

量産可能な 4D ファブリケーションテキスタイルの開発

— 最古のデジタルファブリケーション機器、ジャカード織機の可能性 —

1. 背景

4D ファブリケーションとは、3D プリンティングに時間軸を足したようなデジタルファブリケーション手法の概念であり、直線状や平面状にものを作り、後から何かしらの刺激を与えて変形を引き起こすこと曲線・曲面状の形状を得る手法を指す。4D ファブリケーションは立体形状を得るために従来のデジタルファブリケーション手法、つまり 3D プリンティングや CNC ミリングに比べて製造時間の短さ、材料効率の高さ、輸送コストの低さなどの利点が挙げられ、近年多くの研究が行われている。4D ファブリケーションの中でもテキスタイルを材料としたものを 4D ファブリケーションテキスタイルと呼ぶ。

4D ファブリケーションテキスタイルはプロダクトデザイン分野からの関心の高さに反して、実際に市販される製品に応用された例は知られていない。その理由は主に工業的な生産性の低さに由来すると考えられる。

2. 目的

本プロジェクトでは量産可能な 4D ファブリケーションテキスタイルを開発することを目的とする。これを達成するために本プロジェクトでは、デジタルファブリケーションの分野で取り組まれてきた 4D ファブリケーション手法の生産性を高めるだけでなく逆に、既にテキスタイル産業の中で使われている手法を 4D ファブリケーションテキスタイルとして再読するアプローチも試行する。

3. 開発の内容

本プロジェクトでは、従来の 4D ファブリケーションテキスタイルの改善と、ジャカード織りの 4D ファブリケーションテキスタイルとしての再読の 2 点に取り組んだ。

3.1. 従来の 4D ファブリケーションテキスタイルの改善

従来手法の 4D ファブリケーション手法に対して材料選択および熱溶着の方法の再検討を行うことで生産性を改善した。この成果を応用して照明デザインを提案し(図 1)、またキネティックアートを制作した(図 2)。キネティックアートにおいては 2022 年に制作した同種の作品に比べてテキスタイルの使用量が 27 倍へと増えた大型の作品を制作出来た。

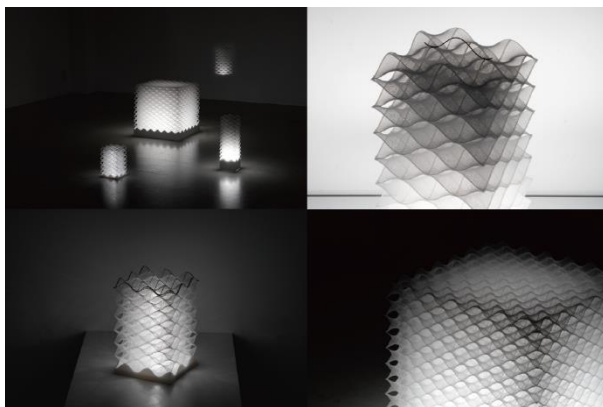


図 1. 提案した照明デザイン

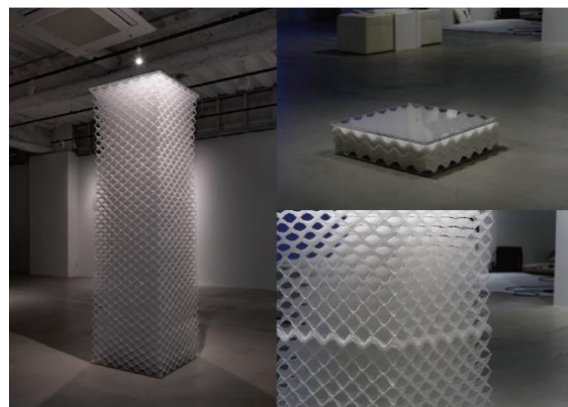


図 2. 制作したキネティックアート

3.2. ジャカード織りの 4D ファブリケーションテキスタイルとしての再読

テキスタイル産業の中で使われてきた「ピンタック織り」に着目し、これをベースにした 4D ファブリケーションテキスタイルを開発した。ピンタック織りの基本は図 3 に示すように伸縮性の糸を組織から部分的に浮かせるように織り込んで、それが縮むことによって襷が作られるという技法である。この技法を用いて様々なパターンを探索する中で、サインカーブの振幅を大小交互に配置した襷のパターンをせん断変形させたパターンを織ると、一方向に曲がりやすく他方に曲がりにくいヒンジを生じることが発見された(図 4)。この表現を用いて布の彫刻シリーズ《forming patterns》を制作した(図 5)。

《forming patterns》は文様から立体が生じるダイナミックな造形を目指したもので、山梨県で出土する水煙文土器にインスピレーションを得ている。ジャカード織の生地はおよそ平面のかたちをとっているが、全面に配置された襷に内在するヒンジを持っている。このヒンジのエッジが立つように形を整えながら数点を糸で留めていくことで生地を立体化させる。得られる立体形状は一意ではないが、襷のパターンから大きく制約される。

プロセスは 2 段階、織りのデータ作成時に襷の配置を決定する段階と織られた生地から立体を構成する段階がある。それぞれが決定的ではなく、時差のある恣意的な操作と、物質としての生地との対話から形が作られるプロセスがこの取り組みのデジタルファブリケーションに対する姿勢を特徴づけている。

4. 従来の技術(または機能)との相違

従来手法の改善では 2022 年に上條自身が従来手法を用いて制作した同種の作品に比べてテキスタイル使用量を約 27 倍に増やした大型の作品を制作することができた。

ジャカード織りの再読では、他の 4D ファブリケーションテキスタイルに比べて量産性が担保されていることに本プロジェクトの利点がある。類似する既存のジャカード織りと比べると、積極的に形態を保持した立体形状を作る点で他の手法とは区別される。

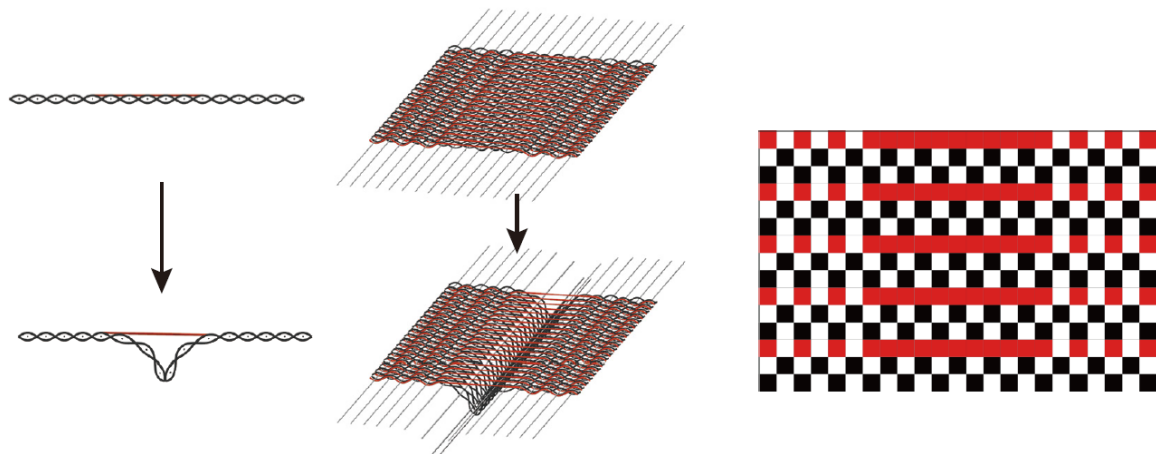


図 3. ピンタック織りの図解
左:断面図、中央:見取り図、右:組織図



図 4. ヒンジによってエッジが立った様子(左)とヒンジを生む襷の配置パターン(右)

5. 期待される効果

4D ファブリケーションテキスタイルの社会実装に向けて以下のような効果を持つことが期待される。

- **プロダクトデザイン領域における 4D ファブリケーションテキスタイルに着想した取り組みの活性化**: 本プロジェクトを通じて、量産可能な手法としての 4D ファブリケーションテキスタイルによって生じる造形のバリエーションを示した。すでにプロダクトデザイン領域の一部からは関心を集めている 4D ファブリケーションテキスタイルから着想した取り組みが活性化されることが期待される。



図 5. 《forming patterns》 作品写真

- メディア芸術領域における 4D ファブリケーションテキスタイルの認知度向上: これまでもデジタルファブリケーションを用いた作品が数多く発表されてきたメディア芸術領域においても 4D ファブリケーションテキスタイルの認知度は依然として低い。本プロジェクトの一環で制作されたテキスタイルをメディアとした彫刻《forming patterns》はアート作品としての展示予定がある。メディア芸術領域における数少ない 4D ファブリケーションテキスタイルを用いた作品を発表することで認知度が向上することが期待される。
- デジタルファブリケーション領域におけるジャカード織機への関心の向上: デジタルファブリケーション領域でジャカード織機を用いた研究は多くない。その理由の一つに、ジャカード織機を用いて出来ることが十分に理解されていないことが考えられる。本プロジェクトを通じてジャカード織機を、特に立体造形を行うためのデジタルファブリケーション機器として利用することへの関心が向上することが期待される。

6. 普及(または活用)の見通し

本プロジェクトの成果は 2025 年 3 月に開催される展示でアート作品として鑑賞可能、購入可能な作品として活用される。今後のアート作品としての展開に加えて、開発した 4D ファブリケーションテキスタイルは量産可能であることが特徴であるため、プロダクトデザイン、テキスタイルデザイン、ファッションデザインなどへと展開することを計画している。

7. クリエータ名(所属)

上條 陽斗(東京大学大学院 工学系研究科 建築学専攻)