

# 折り紙型フレキシブルディスプレイにおけるジェスチャの導出

小園 励地† 郷 健太郎‡ 木下 雄一朗‡

山梨大学工学部† 山梨大学大学院医学工学総合研究部‡

## 1 はじめに

変形可能なユーザインタフェースは近年HCI分野で盛んに研究されており[1][2]，その一つであるフレキシブルディスプレイは柔軟な特性を生かした新しい入出力装置として期待されている。

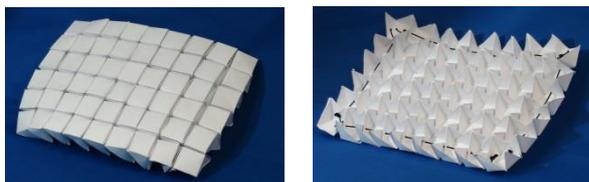
フレキシブルディスプレイは紙や布といったものがその素材として研究されており，柔軟な平面をもつことが特徴であるが，柔軟な平面を作り出す素材は他にもある．その一つが折り紙の平織り (Origami Tessellation) [3]である．平織りとは，紙を折ることによって幾何学的な基本パターンを平面に充填させるものである．一枚の紙に一つの折り目パターンを繰り返し，それを折りたたむことで作成される。

本研究ではこの平織りの中でもフラットな平面を作り出せるWater Bombという折り方を採用し，従来とは異なるフレキシブル平面をもつOrigami Tessellation Display (OTD) を提案する．さらにOTDの応用例として，柔軟な特性を生かしたインタラクションを用いた地図アプリケーション (以下，地図アプリ) の実装を行うことを目標とする。

本稿では特に，OTDがうながすジェスチャを，ユーザ中心のジェスチャ導出実験[4]によって調査した結果を報告する。

## 2 ジェスチャ導出実験

本実験では，比較するフレキシブルディスプレイの素材として3種類のモックアップ (紙，布，折り紙) を用いる．図1に実験用に作成したOTDのモックアップを示す．各モックアップは，A4サイズで白色に統制した。



(a)表面 (b)裏面  
図1: 実験用のモックアップ

地図アプリの実装に向けて，本実験では実際に地図アプリを利用しているという想定で実験を行った．被験者は20代の大学生と大学院生18人 (男性15人，女性3人) である．全員地図アプリの利用経験があることを条件とした．既存の代表的な地図アプリ (Google maps, Apple maps, Bing maps) を調査し，地図の

User-generated gestures for Origami-based Deformable Surfaces

†Reiji Kozono, ‡Kentarō Go, ‡Yuichiro Kinoshita

†Faculty of Engineering, University of Yamanashi

‡Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi.

操作として共通する8つの機能を抽出した (表1)．この8機能を対象に対応するジェスチャを生成してもらおう。

実験は調査対象について次の2つに分けられる：(1)ユーザがOTDでの地図アプリの操作に用いるジェスチャを調べるジェスチャ創出実験，(2)OTDの有効な利用方法について調べるOTD利用法創出実験。

(1)ジェスチャ創出実験では，まず被験者に3種類のモックアップのどれか1つを渡す．そして，表1の機能をランダムで1つ被験者に提示し，被験者はその提示された機能に対して自分が最もふさわしいと思うジェスチャを行う．その後，被験者は行ったジェスチャのふさわしさに対する自信の程度 (適正度) を7段階のリッカート尺度で回答する．全ての機能に対するジェスチャが終了した後，別素材のモックアップで同様の作業を行う。

(2)OTD利用法創出実験では被験者は記述式の質問紙に回答する．この質問紙はOTDの利用方法について質問するものである．この質問紙に回答してもらった後に4~5人を1グループとして，4グループでそれぞれ回答内容についてディスカッションを行う。

表1: 地図アプリケーション操作の基本機能

機能	意味
Pan(vertical)	地図を上下方向に移動させる
Pan(horizontal)	地図を左右方向に移動させる
Pan(oblique)	地図を斜め方向に移動させる
Zoom-in	地図を拡大する
Zoom-out	地図を縮小する
Address	特定の場所の住所を表示する
Satellite	航空写真表示に切り替える
Route	2点間のルートを検索する

## 3 実験結果

### 3.1 適正度

紙，布，折り紙それぞれについて，各機能の適正度の平均値と標準偏差を図2に示す。

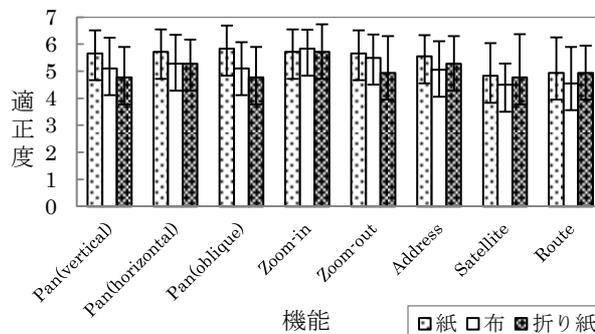


図2: 適正度の平均値と標準偏差

各モックアップに対してすべての機能で適正度の平均値が4を超えていた．Pan(vertical)とPan(oblique)

については、折り紙の適正度が紙に比べて危険率 1% で有意に低い傾向にあることがわかった。折り紙と布との間にはすべての機能で適正度の有意差はみられなかった。

### 3.2 同一度

ある機能に対し、被験者全員が行ったジェスチャの一致の程度を同一度と定義する。同一度  $A$  は式(1)によって算出できる[5]。ある機能に対して行われたジェスチャ数を  $P_r$ 、その中の同一ジェスチャ数を  $P_i$  とする。ここでは、一つの機能に対する値であるため  $R=r$  である。各機能における同一度を図3に示す。図3から折り紙の同一度がZoom-outを除いて一番低いことがわかった。

$$A = \frac{\sum_{r \in RP_i \subseteq P_r} \sum_{i \in RP_i} \left(\frac{|P_i|}{|P_r|}\right)^2}{|R|} \quad (1)$$

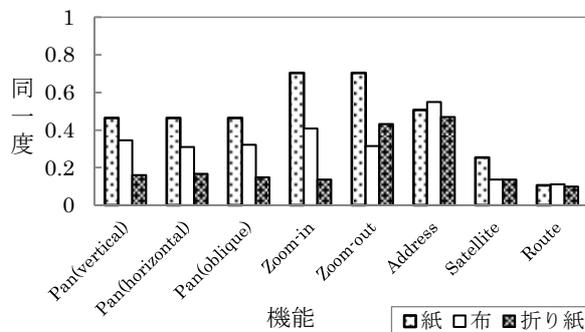


図3: 同一度

### 3.3 ジェスチャの種類

各素材に対して、被験者によって創出されたジェスチャを特徴ごとにグループ化した。各グループは入力手段としての基本ジェスチャを意味する(表2)。なおタッチやスライドなどのタッチ画面ジェスチャはどの素材にも共通して多く(紙: 87.5%, 布: 63.2%, 折り紙: 55.6%)見られたため省いてある。

表2: 入力手段としてのジェスチャ (タッチを除く)

素材	ジェスチャ
紙	曲げる, 折る, 振る
布	曲げる, 折る, 伸ばす, くっつける, つまむ
折り紙	曲げる, 伸ばす, 盛り上げる, 押し込む, ひねる, 一部分だけ隙間を広げる

### 3.4 利用方法に関する意見

記述式の回答とディスカッションの内容から多かった意見と特徴的だった意見を以下に示す。

まず、広げた時に現れる隙間の部分には、その近くにある地点の街並みイメージやロコミ、スポットの人気度などの情報が文字や色などで表現するという意見が得られた。さらにディスプレイを盛り上げられるという特徴を利用して、ビルの側面や山、地形の起伏などを3次元的に表示するという意見が多く挙げられた。

特徴的な意見としてまず、ディスプレイ表面がブロックのように区切られているため、モザイクアートや

ウィンドウの割り振りが簡単にできるというアイデアが挙げられた。一方で、盛り上がりや押し込みでは稼働域が異なるため、操作の対称性がとりづらいという意見や、一度に立体的になる範囲が大きく一部分だけを盛り上げることができないといった否定的な意見が得られた。移動の操作をする場合にはディスプレイの形状は正方形が良いという改善案も挙げられた。

## 4 考察

3.1に示したように、折り紙と紙の適正度に一部有意差がみられた。これは、紙の操作では上下・左右・斜めのどの方向の操作でも同じジェスチャで操作することが可能なのに対し、折り紙ではジェスチャの対称性が特に上下方向と斜め方向にとりづらく、行った操作に自信がもちにくかったのだと考えられる。確かに3.4に示した意見からも、折り紙の操作には対称性が必要だと考えられる。

同一度が低いということは、想定されるジェスチャの多様性が大きいということの意味する。折り紙では表2からもわかる通り、曲げる、伸ばすといった他のフレキシブルな素材の特徴に加えて、盛り上げる、傾ける、押し込む、ひねるといった独自の操作を被験者が創出している。ここに折り紙素材の利点があるといえる。また、3.4で示した意見からも他のフレキシブル素材にはない形状的な特徴があるといえる。加えて、タッチパネル操作に関しては半分以上の割合で見られたことから、OTDのようなフレキシブルな素材でもタッチパネルであることが望まれていると考えられる。

3.4にあった否定的な意見は、OTDをより良いものにするために重要な意見であり、今後の設計に取り入れるべきだと考えられる。

## 5 おわりに

本研究では新しいフレキシブルディスプレイである Origami Tessellation Display (OTD) を提案した。特に本稿ではユーザにとって適切なジェスチャの設計を目指し、ユーザ中心のジェスチャ導出実験の結果を報告した。実験の結果、OTDは他のフレキシブル素材にはない形状によるインタラクションの多様性が示された。今後は収集されたデータをもとにOTDのハードウェア作成を行う。

## 参考文献

- [1] Steimle, J. Jordt, A., and Maes, P. Flexpad: Highly flexible bending interactions for projected handheld displays. *Proc. CHI 2013*, ACM Press (2013), 237-246.
- [2] Holman, D., Vertegaal, R. and Altosaar, M. PaperWindows: Interaction techniques for digital paper. *Proc. CHI 2005*, ACM Press (2005), 591-599.
- [3] Gjerde, E. Origami Tessellations: Awe-Inspiring Geometric Designs. A K Peters/CRC Press, 2008.
- [4] Lee, S., Kim, S., Jim, B., Choi, E., Kim, B., Jia, X., Kim, D. and Lee, K. How users manipulate deformable display as input devices. *Proc. CHI 2010*, ACM Press (2010), 1647-1656.
- [5] Wobbrock, J.O., Aung, H.H., Rothrock, B. and Myers, B.A. Maximizing the guessability of symbolic input. *Ext. Abstracts CHI 2005*, ACM Press (2005), 1869-1872.