

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：23201

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02446

研究課題名（和文）界面ストレン工学を基盤とした動力学協奏制御と高速立体転写の機能追求

研究課題名（英文）Dynamic Morphological Control and Functionalization of Three-dimensional Molding Transfer Based on Interfacial Strain Engineering

研究代表者

遠藤 洋史（Endo, Hiroshi）

富山県立大学・工学部・准教授

研究者番号：90455270

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではフォールディング挙動に着想を得た新たな立体造形技術の開発を目的とした。弾性薄膜には表面座屈現象により誘起された微細リンクル構造を有するポリジメチルシロキサン(PDMS)薄膜を用いた。リンクル薄膜で光架橋性オリゴマー液体をフォールディング後、内包液体をゲル硬化させ、リンクル構造が立体転写された3D造形体を構築した。

リンクル構造の良好な立体転写に成功すると共に、プラズマ処理の有無により、金属薄膜の剥離特性に明確な差異が生じることを明らかとした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、様々な植物が環境状況に応じて鋭敏に形態変化すること、すなわち水分が関与する湿潤応答・毛管力駆動性から着想し『液滴が着弾する基板側からのアプローチで、インクジェット技術と光造形技術を結びつける』という独自の発想で取り組んだ。微細構造を有する立体造形の応用先として期待される工学・エレクトロニクス分野の新たなコンセプト・基盤技術として、学術・産業双方への社会的波及効果は大きなものになると考える。

研究成果の概要（英文）： In 3D microfabrication, advances in micro-optical fabrication methods have made it possible to construct highly precise modeling objects. However, this method requires high-power energy and large equipment, making it unproductive.

In this study, inspired by the capillary origami phenomenon where surface tension of a droplet on an elastic membrane can induce spontaneous folding of the membrane into 3D structures along with droplet evaporation, a facile strategy is established for the fabrication of complex 3D hydrogel constructs using wrinkled PDMS film. This wrinkling pattern were prepared by original out-of-plane stretching method.

研究分野：高分子材料科学

キーワード：リンクル 立体造形 金属ナノ薄膜 3Dプリンティング ソフトロボット

1. 研究開始当初の背景

3次元微細加工において、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る。しかしながら、この手法は高出力のエネルギーや大型装置を必要とするため生産性に乏しい課題がある。近年ではインクジェット方式を基盤とした「3Dプリンティング技術」も目覚ましく進歩している。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る。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達成されていない。微細加工の代表的な手法として挙げられるフォトリソグラフィやナノインプリントでは、モールドに剛直なシリコン基板を使用しているため2次元平面の転写・加工に限定されているのが現状である。

一方、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、薄膜は自発的に3次元状に液滴を包み込むフォールディング挙動を示す。この“Capillary origami”とも呼ばれる挙動は薄膜形状に依存して折り畳まれ、様々な形で内包流体を形作ることができる。

2. 研究の目的

本研究ではフォールディング挙動に着想を得た新たな立体造形技術の開発を目的とした。弾性薄膜には表面座屈現象により誘起された微細リンクル構造を有するポリジメチルシロキサン(PDMS)薄膜を用いた。リンクル薄膜で光架橋性オリゴマー液体をフォールディング後、内包液体をゲル硬化させ、リンクル構造が立体転写された3D造形体を構築した(図1)。さらに、金属ナノ膜の剥離性を利用し、造形体表面へのナノ膜立体転写も試みた。AFM機能の一つであるフォースカーブ測定から表面凝着力を算出することにより、その剥離メカニズムの詳細を検討した。

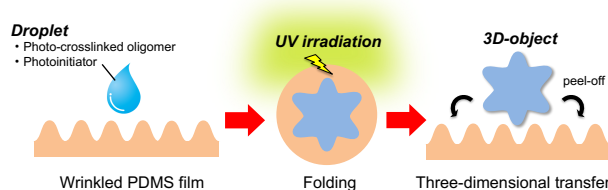


図1：本研究のコンセプト

3. 研究の方法

(1) 立体伸長によるストライプ型リンクル薄膜の作製

① 極薄 PDMS フィルムの作製

PDMSはエラストマーキット(Sylgard 184, 東レ・ダウコーニング株式会社)より、プレポリマーと硬化剤を重量比 10:1 で混合して調整した。自転公転ミキサー(あわとり練太郎, 株式会社シンキヤ)で攪拌脱泡後、さらに真空引きを数回繰り返し、十分に脱気した。その後、疎水処理を施した Si 基板にスピコートした(1300 rpm, 30 s)。大気中で1時間静置し、最後に乾燥機中(70 °C)で2時間硬化させ Si 基板から剥離し極薄フィルム(膜厚: 約 70 μm)を得た。実験には 3 cm × 4 cm 寸法で切り出して使用した。

② 立体伸長法によるリンクル構造の作製

上述で切り出した PDMS フィルムを自動長軸(軸長: 40 mm, 軸径: 6 mm)立体伸長装置に固定し、所定の高さに突き上げ、その状態を維持してプラズマ処理(PIB-20 Plasma Ion Bombarder, (株)真空デバイス)を行った。この時、表面にはシリカ-like の硬化層が形成される。その後、伸長を一定速度(0.5 mm/s)で解放しストライプ型リンクル構造を誘起した。

(2) フォールディング流体の光硬化と立体転写・3D造形

① 光架橋性オリゴマー溶液の調製

フォールディングの際の内包流体として、光架橋性オリゴマー(Poly(ethylene glycol)diacrylate: PEGDA, $M_n = 700$)に光重合開始剤(2-Hydroxy-2-methyl propiophenone)を 5 wt%混合し、10分間攪拌することにより調整した。

② リンクル構造の立体転写

フォールディングには突き上げ高さ 10 mm およびプラズマ照射時間 10 min で作製したリンクル薄膜のサイド部分を切り出して使用した。この薄膜上に、上述の光架橋性オリゴマー溶液をピペットマンで 5 μL ずつ滴下し、フォールディングを誘起した。フォールディング後、石英ライトガイド 5 cm 下にフォールディング体を静置させ、UV照射(LA410-UV(200 W 水銀キセノンランプ, 光量 4.5 W), 林時計工業株式会社)を 30 秒間行い光架橋した。ゲル硬化後にリンクル薄膜

を剥離し、造形体を得た。

③ 金属ナノ薄膜剥離による立体転写

リンクル薄膜に真空蒸着装置(SVC-700TMS, サンユー電子株式会社)により銀もしくは金を20~100 nm 蒸着した。その後、3.2.2 と同様のフォールディング操作を行い金属ナノ薄膜が転写された光造形体を得た。

(3) リンクルフィルムおよび 3D 造形体の構造評価

原子間力顕微鏡 AFM(SPM-9700,(株)島津製作所)により各フィルムおよび光造形体の構造解析を行った。広範囲の観察には形状解析レーザー顕微鏡(VK-X250, (株)キーエンス)を使用した。

(4) フォースカーブ測定による表面凝着力測定

未処理の PDMS、およびプラズマ処理後の PDMS の表面凝着力について AFM によるフォースカーブ測定を行った。ばね定数 0.15 N/m, 共振周波数 24 kHz のカンチレバー(OMCL-TR800PSA-1/OLYMPUS, SiN 製)を用いてコンタクトモードにて測定した。プラズマ処理後、およびプラズマ処理から 1~24 時間経過後に各測定を行った。

(5) 水滴接触角測定

プラズマ処理後、およびプラズマ処理から 1~72 時間経過後の各 PDMS 表面の水滴接触角を接触角計(DMs-401, 共和界面科学株式会社)にて測定した。滴下量を 1 μ L とし、測定箇所を変えて 5 回測定後、平均接触角を算出した。

4. 研究成果

(1) リンクルフィルムの表面形状

リンクルフィルム表面における AFM・レーザー顕微鏡観察の結果、長軸と平行にストライプ型リンクル構造が形成していた。また、プラズマ処理時間が経過するにつれ、リンクル構造の波長・振幅は共に大きくなる傾向を示した。Winkler model から導出されるリンクル形成の基礎式において、波長・振幅の大きさは共に硬化層の膜厚に比例することが分かっている。したがって、プラズマ照射時間が長いほど架橋密度が増し、硬化層の膜厚も増大したことが要因として考えられる。

また同一処理時間において、突き上げ高さ(すなわち伸長率)が増加するにつれ波長は小さくなり、振幅は大きくなる傾向にあった。伸長率の増加に伴い、圧縮応力も増加したことが要因として考えられる。

(2) 造形体の表面形状

矩形に切り出したサイド部分のリンクル薄膜上に光架橋性オリゴマー溶液を滴下していくと、リンクル方向に依存したフォールディング挙動が即座に誘起された。その後、UV 照射・剥離過程を経て円柱状の 3D 造形体を得た。この表面(図 2(a))および転写モード側のリンクル薄膜表面(図 2(b))における AFM 観察の結果、3D 造形体のリンクル波長: 約 1 μ m, 振幅: 約 390 nm と薄膜のリンクル波長: 約 1.1 μ m, 振幅: 約 380 nm は良い一致を示した。良好な立体転写が可能であることが分かった。

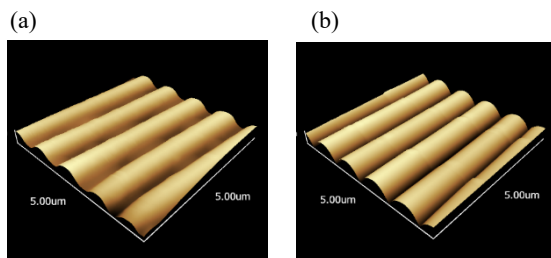


図 2(a) : 3D 造形体表面の AFM 画像,
(b) : 転写リンクル表面 AFM 画像

(3) 金属ナノ薄膜付与の造形体

図 3 にリンクル薄膜から Au ナノ薄膜を転写した 3D 光造形体写真を示す。ヤング率の高い剛直な金属膜が付与された場合でも、その膜厚が約 60 nm 程度であればフォールディングおよび転写が可能であることが判明した。



図 3 : Au 薄膜転写後の
3D 造形体写真

(4) 表面凝着力測定による金属ナノ薄膜剥離性の検討

興味深いことに、リンクル構造の有無に関係なく、プラズマ処理を施した PDMS フィルム(処理後、24 h 経過したフィルムに蒸着)からは金属薄膜の剥離・転写が可能であった。一方、未処理の PDMS からは金属薄膜の剥離は成されなかった。すなわち、未処理の PDMS が金属薄膜とより強く付着していると換言できる。そこで平滑な PDMS フィルムにおける、プラズマ処理の有無による凝着力の違いをフォースカーブ測定から検討した。その結果、未処理の PDMS では変形と材料粘性の影響を強く受けることが分かった。PDMS フィルムは弾性体であり、プラズマ処理後では表面硬化が成されるが、未処理の場合における表面近傍では粘弾性の寄与がより高いことが示唆された。

次にプラズマ処理時間毎の処理経過後の濡れ性変化(図 4(a))とプラズマ処理を 10 分行ったフィルム凝着力の時間変化(図 4(b))から検証した。濡れ性の低下に伴い凝着力も低下する傾向を示した。硬化後の表面においてもセグメントが反転し、内部に潜り込むことで表面組成が変化(より疎水化が促進された)したことが考えられる。この相関性を考慮すると、未処理の PDMS では濡れ性が一番低く凝着力が小さくなり、表面組成の観点だけでは付着性を帰結できない。

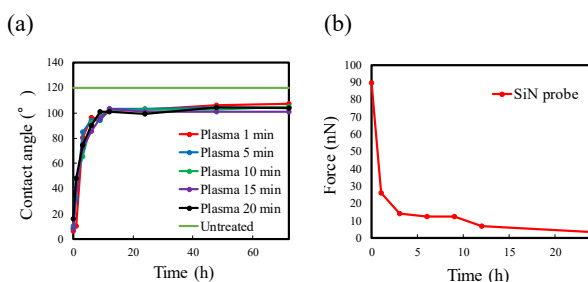


図 4 (a) : 濡れ性変化, (b) : フィルム凝着力の時間変化

続いて未処理の PDMS、およびプラズマ処理 10 分後に Au を 20 nm 蒸着して AFM 観察した。未処理の場合では蒸着後においても平滑であったが(図 5(a))、プラズマ処理後の場合ではリンクルのような溝形状が確認された(図 5(b))。これはフィルム観察・移動の際のひずみが影響していると考えられる。

以上の結果より、リンクル薄膜からの良好な金属膜転写の要因は、PDMS-金属膜間の凝着力の低下だけでなく、リンクル構造に起因して、PEGDA 硬化ゲルが金属膜を噛みこむこと(アンカー効果)など複合的に影響していることが考えられる。

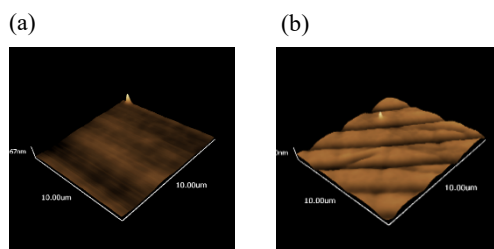


図 5 (a) : 未処理 PDMS 上に蒸着後の AFM 画像,
(b) : プラズマ処理 PDMS 上に蒸着後の AFM 画像

リンクル薄膜上に光架橋性オリゴマー溶液を滴下・フォールディング後、内包液体をゲル硬化させることで、リンクル構造の良好な立体転写に成功した。またプラズマ処理の有無により、金属薄膜の剥離特性に明確な差異が生じることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 遠藤洋史	4. 巻 34
2. 論文標題 富山県立大学 機械システム工学科 遠藤研究室	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 成形加工	6. 最初と最後の頁 97-98
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4325/seikeikakou.34.97	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計67件（うち招待講演 1件／うち国際学会 6件）

1. 発表者名 田代将英・柳生航輝・一口翔・遠藤洋史
2. 発表標題 立体カイラル構造変換を基盤としたメカニカルメタマテリアル体の作製
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田代将英・山田智衆・本多佑希・遠藤洋史
2. 発表標題 空圧制御駆動に基づくAuxetic立体変形歩行型ソフトロボットの設計
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田代将英・近藤駿太郎・遠藤洋史
2. 発表標題 Auxetic構造可変のウェアラブル構造体の開発
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋飛馬・旅みなみ・遠藤洋史
2. 発表標題 液体金属含有エラストマーフィルムへの近赤外光照射による遠隔操作
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋飛馬・旅みなみ・遠藤洋史
2. 発表標題 液体金属含有エラストマーフィルムへの近赤外光照射によるマランゴニ推進制御
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 旅みなみ・高橋飛馬・遠藤洋史
2. 発表標題 液体金属含有屈曲フィルムを利用した近赤外光照射によるメニスカスクライミング
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 一口翔・田代将英・遠藤洋史
2. 発表標題 カイラル構造の立体変換を基盤とした力学的メタマテリアルの設計と動的性能
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤駿太郎・田代将英・遠藤洋史
2. 発表標題 Auxeticアーマードを装備したソフトアクチュエータの特異的変形特性と歩行性能
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本多佑希・田代将英・遠藤洋史
2. 発表標題 ペロース型チューブの複数同時拡張を利用したAuxetic立体変形機構の構築
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田代将英・遠藤洋史
2. 発表標題 液体金属や空圧制御によるAuxetic構造のソフトアクチュエーション機能
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠藤洋史・草山雅俊
2. 発表標題 ナノ・マイクロの階層型リンクル構造を有するエラストマーフィルムの作製
3. 学会等名 日本機械学会 2022年度年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠藤洋史・山田智衆 柳生航輝
2. 発表標題 空圧制御駆動に基づくAuxetic構造可変ソフトロボティクスの設計
3. 学会等名 日本機械学会 2022年度年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋飛馬・旅みなみ・遠藤洋史
2. 発表標題 液体金属含有エラストマーフィルムへの近赤外光照射による自在な遠隔操作
3. 学会等名 日本機械学会 2022年度年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田代将英・遠藤洋史
2. 発表標題 Auxetic流路内に液体金属を封入した自在伸縮ウェアラブル構造体の作製
3. 学会等名 日本機械学会 2022年度年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤駿太郎・田代将英・遠藤洋史
2. 発表標題 Auxetic構造とペローズ型チューブ一体化によるソフトシリンダーの特異的変形特性
3. 学会等名 日本機械学会 2022年度年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本多佑希・一口翔・田代将英・遠藤洋史
2. 発表標題 次元拡張型メカニカルメタマテリアルの設計
3. 学会等名 日本機械学会 2022年度年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋飛馬・旅みなみ・遠藤洋史
2. 発表標題 液体金属の光熱変換に基づくエラストマーフィルムのマランゴニ推進制御
3. 学会等名 日本機械学会 M&M 2022 材料力学カンファレンス
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田代将英・近藤駿太郎・遠藤洋史
2. 発表標題 シリンダー状Auxetic構造のソフトアクチュエーション
3. 学会等名 日本機械学会 M&M 2022 材料力学カンファレンス
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 旅みなみ・遠藤洋史
2. 発表標題 液体金属含有湾曲フィルムへの近赤外光照射によるメニスカスクライミング制御
3. 学会等名 令和4年度北陸地区高分子若手研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 一口翔・遠藤洋史
2. 発表標題 カイラル構造の立体変換を基盤としたメタマテリアル設計と特異的変形
3. 学会等名 令和4年度北陸地区高分子若手研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤駿太郎・遠藤洋史
2. 発表標題 Auxeticアーマードを装備したソフトアクチュエータの歩行制御
3. 学会等名 令和4年度北陸地区高分子若手研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本多佑希・遠藤洋史
2. 発表標題 ペローズ型チューブの複数同時拡張を利用した切り紙変形アクチュエーション
3. 学会等名 令和4年度北陸地区高分子若手研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋飛馬・遠藤洋史
2. 発表標題 液体金属含有エラストマーフィルムへの近赤外光照射による自在遠隔制御
3. 学会等名 第71回高分子学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤駿太郎・遠藤洋史
2. 発表標題 Auxeticアーマードの立体変形機構に基づくソフトアクチュエーション歩行
3. 学会等名 日本機械学会 第21回機素潤滑設計部門講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本多佑希・遠藤洋史
2. 発表標題 ベローズ型チューブの複数同時拡張を利用したソフトアクチュエーション切り紙変形
3. 学会等名 日本機械学会 第21回機素潤滑設計部門講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠藤洋史
2. 発表標題 バイオメティック系微細リンクル加工技術とソフトロボティクス
3. 学会等名 第67 回生体・医療材料部門委員会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 旅みなみ・遠藤洋史
2. 発表標題 液体金属付与湾曲フィルムへの近赤外光照射によるメニスカスクライミング遠隔操作
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 2023年合同講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 近藤駿太郎・遠藤洋史
2. 発表標題 Auxeticアーマードを装備したシリンダー型ソフトロボットの歩行制御
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 2023年合同講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 一口翔・遠藤洋史
2. 発表標題 Auxeticカイラル構造体の立体変形拡張性を指向した駆動機構の検討
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 2023年合同講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 本多佑希・遠藤洋史
2. 発表標題 ペローズ型複数アーム体から構成した切り紙式アクチュエータの作製
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 2023年合同講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田代将英・遠藤洋史
2. 発表標題 Auxetic流路構造を有する高柔軟性エラストマーフィルム設計
3. 学会等名 第70回高分子学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Endo・H. Inokuchi
2. 発表標題 Capillarity Induced Self-folding 3D Hydrogel Structures of Elastic Wrinkled Film Prepared by One-push Stretching Method
3. 学会等名 EM-NANO2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Tashiro・H. Endo
2. 発表標題 Highly Stretchable and Designable Elastomer Sheet with Auxetic Channel Structure
3. 学会等名 EM-NANO2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠藤洋史・澤幸兵・川端大智
2. 発表標題 同心円状リンクルフィルムの階層構造化と温度応答性付与
3. 学会等名 日本機械学会 2021年度年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠藤洋史・井野口裕通
2. 発表標題 弾性毛管力を駆動源とするフォールディング型3Dナノインプリント加工技術
3. 学会等名 日本機械学会 2021年度年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田代将英・三上匠・遠藤洋史
2. 発表標題 液体金属を含有した高伸縮・導電性エラストマーシートの作製
3. 学会等名 日本機械学会 2021年度年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠藤洋史・澤幸兵・川端大智
2. 発表標題 同心円状リンクルフィルムの階層構造化と温度応答性挙動
3. 学会等名 第70回高分子討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田代将英・遠藤洋史
2. 発表標題 3Dプリンタを活用した液体金属流入による高伸縮性エラストマーAuxetic流路シートの開発
3. 学会等名 材料シンポジウム「若手学生研究発表会」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田代将英・遠藤洋史
2. 発表標題 Auxetic流路構造を有する高伸縮・自在変形エラストマーシートの開発
3. 学会等名 第29回機械材料・材料加工技術講演会(M&P2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田代将英・遠藤洋史
2. 発表標題 Auxetic流路を有する高伸縮・自在変形エラストマー構造体の開発
3. 学会等名 第70回高分子学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田代将英・遠藤洋史
2. 発表標題 Auxetic流路内に液体金属を封入した高伸縮ウェアラブル構造体の開発
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 2022年合同講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柳生航輝・遠藤洋史
2. 発表標題 2Dから3D構造変換を指向したメカニカルメタマテリアル構造体の検討
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 2022年合同講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山田智衆・遠藤洋史
2. 発表標題 空圧制御駆動に基づくAuxetic構造変形型ソフトアクチュエーターの設計
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 2022年合同講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 草山雅俊・遠藤洋史
2. 発表標題 バイオインスパイアード型階層リソグラフィー構造を有するエラストマーフィルムの作製
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 2022年合同講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋飛馬・遠藤洋史
2. 発表標題 液体金属含有極薄フィルムへの近赤外光照射による自在遠隔マニピュレーション
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 2022年合同講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井野口裕通・遠藤洋史
2. 発表標題 自発的開閉型フォールディング立体造形の構築
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井野口裕通・遠藤洋史
2. 発表標題 弾性毛管力を駆動源とするフォールディング型立体ナノインプリント加工技術の開発
3. 学会等名 第11回マイクロ・ナノ工学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井野口裕通・遠藤洋史
2. 発表標題 弾性毛管力を駆動源とする3Dナノインプリント加工技術の開発
3. 学会等名 2020年繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井野口裕通・遠藤洋史
2. 発表標題 弾性毛管力を駆動源とするフォールディング型立体ナノインプリント加工技術の開拓
3. 学会等名 第69回高分子学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井野口裕通・遠藤洋史
2. 発表標題 自発的開閉型フォールディング立体造形技術の開発
3. 学会等名 第28回プラスチック成型加工学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川端大智・遠藤洋史
2. 発表標題 温度応答性リンクルフィルムの水面上における動的挙動観察
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 第50回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 澤幸兵・遠藤洋史
2. 発表標題 UV オゾンおよびプラズマ処理を併用した階層型リンクル構造の作製と構造解析
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 第50回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田代将英・遠藤洋史
2. 発表標題 3Dプリンタを活用した柔軟性Auxetic 流路構造体の作製
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 第50回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三上匠・遠藤洋史
2. 発表標題 液体金属含有ハイドロゲルの構造評価
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 第50回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroshi Endo
2. 発表標題 Fabrication of Topological Wrinkled SERS Sensing Film by One-Push Processing
3. 学会等名 9th International Colloids Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Inokuchi Hiromichi, Hiroshi Endo
2. 発表標題 Development of Capillary Origami Inspired 3D Structure with Wrinkle Nanopattern
3. 学会等名 The 16th Pacific Polymer Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Endo
2. 発表標題 Fabrication of Topological Wrinkled SERS Metallic Film by One-push Processing
3. 学会等名 The 16th Pacific Polymer Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Endo
2. 発表標題 Elasto-capillarity Induced Self-folding 3D Hydrogel Structures of Elastic Wrinkled Sheets
3. 学会等名 The 16th Pacific Polymer Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井野口裕通, 遠藤洋史
2. 発表標題 キャピラリー折り紙型3D造形による金属ナノ薄膜立体転写法の開発
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠藤洋史, 大久保 恒良
2. 発表標題 リンクル表面へのインクジェット塗布銀電極の伸縮性サイクル評価
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井野口裕通, 遠藤洋史
2. 発表標題 キャピラリー折り紙型3D造形を基盤としたナノ構造精密立体転写法の開発
3. 学会等名 日本機械学会 2019年度年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井野口裕通, 遠藤洋史
2. 発表標題 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
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井野口裕通, 遠藤洋史
2. 発表標題 弾性毛管力駆動に基づくナノ構造精密立体転写法の開発
3. 学会等名 第18回高分子表面研究討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井野口裕通, 遠藤洋史
2. 発表標題 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の構築
3. 学会等名 日本機械学会 第27回機械材料・材料加工技術講演会 (M&P2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井野口裕通, 遠藤洋史
2. 発表標題 キャピラリー折り紙から着想を得た弾性毛管力駆動系3D造形技術の開発
3. 学会等名 第68回高分子学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井野口裕通, 杉浦みなみ, 遠藤洋史
2. 発表標題 バイオメティック系フォールディング3D造形技術の確立
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 第57期総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 遠藤洋史, 井野口裕通, 森田雄太
2. 発表標題 バイオメティック系ワンブッシュリンクル形成と機能化
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 第57期総会・講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 遠藤洋史・河口祐太（分担執筆） 他多数	4. 発行年 2022年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 289
3. 書名 高分子微粒子の最新技術動向	

1. 著者名 遠藤洋史・田代将英（その他分担執筆）	4. 発行年 2021年
2. 出版社 株式会社 技術情報協会	5. 総ページ数 983
3. 書名 導電性材料の設計，導電性制御および最新応用展開	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------