

# 宇宙天気情報サービスとサイエンスクラウド

亘 慎一<sup>\*1</sup> 加藤 久雄<sup>\*1</sup> 村田 健史<sup>\*1</sup> 山本 和憲<sup>\*1</sup> 渡邊 英伸<sup>\*1</sup>  
久保田 康文<sup>\*1</sup> 國武 学<sup>\*1</sup>

## Space Weather Information Services and Science Cloud

Shinichi WATARI<sup>\*1</sup>, Hisao KATO<sup>\*1</sup>, Ken. T. MURATA<sup>\*1</sup>, Kazunori YAMAMOTO<sup>\*1</sup>,  
Hidenobu WATANABE<sup>\*1</sup>, Yasubumi KUBOTA<sup>\*1</sup> and Manabu KUNITAKE<sup>\*1</sup>

### Abstract

Variation of space environment, which causes failure of manmade infrastructure, such as artificial satellites, is called space weather. Research of space weather covers vast space. Observation by spacecraft is important for space weather. However, it is difficult to cover whole area of the space only by the observation. We need a new computing environment, which enables to analyze observation data and simulation data together.

In this paper, we report services of space weather based on “Space Weather Cloud”, which is composed by distributed mass storage system using the Grid Datafarm (Gfarm) architecture technology, high performance computer, servers for visualization using AVS and IDL programs, RCM (R&D Chain Management) System for job service, servers for Solar-Terrestrial data Analysis and Reference System (STARS), and so on.

**Keyword:** space weather, science cloud, cloud computing, informatics

### 概 要

人工衛星など社会的なインフラに障害を発生させるような宇宙環境の変動を扱う宇宙天気では、太陽から地球周辺の宇宙空間までの広大な領域を扱う必要がある。宇宙機による観測は重要であるが、この広大な領域を観測データだけでカバーするのは困難である。そこで、観測データと数値シミュレーションデータを統合的に処理してサービスを提供できる情報プラットフォームの構築が必要となる。情報通信研究機構が構築している Gfarm による大容量分散ディスクシステム、スーパーコンピュータ、AVS や IDL などインストールした可視化サーバ群、ジョブサービスを行う RCM (R&D Chain Management) System、様々な観測データをダウンロードしてプロットや解析を行う STARS (Solar-Terrestrial data Analysis and Reference System) のサーバなどからなる「宇宙天気クラウド」を利用した宇宙天気の情報サービスについて報告する。

---

\*1 情報通信研究機構  
(National Institute of Information and Communications Technology)

### 1. はじめに

宇宙環境の変動により宇宙機の障害、衛星測位システムへの影響、短波通信障害、送配電システムの障害などが発生することがある。このような人工衛星などの社会システムに影響を与えるような宇宙環境の変動は「宇宙天気」と呼ばれている<sup>1)</sup>。情報通信研究機構では、国際宇宙環境サービス (ISES: International Space Environment Service) と呼ばれる国際的な組織の日本の宇宙天気予報センターとして宇宙天気情報のサービスを行っている。ISESの予報センターは、オーストラリア (シドニー)、ベルギー (ブリュッセル)、ブラジル (サンジョゼ・ドカンポス)、カナダ (オタワ)、チェコ共和国 (プラハ)、中国 (北京)、インド (ニューデリー)、日本 (東京)、韓国 (チェジュ)、ポーランド (ワルシャワ)、ロシア (モスクワ)、スウェーデン (ルンド)、南アフリカ (ヘルマナス)、アメリカ合衆国 (ボルダー) の14カ国にあり、宇宙天気情報サービスを行っている。図1に各予報センターから出されているフレアや地磁気活動などの予報の例と情報研究機構で提供しているその予測精度に関するWebページ (http://swc.nict.go.jp/forecast/) を示す。

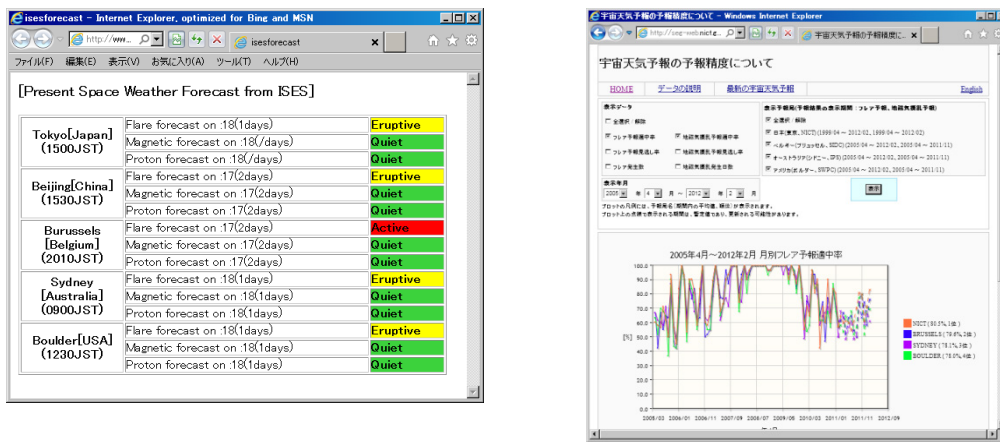


図1 各予報センターからの予報の例 (左図) とその予測精度に関するWebページ (右図)

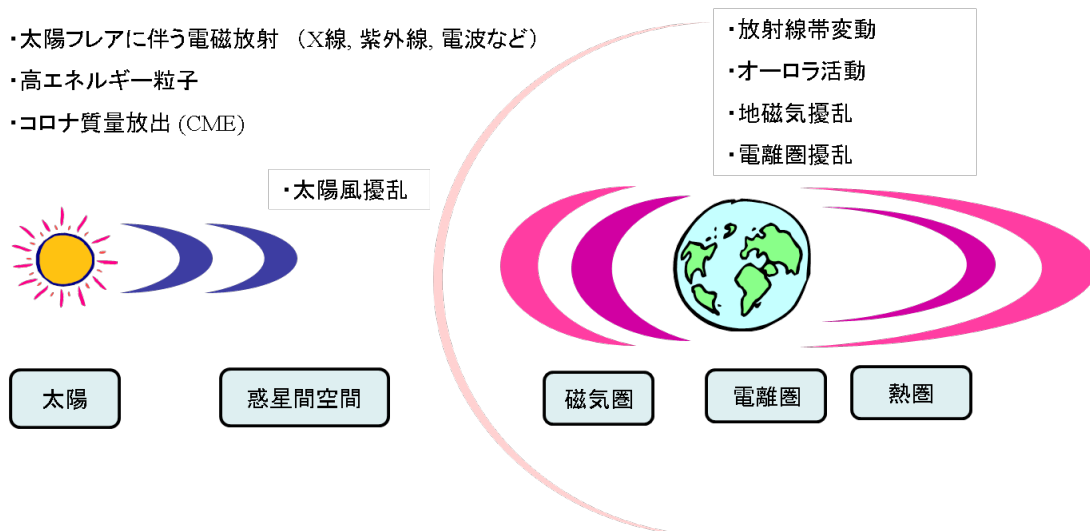


図2 宇宙天気のカバーする領域

宇宙天気は、図2に示すように、太陽、惑星間空間、磁気圏、電離圏、熱圏など太陽から地球までの広大な領域を扱う。さらに、宇宙天気に影響を与える太陽活動は、約11年の周期での変動に加えて、数百年、数千年という長期的な変動をしているので長期間のデータを扱う必要がある。そのため、宇宙天気の研究やサービスにおいては、観測データだけでなく、観測データと数値シミュレーションデータを融合した新たな情報処理環境の構築が必要である<sup>2,3)</sup>。そこで、情報通信研究機構では、「宇宙天気クラウド」と呼ぶ、インフォマティクス技術を活用した新たな情報処理環境の構築を進めている。本報告では、宇宙天気クラウドを利用した宇宙天気情報サービスについて述べる。

## 2. 宇宙天気クラウドについて

現在、Grid Datafarm (Gfarm) アーキテクチャーによる大容量分散ディスクシステム<sup>4,5)</sup>を中心として、スーパーコンピュータ、AVSやIDLなどをインストールした可視化サーバ群、ジョブサービスを行うR&D Chain Management (RCM) System, 様々な観測データをダウンロードしてプロットや解析を行う太陽地球系観測データ解析参照システム (STARS : Solar-Terrestrial data Analysis and Reference System) のサーバ、様々なデータのメタデータを自動収集するためのサーバ、動画配信のためのサーバなどが立ち上がっている (図3参照)。例えば、「宇宙天気クラウド」を利用することにより、数値シミュレーション結果の可視化や解析を一気通貫に行うことができる。「宇宙天気クラウド」の利用はインターネットからも可能であるが、新世代通信網テストベッド (JGN-X)<sup>6)</sup>の高速ネットワークによる接続も可能である。

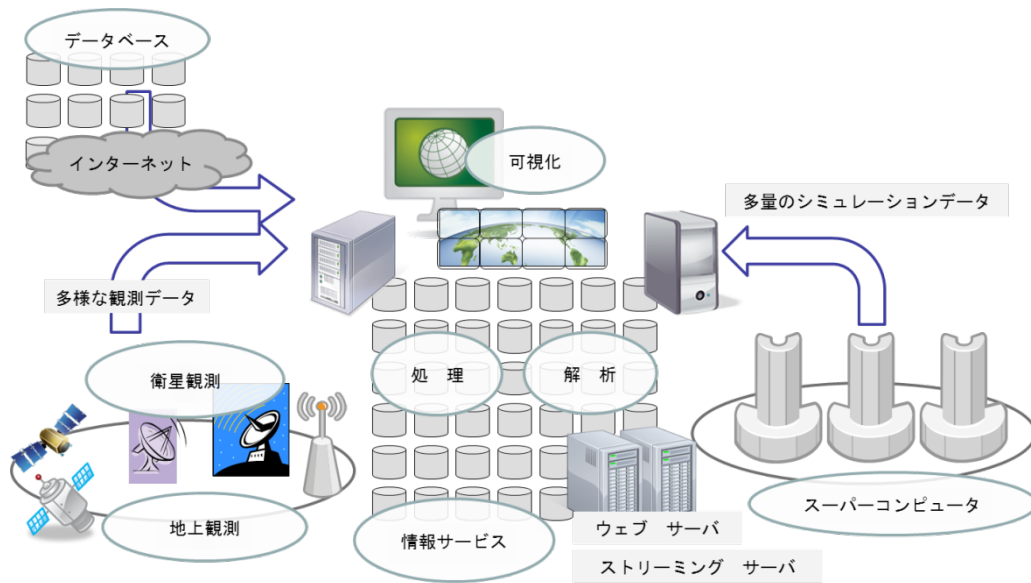


図3 宇宙天気クラウドの概念図

### 3. 宇宙天気情報サービスについて

「宇宙天気クラウド」を利用した宇宙天気情報サービスは、図4に示す e-SW の Web ページ (<http://e-sw.nict.go.jp>) から提供される。以下では、それらのサービスに関して具体的に紹介する。



図4 e-SW の Web ページ (<http://e-sw.nict.go.jp>)

#### 3.1 メタ情報の収集

宇宙天気クラウドでは、インターネット上で公開・提供されている衛星観測や地上観測による様々なデータのメタデータの自動収集とデータベースへの登録に NiCTy (Network Infrastructure for data Collection Technology) と呼ばれるシステムを利用している<sup>7)</sup>。NiCTy は、図5に示すように http, ftp, sftp の通信プロトコルにより定期的にデータ公開・提供サイトにアクセスして情報を収集し、メタデータの生成・データベースへの登録を行う。また、データ提供サイトのサーバ上で NiCTy のアプリケーションを稼働させて、対象となるデータファイルを定期的にスキャンしてメタデータを自動的に生成し、生成されたメタデータを収集してデータベースへの登録を行う。NiCTy では、RSS1.0 (RDF Site summary) によりデータの見出し、データに関する説明の要約、更新時刻などの情報を xml 形式でメタデータとして記述している。

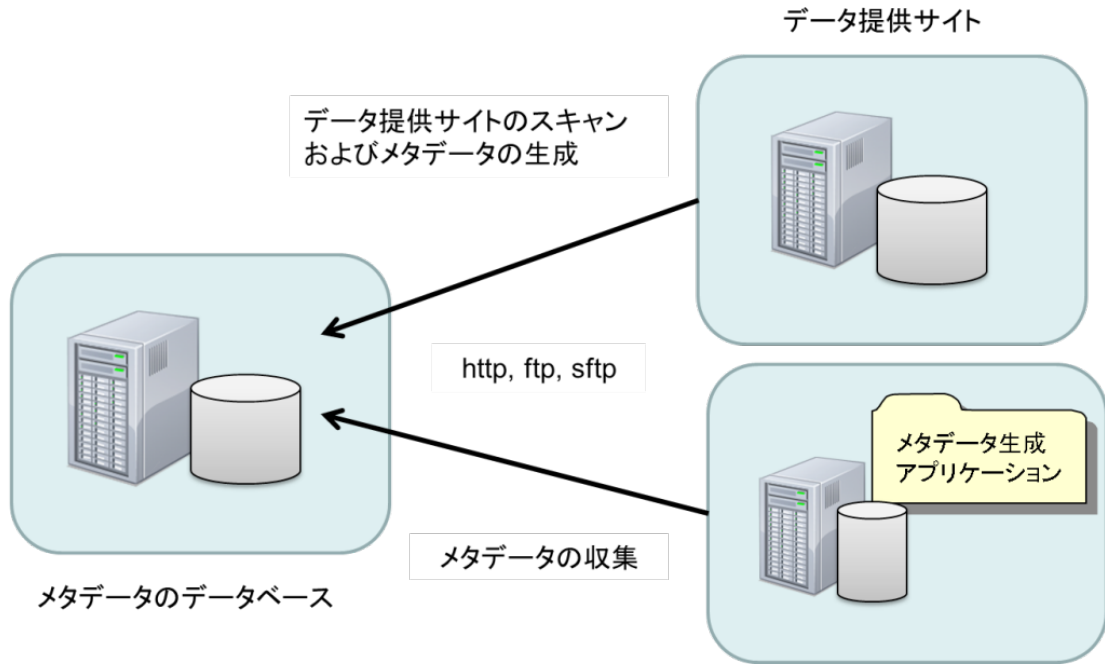


図 5 NiCTyによるメタデータの収集とデータベースへの登録

### 3.2 宇宙天気ボード

宇宙天気情報の利用者は、宇宙機の運用、衛星を使った測位、短波電波を使った通信、電力関係など様々であり、必要とされるデータも利用者によって異なる。例えば、静止軌道衛星の運用では、シングルイベントの原因となる太陽高エネルギー粒子や帯電の原因となる放射線帯粒子の情報が必要となる。一方、電力関係では、地磁気変動に伴う送電線への誘導電流の情報が必要である。このため、利用が自身に必要な情報を選択できるような情報のカスタマイズ機能を持つアプリケーションが便利である。そのようなニーズを考慮して、利用者が必要な宇宙天気データを選択してボード上にアレンジできるようにしたのが、図6に示す「宇宙天気ボード」である。

利用者は、右側のパネルを使って必要なデータを選択し、ボード上の好きな位置に好きな大ききでアレンジすることができる。データを選択する際にデータの更新時間を指定することができる。データに関しては、インターネットからの収集やNiCTyの機能と連動して収集することが可能である。利用者は、作成したデータのアレンジをサーバに保存することができる。この機能により、登録されたデータアレンジの利用者間での共有やあらかじめ作成されたテンプレートのデータアレンジの利用が可能となっている。

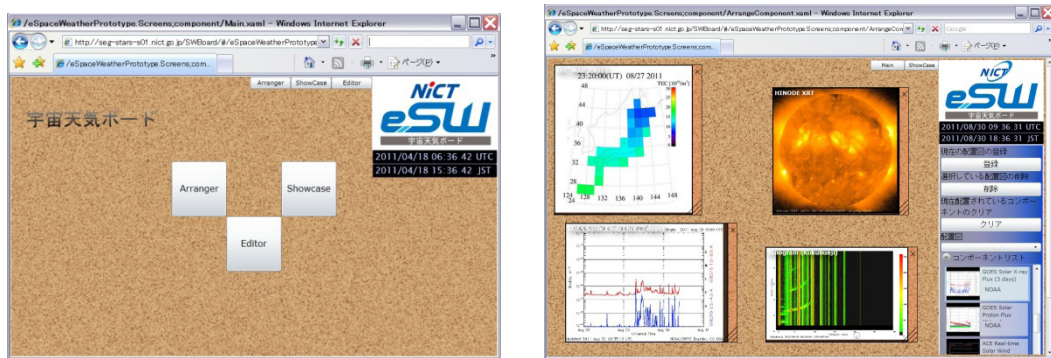


図 6 宇宙天気ボードのトップページ（左図）とアレンジされたデータを表示するページ（右図）

### 3.3 宇宙天気リアルタイムシミュレーション 3次元可視化

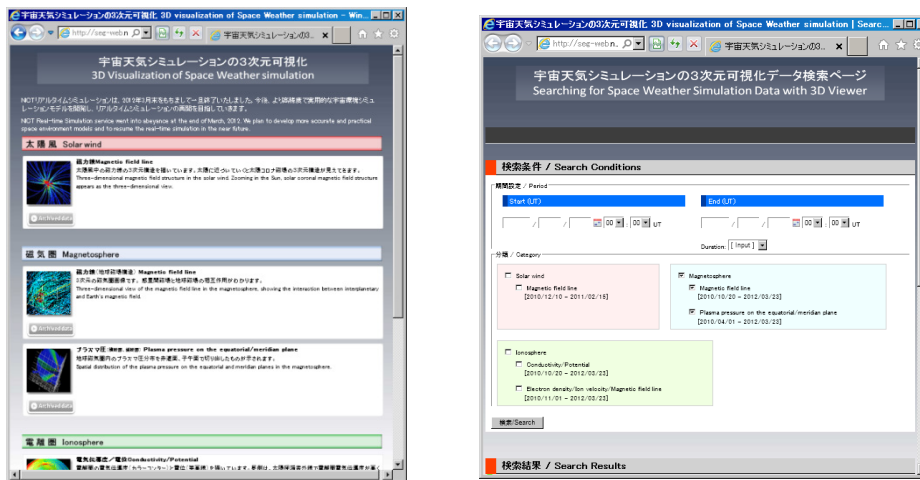


図7 宇宙天気リアルタイムシミュレーション 3次元可視化 Web ページのトップページ（左図）と検索ページ（右図）

情報通信研究機構では、宇宙天気の研究開発の一環として、太陽・太陽風、磁気圏、電離圏のリアルタイムシミュレーションを実施していた。それらの結果をクラウド内のストレージに保存し、「Virtual Aurora」と呼ばれる AVS を用いた 3次元可視化システムにより可視化して図7の Web ページから提供するというものである。図8に地球磁気圏シミュレーションの3次元可視化の例を示す。可視化されたシミュレーション結果は、リアルタイムのものだけでなく過去のものを検索して利用することもできる。宇宙天気のリアルタイムシミュレーションは、高精度モデルの開発のために2012年3月で終了したが、図7の Web ページから検索することにより過去の3次元可視化されたデータを参照することができる。

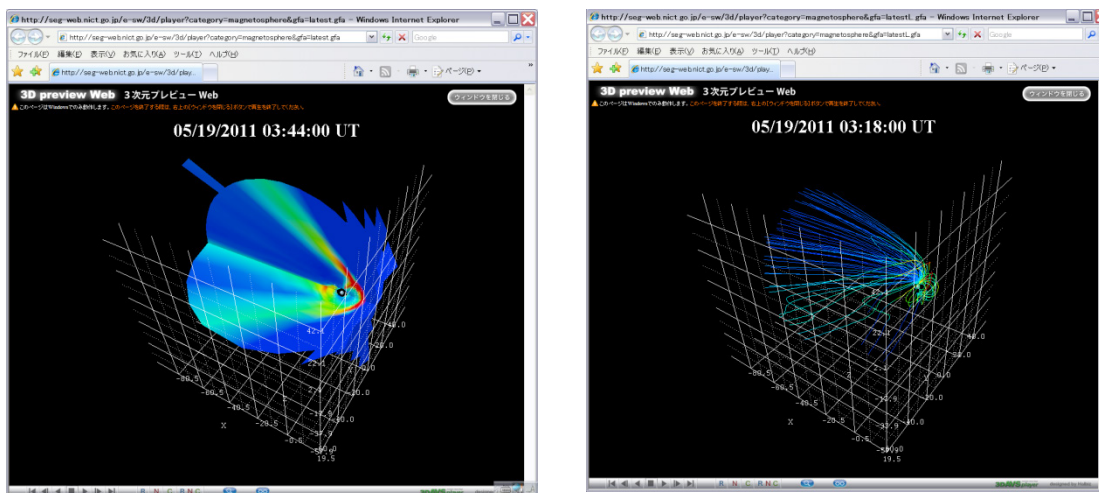


図8 地球磁気圏シミュレーションの3次元可視化の例

### 3.4 週刊宇宙天気ニュース



図9 週刊宇宙天気ニュース

一週間の宇宙天気の状況に関するサマリーと宇宙天気に関係する現象や用語などについての豆知識を動画で一般向けに配信するのが、図9に示す週刊宇宙天気ニュースである。週刊宇宙天気ニュースは、木曜日に収録を行い、毎週金曜日の午後に新しい動画番組がリリースされる。宇宙天気クラウド内の windows サーバによる HD 動画の配信や iPod 向けの動画の配信だけでなく、YouTube (<http://www.youtube.com/user/nictchannel>) からも動画の配信を行っている。宇宙天気豆知識に関して、現在、太陽黒点、太陽活動サイクル、電離圏、イオノゾンデ、デリンジャー現象、CME (コロナ質量放出)、磁気圏、SOHO 衛星、オーロラ、スボラディック E、太陽風、プロトン現象、放射線帯、F10.7、太陽フレア、GPS による TEC 観測、太陽電波バースト、プラズマバブル、地磁気指数、地磁気嵐、電離圏嵐の 21 のタイトルがリリースされている。

### 3.5 太陽地球系観測データ解析参照システム (STARS)

それぞれの研究機関や大学の研究室に分散している太陽地球系の観測データなどのメタデータを収集してデータベース化することにより、必要なデータを横断的に検索してダウンロードし、プロットの作成など解析することが可能になる。太陽地球系観測データ解析参照システム (STARS)<sup>8)</sup> は、データベース化されたメタデータを使って、データプロットを作成するツールである (図10参照)。プロットされたデータの情報は、SPL(STARS Project List) と呼ばれるファイルに保存することができ、SPL ファイルを交換することにより、プロットの情報を共有することができる。また、STARS では、宇宙天気関連のイベントの登録や参照をすることができる。3.1 で述べた NiCTy が STARS でプロットに使うデータのメタデータの収集を行っている。

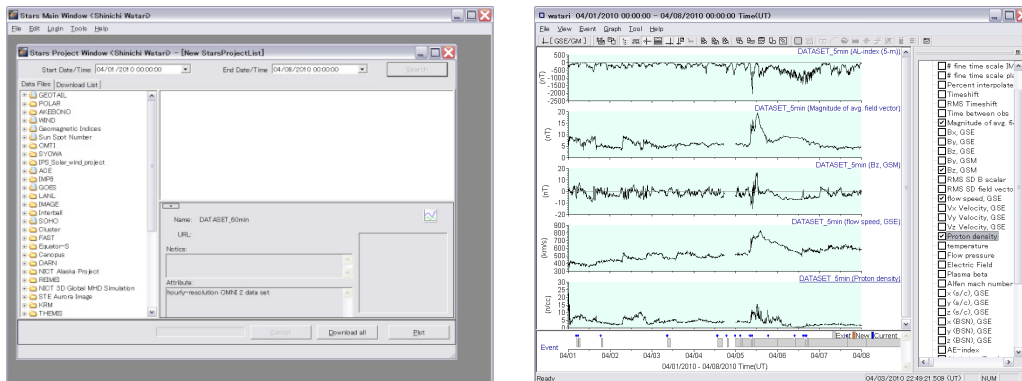


図10 STARS の期間・データ選択ウィンドウ (左図) とデータプロットの例 (右図)

### 3.6 ダウンロードサービス

図 11 に示すダウンロードサービスの Web ページでは、前述した STARS などのアプリケーションや情報通信研究機構がイオノゾンデと呼ばれる観測装置により国内で行っている電離圏の定常観測により得られる電離圏パラメータの月報や南極で行っている観測による電離圏パラメータの年報などをダウンロードすることができる。

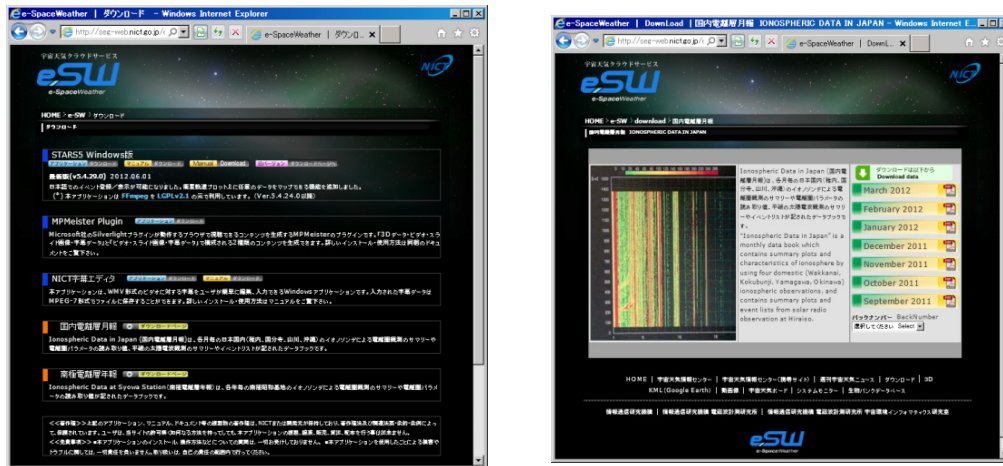


図 11 ダウンロードサービスの Web のトップページ (左図) と電離圏データ月報のダウンロードページ例 (右図)

## 4. まとめ

太陽から地球までの広大な領域のデータを扱う宇宙天気では、メタデータの活用により衛星観測や地上観測のデータを網羅的に収集する必要がある。一方、観測だけで全領域をカバーすることは不可能であり、数値シミュレーションとの連携が必須である。新たな衛星や地上観測網のデータ、数値シミュレーションのデータなどにより、宇宙天気での扱うデータ量は年々増え続けている。これらのデータを効率よく処理してデータ解析や情報サービスを行うためには、観測データと数値シミュレーションデータを統合的に処理できる「宇宙天気クラウド」のようなプラットフォームが必要である。「宇宙天気クラウド」を用いたデータインテンシブな解析<sup>9,10,11)</sup>により、新たな知見の抽出や新たな宇宙天気情報サービスの創出を期待している。

太陽、太陽風、磁気圏、電離圏、熱圏などの領域を統合的に扱う宇宙天気においては、ネット上で公開されているデータベースを連携させる Linked Data<sup>12)</sup> による領域の垣根を越えたコンテンツ間やサイト間のデータ統合の試みも重要だと思われる。また、大きな太陽フレアや地磁気嵐などの現象が発生したときに迅速に情報提供する必要がある宇宙天気では、インターネットによりほぼリアルタイムで収集されるデータストリームの中から、自動的に現象を検出して情報を配信するストリームマイニング技術<sup>13,14)</sup> の応用も有効だと考えられる。

## 参考文献

- 1) Lanzoretti, L. J., Space Weather effects on technologies, in Space Weather (edited by P. Song, H. Singer, and G. Siscoe), AGU Geophys. Monogr. Ser., 125 (2001), pp.11-22.
- 2) Baker, D. N. and Barton, C. E., Informatics and the 2007-2008 Electronic Geophysical Year, EOS Transaction, AGU, Vol.89, No.48 (2008), pp.495-486
- 3) Rankin, R., Space science informatics: A Canadian approach, EOS Transaction, AGU, Vol.92, No.8 (2011), pp.61-62
- 4) 建部修見, 森田洋平, 平岡 聡, 関口智嗣, 曾田哲之, 広域大規模データ解析のための Grid Datafarm アーキテクチャー, 情報処理学会研究報, 2001-HPC-87, SWoPP2001 (2001), pp.177-182
- 5) 田浦健次郎, 頓 楠, 情報爆発時代のストレージ・データ集約的計算プラットフォーム, 電子情報通信学会誌, Vol.94,



No.8 (2011), pp.667-672

- 6) 新世代通信網テストベッド JGN-X  
<http://www.jgn.nict.go.jp/>
- 7) 石倉諭, 村田健史, 久保卓也, 木村映善, 山本和憲, 篠原育, RSS1.0 を利用した科学衛星・地上観測データの自動収集, 電子情報通信学会論文誌 (B), Vol.91-B, No.4 (2002), pp.115-130
- 8) 村田健史, 岡田雅樹, 阿部文雄, 荒木徹, 松本紘, 太陽地球系物理観測の分散メタデータベースの設計, 情報処理学会論文誌 データベース, Vol.43, no.SIG12 (2002), pp.115-130
- 9) The fourth paradigm: Data-intensive scientific discovery (edited by H. Tony, T. Stewart, and K. Tolle), Microsoft Research, 2009  
<http://research.microsoft.com/en-us/collaboration/fourthparadigm/>
- 10) 喜連川優, 情報爆発のこれまでとこれから, 電子情報通信学会誌, Vol.94, No.8 (2011), pp.662-666
- 11) 特集ビッグデータ革命ービッグデータは奇跡を起こすー, 日経コンピュータ 9月15日, No.791 (2011), pp.31-41
- 12) 森田武史, 山口高平, Linked Data を利用した情報統合, 人工知能学会誌, Vol.27, No.2, (2012), pp.189-199
- 13) 有村博紀, 喜田拓哉, データストリームのためのマイニング技術, 情報処理, Vol.46, No.1 (2005), pp.4-11
- 14) 櫻井保志, 時系列データのためのストリーミングマイニング技術, 情報処理, Vol.47, No.7 (2006), pp.755-761