

研磨スラリーの分散・凝集状態の制御と定量・動的評価

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

研磨加工の現状

- 【要求】 高効率化、高精度化、高表面品質化、環境配慮及び低コスト化
- 【問題点】 砥粒やパッドの性能、寿命、加工安定性など多くの技術的問題とともに、研磨メカニズムの解明が不十分、ノウハウに依存し、Betterな研磨加工にとどまっている

我々の取り組み

- 砥粒の分散・凝集状態と研磨中挙動や研磨パッドの作業面状態、これらと工作物の相互作用の見える化
- 砥粒の分散・凝集状態と研磨パッド作業面状態と研磨特性の関係解明
- 砥粒と研磨パッドといった研磨要素の制御による研磨特性の向上と砥粒使用量の削減
- 砥粒の分散・凝集状態の定量評価と動的観察に基づいた最適化

研究目的

- 研磨メカニズムの解明(砥粒の挙動、研磨への寄与)
- 研磨工程の制御
- 研磨能率と研磨面品質の向上
- 砥粒使用量の削減

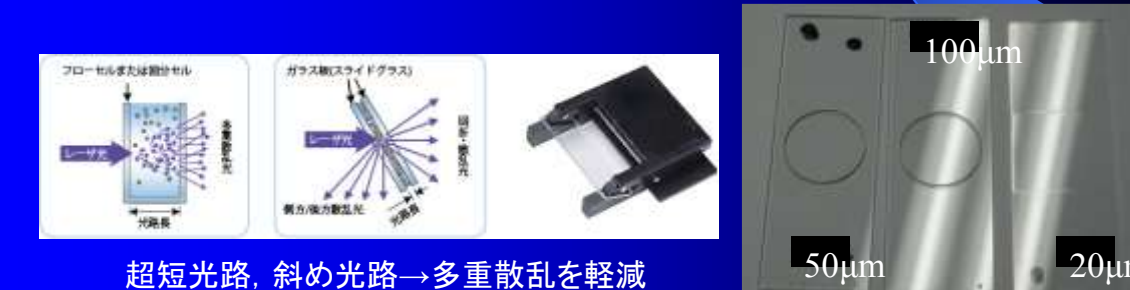
研究方法

1. シンプルで非界面活性な制御剤による研磨砥粒の分散・凝集状態制御
2. 加工による研磨パッド作業面の制御
3. 研磨スラリーの分散・凝集状態の湿式観察と定量測定・評価
4. 砥粒の分散・凝集特性と研磨パッド作業面の最適化

分散・凝集状態の定量測定・評価方法

レーザ回折式粒度測定装置 SALD-2300(島津製作所)

- 高濃度測定ユニットSALD-HC75
- レーザ回折・散乱法で高濃度サンプルの粒子径分布が測定できる
- 測定対象となる高濃度の粒子群を2枚のスライドガラスに挟み込むだけ
- 原液のまま、あるいは必要最低限の希釈で測定が可能



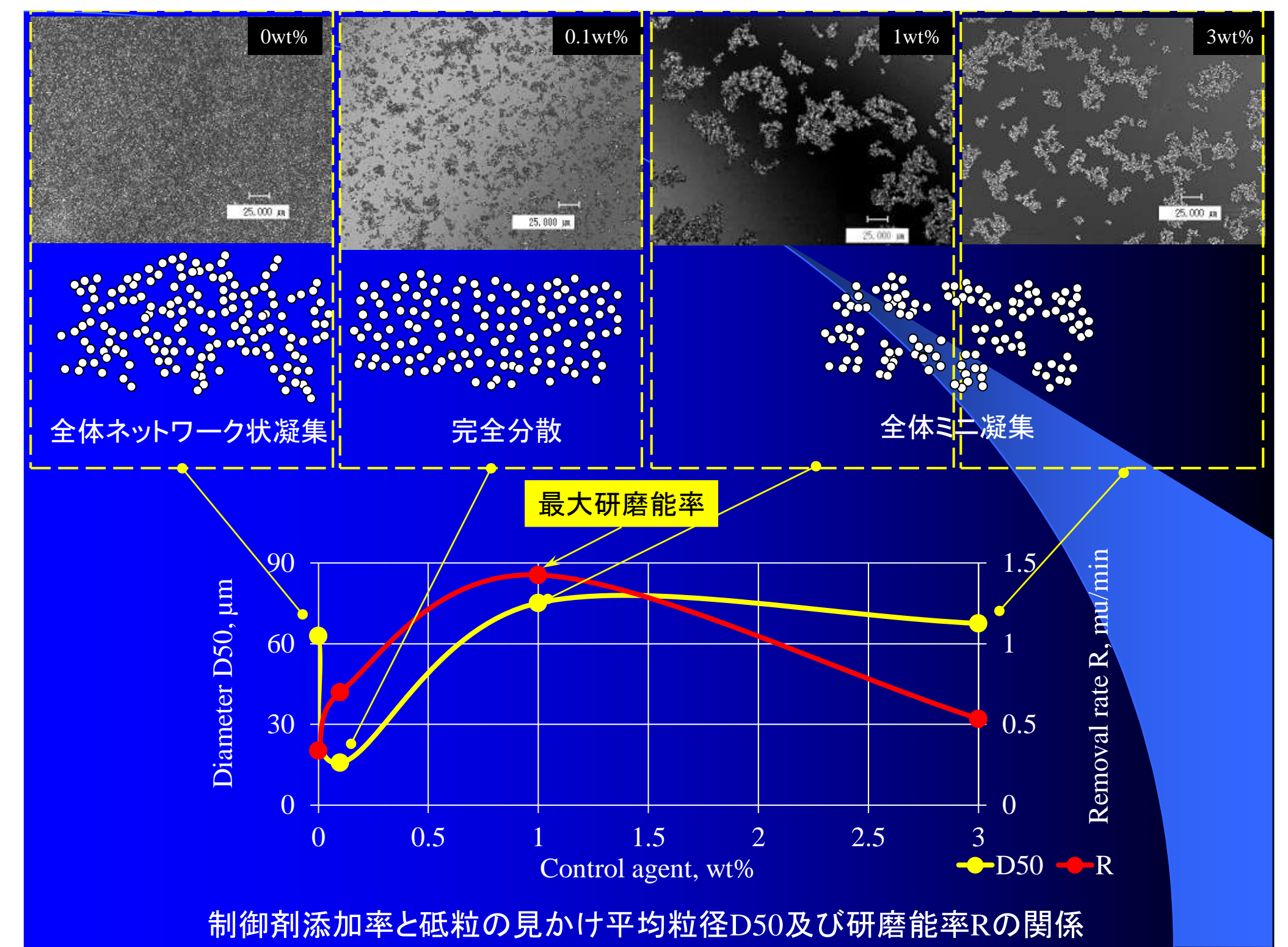
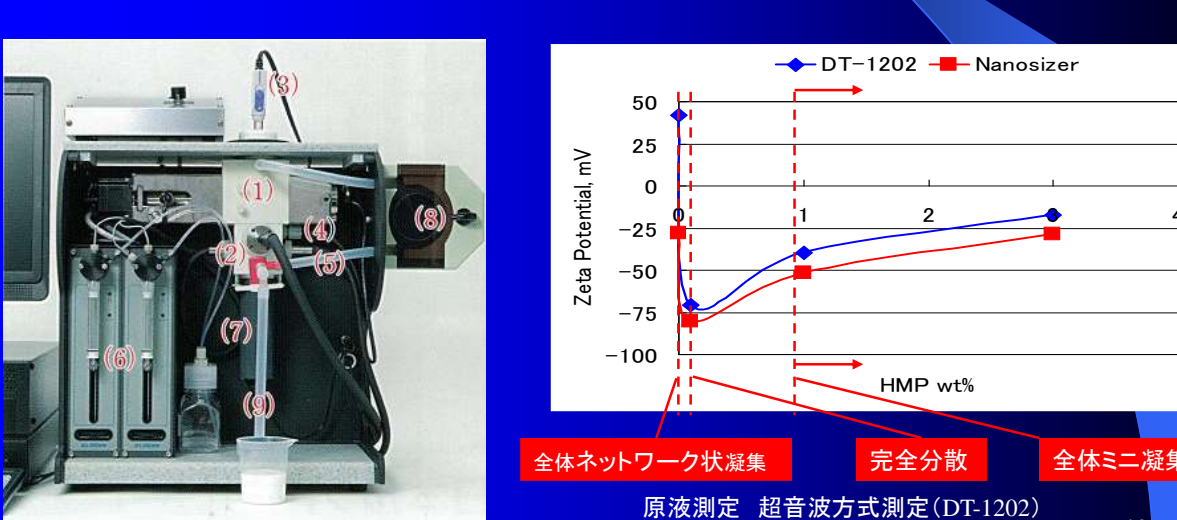
超短光路、斜め光路→多重散乱を軽減

セル付スライドガラス

凝集粒子が主体のスラリーに適用可能

超音波方式 粒度分布・ゼータ電位測定装置

- Dispersion Technology社DT-1202(日本ルフ社)
- 原液のまま測定できる



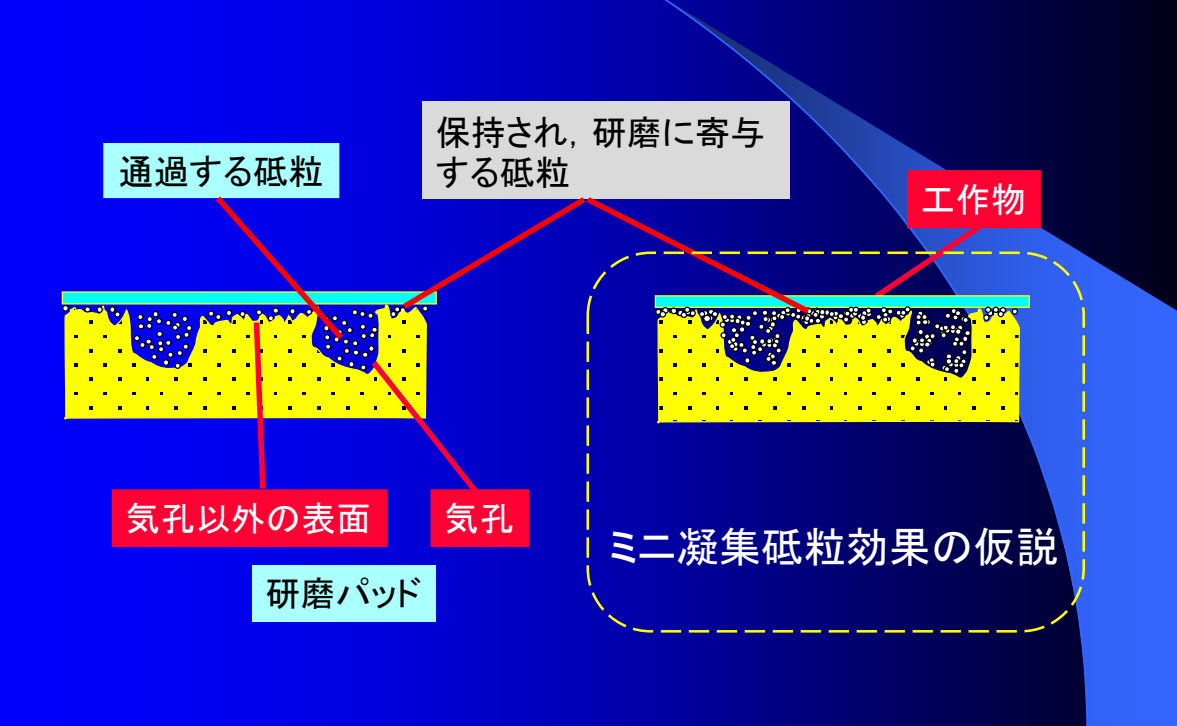
制御剤によるセリア砥粒の分散・凝集状態の制御

基本的発想

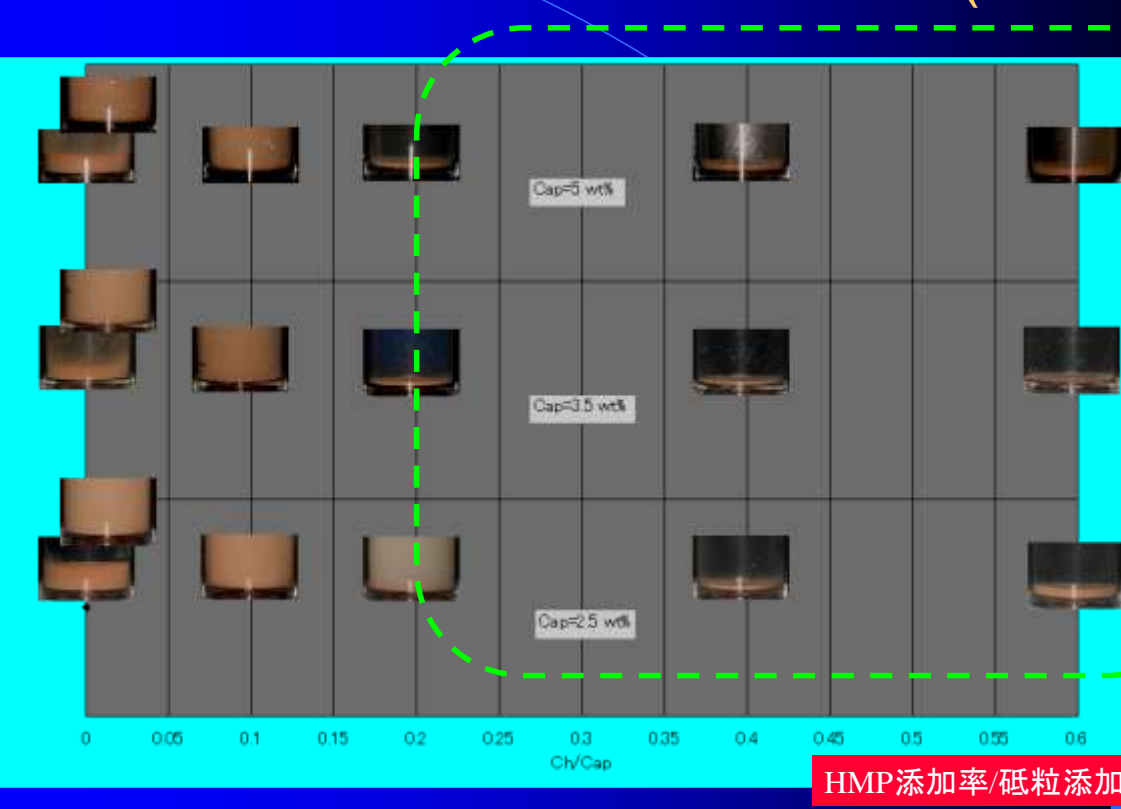
- 従来
- 凝集砥粒→悪玉 研磨面品位の低下を招く
 - 凝集砥粒の発生を低減と抑止が重要視される

- 本研究
- 制御剤を用いて砥粒の分散・凝集状態を適宜制御する
 - 制御された凝集砥粒→善玉の可能性 研磨面品位を維持しながら、研磨能率の向上

研磨システムにおける砥粒の分散・凝集と滞留状態(模式図)



砥粒濃度とスラリーの沈降特性(24h)

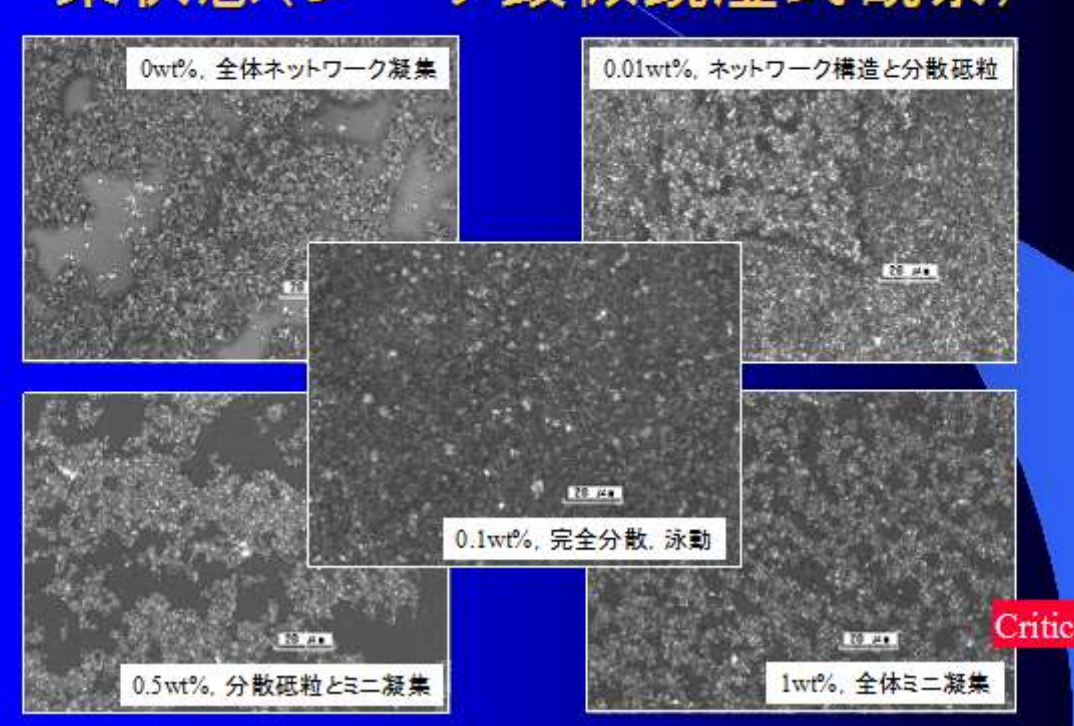


マクロ現象
(沈降特性)

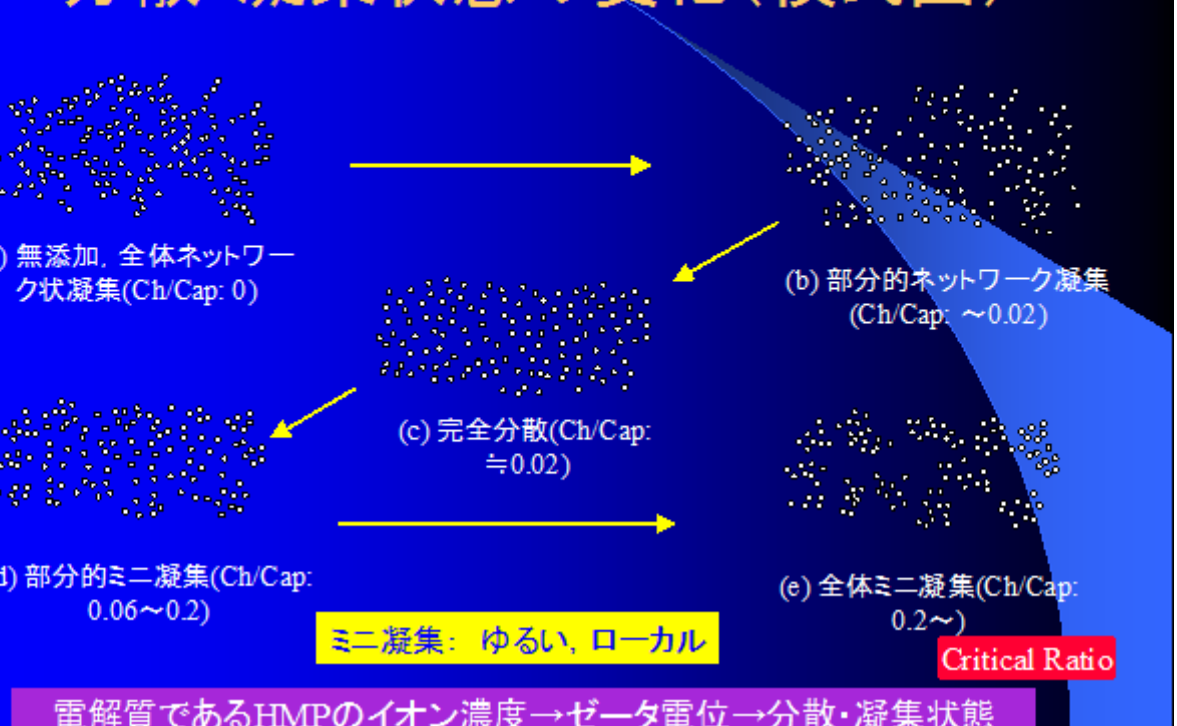
ミクロ現象
(顕微鏡湿式観察)

ミクロ現象の
模式図

HMP添加スラリーの砥粒分散・凝集状態(レーザ顕微鏡湿式観察)



HMP添加率/砥粒添加率Ch/Capと分散・凝集状態の変化(模式図)



研磨実験装置と条件

研磨の様子

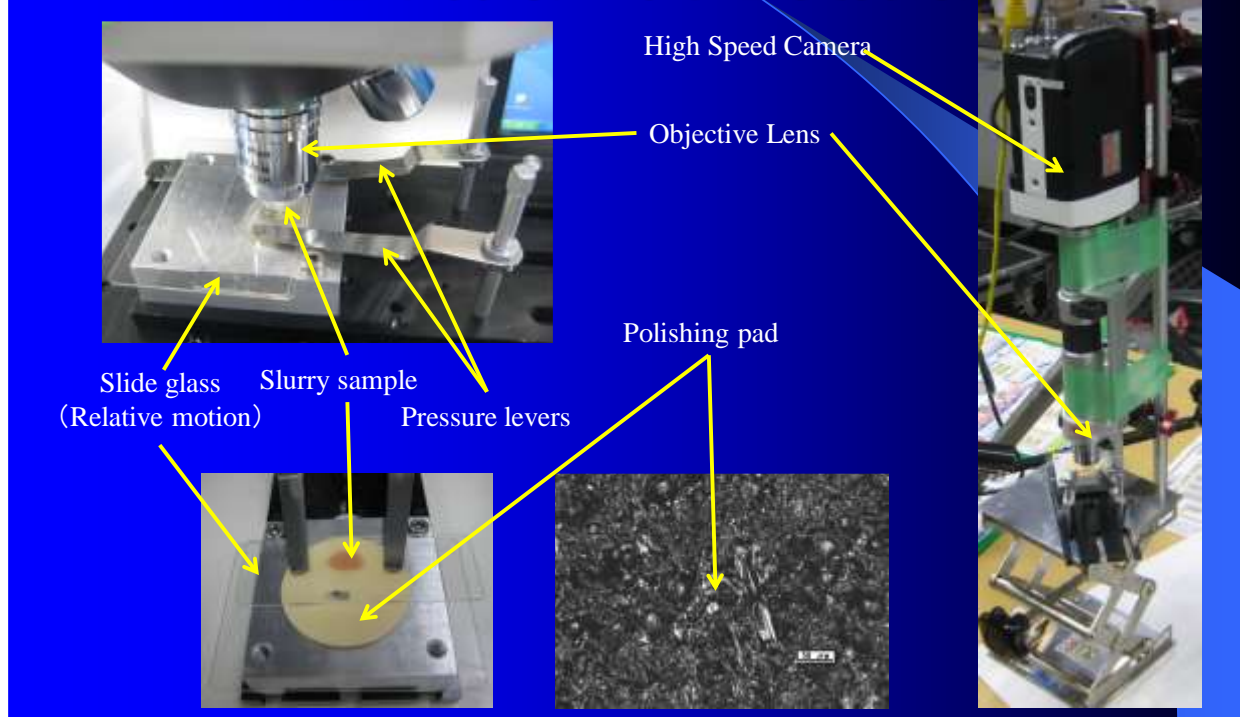


基本実験条件

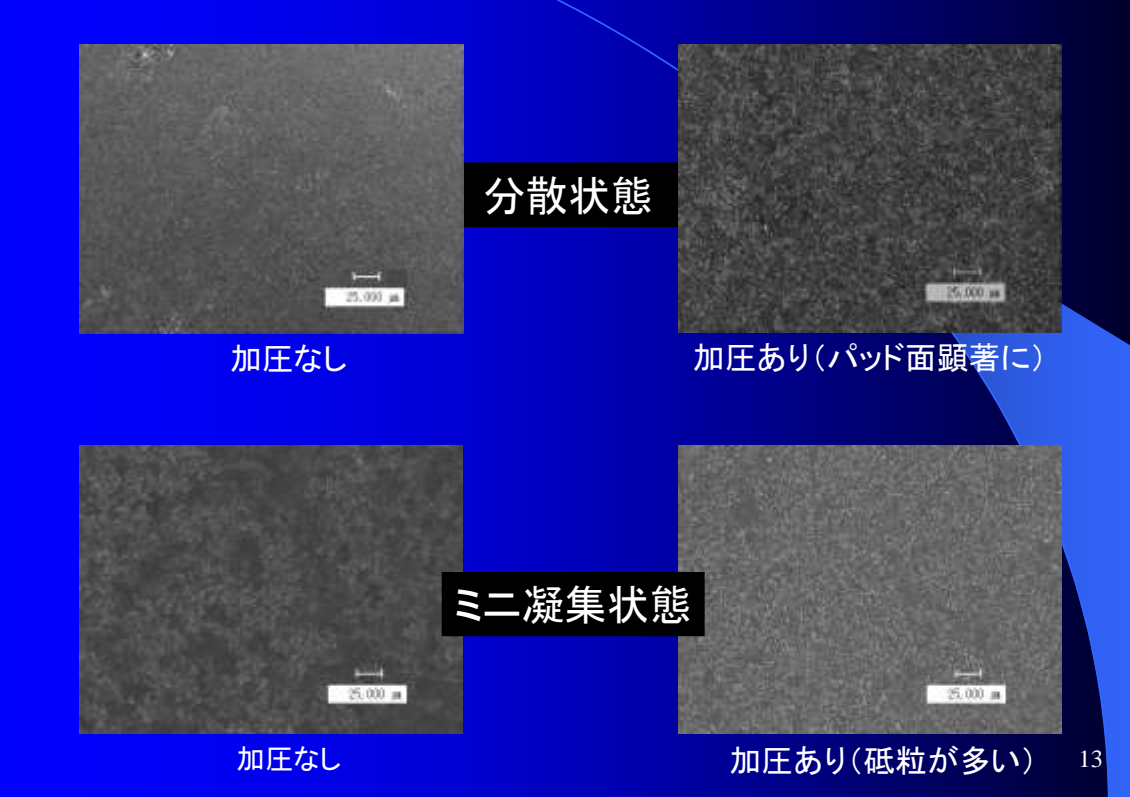
工作物	板ガラスピース Φ20mm×12mm 両面砂磨り
砥粒	セリア、平均粒径 1.3μm, 0.79μm
制御剤	ヘキサメタ燐酸ナトリウム(HMP) (0~3wt%)
研磨圧力	14.2kPa
回転速度	工作物 120rpm 研磨パッド 120rpm
スラリー組成と流量	砥粒 5wt% 制御剤 0~3wt% 残り DIW 流量 約7.5mL/min
研磨時間	20min
研磨パッド	セリア砥粒入り独立気孔ウレタン(溝あり) フェーシング切込深さ 10μm
研磨機	株式会社ナノファクター卓上研磨機 FACT-200

擬似研磨状態の分散・凝集状態の動的観察

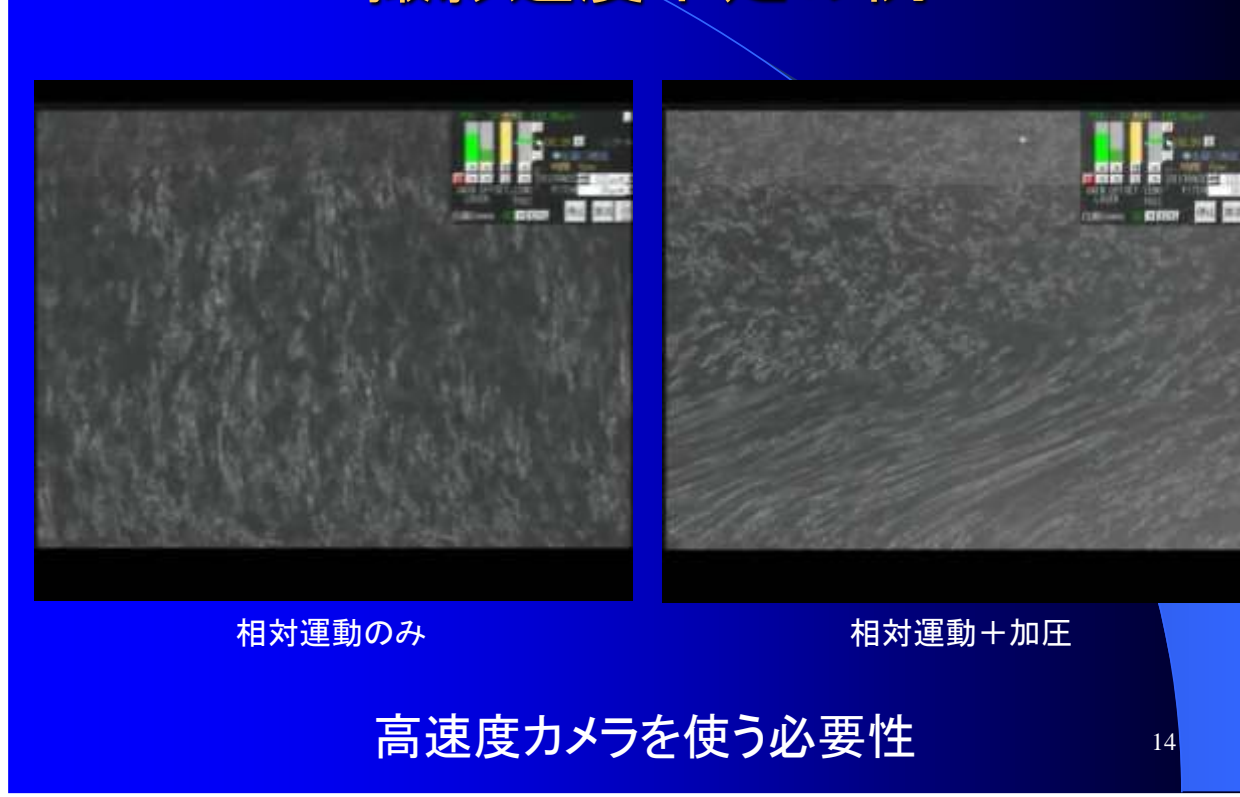
凝集砥粒挙動の動的観察 (通常撮影と高速撮影)



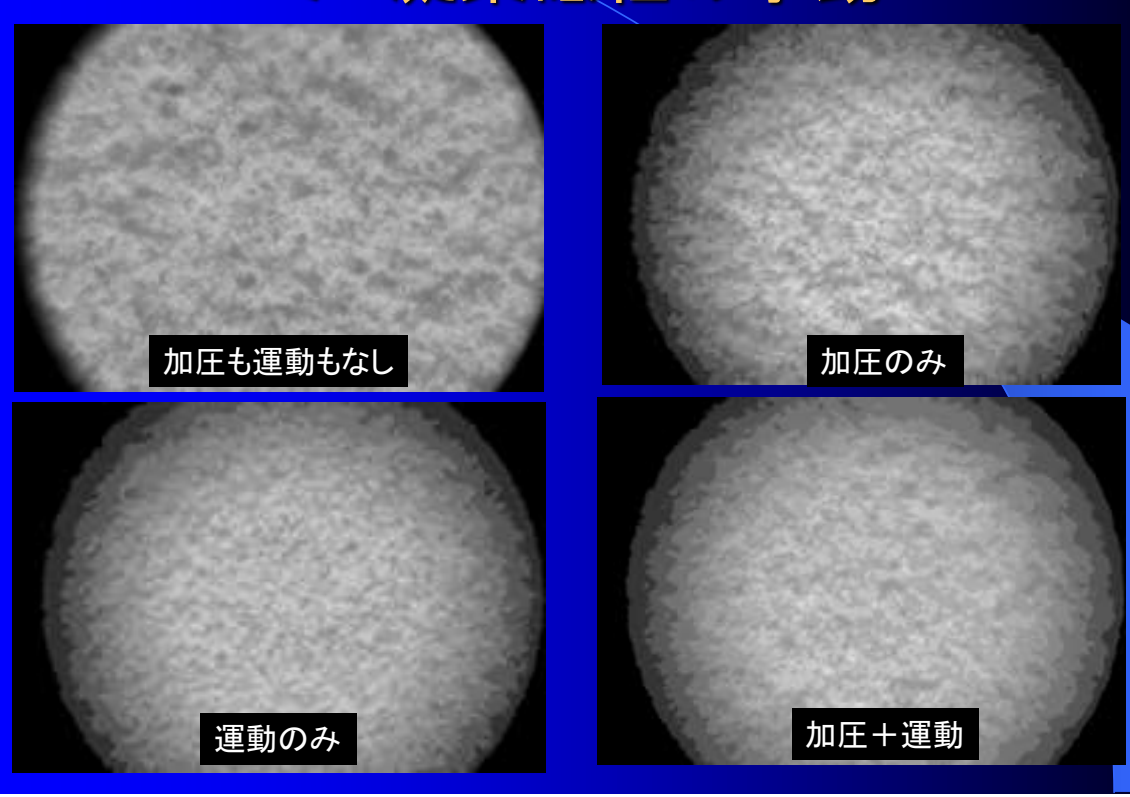
ミニ凝集砥粒(通常スナップショット)



撮影速度不足の例



ミニ凝集砥粒の挙動



まとめ

- 制御剤による砥粒の分散・凝集状態の**制御**が可能で、ミニ凝集状態では完全分散状態よりも高い研磨能率が得られる
- 研磨スラリーの分散・凝集状態に対して定性的、**定量的測定・評価**が可能で、研磨能率と一定の相関性も見られる
- 「高速カメラ+顕微鏡」による**動的観察**の必要性と可能性を確認
- 砥粒と研磨パッドの制御により、大きな研磨能率の低下がなく、砥粒使用量の5割までの削減が可能

今後の展開

- 分散・凝集状態の定量的測定による制御最適化
- 研磨状態下のミニ凝集砥粒の高倍率動的観察、凝集力などの測定
- 高性能な制御剤の開発
- 研磨パッド作業面構造の制御と測定・評価
- 研磨メカニズムのモデル化