

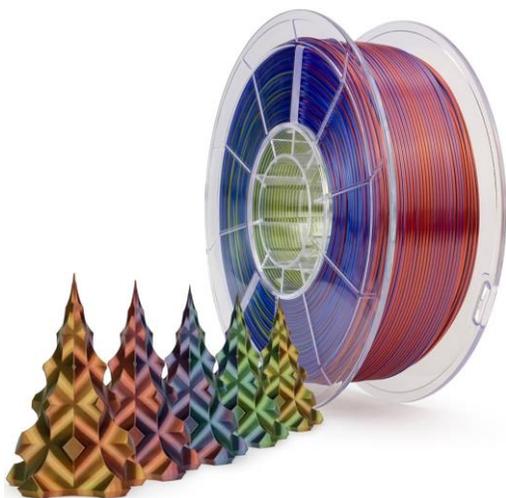
FDM 方式 3D プリンタ のための 傾斜機能フィラメントを用いた造形方法

千葉大学 デザイン・リサーチ・インスティテュート
教授 寺内 文雄

2023年12月21日

従来技術とその問題点

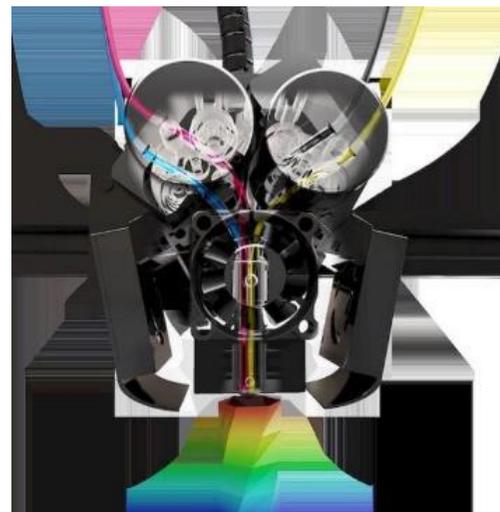
フルカラー 3Dプリンタはすでに製品化されており、色相を連続的に制御することは可能となっている。



ZIRO3D社製フィラメント

ZIRO Triple Color Co-extrusion Silky PLA Filament

<https://ziro3d.com/pages/products>



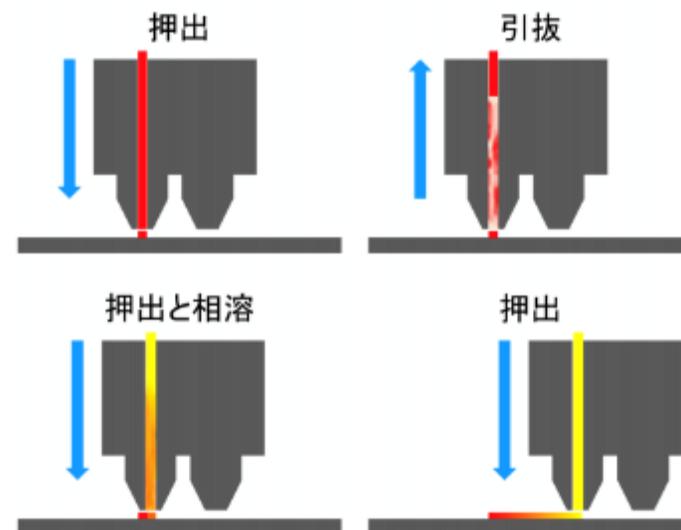
3DPid.arts社製

フルカラー3Dプリンタ Crane Quad

<https://idarts.co.jp/3dp/m3d-crane-quad/>

従来技術とその問題点

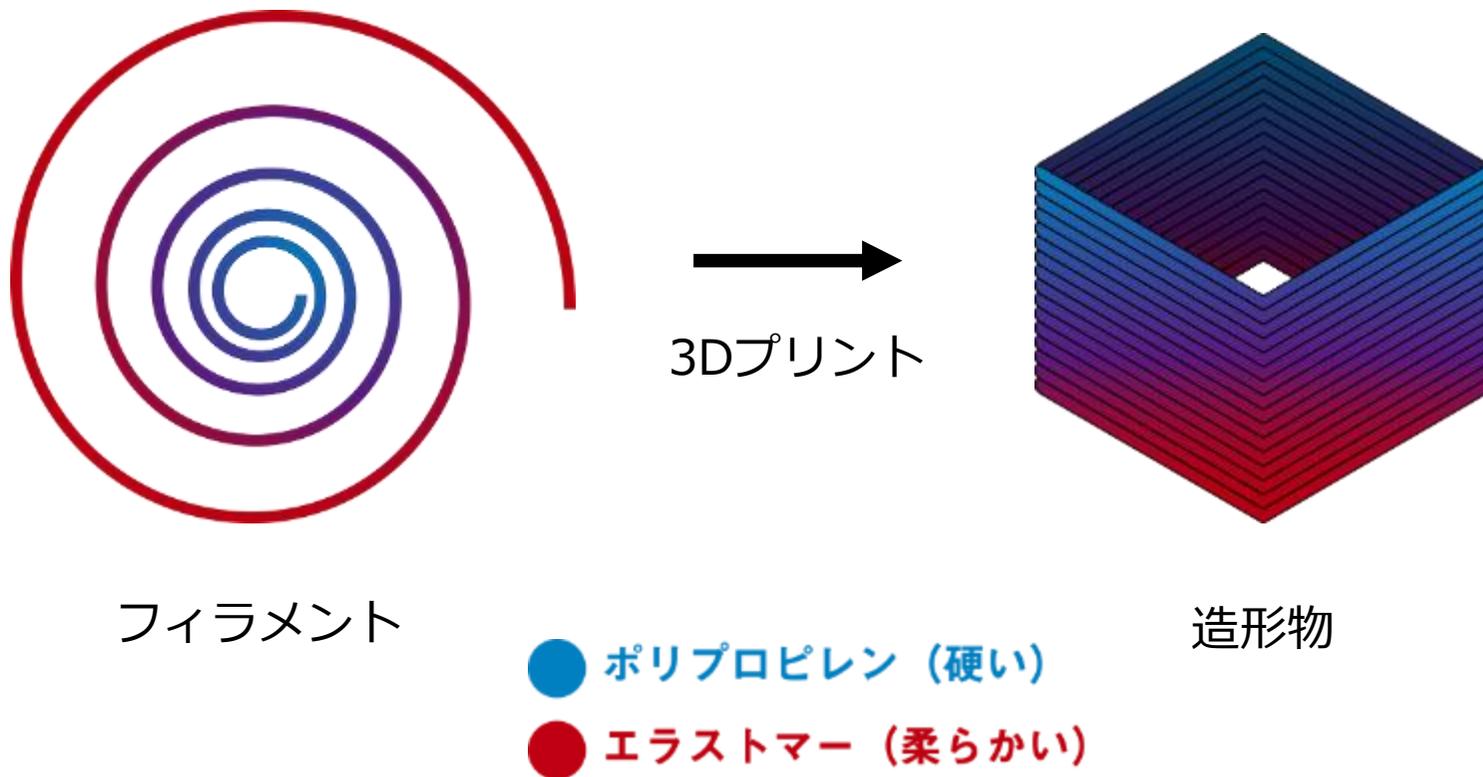
一方で、硬軟を連続的に制御する試みは少ないのが現状である。



上野新葉,宮下芳明：熱溶解積層方式 3D プリンタにおけるエクストルーダ内での相溶性を利用した硬軟制御手法, 第24回WISS2016,pp.309-310、2016.

新技術の特徴

目的：造形物の硬軟を連続的に制御したフィラメントを作製し、
従来の樹脂製品では難しかった機能を付与する。



傾斜機能を有するフィラメントを作製する

新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来の3Dプリンタでは、フィラメントの色相を連続的に変化させることは可能であったが、硬い樹脂とより柔らかい樹脂を混練して、硬さを連続的に変化させるたフィラメントの研究は十分行われてこなかった。
- そこで、硬さが連続的に変化するフィラメントを作製した後に、作製したフィラメントを用いて造形する技術を確立した。

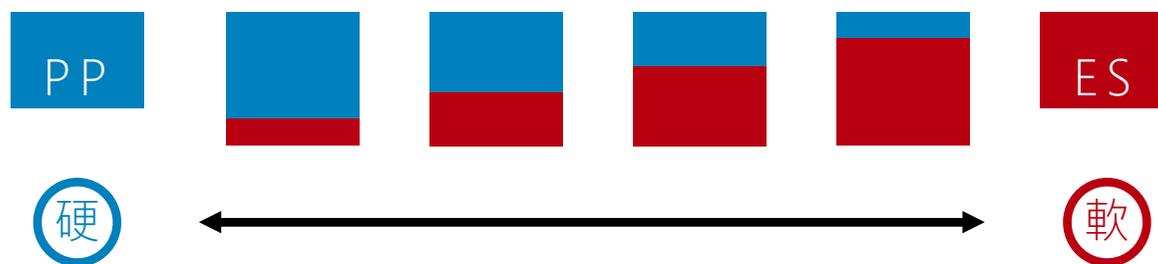
傾斜機能フィラメントの作製



ポリプロピレン
(Prime Polypro™ J105G)

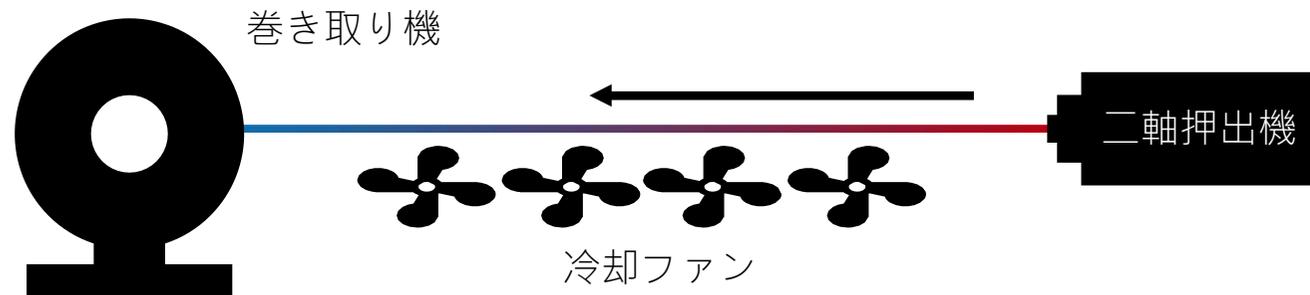


エラストマー
(三井化学社製ミラストマー-6030NS)

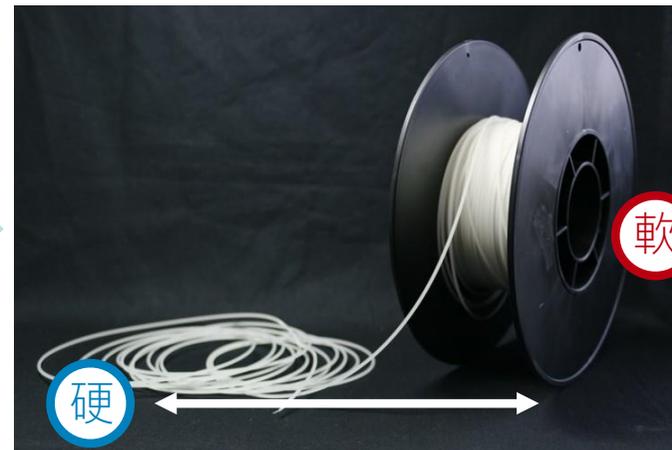


オレフィン系で親和性の高い2種類を用い、硬い樹脂と軟らかい樹脂の配合割合を変えていくことで、硬軟を連続的に変化させる

傾斜機能フィラメントの作製



二軸押出機ラボプラストミル
(東洋精機製作所製)



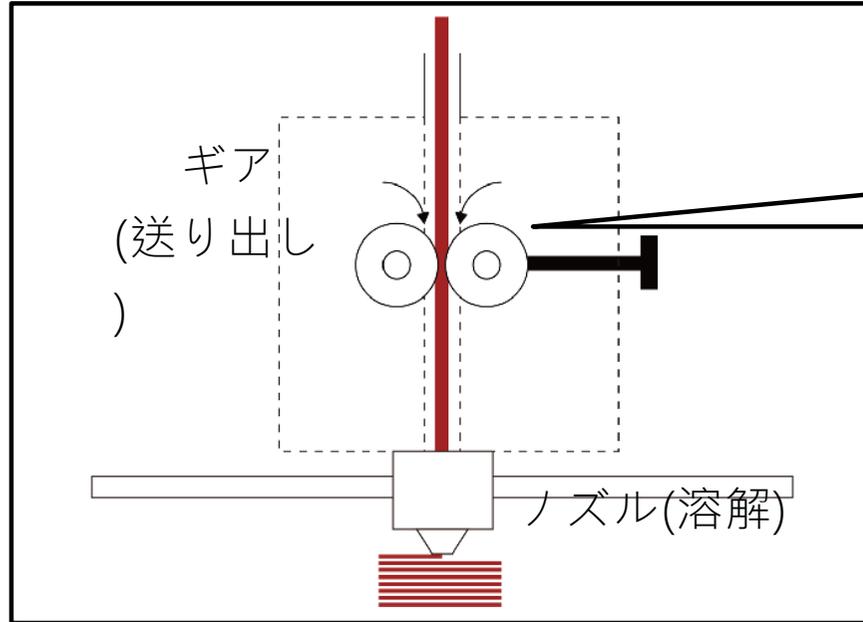
硬軟が連続的に変化する
3Dプリンタ用フィラメント

造形時の改善点

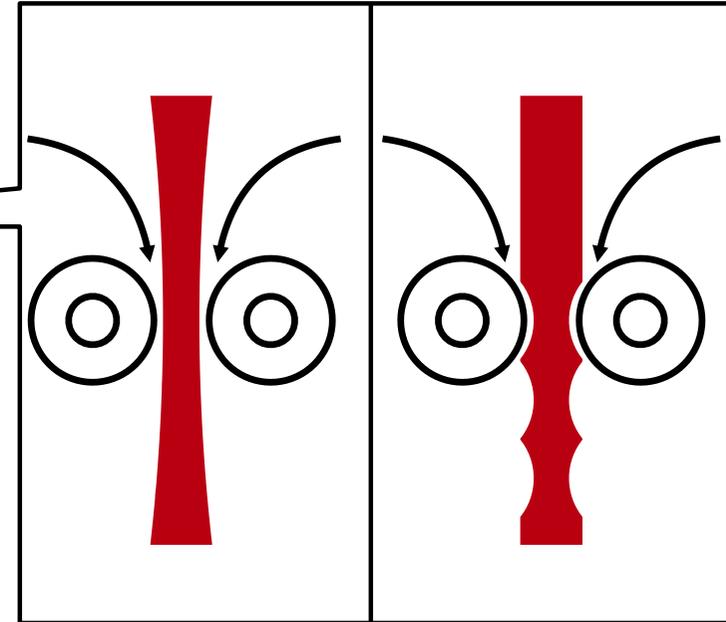
傾斜機能フィラメントで造形した際に失敗してしまう。
→ 送り出しに力がかかるとフィラメントの軟質部分の伸びや削れが発生し、ギアで挟めなくなる。



3Dプリンターのノズル部分



フィラメントを送り出す際の様子



× 伸び

× 削れ

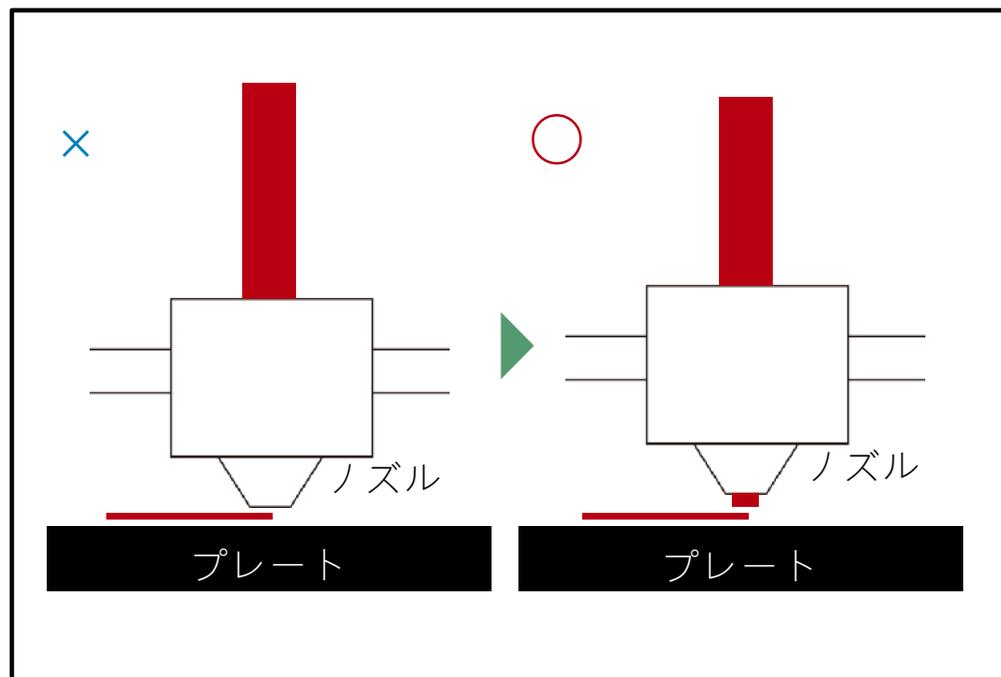
3Dプリンターの設備や設定を改善し、送り出しにかかる力や伸び、削れを軽減することを試みた。

造形時の改善点

ノズルとプレートの距離を離し、フィラメントの送り出しにかかる力を軽減



距離を調節する様子

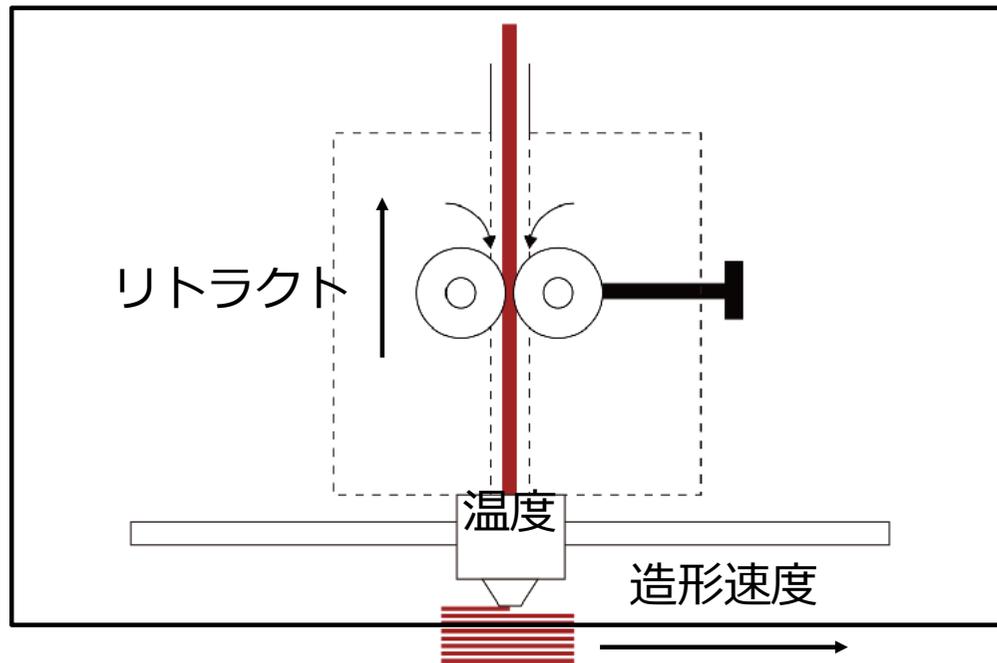


フィラメントの押し出される隙間が大きくなる様子

フィラメントが押し出される隙間を広げることで、
スムーズにフィラメントが送られるように

造形時の改善点

3Dプリンターの設定を変更し、送り出しにかかる力や伸び、削れを軽減



温度

205℃ → 250℃

造形速度

50mm/s → 10mm/s

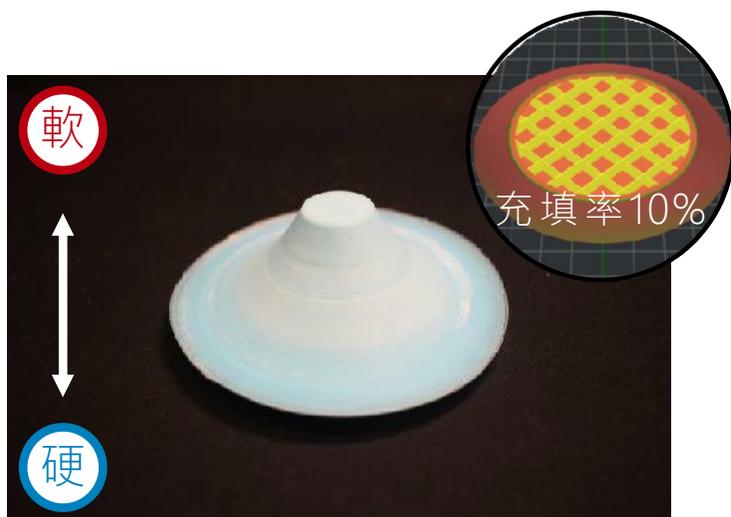
温度 → フィラメントを溶けやすく、

造形速度 → 伸びを防ぐ、

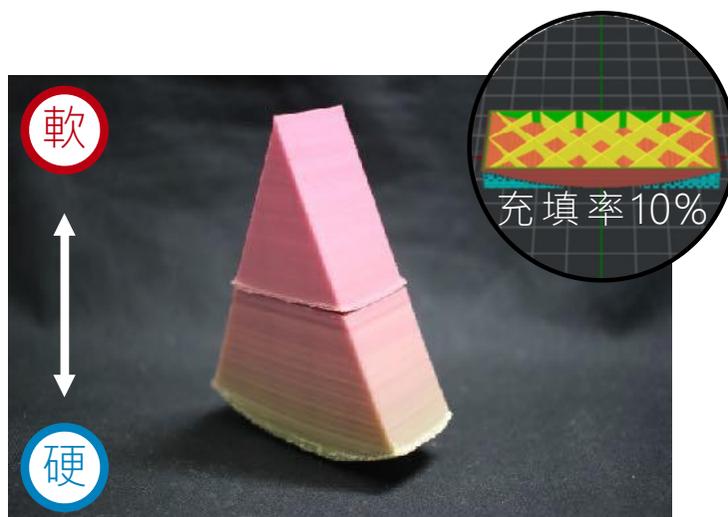
リトラクト → 削れを防ぐ

造形物の一例

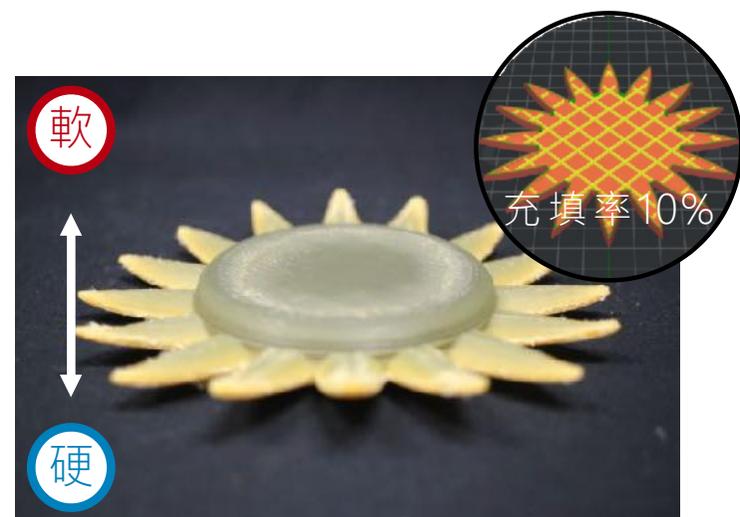
内部を充填した形状が造形できるようになり、形状の幅が広がった



富士山型サンプル



スイカ型サンプル

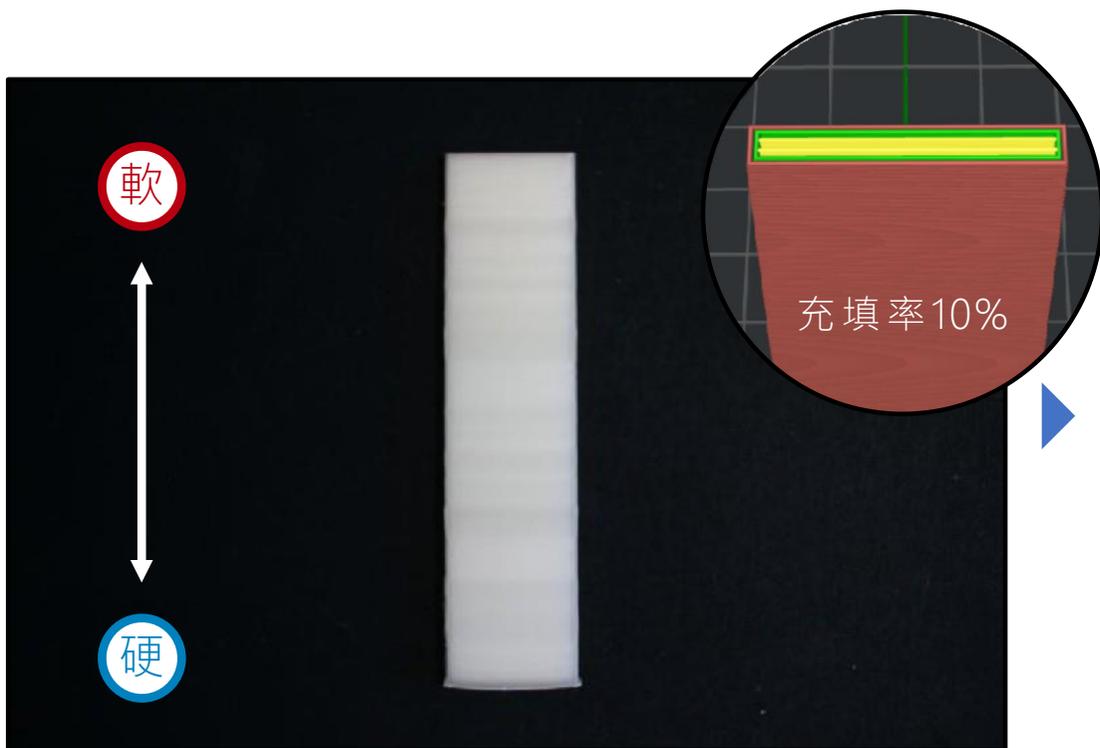


ひまわり型サンプル

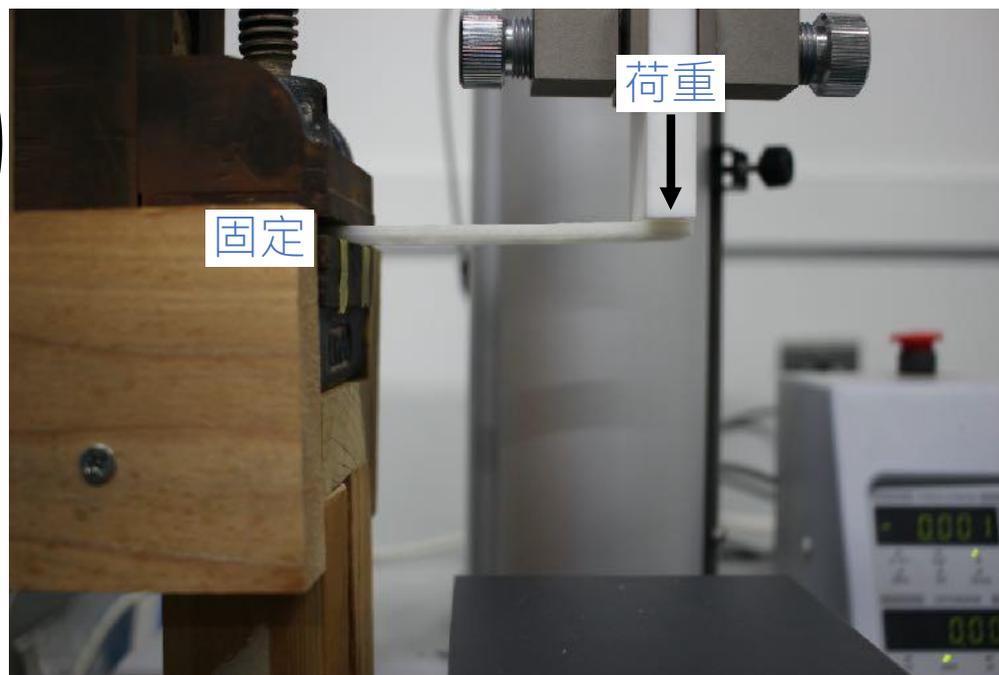
硬軟の変化を視覚的に分かりやすくするため、
着色材を用いて色相も同時に変化させた。

片持ち梁曲げ試験による物性の検証

傾斜機能フィラメントで試験片を造形し、硬軟の変化を片持ち梁曲げ試験で確認した。



試験片寸法：4×20×100mm



試験速度20mm/min、最大試験力2.5N

片端を固定し、もう片端に荷重を加えた際の変位を比較した。

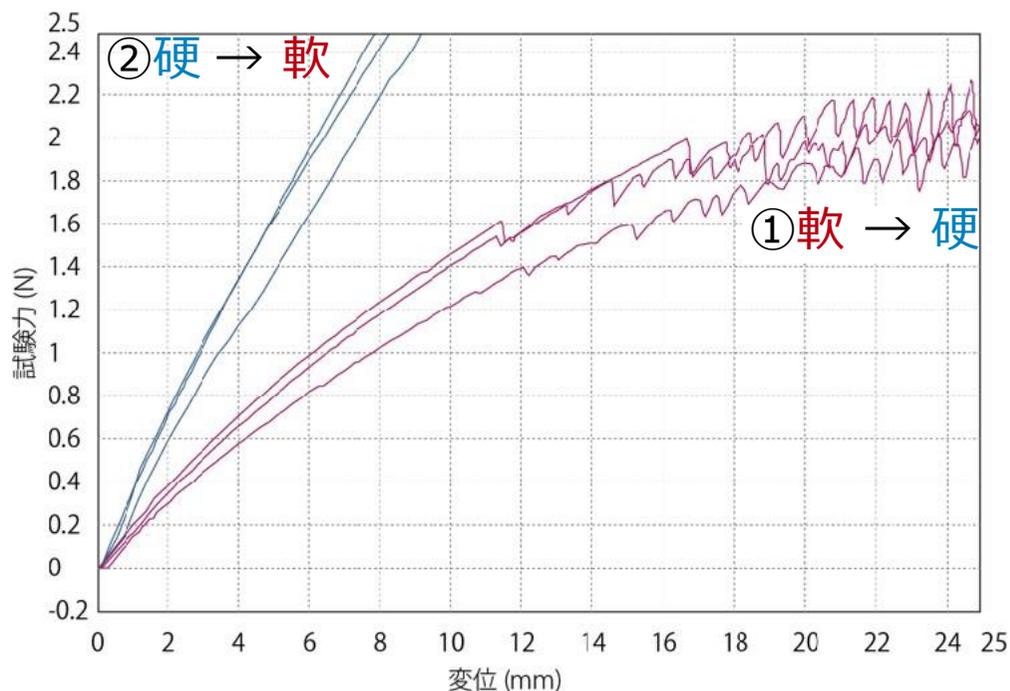
片持ち梁曲げ試験による物性の検証

試験片の向きによって試験力あたりの変位が変化した

条件①：軟 → 硬



条件②：硬 → 軟



傾斜機能フィラメントで造形した試験片では
硬軟が連続的に変化している。

片持ち梁曲げ試験による物性の検証

- ②傾斜機能フィラメントで造形した試験片
- ③硬軟が変化しない試験片
- ④硬軟が断続的に変化する試験片を比較

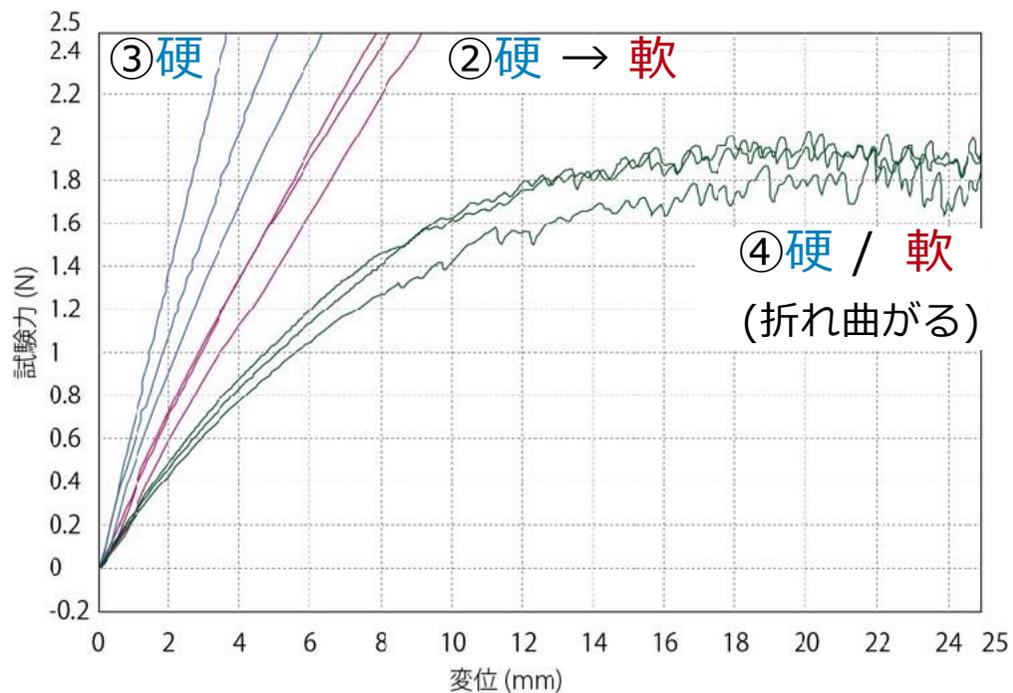
条件②：硬 → 軟



条件③：硬



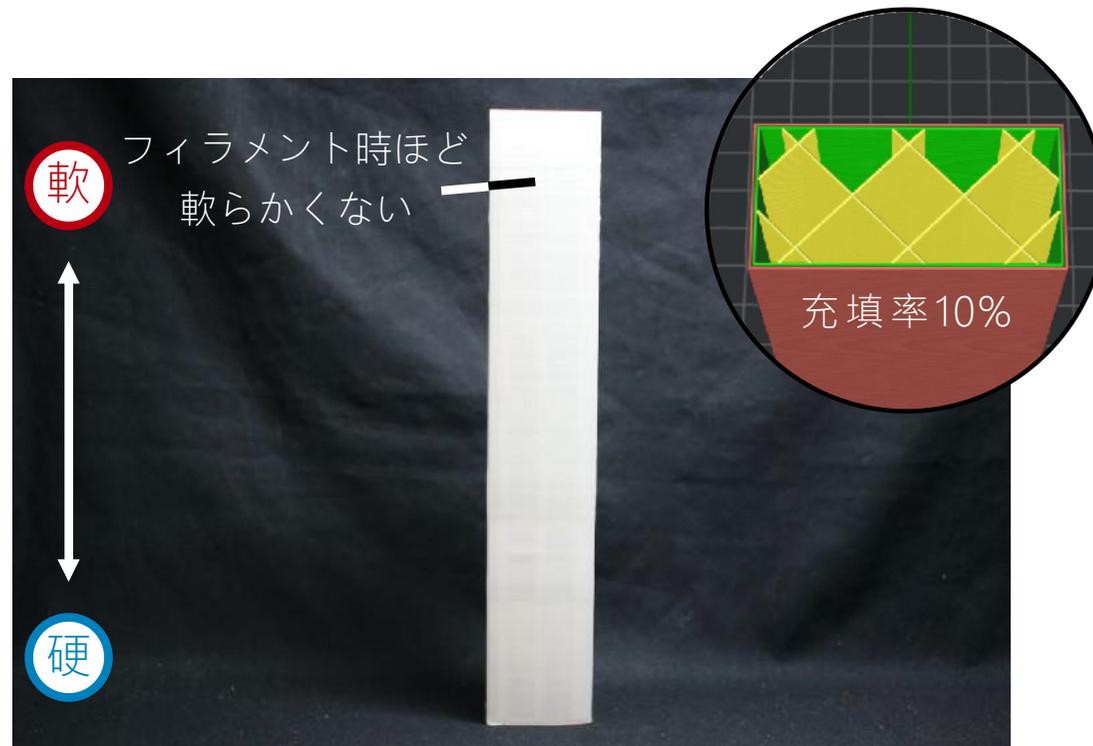
条件④：硬 / 軟



傾斜機能の付加により、境界面への応力集中や固定端への曲げ荷重を軽減できる可能性が示された。

造形物活用時の課題

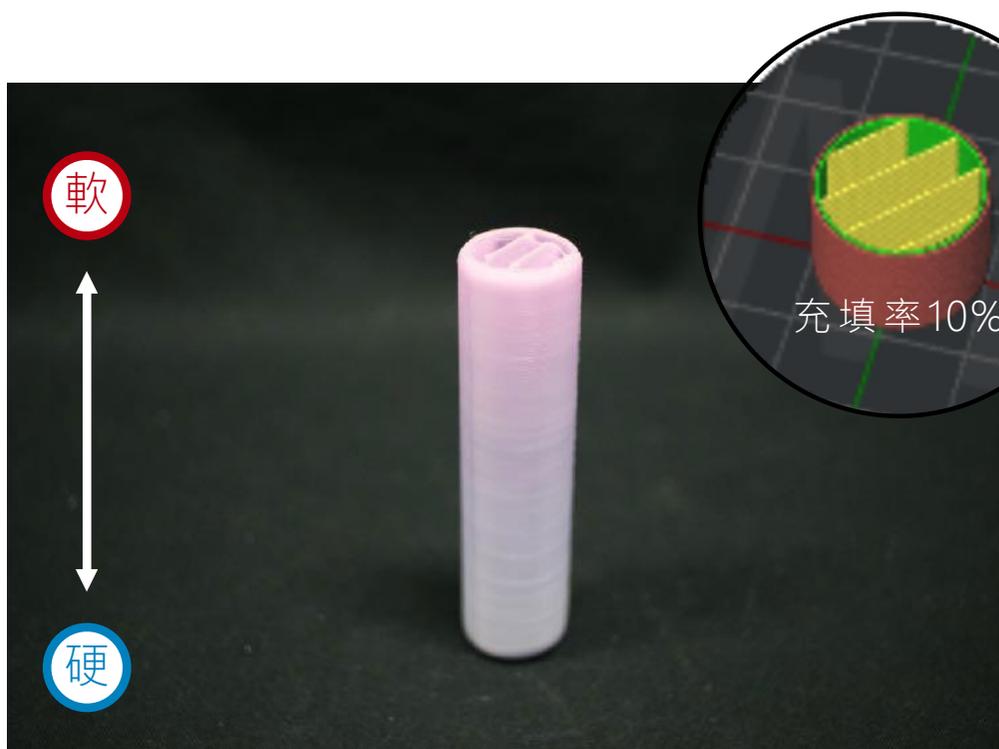
充填すると強度が上がってしまい、軟質部分では
フィラメントの時ほどの柔らかさがなくなってしまう



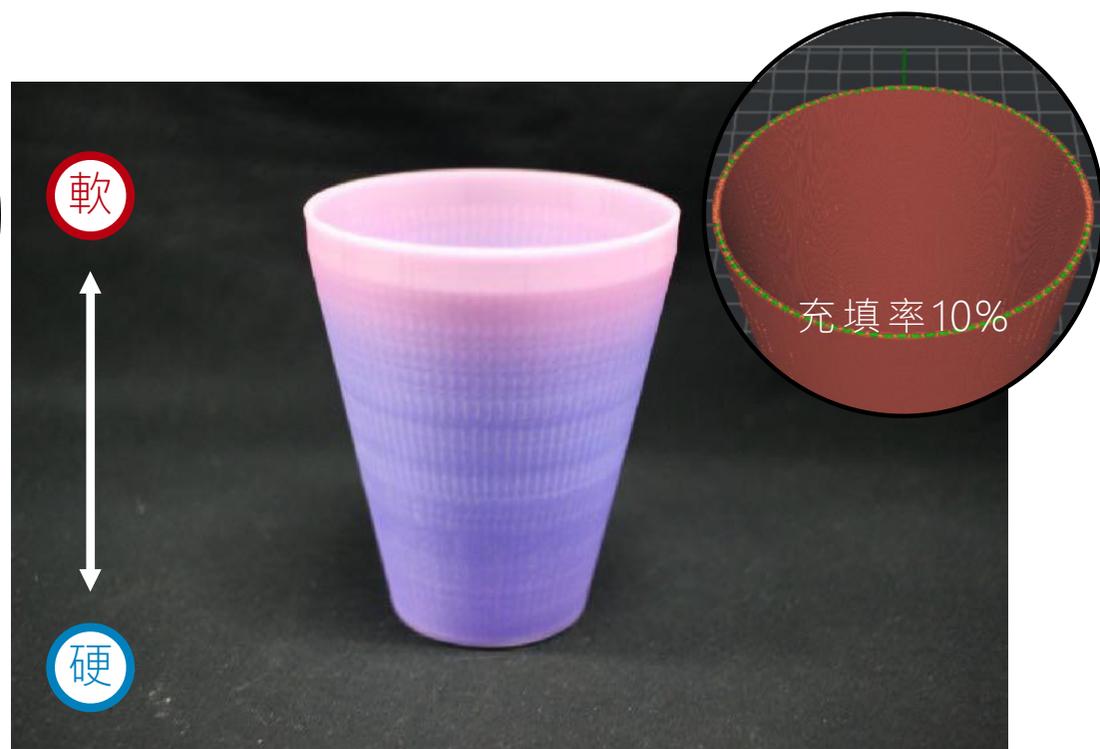
傾斜機能フィラメントを活用するためには、
硬軟の変化をより大きくする必要があります。

新技術の活用例

形状や充填方法を工夫して、軟質部分がより柔らかくなるように考慮



①使い方によって難易度が変わる
リハビリ用ペグ



②注ぎやすいコップ

傾斜機能フィラメントを活用した樹脂製品を2つ造形してみた

新技術の活用例

提案例 ①リハビリ用ペグ

上肢機能や視空間認知のリハビリや訓練に用いられる。



<https://www.tokyo-hospital.com/department/rehabilitation/kaifukuki/occupational/>

ペグをつまんでボードの穴に入れていく作業を繰り返す。

新技術の活用例

①方向によって難易度が変わるリハビリ用ペグ



端を閉じない形状に変える

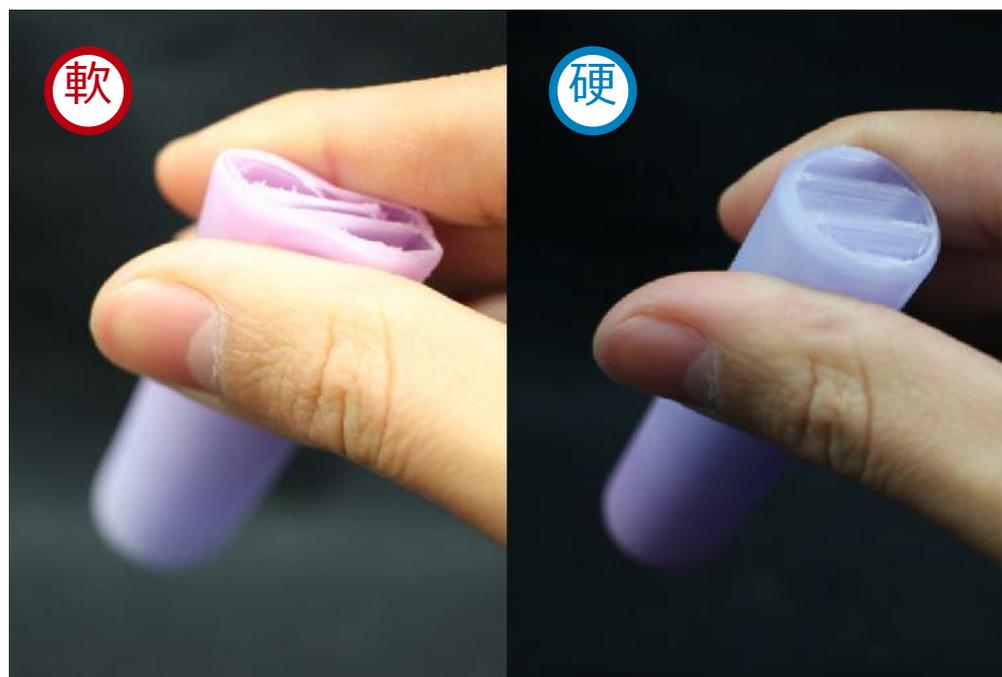


充填方法を線状に変える

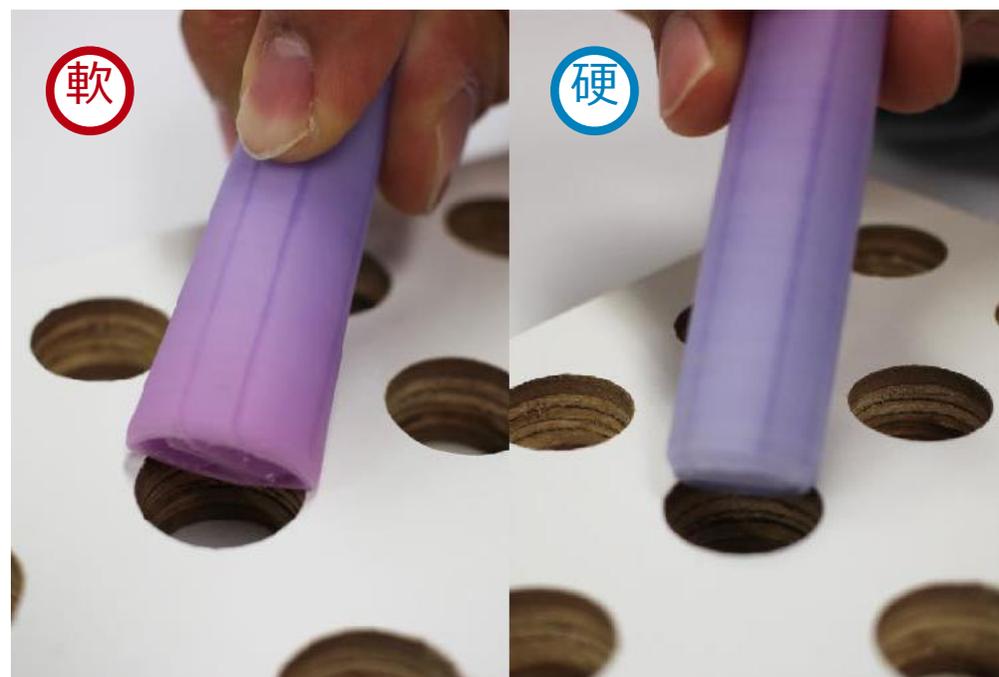
端を閉じない形状、線状に充填することで軟質部分をより軟らかく

新技術の活用例

傾斜機能により、方向によってつまみやすさや入れやすさが変わる



軟らかい方がつまみやすい

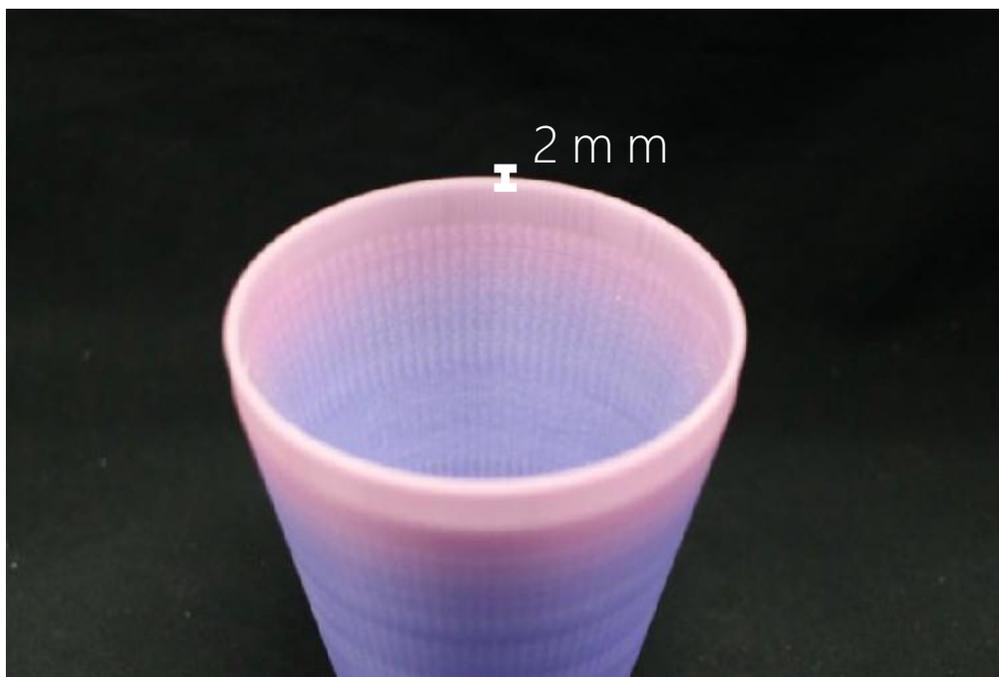


硬い方が入れやすい

形や大きさの違いで変えていた作業の難易度を
硬軟の違いで変えることができる

新技術の活用例

提案例 ②注ぎやすいコップ



薄い形状



線状に充填

薄い形状、線状に充填することで軟質部分をより軟らかく

新技術の活用例

傾斜機能により、持つ時は変形せず、注ぐ時は変形する



下部は硬いため、持つ時は変形しない



上部は柔らかいため、注ぐ時は変形する

コップ内の液体を注ぐときにこぼしにくくなる

想定される用途

- 本技術の特徴を生かすことで、これまでは形状によって応力集中を避けていた部品や構造において、形状ではなく硬軟の違いによっても応力集中を避けることができる。
- 形状と硬軟を組み合わせることによって、変形の自由度が向上することから、使用時の変形を制御したい用途に活用できる。
- 硬軟だけでなく、色相も自由に変化させることができることから、硬軟を視覚化したい場合に活用できる。

実用化に向けた課題

- 現在、硬軟と色相を連続的に変化させるところまでの技術は獲得している。しかしながら、フィラメントにフィラーを混練するための技術は獲得できていない。
- 今後、フィラメントにフィラーを混練した場合のフィラメントの太さの制御方法と、3Dプリンタによる造形技術を獲得する必要がある。

企業への期待

- 未解決となっているフィラメントに様々なフィラーを混練する技術を有する企業との共同研究を希望する。
- また、硬さやテクスチャが連続的に変化するような部品や製品を開発中の企業、デザイン分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と考えられる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : フィラメント製造装置、フィラメントの製造方法、フィラメント、三次元構造物の製造装置、三次元構造物
- 出願番号 : 特願2022-105117
- 出願人 : 千葉大学
- 発明者 : 寺内 文雄

お問い合わせ先

千葉大学

学術研究・イノベーション推進機構

産学官連携推進部

TEL 043-290-3048

FAX 043-290-3519

E-MAIL ccrcu@faculty.chiba-u.jp