

## 2024 年度 未踏 IT 人材発掘・育成事業 採択案件評価書

### 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）

### 2. クリエータ氏名

上條 陽斗（東京大学 大学院工学系研究科 建築学専攻）

### 3. 委託金支払額

2,880,000 円

### 4. テーマ名

量産可能な 4D ファブリケーションテキスタイルの開発

### 5. 関連 Web サイト

なし

### 6. テーマ概要

本プロジェクトは、デジタルファブリケーション技術と伝統的な織物技術を融合させ、新たな表現手法を開拓するプロジェクトである。本プロジェクトはまさに、物質とデジタル情報が交差する境界面に位置し、デジタルネイチャーの概念を物理的なものづくりの領域へと拡張する重要な試みである。

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加えた概念で、平面状に製造したものが後から刺激を受けて立体形状に変形する技術を指す。本プロジェクトでは特にテキスタイル（織物）を用いた 4D ファブリケーションに焦点を当てている。これは、製造時間の短縮、材料効率の向上、輸送コストの低減など多くの利点を持つにもかかわらず、工業的な生産性の低さから市販製品への応用が進んでいない技術である。

クリエイタの上條氏は、従来のデジタルファブリケーション分野からのアプローチだけでなく、テキスタイル産業で既に使われている技術を 4D ファブリケーションの視点で再解釈するという独自の方法論を提案した。特に、最古のデジタルファブリケーション機器とも言えるジャカード織機に着目し、ピンタック織りの技法を応用することで、量産可能な 4D ファブリケーションテキスタ

イルの開発に成功した。

本プロジェクトは、伝統的技術と現代的視点の融合、工業的生産性と芸術的表現の両立という点で、計算機環境と物理環境の交差を具現化する試みである。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

これまでの建築分野の知見を活かしたプロダクトデザインへの期待と実現可能性の高さを評価した。織機の縦糸と横糸に着目する発想は温故知新であり、ゼロからファブリケーションを行っていく気概を感じ採択とした。プロジェクトの実現に向けては、大規模な布の製造など、技術的な課題をクリアしていく必要があるが、デジタルファブリケーションによる構造の展開をライフワークとしている申請者の情熱が困難を乗り越えていくと信じたい。

## 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. 量産可能な 4D ファブリケーションテキスタイルの開発
  - ・ 従来の 4D ファブリケーション手法の生産性向上
  - ・ テキスタイル産業の既存技術を 4D ファブリケーションとして再解釈
  - ・ 計算機で設計された情報を物質に埋め込み、時間とともに展開する表現手法の確立
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可能性探索
  - ・ 伝統的織物技術の現代的再解釈
  - ・ 立体形状を形成するための織り構造の研究
  - ・ 情報学的視点から見た織物のアルゴリズムミックスな解析と応用
3. 実用的・芸術的応用の実証
  - ・ プロダクトデザインへの応用可能性の検証
  - ・ アート作品としての表現手法の確立
  - ・ デジタルネイチャーの物質的具現化としての新たな美学の探求

これらの目標は、単なる技術開発を超えて、伝統的な技術の新たな可能性を探求するという文化的側面も含んでいる。工業的な生産性と芸術的表現の両立を目指す点で、計算機自然における情報と物質の創造的融合を体現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. 従来の 4D ファブリケーションテキスタイルの改善
  - 材料選択および熱溶着の方法の再検討により生産性を向上
  - 照明デザインの提案および大型キネティックアートの制作に成功
  - 2022 年に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 倍に増加
  - 計算機環境での設計と物理環境での実装の間のギャップを埋める手法の開発
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解釈
  - 「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
  - サインカーブの振幅を大小交互に配置した襞パターンを開発し、一方向に曲がりやすく他方に曲がりにくいヒンジ構造を発見
  - 情報としてのパターン設計と物質としての織物の物理特性が交差する境界面での新たな知見の獲得
  - この表現を用いた布の彫刻シリーズ《forming patterns》を制作
3. 展示・発表準備
  - 2025 年 3 月に開催予定の展示に向けた準備を進行
  - アート作品としての発表だけでなく、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への展開も計画
  - デジタルネイチャーの概念を多様な領域に拡張する可能性の模索

これらの進捗により、当初の開発目標を達成し、特にジャカード織りを用いた 4D ファブリケーションテキスタイルの可能性を実証することに成功した。《forming patterns》の制作を通じて、量産可能な技術を用いながらも芸術的表現の可能性を示した点は、技術と文化の創造的融合として特に評価できる成果である。また、情報設計と物質実装の間の創造的対話を通じて、デジタルネイチャーの新たな表現領域を開拓した点も重要な成果といえる。

## 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で、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体現しており、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テキスタイル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. 二方向からのアプローチ：従来の 4D ファブリケーション手法の改善と、既存のテキスタイル技術の再解釈という二方向からアプローチしている点は極めて独創的である。特に後者のアプローチは、最古のデジタルファブリケーション機器とも言えるジャカード織機の可能性を現代的視点で再評価するという、技術史的にも意義深い取り組みである。これは計算機の歴史と織物の歴史が交差する地点での独自の探求として、デジタルネイチャーの歴史的連続性を示している。
2. ヒンジ構造の発見：サインカーブの振幅を大小交互に配置した襞パターンが、一方向に曲がりやすく他方に曲がりにくいヒンジとして機能することを発見した点は、新たな構造原理の発見として高く評価できる。これは織物構造の理解と実験を通じた試行錯誤の結果であり、クリエイターの観察力と実験手法の正確さを示している。また、情報パターンが物理的な挙動を生み出すという点で、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と言える。
3. 量産可能性の実証：従来の 4D ファブリケーションテキスタイルに比べて、ジャカード織りを用いたアプローチが量産性に優れていることを実証した点は、この技術の社会実装に向けた重要な成果である。工業的生産と創造的表現の両立は、デジタルネイチャーが社会に広く浸透していくための重要な要素であり、この点での貢献は大きい。

文化的側面では、以下の点が注目される：

1. 伝統技術の現代的再解釈：ジャカード織りという伝統的技術を、4D ファブリケーションという現代的文脈で再解釈している点は、技術の歴史的連続性と発展を示す重要な取り組みである。特に、ジャカード織機の穿孔カードが計算機の原型の一つとされることを考えると、本プロジェクトはデジタルネイチャーの歴史的起源の一つに回帰し、そこから新たな表現を創出するという意義深い試みといえる。
2. 芸術表現としての深み：《forming patterns》シリーズでは、単なる技術デモンストレーションを超えて、水煙文土器からインスピレーションを得た文様と立体の関係性を探求するなど、芸術的表現としての深みがある。技術的要素と造形表現が高いレベルで融合している点が評価できる。これは情報と物質が交差する地点での美的体験を創出する試みとして、デジタルネイチャーの感性的側面を豊かにする貢献である。
3. 多分野への展開可能性：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、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。技術開発の社会的・文化的インパクトを多角的に考慮している姿勢は、デジタルネイチャーの概念を広く浸透させる上で重要な視点である。特に、計算機で設計された情報が物質を通じて多様な文脈で体験される可能性を示している点は、計算機自然の社会的広がりを示唆している。

総合的に見て、本プロジェクトは伝統と革新、技術と芸術、理論と実践のバランスが優れており、未踏 IT 人材発掘・育成事業が目指す「未踏的な取り組み」として高く評価できる。特に、単なる新技術の開発ではなく、既存技術の再解釈という視点は、持続可能な技術発展の観点からも示唆に富んでいる。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した点で、極めて価値の高いプロジェクト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. 設計方法論の確立：現状では、襷パターンから得られる立体形状の設計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。特に、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。これは情報設計と物理的実装の間の橋渡しをより効果的に行うための重要な課題であり、計算機自然における理論と実践の創造的循環を促進するものである。
2. 材料特性の探究：異なる素材や糸の組み合わせによる効果の違いを体系的に研究することで、より多様な表現や機能性を実現できる可能性がある。伸縮性、剛性、回復性などの特性が異なる材料を用いた実験が期待される。これは物質の特性と情報パターンの相互作用を深く理解するための探究であり、デジタルネイチャーにおける物質とデジタルの創造的対話をさらに深める取り組みとなるだろう。
3. 産業応用に向けた標準化：実際の産業応用に向けては、設計プロセスの標準化や品質管理方法の確立が必要である。特に、量産過程における再現性の確保や、製品ライフサイクルを通じた性能維持の方法について検討が求められる。これはデジタルネイチャーの社会実装を促進するための重要なステップであり、技術の普及と持続可能性を確保するための基盤となる。
4. インタラクティブ性の拡張：現在の技術は主に静的な立体形状を実現するものだが、環境変化や使用者の操作に応じて形状が変化するインタラクティブな特性を持たせることで、さらに応用範囲が広がる可能性がある。センサーとの統合や、異なる刺激に反応する材料の活用などが考えられる。これは計算機自然の反応性と適応性を物理的な表現に取り入れる試みであり、より動

的で生命的なデジタルネイチャーの実現につながるだろう。

5. 学際的研究の促進：テキスタイル工学、材料科学、構造力学、計算デザインなど、複数の分野にまたがる学際的研究を促進することで、より深い知見が得られる可能性がある。特に、シミュレーションと実物の挙動の相関関係を明らかにするような研究が有益だろう。これは計算機環境と物理環境の間の理論的・実践的架け橋を強化する取り組みであり、デジタルネイチャーの概念的基盤を強化することにもつながる。

これらの課題に取り組むことで、4D ファブリケーションテキスタイルの可能性がさらに広がり、プロダクトデザイン、ファッション、建築、医療など多様な分野での実用化が期待される。また、本プロジェクトで得られた知見は、織物に限らず様々な材料を用いた 4D ファブリケーション全般の発展にも寄与するだろう。特に、情報と物質、時間性を統合する視点は、デジタルネイチャーの新たな表現領域を開拓するための重要な指針となると期待される。