

建築情報モデルを利用した在来木造住宅における 設計者から施工請負業者への設計案の伝達に関する研究

○金井 陽平*1 大西 康伸*2
本間 里見*3

キーワード：BIM 3DCAD 建築情報モデル 情報伝達 実施設計図面

1. 研究の背景

近年、Building Information Modeling(以下、BIM)の普及に伴い、BIM の概念に対応した 3DCAD (以下、BIMCAD) を利用して設計を行う設計者が増加している。本研究は設計者が設計時に BIMCAD を利用して作成した建築モデルを建築情報モデルと呼称する。

BIMCAD を使って図面を描くと、部材要素は建築情報モデルとして自動的にコンピュータ上に構築される。逆に、建築情報モデルの要素に行った修正はすべての図面に自動的に反映される。従って、図面とモデルの間に齟齬が生じることはない。設計と同時に立体的なモデルが構築されることで、設計者は建築の姿を明確に把握することができ、その姿を関係者と共有することができる。また、作成した建築情報モデルによって諸室の面積表、集計表、パースも自動で作成される。このように BIMCAD の利用は設計者に多くの恩恵をもたらす。

しかし、設計者が BIMCAD を利用するにあたっては、施工請負業者(以下、請負業者)に設計案(以下、設計情報)の伝達を行う場面において大きな問題が生じている。それは情報伝達の形式が、実施設計図書という紙を媒体とした形式しか確立されていないため、BIMCAD を利用する設計者が図面の作成に多大な労力を払わなければいけないということである。ここで注意したいのは、設計者は実施設計終了時に、図面よりも情報量が豊富で細部の入力もされた建築情報モデルを完成させているにも関わらず、このような状況に置かれているということである。現在設計者は、建築情報モデルから作成された図面に加筆などの修正を行って実施図面を作成している。BIMCAD で作成された建築情報モデルからは、実施設計図の半分程度の完成度の図面しか自動で作成されないとされており、実施図の作成には多大な労力を必要とする。またこれは、設計者が建築情報モデル固有の3次元的な形状情報や属性情報などの情報を、複数の図面に分断、あるいは削除する作業を強いられているということでもある。設計ツールが進化したにも関わらず、手間を欠け、豊富な情報を削ぎ落とす作業を強いられるというのは、BIMCAD を利用する設計者にとって余計な負担以外のなにものでもない。解決すべき問題である。

2. 研究の目的

本研究は前述の問題を解決するために、紙の実施図に代わって建築情報モデルを設計情報の伝達のためにも利用することを提案する。即ち、本研究は電子化された全く新しい実施設計図書の作成を試みるものである。具体的には、実施設計終了時に完成した建築情報モデルに寸法や仕様など、これまで図面に記載されてきた情報を表示する。形状情報だけでなく、仕上や価格などの属性情報も保持できる建築情報モデルは情報伝達においても有効なツールであると考えられる。以降、本研究において建築情報モデルは実施図に代わるものを想定する。また、建築情報モデルを参照するにあたっては、印刷は行わず、PC や携帯型情報端末を利用することを想定する。これにより紙の大量発生を防止し、設計変更における情報の更新漏れを防ぐ。なお、本研究は手法提案の第一段階として設計者から請負業者へ設計案を伝達することのみを研究の対象とする。

3. 研究の方法

本研究は在来木造住宅をケーススタディとし、建築情報モデルを利用した設計情報の伝達手法を提案する。以下に研究の手順を示す。

- 1) 在来木造住宅の建築情報モデルを作成する。その際、設計案の伝達が可能なモデルの入力の程度を検討し、入力指針としてまとめる。
- 2) 請負業者が建築情報モデルから求める情報を容易に探し出すことができるように、建築情報モデルを表現する方法を構築する。
- 3) ヒアリングを実施し、提案手法の評価を行う。

なお、在来木造住宅を対象としケーススタディを行った理由は以下のとおりである。

- a) モデルのような立体表現は、細部の寸法が把握しづらいという特徴がある。現場では組立が主な工事内容である在来木造は RC 造に比べ施工図を作成することが少なく、寸法を必要とする機会がより少ない。従ってよりモデルを中心とした情報伝達が可能であると考えられる。
- b) S 造は複雑な製作図を必要とするため、RC 造と同様に大量の寸法情報が必要となる。
- c) 在来木造は日本での年間施工件数が非常に多く、市場に

に対する影響が大きい。

3. モデルの作成とモデリング指針

参考文献¹⁾より在来木造住宅の図面を入手し、建築情報モデルを作成する。モデリングにあたり資料とした図面を図1に示す。図面に記載されていない情報は一般的な在来木造住宅を参考に入力を行った。またその際、設計案を伝達するためのモデルに必要な情報の種類を検討し、詳細な入力の程度を入力指針としてまとめた(表1)。この指針は設計案の伝達に必要な入力の程度を、設計者が主体的に設計する度合いに応じて建築部位ごとに分類している。



図1 モデリングした住宅の外観およびモデリングに使用した図面

表1 入力指針

指針	例	入力の程度	
1. 部材が工場で加工され、現場では組み立てが中心である部位	軸組 下地 仕上	納まり、勝ちなどの検討も含め、詳細な入力が必要。	↑ 高 ↓ 低
2. モデルから把握できない細部の寸法は、詳細図から読み取るため、詳細な入力が必要としない部位	造作 建具 階段	モデルは設計意図が読み取れる程度の入力が良い。詳細な寸法は詳細図から読み取るため。	
3. 設計者はモデルによって仕様を示し、あるいは最終的な設計をチェックするだけで、詳細な設計は他の専門工事業者によって行われる部位	基礎 屋根 サッシ	モデルは設計意図が読み取れる程度の入力が良い。実際には、それぞれの専門業者が作成した詳細図や施工指針を基に施工されるため。	
4. 製品をカタログから選択し、それを現場に取り付ける部位	トイレ ユニットバス	製品が設置される空間の大きさと、製品の大きさが入力されていれはよい。	

この指針は次に述べる二つの基本的な方針を基に作成した。一つ目の方針は、「設計案の伝達のために建築情報モデルを主に利用し、必要に応じて詳細図や仕様書を併用する」である。そもそもモデルに全ての詳細情報を入力することは困難であり手間である。また請負業者がモデルから細部の寸法を読み取ることも難しいため、設計案の伝達にあたってはモデル、詳細図、仕様書を併用することが望ましいと考えた。二つ目の方針は、「入力の程度は建築部位ごと異なる」である。実際の建築では専門工事業者と設計者が協力して設計を進める部位がある。このことは、設計者がモデルに細部の入力を行ってもそれが実際の建築として実現しない部位があることを意味している。また、このような建築設計の枠組みは情報伝達の手法が変化したとしても、変わることはないと考えられる。従って、全ての建築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。なお、ケーススタディには BIMCAD である Autodesk 社の Revit を利用した。

本研究は手法提案の途中段階にあり、時間の都合上、外構および設備の入力は行っていない。また、提案手法において積算は、BIMCAD による建築要素の自動拾い出し機能を利用し、集計表を作成する機能によって積算表としてまとめることを想定している。見積書はこの積算表から作

成する。従来の積算業務と同様に、設計情報のある部分の数量を他の部分の数量としてみならず建築部位も存在するため、見積のためだけに全ての要素を詳細に入力する必要はないと考える。さらに BIMCAD には、確認申請時の確認事項である排煙、換気、採光について自動算定を行う機能や、表の自動作成を行う機能がある。この機能を利用することで、申請図書を比較的簡単に作成できることが予想されるため、本研究において確認申請は従来通りの方法にのっとることにする。

4. 建築情報モデルの表現方法の提案

次に、建築情報モデルを請負業者が設計案として理解しやすく、求める情報を容易に探し出すことができるような情報源として表現する方法を構築した。そもそも図面による設計案の伝達手法は、製図法を基礎とすることで成立していた。また、製図法は次に述べる二つのルールにより構成されていたと考えられる。一つは「3次元の物体を紙の上に表現するルール」。もう一つは、寸法線や仕様情報を図面上に書き込むことや、そのような情報をどの図面の、どの位置に、どのような形式で書くのかといった「形が保持できない情報を表現するルール」である。建築情報モデルを利用した情報伝達では、物体を立体として表現するため製図法は必要ない。しかし、「形が保持できない情報を表現するルール」は必要である。このようなルールを構築することなく、作成した建築情報モデルを請負業者に渡すだけでは、設計案の伝達を効率的に行うことはできない。建築情報モデルが保持する情報は非常に豊富であるため、請負業者がモデルから必要な情報を自力で探し出すことは困難である。従って以下より、本研究で構築した建築情報モデルを設計案として表現する方法について述べる。

最も重要なことは「設計者がビューを作成する」ことである。ビューとは、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、通り芯を選択的に表示したモデルの閲覧画面である。これまで設計者が図面を作成してきたように、伝達したい設計情報に応じてビューを作成することで設計情報を伝達することにする。また、各ビューは単一のデータベースから作成されるため、設計変更は自動的にすべてのビューに反映される。従ってビュー同士の情報に齟齬が生じることはない。次に、ビューの作成にあたり立体表現固有の問題が生じたため、それらの問題を3つのタイプに分類した。また、それぞれの問題を解決するため、ビュー作成のルールを定めた(表2)。さらに、設計者が設計情報を伝達するために作成すべきビューの種類を検討した(表3)。複数のビューに包含される設計情報が、これまで実施設計図書が保持していた設計情報と同等かそれ以上になれば、モデルによる設計情報の伝達は可能であると考えられる。なお、本研究において作成した建築情報モデルとビューの一部を図2に示す。

5. ヒアリングの実施と手法の評価

作成したビューの評価と手法の改善のため、請負業者と設計者を対象にヒアリングを実施した。ヒアリングの概要を表4に示す。ヒアリングの結果、両者から「提案手法による設計情報の伝達は可能である。特に床のレベルや形状が複雑な建物を作る場合に効果を発揮するだろう。」という評価を得た。建築情報モデルを利用した設計案の伝達手法を多くの方が有効だと感じたようである。このような結果を得られた要因として、軸組や面と面の取合いなど、複数の図面を見比べなければ把握できなかった設計情報が、ビューによって集約的に表現されたことが考えられる。また「ビューは要素同士の取り合いが視覚的に表示されるので、屋根の取り合いや金物の干渉など施工前に検討しておくべき部分が把握でき、検討にも役立つだろう」という評価も得ることができた。

問題としては、ビューからは細部の寸法が読み取りづらいということが挙げられた。当初の予想通り、提案手法においては建築情報モデル、詳細図、仕様書を併用する必要があることがヒアリングにより確認できた。また、「ビューは複数の図面の情報を複合しており情報として豊富だが、建築をつくるためには、これまで図面に記載されてきた寸法や仕様などの情報が、同様にビューから読み取ることができなければならない。従って、情報がビューごとにどのように整理されるかが重要である。」という指摘も受けた。

6. 研究の総括・展望

本研究のケーススタディにより、建築情報モデルを主に利用し、設計案を施工請負業者へ伝達することは可能である、ということが明らかになった。

研究の展望として本研究で作成しなかったビューや仕様書を建築情報モデルから作成すること。次に、提案手法を実践し、手法の評価/改善を行うことが挙げられる。

また、本研究のように建築情報モデルを情報伝達のツールとして利用することを想定した場合、BIMCADにも機能的な改善が求められる。本研究で利用したBIMCADを基に具体例を挙げるとすれば、モデル中の部材要素を選択したり、その要素周辺を拡大すると、あらかじめリンクが張られていた詳細図がディスプレイ上に展開される機能や、3次元モデルを切断した断面上に通り芯や寸法線を表示する機能、あるいは視点を固定しなくても寸法や注釈を3次元モデル上に表示できる機能などが考えられる。

【参考文献】

1) 丸谷博男、「実践 木造住宅のディテール」、彰国社、1997.3

- *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 助教 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(工)

表2 ビューの作成にあたり生じた問題とビュー作成のルール


	ルール	ルール設定の理由
① 視点の設定は何を基準に行うのかという問題	ビュー上のモデルは、平行投影法によって表示する。また、傾斜角度は原則として、等角投影法を用いる。	透視図法によってモデルを表示すると、パースがかかり、平行関係にある材とそうでない材との関係が把握しづらくなるため。
	短計ビューのモデルの傾斜角度は、不等角投影法を用いる。 $\angle a=5^\circ$ 、 $b=140^\circ$ 、 $\angle c=35^\circ$ とする。	断面を切断した場合、切断した面が主に見えるようにするため。 
	短計ビュー作成のため断面を切断する場合は、高さの関係を知りたい場所で切断する。	垂直にモデルを切断する場合、どの部分を切るかは短計図を作成する時と同じ判断基準で行う。水平にモデルを切断する場合は、床レベルから1200~1500の高さの場所を切断する。
	モデル参照者は拡大・縮小の操作は可能	引き出し線や小さな文字を見るため。参照者は基本的にモデルを操作・変更することはできない。
② 手前にある要素が奥にある要素を隠してしまうという問題	同じ建築要素でもその仕様が異なる場合、異なる仕様ごとに色分けをする。	部材同士の構成を分かりやすくするため。部材の配置情報をより直感的に理解することが出来る。
	ビューで表現したい設計意図に、関係のない部材によってそのビューにおいて重要な部材が隠れてしまう場合、前者の部材を非表示とする。	ビュー内の情報を整理するため。また、部材が組み立てられる前の状態から工程に沿って部材が増えていくようにビューを複数作成することで、部材同士の関係性を把握できるようにする。
	ビューで表現したい設計意図に、関係のある部材によってそのビューにおいて重要な部材が隠れてしまう場合、前者の部材を半透明にする。	そのビューの中で特に表現したい部材が他の部材によって隠れてしまうが、建築として両者の関係性が密接であり、片方の部材を非表示にできない場合があるため。
③ 注釈・寸法・仕様をどのビューに注釈・寸法・仕様を表示するかという問題	通り芯は全てのビューに表示する。通り芯は各ビューの切断面上に表示する。各階軸組ビューにおいては、床梁の上面面上に表示する。	種々のビューに対応関係を持たせるため。また、各要素の通り芯からのズレを把握しやすくするため。
	寸法はビューごとに必要なものだけを表示し、かつ切断面上に表示する。仕様・部材長などの属性情報は、実施図に準じて選択的に表示する。	ビュー内の情報を整理するため。情報の過剰な重複を避けるため。原則として、実施図に含まれている情報は全ていずれかのビューに含める。

表3 実施設計図書一覧と提案手法における各種表現方法の対応表

施設図書	提案における各種の表現	本研究において作成したビュー
付近見取図	B 付近見取り図	—
配置図	A 配置ビュー	—
外構図		—
屋根伏図	A 平面詳細ビュー	○
平面詳細図		○
短計図	A 短計ビュー	○
軸組図	A 軸組ビュー	○
各階伏図		○
小屋伏図	A 基礎構造ビュー	○
基礎伏図		○
立面図	A 全体ビュー	—
展開図	A 展開ビュー	○
詳細図	B 詳細図	○
仕様書	B 仕様書	—
仕上表 建具表 面積表	C BIMCADの「集計・表作成機能」を利用し、それぞれ表としてまとめる。	—

- A …ビューとして表現されるもの
- B …従来の設計図書の形式を引き続き利用するもの
- C …形式は従来の設計図書と同じで、BIMCADの機能を利用して作成するもの

表4 ヒアリングの概要

	ヒアリング1	ヒアリング2
実施日	2012/11/21	2012/11/26
調査対象者	施工請負業者 F社 5名	意匠設計事務所 A 主宰 O氏
調査方法	・作成したビューを用いて提案手法を説明する。 ・それぞれの視点から提案の有効性、モデルの利点、弊害、情報の過不足について意見を求める。	
BIMCADの実務での利用	利用していない	利用している

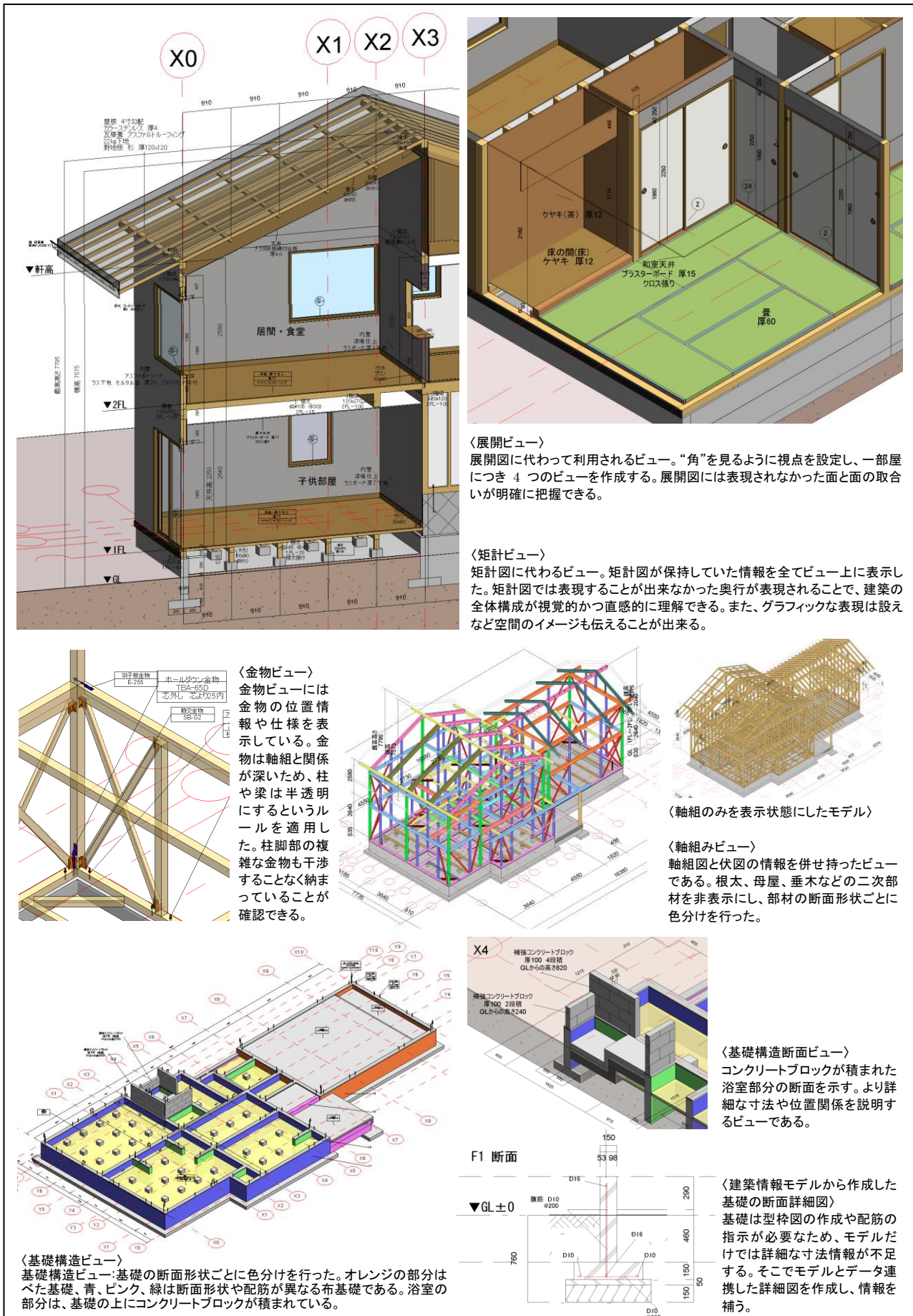


図2 本研究において作成したビュー