

21世紀のキーテクノロジーとして 「第4の波」を興す レーザ技術

レーザ応用技術の発展に貢献したい

株式会社 最新レーザ技術研究センター
代表取締役社長
眞名 宗春 氏



光を増幅して放射し、指向性や収束性に優れるなどの特性を持つレーザ光。1917年にAINシュタインにより基礎理論が確立され、1953年にコロンビア大学のタウンズらにより世界初のマイクロ波増幅器(メーザ)が開発された後、1960年にヒューズ社のメイマン技師により誘導放出による光増幅器(LASER)が開発された。

それ以来、レーザ技術は今日に至るまで、通信分野、材料加工分野をはじめ、医療・美容・計測・分析・センシング・自動車分野など、さまざまな分野で基盤技術として利用されている。とりわけ材料加工分野では、薄板の切断から始まり、最近は中・厚板の切断、さらには板金筐体やカバーの溶接、リモート溶接、異種材の接合への応用、太陽電池の分割パターニング、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)の切断といった用途開発が活発になっている。

(株)最新レーザ技術研究センターの代表取締役社長・眞名

宗春博士は、1993年に「レーザ技術が21世紀のキーテクノロジーとなり、『第4の波』を興す」と予測した。眞名博士は1967年に名古屋大学工学部金属学科を卒業し、1972年から川崎重工業(株)技術研究所に10年間勤務。1974年から1年間は米国・MIT海洋工学科の研究員を務めた。1982年に名古屋大学工学部助手、1992年に工学部助教授、2006年に工学部教授に就いた。退官後の2008年には(株)最新レーザ技術研究センターを設立し、これまでに光産業創成大学院大学の特任教授、三重大学リサーチフェロー、NEDO技術委員、安城レーザー技術大学講師などを務めてきた。

75歳になった現在も、同センターに設置している7台のレーザ装置を使い、企業からの受託研究、受託加工に対応とともに、世界各地で開催される学会・展示会に頻繁に足を運び、レーザ技術の最新動向をウォッチしている。そんな眞名博士に、レーザ技術の将来動向について話をうかがった。

■「第4の波」を興すレーザ技術

——沓名先生は1993年に上梓されたNHKブックス『レーザーの科学～人工の光が生む可能性』で、レーザ技術が21世紀のキーテクノロジーとなり、「第4の波」が到来すると予測されています。

沓名宗春社長（以下、姓のみ） 米国の未来学者であるアルビン・トフラーは1980年に名著「第3の波」を著しました。その中でトフラーは、18世紀の産業革命から始まった第2の波を「機械化社会」とし、「メカニックス」を基盤とする産業基盤を説き、第2次世界大戦後のコンピュータを駆使した「情報化社会」を「第3の波」として説きました。「第3の波」は人間社会の基盤技術として発達し、メカトロニクス（機械+電子）が社会を変革する時代が到来しました。

そして、20世紀の末期——1990年代から21世紀にかけて、レーザ技術を中心とした光技術（フォトンテクノロジー）を駆使するオプト・メカトロニクス（機械+電子+光）の時代——すなわち「第4の波」がやってきました。これらは「第1の波」（人力・畜力）の上に発達し、現代社会をさまざまなかたちで変革しています。

1960年に最初のレーザ光がこの世に現れてから60年が経つ今日、レーザ技術は「文明の利器」として幅広い分野で利用されています。工業・通信・情報・医療・バイオ・軍事、さらには日常生活にまでレーザ光が深く浸透し、21世紀の文明にとってなくてはならないものとなっています。

レーザ加工技術についても、CO₂レーザ、YAGレーザの時代から高効率の半導体レーザやファイバーレーザの時代になり、それぞれの特性を生かした装置・用途が開発され、工場などに安価に導入されるようになってきました。

ここまで幅広い分野で活用されている理由は、レーザの持つ特性が優れているからにはなりません。数μmまで集光でき、出力密度も数百GW/cm²まで高くでき、毎秒数十mの速さの熱源となっています。波長も0.2μmから10μmまであり、パルス幅もフェムト秒、ピコ秒、ナノ秒のレーザが開発され、多種類のレーザが利用できるようになりました。レーザ切断や穴あけ加工ではダイヤモンド・ガラス・宝石・金属・樹脂・紙・布・木材・栗の皮など材料を選びません。このような熱源はほかにはありません。

■産業用・医療用としての応用例が増えるレーザ技術

——2000年以降は高出力レーザが開発され、さまざまな分野に適用されています。

沓名 1990年代に高効率・高性能・低価格な半導体レーザが開発されて、これを励起源とした各種高出力レーザが

2000年以降に開発されてきました。ファイバーレーザ、ディスクレーザ、高出力半導体レーザ、超短パルスレーザ（フェムト秒レーザ、ピコ秒レーザ、ナノ秒レーザ）、短波長レーザ（グリーンレーザ、ブルーレーザ、UVレーザ）、樹脂加工用のツリウムレーザなどです。

中でもファイバーレーザは、変換効率が40～50%と高く、最大出力もマルチモードで120kW、シングルモードで10kWと高く、ビーム品質のBPPも小さいため、材料加工に最適なレーザになっています。

半導体レーザも表面加工用に60kWの装置が開発されています。銅の溶接やレーザクラッディング（肉盛り溶接）に適するといわれるブルーレーザは、1～1.5kWまで出力が上がってきました。これらのレーザ発振器のビームの横モードを変換する技術がここ数年で進み、現在ではガウアンモード、リングモード、トップハットモード、これらのモードを組み合わせたモードなど、任意のモードをつくることができます。加工品質を高める横モード技術の改善によって、スペッタの少ない溶接が可能になりました。また、電池ケース薄板の溶接、異種材接合、太陽電池の分割パターニング、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)の切断などにも応用が進んでいます。

さらに近年は、AM(Additive Manufacturing: 付加製造)技術——いわゆる3Dプリンターの実用化も進んでいます。F15やF18といった戦闘機の機体部材(Ti-6Al-4V合金製)の製造は、従来の機械ミーリングから3Dプリンターに置換されています。また、ジェットエンジンの機械部品の疲労寿命を延ばすため、軍用機や旅客機にはレーザピーニングが適用されています。

——レーザ技術は産業用途にとどまらず、医療用途でも活用が進んでいますね。

医療・美容の分野では永久脱毛やシミ・そばかすの除去などの美容用途、近視矯正のためのレーシック手術、鼻のアレルギー治療など、レーザは幅広い領域で利用されています。白内障治療においては、ナノ秒パルスレーザよりもさらに短いフェムト秒レーザの活用が始まっています。

光線力学的療法はPDT(Photo-Dynamic Therapy)とも呼ばれ、早期がんに対してレーザ光に反応するポルフィマーナトリウム(光線力学的療法用剤)をがん細胞に集積させた後にレーザ光を当て、がん細胞を内部から破壊する治療法です。PDTは早期肺がん・早期食道がん・胃がん・早期子宮頸がんに対して保険適用されており、安全性が極めて高く、ほかの治療法との組み合わせも容易で応用範囲が広いため、期待されています。

自動車の自動運転に欠かせない各種センサーデバイスと



①ナノ秒パルスレーザ装置を活用した実験装置／②ファイバーレーザによるリモート溶接の実験装置

③レーザで折り曲げ加工を行ったサンプル

してもレーザセンサーが数多く使われており、レーザ光による「第4の波」で私たちの生活は大きく変わってきています。

■民間・地方で拡大するレーザ研究

——日本のレーザ研究は世界と比較していかがですか。

答名 レーザの研究・開発にかかる日本の研究者は優れた方々が多く、レーザー学会、レーザ加工学会、レーザ協会などで活躍されています。

地場産業や地元企業との産官学の連携を行うため、各地ではレーザ加工研究会が組織されています。私が会長を務める中部レーザ応用技術研究会は、自動車、工作機械、航空・宇宙、金属加工、セラミックスなどの産業の中核ゾーンである中部地区にあります。まさに「レーザ応用技術の中核」との認識から、研究会には多くの人が集い、レーザ応用技術のいっそうの発展を促進しようと主要な大学・官庁・企業の呼びかけで運営されています。

このように、企業も大学も一生懸命です。ところが国は、バブル崩壊後に「将来性のないものは切り捨てる」との考え方で、レーザ技術を重要視してこなかった。それまで開発に熱心だった大手電機メーカーも事業の選択と集中で、レーザ事業から撤退してしまった。今になってレーザの重要性がわかりファイバーレーザや3Dプリンターなどの開発に力を入れていますが、この空白期間は大きいと思います。

■中国の勢いは止まらない

——国家レベルでは中国の勢いがすごいと思います。11月に開催された「Photonix 2019」でも中国のレーザ装置メーカーの出展が目立ち、発振器だけなら価格は日本製の1/4～1/3です。また、ビーム制御などの技術開発も進んできており、2～3年で日本をキャッチアップする勢いです。

答名 レーザ加工機器に関しては、1970～1980年代は米国のメーカーが主力でした。1980～1990年代は高出力

YAGレーザ装置を開発した日本勢の台頭もありました。

しかし、1990年代に半導体レーザの高出力化・高性能化により、従来はCO₂レーザやNd:YAGレーザが主流だったレーザ加工装置の分野も、高出力半導体レーザ、LD励起のYAGレーザ、ファイバーレーザ、ディスクレーザが出現し、2000年以降はドイツ勢の台頭が著しくなりました。

そして今は、中国の勢いがすさまじくなっている。私は1988年、日中溶接技術シンポジウムが江蘇省鎮江市の鎮江船舶学院で行われた際、炭素鋼のレーザ溶接に関する講演を行いました。これが最初の訪中で、以来30回以上中国を訪れ、いろいろな大学・研究所を視察・講演してきました。2009年からは上海で毎年開催される「ミュンヘン・上海レーザ・光電展」に参加しています。

レーザ加工技術の講義を行った瀋陽機電研究院では、ビームモードが非常に悪いものの、1990年には4kW CO₂レーザ発振装置を開発していました。その後、1991年は北京航空工芸研究所、1994年は北京というように各地の研究所・企業などで講演しました。2014年には瀋陽から武漢まで約3,000kmを移動して、8社のレーザ関連企業と5つの大学、そして中国国际工業博覧会（上海）を視察しました。この間、中国のレーザ技術は急速に進歩してきました。

——現在の動向はいかがですか。

答名 最近は大族激光(Han's Laser Technology)、武漢華日精密激光(Huaray Precision Laser)、開天激光(Kaitian Laser)、華工激光(HG Laser)、德龍激光(Delphi Laser)、Raycus Fiber Laser Technologiesなどの大企業が台頭しています。

中国政府は国の予算でレーザ関連企業や研究機関を誘致し、温州市・武汉市・鞍山市にレーザサイエンスパークを建設して、毎年数千億円の資金を投入しています。Huaray Precision Laserはナノ秒レーザ、ピコ秒レーザ、グリーンレーザをすでに開発、市販も行っています。また、

Raycus Fiber Laser Technologiesは高出力のファイバーレーザ発振器を開発し、3~4kWの発振器が日本国内でも販売されています。Raycusの創業者メンバーであるYan博士は、米国で博士号を取得して2007年に帰国、ドイツ・英国で博士号を取得した技術者を含む5名で創業し、すでに10億ドルちかい売上規模の企業に発展させました。

米国・BOS Photonicsの創設者のBo Gu博士が「中国は、鋼鉄とコンクリートの経済から、消費と先進製造によって促進される経済へと転換している。GDPの年間成長率は7%未満に減速したが、同国のフォトニクス業界は、それよりもはるかに高い成長率を見せる可能性がある」と述べているとおり、その勢いには驚くばかりです。

■コモディティー化で価格破壊が起こる

——これから日本のレーザ業界は中国とどのように向き合えば良いのでしょうか。

杳名 難しい課題です。レーザ装置もコモディティー化して、価格破壊が起きています。レーザ装置を売るだけでは利益は出ません。

顧客は装置を使って得られる使用価値を求めているのであって、装置そのものに価値を求めているわけではありません。つまり、レーザ装置にさまざまな機能が付加されることで、「これまでできなかったことができるようになる」とか「従来の工法に比べて大幅に工数削減ができる」といった価値を重視します。

ですから、使用するレーザ装置は中国製でも良いと思います。そこにどんなプラスアルファができるのか——日本人の気配りや思いやりといった独自の文化を融合させて、ものづくり工程での差別化をしていけば良いと思います。

——具体的にはどのような差別化が考えられますか。

杳名 たとえば最近、安城市内の機械設計製作会社・中島精工と当センターが共同開発したのが、部品の製造工程で発生するバリをレーザ照射で除去するバリ取り機です。

従来、バリ取り作業は人手に頼る場合が多く、生産性も低く、コストとしても認めていただけない作業でした。バリを非接触で、しかも瞬時に取ることができれば市場性も高いと考え、開発に取り組みました。

このバリ取り機は、1分間に最大長さ60mのバリを取り除くことができます。しかも、レーザ光の波長を変化させることで、金属や樹脂、ガラス、セラミックスなど多種類の素材に対応できます。バリの除去に加えて、素材のコーナーを整形する機能も持っています。

こうした潜在的なニーズに応える機械を開発できれば、中国企業のレーザ装置を使ってもやっていけると思います。

■7台のレーザを導入

——受託研究・受託加工を行う

——最新レーザ加工技術センターではどのような事業をされていますか。

杳名 当センターには現在、13W、20W、30W、150Wナノ秒パルスレーザ、3kWシングルパルスマードファイバーレーザ、500Wシングルモードファイバーレーザ、30W CO₂レーザマーカーなど7台のレーザ装置を保有しています。事業としては、最新レーザ技術による溶接技術の開発、レーザ加工・溶接技術の受託研究・受託加工を行っています。こうした受託研究・受託加工により、これまでにレーザロール溶接装置の開発、CFRPのハイブリッドレーザ加工機の開発、特殊レーザピーニング装置の開発を行ってきました。

革新技術の開発例としては、CFRP複合材料部材の新レーザ溶接技術の開発に挑戦しています。また、特殊レーザピーニング装置を開発して、高効率なレーザピーニング技術を研究、2輪車用エンジンに使用するピストンの摺動性を改善した事例もあります。レーザ技術とは異なりますが、長寿命の半割れ型給電チップなども開発しています。

金布を使ったレーザ工芸品（宝飾品）、木材や竹材に各種デザインを刻印した工芸品、翡翠に金粉を塗布したレーザ工芸品をつくりもしています。

2016年からは安城市からの依頼を受け、「安城レーザー技術大学」を開講しています。定員30名で期間は10ヶ月、毎週水曜日の18時から20時まで、当センターで30回のレーザ技術に関連する講義・実習などを行っています。安城市周辺の板金加工企業からも毎回数名の受講者が参加され、好評です。

——実に幅広く活動されていますね。

杳名 私は75歳になりましたが、まだ現役でがんばりたいと考えています。今も交流している中国・ハルビン市の溶接研究所の林尚揚先生は、87歳になった今も現役の研究者として毎日大学に出て、実験や研究に取り組んでいます。私も見習いたいと思っています。

今や、欧米の工業先進国のみならず、中国などの中進国や新興国でも国を挙げてレーザ技術を開発しています。自動車や電気機器などを生産する国々では、レーザ技術は不可欠な技術となっています。

レーザ技術は自然科学と技術・技能的知識の結びつきにより発展が期待される科学技術であり、研究者・技術者・技能者が集まり、融合するところに大きな前進が望めます。多くの人が集い、競い合って勉強できるよう、当センターが「科学技術の人材的融合の場」を提供し、レーザ応用技術のいっそうの発展に貢献したいと考えています。