The 44th annual International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO2025)

大阪大学　接合科学研究所
准教授　佐藤　雄二
(2025 年度 国際会議等参加助成 AF-2025256-X1)

キーワード：レーザ溶接，ビームプロファイル，キーホール

１．開催日時

2025 年 10 月 12 日～16 日

２．開催場所

アメリカ合衆国 フロリダ州 オーランド Caribe Royale Hotel

３．国際会議報告

3.1　会議概要

2025 年 10 月 12 日～16 日に、アメリカ合衆国・フロリダ州 オーランド Caribe Royale Hotel にて国際会議 The 44th annual International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics(ICALEO2025)が開催された(Fig.1)。本会議は、Laser Institute of America(LIA)が主催するレーザ加工分野における歴史ある国際会議の一つとして知られており、4 日間に渡り白熱した議論が交わされた。「AIMM (AI/Modelling/Monitoring」「Beam/MACRO (Beam Shaping/Laser Materials Macro-processing)」「LAM (Laser Additive Manufacturing)」「MICRO (Laser Materials Micro-processing)」の 4 つのテーマに分かれパラレルセッションで会議が進行した。ポスターセッションは 15 日の夕方から開催され、同時に併設された展示会では光学機器メーカーや研究機関などの研究成果の展示がなされており、レーザ技術に関する最新の動向を掴むことができた。



Fig.1　オープニングセレモニー

3.2　発表概要【申請者】

純銅は優れた電気伝導性および熱伝導性を有することから、電気自動車(EV)用バスバーをはじめとする電力・電子分野において不可欠な材料である。しかしながら、純銅は近赤外域（約 1 μm）のレーザに対する吸収率が極めて低く、かつ融点近傍で吸収率および熱物性が急激に変化するため、赤外レーザ溶接ではキーホールの不安定化やスパッタの多発といった課題が顕在化する。特に、2 mm を超える厚板純銅の高品質・高信頼接合は依然として困難である。申請者の発表では、これらの課題を解決するために、青色半導体レーザ（波長 450 nm）と近赤外線レーザ（波長 1030 nm）を組み合わせた Blue-IR ハイブリッドレーザシステムを新たに構築し、純銅溶接における溶融池挙動、キーホール安定性、およびスパッタ抑制効果を実験的に検証した。酸素フリー銅(C1020)板材を用いたビードオンプレート溶接試験を行い、赤外レーザと青色レーザ併用の有無による溶接挙動の違いを系統的に評価した。溶接中の現象解明のため、高速度カメラによる表面観察に加え、ガラス透過法を用いた二色温度計測を適用し、溶融池断面形状および温度分布をリアルタイム・非接触計測を行った。その結果、Blue-IR ハイブリッドレーザ照射では、赤外レーザ単独照射と比較して溶融池面積が約 3.4 倍に拡大し、周期的な溶融池の収縮・膨張挙動が大幅に抑制されることが確認された。これに伴い、スパッタ発生数は最大で約 84%低減され、溶け込み深さのばらつきも顕著に減少した。さらに、ハイブリッド照射条件下ではキーホール開口幅が安定して拡大し、時間変動の小さい安定したキーホール形成が実現された。これは、青色レーザによる高吸収率加熱(約 65%) によって溶接初期段階から表面が予熱され、赤外レーザにおける温度依存吸収率の急激な上昇、いわゆる「吸収率ジャンプ」が緩和されたためであると考えられる。この効果により、入熱が連続的かつ安定的に溶融池へ供給され、結果として溶融池およびキーホール挙動の安定化が達成された。以上の結果から、Blue-IR ハイブリッドレーザ溶接は、純銅特有の光学的・熱的課題を根本的に緩和し、厚板純銅に対しても高効率かつ高品質な深溶込み溶接を可能とする有効な手法であることが示された。本手法は、EV 用バスバー接合など高い信頼性と再現性が要求される産業分野において、実用的かつ有望な溶接技術であると結論付けた。

3.3　発表概要【同行大学院生】

2025 年 10 月 15 日 17 時半から行われたポスターセッションにて、同行した大学院生仲谷君が「Stabilization of molten pol flow and keyhole capillary behavior

through beam shaping in high-power laser welding of stainless steel」と題したポスター発表を行った(Fig.2)。

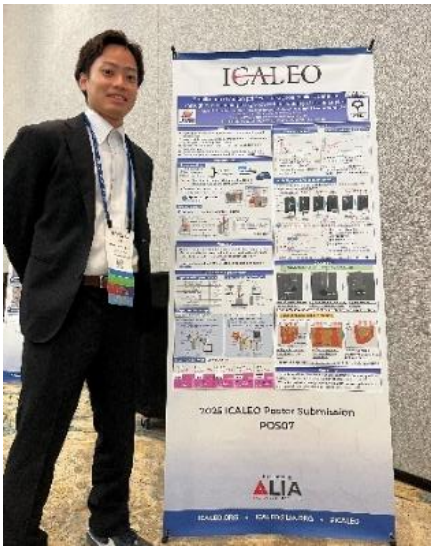


Fig.2　同行大学院生（仲谷君）ポスター発表の様子

高出力レーザを用いたレーザ溶接は、高品質な溶接が可能であることから様々な産業分野で活用されている。レーザを金属材料に照射すると金属が溶けて溶融池が形成されると同時に、一部が蒸発してキーホールが形成される。レーザ光がキーホール内で反射することにより、深い溶け込みが得られる。それと同時にスパッタと呼ばれる溶融金属の一部の飛散現象が発生する。スパッタは溶接欠陥を引き起こすため、その抑制が必要とされている。スパッタは、主にキーホールから噴出する金属蒸気によって誘発される現象であり、その抑制にはキーホール挙動の安定化が不可欠である。先行研究では、レーザのビームプロファイル形状を制御することでスパッタが減少することが報告されているが、その詳細なメカニズムについては未だ十分に解明されていない。そこで本研究では、1 点のレーザを 3 点に分割した 3-spot レーザを整形し、これを用いて溶接試験を行った。通常の 1-spot レーザとの比較を通じて、3-spot レーザによるビームプロファイル制御がキーホール挙動に与える影響を調査した。その結果、3-spot レーザを用いて溶接を行うとスパッタが大幅に減少することがわかった。さらに X 線を用いたキーホールの実時間観察を行った結果、1-spot レーザによる溶接ではキーホール形状が時間と共に大きく変動するのに対し、3-spot レーザを用いた場合にはキーホール形状の変動が抑制され、特にキーホール開口幅の拡大および安定化がスパッタ低減に大きく寄与していることが示唆される結果を得たと結論付けた。

仲谷君は上記の内容でポスター発表を行い、Poster Award 1st Place を受賞した(Fig.3)。また、ポスターセッションでは参加者から数々の質問を受けた。特に、その他のプロファイル形状と 3spot との比較について熱心に質問を受け、プロファイル整形が強い関心を集めているテーマであることを再認識したと同時に、自身の研究を客観的に見つめ直す良い機会にもなり、今後の改良点や新たな応用可能性について考える大きなヒントとなった。

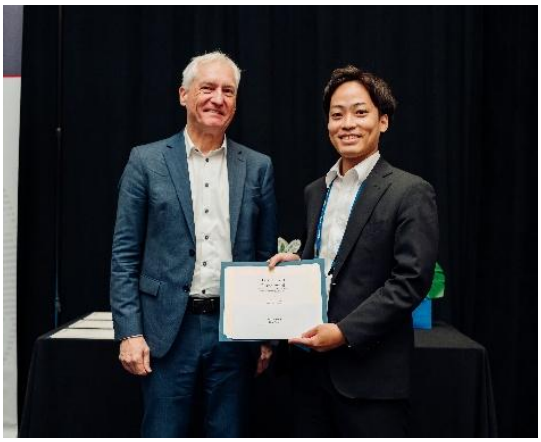


Fig.3　Poster Award 受賞

４．まとめ

ICALEO は、ネットワーキングに重点を置いた国際会議であり、参加者間の交流を促進する多様なイベントが企画されていた。特に、Welcome Celebration、Presidents Reception、Poster Presentation Gallery and Laser Industry Exhibitor Reception、Business Panel Session、Awards Luncheon など、研究者と産業界双方が親睦を深める機会が数多く提供された。Presidents Reception では、偶然にも SpaceX のロケット打ち上げ時間と重なり、参加者全員で夜空に描かれるロケットの軌跡を眺めるという貴重な体験を共有することができた。この出来事は、会場全体を和やかな雰囲気で包み込み、参加者間の交流を一層深める契機となった。

次回の ICALEO は、2026 年 10 月にアメリカ・デンバーにて開催される予定である。

謝　辞

本国際会議参加にあたり、公益財団法人天田財団より 2025 年度国際会議等参加助成のご支援を賜りました。ここに記して、厚く御礼申し上げます。