

3-4 インターネット社会の標準時供給

3-4 *Standard Time Services for the Internet Society*

齊藤春夫 岩間 司 今村國康 小竹 昇 碓氷ひろみ 成田秀樹

Haruo SAITO, Tsukasa IWAMA, Kuniyasu IMAMURA, Noboru KOTAKE, Hiromi USUI, and Hideki NARITA

我が国のモバイル端末全体の世帯普及率は 2018 年時点で 95.7 % に達し、国民のほとんどが何らかの形でインターネットを利用しており、インターネットは重要な社会インフラとなっている。インターネットには様々な機器が接続されデータ通信を行っており、通信を行うにはこれらの機器の内蔵時計が正しい時刻に同期している必要がある。本稿では、インターネット社会に向けて情報通信研究機構 (NICT) が提供している日本標準時供給サービスの最新状況を紹介する。

In Japan, 95.7 percent of households are using mobile Internet in 2018, which means that the Internet has become one of the most important social infrastructures. For the data communications among the devices connected with the Internet, the clocks of these devices are desired to be synchronized correctly. This paper presents the latest state of the standard time services for the Internet society provided by NICT.

1 まえがき

令和元年版情報通信白書 [1] によれば、2018 年時点でスマートフォンとパソコンの世帯普及率はそれぞれ 79.2 %、74.0 % に、またモバイル端末全体では 95.7 % に達しており、ほとんどの世帯が何らかの形でインターネットを利用しており、インターネットが重要な社会インフラとなっている。インターネットには様々な機器が接続されデータ通信を行っているが、この通信が正常に行われるためには機器に内蔵される時計が常に正しい時刻に同期していることが重要である。NICT はインターネット上で正しい通信を支えるためにインターネットに正確で信頼できる時刻を供給しており、これはインターネット上で提供されている様々なサービスの信頼性や安全性を支える機能のひとつとして利用されている。ここでは、NICT がインターネット社会に向けて提供するネットワークによる時刻情報提供 (NTP) サービス及びタイムビジネス時刻情報提供サービスの最新状況を紹介する。

なお、NICT は標準電波 [2] や電話回線を利用した日本標準時の供給サービス [3]、並びに周波数標準器の較正サービス [4] も提供しているが、これらについては他の章で詳しく解説しているので、そちらを参照いただきたい。

2 ネットワークによる時刻情報提供 (NTP) サービス

2.1 現状

NTP (Network Time Protocol) はネットワークに接続される機器が内蔵する時計を正しい時刻に同期するための通信プロトコルで、階層構造を用いてネットワークに接続された各機器の時刻同期を行う。NICT の原子時計群が実現する UTC (NICT) は、階層構造 (stratum 1 から 15) の最上位 (stratum 1) に位置するものであり、UTC (NICT) に接続されたインターネット用時刻同期サーバを使ってインターネットに正確で信頼できる時刻情報を提供するサービスを行っている。このサービスには以下に述べるような特定事業者を対象にした専用線 NTP と誰でも利用できる公開 NTP がある。

NICT では、2005 年から、公共機関、インターネット関連事業者、タイムビジネス認定の時刻配信事業者等の法人を対象とした「ネットワークによる時刻情報提供サービス」(専用線 NTP) [5] を行っている。このサービスは、利用者が専用線等を用いて NICT 内の NTP 専用サーバに直接接続して時刻同期を行うものであり、利用者は NICT から供給された時刻を基にして、NTP の階層構造で 2 番目の時刻情報提供者 (stratum 2) としてインターネットへの時刻供給や、公共性の高いネットワークへの時刻供給などを行って

3 日本標準時システム

いる。専用線 NTP は、2019 年 6 月時点で、4 社 6 回線の利用がある。なお、専用線 NTP に使用している NTP サーバも、以下に紹介する NICT が独自開発したインターネット用時刻同期サーバを使用している。

NICT では、専用線 NTP のほかに、誰でも利用可能な NTP サービス（公開 NTP）を、2006 年から運用しており、インターネットサービスプロバイダやデータセンタ内のコンピュータの時刻同期、個人のコンピュータの時刻同期などに利用されている。

公開 NTP で使用しているインターネット用時刻同期サーバ [6] は NICT が独自開発したもので、以下の特徴を有している。

- ① 過負荷対策として、FPGA により全てハードウェア化した高速処理
- ② 障害対策として、ホスト名 (ntp.nict.jp) による運用
- ③ 長期運用対策として、汎用ドメイン (nict.jp) の使用
- ④ セキュリティ対策として、時刻配信機能と制御・管理機能を分離

また、送信する時刻の精度は 4 ns であり、処理能力は毎秒 100 万リクエスト以上の性能を持っている [7]。

現在、NICT 本部に A 系、B 系の 2 つのサーバが設置されており、それぞれ別のネットワーク回線を経由して外部ネットワークに接続する冗長構成で運用されている。各サーバへのアクセスは、上記②のホスト名 ntp.nict.jp を利用することにより、2 台の NTP サーバへのアクセスをアドレスごとに順番に割り当てるラウンドロビン DNS を使用して、負荷分散及び障害対策を行っている。

2018 年 6 月に当機構の未来 ICT 研究所（兵庫県神戸市）に日本標準時の副局を開局した際に、本部からの NTP サービスが遮断された場合でも NTP サービ

スを継続可能にするため、2 台の NTP サーバと民間事業者の回線を使用するシステムを設置した。現在は、正式サービス開始に向けた準備作業を行っている。なお、2010 年 2 月から、東京・大手町の日本インターネットエクスチェンジ (株) (JPIX) 内に NTP サーバを置いて運用していたが、停電の際に不具合が生じたことから、大手町 JPIX 内からの運用は 2011 年 1 月に停止し、装置も撤去している。

2.2 アクセス数の増加（公開 NTP）

図 1 は、公開 NTP へのアクセス数（A 系、B 系の合計）の推移である。2016 年 12 月からのもので、2018 年 7 月までは緩やかな減少傾向にあったものが、2018 年 7 月中旬から急激に増加し、9 月中旬から更に急増化し、2019 年 6 月時点では 1 日に 70 億程度のアクセス数となっている。

この急増により、NICT のネットワーク回線が圧迫され、他の業務用の通信に影響が出始めており、何らかの対策が必要になってきている。

対策の 1 つは、副局の正式運用の開始であるが、現在は機器の性能確認と異常発生時の対応に関する検討を行っており、対策が完了次第正式運用を開始する予定である。なお、いったん開始すると終了することは難しく、民間事業者の回線を利用していることから、十分な検討をしてから行うべきだと考えている。他の方法として、再度大手町の JPIX 内に NTP サーバを置くことの検討を行っており、以前発生したものと同様な不具合が起きた場合は、すぐに回線を遮断できるようなシステムの導入を計画している。

2.3 アクセスの解析（公開 NTP）

2018 年 7 月からのアクセス数の急増の原因に関しては、増加した前後でのアクセスデータの解析を試み

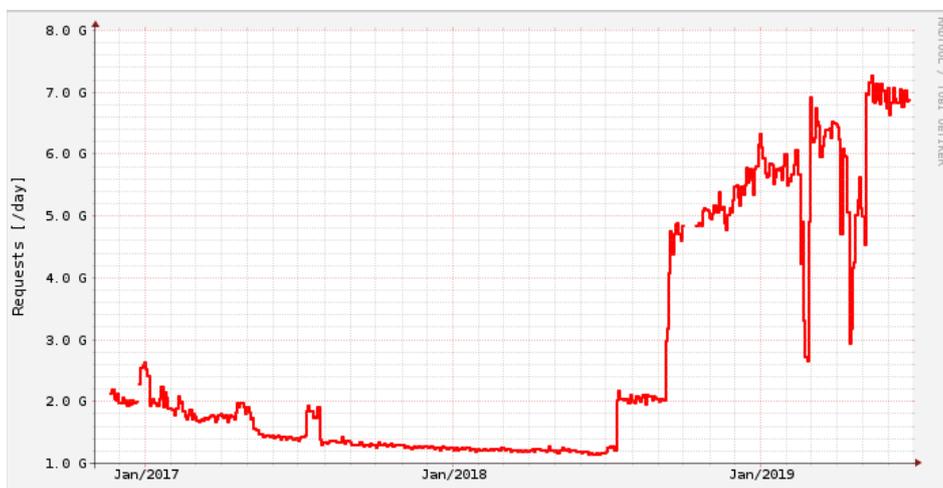


図 1 公開 NTP へのアクセス数の推移

る必要があったが、残念ながらアクセスデータ蓄積用のコンピュータが故障しており、当時のデータを基に解析することができなかった。そのため、図1に見られる一時的にアクセス数が減少した2019年4月8日の0時(JST)のデータと通常のアクセスと考えられる翌日の同時刻(9日の0時(JST))のデータの比較を通して、増加の原因を検討した。なお、解析には、アクセス数が、非常に多いため1時間全体のデータではなく、0時1分から2分の60秒間のデータをサンプル抽出したものを使用した。また、0時0分からのデータをサンプルとして使用しなかったのは、0時0分から1分の間に特定のアドレスから膨大なアクセスがあったためである。

表1は、その比較結果(B系のみ)であり、4月8日のアクセス数上位10か国のアクセス数が、4月9日にどのように変化しているかを記載しており、左から国名、4月8日のアクセス数(60秒間)、4月9日のアクセス数(60秒間)と4月8日のアクセス数に対する倍率を示している。アクセス数が減少した状態(8日の状態)と通常の状態(9日の状態)を比較すると、国外からのアクセス数が大幅に増加していることが分か

表1 アクセス減少時の国別アクセス数の比較(60秒間データ)

| 国名 | アクセス数(4/8) | アクセス数(4/9) | 倍率 |
|-------------|------------|------------|-----|
| JP (日本) | 172,656 | 197,504 | 1.1 |
| CN (中国) | 146,754 | 1,110,749 | 7.6 |
| US (アメリカ) | 32,773 | 74,102 | 2.3 |
| ID (インドネシア) | 22,506 | 35,327 | 1.6 |
| RU (ロシア連邦) | 20,637 | 41,808 | 2.0 |
| IN (インド) | 20,143 | 115,849 | 5.6 |
| BR (ブラジル) | 12,435 | 56,937 | 4.6 |
| MX (メキシコ) | 11,409 | 39,354 | 3.4 |
| LB (レバノン) | 10,643 | 21,917 | 2.1 |
| IL (イスラエル) | 9,867 | 21,768 | 2.2 |

る。特に、中国、インド及び南米(ブラジル、メキシコ)からのアクセス数が増加している。

2018年7月からアクセス数が増加した理由は、その前後のデータが取得できなかったため正確な解を得られないが、表1の結果のように、増加しているのは国外からのアクセスがほとんどであると考えられる。また図1にあるように2018年7月以降、アクセス数が減少している時期が不定期に発生しているが、アクセス増減時に各国のユーザーが一斉にNTPサーバの設定を変更しているとは考えにくいことから、NTPの参照先をホスト名ntp.nict.jp(若しくは固定アドレス)として指定しているのではなく、ntp.orgが提供しているpool.ntp.org[8]として設定しているようである。そして、pool.ntp.orgから公開NTPのアドレスが外されると、アクセス数が減少するというようなことが考えられる。このpool.ntp.orgは、NTPサーバの仮想クラスタで、安定したNTPサービスを提供するために有志により作成されたプロジェクトである。PC等のNTPの参照先に全世界(pool.ntp.org)、各大陸(asia.pool.ntp.orgなど)、各国(jp.pool.ntp.orgなど)のホスト名を指定することにより、指定した地域のプロジェクトに登録された複数のNTPサーバを利用することが可能となる。なお、各ホスト名に登録されるNTPサーバは、1時間ごとに変更されている。

図2は、ネットワーク回線の不具合により、2019年7月9日の5時57分から9時39分(それぞれJST)の間、A系の回線が切断されたときのアクセス数の推移である。A系のアクセス数(緑色)は、回線の不具合が解消した直後にはほぼ一定の状態を保っていたが、19時(JST)ごろから増加し始め、翌10日の0時(JST)ごろに完全に元の状況に回復している。一方、図3は、ntp.orgが公表しているA系のNTPサーバのスコア(各サーバの評価値)の推移である。ntp.org

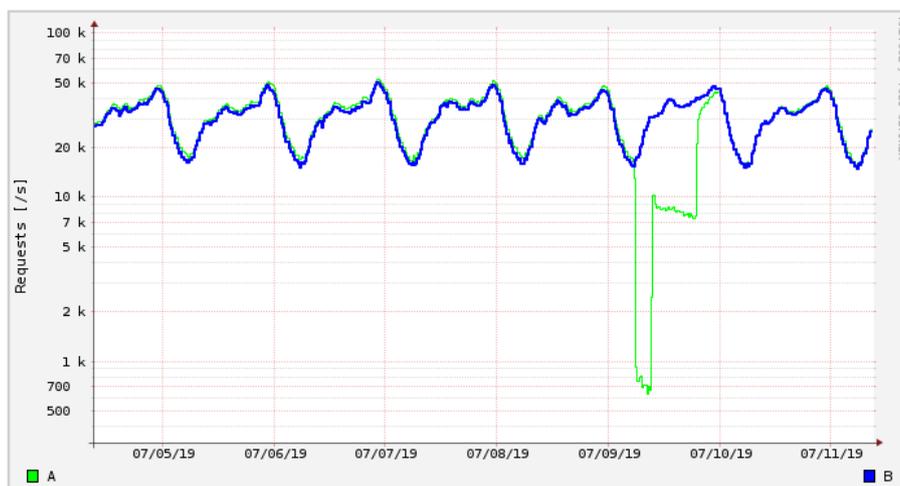


図2 公開NTPへのアクセス数の推移

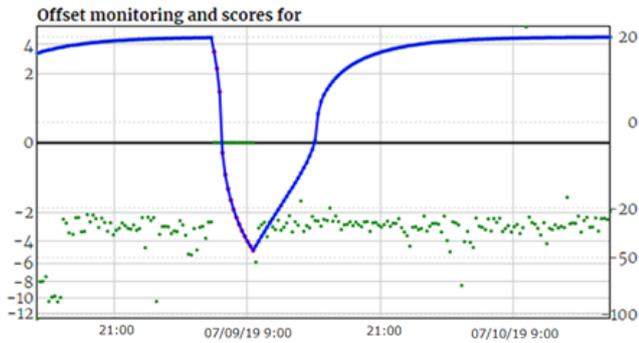


図3 スコアの推移：ntp.orgからの引用(スコア値は右軸)

では、各NTPサーバのスコアが10以上でないと、pool.ntp.orgに登録しないが、A系のNTPサーバのスコアが10を超えるのは、19時(JST)ごろからであり、図2のアクセス数の回復と一致している。このことから、公開NTP利用の多くがホスト名ntp.nict.jp(若しくは固定アドレス)として指定しているのではないことが推察される。

図2の回線不具合が解消した直後の状態が、NICTの公開NTPをホスト名ntp.nict.jp(若しくは固定アドレス)として指定して利用しているアクセス数と考えられ、この値は1系統1秒当たり10000アクセス程度であるので、1日当たりの総アクセス数は20億弱になり、pool.ntp.orgへ登録されなければ、NTPへのアクセスによるNICTのネットワーク回線の圧迫が減り、他の通信への影響は少なくなると考えられる。

2.4 http/httpsによる時刻供給サービス

NICTでは、上記NTPのほかに、ネットワークを利用した時刻情報提供として、http/httpsによる時刻供給サービス[9]を行っている。http/httpsによる時刻供給サービスは、2000年代前半に当時の電磁波計測部門タイムアプリケーショングループにおいて、NTPによる時刻供給がファイアウォール等の制限により利用できないような場合に、正確な時刻を端末等へ供給するためのツールとして研究開発されたもので、2007年から試行的な公開を行っている。公開当初は、電磁波計測部門タイムアプリケーショングループが管理する物理サーバから供給していたが、2016年の12月からは、NICTが運用するwebサーバ内の仮想サーバからの供給に移行している。

http/httpsによる時刻供給サービスへのアクセスは、2018年夏ごろから急増しており、webサーバの他のサービスへ影響を与え始め、2019年1月にはアクセス数がwebサーバの許容値を超えたため、http/httpsによる時刻供給サービスを一時的に停止したこともあった。

このアクセス数の増加は、スマートフォン等の端末からのアクセスによるものと考えられ、大量のアクセスが判明した利用者にはアクセスを停止するように要請するなどの対策をしてきているが、利用元が判明しないものがほとんどであるため、有効な対策が取れない状況となっている。

このサービスは、NICTの共用設備のリソースを用いており、アクセス数の増加が他のサービスに影響を与えていること、専用設備としてのサーバ等の増強は、一部サービスへの対応のためだけに多大な費用が必要になり不合理であること、などから近い将来サービスを終了することを検討している。

なお、サービス終了に当たっては、NICTのお知らせ等で利用者へ周知するとともに、利用者(一般的なエンドユーザではなく、アプリ等開発事業者等)自身が、独自にサービスを継続できるようにするため、http/httpsによる時刻供給サービス用のサンプルプログラムを公開する予定である。

3 タイムビジネス時刻情報提供サービス

3.1 これまでの状況

インターネットでは様々な電子データや電子文書などの電子情報がやり取りされているが、正確で信頼できる時刻情報と暗号技術を用いてこれらの電子情報の安全性と信頼性を保証するのがタイムビジネスである。

日本のタイムビジネスは、2002年6月に設立された「タイムビジネス推進協議会」による実用化の検討から始まり、2005年2月に財団法人日本データ通信協会タイムビジネス認定センターの運用する「タイムビジネス信頼・安心認定制度」[10]の設立に伴い事業化が開始され、2005年4月から施行された「民間事業者等が行う書面の保存等における情報通信の技術の利用に関する法律」(通称「e-文書法」)で規定された電子文書の利用に関する要求に対応することが可能となっている。さらに2006年7月には「タイムビジネス協議会」が設置され、事業化を推進してきた。

2018年6月には、「トラストサービス推進フォーラム」[11]が、タイムビジネス協議会を発展的に改組し設立された。同フォーラムは、信頼できるサービス(トラストサービス)の在り方と、ユーザが安心・信頼してサービスを選択できる仕組みを検討し、それを実現する環境整備を推進することを目的としており、設立時に37であった会員数が、1年後の2019年6月には53に拡大しており、国内のタイムビジネス事業は、ようやく大きな進展が見られ、国立印刷局における官報情報等公的機関における利用、国税関係書類のスキヤナ保存における利用、電子契約・入札等の電子取

表2 タイムビジネスを取り巻く関連規則と欧州の規制動向

| 年/月 | 内容 |
|----------|---|
| 2004/11 | 「タイムビジネスに係る指針～ネットワークの安心な利用と電子データの安全な長期保存のために～」公表（総務省） |
| 2005/4 | 「e - 文書法」施行 |
| | 「電子帳簿保存法」施行 |
| 2006/6 | 「先使用权制度の円滑な活用について（第1版）」公表（特許庁） |
| 2008/10 | 「国総建第177号（建設業法等の一部を改正する法律等の施行について）」（国土交通省） |
| 2012/10 | 「医療情報を受託管理する情報処理事業者向けガイドライン」（経済産業省） |
| 2014/5 | 「国住指第394号（建築確認手続き等における電子申請の取扱いに浮いて）」（国土交通省） |
| 2014/7,8 | 「eIDAS規則*1」制定（EU）；2016/7/1施行 |
| 2015/3 | 「電子帳簿保存法施行規則」改正 |
| 2016/3 | 「電子帳簿保存法施行規則」改正 |
| 2016/5 | 「先使用权制度の円滑な活用について（第2版）」公表（特許庁） |
| 2016/7 | 「eIDAS規則」適用開始（EU） |
| 2017/3 | 「タイムスタンプ保管サービス」開始（INPIT*2） |
| 2017/5 | 「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン（第5版）」制定（厚生労働省） |
| 2019/6 | 「デジタル時代の新たなIT政策大綱」決定（政府） |
| | 「世界最先端デジタル国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画」閣議決定 |
| | 「未来投資戦略2019」閣議決定 |

*1 eIDAS規則：electronic IDentification, Authentication and trust Services 規則

*2 INPIT：独立行政法人工業所有権情報・研修館

引、知的財産保護、電子カルテ等の様々な分野で利用されるようになってきている。これは、国内の証拠文書の規則が改訂され、電子文書の積極的な利用が可能になってきたことと、欧州での規則制定が影響しているものと考えられる。

表2に、これまでの関連規則と欧州の規制動向を記載した。

3.2 NICTの対応

NICTでは、「タイムビジネス信頼・安心認定制度」の認定条件であるUTC(NICT)を時刻配信事業者(TAA)に供給している。認定制度が設立された2005年2月にNICTはタイムビジネス時刻情報提供サービスを開始し、GPSタイム－UTC(NICT)の測定データをWEBで公開している。同様に、TAAはGPSタイム－UTC(TAA)を測定し、その結果と公開されているGPSタイム－UTC(NICT)のデータからUTC(TAA)を正確にUTC(NICT)に同期させ、認定条件を満足することが可能となっている。さらにTAAは認定条件を満足した正確で信頼できる時刻をタイムスタンプ事業者(TSA)に配信している。このようにして「タイムビジネス信頼・安心認定制度」のNICT－TAA－

TSAのトレーサビリティが構築されている。

タイムビジネス時刻情報提供サービスのシステムは、運用開始時はNICT本部のみに設置していたが、現在は、副局にも設置し、冗長化を図っている。

また、TAA向けに「ポータブルクロックを用いた時刻比較サービス」及び「タイムビジネスに係る非常時支援サービス」を提供している。これらは、上記の時刻配信サービスを補完するものであり、いつでも安定してタイムビジネスサービス(タイムスタンプ)を利用できるようにするためのものである。

3.3 標準規格化

NICTでは、日本データ通信協会と共同で時刻配信事業に関する技術要件をJIS規格として制定する作業を2009年度から開始し[12]、2011年5月にJIS X 5094として制定された。JIS X 5094は、TSAに対する日本の標準時の供給階層を構築すること及び供給した時刻のトレーサビリティをTAAが保証することを目的とし、時刻配信及び時刻監査を業務とするTAAが満たさなければならない技術要件について規定している。

さらに、この規格を基に国際標準化を推進し、2015年4月にISO/IEC 18014-4が制定された。ISO/IEC

3 日本標準時システム

18014-4 は、JIS X 5094 を基にして制定されたものであるが、作成過程において修正が加えられたため、ISO/IEC 18014-4 に合わせるため、JIS X 5094 を 2019 年 3 月に改定した。なお、この改定においても、日本の「タイムビジネス信頼・安心認定制度」の規定に沿うように、ISO/IEC 18014-4 とは異なり、NICT を日本の標準時を供給する機関として位置付けている。

4 まとめ

NTP や http/https による時刻供給サービスのアクセス数の急増は、インターネット社会が発展するとともに、その中で使用される時刻の信頼性が重要になってきていることを示している。NICT が供給している標準時は、公開 NTP の 2019 年 6 月のアクセス数が 1 日に 70 億程度あるように社会インフラとしてなくてはならないものとなっており、それらを安定に維持していくことが、今後も重要である。

また、新しいインターネット社会に向けた新しいサービス、例えば NTP よりも高精度な時刻配信プロトコルである PTP (Precision Time Protocol) 等を利用した時刻供給等の導入へ向けた検討が必要である。

謝辞

ネットワークを利用した標準時の供給に多大なご協力を頂いております NICT 経営企画部情報通信システム室の方々に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1 “令和元年版情報通信白書,” <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r01/pdf/index.html>
- 2 土屋茂, “長波帯標準電波送信所の運用,” 情報通信研究機構研究報告, vol.65, no.2, 3-3, 2019.
- 3 今村國康, “光テレホン JJY,” 情報通信研究機構研究報告, vol.65, no.2, 3-5, 2019.
- 4 小竹昇, “周波数校正,” 情報通信研究機構研究報告, 本特集号, 2-6, 2019.
- 5 今村國康, 後藤忠広, 金子明弘, 今江理人, 栗原則幸, “ネットワークによる時刻供給,” 通信総合研究所季報, vol.49, nos.1/2, pp.203-212, 2003.
- 6 鳥山裕史, 町澤明彦, 岩間司, “ハードウェア NTP サーバの開発,” 電子情報通信学会論文誌 B, vol.J89-B, no.10, pp.1867-1873, 2006.
- 7 町澤明彦, 青木哲郎, 岩間司, 鳥山裕史, 今村國康, 土屋茂, 金子明彦, 前野英生, 高橋幸雄, “日本標準時を基準とした高信頼公開 NTP システムの開発,” 電子情報通信学会論文誌 D, vol.J96-D, no.10, pp.2308-2318, 2013.
- 8 “pool.ntp.org,” <https://www.ntppool.org/ja/>
- 9 “NICT インターネット時刻供給サービス ([http/https](http://https) による時刻供給サービス),” <http://www.nict.go.jp/JST/http.html>
- 10 “タイムビジネス信頼・安心認定制度,” https://www.dekyo.or.jp/tb/contents/summary/system_5.html
- 11 “トラストサービス推進フォーラム,” <https://www.dekyo.or.jp/tsf/>
- 12 岩間司, 齊藤春夫, 町澤明彦, 鳥山裕史, “日本のタイムビジネスの動向,” 情報通信研究機構季報, vol.56, nos.3/4, pp.65-78, 2010.



齊藤春夫 (さいとう はるお)

電磁波研究所
時空標準研究室
マネージャー
時間・周波数計測



岩間 司 (いわま つかさ)

電磁波研究所
時空標準研究室
研究マネージャー
博士 (工学)
時刻・周波数供給・同期、時刻応用技術



今村國康 (いまむら くにやす)

電磁波研究所
時空標準研究室
標準時、周波数標準



小竹 昇 (こたけ のぼる)

電磁波研究所
時空標準研究室
主任研究員
時間・周波数標準

碓氷ひろみ (うすい ひろみ)

電磁波研究所
時空標準研究室
有期研究技術員
時間・周波数標準



成田秀樹 (なりた ひでき)

電磁波研究所
時空標準研究室
有期研究技術員
時間・周波数標準