

オンサイト型 AR による空間体験と評価に関する考察

Consideration on Spatial Experience and Evaluation by On-Site AR

○輪玉 隼也*¹, 川角 典弘*², 関谷 拓人*¹

*¹ Junya WADAMA*¹, Norihiro KAWASUMI*² and Takuto SEKIYA

*¹ 和歌山大学大学院システム工学研究科 大学院生
Graduate, Wakayama Univ.

*² 和歌山大学システム工学部 講師・博士(工学)
Lecturer, Wakayama Univ., Dr. Eng.

キーワード：オンサイト; AR; 空間検討支援; 実寸大

Keywords: On-site; AR; Interior design; Actual size.

1. はじめに

情報技術の発展に伴い AR, VR などの技術が建築分野にも応用されつつある。

本研究では建築分野におけるデザイン伝達や意思決定の際に、現地に赴きオンサイトでレイアウトについて、検討を行うために、AR とデータベースを用いたタブレット型ツールの構築を行い、製作した 3DCG の実寸大表示、その場での検討・討論の支援、討論記録の保存を行うシステムの提案を行う。また、従来の縮小スケールでの空間検討手法や VR 体験との比較実験、AR のサイズ知覚に関する検証を行い、提案ツールの有用性の検証を行った。

2. 建築分野における AR の利用

現実世界とは隔たれた仮想空間世界を体験する VR と異なり、AR は現実世界に仮想情報を重畳させることにより目の前にある世界を仮想的に拡張することができるため、現実環境と CG を見比べながら比較することができる。

その利点を生かし、AR を建築技術に応用した先行研究として、景観の検討と合意形成の手法として AR を用いた視覚ツールの開発を行った張田ら¹⁾の研究、現実環境への反映の容易さから AR をインテリアシミュレーションに活用した田中らの研究²⁾、タブレット端末 AR を利用して耐震補強工事の設計検討や工事計画における建築物所有者との合意形成を行なった鈴木ら³⁾の研究などが挙げられる。

本研究では、AR の現地でのシミュレーション性を活かした、オンサイトでの空間検討支援システムの開発を目標とする。

3. システム機能選定のための予備実験

システム構築にあたり、実寸大表示システムの有用性と課題を発見するため、予備実験として教職員の方を対象に AR 表示を体験していただき、アンケートと行動調査より開発するシステムの選定を行った。内容として、改修計画予定地に赴き、予め用意した改修後の 3DCG をタブレット上に AR 表示させ、施設利用者の方にタブレットをかざし、歩き回りながらデザインを見ていただいた。

体験性や操作性に関するアンケートより大きさ(広さ)や、前後関係などの遠近感、部屋の利用方法に関してよく理解できることが分かった。

行動調査においては、AR をかざしながら歩き回ることによってイメージがしやすいという意見や階段の大きさなどの細部まで注目して検討を行うような行動が見られた。

一方、課題として AR システムは意見などを残す機能を備えておらず、話し合った内容などを紙の図面に書き込む様子も見られたため、空間検討の際、表示のみの機能では不十分だと考えたため、アンケートなどを参考に AR 実寸大表示に加え複数の機能を実行する事とした。

4. AR を用いた空間体験支援システムの開発

前述の 3 つの機能を備えたオンサイトでのデザイン検討・評価支援システムの開発を行った。開発環境として、ゲーム開発プラットフォームである Unity と AR 構築技術である AR Foundation を用いたシステム開発を行った。データベースの作成には MySQL を使用し、サーバはローカルサーバを利用した。また、データベースとの連携には PHP を用いており、3DCG は sketchup を用いて作成した。システム構成の概念図を Fig.1 に示す。

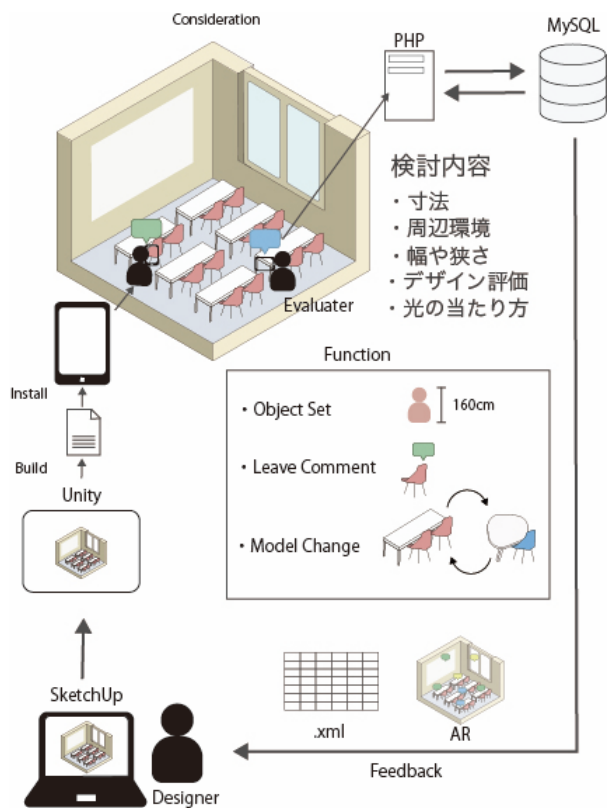


Fig.1: システム概要図

5. 開発機能の説明と検討作業のワークフロー

本システムにおける機能は大きく分けて

1. AR 表示
2. レイアウト変更
3. 人物などの配置
4. アノテーションの登録
5. アノテーションの参考・返信

の5つに分けることができる。それぞれの詳細について以下に示す。

①AR 表示

タブレット端末のカメラから捉えた画像に含まれている特徴点を認識し、現実世界の壁などの平面を検出することで、その上にCGを実寸大で重ね合わせて表示する。



Fig.2: レイアウト変更画面

②レイアウト変更

あらかじめ用意しておいたレイアウトパターンを変更することができ、アナログツールでは難しい複数案の伝達を可能にし、部屋ごとに意見を収集することで複数案へのフィードバックを行う(Fig.2)。

③人物などの配置

ドアの幅や通路、家具の高さ等スケール感の理解を行うため、画面中央に3Dオブジェクトを表示させる。

この機能は非専門家の建物に対する理解を深めることを目的とする(Fig.3)。

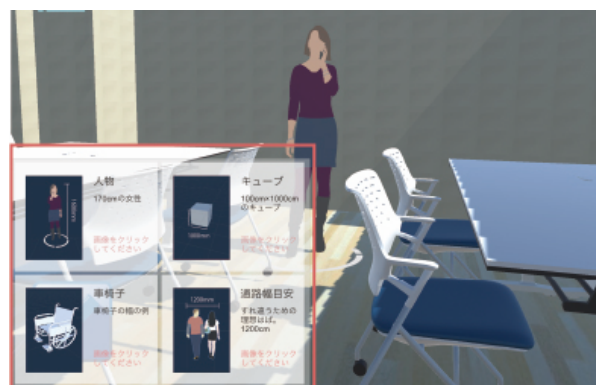


Fig.3: 3D オブジェクトの配置画面

④アノテーションの登録

検討中、感じたことや意見を吹き出しのようなアノテーションとして家具などを空間と結びつけて保存する。

ここでいうアノテーションは図のように空間上に保存され、表示されることで自他ともに意見をオブジェクトとして保存、参照することが可能になる。保存したデータは位置情報とともにDBに保存する(Fig.4)。



Fig.4: コメントの作成

⑤アノテーションの参照・返信

討論の際に作成されたDBにアクセスすることで、他人を含め③で作成したアノテーションを表示することができ、他人の意見を見ることで新たな発見やデザイン理解が深まるのではないかと考えた。また、返信機能を活用することで議論の活性化、幅広い意見の収集が可能である(Fig.5)。

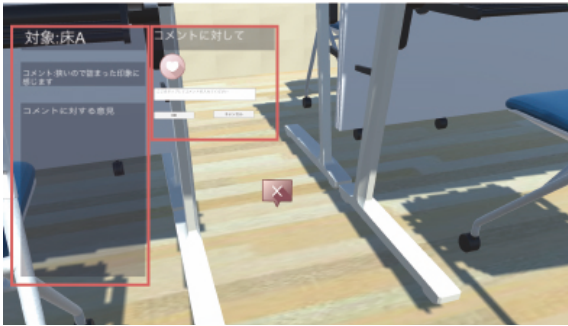


Fig.5: 他者のコメントの参照・返信画面

6. AR 模型ツールとの比較実験

6.1 実験概要

提案したオンサイト型空間検討支援システムとスケール感を伴わない AR 模型型システムと比較し、特徴と有用性の検証を行う。被験者は和歌山大学システム工学部 8 名とし、改修計画予定の全学共通スペースのレイアウトに関して AR 模型型による全体俯瞰、提案システムを用いた実寸大表示の順で行った(Fig.6)。比較実験の流れは、各システム操作と検討内容の説明、模型型システムでの検討、場所を移動して AR 実寸大での評価、体験性・システム評価アンケートの流れで行った。



Fig.6: 実験の様子(写真右上)と画面キャプチャ

6.2 評価コメントの分析

実験により得られたコメントは模型型システム 33 個、提案システム 40 個のコメントが集められコメント内容としては、実寸型 AR 模型ではホワイトボードの位置や通路幅の狭さなど、具体的な利用とスケール感を考慮した意見が得られた。また、机に座った時の景色の見え方や視線に関する言及など実寸大スケールでなければ出てこなかったような意見も見られた。

6.3 アンケートによるシステム評価分析と考察

実験後、体験性・操作性・CG の表現性の 3 つの項目に関しての比較アンケート、開発システムの機能評価アンケートを 5 段階評価で行った。

比較アンケートに関して t 検定による有意差判定を行

った結果、15 つの項目のうち、5 つに有意差が見られ、すべて提案ツールの方が高い結果となった(Table1)。

実寸大で表示させ、モデルの中に入り込み観察をすることで、部屋の大きさに関する理解が深まったと考える。また陰影の表現が効果的であった理由としては、現実環境を反映した影の表現が模型スケールのシステムと比較して現実的に表現することができ、効果的であったのではないかと考える。

Table1: 各質問の t 検定結果

番号	質問内容	t 検定
Q1-1	部屋や廊下の大きさ(広さ)が分かった	0.00303
Q1-2	前後関係などの遠近感や部屋の奥行きを実感できた	0.00934
Q1-3	部屋の全体像をイメージできた	0.13336
Q1-4	家具の配置(レイアウト)が分かった	0.27534
Q1-5	家具や物の大きさが実物大で感じられた	0.00021
Q1-6	具体的な部屋の利用方法や使い勝手がわかった	0.06758
Q1-7	図面表示に比べて立体表示はわかりやすかった	0.51648
Q1-8	システムを見ながら他の人とうまく議論を交わせた	0.18026
Q2-1	モデル全体を見回すのに画面サイズは十分だった	0.78488
Q2-2	思い通りの場所や部位を見ることができた	0.17047
Q2-3	表示デバイスを持つのは負担である(重い)	0.3506
Q2-4	AR 表示は疲れた	0.59833
Q3-1	素材の質感や色彩は写実的に感じた(違和感がない)	0.18026
Q3-2	陰影の表現は効果的だった	0.04917
Q3-3	CG と実際の見え方に違和感はなかった	0.00526

7. VR ツールとの比較とスケール計測実験

7.1 VR ツールとの比較実験の概要

先の実験ではスケール感の異なる模型型 AR との比較を行ったのに対し、ここでは、同じく実寸大スケールで検証が行える VR と AR とを比較しその体験性、再現性などの評価を行った。

被験者は和歌山大学大学院システム工学研究科 8 名とし、改修計画予定の全学共通スペースのレイアウトに関して AR は現地に赴き家具だけを CG 表示する形で検討、VR は空間全体を CG 表示し体験する形で検討した(Fig.7)のちアンケートを行った。



Fig.7: AR(左)/VR(右)実験の様子

7.2 アンケートによる分析

共通する質問に関して、家具の高さがイメージできる、家具の素材の色に違和感は無かった、システムを使って見たい場所を見ることができるといった 3 つの項目に関し

てARの評価が高く、CGの明るさに違和感はなかった、陰影の表現は効果的だったという2つの項目に関してVRの評価が高い結果となった。加えて、陰影に関してはARがかなり低い結果となった。

結果として、ARは現地に赴きシミュレーションを行うことで、周りの窓の高さや床の素材などと比較しながらCGを確認できる、見たい場所を見やすいことがわかった。ARの陰影表現の評価が低かった原因として現実の床の上にCGを配置した場合、家具の影が投影されなかったことが挙げられる。

VRは照明データも含めて空間を再現しているため陰影表現や明るさに違和感がなかったものと考えられる。

7.3 ARシステムを用いたスケール計測実験

30cmほどのキューブサイズのオブジェクトを用いてARデバイスによるサイズ知覚についての実験を行なったJong-gilら⁴⁾によるとデバイス型ARを使った被験者は、オブジェクトを過大評価する傾向にあるとされる。

今回開発を行った空間評価システムでは、家具レベルのAR表示を行うため、家具レベルでのサイズ知覚の検証を行う必要があると考えたためカフェテーブルと椅子の大きさについて計測実験を行った。

7.4 スケール計測実験の詳細

Fig.8上にあるW1620mm×D900mmのテーブルセットとイス単体に対して1分ほどで実際のスケールについて確かめてもらい、反対方向に実際のサイズとは異なるスケール(-10%~10%)に調整したCGを表示させ、被験者が先ほど見た実際の大きさと同じと感じるまでCGのサイズを調整してもらった。テーブルと椅子についてサイズ初期サイズを変えてそれぞれ2回ずつ調整してもらった。



Fig.8: 対象としたカウンターテーブル(上)とCG(下)

7.5 スケール計測実験結果

回答値は以下のTable2, Fig.9のようになった。多少ばらつきはあるが基本的に誤差-20%~20%に収まっている。テーブル、イスに対する回答値の平均はそれぞれ0.975、0.977となり1回目2回目とも同様の結果だった。各平均値を見るとテーブル、イス共にオブジェクトを過小評価する事となり、Jogh-gilらの提唱したものは異なる結果となった。既存研究と結果が異なることに加えて、今回の被験者数が8人と少ないことも鑑みると、検証結果の信憑性を高めるためにより厳密に調査方法を定めた上で被験者を増やしていく必要と考えられる。

Table2: 被験者ごとの回答値

被験者	Table1	Table.2	Chair.1	Chair.2
A	0.80	0.932	0.926	0.871
B	1.07	1.043	1.112	1.07
C	1.049	1.136	1.121	1.10
D	1.073	0.992	0.818	0.747
E	1.04	1.1	0.981	0.974
F	0.882	0.882	1.011	0.968
G	0.924	0.921	0.921	0.908
H	1.118	0.810	1.05	1.107
I	0.86	0.924	0.967	0.932

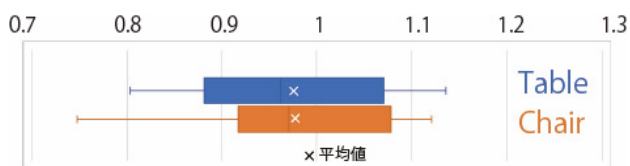


Fig.9: 1が実際の値とした時の回答値ズレの分布

8.今後の展望

今後の展望としては、アノテーションのデータ通信に関して不具合が発生していた事や、レイアウトの問題から、システム自体の改良が必要であると考えられる。

加えて、タブレット端末の利用では腕の負担やCG良いなどが発生することがあり、作業時間の効率化や、ヘッドマウントディスプレイなどの異なるハードウェアでの開発を行っていくことも考えられる。

スケール知覚実験に関しても、データ量が不十分であると考えられるので被験者を増やす必要がある。

[参考文献]

- 1) 張田, "モバイル型ARを用いた景観予測手法の有効性", 日本建築学会近畿支部研究発表会, 2012
- 2) 田中智己, "Webアプリケーションへ展開したARインテリアシミュレータへの評価の分析-建築分野におけるARの活用例に關数研究-", 日本建築学会計画型論文集, 2014
- 3) 鈴木理史, "タブレット端末を利用した拡張現実ツールの開発その1)耐震補強工事の合意形成への適用", 日本建築学会大会額十講演梗概集, 2017
- 4) John-gil Ahn, "Size Perception of Augmented Objects by Different AR Display", International Conference on Human-Computer Interaction 2019