

ビジュアルシミュレーションの手法と応用*

Measures and Applications of Visual Simulation for the Urban and Infrastructure Design

山中 英生** 土橋 正彦***

By Hideo YAMANAKA and Masahiko TSUCHIHASHI

1 はじめに

本論は、都市・公共土木の景観設計におけるビジュアル・シミュレーション手法について、手法の持つべき機能と、手法を整理し、特にコンピュータグラフィックス利用の課題について、利用例を中心に議論する。なお、ここでの景観設計は、都市空間や自然空間と、そこに存在する地物の造形的・空間操作的な設計またはその行為として捉えており、そうした「空間デザイン」の特性から、ビジュアル・シミュレーションに必要な技術的要件について考察することを目的としている。

2 景観設計における

ビジュアル・シミュレーションの役割

(1) 景観設計の特性

都市や自然の景観設計には、地形を変えるような造成や道路新設から、公園などの完結した空間設計さらには道路施設のディテールのような空間の部分的造形まで、かなりのスケールの違いが見られる。これらのデザインは「意図をもった秩序ある造形」であることと、さらには造形の対象が「公共性のある空間」であることに着目すると、これらのデザインに共通する特性として、以下の点が挙げられる。

- 1) 3次元デザインであること。「造形」が3次元空間の中で行われる。

*ワード：CG、景観設計、景観シミュレーション

**正会員 工博 徳島大学助教授 工学部建設工学科
(〒770 徳島市南常三島町2-1)

***正会員 工博 (株)アーバンスタディ研究所
(〒532 大阪市淀川区西中島5-8-3)

- 2) 周辺・環境の存在する空間デザインであること。

造形や操作の対象ではない周辺・環境が存在する。

- 3) 人間が内包される空間のデザインであること。

以上の2)と3)は「秩序」の評価視点を限定する。

さらに、対象の公共性は以下の点を要請する。

- 4) 設計者以外の多くの評価主体が介在すること。

- 5) デザイン期間が長い。評価主体間の調整や事業などから、段階的なフェーズを経て継続する。

(2) ビジュアル・シミュレーションの役割

景観設計においては、上記のような特性から、3次元空間の操作を記憶、確認するとともに、周辺・環境との整合や、人間の視点を考慮した評価を支援するとともに、合意形成に関わる主体への伝達と評価を促すメディアが必要となる。

こうした3次元空間操作を記憶、確認、伝達、評価するメディアは、古くは透視図や模型であったが、数値モデルとコンピュータを利用した手法が発達している。ここでのビジュアル・シミュレーションとは、これらの3次元空間の記憶と視覚化のための手法を総称するものである。

(3) ビジュアル・シミュレーションに必要な機能

次に景観設計の特性から、ビジュアルシミュレーションに必要な機能を整理してみる。

1) 3次元処理

3次元空間の視覚化は基本的機能となるが、その前提となる3次元空間の記憶の機能、さらに記憶とその視覚化の連動性も重要な機能となる。

2) 周辺・環境の処理

操作対象以外に周辺・環境を整合させて視覚化できる必要がある。周辺・環境の基本要素は大地や

や精密さであり、視覚化の対象をどのようにモデル化しているかにも関連している。これを厳密に分類するのは困難であるが、大まかに分けると、表3の4段階に分けられる。レンダリングの場合、これは内在する3次元数値モデルの分類ともなる。表に示すように、レベルの違いは主に正確性や表現力の要素に影響する。

3) 視点設定による呈示方法

視覚化における視点移動の扱いは、表4のように静止画、動画、能動移動視に分けられる。一般に移動自由度が高いほど空間表現力は高くなるが、作成コストがかかるようになる。立体視は視点移動との組み合わせが可能で、能動移動視と組み合わせたものはVR（仮想現実感）と呼ばれている。動画は3次元モデルを内在しない画像手法では作成に多くの手間を要する。能動移動視やVRは3次元モデルを内在する手法でないと、実現はまず不可能である。

4) 周辺環境と操作対象での手法の使い分け

景観設計では周辺環境の視覚化が必要になるが、周辺環境の3次元形状の計測やモデル化にきわめて手間を要することが問題となる。このため、背景の視覚化には画像手法を用いて、他の視覚化手法を用いた操作対象を重ねるという「モンタージュ手法」が多用される。手法としては表5の組み合わせが考えられ、背景画像には写真が一般に用いられている。モンタージュの場合、背景と操作物の3次元的位置関係の正確性、色彩や光線などの整合が問題となるが、色彩・光線等はデジタル画像処理で写真等でも可能となっているが、3次元位置関係の処理は、数値モデルとして扱うレンダリングモンタージュが優れている。なお、モンタージュ手法は背景写真を用いるため一般に動画化が難しくなる。

(3) ビジュアル・プレゼンテーション手法の分類

表6は現在考えられるビジュアル・シミュレーション手法を整理したものである。

なお、表には必ずしも一般的な呼称となっていないものも記入している。例えば、レンダリング手法はほとんどがCGによるものであるが、線画CG＋手書き彩色画は、線画のみをCGで作成し、彩色や詳細部分を手書きで行うといったレンダリングと画像手法の組み合わせのようなものも実際には多く用いられている。レンダリングによる透視変換の正確

表3 視覚化の抽象化レベル

抽象化レベル	内 容	色彩	素材	写実性
線 画	輪郭、境界の線で形状、配置を表現	×	△	×
面 画	単純な面で構成された絵に彩色、単純な陰影・色調を彩色	△	△	△
精 密 画	複雑な形状も正確に描画、反射屈折・素材感等を考慮	○	○	○
写 実 画	写真画像に近いリアリティをもつ	◎	◎	◎

表4 視点を考慮した呈示方法の分類

呈示方法	内 容	種類	コスト
静止画	視点を固定した画像の呈示	△	安
動画	一定の視点移動による画像呈示	○	やや高
能動移動	評価者の意志的移動に追隨した画像呈示	◎	高価
立体視	両眼視差を用いたステレオ画像呈示	○	—

表5 モンタージュの分類

手 法	制作物の視覚化	内 容
画像 モンタージュ	画 像	絵画の重ね合わせ、写真の合成 スライドの多重映写、画像処理による重ね合わせ
レンダリング モンタージュ	レンダリング	背景写真の視点、視線方向に合致するレンダリング画像を画像処理で重ねる
模型 モンタージュ	模 型	模型を撮影し、背景と合成 背景を模型に設置して撮影

表6 ビジュアルシミュレーション手法の分類

手法	視点	抽象化のレベル			
		線画	面 画	精密画	写実画
画 像	静 止	手書 線画スケッチ	水彩パース	精密パース	合成写真 仮想ビジュアル
	動 画	CG	2DペイントCG		
	能 動	手書	手書きアニメーション		
	移動	CG	2DCGアニメーション		
レンダリング	静 止	ワイヤフレーム画 隠線処理画	サーフェスモデル 線CG+手書き	隠線・マッピング 間接光モデル	フォトリアスチック CG
	動 画	3DCGアニメーション			
	能 動	VR（仮想現実感）			
	移動				
模 型	実 体	模型 レンダリング (彩色無)	彩色模型	精密模型	実寸模型
	映像	模型 撮影	ビジュアルシミュレーション		

性や視点移動性と、画像による表現の自由度を組み合わせるものである。

各手法は画像、レンダリング、模型の視覚化手法ごとに静止、動画、能動視などの呈示方法、視覚化の抽象化レベルによって分けられ、それぞれの特性は、こうした分類によって左右されることになる。

ただし、抽象化レベルは、コストや表現力に大きく影響する要素であるが、その程度には各手法ごとに様々なバリエーションが考えられ、それらが表現力や正確性の点でどのような効果をもたらすのかについては、十分に検討されていない。

4. ビジュアルシミュレーションの利用例

(1) フォトモンタージュによる

大規模建築物景観予測

1) 行政による景観の誘導

大規模な建築物や土木構造物は周辺環境に大きな影響を及ぼすため、事前にその影響を評価する必要がある。特に影響が大きいと予想される場合は従来から「環境アセスメント」が実施されているが、近年、特に「景観」の公共性に着目して計画の事前評価を義務づける地方自治体が現れている。そのうち、兵庫県など一部の自治体は、現地写真を背景とするCGフォトモンタージュを用いた大規模建築物等の景観評価を条例によって義務づけ、地域の景観形成をより好ましい方向に誘導しようとしている。以下では、そうした景観条例のもとでのフォトモンタージュの適用例を紹介する。

2) レンダリング・モンタージュの利点

大規模な建築プロジェクトを景観面からコントロールしようとする場合、その実効性を高めるためには計画を多段階に景観評価する必要がある。まず企画段階においては、建築物のおおよそのボリューム、形状が周辺景観に照らして著しい不都合を生じないかどうかを検討し、計画の細部が積み上げられる各段階においても同様の評価が必要である。このようなネガティブチェックを行う場合、従来は評価メディアとして模型やパースが用いられることが多かった。しかし、これらの手法においては①周辺環境との関係をつかみにくい（特に一般市民にとって）、②非現実的な視点設定やプレゼンテーション効果をねらった省略などの技法により景観予測が恣意的になされやすい、③計画が変更された場合あるいは選択のバリエーションを比較評価する場合のコスト的・時間的な負担が大きい、などの問題があり、評価メディアとしての客観性や有効性に欠けるケースが多く見られた。計画建物を3次元CGで表現し、背景に適切な視点場からの現地写真を用いたレンダリング・モンタージュは、上記の課題に対応する景観予測技法といえる。特に、技術者でない評価主体にとっても周辺景観との関係を理解しやすい景観予測画像を生成することができるため、今後、公共土木デザインや大規模建築物のデザインなどの分野で、摘要局面が急速に拡大していくものと考えられる。

3) 景観誘導のプロセス

レンダリング・モンタージュを利用した景観誘導（行政指導）のプロセスは図1のようなものになる。画像合成を正確に行うこと、また景観評価が適切に行われるという前提をおけば、景観評価ステップが他段階にわたり、かつ景観予測画像への要求精度が徐々に高くなる計画プロセスにおいて、レンダリングモンタージュの有用性が高いことが示されている。

写真1～3は、レンダリング・フォトモンタージュの事例（現地写真、企画段階のモンタージュ、ディテール検討のモンタージュ）である。

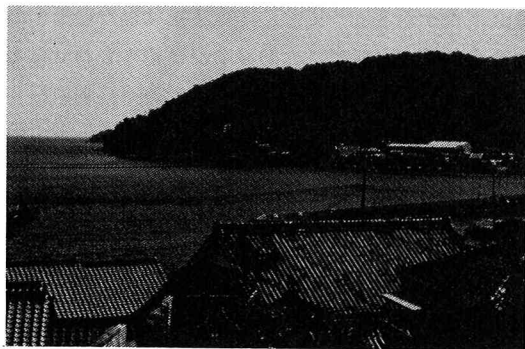


写真 1

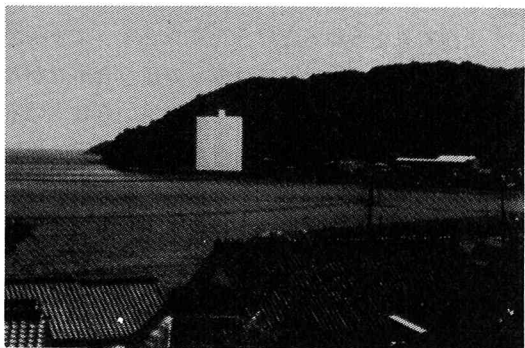


写真 2



写真 3

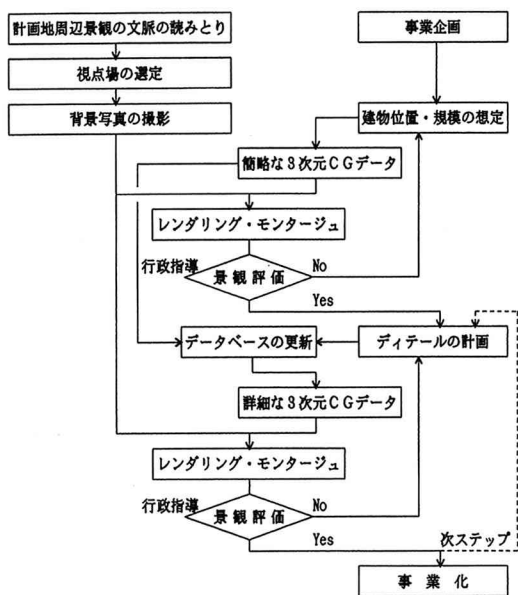


図1 レンダリングフォトモンタージュを利用した景観誘導のプロセス

(2)多段階計画プロセスへの摘要

1)多段階計画プロセス

都市・公共土木のデザインにおいては、計画期間が長期にわたり、かつ多様な計画主体及び評価主体が関与するのが通例である。この特徴は、計画作成のプロセスと、合意形成プロセスが図2に示すように多段階にわたることを意味しており、そこに景観計画のツールとして、また合意形成のメディアとしてのCGの有用性が見いだされる。以下では、大都市近郊の高速道路高架橋の計画事例を紹介する。

2)デザインツールとしてのCGの利点

高架橋の基本形状を検討する計画の初期の段階では、デザイナー、建築家、橋梁技術者などから提案された多数のデザインアイデアを比較し、実現の可能性のあるいくつかの代替案にまとめあげるプロセスが踏まれた。その際、市販のパーソナルコンピューター用モデリング・ソフトウェアを利用して、アイデアを可視化した。PCベースの市販ソフトはモデリングの操作性に優れ、また作画の視点設定も自由なため、アイデアスケッチだけを用いる場合と比較して、多数のデザインアイデアを手早く合理的に評価・検討することが可能になった。

次のプロセスでは、8通りの代替案について防音壁、側道、植栽なども含めたモデリングを行い、E

WSベースのCGシステムを用いて代替案を多様な視点場の想定の下に可視化した。ここでは、前ステップで作成した3次元データをEWS用にコンバートしたため、モデリングが大幅に省力化された。

最終プロセスでは、さらに絞り込まれた3通りの計画案を対象に、モデリングの密度を上げるとともにレンダリング・モンタージュを作成し、リアリティの高い景観予測画像を得ることができた。

3)合意形成メディアとしてのCGの利点

計画案を作成し事業化するためには、計画の各プロセスにおいて合意形成が必要となる。公共事業の合意形成に関与する主体は、市民、行政、専門技術者など多種多様であり、合意を得るためには共通の評価メディアの存在が不可欠となる。また計画プロセスのどの段階にあるかにより、その評価メディアに要求される精度にはかなりの幅がある。このような条件を考えると、作画精度を自由に変わることができ、また計画内容を多数の視点からわかりやすく可視化することができるCGの有用性は非常に高いといえる。本事例においても、デザインツール、ブレンスツーミングや市民アンケートのメディア、広報資料などとして、様々な精度のCGを有効に活用することができた。

以上に述べたように、多段階の計画プロセスにおいてCGを継続的に活用した本事例では、①多数の代替案を効率的に比較評価できる操作性、②プロセスに応じた景観予測の要求精度の上昇への対応性、③一般市民にも理解しやすい画像を生成する表現力、④視点移動性を活かした多視点からの代替案評価、といったCGのシミュレーション技法としての長所が確認された。

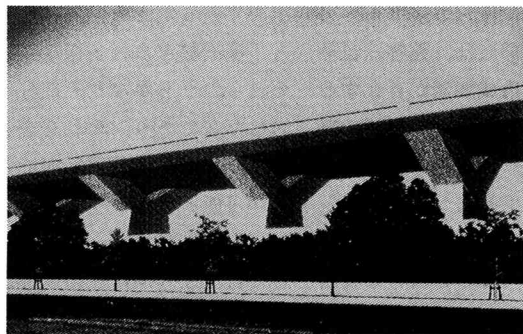


写真4

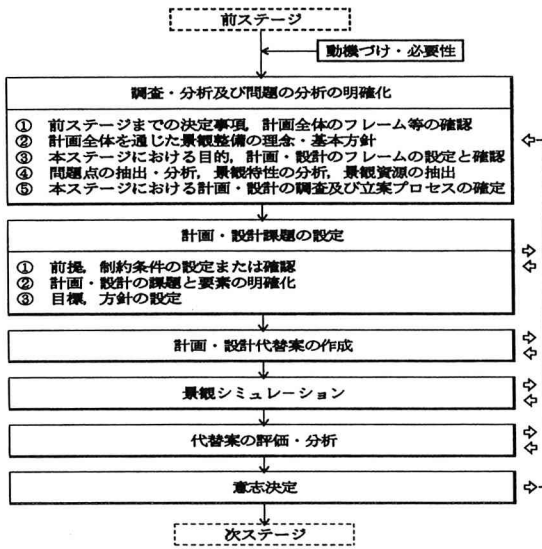


図2 都市・公共土木デザインの計画プロセス

(3) 3次元CGデータの継続的活用

1) モデリング情報のデータベース化

CGを利用したシミュレーションのためには、まず地物あるいは操作対象の数値データ化が必要である。このモデリングの労力の大きさは、システム導入の初期コストとならんでCG利用のもっとも大きな障害の一つといえる。これを乗り越えるためには、モデリングの数値情報を操作しやすくデータベース化し、計画の様々な局面で継続的かつ多様に活用すると有効である。

2) データベースの活用方策

パーツ（部品）としてのデータベース化と全体のデータベース化の2通りの活用方策がある。

① パーツとしてのデータベース化

本稿で言うビジュアルシミュレーションの主要な操作対象は都市・公共空間であるが、その外部と内部には、建物、自然、人、機械など多種多様な景観構成要素が存在する。それらのうちかなりの部分は日常生活空間に普遍的な存在であり、それらをデータベース化することにより、様々な計画局面で効率的なシミュレーションが可能となる。

② 全体のデータベース化

CGの大きな長所として再現性、操作性の高さがあることはすでに指摘したとおりである。この特徴を活かすと、モデリングの負担を相対的に低下させることができる。以下に述べる事例では、計画対象

(=港湾地区の高規格道路)の周辺を広域的にモデリングしたうえでデータベース化し、継続的かつ多様な活用を試みた。このような場合、メンテナンスや操作をしやすくするため、データベースを階層構造にするなどの工夫が不可欠である。

3) デザインツールとしての活用

公共空間のデザインには、土木、建築、造園、SFなど多くの計画主体が関与する。そのため、計画を好ましいものにするためには、全ての計画主体が協調してデザイン内容をすりあわせる過程を繰り返す必要がある。このようなフェーズでは、意識疎通のメディアとして、あるいはデザインツールとしてのCGの利用価値が高い。写真5は、沈埋トンネル立坑、掘割道路、交差橋梁などの整備内容を総合的に検討する過程で用いたCGの例である。

4) 広報メディアとしての活用

デザインツールとしてCGを用いると膨大なデータが蓄積される。これを活用すると、結果としてモデリングの手間を省いたかたちでCGアニメーションを作成することができる。このように多目的にデータ資産を活用すればCGの利用コストを相対的に削減でき、シミュレーション手法としての実用性、費用効果が高められる。写真6にこの事例で制作したCGアニメのフレームを示す。

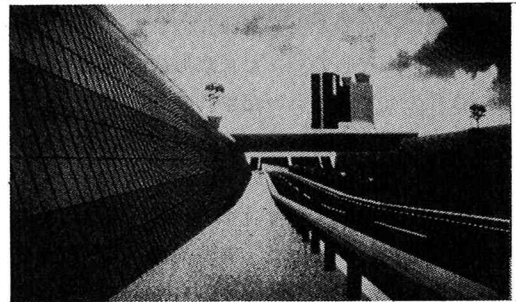


写真5

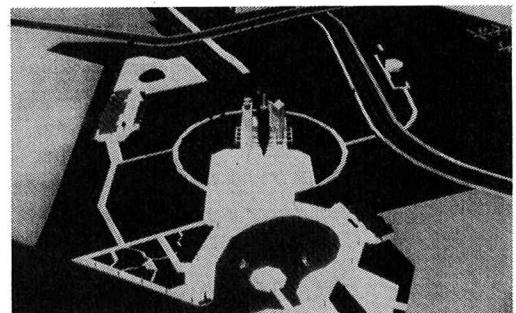


写真6