

芝浦工業大学

私立大学研究ブランディング事業

アーバン・エコ・モビリティ研究拠点の形成

高機能性材料領域

**レーザー照射による接着力の向上**

**(レーザーを利用した表面加工)**

機械工学科 松尾繁樹

※本発表の内容は、主に美馬遼太郎氏（機械工学専攻2020年度修了）による成果です

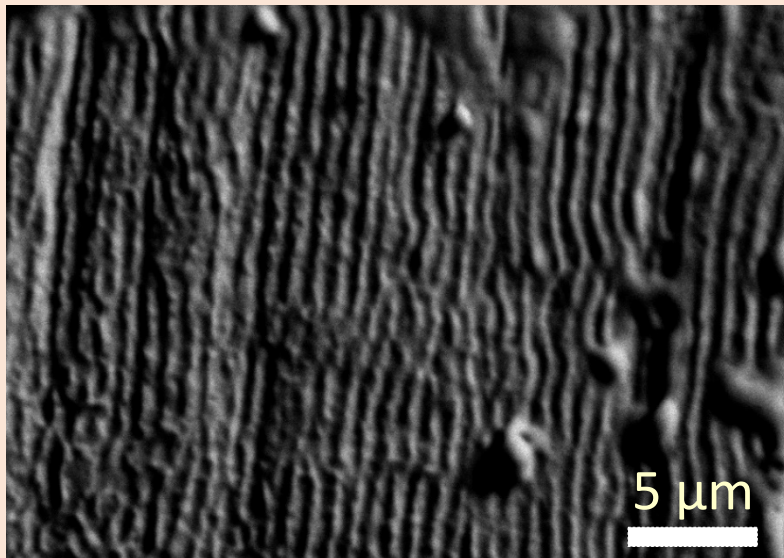
レーザーによる表面加工によって  
固体材料表面に機能性を付与する

取り組んだこと

- **接着力向上**
- 表面形状が変化する（レーザー誘起表面周期構造が形成される）過程の観測

# レーザー誘起表面周期構造

- 弱い直線偏光レーザーパルスの照射によって生じる縞状の凹凸構造
- 周期～数百ナノメートル
- 応用：摩擦低減，着色，濡れ性の制御，抗菌
- 生成メカニズム：未解明

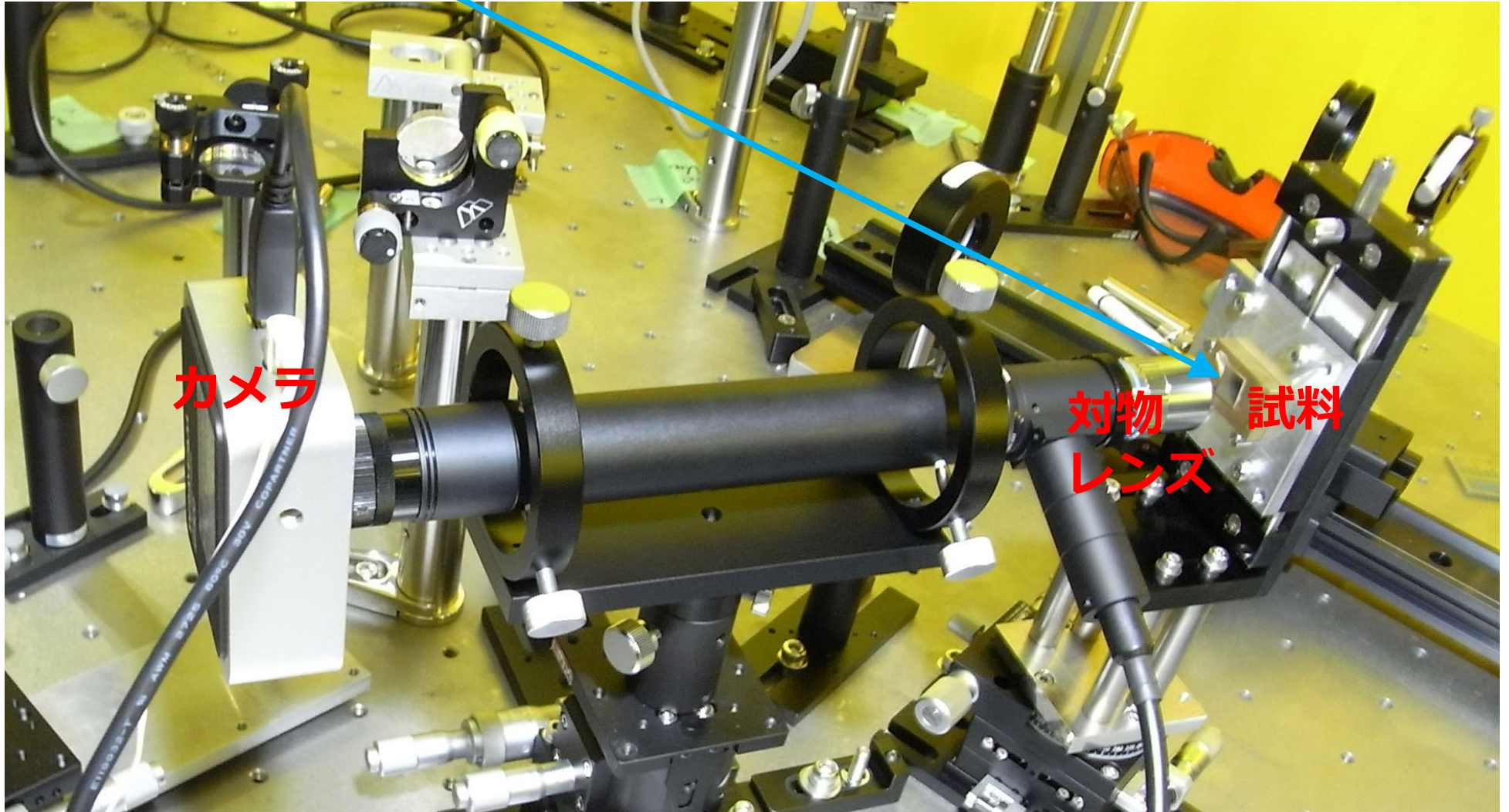


銅基板に作製したレーザー誘起表面周期構造



レーザー誘起表面周期構造による構造色

レーザー

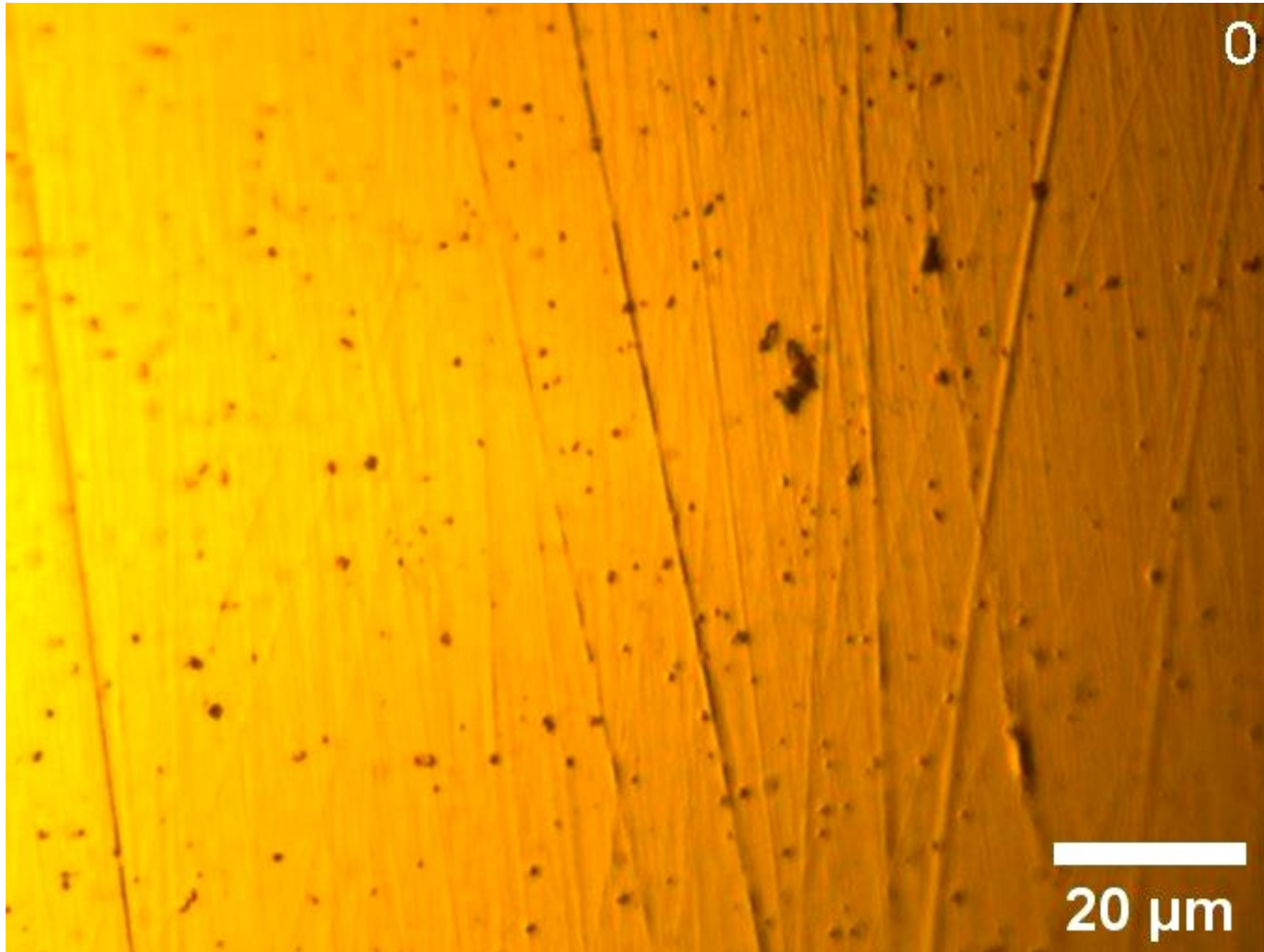
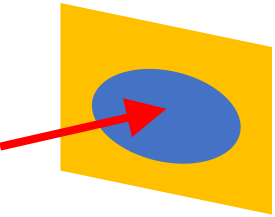


われわれのアプローチ：レーザーパルス照射ごとの形状変化から、  
形成メカニズムを解明する

⇒ 光学的・自動的に観察・記録する装置を構築した

# Result (movie)

0発から  
151発



30 μJ/pulse

5 frame/s

表面形状をレーザー照射毎に自動的に記録（その後、動画化）

# 結論

- レーザー誘起表面周期構造が形成されていく過程の光学的観察が可能
    - 形成メカニズムの解明, 最適構造を得られる条件の探索に役立つ
-

# レーザー照射による接着接合力の向上

- **接着接合**のメリット

- 任意の材料を高比強度で接合可能
- 航空産業を代表とする様々な分野で利用
- 事前に接着部の表面処理が必要

- 接着前には**表面処理**を行う

- 多孔度上昇, 不純物除去, 接着材との親和性向上が目的
- 安全性やプロセスの多さが問題
  - 酸洗処理や脱脂脱水に強酸や強塩基を使用

接着接合のための  
安全かつ低プロセスな基板表面処理が必要

⇒レーザー照射による表面加工に注目

# レーザー照射による加工

レーザー加工は

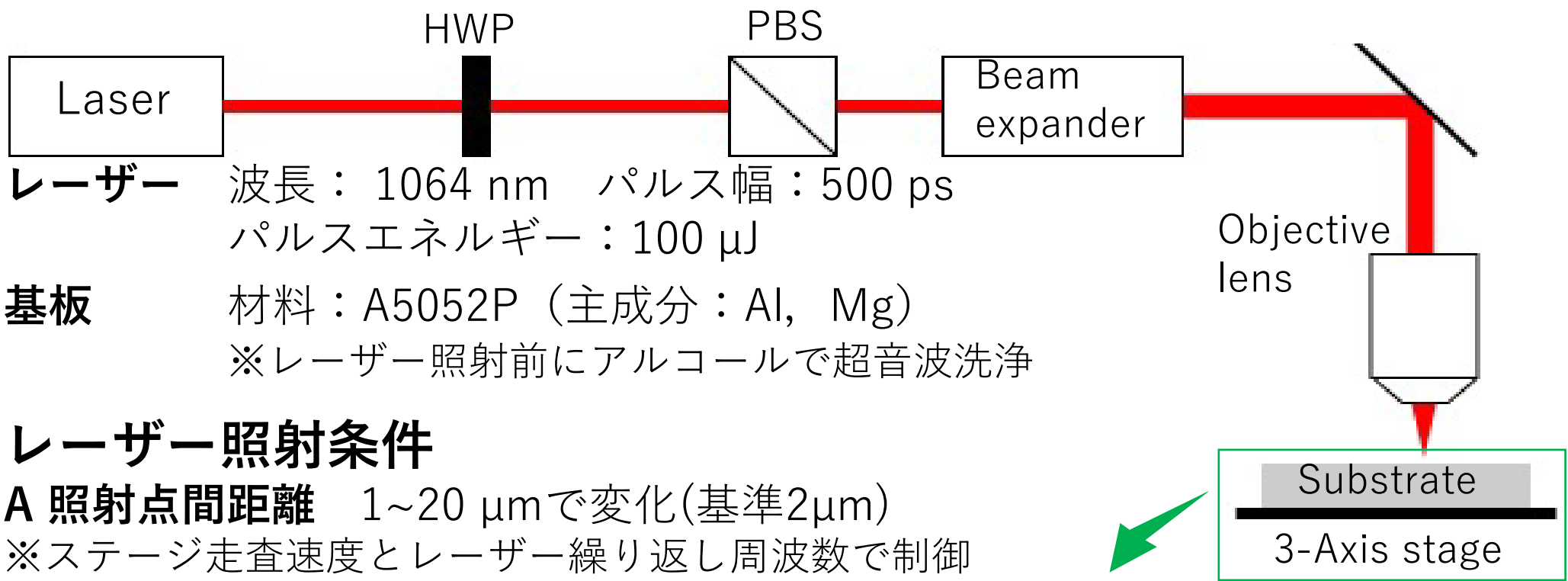
- 局所的に加工できる
- クリーンなプロセス, 大気中加工が可能
- 反力がない
  
- 多孔度上昇, 不純物除去, 接着材との親和性向上を同時に実現可能？

## 【研究目的】

**基板表面へのレーザー照射による加工で  
基板の接着強さを向上させる**



# ①レーザー照射



## レーザー照射条件

**A 照射点間距離** 1~20  $\mu$ mで変化(基準2 $\mu$ m)

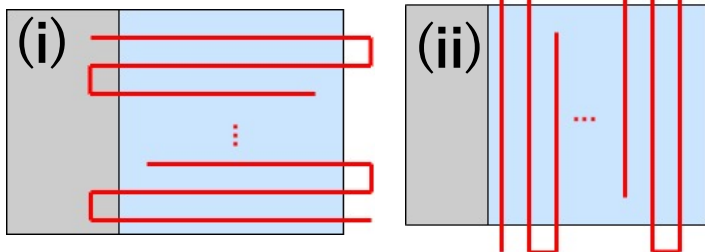
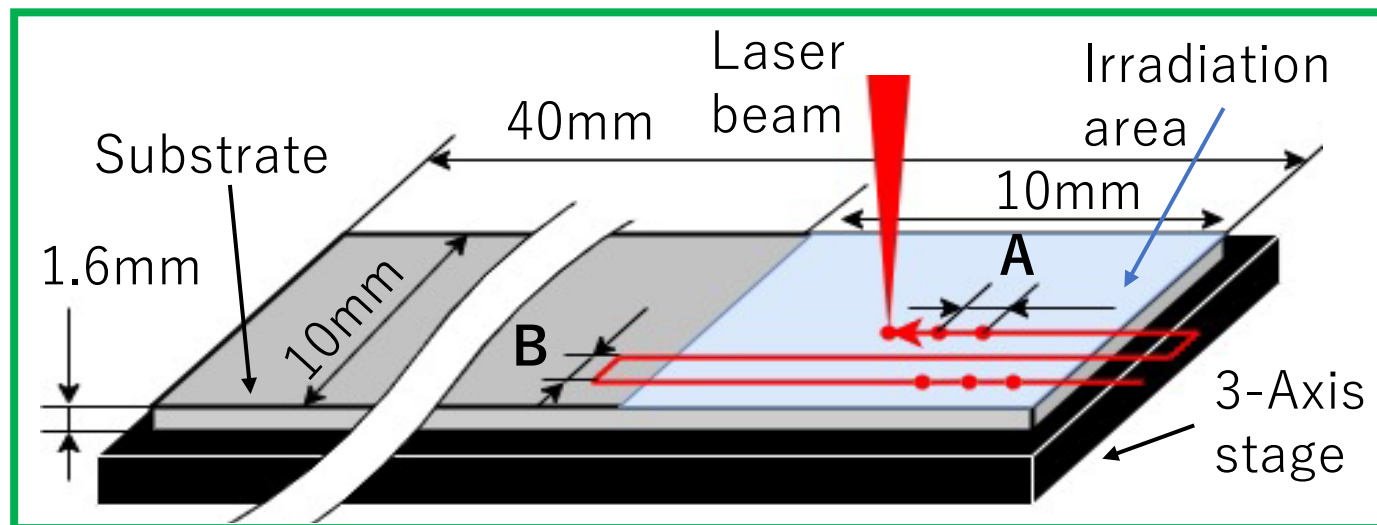
※ステージ走査速度とレーザー繰り返し周波数で制御

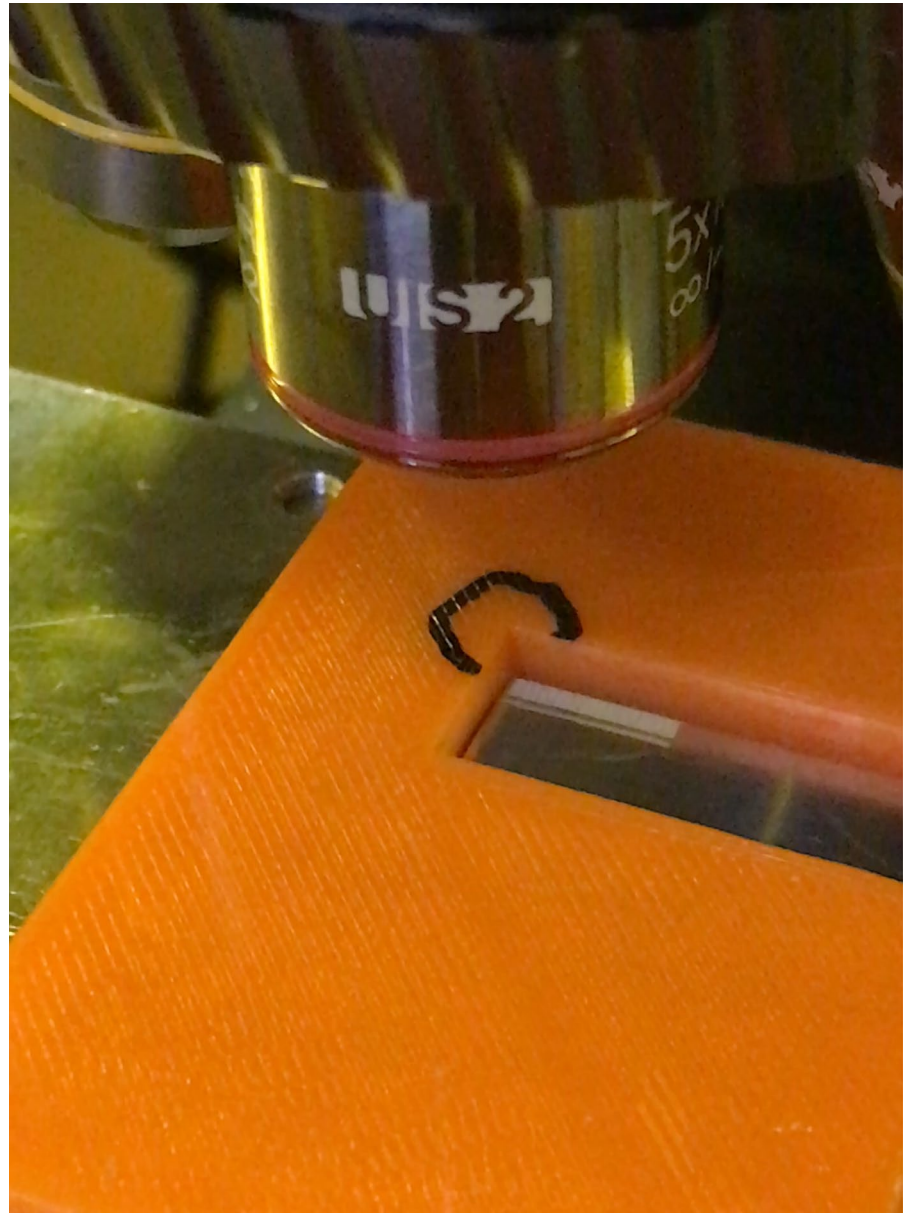
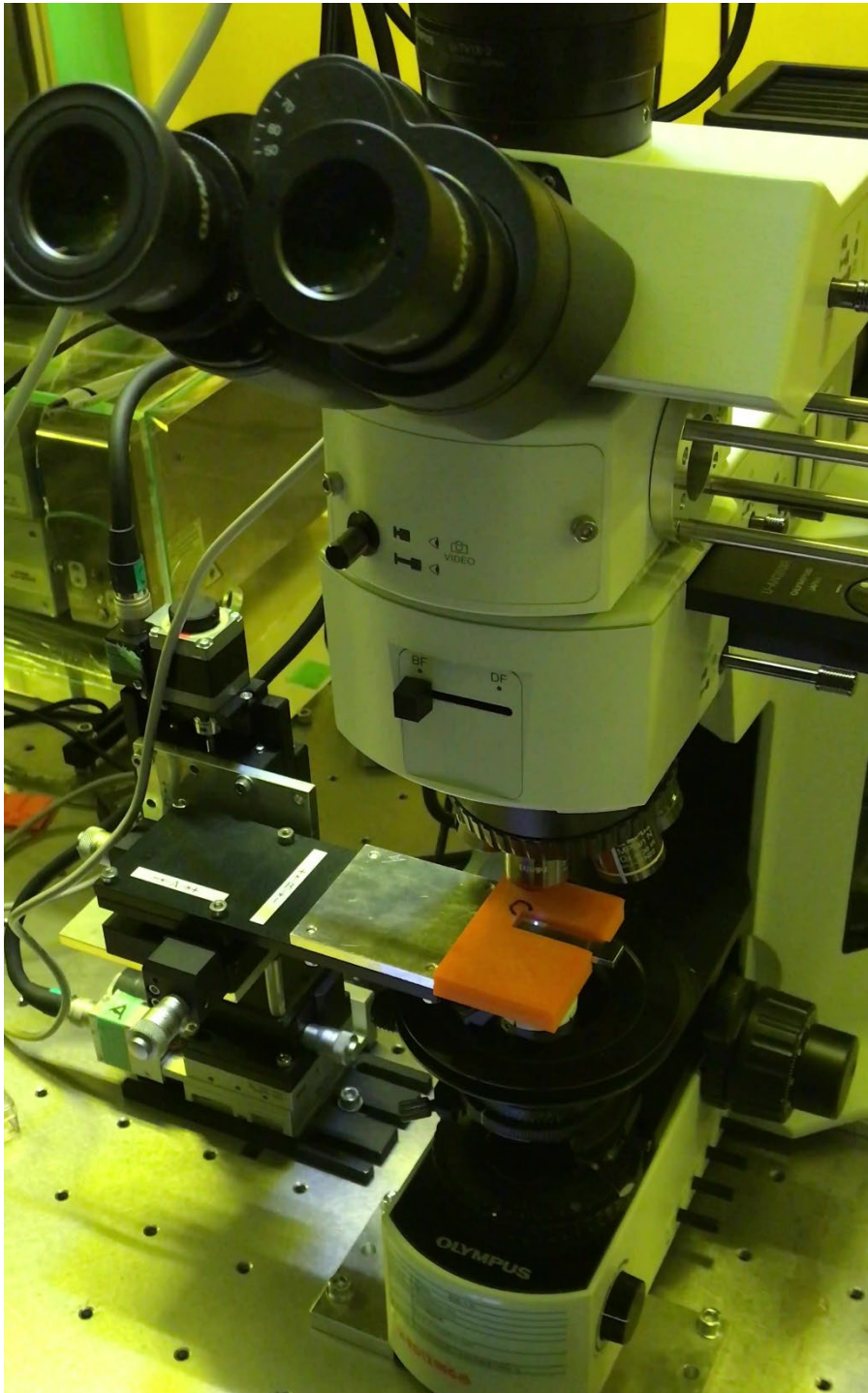
**B 照射行路間距離**

20 $\mu$ m, 40 $\mu$ m(基準), 80 $\mu$ m

**C 照射行路の往復方向**

(i),(ii)のいずれか

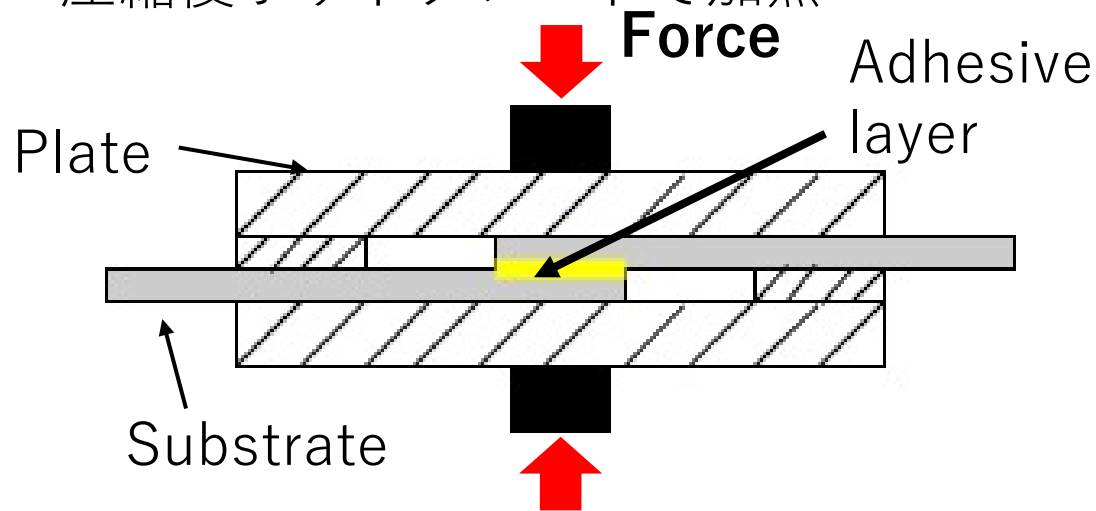




## ②接着, ③引張試験

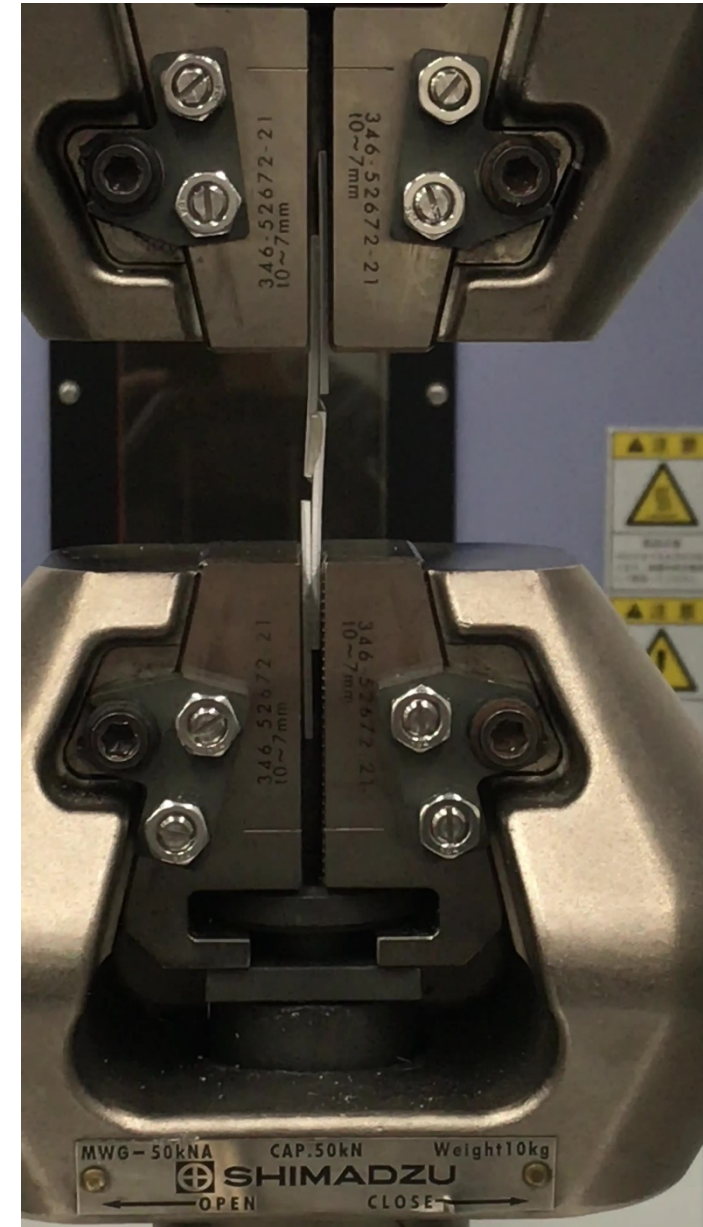
### 接着

- 2液混合型エポキシ接着剤を使用
- 同じ条件でレーザー照射した基板同士を接着
- 接着剤塗布後, 圧縮試験機で1時間圧縮
- 圧縮試験機と基板の間に当て板を挿入
- 圧縮後ホットプレートで加熱

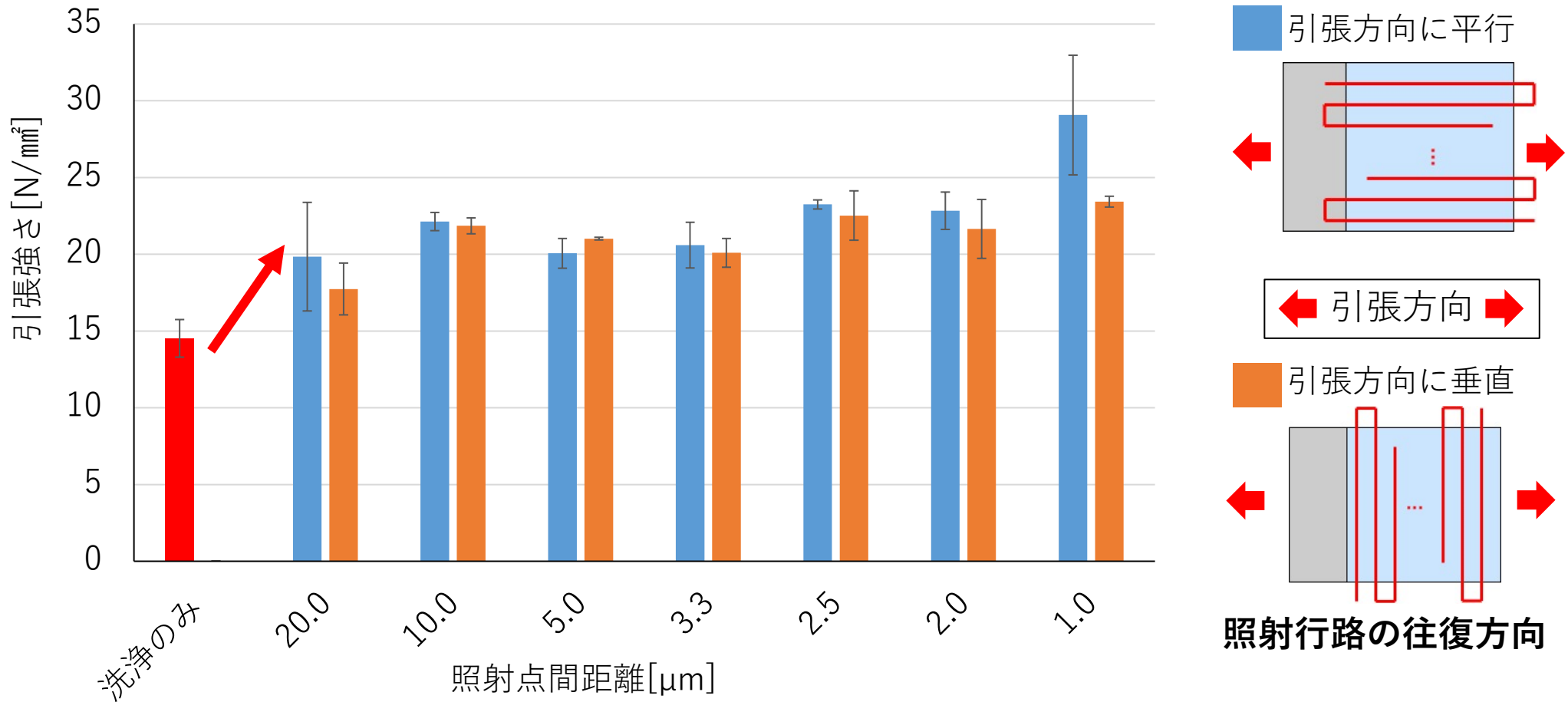


### 引張試験

- 引張せん断接着強さ (以下接着強さ) を測定
- 接着層に平行に力がかかるように当て板を挿入

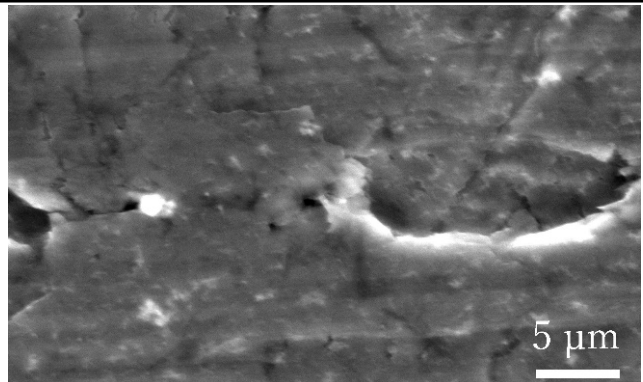
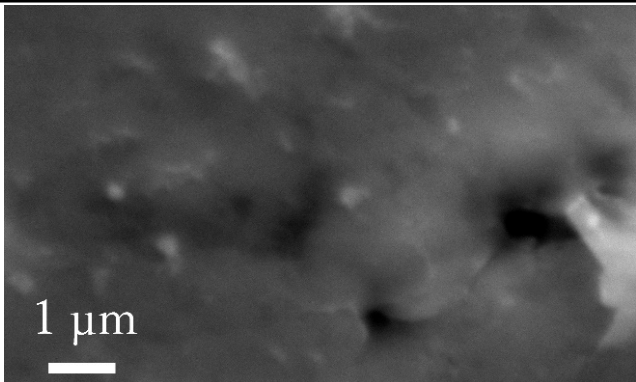
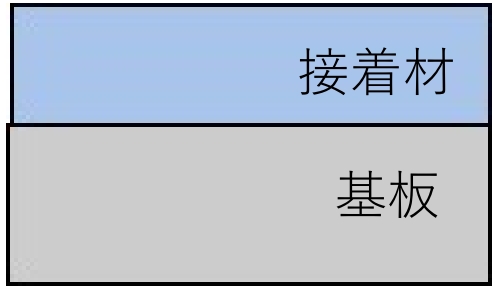
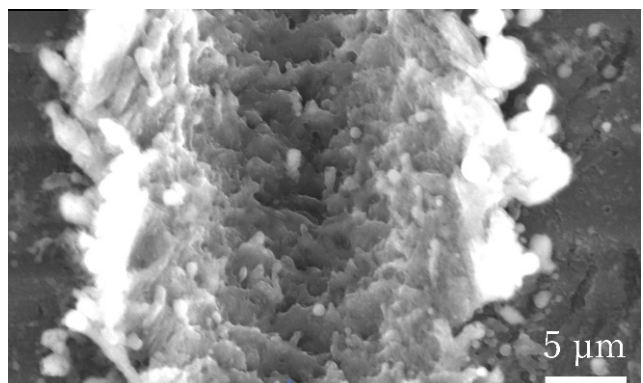
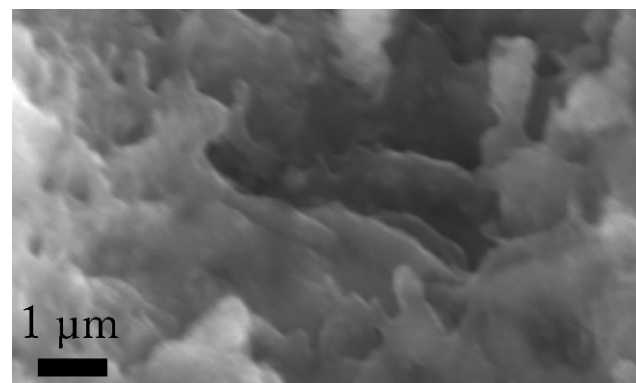
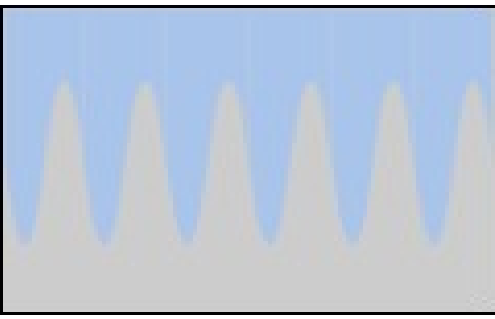


# レーザー照射による接着強さの結果



- いずれの照射点間距離でも超音波洗浄のみ（赤棒）と比べ、**基板へのレーザー照射により接着強さが30~40%程度向上**
- 照射行路の往復方向，照射点間距離を変えてもほぼ同等の接着強さ
- 両面への照射が必要

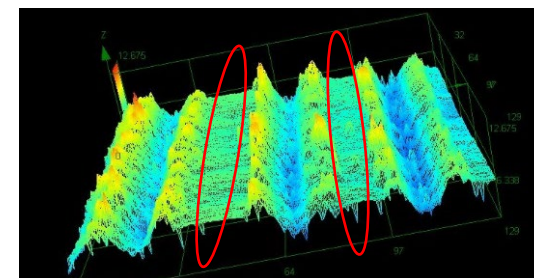
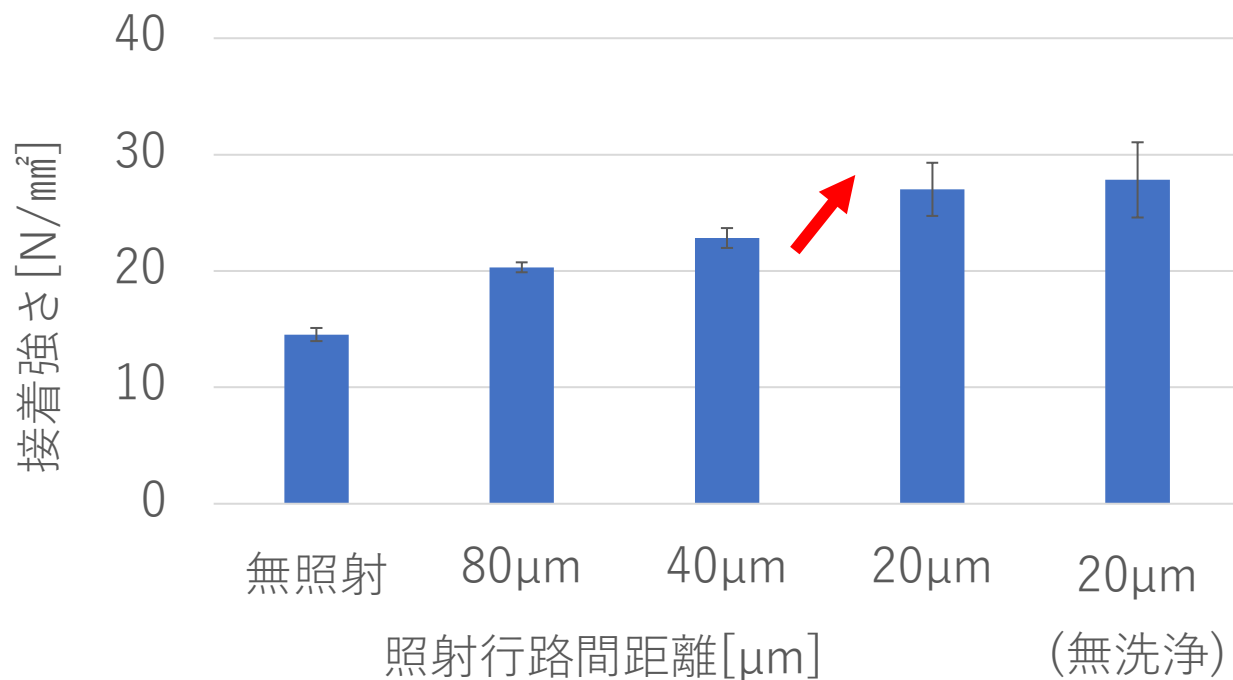
# 表面形状と接着強さ

|        |    | 低倍率 (3000倍)  | 高倍率 (10000倍)  | モデル図   |
|--------|----|--|---|--|
| レーザー照射 | なし |   |   |   |
|        | あり |  |  |  |

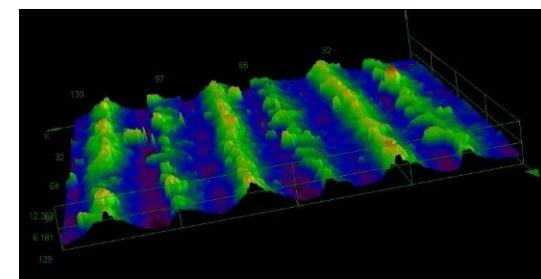
照射点間距離に依存して溝は深くなったが、  
引張強さへの影響は小さかった

⇒溝 (幅 $\sim 25 \mu\text{m}$ ) ではなく、もっと微細な凹凸が  
接着力向上に寄与している

# 照射行路間距離と接着強さ



照射行路間距離40.0 $\mu\text{m}$



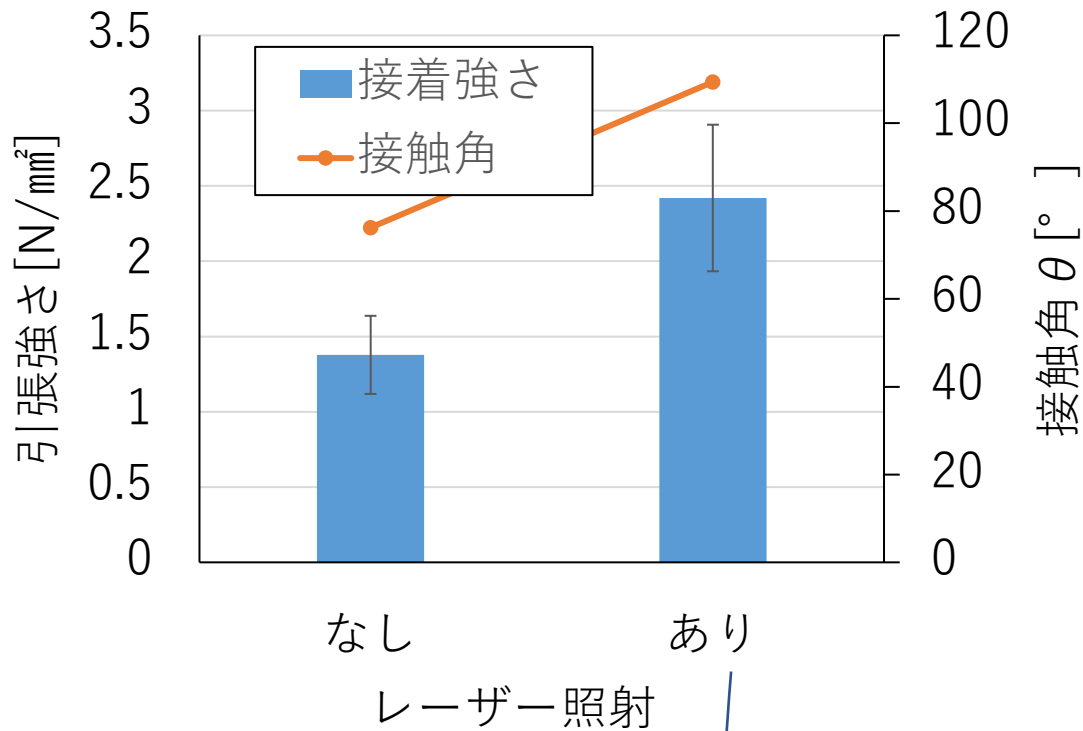
照射行路間距離20.0 $\mu\text{m}$

※いずれも照射点間距離2.0 $\mu\text{m}$

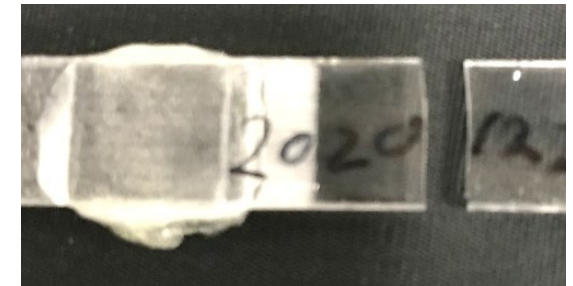
- 照射溝幅が20~25 $\mu\text{m}$ なので、照射行路間距離20 $\mu\text{m}$ でレーザー照射部全域が完全にレーザー照射される
  - 照射行路間距離が短くなるほど接着強さが向上
  - 照射行路間距離20 $\mu\text{m}$ では、超音波洗淨の有無に関わらず同程度の接着強さ
- ⇒洗淨プロセスがレーザー照射で代替可能

# アクリルでも接着力が向上

- レーザー加工機を用いて溝加工（レーザーパワー 3W）
- 基板厚さ 1mm
- 2液混合型エポキシ接着剤（アクリル用接着剤ではない）



引張試験により母材が破壊



# 結論

- **基板表面へのレーザー照射により接着強さが向上**
  - アルミニウムでは、超音波洗浄のみと比較し30~40%向上
  - 照射領域全体にレーザー照射を施した場合、超音波洗浄の有無によらず接着強さが同程度向上
- 接着強さ向上の要因：
  - 微細な凹凸によるアンカー効果
  - 汚れ・不純物の除去
- 今後の展望
  - 難接着性の材料（ポリプロピレン、ポリエチレン等）
  - 金属とプラスチックのような異種材料の接着