

令和元年6月10日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00708

研究課題名（和文）デジタルメディアを活用した多視点・協同型デザイン討論支援環境の構築

研究課題名（英文）Co-active Design Support Environment and Tools using with Digital Media

研究代表者

川角 典弘（KAWASUMI, NORIHIRO）

和歌山大学・システム工学部・講師

研究者番号：30252547

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：仮想空間を活用したデザイン支援システム環境とツールの開発を行った。特に設計業務の非専門家でもデザイン検討過程に参画できることを目指し、設計・討論プロセスをグラフデータベースで記録・可視化して初学者も設計作業全体を俯瞰できる履歴アーカイブ、煩雑な3次元モデリングを直感的なジェスチャやパラメータ編集で実現するデザインインタフェース、実空間とCGを同期表示する強化現実空間内で、空間活用の問題点や気づきを「注釈」（アノテーション）で描き込める討論支援ツールを開発した。評価実験では、従来手法や技法に比べて優位であることが検証でき、デザイン支援領域におけるデジタルメディア活用の問題点を整理できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

情報技術の発達と共に、デザイン計画分野へのデジタルメディア導入は容易となったが、デザイン実務に活かすためには、まだ技術やツールを使いこなす知識と習熟が必要である。本研究では、非専門家も加わった多人数・多視点による参加型デザイン技法を見据え、より多くの知見を集約したものづくりを支援するシステム環境やサービスについて検討した。特に3次元モデルの構築や仮想空間による体験ツールの開発は、デザイン対象の理解と問題解決に至る合意を円滑に進める上での課題を明らかにし、デザイン業務のデジタル・システム化に貢献できたと考えている。

研究成果の概要（英文）：In design projects, it's important to create the practical solutions through collaborative working by participants. However, digital technologies are not well optimized and adopted for these collaborative activities. In this research, we aim to propose and develop the digital environment and modeling-tools for design practices. At first, we tried to observe and record the designer's actions in several design discussions to clarify the fundamental design procedures. Then, we developed the prototype of Graph DB based archive that store the generated design resources and visualize the relation of them as visual map in design projects. Next, we developed the virtual-space interfaces that are possible to create and annotate three-dimensional model directly using the AR/VR technologies. As a result, we obtained that it is more effective than the conventional modeling methods in the verification experiment.

研究分野：建築計画，デザイン学

キーワード：デジタルデザイン インタフェース 仮想空間 参加型デザイン 討論ファシリテーション

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

タブレット等のタッチデバイスや HMD といったウェアブル機器の普及と共に、研究開始時点では、3次元モデルを仮想空間内で手軽に体験できる技術や環境に注目が集まっていた。3次元モデルとして設計対象を視覚的に検証・評価することは、デザインの個人作業だけでなく、複数の参加者が討論や意見交換を行う協同作業においても有効と考えられる。一方で、VR (仮想現実) や AR (強化現実) の利用は、主にゲームや観光案内といったエンターテインメント分野が中心で、形状変更や配置の変更作業を伴うデザイン計画やデザイン討論の過程において、積極的に活用されているとは言い難い。つまり、VR や AR による仮想空間表示では、実空間の状況に合わせて設計対象の検証が可能という利点があるが、その多くは検証された空間モデルを歩行や閲覧する表示体験に留まる事例が多く、編集や変更といった試行錯誤を試みるデザイナーの思考に合わせた柔軟な3次元モデリング手法については十分に検討されているとは言えなかった。また大規模な災害の後、産官学に加えて多数の地域住民等が復興計画に参加し、合意形成を行う協同設計・参加型デザインへのニーズの高まりもあり、デザイン計画の対象を仮想空間上で直感的に捉え、検証できるデザイン討論技法の開発が必要と考えられた。

2. 研究の目的

本研究では、前述の背景を踏まえ、今後、利用拡大が期待される仮想空間体験技術をベースとしたデザイン討論支援システム環境の開発を目的とした。このシステム環境では、デザイン企画段階から、基本となる初期案の3次元モデリングまでをサポートすることとし、複数のツール群の開発を行う。本研究の実施にあたり、開発目標として以下の設定を行った。

- (1) 多人数・多視点で行われるグループワークによる過程としてデザイン計画作業を考え、設計履歴や討論過程をプロセスとして記録、可視化して俯瞰できるアーカイブの構築
- (2) デザイン討論作業では、設計対象を複数の視点で評価・検討する必要があり、VR や AR などの仮想空間技術を活用した討論支援システム環境の試行、検証
- (3) 複雑で煩雑な手続きを伴うのが一般的な3次元モデリング作業を、デザイナーの創造的な思考や操作を基に検証し、ユーザビリティを改善した仮想空間対応インタフェースの開発

これらのシステム環境の開発により、従来のデザイン計画において、系統的に集約することが難しく、散逸しがちであったスケッチやメモ、CG 画像などの設計資料を時系列、カテゴリ別、ユーザー別にデジタル化して保存し、計画後の検証(振り返り)を容易にすることで、複数メンバーによる協同設計と合意形成に至る過程を共有できること、さらに協同作業への参加者を設計技術者だけでなく、多様な視点や意見を持つ非専門家を含めることを想定し、3次元空間上でのデザインモデリングに必要な専門的スキルを有しない者でも、基本的な操作を容易に想起できる概念モデルに即したユーザフレンドリなデザイン計画向けのインタフェースの提案の実現を最終目的とする。

3. 研究の方法

研究目標の実現にあたり、以下のアプローチで取り組んだ。

- (1) 設計コンペや学生の設計演習での討論作業を観察、その工程のビデオ記録やエスキースなどの設計資料の収集を行う。次に討論履歴の管理と可視化支援ツールの開発では、デザイン初期段階のグループディスカッションの展開を収集した記録から図解化、設計履歴を概観できる要素を抽出する。
- (2) 収集した設計履歴から観察されるプロセスは線型的な構造ではなく、セミラティス(網状交差)であると考え、グラフ理論に従ったデータベースモデルの導入を行う。
- (3) デザイナー向きのモデリング操作や多視点・多人数参加での討論を実現するシステム環境の構築には、前述の設計コンペや学生演習での記録から、討論提案や造形作業などのモデリング行為を抽出した。
- (4) 新たな概念操作事例を収集するため、先行研究や公開されているジェスチャ操作インタフェースの動画やプロモーションから造形行為の基礎的な操作とプロシーチャを抽出する。
- (5) AR・VR に対応した空間体験型インタフェースの構築は、仮想空間モデルを表示できるコードライブラリが豊富であり、多様なプラットフォームに対応した汎用ゲームエンジン Unity をベースに、ARKit、Kudan などの AR 対応ライブラリを使用する。
- (6) 討論記録アーカイブ、仮想空間対応インタフェース、ジェスチャ操作インタフェースについて、被験者による利用・評価実験を行い、提案したシステム環境・ツールのユーザビリティ、システムの合目的性、汎用性について明らかにする。

4. 研究成果

本研究による成果としては、前述の目的に応じたデザイン支援を行うワークフローのモデルの構築、AR/VR による空間体験技術の比較や評価を基に、プロトタイプとしてのシステム環境及びツールの開発、少人数の利用者による機能評価実験を行うとともに、いくつかのツールでは、実際の設計コンペや演習で使用することで、提案システムや環境の評価を行った。その結果を開

発したシステム事例毎に述べる。

(1) 設計討論の履歴やリソースを登録・蓄積する Web 対応のデータベース・サーバ及びグラフ DB による可視化

デザイン討論において、随時作成されるスケッチや CG 画像をタブレットなどのモバイル端末からアップロードし、Web サーバ上のリレーショナルデータベースに登録するツールを FileMaker Server 及び Client にて構築した。システムの実装は、FileMaker (以下、FM) スクリプトで実装し、手書きで行われたスケッチなどはカメラで、画像データなどは Web ブラウザなど、多様な登録方法を直感的に行える仕様にした。(図 1) セミラティス構造のつながりをもつ討論プロセスを可視化するためには、グラフ DB ツール Neo4J を使用する。FM に蓄積された設計資料には、日付、登録者、コメント、画像 URL に加え、提案の時系列・前後関係を記した属性情報があり、Neo4J 上にてノードとリンクをもつグラフィカルマップとして、設計討論プロセス全体を俯瞰できた。(図 2)

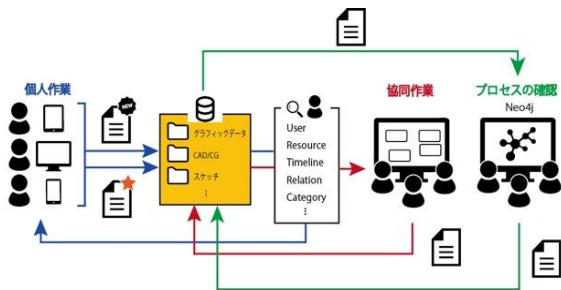


図 1 設計討論アーカイブのシステム構成



図 2 グラフ DB による設計プロセス可視化

(2) パラメトリック編集可能な試行探索的なデザインモデリングツールの開発

3次元モデリング技術に馴染みがなくても、CG によるデザイン検討を行うインターフェースとして、3DCG ソフト Rhinoceros に実装されたスクリプト開発環境 Grasshopper を利用、リアルタイムレンダラーの V-Ray と連動したパラメトリック編集操作に対応したインターフェースを構築した。(図 3 図 4) このシステムでは、既存の 3次元 CG ソフトに比べて、デザイン案の構想、表現、検証を 1 サイクルとして、検証した結果、提案ツールでは、デザイン検討に要した時間を短縮でき、かつ、検討サイクル数の増加という結果を得た。デザイン初学者でも短時間で複雑な 3次元モデリングが可能なることを検証できた。

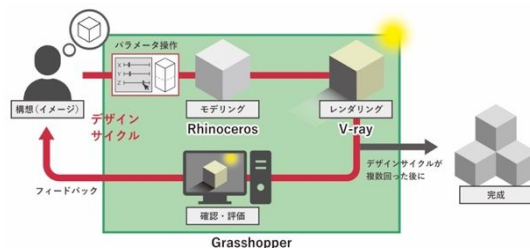


図 3 Rhino+Grasshopper によるデザイン検討ワークフロー

(3) VR (仮想現実) に対応したフィンガージェスチャー操作が可能なデザインモデリングインターフェースの開発

前述のパラメトリック編集によるデザイン支援ツールでは、スライダバーなどによる GUI でインターフェースを構築したが、本来、設計者は、3次元対象を視覚的に確認するだけでなく、触る、見回す、並べるなどの体験的な操作を通じて、理解していると考えられる。そこで、指の動きをセンシング可能な LeapMotion センサーを活用したジェスチャー操作によるモデリングが可能なインターフェースを開発した。このインターフェースの開発では、デザイナーが行うモデリングの基本手続きを オブジェクト操作、表示操作、UI (システム) 操作の系統に従って分類、空間操作やモデリングに必要な基本操作 26 種に整理できた。また、PC 画面上に表示されるモデルをジェスチャーで操作した初期プロトタイプを発展させ、空間上でのスケール感や立体把握を強化するために、HMD (Oculus Rift) に対応させた。(図 5) システム機能の比較実験では、操作者が仮想空間に表示された指の動きを確認しながら、実装した機能やコマンドの役割を確認しつつ、空間モデリングが行える結果を得た。一方で、ジェスチャーの感知精度にやや難があり、CG モデルの表示に微妙な時間差があること、一般に VR 酔いと呼ばれる HMD 使用時の不快感があることなど今後の課題も発見できた。

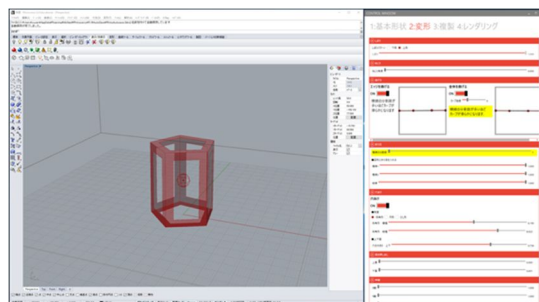


図 4 パラメトリック・モデリングツールの画面構成

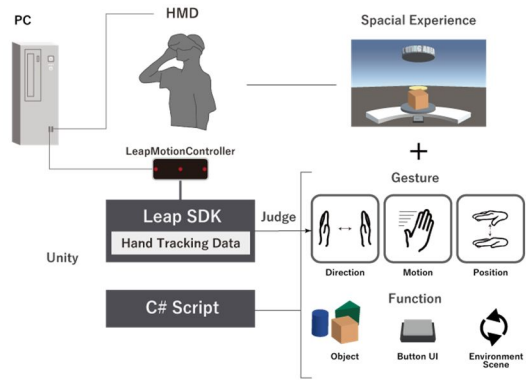


図 5 ジェスチャ操作対応の仮想空間インターフェース画面（左）とシステム構成（右）

(4) AR（強化現実）に対応した多視点討論インターフェースを実装したアプリ開発

グループによる討論やデザインの検証を行う上で、画面表示だけでなく、実際に建築物や工作物が置かれる状況や周囲との環境との関係も含めて考える必要がある。タブレット端末で、デザイン検討案のCGモデルをARで表示し、さらに仮想空間上に直接、アノテーション（コメントとマーキング）を書き込めるアプリを開発した。（図6）このアプリでは、Webサーバ経由でアクセスするリレーショナルDB（MySQLで開発）にUnityで開発したAR対応アプリでCGモデルを表示する。ユーザーは、複数の視点から、随時デザイン検討を行い、気がついたことを自由にアノテーションで記録する。（図7）これらの書き込みは、時系列、ユーザー別の属性情報と共に保存され、別のユーザーが参照した時に、どのような視点やコメントが記入されたかをAR表示で共有できる。システムの機能検証実験では、対面でのグループ討論に比べて、発言のトークンに制限がない、思いついたことをすぐに書き込める、他のユーザーの視点を参考に、独自の視点を探索できる、などの評価結果を得た。

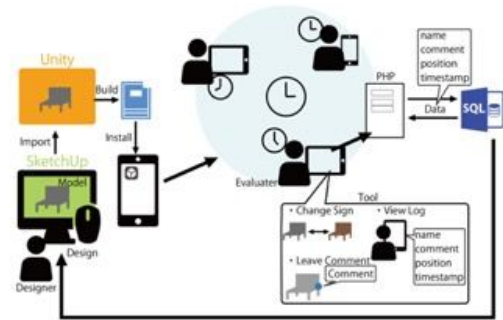


図 6 ARによる多視点・非同期による空間評価支援ツールのシステム構成



図 7 タブレット端末でのオンサイト型 AR 空間表示画面

研究総括として、デザイン計画初期段階における情報技術の活用が、従来の個人作業の支援から、多人数・協同作業の支援へと拡大していく中で、本研究で提案した設計履歴管理アーカイブと可視化による討論プロセスの俯瞰的視点からの理解と共有をサポートする技法は、多人数参加デザインによる合意形成、問題解決を強化することが期待される。それに伴い、3DCGモデルによるデザイン検討は、より直感的に特別な訓練や知識がなくとも使いこなすユーザ

ビリティを実現しなければならない。本研究で提案されたVRによるジェスチャ操作、パラメトリック編集、ARによるオンサイト（現地）や施設管理の3Dアノテーション支援などは、今後、システム相互の連携を強化することで、機能向上と改善を目指す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 19 件)

川角典弘, 北川仁, 長井亮太, 中尾俊祐, 「パラメトリック編集によるデザイン検討ツールの開発」, 日本建築学会大会(北陸)学術講演梗概集, 査読無, 掲載決定, 2019

川角典弘, 中尾俊祐, 長井亮太, 北川仁, 「ジェスチャと操作概念に対応した仮想空間インターフェースの研究」, 日本建築学会大会(北陸)学術講演梗概集, 査読無, 掲載決定, 2019

稲田優史, 川角典弘, 長井亮太, 北川仁, 「拡張現実を活用したワークプレイス評価支援システムの提案」, 日本建築学会大会(北陸) 学術講演梗概集, 査読無, 掲載決定, 2019
 長井亮太, 川角典弘, 稲田優史, 北川仁, 「季節変化に着目した景観色彩の分析」, 日本建築学会大会(北陸) 学術講演梗概集, 査読無, 掲載決定, 2019
 川角典弘, 長井亮太, 松田悠矢, 「パラメトリック編集によるデザイン検討ツールの開発」, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 査読無, 巻 58, 掲載決定, 2019
 川角典弘, 中尾俊祐, 稲田優史, 長井亮太, 「ヒストリーベースによるデザインプロセスの可視化 - グラフ DB による討論プロセスの評価指標の提案 - 」, 日本建築学会第 41 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 査読有, 巻 41, pp.154-159, 2018
 中尾俊祐, 川角典弘, 長井亮太, 稲田優史, 「非同期・多視点によるデザイン検討支援システムの提案」, 日本建築学会第 41 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 査読無, 巻 41, pp.47-50, 2018
 川角典弘, 中尾俊祐, 大久保榛香, 稲田優史, 「非同期・多視点によるデザイン討論支援システムの提案」, 日本建築学会大会(東北) 学術講演梗概集, 査読無, pp.585-586, 2018
 川角典弘, 中尾俊祐, 大久保榛香, 稲田優史, 「地域色による屋外広告物の景観構成に関する研究」, 日本建築学会大会(東北) 学術講演梗概集, 査読無, pp.499-500, 2018
 川角典弘, 中尾俊祐, 大久保榛香, 稲田優史, 「座席レイアウトとコミュニケーションから見た研究空間の類型化」, 日本建築学会大会(東北) 学術講演梗概集, 査読無, pp.591-592, 2018
 川角典弘, 中尾俊祐, 大久保榛香, 稲田優史, 「グラフ DB によるデザインプロセスの可視化研究」, 日本建築学会大会(東北) 学術講演梗概集, 査読無, pp.583-584, 2018
 川角典弘, 中尾俊祐, 大久保榛香, 稲田優史, 「ヒストリーベースによるデザインプロセスの可視化研究 グラフデータベースによる討論過程の記録と分析」, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 査読無, 巻 57, pp.169-172, 2018
 中尾俊祐, 川角典弘, 「デザイン初期段階におけるジェスチャインターフェースを用いた立体構成ツールの基礎的研究」, デザイン学会 第 65 回春季研究発表大会概要集, 査読無, 巻 65, pp.332-333, 2018
 中尾俊祐, 川角典弘, 佐藤優美, 大西智佳, 村松佑紀, 「立体操作行為の分析によるジェスチャインターフェースの基礎的研究」, 日本建築学会第 40 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 査読無, 巻 40, pp.121-124, 2017
 川角典弘, 中尾俊祐, 村松佑紀, 佐藤優美, 大西智佳, 「複合文化施設の行動選択と居心地に関する評価技法の基礎的研究」, 日本建築学会第 40 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 査読無, 巻 40, pp.291-294, 2017
 川角典弘, 中尾俊祐, 佐藤優美, 大西智佳, 村松佑紀, 「複合文化施設における居心地と行動選択に関する調査研究」, 日本建築学会大会(中国) 学術講演梗概集, 査読無, pp.583-584, 2017
 中尾俊祐, 川角典弘, 佐藤優美, 大西智佳, 村松佑紀, 「デザイン初期段階におけるジェスチャインターフェースを用いた立体構成ツールの基礎的研究」, 日本建築学会大会(中国) 学術講演梗概集, 査読無, pp.533-534, 2017
 佐藤優美, 川角典弘, 大西智佳, 村松佑紀, 「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」, 日本建築学会第 39 回 情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 査読無, 巻 39, pp.153-156, 2016
 大西智佳, 川角典弘, 佐藤優美, 村松佑紀, 「グループ討論作業におけるアイデア共有支援と管理のためのデジタルアーカイブの研究」, 日本建築学会第 39 回 情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 査読無, 巻 39, pp.157-160, 2016

〔学会発表〕(計 13 件)

川角典弘, 中尾俊祐, 大久保榛香, 稲田優史, 「グラフ DB によるデザインプロセスの可視化研究」, 日本建築学会, 2018
 川角典弘, 中尾俊祐, 大久保榛香, 稲田優史, 「ヒストリーベースによるデザインプロセスの可視化研究 グラフデータベースによる討論過程の記録と分析」, 日本建築学会, 2018
 中尾俊祐, 川角典弘, 「デザイン初期段階におけるジェスチャインターフェースを用いた立体構成ツールの基礎的研究」, 日本デザイン学会, 2018
 川角典弘, 中尾俊祐, 大久保榛香, 稲田優史, 「非同期・多視点によるデザイン討論支援システムの提案」, 日本建築学会, 2018
 中尾俊祐, 川角典弘, 佐藤優美, 大西智佳, 村松佑紀, 「デザイン初期段階におけるジェスチャインターフェースを用いた立体構成ツールの基礎的研究」, 日本建築学会, 2017
 中尾俊祐, 川角典弘, 佐藤優美, 大西智佳, 村松佑紀, 「立体操作行為の分析によるジェスチャインターフェースの基礎的研究」, 日本建築学会, 2017
 中尾俊祐, 川角典弘, 佐藤優美, 大西智佳, 村松佑紀, 「デザイン初期段階におけるジェスチャインターフェースを用いた立体構成ツールの基礎的研究」, 日本デザイン学会, 2017
 佐藤優美, 川角典弘, 大西智佳, 村松佑紀, 「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」, 日本建築学会, 2016
 大西智佳, 川角典弘, 佐藤優美, 村松佑紀, 「デザイン企画段階におけるアイデア共有・管理

のためのアーカイブの構築」, 日本建築学会, 2016

佐藤優美, 川角典弘, 大西智佳, 村松佑紀, 「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」, 日本建築学会, 2016

大西智佳, 川角典弘, 佐藤優美, 村松佑紀, 「デザイン企画段階におけるアイデア共有・管理のためのアーカイブの構築」, 日本建築学会, 2016

佐藤優美, 川角典弘, 大西智佳, 村松佑紀, 「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」, 日本建築学会, 2016

大西智佳, 川角典弘, 佐藤優美, 村松佑紀, 「グループ討論作業におけるアイデア共有支援と管理のためのデジタルアーカイブの研究」, 日本建築学会, 2016

6. 研究組織

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：両角 光男

ローマ字氏名：MOROZUMI, Mitsuo

研究協力者氏名：位寄 和久

ローマ字氏名：IKI, Kazuhisa

研究協力者氏名：本間 里見

ローマ字氏名：HONMA, Riken

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。