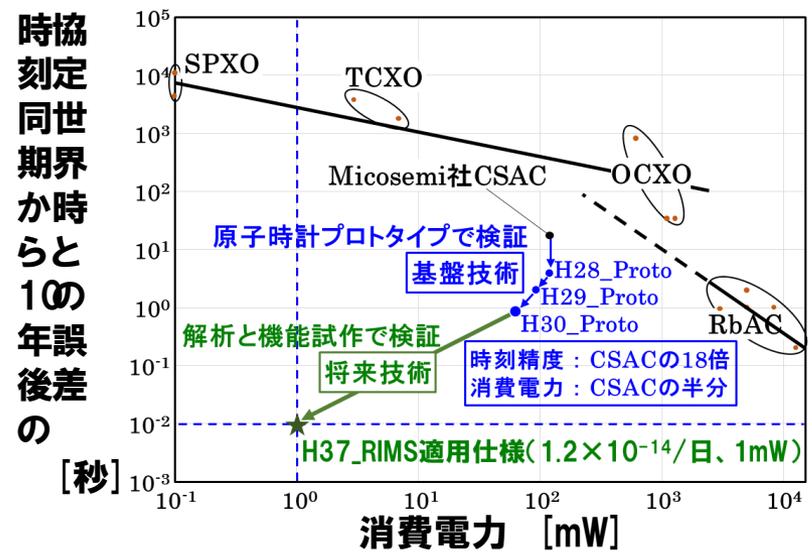


「センサ端末同期用原子時計(ULPAC:Ultra-Low Power Atomic Clock)の研究開発」成果発表

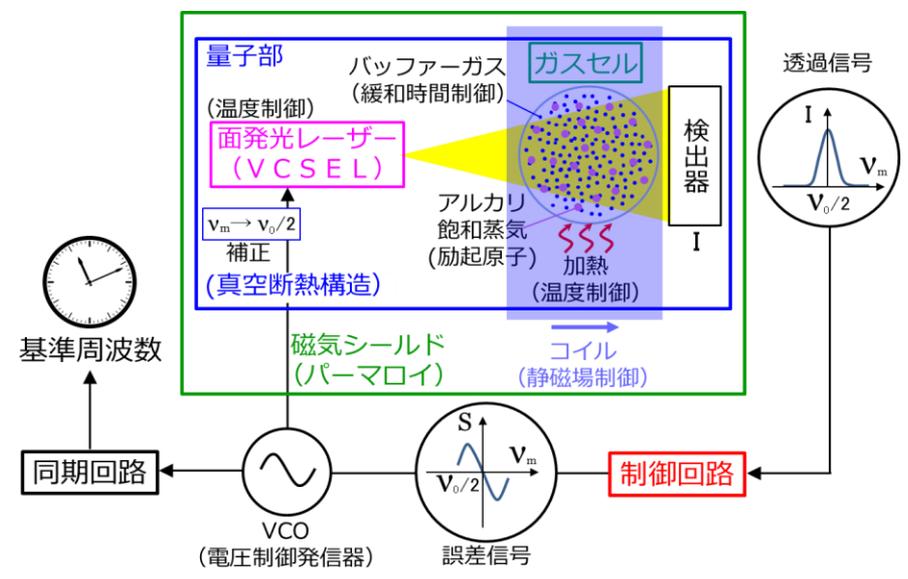
国立研究開発法人産業技術総合研究所
計量標準総合センター物理計測標準研究部門
/NMEMS技術研究機構
柳町 真也

2018年10月18日幕張メッセ
MEMSセンシング&ネットワークシステム展2018

【本プロジェクトでの目標設定】

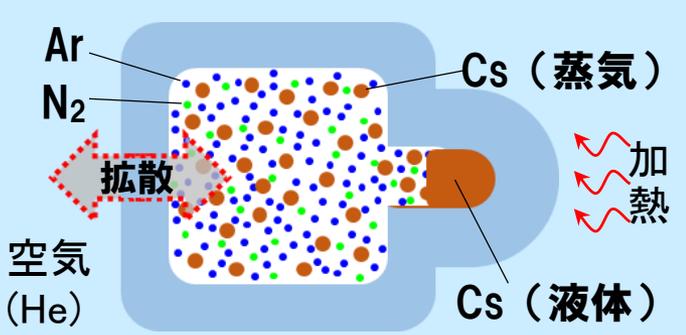


【原子固有の周波数の読み取る装置構成】



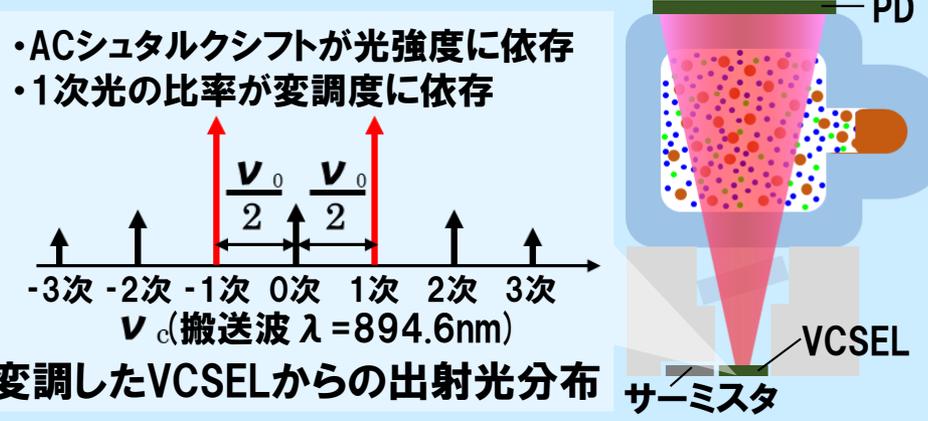
【時刻精度向上における技術課題】

ガスセル内分圧変動 (拡散、温度)



ガラス加工方式ガスセル
周波数シフトの変動

VCSEL励起光変動 (強度、変調度)



変調したVCSELからの出射光分布
ライトシフトの変動

参画機関



国立研究開発法人
産業技術総合研究所



国立大学法人
京都大学



一般財団法人
マイクロマシンセンター 株式会社リコー

RICOH



東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

国立大学法人
東京工業大学



首都大学東京

公立大学法人
首都大学東京

技術開
発項目

時刻同期性能
の向上

低消費電力化

小型・低コスト化

課題

周波数ドリフトの低減

制御回路、及び量子部
温度維持電力の低減

構成部品の高歩留化、
組み立技術の高度化

取り組み



- ・ガスセル内環境安定化技術の開発
- ・サーミスタ、VCSEL等量子部構成部品の安定性検討



- ・ガスセル内環境計測・発振周波数補正技術の開発

RICOH

- ・量子部温度制御技術の開発
- ・VCSELエーjing処理



- ・低消費電力と低位相雑音を両立した制御回路の開発
- ・PLL回路を用いない制御回路の開発

RICOH

- ・高断熱型量子部の開発



- ・ガラス加工方式ガスセルの小型化



- ・アルカリ原子励起用フォトニック結晶レーザーの基礎検討

RICOH

- ・高断熱型量子部の開発
- ・VCSELの高歩留化



- ・低ガス透過性材料を用いたウェハー加工方式ガスセルの開発



- ・制御回路のCMOS集積化

[成果] 高純度ガスセルと波長調整VCSELの制御条件最適化で 1.0×10^{-12} /日以下を実現



分析用高純度セル
Φ5mm×9mm

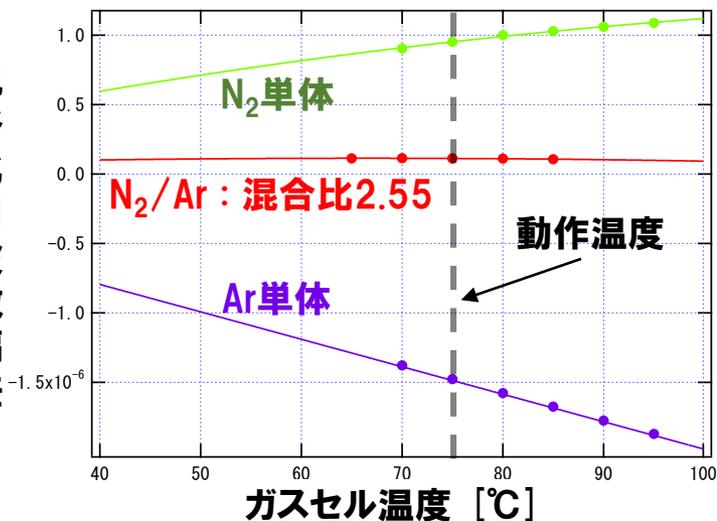
95%低減



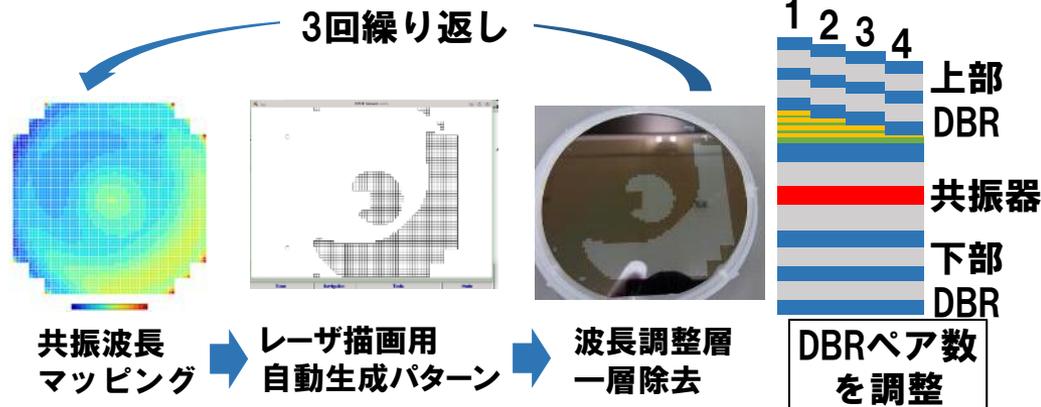
高純度ガスセル
2mm×2mm×2mm

小型高純度ガスセルの開発

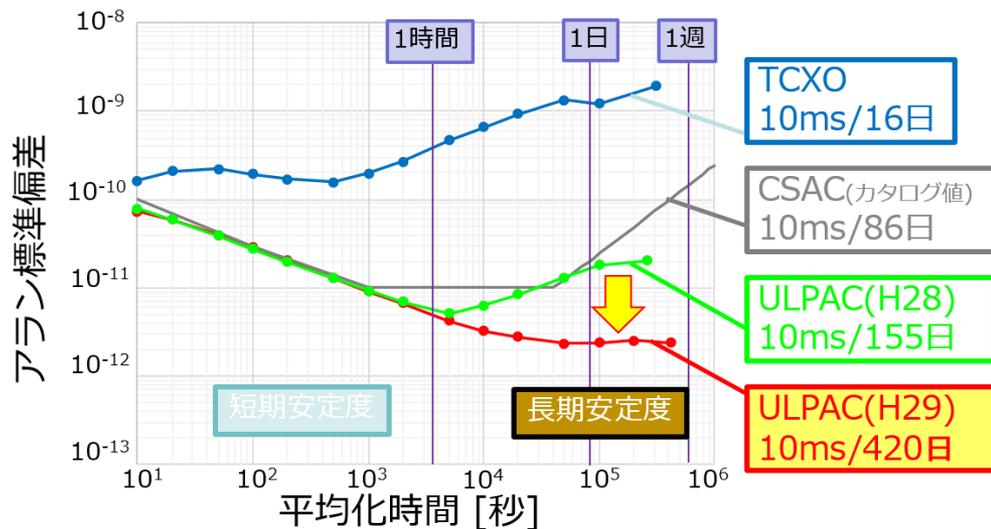
規格化周波数偏差



混合バッファガスによる温度依存性の改善



VCSEL波長調整技術による最適波長化

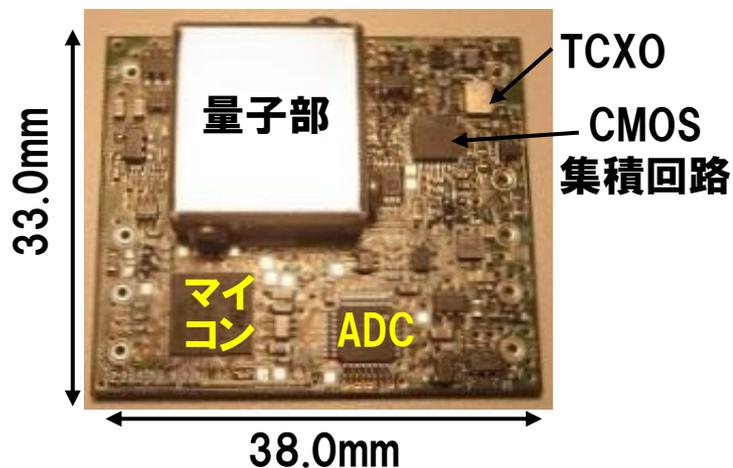


平成29年度原子時計プロトタイプのパフォーマンス

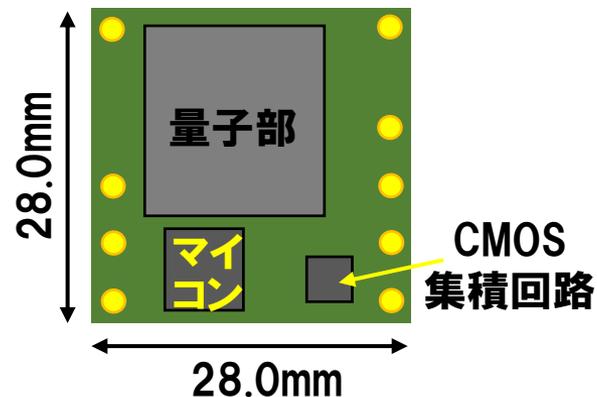
ULPACプロトタイプの開発目標

	2016年度目標 (実績)	2017年度目標 (実績)	2018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 ³	40 × 35 × 11 mm ³	30 × 30 × 11 mm ³

プロトタイプ2017の制御基板



プロトタイプ2018の制御基板

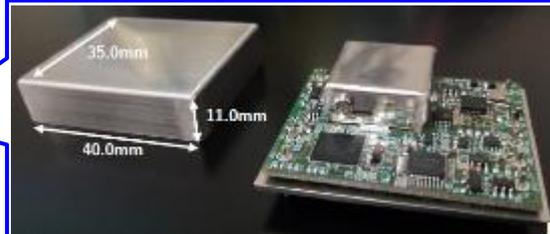


[成果] 屋外連続稼働実験で課題を抽出(環境温度影響など)

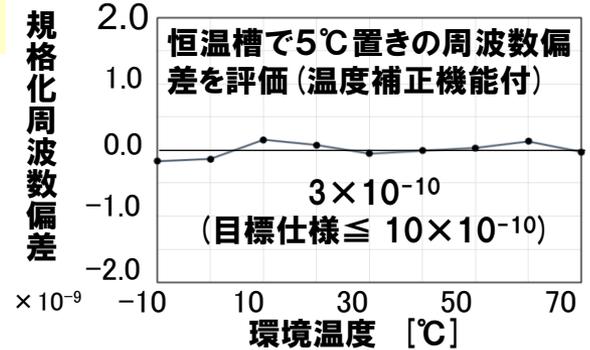


分解能0.1 μsで評価

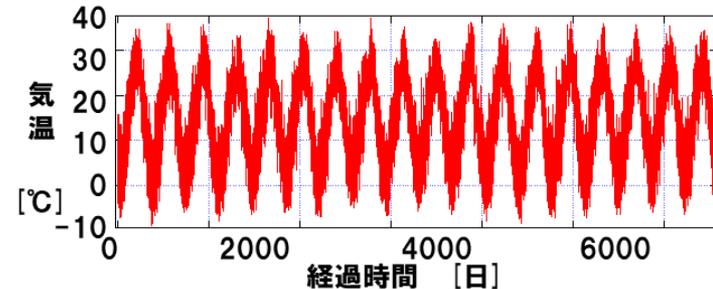
GPS (1PPS) 基準の原子時計評価装置



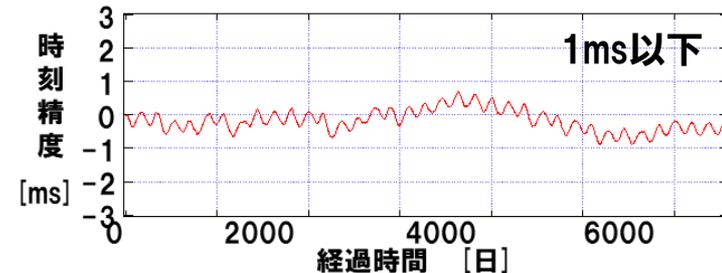
平成29年度原子時計プロト
(40×35×11mm³)



(a) 温度依存性の評価結果

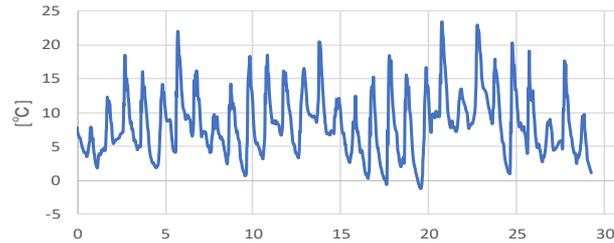


(b) つば市の気温変動(18年間)



(c) つば市の18年間の気温変動の時刻精度への影響予測

温度変化の時刻精度への影響 8



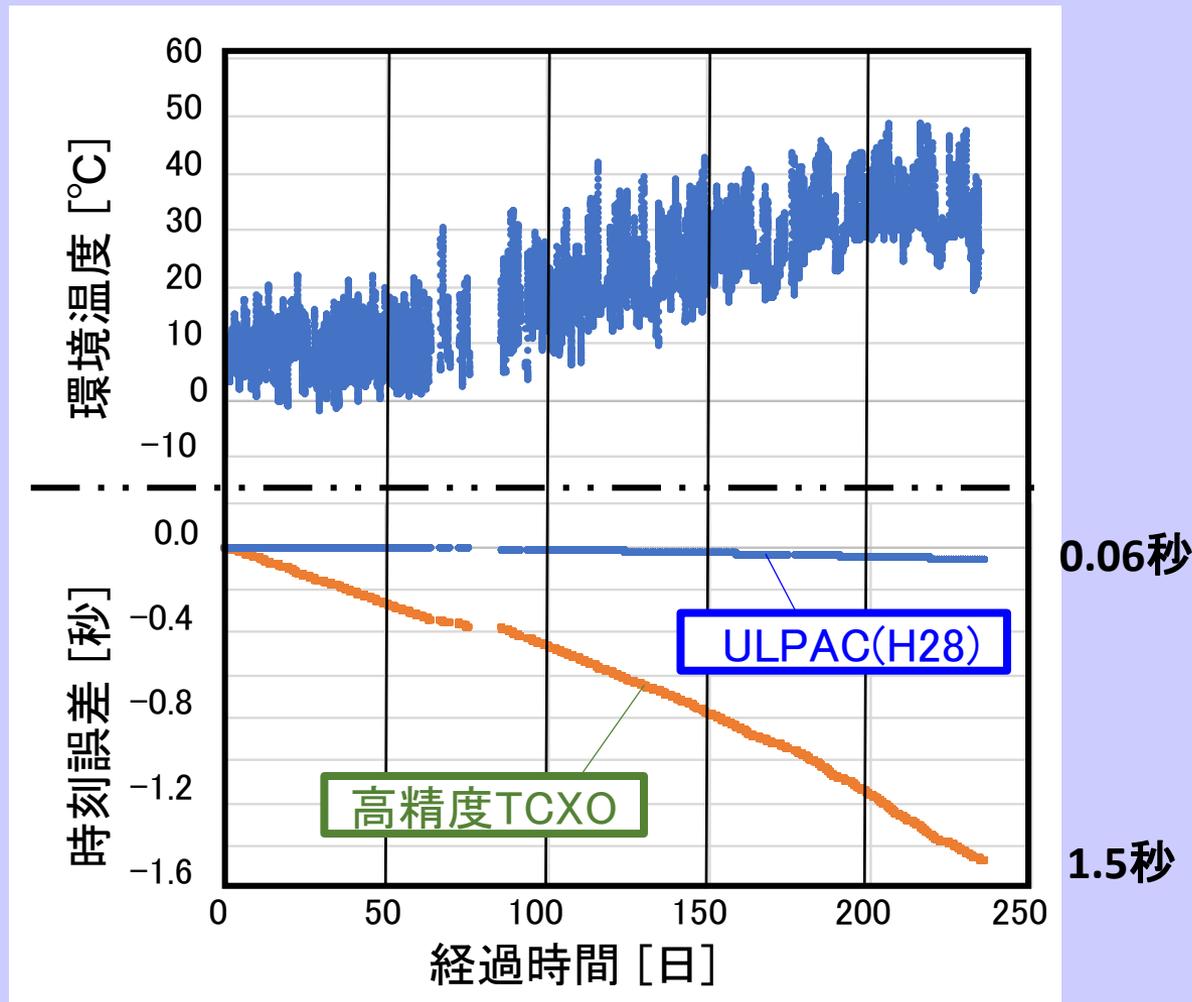
設置環境温度の変動



2個/箇所 × 4箇所

屋外実証実験 (2017年12月～)

《GPSから取得する正確な時刻と比較検証》

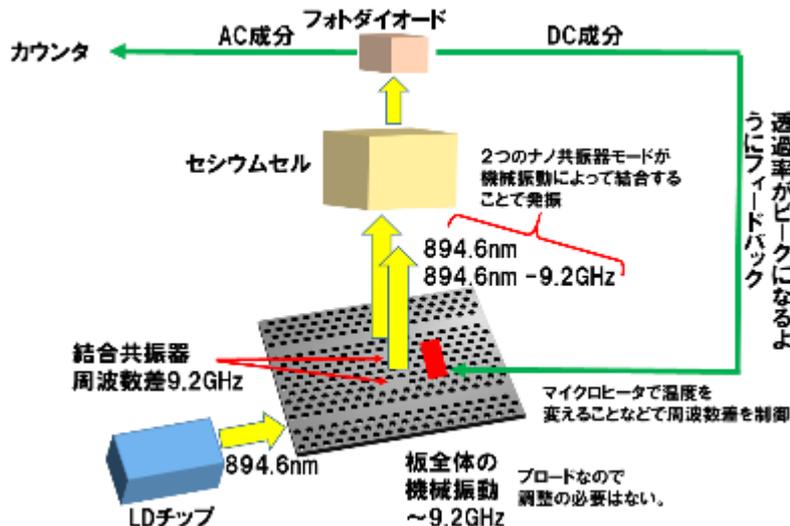


屋外連続稼働(H29.12.27~H30.08.07)

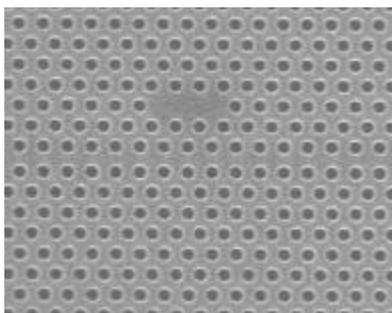
3. フォトニック結晶レーザ

[成果] SiCフォトニック結晶製造技術立上げ

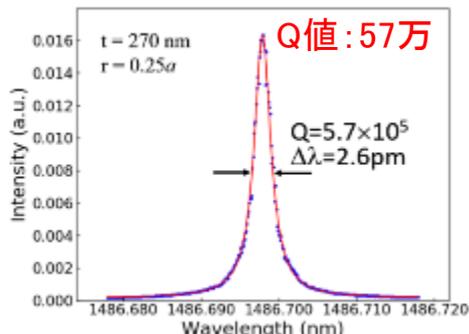
1) Si → SiC による短波長化(894nm) 低欠陥SiCフォトニック結晶製作技術



フォトニック結晶レーザの適用イメージ



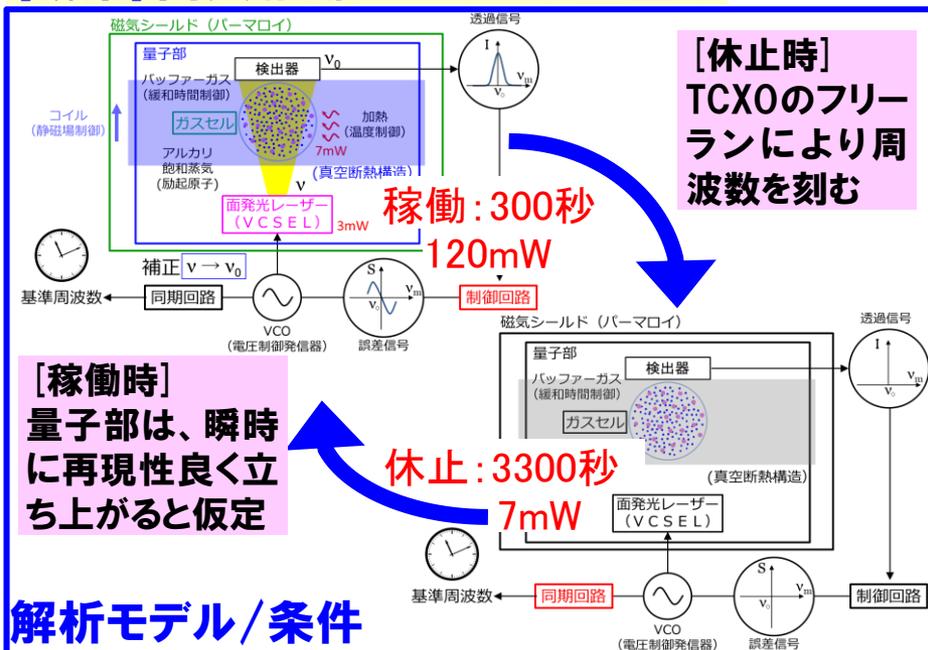
SiCフォトニック結晶



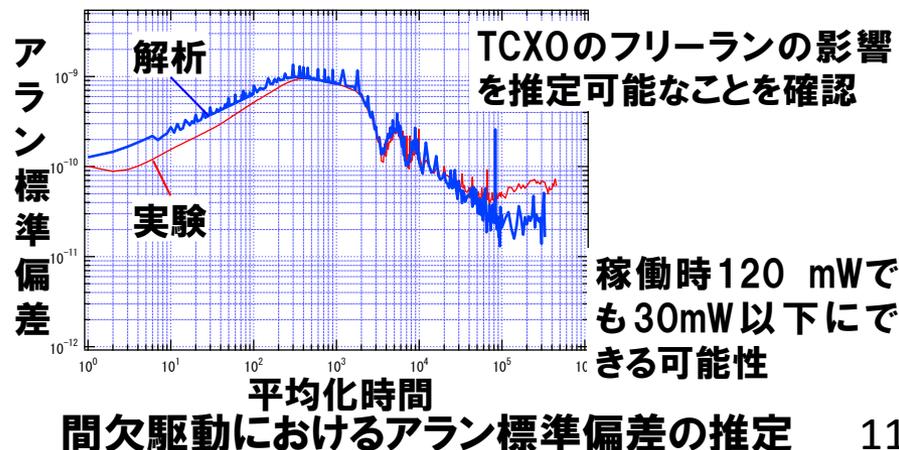
Q値観測結果

4. 原子時計の間欠駆動制御

[成果] 間欠駆動シミュレータ立上げ



解析モデル/条件

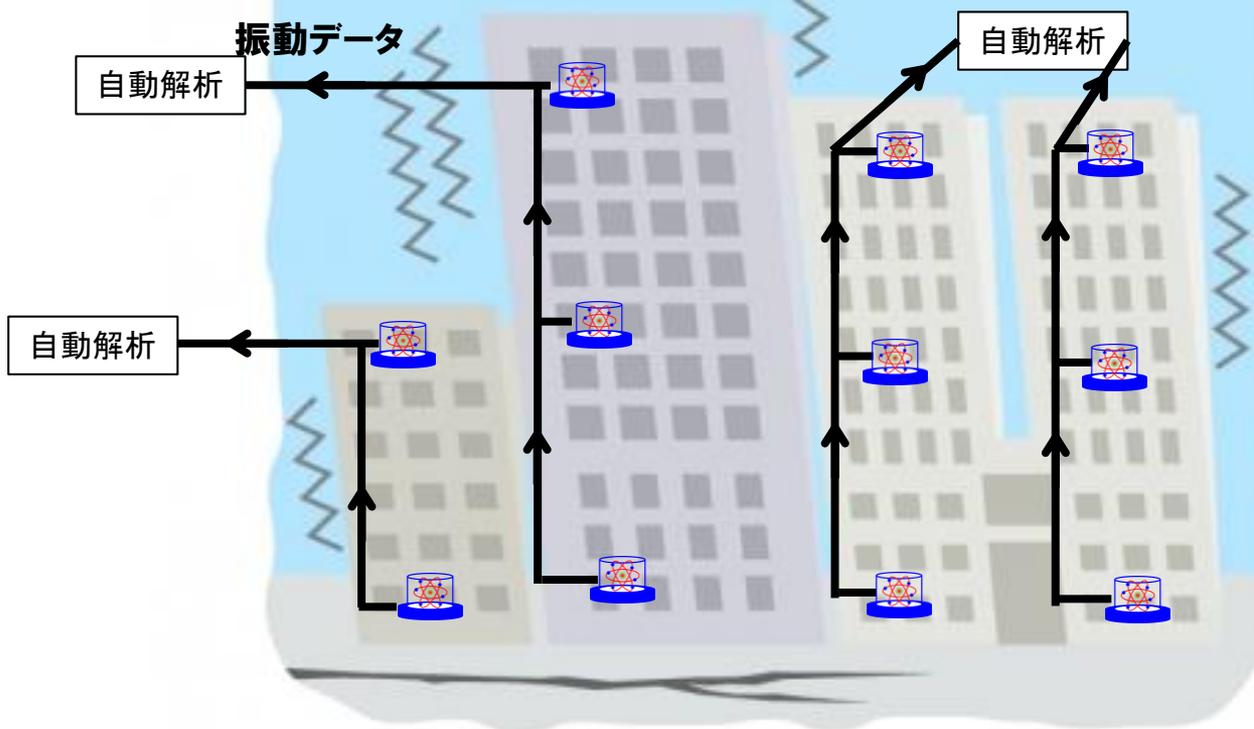


《現時点で可能性のある応用例》

本プロジェクトでは、電源を有する施設であれば、NTP(Network Time Protocol)による数分から数十分おきの同期で維持する10msの精度を同期無しに1年間保証できる原子時計を開発した。これは、ビルなどの建造物における震災時の建物健全性診断に使う振動計ネットワークの時刻同期を1年間不要にできるレベルにある。

『建物健全性診断システム』

 : 原子時計搭載
センサ端末



本研究は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託研究業務の結果得られた成果です。

ご清聴ありがとうございます。
より詳細はパネル展示スペースにてご説明申し上げます。