

## 軟 X 線 GI-SAXS による深さ方向分析の試み

竹下浩樹<sup>1</sup>、奥田浩司<sup>1</sup>、落合庄治郎<sup>1</sup>、西垣尚紀<sup>1</sup>、加藤真行<sup>1</sup>

櫻井伸一<sup>2</sup>、藤原久和<sup>2</sup>、北島義典<sup>3</sup>

1 京大工、2 京都工繊大工、3 KEK PF

【背景・目的】GI-SAXS 法はグラニューラー構造薄膜やナノドット、高分子薄膜など、ナノスケールの構造を持った薄膜材料の非破壊構造評価に適している。従来、GI-SAXS 法での入射 X 線には CuK $\alpha$  程度の波長を持つ比較的硬い X 線が用いられてきたが、それは空気中で実験が可能である、Ewald 球の半径が大きく解析が容易であるなどの利点があったからである。一方で軟 X 線を入射 X 線として用いることで、前述の利点を享受できない代わりに、(1)C や Si、P など学問的に重要な軽元素の吸収端における共鳴効果を利用できる、(2)波長が長くなるにつれて全反射臨界角が大きくなることを利用して、視射角制御によって深さ分解能を持った測定が容易になるなどの利点が生まれる。

本研究では、軟 X 線を利用することで得られる利点のうち(2)深さ分解能を持った測定について、GI-SAXS 強度の評価手法を確立することを目的とする。試料には、トリブロック共重合体である SEBS(polyStyrene-block-poly(Ethylene-co-But-1-ene)-block-polyStyrene)薄膜を用いた。SEBS 薄膜は適当な温度で熱処理することにより、ミクロ相分離によって様々な 3 次元ナノ構造を取ることが知られており、試料表面と内部における構造の変化に関心が寄せられているため、本実験の試料とした。

【実験方法】実験は PF BL-11B で行った。真空チャンバーの中に、スリット、ゴニオメーター、試料台、検出器(IP)を配置し、10Pa 程度まで減圧したのち、1.77keV の X 線を用いて視射角を 1.00°, 0.85°, 0.75°, 0.70°, 0.675°, 0.65° と 6 段階に変化させて露光した。

【実験結果】Fig.1 は  $q_y = -0.24 \text{ nm}^{-1}$  の位置における  $q_z$  方向の GISAXS 強度分布の視射角依存性を示している。すべての視射角について  $0.23 \text{ nm}^{-1}$  付近にピークがみられ、視射角が小さくなるにつれてピークの幅が広がっていること、ピークの位置が移動していることがわかる。また、 $0.5 \text{ nm}^{-1}$  付近にも同様のピークの変化がみられる。これらのピークそれぞれをローレンツ関数によって最小二乗フィッティングし、その半値幅の視射角依存性、ピーク位置の視射角依存性を調べることで、SEBS 薄膜の構造が深さによって異なることが分かった。また、モデル計算によって得たピーク半値幅の視射角依存性と比較することで、本実験の深さ分解能の妥当性が確認できた。

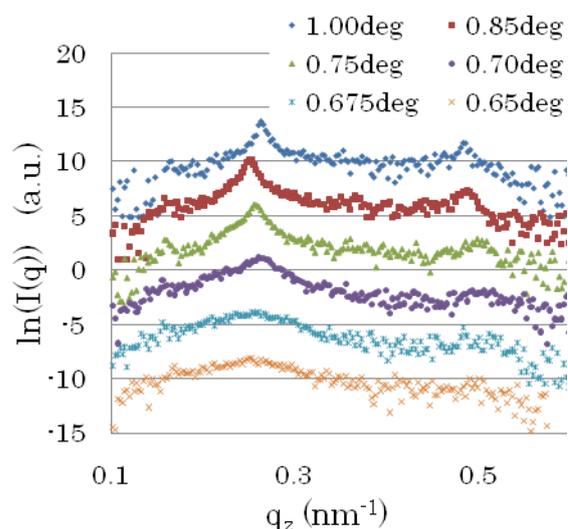


Fig.1 強度分布の視射角依存性