

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

- ◆モニタリングシステムの時刻同期を不要とし、設置・運用労力を革新的に低減
- ◆センサ端末に組込可能な小型で低消費電力な原子時計
- ◆高い時刻精度の長期間維持を可能とするガスセル内環境維持・計測技術

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。各データに付与するタイムスタンプの精度は、センサ端末などに組込んだタイミングデバイスの時刻同期精度で決まり、設置環境や天候などで変化する電波状況に依存する

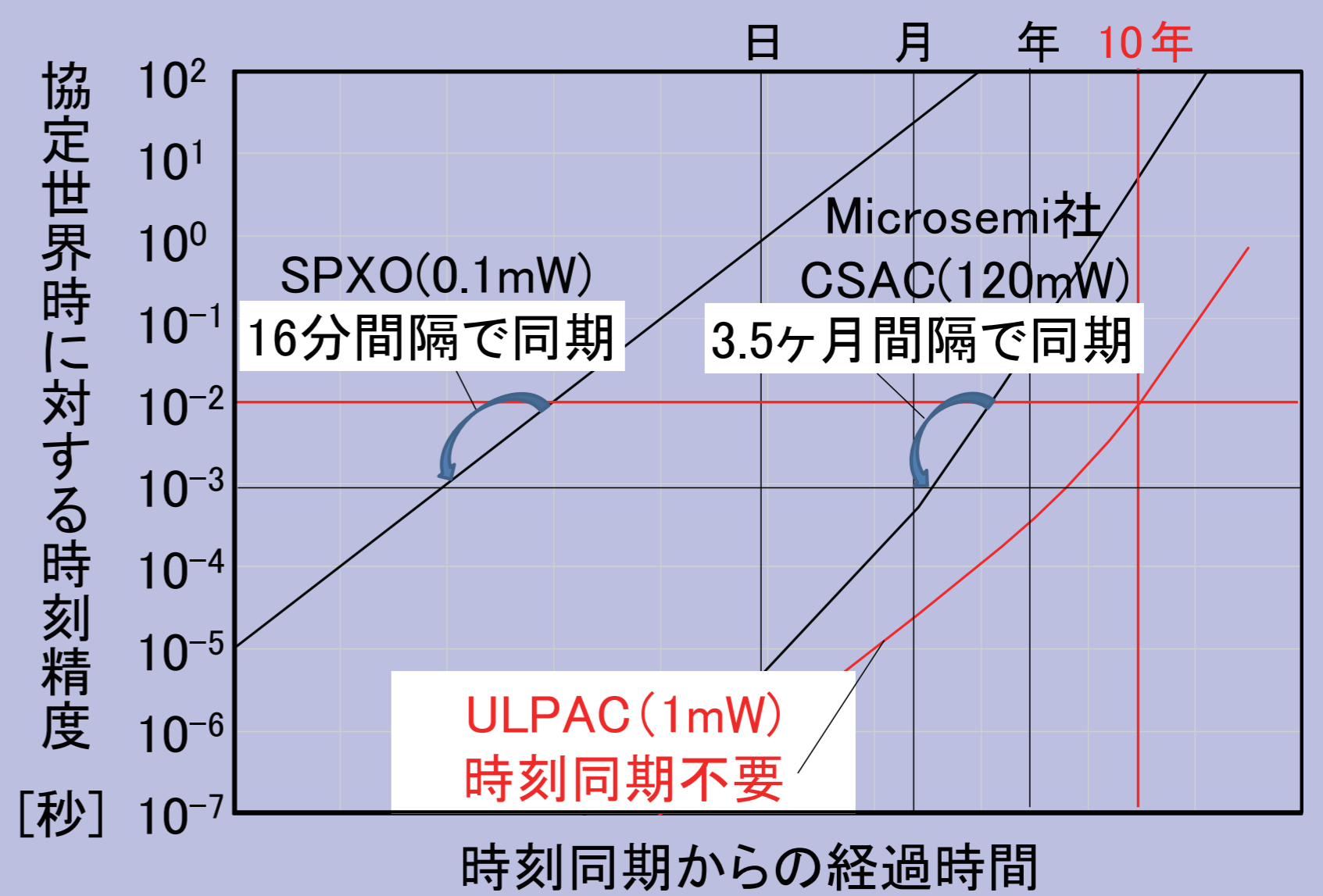
➡ 設置場所や天候などを考慮したシステム設計にノウハウが必要

■セキュリティでの課題

公衆回線を介した時刻同期経路がセキュリティホールとなる可能性がある

➡ 独立したタイムサーバが必要

SPXOなどに換わり、高精度な原子時計(ULPAC)をセンサ端末に組込むことで、モニタリングシステムの時刻同期を不要とし、設置・運用の労力を革新的に低減



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

概要図

■ガスセル内環境維持技術

- ・ガスセル内高純度化(焼だし+高純度ガス)
- ・ガス透過率低減(ガス種+ガスセル材料)

■デュアルガス計測による周波数補正技術

- ・Cs/RbのCPT共鳴同時検出で推定するガスセル内環境変化を基にした発振周波数補正

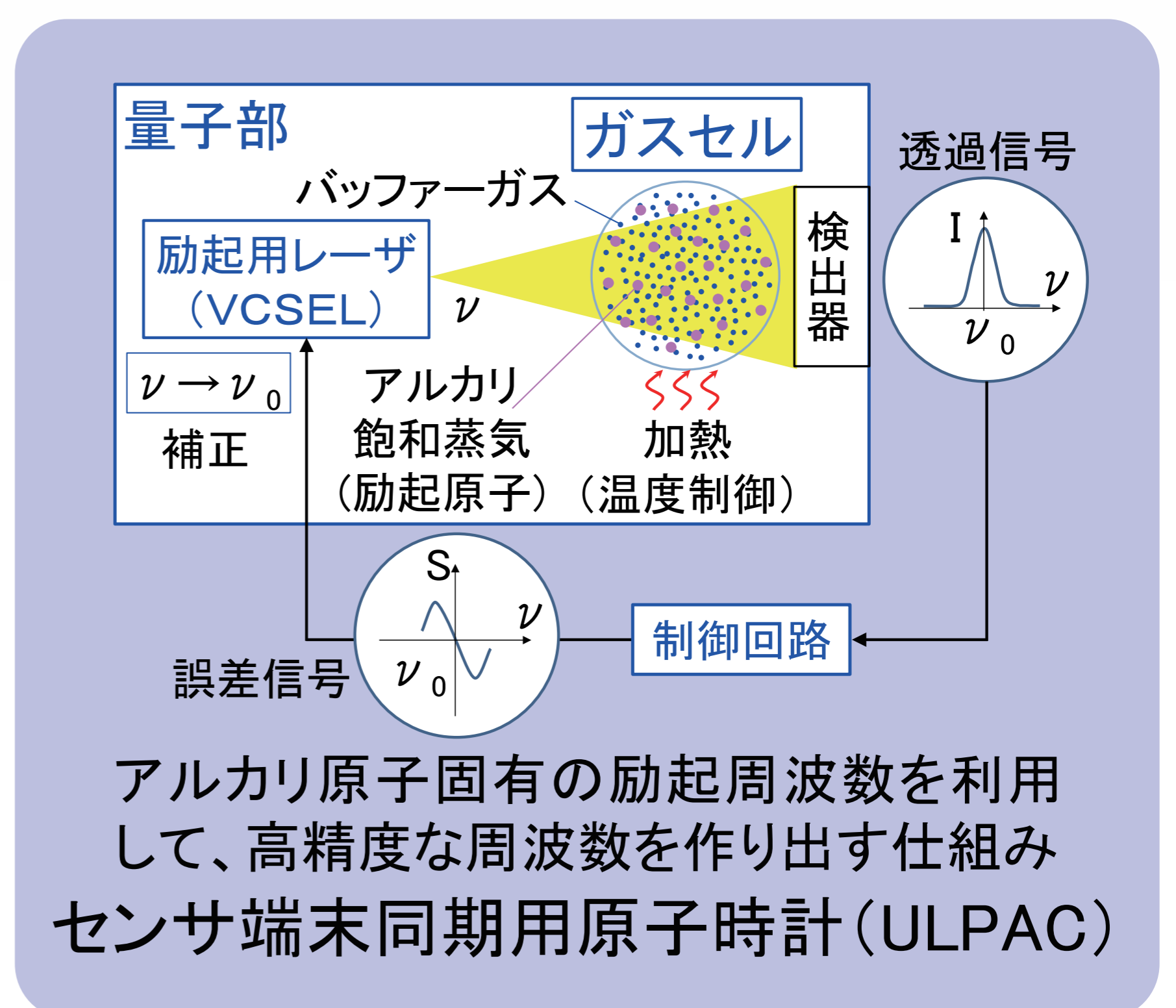
■小型ガスセル真空断熱保持技術

- ・量子部真空気密+低熱伝導ガスセル保持+低熱輻射ガスセル+量子部高熱反射壁

■制御回路の低消費電力技術

- ・低消費電力と低位相雑音を両立したCMOS集積化PLL回路

CPT : Coherent Population Trapping, PLL : Phase Locked Loop



アルカリ原子固有の励起周波数を利用して、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)

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～)

○小型・高純度ガスセルと CMOS 集積化PLL回路で、原子時計を小型・低消費電力・長期安定化

27年度ガスセル $\phi 5 \times 9\text{mm}^3$

28年度ガスセル $2 \times 2 \times 2\text{mm}^3$

27年度量子部 ($25 \times 25 \times 25\text{mm}^3$)

原子時計の小型化

○低消費電力と低位相雑音を両立した CMOS 集積化 PLL 回路

量子部

制御系: 54mW

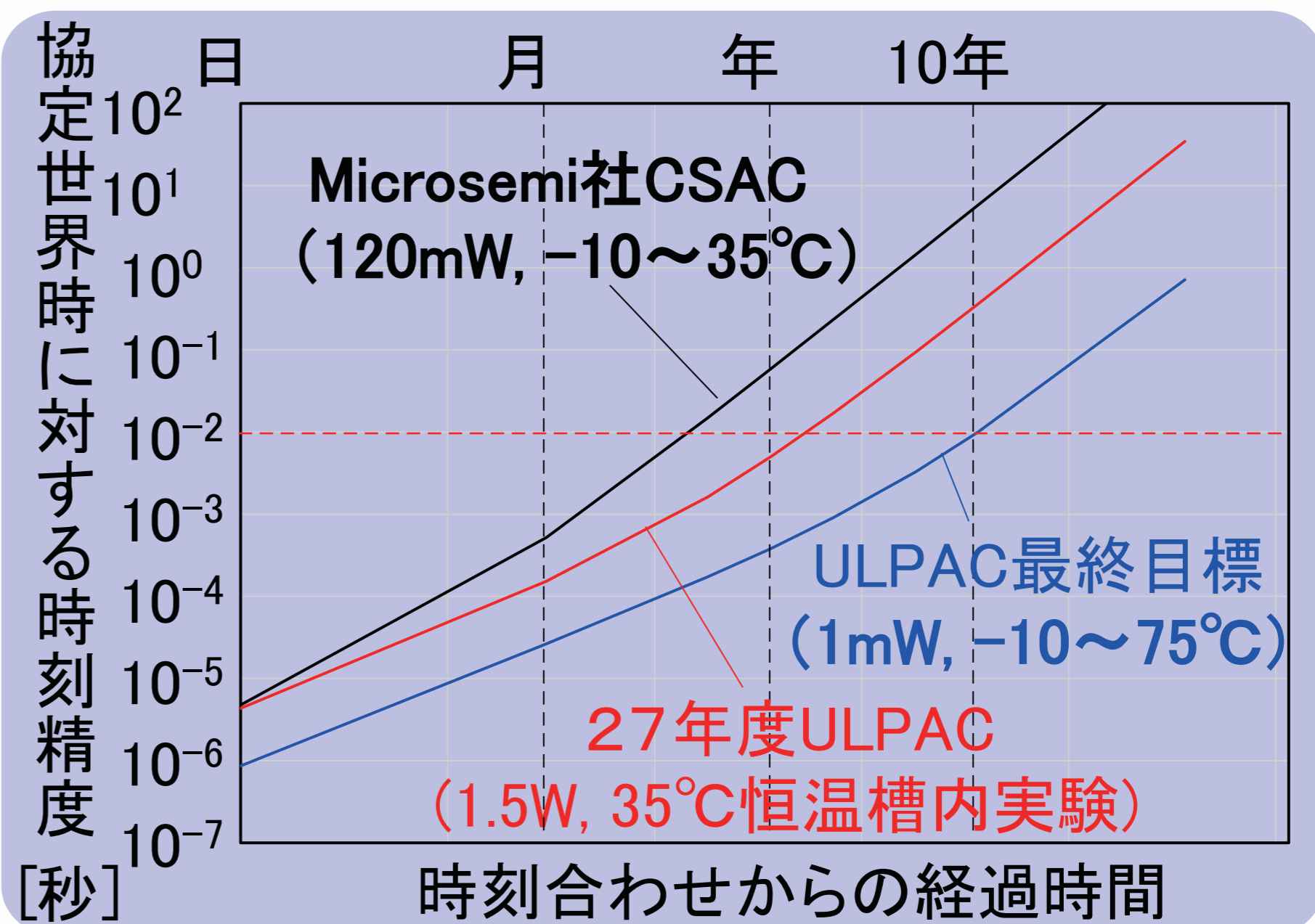
発振周波数 10MHz

発振器 7mW

周波数制御

周波数制御 53mW \rightarrow 2mW

CMOS集積化PLL回路 $3\text{mm} \times 3\text{mm} \times 0.75\text{mm}$



27年度ULPAC(ガスセル)の時刻精度

○デュアルガスセルによる Cs と Rb の CPT 共鳴の同時計測

CsとRbのCPT共鳴を同時計測し、その周波数差から共鳴周波数の変動量を推定。基準周波数の補正精度を検証実験中

デュアルガスセル(Cs/Rb)

CPT: Coherent Population Trapping
BPF: Band-Pass Filter