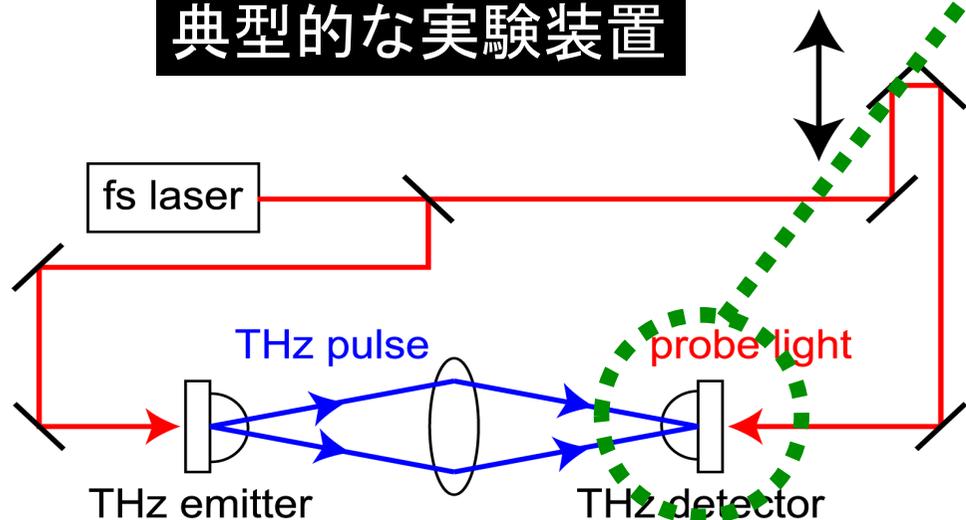


THzパルス電場の時間波形計測

THzパルスは実時間測定できない！

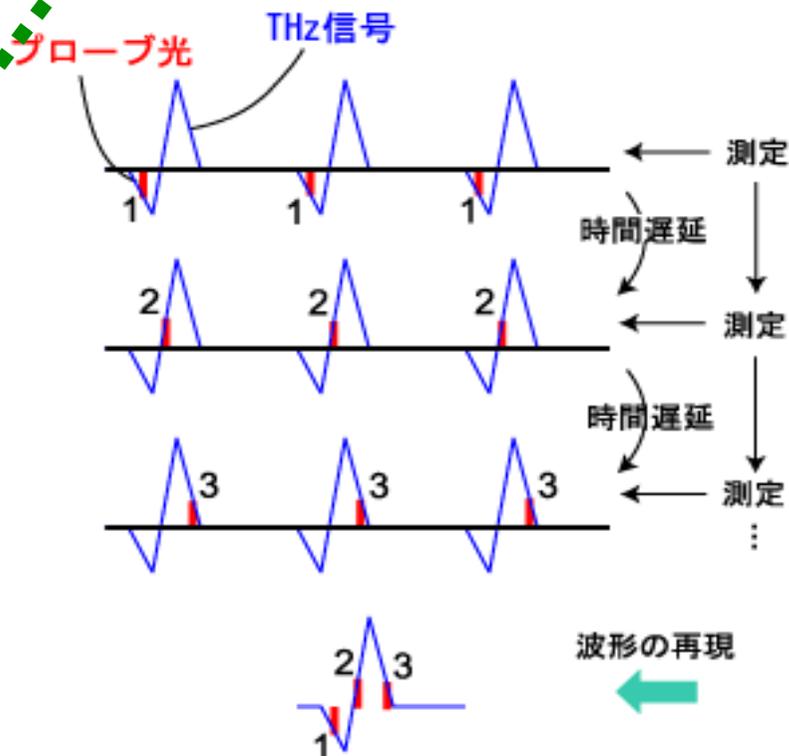
検出エレクトロニクスの帯域不足

典型的な実験装置



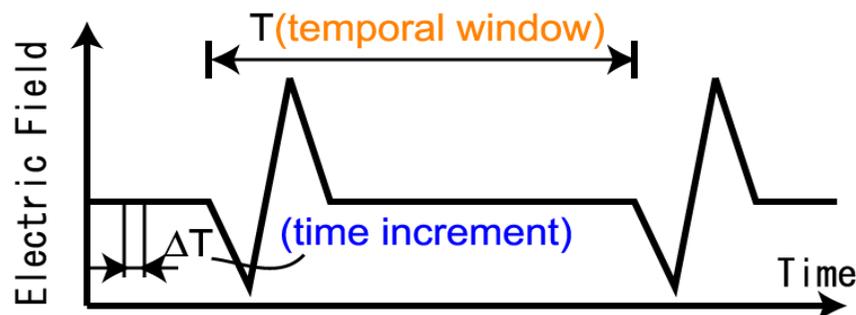
機械式時間遅延走査を用いた
ポンプ・プローブ測定

タイミングチャート

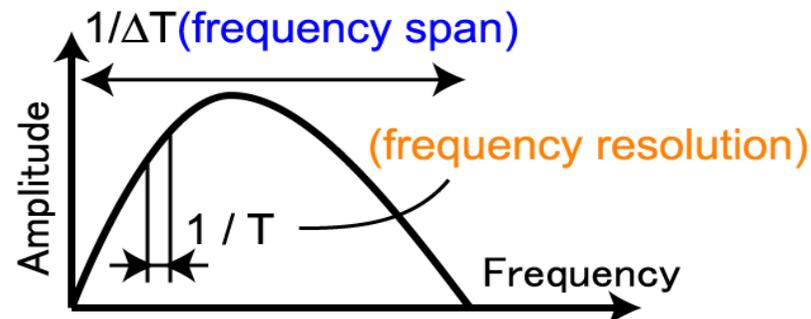
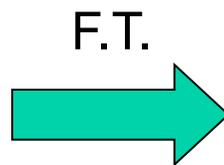


各遅延時間での波形の切り出しの後、時間波形再構成

THz時間領域分光法 (THz-TDS)



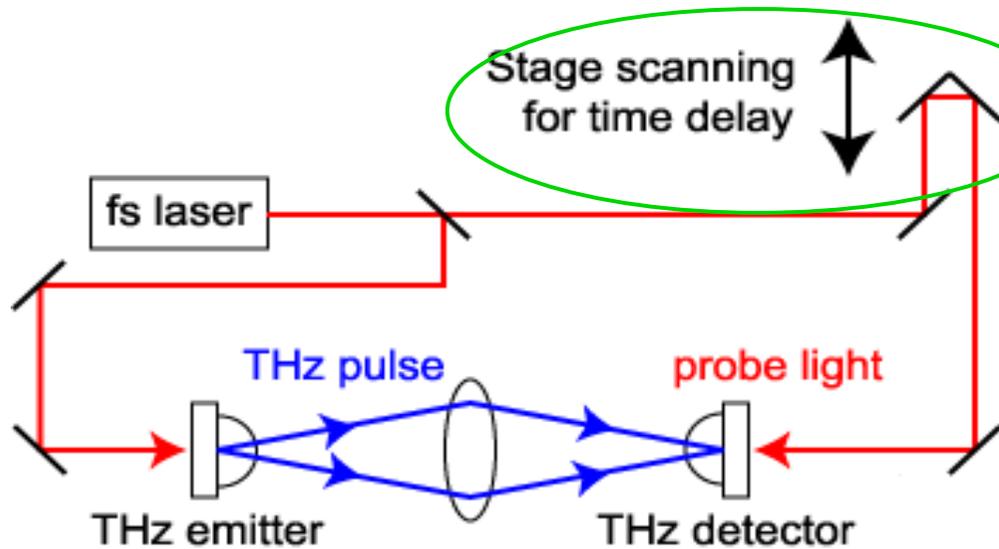
電場時間波形



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



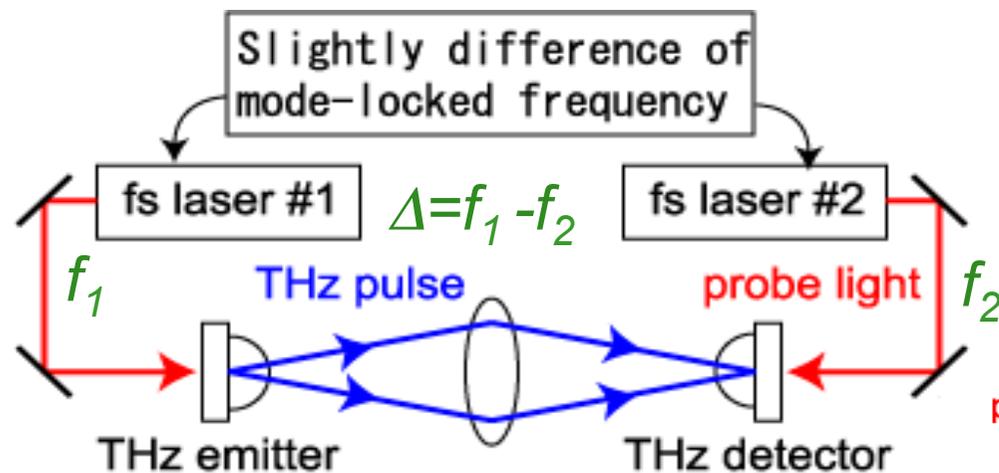
ステージ走査式THz-TDS

機械式ステージ移動を基に
スペクトルの目盛り付け

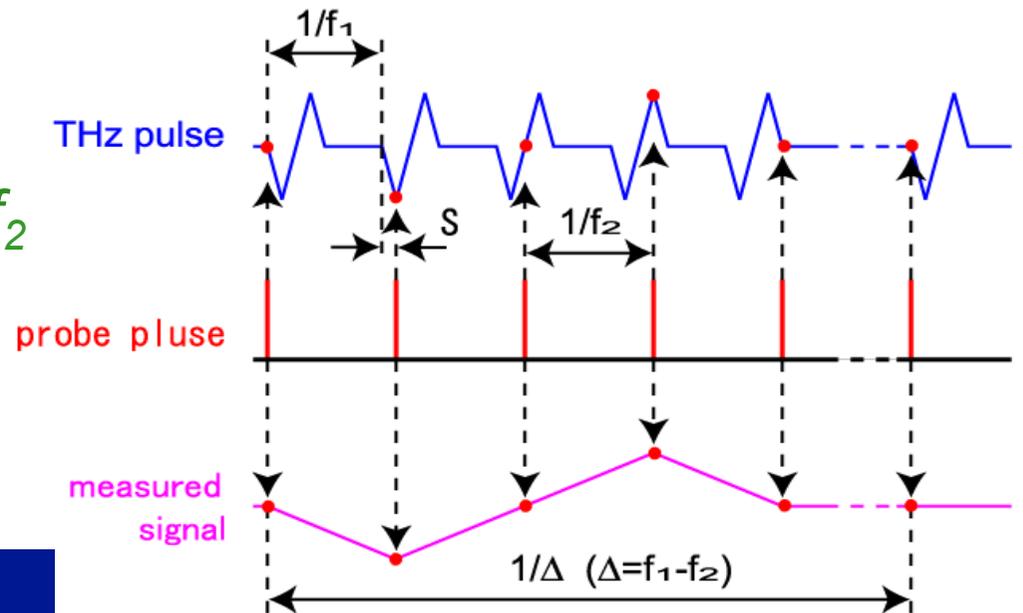
- ①スペクトル分解能と測定時間にトレードオフ。
- ②スペクトル確度はステージ位置決め精度に依存。

非同期光サンプリング式THzパルス計測法

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



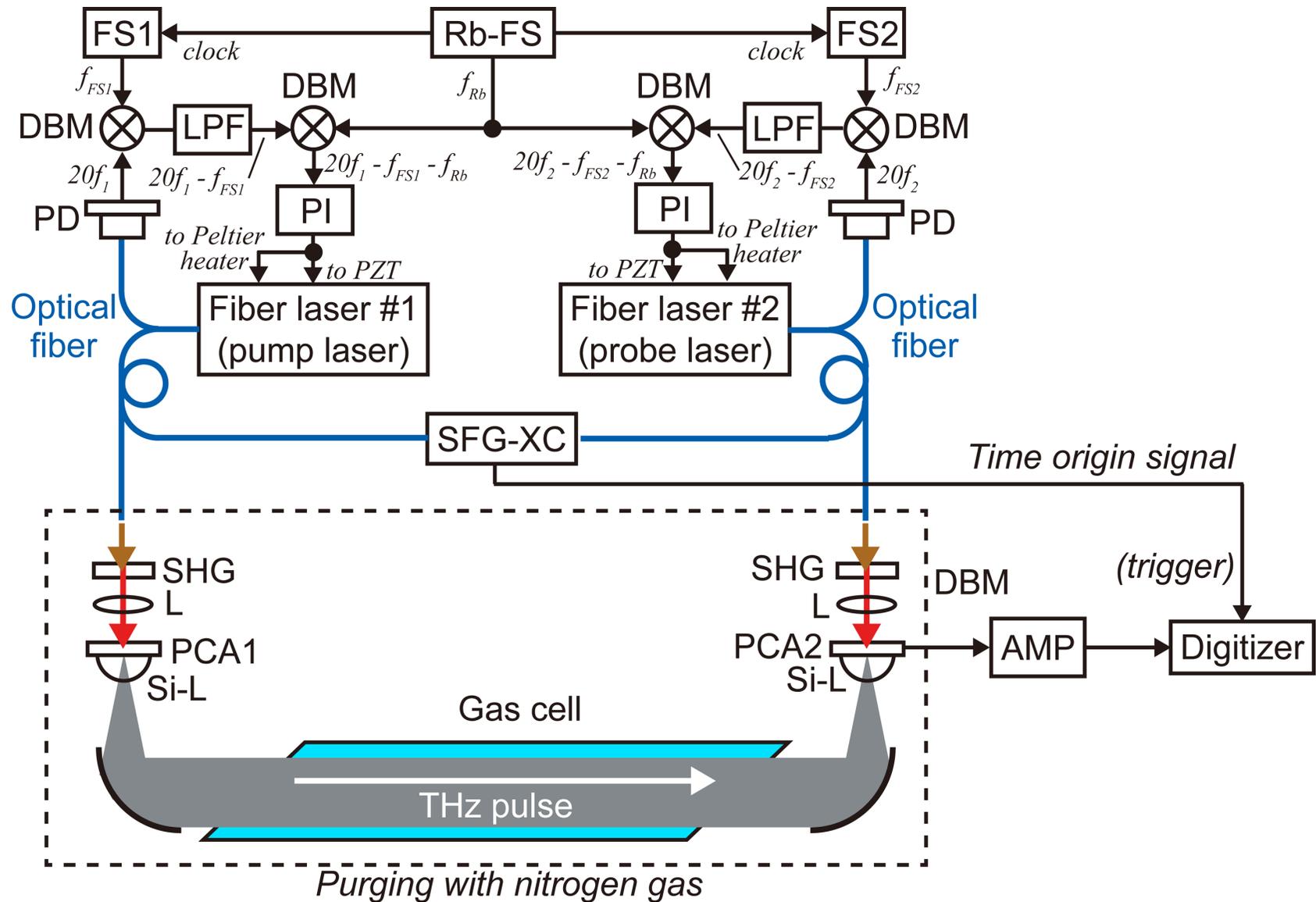
THzパルスとプローブパルスの
時間タイミングが各パルス毎
に自動的にシフト



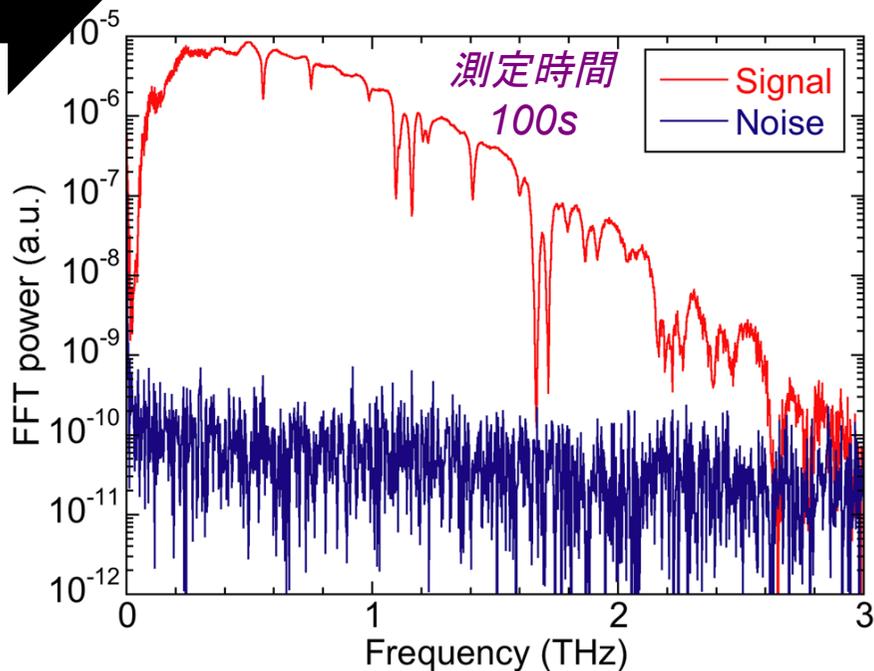
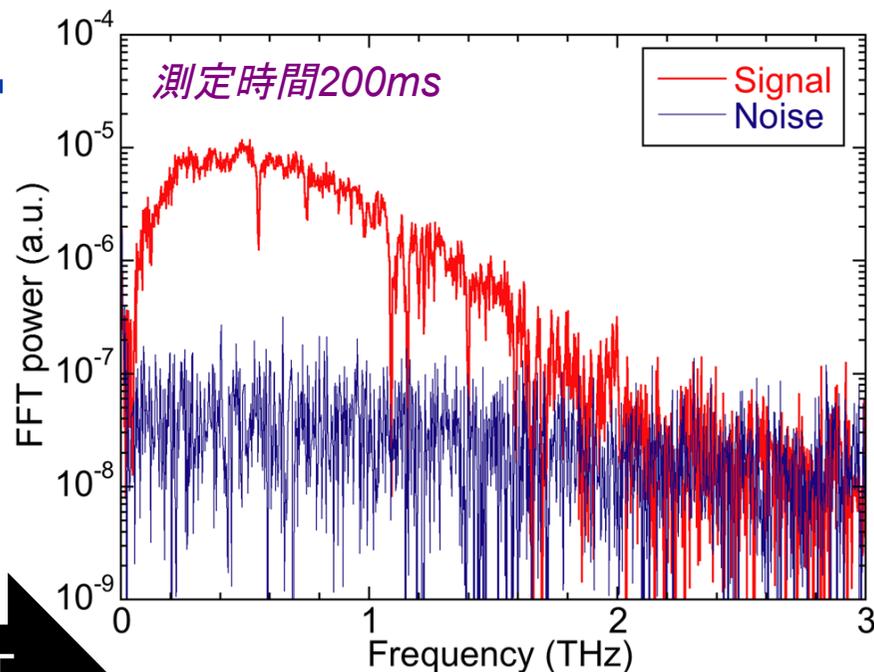
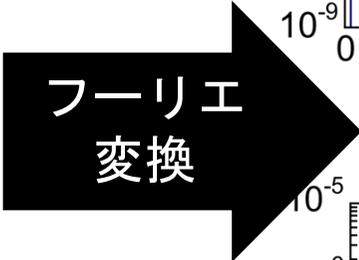
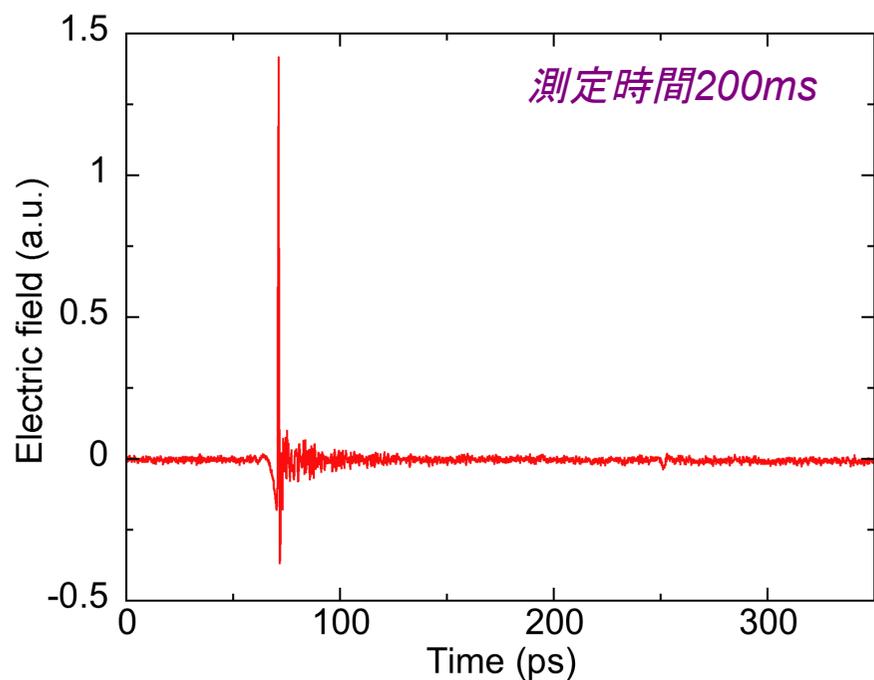
機械式時間遅延走査が不要
実時間測定 (スキャンレート=Δ)
極めて長い測定時間窓
光路長を一致させる必要がない

ピコ秒オーダーの時間波形をマ
イクロ秒オーダーまでスケール

実験装置 (THzガス分光)



基本特性

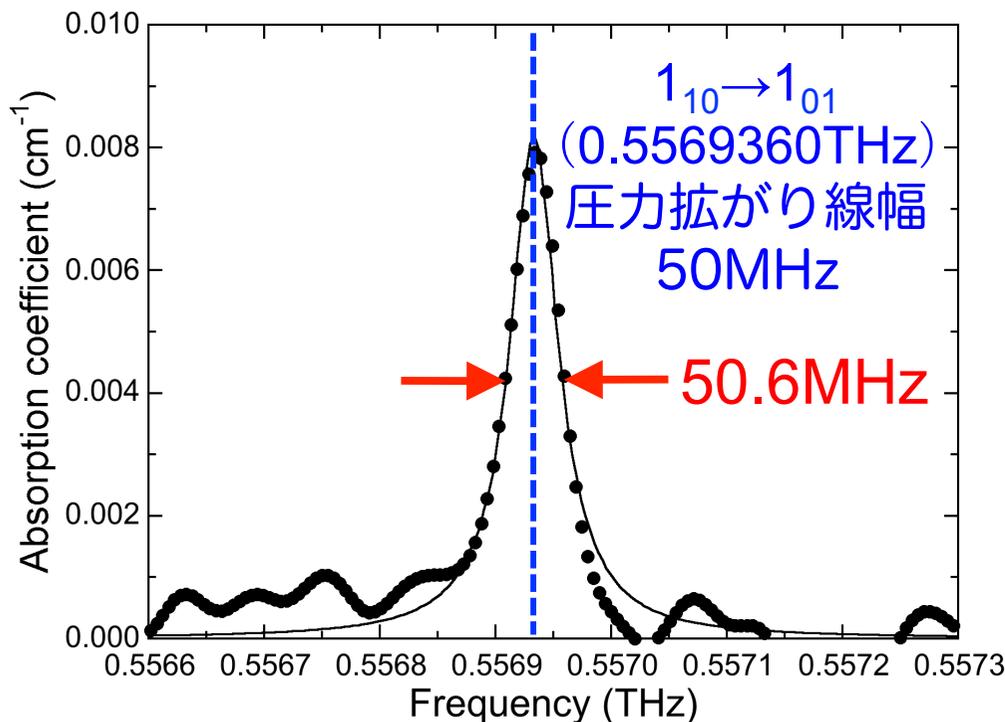


低圧水蒸気分光

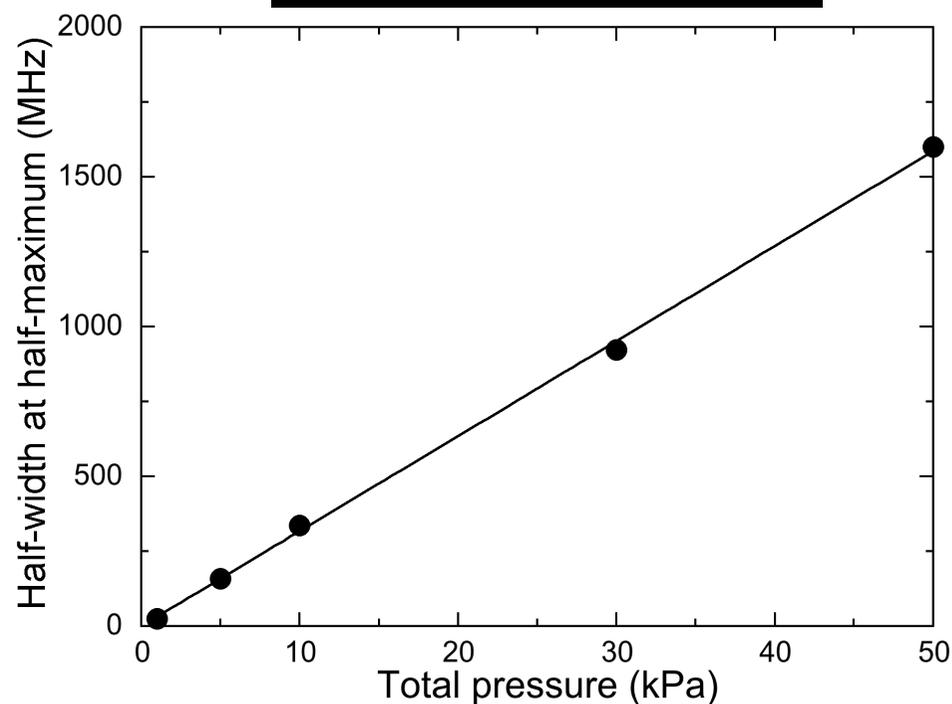
仏リトラル・コート・ド・
パール大学との共同研究

水蒸気とアルゴンの混合ガス (混合比10%)
計測時間窓 : 17.9 ns (=1周期分), 差周波 $\Delta = 5$ Hz

吸収スペクトル

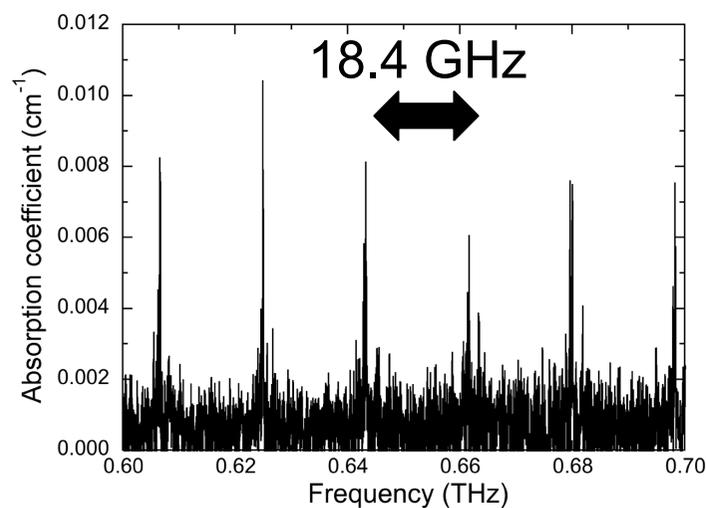
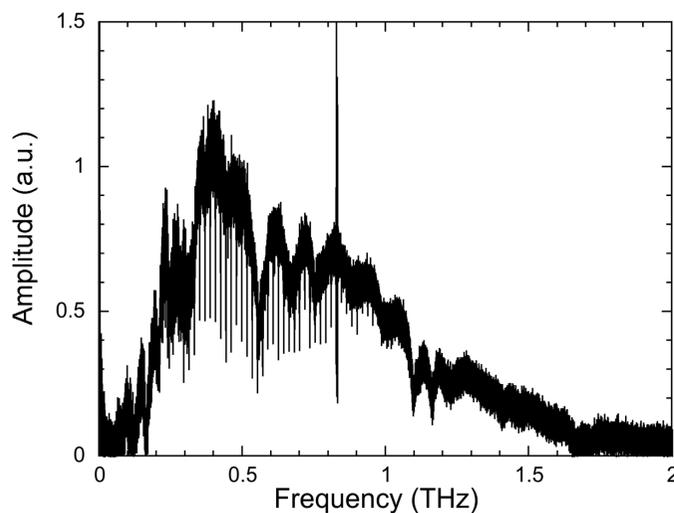


圧力広がり特性

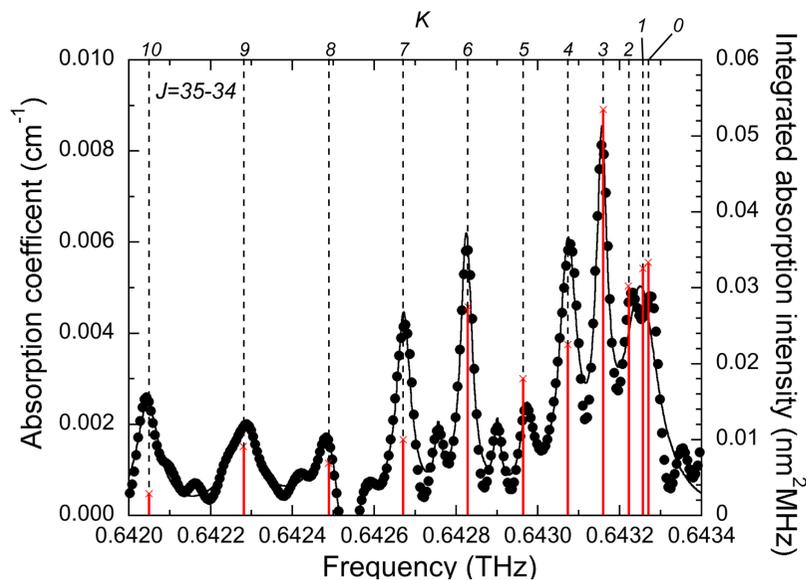


スペクトル分解能 ≡ モード同期周波数

アセトニトリル・ガス（星間分子）の分光



ガス圧0.04kPa



JPLデータベースとの比較

J	K	Literature value (THz)	Experimental value (THz)	Discrepancy (MHz)
	10	0.642 049 478 7	0.642 046	4
	9	0.642 280 721 6	0.642 281	0
	8	0.642 487 872 7	0.642 483	5
	7	0.642 670 849 7	0.642 673	3
	6	0.642 829 579 3	0.642 825	5
35-34	5	0.642 963 997 8	0.642 974	10
	4	0.643 074 051 0	0.643 075	1
	3	0.643 159 694 2	0.643 156	4
	2	0.643 220 892 8	Not assigned	-
	1	0.643 257 622 0	Not assigned	-
	0	0.643 269 866 7	Not assigned	-
(Mean) ± (standard deviation)				4 ± 3

スペクトル確度 6.2×10^{-6}

次世代車載レーダー

車載レーダー

(前方車両との距離・速度の検出)



- ・クルーズコントロール
- ・衝突不可避時のドライバーへの被害軽減

安全性向上のために極めて重要

レーザーレーダー

- ・高精度測距
- ・雨、雪、霧の影響
- ・ボディの汚れ等に弱い

ミリ波レーダー

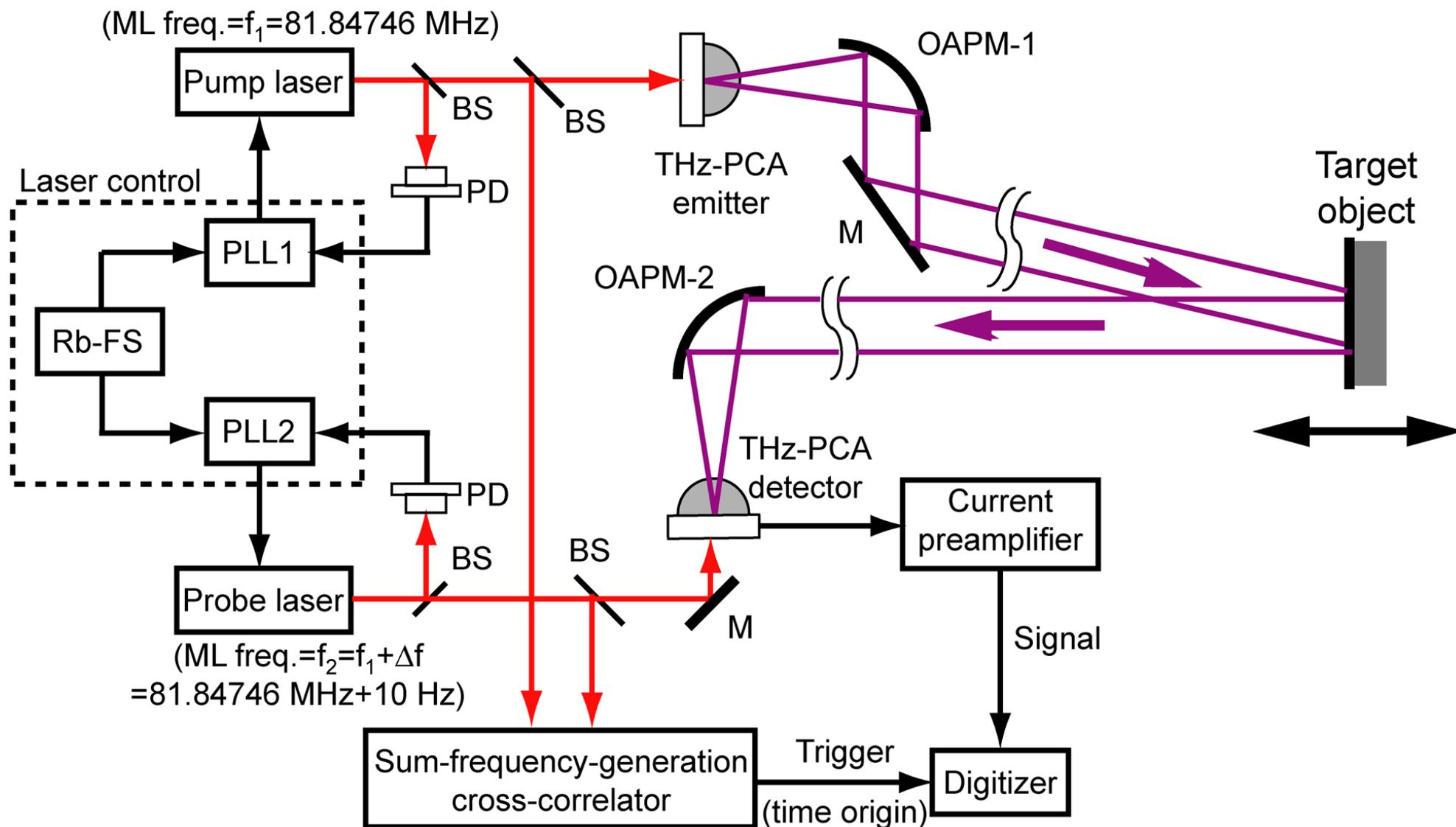
- ・悪天候にも強い
- ・ボディの汚れ等に強い
- ・高精度測距が困難

両者の長所を併せ持つレーダー？

対象を識別できるレーダー？

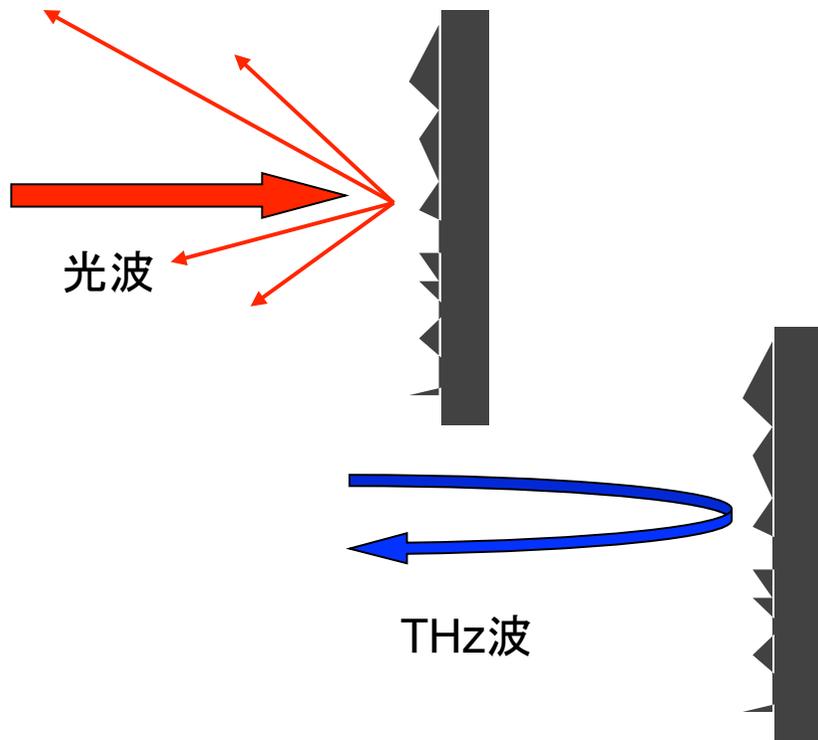
光波と電波の境界の『THzパルス』に着目

実験装置 (THzインパルスレーダー)

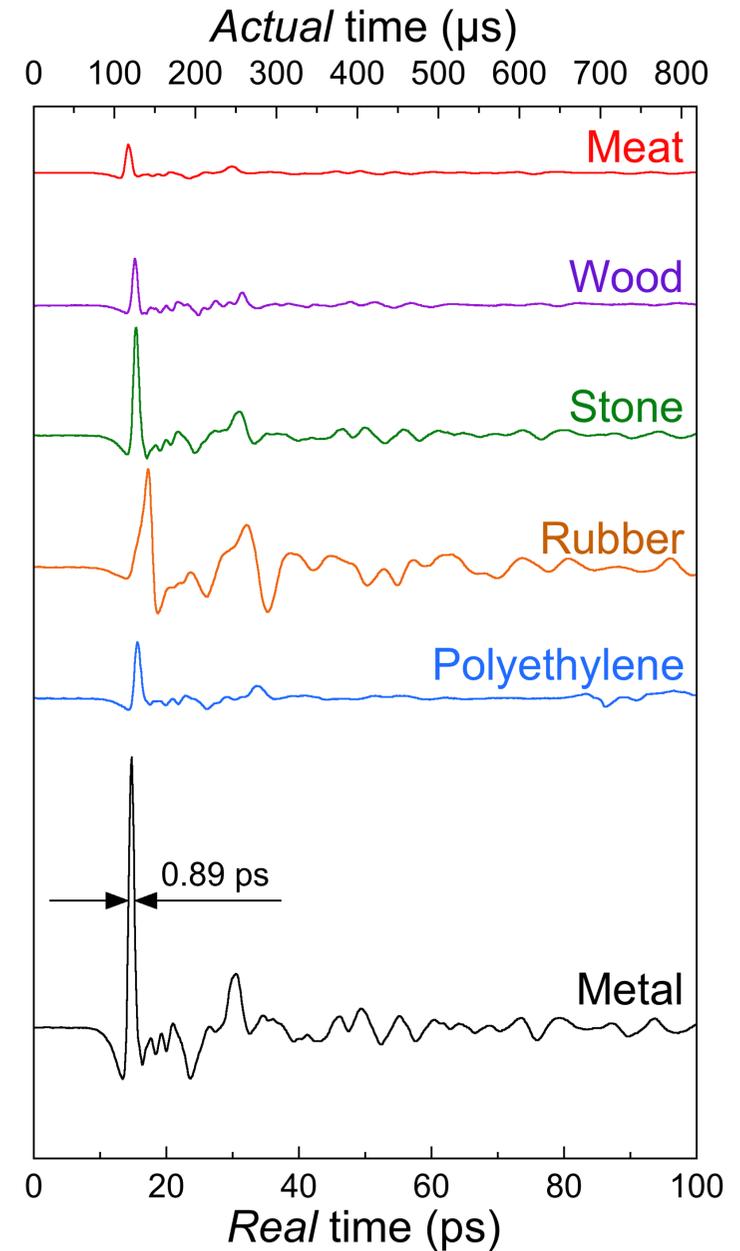


各種材料からの THzエコー信号

測定距離=1m, 100回積算@ $\Delta f=10\text{Hz}$

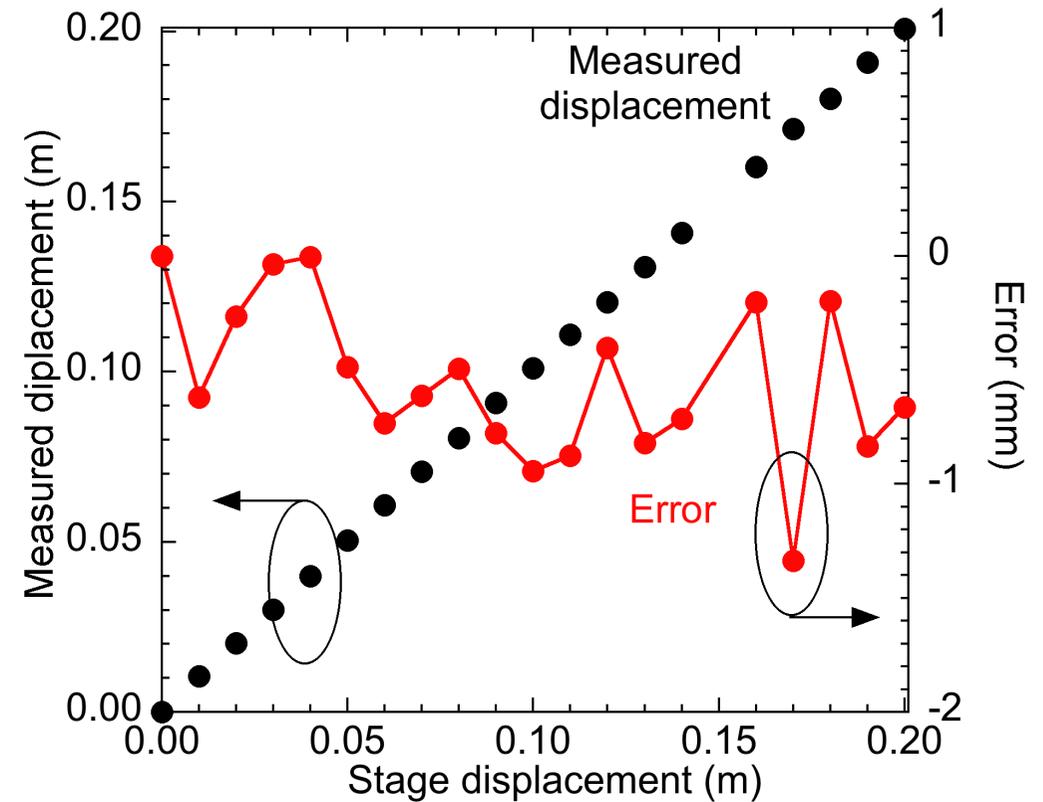
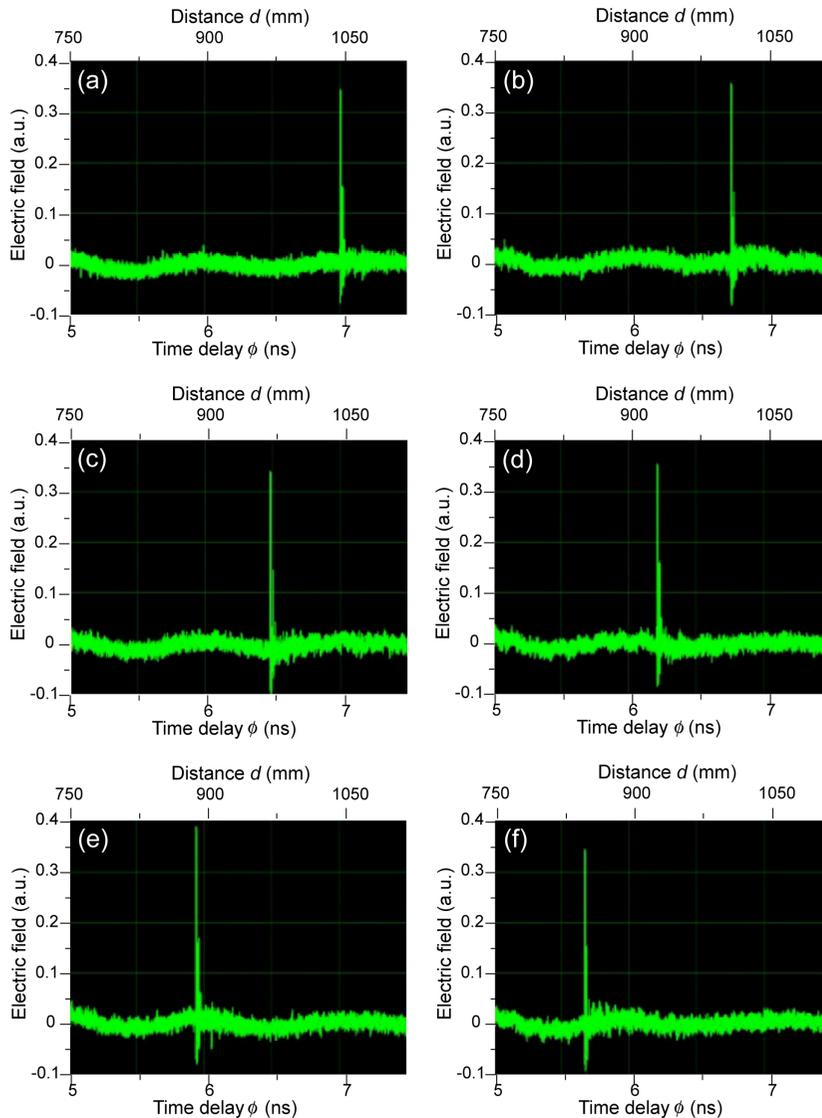


THz波の低散乱性により
光波で測定困難な粗面も検出可能



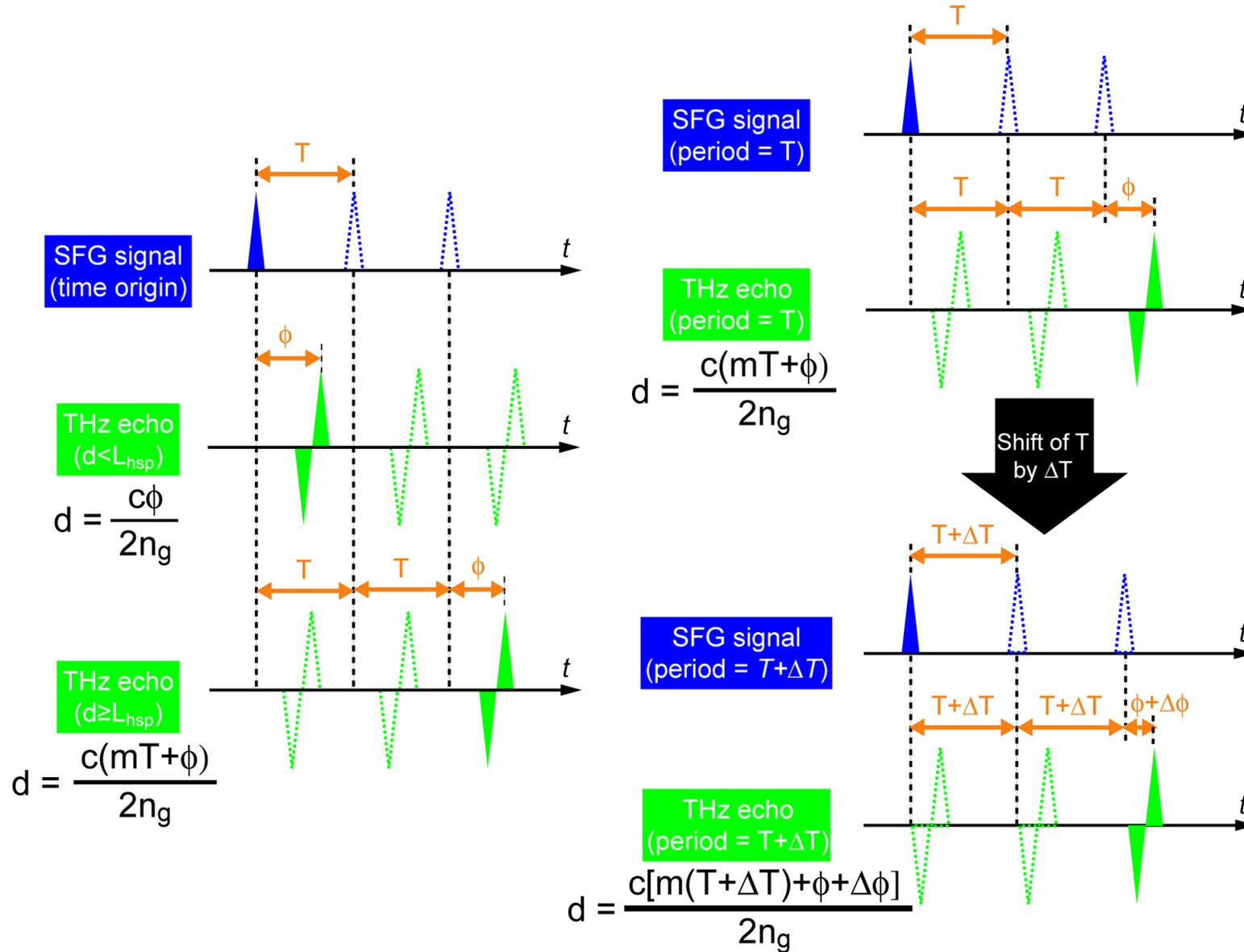
移動物体のリアルタイム測定

スキャンレート $\Delta = 10\text{Hz}$



測定精度 = $354\mu\text{m}$

遠方ターゲットの絶対距離測定



絶対距離の決定 (測定結果)

測定対象 : アルミミラー

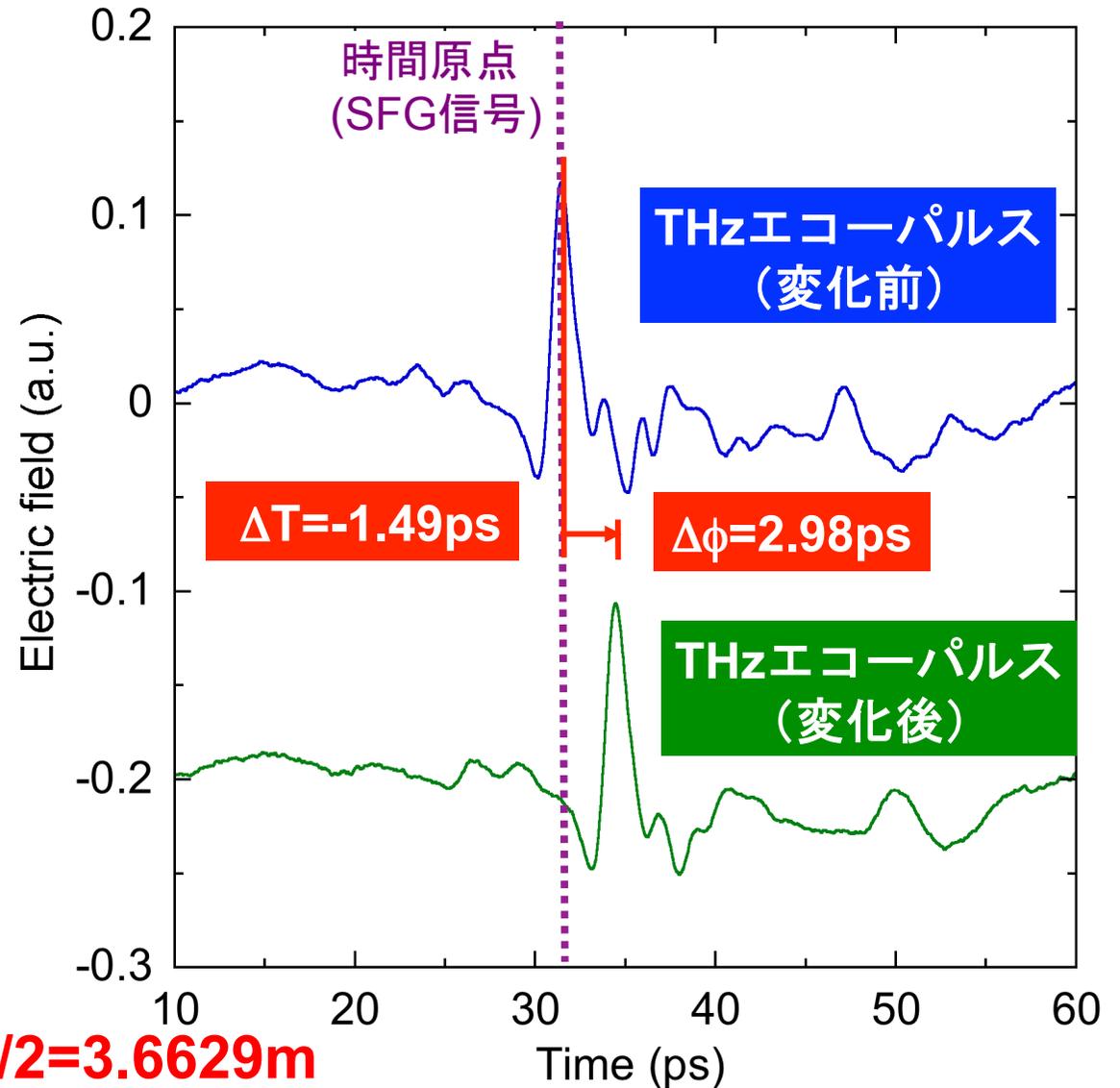
パルス周期 (変化前)
 $T_0 = 12.21785 \text{ ns}$, $\phi_0 = 0 \text{ ps}$

パルス周期 (変化後)
 $T_1 = 12.21636 \text{ ns}$, $\phi_1 = 2.98 \text{ ps}$

$\Delta T = -1.49 \text{ ps}$ $\Delta \phi = 2.98 \text{ ps}$

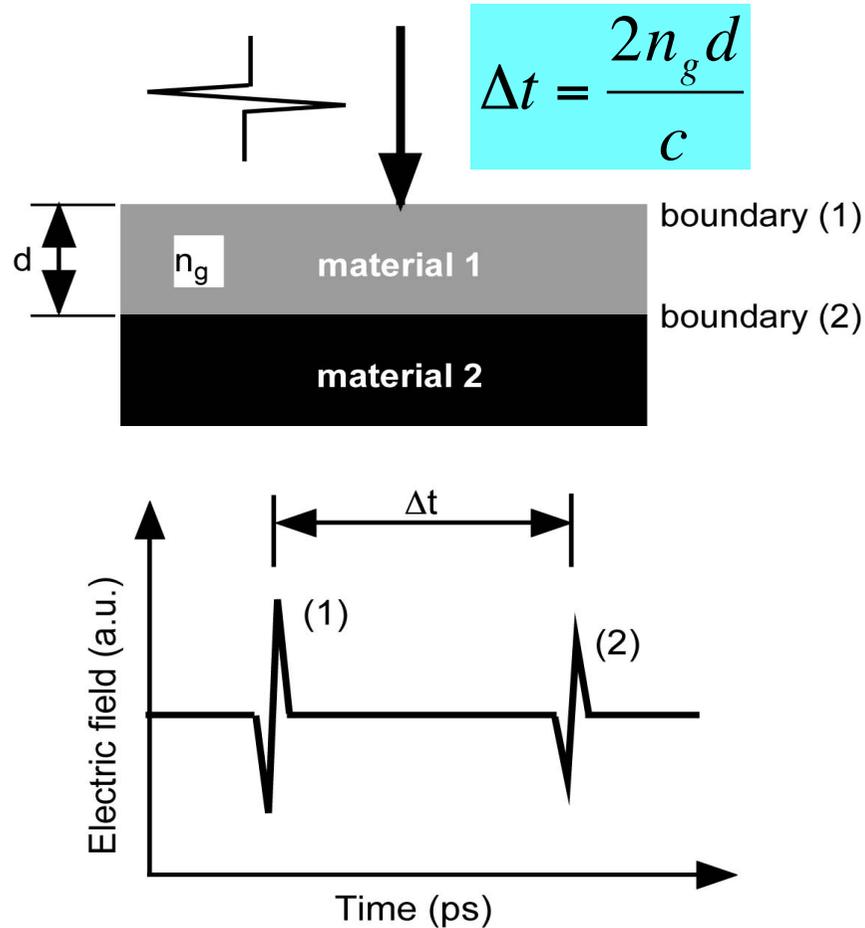
$$n = -\Delta\phi / \Delta T = 2$$

$$L = c(nT_0 + \phi_0) / 2 = c(nT_1 + \phi_1) / 2 = 3.6629 \text{ m}$$

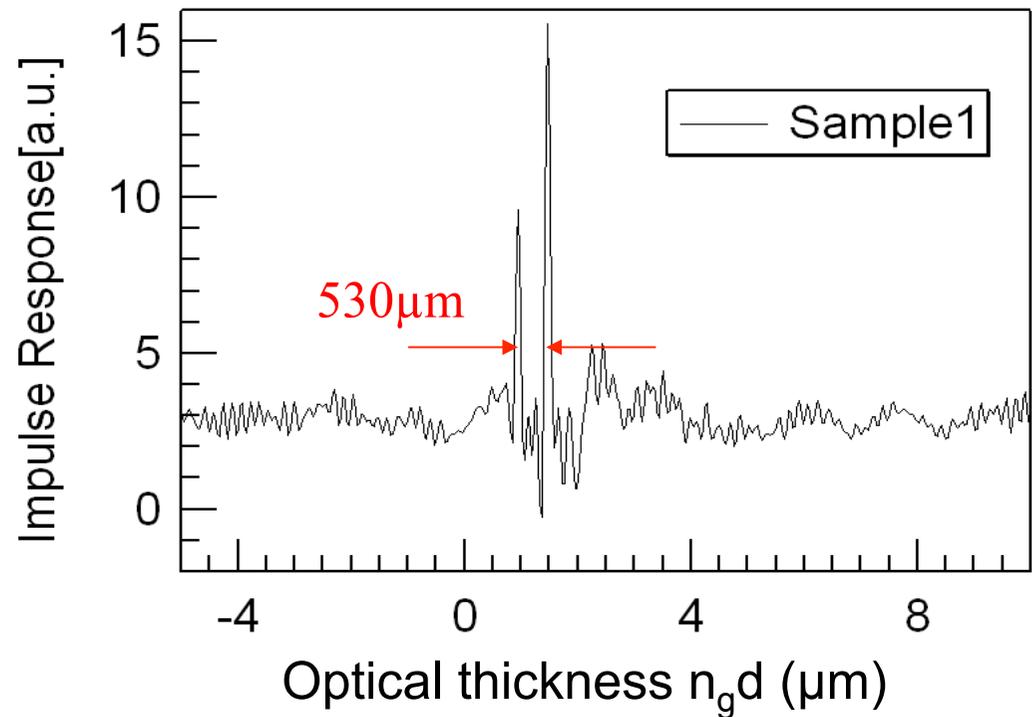


断層構造の非接触リモート測定

巨大構造物（橋脚など）の
塗装剥離や錆は重大な欠陥



塗装膜サンプル（測定距離1m）
d=220μm, n_g=2.59, n_gd=570μm



ref) T. Yasui et al., Appl. Opt. 44, pp. 6849-6856 (2005).

巨大構造物の保守点検