

ITSF2025への参加と時刻端末の標準化

2025.11.20

標準化WG

林 正明



第23回ITSF (International Timing and Sync Forum 2025 2025年10月27日 ~ 10月30日 プラハで開催

ITSF 2001 – London – Royal Kensington Garden Hotel, organised by Chronos Technology

ITSF 2004 – London – organised by the Institute of Engineering and Technology (IET)

ITSF 2005 – London – organised by the IET

ITSF 2006 – Prague – organised by the IET

ITSF 2007 – London – organised by the IET

ITSF 2008 – Munich – organised by Avren Events

ITSF 2009 – Rome – organised by Avren Events

ITSF 2010 – Dublin – organised by Avren Events

ITSF 2011 – Edinburgh – organised by Avren Events

ITSF 2012 – Nice – organised by Avren Events

ITSF 2013 – Lisbon – organised by Avren Events

ITSF 2014 – Budapest – organised by Avren Events

ITSF 2015 – Edinburgh – organised by Executive Industry Events

ITSF 2016 – Prague – organised by Executive Industry Events

ITSF 2017 – Warsaw – organised by Executive Industry Events

ITSF 2018 – Bucharest – organised by Executive Industry Events

ITSF 2019 – Brighton – organised by Executive Industry Events

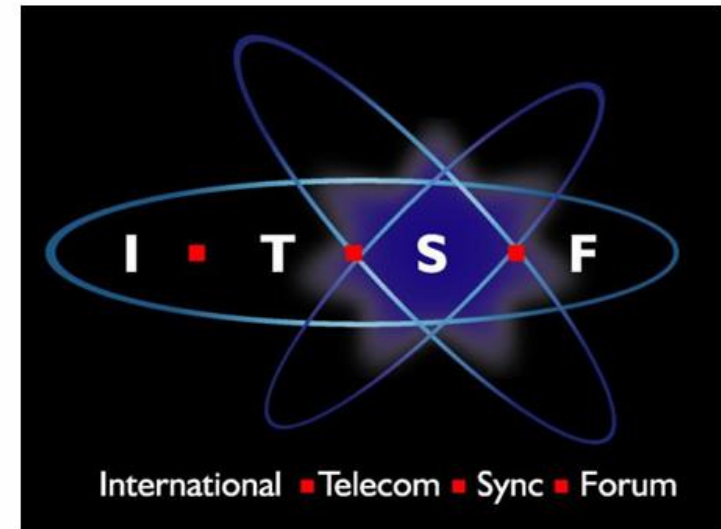
ITSF 2020 – Online – organised by Executive Industry Events

ITSF 2021 – Brighton – organised by Executive Industry Events

ITSF 2022 – Dusseldorf – organised by Executive Industry Events

ITSF 2023 – Antwerp – organised by Executive Industry Events

ITSF 2024 – Seville – organised by Executive Industry Events



第24回ITSF 2026年11月2日 ~ 11月5日 @ジュネーブ

10月27日 Tutorial + Opening

10月28日～10月30日 各発表

機器展示（3日間） + Poster 展示（29日、30日）

日付	テーマ
10月28日	Challenges and Requirements for Time and Sync in Defence 6個の発表
	Sync in the Infrastructure 13個の発表
10月29日	Practical Implementations of Timing & Synchronisation and Network Performance Monitoring 20個の発表
10月31日	Strengthening Resilience and Integrity in Timing + Alternate PNT 11個の発表
	Source and Building Blocks of Timing Architecture 6個の発表

時刻同期が必要なアプリケーションとその精度

時刻同期が利用した具体的なソリューション

GNSSを利用した時刻同期の課題

GNSS以外の時刻同期のソリューション、TEST結果

参加者：世界39カ国から408名（189社）の参加者

展示：製品展示 48社



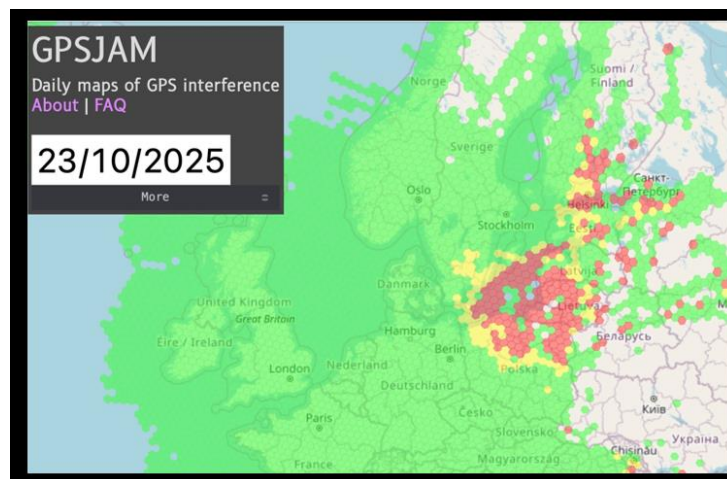
Application	精度	プロトコル	Critically	備考
Health Care	< 1s	NTP	High	ヘルスケアのモニタリングと通信システム
セキュリティ	<1ms	NTP	High	異なる機関、制御システムとの通信
運輸・輸送	<1m s	GNSS	High	鉄道、航空通信、ITS
ファイナンス	<100μ s	NTP、PTP、GNSS	Very High	電子取引
電気通信	<1μ s	NTP、PTP、GNSS	Very High	携帯電話（5G）、クラウドサービス、VOIP、課金サービス
エネルギー	<1μS	PTP、IRIG-B、GNSS	Very High	電力系統、故障検出、スマートGRID
防衛	<100ns	NTP、PTP、GNSS	Very High	制御システム、レーダーシステム、目標追跡システム
宇宙	<10ns	10MHz、IRIG-B IPPS、NTP、GNSS	Very High	衛星と地上システムとの通信

時刻同期の必要条件

正確性 (Accurate)、精度 (Precise)、安定性 (Stability)、可用性 (Availability)、
信頼性 (Reliability)、回復力 (Resilient)、安全 (Secure)、回復性 (Treatable)
安全性をモニターするための監視機能 (Monitored to guarantee Integrity)
運用可能かつ保守可能 (Operable and Maintainable)

GNSSによる時刻同期のリスク

- ・宇宙空間における脅威 (GNSS衛星が攻撃を受ける可能性)
- ・GNSS信号の脆弱性 (Jamming、Spoofing)
- ・Networkの脆弱性 (単一シグナルのPTPネットワークへの依存)
- ・地上局へのリスク (GNSSコントロール地上局へのCyber Attack等)
- ・ユーザー端末／サイバーセキュリティ：GNSSレシーバーへのHard／Softに対する攻撃



GNSS Jammingの現状
(10月23日に観測されたJamming)

GNSS環境へのリスク対応

- ・GNSS、LEO、GEOによるHybridによる統合PNT測位
- ・G妨害/スプーフィング対策新型フェーズドアレイアンテナ等
- ・地上マルチネットワーク（e-Loran、次世代TV Network）
- ・自律システム（慣性航法、視覚航法、高精度クロック等）

地上マルチソースシステム

- ・宇宙マルチ軌道システム（SPMS）への耐性強化。
- ・ネットワークPTPおよびその他の地上PNT信号（eLoran等）

複数衛星の利用

- ・慣性航法システムおよび視覚航法システム用のGNSSとLEO/GEO補助信号を融合する。

インテリジェント・センサー・フュージョン・システム

- ・多層PNT技術を融合した認証、検証、適格性評価、切り替え、学習（AI）システム

なりすまし防止システム

- ・複雑ななりすまし攻撃を検知し、信号の整合性を確保する暗号ハッシュNMA認証システム。RAIMと連携、妨害/なりすまし防止アンテナ

妨害/スプーフィング対策アンテナ

- ・CRPAおよび新しい妨害/スプーフィング対策フェーズドアレイアンテナ





- ② GPS spoofing detected with **AtomiChron eGNSS GEO** service (GPS NMA authentication, not Galileo OSNMA), so switching to alternate **Iridium LEO STL** signal
- ③ GPS spoofing no longer detected, so switching back to **GPS** signal

GNSSにのみ依存する時刻同期システムの脆弱性



時刻同期の重要性

多くの重要なインフラにとって
正確な時刻と周波数は重要



GNSS-Based

多くの時刻同期はGNSSを利用している



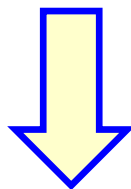
脆弱性

GNSS信号はジャミングや
Spoofingの脅威がある



Resilience

Alternativeなソース、技術は必須である



STL (LEO) やGEO-LによるGNSSによる代替えを検討

System Architecture

66のIridium衛星、高度781km（GNSSより25倍近い）

信号特性

GNSSより30db強力（L-Band）

セキュリティ機能

毎秒に変化する固有鍵による暗号認証

信号を事前に予測不可能にすることで、衛星からの信号（スプーフィングではない）ことを確認

Jammingに耐えうる強力な信号

UTC Traceability

複数の基地局によるUTC（USNO、NIST）のトレーサビリティが可能

NISTのMain Clockに直接接続

System Architecture

Inmarsat GEO衛星によるL-Band衛星

世界中に80基以上の測地基準受信機

バックアップ機能を備えた2つのPrimaryコントロールセンター

信号特性

静止衛星：衛星の常時可視性

セキュリティ機能

指向性アンテナによる妨害電波耐性

暗号化データストリーム

UTC Traceability

グローバルリファレンスネットワーク経由のリファレンス

UTC(k)サイトからのタイムタグ付きメッセージ

Accuracy	Stability	Holdover
UTCを基準とした場合の時刻の正確性 指標 ・RMS error (ns) ・Peak error vs. UTC	Oscillatorが時間の経過とともにどの程度安定して周波数を維持しているか 指標 標準偏差 (σ) 時間偏差 (TDEV) Allan偏差 (ADEV)	リファレンス信号が喪失した後にどれだけ精度を保持できるか 指標 ドリフト Rate(ns/Hour) 時間経過後の総誤差

試験内容

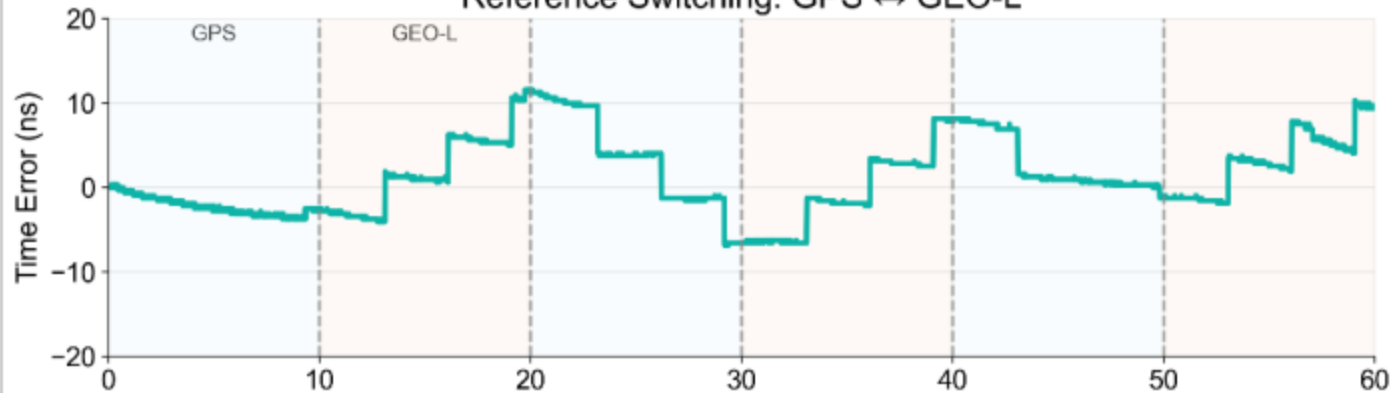
- ・ STLとGEO-LをGNSSに依存しないUTCトレサブルなタイミングソースとして評価する
- ・ 通常およびGNSSが利用できない状況下での性能を定量化する
- ・ 時刻同期が必須なアプリケーションへの適合性を評価する

3つの主要な試験シナリオ

- ・ 移行性能（GNSS代替ソース）：プライマリソースとバックアップソース間のシームレスな切り替え能力を評価する
- ・ 24時間動作：定常状態における長期的な精度と安定性を評価する
- ・ ホールドオーバー性能：すべての衛星信号が利用できない場合の耐性を評価する

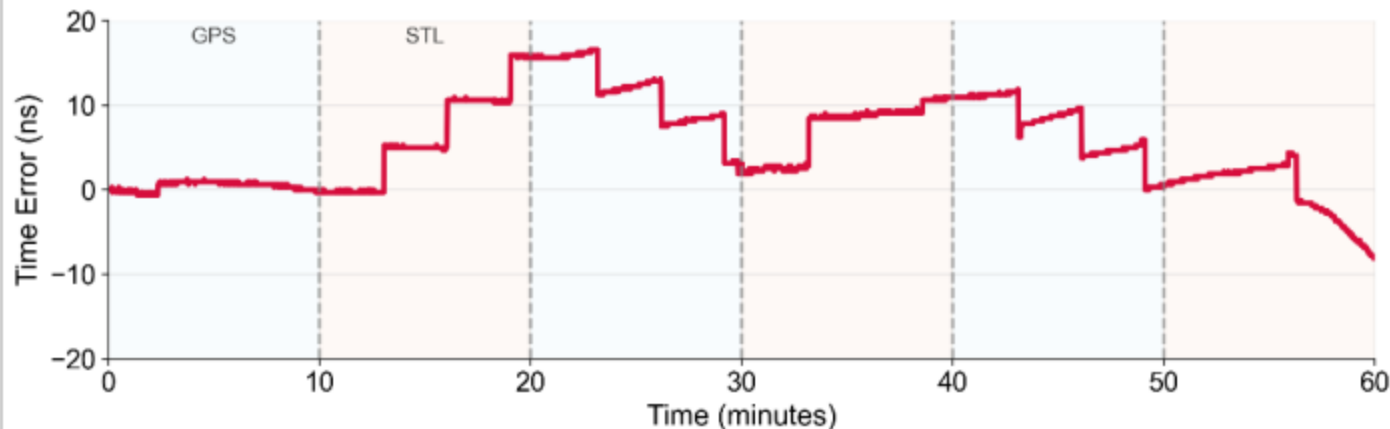
Transition Performance: GNSS ↔ Alternate Source

Reference Switching: GPS ↔ GEO-L



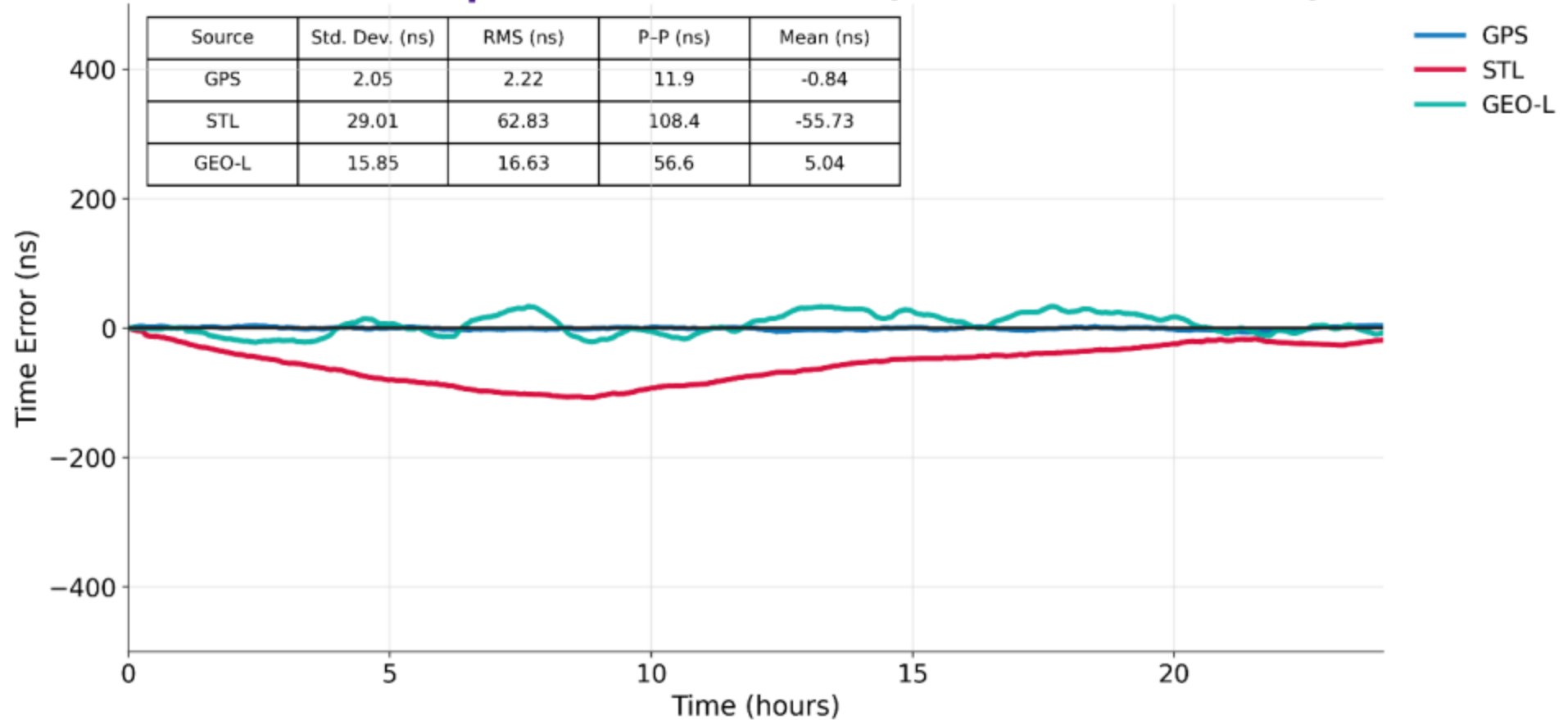
Source	σ (ns)	P-P (ns)	Mean (ns)
GPS window	4.52	18.4	1.37
GEO-L window	4.57	18.1	1.36

Reference Switching: GPS ↔ STL

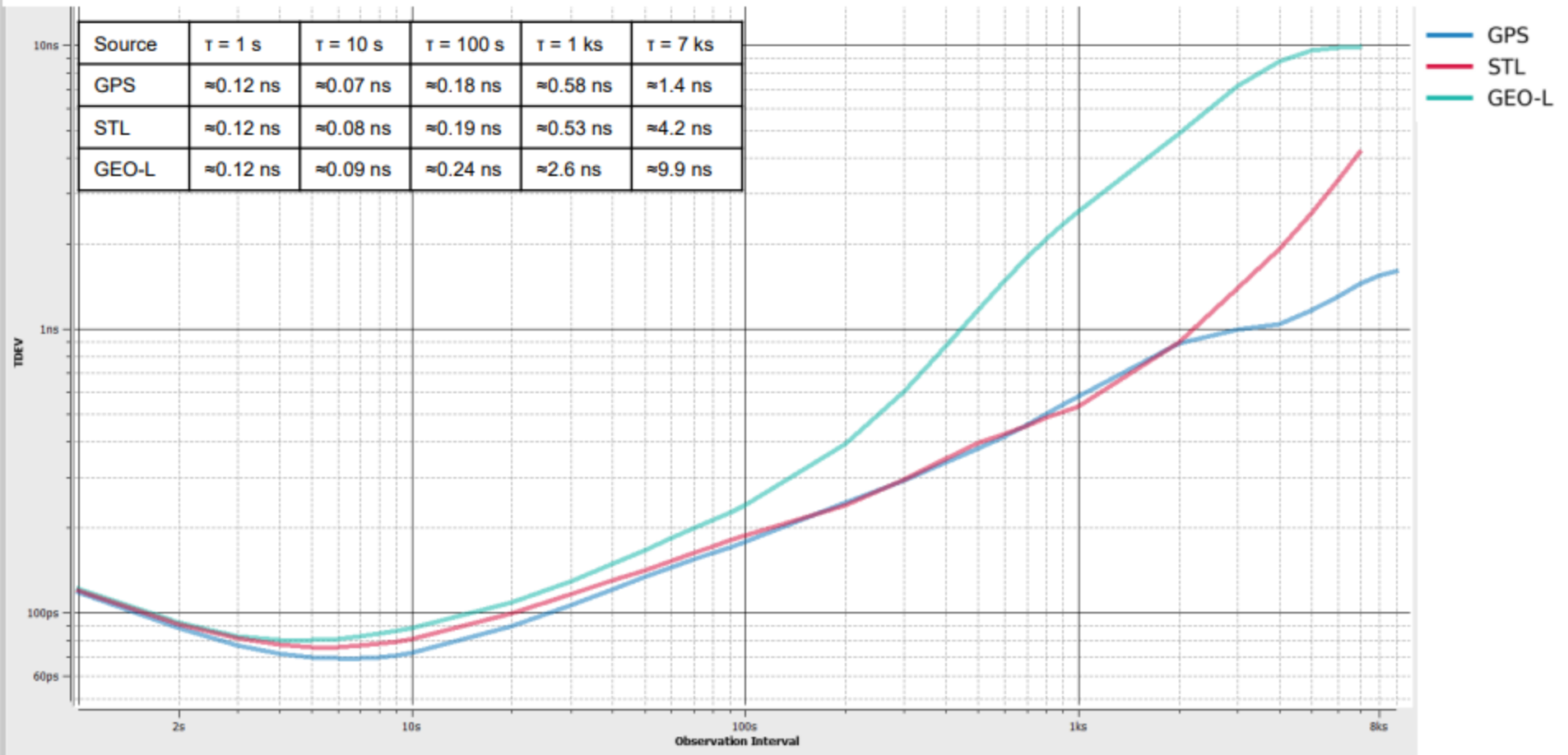


Source	σ (ns)	P-P (ns)	Mean (ns)
GPS window	5.47	17.2	6.43
STL window	5.15	24.1	4.31

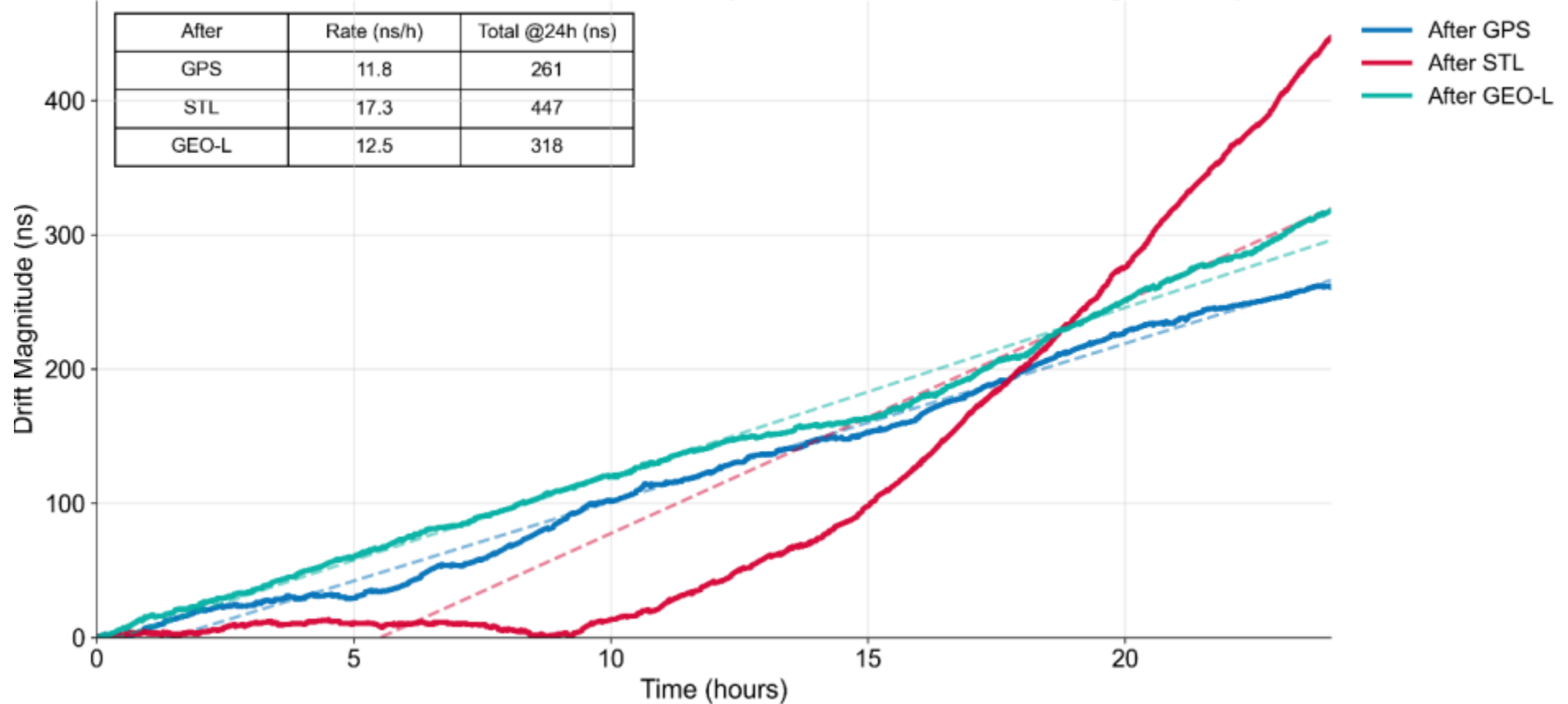
24-Hour Disciplined Performance (Rubidium Oscillator)



Time Stability (TDEV) — 24-Hour Disciplined Tests



24-Hour Holdover Performance (Accumulated Drift Magnitude)



Performance Aspect	STL(LEO)	GEO-L
アプリケーション	静的及び動的アプリ 時間同期及び位置情報 Indoor/Outdoor	静的アプリ 時刻同期 Outdoor
Coverage	極地を含む地球全体	衛星カバーエリア
UTC 同期	UTC(NIST)との直接接続	Network経由
精度(機器仕様)	<65 ns RMS	<100ns RMS
24時間精度	~63ns	~17ns
切り替え性能	GPS⇔STL $\sigma=5.5\text{ns}$	GP
安定性	Std. Dev $\approx 29\text{ ns}$	Std. Dev $\approx 16\text{ ns}$
Hold Over	$\approx 17\text{ ns/h drift (447 ns total)}$	$\approx 13\text{ ns/h drift (318 ns total)}$

調査結果

- ・STLとGEO-Lはどちらも、GNSSに依存しない信頼性の高いUTCトレーサブルなタイミングを提供可能
- ・両システムとも、重要インフラに適した100ナノ秒未満の精度を実現た。
- ・移行性能は、最小限の中断でシームレスな切り替えが可能である。

次のステップ

- ・長期安定性評価のため、テストを72時間以上の連続動作に拡張
- ・24時間連続動作で示された動作の違いを受信機のPerformanceの違いを考慮して更に精査する

EN16605に対する認識

- Septentrio、U-Blocの担当者共々 規格の存在を認識していない。
- ITSFの発表の中でも、発表はなし
(EN16605制定後の初めてのITSF)
- 各社ともカタログでは対UTCに対する時刻精度性能を表示

精密時刻デバイスのISO化にむけて

GPS、QZSS、Galileo、Glonass等に対応したGNSSデバイスの精度等のISO化提案

→11月7日：ISO/TC20 /SC14/WG8 の第7回 Meeting (@Paris) にてPWI (Preliminary Work Item :) の提案を実施

ISO化のにむけた今後の検討内容とポイント

①対象となるデバイス（どの種類のデバイスを対象とするか）

- GNSSチップ、GNSSモジュール、GNSS-DO、Time Server等の各種製品が存在する
- 時刻精度は、アンテナ性能、アンテナケーブルの長さ、周辺機器（搭載Clock等）により影響を受けるため、ISOの精度基準の対象機器をどの種類までカバーするかの議論が必要

②時刻精度規準

- ・UTCと各衛星の時刻とのOffsetが存在する。
- ・シングルコンステレーション、マルチコンステレーション等で何を基準として精度を定義するか検討が必要（各社のカタログ等では対UTCに対する精度のみが記述されている）

③基準となる環境、TEST環境

- ・Open Sky等のどのような環境を精度の標準環境を規定するか？
- ・シミュレータを利用したTEST、フィールドでのTEST環境の設定、TEST方法の議論