10-MD04

グリッドデータファームによる大規模分散ストレージの構築とサイエンスクラウド技術の研究

村田 健史（独立行政法人情報通信研究機構）

概要　独立行政法人情報通信研究機構（NICT）では実用性を重視したクラウドコンピューティング環境（NICT 宇宙天気クラウド）の構築を進めている。NICT 宇宙天気クラウドでは日本全国のスパコンおよび解析可視化環境としての WS に隣接してディスクサーバを設置し、それらを JGN2plus で超高速接続するとともに、グリッドデータファーム（Gfarm v2）によって大容量ネットワーク分散仮想ストレージを構築する。スパコンから出力されたデータは JGN2plus を介して仮想ストレージへ自動転送される。現在、NICT 小金井本部、大手町ネットワーク研究統括センター、沖縄亜熱帯計測技術センター、大阪大学サイバーメディアセンターの 4 箇所に、合計 16 台のディスクサーバを設置し、物理容量 420 Terabyte 相当の仮想ストレージを構築、運用している。また名古屋大学情報基盤センターのスパコンとの接続も進めている。これらディスクサーバは NICT、大阪大学のスパコンと接続しており、その出力が自動的に仮想ストレージ上へ転送されるシステムも完成し、実際のシミュレーションにおける動作試験を行っている。

1.　研究の目的と意義

1）研究目的

NICT 宇宙天気クラウドは、独立行政法人情報通信研究機構(NICT)の JGN2+テストベッドネットワーク上に構築されたシステムである。ネットワーク上には、データ処理用の WS 以外に、複数のスパコン、WS、ストレージ、各種商用および専用アプリケーション、TDW（タイルドディスプレー）などの可視化デバイスなど、大規模データ処理に必要なあらゆるホストが接続される。さらに、NICT 宇宙天気クラウドを国内の主要大学に L2 ネットワークで接続することで、研究者が直接リソースを利用できるインサイド型のクラウドコンピューティング環境を提供する。これらのリソースは、（JGN2＋による高速接続と比較するとパフォーマンスは落ちるものの）、インターネット上からも SaaS、PaaS、HaaS として一般のクラウドサービスと同様に利用できる。

これにより、（１）研究者は、安価な端末を JGN2+に接続するだけであらゆる研究リソースを利用できる環境を手に入れることができる、（２）NICT 宇宙天気クラウド内部で複数の研究者が仮想ラボを作り、情報共有（リアルタイムコミュニケーションを含む）を行うことができる、（３）NICT 宇宙天気クラウド内で行った研究活動（の一部）を、研究成果のサービスとして、Web 等を通じて外部に提供することができる。

これまで、大学等の情報基盤センターが運用する計算資源は、それぞれが独立したストレージを有するが、利用者は、それぞれの情報基盤センターごとに利用申請を行う必要がある。そのため、数値シミュレーションのための入力データや結果として得られたデータを他の情報基盤センターの計算資源から参照するためには、その都度利用者が明示的に手動で転送しなくてはならなかった。手動操作によるシミュレーションへの介入は、シミュレーションに遅延を与えるばかりでなく、広帯域高遅延ネットワークを介したデータ転送の待ち時間が利用者の時間を束縛することとなり、双方の面から研究活動に遅滞を与えている。

グリッドデータファームを用いた大規模分散ストレージを構築することにより、計算シミュレーション結果を逐次的に参照することが可能となり、自律的なシミュレーション・ワークフローの記述が行える。それと同時に、シミュレーションが終了し、データがすべて出力される時間に拘束されることなく、パイプライン型の研究遂行が可能となる。

本研究では、NICT 宇宙天気クラウドへの計算資源提供を課題として、それに必要なデータフローを実現するための環境構築と関連するミドルウェアの開発を行う。

2）研究の意義

本研究は、宇宙天気分野を対象とした実運用に耐えるデータグリッド環境を構築・運用することによって、当該分野のみならず、日本国内の e-サイエンス研究の促進に貢献するものである。

NICT 宇宙天気クラウドは、おもに宇宙天気分野を対象として構築しているが、そのモデルはあらゆる科学分野へ応用が可能である。これまで、科学研究分野では、スパコンによる大規模シミュレーション、大規模観測データ解析などが、独立に行われてきた。たとえば、インターネット（SINET）を経由して大阪大学のスパコンにログインし、ジョブを投入する。ジョブ完了後に出力データを FTP などで自らのディスクにダウンロードし、データ処理（可視化）を行う。計算規模が大きい場合には、ジョブ投入からデータ解析が終わるまで、一つのジョブにつき１カ月程度かかることも珍しくない。また、シミュレーション規模が大きい場合には、ストレージ、データ処理・可視化用ハイスペック WS が必要なだけではなく、大規模可視化データのプレビュー環境なども必要となる。これらをすべて、一人（または数人）の研究者が有するのは、予

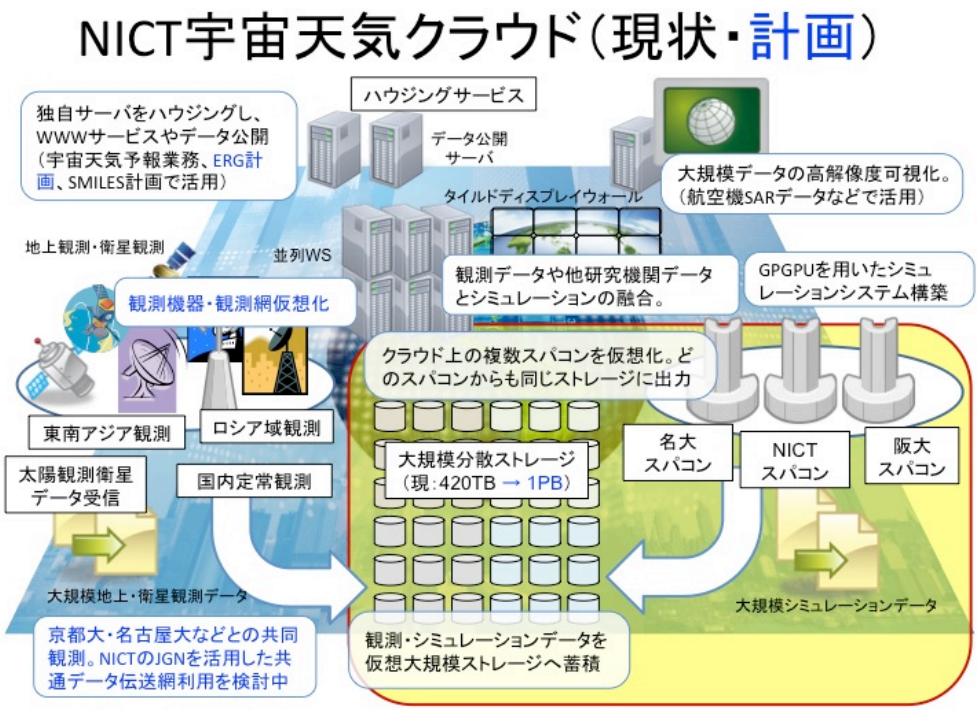

図１　宇宙天気クラウドのイメージ。観測所やスーパーコンピュータからのデータを格納するための大規模分散ストレージを用意し、さらにそのデータの解析や可視化を行うためのデバイスも同じネットワーク空間上に置くことで、宇宙天気研究向けの仮想研究環境を実現することを目標としている。

算的にも、環境構築・維持運営の点でも難しかった。

しかし、NICT 宇宙天気クラウドにより、これらの研究手法は劇的に変わる。ユーザは、JGN2+経由（高速）またはインターネット経由で NICT 宇宙天気クラウドに L2 接続（または L3 や VPN 接続）するだけで、NICT 宇宙天気クラウドの豊富なリソースを利活用できる。

図１に示すように、NICT 宇宙天気クラウドには複数のスパコンがストレージ接続されており、シミュレーションを実行すると、ジョブ出力データは、オンタイムで NICT 宇宙天気クラウドの分散ストレージに転送される。（したがって、ユーザは、ジョブが完了してから全データを転送するのではなく、ジョブ継続中に、完了したデータから解析や可視化を行うことができる。）データファイル転送と可視化を連動することにより、シミュレーションと可視化のパイプライン処理も可能であり、これにより、大規模シミュレーションのジョブ終了が全時間ステップのシミュレーションデータの可視化処理終了とほぼ一致することになる。出力された可視化データは、やはり NICT 宇宙天気クラウドに用意された大規模可視化データプレビューアや、TDW により表示することができる。

大学等の情報基盤センターにおいては、主にセキュリティ上の要請から、これまで FTP や SCP による対話型のファイル転送による不便は避けられないものであった。本研究を通じてデータグリッド技術を導入し、業務としてのサービス・スタイルを確立することによって、これまでのセキュリティ基準は維持したまま、シングルサインオンやネットワーク型ファイルシステムとしてローカル・ストレージを提供可能とすることによって、利用者の利便を高め、ひいては研究遂行における生産性を高めることに貢献する。

2.　当拠点公募型共同研究として実施した意義

(1) 共同研究を実施した大学名
大阪大学、名古屋大学

(2) 共同研究分野
大規模情報システム分野

(3) 当公募型共同研究ならではという事項など

当公募型共同研究の中で本システムを導入することで、目的に応じて NICT とその他のセンターのスパコンを使い分けることができ、且つ、出力されるデータは全く同じ Gfarm ストレージ上に保存することが可能である（したがって、並列可視化環境はどちらのデータにもそのまま利用できる）。NICT 宇宙天気クラウドの特徴は、このように、スパコンを使い分けるがポスト処理環境はどのデータにも利用できる点である。

情報基盤センターは、セキュリティ上の要請でアクセスポイントを制限するために FTP や SCP による対話型のファイル転送を利用者自身が行う必要があった。計算資源が高性能化を果たす一方で、セキュ

リティの要請で利用者に課せられる利用上の不便さが増し、入出力データのハンドリングに伴う煩わしさから研究遂行上の生産性を損ない、それは利用者を減らす一員ともなっている。本研究を通じてデータグリッド技術を導入し、業務としてのサービス・スタイルを確立することによって、これまでのセキュリティ基準は維持したまま、シングルサインオンによる認証やネットワーク型ファイルシステムとしてローカル・ストレージを提供可能とすることによって、利用者の利便を高め、研究遂行における生産性を高めることが可能である。

3. 研究成果の詳細

本プロジェクトは、JGN2plus をベースとしたサイエンスクラウド（とくにストレージ）の実装を行うことである。サイエンスクラウドは、①広域分散ファイルシステム、②スパコン仮想化、③大規模可視化の３つから構成する。

①については、分散ファイルシステムミドルウェアである Gfarm v2 により約 420TB の分散ストレージを実装した。分散ストレージは、小金井、大手町、沖縄、大阪の 4 拠点に分散して配置されている。分散ストレージでは、各クライアントノードのメタデータベースへのアクセス速度、各クライアントノードからファイルシステムノードへのファイルアクセス速度などの実用上の実行速度とデータファイルの冗長性、メタデータベースの冗長性などの冗長性が重要である。前者については、上記の 420TB の分散ストレージシステム構築後に、基本的な試験を行った。ばらつきはあるものの、ファイルシステムノードおよびクライアントノードがともに小金井にある場合は、平均 80MB/sec 程度が達成されており、これは本システムの eSATA での読みだし速度と同程度である。一方、小金井のクライアントノードが大阪や沖縄のファイルシステムノードにファイルを読みだした場合は、eSATA のファイル I/O を達成できないことが分かる。これは、Gfarm のデータ通信のための遅延が原因である。（なお、JGN2plus では、小金井-大阪間は 10Gbps、小金井-沖縄間は 1Gpbs であるため、この影響（差異）も無視できない。）これらを考えると、分散ファイルシステムを用いてデータ処理を行う場合には、クライアントノードとファイルシステムノードの距離が一定内になるようなクラスタリングが必要となる。現在、この仕組みについて検討中である。

②については、NICT と大阪大学サイバーメディアセンターの２つのスーパーコンピュータ（SX-8 および SX-9）の仮想化を行った（図１）。これらのスパコンは、直接、JGN2plus に接続できないため、計算結果を上記①のストレージに出力することはできない。そこで、本年度は、スパコンが有する FC（Fiber Chanel）のスイッチに JGN2plus とブリッジするデータ転送用計算機を取り付けた。このブリッジ計算機は、FC と 10GbE を有しており、FC によるスパコンストレージを常時モニターしている。特定のディレクトリ（/user/gfarm など）にファイルが追加された場合に、そのファイルを自動的に①の分散ストレージ上に転送する仕組みである。これにより、NICT または大阪大学のどちらのスパコンで計算した結果も、同じ仮想ストレージ（Gfarm ストレージ）上に出力される。これにより、計算時にスパコンを選ばないだけではなく、CPU が空いているスパコンにジョブ投入ができるため、負荷分散も期待できる。また、複数のスパコンに対してデータ解析環境を一元化できるため、データ解析の効率化が期待できる。

③の大規模可視化については、上の①および②の環境を活かして、大規模データの可視化を行う。具体的には、NICT の宇宙環境計測グループが行っているリアルタイム地球磁気圏シミュレーションデータの超高時間分解能可視化や３次元可視化の CG 化などを試みた。これは、NICT の別の研究推進ファンド（科学情報可視化プロジェクト）との共同テーマとして

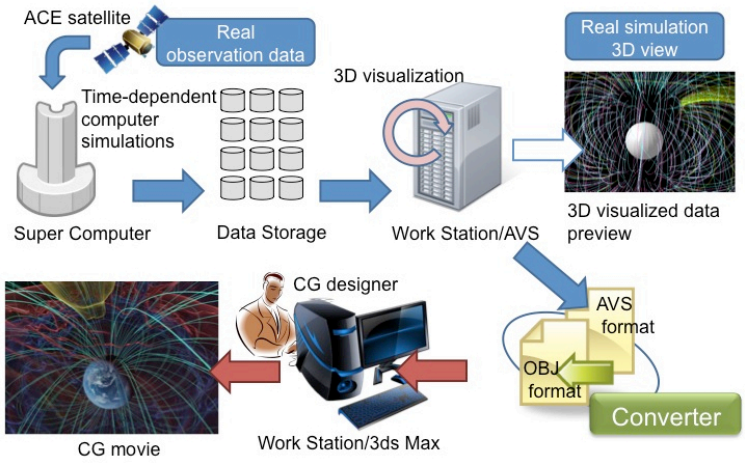

図２　NICT 宇宙天気クラウドの中で、スパコンを用いたシミュレーションを実行し、その結果を可視化し、CG コンテンツにするまでの流れ。

行ったものである。図２は、磁気圏シミュレーションデータを、NICT 宇宙天気クラウド環境内で可視化し、TDW（タイルドディスプレー）などに表示するまでの流れを示している。

磁気圏シミュレーション可視化は、国立極地研究所および統計数理研究所において研究開発されたバーチャルオーロラシステムをNICTにおいて大規模データ可視化用に改良したものである。具体的には、３次元可視化データを自動的に FBX 形式に変換するツールの開発を行った。これにより、コンピュータシミュレーションのCG化が低コストで実現できるようになった。

4. これまでの進捗状況と今後の展望

NICT 宇宙天気クラウドでは、高分解能データの保管や処理を行うための数百 Terabyte～数 Petabyte サイズの容量を有するネットワーク分散ストレージを構築している。市販の機材の組み合わせによりストレージサーバを構築することで 1 Terabyte 当たり 1 万円程度の低コスト化を図っており、またネットワーク分散ファイルシステムの実装に Gfarm v2 を用いることで高い拡張性と安定性を保っている。2009 年 10 月より試験運用を行っているこのストレージの容量は 2010 年 12 月現在、420 Terabyte であり、今後も増加する予定である。したがって、格子点数512の３乗 以上の高分解能データもこのストレージ上に十分収納することが可能である。

平成 22 年度は、大阪大学サイバーメディアセンターのスーパーコンピューターのディスクの一部とネットワーク分散ストレージとを JGN2plus で接続すると共に、データの自動転送システムの構築を行った。その結果、図２に示すような形で計算から解析までを実施することが可能となった。スーパーコンピューター上での計算は従来通りに行い、その出力先をファイル転送用の特定のディレクトリに指定する。データはディレクトリ階層を保持したまま JGN2plus を介して自動的にネットワーク分散ストレージ上へと転送される。本ネットワーク分散ストレージは NFS 等と同様に解析用サーバから一般的なコマンドやプログラムでアクセス可能であるため、転送後のファイルの解析は従来通りに実施することが可能である。ただし、現行のシステムはスーパーコンピューターのディスクからネットワーク分散ストレージへの一方的な同期のみに対応しており、その前提での利用となる点に注意が必要である。

転送速度計測のための予備的実験として、格子点数 512 の 3 乗のデータを大阪大学サイバーメディアセンターのスーパーコンピューターからクラウドストレージへと転送したところ、1 日当たり 1.7 Terabyte のデータを転送できることが確認された（図３）。これにより、構築した環境は従来の 10 倍程度の転送速度を有していることが示されており、シミュレーションのデータの格子点数を 512 の 3 乗程度とした場合でも、スーパーコンピューター上で計算されたデータを、解析用ワークステーションから体感的に即座に扱うことが可能であることを示している。

現在、NICT 宇宙天気クラウドを用いた実際のシミュレーション研究を行い、システムの確認を進めている。一例として、太陽観測衛星「ひので」衛星が観測したフレア６時間前の磁場データを用いて３次元の磁場計算を実施した（文献[1].[2]）。計算の規模として格子点 128×128×64 から 512×512×256 までのテストを行っている。図４に、太陽活動領域

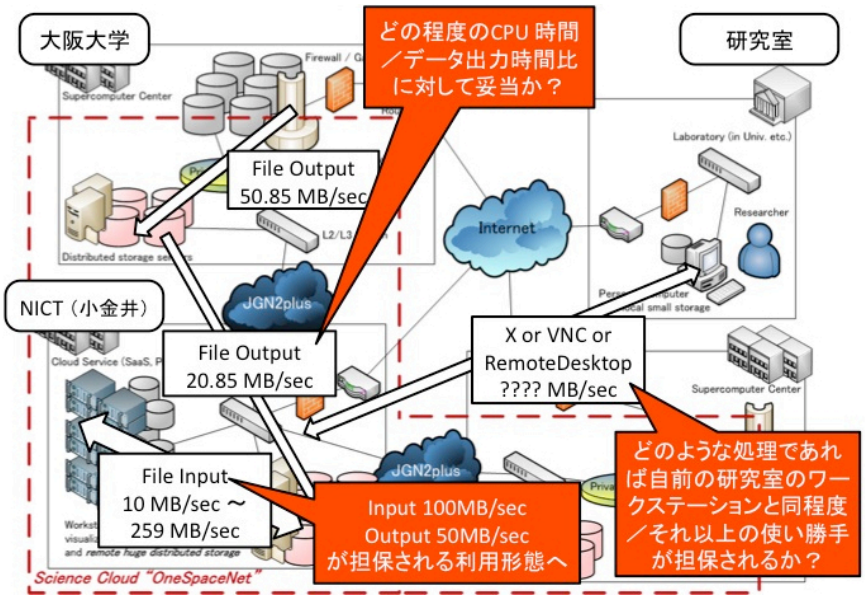

図３ NICT 宇宙天気クラウドのネットワーク構成における通信速度の計測値（2010 年 12 月現在）と今後の課題

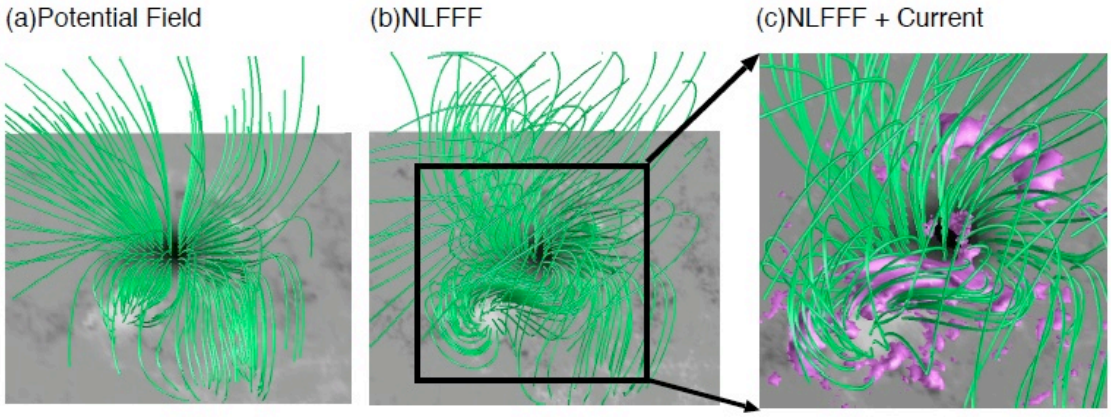

図４　クラウドを利用したシミュレーション研究例。(a) 光球面の鉛直磁場成分から計算されたポテンシャル磁場。緑色の線は磁力線を表している。(b) 光級面の磁場 3 成分を用いて計算されたフォースフリー磁場(NLFFF)。(c) b の拡大図。紫の等値面は強い電流領域を表している。(文献[1],[2])

NOAA10930 の３次元磁場構造の計算と解析を行った結果の一例を示す。本研究の中で高速データ転送と宇宙天気に最適化された解析環境の動作確認を行った。「ひので」衛星は光球面の磁場データを 1000×512 の解像度で提供されており、このデータを最大限に活かした 3 次元計算では 1000×512×512 程度の格子点が必要となり、今後は、このレベルでの動作確認を行う予定である。

NICT 宇宙天気クラウドは、さまざまな研究に実利用可能な計算機リソースやネットワーク環境を整えつつあり、今後さらに機能を充実させていく予定である。基本的なシステムとしては、当初の目標をほぼ達成しているが、今後の課題として、多様なユーザの個々のニーズに対応できる最適な環境を構築していくことが必要である。現在の最新の計算機リソースとシステムの詳細、及び、利用方法等については、https://seg-web.nict.go.jp/scuser/ に掲載されている。

5. 研究成果リスト

(1) 学術論文

[1] Inoue, S., K. Kusano, T. Magara, D. Shiota, and T. T. Yamamoto, Twistness and connectivity of magnetic field lines in the solar active region NOAA 10930, Ap. J., 2010. 「投稿中」

[2] Inoue, S., and Y. Morikawa, Three-Dimensional modeling for the solar active region, Plasma and Fusion Research, 2010. 「投稿中」

[3] Jin, H., Y. Miyoshi, H. Fujiwara, H. Shinagawa, K. Terada, N. Terada, M. Ishii, Y. Otsuka, and A. Saito, Vertical connection from the tropospheric activities to the ionospheric longitudinal structure simulated by a new earth's whole atmosphere-ionosphere coupled model, J. Geophys. Res., in press, 2010.

[4] Tsubouchi, K., and Y. Kubo, Quantitative assessment of the probability forecast for the geomagnetic storm occurrence, Space Weather, 8, S12007, doi:10.1029/2010SW000614, 2010.

[5] Kubo, Y., and H. Shimazu, Effect of finite Larmor radius on the cosmic ray penetration into an interplanetary magnetic flux rope, Ap. J., pp.853-861, Vol. 720, No. 1, 2010.

[6] Tanaka, T., A. Nakamizo, A. Yoshikawa, S. Fujita, H. Shinagawa, H. Shimazu, T. Kikuchi, and K. K. Hashimoto, The region-2 current driven model of the substorm, J. Geophys. Res., 115, A05220, doi:10.1029/2009JA014676, 2010.

[7] 村田 健史, NICT 科学情報可視化プロジェクト, 日本計算機統計学会大会論文集（24）, pp.109-120, 2010.

(2) 国際会議プロシーディングス

なし

(3) 国際会議発表

[8] Morikawa, Y., K. T. Murata, S. Watari, H. Kato, K. Yamamoto, S. Inoue, K. Tsubouchi, K. Fukazawa, E. Kimura, O. Tatebe, and S. Shimojo, A Science Cloud: NICT Space Weather Cloud, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, December 13-17, 2010.

[9] Watari, S., Y. Morikawa, K. Yamamoto, S. Inoue, K. Tsubouchi, K. Fukazawa, E. Kimura, O. Tatebe, H. Kato, S. Shimojo, and K. T.

Murata, Demonstration of NICT Space Weather Cloud - Integration of supercomputer into analysis and visualization environment-, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, December 13-17, 2010.

[10] Tsugawa, T., M. Nishioka, Y. Otsuka, A. Saito, H. Kato, M. Kubota, T. Nagatsuma, and K. T. Murata, A statistical study of GPS loss of lock caused by ionospheric disturbances, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, December 13-17, 2010.

[11] Kubota, M., T. Nagatsuma, Y. Otsuka, K. Shiokawa, S. Komonjinda, T. Komolmis, E. Somboon, T. Tsugawa, T. Maruyama, and K. T. Murata, Investigation of Ionospheric Disturbances using radio and optical observations in South-East Asia - The initial results of the ASI and FPI observations in Chiang Mai, Thailand, 2010 American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, December 13-17, 2010.

[12] Nagatsuma, T., M. Kunitake, and K. T. Murata, Toward constructing operational geomagnetic activity forecast model, 2010 American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, December 13-17, 2010.

[13] Tsubouchi, K., and Y. Kubo, Kinetic processes in the CIR evolution with magnetic decreases: Hybrid simulations, 2010 American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, December 13-17, 2010.

[14] Inoue, S., K. Kusano, and T. Magara, Twistness and connectivity of magnetic field line in the solar active region NOAA 10930, 2010 American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, December 13-17, 2010.

[15] Jin, H, Y. Miyoshi, H. Fujiwara, H. Shinagawa, K. Terada, N. Terada, M. Ishii, Y. Otsuka, and A Saito, Connection between tropospheric activities and ionospheric behaviors simulated by a whole atmosphere-ionosphere coupled model, 2010 American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, December 13-17, 2010.

[16] Sakaguchi, K., T. Nagatsuma, T. Obara, O. A. Troshichev, Coordinated observations of Pc5 pulsations in a field line; ground, SuperDARN, and a satellite, 2010 American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, December 13-17, 2010.

[17] Jin, H., Y. Miyoshi, H. Fujiwara, H. Shinagawa, K. Terada, The first fully-coupled whole atmosphere-ionosphere simulation model: Initial results and future direction, 2010 Asia-Pacific Radio Science Conference, Toyama, Japan, September 22-26, 2010.

[18] Shinagawa, H., H. Jin, Y. Miyoshi, H. Fujiwara, K. Terada, and N. Terada, Ionosphere-atmosphere coupled model for ionosphere weather forecast, 2010 Asia-Pacific Radio Science Conference, Toyama, Japan, September 22-26, 2010.

[19] Murata, K. T., S. Watari, T. Nagatsuma, H. Shinagawa, E. Kimura, and S. Shimojo, A science cloud at NICT for space weather researches, 2010 Asia-Pacific Radio Science Conference, Toyama, Japan, September 22-26, 2010.

[20] Murata, K. T., S. Watari, T. Nagatsuma, H. Shinagawa, and M. Ishii, Activities of space weather researches at NICT, 2010 Asia-Pacific Radio Science Conference, Toyama, Japan, September 22-26, 2010.

[21] Nagatsuma, T., M. Kunitake, and K. T. Murata, Geomagnetic activity controlled by the efficiency of SW-M-I coupling, 2010 Asia-Pacific Radio Science Conference, Toyama, Japan, September 22-26, 2010.

[22] Murata, K. T., Activities of NICT space weather project, 38th COSPAR Scientific Assembly, Bremen, Germany, July 18-25, 2010.

[23] Shinagawa, H., H. Jin, Y. Miyoshi, H. Fujiwara, S. Fujita, T. Tanaka, N. Terada, and K. Terada, Development of an ionosphere-atmosphere coupled model for space weather forecast, 38th COSPAR Scientific Assembly, Bremen, Germany, July 18-25, 2010.

[24] Shinagawa, H., H. Jin, Y. Miyoshi, H. Fujiwara, T. Iyemori, M. Matsumura, A. Saito, Y. Goi, S. Fujita, T. Tsugawa, M. Kubota, H. Kato, M. Ishii, K. T. Murata, N. Terada, and K. Terada, Study of ionospheric variation during the eclipse of July 22, 2009 using NICT Space Weather Simulator, 2009 American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, December 14-18, 2009.

[25] Shimazu, H., Y. Kubo, H. Shinagawa, D. Mitsue, H. Jin, A. Nakamizo, K. Tsubouchi, S. Inoue, and T. Tanaka, The development of NICT Real-time Space Weather Integrated Simulator, 2009 American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, December 14-18, 2009.

[26] Inoue, S., Three-dimensional sigmoidal structure of a flare-producing solar active region, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, December 18-25, 2009.

(4) 国内会議発表

[27] 坪内 健, 村田 健史, 森川 靖大, 松岡 大祐, 山本 和憲, Visualization of the field line motions with extreme-high time resolution from three-dimensional global MHD simulations, 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 沖縄県市町村自治会館, 2010年10月31日-11月3日.

[28] 久保 勇樹, 島津 浩哲, Finite Larmor radius effect on the cosmic ray density distribution inside an interplanetary magnetic flux rope, 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 沖縄県市町村自治会館, 2010年10月31日-11月3日.

[29] 坪内 健, 久保 勇樹, Hybrid simulations on the energetics of CIR-related plasmas, 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 沖縄県市町村自治会館, 2010年10月31日-11月3日.

[30] 長妻 努, 國武 学, 村田 健史, 地磁気活動予報の確率的アプローチ, 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 沖縄県市町村自治会館, 2010年10月31日-11月3日.

[31] 陣 英克, 三好 勉信, 藤原 均, 品川 裕之, 寺田 香織, 大気圏－電離圏結合モデルの改良および実データに基づくシミュレーションの初期結果, 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 沖縄県市町村自治会館, 2010年10月31日-11月3日.

[32] 久保 勇樹, 島津 浩哲, 惑星間磁気フラックスロープ内部の宇宙線密度分布, 日本天文学会秋季年会, 金沢大学, 2010年9月22-24日.

[33] 品川 裕之, 陣 英克, 家森 俊彦, 松村 充, 齊藤 昭則, 五井 紫, 藤田 茂, 津川 卓也, 久保田 実,加藤 久雄, 三好 勉信, 藤原 均, 2009年7月22日の日食における電離圏変動：観測とシミュレーション, STE現象解析ワークショップ, 名古屋大学, 2010年9月8日

[34] 村田 健史, NICTサイエンスクラウドの現状と計画, 第1回NICTサイエンスクラウドセミナー, 情報通信研究機構, 2010年9月6日.

[35] 村田 健史, 情報通信研究機構（NICT）のサイエンスクラウド, PABセミナー/Gfarm Workshop 2010, 東京工業大学, 2010年7月2日.

[36] 村田 健史, NICTクラウドコンピューティングによる宇宙天気研究, CAWSES-II キックオフシンポジウム, 京都大学宇治キャンパス, 2010年6月16-17日.

[37] 長妻 努, 久保田 実, 國武 学, 津川 卓也, 久保 勇樹, 石橋 弘光, 加藤 久雄, 陣 英克, 坂口 歌織, 亘 慎一, 村田 健史, NICTにおける宇宙天気観測, CAWSES-II キックオフシンポジウム, 京都大学宇治キャンパス, 2010年6月16-17日.

[38] 品川 裕之, 陣 英克, 三好 勉信, 藤原 均, 家森 俊彦, 松村 充, 齊藤 昭則, 五井 紫, 藤田 茂, 津川 卓也, 久保田 実, 石井 守, 村田 健史, 寺田 直樹, 寺田 香織, 加藤 久雄, 2009年7月22日の日食における電離圏変動のシミュレーション, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 幕張メッセ国際会議場, 2010年5月23-28日.

[39] 品川 裕之, 陣 英克, 三好 勉信, 藤原 均, 石井 守, 齊藤 昭則, 大塚 雄一, 藤田 茂, 田中 高史, 寺田 直樹, 寺田 香織, 日本版磁気圏-電離圏-中性大気結合モデルの開発, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 幕張メッセ国際会議場, 2010年5月23-28日.

[40] 陣 英克, 三好 勉信, 藤原 均, 品川 裕之, 寺田 香織, 高精度電気力学モデルを用いた中低緯度の電離圏変動の研究, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 幕張メッセ国際会議場, 2010年5月23-28日.

[41] 田 光江, 久保 勇樹, 村田 健史, 亘 慎一, 門林 理恵子, 近間 正樹, 情報通信研究機構（NICT）の科学情報可視化プロジェクト, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 幕張メッセ国際会議場, 2010年5月23-28日.

[42] 森川 靖大, 佐藤 建, 山本 和憲, 井上 諭, 坪内 健, 建部 修見, 崔 超遠, 加藤 久雄, 亘 慎一, 木村 映善, 村田 健史, Gfarm ファイルシステムと JGN2plus による NICT "宇宙天気クラウド" 広域分散ストレージ, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 幕張メッセ国際会議場, 2010年5月23-28日.

[43] 津川 卓也, 加藤 久雄, 久保田 実, 品川 裕之, 長妻 努, 村田 健史, 2009年7月22日の日食イベント：国内イオノゾンデ・GPS全電子数観測結果, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 幕張メッセ国際会議場, 2010年5月23-28日.

[44] 久保田 実, 長妻 努, 村田 健史, 村山 泰啓, 宇宙地球環境モニタのための汎用型高感度ネットワークカメラ, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 幕張メッセ国際会議場, 2010年5月23-28日.

[45] 亘 慎一, 村田 健史, 加藤 久雄, 森川 靖大, 佐藤 建, 崔 超遠, NICT宇宙天気インフォマティクスプロジェクトの現状: NICT宇宙天気クラウド, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 幕張メッセ国際会議場, 2010年5月23-28日.

[46] 森川 靖大, 石渡 正樹, 高橋 芳幸, 小高 正嗣, 林 祥介, 惑星大気大循環モデルの設計と開発, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 幕張メッセ国際会議場, 2010年5月23-28日.

[47] 井上 諭, 活動領域10930で発生した太陽フレアによるMHD緩和過程, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 幕張メッセ国際会議場, 2010年5月23-28日.

[48] 井上 諭, 真柄 哲也, 草野 完也, 太陽活動領

域 10930 の磁気トポロジー解析，日本地球惑星科学連合 2010 年大会，幕張メッセ国際会議場，2010 年 5 月 23-28 日.

[49] 品川 裕之，陣 英克，三好 勉信，藤原 均，家森 俊彦，松村 充，齊藤 昭則，五井 紫，藤田 茂，津川 卓也，久保田 実，石井 守，村田 健史，寺田 直樹，寺田 香織，加藤 久雄，2009 年 7 月 22 日の日食における電離圏変動のシミュレーション，日本地球惑星科学連合 2010 年大会，幕張メッセ国際会議場，2010 年 5 月 23-28 日.

[50] 品川 裕之，陣 英克，三好 勉信，藤原 均，石井 守，齊藤 昭則，大塚 雄一，藤田 茂，田中 高史，寺田 直樹，寺田 香織，Development of Japan's magnetosphere-ionosphere-atmosphere coupled model，日本地球惑星科学連合 2010 年大会，幕張メッセ国際会議場，2010 年 5 月 23-28 日.

[51] 品川 裕之，陣 英克，三好 勉信，藤原 均，藤田 茂，田中 高史，寺田 直樹，寺田 香織，電離圏-大気圏結合モデルを用いた磁気嵐に伴う電離圏擾乱の研究，日本地球惑星科学連合 2010 年大会，幕張メッセ国際会議場，2010 年 5 月 23-28 日.

[52] 森川 靖大，佐藤 建，山本 和憲，井上 諭，建部 修見，木村 映善，村田 健史，グリッドデータファーム（Gfarm）と JGN2plus による NICT サイエンスクラウドストレージ，名古屋大学太陽地球環境研究所研究集会，2010 年 2 月 2 日.

[53] 井上 諭，活動領域 10930 の 3 次元磁場構造の Topology 変化とその 3 次元ダイナミクス，Solar-C 国内検討会議，宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所，2010 年 1 月 19 日.

(5) その他（特許，プレス発表，著書等）

イベント出展等

[54] 上海国際博覧会（上海万博），宇宙環境シミュレーション（中国語版）映像展示，上海万博大阪館，2010 年 5 月 1 日-10 月 31 日.

[55] 大阪・北ヤード ナレッジキャピタル トライアル 2010，VisLabOSAKA（ビジュアリゼーションラボラトリー大阪）に機器としてタイルドディスプレイ、タッチデスク、ダジック・アース、コンテンツとして週刊宇宙天気ニュース、宇宙天気クラウドネットワーク分散ストレージモニターなどを出展，2010 年 6 月 10-11 日.

広報活動・プレス発表等

[56] 「週刊宇宙天気ニュース」YouTube で配信開始，2010 年 4 月 2 日.

[57] 「週間宇宙天気ニュース配信を開始.“4 分間番組”宇宙空間の電磁環境の概況と予報」を報道，電波タイムズ，2010 年 3 月 31 日.

[58] 「週刊宇宙天気ニュース」試験配信を開始 NICT が一般向け，科学新聞，2010 年 3 月 26 日.

[59] 「情報通信研究機構　週刊宇宙天気ニュースを配信」を報道，日経産業新聞，2010 年 3 月 23 日.

[60] 「情報通信研究機構　週刊宇宙天気ニュースを配信」を報道，産経新聞，2010 年 3 月 19 日.

[61] 「情報通信研究機構　週刊宇宙天気ニュースを配信」を報道，日刊工業新聞，2010 年 3 月 19 日.

一般解説記事

[62] 村田 健史，サイエンスクラウド　～クラウドは科学研究でも有効か？～，TELECOM FRONTIER NO.68 2010 SUMMER pp.32-39，Aug. 2010.

[63] 村田 健史，木村 映善，山本 和憲，亘 慎一，加藤 久雄，森川 靖大，是津 耕司，木俵 豊，下條 真司，RDF を用いたデータ収集技法による太陽地球系科学セマンティック Web 構築の試み，情報通信研究機構季報，Vol.55 Nos.1-4,471-487，2010.

[64] 品川 裕之，電離圏シミュレーション，情報通信研究機構季報，Vol.55，No.1-4，177-184，2010.

[65] 品川 裕之，数値宇宙天気予報に向けた統合型宇宙天気シミュレーション，情報通信研究機構季報，Vol.55，No.1-4，127-130，2010.

[66] 山本 和憲，木村 映善，村田 健史，建部 修見，松岡 大祐，宮地 英生，グリッドデータファームによる並列分散処理，情報通信研究機構季報，Vol.55，No.1-4,447-458，2010.

[67] 松岡 大祐，村田 健史，藤田 茂，田中 高史，山本 和憲，大野 暢亮，３次元可視化とビジュアルデータマイニング，情報通信研究機構季報，Vol.55，No.1-4,459-469，2010.

[68] 藤田 茂，磁気圏 MHD シミュレーションとその宇宙天気業務応用の展望，情報通信研究機構季報，Vol.55，No.1-4,157-167，2010.

[69] 國武 学，亘 慎一，品川 裕之，島津 浩哲，長妻 努，堀 智昭，藤田 茂，田中 高史，磁気圏 MHD シミュレーションとその宇宙天気業務応用の展望，情報通信研究機構季報，Vol.55，No.1-4，87-96，2010.

[70] 中溝 葵，久保 勇樹，田中 高史，太陽-太陽風結合系 MHD シミュレーションモデル，情報通信研究機構季報，Vol.55，No.1-4，133-147，2010.

[71] 北村 健太郎，島津 浩哲，藤田 茂，亘 慎一，國武 学，品川 裕之，田中 高史，磁気圏モデルの数値予報への応用に向けて - AE 指数による検証，情報通信研究機構季報，Vol.55，No.1-4,97-107，2010.