

Application News

No. S08

表面観察 Surface Observation

SPM による含水性レンズの多角的評価

The Evaluation of the Hydrus Lens Using SPM

はじめに

Introduction

コンタクトレンズに代表される含水性レンズを走査型プローブ顕微鏡 (SPM) を用いて多角的に評価しました。含水性レンズは、性能向上の目的で様々な表面加工がなされていますが、実使用に近い状態で評価することができる分析手段は限られています。SPM は、液中での観察が可能で、表面形状だけでなく表面物性も測定することができます。そのため、生体系試料や親水性ポリマーなどの測定に広く利用されています。

今回、島津製作所製 SPM-9700 を用いて、2 種類の含水性レンズに対して、実際の使用環境に近い人工涙液中において、1. 表面形状と位相像の観察、2. 硬さ評価、3. 摩擦係数の測定、および大気中で、4. 表面電位分布の観察を行いました。

C. Kawai S. Moriguchi Y. Q. Zhang

評価項目

Evaluations

SPM-9700 の外観を Fig. 1 に示します。

今回評価した 2 種類の含水性レンズは、

A：イオン性レンズ

B：非イオン性レンズ

です。評価項目と測定条件を Table 1 に示します。



Fig. 1 走査型プローブ顕微鏡 SPM-9700
Scanning Probe Microscope SPM-9700

Table 1 測定条件
Measurement Conditions

測定装置 Instrument	表面形状 位相 Surface Shape and Phase Image	硬さ Hardness	摩擦係数 Friction Coefficient	表面電位分布 Surface Potential Distribution
測定装置 Instrument	SPM-9700			
試料 Samples	含水性レンズ (A, B) Two Hydrus Lenses (A, B)			
雰囲気 Environment	人工涙液中 In Artificial Tears			大気中 In Air
測定モード Measurement Mode	位相 Phase	フォースカーブ Force Curve	LFM	KFM
カンチレバー Cantilever	BL-AC40 (Olympus) 0.1 [N/m] (Typ.) 25 [kHz] (Typ.)	BL-AC40 (Olympus) 0.1 [N/m] (Typ.) 25 [kHz] (Typ.)	OMCL-RC800 (Olympus) 0.05 [N/m] (Typ.)	EFM (NANO WORLD) 2.8 [N/m] (Typ.) 75 [kHz] (Typ.)

表面形状と位相像の観察

Observation of Surface Shape and Phase Image

人工涙液中で、表面形状と位相像を観察しました。Fig. 2 は、試料 A と試料 B の高さ像 (a), (b) と位相像 (c), (d) です。試料 A と試料 B で、表面の粗さが異なりました。また、試料 B においてのみ、線状の模様が見られました。

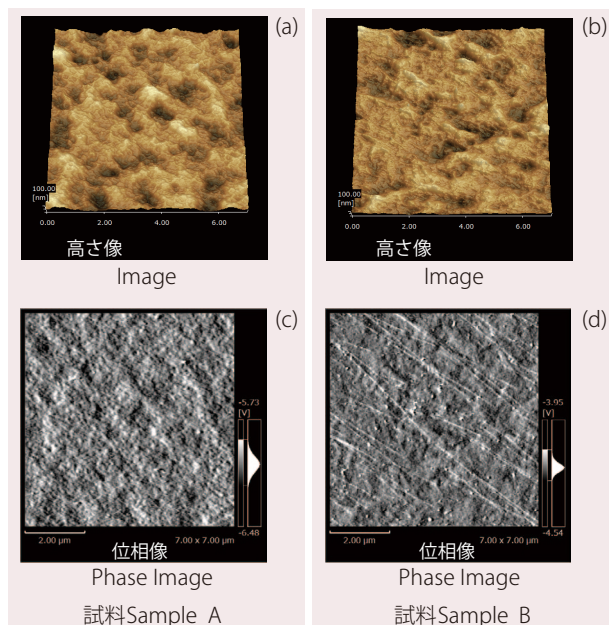
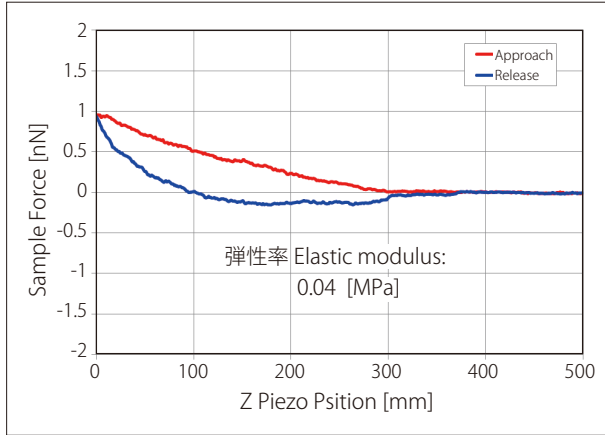


Fig. 2 試料 A と試料 B の、高さ像 (a), (b) と位相像 (c), (d)
The Topographic Images (a), (b) and the Phase Images (c), (d) of
Sample A and B

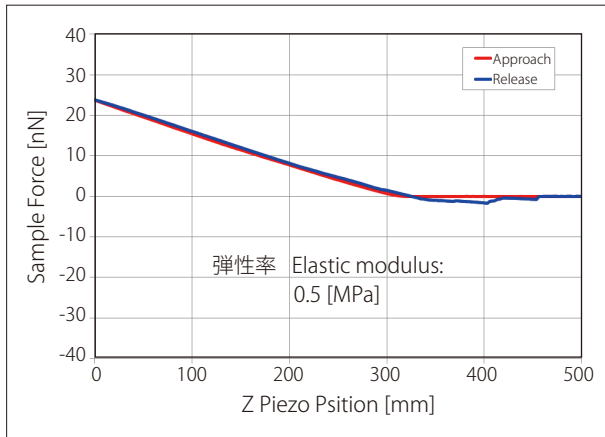
■硬さ評価

Evaluation of Hardness

Sneddon による円錐と平面の接触モデルに基づいて、フォースカーブから弾性率を導出しました。Fig. 3 は、試料 A と試料 B のフォースカーブです。試料 A と比較して、試料 B の弾性率が 10 倍以上大きいことが分かりました。



試料 Sample A



試料 Sample B

Fig. 3 試料 A と B のフォースカーブおよび弾性率
Force Curve and Elastic Modulus of Sample A and B

■摩擦係数の測定

Measurement of Friction Coefficient

摩擦力和垂直抗力の関係は、以下の式で表せます。

$$F = \mu N$$

ここで、F は摩擦力、 μ は摩擦係数、N は垂直抗力です。

Fig. 4 は、LFM モードで測定された水平力（摩擦力）と垂直抗力のグラフです。この水平力と垂直抗力の関係から、摩擦係数 μ を算出しました。その結果、試料 B と比較して、試料 A の摩擦係数が大きいことが分かりました。このように、試料表面の摩擦係数の定量的な評価を行なうことができました。

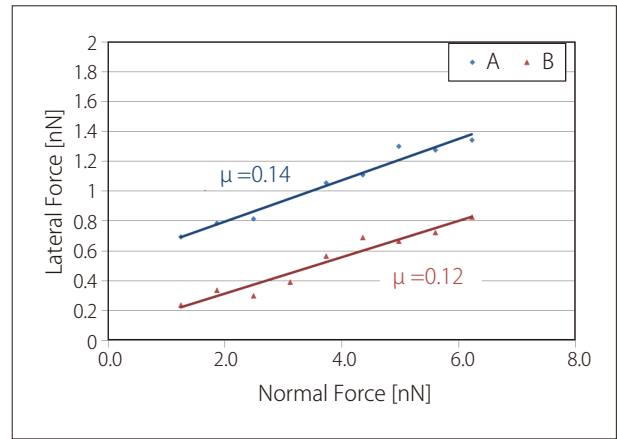
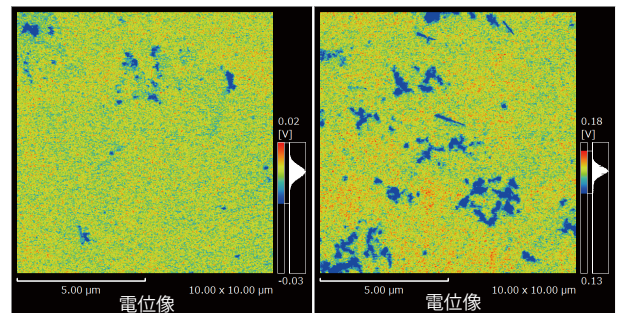


Fig. 4 水平力と垂直抗力の関係
Relationship between the Lateral Force and the Normal Force

■表面電位分布の観察

Imaging of Surface Potential Distribution

KFM モードを用いて、表面電位分布を観察しました。Fig. 5 は、試料 A と試料 B の電位像です。試料 B と比較して、試料 A の電位分布が一様である様子が見られました。



試料 Sample A

試料 Sample B

Fig. 5 試料 A と試料 B の電位像
The KFM Images of Sample A and B

■まとめ

Conclusion

今回、2 種類の含水性レンズを SPM により多角的に評価しました。各々の評価において、2 つの含水性レンズ試料で異なる結果が得られました。これらの結果は、コンタクトレンズ表面の評価に有効です。とくに、人工涙液中での観察は他の手法にはない特長です。

本報は、20th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM20) にて発表した内容を一部改変したものです。