建築情報モデルを用いた非同期的設計案伝達を支援する設計情報共有ウェブシステムの開発

DEVELOPMENT OF WEB-BASED ASYNCHRONOUS COMMUNICATION SYSTEM APPLIED BIM FOR ARCHITECTURAL DESIGN

大西康伸 ——— * 1

キーワード：
BIM, 3DCAD, グループウェア, 非同期コミュニケーション,
インターネット

Keywords:
BIM, 3DCAD, GroupWare, Asynchronous communication, Internet

Yasunobu ONISHI ——— * 1

Several new versions of 3DCAD, developed based on the BIM concept (called BIMCAD), have reached the level of practical use. As the digital model is changed automatically at the same time that one of the drawings is changed using BIMCAD, we can take the latest version of the digital model. Architects create designs using BIMCAD and send the file using the digital model in addition to drawings in an asynchronous architectural design communication between distributed sites, ensuring a smooth and seamless process. However, it is not easy for everybody to use BIMCAD, and the use of the digital model in the asynchronous communication requires a navigation technique in 3D virtual space, instead of a technique for understanding what is represented. To improve the asynchronous accessibility to the digital model, we developed a web application for sharing and browsing the digital model.

1. 研究の背景と目的

建築分野における設計案の伝達には、従来から図面や透視図、模型が用いられてきた。しかし、設計案が形態的・空間的に複雑になるに従い、図面だけで正確に伝えることが困難になる。図面はある空間切断面からの平面的表現であり、かつ、代表的・特徴的な切断箇所からの図面しか作成されないため、設計情報が部分的に欠落していることが多い。加えて、複数の図面間の関係性を正確に把握しなければならず、高度な立体把握能力を必要とする。二人の主体が同じ図面を見て、常に同じ建築を想像することなど果たして可能だろうか。設計案伝達に際し、透視図や模型を併用した場合は図面に欠落している情報を補完できるが、その製作に多くの手間を要する。正確に伝えることが困難であるという問題は、設計者から図面を読むことに不慣れた施主などの非専門家への案の伝達の際や、協同設計において設計者の所在が分散している場合にさらに深刻になる。

一方、建築CAD分野では、Building Information Modeling(BIM)の概念に対応する新しい3DCAD(以下、BIMCAD)を用いた設計が実務利用の域に達しつつある。BIMCADは製図のための2DCADでも、透視図作成のための3DモデリングCADでもなく、属性を持つ建築要素オブジェクトを組合せ配置することで設計を行うオブジェクト指向3DCADである。ここで作り出される建築3Dモデルは要素単位で様々な「意味」を持つプロダクトモデル(以下、建築情報モデル)であり、将来的には、仮想空間の中であたかも実際の建物のように振る舞うことが期待されている。BIMCADでは、図面上での設計案の変更が自動的に3Dモデルに反映されるため、常に最新の3Dモデルが生成される作業環境にある。3Dモデルは設計案を立体的に表現しているため、図面と比較して設計案における3次元的な関係性を視覚的に伝達するのに適している。設計者がBIMCADで設計実務を行い、図

面に加えて3Dモデルを利用して設計案の伝達を行うことで、先に述べた問題点の改善が期待できる。

3Dモデルを利用したBIMCADによる設計案伝達は、同期的伝達であれば設計案を入力した設計者が準備したPC環境において主体的に3Dモデルを操作し、同時に説明を加えることで円滑に実施できる。しかし、メールやファイル転送等で送信されたCADファイルを入力者以外が閲覧するという非同期的伝達では、表1の問題が生じる。

表1 BIMCADによる非同期的デザイン伝達の問題点

問題点	概要	問題対象
1. BIMCADの導入が困難	BIMCADは導入・維持に多大なコストがかかる。また、ストレスのない稼働のためには、スペックの高いPCが必要である。	非専門家(専門家)
2. BIMCAD利用の敷居が高い	BIMCADは専門家のための高度なツールであり、操作が複雑である。また、表示されるメニューの解読に専門知識が必要である。	非専門家(専門家)
3. 3Dモデルの閲覧が困難	伝達者が3Dモデルを操作しながら説明することができないため、被伝達者は3Dモデルのどこをどのように見ればいいのか分からない。また、3Dモデルにコメント(アノテーション)が添えられない。	非専門家(専門家)
4. 3Dモデルの系統的共有が困難	メール添付ファイル転送を行うため、CADファイルの系統的管理に基づく共有が困難である。	非専門家(専門家)
5. 交換されたコメントが分散	設計案伝達に至るインタラクション(説明、質疑、応答...)における時系列に沿った一連のコメントが、メール等による配信のため集約されない。	非専門家(専門家)

表右欄()は、当てはまる場合があることを示す。

BIMCADは導入・維持コストや操作面から見て、「誰でも、手軽に、簡単に」という利用が難しい。また3Dモデルは、図面と比べて理解のための技術はそれほど必要ではないが、閲覧(モデルナビゲーション)のための技術が必要である。加えて、まるで洞窟の中を彷徨うように、メール等でコメントされた箇所を探し当てる必要がある。その他にも、設計案伝達に用いたCADファイルの履歴管理や共有ができない問題や、交換されたコメントが集約されず伝達過程の振り返りができないなど、設計プロジェクトの進行を妨げる要因がある。

そこで、BIMCADにより作成された3Dモデルを管理・共有・閲覧

*1 熊本大学大学院自然科学研究科 助教・博士(学術)
(〒860-8555 熊本市中央区黒髪2-39-1)

*1 Assistant Prof., Graduate School of Science and Technology, Kumamoto Univ., Ph.D.

するためのウェブアプリケーションを開発することを本研究の目的とする。開発システムをウェブ対応とした理由は、インターネットブラウザさえあれば BIMCAD がなくても建築情報モデルを閲覧できることから、「誰でも、手軽に、簡単に」が実現できると考えたためである。また、3D モデルの管理・共有のためにはサーバとの通信が必要となるが、開発環境としてそれが容易に達成できることがウェブアプリケーションの利点である。さらに、スクリプト言語を用いて開発するため、開発のハードルが低い。なお、本研究にて開発するシステムは、これまで開発してきた設計情報共有ウェブシステム^{注1)}に、BIMCAD により作成された 3D モデルへの対応機能を拡充することで、開発を進めることとする。

開発システムの具体的な利用方法として、施主と設計者間や設計チーム内での非同期での設計案伝達における活用を想定している。

2. 関連する研究・技術の整理

ウェブブラウザを利用して 3D モデルを設計案伝達に用いる試みとして、VRML・X3D やモデルオーサリングソフト^{注2)}を利用したウェブアプリケーションが開発されている^{1)~6)}。しかし、設計案伝達の度に BIMCAD で作成した最新設計案の建築情報モデルを読み込み可能な 3D モデルへと変換し、適切なモデルへと編集しなければならず、手間を考えると現実的ではない。さらに、それらは 3D モデリング CAD との併用を前提としているため、建築要素オブジェクト単位で扱え、情報を保持できる建築情報モデルの利点を生かすことができない。簡単なデータ変換手続きのみで建築情報モデルを表示可能なモデルビューア^{注3)}があるが、ウェブ上での表示及び機能の追加・変更に対応していないものがほとんどである。最近では、アップロードした建築情報モデルをウェブブラウザで表示するクラウドサービス^{注4)}が登場している。データを変換することなしに手間なく表示・共有することが可能であるが、建物形状の簡単な閲覧ができるのみであることに加え、機能の追加・変更ができない。

モデルの閲覧が「可能」になったとしても、モデルの閲覧が「困難」である状況に変化はない。機能の追加・変更が不可能であれば、これらアプリケーションやクラウドサービスでは、表 1 で挙げたすべての問題の解決には不十分である^{注5)} (表 2)。

表 2 関連する技術の特徴の整理

	モデル変換	建築要素単位対応	ウェブ対応	カスタマイズ
VRML・X3D モデルオーサリングソフト	×	×	○	○
モデルビューア	○	○	△ ^{*1}	△ ^{*2}
ウェブクラウドサービス	○	○	○	×
開発ウェブシステム	○	○	○	○

*1 モデルデータをクラウド上で管理・共有し、インターネット経由でダウンロードできるものが存在するため、△とした。
*2 APIによりカスタマイズ可能なものが存在するため、△とした。

3. 開発ウェブシステムの機能設計

本研究で開発するウェブシステム（以下、開発システム）は、表 1 のすべての問題を解決する機能を持つ仕様とする。表 1 の問題と開発システムの仕様との対応を表 3 に示す。

表 3 の項目 3. に示す機能が、開発システムの核心的部分である。項目 3. に示す問題点の解決方法として、「3D モデルを閲覧する手がかりを被伝達者に与えることで、非同期的設計案の伝達を可能にする」という方針を採用する。具体的には、設計案理解の手がかりとなるようなビュー及びコメント、さらにはビューを自動的に自動再

現させるリアルタイムアニメーションを伝達者があらかじめウェブを介して設定・保存しておき、被伝達者はそれを手がかりとして非同期的に設計モデルを閲覧することで、設計案を理解する。その他、開発システムは設計案理解のための様々な機能を有するが、以降の各章で個別に解説する。

表 3 BIMCAD による非同期的設計案伝達の問題点と開発システムの仕様の対応

問題点	開発システムの仕様
1. BIMCAD の導入が困難	ウェブアプリケーションとしてすることでスペックの比較的低い PC でも稼働でき、どこからでも簡単に素早く建築情報モデルを共有・閲覧できる。
2. BIMCAD 利用の敷居が高い	建築情報モデルの閲覧に必要なメニューのみ画面上に配置する。また、階層メニューを避けることで、各コマンドを迅速に実行可能にする。
3. 3D モデルの閲覧が困難	あらかじめ伝達者が建築情報モデルを見るためのビューを保存しておき、被伝達者が保存されたビューを任意に再現できる仕組みとする。 ビュー保存に加えて、3D モデルの任意の部位にコメント(アノテーション)を添えることのできる仕様とする。 複数のビューが連続的に自動再現されるリアルタイムアニメーションができる仕様とする。
4. 3D モデルの系統的共有が困難	ウェブアプリケーションの特徴を生かし、設計案伝達に用いた建築情報モデルが、時系列に記録・整理される仕組みとする。
5. 交換されたコメントが分散	ウェブアプリケーションの特徴を生かし、建築情報モデルに基づき交換されたコメントが、時系列に記録・整理される仕組みとする。

4. 建築情報モデルを用いた設計情報共有ウェブシステムの開発

ウェブ関連技術 (HTML, JavaScript, PHP) を利用し、ウェブアプリケーションとしてシステムを開発した。開発が容易であることから、データベースソフトは用いず、XML で記述されたテキストファイルを直接書き換えるシステムとした。開発システムの技術的枠組みを図 1 に示す。なお、本研究で用いる BIMCAD は、建設業界での普及度とカスタマイズの自由度を考慮しオートデスク社の Revit を、ウェブ上で 3D モデルを表示する形式として Revit と親和性の高い DWF^{注6)}を、そのビューワーとして Design Review を採用した。

図 1 開発システムの技術的枠組み

Revitにて建築情報モデルを DWF に書き出し、Design Review API の利用によりウェブページに表示させ、ウェブブラウザからビュー制御を行う仕組みを構築する。また、伝達者と被伝達者間で交換される要望、意見、提案、説明などのコミュニケーション情報（テキストや画像など）を DWF モデルや DWF モデル内の特定の建築要素オブジェクト (ID で特定) とリンクを張りデータベースに登録することで、建築情報モデルとそれにヒモ付けされた情報がウェブ上で連動表示できる仕組みを開発する。なお、図 1 中の開発済システム部分は、著者のこれまでの研究^{注1)}において開発した設計情報共有ウェブシステムである。当該システムは文字や画像しか表示できない。本稿ではこの開発済システムを対象に、2D・3D の DWF が表示制御できる機能を拡充する（ただし DWF の編集は不可）。図 1 中の点線矢印機能である「Revit からの建築要素属性データの抽出・管理・形

状モデルとの連動表示」は、将来開発予定の機能である。

開発システムの概要を図 2、データベース項目（一部）を図 3 に示す。なお、ビュー制御、建築要素表現制御（半透明/非表示）は Design Review の持つ機能であるが、操作性向上のため両制御コマンドをウェブブラウザから実行できるよう API を用いてカスタムする。また、データベース項目として、「ビュー保存・呼び出し」機能についてはカメラプロパティとビューへのコメントがセットでデータベースに書き込まれ、「建築要素へのコメント登録・閲覧」機能についてはカメラプロパティ、コメントの対象となる建築要素 ID、建築要素へのコメントをセットでデータベースに書き込む。

「DWF ファイルアップロード」機能に関するデータベース項目		「建築要素へのコメント登録・閲覧」機能に関するデータベース項目	
番号	データベース項目	番号	データベース項目
d1	DWF ID	c1	コメント ID
d2	登録日時	c2	対象 DWF ID
d3	登録者名	c3	コメントタイトル
d4	ファイル登録時コメント	c4	コメント内容
d5	DWF ファイル名	c5	コメント対象建築要素オブジェクト ID
d6	DWF サーマバ内パス	c6	カメラ座標値
d7	2D or 3D	c7	ターゲット座標値
		c8	カメラ方向
		c9	カメラロール
		c10	投影方法
		c11	ビュー共有の有無
		c12	建築要素 ID
		cn	半透明・非表示
			建築要素表示属性

図 3 開発システムのデータベース項目（一部）

フォルダツリー

データ表示フレーム

コントロールメニュー

データベース

アップロードされた登録ファイル (jpg, dwf など) を時系列にリスト表示する。DWF データは、3D 及び 2D に対応している。1つのフォルダに1つの設計案の三次元 DWF データと図面 DWF データを登録するフォルダ構成とする。「コントロールメニュー」は、DWF データを操作するためのものであり、登録されたデータが DWF ファイル以外の場合は表示されない。登録の際は、アップロードボタンを押し、ファイル指定するだけで実行できる。

ビュー制御

ウォークスルー、オービット、パン、ズームなどの機能を利用し、3D モデルをウェブ上で閲覧できる。視点を変えたい場合、設計案理解に役立つ。

ビュー・コメントリスト

保存されたビューとコメントが時系列にリスト形式で表示される。

建築要素表現制御 (半透明/非表示)

建築要素単位で半透明または非表示にウェブから切り替えることができる。隠れてしまっている部分を見えたい部分を表示させる場合や、特定の部材のみ選択表示する場合などに利用する。部材の半透明、非表示状態は、ビューやコメントと一緒に保存され、閲覧時に再現される。

建築要素へのコメント登録・閲覧

「ビュー・コメントリスト」のコメントタイトルをクリックすると、コメントバルーンが開き、コメント内容が表示される。同時に、「データ表示フレーム」の 3D モデルがコメント保存された時のビューに変わり、さらにコメントが付けられた建築要素オブジェクトがハイライト表示される (図 2 中では階段手すり)。3D モデルの特定建築要素オブジェクトへコメントを付与できるようにすることで、より円滑な 3D モデルを介した設計コミュニケーションが行えることを企図した。登録の際は、ウェブからインタラクティブにコメント及びビューを設定・保存できる。

ビュー保存・呼び出し

「ビュー・コメントリスト」のビュータイトルをクリックすると、「データ表示フレーム」の 3D モデルが保存されたビューに変わる。さらに、コメントバルーンが開き、ビューを保存する際に登録されたコメント (ビューに対する説明) が表示される。ビューを呼び出したのち、さらにインタラクティブにビューを変更し、設計案を確認できる。登録の際は、ウェブからインタラクティブにコメント及びビューを設定・保存できる。

共有ビューリスト

関連ファイルリスト

別ウィンドウ表示

「別ウィンドウ表示」をクリックすると、新しく開いたウィンドウで「データ表示フレーム」の 3D モデルが表示される。ウィンドウサイズを変更でき、大きく表示することができるため、プレゼンテーション時や打合せ時にも利用できる。「共有ビューリスト」には、「データベース」にて保存したビューやコメント登録時のビューの中からあらかじめ指定したものが表示される。「関連ファイルリスト」には、同一スレッド内の 3D モデルがリスト表示される。リストの中から代替案を別ウィンドウ表示させ、共有ビューを用いて同じビューに設定することで、設計案の比較検討を支援する。

図面・3D モデル相互リンク表示

「コメントバルーン」の「関連資料」ボタンをクリックすると、コメントが付けられた部材を含む (CAD) 図面が表示され、当該部材がハイライトされる。3D モデルと図面を結びつけてコメント内容を読むことで、より円滑にコメントを理解できる。図面にコメントが書き込まれた場合は、「関連資料」として 3D モデルが同様に表示される。これは、図面と 3D モデルが同じ建築要素オブジェクト ID によって関連付けられているという建築情報モデルの特徴を生かした機能である。特別な登録をする必要はなく、自動で ID が認識され、実行される。

図 2 開発システムの概要

5. 開発システムの簡易評価

開発システムの基本動作の確認および 3D モデルをウェブで扱う体験に基づく便利さの評価を得ることを目的として、BIMCAD との簡易な比較実験を実施した^{注7)}。試用実験を実施した結果、大きな不具合や応答時間の遅延は見られなかった。終了後、開発システムと BIMCAD のどちらが便利であったかを 5 段階（各ツールについて「便利」、「やや便利」と、「どちらでもない」）で尋ねたところ、多くが開発システムが「便利・やや便利」と回答した（図 4）。回答理由を尋ねた結果をまとめると、開発システムの長所として「ファイルのダウンロードや CAD の起動が不要で、手間がかからない」、「ビューとコメント、またはコメントと建築要素が視覚的に関連づけられるため、コメントが伝わりやすい・伝えやすい」、「時系列に整理されているので、何度も見直す際に便利」などがあつた。BIMCAD が優位である内容については、「CAD だとその場で編集ができて、自由な使い方ができる」、「CAD の方が表現の質が高い」との意見があつた。

図 4 「開発システムの利用」と「BIMCAD の利用」の比較

6. リアルタイムアニメーション機能の拡充

ビューやコメント、(コメントが付けられた) 建築要素を関連づけて保存・閲覧できる機能（ビュー+コメント機能）の有効性については確認できたものの、その後の開発システムの利用を通して、以下に示す問題が存在することが判明した⁷⁾。1. ビュー+コメント機能では、建築の空間・配置構成などの 1 つのビューに収まりきれないような広範囲を対象としたコメントが扱いにくい。無理にコメントされた場合、一見しただけはコメント内容を理解することが困難である。2. コメント数が多くなると、コメントの見落としが発生する。3. ビュー+コメント機能では瞬時にビューが切り替わるため、ビュー変更前との位置関係を把握しにくい。

3D モデルに登録されたコメントの示す内容を自動的に動くシークエンスの中で伝えることができれば、閲覧者の操作に頼ることなくコメントが示すものが順に全て表示され、先に述べた問題が改善できると考える。そこで、自動的に 3D モデルの視点変更が行われるリアルタイムアニメーションを閲覧・登録できる機能（アニメ機能）を拡充する。機能の仕様とその目的については表 4 に、リアルタイムアニメーションの閲覧・登録方法については図 5 に示す。また、アニメ機能の有効性を高めるため、作成するアニメーションの挙動を 3D モデルのカメラワークにより分類し、リアルタイムアニメーションの設定登録方法として提案する。アニメーションのカメラワークによる分類及び平面・立面におけるカメラ位置の変化の例について表 5 に示す⁸⁾。

Design Review の API にはアニメーションを作るメソッドは存在しない。本研究では、指定したビューの間を補完するような複数のビューを座標値を等分することによって自動生成し、指定ビューとそれらを補完する自動生成ビューを連続的に表示することで、パラ

パラ漫画のような効果でリアルタイムアニメーションを実現した。通常のムービーと違い 3D モデルをリアルタイムに自動ビューイングしているため、任意の時点で再生を止め、カメラを操作してインタラクティブにビューを変更することができる。これにより、一方的な伝達ではなく、被伝達者の発見的なモデル閲覧行為を許容する。続きを再生する場合は、「再開」ボタンをクリックするだけでよい。アニメーションの実装方法として、カメラプロパティの値を JavaScript の setInterval メソッド（指定時間毎に繰り返し処理をするタイマー設定の関数）を用いて連続的に変化させた。補完カメラは再生の際に都度計算を行って自動生成している。なお、アニメ機能に関するデータベース項目を図 6 に示す。

表 4 アニメ機能の仕様

仕様	理由
1. コメントが登録されたビューとアニメーションのビューが一致した時に赤く強調表示	アニメーションのどのビューにコメントが登録されているか伝えるため
2. アニメーション再生中に、コメントが登録されたビューに到達すると自動的に再生が一時停止	コメント理解のため、コメント登録ビューで 3D モデルの視点変更やコメント閲覧が行えるようにするため
3. アニメーションにオブジェクトの表示変更状態（半透明表示・非表示）を反映	見えないところを見る状態にすることでコメント理解を促進するため
4. アニメーションの一時停止や速度調節などの補助操作	建物の規模にあった適切な速度でアニメーションを再生するため
1. 複数の登録済ビュー・コメントを順序選択することで、アニメーションを登録	アニメーション登録に必要な操作を減らすため
2. ビュー・コメントリスト内でアニメーションの登録・削除などの管理を行う	ビュー・コメント登録時の操作とアニメーション登録時の操作に一貫性をもたせるため
3. 全既登録ビュー・コメントを繋ぐアニメーションをデフォルトで用意する	手軽に全てのコメントを連続的に閲覧できるようにするため

表 5 提案するカメラワークの概要

分類	説明	カメラ位置の変化	
		平面	立面
1. ウォーク	各ビューをウォークスルーで繋ぐようなアニメーション。基本的にアイレベルのビューである。		
2. オービット	選択した固定の位置を中心に、カメラが垂直方向または水平方向に回転移動するようなアニメーション。		
3. 見回し	選択した固定の位置から、周囲を見回すようなアニメーション。		
4. ズーム	選択した固定の位置に、カメラが接近、または遠ざかるようなアニメーション。		
5. スライド	カメラの視点方向を固定した状態で、カメラが水平または垂直方向に移動するようなアニメーション。

図 6 アニメ機能のデータベース項目

7. リアルタイムアニメーション機能の評価

アニメ機能が閲覧者の設計案理解に貢献することを確認する評価実験を行った。コメントの対象範囲が異なる 6 課題を設定し（表 6）、各課題に対して表 5 の 5 つのカメラワークを用いてアニメーションを作成した。アニメーションの作成効果があると思われるカメラワークのみを抽出した結果、アニメーションは 18 個となった（表 6）。アニメ機能の比較評価のため、各課題についてアニメ機能を使用し

ないコメントを設定し、ビュー+コメント機能のみ6個とアニメ機能18個の合計24個のコメントを被験者10名が閲覧した^{注9)}。実験後、1. コメント内容の理解の深化、2. コメント内容理解の手間の減少、の2つの観点において、ビュー+コメント機能とアニメ機能のどちらが優れていたかを5段階評価アンケートで調査した(項目A1、A2、結果は図7)。さらに、各課題においてコメント内容を理解しやすかったカメラワークについて順位を調査した(項目A3、結果は表7)。

表6 設定した実験課題とカメラワーク

課題	コメント対象	コメント内容	カメラワーク				
			ウォーク	オービット	見回り	ズーム	スライド
課題1	部分	建物正面の立面デザインの解説	-	○	○	○	○
課題2	配置・構成	玄関・D・Lの室配置とそれらを結ぶ動線の解説	○	○	○	-	○
課題3	全体	立面デザインと全体の室配置関係の解説	-	○	-	-	-
課題4	配置・構成	住宅棟内の室配置関係の解説	-	○	-	○	○
課題5	建築要素	建物正面のガラスの透過性についての解説	-	-	○	○	-
課題6	空間	2階から見た玄関の吹抜空間についての解説	○	○	○	-	○

表中「-」はアニメーションの効果が見込めないため設定せず。

図7より、項目A1の課題2(配置・構成)の結果では8割の被験者が、課題3(全体)と課題6(空間)の結果では9割の被験者が、ビュー+コメント機能の方がコメント内容の理解に手間取ったと答えた。これら3つの課題について、項目A2において8割以上の被験者がアニメ機能の方がコメント内容の理解が深まったと解答している。これらの結果から、コメント対象が広範囲に及ぶ際にアニメ機能が有

効であったと言え、アニメ機能拡充の当初の目的を果たしたと言える。ただし、課題4は課題2と同じく対象範囲が「配置・構成」であったが、コメント内容理解の手間はどちらとも言えないという結果になった。ビュー+コメントにおいて壁を非表示にしたカットモデルにより建物の空間構成が画面内に全て収まっており、閲覧者が少しカメラ操作をすることでコメント内容を十分理解できたことが手間に差がなかった理由と推測できる。

A1:「アニメ機能」と「ビュー+コメント機能」のどちらがコメント内容理解に手間が必要でしたか。

A2:「アニメ機能」と「ビュー+コメント機能」のどちらがコメント内容の理解が深まりましたか。

図7 アンケート項目A-1、A-2の結果

リアルタイムアニメーションの閲覧

ビュー・コメントリストにあるすべてのビューを順に閲覧するアニメーションが自動的に作成される。

ビュー+コメント機能とアニメーション機能を切り替えるボタン。

ビュー・コメントリストにある作成済みアニメーションのタイトルをクリックする。

アニメーションの開始ビュー(1つ目の指定ビュー)にカメラが切り替わり、同時に次(2つ目の)指定ビューに付けられたコメントがバルーン内に事前表示される。閲覧者はこのコメントを読むことで、登録者が次の指定ビューまでのアニメーションで何を伝えたいのかを確認することができる。「再開」ボタンをクリックするとアニメーションが開始される。

アニメーション再生

その後、「次コメント」ボタンをクリックすると、さらに次(3つ目の)指定ビューに付けられたコメントが事前表示される。その後は前述したことの繰り返しとなる。

なお、アニメーションにコメントが登録されていないビューを含む場合は、コメントバルーンは空白となる。

リアルタイムアニメーションの登録

コメント・ビューリストの表示をアニメーション機能に切り替える。次に、コメント・ビューリストの「新規作成」ボタンをクリックする。

アニメーション作成のためのビュー指定画面に切り替わる。複数の既登録ビューを、順序を含めて選択することでアニメーションの登録を行う。

プルダウンメニューをクリックすると、既登録ビューリストが表示される。「開始」、「経過」、「終了」の各ビューをこの中から選択する。「経過」ビューは初期状態では3つ表示されているが、4つ目からは自動で追加される。

アニメーションの登録名を入力し、再生速度を設定する。「確認」ボタンをクリックすると、プレビューが始まる。最後に「保存」ボタンをクリックする。作成したアニメーションがビュー・コメントリストに追加される。

図5 リアルタイムアニメーションの閲覧・登録方法

また表7から、コメント対象範囲によって有効なカメラワークが異なるということが分かった。例えば、課題5の結果からは「建築要素」を対象範囲としたコメントではオブジェクトを近距離・遠距離の両方から確認できるズームが有効である一方、課題6の結果からは「空間」を対象範囲としたコメントでは空間の全体像を確認できるオービットや、空間内を歩いて見せるウォークが有効であると言える。なお、オービットは5つ中4つのアニメーションにおいて壁等を非表示にしており、3Dモデルを断面的に見せることで空間構成の確認を可能としている。「配置・構成」については、当該操作が不可欠であると言える。

表7 アンケート項目A-3の結果

	コメント対象	1位	2位	3位	4位
課題1	部分	オービット(39)	見回し(30)	ズーム(18)	スライド(15)
課題2	配置・構成	ウォーク(33)	見回し(27)	オービット(26)	スライド(16)
課題3	全体	オービット	-	-	-
課題4	配置・構成	オービット(23)	スライド(20)	ズーム(19)	-
課題5	建築要素	ズーム(17)	見回し(13)	-	-
課題6	空間	オービット(34)	ウォーク(31)	スライド(24)	見回す(20)

括弧内は各被験者が付けたカメラワークの順位を点数化(1位3点、2位2点、3位1点)し、集計した結果を示す。網掛は非表示オブジェクトを設定したアニメーションを示す。

8. まとめ

本研究では、建築情報モデルを介した非同期設計案伝達のための設計情報共有ウェブシステムを開発し、その評価を試みた。

本研究での評価基準は「理解度の自己申告」という主観的なものであったため、評価結果を限定的に捉える必要がある。また、システムの活用範囲を広げるためにも、非専門家による評価が必要であろう。今後はプロジェクトにおいて実際に使用し、想定している作業フローとずれがある場合、システムを修正する必要がある。また、単なる3Dモデルではなく建築情報モデルを扱うメリットを最大限に発揮するためには、BIMCADから建築要素属性情報を引き出し、それをウェブ上で建築情報モデルと再合成して扱う必要があり(図1の点線矢印)、今後の開発テーマである。その意味では、今回開発したシステムは、建築情報モデルをウェブ上で扱うためのプラットフォームであると言える。機能拡充によって様々な用途に活用可能であり、本研究での成果の持つ影響力は決して小さくないと考える。

今後、BIMの概念やそれに対応したオブジェクト指向の3DCAD(BIMCAD)は実務・教育分野で急速に広まることが予想される。従来、設計作業とは別に作成する必要のあった3Dモデルは必ず生み出されるものとなる。来るべき時代における設計コミュニケーションの一端を、本研究を通じて描けたのではないかと考える。

注釈

注1) 詳しくは参考文献8) 9) を参照のこと。

注2) DASSAULT SYSTEMES社 3DVIA Virtoolsなど。

注3) Autodesk社 NavisWorks、Graphisoft社 BIMx、Solibri社 Solibri Model Checker、Autodesk社 BIM 360 Glueなど。

注4) Autodesk社 Autodesk 360など。

注5) NavisWorksはアノテーション機能、リアルタイムアニメーション機能等、本研究での開発で実装した機能の一部と類似する機能を持つ。クラウドデータ管理サービスとの併用により、ウェブ非対応の短所を一部克服できる。しかし、コメント閲覧とリアルタイムアニメーションが連動していない点や、「複数主体間でのコミュニケーションの支援」という観点が欠如している点、完全なクラウド化が実現できないことで発展性に欠ける点において、開発するシステムとは異なると思う。

注6) Drawing Web Formatの略。ベクターデータ(2D・3D)をインターネット上で共有することを目的として開発されたフォーマット形式。ファ

イルサイズが小さいことが特徴である。Autodesk社が発売している主要なCADから直接書出すことができる。Revitから書出す際の特徴として、IDを持つ建築要素オブジェクト単位で書出されることがあげられる。なお、ID及び幾何情報以外の属性情報は書出されない。

注7) 被験者は建築学科に所属する4年生8名とした。試用実験の状況設定として、設計案閲覧、代替案比較、コメント閲覧、コメント登録、の5つの実験シーンに基づく作業を行うこととした。以上4つのシーンに対して、開発システム(ウェブ上で3Dモデルを扱う)、BIMCAD(BIMCADファイルがコメントと共に開発済システム^{注1)}にアップされており、当該ファイルをダウンロードしBIMCADで開くことで3Dモデルを扱う)、の2つのツールを使って、被験者が実行するという形式で進めた。結果として、被験者1人あたり8つの課題を実施した。実験対象の3Dモデル(美術館、図書館)は実験実施側で用意したもので、どの被験者も未知の建築である。習熟効果が発生しないように、シーンごとに3Dモデルを変えた。さらに、実験の順番に結果が左右されないように、実験シーンの順、使用ツールの順を被験者ごとに変えた。

注8) 基本的なカメラワークの特徴を評価するため、3Dモデルのビューイング機能として通常採用されている5つの操作を取り上げた。

注9) 実験手順を以下に示す。1. 「課題1」の3Dモデルを表示する。2. ビュー+コメント機能を利用し、登録されているコメント内容を確認する。コメント内容が確認しにくいようであれば、自由にカメラを変更してもよい。3. アニメ機能を利用し、登録されているリアルタイムアニメーションを閲覧してコメント内容を確認する。4. 他の課題に関しても、1.~3.の手順を繰り返し行う。なお、実験手順によって結果に差が出ないように被験者を2グループに分け、手順2.と3.の順序を逆転させた。被験者は建築学科に所属する4年生とした。前提として被験者は、設計案及びコメントを初めて閲覧するものとする。

参考文献

- 1) So-Yeon Yoon, Mustafa Tutar, M. Saleh Uddin, Issues of Interactivity on Architectural Representation Tools - A Comparison Study Between A Computer Game & A Non-Game Web3d Environment, Proceedings of the 9th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA2004), pp.601-612, 2004.4, Seoul, Korea
- 2) 田上恭也、有馬隆文、「まちづくりワークショップにおけるイメージ共有のためのVRシステムの開発 - 太宰府天満宮における参道空間の景観形成を事例として-」、日本建築学会第28回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、pp.49-54、2005.12、東京
- 3) 福田知弘、泉英明、寺嶋孝典、加賀有津子、「VRとブログを用いた住民参加型デザイン手法の提案と評価 - 高松4町パティオ広場デザインを事例として-」、日本建築学会第29回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、pp.103-108、2006.12、東京
- 4) Krzysztof Walczak, Modelling Behaviour of Configurable VR Applications, International Journal of Architectural Computing, Issue 01, Volume 07, pp.77-103, 2009.3
- 5) Luisa Dalla Vecchia, Adriane da Silva, Alice Pereira, Teaching/Learning Architectural Design based on a Virtual Learning Environment, International Journal of Architectural Computing, Issue 02, Volume 07, pp.255-266, 2009.6
- 6) Chengzhi Peng, uCampus: Can an open source 3D interactive virtual campus modelling platform support institutional learning and innovation?, International Journal of Architectural Computing, Issue 03, Volume 09, pp.303-324, 2011.9
- 7) 黒川昭治郎、大西康伸、両角光男、村上祐治、本間里見、「三次元モデルに対応した設計情報交換・共有システムの基礎評価 - 設計演習授業のための協調設計支援システムの開発と運用に関する研究 その5-」、日本建築学会大会学術講演梗概集、E-1、pp.933-934、2010、富山
- 8) 大西康伸、両角光男、本間里見、村上祐治、森貴宏、丸山高央、「ウェブ画像へのコメント書込機能を備えた非同期討論ツールの開発と機能拡充 - 協調設計のための意思決定支援グループウェアに関する研究 その1-」、日本建築学会第29回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、pp.73-78、2006、東京
- 9) 丸山高央、大西康伸、両角光男、本間里見、村上祐治、「SNSモデルによる設計情報交換・共有システムの開発・評価 - 設計演習授業のための協調設計支援システムの開発と運用に関する研究-」、日本建築学会研究報告九州支部、第47号3、pp.185-188、2008、熊本

[2013年1月29日原稿受理 2013年4月11日採用決定]