

建築情報モデルを活用した 3D 実施設計図書の提案と評価

○松尾 悌弘*¹ 大西 康伸*²
本間 里見*³

キーワード：BIM 建築情報モデル 設計図書 情報伝達 在来木造住宅

1. 研究の背景と目的

近年、BIM の概念に対応した 3DCAD (以下、BIMCAD) を設計段階で導入する設計事務所や建設会社が増加している。BIMCAD を利用した場合、建築を構成する部材の属性情報を包括した 3D モデル (以下、建築情報モデル) を作成し、それを加工することで実施設計図書 (以下、従来図書) を設計段階の最終成果物として作成する。二次元である図面と比較して、建築情報モデルは同時に表現できる情報が一次元分多いにも関わらず、それを捨象し従来の表現手法を用いているのが現状である。

そこで本研究では、建築情報モデルが三次元であることを活用した、従来図書に代わる BIM 時代の実実施設計図書を 3D 実施設計図書 (以下、3D 図書) として提案し、その評価を行う。BIMCAD を用いて従来図書を作成する際には、建築情報モデルが生み出す図面に寸法や部材の属性情報を表示させ、モデル化していない詳細部分を二次元で加筆し、さらには図面表記として問題がある部分を修正する必要がある、決して自動的に作成される訳ではない。建築情報モデルが生み出す図面を設計図書のベースとして用いる代わりに、3D モデルを用いて同様のことを行ったものが 3D 図書である。従来図書作成と同程度、もしくは製図表記の慣習にとらわれないことによりそれ未達の労力で作成でき、なおかつ一次元分情報が増えることで建築情報モデルが持つ豊富な情報を可能な限り活用した設計図書になると考える。3D 図書を利用する想定として、従来図書のように印刷は行わず、PC や携帯情報端末を利用することとする。これは、閲覧性の向上を目的とし、設計図書の拡大/縮小やオービット表示、設計図書相互のハイパーリンク表示など、デジタル設計図書でこそ可能になる機能を活用するためである。さらには、設計図書のペーパーレス化に寄与する。

既往研究には、建築情報モデルの強力な視覚化機能を利用し、設計段階や施工段階でのコミュニケーションに活用する研究^{1) 2)}、施工段階計画に活用する研究³⁾ などがある。しかし、いずれも実施設計図書のあり方に関する研究ではない。また、市販されている建築情報モデルのビューアーの中には、GRAPHISOFT 社の BIMx のように、3D モデルと三次元空間に投影された図面が同時表示されるツールがある。プレゼンテーションのためのツ

ルではあるが、表現上の参考になる。

2. 研究の方法

研究の第一段階として、在来木造住宅を対象に 3D 図書を作成することとする。鉄筋コンクリート造や鉄骨造と比べ、在来木造住宅は詳細寸法の必要性が低いことや施工図の重要性が低いことなどから、本試行に相応しいと判断したためである。また、日本において在来木造住宅の着工件数が最も多いため、本研究成果の社会的な影響力が決して小さくないと判断されるためである。図 1 にケーススタディの対象とした既存の在来木造住宅 (以下、K 邸) の概要を示す。

また本研究では、確認申請図書の作成や見積もり作成への対応を検討範囲外とする。前者は従来通り図面を作成することとし、後者は建築情報モデルから自動積算し、その結果を BIM に対応した見積もり専用ソフトに読み込み見積もりを作成することで対応することとする。

以下に研究の手順を示す。

- 1) 従来図書作成のための製図法に代わる、3D 図書を作成する方法を提案する。
- 2) 提案した方法を用い、K 邸の従来図書を参考に 3D 図書の作成を行う。
- 3) 3D 図書に基づく模型作成を通じた評価実験及び建設会社を対象としたヒアリングにより、3D 図書の評価を行う。



図 1 ケーススタディ対象の概要

3. 3D 図書の作成手法の提案

本研究では、実施設計図の表現のベースを二次元から三次元に置き換えるが、実施設計図が担うべき役割は変わらない。そのため、大まかには従来の製図法を踏襲しながらも、その一部を三次元に適応するように改良する

という方針を採用する。従来の製図法は、「立体物をどのように平面上に表記するか」と「形状以外の設計情報をどのように表記するか」という二つのルールに大別することができる。3D 図書の場合、前者については、立体物を立体として表現するため直感的な理解が可能であるが、立体として表現することによる新たな表記のルールが必要となる。後者については、基本的には従来の製図法のルールを踏襲するが、設計情報によっては新たな表記のルールが必要となるものもある。

また、BIMCAD は図面をその最終成果物として想定して開発されており、本研究で提案するような新たな表現方法に対応しているわけではない。本研究では BIMCAD のカスタマイズは行わず、標準機能のみを用いることを 3D 図書作成手法提案の前提条件とする。以下に示す 3 つの提案は、現状で創意工夫によりどこまで理想的な 3D 図書が作成可能かを試みている。

3.1. モデリングに関するルールの提案

従来図書に含まれる情報は、建築情報モデル内に 3D モデルとしてすべて入力することが理想的である。しかし、その手間や効果を考えると現実的ではなく、適切な LOD (Level of Detail) を設定し、必要に応じて 2D の詳細図や文字による仕様書を併用することが望ましいと考える。また、金属屋根やアルミサッシのように、専門工事業者が中心となり設計者が協力しながら設計を進める部位がある。このことは、設計者が 3D モデルとして詳細に入力しても、その通りに実現するとは限らない部位があることを意味している。従って、全ての部位について詳細な入力を設計者が行う必要はないと考える。

建築部位によって設計者がどこまで詳細な形状決定に関与できるかが異なるため、関与できる部位ほど 3D 形状を詳細に入力し、関与できない部位ほど 3D 形状を簡略化して入力することとした (表 1)。

表 1 3D 形状の入力指針

部位の特徴	部位例	モデル入力の精緻さ	
1. 建築の主な構成要素で、部材が工場で作製され、現場では加工や組み立てが中心である部位	軸組 小屋組 仕上	納まり、勝ち負け、目地などの表現も含め、詳細なモデル入力が必要。	↑ 詳細 ↓ 簡略
2. 細部の寸法は詳細図に記載するため、詳細な 3D 形状の入力を必要としない部位	屋内建具 造作階段 製作家具	主要寸法が正しく反映されたモデル入力が必要。	
3. 詳細な設計は専門工事業者によって行われる部位	金属屋根 アルミサッシ 基礎配筋	設計意図や概略寸法が読み取れる程度の簡略可されたモデル入力でのよい。	
4. 既製品をカタログから選択し、それを現場に加工なしで取り付ける部位	便器 洗面台 ユニットバス	製品の設置位置と大まかな大きさが把握できる程度のモデル入力でのよい。	

3.2. 従来図書と 3D 図書の対応に関する提案

設計者は、従来図書における「図面」の代わりに、3D 図書では 3D モデルを用いた「ビュー」を作成する。ビューとは、建築情報モデルに対してカメラを設定し、部材要素、要素の属性情報、寸法、通芯、その他注釈を選択的に表示した 3D モデルの閲覧画面である。図面のビューへの置き換え方針を、次の通り設定した (表 2)。図面はで

きるだけビューへ置き換えるが (表 2 最右列「A」)、詳細寸法が必要な場合は BIMCAD で詳細図を作成し、また建具表、面積表、仕上表は BIMCAD の集計表機能で自動的に作成できるため、従来図書の形式で表現する (表 2 最右列「B」)。さらに、仕様書等は指定様式を、付近見取図は地図をスキャニングにより画像データに変換したものを、BIMCAD のシートに貼り込み使用する (表 2 最右列「C」)。なお、表 2 は K 邸の従来図書を対象に、3D 図書との対応を整理したものである。

表 2 K 邸の従来図書と作成する 3D 図書の対応

従来図書	図面数	3D 図書	ビュー数	対応の方針
特記仕様書	5	特記仕様書	5	C
木造標準詳細図	4	木造標準詳細図	4	C
付近見取図	1	付近見取図	1	C
求積図、面積表	4	求積図、面積表	1	B
仕上表	1	仕上表	1	B
配置図、外構図	2	外構ビュー	1	A
1階平面詳細図	1	1階平面詳細ビュー	1	A
2階平面詳細図	1	2階平面詳細ビュー	1	A
前室平面詳細図	1	前室平面詳細図	1	B
東立面図、南立面図	2	南東立面ビュー	1	A
北立面図、東立面図	2	北東立面ビュー	1	A
西立面図、南立面図	2	南西立面ビュー	1	A
断面詳細図	5	短計ビュー	2	A
基礎伏図	1	基礎構造ビュー	1	A
基礎断面詳細図	3	基礎断面詳細図	3	B
1階伏図、1階耐力壁図	2	1階床伏ビュー	1	A
2階伏図、2階耐力壁図	2	2階床伏ビュー	1	A
金物配置図	1	金物ビュー	1	A
小屋伏図	1	小屋伏ビュー	1	A
1階天井伏図	1	1階天井伏ビュー	1	A
2階天井伏図	1	2階天井伏ビュー	1	A
軸組図	8	軸組ビュー	1	A
展開図	42	展開ビュー	9	A
建具表	2	建具表	2	B
建具詳細図	1	建具詳細ビュー	1	A
階段詳細図	1	階段詳細ビュー	1	A
断面詳細図	1	収納棚詳細ビュー	1	A
給排水設備図	1			
電気設備スイッチ配置図	2	設備ビュー	1	A
電気設備配置図	2			
図面数合計	103	ビュー数合計	47	

3.3. ビューの表現ルールの提案

ビューを作成する際、三次元化に伴い「視点設定」、「部材表示」、「通芯表示」、「リンク設定」の 4 つのルールを定める必要がある。それぞれの方針を表 3、各ビューの表現ルールを表 4 の通り提案することとした。従来図書が持つ設計情報を全て含みながらも、三次元で表現するメリットを最大限生かすことを企図した。最大のメリットは、従来図書における複数図面間の関係性が、3D 図書では一つのビューに表現されるということが挙げられる (例えば展開ビューでは、隣接する展開図、断面図、平面図の相互関係が一つのビューで表現できる)。

表 3 ビュー作成の基本方針

分類	ルールの基本方針	理由
視点設定	3D モデルは平行投影法によって表示する。原則として等角投影法を用いる。	寸法把握の容易さに配慮。
	短計ビューは不等角投影法を用いる。	断面が主に見えるようにするため。
	短計ビューを作成する際は、従来図面と同様に、高さ方向の関係を知りたい場所で切断する。平面の場合も従来図面と同様の床レベルから 1200mm~1500mm の高さとする。	従来図面と同じ判断基準を採用するため。
部材表示	拡大・縮小の操作は可能とする。	ビューに表記された注釈を閲覧するため。
	軸組の構成要素のように、同じ要素でも仕様(断面寸法等)が異なる場合、異なる仕様ごとに色分けをする。	部材の仕様を直感的に理解できるようにするため。
	部材を非表示にする。	重要な部材が関係のない部材で隠れてしまうことを防ぐため。
通芯表示	部材を半透明にする。	重要な部材が隠れてしまうことを防ぎながらも、部材相互の関係を示すため。
	平面ビュー、短計ビューでは切断面上に、立面ビューなどの切断を行わない場合は 1FL に、床伏図などの構造を示すビューでは主要部材上面に通芯を表示する。	当該ビューにとって重要な平面上に表示することで、寸法の読み取りを容易にするため。
設定リンク	関係の深いビュー同士をリンクさせる。	複数のビューを同時に引き来することで、設計案のより正確な理解を促すため。

表 4 各ビューの表現ルール

	平面詳細ビュー	矩計ビュー	展開ビュー	立面ビュー	軸組ビュー	各階伏ビュー	基礎構造ビュー	金物ビュー	天井伏ビュー	外構ビュー	設備ビュー
視点設定	基本角度 1 45° 基本角度 4 90° 基本角度 1 1200mm ~ 1500mm の高さで切断	基本角度 2 35° 基本角度 2 140° 5° 高さの関係を 知りたい場所で 切断	基本角度 3 30° 基本角度 3 120° 30° 手前の展開(部屋 の立面)を非表示 にする際、奥の見 せたい展開が途 中で切れないよう にする ・部屋の角に注視 点視点を設定	基本角度 3 原則として、 2 面が入る よう作成	基本角度 3 ・2 以上ビューを 設定	基本角度 1 ・各階の床伏ごと にビューを作成	基本角度 1 ・基礎スラブの 構成が分かる ように、基礎構 造断面ビューを 作成	ビュー固定 なし ・3D モデルの 回転可能	基本角度 1 ・天井レベル から 900mm ~ 1000mm の高さで切 断	基本角度 1 ・原則として 1 ビ ューで作成する が、形状によ っては 2 ビュー 以上を作成	基本角度 1 ・平面詳細ビ ューと同様の高 さで切断
部材表示	建具、家具、階段 などの造物物を半 透明 ・周辺建物を半透明	2 次部材は表 示	天井、建具、家 具、衛生器具は半 透明	モデルに重 なった周辺 建物は非表 示	通芯ごとに軸組 を色分け 断面寸法ごと に色分け ・横架材は半透明 ・2 次部材は表 示	部材断面寸法ご とに色分け ・柱、他の階の梁を 半透明 ・筋交は表示	基礎の断面形 状、配筋に応じ て色分け ・土間コンを半透 明	金物仕様毎 に色分け ・柱、梁を半 透明 ・2 次部材は 非表示	外壁、内 壁、建具は 半透明	建物の外壁 ・屋根以外は非 表示 ・外壁はエッジの み表示 ・屋根は半透明	設備仕様ごと に色分け ・床、外壁、内 壁、建具、家具 を半透明
切断表示	切断面に通芯を表 示	切断面に通芯 を表示	通芯は 1FL に表 示	表示なし	・2 階梁上面に通芯 を表示	・メインの床伏の部 材上面に通芯表 示	・土間コン上面 に通芯を表示	・モデルは回 転されるため、属 性情報は凡例で 補う。	切断面に通 芯を表示	・通芯は屋根 面に表示	切断面に通 芯を表示
リンク設定	平面詳細図、展開 ビュー、建具詳細 ビュー、階段詳細 ビュー、欄詳細ビ ューとリンク	平面詳細ビ ューとリンク	平面詳細ビュー、 展開ビュー、 建具詳細ビュー、 階段詳細ビュー、 欄詳細ビューとリ ンク	外構ビ ューと リンク	各階床伏ビュー、 軸組ビュー、金物 ビューとリンク	軸組ビュー、金物 ビューとリンク	基礎断面詳細 図、金物ビュー とリンク		矩計ビ ューと リンク	外構欄詳細ビ ューとリンク	平面詳細ビ ューと リンク

＜平面詳細ビュー＞
通芯・寸法線を断面上に表示した。これまで平面図に記載されてきた情報に加え、三次元で表現されることで平面、立面、展開が同時に確認できる。

＜展開ビュー＞
部屋の角に注視点を設定し、他の部屋の室内情報も同時に表示するというルールを適用。より少ない絵で室内の情報を習得することができ、内壁と内壁の取り合いも理解できる。

＜立面ビュー＞
立面ビューでは、1 視点で 2 面以上の立面情報が表示され、外壁の面と面の取り合いが判断できる。また、3 次元になることで複雑な立面、屋根形状の建物の姿も理解しやすくなると考えられる。

＜軸組ビュー＞
部材の断面寸法、通り芯ごとに色分けを行う。部材の仕様を直感的に判断しやすく、3次元になることで軸組と軸組の取り合いを見ることが可能になる。

＜基礎構造ビュー＞
基礎伏図に代わる基礎構造ビューである。基礎断面寸法ごとに色分けを行っている。地中の基礎も見えるように土間コンは半透明表示とした。

＜基礎断面詳細図＞
建築情報モデルから作成したもの。基礎構造ビューで選択したモデルからクリックすることでリンクされる。

＜金物ビュー＞
金物ビューでは属性情報を表示させていないため、モデルの回転が可能。モデルを回転させ、見たい金物を拡大することで、金物の干渉チェックを行う。

＜矩計ビュー＞
通芯・寸法線を断面上に表示し、仕様など矩計図が保持していた情報を全てビュー上に表示した。矩計図では表現することができなかった奥行きが表現されることで、建築の全体構成が視覚的かつ直感的に理解できる。また、グラフィックな表現は設えなど空間のイメージも伝えることができる。

＜床伏ビュー＞
部材断面寸法ごとに色分けを行い、軸組部材を半透明で表示。梁と高さ方向の部材との関係が認識できる。
リンク・ビュー上のタグをクリックすると関連したビューや詳細図のウィンドウが開く。

図 2 作成した K 邸の 3D 図書(一部)

4. 3D 図書の作成

K 邸の従来図書及び策定したルールに基づき、建築情報モデルを作成し、表 2 に示す 3D 図書を作成した (図 2)。なお、本ケーススタディでは BIMCAD であるオートデスク社の Revit 2015 (以下、Revit) を使用した。

作成したビュー及び集計表、スキャンした仕様書等の画像データは、Revit のシート機能を用いてレイアウトを行った。閲覧の容易さに配慮し、1 つのシートに 1 つのビューを配置した。Revit で図面を作成する時と同様に、ビュー上に設計情報を表示する際にはタグ機能を用いる。タグ機能とは、オブジェクトの任意の属性情報を任意の形式で表示するための機能である。寸法や属性情報として入力されていない設計情報は、直接入力で補った。また、関連するビューや仕様書、詳細図を Revit のビュー参照機能で結びつけることで、従来図書のように図面を探す手間をなくし、閲覧性を向上させた。

5. 3D 図書の評価

5.1. 3D 図書の評価実験

「3D 図書が従来図書としての役割を果たすか(施工を行うに足る情報が備わっているか)」、「3D 図書の利点は何か」、「3D 図書の問題点は何か」という 3 つの観点から、3D 図書を評価する実験を行った。3D 図書で表現された建築を実際に施工することが理想ではあるが、本研究では 3D 図書を参照して躯体、仕上げ、下地など詳細に作り込んだ比較的大きなスケールの建築模型 (本研究では) を作成することで前述した 3 点に関する評価が概ね可能であると考えた。

実験には、被験者として建築計画を専攻する大学院生 1 名 (被験者 A) が参加した。被験者 A は前章で作成した K 邸の 3D 図書を参照し、K 邸の 1/20 の模型を作成した (図 3)。模型の作成方法として、「3D 図書以外は閲覧しないこと」、「3D 図書に入力された情報はすべて模型に反映すること」、「金物、コンセントについては配置場所のみをプロットし、ユニットバス、便器、サッシュについては詳細な形状作成までは行わない」とする。被験者 A には、模型作成と同時に作業過程や作業中の気づき (作業の感想や 3D 図書の利点や問題点) についてメモをとることを指示した。なお被験者 A は、K 邸の設計業務や 3D 図書の作成には一切関与しておらず、K 邸に関する情報も持っていない。

K 邸の設計者及び 3D 図書の作成者が、K 邸の従来図書・工事中の写真・竣工写真と作成された模型を比較し、模型の誤りの有無を確認した。その結果、概ね 3D 図書どおり作成されていたことが確認できた。その後、被験者 A のメモに基づき、K 邸を構成する 21 の要素について、当該要素を把握するために必要としたビューと利点および問題点を整理した (表 5)。さらに、それらを評価

項目 A (利点)、P (問題点) に分類した (表 6、表 5 最右 2 列)。

利点として A1、A2 の割合が多く (A1 は 47%、A2 は 25%)、特に A1 は全構成要素に分布している。これより、3D 図書のビューは「立体的な表現」や「要素の色分け」などの視覚的な表現により、設計図書の理解を促すことができたと言える。問題点は利点と比較すると少なく、構成要素それぞれに問題があっても共通した問題はないといえる。「部材と部材が重なり、見たい要素が隠れてしまう (P1)」、「モデルは形状や色に関する情報が視覚的に表現されるため、文字の情報より影響が強く見落としが生じる (P2)」、「3 次元上に表示された寸法線は要素との関係性が分かりづらい (P3)」は、3D 図書の主要な問題であるといえ、それらは三次元であることの利点 A1、A2 と表裏の関係にあると言える。また、P4、P5、P6 はビュー作成ルールの変更、BIMCAD の機能改善で解決できる問題と考えられる。評価実験において確認された問題について、それぞれ対応の方針を検討した (表 7)。

「ビューの中で見づらい要素がある」、「寸法線と要素の関係がわかり辛い」という設計案が立体的に表現されることで生じる 3D 図書の特有の問題は、「ビューの数を増やす」、「半透明表示を活用する」など、「3D 図書の運用上の工夫やシート作成の工夫による解決 (I)」によって解決する。

模型が従来図書とごく一部ではあるが異なっていた部分があり、3D 図書が一部従来図書通りに作成されていなかったことが判明した。詳細を調べたところ、提案した形状は異なっていたが仕様書では正しく表記していたことから、3D 図書では「強力な視覚化能力を持つが故に、モデルを正と認識する傾向がある」ことが明らかとなった。このような特性を踏まえた上で、「LOD の修正 (II)」によって解決する。

従来図書において記号的表現によってその存在を伝達していた部材 (断熱材など) をビューで表現するルールがないことが明らかとなった。現在のところ、オブジェクトを入力すること以外に解決方法はないため、「ビュー作成のルール変更 (III)」により解決する。

また、「寸法線がどの面上に配置されているかわかり辛い」という問題は、3D 図書にとって非常に大きな問題である。例えば矩計ビューは壁の切断面や床面など、同じビューの中で異なる面上に寸法線や注釈を配置するが、それらがどの面上に配置されているのか瞬時に判断できない。問題の解決として、要素や寸法線をクリックするとそれらが配置されている面上に作業平面が表示されるような「BIMCAD の機能拡充 (IV)」により解決されることを期待する。

5.2. ヒアリングによる 3D 図書評価

工事を請け負う専門家の視点から 3D 図書を評価する

ため、建設会社 1 社（実務において BIMCAD は利用していない）を対象に、3D 図書の説明を行った上でヒアリングを実施した。ヒアリングの結果、「いくつか解決すべき問題はありますが、3D 図書から在来木造住宅を施工することは不可能ではない」との回答を得た。その他には、「従来図書と比較してわかりやすい」、「従来の図面より各専門工事会社を取り合いを確認しやすい」などが利点として挙げられた。問題としては、「3D 図書から従来同様に施工図を作成できるか不明」、「施工中の設計変更にはどう対応するのか」などの指摘を受けた。



図 3 実験の様子と作成した K 邸の模型 (1/20)

表 5 3D 図書の利点と問題点

設計案の構成要素	閲覧したビュー	ビューの利用用途	利点	問題点	
構造躯体	1 敷地境界線	外構ビュー	敷地の大きさ・形状の確認	A1 P3	
	2 基礎	基礎構造ビュー	基礎の平面形状の確認	A1	A2 A4
		基礎断面詳細図	基礎の立ち上がり高さの確認	A4	
	3 土間コン	基礎構造ビュー	土間コンクリートの高さの確認	A1	A2 A1
	4 土台	1階床伏ビュー	土台の位置、断面寸法の確認	A2	
	5 根太	1階床伏ビュー	根太の位置、断面寸法の確認	A1	P1
		矩計ビュー	各レベル高さや屋根勾配の確認	A1	
		柱	軸組ビュー	柱断面寸法、位置、数量の確認	
	6 柱	矩計ビュー	各レベルの高さの確認	A2	P3
軸組ビュー		梁の位置と断面寸法の確認	A1		
床伏ビュー		梁の位置と断面寸法の確認	A1		
7 梁	軸組ビュー	筋交の位置、仕様の確認	A1	A1 A2 A4	
	床伏ビュー	筋交の位置、仕様の確認	A1		
8 筋交	軸組ビュー	金物の位置、種類、仕様の把握	A1	A2 A4	
	金物	金物ビュー	金物の位置、種類、仕様の把握		A1
仕上げ	10 床	1階平面詳細ビュー	床の仕上げ範囲、種類の確認、目地割の確認、畳のサイズの確認	A2	P2
		前室平面詳細図	間仕切りの厚みや寸法の確認	A1	
		矩計ビュー	仕上げの境界の確認	A2	
	11 内壁	展開ビュー	土台・梁と床の納まりの確認	A2	P5
			壁の仕上げ範囲、種類の確認	A1	
			目地割の確認	A3	
	12 外壁	立面ビュー	外壁の目割の確認	A1	P4
			外壁の仕様の確認	A1	
			天井組の確認	A2	
	13 天井	矩計ビュー	天井組の確認	A1	P5
天井伏ビュー			仕上の確認	A2	
展開ビュー			天高の確認	A3	
14 屋根	矩計ビュー	屋根の厚み、仕様の確認、屋根勾配の確認、各要素との取り合いの確認	A1	A1	
	立面ビュー	屋根の形状の確認	A1		
15 開口部	展開ビュー	開口の取り付け高さ、仕様の確認	A1	P3	
	立面ビュー	開口と外壁の目地の位置の確認	A1		
	平面詳細ビュー	開口の取り付け位置の確認	A2		
	窓表	開口の数量、仕様の確認	A1		
16 建具	展開ビュー	建具の位置、仕様の確認	A1	P2 P5 P2 P2 P4	
		取付位置、仕様の確認	A1		
		壁付の照明の位置の確認	A1		
		建具詳細ビュー	寸法・仕様の確認		A1
17 設備機器	展開ビュー	取付位置、仕様の確認	A1	P1 P6 P1 P3	
	設備ビュー	取付位置、仕様の確認	A1		
	照明	天井伏ビュー	照明器具の位置の確認		A1
18 階段家具	展開ビュー	壁付の照明の位置の確認	A1	P1 P3	
		建具詳細ビュー	寸法・仕様の確認		A1
		玄関欄詳細ビュー	寸法の確認・扉の開閉手の確認		A1
		階段詳細ビュー	寸法・仕様の確認		A2 A3
19 外構	展開ビュー	2階挿入の棚の高さの確認	A1	A1 A2	
		外構欄の位置、寸法の確認	A1		
		外構欄詳細ビュー	詳細寸法の確認		A2
20 樋	立面ビュー	樋の形状、取付位置の確認	A1		

表 6 3D 図書の利点、問題点の分類

利点	問題点
A1	P1
A2	P2
A3	P3
A4	P4
P1	P5
P2	P6
P3	
P4	
P5	
P6	

表 7 3D 図書の問題点と解決方針(一部)

問題点	問題の解決方針		
P1	展開ビューでは小さな部屋が集まった部分は要素が集まりすぎて見えずらくなる。対象 3D 図書では、トイレや納戸などが該当する。	ビューの数を増やす。また、半透明表示などを活用する。	I
P2	共用室 1 と共用室 2 の境界にある建具は太鼓ふすま(線なしのふすま)であった。3D 図書の建具表、展開ビューの建具タグには記載があったが、モデルには線付ふすまが配置してあったため、気づかなかった。	建具の種類や素材など、仕様の違いをモデルとして表現する。	II
P3	平面詳細ビューでは、寸法線が詳細に表示されるが、寸法線がどの要素のどの位置からの距離をとった寸法なのかわかり辛い。寸法の拾い出しに、図面よりも手間がかかるように感じる。	要素をクリックすると、その要素の配置面上に通窓や簡易な図面が表示されるようソフトウェアの仕様が改善される。	I または IV
P4	扉が内開か外開か、開閉手がわからない。	扉の開閉手は平面詳細ビューに線によって表示する。	III
P4	3D 図書に断熱材は入力されておらず、また、矩計ビューに外壁の様としてタグで表示されているだけであるため、断熱材が入る壁と入らない壁の区別がつかない。	断熱材はモデリングし、平面詳細ビューに表示する。	III
P5	一部の展開ビューで梁や垂れ壁など、建具の上枠よりも高い部分が非表示になっており、上枠から天井までのデザインがどのようになっているのか確認できなかった。	ソフトウェアが部屋単位で切断する高さを設定できるような仕様となる。	IV
P6	ビューを目視することで数量の確認は行い辛い。設備ビューでは数量や取りこぼしが確認しづらい。	数量の確認は自動集計機能を利用する。	V

I: 3D 図書の運用上の工夫やシート作成の工夫による解決 II: LOD の修正による解決 III: ビュー作成の変更による解決 IV: BIMCAD の機能拡充による解決 V: BIMCAD の機能の活用による解決

6. 研究の総括

本研究では、BIM 時代の実施設計図書として 3D モデルをベースとした 3D 図書の必要性を唱え、その作成方法を提案した。また、実在する在来木造住宅の 3D 図書を作成し、それに基づき大スケールの模型を作成することで、その評価を行った。さらに、3D 図書を活用する当事者である建設会社を対象にヒアリングを実施した。評価の結果、3D 図書は従来図書として機能することが明らかとなった。また、従来図書にない利点、改善すべき点が明らかとなった。

今後は、明らかとなった改善点を踏まえ、3D 図書作成や運用のルールを改善すると共に、ケーススタディを増やす必要がある。

参考文献

- Rua, M. Helena; Alvito, Pedro A.; Ramos, Duarte; Fernandes, Bruno; Martins, Susana: Modelling as Communication: The use of 3D models for developing architectural ideas, Proceedings of the 29th International Conference on Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe 2011), pp.859-867, 2011, Slovenia
- Aydin, Serdar and Marc Aurel Schnabel: A Survey on the Visual Communication Skills of BIM Tools, Proceedings of the 19th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2014), pp. 3376346, 2014, Kyoto
- 田口直也、石田航星、嘉納成男、「施工シミュレーション手法に関する研究 -3 次元モデルを用いた施工情報の視覚化-」、日本建築学会関東支部研究報告集、83 (II)、pp. 501-504、2013

*1 熊本大学大学院自然科学研究科 博士前期課程

*2 熊本大学大学院自然科学研究科 准教授 博士 (学術)

*3 熊本大学大学院教育機能開発総合研究センター 准教授 博士 (工学)

Proposal and Evaluations of 3D Design Documents Using BIM for Design Development Phase

○Yoshihiro MATSUO*¹ Yasunobu ONISHI*² Riken HOMMA*³

Keywords: BIM, Building information model, Design documents, Communication, Japanese wooden house

1. Background

Building Information Modeling (BIM) has become a popular tool in the building construction field. BIM can be applied for the whole life cycle of buildings such as design, construction and facility management. Therefore the number of architect offices that use 3DCAD based on the BIM concept has increased in recent years. When a designer delivers a design proposal to a contractor, he or she makes the design documents as the final product, even when creating a building information model with rich information. So this model is not used directly to design documents.

A building information model has two functions: information of shape and property. If this model can be used for design documents directly, it can be an effective communication tool between the designer and contractor in construction. There are no cases of a building information model being used as a substitute for design documents although there are some cases of this model being used in simulations and presentations.

The objective of this study is to propose 3D design documents using a building information model substituted for conventional ones. Specifically, 3D design documents are composed to display the information mentioned in design drawings such as dimensions and specifications in a building information model (i.e. view). This can be only seen from a PC or tablet.

2. Study Method

The processes of this study are described below.

- 1 Propose rules, modeling, types of view and expression of each view for creating 3D design documents.
- 2 As a case study of a wooden house, a 3D model is made by the proposed rules of modeling.
- 3 Apply the rules to a 3D model and make 3D design documents.
- 4 Evaluate 3D design documents by experiment for making a 1/20-scale model referring to 3D design documents, and then conduct hearings with contractors about opinions related to 3D design documents.

3. Conclusions

The conventional design documents are defined as medium in order to make working drawings and estimate construction costs. We checked whether it is possible to fabricate a detailed model by referring to the 3D design documents having the same amount of information as the conventional design documents. As a result of the experiment, 3D design documents are available to function as the design documents. Also the problems of 3D design documents were clarified in the process of the experiment. Therefore, I proposed methods for solving the problems. In the hearing contractors said "Each worker could easily understand connecting the position of architectural elements by using these design documents. However it is unclear whether they were able to create working drawings in the conventional way by using 3D design documents." Thus, in order to judge whether 3D design documents are useful, it should be evaluated by using this for instructing building information to workers in actual construction work.

*1 Graduate Student, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

*2 Associate Professor, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, Ph.D.

*3 Associate Professor, Research Center for Higher Education, Kumamoto University, Dr.Eng.