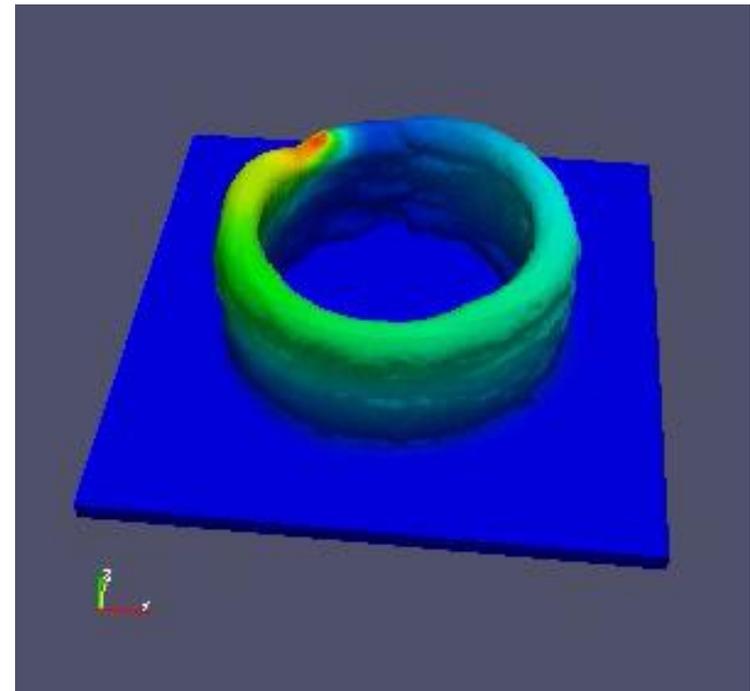
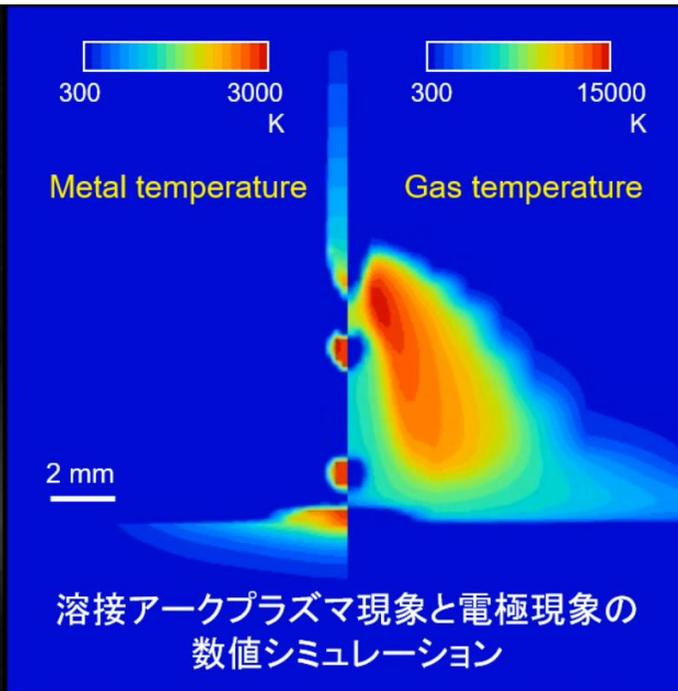
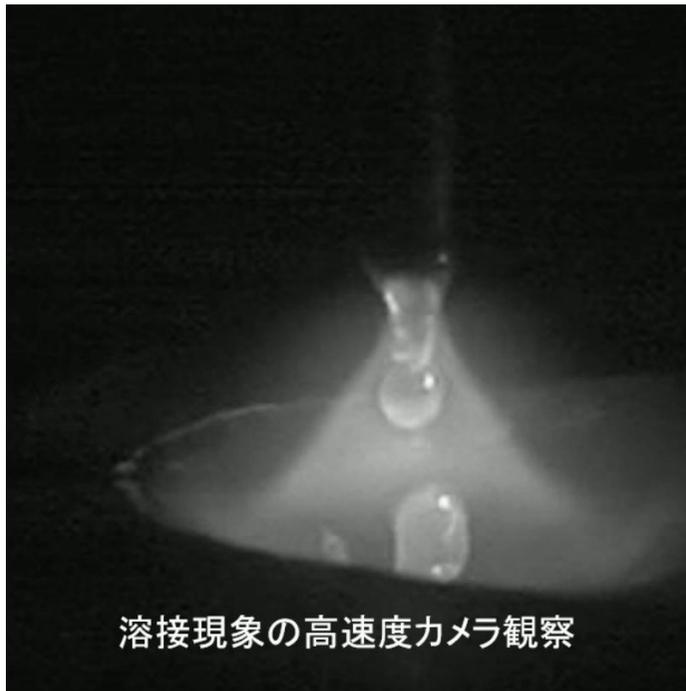


電流経路制御による 低入熱・高精度な ワイヤ・アーク造形プロセス

大阪大学大学院工学研究科
マテリアル生産科学専攻 生産科学コース
准教授 荻野陽輔

2025年1月30日

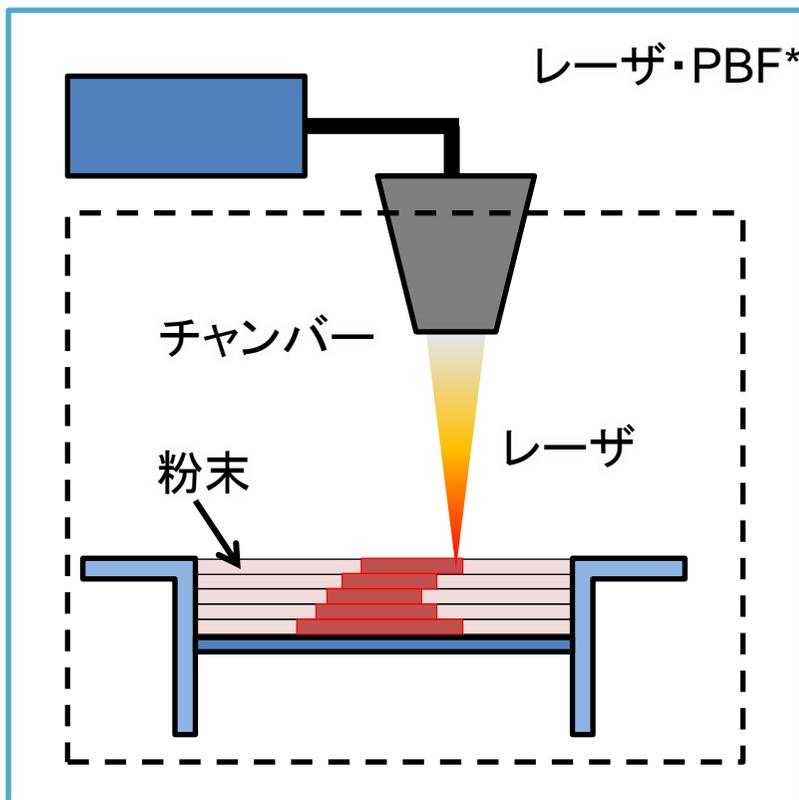
研究分野



アークプラズマを用いた溶接・接合・造形プロセス
プロセスの物理現象追究に基づく、ものづくりの新しい価値創出

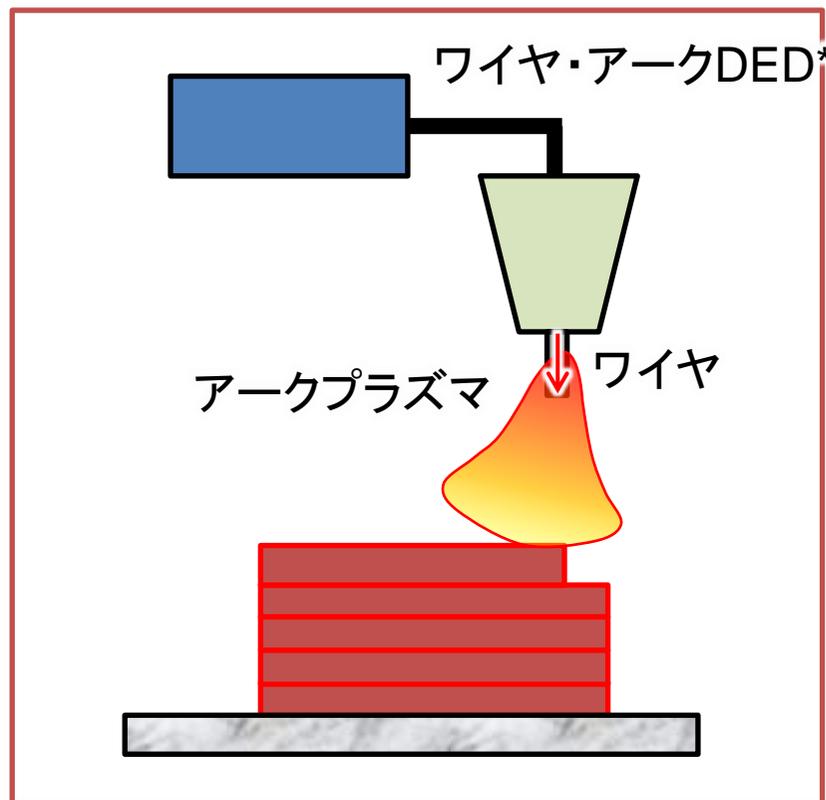
金属3Dプリンティングプロセス

金属を溶融・凝固させ、積層することで3次元形状を作製



*PBF: Powder Bed Fusion
敷き詰めた粉末に熱源を照射し積層する方式

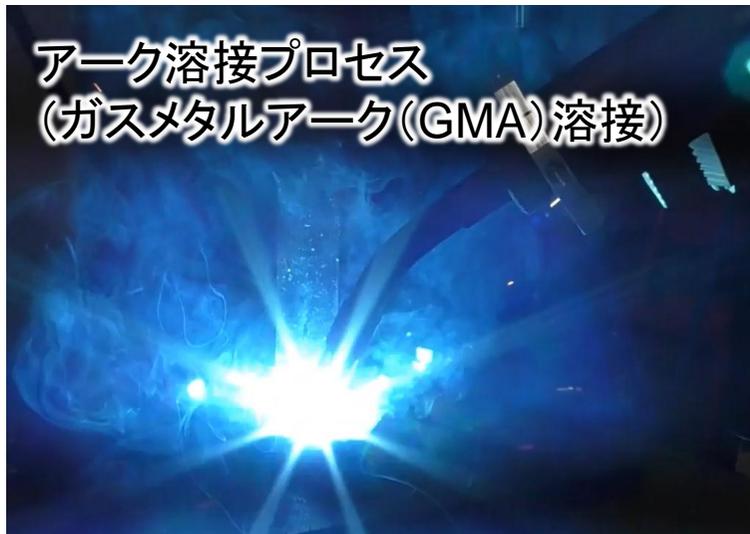
高精度、緻密な構造物を作製可能
大型構造物の作製に課題



*DED: Directed Energy Deposition
材料を供給しながら熱源を照射し積層する方式

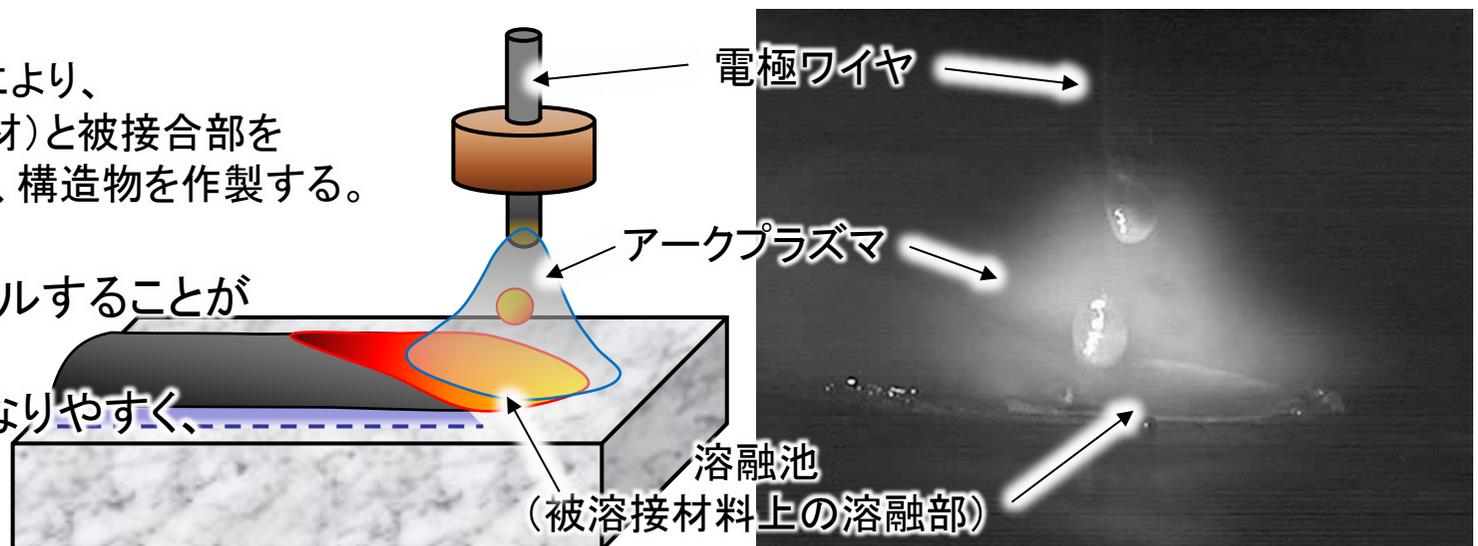
大型構造物を高効率に作製可能
高精度化、低入熱化に課題

ワイヤ・アークDEDプロセス



アークプラズマにより、
ワイヤ(フィラー材)と被接合部を
溶融凝固させて、構造物を作製する。

溶融金属の挙動をコントロールすることが
重要である。
しかし、溶融部領域が大きくなりやすく、
コントロールが難しい。

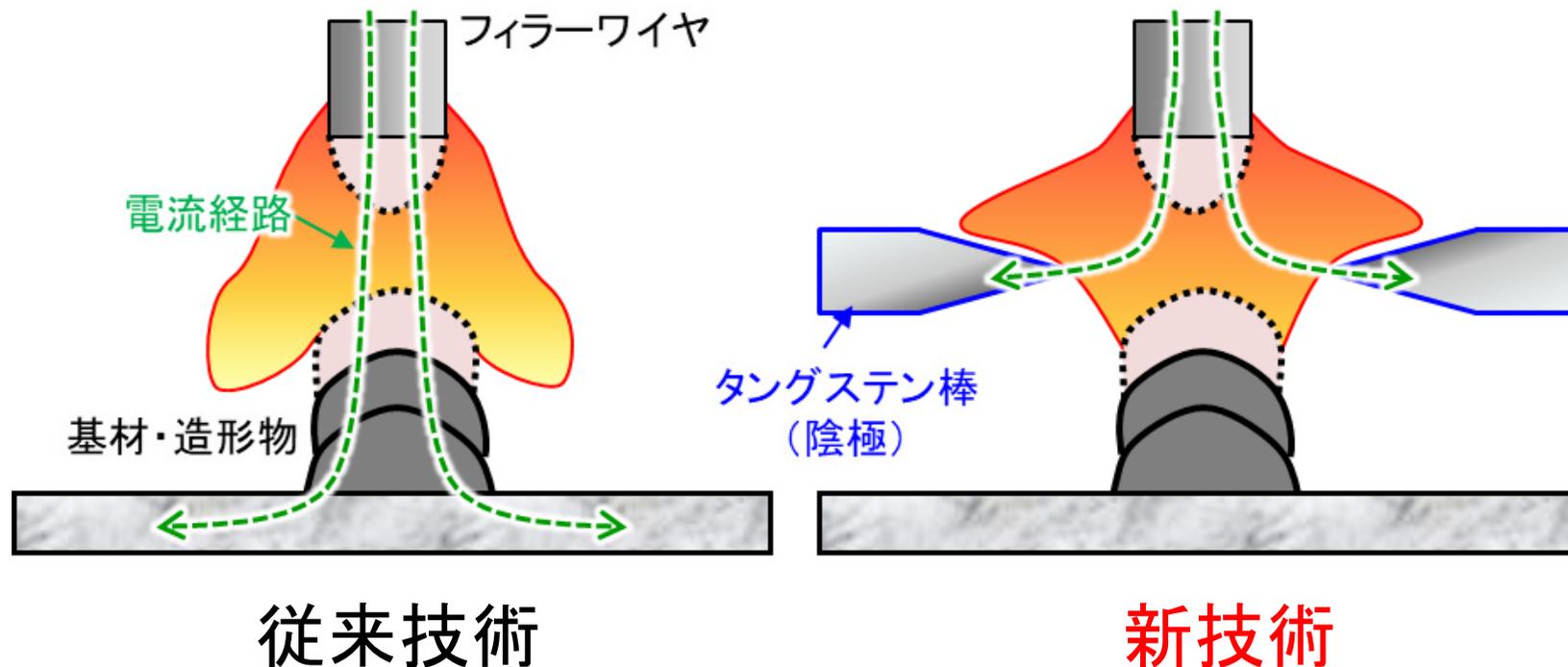


従来技術の問題点

- ・PBF方式の3Dプリンタは既に実用されているものの、作製できる構造物のサイズには限界がある。
- ・ワイヤ・アークDED方式の3Dプリンタは、大型構造物を高効率に作製可能であり、装置コストも安く、粉末材に比べワイヤ材は管理が容易というメリットがある。
- ・しかし、ワイヤ・アークDED方式の3Dプリンタにおいては、プロセスの高精度化および低入熱化に課題があり、広く利用されるには至っていない。

新技術の特徴・従来技術との比較

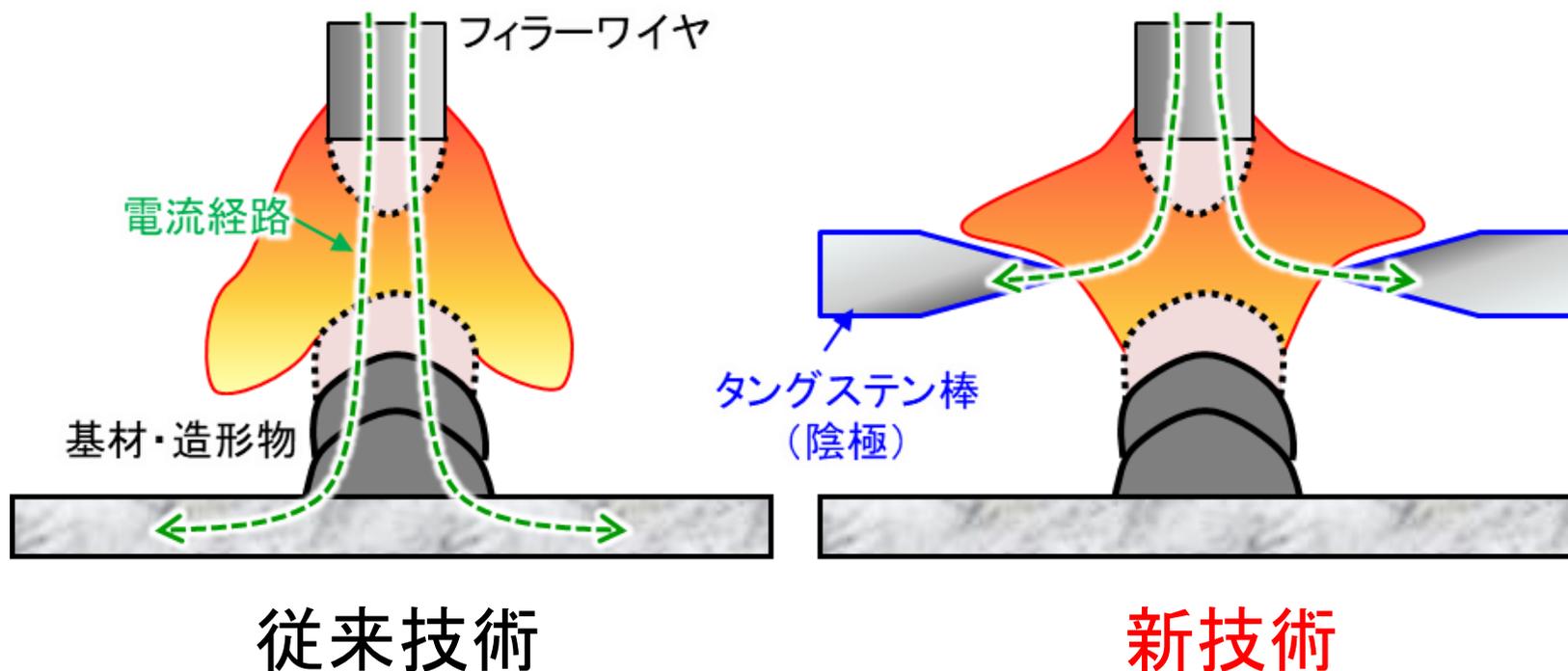
従来のワイヤ・アークDED方式のプロセスに対して、
電流経路を制御する治具を作製・使用することにより、
溶融したワイヤの挙動の制御ならびに
基材・造形物への入熱制御を達成した。



新技術の原理

・溶融ワイヤの挙動安定化（高精度化に寄与）

高融点のタングステン棒を電極として挿入することにより、電流経路が安定し、溶融したワイヤの挙動が安定化する。

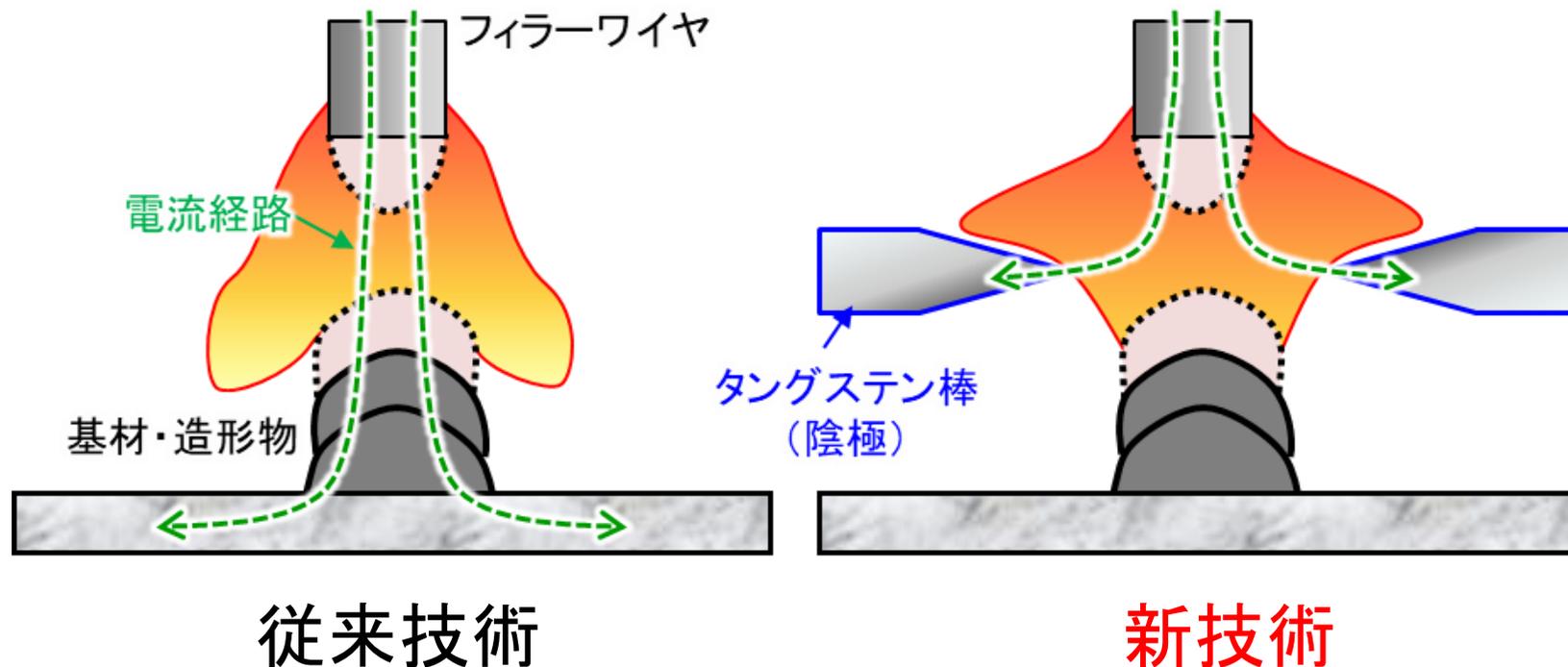


新技術の原理

・基材・造形物への低入熱化

基材・造形物を電流経路としないことにより、アークプラズマとの電気的な相互作用が弱まり、低入熱化する。

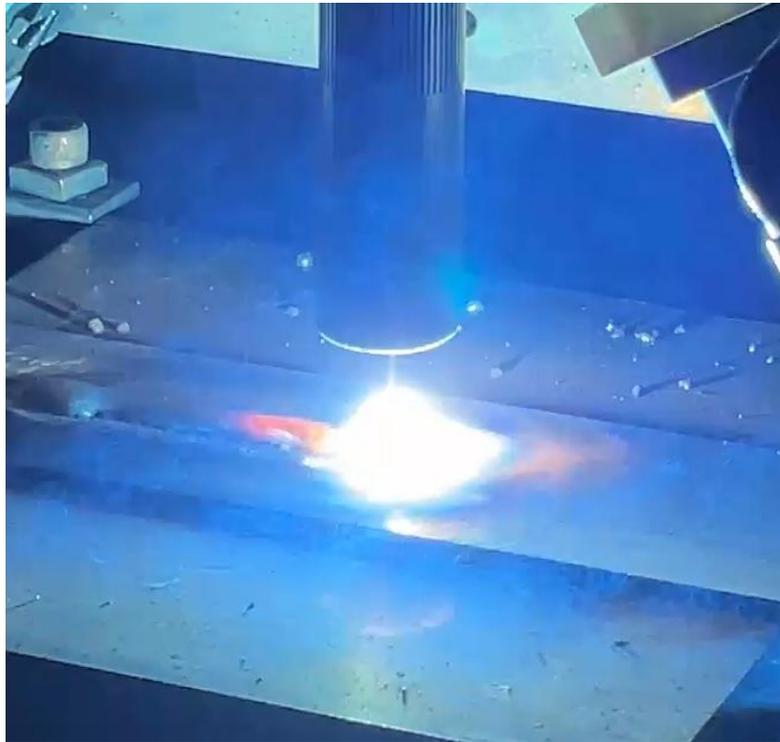
他方、ワイヤには従来技術と同等の入熱がなされ効率は損なわれない。



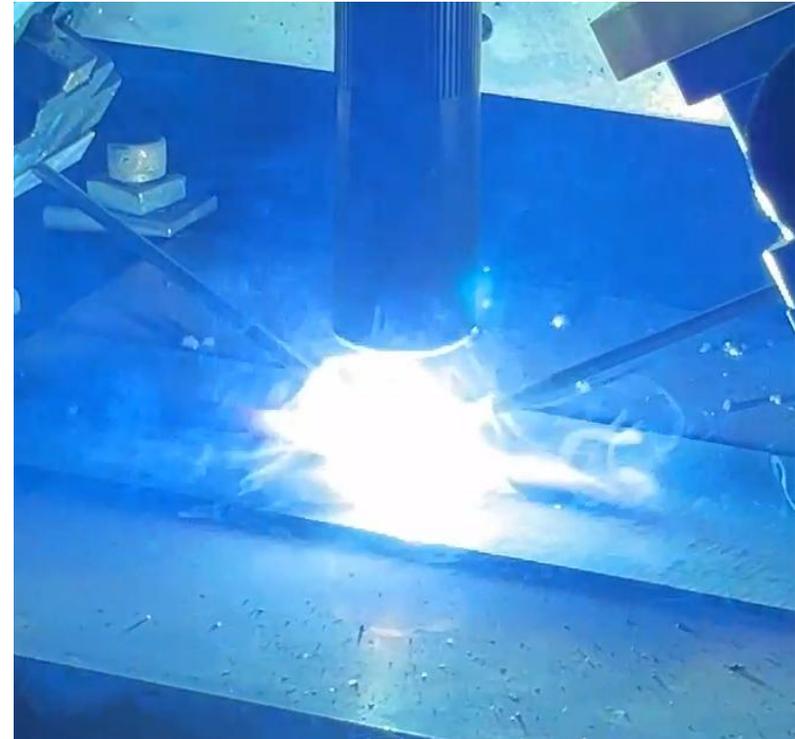
新技術の特徴・従来技術との比較

基材・ワイヤ:炭素鋼、シールドガス:アルゴン

従来技術



新技術

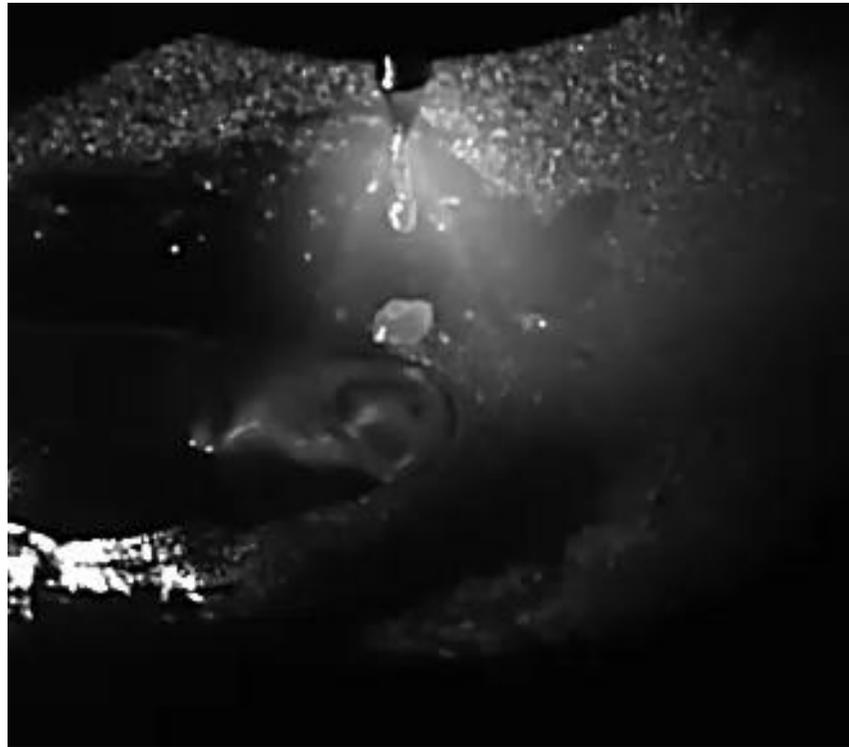


プロセス中の外観は従来技術と同様
スパッタの飛散はほとんどない。

新技術の特徴・従来技術との比較

基材・ワイヤ：炭素鋼、シールドガス：アルゴン

従来技術



新技術

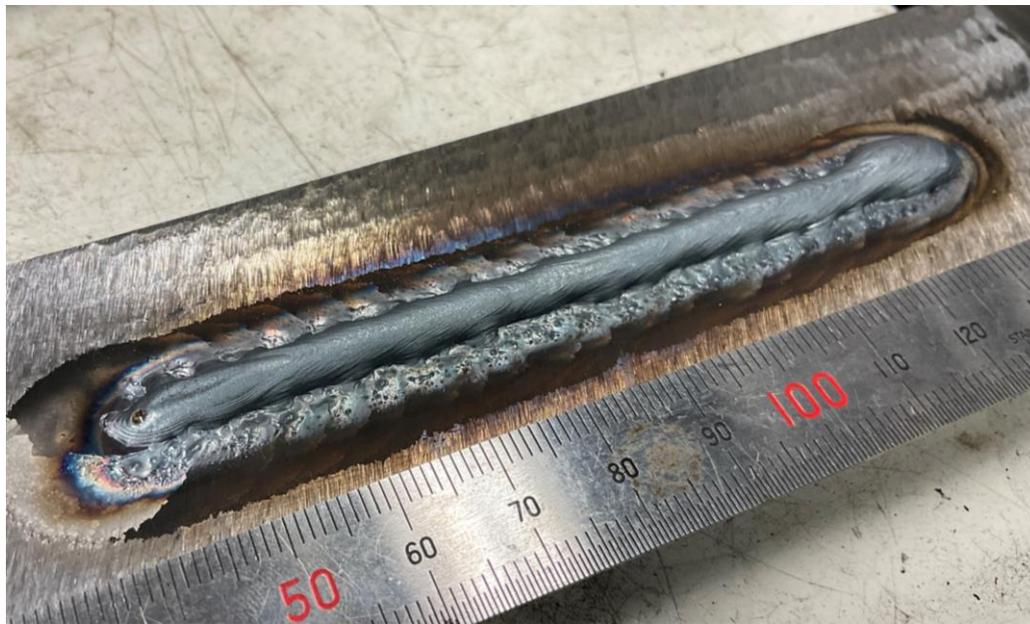


新技術では、アークプラズマのふらつきが抑えられ、
溶融ワイヤの滴下挙動が安定化している。

新技術の特徴・従来技術との比較

基材・ワイヤ:炭素鋼、シールドガス:アルゴン

従来技術

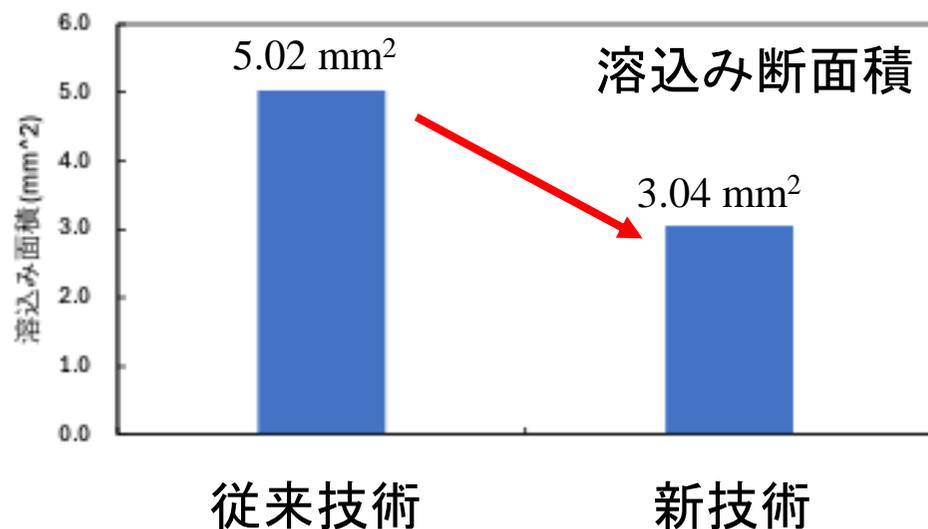
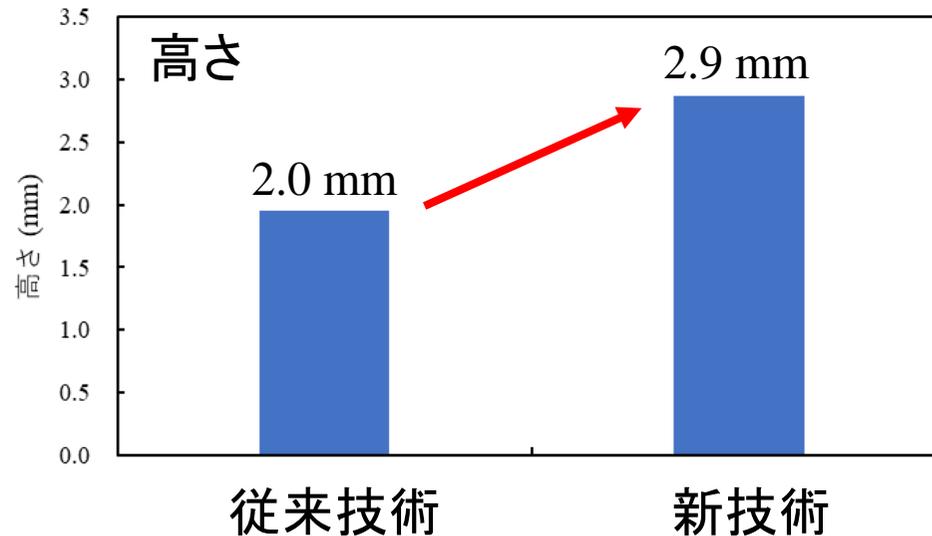
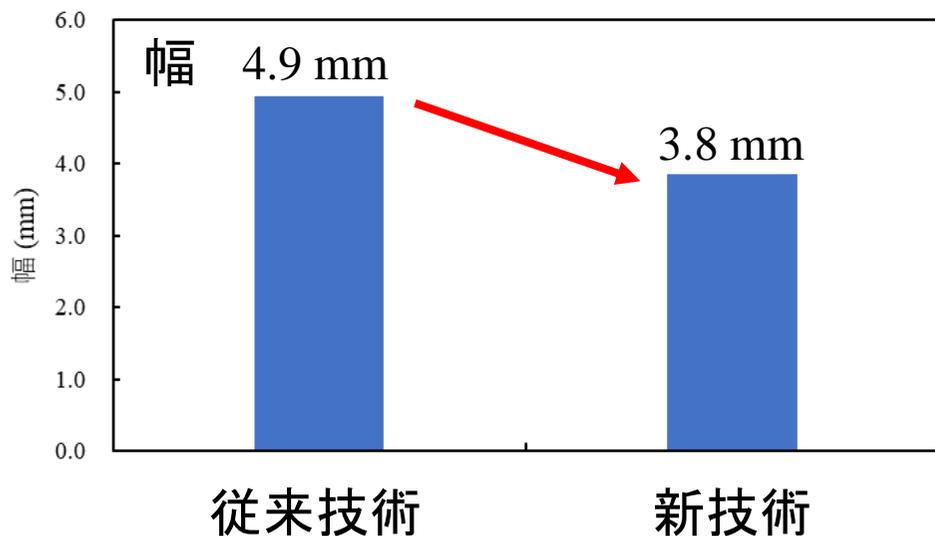


新技術



新技術では、止端形状のそろった幅が小さく・高さの大きいビードを形成することができる。

新技術の特徴・従来技術との比較



新技術では、
高アスペクト（高さ/幅）比で
溶込み量の小さい
ビードを形成することが可能

新技術の特徴・従来技術との比較

10層10パスの積層



高精細な造形物を作製するためには、さらなるパラメータの適正化が必要であるが、新技術により積層が可能であることも確認している。

想定される用途

- 本技術の特徴は、薄肉かつ大型構造物の作製に対して、メリットが大きいものであると考えている。
(輸送機器や燃料タンクなど。)
そのほか、意匠性が必要な大型の建築構造物の作製にも適用可能であると考えている。
- $\phi 2\text{mm}$ 程度以下のワイヤ材を作製できる金属材料であれば、材料種に制限なく適用可能であると考えている。

実用化に向けた課題

- プロセスに対する電流値などのパラメータの影響を把握済み。積層時のパラメータ調整指針を構築していく必要がある。
- 造形物の品質確保およびタングステン棒の耐久性確保のため、シールドガスの導入経路やタングステン棒の冷却機構を考慮する必要があると考えている。
- タングステン棒の位置精度確保のための機構を構築する必要があると考えている。
- 電流波形制御などの制御プロセスとの組み合わせも考えたい。

企業への期待

- ・シールドガス供給、冷却機構やタングステン棒の位置調整機構について、アドバイスいただきたい。
(一体化した専用トーチを作製するなど。)
- ・電流波形やワイヤ材送給タイミングの制御などのシステム開発技術を有する企業との連携が有効であると考えており、連携を希望している。
- ・ワイヤ・アークDEDプロセスにより大型構造物の製造を検討している企業の方に、課題などを教えていただき、本技術の有効性について検討を深めたい。

企業への貢献、PRポイント

- プロトタイプ装置は研究室で保有しており、
技術導入のための追加実験および考察が可能
- 計測技術、シミュレーション技術を駆使したプロセス中の
物理現象の可視化、解明
- シミュレーション技術およびインプロセスモニタリング技術との
融合によるプロセスの高度化

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 溶接装置および積層造形装置
- 出願番号 : 特願2024-089129
- 出願人 : 大阪大学
- 発明者 : 荻野陽輔、佐藤祐理子、土井央一

産学連携の経歴

大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻に着任後、
溶接プロセスおよびワイヤ・アークDEDの
シミュレーション技術ならびに
インプロセスモニタリング技術の開発をベースとする
産学連携(共同研究)の経験が多数あり。

連携先:

電源、材料、重工、建築、橋梁、エネルギー分野の企業など。

お問い合わせ先

大阪大学

共創機構 イノベーション戦略部門 知的財産室

<TEL> 06-6879-4861

<e-mail> tenjikai@uic.osaka-u.ac.jp