

非同期・多視点によるデザイン検討支援システムの提案

○中尾 俊祐*¹ 川角 典弘*²
 稲田 優史*³ 長井 亮太*¹

キーワード：AR 非同期 討論 多視点 協働作業 デザインシステム

1. 研究背景と目的

デザイン検討段階では、複数の討論参加者による知見を集め、問題点を多面的に検証する必要がある。CG シミュレーションはデザイン対象を写實的に視覚化し、評価できる利点をもつが、検証作業で一般的に利用されるモニタやプロジェクトによる画面表示環境は、討論参加者全員で共有した単一視点での検証であり、参加者の人数が増えるにつれ、閲覧の自由度は低くなる。また、デザイン案を現場（オンサイト）で確認し、他の討論参加者の意見を同時に確認することで、周囲との関係に気づくことが期待できる。

現在、行政と専門家による都市計画に代わり、市民が積極的に参加できる討論の形として「参加型まちづくり」が注目されつつある。参加型まちづくり討論を行うにあたって、その目的は地域住民の意見を行政やまちづくりに反映することである。これに対してワークショップなどの対面討論では、参加人数に制限があるため人数が少なくなることやステークホルダーなどの特定の人物の考えや発言が優先されるため意見の偏りが起こりやすい。時間的な制約をなくすことや誰もが気軽に参加できる仕組みづくりによって、より多くの参加者の関与を促し参加型まちづくりへの応用を期待されている。

本研究では、拡張現実技術（以下、AR）と Web データベースを用いて、参加型デザインを支援する非同期・多視点による討論支援システムの開発と評価について述べる。

2. 拡張現実を利用した非同期デザイン討論モデル

複数人での利用を想定した情報共有のためのグループウェアでは一般的に時間的、空間的特性による分類がされている。グループウェアの分類とその具体例のマトリックスを表 1 に示す。時間的な特性としては同じ時間での利用を示す「同期型」と別時間での利用を示す「非同期型」があり、空間的な特性としては同室空間での利用を示す「同室型」と別空間での利用を示す「遠隔型」が存在する。

表 1. グループウェアの分類とその例

		空間	
		同室	分散（遠隔）
時間	同期	電子会議室	電話 テレビ会議
	非同期	掲示板	Web サービス メール

既報研究では、テーブルトップに AR モデルを表示し、模型を眺めるようにデザイン検討を行える同室型討論環境 [1]、サインや什器の配置を AR モデルで確認しながらオンサイトで行える屋外型討論ツールの開発を行ってきた。これらのツールは、参加者が 1 台ずつの端末を自由に操作できるが、基本的に一緒に作業する同期・多視点での討論であった。

本研究の新規性は拡張現実を用いて且つ、非同期同室型の討論支援システムという点である。拡張現実を用いることで一般の参加者へ提案の想像を容易にさせ、状況や完成イメージの理解を得ることで合意形成に効果があると考えた。開発システムには、より多くの討論参加者が時間的な制約を超えて参加でき、かつ実際のデザイン案の設置場所を検証できるよう、3次元空間上へのアノテーション（注釈）機能と移入者の視点位置を共有、別の参加者が参照できるコメント共有機能の拡充を行った。

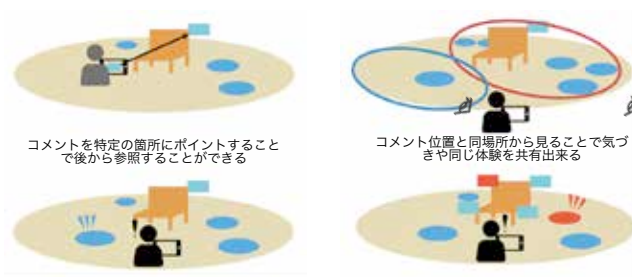


図 1. 3D アノテーション機能（左）視点共有概念図（右）

3. 拡張現実を利用した非同期討論システムの開発

システム開発はタブレット端末対応アプリ構築に Unity、マーカーレスの AR 表示が可能な Kudan SDK ライブラリを採用、討論参加者のコメント記録と共有は MySQL データベースを利用する。閲覧モデルの作成は SketchUp で行い、アプリに組み込んだ。本研究で開発した非同期・多視点討論システムの概念図を示す。（図 2）システムでは検討するモデルについてのアノテーションとコメントを関連させてデータベースに保存する。Unity で作成したシステムとデータベース間のデータのやり取りには PHP を用いる。サーバー側に設置した PHP スクリプトに対して Unity から ID、名前、ポインタ座標位置、視点位置、日時などのデータを送信し、受け取った PHP スクリプトがデータベースにデータの登録、参照を行う。

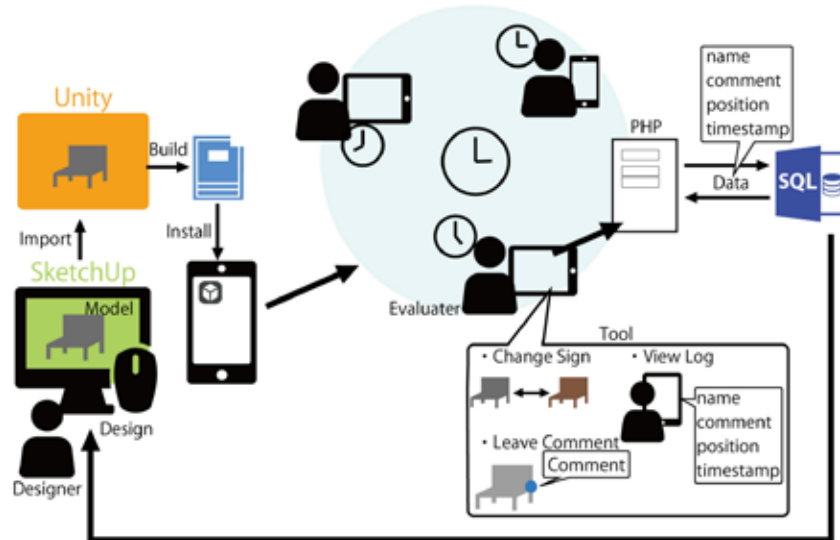


図 2.タブレット端末の AR 表示と RDB の関係概念図

表 2.データベースの構造

フィールド名	種別	照合順序	説明
id	int(11)		コメント番号
name	text	utf8 unicode ci	コメント登録者名
modelnum	int(11)		モデル番号
cmtposx	float		アノテーションの x 座標
cmtposy	float		アノテーションの y 座標
cmtposz	float		アノテーションの z 座標
comment	text	utf8 unicode ci	コメント内容
timestamp	timestamp		投稿日時
stdposx	float		視点位置の x 座標
stdposy	float		視点位置の y 座標
stdposz	float		視点位置の z 座標

ポイントと視点の登録,参照は以下のような手順で行った.

1. 画面のタップによるオブジェクトの選択
 2. 選択したオブジェクトの世界座標に対してコメントを生成,カメラ座標に視点を記録
 3. 各ポイントの座標をデータベースに登録
 4. データベースから座標を受け取り,ポイントを生
4. 開発システムの画面と機能

討論支援システムの画面設計について本システムは三つの画面から成り立っており,想定する操作の流れの順に画面遷移する.操作手順はまず「Move Mode」でモデルの表示および配置を行う,討論参加者は試作した CG モデルの AR 表示を切り替えながら検討する.(図 3) この画面では表示するモデルについて向きや場所を動かすことができる.モデルは 2 本指で回転,スワイプ操作で拡大縮小,ドラッグすることで移動ができる.次に「Comment Mode」で注釈コメントをデータベースに追加,デザイン対象のコメントを AR 表示空間上にアノテーションとして残すことになる.表示したモデルをタップすることで,タップした位置にアノテーションが,コメント追加者の視点の位置に視点ポイントが表示される.アノテーションの位置を調節し,投稿者名を記入,コメントを記入しデータベースに情報を送信して保存を行う.(図 4)



図 3.AR 表示と基本メニュー

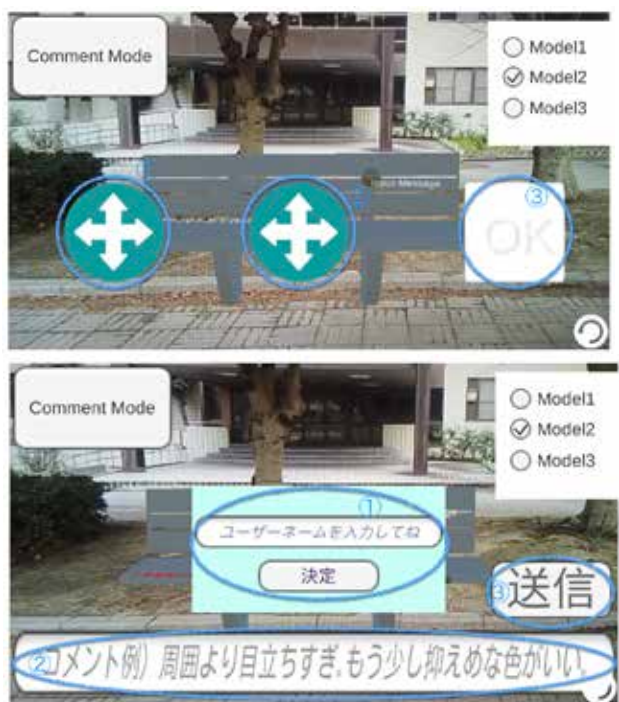


図 4.3D アノテーションとコメントの編集画面

最後に「View Mode」で登録されている他の参加者のコメントを参照する。討論参加者は、同じ場所で AR モデルのデザイン案を参照すると他の参加者が残した 3D アノテーションが表示され、どのポイントに注目したかを参考に自身の評価を追加できる。(図 5) 表示されたモデルには、コメント、注釈場所を示すポインタ、コメント登録時の立ち位置を示す視点エリアが表示される。それぞれのポイントをタップにより選択することで、対応するポインタが変色し、どの立ち位置からどのコメントを残したのか提示される。



図 5. アノテーションの参照画面

5. 開発システムの検証実験

開発したシステム環境の有用性を検証するため、大学キャンパス内に什器（ベンチと街路時計）を配置する討論実験を行った。使用したモデルについては表 3 にまとめる。学生被験者 9 名を A, B グループに分け、同期討論とオンサイトでの非同期討論を交互に行った後、アンケート及び発話数（コメント数）の比較を行った。アンケートでは主な分類として使い勝手、機器、表示機能、討論の 4 項目を細目化した全部で 38 項目についての 5 段階評価を行った。同期同室型のデザイン討論では屋内の議論スペースに被験者グループを集め、AR によるモデル表示のみを行う既存システムで討論を行った。また、追加情報として大学構内の設置地点の説明、ロケーション写真を 3 枚渡した。(図 6) 非同期デザイン評価では構内の設置地点に被験者グループを集め、AR モデル表示とコメント閲覧機能を実装した提案システムを構内の実際の地点で議論させた。時間を区切り被験者の各個人のタイミングでデータベース上にコメントを残すことを指示した。(図 7) 双方とも討論時にはどのような使い方が出来るか、周囲との調和、この場所で使いたいと思うかの 3 点を議題にした。



図 6. 同期同室（対面）型のデザイン評価



図 7. 非同期デザイン評価

表 3. 検討に使用したモデル

モデル名	モデルの外見	モデル名	
Bench1		Clock1	
Bench2		Clock2	
Bench3		Clock3	

6. 開発システムの評価

実験終了後のアンケートによる評価点の平均値を図 8 に示す。得た評価値については t 検定を用いた有意差の判定を行った。表 4 に示す 3 つの項目について有意水準 5% で有意差が見られた。提案システムの方が、実際に設置された際の視点共有がしやすいという結果が得られた反面、機能を追加している分使い勝手が手間であるという結果が得られた。発話数、コメント数の結果を表 5, 6 に示す。比較すると、同期対面での討論に見られる傾向としては発言回数の多い二人の発言が場の意見として目立った。討論の進み方は A グループでは A2 と A4 が、B グループでは B3 と B4 が中心となって気づきや考えを投げかけ、それに周囲が連想した結果を答える形が多く見られた。一方、非同期では提案システムによる投稿数は少なくなったが他の参加者

の発言に自身の発言の機会が影響されないため横並びになった。非同期では同期のように顔を合わせて会話することがないため、特定の参加者からの発言数のみ増加することは減った。

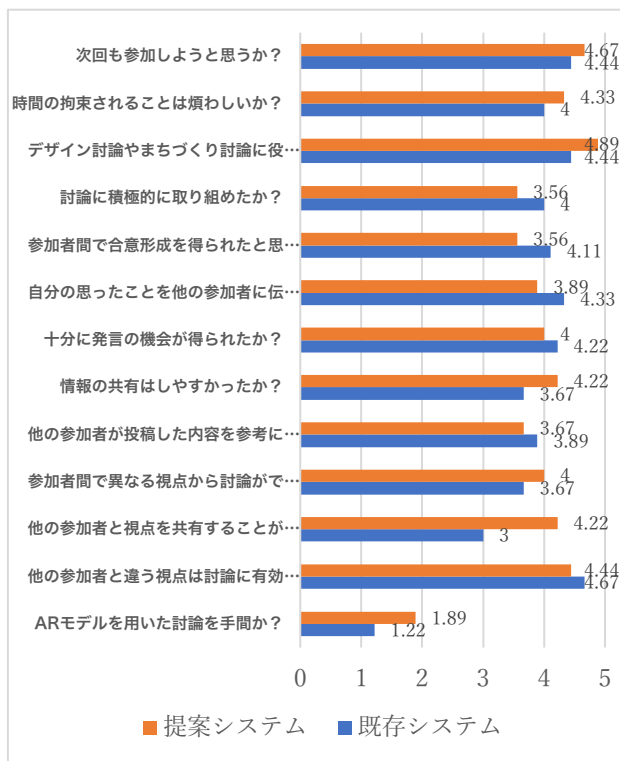


図 8.同期・非同期での作業環境比較アンケート結果

表 4.t 検定による有意差が出た項目

質問項目	平均値		検 定 確 率
	既存	提案	
実際の空間をイメージすることができたか？	3.44	4.67	0.0273
AR モデルを用いた討論を手間だと感じたか？	1.22	1.89	0.0163
他の参加者と視点共有することができたか？	3.00	4.22	0.0322

AR モデルを活用したデザイン討論では、視点の共有や空間上にコメントを残す機能が新鮮で、不特定多数の意見を集めるまちづくりに活用できる点が評価されたが、対面での会話がないため、参加者間の評価の優先度や合意形成がやや不向きとの意見があった。一方で、発言によらず、視点とコメントを残すことで、参加者の積極的な関与を促すと考えられる。

表 5.同期対面討論における発言数と発言数割合

A グループ			B グループ		
参加者	発言数	割合	参加者	発言数	割合
A1	6	8.3%	B1	14	17.3%
A2	26	36.1%	B2	15	18.5%
A3	14	19.4%	B3	25	30.9%
A4	26	36.1%	B4	27	33.3%
A5	0	0.0%			
計(回)	72	100.0%	計(回)	81	100.0%

表 6.提案システムへのコメント投稿数と投稿数割合

A グループ			B グループ		
参加者	投稿数	割合	参加者	投稿数	割合
A1	3	27.3%	B1	2	14.3%
A2	1	9.1%	B2	1	7.1%
A3	3	27.3%	B3	7	50.0%
A4	3	27.3%	B4	4	28.6%
A5	1	9.1%			
計	11	100.0%	計	14	100.0%

7. 総括と今後の課題

本研究では、AR によりデザイン検討対象をオンラインで検証できるツールに、3 次元アノテーション及びコメント機能を追加することで、非同期でより多くの討論参加者が協働作業を行えるシステム環境の試作と評価を行った。評価結果からも、AR モデルの参照で現場を含めた周囲の状況が確認でき、環境を含めた検討が行える、他の参加者の視点や注目した箇所を参照できることは、参加型デザインに有効と考えられる。

一方で、AR モデル表示にずれやばらつきがあるため、操作がやや煩雑であること、アノテーションを残す空間位置の指定が面倒など操作性の改善が今後の課題と考えている。2 次元の画面操作では 3D モデルの移動のような 3 次元的な空間操作を行う際には煩雑な手順になることが明らかになった。そこで、掴んで置くような手のジェスチャによる操作を実現することで、より直感的な操作形態にすることが課題である。本研究は JSPS 科研費 JP25350012 の助成を受けたものです。

【参考文献】

- [1] 佐藤優美,川角典弘他,「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」,H28 年度日本建築学会近畿支部研究報告集計画系第 56 号
- [2] 佐藤優美,川角典弘他,「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」,第 39 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集
- [3] 佐藤優美,「参加型まちづくりにおける拡張現実を利用した非同期同室型討論システムの提案」,2017 年度和歌山大学大学院修士論文
- [4] 大西康伸, 両角光男他,「意思決定支援を目的としたウェブ 非同期討論ツール DesIBo のコメント機能拡充 - 協調設計のための意思決定支援ク ープ ウェアに関する研究その 2」,学術講演梗概集. E-1, 建築計画 I, 2007
- [5] 佐藤滋,「まちづくりデザインゲーム」,学芸出版社 2005 年

*1 和歌山大学大学院

*2 和歌山大学システム工学部 講師・工博

*3 和歌山大学システム工学部