

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title            | せん断応力硬化流体による超精密面仕上げ用3自由度研磨工具                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Sub Title        | 3 degree-of-freedom polishing tool for ultra-precision surface finishing with shear stress hardening fluid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Author           | Beaucamp, Anthony                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Publisher        | 慶應義塾大学                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Publication year | 2024                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Jtitle           | 学事振興資金研究成果実績報告書 (2023. )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| JaLC DOI         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Abstract         | <p>このプロジェクトでは、3自由度研磨システムの設計、組み立て、テストを含む目標はすべて達成されました。</p> <p>トポロジー最適化アルゴリズムはPythonで作成されており、アクチュエーターと研磨ヘッドの剛性と動作範囲を指定できました。正確な剛性を確保するために、形状は単一の材料のインゴットからワイヤで切り出されました。次に、研磨ヘッドとトランスデューサを取り付けるための三角プレートとブラケットを製作しました。</p> <p>研磨ヘッドの軸方向 (Z) と半径方向 (XY) の同時動作を可能にするために、コントローラーから3つのトランスデューサーに送信される2つの正弦波状の信号が追加とバイアスされる。機構先端のヒステリシス特性と変位が共焦点クロマティックセンサーで測定されました。軸方向に4<math>\mu</math>m/Vの滑らかな正弦波状の変位が見られた。</p> <p>半径方向については5<math>\mu</math>m/Vのシーソー関数に似ていますが、ベースラインとしては十分である (フィードバックループの改善は将来調査されます)。注目すべきは、軸方向と半径方向の間のクロストークがほとんどないことです。</p> <p>ニッケルメッキされた平らなサンプルをダイヤモンド旋削によって準備し、初期表面粗さを測定したところ、0.24nm Raであった。次に、#30,000のアルミナ粒子を40g/Lの濃度で混合した50重量%濃度のせん断応力硬化スラリーを供給しながら、ワークピースを100RPMで5分回転させることにより、表面の溝を研磨した。1自由度と3自由度の条件で研磨されました。両方の場合、約10nmの材料除去深さが達成された。以前の文献で報告された結果と同じで、1-DoF研磨後の表面にはかすかな切断線がまだ残っていますし、高密度のピットも注目され、表面粗さが0.51nm Raまで大幅に増加します。比較すると、3-DoF研磨後の切断線は表面から完全に除去されました。初期の表面状態と比較すると、表面のピッチングは増加しておらず、表面粗さは0.37nm Raでした。</p> <p>For this project, all goals were achieved, including the design, assembly, and testing of a 3-degree-of-freedom polishing system.</p> <p>A topology optimization algorithm was created in Python, allowing the stiffness and operating range of the actuators and polishing head to be specified. To ensure accurate stiffness, the geometry was wire cut from a single ingot of material. Next, a triangular plate and bracket were fabricated to mount the transducers and polishing head.</p> <p>To allow simultaneous axial (Z) and radial (XY) motion of the polishing head, two sinusoidal signals were added and biased from the controller to each of the 3 transducers. Hysteresis characteristics and displacement of the mechanism tip were measured with a confocal chromatic sensor. A smooth sinusoidal displacement of 4 <math>\mu</math>m/V was observed in the axial direction. For the radial direction, the displacement of 5 <math>\mu</math>m/V resembled a seesaw function, but that is sufficient as a baseline (improvement of the feedback loop will be investigated in the future). Notably, there is very little crosstalk between the axial and radial directions.</p> <p>A nickel-plated flat sample was prepared by diamond turning and the initial surface roughness was measured to be 0.24 nm Ra. The cutting grooves were then polished by rotating the workpiece at 100 RPM for 5 minutes while feeding a 50 wt% concentration shear stress hardening slurry mixed with #30,000 alumina particles at a concentration of 40 g/L. The workpiece was polished under 1 DOF and 3 DOF conditions. In both cases, a material removal depth of approximately 10 nm was achieved. Consistent with results reported in previous literature, faint cutting lines still remain on the surface after 1-DoF polishing and dense pits are also noted, which significantly increase the surface roughness to 0.51 nm Ra. By comparison, after 3-DoF polishing the cut lines have been completely removed from the surface. Compared to the initial surface condition, there was no increase in surface pitting and the final surface roughness was 0.37 nm Ra.</p> |
| Notes            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Genre            | Research Paper                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| URL              | <a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2023000010-20230200">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2023000010-20230200</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

2023年度 学事振興資金（個人研究）研究成果実績報告書

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                    |           |                                                   |                   |                          |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------|-------------------|--------------------------|-----------------|
| 研究代表者                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 所属                                                                                                 | 理工学部      | 職名                                                | 准教授               | 補助額                      | 1,000千円<br>(特A) |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 氏名                                                                                                 | ブカン アントニー | 氏名(英語)                                            | Beaucamp, Anthony |                          |                 |
| 研究課題(日本語)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                    |           |                                                   |                   |                          |                 |
| せん断応力硬化流体による超精密面仕上げ用3自由度研磨工具                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                    |           |                                                   |                   |                          |                 |
| 研究課題(英訳)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                    |           |                                                   |                   |                          |                 |
| 3 degree-of-freedom polishing tool for ultra-precision surface finishing with shear stress hardening fluid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                    |           |                                                   |                   |                          |                 |
| 1. 研究成果実績の概要                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                    |           |                                                   |                   |                          |                 |
| <p>このプロジェクトでは、3 自由度研磨システムの設計、組み立て、テストを含む目標はすべて達成されました。トポロジー最適化アルゴリズムは Python で作成されており、アクチュエーターと研磨ヘッドの剛性と動作範囲を指定できました。正確な剛性を確保するために、形状は単一の材料のインゴットからワイヤで切り出されました。次に、研磨ヘッドとトランスデューサを取り付けるための三角プレートとブラケットを製作しました。</p> <p>研磨ヘッドの軸方向 (Z)と半径方向 (XY) の同時動作を可能にするために、コントローラーから3つのトランスデューサーに送信される2つの正弦波状の信号が追加とバイアスされる。機構先端のヒステリシス特性と変位が共焦点クロマティックセンサーで測定されました。軸方向に 4 μm/V の滑らかな正弦波状の変位が見られた。半径方向については 5 μm/V のシーソー関数に似ていますが、ベースラインとしては十分である(フィードバックループの改善は将来調査されます)。注目すべきは、軸方向と半径方向の間のクロストークがほとんどないことです。</p> <p>ニッケルメッキされた平らなサンプルをダイヤモンド旋削によって準備し、初期表面粗さを測定したところ、0.24nm Ra であった。次に、#30,000 のアルミナ粒子を 40g/L の濃度で混合した50重量%濃度のせん断応力硬化スラリーを供給しながら、ワークピースを 100 RPM で5分回転させることにより、表面の溝を研磨した。1 自由度と3 自由度の条件で研磨されました。両方の場合、約10nmの材料除去深さが達成された。以前の文献で報告された結果と同じで、1-DoF 研磨後の表面にはかすかな切断線がまだ残っていますし、高密度のピットも注目され、表面粗さが 0.51nm Ra まで大幅に増加します。比較すると、3-DoF 研磨後の切断線は表面から完全に除去されました。初期の表面状態と比較すると、表面のピッチングは増加しておらず、表面粗さは 0.37nm Ra でした。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                    |           |                                                   |                   |                          |                 |
| 2. 研究成果実績の概要(英訳)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                    |           |                                                   |                   |                          |                 |
| <p>For this project, all goals were achieved, including the design, assembly, and testing of a 3-degree-of-freedom polishing system.</p> <p>A topology optimization algorithm was created in Python, allowing the stiffness and operating range of the actuators and polishing head to be specified. To ensure accurate stiffness, the geometry was wire cut from a single ingot of material. Next, a triangular plate and bracket were fabricated to mount the transducers and polishing head.</p> <p>To allow simultaneous axial (Z) and radial (XY) motion of the polishing head, two sinusoidal signals were added and biased from the controller to each of the 3 transducers. Hysteresis characteristics and displacement of the mechanism tip were measured with a confocal chromatic sensor. A smooth sinusoidal displacement of 4 μm/V was observed in the axial direction. For the radial direction, the displacement of 5 μm/V resembled a seesaw function, but that is sufficient as a baseline (improvement of the feedback loop will be investigated in the future). Notably, there is very little crosstalk between the axial and radial directions.</p> <p>A nickel-plated flat sample was prepared by diamond turning and the initial surface roughness was measured to be 0.24 nm Ra. The cutting grooves were then polished by rotating the workpiece at 100 RPM for 5 minutes while feeding a 50 wt% concentration shear stress hardening slurry mixed with #30,000 alumina particles at a concentration of 40 g/L. The workpiece was polished under 1 DOF and 3 DOF conditions. In both cases, a material removal depth of approximately 10 nm was achieved. Consistent with results reported in previous literature, faint cutting lines still remain on the surface after 1-DoF polishing and dense pits are also noted, which significantly increase the surface roughness to 0.51 nm Ra. By comparison, after 3-DoF polishing the cut lines have been completely removed from the surface. Compared to the initial surface condition, there was no increase in surface pitting and the final surface roughness was 0.37 nm Ra.</p> |                                                                                                    |           |                                                   |                   |                          |                 |
| 3. 本研究課題に関する発表                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                    |           |                                                   |                   |                          |                 |
| 発表者氏名<br>(著者・講演者)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 発表課題名<br>(著書名・演題)                                                                                  |           | 発表学術誌名<br>(著書発行所・講演学会)                            |                   | 学術誌発行年月<br>(著書発行年月・講演年月) |                 |
| Umezawa Airi, Pratap Ashwani, Beaucamp Anthony・Umezawa Airi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Development of a 3-DOF Topology-Optimized Compliant Mechanism for Shear-Thickening Fluid Polishing |           | International Conference on Precision Engineering |                   | 2024年10月24               |                 |