

3.11.1 テラヘルツ研究センター テラヘルツ連携研究室

室長 寶迫 巖

3

活動状況

新たな科学技術のイノベーションの宝庫 ～テラヘルツ技術～

【概要】

テラヘルツ帯電磁波(周波数: 100 GHz～10 THz、図1参照)は電波と光の間にあり、これまで未開拓領域と呼ばれ、その利用は理化学的研究など限定的であった。近年になって、電子デバイスやレーザー技術の進展により急速に開発が進みつつある。テラヘルツ技術は、無線通信、非破壊計測、成分分析、災害復旧、防犯、医療、農業、工業等の様々な分野における社会活動や、物理、化学、生物学等の分野の科学への貢献が見込まれている。

テラヘルツ連携研究室では、共通する技術基盤としてテラヘルツ帯周波数コム技術の研究開発を行うとともに、以下の4つのサブプロジェクトを設け、テラヘルツ技術の研究開発を実施している。

超高速無線

100 Gbit/s 級無線伝送技術(モバイルバックホールや光基幹ネットワークの補完など)を想定

小型高感度分光技術

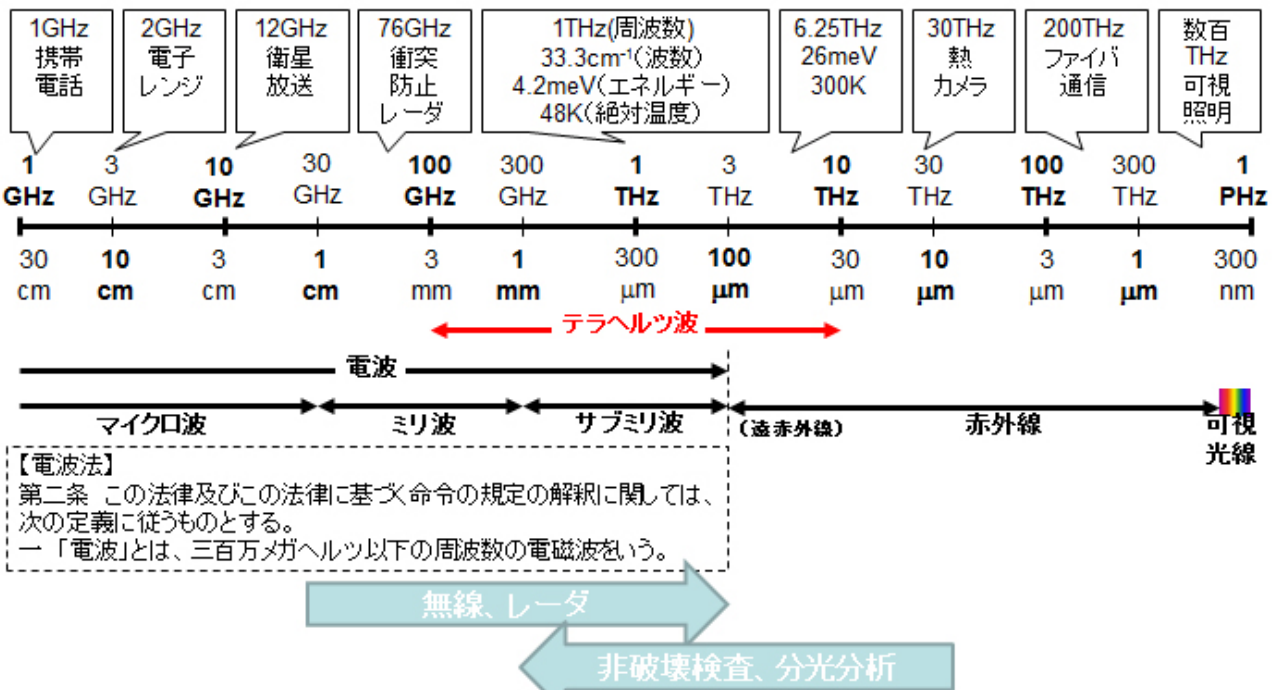
3 THz 帯チューナブル位相ロックループの実現及び低雑音(量子限界の10倍)高感度精密分光技術の実現、高周波数分解能測定による気体中の微量成分の検出(大気観測・呼気分析応用など)を想定

超高周波計測基盤技術

ppm レベルの感度を持つ高精度定量分析技術(分光測定技術)の実現、液体中の定量成分分析(醸造工程のリアルタイムモニタ応用など)を想定

ワンストップラボ

テラヘルツ周波数標準(確度5桁(0.1～3 THz))、300 GHz までの電力標準技術の確立、非破壊検査法(イメージング)の新領域への展開



テラヘルツは、新たな科学技術のイノベーションの宝庫

- ※無線通信、非破壊計測、成分分析、災害復旧、防犯、医療、農業、工業、等の様々な社会活動への貢献
- ※物理、化学、生物学等の様々な科学への貢献

図1 テラヘルツ波とは? 波長: 3 mm～30 μm(周波数: 100 GHz～10 THz)の領域

【平成 25 年度の成果】

超高速無線

①「テラヘルツ波 大気減衰率 提供サービス」の公開開始

「テラヘルツ波がどこまで届くかがすぐ分かる!」ことを目的として、Web ページ (<https://smiles-p6.nict.go.jp/thz/jp/decay.html>) 上で、「テラヘルツ波 大気減衰率 提供サービス」(図 2) を平成 25 年 4 月 18 日に開始した。このサービスは、NICT の電磁波伝搬モデル AMATERASU をベースに、Web ページ上で任意のテラヘルツ周波数の電磁波伝搬度を計算して表示する。NICT 内外で行われる様々なシステム開発や、無線通信やリモートセンシング等分野の研究開発に役立つことを期待している。

②デジュール及びデファクト標準化の進展

デジュール標準化: 平成 25 年 6 月に開催された ITU-R Working Party 1A (WP1A) 会合 (スペクトラム技術を所掌する作業部会) において、NICT から提案した新研究課題案「275-1000 GHz における技術・運用と特性に関する研究」が承認された。さらに、WP1A に続いて開催された WP1A の上層委員会である ITU-R Study Group 1 (SG1) (スペクトラム管理を所掌する研究委員会) に WP1A から上程し、そこで満場一致で本研究課題案は採択され、6 月 27 日に ITU 無線通信局から各国政府にレターが送付された。10 月 30 日までに各国政府から反対意見は示されず、ITU-R 研究課題として承認され、新番号 (QUESTION ITU-R 237/1) が付与された。

デファクト標準化: IEEE の LAN/MAN (Local Area Network/Metropolitan Area Network) 等、公衆無線の標準策定会議である IEEE802 においては、近距離無線通信の仕様標準化のための IEEE802.15 (WPAN) 委員会にて、100 Gbit/s 級無線のデファクト標準化の議論が行われている。IEEE は平成 25 年 10 月 15 日にプレスリリースを行い、IEEE802.15 に新しいスタディーグループ (SG100G) を設置し、既存の標準 IEEE 802.15.3™ を修正して、1. 超近接通信によるチップ間/回路基板間通信、2. データセンター内サーバ間通信、3. 近接通信によるクラウドとのコンテンツ同期、などのユースケースを想定した標準化作業を開始することとした。物理レイヤーとしては、60 GHz 帯等のミリ波、テラヘルツ波、赤外線 (空間) が、想定されている。この SG 設立に当たっては、当研究室等から様々な貢献を継続しており、寶迫室長が SG の副議長に選出された。

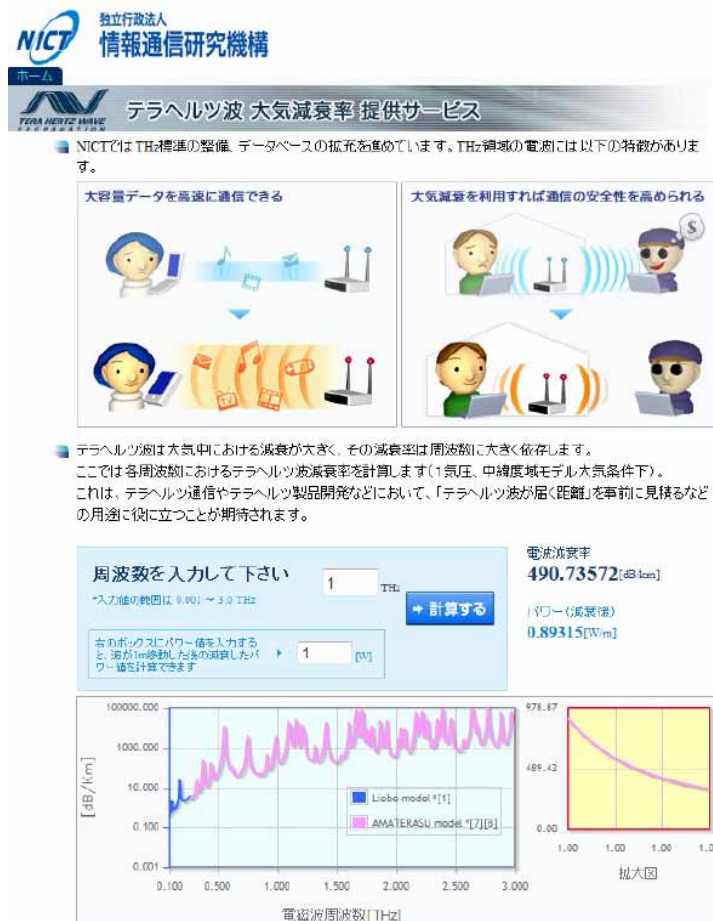


図 2 テラヘルツ波 大気減衰率提供サービスの Web ページ

小型高感度分光技術、超高周波計測基盤技術、ワンストップラボ等

①テラヘルツ周波数コムによるテラヘルツ量子カスケードレーザ (THz QCL) をロックした高安定光源技術の開発に先立ち、安定化に必要となるテラヘルツコムと THz QCL のヘテロダイン検出技術の開発を行った。未来 ICT 研究所 ナノ ICT 研究室のホットエレクトロニクスボロメータ (HEB)、電磁波計測研究所 センシング基盤研究室の CW 発振 THz QCL (未来 ICT 研究所 超高周波 ICT 研究室の技術協力有)、電磁波計測研究所 時空標準研究室のレーザ技術、及び当研究室のテラヘルツコム技術を結集することにより、3 THz のヘテロダイン検出 (ビート信号 (図 3)) に成功した。これは、連携によるシナジーの顕著な成果であり、当研究室で研究の加速が生じた好例である。今後、フェーズロック動作に向けて、さらに研究開発を進める。② Si 基板上に作製した準光学 THz 帯 NbN-HEBM により、3.1 THz において世界トップレベルの 1930 K (図 4) (昨年度の 4750 K より大きく進捗、量子限界の 13 倍) のミキサ雑音特性を達成。THz 帯 NbN-HEBM を用いて、マイクロ波源 (14.6 GHz) の 216 通倍による 3 THz 発振源 (出力 $1 \mu\text{W}$ 以下) と 3 THz 量子カスケードレーザ (QCL) とのビート (IF) 信号の観測に成功、THz 帯位相同期信号源開発に向けての設計指針を明確化した。③テラヘルツコム生成の前段階として、 $1 \mu\text{m}$ 帯 YDF レーザを用いた非線形結晶からのテラヘルツ波発生を行った。これまで、強度検出器でのパワー測定に留まっていたが、今回、テラヘルツ時間領域分光測定系を構築することにより、その電界波形の計測に成功した。特に、リン化ガリウム (GaP) 結晶においては、(リニアスケールにおいて) 3 THz の帯域を有することが判明した (図 5)。これまで、1 THz 超の“有意な”強度を持つテラヘルツ波は得られていなかったため、今後の 3 THz 超の帯域実現のための、大きな前進である。

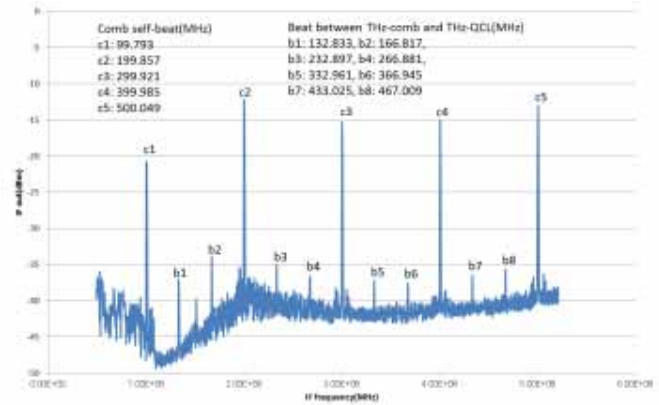


図 3 THz コムと THz QCL のビート信号

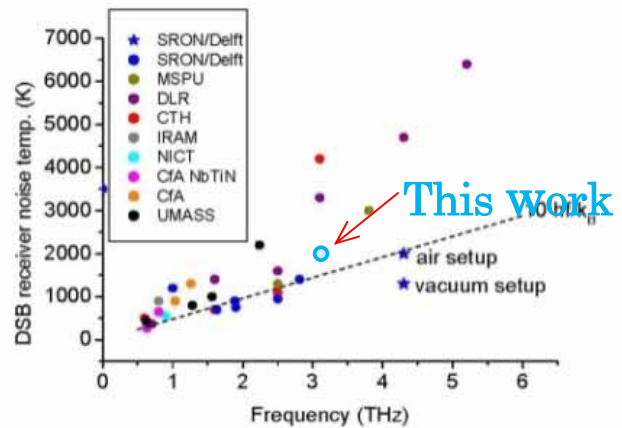


図 4 テラヘルツ帯高感度ミキサ雑音特性の比較

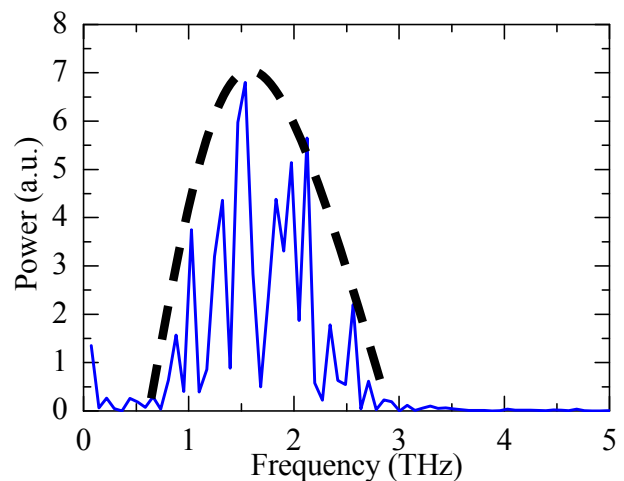


図 5 GaP により発生した THz パルスの周波数特性 (縦軸はリニアスケール)