

1. 担当 PM

落合 陽一（メディアアーティスト／筑波大学 デジタルネイチャー開発研究センター センター長／東京大学 大学院新領域創成科学研究科 複雑理工学専攻 複雑システム講座 デジタルネイチャー分野 准教授）

2. クリエータ氏名

増田 凌（東京大学 大学院工学系研究科）
永田 莉紗（東京大学 大学院学際情報学府）
金田 昌也（所属先非公開）

3. 委託金支払額

2,880,000 円

4. テーマ名

布状・板状 3D プリント構造物と一体造形可能な、自由曲線に沿うインターロック構造の開発

5. 関連 Web サイト

なし

6. テーマ概要

本プロジェクトは、布状・板状 3D プリント構造物と一体造形可能な、自由曲線に沿うインターロック構造（ジッパー）の開発と、それを用いた衣服の組み立てとファッション表現を目指すプロジェクトである。

ジッパーは長らく衣服の開閉のための機構として利用されてきた。ユニットの連なりによって柔らかいもの同士を連続的に接合できる構造である。ところで、3D プリント造形で衣服などを含む薄い中空の膜構造を制作することを考えると、造形サイズの制約やオーバーハング回避、サポート材の削減の観点から、モデルを細かいパーツに分割することとプリント後の事後組み立てが不可避である。にもかかわらず、既存の接合法ははんだごて等を用いた熱溶着や単なる凹凸をはめ込むものに依存しており、膜構造に適用するには手間やパーツ分割の自由度の観点で不自由なものであった。

クリエイターの増田氏・永田氏・金田氏は、ジッパーを「柔らかい部材同士を、ユニットの連なりによって留める」構造であると広く捉え、3D プリント造形物一般に適用可能なものに再発明することを試みた。パーツを接合する機能と形状を生成する機能の双方を備える新しいジッパー構造を開発し、それを用いた衣服制作とファッションショーの実施にまで至った。

本プロジェクトは、計算機環境と物理環境の交差を具現化する試みであり、情報と物質が織り込まれ、さらに時間性という次元を加えることで、静的なものから動的な体験へと移行する新たなデジタルネイチャーの一形態を提示している。

7. 採択理由

提案者らによって示されたインターロックによる造形は実に興味深かった。造形的な発想を駆使し、空間や環境が抱える閉塞感をアイデアの力で突破しようとする姿勢には、単なる技術的課題解決を超えた美的意思が感じられた。機能性や耐久性という実用的制約と、造形的・美的な深化という抽象的理想との間には、今後も葛藤と実課題を踏まえた発展が続いていくだろう。そのような葛藤の渦中でどのような成長を遂げていくのか、大いに楽しみである。多様な個人が集い、それぞれの専門性を活かしながら相互に高め合って進めていくというチーム構成にも、社会と向かい合う展開への期待感を抱かせる。以上の理由から、本提案を採択とした。

8. 開発目標

本プロジェクトの開発目標は以下のとおりである：

1. 3D プリントを前提とした新しいジッパー構造の設計開発
 - サポート材なしで高い接合強度を持つユニットの基本構造設計
 - 自由曲線に沿って配置できる構造への展開
 - 曲線情報を埋め込むと、立体的な起伏やうねりを生む構造の実現
2. ジッパーを用いた衣服制作の技術開発
 - 家庭用 3D プリンタで造形可能なパーツへの自動分割
 - 3D モデルから平面展開→パーツ分割→ジッパー配置→出力の設計ツール作成
 - 大型 3D プリンタでの造形条件の検討
3. ファッション表現の実証
 - ジッパーで組み立てた衣服の制作
 - ファッションショー形式での発表
 - 即興的な造形探求とファッションに向けた素材探求

これらの目標は、単なる技術開発を超えて、計算と物質の境界面における新た

なファッション表現の確立を目指すものであり、工業的な生産性と芸術的表現の両立を追求する挑戦的な取り組みである。

9. 進捗概要

プロジェクトの進捗は以下のとおりである：

1. ジッパー構造の設計開発

- 十分な強度と造形しやすさを備えたユニットの基本構造を設計した。噛み合い、曲げ耐性、造形むら、サポートなし印刷の観点から比較を行い、パラメトリックな設計展開が可能な構造を決定した。
- ユニット列を自由曲線に沿って配置できる構造へ展開した。直線的な座標系上の設計を、任意の入力曲線が定める曲がった座標系へ連続的に変形して移す操作を実装した。
- ユニット形状の変形によって接合された膜状部材に立体的な起伏やうねりを生じさせる構造を実現した(図 1)。目標となる曲線とその法線からジッパーユニットを生成する歪んだ六面体の列を計算し、テンプレートを転写する手法を開発した。

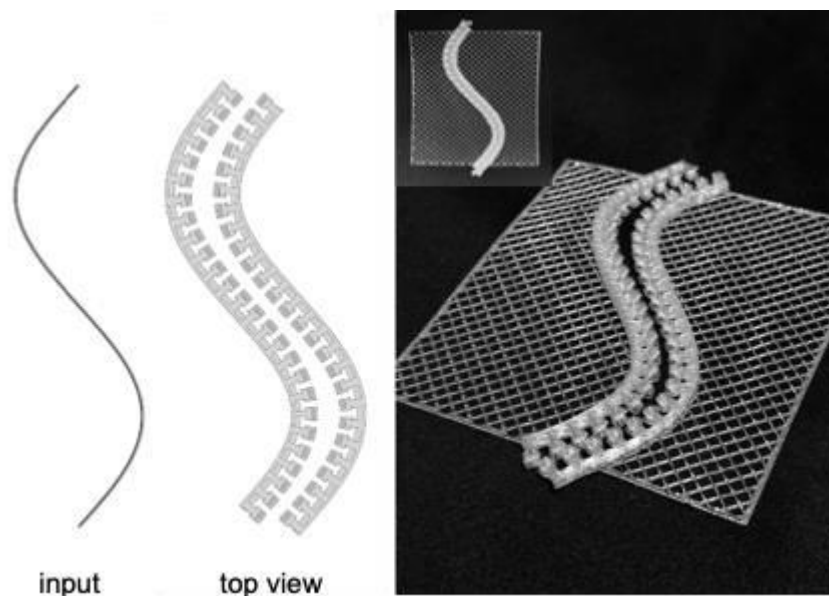


図 1：曲線を埋め込んだジッパーの平面図と試作品

2. 衣服制作の設計ツール

- 家庭用 3D プリンタで造形できるよう、7 段階の自動化処理を実装した：
 - ① 衣服の目標形状を 3D モデルとして入力
 - ② ユーザが定義した洋服の 3D モデルから向かい合うエッジを抽出
 - ③ 抽出したエッジ間に可展面を生成
 - ④ 生成した可展面を平面に展開

- ⑤ 展開された面の縁にジッパーを生成
 - ⑥ テキスタイル部分をジッパーに合わせてカット
 - ⑦ 印刷が可能な平らなパーツを出力
 - 大型 3D プリンタでの造形条件、素材表現、実際の制作手法を検討した。
3. ファッション表現の実証
- 5 体のルック構成の衣服を制作して未踏 IT 人材発掘・育成事業の成果報告会にて史上初のファッションショーを実施した。
 - 現代のファッションシーンにおいて成立する完成度を目標に衣服を制作して、スタジオ撮影を行った（図 2）。
 - ジッパーでの即興的な造形探求とファッションに向けた素材探求を実施した。



図 2：ジッパーで組み立てた衣服（スタジオ撮影）

これらの進捗により、当初の開発目標を達成するとともに、未踏 IT 人材発掘・育成事業の成果報告会でファッションショーを行うという前例のない実証を成功させた。

10. プロジェクト評価

本プロジェクトは、技術的新規性と文化的視点の深さの両面から高く評価できる一方、工業的生産と環境・社会的影響という観点からの批判的検討も必要で

ある。本プロジェクトは計算機環境と物理環境の創造的融合を示しており、デジタルネイチャーの概念を新たな次元に押し広げる意欲的な試みであるが、同時に消費社会におけるファッション生産の持続可能性という本質的な問いかけも内包している。

技術的側面では、以下の点が特に優れている：

1. ジッパーの計算的再発明：従来のジッパーは直線状に生産され、必要な長さに切断して布に縫製し、開閉機構として用いられる。本プロジェクトのジッパーは 3D プリントを前提として設計され、歯の形状が一つずつ異なり、自由曲線に沿った接続や立体形状の立ち上げが可能である。パーツを接合する機能と形状を生成する機能の双方を備え、ジッパーという古典的な構造を計算的に再発明した点は類を見ない独自性がある。
2. 7段階の自動化パイプライン：衣服の 3D モデルから平面展開→パーツ分割→ジッパー配置→出力までを自動で行う設計ツールは、コンピュータショナルデザインからファブリケーションまでの一貫したパイプラインとして完成度が極めて高い。家庭用 3D プリンタで造形可能にした点も、技術の民主化という観点で評価できる。
3. 構造と造形の統合：ユニット形状の変形によって接合された膜状部材に起伏やうねりを生じさせる構造の実現は、単なる接合を超え、ジッパーの役割を「組み立て部品」から「構造の生成」へ引き上げるものである。情報パターンが物理的な挙動を生み出すという、計算機自然における情報と物質の相互作用の興味深い事例である。

文化的側面では、以下の点が注目される：

1. ファッションとテクノロジーの融合：成果報告会での史上初のファッションショーの実施は、IT とファッションの境界を溶解させる象徴的な出来事である。技術的新規性とファッション表現の両面を兼ね備えることで、両分野に影響をもたらすことが期待される。
2. 衣服制作プロセスの変革：従来のファッション制作はデザイン、トワル作成、パターン制作、裁断、縫製という複数工程を経る必要があり、制作途中での大きな変更や部分的な調整は容易ではなかった。本プロジェクトのジッパーを用いた衣服の組み立てでは、3D モデルからジッパー付きのパーツを生成できるため、デザインから実体化までの時間が短縮されるとともに、部分的な修正やデザイン変更を迅速に行うことができる。
3. 多分野への展開可能性：プロダクトデザイン、建築、医療など、複数の分野への展開可能性を示している点も評価できる。2027 年春にパリで約 10 体のコレクション発表が予定されており、ファッション業界への本格的な展開

が計画されている。

総合的に見て、本プロジェクトはジッパーという古典的構造を計算的に再発明し、衣服制作のプロセスそのものを変革する可能性を示した、極めて独創的で価値の高い成果であると評価できる。

11. 今後の課題

本プロジェクトの今後の課題として、以下の点が挙げられる：

1. 耐久性と着用性の検証：現在の作品はアート作品やショーピースとしての完成度は高いが、日常着用に耐える耐久性や着心地の検証はまだ十分ではない。長期着用における接合部の劣化、洗濯耐性、肌への接触感などの検証が必要である。実用衣服としての展開を視野に入れるならば、素材選択と構造設計の両面からの改善が求められる。
2. 設計方法論の確立：現状では、ジッパーユニットの変形パラメータと最終的な立体形状の関係は部分的に試行錯誤的なプロセスを含んでいる。より予測可能で制御された設計方法論を確立することで、この技術の応用範囲がさらに広がるだろう。パターン設計と最終形状の関係をモデル化するアプローチが求められる。
3. 素材の多様化：現在は主に特定の 3D プリント素材に限定されているが、より柔軟な素材、生分解性素材、リサイクル素材など、多様な材料への展開が想定される。特に、ファッション産業における環境負荷の観点からは、持続可能な素材選択が重要な課題となる。
4. 生産効率の向上：家庭用 3D プリンタでの製造は可能であるが、一着あたりの造形時間は長く、大量生産には向かない。造形時間の短縮、大型プリンタでの効率的な造形手法の開発、ジッパーの組み立て工程の簡略化など、生産効率の向上が商業展開には必須である。
5. コレクション発表に向けた準備：2027 年春のパリでのコレクション発表は、技術的成果をファッション業界に本格的に問う機会となる。約 10 体のルック構成に向けて、技術の安定性、デザインの幅、素材表現の豊かさを高めていく必要がある。ファッション業界の専門家との協働やフィードバックの積極的な収集も重要である。

これらの課題に取り組むことで、インターロック 3D プリント構造はファッション、プロダクトデザイン、建築など多様な分野での実用化が見込まれる。計算機環境と物理環境の創造的融合を通じて、デジタルネイチャーの新たな可能性を開拓する重要な指針となると期待される。