

コレステリック液晶ピラー中を伝播する電気駆動配向変形波によって形成される回転構造体

(理研・創発 C) 吉岡 潤、荒岡 史人

【はじめに】 一般に物体が回転するという動作を想定する際、どのような構造が最適であるかを決定するのは容易ではない。このことは、プロペラ、風車、水車、タービンといった我々の身の回りの回転機械が、多様な形状をしていることを考慮すれば想像に難くないであろう。しかしながら、これらの機械は自由度の低い剛体系であり、最適な構造を設計し決定することは現状の物理学によって十分可能である。その一方で、より自由度の高い系において回転運動をする物体（本稿では回転構造体と呼ぶ）を想定すると、問題は格段に複雑になる。その究極例としては、宇宙系における恒星、ガス惑星、銀河、あるいは生物系における ATP 合成酵素やバクテリア鞭毛モーター等が該当する。こういった動的な構造も何らかの最適化によって実現されていると考えられるが、その機構を記述する手法はよく確立されておらず現代物理学の 1 つの課題となっている。本研究において我々は、宇宙、生物系と同様に多自由度系であるソフトマターの一つである液晶系において形成される回転構造体に着目した。具体的には、液体溶媒中においてコレステリック液晶を用いて円柱状のドロプレット(Ch 液晶ピラー)を作製し、これに交流電場を印加することで回転構造体を発現させた(図 1)。

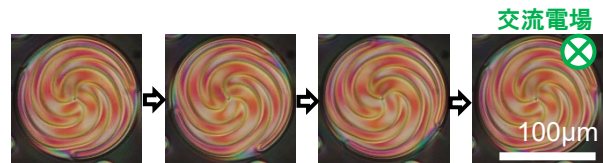


図 1: 交流電場下の Ch 液晶ピラーに形成される回転構造体 (時間間隔:1.6 秒、印加電圧:6.0V、周波数:160Hz)

【結果と考察】 電場無印加時にはピラー内に Ch 液晶において典型的な指紋状組織が観測された (図 2, 静止モード)。これに交流電場を印加したところ、図 2 の状態図が示すように特定の周波数領域において配向変形がピラー内を伝播していく波動が生成された (波状モード)。このとき、波動が放射状に伝播すれば図 1 に示すように 3 回回転対称の渦巻き状の構造が形成され、同時に回転運動が誘起された。ここで形成される構造は、キラリティ、ピラー直径、印加電圧、周波数のいずれにも依存せず、上記の 3 回回転対称のものが常に支配的となった。また、系にイオン性の不純物 TBAB(シグマ・アルドリッチ社)を添加して同様に状態図を作成したところ、波動が生成される周波数領域が 1 桁程度高くなることが判明した。この違いは試料内に存在する不純物イオンの交流電場に対する応答速度の違いに起因していると考えられ、上記の波動は電場印加によって駆動される不純物の流動によって誘起されている、と捉えることができる。さらに、共焦点顕微鏡観察によって波状モードが誘起されているときのピラー内部の分子配向場を解析したところ、上記の配向変形はピラー中央面に局在し、面内を 2 次元的に伝播していることが判明した。

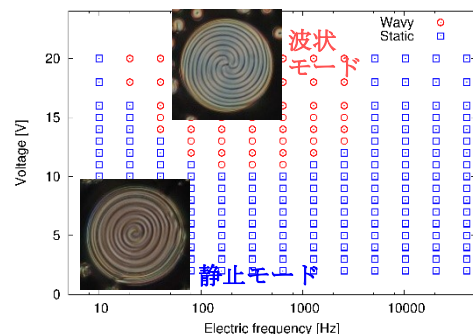


図 2: 交流電場下の Ch 液晶ピラーにおける状態図

以上の実験結果を総合し、上記の 3 回回転対称の構造が安定化する機構を、オンサーガーの変分原理[1]を用いて説明することを試みた。詳細は発表で述べる。

【参考文献】 [1] M. Doi, J. Phys.: Condens. Matter. 23, 284118 (2011)