ISSN 1340-6639

MATERIALS and PROCESSING
Materials and Processing Division Newsletter November 2026
NO.72
日本機械学会
機械材料・材料加工部門ニュースレター

巻頭言

高エネルギービーム加工・改質技術の広がりと研究会活動



東京科学大学
青野　祐子

高エネルギービームを利用した加工・表面改質は，エネルギーを局所的かつ高密度に投入できるという特徴を生かし，材料除去，接合，表面改質，残留応力制御，微細構造形成など，幅広い分野で利用されている．なかでもレーザ技術では，短パルス化，高出力化，波長域の拡大，ビーム制御技術の進展などを背景として，加工熱源としての利用にとどまらず，材料の組織や表面状態を積極的に制御し新たな機能を付与するためのツールとしても利用が広がっている．近年では，対象となる材料や加工スケールも一層多様化しており，従来の加工法では難しかった材料や形状に対する新しいアプローチとしても期待されている．

その一方で，高エネルギービーム加工・改質を取り巻く技術領域は広く，光源や照射光学系，ビームと材料との相互作用，加工プロセス，材料評価，さらには実部品への応用まで，一つの専門分野や一人の研究者だけでは研究が完結しないことも多い．「高エネルギービーム」という一つのキーワードの下で異なる分野の研究者・技術者が知見を共有し，新しい材料やプロセス，応用先について議論する機会を設けることは，この分野のさらなる研究推進にとって重要であると考えている．

こうした背景から，機械材料・材料加工部門では，2025年10月に「高エネルギービーム加工・改質技術応用研究会」を設置した．本研究会は，レーザやイオンビームなどの高エネルギービームによる材料加工・表面改質技術とその応用に関わる研究者・技術者の交流を促進し，将来的な研究の発展や新たな展開につなげることを目的としている．高エネルギービームそのものを専門とする方だけでなく，材料，表面，機械加工などを主たる専門としながら，高エネルギービーム技術を研究・開発のツールとして利用している方，あるいは今後利用してみたい方にも参加いただける場とすることを目指している．

設置初年度の2025年12月には，M&Pサロンとの合同企画として，レーザ協会の協賛のもと，中央大学の庄司一郎教授をお招きし，「レーザの基礎と高性能化へ向けた取り組み」と題した講演会を東京科学大学で開催した．レーザの原理や加工に用いられる各種レーザの特徴から，近年の高性能レーザや波長変換デバイスまでを解説いただき，現地・オンラインを合わせて30名を超える方々に参加いただいた．

本年9月には，大阪大学で開催された機械材料・材料加工技術講演会（M&P2026）に合わせて研究会を実施した．本研究会と関わりの深い「表面改質およびコーティング」のセッションにおいて2件の基調講演と研究会メンバーを含む多くの研究グループの一般講演を聴講した後，基調講演をいただいた大阪大学産業科学研究所および工学研究科の佐野雄二教授，佐野智一教授の研究室を訪問し，最先端のレーザピーニング研究の現場を見学した．研究会メンバーだけでなく新たに参加された方や企業の方も加わり，講演，見学，懇親会を通じて，研究分野や所属機関を越えた交流を深めることができた．

今回のニュースレターでは，本研究会での活動をベースとした特集を掲載いただく機会を得，高エネルギービーム加工・



大阪大学見学会の様子

改質技術に関してレーザ技術に焦点を絞り，いくつかの展開をご紹介することとなった．レーザ照射によるアモルファス炭素膜の接合・転写技術，レーザピーニングで不可欠であったプラズマ閉じ込め媒体を用いないフェムト秒レーザによるドライレーザピーニング，手のひらサイズのマイクロチップレーザを活用したレーザピーニングの金属積層造形材への応用，レーザ誘起表面微細周期構造（LIPSS）による機能表面創成，さらに自動車部品へのレーザ表面加工の適用まで，基礎研究から実用技術まで幅広い話題を寄稿いただいた．いずれもレーザという共通のツールを用いながら，対象とする材料，現象，目的は大きく異なっており，本分野の広がりを感じていただける内容となっている．

高エネルギービーム加工・改質技術では，新しい光源や加工法の開発に加え，既存のプロセスを異なる材料へ適用すること，複数の加工・改質技術を組み合わせること，さらには材料評価や製品設計との連携によって，新しい展開が生まれる余地が大きい．そのためには，個々の技術を深く追究すると同時に，他分野の研究者・技術者がどのような課題に取り組み，どのような技術を必要としているかを知ることも重要である．

本特集が，高エネルギービームを利用した加工・改質技術の多様な可能性を知っていただく機会となり，新しい研究や技術交流のきっかけとなれば幸いである．本研究会でも，引き続き M&P 講演会との連動を軸に講演会や見学会，そして懇親会を企画し，専門分野や所属を越えて気軽に情報交換できる場を設けていく計画である．本研究会では，偶然の出会いから新たな研究のつながりが生まれることを大切にし，敷居の低い研究会を目指している．今後高エネルギービームの活用を検討されている方はもちろん，現時点では高エネルギービームを念頭に置いていなくとも，表面改質やコーティング技術にご興味をお持ちの研究者・技術者の方々にも，ぜひご参加いただきたい．

なお，本研究会への参加希望や活動内容に関するお問い合わせは，青野（aono.y.4f4e@m.isct.ac.jp）までお気軽にご連絡ください．

■特集：高エネルギービーム加工・改質技術

□ 特集 1　ワンショットレーザ照射による水素化アモルファス炭素膜の接合・転写

東京科学大学
赤坂　大樹

1．はじめに

無機炭素材料は常温常圧では溶融せず，高圧下でもグラファイトの 4600 ± 300 K に代表されるように極めて高い[1,2]．ダイヤモンド状炭素膜等の水素化アモルファス炭素（*a*-C:H）膜も無機炭素材料の一種で，金属に用いられるレーザ溶接はできない[3,4]．更に *a*-C:H 膜は真空中でも，400℃で水素原子が脱離し始め，600℃で炭化水素が解離し始める[5]．最終的には膜が反応・気化するか，グラファイト構造に変化する[5,6]．この様に熱分解・反応する為，溶接等の手法では接合できない．

一方，*a*-C:H 膜にパルスレーザ照射すると，表面の形状や，膜の微細構造が変化する．これら *a*-C:H 膜へのレーザ照射は急加熱とその後の急冷の結果，表面形状を変化させる[7,8]．常温常圧下で焦点位置から数 mm 下のデフォーカス条件で 1064 nm のパルスレーザをワンショット照射すると，*a*-C:H 膜表面が平滑から凸状に隆起することを見出した[8]．本接合法は，このレーザ照射による形状変更の研究の中で見出した．このレーザ照射により形成される凸形状の中心部には滑らかな壁面を持つ小さな細孔が観察でき，この滑らかな表面は溶融している様にも見えた．これらから，光子密度を調節することでレーザ照射によって，*a*-C:H 膜を溶融，若しくは分解できる可能性に気が付いた．そこで *a*-C:H 膜をレーザ光

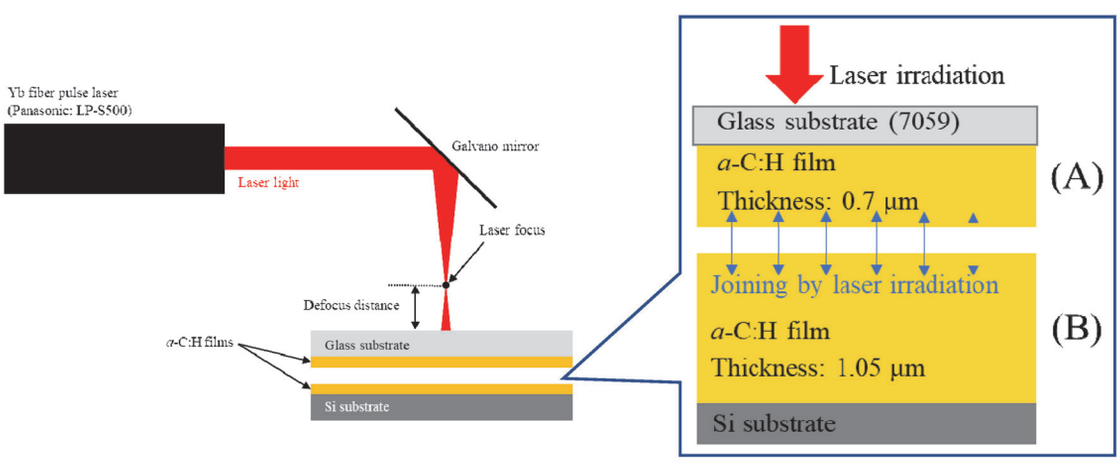
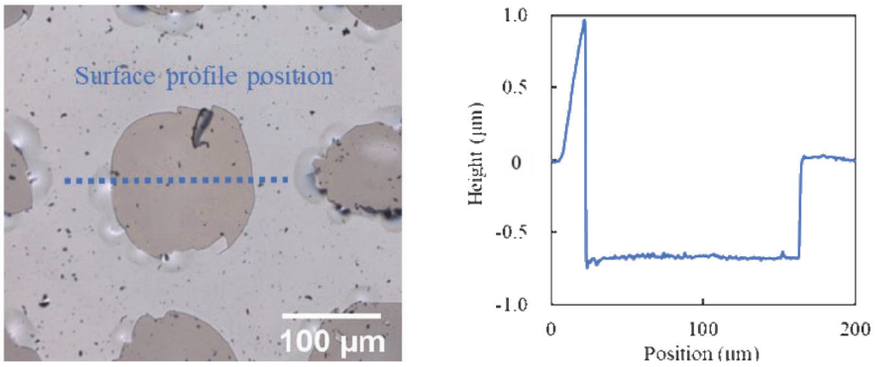
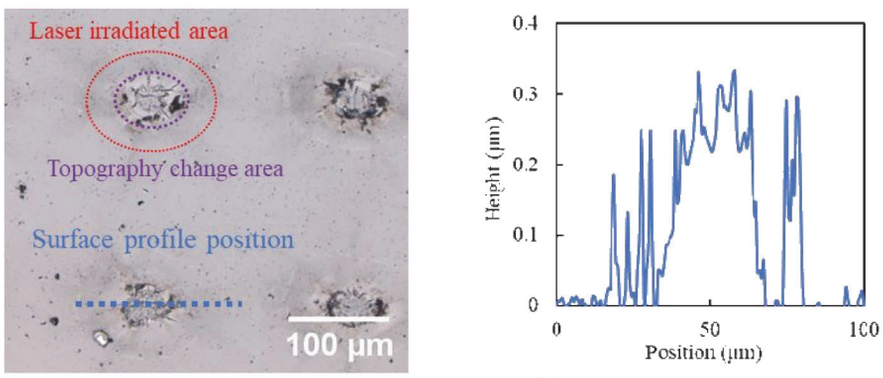


図 1　2 つの *a*-C:H 接触部へのデフォーカスレーザー照射による接合・転写実験の概略図

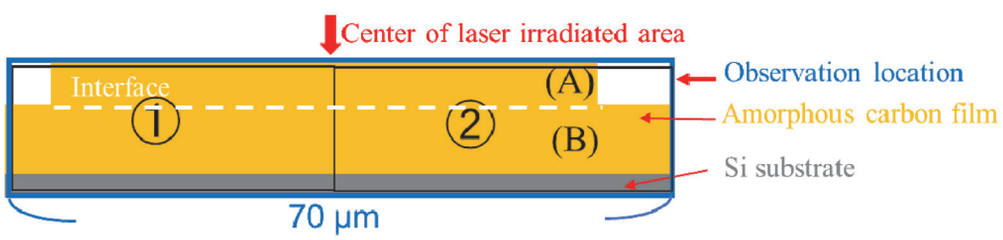


(a) #7059 光学ガラス側.

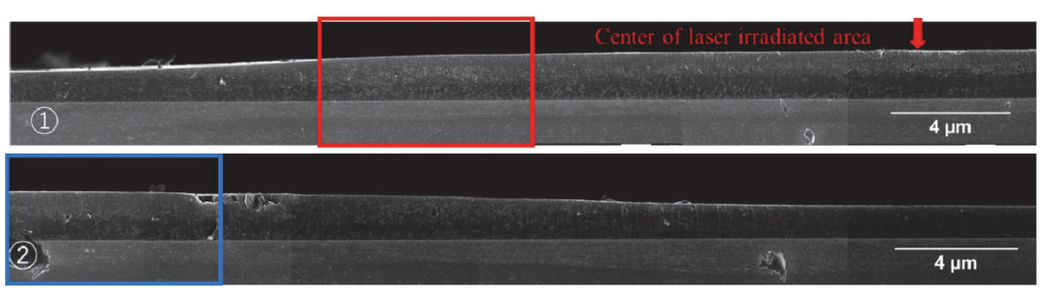


(b) Si(100) 側.

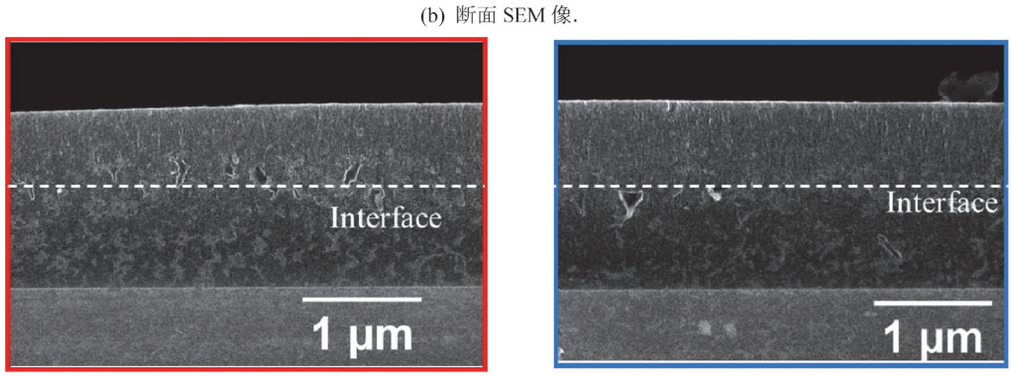
図２　レーザ照射痕の *a*-C:H 膜を形成した光学ガラス (a) と *a*-C:H 膜を形成した Si (b) の光学顕微鏡像（左）と断面プロファイル（右）



(a)レーザ照射により接合した領域の SEM 観察領域のモデル図.



(b) 断面 SEM 像.



(c) 高解像度の(b)の赤および青枠内の断面 SEM 像.

図３　レーザ接合・転写後の Si 基板上の *a*-C:H の断面 SEM 像 (b, c) と照射部周辺の各観察部のモデル図 (a).

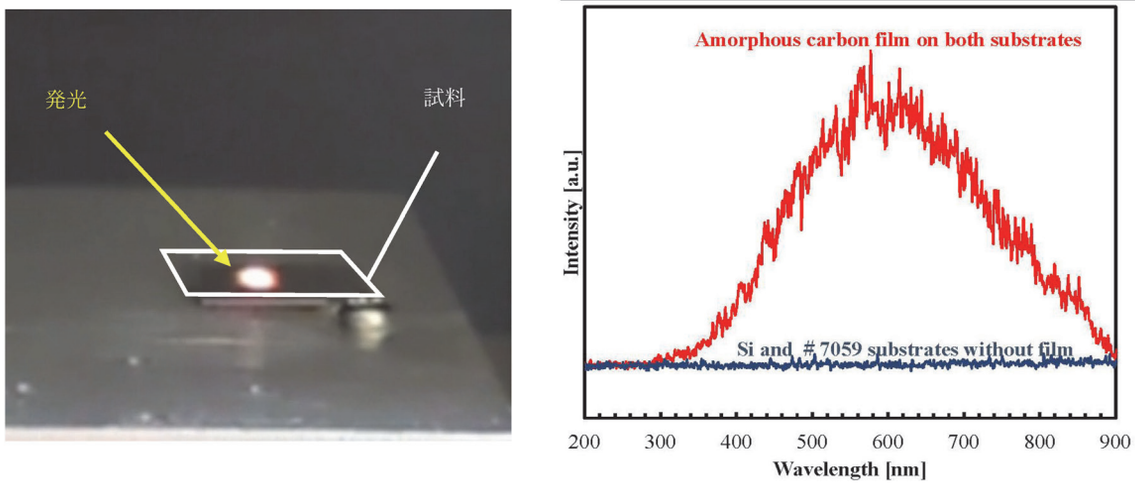


図４　*a*-C:H 膜を形成した試料へのワンショットレーザ照射時に観測される発光（左）とそのスペクトル（右）(Si と #7059 ガラスの両方に *a*-C:H 膜を形成した試料（赤）と形成していない試料（青）).

が透過可能なガラス基板に形成して，図１の様に本膜と他の *a*-C:H 膜を接触させた状態で，同デフォーカス条件下でガラス側からレーザ照射すれば２枚の *a*-C:H 膜を接合できると考え，レーザ照射による *a*-C:H 膜の接合を試みた．

２．*a*-C:H 膜同士の接合・転写法

図１に示す様に波長 1064 nm のレーザ光を透過できる #7059 ガラス基板上に 0.7 μm 厚の *a*-C:H 膜をパルスプラズマ化学気相析出法で形成し，更に Si(100) 基板上にも同様の膜を厚さ 1.05 μm 形成する．これらの２種の基板上の *a*-C:H 膜同士を接触させ，7059 ガラス基板背面から波長 1064 nm のパルスファイバーレーザをワンショット照射する．この時，大きなレーザ出力は必要ではなく，μJ オーダである．このため，膜の内部やガラスと膜の界面等でレーザが焦点を結ぶ様に照射すると *a*-C:H 膜は損傷し，膜が損傷・消失する．このため，照射する光子密度を下げる為に焦点位置から 5 mm 下方にガラスと *a*-C:H 膜の界面が来るようにして，光子密度を低下させてワンショット照射する．

３．*a*-C:H 膜同士の接合・転写結果

レーザ照射後に，ガラス側の試料を持ち上げると Si を基板とした試料は照射台に残り，Si とガラスを基板とする２つの試料に分離される．分離後の各試料の光学顕微鏡像と断面プロファイルを図２に示す．図 2(a) のガラス基板側の *a*-C:H はレーザ照射領域で局所的に凹状を呈する．一方，図 2(b) に示す Si 基板側の膜はレーザ照射領域を中心に図 2(b) 左側の赤い細線で示す長径 120 μm，短径 100 μm の楕円凸形状を呈する．図 2(b) 左側のレーザ照射領域中央にある紫の領域内は，図 3(b) 右側のプロファイルの中心から 50 μm の位置にある直径約 50 ～ 60 μm の凸状部と同じ位置にある．図 2(a) のガラス基板側の穴径 150 μm に対し，Si 基板側では約 50 ～ 60 μm の凸状構造である．凸部の高さはガラス基板上にあった *a*-C:H 膜の厚さとほぼ一致し，ガラス側の *a*-C:H を Si 上の膜上にワンショットのレーザ照射で，接合できた事を示している．この接合後の *a*-C:H の境界を確認するため，Si 基板上の *a*-C:H 膜の形状が変化した領域を切り出し，断面 SEM 観察したのが図３である．約 50 μm の領域が凸状を呈し，頂点はレーザ照射領域の中心にある．これらの断面をさらに拡大すると，Si 基板から約 1.05 μm の位置に多数の空洞が観察される．この値は Si 上の a-C:H の厚さと一致する．従って，ここが接合された２つの膜の界面である．界面は連続した直線状を示し，膜は約 60 μm の領域が互いに完全に接合されている．

常温常圧で融点を持たない *a*-C:H が，μJ オーダのレーザのワンショットの照射で接合・転写されるメカニズムは従来の熱を用いた溶接技術とは異なると考えられる．この解明には，図 4(左) に示す照射時に照射点で観測される白色の発光にヒントがあった．図 4(右) は Si と #7059 ガラスの両方に *a*-C:H を形成した試料と，形成しない各試料にワンショットレーザ照射した際の発光スペクトルである．レーザ照射中，*a*-C:H 膜を形成した試料では白色発光が観測され，形成していない試料では発光は観察されない．図 4(右) の発光スペクトルの 400 ～ 800 nm 領域は，炭素原子を含んだ様々な励起種からの発光帯がある．これらはパルスレーザ堆積法等においてプラズマプルーム分析においてみられる炭素系の活性種と同等である [9-11]．これらの活性種の生成は *a*-C:H の構成原子の光励起によるもので，生成した活性種がガラスと下側の *a*-C:H 膜に挟まれた閉空間から動くことができず，これらが再結合する事で Si 基板上の *a*-C:H 上に堆積したと考えられる．

４．おわりに

ガラス基板上と Si 基板上の２つの *a*-C:H 膜を，大気圧下空気中で ワンショットレーザ照射によって接合し，ガラス基板上の *a*-C:H 膜を Si 基板側に局所的に接合・転写できる手法を開発できたが，この技術の原理は上記の通り，ガラス上の *a*-C:H 膜がレーザの光子を吸収し，膜を構成する炭素や水素が励起され，これらが閉空間中で再結合することで膜が転写される．即ち，転写相手は *a*-C:H 膜でなくとも構わない．これまでに Ti や Al 等の金属，更にはダイヤモンド等のセラミックスでもガラス上の *a*-C:H 膜がワンショットレーザ照射によりこれらの材料表面に接合・転写できている．更にはガラス上の膜がレーザの光子を吸収できる条件を揃え，更に励起種が拡散するのを抑止できれば，膜を接合・転写でき，小さいエネルギーで膜を必要な表面に簡単に接合できると考えられる．最後に本研究は天田財団 (AF-2023212-B2) および精密測定技術振興財団の助成により，実施できました．心より御礼を申しあげますと共に，本研究にご協力頂いた皆様に感謝申し上げます．

参考文献

１）D. M. Haaland, Graphite-liquid-vapor triple point pressure and

the density of liquid carbon. Carbon 14 357–361 (1976).
2）A. I. Savvatimskiy, Measurements of the melting point of graphite and the properties of liquid carbon. Carbon 43 1115–1142 (2005).
3）P. K. Chu, L. Li, Characterization of amorphous and nanocrystalline carbon films. Mater. Chem. Phys. 96 253–277 (2006).
4）J. Robertson, Diamond-like amorphous carbon. Mater. Sci. Eng. R 37 129–281 (2002).
5）H. Akasaka, S. Tunmee, U. Rittihong, M. Tomidokoro, C. Euaruksakul, S. Norizuki, R. Supruangnet, H. Nakajima, Y. Hirata, N. Ohtake, Thermal decomposition and structural variation by heating on hydrogenated amorphous carbon films. Dia. Relat. Mater. 101 107609 (2020).
6）A. V. N. Sumant, A. R. N. Konicek, T. A. N. Friedmann, J. P. N. Sullivan, R. W. N. Carpick, D. S. N. Grierson, Thermal stability and rehybridization of carbon bonding in tetrahedral amorphous carbon. J. Appl. Phys. 107 033523 (2010).
7）M. S. Komlenok, N. R. Arutyunyan, V. V. Kononenko, E. V. Zavedeev, V. D. Frolov, A. A. Chouprik, A. S. Baturin, H. J. Scheibe, S. M. Pimenov, Structure and friction properties of laser-patterned amorphous carbon films. Dia. Relat. Mater. 65 69–74 (2016).
8）D. Harada, S. Tunmee, C. Euaruksakul, U. Rittihong, H. Nakajima, Y. Aono, Y. Hirata, N. Ohtake, H. Akasaka, Investigation of the structure and tribological properties of laser-irradiated hydrogenated amorphous carbon films. Dia. Relat. Mater. 131 109573 (2023).
9）S. Aoqui, T. Ikegami, Y. Yamagata, K. Ebihara, Optical emission study of the laser plasma plume produced during diamondlike carbon thin film preparation. Thin Solid Films 316 40–44 (1998).
10）Y. Yamagata, A. Sharma, J. Narayan, R. M. Mayo, J. W. Newman, K. Ebihara, Optical emission study of ablation plasma plume in the preparation of diamond-like carbon by KrF excimer laser. J, Appl. Phys. 86 4154–4159 (1999).
11）K. Hanada, Y. Nishiyama, T. Yoshitake, K. Nagayama, Time-resolved observation of deposition process of ultrananocrystalline diamond/hydrogenated amorphous carbon composite films in pulsed laser deposition. J. Nanomaterials 2009 901241 (2008).

□ 特集２　フェムト秒レーザを利用したドライレーザピーニング技術の開発

大阪大学
佐野　智一

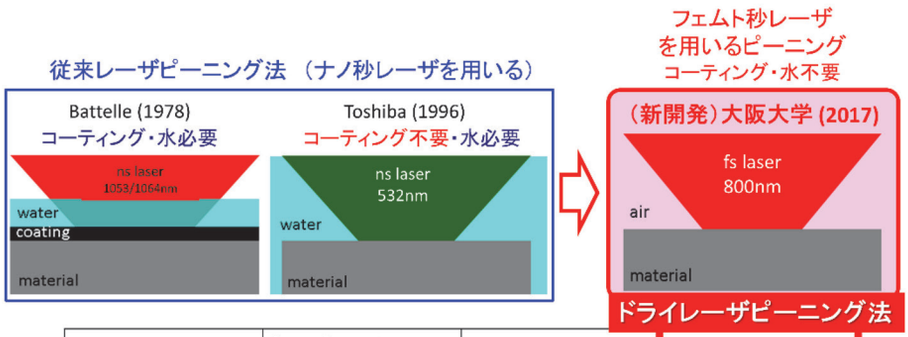
１．はじめに

レーザピーニングはレーザ衝撃ピーニングあるいはレーザ衝撃加工とも呼ばれ，航空宇宙産業，自動車産業，医療産業，原子力産業といった多くの産業分野で金属の疲労特性を向上させるために用いられており[1-4]，現在はナノ秒レーザがツールとして用いられている[4]．高強度のナノ秒レーザパルスが照射された固体は，液相を経て気体あるいはプラズマとなる．その際の体積膨張の反跳力として衝撃波が固体表面で駆動され，固体内部を伝播する[5,6]．材料表面を水のようなレーザ波長に対して透明な媒質（プラズマ閉じ込め材）で覆い，プラズマの膨張を抑制することによって衝撃波の圧力が増大し，その衝撃波による塑性変形がピーニング効果を生み出す[7]．YAG レーザの基本波のような近赤外の波長を用いる場合，レーザパルスによる溶融や損傷から材料を保護するために，黒色の塗装やアルミニウムテープといった犠牲層で材料表層を覆う必要がある[4,8]．YAG レーザの第二高調波を用いる場合，レーザ照射条件を適切に制御することによって，この犠牲層が不要になる場合もある[3]．レーザによる熱影響を低減するために，より短い波長 355 nm を用いた微細レーザピーニングも開発されているが，この波長でも犠牲層とプラズマ閉じ込め材が必要となる[9]．ナノ秒レーザを用いるプロセスでは，いずれの波長に対しても，プラズマの膨張を抑制し材料を塑性変形させるのに十分な圧力の衝撃波を得るために，材料表層を水などのプラズマ閉じ込め材で覆わなければ，ピーニング効果を付与することは出来ない．

高強度のフェムト秒レーザを固体に照射すると，アブレーションによって固体から液相を経ずに直接気体あるいはプラズマに相が変化する[10,11]．この時の急激な体積膨張の反作用によって固体表面に衝撃波が駆動され，固体内部を伝播する．この衝撃波の影響を受けた領域の結晶構造や微細構造を調べると，従来の圧縮法では見られないいくつかの特徴が見られる．例えば，大気中でフェムト秒レーザを照射した鉄やシリコン中に，従来の圧縮法では残存しない準安定高密度構造[12,13]や，特徴的な転位構造[14-17]が確認されている．フェムト秒レーザアブレーション後に形成される熱影響層や溶融層は，ナノ秒レーザアブレーション後に形成されるものと比較して，極めて薄い[18,19]．

我々は，フェムト秒レーザアブレーションのこれらの特徴を利用し，犠牲層とプラズマ閉じ込め材のいずれも使用せず，大気中で被施工材に直接フェムト秒レーザパルスを照射することによってピーニング効果を付与する技術を開発し[20]，この技術を“ドライレーザピーニング”と命名した（図 1）．さらに，このドライレーザピーニング技術をレーザ溶接継手に適用し，疲労特性向上に成功した．

本報では，航空機外板やロケット燃料タンクに用いられ良好な疲労特性が求められる 2024 アルミニウム合金の母材[20]およびレーザ溶接継手[21]の硬さ，残留応力，疲労特性といった機械特性に及ぼすドライレーザピーニングの効果と，その機構について紹介する．



ピーニングツール	ショット、ハンマー、超音波	ナノ秒レーザ	フェムト秒レーザ
接触 / 非接触	接触	非接触	非接触
コーティング	不要	必要/不要	不要
水	不要	必要	不要

図１　従来レーザピーニング法とドライレーザピーニング法の特徴

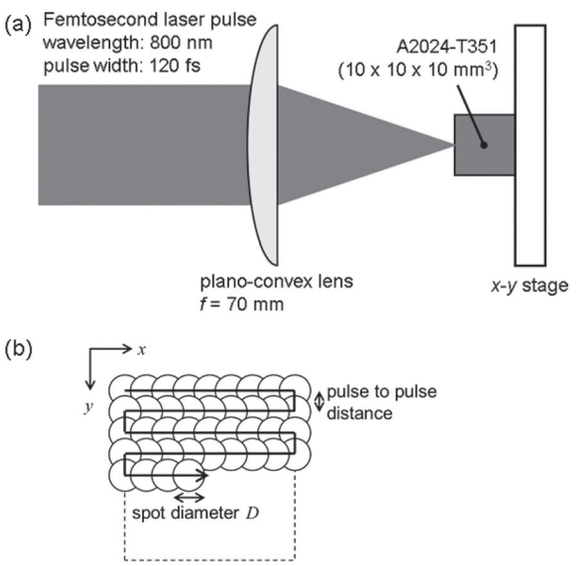


図２　ドライレーザピーニングの (a) 実験装置概観と (b) レーザ走査方法[20]

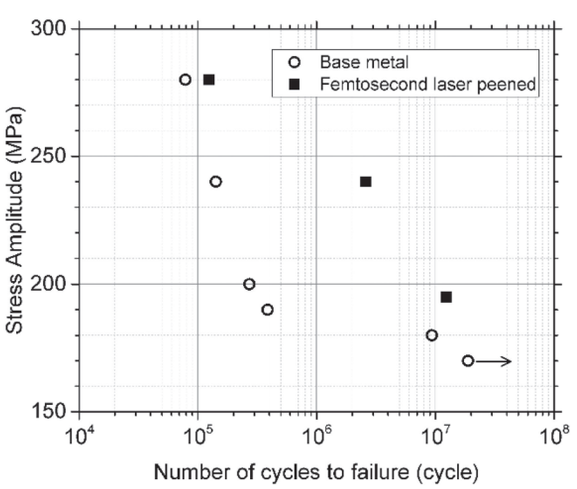


図３　2024-T3 アルミニウム合金母材の疲労特性[20]

2．2024 アルミニウム合金母材のドライレーザピーニング

硬さ・残留応力の評価には 2024-T351 合金，疲労試験には 2024-T3 合金を用いた．電解研磨した表面に，波長 800 nm，パルス幅 130 fs のフェムト秒レーザを大気中で集光照射し，XY ステージの走査によって照射の重なりを表すカバレージを制御した[20]．装置と走査方法を図 1 に示す．

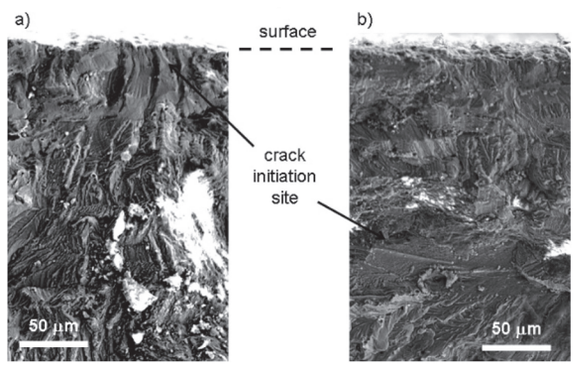


図４　処理材の破面[20]　(a) 応力振幅 280 MPa，(b) 195 MPa

パルスエネルギー 30 μJ 以上で表面に圧縮残留応力が導入された．600 μJ，カバレージ 2768% では，深さ約 40 μm で最大約 300 MPa の圧縮残留応力が得られ，約 90 μm でほぼゼロとなった．最大値は母材の 0.2% 耐力と同程度であるが，圧縮領域の深さはナノ秒レーザピーニングの約 10 分の 1 である．同じカバレージでは，パルスエネルギーが大きいほど硬化領域が深くなった．一方，カバレージの増加は材料除去も進めるため，必ずしも圧縮領域の深化にはつながらない．

疲労試験では，厚さ 3 mm の試験片の両面に 600 μJ，カバレージ 692% で処理し，室温・大気中，応力比 R = －1 で平板曲げ疲労試験を行った．図 3 に示すように，応力振幅 195 MPa で疲労寿命は 38 倍に延伸し，繰返数 2 × 106 回での疲労強度は 58 MPa 向上した．

破面観察では，応力振幅 280 MPa では表面から，195 MPa では深さ約 160 μm からき裂が発生した（図 4）．低応力振幅では，表層の硬化と圧縮残留応力により表面からのき裂発生が抑制されたと考えられる．

600 μJ，カバレージ 2768% で処理した 2024-T351 合金の断面透過電子顕微鏡像を図 5 に示す．表面にはボイドを含む厚さ約 5 μm の凝固層が形成され，その下の固相域との界面には明瞭な結晶粒界が認められる．凝固層と固相域のいずれにも高密度の転位が確認された．フェムト秒レーザが駆動する衝撃波は熱影響領域より深く伝播して塑性変形を生じさせる．熱影響が小さいため，導入された転位が残存しやすく，犠牲層やプラズマ閉じ込め材を用いなくてもピーニング効果が得

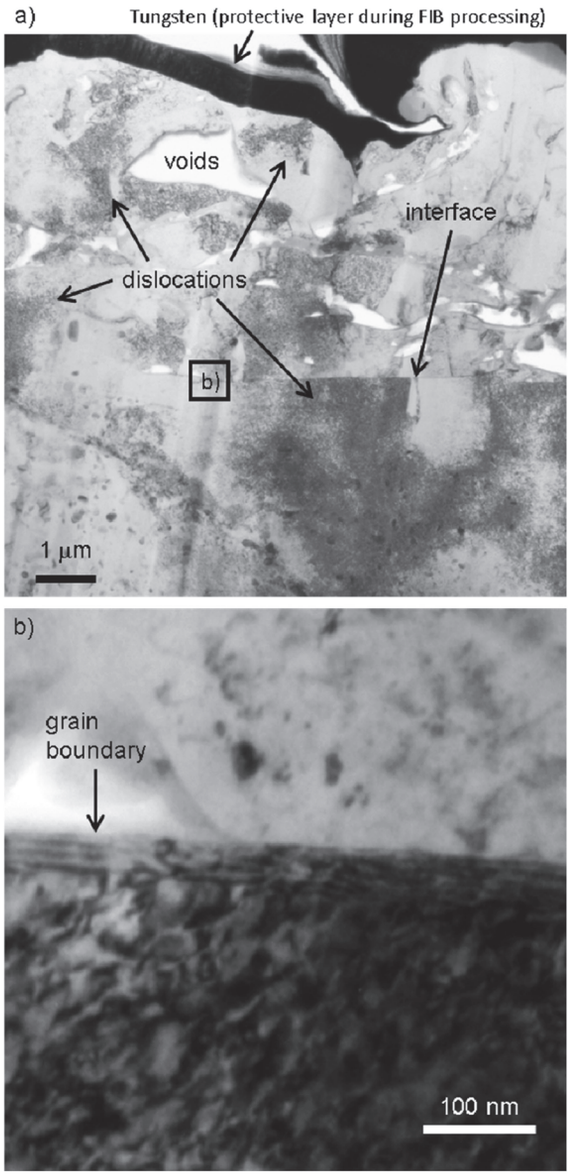


図 5　処理材の断面 TEM 像 [20]　(a) 表面近傍，(b) 凝固層と固相域の界面拡大像

られると考えられる．

レーザ溶接継手への適用例を図 6 に示す [21]．厚さ 3 mm の 2024-T3 合金のレーザ溶接継手に，600 μJ，カバレージ 692% で処理した．平板曲げ疲労試験では，応力振幅 180 MPa で疲労寿命が未施工材の約 2 倍，120 MPa では 50 倍以上に延伸した．処理後の疲労寿命は余盛の有無によらずほぼ同程度となり，母材と同様に低応力振幅で顕著な改善が得られた．

3．おわりに

フェムト秒レーザによるドライレーザピーニングは，大気

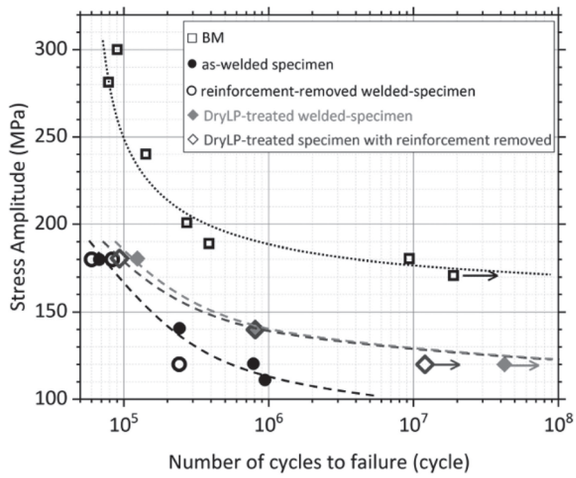


図 6　2024-T3 アルミニウム合金レーザ溶接継手の疲労特性 [21] 図中の矢印は未破断を示す．

中で材料に直接レーザを照射し，2024 アルミニウム合金母材の疲労特性を向上させる技術である．水を使用できない現場や組立後の部品への適用に加え，熱影響を抑えた表面改質技術として，航空宇宙部材や微小部品への展開が期待される．

参考文献

1）A. H. Clauer et al. : Shock Waves and High-Strain-Rate Phenomena in Metals, Plenum (1981), p. 675.
2）R. Fabbro et al. : J. Laser Appl., 10 (1998), 265.
3）Y. Sano et al. : Mater. Sci. Eng. A, 417 (2006), 334.
4）R. D. Tenaglia and D. F. Lahrman: Nat. Photonics, 3 (2009), 267.
5）P. Fairand and A. H. Clauer: J. Appl. Phys., 50 (1979), 1497.
6）R. Fabbro et al. : J. Appl. Phys., 68 (1990), 775.
7）P. Fairand et al. : J. Appl. Phys., 43 (1972), 3893.
8）Y. Liao et al. : Opt. Laser. Technol., 78 (2016), 15.
9）W. Zhang et al. : ASME J. Manuf. Sci. Eng., 126 (2004), 10.
10）D. Strickland and G. Mourou: Opt. Commun., 56 (1985), 219.
11）R. Evans et al. : Phys. Rev. Lett., 77 (1996), 3359.
12）T. Sano et al. : Appl. Phys. Lett., 83 (2003), 3498.
13）M. Tsujino et al. : J. Appl. Phys., 110 (2011), 126103.
14）M. Tsujino et al. : Appl. Phys. Express, 5 (2012), 022703.
15）T. Matsuda et al. : Appl. Phys. Lett., 105 (2014), 021902.
16）T. Matsuda et al. : J. Appl. Phys., 116 (2014), 183506.
17）T. Matsuda et al. : Appl. Phys. Express, 7 (2014), 122704.
18）B. N. Chichkov et al. : Appl. Phys. A, 63 (1996), 109.
19）R. Le Harzic et al. : Appl. Phys. Lett., 80 (2002), 3886.
20）T. Sano et al. : J. Laser Appl., 29 (2017), 012005.
21）T. Sano et al. : Metals, 9 (2019), 1192.

□　特集３　レーザ誘起ナノ周期構造の形成制御と機能表面創成

東京都市大学
小玉　脩平

１．はじめに

材料表面は外部環境との接点であり，摩擦・摩耗や液体との濡れ，生体との相互作用など，製品の性能や寿命を左右するさまざまな現象が生じる．これらの特性を制御するため，材料内部に求められる強度や靱性などを維持しながら，表面に微細構造を形成して新たな機能を付与する技術が注目されている．特に，マイクロ・ナノメートルスケールの表面構造は，その形状や配列によって材料表面の特性を変化させられることから，機械部品や医療機器などへの応用が期待されている．

こうした微細構造の形成手法の一つに，超短パルスレーザ加工がある．なかでも，レーザ誘起表面微細周期構造（Laser-Induced Periodic Surface Structures：LIPSS）は，レーザ照射によって材料表面に自発的に形成される周期的な凹凸構造であり，照射波長と同程度，あるいはそれ以下の周期を持つ．複雑な工具やマスクを用いることなく，金属，半導体，ガラスなどの多様な材料にナノメートルスケールの周期構造を形成できる点に特徴がある．一方，LIPSS はレーザと材料の相互作用によって自己組織的に形成されるため，その形態を自由に制御できるわけではない．材料組織や照射条件によって周期構造の配向や規則性が変化し，加工領域全体に均一な構造を形成することが難しい場合がある．また，目的とする表面機能を実現するには，微細構造の形成精度だけでなく，表面の化学状態や形成された構造の耐久性も考慮する必要がある．

本稿では，LIPSS の形成原理と技術的課題を概説するとともに，近年の技術動向および著者らが取り組んできた LIPSS の形成制御と表面改質について紹介する．

２．LIPSS の形成原理と技術的課題

LIPSS の形成には，レーザ光と材料表面の電磁場相互作用が深く関係している．金属表面に形成される代表的な LIPSS では，直線偏光のレーザ光に対し，偏光方向とおおむね直交する方向に溝状構造が配列する．その形成過程では，入射光と表面散乱光，あるいは表面に励起された電磁波との相互作用によって，周期的なエネルギー吸収分布が生じると考えられている[1]．このエネルギー分布に応じて局所的な加熱，溶融，材料除去などが生じ，表面に微細な構造が形成される．すなわち，LIPSS の形成には，周期的なエネルギー吸収を生じさせる光学的な過程と，実際に表面形状を変化させる材料応答が関与する．ただし，それぞれの寄与は材料や照射条件によって異なり，形成機構には未解明の部分も残されている．

LIPSS の形成状態を左右する要因の一つが材料組織である．著者らは，SUS304，チタン，Ni-P を対象として，超短パルスレーザによる LIPSS 形成を検討した[2]．その結果，チタンや Ni-P では周期構造が形成された一方，図１に示すように，SUS304 では結晶組織によって形成状態が異なり，均一な構造が得られない場合があることを確認した．これは，結晶組織に起因する局所的な光学的・熱的応答などの違いが，周期構造の形成に影響したことが考えられる．また，レーザ照射による熱的な影響も無視できない．著者らは，パルス幅や材料温度が LIPSS 形成に及ぼす影響を検討し，材料を冷却することでアスペクト比の大きい LIPSS を形成できることを確認した[3]．これは，冷却によって照射時の温度上昇や溶融状態が変化し，形成された微細な凹凸構造の変形が抑制された可能性を示唆している．

これらの研究から，LIPSS の形成状態は照射エネルギーだけでなく，材料組織や熱的状態にも左右されることが分かる．したがって，所望の周期構造を安定して形成するには，レーザ照射条件の最適化に加え，形成過程に影響する材料側の条件を制御することが重要となる．

３．LIPSS の現象解明・制御と機能表面創成

3.1　LIPSS を利用した表面機能化の技術動向

LIPSS の研究は，形成原理の解明や加工条件の探索から，微細構造を利用した表面機能の制御へと展開している．摩擦面への接触状態や潤滑特性の改善，光の反射・吸収特性や構造色の制御，さらには細胞や細菌と材料表面との相互作用の制御など，その応用範囲は広がっている[4]．

これらの機能を実現するために必要な表面構造は，応用先によって異なる．光学特性には構造の周期や規則性が深く関係する一方，摩擦特性には凹凸構造の深さや配列に加え，接触相手や潤滑状態も影響する．このため，LIPSS の形態を精密に制御するだけでなく，材料表面の物理的・化学的状態を含めて機能を設計する研究が進められている．

さらに，産業応用を見据え，高出力レーザや高速ビーム走査を利用した大面積加工の研究も進展している．しかし，加工速度の向上に伴ってパルスの重なりや熱蓄積が変化すると，形成される周期構造の均一性が損なわれる場合がある．加えて，微細構造が摩耗や使用環境によって変形・消失すれば，形成直後に得られた機能を維持することは難しい．そのため，加工の高能率化と形成精度の両立に加え，表面機能の耐久性や長期安定性が重要な研究課題となっている[4]．こうした課題に対し，著者らは，レーザ照射前の表面形状や照射時の材料状態を制御することで，LIPSS の形成精度と表面機

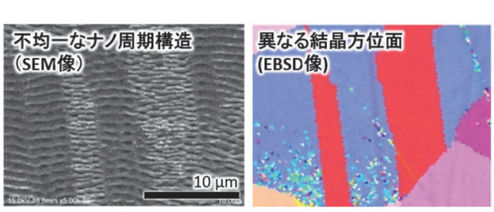


図１　結晶組織による LIPSS の形成状態の違い

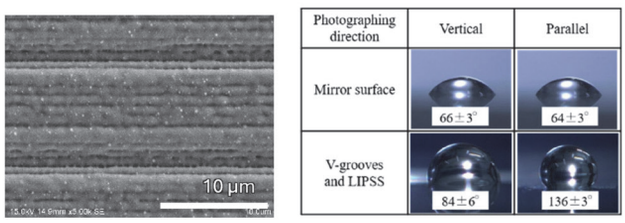


図２　マイクロ溝を利用した LIPSS の形状制御と濡れ性の変化

能の向上を図ってきた．

3.2 機械加工との複合化による形状制御

LIPSS の形成状態が加工前の表面形状に影響されるのであれば，その形状をあらかじめ調整することで，周期構造の配向や規則性を改善できると考え，著者らは，超精密切削によって材料表面にマイクロ溝を形成した後，超短パルスレーザを照射する複合加工法を検討した[5]．この方法では，マイクロ溝の形状によってレーザ照射時の局所的な電場分布が変化することを利用する．実験の結果，平坦面への照射と比較して，直線性が高く，アスペクト比の大きい LIPSS を形成できた．また，LIPSS を形成できるフルエンス範囲も拡大した．これは，マイクロ溝によって形成された電場分布が，周期構造の形成方向や成長を誘導したためと考えられる．

さらに，この手法を発展させ，マイクロ溝の形状による LIPSS を制御してマイクロ・ナノ複合構造を形成し，機能性を検証した[6]．その結果，図 2 に示すように，直線状のマイクロ溝によって LIPSS の蛇行を抑制できたほか，曲線状や格子状のマイクロ溝を利用することで，複雑な形状に対応した周期構造を形成できた．形成した複合構造の濡れ性を評価したところ，マイクロ溝と LIPSS を組み合わせることで撥水性が向上した．また，直線状の複合構造では水滴の広がり方に方向依存性が認められたことに対し，格子状の複合構造では，測定した直交 2 方向における接触角の差を解消できた．

このように，機械加工との複合化は，LIPSS の配向や規則性を改善するだけでなく，あらかじめ設計した微細構造を通じて表面機能を調整する手法としても有効である．

3.3 ダブルパルス照射による時間的な制御

機械加工との複合化によって LIPSS の形状制御が可能となった一方，マイクロ溝の形成には追加の加工工程が必要となる．そこで，レーザ照射のみで周期構造の均一性を改善する方法として，照射エネルギーを与える時間に着目した．超短パルスレーザ照射では，電子系が極めて短時間に励起され，その後，格子へのエネルギー移動や加熱，溶融などが進行する．したがって，レーザ照射直後の材料は時間とともに

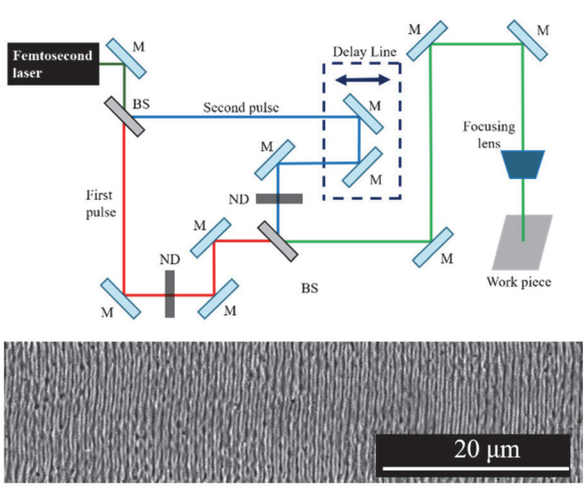


図 3　ダブルパルス照射光学系と LIPSS 形成制御

状態が変化しており，この過渡的な状態を利用することで，LIPSS の形成過程を制御できる可能性がある．

そこで著者らは，図 3（上図）に示すようにレーザを 2 つに分け，時間差を設けて照射するダブルパルス照射に着目した．ダブルパルス照射では，第 1 パルスによって励起された材料に第 2 パルスを照射するため，パルス間遅延時間を変化させることで，第 2 パルス到達時の材料状態を選択できる．著者らは，航空機部品や医療材料などに利用される Ti-6Al-4V 合金を対象として，ダブルパルス照射による LIPSS 制御を検討した[7]．Ti-6Al-4V は異なる結晶相を含む合金であり，均一な周期構造の形成が課題となる材料の一つである．実験の結果，シングルパルス照射では不均一な微細構造が形成される条件に対し，図 3（下図）に示すように，ダブルパルス照射では，特定の遅延時間の条件で規則性の高い LIPSS が得られた．この規則性の改善には，第 1 パルス照射後の過渡的な材料状態が関係していると考えられる．遅延時間によって第 2 パルスのエネルギー吸収や，その後の溶融・材料除去の挙動が変化し，周期構造の乱れが抑制された可能性がある．このようにダブルパルス照射は，レーザエネルギーの時間的な与え方を変えることで，材料表面に新たな加工工程を追加することなく LIPSS の形成状態を制御できる．

3.4 プラズマ援用レーザによる表面改質

LIPSS の配向や規則性を高めることは，表面機能の制御に有効であるが，形成された微細構造が使用中に損なわれれば，その効果を維持することは難しい．特に，接触や摺動を伴う部品では，ナノメートルスケールの凹凸構造が変形・摩耗する可能性があり，形成した構造の耐久性も考慮する必要がある．この課題に対し，著者らは，LIPSS の形成と同時に材料表面の機械的特性を改善する手法として，プラズマ援用レーザによる表面改質を検討した[8]．

本研究では，Co-Cr 合金を対象として，超短パルスレーザ単独，窒素ガス援用，窒素プラズマ援用の 3 条件で加工を行い，形成された周期構造と表面特性を比較した．その結果，いずれの条件でも LIPSS が形成され，周期に大きな変化は認められなかった一方，ビッカース硬さ試験では，窒素ガスおよび窒素プラズマを援用した試料で硬さが向上した（図 4 上）．さらに，乾式往復摺動試験では，窒素プラズマ援用試料の摩擦係数が，ほかの 2 条件よりも低くなった（図 4 下）．窒素プラズマ援用による特性改善には，プラズマ中の活性窒素種によって表面反応が促進され，窒化物などを含む改質層が形成された可能性が考えられる．

LIPSS の周期に大きな違いが認められない一方，硬さや摩擦摩耗特性に差が生じたことは，周期構造の幾何学的形状だけでなく，レーザ照射時の反応環境によって変化する材料表面の状態が，機能発現に重要な役割を果たすことを示唆している．この結果は，LIPSS の形態制御と表面改質を組み合わ

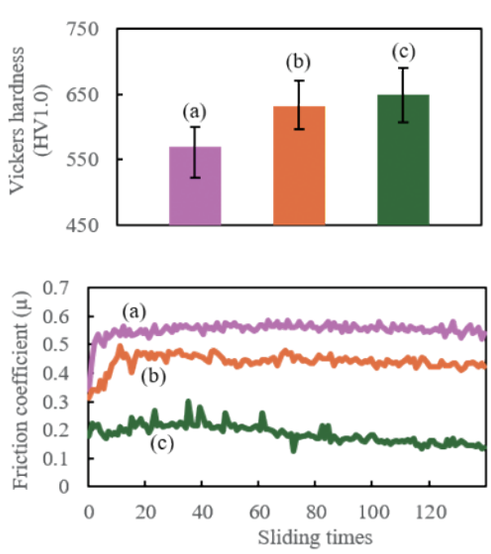


図 4　プラズマ援用超短パルスレーザによるビッカース硬さ（上図）と摩擦係数（下図）の変化 (a) レーザ (b) レーザ＋窒素ガス (c) レーザ＋窒素プラズマ

せることが，耐久性を備えた機能表面の創成に向けて有効なアプローチとなり得ることを示している．

4．まとめ

著者らはこれまで，LIPSS の形成に及ぼす材料組織や熱的状態の影響を明らかにするとともに，機械加工との複合化やダブルパルス照射による形態制御に取り組んできた．さらに，マイクロ・ナノ複合構造による濡れ性の制御や，プラズマ援用レーザによる硬さ・摩擦摩耗特性の改善を通じて，微細構造の形態だけでなく，材料表面の状態も機能発現に関与することを示した．これらの成果は，加工前の表面形状，レーザ照射の時間的な条件，照射雰囲気という異なる制御因子が，LIPSS の形成や表面特性に影響することを示している．さらに，レーザ照射に伴う材料応答と形成構造・表面特性との関係を解明することで，目的とする機能に応じた加工条件の設計につながると考えられる．

こうした知見を実用的な加工技術へと発展させるには，加工の再現性や生産性に加え，使用環境における機能の安定性が不可欠である．これまでに蓄積した構造制御と表面改質の知見を融合し，機能と耐久性を両立することで，製品の省エネルギー化や長寿命化に貢献する表面加工技術への発展が期待される．

参考文献

1）Bonse, J. and Gräf, S., Laser Photonics Rev., 14 (2020), 2000215.
2）Kodama, S. et al., Int. J. Autom. Technol., 12 (2018), 868–875.
3）Kodama, S. et al., Int. J. Autom. Technol., 14 (2020), 552–559.
4）Ince, F. D. and Özel, T., Surf. Coat. Technol., 498 (2025), 131818.
5）Kodama, S. et al., Precis. Eng., 55 (2019), 433–438.
6）Kodama, S. et al., J. Micro Nano Sci. Eng., 14 (2026), 011005.
7）Kodama, S. and Okudai, K., Manuf. Lett., 49 (2026), 570–576.
8）川幡遼，小玉脩平ほか，プラズマ援用レーザによるナノ周期構造の創成と表面改質，砥粒加工学会先進テクノフェア（ATF2026），2026.

□ 特集 4　マイクロチップレーザによるレーザピーニングの金属積層造形材への適用

大阪大学産業科学研究所
水田　好雄

1．はじめに

金属積層造形（Additive Manufacturing：AM）は，三次元データに基づいて材料を積み重ね複雑な形状を一体で製作できる技術である[1),2)]．なかでもレーザ粉末床溶融結合（LPBF）法は，金属粉末をレーザで選択的に溶融・凝固させることで造形する．高い形状自由度を生かした軽量化や部品の一体化が可能である一方，表面粗さ，造形欠陥，残留応力などの影響によって疲労特性が低下する場合があり，繰返し荷重を受ける部材への適用には疲労信頼性の向上が課題となる．

この課題に対し，小型のマイクロチップレーザを用いレーザピーニング（Laser Peening：LP）の適用を進めてきた[3)–5)]．本稿では，Al-Mg-Sc 合金で得られた残留応力および疲労特性の改善効果と，Inconel 718 合金への展開を紹介する．数 mJ のパルスエネルギーで両合金に圧縮残留応力を導入し，疲労特性を改善できることを示した．

2．金属積層造形材へのレーザピーニング

LP は，水などの透明媒質で覆った材料表面に短パルスレーザを照射し，発生したプラズマの膨張に伴う衝撃波を利用して材料表層に圧縮残留応力を導入する表面改質技術である[6)]．圧縮残留応力によって疲労き裂の発生・進展を抑制することが期待される．低エネルギーのパルスレーザであるマイクロチップレーザは施工装置の小型化に適しており，小型部材や複雑形状部への適用拡大につながると考えている．

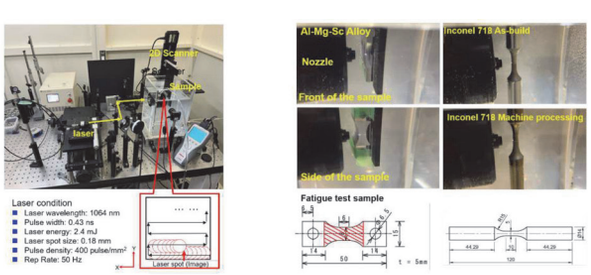


図 1　LP 実験配置と両合金の施工部および試験片形状（文献 (5) より）

実験配置を図 1 に示す．レーザを水槽内のノズルに組み込んだレンズで材料表面に集光し，試験片を移動または回転させながら施工した．ノズルからレーザと同軸に流水を供給し，照射時に発生する気泡やデブリを除去することで，後続パルスの吸収・散乱を抑える構成とした．

レーザの波長は 1064 nm，パルス幅は 0.43 ns，パルスエネルギーは 2.4 mJ，繰返し周波数は 50 Hz とした．照射スポット径は Al-Mg-Sc 合金で 0.18 mm，Inconel 718 合金で 0.20 mm である．Al-Mg-Sc 合金には厚さ 5 mm の平面曲げ試験片を用い，対象部の両面および側面に施工した．Inconel 718 合金にはくびれ部直径 5 mm の丸棒試験片を用い，くびれ部に施工した．

Inconel 718 合金では，試験片形状に直接造形した As-built 材（AB）と，丸棒として造形した後に機械加工した Machined 材（M）を比較した．さらに，それぞれに溶体化処理および二段時効処理（STA）を施した AB-STA 材と M-STA 材についても評価した．

3．レーザピーニングによる効果

3.1　残留応力の改善

LP 施工前後の残留応力を X 線回折法（cos α 法，Cr-k α 管球）により評価した．Al-Mg-Sc 合金では，疲労試験に先立ち，単位面積あたりの照射パルス数であるパルス密度を 50 ～ 800 pulse/mm² の範囲で変えて条件を検討した．深さ方向の分布は，電解研磨と X 線回折測定を交互に繰り返して求めた．図 2 に両合金の測定結果を示す．

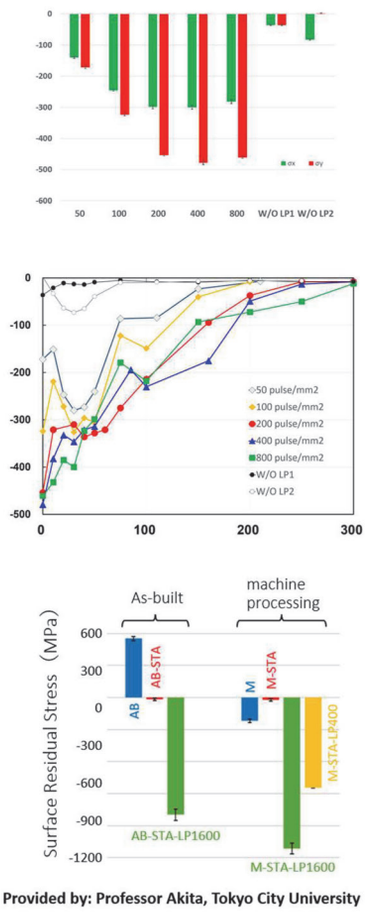


図 2　Al-Mg-Sc 合金の表面残留応力（上）と深さ分布（中），Inconel 718 合金の表面残留応力（下）（文献 (5) より）

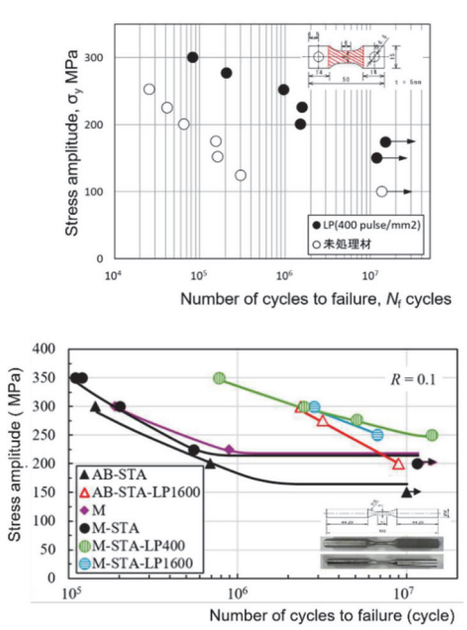


図 3　Al-Mg-Sc 合金（上）および Inconel 718 合金（下）の疲労試験結果（文献 (5) より）

Al-Mg-Sc 合金では，検討したすべてのパルス密度で表面に圧縮残留応力が導入された．パルス密度の増加に伴って圧縮残留応力の大きさは増大し，400 pulse/mm^2 以上では最大約 500 MPa の水準でほぼ飽和した．一方，圧縮残留応力が及ぶ深さは，50 および 100 pulse/mm^2 では約 100 μm であったのに対し，200 pulse/mm^2 以上では約 200 μm となった．照射回数の増加は深い圧縮層の形成に寄与するが，表面応力の増大には飽和傾向が見られる．

Inconel 718 合金でも，検討した LP 施工条件で材料表面に圧縮残留応力が導入された．特に，M-STA 材に 1600 pulse/mm^2 で施工した条件では，圧縮残留応力の大きさが 1000 MPa を超えた．この結果は，LP がアルミニウム合金だけでなく，ニッケル基合金の残留応力改善にも有効であることを示している．

3.2　疲労特性の改善

図 3 に両合金の疲労試験結果を示す．Al-Mg-Sc 合金には 400 pulse/mm^2 で LP を施工し，応力比 R = − 1，繰返し速度 1200 cpm，打切り回数 10^7 回の平面曲げ疲労試験を行った[4]．未処理材に対して疲労強度は最大約 1.7 倍，疲労寿命は最大約 100 倍に向上した[5]．数 mJ のレーザによる表層の改質が，疲労特性の改善につながることが確認された．

Inconel 718 合金でも疲労寿命の向上が認められた．応力振幅 300 MPa において，AB-STA 材への 1600 pulse/mm^2 の施工，および M-STA 材への 400 または 1600 pulse/mm^2 の施工により，対応する LP 未施工材に対して約 10 倍の寿命向上が報告されている[5]

4．おわりに

マイクロチップレーザによるレーザピーニングを金属 AM 材に適用し，Al-Mg-Sc 合金および Inconel 718 合金において，圧縮残留応力の導入と疲労特性の改善を確認した．Al-Mg-Sc 合金で蓄積した知見を Inconel 718 合金へ展開したことで，レーザピーニングの適用範囲を広げる見通しが得られた．

今後は，LP 条件と造形後の熱処理・機械加工条件の組合せを最適化し，金属 AM 部材の長寿命化を目指す．

謝辞

本開発の一部は，JST 未来社会創造事業（大規模プロジェクト型）「レーザ駆動による量子ビーム加速器の開発と実証」（JPMJMI17A1），中小企業庁戦略的基盤技術高度化支援事業（20334933），公益財団法人天田財団（AF-2020239-C2），および「知の拠点あいち重点研究プロジェクト V 期」国際枠「3D 構造物の自動レーザピーニング技術の開発と応用展開」（7M9）の支援を受けて実施されたものである．

参考文献

1）I. Gibson, D. W. Rosen and B. Stucker, “Additive Manufacturing Technologies”, Springer, (2010), pp. 103-169.
2）D. Herzog, V. Seyda, E. Wycisk and C. Emmelmann, “Additive manufacturing of metals”, Acta Materialia, Vol. 117, (2016), pp. 371-392.
3）N. Maharjan, Y. Mizuta, K. Masaki, S. Tamaki, Y. Sano, T. Hosokai, A. Ang, “Improving fatigue behavior of additively manufactured Scalmalloy® using laser shock peening”
4）水田好雄，政木清孝，玉置悟司，マハルジャンニロイ，アンアンドリュー，細貝知直，佐野雄二，レーザーピーニングによる積層造形 Al-Mg-Sc 合金の残留応力改善，日本機械学会第 31 回機械材料・材料加工技術講演会（M&P2024），C3-08（2024）．
5）水田好雄，玉置悟司，秋田貢一，名古屋尋生，政木清孝，マハルジャンニロイ，アンアンドリュー，細貝知直，佐野雄二，低エネルギーレーザーピーニングの金属積層造形材への適用，日本機械学会第 33 回機械材料・材料加工技術講演会（M&P2026），No.26-17（2026）．
6）Sano Y., “Quarter Century Development of Laser Peening without Coating“, Metals, Vol.10 (2020), p.152.

□ 特集 5 Laser Surface Modification in Automotive Powertrain

Nissan Motor Co., Ltd.
Dipl. Ing. Aurel Funar

1 . Introduction

Even as electrification expands in the automotive industry, highly efficient internal combustion engines remain important for hybrid systems. In addition to combustion improvements, reducing mechanical losses, such as friction between moving engine components, is one practical way to improve overall system efficiency [1].

This article introduces laser surface texturing on crankshaft surfaces, used together with smooth bearings, as a method to improve lubrication while reducing friction.

2 . Balancing Friction Reduction and Lubrication

Lower surface roughness generally reduces friction, but it also lowers oil retention. If lubrication becomes unstable, seizure can occur. Therefore, friction reduction and lubrication stability must be designed together.

To address this, smooth bearing metals were combined with textured crankshaft journals and pins. Small micro-scale pockets were formed on the crankshaft surface to serve as lubricant reservoirs, as shown in Fig. 1. During operation, these pockets help retain and redistribute oil, supporting stable lubrication.

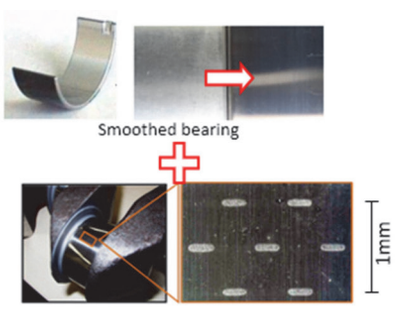


Fig. 1 Friction reduction concept using smooth bearing metals in combination with textured crankshaft surfaces [1].

3 . Why Laser Surface Texturing?

Several manufacturing methods, including machining and forming, were evaluated for producing these textures. However, precise geometry control was difficult because crankshafts contain both hardened and non-hardened regions. Machining can also introduce unwanted mechanical loading.

Laser processing avoids these issues. Texture size, density and arrangement can be adjusted digitally without tool changes. It also eliminates direct mechanical contact and avoids tool-wear-related costs.

Among short- and ultrashort-pulse laser systems, an industrial nanosecond pulsed laser was selected as a practical balance between quality, productivity and cost. Although burrs are formed during processing, the required functional surface could be achieved by adjusting the finishing operation, as shown in Fig. 2.

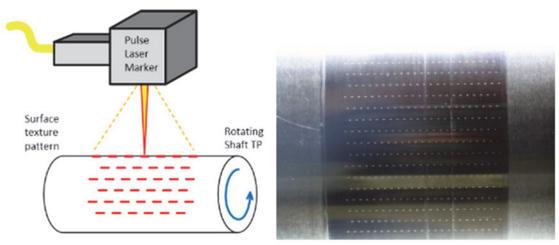


Fig. 2 Processing setup (left) and finished surface (right).

4 . Surface Function Creation by Laser Processing

The surface function is mainly determined by pocket geometry, including width, length, depth, pitch, density and arrangement on the crankshaft surface.

Laser parameters directly affect texture width and depth. As shown on the left side of Fig. 3, depth can be controlled by the total pulse fluence applied. The optimum range for lubrication performance is narrow: pockets that are too shallow cannot retain enough oil, while pockets that are too deep may trap the lubricant. The right side of Fig. 3 shows shaft test-piece evaluation results, confirming that properly designed textures retain more oil than the standard setup.

Texture pitch, density and pattern arrangement strongly influence the functional surface. In Fig. 4, the red line indicates the conventional crankshaft upper limit, while the green and blue results are significantly lower, demonstrating better scuffing resistance.

These component-level results were then validated using actual crankshaft processing and engine testing.

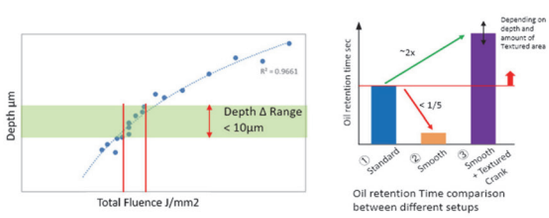


Fig. 3 Texture geometry and oil retention.

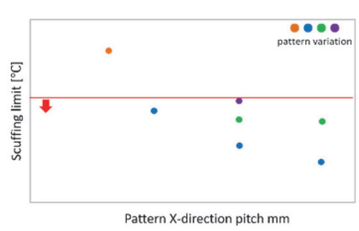


Fig. 4 Texture pattern and scuffing resistance

5 . Engine Performance

Engine testing showed that the combination of smooth bearing metals and laser-textured crankshaft surfaces reduced friction torque by about 10% at 2000 rpm compared with the conventional

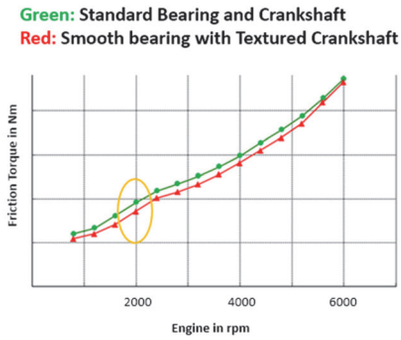


Fig. 5 Engine friction torque reduction

configuration. This benefit was also maintained at higher engine speeds, extending the effective operating range, as shown in Fig. 5.

6 . Outlook and Conclusions

Laser surface texturing is a practical surface modification method for automotive powertrain components. By adding controlled micro-scale features, it can improve lubrication behavior while keeping the low-friction benefit of smoother surfaces. The engine test results confirm the effectiveness of combining smooth bearing metals with laser-textured crankshaft surfaces.
Laser surface engineering will become increasingly important for efficient next-generation automotive powertrains.

7 . References

[1] T. Tsurushima, "Future Internal Combustion Engine Concept Dedicated to NISSAN e-POWER for Sustainable Mobility", 29th Aachen Colloquium Sustainable Mobility 2020

機械材料・材料加工部門「部門賞・一般表彰」公募のお知らせ

第 3 技術委員会（表彰担当）
委員長　佐々木　元

機械材料・材料加工部門では，第 104 期部門賞および部門一般表彰候補を下記の要領で公募します．自薦他薦を問わず奮ってご応募ください．
公募締切：2026 年 11 月 27 日(金)厳守
推薦方法：部門賞の推薦には，部門ホームページ（https://jsmempd.com/award/award-notification）より推薦書様式をダウンロードし，必要事項をご記入いただき，下記へお送り下さい．
また，部門一般表彰（新技術開発部門）の推薦には，件名を「部門一般表彰推薦」としたメールに，対象となる新技術・新製品が発表された講演会や出版物等を特定できる情報（例えば講演発表の場合，講演会名，講演番号，登壇者，講演題目等）を記入して，下記にお送り下さい．
被推薦者の資格：各賞とも日本機械学会会員であることが受賞資格となります．
推薦書提出先：日本機械学会機械材料・材料加工部門
（担当者 曽根原）
下記宛に電子メール（PDF）にてご提出ください．
E-mail：mp_award@jsme.or.jp
推薦された候補者は第 3 技術委員会で審査され，部門運営委員会で受賞者が決定されます．
結果は今年度中に本人に連絡し，次期（2027 年度）のニューズレターに掲載するとともに，受賞者を 2027 年度年次大会開催時に表彰する予定です．
なお，本件に関するご質問・お問合せ等は，第 3 技術委員会委員長（佐々木元，E-mail :gen@hiroshima-u.ac.jp）までお願いします．
各賞の概要
(1) 部門賞　功績賞：機械材料・材料加工分野に関する学術，教育，出版，内外の交流など諸般の活動において，本部門の発展と進歩に積極的な貢献または顕著な業績のあった者に授与する．
(2) 部門賞　業績賞：機械材料・材料加工分野に関する研究または技術開発において，本部門関連の講演会，学術論文誌での発表，受賞等をはじめとした顕著な業績のあった者に授与する．
(3) 部門賞　国際賞：機械材料・材料加工分野における学術，教育，出版などに関する国際的な活動を通し，本部門の発展と進歩に積極的な貢献または顕著な業績のあった者に授与する．
(4) 部門一般表彰（新技術開発部門）：機械材料・材料加工分野において本部門企画，担当，主催または共催の集会，出版物等において発表された新技術，新製品の開発者中．工業技術の進歩発展に特に貢献した者を対象とする．

2026 年度年次大会報告

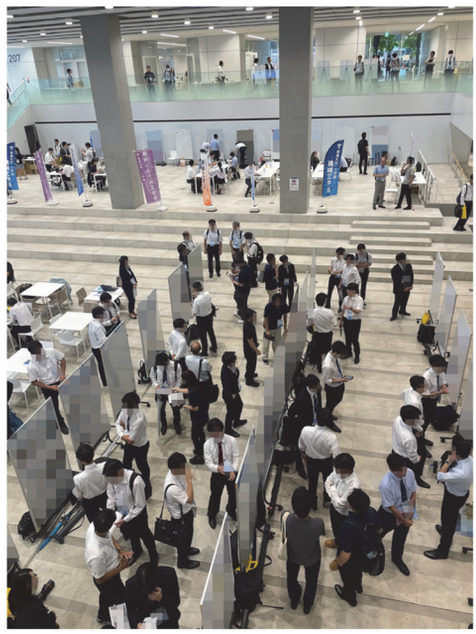
第 104 期第一技術委員会（年次大会担当）
元委員長　窪田　紘明（東海大学）

去る 2026 年 9 月 6 日（日）～ 9 日（水），2026 年度年次大会が東海大学湘南キャンパスで開催されました．「さきがけの知がつなぐ，機械工学と未来社会―湘南から世界へ―」のもと，発表総件数は 846 件，1,700 名の有料参加者にご参加いただきました．大会の開催にあたり，部門会員各位，大会実行委員会と学会事務局，さらに各方面からご協力を賜りましたことに感謝いたしております．
今年度，機械材料・材料加工部門では部門単独 3 件と部門



東海大学湘南キャンパス大会会場

撮影：日本機械学会本部事務局



ポスターセッション

撮影：日本機械学会本部事務局

横断 7 件のオーガナイズドセッションを開催し，計 169 件（うちポスター 39 件）の発表がありました．また，部門功績賞受賞者基調講演と先端技術フォーラム「M&P 最前線」，材料力学部門との合同フォーラムを開催しました．9 月 7 日には材料力学部門との合同部門同好会も開催しました．ご参加・ご協力いただきました皆様に厚く感謝申し上げます．今後とも本部門の活動へのご協力をお願い申し上げます．

【部門単独オーガナイズドセッション】
［S041］複合材料の環境適合化と加工評価技術：23 件
［S042］異種材料の界面強度評価と接合技術：33 件（うちポスター 11 件）
［S043］伝統産業工学：4 件
【部門横断的なオーガナイズドセッション】
［J023］バイオマテリアルおよび細胞／組織のプロセス・力学・強度：15 件（うちポスター 9 件）
［J041］（主部門 M&P）超音波計測・解析法の新展開：10 件
［J112］トライボロジーの基礎・応用と表面設計：12 件（うちポスター 5 件）
［J121］1DCAE・MBD と物理モデリング：12 件
［J131］設計・加工技術の深化と調和：19 件
［J181］交通・物流機械の自動運転：11 件
［J222］マイクロ・ナノ機械デバイスとその信頼性：30 件（うちポスター 14 件）
【基調講演・先端技術フォーラム】
［K041 基調講演］部門功績賞受賞者基調講演「振動付加を利用した塑性加工の高度化と加工現象制御」松本良先生
［F041 先端技術フォーラム］「複合材料の成形・加工・評価に関する研究開発の最前線」（材料力学部門との合同）
［F042 先端技術フォーラム］「M&P 最前線」青野祐子先生，鈴木子游先生，齋藤宏輝先生，伊與田宗慶先生

2027 年度年次大会開催案内

第 1 技術委員会（年次大会担当）
吉年　規治（九州大学）

2027 年 9 月 5 日（日）～ 8 日（水）の 4 日間，日本機械学会 2027 年度年次大会を九州大学伊都キャンパス（福岡市）にて開催いたします．九州大学での開催は，2016 年以来 11 年ぶりとなります．2026 年度の東海大学での講演大会から引き継いだ熱気をさらに高め，参加者の皆様にとって実り多い素晴らしい大会となるよう，準備を進めてまいります．
本部門では，単独あるいは他部門との合同によるオーガナイズドセッションを企画しております．詳細については，決定次第改めてご案内いたします．

九州大学伊都キャンパスは，博多・天神からバス，あるいは電車とバスを乗り継いで約 1 時間と，都心部からやや離れた場所に位置しておりますが，緑豊かな環境に恵まれ，街の喧騒を離れて研究討論に没頭できる環境です．また，隣接する糸島は，美しい海や豊かな食材に恵まれているほか，多くの「映えスポット」でも知られています．ぜひ大会の前後にお立ち寄りいただき，当地の魅力もあわせてお楽しみください．

皆様のご参加を心よりお待ちしております．
お問い合わせ先：
第 1 技術委員会 2027 年度委員
九州大学　吉年　規治



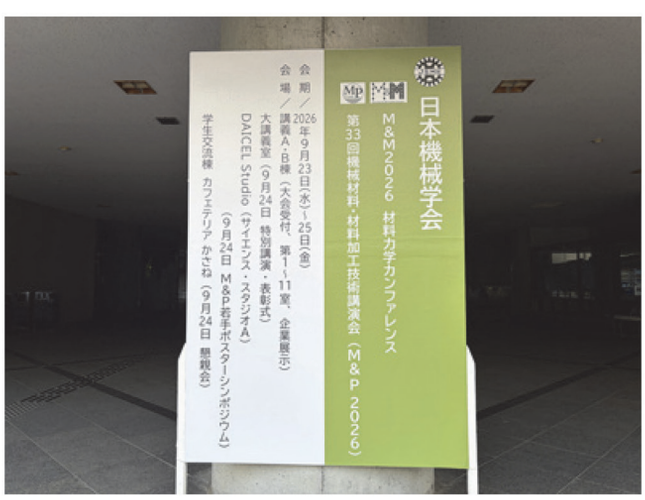
第 33 回機械材料・材料加工技術講演会（M&P 2026）開催報告

第２技術委員会（技術講演会担当）委員長・実行委員長
松本　良（名古屋工業大学）

2026 年 9 月 23 日（水・祝）～ 25 日（金）の 3 日間にわたり，第 33 回機械材料・材料加工技術講演会（M&P 2026）（以下, M&P）を大阪大学豊中キャンパスにて開催いたしました．第 30 回機械材料･材料加工技術講演会（M&P 2023）（2023 年, つくば）に続き，M&M 2026 材料力学カンファレンス（材料力学部門主催）（以下, M&M）とコロケーション開催（同会期, 同会場開催）いたしました．M&P では約 170 件の講演発表（15 件の若手ポスターシンポジウム，4 件の新技術開発フォーラム含む）があり，M&M と合わせると約 510 件の講演発表となり，約 800 名の方々にご参加いただきました．

部門間交流を目的に相互聴講を可能とし，5 つの合同オーガナイズドセッション（OS）（約 120 件の講演）を実施し，特別講演，懇親会および企業展示を合同で開催しました．M&P と研究分野が近いものの，異なる分野を扱う M&M の講演発表を聴講することで，普段とは異なる視点から研究を捉える機会となるとともに，日頃 M&M 部門を主として活動されている方々との交流の機会となりました．二つの講演会を連携して運営する上では，準備や当日の運営においてコロケーションならではの課題も明らかとなり，今後の講演会開催に向けて検討すべき点も残されました．

最後になりましたが，開催にあたり多大なるご尽力をいただきました M&P，M&M 両講演会の実行委員の皆様，関係者の皆様，ならびにご講演・ご参加いただきました皆様に，心より感謝申し上げます．次回の講演会は 2027 年 11 月に新潟にて開催予定であり，M&M とのコロケーション開催を計画していますので，多くの皆様のご講演発表，ならびにご参加を心よりお願い申し上げます．



第 34 回機械材料・材料加工技術講演会（M&P2027）開催案内

第 2 技術委員会（M&P 担当）
委員長　松本　良（名古屋工業大学）

2027 年 11 月 23 日（火・祝）～ 25 日（木）の日程で，機械材料・材料加工部門主催の第 34 回機械材料・材料加工技術講演会（M&P2027）を朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンターにて開催いたします．今回は本年の第 33 回機械材料・材料加工技術講演会（M&P2026）に引き続き，部門間交流を目的に M&M2027 材料力学カンファレンス（材料力学部門主催）とコロケーション開催（同会期，同会場開催）いたします．M&P2027 に参加登録いただければ，M&M2027 にもご参加いただけます．コロケーション開催を活かし，合同オーガナイズドセッション（OS）を企画しており，特別講演，懇親会や企業展示も合同実施を予定しています．また例年通り，技術講演会（部門単独 OS）に加え，新技術開発フォーラムや若手ポスターシンポジウムも実施予定です．

本年のコロケーション開催では 700 名超の参加，500 件超の講演をいただき，盛況のうちに終了することができました．2027 年のコロケーション開催におきましても，多くの皆様のご参加・ご講演を心待ちにしております．詳細は，M&P2027 のウェブサイト（下記の M&P 部門ウェブサイト等からリンク予定）にて随時お知らせいたします．
https://jsmempd.com/conference_tutorial/MP2027

申込等日程（予定）
2027 年 4 月頃：ウェブサイト開設
2027 年 5 月頃：講演申込開始
2027 年 7 月頃：講演申込締切
2027 年 9 月頃：予稿集原稿提出締切

問い合わせ先
2027 年度第 2 技術委員会委員長：大木　基史（新潟大学）
E-mail　ohkim@eng.niigata-u.ac.jp

編集後記

本部門において，2025 年 10 月から「高エネルギービーム加工･改質技術応用研究会（主査:青野祐子先生, 東京科学大学）」が立ち上がり，研究交流が活発に進められています．本号では，本研究会のテーマである「高エネルギービーム加工・改質技術」を特集に取り上げました．レーザ，ビーム加工にご興味のある方は，ぜひ研究会へご参加頂ければと思います．詳細は部門ホームページの分科会・研究会をご覧下さい．また，本ニュースレターに関するご意見・ご要望等がございましたら，広報委員会・上田（ueda.masahito@nihon-u.ac.jp）までご連絡下さい．

発 行　発行日 2026 年 11 月 15 日

〒 162-0814 東京都新宿区新小川町 4 番 1 号
KDX 飯田橋スクエア 2 階
一般社団法人　日本機械学会　機械材料・材料加工部門
第 104 期部門長　山崎　泰広
広報委員会委員長　上田　政人
Tel.03-4335-7616　Fax.03-4335-7619