

01



光格子時計: 開発と共に実利用へ

—周波数標準として15桁の高速な光周波数測定を実現—

井戸 哲也

03



“脳”から始まる人に優しい情報通信を目指して

—脳情報通信融合研究センター (CiNet) の研究概要—

柏岡 秀紀

05



なぜ眠たくなると脳の機能が低下するの? その仕組みを説明!

—脳の領域間の情報伝達が変化—

宮内 哲

07



南極昭和基地における電離層定常観測

—宇宙天気の実況把握と長期変動の理解に向けて—

長妻 努

09



無線機器の型式検定業務

宮澤 義幸

11



無線用測定器等の 較正に関する業務

藤井 勝巳

12



観光スポット推薦システム 「京のおすすめ」

杉浦 孔明

13 受賞者紹介

14 ◇科学・技術フェスタ出展報告 ◇理事長交代のお知らせ

15 NICT本部見学ツアー

光格子時計: 開発と共に実利用へ

—周波数標準として15桁の高速な光周波数測定を実現—



井戸 哲也 (いど てつや)

経営企画部 企画戦略室 プランニングマネージャー

大学院修了後、JST-ERATO研究員、JILA (米国NIST/コロラド大学) Research Associate、JST-さきがけ研究者を経て、2006年、NICT入所。2012年10月まで電磁波計測研究所 時空標準研究室 主任研究員。大学院修了後よりSr原子のレーザー冷却及びその光格子時計への応用、また精密光計測技術や周波数コム技術を利用した真空紫外光発生の研究に従事。博士(工学)。

背景

NICTは周波数の標準値を設定し、標準電波を発射すると共に日本標準時を通報しています。標準電波等から得られる基準周波数が手元にあると、我々は測定したい周波数と基準周波数の比率を取ることで周波数を測定することができます。そしてこの基準周波数(周波数標準)を供給することはNICTの任務の1つとなっています*1。高精度な周波数標準は原子時計によって生成されます。現在、秒及びその逆数である周波数はセシウム原子の2つの最低エネルギー状態間のエネルギー差に相当する電磁波(約9.2GHz)に基づいて定義されており、NICTにおいてもこれまでセシウム原子を使って原子時計を作り、秒の基準としてきました。セシウム原子時計による周波数計測は、16桁の精度が得られることが確認されつつありますが、残念ながらこの精度は3時間以上の計測を継続して行い、その平均を取るによってようやく得られます。

従って長時間に渡ってその値が変動しない保証がある安定した周波数しか計測することができません。そこで周波数が5桁高い光領域(周波数約400THz)で原子時計を作ることによって精度16桁の計測を100秒以内の信号積算で可能とし、さらには18桁の精度を実現することが期待されており、そのような光原子時計の方式として日本発の光格子時計方式と欧米発の単一イオン光時計方式が世界中の研究機関で精力的に研究されています。NICTではストロンチウム(Sr)原子による光格子時計(不確かさ 5×10^{-16} 、図1)とカルシウムイオン(Ca⁺)による単一イオン光時計(不確かさ 2×10^{-15} 、図2)の双方の方式について研究開発を進めています。今回、我々は6500万年に1秒という16桁の信頼性が既に得られているSr光格子時計を利用して、Ca⁺単一イオン光時計が生成する光の周波数を15桁の精度で測定しました。これはSr光格子時計を基準として、他の光周波数測定を行ったことを意味しており、来たる光領域の周波数を標準とする時代のさきがけとなるものです。

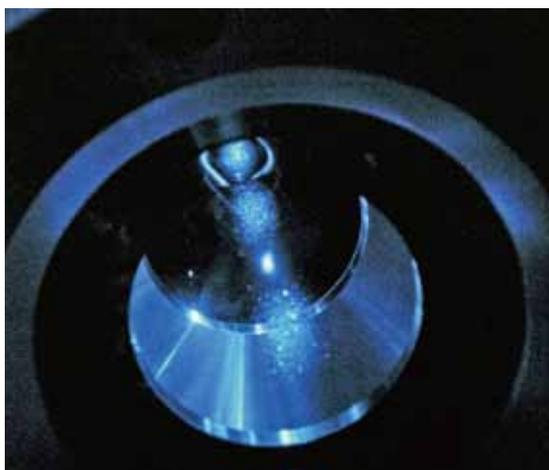


図1 Sr光格子時計

真空槽内の中心に数万個のSr原子をトラップして、単一イオントラップより強い信号強度で原子の共鳴周波数を得ることが出来る。

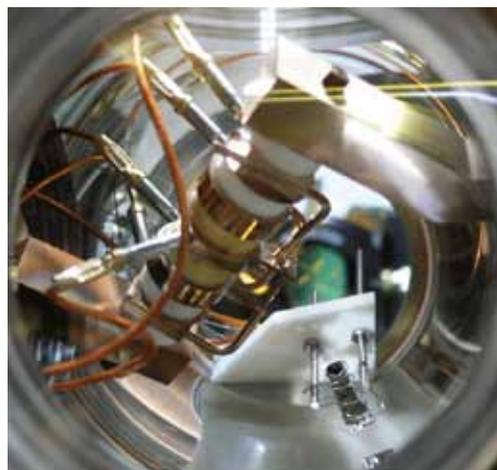


図2 Ca⁺単一イオン光時計

金属板に空けた直径2mmの円の中心にたった1個のイオンをトラップし、イオンにレーザー光を当てて常に共鳴するように光周波数を調整して標準周波数を得る。

*1 標準電波には振幅の大小を時間的に変化させることによって時刻情報が載せてあり、これを利用しているのが電波時計です。しかし、長波帯にある40kHzや60kHzの搬送波そのものが周波数標準として12桁の精度で送出されており、伝搬中に多少精度が劣化しますが11桁の精度で受信することが出来ます。

Sr光格子時計

NICTのSr光格子時計については、日本標準時が生成する1秒を基準として絶対周波数を測定した結果、図3に示すように日米仏独の他のSr光格子時計とよい周波数一致を示しています。さらに、NICT本部（東京都小金井市）にて生成される光信号を全長60kmの光ファイバで東京大学本郷キャンパスに伝送して、相対的に56m標高が低い東京大学の光格子時計と周波数を比較したところ、重力差が引き起こす2.6Hz程度の一般相対性理論の効果による周波数差が明瞭に検出され、これを補正すると周波数が 7×10^{-16} の不確かさで一致することが確認されました*2。こうした結果からSr光格子時計は異なる研究機関の間で16桁の周波数一致が確認された世界初かつ唯一の光時計方式となっています。Sr光格子時計については、図3の5研究機関の他にも産業技術総合研究所や英国・中国等で開発が進められており、将来、秒の再定義を実現する原子時計となることが期待されています。

NICTではこのSr光格子時計の周波数に対するCa⁺単一イオン光時計の周波数の比率を

$$\frac{\nu_{Ca}}{\nu_{Sr}} = 0.957\ 631\ 202\ 358\ 049\ 9$$

と不確かさ 2.3×10^{-15} で測定することに成功しました。これは単に高精度な測定をただでなく、実効的にSr光格子時計を基準としてCa⁺単一イオン光時計の周波数を測定したことに相当します。1秒がセシウム原子時計で定義されている今、周波数測定とは被測定周波数とセシウム原子の超微細構造間遷移周波数の比率を測定することであり、測定した比率にセシウム原子時計の定義周波数9,192,631,770Hzを掛け算して我々は周波数として利用しています。つまり「基準周波数との比率を取る」とこそが周波数測定の本質であり、今回初めてSr光格子時計を基準として比率を測定し、その結果が従来のセシウム標準による長時間測定から得られる結果と矛盾がないことを確認しました。測定時間についても従来のマイクロ波基準を利用した場合には15桁の測定に3時間以上の信号積算が必要だったのに対して、今回の光周波数標準を基準とした場合にはわずか20分の積算で測定できました。

時間周波数諮問委員会 (CCTF)

上述の①Sr光格子時計の絶対周波数の測定、②Ca⁺単一イオン光時計の絶対周波数の測定、及び③周波数比の測定については国際学術誌に掲載され、それを受けてNICTは2012年9月に開催された国際度量衡委員会時間周波数諮問委員会に測定結果を提出しました。委員会ではこの論文の結果について承認がなされ、NICTの測定値は委員会が推奨するSrの時計遷移周波数とCa⁺の時計遷移周波数の決定に寄与しています。とりわけ、Sr光格子時計は、将来実施が検討されている秒の再定義の候補とされる「秒の二次表現」の中で現在最も小さい不確かさ(1×10^{-15})を実現しています。

また、次の会合以降、委員会では光周波数標準の開発結果の報告に際して、従来通りの（セシウム標準に対する周波数比である）絶対周波数に加えて、別の光周波数標準に対する周波数比の報告も要請されるようになり、今回のNICTからの報告はその流れを先取りしたものとなりました。

展望

今回の我々の成果によって、Sr光格子時計が光周波数測定の標準として機能することが実証されました。今後はSr原子を摂氏-170度以下の低温環境に置くことによって、室温の真空槽内壁からのわずかな黒体放射を無くして原子がこの放射を感じることに伴う周波数シフトをなくす、等の改良を重ね、17桁の不確かさを実現することが次の目標です。地球上での重力は月と太陽から受ける引力によってごくわずかに変化し、これが潮の満ち干を引き起こしていることが知られています。このわずかな重力の変化の影響は一般相対性理論の予言によると時の進み方において17桁目に現れると言われています。近い将来、光時計はそんな効果をもしっかりと捉えて我々に示してくれることでしょう。

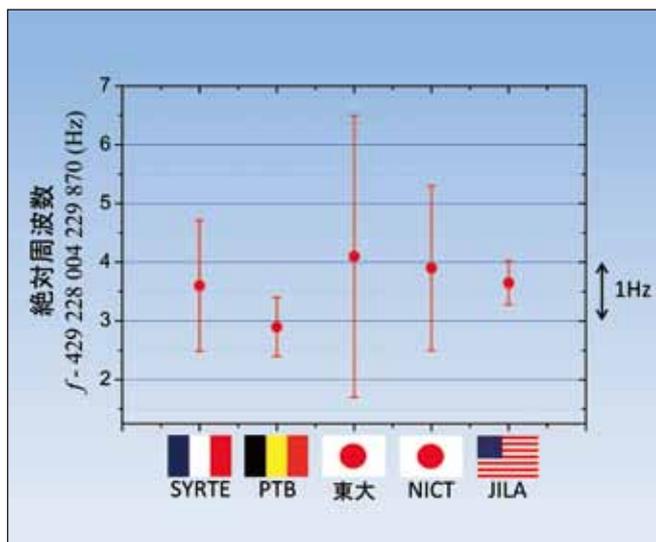


図3 世界4ヶ国5研究機関で動作しているSr光格子時計の周波数
各研究機関で得られる約429THz (429×10^{12} Hz)の周波数はわずか±1Hzの範囲内で一致している。

*2 詳しくはNICT NEWS 2011年10月号を参照ください。

“脳”から始まる人に優しい 情報通信を目指して

—脳情報通信融合研究センター (CiNet) の研究概要—



柏岡 秀紀 (かしおか ひでき)
脳情報通信融合研究センター 統括

1993年大学院博士課程修了。博士(工学)。同年ATR入社。2006年よりNICTに所属。総合企画部プランニングマネージャー、音声コミュニケーション研究室 室長を経て2013年より、脳情報通信融合研究室 室長。主に自然言語処理、音声言語処理の研究に従事。脳科学と音声言語処理の融合を目指す。

CiNetの開設

NICTと大阪大学は、「脳情報通信分野における融合研究に関する基本協定」(平成21年1月7日締結)の下、2013年3月6日に脳情報通信融合分野の研究活動の中心となる「脳情報通信融合研究センター (CiNet: シーネット)」の開所式をセンターが位置する大阪大学吹田キャンパス (大阪府吹田市) で開催しました。CiNetでは、NICT、大阪大学、ATR等による脳情報通信分野における基礎から応用展開までの研究開発を行い、「脳の機能に学んだ新世代のネットワーク」や「人間や地球に優しい技術」の実現を目指して革新的な情報通信技術の実現を目指します。

開所式では、小笠原倫明総務省事務次官、森本浩一文科科学省大臣官房審議官の他、大学、研究機関、産業界から総勢79名のご臨席を賜り、宮原秀夫前NICT理事長と平野俊夫大阪大学総長の主催者挨拶に続き、小笠原総務省事務次官と森本文部科学省大臣官房審議官からCiNetの研究が日本の発展に大いに貢献することを期待している旨のご祝辞を賜りました。その後、柳田敏雄研究センター長からCiNetの研究方針、概要について説明がありました。最後にファンファーレとともにテープカットが行われ、CiNetが開所されました (図1)。



図1 テープカットの様子

(左から柳田研究センター長、森本文部科学省大臣官房審議官、平野大阪大学総長、宮原前NICT理事長、小笠原総務省事務次官、平田ATR社長)

CiNetの研究課題

CiNetでは、4つの融合領域 (図2) を設定し、それぞれの分野が目標に向かって研究を推進します。これらの融合領域は、互いに他を巻き込みながら、さらに大きく発展融合することで、新たな情報通信の実現を目指します。

●HHS (Heart to Heart Science)

【こころとこころをつなぐ科学】

脳は、情報の受け手であり送り手でもあるコミュニケーションの中核で、意識下で膨大な情報処理を行っています。脳が視覚や聴覚の様々な情報をどのように処理しているかについて、脳の状態を客観的・定量的に捉えることで、「量を重視」した情報通信から「質を重視」する情報通信の実現を目指し、言葉の理解や情報の把握をサポートする技術の研究開発を行います。

●BFI (Brain-Function installed Information) Network

【脳に学ぶ情報ネットワーク技術】

極めて複雑な組織体である人体を、様々な環境の中で制御している脳のネットワーク機能をまねることにより、爆発的に増大するトラフィックニーズに対応でき、拡張性、頑強性、自律性、環境適応性、自己修復性等に優れ、かつ、極めて低エネルギー消費の新世代のネットワークの実現に寄与します。

●BMI (Brain-Machine Interface) Technology

【こころを機械に伝える技術】

情報の送り手である脳の働きから伝えたい情報を読み解き、機械に伝えるインタフェース技術の開発と、伝えたい情報を効率よく脳に伝達するインタフェース技術の開発を行います。

これにより、高齢化などによる運動、言語、認知、感覚機能など脳機能の低下による生活への障害に対して、脳情報を活用した新たなリハビリ技術を開発し、クオリティオブライフの大幅な向上を目指します。

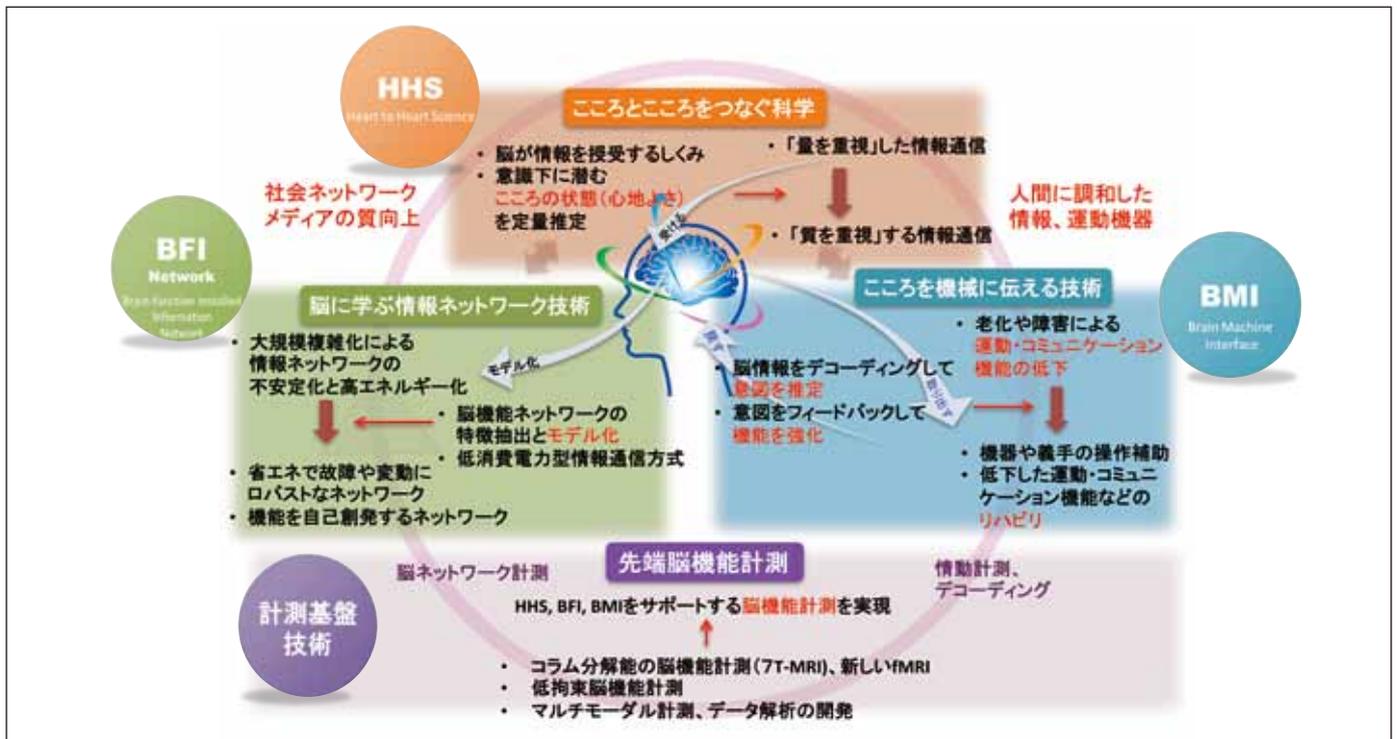


図2 CiNetの4つの融合領域

●計測基盤技術

【脳情報通信の基盤技術としての先端脳機能計測技術開発】

各種非侵襲脳機能計測装置の機能向上や、これらを用いた統合解析手法の開発、新たな原理に基づく測定手法の開発を行い、脳機能の解明をサポートするとともに、その知見を新たな情報通信へと展開するための基盤技術を形成します。

高性能・高精度化については、時空間分解能の向上とともに、リアルタイム計測、Single-Trial計測（1回の測定試行による測定）など実用的な計測技術の実現が期待されています。まず3テスラ磁気共鳴画像装置（3T-MRI）により脳の活動を解析し、興味深い活動をしている部位を選んだ後、今回導入された7T-MRIを利用し、脳機能の最小単位といわれるコラムの精細な解析の実現を目指します。

CiNetの設備

CiNetでは、日本で3台目となる7T-MRIのほか、最新鋭の3T-MRI、チャンネル数が極めて多い脳磁場計測装置（MEG）等、最先端の計測装置が稼働し、世界屈指の研究環境を整備します。具体的には、大阪大学吹田キャンパス内に7T-MRI、3T-MRI、MEG、また未来ICT研究所のある神戸市西区岩岡町に、3T-MRI、1.5T-MRI、MEGの合計6台の脳計測装置を有しています。MRIでは、神経活動に伴う細胞の血行動態の変化等が検出可能となります。7T（テスラ）という超高磁場を利用したMRIは、極めて高い空間分解能を有し、神経活動の検出が行えるほか、脳内の神経活動に関連する物質の濃度変化等の計測も可能で、脳の理解を加速します。MEGでは、高感度の磁気センサーである超伝導量子干渉素子（SQUID）を頭のまわりに多数配置し、神経活動に伴って発生する微弱な磁界を計測することにより、高い時間分解能（ms単位）で脳活動を計測することができます。

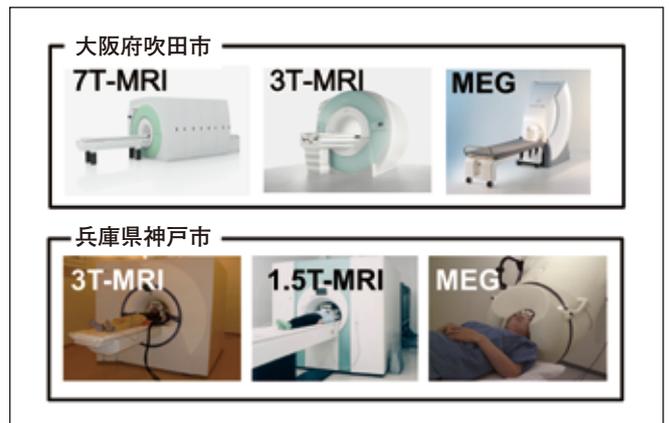


図3 CiNet 大型計測装置

今後の展望

CiNetでは、脳科学と情報通信技術を融合し、人間や地球に優しいコミュニケーション技術の実現を目指し、研究開発を推進していきます。これまでに、実利用に適した脳波計の開発や、脳内の情報を抽出・利用することで、低下した運動・コミュニケーション機能のリハビリをする技術の開発を推し進めてきました。研究センターの開所により整備される最新鋭の計測機器を用いた新たな計測手法の研究、脳の情報処理・制御機構の解明を目指すとともに、現実世界で応用するためのシステム構築を視野に入れ、研究開発を行います。脳の仕組みを利用した情報処理、機器への情報伝達をする技術、また、計測素子の小型化・高性能化、処理の高速化を行い、情報通信技術のイノベーション創出を目指します。さらに、研究領域の融合だけでなく、産学官の研究者が活発に交流することによる人材育成や国際的な研究者の交流に努め、次世代の中核技術となるコミュニケーション技術の実現を目指します。

なぜ眠たくなると脳の機能が低下するの？ その仕組みを解明！

—脳の領域間の情報伝達が変化—



宮内 哲 (みやうち さとる)
未来ICT研究所 企画室 総括主任研究員

大学院修了後、米国ブラウン大学、自然科学研究機構生理学研究所を経て、1993年、通信総合研究所(現NICT)に入所。主にfMRI・脳磁波・脳波などの非侵襲的脳機能計測に関する研究開発に従事。医学博士。

脳の情報処理は伝言ゲーム

伝言ゲームのように、あなたが人を介してある人に情報を伝える場合を考えてください(図1a)。介在する人数が増えれば増えるほど、情報が伝わる時間がかかるようになります。途中で情報が変わってしまったり(図1b)、最後まで伝わらない可能性も高くなります(図1c)。効率の悪い組織ではよくあることです。私たちの脳も同じです。脳は視覚・聴覚・触覚など、外部からのさまざまな情報をそれぞれの感覚情報を処理する領域(感覚野)で処理してから、より統合的な処理をする領域(連合野)に送り、さらに前頭葉に伝えます。そこで記憶や身体の状態などの情報を総合し、最も適切な行動を選択して運動を司る領域(運動野)に送っています。

眠いと効率が低下するのは当たり前？

眠いのを我慢しながら車を運転していて、ヒヤッとした事がある方は多いのではないのでしょうか。眠くなると重要な刺激を見落とししたり、刺激に気がついても反応するのが遅くなってしまいます。何故でしょう？ 眠い時の脳活動が、目覚めている時と比べてどう変化するかは数十年以上前からわかっていました。例えばウトウトしている時には目が醒めている時に比べて遅い脳波が出現します(図2a)。でもそのような脳活動の変化が、なぜ刺激を見落とししたり、反応が遅くなるなどの行動の変化として現れるのかはうまく説明できませんでした。

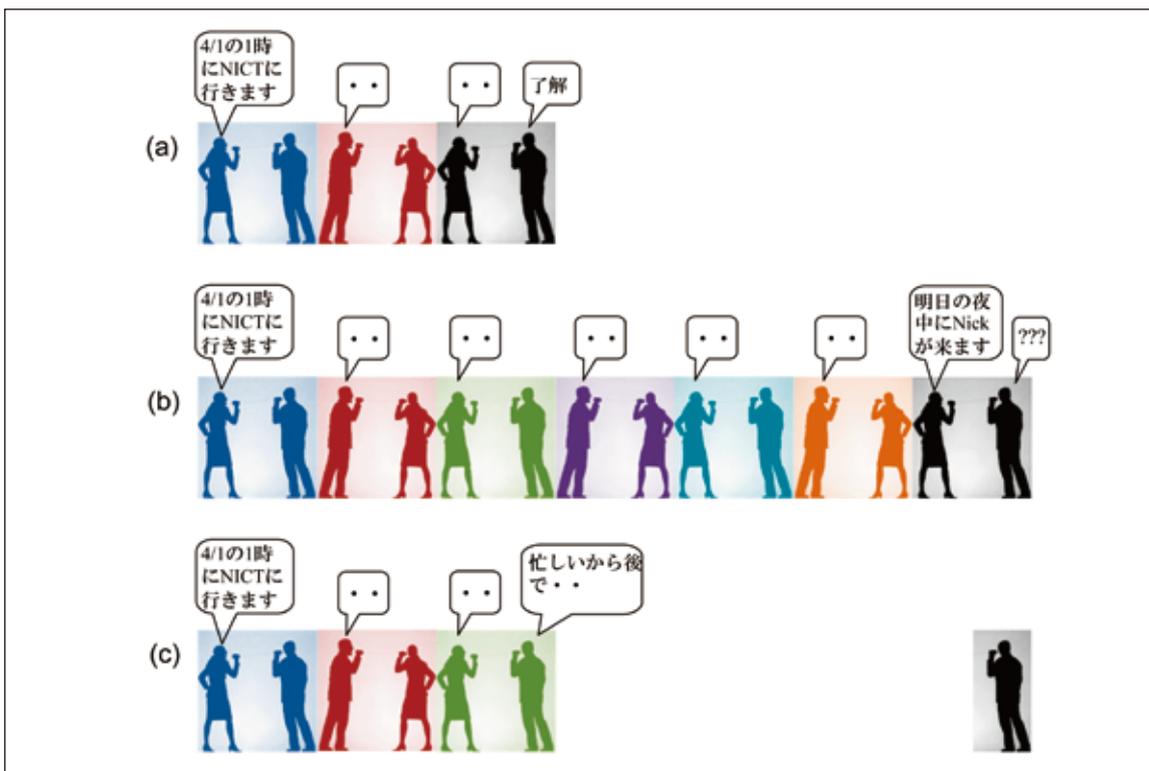


図1 脳の情報処理は伝言ゲーム

脳波と機能的磁気共鳴画像の同時計測システム

ウトウトしている時、あるいは眠っている時の脳活動を機能的磁気共鳴画像 (fMRI) で調べようとすると難しい問題があります。fMRIは高い空間分解能で脳の活動部位を明らかにしてくれますが、装置の中の被験者が起きているのか眠っているのか、あるいは眠っているのかはわからないのです。逆に脳波では脳のどの部位が活動しているのかは正確にはわかりませんが、被験者の眠気によって波形が鋭敏に変化します (図2a)。fMRIと脳波を一緒に計測すれば理想的な計測ができます。しかしfMRI装置の内部では非常に強い磁場が発生しているため、微弱な電位である脳波を計測するのは困難でした。未来ICT研究所では、脳波・fMRI・赤外線カメラのビデオ画像を時間的に同期して記録・解析できるシステムを構築し (図2b)、これまでに、夢を見ている時にも目の動きに伴って一次視覚野と呼ばれる領域が活動している事を明らかにしてきました。

脳の情報処理と複雑ネットワーク解析

このシステムを用いて、九州大学医学部と共同で、目覚めている時とウトウトしている時の脳活動をfMRIで計測し、複雑ネットワーク解析*という手法を用いて、脳の情報処理ネットワークがどのように変化するかを調べました。その結果、ウトウトしている時には、例えば図3の1の領域から2の領域に情報が伝わる際に、最初に例として挙げた伝言ゲームの図1bのように、より多くの領域を介さないと情報が伝わらなくなっている事が明らかになりました。ウトウトしている時は脳の情報処理システムが非効率的になっていたのです。さらに効率が低下していたのは、脳全体ではなく、基底状態ネットワークと呼ばれる、私たちが何もしないで安静にしている時に協調して活動する複数の領域から構成されるネットワークでした。従来のfMRIを用いた脳研究では、被験者に刺激を与えたり、課題を行ってもらい、刺激や課題がない安静状態との差分を取ることで、特定の情報処理に関連した脳領域を同定してきました。ところが脳は何もしていない安静時でも膨大なエネルギーを消費して活動していることが明らかになり、刺激や課題を伴わない安静状態の脳活動を解析した結果、私たちの脳には安静時でも複数の脳領域が協調して働いている数種類のネットワークがあることが明らかになりました。その中でも安静時に特異的に活動するネットワー

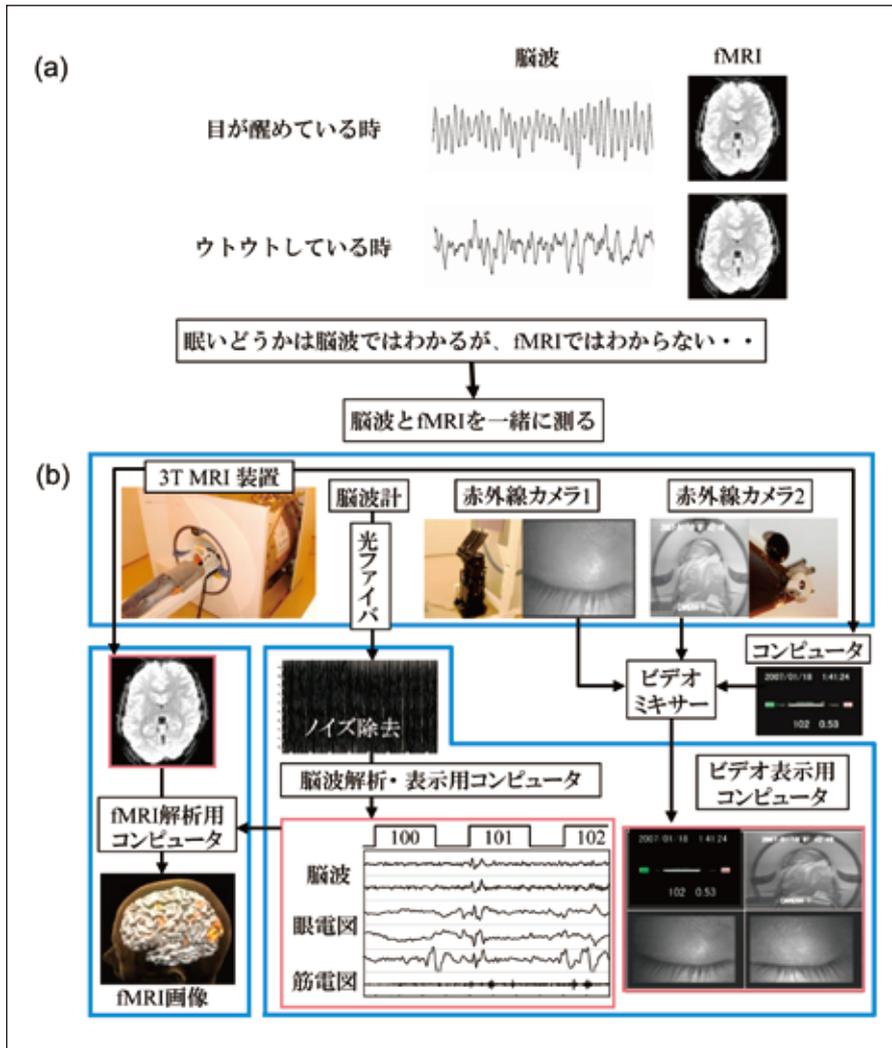


図2 NICT 未来ICT研究所で開発した脳波・fMRI・ビデオ同時計測・解析システム

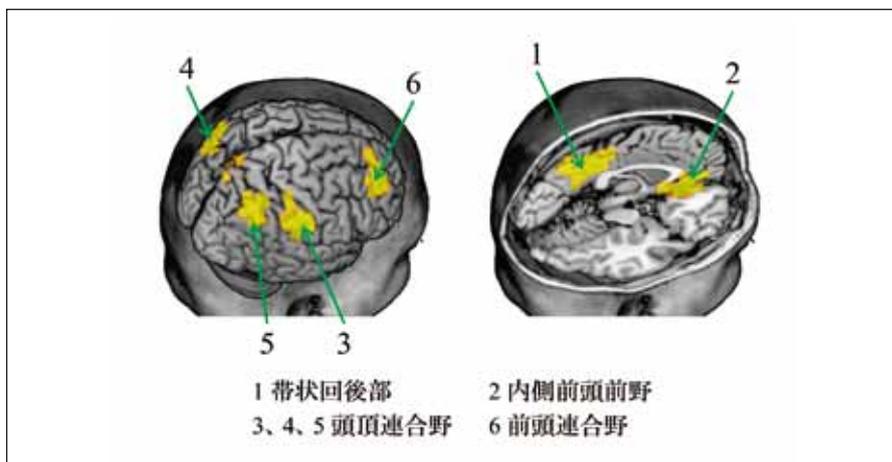


図3 目が醒めている時に比べて、ウトウトしている時に効率が低下した脳の領域

クを基底状態ネットワークと呼んでいます。このネットワークは、認知症を始めとするさまざまな神経精神疾患や意識障害によって特性が変化する事がわかってきています。今後、より深い睡眠 (徐波睡眠) や、夢を見ている時の睡眠 (レム睡眠) についても解析して、情報処理ネットワークの観点から意識状態や神経精神疾患との関連を明らかにしていきます。

* 複雑ネットワーク解析

「川にかかっている7つの橋を全て一度だけ渡って元の所に戻ってこられるか」(ケーニヒスベルクの橋の問題)という、いわゆる一筆書きの問題を解いた数学者レオンハルト・オイラーを草分けとするグラフ理論から発展した数学的手法。コンピュータの高性能化に伴い膨大なデータを扱えるようになり、生物学・脳神経科学から社会学・経済学まで、巨大で複雑な構造を持つ現実世界のさまざまなネットワークや現象を定量的に解析する事ができるようになった。身近な例としては、インターネットのリンク、鉄道・飛行機路線図、電力網などの解析に適用されている。

南極昭和基地における 電離層定常観測

—宇宙天気の実況把握と長期変動の理解に向けて—



長妻 努 (ながつま つとむ)

電磁波計測研究所 宇宙環境インフォマティクス研究室 研究マネージャー

大学院博士課程修了後、1995年、郵政省電波研究所(現NICT)入所。
宇宙天気予報の研究開発に従事。博士(理学)。

電離圏とは？

地球の高度約60kmより上には、「電離圏(電離層)」と呼ばれる領域が広がっています。電離圏は太陽からの極端紫外線やX線によって超高層大気中の原子・分子の一部が電離し、電子やイオンを含んだ電離ガス(プラズマ)になることで作り出されます。短波帯の電波は電離圏で反射する性質があるため、遠距離との無線通信に利用されてきました。一方、極超短波やマイクロ波帯の電波は電離圏を突き抜けるため、地上—人工衛星間の通信(衛星通信)や人工衛星を用いた測位(衛星測位)などに利用されています。電離圏の状態は、太陽や地球周辺の宇宙環境の変動、下層大気の影響によって変動することが知られています。時には短波による通信ができなくなる電離圏嵐が発生することがあります。また、極域ではオーロラ活動に伴う電離圏の変動によって、一方、赤道域ではプラズマバブルと呼ばれる電離圏の穴(密度の低い領域)によって、電波のゆらぎ(シンチレーション)が発生することがあります。このシンチレーションが非常に強い時には、衛星通信ができなくなってしまうことも起こります。さらに、電波は電離圏を通過する際に速度が遅くなる性質があります。この電波の遅延の度合は、電波が電離圏を通過する際の電子の量(全電子数)によって変化します。このため、電離圏変動は衛星測位の誤差要因でもあります。

電離圏変動のみならず、太陽活動に伴う宇宙環境変動を把握し、通信・放送・測位を安心・安全に利用していくために、NICTでは宇宙天気予報の業務と研究開発を行っています。電離圏については、日本国内で60年以上にわたり継続して観測を行っています。現在は、北海道(サロベツ)、東京(国分寺)、鹿児島(山川)、沖縄(大宜味)の4か所で15分おきに電離圏の垂直観測を実施し、その観測結果をWebで公開しています(<http://wdc.nict.go.jp/IONO/>)。さらに、日本国内に加えて南極昭和基地においても電離圏の観測を実施しています。ここでは、NICTが南極昭和基地での定常観測の1つ

として、継続的に行っている電離層定常観測の歴史や現在実施している観測内容についてご紹介します。

昭和基地における電離圏観測の歴史

1957-1958年の国際地球観測年(IGY)の活動の一環として幕を開けた日本の南極観測において、電波研究所(現NICT)は黎明期から継続的に隊員を南極に派遣し、電離圏観測を実施してきました(図1)。第1次隊では、南極観測船「宗谷」の船上にイオノゾンデとアンテナを設置し、南極及びその移動中の航路において電離圏観測を実施しました。昭和基地での定常観測は第3次隊(1959年)からスタートし、それから毎回南極に隊員を派遣して定常観測を継続しています。この間、イオノゾンデを用いた電離圏の垂直観測に加え、オーロラレーダ、リオメータ^{*1}、短波電界強度測定、VLF電波測定等、様々な観測を昭和基地において実施し、オーロラ粒子降り込みの2次元分布特性や太陽活動サイクルにおける電波オーロラの発生頻度特性の解明などの成果を挙げてきました。



図1 第1次南極観測隊に参加した電波研究所隊員
(「南極電波観測の二十五年」より)

*1 リオメータ

数十MHz帯の宇宙電波雑音強度を測定し、オーロラ粒子等の降り込みによって電離圏の電子密度が増大することによる電波雑音強度の変化(吸収の度合)を計測する装置。

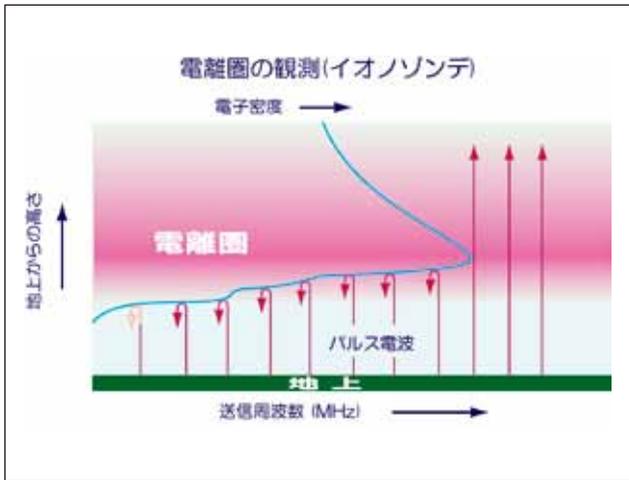


図2 ボトムサイドサウンディング(イオノゾンデ)の観測原理の模式図



図3 南極昭和基地の電離圏観測用デルタアンテナとオーロラ

現在の観測

現在、NICTは南極、及び日本と南極を往復する「しらせ」の航路上で3種類の観測を実施しています。以下にその内容を紹介します。

一電離圏の垂直観測(イオノゾンデ)

電離圏の垂直(高さ)方向の電子密度の構造を観測する手法として、レーダーの原理を応用したボトムサイドサウンディングがあります。これは地上から垂直方向に打ち上げた短波帯の電波が電離圏で反射して戻ってくる時間を測定して、ある周波数の電波を反射する電離圏の高さを推定するものです。電子密度の大きさと電離圏で反射される電波の周波数の間には一定の関係があるため、周波数毎に電波の反射に要する時間を測定することで、電離圏の電子密度の高さ方向の変化を推定することができます(図2)。この観測に用いる装置をイオノゾンデと呼んでいます。NICTでは、長年、パルス型と呼ばれる方式のイオノゾンデを使って観測を行ってききましたが、省電力化及び保守作業の省力化を実現したFMCW*2型と呼ばれる新方式の装置を新たに開発し、観測の移行を現在進めています(図3)。

一GPSシンチレーション観測

南極や北極などの極域の電離圏では、オーロラ活動の元になる磁気圏からの電子の降り込み等によって電子密度が変動します。この密度変動により、GPS衛星からの電波がシンチレーションを起こします。また、この細かな密度変動が電離圏プラズマの風で流されることにより、観測する場所によって、シンチレーションのパターンが時間差を示します。NICTでは、南極昭和基地にGPSシンチレーションを観測する装置を3台設置し、GPS電波の受信に対するシンチレーションの影響の研究や、3台のデータを比較することで、電離圏プラズマの水平ドリフト速度を推定する手法の開発を行っています。

一長波標準電波の観測

電波時計に使われている長波標準電波の遠距離への伝わり方を知るために、時空標準研究室の協力の下、長波標準

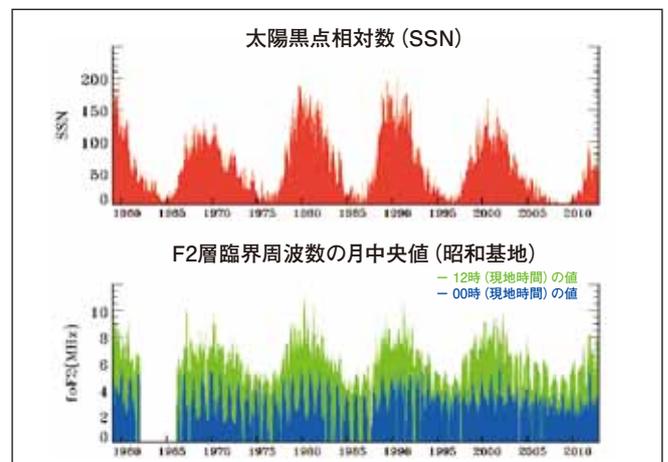


図4 太陽活動と電離圏の長期変動

電波の電界強度と位相変化の観測を「しらせ」が日本と南極を往復する航路上で実施しています。この観測データを、NICTが開発している長波の遠距離への伝わり方を求める新たな計算法に基づく計算結果と比較し、観測が計算結果とよく一致することを示しました。この計算法は、長波の遠距離への伝わり方を求める計算方法の国際標準として2009年に国際電気通信連合の無線通信部門(ITU-R)に認められています(詳しくは、NICT NEWS 2011年12月号「長波標準電波の伝搬特性と電界強度計算法の開発」を参照)。

南極観測のこれから

NICTが実施してきた50年以上の南極観測により、太陽活動・超高層大気変動と電離圏変動の関係についての研究が進み、気候変動などに関連する電離圏の長期変動を分析できるデータ(図4)が整いつつあり、地球温暖化との関係が示唆される電離圏の高度変化なども分りはじめています。今後も観測を継続して、極域における電離圏変動のモニタリングを行い、宇宙天気予報に役立てると共に、南極電離圏の長期変動の特性とその原因の解明に向けて、観測を継続していきたいと考えています。

*2 FMCW
Frequency-Modulated Continuous-Wave (周波数変調連続波)の略語。

無線機器の型式検定業務



宮澤 義幸 (みやざわ よしゆき)
電磁波計測研究所 電磁環境研究室 主幹

1978年、電波研究所(現NICT)に入所し、企画部でプロジェクト管理に従事。1984年に通信機器部機器課(検定係)に異動し、以降一貫して型式検定関連業務を実施。

型式検定とは

型式検定は、国際海事機構(IMO)や国際民間航空機関(ICAO)などの国際条約に基づいて、人命安全や救難システムに用いる無線機器が遭難時の厳しい環境下でも国際的に定められた能力を発揮できるか否かを判別する試験です。NICTは、2001年4月の独立行政法人化以後も、総務省との請負契約事業として型式検定試験を実施しています。

型式検定の歴史

1935年(昭和10年)の「型式検定制度の制定」に伴い、当時の通信省電気試験所(現NICT)で無線機器型式検定が始められました。今回はこの無線機器の型式検定についてご紹介いたします。

英国の豪華客船タイタニック号が冰山と衝突し、1,500名を超える犠牲者を出した惨劇は1912年(明治45年)のことでした。タイタニック号の遭難を機に1914年(大正3年)に「海上における人命安全条約(SOLAS条約)」が成立し、1929年(昭和4年)の改正を経て、1933年(昭和8年)に発効しました。この改正により遭難局の方向を探る無線方位測定機と遭難信号を受信する警急自動受信機の船舶への搭載義務が決定されました。

通信省(当時)ではこれを受けて、1935年(昭和10年)「無線方位測定機及び警急自動受信機型式試験規則」を定め、試験をして技術基準に合致しているかを確認する無線機器型式検定が始まりました。

型式検定は当初、人命安全に関するものしかありませんでしたが、戦後施行された電波法無線機器型式検定規則では、義務機種として「電波監理上必要な機器」の追加、及び任意機種として「無線局開設手続き等の簡略化に資する機器」が追加されました。

当初すべての機器を郵政省電波研究所(現NICT)において試験をしていましたが、電波の利用が進むとともに、任意

検定機種の申請が増加したため、1978年に指定試験機関として設立された「無線設備検査検定協会(現テレコムエンジニアリングセンター)」が、任意検定機種の試験を実施し、電波研究所では試験結果の認証をするスキームが導入されました。その後1999年に任意検定制度は技術基準適合証明制度に統一され、多様な試験方法として書面申請制度が導入されました。

現在は40種の無線機器が検定対象となっていますが、必ずしもすべての機種が毎年申請されるわけではありません。しかし、NICTでは申請があった際にはスムーズに検定試験が行えるよう、試験装置の維持管理に努めています。

野外や船上での試験

型式検定試験には温度や湿度、衝撃などの実際に機器が使用される船舶や航空機の環境においても破損や性能の低下が無いかを調べる「環境試験」と電力や周波数、プロトコルなど規定の能力があるかを調べる「性能試験」があります。

NICTには落下試験用プールと鉄塔で構成される20m落下試験装置があります(図1)。これらは海上で使用する機器に対する環境試験(JIS F0812: IEC60945)のうち、海に浮かぶ機能を持った機器を対象に、船舶から水中に落下しても機器が破損しないことを確認したり、規定の深さに沈めた場合に自動的に浮き上がり、正常に動作することを確認するためのものです。落下の衝撃を加えた後、性能試験装置や温湿度試験装置を用いて様々な試験を行います。

また、毎年最も申請の多い船舶用レーダーは、2008年に技術基準が大幅改正され、国際電気通信連合無線通信部門(ITU-R)の規定改正及び推奨試験法の導入を受け、従来の送信機と測定機を導波管で接続する測定法ではなく、実際にアンテナから輻射した不要波を測定することとなりました。さらに、IEC62388では様々な条件の対象物(崖や小島、航路ブイ等)を実測する物標探知能力試験の強化が加わりました。



図1 20m落下鉄塔



図2 福島市農道離着陸場



図3 新潟の試験用鉄塔



図4 船上試験風景

この結果、ITU-Rの推奨試験法によるスプリアス測定では、測定誤差を少なくするため、測定するアンテナの遠方界距離(200~500m)の測定場所が必要となりました。NICTの敷地内ではそれだけの場所を確保することはできず、条件に見合う場所を全国各地調査しましたが、恒常的な測定場所を確保することはできませんでした。そこで、小規模航空機離着陸場の一時使用について検討し、福島市農道離着陸場(図2)を使用することとしました。しかし一時使用の条件として離着陸の優先事項があるため、飛行機の離着陸時には測定を中断しなければならず、その都度、再測定のための準備を一からやり直す必要がありました。また、猿などの野生動物による測定機器の破損などもあり、1台あたり通常3日程度の測定が2週間以上かかることになりました。さらに東日本大震災により滑走路の一部にひび割れが生じたことや滑走路の除染作業が継続的に行われているため、本離着陸場の一時使用が困難となりました。そこで現在は、北海道の大樹町多目的航空公園の滑走路を利用していますが、この滑走路は宇宙航空研究開発機構(JAXA)が通年的に実験を行っているため、暫定的な使用しかできず、恒常的な測定場所の確保が大きな課題となっています。

国際標準化への対応と今後の課題

一方、物標探知能力試験ではアンテナ高15m、風速10m/s以上の状況において、対象物が「80%以上の確率で探知」できるかについて陸上及び船上から確認する必要があり、日本海側を中心に調査した結果を踏まえ、2010年2月に総務省が新潟県上越市の町有地に試験用鉄塔を設置しました(図3)。

NICTでは2011年2月に被測定用の遠距離ブイを設置し、試験を開始しましたが、厳しい自然環境のため、ブイの支柱の破損等が続き、陸上からの試験がなかなか思うようにでき

ず、チャーターした船による海上からの試験ですべて対応せざるを得ない状況が続いています(図4)。そのため、早期に陸上から安定して試験を行うことができるシステムの構築が必要とされています。

NICTでは型式検定試験の実施だけでなく、将来の型式検定の対象となる機器や測定精度向上に資するため、技術基準の策定や国際標準化活動を実施しています。特にレーダーの不要輻射測定ではITU-R会議に積極的に参加し、米国の情報通信局(NTIA)測定グループと共同実験を行って寄与文書を作成するなど、無線機器検定にかかる国際標準化活動にも積極的に参加しています。

型式検定では、日々向上している機器の機能も確認する必要があることから、確認するための試験方法や機器等の研究開発を行っていくことが求められます。また、確認のための様々なノウハウの継承・要員確保も大きな課題となっています。

NICTでは、国民の生命の安全、財産の保全及び電波利用秩序の維持に重要な役割を果たしている型式検定業務をとおり、豊かで安心・安全な国民生活の実現に貢献していきたいと思ひます。



●型式検定業務担当者
(左から川原昌利、塩田貞明、姉川久美子、宮澤義幸)

無線用測定器等の較正に関する業務



左から藤井勝巳、西山麻、瀬端第一、杉山功

藤井 勝巳 (ふじい かつみ)

電磁波計測研究所 電磁環境研究室 研究マネージャー

大学院博士課程修了後、東北大学電気通信研究所助手を経て、2006年、NICT入所。無線用測定器やアンテナの較正及びEMC計測に関する研究に従事。博士(工学)。

較正とは

較正(こうせい)とは、測定器に表示された値が、基準となる正しい値と、どれだけ一致しているのか、正しい値からのずれを測定して調べ、測定器が正しい値を表示するように調整することです。我が国では、電波を公平かつ能率的に利用することを目的として、1950年(昭和25年)に制定された「電波法」に則って電波が使われていますが、携帯電話やトランシーバーからスカイツリーに設置されたテレビ放送用送信機、人工衛星搭載の送信機に至るまで、すべての無線設備から発射される電波については、その周波数や強さといった電波の質について、較正が行われた測定器による検査が行われ、他の無線局に混信や妨害を与えたりしないよう監理されています。

較正の歴史

電波法の制定により、電波監理委員会(現総務省)が行う無線局検査に用いる測定器の較正は、同委員会電波監理総局電波部技術課が担当することになりましたが、1952年(昭和27年)8月、電波研究所(現NICT)の発足に合わせて、同課の業務の一部が電波研究所に組み込まれることになり、電波研究所が較正業務を行うことになりました。無線設備の検査に使用する測定器類はすべて、電波研究所が維持・管理している標準器と比較することにより較正が行われていますので、較正済みの測定器で測定するということは、間接的にはありますが、電波研究所の標準器で測定するのと同様であることを意味します。当初、電波研究所が行う較正は、郵政省地方電波監理局(現総務省地方総合通信局)が維持管理している副標準器だけが対象でしたが、1959年(昭和34年)に、地方電波監理局以外からの測定器の較正も受け付けるようになりました(委託較正制度)。その後、1999年(平成11年)に技術基準適合証明制度が導入され指定較正機関制度ができ、地方電気通信監理局(1985年地方電波監理局が改組)の副標準器の較正は指定較正機関が行うことになる等、いくつかの大きな法改正が行われ、また一方では、電波研究所(1952年～)は、通信総合研究所(1988年～)を経て、NICT(2001年～)に変わりましたが、較正業務自体は60年以上の間、変わらずに続けています。なお、現在は、行政刷新会議での決定により、原則として、指定較正機関の較正用機器だけが較正対象となっています。

較正対象

周波数標準器を除く、すべての無線用測定器の較正業務は、現在、NICT電磁波計測研究所電磁環境研究室が担当しています。較正対象は、電波を利用するために欠かせない基本測定器及びアンテナ類であり、具体的には、周波数計、高周波電力計、高周波減衰器、信号発生器、スペクトラムアナライザ、電圧電流計、電界強度測定器、アンテナ、SAR(Specific Absorption Rate: 比吸収率)測定用プローブなど多岐にわたります。また、測定の対象周波数も直流(0Hz)、電源周波数(50/60/400Hz)から、長波、中波、短波、VHF/UHF、マイクロ波、ミリ波、テラヘルツ波(3THz)に至るまで全周波数が対象となっています。製造メーカーによる測定器の違いや、アンテナ形状の違いも加味すると、対象とする測定器類は数十種類にもなります。また、電波の測定には、オープンサイトや電波暗室、シールドルームといった測定設備も不可欠であり、これらの設備の各周波数帯に応じた特性評価も研究の対象としています。どれをとっても、それぞれに深い専門的な知識と較正技術、計測技術が必要であり、NICTにおける他の業務や研究開発にはない独自の知識と経験が求められます。

多様化する電波利用と較正技術

1950年度には、わずか5610局しかなかった無線局は、携帯電話や無線LANの普及により、1億4000万局を越えるに至りましたが、今後も、ますます増加するものと予想されています。

例えば、ハイビジョン映像のような大容量・高速通信を可能にするために、現在、周波数120GHzや300GHzといったミリ波帯を用いた無線通信の研究開発が行われています。一方、低周波数帯では、省エネ製品、エコ製品と呼ばれる家電製品に広く用いられているスイッチング電源から放射される不要な電磁雑音が、他の無線を妨害するといった電磁環境の悪化が懸念されています。電波を正確に測定すること、そのための測定器を較正することが、電波を安全に快適に使用するために、ますます重要となってきています。NICTでは、社会の電波利用ニーズに応じた、社会基盤を支える技術を、較正業務を通じて提供していきます。

「較正」と「校正」とは: 測定器の「こうせい」には、「較正」と「校正」の文字が使われています。法律の上では、「較正」は電波法に基づくもの、「校正」は計量法に基づくもので、「較正」は測定器の調整を含みますが、「校正」は調整を含みません。「校正」は、測定器が示した値と、正しい値(標準器)との差分を証明書に示すことであると決められていて、「較」・「校」の漢字が持つ本来の意味とは逆の意味で使われています。一般には、「校正」の文字が広く使われています。現在、NICTでは「較正」と「校正」の両方を行っていますが、測定器のケースを開けてしまうとメーカー保証が受けられなくなることなどから、現在は「較正」であっても測定器の調整は行っておらず、内容に違いはありません。

Awards

◆受賞者紹介◆

受賞者 ● 内山 将夫(うちやま まさお)

ユニバーサルコミュニケーション研究所 多言語翻訳研究室 主任研究員

共同受賞者: http://trans-aid.jp/ANPL_NLP/
に記載されている60余名との共同受賞

◎受賞日: 2012/6/14

◎受賞名: 2011年度現場イノベーション賞 銀賞

◎受賞内容: 社会の実課題に対するAI技術の研究ならびにその課題解決において多大な貢献をしたと認められたため

◎団体名: 社団法人人工知能学会

◎受賞のコメント:

本賞は、東日本大震災における自然言語処理技術(NLP)を応用した安否情報確認支援の活動が認められて、ANPL_NLPというグループに与えられたものです。ANPL_NLPは、自然言語処理研究者たちが、主にツイッター上での呼びかけに呼応して、東日本大震災における安否情報をできるだけ整理することを目的としてグループとなったものです。その活動が認められたことをうれしく思います。



受賞者 ● 柏岡 秀紀(かしおか ひでき)

木俣 豊(きだわら ゆたか)

堀 智織(ほり ちおり)

翠 輝久(みず てるひさ)

ユニバーサルコミュニケーション研究所 音声コミュニケーション研究室 室長(現脳情報通信融合研究センター 統括)

同研究所 研究所長

同研究所 音声コミュニケーション研究室 研究マネージャー(現室長)

同研究所 音声コミュニケーション研究室 研究員(現Honda Research Institute USA, INC. Scientist)

◎受賞日: 2012/10/19

◎受賞名: ドコモ・モバイル・サイエンス賞

◎受賞内容: 「モバイル音声対話処理システム(AssisTra: 京都観光コンシェルジュ)の開発」によるすぐれた研究成果を評価されたため

◎団体名: NPO法人
モバイル・コミュニケーション・ファンダ

◎受賞のコメント:

このたび音声コミュニケーション研究室で取り組んできた音声対話システムに関する研究に対して受賞できたことは、非常にうれしく思います。この受賞は、4名の名前が挙がっておりますが研究室で取り組んだ成果であり、これまで支えてきていただいた研究室のみなさま、NICTの関係者各位に深く感謝いたします。今後も、これに満足することなく、本分野をリードする研究活動に努めて参りたいと思います。



柏岡秀紀



木俣豊



堀智織



翠輝久

受賞者 ● 坂野 雄一(さかの ゆういち)

安藤 広志(あんどう ひろし)

ユニバーサルコミュニケーション研究所 多感覚・評価研究室 研究員

同研究所 多感覚・評価研究室 室長

◎受賞日: 2012/11/3

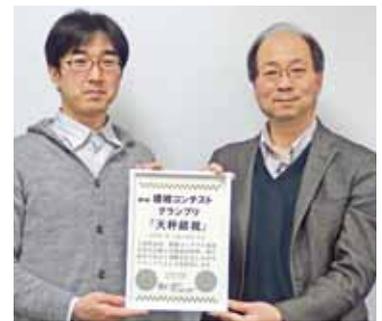
◎受賞名: 第4回錯視コンテスト グランプリ(1位)

◎受賞内容: 第4回錯視コンテストにおいて、応募作品「天秤錯視」が最も優れていると判断されたため錯視コンテストのウェブページに掲載された応募作品:
<http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/sakkon/sakkon2012.html>

◎団体名: 錯視コンテスト審査委員会

◎受賞のコメント:

本錯視は、水平・垂直方向を捉える人の空間認識メカニズムの特性が顕在化したものと考えられます。このような人の知覚・認知特性を分かりやすく表現したことが高く評価され、今回の受賞となりました。今後は、錯視に代表されるような、人間の知覚・認知の特性をうまく用いることにより臨場感を高める手法を提案したいと思っています。ご支援、ご協力いただきました皆様に深く感謝申し上げます。



左から坂野雄一、安藤広志

受賞者 ● 川西 哲也(かわにし てつや)

光ネットワーク研究所 光通信基盤研究室 室長

◎受賞日: 2013/1/1

◎受賞名: IEEEフェロー称号

◎受賞内容: 「高速高精度光変調技術(high-speed and precise lightwave modulation technologies)」に関する研究実績

◎団体名: 米国電気通信学会

◎受賞のコメント:

このたびのIEEEフェロー称号授与は諸先輩方のご指導、ご支援の賜物であり、深謝いたします。国内外の研究機関と共同で成果をあげられたことも評価をいただけたと考えております。NICTの研究環境のハード面だけではなく、スムーズな連携研究や効果的な広報などソフト面の充実を示していると思います。学生の皆様の活動の貢献も大きく、研修員を含む研究室各位に感謝いたします。今後とも、学術への貢献、社会への還元をめざして研究を進めていきたいと思っております。



科学・技術フェスタ出展報告

NICTは、2013年3月16日(土)・17日(日)に京都府の京都パルスプラザで開催された「科学・技術フェスタ」に出展しました。この催しは、将来の科学技術を担う青少年を中心に科学・技術に対する関心を深めることを目的として、内閣府、総務省、文部科学省等7府省及びNICTを含む16機関の主催により開催されたものです。2日間で約6,000人の方にご来場いただきました。

NICTでは、サイバー空間で発生する様々なセキュリティ上の脅威を観測・分析し、迅速な対応を行うことを目指して研究開発を進めている、サイバー攻撃観測・分析・対策システム「nicter」を展示し、リアルタイムでのサイバー攻撃の観測・分析状況についてご覧いただきました。

開催初日には、山本一太内閣府特命担当大臣(沖縄及び北方対策、科学技術政策、宇宙政策)が当機構のブースをご視察されました。また、リアルタイムでサイバー攻撃の様子を見られるnicterは一般参加者の注目を集め、「リアルタイムでこんなに攻撃があるとは驚いた」、「セキュリティ対策の重要性がよくわかった」等の声が聞かれ、セキュリティ対策の重要性についてのご理解を深めていただくとともに、多くの方にネットワークセキュリティに関するNICTの研究開発についてご紹介することができました。



山本一太内閣府特命担当大臣(左)のご視察



来場者の注目を集めたnicter展示

理事長交代のお知らせ

情報通信研究機構理事長が交代いたしましたのでお知らせします。

新任 平成25年4月1日付 坂内 正夫

(前 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構
国立情報学研究所長)

退任 平成25年3月31日付 宮原 秀夫

NICT本部見学ツアー

NICTでは、平成25年4月より、本部（東京都小金井市）の研究活動をガイド付きでご案内する本部見学ツアーを実施しております。

◇ 実施日時

毎週水曜日 13:30～15:00

ただし、祝日、年末年始（12/29～1/3）、NICTのイベント開催日等は実施しません。

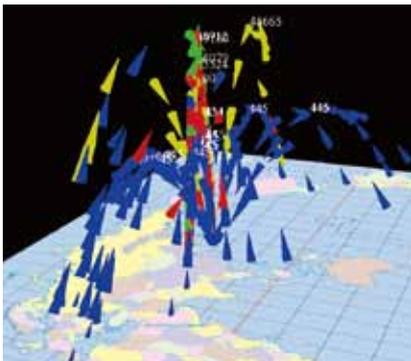
◇ 定員

20名（事前申込制、先着順）

◇ 見学内容

- ・NICT紹介ビデオ（15分）
- ・展示室案内
- ・サイバーセキュリティ技術の研究紹介（インシデント分析センター「nicter」）
- ・時空標準技術の研究紹介（日本標準時の決定・維持・供給システム）
- ・電磁波センシング技術の研究紹介（航空機搭載合成開口レーダ「Pi-SAR2」）

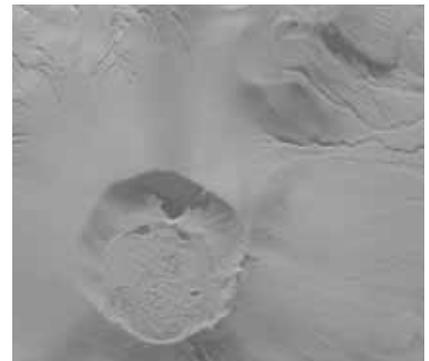
※見学内容は都合により変更する場合があります。



nicter



日本標準時



Pi-SAR2での観測画像

◇ 申込方法

申込書に必要事項をご記載の上、予約申込窓口宛にメールにてお申込みください。

詳細は、NICTホームページをご覧ください。

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

◇ お問い合わせ

TEL: 042-327-5322（平日9:00～17:00）

E-mail: nict-tour@ml.nict.go.jp

読者の皆さまへ

次号は、東日本大震災の経験を踏まえてNICTが取り組む「災害に強い情報通信技術」の研究開発について、特集します。

NICT NEWS 2013年4月 No. 427

ISSN 1349-3531 (Print)
ISSN 2187-4042 (Online)

編集発行

独立行政法人情報通信研究機構 広報部

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

〒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/>