

## 解説



## 建築設計・都市計画における コンピュータグラフィックス†

笹田 剛 史†

### 1. はじめに

建築の設計や都市の計画へのコンピュータの導入はCGとの関連を抜きにしては考えられない。従来からこれらの設計や計画の分野では、図面をベースとした思考法が確立していたからである。そして、これらの分野でのCGの利用は、当然のことながら、これまでの図面と同じものをいかに出力するかというところから始まっている。いわゆるCADシステムの開発と利用とである。

しかし最近では、コンピュータの利用が進むにつれて、CGの使い方に変化が見られるようになってきた。従来手法で作成される図面と同じものを正確かつ迅速に出力するだけでなく、CGによって初めて可能となるようなものへと関心が広がりつつあるのである。そして、そのなかで現在最も注目を集めているのはCGによるプレゼンテーションであり、プレゼンテーションの技法のなかでも特にCGアニメーションが注目をあびている。

ここでは、建築設計と都市計画におけるCGの利用について、これらの新たな動きに重点をおいて概説し、つづいてわれわれの研究室でここ5年間に作成したCGアニメーションがどのような考えのもとに作成されてきたか、そしてどのような影響を建築設計や都市計画に与えてきたかについて紹介する。

### 2. 建築設計・都市計画でのCGの利用

建築設計・都市計画でのコンピュータの利用はCADシステムを中心に推移してきた。そして、建築や都市のCADシステムは、特に製図機能に重点をおいて開発されてきており、これまで手作業で描かれてきた2次元の図面と同じものをいかに正確かつ迅速に出力するかということに力点が置かれてきた。

その結果、CADシステムでは、製図記号として扱われる図形の登録・検索・作図やレイヤの作成、あるいは既存図面の取込みなど、2次元図形の編集機能にすぐれたものとなったものの、そこで用いられているCG技術は2次元の線図の処理を中心としたものであり、設計対象の3次元モデリングなどとは無縁な、プリミティブなレベルにとどまっている。

このような状況に対して、本来設計システムであったはずのものが、製図システムにとどまっているとして、CADシステムのDはデザインのDであったはずなのに、ドラフティングのDになってしまっていると批判もある。たしかに、設計対象である建築や都市が3次元の存在であるにもかかわらず、その2次元モデルであるところの図面を、CADシステムのモデルとして最初に選択してしまったところに、現在の建築や都市のCADシステムの難しさがあるように思える。

このように建築設計や都市計画でコンピュータ利用の中心となっているCADシステムが、CG技術としては2次元線図形の処理にとどまっている一方で、最近のCG技術の発展とそれともなう迫真性をもった出力の例は建築や都市の設計にたずさわる人々に大きな感銘を与えることになった。

元来、建築や都市の設計にはプレゼンテーションという分野がある。設計対象が実現したときそれがどのような姿になるかを発注者に前もって知らせたい、あるいは設計者の意図を関係者にイメージとして伝えたい、というようなときに行われるもので、スケッチ、透視図、フォト・モンタージュ、模型などのさまざまな技法が従来から使われている。

コンピュータの発達はいくつかの技法に新たにCGという一つの技法をつけ加えることになった。従来の技法では不可能であったような表現がCGによって可能になるからである。そして、最近見られるCGの急速な発達はいくつかの技法によるプレゼンテーションのなかにも、単にこれまで見られなかったような表現の可能性

† Computer Graphics Application on Architectural and Urban Design by Tsuyoshi SASADA (Faculty of Engineering, Osaka University).

† 大阪大学工学部

だけでなく、プレゼンテーションそのもの、あるいは設計や計画の進め方まで変える可能性を見つけることとなった。CGによるプレゼンテーションは、非常に短期間のうちに、CADシステムとならんで、建築設計や都市計画での主要なコンピュータ利用の形態になるうとしているのである。

### 3. 建築設計・都市計画とプレゼンテーション

建築設計や都市計画でのプレゼンテーションはこれまで主として発注者に対して行われてきた。設計者の意図を発注者に対して十分に伝え、発注者の考えと設計者の考えとの間で矛盾を生じていないかどうかを常に確かめながら設計を進める必要があったからである。そして、一般に発注者は設計の専門家ではないから、これら非専門家との間でのコミュニケーションには特別な工夫がある。このようにして多くのプレゼンテーションの技法が開発されてきたが、これらの技法には「わかりやすさ」という共通する一つの性質がある。

専門家はお互いの間でのコミュニケーションのために図面を中心とした特別の記号体系をもっている。図面はその表記法に通じている人々、つまり専門家にとっては簡明でかつ誤りなく情報を伝える手段ではあるが、その表記法に親しんでいない人、つまり非専門家にとっては「わかりにくい」。ここに、非専門家に対して行われる「わかりやすい」技法によるプレゼンテーションの意味がある。

従来は主として発注者を対象に考えられていたプレゼンテーションに最近大きな変化が起こってきた。プレゼンテーションの対象が発注者に限られなくなってきたのである。その原因の一つには設計や計画が大規模化して、関係者の数が増大してきたことがある。そして、さらに重要なこととして、一般市民の身の回りの環境に対する関心の増大がある。

このように、社会的な状況の変化によって、設計や計画に関係する相手が増大し、しかもそれがさまざまな人たちで構成されるようになってくると、効果的なプレゼンテーションが以前にもまして重視されるようになる。多数の、それぞれ立場が違ふ人たちの、合意をとりつけることが建築の設計や都市の計画にとって必須のこととなり、そのためには効果的なプレゼンテーションが欠かすことのできないものであることが分かってきたからである。

そして、従来からあったプレゼンテーションの技法

がこのような状況の変化に対応して効果的であるかという点も必ずしもそうではないところに問題点がある。

### 4. プレゼンテーション技法としてみたときのCG

プレゼンテーションの技法としてみたときのCGはその正確さと表現の自由度の高さに特徴をもつ。形状データの3次元から2次元への変換は透視変換の式にしたがって、正確かつ高速に行われる。定義されたデータのなかから、必要なものを選びだしてそれだけを表示することもできるし、さらに、時間軸に沿って、特定の事象が変化してゆく状況を表現することも可能である。

このようなデータに対する自由度だけでなく、CGの特徴はその視点の設定にも現れている。一度対象物のデータを定義してしまうと、それをながめる視点には何も制限はない。さらに、用意しておくデータにあらかじめ配慮がなされていれば、レンダリングにおいてもさまざまなテクニックを駆使して、目的に沿った表現をすることができる。

このような特徴の結果、CGによるプレゼンテーションは正確でかつ豊かな表現を可能にする。このことだけで、CGによるプレゼンテーションは従来手法になかった訴求力をもっている。しかし、CGによるプレゼンテーションの特徴はそれだけにはとどまらない。CGによるプレゼンテーションはこれらの特徴に加えてその操作性が非常に高いという特徴をもつ。操作性の高さは特に相手が一般市民であるときのプレゼンテーションで効果的である。一般市民のような非専門家に対するプレゼンテーションでは専門家に対するプレゼンテーションの場合に比べて試行錯誤の回数が多くなるという傾向がある。このようなときに操作性の高いCGによるプレゼンテーションはその威力を発揮する。

### 5. CGアニメーションによるプレゼンテーション

CGによるプレゼンテーションのなかでも、CGによるアニメーションは独自の地位を確立しつつある。動く映像によるプレゼンテーションはこれまで建築設計や都市計画のなかで見られなかったものであるだけにその訴求力と新奇性とはたいへん強い。そして、特に非専門家にとってたいへん分かりやすい。さらに、アニメーションという技法はCGとたいへんに相

性がよいという利点もある。

CGによるプレゼンテーションをしようとしたときの、最大の問題はいかにデータを入力するかということである。3次元の対象の形状データを入力するためにはたいへんな努力が必要である。特に逼真性をもった出力を得ようとすれば、その入力に費やされる時間と手間とは膨大なものとなる。最近では3次元モデルに効果的なものが開発され少しは負担が軽減されたが、データ入力が相変わらずたいへんな作業であることに変わりはない。

このように時間と手間をかけて入力したデータの利用が数枚の出力だけで終わってしまうのは、その出力がいかにすぐれたもので、従来手法ではとうてい手に入れられないようなものであっても、いかにももったいない。一方、ひとたびコンピュータ内部に対象の3次元データが入力されてしまうと、それを2次元に変換することは非常に高速に行われる。つまり、一つのデータから表現を変えた多数の出力をつくり出す作業はそれほど手間と時間とを必要としない作業なのである。

アニメーションは1秒の映像をつくり出すのに24枚あるいは30枚の出力を必要とする。したがって、いま1分の映像が欲しいとなると、1,440枚もしくは1,800枚の出力が必要になる計算である。このように多数の出力がデータ入力に比べて比較的簡単に得られる、というところにCGアニメーションが成立している基盤がある。

## 6. 建築設計・都市計画のプレゼンテーションとCGアニメーション

プレゼンテーションの技法としてみたときのアニメーションの最大の特徴は映像が「動く」ということである。そして、動く映像によるプレゼンテーションはたいへん分かりやすい。さらに、このような技法がこれまでになかったものであることもあって、アニメーションのもつ訴求力はたいへん強い。この特徴を生かしてCGアニメーションは設計や計画のさまざまな局面で用いられ、設計や計画の進め方を変えてしまうほどの影響力を発揮している。そのいくつかの実例をみてみよう。

われわれの研究室では、過去5年にわたって、CGアニメーションを建築あるいは都市のプレゼンテーションのために作成してきた。作成したアニメーションの数は20本以上になり、長さも総計で1時間以上に

なる。ここでは、これらのアニメーションが作られた目的によってそれらを(1)環境情報、(2)計画情報、(3)市民参加、(4)技術移転、に分けて解説する。

### 6.1 環境情報

われわれは日頃から自分たちの身の回りの環境についてよく知っている、という錯覚をもっている。しかしこの認識は必ずしも正しくはない。日頃の視点とは少し違った視点から身の回りの環境をながめてみるとそこには必ずこれまでとは違った発見がある。そして、このような発見によって市民の一人一人が環境に興味をもつこと、そしてそれをよく理解することが自分の身の回りの環境をよりよいものにしてゆく第一歩であるとわれわれは考えている。

このような考え方のもとに、われわれが作成した環境情報を示すアニメーションにはいくつかのものがある。たとえば、都市景観を構成する建築物のうちで伝統的木造建築だけを残したらどのような景観になるかを示した京都東山(図-1) [1139頁掲載]、地下鉄の中から地上を透かして見ながら走るとどのような風景が展開するかを示した大阪梅田などが代表的なものである。これらの都市景観を問題とするアニメーションは「CITIES」としてまとめられており、ほかにも東京新宿、神戸ポート・アイランド、パリなどがある。

環境情報を扱ったものは何も都市だけに限らない。江戸時代の伝統的な民家が構成材料から組み立てられてゆく過程を示したアニメーションは筑波科学技術博の日本政府歴史館で使われた。最近の例では江戸城の再建をコンピュータ内部に行い、アニメーション化して示したものがある。このときはデータ入力以前の資料の収集にたいへんな手間と時間とを費やした。

### 6.2 計画情報

建築設計や都市計画をしている人間にとって、プレゼンテーションの本命はこの計画情報の部分にある。計画が実現したとき、それはいかなる形で周辺に影響を与えるのかを前もって予想し、それを評価したいと誰もが考えるからである。

そういった意味でさきにした環境情報に関するアニメーションも、実は肝心の計画情報を示したときに一般市民には残念なことにそれを理解するに十分な環境情報あるいは環境を読む能力が備わっていないことへの反省から生まれたものであり、プレゼンテーションの最大のねらいはこの計画情報をいかに的確に伝えるかということにある。

この分野でわれわれが作成したアニメーションには

非常に多くのものがある。たとえば、栃木県立美術館、横浜みなとみらい、大阪貨物駅跡地計画メディア・シティ、六甲アイランド新交通計画、関西新空港(図-2~図-4) [1139 頁掲載]、瀬戸大橋などがそれである。

栃木県立美術館の場合は、設計のテーマの一つに敷地内の大きな鈴かけの木を残し、それを写すように外壁にはハーフ・ミラーを用いるというのがあった。設計が実現したときにはそれがどのように写るか、午前6時から午後6時までの12時間を1分おきにレイ・トレーシングでシミュレーションして結果をアニメーションとした。

六甲アイランド新交通システムの計画では、計画地周辺の住民から出された、電車の窓から住宅の中がのぞかれてプライバシーの侵害が起こるのではないかという疑問に応えるためにアニメーションが作成された。計画された路線の上を計画ダイヤに沿って走る電車の窓から住宅をながめた様子を正確にアニメーション化して住民代表に検討してもらった結果、合意が得られて工事は現在順調に進められている。

横浜みなとみらい、メディア・シティ、関西新空港などは非常に大規模な計画であり、それが完成したとき、影響を受けるであろう人々は非常に広い範囲にわたる。そのような人たちに対して、日頃から計画の全容を分かりやすく示しておき、意見を聴くという体制を作っておくことは計画の進行をスムーズにするために重要である。これらのアニメーションはそうした意図のもとで作られており、さまざまなメディアで用いられて、広く一般に計画を知らせている。

瀬戸大橋の場合はねらいが少し異なる。このアニメーションは倉敷市の瀬戸大橋架橋記念館で上映されるために作られた。通常車からみた、あるいは列車から見た瀬戸大橋だけでなく、空中からあるいは水中から見た風景を示すことによって、瀬戸大橋に対する興味を増そうと考えられたものであって、どちらかといえば筑波博のときの江戸時代の民家のアニメーションと似たようなねらいがある。

ここに示した例のように、計画情報を広く分かりやすく伝えるのにCGアニメーションは非常に強力な道具である。特に栃木県立美術館や六甲アイランド新交通システムの例はCGアニメーションによって初めて可能になったプレゼンテーションの例、といえるであろう。

### 6.3 市民参加

CGによるアニメーションを作成するには当然のことながら形状データの入力が必要である。そしてこの作業にはこれも当然のことながらコンピュータが使われ、そこではモデラなどのプログラムが使われている。いま、このプログラムの用途を限定し、たとえば都市の中の建築群の形状データの作成に限るとすれば、その使いやすさに重点をおいたプログラムの開発が可能になるであろう。

そして、コンピュータや都市についてほとんど何も知らない人たちが、このようなプログラムを使って自分たちの住んでいる町のデータ作成ができるようになると、完成したアニメーションを見せてもらっているという立場から一歩進んでアニメーションの作成に参加する、いうなれば一種の市民参加による町作りが可能になると思われる。そして、完成したアニメーションが彼らの成果となるだけでなく、作成の過程で詳しく町を調査することが彼らが計画に対して正しい判断をすることの助けとなるであろう。

兵庫県三田市の駅前再開発(図-5) [1140 頁掲載] のプロジェクトはこのような考えのもとに進められた。われわれはまず計画対象地域内の建物をその屋根形状によって13のタイプに分類した。つづいて、1/2,500の都市計画図の上で建物の外形線をデジタルイザから入力し、屋根形状と階数とを選択したとき、選択された屋根の形をもった建物のワイヤフレーム・データが作成され、スクリーンに表示された街区の上に建物が立ち上がるプログラムを作成した。さらに、地元からの要望によってこのプログラムには窓や出入口、看板などの小物を付加する機能がつけ加えられた。

このプログラムはPC上に作られているからどこへでも持ち運びができる。われわれはPCを現地へ持ち込み、計画対象地の商店主たちに運用してもらった。結果は上々で一種のゲーム感覚で入力が行われ、400軒の建物の外形が12時間で入力され、さらに小物を付加するのに12時間がかかった。

この再開発プロジェクトはその後も順調に推移し、実現へと動いている。そして、アニメーションの作成に参加した商店主たちは現在も地元の中核としてプロジェクトを推進している。計画への市民参加のまったく新しい方法がCGによって可能になったのである。

### 6.4 技術移転

三田市のプロジェクトで開発したプログラムは建物のタイプを差し替えればどこの地域でも運用できる。

このことに着目した中国政府とわれわれの研究室とは中国の主要な都市の開発計画を含むアニメーションを一年に一つずつ作成することについて協同研究の覚書を交わし、中国側の研究機関として上海の華東建築設計院が選ばれた。華東建築設計院は国立の設計機関で所員数約900名、中国最大の規模をもつ。

協同研究の結果、一昨年(図-6、図-7) [1140頁掲載]、昨年の杭州西湖(図-8) [1140頁掲載]のアニメーションが完成し、今年上海新駅を作成中である。上海外灘の場合はアニメーションによって計画中の6本の超高層ビルと既存の建築群との景観上の調和を検討しようとするものであり、一方杭州の場合は中国きっての名勝、西湖と計画中の超高層建築群との調和を検討しようとするものであった。

中国との協同研究は相手先が都市あるいは建築の専門家であること、そしてその組織内にコンピュータの専門家もいることが三田市の場合と大きく異なる。しかし、華東建築設計院の場合、構造計算やCADシステムについての経験はあってもCGアニメーションについてまったく経験をもっていなかったから、プロジェクトの立ち上がりは三田市の場合とまったく同じであった。しかし、プロジェクトの進行とともにアニメーション作成のための技術の中国側への移転も順調に進み、上海のアニメーションが完成するころには中国側だけで独自のアニメーションの作成ができるころまで来た。その後は毎年新たな技術をつけ加えるということを繰り返しながら、今日まできている。

完成されたアニメーションはまず北京で開かれる全国の建築・都市の専門家を集めた会議で披露され、その後地元を中心にTV放映されて、計画に対する市民の意見を募るという形で使われる。いずれの場合も反響は大きく、上海のTV放映の場合には市民からの投書に個々に対応できず、改めて特別番組を作成して応えた。

さまざまな意見が上海、杭州の計画に対してよせられた結果、たとえば上海電信電話センター・ビルの外壁の色彩が変更された。また、杭州で最も高い建物となる予定であったホテルは工事を中断し、高さを

低くすることを検討している、などの対応がとられている。

都市の計画について、非常に広い範囲の人々から意見を聴取し、それに基づいて計画案を修正して合意形成をはかる、という試みについて、CGアニメーションはTVのようなマス・メディアと組み合わせられたときに非常に有効な手段であることが分かる。さらに、問題の地元の人々がこのような技術を修得することで、このような試みはさらにうまく運用されるようになると思われる。

## 7. おわりに

建築・都市でのCGの利用はこれまでCADを中心に推移してきた。CADはどちらかというと設計や計画の専門家のための道具である。しかし、社会情勢の変化は設計や計画が専門家だけで行われるという状況を不可能としつつある。そこで、専門家を含むより広い範囲の人々の合意形成の道具としてCGがプレゼンテーションの手段として着目されつつあることを、ここではCGアニメーションの事例とともに示した。

現在のところ、アニメーションを含むCGによるプレゼンテーションとCADシステムとはまったく別の発展形態をとっている。しかし、この両者は統一されるべきであるし、そうなることはそれほど遠いことでもないであろう。そうして、そうなったときに初めて、単なる製図システムでない、本当の意味での設計システムであるCADシステムが完成するのであろう。

## 参考文献

- 1) Sasada, T.: Computer-Generated Animation for Architecture and Urban Design, Proceedings of The Fourth European Conference on Teaching and Research with Computer-Aided Architectural Design, September Rome, pp. 285-294 (1986).
- 2) Sasada, T.: Drawing Natural Scenery by Computer Graphics, Computer-Aided Design, Vol. 19, No. 4, pp. 212-218 (1987).

(昭和63年5月19日受付)