

コンピュータグラフィックスを援用した 道路景観の予測と評価

Simulation and Evaluation of Roadscape
Applying Computer Graphics

三輪利英・榊原和彦・徳本行信・土橋正彦

By Toshihide MIWA, Kazuhiko SAKAKIBARA, Yukinobu TOKUMOTO, Masahiko TSUCHIHASHI

In the case that there are many plans, it is difficult to simulate and to evaluate roadscape efficiently. Then we have made a study of simulation and evaluation of roadscape applying Computer Graphics. And we tried to simulate and evaluate roadscape of some plans with CG.

As a result of that, we confirmed the effect of applying CG in this kind of problems.

1. はじめに

近年、大規模構造物の建設や都市再開発などに際し景観アセスメントを実施するのが一般的になりつつある¹⁾。アセスメントのためには、計画代替案の景観予測が必要であるが、従来から用いられている景観予測手法（模型、モニタージュ写真、スケッチやそれらを組合わせたもの）を用いた場合には、コスト面の制約から計画代替案の数が多い場合に採用しにくかったり、計画案を更新する度に最初から景

観予測作業をやり直さなくてはならなかったりといった問題があり、都市計画あるいは景観計画の道具として機能的に不十分な面があった。そこで本研究では、近年急速な進歩を見せているCG(Computer Graphics)を援用した簡便な景観予測手法の可能性を検討することとした²⁾。また、その手法を、再開発地区内における計画道路を対象として適用し、得られたCG画像を媒体とした景観評価を試みた³⁾。

本稿は、CGを援用した景観予測手法の概略と、CGをメディアとして用いた景観評価の特性、景観構成要素の分類整理、整備代替案の作成とその景観評価について研究の成果⁴⁾の一部を取りまとめたものである。

2. CGを援用した景観予測手法

(1) CGの特徴

CGを景観予測に用いた場合の利点としては次の

・正会員 工博 福山大学教授 工学部土木工学科
(〒729-02 広島県福山市東村町字三蔵985)

・正会員 工博 大阪産業大学助教授 工学部土木工学科
(〒574 大阪府大東市中垣内 3-1-1)

・正会員 大阪市土木技術協会
(〒530 大阪市北区堂島2丁目2番26号)

・正会員 堺都市総合研究所
(〒532 大阪市淀川区東三国3丁目10番3-1420)

ような事柄がある。

①計画案を数値化して表現できる

数値情報を計算機に入力することによって容易に計画案を目で確かめることができるため、特殊な製作技術が不要となり、計画者自身が景観予測に関する一連の作業を取り扱える。また、データベースを部分的に更新していくことによって、計画の初期の段階から最終段階に至る過程で連続して活用できる。

②景観予測のアウトプットの均質性が期待できる

従来の景観予測手法によって複数の比較代替案の景観予測を行った場合には仕上りにむらが生じることがあり、それが比較評価に影響を与えている可能性があった。しかし、CGを利用した場合には景観予測結果の均質性を期待でき、より厳密な比較検討が可能となる。

③多くの視点からの検討材料を得られる

モニタージュやスケッチなどの場合、計画代替案をある1点からしか視覚化できないため、景観の一断面（特殊解）しか評価できないという問題があった。しかしCGの場合はあまり大きなコスト増を伴わずに視点を自由に移動できる。そのため、より現実的な景観評価が可能となる。

その他、CGの特徴を表-1、2に示す。

(2) 作画システムの概略

本研究で用いたCGシステムの概念を図-1に示す。データ入力と、入力結果のチェックはパーソナルコンピュータを利用して行い、最終的な画像出力にはミニコンピュータを用いている。一度に処理できるデータ量の制約は表-3に示すとおりである。なお、通常の数値データだけでは景観表現に不十分な面があるため、表-4に示すような作画オプションを利用できるシステムとした。

(3) 景観予測への適用例とCGの実用性

大阪市内で事業中の再開発地区の道路整備計画を対象として、CGを援用した景観予測を試みた。写真-1～4に作画例を示す。ケーススタディの結果を要約すると次のようになる。

①データベース作成の難易度

個々の建築物等については比較的容易かつ詳細に数値データ化することができる。しかし、一画面を構成する物体個数に計算機の能力に依存する制限があるため、景観構成要素としてのデータ作成時には

表-1 景観予測手法の比較

手 法	計画案への 対 応 性	視点位置 設定の自由	観測シーン の均質性	評価項目の 多 様 性	簡 便 性	
					代替案 少	代替案 多
模 型	簡 略	○	○	○	◎	○
	精 密	○	○	○	×	×
モニタージュ写真				×	○	×
ス ケ ッ チ	○	○			○	×
C G	簡 略	○	◎	○	◎	◎
	精 密	○	◎	◎		○

◎：特に優れている ○：優れている ×：問題がある

表-2 C G の 特 性

	利 点	欠 点
機 能	- 視点の変化への対応性に優れている - 景観構成要素の付加及び削除が容易 - 色彩の変更が容易 - 多様な景観評価 ex. 景観の日変化 景観の季節変化	- 植物等の表現に改善の余地がある - 人の表現が困難 - 汚れの表現が困難
操 作 性	- 計画の初期の段階から最終段階に至るまで共通のデータベースを部分的に更新することによって計画案を随時画像化できる - 計画→景観予測→評価→計画修正が比較的容易に行える - 多数の計画代替案の景観予測が比較的容易に行える	- 景観構成要素の数が増えるとはばその二乗に比例して計算時間が増大する - データベースや出力結果の保守管理に配慮が必要である - ハードウェア調達とソフトウェア開発に初期投資が必要である

表-3 作 画 時 の 制 限*

項 目	制限（一画面あたり）	備 考
データ数	プリミティブ 800個	平行六面体、円柱等
模様数	合 計 約2000個	基本物体にマッピングされる模様、窓など頂点数の制限も受ける
光源数	点光源 3個	暫定（増やせる）
色 数	1700万色から任意の40色	暫定（増やせる）

*計算機の記憶容量に依存する。

表-4 作 画 時 の 付 加 機 能

項 目	内 容
モニタージュ	背景として実際の景観の写真を用いる
部分モニタージュ	木などの実際の写真を影をつけて貼り付ける
覆み効果	遠くにある物体を覆ませて、遠近感を出す
ざらつき効果	物体表面の色、明るさを乱数処理によって微妙に変化させ、質感を出す

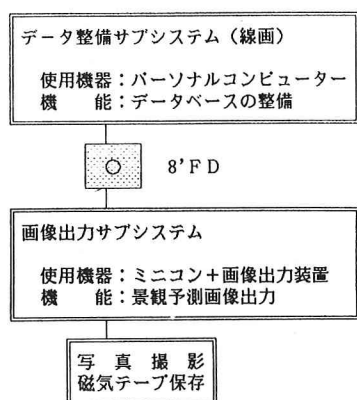
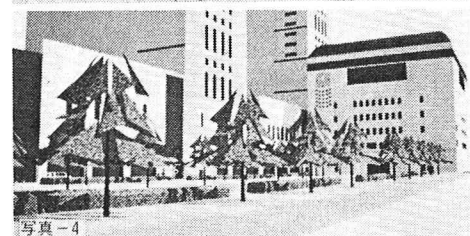
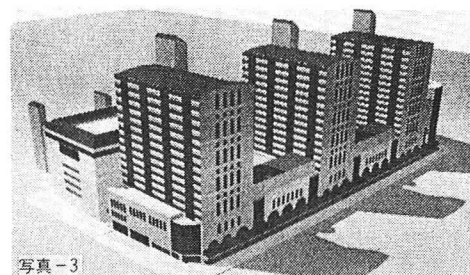
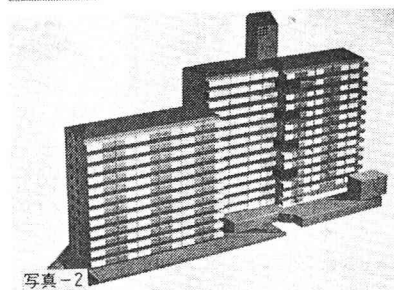
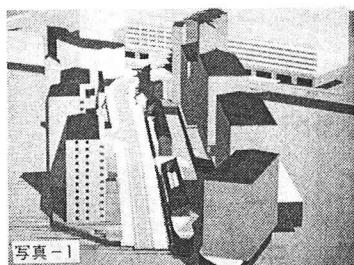


図-1 使用システムの概略



適度な省略が必要であった。また、どこから見ても現実的な画像を得られる詳細なデータベースの作成は、限られた時間とコストの中では容易ではない。したがって、背景用（簡略）と、評価地点用（詳細）の2種類のデータベースを整備するのが適当であると考えられる。

②出力画像の画質

植物、特に高木が不自然であること、及び窓のない壁のような大きな平面がやや単調に見えること、路面などの汚れが表現しにくいことを除くと、一応の水準に達したパースが描けた。

③利用方法の可能性

多様な評価主体への対応、多様な評価客体への対応、シークエンス景観の評価（アニメーション化）、多様な代替案への対応、多様な評価項目への対応（夜間評価や色彩評価）などが可能と考えられる。表-1は景観予測におけるCGの適用分野を整理したものである。

④全体としての実用性

①～③を総合すると、CGの景観評価（予測）のメディアとしての実用性はかなり高いと考えることができる。ベースとなる背景を固定して、操作可能要素を付加、除去することが非常に容易であることから、特に多数の計画代替案を比較評価する場合に有効な景観予測手法である。

3. CGをメディアとする景観評価の特性

CGはその歴史が浅く、景観評価のメディアとして利用した場合の特性については明らかでない面がある。そこで、いくつかの整備代替案をCGと手描きパースを用いてそれぞれ評価し、評価の結果を比較検討した。

(1) 評価方法

3通りの歩道の整備代替案を評価対象としてアンケート調査を実施した。その結果を用いて、一対比較法による選好度の分析、パス解析等による景観評価の要因分析を行った。アンケートの被験者数は一般（学生）34名、計画技術者31名の計65名である。なお、手書きパースの視点は、仕上がりの良さを考慮して歩行者の視点よりやや高くすることが多く、今回用いたものも歩道上3.5m程度に設定されている。そこで、CGについては手描きパースと同

じ、大人の歩行者の目の高さの2通りに視点設定し、一つの整備代替案につきあわせて3通りの景観画像を評価することとした。

(2) 個別評価の結果

3案を3通りの画像を用いて個別に評価した結果が図-2である。7つの評価項目における各案の評価値は、3通りの画像で非常によく似た結果となった。ただし、同一メディアの場合の総合評価値(「この道をどう思いますか」)の各代替案の差は、CGの場合の方が手描きパースと比べて大きく、また、評価値の分散はCGの場合の方が小さかった。

(3) 一対比較法による評価の結果

一般被験者グループでは2通りの評価メディア(バス、歩行者の視点のCG)とともにB案の選好度(Ps値)が最も高かった。ただし、個別評価の場合と同様に、CGを用いた場合の方が各案の選好度の差が大きかった。

一方、計画技術者のグループでは選好度が最も高かったのはバスではA案、CGではB案で、異なった結果が得られた。したがって、バスの場合個別評価の際の総合評価値の各案の順位と、一対比較法による評価値の順位とが一致していない。それに対してCGの場合には、個別評価の順位と一対比較法による順位が一致している。

(4) 選好度の要因分析

バスを用いた評価の場合、両方の被験者グループで、個々の景観構成要素に対する評価値を説明変数、全体の評価値を被説明変数とした重回帰分析で、説明力の高い回帰式を導くことができなかった。

CGを評価のメディアとして用いた場合には「景観構成要素に対する評価」→「雰囲気・印象の評価」→「全体の評価」という関係を良く説明する重回帰の結果が得られた。

(5) CGを用いた景観評価の特性

以上の結果をまとめると以下ようになる。

- ・バスを用いた場合より評価の差が大きくなる。
- ・同様に評価値の分散が全般に小さい。
- ・評価の際に、被験者が画像の細部まで見ていることがうかがわれる。
- ・評価に影響を及ぼす景観構成要素を見出し易い。
- ・視点の変化によって評価がことなる場合があり、CGを用いるとその問題への対応が容易である。

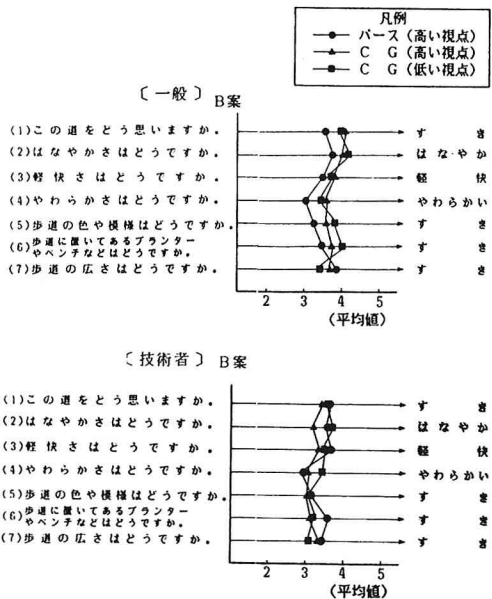
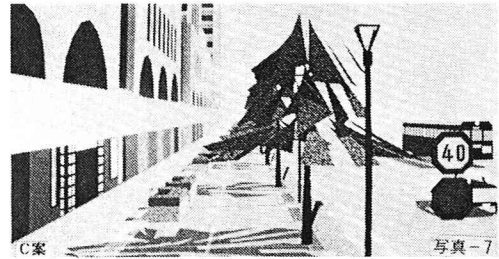
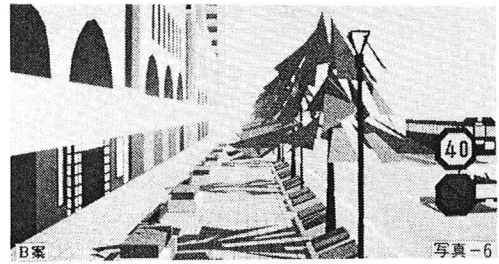
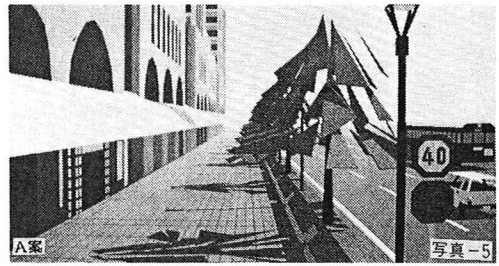


図-2 B案の個別評価値

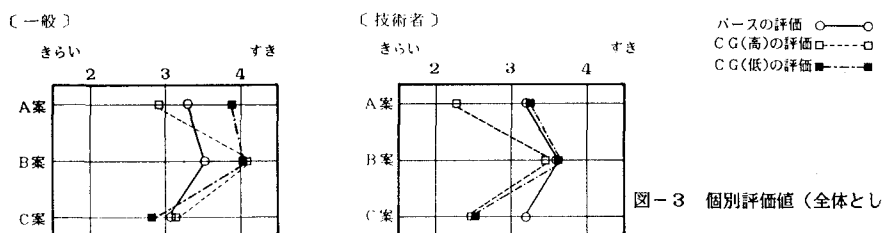


図-3 個別評価値（全体として）の比較

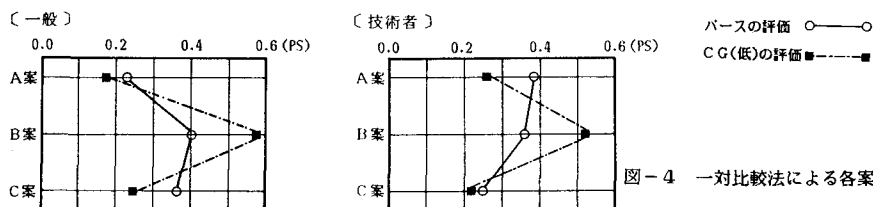


図-4 一対比較法による各案の評価値

4. 景観構成要素の分類整理

(1) 分類の目的

道路景観評価を体系的かつ合理的に行うためには、その構成要素をあらかじめ具体的に分類・整理しておく必要がある。特に、複数の代替案を比較評価しようとする場合には、単にどのような要素によって景観が構成されているかだけでなく、与件として存在する計画の制約条件の中で、景観構成要素のうちどの部分が置き換え可能であるのかを把握しておかねばならない。そうした景観構成要素の分類・整理の目的、必要性を要約すると、次の3点にまとめることができる。

①道路景観を構成する場合に景観構成要素をもれなく検討の対象とするため

②計画の目的、計画の範囲、計画の主体といった道路景観整備計画の諸条件に応じて操作可能要素が取り出せるようにするため

③景観構成要素と操作要因の関係を明確にし、操作方法を具体化するため

(2) 分類の基準

次の5つの基準によって景観構成要素を分類した。

①計画レベル（計画がマクロかミクロか）

②計画の対象-1（計画の対象とする空間が各道路区間の計画か、交差点部の計画か、あるいはネットワークとしての計画か）

③計画の対象-2（計画の対象とする空間が道路だけに限定されたものなのか、あるいは道路と接する空間も含んだものなのか）

④設置主体（景観構成要素の設置主体）

⑤評価主体（どの主体に重きを置いた計画とするのか）

(3) 分類の結果

以上に述べた分類基準にもとづく5つの分類表をそれぞれ別個に参照するのは実用性に欠けると考えられる。そこで、次に述べるような方法で景観構成要素を段階的に分類・整理することとした。まず、5つの分類基準のうち①～③の基準をクロスして、道路の景観構成要素を階層的に整理する。次に、枝状に分類された各構成要素について、操作要因、設置主体、評価主体別のチェックポイントを整理することとした。分類の概念を図-5に示す。

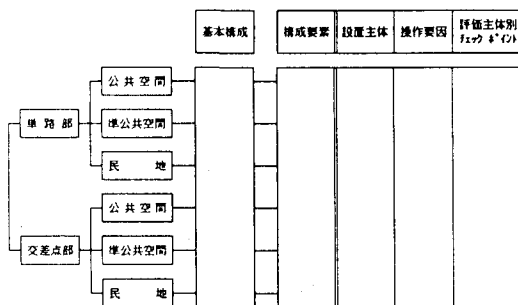


図-5 景観構成要素の分類

5. CGを援用した道路景観の予測と評価

(1) 評価の視点と整備代替案の内容

大阪市内の再開発地区内の計画道路から6路線を選び、4.の成果に配慮しながら整備代替案を作成

した。各路線における評価のねらいを表-5に示す。

表-6は各路線の整備代替案の概要である。

(2) 景観予測結果

上記の6路線について合計24の代替案を検討し、それらを対象として視点の変化を含めて30場面のCGを作成した。写真-8～14にその一部を示している。

表-5 評価対象路線

路線	幅員	沿道条件	評価項目・評価の視点
a	8m	高層ビル（低層部店舗）、公園	断面構成、官民境界処理等
b	5m	高層ビル（低層部店舗）	歩道整備
c	30m	高層住宅、店舗、駐車ビル等	断面構成
d	(30m)	高層住宅、平面駐車場等	平面駐車場対策
e	(30m)	高層住宅、店舗、駐車ビル等	横断デッキの色、形状
f	12m	高層住宅、店舗（裏）	「坂道」の緑化

表-6 整備代替案の概要（路線c、e）

路線c	路線e
歩道幅員	色
A案 5.50m	うす緑 薄茶 赤
B案 8.25m	柾の厚さ 厚い A案 B案 C案
C案 10.00m	薄い D案 E案 F案

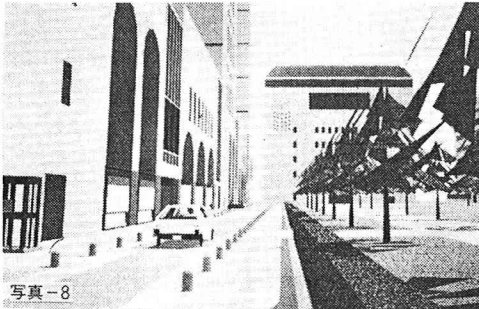


写真-8

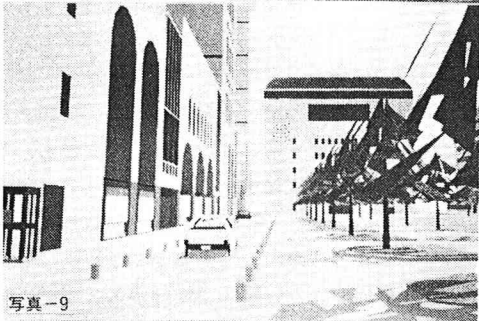


写真-9

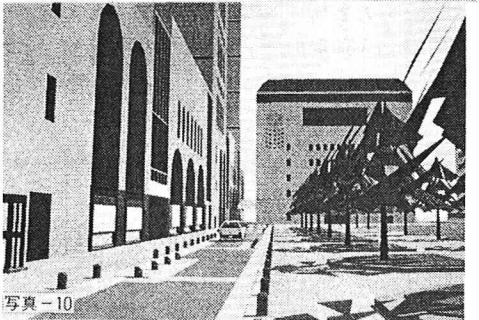


写真-10

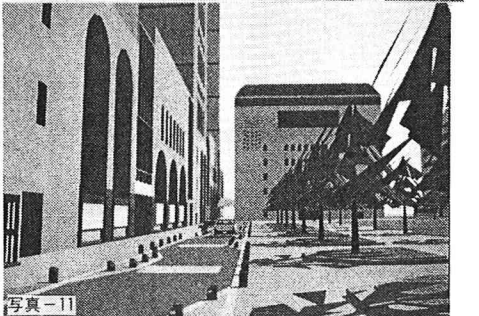


写真-11

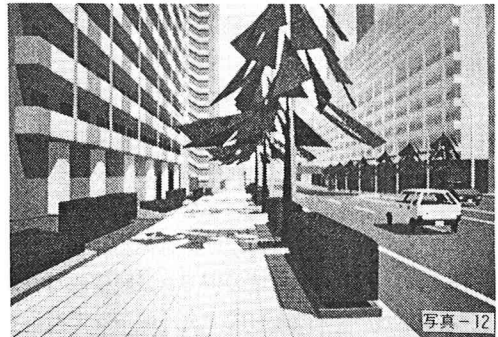


写真-12

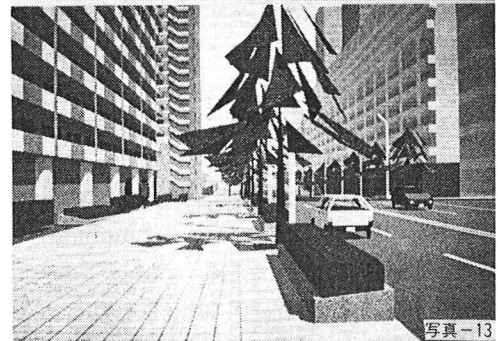


写真-13

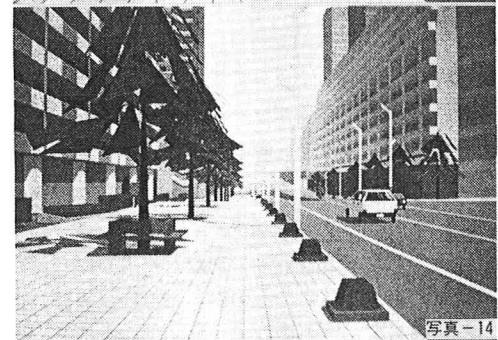


写真-14

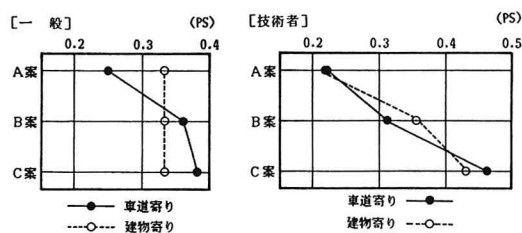


図-6 断面構成(路線c)の一対比較法による評価値

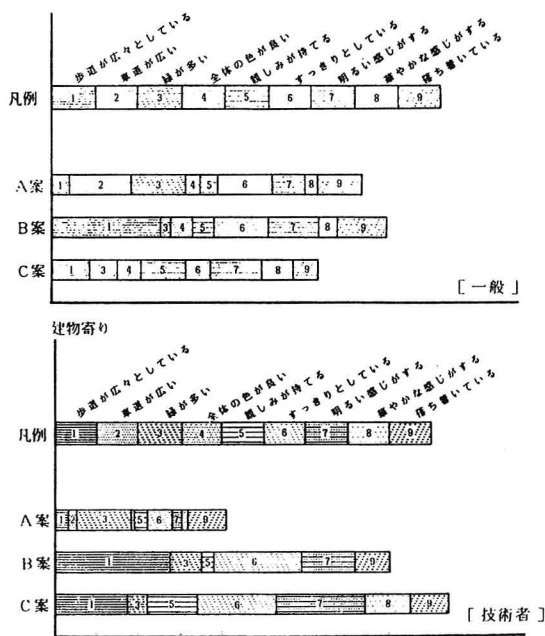
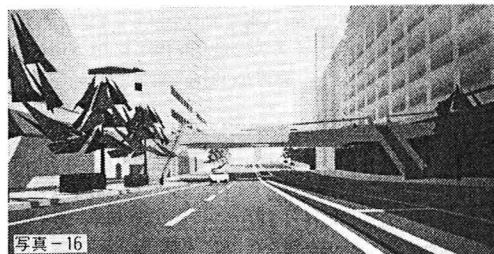
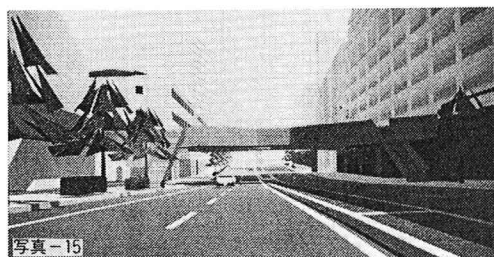


図-7 路線cの整備代替案の選好理由



(3) 景観評価

アンケートによって各路線の整備代替案を評価した。うち、一部の路線については複数の視点からの評価も実施している。本稿では表-5に示した評価対象路線のうち、路線c(断面構成)と路線e(横断デッキ)の評価結果の一部を紹介する。

① 幹線道路の断面構成の景観評価

評価対象とした道路は再開発地区のシンボル道路的性格を持つ幅員30mの幹線道路である。沿道土地利用は商業系及び住宅系で計画されており、一部区間を除いて15階前後の高層ビルが立ち並ぶ予定である。

交通容量に若干の余裕があるため、道路の断面構成は比較的自由に設計できる。そこで、道路の性格付の検討にもとづき表-6のような断面構成の整備代替案を作成した。

各案の景観予測結果を写真-12~14に示す。なお、各案について沿道建物寄りと車道寄りの2視点(視点高さはいずれも1.6m)から景観評価することとした。

3案を一対比較法によって評価した結果を図-6に示す。また、各案の選好理由の回答の集計結果を図-7に示す。

一般被験者グループの集計では、視点が車道寄りのとき、広幅員歩道を整備するB、C案の評価値が高く、歩道の狭いA案の評価値が最も低かった。選好理由としては、案の組合せによらず「歩道が広々している」「すっきりとしている」「明るい感じがする」などが大きい。一方、視点が建物寄りの場合は3案の評価値は全く同じであった。

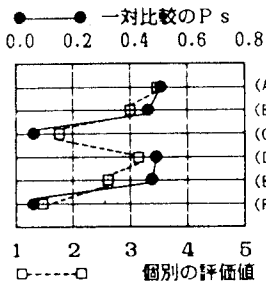
それに対して、技術者グループの場合は、視点の位置によらず、歩道幅員の広い順に評価値が高くなっている。選好理由の回答頻度は一般被験者グループの場合とあまり変わらない。

以上のことから、沿道建物の圧迫感が景観評価に影響を及ぼしており、その圧迫感が小さいほど景観評価値が高いとも考えられる。

② 大規模横断歩道橋の景観評価

①で検討した幹線道路は既存の商店街を分断することから、道の両側の商業ビルを結ぶ形で大規模な横断歩道橋を整備し、人の流れを円滑に導くよう計画されている。この横断歩道橋は規模が大きく、

〔一般〕



〔技術者〕

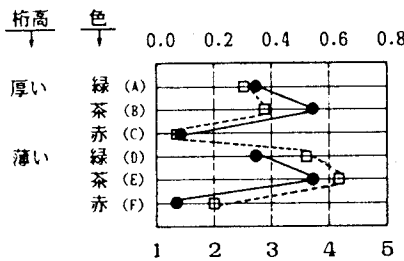


図-8 歩道橋整備代替案の評価値

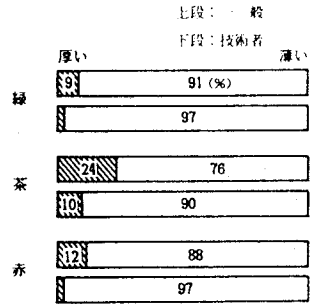


図-9 色が同じときの桁高の選好（歩道橋）

道路景観に与える影響を無視出来ない。

整備代替案は、歩道橋の桁の厚さと色のバリエーションを組合せ、表-6に示す6案を作成した。

まず、桁高を固定し、色のみを一对比較法によって評価した結果を図-8に示す。

一般被験者グループの評価では、桁高によらず、「緑」「茶」がほぼ同じ程度に高く評価され、「赤」の評価値は低かった。また、技術者グループの評価では同様に「茶」「緑」「赤」の順に評価値が高かった。

一方、色を固定して桁高のみを比較した場合は、図-9に示すように桁が薄い案を好む被験者が圧倒的に多かった。

なお、図-8に見るように、各案に対する個別の評価値も以上に述べた結果と同様の傾向を示しており、評価結果の安定性は高いと考えることができる。

6. 今後の景観予測と評価の課題

(1) 景観予測の課題

CGを用いる場合、高木などの自然物や景観構成要素のテクスチャー等の表現に改善の余地があること、また、反射光が計算されていないため陰影のコントラストが大きく、やや不自然に見えること等の点を今後更に研究する必要がある。

(2) CGを援用した景観評価の適用分野

本稿で報告した道路景観の評価のほか、再開発計画等における施設配置、街区の設計、関連して建設される建物群の形・色などの計画に適用可能である。また、アニメーション化することによって、シーケンス景観の評価も可能である。

7. おわりに

本研究を進めるにあたっては、大阪市都市整備局にテーマを提供して頂いた。また、CGのソフトウェア⁵⁾⁶⁾開発及び計算機利用については広島大学工学部中前栄八郎教授、福山大学工学部西田友是助教授の御世話になった。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) たとえば大阪市土木技術協会：阿倍野再開発道路景観整備計画調査報告書、(1984.3)
- 2) 橋本、榊原、川崎、土橋：CGを用いた景観予測手法の開発、土木学会年次講演集、No41、(1986)
- 3) 三輪、田中、巽、徳本：CGを援用した道路景観の予測と評価、土木学会年次講演集、No41、(1986)
- 4) 大阪市土木局：阿倍野再開発地区道路景観計画 (1986.3)
- 5) 西田友是：照明シミュレーションのための3次元物体の陰影表示に関する研究、広島大学博士論文 (1986.3)
- 6) 中前、西田：3次元コンピュータグラフィックス、(昭晃堂, 1986.5)