研磨加工における砥粒単体の加工特性評価

東京大学 生産技術研究所 機械・生体系部門　土屋研究室

研究背景

従来の問題点

◆ 研磨加工における加工条件の最適化のために、砥粒の力学的・化学的作用の検証が必要

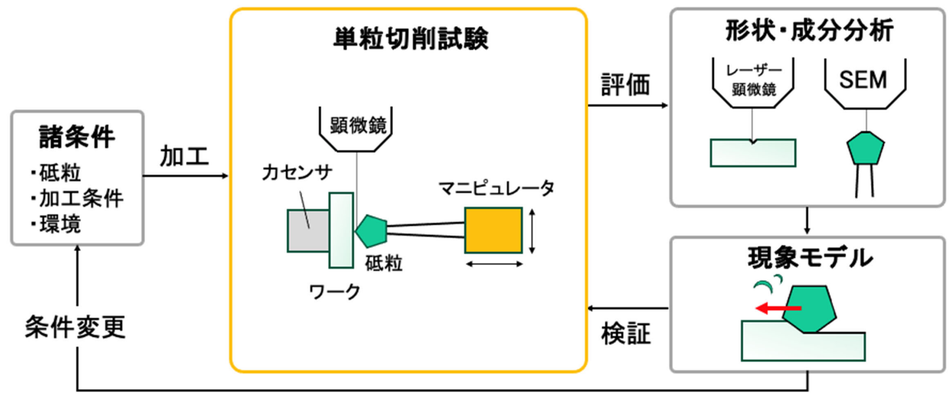
→ 複雑度の高い実機試験の代わりに、単一砥粒に着目したシンプルな系での切削試験を行う

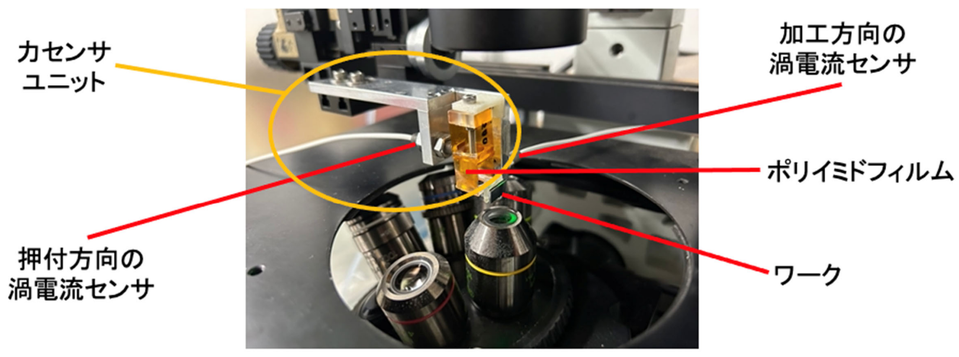
◆ 従来の単一砥粒加工に関する研究では、実際の研磨状態とかけ離れており、実加工を再現した実験が必要である

研究目的

ワークと砥粒との界面で生じる加工現象の素過程を力学的・化学的観点から実験的に解明する

研究手法

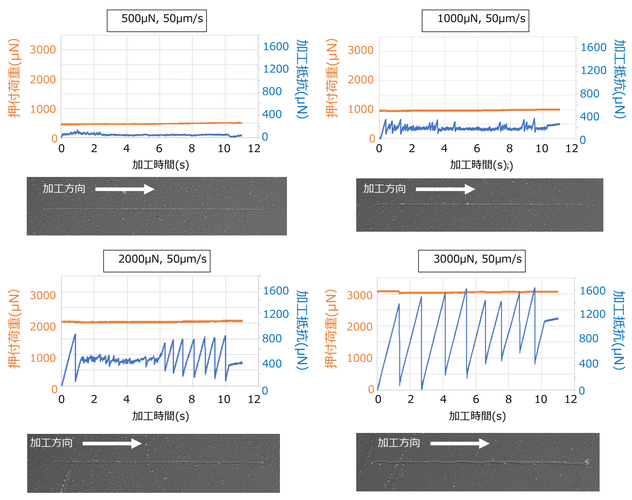




ワークを取り付けたカセンサユニット

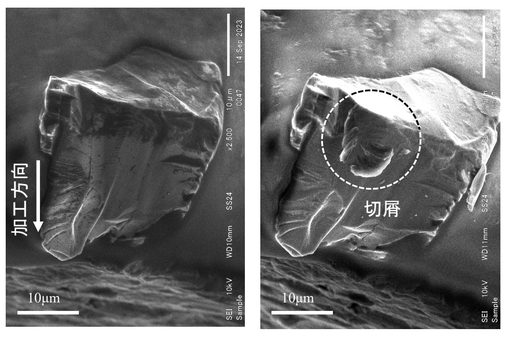
ガラスの研磨

加工抵抗と加工痕



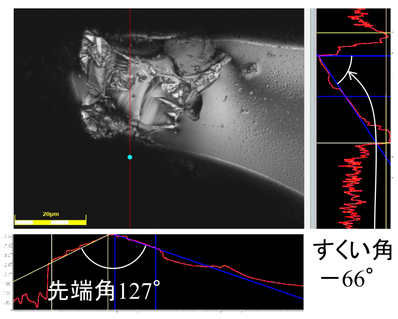
- 押付荷重が大きいほどスティックスリップ現象が安定して発生し、加工が進む

砥粒の形状



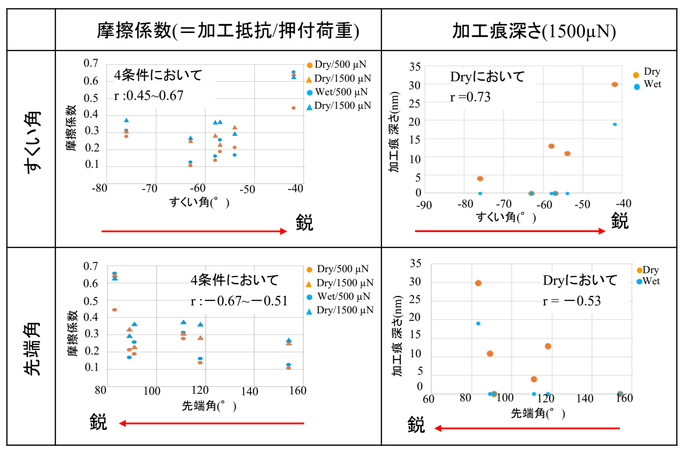
加工前の砥粒　　加工後の砥粒

- 加工前に加工点が推測できる
- 加工前後で同一位置を観察できる



- 砥粒の3D形状から加工点の角度を定量評価できる

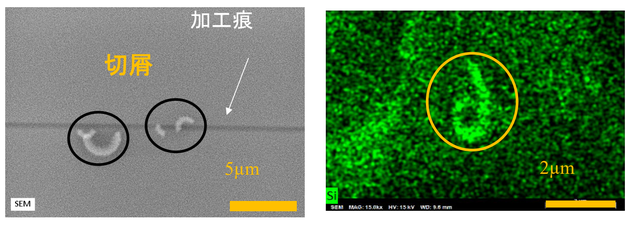
砥粒形状と加工抵抗・加工痕深さの関係（Al_2O_3）



摩擦係数・加工痕深さともに、すくい角とは正の相関、先端角とは負の相関　⇒切込みの影響

加工痕の精密観察（Al_2O_3）

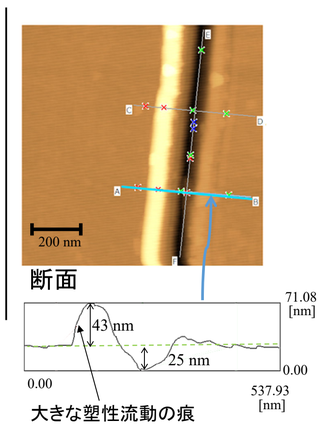
切屑生成の痕



加工痕の周辺には、切屑が生成されていた

同様の切屑が砥粒にも付着
Siが多く検出

塑性流動の痕



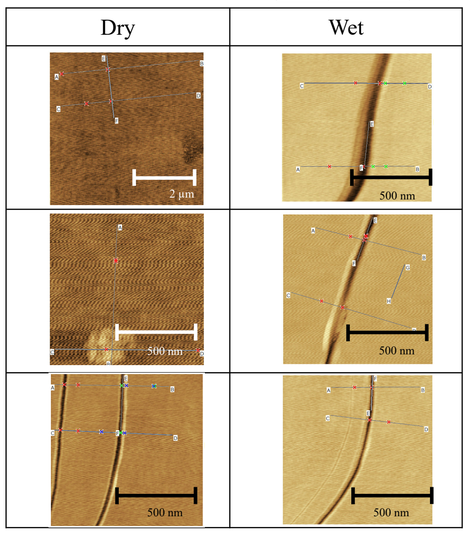
アルミナ砥粒によるガラスの加工では、切屑生成と塑性流動の両方が伴って発生している

洗浄後の多くのサンプルで同様の形状が確認された

加工痕の精密観察（CeO_2）

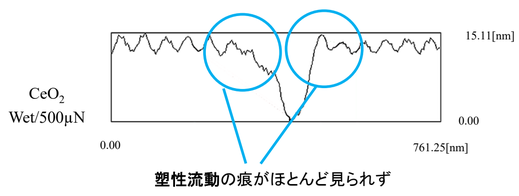
加工痕の深さ

砥粒	セリア
環境	Dry/Wet
荷重	500 μN



平均：乾式 0.67 nm, 湿式 4.8 nm
湿式の方が加工痕が深い←アルミナと異なる傾向

塑性流動



観察された加工痕の塑性流動の高さ(nm)

	Al_2O_3	CeO_2
Dry	2.7, 42.7	5.2
Wet	3.1	1.4, 1.6, 1.8

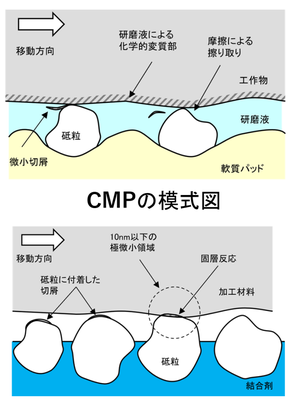
塑性流動が起こりにくくなる可能性
⇒化学作用によりSi−O結合が解離しやすくなる
⇒切屑としての除去が起こりやすくなる

半導体材料の研磨

◆ **研究目的**
半導体材料のCMG(Chemical Mechanical Grinding)において、材料と砥粒の最適な組み合わせを探索し、その加工メカニズムを解明する

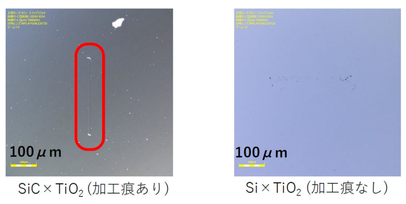
砥粒		SiO_2	CeO_2	VO_2	MnO_2	MgO	Fe_2O_3	Cr_2O_3	ZnO	B_2O_3	ZrO_2	TiO_2
ワーク	Si	○	○	×	×	△	×	△	×	×	×	×
	SiC	×	○	×	×	△	○	○	×	×	×	○

○：切削痕あり　△：砥粒外れ等エラー　×：切削痕なし



CMPの模式図

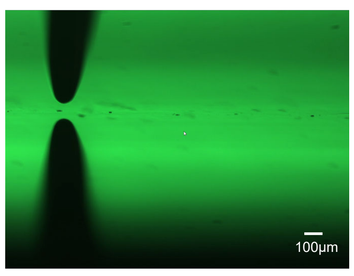
CMGの模式図



SiC×TiO_2（加工痕あり）　Si×TiO_2（加工痕なし）

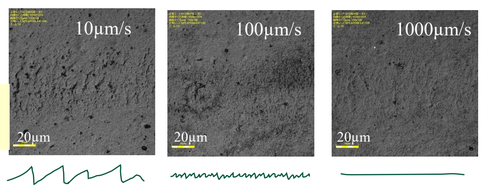
ゴム材料の摩耗

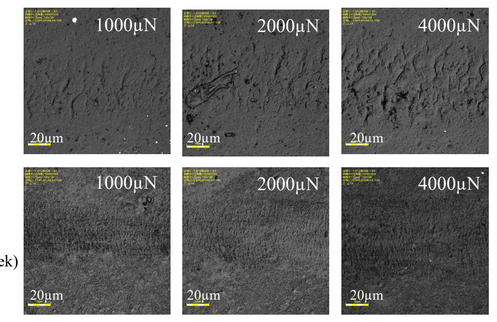
◆ **研究目的**
ゴムを微小突起で擦過し、摩耗メカニズムを解明する



速度依存性
(2000μN)

速度によって剛性が変化しているかのようにふるまう



圧力依存性
(100μm/s)

圧力が上がるほど、表面の荒れ方が大きい