

スメクティック相中のミクロな分子運動性とその層秩序変数との関係

(京都大学原子炉実験所) 齋藤 真器名

【はじめに】

液晶中では配向に関する長距離秩序と分子運動性が共存し、それが液晶の特徴的な物性・機能の起源となる。液晶のマクロな物性は一般に良く知られているが、液晶中の分子のミクロな構造や運動性についてはいまだ十分な理解はなされていない。例えば、最も基本的な液晶相の一つであるスメクティック A 相中において、液晶分子が層法線に水平・垂直な方向にそれぞれどのような時間スケールで並進運動を行っているか、またその層秩序変数との関係性も不明である。本研究では、発表者らにより開発されてきたガンマ線を用いた準弾性散乱法を 8CB に対し用いることにより、スメクティック A 相下における液晶分子の運動をミクロなスケールで直接観測した。具体的には、まず極めて単色のガンマ線(波長 $\sim 1 \text{ \AA}$)により回折測定を行い、それに加えて各運動量移行 q で (準弾性散乱による) ガンマ線のエネルギー幅広がりを変えることで、 q に対応する構造の緩和する時定数を知ることができる。^{1,2} スメクティック相の場合、層の周期構造は小角方向への散乱成分、および層内における分子位置の短距離相関は広角への散乱成分に寄与するため、それらの散乱成分においてエネルギー幅広がり測定することで、層法線に水平・垂直方向の分子の並進運動の時定数をそれぞれ調べることができる。

【結果と考察】

スメクティック A 相において層法線に垂直な方向、すなわち層内の分子の並進運動の時定数 τ_{\perp} は Arrhenius 則に従うような比較的単純な温度依存性を示した。一方層法線方向、すなわち層を跨ぐような分子の並進運動の時定数 τ_{\parallel} は、ネマティック相から温度を下げると、スメクティック A 相への転移温度から低温側で層秩序の形成に伴うとみられる τ_{\parallel} の急激な増大を観測した。 τ_{\perp} と τ_{\parallel} の比 δ の温度依存性はべき乗則で表すことができ、スメクティック A-ネマティック相転移温度近傍で臨界挙動を示した。

この結果より、層法線方向の分子運動性は層秩序変数に大きく影響を受けていることが示唆された。分子運動性と層秩序度の関係性をさらに詳しく調べるため、小角散乱領域の回折ピークで q 分解能を上げて緩和時間の q 依存性を求めた。この結果、緩和時間の q 依存性は回折強度の q 依存性 (つまり静的構造因子) に強く影響を受けていることが分かった。(液体に関する両者の関係性は de Gennes により指摘されている。) 得られた緩和時間の q 依存性と静的構造因子の関係性と、静的構造因子の既知の臨界挙動の結果を用いることで、 τ_{\perp} と τ_{\parallel} の比 δ の温度依存の振る舞いを定量的に説明することができた。これより、スメクティック A 相において層秩序変数に強く依存したミクロな分子運動の描像を得ることができた。一方、ミクロな分子運動の異方性が局所的な層秩序度を反映することから、ダイナミクス測定によりミクロな観点から層秩序変数を決定できる可能性があるとも考えられる。

【参考文献】

- (1) Makina Saito, *et. al.*, *J. Phys. Soc. Jpn.* **81**, 023001 (2012).
- (2) M. Saito, *et. al.*, *Scientific Reports* in press.