シミュレーションとの比較などを行うためには、分散したデータベースや研究者をいかに有機的に結合して効率的に研究を進めていくかというのが大きな課題の一つである。

本報告では、3次元可視化情報の共有、大量の

観測データの相互交換による総合解析と解析結果の発信、TV 会議システムを用いた宇宙天気に関するリアルタイム研究情報交換など高速ネットワーク JGN II を活用した宇宙天気分野における試みについて述べる。

2 JGN II を利用した実験例

図 1 に示す宇宙天気関連の名古屋大学太陽地球環境研究所、京都大学地磁気世界資料解析センター、愛媛大学総合情報メディアセンター、九州大学宇宙空環境研究センター、山梨県立科学館と NICT 宇宙天気予報センターの 6 機関を結んで実験を進めている。

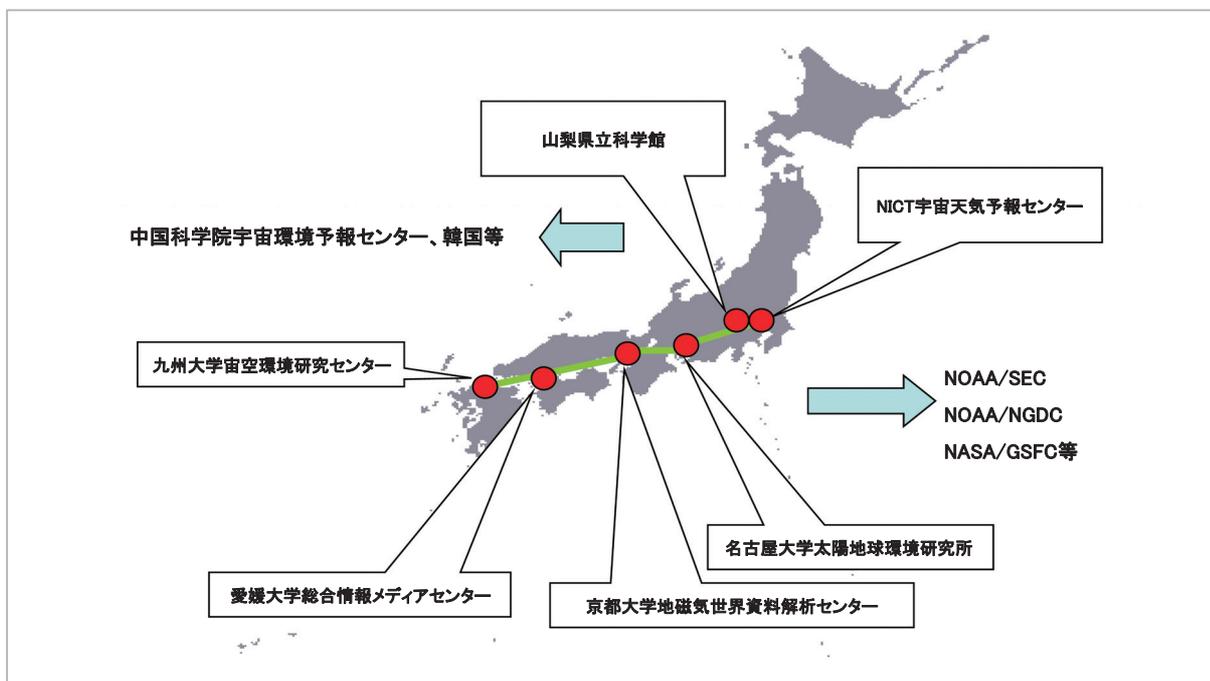


図1 JGN II による宇宙天気関連機関の接続

2.1 科学館との実験例

宇宙天気に関する啓もう活動として、2005年7月2日に山梨県立科学館、愛媛大学総合情報メディアセンターとNICTの宇宙天気予報センターをJGN IIで結んで、「宇宙天気予報って何？ ～太陽からオーロラまで～」というタイトルで講演会を実施した。このイベントには、高校生・大学生を中心とした約100名が参加した。講演だけではなく、宇宙天気予報官による予報の配信実験を実施した。イベントは図2に示したような構成により行った。講演及び宇宙天気予報官による予報の実演は、圧縮率の高いコーデックのXVD[1]を使用してストリーミング配信し、NICTに多地点接続装置(MCU)を設置して、H.323規格のTV会議システムによりNICTと山梨県立科学館及び愛媛大学総合情報メディアセンターの三地点でインタラクティブな講演ができる環境を構築した。XVDによる配信は圧縮率が高いがコーディング及びデコーディングのためにタイムラグが1から1.5秒生じてしまうのが欠点であるが、H.323規格のTV会議システムに比べて高品質な映像を送ることができた。図3にイベントの実施状況を示す。

2.2 宇宙天気現象報告会での実験例

NICT、九州大学、名古屋大学太陽地球環境研

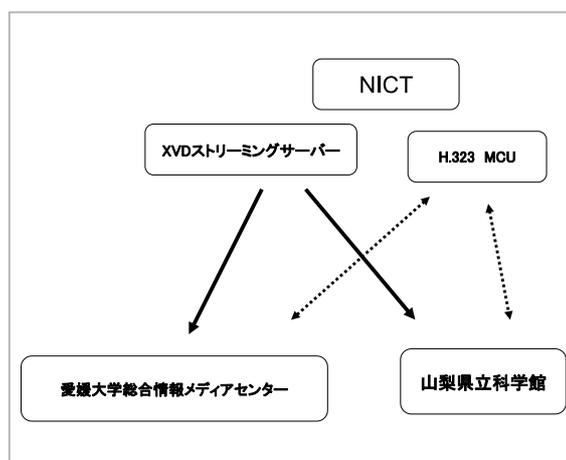


図2 イベント時の接続図

究所が主催して、宇宙天気現象報告会を年2回開催している。この現象報告会では、直近の半年間に発生した宇宙天気現象について、表1に示すような太陽、惑星間空間、磁気圏、電離圏にわたる様々なデータを参照していろいろな観点から検討を行うものである。2005年8月3日にNICTで開催した「平成17年度第1回宇宙天気現象報告会」において、名古屋大学太陽地球環境研究所、京都大学地磁気世界資料解析センター、愛媛大学総合情報メディアセンター、九州大学宙空環境研究センターの5機関を結んで実施した。この実験では、図4に示したようにNICTに多地点接続装置



図3 イベントの実施状況。山梨県立科学館の会場(左上)、愛媛大学総合情報メディアセンターの会場(右上)、NICTの宇宙天気予報センター(下)。

表1 宇宙天気現象報告会で使われるデータ

観測領域	観測項目	報告機関
太陽	黒点、H α 、コロナ、太陽表面磁場	国立天文台 京都大学飛騨天文台
	太陽電波	国立天文台野辺山太陽電波観測所
惑星間空間	太陽風シンチレーション	名古屋大学太陽地球環境研究所
	宇宙線	名古屋大学太陽地球環境研究所 信州大学
磁気圏	地磁気変動 地磁気脈動	気象庁地磁気観測所柿岡 情報通信研究機構 東北大学女川観測所 東海大学
	地磁気指数	京都大学地磁気世界資料解析センター
電離圏	イオノゾンデ	情報通信研究機構
	HF ドップラー	電気通信大学 同志社大学
	全電子数 (TEC)	京都大学生存圏研究所 情報通信研究機構
	大気光	名古屋大学太陽地球環境研究所

(MCU)を設置して、H.323規格のTV会議システムにより各機関を結んだ。この研究会では、表1に示したような太陽から地球の超高層大気までの多くのデータを扱い、それらを見ながら検討を行うため、MCU方式のシステムでは多地点接続で、

画面の分割数が多くなるとデータが見つらくなるなど不十分な点があり、今後、アクセスグリッドの遠隔プレゼンテーション支援機能などの活用も検討する必要があることが分かった。

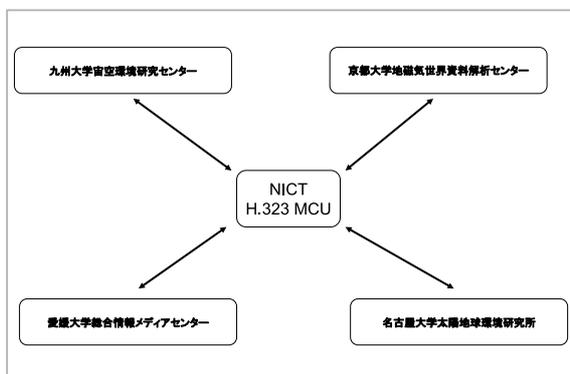


図4 宇宙天気現象報告会での接続図

3 今後の計画

3.1 4次元可視化

空間 3 次元データについて時間軸を含めて 4 次元可視化を行い、高速ネットワーク環境により 3 次元の視点を共有して研究者が連携して解析を行うことにより、新たな知見が得られることが期待される。特にシミュレーションでは、計算結果をどのように理解するかということが重要であり、いろいろな視点で計算結果を見ることが出来る 3 次元可視化は重要な解析手段の一つとなっている。また、4 次元可視化は、難しい計算結果を分かりやすく一般の人に伝えるという意味でサイエンスの啓もうにも重要である。これまで NICT では偏光方式の 3 次元表示装置を用いて国際標準電離層 (IRI) モデルによる超高層大気中の電子密度の 3 次元分布の表示などを実施してきている [2]。天文の分野においても、国立天文台が中心となって「4 次元デジタル宇宙プロジェクト」として、観測データやシミュレーション結果を用いた天体や天体現象の 4 次元可視化が試みられている [3]。現在、NICT では、スーパーコンピュータを用いて磁気圏の 3 次元磁気流体 (MHD) シミュレーションをリアルタイムで実施して宇宙天気予報に活用している [4][5]。愛媛大学総合情報メディアセンターでは、このシミュレーション結果を使った 3 次元可視化の研究 [6][7] を NICT と共同で進めている。宇宙天気において、図 5 に示したような 3 次元可視化の結果 [6][7] を高速ネットワークによりリアルタイムで配信することによって時々刻々と変動する磁気圏内の状態について、より詳細な状況が把握できると期待される。

3.2 グリッド

「グリッド」は、ネットワーク上の様々な計算・情報資源に柔軟にアクセスするためにネットワークを利用する技術である [8][9]。特に分散しているストレージを高速ネットワークで連携させ、あたかも一つの巨大なストレージのように見せたり、複数の異なる構造のデータベースを連携させて仮想的に一つのデータベースのように見せたりするような技術は「データグリッド」と呼ばれている。太陽から超高層大気までの広範な領域をカバーする宇宙天気ではこのような技術の導入により、データ検索を効率よく行えるようになり研究の効率化が期待できる。天文の分野では、現在、データベースのプロトコルの標準化などにより、世界中の天文データベースの連携を実現させようとする「バーチャル天文台」というプロジェクトが進みつつあり、これまでに蓄積された多量の観測データの中から新たな発見がなされることが期待されている [10]。

「アクセスグリッド」は、米国のアルゴンヌ国立研究所が始めたプロジェクトで、ビデオ会議システムを拡張し、ファイルやアプリケーションの共有が容易に実現できるようにしたものである [8][9]。IP マルチキャストと広帯域のバックボーンを用いることにより、高いスケーラビリティを実現している。図 6 に示したように、現在多くの TV 会議システムが採用している標準規格 H.323 は、一対一のビデオ会議のための規格であるため、多地点の接続を行うためには多地点接続装置 (MCU) が必要になり、映像の編集は、MCU 側の拠点によりコントロールされる。一方、アクセスグリッドでは、IP マルチキャストを使用しているため、各拠点で、映像の編集を行うことができる。また、アクセスグリッドでは、DPPT (Distributed PowerPoint) による多地点へのプレゼンテーションの同時配信、Shared Browser による Web ブラウザの制御など遠隔プレゼンテーションを支援する機能が多数盛り込まれている。分散する宇宙天気分野の研究者を有機的に結び付け研究連携を進めるために、このような技術の活用が期待される。

3.3 宇宙天気分野における国際的な e サイエンスのキャンペーン

1957-1958 年に国際地球観測年 (International

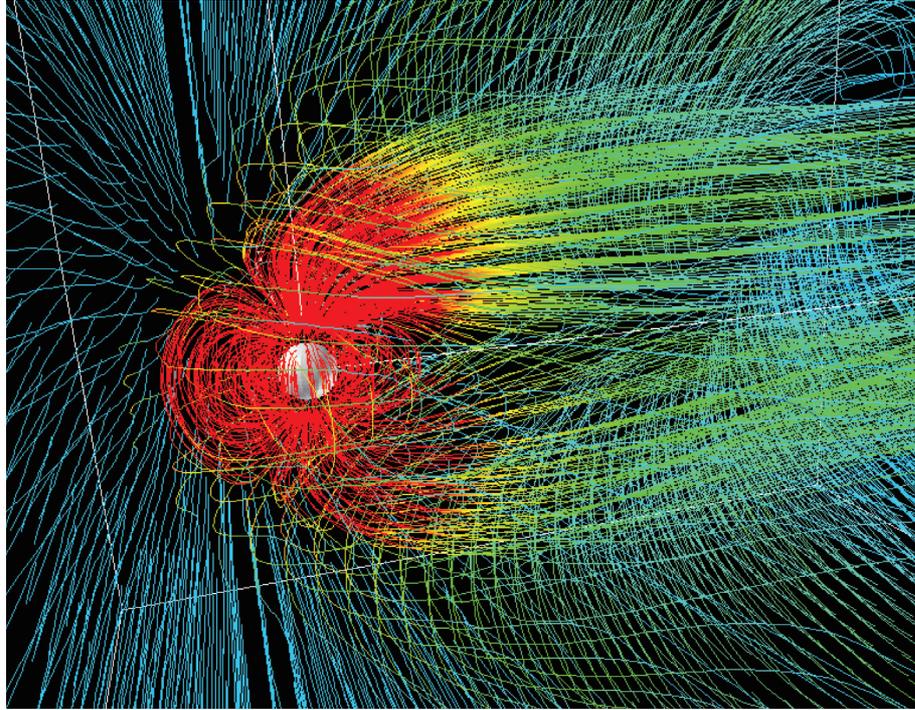


図5 磁気圏のシミュレーション結果の3次元可視化の例 [6] [7]

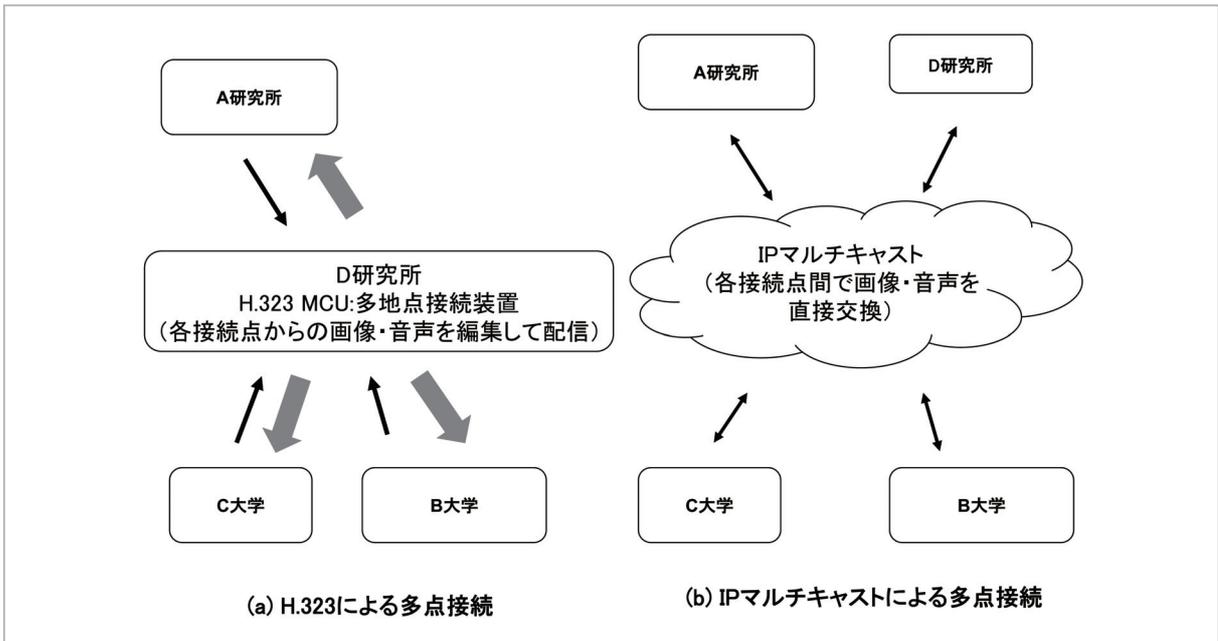


図6 H.323 とアクセスグリッドによる多地点接続の違い

Geophysical Year) と呼ばれる国際的なキャンペーン観測が行われ、世界的な地磁気や宇宙線などの観測網やデータセンターの整備が行われた。このとき、図7に示すような国際的なネットワークを持つ現在の国際宇宙環境サービス (ISES) は、国際

的な共同観測を成功させるための情報交換の役割を担った。しかしながら、現在のように高速なネットワークがなかったため、観測されたデータから必要なパラメータを読み取り、URSIGRAM というコードにして、テレックス網を利用してデー

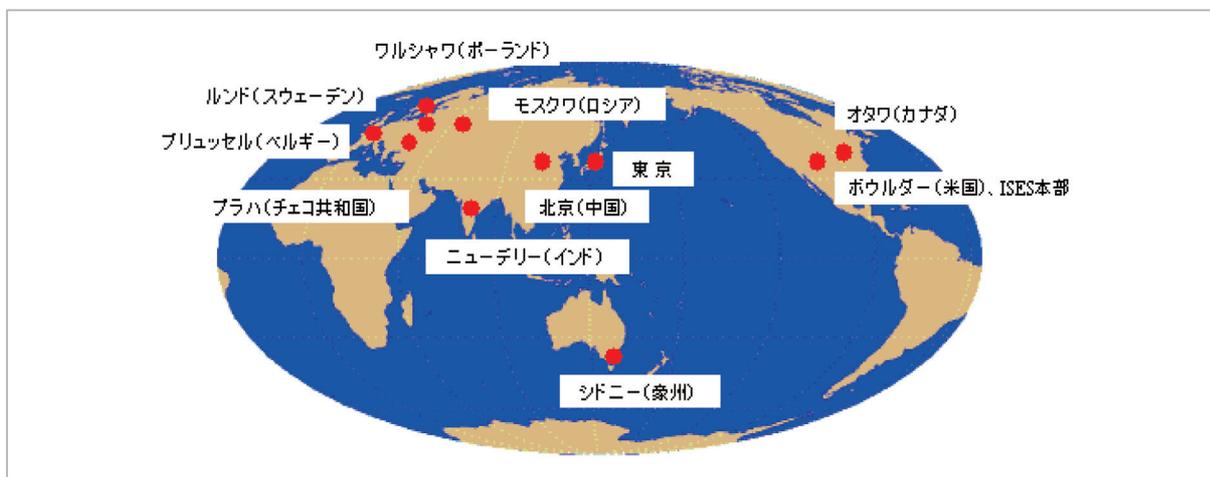


図7 ISESの宇宙天気予報センター

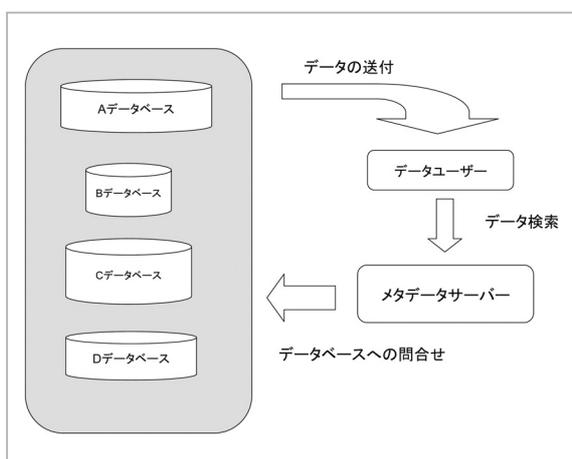


図8 国際デジタル地球年(eGY)の概念図

データの交換が行われた。

国際地球観測年(IGY)の50周年を記念して、表2に示したような様々な国際的キャンペーンが予定されている。国際測地地球物理連合(International Union of Geodesy and Geophysics)は、国際デジタル地球年(eGY: electronic Geophysical Year)というキャンペーンを計画している[11]。50年前にくらべて格段に進歩した情報通信技術(ICT: Information and Communication Technology)を駆使することにより、新たなブレークスルーを得ようというのが一つのねらいである。例えば、どのようなデータがどこにあるのが瞬時に分かるデータの検索システムの構築などがプロジェクトとして考えられている(図8参照)。このほか、メタデータの作成、これまでのアナロ

表2 国際地球観測年(IGY)の50周年を記念したキャンペーン

キャンペーン名	期間
国際デジタル地球年 electronic Geophysical Year (eGY)	2007-2008年
国際太陽圏年 International Heliophysical Year (IHY)	2007年
国際極年 International Polar Year (IPY)	2007-2008年
国際惑星地球年 International Year of the Planet Earth (IYPE)	2005-2007年

グデータのデジタル化なども計画されている。表2に示したeサイエンスのキャンペーンの中でJGN IIによる宇宙天気情報ネットワークの貢献が期待されている。

4 むすび

宇宙天気の分野は天文の分野などに比べて高速ネットワーク環境の活用が遅れている面がある。我々の活動が宇宙天気分野の高速ネットワーク活用の進展に資することを期待している。

謝辞

実験にご協力いただいた三宅互氏(NICT)、竹本季史氏(日立)、小野崇氏(日立)、村上宏之氏(山梨県庁)、松下真人氏(山梨県立科学館)に感謝いたします。

参考文献

- 1 <http://xvd.bha.co.jp/>
- 2 S.Watari, I.Iwamoto, K.Igarashi, M.Isogai, and Y.Arakawa, "3-D visualization of the IRI model", *Adv. Space Res.*, Vol.31 No.3, 781-783, 2003.
- 3 小久保英一郎, 林満, 加藤恒彦, 武田隆顕, 海部宣男, 観山正見, 三浦均, 高幣俊之, "4次元デジタル宇宙プロジェクト", *IPSJ magazine*, Vol.45 No.12, 1229-1233, 2004.
- 4 田光江, "世界で初めてリアルタイム地球磁気圏シミュレーションの開発に成功", *NICT NEWS*, No.341, 1-2, 2004.
- 5 武井利文, 田光江, 田中高史, 天羽宏樹, 小原隆博, 島津浩哲, "SXを活用したリアルタイム数値宇宙天気予報システムの開発", *NEC 技報*, Vol.58 No.4, 53-57, 2005.
- 6 村田健史, ヌルディヤナ・ガーニ, 橋本弘蔵, 松本紘, 荻野龍樹, "バーチャル地球磁気圏システムの提案", *電子情報通信学会論文誌(B)*, Vol.J87-B, No.2, 309, Feb.2004.
- 7 K.T.Murata, K.Yamamoto, D.Matsuoka, E.Kimura, H.Matsumoto, M.Okada, T.Mukai, J.B.Sigwarth, S.Fujita, T.Tanaka, K.Yumoto, T.Ogino, K.Shiokawa, N.A.Tsyganenko, J.L.Green, and T.Nagai, "Development of the Virtual Earth's Magnetosphere System (VEMS)", *Advances in Polar Upper Atmosphere Research*, 2005 (in print).
- 8 伊藤智, "グリッドコンピューティングの技術動向", *IPSJ Magazine*, Vol.44 No.6, 576-580, 2003.
- 9 グリッド研究センター編, "グリッド", 丸善, Mar.25, 2004.
- 10 白崎祐治, "世界中の天文データベース連携を実現するバーチャル天文台", *IPSJ magazine*, Vol.45 No.12, 1219-1224, 2004.
- 11 D.N.Baker, C.Barton, A.S.Rodger, B.Fraser, B.Thompson, and V.Papitashvili, "Moving Beyond the IGY: The Electronic Geophysical Year (eGY) Concept", *EOS*, Vol.85 No.11, 105, 2004.



菅 慎一

電磁波計測部門宇宙天気システムグループリーダー 博士(理学)
太陽地球系物理学



村田健史

愛媛大学総合情報メディアセンター助教授 博士(工学)
情報ネットワーク、宇宙情報工学、福祉情報工学

荻野龍樹

名古屋大学太陽地球環境研究所教授 工学博士
宇宙プラズマ物理

家森俊彦

京都大学大学院理学研究科教授 理学博士
太陽地球系物理学、地球電磁気学



湯元清文

九州大学宙空環境研究センター長 理学博士
太陽地球系物理学

高橋真理子

山梨県立科学館
科学教育

信清憲司

山梨県立科学館事業課天文担当主事

木村映善

愛媛大学総合情報メディアセンター情報基盤部門助手 博士(医学)
医療情報学



島津浩哲

電磁波計測部門シミュレータグループ主任研究員 博士(理学)
宇宙天気



北村泰一

総合企画部国際連携室
次世代インターネット運営



北村健太郎

電磁波計測部門宇宙天気システムグループ専攻研究員 博士(理学)
太陽地球系物理学



篠原 学

元電磁波計測部門宇宙天気システムグループ専攻研究員(現九州大学助手) 博士(理学)
太陽地球系物理学



菊池 崇

元電磁波計測部門研究主管(宇宙天気担当)(現名古屋大学太陽地球環境研究所教授) 理学博士
太陽地球系物理学



五十嵐喜良

総合企画部国際連携室長
超高層大気物理学、電波工学