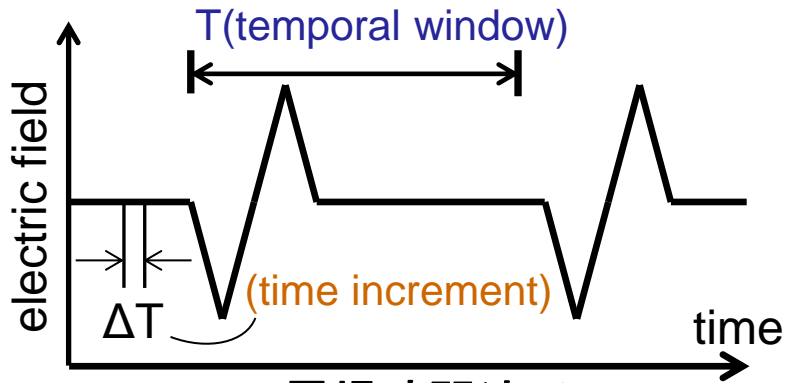


デュアルTHzコムにおけるコム 間ビート信号の抽出

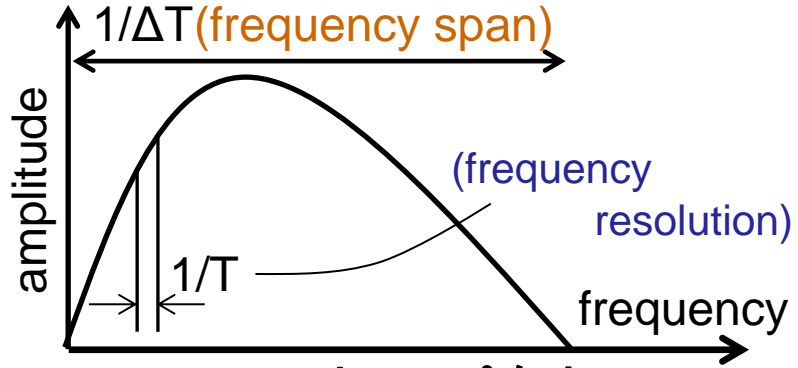
○市川竜嗣¹⁾, 中村翔太¹⁾, 木村洸仁¹⁾, 林建太¹⁾, 稲場肇²⁾, 美濃島薫³⁾, 安井武史¹⁾

1)徳島大学, 2)産業技術総合研究所, 3)電気通信大学

THz時間領域分光法(THz-TDS)



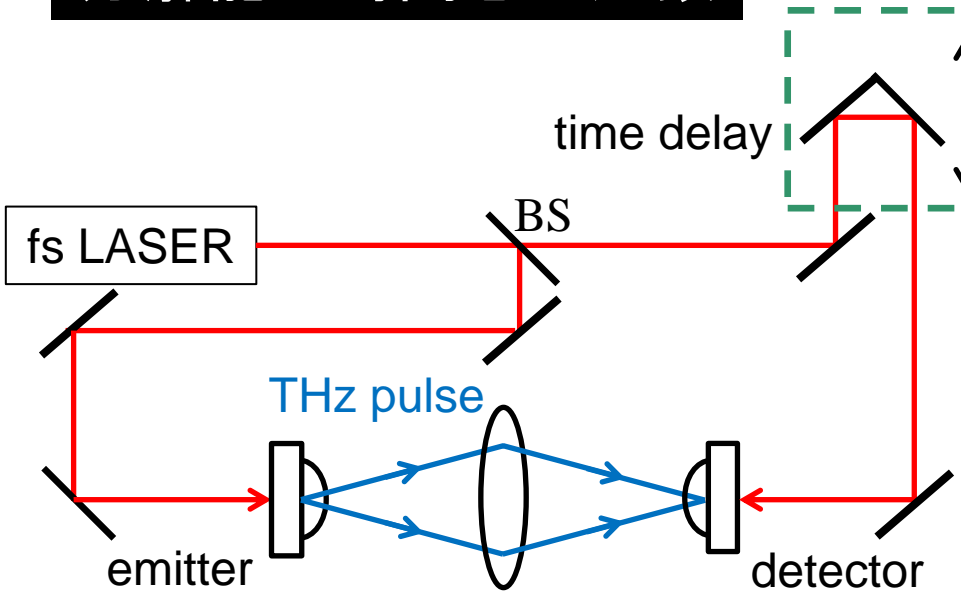
電場時間波形



フーリエスペクトル

分解能 = 時間窓の逆数

確度 = 時間遅延の精度

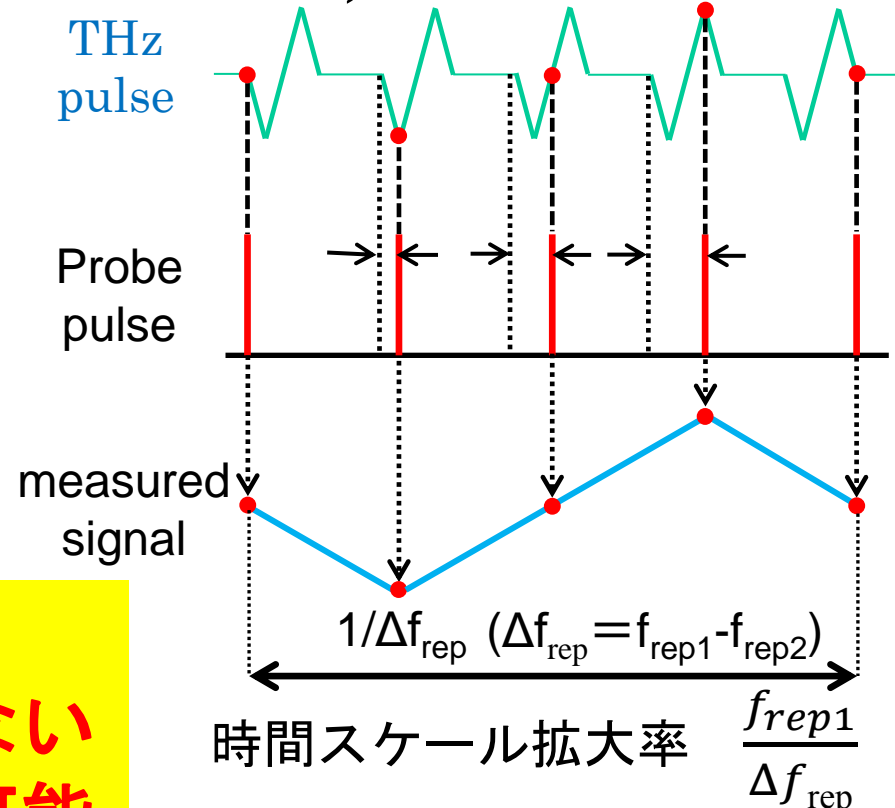
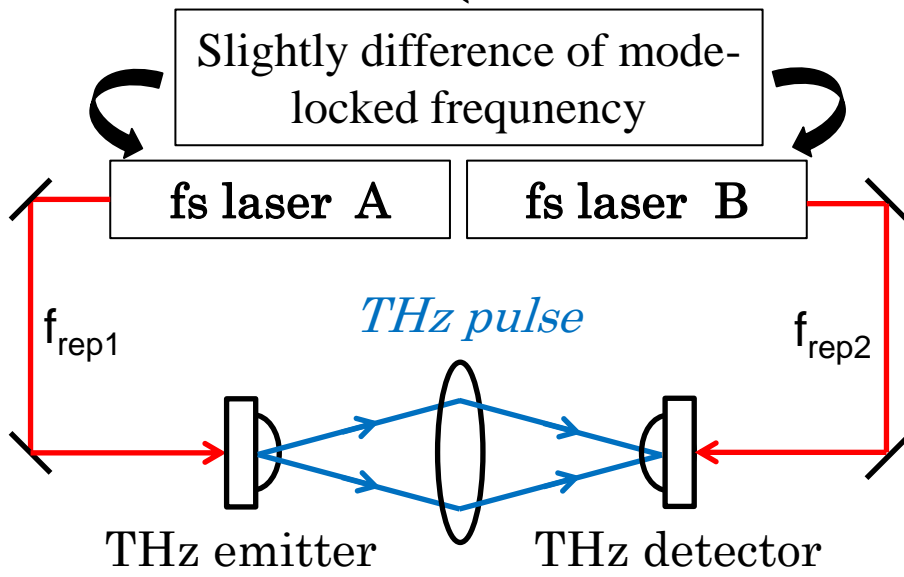


ステージ走査式THz-TDS

機械式ステージ移動を基にスペクトルの目盛づけ

- ① スペクトル分解能と測定時間にトレードオフ
- ② スペクトル確度はステージ位置決め精度に依存

非同期光サンプリング式THz-TDS (ASOPS-THz-TDS)



- ・ 機械式ステージが不要
- ・ 光路長を合わせる必要がない
- ・ 長い測定時間窓の取得が可能
→ 周波数分解能が高い
- ・ 実時間測定が可能 (1周期 = $1/\Delta f_{rep}$)

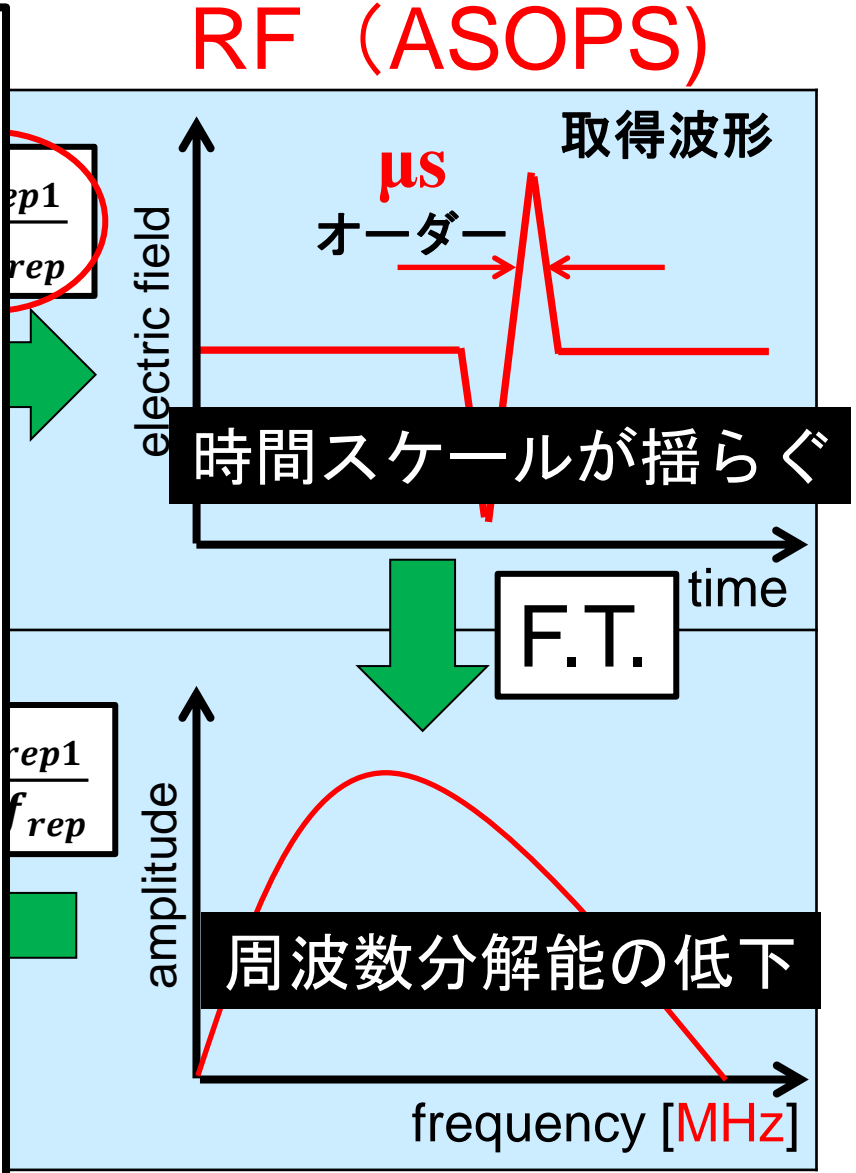
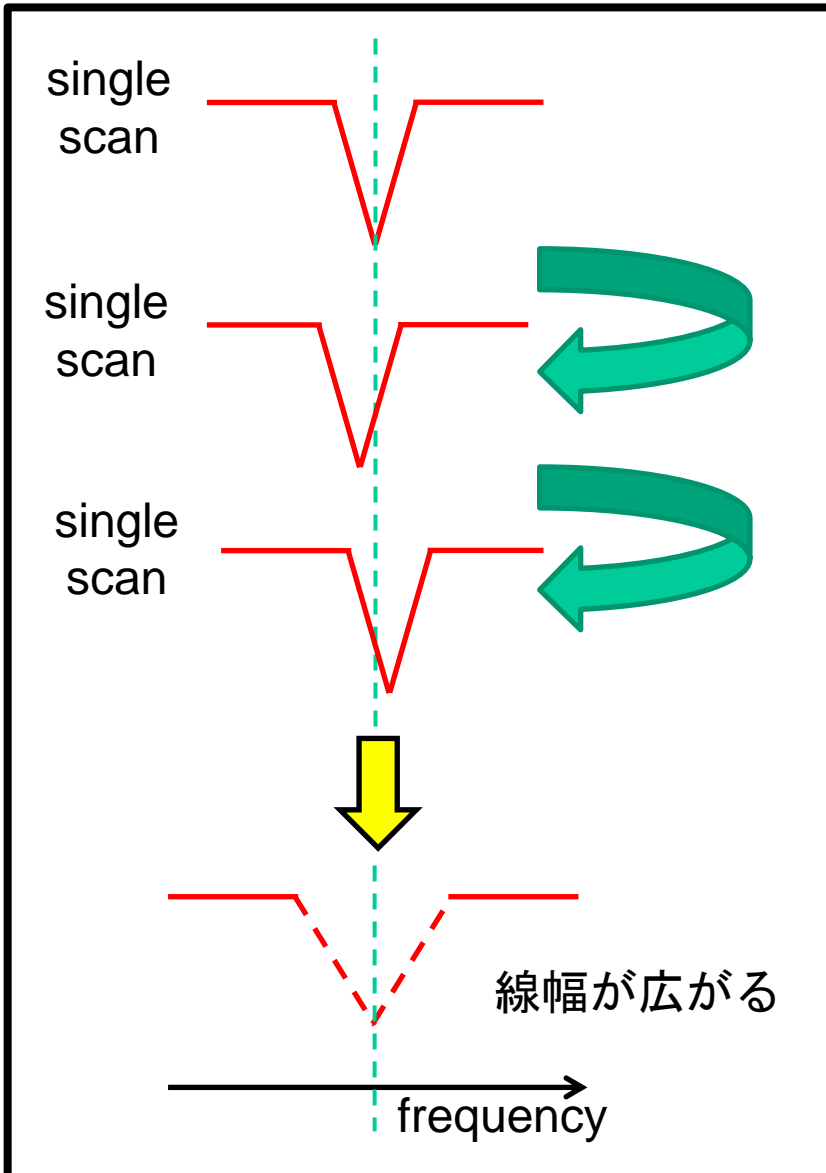
時間スケール拡大率 $\frac{f_{rep1}}{\Delta f_{rep}}$
 ピコ秒オーダーの時間波形をマイクロ秒オーダーまで時間スケールを拡大

ref) T. Yasui et al., Appl. Phys. Lett. 87, 061101 (2005).

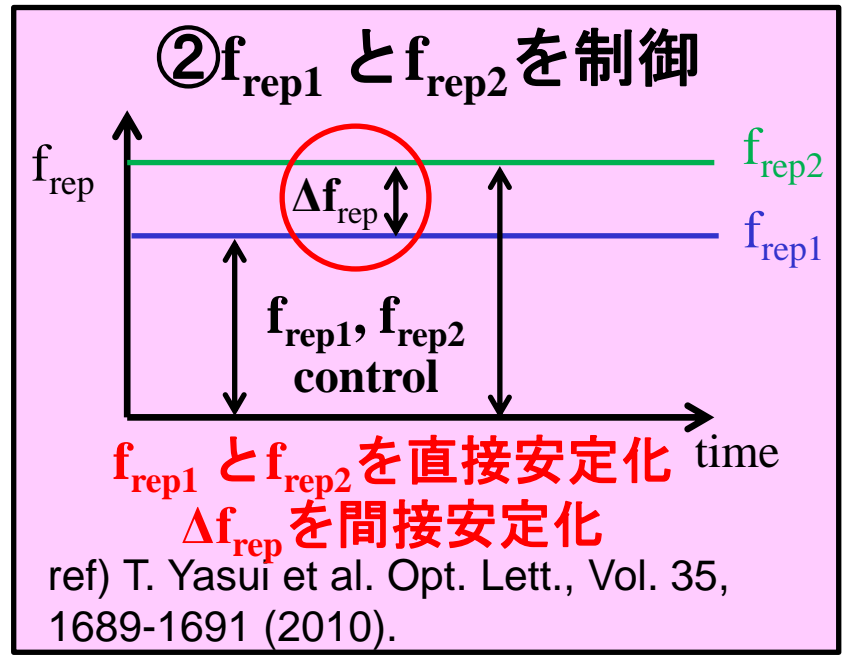
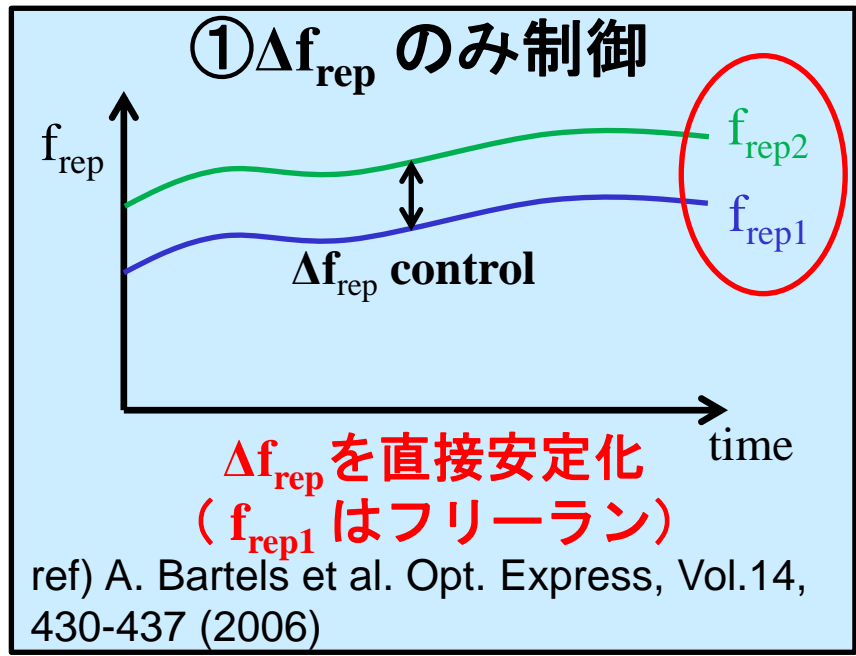
ASOPS-THz-TDSにおける信号の流れ

時間領域

周波数領域



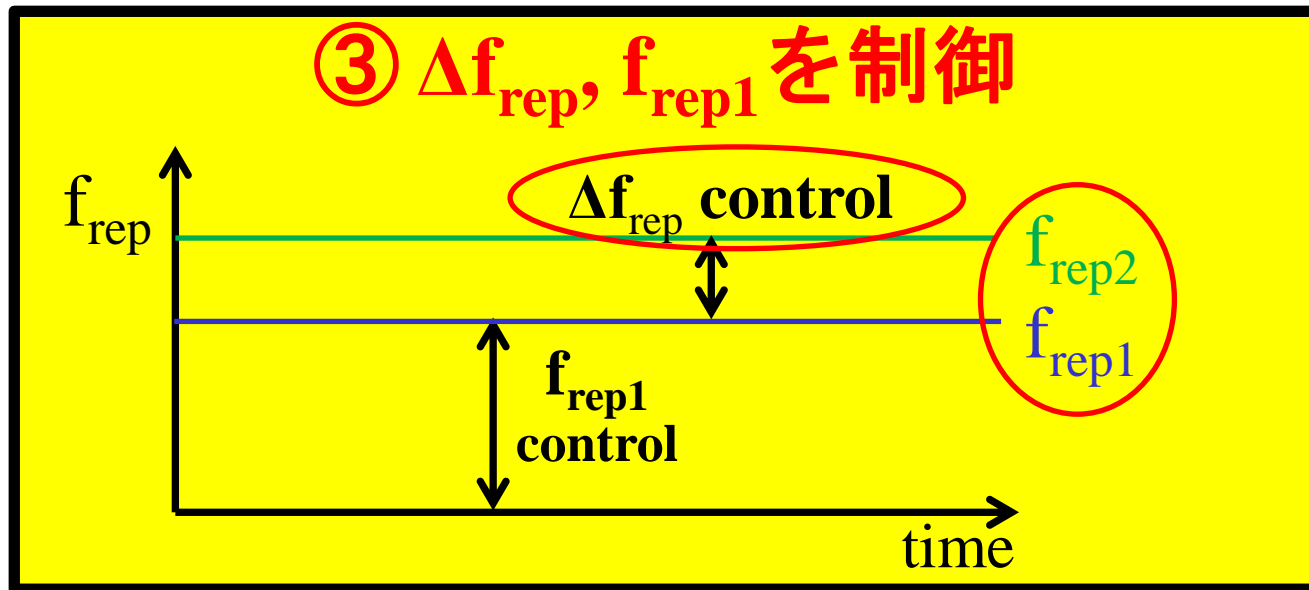
ASOPSにおけるレーザー制御法



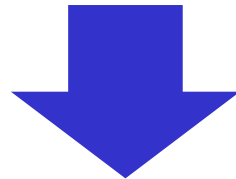
			揺らぎ量	安定性
① (EO検出)	f_{rep1}	1GHz	数十Hz	7桁
	Δf_{rep}	9kHz	数十 μ Hz	8桁
② (PCA検出)	f_{rep1}	56MHz	数mHz	10桁
	Δf_{rep}	5Hz	数mHz	3桁

今回の報告

③ Δf_{rep} , f_{rep1} を制御



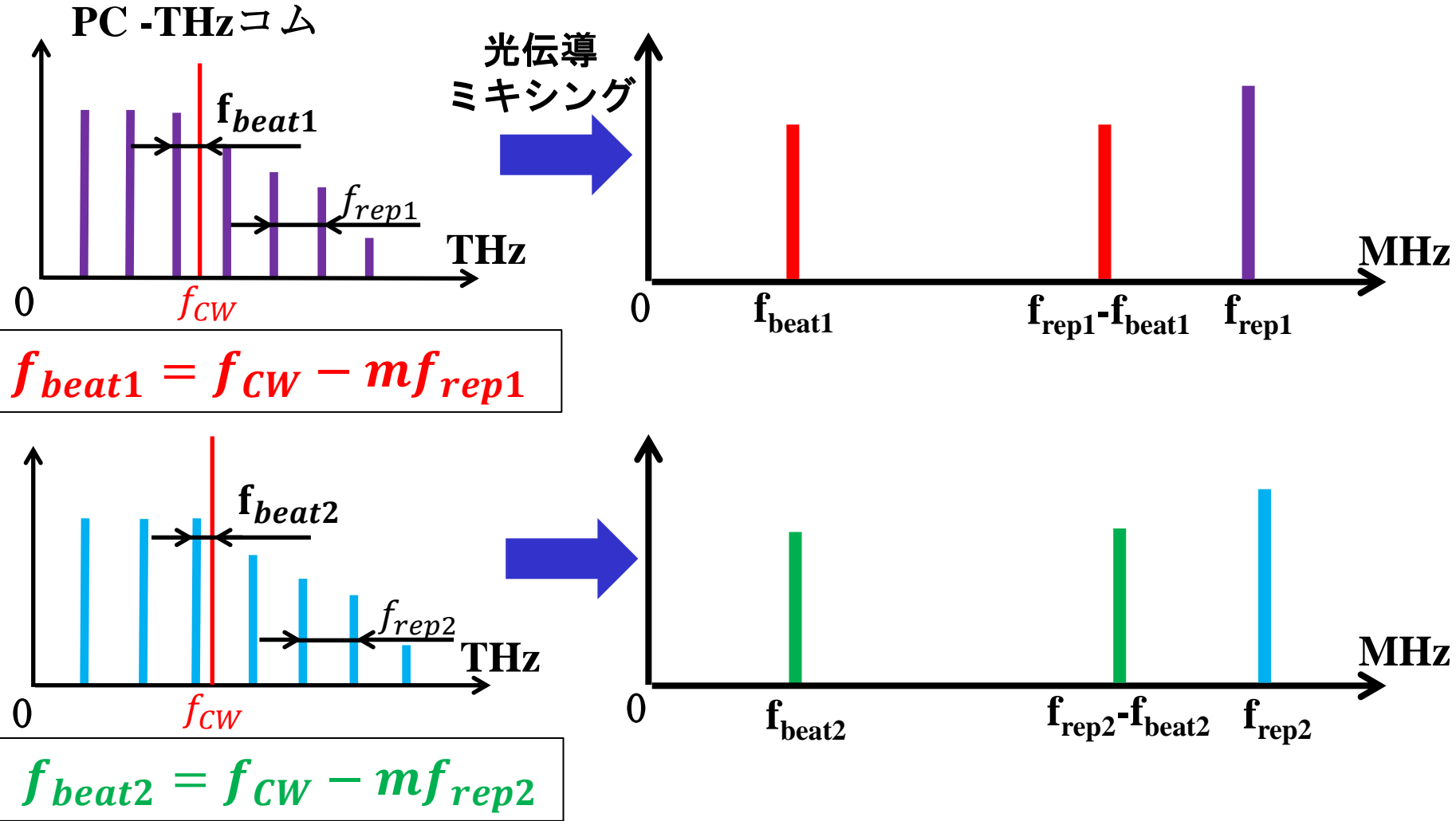
レーザー安定化制御には高次のコム間ビートが必要



デュアルTHzスペアナと周波数逡倍により約40000次のコム間ビート

デュアルTHzスペアナを用いた コム間ビート信号の抽出

ref) Shuko Yokoyama et al., Optics Express, Vol. 16, Issue 17, pp. 13052-13061 (2008)

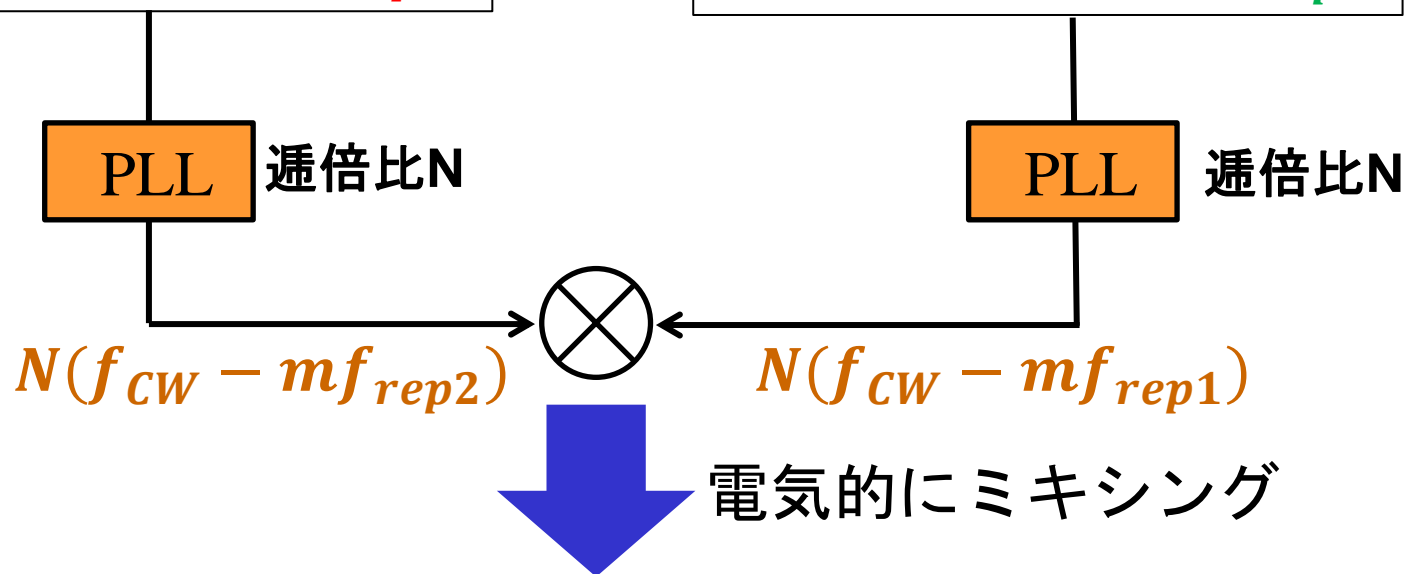


デュアルTHzスペアナを用いた コム間ビート信号の抽出

ref) Shuko Yokoyama et al., Optics Express, Vol. 16, Issue 17, pp. 13052-13061 (2008)

$$f_{beat1} = f_{CW} - m f_{rep1}$$

$$f_{beat2} = f_{CW} - m f_{rep2}$$



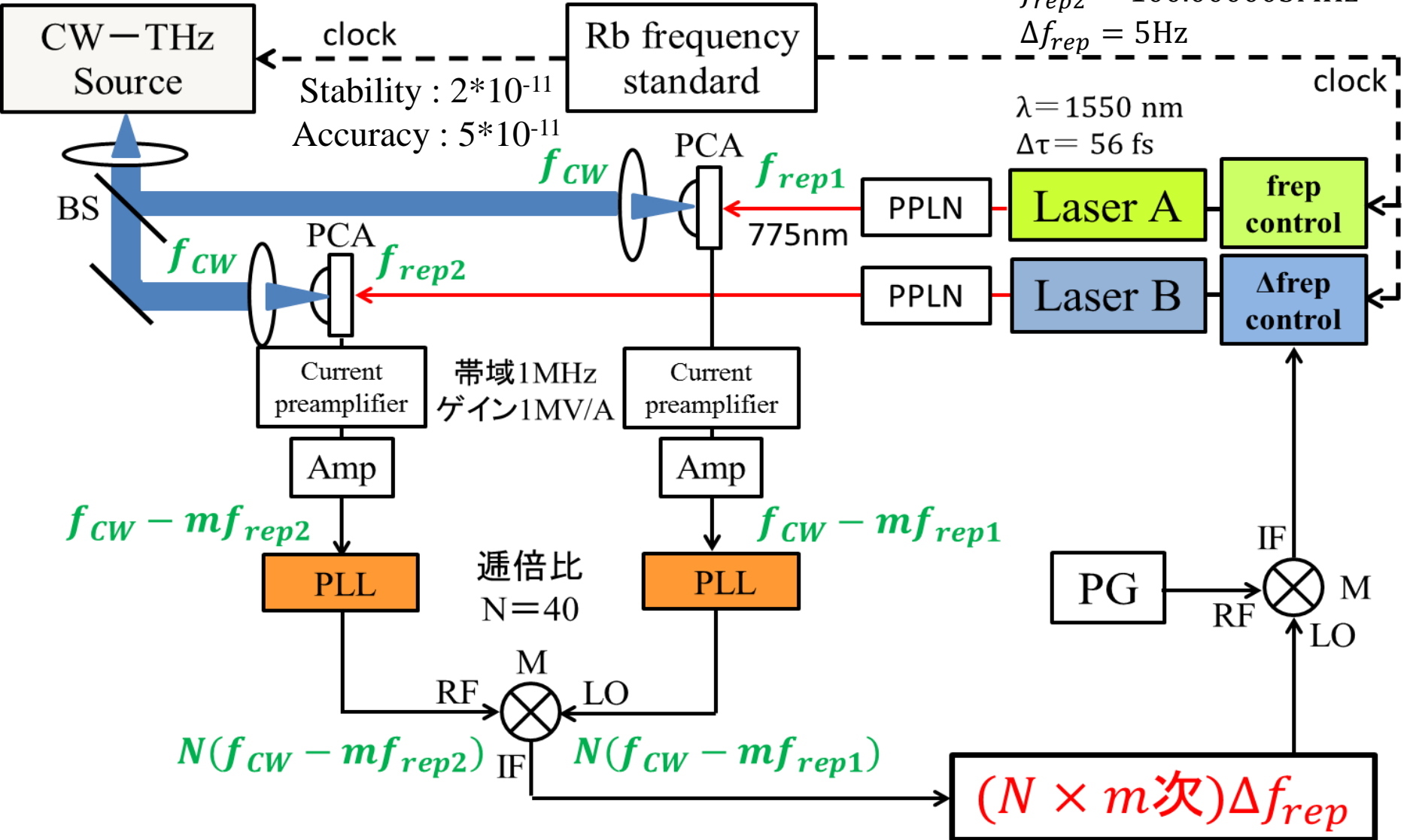
$$f_{beat1} - f_{beat2} = N \times m (f_{rep2} - f_{rep1}) = N \times m \Delta f_{rep}$$

$N \times m$ 次のコム間ビート信号の抽出

線幅 < 1Hz
平均出力 2.5mW
 $f_{CW} = 105.7\text{GHz}$

実験系

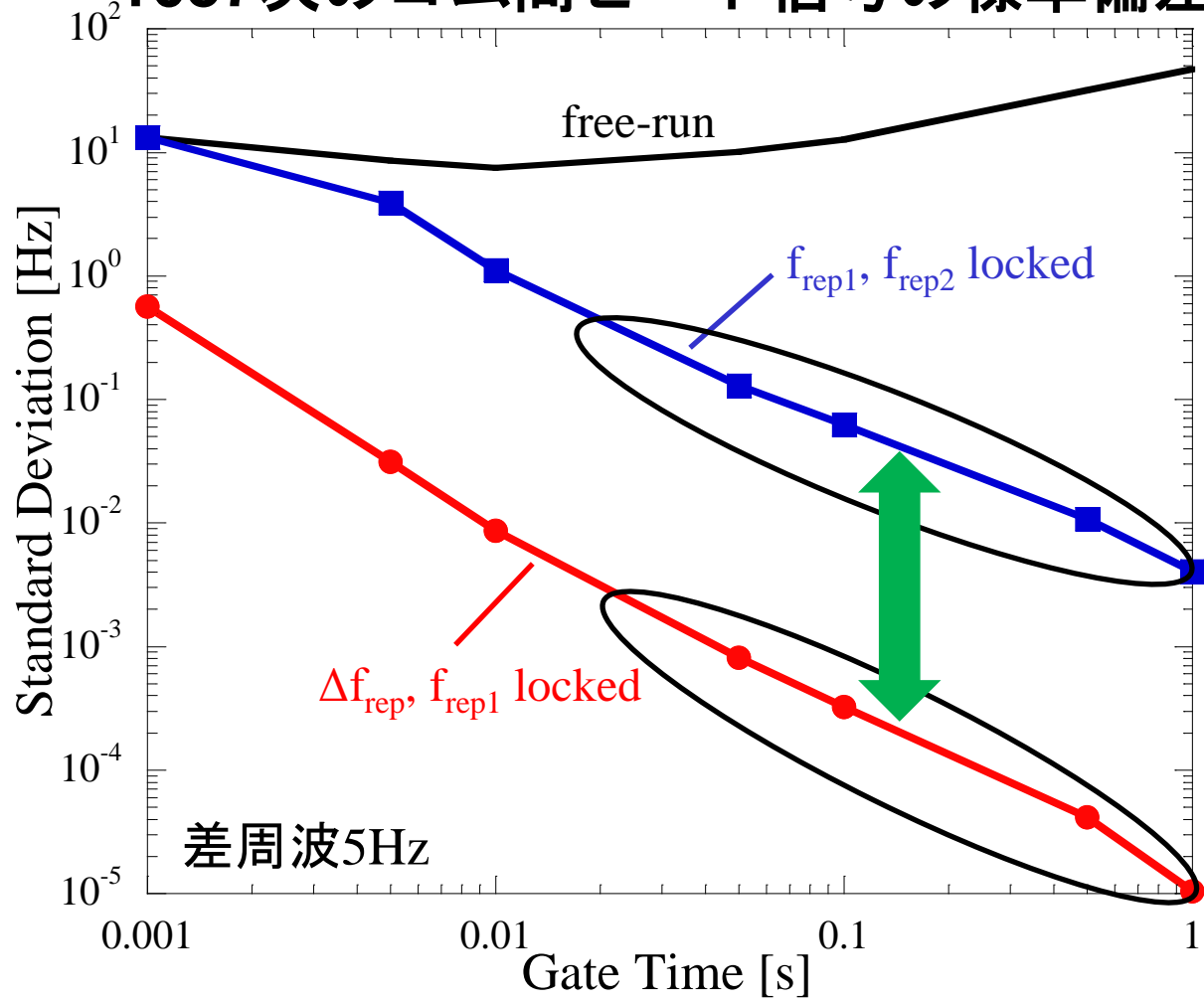
$f_{rep1} = 100\text{MHz}$
 $f_{rep2} = 100.000005\text{MHz}$
 $\Delta f_{rep} = 5\text{Hz}$



$40 \times 1057 \text{次} \times \Delta f_{rep} 5\text{Hz} = 211.4\text{kHz}$

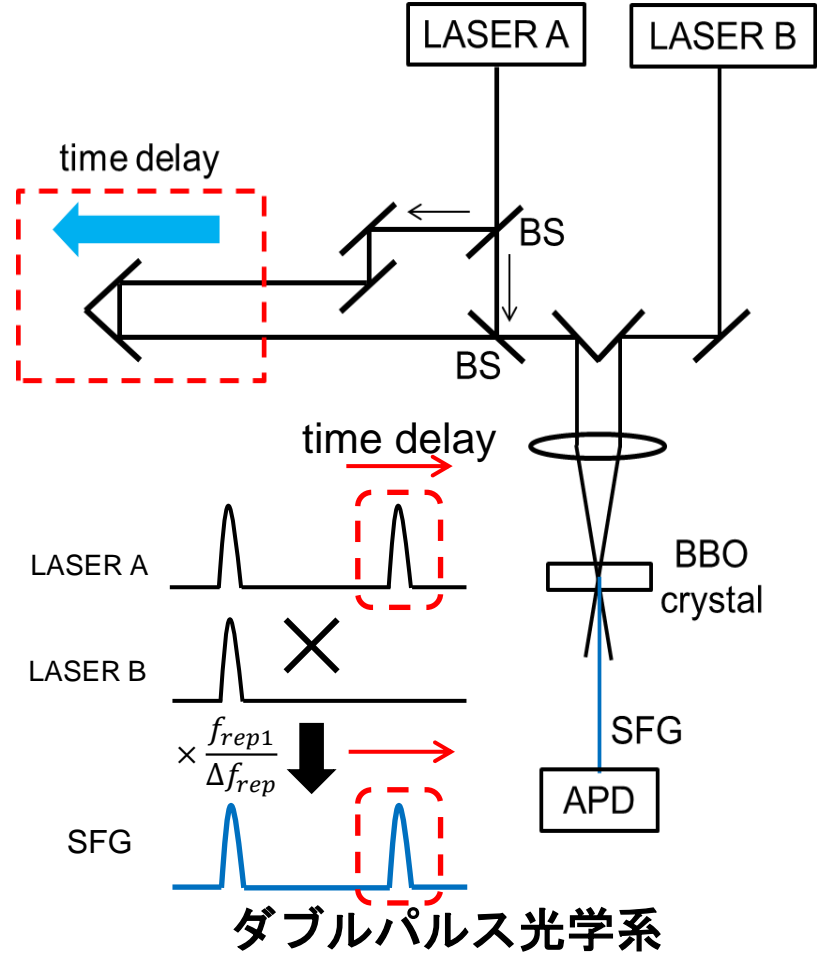
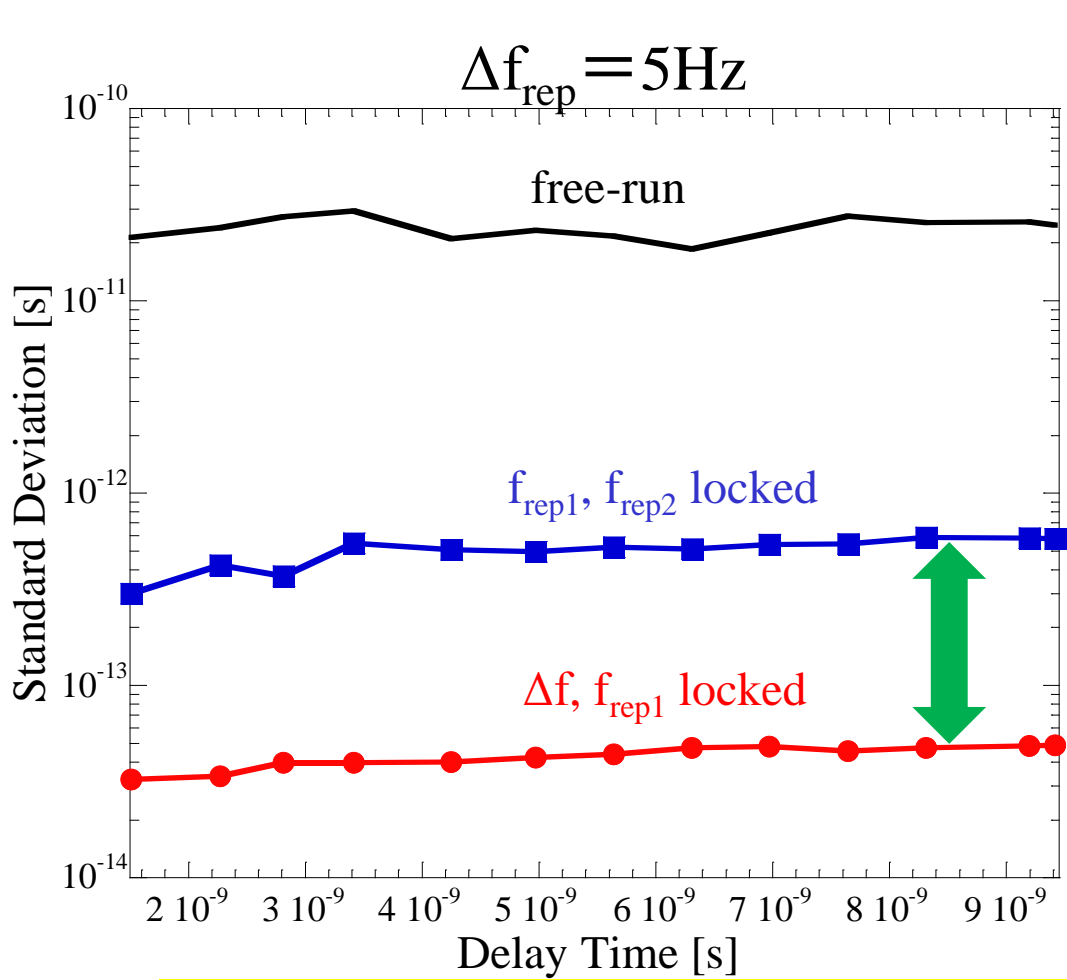
コム間ビート信号の周波数安定性

1057次のコム間ビート信号の標準偏差



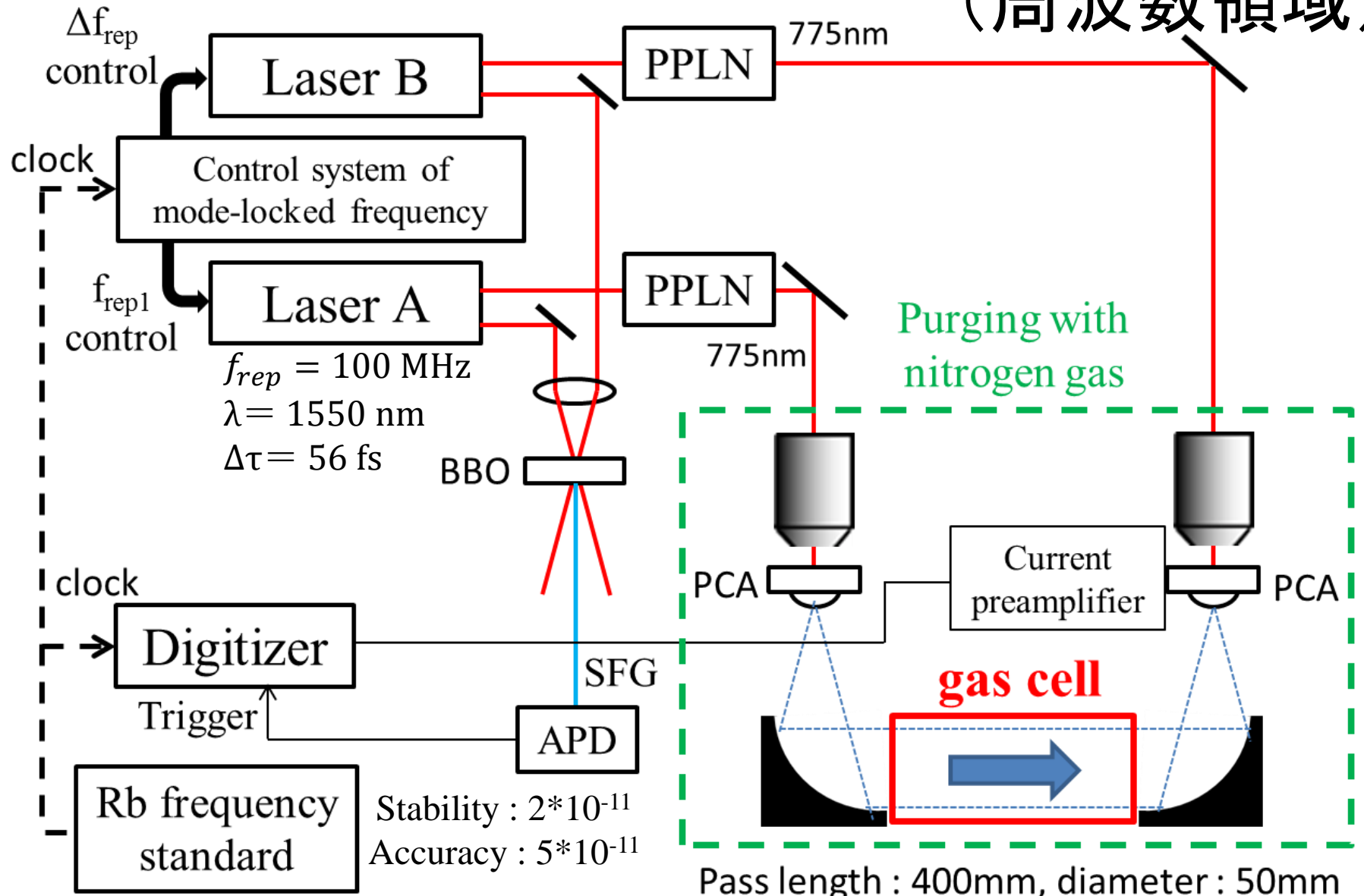
コム間ビート信号の安定性が向上

時間遅延走査ダブルパルスによる ジッターの評価（時間領域）



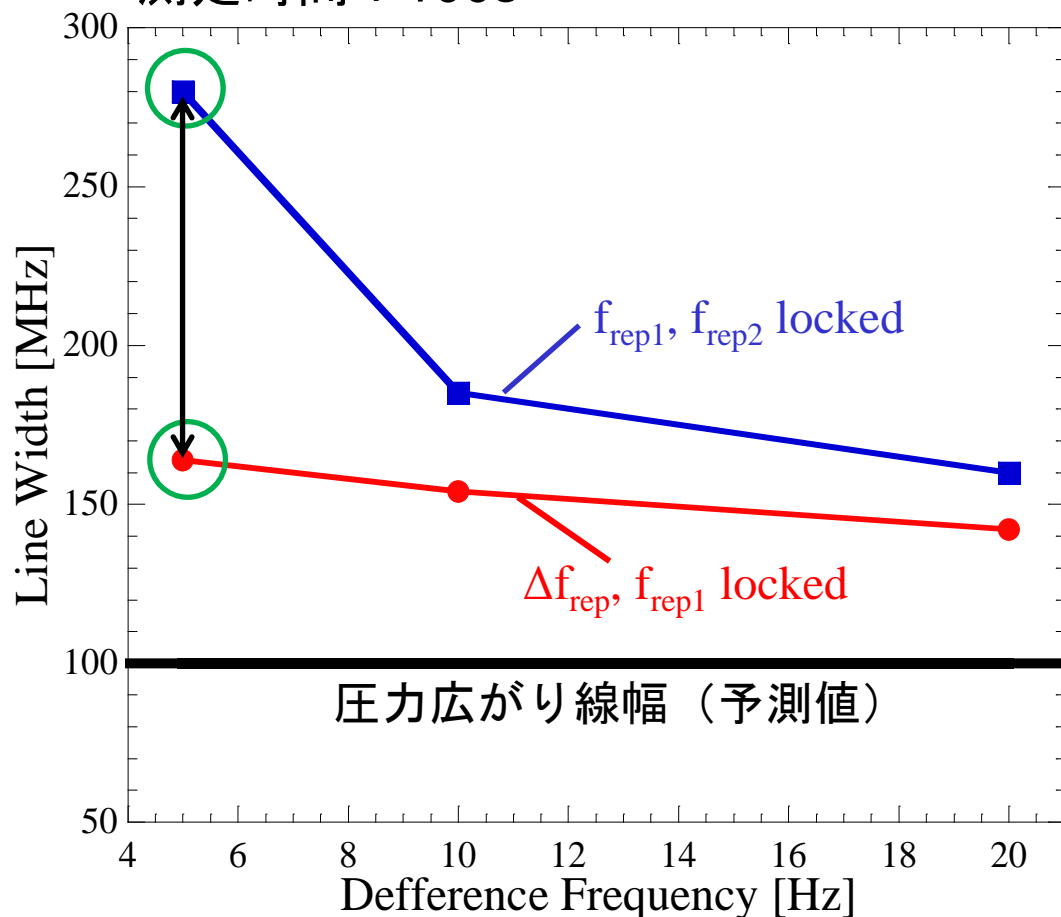
Δf_{rep} & f_{rep1} 制御によるジッターの抑制

低圧ガス分光を用いたジッター—評価 (周波数領域)



低圧ガス分光によるジッターの影響

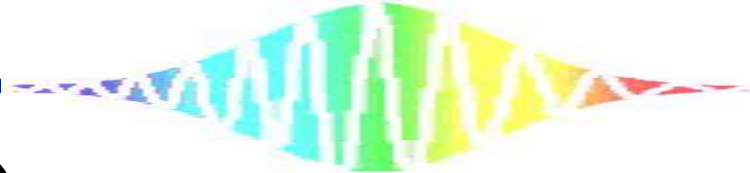
サンプル：水蒸気50Pa, 窒素1350Pa
 圧力広がり線幅（予測値）：100MHz
 測定時間：100s



差周波5Hzにおいて

① f_{rep1} & f_{rep2} 制御
 ジッターの影響により線幅が広がっている

② Δf_{rep} & f_{rep1} 制御
 ジッターの影響を抑えている



まとめ

- デュアルTHzスペアナと周波数逡倍を用いた40000次コム間ビート信号の抽出
- コム間ビート周波数の揺らぎを二けた抑制
- タイミングジッターを一桁抑制
- スペクトル分解能の向上

