

# 超精密加工機による機能表面の創成に関する研究

由井 明紀\* 中尾 陽一\* 楠山 純平\*\* 鈴木 浩文\*\*\* 太田 稔\*\*\*\* 滝田 好宏\*\*\*\*\* 榎本 眞三

## Study on machining of functional surfaces by ultra-precision machining

Akinori YUI\* Youichi NAKAO\* Junpei KUSUYAMA\*\* Hirofumi SUZUKI\*\*\* Minoru OTA\*\*\*\* Yoshihiro TAKITA\*\*\*\*\* Shinzo ENOMOTO

### 1. 緒言

由井研究室では、ソーラパネルを海中に設置してパネル温度を低下させることにより、高効率発電に関する研究を継続している。シリコン製ソーラパネルでは、パネル温度が低下すると発電効率が上昇する<sup>1)</sup>。一方、海中には様々な汚損生物が生息しており、ソーラパネルを東京湾に設置すると、図1に示すようにタテジマフジツボがパネル機能面に付着し発電効率が低下させた。

そこで本プロジェクト研究では、パネル表面に微細なテクスチャ加工を施し、物理的にフジツボの付着を抑制することを検討する。ソーラパネル材料として太陽光透過率の高いアクリルを選定し、アクリルパネルに微細テクスチャ構造を転写することでフジツボの付着抑制をすることを本研究の目的とする。本研究では、微細テクスチャ加工を施したアクリルパネルを海に沈める実証実験を行い、フジツボの付着状況を観察することによりテクスチャ加工を評価する。

### 2. 実験方法

図2に示すように、タテジマフジツボはキブリス幼生の段階で触角より接着剤を出して海中の個体に付着する。小茂鳥らはキブリス幼生の寸法を測定し、図3上部に示す寸法値を示している<sup>2)</sup>。そこで、①接着剤を出す触角がテクスチャ溝底まで届かない形状（ピッチ：20 $\mu\text{m}$ 、深さ：10 $\mu\text{m}$ ）、②触角の先端部が溝底に接触しない形状（ピッチ：35 $\mu\text{m}$ 、深さ100 $\mu\text{m}$ ）、③幼生自体が届かない形状のテクスチャ形状（ピッチ：140 $\mu\text{m}$ 、深さ：70 $\mu\text{m}$ ）をアクリルパネルに微細加工する。

まずリニアモータ駆動平面研削盤の砥石軸頭を工具台に改造し、先端角 90° および 20° の先鋭ダイヤモンド工具を固定する。リニアモータ駆動高速テーブルによりアクリルパネル（三菱化学製、アクリライト TMEX）のプレーナ加工を行う。アクリルパネルはテーブル上に設置した工具動力計（キスラー製、Type9257）にボルト締結し、



図1 ソーラパネル機能面に付着したタテジマフジツボ



図2 タテジマフジツボの生態<sup>2)</sup>

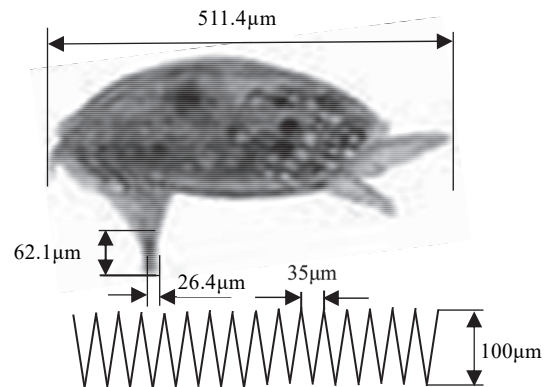


図3 キブリス幼生の寸法<sup>2)</sup>

切削抵抗を常時モニターする。一方方向の加工終了後にアクリルパネルを 90° 回転させて格子縞になるように再加工を行う。

### 2. 実験結果

図4の加工条件で切り込み深さ 2 $\mu\text{m}$ 、切削速度 100m/min で長さ 100mm×幅 100mm のアクリル板に溝加工を施すと、正味加工時間は約 6 時間を要する。また、断続切削加工になるため、工具と工作物の衝突による工具刃先の欠損が懸念される。実際に先端角 20° の工具では、加工中に刃先が欠損してしまった。

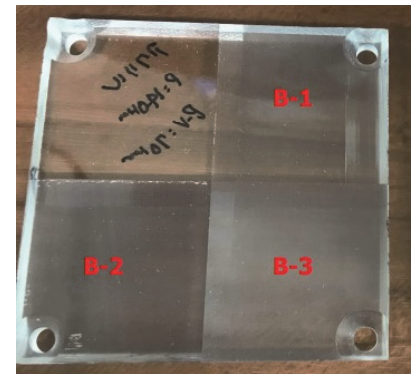


図4 テクスチャ加工したアクリル板（ピッチ 140  $\mu\text{m}$ 、深さ 70  $\mu\text{m}$ 、加工時間 6h）

\*教授 機械工学科

Professor, Dept. of Mechanical Engineering

\*\*特別助教 機械工学科

Assistant Professor, Dept. of Mechanical Engineering

\*\*\*教授 中部大学 機械工学科

Professor, Dept. of Mechanical Engineering, Chubu University

\*\*\*\*名誉教授 京都工芸繊維大学

Emeritus Professor, Kyoto Institute of Technology

\*\*\*\*\*名誉教授 防衛大学校

Emeritus Professor, National Defense Academy

2-1 切削実験

図5に切り込み深さ7μmでプレーナ加工した際の切削速度と法線切削抵抗の関係を示す。切削速度の上昇に伴い、切削抵抗は低下する。これは、金属材料を加工する場合とは異なるため、切削点近傍の温度を測定した結果を図6に示す。切削速度の上昇に伴い、切削点近傍の温度は上昇している。すなわち、温度上昇に伴い切削点が軟化して切削抵抗が低くなったものと考えられる。この現象に関しては、2023年度のプロジェクト研究として継続解明する予定である。

2-2 フジツボ付着実験

図7に①アクリル・ピッチ140μm、深さ70μm、②ポリカーボネート・ピッチ140μm、深さ70μm、③アクリル・ピッチ35μm、深さ100μm、④アクリル・ピッチ20μm、深さ10μmの条件でテクスチャ加工した板を9月に横須賀市走水の水深60mmに沈めて、毎週観察した結果を示す。いずれのパネルも5週間後には完全に海藻に覆われている。そこで、水道水による高圧洗浄を行うと海藻は除去され、フジツボが観察された。ただし、ポリカーボネート板の場合は海藻の吸着力が強く、水道水での完全除去は困難である。

走水海岸のほかインドネシアのバタム島、鹿児島県の奄美黄島、横浜港東神奈川沖においてもフジツボ付着特性に関する実証実験を行ったが、自然界での実証実験において再現性を得るのは困難であった。

3. 実験結果

1. アクリルパネルのプレーナ加工で微細テクスチャを加工したが、正味加工時間が非常に長くなる。
2. アクリル材料の微差加工では、切削速度を高くした方が法線切削抵抗は低くなる。
3. 自然環境下で様々なテクスチャに対するフジツボの付着抑制効果について検証するのは困難である。

4. 今後の方針

2021年よりプロジェクト研究を継続してきたが、機能表面の創生に関する社会的要求はますます増加し、当初の目標には未達である。さらに、新たな課題も生まれてきたため、組織を入れ替えて本プロジェクト研究の延長申請を行った。今後は、下記のテーマについて更に深める予定である。

1. アクリルガラスの微細旋削加工（連続切削）によるアクリル加工特性の研究。
2. 微細金型を利用したアクリルガラスのテクスチャ加工に関する研究。
3. フジツボの付着に関する実験室内での定量評価。

5. 参考文献

[1] A.Yui, S.Narasimal, A.Fitrianingrum, S.Enomoto, Submerged Power Generation using Mono-Crystalline Silicon Solar Panel -Possibility of electric power generation under seawater, euspen's20th International Conference & Exhibition, Geneva, June2020, 77-78 (2020).

[2] 堀内麗子, 小林聖治, 亀山雄高, 水谷正義, 小茂鳥潤, 勝山一朗, タテジマフジツボキブリス幼生の基材選択性と付着に及ぼす微細凹凸表面形状の影響, 材料と環境 58, 8, 302-307 (2009).

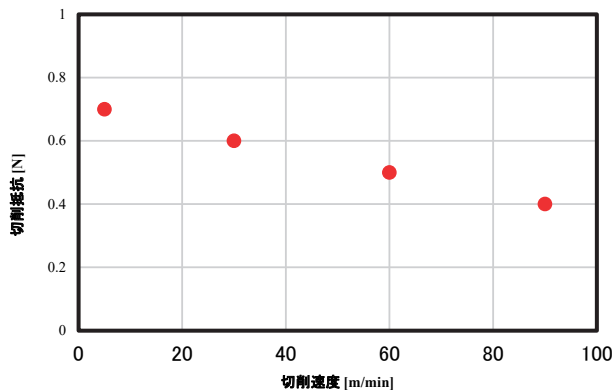


図5 切削速度と法線切削抵抗の関係 (切り込み深さ:7μm)

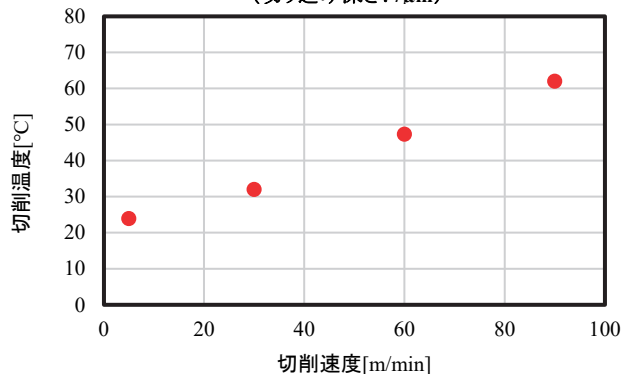
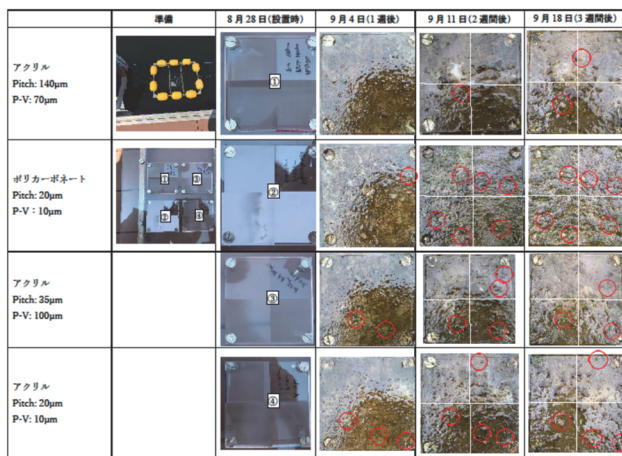


図6 切削速度と切削点近傍温度の関係 (切り込み深さ:7μm)



9月20日(再設置)	9月26日(4週間後)	10月1日(5週間後)	10月1日(洗浄)	評価	考察	
				2(0) 1(1)	5(4) 3(0)	奇麗な溝ができるとフジツボは付きにくい
				6(2)	4(1)	
				3(1) 4(3)	2(1) 7(2)	溝加工深さが不十分のため汚阻効果判断は困難(工具破損)
				4(0) 6(4)	6(0) 5(0)	10μm程度の深さでは汚阻防止効果の判断は困難? ( )は新しい付着数

図7 フジツボ付着状態の観察