

「折り紙」文化を学ぶための外国人向け 3D 体感システム

小川璃紗^{†1} 藤本貴之^{†2}

概要：日本人にとっては日常的に馴染み深い「折り紙」であるが、海外に行くと非常に日本らしい神秘的な文化であると考えられていることは少なくない。海外では、日本の「折り紙」を紹介したり、折り方をレクチャーした書籍やウェブサイトは数多く存在しているものの、その多くは「写真集」のような扱いであり、ペーパークラフトに近く、本来の「折り紙」の魅力が伝わっているとは言い難い。そこで本研究では、「折り紙」を手軽に体感し、学ぶことのできるスマートフォンを用いた 3D システムを試作する。

キーワード：折り紙，日本文化，3D 体感

The 3D expressing system for studying “Origami” culture targeted at foreigners

RISA OGAWA^{†1} TAKAYUKI FUJIMOTO^{†2}

Abstract: “Origami” is a familiar to Japanese, however, it is considered that “Origami” is a mysterious culture and a characteristic of Japan. There are lot of books and websites that introduce and instruct “Origami”. However, these are like “photo books” nearly paper craft, moreover it is hard to say that these can introduce the attractive points of original “Origami”. In this study, we create the protocol of 3D system by using smartphone.

Keywords: Origami, Japanese culture, 3D expression

1. はじめに a

本研究は、モバイルデバイスを用いて、「折り紙」を手軽に体感し、「折り紙」文化を学ぶことのできるスマートフォンを用いた 3D システムを試作する。

日本の折り紙をテーマとしたアプリケーションやウェブサイトはさまざまに存在しているが、その多くはスマートフォンなどのデバイス上で、「折り紙」の折り方を紹介するチュートリアルであったり、単にギャラリーのように折り紙の画像や折り方を紹介するようなものになっている。

しかしながら「折り紙」とは単に紙を折って形状を作るものではない。日本以外にも紙を切り貼りする庶民文化や大衆性に根付いた遊びは様々に存在しているが、それらのほとんどが「ペーパークラフト」や「影絵」「芝居人形」のようなものばかりである。それらはいかに複雑に作り込まれていても、切り貼りによってなされる「紙の彫刻」である。一方で、日本の「折り紙」はそのようなペーパークラフトとは一線を画している。最大の特徴といえば、それが、1 枚の正方形の紙から生み出されるという点である。また、単純な（あるいは平面的な）幾何学形状ではなく、複雑で、

しかも立体的な形状である、という点だ。例えば「折り鶴」に代表されるように、立体感を持った造形が、海外における日本の「折り紙」文化への大きな関心となっている。

このような、1 枚の紙から立体的な作品を作り出すことが折り紙の最大の魅力でもある。これらは外国人からすると、神秘的な文化の一つで、日本らしさを象徴するものである。

1 枚の紙から生み出される無限の複雑性が持つ「折り紙」の魅力は、日本人が見ても驚かされることは多い。例えば、「折り鶴」をカスタマイズした「3 つ首折り鶴（通称キングギドラ）」と呼ばれる折り方があるが、これがどのようにして 1 枚の紙から造られているのか、ということは、「折り方」紹介を見ても再現することは難しい(図)。これは「折り紙」という表現技法が、作る場合でも、鑑賞する場合でも、立体的且つ空間的に捉えることを前提にしているからである。



図 1 3 つ首折り鶴

^{†1} 東洋大学大学院総合情報学研究科総合情報学専攻
Graduate School of Information Science and Arts, Toyo University

^{†2} 東洋大学
Toyo University

よって既存のコンテンツやサービスのように、単純に折り方を紹介するだけのコンテンツは、必ずしも「折り紙」の本来の魅力を伝え切れていないと言いがたい。特に、平面的な画像や写真などを利用したチュートリアルでは、十分にその作り方を理解させることも難しい。

本研究では、日本の「折り紙」文化を海外に、表現技法としての「折り紙」を紹介することを目的とするモバイルシステムを試作する。モバイルデバイスとプラスチック製反射板を組み合わせることで、「折り紙」を立体的且つ空間的に体感することができるアプリケーションを設計する。

2. 研究の背景

2.1 外国人の日本の大衆文化への関心

日本政府観光局は 2015 年の訪日外客数を前年比の 47.1%増の 1973 万 7 千人と発表した。[1] この結果から見ても日本が海外から注目されて来ていることがわかる。

一昔前までの日本の観光地と言えば、京都や奈良、富士山であった。しかし、現在は料亭や蕎麦屋など日本の大衆文化に注目が集められている。観光庁の調査によれば、訪日観光客の旅行目的[2]は、「日本食を食べること」「旅館に宿泊」「日本の歴史・伝統文化体験」「日本の日常生活体験」など日本の大衆文化に触れることを旅行の目的としてきている旅行者が多く存在している。

2.2 外国人の折り紙の関心の高まり

日本政府観光局によれば、2015 年の訪日外客数は前年比の 47.1%増の 1973 万 7 千人。[1] 「Cool JAPAN」政策や東京オリンピックの誘致など、近年の積極的な日本の PR の甲斐もあり、海外からの日本の関心は高まっている。

一昔前までの日本への関心と言えば、京都や奈良、富士山などの観光地への観光、あるいは、アニメや、ゲーム、歌舞伎、忍者などと言った典型的な日本型コンテンツに限られてきた。しかし近年では、そのような「いわゆる観光」ではなくより大衆的な現実的な日本の生活文化への関心が高まっている。例えば、外国人観光客が集まる繁華街では、「立ち食い蕎麦屋」や「回転寿司」、「日本居酒屋」といった庶民的な飲食店に多くの外国人客に人気を博している。

3. 試作システムの概要

本研究の大きな特徴は、スマートフォンなどのモバイルデバイスと、プラスチックの反射板を組み合わせることで、「折り紙」の三次元表現を体感することである。三次元に表現することで、「折り紙」本来の良さである、一枚の紙から立体的な作品を作り出す面白さを利用者に伝えることができる。

本研究では、スマートフォンを用い、手軽に「折り紙」の三次元表現を体感することができるので、「折り紙」の文

化があまり知られていない海外の人にも、手軽に簡単に「折り紙」を楽しむことができることが魅力である。

また、このアプリケーションにとどまらず、小学校の自由研究や自由工作などの自主学習の補助システムとしても応用することが可能である。本来、学校の授業の黒板や教科書は平面で表現されているものがほとんどであるが、簡単に三次元表現を体感することができる本システムは、学生の理解をサポートすることが期待される。

4. 折り紙の三次元表現

4.1 スマートフォンを利用した三次元映像

本研究では、反射性のある台形の透明プラスチック板を 4 枚組み合わせて作った 4 面の反射鏡とスマートフォンと併用することで、簡易的に平面の映像を立体的に表現する。本手法は、スマートフォンのディスプレイに表示させた図画像を、プラスチック板の鏡面に反射させることで、手軽かつ視認性の良い三次元表示が可能である。しかも、身近な素材で簡単に制作することができる。図 3 は実際に作成した 4 面反射鏡に表示した「鶴」の 3D 映像である。

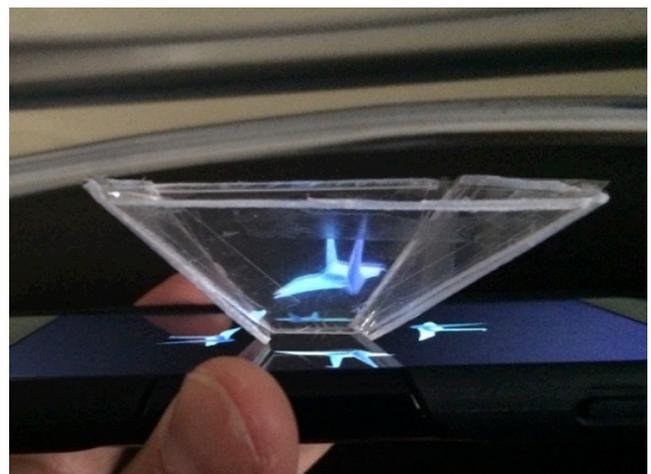


図 2 プラスチックの反射鏡とスマートフォンを組み合わせた立体映像

Figure 2 The 3D image of plastic reflecting mirror and smartphone.

4.2 透明プラスチック板を用いた 4 面反射鏡

スマートフォンで折り紙の三次元を行うために試作で作った反射鏡は以下図 4 の寸法で作成した。

この反射鏡は組み立てて図 2 のように組み立てた時に、スマートフォンの画面とプラスチック面が 45 度になるように計算されている。

また、スマートフォンなどのデバイスが表示する画像をプラスチック板が反射する光が見る人の目に届くようになっている。これは鏡の原理を応用したものである。鏡は物体の光が鏡に反射したものが観測者の目に入る。

物体と鏡の距離と同じ距離に鏡の奥に物体が存在してい

るように見える。(図4)

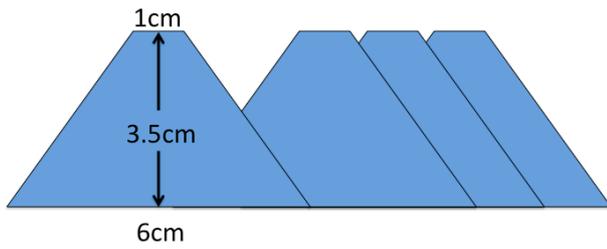


図3 プラスチックの反射鏡の寸法
Figure 3 Size of plastic reflecting mirror.

反射鏡を用いた3Dホログラムも鏡の原理を応用した仕組みが用いられている。スマートフォンなどのデバイスから発せられた光(画像)が反射版の表面に垂直に入り、入射角と等しい角度の反射で光が反射版で反射し、観測者の目に光が届く。この時、反射板の中に画像があるかのような錯覚に陥り、画像が3次元で表現されているに見える。(図5)

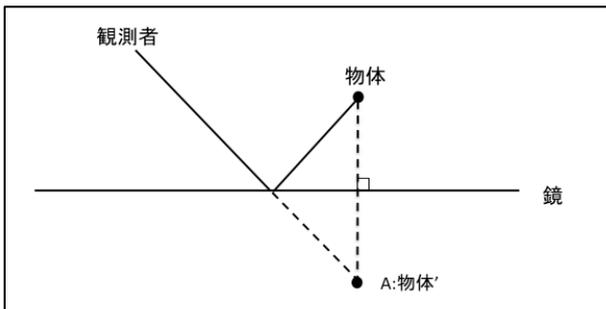


図4 鏡の原理
Figure 4 Mechanism of mirror.

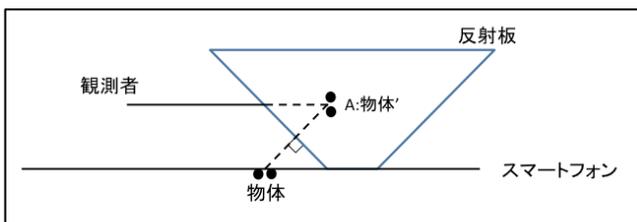


図5 3Dホログラムの原理
Figure 5 Mechanism of 3D hologram.

プラスチック板で作成する4面反射鏡は反射性が強い素材を使用する必要がある。今回試作で作成したのは、CDケース、プラ板、透明の下敷きを使用した。図6図7図8それぞれの素材で作成した反射鏡の写真である。

CDケースで作成した反射鏡とiPodの組み合わせ(図6)、プラ板で作成した反射鏡とiPadの組み合わせ(図7)、透明な下敷きで作成した反射鏡とMacbookの組み合わせ(図8)を作成した。大きいサイズの寸法は図3の大きさを等倍し

たサイズを適用した。

透明な下敷きを使って作成した用に、スマートフォンだけでなくタブレットなど様々な大きさでも三次元表現を表示することが可能であった。

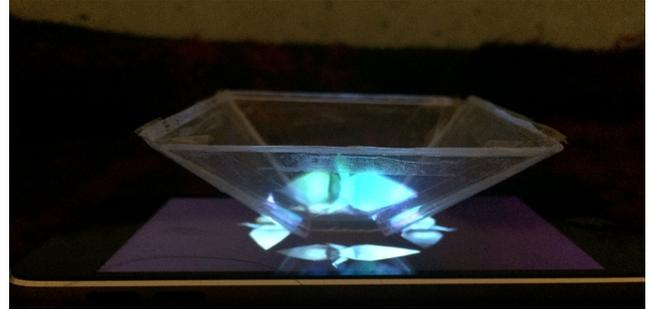


図6 プラスチックの反射鏡(CDケース)
Figure 6 Plastic reflecting mirror. (CD case)



図7 プラスチックの反射鏡(プラ板)
Figure 7 Plastic reflecting mirror. (Plastic board)

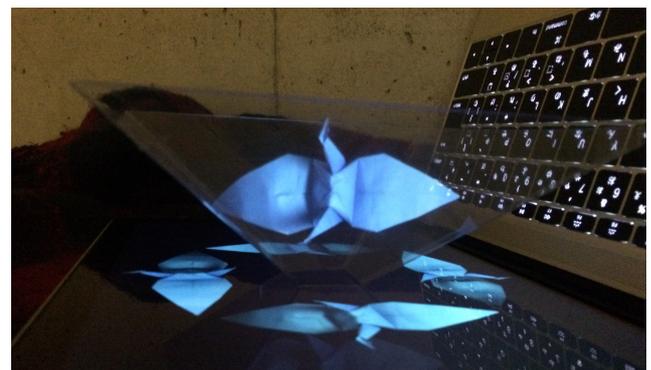


図8 プラスチックの反射鏡(透明の下敷き)
Figure 8 Plastic reflecting mirror. (Plastic setting board)

5. アプリケーションの概要

5.1 アプリケーションのコンセプト

外国人向けに、日本の「折り紙」の文化を紹介し、「折り紙」を手軽に楽しむことができるアプリケーションを開発する。

本研究で制作するアプリケーションの大きな特徴は、既存の「折り紙アプリケーション」のような「折り紙」の折り方のチュートリアル機能だけでなく、モバイルデバイスとプラスチック製の反射鏡を組み合わせることで、誰でも気軽に「折り紙」の三次元表現(3D ホログラム)を体感することができることである。

また、全ての作業画面をプラスチックの反射鏡を用いる方法を採用した。スマートフォンなどのモバイルデバイスでと反射鏡を組み合わせることで、いつでも気軽に「折り紙」を折ることを三次元で表現される楽しみを体感できることが魅力の一つである。

今回は、折り紙の代表である「折り鶴」を例にプロトタイプとして日本語版の作成を行った。

5.2 開発環境

今回はスマートフォン向けのアプリケーションをプロトタイプとして作成した。プロトタイプでは、被験者実験などのやりやすさを考慮して、iOS アプリケーションとして制作した。

5.3 アプリケーションの設計概要

開発するアプリケーションは主に以下の3つのセクションで構成する。

- ① 折り方チュートリアル
- ② 完成した作品 3D 表示
- ③ 遊び方紹介(3D 折り紙の表示方法、プラスチック板の四面反射鏡の作り方、など)

試作したアプリケーションのフローおよび構造を図 9、図 10、図 11 に示す。

図 9 の①のボタンは「折り紙」の折り方チュートリアルに進むボタンである。

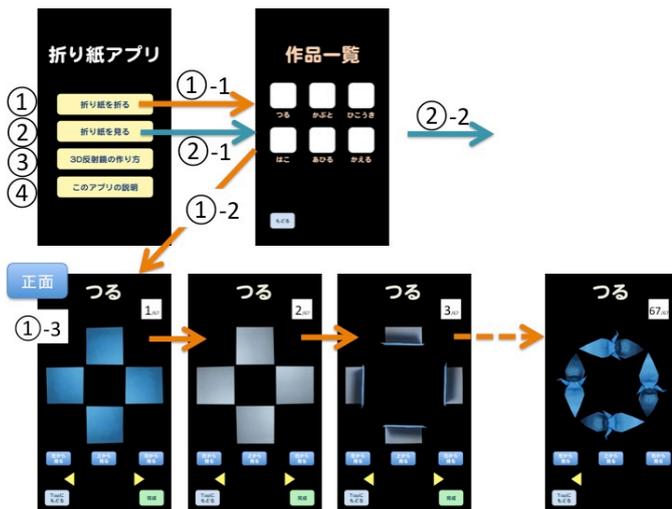


図 9 アプリ遷移図 1

Figure 1 Transition of application 1.

チュートリアルボタンをタップすると「作品一覧」画面にすすみ、ここから折り方チュートリアルを見たい作品を

選択する。図 9、図 10、図 11 の、①-3 は「正面」を、①-4 は「右」を、①-5 は「左」を、それぞれの方向から折り方を見たときの画面が表示される。それぞれの 4 枚目の画面は作品の完成画面を示している。(ただし、今回示す画面は全て正面から「折り紙」を撮影した画像を使用した。)

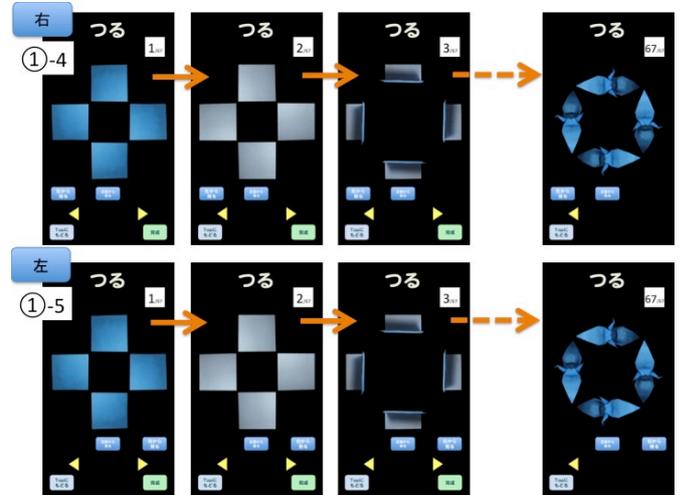


図 10 アプリ遷移図 2

Figure 10 Transition of application 2.

図 11 の下段の②-3 はアプリケーションのタイトル画面から折り方チュートリアルを経由せず、「折り紙」の作品を選択し、完成作品を見ることができる画面である。

同じく図 11 の下段の③は「3D 反射鏡の作り方」を説明したものである。

同じく図 11 の下段の④は「アプリの使い方」を説明したものである。このアプリケーションは作品の完成作品のみを三次元で表現するだけでなく、折り方チュートリアルの部分からプラスチックの反射鏡をしようして、気軽に誰もがスマートフォンで「折り紙」を三次元で体感し、楽しめることを魅力の一つとする。そのためにも、この説明画面はととても重要な役割を果たすと考える。

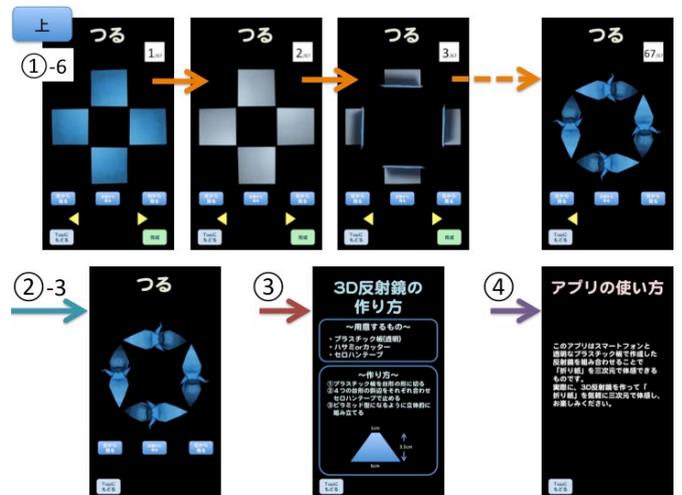


図 11 アプリ遷移図 3

Figure 11 Transition of application 3.

5.4 「折り紙」の撮影

「折り紙」のチュートリアルに用いる映像は、実際に「折り紙」の折る全ての段階を4方向から撮影する。図12は、プロトタイプで作成した「鶴」の折り方の画像、図13は三次元表現できる四分割に編集した画像である。

図7の4分割した画像の中心にプラスチック製の4面反射鏡を置くことにより、三次元で画像を表現することが可能となる。

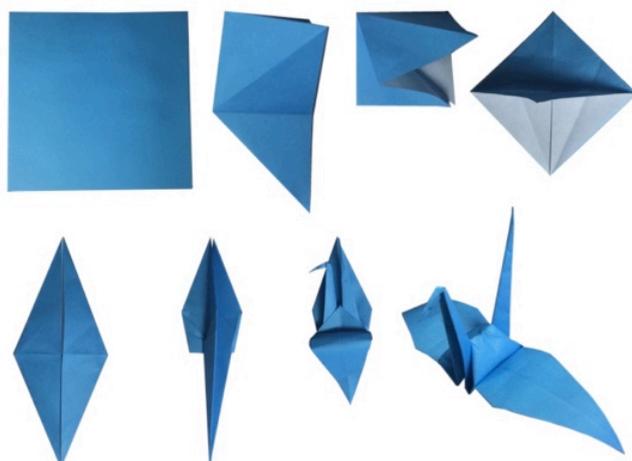


図 12 折り鶴の映像素材

Figure 12 Image of Origami crane.

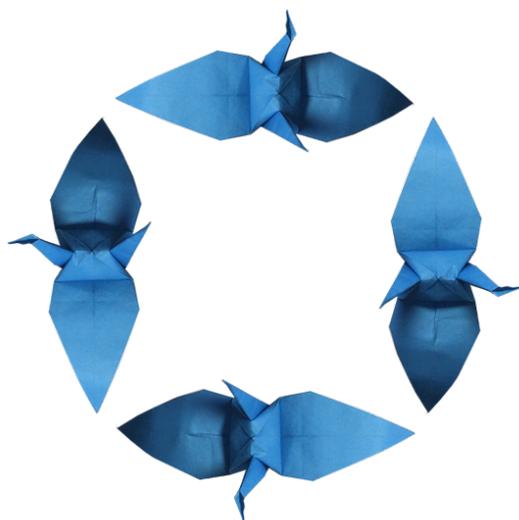


図 13 折り鶴の四分割表示

Figure 13 Image of tetrameric Origami crane.

6. 関連研究

6.1 「折り紙」アプリケーション

6.1.1 How to make Origami

「How to make Origami」は、「折り紙」の折り方をアニメーション付きで説明するスマートフォンアプリケーションである。鳥やボート、花などカテゴリのバリエーションが豊富であり、難易度が表示されているため、対象年齢のレベルに合わせた折り紙に挑戦することができる。本アプリケーションは全編英語で表記されているため外国人向けのアプリケーションである。日本の伝統文化である「折り紙」を海外に紹介することが目的であるという。

6.1.2 どうぶつおりがみ 無料版

「どうぶつおりがみ」は「折り紙」の折り方を紹介する折り紙チュートリアルアプリケーションである。作品は動物に限定されて紹介されており、実際に手元に「折り紙」を置いて、アプリケーションを見ながら降り進めることができる。またこの「折り紙」アプリケーションの大きな特徴は、完成した作品に画面上で、サインペンやクレヨンで目や鼻を書き加えて遊ぶことができることである。

6.1.3 Let's Fold

「Let's Fold」は、「折り紙」で何かの作品を作るためのチュートリアルアプリではなく、決められた折り方と回数で、指定の形に折ることを目的としたスマートフォンアプリケーションである。ステージやチャプターが進むごとに折り方の難易度が上がっていく仕組みになっている。

7. 今後の課題

7.1 アプリケーションのリリース

制作したプロトタイプの折り方チュートリアルは、正面から「折り紙」を撮影したもののみを紹介しているが、完成版では正面の他に上、左右の4方向から撮影し、アプリケーションに組み込むことを想定している。

また、プロトタイプでは「鶴」のみを紹介しているが、実際のアプリケーションでは、種類を豊富に用意することで、様々な「折り紙」を楽しむことができるものを目指す。日本の伝承である「箱」「かぶと」を始めとする作品や立体的に見て楽しめるものを採用する。

7.2 販売促進などでの展開

モバイルディスプレイとプラスチック板4枚で作成した四面鏡を組み合わせて表示する3D映像表現は、他の分野での応用も期待できる。

例えば、空港などのお土産屋さんなどでの販売促進ツールなどが考えられる。モバイルデバイスの画面の大きさに合わせてプラスチック板の反射鏡の大きさを変えることで三次元表現の大きさを変えることができる。

また、身近な素材で簡単に作れるため、小学校などでの体験学習や自由研究にも利用できると考えられる。また、

授業利用にも応用できると考えている。学校の黒板や教科書は基本的に平面で立体を表現しなくてはならず、立体で物事を考察しなければいけない算数などで理解に苦しむことが発生する。このシステムを授業のコンテンツの一つとして取り入れることで、そのような障害を乗り越える手段として使うことができる。今回の研究ではスマートフォンを例にプロトコルを作成したが、授業でも使えるように大きなサイズに変更することで、より実用的になる。

本システムは、単に「折り紙アプリ」としてだけではなく、幅広い利用を念頭に入れた多様な展開も今後の課題として検討したい。

7.3 有効性の検証

本研究で提案し、試作したシステムが実際に、外国人の「折り紙」への関心や興味を充足・補完させ、且つ他のチュートリアルサービスよりも高い有効性があるのか、という点について十分な検証が必要である。また、「折り紙」に慣れ親しんでいる我々日本人では気づかない課題や問題もあると考えられる。よって、試作システムを用いて、外国人を対象とした被験者実験を行う予定である。

参考文献

- [1] 日本政府観光局(JNTO)
http://www.jnto.go.jp/jpn/statistics/visitor_trends/ (参照 2016/07/18)
- [2] 国土交通省観光庁 訪日外国人消費動向調査平成 28 年 7-9 月期の調査結果(速報) (平成 28 年 10 月 19 日)
<http://www.mlit.go.jp/common/001149545.pdf> (参照 2016/11/18)
- [3] 国土交通省観光庁 訪日外国人消費動向調査集計表 平成 28 年 7-9 月期
<http://www.mlit.go.jp/kankochou/siryoutoukei/syouthityousa.html> (参照 2016/11/18)
- [4] 東京おりがみミュージアム・日本折り紙協会
<http://www.origami-noa.jp> (参照 2016/11/21)
- [5] 田村友和, 高井昌彰, 高井那美; ユニット折り紙を用いた 3 次元メッシュモデルの近似形状構築, 研究報告グラフィクスと CAD(CG), 2010-CG-141(13), pp.1-6, 2009
- [6] 宮崎慎也, 安田孝美, 横井茂樹, 烏脇純一郎; 仮想空間における折り紙の対話型操作の実現, IPSJ Journal 34(9), 1993-09-15
- [7] 北村勇也, 岡誠; 拡張現実を用いた折り紙の製作指導システムの提案, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI), 2011-HCI-142(16), pp.1-6, 2011-03-10
- [8] 藤井友里子, 来住仲子; VRML を利用した折り紙ブラウザ, 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI), 1997(43(1997-HI-072)), pp.19-24, 1997-05-16
- [9] 溝口達也, 松原康夫; 研究報告エンタテインメントコンピューティング(EC), 2011-EC-22(5), pp.1-4, 2011-12-10
- [10] 宮川明大, 杉田 薫, 細川 美加子, 柴田 義孝; 感性情報処理法によるデジタル伝統工芸プレゼンテーション, 情報処理学会研究報告情報学基礎(FI), 44(2001-FI-062), pp.9-15, 2001
- [11] 阪口紗季, 白水菜々重, 島田さやか, 松下光範; 初学者のための電子工作体験ツールキット Haconiwa のユーザ評価, 研究報告デジタルコンテンツクリエイション(DCC), 2016-DCC-13(7), pp.1-8, 2016
- [12] 三浦元喜, 山本将史; デジタルペンをを用いた 3 次元モデリング手法の提案, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2013 論文集, 2013, pp.172-177, 2013
- [13] 小川璃紗, 藤本貴之; 「折り紙」の三次元体感を実現するモバイルデバイス/アプリケーションの設計, 研究報告知能システム(ICS), 2016-ICS-185, 1, 2188-885X, 2016