

テラヘルツICT分野の短中期的な研究開発戦略

～ テラヘルツICTワーキンググループ報告書概要～

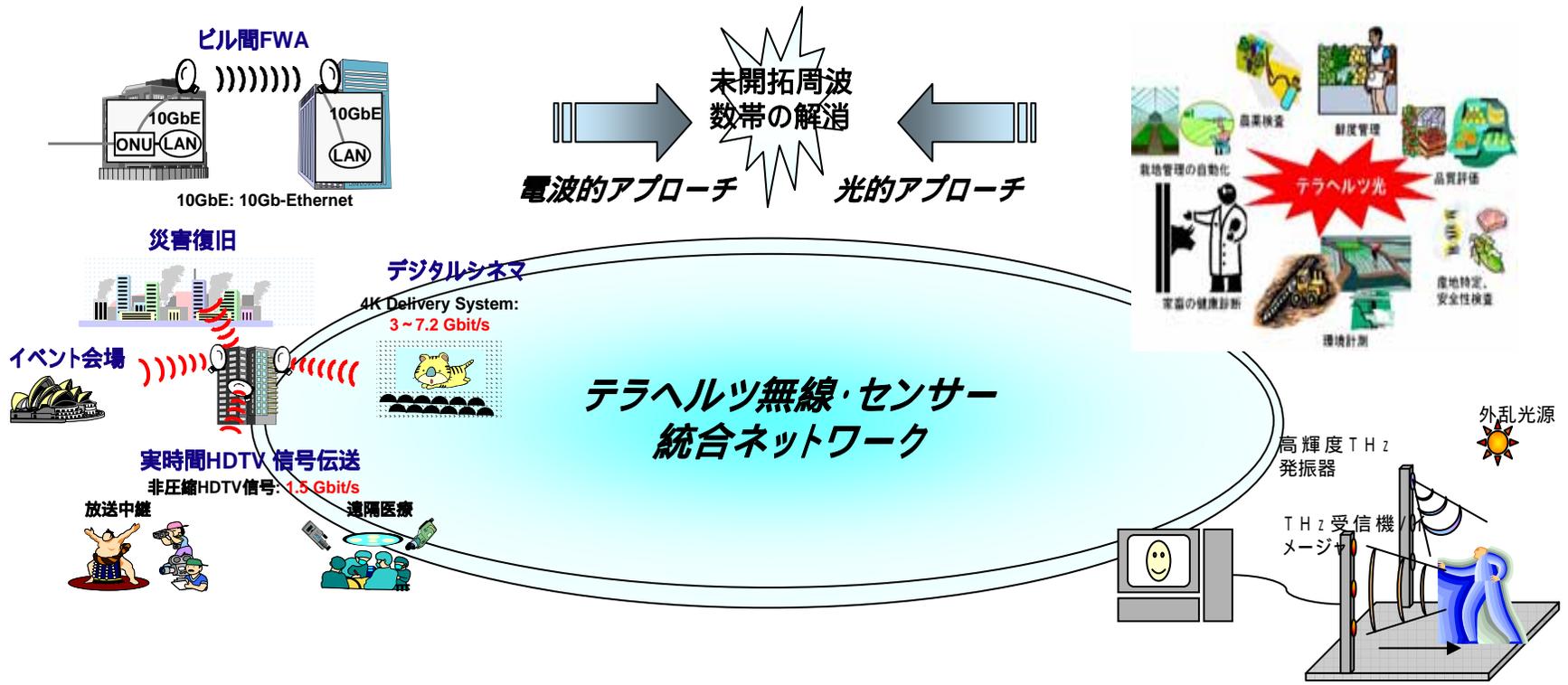
21世紀ネットワーク基盤技術研究推進会議
テラヘルツICTワーキンググループ

ユビキタスネット社会におけるテラヘルツICTの実現像

未利用周波数帯であるテラヘルツ波の特徴を活かし、大容量ネットワークとのシームレス接続や環境等多様なモニタリング、高度なセキュリティ技術等が実現し、ユビキタスネット社会における非常時高信頼ネットワーク構築、ICTによる安全・安心の確保へ貢献。

2010年までに、要素技術や共通基盤技術の確立、大容量無線や各種センシングシステムが実現

2015年までに、災害時等THz臨時ネットワークテストベッド構築や無線・センサー統合ネットワークが実現



テラヘルツテクノロジーの現状と動向

世界的なテロリズムの拡散や各種災害による脅威を低減し、安心・安全な社会を構築することが喫緊の課題。テラヘルツ波利用への期待。近年、欧米で、テラヘルツ光の有用性に対する政府や企業の関心が増大し、テラヘルツテクノロジーの幅広い応用へ向け、産学の連携による研究開発が活発化

欧州

第5次、第6次研究開発フレームワーク計画Information Society Technologies (IST)プログラムにおいて、2000年以降、テラヘルツ波の医療、通信応用を目指した研究が活発化。

- ・**WANTED** (Wireless Area Networking of Terahertz Emitters and Detectors): (英:2000~2003年) 1~10THzの広帯域半導体発振器や検波器を開発し、Tbps級WANの可能性を検討。
- ・**TERAVISION** (Terahertz Frequency Imaging Systems for Optically Labeled Signals): (英:2000~2003年) 高出力・小型近赤外短パルスレーザーを用いた医療応用小型THzパルスイメージング装置の開発。関連して、ベンチャー企業を通じた技術の事業化も進展 (TeraView社)。
- ・**NANO-TERA** (Ballistic Nanodevices For Terahertz Data Processing): (仏:2001~2004年) THz帯信号処理デバイスの研究。
- ・**SUPER-ADC** (A/D converter in superconductor-semiconductor hybrid technology): (スウェーデン:2002~2004年) 高温超伝導体と半導体とのハイブリッドによる超高速AD変換器の実現を目指した研究。

米国

DARPA等が中心となり、国防目的主導の先端技術開発プログラムや超高速エレクトロニクス分野のプログラムを戦略的に推進。

- ・**TIFT** (Terahertz Imaging Focal-plane-array Technology): セキュリティ応用の小型高感度テラヘルツセンシングシステムの開発
- ・**TFAST** (Technology for Frequency Agile Digitally Synthesized Transmitter): (2003~2006年) 高速通信、フェーズドアレイアンテナ送信機のデジタル化応用の超高速IC開発(クロック周波数 100GHz以上)。
- ・**SWIFT** (Submillimeter Wave Imaging FPA Technology): (2005年~) セキュリティ、防衛用イメージング応用のサブミリ波FPAに係るコンポーネント開発。

10社以上の企業がテラヘルツ関連の製品開発

- ・Picometrix社: スペースシャトル外壁タイル内部の欠陥検査テラヘルツイメージングシステムとして、NASAで実用。
- ・Physical Sciences Inc., Northrop Grumman Space Technology社、Boeing社、Lockheed Martin社等: テラヘルツ光のセキュリティ分野への応用開発が進行中

国内においても、テラヘルツ波を利用した分光・イメージングの実用化がスタート

- ・理化学研究所/警察庁科学警察研究所が、テラヘルツ波を用いて郵便物中に隠された化学物質を開封することなく検知する技術の開発に世界で初めて成功。
- ・通信総合研究所(当時)が広帯域(数THz)テラヘルツ分光システムを開発(1990年台前半) 栃木ニコンにより製品化(2003年)。

近年、国内外で要素技術の研究開発が活発化。小型・高効率なシステム実現への期待

- ・テラヘルツ領域(4.4THz)において、半導体によるレーザー発振(量子カスケードレーザー: QCL)が実現(2002年、米国)。1~10THz帯信号源開発における精力的な取り組み。日本はQCLに関して出遅れており、追隨している状況。

未利用周波数帯の開拓とともに、ICTによる社会セキュリティ確保の視点で取り組む必要

テラヘルツICTの研究開発課題(案)

ICTの高度利活用に向けた課題

高速・広帯域ICT

THz波センシング

ICTシステム

- 0.5～3THz帯秘密性THz無線技術
- サブTHz帯超高速無線臨時ネットワーク及び衛星間データリンク
- サブTHz帯超高速無線システム

- THzセンサーを用いた健康・安全センサーネットワークの構築
- THz帯遠隔分光システム
- THzカメラ(2～10THz)
- THz帯生体認証技術
- THz帯リモートセンサ

システム化技術

- 超高速単一磁束量子集積回路等
- 半導体・超伝導ハイブリッド(サブ)テラヘルツ送受信無線システム

- 分光・イメージング装置の小型化

デバイス技術

- THz帯動作ナノスケールHEMT
- 光・電波直接変換によるTHz信号伝送技術
- THz帯導波路・THz伝送路

- THz帯半導体レーザ
- THz検出器(超高感度・室温動作)
- THz帯フィルタ

技術基準、社会・公共に資する課題

- 機器及び生体に対するTHz帯EMC

- THz周波数標準システム

- THz帯分光データベース整備:フェーズI(データ収集と測定法標準化) フェーズII(統合化)
- 小型・高速THz分光イメージングシステム
- THz電磁波物性の解明

- THz帯計測装置の開発:フェーズI(0.2～1THz) フェーズII(1～10THz)

高速・広帯域ICT

- 数十Gbpsの超高速無線システム実現のため、広帯域の周波数資源を利用できるサブテラヘルツ帯での無線伝送システム開発が必要。0.2～0.5THzにおいて大気吸収が比較的小さい周波数帯域をキャリア周波数として使用。
- 上記の無線システムを実用化するためには、アンテナを含めた送受信機の高機能化と低損失化が不可欠。
- 超高速無線や160Gbps以上の光ファイバ通信システムを実現するためには、ナノスケールHEMT等、半導体デバイスの更なる高性能化が不可欠。
- 2010年頃までに開発された数十Gbps級超高速無線技術を用いて、非常時に既存ネットワークの代替となるディペンドブルな大容量無線ネットワークのテストベッド構築を目指す。
- 2010年頃まではエレクトロニクスを中心として、0.2～0.5THzの周波数帯の開拓に注力し、それ以降、量子カスケードレーザの長波長化等により、0.5～3THzの周波数利用実現を図ることで未開拓周波数帯の解消を目指す。
- また、無線応用の他、ネットワークの超高速化が重要課題。160GHz動作のLSIとして有望な単一磁束量子回路等の高集積化により、ノード処理能力の飛躍的な向上を期待。
- 基盤技術として、テラヘルツ帯における光 - 電波直接変換技術、テラヘルツ帯を効率良く微細回路に導く技術、テラヘルツ帯の材料開発等が重要。

高速・広帯域ICT

2008年

- ・ ~数十Gbps無線システムの構成要素技術ごとの実証の実現
- ・ 遮断周波数0.7THzのトランジスタの開発
- ・ 0.3THz帯MMICの開発
- ・ サブテラヘルツ大規模単一磁束量子回路のプロセス確立

2010年

- ・ ~数十Gbps無線システムの伝送実証
- ・ 遮断周波数1THzのトランジスタの開発
- ・ 160GHz動作ハイエンドルータの実証
- ・ 1.5~3THz帯量子カスケードレーザの実現、光 - 電波変換による0.5~1.5THz帯無線技術の開発

2013年

- ・ 災害時等THz帯臨時ネットワークテストベッド構築
- ・ 0.5~3THzのキャリア周波数による無線システムプロトタイプの開発、~百Gbps無線システムの伝送実証

< 要素技術 >

- ・ THz帯変復調技術(~数十Gbps)、THz帯高効率アンテナ技術、半導体送信機・アンテナ一体化技術、THz高出力・低雑音MMIC技術
- ・ THz帯動作ナノスケールHEMT、大規模単一磁束量子回路技術、半導体・超伝導融合プロセス技術、THz領域超高周波回路設計・シミュレーション技術、THz帯特性評価技術
- ・ THz量子カスケードレーザ、高感度THz検出器
- ・ THz帯材料のデータベース整備 等

テラヘルツ波センシング

- ▶ テラヘルツ周波数帯の特徴を活かした高度なイメージング認証技術、物質固有のテラヘルツスペクトルを利用した多様な遠隔センシング、及びそれらのネットワークとの接続を実現するための技術開発が重要。
- ▶ 具体的には、数十m離れた地点から、ガス、化学物質、生体関連物質等の存在を検出し成分分析を行うことのできるリモートセンサシステム、テラヘルツ帯電磁波を用いることで、外乱光に強く、被走査者に走査を意識させない画像取得型生体認証技術、動画イメージを周波数2～10THzの帯域で得られるカメラシステム等を開発。
- ▶ 上記システムを実現する上で、量子カスケードレーザ等がテラヘルツコヒーレント光源として重要。また、ナノエレクトロメカニカル構造(NEMS)を用いたナノボロメータ等、超高感度・室温動作のテラヘルツ検出器に対する中期的な取り組みが必要。

2008年

- ・ THz帯波長可変光源、多波長光源集積化技術、高感度リニアアレー検出器、焦点面検出器アレー(128x128画素以上)の開発
- ・ QCLの発振波長の拡大

2010年

- ・ 各種THz遠隔センサー、THz帯画像取得型生体認証技術、THzイメージングシステムのデモンストレーション
- ・ QCLの常温近くでの発振

2013年

- ・ THz帯遠隔分光装置のデモンストレーション
- ・ 反射測定によるリモートセンシング技術(特に建造物内の透視)の実現
- ・ THzセンサーネットワークのテストベッド構築

<要素技術>

- ・ 連続波長可変光源、高輝度THz帯光源、高感度リニアアレー検出器、THz帯焦点面アレー検出器
- ・ 画像分析技術、読み出し回路技術、超高速回路・実装技術
- ・ 量子カスケードレーザの高温動作・連続波発振化技術
- ・ ナノボロメータ等作製のためのナノエレクトロメカニカル構造(NEMS)作製技術
- ・ 各種物質の分光学的データベース 等

基盤技術

- ▶ 種々のテラヘルツICTの応用開発を進める上で、EMC、周波数標準、分光データベース等、基盤技術の確立が必要。
- ▶ テラヘルツ帯における機器及び生体EMCに関して、規格を定め、試験を行うことのできる環境と技術を整備。
- ▶ 種々のテラヘルツ通信応用や各種応用において必要となる周波数標準の整備。テラヘルツ帯で使用可能なネットワークアナライザ等、テラヘルツ帯計測装置の開発にも不可欠。
- ▶ 各種物質の分光学的データを収集、データベースとして蓄積し、公開することが重要。効率的なデータベース構築を図る上で、小型、かつ高速データ収集が可能なテラヘルツ分光イメージング装置の開発が必要。また、物質内のテラヘルツ波の振る舞いについての解明が必要。

2008年

- ・ THz帯機器EMC規格・生体EMC規格整備に必要な各種測定装置、光源等の開発

2010年

- ・ THz帯機器EMC規格・生体EMC規格の整備
- ・ THz周波数標準・トレーサビリティの整備
- ・ 各種材料、生体高分子等、分野毎のTHz分光データベースの構築
- ・ 各種材料・物質内におけるテラヘルツ電磁波の伝搬・吸収等基礎現象の解明

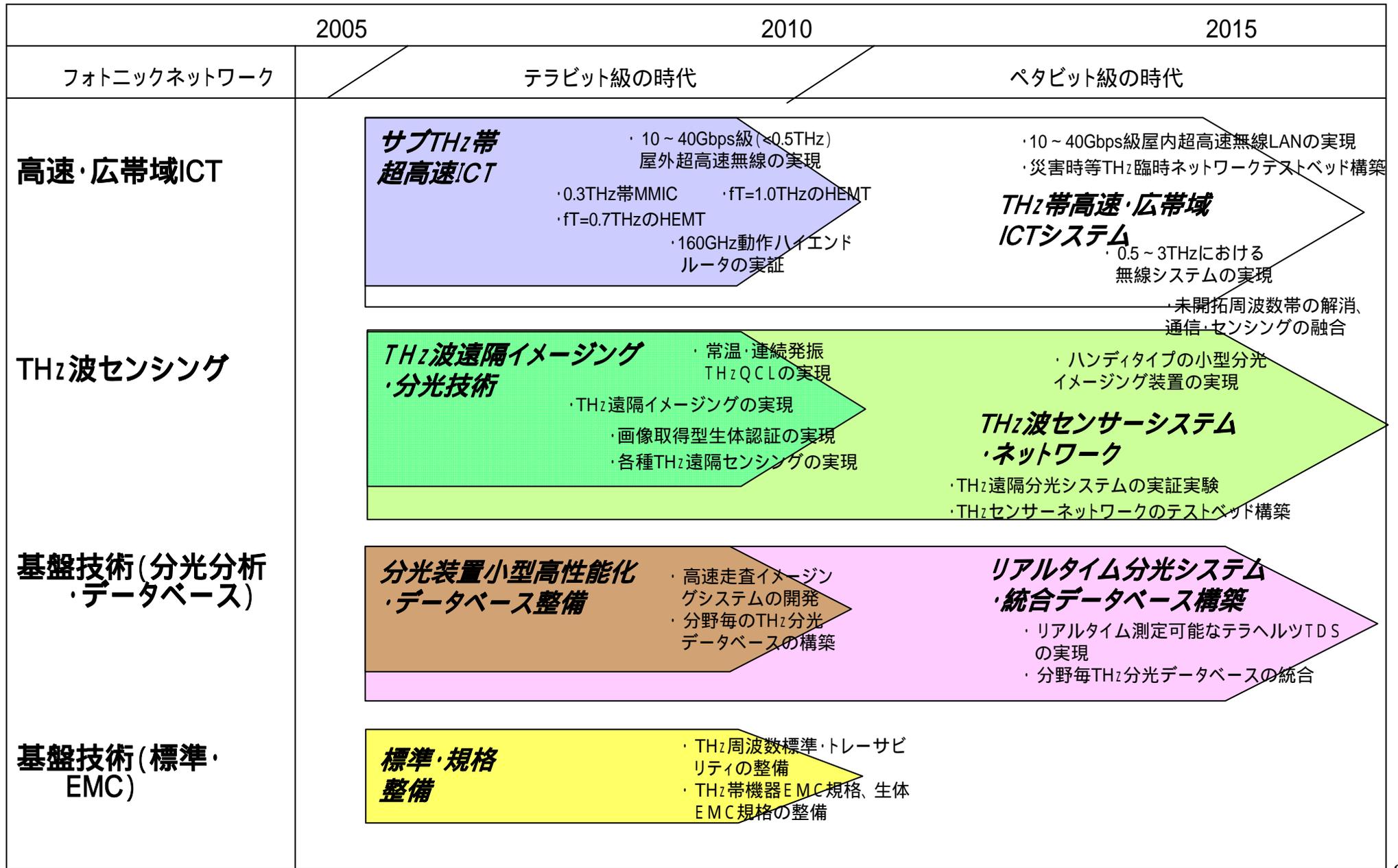
2013年

- ・ リアルタイム測定可能な小型広帯域分光装置の実現
- ・ 分野毎THz分光データベースの統合

<要素技術>

- ・ 高出力波長可変光源、高感度検出器、THz帯電波暗室
- ・ 標準用THz信号源、周波数信号フィードバック及び安定化システム、絶対周波数測定システム
- ・ 高速スキャン型広帯域・高精度分光光度計 等

テラヘルツICTの技術開発ロードマップ(案)



テラヘルツICT研究開発の全体戦略について(案)

次世代フォトニックネットワーク

高速大容量・ディペンダブルTHzプロジェクト

テラヘルツ波の広帯域性を活かした10Gbps超の超高速無線リンク、非常時でも信頼できる大容量無線ネットワークの他、フォトニクスとの協調・融合による高機能統合ネットワークを実現するため研究開発を実施

- 2008年 10～40Gbps級屋外超高速無線の実現
- 2013年 10～40Gbps級屋内超高速無線LANの実現
- 災害時等THz臨時ネットワークテストベッド構築

安全安心・ユビキタスTHzプロジェクト

テラヘルツ波の特徴を活かした高度なイメージング認証システム、THzスペクトルを利用した環境等多様な遠隔センシング、及びそれらのネットワークとの接続を実現するための研究開発を実施

- 2008年 THz遠隔イメージング技術の確立
- 2010年 画像取得型生体認証、各種THz遠隔センシングの実現
- 2013年 THz遠隔分光システムの実証実験
- THzセンサーネットワークのテストベッド構築

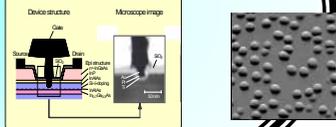
標準・規格化検討部会

研究者ネットワーク
テラヘルツ技術に関する情報交換、ノウハウの共有等

THz基盤・デバイスセンター

THz周波数標準、分光・データベース等の技術基盤、デバイス開発やシステム実証実験等に関する総合的な開放型研究開発拠点

ナノITネットワーク



基礎・基盤技術研究

独法や競争的研究資金制度等により、分光分析、THzデータベース整備、テラヘルツ標準、EMC等の基盤研究、先端・新規計測技術、地球環境計測等の基礎的・公共的研究を実施

- 2010年 各種材料、生体高分子等のTHz分光データベースの構築
- THz周波数標準・トレーサビリティの整備
- THz帯EMC規格の整備