

建築設計演習における BIM 対応 3DCAD の利用に関する一考察

○大西 康伸^{*1}

キーワード：設計演習 3DCAD BIM 設計プロセス 設計方法

1. 建築教育における BIM の活用

近年、BIM の概念に基づき開発された 3DCAD（以下、3DCAD）^{注1）}が、大手ゼネコンや大規模組織設計事務所を中心として建設産業界で急速に普及しはじめている。1990 年代の製図 CAD（2DCAD）の普及により設計業務にもたらされた変革は、主に製図作業の省力化と高品質図面の安定的供給という限定的なものであった。一方、現在進行している変革は、建築のライフサイクル（設計・施工・運用）における業務フローに変化をもたらすとさえ言われている。これは、単に設計ツールが変わるだけでなく、3DCAD を用いた建築の真の意味でのデジタル化によって、解析・分析ツールやシミュレーションツールなどの様々なデジタルツール（BIM ツール）が 3DCAD と連携することにより実現される。

一方、教育分野では、ゆっくり、着実に 3DCAD や様々な BIM ツールが普及しはじめてはいるが、産業界で起きている変革と比較すると、ほとんどその影響を受けていないに等しいと言える。しかし、3DCAD にだけ着目しても、教育利用におけるそのポテンシャルは高い。図面群と建物モデルが常に整合し、最新の図面、最新の建物モデルが常に生成されるという特徴を持つ 3DCAD を設計課題で使用することは、他者への表現行為であるプレゼンテーションが随時可能となるだけでなく、設計思考過程の自身への表現行為であるリプレゼンテーションが常に実行される環境の獲得を意味する。また、建物をデジタルモデルとして定義するために必要な決定事項や、設計（建物構成要素の配置）の際に暗黙的に守られるべき「設計（配置）の規範・作法」、建物構成要素の相互の位置関係に代表される「関係性のルール」、建物構成要素の詳細形状などといった「知識（ナレッジ）」が、3DCAD の機能または部材ライブラリとして実装されており、設計行為を支援する設計の道具として建築を学ぶ学生たちに受け入れられつつある。

BIM を建築教育に生かす際には、大きく分けて、

1. 『BIM で「建物」を学ぶ』
2. 『BIM で「設計」を学ぶ』
3. 『BIM で「マネジメント」を学ぶ』

という 3 つの観点があると考えている。従来の製図 CAD の場合、主に表現の道具としての側面が強かったため、ここにあげたいずれを学ぶ際にも、（今から思えば）十分に

寄与していたとは言い難い。BIM は建築そのものの情報化・デジタル化とその建築情報の相互運用を指す概念であるため、単に図面や形態を幾何学的に捉えた 1990 年代の情報化・デジタル化とは一線を画す。BIM は広範囲に渡り、教育へ寄与することが想像できよう。熊本大学建築学科では 2007 年度より、『BIM で「建物」を学ぶ』、『BIM で「設計」を学ぶ』という 2 つの視点から教育実践を開始し、段階的に拡充してきた。本稿では特に、3DCAD を用いた『BIM で「設計」を学ぶ』教育実践に関する取り組みについてその実践内容を述べ、考察する。なお、『BIM で「建物」を学ぶ』教育実践として、「3DCAD を核とし、構造や環境解析ソフトを連携運用することで、建物の工学的側面を視覚化によって学ぶ」ことを実践している。これについては、既往論文^{文1)}に詳しく記載しているので、参考にされたい。また、『BIM で「マネジメント」を学ぶ』教育実践については、BIM モデルを対象とした積算・見積もりや施工シミュレーションなどが考えられるが、これらに関しては建築生産分野との関連が深く、本学科の現状組織での教育は困難であるため、未実施である。

2. 建築設計における思考展開の理解

設計過程の大きな流れとして、一般的には紆余曲折しながらも、対象領域は「全体から部分へ」、具体化の水準は「抽象から具象へ」思考が展開すると言われている^{文2)}（図 1 ^{注2)}）。学生にとって設計演習でこの過程を体験し、身につけることは重要である。しかし、従来の設計の道具（紙・鉛筆・模型、または製図 CAD・パース CAD）を使った設計では、このプロセスを意識することなく進めることができるため（熟練者にとっては逆にそれがいいところではあるが）、学習途上にあるものはこの設計作法を獲得する機会を逸している。

一方、教育分野では、「3DCAD の通常の利用方法ではこの一連の設計過程に適応しない」との評価がある。その理由として、以下に示す 3DCAD の機能的特徴が起因すると考えられる。

1. 空間をつくるのではなく、建築構成要素（壁、床、屋根、窓など）を配置し、組み合わせることで設計を進める必要がある。
2. 3DCAD に実装された「知識（ナレッジ）」によって、建築構成要素ごとに異なるモデリング制限が生じる

ため、自由な発想を妨げる恐れがある。

3. 建築構成要素の入力の際には、主に床面上に配置することから、平面図からの発想に陥りがちである。

これらから総合的に考えると、教育における 3DCAD 利用は、具体的に建築を設計・デザインする段階（ここでは建築化段階と呼ぶ）である、図 1 中の「D 実体化・デザイン」段階に向いていると言える。その前の段階として考えられる、空間を構想する段階（ここでは空間化段階と呼ぶ）である、図 1 中の「C 形象化・フレーム」段階や、空間化と建築化をまたがる段階での 3DCAD 利用には、何らかの工夫が必要である。

そこで、3DCAD の教育利用上のウィークポイントと考えられる、空間化段階や空間化・建築化間の段階での利用に 3DCAD が適合しないことを、考え方を变え教育的にポジティブに捉える。工夫によりこれを乗り越えることで、意識的に 2 つの設計フェーズの存在とそのプロセスを学ぶことを試みた。3DCAD デメリットをメリットに変える利用上の工夫である。

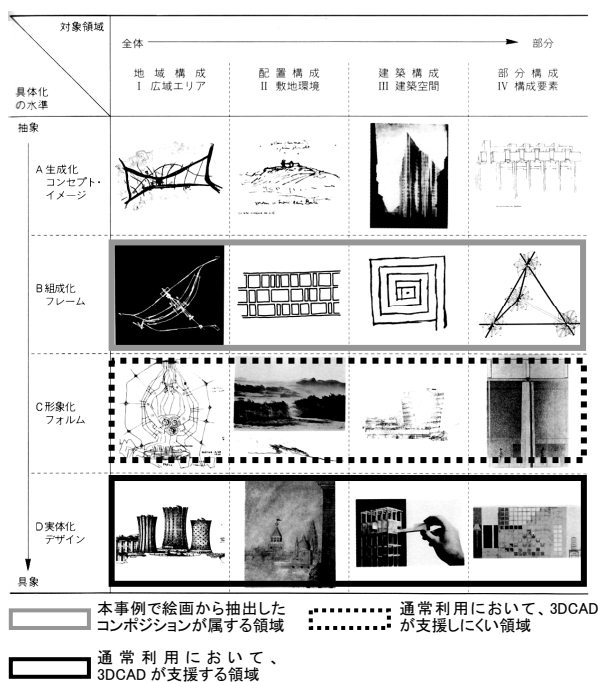


図 1 対象領域と具体化の水準に着目した設計表現の整理

具体的には、はじめに好きな近現代絵画を 1 つ選定し、そこから絵画の構成（コンポジション）を抽出する。次に、それを基にパース CAD で空間化した後、3DCAD で建築化する。これを、設計演習課題「絵画の空間化・建築化」として実施した（図 2）。空間化は立体へ向かう図形的操作であり、建築化は空間化での成果を実体を有する建物へと変換していく操作である。

3DCAD を設計演習で使用した場合、ややもすると、平面的な建築構成要素の配置に終始し、結果としての空間は

立ち現れるが、積極的に空間をデザインしない（できない）場合が多いことを経験上感じていた。したがって本事例（図 3）では、教育的観点から空間化の過程を強制することで、設計プロセスを学ぶことを企図した。さらに、空間化の前段階である空間構成を構想する段階（ここでは構造化と呼ぶ、図 1 中の「B 組成化・フレーム」に該当する）を自身の外部（本事例では絵画）に求めることを強制した。空間構成のアナロジーとして絵画を援用することで、構造化段階の存在を知るとともに、設計におけるアナロジーを用いた思考について学ぶことを企図した。

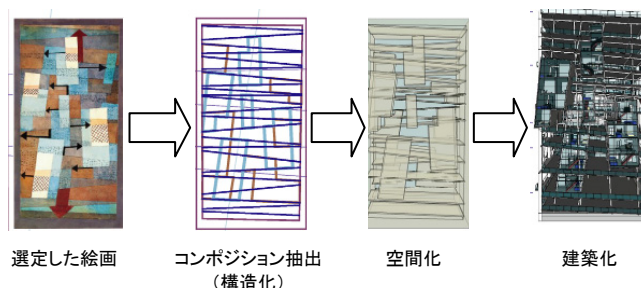


図 2 「絵画の空間化・建築化」課題の作業フローイメージ

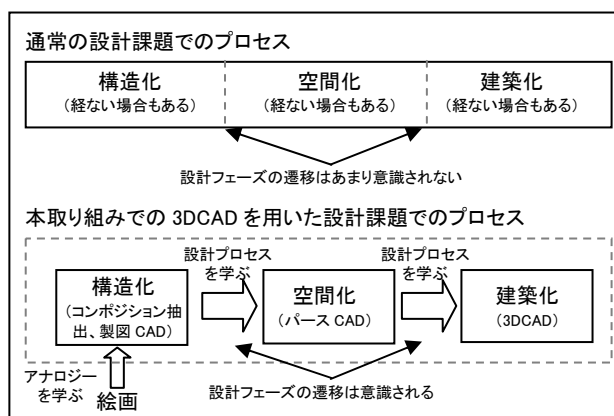


図 3 「絵画の空間化・建築化」課題における学び

ここで紹介する「演習授業 A」は大学院 1 年生の後期に開講する選択演習科目である。2007 年度、2008 年度の受講者数はそれぞれ 11 名、25 名であった。授業は表 1 に示す 5 つの課題を段階的に進めた。なお、授業で使用する CAD や解析ソフトの操作方法は、各自が課題の中で身につけることとし、授業の中で適宜講習を行った。また本授業では、授業の難易度を調整するため、建物の敷地や規模、機能は設計を進めながら考える、すなわち、どちらかと言うと後付け的に決定するものとした。設計過程を中心に評価することとし、提出作品については、建築計画的側面からの評価は重視せず建築・空間形態を重視する評価方針とした。

最終提出作品の一部を図 4 に示す。履修した学生は全員建築計画分野を専攻していた。主観によるところが多いが、手描き、CAD に関わらず、どんな道具を使ってもどちら

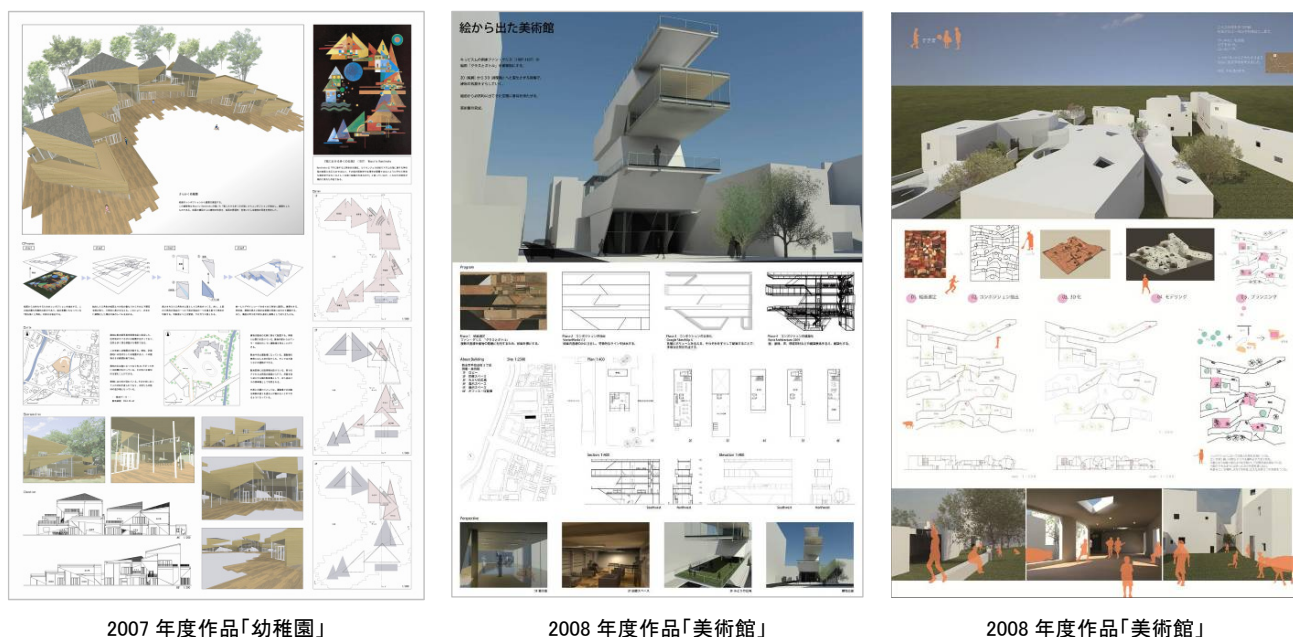


図4 「絵画の建築化」最終提出パネル(2007 年度、2008 年度)

かという「型にはまった」(単一平面形状を積層させたような)設計作品を提案する傾向が強い学生たちであった。それに関わらず、本課題では空間的に魅力的な作品が多かったように感じる。この理由として、設計という行為が要求する「組成化」、「空間化」、「建築化」という思考過程を経由することを強いたことが、この結果に結びついたと考える。別の見方をすると、このプロセスは平面に縛られがちな 3DCAD の呪縛から逃れる一つの方法であり、設計における思考展開の過程を学ぶだけでなく、3DCAD を設計初期段階から活用する訓練になると考える。また、本課題では、様々な CAD 間でデータ変換による相互利用を行った。データ変換は BIM 時代では最も重要な技術的知識となると予想され、教育上重要である。

表 1 2007 年度、2008 年度「演習授業 A」の課題

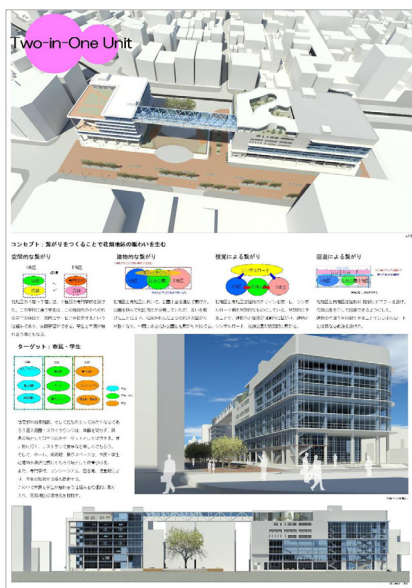
課 題	内 容
1 近現代絵画の選定	近現代の絵画から空間化・建築化したいものを各自選定する。
2 構成(コンポジション)の抽出(構造化)	選択した絵画の構成を抽出する。 デジタル化した絵画の画像データを、製図機能を持つ CAD ^(注3) でトレースする。 その過程で、ラインの取捨選択を行う。
3 絵画構成の空間化	抽出した絵画構成を基にパース CAD ^(注4) を用いて立体化する。絵画構成は、配置、平面、断面のいずれかに見立てる。 この段階では、素材、構造は特に考えない。用途および規模、敷地を考えながら作業する。
4 空間の建築化	空間モデルデータを 3DCAD ^(注5) に読み込み、空間表面に建築部材属性(壁、床、天井、カーテンウォールなど)を割り当てる。 さらに、窓、建具、雑壁、上下動線、構造要素、その他を設計を詰めながら配置する。
5 建築の表現	建築へと変換された空間をレンダリング画像を中心に表現する。必要に応じて、パース CAD ^(注6) のレンダリング機能を用いる。

3. 視覚化で学ぶ設計

「演習授業 B」(学部 3 年生後期必修、2011 年度は 25 名)における都市中心部再開発のチーム設計における設計道具としての 3DCAD の利用の様子から、3DCAD が「設計」を学ぶ手助けをするいくつかの効果が見られた。

一点目は、「建築を構想したが、図面にどう描けばよいかわからない」という問題を解決できるという効果、すなわち、立体と図面の変換を学ぶ製図法習得を手助けする効果が見られた。立体と図面の変換が十分にできないため、「やる気が削がれる」、「能力が十分に発揮できない」という学生は少なくない。3DCAD は図面群と立体が常に整合しているため、立体と図面を何度も往復することで、立体把握能力を向上できる。文字通り、CAD が教えてくれる。

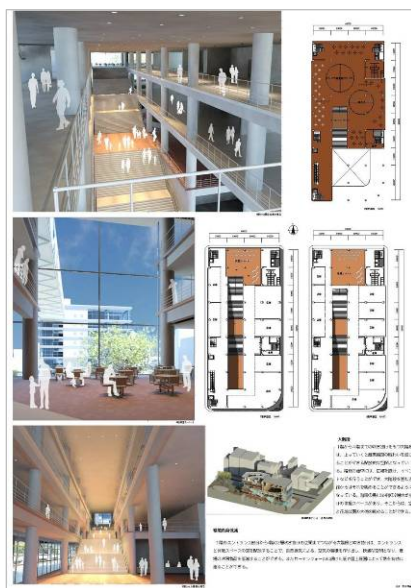
二点目は、設計案を視覚化することが、設計過程においていかに重要なかを体験的に知ることができる点である。常に案の最新状態の立体形状が表示できる、必要に応じてどんな図面も表示できることは、チーム設計における学生間のデザイン討論や、教員による設計指導の両方に大きな効果がある。例えば、チーム設計において、学生たちはディスプレイを囲み、視点を変えながら設計案を検証し、その場で設計案を変更する。変更結果はすぐに図面に反映され、次の検証を行うことができる(図 5)。また、エスキスチェックの際に、確認したい図面や透視図を表示するよう教員が学生に指示すれば瞬時に表示され、従来のように「まだ描いていません」という返事はなくなった。いずれの場合も、検証のサイクルを早く回すことができる。また、設計者としての学生が自身で設計案を立体で確認できることも同様である。どんな道具を使うにせよ、視覚化は建築設計にとって重要であることを身をもって体験できる。



全体計画



全体計画



南地区の設計案

図6 演習授業B「まちなかオープン・ユニバーシティ構想」の最終提出パネル(2011年度、あるチームの一部のパネル)

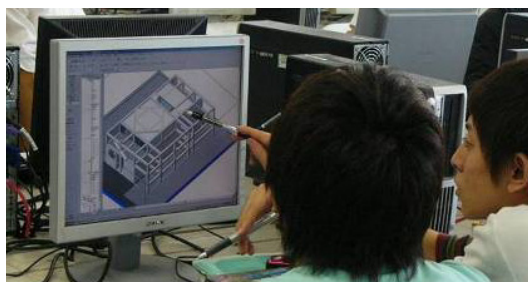


図5 ディスプレイを囲みデザイン討論をする

三点目は、作品がどう変わったかという話になるが、手描きや2D・3DCADを使った従来の設計演習と比較して、全体的に提出作品の完成度が増したと言える(図6、図7)。設計としての出来がいい悪いはさておき、完成まで到達できることは学生にとって重要である。モチベーションの向上はもちろんのこと、完成させなければ見えてこないことは多い。これは、上記2つの効果と、モデリングや製図ではなく、建築部材要素を配置していくという設計作業スタイルが貢献していると推測できる。

4. 今後の展望

いい道具は自然と受け入れられるものである。しかし、「3DCADを使うと理解していなくてもそれなりに表現できる」など、悪影響を及ぼしかねない側面もある。諸刃の剣である3DCADをどう使うのか、今後の課題である。

注釈

- 注1) ここで使用した3DCADの主な特徴として、1. 各入力要素に建築部材に関する様々な属性を持たせることができるオブジェクト指向である、2. 部材形状や部材相互の位置関係が幾何学的ルールで定義されておりパラメトリックな編集が可能である、3. 建築部材の図面表記と立体形状が連動しているため各種図面と透視図が常に整合している、の3つがあげられる。パース作成によく用いられる主に立体形状を扱う従来の3DCAD(パースCAD)と区別して使用する。
- 注2) 文2)のpp.25、図1-4を引用。ただし、図中に記入された枠線(実線及び点線)は著者が記入。
- 注3) AutoCAD、VectorWorks、JW-CADなどを使用。
- 注4) SketchUP、AutoCADなどを使用。Revitのマス作成機能は学生にとって直感的な利用が難しいため、授業では推奨していない。
- 注5) Revitを使用。
- 注6) 3ds Maxを使用。

参考文献

- 文1) 大西康伸、両角光男、「3DCAD及び解析ソフトを活用した包括的建築教育プログラムの開発とその評価」、日本建築学会計画系論文集、第76巻、第665号、pp.1337-1345、2011.7
- 文2) 川崎清、山口重之、吉川真、笹田剛史、小林正美、佐藤不二男、「設計とその表現—空間の位相と展開」、鹿島出版会、1990

*1 熊本大学大学院自然科学研究科 助教 博士(学術)

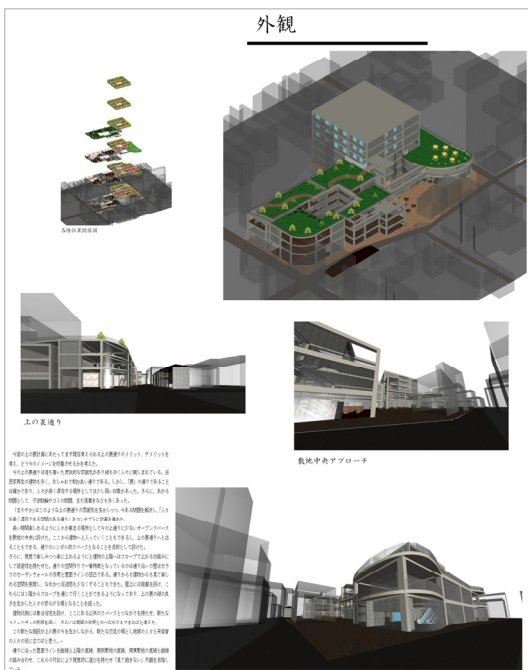


図7 パースCAD導入時代の最終提出パネル(2006年度、あるチームの一部のパネル)
作品完成度が低いことがわかる