

現場体験型 AR による空間検証ツールの開発

店舗空間を対象として

Development of a spatial verification tool using onsite AR

For retail space planning

○川角 典弘^{*1}, 上道 礁瑚^{*2}
Norihiro KAWASUMI^{*1} and Shogo UEMICHI^{*2}

^{*1} 和歌山大学システム工学部システム工学科 講師・工博

Lecturer, Department of System Engineering, Wakayama University, Ph.D.

^{*2} 和歌山大学大学院デザイン科学クラスター 大学院生

Graduate, Graduate School of Design Science Cluster, Wakayama University

キーワード: 拡張現実; オンサイト; 施設計画; 討論支援

Keywords: Augmented Reality; on-site simulation; facility planning; discussion support

1. はじめに

建築設計や計画段階でのコンピュータグラフィックス (以下, CG) による設計対象の可視化とシミュレーションは, 既に一般的な手法として技術的にも確立されつつある。図面や模型に次いで, 事前の試作や検証が困難な建築設計を強化し, 仮想現実 (以下, VR) や拡張現実 (以下, AR) などにより, より臨場感やスケール感を伴う空間検討を可能にしている。我々の研究室でも, AR 技術を活用した模型表示をメタファーとした多人数での参照が可能なインタフェースの開発¹⁾や現場体験 (オンサイト) でデジタルモデルを表示しながら, 仮想空間上に直接, アノテーション (注釈) を付記する検証支援ツールの開発²⁾に取り組んできた。これらのシステム環境では, モニタディスプレイに表示された画像を参照する単一視点での討論ではなく, 多人数で様々な視点から見たデザイン検討や既存施設や環境との比較や整合性をオンサイトで確認できるなどの成果があった。一方, 実物の施設が持つ大きさや幅員などのスケール感覚, 周囲の状況や現実の環境に置かれた場合のデジタルモデルの整合や表示精度の点で課題があり, また多人数のユーザが現地で設計案を確認する際の討論, 検証機能の拡充とインターフェースの操作性向上といった課題があった。本研究では, 既報³⁾の商業施設における万引き防止のための店舗計画支援で得た知見をもとに, 現場体験型 AR 表示による施設検討支援ツールの開発に取り組む。このツールは, タブレットなどのモバイルデバイスで動作し, モデルと実際の空間の位置関係を, 深度計測を行って表示することで違和感が生じないようにしたほか, 表示モデルを比較できるようにモデルの切り替え, 計測, 各種のアノテーション機能に加え, Web データベースと連携させることで, 施設計画を行う上での様々な検証を可能にすることを目指す。

2. AR を活用したインテリア検討の先行事例

AR での現場検証型ツールの開発事例には, 林⁴⁾らのマーカー型 AR による家具やマテリアルを現場で表示するツールや中林⁵⁾らによる建築・インテリアの位置を現場に合わせて再現し, 実スケールで体感できるツールの開発がある。また田中⁶⁾らは, AR によるインテリアシミュレータの開発で, モデル表示の整合性, ツールの操作性, 空間体験の満足度を評価している。AR 表示を活用した多人数参加による共同作業について, Kymäläinen⁷⁾がその技術的課題について考察し, 現場と AR 表示の照明条件を同じにする, 家具の種類と数が豊富であること, それらの検索や管理機能の重要性を述べている。本研究では, 検討対象毎に用意したモデルを階層的かつインタラクティブに操作し, 実スケール感覚で体験できることを目指す。

3. 現場体験型 AR による空間検証の課題

オンサイト型 AR は, ユーザーが感じる空間の広がりやモノの大きさといったスケール感を捉えやすいこと, VR と異なり, 検討対象を全てモデリングする必要がないこと, 周囲からの見え方など, 現場の状況と重ね合わせた検討が可能なが挙げられる。既報²⁾の AR 表示ツールを用いた検証では,

- 対象の大きさを現実の空間と比較して把握しやすい
- 現地では, 複数の参加者が異なる視点で検討するため, 計画上の課題や問題を見つけやすい
- デザイン提案の具体的な使い方をイメージしやすいなどの評価が出された。一方で,
- 他人の見え方や注視する箇所がわかりにくい
- 気づいたことやコメントを即時共有ができないので, 共同での検証作業がやりにくい。などの課題が明らかとなった。

4. 現場体験型 AR による施設検討ツールの提案

以上の既存ツールを使った検証結果から、AR を用いたオンサイトでの空間検証に実装・強化すべき機能を以下のように設定した。

- 複数の比較モデルの切替や配置を変更できる表示機能
- 寸法や幅、高さの計測と比較対象の表示での計測機能
- コメントや他者の視線を即時可視化する共同作業機能
- コメントや注釈などを履歴として保存し、参照できるアーカイブ機能

提案ツールが想定するモデルと操作の概要図を示す。

(Fig. 1) 検討対象となる計画案は、既存 CG ツールのレイヤ構造に対応し、それぞれの部位や配置を階層化してツールに取り込む。それぞれの部位は、本ツール上で簡単なジェスチャ操作で配置や向きを編集を行う。次に実装する補助機能として、計測 (Scaling) と共同作業機能を追加する。モノの大きさや動きを検証できるシェイプ (人型などのモックアップ) や計測のためのポール、2 点間指定のメジャー計測表示を行う。(Fig. 2)

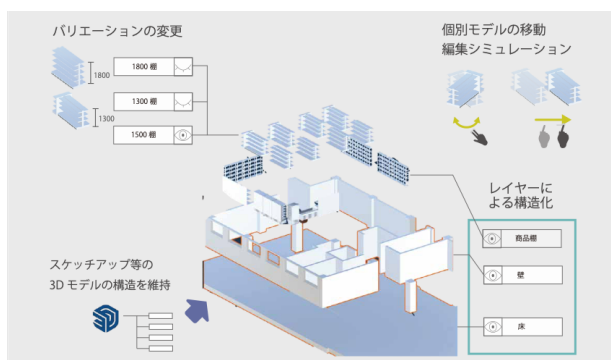


Fig. 1 提案ツールによるモデル構成と操作の概念図



Fig. 2 シェイプ、ポール、2 点間での計測機能

共同作業 (Collaboration) 機能では、複数人数の利用者が同じモデルを表示しながら討論を行うことを想定し、利用者が注視している箇所を視線として表示する機能、気がついたこと、意見をアノテーションとして、直接、仮想空間上に書き込める機能の開発を行い、Web 上のアーカイブで随時、参照できるようにする。(Fig. 3)

本研究で提案するオンサイト型空間検討ツールは、iOS 対応タブレットの利用を想定し、ゲームエンジンの開発プラットフォームである Unity (2020.3.9f1) で開発を行った。

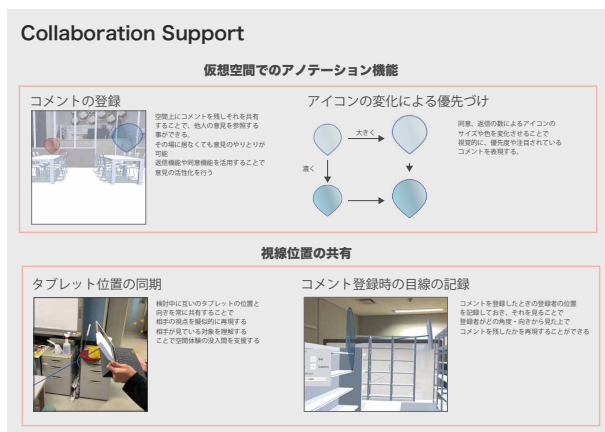


Fig. 3 コメント共有と視線可視化による共同作業支援 AR モデル表示は、マーカーレスの Unity AR Foundation 及び AR kit XR Plugin ライブラリを使用している。コメントやアノテーションの保存と共有のためのデータベース (以下、DB) は Claris 社の FileMaker Server で PHP を使って直接、本ツールから DB へのアクセスを可能としている。AR 表示モデルは、SketchUp や Autodesk Revit で作成し、本ツールに取り込む。本ツールの開発環境、実装機能、FileMaker Server 及び PHP を利用したシステム全体の概要を示す。(Fig. 4) 表示デバイスは、深度計測可能な LiDAR スキャナ対応の Apple iPad Pro (12.9inch, iOS12.1) を使用した。

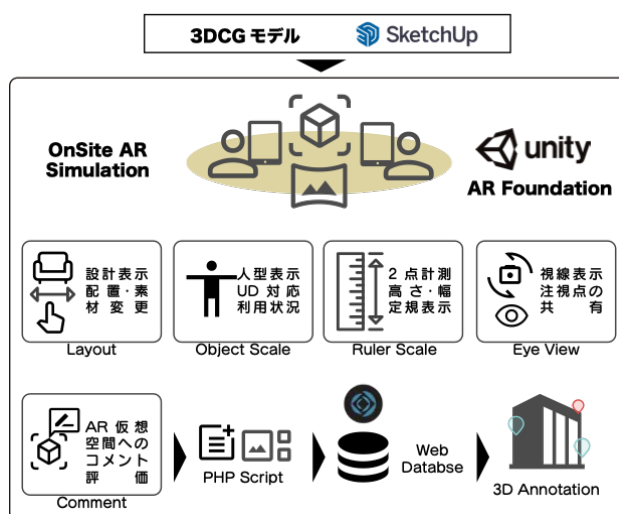


Fig. 4 3DCG モデルから本ツール及び DB の連携概要

5. オンサイト型 AR 空間評価ツールのワークフロー

本ツールの操作手順を示す。ログイン後、「Home」画面ではカメラが起動、モデルを表示させる平面を検出する。タップ操作で位置を決めた後、モデルの大きさや向きを 1 本指のスライド、2 本指の回転や拡大操作で調整し、配置を行う。(Fig. 5) 画像中の番号 1 から 4 はモデル、平面検出の表示切り替え、5 は高さ、8 はパーツの表示/非表示の選択と切り替えを行う。

オブジェクト表示では、対象空間の大きさや検証を行う

ためのシェイプを表示する。(Fig. 6) シェイプは、男女のシルエットのほか、車椅子や商品陳列棚 (図中の番号 2) を選択、画面上にドラッグして配置を行う。

シェア (視線共有) 表示は、他のタブレット端末の向きを可視化し、視線の向きが青い線で表示される。(Fig. 7) ピアツーピア通信なので、同じ空間を検証している協力者が視点を共有しながら、検討を行うことを可能にした。

メジャー (計測) 表示は、AR 表示モデルを参照して寸法を計測できる。(Fig. 8) 計測箇所を 1 点目、2 点目と指定、長さが計測され、AR モデルに表示される。

コメント表示は、仮想空間上に直接、アイコンを表示し、アノテーション (注釈) を記録する機能である。(Fig. 9) 注釈を残したい箇所 (図中の番号 1) をタップするとコメント入力サブウィンドウが表示される。ユーザは、タイトル、コメント、評価カテゴリを入力、確定させることで、データベースにコメントが保存されると同時に、空間上にコメントアイコンが表示される。他のユーザの画面にもコメントアイコンが表示されるので、コメントに対する同意や評価といった返信を随時行い、同意や反対に対する状況を示すマーク (図中数字 3) が表示される。(Fig. 10) コメントアイコンは、返信や同意の数が増えるに従って大きく、色が濃く表示されるように設定してあり、コメントアイコンが増えても見逃しが生じないように配慮している。(図中数字 7)

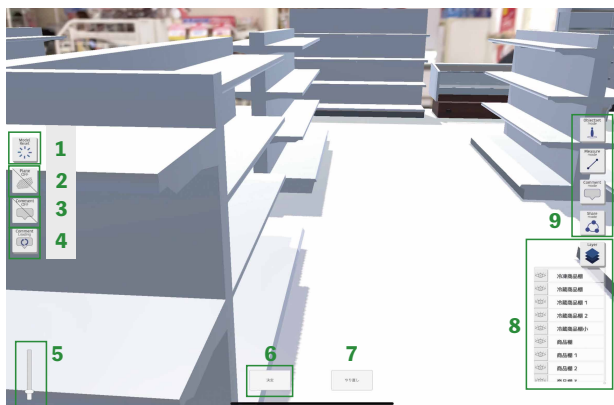


Fig. 5 Home画面での位置合わせとメニュー表示

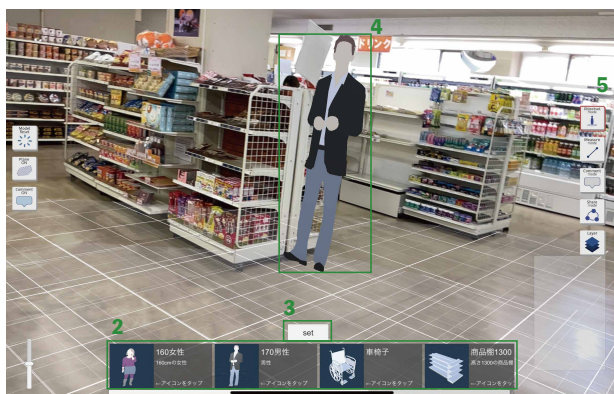


Fig. 6 人型シェイプによるオブジェクト表示

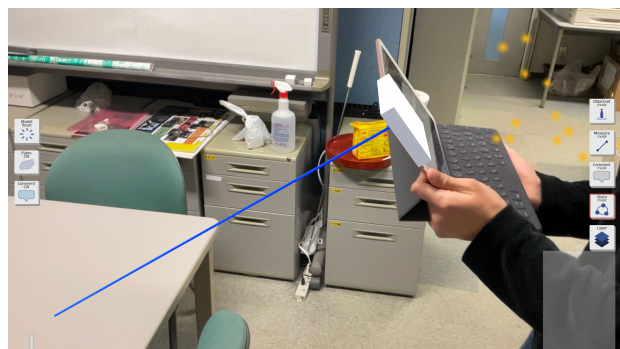


Fig. 7 青い線で視線を確認するシェア表示



Fig. 8 赤い線で長さを表示する計測表示

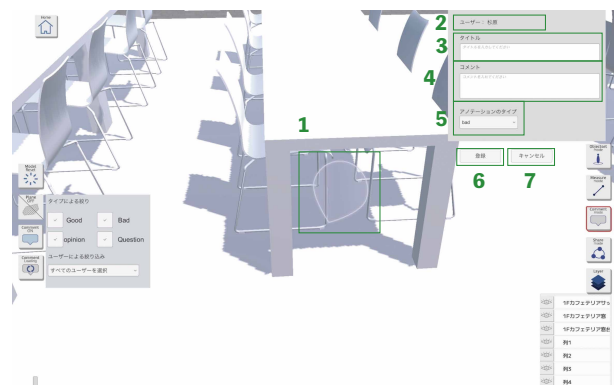


Fig. 9 空間上に直接書き込むコメント表示



Fig. 10 返信で大きさや表示が変わるアイコンとマーク

6. 店舗空間での検証実験

提案ツールの操作性、空間体験と多人数による検証作業

について評価するため、評価実験を行った。検証対象は、和歌山大学生協購買部の店舗空間とし、学生による被験者 9 名が本ツールをインストールしたタブレット端末で実際の店舗で AR モデルを表示する。生協購買部店舗の商品陳列棚の高さや配置を AR 表示して検討を行う。(Fig. 11)

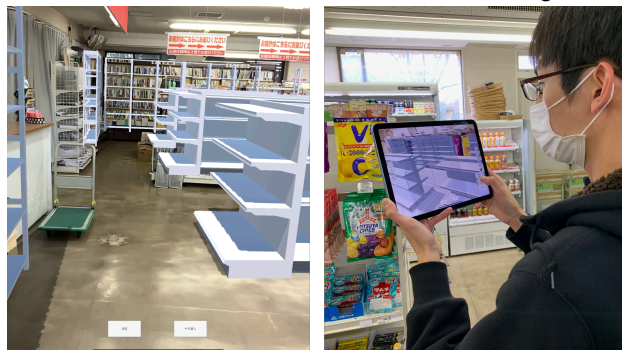


Fig. 11 購買部店舗での AR 表示と検証実験の様子

実験手順は、被験者にツールの基本操作を 10 分程度説明した後、店舗内を自由に移動しながら、商品陳列棚の高さ、間隔、店舗内での見え方や感じ方を検証し、コメントを残していく。商品陳列棚の高さは、現状 1500mm と比較するため、目線を越える 1800mm、現状より低い 1300mm の 3 タイプを用意、本ツール上で切り替えながら店舗空間内での視線の抜け方や雰囲気の評価を行う。

体験後に本ツールのインターフェースのわかりやすさや空間表示に関する操作性、AR 表示で正しいスケールや空間把握ができたかどうかの体験性、視線共有やコメント機能を使ったグループ作業支援についてアンケートとヒアリング形式のインタビューを行なった。1~5 段階で評価を行なった体験性、操作性、討論支援に関する結果を示す。

(Table. 1)

Table. 1 体験、操作、討論に対する評価結果

設問		平均
空間表示の体験性	Q1-1 (家具や設備の)形や大きさが分かりやすい	4.33
	Q1-2 (家具や設備の)素材の質感がわかりやすい	2.77
	Q1-3 (家具や設備の)陰影があって立体的に感じられる	4.22
	Q1-4 空間全体に奥行きを感じられる	4.33
	Q1-5 家具や設備の配置に間隔(余裕)があるかわかった	4.67
	Q1-6 AR 表示は違和感がない(現実と溶け込んでいるように感じる)	2.88
ツールの操作性	Q2-1 タブレットをかざして見たい場所を確認できた	4.22
	Q2-2 表記機器の画面サイズは十分だった	4.22
	Q2-3 表示のずれや画面のちらつきが気になった	3.67
	Q2-4 モデルの位置の移動はスムーズに行えたか	4.11
	Q2-5 歩きながら視点を変えることが簡単にできた	4.67
	Q2-6 腕の疲労や酔いを感じる	2.44
討論の支援	Q3-1 AR 表示で家具や設備が実際に使われる状況を理解できた	4.00
	Q3-2 家具の配置案の比較がしやすかった	4.22
	Q3-3 静止画の CG パースに比べて、自由に視点を換えられることがわかりやすい	4.44
	Q3-4 グループ(多人数)で AR モデルを見ながら議論や検討がしやすかった	4.11

空間をその場で感じる体験性(Q1~6)は、高評価だが、テクスチャや色合いなどのレンダリング品質が低評価で、平均 3.9 の結果となった。モーションセンサーで視点変更や歩行体験が可能なタブレットの操作性も同様で、位置のズレも比較的高評価となったが、画面の揺れやちらつき、タブレットを目線レベルに揃える操作性が低評価のため、こちらも平均値 3.9 となった。討論支援機能は、使われる状況や商品陳列棚の高さの比較、コメントの表示に加え、AR 表示の多人数・多視点の討論が行いやすいとの結果を得て、平均 4.2 の高評価となった。

7. まとめと今後の課題

本研究では、AR による現場の状況に合わせた体験型空間検討ツール開発について述べてきた。このツールでは、マーカーレス AR で施設や家具の表示を行える、グループ検討を想定した注釈や視線可視化などでオンサイト(現場)での共同作業を強化することを試みた。大規模な施設改修や店舗改装では把握が難しい改修計画後の空間の関係を理解しやすくなり、店舗計画で事前に考慮すべき視線の抜けを実際の施設で検証できることが利点である。

一方、タブレットデバイスでは、表示画面が限定される、操作の煩雑さは否めない。透過型 HMD やレンダリングの品質や陰影の向上など、現実空間に適合した AR 表示にはまだ十分に対応しきれなかった。違和感のないレンダリングでの AR 表示は、今後、Unreal Engine などの建築向けの高品質なゲームエンジンへ開発環境を移行することで対応していく予定である。本研究は JSPS 科研費 JP23K11742 の助成を受けたものです。

[参考文献]

- 1) 関谷拓人他:AR を活用したテーブルトップ型デザイン評価支援システムの比較検討、日本建築学会第 44 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、pp531-534、2021
- 2) 輪玉隼也他:オンサイト型 AR による空間体験と評価に関する考察、日本建築学会第 44 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、pp583-586、2021
- 3) 川角典弘他:空間構成と可視領域の分析による万引き防止空間の研究、日本建築学会第 45 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、pp204-209、2022
- 4) 林真也、村上祐治、「AR 技術を用いたインテリアコーディネート支援システムに関する研究」、日本建築学会九州支部研究報告 第 55 号、2016
- 5) 中林拓馬他、「大規模空間において実寸大表現が可能な拡張現実感システムの開発」、日本建築学会計画系論文集 第 76 巻 第 667 号、pp1753-1759、2011
- 6) 田中智己他、「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」、日本建築学会計画系論文集 第 79 巻 第 698 号、pp.1063-1069、2014
- 7) Tiina Kymäläinen et al, "Co-Designing Novel Interior Design Services that Utilise Augmented Reality: A Case Study", Second International Symposium on CCGIDIS 2012