

機関番号：17401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20760411

研究課題名（和文） 施主の設計案理解を支援する BIM を活用したウェブコミュニケーションツールの開発

研究課題名（英文） Development of Web Communication Tool to Support Understanding of an Architectural Proposition for Clients with BIM Concept

研究代表者

大西 康伸（ONISHI YASUNOBU）

熊本大学・大学院自然科学研究科・助教

研究者番号：20381006

研究成果の概要（和文）：施主の設計案理解促進による設計者との円滑な設計コミュニケーションを目指し、BIM 対応 3DCAD モデルを取り入れたウェブコミュニケーションツールを開発した。はじめに、従来は文字と画像が中心であったウェブ掲示板上で、設計プロセスとシームレスに 2D、3DCAD データを表示できる機能を開発した。続いて、施主・設計者間のコミュニケーションの中核を担う機能として、建築 3D モデル及び CAD 図面へのアノテーション（注釈）の登録・閲覧をウェブ上から実行できる機能や、建物モデルのリアルタイム・アニメーションの中でアノテーションを自動的に閲覧できる機能を開発した。開発後、開発機能の基礎的評価を実施し、その有効性を示した。

研究成果の概要（英文）：To support understanding of an architectural proposition for clients, we have developed a web application for browsing the BIM-model. In this research, we add some functions to display the 3D model on the web page, attach a comment to a 3D model and browse comments automatically by real time animation using the web communication tool that we developed. I conducted a test of the developed system and used a questionnaire to evaluate its usefulness for design communication in a design process. The results showed that the developed system was effective.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009 年度	900,000	270,000	1,170,000
2010 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2900,000	870,000	3,770,000

研究分野：建築計画、建築情報システム

科研費の分科・細目：建築学・都市計画・建築計画

キーワード：3DCAD、グループウェア、コラボレーション、インターネット

## 1. 研究開始当初の背景

建築設計は、「設計者（意匠、構造、設備設計者などからなる組織）から施主への設計案の説明と施主による設計案の把握・理解」、「施主からの要望収集とその設計案へのフィードバック」が求められるという意味において、設計者と施主が協同で作り上げていく

プロセスであると捉えることができる。しかし、通常施主は建築に関する専門知識を持ち合わせていないことが多く、施主という立場から設計者と協同して設計活動を進めるためには様々な障害がある。これらの障害が原因となり、設計や施工の途中で手戻りが発生する、さらには竣工後に「想像していたもの

とは違う」という感想を抱く施主は少なくない。完成した「もの」を確認した上で購入を決める工業デザイン分野と異なり、建築設計分野には設計過程で特有の不安や竣工後の満足度の低下が存在することは否めない。

一方、建築 CAD 分野に目を向けると、Building Information Modeling (BIM) の概念に基づいて設計・開発された新しい 3DCAD が実務利用の域に達しつつある。この新しいパラダイムのツールは建設業務の効率化を目的として米国や欧州を中心に実務分野で利用され始めており、日本にもその波が押し寄せている。設計者が 3DCAD で設計実務を行い、施主との設計コミュニケーションにその 3D モデル (BIM モデル) を活用することで、両者の設計情報格差の改善が期待できる。しかし、施主が BIM モデルを直接制御し、様々な部材情報を引き出す作業は専門知識や専用ソフトを必要とするため困難であり、また、表示される部材情報の解読にも専門知識が必要である。

## 2. 研究の目的

BIM モデルおよびそれが持つ部材情報へのアクセシビリティを改善するために、BIM モデル及び部材情報をブラウジングするウェブアプリケーションを開発することを、本研究の最終到達目標とする。

本研究の目的は、開発を予定しているウェブアプリケーションの実装機能の設定と、3D 建物形状表示機能、コメント機能、リアルタイム・アニメーション機能を中心としたプロトタイプシステムの開発である。具体的には、1) 開発するウェブアプリケーションの枠組みを技術的観点から考察し、実装機能の設定を行う、2) 3D 建物モデルをウェブ上で表示し、コメントを付与する機能を中心としたウェブアプリケーションを開発する、3) システムの基本動作を評価する、4) リアルタイム・アニメーションなど、コミュニケーション機能強化を中心とした機能を開発する、5) 追加機能の評価を実施する、の 3 点である。

## 3. 研究の方法

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する。建築モデルおよび設計情報がインターネット経由で容易かつ即時的に共有できる、専用のソフトウェアを必要としない、という 2 点はその理由である。本研究で用いる 3DCAD 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 Autodesk 社の Revit Architecture を、DWF 形式モデルのビューワーとして Revit と親和性の高い Autodesk 社の Design Review を採用する。開発システムの技術的枠組みを図 1 に示す。

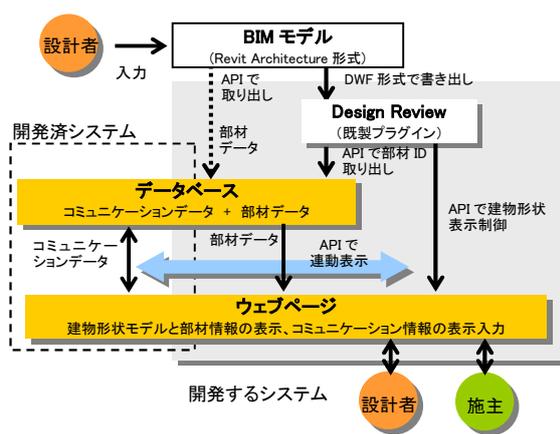


図 1 開発システムの技術的枠組み

Revit にて BIM モデルを DWF 形式に書き出し、Design Review API 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、施主と設計者間でやりとりされる要望、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 モデルとリンクを張りデータベースに登録することで、建物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機能を開発する。表示メニューや表示方法には、専門知識がなくても理解できるインターフェースを構築する。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の中で開発した非同期設計情報共有システムである。このシステムは文字や画像しか表示できないため、本稿ではこの開発済みシステムを対象に 2D・3D のベクターデータ (DWF) が表示制御できる機能を拡充する (DWF の編集はできない)。図 1 中の点線矢印機能である「Revit からの形状以外の部材情報の抽出・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。

## 4. 研究成果

### (1) 開発システムの実装機能

開発システムの機能目標の概略を、施主がプロジェクトに参加する際に発生する想定障害をもとに決定した (表 1)。本研究は BIM モデルをウェブ上で扱う第一段階として捉えているため、建物形状の表示制御及びコメント機能を中心に開発した。

表 1 本研究で実装する拡充機能

実装機能	内容
1 ウェブページに 3D モデル及び CAD 図面を表示	3D モデル及び CAD 図面をウェブページ上に表示する。カメラ位置や建築構成要素の表示状態 (半透明・非表示) のインタラクティブな変更を可能とすることで、図面ではわかりにくい建物の構成や構造・設備の確認ができる。カメラ制御、部材表現 (半透明/透明) 制御は Design Review の機能をそのまま用いる。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カスタマイズする。
2 ビュー保存・呼び出し	設計者がウェブ上で予め保存した視点 (内外観問わず) から、設計案を確認できる。カメラプロパティとビューコメント、部材表現状況がセットでデータベースに書き込まれる。
3 コメント登録・閲覧	BIM モデルの部材へ 3D アノテーション (注釈) を付与できる機能。施主による設計案への要望や意見、設計者による設計案

	の説明を建築モデルへ書き込み、形状情報と関連付けて管理・共有する。 コメントの対象となる部材 ID、カメラプロパティ、部材に対するコメント、部材表現状況がセットでデータベースに書き込まれる。
4	別ウィンドウ表示 データベースに登録された保存済みビューを順次呼び出すことで、円滑なプレゼンテーションが実現する。また、代替案の同じビューからの比較を支援する。
5	リアルタイム・アニメーション 登録済カメラを順序指定してリアルタイム・アニメーションを登録する。再生の際には、指定した視点をつなぐようなリアルタイム・アニメーションが表示される。また、アニメーションの中で、半自動的に部材につけられたコメントを閲覧でき、3D モデルの閲覧に不慣れな者の閲覧を支援する。

## (2) システムの開発

設定した拡充機能に基づきウェブシステムを開発した(図2)。開発に際して、開発済みシステムをベースとし、三次元関連機能を搭載する形で進めた。以下に拡充した三次元関連機能を記す。

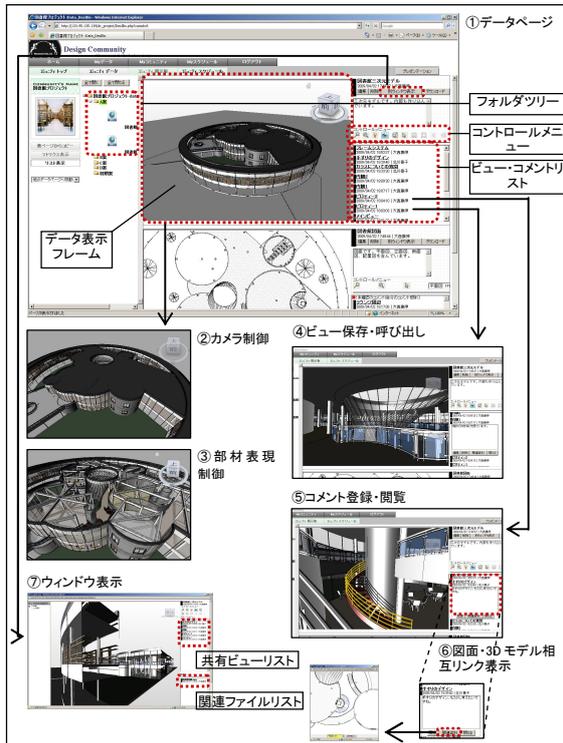


図2 ウェブコミュニケーションツールの CAD データ対応機能

- ①データページ：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。フォルダ構成として、1 つのフォルダに 1 つの設計案の 3DDWF データと図面 DWF データを登録する。「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には表示されない。
- ②カメラ制御：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。視点をインタラクティブに変えることができるため、設計案の理解に役立つ。
- ③部材表現制御(半透明/透明)：部材単位で

半透明または透明表示に切り替えることができる。隠れてしまっ見えにく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、透明状態は、ビュー保存やコメント登録の際にも引き継がれる。

④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 モデルのカメラアングルが保存されたアングルに変わる。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(ビュー保存意図)が表示される。自由に 3D モデルを見ることのできるデメリットとして、「どこから見ればいいかわからない」、「設計者の意図が伝えにくい」、などの問題がある。そのため、任意の状態でのビュー保存ができる機能を開発した。保存済みビューを呼び出したのち、さらにビューを変更し、設計案を確認できるところが 3D モデルの特徴である。

⑤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 モデルのカメラアングルが、コメントが保存された時のアングルに変わり、コメントが付けられた部材がハイライト表示される(右図では階段手すり)。3D モデルの特定部材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。

⑥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 モデルが関連付けられているという BIM モデルの特徴をいかした機能である。

⑦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 CAD データが表示される。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利用する。「共有ビューリスト」には、「データページ」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指定したものが表示される。通常、3D モデルを用いたプレゼンを、的確な操作で短時間でを行うのは困難である。予め用意した共有ビューを活用することで、効果的なプレゼンテーションを行うことができる。「関連ファイルリスト」には、同一コミュニティ内の

CAD データ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。

### (3) システムの評価

① 評価実験の概要：開発したシステムの基本的な動作確認および CAD データ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、簡易な試用実験を実施した。実験の状況設定は、「設計者から施主へのウェブツールを用いた設計案の伝達」である。被験者は、施主の立場として a) 設計案の閲覧、b) 代替案の比較、c) コメント閲覧を行い、設計者の立場として d) コメント登録、e) 対面プレゼンを行うこととした。以上 5 つの実験シーンそれぞれに対して、1) 開発システムを用いた場合（ウェブツール上で 3D モデル、CAD 図面を扱う）、2) CAD ソフトを用いた場合（ローカル PC に CAD ファイルをダウンロードし、CAD 上で 3D モデル、図面を扱う）、3) 画像ファイルを用いた場合（ウェブツール上で透視図・図面画像を扱う）の 3 つの方法で被験者が実行するという形式で進めた。5 つの実験シーンそれぞれについて 3 つの方法で実行するので、一人当たり 15 つの課題を実施することになった。9 名が実験に参加した。終了後、各作業項目に対し、どの方法が便利だったか比較評価するアンケートを実施した。

② 評価実験の結果：試用実験を実施した結果、システム作動上の不具合や利用上の大きなトラブルは見受けられなかった。試用実験の結果、CAD 利用と比較した場合の開発システム利用の有利な点として、「CAD を使わずにウェブ上で処理ができることの手軽さ、作業の流れの円滑さ」があげられる。一般的に 3DCAD は高価であり、動作環境として PC に高いスペックを要求する。これを加味すると、CAD を媒介させなくても同等以上の設計案伝達が可能である開発システムは、評価に値すると思われる。また、ウェブ上で 3D モデル・CAD 図面の視点を設定・共有・管理できることは、設計案を理解する手がかりが設計者から得られることを意味する。非専門家は 3D モデルのどこをどう見るのかわからないため、有用な機能だと考える。従来のウェブシステムでの画像利用と比較した場合の開発システム利用の有利な点として、「設計案をインタラクティブに閲覧できる」ことがあげられる。画像は設計者の意図が伝わりやすいが、一方方向伝達のメディアである。3D モデルをインタラクティブに閲覧することは、設計案の全体像の把握やディテールの把握に効果を発揮すると推測される。また、「画像作成の手間」は多くの被験者に指摘されており、開発システムによってウェブ・コミュニケーションが

円滑に進むことが期待される。

### (4) リアルタイム・アニメーション機能追加

本開発システムの特徴は、3D モデルの建築部材にコメントを登録でき、登録の際のビュー設定が同時に記録されることである。閲覧時にはコメントが登録された部材が強調表示されコメント内容が表示されると共にビューが切り替わる。評価実験からコメント機能の有効性については確認できたが、コメント閲覧のためにはビュー呼出機能がある場合でも 3D モデルの操作にある程度の慣れが必要なため、それがコメント閲覧の障害になっていた。そこで、3D モデルに登録されたコメントの閲覧を支援する機能としてリアルタイム・アニメーションを活用し、アニメーションの中で自動的にコメントを閲覧することで、3D モデルの操作に不慣れな人でも簡単にコメント内容を理解できると考えた。それにより、3D モデルを介した設計情報伝達を促進すると考える。

リアルタイム・アニメーションはウェブ上からインタラクティブに設定できる。既に保存されているカメラを順序指定するだけで設定は完了する。閲覧の際には、設定されたタイトルをクリックするだけで、アニメーションは再生される。

以下では、リアルタイム・アニメーションの閲覧手順及び補助操作機能について示す（図 3）。

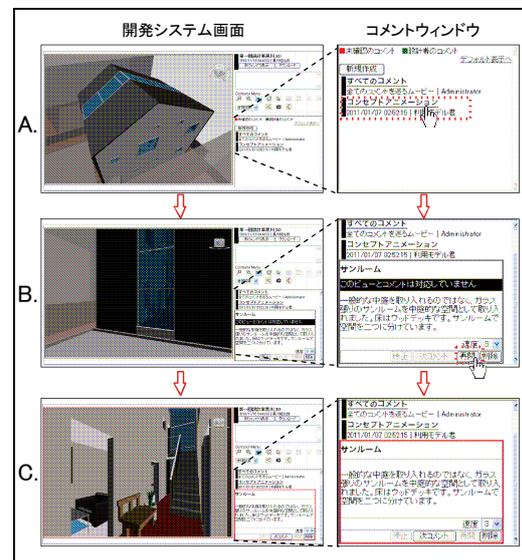


図 3 リアルタイム・アニメーションの閲覧

A. コメントウィンドウ内にあるアニメーションのタイトルをクリックする。B. コメントが次のビューの内容に切り替わる。ユーザはここでアニメーションが開始される前にコメント内容を確認できる。「再開」ボタンをクリックすることでアニメーションが

開始し、少しずつ次のビューに近づく。C. 3Dモデルのカメラ視点が次のビューに到達するとアニメーションが停止する。なお、ビューに半透明表示や非表示のオブジェクトがある場合、それらのオブジェクトはアニメーション中でもビューで指定された表示状態を保つ。補助操作機能として、a. アニメーションの速度調節（アニメーション閲覧中に速度を5段階で調節可能）や b. アニメーションの一時停止・再開（アニメーション閲覧中にアニメーションの一時停止、再開が可能）がある。

以下では、リアルタイム・アニメーションの登録手順及び補助操作機能について示す（図4）。

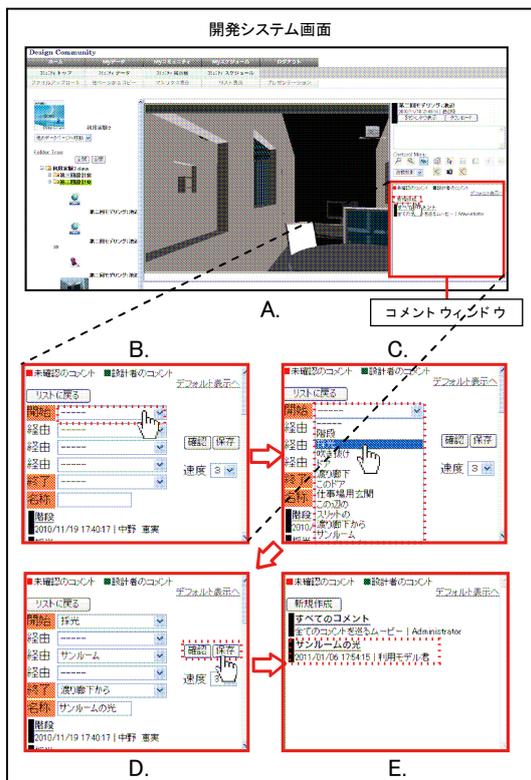


図4 リアルタイム・アニメーションの登録

A. コメントウィンドウの「新規作成」ボタンをクリックする。B. プルダウンメニューをクリックすると、3Dモデルに登録されているカメラ及びコメントが全て表示される。C. アニメーションで使用したいカメラ及びコメントを選択する。D. アニメーションの名称を入力後、「保存」ボタンをクリックするとアニメーションが登録される。登録の前に「確認」ボタンをクリックすることでアニメーションがプレビューされる。E. 登録されたアニメーションはリストにタイトル及び日付が表示される。

また、アニメーション機能を用いて建築オブジェクトを説明する際に有効と考える5つ

のカメラワークを提案した(表2)。アニメーション機能は、複数のカメラ視点を選択して設定登録を行うため、使用するカメラ視点により様々なカメラワークのアニメーションを作成することが可能である。本研究ではアニメーション機能の有効性を高めるため、アニメーションを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した。以下に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示す。

表2 カメラワークによるアニメーション分類

カメラワーク	アニメーションの内容
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	ある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 見回す	ある固定の位置から、周囲を見回すようなアニメーション。
4 ズーム	ある固定の位置に、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。

#### (5) リアルタイム・アニメーション機能評価

アニメーション機能の評価実験を実施した。コメントの対象範囲(表3)がそれぞれ異なる課題を6つ設定し、それぞれに対して表2のカメラワークを用いてアニメーションを設定した。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設定した結果、アニメーションは18個となった(各課題と使用したカメラワークの組み合わせは表4を参照のこと)。アニメーション機能の比較評価のため、各課題についてアニメーション設定の無いコメント計6個と合わせて合計24個のコメントを被験者10名に閲覧させ、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つの観点においてアニメーション設定のある場合と無い場合のどちらが優れていたかをアンケート調査した。同時に、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付けさせた。

アニメーション機能の有効性に関するアンケート結果から、ビューにコメントの内容を全て納めることが困難な、「空間」「配置・構成」「全体」を対象範囲としたコメントにおいてはアニメーション機能によりコメント内容の理解が深まると同時に、理解するまでの手間が軽減されることがわかった。しかし、比較的簡単に閲覧できるファサードや対象範囲が明確なオブジェクトや空間など、主に「部材」や「部分」を対象範囲としたコメントに関しては、アニメーション機能を用いてもコメント内容の理解や、理解するまでの手間はあまり変わらないということが確認できた。

また、表4に各課題におけるコメント内容を理解しやすかったカメラワークの順位

結果を示す。結果から、コメントの対象範囲によって有効なカメラワークがそれぞれ異なることがわかった。例えば、「部材」を対象範囲としたコメントにおいては、オブジェクトを非表示にしなければ、オービットアニメーションは活用できないと考える。

表3 コメント対象範囲

対象範囲	内容
部材	部材単体に対するコメント。部材自体のデザインや配置に関する内容であるが、床や天井、壁などの対象範囲が広がるものは除く。
部分	面や範囲、複数の部材に対するコメント。ファサードなど複数のオブジェクトで構成されている、面や範囲のデザインや配置に関する内容である。
空間	空間や居室全体に対するコメント。空間単体のデザインや配置などに関する内容である。
配置・構成	建物の配置や空間構成に対するコメント。空間と空間の位置関係や動線に関する内容である。
全体	建物全体に対するコメント。コンセプトや建物全体のデザイン方針、空間構成に関する内容である。

表4 カメラワークに関するアンケート結果

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

※ 括弧内の数字は各被験者が付けたカメラワークの順位を点数付け(1位:3点、2位:2点、3位:1点)し、集計した点数を示す。

※ 灰色の網掛のアニメーションの種類は、アニメーション中に非表示のオブジェクトを設定したものを示す。

#### (6) まとめ

本研究では、施主の設計案理解促進による設計者との円滑な設計コミュニケーションを目指し、BIM対応3DCADモデルを取り入れたウェブコミュニケーションツールを開発した。3Dモデルを介した新しい設計コミュニケーションの可能性について示すことができたと考える。本開発システムで扱った設計情報は、主に建物の形状情報であった。形状情報にリンクされた様々な部材情報こそBIMモデルの核心的技術であり、今後はどの部材情報をウェブ上でどのように活用するかが重要な課題である。3DCADを使った設計が一般化すると、常に最新案の3Dモデルが存在するという状況になる。これを設計者・施主間の、または同じ設計チームのメンバー間のコミュニケーションにどう活用すればいいのか、今後も模索を続ける。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

- ① 中野恵実、大西康伸、両角光男、村上祐治、本間里見、3Dモデルのリアルタイムアニメーション導入によるコメント閲覧機能の拡充と評価 -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6-、日本建築学会大会学術講演梗概集、査読なし、E-1、2011.8、

掲載予定、東京

- ② 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、査読なし、E-1、pp.933-934、2010.9、富山
- ③ 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・共有システムの開発と評価 -設計案理解のためのBIMを活用した支援システムに関する研究-、日本建築学会第32回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、査読有、pp.37-42、2009.12、東京
- ④ 黒川昭治郎、大西康伸、両角光男、村上祐治、本間里見、パーソナルベース型設計情報交換・共有システムの運用手法の提案と評価 -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3-、日本建築学会大会学術講演梗概集、査読なし、E-1、pp.909-910、2009.8、仙台
- ⑤ 大西康伸、両角光男、村上祐治、本間里見、黒川昭治郎、三次元モデルに対応した設計情報交換・共有システムの開発 -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4-、日本建築学会大会学術講演梗概集、査読なし、E-1、pp.911-912、2009.8、仙台
- ⑥ 大西康伸、中村達也、両角光男、村上祐治、本間里見、三次元建物形状のウェブ表示システムの開発と利用評価 -施主の設計案理解のためのBIMを活用した支援システムに関する研究-、日本建築学会研究報告九州支部、査読なし、第48号3、pp.33-36、2009.3、沖縄

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

大西 康伸 (ONISHI YASUNOBU)

熊本大学・大学院自然科学研究科・助教

研究者番号：20381006