

11-MD06

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（情報通信研究機構）

概要 情報通信研究機構では科学研究のためのクラウドコンピューティング環境である OneSpaceNet の構築を進めている。平成 23 年度は各大学のスパコンセンターにディスクサーバを設置し、それらを JGN2+（現在は JGN-X）で高速 L2 接続し、グリッドデータファーム（Gfarm2）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作業を行った。同時に、各大学のスーパーコンピュータをクラウドに接続し、マルチスパコン仮想化を実現する。これまでに大阪大学、名古屋大学との Gfarm ノード接続およびスパコン仮想化を実現した。さらに、九州大学やその他の研究機関との接続作業と多地点を結んだ大規模分散システムの構築作業を進めた。今後、これらの大規模分散システムを用いて、分散型のデータ処理環境を構築し、目的に応じた大規模分散データ処理を実現する予定である。

1. 研究の目的と意義

(1) 研究目的

独立行政法人情報通信研究機構(NICT)では、JGN2+テストベッドネットワーク上に構築された宇宙天気クラウドシステム(NICT宇宙天気クラウド)の開発を進めている。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(タイルディスプレイ)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。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と研究体制

- 大阪大学

現状の Gfarm ノードを継続運用した。現在、大阪大学におけるシミュレーションデータを Gfarm 上で解析する計画の検討中である。大阪大学スパコンのクラウド接続は完了しており、現在、基礎的なパフォーマンスの実験中である。

- 名古屋大学

JGN2plus が JGN-X となり、その際に、名古屋大学 (情報基盤センター) の AP が廃止となった。そのため、一時的に Gfarm ノードを停止させた。その後、SINET 経由で VLAN を引き、改めて NICT サイエンスクラウドへの L2 接続を行った。(帯域は 1Gbps である。) 名古屋大学スパコンのクラウド接続は完了しており、現在、基礎的なパフォーマンスの実験中である。

- 九州大学

現在、Gfarm ノード設置および九州大学スパコンのクラウド接続の作業中である。

- その他

本事業申請には含めていないが、国立極地研究所、宇宙科学研究本部 (JAXA)、愛媛大学医学部との間で、L3 接続による Gfarm 利用計画を検討中である。また、申請時にある東北大学については、震災の影響により現在は計画を止めているが、今後は、当大学の状況を見ながら検討を行う予定である。

(2) 共同研究分野

超大規模数値計算系応用分野、大規模データ処理系応用分野、超大容量ネットワーク技術分野、大規模情報システム関連研究分野

(3) 当公募型共同研究ならではの事項など

現在、様々な分散データ処理や分散データベースの研究開発が進められている。本事業は、国内規模での分散型システムを実現するという点が特長である。このような国内規模での分散システム、特に各大学の基盤研究センターを接続したシステムの研究開発が求められており、NAREGI などがある。

このような大学研究拠点を結ぶ国内規模での分散システムの実現が難しかった理由は、遅延を含むネットワークパフォーマンスやファイアウォール等の運用とセキュリティポリシーの統一など、技術的な問題と運用上の問題の 2 つが挙げられる。本システムでは、SINET ではなく JGN を用いることで、L2 ネットワークの実現が可能となった。これは、多くの大学において JGN の AP (アクセスポイント) が基盤センターに置かれているためである。これにより、JGN を用いた各基盤センターのリソース (スパコン、ストレージなど) を接続することが比較的容易になったためである。

3. 研究成果の詳細と当初計画の達成状況

(1) 研究成果の詳細について

(ア) Gfarm (Grid Data Farm)

Gfarm(Grid Data Farm)は筑波大学が開発中の分散ストレージシステムミドルウェア

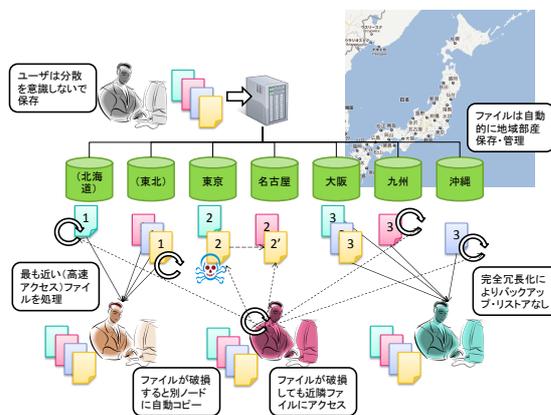


図 1 分散ストレージシステムの現状と特長

である(平成 23 年度末現在でバージョンは 2.5)。Gfarm は、実用レベルでの大規模分散ストレージシステムを構築・運用するために設計されており、冗長設定のクラスタ化やメタデータサーバの冗長化など、様々な設定が可能である。

Gfarm は、(1)メタデータサーバ、(2)ファイルシステムノード、および(3)クライアントノードから構成される。メタデータサーバは、システム全体の情報(ファイルシステムノード情報、クライアントノード情報)を管理している。ファイルシステムノードは、ストレージを管理するノードであり、各ノードのストレージ上のデータファイル情報をメタデータサーバに提供し、ユーザがデータファイルを利用する際にファイルを提供する。(3)クライアントノードは、Gfarm サービスを利用する側のノードである。

(イ)分散設計

図1に、本システムで分散設計図(分散拠点)を示す。図中の()は今後の予定であり、それ以外はこれまでにファイルシステムノードを構築した(または設置中の)分散拠点である。東京は NICT 小金井本部、名古屋は名古屋大学情報基盤センター、大阪は大阪大学サーバーメディアセンター、九州は九州大学情報基盤研究開発センター、沖縄は NICT 沖縄電磁波技術センターが拠点である。なお、メタデータサーバは、東京(NICT 小金井本部)に設置しており、現在、冗長化を検討中である。

Gfarm では、データファイルを複数のファイルシステムノード(分散拠点)に分散して保存する。冗長度は任意に設定できるが、一般的には2から3程度である。一般に、ファイルを保存するユーザは、どの拠点(ノード)にファイルを分散するかを意識する必要はない。(意識することもできる。)

Gfarm は、Hadoop などと同様に、ファイルの冗長度を一定に保つ機能を有している。すなわち、冗長化保存されたファイルのうち、一つに障害が発生した場合には、そのファイルを破棄して、他のファイルシステムノード上に新たにリプリケーション(コピー)を生成する。これにより、耐障害性の高いファイルシステムを実現している。また、この機能により、ファイルのバックアップ・リストアという作業が不要になる。なぜなら、ユーザは、特

定のファイルが破損した場合でも、冗長化されている他のファイルにアクセスすることで、すべてのデータファイルにアクセスすることが可能になるからである。

Gfarm は、ユーザは、クライアントノードよりファイルにアクセスする。2 以上の冗長化が行われている場合には、図 1 に示すように、ユーザは、最も近い(高速にアクセスできる)ファイルを利用する。

(ウ) システム概要

本研究の分散ストレージシステムの特徴の一つは、後述する高い可用性である。すなわち、ストレージシステムを安価なシステムで構築することで、計算機障害が発生しても、それを上回る頻度での新サーバ導入を行うことで、システム全体のディスク容量を維持または拡張する。それにより、安価なストレージによる大規模分散ストレージシステムを構築する。

分散ストレージシステム構築は 2010 年より開始した。2012 年 4 月までのストレージサイズの履歴を図 2 に示す。青線が、システム全体のストレージサイズ(物理容量)である。初期におけるストレージサイズは 200TB 弱であったが、平成 23 年度末には 2PB となった。この期間中、物理容量はステップ的ではなく、細かく変動している。これは、システムがノード単位での追加や撤去に対応していることを示している。また、変動幅は 10TB オーダー(1 台のノードの追加・撤去)から 200TB 以上(複数台のノードからなるラックの追加)が行われており、可用性の高さを示

している。

この図の橙線は、システムの物理容量に対する使用領域である。図より、2011 年 1 月以降、青線と橙線が近い値を示していることが分かる。すなわち、システムノードの増設または撤去において、そのほとんどの領域が使用領域になっている。これは、実際に全ノードにファイルが保存されているのではなく、ノードのほとんどを「書き込み不可(Read Only)」として運用していることによる結果である。(Read Only 設定にすると、本システムでは、「使用領域」として認識される。)

多くのファイルシステムノードを Read Only にする理由は、これらのファイルシステムノードの安定性による。表に示す旧タイプのファイルシステムノードは、汎用的なサーバ(ワークステーション)に 32 台のディスクを eSATA で接続し、RAID によって 1 ディスクイメージとして運用している。(なお、Gfarm は一つのファイルシステムノードにつき 1 つのディスクイメージしか管理できない。)設置前の準備実験ではわからなかったことであるが、本システムを運用するにあたり、旧タイプのサーバにおいて大量のデータファイルの書き込み時にシステム障害を起こすことがあることが分かった。そのために、ほとんどのファイルシステムノードを Read Only 設定したために、見かけ上、利用領域が 90% を超える状況になっている。

上記の状況を踏まえ、大規模ストレージ(ノードあたり 40~60TB 程度)を管理できる

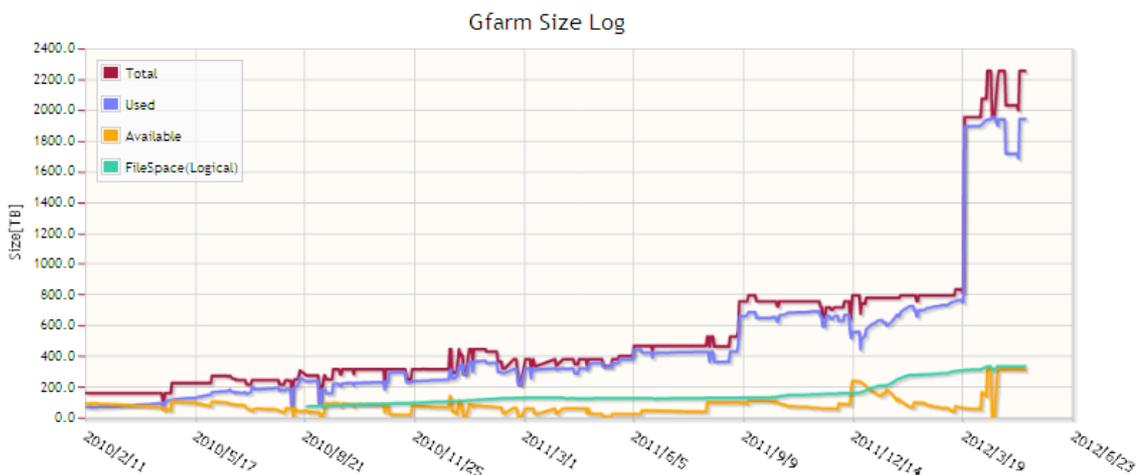


図 2 分散ストレージシステムの可用性 (2012 年 4 月までの履歴)

新しいファイルシステムノード(新タイプ)を用意した。新タイプのファイルシステムノードは Gfarm のファイルシステムノードの実績を有しており、安定した稼働が期待できる。2011 年 9 月に7台の新タイプのファイルシステムノードを導入した。図において、200TB 程度のファイルサイズの増加がみられるのが、新タイプのファイルシステムノード増設である。新タイプのファイルシステムノードは、Read/Write ができる設定にしてあり、ユー

ザが利用できる領域が拡張した。

現在は、旧タイプサーバを新タイプサーバに置き換える作業中である。2012 年度上半期には、すべての旧タイプサーバを新タイプサーバに置き換える予定である。なお、旧タイプでは1TB を約1万円で構築できる。新タイプは、後述の通り、分散処理のためにメモリサイズが40倍以上となっているが、1TB が約2万円である。

表1 ファイルシステムノード諸言

	旧タイプ	新タイプ
CPU	Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E6305 @1.86GHz、Intel(R) Pentium(R) CPU G6950 @2.80GHz など	Intel(R) Xeon(R) CPU E5645 @2.40GHz
コア数	2	12
メモリサイズ	512MB~2GB	96GB
OS	openSUSE 11.1 / 11.3	openSUSE 11.4
eSATA ケーブル	8 本	なし
HDD (RAID)	RAID5 のディスクボックスを RAID0 で複数台接続	RAID6
HDD1 台当たりの容量	1.5TB~2.0TB	3.0TB
1 システムの HDD 本数	32 本	16 本
全体の物理容量	48TB / 64TB	48TB
全体の論理容量(使用可能容量)	33TB / 44TB	38.2TB
1 システムの価格	50 万~60 万円	約 90 万円

表2 メタデータサーバ諸言

	現メタデータサーバ	新メタデータサーバ(計画中)
CPU	Intel(R) Xeon(R) CPU E5506 @2.13GHz	Intel(R) Xeon(R) CPU E5506 @2.13GHz
コア数	8	8
メモリサイズ	48GB	192GB
OS	openSUSE 11.1	openSUSE 11.1
eSATA ケーブル	なし	なし
HDD (RAID)	RAID10	RAID5
HDD1 台当たりの容量	146GB	146GB
1 システムの HDD 本数	4 本	6 本
全体の物理容量	584GB	876GB
全体の論理容量(使用可能容量)	384GB	569GB
1 システムの価格	約 70 万円	約 230 万円

(エ) メタデータサーバ

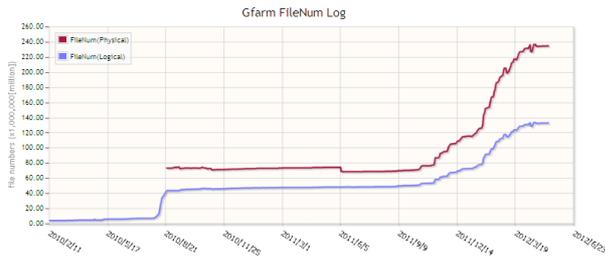


図 3 本研究の分散ストレージシステムが管理するファイル数 (2012 年 4 月までの履歴)

表2に、メタデータサーバの諸言を示す。メタデータサーバは、Gfarm が管理するすべてのファイル情報を格納するデータベースサーバである。

図3は、これまでにクラウドストレージが管理してきたファイル数の履歴を示す。最新状況において、総ファイル数で1億以上(論理ファイル数で6千万以上)のファイルを管理している。Gfarm メタデータサーバは、クライアントノードからのメタデータ情報アクセス時における高パフォーマンスのため、メタデータベースを主メモリ上に展開する。したがって、高速性は担保されるが、一方で、管理できるメタデータサイズに制限がある。すなわち、メタデータサーバで最も重要な点は、主メモリサイズである。表に示す通り、現在のメタデータサーバの主メモリサイズは48GBである。これにより、約2億~2.5億ファイル程度のメタ情報を主メモリ上に展開できることが分かっている。しかし、今後、Gfarm ファイルシステムノード数が増加し、PBを超えるストレージ容量になると、総ファイル数は3億を超えることもある。したがって、現在、新しいメタデータサーバを準備中である。新メタデータサーバは、表2に示す通り、主メモリを192GB有しており、10億程度のファイルを管理できる予定である。なお、新メタデータサーバ設置時には、同時にメタデータサーバの冗長化も行う。

(オ) その他

Gfarm の主目的は分散ファイル管理であるが、同時に、分散ファイル管理と分散ファイル処理を連動させたいことがある。これは、大規模データ処理において、現在最もボトルネックになるのがファイルサイズよりもディ

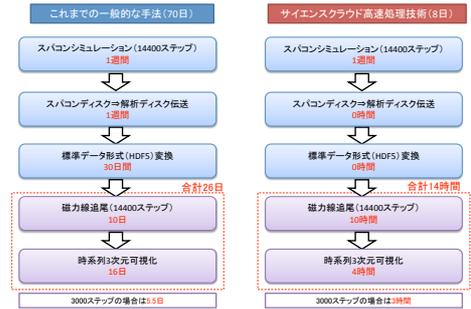


図 4 Gfarm/Pwrake による高速可視化

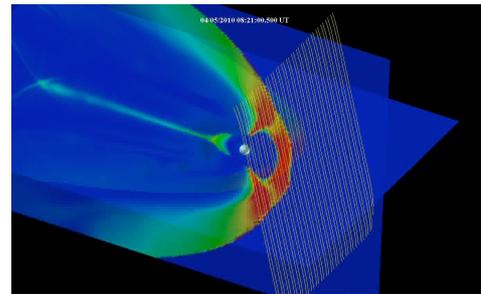


図 5 高速可視化技法による磁気圏シミュレーション 3 次元可視化例

スク I/O 処理となることが多いためである。データ処理を行うノードがデータファイル管理ノードと一致することで、データファイルをネットワークを介さずにアクセスすることで、データの Read/Write 速度が向上するためである。

Gfarm プロジェクトでは、分散ファイルと分散処理を連動させるために、Pwrake というスクリプト環境を提供している。これにより、比較的容易に、分散ファイル処理を高速化することができる。表1に示すGfarmファイルシステムノードの新モデルが旧モデルと比較して十分に大きなメモリサイズ(1 コアあたり8GB)

図4と図5に、当研究グループが行っている3次元 Global MHD シミュレーション(九州大学深沢によるコード)の3次元可視化例を示す。NFS マウントされた単一の可視化計算機でこの可視化を行うと、約30日かかり、実用的ではない(図4)。Gfarm/Pwrake により、これを実用的な速度(8日)に短縮することができる。この手法により可視化した例を図5に示す。

(2) 当初計画の達成状況について

上述のように、平成 23 年度申請書の研究計画に沿って研究を進めた。まず、JGN2+上に構築されてきた OneSpaceNet と情報基盤センター群が運用する CSI グリッド閉路網を相互接続することによって、ストレージ共有と計算機資源の共有を可能にする技術を検討した。すでに、大阪大学サイバーメディアセンター、および、名古屋大学情報基盤センターの 2 地点との接続を完了したが、九州大学情報基盤研究開発センターは、現在、作業を進めているところである。東北大学サイバーサイエンスセンターについては、震災等の影響により作業が遅れており、24 年度に作業を行う予定である。また、Gfarm を用いたストレージの容量は 2012 年 3 月に 2 PB に達し、計画どおり進んでいる。

4. 今後の展望

本研究開発により構築した分散ストレージシステム(NICTクラウドストレージ)を用い、BCM/BCP 型のサイエンスデータバンクを作る。サイエンスデータバンクのグランドデザインを図 6 に示す。サイエンスデータバンクの基本理念は「100 年サイエンスデータバンク」である。すなわち、あらゆる障害に対しても継続的にデータが利用でき、また保存が担保されている分散ストレージシステムの実現である。

サイエンスデータバンクでは、2 種類のユーザ利用方法を想定している。(1) システムが提供するサービス (Web アプリケーション) を通じてユーザがデータファイルを保存する。(2) ユーザが独自の Gfarm クライアントノードを L2/L3(とくに L3 を想定している) 接続し、自らのデータを自らのサーバ上で運用しながら、同時に (1) と同様にデータファイルの安全な管理を行う。

クラウドストレージシステムの運用・実利用においては、ファイルのセキュリティ管理も重要である。しかし、これは容易ではない。なぜなら、例えば 1 億を超えるデータファイルを同時に暗号化する技術は、現在のところ存在しないからである。

現在、NICT では、クラウドストレージ上のファイルに電子タイプスタンプを押す技術開発を進めている。これは、ストレージ上にファイルをドロップする際にタイムスタンプを押し、これにより、クラウド上のファイルが改ざんされたり更新されたりする状況をモニタリングする技術である。現在、タイムスタンプを押印する速度は、最大で 1 秒間に 300 程度であり、この高速化が目標の一つである。Gfarm では、メタデータサーバにおいて、ユーザ領域を設定することができる。これを活用し、現在、外部のタイムスタンプ機能を Gfarm 機能として組み込む設計と実装を進めている。

NICTクラウドストレージの活用

100年科学データ銀行 NICT centennial science data bank

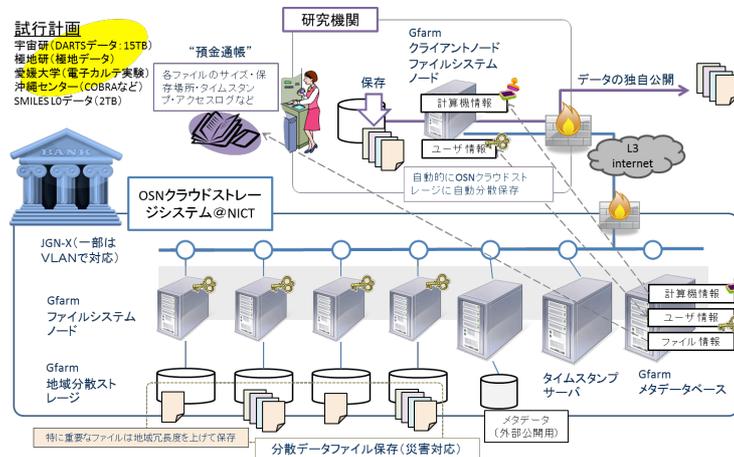


図 6 サイエンスデータバンク構想

5. 研究成果リスト

(1) 学術論文

- Saita, S., A. Kadokura, N. Sato, S. Fujita, T. Tanaka, Y. Ebihara, S. Ohtani, G. Ueno, K. Murata, D. Matsuoka, A. Kitamoto, and T. Higuchi, Displacement of conjugate points during a substorm in a global magnetohydrodynamic simulation, *J. Geophys. Res.*, 116, A06213, doi:10.1029/2010JA016155, 2011.
- 渡邊 英伸, 山本 和憲, 村田 健史, 木村 映善, 亘 慎一, 村山 泰啓, 宮地 英生, 荻野 瀧樹, 深沢 圭一郎, 三次元可視化パラメータ共有による多地点遠隔ボリュームコミュニケーションシステム, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J95-D, No. 5, 1160-1171, 2012.

(2) 国際会議プロシーディングス

- なし

(3) 国際会議発表

- Murata et al., Development of Large-Scale Data Visualization System for Magnetic Flux Tracing in Global MHD Simulations, American Geophysical Union Fall Meeting 2011, San Francisco, USA, December 7, 2011.
- Watari, S., K. Tsubouchi, H. Kato, T. Tanaka, H. Shinagawa, K. T. Murata, Analysis of real-time Earth magnetosphere simulation for space weather using space weather cloud computing system, American Geophysical Union Fall Meeting 2011, San Francisco, USA, December 7, 2011.
- Murata et al., A Science Cloud for Space Weather Operations and Other Researches, The 1st ICSU WDS Conference, Kyoto, Japan, September 4, 2011.
- Kubota et al, Visualization of flux rope generation process using large quantities of MHD simulation data, The 1st ICSU WDS Conference, Kyoto, Japan, September 4, 2011.
- Watari et al., Research environment and information service of Space Weather Cloud, The 1st ICSU WDS Conference, Kyoto, Japan, September 4, 2011.

(4) 国内会議発表

- 亘 慎一, 加藤 久雄, 村田 健史, 山本 和憲, 渡邊 英伸, 久保田 康文, 國武 学, 宇宙天気情報サービスと OneSpaceNet, 科学情報学研究会・第 2 回 WDS 国内シンポジウム合同研究会, 情報通信研究機構, 小金井, 2012 年 3 月 23 日.
- 久保 勇樹, 亘 慎一, 田 光江, 長妻 努, 数値シミュレーションを用いた太陽高エネルギー粒子フラックスの予測モデルについて, 日本天文学会春季年会, 京都市, 2012 年 3 月 20 日.
- 大垣 哲也, 渡邊 英伸, 梅野 健, 岩間 司, 田 光

江, 村田 健史, "Science Cloud"における科学計算向けクラウドストレージに対するタイムスタンプ認証の設計と実装, 第 3 回複雑コミュニケーションサイエンス(CSS)研究会, 東京理科大学, 神楽坂キャンパス, 2012 年 3 月 17 日.

- 亘 慎一, 加藤 久雄, 村田 健史, 山本 和憲, 渡邊 英伸, 久保田 康文, 國武 学, 宇宙天気情報サービスとクラウド, 平成 23 年度宇宙科学情報解析シンポジウム, JAXA 宇宙科学研究所, 相模原キャンパス, 2012 年 2 月 15 日.
- 國武 学, 山本 和憲, 鶴川 健太郎, 木村 映善, 加藤 久雄, 長妻 努, 亘 慎一, 村山 泰啓, 村田 健史, 太陽地球系観測データ解析参照システム[STARS]における情報共有のしくみ(専門知を共有知へ), 平成 23 年度宇宙科学情報解析シンポジウム, JAXA 宇宙科学研究所, 相模原キャンパス, 2012 年 2 月 15 日.
- 久保田 康文, 村田 健史, 山本 和憲, 深沢圭一郎, 坪内 健, グローバル MHD シミュレーション磁力線追尾システムによる, 太陽風磁場の磁気圏への侵入過程の研究, 第 2 回極域科学シンポジウム, 国立極地研究所, 2011 年 11 月 16
- 亘 慎一, 坪内 健, 加藤 久雄, 田中 高史, 品川 裕之, 村田 健史, 宇宙天気クラウドを活用したリアルタイム磁気圏シミュレーションデータの解析 II, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2011 年講演会, 神戸大学, 2011 年 11 月 5 日.
- 國武 学, 長妻 努, 亘 慎一, 村山 泰啓, 村田 健史, 太陽地球系観測データ解析参照システム(STARS)を用いた地磁気日々変動解析 [2], 地球電磁気・地球惑星圏学会 2011 年講演会, 神戸大学, 2011 年 11 月 5 日.
- 亘 慎一, 加藤 久雄, 村田 健史, 國武 学, 山本 和憲, 渡邊 英伸, 久保田 康文, 宇宙天気クラウドと情報サービス, 第 8 回宇宙環境シンポジウム, 2011 年 10 月 18 日.
- 亘 慎一, 坪内 健, 森川 靖大, 加藤 久雄, 田中 高史, 品川 裕之, 村田 健史, 宇宙天気クラウドによるリアルタイム磁気圏シミュレーションの解析, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, 幕張メッセ, 2011 年 5 月 25 日.
- 村田 健史, 亘 慎一, 深沢圭一郎, 山本 和憲, 森川 靖大, NICT サイエンスクラウド実験, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, 幕張メッセ, 2011 年 5 月 22 日.
- 村田 健史, 亘 慎一, 長妻 努, NICT サイエンスクラウド, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, 幕張メッセ, 2011 年 5 月 22 日.
- 村田 健史, e-Space Weather: 新しい宇宙天気 Web アプリケーション, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, 幕張メッセ, 2011 年 5 月 22 日.

(5) その他

- 2011 年 11 月に米国・シアトルで開催された SC2011 において、日米間でシミュレーションデータ通信実験を行い、5Gbps~8Gbps 程度のスループットを得た。これについてのプレスリリースの検討中。