

拡張現実を利用した多人数参加型デザイン支援に関する基礎的研究

○佐藤 優美*¹ 川角 典弘*²
大西 智佳*¹ 村松 佑紀*¹

キーワード：拡張現実 デザイン支援 サイン計画 グループ討論 多視点

1. 研究背景と概要

近年、デザイン計画では、アナログ手法に加え、3DCGやVRなどのデジタル技術の利用が進んでいる。しかし、模型を用いた検討では実際の見え方や質感などの詳細がわかりづらいため臨場感が低く、3DCGではディスプレイに投影表示が行われるが画一的な視点での作業に限られる問題点がある。先行研究^{[1][2]}では拡張現実(以下、AR)を用いて多人数による複数視点からの同時討論を支援するテーブルトップ型の討論支援研究を行ったが、視点の保存や記録が困難である、実際の大きさがわかりづらいなど、現地で確認すべき事柄の検証が不十分だという問題が残された。そこで本研究では、文字の大きさや周辺環境による見え方の違いなど現地での検討が重要となるサインデザインを対象に、視点を保存・共有できるように討論支援ツールの拡張を試みた。討論支援ツールの機能選定には、ARを実物大表示する簡易試作ツールとスクリーン投影型3DCGを多人数討論に用いる際を想定して比較し、その結果から視点の保存やコメントの共有、Webに対応したアーカイブ機能が必要だと考えた。完成した討論支援ツールを実際に施工前のエントランスサインのデザイン検討に使用し、多人数討論への利用、空間体験性、使い勝手について評価した。

2. 拡張現実の定義

ARとは、Augmented Reality (オーグメンテッド・リアリティ、拡張現実)の省略形であり、学術的な視点から見たARの定義としては、次のようになる。

- ① 現実世界と現実でない世界が融合していること
- ② リアルタイムに相互作用性があること
- ③ 立体的(三次元的)に位置合わせされていること

ただし、③については、現在のARコンテンツすべてに当てはまるわけではなく、「The Horizon Report 2011 Edition」では、ARとは「現実世界にコンピュータによって文脈的な(contextual)情報を付加したもの」と説明されている^[3]。

本研究ではリアルタイムに情報が付加される性質を利用し、現実世界にデザイン対象を重畳表示させ、多人数がそれぞれ別の視点からデザイン対象を見ることによって多面的で質の高いデザイン支援が可能と考えた。

3. 研究方法

本研究は、予備実験による機能選定、ツールの制作、ツールの評価実験、実験結果の考察の5段階で実施する。

- ① 試作ツールを用いた予備実験
- ② 予備実験結果より機能の選定
- ③ ツールの制作
- ④ 従来方法と制作したツールの評価実験
- ⑤ 評価実験結果よりツールに実装した機能の妥当性を考察

4. 拡張現実の制作技術

本研究ではエンターテインメントなどで主にその利用が進んでいる拡張現実をデザイン討論初期段階のための討論支援ツールとして用いる。その目的は、実際に設置された時の利用イメージをデザイン案の初期段階で手軽に検証可能にするためである。本研究で用いる拡張現実構築技術は以下の条件が必要となる。

- ① 煩雑な操作や手順がなく使用できる
- ② デザイン案の変更にも容易に対応できる
- ③ 簡易なマーカー/マーカーレスで検討が行える

先行研究に用いたMetaio Creatorのサービス終了に伴い、これらの条件を満たすものとしてVuforia SDKとUnity3Dを本研究では開発環境として用いる。

5. 予備実験と実験結果からの機能選定

実物大のARと3DCGの各手法を用いたデザイン検討の差を確認し、機能を選定するために予備実験を行った。ARを用いた手法ではVuforiaとUnityを用いて作成したARを実物大表示する簡易的な試作ツールを用いる。ツールの画面を図1に示す。実際のサイン設置場所に実物大で表示したサインを表示し、実物大の印刷物を貼った場合と同じように同時並行作業ができるようにした。

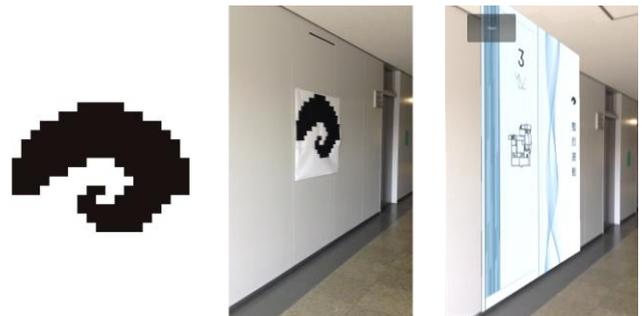


図1 左からマーカー、マーカー設置イメージ、実際の表示画面

3DCG を用いた手法では大型ディスプレイに 3DCG を投影し実験参加者のうちの 1 人がモデル内での視点変更やサイン案の切り替えなどを行う。

各手法を用いて、必要機能選定のための予備実験を行う。実験のデザイン討論対象として、和歌山大学附属図書館の新棟 4.F エレベーター横の階数表示サインを対象とした。

討論の手順としては、実験参加者を 5 人ずつ 2 つのチームに分け、それぞれ CG・AR を用いるチームとし 10 分間で以下の手順に従って実験を行った。

チーム 1 : CG を用いた討論

- ① SketchUp を用いて複数のサイン案を切り替えられる状態にした和歌山大学附属図書館新棟の 3DCG モデルを用意する。用意したモデルを大画面ディスプレイで表示し参加者が同時に見ることができるようにしておく。
 - ② 討論参加者の一人がオペレーターとして 3DCG モデルのウォークスルー機能を用いてモデル内を移動し、討論参加者間でサインの大きさや見え方について意見交換を行う。
 - ③ 実験後アンケートに回答してもらう。
- 実験の様子を図 2 に示す。

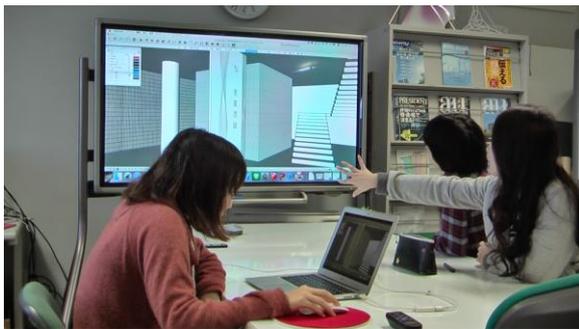


図 2 CG を用いた討論の様子

チーム 2 : AR を用いた討論

- ① Vuforia SDK と Unity で作成した試作ツールを用いる。複数のサイン案を切り替えできるようにしておき、タブレット端末で参照できるようにする。サインを表示したい場所にマーカーを配置しておく。
 - ② 討論参加者全員が各一台ずつタブレット端末を持ち、各自がサインを見る方向を変えながらサインの大きさや見え方について討論参加者間で意見交換を行う。
 - ③ 実験後アンケートに回答してもらう。
- 実験の様子を図 3 に示す。

試作ツールは設置したマーカーを認識すると、あらかじめ設定したサイン案を重畳表示する。



図 3 AR を用いた予備実験の様子

実験後のアンケートでは、デザイン支援ツールに必要なと思われる機能を仮定し 5 段階で評価を行った。アンケート項目と 5 段階評価での平均値、最頻値、分散を表 1 に示す。

結果より、平均値・最頻値が高く、分散が小さい項目として以下の 3 つが挙げられた。

- ① AR が表示されている画面の保存
- ② AR を表示したカメラアングルを保存する機能
- ③ 保存した画面やアングルを他の参加者と共有する機能

よって、システムの開発においてこれらの機能を優先的に実装しようと考えた。

表 1 機能に関するアンケート結果

アンケート項目	平均値	最頻値	分散
注目した場所を矢印などで示して記録する機能は役に立つと思いますか？	3.6	4	0.3
注目した場所を矢印などで示して他の参加者と共有できる機能は役に立つと思いますか？	3.8	5	1.7
AR が表示されている画面を写真に撮る機能は役に立つと思いますか？	4.6	5	0.3
撮った写真を他の参加者と共有できる機能は役に立つと思いますか？	4	5	3
その時見ている方向に対してコメントを残す機能は役に立つと思いますか？	3.4	2	1.8
他の参加者とコメントを共有できる機能は役に立つと思いますか？	3.8	4	1.2
AR を表示したカメラアングルを保存して再現できる機能は役に立つと思いますか？	4	5	1
保存したカメラアングルを他の参加者と共有できる機能は役に立つと思いますか？	3	2	2

6. AR 討論支援ツールの制作

以上の実験を踏まえ、オンサイトにおける AR 討論支援ツールの開発を行った。開発には前述した Unity3D と VuforiaSDK、データベースの作成には MySQL と Web サーバーを使用した。実装した機能としては以下の通りである。

- ① 複数のサイン案の切り替え
- ② 視点とコメントの登録
- ③ 登録された視点とコメントの一覧表示
- ④ 視点・コメント表示画面と AR 表示画面の切り替え

※視点の登録は現在の画面を画像として保存したものを登録する。

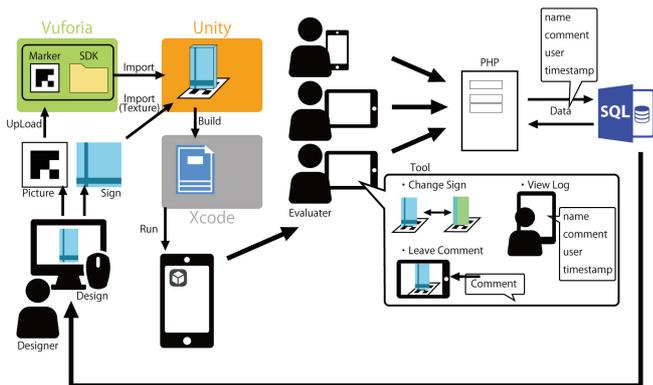


図4 システム利用のワークフロー

データベースサーバとの通信と画面の作成には PHP を用いた。データベースには保存した視点を、通し番号, 画像名, 画像形式, サムネイル画像, コメント, 登録者名, 登録日時と共に保存するようフィールドを作成している。以上を基にした本システムのワークフローを図4, 操作画面及び操作の様子を図5に示す。

7. AR 討論支援ツールを用いた機能評価実験

AR 討論支援ツールを用いて実装した機能の評価実験を行う。デザイン対象は和歌山大学観光学支援センターのエントランスサイン(縦: 約 2m, 横: 約 6m)を対象とした。検証実験は大型ディスプレイによるウォークスルー表示と複数のタブレット端末による AR 表示の比較を行った。和歌山大学生 10 人を 2 グループに分け、AR ツールを使ったのちに CG ウォークスルーを使うグループを A グループ、CG ウォークスルーを使ったのちに AR ツールを使うグループを B グループとし、グループごとに用意した 3 つのサイン案に対して大きさ、見え方などについて施工状態を確認できるか検証を行った。詳細を表2に記す。

それぞれの手法の実験後に、タスク分析と使用したツールについての 5 段階アンケートを実施した。アンケートの項目は共通項目として AR と CG 手法の討論での使用感、デザイン対象物の見え方やスケール感などがあり、AR の方では共通項目に加え実装した機能の評価項目を追加した。検証実験後、AR 手法と CG 手法のアンケートにおいて共通項目を抜き出し平均値をとって比較した。

これらの項目について AR と CG の評価値の平均値の差に優位性があるかを検証するために t 検定をかけた。共通の評価項目と、項目の比較・検証結果を表3に示す。

t 検定において、 $t < 0.05$ で有意性があると判断されるため、有意性が出たのは 6,7 の項目のみであった。縦軸に 5 段階評価の値、横軸に比較した項目の番号を取り AR と CG を比較したグラフを図7に示す。

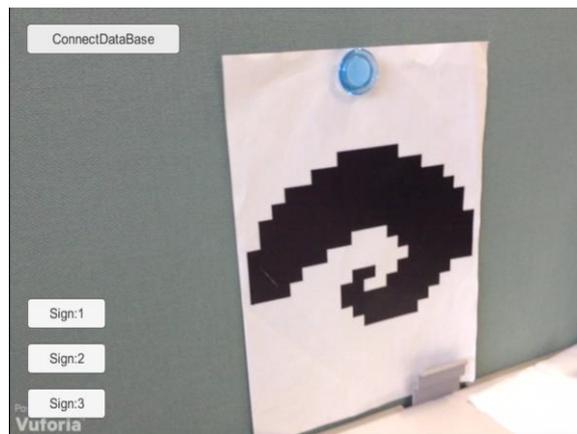


図5 ツールの画面 上: マーカートラッキングの様子 中: データベース画面 下: AR 表示イメージ

表2 検証実験詳細

AR を用いる実験	
対象人数	5 人
対象地	和歌山大学経済学部棟 1F
時間	10 分
使用ソフトウェア	Vuforia SDK, Unity3D
使用機材	iPad pro, iPad2, iPad mini, iPod touch
CG を用いる実験	
対象人数	5 人
対象地	和歌山大学経済学部棟 1F
時間	10 分
使用ソフトウェア	SketchUp
使用機材	BigPad, PC



図 6 AR を用いた検証実験の様子

表 3 AR と CG の共通項目比較結果

No.	項目	AR	CG	t 検定
1	目の疲れを感じなかった	4.5	4.5	1.000
2	見たい角度から見る事が出来た	3.6	3.5	0.868
3	案切り替えはしやすいか	4.6	3.9	0.132
4	流れの理解は出来たか	4.5	4.1	0.309
5	空間のイメージは掴めたか	3.9	2.9	0.177
6	表示速度は速かったか	2.9	4.5	0.011
7	大きさは確認出来たか	4.1	2.5	0.005
8	手間に感じたか	2.4	2.1	0.656
9	同じ視点での討論は有効と思うか	4.1	4.1	1.000
10	異なる視点での討論は有効と思うか	2.9	3.0	0.864
11	情報の共有が出来たと思うか	3.5	4.4	0.054
12	課題に積極的に参加出来たか	4.4	4.2	0.642
13	使用ツールは討論に役立つと思うか	4.4	4.2	0.443

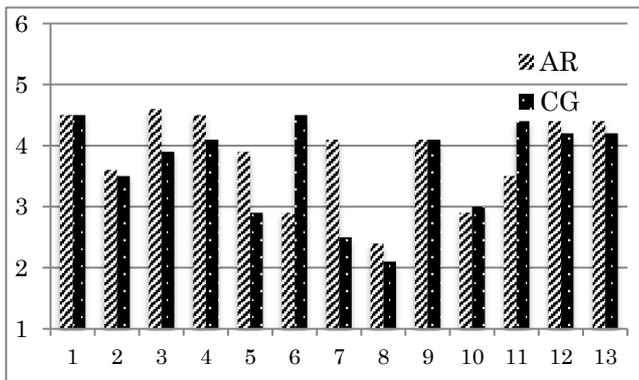


図 7 AR と CG の共通項目グラフ

※縦軸は評価値 (8,9 (単位 m) は除く)、横軸は設問番号(No.)を示す

8. 機能評価実験結果・考察

t 検定の結果より,AR 手法は表示速度が遅いものの大きさの確認が出来,CG 手法は表示速度が速いものの大きさの確認が出来なかったという結果が得られた.本研究の目的が,視点画面の共有,スケール感の補完であることを考えると,目的のうちの一つは達成したと考えられる.

視点画面の共有において従来手法の点数が高かった原因については,参加者全員が同じ画面を見ていることから「視点の共有」が出来ていると考えたのではないかと推測した.今後の展望としては画面インターフェースの改善が挙げられる.

9. AR 構築環境の拡張

比較実験結果を受け,AR の表示速度などのトラッキングの性能を改善するために AR 構築環境の変更が必要ではないかと考えた.拡張現実の製作技術での条件に加え,トラッキングの性能が高いことを条件に新たに用いる開発環境を選考した結果, SmartAR SDK を候補に挙げた.トラッキング性能が向上することを確認するために現状の AR 構築環境との比較実験を行う.

性能比較実験は, Unity において AR を表示するシステムを作成し, 同じタブレット端末に Vuforia SDK を用いた場合と SmartAR SDK を用いた場合の各システムを構築した.マーカーは 20×20cm としマーカーからの距離を 100cm,150cm と変え,マーカーを画面中央に捉えてから AR が表示されるまでの時間を 10 回ずつ計測し平均値と分散を取って比較した.比較の結果を表 4 に記す.

表 4 AR 構築環境ごとの表示速度

距離	100cm		150cm	
	Vuforia	SmartAR	Vuforia	SmartAR
構築環境 時間(s)	1.03	0.35	3.40	0.58
	0.97	0.48	0.45	0.49
	1.49	0.38	0.45	0.43
	0.47	0.56	1.06	0.43
	0.42	0.34	1.32	0.46
	1.28	0.28	0.60	0.48
	0.40	0.48	0.80	0.38
	0.73	0.41	0.88	0.50
	1.14	0.43	0.54	0.52
	0.47	0.25	0.73	0.44
平均値	0.84	0.40	1.02	0.47
分散	1.42E-01	8.26E-03	6.96E-01	2.83E-03

以上の結果より,ばらつきが少なく同じ距離からの表示速度が速い SmartAR SDK の方が本研究の討論環境に適していると考えられるため,以降は SmartAR SDK を AR 開発環境として研究で用いる.また AR 表示をしながら視点の変更を行う際の表示のブレや,実際に人が使用した際の操作性については今後検証を行う.

本研究は JSPS 科研費 JP25350012 の助成を受けたものである.

[参考文献]

- [1] 佐藤優美,“拡張現実を利用した多視点討論支援に関する基礎的研究”,2015年日本建築学会大会:発表番号 11006
- [2] 川角典弘,“拡張現実を利用した多視点討論支援に関する基礎的研究”,第 38 回情報・システム・利用・技術シンポジウム 2015:発表番号 H33
- [3] 佐野彰,亀山悦治「よくわかる AR<拡張現実>入門」創元社,2014.2.20 発行

*1 和歌山大学 大学院生

*2 和歌山大学 講師・工博