

コヒーレント X 線によるコロイド系相転移ダイナミクスの評価

星野 大樹

東北大学 国際放射光イノベーション・スマート研究センター

異方的な形状のコロイド粒子は、溶液中では粒子間相互作用により、濃度によってその静的な構造および動的な振る舞いを大きく変化させる。また、最近、生体材料の秩序形成機構を模倣した新たなコロイド液晶系も報告されている[1]。これらの液晶材料は、生体親和性の材料として様々な応用が期待されるが、高度な機能制御には、液晶の持つ動的な揺らぎを微視スケールで評価することが求められる。本研究では、ロッド状および円盤状のコロイド液晶系の静的・動的な振る舞いを、X 線光子相関分光法 (XPCS) により調べた。

XPCS では、高コヒーレントな X 線を試料に照射し、その散乱像の時間的な揺らぎから散乱体のダイナミクスを評価する。散乱の積算像は小角 X 線散乱 (SAXS) 像に対応し、静的な構造情報を与える。図 1(a)にロッド状のヒドロキシアパタイトコロイド粒子系における 3.8 vol% (等方相) での SAXS 散乱像を示す。散乱像は等方的で、平均粒子間距離に対応するピークを示した。一方、8.7 vol% (液晶相) での SAXS 像を図 1(b)に示す。粒子の配向を反映して異方的な散乱像が得られ、粒子間距離の濃度依存性に関する情報が得られた。

時分割測定から得た散乱像の揺らぎからは、散乱強度 $I(q, t)$ (q : 散乱ベクトル、 t : 時間) に対して、時間自己相関関数 $g_2(q, t) = \langle I(q, t')I(q, t'+t) \rangle / \langle I(q, t') \rangle^2$ を計算し、議論した。図 2 に、XPCS から得られた代表的な $g_2(q, t)$ ($q = 0.0276 \text{ nm}^{-1}$) を示す。濃度の増加に伴って、緩和速度の遅いダイナミクスが観測されている。これは粒子間距離が小さくなることにより流体力学および粒子間相互作用により粒子の拡散運動が低下することに起因していると考えられる。

円盤状コロイド液晶系についても、静的構造およびダイナミクスの濃度依存性を XPCS により解析し、ロッド状粒子系とは異なる振る舞いを観測した。さらに、最近では等方相から液晶相に至る領域のより高速なダイナミクスを測定することを目的として、積分型高速検出器 CITIUS を用いた測定を実施している。それらの結果についても報告する予定である。

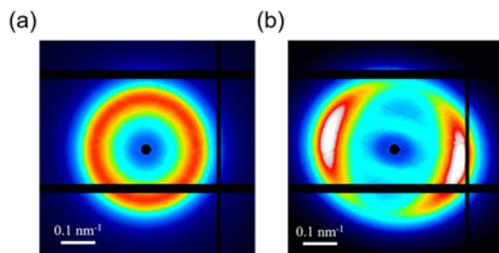


Fig. 1. ロッド状ヒドロキシアパタイトコロイド系より得られた SAXS 像。それぞれ濃度 3.8 vol% (a)、8.7 vol% (b)。

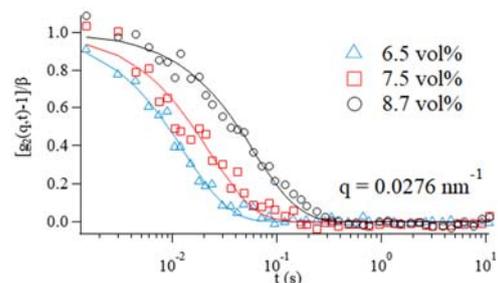


Fig. 2. XPCS で得られた時間自己相関関数 ($q = 0.0276 \text{ nm}^{-1}$)。

[1] M. Nakayama, S. Kajiyama, A. Kumamoto, T. Nishimura, Y. Ikuhara, M. Yamato, and T. Kato, *Nat Commun.* **9**, 568 (2018).

[2] T. Hoshino, M. Nakayama, S. Fujinami, T. Nakatani, Y. Kohmura, and T. Kato, *Soft Matter* **15**, 3315 (2019).

[3] T. Hoshino, M. Nakayama, Y. Hosokawa, K. Mochizuki, S. Kajiyama, Y. Kohmura, and T. Kato, *Nanoscale Advances* **5**, 3646 (2023).