

## しわ形成過程をヒントに微細凹凸構造を簡便に作製する技術を開発

ソフト系ブレインマテリアル創製を指向したリンクル表面の構築とトポロジカル配列制御  
(東理大工・界面科研) ○遠藤洋史、(東理大工) 田村眞弘、(物材機構) 中尾秀信  
(東理大工・界面科研) 河合武司

[1C19]

(Tel: 03-3260-4272-5723, E-mail: endo@ci.kagu.tus.ac.jp)

東京理科大学遠藤洋史助教、大学院生の田村眞弘、河合武司教授、物材機構の中尾秀信博士らの共同研究グループは、柔らかいゴム表面に多彩な凹凸【しわ】構造を簡便に付与する新技術を開発した。この手法は、柔らかい物体と硬い物体とが密着している界面において、表面座屈現象と呼ばれる両層の弾性率（硬さ）の違いで自発的に形成される構造を利用したものである。ストライプパターンからヘリングボーン、脳しわ様構造に至る様々なパターン作製に成功した。従来このような複雑な構造を作製するためには、リソグラフィー技術に代表される大規模な装置・コスト・時間を必要としていた。開発した新技術はそのような高度な技術も必要なく手軽に作製できる。さらには、この空間内に様々なナノ物質(ナノ粒子やDNA ファイバー)を精密に配列することにも成功した。

### 【背景・コンセプト】

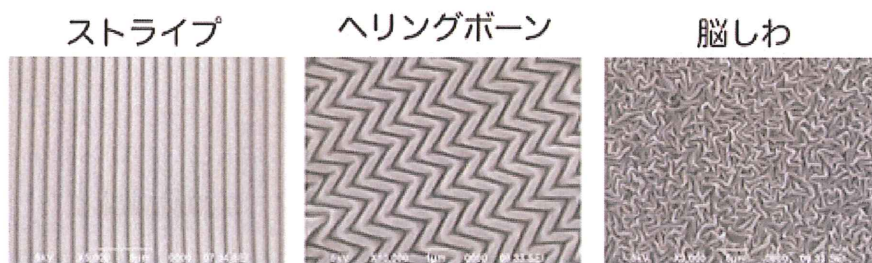
自然界の表面形態には様々な幾何学パターンが存在し、そのパターンは自己組織化により自発的に形成される。なかでも、“しわ(リンクル)”構造は葉の表面や波紋・砂紋、皮膚やカーテンのひだ等、身近に見ることができる。一方、我々のからだ・組織が形づくられていく発生・形態形成過程では細胞表層に加わる力学的な因子が大きく関係している。脳のしわや腸のひだといった凹凸構造も、表面と細胞骨格に関わる力学的なバランスにより決定される。今回我々はこの過程をヒントにして、柔らかいゴム表面を任意の方向に伸ばし、その状態を維持して表面に硬い薄層をプラズマ処理により形成させた。その後、加えた力を解放していくと様々なしわ構造が観察された。この空間波長や振幅はダイナミックに変化(ナノオーダーからマイクロオーダー)させることができる。また、しわ構造をテンプレートとして所望のナノ物質を精密に配列できる。脳しわという構造的な観点からだけでなく、空間内に配置された機能性ナノ物質は神経細胞ニューロンのようなアクセスルートとして考えることができるため、シリコンウエハーに代表されるハードなインターフェイスとは対照的に、同じシリコンでも、伸縮性ゴム材料を使った**ソフト系ブレインマテリアル (インターフェイス)**として提案できる。



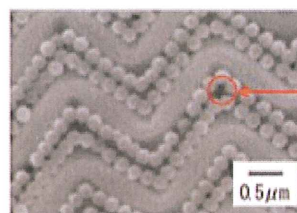
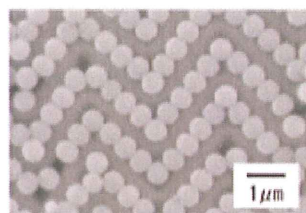
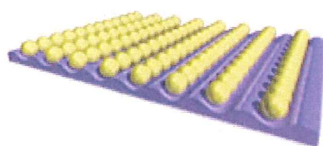
### 【新技術と応用】

新技術は非常にシンプルである。まずPDMS(ポリジメチルシロキサン)ゴムを固定して、所定方向へ伸長する。その状態を維持して表面に硬シリカ層を酸素プラズマ処理により形成させる。その後、加えた力を徐々に解放していく。この時、両層の弾性率が異なるため座屈現象が引き起こり、しわができる。**クリップ 2 つさえあれば作製できる手軽さのナノテク**である。一般的に座屈現象は構造破壊につながり、構造力学や建築分野においてはマイナスのイメージが強い。この現象を積極的に利用するという発想転換のもとで研究を行った。伸ばす方向や付加する力を変えることで、ストライプパターンからヘリングボーン、脳しわ様構造など多彩なパターンを作製できる。

このしわ空間には様々な物質を容易に導入できるという特長もある。スピコート法やディップコート法によりナノ粒子やDNAファイバーのようなバイオマテリアルまで、広範な材料を精密に配列・配置できる。チェーン状に配列した粒子からはマイクロロボットの作製も可能である。またゴム表面には機能性分子を化学修飾できるため、複雑な凹凸構造に反映して超撥水性基板や高感度センサー構築へと展開できる。導電性高分子や光学特性を有する粒子と組み合わせることで、電気・電子材料分野にも貢献でき、新しいフレキシブル材料として幅広く期待される。



ナノ粒子の配列イメージ ミニチュアCD構造もお手軽作製



粒径に応じた配列パターン

blank spot

<適用分野> 高感度センサー、光学デバイス、ソフトロボット、撥水性基板、微細配線技術、フレキシブル電気・電子材料