

# モニタリングシステムを革新する原子時計(1)

Atomic Clock Leading to Innovation of Monitoring System (1)

## 本研究の差異化ポイント

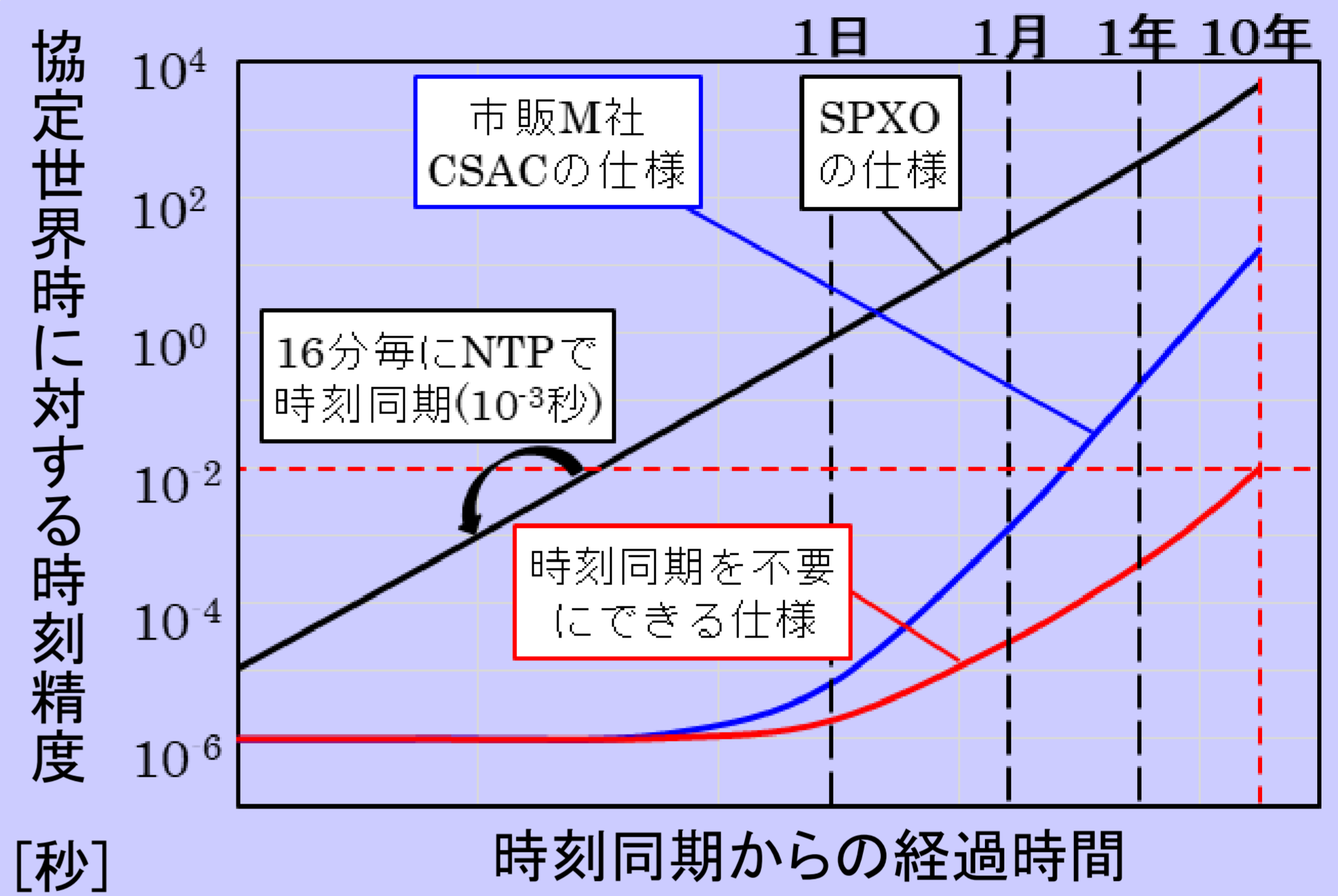
- ◆原子時計の小型化と時刻精度向上を両立するガスセル内環境制御技術
- ◆原子時計内外の環境観測データを基にした基準周波数補正技術
- ◆時刻同期が不要な原子時計を組み込んだセンサ端末によるモニタリング

## 背景とねらい

### ■データ間の時刻整合性での課題

橋梁や法面、道路付帯物など各フィールドからのデータを統合して分析するには、データ間の時刻の整合性が重要となる。各データに付与する時刻精度は、センサ端末などに組み込んだ時計間の同期精度で決まり、設置環境や天候で変化する電波状況に依存するため、システム構築には多大なノウハウが必要となっている。

センサ端末に組込可能な小型で低消費電力な原子時計を開発することで、時刻同期を不要としたモニタリングシステムを実現し、システム構築の労力を大幅に削減する。



時刻同期を不要とする時計の仕様

SPXO : Simple Packaged Crystal Oscillator  
 CSAC : Chip Scale Atomic Clock  
 ULPAC : Ultra-Low Power Atomic Clock  
 NTP : Network Time Protocol

## 概要図

時刻精度と消費電力を両立した小型原子時計

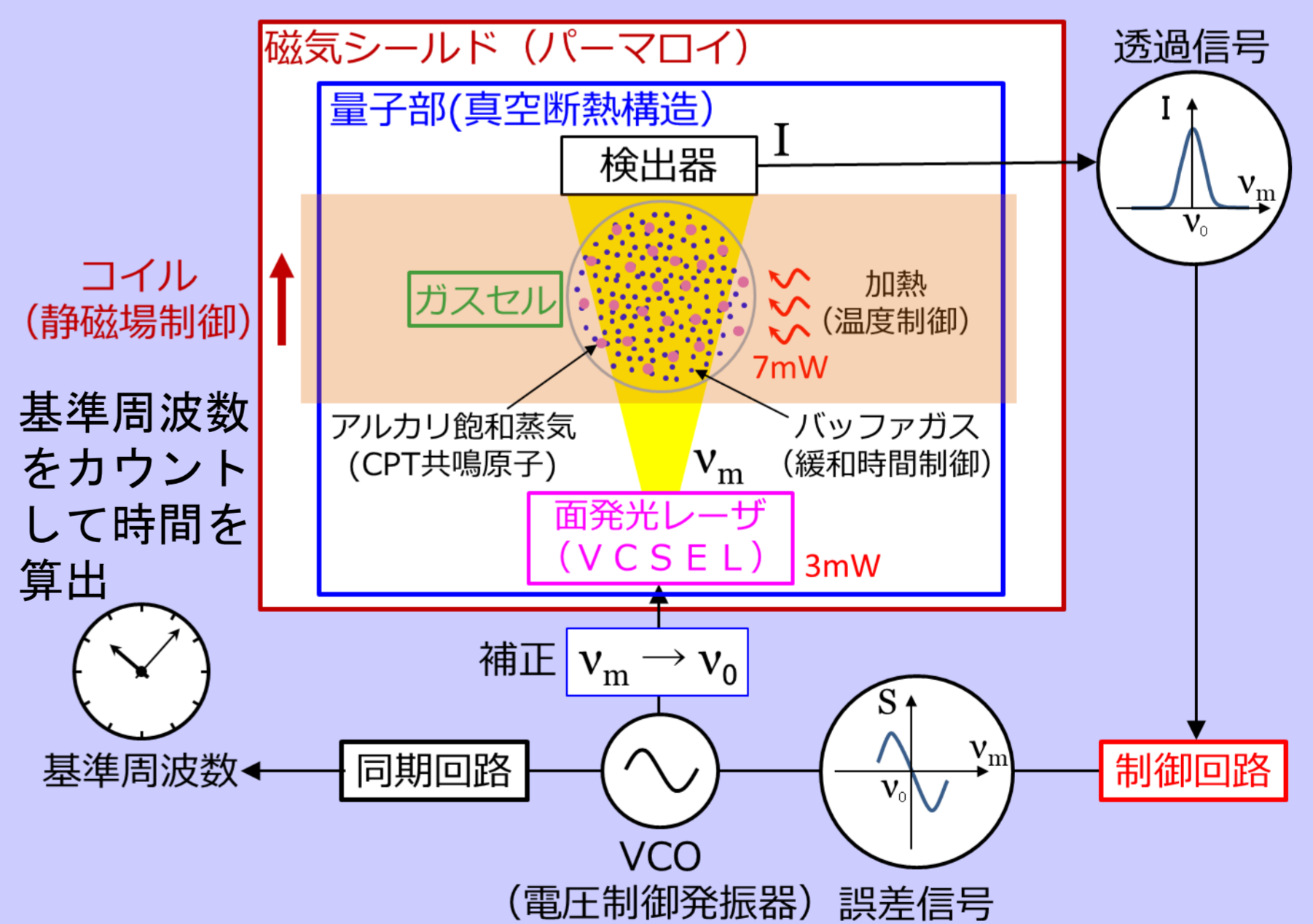
### ■時刻の高精度化

- 1) 混合バッファガス(温度依存性の低減)
- 2) 真空内でのガスセル中空保持(熱の移動低減)
- 3) 低透過率ガスセル(バッファガス圧変動抑制)
- 4) VCSELエージング処理(光強度の変動抑制 → ライトシフト低減)
- 5) ガスセル内静磁場制御(磁気シールド+磁場生成コイル → ゼーマンシフト固定)
- 6) 環境温度を基にした基準周波数の補正
- 7) デュアルガスによるバッファガス圧の可観測化と、それを基にした基準周波数の補正

### ■低消費電力化

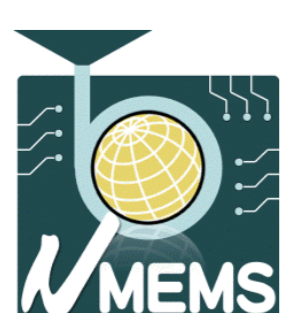
- 8) 低消費電力と低位相雑音を両立したCMOS集積化PLL回路
- 9) 小型ガスセル:  $2 \times 2 \times 2 \text{mm}^3$  (内  $1.4 \times 1.4 \times 1.4 \text{mm}^3$ )

アルカリ原子固有のCPT共鳴の周波数を利用して、高精度な周波数を作り出す仕組み



## センサ端末同期用原子時計(ULPAC)

CPT : Coherent Population Trapping  
 PLL : Phase Locked Loop  
 VCSEL : Vertical Cavity Surface Emitting Laser



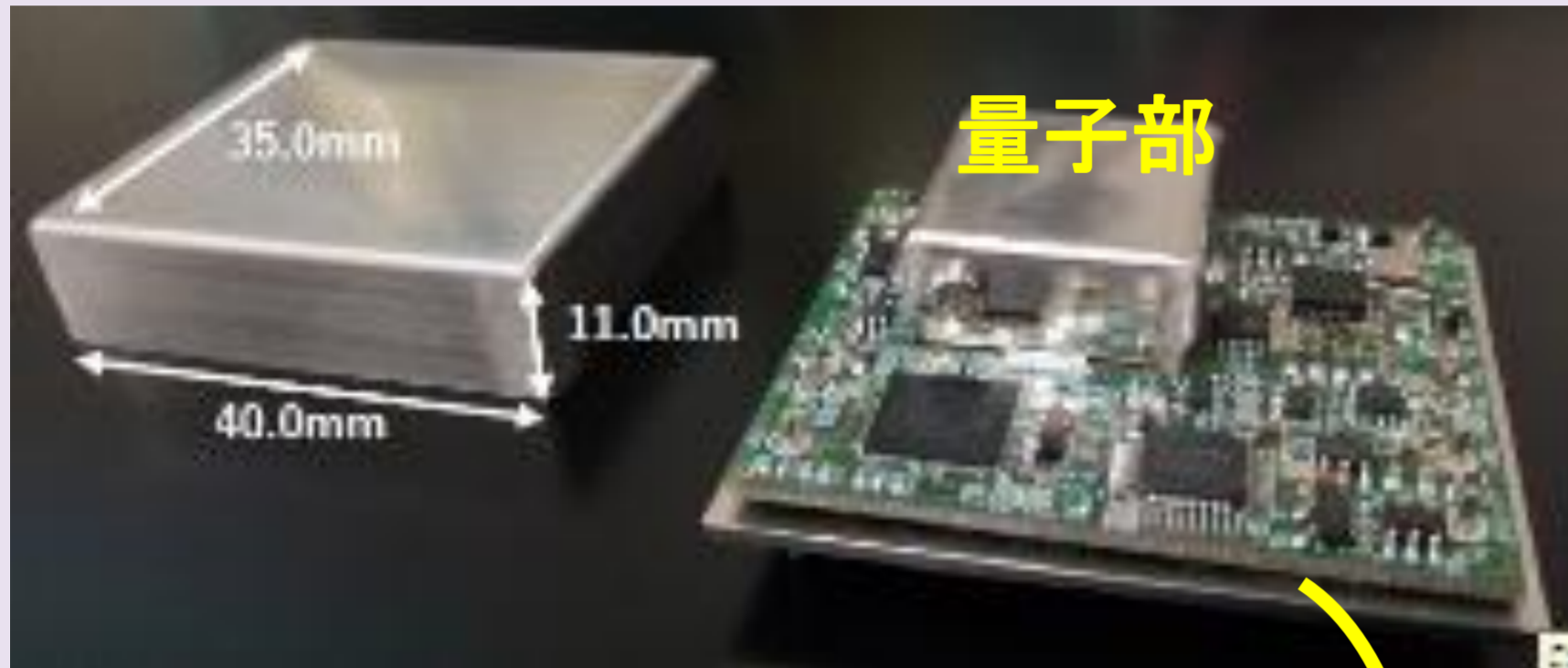
# モニタリングシステムを革新する原子時計(2)

Atomic Clock Leading to Innovation of Monitoring System (2)

## これまでの成果(H27年～)

TCXO : Temperature Compensated Crystal Oscillator  
 PD : Photo Detector  
 GPS : Global Positioning System

### ■原子時計の小型・低消費電力化と時刻精度保持期間の向上



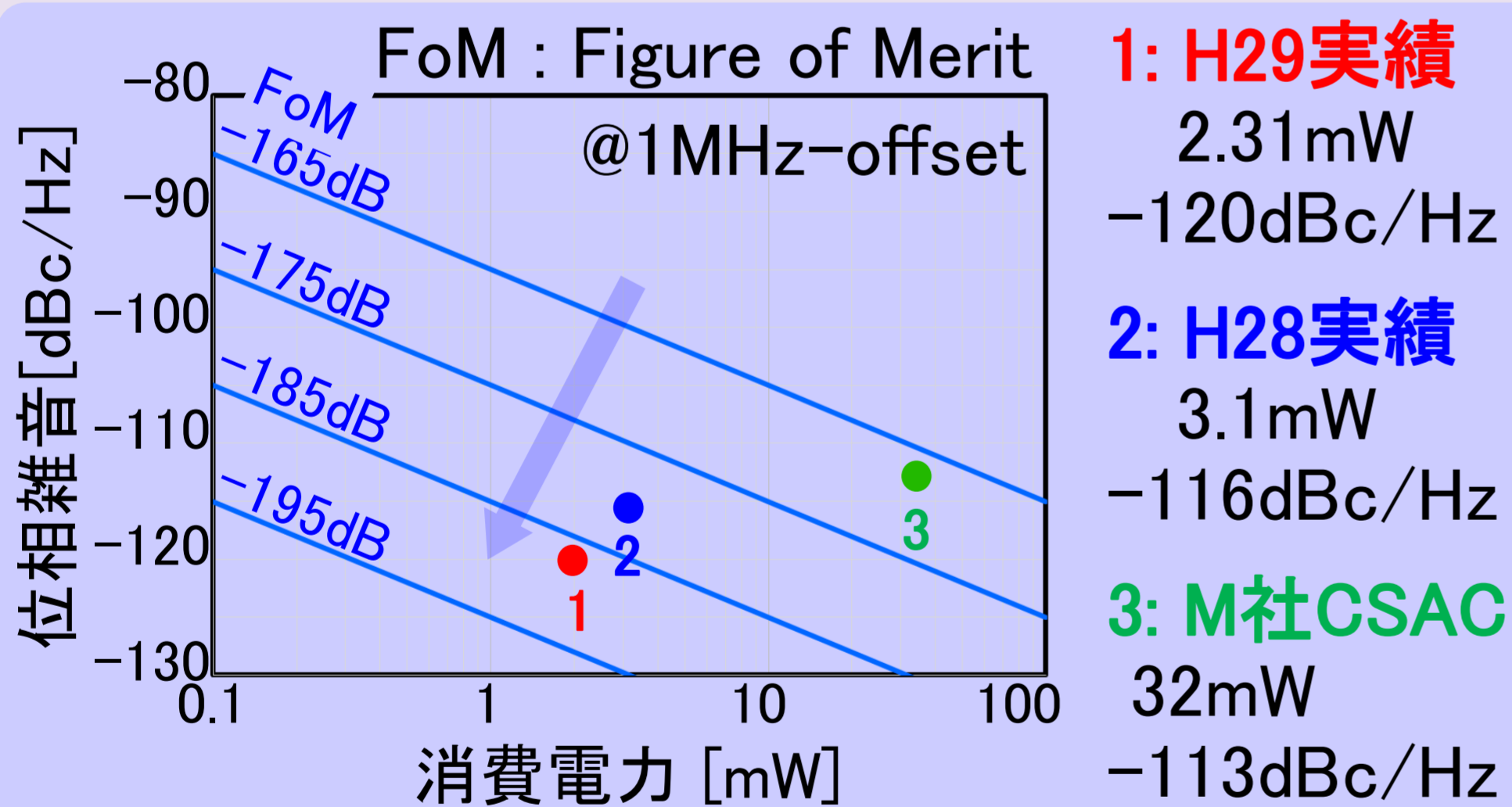
平成29年度原子時計プロト  
 (40×35×11mm<sup>3</sup>)



分解能0.1μsで評価  
 GPS (1PPS) 基準の原子時計評価装置

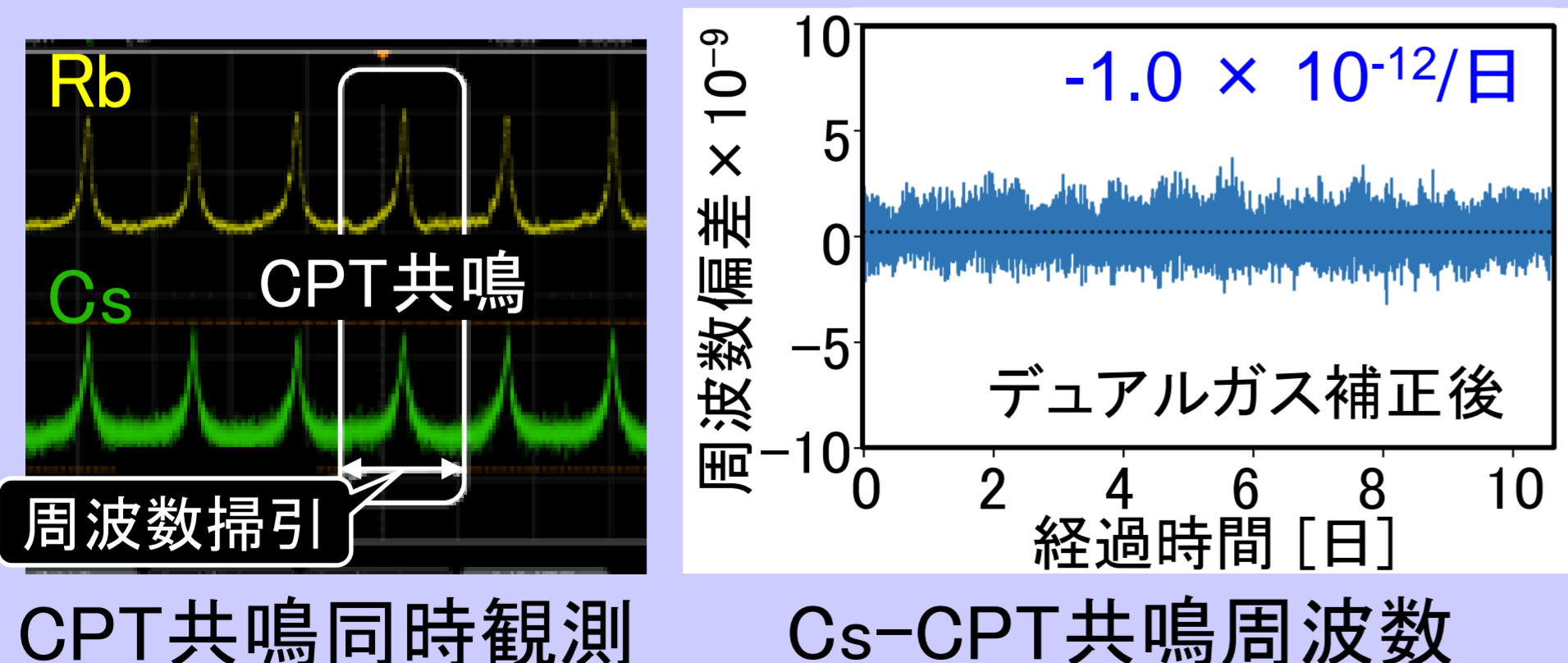
### ■極低消費電力CMOS集積化PLL回路

《低消費電力と低位相雑音を両立》



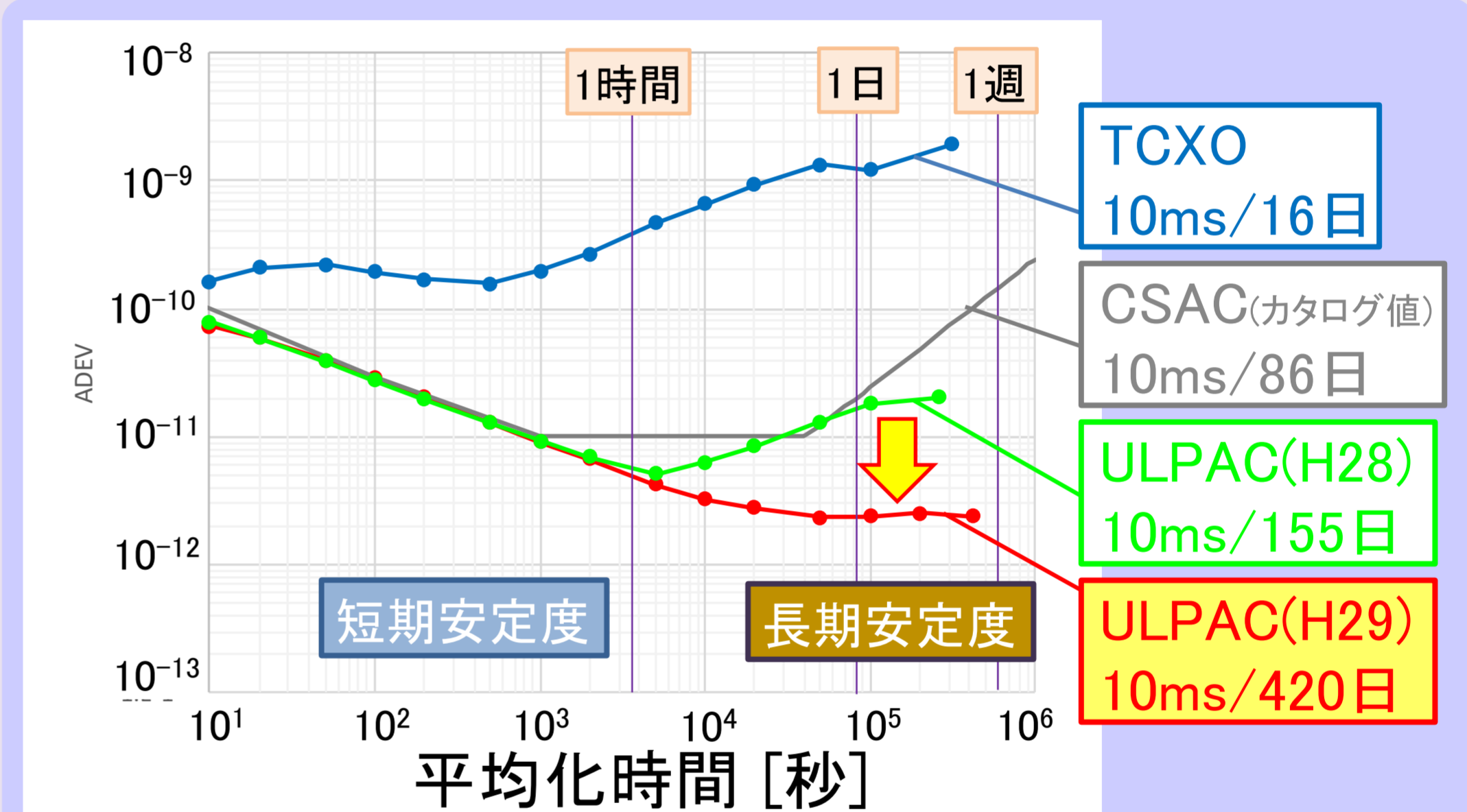
### ■Cs・Rb併用 デュアルガス補正法

《リアルタイム補正で8倍の時刻精度》



### ULPACプロトタイプの開発目標

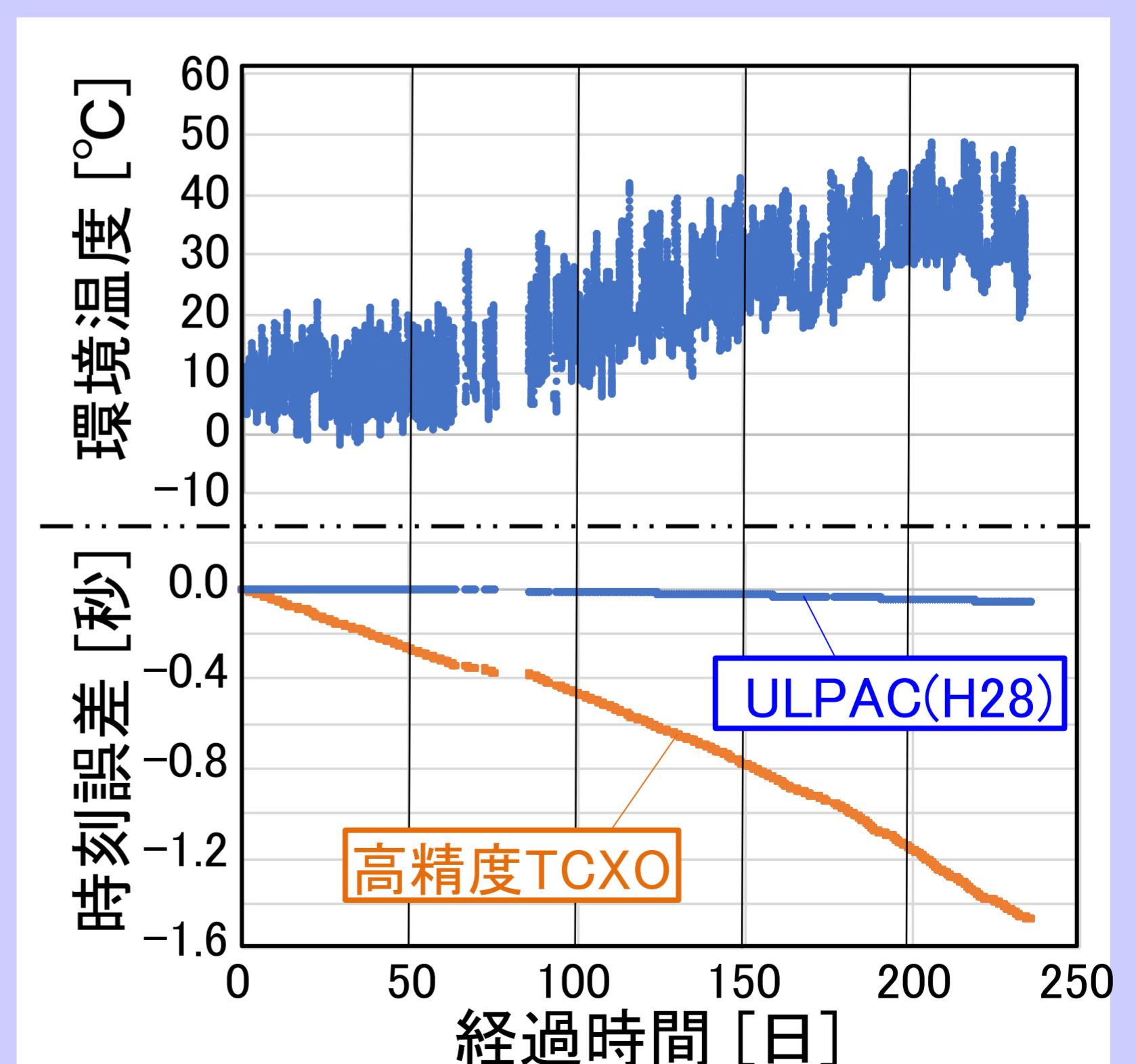
	H28年度目標 (実績)	H29年度目標 (実績)	H30年度目標
時刻精度	10ms/6カ月 (10ms/6カ月)	10ms/8カ月 (10ms/14カ月)	10ms/12カ月
消費電力	120mW (114mW)	90mW (75mW)	60mW
サイズ	40 × 40 × 18 mm <sup>3</sup>	40 × 35 × 11 mm <sup>3</sup>	30 × 30 × 11 mm <sup>3</sup>



平成29年度原子時計プロトタイプのパフォーマンス

### ■実環境における検証

《GPSから取得する正確な時刻と比較検証》



屋外連続稼働(H29.12.27~H30.08.07)

