

# 凹凸のある表面による液晶のアンカリング： 理論とシミュレーション

(産総研ナノテク, JST SORST 液晶ナノシステムプロジェクト)

福田順一, 米谷慎, 横山浩

## 【はじめに】

液晶が表面に対してある特定の方向に配向する「アンカリング」と呼ばれる性質は、液晶の基礎応用の両面において極めて重要な性質の1つである。特に近年、ナノテクノロジーの進歩により表面に自在な加工を施すことが可能になったことから、応用上望ましいアンカリングの性質を、表面に凹凸を施すことで実現しようとする試みが数多くなされている。

表面の凹凸が誘起するアンカリングについては、Berreman による先駆的な仕事（解析的理論）があるが[1]、我々は彼の理論が一般には正当化できない仮定に基づいていることを明らかにしてきた[2]。本講演では、解析的議論の「正しい」帰結を紹介するとともに、解析的議論が要請する「表面の凹凸のピッチに比べて、振幅が十分小さい」という仮定が必ずしも成り立たない場合に関するアンカリングエネルギーの数値計算の結果について述べる。

## 【結果と考察】

Berreman の議論と同様、平行な溝（振幅  $A$ 、波数  $q$ ）を有する表面に、水平方向  $\mathbf{n}$  に配向したネマチック液晶が接触している状況を考える。 $qA \ll 1$  の場合は液晶の変形は小さく、液晶の弾性変形のエネルギー（アンカリングのエネルギー）を解析的に求めることができる。溝と  $\mathbf{n}$  のなす角（方位角）を  $\phi$  とすると、アンカリングのエネルギー（単位面積あたり）は

$$f(\phi) = \frac{1}{4} A^2 q^3 \frac{\sin^2 \phi}{g_1(\phi)} \left\{ K_3 \sin^2 \phi + K_s \cos^2 \phi \left( 2 - \frac{K_s}{K_3} \frac{g_1(\phi)g_2(\phi) - \cos^2 \phi}{\sin^2 \phi} \right) \right\} \quad (1)$$

となる[2]。ここで、 $g_i(\phi) = \sqrt{\cos^2 \phi + (K_3/K_i) \sin^2 \phi}$  ( $i = 1, 2$ )、 $K_s \equiv K_2 + K_{24}$  である。

これは Berreman の導いた結果とは著しく異なるものである。この違いは、Berreman の理論が配向の変形について結果的には正しくない仮定を用いていることに起因する。

また、 $qA \ll 1$  が必ずしも成り立たない場合に、式(1)からどの程度のずれが生じるのかを確かめるために、数値計算による検証を試みた。まず  $qA \simeq 0.02$  では、確かに式(1)が成立することが確かめられた。また、 $qA \ll 1$  とは必ずしも言えない  $qA \simeq 0.6$  では、一見液晶の弾性変形のエネルギーは式(1)からずれるが、バルクにツイスト変形が生じていると考え、系全体の弾性変形のエネルギーは「ツイスト変形のエネルギー + 式(1)のアンカリングエネルギー」に比較的良く一致することがわかった。この結果により、 $qA \ll 1$  でなくてもアンカリングのエネルギーが式(1)でほぼ記述できるという、驚くべき帰結が導かれたことになる。

## 【参考文献】

- [1] D. W. Berreman, Phys. Rev. Lett. 28, 1683 (1972);  
P. G. de Gennes and J. Prost, "The Physics of Liquid Crystal" (2nd ed.) p. 115.
- [2] J. Fukuda, M. Yoneya and H. Yokoyama, Phys. Rev. Lett. 98, 187803 (2007);  
*ibid.* 99, 139902 (Erratum) (2007)