

NICT NEWS

National Institute of Information and Communications Technology

独立行政法人
情報通信研究機構

2009
JAN
No.376

1

神戸研究所特集

「2009年 年頭のご挨拶」
理事長 宮原秀夫 1

インタビュー

「バイオ、ナノ、情報技術の融合を目指す」
神戸研究所 未来ICT研究センター

大岩和弘 2

「通信波長帯超高速超伝導単一光子検出器」
究極の光検出技術の実現と量子情報通信応用へ

王 鎮 5

「宇宙の天気をリアルタイムで再現する」
リアルタイム宇宙天気統合シミュレータの研究開発

品川裕之 7

「時空標準をつくる」

小山泰弘 9

「超高速インターネット衛星『きずな』(WINDS)」
世界を結ぶ「きずな」

高橋卓 11

研究者紹介

「ペーパーフェルディナンド」
生物学的な動きを情報通信分野に応用

電離層観測・試作開発棟お披露目式の開催報告 14

研究本館エントランスのリニューアル・オープン 15



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ございます。

昨年の秋以降に始まった、未曾有の世界的金融危機の中、2009年の新年を迎えましたが、实体经济への影響から、企業の投資意欲や消費者の消費マインドの減退が懸念されますが、このような時こそ、情報通信技術の重要性がさらに増えています。製造、流通、販売さらには、娯楽や教育などの産業活動から、知的活動や人間関係などに至るさまざまな領域で、活動の幅を広げる力を持った情報通信技術の活用が、これからの社会の安定と活力を取り戻すためには必須であると考えています。

このような要求に十分満足できる情報通信技術を開拓することを目標に、NICTでは「新世代ネットワーク戦略本部」を設け、昨

年の秋、その活動の一環として、「新世代ネットワークビジョン」を発表しました。このビジョンは、既存のネットワークの技術にとらわれずに、全くの白紙の状態からデザインするネットワークの研究を目指すものです。今後は、このビジョンの実現のために必要とされるさまざまな技術を洗い出し、その研究開発のロードマップを作成していく所存です。国の研究開発の旗振り役として、国際的な協調の中で日本の優位性を発揮できるよう、大局観を見据えながら戦略的に推進していきたくと考えています。

また、NICTでは、昨年、多言語音声翻訳、機械翻訳、音声対話などの音声・言語処理を統合的に研究開発し、成果展開を推進するため、MASTARプロジェクトを発足させました。このプロジェクトでは、昨年、北京オリンピックの機会を利用し、観光客などを対象とした音声翻訳の実証実験を行うなど、NICTの技術力をアピールすることができました。さらに、北京五輪組織委員会が運用した多言語情報サービスへの技術提供を行い、同組織委員会から感謝状をいただいたところ です。

近年、地球レベルで環境保護に対する意識が高まっています。NICTにおいても、情報通信技術を活用して地球環境保護に貢献する取り組みを行っているところであります。これまで培ってきた電磁波計測技術を駆

使しながら、二酸化炭素が上空にどのように分布しているのかを実測する技術を開発し、小金井市の上空における二酸化炭素計測を行いました。二酸化炭素排出の抑制や緑化による吸収などを定量的に把握することで、行政的な対策を行うことができるようになります。

今年、NICTの第二期中期計画期間の4年目を迎えます。計画の達成に向けた追い込みの時期に入るとともに、NICTの更なる発展に向けた次期中期計画策定に向けて本格的な取り組みを開始する時期となります。

また、産官学をつなぐ長期的な大きな取り組みの1つとして、人間の脳機能を解析し、それを未来の情報通信に応用するための研究開発「脳情報通信研究」を重点化していきます。3年後を目標に、脳情報通信の研究開発における基盤技術となる世界最高水準の脳計測技術の確立を目指します。

これらの研究を通じ、情報通信技術の力が社会問題、環境問題などのマイナスイ面を解決するとともに、文化・生活の多様性を産み、豊かな知識社会を提供してくれるなどのプラス面の部分にも大いに機能し貢献できるものとなるように努力していきたいと考えます。

最後になりましたが、本年が皆さま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。



大岩 和弘
(おおいわ かずひろ)
神戸研究所長
未来ICT研究センター長

大学院博士課程修了後、帝京大学医学部講師を経て1993年通信総合研究所（現NICT）に入所。以来タンパク質モーターの単一分子計測と分子通信研究に従事。兵庫県立大学連携大学院教授。博士(理学)。

神戸研究所 未来ICT研究センター

バイオ、ナノ、情報技術の融合を目指す

NICTの基礎研究の拠点として機能

— 神戸研究所ではどのような研究をされていますか。

大岩 神戸研究所は来年度で20周年を迎えます。これまで一貫して、NICTの基礎研究の拠点として機能してきました。最初の10年は立ち上げの期間で、基礎の基礎を作る時代、その次の10年で基礎体力を付けてきました。これから次の10年、20年に向けて、いろいろな分野で今まで以上に中心的な役割を

ンパク質や細胞をナノ技術と融合させることによって、情報通信分野で使える機能素子に展開する試みとして、「分子通信」の技術開発も進めています。

もう1つは超伝導デバイスの開発です。これはまさに20年をかけて基礎研究からずっと積み上げて、育ててきた研究です。すべての技術を自分のところで作り、今では世界的に注目されるようになってきました。

— 脳の研究では、どのようなことをしていますか。

大岩 情報通信技術は素晴らしい勢いで発展してきました。一方で情報の受け手や送り手の主体となっているのは人間の脳であると考えると、この技術の中で脳の研究を行うことが必要であることが分かります。より正確に情報を伝え、人と人がコミュニケーション



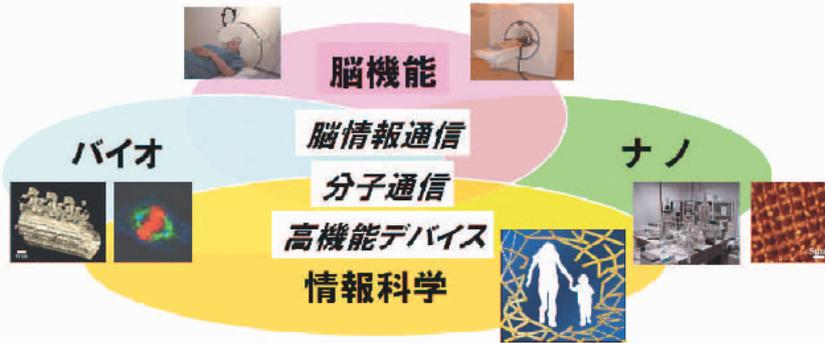
●神戸研究所 外観

ンを快適に行うためには、脳がいかに情報を処理しているのかを知ることが大事です。研究手法としては、傷つけることなく人間の脳機能を計測するfMRI（機能的磁気共鳴画像法）とかMEG（脳磁場計測装置）を使っています。fMRIやMEGは世界中の研究所にたくさんありますが、情報通信の研究に使うという点で、私たちは

神戸研究所の研究領域

先端分野の融合研究

先端融合領域の国際的研究拠点として
脳情報通信や分子通信などの新たなネットワーク技術の開発
高性能・高機能デバイスの研究を実施



●神戸研究所の研究領域



ユニークな存在であると思っています。
——脳研究の先に情報通信というも
のを見越しているという研究は少ない
ですものね。

大岩 そうですね。それから、BMIと

かBCIと呼ばれる脳とコンピューター間のインターフェース技術があるんです。頭の中で考えただけで電灯のスイッチが入るとか、キーボードが打てるとかいった技術で、最近その研究が世界的に盛んになっています。私たちのところでもその研究をしています。脳の研究開発は大変長い時間がかかりますが、人間のコミュニケーションの基

本になる情報通信技術では、NICITが中心となつてこうした研究を行うべきであると思います。

——脳の研究

は世界中で注目されていますね。

大岩 そうです

ね。脳の研究は本当に総合科学だという気がします。生理学実験のデータもあれば、心理学実験のデータもある。数学的理論モデルもあり、工学的研究もあつて、すべての知見が統合されて脳というものが理解されていく。一面だ

けを見ても、なかなか脳機能とは何かという答えは出てこないでしょう。コンピューター科学とか情報科学から出てきたモデルを実験で確かめていくというやり方も進んでいくでしょう。そのモデルに有効性があれば、それはシリコンベースの世界に利用できるので、ネットワーク技術などへの応用も可能になると思っています。

先駆的に進めてきた研究が世界的なブームに

——タンパク質とか細胞を使う研究とはどのようなものなのでしょう。

大岩 私たちがインターネットなどを使

って通信しているときは、電磁波に情報を載せているわけです。一方、私たち生き物の中では、情報は化学物質に載っています。神経細胞は電気パルスを使って情報を伝えますが、神経細胞同士の情報伝達にはシナプスから出る化学物質である神経伝達物質が働いています。また、ホルモンや成長因子などの化学物質を介した情報のやり取りが細胞間では行われています。この化学物質による情報伝達を使って生き物は環境変化に適応して巧妙に生きることができるようです。この仕掛けを拝借するのです。つまり細胞やタンパク質を使って情報通信システムを作るといった研究です。例えば細胞は化学物質、熱、光



などに対する感度の高い超小型のセンサーをたくさん持っています。ここで検出した信号を増幅したり変換したりするシステムを細胞で作る、最後はシリコン技術で電気信号に変えるといったことができれば、細胞とシリコンのハイブリッドによる新しいセンサーができるわけです。

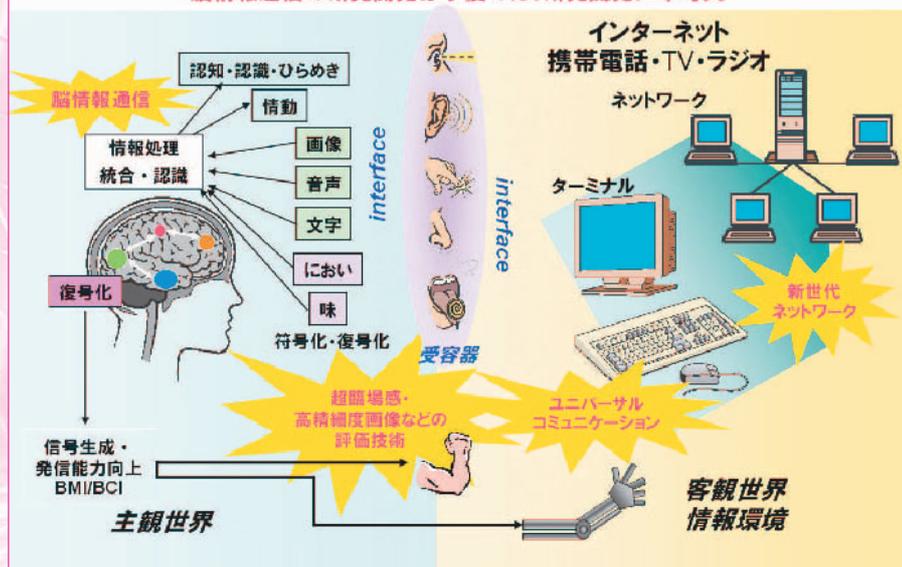
——タンパク質を利用する方法はほかにもありますか。

大岩 私の専門はタンパク質モーターと

いう、動きを作り出すタンパク質です。このタンパク質をシリコン基板に貼り付けて、その機能を生体の中と同じように再現するという技術を開発してきました。タンパク質を単に基板に付着させただけでは、方向性のある動きは取り出せないのですが、基板の上に特別な台を作ったり、溝をつけたりすると、動きの方向をコントロールできるようになります。この動きの方向制御によってバイオチップを作ることがで

情報通信研究機構のICT研究開発

脳情報通信の研究開発は今後のICT研究開発に不可欠



●ICT研究開発

大岩 確かに基礎段階の研究が多いのですが、最終的な応用のイメージは常に意識しています。タンパク質や細胞の場合はセンサーや小型の機能素子への応用ですし、脳研究の場合は人と人とのコミュニケーションへの明確な応用を考えています。

—— 将来こうした研究を応用してベンチャーが立ち上がったたりするといいですね。

大岩 そうですね。製品化まで見通せるような明確なターゲットが出てくれば、その可能性は十分にあると思います。それが可能などころまで研究が成熟してくれば、私たちとしてはうれしい限りです。

行っている研究を、いかに皆さんに知っていただくかが大事

—— 神戸研究所の戦略としては、バイオとナノの融合をもっと進めていって、基礎から応用へどんどん向かっていくということでしょうか。

大岩 バイオ・ナノそれぞれの基礎研究から発展させて融合・応用までつなげられると考えています。それをぜひ進めたいですね。そこが神戸研究所のあるべき姿だと思います。応用展開まで今一番成功しているのは超伝導プロジェクトだと思っています。基礎から積み上げてきて世界最先端のトップシステムを作り上げました。多くの微細加工技術ま

きると考えています。こうした研究を私たちは2000年ごろから先駆的に進めてきたのですが、それが今、世界的なブームとなつていきます。

生物試料を使ったシステムの大きな可能性

—— 生物試料を使ったシステムは、シリコンで作られたシステムとは随分違うようですね。

大岩 そうですね。生物独特の特性があります。生物試料を使うポイントの1つは、自己組織化と言われるものです。全体の設計図を持たずとも自ら構造を作り上げることができる特性です。これをナノテクノロジーの鑄型として使うといった応用も検討されています。また、生物試料のあいまいさや柔軟性が大事な特性になってきます。1つ1つの素子の動作はかなりあいまいですが、これが集団で振舞うときには安定します。しかし、環境変化には、要素のあいまいさが幸いしてかなり柔軟に適應できるといふこともあります。センサーとして使えば、多種多様の物質に柔軟に応答してくれる、感度が非常に上がる、雑音の大きなところでも機能するなどの特長ある素子が作れる可能性があります。

—— 研究が応用されていくためには、神戸研究所でどのような研究をしているかを外部に知らせることも大切ですね。

大岩 そのとおりです。私自身も機会があればどこへでも出かけて、この成果がいかにもしろいかを話すようにしています。昨年11月6〜8日には、けいはんな研究所でのオープンハウスにも参加して、当研究所のスタッフも説明に行ってきました。企業向けに専門性の高い発表を行ったり、講演会にも出かけています。私たちが行っている研究を、いかに皆さんに知っていたいただくが大事だと思っています。

—— ありがとうございます。



通信波長帯超高速超伝導 単一光子検出器

究極の光検出技術の実現と量子情報通信応用へ

注目されている
量子情報通信技術

絶対に破られることのない量子暗号などの量子情報通信技術は、次世代暗号技術や情報通信技術として注目されています。

量子情報通信技術では、現在の「十分に強い光」を利用した光通信とは違い、微弱な光が持つ光の粒子（単一光子）を情報のキャリアとして利用しているため、光子一粒である「単一光子」の発生、伝送、検出など、新たな基盤技術の確立が不可欠となっています。その中で、高速・高感度な単一光子検出器の研究開発は特に重要な研究課題となっており、NICTでは、未来ICT研究センターと新世代ネットワーク研究センターの連携により、超伝導材料を用いた超高速単一光子検出器の研究開発を推進してきました。

なぜ超伝導？

光検出器としては、SiやInGaAs/InPなどの半導体材料を用いたアバランシェフォトダイオード（APD）が既に開発されています。しかし、量子情報通信に应用する場合、APDでは、動作速度が遅い、検出効率が低い、雑音が高いなど多くの問題があります。これらの問題を解決するキーデバイスとして、近年、超伝導物質における巨視的量子現象を利用した超伝導単一光子検出器（SSPD）が提案され、材料・デバイスからシステムまでの研究開発が欧米、日本を中心に活発に行われてきました。SSPDは超伝導現象がもたらした高速な電子・フォノン相互作用と極低温で動作するため、APDより2けた以上の高速性と、究極の低雑音性などが期待されています。また、SSPDは波長感度領域が極めて広く、素子1つでSi・APDとInGaAs/InP・APDの

感度領域をすべてカバーできます。さらに、SSPDはAPDのようなゲート同期動作が不要であるため、実用化の際にシステムの構築も容易と非常に大きなメリットがあります。

動作原理

SSPDでは、超伝導体における超伝導状態から常伝導状態に移行する際に生じる急激な抵抗変化を利用して光子検出を行っています。高速、かつ効率よく光子を検出するために、超伝導体には非常に薄い薄膜を非常に細いメアンダ（蛇行）状に加工した超伝導ナノワイヤを用いています。図1(a)にその概略図を示します。動作原理としては、まず、超伝導ナノワイヤに、抵抗ゼロで流すことができる最大の超伝導電流（超伝導臨界電流）より、わずかに小さいバイアス電流を流しておきます。ここで超伝導ナノワイヤに単一光子が照射された場合、ワイヤ中の超伝

● Profile ●



王 鎮
(ワン チン)

神戸研究所 未来ICT研究センター
ナICTグループ
グループリーダー

1991年通信総合研究所（現NICT）入所。超伝導エレクトロニクス研究に従事。中国南京大学、大阪府立大学客員教授。中国科学院南京紫金山天文台客員研究員。工学博士。

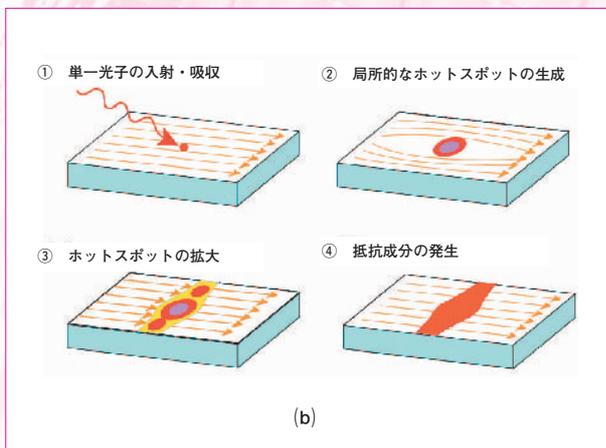
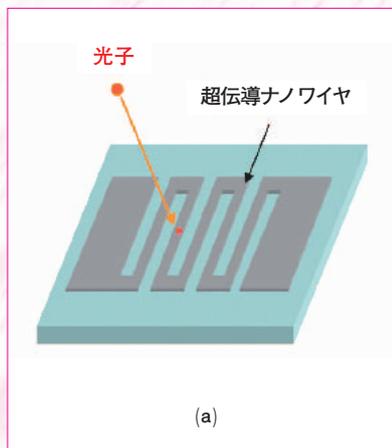


図1 ●(a)超伝導ナノワイヤ単一光子検出素子の概略図 (b)ホットスポット生成過程の概念図

導電子対が破壊され、常伝導状態の部分(ホットスポット)が生成されます(図1(b)①)。その時、バイアス電流はホットスポット以外の超伝導部分へ流れますが、その部分の電流密度が増大することで更に超伝導状態が常伝導状態に移行し、ホットスポットの増大(図1(b)②、(b)③)、最終的にホットスポットがナノワイヤの端から端を覆うようになります(図1(b)④)。したがって、超伝導電流が完全に遮断され、超伝導ナノワイヤの中に局所的な抵抗部分が現れ、同時に出力電圧が発生します。その後、ホットスポットの中の励起エネルギーが基板に拡散することによって、再び超伝導状態へと回復し、出力電圧もゼロに戻ります。結果として入射した単一光子の信号は、電圧パルスの出力として観測されます。

SSPD素子とシステム性能

SSPDの性能を左右するキーテクノロジーとしては、高品質・極薄超伝導膜の作製、ナノワイヤ微細加工、入射光子と素子の高効率結合及び高速計測などがあげられます。しかし、現在までに、極薄超伝導膜の作製、ナノ微細加工の困難さとともに、極低温で動作するため、実用化に向けたシス

テム化も困難とされ、未開拓な技術課題が多々残されています。NICTでは独自の高品質超伝導薄膜作製技術と電子ビーム描画、フォトリソグラフィ技術などを駆使して、厚さ5nm以下、線幅80~100nmの窒化ニオブ(NbN)ナノワイヤ単一光子検出素子の作製に成功しました。図2は作製したSSPD素子の顕微鏡写真です。素子の心臓部である受光部(ナノワイヤメアンダ部)の面積は $20 \times 20 \mu\text{m}$ 、ナ

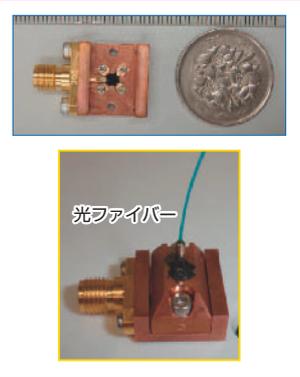


図3 ● 光ファイバと一体化したSSPDパッケージ



図2 ● 超伝導ナノワイヤ単一光子検出素子

ノワイヤの厚さと幅はそれぞれ5nmと100nm、全長が $2000 \mu\text{m}$ である1本のナノワイヤを、線幅や厚さなどを均一性よく作製することに成功しました。また、単一光子を検出素子に効率良く結合させるために、光ファイバとSSPD素子の実装技術を開発し、ミクロンオーダーの精度で光ファイバと素子を合わせることを可能としました。図3は光ファイバを実装したSSPDパッケージの写真です。さらに、実用化を目指して、無冷媒かつ100V電源で駆動可能な小型可搬式

SSPDシステム仕様・性能

チャンネル数	6チャンネル
システム検出効率	1~3%
暗計数	<100カウント/秒
応答速度	50MHz
ジッター	50ps
バイアス電流	10-50 μA
電源	AC100V,15A
動作温度	2.9K
サイズ	H1750×W570×D650 (mm)

波長:1550 nm



図4 ● SSPDシステム写真と性能表

今後の展望

ギフォート・マクマホン(GM)冷凍機を用いたSSPDシステムを開発しました。図4にはGM冷凍機及び周辺回路や光子計数器などを一体化したSSPDシステムの写真及びシステム性能表を示しています。開発したシステムには図3に示したSSPDパッケージ6個を実装しており、同時に6チャンネルの光子検出が可能となっています。現時点では量子検出効率が約3%、動作速度が50MHz、暗計数率が100カウント/秒、トータル性能として既にAPDを超えています。今後、超伝導ナノワイヤの膜厚や線幅及び構造などの最適化により、更なる性能アップが期待できます。

SSPDによる単一光子検出技術は将来の量子情報通信技術を支えるコア技術として、実用化に向けた研究開発が始まったばかりです。今後、検出効率及び動作速度などの性能向上によってAPDなどを凌駕する究極の光子検出器として期待され、量子情報通信分野だけではなく、量子光学、宇宙物理学、生体質量分析、新薬開発、低エネルギー粒子検出などさまざまな分野での実用化も可能となります。

宇宙の天気を リアルタイムで再現する

リアルタイム宇宙天気統合シミュレータの研究開発

宇宙利用と宇宙の天気

宇宙探査が始まって半世紀、今まさに宇宙の本格利用に向けて宇宙ステーションや実験棟の建設が精力的に進め

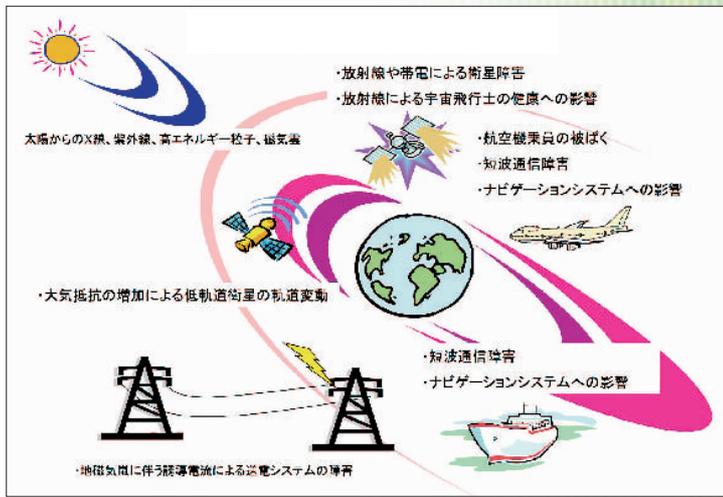


図1 ● 宇宙環境じょう乱が社会生活に与えるさまざまな影響

られています。完成後には多くの実験や観測が予定されており、長期間の宇宙滞在や機器の運用、船外活動などが行われることとなります。しかし、宇宙空間は決して安全な場所ではなく、太陽活動に伴って生成される高エネルギー粒子やX線などが、衛星機器や人体にさまざまな悪影響を及ぼします。また、地磁気嵐が起こると、電離圏のじょう乱が発生し、船舶・航空機の無線や海外放送の途絶、GPSの測位誤差等を引き起こしたり、電離圏の電流が、電力送電線・海底ケーブルなどに異常な誘導電流を流して機器の故障の原因になったりすることもあります。さらに、超高層大気が膨張して高度数百km以下の低軌道の人工衛星に摩擦を及ぼし、軌道変化や姿勢障害などを起こすこともあります(図1)。宇宙空間を安全に利用するためには宇宙環境じょう乱の正確な予測が必要で、世界中の宇宙研究機関で宇宙天気の研究が進められてきました。

新しい段階を迎えた 宇宙天気予報

郵政省電波研究所(現NICT)では1957年以来、電離圏電波伝搬の研究と予報の業務を実施してきました。その後、通信総合研究所(現NICT)となつて、1988年にはその技術を活用して「宇宙天気予報」プロジェクトがスタートし、太陽面の光学・電波観測、極域レーダー、地磁気観測、電離圏観測、データ収集・配信システムなどが整備されました。その後、人工衛星のデータも取得されるようになり、宇宙環境のデータは飛躍的に増大しました。

これまでの宇宙天気予報は、初期の地上の天気予報と同様、予報官がいろいろな観測データを見て、知識と経験に基づいて宇宙天気じょう乱を予測するというものでした。しかし近年、宇宙の利用が進み、宇宙天気の定量的な予報が求められるようになると、コン

Profile



品川 裕之
(しながわ ひろゆき)
電磁波計測研究センター
宇宙環境計測グループ
主任研究員

大学院終了後、米国NRC(National Research Council)研究員を経て、1990年通信総合研究所(現NICT)に入所。1994年から2005年まで名古屋大学太陽地球環境研究所助教授。2005年からNICTにおいて宇宙天気シミュレーションモデルの研究開発に従事。九州大学宇宙環境研究センター客員教授。Ph.D.

ピューター技術を用いた数値予報の必要性が高まってきました。

宇宙天気シミュレーションの研究開発

宇宙空間は主にイオンや電子などから成っていますが、地球周辺では中性大気も存在します。イオンや電子は電気や磁気の力によって動きますが、中性大気はそれらの力を受けず、気象学的な運動をします。電離圏領域では、イオン、電子、中性粒子が混在するため、お互いに衝突し合つて非常に複雑な運動となります。このようなシステムを再現するには、電磁流体力学方程式や流体力学方程式と呼ばれる微分方程式を、コンピューターによって数值的に解かなくてはなりません。しかし、宇宙空間を記述するプログラムの開発には多くの時間と労力を要する上、計算量も膨大になるため、宇宙空間を再現する数値モデルの開発は容易ではありませんでした。

現実的なシミュレーションが可能になったのは、コンピュータの能力が大きく向上した1980年ごろからです。通信総合研究所でも、1990年代からスーパーコンピュータを導入し、3次元の電磁流体力学方程式を解いて、磁気圏の構造と磁気圏嵐の再現をするシミュレーションモデルの研究開発が始められました。1990年代終わりに、高精度の磁気圏シミュレーションモデルが完成し、現実的な磁気圏が再現できるようになり、2003年には、太陽風観測衛星ACEで得られる太陽風データを入力して磁気圏モデルをリアルタイムで実行し、結果を表示する「リアルタイム磁気圏シミュレータ」の開発に成功しました。

宇宙の現況を コンピュータで再現する

我々は今回、このリアルタイム磁気圏シミュレータに加えて、新たに太陽・太陽風と電離圏・熱圏の2つのリアルタイムシミュレータを開発し、太陽面から地球周辺の高度1000km位までの状態を再現する「リアルタイム宇宙天気統合シミュレータ」を構築しました(図2)。これは、太陽面から地球周辺までの空間をリアルタイムで統合的に計算できる世界で初めてのシス

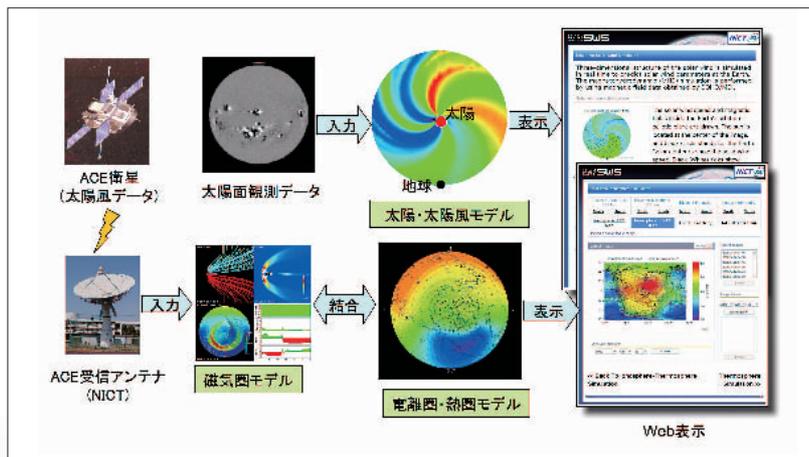


図2●リアルタイム宇宙天気統合シミュレータのデータの流れ

テムです。
太陽・太陽風シミュレータでは、太陽観測衛星で取得された太陽面の磁場観測データを入力として、3次元電磁流体力学方程式を解くことにより、太陽面から地球軌道までの太陽風の状態を求めて表示します。これによって、地磁気嵐の原因となる高速太陽風がいつ地球に到達するかを知ることができます。

電離圏・熱圏シミュレータでは、磁気圏シミュレータで得られる電離圏の電位や電気伝導度などのデータをモデルの入力として、電離気体と中性大気の流体方程式を解いています。これにより、現在の電離圏、熱圏の状態や、極域電離圏におけるオーロラの発生の様子などを求めて、その結果を画像に表示することが可能となりました。この計算では、太陽風観測衛星ACEの太陽風データを磁気圏モデルの入力として磁気圏の計算を行い、その結果を直ちに電離圏モデルに送って電離圏の計算を行っています。

これらのリアルタイムシミュレーションは、2007年に導入されたスーパーコンピュータNECSX8R(図3)を用いて行われており、その結果は、



図3●リアルタイムシミュレーションを実行しているNICTのスーパーコンピュータ-NEC SX-8R

2008年8月からNICTのWebサイトの「宇宙天気予報」の中で一般に公開されています。

宇宙天気の数値予報に向けて

今回開発したリアルタイム宇宙天気統合シミュレータによって、太陽から地球周辺までの宇宙環境の現況を把握することが可能となりましたが、観測された変動やじょう乱を再現できない場合があることも分かってきました。現在、このシミュレータで得られた結果と衛星や地上観測のデータとの比較・検証を行ってモデルの改良を進め、じょう乱現象の定量的な再現性を高める作業を行っています。宇宙天気予報では、数時間から数日程度の予報が求められています。それには太陽風の数値予測が不可欠となります。太陽風が太陽面から地球軌道まで到達するのに数日かかることから、太陽・太陽風シミュレータの精度を高めることにより、数日先までの宇宙天気がある程度の精度で予測することは可能と思われます。太陽活動はまだ極小期ですが、3年ほど後に予想される太陽活動極大期に向けて数値予報技術の研究開発を進め、「宇宙天気数値予報システム」の構築を目指します。

時空標準をつくる

光・時空標準グループの取り組み

時間と空間における位置は社会生活から先端研究に至るまで何ごとにも必要となる根源的な情報です。そこに求められる正確さや信頼性は、その目的によってさまざまですが、両者は独立なものとして扱われることがほとんどでしょう。しかし、極めて精密な測定においては、時間と空間とは不可分な存在であり、4次元の時空間という概念で一体としてとらえることが必要になります。光・時空標準グループでは、時間と周波数、位置のもとになる基準座標系の究極的な計測やこれらの利用技術の研究開発に総合的に取り組んでいます。

時空標準とは

まず、時空間における、現在最も基本的な定義は光の伝わる速度、そして

特定のセシウム原子の量子遷移の周波数です。1秒の長さはこの周波数により定められています。そのため、私たちのグループでは、セシウム原子を用いて究極の正確さを追求した周波数基準信号を作り出す原子泉型一次周波数標準器の開発を行い、定期的な運用を行っています。また、常時運用することのできる複数の原子時計を特別に温度管理のされた原器室で運用し、そこから作り出す日本標準時を長波標準電波や高性能なNTPサーバーによって広くユーザーのみなさんに提供するという業務を行っています。世界の標準時として広く利用されている協定世界時は、世界各国の時間周波数標準研究機関から国際度量衡局（BIPM）に報告される多くの原子時計から作られますが、NICITの原子時計はその中でも世界第2の寄与率を持ち、協定世界時の決定に大きく貢献しています。

一方、空間における位置計測の基準は、基準座標系です。地球の重心を原点として、地球と共に自転する地球基準座標系（ITRF）と天球に固定されて動かない天球基準座標系（ICRF）とが国際的に採用されています。日本国内の緯度と経度を定める測地系にも、2002年に施行された改正測量法でITRFを基にした世界測地系が導入されました。これらの基準座標系は、超長基線電波干渉計（VLBI）、衛星レーザー測距（SLR）、全地球衛星航法システム（GNSS）といった宇宙測地技術の観測データがもとになって構築されています（図1）。NICITは、このうちVLBIの

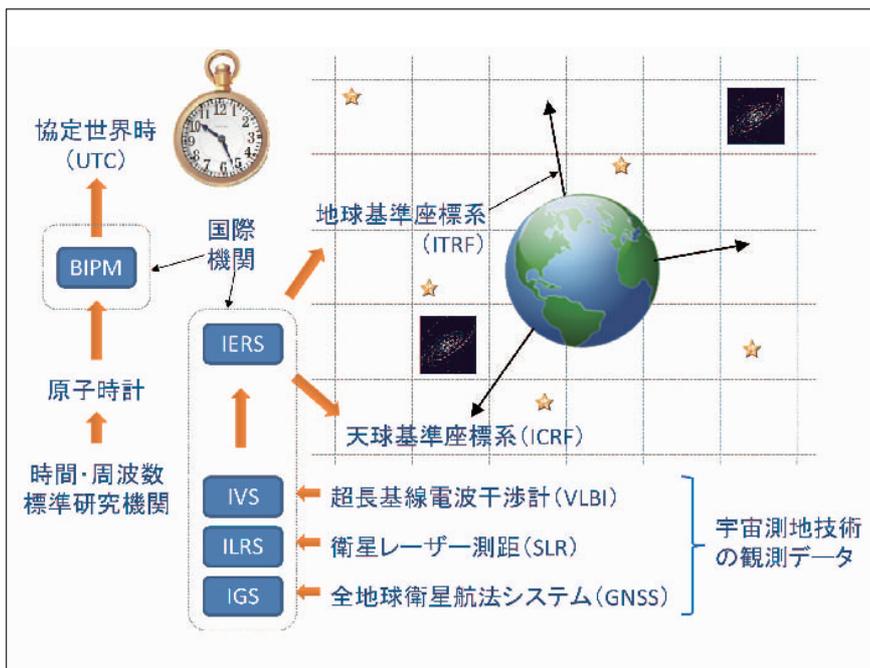


図1 協定世界時と基準座標系が作られる仕組み

観測をとりまとめる国際機関である国際VLBI事業の技術開発センターとして中核的な研究開発を実施している

Profile



小山 泰弘

（こやま やすひろ）
新世代ネットワーク研究センター
光・時空標準グループ
グループリーダー

大学院修士課程修了後、郵政省電波研究所（現NICT）に入所。以後、鹿島宇宙技術センターにおけるVLBIを用いた測地学の研究を中心に、電波科学、電波天文学、地球物理学の研究を幅広く行っている。2008年7月より現職。博士（学術）。

ほか、SLRとGNSSの国際観測拠点も運用しており、国内で唯一、世界的にも数少ない3つの宇宙測地技術観測施設を持つ研究機関となっています。特に、VLBIの観測データは、ICRFの構築を100%支えているとともに、ITRF全体のスケールを決めるための基礎データとしても使われています。人工衛星を用いたSLRやGNSSといった観測手法では、GM（重力定数と地球質量の積）の値の精度が不十分なため、地球規模の大きさにおいてはVLBIのデータが長さの基準として使われているということの意味してきます。

このような位置計測や基準座標系の構築をする活動や、協定世界時を構築する活動は、それぞれ国際的な協力の元はその枠組みが作られており、NICTはそれらの中で積極的に位置づけられて活動を行っています。冒頭でも述べましたが、これらの活動は本来密接に関連したものであり、実際それぞれの国際機関は相互に密接に連携して協力を行っています。一つの研究機関が両者に参加して貢献しているのは世界的に見ても私たちのグループだけであり、時空の標準をより一体として作り出していく上で大きな役割を果たしています。

次なる時代の時空標準へ

セシウム原子のマイクロ波遷移の周波数から秒が定義されたのが1967年。それから40年以上を経過して、さらに精密な秒の単位の再定義へとつながるような次世代の光周波数標準の研究開発が多くの研究機関で競い合うように行われています。私たちのグループでは、カルシウムイオンを用いた光周波数標準システム(図2)及びストロンチウム原子の光格子時計システムの研究

開発に取り組んでいます。また、このような究極の光周波数標準器を評価するためには、精密にそれぞれの周波数を比較する技術が必要となりますが、標準器の置かれている場所の高度が変われば、重力の大きさも変化することになるため、標準器の位置を正確に計測しておくことが必要です。また、比較に使用する衛星の軌道やそのときの地球の自転の変動も正確に把握しておくことも不可欠です。このように、正確な時間・周波数計測と位置計測とは表裏一体の関係にあります。周波数と時刻の比較には、

従来、主に通信衛星を用いる衛星双方向時刻比較法や、宇宙測地技術の一つであるGNSS観測データを用いる方法が使われてきましたが、次世代のVLBI観測技術(図3)を用いてさらに高精度な時刻比較手法を追求することも私たちの重要な研究課題です。このように、時間や周波数の計測技術と位置計測の研究開発を一体的に推進していくことこそが、私たちの強みの一つであり、またそれが真に必要な時代へと変革してきている中で重要な役割を果たしていくものと考えています。

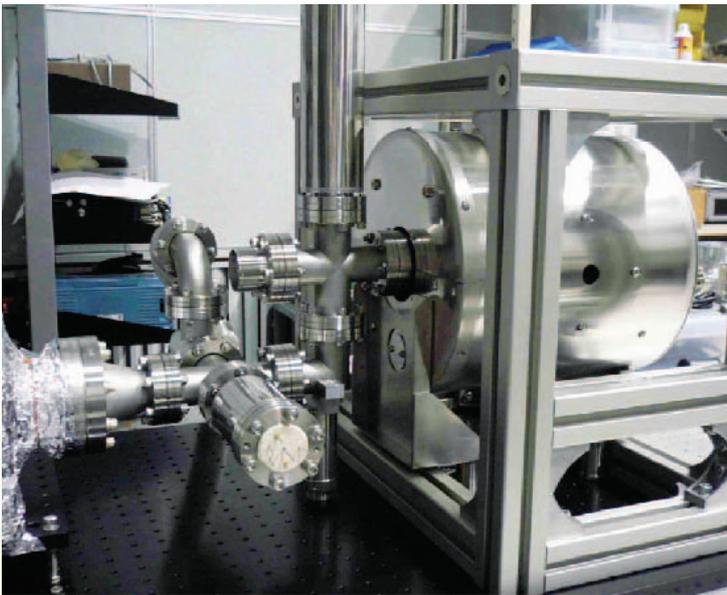


図2 ●カルシウムイオン光周波数標準システム用レーザー冷却システム



図3 ●VLBI観測で用いる電波望遠鏡(鹿島宇宙技術センター)

超高速インターネット衛星 「きずな」(WINDS)

世界を結ぶ「きずな」

超高速インターネット衛星「きずな」 構築に関する技術実証

超高速インターネット衛星「きずな」(WINDS)は、政府IT戦略本部の「e-Japan重点計画」における高度情報通信ネットワークの形成にかかわる研究開発の一環として、超高速衛星通信システムの構築に関する技術実証を行うための衛星です。

WINDSは情報通信研究機構(NICT)と宇宙航空研究開発機構(JAXA)により共同で開発が行われ、2008年2月23日にH-IIAロケットにより打ち上げられました。本稿ではWINDS衛星通信システムの概要と実験計画について紹介いたします。

WINDS

WINDSには衛星上で高速スイッチングが可能な再生交換機を搭載して

ます。再生交換機は地球局から送信された信号を衛星で復調、交換し、再度変調をかけて地球局に送信するものです。再生交換機により、衛星から地上へ送信されるダウンリンク信号を多重化することができ、またビーム間交換することにより、衛星リソースの効率的利用が可能となっています。

WINDS衛星通信網では、再生交換中継回線を使用することにより1ビームあたり伝送速度155Mbps、再生交換機をバイパスしたベントパイプ中継では最高1.2Gbpsの衛星通信回線能力があります。

WINDSを使用することで、図1に利用イメージを示すように、災害時の通信確保、マルチメディア同報サービス、島しょや山間部への超高速衛星通信回線の提供、一時的に臨時回線を設定するサービス等への検証が期待されています。

WINDSでは、超高速衛星通信技術検証のために搭載再生交換機のほかに

- ・衛星による超高速ネットワーク
1.2Gbps/ビーム(非再生中継)
155Mbps/ビーム(再生中継)
- ・地上高速ネットワークとの統合



- ・超広帯域・高出力中継器
- ・Ka帯マルチビームアンテナ & アレイアンテナ
- ・衛星搭載ATM交換技術

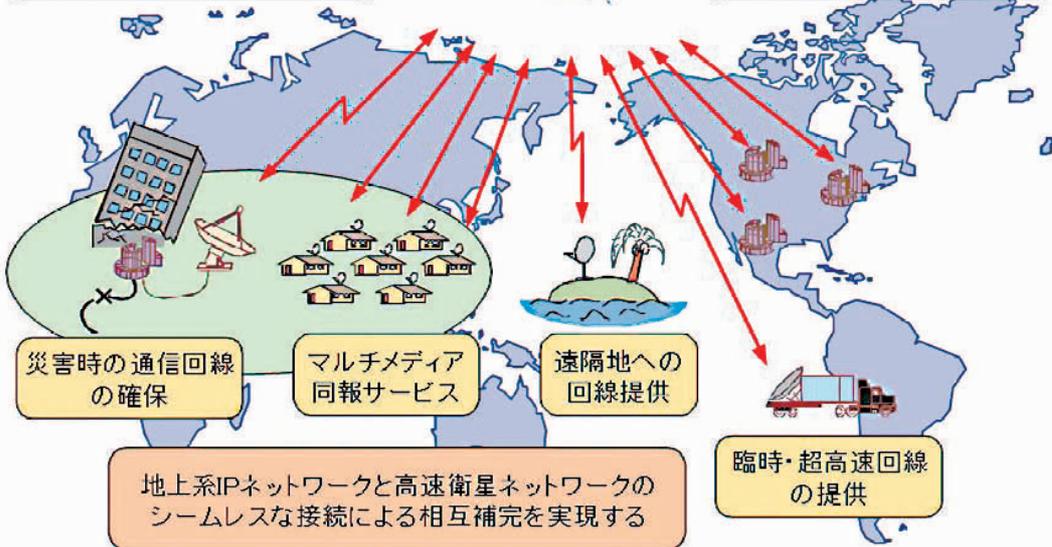


図1 ● WINDSの利用イメージ

Profile



高橋 卓

(たかはし たかし)
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
研究マネージャー

大学院修士課程終了後、1991年通信総合研究所(現NICT)に入所。ETS-VI、COMETS、WINDSを用いた超高速衛星通信などの研究に従事。

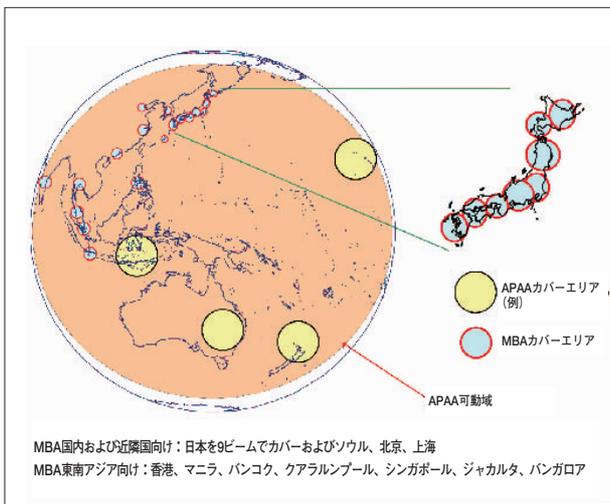


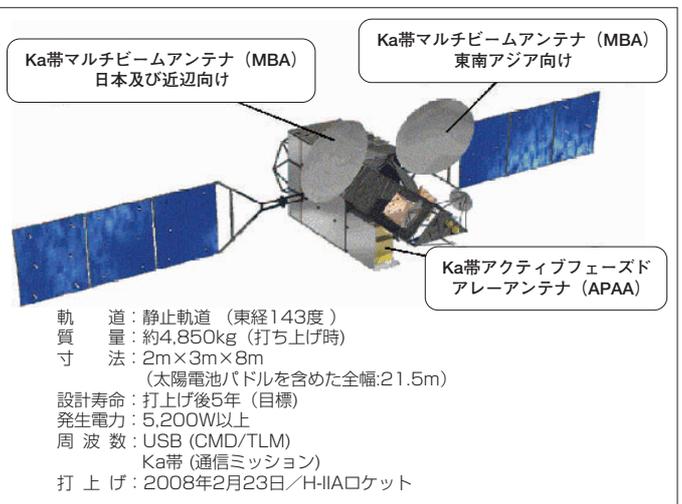
図3 ● WINDSカバーエリア

WINDSでは衛星開発機関(NICT, JAXA)が実施する基本実験と、総務省が広く一般に公募し採択された利用実験が計画されています。
WINDSは2008年2月の打ち上げの後、6月まで初期機能確認を実施し、打ち上げ後軌道上でのWINDSの主要機能が維持されていることが確認さ

WINDS実験計画

図3にサービスエリアを示します。MBAでは沖繩を含む日本を9ビームでカバーし、その他のビームがアジア10都市をカバーします。また、APAAはアジア太平洋地域を広く走査することが可能で、この中で送受各2ビームを使用することが可能です。

図2 ● WINDSの外観と主要諸元



マルチビームアンテナ(MBA)／マルチポートアンテナ(MPA)、広域電子走査アンテナ(APAA)なども開発され搭載されています。
図2にWINDSの外観及び主要諸元を示します。WINDSには2種類のアンテナ(MBAとAPAA)を搭載しています。通信には周波数帯域を広く確保できるKa帯(28GHz/18GHz帯)を使用しているため、ビームを狭くでき、マルチビームシステムを構成しやすくしています。



図4 ● 大型地球局と超高速小型地球局

れました。7月から基本実験が開始され、9月までにWINDS衛星通信網が利用実験に供せられることが確認されています。10月からは基本実験と並行して利用実験が開始されています。
NICTでは、衛星搭載機器性能確認実験、降雨減衰補償実験などの基本伝送実験、プロトコル評価実験など的高速衛星ネットワーク実験、地上網との接続実験などのネットワーク・アプリケーション実験を計画していま

通信衛星技術の確立を期待

利用実験は日本、タイ、フィリピンなどから53件が採択され、国際共同実験は30件に及びます。利用実験分野は電波伝搬に関する実験、防災に関する実験、遠隔医療に関する実験、遠隔教育に関する実験などが提案されています。NICT、JAXAが開発した地球局は利用実験に貸与することも可能となっており、利用実験の推進に貢献します。

NICTとJAXAが開発したWINDSは2008年2月に打ち上げられ、現在はWINDSを使用して各種基本実験及び利用実験が行われています。国際共同実験などにより、衛星通信技術の検証及び新しいアプリケーションの創造により、次世代の通信衛星技術の確立を目指しています。

セル・オートマトン学会でも大きな反響

生物学的な動きを

情報通信分野に応用



神戸研究所 未来ICT研究センター
ナノICTグループ

ペーパーフェルディナンド

生物が持つシステムの
情報通信への応用を目指す

「生物からいろいろなことを学べます」と語るのは、ペパー主任研究員。ナノテクノロジーやバイオテクノロジーなど新しい技術を利用したコンピュータと通信のアーキテクチャ構築を目的とした研究に携わっています。

ペパー主任研究員はオランダ、デルフト大学でコンピュータサイエンスを学んだ後、1990年にSTAフェローとして来日、1993年にNICTの正規研究員として採用されました。コンピュータの並列分散処理やパターン認識といった研究を経て、1990年ころから現在のナノ、バイオを利用した研究を手が

けています。

ペパー主任研究員は、分子の相互作用を利用し、これまでよりも優れたアーキテクチャを構築することを目指していますが、これを実現するためには生物が持つシステムがヒントになるのではないかと考えました。「生物の分子的メカニズムは、ナノテクノロジーと似たような特徴があるからです。そこで、なぜ生物の活動は効率が良いのかに着目しました」。そして、生体内での分子のブラウン運動が、結合できる相手を探す探索のプロセスだということに気づいたのです。

ブラウン運動を取り入れる
アイデアに大きな反響

ブラウン運動とは、非常に微少な粒子が不規則に動くことをいいます。このブラウン運動を数学的な抽象モデル、デバイスモデル、回路モデル

Profile



ペパー フェルディナンド
神戸研究所 未来ICT研究センター
ナノICTグループ
主任研究員

デルフト工科大学大学院 理論コンピュータサイエンス課程修了後、STAフェローを経て、1993年通信総合研究所（現NICT）に入所。ナノメートルスケールによる情報通信アーキテクチャなどに関する研究に従事。博士（工学）。

に取り入れれば、より単純な回路ができることを見つけました。そして、セル・オートマトンにブラウン運動回路を実装するというアイデアを学会で発表しました。セル・オートマトンは、コンピュータのアルゴリズムなどをあらわす際に用いられる数理モデルの1つで、小さなセル（非常に単純な有限オートマトン）が時間とともに変化していきます。生物学的な動きを取り入れるという新しい考え方に大きな反響があり、その学会のベストペーパーアワードを受けたのです。

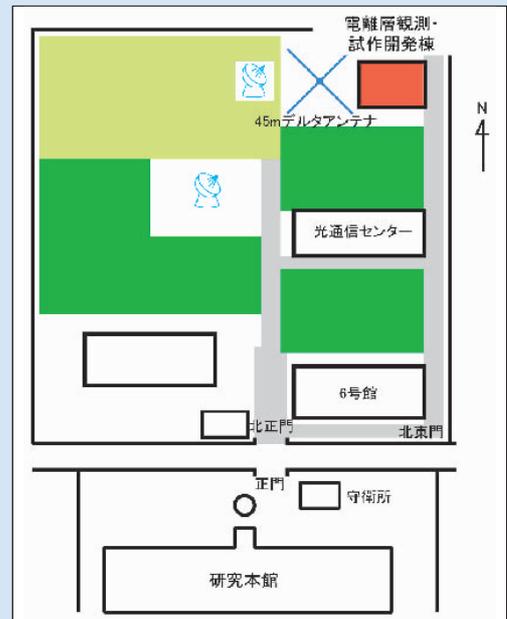
「この考え方を押し進めて、情報通信、コミュニケーションの分野へ応用することを考えています。特に分散ネットワークにおいて、お互いの相互作用で統合的な行動を行う生物学的なシステムを応用できるかを研究したい」と、ペパー主任研究員は語っています。

電離層観測・試作開発棟お披露目式の開催報告

NICT本部北側敷地に新棟が建設され、第1棟(旧電離層観測棟)のリニューアルと、旧3号館からの機械工作室の移転が完了しました。

新棟は、半世紀を経て老朽化し取り壊された旧電離層観測棟の跡地に、電離層観測・試作開発の統合施設として建設されました。このお披露目式が12月17日に開催され、宮原理事長をはじめ多数の職員が集まりました。その後の見学会では、参加者が二手に分かれ、1階の試作開発施設と2階の電離層観測設備を交互に見学し、この新たな施設の機能や、ここで行われる研究・開発などについて活発な質疑がなされました。

なお、旧電離層観測棟は、昭和30年に建築され、以来約53年間にわたり電離層観測を続けてきた施設です。ここで得られたデータは即時インターネットで配信され、通信・放送・測位などの現業機関、あるいはアマチュア無線家などに広く利用されています。また、機械工作室のあった旧3号館は、昭和49年に建築され、以来約34年間、ここで毎年数百件の試作開発が行われてきました。ここで生まれた試作作品は、論文、特許や技術移転など数多くの研究成果につながっています。



電離層観測・試作開発棟の位置



電離層観測・試作開発棟の外観



施設の1階に60名以上の職員が集まり、お披露目式が開かれました



試作開発施設(1階)での、さまざまな工作機械や測定器の説明と質疑の様子

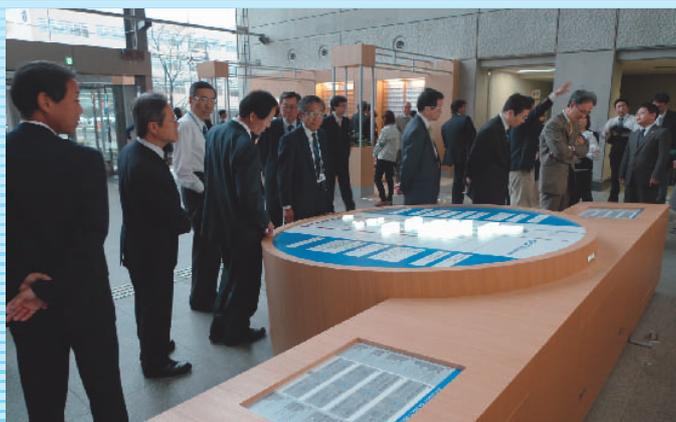


電離層観測設備(2階)では、電離層観測装置、観測網の国際展開や、データ利用について説明がなされました

研究本館エントランスのリニューアル・オープン

平成20年12月に本部研究本館エントランスがリニューアルされました。

「歓迎」「理解」「交流」「貢献」の4つをキーワードとして、構内マップや歓迎メッセージを表示する「ウェルカムゾーン」、来訪者の皆様にNICTの活動をご理解いただくとともに、内外の研究者等の交流の場となる「カフェコーナー」、NICTの社会貢献をアピールし、職員の功績を顕彰する「個人功績顕彰コーナー」を新たに設けました。来訪者の皆様や職員に愛される空間となることを願っています。



読者の皆さまへ

次号は、立体映像システムや五感に訴える超臨場感コミュニケーション環境を実現するための技術開発を進めている、ユニバーサルメディア研究センターを特集します。

NICT NEWS 2009年1月 No.376

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