

3.7.1 電磁波計測研究所 センシング基盤研究室

室長 安井元昭 ほか 10 名

次世代の地球環境診断の基盤を築く周波数利用領域の開拓

【概要】

大気汚染・ゲリラ豪雨をもたらす気流などを視覚情報化するリモートセンシング技術を確立するとともに、将来の宇宙からの地球観測ミッションへの適用を見据えた光技術、テラヘルツ技術など、センシングのみならず通信との共通基礎にもなる基盤技術の研究開発を進める。課題の性質により、(1)レーザー光を利用した能動的センシングを行う光アクティブセンシング技術、(2)大気中の物質からの放射を高感度受信してスペクトル解析を行う環境スペクトロスコピー技術の2つのテーマを設定して研究開発を推進している。

(1) 光アクティブセンシング技術

大気環境中の風向風速や温室効果ガスなどの分布状態を3次元計測し、可視化情報として利用できるようにするため、目に安全な $2\mu\text{m}$ 帯の電磁波を用いた高精度アクティブセンシング技術の研究開発を進めている。

(2) 環境スペクトロスコピー技術

電磁波利用における未開拓領域であるテラヘルツ波を大気組成のスペクトル解析に利用できるようにするため、 3THz の光源（量子カスケードレーザー：THz-QCL）技術及びそれを用いた高感度ヘテロダイン受信機技術の研究開発を進めている。また、ミリ波領域における対流圏上層観測の基礎技術の研究開発を進めている。さらに、テラヘルツ波等の高周波電磁波利用を開拓するために、光源技術や受信機技術とともに重要である電磁波伝搬解析技術を確立するため、AMATERASU放射伝達モデルの改訂と整備を進めるとともに、その知見を活かして国際宇宙ステーション搭載JEM/SMILESのデータ解析を進めている。

【平成23年度の成果】

(1) 光アクティブセンシング技術

フィールド検証の基盤となるモバイル実証プラットフォームの構築を開始するとともに、計測精度をさらに向上させるための高繰り返しレーザー光源技術の開発を行った。

波長 $2\mu\text{m}$ のアクティブセンシング技術（ライダー技術）において、将来の衛星等の高速移動体上からのオペレーションを可能にする技術を構築していくため、振動安定性及び温度安定性に優れたモバイルライダー実証システムの開発に着手し、パルスレーザー発信部及び光学系の開発を進めた。また、計測精度向上のために重要となるレーザーの高繰り返し化（単位時間あたりのパルス数を増やす技術開発）の基礎である連続発振（CW）レーザーの発振試験（図1、2）において 5W の出力を確認し、今後、Qスイッチによるパルス生成において高出力、高繰り返しを実現する見通しがついた。

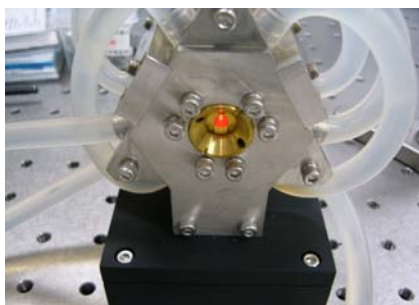


図1 開発した高繰り返しライダー用レーザーヘッド

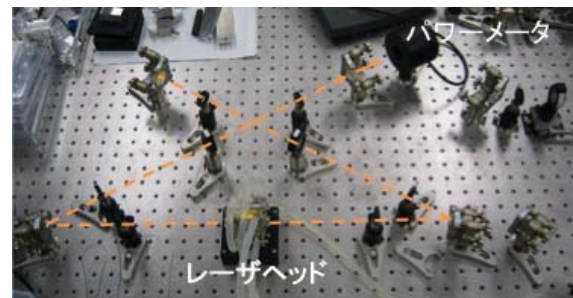


図2 高繰り返しライダー用レーザー発振器のCW（連続）発振実験

(2) 環境スペクトロスコピー技術

平成 23 年度には、3THz において 50 μ W 以上で連続発信する量子カスケードレーザ (THz-QCL: 図 3) の開発を進めるとともに、高感度受信機の核となるホットエレクトロンボロメータ (HEB) ミキサデバイス (図 4) のテラヘルツアンテナの設計、試作を行い、受信機雑音 4,000K 以下の性能達成を目標に研究開発を進めた。また、ミリ波帯による対流圏上層微量成分検出のためのセンサーの可能性と仕様の検討を行い、高感度受信機評価のための試作を開始した。

3THz において連続発振する THz-QCL について、フォトニックデバイスラボを利用した研究開発を進め、50 μ W を超える性能達成を確認した。さらに、未来 ICT 研究所のナノ ICT 研究室と共同により、3THz において応答する広帯域平面アンテナ (スパイラル・ログペリオディック) を持つ HEBM の設計・試作・基本特性評価を行った。これらの HEBM と THz-QCL を組み合わせて、THz-QCL の 3THz 信号受信試験を行い、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の平均性能 6,100K (最高性能 4,750K) を確認した。この平均性能 6,100K から入力光学系による付加雑音の影響を補正した HEBM 単体の受信機雑音温度は 3,980K 程度となり、受信機雑音 4,000K 以下という年度当初の目標を達成した。

国際宇宙ステーション搭載 JEM/SMILES によって観測されたデータをはじめとする地球観測データに関するスペクトル解析の高度化 (図 5) と利用促進のための電磁波伝搬解析技術として、AMATERASU 放射伝達モデル (Advanced Model for Atmospheric TeraHertz Radiation Analysis and Simulation: テラヘルツ大気放射伝達モデル) の改訂と整備を行い、それをを用いた JEM/SMILES データ解析の高度化、JEM/SMILES による世界初の超高精度の中層大気観測データ検証作業及び解析データ整備を進め (図 6)、JAXA との共同によるデータ公開を行った。

(3) 外部機関等との連携の強化

国内外の諸研究機関や大学との連携を積極的に進め、NICT 研究者が代表である最先端・次世代研究開発支援プログラム (内閣府)「衛星アイソトポマー観測による地球環境診断」を推進し、サブミリ波帯における小型センサーの概念検討及び部分試作実験を行った。また宇宙からの次世代のスペクトル解析センサーに関する国内外の諸機関との協力関係の強化を図るとともに、その結果を NICT 業務のミリ波及びサブミリ波の将来センサーの基本概念検討にフィードバックする体制を構築し、推進した。

また、ドップラーライダーのプロトタイプによる風計測データの検証作業及び解析作業を進め、ゲリラ豪雨解明を目的とした諸機関との連携を進めた (科学技術戦略推進費、気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」への参画)。

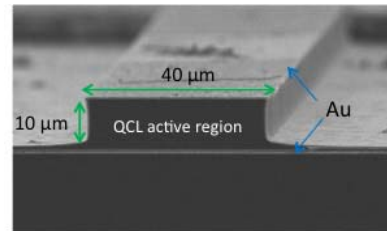


図 3 THz-QCL の走査型電子顕微鏡 (SEM) 画像



図 4 未来 ICT 研究所ナノ ICT 研究室と共同で開発した HEBM マウント

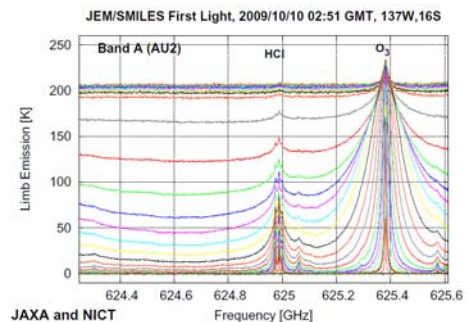


図 5 SMILES によって観測されたスペクトルの例 (2009 年 10 月 10 日のデータ)



図 6 JEM/SMILES 研究解析データ Web ページ