

一枚の写真

真実の対一

全データは<http://www.opluse.com/>にあります。



図1 ヒト歯切片の写真

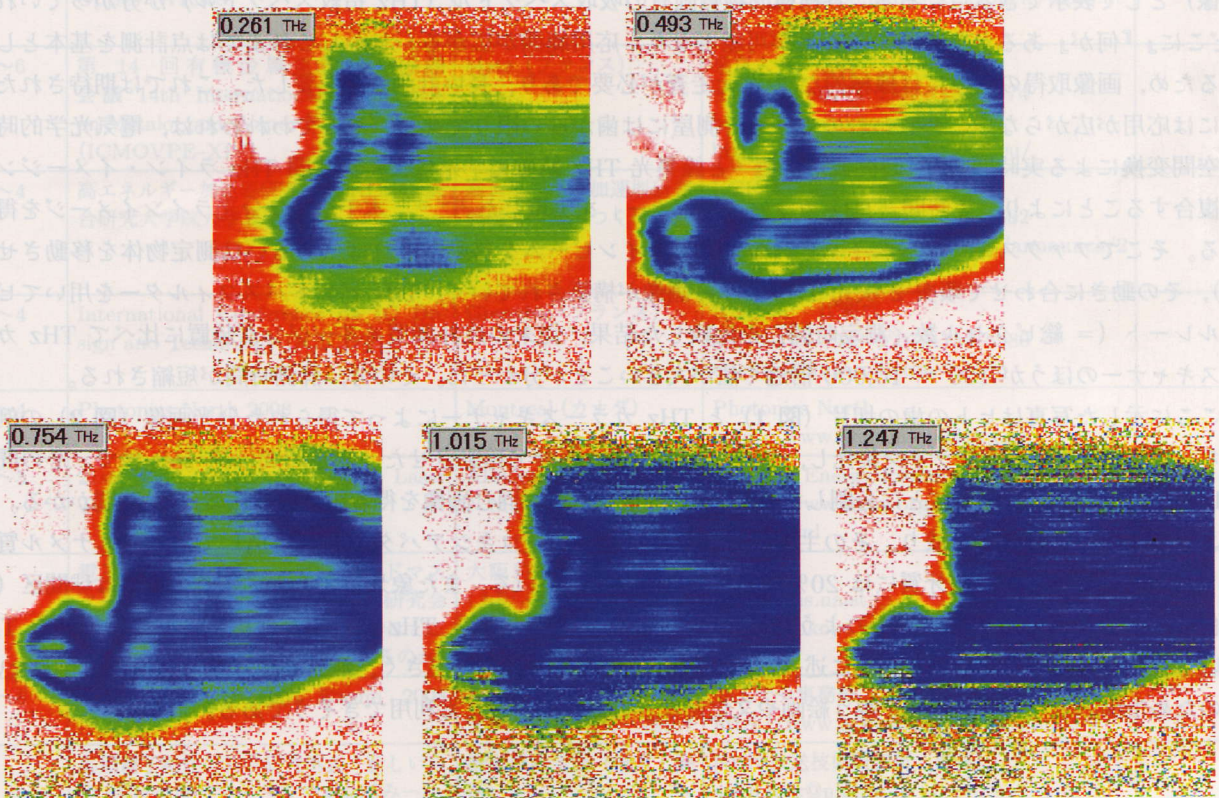


図2 THz分光画像

大阪大学
荒木 勉, 安井 武史

テラヘルツ・カラーキャナー

テラヘルツ波（以下 THz 波と略す）という言葉がトレンドとなっている。その波長域（周波数 = 0.1 ~ 10 THz, 波長 = 30 ~ 3000 μm ）はというと、長波長側がミリ波の一部にかかっているが、実態は遠赤外線そのものである。ストーブや健康グッズなどを通じて、遠赤外線には「人に優しい」というイメージがある。実際、光子エネルギーが小さく安全である。身近にあるにもかかわらず温熱作用以外の応用について未開拓であったのは、これまで良質な光源と高感度な検出器の開発が遅れていたためである。しかし、近年の安定した超短パルスレーザーの出現と超高速光技術の発達により、パルス状の THz 波が比較的容易に生成・検出できるようになって研究が急激に進展した。THz 波は“光電波”ともいべきユニークな電磁波である。この性質は X 線や超音波に代わる内部透視手段として利用できるため、セキュリティ利用への期待が大きく、ホームページなどでその有効性が紹介されている¹⁾。

テラヘルツイメージングの大きな特長は、内部透視イメージを THz 周波数ごとの色付きカラー画像（THz 分光画像）として表示できる点にある。各種構成物質固有の吸収スペクトル（THz 指紋スペクトル）が分かっているならば『どこに』『何が』あるかを識別することが可能となり、応用範囲が広がる。しかしこれまでは点計測を基本としているため、画像取得のためには機械的な 2 次元走査が必要であり、長い計測時間を要した。これでは期待されたほどには応用が広がらない。われわれのような計測屋には歯がゆい限りである。そこでわれわれは、電気光学的時間-空間変換による実時間 THz 時間波形計測²⁾と線集光 THz 結像光学系による実時間 THz ライン・イメージングを複合することにより、実時間「THz カラーキャナー」を実現した^{2)~4)}。本手法では分光ラインイメージを得ている。そこでファクスのハンドスキャナーのようにラインビームを移動させれば（あるいは測定物体を移動させれば）、その動きに合わせて順次 2 次元 THz カラー画像が構築されていく。THz バンドパスフィルターを用いてピクセルレート（= 総ピクセル数/測定時間）を比較した結果、従来の点計測型イメージング装置に比べて THz カラーキャナーのほうが 100 ~ 10,000 倍近く値が大きいことが分かった。その分、計測時間が短縮される。

ここに示した写真はヒトの歯の切片（図 1）と THz カラーキャナーによって得られた分光画像（図 2）の例である。歯切片に THz 波をライン集光し、ラインを 0.1mm / 秒で移動させた。測定時間は約 160 秒で、その間に 0.1 ~ 3 THz を 29 GHz ごとに分割した 110 枚の画像を得た。同じ画像を得るのに従来法では 9 時間かかる。歯はエナメル質と象牙質から成り、その主要成分は無機質のハイドロキシアパタイト（HOA）である。エナメル質の 96% は HOA であるが、象牙質には 20% ほど有機質が含まれている。また象牙質とエナメル質の境には球間区（石灰化の不十分な部分）がある。このように局在した HOA の結晶構造と THz 波の相互作用により、特徴的な THz 吸収分布が現れたと考えられる。前に述べたが、THz 波のエネルギーは小さく、測定物にほとんど損傷を与えない。そのため生体のみならず、侵襲を嫌う絵画や文化財などの鑑定・修復にも利用できそうである。

参考文献

- 1) <http://www.thznetwork.org/wordpress/index.php/thz-images/>
- 2) T. Yasui, K. Sawanaka, A. Ihara, E. Abraham, M. Hashimoto, and T. Araki: "Real-time terahertz color scanner for moving objects," *Opt. Express* 16, pp. 1208 ~ 1221 (2008), <http://www.opticsexpress.org/abstract.cfm?id=148990>.
- 3) "Speedy and Colorful Terahertz Scanning", *PHOTONICS SPECTRA* 42(3), pp. 25 ~ 28 (2008), <http://www.photonics.com/content/spectra/2008/March/tech/90770.aspx>
- 4) http://sml.me.es.osaka-u.ac.jp/araki_lab/research/thz/