

# 変態するものづくり

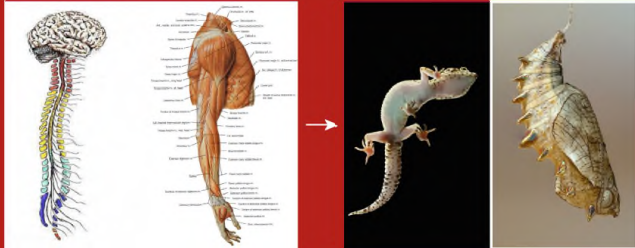
研究課題名：デジタルファブリケーションによる生体模倣インタフェースの構築  
鳴海紘也（東京大学 大学院工学系研究科 特任講師）

## 研究の背景と目標

生物の形態変化に着想を得たファブリケーション

従来の HCI 研究の主流

生体模倣インタフェース



神経を模した  
導体のセンサ

筋肉を模した  
アクチュエータ

傷ついても治る  
インタフェース

形態変化する  
ファブリケーション  
(本研究のテーマ)

**背景：** 私が専門とする Human-Computer Interaction (HCI) の分野では、例えばスマートフォンのようなインタフェースデバイスを作るために、導体のセンサ（タッチセンサなど。神経のようにはたらく）やアクチュエータ（バイブレータなど。筋肉のようにはたらく）が利用される。その一方で、生物の持つ機能に着目すると、傷が治る自己修復や、昆虫が成長する中でその形態を大きく変える変態のように、従来のインタフェースやファブリケーションの技術ではあまり使われてこなかった面白い現象が見られる。

**目的：** そこでこの ACT-I 研究では、デジタルファブリケーションによりインタフェースデバイスなどに生体模倣的な機能を付与することにより、新たな価値を創造することを目的としてきた。加速フェーズ以前には、機械的・電気的に繰り返し修復する素材を用いて、破壊・修復することを前提にしたインタフェース・デバイス「Self-healing UI」を提案した。

**加速：** さらに、加速フェーズ以降は、計算折紙と呼ばれる技術を活用することによって、あたかもサナギがチョウになるように、ものづくりの前後で大きく形が変わるファブリケーションの手法を研究してきた。3つのテーマに取り組んできたが、ここでは公開タイミングの都合により、そのうち2つを紹介する。

## ② Inkjet 4D Print:

平面から立体に自動変形するインクジェット印刷

**背景：** 平面的な構造物を作製しておき、なんらかの刺激を加えることで変形させて 3 次元の構造物を作製する手法を、自己折りや 4D プリント (XYZ+ 時間変化 = 4D) と呼ぶ。4D プリントには (1) ファブリケーション時間が短く済む、(2) 変形前は平面なので収納性に優れるといった利点が存在するため、新たな造形手法として注目を集めている。

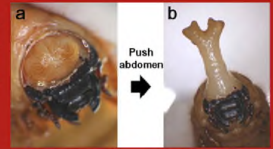
**問題：** 既存の 4D プリント手法はいくつか提案されているが、どれも精度が低すぎて、折紙研究者が望むような複雑なパターンを折ることができない。具体的には、「あるヒンジがほかのヒンジの影響を受ける」低自由度な折紙を自動で折れる手法はほぼ存在しない。また、既存の 4D プリント手法は、多大な手作業を要するか長い造形時間が必要となるものが多く、実用的でない。

**提案：** 我々は、FabCafe など一般的に利用されるインクジェット方式の UV プリンタを利用して、高精度かつ手作業の少ない 4D プリント手法を提案した。インクジェット印刷を利用することで、従来の手法では実現できないほど精巧な折紙が実現できる。

## ① Pop-up Print:

カブトムシに着想を得た折りたたみ 3D プリント

**問題：** 3D プリントで背の高い構造物を作製しようとする、(1) 印刷時間、(2) サポート材消費量、(3) 収納場所が増加する。



カブトムシの逆折紙  
Matsuda et al., Scientific Reports,  
2017 より引用

**着想：** カブトムシの「逆折紙」：カブトムシのサナギの中では、角の構造が「折りたたんだ」状態で作られており、成虫になる時に折りたたみを展開して角を形成する。

**解法：** 我々は「入力した 3D モデルをインタラクティブにたたむソフトウェア」を開発した。入力されたデータから「先細り」構造を検出し、たたんだモデルを可視化する。

**効果：** とっくりやバニーなど様々な物体をたたんだ状態で印刷できた。印刷時間とサポート材消費量は最大で半分以下まで削減でき、印刷した構造は不要な時にたたんで収納することができた。

name	properties **	view of design tool	printed objects
③ Tokkuri (& Choko)	without folding print time: 10 h 24 min support: 477 g folded print time: 5 h 20 min support: 342 g		
④ Huffman's Cone	without folding print time: 7 h 53 min support: 256 g folded print time: 3 h 28 min support: 149 g		
⑤ Starfish	without folding print time: 9 h 22 min support: 108 g folded print time: 2 h 39 min support: 106 g		
⑥ Two-hump Dome	without folding print time: 3 h 38 min support: 124 g folded print time: 1 h 57 min support: 59 g		
⑦ Stanford Bunny	without folding print time: 7 h 16 min support: 149 g folded print time: 5 h 25 min support: 141 g		

**手法：** 山折りと谷折りに対応する折りパターンを熱で収縮するシートに印刷する。その後、構造をお湯に浸すことにより、シートが収縮しようとするが、インクがそれを妨げることによって立体的な形状が得られる。

