

土木CADと建築CADの接点

熊本大学工学部 両角光男

1. はじめに

土木CAD小委員会の方からテーマをいただいて、はたと困った。それは先ず、建築分野ではCADの利用形態が広がり始めた段階で、明確なアウトラインが捉えにくい状態だからである。さらには、土木設計や土木CADとなると、私の知識は非常に限られる。したがって、両者の接点について語るのは非常に難しいと感じたからである。

しかし、土木CADと建築CADについて考えるのは興味深いテーマでもある。今回はとりあえず、スライドやビデオなどを使いながら、景観シミュレーションを含め、建築分野におけるCAD利用の動向を紹介して、一応の責めを果たすことにしたい。今後の討論の中で、接点が見つかれば、幸いである。

2. いくつかの基本概念

建築分野では最近、CADやCADDという用語と共に、CAADという用語を使い始めた。CADというと通常は、コンピュータの画像表示を見ながら、対話的に設計を進める設計システムの総称である。製図を効率化する道具としてのCAD(Computer Aided Drafting)に対して、設計の道具としてのCAD利用を強調するため、Computer Aided Design and Draftingの用語も使われてきた。

それでは3番目のCAADは何か。これはComputer Aided Architectural Designの略である。多くのCADシステムは、機械設計や電気工学の回路設計分野の道具として発達して来たという背景から、建築設計の道具としては馴染みにくい部分がある。建築独特の設計手順や作業内容に即した機能や性能を備えたCADを開発し、また建築独特の利用技術を開発すべきである、こうした意気込みから、米国などでCAADの用語が使われ始めた。日本語に直訳すると建築CADである。

建築CADが対象とするシステムは、ペイントシステム、製図システム、3次元モデリングシステム、レンダリングシステム、アニメーションなど幅広い。コンピュータの解析機能、さらにはデータベース機能までを含めた考え方もある。ここではこれらの多様なシステムをまとめてCAD・CGと呼ぶことにしたい。

3. 建築分野におけるCAD・CGの役割

3. 1. 建築生産の様々な段階

設計業務という視点で建築生産の過程を眺めると、大きく5つの段階に分けて捉えることができる。最初の3つがいわゆる設計段階である。また、最近では、完成した建物の計画的な管理と運用の重要性が強く認識されるようになり、5番目の施設管理(ファシリティ・マネジメント:FM)を、建築生産に関わる設計系の業務の一つとして捉えるようになった。

- ①企画設計: 何を作るか建物の大まかな仕様を決めると共に、予算や施工方法、竣工後の利用と運用を検討する。設計者はプロポーザルと呼び、施主はプログラミングと呼ぶ。
- ②基本設計: どんな建築を作るか、空間構成や意匠の検討を中心に、建物の構造、設備などをある程度具体的に決める。

- ③実施設計：どのように作るか材料、工法、寸法などの技術的検討、実体化の処方箋を検討。施工に渡すレベルの図面を仕上げる。
- ④施工計画：施工に必要な詳細図を仕上げたり、仮設計画や機械類の運用を検討する。
- ⑤施設管理：経済性や施設利用環境の向上を目標に、建物の維持管理業務を支援する。また、組織の変化に対応した床利用計画などを支援する。

設計業務の中でも①や②と、③や④は作業の性質が異なる。次の表－１に、基本設計と実施設計段階の作業の特性、あるいは道具としてのCAD・CGに要求される性質を整理した。前者では意匠的な発想や判断が大きな役割を果たしており、後者では技術的要因が意志決定の拠り所となっている点が大きな違いである。また前者では、定義されるモデルが曖昧さをともっており、試行錯誤が多い点も大きな特徴である。

表－１ 基本設計と実施設計の特性比較

	基本設計	実施設計
作業の内容	デザインモデルの創造 発想を定着	モデルの建築化
モデルの精度	曖昧・粗	明確・精密
情報の特色	拡散的・視覚的	集約的・技術的
手順	試行錯誤的 問題発見的	体系的 問題解決的
目標	独自性	効率・品質
評価の視点	創造性（生産性）	生産性（創造性）
方法	視覚的・図形的・造形的	論理的・工学的
手段	選択的 スケッチ、模型など	決定的 設計図書に限る
支援システム	パーソナルシステム	統合化システム
に期待される	個人の能力を高める	組織の生産性を高める
性能	対話性（定義・編集） すばやい3次元化 手軽なシミュレーション	清書機械からの脱却 図形に建築的意味を持たせ 技術チェックを支援

注：山口重之(1993), 建築CAD活用ノウハウ, デルファイ研究所 p8-9に基づく。

3. 2. 各段階におけるCAD・CG利用の現状

製図システムは①から④の各段階にわたって導入されるようになった。また、最近では、3次元モデリングやレンダリング機能を備えたCADが増えている。こうした背景には、①②の段階において、設計者が施主や市民などの関係者に設計案を説明する際に、設計案のフォトリリスティックな透視図や、CGアニメーション使用する習慣がほぼ定着したという背景がある。しかしながら、操作が煩雑な3次元モデリングシステムが多く、①や②の段階において、設計案を試行錯誤する際に、模型やスケッチなどと同じような手軽さで利用するには至っていない。

木造住宅やRCのラーメン構造建築など、業務が特化したCADの中には、部材ライブラリを保有しており、それらの部材を編集しながら設計を進めることによって、図面作成はもとより、積算や構造計算などの解析的な作業まで、一貫して支援するシステムもある。これらの多くは②から③の段階を支援するシステムであるが、一般に設計の作業手順が限定されるなど、利用上の融通性はあまり高くない。④の段階についても、仮設計画支援システムなど、解析機能を備えたシステムが登場しているが、単体としての利用に止まっているようだ。

⑤の施設管理については、図形に属性情報を付加するCADの機能を生かして、建築平面や設備・備品の図面と台帳を体系的に管理し、また解析機能を組み込むことによって、建築の床利用計画や利用コストの計算を支援するようなシステム(CAFMシステム)も登場してきた。しかし施設管理(FM)の業務自体が新しい分野であり、今後の発展が期待される分野である。

3.3. 建築CAD技術に関する研究課題

①初期段階のデザイン思考を支援するCAD・CGの開発

設計道具としてCAD・CGが定着しない理由には、手で図面を描き、模型を作りながら考える習慣が身に付いた設計者には、道具の転換が難しいという社会的制約もある。しかしながら、特に企画設計や基本設計段階の作業に馴染みやすいCAD・CGが少ない点も見逃せない。設計者の発想や、建築の形態を試行錯誤する作業の特性を分析し、それを踏まえたシステム開発が求められている。

②CADによる一貫作業支援技術の開発

企画設計図から、実施設計図や施工図、さらには施設管理図まで、前段階の情報を受け渡ししながら、CADで一貫した作業支援に対する期待も大きい。しかし、作業の各段階で必要とする情報の内容や精度にも差が多い点や、一般に設計業務が単一の組織内で完結しない場合が多い点も障害となっている。日本建築学会情報利用技術委員会では、データの受け渡しを円滑化するため、CAD図面情報受け渡しについて、仕様の標準を定めたところである。

③解析機能、計画支援機能の強化

登録済みの部材モデルを組み合わせながら練り上げた設計案を、逐次、動線、構造、積算、設備など様々な解析システムで評価したいという要望は強い。しかし、融通性の高いシステムを作ろうとすると、膨大な知識ベースが必要であり、どのようにして知識をシステムに学習させるかという問題を含め、今後の技術的発展に期待すべき点は多いようである。

④設計関連業務と設計業務の情報化

各段階の設計作業には、図面を描いたり、3次元モデルを構築する以外に、付随的な作業が多い。例えば、仕上・面積表、申請書類、連絡文書の作成、連絡打ち合わせ、資料収集、資料整理、各種計算など、数え上げるときりが無い。純粋な設計作業に費やす時間は、せいぜい30～40%程度という観察もある。設計業務の効率化と高度化を図るには、製図やモデリングなどを支援するCAD・CGの導入と同時に、ワープロ、データベース、スプレッドシート、スケジュール管理、アドレス管理、メモ管理、ネットワーク、電子メールなど、関連業務の効率化・OA化の重要性が指摘され始めた。

4. 建築CADと土木CAD

4. 1. 土木設計と建築設計

今回の資料を作成するに当たって、土木環境工学科の同僚に土木設計について尋ねてみた。道路設計、橋梁設計など対象別の設計論というものはあるが、「土木設計」というような包括的な概念は存在しないという答えが返ってきた。確かに対象物の形にしても構造にしても全く異なっており、この発言は当然と言えるかもしれない。こうなると土木CADとは一体何を指すのだろうか。

次に建築設計との違いを感じたのは、設計方法とは言っても、大半が数値計算の方法であって、意匠的な設計論はほとんど無いとの答えである。確かに道路にしてもトンネルにしても、利用者が全体像を意識することが少ないから、見られることを前提に形を決める必要はないのかもしれない。むしろ安全性や経済性などの技術的検討結果が、そのまま形を決めて当然と言えよう。

それでは橋はどうなのか。最近は斜長橋のような優美な橋が次々登場した。これも斜長橋という方針が決まれば、後は地形的条件や取り付け道路の条件などでスパンが決まり、あとは経済合理性に着目すれば、形は一つに決まるということなのだろうか。そういえば、「橋の設計について設計者個人の名前が出ることはない。共同作業の結果であり、また誰がやっても同じ結果になるはずだからだ。」という話をどこかで聞いたような気がする。同じ構造物を作りながら、建築を作品と呼び、意匠的な条件を基調に設計が展開する建築の世界とは、設計の環境が異なるようだ。

4. 2. 土木設計と建築設計を結ぶ景観シミュレーション業務

それでは土木CADと建築CADにはほとんど接点が見いだせないのだろうか。このように技術論を基調に設計されてきた土木構造物も、最近は眺めの対象として、また快適で個性的な戸外生活を演出する装置として認識される機会が多くなった。レインボー・ブリッジやベイ・ブリッジが都市のシンボルとして関心を集め、公園道路や親水護岸が散策や遊びの場として親しまれるていることを見れば明らかである。人々は、戸外の空間についても、あるいはまた「街並み」の言葉に代表されるように、都市空間の全体像についても、建築単体に対するのと同様、美しさや個性、生活の快適性を求め始めたのである。

最近では、オフィスビルなどを設計する際に、そのビルが周囲の街並みの中でどのように映るのか、様々な視点からCGアニメーションを使って検討するよう要求されることが多いという。橋やダムなどの土木構造物に対しても同じ要求があるはずである。設計対象が周囲の環境に馴染むのかどうか、また、周囲からまたどのように眺められるか、CAD・CGを使って事前チェックする景観シミュレーションの技術開発は土木構造物設計分野と建築設計分野の分野の共通したテーマと言えるのではないか。

5. 景観シミュレーションの道具としてのCAD・CGの開発課題

5. 1. 環境の総合的記述力

景観シミュレーションに取り組む際の最初の技術課題は、設計対象の置かれる環境の記述である。都市内であれば、多数の建築物であり、道路や周辺の工作物、さらには街路樹などの情報も必要である。植物などの自然物は、形のモデリングが困難なものの一つである。もっとも最近では、生育期間や季節などを指定すると、成長過程をシミュレートして、様々な樹木や草花のモデルを生成するシステムが開発された。

日本の自然景観は霞の効果が大きいという。光の効果や材質感の表現も非常に試行錯誤が必要とする技術

である。都市であれば、人々の行動や自動車などの動きが表現されないと生活感が湧かないという意見もあるに違いない。大阪大学工学部環境工学科の笹田教授などの、先端的研究者はこうした問題に対してかなりの技術蓄積を持っておられる。

しかし表現のリアリティを求める一方で、どこまで環境を記述したら良いのか、先が見えないという不安もある。実用的な目安を探っておく必要もあるのではなからうか。

5. 2. 環境データベースの共有化

モデルをある程度抽象化するにしても、膨大な環境データベースをプロジェクトごとに作るとしたら、設計者にとってあまりに負担が大きすぎる。地形的情報は国土数値情報などの形でデータが整備されているが、建築物や道路などの工作物については個別に作らざるを得ないのが現状である。こうした負担を軽減する目的で、日本建築学会の情報利用技術委員会では、企業や大学などが作成した都市データのライブラリーを作り、相互に利用する体制整備に取り組み始めた。土木分野や造園学など物的環境整備を担当する機関が、物的環境情報を逐次更新しながら蓄積し、相互に交流できると、こうした景観シミュレーションも、もっと身近になるに違いない。

5. 3. 評価モデルとの結合

透視図やCGアニメーションで視覚的に表現された景観シミュレーションの結果をどう評価するかは、難しい問題の一つである。建築のように施主が明確な場合は、代案の選択にそれほど困難さはない。しかし景観の場合は、多様な価値観を持つ多くの人々の意見を集約し合意を形成する必要がある、その方法論の構築が課題である。心理評価の方法や景観を構成する基本条件を選択し、その条件を評価する解析モデルを組み込むのも解決策の一つである。

6. 残された課題

近年におけるCAD・CG技術のコスト・パフォーマンスの向上は、めざましいものがある。取り扱いには相当なコンピュータパワーを必要とすると言われた3次元モデルも、パソコンクラスである程度扱えるようになってきた。図形処理やデータ管理はもとより、高度なレンダリングや簡易アニメーションの環境を提供するものまで登場し、3次元モデルの膨大なデータも比較的簡単に視覚表現できるようになったのである。3次元モデルで表現できる情報量は図面の比ではなく、建築分野でも図面に代わ建築記述の方法として定着するのはそう遠くはないように思える。しかしながら、記述の方法の変化は、新しい思考を必要とするわけであり、ヒューマン・ウェア、ソーシャル・ウェアの整備に、まだ多少時間がかかりそうな気配である。

一方、景観シミュレーションは、写実的な視覚表現の方法を基調としており、専門家でなくても問題の状況が捉えやすいという点で、今後、社会的要求が急速に高まるに違いない。しかしCGによる表現は一般にそれ自体が魅力的で、説得性をもってしまふ事が多い。CGアニメーションもバックグラウンドの音楽を消すと、突然退屈になったという笑い話もあるくらいだ。景観シミュレーションはあくまで一定の条件下での再現であり、虚構性と現実性をどのように区別して読みとるか、あるいは表現をどのように制御するかなど、利用上の技術開発も今後の課題と言えそうである。