

光学ガラスの超精密研削加工

研究背景

光学ガラスレンズとは？

- 高い耐久性・化学的安定性
- 優れた光学特性



超精密研削加工機



現在の大口径光学レンズ製造の問題点

- 形状を重視しクラックを許容した短時間研削加工
 - クラックや研削痕を除去する長時間研磨加工
- 形状精度の低下
生産効率の低下

“研磨作用の援用”と“インプロセス加工監視”によって研削性能の向上を図る

化学作用援用研削の開発

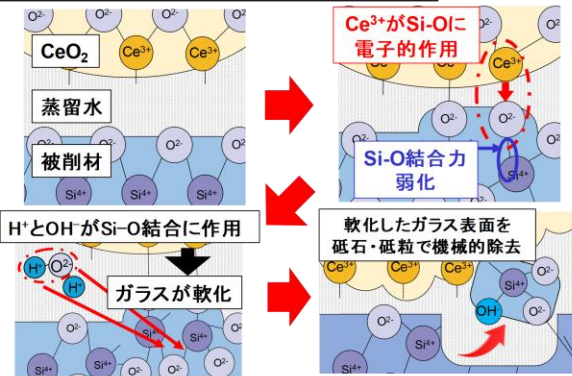
・提案手法

研削液に化学作用を持つスラリーを用いることで、化学反応を援用した研削加工を開発

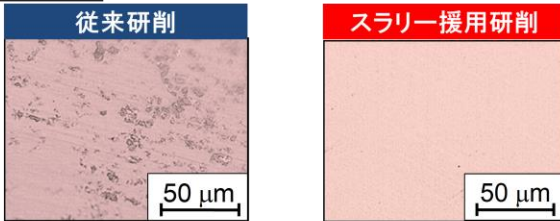


研削痕やクラックを除去する化学作用援用研削加工

・化学的研磨作用の援用原理



・加工結果



クラック、研削痕が無い加工面を短時間で達成

	従来研削		化学作用援用研削
加工時間	3時間	50分	50分
研削痕	有り	有り	無し
表面粗さ	5 nm	60 nm	2 nm

加工効率が3倍、表面粗さが97%改善

クラック検知技術の開発

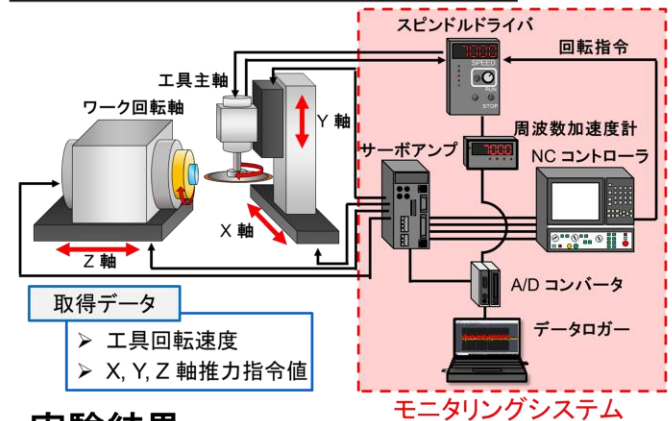
・インプロセスクラック検知技術

不良品を防ぐことで製造効率の向上が期待

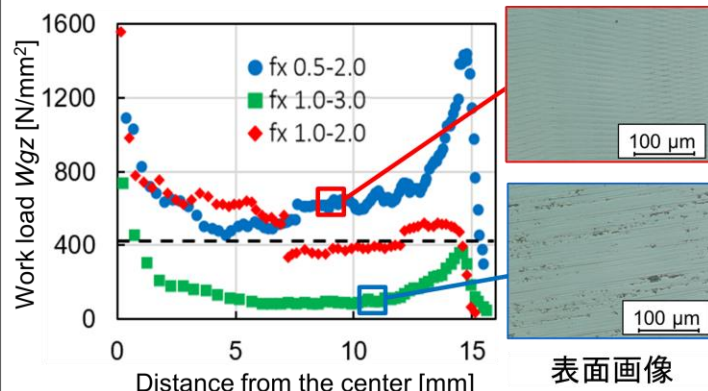
課題

- ✓インプロセスモニタリング手法の開発
- ✓クラック発生条件の解明

・加工状態モニタリングシステム



・実験結果



各軸モータ電流から単位時間および単位体積あたりの仕事量に注目

インプロセスクラック発生検知が可能

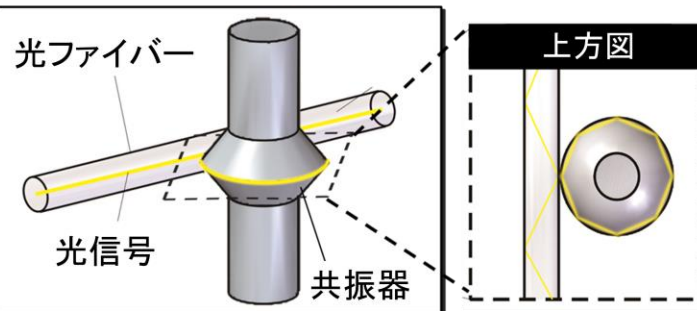


超精密加工と智能化加工システム

-単結晶蛍石の超精密加工と微小光共振器開発-

単結晶蛍石の微小光共振器

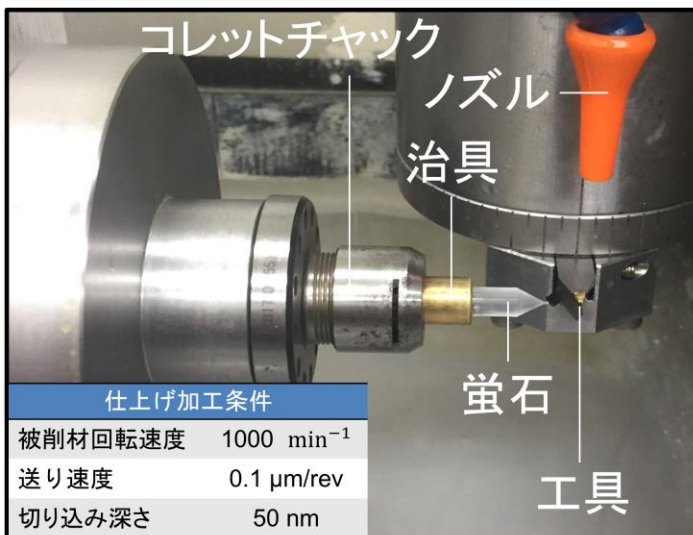
光を一定時間・一定の場所に捕捉する機能を持つ**微小光共振器**が様々な分野で注目。優れた光学特性を誇る**単結晶蛍石**が材料として理想。



- ・結晶異方性
 - ・硬脆材料
- ⇒ **超精密切削加工**での形状創成の後、**手作業による研磨**を行う
- ・再現性の低下
 - ・形状精度の低下

⇒ **超精密切削加工 + 制御可能な研磨加工技術**が求められる

単結晶蛍石の微小光共振器作製



仕上げ加工条件	
被削材回転速度	1000 min ⁻¹
送り速度	0.1 μm/rev
切り込み深さ	50 nm

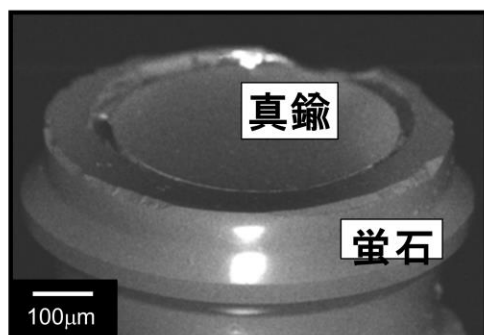
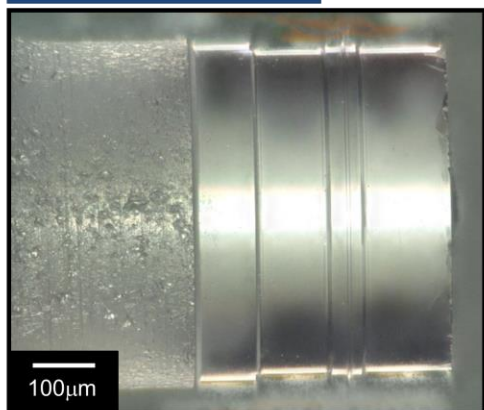
本研究の目的

単結晶蛍石に対する手作業研磨に代わる加工方法の開発

微小光共振器の開発事例

超精密切削加工により、様々な形状や構造の微小光共振器作製に成功

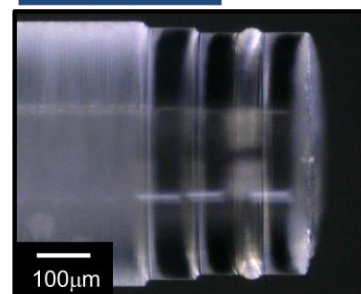
ハイブリッド共振器



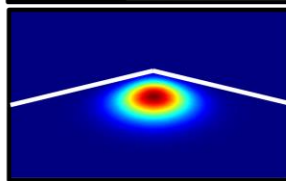
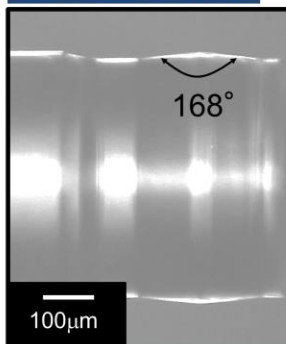
蛍石と真鍮を組み合わせた構造の微小光共振器の作製に成功



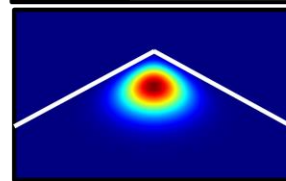
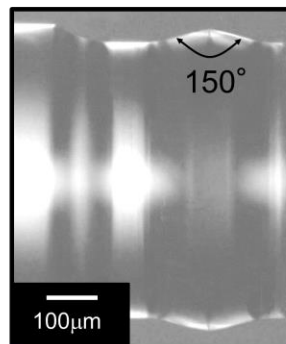
丸型共振器



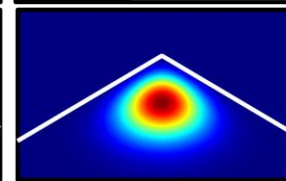
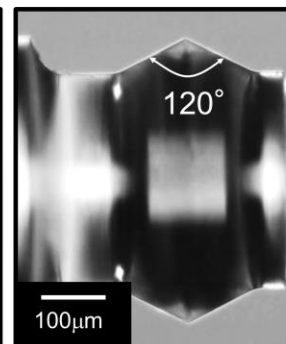
三角型共振器



$\tau_{\text{phot}} = 0.32 \text{ ns}$



$\tau_{\text{phot}} = 0.58 \text{ ns}$



$\tau_{\text{phot}} = 1.1 \text{ ns}$

共振部分が鋭角な方が光の閉じ込め時間が増加する

超精密加工と智能化加工システム

-力覚センサなしに力を感じる次世代加工機-

未知の曲面における熟練研磨工程の自動化技術

熟練研磨技能再現技術

シリアル-パラレルメカニズム研磨機

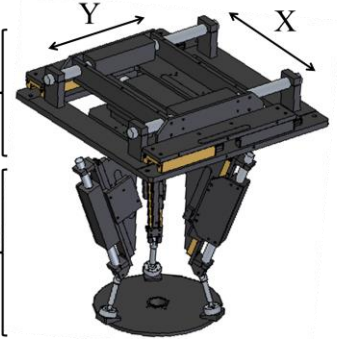


技能データベース



シリアル
メカニズム
部分

パラレル
メカニズム
部分



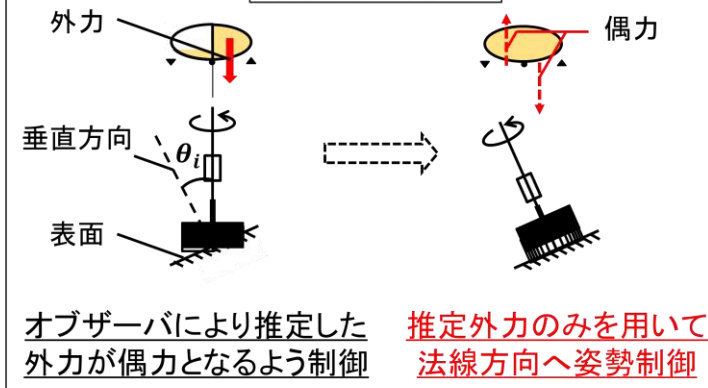
- 問題点
- ・研磨剤の飛散による健康被害
 - ・手作業による高コスト化
 - ・熟練工の不足
- etc.

- ・オブザーバによりセンサレス力制御を実現
- ・熟練工による手作業から抽出した工具軌跡、研磨力情報を平面上で再現

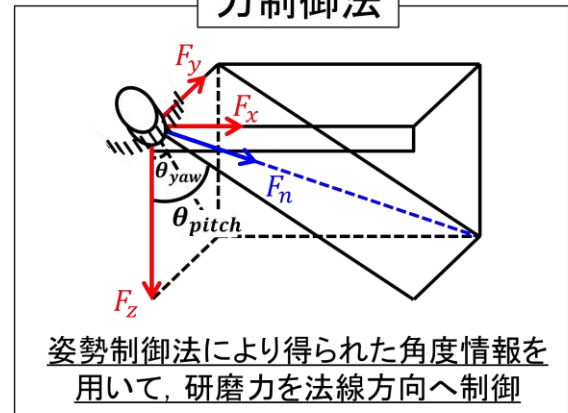
熟練研磨工程の自動化が必要

未知の曲面における姿勢と力の同時制御法

姿勢制御法

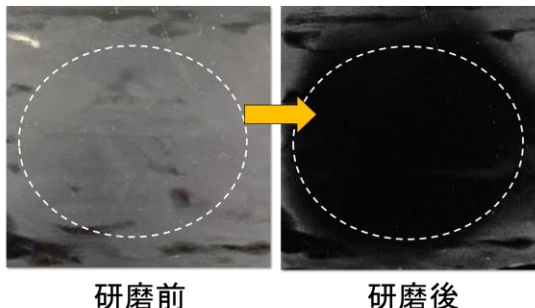
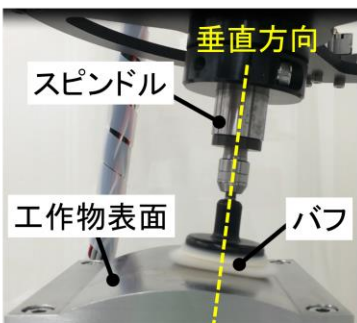


力制御法



- ・工具姿勢と研磨力を未知の曲面の法線方向へ同時制御

熟練研磨技能再現技術の曲面への応用



- ・形状未知の曲面上で熟練研磨技能を再現
- ・研磨後の表面品位は、熟練工の手作業と同等



慶應義塾大学

柿沼康弘

塚田拓大

小川翔太郎

古藤捷希

KEIO TECHNO

MALL 2019