

I-2 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 Evaluation 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****

【抄録】 本研究は、ビジュアル・シミュレーション画像の評価システムの確立を目指し、「写実性」に着目した評価方法の提案を行う。また、写実性の要因のうち「輪郭線のなめらかさ」に着目して、輪郭線の見え方の要因分析を行った。まず、ビジュアル・シミュレーションの要件に基づいて、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。そして、輪郭線に関し、折れ線の見えの特性を調べて滑らかに見える直線のつながりの、角度と線長の領域を示した。これらによって、画像質に対する共通の認識・理解、その下でのコミュニケーションや操作の可能性が示された。

【Abstract】 The objective of this study is to contribute to the establishment of a methodology for estimating picture images produced from visual simulation systems. For the purpose of it, the method paying attention to the reality of the pictures is discussed particularly in this paper. Regarding the smoothness of picture outlines as the primary factor for reality, we discuss what causes the outlines look smooth. First, on the basis of the essential conditions for the visual simulation, we select the items and their contents necessary for evaluating the reality of the pictures; some example cases of estimation are followed. Then, we show the range of the angles and lengths of the connected lines in which they can be seen as a smooth curve. Thus, the quality of the picture images can be treated in a quantitative and objective way.

【キーワード】 コンピュータ・グラフィックス、ビジュアル・シミュレーション、モデリング精度

【Keywords】 computer graphics, visual simulation, modeling precision

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、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

* 正 員, 工博, 大阪産業大学工学部環境デザイン学科 教授
(〒574 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 助手

*** 正 員, 工博, 大阪産業大学工学部土木工学科 助教授
(〒574 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

掘し、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、技術規程や指針づくり、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、規程などについて述べ、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。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、それらをもたらす要因として、(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、筆者らはCGによるビジュアル・シミュレーションの目標と要件を図-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

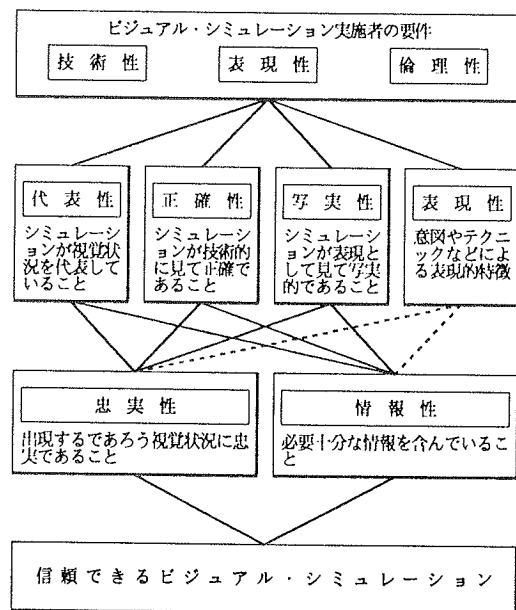


図-1 ビジュアル・シミュレーションの目標と要件

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。

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②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出力画像である。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、時間変化や動きなどの動的要因についての評価をする必要があり、大きな課題を有するので本研究とは別に取り扱いたい。

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) 画像から得られる感覚について

本研究における画像評価の為には、提示された画像の何をどう評価するかを明らかにしなければならない。そこで、画像を見て得られる感覚に着目し分析を行った。まず、筆者自身でいくつかの画像を見て、第一印象から得られる感覚や、画像のどの部分を見て何を感じたのかを抜き出した。その例について以下に示す。

①どの物体も均質な色であるため材質がわからない、一方、マッピング（材質や模様）の貼付）されているため模様や素材がわかる。

②素材が想像できる色であるため材質の重みが感じられる、表面の陰によって重みが伝わる。

③陰が表現されていないため山の傾斜がわからない、奥に見える物体にピントがあっていないため立体的に見える、また、遠近感が感じられる。

④遠くがかすんでいるため遠近感が感じられる、一方、背景がないため遠近感が感じられない。

⑤水面に船の影があるため水面に浮かんでいる感じがでている、地面に影があるため空中に浮かんでいる感じがなく、対象物によって存在が強調される。

⑥人や車があるため物体の規模がわかる

⑦ジャギー（画像に現れるギザギザ）がなく写真に見える、色・陰影（影のにじみ）・かすみの表現が良いため写実感がある。

⑧出力方式が良いためきれいに見える。

以上、抜き出した結果をみると、画像から得られる感覚が漠然としたものではなく、(i)材質感、(ii)重量感、(iii)立体感、(iv)遠近感、(v)存在感、(vi)スケール感、(vii)写実感、の7つの感覚を感じていることが得られた。そして、画像の注目点をいくつかの項目に分け、7つの感覚との関係を求め概念図（図-2）を作成した。

概念図から画像の着目点や感覚は、画像制作プロセスと大きく関わっていることがわかり、この概念図をもとに評価項目・評価内容を作成した。

(3) 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。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。評価項目は「りんかく」「面」「細かさ」「広さ」とし、画像上に見える物体形状に関わる項目をあげている。

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」としている。評価項目は、「光源」「色あい」「Shade」「Shadow」「色」「模様」「質感」「ピント」「かすみ」「自然情景」「エイリアシング」で作画に関する項目としている。

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。評価項目は、「色」「りんかく」「構図」「添景」「スケール」

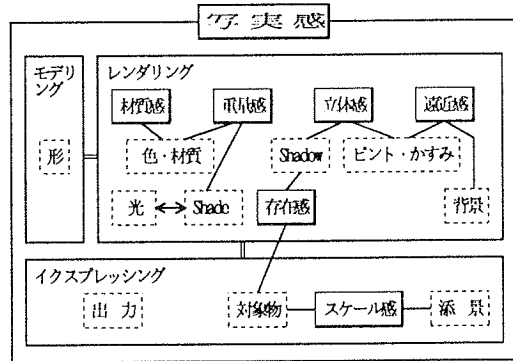


図-2 概念図

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 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	モンテカルロマッピング・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・構図があっている	
	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 対象物が際立って見える、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	

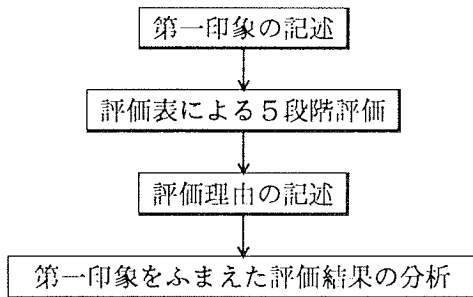


図-3 評価手順

「奥行き」「時間・演出など」「状態」「大きさ」「演出」である。

評価項目は同じ項目がいくつかあるが、評価内容が異なる。たとえば、「色」に関しては、(i)材質の色、(ii)画像自体の色、(iii)画像合成を行うときの色の違い、(iv)出力状態の色、などであり、同じ項目でも要素の違いに着目することで、より細かく評価できることとなる。

また、レンダリングでは、レンダリング技術をあげている。技術的な手法は一つだけでなく、また、時代によって変化するものであるが、一般的な手法を示すことで、画像を評価する際の目安となる。

(4) 評価の方法・結果について

画像質の評価の方法は、出力画像を評価することとし、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。評価手順を図-3に示す。

- ① 出力画像を見た第一印象の記述：画像から得られる第一印象としての感覚や、画像のどの部分を見て何を感じたのかを短文で記述する。
- ② 評価表による5段階評価：基本的には表-1を用い、写実性についての評価を行う。評価項目ごとにレベル5（最高、写真のように写実的である）、レベル3（普通、写実的である）、レベル1（最低、写実的でない）、レベル2と4はそれぞれの間として評価する。
- ③ 評価理由の記述：5段階評価した理由やどの部分に着目したかなどを記述する。また、ある評価項目や要素に関して際立った結果が得られた場合、その理由を記述する。
- ④ 第一印象をふまえた評価結果の分析：評価表によ

る5段階評価の結果について、評価理由の記述や第一印象の記述をふまえ総合評価を行う。

以上のように、ここでいう「評価」とは、一枚一枚の画像毎の、何らかの評価主体が行う評価の明示的な「記述」である。その「記述」をできる限り系統立てて行い、評価自体の検証を可能にして、その客観性を保持することを意図している。

以上の手順で行った写実的な評価の事例（総合評価）を3例図-4に示す。なお、評価者は、通常の場合に一般の人々が評価主体となることを想定して、あまりCGの知識がない学生4名とした。そのため、専門用語や技術的な事がわかるよう用語集を作成し利用した。

(5) 評価表による画像評価に関する考察

評価表による画像質の評価全体について以下にまとめる。

- ① 5段階では評価しづらい項目もいくつかある。
- ② (i)雲を表現することによって遠近感がでる、(ii)映り込みがあるだけで見栄えが良くなる、(iii)合成が良いと写実感がでる、(iv)出力方式が良いと見栄えが良くなる、というように、ある項目が評価を左右する場合がある。
- ③ 同じ項目で、人により評価基準が異なる場合がある。
- ④ しかし、漠然と画像を評価するのではなく、第一印象や評価理由を記述によって、評価する際の着目点や判断基準を明確化する事ができる。
- ⑤ また、制作者が評価項目をふまえ画像を制作することで、画像品質の向上にもつながると考えられる。

以上のことから、いくつかの問題点はあるが、評価表によって系統的な画像質の評価は可能であり、また、評価する際の着目点や判断基準を明確化することがわかった。なお、5段階評価については、項目ごとに何らかの基準を設けることが望ましいことがわかった。

4. モデリング精度評価のための「輪郭線の滑らかさ」の考察

(1) モデリング精度と「輪郭線の滑らかさ」について

先に示した表-1では、画像制作要因のモデリングの評価項目を「りんかく」「面」「細かさ」「広さ」としている。評価の内容は、(i)物体の輪郭線が滑らかになるよう細かくモデリングされている、(ii)面の細かさが表現されている、(iii)対象物などの細部までモデリ

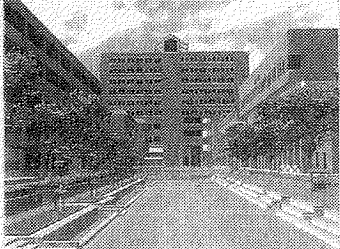
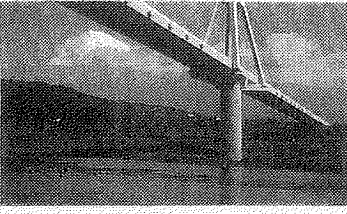
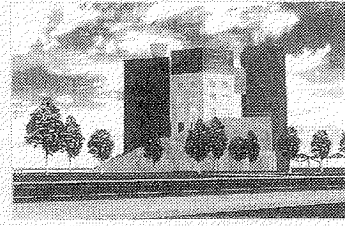
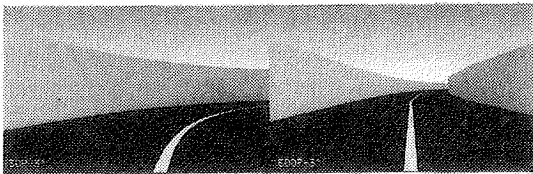
		
<p>①第一印象はきれいに見えたが、よく見ると雑である。 ②細部までモデリングされていない ③背景の空がきれいに見える。 ④出力方法が良かったためきれいに見える。 ⑤添景（樹木）・自然物が表現されている。 ⑥総合評価はレベル3。</p>	<p>①全体的に一体感を感じる。 ②橋が巨大に見え、堤防との位置関係がわかりにくい。 ③橋自体はきれいに見える。 ④モデリングの物体数は少ないがきれいに見える。 ⑤比較する対象物がないため橋の大きさがわからない。 ⑥総合評価はレベル4。 資料³⁾</p>	<p>①スケール感があまりない。 ②ガラスの質感が全体的には表現されていないが、一部の写り込みが目を引きためきれいに見える。 ③背景の景色はないが、空がきれいに見える。 ④背景の景色がないため、遠近感がない。 ⑤出力方式が良い。 ⑥モデリングは普通だが、効果的に写り込みが表現されている。 ⑦総合評価はレベル3</p>

図 - 4 画像質評価例



a. 細かなモデリング b. 大まかなモデリング
 写真 - 2 シミュレーション画像例

ングされている、(iv)周囲が広く大規模にモデリングされている、について評価を行うが、これら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」であると考え、モデリングの精度が異なるシミュレーション画像を写真-2に示す。大まかなモデリングではセンターラインの折れが目につくが、細かくモデリングすると輪郭線が滑らかになる。このように2つの写真を比べるとモデリング精度の違いは、画像の見えに深く関わり画像の質に影響することがわかる。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。

モデリングの対象が地形データや球面体であろうともスムーズシェーディングによって面の色変化は緩和できるが、ポリゴン集合体であれば物体の輪郭はモデ

リングの細かさによって見え方が左右される。このように、輪郭線の見え方は、モデリング精度に大きく関わるが、透視図によっても見え方は異なり、同じ透視図内でも遠くにあるものと近くにあるものでは見え方が異なる。そこで、「輪郭線の滑らかさ」は、輪郭線を構成する2直線の折れ（二つの直線のなす頂点）の目立ち方で判断していると考え、図-5に示すような五角形の上部の連続した2直線（線分AB, BC）のなす角 α （見かけの角度）と直線ABCの見え方について調べた。また、図-6に示す六角形の3辺（線分AB, BC, CD）について同様に行い、輪郭線の見え方について分析する。

(2) 2辺のなす角度と直線の見え方について

まず、図-5に示すような五角形の上部の連続した2直線（線分AB, BC）のなす角 α （見かけの角度）と及び線分AB, BCの長さで輪郭線の滑らかさとの関係を見るために、 α とLを変化させた多数の画像を描いた。すなわち、角 θ を0度から30度にわたって1度ずつ変化させ、各角度に関してLが画像のドット数にして1~3ドットおきに変わるように画像を作成した（作成した画像の例を図-7に示す）。そして、ディスプレイ上の画像を見ながら（明るさ・視距離を一定）頂点が視認できる時の角度を求めた。なお、視

認性の確認については6名で合議の上行った。

横軸に底辺の長さL, 縦軸を角度 α として頂点が視認できる角度をプロットしたものを図-8に示す。図について考察すると、

- ①角度 α が大きいくほど頂点ををはっきりとは視認できず直線に見えるが、角度が小さくなるほど中央が膨らみ頂点がわかるようになる。
- ②長さLが短いとき(5ドット以下)は、線分・頂点が認識しづらいが、長くなるほど頂点がわかる。
- ③長さLが長いほど、大きい角度で頂点がわかり、折れが目立つ。
- ④同じ角度では、長さが短いほど折れが目立たない。

以上の結果が得られた。

(3) 3辺のなす角度と直線の見え方について

次に、連続した3辺については、図-6に示すような、六角形の3辺(線分AB, BC, CD)について輪郭線の見え方を調べた。線分AB, BC, CDの中

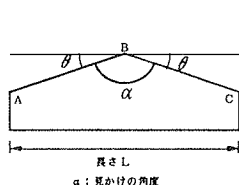


図-5 2辺のなす角

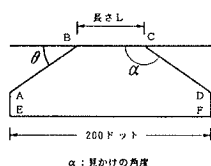


図-6 3辺のなす角

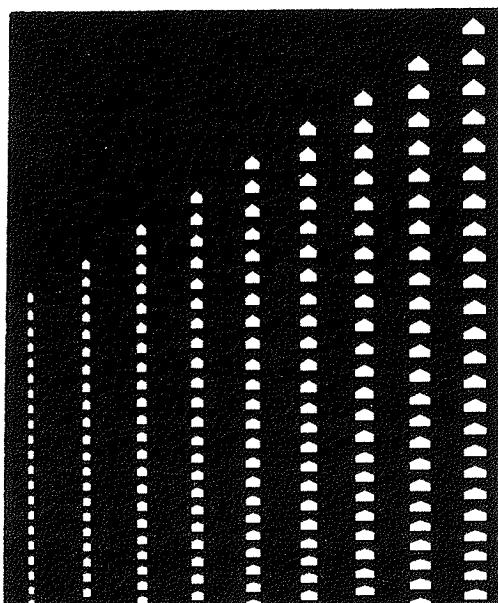


図-7 評価画像例

央の辺(BC)の長さを1ドットおきに変化させて画像を作成した。角度 θ は、0度から1度ずつ変化させ、底辺(EF)の長さを200ドットとした。

作成した画像を、(i)とがった頂点が1つ視認できる、(ii)とがった頂点が2つ、(iii)曲線に見える、(iv)直線に見える、(v)頂点が1つ、(vi)頂点が2つ、の6段階に分けて見え方を調べた。分類図を図-9に示し、結果について以下にまとめる。

- ①角度 α が大きい場合、折れ曲がりかわからず3辺が直線に見える。
- ②中央の辺(BC)が短い場合、辺が認識できず角度 α が小さくなるほどとがった頂点が1つに見える。

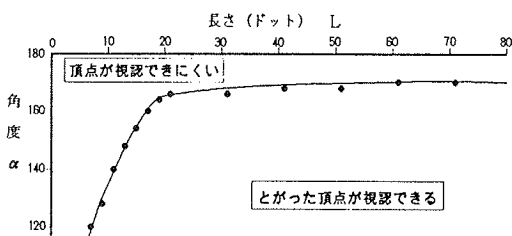


図-8 角度と長さの関係

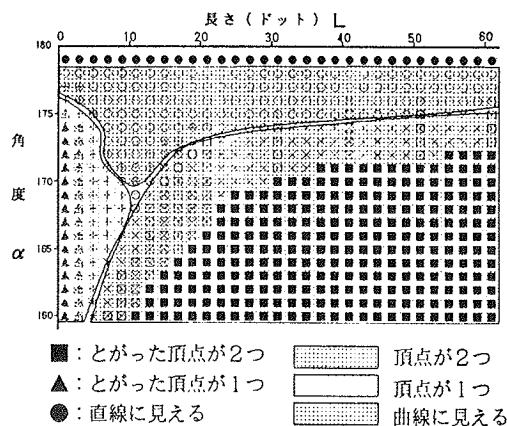


図-9 3辺の関係

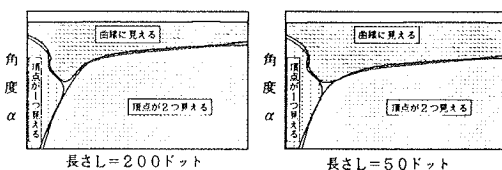


図-10 領域の変化

- ③角度 α が小さく中央の辺(BC)が長くなるほど、3辺がはっきりわかりとがった頂点が2つ見える。
- ④頂点が1つ見える領域と、2つ見える領域、直線に見える領域の間に、頂点がわからず曲線に見える領域がある。

また、これらの領域と辺の長さの関係を調べるため、底辺(EF)の長さを50ドットから300ドットまで、50ドットおきにかえてみた。その結果、図10に示すように底辺が長くなると頂点が2つ見える領域が広がる。これは、各辺が長くなるため折れが目立つようになるということであろう。

(4) 輪郭線の見え方についての考察

以上の結果をふまえ「輪郭線の滑らかさ」についてまとめる。

- ①滑らかな輪郭線は、連続した2直線の折れが目立たずスムーズな曲線に見える。
- ②一つの折れに着目すると、透視画像上の見かけの角度が大きいほど折れが目立たない。
- ③また、同じ角度でも、2直線の長さが極端に短いと折れが認識できないが、長いほど折れが目立つ。
- ④連続した3辺を調べた結果、角度と長さにより曲線に見える領域があることが得られた。
- ⑤3辺の場合でも、辺の長さが長いほど折れが目立つ。
- ⑥直線と角度の関係が曲線に見える領域にある場合、輪郭線が滑らかに見える。

これらの結果から輪郭線の見え方について考察する。細かくモデリングを行いモデリング精度をあげると輪郭線が滑らかになる。これは、ポリゴンの角辺が短くなり、辺と見かけの角度の関係が曲線に見える領域にあることや、折れが認識できないため目立たなくなるのであろう。また、同じ透視図の中で、遠くの物体と近くの物体の見え方の違いについても、同様であるといえる。

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、輪郭線の見え方について分析した。指標化までは至らなかったが、輪郭線の見え方について辺と見かけの角度の関係が得られた。さらに研究を進めモデリング精度に関しての指標化を目指したい。

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。

一方、「記述」と同時に、評価の「数量化」の方向を目指す必要がある。評価内容自体の数量化(たとえば、「輪郭線の滑らかさ」の指標化)とそれに対応した評価要因の数量化(たとえば、視点との位置関係を含んだモデリング精度の指標化)が相まって可能となれば、資するところは大きい。容易に結論が得られる問題ではないが、今後の課題としたい。

《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.
- 3) 中村修三「ハイビジョン普及センターにおける事業活動の目的と現状」 P I X E L (No.104)