

カメラ付きタブレット端末を使った拡張現実感システムの建築設計教育への応用 その2

～建築 CAD 授業における運用と評価～

○村上祐治*1

キーワード：拡張現実感システム、タブレット端末、建築設計教育、3次元 CAD

1. 背景と目的

近年、建築設計分野で CAD や 3 次元 CG の利用は不可欠となっており、大学等における建築設計演習関連の授業の中にも積極的にデジタルツールが利用されている。また、様々な設計支援ソフトウェアが開発される中、拡張現実感システムという新たな技術が注目されている。

筆者は、前稿^[1]において拡張現実感システムの技術を利用し、試作ソフトウェアの構築により、ラフ模型や完成模型の代替ツールとして利用する教育方法を提案した。

本稿では、建築設計演習と連携した「建築 CAD」の授業において、拡張現実感システムの利用実験の結果を報告するとともに、参加学生の評価結果を考察し、今後の改善の方向性を示すことを目的とする。

2. 建築 CAD 授業における拡張現実感システムの運用

建築設計演習の一般的な授業の流れの中で、ラフ模型制作時点の拡張現実感システムの利用の可能性について検討する。

今回実験を実施する「建築 CAD」という授業は、2次

元及び3次元 CAD、BIM 関連の内容を修得することを目的としている。また、同じセメスター（2年生秋学期）に設計演習授業（授業名：「商業空間の設計」）が設定されており、この二つの授業を連携させる形で、効果的な授業運営をめざした。

前稿の想定段階では、最終模型段階での利用を検討するとしていたが、実際の実験では、比較的初期段階におけるボリュームスタディ段階（ラフ模型制作の段階）の利用に留まった。

3. 拡張現実感システム






拡張現実感については、前稿に示しており、重複は避けるが、実験に利用した拡張現実感システムの概要を述べる。

拡張現実感システムは、ハードウェアと AR マーカー（拡張現実感：Augmented Reality の頭文字を取り、AR マーカーと呼ぶ）の違いにより、合計 5 種類のモードを用意した。

（1）PC カメラモード

（2）タブレット・プレートモード

表 1 AR 実験に用いた各モードの特徴

モード名		ハードウェア環境と AR マーカーの形状
カメラ付きタブレット	PC カメラモード 	パソコンで稼働するモードで、ディスプレイ上部に取り付けた USB カメラで AR マーカーを撮影し、その映像をディスプレイに表示する。利用者は、AR マーカーをカメラにかざす形で操作し、AR マーカーを動かし、向きを変え、その結果をディスプレイのウィンドウで確認しながら操作する。
	プレートモード 	カメラ付きタブレットで稼働するモードで、タブレットを片手で持ち、もう一方の手で AR マーカーのプレートを持つ。両方の手を操作しながらタブレットに映し出される映像を見ながら、見たい向きを決めていく。
	ボックスモード 	タブレット・プレートモードと同じハードウェア環境であるが、AR マーカーの形状が異なる。直方体のボックス状の形をしており、上面及側面 4 面の合計 5 面に AR マーカーが付いたものである。操作は、プレートモード同様に、プレートを片手で持ち、もう一方の手で AR マーカーのプレートを持ち、両方の手を使い、見たい向きを決める。プレートモードとの違いは、上面だけでなく側面からのアングルからのビューイングが可能となる。
	テーブルモード 	タブレット端末を使うことにおいては、上記 2 つのモードと同じですが、AR マーカーを手を持って操作するのではなく、テーブルに設置して利用する。そのため、タブレットを両手で持つことができ、身体ごと移動してタブレットに映る映像を確認する方法で操作する。
	実寸モード 	床に設置した実寸モード用の 1 辺が 20cm のボックス状の AR マーカーで床から 1m の位置に設置される。このマーカーから 3m 程度離れた位置に立ち、これをタブレット端末のカメラで移すことで、実際に床の上にモデルがあるように表示する。ボックス状になっているので、上面だけでなく、側面からのアングルでもモデルを表示することができる。

- (3) タブレット・ボックスモード
- (4) タブレット・テーブルモード
- (5) タブレット・実寸モード

それぞれのモードの特徴、AR マーカーの形状と操作方法を表1に示す。

PC カメラモードは、ディスプレイ上部に USB カメラを設置し、AR マーカーをカメラにかざす方法で利用する。

タブレット端末を利用したものでは、AR マーカーの違いにより4種類を用意した。プレートモードは、一般的に用いられるAR マーカーであるが、ボックス及び実寸モードでは直方体の側面にもAR マーカーを付けたタイプとなっている。テーブルモードでは、上面と側面の2箇所にAR マーカーが付いており、テーブルに設置することを前提に開発したものである。

4. 実験概要

東海大学産業工学部建築学科の学生による評価実験を行った。実験概要を以下に示す。実験は2回行った。

第1回実験では、設計演習の授業とは別に、学生プロジェクトとして夏休み期間に物づくりイベント用の「フォリー」作成の計画段階に拡張現実感システムの実験を組み込む形で実施した。

実験では、AR マーカーの種類を説明し、3次元 CAD システムで設計案を自由に作成し、データ保存、クイックビュー (PC カメラモード)、データ転送、タブレットによるAR 表示を順次行った。

第2回実験では、設計演習授業と連携する形で実施した。集合住宅の課題に対して、住戸単位の構成を検討する段階での利用で、被験者は、3次元 CAD 上に住戸の3次元モデルを配置し、第1回目と同様に、データ保存からタブレットによる拡張現実感システム利用までの一連の流れを実施した。

表2. 第1回 AR 実験

日 時	2011 年 9 月 14 日 15:30~16:30
場 所	東海大学 3 号館建築談話室 (パソコン室)
被 験 者	9 名 (3 年生 5 名、4 年生 3 名、院 1 年生 1 名)
実験内容	フォリー (高さ 2.5m のアーチ状の形態) のデザインを 3 次元 CAD で行い、各モードの AR マーカーを使って AR を表示する。その後、アンケートに回答する。

表3. 第1回 AR 実験

日 時	2011 年 10 月 12 日 15:30~16:30
場 所	東海大学 3 号館建築談話室 (パソコン室)
被 験 者	9 名 (2 年生 9 名)
実験内容	設計演習授業で設計中の集合住宅のブロックモデルを 3 次元 CAD で作成し、各モードの AR マーカーを使って AR を表示する。その後、アンケートに回答する。

アンケートでは、パソコンの USB カメラとカメラ付きタブレットの違い、タブレットで利用する場合のAR マーカーの種類による操作性や感じ方の違いについて質問した。質問項目は以下の通りである。

(1) PC カメラモードとカメラ付きタブレット (図2)

- ① 実際に模型を見ている感覚が持てましたか?
- ② 個人の設計時に使いたいですか?

(2) カメラ付きタブレットの3つのモード (図3)

- ① 実際に模型を見ている感覚が持てましたか?
- ② モデルはスムーズに表示できましたか?
- ③ AR マーカーが画面からはみ出して、表示できなくなることがありましたか?
- ④ 使いやすかったですか?

アンケートは、それぞれ図1のような枠付きのシートに

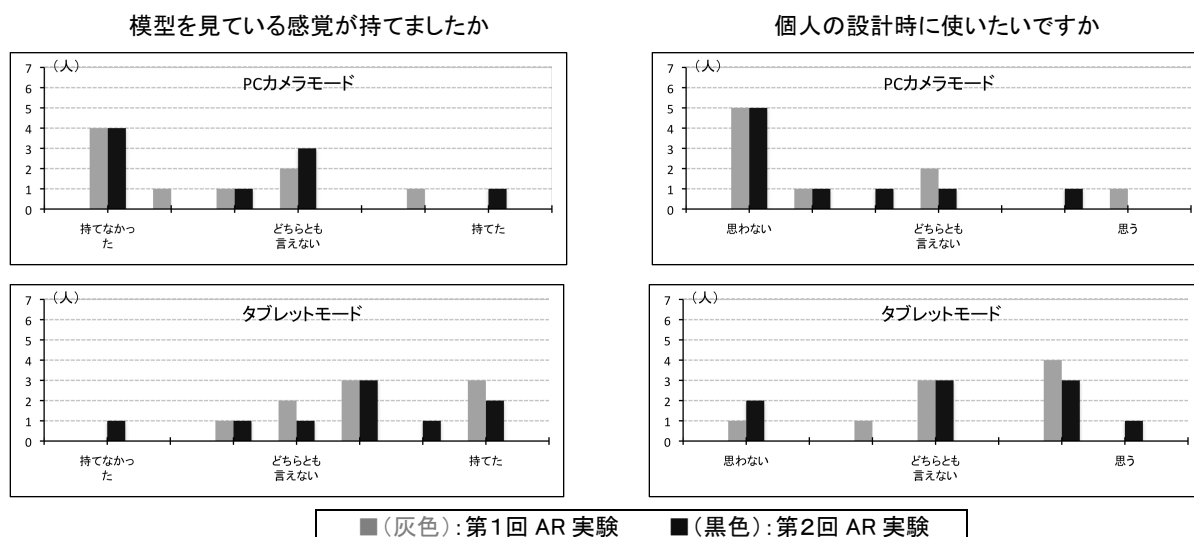


図2 PC カメラモードとタブレットモードの集計結果

モードの番号を記入してもらう方法で行った。各質問に対して、思う／思わない、持てた／持てなかったなどの言葉を用意し、7段階のいずれかを答える方法を取った（図1の①、②の番号はそれぞれPCカメラモードとカメラ付きタブレットを示す）。

また、各設問に対して、自由記述形式による理由を記載してもらうようにした。

模型を見ている感覚が持てましたか？



図1 アンケートの記入用紙

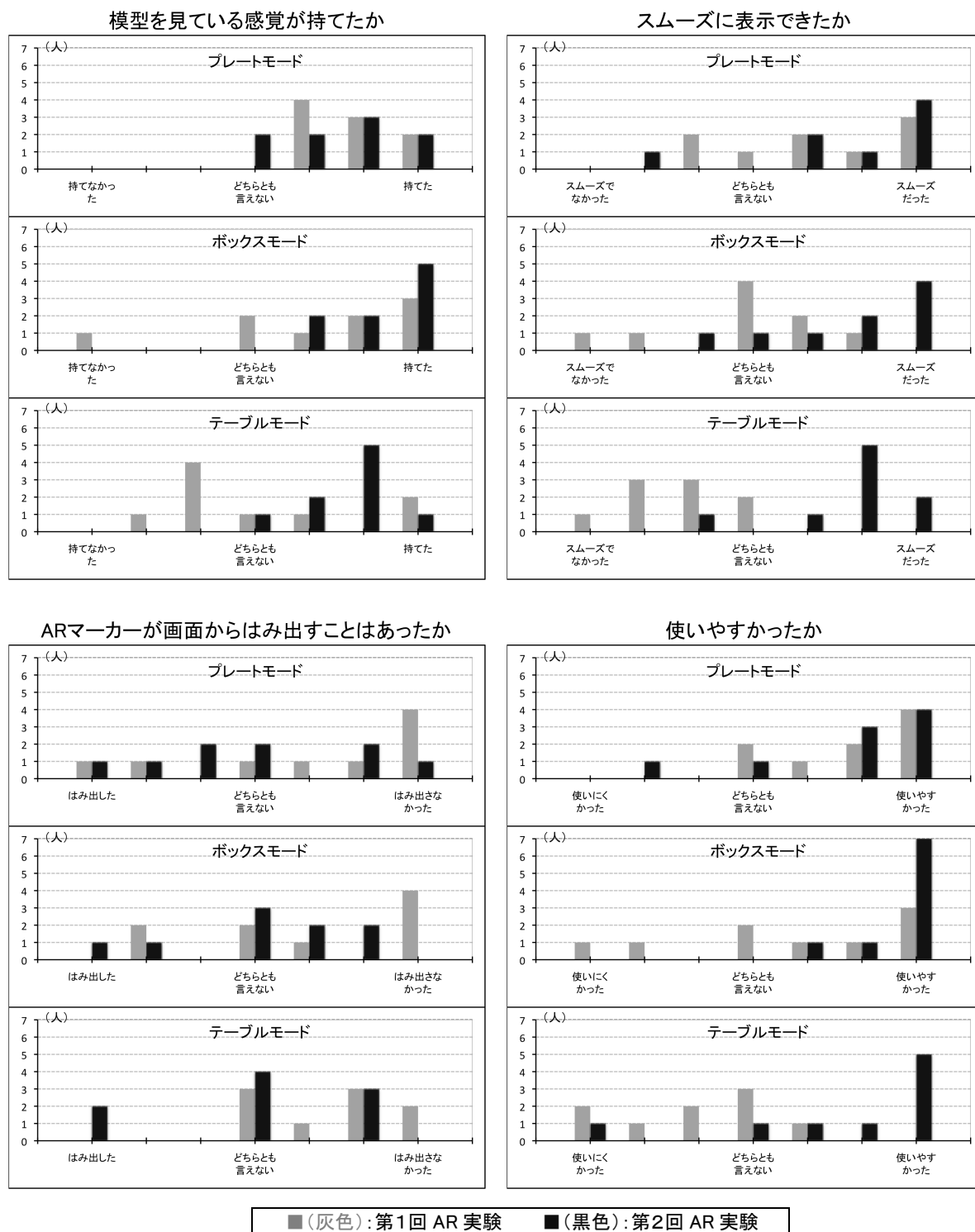


図3 アンケートの集計結果

5. 実験結果の集計と考察

被験者が9名と少ないため、評価を断定することはできないが、それぞれの質問の回答から分かることを、グラフを使って説明する。グラフの横軸は左側に否定的な言葉、右側に肯定的な言葉が用意される。縦軸は人数である。

まず、図2のPCカメラモードとタブレットモードの比較を見ると、PCカメラモードでは模型を見ている感覚がほとんど持てなかったのに対して、タブレットモードでは、9人中1回目が6人、2回目が5人の学生が「模型を見ている感覚が持てた」と答えている。自由記述の理由を見ると、PCカメラモードでは、「カメラの動きと手の動きが逆になり違和感を感じる」と答える人が多かった。

設計作業時に使いたいかという設問に対しては、カメラ付きタブレットにおいては、肯定的な意見が多かったが、過半の人が使いたいというところまでは達していない。

次に、カメラ付きタブレットにおいて、プレートモード、ボックスモード、テーブルモードについて考察する(図3)。それぞれ、表1で示すARマーカーに対応する。

プレートモードは最もハンディな作りになっているため、「模型を見ている感覚」や「スムーズに表示できたか」について良い結果になったが、ARマーカーが画面からはみ出す点については、「はみ出した」と回答した被験者も複数いて、良い結果とはならなかった。

ボックスモードについては、「模型を見ている感覚が持てた」と答えた人が1回目では3人、2回目では5人と、プレートモードよりも多くの人が模型を見ていると感じている。

自由記述の理由を見ると、プレートモードは手軽に移動ができ、最もスムーズな動きが出来たと答えている。一方、ボックスモードについては、アイレベルでのビューイングが可能な点を挙げ、評価している人がいるが、短い時間での実験のため使い方に慣れていないことが原因で低い評価となった被験者がいる結果となった。

テーブルモードでは、1回目の実験では期待した結果を得ることができなかった。「模型を見ている感覚」や「スムーズな表示」において、過半の学生が「持てなかった」と答えている。1回目の実験においては、テーブルに置いたテーブル用マーカーに対して、被験者の多くが立って実験を行っていた。2回目において、タブレットで操作する際に、きちんと椅子に着座し、姿勢を整えた状態で行うように指導すると、「模型を見ている感覚」、「スムーズに表示」、および「使いやすさ」のそれぞれの指標において、格段に良い結果となった。テーブルモードではタブレットの操作方法を適切に指導する必要があることがわかった。

3つのモードに対する自由記述の中で、「マーカーの四隅のいずれかの角がカメラから外れると、一瞬モデルが非表示になる」ことに対して、不満の声が聞かれた。マーカーの角が切れていても、他の角から位置判定が可能であ

れば、そのような状況を生む事がなく、快適な操作が可能となる。

また、ボックスタイプでは横からのアングルを想定して作成したものであるが、上からと横からの切り替え時がスムーズに行われないケースがあり、想定以上の効果を出すことができなかった。

最後に、実寸モードについて考察する。このモードは、地面上か高さ1メートルの位置に上面、側面4つのそれぞれのARマーカーが記載されたボックスを置くもので、実際の大きさを体感することができる。実寸モードについては、1回目の実験のみ行った。カメラ付きタブレットを手にとって画面を見るときに重畳するCG画像が手の微妙な動きに対応して、震えるように動くことがあり、この動きに対しては改善の必要がある。

6. まとめ

本研究では、拡張現実感システムを設計初期段階に導入する提案を行った。建築模型の代替としての利用を想定し、現実の映像に3次元CGを重畳表示するシステムを提案し、有効な表示モードをアンケートにより調査した。

パソコンのUSBカメラよりも、カメラ付きタブレット端末で見の方がより「模型を見ている感覚がある」と回答している。また、手に取ってみるプレート状のARマーカーとボックスタイプが模型を見ている感覚が持てたと回答している。但し、テーブルモードについても、姿勢を正すことで、良い評価となっている。

自由記述形式の理由で、手ぶれ防止機能やARマーカーが画面からはみ出てモデルが表示されないことがあるなどの指摘があり、改善が必要である。

また、自ら作成した3次元モデルを簡単な登録操作をするだけで、手に持った模型のような感覚を得ることができることは、設計を学ぶ学生への教育効果を期待することができる。今後、多くの設計授業での運用を通して、使いやすいシステムへと改善を図る予定である。

【参考文献】

- 1) 村上祐治, カメラ付きタブレット端末を使った拡張現実感システムの建築設計教育への応用、日本建築学会第34回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 2011. 12, pp. 291-294
- 2) 村上祐治, 建築設計教育のための拡張現実感システムの構築と評価, 2011, 日本産業技術教育学会九州支部
- 3) 橋本直, ARToolKit 拡張現実感プログラミング入門, 2008, アスキー・メディアワークス
- 4) 谷尻豊寿, ARToolkit プログラミングテクニック, 2010, カットシステム
- 5) 山田 祐輝 加戸 啓太 平沢 岳人, AR/MR インテリアシミュレータの実用性の検証, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2009. 8, pp. 487-488

*1 東海大学 産業工学部建築学科 教授・博(工)