

# レーザー誘起湿式表面改質法による金属表面への セラミックコーティング

慶應義塾大学 理工学部 小茂鳥潤

Ceramic Coating on Metal Surfaces by Laser-Induced Wet Surface Modification

Jun Komotori

Department of Mechanical Engineering, Keio University

本研究では、申請者のグループで提案しているレーザー誘起湿式表面改質法を用いて、金属表面をセラミックス化することにチャレンジした。具体的には、クロムコーティングした鋼を硝酸アルミニウム溶液中に浸漬し、そこにレーザーを照射することにより、Fe, Cr, Alの三元素が混在した改質層が形成可能なことを明らかにした。

In this study, we challenged to make the metal surface into ceramics by using the laser-induced wet surface modification method proposed by our group. It was clarified that a modified layer containing three elements of Fe, Cr, and Al can be formed by immersing chromium-coated steel in an aluminum nitrate solution and irradiating it with a laser.

## 1. はじめに

セラミックスは、耐食性、耐熱性などに優れるため、様々な分野で利用されている素材である。しかし、金属と比較して脆いため、複雑形状を加工するためには、大掛かりな加工装置が必要となる。所望の形状に加工した金属を利用して、その表面のみをセラミック化する簡便な技術があれば、セラミックの欠点を補いつつ多くの機械部品への応用が可能な素材が実現できるものと考えられる。これに関連して最近では、水溶液プロセスによるナノセラミックスを作製する技術が物質材料機構のグループにより提案され、注目を集めている。

申請者らも、水溶液中に浸漬した金属の表面にナノパルスレーザーを照射することで、その表面に溶液中の成分を拡散させる技術の開発に成功している。本研究では、これらの知見を参考にして、レーザー誘起湿式表面改質法により、金属表面をセラミックス化することにチャレンジした。

## 2. 実験方法

### 2.1 処理システムの構成と湿式レーザーアロイング処理の実施

図1に処理システムの外観およびその構成を示す(以下、湿式レーザーアロイング処理システムと呼ぶ)。このシステムは、(1)レーザー装置、(2)集光装置、(3)浴槽、(4)ステージで構成される。

図2に処理システムの処理部詳細を示す。なお、利用したレーザーはナノ秒パルスのファイバーレーザーである。浴槽は、溶液を保持し、溶液を一定の水位に保つ役割がある。改質

処理中はレーザー照射による熱影響で溶液が蒸発する。そのため、処理時間が長時間に及ぶ場合は送液ポンプが必要になる。ただし、本研究における改質処理時間は極めて短くその必要がなかったため、送液システムは使用しなかった。同図のジグ A とジグ B をねじ切りによって固定した上で、この試験片をジグ A に瞬間接着剤を用いて固定し、試験片、ジグ A、ジグ B の高さが 60mm になるように調節した。その後、これらを浴槽の中に硝酸アルミニウム水溶液とともにに入れて固定した。溶液には 10% 濃度の硝酸アルミニウム水溶液を用いた。拡散させる元素を固体として供給する手法にアルミナイズ処理がある。この手法は、鉄鋼材料の表面にアルミニウム元素を含む合金層を形成させる手法である。アルミニウムを含んだ合金材料を基材に密着させ、加熱することで合金層を形成する。アルミニウムを基材に密着させる手法は、アルミニウム箔を圧接して密着させる手法やアルミニウムめっきを施す手法がある。これを湿式レーザーアロイング処理に置き換えると、試験片と接する溶液にアルミニウム元素が含まれている必要がある。以上より、本研究ではアルミニウム元素を含む溶液として硝酸アルミニウム水溶液に着目した。硝酸アルミニウムを作製する際に必要な硝酸アルミニウム九水和物は比較的入手しやすいこと、人体への影響も少なく取り扱いが比較的容易であること、水への溶解度が高くて幅広い濃度の溶液を調整しやすいことが利点である。

ガイドレーザーを使用して位置調節を行い、試験片を走査させながら Yb ファイバーレーザーを照射することで処理を施した。この時、レーザーを走査する範囲を  $2\text{mm} \times 10\text{mm}$  に設定した。表 1 および表 2 に処理条件を示す。表 1 の処理条件は、デフォーカスが改質層に及ぼす影響を検討している。以降はシリーズ名を D series と呼称する。表 2 の処理条件は、表 1 の結果と考察を踏まえた上でデフォーカスとオーバーラップ率が改質層形成に及ぼす影響を検討している。以降はシリーズ名を S series と呼称する。具体的には、S「デフォーカス」-「オーバーラップ率」の形式で表記する。例えば、デフォーカスが  $0.1\text{mm}$  でオーバーラップ率が 0% の場合は、S1-0 と表記する。

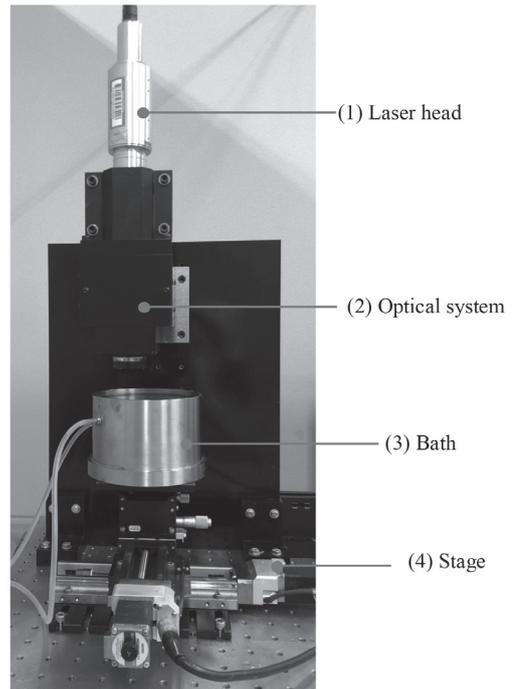


図 1 処理システムの概観

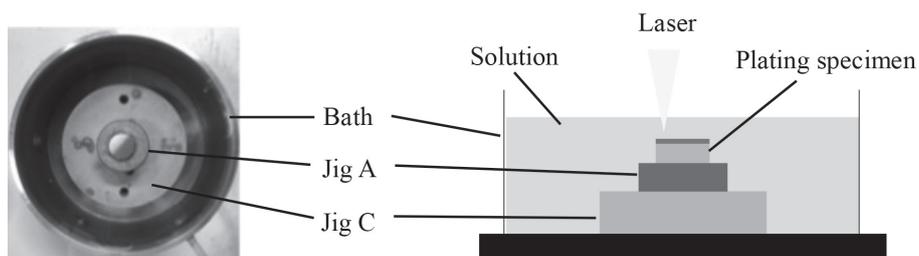


図 2 レーザ処理部の詳細

表1 Dシリーズのレーザ処理条件

Series name	D 0.1	D 0.3	D 0.5	D 0.7	D 0.9	D 1.1
Defocus (mm)	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1
Scan pitch ( $\mu\text{m}$ )	20					
Power (W)	14					
Scanning rate (mm/s)	6					

表2 Sシリーズのレーザ処理条件

Series name	S1-0	S1-25	S1-50	S3-0	S3-25	S3-50
Defocus (mm)	0.1			0.3		
Overlap (%)	0	25	50	0	25	50
Power (W)	14					
Scanning rate (mm/s)	6					

Series name	S5-0	S5-25	S5-50	S7-0	S7-25	S7-50
Defocus (mm)	0.5			0.7		
Overlap (%)	0	25	50	0	25	50
Power (W)	14					
Scanning rate (mm/s)	6					

## 2.2 被処理面の分析

処理を施した試験片は、試料表面のマクロ観察、走査型電子顕微鏡(Scanning Electron Microscope : SEM)による表面観察と EDX 分析および断面観察と EDX 分析を行った。表2の条件で処理を施した試験片は、走査型電子顕微鏡(Scanning Electron Microscope : SEM)による断面観察と EDX 分析を行った。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 デフォーカスが改質層形成に及ぼす影響

図3にマクロ観察結果を示す。図中左側に示す D 0.5 series, D 0.3 series, D 0.1 series を比較した時、D 0.5 series>D 0.3 series>D 0.1 series の順に見た目が濃くなっていることがわかる。これはデフォーカスを小さくすることで、被処理面に照射されるレーザーのエネルギー密度が大きくなったため

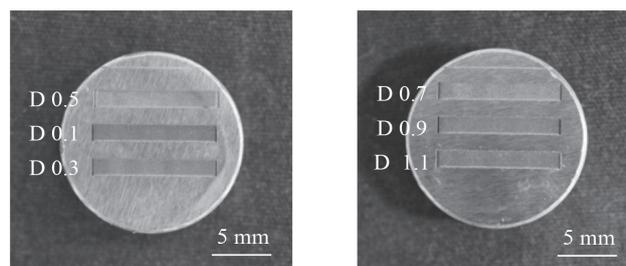


図3 Dシリーズの被処理面のマクロ観察

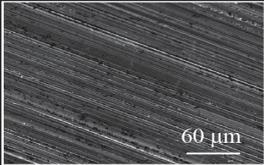
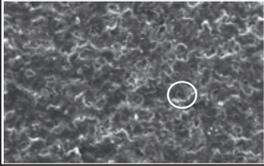
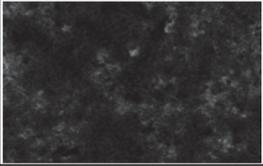
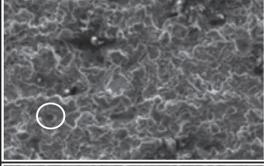
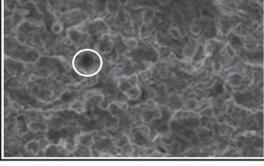
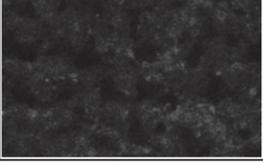
	SEM	Cr	Fe	Al
Untreated				
D 0.5				
D 0.3				
D 0.1				

図4 試験片表面のSEM観察とEDX分析の結果

と考えられる。図中右側に示す D 1.1 series, D 0.9 series, D 0.7 series を比較した場合、見た目に顕著な差は確認されない。デフォーカスを 0.7mm 以上にした場合、被処理面はレーザの影響を受けて変化するものの、その影響は非常に少なく、見た目に差が生まれなかったということが考えられる。これらの結果を踏まえて、本項では D 0.5 series, D 0.3 series, D 0.1 series を中心に分析した。また、デフォーカスを 0.7mm 以上にした場合、被処理面がレーザの影響を受けていないことを調査するために、断面観察のみ D 0.7 series も分析を行った。

図4にSEMによる表面観察とEDX分析の結果を示す。未処理材に注目すると、SEM画像ではめっき処理が施された跡が確認できる。また、EDX分析ではCr元素が一定の状態を検出されており、Fe元素とAl元素のピークは検出されていないことがわかる。SEM画像に着目したとき、D 0.5 series > D 0.3 series > D 0.1 series の順に表面が粗くなっていることがわかる。マクロ観察の見た目もこの順に濃くなっていることから、被処理面の粗さと見た目の濃さ是对応関係にあると考えられる。また、すべてのシリーズで孔が確認できる。この孔を各シリーズ白い円で示す。D 0.5 series は、非常に小さな孔が数多く形成されていることがわかる。一方、D 0.1 series は大きな孔が形成されているが、その数は少ない。D 0.1 series で大きな孔が形成し、D 0.5 series で小さな孔が形成した原因には、被処理面が受けるレーザのエネルギー量の差とそれによって溶液中で生じる気泡の大きさの差が考えられる。被処理面に照射されるレーザのスポット径は、D 0.1 series の方が D 0.5 series よりも小さい。そのため、一定量のレーザが照射された場合、スポット径が小さい D 0.1 series のエネルギー量が大きくなる。その結果、被処理面は溶液に浸漬しているため、レーザが照射された被処理面は蒸発し、気泡が発生する。被処理面が受けるレーザが大きいほど気泡が大きくなり、これが孔の大きさに影響したものと考えられる。溶液に浸漬している基材は急速に冷却されるため、被処理面は孔のままの状態が形成されたと

考えられる。

EDX 分析では、Al 元素は全てのシリーズでピークが検出されており、基材に導入されたことが明らかになった。Cr 元素は、D 0.3 series で検出強度が低いことがわかる。D 0.5 series および D 0.1 series は D 0.3 series より検出強度が高い。その検出強度は、ピークが強く出ている箇所と弱く出ている箇所が存在している。Fe 元素に着目すると、その検出箇所は全てのシリーズにおいて Cr 元素の非検出箇所とリンクする傾向が認められる。これは、処理によって Cr 元素が消失し、基材が現れたためと考えられる。

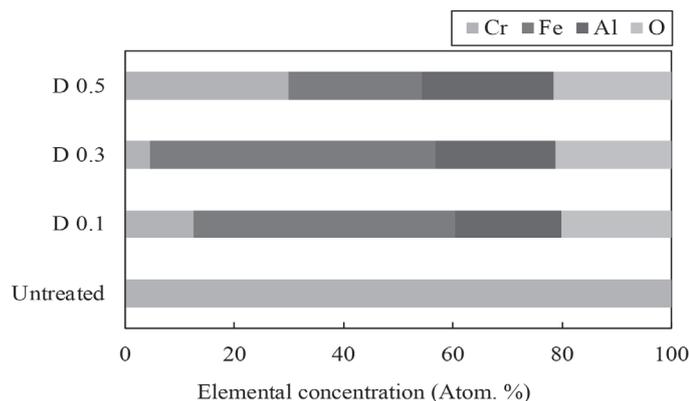


図5 EDXによる元素濃度分布の測定

図5にEDX分析による元素濃度分布結果を示す。Al元素とO元素に着目したとき、各シリーズとも元素量に大きな差はない。このことから、湿式レーザーアロイング処理によってAl元素を一定量導入することが可能であることが明らかになった。しかし、O元素も一定量導入してしまうことも明らかになった。O元素が検出された原因には、試験片を硝酸アルミニウム水溶液に浸漬させた瞬間から酸化が開始した可能性と、処理によって溶液中に気泡が発生し、酸化した可能性が考えられる。Cr元素とFe元素に着目する。D 0.3 seriesのCr元素の量は4.5%であり、D 0.5 seriesの29%およびD 0.1 seriesの12.5%と比較して少ないことが明らかになった。また、D 0.5 seriesのCr元素の量がD 0.3 seriesやD 0.1 seriesと比較して多い原因として、D 0.3 seriesやD 0.1 seriesはレーザー照射のエネルギーが大きくCrめっきが消失したことが考えられる。また、Cr元素とFe元素に着目したとき、この2元素の合計量が55%~60%の範囲に収まる。

図6にSEMによる断面観察とEDX分析の結果を示す。未処理材では、めっき層が形成されていることが確認できる。D 0.7 seriesについて、未処理材と比較してめっき層は薄くなっており、その最表面は粗い。また、めっき層と基材の境界がはっきり区別できることから、レーザーの影響が基材まで及んでいないことが明らかになった。D 0.5 seriesでは、矢印で示す箇所ですでにCr元素が検出されている。このようにCr元素が検出されている箇所はほとんど存在しない。D 0.7 seriesの被処理面にはめっき層が残っているのに対して、D 0.5 seriesの被処理面にはめっき層がほとんど残っておらず、わずかにしか存在しないことから、D 0.5 seriesの処理条件はめっき層を消失させる境界条件であることが考えられる。D 0.3 seriesでは、被処理面が波状に形成されている。被処理面が谷の形状を示した箇所では、エネルギー密度が最大の状態でレーザーが照射されており、被処理面が山の形状を示した箇所では、エネルギー密度が最小の状態でレーザーが照射されたと考えられる。Cr元素の検出強度は非常に低いものの、基材に拡散されていることがわかる。また、その検出箇所は山の形状部分よりも谷の形状部分で確認できる。これらのことから、D 0.3 seriesの処理条件ではめっき層はほとんど消失してしまうことが明らかになった。また、D 0.5 seriesとD 0.3 seriesではレーザーの照射エネルギーの差が被処理面の形成状況に顕著に現れることも明らかになった。D 0.1 seriesについて、被処理面の形状やCr元

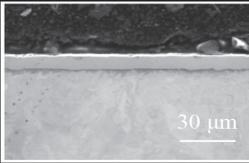
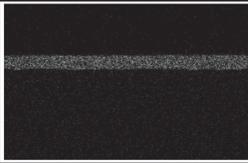
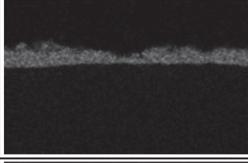
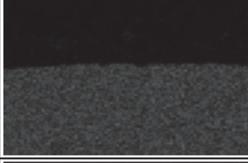
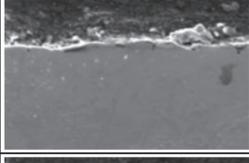
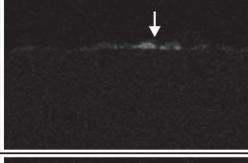
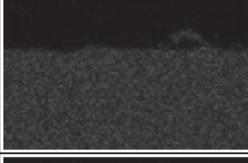
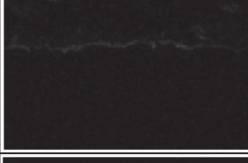
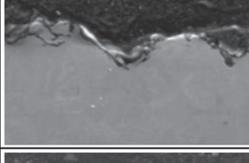
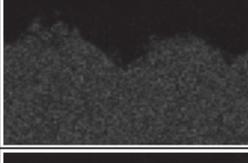
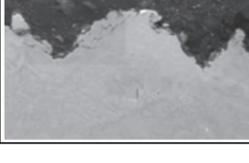
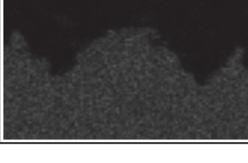
	SEM	Cr	Fe	Al
Untreated				
D 0.7				
D 0.5				
D 0.3				
D 0.1				

図6 試験片表面のSEM観察とEDX分析の結果

素およびFe元素の状態はD 0.3 seriesと同様の傾向を有することが確認できる。

図6では、D 0.5 seriesとD 0.3 seriesの被処理面の形状に顕著な差が確認できた。そこで、D 0.5 seriesとD 0.3 seriesの被処理面を深さ方向に対してライン分析を行い、その差を調べた。図7および図8にその結果を示す。D 0.5 seriesは、図6でわずかにCr元素が検出された箇所について分析を行った。Al元素、Cr元素、Fe元素の順に表面からピークが検出されている。表面から5.5~9.0  $\mu\text{m}$ の範囲において、Al元素とCr元素のピークが同時に検出されて箇所が存在している。したがって、溶液由来のアルミニウムとめっき層由来のクロムが混合した改質層がD 0.5 seriesの被処理面の一部で形成されたことが明らかになった。D 0.3 seriesについて、レーザの照射エネルギーが最大と考えられる谷の箇所とレーザの照射エネルギーが最小と考えられる山の箇所でそれぞれライン分析を実施した。図8(a)では、Cr元素のピークは検出されておらず、Al元素とFe元素のみが検出されている。したがって、めっき層が全て消失し、Al元素が基材に導入されたと考えられる。また、表面から14  $\mu\text{m}$ の深さにおいてAl元素とFe元素のピークが交差しており、両元素が同時に存在している箇所は確認できない。図8(b)では、表面から12  $\mu\text{m}$ ~20  $\mu\text{m}$ の範囲でCr元素のピークがわずかに検出されている。さらに、ほぼ同じ箇所からFe元素も検出されていることから、めっき層由来のクロムと基材由来の鉄が混合した改質層が形成されたことが明らかになった。これら二つの結果から、湿式レーザアロイング処理システムによって(アルミニウム+クロム)の成分を混合する改質層と(クロム+鉄)の成分を混合する改質層を形成されるものと考えられる。一方で、溶液由来のア

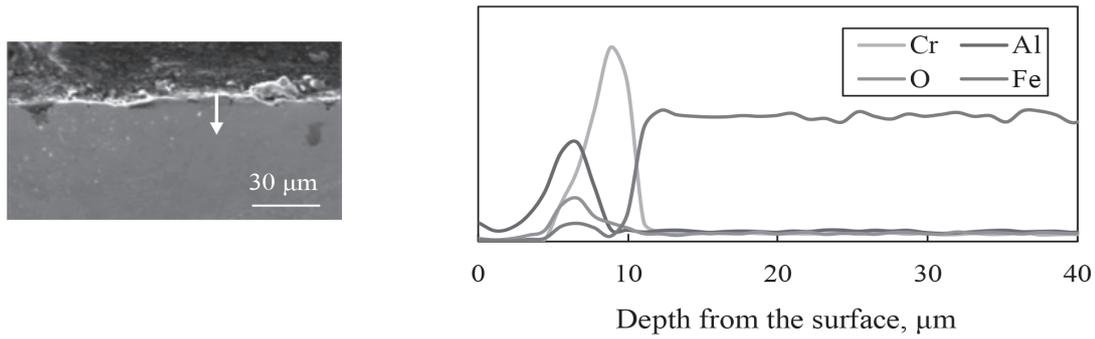
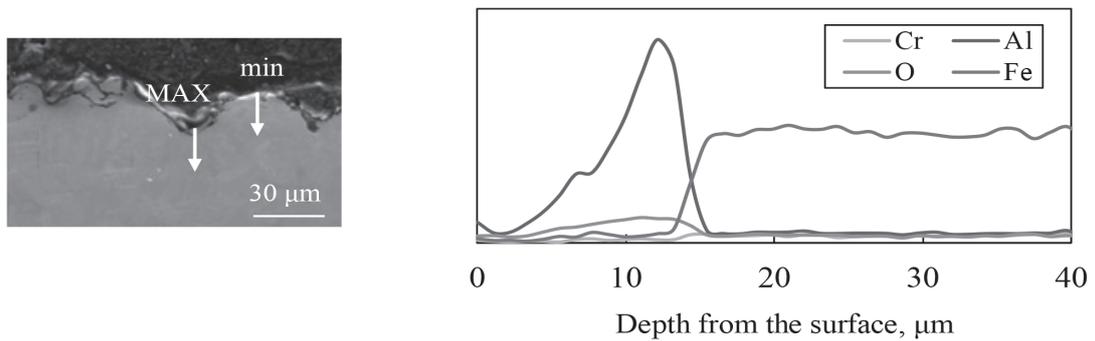
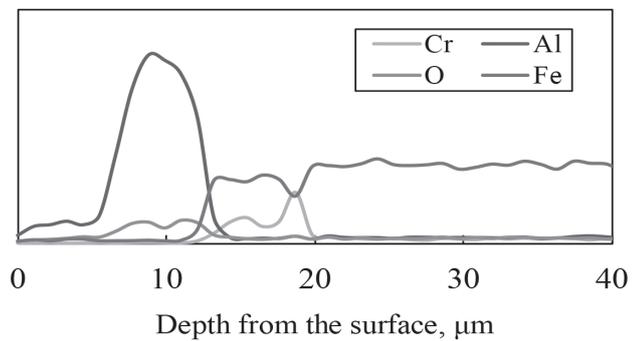


図7 EDXによるライン分析(D 0.5 シリーズ)



(a) Treated area with maximum laser power



(b) Treated area with minimum laser power

図8 EDXによるライン分析(D 0.3 シリーズ)

ルミニウム、めっき層由来のクロム、基材由来の鉄が混合した改質層を形成させることはできなかった。その原因には、レーザの影響が強く、Crめっきを消失させてしまっている可能性が考えられる。したがって、今後はCrめっきを消失させることなく均質な改質層を形成させることの可能な処理条件を詳細に検討する必要がある。

図6~8では、D 0.5 series, D 0.3 series, D 0.1 seriesの被処理面に照射されるレーザのエネルギーが強く、めっき層が消失していると考えた。この点に関する検証を行うために、D 0.5 seriesおよびD 0.3 seriesの被処理面と未処理面の境界に注目して断面分析を行った。図9に分析箇所を示す模式図とSEMによる断面観察とEDX分析の結果を示す。A点およびB点とも、SEM画像内に矢印で示した箇所からめっき層が薄くなっていることが確認できる。したがって、矢印で示す箇所が被処理面と未処理面の境界だと考えられる。ま

た, A点(D 0.5 series)は, 矢印で示した箇所を境にめっき層が薄くなっているのに対して, B点(D 0.3 series)はめっき層が薄くなるだけではなく, 途中から完全に消失していることがわかる. 照射されるレーザーのエネルギーの大きさの差が現れたためと考えられる. また, 図6におけるD 0.3 seriesでは, Cr元素がほとんど検出されていない状態であるのに対して, B点(D 0.3 series)では矢印箇所から被処理面にかけてCr元素が途中まで検出されている. これは, 被処理面の端部分はレーザーが一度しか照射されていないからだと考えられる. このことより, めっき層はレーザーの影響を受けて消失していることが明らかになった.

次に, 図6におけるD 0.3seriesやD 0.1 seriesの被処理面の山の形状部分で, わずかながらCr元素が確認できた原因について考察する. この原因には, レーザのスポット径と走査間隔の影響が考えられる. デフォーカスが0.5mm, 0.3mm, 0.1mmの場合, そのスポット径は125  $\mu\text{m}$ , 75  $\mu\text{m}$ , 26  $\mu\text{m}$ である. また, 本項で用いた処理条件における走査間隔は20  $\mu\text{m}$ である(表1). これをオーバーラップ率に置き換えると, デフォーカスが0.5mm, 0.3mm, 0.1mmの順にそのオーバーラップ率は84%, 73%, 23%になる.

オーバーラップ率とは, レーザ照射条件である走査間隔に依存する条件である. 例えば, レーザのスポット径が100  $\mu\text{m}$ , 走査間隔が50  $\mu\text{m}$ の場合, オーバーラップ率は50%になり, 走査開始地点および終了地点から50  $\mu\text{m}$ の範囲を除いて, 被処理面はレーザー照射の影響を2回受けたことになる. したがって, D 0.5 seriesの被処理面がレーザーの影響を受ける回数および面積は, D 0.1 seriesの被処理面がレーザーの影響を受ける回数よりも多く, 大きくなる. この様子を模式図にして図10に示す. 以上より, D 0.3seriesやD 0.1 seriesの被処理面は, D 0.5 seriesよりも大きなレーザーエネルギーを受けるものの, オーバーラップ率が小さいためCr元素が消失しない箇所が存在すると考えられる.

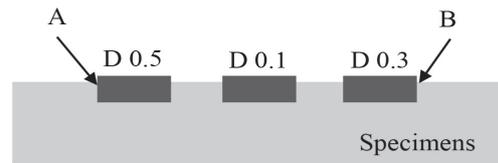


Illustration of the observation point

	SEM	Cr
A		
B		

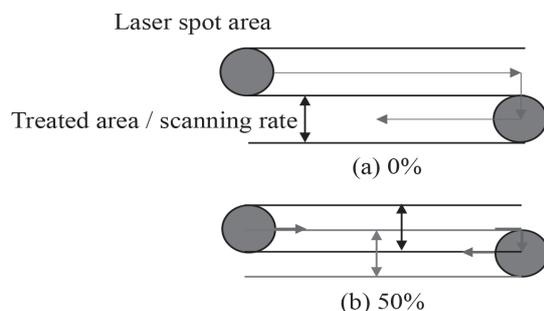
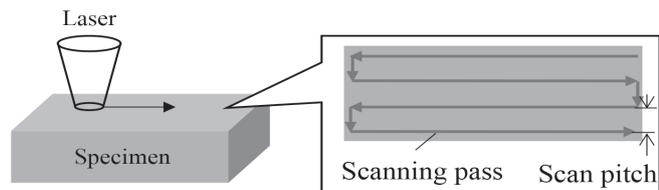
図9 SEM写真とEDX分析の結果  
(上段は観察個所の説明図)

図10 レーザ走査のオーバーラップ率の説明図

### 3.2 デフォーカスとオーバーラップ率が改質層形成に及ぼす影響

前項では、CrめっきSCM420鋼に湿式レーザーアロイング処理を施し、処理条件の一つであるデフォーカスが改質層に及ぼす影響を調べた。その結果、前項で用いた処理条件ではめっき層が消失することが明らかになった。その原因には、処理条件の一つであるオーバーラップ率が関与していると考えられる。そこで、本項では表2に示すように4種類のデフォーカス(0.1mm, 0.3mm, 0.5mm, 0.7mm)と3種類のオーバーラップ率(50%, 25%, 0%)を掛け合わせた12通りの処理を実施した。オーバーラップ率が50%の場合、全ての被処理面が2回レーザー照射されたことになる。オーバーラップ率が25%の場合、被処理面の半分が2回レーザー照射されたことになる。オーバーラップ率が0%の場合、全ての被処理面が1回レーザー照射されたことになる。12種類の処理を実施し、マクロ観察およびSEMによる断面観察とEDX分析を行うことで、デフォーカスとオーバーラップ率が改質層形成に及ぼす影響を検討した。

図11にマクロ観察結果を示す。S1 seriesは全ての処理条件において被処理面が黒色を呈色していることがわかる。一方で、S3 series, S5 series, S7 seriesは黒色ではなく、灰色を呈色していることがわかる。また、S3 seriesは一部で黒色を呈している箇所を確認できるが、S5 seriesおよびS7 seriesは黒色を呈している箇所は全く見当たらない。この原因には、デフォーカスが焦点位置に近いほど被処理面が受けるレーザーのエネルギーが大きいことが挙げられる。デフォーカスが焦点位置に近いほど被処理面に当たるレーザーのスポット径は小さくなるためである。

図12~15にS7 series, S5 series, S3 series, S1 seriesのSEMによる断面観察とEDX分析の結果を示す。SEM画像において、全てのシリーズでめっき層が残存していることがわかる。また、その表面はレーザーの影響を受けてわずかに粗くなっている程度であることがわかる。Cr元素に着目すると、全てのシリーズでめっき層が残っており、それらの厚さは $9.5\ \mu\text{m}$ 程であることがわかる。これにより、デフォーカスが0.7mmの場合、オ

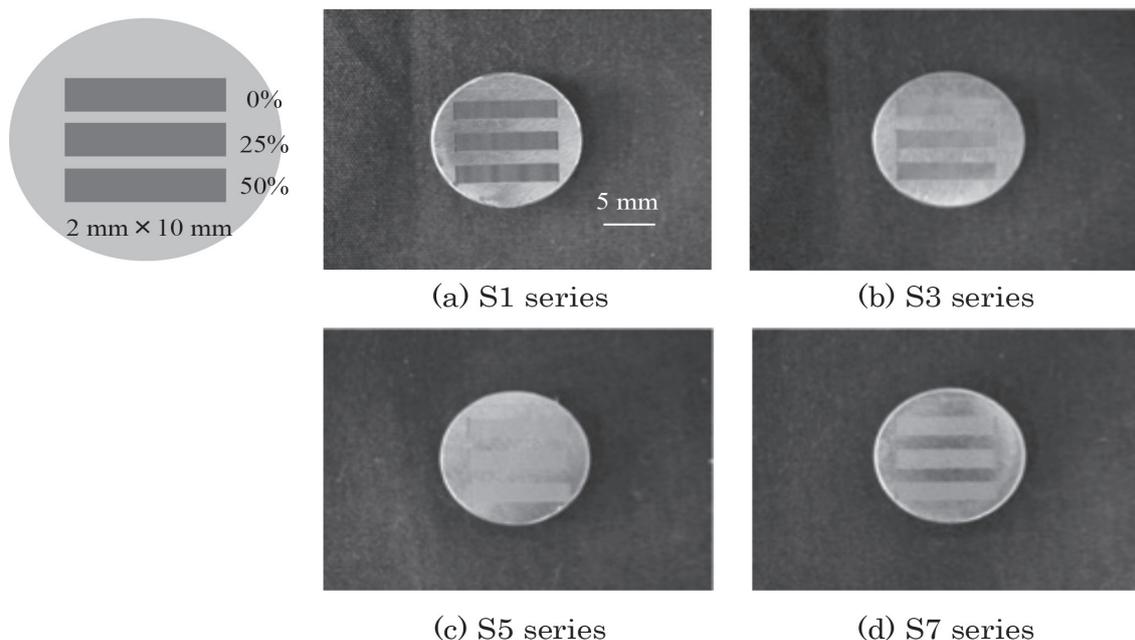


図11 Sシリーズの被処理面のマクロ観察

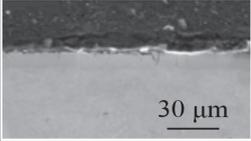
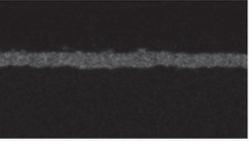
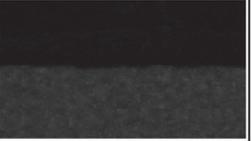
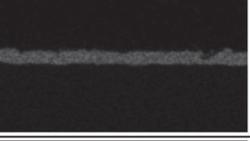
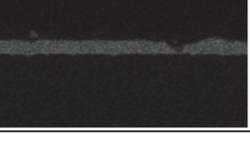
	SEM	Cr	Fe	Al
50%				
25%				
0%				

図 12 断面表面近傍の分析(S7 シリーズ)

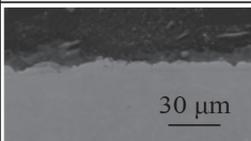
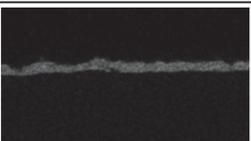
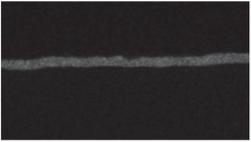
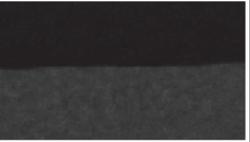
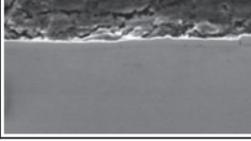
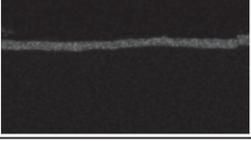
	SEM	Cr	Fe	Al
50%				
25%				
0%				

図 13 断面表面近傍の分析(S5 シリーズ)

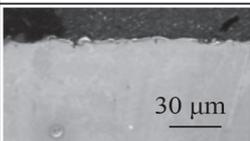
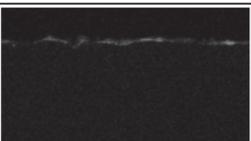
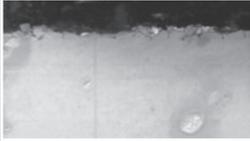
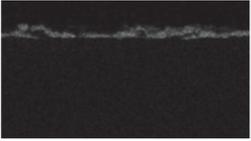
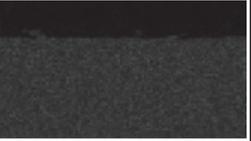
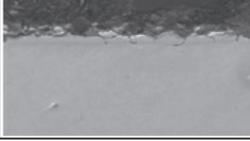
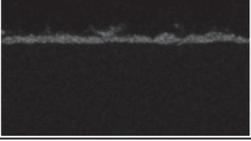
	SEM	Cr	Fe	Al
50%				
25%				
0%				

図 14 断面表面近傍の分析(S3 シリーズ)

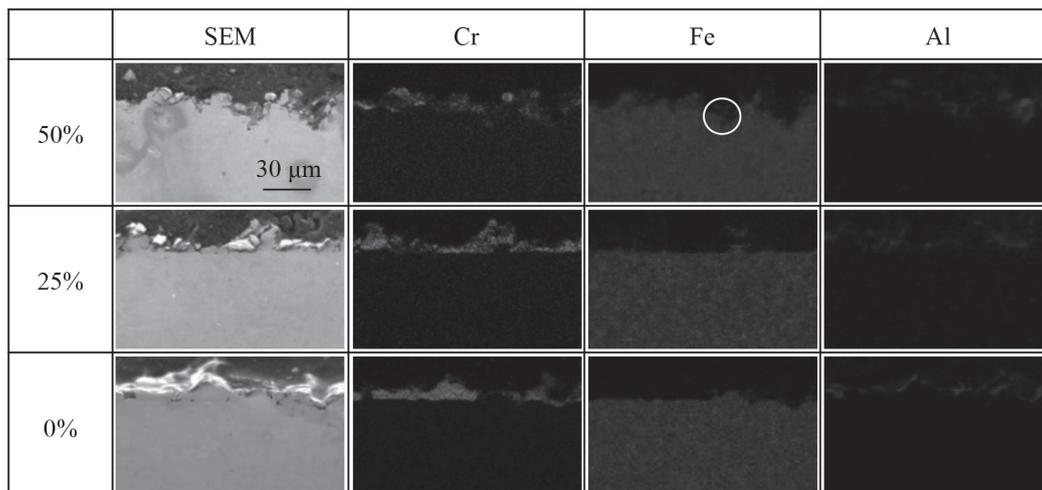


図 15 断面表面近傍の分析(S1 シリーズ)

オーバーラップ率によってめっき層の厚さが大きく変化しないことが明らかになった。また、オーバーラップ率が25%と0%の場合、表面の一部が谷のような形状を形成している。これは、レーザのエネルギー密度が最大の箇所で照射された箇所である可能性がある。ただし、このような箇所はほとんど見受けられない。

図 13 に S5 series の結果を示す。SEM 画像では、オーバーラップ率が0%、25%、50%と上昇するのに伴い、めっき層最表面が粗くなっていることがわかる。デフォーカスが0.7mmの場合、被処理面の粗さには差が認められなかった。したがって、デフォーカスが0.5mmの場合、被処理面にレーザの影響が現れ始めることが明らかになった。Cr 元素に着目すると、S7 series と同様に全てのシリーズでめっき層が残っていることが確認できる。全てのシリーズでめっき層の厚さは7.2  $\mu\text{m}$  程であり、オーバーラップ率の変化に応じてめっき層の厚さに変化は生じなかった。また、S7 series と比較してめっき層の厚さが2  $\mu\text{m}$  程度薄くなっていることがわかる。これらのことから、処理条件であるデフォーカスとオーバーラップ率もしくは走査間隔(オーバーラップ率は走査間隔に依存)では、デフォーカスの方が被処理面に与える影響が大きいことが明らかになった。

図 14 に S3 series の結果を示す。SEM 画像に着目すると、S7 series や S5 series よりも最表面はかなり粗い面が形成されていることがわかる。オーバーラップ率が0%と50%の被処理面の粗さを比較すると、50%の方が最表面の粗さが小さいことが確認できる。本来、レーザが2回照射されるオーバーラップ率50%の方が、被処理面が粗くなるはずである。この原因として、一度レーザが照射された後の被処理面には凹凸状の改質層が形成されるといふこと、さらに、二度目のレーザ照射で凸形状部分の被処理材が消失してしまうということが考えられる。Cr 元素に着目すると、オーバーラップ率が0%、25%、50%と上昇するのに伴い、めっき層が薄くなっているものの消失していないことが確認できる。また、前項における D 0.3 series の断面観察ではめっき層が消失していたことを確認した。このときのオーバーラップ率は60%である。このことから、デフォーカスが0.3mmの場合、オーバーラップ率が50%~60%の間でめっき層が消失してしまう可能性が考えられる。

図 15 に S1 series の結果を示す。SEM 画像から、最表面が非常に粗い改質層が形成されていることがわかる。Cr 元素に注目すると、オーバーラップ率が25%および0%の場合、めっき層と基材の境界がはっきり確認可能な箇所が存在する。一方で、オーバーラップ率

が50%の場合、めっき層と基材の境界をはっきり確認することはできない。そこで、オーバーラップ率が50%のFe元素やAl元素に着目した。Fe元素において白丸で示す箇所は、検出強度が低いことがわかる。この箇所のCr元素やAl元素は、検出強度が弱いものの、どちらの元素もピークが検出されていることがわかる。したがって、Cr元素、Fe元素、Al元素が混合している改質層が存在していることが明らかになった。

そこで次に、S7 series, S5 series, S3 series, S1 series の断面観察を実施した。その結果、S1 series においてオーバーラップ率が50%の時、被処理面はCr元素、Fe元素、Al元素が混合している改質層を形成することが明らかになった。また、S3 series において、デフォーカスが0.3mmの場合、50%~60%の間でめっき層が消失してしまう可能性が示唆された。

#### 4. おわりに

本研究では、硝酸アルミニウム水溶液に浸漬させたCrめっきSCM420鋼に対して湿式レーザーアロイング処理を実施し、デフォーカスが改質層に及ぼす影響およびデフォーカスとオーバーラップ率が改質層に及ぼす影響について検討を加えた。

デフォーカスが改質層に及ぼす影響を調べたところ、湿式レーザーアロイング処理によってAl元素とCr元素を混合する改質層とCr元素とFe元素を混合する改質層を形成することが明らかになった。また、この処理はレーザーの照射エネルギーの大きさに伴ってめっき層を消失させることを明らかにした。

デフォーカスとオーバーラップ率が改質層に及ぼす影響を調査したところ、デフォーカスが0.1mmかつオーバーラップ率が50%の場合、Cr元素、Fe元素、Al元素が混合している改質層が存在していることが明らかになった。

今後はこの改質層の機械的特性や耐摩耗性などの評価が必要と考えている。