

3.7.1 電磁波計測研究所 センシング基盤研究室

室長 落合 啓 ほか8名

大気環境の計測等のセンシング技術の基盤となるテラヘルツや赤外等の高周波技術の研究開発

【概要】

高周波電磁波技術の研究開発を進め、大気の流れや物質存在量を広範囲に短時間で計測する技術を高度化することにより、風水害や大気汚染被害の原因となる自然現象の予測や地球規模の気候変動の理解等に資する。また、高周波電磁波を利用したセンシング技術を応用し、社会インフラの維持管理や家屋等の耐震性診断の効率化・高精度化に貢献する。具体的には、(1)対流圏の風向風速、温室効果ガス、PM2.5等の微粒子の空間分布をレーザー光により観測する光アクティブセンシング技術、(2)成層圏や中間圏の風向風速や温度、気候変動等に関連する微量物質をミリ波やテラヘルツ波の高感度受信により観測する環境スペクトロスコピー技術、(3)建造物の表面や表面近傍の内部の状態をマイクロ波や赤外光を利用して診断する非破壊センシング技術、の研究開発を進めている。(1)、(2)のリモートセンシング技術では、将来の衛星搭載センサを使った地球大気観測ミッションの実現に必要な技術も見据えた研究開発を進めている。

【平成26年度の成果】

(1) 光アクティブセンシング技術

レーザーパルスが大気中に発射し大気中の化学組成や微粒子などの計測対象に当たって返って来る光を受信して計測対象の空間分布を計測する、光アクティブセンシング技術(ライダー技術)の研究開発を進めた。特に、目に安全な波長 $2\mu\text{m}$ のレーザー光を用いて大気中の風と微粒子の分布や CO_2 の分布を3次元観測するためのライダー技術の開発と実証実験を進めた。ライダー技術の高度化として、移動観測や搭載観測に適用可能なモバイルシステムを開発しコンテナに搭載し(図1)、動作実験を進めた。観測効率の向上を目指した高繰返しレーザーの開発においては、連続発振シードレーザーを発振器に導入し、単一波長での波長制御を開始した。また、フェーズドアレイ気象レーダ・ドップラーライダー融合システム(PANDA)のドップラーライダー(図2)により風やエアロゾル分布の情報を処理する技術開発を進めた(センシングシステム研究室との共同)。



図1 風と CO_2 の分布観測実証実験を行うライダーモバイルシステム

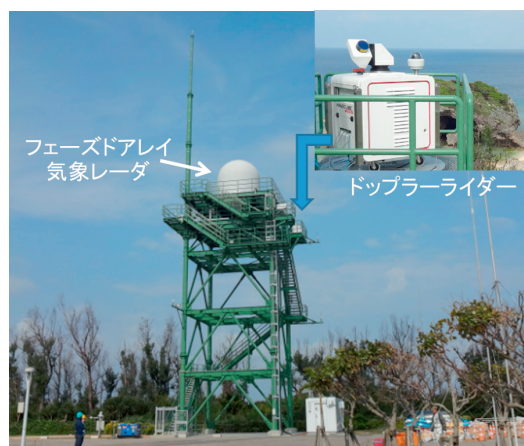


図2 沖縄に設置されたドップラーライダー

(2) 環境スペクトロスコピー技術

大気中の水蒸気、酸素、オゾンその他微量物質が発するミリ波やテラヘルツ波を高感度の受信機により分光観測することで、それら物質の存在量、温度、風速を計測することを目的とする環境スペクトロスコピー技術の研究開発を進めた。特に、大気中のテラヘルツ波を衛星等により観測することで得られる信号から成層圏等の風速を導出する解析技術、テラヘルツ波の軽量反射鏡アンテナを衛星等でも実現するための基盤

技術、同位体比検出や中間圏から熱圏下部の物質や風速・温度の計測に適したテラヘルツ帯を高感度にセンシングするための発振技術・ヘテロダイン受信技術の研究開発を進めた。

未踏領域であるテラヘルツ波技術では、3 THz 近傍において連続発振するテラヘルツ量子カスケードレーザ (THz-QCL) の開発及びその高性能化を進めるとともに、3 THz において応答する広帯域平面ログスパイラルアンテナを持つホットエレクトロンボロメータミキサ (HEBM) の試作及び評価を、未来 ICT 研究所及びテラヘルツ研究センターと共同で進めた。これら THz-QCL と HEBM を組み合わせたヘテロダイン受信機システムの試験を行い、光学系による付加雑音を含めた性能として受信機雑音温度 1,390 K (DSB) を達成した。また、HEBM を用いて THz-QCL に位相ロックをかけ、その信号と THz 参照信号とのビートを検出することで、THz-QCL の詳細性能評価を行った (図 3)。

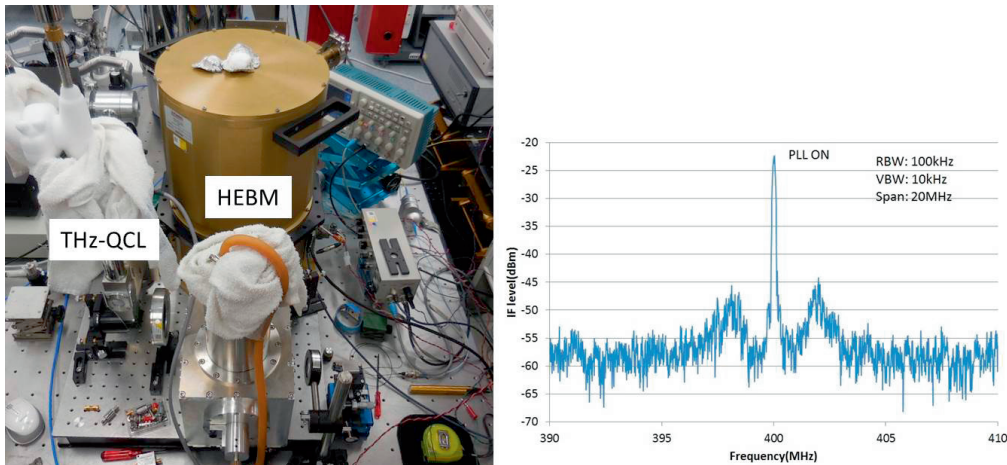


図 3 ホットエレクトロンボロメータミキサ (HEBM) とテラヘルツ量子カスケードレーザ (THz-QCL) で構成される 3THz のヘテロダイン受信機システム (左) と位相ロックのかかった THz-QCL 信号 (右)

(3) 非破壊センシング技術

建築物の壁面の背後や骨格等を、壁材を剥がすことなく透視診断することのできる非破壊センシング技術の研究開発を進めた。赤外線カメラを使用した非破壊診断システムでは壁面のクラック検出の実証実験を進めた (図 4)。委託研究により、木造住宅の壁内部にある筋交いの様子なども容易に 3 次元画像化することのできる性能を持つ 20 GHz までのマイクロ波を使ったアレイ型レーダの試作機の改良と画像化性能の確認を行った (図 5)。

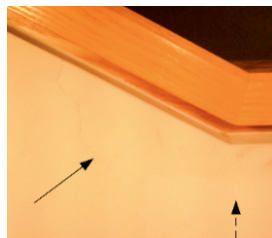
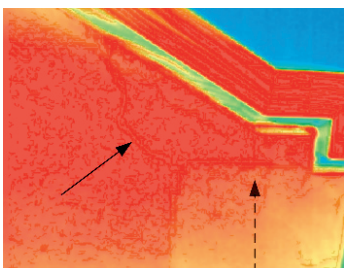


図 4 赤外非破壊診断システムにより検出した壁面のクラック (左) と同壁面の写真 (右)



図 5 20GHz までのマイクロ波を使ったアレイ型レーダの試作機

(4) 衛星搭載センサに向けた研究開発

外部と連携し、衛星にドップラー風ライダーを搭載してグローバルに 3 次元の風向風速を計測するミッションについて検討を進め、観測システムのシミュレーション実験を実施し気象数値予報モデルの改善に与える大きさの評価を進めた。また、欧州の木星圏探査衛星に搭載されるサブミリ波観測機器 (JUICE/SWI) のアンテナの開発を開始した。さらに、将来のテラヘルツ波による地球観測衛星の概念検討を開始した。