



Janog57 in 大阪

**GPSが使えなくなる？
時刻同期サービスの今後と
Timing As An Infrastructure**

2026.2.12

本セッションの目的

➤現状の共有と解説

→NWオペレーターの皆様、業界の皆様に関係することである現状をまずは理解してもらう。

➤理解頂いたうえで場合によっては協力してもらいたい

→課題解決のためには“ネットワーク”と“データセンター”が重要関係者が多く集まるこのJANOGは最適な“場”

➤本課題や今後の取り組みにあたり広く議論や意見を頂きたい (議論の時間20分くらい)

今までの活動

JANOGのBoF(TS-Ops)や他のイベントでも継続議論してきました

UTC(NICT)の高精度時刻配信に向けた NICTの活動と今後の方向

井戸 哲也, 矢野 雄一郎, 野村 英司
情報通信研究機構

PS BoF, 京都市勤業館みやこめっせ, 2025年1月24日

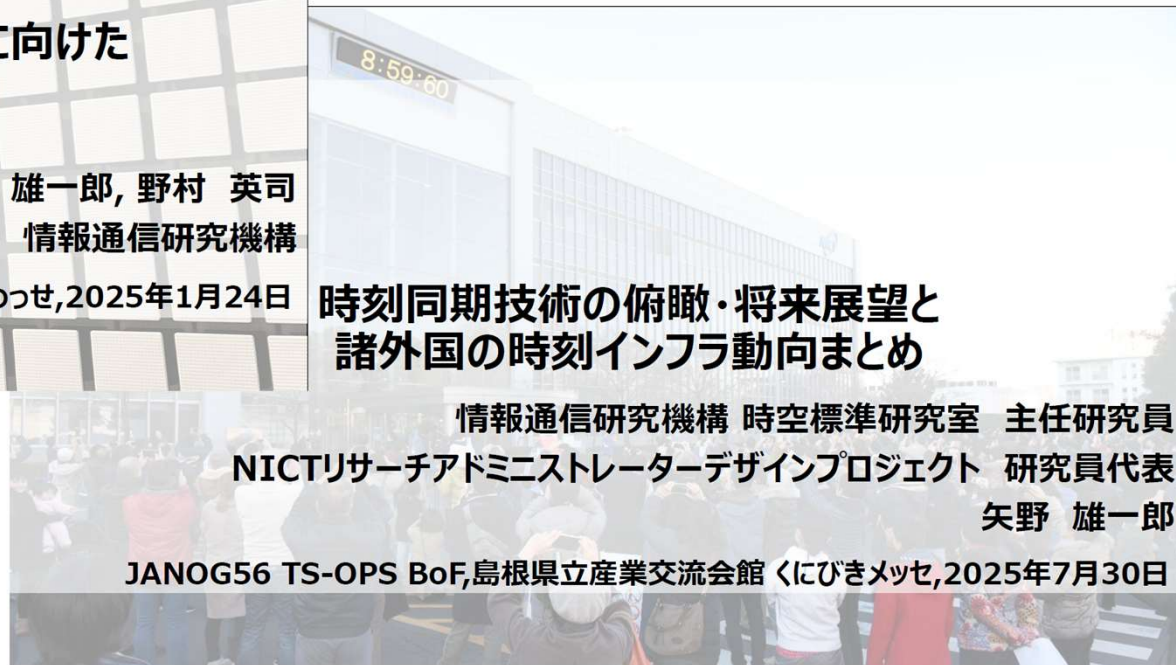


G NSS TimeSync
2025

時刻同期技術の俯瞰・将来展望と 諸外国の時刻インフラ動向まとめ

情報通信研究機構 時空標準研究室 主任研究員
NICTリサーチアドミニストレーターデザインプロジェクト 研究員代表
矢野 雄一郎

JANOG56 TS-OPS BoF, 島根県立産業交流会館 くにびきメッセ, 2025年7月30日



自己紹介



井戸 哲也
(Tetsuya Ido)

情報通信研究機構(NICT)
電磁波研究所
電磁波標準研究センター
時空標準研究室 室長

	論文・活動・所属など	
	博士論文「光格子中の原子のホッピングの研究」	学生
	JST-ERATO 五神プロジェクト 基礎グループ (グループリーダー 香取秀俊氏) Sr原子のレーザー冷却 及び 無反跳分光	研究員
	JILA (米国ボルダー CU-NIST共同研究機関) Jun Yeグループ Sr光格子時計, 光会合分光	Research Associate
2006- 2012	NICT 新世代ネットワーク研究センター 光・時空標準G Sr光格子時計, ファイバリンク	主任研究員
2012- 2013	NICT 経営企画部 企画戦略室	プランニングマネージャー
2014- 2016	NICT 電磁波研究所 時空標準研究室 Sr光格子時計, 衛星リンク, 時系,	研究マネージャー
2017-	同研究室 日本標準時, Sr光格子時計, VLBIリンク, 時系	室長

自己紹介

氏名：石田 慶樹(いしだ よしき) 1961年10月生まれ

所属：株式会社JPIX

経歴：

- 1998年10月 データセンター会社へ入社
- 2005年10月 株式会社パワードコムに入社
- 2006年 1月 合併によりKDDI株式会社に所属
- 2006年 6月 日本DNSオペレーターズグループ(DNSOPS.JP)発足
- 2006年12月 日本インターネットエクスチェンジ株式会社に出向
- 2007年 3月 同社 代表取締役社長
- 2016年 6月 日本ネットワークイネイブラー株式会社 代表取締役社長
- 2021年 7月 東京大学生産技術研究所リサーチフェロー(現職)
- 2022年 4月 日本ネットワークイネイブラー株式会社 フェロー
- 2023年 1月 合併により株式会社JPIX フェロー(現職)
- 2025年 7月 合同会社INGスタジオでの活動開始

日本DNSオペレーターズグループ 代表幹事

一般社団法人 IPoE協議会 理事長

一般社団法人 集合住宅デジタル高度化協議会 理事・事務局長

九州デジタルインフラフォーラム 副代表



自己紹介



鈴木 康平(すずき こうへい) Kohei Suzuki



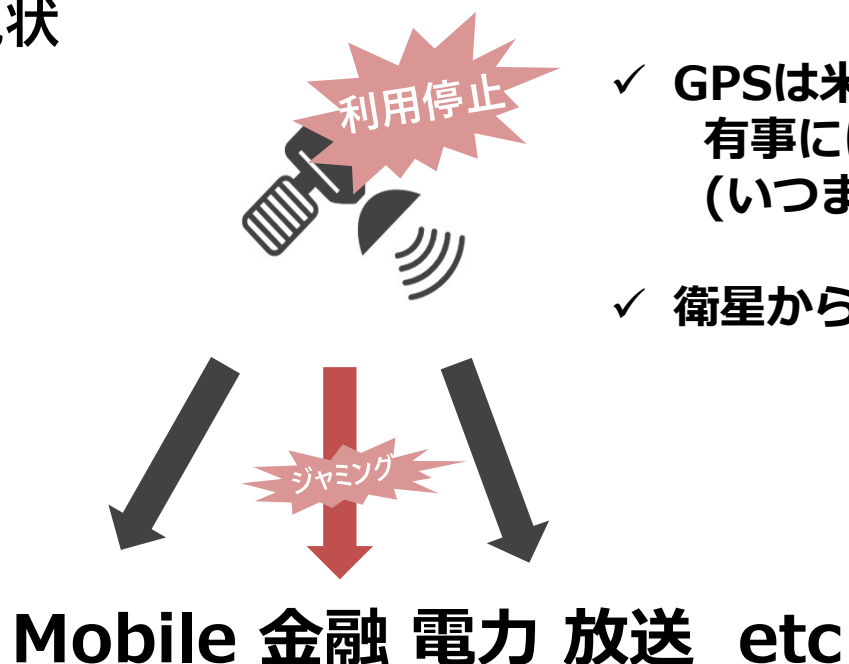
セイコーソリューションズ株式会社 STN本部タイミングソリューション営業部
2001年～セイコーインスツルメンツ入社 NW製品の営業 ISP向け終端装置/Ethernetスイッチ
ITSF,WSTS,ISPCS,EANTC(MPLS SDN)等の時刻同期関連イベントに参加
APRICOT,APNIC,PeeringAsia,HKNOG,SGNOG,MYNOG,PHNOG,MNNOG等に参加
JAIPAや各NOGなどで登壇 最近ではGNSS Time Sync2025 Internetweek2025
2025年11月現在 国内外のテレコム＆高精度時刻同期関連事業に従事
趣味：サウナ,マグネット収集、麻雀 好きなスポーツ：ラグビー、サッカー、野球(たまにゴルフ)
好きな漫画：アオアシ、ONE PIECE、鬼滅の刃、こち亀、太陽の黙示録、天牌
尊敬する人：益子俊志先生、煉獄杏寿郎、野中郁次郎



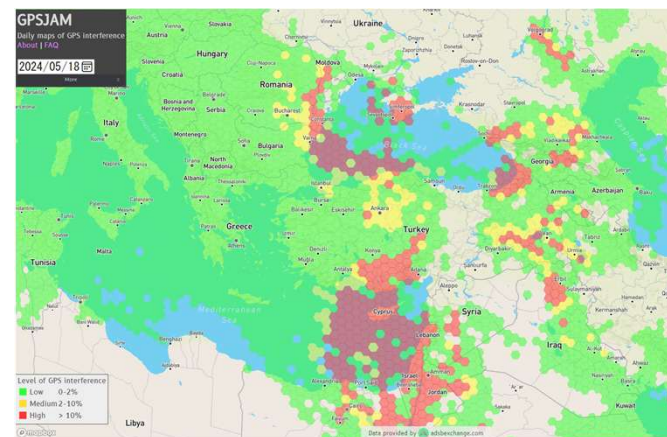
GPS(GNSS)は無料で使える生活に欠かすことのできないインフラ

➤ GNSSとは米GPS、日本のQZSSを含む測位衛星の総称です

現状



- ✓ GPSは米の軍事衛星
有事には**正常利用できない可能性も**
(いつまで現状のままかも不透明)
- ✓ 衛星からの信号が異常になることも



- ・ 実際に紛争地域では**ジャミング**等による影響が深刻化
 - ジャミング・なりすまし攻撃
 - ドローン攻撃への防衛のためジャミングを利用

インフラを支えるネットワークがGNSSに依存している中、GNSSの脆弱性が各国で深刻化
協定世界時(UTC)にトレーサブルかつGNSS非依存の時刻同期配信の重要性が増している

米国の場合

各国の取り組み：米国

- 2019年：国土安全保障省から脆弱性について指摘

“Homeland Security Says PNT a “National Critical Function”
By Dee Ann Davis, May 6, 2019, “Inside GNSS”



- 2020年：大統領府から対策について大統領令が発令

Executive Order 13905
A Presidential Document “Strengthening National Resilience
Through Responsible Use of Positioning, Navigation, and
Timing Services” by the Executive Office of the President on
Feb. 2020.

<https://www.federalregister.gov/executive-order/13905>



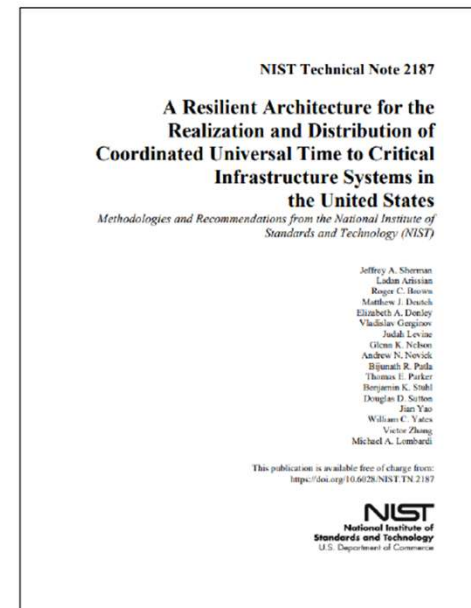
- 2021年：対策についてNISTからテクニカルノートが公開

NIST Recommends Steps to Boost Resilience of U.S.
Timekeeping

<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/TechnicalNotes/NIST.TN.2187.pdf>

Nov. 2021

NIST



NIST Technical Note 2187

NICT様資料より

既に連邦政府関係設備や調達にGPSだけに頼るシステムはNG

各国の取り組み：イギリス

英NPL, Resilient time for the future

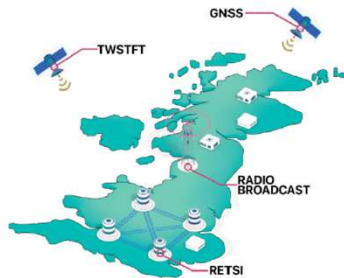
National PNT resilience

NPL

A system of systems approach

No single solution can provide a fully resilient assured capability

- Space assets – LEO/MEO
- Terrestrial broadcasts
- Network deliveries
- Local holdover clocks
- Quantum sensors
- Monitoring and alerting systems



NB: All locations indicative for illustrative purposes

Resilient Time for the Future The future of time

Time underpins several key PNT solutions (eg. GNSS)

NTC as the source for UK time, feeding other PNT solutions

PNT resilience recognised as globally significant

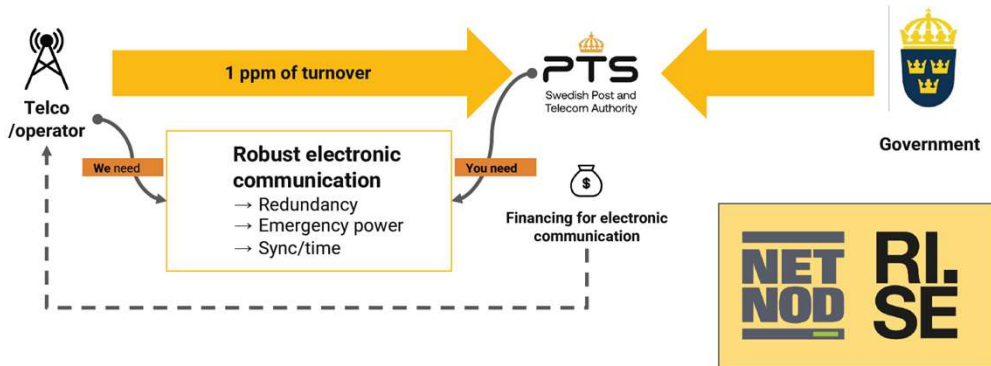
英NPLではNational Timing Centre(NTC)を立ち上げUTC(NPL)の配信を開始。

2017年からサービス検討を開始し、現在4拠点からサービスを提供している。

スウェーデンの場合

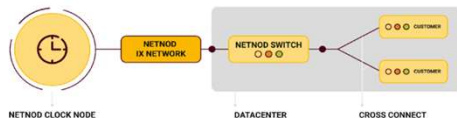
各国の取り組み：スウェーデン

Robust financing



Direct delivery model - time-as-a-service

- A fully managed time service with SLA that guarantees 30μs accuracy from UTC
- Delivered over separate VLAN at IX port or dedicated port



Swedish distributed time service

- 6 time nodes placed in secure bunkers throughout Sweden (Stratum-1 time servers)
- Time traceable to UTC
- Free and commercial service with SLA
- Operated by Netnod, monitored by RISE and financed by PTS



✓ スウェーデンでは、PTS(総務省相当)が重要なインフラに対して、GNSS単独ではなくバックアップする仕組みを法規制で求めている

✓ 国の支援を受けた、非営利団体のIXの子会社 NetNod社がインフラ事業者用の高精度時刻同期配信サービスを提供

✓ スウェーデン内に原子時計を配備した6ヶ所の時刻同期配信センター（Time node）を設立

最近のニュースではデンマークも類似の取り組みを開始

時刻同期のネットワークプロトコルNTPとPTP(さわりだけ)

Internetweek2025で詳しくお話しましたので超省略(アーカイブあるかも?)

NTP (Network Time Protocol)

- ネットワークに接続される機器において機器が持つ時計を正しい時刻に合わせるための通信プロトコル
- OSI基本参照モデルの第7層 (アプリケーション層)
- UDPポートの123番を使用
- NTPv3 (RFC1305) , NTPv4 (RFC5905) , NTPv5(draft-ietf-ntp-ntp-v5-07)※2025年10月
- Chrony ntpdに代わって近年多くのLinuxディストリビューションなどで使用



協定世界時 (UTC) を配信する



PTP(Precision Time Protocol)

- IEEE 1588-2002 (PTP v1) ローカルな計測・制御ネットワークでサブマイクロ秒級の同期をターゲット
- IEEE 1588-2008 (PTP v2)
プロファイルという概念を取り入れ、用途別に運用パラメータを最適化できるようにした点が最大の特徴。
Boundary Clock (BC) /Transparent Clock (TC) の導入でネットワーク機器内滞留の補償手段が整備され
広域・大規模ネットワークへ適用範囲が広がる(これに伴いPTP対応NW機器が増加、相互接続も進む)
- 2019 : IEEE 1588-2019 (通称 "PTP v2.1")
2008版の後方互換を保ち各機能の拡充を実施。

PTPの進化系？ White Rabbit(WR)

White Rabbit の概要

White Rabbitは、**IEEE 1588 Precision Time Protocol (PTP)** と**Synchronous Ethernet (SyncE)** を組み合わせ、さらに独自の**delay compensation**アルゴリズムを導入することで、サブナノ秒精度（通常は10ピコ秒以下）の時刻同期を実現する技術です。もともとは、CERN（欧州原子核研究機構）が大型粒子加速器（LHC）実験のトリガーとデータ収集の同期のために開発したプロジェクトのこと。



White Rabbitは以下の3つの技術を統合して構築される

IEEE 1588 PTP (Precision Time Protocol)	ネットワーク越しにクロックを同期する標準プロトコル（ミリ秒～マイクロ秒精度）
Synchronous Ethernet (SyncE)	イーサネット物理層でクロック信号自体を配信（周波数の安定）
Delay Compensation mechanism	ケーブル長や伝送の非対称性を補正する仕組み(時間の正確性を向上)

高精度時刻同期(PTP)の産業別主な用途

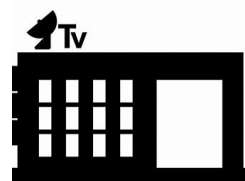
重要な社会インフラの殆どで高精度時刻同期が使用されている

モバイル



- ・ “真の5G”時代ではTDD方式となり高精度時刻同期が必須
- ・ ITU-T G.8275.1/8275.2が主流

放送



- ・ 北米を中心としたIP化の潮流とPTPの活用領域が徐々に世界で拡大
- ・ SMPTE ST-2059など

金融証券



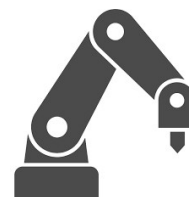
- ・ MiFID II/RTS-25(ESMA)で規定
- ・ UTCのトレーサビリティを重視
- ・ 時刻同期が非常にクリティカル

AI×データセンター



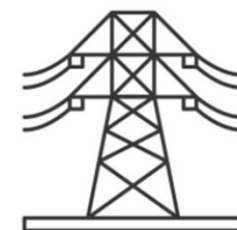
- ・ OCP TAPで標準化などが進む
- ・ GPU間同期、分散ストレージ、マルチテナンシーでの性能向上

FA



- ・ 工場内のIT化やセンサー同期による広範囲のシステム連携・可視化
- ・ IEEE802.1AS(gPTP)

電力



- ・ 各国でPTP化が進む
- ・ IEEE C37.238
- ・ IEC61850 9-3



では日本ではどうする？



- 高精度時刻同期デバイスなどは
国際情勢の影響を非常に色濃く受けている。
→その結果として原子時計などの価格・納期に課題
- 紛争地域や付近の国境地域ではGNSSの受信が困難に
→その対策を各国・各機関・各社が進めている
- 米国や諸外国ではGNSS/GPSに依存しないよう法制化などが
進んでいるところも・・・
※現在は使えているが将来的に継続使用できるかどうかの保証はなし

→NWの力で日本の誇るUTC(NICT)を重要インフラに届けられるのでは！

井戸さん お願いします！



時刻って何？

- 時刻とは、時の座標軸における、座標値
- 空間座標の取り方が色々あるように、時の座標軸も複数ある
但し、理想の刻み幅（1秒の長さ）は変わらず、値がずれる

			実信号？ 仮想信号？	うるう 秒？	UTC トレーサブル？	上位 基準時刻
協定世界時	UTC	世界共通の社会生活のための時刻 (=TAI+37秒[うるう秒])	仮想	有	—	TAI
国際原子時	TAI	世界中の原子時計が協力して刻む時刻	仮想	無	—	
GPSタイム	GPST	GPSシステム(含受信機)が利用する時刻	実信号	無	No	UTC(USNO)
QZSSタイム	QZST	準天頂衛星システム(含受信機)が 利用する時刻	実信号	無	No	GPSTime(現在) UTC(NICT) (7機体制以降)
UTC(NICT)	UTC(NICT)	NICTがUTCにできるだけ近づけて発生 させる時刻	実信号	有	Yes	UTC
日本標準時	JST	日本での社会時刻(=UTC(NICT)+9h)	実信号	有	Yes	UTC(NICT)

世界中が利用する基準時刻UTCの必要条件

- 決して止まらないこと
- 一つの国に依存しないこと
- どの国の人でも一定の技術があればその時刻にアクセスできること
- 地球回転で決まる時刻と概ね合っていること
(古くは地球回転で時刻を決めていたことの名残。今は要らないのでは？→うるう秒問題)

UTCはこれらの特性を持っており、高速取引において
欧州指令MiFiD IIはUTCに対しての時刻差が後から分かる形で
取引のタイムスタンプを記録することを要請

では、どうやって作っているのか？

UTCと日本標準時の関係

毎月10日
決定された1ヶ月前の
UTCをデジタルデータ
として公表

Bureau
International des
Poids et
Mesures

毎月1~10日
各国からのデータ
からUTCを5日の
間隔ごとに計算

毎月1日
各原子時計とUTC(k)の
時刻差をBIPMに送付

協定世界時 (UTC)

5日間

5日間

今

(神のみぞ知る)
理想の時間軸

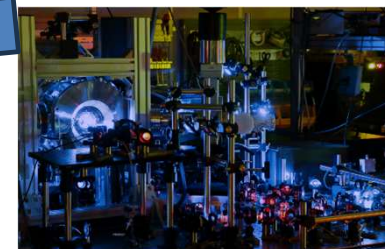
GPS Time

QZSS Time

日本標準時 (JST)=UTC(NICT)+9時間

他の時刻周波数標準研究所
(NIST(米), PTB(独), NMJJ(日)...) 2021年8月より
Sr光格子時計を活用

NICTは所有する原子時計を動
かし実信号を生成して標準時と
して社会に供給



日本標準時とUTCの時刻差



従来のセシウム原子時計よりも更に性能が良い**光格子時計**を新たに開発し、2021年8月から日本標準時の調整に利用することで、日本標準時の精度が数倍向上し、UTCに対する時刻差として**4ナノ秒以内を維持**。

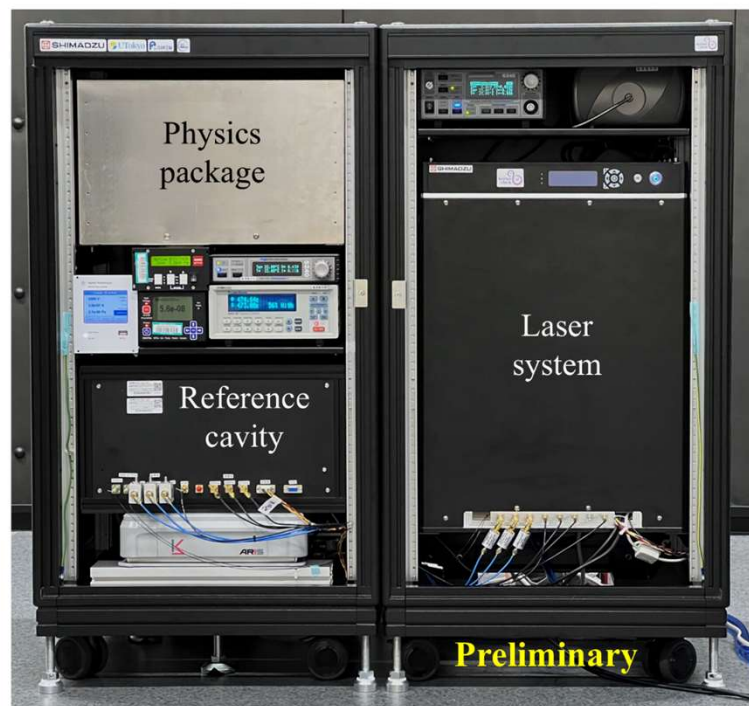
国内で唯一**GNSSレベルの時刻を自前の原子時計群で発生・維持**。

モバイルNWやデータセンターがより正確な時刻を必要とする今、標準時の性能が活きる時代が到来！

PTPサービス？

商用光格子時計も見えてきています

Strontium Optical Lattice Clock



光格子時計ならUTCに対する誤差 1×10^{-16}

1日でズレ 10ピコ秒

1ヶ月フリーランでも ナノ秒以内の時刻を維持可能

主要拠点に設置することでGNSS信号を1ヶ月間失っても、現行システムへの影響なし。

NICTでは今年度末に1号機が納入される予定。

自主開発に続き**2台目を確保**して、**より信頼出来る正確な標準時**を自力で刻む能力を確保する予定

Commercially available, released after the spring of 2025

日本標準時に日本発の光格子時計活用

情報通信研究機構(NICT)は日本における時間の基準となる「日本標準時(JST)」の決定に、島津製作所が開発した光格子時計を活用する。世界でも最も正確な時計として知られる光格子時計を使って、インフラとして重要な標準時の安定性を確保する。

標準時はインターネット環境の維持や金融取引で重要な役割を果たす。2025年度内に島津製の第1号機を調達し、26年度以降に稼働を始める。

光格子時計はレーザー光で作った格子の中に原子を閉じ込め、別の光を当てた時に原子が発する波の長さを調べる。東京大学の香取秀俊教授が開発した。

100億年に1秒しか誤差が生じないといわれる。時間などの単位を決める国際度量衡総会が30年ごとに再定義を検討している1秒の長さの基準として使われる可能性がある。

島津製作所は25年3月から光格子時計の受注販売を始めた。NICTが1号機を購入し、東京都小金井市にあるNICT本部に設置する。JSTとフランスにある国際度量衡局が決める「協定世界時(UTC)」がずれないかを、光格子時計

NICTが島津製1号機導入へ

光格子時計を使って時間のずれを数ナノ秒以内に抑える

NICTはUTCから9時間進んだ時間で、NICTによって作られて全日本に発信されている。放送局の時間やNICTの時報サービスで使われているほか、インターネット上のメール送信や商取引に表示される時間の基準になるなど、生活に欠かせない。

例えばインターネット上の文書や画像がいつから存在するのかわからず、NICTが運用する「タイムスタンプ」はNICTの配信するJSTを基準に作られる。海外との標準時のずれが大きい場合、金融取引などでロスが発生する可能性がある。

21年7月からはNICTが独自に開発した光格子時計を使って日本標準時のずれを調べて、誤差を計算に標準時を使っている。

計を使って定期的に検証する。JSTはUTCから9時間進んだ時間で、NICTによって作られて全日本に発信されている。放送局の時間やNICTの時報サービスで使われているほか、インターネット上のメール送信や商取引に表示される時間の基準になるなど、生活に欠かせない。

そのために世界標準時が更新されるまでの期間中は、NICTが運用する2種類の原子時計で時間を刻んでいく。従来の世界標準時から最大で20分のずれが生じていた。NICTは島津製時計を導入し、計20台を使って、独自に生成されており、月に1回更新される世界標準時の時刻と比較して、世界の標準に合わせよう。

「25年3月の更新後は国内の複数機から引き合いが来ている」と話す。同社は光格子時計について3年で10台の販売を目指している。販売希望価格は5億円と見られる。

調査会社のグローバルインフォメーションは原子時計の需要について32年に5億2000万(約800億円)に達し、24年比で70%拡大すると予想する。より正確な光格子時計についても、今後需要が高まるとみられる。

光格子時計は、100億年に1秒の誤差を数ナノ秒以下に抑える。NICTは、100億年に1秒の誤差を数ナノ秒以下に抑える。NICTは、100億年に1秒の誤差を数ナノ秒以下に抑える。

標準時に「光格子時計」

誤差修正 100億年に1秒ずれ

100億年に1秒しか狂わない次世代時計「光格子時計」の国産商用機が、日本標準時の決定に活用されることになった。日本標準時を決めている国立研究開発法人・情報通信研究機構(国研機構)が、島津製作所(京都府)が開発した商用機を国内で初めて導入し、時刻の調整に使う。光格子時計は日本発の独自技術で、高精度な日本標準時を常に提供可能にする。光格子時計は、レーザー光で閉じ込めた大量の原子を振動させることで時間を刻む。1秒するのにかかる100億年かかる世界でも最も正確な時計とされ、原理を考え

光格子時計を活用した日本標準時決定のイメージ

情報通信研究機構	正確な時刻を提供
原子時計で日本標準時(協定世界時+9時間)を決定	18:46:03
国研機構(フランス)	
協定世界時を毎月決定	

光格子時計で時刻の誤差を4分の1以下に



会参加者の双方の安全面などを考慮したという。プロスポーツの試合にも影響が及んだ。宇都宮市で育成2月8日に開催予定だったバスケットボール・Bリーグの試合は、同会場を開演所として使うことになった。同日に變更された。同会場を拠点とする同リーグ・宇都宮フ

月末と月中旬に市内の小中学校で予定していた市運営主催の行事を取りやめとなった。児童の投票で給食のメニューを決める催しで、実際の選挙で用いる投票箱や投票用紙交付機を使い、投票の大切さを教えるのが狙いだった。市運営の鎌田慎司さん(35)は「子どもたちに選挙

インターネットを使った情報通信や金融取引などに不可欠だ。日本標準時は、国際機関が1秒を定義する際に使う「セシウム原子時計」などで決められている。ただ、この時計は、およそ1か月で20ナノ秒(ナノは10億分の1)の誤差が出る。そこで同機構は、セシウム

同機構は、独自開発した光格子時計による校正を2021年から始めている。約4億円の新機導入。計2台を活用して故障時のバックアップ体制を強化し、常に高精度な日本標準時を決定・維持できるようにする。光格子時計は幅広い用途への応用も期待されている。 인공지능による一般相対性理論によると、重力の影響を受ける低い場所の方が、高い場所よりも時間がゆっくり進む。光格子

時計ならば標高の違いで生じるわずかな時間差も測定可能で、地殻変動の観測や測量に使う観測も活発化。同機構の井戸哲也「時空標準研究室」は「日本標準時の校正を通じて、実用可能な技術であることを世界に示したい」と話す。

原子時計よりも精度が100倍以上高い光格子時計で時刻を校正し、誤差を4分の1以下に抑える。活用するのは、香取教授が島津製作所などと共同開発した世界初の商用機「イサクロック」(高さ約200センチ、重さ約200キロ)だ。

同機構は、独自開発した光格子時計による校正を2021年から始めている。約4億円の新機導入。計2台を活用して故障時のバックアップ体制を強化し、常に高精度な日本標準時を決定・維持できるようにする。光格子時計は幅広い用途への応用も期待されている。 인공지능による一般相対性理論によると、重力の影響を受ける低い場所の方が、高い場所よりも時間がゆっくり進む。光格子

1月のラインアップ

■「今につながる日本史 完全版7 温故知新を体験せよ」人気コラムの電子書籍化第7弾となる本書では、映画を手がかりに歴史に切り込む考察が目を引く。「ラー・アリア」では織田信長の夫婦愛にライオンを分析し、「レジョイ」では織田信長のインタビューと遺産26件を地図・写真と共に楽しめる。

※オンライン書店「honto」、AmazonのKindleストアなどで販売＝QRコード＝

PTPサービスのNICT本部以外での供給の可能性

本部までユーザーに専用線を引いてもらうのがNICTとしては最も楽。
しかし、金融等従来の想定ユーザーは都心に偏在。



NICT(本部)



都心部

「NICT本部から都心部へUTC(NICT)をPTPで時刻伝送する実証試験」の提案が採択され、**2024年度からNICTでプロジェクト化**



データセンター



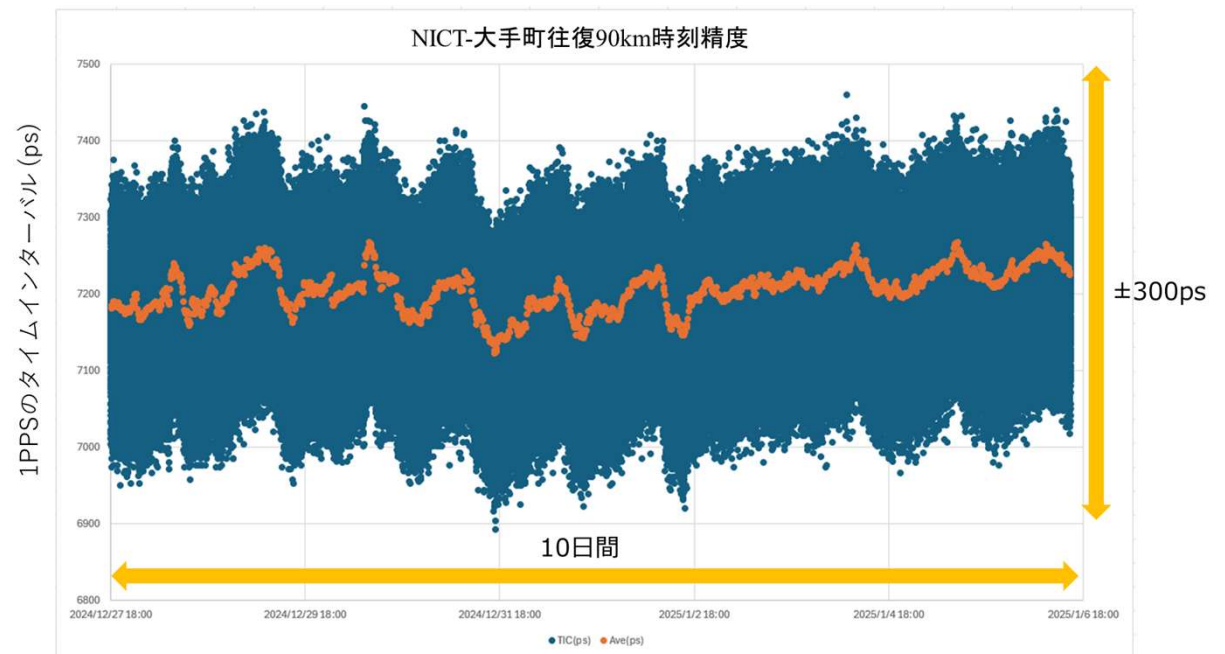
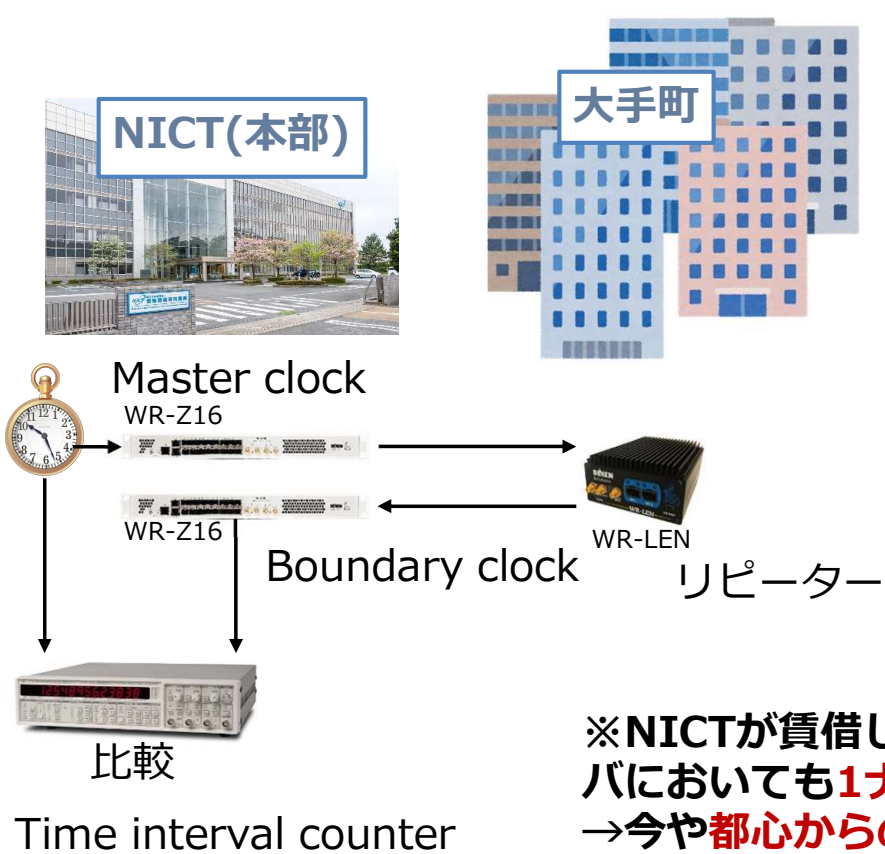
金融



通信

大手町-本部間のNTPトラフィックを減らすことも隠れた動機の一つ

大手町へのサブナノ秒精度の時刻伝送を確認済



※NICTが賃借している**本部-大手町間のダークファイバ**においても**1ナノ秒以下の伝送性能を確認済**
→**今や都心からのPTP配信も技術的に可能**

- 1秒積算値
- 10分積算値

ステップ1：GNSSバックアップとしての技術検証

- ✓ 本部からの配信（専用線PTP）
- ✓ 都心からの配信（特定拠点へNICTが高精度配信）
- ✓ 地方拠点からの配信の検討
（長距離伝送技術検証・NICT地方拠点利用）
- ✓ プロジェクトの制度設計・整理

↑ 技術的
feasibility確認済
↓

ここから先はユーザーの
ニーズを見ながら進めたく
要望をお寄せください

ステップ2：サービススキームの検討

- ✓ トレーサブルが重要なエンドユーザー(金融?)の開拓
- ✓ 精度・可用性の検討
- ✓ 運用・保守の確立
- ✓ ステップ3のための制度を検討

ステップ3：持続可能なインフラへ

- ✓ 持続可能な運用体制の構築





石田さん お願いします！

次世代高精度時刻配信インフラの構築に向けて

- ✓ 日本の時刻基準インフラとなる
「ナノ秒精度の時刻配信インフラストラクチャ」
の構築
 - ✓ 役割と責任分解点
-

時刻同期配信インフラの構築



時刻同期配信インフラの構築

時刻源

時刻搬送ネットワーク

時刻配信プラットフォーム

NICT

新規事業体の設立

パートナー企業
(DC, Fiber, Inter-Connection…)

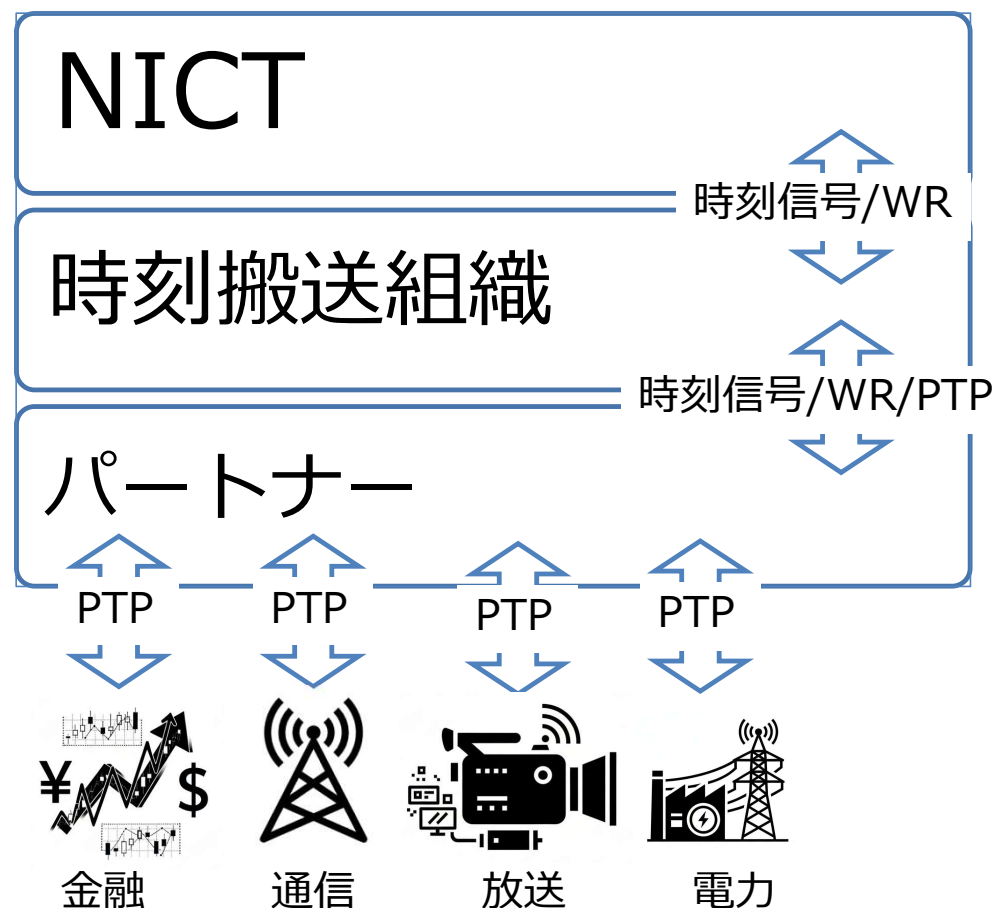
(敬称略)

全体構造

時刻の「生成・搬送・利用」の分離

インフラを3つの専門レイヤに分けることで各領域の
高度な専門性を担保かつ強靱な冗長性を実現

1. レイヤ1(時刻源)：光格子時計・原子時計による究極の「原時」生成
2. レイヤ2(時刻搬送ネットワーク)：無停止・低揺らぎの「高精度時刻専用光ハイウェイ」
3. レイヤ3(時刻配信プラットフォーム)：産業ニーズに合わせた「時刻の高度利用プラットフォーム」



レイヤ1：高精度時刻源の保有と提供 (Source Layer：時刻源)

役割：責任分解点まで「正しい時刻」を送り届ける

主要機能：

- 複数地点(首都圏・関西圏)での光格子時計や原子時計(セシウム・ルビジウム)の維持・運用
- GNSSに依存しない自立的な基準時刻(原時)の生成
- UTCの保証

技術的責務：

- 基準時刻とレイヤ2への引き渡し点における「位相の正確性」の保証

拠点障害時に備えた、地域間での時刻源同期(位相同期)

責任分解点：レイヤ2のネットワーク相互接続点またはクロックインターフェース(1PPS/10MHz等)

レイヤ2：全国網による無停止搬送 (Transport Layer：時刻搬送ネットワーク)

役割：レイヤ1の時刻を劣化させず一瞬の途切れもなく全国へ搬送

新たな事業体の設立を想定

主要パートナー：ネットワークインフラ事業者

(光ファイバー事業者、データセンター事業者、インターコネクション事業者)

技術的責務：

- 物理パス冗長：複数拠点(4拠点程度)を結ぶ多重化ルート(最低でも独立した2系統)の確保
- 無瞬断(ヒットレス)：障害切替時もナノ秒単位の連続性を保つ位相同期技術の開発・運用
- 物理特性管理：光路長差の自動補正および温度変化に伴う遅延変動の抑制

提供形態：専用波長(λ)伝送または位相同期を高度に管理した専用回線

レイヤ3：上位サービスへの展開 (Service Layer：時刻配信プラットフォーム)

役割：レイヤ2からの時刻を産業ごとの用途に合わせて「加工・提供」

主要用途(ユースケース)：

- **通信：5G/6G基地局間でのナノ秒単位の位相同期(TDD運用)**
- **放送：4K/8K放送の多拠点同時送出およびIP放送の同期**
- **電力：スマートグリッドにおける広域周波数同期への供給**
- **金融：国際商取引におけるUTCタイムスタンプの付与**

技術的実装：

- **PTP (IEEE 1588v2) 等を用いたプロトコル配信への変換**
- **DC内での末端デバイスへの配信・認証**

ネットワーク事業者の役割

1. 複数地域間での時刻源の相互バックアップ
2. 冗長ネットワークによる無停止稼働
3. 産業毎の要望にあわせた時刻の提供

議論の時間

会場からのQ&Aと議論、コメントなどお願いします



**今後色々と皆様と関りが深くなっていくと思いますので、
引き続き密な情報交換と相互協力を宜しくお願いします！**

