

計画/デザインのビジュアル・シミュレーションにおける画像質の評価に関する研究*

A Study on Image Quality Appraisal of Visual Simulation for Planning/Design *

榊原和彦**・三宅良司***・塚本直幸****・伴和隆*****

By Kazuhiko SAKAKIBARA **, Ryoji MIYAKE ***, Naoyuki TSUKAMOTO ****, Kazutaka BAN *****

1. はじめに

CGを用いた計画/デザインのビジュアル・シミュレーションは、実際の計画/デザインや研究の場面で広く用いられるようになって来ており、建設コンサルタンツ等の業務や研究の対象・ツールとしても重要なものになってきている。しかし、画像質など、画像の内容ではなくビジュアル・シミュレーションの成果そのものについて語る「ことば」は少なく、たとえば、使用したコンピュータ環境、使用ソフトウェアをもって、シミュレーションのレベルを語る、などがなされているに過ぎない。したがって、これについてスムーズなコミュニケーションを果たすことができず、業務・研究等の円滑な遂行が妨げられるなど、いくつかの不都合が生じている。

本研究は、こうした状況を打開するために、ビジュアルシミュレーションの「質」を規定する要因を把握した上で、その画像質を客観的に記述するとともに、その質を評価するシステムを構築しようとするものである。

2. ビジュアル・シミュレーションの画像質評価に関する基本的考察

(1) 研究の背景と意義

ビジュアル・シミュレーションという業務のあり方、あるいは、研究における利用のあり方は、必ずしも明

確ではなく、業務の発注者と受注者との間のコミュニケーションや研究の検証・批評等が必ずしもスムーズになされてはいない。こうした状況を打開するためには、ビジュアル・シミュレーションの手続きや要件を明確化するとともに、その成果物である画像を評価できるシステムを確立する必要がある。そうすれば、これを枠組み（共通の土俵）として、ビジュアル・シミュレーションの画像質に対する認識・理解が深まり、共通のイメージの下に種々の主体がコミュニケーションを行い、さらには、シミュレーション内容や手続きについての「操作」が可能となろう。また、仕様書づくり、技術規準や指針づくり、標準的な歩掛り策定などに資すると考えられる。研究に関しても、客観性の保持等に役立つ。

(2) 既往研究について

ビジュアル・シミュレーションの手法についての研究やその結果を用いた研究は多いが、画像の内容ではなく、画像質を扱った研究はほとんどない。筆者自身が関係し、本研究に類似した考え方の下に行ったもの¹⁾がある程度である。しかし、ビジュアル・シミュレーションの手法について総合的に述べるものとしてSheppard²⁾は注目される。これは、CGによるものばかりでなく、あらゆる手法について、その原則やガイドライン、規準などについて述べ、さらにチェックリストを通じてのシミュレーション評価手法を提案しており、興味深く参考になる。しかし、その評価の対象（項目）は、シミュレーションの正確性、信頼性、効果などであってで本研究の目指すところとは異なる。

(3) ビジュアル・シミュレーションの要件

ビジュアル・シミュレーションの画像質を規定する要因を抽出する準備段階として、ビジュアル・シミュレーションに求められる要件について考察する。

* キーワーズ：計画情報、空間設計

** 正員，工博，大阪産業大学工学部環境デザイン学科
(大阪府大東市中垣内3-1-1，
TEL 0720-75-3001, FAX 0720-70-7857)

*** 正員，工修，大阪産業大学工学部環境デザイン学科

**** 正員，工博，大阪産業大学工学部土木工学科
(大阪府大東市中垣内3-1-1，
TEL 0720-75-3001, FAX 0720-75-5044)

***** 学生員，大阪産業大学大学院工学研究科修士課程

Sheppardは、これに関連して、シミュレーションの基本目標として①偏りのなさ (lack of bias), ②信頼性 (credibility), ③理解 (understanding), を掲げ、それらをもたらし要因として、(i)代表性 (representativeness), (ii)精確性 (accuracy), (iii)視覚的明確性 (visual clarity), (iv)興味深さ (interest), (v)正当性 (legitimacy), の5つを挙げている。しかし、これらは、ビジュアル・シミュレーション一般について述べているものであって、CGによるものに限定すると、必ずしも全てが妥当とは言えない。そこで、図-1のように考える。ビジュアル・シミュレーションに要請されるのは、結局のところ、「信頼性」であり、「信頼できるビジュアル・シミュレーション」が目標である。それを規定するのは「忠実性(出現するであろう視覚状況に忠実であること)」と「情報性(必要十分な情報を含んでいること)」である。そして、これらを規定するのは、以下の4つの要因である。

① 代表性：シミュレーションが、重要な視覚場面や典型的な見えを示すなど、当該の視覚状況を代表していること。Sheppardの代表性と同じである。

② 正確性：シミュレーションが、視覚場面を正確に反映し、見えの大きさなどが正しいなど、技術的な見地から正確であること。

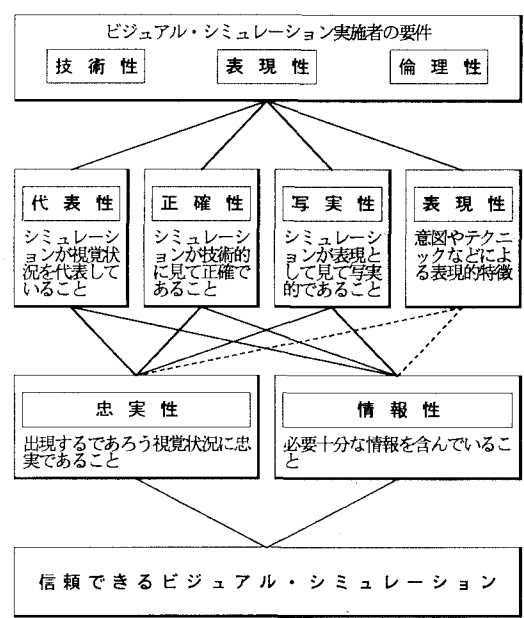


図-1 ビジュアル・シミュレーションの目標と要件

③ 写実性：シミュレーションが、写真的なりアリティをもつなど、表現的に写実的であること。Shepardの精確性はこれと上記③とから成ると考えられる。

④ 表現性：シミュレーション実施者の表現意図や表現テクニックの結果として、何らかの表現的特徴が現れていること。忠実性や情報性に対してバイアスとして働くこともある。

上記の要因は、Sheppardのものに比べて、あいまいな概念をなくし、不要なものを除いてより明快に要因を捉えていると考える。

(4) ビジュアル・シミュレーションの「写実性」評価の必要性

前節で述べた要因のうち、代表性や正確性は、シミュレーションの画像質に関わりなく、それとは独立に、シミュレーションが本来的に備えるべき要因である。また、表現性は、シミュレーション全体に関わるが、シミュレーション実施者のセンスや技術によって左右されるものであると同時にシミュレーション状況によって異なる現れ方をする。これに対し、写実性は、どのようなシミュレーション場面においても共通に問題となる要因で、かつ、シミュレーションの「質」に直接的に影響する。以降における画像質の評価は、主として、「写実性」と「表現性」のうちシミュレーション内容に関わらない部分の評価を扱うものである。

3. ビジュアル・シミュレーションの画像質の評価に関する考察

(1) 評価の考え方

ここでの評価の対象は、ビジュアル・シミュレーションの結果として得られる画像である。当面、静止画としての評価に絞る。アニメーションの評価は、静止画としての評価に加えて、動的要因についての評価を加えればよいからである。

個々の画像は、異なるレベルにおけるいくつかの要因、要素によって成立している。これらは、(i)画像全体に共通して見られる要因、(ii)画像を構成する要素、(iii)画像を平面的に分割あるいは分節したときの部分という意味での要素、とに分けられる。本研究では、これらを全て考慮に入れ、個々の要因、要素についての評価とその総合としての評価を取り扱う。

(2) 評価項目・評価内容について

評価項目と評価内容を表-1に示す。ここでは、まず、画像の制作プロセスにおいて働く要因である画像制作要因とその結果として影響される画像構成要素として以下を挙げている。

- ① モデリング：シミュレーション対象をサーフェス・モデルやソリッド・モデルなどの3次元モデルで表現すること、言い換えれば、3次元画像データを作成することである。画像構成要素としては「形」に影響する。
- ② レンダリング：上記①のモデリング・データをコンピュータ内での計算処理などによって画像に変換すること。画像構成要素は「光」「陰影」「材質」「奥行き」「情景」「画質」である。
- ③ イクスプレッシング：モデリング、レンダリング以外で、画像質に影響を与える表現行為。影響する画像構成要素（表現行為としての要素を含む）は「画像合成」「添景」「修飾」「出力」である。

(3) 評価について

上記の評価項目および総合評価について、定性的評価、5段階評定尺度法による評価を行った。この評価の手順、方法、結果等については、講演時に述べる。

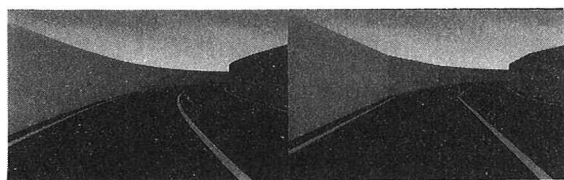
4. モデリングに関する考察

(1) モデリング精度と画像質について

モデリングについての評価を決定づける要因として最も影響力が大きいのは、モデリングの「精度」である。たとえば、大まかなモデリングを行うと写真-1bの様にセンターラインの折れが目につくが、写真-1aのように細かくモデリングを行うと輪郭線が滑らかになる。側壁部の色変化などの面的なものは、スムーズシェーディングによって緩和できるが、輪郭線に対してはモデリング精度を上げなければならない。モデリング精度は、このように画像の質に影響する。そこで、ここでは、モデリング精度に直接的に関わる画像要素として「輪郭線の滑らかさ」に着目し、画像からそれを規定する要因を抽出してその指標化を試みる。

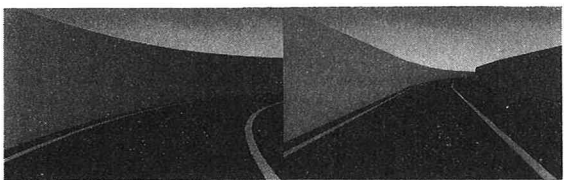
表-1 評価項目と評価内容

画像制作要因	画像構成要素	評価項目	評価内容	レンダリング技術
モデリング	形	りんかく面 細かさ 広さ	輪郭線が滑らか 面の細かさが表現されている 細部までモデリングされている 大規模にモデリングされている	
レンダリング	光	光源 色あい	現実に近い光源（照明等）が設定されている 環境光・間接光が表現されている	平行光線・スポットライト ラジオシティ
	陰影	Shade Shadow	曲面の滑らかさが表現されている 現実に近い影（半影）が表現されている	スムーズシェーディング シャドウイング
	材質	色 模様 質感	現実に近い色が表現されている テクスチャが表現されている 金属、鏡、ガラスなどが表現されている	テクスチャ・マップマッピング ハイライト・鏡面反射
	奥行き	ピント かすみ	遠方のぼけが表現されている 遠方のかすみが表現されている	分散レイトレーシング フォグ
	情景	自然情景	雲・霧・樹木・波・水等が表現されている	モンタージュ・マップマッピング・パーティクル
	画質	色 エイリアシング	フルカラーで表現されている ジャギー、モアレをなくしている、解像度が高い	アンチエイリアシング
イクスプレッシング	画像合成	色 りんかく構図	合成された画像の色・陰影・ピントの差が小さい 合成された画像の輪郭が滑らか 合成された画像のスケール・構図が揃っている	
	添景	添景 スケール 奥行き	添景（人物・車等）が表現されている 比較できる対象物が表現されている 奥行きが分かるよう対象物が表現されている	
	修飾	時間 動き 演出	時刻・季節・天候・年月が表現されている 水の流れ・波のうねりが表現されている 対象物が際立ってみえる、光の使い方がうまい、マッピングが単調になっていない	
	出力	状態 大きさ 演出	出力方式が良い 画像が大きい 立体的に見える	



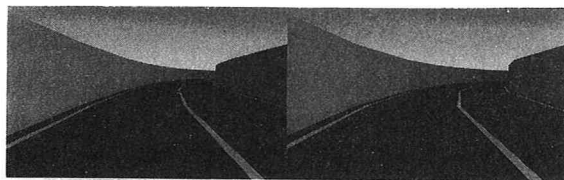
a. 半径 150m, 角度 1°

b. 半径 150m, 角度 9°



c. 半径 30m, 角度 3°

d. 半径 700m, 角度 3°



e. 半径 300m, 角度 3°

f. 半径 150m, 角度 6°

写真-1 道路線形のシミュレーション例

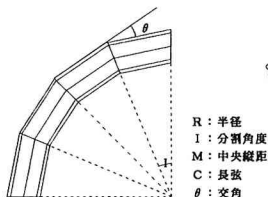
(2) 道路線形のモデリング精度の評価について

モデリング精度の評価を行うため、単心曲線の道路平面線形を用いてシミュレーションを行った。画像の比較を行いやすいようドライバーの視点で固定し、道路の半径（14種類）、モデリングする際の分割角度（9種類）を変えて126枚の画像を作成した。作成した画像を、感覚的に感じられる輪郭線の滑らかさにより5段階に分けるなどの評価を行った。

(3) 道路線形モデリング精度評価の結果と考察

評価の結果について以下にまとめる。

- ①道路の半径が一定の場合、分割角度が小さいほど輪郭線が滑らかになり評価は高い。（写真-1 a, b）
- ②分割角度が同じで半径を変えた場合、平面的には交角が同じであるが（図-2）、画像をみると輪郭線の



R : 半径
I : 分割角度
M : 中央縦距
C : 長弦
 θ : 交角

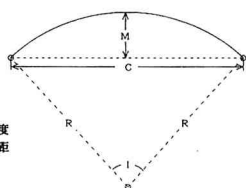


図-2 単心曲線図

滑らかさがかわり評価もばらつく。（写真-1 c, d）
③長弦（曲線の分割ピッチ）が同じでも道路半径によって分割角度がかわり輪郭線の滑らかさもかわる。（写真-1 e, f）

④これらのことから、評価の基準となる輪郭線の滑らかさは、透視画像で得られる見かけの角度の大きさに影響されることがわかる。

以上から、見かけの角度による輪郭線の滑らかさの評価を行うものとした。また、縦断方向の線形に関わる輪郭線についての評価も試みた。これらの結果については、講演時に発表する。

5. おわりに

本研究では、ビジュアル・シミュレーションの成果物である画像の評価システムの確立を目指し、中でも「写実性」「表現性」に着目した評価方法の提案を行うものとした。そのために、まず、ビジュアル・シミュレーションの要件を、目標、シミュレーション実施者の要件、シミュレーション規定要因において示し、それに基づいて、写実性評価の項目と内容、評価手法とプロセスを提案し、ケース・スタディとして評価事例を示した。この結果、シミュレーションの画像質を評価することが可能となった。また、同時にこの評価方法で提示された評価項目などの内容をもって、シミュレーション内容の「記述」が可能となり、これに関わる種々の主体の画像質に対する認識・理解、共通のイメージの下でのコミュニケーション、シミュレーション内容や手続きについての「操作」の可能性が示された。これらは、さらには、ビジュアル・シミュレーション業務の仕様書づくり、技術規準や指針づくり、標準的な歩掛り策定などに資すると考えられる。

《参考文献》

- 1) 景観設計研究委員会 (1994) 「第4章景観設計へのコンピュータ・グラフィックスの利用に関する研究」、『景観設計の理念と手法に関する調査・研究報告書』(社)建設コンサルタンツ協会近畿支部。
- 2) Sheppard, S. R. J. (1989) *Visual Simulation: A User's Guide for Architect, Engineers, and Planners*. New York: Van Nostrand Reinhold.