



公立大学法人富山県立大学  
**News Release**

事務局経営企画課

【本発表に関すること】

担当：経営企画課 佐藤、吉田  
電話：0766-56-7500（内線）1232

【本件に関すること】

担当：工学部機械システム工学科 准教授 遠藤洋史  
電話：0766-56-7500（内線）1637  
電子メール：endo@pu-toyama.ac.jp

令和元年9月12日

**微小液滴からの高速立体造形技術を開発  
～本研究成果が高分子学会パブリシティ賞を受賞～**

本学工学部機械システム工学科の遠藤洋史准教授、大学院博士前期課程機械システム工学専攻1年の井野口裕通らの研究グループは「しわ：リンクル」ゴムフィルムが液滴を自発的に高速内包する現象を利用した、新たな3D造形技術を開発しました。特殊な装置を必要とせず、液滴の滴下→UV照射(内包液体の固化)→自発的フィルム剥離の3段階で、表面に微細なリンクル構造が転写された3D造形が完成します。

本成果は9月25日から福井大学で開催される第68回高分子討論会にて発表されます。高分子学会では高分子科学技術の普及のためにパブリシティ賞を設けており、今回総計1,690件のうちの10件に選定されました。

1. パブリシティ賞について

高分子学会では、学術や産業界の発展に寄与するために、年次大会、高分子討論会、ポリマー材料フォーラムの中から、高分子の研究開発に大きな影響を与える研究発表の内容について広報活動を行っています。広報委員会がプレスリリースのために選定したものに対して、パブリシティ賞を授与することになりました。本賞はその発表内容が学術、技術、又は産業の発展に寄与するものであり対外的に発表するにふさわしいと認められたものです。

2. 受賞内容について

発表日：令和元年9月26日

発表番号：2Pb056

講演題目：弾性毛管力を駆動源とするフォールディング型立体造形技術

発表者：富山県大院工 ○井野口裕通, 遠藤洋史

学会からのプレスリリース：[http://main.spsj.or.jp/koho/koho\\_top.php](http://main.spsj.or.jp/koho/koho_top.php)

3. 研究内容について

【ポイント】～マジシャンもビックリ! 包んで開けば、中から3D造形体が誕生～

- ・液滴包み込みを利用したナノ・マイクロ微細構造を有する高速立体造形
- ・金属薄膜や微粒子などの立体転写も可能

## 【研究背景】

3次元微細加工の観点においてマイクロ光造形法の進展により精度の高い造形体の構築が可能となっています。しかしながら、この手法は高出力エネルギーや大型装置を必要とするため生産性に乏しく、熱的・化学的に脆弱な樹脂を使用しなければならない制約がありました。近年では『3Dプリンティング技術』も目覚ましく進歩しています。工程の簡易化・製造装置の小型化が可能であり、従来の真空プロセスを経ないためコスト面においても大幅な生産性の向上が期待できます。これまでは薄い層を積み重ねていき立体物を得る『積層造形』が主流であり、この原理を利用して細胞組織プリンターなど様々な3Dプリンターが開発されています。しかしながら、ナノオーダーからの微細凹凸構造を精密・周期的かつ簡便・迅速に付与できる立体造形技術は未だに実現していません。

本研究では弾性薄膜に液滴を滴下すると、薄膜と液滴間に働く弾性毛管力に基づき、薄膜が自発的に3次元状に液滴を包み込む『フォールディング挙動』を利用しました。この“キャピラリー折り紙”とも呼ばれる挙動は薄膜形状に依存して折りたたまれ、様々な形で内包液体を形作ることができます(図1:例えば十字形薄膜からは立方体)。

従来の手法とは全く異なる、3Dプリンティング技術の新たなコンセプトの誕生です。

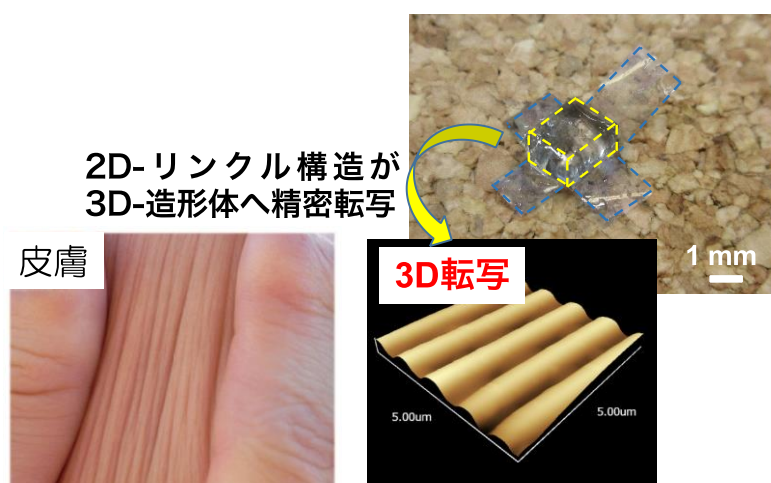


図1: サイコロの展開図のように、十字状フィルムからキューブ型立体造形ができる。ナノ・マイクロリンクル構造が立体的に転写される。

## 【手法と成果】

弾性薄膜には周期的な正弦波状構造を表面に有する「しわ：リンクル」ゴムフィルムを用いました。当研究室ではこれまでに、独自の伸張技術(特許第5822192号)により、柔らかいゴム表面に多彩な凹凸「しわ：リンクル」構造を簡便に付与する技術を開発してきました。この手法は、柔らかい層と硬い層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す。

今回、ストライプ状リンクルフィルムに光架橋性オリゴマーと光重合開始剤を含んだ液滴を滴下します。すると、瞬時にフィルムが屈曲して液滴を包み込みます(図2:①)。次にUV光を照射し、内包液体を固化(ゲル化)させます。このゲル化と同時に、リンクル構造が内包体表面へ精密に「立体転写」されます(図2:②)。

最後に水につけるとフィルムは自発的に剥離して造形体を得ることができます(図 2:③)。液滴に温度応答性を有するオリゴマーを用いれば、膨潤-収縮挙動を利用することにより、水につけることなく乾燥下でも折りたたまれたフィルムを自発剥離することが可能となります。このように、全行程をハンズフリーで操作可能であり、フィルムのカット形状やリンクル方向に依存して様々な多面体を高速・自動形成できることが本技術の大きな特徴です。

従来の転写手法(例えばナノインプリント技術)ではシリコンのような剛直な基板が使用されていたため、平面的な転写のみに限定されていました。

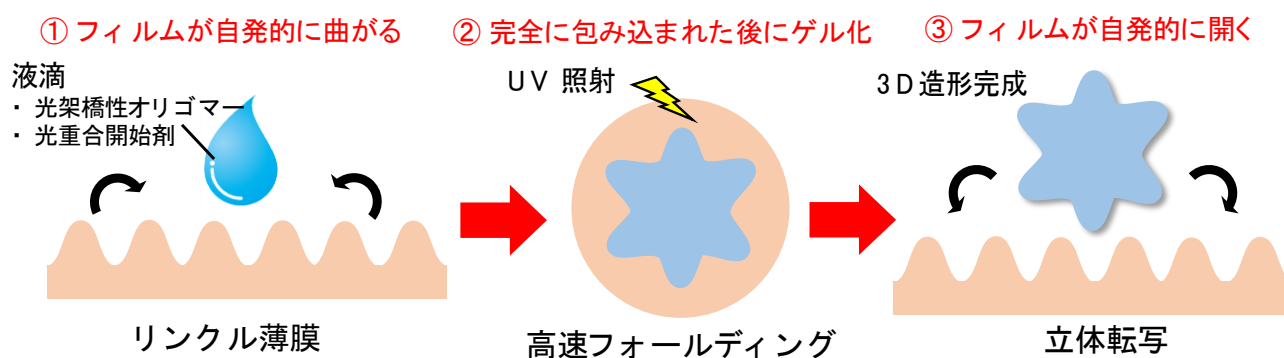


図 2：フォールディング型立体造形の作製工程イメージ図(横から見た場合)。包んで開けば出来上がりの高速 3D 造形技術!

### 【今後の展望】

今後はインクジェット技術を併用することにより、より微量液滴からの大量生産が可能になります。微細構造を有する立体造形の応用先としての工学・エレクトロニクス分野(例えばマイクロロボット)の新たな基盤技術として期待されます。

なお本研究は JSPS 科研費(課題番号 26708015, 19H02446)からの助成を受けて実施したものです。