

### 3.2.5 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 小山泰弘 ほか38名

#### 情報通信の基盤として産業、学術、一般社会に貢献する周波数・時空標準の構築と供給

##### 概要

時刻、周波数及び位置の情報は、情報通信をはじめとする極めて広範な科学技術分野において基本的な物理量であり、その標準は情報通信を支える基盤である。また、時刻と空間における位置はあらゆるデジタル情報の重要なインデクスであり、その正確さと信頼性を抜きにICT社会の安心・安全を語ることはできない。このような認識のもと、世界最高水準の時刻・周波数標準を確立し、正確で安定な日本標準時を着実に生成、維持、運用してあまねく便利に供給するとともに次世代時刻周波数標準技術、次世代時空計測技術、衛星時空計測技術の研究開発を実施して、国民一人一人が安心・安全に利用できる情報通信社会の実現に不可欠なユビキタス時空基盤の構築を目指す。

##### 平成20年度の成果

###### (1) 日本標準時の高度化の研究開発及び供給

18台のセシウム原子時計個々の歩度補正法と高確度原子時計標準器のデータを活用すること及び時系生成アルゴリズムを改善することによって、協定世界時に対して+25nsから-20nsの間で日本標準時を安定に運用した。また、水素メーザの実時間制御を安定して行い、短期安定度の向上も実現した。遠隔地を含めた原子時計群のデータを国際度量衡局に報告するとともに、原子時計の維持管理の改善と設置場所の環境整備を進め、国際原子時への寄与に努めた。その結果、国際原子時への年間平均寄与率は11.1%を達成し、年間を通じて世界第二位を維持した。また、原子泉型標準器NICT-CsF1は、 $10^{-15}$  台の確度による運用実績を蓄積し、運用データを2回国際度量衡局へ報告した。アジア地域等での中核的機関として、韓国、中国、シンガポール、台湾の各国の標準機関との国際定常時刻比較網を運用し、それぞれの研究機関に対する技術支援を行った。また、欧州との衛星双方向時刻比較の定常観測により、協定世界時に対する測定の不確かさにして0.5nsという高いレベルの精度を維持した。



新日本標準時システム

日本標準時の供給では、セルフチェック機能と自動再起動機能等を装備したスタンドアロンタイプのハードウェアNTPサーバを開発し、インターネット時刻供給サービスで実利用を開始して大量のアクセスに即時的に対応できる体制を築いた。

また、一芯光ファイバ時分割双方向方式による時刻伝送装置を用いて、大手町-小金井間でネットワークを利用した時刻・位置情報の配信技術の実証実験を行い、光ファイバの長さが変化しても調整を要することなく約4 nsの時刻伝送精度が得られることを確認した。



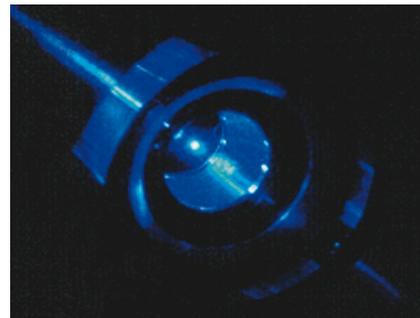
一芯光ファイバ時刻伝送装置

また、平成21年1月1日には、3年ぶりとなるうるう秒調整が行われたが、日本標準時システム及び長波標準電波などの供給システムにおいて万全の準備を実施し、問題なく調整作業を実施した。

時刻認証技術では、クライアント側時刻認証方式の標準化作業として、同方式の利用モデルと時刻監査方法の安全性等に関して検討し、現在の認定基準に適合する管理時刻サーバ方式の技術基準等をタイムビジネス協議会と連携しながら策定した。その結果は、国内の認定機関であるタイムビジネス認定センターの諮問委員会へ最終報告書として提出した。さらに、長波標準電波の受信が困難な地下や建物内の電波時計利用を可能にするための電波時計用リピータの改良を行い、タイのNHK支局の協力の下で実用化実験を実施して有効性を確認し、タイ国内の展示会で公開した。周波数較正サービスにおいては、遠隔校正サービスの新規開始と較正サービスの最高測定能力の向上について国際度量衡局に登録するための国際審査を行った。また、測定周波数を従来の1 MHz、5 MHz及び10MHzの固定周波数から1 Hzから100MHzまでの可変周波数に対応できるようにシステムの改修を行った。さらに、長波標準電波を用いた遠隔校正の研究に着手するとともに、南極観測船しらせでの長波標準電波の電界強度観測結果を基に電界強度計算方法を検証して改善を行い、電界強度予測値の精度向上を実現した。

## (2) 次世代時刻周波数標準技術の研究開発

Ca<sup>+</sup> 単一イオンの捕獲法による計測により、時計遷移周波数の絶対値を決定し、世界に先駆けて論文成果として発表した。さらに、超高安定クロックレーザの線幅を25Hz以下にまで狭窄化したことにより、 $1.7 \times 10^{-14}$  の周波数確度を達成した。Sr原子の光格子時計の開発では、Sr原子の2段階冷却システムの開発に成功するとともに698nm分光用超高安定レーザの予備安定化を実現した。光周波数計測では、冷却サファイア発振器を光コム基準信号として活用することにより、短時間での超高精度計測を実現し、超高安定クロックレーザの1秒の安定度を世界トップレベルの $10^{-15}$  台にまで向上させた。また、広帯域超短パルスレーザによる高精度光コムシステムを2台開発し、光領域の周波数に信号をロックさせて相互比較することにより、1秒におけるシステム安定度として $10^{-16}$  台を達成し、光周波数標準の研究開発における超高精度計測を可能にすることにより、光からマイクロ波への周波数伝送評価精度の向上が実現した。



磁気光学トラップ中のSr原子

## (3) 次世代時空計測技術の研究開発

複信号方式を用いた衛星双方向時刻比較実験を実施し、50ps以下の精度で時刻比較が行えることを確認するとともに、実時間処理を目指したソフトウェアプログラムの改良を進めた。また、GPSの搬送波位相方式により、韓国、台湾NICTの間で精密時刻比較実験を実施し、1日の平均化時間で $10^{-15}$  台の精度を達成し、高確度な原子周波数標準器の比較に必要な周波数確度が得られていることを検証した。また、光ファイバを用いた精密周波数伝送の研究開発を行い、RF伝送で東京都区内114kmの光通信網において一日平均で $10^{-18}$  台の周波数伝送を実証した。

位置情報の認証技術において、世界測地系と整合性のある位置情報を算出するため、将来の改正測量法で採用される予定のセミダイナミック補正法を適用するプログラムを開発し、その効果を評価した。また、距離基準計測システムの開発に向けては、可搬システムを用いて国土地理院との間で複数回測地実験に成功し、2cm以内の不確かさでの距離計測が達成できることを確認するとともに、新たに開発した1.6m口径の超小型VLBIシステムによる実験による概念実証を行った。さらに、VLBI技術による時刻比較精度を評価するため、鹿島-小金井基線で実証実験を複数回実施し、平均化時間10万秒で $10^{-15}$  の測定安定度を達成した。高速ネットワークを使った迅速UT1計測に関しては、平成19年度に5分以内でUT1を決定することに成功した成果を生かし、省力化と自動化を実現するための技術を国土地理院が実施している定常観測業務に導入して、導入前は観測後2~3日かかっていたUT1計測に要する処理期間を1日以内にまで短縮した。



距離基準計測用超小型VLBIシステム

電波資源拡大のための研究開発として、総務省が新たに委託先を公募した統計的手法による放射電力測定技術の研究開発課題の委託先として選定され、平成19年度から受託した広域電波強度分布測定技術の研究開発課題とともに研究開発を開始した。

## (4) 衛星時空計測技術の研究開発

ETS-VIII衛星を経由した離れた二地点間の時刻比較実験として、固定局と可搬局の間で実験を実施し、高精度比較が可能であることを実証した。原子時計の衛星搭載時の長期性能評価のため、衛星-地上間高精度時刻・周波数比較を実施し、コード位相・搬送波位相計測で、長期運用データを取得して評価を行った。

また、総務省からの受託により準天頂衛星の時刻管理系の研究開発を行っており、搭載機器は他機関の機器との組み合わせ試験を実施し、沖縄に地上局を整備した。なお、非静止衛星を用いた衛星双方向時刻比較方式として準天頂衛星への搭載を目指した狭帯域ベントパイプ搭載機器を開発した。

