

NICT NEWS

独立行政法人
情報通信研究機構

2009
OCT
NO.385
10

National Institute of Information and Communications Technology

長波標準電波発信10周年特集

巻頭インタビュー

100万年に誤差1秒、
超高精度の「時」を刻む

ICT社会の新たな価値感で、
世界最高水準の「日本標準時」を発信

今村國康

研究者紹介

松原健祐

たった1個のイオンから正確な時間の糸を紡ぐ
カルシウムイオン(Ca⁺)を用いた光周波数標準の研究

ひかりを自由にあやつる

高速高精度光変調技術で拓く大容量通信と宇宙をみる極限技術

川西哲也

受賞者紹介

トピックス

「子ども霞が関見学デー」に参加しました

科学は身近で、こんなに面白い!

青少年のための科学の祭典 東京大会 in 小金井への出展報告

11

10

9

5

7

1





今村 國康
(いむら くにやす)

新世代ネットワーク研究センター
光・時空標準グループ
研究マネージャー

1976年郵政省電波研究所（現 NICT）入所。無線機器の検定・試験法開発、国際間周波数・時刻比較の研究に従事。現在、周波数標準・標準時の運用・開発を担当。

100万年に誤差1秒、 超高精度の「時」を刻む ICT社会の新たな価値感で、 世界最高水準の「日本標準時」を発信

古来から「時」は、社会生活の最も重要な基盤。その「時」を作り、配信する業務は、極めて重要な役割といえます。「日本標準時」となっている長波標準電波発信業務をNICTがスタートさせて今年で10周年。発展するICT社会の中で「時」は新たな意味を持ち、新たな価値を生み出しています。そうした環境の中で、「光・時空標準グループ」が取り組む「つくる」「くらしる」「くばる」業務・研究は100万年に1秒の誤差という高精度な「時」

を刻み続け、さらに1桁以上の高精度化を目指しています。

10周年を迎えた 長波標準電波発信業務

——長波標準電波発信業務開始から10周年を迎えたということですが、具体的にはどのような業務なのでしょうか。

今村 標準時と周波数標準（周波数の国家標準。1秒の長さの基準となる）は、情報通信の基盤であると同時に、安心・安全な社会生活の基盤として欠

かせないものです。NICTは、この周波数標準の値を定め、標準時を日本全国に通報するという重要な役割を担っています。私たち光・時空標準グループは、日本標準時と周波数標準の発生・維持・供給を中核に、世界の標準時決定への貢献や、より正確な1秒を実現するための超高精度な原子時計の開発、産業や社会生活への利用を目的とした実用的な研究など、幅広い研究開発を行っています。

その業務の一環として、1999年6月10日（時の記念日）に「おおたかどや山標準電波送信所」（福島県）の運用を開始、日本全国に向けて40kHzの長波標準電波の発信をスタートさせました。その発信業務の開始から、今年でちょうど10年が経過したことになります。

——それ以前は、標準電波はどのように発信されていたのですか。

今村 日本の標準電波は、1940年1月30日に「検見川無線送信所」（千葉県）で発信された短波帯の標準電波からスタートしています。それ以降2001年までは、ずっと5MHzや10MHzといった短波標準電波の発信が続けられてきました。短波の特性としては、上空の電離層で反射するので小さな電力で遠くまで届くというメリットが挙

げられます。しかし、このことが逆に標準電波としてはデメリットでもあるのです。電離層の変化によるドップラー効果で周波数が変わってしまったり、多くの国が使っているために混信が起きるといった弊害がありました。

——そのために電離層観測も大きな意味があったのですか。

今村 そうです。そこでNICTでは、地表を伝わり直接遠くまで電波が届く長波標準電波の研究を長年行ってきました。1966年には実験局（コールサイン・JG2AS）を開局して40kHzの長波送信実験を開始し、周波数精度を向上させる研究や1988年からは電波時計に利用できるタイムコードの送信実験などを続けてきました。こうした研究の成果として長波で標準電波を発信する「おおたかどや山標準電波送信所」が開局したのです。

——標準電波の発信は長波だけですか。

今村 日本では「おおたかどや山」の開局後、短波による発信は廃止され、完全に長波標準電波へと移行しました。また、2001年10月1日には国内2カ所目となる「はがね山標準電波送信所」（佐賀県と福岡県の県境）の運用も開始されました。こちらでは60kHzの長波帯標準電波を発信してい

ます。

これら2カ所の標準電波送信所で日本全国をカバーしています。現在、日本以外で長波標準電波（電波時計に使える電波）を発信しているのは、イギリス、ドイツ、スイス、アメリカ、中国の5カ国ですが、国内に2カ所の送信施設を備えているのは日本だけです。

セシウム原子時計は 数十万年に1秒の誤差

——そもそも標準時とはどのようなものなのか、簡単に説明していただけませんか。

今村 「日本の標準時は子午線が通る明石で決めている」と思っている方もまだ多いのではないのでしょうか。元々の標準時は、人間の生活に密接に関わる地球の自転を基に決められていました。地球が1回転すると1日で、それを細分化して時・分・秒といった時間の単位を決め、太陽が真南に来る時刻を昼と決めたのです。これを天文時計といい、グリニッジ天文台を世界の基準点としていました。

しかし、科学の進歩によって地球の自転を正確に観測できるようなになると、実は地球の自転周期は一定のものではなく、潮の干満などさまざまな要

因によりゆらぎが起きることがわかってきました。しかし、時間の単位である1秒や1分が日によって変わってしまうのでは、さまざまな面で不都合が生じます。そこで、より安定した1秒が必要となり、原子の振動周波数を基に決めようということになったのです。

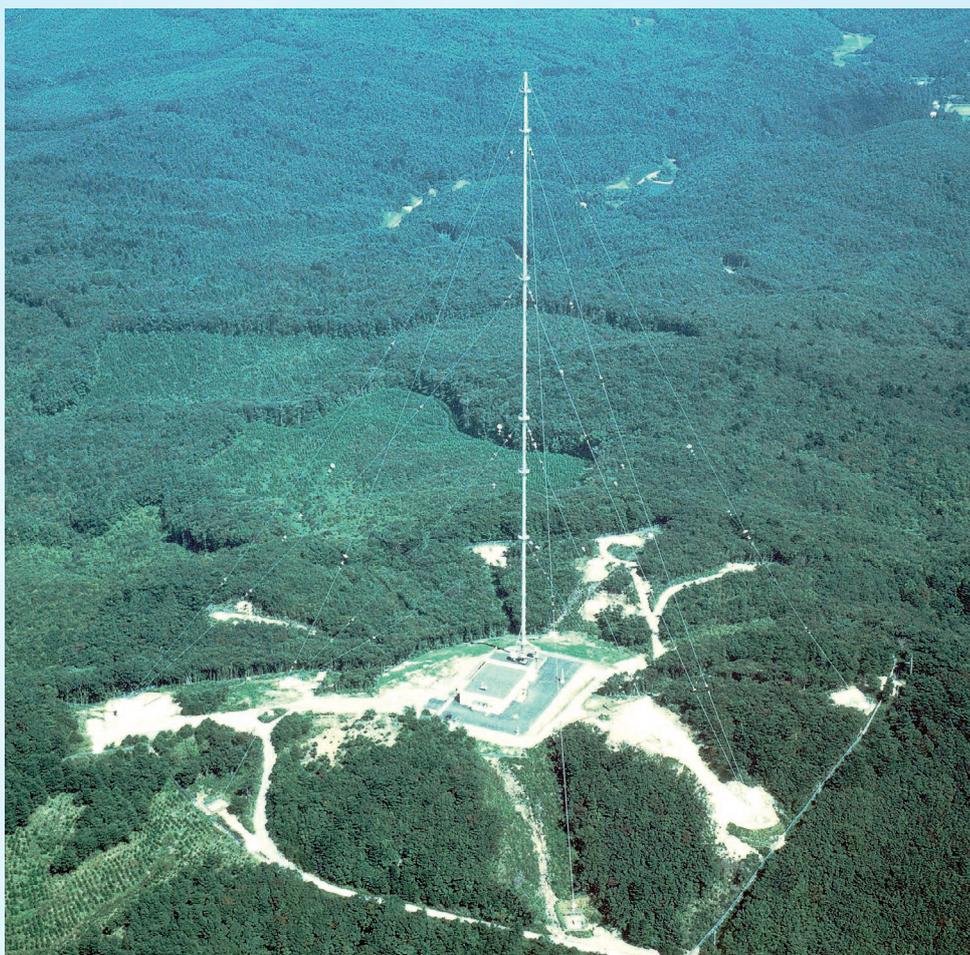
——現在の1秒は、具体的にはどのような決められているのですか。

うに決められているのですか。

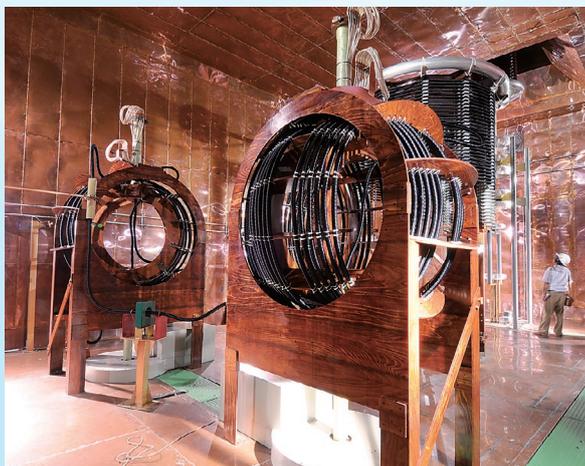
今村 1950年代後半からさまざまな原子時計が開発、検討された結果、1967年の国際度量衡総会で「秒は、セシウム133原子の基底状態の2つの超微細準位の間遷移に対応する放射の周期の91億9263万1770倍に等しい時間」ということが決議され

ました。簡単に言うと、セシウム原子が91億9263万1770回振動する時間を1秒と決めたということなのです。

セシウム原子に特定の周波数のマイクロ波を当てると、原子核の周りに電子が回っている安定した状態から不安定な状態に変化します。また、不安定



●開局10周年を迎えた
おたかどや山送信所



●おたかどや山送信所の
整合器室

おたかどや山標準電波送信所

- ・所在地 福島県田村市／双葉郡川内村境界
- ・標高 約790m
- ・位置 北緯37度22分21秒、東経140度50分56秒
- ・送信開始 1999年6月10日
- ・送信周波数 40kHz
- ・送信出力 50kW

な状態から安定した状態に戻るときにも、特定の周波数の電磁波を放出します。セシウム原子時計はこの原理を利用したもので、市販されている原子時計は数十万年に1秒以下の誤差という高い精度を実現しています。

1967年からは、それまでの天文時に代わって、原子時計による時刻(原子時)が使われることになりました。ただ、この原子時と日常生活の感覚に合った天文時との誤差が0・9秒以上にならないようにするために、1秒を加えたり除いたりする操作(うるう秒と言ふ)を世界中で同時に行うことになり、今年の1月1日にも24回目の「うるう秒」が加えられました。

日本標準時を つくる・くらべる・くばる

——日本標準時はどのように作られているのですか。

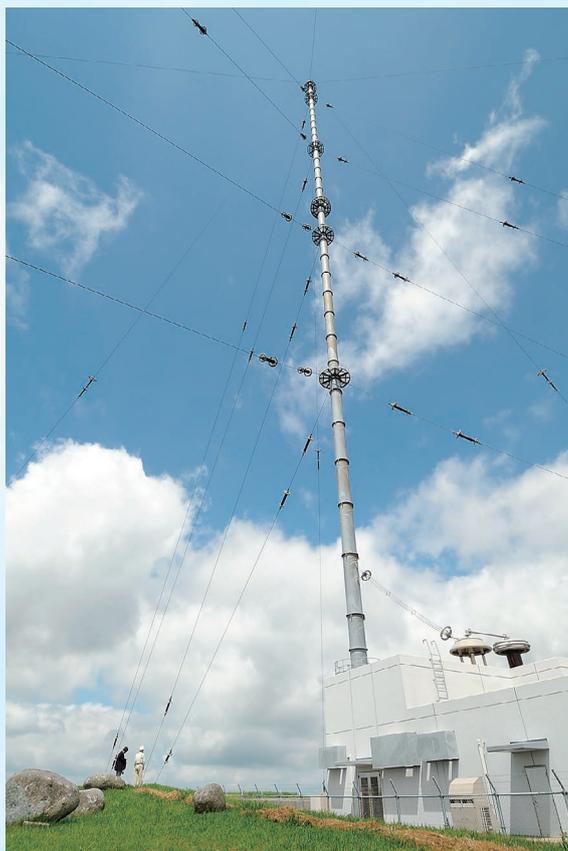
今村 現在NICTでは、長期間(1日以上)の周波数安定度に優れたセシウム原子時計18台と短期間(1日以下)の周波数安定度に優れた水素メーザ4台を使って、NICT本部内で日本標準時を生成しています。セシウム原子時計は30万年で誤差が1秒以下という高い精度を実現していますが、18台のセシウム原子時計を平均・合成する

ことよって、約1000万年に1秒までの安定性・正確性に向上させているのです。日本標準時を構成するこれらの時計は、温度や地球磁場などの周辺環境で周波数が変化するのを避けるため、温度・湿度管理を行い、電磁界シールドを施した原器室と呼ばれる特別な4つの部屋に分けて設置し、相互に補完することでメンテナンスタワーのトラブルの際にも止まらないシステムが構築されています。

——標準時がずれたり止まったりしたら大問題ですよ。

今村 そうです。NICT本部にある4つの原器室に設置してあるセシウム原子時計と水素メーザは、計測システムによって相互のわずかな時刻差が計測されています。このデータを元に原子時計の時刻を1日1回平均・合成することによって、NICTが作る協定世界時(UTC(NICT))が生成されます。日本標準時(JST)は、我々が生成したUTC(NICT)を9時間(東経135度分の時差)進めた時刻になります。

——日本の標準時と世界の標準時とは



●国内2番目に開局した「はがね山標準電波送信所」

はがね山標準電波送信所

- ・所在地 佐賀県佐賀市／福岡県前原市境界
- ・標高 約900m
- ・位置 北緯33度27分56秒、東経130度10分32秒
- ・送信開始 2001年10月1日
- ・送信周波数 60kHz
- ・送信出力 50kW

どのような関係になるのですか。

今村 GPS衛星には原子時計が搭載されており、そこから送信される電波はこの原子時計に同期しています。世界各国の国家時刻標準機関は、この電波を仲介として時刻比較を行い、これらの比較データを集約処理することで、各機関が持つ基準時計と世界の標準時である協定世界時(UTC)との時刻差を求めることができます。

また、主要各国の標準機関と共同で、商用通信衛星を用いた衛星双方向時刻比較も定期的に行っており、GPSによる時刻比較と同様に、これらのデータはフランスにある国際度量衡局(BIPM)へ送られています。BIPMでは、世界中の機関から送ら

れてきた時刻比較のデータを基にして、国際原子時(TAI)とUTCが決定されます。NICTでは、我々が生成したUTCと、BIPMが決定したUTCとの差が10ナノ秒以内となるように運用することを目標としています。

——NICT本部で生成した日本標準時は、どのようにして標準電波で全国に発信されているのですか。

今村 日本全国に向けて標準電波を発信しているのは、「おおたかどや山」と「はがね山」の2カ所の標準電波送信所です。しかし、NICT本部で生成した標準時を一旦これらの送信所に送ってから発信していたのでは、時間的な遅れが出ますし、ゆらぎが出て安

標準時年表

1886年 (明治19年)	標準時を東経135度の時刻と規定(7月13日公布)
1888年 (明治21年)	1月1日より上記標準時を適用
1940年 (昭和15年)	米国に次いで世界で2番目の短波帯標準電波局「検見川送信所」(千葉県千葉市)を開設
1945年 (昭和20年)	8月15日、終戦により標準電波の発射停止
1946年 (昭和21年)	4月1日、標準電波発射再開
1949年 (昭和24年)	短波帯標準電波送信所を東京都小金井市へ移転
1967年 (昭和42年)	国際度量衡総会で秒の定義が変更される
1972年 (昭和47年)	新しいUTC方式(秒の定義に基づく)が勧告され、標準時の通報もこれに従い変更
1977年 (昭和52年)	標準電波の送信を「NTT名崎無線送信所」(茨城県猿島郡三和町)に移転
1999年 (平成11年)	6月10日、「おたかどや山標準電波送信所」(福島県田村市/双葉郡川内村境界)が開局、標準電波の送信業務を開始
2001年 (平成13年)	3月31日をもって、短波標準電波を廃止 10月1日、国内で2局目となる「はがね山標準電波送信所」(佐賀県佐賀市/福岡県前原市境界)が開局、標準電波の送信業務を開始

社会環境の変化に合わせた 新たな取り組み

定性や正確性を損なうことも考えられます。そこで、各送信所にはNICT本部と同じように原器室を設け、セシウム原子時計の基準信号を基に標準周波数信号や時刻信号を作り、標準電波として発信できる仕組みが用意されているのです。

もちろん、NICT本部で作られる日本標準時と常に精密な時刻比較が行われており、日本標準時に一致した正確な標準電波を安定して送信できるシステムが構築されているのです。

——長波による発信以外にも、日本標準時の供給というのは行われているのですか。

今村 技術の進歩や産業構造の変化によって、我々の社会生活は大きく変わってきました。そのため、時代の変化に合わせて供給体制の整備というの、私たちの果たすべき重要な役割になってきています。

その一つが、電話回線を使って配信

する「テレホンJ-Y」です。これは、一般公衆回線を使って接続し、自動的に時刻を同期させるという仕組みです。正確な時報サービスを提供するために不可欠なシステムで、NICTの時報サービスや放送局の親時計などで使われています。また、このシステムは一般の方も利用することができます。

——地上デジタル化でテレビの時報がなくなりましたのでニーズは高くなりましたね。

今村 そうですね。そして、もう一つは、ネットワークを経由してオンラインでコンピュータの内部時計を同期させることを目的とした「NTPサーバ」です。公共機関やインターネット関連事業者などの法人を対象に、利用者のサーバと我々のNTPサーバを専用線で接続して、ネットワークによる時刻情報提供サービスを行っています。また現在非常に普及が進んできている、インターネットによる時刻情報提供サービス(公開NTP)も行っており、一般の方が我々のNTPサーバ(nip.nict.jp)を直接利用することもできます。このサービスでは、1日に平均50000万アクセスを超える状況となっています。

さらに、最近ではインターネットの普及によって、商取引や特許出願など、さまざまな分野で電子文書の重要性が増してきています。そのため、文書の改ざん防止という意味からも、文書作成の時刻を第三者が証明するといったタイムビジネスが注目されてきました。そこでNICTでは、このような時刻認証事業者に対して、正確な日本標準時を配信するというサービスも行っています。

——その他には、どのようなサービスを行っているのですか。

今村 NICTでは、標準周波数の供給の一環として、周波数標準器の較正も行っています。これは周波数標準器と周波数国家標準との周波数偏差を測定することにより行い、持ち込み較正やGPS衛星を使った遠隔較正サービスを行っています。

——本日はありがとうございました。



ひかりを自由にあやつる

高速高精度光変調技術で拓く大容量通信と宇宙をみる極限技術

もっとたくさんデータの「ひかり」で送りたい

今や「ひかり」といえば新幹線というよりも先にインターネットが思い浮かぶのではないだろうか。誰もが携帯電話やインターネットを使ったときにどこかで「ひかり」を使った通信、すなわち、光通信のお世話になっているはずだ。光ファイバを使えば、遠くまで光にのせた情報を伝えることができます。光通信では、普段、目で見える光とは違い、光ファイバ内を透過する能力の高い赤外光の一種が使われます。人間同士が会話するとき、音の高さや強さ、長さを変化させて情報を伝えるように、光通信では光を変化させます。このことを光変調と呼びます。最も簡単な光変調として光が「ある」「ない」の2通りでデジタル信号を送るオンオフキーイング(OOK)と呼ばれる方法がこれまで使われてきました。最近では、メールを消さずにどん

どんため込む、ハードディスクレコーダにどんどん録画する、デジタルオーディオプレイヤーにどんどん音楽をため込む、デジタルカメラでどんどん撮影するといった、とにかくデータを保存しておく必要なときに選んで取り出すというライフスタイルが広がりとつあり、大量のデータをスムーズにやりとりする技術が求められています。このような大容量通信へのニーズに応えるためにNICTでは高速光通信を支える光変調技術の研究開発を進めており、光変調の高速性の追求に加えて正確に光をあやつる技術で世界トップクラスの成果を上げています。この技術は様々な分野での利用が期待でき、極限性能を追求する電波天文などへの応用を目指した研究を行っています。ここでは大容量通信を実現するための最新の高速高精度光変調技術と巨大な電波望遠鏡を支える基準信号発生技術を紹介いたします。

光変調：「ひかり」をあやつる

光は光波とも呼ばれ、電波と同じ電磁波の一種です。電磁波を特徴付けるのは、大きさ(振幅)、振動の速さ(周波数)、波動のタイミング(位相)の3つの要素です。これらを変化させることで、情報を伝えます。先にご紹介したOOKは、振幅が「1」か「0」の2通りの光波の状態(シンボル)または符号と呼ぶ)を使うもので、1回の光変調でデジタル信号1つ(1ビット)伝えることができます。より多くの情報を送るためには、①光変調をより速くする、②1回の光変調でより多くのビットを送るといった2つのアプローチがあります。①は高速に、②は高精度に光を変調する技術に相当します。長年にわたり①の高速化が研究のトレンドでしたが、NICTでは世界に先駆けて①と②の両立に取り組んできました。ここで、②の高精度変調

Profile



川西 哲也

(かわにし てつや)
新世代ネットワーク研究センター
先端ICTデバイスグループ
研究マネージャー

大学院博士課程修了後、京都大学ベンチャービジネスラボラトリー特別研究員を経て、1998年通信総合研究所(現NICT)に入所。光変調デバイス、ミリ波・マイクロ波フォトニクス、高速光伝送技術などの研究に従事。2004年カリフォルニア大学サンディエゴ校客員研究員。博士(工学)。

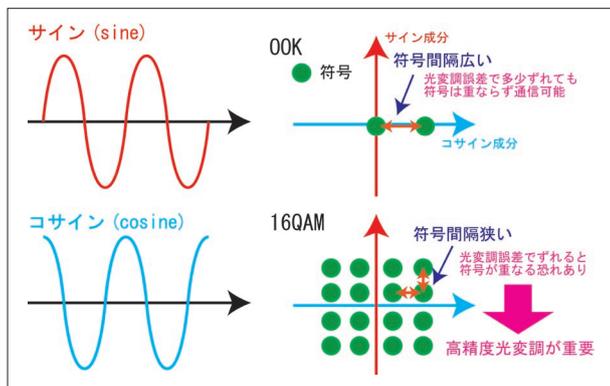


図1 ●(左)光の波形：サインとコサイン。(右)OOKと16QAMのコンステレーション

について説明します。位相、振幅をそれぞれ、2通りずつ、組み合わせを考えると全部で4つの符号を使えば1回の変調で2ビット送ることができ、nビット送るためには2ⁿ個の符号が必要です。符号を増やすには正確な光変調が重要になります。日本語の発音に例えてみましょう。五十音に加えて、同じ「あいうえお・・・」でも振幅

の小さいものを別の音とすると決めた
とします。そうすると、短い言葉でた
くさんの情報を伝えることはできるか
もしれませんが、音の大きさを正確に
言い分ける、聞き分ける能力が必要に
なります。光変調でも同じことがいえ
ます。光の状態をより正確に制御でき
ないと、どのような情報が送られてい
るか区別できなくなります。波動の一
種である光波は図1（左）に示すよう
なサイン、コサインで表されます（両
者の位相は90度ずれています）。周波
数を一定とすると、すべての光波はサ
インとコサインの2成分に分けること
ができます。コサイン成分を横軸に、
サイン成分を縦軸にとると光波の状
態、つまり、光変調の形式は2次元平
面上の点で表すことができます。一度
にたくさん情報を送るときには多数
の符号が必要になります。符号を2次
元平面上に表した図のことをコンステ
レーション（星座図）と呼びます。複
雑なコンステレーションをもつ信号を
高速で発生させることが大容量伝送実
現の鍵です。図1（右）は16個の符号
を使って一度に4ビットの信号を送る
16値直交振幅変調（16QAM）と従来
のOOKのコンステレーションです。
16QAMではOOKと比べると符号間
の距離が小さく、高精度光変調が重要

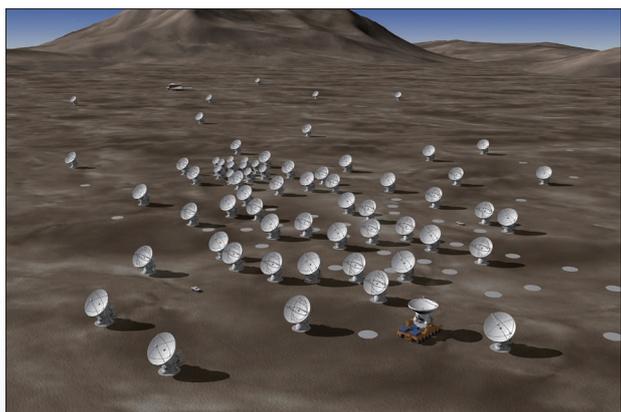


図2 ● ALMA完成予想図(国立天文台提供)

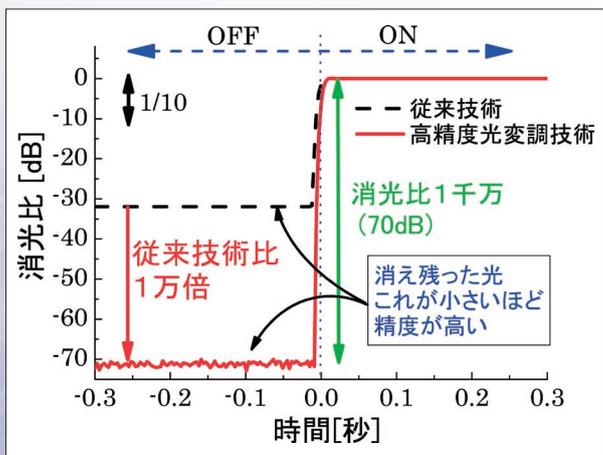


図3 ● 高消光比変調による光のオンオフ

であることがわかります。

NICTは一度に2ビット送ることが
できる4値位相変調(QPSK)と
変調速度の高さを両立する技術を世界
で初めて2004年に発表し、それ以
降、1つの光で100Gbpsの通信を実
現することは実験室レベルでは特別な
ことではなくなりました。2007年
には、多数の光を同時に使うことで1
本の光ファイバで25・6Tbps（1秒に
DVD250枚分以上のデータを送る
能力）の大容量通信が達成されました
（ベル研究所と共同）。さらに世界初の
50Gbps 16QAMを可能とする集積光
変調デバイスを実現しました。無線分
野では様々な複雑な変調方式は従来か
ら利用されていましたが、光では周波

数が携帯電話の無線信号のそれと比べ
ると10万倍高く、複雑な変調方式は困
難であるというのが常識でした。ここ
で紹介した高速高精度光変調技術や、
高速信号処理技術などにより課題が克
服されつつあります。

極限技術への応用…宇宙を みるための基準信号

ALMA（アタカマ大型ミリ波サブ
ミリ波干渉計）はチリの高山地域で
国際プロジェクトとして開発が進めら
れている世界最高の感度と分解能を
備えた電波望遠鏡です（図2）。最長
18・5km離れた66台以上のパラボラ
アンテナで構成されます。これらのア
ンテナを連動させるためには基準とな

る光信号が必要となります。NICT
は国立天文台と共同でALMAにおけ
る信号計測の基準となる光信号源の研
究開発を行っています。光変調の精度
を表す重要な指標として消光比（光を
オフしたときに消え残る光の大きさ
を表す）がありますが、従来技術と
比べて1万倍を達成しました（図3）。
ALMAで必要となる高い安定度、広
い周波数範囲での信号発生などの条件
を満たす信号源を高い消光比の光変調
技術で実現しました。

高い消光比の変調はALMA向けの
信号源だけではなく、より高度な変調
方式実現に重要であることが明らか
なってきました。基礎研究から応用
研究までを一貫して確実に進めていく
ことの重要性を示す成果であるといえ
るでしょう。

大容量通信のために光ファイバの中
でコンステレーションを描きながら、
本当の宇宙をみるための技術にもつな
がるなんて、夢があると思いませんか？

謝辞

高速高精度光変調技術に関する研究は国内
外の研究者との連携、協力により進めて参り
ました。東京大学、大阪大学、兵庫県立大学、
早稲田大学、慶應義塾大学、同志社大学、国
立天文台、産業技術総合研究所、KDDI研
究所、住友大阪セメント新規技術研究所、ベル
研究所などの大学、研究機関の皆様にご感謝
いたします。

たった1個のイオンから正確な時間の糸を紡ぐ カルシウムイオン(Ca⁺)を用いた 光周波数標準の研究

● Profile ●



松原 健祐
(まつばら けんすけ)

新世代ネットワーク研究センター
光・時空標準グループ
主任研究員

大学院修了後、科学技術庁特別研究員を経て、1998年通信総合研究所(現NICT)に入所。関西先端研究センター(現神戸研究所)でイオントラップによる精密分光研究を行った後、現所属で光周波数標準器の開発に従事。博士(理学)。



新世代ネットワーク研究センター 光・時空標準グループ

松原 健祐

30000万年に1秒も誤らない時計

日本標準時と標準周波数の発生・維持・供給というNICTの重要な業務を、根底で支えているのが原子時計の存在です。現在、日本標準時には誤差が数十万年に1秒のセシウム原子時計が使われていて、またNICTも参加する国際原子時の正確さの維持には、

一次周波数標準器というそれより一桁以上高精度の原子時計が使われていますが、さらに精密な光原子時計の開発が進んでいます。松原健祐主任研究員は、その実現に欠かせない光周波数標準の研究にあたる研究者の一人です。「現在は、セシウム原子が約92億回振動する時間を1秒と定めています。原理的には、振動周波数が高いほど、

より正確に1秒を定義できるので、セシウム原子より10万倍高い周波数で振動するカルシウムイオンに着目し、今までにない精度で1秒を測ろうとしています。」

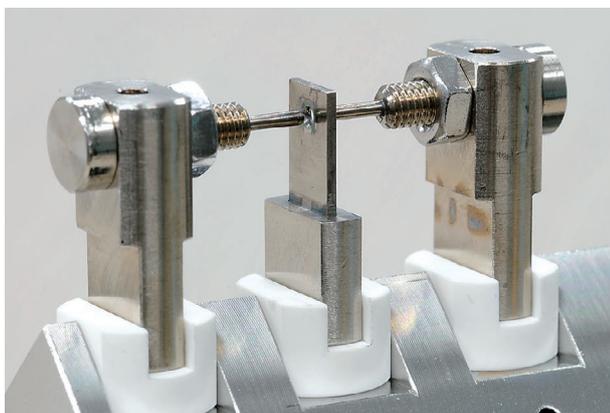
荷電粒子を電極間の限られた空間に長時間閉じ込めるイオントラップは、近い将来1秒の定義が変わる事も想定して、各国の研究機関で研究が進められています。荷電粒子にカルシウムイオンを使って光原子時計を実証したのはNICTが最初です。小型で高い信頼性をもつ半導体レーザーを利用できることが利点だといいます。

精度の向上へ試行錯誤

「開発をスタートした時は、光周波数標準関係の装置は全くなく、レーザー装置、真空チャンバーの組み上げから始めたので、時間がかかりました。また、レーザー冷却という方法でカルシウムイオンの運動を止めるのです

が、ほぼ完全に止めるまで試行錯誤しました。」

周波数の基準に使うカルシウムイオンの四重極子遷移には 4.11 THz ($4.11 \times 10^{14}\text{ Hz}$)の振動周波数があり、本来そこに1 Hzの幅も無いのですが、それを初めて観測できた時は、 1 MHz (10^6 Hz)に近い幅があつて、とても高



イオントラップ：中央の板状の金属にあいた穴にイオンを捕える

精度な時計に利用することはできませんでした。

「1個のイオンを確実にトラップの中に捕まえる技術を獲得できても、イオンを真ん中に正確に止めておかないと、いい時計にはならないんですね。ちよつとでも動き回っていると、周波数も大きくなったり小さくなったり、幅が出てしまう。装置内の真空度、加える磁場、電極電圧のバランス、電極形状などを地道に1つずつよくしていく、『また1桁よくなった』と、改善しました。」松原主任研究員は、実験で使った装置を手にしながら説明します。

イオントラップの開発と並行して、松原主任研究員の所属する光・時空標準グループのメンバーにより、四重極子遷移を観測する超高安定な半導体レーザー¹、そして光の周波数を高速・高精度に数える光コムカウンターの開発が進められています。現在はいずれも世界最高レベルの性能を持つっており、光周波数標準を研究するための、より有利な条件が整えられていきます。

国際度量衡局で認められる

松原主任研究員たちは時計に利用で

きる光の周波数を見つける事から始めて、昨年14桁(10¹⁴)という高い精度でそれを測ることに成功しました。ここでは411THzの振動周波数を5Hz程度の不確かさで測っています。そして今年6月、フランスにある国際度量衡局で開催された時間周波数諮問委員会において、委員会が勧告する基準となる周波数のリストに加えられる事も決定し、研究の途中目標を達成したとのこととです。現在の目標はもう1桁程度精度を上げること。¹⁵の精度を超えると、3000万年に1秒も誤らない時計が実現します。

高い精度の光原子時計は、光原子時計どうして時間を比べないと、その正確な精度は測れません。そこで光・時空標準グループでは、別の種類の光原子時計である光格子時計(レーザー光の干渉で生じる格子状の光強度分布の中に原子を閉じ込める時計)の開発も進めています。近い将来には2つの時計を比較して、今までにない精度の1秒を実証することを目指しています。

研究センター見学が 研究のきっかけに

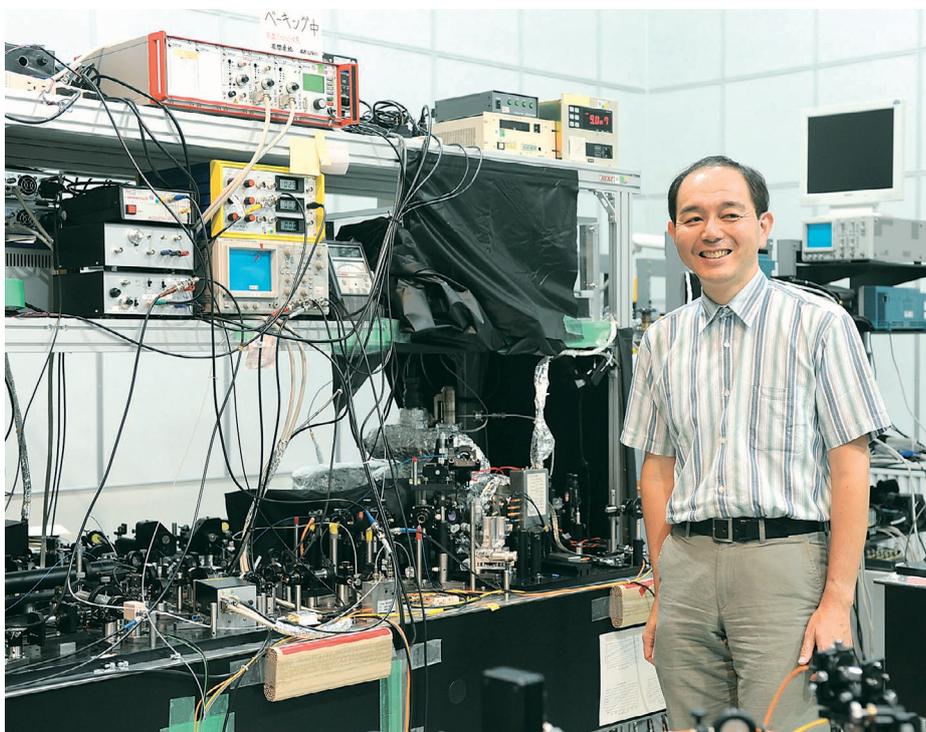
松原主任研究員がこの研究に入ったのは、大学院生のときに関西先端研究

センター(現神戸研究所)を見学したことがきっかけ。当時行われたイオントラップの研究で、たった1個のイオンを閉じ込める技術に衝撃を受けたそうです。

「科学技術の粋である単一イオントラップが、『時計』という身近なものに应用され、人々の生活につながって

いくことに興味を持ちました。」

そしてひとつの成果を達成した今も、松原主任研究員はたった1個の小さなイオンから正確な『1秒』を紡いでいく事に関心をもち続けています。時計の精度がさらに上がって、宇宙測位といった遠大な測定にも利用される事を期待しています。



用語説明

イオントラップ

荷電粒子を限られた空間に長時間閉じ込めておくための装置。静電場と静磁場を用いるPenningトラップと、高周波電場を用いる高周波イオントラップ(Paulトラップ)がある。

四重極子遷移

電磁波で原子内に電場勾配が生じる事で起こる遷移。起こる頻度が非常に小さいために禁制遷移と呼ばれ、遷移周波数の幅も極めて小さい事から、周波数標準に利用される。

受賞者 ● **岩橋 直人** (いわはし なおと)
杉浦 孔明 (すぎうら こうめい)
 (チーム名: eR@sers)

知識創成コミュニケーション研究センター 音声コミュニケーショングループ 専攻研究員
 知識創成コミュニケーション研究センター 音声コミュニケーショングループ 専攻研究員

共同受賞者: 玉川大学、電気通信大学

◎受賞日: 2009/5/10

◎受賞名: 人工知能学会賞

◎受賞内容: 参照点に依存した確率モデルに基づく
 ロボットの物体操作の実時間学習手法

◎団体名: (社)人工知能学会

◎受賞のコメント:

これまで研究室環境で研究開発してきた確率モデルによる動作学習技術を、実際の環境で実証したことを評価して頂き、大変光栄に思っております。研究開発をご指導・ご支援下さった中村哲MASTARプロジェクトリーダー、柏岡秀紀研究マネージャーをはじめとする当グループの皆様へ感謝致します。今回の受賞を励みとして、研究活動に一層邁進していきたいと存じます。



左から岩橋直人、杉浦孔明

受賞者 ● **岩橋 直人** (いわはし なおと)
杉浦 孔明 (すぎうら こうめい)
 (チーム名: eR@sers)

知識創成コミュニケーション研究センター 音声コミュニケーショングループ 専攻研究員
 知識創成コミュニケーション研究センター 音声コミュニケーショングループ 専攻研究員

共同受賞者: 玉川大学、電気通信大学

◎受賞日: 2009/5/10

◎受賞名: ロボカップ@ホームリーグ優勝

◎団体名: ロボカップジャパンオープン2009大阪
 開催委員会

◎受賞のコメント:

日常生活環境における動作学習技術、未登録語学習技術の機能実証として、玉川大学・電気通信大学と合同チームを組んで参加し、家庭用ロボット部門である@ホームリーグで優勝致しました。この場をお借りして合同チームのメンバーである岡田浩之玉川大教授、長井隆行電気通信大准教授を始めとする先生方・学生の皆様へ感謝致します。今後も対話ロボット分野への機械学習の応用研究に貢献していきたいと存じます。



チーム eR@sers

受賞者 ● **吉田 俊介** (よしだ しゅんすけ)
Roberto Lopez-Gulliver (ロベルト ロペス・グリベール)
矢野 澄男 (やの すみお)
井ノ上 直己 (いのうえ なおみ)

ユニバーサルメディア研究センター 超臨場感システムグループ 専攻研究員
 ユニバーサルメディア研究センター 超臨場感システムグループ 専攻研究員
 ユニバーサルメディア研究センター 超臨場感基盤グループ 専門研究員
 上席研究員

◎受賞日: 2009/7/9

◎受賞名: 優秀論文賞

◎受賞内容: 発表「複数人で観察可能な箱形ディスプレイgCubik—3面での初期実装検討—」が優秀と認められたため

◎団体名: 3次元画像コンファレンス2008

◎受賞のコメント:

キューブ型裸眼立体ディスプレイ「gCubik」は、これまで主に離れて鑑賞する対象であった立体映像を、手に取りみんなで共有して利活用するためのツールとして提案しているものです。この度、本コンセプトの新規性とその実装手段に関する研究が評価されたことを大変名誉に思います。今後は、立体映像が新しいメディアとして普及するよう、gCubikの具体的な利用例などを交えつつ研究開発を推進したいと考えています。



左から矢野、吉田、Lopez-Gulliver、井ノ上

受賞者 ● **松本 泰** (まつもと やすし)

電磁波計測研究センター EMCグループ 研究マネージャー

共同受賞者: Kia Wiklundh, Deputy Research Manager, Dept. of Communication Systems, Swedish Defence Research Agency (FOI)

◎受賞日: 2009/7/22

◎受賞名: Excellent Paper Award, 2009 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Kyoto

◎受賞内容: A Simple Expression for Bit Error Probability of Convolutional Codes under Class-A Interference

◎団体名: Organizing committee of International Symposium on EMC

◎受賞のコメント:

電子機器と無線通信の一体化と高速化が進むにつれ、電子機器の出す電磁雑音による通信への影響を評価する手段が一層重要となります。本研究では、インパルス状の雑音の影響を簡単に求める、実用的な方法の足がかりを得たことを評価いただきました。大変光栄に思うとともに、日頃ご指導頂く方々に深く感謝いたします。今後さらに研究を進めるとともに、その成果を雑音許容レベルの決定法などに実用化していきたいと思っております。



左からKia Wiklundh、松本泰

「子ども霞が関見学デー」に参加しました

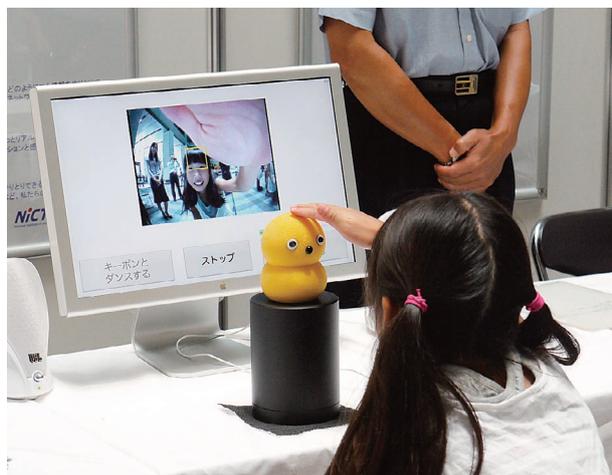
夏休みも終わりに近づいた8月19、20日、日頃はあわただしく大人たちが往来する霞が関官庁街に、子どもたちがたくさんやってきて、にぎやかな声があふれました。

「子ども霞が関見学デー」は、文部科学省が中心に行う「子ども見学デー」の取り組みの一つです。霞が関の府省庁等が連携して、業務説明や省内見学などを行うことにより、親子のふれあいを深め、子どもたちが夏休みに広く社会を知る体験活動の機会とするとともに、あわせて府省庁等の施策に対する理解の増進を図ることを目的に毎年行っているものです。

NICTでは例年この取り組みに参加し、今年は「Keepon (キーボン)」の展示と「子ども見学デーに参加したで証」の発行を行いました。

キーボンは研究用に開発されたぬいぐるみロボットです。ひとの顔を認識すると体を上下にゆすったり首をかしげたりする愛らしいしぐさが子どもたちに好評で、研究が終了した今でも、この種の出展で活躍しています。開場直後は、子どもたちも遠巻きに見ているだけでしたが、一人、二人と遊ぶ子どもが現れ始めると、せきを切ったように群がって、順番待ちの列ができました。キーボンにすぐに顔を認識されて喜ぶ子、なかなか認識してもらえずに、笑ったりまじめな顔をしたりしてどうにかしてキーボンに認識してもらおうと頑張る子など、遊んでいる当人はもちろん、見ているこちらも楽しくなりました。

「子ども見学デーに参加したで証」は、NICTが刻む日本標準時によりパソコンの時刻修正を行い、正確な時刻を印刷した顔写真付の参加証です。友達、兄弟、親子と一緒に撮るなど、プリントシール機感覚で楽しんでいただけたようです。



キーボンと遊ぶ来場者たち



写真撮影する来場者と「子ども見学デーに参加したで証」

科学は身近で、こんなに面白い!

— 青少年のための科学の祭典 東京大会 in 小金井への出展報告 —

9月13日(日)に、東京学芸大学(小金井キャンパス)において、“2009「青少年のための科学の祭典」東京大会 in 小金井”が開催され、NICTも出展しました。

科学の魅力を実際に体験できる機会を提供する体験型イベントとして、1992年から毎年開催されている「青少年のための科学の祭典」(全国大会)がありますが、この東京大会は、その祭典の趣旨を、更に、地域に根差したものとして企画発展させたイベントで、小金井市内からも、小中学生に科学の楽しさを伝えたいとする多くの組織・団体やボランティアが参加しています。

今年は、NICTから「空中映像を操作できるフローティングタッチディスプレイ」、「コミュニケーション・ケア・ロボット(キーボン)」、「日本の標準時は小金井発」の3テーマで出展しました。また、NICTアマチュア無線クラブも「短距離無線通信と皆既日食で遊ぼう」というテーマで出展しました。特に、「フローティングタッチディスプレイ」は、NICTの最新技術を体験していただくもので、NICTで開発した特殊な光学素子を用いることで、映像を空中に浮かせることができ、しかもその映像を、ガラスのない素通しの赤外線タッチパネルから指先で操作もできるという展示です。空中に浮かんだタンポポの綿毛の映像を指先で突いて飛ばしたり、空中に浮かんだピアノの鍵盤の映像を弾いて音を奏でたりと、実際に見て、触れた来場者からは、不思議な感覚に驚きの声が上がリ、「どうなっているの?」とその仕組みや応用に興味をもっていました。また、「キーボン」や「日本の標準時は小金井発」は、今年の「子ども霞が関見学デー」でも活躍した人気の展示です。子どもたちがキーボンと対する様子は多様で、まさにコミュニケーションの原点を知る面白さにあふれていました。そして、正確な時刻と顔写真を印刷して配布した来場証明書は、背景が今年の元旦のうるう秒挿入の瞬間の写真となっていました。気づいた方がどのくらいいらっしゃったのでしょうか。

「おや?」と身近で思うことから、科学や技術の楽しさ、面白さが始まり、本出展がその一役を担えたことに期待するとともに、ご来場いただいた皆さま、熱心に展示協力いただいた中学生ボランティアの方々に感謝いたします。



NICTからの展示の様子



NICTアマチュア無線クラブからの展示の様子

読者の皆さまへ

次号は、「CEATEC JAPAN 2009」において開催されたNICTスーパーイベント2009を特集します。

NICT NEWS 2009年10月 No.385

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 株式会社クリエイト・クルーズ

〒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/>

〈再生紙を使用〉