

形状変化特性を変更可能なメタ・インタフェース実現にむけた ジェスチャ操作の調査

塚田 悠斗[†] 白神 翔太^{††} 木下 雄一朗[†] 郷 健太郎[†]

山梨大学 工学部コンピュータ理工学科[†] 山梨大学 大学院医学工学総合教育部^{††}

1 はじめに

形状を変化させ、入力ができる形状変化インタフェースは、その素材や構造によって実現できる形状変化が制限されている。Lee ら [1] は、プラスチックシート、紙、布が素材の3種類のモックアップを用いて、ユーザに電子書籍のアプリケーションに関するコマンドに対して最適な形状変化を導出させる実験を行った。そして、素材ごとに適した形状変化があることを明らかにした。また、Troiano ら [2] は弾性や、形状を変化可能なディスプレイを用いて、ユーザに3Dモデリングやナビゲーションなどのコマンドに対してディスプレイを形状変化させジェスチャを導出させる実験を行った。しかしこれら研究では、形状変化素材を限定した上で、あるコマンドに対して最適な形状変化を調査しているため、他の形状変化素材において、より最適な形状変化が存在する可能性を無視している。このことは素材の構造上何らかの形状変化が制限されている、他の形状変化インタフェースにもいえることである。

そこで本研究では、形状変化特性を変更可能なメタ・インタフェースの実現を想定した上で、インタフェースの素材や構造の制限を取り払い、様々なコマンドに最適な形状変化を調査する。そして、その調査結果からメタ・インタフェースの設計指針としてユーザに要求される形状変化特性を明らかにする。

2 形状変化インタフェースを用いた ジェスチャ導出実験

2.1 実験概要

本実験は、あるコマンドに対して最適な形状変化を調査することを目的に行った。実験協力者は、「ドローンの操作」アプリケーション（以下、ドローン操作アプリ）、「3Dモデルの造形」アプリケーション（以下、3Dモデル造形アプリ）を想定し、これらのアプリケーションにおける様々なコマンドに対して最適なモックアップを選択した。その後、モックアップを形状変化させコマンドに適したジェスチャを行った。

2.2 コマンド

本実験では、ドローン操作アプリ、3Dモデル造形アプリの一般的なコマンドの中から、それぞれ表1に示す7種類、8種類のコマンドを選定した。これらのコマンドは、ドローン操作アプリについては、主要なドローンのメーカー (DJI, Parrot, 3D Robotics) のドローンに共通する操作を抽出した結果である。また3Dモデ

表1: 各アプリに対して選定したコマンド

ドローン操作アプリ	3Dモデル造形アプリ
前後に移動	移動
左右に移動	拡大
左右に旋回	縮小
上昇	回転
下降	伸ばす
写真を撮る	縮める
出発点へ戻る	表面を滑らかにする
	カット

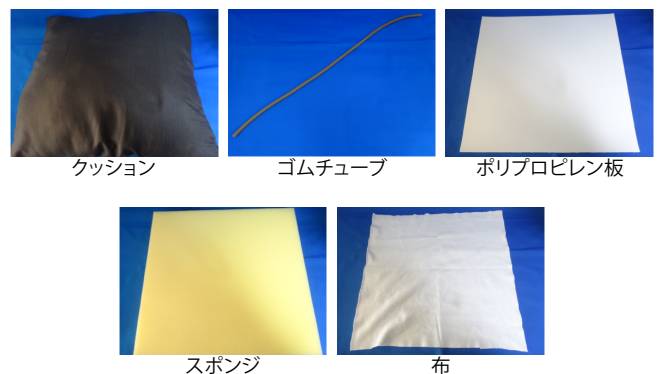


図1: 使用したモックアップの外観

ル造形アプリについては、主要な初心者向けの3Dモデル造形ソフト (CINEMA 4D, 六角大王 Super6, Shade 3D) に共通するコマンドを抽出した結果である。

2.3 モックアップ

本実験で使用するモックアップを選定するにあたり、まず、ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI) をはじめとする HCI 分野の国際会議で発表された論文から複数の形状変化インタフェースを収集した。その後、収集した形状変化インタフェースの形状変化から、代表的な形状変化として「押す」「つぶす」「のぼす」「曲げる」「ねじる」の5種類を抽出した。そして、これらの形状変化を満たすように図1に示すクッション、ゴムチューブ、ポリプロピレン板、スポンジ、布の5種類のモックアップを選定した。各モックアップの縦横の長さは、40 cm に統一した。ただし、ゴムチューブの長さは他のモックアップの対角線の長さを想定し、60 cm とした。

2.4 実験方法

実験協力者は20代の大学生男女12名である。実験協力者は、まず、5種類全てのモックアップを実際に触り、モックアップの可動範囲や形状変化特性などの確認を行った。その後、表1に示すドローン操作アプリのコマンド7種類の中から1種類が、実験協力者に提示された。実験協力者は、提示されたコマンドに対して、自分が最適と思うモックアップを1種類選択し、それを形状変化させることでジェスチャ操作を表現し

Exploring gesture manipulation for the realization of a meta-interface with variable shape-changing characteristics

[†]Yuto Tsukada, ^{††}Shota Shiraga, [†]Yuichiro Kinoshita, [†]Kentaro Go

[†]Department of Computer Science and Engineering, University of Yamanashi

^{††}Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi

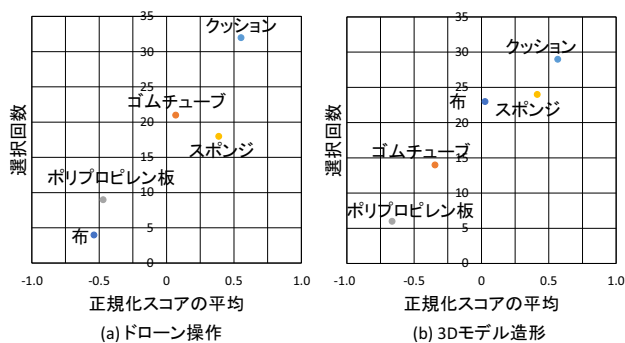


図 2: 各アプリのモックアップ適正と選択回数との関係

た。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ジェスチャ操作であるかについて、モックアップを形状変化させながら口頭で説明した。7種類すべてのコマンドについて上記の作業を繰り返した後、実験協力者は各モックアップのドローン操作アプリへの適正を順位付けにて回答した。さらに、提示されたコマンドの中から形状変化で操作するのに不向きだと思うコマンドを答え、その理由とどういった操作をすべきかを自由記述式の質問紙に回答した。この流れを、3Dモデル造形アプリのコマンド8種類に対しても行った。また、2つのアプリケーションの順序及び、各アプリケーションのコマンド7種類と8種類の提示順序は、それぞれラテン方格法により実験協力者ごとに異なる順序の組み合わせで提示した。

3 実験結果・考察

3.1 モックアップの適正と選択回数との関係

各モックアップのドローン操作アプリ、3Dモデル造形アプリへの適正における順位データを正規化順位法を用いて正規スコアへ変換した。ドローン操作における各モックアップの正規スコアの平均値は、クッション = 0.55, スポンジ = 0.39, ゴムチューブ = 0.07, ポリプロピレン板 = -0.47, 布 = -0.54 となり、クッション > スポンジ > ゴムチューブ > ポリプロピレン板 > 布の順に適正となった。また、3Dモデル造形では、クッション = 0.57, スポンジ = 0.41, 布 = 0.03, ゴムチューブ = -0.34, ポリプロピレン板 = -0.66 となり、クッション > スポンジ > 布 > ゴムチューブ > ポリプロピレン板の順に適正となった。

コマンドに対して最適なモックアップが選ばれた回数と、正規スコアの平均値との関係を図 2(a), (b) に示す。各アプリケーションにおける選択回数と正規スコアの平均値についてピアソンの積率相関係数 r を算出した。3Dモデル造形アプリでは $r = 0.97$ ($p < 0.01$) となり、正規スコアの平均と選択回数の間には有意な正の相関が確認された。このことから、選択回数が多いほど適正の順位が高いことが明らかになった。したがって、複数のコマンドで使われたモックアップは3Dモデル造形アプリに適していることが言える。また、ドローン操作アプリでは $r = 0.92$ ($p = 0.06$) となり正の相関の有意傾向が見られた。

3.2 観測されたジェスチャの種類

図 2(a), (b) のクッションの選択回数に着目すると両方のアプリで最も選択されていることがわかる。クッ

ションについては、実験協力者がクッションの上下左右様々な場所で「曲げる」、「押す」、「伸ばす」、「押しつぶす」、「ねじる」といった形状変化を繰り返し行う操作が観測された。したがって、実験協力者はある程度柔軟で形状を保持しないインタフェースを要求しているといえる。また、実験協力者がクッションを選択した際の代表的な形状変化の回数は、「伸ばす」が18回、「曲げる」が17回、「押しつぶす」が13回、「押す」が12回、「ねじる」が1回となった。実験協力者が「伸ばす」形状変化をする際、クッションの表面や端をひっぱるジェスチャ操作が多く見られた。一方「曲げる」際は、角と中央部分を曲げるジェスチャ操作が多く見られた。このことから、インタフェースの表面や端の部分は伸縮性を重視し、角や中央部分の曲がる度合いを重視したものがメタ・インタフェースの形状変化特性としてふさわしいといえる。

3.3 形状変化インタフェースが適さない操作

各コマンドについての質問紙調査の結果、ドローン操作アプリの「出発点へ戻る」というコマンドに対して「形状変化がイメージ、表現しづらい」「コマンドと表現した形状変化が直感的に合致しない」といった理由で、6名の実験協力者が、形状変化で操作するのに不向きであると答えた。また、3Dモデルの造形アプリのコマンドでは「回転」というコマンドに対して「形状変化で表現しづらい」「形を変えるより回転させたほうが直感的だ」といった理由で、7名の実験協力者が、形状変化で操作するのに不向きであると回答した。これらのコマンドに対し、どういった操作をすべきかという問いには、「ボタン」や「円形を回転」「スティック操作」といったGUIをイメージした回答が多く得られた。実験協力者の半数以上が、形状変化インタフェースで操作するのに不向きと回答したコマンドは、これらの他に「表面を滑らかにする」であった。このことから、連続値を扱わないコマンドや形状変化の形状とコマンドが直結しないものは、形状変化インタフェースで操作するには不向きであるといえる。

4 おわりに

本稿では、形状変化特性を変更可能なメタ・インタフェースの実現を想定した上で、インタフェースの素材や構造の制限を取り払い、様々なコマンドに最適なモックアップを選び、形状変化させるジェスチャ導出実験を行った。その結果から、メタ・インタフェースを実現するための設計指針として、ある程度柔軟で形状を保持せず、「曲げる」、「伸ばす」といった形状変化特性を持つものがよいことを示した。

謝辞

本研究はJSPS 科研費(15K00267)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Lee, S., Kim, S., Jin, B., Choi, E., Kim, B., Jia, X., Kim, D. and Lee, K., How users manipulate deformable displays as input devices. Proc. CHI 2010, pp. 1647–1656 (2010).
- [2] Troiano, G. M., Pedersen, E. W. and Hornbæk, K., User-defined gestures for elastic, deformable displays. Proc. AVI 2014, pp. 1–8 (2014).