

BIM普及のための基本テキスト及び演習課題 ～第4次産業革命に伴うDXに対応した訓練教材の開発～

長野職業能力開発促進センター 廣瀬 拓哉・古澤 和善

1. はじめに

第4次産業革命の訓練の実施が進められるなか、離職者訓練カリキュラムモデルにBIMのサブシステムが一昨年度から追加された。一方でシステムユニットテキストが作成されておらず、BIMに不慣れな指導員が大多数の状況下で、BIMをカリキュラムに取り入れて授業を実施するのが難しい現状にある。

このような状況下で、著者らはBIMの活用の推進を目的とした、「BIM普及のための基本テキスト及び演習課題」の教材を作成した。

2. テキストの概要

2.1 BIMの機能とソフトウェア

本教材は、BIMの指導経験が浅い指導員でも対応できるように、BIMの定義(図1)や機能(図2)から説明しており、BIMソフトのなかでも広く使われているAutodesk Revit^{[1][2]}を用いたテキストである。

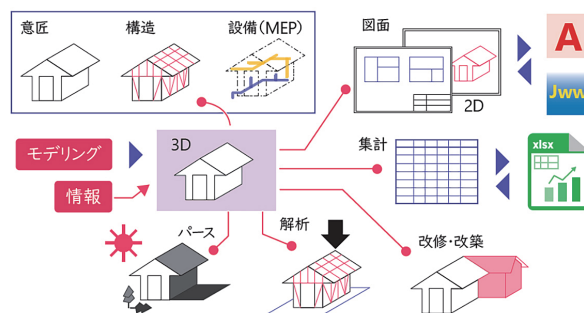


図2 BIMの機能

またBIMは、他のアプリを活用して使用する機会が多く、テキストのなかでAutodesk Revitと他のアプリとの連携について示した(図3)。

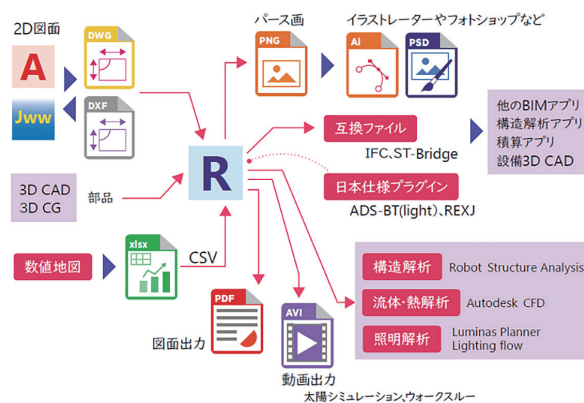


図3 Autodesk Revitと他のアプリとの連携

2.2 テキストの構成

テキストは、基礎編と応用編があり、基礎編はモデリング、応用編は情報付加を主に扱っており、BIMの構成要素であるモデリングと情報付加の方法について理解することができる。

基礎編の内容は以下のとおりである。

■ 001 BIMとは

【A】BIMの定義

■ BIM (Building Information Modeling)・・・「ビム」と読みます。

- Building 建築 ▶ 「建築物に
- Information 情報 ▶ 情報を付加して
- Modeling 形を作る ▶ 形状を作る」・・・と、この講義では理解してください

① M&Management (マネジメント)とする場合があります。「ピーアイエム」と読む人もいます。
ここでは、「建築系3Dシステム」と(暫定的に)意識します。
ツールの名称ではなく、ワークフロー全体の手法を表す概念です。
① ワークフロー (work flow)：作業の流れ、工程のこと。
● ここでの情報は・・・大きさ(=体積、寸法)、材質、重さ(質量)、構造(中身)、価格、型番、履歴などで
△ 一般的には、次のような説明をしています。
「建築物をコンピューター上の3D空間で構築し、設計・施工・維持管理など建築ワークフローのあらゆる工程で、
情報を一元化して活用する手法」のこと

■ BIMツールは、次の2つの重要な機能を持ちます。

- 3D (CAD) ツールとしての機能・・・形状を立体的に作成します。形情報の「見える化」ができます。
- データベースツールとしての機能・・・情報の付加、情報を引き出しいろんな場面で活用します。

言い換えると、BIMは情報を作って活用する方法・作業と言えます。(≠図面を作るだけの作業ではない)

図1 BIMの定義

- 001 BIMとは
- 002 Revit
- 003 起動・終了・ファイル操作・操作画面
- 004 操作画面 (UI) の紹介
- 005 画面の操作
- 006 作業の流れ - 3Dモデリング
- 007 作業の流れ - 図面の作成
- 008 作業の流れ - 集計表の作成
- 009 作業の流れ - シートレイアウト
- 010 作業の流れ - 出力

応用編の内容は以下のとおりである。

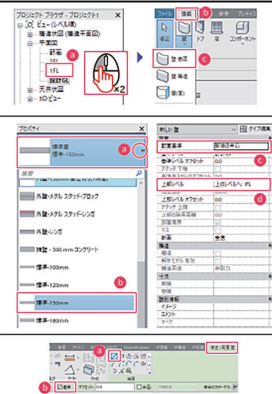
- 011 「レベル」の設定
- 012 「通り芯」の設定
- 013 作図, 編集のまとめ
- 014 表示・ビュー範囲
- 015 壁・屋根・天井・床の仕様
- 016 地理情報の使い方
- 017 日照シミュレーション
- 018 照明の基礎知識とモデリング
- 019 設備設計の概要 (電気設備)
- 020 建築パースの作成
- 021 構造設計の基礎

2.3 BIMテキスト基礎編

BIMテキスト基礎編は、Autodesk Revitの基本的な操作を理解しながら、モデルハウスを用いた3Dモデリングの方法が解説されており、テキストに沿って授業を進めていくことで、各部分のモデリングが段階的に理解できる構成となっている(図4)。モデルハウスは、初学者がモデリングしやすい単純なプランとするため、店舗・事務所の用途とし、木造在来軸組構法でのカーテンウォールなどの非現実的な部分も含まれている(図5, 図6, 図7)が、これはあくまでモデリングを理解することに重点を置いているためである。

【F】外壁

続いて、外壁を作成します。



01. [プロジェクトブラウザ] ▶ [ビュー (レベル順)] ▶ [平面図] ▶ ● [1FL] をダブルクリックする
平面図 1FL が表示されます。
02. ● [建築] タブ ▶ [構架] ▶ [壁] ▶ ● [壁 意匠] を選択する
[修正 | 配置 壁] タブが表示されます。

■ 壁の種類を設定する
ここへいったん、

03. プロパティパレットの ● タイプセクタをクリックする
壁の一覧が表示されます。
04. ● 「標準-150mm」を選択する
05. プロパティの以下を確認する
 - ● [配置標準]: 躯体の中心
 - ● [上部レベル]: 上のレベルへ: 2FL
 これで、1FL (600m) から 2FL (3600m) まで外壁が作図できます。

[修正 | 配置 壁] タブに戻り、

06. ● / を選択する
 - ① [連結] に ● が入っていることを確認します。
07. 左下の (通り芯) の交点をクリックする
 - ① スナップしてからクリックします。
08. (時計回りに、) 左側の交点をクリックする
クリックすること、基礎が描かれます。
 - ① 壁には外側、内側の区別があります。
 - ② 時計回りに作図すると、壁の外・内が一致します。
 - ③ 外・内は簡単に反転できるので気にしなくてもOK。

同様に、2FLにも外壁を作成します。

09. [プロジェクトブラウザ] ▶ [ビュー (レベル順)] ▶ [平面図] ▶ ● [2FL] をダブルクリックする
平面図 2FL が表示されます。
10. 02. から 08. に従い、外壁を作成する
 - ① 05. の [上部レベル] は「上のレベルへ: 軒高」を選択します。
 これで、2FL (3600) から 軒高 (6600) まで外壁が作図できます。

図4 モデリングの説明

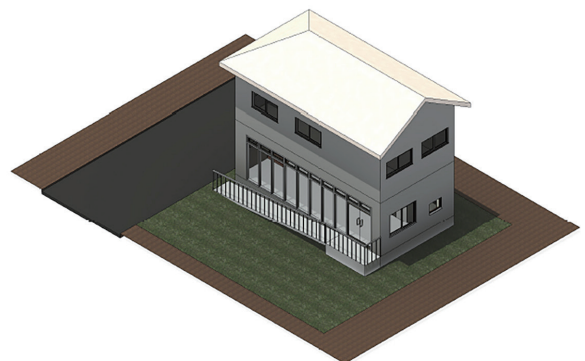


図5 モデルハウス (3Dモデリング)

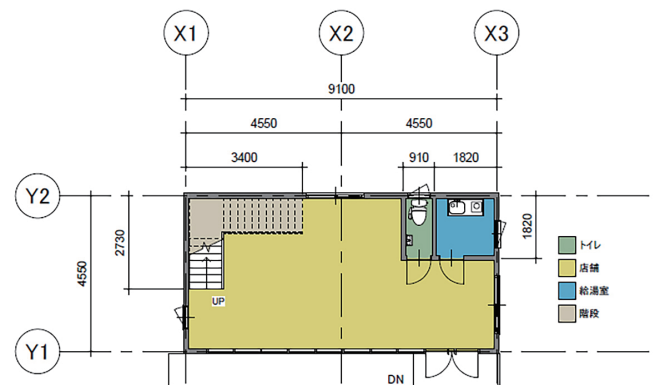


図6 モデルハウス (1階平面図)

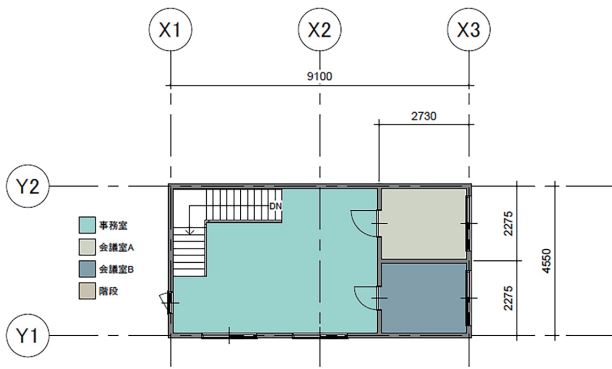


図7 モデルハウス (2階平面図)

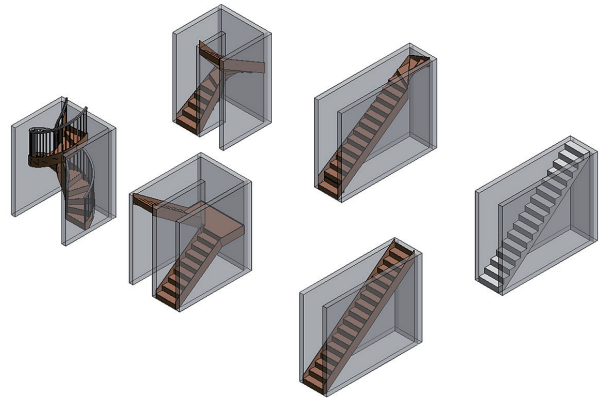


図10 モデリングの演習課題 (階段)

また離職者訓練の授業は、クラスによって能力差が大きい場合があり、授業が進むにつれて受講生の進捗度に差が出てくる。そこでモデリングの演習課題(壁、屋根、階段)を用意しておき(図8、図9、図10)、進みの早い受講生が取り組むことで、訓練時間を活用してモデリングの理解度がより深まるように配慮している。

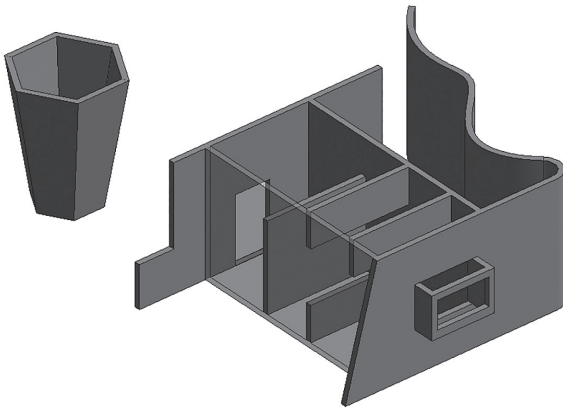


図8 モデリングの演習課題 (壁)

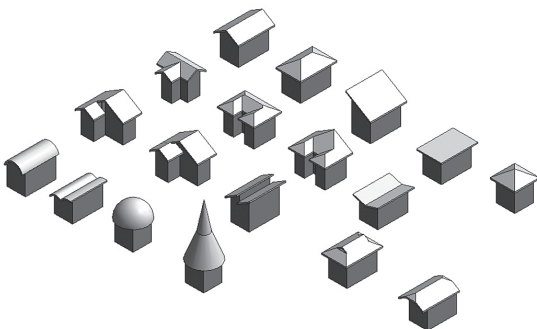


図9 モデリングの演習課題 (屋根)

2.4 BIMテキスト応用編

BIMテキスト応用編は、地理情報の使い方(図11)や日照シミュレーション(図12)などの情報付加や3Dモデルからの情報の引き出し方法に関する内容が解説してある。応用編は市販の参考書籍にも詳しく記載されていない内容が多いが、BIMはモデリングだけでなく情報付加や情報活用ができることが特徴的であり、応用編に取り組むことでBIMについて深く理解できる。

【C】等高線の利用：数値地図の取得

■ 数値地図情報・・・国土地理院のウェブサイトから入手します
等高線関係のデータ(=数値地図)は、5mメッシュ、10mメッシュの「数値標高モデル」と呼ばれています。
① <https://fgd.gsi.go.jp/download/>
② 国土基本情報(「数値地図」の続版。有償提供)と併せて、「国道数値情報」と呼ばれます。
③ 数値地図情報には、一次メッシュ>二次メッシュ>三次メッシュの3種類があります。

■ Revitに読み込む

01. 数値標高モデルを入手する
△ 詳細は、ウェブサイトを確認してください。
① 入手先：<https://fgd.gsi.go.jp/download/>
02. 「数値地図情報ビュー」に01.のデータを読み込む
① 入手先：<https://fgd.gsi.go.jp/download/>の下の方に案内があります
03. 欲しい範囲を出力する
① 「.xyz」形式で出力します
[エクスポート] ▶ [標高メッシュをシェープファイルへ出力] ▶ [出力先ファイル] ▶ [ファイルの種類]で [テキスト形式IDXYZ (*.xyz)]
04. 拡張子を(ファイルエクスプローラーなどで)「.csv」に変更する
△ エラーが表示されますが、無視して構いません。
05. エクセルで04.のファイルを読み込む
06. エクセルで次の操作をする
● A列削除
● B列とC列を入れ替える
● 1行目のデータで 2行目を以降を引く (1行目が0、0、0となるようにする)
07. 保存する
08. [プロジェクトブラウザ] ▶ [ビュー (レベル順)] ▶ [平面図] ▶ [設計GL]をダブルクリックする
平面図 設計GLが表示されます。

図11 地理情報の説明

【B】日影表示
影が表示されるようにします。
① 陰影・・・陰 (shade: 物体で、光が当たらない部分)と影 (shadow: 物体が光を遮ってできるカゲ)

01. ビューコントロールバーの【影オフ】を押す
モデルに影が表示されます。
① 押すごとに、オンとオフが切り替わります。

② 太陽と反対方向に影がでます。

【C】日照シミュレーション

01. ビューコントロールバーの【太陽バスのオン】▶【日照シミュレーションをプレビュー】を選択する
リボン(タブ)の下に、日照シミュレーションのコントロールが表示されます。

02. コントロールの【再生】ボタンを押す
アニメーションが作成・再生されます。
△ 期間が長かったり、時間間隔が短いと、作成までに時間がかかります。

■ コントロールの操作

- 入力したフレームの静止画像が表示されます
- 【日照設定】ダイアログが表示されます
- 1フレームずつ、動かします
- 10フレームずつ、動かします
- アニメーションを再生します

① フレーム (frame): アニメーションの「1コマ=静止画」のこと

【D】アニメーション保存

01. 【ファイル】タブ▶【書き出し】▶【イメージおよびアニメーション】▶【日照シミュレーション】を選択する
【出力長さ/形式】ダイアログが表示されます。

図12 日照シミュレーションの説明

そのほか、パース (図13) や照明・電気設備 (図14)、構造図 (図15) の作成にも記載し、BIMの機能を幅広く理解できるテキストとなった。

【A】パースとは(・・・図学的な解説)
パースペクティブ (perspective drawing)・・・透視図法(見方、眺め、奥行き、遠近法という意味もある)。略して「パース」。透視図とも呼ばれます。cf.透視図

■ 投影法

- 平行投影・・・垂直投影(正投影(源三角法、第一角法)、軸測投影(アイソメ図など)斜投影・・・カバリエ、キャビネットなど)
- 中心投影・・・透視図(一点透視、二点透視、三点透視)

【B】3つの設定
構図、光、マテリアルの3つを順に設定します。

【C】構図(=カメラ設定)
パースの構図とは、どのように対象物(建物または部屋)「見えるか、画面内で配置を考えること」です。CGでは、写真や映画にないカメラの設定によって構図を決めます。
① 設置場所、カメラ方向、画角(=見える範囲、現実にはレンズの種類によって決まります)、カメラ高さなどを決めます。

01. (パースを作成する)平面図のいずれかのビューを選択する
① 外観パースの場合は、設計GLビュー、内観パースの場合は各階のビュー(1FLなど)を選択します。
② 【表示】タブ▶【作成】▶【3Dビュー】▶【カメラ】を選択する
03. 適当な位置でクリックする
その位置にカメラが配置されます。
また、3Dビューに「3Dビュー xx」(xxは数字)という名前で、カメラ位置から見たパース図が作成されます。

■ パースの操作
カメラ位置、対象点、クリップ位置の3つをコントロールして構図をコントロールします。

- カメラ位置: ドラッグで移動します
【目の高さ】: カメラの高さを入力します
- 対象物位置: ドラッグで移動します。他の要素をロックしておくとしやすいです
【対象物高さ】: 目標の位置を入力します。●=●なら水平
- 目線: ●>●なら鳥瞰、●<●なら仰瞰
- 【前方クリップ】: カメラから図の○点までの距離です
- 左右のクリップ位置: パース図の○を動かします
- ① カメラを頂点とする三角形の範囲が図として出力できます
- 鳥瞰 (bird eye): 上から見下ろす構図。俯瞰。パノラマ
- 虫瞰 (insect eye): 下から見上げる構図。仰瞰

△ カメラの表示: 3Dビューのどれかを選択して右クリック▶サブメニューで「カメラの表示」

図13 建築パースの説明

17. ダウンライトの1つを選択する
18. プロパティパレットの【タイプ編集】を押す
【タイププロパティ】ダイアログが表示されます。
19. 【複製】▶【名前】を「K AD50731」に▶【OK】
20. 【パラメータ】の【フォトメトリック】で次の設定をする●
● 【フォトメトリックWebファイル】: i_AD50731@...
● 【保守率】: 簡易、0.95
● 【初期強度】: 均束、490 lm
● 【初期の色】: 5000K
① 【パラメータ】▶【電気】で、電圧: 100V、極数: 1を確認します。

21. 【OK】を押す
ダイアログが閉じます。

■ スイッチ(3路スイッチ)の配置

22. 【設備】タブ▶【電気】▶【装置】▶【照明装置】を選択する
【修正】配置 照明装置)タブが表示されます。
23. 【モード】▶【ファミリをロード】を選択する
【ファミリロード】ダイアログが表示されます。
△ スイッチデータを別途で提供します。

24. 【M_Lighting Switches.rfa】を選択する▶【開く】を押す

25. 壁に配置する
① 2個配置します。

26. シーリングライト、ダウンライト、スイッチを(全て)選択する
① フルタを使うと便利です。【照明器具】と【照明装置】にチェックします。
【電気回路】タブが表示されます。
27. ● 【電気回路】タブ▶【システムツール】▶【パネル】で【L1】を選択する
回路が作成されます。
28. 【配線に変換】▶【面取り配線】を選択する
配線が作成されます。
① 必要に応じて、プロパティの【活線】、【接地線】の数を変更します。
【管理】タブ▶【設定】▶【MEP設定】▶【電気設定】の【配線】でチェックマークにファミリをロードする

図14 照明・電気設備の説明

【E】小屋組(小屋束/母屋/棟木/垂木)
小屋組=屋根の構造は複雑そうに見えますが、基本を理解すれば簡単です。(実際の加工は難儀ですが・・・)

■ 小屋束(棟木/小屋束)
軒高ビューで作業します。(ビュー範囲の下: -200)
① 小屋束は、柱の1種として扱います。
② ここでは「木柱120×120」を使います。

01. プロパティパレットの【拘束】で、
● 【基準レベル】: 軒高
● 【基準レベルオフセット】: 0
● 【上部レベル】: 軒高
● 【上部レベルオフセット】: 1245にする

02. 左図のように配置する●
△ 他の(鉄骨の)小屋束は省略します。
△ 実際には、105mm口の木柱を使います。

■ 垂木
軒高ビューで作業します。(必要に応じて、立面図も参照)
① 垂木は、梁(ただし斜筋梁)の1種として扱います。
② ここでは「木柱120×120」を使います。

03. プロパティパレットの【拘束】で、
● 【始端レベルオフセット】: 1365
● 【終端レベルオフセット】: 0にする

04. 【ジオメトリ】位置で、
● 【終端延長】: 600
● 【始端の接合部カットバック】: -500にする

05. 左図のように配置する●●
△ 始点位置と終点位置に注意します。

図15 構造図(小屋組)の説明

なお、Autodesk Revitはファミリという要素ですべて構成されている^[3]。基本を理解した受講生に対して、概要ではあるがファミリの説明(図16)をテキストに記載してある。

【A】ファミリの種類

- システムファミリ (壁、屋根、床、天井)、標準ファミリ (拡張子が.rfaのもので、ファイルとしてロード可能なもの)、インプレイスファミリ (そのプロジェクトだけで使えるもの) の3つ
- 要素で分類すると3つ・・・モデル要素、基準要素、ビュー (固有の) 要素
- ① ホスト・・・壁、屋根、床、天井、他のファミリを「配置」できるもの、親、コンポーネント・・・ホスト以外のファミリ。
- パラメトリックモデル (パラメータでモデルが変化)、ノンパラメトリックモデル (形状の変化しないもの)

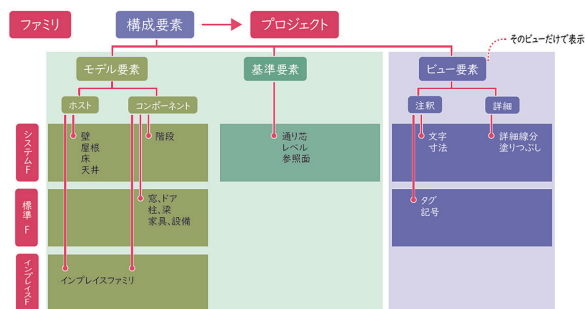


図16 ファミリの説明

2.5 テキストの工夫点

テキスト全体としては、ユニバーサルデザインフォントを使用した誰にでも読みやすい書体で、図解式でわかりやすく、テキストのステップを手順通りに踏んでいけば独習でも到達ゴール (図17, 図18) に達することができる。テキストの文章は長くても読みづらくなならないように、一つの内容に対して一つの説明とし、わかりやすい項目ごとにわけた順序だったつくりとなっている。また、テキストは予習復習による持ち帰りを想定し、図を小さめにすることで枚数を抑え持ち運びやすくしている。なお、授業ではPDFファイルを閲覧できる環境のため、テキストの図は画面キャプチャを除いて、全てオリジナルの線画データで、パソコンの画面上で拡大表示すれば鮮明にみることができる。



図17 基礎編到達ゴール (テキスト表紙に記載)

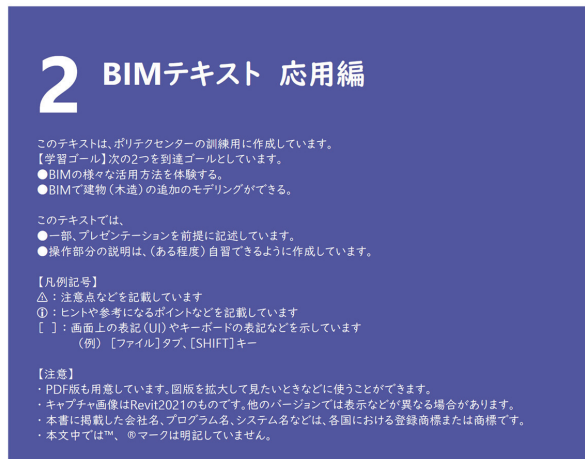


図18 応用編到達ゴール (テキスト表紙に記載)

3. BIMの課題と本教材の効果

BIMは、建築に関連する業界で導入され始めているが、一方でBIMの普及が進んでいない現状がある。理由のひとつとしてBIMを活用できる人材が不足していることが挙げられる^{[2][4]}。本教材を職業訓練で活用することで、BIMを理解した受講生が、DXと呼ばれるデジタル技術に対応した人材となり、業務の効率化や最適化に貢献することが期待できる。

4. あとがき

BIMは、これからまだまだ発展をしていくシステムである。ツール類も使いやすく改良されていくことが予想される。本教材で扱った内容は、ほんの入口程度の内容であり、いろいろなアイデアや場面で、BIMおよびBIMツールが活用できる。

以下の内容は、本教材で扱わなかったが、今後の参考までにBIMで可能な内容を列記する。

- RC造やSRC造のモデリング (特に鉄筋の扱い)
- ファミリの詳細なモデリング方法
- 設備設計のうち、水関連 (給排水・衛生設備)、空気関連 (空調・換気設備)
- 法規ボックス (= 法規関連の諸内容を3Dモデルで表現したもの)

- 部屋以外の「タグ」の扱い（壁タグ，建具タグなど）
- フェーズ（工程…企画から廃棄まで。新築，改築，増築など）の扱い
- 各種図面に寸法以外の注釈要素（壁仕様，床仕様，コメントなど）の付加
- 構造解析（RSA），熱・流体解析（CFD），照明解析の手法
- インテリアおよびエクステリアの具体的な扱い
- ランドスケープ（景観）の扱い
- 積算業務の扱い（集計表のフル活用）
- 確認申請図面の作図方法
- 本格的なCG作業（レンダリング後のレタッチなど）
- 他のBIM関連ソフトとの連携など
- CIM（建設・土木系3Dシステム）の扱い（BIMを理解していく上で対比的に扱ふとよい）
- Dynamo（ビジュアルプログラミング）の使い方…効率化のためのプログラミング

＜参考文献＞

- [1] BIM活用実態調査レポート 2020年版，日経BPコンサルティング/日経BP
<https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/apac/pdf/bim-report-final.pdf>
- [2] 建築士事務所のBIMとIT活用実態にかかわる調査 報告書（WEB版），BIMと情報環境ワーキンググループ，（2019-9）
https://www.njr.or.jp/pdf/BIM_report_web.pdf
- [3] 伊藤 久晴，石川 達也，Autodesk Revit公式トレーニングガイド 第2版 上，日経BP，（2021）。
- [4] 建築分野におけるBIMの活用・普及状況の実態調査 確定値（概要）（令和3年1月 国土交通省調べ）
<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/content/gaiyou.pdf>