

# 折り紙技法を活用したフレキシブルディスプレイにおける形状変化の実現

増田 愛美† 郷 健太郎† 木下 雄一朗†

山梨大学工学部 コンピュータ理工学科†

## 1. はじめに

近年、「曲げる」「折る」等の柔軟な形状変化が可能な新しいディスプレイとして、フレキシブルディスプレイが注目を集めている。その特徴である柔軟性の高さから、ディスプレイ表示による出力だけでなく、形状変化自体を出力として用いることが可能である。Pedersen ら [1] は、自動で形状を変化させることが可能な、掌大のフレキシブルデバイスを想定し、ユーザが出力としての形状変化に抱く印象を明らかにした。しかし、この研究では、研究者があらかじめ想定したパラメータをもとに形状変化が決定されており、ユーザからの意見や要望が形状変化の設計に取り入れられていない。

一方で日本の伝統工芸である「折り紙」を拡張させた、「Origami Tessellation」という技法がある。これは1枚の平面の紙を折り、その表面に幾何学図形を敷き詰める技法であり、本来の特徴を超えた柔軟性を紙に持たせることが可能である。Kinoshita ら [2] は、この技法を応用した新たな入出力装置「Origami Tessellation Display (OTD)」を提案し、OTD への「入力」に用いる最適な形状変化を調査した。しかし、「出力」に関しては議論されていない。

そこで、本研究では OTD からの出力に着目し、使用状況に合わせて自動で形状が変化したり、形状変化によってユーザに通知を行ったりする機能を実現することを目指す。本稿では、フィードバックや使いやすさに関するユーザの意見を取り入れることで、ユーザが OTD に要求する形状変化を調査する。さらに、その調査結果にもとづき、自動で形状変化する OTD のプロトタイプを実装する。

## 2. 形状変化要求に関する調査実験

### 2.1 実験素材

本実験では、折り紙技術を用いた2種類のモックアップ OTD に加えて、比較対象として一般的なフレキシブルディスプレイを想定した平面の紙の計3種類のモックアップを使用した。モックアップ OTD には、図1に示す蛇腹折りと、表面が

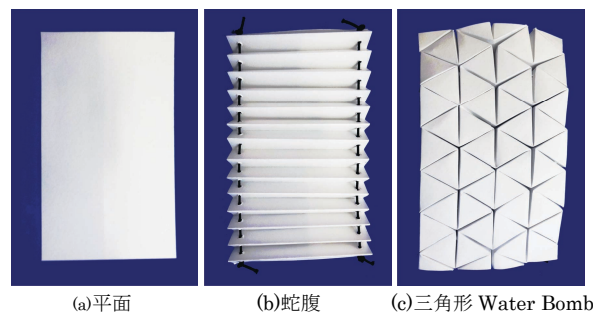


図1: モックアップの種類

三角形のタイル状に構成される Water Bomb 折りを用いた。各モックアップの表面積は、一般的なスマートフォンの大きさに合わせ、縦 14.5 cm、横 8.5 cm に統一した。また、本実験では、OTD の使用シナリオとして「電話」アプリケーション（以下、電話アプリ）を想定し、電話アプリからの通知および電話アプリの状態の中から「音声通話を行っている状態」「電話番号を入力している状態」「着信時の通知」などの6種類を抽出した。実験協力者は、スマートフォンを使用したことのある20代の大学生および大学院生10人である。

### 2.2 形状変化の創出

まず、OTD に必要とされる形状変化の調査を行う。実験協力者に、3種類のモックアップのうち1種類を渡す。実験協力者は、渡されたモックアップを実際に触り、モックアップの可動範囲や柔軟性などの確認を行う。その後、電話アプリからの通知および状態6種類の中から1種類を、実験協力者に提示する。実験協力者は、提示された通知や状態に対して、自分が最もふさわしいと思う形状変化を創出する。このとき、実験協力者は、自分が表現した形状変化はどのようなものであるかについて、口頭で説明しながら形状変化を行う。その後、実験協力者は、「自分が表現した形状は、提示された通知または状態に対してふさわしいという自信がある。」という質問に対して、1から7の7段階のリッカート尺度を用いて評価する。6種類すべての通知や状態について上記の作業を繰り返す。同様の作業を3種類すべてのモックアップについて実施した。

### 2.3 OTD 適性評価

OTD 適性評価では、電話アプリに対する各

Realization of Shape Changes in the Flexible Display Utilizing Origami Techniques

†Manami Masuda, †Kentaro Go, †Yuichiro Kinoshita

†Department of Computer Science and Engineering, University of Yamanashi

OTD の適性を評価する。実験協力者に、3 種類のモックアップを 1 種類ずつ渡す。実験協力者は受け取ったモックアップそれぞれについて、「電話アプリケーションを想定した形状変化の実現においてこの OTD は適している。」という項目によって、1 から 7 の 7 段階のリッカート尺度を用いて評価する。

### 3. 実験結果と考察

創出された形状変化の一例を図 2 に示す。図 2 (a)は、すべての実験協力者における平面のモックアップを用いた試行の中で合計 9 回創出され、自信度の平均値は 5.6 であった。図 2 (b)は同条件において合計 2 回創出され、自信度の平均値は 5.0 であった。図 2 (c), (d)は、すべての実験協力者における蛇腹折りのモックアップを用いた試行の中でそれぞれ 3 回と 7 回創出され、自信度の平均値はそれぞれ 4.3, 5.3 であった。また、図 2 (e), (f)は、すべての実験協力者における三角形 Water Bomb のモックアップを用いた試行の中でそれぞれ 10 回と 8 回創出され、自信度の平均値はそれぞれ 5.2, 5.0 であった。

(a)の形状変化はモックアップ全体にまんべんなく分布し、緩やかな円を描くような形状であり、(d)と(e)の形状変化も(a)に近いものとなった。しかし、(d)と(e)を(a)と比較すると、形状変化を行う際に実験協力者が触っている部分は異なることが分かる。この結果から、似た形状変化であっても、モックアップの折り方によって力を加えるべき部分が異なると考えられる。また、実験協力者が例に挙げた形状変化を創出する際は、どの形状変化においても、モックアップの一部分にのみ力を加えていることが分かる。モックアップ全体に形状変化が現れていても、形状を変化させるためにアクチュエータを取り付ける位置は、モックアップ全体に分布する必要はないということが言える。

次に OTD 適性評価の結果を示す。3 種類のモックアップの OTD 適性度の平均値は、平面が 4.5、蛇腹折りが 3.5、三角形 Water Bomb が 5.3 であった。これらの結果から、OTD 適性度の平均値が最も高い三角形 Water Bomb を用いてプロトタイプ

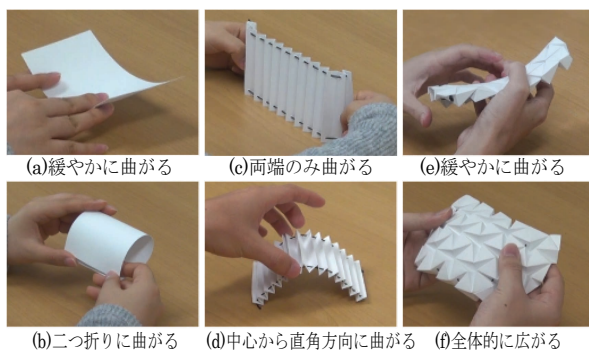
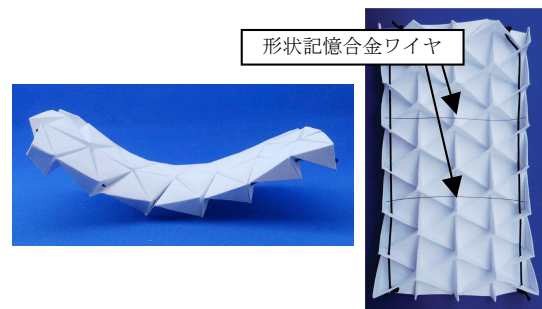


図 2： 創出された形状変化の例



(a) プロトタイプによる形状変化 (b) プロトタイプの背面

図 3： 作製したプロトタイプ  
 を作製する。本プロトタイプは、三角形 Water Bomb のモックアップを用いて創出された形状変化のうち、最も自信度の平均値が高い、図 2 (e)の形状変化を行うことを想定する。

### 4. プロトタイプの作製

実際に図 2 (e)の形状変化を自動で行うことが可能なプロトタイプを作製した。プロトタイプによる実際の形状変化を図 3 (a)に示す。

本研究では、実験で用いたモックアップにアクチュエータとして形状記憶合金ワイヤを取り付けることによって、形状変化を実現した。図 3 (b)に示すように、プロトタイプの短辺に並行に位置するよう、モックアップの中心にワイヤを 2 本取り付けた。形状変化は、ワイヤに通電して形状記憶合金を収縮させることによって行われている。また、プロトタイプの形状を平坦に戻す際には、ワイヤへの通電を止め、モックアップの周囲に設置したゴム紐の弾性を用いている。

### 5. おわりに

本稿では、折り紙技法を用いたフレキシブルディスプレイ「Origami Tessellation Display (OTD)」における出力としての形状変化に着目し、実験協力者の意見を取り入れることで、ユーザが OTD に要求する形状変化を創出する実験を行った。また、自動で形状変化を行う機能を OTD に付加することを想定し、創出された形状変化を再現するプロトタイプを作製した。本研究の成果は OTD に関する今後の展望を示しており、自動で形状変化する OTD のインタラクション設計指針として活用することが可能である。

### 参考文献

[1] Pedersen, E., Subramanian, S., Hornbæk, K., Is my phone alive?: A large-scale study of shape change in handheld devices using videos, Proc. CHI 2014, pp.2579 -2588 (2014).  
 [2] Kinoshita, Y., Kentaro, G., Kozono, R., Kaneko, K., Origami tessellation display: Interaction techniques using Origami-based deformable surfaces, Ext. Abstracts CHI 2014, pp.1837 -1842 (2014).