

## 東京理科大学「火災安全科学研究拠点」


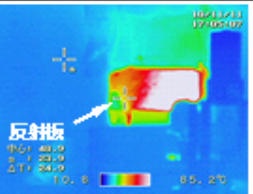
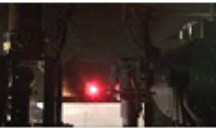
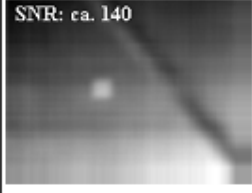
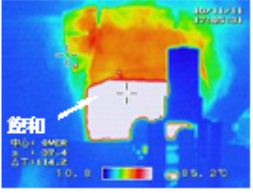

### ■ 研究成果概要報告書

研究課題		火炎及び煙存在下でテラヘルツ帯電磁波を用いたイメージング及び危険ガス検知の研究	実施年度 平成22年度
研究代表者	所属	東京大学大学院 総合文化研究科 広域科学専攻	
	氏名	教授 小宮山 進	
<p>1. 研究の背景および目的</p> <p>テラヘルツ波（周波数 0.1～10 THz 帯の電磁波）技術の研究開発は、近年のレーザー技術やエレクトロニクス技術の発展のもと、テラヘルツ帯パルス電磁波の発生と検出、非線形光学素子による周波数可変光源をはじめとするいくつかのブレークスルーがきっかけとなって著しく進展し、いよいよ産業応用への展開が可能なレベルに達してきた。テラヘルツ波の大きな特長は、マイクロ波帯や準ミリ波帯（1～30 GHz）電波に比べ桁以上の高周波数（短波長）であるため高空間分解能性を有すること、赤外線や可視光に比べると波長が長いこと、伝搬において塵、煙、炎などによる散乱が少ないこと、テラヘルツ帯に存在する物質固有の吸収スペクトルによって有毒ガス、危険物質を検知できること、生体への悪影響がほとんどないこと、などである。そこで、このテラヘルツ波の特長を、大規模地震などの災害発生時における火炎および煙存在下でのイメージング（画像化）やセンシングに活用すれば、従来技術（X線、赤外線、マイクロ波、ミリ波）では困難であった新しい情報収集が可能となり、さらに得られた情報の迅速な流通と利用によって、被災者救援や二次災害防止などに役立て、災害被害を最小限に抑えることに貢献できると考えられる。</p> <p>このような背景のもと、我々は平成18年より（独）情報研究機構の委託を受けて、テラヘルツ帯遠隔イメージング技術及び分光センシング技術の研究開発を開始し、平成21年度までに、試作したプロトタイプ機の基本的なイメージング及びセンシング性能の確認を完了させていた。</p> <p>そこで本研究では、煙霧や炎などが存在する災害発生現場を模擬した実スケールの環境を再現し、そこでテラヘルツ帯遠隔イメージングおよび分光センシングシステムのテストを行い、災害現場での取得画像やガス検知能力を評価し、従来技術に対するテラヘルツ波技術の優位性を示すことを目的とした。具体的にはまず、ガスセルを用いて、燃焼材料と生成ガス種の関係、煙による信号の減衰率、熱のシステム特性への影響などの基礎データを収集する。次いで、リアルな実スケール環境における遠隔イメージング及びセンシングを行い、従来技術に対するテラヘルツ波技術の優位性を示すことを目指した。</p>			

## 2. 研究成果および考察（申請時の計画に対する達成度合いも含む）

### 【イメージング】

カロリメータ室においてガスセルを用いた実験では、THz 光源と THz イメージャの間に設置したチューブに煙を導入し、赤外線および 3 つの THz バンドで光源を観測した。その結果、波長  $97\mu\text{m}$  における透過率が比較的高く再現性も良いことが分った。次にルームコーナーの燃焼室の前に THz イメージャ、波長  $97\mu\text{m}$  の単色光を輻射する量子カスケードレーザ及び赤外カメラと可視カメラを、燃焼室内に同レーザ用反射板を置いた構成で模擬火災実験を行った（ウレタン使用）。その結果を表に示す。黒煙発生前では、THz、赤外および可視で反射板の存在は分るが、黒煙発生中では THz においてのみ反射板まで見えることが分る。このように、災害現場の状況把握手段として、THz の有利性を実証した。

	THz (波長 $97\mu\text{m}$ ) の画像	赤外画像	可視画像
点火直後 黒煙発生前			
熱い黒煙			

### 【センシング】

ガスセルを用いた実験では、ウレタンブロック、ナイロン、アクリル繊維の燃焼により発生した煙の吸収スペクトルをテラヘルツ帯分光システムにより評価し、試料の燃焼により生じたシアン化水素ガスに起因する吸収線の検出に成功した。また、ガスセルからの排気を FT-IR に導入し、煙中のシアン化水素についてテラヘルツ帯分光システムにより得た濃度と FT-IR で得た濃度の比較を行ったところ、両者に良い一致を見た。実験で用いた煙は、赤外光（波長  $1.5\mu\text{m}$ ）の伝搬損が  $50\text{dB/m}$  以上になるほど濃いものであり、これら結果は、テラヘルツ電磁波の煙に対する透過性の高さ及びテラヘルツ波による煙中のガス分析の有効性を実証するものと考えられる。

次に上記の結果を踏まえ、実スケール火災下での遠隔ガス検知実験を行った。ここでは、ルームコーナー試験機内でウレタンブロックを燃焼させ、試験機内を煙で充満させた。この状態で、試験機入口から  $5\text{m}$  ほど離れたところに設置したテラヘルツ帯遠隔分光システムからテラヘルツ波を照射、試験機内に設置した反射板で反射して戻ってきたテラヘルツ波のスペクトルを調べた。その結果、ウレタンブロック着火後  $1\sim 3$  分にかけて  $355$  と  $444\text{GHz}$  に明瞭なピークが観測された。これはガスセル実験で確認したシアン水素の吸収線の位置と一致した。またその吸収強度から見積もられるシアン化水素濃度は、同時に試験機よりサンプリングして化学分析より得たシアン化水素ガスの濃度と良く一致した。本結果は、ウレタンブロックの燃焼により発生したシアン化水素を、テラヘルツ帯遠隔分光センシングシステムを用いて遠隔から検知出来たことを示している。

以上、赤外光では減衰が大きく透過しない非常に濃い煙が有る環境でもテラヘルツ波は十分に透過し、吸収スペクトル評価を行うことで危険ガスの遠隔検知が可能であることを、リアルな実スケール火災環境下での評価実験により、実証した。

達成度：当初目標をクリアしており、達成度は  $100\%$  と考えられる。

### 3. 経費の使用状況

消耗品費・会議費・印刷費等		旅 費		人 件 費	
事 項	金額(千円)	事 項	金額(千円)	事 項	金額(千円)
ルームコー ナー試験機 現状復帰費	394	-	0	-	0
消耗品	35				
計	429	計	0	計	0

### 4. 今後の展望（今後の発展性、見込み等についても記述）

平成 22 年度の研究により、テラヘルツ帯イメージング及びセンシングにより、従来技術では得ることが出来ない、煙の向こう側の様子や、煙中の危険ガスの有無を離れた場所から得る技術を実現することが可能であることが示された。

メージングについては、ロックインイメージング技術が非常に有効であると同時に同技術が未完成であることも分った。平成 23 年度には同技術の問題点を解決して完成させ、当事業部の THz 製品カメラに反映させることを目標とする。火災模擬実験については、平成 23 年度には予定しておらず、THz 事業の売上げと顧客の要求を見ながら、それ以降に考えていく予定である。

分光センシングについては、フィジビリティスタディから実用技術に効率的に進化させていくには、ポテンシャルユーザを巻き込んだ枠組みの中で実証実験を重ね、現場ニーズを迅速に把握し、取り込んでシステムを構築することが重要となる。そのため、平成 23 年度も共同研究を継続し、検出ガス種の拡大、検出ガス濃度の定量性確保等の、システムの機能充実のための研究を継続することとする。また、ポテンシャルユーザとの関係構築を促進するためにも、エポックメイキング的な研究成果は積極的に外部発表を行っていく。

5. 成果の公表状況（学会への発表，学術誌への投稿等を記述。予定も含む）

学会発表

1. Development of Terahertz Focal Plane Arrays and Handy Camera, N. Oda, M. Sano, S. Kurashina, H. Yoneyama, T. Sasaki, M. Miyoshi, and K. Sonoda, To be presented in SPIE 2011 Defense, Security+ Sensing, 8012-42.
2. 火災により発生する危険ガスのテラヘルツ波による検知 ―その1 火災現場でのテラヘルツ波センシングの優位性―，松山 賢、清水 直文、菊池 健一、碓 智文、若月 温、神代 暁、深澤 亮一、H23年度日本火災学会研究報告会、C-40
3. 火災により発生する危険ガスのテラヘルツ波による検知 ―その2 テラヘルツ波分光センシングシステムの開発と煙センシングへの応用―清水 直文、松山 賢、菊池 健一、碓 智文、若月 温、神代 暁、深澤 亮一、H23年度日本火災学会研究報告会、C-41
4. Remote gas sensing in full-scale fire with sub-terahertz waves, N. Shimizu, T. Ikari, K. Kikuchi, K. Matsuyama, A. Wakatsuki, S. Kohjiro, and R. Fukasawa, International Microwave Symposium 2011, WE2G-5
5. Advanced Detection System for Toxic Gases in Fire by using Terahertz Electromagnetic Waves, K. Matsuyama, N. Shimizu, T. Ikari, K. Kikuchi, A. Wakatsuki, S. Kohjiro, and R. Fukasawa, IAFSS2011
6. Comparison of Gas Content in Smoke Measured with a Continuous-Wave Terahertz Spectrometer and Fourier-Transform Infrared Spectrometer, N. Shimizu, T. Ikari, K. Kikuchi, K. Matsuyama, A. Wakatsuki, S. Kohjiro, and R. Fukasawa, Submitted to International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz waves 2011.

研究論文

1. Absorption Spectra of Smoke Emitted from Heated Nylon Fabric Measured with a Continuous-Wave Sub-Terahertz Spectrometer, N. Shimizu, T. Ikari, K. Kikuchi, K. Matsuyama, A. Wakatsuki, S. Kohjiro, and R. Fukasawa, Applied Physics Express, Vol.4 (2011) 032401

報道発表

1. テラヘルツ波による危険ガスの遠隔検知に成功、日本電信電話株式会社、東京大学、産総研、スペクトルデザイン、東京理科大学、平成23年3月8日
2. 災害現場でのテラヘルツ波検出技術の優位性を示す実証実験に成功、日本電気株式会社、平成23年3月8日

※上記5に記載された成果公表については、別刷1部を研究事務課まで提出願います。PDFファイル等の電子データでも構いません。

※本成果報告概要書に記載された内容は、本拠点の成果報告としてWeb等で公開されることをお含み置き下さい。

※本成果報告概要書と併せて、研究報告書を提出頂いても構いません。（フォーマットは問いません。）