

外部励振を利用したコロイドガラスの結晶化に関する実験的研究

Experimental Study on Crystallization of Colloidal Glass
using External Vibration阪大基礎工¹ ○ 稲山 享佑¹, 中村 暢伴^{1*}, 荻 博次¹, 平尾 雅彦¹Osaka Univ.¹ ○ Kyosuke Inayama¹, Nobutomo Nakamura^{1*}, Hirotsugu Ogi¹, Masahiko Hirao¹

E-mail: nobutomo@me.es.osaka-u.ac.jp

アモルファス材料は結晶性材料にない優れた性質を有しており、機能性材料として注目されている。しかし、急冷によって作製されたアモルファス構造は熱力学的に非平衡な状態にある。そのため加熱に伴って結晶化が進行し、アモルファス特有の性質が消失する。故に、結晶化現象のメカニズムの解明は重要な研究課題の一つである。

通常、物質を構成する原子は熱振動している。アモルファスのように無秩序構造を有する材料の場合、空間的な密度揺らぎの影響で、様々な周波数の振動モードが材料内部に局在していると考えられている。この局在振動の中でも、低周波モードの振動がアモルファス材料の結晶化に大きく関与していると考えられている。そのため低周波モードでの原子のダイナミクスを検証することにより、結晶化現象の解明に繋がる可能性が示唆されている。

しかし実在材料において、個々の原子の挙動を解析する事は困難であり、詳細な検証には限界がある。そこでその限界を打破する手法として近年注目されているのが、コロイド懸濁液を用いた原子系のモデル化である。コロイド懸濁液とは、ブラウン運動する固体粒子(コロイド粒子)を液体中に入れた分散系を指す。このコロイド粒子を原子と対応させる。コロイドを用いる最大の利点は、その粒子の大きさにある。原子直径が Å オーダーであるのに対し、本研究で用いるコロイド粒子直径は μm オーダーである。そのため顕微鏡を用いて容易に観察が可能であることはもちろん、原子系に比べて運動に要する時間スケールが長い、系に変形を与えやすいという利点もある。加えて、数億~数百億個もの粒子から成る系を作製可能であるため、コンピュータシミュレーションのような周期境界条件を考慮した議論を一切必要としないという特徴を持つ。本研究ではこのコロイド懸濁液

内でアモルファス構造(コロイドガラス)を作製し、実験的研究を行う。

Fig. 1 (a) に、共焦点顕微鏡で取得したコロイドガラスの断面 2 次元画像を示す。画像解析により数十 nm オーダーの精度で粒子位置を特定することができるため、粒子スケールで微視的な挙動を追う事が可能である。また 2 次元画像の積層として 3 次元構造も把握が可能である。Fig. 1 (b) は、算出された粒子位置からガラス構造を再構築したものである。

本研究では、このコロイド懸濁液に対して特定の周波数で外部から直接振動を与える。これにより、前述した特定の局在振動モードを積極的に励起する。この現象を共焦点顕微鏡にて観察・解析し、外部励振の周波数や振幅が、結晶化現象にどのような影響を及ぼすのかを見出すことで、メカニズムの解明に繋がる重要な知見を得られる事が期待される。

本講演会では、観察領域の粒子の秩序性を示す配向秩序パラメータ(Local bond-orientational order parameter) を利用した、2 次元解析に関する結果を中心に発表する。

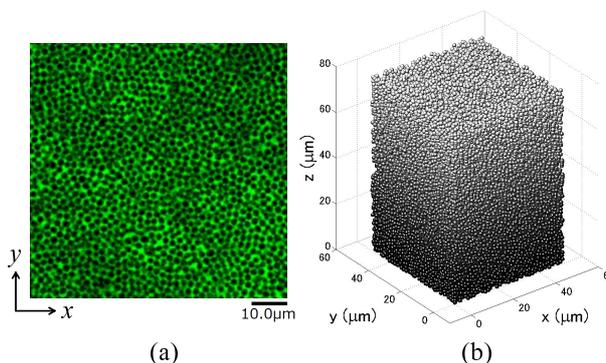


Fig. 1 (a) 2D cross-sectional image of the colloidal glass acquired by confocal microscope. We use SiO_2 particles with diameter $\sigma = 1.51 \mu\text{m}$. (b) Reconstructed 3D structure.