

**CONTENTS**

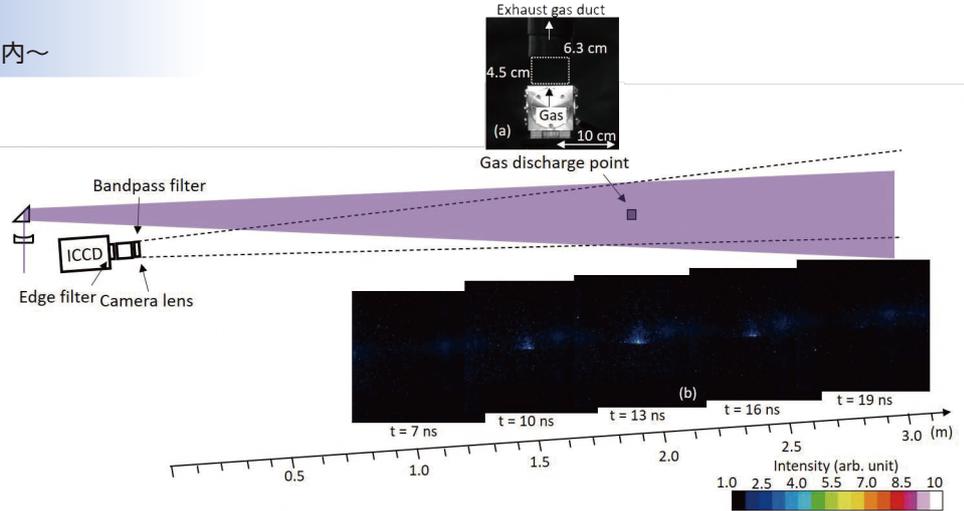
フラッシュ共鳴ラマンライダーによる  
SO<sub>2</sub>ガス漏えいの可視化

OPTICS & PHOTONICS  
International Congress 2023  
(OPIC2023) 報告

レーザー総研オープンセミナー

「レーザー加工からインフラ診断まで」

～ILT2023 令和4年度研究成果報告会開催案内～



【表紙図】フラッシュ共鳴ラマンライダーによるSO<sub>2</sub>ガスの漏えいモニタリング

## フラッシュ共鳴ラマンライダーによる SO<sub>2</sub>ガス漏えいの可視化

レーザー計測研究チーム 染川智弘

### ◆大気中の微量有害物質の検知に向けて

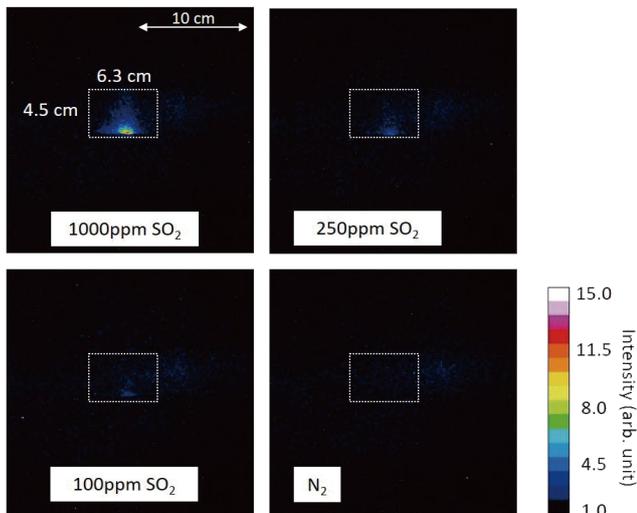
大気中の微量有害物質の遠隔検知については、民生分野、安全保障分野を問わず多種多様な物質を対象としたニーズがあり、リアルタイムで分子種・状態が異なるさまざまな微量有害物質に適用可能な計測手法が望まれている。遠隔からリアルタイムで成分分析を可能とする手法としてラマンライダーがあるが、ラマン散乱光自体が微弱であるために、特に遠隔での微量分析は困難であった。そこで、対象物質の吸収帯に一致した波長のレーザー光を用いることにより、ラマン散乱光強度が著しく増大する共鳴ラマン効果に着目し、共鳴ラマンライダーによる大気中微量有害物質遠隔計測技術の開発を実施してきた。

ライダー技術を利用して大気中微量有害物質を3Dで取得するには、スキャン方式とフラッシュ方式の2通りがある。スキャン方式は、コリメートビームをガルバノミラーなどによって高速に走査し、そのライダー

信号を連続で取得することによって3Dイメージを得るものである。一方、フラッシュ方式ではカメラ撮像のように、カメラの視野内にレーザーを拡散照射することによって得られる2Dイメージの取得時間を時間的に掃引することで3Dイメージを撮像する。フラッシュ方式は、レーザー光を拡散ビームにするため走査が不要であり、撮像画面内の時刻ずれのないイメージが得られるというメリットがある。一方、単位面積あたりのビーム強度が低下するため、微弱なラマン散乱現象などへの応用は少なく、測距などにしか利用されていない。そこで、ラマン散乱光強度が著しく増加する共鳴ラマン効果のフラッシュ方式への適用可能性を検討した。

### ◆フラッシュ共鳴ラマンライダーによる SO<sub>2</sub>ガスの漏えいモニタリング

表紙図にフラッシュ共鳴ラマンライダーによるSO<sub>2</sub>ガスの漏えいモニタリング実験の配置図を示す。



【図1】SO<sub>2</sub>ガスのフラッシュ共鳴ラマンイメージの濃度依存性(波長:217.0 nm、ゲート時間幅:5 ns、ゲート遅延時間:13 ns)

Nd:YAGレーザーの第3高調波(波長:355 nm)を、光パラメトリック発振器(Optical Parametric Oscillator: OPO)で波長可変光に変換し、得られた波長可変光をさらに高調波変換することで、190~405 nmの深紫外域において波長可変光を得るシステムである。繰り返し周波数は10 Hzで、パルスエネルギーは2 mJ、パルス幅は5 ns、発振線幅は50 pm程度である。レーザー波長は、SO<sub>2</sub>ガスの吸収波長である波長217.0 nmとし、焦点距離120 mmの凹レンズを通して拡散ビームとし、送出した。観測点から2 m離れた位置にSO<sub>2</sub>ガスの放出口を設置した。放出口位置での拡散ビーム径は25 cmである。

観測点から見たSO<sub>2</sub>ガスの放出口部分の写真を表紙図(a)に示す。下方の白い部分がガス容器である。N<sub>2</sub>ガスをバッファガスとして用い、100、250、1000 ppmのSO<sub>2</sub>ガスをガス容器の上部スリット(1×4 cm)から放出している(ガス流量:3 L/min)。放出されたガスは、スリットから上方4.5 cmの位置に設置したダクト(口径:約8 cm)によって排気される。SO<sub>2</sub>ガスで生じた共鳴ラマン散乱信号は、波長218 nmのエッジフィルターで励起波長をカットした後、バンドパスフィルター(中心波長:222.5 nm、半値全幅:3 nm)でSO<sub>2</sub>ガスの代表的なラマン信号である1151 cm<sup>-1</sup>付近の散乱光のみに制限し、深紫外用のカメラレンズを利用してICCDカメラに結像した。

撮像イメージの下の時間がゲート遅延時間であり、0 sがICCDカメラの位置に相当する。また、撮像した

時間幅は3 nsである。測定距離2 mに相当するゲート遅延時間13 nsの撮像イメージ(表紙図(b))が最も信号強度が大きく、写真に示したガスの放出位置から上部の排気ダクトに吸われていく様子が観測できる。

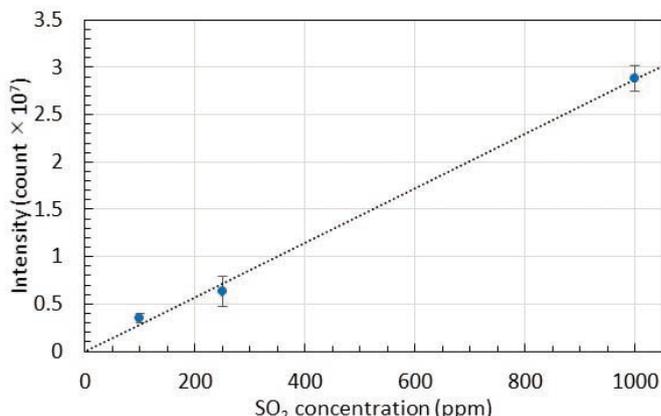
図1にSO<sub>2</sub>ガスのフラッシュ共鳴ラマンイメージの濃度依存性を示す。レーザー波長は吸収の大きな波長217.0 nmに固定し、観測時間幅は5 ns、ゲート遅延時間はガス放出口位置に相当する13 nsとした。放出するSO<sub>2</sub>ガスの濃度によって、はっきりと2Dイメージに差が見られ、漏えいの様子が可視化できていることがわかる。

図2はSO<sub>2</sub>ガスの濃度と共鳴ラマン信号の強度の関係である。それぞれの強度は図1の点線で囲った6.3×4.5 cmのエリアで得られた共鳴ラマン信号の合計強度としている。放出ガス濃度と共鳴ラマン信号強度は原点を通る直線で近似でき、検出限界は、窒素の撮像イメージの同エリアでの信号強度の標準偏差をσとし、3σ法で評価すると61.7 ppmである。

本手法は、ガスの漏えいなどの時間的な挙動を捉えるのに有効であることに加え、レーザー光を走査することなく、空間的に広い観測範囲をカバーできるので、効率的な漏えいモニタリングの実施につながると考えられる。今後は、他ガスへの応用を検討するだけでなく、使用しやすい可搬型システムの開発に向けた検討を実施していきたい。

## 謝辞

本研究の一部は、防衛装備庁安全保障技術研究推進制度委託事業の一環として行ったものである。関係各位に深く感謝の意を表します。



【図2】SO<sub>2</sub>ガスのフラッシュ共鳴ラマンイメージの濃度と強度の関係



# OPTICS & PHOTONICS International Congress 2023 (OPIC2023) 報告

## ■13の技術専門会議からなる国際会議

2023年4月17日～21日の期間に、パシフィコ横浜で開催された国際会議「OPTICS & PHOTONICS International Congress 2023」(主催:OPI評議会)に参加した。本会議は世界中から研究者や開発者が集まり、光学とフォトニクス科学、産業について議論する場であり、最先端の成果を見聞し、科学技術が実現する未来社会の目指す形を普及するため毎年開催されている。

OPIC2023は、以下の13の技術専門会議からなっており、レーザー光源から宇宙・地球科学といった幅広い分野をカバーする日本発の国際会議である。

- ・ALPS2023 (Advanced Lasers and Photon Sources)
- ・BISC2023 (Biomedical Imaging and Sensing Conference)
- ・CPS-SNAP2023 (Cyber Physical Systems enabled by Sensing/-Network/AI and Photonics Conference 2023)
- ・HEDS2023 (High Energy Density Science 2023)
- ・ICNN2023 (International Conference on Nano-photonics and Nano-optoelectronics 2023)
- ・LDC2023 (Laser Display and Lighting Conference 2023)
- ・LSC2023 (Laser and Synchrotron Radiation Combination Experiment 2023)
- ・LSSE2023 (Laser Solutions for Space and the Earth 2023)
- ・OMC2023 (Optical Manipulation and Structured Materials Conference)
- ・OPTM2023 (Optical Technology and Measurement for Industrial Applications 2023)
- ・OWPT2023 (Optical Wireless and Fiber Power Transmission Conference 2023)
- ・TILA-LIC2023 (Tiny Integrated Laser and Laser Ignition Conference 2023)
- ・XOPT2023 (X-ray Optics and Applications 2023)

今年はOPIC2019以来の対面開催となっており、減少傾向にあった参加人数はCOVID-19流行以前の水準近くまで回復している。主催者は現地開催することの意義を改めて感じたようだ。本稿では、筆者が主に参加したLSSEを中心に紹介する。

## ■宇宙と地球のレーザー利用を議論するLSSE

LSSEの開催趣旨は、宇宙と地球の持続可能な開発に伴う様々な問題を解決するため、新たなレーザーや光学技術の活用を議論することであり、LSSE2023の

レーザー計測研究チーム 倉橋慎理

特に注目するトピックスは、カーボンニュートラル、アグリフォトニクス、宇宙技術、リモートセンシング、工業応用であった。筆者は、弊所で開発したレーザーを用いた計測技術の屋外利用の現状について招待講演を行った。覆工コンクリートや函型トンネルのレーザー打音検査の現状の紹介に加え、重機とレーザー計測技術を組み合わせた、トンネル工事現場における浮石検知技術の開発に関する報告を行った。

以下に、参加したセッションのトピックスを報告する。

## ■レーザーによる宇宙デブリの脱軌道の基礎研究

名古屋大学の中村友祐特任助教より、レーザーアブレーションを用いた宇宙デブリの除去に関する報告があった(招待講演)。地球の軌道上には運用中の人工衛星以外に切り離されたロケットや運用を停止した衛星やそれらの破片が数多く存在しており、これらはスペースデブリと呼ばれ、デブリの除去や増加の抑制が望まれている。研究グループは、レーザーアブレーションにより生じる推力を利用しデブリを軌道上から除去する研究を行っており、講演では衛星に用いられる断熱材(Multi-Layer Insulator: MLI)のアブレーション特性について報告を行った。MLIにパルスレーザーを集光して複数回照射し、フルエンスと照射回数、照射面の損傷の関係が報告された。

## ■高強度レーザーによるコンクリート橋の遠隔検査

量子科学技術研究開発機構の長谷川登主幹研究員より、高強度レーザーを用いたコンクリート橋の遠隔検査装置の開発に関する報告がされた(招待講演)。内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム(第1期)で開発した高速レーザー打音検査装置(LASER CROSS No.379など)を改修した装置を用いて、道路高架橋のコンクリート床版や桁の検査を行った。講演では、実際に利用されている高架橋を30 m離れた位置から検査した時の様子が紹介され、健全部と欠陥部で異なる特徴の信号の検出に成功したとの報告があった。

## ■次回開催予定

OPIC2024は、2024年4月22日～26日の期間で、パシフィコ横浜で開催予定である。



# レーザー総研オープンセミナー 「レーザー加工からインフラ診断まで」 ～ILT2023 令和4年度研究成果報告会開催案内～

令和4年度の研究成果報告会 ILT2023は、光・レーザー・画像計測関連機器の技術展示会「第5回光・レーザー関西2023」の併催イベントとして開催いたします。本報告会では、レーザー加工からインフラ診断まで、多岐にわたる研究テーマについて、昨年度の研究成果をわかりやすく報告します。ポスター発表では、研究員との直接対話により技術的なご相談にも対応いたします。泰山賞贈呈式や受賞者による特別講演もございますので、ぜひご参加ください。

## ◆プログラム

10:40～10:55	ご挨拶 レーザー技術総合研究所概要	所長 井澤靖和
10:55～11:20	レーザーで月面基地を！ 建設材料をその場で作製	主席研究員 藤田雅之
11:20～11:45	損傷評価をもっと簡単に！ 光学素子レーザー損傷のプラズマ発光計測	主任研究員 本越伸二
11:45～13:00	休憩	
13:00～13:20	<b>【泰山賞贈呈式】</b> 高強度レーザー科学に関する国際協力の推進	大阪大学名誉教授 田中和夫 氏
13:20～14:00	<b>【特別講演】</b> 超高強度レーザーが拓く新しい世界	大阪大学名誉教授 田中和夫 氏
14:00～14:25	波面の乱れを補正してレーザー伝送を効率化！ 高速動作・高光耐性デフォーマブルミラーの開発	主任研究員 谷口誠治
14:25～14:50	デフォーマブルミラーの動作性能を定量評価！ 光学補償システムの性能評価手法	副主任研究員 ハイク コスロービアン
14:50～15:30	ポスター発表	
15:30～15:55	労働災害から作業員を守る！ レーザーを用いたトンネル切羽の浮石検知技術の開発	研究員 倉橋慎理
15:55～16:20	水中にある物質をレーザーで可視化！ フラッシュラマンライダーによる水中油の漏えいモニタリング	主任研究員 染川智弘
16:20～16:30	閉会	常務理事 中神保秀

## ◆開催概要

- <日時> 2023年7月20日(木)10:40～16:30
- <場所> マイドームおおさか 8F第3会議室  
大阪市中央区本町橋2番5号  
アクセス:Osaka Metro「堺筋本町」駅から徒歩6分ほか  
(右図参照)  
<https://www.mydome.jp/mydomeosaka/access/>
- <受講料> 無料
- <申し込み方法>「光・レーザー関西 ILT2023」開催案内  
(以下Web)よりお申込み下さい。  
<https://www.opt-seminar.jp/ilt2023/index.php>
- <申し込み締め切り>定員(50名)になり次第締め切らせていただきます。
- <お問い合わせ>公益財団法人レーザー技術総合研究所まで E-mail:seika@ilt.or.jp

