慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	切紙細工に基づくARマーカーのデザインと検証
Sub Title	Design and verification of AR markers based on paper-cutting
Author	翁, 姫雅(Weng, Jiya) 太田, 直久(Ota, Naohisa)
Publisher	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
Publication year	2010
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	切紙細工模様の有するデザイン性と手作り性に着目し、その特徴を活かしたARマーカーをデザインし、デザイン性を検証するとともに、実際のAR認識システムを試作して実用性を評価した。ARツールキットを用いた基礎的な実証実験により、AR技術上の認識の制約と切紙模様の特性との関係を明らかにし、AR応用に適用可能な切紙模様を加えたARマーカーを提案し、評価した。また今後切紙模様の魅力を活かすためのアプリケーションの可能性を考察した。
Notes	修士学位論文. 2010年度メディアデザイン学 第74号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40001001-00002010-0074

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文 2010 年度（平成 22 年度）

切紙細工に基づく
AR マーカーのデザインと検証

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

翁　姫雅

修士論文 2010 年度（平成 22 年度）

切紙細工に基づく
AR マーカーのデザインと検証

論文要旨

切紙細工模様の有するデザイン性と手作り性に着目し、その特徴を活かした AR マーカーをデザインし、デザイン性を検証するとともに、実際の AR 認識システムを試作して実用性を評価した。AR ツールキットを用いた基礎的な実証実験により、AR 技術上の認識の制約と切紙模様の特性との関係を明らかにし、AR 応用に適用可能な切紙模様を加えた AR マーカーを提案し、評価した。また今後切紙模様の魅力を活かすためのアプリケーションの可能性を考察した。

キーワード

AR、拡張現実、AR マーカー、デザイン、切紙細工、手作り

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

翁　姫雅

Abstract of Master's Thesis Academic Year 2010

Design and Verification of AR Markers Based on Paper-Cutting

Summary

This paper explored the design of AR markers using paper-cutting, which can be easily designed and is hand-made. Other than verifying the paper-cutting's easily designed characteristic, the author also made a system to recognize AR colored markers based on paper-cuttings using the ARToolkit, which was then evaluated through experiments. The results indicated that there were restrictions in using conventional paper-cuttings as AR markers. Thus, the author proposed improved AR marker paper-cutting designs based on these marker recognition restrictions. Future AR applications using paper cuttings as AR markers were also considered.

Keyword

AR, Argument Reality, Colored Marker, Design, Paper-Cutting, Hand-Made

Keio University Graduate School of Media Design

JIYA WENG

目次

第 1 章　序論 1
1.1 研究の背景 1
1.2 研究の目的 1
1.3 本論文の構成 2
第 2 章　背景 3
2.1 世界各地の切紙細工 3
2.1.1 切紙細工の概論 3
2.1.2 世界各地の切紙細工 3
2.1.2.1 中国の切紙 4
2.1.2.2 日本の切紙 6
2.1.2.3 スイスの切紙 7
2.1.2.4 イギリスの切紙 8
2.1.2.5 メキシコの切紙 9
2.1.3 世界各地の切紙細工のまとめ 10
2.1.3.1 切紙の特徴 12
2.1.3.2 切紙の問題点 12
2.2 AR マーカーの現状 13
2.2.1AR マーカーの概説 13
2.2.2 形状自由でデザイン性の高い AR マーカー 15
2.2.3 カラーコードのデザイン性と AR マーカーとの比較 16

第 3 章　研究の位置付け **17**

3.1 切紙デザインの意義 17

3.2 切紙による AR マーカーデザインのモチベーション 18

3.3 考察 19

第 4 章　切紙模様を加えた AR マーカー認識システムの試作 **20**

4.1 FLARToolkit を選択した理由 20

4.2 FLARToolkit による切紙模様の AR マーカーを認識する時の

問題点 21

4.3 認識システムの試作 22

4.3.1AR マーカーの数値化 22

4.3.2 カラーフィルタ 23

4.3.3 FLARToolkit を用いた認識システムの完成 24

4.4 実験と分析 25

4.5 考察 27

第 5 章　AR マーカー用の切紙模様の提案 **29**

5.1 デザインの基本方針 29

5.2 AR マーカーデザインの例 30

5.3 デザインの分析 31

5.4 実験と結果 32

5.5 考察 38

第 6 章　結論と今後の展望 **39**

6.1　結論 39

6.2　今後の展望 40

6.2.1 アプリケーションの提案 40

6.2.2 期待する成果 42

参考文献 43

謝辞 46

付録 1 ソフトウェア環境の説明 47

付録 2 ウェブカメラの仕様 48

付録 3 AR マーカー制作実験のアンケート 49

図目次

図 1　中国切紙における図柄の種類 4

図 2　中国切紙細工の作品 5

図 3　日本切紙における図柄の種類 6

図 4　日本切紙作品 6

図 5　スイス切紙名作「放牧人」 7

図 6　イギリス切紙作品「ソネット」 8

図 7　メキシコ切紙作品 9

図 8　メキシコ切紙における図柄の種類 9

図 9　切紙細工の色の種類のまとめ 11

図 10　従来型の四角形の AR マーカー 13

図 11　形状自由でデザイン性の高い AR マーカーの例 15

図 12　カラーコードのデザイン例 13

図 13　中国切紙模様による AR マーカーのデザイン 21

図 14　AR マーカーの数値化 22

図 15　システムの全体像 24

図 16　検出できない色 25

図 17　実験2の結果 26

図 18　色の活用による枠のデザイン例 27

図 19 認識精度によるデザイン上の活用例 28

図 20 AR マーカーデザインの例 30

図 21 AR マーカーデザインに対しての満足度 33

図 22 使用した工具 34

図 23 実験の経過 35

図 24 実験の結果 36

表目次

表 1 切紙細工模様の基本特徴のまとめ 10

表 2 AR を実現する方法 14

表 3 AR マーカーデザインに対してのコメント 32

表 4 AR マーカーデザインの平均点 33

第 1 章

序　論

1.1 研究の背景

Augmented Reality(AR)技術は急速に発展している。AR を実現する方法はマーカー式だけではなく、Global Positioning System(GPS)や Parallel Tracking and Mapping(PTAM)などの方法もある[1]。認識精度から見ると、AR マーカー式は他の方式と比べて、不十分な面がある。しかしながら、他の方式に比べて簡単で、認知度が高い。現在人々にとって AR はカメラで白黒マーカーをかざすと何かしらのバーチャルの物が飛んでくるという認識である。ある意味、AR マーカーは AR のシンボルであるとは言える。もし今後多くの AR 商品が発売される時、技術だけではなく AR マーカーのデザインの問題も重要となると考えられる。

一方、グラフィックデザインの分野においては、デザイン性を高めるために抽象的な図案を使用することは珍しくない。こういう図案の中には実は、切紙細工模様を参考にした場合もあると言われている[14]。また、切紙細工はデジタル製品と違って、手作りによる楽しさと、制作の充実感を与えられるものであてくれるにもかかわらず、現在、切紙細工に関する人気は高くない[15]。

本研究は切紙細工模様を AR マーカーのデザインとして活用することで、デザイン性の高い AR マーカーを実現できないか、また切り紙細工の手作りの楽しさを活かした AR の応用が開発できないかというモチベーションのもとで、実際の模様のデザインと検証を行い、それに基づく AR の応用を検討したものである。

1.2 研究の目的

本研究の目的は切紙細工模様の有するデザイン性と手作り性に着目し、その特徴を活かした AR マーカーをデザインし、そのデザイン性を検証するとともに、実際の AR 認識システムを試作して実用性を評価することである。またそれらの結果から今後切紙模様の魅力を活かすためのアプリケーションの可能性を明らかにする。

1.3 本研究の構成

本研究の構成は以下の通りである。

2 章では、世界各地の切紙細工文化を対象として比較・調査を行うとともに、切紙細工の特徴と問題点を論じる。さらに、現在の AR マーカーデザインに対しての考察を行う。

3 章では、本研究の位置付けを論じる。何故切紙細工を AR マーカーに使うかという問題に対して、切紙デザインの意義、AR マーカーデザインのモチベーションについて議論する。また、実際に「AR に対してのイメージは何？」をテーマとして、ブランド認知度の角度から、AR マーカーデザインの普及の可能性を述べる。

4 章では、FLARToolkit を用いて切紙模様を加えた AR マーカー認識システムを試作した上で、色範囲と認識精度の実験を通じて、AR マーカーの認識上の制約と切紙模様の特性との間の関係を調べる。AR に適用な切紙模様を加えたマーカーを如何にデザインするのかを検討する。

5 章では、試作した AR システムで認識可能な切紙模様の AR マーカーをデザインし、デザイン評価、切紙の制作を伴う使い勝手、楽しさの検討を実証実験として実施し、評価する。

6 章では、本研究の結論を述べる。さらに、今後の展望として、切紙細工を基づく AR マーカーを活用したサービス例を示し、期待する成果を述べる。

第 2 章

背　景

本章では、世界各地の切紙細工文化を対象として比較・調査を行うとともに、切紙細工の特徴と問題点を論じる。さらに、現在の AR マーカーの現状と問題点を認識技術とデザイン性の観点から述べる。それにより、切紙細工模様の AR マーカーへの利用可能性を考察する。

2.1 世界各地の切紙細工

2.1.1 切紙細工の概論

切紙とは、紙や木の葉や本革を使って、ハサミで切り抜いたものである。切紙細工の歴史が一番悠久なのは中国である。古代の文献によれば中国切紙細工文化の歴史は紀元 6 世紀にまでさかのぼる。しかし実際にはこれよりも数百年早いと考えられている。つまり、世界中の切紙は中国を起源として伝承されてきたので、世界各地の切紙作品を鑑賞すると、多少に中国切紙細工文化の息吹が感じられる。切紙は宗教儀式や芸術品などをはじめのところに使用されているが、切紙模様は年賀状や、アニメ作品や、洋服デザインなどをはじめたところに使用されている。切紙の題材は各国の伝統に合わせてそれぞれであるが、主には植物、動物、神話人物などとなる。切紙模様は精巧であるが、切紙模様における基本的な図柄の種類が限られている。例えば、三日月紋や、丸穴紋や、三角紋などの種類がある。切紙模様の色は単色と多色となるが、単色の切紙模様が最も多いである。切紙模様の色は、白、黒、赤をはじめて、黄色、青色、紫色などがある。

2.1.2 世界各地の切紙細工

世界的に見ると、中国、日本、スイス、イギリス、メキシコの切紙は世界の切紙細工文化に対して大きな影響力を持っていると考えられている。切紙の用途。以下は各国切紙の用途、題材、図柄、色から述べる。

2.1.2.1 中国の切紙

中国切紙はもともと民間で切りぬいて楽しむ手作りの工芸品として見られている。昔は宗教的儀式や、装飾、贈り物、造形芸術などとして使われている。現在、カレンダー、年賀状、アニメ・CM、書籍・雑誌・新聞などのカット、映画タイトルのバック、ファッションデザインなどに利用されている。題材は主に吉祥な文字、花、鳥、虫、魚、動物、植物、伝説中の人物、古典文学作品に出た人物、京劇のくま取りなどとなる[4]。

中国切紙は芸術としてもその存在価値を広げている。制作者の感情を含めて、祝いの気持ちを表現したり、現実の生活を反映したりして、切り紙を刻んでいる。中国切紙模様はデザイン的には、曲線美が特徴である。図柄はとても精巧であり、大体は以下のようになる：

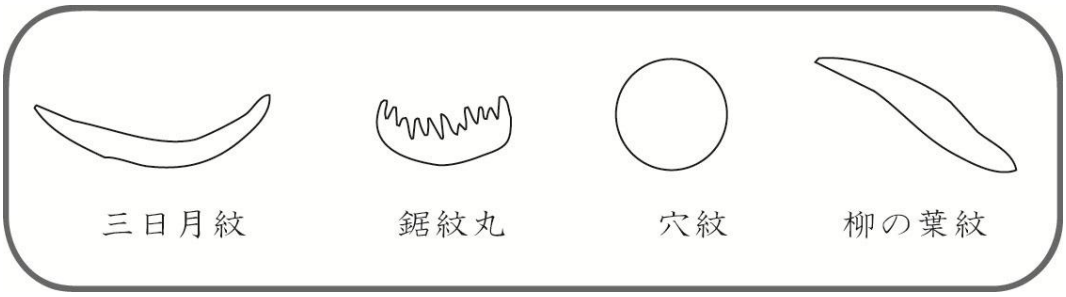

図 1　中国切紙における図柄の種類

また、中国切紙は単色の作品が多いが、多色の作品もある。色彩の構成は、中国独自のものにインド系（仏教による）、サラセン系、ギリシャ・ローマ系などの文化の影響が加わったもので、陰陽五行説による五色、すなわち、赤（火）、黄（金）、黒（木）、白（土）、緑青（水）が基となる[5]。

中国切紙細工は文化遺産として世界遺産一覧表に記載されている。全世界の切紙細工文化に対して深遠な影響を及ぼしていると考えている。例えば、アメリカの切紙は中国からの移民によって、中国の影響を受けているようである。

図 2　中国切紙細工作品

<出典　中国陝北黄鳳蓮剪紙芸術館の所蔵>

2.1.2.2 日本の切紙

日本には、中国の切紙のように、広く民間で切りぬいて楽しむ手作りの工芸品としての切紙は、従来なかった。中国と同様で、昔は宗教的儀式用として発生はしたが、紙工芸としては発展せず、染物用の型紙としては非常に発達を遂げ、優れた作品を生んでいる。また他は、欄間や燈籠の透かし彫りも見られている[4]。現在、切紙はマンガ、イラスト、カレンダー、年賀状、洋服デザインなどの所に使われている。題材は神話、民話、人物、景色となる。

模様は単純素朴で粗い彫りであるが、それぞれ野趣に富んでいて自然である。基本の図柄をまとめると、以下のようになる。

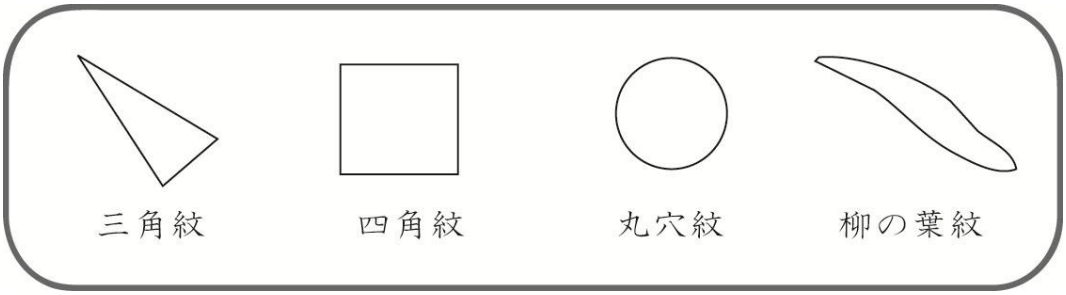

図 3　日本切紙における図柄の種類

日本の切紙の色は、祭祀に使われる時が多いので、単色で白がよく使われている。また、穏やかな黒と優美な薄い青・赤・ピンク・緑・オレンジが使われている。中国切紙の吉祥なイメージと違って日本切紙から、よく素朴で穏やかに感じられる。

図 4　日本切紙作品

<出典　鹿児島県霧島神社の所蔵>

2.1.2.3 スイスの切紙

スイス切紙細工は現在西洋切紙細工で一番有名である。現在は芸術品や飾りなどとして切紙愛好者達に収集されている。題材は農民の生活を中心として、耕作、家畜、植物、田園風景などとなる。昔のスイス切紙細工模様には図柄がなくて、色も単色の白黒で、輪郭だけ描写するという表現方法であったが、近年スイス切紙細工の発展にしたがって、スイス切紙細工作品はカラフルで、模様も複雑で精巧となってきた。図 5 のように、現代のスイス切紙細工は写実風に近づいているので、特定の図柄が決まっていないようである。

図 5　スイス切紙名作「放牧人」

<出典　陳竟主(2007)『中外剪紙精品』中国軽工出版社 272pp.[4]>

2.1.2.4 イギリスの切紙

イギリスの切紙はコレクターに芸術品として収集されているが、現在インテリア、洋服、挿絵、アニメ作品などに使用されている。イギリス切紙は主に文学作品を題材として、創作している。一番有名な切紙作品は「ソネット」(図 6)というものである。

事物の輪郭だけ描写するという手法は、イギリスを中心とした全ヨーロッパの切紙分野でよく使っている、中国と日本のようなアジア切紙にはない手法である。つまり、切紙模様で事物の輪郭の表現に重視し、図柄を省略するかシンプルにするかという方法がよく使われている。

イギリスの切紙は切紙細工模様の形に重視しているので、色の選択は主に白黒となる。

図 6　イギリス切紙作品「ソネット」

<出典　陳竟主(2007)『中外剪紙精品』中国軽工出版社 272pp. [4]>

2.1.2.5 メキシコの切紙

メキシコ切紙細工は 1900 年頃発見された。紙まだ発明されていない時には切紙は革と木の葉で切られた物であった。メキシコの切紙細工は最初メキシコに住んでいるインディアン人により切られたので、インディアン文化の影響を受けてきた。メキシコの切紙細工は神様を拝む時、祖先を祭る時、ジャーマニズムの時などよく使っている。(図 7) 切紙細工は神様と交流の媒介であると視られている。故に、切紙細工の題材は竜王、山の神、アポロン、葡萄の神、マンゴーの神などの神話題材となる。切紙細工模様に図柄が簡単で (図 8)、模様表現の補助方法と視られている。色は白、黒、赤、黄色、青色、紫色などを使用している。切紙細工の制作方法は中国切紙細工と類似である。

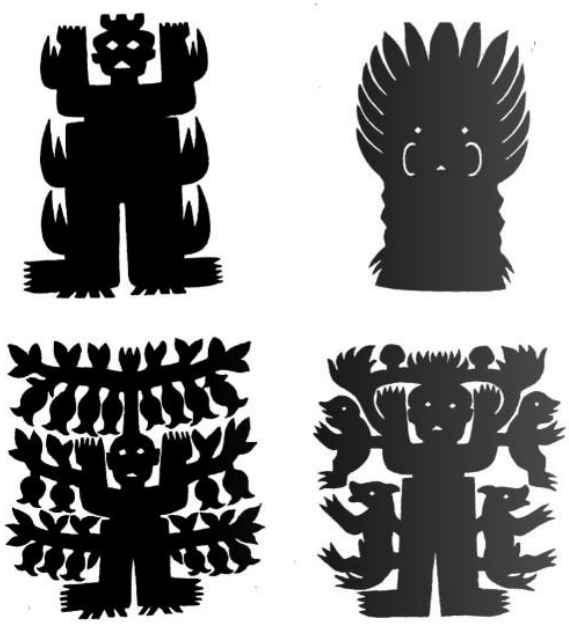

図 7　メキシコ切紙作品

<出典　中国杭州国際剪紙芸術祭(2006)>

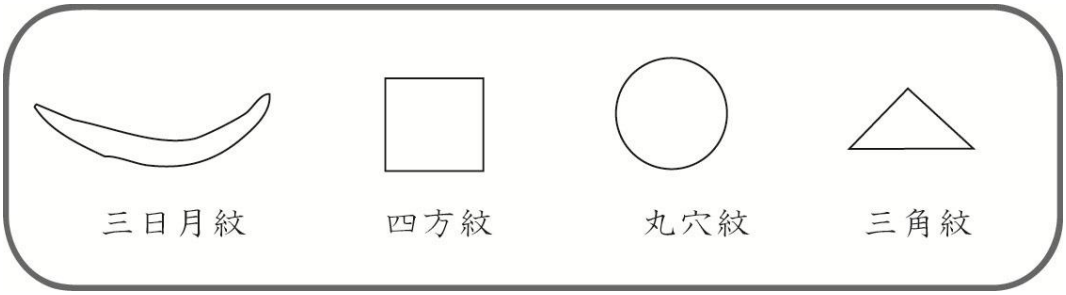

図 8　メキシコ切紙における図柄の種類

2.1.3 世界各地の切紙細工のまとめ

■　切紙細工模様の基本特徴のまとめ

世界各地の切紙細工の用途・題材・図柄・色をまとめると、表 1 の通りである。

基本特徴 国家		用途	題材	図柄	色
アジア切紙	中国	宗教的儀式や、装飾、贈り物、造形芸術、カレンダー、年賀状、アニメ・CM、書籍・雑誌・新聞などのカット、映画タイトルのバック、ファッションデザインなど	吉祥な文字、花、鳥、虫、魚、動物、植物、伝説中の人物、古典文学作品に出た人物、京劇のくま取りなど	三日月紋、鋸紋、丸穴紋、柳の葉紋	カラフル（陰陽五行説五色に基づく色）
	日本	宗教的儀式、染物用の型紙、欄間や燈籠の透かし彫り、 マンガ、イラスト、カレンダー、年賀状、洋服デザインなど	神話、民話、人物、景色	三角紋 四角紋 丸穴紋 柳の葉紋	白、黒、薄い青・赤・ピンク・緑・オレンジなど
西洋切紙	スイス	芸術品、 飾りなど	農民の生活（、耕作、家畜、植物、田園風景など）	不定	カラフル
	イギリス	芸術品、インテリア、洋服、挿絵、アニメ作品など	文学作品	無 （事物の輪郭だけ描写する）	白黒
	メキシコ	神様を拝む時（祖先を祭る時、ジャーマニズムなど）	神話（竜王、山の神、アポロン、葡萄の神、マンゴーの神など）	三日月紋、四方紋、丸穴紋、三角紋	白、黒、赤、黄色、青色、紫色など

表 1　切紙細工模様の基本特徴のまとめ

切紙細工の色の種類のまとめ

また、切紙細工において、白(255,255,255)の他、よく使われている色に、RGB 値を付けて、まとめた。図 9 の通りとなる。

0, 0, 0	84, 84, 84	193, 193, 193
106, 87, 49	230, 202, 169	
255, 0, 0	222, 0, 35	144, 16, 31
230, 99, 27	237, 154, 0	244, 201, 0
248, 244, 0		
0, 255, 0	0, 138, 40	0, 104, 44
123, 196, 35	191, 220, 0	
0, 0, 255	49, 67, 149	6, 104, 177
0, 107, 109	0, 167, 234	170, 243, 249
103, 8, 123	100, 73, 149	186, 0, 124
226, 0, 122	249, 172, 243	

図 9　切紙細工の色の種類のまとめ

2.1.3.1 切紙の特徴

■ 統一性：

切紙細工のキーワードは「透かし彫り」と「連なり」である。この二つは矛盾しているように聞こえる。「透かし彫り」は切紙の制作方法を意味するが、「連なり」はデザインと制作方法の両者を総合した概念となる[16]。デザインとしてみた切り紙細工は統一性があり、制作の際に、図柄と図柄がつながって一つの模様になるという特徴になる。

■ 図案化によるストーリー性：

切紙模様は抽象的にしても、具象的にしても、創作者の感情を入れて図案化されたものである。作品の裏には、ストーリーがあるわけで、感情を述べ表したり、現在生活に対しての感動であったり、切紙から情景再現し、自分の喜びや悲しみなどを皆と分かち合うと考えられている[16]。

■ 手作りの良さ：

切紙細工文化は手作り文化の一つとして、手作りの良さがある。それは、手の動きでしか出せないラフな可愛さと偶然の楽しさである。心を込めることで生まれる力強さ。そして、完成の充実感である[13]。

2.1.3.2 切紙の問題点

■ 切紙細工の発展の停滞：

確かに素晴らしいデザインの中に良く切紙模様の姿が見られているが、世界各地の切紙細工の現状を見ると、発展の停滞状況に陥っている。一つの原因として、切紙細工自身の魅力、つまりデザインの美しさと感情を込めた手作りの感動さを伝えていないようと考えている。

■ 立体的な表現の不足：

立体的な表現の現在切紙に対しての再創出としても、平面的な作品の形で展示されている。実際切紙作品には、切紙専門家は腕を生かして、平面的な切紙模様の奥行きを感じさせたり工夫してきたが、普通の鑑賞者達の意見であると、彫刻のような立体的な作品と比べて、ビジュアルコミュニケーションのインパクトが今一つであると指摘されている[14]。

2.2 AR マーカーの現状

2.2.1 AR マーカーの概説

AR を実現する技術として、現状広まっているのは、さまざまなセンサーで AR を実現する「センサー式」、“目印”を使う「マーカー式」、人やモノ、位置などの特徴を読み込んでデータを表示する「マーカーレス式」の 3 つが挙げられる。（表 2）

AR マーカー式は 1996 年登場以来、さまざまな研究室や企業で研究されているため、いまや成熟した技術、というより「枯れた技術」になっている[6]。しかしながら、AR マーカー型はエンターテイメントやビジネスの場において安定して使いやすいというメリットがあるので、カメラさえあれば AR のコンテンツが楽しめる。AR マーカーの形はシンプルな図形からさまざまの形になっている。特に現在注目されている顔認識技術も AR マーカー型の延長線上の産物である。

従来型の四角形の AR マーカー（図 10）は四角形の外枠で囲われた中に、何かしらのパターンが描かれているものである。パターンの内容は自分で好きなデザインをすることができ、色は白黒でも、カラーでも認識可能である。AR マーカーデザインする際に、幾つかの原則がある[24]：

- 基本は四角形である。外枠とパターンから構成され、図＊に示すように、内部の白領域の割合が、1：2：1 になる。
- 外枠線は変更可能であるが、一般的に外枠と白領域の割合は、3：14：3 が最低ラインになる。
- 外枠で AR マーカーの存在を検出し、白領域内のパターンファイルに応じて AR マーカーを判別する。
- 白領域内のパターンファイルは、点対称・線対称を避け、デザイン部分に細い線を用いないことが求められる。

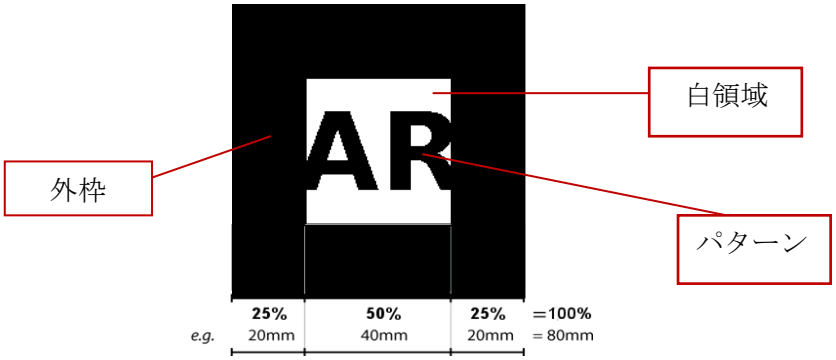

図 10　従来型の四角形の AR マーカー

方式	説明	カメラやディスプレイ以外で 必要となるハードウェア/装置	実例
位置情報を使う	GPS から緯度・経度・高度を、地磁気センサー（電子コンパス）から端末が向いている方向を、加速度センサーから端末の傾きをそれぞれ取得。これらの位置情報を基に関連するデジタル情報を配置する。	デバイス側に GPS や地磁気センサー(電子コンパス)、加速度センサーなどが必要	セカイカメラ AR エヴァ Layar
マーカーを使う	2 次元パーコードのような白黒パターンや、あらかじめ登録した画像、赤外線 LED などをマーカーとして使う。画像認識技術などによってマーカーが置いてある場所をリアルタイムに追跡し、マーカーの上などにデジタル情報を配置する。	対象となる空間にマーカーを設置する必要がある（既にある標識などをマーカーとして使う場合は、その画像などをデバイス側にあらかじめ登録する必要がある）	スマイレージ バーチャルボックス・シミュレーター 電脳フィギュア ARis
マーカーレス (Parallel Tracking and Mapping)	映像から平面をリアルタイムに推定して、その平面上にデジタル情報を配置する。英オックスフォード大学のゲオルグ・クライン氏とデービッド・マレー氏が 2007 年に開かれた AR の国際シンポジウム「ISMAR 2007」で発表した最新手法。	特になし	MikuMikuDance の再生

CAD:Computer Aided Design

表 2　AR を実現する方法

＜出典　日経コミュニケーション(2009)『AR のすべて』日経 BP 社 240pp.[1]＞

2.2.2 形状自由でデザイン性の高い AR マーカーの可能性

ここでは、AR 技術の角度から AR マーカーデザインに対しての背景を示す。

AR マーカーの認識においては、2.2.1 における原則のように黒い四角形の領域内のパターンを認識することである。しかしながら、2.2.1 における原則によって、AR マーカーは四角に限定され、デザイン上の制限となることが指摘されている[21]。一方、デザイン性を高めるために、形状自由でデザイン性の高い AR マーカーシステムを提案している例もある。例えば、トポロジー情報をマーカー候補領域の選定につかい、その後、Geometric Hashing などの手法を用いて AR マーカーの同定を行う手法が有名である。これにより、形状の自由さやデザイン性の高さを保った AR マーカーを利用できる技術が使えるようになってきた。デザイン性に着目した AR マーカーの例もある。図 11 のように、従来型の四角形の AR マーカーと違って、形状が自由であり、カラフルな AR マーカーを用いて、AR の実現できた。しかしながら、この AR マーカーはまだ商品のデザインと結びついていない。

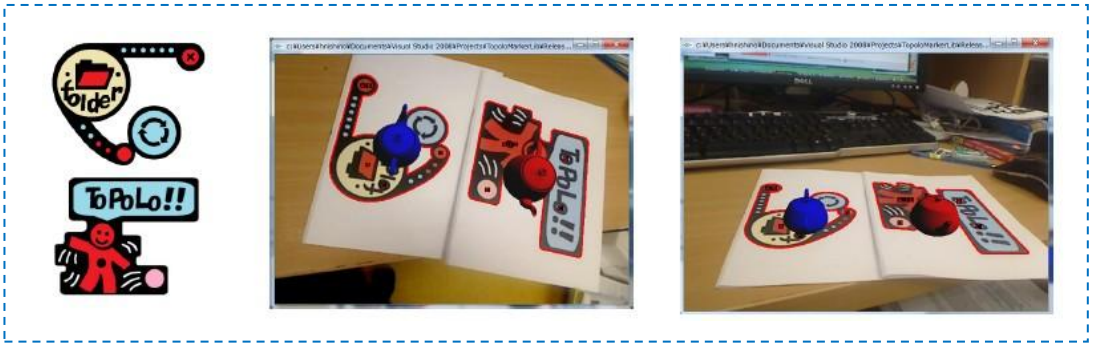

図 11　形状自由でデザイン性の高い AR マーカーの例

2.2.3 カラーコードのデザイン性と AR マーカーとの比較

ここでは、デザインの角度からカラーコードと AR マーカーを比較するため、まずカラーコードの特徴を示す。

カラーコードとは、色と配列を認識するというユニークで先進的な特長のため、QR コードではできなかった高度なデザイン性と色によるコード認識とインデクシングさらにサーバーでの管理･監視を実現したコミュニケーション･ツールとして発展した先進のモバイル･マーケティングメディアである。カラーコードの場合は QR コードとの違いどんな URL と繋がっているかネットワーク上で監視できる仕組みになっているためセキュアなコードシステムである。またアクセス数の急激な増加に対応できるピーク時対策がとられている。

カラーコードのデザイン性という美的な優位性は世界に 600 以上もあるといわれているいろんなコードの中でも特筆に値する。白黒の 2 次元コードに比べ、圧倒的に美しいデザインにより商品や企業のイメージアップそしてブランド価値を高めることにも役立つ[29]。カラーコードは所謂アートとデジタル技術の融合物であると言っても過言ではない。（図 12）

カラーコードと AR マーカーはどちらも同様に QR コードの延長線にある。しかし、カラーコードのようなデザイン性の高さを、AR マーカーのデザインについても実現できないであろうか。

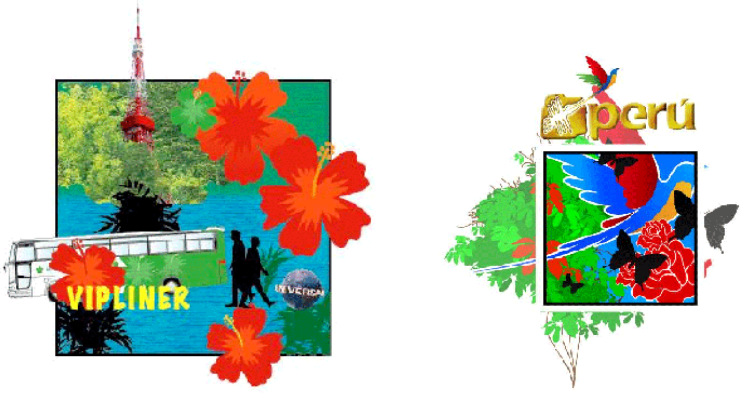

図 12　カラーコードのデザイン例

第 3 章

研究の位置付け

本章では、本研究の位置づけを論じる。何故切紙細工を AR マーカーに使うかという観点から、切紙デザインの意義、AR マーカーデザインのモチベーションについて議論する。また、実際に「AR に対してのイメージは何？」をテーマとして調査を行なって、AR 認知度の角度から、AR マーカーデザインの将来性を述べる。

3.1 切紙デザインの意義

優美な切紙細工模様の構成を分析すると現在グラフィックデザイン理論におけるデザイン原則の 6 つの原則に合致している。即ち、「視覚的なバランス、近接・ユニティ、整列、繰り返し・統合性、コントラスト、ホワイトスペース」という原則に沿って、黄金比に従って仕上がったものである。簡潔であり美しいであり、創作者の知恵が溢れる。よって、切紙の知識があって、デザイン原則を守っていけば、誰でも手軽に切紙を作ることができる。

また、デザイン歴史に遡ると、現在グラフィックファッションデザインにおいて、用いた図案デザインの素材は 7 割ぐらい切紙細工模様を参考したものである[17]。よって、現在、切紙細工文化のデザイン分野に対する影響力は無視できない。

3.2 切紙による AR マーカーデザインのモチベーション

現在デジタル社会において、ネットの便利さによる人と人のコミュニケーションは、手紙の代わりに、電子メール(E-mail)やソーシャルネットワークサービス(SNS)などのところに移りつつある。更に、切紙細工のような手作り物は手間がかかるため、人気がなくなっている。だが、ネット上のやり取りは相手の気持ちがきちんと理解できるかどうかに対しての懸念があるという事をよく指摘されている。更に、パソコンに依存症によるコミュニケーション障害傾向がある若者達が、普通のコミュニケーションができなくなる例も報告されている[18]。よって、言葉できちんと伝えられない人達に対して、心を込めた手作りの物を「言葉」として、デジタル技術を「手段」として、もし効果的に融合すれば、新たなコミュニケーションの手段として有効と考えられる。

AR に対しての注目度を測定するために、慶應義塾大学日吉キャンパスにおいて、AR 技術研究に関わっていない 30 名の大学学部生（19~22 歳）を対象として調査を行なった。

調査は先ず「拡張現実(AR)が知っていますか」と質問したら、30 名のうちに 19 名が知っていますと答えた。約 63.3%となった。そして、この 19 名の学生に「AR のイメージは何ですか」についてインタビューを行なった。答えがそれぞれで、「AR マーカー、初音ミク、電脳フィギュア、物が飛び出す、ハイテク、QR コード」などのキーワードが出てきた。特に、11 名が AR に対しての印象には「AR マーカー」と言及した。約 58%となった。

調査の結果により、現在の若者達の AR に対する注目度は高いことが予想される。実際に手作りの切紙細工を「言葉」として、AR 技術を「手段」として新たなコミュニケーションの応用が作れないかというモチベーションを得るに至った。

また、切紙の立体感の不足という問題点に対して、AR 技術を使用して付加情報が加えられることにより、切紙の中に伝えたいメッセージを具象的な表現で表示することにより、切紙の表現力を一層強めることができ、切紙を加えた AR マーカーを通じて、相手の気持ちを理解するための補助ツールとして情報伝達分野において有用と考えられる。

3.3 考察

AR マーカー式は GPS や PTAM と比べて、認識精度は不足している。しかしながら、AR マーカーを用いた商品を考えると、認識精度の観点だけでは議論は不十分である。3.2 における調査の結果よると、AR 通じた商品に注目して、特に認知度が高い AR マーカーに対して、AR マーカーそのもののデザイン性、手作りの面白さについて検討することも重要と考えられる。

QR コードやカラーコードを見ると、美しくて、商品に相応しいデザインの例がたくさん見受けられる。

また、従来型の四角形の AR マーカーと違って、形状の自由さやデザイン性の高さを保った AR マーカーを利用できる技術が使えるようになった。しかしながら、インターネット時代における情報デザイン[*1]という観点から、AR マーカーの本来の目的は、有用な情報の存在を知らせるマーカーというシンボルである。まるで、ホームページのボタンのような役目である。ボダンらしくないと、使用者はウェブカメラをどこにかざせばいいのかと戸惑ってしまう可能性がある。従って、外枠を四角形で囲んだ AR マーカーのデザインは情報デザインの観点からメリットがあると考えられる。

また、第 2 章で考察したように、切紙細工の魅力としてデザイン性と手作りの楽しさがある。実に現代のグラフィックデザインには切紙模様が数多に応用されている。今後の AR マーカーデザインにも切紙細工が適用できると考えられる。また、切紙細工は制作者の心を込めた手作りの平面作品なので、立体的な表現が不足している。それに対して、AR 技術を用いると平面作品である AR マーカーにバーチャルの立体的な情報を表す事で、立体的な表現を補足する事が可能とも考えられる。よって、切紙細工を使った AR マーカーデザインは切紙細工文化の普及にも、AR 技術の新しい展開にも有効であると考えられる。

---

*1 情報デザインとは、情報を対象者に的確に伝えるための手法である[]。

第 4 章

切紙模様を加えた AR マーカー認識システムの試作

本章では、FLARToolkit を用いて切紙模様を加えた AR マーカー認識システムを試作した上で、色範囲と認識精度の実験を通じて、AR マーカーの認識上の制約と切紙模様の特性との間の関係を調べる。AR に適用な切紙模様を加えたマーカーを如何にデザインするのかを検討する。

4.1 FLARToolkit を選択した理由

本研究では AR を実現するために、FLARToolkit を使用している。FLARToolkit は ARToolkit から移植されて Action Script3.0 用の AR アプリケーションを開発するためのソフトウェアライブラリ群である。FLARToolkit を使用せずに AR アプリケーションを開発することは専門的な知識や技術を必要とする部分があり困難であるが、FLARToolkit はその部分をブラックボックス化して、AR アプリケーションの開発をより容易にする。また FLARToolkit は Action Script3.0 に対応であり、Flex Builder のソフト環境にも対応するライブラリなので、AS3.0 の知識を有するデザイナーやアニメーターにとって AR 制作が容易となる。従って、他の Java 用の NyARToolKit や Silverlight 用の SLARToolKit などのライブラリーではなく FLARToolkit を選択した。

4.2 FLARToolkit による切紙模様の AR マーカーを認識する時の問題点

本研究には世界の切紙細工の起源であり、模様が一番細かい中国切紙模様を AR マーカーにデザインしたもの（図 13）を例として、切紙模様を加えた AR マーカー認識システムを試作した。

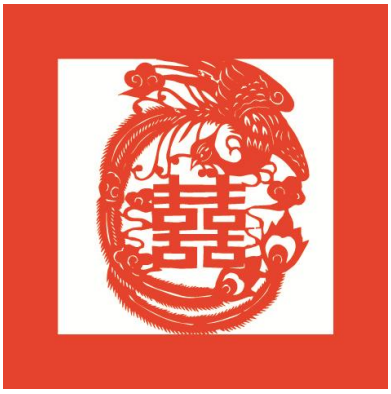

図 13　中国切紙模様による AR マーカーのデザイン
<筆者がデザインした物>

FLARToolkit で中国切紙模様の AR マーカーを認識システムを試作する時、以下のような問題点が認識された：

■ 色認識の問題：

一般的には FLARToolKit で使われるマーカーのパターンは，黒い正方形の太枠の中に，白黒またはカラーの図案があるものが使用できる。だが、切紙模様の AR マーカーにおいては、四角形の外枠は赤となる。また、切紙模様には、赤の他青や緑なども使っている。FLARToolkit 中のライブラリをそのままで使うと AR マーカーがきちんと認識できないため、カラーAR マーカーを認識する際に、色を黒に変換するカラーフィルタが必要である。

■ 図柄認識精度の問題：

切紙細工には、たくさんの図柄があり、特に中国切紙細工の図柄はとても細かくて裸眼で見えないほどである。そういう図柄がある場合に、切紙模様の AR マーカーはシステムで認識できるかどうか、且つどのぐらいの細かさまで認識できるかを検証する必要がある。

4.3 認識システムの試作

本研究に制作したシステムは Flash Builder 4.0 のソフト環境における FLARToolkit のライブラリを書き換えた上で、AR マーカーを数値化し、自ら作成したカラーフィルタを使って、切紙模様を加えた AR マーカー認識システムを実際に設計し、実装したものである。

4.3.1 AR マーカーの数値化

AR マーカーを認識させるためには、先ず、読み込んだ AR マーカーの画像から外枠の内部のパターンを分離し、更にそれを分割し、解像度を元にデータ化する。通常、外枠の内の画像を 16(4×4)分割して数値化する。（図 14）ここでは、ARToolkit Marker Generator を用いて、AR マーカーの数値化を行なった。数値化された AR マーカーは PAT ファイル*2の形となる。PAT ファイルは、最後 FLARToolkit で使用することができる。

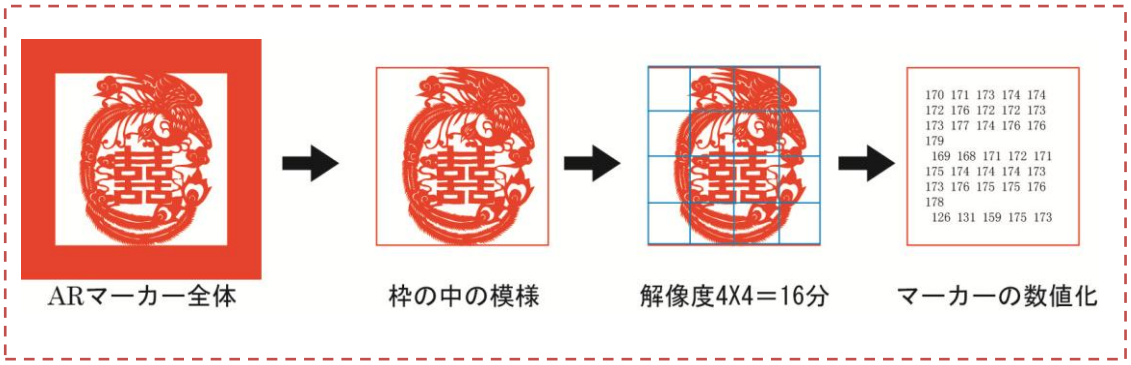

図 14　AR マーカーの数値化

*2 PAT ファイルとは複数のグラフィックスプログラムにインポートすることができるパターンとして使用されるビットマップ画像である。一般的に正方形のファイルで、サイズは 8×8 ピクセルから 256×256 ピクセルとなる。

4.3.2 カラーフィルタの作成

FLARToolKit でマーカー検出の基本流れは、カメラの映像を画像として取得し、その画像をグレースケール化し、その後、閾値に従って白黒の 2 値画像に変換する。さらにその白黒画像を反転させてから、白い四角形の枠とその内部を切り出し、四角形から黒枠の割合分内側の四角形を切り出す。切り出した四角形とパターンファイルの値を比較し、一致率を算出する。検出の基本流れのうちに、閾値に従って白黒の 2 値画像に変換する事が一番重要である。

AR マーカーの色は赤（R）、緑（G）、青（B）の組み合わせたものである。各色を適当な閾値を調整することによって、色をうまく白黒の 2 値画像に変換する事が、カラーフィルタの主な役割となる。カラーフィルタは予め設定された R,G,B の閾値により各色の明るさが閾値より高い場合は白、低い場合は黒と判定する。また、閾値の数値は重要で、実験を行いながら調整する必要がある。

ここでは、Pixel Bender Toolkit*3を用いて、カラーフィルタを作成した。また、作成したフィルタは最後 FLARToolkit で使用するために PBJ ファイル*4に変換した。

*3 Pixel Bender Toolkit とは、アドビが独自に開発した高パフォーマンスイメージプロセッシング言語である。これによって、クリエイター自身が Pixel Bender を使って作成したカスタムフィルタやカスタムエフェクトを、Flash 開発で利用できるようになった。

*4 PBJ ファイルとは、Pixel Bender Bytecode File の略称である。Pixel Bender Toolkit からエクスポートしたカーネルである。PBJ ファイルは Flash ソフト環境で利用可能である。

4.3.3 FLARToolkit を用いた認識システムの完成

Flash Builder 4.0 のソフト環境において、FLARToolkit のライブラリの処理流れは図 15 のようになっている。切紙模様の AR マーカーファイルのロード（PAT ファイル）は FLARToolkit の初期化に書き込む。作成したカラーフィルタのインポート（PBJ ファイル）は 3D オブジェクト表示のライブラリの初期化の際に、つまりカメラの画面を起動し、目標としたマーカーをトラッキングする時に書き込む。元のライブラリにカラーフィルタに対応する言語を書き換えて、認識システムの完成となる。

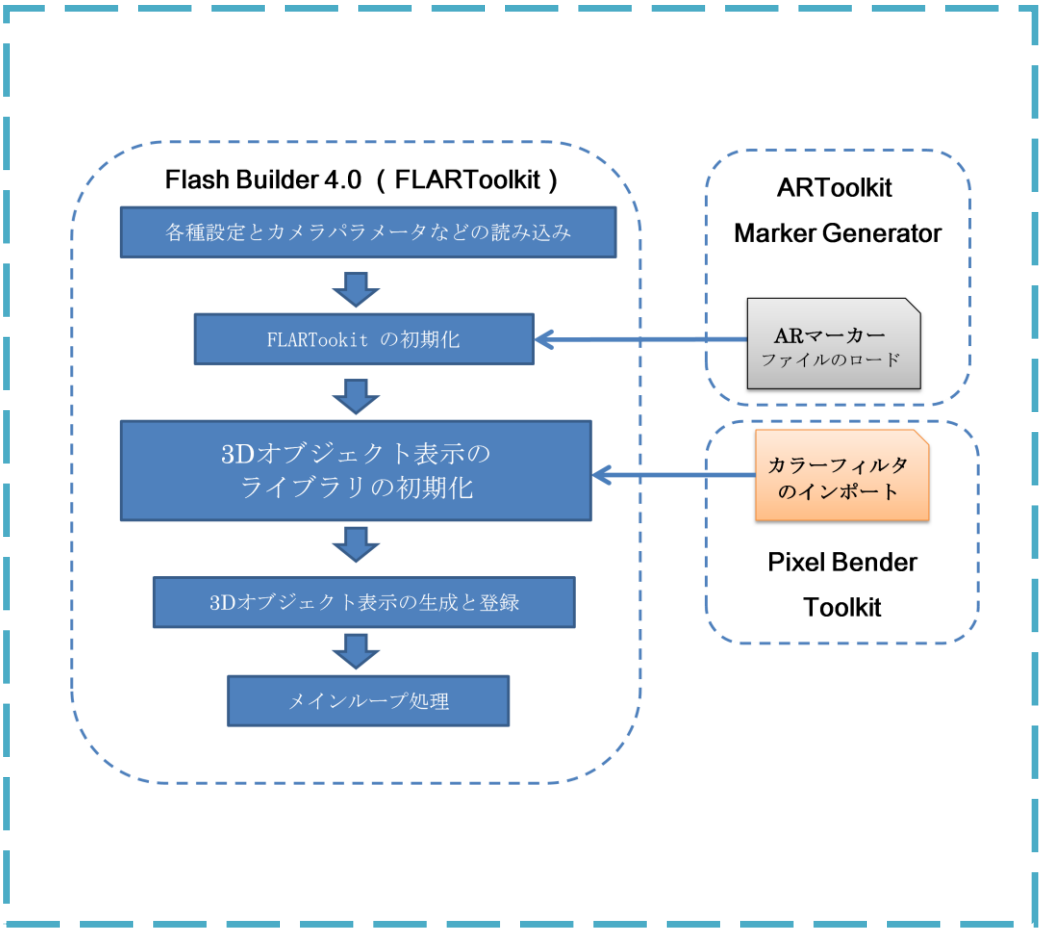

図 15　システムの全体像

4.4 実験と結果

■ 実験 1

目的：検出できる色の範囲を検証する。

実験方法：第 2 章における切紙細工の色の種類のまとめに基づいて、今回デザインしたサンプルマーカー（図 13）に図 9 の色を付けて、実験を行なった。

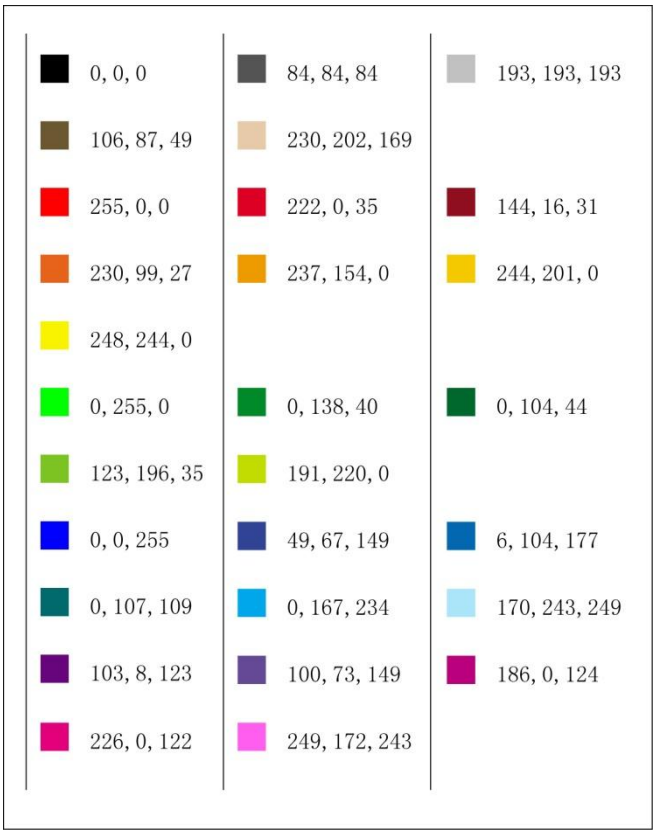

図 9 切紙細工の色の種類のまとめ

＜第 2 章の再掲＞

実験 1 の結果：

試作した認識システムでは図 16 の色が認識できないことが判明した。これらの色の共通点は、薄い色であり、背景色とのコントラストが強くない色となる。しかも、認識できた色で、色が薄ければ薄いほど、生成した 3D モデルが不安定な可能性があるとわかった。

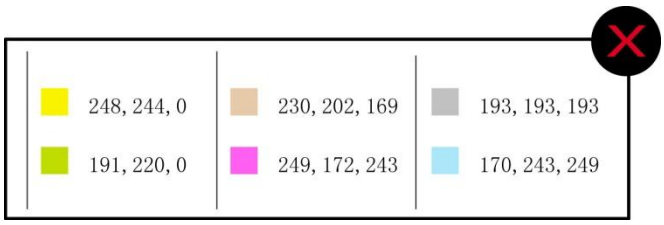

図 16　検出できない色

■　実験 2

目的：図柄として認識されない最低ノイズレベル（ピクセル数）の測定

実験方法：切紙模様を使った AR マーカーのサンプル（図 13）の図柄となる部分は白であり、図柄が細かければ細かいほど白画素数が小さくなる。画像の非線形フィルタリング処理の一つである最小値アルゴリズム[18]を使って、画像のノイズを増加するとともに白い領域を減らして認識精度を調べた。ノイズの増量は 1pixel と設定した。使用された AR マーカーのサンプルの全体のピクセル数は 222784(472×472)である。

実験場所は 64 ワット蛍光灯を使用した明るい場所で行なった。また、AR マーカーとウェブカメラの距離は 50cm となる。ウェブカメラは Elecom の UCAM-DLG200HBK(付録 2)を用いた。

実験 2 の結果：

実験を通じて、2pixel の量のノイズを増加すると、元の切紙模様を使った AR マーカーに対する認識ができなくなった。即ち、AR マーカー全体のピクセル数は 472×472 であり、相対ピクセル数は 2/472 未満のノイズは識別に影響を与えない。（図 17）

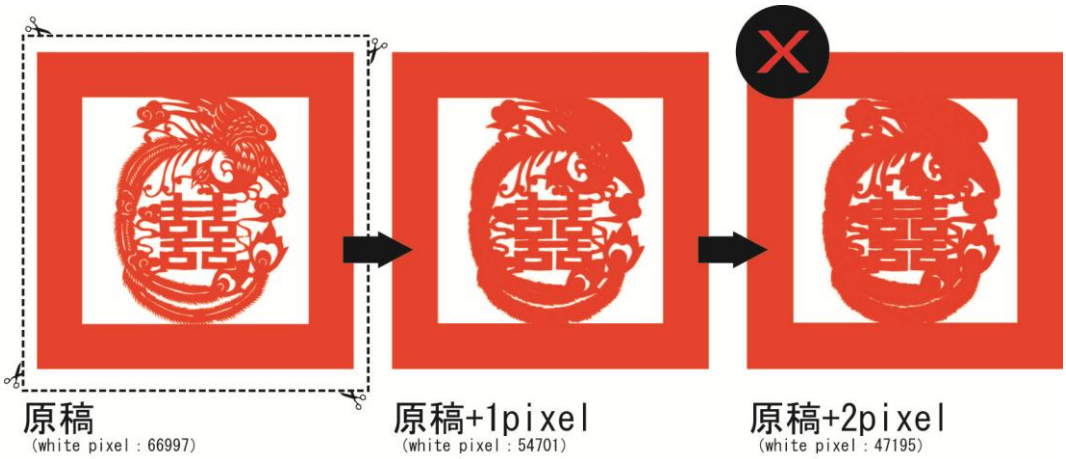

図 17　実験 2 の結果

4.5 考察

実験１の結果によると、認識システムは検出できる色の範囲を判明した。つまり、薄い色を避け、切紙模様の色と背景色とのコントラストを鮮やかにすることが望ましい。この結果から、外枠と切紙模様（パターン）の基準色の選択は鮮やかにする事が推奨される。

一方、薄い色が認識できない結果から、薄い色と活用して外枠に図柄を加え、切紙模様の視覚効果を上げ、AR マーカーデザインを充実することが考えられる。例えば、単色のマーカーだけで美しいとは言えないので、AR マーカーの外枠において、図 18 のように基準色とのコントラストが強くない色を使用する事により色の変化（図 18(a)）や図柄（図 18（b））などのデザインを加える。精巧な切紙模様と美しい枠を合わせてより一層デザイン性を向上する事が考えられる。

また、図 18 の枠を使った AR マーカーの実験を通じて、認識できる事を判明した。

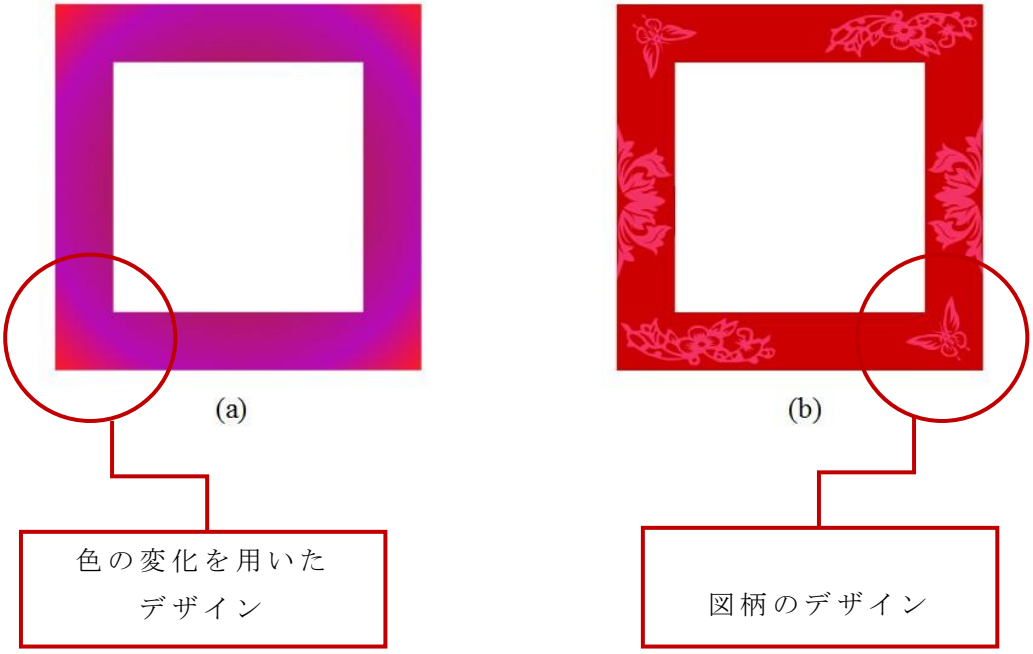

図 18　色の活用による枠のデザイン例

実験２の結果によって、AR マーカーデザインする時、相対ピクセル数は 2/472 未満の図柄の変化は識別されない可能性が高い。とても精巧で細かい切紙に対して魅力がきちんと伝えられない可能性がある一方で、AR マーカーデザインを充実するために役立つ可能性もある。

実験２からの発想は、相対ピクセル数は 2/472 未満の図柄が認識できないという事に基づき、AR マーカーのデザイン性を高めるために、相対ピクセル数は 2/472 未満の図柄を使ったとしても、マーカー認識に対して影響がないと言える。よって、例として、同じ四角の外枠に細かい図柄のデザインした。（図 19）認識システムを動かしてみると、AR マーカーの認識に影響を与えないことが判明した。

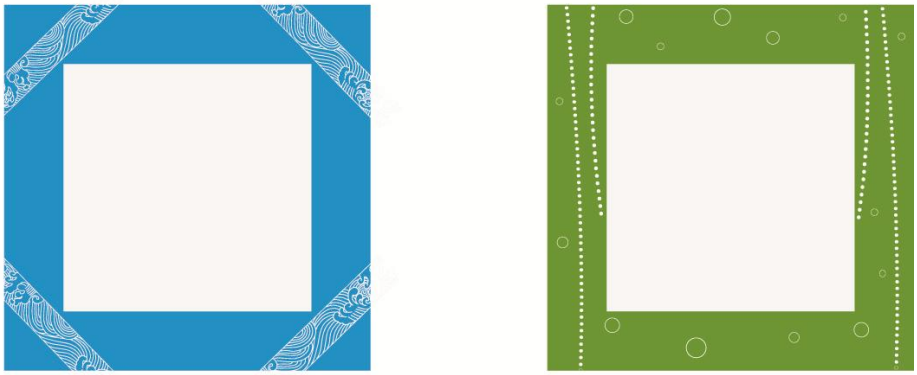

図 19　認識精度によるデザイン上の活用例

本章では FLARToolkit を用いて切紙模様を認識するためのシステムを試作した。色検出範囲と認識精度の実験を行い、その結果、切紙模様の色と細かさに関して、FLARToolkit にて認識される範囲がおおよそ予想できることがわかった。実際の応用では、この認識制限を目安にして、更に詳しい条件を導く必要があるが、これによりデザイン性を高めていくという方向に対して、如何に AR マーカー用ための切紙模様をデザインすれば良いかの基本条件が確認できた。

第 5 章

AR マーカー用の切紙模様の提案

本章では、実際の応用において予想される AR マーカー認識上の制約のもとで、使用可能な切紙模様の AR マーカーをデザインした。更に、実証実験を行って、その有効性を確認した。

5.1 デザインの基本方針

4 章における検証結果を踏まえて、即ち、細かい図柄や薄い色が認識できないという問題を考慮して、AR マーカー用途にシンプルで美しい切紙模様を提案する。

また、前章の内容を踏まえて、AR マーカー用の切紙模様をデザインする時、以下の基本方針に従った：

- 単色の時、色の選択は薄い色即ち背景とのコントラストが弱い色を避けること。
- 多色の時、色の選択は薄い色即ち背景とのコントラストが弱い色を避けること。
- 切紙図柄の相対ピクセル数 2/472 以上にすること。
- 切紙模様若しくは四角枠に図案をデザインする時、色の選択は基準色と強いコントラストの色を避け、図案の幅を相対ピクセル数 2/472 未満の範囲で控えること。
- 対称切紙模様の使用を避けること。

5.2 AR マーカーデザインの例

世界各地の切紙細工の特徴をまとめて、中国、日本、ヨーロッパの切紙細工文化に基づいて、切紙模様をデザインした。また、AR マーカーの認識上の制約と切紙模様の特性との間の関係を踏まえた AR マーカー用の切紙模様をデザインの基本方針を参考して、マーカーデザインの例を挙げた。（図 20）

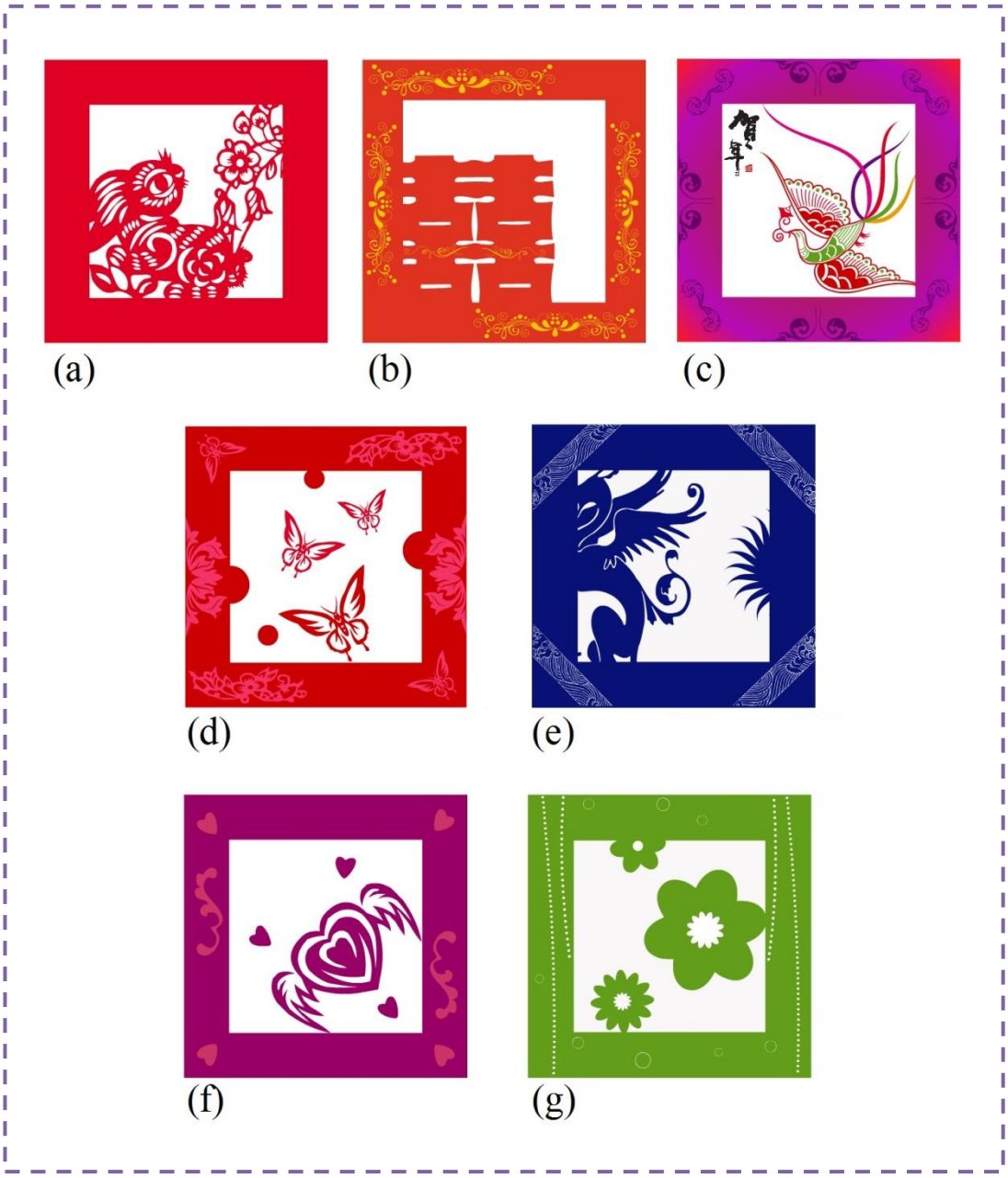

図 20　AR マーカーデザインの例

5.3 デザインの分析

図 20 の中で、(a)(b)(c)は中国切紙細工に基づくマーカーデザインである。(d)(e)は日本切紙細工に基づくマーカーデザインであるが、(f)(g)はヨーロッパ各国の特徴をまとめた上でデザインした AR マーカーとなる。

(a)は 12 支中の一つで、ウサギの模様となる。中国切紙の用途の一つは旧正月の時、年に応じた 12 支の一つにして、窓やドアなどに貼って吉祥を祈る飾りとして使っている。ちょうど 2011 年はウサギ年なので、赤で複雑な図柄を加えて、新春の賑やかさと新春を迎える喜びの気持ちを表す。

(b)は、中国伝統な結婚式の時、よく使っている模様である。「囍」という漢字は結婚式には必ず使う漢字である。意味は、「喜」が二つ並んでいるので「双喜」(shuang xi)と言い、おめでたいことを表す造字である。ただの漢字「囍」とした模様は最も基本の形であり、カササギ、オシドリ、ニワトリ、鳳凰、龍などのネタと一緒にデザインした例もある

(c)は同じ(a)で新年を祝賀するというテーマとして作成したものである。使ったネタは鳳凰とめでたい言葉となる。鳳凰という姿形は、前は麒麟、後ろは鹿、首は蛇、背は亀、頷は燕、嘴は鶏となる。鳳凰が来ると、幸運をもたらすという意味を持って、めでたい言葉を合わせて祝祭日に良く使われている。

(d)は「自由・幸運」というコンセプトに基づいたデザインである。日本切紙細工文化における意味というのは、春になると若い青春の男女同士ではうらやましさの対象となる。儒教社会で決められた結婚をする人とは違って自由に相手を探すことをためらわなかったからです。人々には蝶々が自由な恋愛と幸福の象徴として考えられている。

(e)は宗教儀式に基づいてデザインしたものである。模様は現実世界に存在がない霊獣をデザインした。鋸紋の模様は太陽の象徴となる。加えた図柄は和式の波となり、色の選択は他のマーカーと違って、濃い藍色を使用して、荘厳、落ち着いている感じを与える。

(f)はロマンチシズムを持ったデザインである。色はロマンチック的な紫色を選択した。シンプルなハート形に図柄を加えてグラデーションを与える。また、ハートの両側に翼を付けて、奔放なヨーロッパ人好きな事物に対しての情熱を表現する。

(g)はミニマリズムを持ったデザインである。ヨーロッパ切紙をインテリアとしてよく使用された模様である。緑色は暖色に近いほうに選択した。温かくてシンプルな生活スタイルを表現する。

5.4 実験と結果

切紙模様を使った AR マーカーデザインに対したユーザのフィードバックをもらうために、実験を行なった。実験 1 は切紙細工のデザイン性のための実証であるが、実験 2 は切紙細工作りと AR 融合した楽しさをユーザに感じさせるための実験である。

■ 実験 1

切紙細工を使った AR マーカーデザインに対しての評価実験

実験内容

慶應義塾大学日吉協生館における 23 名で、年齢は 23 から 30 歳の若者を対象として、デザインした AR マーカー（図 20）に対して、インタビューを行なってデザインに対してのコメントをもらった。

結果

各 AR マーカーデザインに対してのコメントは表 3 の通りとなる。

(a)	(b)	(c)	(d)
ウサギ年、時節に合う 新春の感じ 可愛い 中国っぽい 複雑	よくわからない めでたい 吉祥	カラフル 複雑 吉祥 芸術感	好き！ 日本っぽい 芸術っぽい 配色が良い
(e)	**(f)**	**(g)**	
カッコいい 神秘 宗教儀式用 よくわからない	バレンタインの雰囲気 彼氏に送りたくなった 可愛い	可愛い 素朴 温かい シンプル	

表 3　AR マーカーデザインに対してのコメント

また、「色、切紙模様、図柄」にそれぞれに対しての満足度について、10 点を満点として、点数を付けてもらった。

この 7 個の AR マーカーデザインのうちに（表 4）、(a)と(d) はデザインに似合っているとう理由で点数が一番高くて、8.9 となった。切紙模様デザインに対して、(a)ウサギが可愛いいという理由で点数が一番高いとなった。図柄の方、(d)の枠のデザインに対する評判が高かったので、一位となった。（図 21）

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
色彩	8.9	6.5	8.2	8.9	8.6	7.8	8
切紙模様	9.2	6.7	9.1	9	8.6	8.8	8.3
図柄	8.9	7	8.8	9	7.7	8.8	7.3

表 4　AR マーカーデザインの平均点

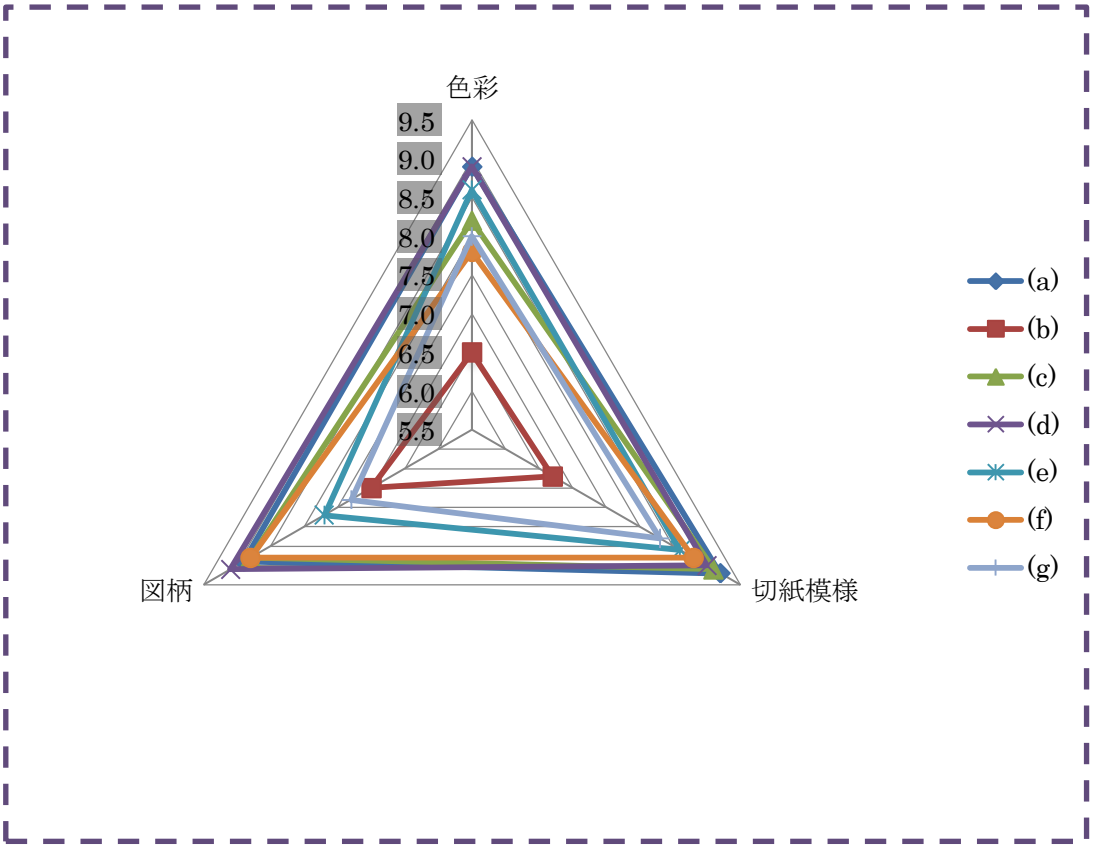

図 21　AR マーカーデザインに対しての満足度

■　実験 2

切紙細工模様を使った AR マーカーの制作実験

実験内容

デザインした切紙模様の AR マーカーの手作り性を体験させるために、5 名の学生を対象として切紙細工の作り方を簡単に紹介して、デザインした AR マーカーを手作りしてもらい、AR マーカー認識システムを動かして、AR 上の効果を見せる。

使用した工具

ケント紙、切紙用の有色紙、ハサミ、デザインナイフ、パッド・プレート、のり、定規となる。（図 22）

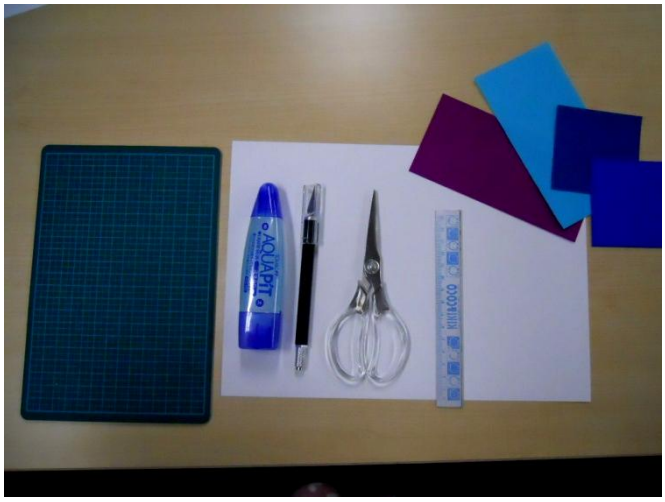

図 22　使用した工具

経過

切紙を制作する時、切紙細工文化を簡単に紹介してから、デザインした AR マーカーの作り方を説明した。そして、切紙細工模様を使用した AR マーカーの制作を始めた。切りぬいた模様（図 23（a））をのりでケント紙に貼ってもらった。（図 23（b））最後ウェブカメラで出来上がった手作りの切紙模様をかざして、AR マーカー認識システムを動かした。実際に作った AR マーカーは何か出てくるのか、ユーザ達が自分で検証してもらった。（図 23（c））実験が終わったら、本実験に対する感想をアンケート記入の形でもらった。

(a)

(b)

(c)

図 23　実験の経過

結果

試作した認識システムで、ユーザ達が手作りの AR マーカーにウェブカメラをかざすと、AR マーカーのデザインに合わせて、図 24 のように 3D コンテンツが出てきた。

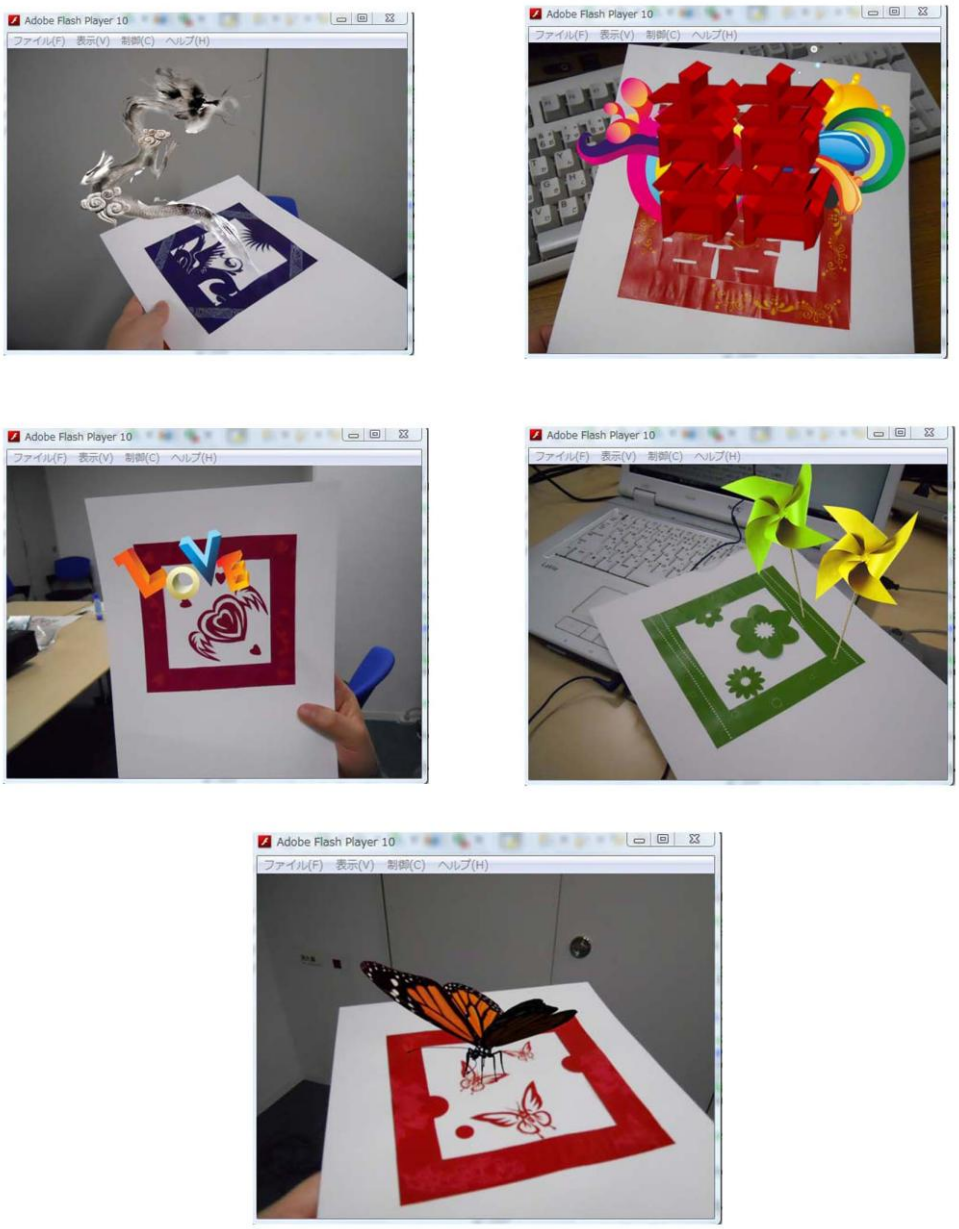

図 24　実験の結果

また、ユーザの今回の実験に対する感想をアンケート（付録 3）記入の形で取得した。

アンケートの結果により実験の満足度の質問に対して、5 名のうちに、3 名は「満足」と答え、「非常に満足」と「やや満足」と答えたユーザは各 1 名となった。

この実験において一番満足な部分はどこかという質問に対して、全員は「自分が作った AR マーカーが認識できた」という部分に満足と答えた。

切紙細工制作に対しての難易度評価は、「難しい」と答えたユーザは 3 名、「やや難しい」と答えたユーザは 2 名であった。

また、ユーザ全員は「今後時間があったら、また切紙を切りたい」と言及した。理由は「最初難しいと思ったが、意外と簡単で楽しかった」、「リラックスできる」、「紙を開ける時の楽しみが良かった」などと答えた。

切紙模様を使用した AR マーカーのデザインと白黒 AR マーカーを比べると、全員は「切紙模様を使用した AR マーカーのデザイン」の方がいいと答えた。皆がカラフルで、デザイン性が高い AR マーカーが気にいるとわかった。

切紙模様を使用した AR マーカーが付いている商品と普通の商品を比べて、全員は「切紙模様を使用した AR マーカーがついている商品」を買うと答えた。

しかしながら、商品に付いている AR マーカーのデザインに関して、ユーザからの意見は様々であった。例えば、商品に対応したデザインであるべき、具象的な切紙模様がわかりやすい、などであった。

今後、商品に付いて AR マーカーを用いる場合は、有望であるものの、デザインに関しては更に、商品情報があることや、具体的にわかりやすいことを考慮することが重要であると考えられる。

5.5 考察

実証実験を通じて、今後の切紙模様を加えたARマーカーのデザイン性と手作り性が高いということを明らかとした。

切紙模様をARマーカーに使うとする時、デザイン上の考察がきわめて重要となる。商品に応じてARマーカーする事だけではなく、色の選択や模様の細かさと、ARマーカーの認識上の制約と切紙模様の特性との間の関係をきちんと調べて理解した上で、デザインする必要がある。

切紙制作の実験の結果によって、ARマーカーの認識精度が高いとしても、切紙の手作り性の面を考えて、複雑なパターンのデザインするのが適切ではない場合もある。ユーザ達が切紙の専門ではないので、複雑なパターンのデザインと比べ、手軽にキレイな模様が切れることにより、楽しさと充実感を感じさせる事のほうが重要であると思う。

また、作った切紙のARマーカーを実際にARシステムで動かした実験において、ユーザ達が自分で作ったARマーカーが認識されたことに対して非常にポジティブに反応が観察された。このことから、今後切紙のような手作りマーカーとARを融合したアプリケーションが有望と考えられる。例えば、正月、バレンタイン、誕生日などの記念日に、心を込めて作ったARマーカーを物に貼ってプレゼントとして、ARシステムでそれを認識して動かすことにより、作り手の気持ちを伝える応用として喜ばれると考えられる。

実証実験によって、切紙模様のARマーカーは従来のARマーカーと比べると、デザイン性も高く、手作りの楽しさも得られること、また、手作りの切紙によるARマーカーを用いたAR応用システムの有望性が示された。

第 6 章

結論と今後の展望

本章では、本研究の結論を述べる。さらに、今後の展望として、切紙細工を基づく AR マーカーを活用したサービス例を示し、期待する成果を述べる。

6.1 結論

切紙細工模様の有するデザイン性と手作り性に着目し、その特徴を活かした AR マーカーをデザインし、デザイン性を検証するとともに、実際の AR 認識システムを試作して実用性を評価した。AR ツールキットを用いた基礎的な実証実験により、AR 技術上の認識の制約と切紙模様の特性との関係を明らかにし、AR 応用に適用可能な切紙模様を加えた AR マーカーを提案し、評価した。

FLARToolkit を用いて切紙模様を加えた AR マーカー認識システムを試作した。検出できる色の範囲を検証する実験を通じて、検出できる色の範囲を判明した。つまり、薄い色を避け、切紙模様の色と背景色とのコントラストを鮮やかにすることが望ましい。また、図柄として認識されない最低ノイズレベル（ピクセル数）の測定実験を通じて、AR マーカーデザインする時、相対ピクセル数は 2/472 未満の図柄の変化は識別されない可能性が高いことを判明した。更に、実際の応用では、この認識制限を目安にして、更に詳しい条件を導く必要があるが、これによりデザイン性を高めていくという方向に対して、如何に AR マーカー用ための切紙模様をデザインすれば良いかの基本条件が確認できた。

作った切紙の AR マーカーを実際に AR システムで動かした実験において、ユーザ達が自分で作った AR マーカーが認識されたことに対して非常にポジティブに反応が観察された。このことから、今後切紙のような手作りマーカーと AR を融合したアプリケーションが有望と考えられる。

実証実験によって、切紙模様の AR マーカーは従来の AR マーカーと比べると、デザイン性も高く、手作りの楽しさも得られること、また、手作りの切紙による AR マーカーを用いた AR 応用システムの有望性が示された。

6.2 今後の展望

6.2.1 アプリケーションの提案

今後の展望として、切紙と AR を融合した AR を楽しめながら手作りの充実感が感じられる 3 つのアプリケーションを提案する。

■ AR を自分で作れる「DIY-AR」

概要：

手作りの楽しさと充実感からの発想である。スマートフォン向けに、切紙細工を中心とした手作り物を AR マーカーにすると、カメラで AR マーカーを読み込んだら、AR マーカー上のバーチャルコンテンツはプリクラのように好みでキャラクターや自由に加えることができるアプリケーションである。

使用方法：

先ず、スマートフォンでアプリケーションをダウンロードする。

作り手は切紙細工をはじめの AR マーカーを手作りして、アプリケーションを起動し、作った AR マーカーの写真を撮る。アプリケーションにおいてバーチャルコンテンツを作成するためのネタがあり、AR マーカーの上に好みでネタを選択し、組み合わせる。作り上げたバーチャルコンテンツをエクスポートし、ファイルの形で保存され、本アプリケーションの専用ウェブにアップされる。作った AR マーカーをカードや本などに貼って、友達に贈る。

受け取り手は予め本アプリケーションのダウンロードが必要である。アプリケーションを起動し、カメラで AR マーカーをかざすと、ウェブでアップされたファイルを自動的にダウンロードされ、作り手からのメッセージを読み取る。

用途：

切紙を、若しくは年賀状や印刷物に貼る物を、プレゼントとして相手に送ると予想している。恥ずかしくて、気持ちがきちんと伝えられない人間に向けのコミュニケーションツールとなる。

■　切紙ファンへのアプリケーション

概要：

切り紙を切る時、紙を折ることが必要である。紙の折り方は、2 回折り、3 回折り、5 回折り、6 回折り、7 回折り、9 回折りがある。折りたたまれた切紙を切る時、最後に紙を開けたらどういう模様になるのか直観的に知りたい人に向けて、提案したツールである。カメラで折りたたまれた切紙をかざすと、紙を開けた時の切紙模様が表現できるアプリケーションである。

使用方法：

パソコンでアプリケーションをインストールする。そして、紙を折って、切紙制作の準備をする。アプリケーションを起動し、先ず折った紙の回数（2,3,5,6,7,9）を選択する。カメラを起動して、切紙制作を始める。好みで紙を切る。切りかけた紙をカメラでかざすと、システムの計算により、紙を開ける時の切紙模様がスクリーン上で表現される。

用途：

切紙に興味があって、切紙を学んでいる初心者に向けのツールである。

■　切紙による気持ちが読める

概要：

切紙は制作者の気持ちを込めた作品というポイントからの発想である。カメラで撮影しながら切紙を作る。システムは、ユーザが切紙を切る時の動きと出来上がった作品の形から判断し、マーカーから出たコンテンツを自動的に作成するアプリケーションである。

使用方法：

パソコンでアプリケーションをインストールする。アプリケーションを起動し、カメラは切紙制作のプロセスをとるために、適切な距離をおいて設置する。「スタート」ボタンを押すとともに、切紙制作を始める。紙を開ける時、システムは切紙制作のプロセスにより制作者の気持ちを分析し、切紙上に制作者の気持ちに合わせたバーチャルコンテンツを付加する。

用途：

恥ずかしくて、気持ちがきちんと伝えられない人間に向けのコミュニケーションツールとなる。特に、臨床心理学分野において、自閉症のようなコミュニケーション能力障害がある人達の治療に対して役に立つと予想している。

6.2.2 期待する成果

今後、切紙細工と AR を融合したアプリケーションを開発され、更に商品化されるということを期待する。切紙細工に基づく AR アプリケーションにより、切紙細工文化が広げられ、人と人のコミュニケーションを促進できたり、コミュニケーション能力障害の患者への治療にも役に立つことを願う。

参考文献

[1]日経コミュニケーション(2009)『ARのすべて』日経BP社 240pp.

[2] 藤井増蔵(1989)『新技法シリーズ・改訂新版切り紙』美術出版社 146pp.

[3] 近藤恒夫(1992)『色彩学』理工図書館 154pp.

[4] 陳竟主(2007)『中外剪紙精品』中国軽工出版社 272pp.

[5] 川田十夢(2010)『AR三兄弟の企画書』日経BP社 238pp.

[6] 小林啓倫(2010)『AR―拡張現実』毎日コミュニケーションズ 200pp.

[7] 棚橋弘季(2009)『デザイン思考の仕事術』日本実業出版社 254pp.

[8] 成田イクロ(2004)『色からの伝言』株式会社かんぽうサービス 160pp.

[9] 橋本直(2008)『ARToolKit拡張現実感プログラミング入門』ASCII Media Work240pp.

[10] 葛西紀美子(2004)『売れるお店の色彩学』同文館出版 229pp.

[11] 青木貞茂(2008)『文化の力』NTT出版株式会社 336pp.

[12] ウジ トモコ(2008)『視覚マーケティングのススメ』明日香出版社 204pp.

[13] 上原かなえ(2008)『北欧にならうかわいい切り紙』PHP研究所 95pp.

[14] Qi Zhao(2009)「A study of Constitution Elements of Traditional Paper-cutting's Pattern」『Education Innovation Guide of China』

[15] Dongmei Peng(2008)「Research on Digital-protection Technology of Non-material Cultural Heritage Based on Chinese-paper-cut」Doctoral Dissertation

[16] Xiwu Sun(2008)「The method research of paper-cut」Master's Thesis

[17] Shenghan Gao(2008)「An Analysis of the Importance of Traditional Paper-Cutting's Figurative Arts in Graphic Design」Science & Technology Association Forum of China

[18] Hisashi Ogawa, Noriyuki Matsuda, Hirokazu Taki, Norihiro Abe(2002)「Design of a tutoring system for an autistic child to learn to fit into society」 Technical Report of Ieice.ET2002-49,pp 31-34

[19] Miyatake Takafumi, Matsushima Hitoshi, Ejiri Masakazu(1995)「A Fast Algorithm for Maximum- Minimum Type Image Filtering」『Institute of Electronics, Information, and Communication Engineers』pp 1598-1607

[20] Li Yu, Wang Yong-tian, LIU Yue(2008)「Study of Color Fiducial Based Registration Algorithm for Augmented Reality」『Journal of System Simulation of China』Vol.20 No.3, pp. 654-661

[21] 西野裕樹(2009)「形状自由でデザイン性の高い AR マーカー」IPA 情報処理推進機構 http://www.ipa.go.jp/jinzai/mitou/2009/

[22]Mikkoh'sblog
http://www.mikkoh.com/blog/2008/12/flartoolkitflash-augmented-realitygetting-started/

[23]FlarmanagerAllClasses
http://transmote.com/flar/reference/class-summary.html

[24] Transmote's blog
http://words.transmote.com/wp/

[25] Sixwish　http://sixwish.jp/Flartoolkit/

[26] 工学ナビ　http://kougaku.blog28.fc2.com/blog-entry-289.html

[27] AR marker generator http://flash.tarotaro.org/ar/MGO2.swf

[28] 切り絵店・燕京　http://enkyouhyakka.com/kirie/kirie.htm

[29] カラーコード
http://www.manbouchan.com/ip_studio/ip-colorcode/ccoder-01.html

謝辞

この研究を遂行するにあたり，多大なご助言、ご指導を頂きました太田直久教授に厚くご礼を申し上げます。

本研究に関する貴重な助言や指摘を頂きました稲見昌彦教授、杉浦一徳准教授に深く感謝致します。

張智英さん、馬佳妮さん、陳麗文さんを始め同窓生の皆さんには常に刺激的な議論を頂き、精神的にも支えられました。ありがとうございます。

また、偶然で会えたAR三兄弟の長男川田十夢氏に、本研究に対する多大な助言を下さって、本当にありがとうございます。

3Dモデルの制作にご協力いただいた慶應義塾メディアデザイン研究科博士課程のJohnson Leuに深く感謝致します。

ARに関する調査に回答してくださった慶應義塾大学日吉キャンパスの学部生達に深く感謝致します。

実証実験にご協力を頂いた川鍋有利枝、Angela Liu、林偉良、Charith Fernandoなど、合計28名学生達に心より深く感謝を申し上げます。

最後になりましたが，自ら苦労して作り上げたライブラリを一般に広く公開してくれたARToolkitの開発者奈良先端科学技術大学院加藤博一教授、及びFLARToolkitの開発者小山智彦氏に感謝の意を表します。

付録 1

ソフトウェア環境の説明

OS	Windows Vista Home
AR マーカーの デザイン	Photoshop CS2 Illustrator CS2
プログラム作成	Pixel Bender(カラーフィルタ) Flex Builder CS4(FLARToolkit)
3D モデル制作	3DSMax9.0
Flash Player バージョン	WIN 10,1,102,64 (Debug Player あり)

付録 2

ウェブカメラの仕様

品名：
Elecom UCAM-DLG200HBK

■Windows

CPU	Intel Pentium4（1.4GHz 以上）
OS	Windows 7/Vista（SP1 含む）/XP（SP2～SP3）
メモリ	512MB 以上
HDD 容量	空き容量 260MB 以上推奨
グラフィックメモリ	64MB 以上
DirectX	9.0c 以降

■Macintosh

CPU	Power PC G5 以上/Intel Mac 対応
OS	Mac OS X(10.4.9～10.4.11 、10.5～10.5.6)

画素数	200 万画素
受像素子	1/4 インチ CMOS センサ
最大解像度	1600×1200 ピクセル
最大フレームレート	30fps（～640×480 ピクセル時） 20fps（800×600 ピクセル時） 9fps（1280×960 ピクセル時） 5fps（1600×1200 ピクセル時）
色数	約 1677 万色（24bit）
最大消費電力	待機時：0.025W、動作時：0.5W
インターフェイス	USB2.0 専用（タイプ A オス） ※本製品は USB2.0 インターフェイス専用です。 USB1.1 インターフェイスでは動作しません。
ケーブル長	0.8m
クリップ最大開口寸法	18mm
外形寸法	幅 77.5×奥行 43.5×高さ 31.5mm（台座含まず）

付録 3

切紙模様の AR マーカー制作実験のアンケート

1.今回の体験に対して、満足ですか？（いずれかOを付けてください）

非常に満足　　満足　　やや満足　　やや不満足　　不満足

2.一番満足な部分はどちらですか？（いずれかOを付けてください）

a.切紙細工についての説明

b.切紙の作り方についての説明

c.切紙の作り

d.自分が作った AR マーカーが認識できた

3.切紙制作の難易度はどうですか？（いずれかOを付けてください）

非常に難しい　　難しい　やや難しい　簡単　　非常に簡単

4.時間があったら、また切紙を切りたいですか？理由を教えてください。

5. 切紙模様を加えた AR マーカーと普通の白黒マーカーと比べて、どちらか面白いと思いますか？理由を教えてください。

6.同じ商品で、切紙模様を使った AR マーカーがついている商品と普通の商品を比べで、どう選びますか？