

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7名

衛星から風等をセンシングする将来の技術等の基盤となる高周波技術の研究開発

【概要】

高周波電磁波を使って大気の流れ、大気中の化学物質、微粒子、気温等を広範囲に計測するリモートセンシングの基盤技術の研究開発を行っている。研究室で開発する赤外やテラヘルツ領域の高周波電磁波技術を、将来は衛星搭載センサへ展開することにより、これまで他の方法では計測することのできなかったグローバルな風の3次元分布の観測や、気候変動予測に重要な大気中物質の存在量観測等を実現させ、気象予測精度向上や気候変動の理解などに貢献することを目指している。また、赤外線やマイクロ波の高周波電磁波技術を応用して、家屋の壁やインフラ構造物表面からその内部を可視化するシステムを開発し、耐震性診断や社会インフラの維持管理の効率化・高精度化に貢献できる技術を確認することも目標としている。これらを目的として、(1) 光領域の基盤技術を確認する光アクティブセンシング技術、(2) 高周波発振技術や高精度のヘテロダイン受信機技術を確認する環境スペクトロスコーピー技術、(3) 超高周波センシング技術を応用した非破壊センシング技術、の研究開発を進めた。

今中長期計画期間において、光アクティブセンシング技術では、ライダー技術の研究開発を行い、特に赤外レーザーを使用したドップラー風ライダーで、航空機等への搭載も可能なモバイルシステムを開発し、実証実験を進めた。今後の衛星搭載風観測システムの開発に寄与する基盤技術を確認した。環境スペクトロスコーピー技術では、2～5 THz 程度のテラヘルツ波を高感度にヘテロダイン受信する技術等を開発し、広い高度範囲にわたる上層の大気中の化学物質、風、温度等の多種のパラメータを衛星から観測する将来センサに応用可能な基盤技術を確認した。非破壊センシング技術においては、建築物の壁表面や壁の内部の状態を診断するための、マイクロ波レーダや赤外線を使用した診断システムを開発し、実証実験を通して実用性の評価を実施した。

【平成27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分子、微粒子、地表面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。目に安全な波長2 μm のレーザーを中心に可視域のレーザー光も用いて大気中の風、微粒子やCO₂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行った。波長2 μm のレーザーにより遠方までの風を測ることのできる、移動観測や搭載観測にも適用可能なモバイルシステム等のライダーを完成した。屋外での観測試験により15 km以上遠方まで高精度で風計測できることを実証した(図1)。搭載型ライダーモバイルシステムでは、CO₂観測のための波長制御実験も進めた。さらに、波長2 μm での観測効率向上を目指した高繰返しレーザーの開発も進め(図2)、同レーザーによる風計測ライダーシステムによる風観測実験を行いモバイルシステムと同等の風観測性能を確認した。

将来の衛星へ搭載を目指す風観測ライダーシステムの検討を行うとともに、衛星上でも動作可能な単一波長高出力パルスレーザーを開発するための基礎実験を行った。



図1 ドップラー風ライダーのコンテナ

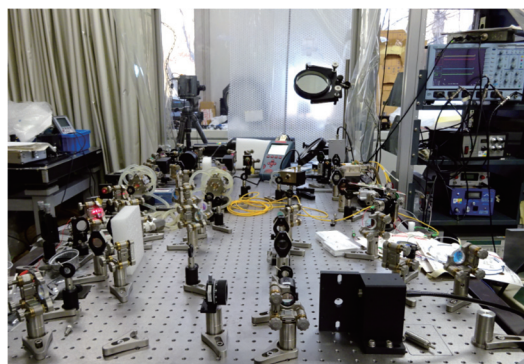


図2 高繰返しレーザー

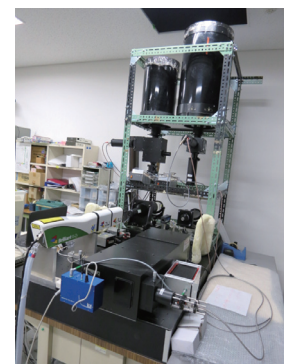


図3 多波長分光ライダー

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による沖縄、神戸での様々な気象状況でのデータから、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)。

福岡大学に設置した多波長分光ライダーにより黄砂・汚染 (PM2.5 等) 大気等を観測し、データを福岡大学と共同で公開した (図3)。また、地形や植生を計測する航空機搭載地形計測ライダーを開発し、地上で試験計測を行った。

(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について研究開発を進めた。特に、衛星により地球の周縁をテラヘルツ帯で観測し、大気中の温度や風、微量物質等を導出するリモート観測について、将来の衛星による観測システムの検討と風観測性能等の評価を行った。さらに、テラヘルツ波の軽量反射鏡アンテナを衛星等で実現するための基盤技術等の開発を進めた。

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量子限界の 8 倍に迫る受信機雑音温度 1,200 K (両側波帯 (DSB) 測定) を達成した。また、光学系の損失を補正した値として 810 K (DSB) が得られた。さらに、位相ロックをかけた THz-QCL を局部発振器として使い、ガスセル内のメタノール等が放射する電磁波スペクトルを HEBM により検出する実験を行った (図4)。

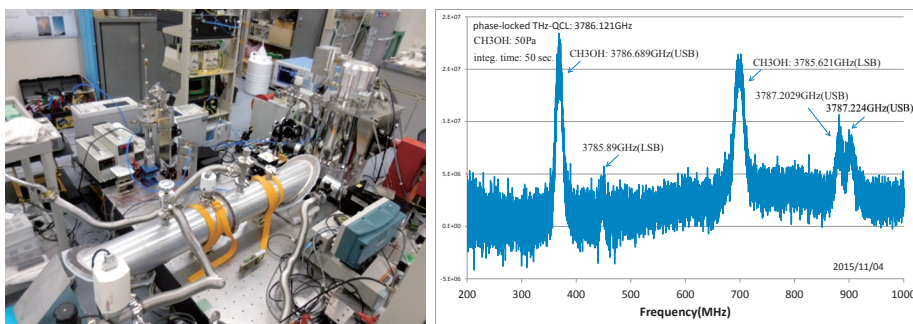


図4 ガスセルからの電磁波を HEBM で検出する実験装置 (左) と検出した 3 THz 帯のメタノール放射スペクトル (右)

(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。今年度は定在波レーダアレイにより、壁面内部にある鉄筋などの構造体を検出することに成功した。12 × 12 個の 24 GHz 帯の定在波レーダを 2 次元アレイにし金属体からの反射を画像化した (図5)。壁面 (石膏ボード、セメントなど) 内部にある鉄骨や鉄筋の配置状況 (十字型) の検出が可能となった (図6)。また、赤外線カメラを使用した非破壊診断システムを改良し、3 m の遠隔から壁面のクラックを検出できることを実証した。委託研究により開発した、20 GHz までのマイクロ波を使った壁内部を 3 次元画像化するアレイ型レーダでは、実物大壁モデルを使用した実証試験を行った。

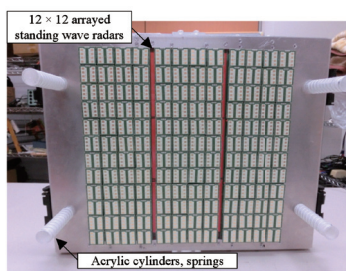


図5 12 × 12 アレイの 24 GHz 帯定在波レーダ

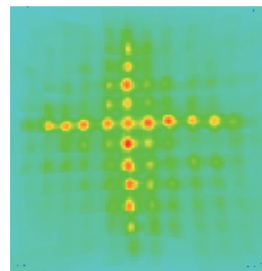


図6 石膏ボードの裏にある金属の検出画像の例