

航空宇宙分野のレーザー用途を紹介

エアリア・フ

レーザー加工は、航空宇宙、特に宇宙開発分野の用途に対して理想的な技術である。そのメリットとしては、Buy-to-Fly Ratio (原材料の重量が製品に占める割合)の低減、リードタイムの短縮、宇宙へのアクセスの拡大などが挙げられる。

商用航空、軍事航空、ドローン／無人航空機(Unmanned Aerial Vehicle: UAV)、衛星、宇宙開発は、すべて航空宇宙に含まれる分野である。コロナ禍に商用航空プロジェクトは減少したが、宇宙開発活動は衰えることなく続いた。

われわれは現在、新たな心躍る宇宙開発競争のただ中にあり、かつてないほどの数の「new space」(新宇宙)企業が出現している。その多くは、従来の航空宇宙、ソフトウェア、オートメーション、ロボティクスの経験を併せ持つ新興企業である。

これらの企業は、従来の製造プロセスにとらわれず、1つの技術に固執していない場合が多い。それよりも目標を達成するために理にかなった方法を採用する傾向にある。新宇宙開発競争と呼ばれる今の時代において、打ち上げ機を提供する多くの企業が、より小型で機敏な打ち上げ機を使用した宇宙飛行の実現を目指している。

利用可能な多くのレーザーベースの技術の中で、レーザー積層造形(Additive Manufacturing: AM)、つまり3Dプリントは、宇宙飛行用の構造や機体の設計、構築、反復を迅速に行うための

製造プロセスを求める企業にとって、理想的な選択肢である。AMは高速で融通性が高く、迅速な方針転換を可能にする。また、そうした小規模な新興企業の多くは、設備や工具に費やす資金だけでなく、設置場所も限られているため、製造に必要となる全体的な設置面積が小さいという点においても、レーザーAMは理想的な技術である。

従来の製造において、宇宙開発用のロケットには、確立されてよく知られた製造プロセスが採用される。例えば、円筒構造を生成するには、アルミニウム板金に対してバンプ形成とせん断の後に摩擦攪拌接合(Friction Stir Welding:FSW)を適用し、アイソグリップ構造を生成するには、厚板からポケットを切り抜く加工を施し、ドーム構造を生成するには、溶接とホットスピン成形を行う。これらのプロセスのすべてに、原材料、加工、クリーニング、検査のリードタイムが伴う。これらのプロセスのいずれか、またはすべてのリードタイムが短縮されれば、全体的なリードタイムが短縮するだけでなく、より多くの時間をブルーフ試験、ホットファイア試験、機体統合に割くことができる。

レーザーAMは、推進機器や構造部品など、宇宙開発コンポーネントの製造に使用することができる。推進機器とは、具体的にはロケットエンジンのことで、これにレーザーAMを適用するこ

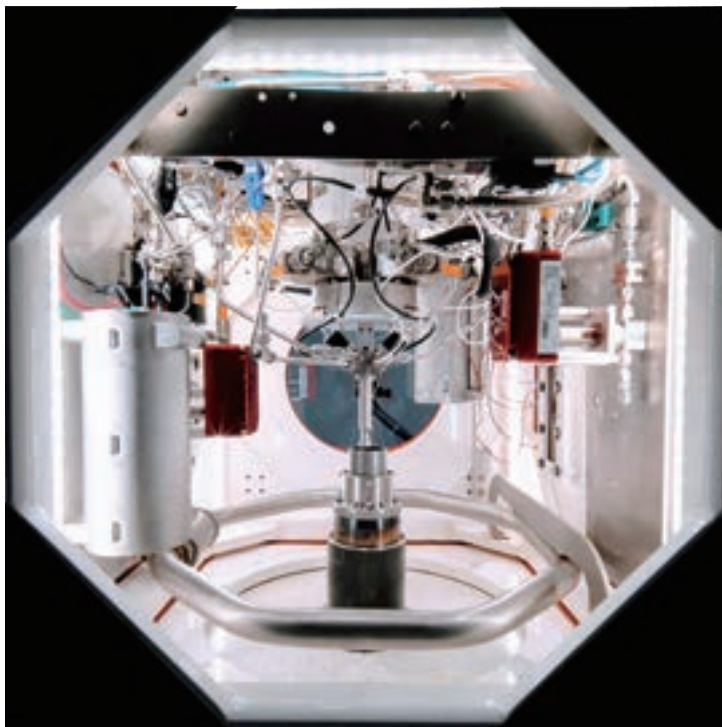


図1 米アジャイルスペース社(Agile Space)は、レーザーAMを使用した宇宙機推進システムを提供する多くの企業のうちの1社である(写真提供:アジャイルスペース社)

とには明白なメリットがある。つまり、エンジンの部品総数が減少すること（扱う部品数が数十個になれば数百個の場合よりも製造欠陥のリスクが低下する）、設計が簡素化されること、独特のオーバーハング角を持ち、スラストを改善した冷却路がプリントできることである（図1）。

AMを、特に対象として設計されている材料を使用すれば、より高い熱容量と強度が得られ、エンジン効率を高くすることができる。エンジン効率が高いということは、より高い軌道に打ち上げたり、より大きなペイロードを積載したりできることを意味する。構造部品とは、ロケット機体のタンク部分や胴体部分などのことで、レーザAMを適用することによって、FSWに向けた板金の成形や固定に必要な工具のコストが不要になる。そのコストは、200万ドルにも及ぶ可能性がある。レーザAMは基本的に、機窓の数の増加と、宇宙へのアクセスの拡大につながる。

グリーンレーザ

レーザAMにおける顕著なイノベーションの1つが、グリーンレーザの導入である。（1063nmの赤外域[IR]波長ではなく）515nmという可視域波長を使用することにより、銅、アルミニウム、金、銀、プラチナ、イリジウムなどの高反射性材料に対するレーザAMの効果と効率を高めることができる。これらの反射性材料に対してIRレーザを使用すると、ビームを金属に結合させるのが難しく、反射損失が生じる可能性がある。

従来のレーザ切断や溶接の分野で開発されたグリーンレーザ技術だが、3Dプリントへの適用は理にかなっている。密度が高くなり、ポロシティが低

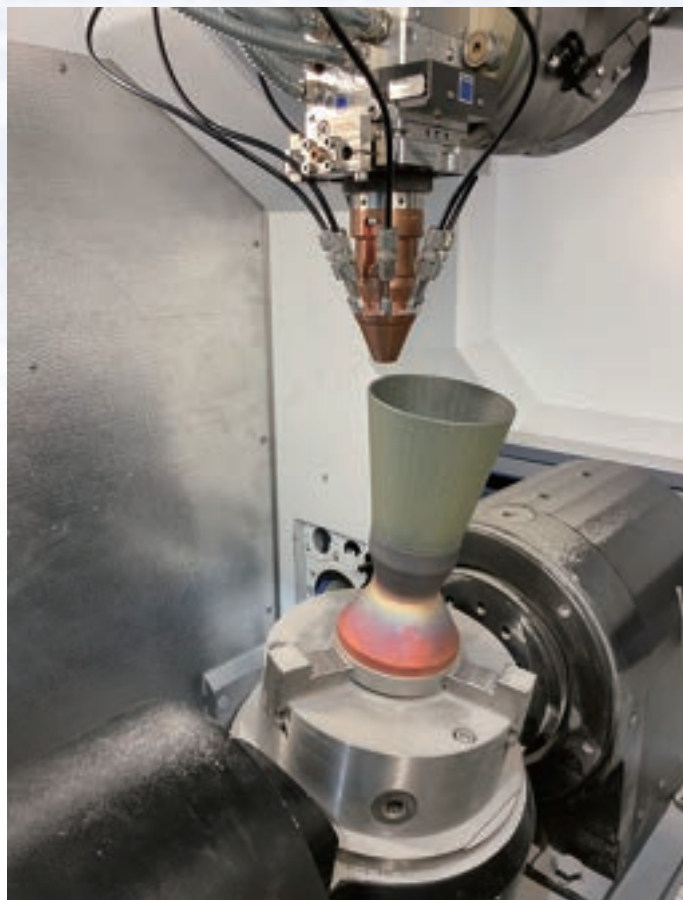


図2 異なるレーザAMプロセスを組み合わせ製造されたハイブリッド部品(写真提供:トルンプ社のウリ・クラスケ氏[Ulli Kraske])

減し、表面仕上げが向上し、スパッタが減少し、生産性が高くなり（部品と使用パラメータによる）、純銅粉末を使用する場合で、IRレーザ源よりも最大で10倍高速になるためである。

C18150やGR Cop 42、または84などの銅合金でプリントされたロケットエンジンは、上述の高い生産性、高速なプリント速度、欠陥の低減などによって、より迅速に宇宙にアクセスするための新たな手段となる可能性がある。例えば、グリーンレーザで銅合金にレーザ金属溶融を適用してプリントした部品と、IRレーザでニッケル基超合金にレーザ金属堆積を適用してプリントした部品を組み合わせることにより、異種材料と異種プロセスを使用しているという点で、真にハイブリッドなコンポーネントを製造することがで

きる（図2）。

構造部品や、重量物を積載する機体用に、厚みのある鋼鉄などの金属片をレーザで溶接する処理も、レーザ技術の利便性を生かした処理の1つである。レーザ溶接は、板金や厚材の加工手段として既に十分に確立されている。この接合プロセスの重要な性質は明白で、欠陥が最小限に抑えられて、高品質で再現可能な溶接部が得られることである。発射台上のストロングバックなど、地上から決して離れることのないコンポーネントの溶接の修復も可能である。

航空宇宙分野でレーザAMが適用できる可能性のあるもう1つの興味深い領域が、ニオブ合金、具体的にはC103の開発である。C103(Nb-10Hf-1Ti)は、アフターバーナーや、宇宙用



図3 レーザ金属堆積プロセスによって製造されたグリッドフィンのサンプル(写真提供: トルンプ社のウリ・クラスケ氏)

の第2段の真空エンジンのノズルスカーターとして使用するために開発された、耐熱性に優れた材料で、真空における高い耐熱性(最大2500° F)により、さまざまなロケット機体に共通するデザインの板金成形品において、かなり有用である。しかし、板金製品のリードタイムは非常に長いため(30週以上)、金属粉末がより簡単に入手できるのであれば、粉末床溶融結合によるレーザー3Dプリントが、標準的な外側構造物に適合するスラストや小さなノズルを製造するための良い選択肢になる可能性は、十分にある。そして、レーザー指向性エネルギー堆積法(Direct Energy Deposition:DED)やレーザー金属堆積法(Laser Metal Deposition:LMD)など、より大規模なプラッ

トフォーム上でのC103のプリントによって、長さ1m以上のノズルスカーターを適切に製造できるユーザーが増えれば、それはこの分野に大変革をもたらす可能性がある。これを実行可能なプロセスにするには、この領域におけるさらなる取り組みが必要である。

火星で使用される3Dプリント部品

火星探査車「Perseverance」には、レーザーAMで製造された11の部品が搭載されている。宇宙飛行士らは既に、国際宇宙ステーション(ISS)における

ポリマー部品やセラミック部品の3Dプリントに成功している。宇宙において、それらの原材料は金属粉末よりも揮発性が低く、微粒子には自然発火の恐れがある。別の惑星で3Dプリントを行うという目標も、達成圏内にある。

地球上では、セラミックを使用して低コストの筐体をプリントすることが可能になっている。これは、月や火星などの他の衛星や惑星上で表土をプリントするという、論理的な次のステップにつながる可能性が非常に高い。地球外でその場にある原材料を使用してプリントするほうが、打ち上げ、飛行、着陸時の原材料の保管と取り扱いに対処するよりも容易である。火星探査車のネームプレートも、レーザーでマーキングされており、識別時に非常に役立っている。

製造プロセスにレーザー技術を採用することによる全体的なリードタイムの短縮は、最終機体の機窓の数の増加につながる。グリッドフィンなどの重要なコンポーネントの製造に対しては、金属の塊からその形状を切り出すよりも、AMのほうが高速で持続可能なプロセスである(図3)。

機窓の数が増加し、より高い軌道への打ち上げやより大きなペイロードの積載が可能になることは、宇宙旅行として顧客を宇宙に送り出したり、衛星事業としてより多くの人工衛星を打ち上げたりといった可能性をさらに押し広げるものである。今は宇宙開発に携わることが心躍る時期であり、レーザー技術はその高遠な目標を達成するための完璧な手段である。空を見上げて、その経緯を見守りたいと思う。

著者紹介

エリアナ・フ(Eliana Fu)は、米トルンプ・レーザー・テクノロジー・センター(Trumpf Laser Technology Center)の航空宇宙及び医療担当産業マネージャー。
e-mail: eliana.fu@trumpf.com URL: www.trumpf.com