

## アダプティブ・サンプリング式デュアル THz コム分光法

## Adaptive Sampling, Dual THz Comb Spectroscopy

徳島大<sup>1</sup>, JST-ERATO<sup>2</sup>, 産総研<sup>3</sup>, 電通大<sup>4</sup> ○市川竜嗣<sup>1</sup>, 謝宜達<sup>1,2</sup>, 稲場肇<sup>2,3</sup>, 美濃島薫<sup>2,4</sup>, 安井武史<sup>1,2</sup>Univ. Tokushima<sup>1</sup>, JST-ERATO<sup>2</sup>, AIST<sup>3</sup>, Univ. Electro-Comm.<sup>4</sup>○R. Ichikawa<sup>1</sup>, Y.-D. Hsieh<sup>1,2</sup>, H. Inaba<sup>2,3</sup>, K. Minoshima<sup>2,4</sup>, and T. Yasui<sup>1,2</sup>

E-mail: yasui.takeshi@tokushima-u.ac.jp

http://femto.me.tokushima-u.ac.jp/

デュアル THz コム分光法は、直接計測が困難な THz コムを、周波数間隔のわずかに異なる 2 台の THz コム ( $f_{\text{rep}1}$ ,  $f_{\text{rep}2}$ ,  $\Delta f_{\text{rep}} = f_{\text{rep}2} - f_{\text{rep}1}$ ) を用いることにより、周波数スケールをダウンスケーリングし、RF 帯で直接観測する手法である[1-3]。従来は、周波数安定化制御されたデュアル・フェムト秒レーザーが利用されてきたが、もしフリーランニング (非安定化制御) フェムト秒レーザーを用いることが出来れば、その利用範囲を大きく拡大することが可能になる。しかし、フリーランニング・レーザーを用いると、周波数ダウンスケーリング・ファクター ( $=f_{\text{rep}1}/\Delta f_{\text{rep}}$ ) が時々刻々と変化するので、一定間隔のクロックでサンプリングを行うと (コンスタント・サンプリング)、周波数軸の線形性が保てなくなる。ここで、周波数ダウンスケーリング・ファクターの揺らぎを反映したアダプティブ・サンプリング信号を生成して[4]、これに基づいてサンプリングを行えば、フリーランニング・レーザーを用いても周波数軸の歪みを補正でき、デュアル THz コム分光法が可能になる。

デュアル THz スペアナを用いてデュアル THz コム間ビート信号を抽出し[5]、これをアダプティブ・サンプリング信号として、非同期光サンプリング法[2,3]により、10 連 THz パルス列の電場時間波形を取得した結果を Fig.1(a)に示す (積算回数 10000 回)。比較のため、フリーランニング・レーザーとコンスタント・サンプリング法を用いて、10 連 THz パルス列の電場時間波形を取得した結果を Fig.1(b)に示す (積算回数 10000 回)。両者の比較から、提案手法では、レーザー揺らぎの影響を受けることなく、信号積算出来ていることが分かる。Fig.2(a)および(b)は、Fig.1(a)の電場時間波形をフーリエ変換することにより取得した THz コム・スペクトルの全体図と拡大図であり、THz コムのスペクトル波形が正確に取得できていることが分かる。このように、フリーランニング・レーザーでも、アダプティブ・サンプリング法を適用することにより、デュアル THz コム分光法が可能であることを実証した。

本研究は、(独) 科学技術振興機構 (JST) の研究成果展開事業【産学共創基礎基盤研究プログラム】の支援によって行われた。

[1] Appl. Phys. Lett. **88**, 241104 (2006).[2] IEEE-TST **3**, 322-330 (2013).[3] Sci. Rep. **4**, 3816 (2014).[4] Nat. Comm. **5**, 3375 (2014).

[5] 市川他, 2013 年秋季応物学会, 18a-A14-10.

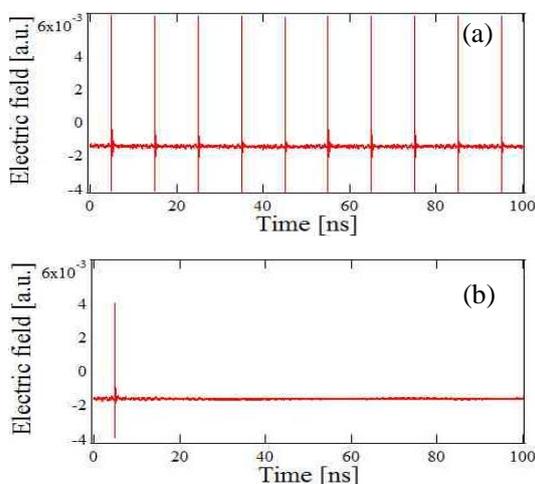


Fig. 1. Temporal waveforms of THz electric field in 10 consecutive THz pulses. (a) Adaptive sampling and (b) constant sampling.

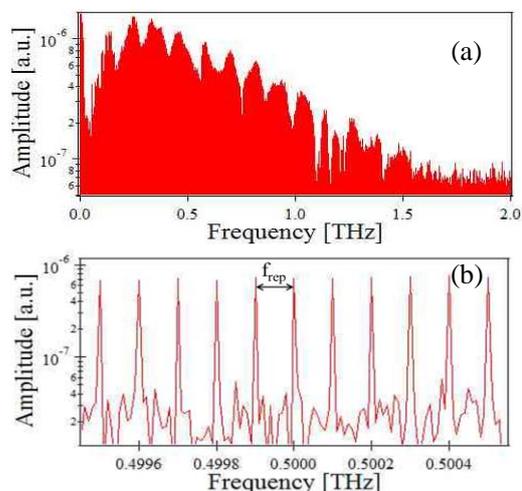


Fig. 2. Amplitude spectrum of THz comb. (a) overall spectrum and (b) expanded spectrum around 0.5 THz.