

アシンメタ★通信

第7話

「平面うずまきパンが立体コロネになる？
フェロアキシャルの巻」



芦芽量子

アシンメトリ界限で「フェロアキシャル」っちゅうんが話題になっ
とるって聞いたんじゃけど、フェロアキシャルって何なん？おいし
いん？」

唐突ですね（笑）ある意味おいしいと思います。

鬼
鬼丸

「フェロ」は前回（第6話で）零子ちゃんが言うとした「強磁性
（フェロマグネティズム）」の「フェロ」と同じなんじゃろ？

いいところに気がつきました。しかし、フェロアキシャルは強磁性
とはすこし違う種類の秩序です。漢字で書くと「強軸性」。「アキシャル
（axial）」は「軸に関する」という意味で、磁気モーメントの代
わりに原子の配置や電気双極子の向きが、ある軸のまわりに渦のよ
うに並び、その回る向きがそろっているイメージです。[1,2]

あ、それってコロネパンみたいな話じゃろ！？前に（第2話で）
話しよった左右性（キラリティ）と親戚みたいなもんじゃね。
むふー（得意な鼻息）

おいしい！実はキラリティとは異なる性質なのです。
今回は、立体的なコロネの前に、真上から見た「平たいうずまきパン」
を思い浮かべると分かりやすいです。（図1）

鬼

鬼



図1 ChatGPT-5.5にて生成 (by R. Oiwa)



ぐるぐるしとし、右巻きか左巻きがあるのに、
なんでキラリティじゃないん？

そこが今回の落とし穴です。フェロアキシャルとキラリティは似ていますが、同じものではありません。キラリティは、右手と左手、あるいはコロネのように、三次元で見たときに鏡に映しても重ならない性質です。一方、フェロアキシャルは、まずは平面内のぐるぐるとして理解できます。この平たいぐるぐるは、その面を鏡にするような映し方では、元の形と重なります。



ほーなんじゃ！フェロアキシャルは「平たいすまきパン」。
キラルは「立体的なコロネ」なんじゃね。
ほんで、その平たいすまきパンのどこらへんがおいしいん？

核心を突いてきますねw これまで、フェロアキシャル秩序は時間反転対称性も空間反転対称性も破らないため、電場や磁場と直接結びつかず、制御が難しいと考えられていたのです。



ほんじゃ、おいしくないね。

ところがどっこい、なんですyo。軸方向に電場をかけると、平面内でぐるぐる並んでいた電気双極子が、電場の向きに少し傾いて、平面のぐるぐるに上下方向の成分が加わって、立体的ならせんのようになります。フェロアキシャル秩序そのものはキラルでなくても、電場と組み合わせることでキラリティを引き出せるのです。[2]



おお、ほんまじゃ！
平たいすまきの真ん中を指で押したらコロネっぽくなるのう！

かなり大胆ですがw イメージとしては悪くありません。



むふー。
フェロアキシャル、軸だけに、話のオチもふれんかったじゃろう！

。。。 (心の声：結局好きなパンの話っていう話の軸もブレないなあ。)



うろたんの豆知識コーナー

フェロアキシャル秩序は、軸のまわりの回転の向きがそろった秩序ニョロ。
軸に平行な鏡映対称性は破るけれど、軸に垂直な鏡映対称性と空間反転対称性を破らないニョロ。
一方、キラリティは、軸に平行な鏡映も、軸に垂直な鏡映も、空間反転も持たないニョロ。
だから、「くるくるしている＝すぐキラル」ではないニョロ。
フェロアキシャルモーメントを A_z 、軸方向の電場を E_z と書くと、 $A_z E_z$ はキラリティと同じ対称性を持つニョロ。つまり、軸だけならフェロアキシャル、軸に電場の矢印を刺したらキラルの顔をするニョロ。

[1] S. Hayami, M. Yatsushiro, Y. Yanagi, and H. Kusunose, Phys. Rev. B **98**, 165110 (2018).

[2] 東京大学大学院新領域創成科学研究科 プレスリリース「フェロアキシャル結晶を用いて電場誘起磁気キラル二色性を実現」(2023)
<https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/pr2023-08-21-001>