

■キーワード

超音波 微粒子 懸濁 分散安定性 乳濁 着色 フィラー 非破壊 非接触 散乱

溶液を希釈せずにそのまま分析
高度に乳濁したマイクロ微粒子分散液の非接触解析

■研究の概要

ミクロンサイズのフィラー懸濁液やカーボンブラック分散液などを、試料を薄めずに“そのままの状態”で解析可能です。これまで分散安定性の解析には、動的光散乱法やレーザー回折法が用いられてきましたが、乳濁試料や着色試料は光が透過しないという問題がありました。我々は、高周波の超音波を用いた高速解析技術「動的超音波散乱法」を開発し、微粒子分散液に対する多彩な構造・ダイナミクス解析を可能としました。

■研究・技術のプロセス／研究事例

粒子が沈降する場合には、その極微変位から沈降速度を高速に算出できます。また、その速度の不均一性を定量的に捉えることもでき、これから粒子径の評価や、分散安定性解析が行えます。解析原理は、時空間情報を有する超音波散乱振幅の相関計算で、当研究室のオリジナルソフトウェアで実行します。従来の動的光散乱法と同様に、ブラウン運動による粒径解析も可能です。試料は溶媒を問わず2mL程度で十分です。粒子の動きはコヒーレントに捉えることができるため、一辺10mm程度の角形使い捨てプラスチックセル中を運動する微粒子を、試料中の位置の関数として特定する事までも可能となりました。例えば図1は、数ミクロンから数十ミクロンのポリスチレン懸濁微粒子溶液の運動を解析したのですが、サイズの定量化が可能である事に加えて、セル壁付近の運動が中央とは異なる事も示しています。測定は早いものでは秒のオーダーで完了しますが、遅い運動にはそれなりに時間を要するものもあります。そこで最近開発されたのが、散乱解析では非常にめずらしい散乱位相を駆使した新しい分析技術です。これにより、時間平均することなく瞬間時間でダイナミクスを評価する事も可能となりました。微粒子の極微マニピュレーションの様子や、運動方向の識別、速度の不均一性の定量化もより明解・多彩に行えます。例えば、図2は、重力場の中に、重力に逆らった流れが作り出されている様子を示しています。多くの場合、ミクロンサイズの微粒子は時間が経つと沈殿しますが、サブミクロン粒子はブラウン運動により拡散運動する事が知られています。図3は、それぞれモード2・モード1と呼ばれる時間に対する緩和モードを示しており、運動の速さだけでなく、試料中の運動メカニズムまでもが解明可能である事を示しています。

■セールスポイント

ミリからサブミクロンサイズまで、一つの装置で幅広い粒径をカバーします。数十メガヘルツの動的超音波散乱法は国内外にも他にはない技術で、化粧品、塗料、複合材料の非破壊・非接触モニタリングに役立ちます。

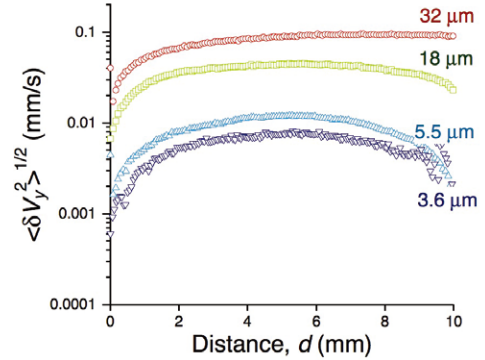


図1. 粒径3.6~32 μmの懸濁微粒子の運動速度の不均一性。横軸に示すように、セル壁前面からの距離の関数として分析が可能。

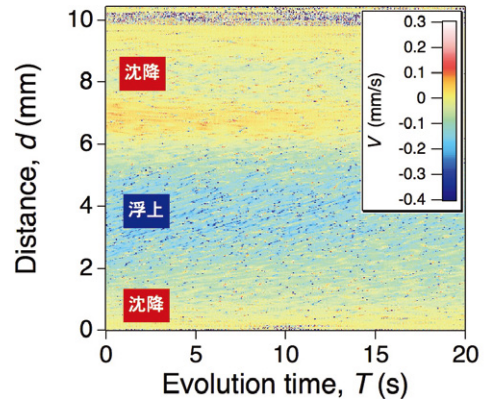


図2. 沈降する10 μmの微粒子(赤色)の中、重力に逆らって浮上する微粒子(青色)の運動速度をリアルタイムで捉えている様子。

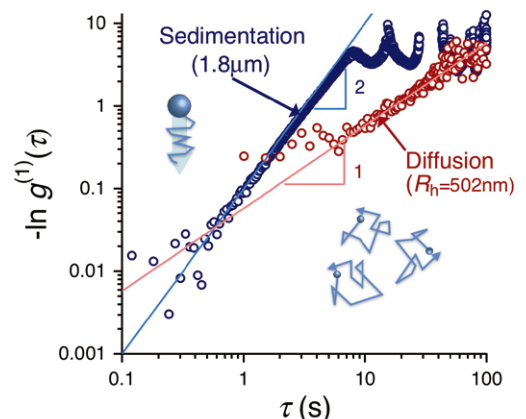


図3. 相関関数解析により得られる微粒子の緩和モード。ミクロン粒子の沈降とナノ粒子の熱拡散運動をそれぞれモード2およびモード1として識別が可能。