

## 01 2011年 年頭のご挨拶

理事長 宮原秀夫

### 宇宙天気予報特集

#### 02 巻頭インタビュー

**太陽から地球までの観測データをもとに  
宇宙環境の変動を予測する宇宙天気予報**

亙 慎一

#### 05 太陽活動領域での太陽嵐発生アセスメント

井上 諭

#### 07 宇宙天気予報研究を支える大規模分散ストレージの構築

森川 靖大

#### ●トピックス

#### 09 NICTがICSU世界科学データシステム国際プログラムオフィスに選定

—Yuan Tseh Lee次期会長(1986年ノーベル化学賞受賞)ほか

ICSU代表団が視察—

#### 10 受賞者紹介

#### 11 WINDSワークショップ「WINDSと将来の衛星通信」開催報告





# 2011年 年頭のご挨拶

独立行政法人情報通信研究機構

理事長 **宮原 秀夫**

新年明けましておめでとうございます。

我が国は、低迷している経済状況が、なかなか持ち直さない状況が続いています。科学技術を取り巻く環境も厳しさを増しており、独立行政法人をめぐる状況もニュース等で報道されているとおり必ずしも芳しいものではありません。昨今は、あまりにも短期的な成果のみを追求する効率主義が、悲観的な世相を生み出し、将来の成長の芽を萎縮させているように思います。こうした情勢だからこそ、研究者は自らの研究が現在どの位置にあるかをしっかりと見据えて、将来の発展の方向性を見極め、自信と誇りを持って研究に取り組んでいただきたいと思います。

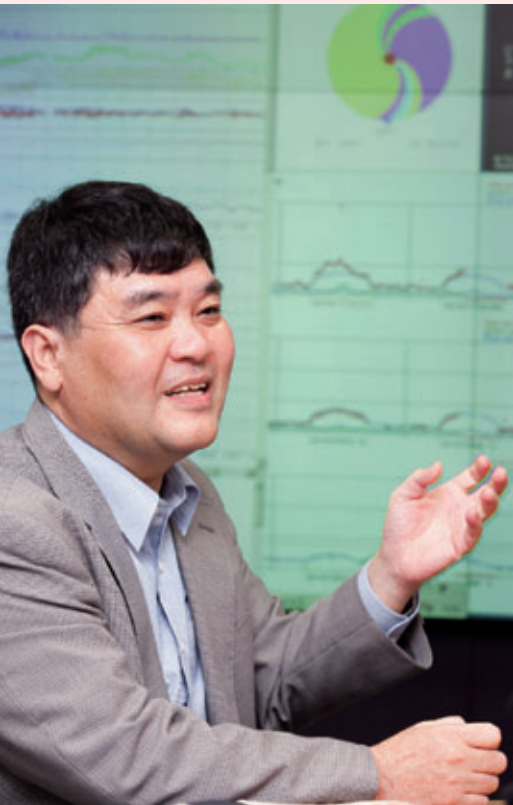
情報通信の研究開発の分野では、我が国の個々の要素技術は世界の中でも大変高い競争力を持っていると思いますが、システムの段階になるとやや見劣りしてきます。それぞれの要素技術を集約・統合して、具体的システムを作り上げるところまでフォローすることが必要です。NICTでは、研究機構内の研究課題の集約・統合と大学や民間の研究機関との連携を行い、新しい機能を有するシステムを作り出すプロジェクト研究に重点を置いて取り組んでいきます。このような研究活動を通して、将来の発展の方向性を示すことが、社会へのNICTのアクセシビリティを果たすことになるのだと考えています。

科学とは、すでに存在しているものにある普遍的な法則を探求すること、あるいは解析することと言ってもいいかもしれません。それに対して、技術とは、新しい機能を実現する具体的な方法を案出し、作り上げ、利用する

こと、設計することと言ってもいいかもしれません。そしてこれらが、表裏一体となって、車の両輪のように機能する事によって、科学技術が推進されていると考えています。最近では、この科学と技術が乖離しているように感じます。真に価値のある科学技術を創造するためには、科学と技術の融合が強く求められ、異なる研究分野にまたがる、学際融合分野の研究が重要になります。現状のシステムをモデル化し、数学的解析を行い、システムの性質を抽出し、新しいモデルを作るといった一定のサイクルが必要で、このサイクルによってイノベーションが創出されると考えます。NICTは、科学と技術の融合により根本的な科学技術の開発を行い、真の文化を創造する研究機関になっていきたいと念じています。

NICTでは、今年の4月から、新たな研究開発期間となる第3期中期計画がスタートします。急激に変化する社会情勢の中で、真に社会の中で必要とされる科学技術の将来をしっかりと捉え、新たな気持ちで研究活動を開始したいと思っています。そして、NICTが発信する情報通信分野の研究開発成果が我が国の将来の成長の糧となるとともに、地球環境や世界の人口、食糧問題などの社会的課題の解決に役立つように努力していきたいと考えています。

最後になりましたが、本年が皆様にとって素晴らしい年になりますよう祈念いたしまして、年頭のご挨拶とさせていただきます。



# 太陽から地球までの観測データをもとに宇宙環境の変動を予測する宇宙天気予報

## 日々の生活に少なからず影響を与える宇宙環境の情報をリアルタイムに提供する

巨 慎一 (わたり しんいち)

電磁波計測研究センター 宇宙環境計測グループ 研究マネージャー

1984年電波研究所(現NICT)入所。1994年から1995年米国海洋大気庁宇宙環境センター(NOAA/SEC)(現 米国海洋大気庁宇宙天気予報センター(NOAA/SWPC))客員研究員。スボラディックE層によるVHF電波の異常伝播、太陽風擾乱の原因となる太陽活動現象、日本での地磁気誘導電流の研究など宇宙天気予報の研究に従事。

宇宙環境の変動は地上の天気と同じように、さまざまな形で私たちの暮らしに影響を与えています。NICTは長年にわたり宇宙の天気を予測し、「宇宙天気予報」として情報提供を行っています。

### 宇宙の天気予報とは

——まず「宇宙天気予報」というのはどのようなものかを説明していただけませんか。

巨 私たちは日頃から外出前に天気を調べたり、テレビの天気予報を見て洗濯するかどうかを決めたりします。宇宙天気予報は、私たちに身近な天気予

報の宇宙版と考えて下さい。宇宙空間は完全な真空と思われがちですが、実際には微量な電気を帯びた粒子が存在するのです。そうした粒子による宇宙環境の変動を、私たちは「宇宙天気」と呼んでいます。

もう少し詳しくお話すると、地上と同様に宇宙環境も太陽の影響を大きく受けています。例えば、太陽の表面で太陽フレアと呼ばれる爆発現象が発生すると、その影響が地球周辺にまで及びます。太陽フレアの発生直後には、エネルギーの高い粒子が太陽から飛んできて、人工衛星に障害を起こしたり宇宙飛行士が被曝したりといった影響が出ます。その後2、3日経過すると、太陽フレアに伴って放出される電気を帯びた雲のようなものが地球に到達して、地球の磁場が乱されます。地球の

磁場が乱されるとオーロラが見えることがあります。その一方で地磁気の変動によって地上の送電システムに誘導電流が発生して障害が起きる可能性もあります(図1)。

こうした人間の作ったシステムや人間に影響を与えるような宇宙環境の変動を総称して「宇宙天気」と呼び、太陽や太陽風などの観測結果から宇宙環境の変動を予測し、その情報を提供するのが宇宙天気予報なのです。

——太陽活動によって受ける影響の具体例を教えてください。

巨 私たちが「ハロウィン・イベント」と呼んでいる、2003年10月末に太陽の活動が非常に活発になった時期に、日本の人工衛星「こだま」に搭載されたセンサーにノイズが入って地球の方向を見失い、衛星の姿勢制御に不具合が

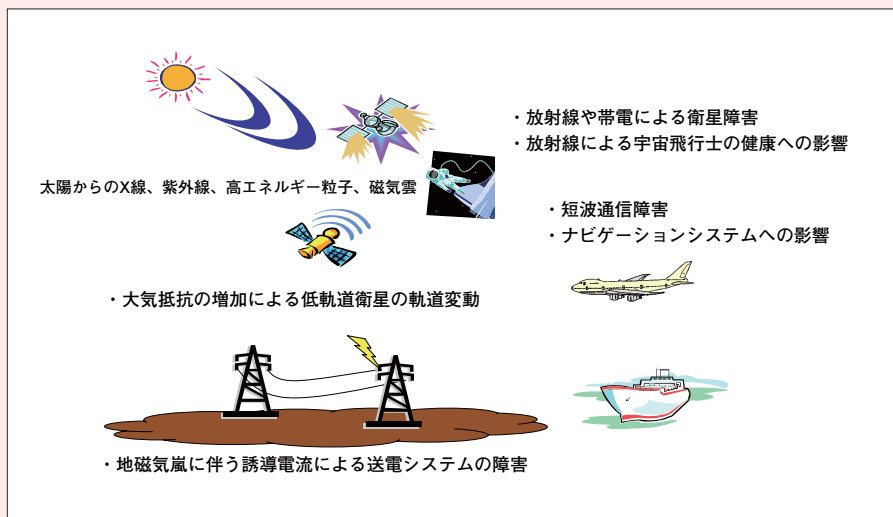


図1● 宇宙嵐の社会システムへの影響  
太陽活動などによる宇宙環境の変化は、日常の生活にも影響を与えている

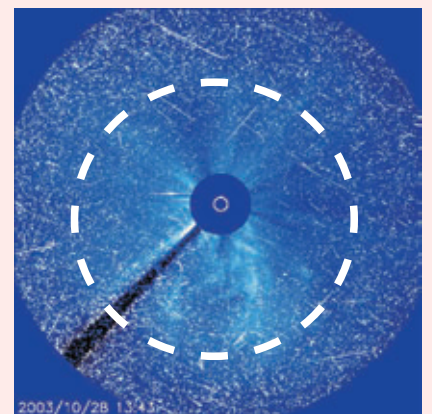


図2● SOHO衛星(ESA/NASA)が捉えた「ハロウィン・イベント」時のコロナ質量放出(白い点線の丸で囲んだ部分)白い小さな点がたくさん見えるのは太陽高エネルギー粒子によるもの

発生しました(図2)。このときは、活動が静穏になってから衛星の復旧作業が行われました。また、2000年7月の「バスターユ・イベント」では、非常に大きな地磁気嵐によって大気密度が増え、その影響を受けた人工衛星「あすか」の姿勢が制御不能に陥り、翌年には地球に再突入してしまいました。

人工衛星の故障の他にも、地上で停電を引き起こすこともあります。地球の磁場が変動することで誘導電流が発生するのですが、発生する電流自体は大きくなくても、送電システムの保護装置が作動してしまったり、変圧器の動作点がずれてロスが大きくなり不具合が発生したりするというトラブルが起こることが知られています。1989年3月にカナダで起きた9時間にも及ぶ停電は、地磁気嵐による地磁気の大変動が原因です。「ハロウィン・イベント」の際には、スウェーデンのマルメで停電が起きています。

通信ですと、例えば旅客機や遠洋漁業の漁船との短波電波を使った通信には、宇宙天気が大きく影響します。また、GPSなど衛星を使った測位にも影響します。ただ、地上の天気と違い私たちが直接感じることができないので、実感することは難しいと思います。唯一、地上で目に見える現象としてはオーロラだけです。

——宇宙天気予報はどのように利用されるのでしょうか。

☐ 通信衛星や放送衛星など人工衛星の運用をしている人たちや短波電波を使って通信や放送を行っている人たちが利用しています。最近では、GPSなどの衛星測位が一般的になって、旅客機の運航や離着陸、あるいは土地の測量や無人の農作業機械などに利用されるようになってきています。前回の太陽活動の極大期には、まだ、衛星測位はあまり高度な利用をされていなかったもので、次の極大期にはどんな影響が起きるか、はっきりわからないところもあります。ですから、衛星測位システムを高度に利用する場合には、

宇宙天気予報の情報を有効に利用する必要があります。

### 電波研究所時代から続く 宇宙天気予報

——宇宙天気予報をNICTが始めた経緯を教えてください。

☐ NICTがその前身である電波研究所であった頃、1957年のIGY(国際地球観測年)の際には既に行っていたので、ずいぶん昔からですね。当時は国内外の通信や放送などで短波電波が広く利用されていました。その短波電波の伝播に影響を与える宇宙環境の変動

なった年で、その頃から宇宙天気予報という言葉を使っています。アメリカや他の国の研究者が、「Space Weather」は自分のところが最初に言い出したと主張していますが、私たちがオリジナルだと思っています。

——すると初期の頃から国際的な交流があったのですか。

☐ そうですね。IGYの頃にはIUWDS(ウルシグラム世界日業務)という国際機関がありまして、日本も参加しています。その後、1996年にIUWDSは、ISES(国際宇宙環境情報サービス)と名称を変更しました(図3)。

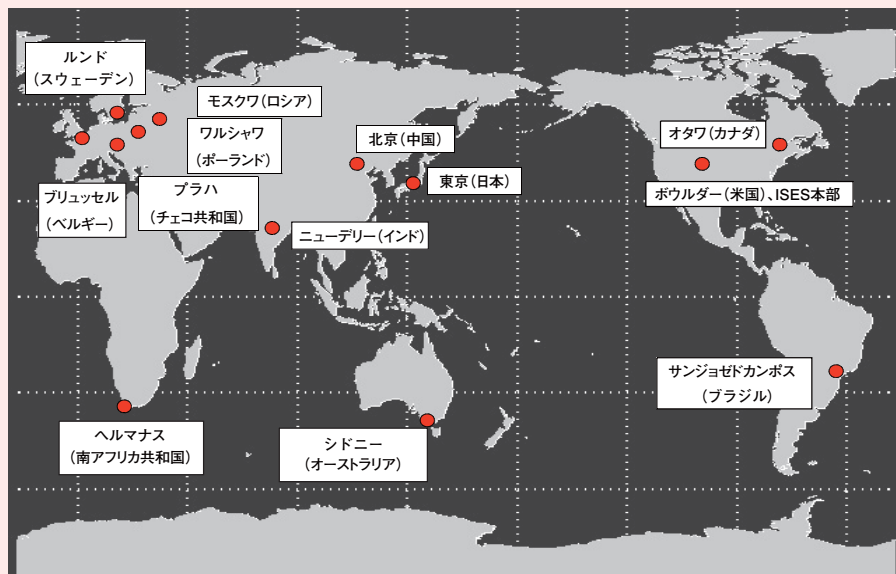


図3●国際宇宙環境情報サービスの予報センター。13カ国が加盟し活動している

を予報することは、電波研究所にとって重要な使命だったのです。しかし、現在では状況も変化しています。衛星通信や光ファイバーによる通信が増えたことで、以前に比べて短波通信の重要度は下がってきました。その代わりに国際宇宙ステーションに人が滞在するなど人類が宇宙へ進出する機運が高まってきたことで、宇宙天気予報として、宇宙の利用などにも役立てていくということになりました。

——宇宙天気予報という言葉はいつ頃から使われているのでしょうか。

☐ 1988年頃、研究がスタートしたので、ほぼ20年ぐらい前からでしょうか。88年といえば、ちょうど電波研究所から通信総合研究所へと名称が変更

### 観測データを駆使して より正確な予報を行う

——日常の業務としてはどんなことをするのでしょうか。

☐ 太陽、太陽風、磁気圏、それから地球の磁場や電離圏といったデータを常時モニタリングしています。毎日14時半に予報会議を行い、日々のデータから太陽フレア発生や地磁気嵐発生の予報、太陽高エネルギー粒子現象の予報などを行います(図4)。その結果を日本時間(JST)の15時に発令しています。日本以外ですと、ベルギーのブリュッセルが20時半(JST)、オーストラリアのシドニーが9時(JST)、アメリカのボウルダーが12時半(JST)に発令しています。

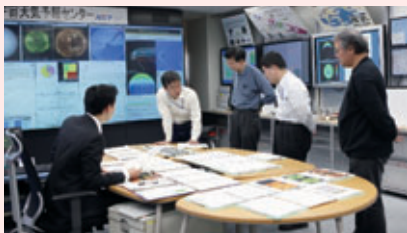


図4●宇宙天気予報センターでは、毎日午後宇宙天気予報会議が行われている。(上)

廊下に響き渡る鐘の音が、会議招集の合図。(右)



——予報にはどのようなデータを利用しているのですか。

■ 太陽関連ですと、1995年にESA/NASAが打ち上げた太陽観測衛星「SOHO(Solar and Heliospheric Observatory)」から送られてくる、黒点や太陽コロナのデータなどを使っています。また、太陽と地球の引力が釣り合うラグランジュ・ポイント(L1)にあるACE(Advanced Composition Explorer)衛星からの太陽風データは、NICT本部にある11mのアンテナで直接受信しています(図5)。NOAA(米国海洋大気庁)の気象衛星「GOES」からは、太陽フレアに伴うX線や高エネルギー粒子、静止軌道上の高エネルギー電子などの観測データが送られてきます。地磁気に関しては、茨城県の柿岡にある気象庁の地磁気観測所や沖縄やロシアなどにNICTが設置した観



図5●NICT本部の敷地内には、ACE衛星からのリアルタイムデータを受信するパラボラアンテナが設置されている

測点からのデータを見えています。電離圏については、NICTが北海道(稚内)、東京(国分寺)、鹿児島(山川)、沖縄(大宜味)で定常観測しているデータを使っています。また、国土地理院のGPS観測網「GEONET」のデータから算出した電離圏の全電子数を利用しています。

——予報会議ではどのような内容が議論されるのですか。

■ まず太陽の状況はどうか。例えば黒点が成長中であるとか衰退中であるとか、あるいは活発に活動しているかどうか。そうした状況を基に、太陽フレアが発生するかどうか。さらに、コロナ質量放出(CME)と呼ばれるコロナガスの大規模噴出現象によって地球に影響があるか。また、高速な太陽風の吹き出し口であるコロナホールの影響で地磁気が乱されることがあるので、コロナホール大きさや場所にも注意します。太陽高エネルギー粒子のフラックスが増えているかどうかといった議論も行います。

——宇宙天気予報はどのような形で情報発信しているのでしょうか。

■ NICTのウェブサイト(<http://swc.nict.go.jp>)で公開するほか、電子メールでも情報を送っています(図6)。毎週金曜日には週報、地球に影響を及ぼすような現象が起きたような場合には臨時情報を送信しています。また、一般の方にわかりやすい情報提供を行おうということで、YouTubeのNICT Channel(<http://www.youtube.com/user/NICTchannel>)から「週刊宇宙天気ニュース」という動画も配信しています。



図6●NICTが開設している「宇宙天気情報センター」のウェブサイト(<http://swc.nict.go.jp>)

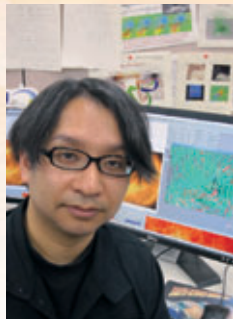
——どのぐらい未来までの予報が可能なのですか。

■ 予報には、太陽から地球までの1億5,000万km離れていることによるタイムラグを利用しています。太陽表面で太陽フレアと呼ばれる爆発現象が起きると、光や電磁波では8分くらいで地球に届きます。その時点である程度の規模などが分かります。太陽高エネルギー粒子は数十分から数時間でやって来ますから、その間に警報を出すことが可能です。ACE衛星は、太陽風の速度で地球から1時間くらい上流で太陽風の観測を行っているため、そのデータを使うと、1時間くらい先はかなり正確な予測ができます。コロナ質量放出やコロナホールの影響は、2~3日かけて地球に到来するので、光や電磁波などによる太陽の観測データを使うことにより2~3日くらい先の予測ができることとなります。また、太陽は約27日周期で自転しているので、同じ領域からの影響がまた27日後に訪れることもあります。つまり、約1カ月先の予測もある程度まで出来ることとなります。さらに、太陽活動は平均すると約11年の周期で変動しているので、活動の活発な時期や静穏な時期を長期的に推測することができます。

宇宙環境計測グループでは、スーパーコンピュータによるシミュレーションにも力を入れています。数値モデルの分野においては、他の国の予報センターに比べてNICTは進んでいます。数値モデルだけでなく、これまでに蓄積されたデータを使って経験的なモデルを作成して、定量的な予測を行おうという研究も行っています。

「ナウキャスト」と言っていますが、リアルタイムの観測データを使って、現在の状況とその推移を正確に伝えていくことがやはり重要です。数値予報の実用化はまだ先なので、経験則を積み上げ、数値予報の精度が上がってきたら徐々に切り替えていく、という方法で予測の向上を行っていきたいと考えています。

# 太陽活動領域での太陽嵐発生 アセスメント



**井上 諭** (いのうえ さとし)

電磁波計測研究センター 宇宙環境計測グループ 専攻研究員

大学院修了後、名古屋大学、海洋研究開発機構の博士研究員を経て2009年8月にNICTに入所。太陽活動領域の磁場構造の解明から太陽嵐の発生機構までを大規模計算機を用いた研究に従事。博士(理学)。

## 背景

地球近傍の宇宙空間(ジオスペース)では、電磁気的な擾乱現象である磁気嵐、磁気圏サブストームさらには電離圏嵐といった宇宙嵐にしばしば見舞われます。これらの宇宙嵐は、人工衛星の故障や地上の電力網等に影響を与えるので、我々の日々の生活にも影響が出てきます。これらの宇宙嵐の発生要因は太陽の表面で爆発する「太陽フレア」(図1a)や、太陽大気であるコロナガスを惑星間に大量に放出する「コロナ質量放出(CME)」(図1b)であると考えられています。これらの現象(以下総称して「太陽嵐」)は太陽コロナ中での磁場のエネルギーの解放現象であると考えられていますが、発生機構等は未だ解明されていません。その解明を難しくしている要因の1つとして、太陽活動領域の3次元の磁場構造が明確に理解されていないことがあります。太陽活動領域とは、太陽表面に現れる黒いシミ「黒点」によって構成された領域であり、磁気活動が活発化して太陽嵐を引き起こす磁気エネルギーが蓄積されている領域です。太陽活動領域の3次元の磁場構造が明確にならない理由は、現在の太陽観測では太陽表面である光球の2次元面での磁場の情報しかわからないからです。特に、太陽嵐は光球よりも上空のコロナ中でエネルギーが解放される現象であると考えられているので、“太陽コロナ中のどこにエネルギーが蓄積されているのか”を明確にする必要があります。そこで我々は、観測で得られる光球面の磁場

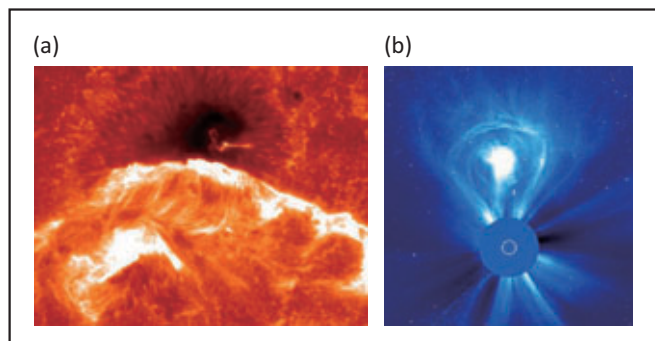


図1●(a) 太陽観測衛星「ひので」が観測した太陽フレア。Callで彩層を観測しており、発光部分はフレアリボンと呼ばれています。(ひので科学プロジェクト提供) (b)「SOHO」衛星が観測したコロナ質量放出。円盤の中の白丸が太陽を表しており、外側の白く発光している領域は放出されたコロナガスを表しています。(http://sohowww.nascom.nasa.gov 提供)

分布を境界条件として、上空の磁場構造を数値的に求める方法を考案し、その数値計算プログラムを開発しました。

## 太陽活動領域の3次元磁場構造

開発されたプログラムを用いて、3次元の磁場構築の計算を行いました。図2aは太陽観測衛星「ひので」が観測した光球面に対して鉛直方向の磁場成分を表しています。白黒は磁場成分の正(紙面上向き)負(紙面下向き)を表しており、正極と負極の黒点の位置を表しています。今回は、この磁場データを境界条件として上空の3次元の磁場を計算しました。この活動領域は6時間後にX3.4クラスの大きなフレアを引き起こし、ジオスペースで巨大な宇宙嵐を引き起こしています。図2bは光球面に対して、

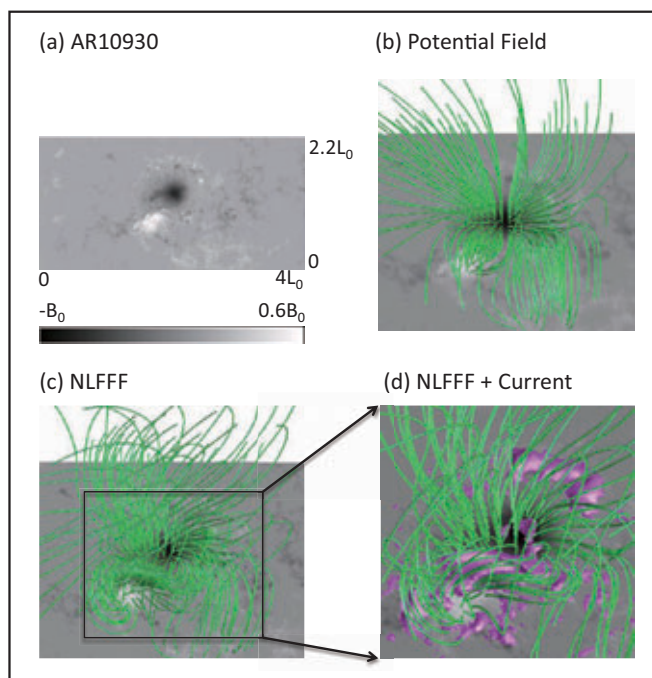


図2●(a) 太陽観測衛星「ひので」が観測した光球面の磁場データ。紙面に対して鉛直成分をプロットしており、正(紙面に対して上向き)負(紙面に対して下向き)の黒点の位置を表している。(b) 光球面の鉛直磁場成分のみを用いて計算されたポテンシャル磁場。緑色の線は磁力線を表している。(c) 光球面の磁場3成分を用いて計算されたフォースフリー磁場。(d) cの矩形領域の拡大図。紫色の面は強い電流が流れている領域を示しています。

鉛直磁場成分のみを用いて計算した磁場構造です。緑色の線は磁力線を表しています。この磁場構造は“ポテンシャル磁場”と呼ばれる磁場で、光球面の鉛直磁場成分さえわかれば、簡単に計算できて解の一意性も数学的に保証されています。しかしながら、ポテンシャル磁場は磁気エネルギーが最小状態の磁場構造であり、太陽嵐を引き起こすようなエネルギーレベルの高い活動領域のモデリングとしてはふさわしくありません。そこで、光球面に対して鉛直成分だけでなく接線成分の磁場成分も境界条件に含めて3次元磁場構造を計算した結果が図2cになります。ポテンシャル磁場とは黒線で囲まれた矩形領域中で、その構造が際立って異なるのがわかるかと思えます。この磁場構造は“フォースフリー磁場”と呼ばれています。図2dは図2cの矩形領域の拡大図です。紫の面は強い電流が流れている領域を表しています。この強い電流領域は太陽嵐を引き起こす自由エネルギーが蓄積されている領域です。このように、光球面の観測磁場を境界条件として3次元の磁場構造を数値的に計算する事で、コロナ中でエネルギーが蓄積されている“ひずみ”の構造とその場所が計算機の中で明確に見えるようになったのです。

**計算された磁場構造と太陽観測との比較。**

さて、エネルギーの蓄積された領域の再現には成功しましたが、計算された磁場構造がどこまで観測を反映しているのかを検討しなければなりません。その検証の結果を図3に示しています。図3aは「ひので」のX線望遠鏡が観測した活動領域のX線の輝度分布を表しています。赤い線と青い線は正極と負極黒点の位置を表しています。緑色の線は磁力線を表しています。X線の強い領域は強くねじれた磁力線で構成されている(であろう)事が以前から指摘されています。本結果も、X線の強い領域はねじれた異なるトポロジーの磁力線で構成されている事が確認されました。さらに、図3bは「ひので」可視光望遠鏡が観測したフレアリボンに磁力線をプロットした結果です。フレアリボンは、太陽フレアの発生時に観測される現象で、フレア前のねじれた磁力線の足下に相当していると考えられています。フレアリボンは非対称で複雑な構造をしているにもかかわらず、その位置は計算された磁力線の足下に相当しており、フレア領域の磁場構造を正確に再現できている事が確認できました。

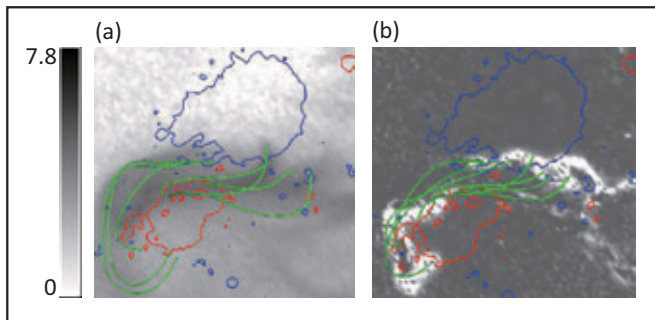


図3●(a)太陽観測衛星「ひので」がX線望遠鏡で観測したX線の輝度分布に磁力線をプロットした結果。赤と青は正負の黒点の位置を表している。(b)「ひので」可視光望遠鏡が観測したフレアリボンに磁力線をプロットした結果。

本研究で用いた磁場データはフレア発生6時間前のデータです。それにもかかわらず、計算された磁力線の足下の位置はフレアリボンの位置とよく一致します。この結果が意味する事は、フレア6時間前にはすでにフレアを引き起こすエネルギーレベルの高い磁場構造が形成されているという事です。つまり、6時間前の磁場データを手に入れる事で、太陽コロナ中のエネルギーが蓄積された「ひずみ」の場所や構造を計算機の中で再現する事が可能になります。今後はこの「ひずみ」が時間と共にどう成長するのかを定量的にもっと詳細に調べる必要があります。昨年、「Solar Dynamics Observatory (SDO)」と呼ばれる、新しい太陽観測衛星が打ち上げられました。この衛星は、空間解像度は「ひので」衛星には劣るのですが、広範囲な視野と高時間分解能で光球面の磁場データを観測します(詳細は、<http://sdo.gsfc.nasa.gov/>をご参照下さい)。そのため、SDO衛星が観測する磁場データに基づいて3次元磁場の計算を行えば、「ひずみ」がどのタイミングで形成され、どのように成長していき、そしていつ崩壊するのか等が明らかになる事が期待できます。より詳細に調べるには、計算された磁場構造を初期条件として、電磁流体シミュレーションを実施する事で磁場のダイナミクスを考察する事ができます。図4は以前に筆者らがシミュレーションした磁場のダイナミクスの結果の一例です。この計算は、太陽コロナ中に「フラックスチューブ」と呼ばれる螺旋状にねじれた磁場構造が、キンク不安定性(磁場のねじれがある臨界値に達すると、フラックスチューブがよじれる不安定性)によりコロナ上空へと放出される様子を再現しています。重要な問題点として、本研究で扱われた磁場構造は、実際に観測される磁場構造とは非常にかけ離れた単純な構造をしていた事にあります。しかし、本稿に記載しましたように、観測磁場データに基づいて非常に精度良く観測に見合う磁場構造の導出に成功していますので、この問題は解決しつつあります。最後の課題としては、高空間分解能、あるいは高時間分解能の3次元データを扱う場合、その解析リソース(解析、可視化環境やディスク等)が問題となります。宇宙環境計測グループでは、こういった問題を解決するために「サイエンスクラウド」を構築しており、高空間分解能、あるいは高時間分解能のシミュレーションデータの解析ができる環境が整いつつあります。最新のスーパーコンピュータシステムと最新の衛星データを組み合わせ、さらには最新のインフォマティクス技術を駆使する事で、太陽嵐予報への第一歩を踏みだせると筆者は期待しています。

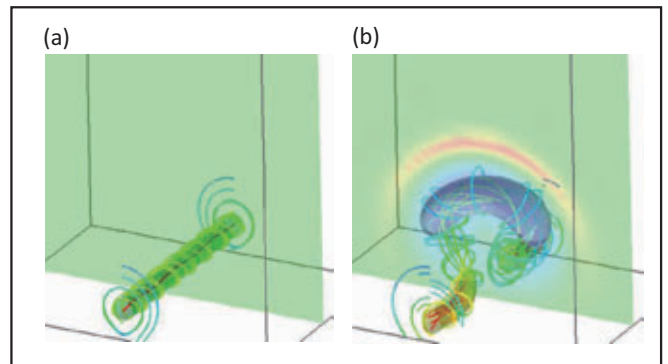
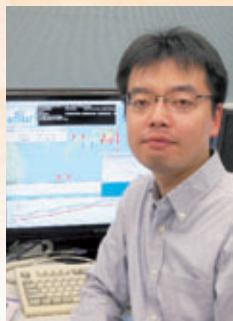


図4●(a)太陽コロナ中に配置された「フラックスチューブ」。線は磁力線を表している。(b)「フラックスチューブ」がキンクモードに対して不安定化した結果、上空へ放出される様子を再現している。赤いカラーは密度が強められている領域で、青い等値面は密度が減少している領域を示している。

# 宇宙天気予報研究を支える 大規模分散ストレージの構築



森川 靖大 (もりかわ やすひろ)

電磁波計測研究センター宇宙環境計測グループ 有期技術員

北海道大学大学院理学研究科修了後、2009年4月にNICTに入所。宇宙天気研究用のクラウドコンピューティング環境の構築に従事。博士(理学)。

## 背景

NICT電磁波計測研究センター宇宙環境計測グループでは、宇宙災害の低減や防止に向けて各種観測データを元に宇宙天気予報の実現を目指しています。その研究手法は幅広く、地上観測ネットワークによる地球電離圏擾乱や太陽活動のモニタリングから、スーパーコンピュータ(以下、スパコン)を用いた計算機シミュレーションまで、様々なアプローチで予報の実現に向けて研究を進めています。そのような研究を進める上では、データを保管するためのストレージが研究のインフラとして重要な役割を果たします。観測機器の発達やスパコンの性能向上に伴ってデータの量は日々増加しており、それら膨大なデータを保管するためのストレージは今後の研究に不可欠となってくることが予想されます。そこで、宇宙環境計測グループではNICTが運用する研究開発テストベッドネットワークJGN2plusと分散ファイルシステムGfarm<sup>\*1</sup>を活用した宇宙天気研究利用のための大規模ネットワーク分散ストレージの構築と試験運用を行っています。

## 市販機材の活用によるストレージの大容量化

宇宙天気予報のためのシミュレーション研究では、地球周囲の電離圏、磁気圏、果ては太陽風やコロナ質量放出の発生

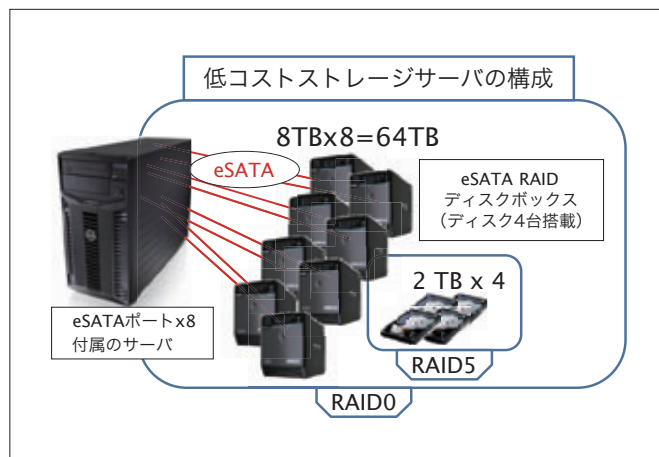


図1●低コストストレージサーバの構成

源である太陽も含め様々な対象について扱っているため、研究が進むにつれデータ量も飛躍的に増大します。近い将来、1ペタ(10<sup>15</sup>)バイトのストレージですら十分ではなくなり、機材や運用のコストを抑えつつ大容量化を実現することが必要となります。私たちは市販の機材を活用することで容量単価を抑えるためにサーバやディスクに関して何通りかの組み合わせを試し、現在は図1のようにサーバを構成することで1テラ(10<sup>12</sup>)バイト当たりおよそ10,000円程度に費用を抑えています。これらのサーバに分散ファイルシステムミドルウェアであるGfarmを導入することで、ネットワーク上に分散した複数のストレージを1つの仮想的なストレージとして機能させています。複数のサーバ上にファイル複製をとることで、サーバ個別のディスクトラブルに関わらず、ネットワーク分散ストレージ全体の継続運用が可能です。また容量を増やす場合には新しく用意したサーバにミドルウェアのインストールと設定を行うだけ済みます。従来のストレージ増強はたいていシステム全体のリプレースが必要となっていましたので、それに比べると格段に低コスト化になります。このような工夫によって大容量・安定性・拡張性を満たすストレージが実現できたと考えています。

## スパコンとの連携

スパコン上で計算されたデータをこのネットワーク分散ストレージ上で効率的に研究利用できるようにするため、JGN2plusを介してネットワーク分散ストレージと全国3カ所のスパコン(NICT本部(小金井)、大阪大学サイバーメディアセンター、名古屋大学情報基盤センター)とを1~10Gbpsのネットワークで接続しています(図2)。これにより、3カ所のスパコンで計算されたデータを高速にネットワーク分散ストレージ上に転送することができるようになりました。ストレージサーバも東京(小金井、大手町)、大阪、名古屋、沖縄に分散配置しており、地理的に離れた場所にいる研究者同士がこのストレージを共有するための準備も進めています。



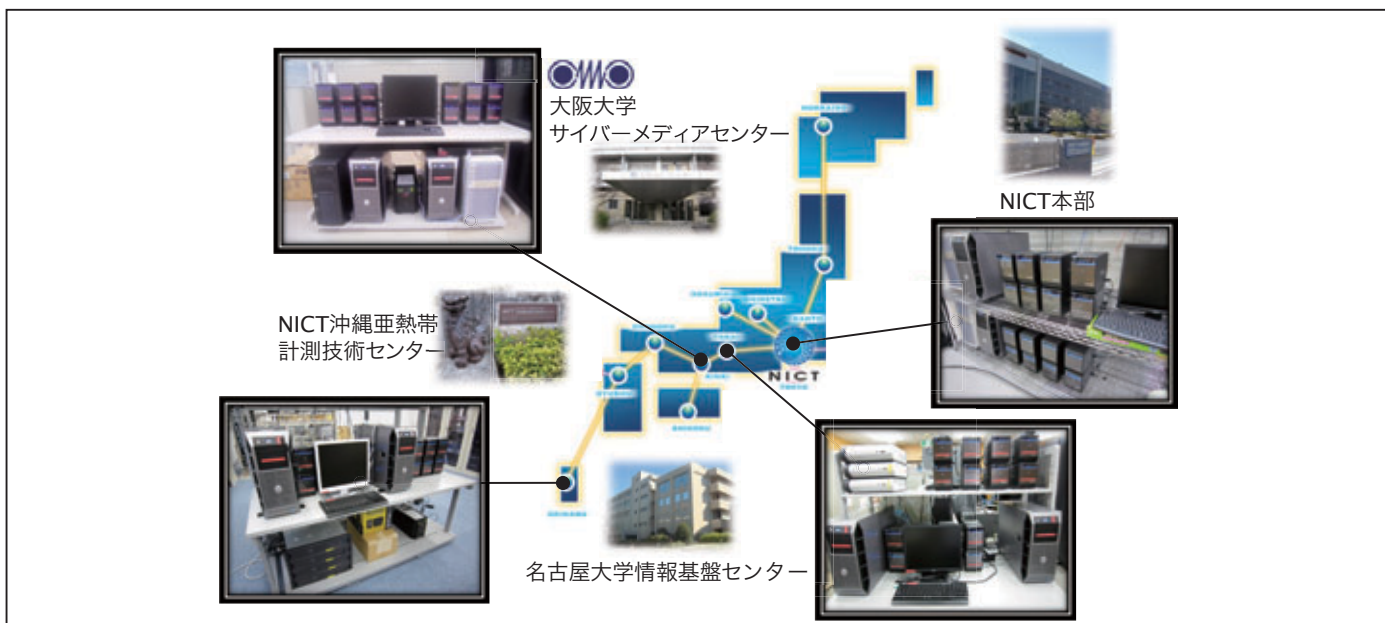


図2●ストレージサーバの全国展開

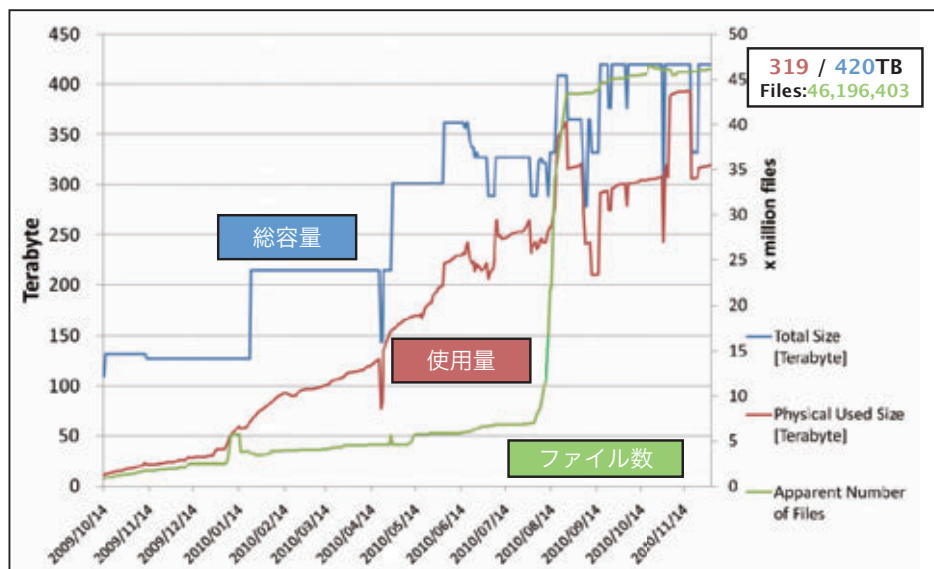


図3●ネットワーク分散ストレージの総容量と使用量(物理容量換算)、および保管ファイル数の推移

## 研究者にとって使いやすいストレージサービスの提供

研究者がこのストレージを用いて速やかに研究を始められるよう、ファイルへのアクセスに際してミドルウェアを意識させない環境、すなわち研究者から見るとNFS<sup>\*2</sup>やCIFS<sup>\*3</sup>マウントされているのと同じ感覚で使えるような環境を整えつつあります。このネットワーク分散ストレージは2009年10月から試験運用を始め、現在に至ります。十数名以上の研究者が試験運用を前提にこのストレージ上で研究を始めつつあり、現在全体の容量がおよそ420テラバイト、そのうちの340テラバイト程度(ファイル数 4千万程度)が利用されています(図3)。

## 今後の展望

本稿でご紹介しました大規模分散ストレージは、数百テラバイト以上の容量を持つ一方で、スパコンで生成された多種多様なデータの保管や解析から、論文に用いる画像の作成といったことまで、すなわち研究者自身が研究に必要な一通りの作業を行えることを目指した新しいシステムです。これまでに例がない試みであるため、予期しないトラブルや不具合に

遭遇することも多いですが、グループ内外の研究者の方々とも協力し、正式運用を目指して試行錯誤をしながら改良を進めています。ここで紹介したストレージは、宇宙環境計測グループが中心となって構築を進めているNICTサイエンスクラウド[OneSpaceNet]のサービスの1つとして提供されています。ご興味をお持ちの方は<https://seg-web.nict.go.jp/scuser/>をご覧ください。

### 用語解説

#### \*1 Gfarm

産業技術総合研究所、筑波大学の建部修見氏らがオープンソースで開発している分散ファイルシステムである。広域なネットワーク上で、どこからでも高速でアクセス可能な分散ファイルシステムを目標として開発が続けられている。  
(<http://datafarm.apgrid.org/>)

#### \*2 NFS(Network File System)

Sun Microsystems社によって開発された、UNIX系OSで標準的に利用される分散ファイルシステムとそのプロトコルである。

#### \*3 CIFS(Common Internet File System)

主にMicrosoft Windowsで利用されるファイル共有のためのプロトコルSMB(Server Message Block)を、Windows以外のOSでも利用できるように拡張したプロトコルである。

# NICTがICSU世界科学データシステム 国際プログラムオフィスに選定

—Yuan Tseh Lee次期会長(1986年ノーベル化学賞受賞)ほかICSU代表団が視察—

電磁波計測研究センター 推進室 室長 石井 守

2010年12月8日(水)・9日(木)に、Yuan Tseh Lee教授を始めとする国際科学会議(International Council for Science: 以下ICSU)代表団5名がNICT本部を訪れ、視察および意見交換を行いました。これは、ICSU世界科学データシステム(World Data System: 以下WDS)の国際プログラムオフィス(WDS-IPO)設置のための公募の結果、NICTが選定されたことを受けて行われたものです。ICSUは日本学術会議を始めとする世界121カ国の科学組織が参加する国際組織であり、Lee教授はその次期会長就任が予定されています。

NICTは、WDSの前身である世界データセンター(World Data Center: WDC)の1つ、電離圏世界資料センターを1957年より半世紀以上にわたり運用してきた実績に加え、ICTを用いた大規模データ利用技術を有することから日本学術会議等の推薦を受け、実現に至りました。WDS-IPOは世界中に分散する100を越えるデータセンターの取りまとめを行う中心的な存在として活動することになります。

代表団の来所中に、宮原秀夫NICT理事長、日本学術

会議、総務省への表敬訪問、NICT本部施設見学を行った後、協力表明書簡の取り交わしに向けた議論および国内のWDC関係者との意見交換を行いました。今後、2011年度前半のWDS-IPOの立ち上げを目指して組織構成の検討等準備を進めていく予定です。

## ICSU(国際科学会議)代表団(来訪者)メンバー

Prof. Yuan Tseh LEE(元台湾中央研究院院長)  
ICSU 次期会長(1986年ノーベル化学賞受賞)

Prof. Deliang CHEN(ヨーテボリ大学教授、スウェーデン)  
ICSU 事務局長

Prof. Bernard MINSTER(カリフォルニア工科大学教授)  
ICSU 世界データシステム(WDS)科学委員会委員長

Dr. Michael DIEPENBROEK(ブレーメン大学WDCディレクター)  
同副委員長

Dr. Mustapha MOKRANE(ICSU専任職員)  
ICSU 科学情報技術オフィス



図1●理事長表敬訪問

左端より時計回りに、Prof. Lee、Dr. Mokrane、Prof. Chen、Prof. Minster、Dr. Diepenbroek、渡邊堯茨城大学名誉教授、熊谷博NICT理事、宮原秀夫NICT理事長、土居範久慶應義塾大学名誉教授、竹内芳明総務省情報通信国際戦略局技術政策課長

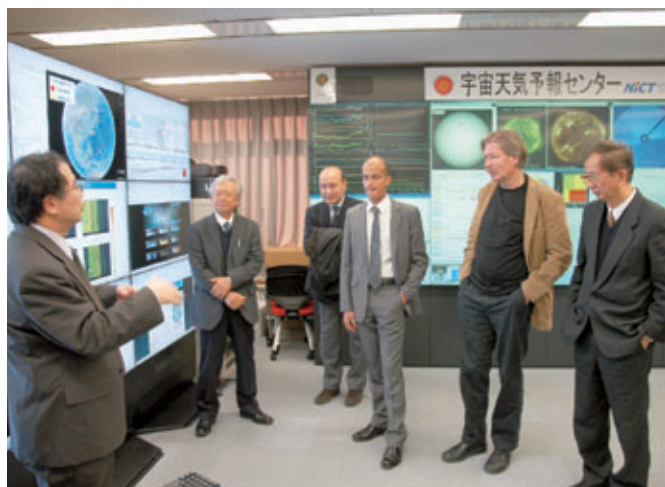


図2●代表団の所内視察の様様(宇宙天気予報センター)

右から、Prof. Lee、Dr. Diepenbroek、Dr. Mokrane、岩田修一東京大学名誉教授、渡邊堯茨城大学名誉教授、村田健史NICT宇宙環境計測グループリーダー

受賞者 ● 松尾 真一郎(まつお しんいちろう) 情報通信セキュリティ研究センター セキュリティ基盤グループ 主任研究員

- ◎受賞日: 2010/9/15
- ◎受賞名: 功労感謝状
- ◎受賞内容: 『暗号と情報セキュリティ特集号』編集幹事として貢献したため
- ◎団体名: (社)電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ

◎受賞のコメント:  
電子情報通信学会の「暗号と情報セキュリティ小特集号」は、情報セキュリティにおける日本の英文ジャーナルの中で最も有名なものの1つであり、その編集作業に幹事として2年間携わることで、論文を世に送り出し、国内外に貢献するプロセスの重要性を改めて認識しました。今回この功労感謝状を頂き、大変光栄に思います。この経験を、今後の研究活動や対外的な学会活動に大いに生かしていきたいと思っています。

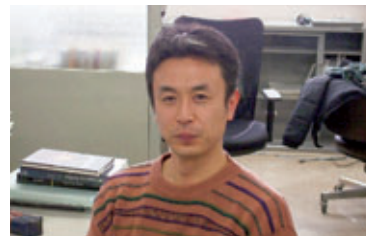


左から松嶋敏泰会長、松尾真一郎

受賞者 ● 高山 佳久(たかやま よしひさ) 新世代ワイヤレス研究センター 宇宙通信ネットワークグループ 主任研究員

- ◎受賞日: 2010/9/15
- ◎受賞名: 活動功労賞
- ◎受賞内容: 通信ソサイエティにおける企画運営等に関する活動の学術交流活性化への寄与が認められたため
- ◎団体名: (社)電子情報通信学会 通信ソサイエティ

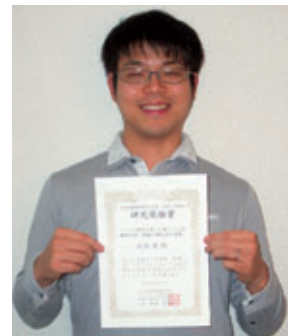
◎受賞のコメント:  
電子情報通信学会通信ソサイエティにおける衛星通信研究専門委員会の幹事として、研究会の開催や講演会の企画などを行いました。学会活動に関わる貴重な機会を得られましたこと、感謝しております。



受賞者 ● 成瀬 康(なるせ やすし) 総合企画部 企画戦略室 研究員

- ◎受賞日: 2010/9/24
- ◎受賞名: 研究奨励賞
- ◎受賞内容: ベイズ推定を用いた新しい $\alpha$ 波瞬時位相、振幅の推定法の提案(著者:成瀬康、瀧山健、岡田真人、村田勉)
- ◎団体名: (社)計測自動制御学会

◎受賞のコメント:  
脳情報通信研究を推進するためには、脳情報をいかに高精度に抽出するかが重要になってきます。今回の受賞は、私たちが開発した、統計的手法に基づく、高精度な $\alpha$ 波に関する脳情報抽出法が評価されたことによります。本研究を更に発展させ、更に高精度に脳情報を抽出する手法を構築し、脳情報通信研究の発展に貢献していきたいと思っています。



受賞者 ● 寒重之(かん しげゆき) 未来ICT研究センター 専攻研究員

- ◎受賞日: 2010/10/14
- ◎受賞名: IFCN Fellowship
- ◎受賞内容: ICCN2010において発表した「The reticular activating system is associated with spontaneous fluctuations of alpha rhythm: a simultaneous EEG/fMRI study」(著者: Kan S, Koike T, Uehara T, Tobimatsu S, and Miyachi S)が優秀と認められたため
- ◎団体名: International Federation of Clinical Neurophysiology

◎受賞のコメント:  
今回、脳波 $\alpha$ 活動の自発的変動に伴う脳幹部の活動を報告した発表で、IFCN Fellowshipを受賞しました。私たちは、これまで、脳波とfMRIの同時計測システムの構築と、同システムを用いたヒト脳の自発的活動についての研究を行ってきました。本賞の受賞を励みとして、世界でも有数の脳波/fMRI同時計測システムによる自発的脳活動の神経基盤および機能的意義の解明を、さらに進めていきたいと思っています。



# WINDSワークショップ「WINDSと将来の衛星通信」開催報告

新世代ワイヤレス研究センター 推進室 主任研究員 秋岡 眞樹

災害時や離島・島嶼域、発展途上国などで絶大な威力を発揮できる衛星通信。宇宙航空研究開発機構(JAXA)と協力して開発し、2008年2月に打ち上げられた超高速インターネット衛星「きずな」(WINDS)の多岐にわたる実験成果とともに、衛星通信を用いた将来のアプリケーションや先進的な技術研究について議論するワークショップを、12月2日(木)に小金井市のNICT本部で開催しました。企業、官公庁、大学等から120人を越える参加者が集まり、15件の講演が行われました。総務省情報通信国際戦略局宇宙通信政策課の住友貴広衛星開発推進官より宇宙通信政策全般に関する講演とNICTによるWINDSの開発経緯に関する講演に続いて、3つのセッションと総合討論が行われました。

セッション1:「超高速インターネット衛星きずな(WINDS)の現状と課題」では、最近実験に成功した1.2Gbps高速バーストモデムの開発成果や、NICT/JAXAによる基本実験、国内外の実験者による利用実験の成果が発表されました。

セッション2:「NICTにおける先進的宇宙通信研究」においては、WINDSを用いた適応型衛星通信技術の開発に加え、光衛星通信の研究、技術試験衛星Ⅷ型(ETS-Ⅷ)「きく8号」による移動体衛星通信に関する多岐にわたる研究成果、地上/衛星共用携帯システムに必要な研究などの講演がありました。離島や洋上における安心・安全が求められる昨今、NICTの先駆的な研究の重要性が参加者からも指摘されました。

セッション3:「今後の衛星通信研究への期待」では、東京消防庁の松井晶範救助課長から実際の出動時の経験を元に災害現場におけるブロードバンド衛星通信の重要性についての報告があり、今後の連携の重要性を強調されました。

最後の総合討論では、大学や衛星メーカー、衛星通信事業者から取るべきアプローチやアプリケーションに関する発言が相次ぎ、今後も世界のトップ集団を走れるよう、先を見た次のプロジェクトの立ち上げへの期待が語られました。予定時間を大幅に超過してしまいましたが、終了後の交流会にも60名近い参加があり、活発な議論や情報交換が遅くまで続いていました。WWW集録 <http://spacecom-e.nict.go.jp/winds/index.html> をご参照ください。



総務省情報通信国際戦略局宇宙通信政策課森孝課長による来賓挨拶



会場風景

## 読者の皆さまへ

次号は、絶対に破られない暗号として実用化が進む「量子暗号」研究について特集します。

# NICT NEWS 2011年1月 No.400

ISSN 1349-3531

編集発行

独立行政法人情報通信研究機構 総合企画部 広報室

NICT NEWS 掲載URL <http://www.nict.go.jp/news/nict-news.html>

編集協力 財団法人日本宇宙フォーラム

〒184-8795 東京都小金井市貫井北町4-2-1

TEL: 042-327-5392 FAX: 042-327-7587

E-mail: [publicity@nict.go.jp](mailto:publicity@nict.go.jp)

URL: <http://www.nict.go.jp/>