

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年に原子の特性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。

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

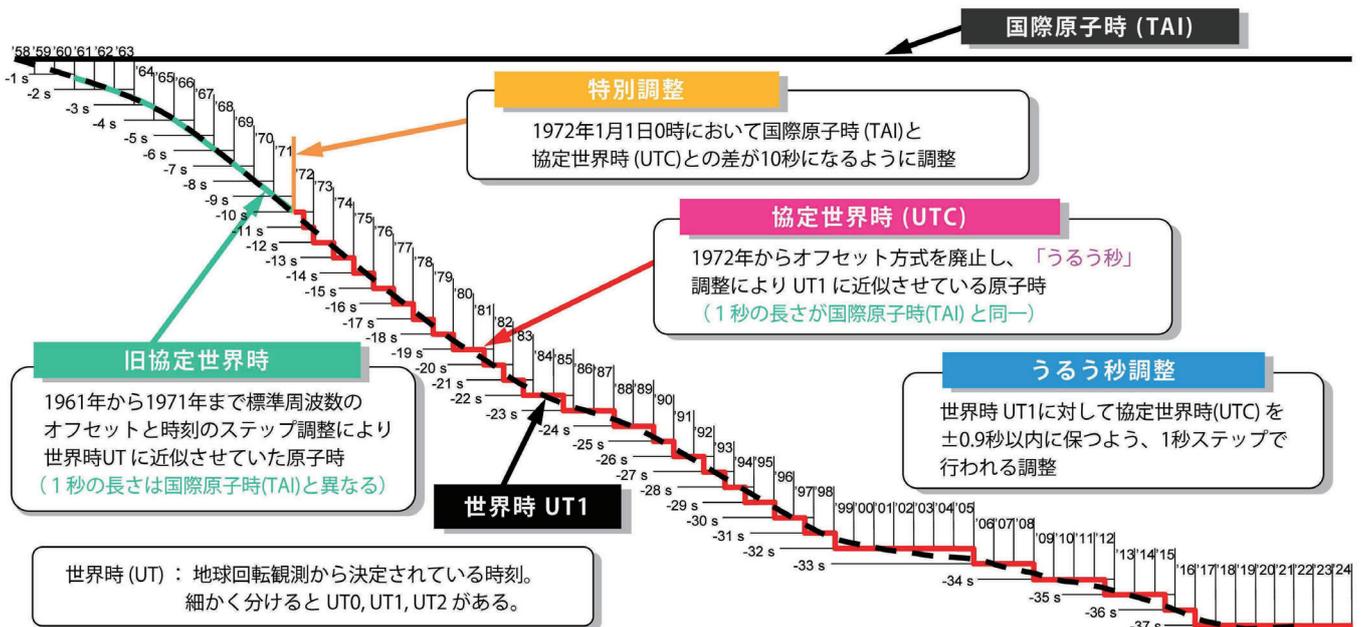
私たちの日常生活は太陽の動きと深くかかわっています。そのため、日常的に使われている時系は、地球の運行に基づく天文時系である世界時（UT）に準拠するように調整された原子時系です。これを協定世界時（UTC）と呼びます。

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UT 1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。



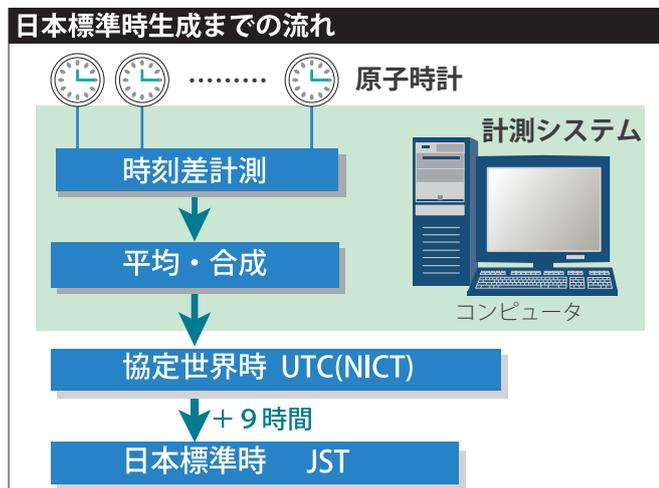
日本標準時をつくる

■ 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18台以上のセシウム原子時計と短期間（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により周波数（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。



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



水素メーザ



セシウム原子時計

また、NICTではより精度の高いストロンチウム光格子時計の開発を行っており、2021年より日本標準時の運用に寄与させています。

■ 日本標準時の生成

東京都小金井市のNICT本部および後述する神戸副局と2か所の標準電波送信所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

日本標準時の生成設備が本部1拠点に集中していると、災害などにより停止する恐れがあります。このような事態に対処するため、日本標準時の分散化技術の研究・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します。

また、分散化技術の発展によって、副局や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た日本標準時生成が可能となっており、より多くの原子時計を寄与させることが可能となっています。

日本標準時を比較する

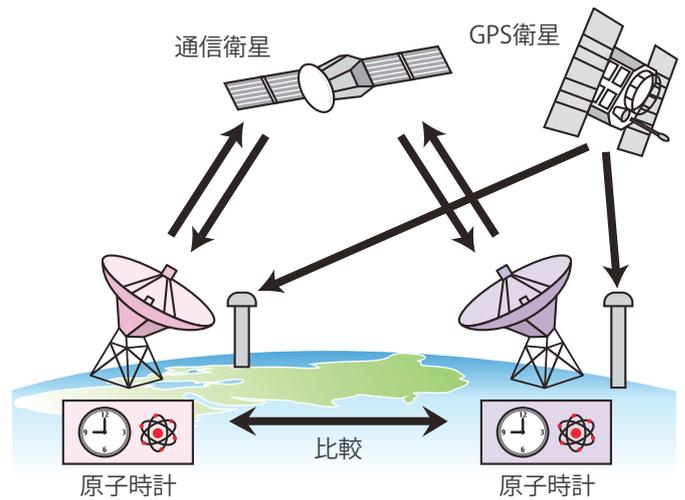
■ 協定世界時と日本標準時との時刻比較

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ため、NICTは、2つの方式を使っています。

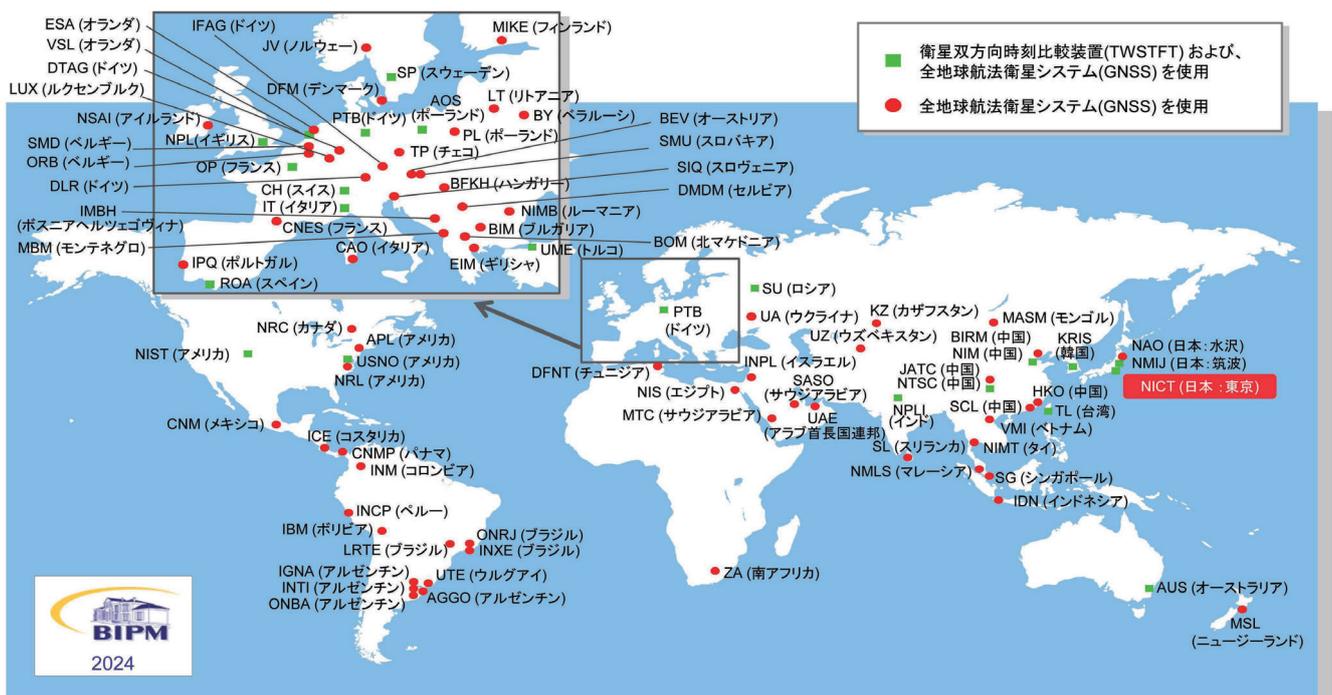


GNSSを用いた時刻比較方式は、原子時計を搭載したGPS衛星などの測位衛星から送出される時刻情報と原子時計を保有する各機関のUTCとの時刻差を求める事が可能です。各機関のUTCとの比較は、衛星の時刻情報を仲介にして計算で求めることができます。この時刻比較方式は、数億分の1秒から数百億分の1秒の精度で時刻比較を行うことが可能です。

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。

国際原子時構築のための国際時刻比較参加機関



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。

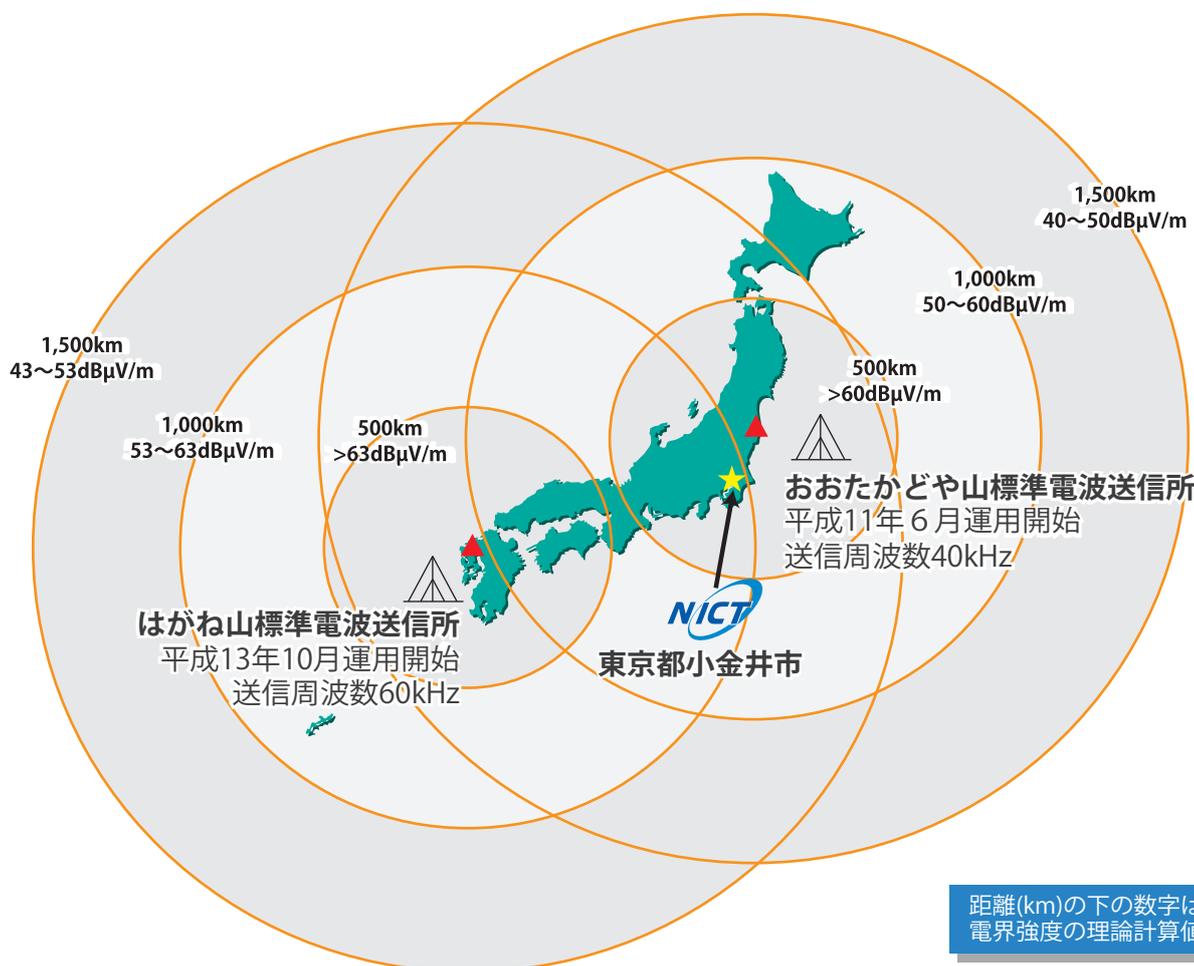
標準電波には、時、分、1月1日からの通算日、年(西暦の下2桁)、曜日などの時刻コードが含まれており、標準電波を受信し時刻を自動修正する機能をもった電波時計等に利用されています。

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。

<https://jyy.nict.go.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。



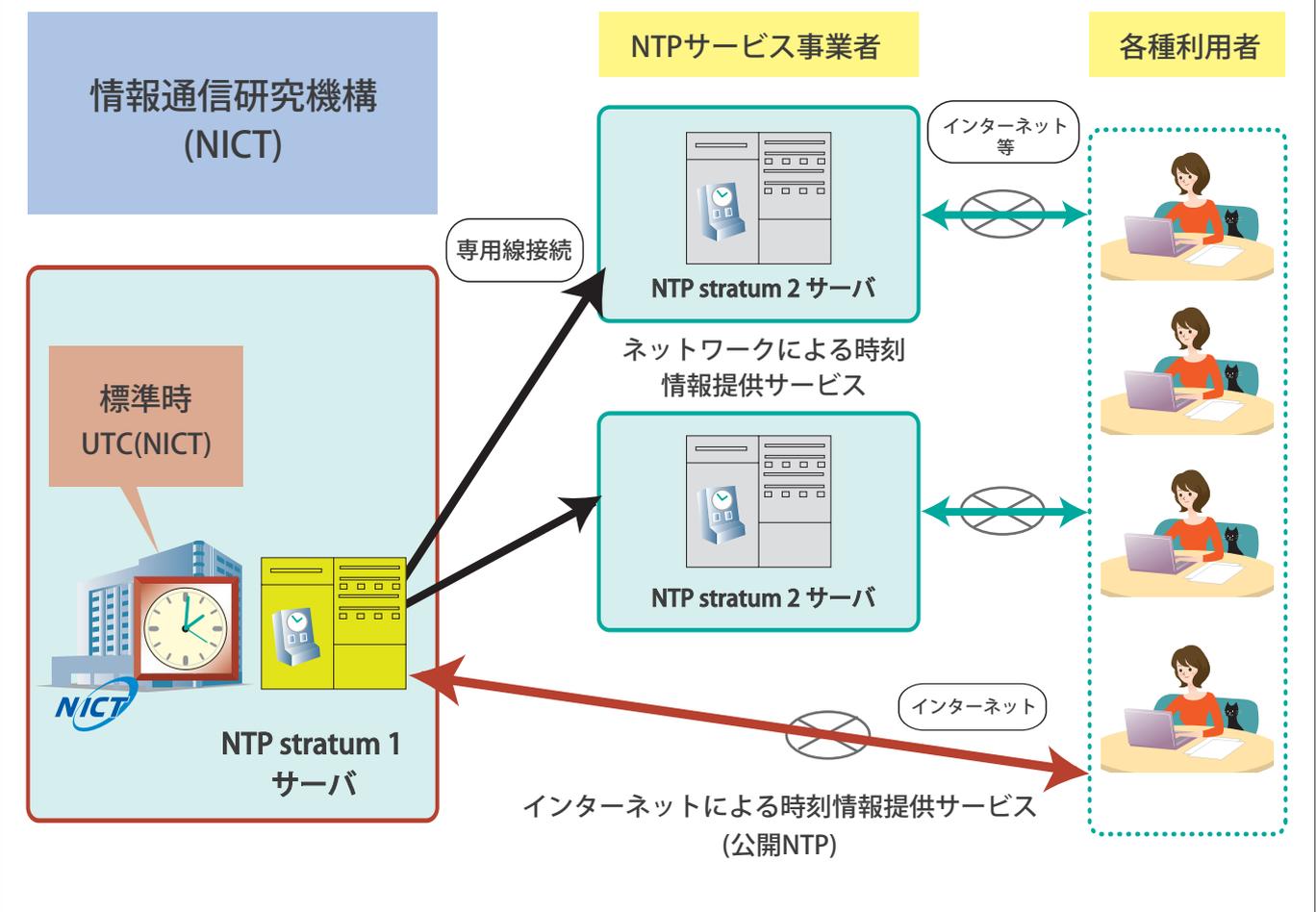
■ 情報化社会のオンライン時刻同期 (NTPサーバ)

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



■ 光電話回線による日本標準時の供給 (光テレホンJY)

より高精度、より高安定な時刻供給サービス実現のため、光電話回線を利用した時刻供給システム（光テレホンJY）を開発、2019年2月から正式運用を開始しました。

光テレホンJYは、ひかり電話回線のデータコネクタサービスを使用するためインターネットとは異なり、電話番号による1対1の接続によるセキュアな通信が可能です。また、高速データ通信を用いて時刻供給精度の安定化と通信料金の低廉化を図ることができます。さらに、ホストシステムを本部及び副局（神戸市）に設置したことにより故障・災害等によるサービス停止の発生を抑制しています。なお、標準時の供給には、NICTが開発した専用ハードウェアNTPサーバを活用し、プロトコルを改修することで将来の必要に応じてサマータイム情報等を提供する機能を持っています。

光テレホンJYの利用には、NTTのひかり電話回線によるデータコネクタサービスと、対応ルータ及び時刻同期機器が必要となります。

また、申請が必要になりますので、詳しい情報は、<https://jy.nict.go.jp> をご覧ください。



光テレホンJY
システム

■ 周波数標準器の校正

標準周波数の供給の一環として、NICTでは周波数標準器の校正を行っています。放送局や無線局が正確な周波数で放送・通信を行うため、そこで使われる周波数標準器の周波数国家標準に対する周波数偏差を校正することを通して国民生活へ正確な周波数を供給しています。周波数校正の種類は下のとおりです。

- 1) 電波法に基づく校正
- 2) 計量法第135条に基づく校正（jcss校正）
- 3) CIPM-MRAに基づく校正（ASNITE校正）
- 4) 委託校正

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、国際標準規格である ISO/IEC 17025:2017 (JIS Q 17025:2018) 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。

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、NICTの校正サービス <https://cal.nict.go.jp> をご覧ください。

周波数標準器校正システム



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

高度情報化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月から施行された通称「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。

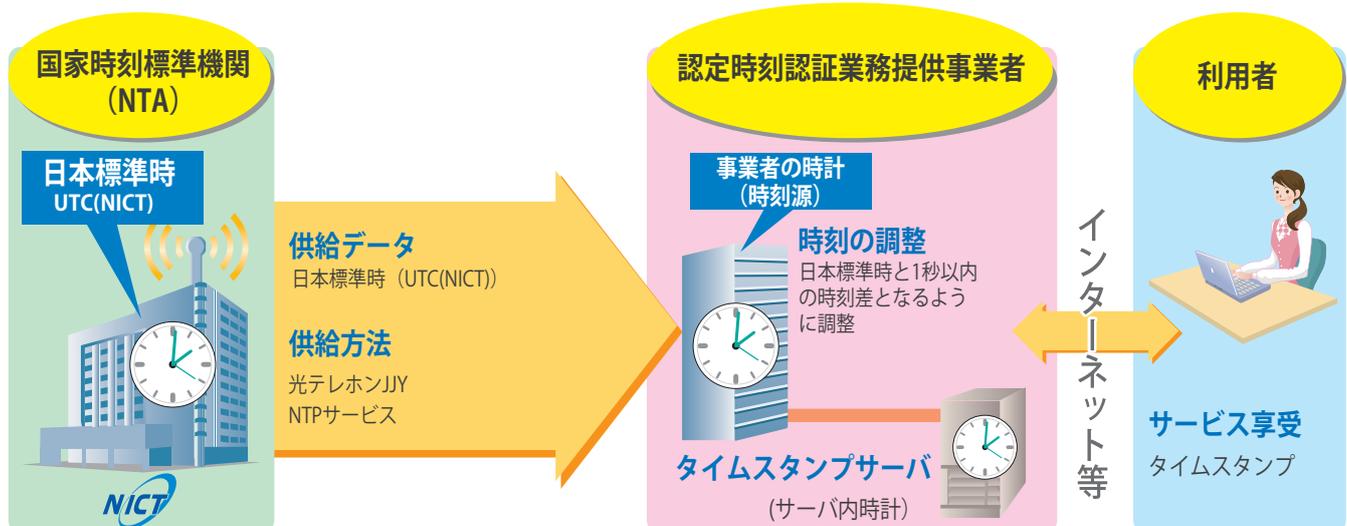
このような社会の要請に対応し、当グループでは国際的にトレーサビリティが確保されており、かつ一般社会に広く普及している日本標準時を、タイム

スタンプの発行等に利用しやすい形で配信することを2005年2月より開始しました。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。

このサービスの開始当初、タイムスタンプの発行は任意団体による認定制度によるものでしたが、2024年3月に終了し、代わって諸外国の動向に合わせて2021年7月から開始された国としての認定制度が利用されています。

具体的なサービスの方法は、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、日本標準時を認定時刻認証業務提供事業者提供し、提供事業者が自身の時計の時刻と提供された日本標準時を比較して日本標準時との差が1秒以内となるように時刻の品質を管理することで利用者に日本標準時にトレーサブルなタイムスタンプを配信する体系が構築されています。なお、日本標準時の配信には、当グループが提供する光テレホンJJY、NTPサービス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として制定されています。

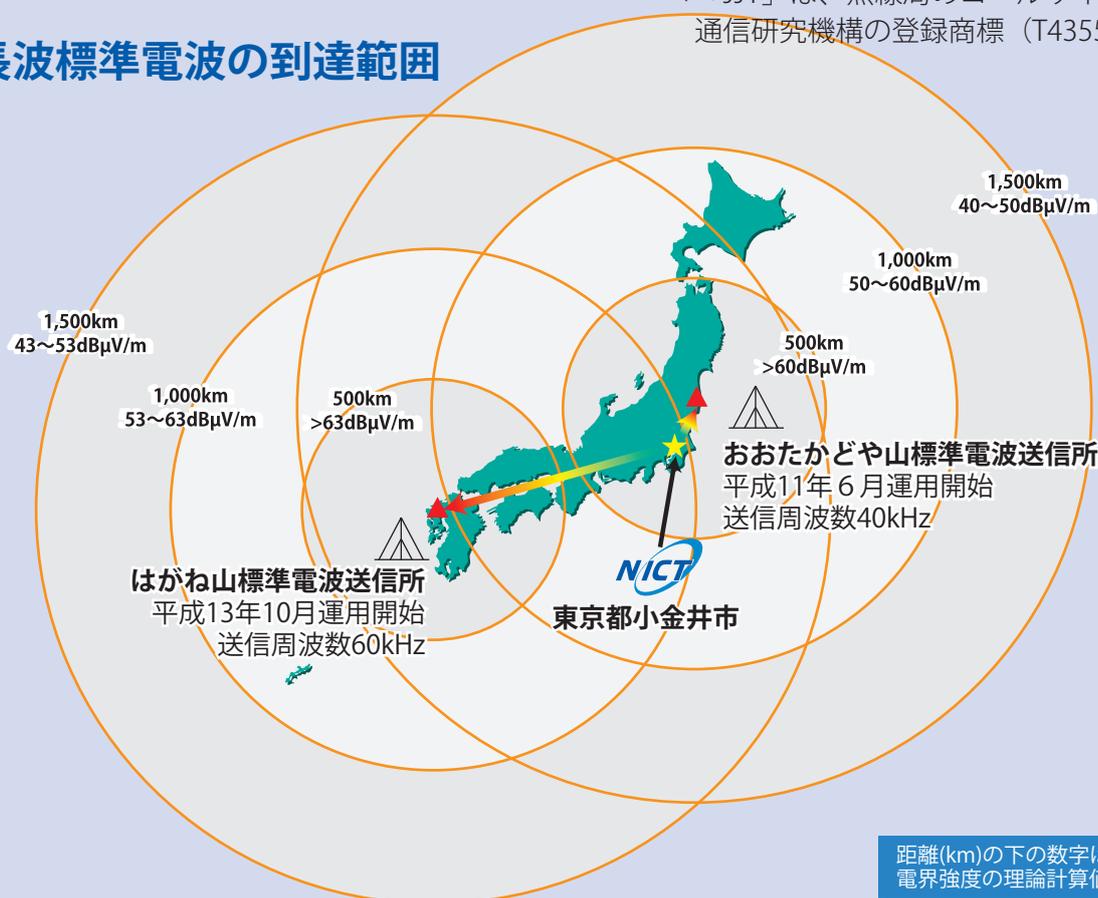


長波帯 標準電波 について

情 報通信研究機構（NICT：National Institute of Information and Communications Technology）は、周波数国家標準に責任を持つ日本で唯一の機関として、標準周波数と日本標準時を決定、維持しています。

標準電波（JJY*）は、NICTが決定した標準周波数と日本標準時を日本全国に供給するための電波です。放送局や電話による時報サービスは、この標準電波を受信することによって、それぞれの親時計を日本標準時に合わせています。長波帯標準電波送信施設から送信される標準電波には、タイムコード化された時刻情報を高精度な標準周波数に重畳して送信しています。

長波標準電波の到達範囲



標 準電波として送信される標準周波数および日本標準時は、NICTが維持する国家標準と高い精度で一致するよう常に保たれています。しかし、送信信号が正確であっても受信される電波は電離層の影響などで精度が低下します。短波帯ではその影響が大きく、受信される電波の周波数精度は 1×10^{-8} 程度（基準周波数に対する周波数変化の割合が1億分の1）となります。標準電波では、電離層の影響を受けにくい長波帯を用いており、より高精度な周波数標準として受信が可能です。24時間の周波数比較平均で 1×10^{-11} （同様の割合が1000億分の1）の精度を得ることができます。

最終ページに「おたかどや山標準電波送信所」および「はがね山標準電波送信所」の施設の概要を記述します。

なお、標準電波は、24時間継続して送信運用を行っていますが、機器およびアンテナの保守作業や落雷対策等で一時送信を中断する場合があります。標準電波の詳細については当グループのホームページもご覧ください。

URL <https://jy.nict.go.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。

標準電波の利用法

電波時計

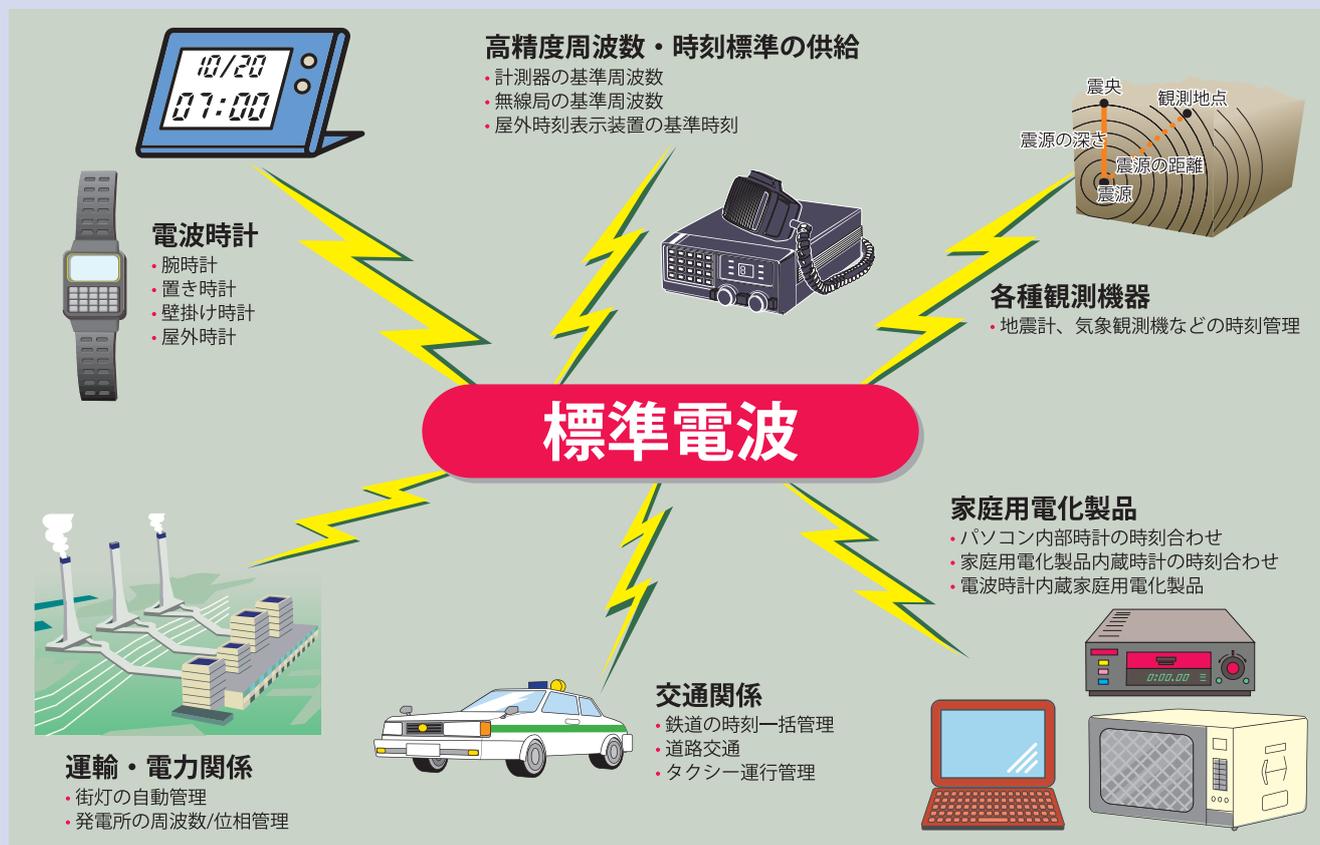
電波時計とは通常の時計としての機能の他に、標準電波を受信することによって表示時刻を自動修正する機能を持った時計です。

日本では、NICTの長波帯標準電波施設「おたかどや山標準電波送信所」から送信される40kHzの電波、もしくは「はがね山標準電波送信所」から送信される60kHzの電波を受信することにより、表示時刻が日本標準時に同期されます。

電波時計の特徴

定期的な自動受信時刻合わせ機能（製品により1日に1回から1時間に1回程度）があります。

標準電波の利用分野



次の受信機会までは、通常のクォーツ時計として動きます。時刻合わせ精度は、日本標準時に数ミリ秒程度の誤差で同期が可能です。あらかじめ電波を受信しやすい場所を選び、その場所に電波時計を置くとより確実に時刻合わせが行えます（受信と時刻合わせに要する時間は数分程度）。電波ノイズが発生している場所（ビルの中、車内、高圧電力線の近く、ノイズ発生が顕著な家電製品やOA機器の近く）では受信が困難なため、自動時刻合わせ機能が使用できないことがあります。

高精度な周波数較正

受信した長波帯標準電波およびNICTの公表データを利用することによって、無線機器や計測装置などの基準周波数を 10^{-11} 程度で周波数較正することが可能です。

自然観測

天体観測の時刻記録（流星、えんぺいなど）、地震計や気象観測装置の時刻合わせなどに利用されます。

標準電波 施設の紹介

原器室で運用される高性能なセシウム原子時計の基準信号をもとに時刻信号管理室で標準周波数信号、時刻信号が作られます。これらの信号は送信機で増幅されアンテナと整合がとられたのち、アンテナから日本全国に向け標準電波として送信されます。



▲傘型アンテナ頂部

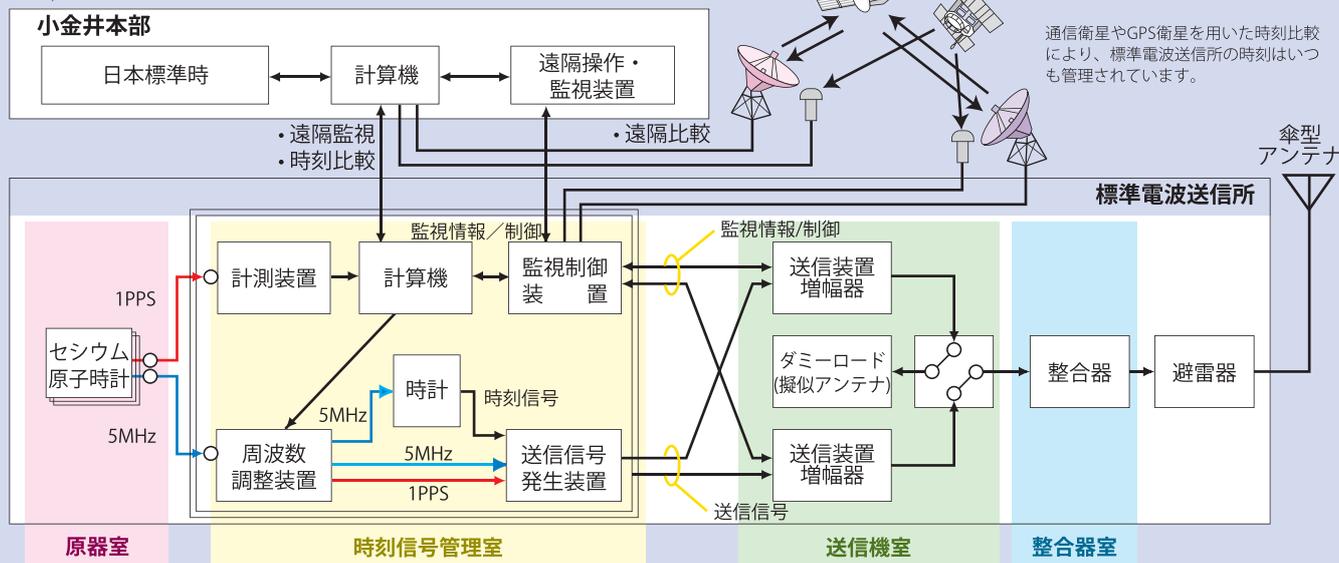


情報通信研究機構（東京都小金井本部）
日本標準時を決定・維持・供給します。



▲標準電波送信所局舎

標準電波送信所 信号送出系全体ブロック図



▲標準電波送信所には、停電時にも対処できるよう自家発電装置を備えています。

原器室

この部屋は、高性能なセシウム原子時計を安定運用するために特別設計され、室内温度・湿度の精密制御や電磁界シールド対策などが施されています。こうした工夫により、周辺環境による原子時計の変動要因がシャットアウトされます。



送信機室

送信信号を50kWに増幅する2系統（現用／予備系）の大電力送信機を備えています。機器調整や、万一の故障発生時には予備系への切り替えが自動的に行われます。



時刻信号管理室

セシウム原子時計の基準信号を元に標準周波数信号および時刻コードを生成します。さらに、送信所施設内各種計測機器の自動制御・計測データ収集や、画像モニターなども行われます。



整合器室

送信機とアンテナとのインピーダンスの整合をとり、効率良く電波を送信するための整合器が設置されています。ここは強力な電波が通過する強電界域となるため、内壁すべてが銅板でシールドされ、送信中は人間の立ち入りができません。



標準電波で 送信する 時刻符号 (タイムコード)

標準電波のタイムコード

標準電波のタイムコードには、時、分、通算日、年（西暦の下2桁）、曜日、うるう秒情報、時と分に対応するパリティ、停波予告情報が含まれています。このタイムコードはパルス信号レベルを100%の出力から10%の出力に切り替わるように変化させたパルス列で表わされます。パルス信号のローレベル（10%）に相当する際にも、信号が連続するため、周波数標準源としての使いやすさも損なわないように工夫しています。このタイムコードは主に、電波時計などの自動時刻合わせに利用されます。

2100年問題？

タイムコードは限られたビット数の中に多くの情報を収めるため、年号は西暦下2桁のみ、日付はその年の通算日のみを送信しています。2100年（400で割りきれない年）はうるう年にはなりません。このため「4年ごとにうるう年がある」と設定された電波時計では2100年をうるう年と認識してしまい、2月29日を表示します。この標準電波が100年以上続く場合、2000年以降の電波時計は、「00年はうるう年ではない」と解釈するように設計する必要があります。

タイムコードの決め方、読み方

1 タイムコードに載せられている情報

時、分、通算日、年（西暦の下2桁）、曜日、うるう秒情報、時と分に対するパリティ、予備ビット、停波予告情報。

時、分、通算日、年（西暦の下2桁）、曜日に関しては2進数BCD（Binary Coded Decimal Notation：2進化10進法）正論理で表わします。

2 秒信号

各秒の始まりはパルス信号の立ち上がりで示されます。パルスの立ち上がりの際の55%値（10%値と100%値の中央）の時刻が標準時の1秒信号と同期しています。

3 パルス幅

マーカー(M)およびポジションマーカー(P0~P5)	パルス幅0.2 s ± 5 ms
2進の0	パルス幅0.8 s ± 5 ms
2進の1	パルス幅0.5 s ± 5 ms

4 送出間隔

1周期60秒（60ビット）のコードを毎分送出しています。

5 タイムコード基準時刻

1周期の先頭マーカー（M）の時刻（年、通算日、時、分）を符号化して送信しています。

6 マーカー（M）の位置

マーカー（M）は、正分（毎分0秒）の立ち上がりに対応しています。

7 ポジションマーカー（P0~P5）の位置

ポジションマーカーP0は、通常（非うるう秒時）は59秒の立ち上がりに対応しています。ただし、うるう秒時は、正のうるう秒時（挿入）では、60秒の立ち上がり（このとき59秒は2進の0とする）に対応します。負のうるう秒時（削除）では、58秒の立ち上がりに対応します。ポジションマーカーP1~P5は、それぞれ9秒、19秒、29秒、39秒、49秒の立ち上がりに対応します。

各情報の表わし方

- (a) 時 (6ビット: 20h、10h、8h、4h、2h、1h)
24時間制日本標準時の時を表わします。
- (b) 分 (7ビット: 40m、20m、10m、8m、4m、2m、1m)
日本標準時の分を表わします。
- (c) 通算日 (10ビット: 200d、100d、80d、40d、20d、10d、8d、4d、2d、1d)
1月1日を1とした通算の日を表わします。従って、12月31日はうるう年以外の年は365、うるう年の場合は366と表示されます。
- (d) 年 (8ビット: 80y、40y、20y、10y、8y、4y、2y、1y)
西暦年の下2桁を表わします。
- (e) 曜日 (3ビット: 4w、2w、1w)
日曜～土曜を0～6に割り当てた値を表わします。
- (f) うるう秒情報 (2ビット: LS1、LS2)
うるう秒は日本時間で実施月の1日9時の直前に行われます。うるう秒情報は、実施

される前月2日9時0分より、実施月の1日8時59分まで継続して表示されます。

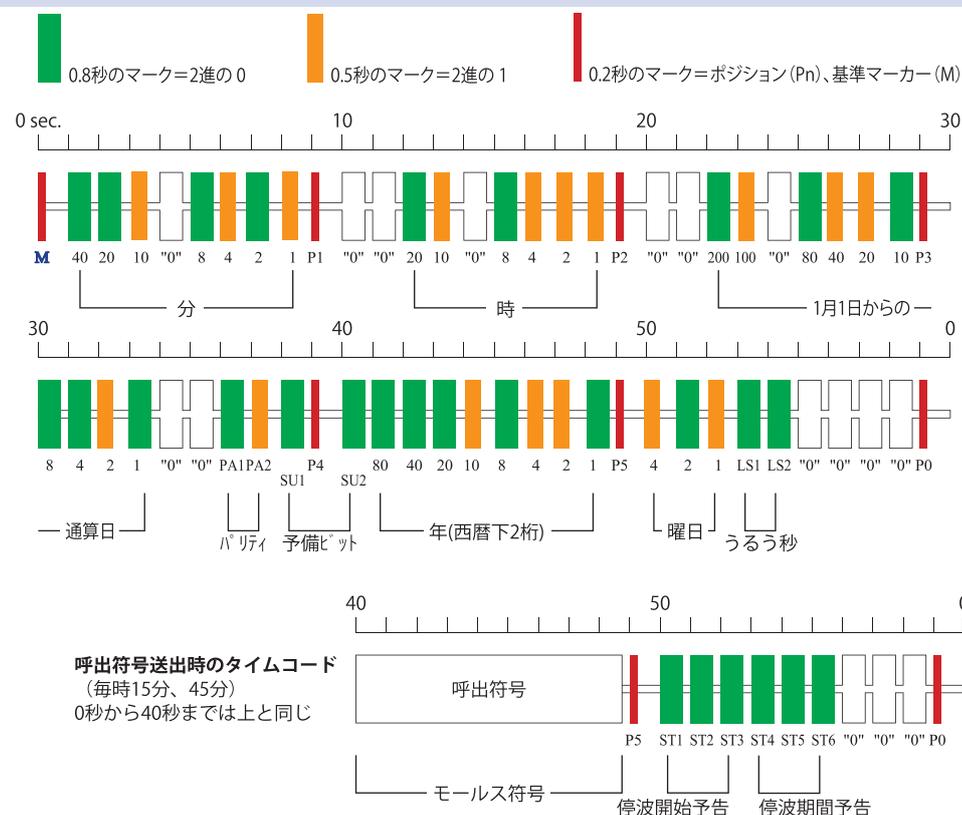
- (g) パリティ (2ビット: PA1、PA2)
時と分の信号が正しく読み取れたかどうかを確認するための信号です。PA1は時に、PA2は分に対応し、それぞれ1ビットの偶数パリティを表わします。

$$PA1 = (20h + 10h + 8h + 4h + 2h + 1h) \bmod 2$$

$$PA2 = (40m + 20m + 10m + 8m + 4m + 2m + 1m) \bmod 2$$
 (mod2は2で割ったあまりを示します。)
- (h) 予備ビット (2ビット: SU1、SU2)
将来の情報増加(夏時間情報など)に備えたビットです。
当面0値を通報します。
- (i) 停波予告ビット (6ビット: ST1、ST2、ST3、ST4、ST5、ST6)
保守作業等で標準電波の停波が予定される場合は、停波予告ビットで内容を表示します。なお、停波予定がない場合、これらの6ビットがすべて0値となります。

*各ビットの詳細な定義は

<https://jyy.nict.go.jp/jyy/trans/index.html> をご覧ください。



タイムコードは60秒間かけて基準マーカ-**M**の位置の時刻を知らせます。左の図では、例として2016年6月10日(通算162日目)金曜日の17時15分(1ヶ月以内うるう秒なし)を表しています。

