

電磁波研究所 時空標準研究室

日本標準時グループ

国立研究開発法人情報通信研究機構

日本標準時を決定・維持・供給する日本標準時グループ



情報通信研究機構（NICT）は、日本標準時および標準周波数を決定・維持・供給するという国民生活に直結した重要な業務を担っています。
 ここでは、まず日本標準時をはじめとする世界各国の標準時のもととなる国際原子時と協定世界時についてふれます。
 そして、日本標準時グループの三大業務である「日本標準時をつくる、比較する、供給する」を紹介します。

国際原子時・協定世界時とうるう秒

■秒の定義

1秒の長さの定義は、かつては地球の自転や公転に基づいた天文学からの定義が採用されていましたが、1967年に原子放射の周波数に基づく量子力学からの定義に改定されました。

その定義は「セシウム133原子の基底状態の2つの超微細準位間の遷移に対応する放射の9,192,631,770周期の継続時間」となっています。

■国際原子時（TAI）

原子時計によって刻まれる時系を原子時と呼びます。1958年1月1日0時において、世界時UT2と原点を一致させ、国際原子時（TAI）がスタートしまし

た。

国際原子時（TAI）は、世界中の原子時計の時刻を加重平均することによって決定されます。

■協定世界時（UTC）とうるう秒調整

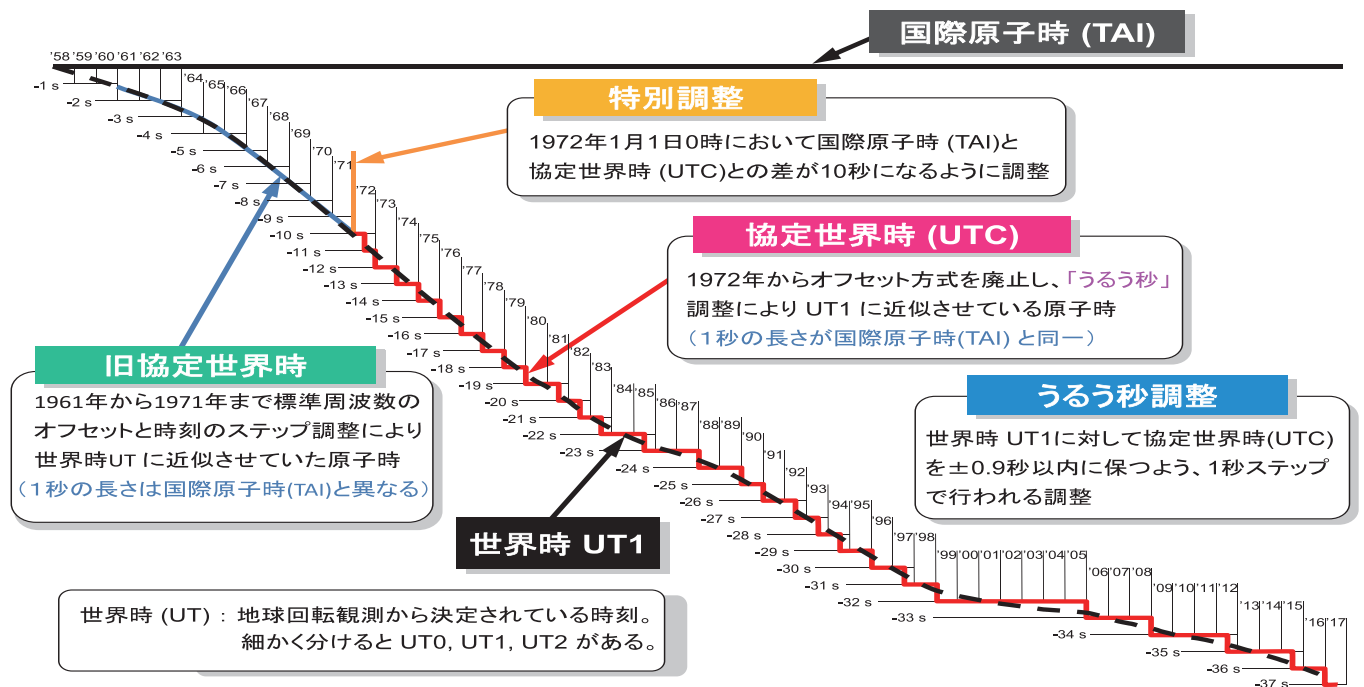
私たちの日常生活は太陽の動きと深くかかわっています。そのため、日常的に使われている時系は、地球の運行に基づく天文時系である世界時（UT）に準拠するように調整された原子時系です。これを協定世界時（UTC）と呼びます。

地球の自転速度は、潮汐摩擦などの影響によって変化するため、世界時（UT）と協定世界時（UTC）の間には差が生じます。そこで、協定世界時（UTC）に1秒を挿入・削除して世界時UT1との差が0.9秒以上にならないように調整しています。

この1秒は「うるう秒」と呼ばれています。うるう秒調整は1972年の特別調整以降導入されました。2017年までに行われたうるう秒調整は、27回ありますが、すべて協定世界時（UTC）にうるう秒を挿入する調整であったため、協定世界時（UTC）は国際原子時（TAI）に対して37秒遅れています。

■日本標準時（JST）

日本標準時（JST）は、日本が東経135度にあるため協定世界時（UTC）より9時間進んでいます。



日本標準時をつくる

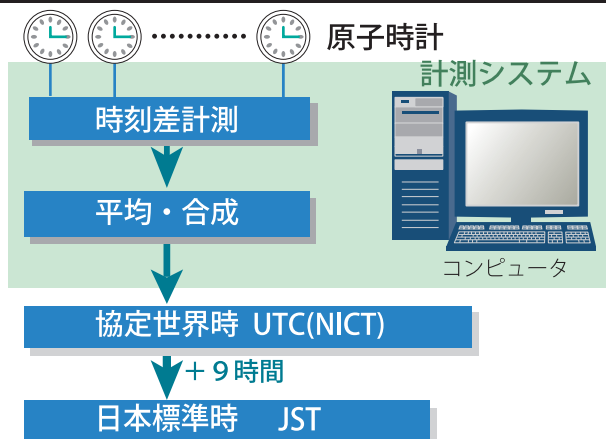
■原子時計

日本標準時(JST)は、前ページに示す国際的に定義された「秒の定義」にしたがって、長期間（5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（5日以内）の周波数安定度に優れた水素メーザ4台から作られています。

しかし、1台1台の時計自体は、温度や地球磁場等の周辺環境で周波数（1秒間の振動数）が変化します。

この周波数の変化の影響を避けるため、当グループの原子時計は温湿度管理、電磁界シールドを施した原器室と呼ばれる特別な部屋に設置されています。さらに、個々の原子時計には無停電電源装置が接続され、停電時には発電機で電力を供給する体制が整っています。

日本標準時生成までの流れ



TAI (International Atomic Time)

国際原子時：国際度量衡局（BIPM）が決定します

UTC (Coordinated Universal Time)

協定世界時：国際度量衡局（BIPM）が決定します

UTC (NICT)

情報通信研究機構（NICT）が決定する協定世界時です

JST (Japan Standard Time)

日本標準時：上記UTC(NICT)を9時間進めた時刻です



(左)水素メーザ (右)セシウム原子時計

■日本標準時の生成

4つの原器室内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時刻差が毎秒計測されています。この時刻差データをもとに、原子時計の時刻を1時間に1回、平均・合成（周波数制御）することによって、協定世界時UTC(NICT)が生成されています。

日本標準時(JST)は、当グループが生成する協定世界時UTC(NICT)を9時間（東経135度分の時差）進めた時刻です。

この一連の日本標準時(JST)生成過程は、コンピュータによる制御によって、すべて自動的に行われます。また、現用・予備用の3系統で時刻の生成を行っており、機器の故障などで日本標準時(JST)が途切れることはありません。

■分散化

これまで、日本標準時は東京都小金井市のNICT本部のみにおいて生成されてきました。しかし、災害などにより本部機能に問題が発生すると、日本標準時が停止する恐れがあるため、分散化技術の研究・開発を進め、信頼性の向上に努めています。

そのひとつとして、2018年6月10日に神戸市に副局を設け運用を開始しました。神戸副局は、セシウム原子時計や高精度衛星時刻比較システムなど、日本標準時生成に必要な基本機能を備え、本部と並行して標準時に準じた時間を生成し、非常時にはNICT本部の代替局として機能する予定です。

今後、分散化技術がさらに開発されることで、標準電波送信所等の遠隔地にある原子時計のデータも利用して、日本標準時を生成できるようになり、より一層の精度の向上が期待されます。

日本標準時を比較する

協定世界時と日本標準時との時刻比較

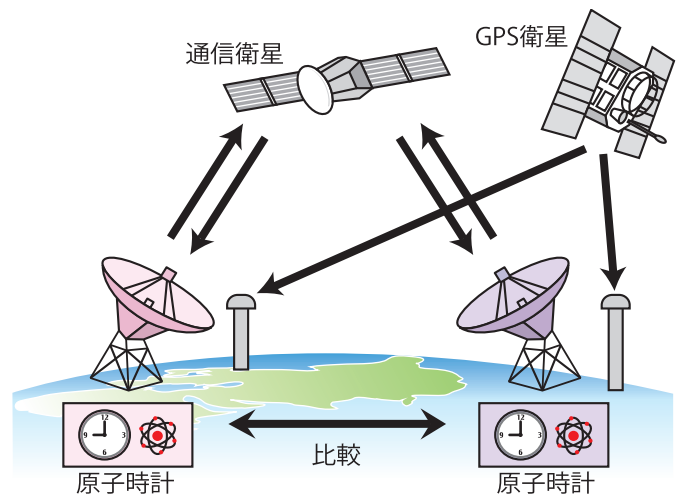
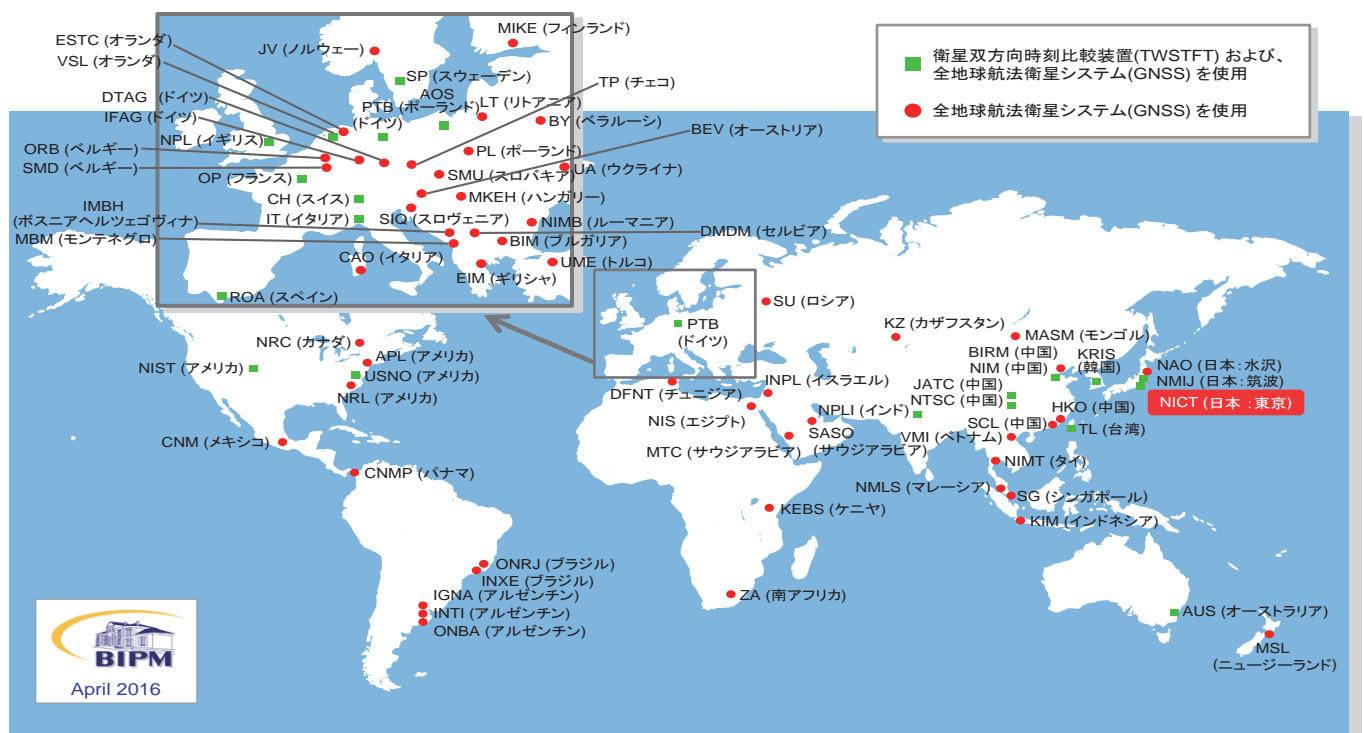
NICTは、日本標準時(JST)を生成する協定世界時UTC(NICT)と協定世界時(UTC)との差が±10ナノ秒(1ナノ秒は10億分の1秒)以内を目標として調整し管理しています。その調整を行うためには、GPS衛星などGNSSを用いた時刻比較方式と静止衛星を用いた時刻比較方式を使用し、高精度な国際時刻比較を行っています。

各国の標準時を扱う機関は、時刻比較結果を基にして個々の原子時計の時刻情報を国際度量衡局(BIPM)に報告しています。BIPMは、各国から収集したデータを元にTAIとUTCの決定をしています。

国際時刻比較

国際間の正確な時刻比較を行う為、NICTは、2つの方式を使っています。

国際原子時構築のための国際時刻比較参加機関



GNSSを用いた時刻比較方式は、原子時計を搭載したGPS衛星などの航行衛星から送出される時刻情報と原子時計を保有する各機関のUTCとの時刻差を求める事が可能です。各機関のUTCとの比較は、衛星の時刻情報を仲介にして計算で求めることができます。この時刻比較方式は、数億分の1秒から数百億分の1秒の精度で時刻比較を行うことが可能です。

静止衛星を用いた時刻比較方式は、商用の通信衛星を用い電波に乗せた時刻情報を双方で送りあい、機関間の時刻差を直接計算します。この時刻比較方式は、数十億分の1秒から数百億分の1秒の精度で時刻比較を行うことが可能です。

現在では、両方式のデータを使いより精度の高い時刻比較を行っています。

日本標準時を 供給する

■長波帯標準電波施設

標準電波 (JJY*) は、当グループが決定した標準周波数と日本標準時 (JST) を日本全国に供給するための電波です。国内で広く普及している電波時計は、この標準電波を受信することによって、日本標準時 (JST) に合わせています。

国内初の長波帯送信所の実用局である「おおたかどや山標準電波送信所」(福島県・田村市都路町／双葉郡川内村) は、1999年6月に標準電波 (40kHz) の送信を開始しました。

一方、運用バックアップ局と西日本への安定供給を目的とした「はがね山標準電波送信所」(佐賀県佐賀市富士町／福岡県糸島市) は、2001年10月に標準電波 (60kHz) の送信を開始しました。

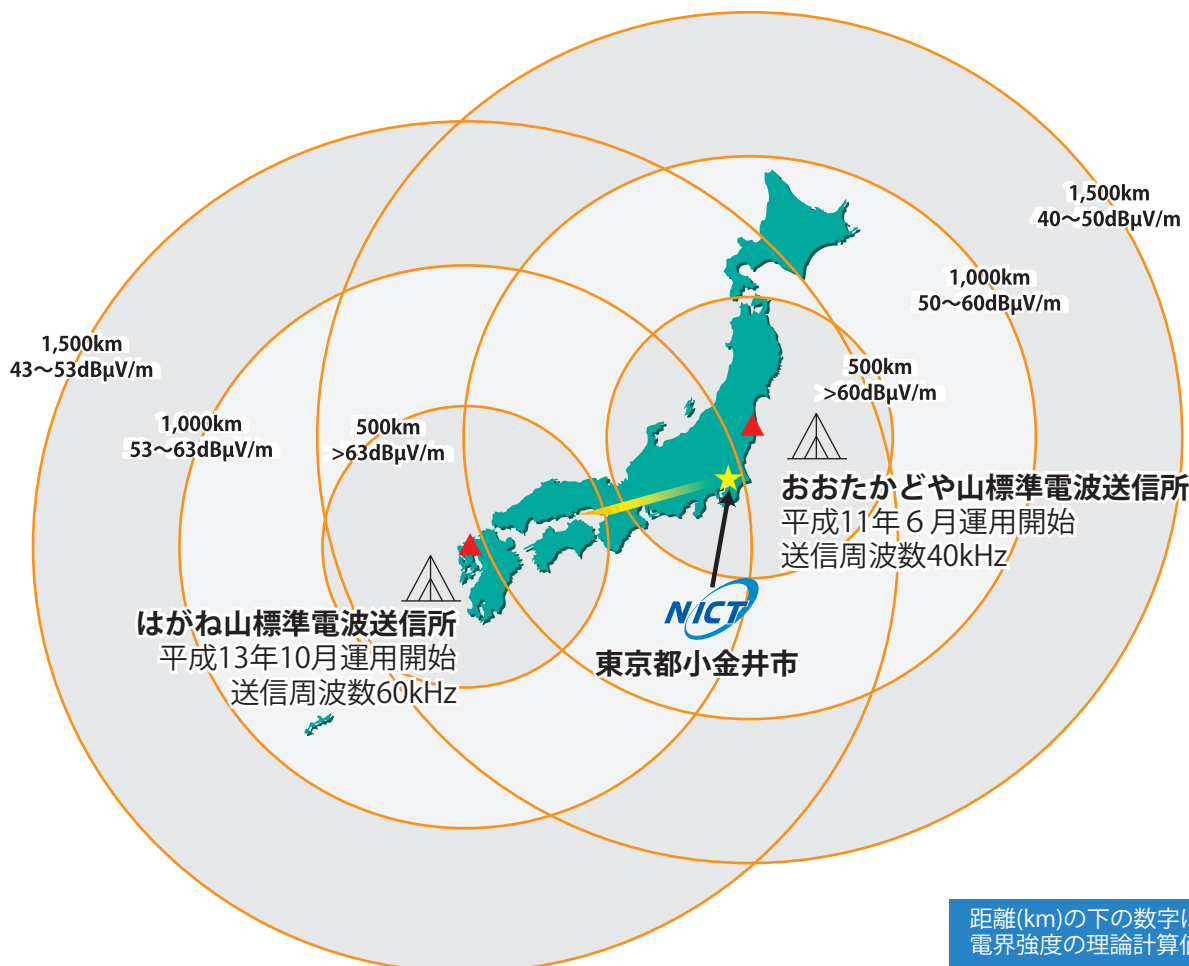
標準電波には、時、分、1月1日からの通算日、年 (西暦の下2桁)、曜日などの時刻コードが含まれており、標準電波を受信し時刻を自動修正する機能をもった電波時計等に利用されています。

標準電波の時刻コードは電波時計だけでなく家電製品内蔵時計やカメラ、車載用時計、計測震度計内蔵時計に、また標準周波数は計測機器、通信機器、電子機器メーカー等の社内標準器の基準に、さらには地上波デジタル放送の基準発振器等、高精度な周波数標準として多様な応用が期待されています。

なお、標準電波は24時間継続して送信を行っていますが、機器およびアンテナの保守や落雷対策等で一時的に送信を中断する場合があります。運用状況や停波予告につきましては、当グループのホームページにて公表しています。

URL <http://jyy.jp/>

*「JJY」は、無線局のコールサインであり、情報通信研究機構の登録商標 (T4355749) です。



距離(km)の下の数字は、想定される電界強度の理論計算値を表します。

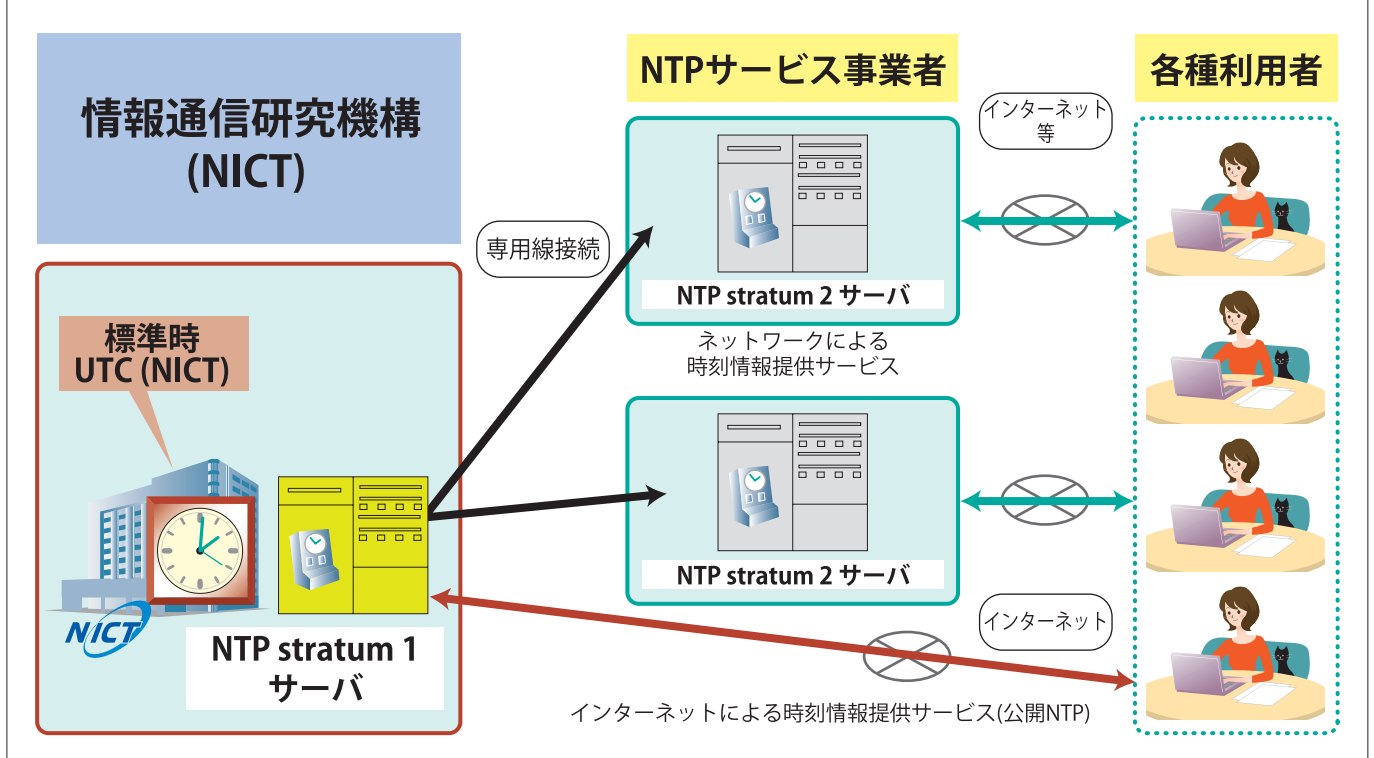
■ 情報化社会のオンライン時刻同期 (NTPサーバ)

情報化の進んだ現代では、コンピュータの多くはネットワークに接続され、データのやりとりを行っています。この際、ファイルの更新時刻等は各コンピュータの内部時計に基づいて行われますが、コンピュータの内部時計はあまり高精度ではなく、定期的な時刻合わせ無しでは矛盾を生じてしまう可能性があります。ネットワーク接続されたコンピュータの時刻同期にはNTP (Network Time Protocol) の利用が普及しています。

当グループでは、公共機関、タイムビジネス認定の時刻配信事業者やインターネット関連事業者等法人を対象として、「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。このサービスでは、日本標準時に接続された当グループのNTPサーバと、利用者のサーバを専用線で直接接続して、安定した時刻情報の提供を行っています。

また、一般のインターネット利用者には、「インターネットによる時刻情報提供サービス (公開NTP)」を実施しており、日本標準時に直接接続されたNTPサーバ (ntp.nict.jp) を利用できます。

ネットワークによる時刻情報提供サービスの構成



■ アナログ電話回線による日本標準時の供給 (テレホンJJY)

従来、放送局の親時計など業務用時計の時刻合わせには、短波帯標準電波が広く利用されてきましたが、1995年8月1日から、アナログ電話回線を利用して時刻情報データを電子的に高精度で供給するシステム (テレホンJJY) の運用を開始しました。

テレホンJJYは、パソコンとモデム並びに汎用通信ソフトがあれば、だれでも回線の遅延程度の精度で時刻情報を得ることができるシステムです。

業務用の専用通信装置では、電話回線の双方向性



を活用し回線遅延を測定、補正することにより、1ミリ秒以下という、従来の業務用短波帯受信装置と同等の精度で日本標準時（JST）との時刻合わせができます。このような専用通信装置は、放送局を中心とする業務用として広く利用されています。

詳しい情報は、<http://jyy.jp/> をご覧ください。

■ 光電話回線による日本標準時の供給

2016年5月から、NTT光電話回線網を利用した日本標準時供給システムを構築し、光テレホンJYYと名付けて供給実験運用を開始しました。将来、テレホンJYYからの移行を目指します。

詳細については順次、日本標準時グループWebサイトで公開いたします。

■ 周波数標準器の校正

標準周波数の供給の一環として、当グループでは周波数標準器の校正を行っています。これは、校正する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ます。

周波数校正は

- 1) 電波法に基づく校正
- 2) 計量法に基づく校正 (jcss校正)
- 3) CIPM-MRAに基づく校正 (ASNITE校正)
- 4) 委託校正

のメニューがあり、2)～4)については

a) 持ち込み校正

(周波数標準器をNICTへ持ち込んで行う校正)

b) 遠隔校正

(GPS衛星を仲介した時刻比較法を用いて行う校正)

を選ぶことができます。

2)では、経済産業大臣より指定校正機関の指定を受けており、計量法で規定されている登録事業者として活動する上で必要な校正証明書を発行しています。

3)では、周波数校正のマネジメントシステムに関して、国際標準規格であるISO/IEC17025:2005(JIS Q 17025:2005)に適合することの認定を受けており、国際的な相互認証に対応した校正証明書を発行しています。(外部信号に同期して発信する従属発振型周波数標準器を除く)

また、周波数校正とは別に、4)では、短期安定度の測定も行っております。

詳しい情報は、<http://cal.nict.go.jp/>をご覧ください。

	電波法	計量法	CIPM-MRA	委託
周波数校正/校正	○	○ ★	○ ★	○ ★
短期安定度測定	---	---	---	○

○：持ち込み校正により校正可能です。(宅配便利用可)

★：遠隔校正も可能です。 ---：実施していません。



周波数標準器の校正システム

IT社会における 取り組み

■タイムビジネス時刻情報提供サービス

電子（IT）社会の時刻に関わる概念が「タイムビジネス」という新しい用語で定義され、IT社会での正確な時刻の配信やそれを利用したタイムスタンプ等の利用拡大に向けた取り組みが進められています。また、2005年4月から施行された「e-文書法」では、電子情報（電子文書）の「非改ざん性等の証明」が必須条件であり、その証明のために正確な時刻情報が使用されています。

IT社会での正確な時刻供給のために、当グループでは2005年2月より、国際的にトレーサビリティが

確保されており、かつ一般社会に広く普及している日本標準時の配信を開始しました。これにより、正確かつ社会的にオーソライズされた電子的な時刻情報の利用が可能となりました。

具体的には、下図のように、情報通信研究機構が、国家時刻標準機関（National Time Authority：NTA）として、GPS衛星を用いたコモンビュー方式により取得した測定データをホームページ（<http://tb.nict.go.jp>）上で公表して、時刻配信・監査事業者（Time Assessment Authority：TAA）に日本標準時（JST）を配信し、TA及びタイムスタンプ事業者（Time Stamp Authority：TSA）を介して、利用者に日本標準時（JST）にトレーサブルな時刻を配信する体系が構築されています。

なお、GPS衛星を用いたコモンビュー方式は、1秒を10ナノ秒程度の精度で測定する事は可能ですが、時刻を特定することが出来ませんので、時刻の調整には、当グループが提供するテレホンJY、NTP、および標準電波が利用されています。

また当グループでは標準時にトレーサブルな時刻配信および監査の仕組みの日本工業規格化、及び国際標準化を推進し、それぞれJIS X 5094とISO/IEC 18014-4として制定されました。

