



2026年4月15日

報道関係者各位

慶應義塾大学

3Dモデルを「平面のジッパー構造」に展開して印刷する手法 「Zip-up Print」を開発 —サポート材を大幅削減し、大型・複雑な形状の造形をより身近に—

慶應義塾大学大学院理工学研究科の山本匠（博士課程3年）、同大学理工学部情報工学科の鳴海紘也准教授、杉浦裕太准教授らの研究グループは、米・マサチューセッツ工科大学（MIT）コンピュータ科学・人工知能研究所（CSAIL）のStefanie Mueller准教授らと共同で、3Dモデルを平面の「ジッパー付きパーツ」に自動展開し、組み立てによって立体形状を復元する新たな造形手法「Zip-up Print」を開発しました。本手法は、独自のジッパー構造と平面印刷を組み合わせることで、従来の3Dプリントにおいて課題であった造形時間の長さや大量の廃棄物（サポート材^{*1}）の問題を解決するものです。今後は、巨大造形物を短時間で印刷する検証を行う予定です。

本研究成果は、人間と計算機のインタラクションを扱うヒューマン・コンピュータ・インタラクション分野で最重要とされる国際会議「ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2026)」(2026年4月13日～17日、バルセロナ開催)に採択されています。

1. 本研究のポイント

- ・ **高速・低廃棄物な造形**：3Dモデルを平面状のパーツとして印刷するため、従来の3Dプリントと比較して造形時間を短縮し、サポート材の消費も大幅に削減しました。
- ・ **独自のジッパー設計**：ボール&ソケット構造と呼ばれる独自のジッパー構造を開発し、サポート材消費を生じさせず、パーツ同士の接続角度に依存しない組み立てを実現しました。
- ・ **大型・部分造形への対応**：プリンタの造形サイズを超える大型オブジェクトの作製や、破損・変更したい箇所のための「部分的な交換」を可能にしました。

2. 研究背景

熱溶解積層方式の3Dプリンタは、近年の低価格化に伴い、家庭などでの利用が進んでいます。しかし、複雑な形状や大型な造形物を製作する際に、(i) 宙に浮いた部分を支える「サポート材」が大量に破棄される、(ii) 造形物に高さがあるほど印刷に時間がかかる、(iii) プリンタのサイズを超える構造物は作れない、といった課題がありました。従来研究では、平面状態で印刷した後に立体へ変形させる手法や、パーツを分割して印刷する手法などが提案されてきました。しかし、前者には造形可能なサイズに依然として制約があり、後者には印刷時間やサポート材の削減効果が限定的であるという課題を残っていました。

3. 研究内容・成果

本研究グループは、立体形状の造形にジッパー構造を応用する新たな手法を開発しました。従来、ジッパー構造は布同士を接続させるために利用されてきましたが、本手法ではこれを平面で印刷された3Dプリント構造物の接続に採用しました。

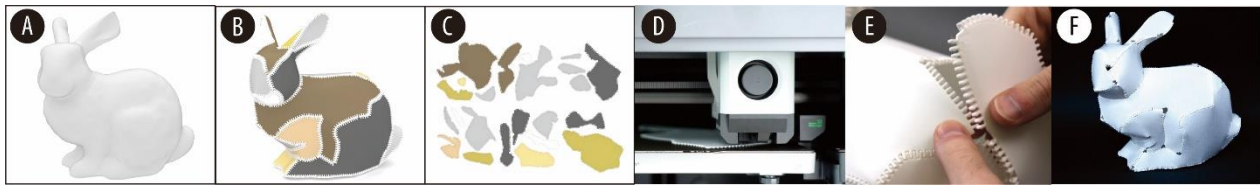


図 1: 提案手法「Zip-up Print」のワークフロー。入力された 3D モデル (A) を可展面^{*2}に分割し、境界部分にジッパー構造を生成 (B)、平面展開 (C) した後、3D プリントする (D)。印刷後、平面上のパーツを組み立てる (E) ことによって最終形状 (F) を得る。

本研究では「ボール&ソケット型」と呼ぶ独自のジッパー構造を開発しました。接合後に固定される一般的なジッパーと異なり、この構造は接合後もヒンジのような役割を果たすため、平面で印刷したパーツ同士を組み立て時に自由な角度で柔軟に接合することが可能となります。また、このジッパー構造自体を造形する際に追加のサポート材をほとんど必要としない点も特徴です。

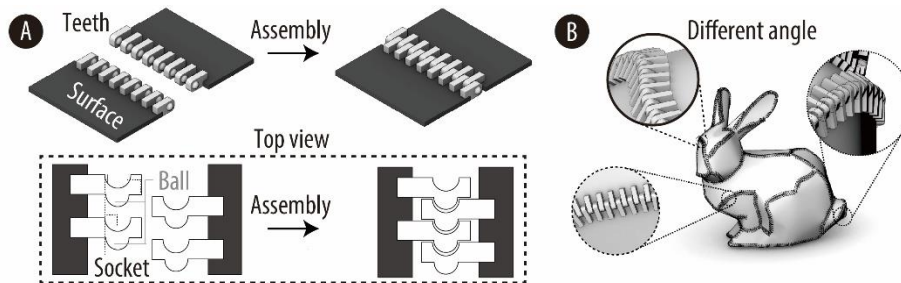


図 2: ボール・ソケット構造 (A) によって、面同士が異なる角度であっても接合が可能になる (B)。

さらに、任意の与えられた形状をジッパー構造に変換するソフトウェアも開発しました。本ソフトウェアは、入力された 3D モデルを平面展開可能なパーツ (可展面) に分割し、その縁にボール&ソケット型のジッパー構造を配置して平面データとして出力します。検証実験では、ウサギやモアイ像といった複雑なモデルを用い、従来の 3D プリント手法と比較して造形時間を最大 60%程度削減し、材料消費も大幅に抑えられることを実証しました。

4. 今後の展開

今後は、より少ないパーツ数で複雑な形状を効率的に表現できるアルゴリズムの改良や、専用スライダーを用いた組み立て工程の自動化や、接合部の強度の最適化を進めます。本技術は、プロトタイピングの高速化などへの応用が期待されます。

<原論文情報>

Takumi Yamamoto, Jiaji Li, Akib Zaman, Noah Barnes, Yuta Sugiura, Stefanie Mueller, Koya Narumi. 2026. Zip-up Print: Rapid and Assemblable 3D printing Using 2D Flattened Zipper-like Structures. In Proceedings of the 2026 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '26). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 17 pages. <https://doi.org/10.1145/3772318.3790538>.

<謝辞>

本研究の一部は、JST ASPIRE (JPMJAP2401)、JST 創発的研究支援事業 (JPMJFR232V)、JSPS 科研費 JP24KJ1957 の支援のもとで行われたものです。

<用語説明>

※1 サポート材：3D プリント中に、空中に浮いている部分が垂れ下がらないように支えるための補助材料。完成後に除去・廃棄される。

※2 可展面 (Developable Surface)：引き伸ばしたり縮めたりすることなく、平面に広げることができる曲面のこと。

<動画>

<https://youtu.be/8r8dpDAgUok?si=mKGnl5zseDweEI5->

※ご取材の際には、事前に下記までご一報くださいますようお願い申し上げます。

※本リリースは文部科学記者会、科学記者会、各社科学部等に送信させていただいております。

・研究内容についてのお問い合わせ先

慶應義塾大学 理工学部 情報工学科 准教授 鳴海紘也 (なるみこうや)

TEL : 045-566-1831 E-mail : narumi@keio.jp

慶應義塾大学 理工学研究科 大学院生 山本匠 (やまもとたくみ)

E-mail : imuka06x17@keio.jp

慶應義塾大学 理工学部 情報工学科 准教授 杉浦裕太 (すぎうらゆうた)

TEL : 045-566-1769 E-mail : sugiura@keio.jp

・本リリースの配信元

慶應義塾広報室 TEL : 03-5427-1541 FAX : 03-5441-7640

E-mail : m-pr@adst.keio.ac.jp <https://www.keio.ac.jp/>