

パーソナルコンピュータ上での橋梁景観シミュレーションシステムの構築

BRIDGE LANDSCAPE SIMULATION SYSTEM ON A PERSONAL COMPUTER

近田康夫*、城戸隆良**、小堀為雄***

By Yasuo CHIKATA*, Takayoshi KIDO** and Tameo KOBORI***

In this study, an approach by a CG technique on a personal computer system was shown for decision making support system in bridge design at the stage of its planning. The system is not so expensive but useful for the demand such as comparing the types or colors of alternatives. In order to be not so expensive system, landscape image is full color data by using image scanner and only bridge image is made on a computer, then they are overlapped. After combined the two images into one full color montage image, retouching is made by a paint software. As a convenient system for bridge landscape evaluation, the presented system is useful.

1. はじめに

今日の構造物の建設においては、構造物の機能性のみでなく、周辺環境との調和が求められている。たとえば、新たに橋梁を架設する場合、その計画段階において、橋梁の形式、塗装色などの決定は、橋梁自体の美観だけでなく周辺景観との調和を考慮するために透視図（パース）を描いたり、モニタリングを行うことが求められる。また、既設橋梁の再塗装を行うような場合にも、周辺住民にアンケートを行う場合がある。

従来の橋梁景観の評価には、手書きによる透視図や写真合成（モンタージュ）といった手法が用いられていたが、近年のコンピューターの普及に伴い、いわゆるコンピューター・グラフィックス（CG: Computer Graphics）の利用が活発になってきた。しかし、CGの利用において要求されるレベルが高いもの、たとえば周辺環境もグラフィック化して視点の移動を行い、光の反射や陰影処理も行う本格的な景観シミュレーションを行う場合にはハードウェア、ソフトウェアともにかなり高額な投資が必要となる。一方、写真やビデオ画面から背景をコンピューター内に取り込み、構造物はCAD技術を利用して作成し両者を合成するといった手法の場合には、パーソナルコンピューターでも可能であることから本格的な景観シミュレーションシステムを組む場合に比較して投資ははるかに少なくすむ。新規に橋梁を架設する場合を例にとると、その計画段階において、橋梁形式や塗装色の選定のための補助的な手段としてのCG利用の要求は多く、このような要求レベルに対してはパーソナルコンピュータに拡張機器を加えたシステムの利用でもかなり実用的な

* 工修 金沢大学助手 工学部土木建設工学科 (〒920 金沢市小立野2-40-20)

** 金沢大学技官 工学部土木建設工学科 (同上)

*** 工博 金沢大学教授 工学部土木建設工学科 (同上)

ものができると考えられる。

筆者らは、以前から橋梁景観の評価手法の開発のために主としてカラー・スライド映写によるモニタリングテストを行ってきたが^{1)・2)}、上述した最近のCG利用の活発化を鑑みて、カラー・スライド映写によるモニタリングテストの結果と、スライドと同一の景観をコンピューター内に取り込んだ画面（写真をイメージスキャナーを用いて読み込んだもの）を見せてのモニタリングテストの結果を比較して、両者の結果がほぼ同じであることを確認し、景観表示方法や調査方法、データ処理をコンピューターに依存する、いわゆる、景観評価へのコンピューター利用の妥当性を示した³⁾。これらの成果を踏まえて、より積極的にCGを利用した景観評価システムを構築するために視覚シミュレーション室を設置した。現在は、パーソナルコンピューターを中心とした簡易システムを設置している。もちろん、将来的には要求されるレベルが上がっていくことは議論を要しないであろう。したがって、現有のシステムでノウ・ハウを蓄積して、将来的にはEWS（エンジニアリングワークステーション）を中心としたより処理能力の高いシステムへの移行を検討している。

本報告では、パーソナルコンピューター（以下パソコン）を利用して安価に景観シミュレーションを行うシステムを構築する試みを報告する。先に述べた橋梁の架設計画段階での意志決定の補助システムを、できるだけ費用をかけないで構築した例として位置付けできるものと考ええる。

2. 橋梁景観シミュレーションシステム

シミュレーションシステムとシミュレーション手順は以下のように要約できる。

- ①背景は写真をイメージスキャナーを用いてコンピューター上に取り込む。ただし、イメージスキャナーはフルカラータイプ（3原色それぞれ256段階の表示が可能：約1670万色を表示）を用いることにより背景のリアルさを出す。ここでは、GT4000（エプソン製）を用いている。
- ②パソコン本体（NEC製 PC9801RX2）ではフルカラー表示はできないので、これを可能にするためのフレームバッファを増設する（パソコン本体の拡張スロットに装着する）。ここでは、ハイパー・フレーム（Hyper Frame デジタル・アーツ製）を用いている。また、データ保存、プログラム開発環境の整備を考慮して、40MBのハードディスクを外付けしている。また、プログラムの実行速度を上げるために、数値演算プロセッサ（Intel i80287:10MHz）を、パソコン本体に増設している（必須ではない）。
- ③パソコンのグラフィック画面で対象となる橋梁を作画し（デジタルRGBモード：8色表示）、これをフレームバッファ上の背景画面（フルカラー：約1670万色表示）と重ねて表示することにより橋梁の位置合わせを行う（プログラムの作成が必要）。パソコン本体のグラフィック画面がデジタルRGBモードなのは、使用したフレームバッファがパソコン本体からのデジタルRGB入力のみに対応しているためである。プログラム開発言語は、C言語を用いている（CompilerはTurbo C v.2.0a Borland社製）。
- ④位置が決まれば、パソコンのグラフィック画面上の橋梁をフレームバッファに書き込み、背景と合成する（プログラムの作成が必要）。
- ⑤フレームバッファを利用できるペイントソフト（いわゆるお絵描きソフト：市販品）を用いて細部修正を行う。ここでは、彩子（2Dペイントソフト：フルカラー対応 デジタル・アーツ製）を用いている。このペイントソフトはウィンドウ処理を多用するので、処理速度を考慮して、容量2MBのRAMボードをパソコン本体に増設している。
- ⑥必要に応じて、合成画面のハードコピーをとる。ここでは、マルチスキャン・ハード・コピー（東芝製HC1500）を用いた。HC1500では、パソコン画面のボラロイドフィルムへの出力が可能であり、また、別売りのアタッチメントでカラースライド、OHPフィルムなどにも対応でき、本システムではいずれにも対応できるようにしている。本報告で示す写真はすべてボラロイドフィルムへの出力結果である。
- ⑦パソコンでの操作を実行しながらモニタリングテストを行う場合には、パソコン出力に対応したビデオプロジェクトターの設置が必要。ここでは、TH-M1000F（PANASONIC製 100inch 据置タイプ）を設置した。

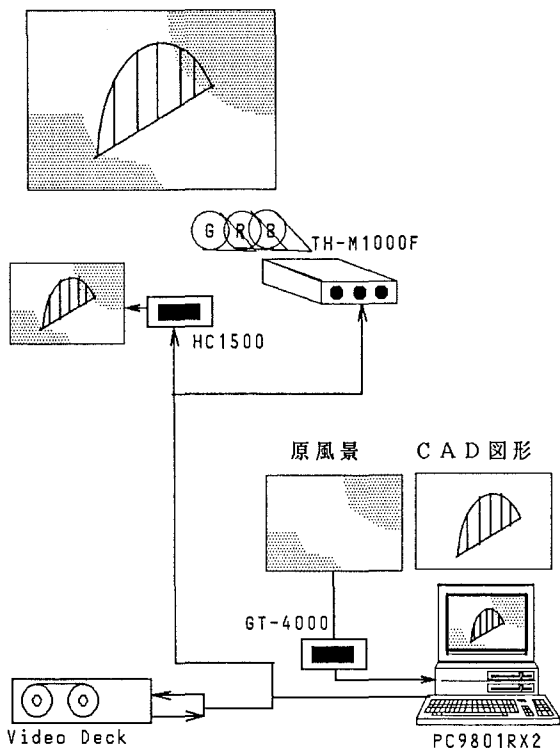


図1 橋梁景観シミュレーション概念図

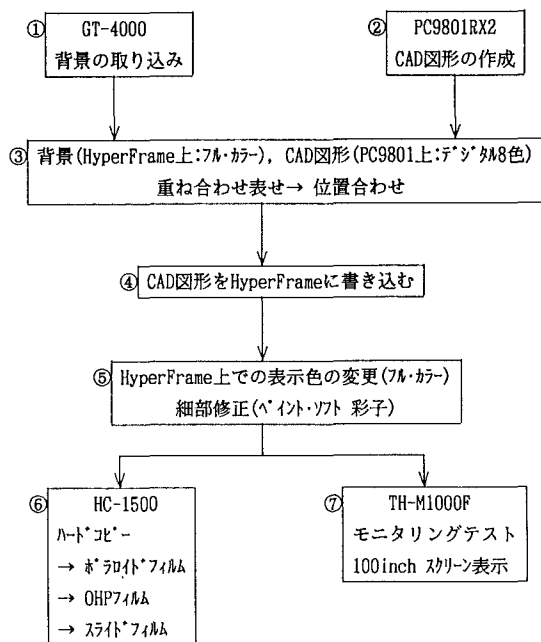


図2 シミュレーション手順

表1 橋梁景観シミュレーション・システム機器構成

	機器名等	型番	メーカー名等	備考
基本システム	CPU	PC9801RX2	NEC	PC9801VM以降 (VRAMを2倍に有するモデル)
	CRT	PC-TC451N	NEC	アナログRGB対応品
	MOUSE	MS-50HR	日本エレクトロニクス	バス・マウス
	HDD (40MB)	CRC-HD4A	コンピュータ・リサーチ	
	NDP	i80287-10	Intel	演算のスピード・アップ
	RAMメモリー	PIO-9234G/2MB	1・0データ	
	RAMメモリー用ソフト	IOS-10	1・0データ	
景観シミュレーション	イメージ・スキャナ	GT4000	EPSON	背景写真の読み込み用
	ハード・コピー	HC1500	東芝	完成図の出力用
	フレームアップ	HyperFrame	デジタルアーツ	7カラー表示用
	ペイント・ソフト	彩子	デジタルアーツ	図形細部修正用
	GT4000接続コード	RS232C	EPSON	リハース・タイ
	HC1500接続コード	アナログRGB用	東芝	9-15 オス・オス 2本
	HC1500	HCA-P10	東芝	OHPフィルム用アタッチメント
	HC1500	HCA-P35	東芝	スライドフィルム用アタッチメント
	ビデオ・プロジェクター	TH-M1000F	PANASONIC	100inch据え置き型; モニタリング・テスト用
	PC9801用インターフェイス	TW-S1401EN	PANASONIC	PC9801用インターフェイス

①～⑤が実際のシミュレーション操作であり、⑥、⑦はその出力、表示機能である。

このシステムの基本的な考え方は、パソコンを中心としたシステムであることから、その記憶容量や処理速度を考慮して、背景は写真をフルカラーで読み込んでリアルさを出し、構造物との合成処理と合成画面の細部修正をパソコンで処理することになっている。

以上の説明を図示すると、図1、図2のようである。また、システム構成を表1に示す。

3. 実行例

ここでは、実行例を通して本シミュレーションシステムの内容をより詳しく説明する。

3-1 データ作成

データは、橋梁モデルを、一般図から適当な6面体または矩形面に分割する。3次元有限要素法における有限要素分割と同様である。データは、総要素数、総節点数に続いて、要素番号、要素属性、要素構成節点番号、要素面表示色を総要素数組読み込む。次に、節点番号、節点のx, y, z座標を総節点数組読み込む。以上が基本データである。なお、斜張橋のケーブルやトラス橋の弦材は面要素の一部として表現する。この基本データから、変換プログラムを用いてCGで一般的なポリゴンデータ⁴⁾と呼ばれる面単位のデータを作成する。

背景写真は、イメージスキャナーを用いて読み込みハードディスク内に格納しておく。

3-2 シミュレーション

シミュレーション・プログラムを実行すると、まずポリゴンデータの格納されているファイル名と一時作業用ファイル名、ポリゴン群の入力要求が順次表示される。さらに、背景データの入力要求表示され、ファイル名を入力するとフレームバッファにフルカラー画面がロードされる(写真1)。表示と同時に、ポリゴン群の中心座標(橋梁データの拡大・縮小や回転移動の際に用いる)の入力要求があり、これに答えると、メニュー画面が表示される。メニューは、0:終了、1:視点の設定、2:原図形の表示、3:平行移動、4:回転移動、5:拡大・縮小、6:表示色の変更、7:図形の表示、8:メニューの一旦消去、9:パソコン本体のグラフィック画面のフレームバッファへの書き込み、10:図形データの保存 で構成される(写真2)。

メニュー 2: は移動を繰り返して図が複雑になった場合に元の図形に戻ってやり直すために設けてある。メニュー 8: は画面のハードコピーを撮る場合や、シミュレーションと並行してモニタリングテストを行う場合に、メニュー画面を消去する必要があるため、これを一時消去するために設けてある。写真2でもわかるように、フレームバッファの画面と、パソコンのグラフィック画面を重ね合わせて表示しているため、メニューウィンドウや、橋梁図形は部分的に見えなくなっている。これを、位置合わせ、表示色変更の後フレームバッファ画面へ書き込むと見やすくなる(写真3)。メニューの 9:、10: を実行した後は一旦プログラムを終了する。

続いて、フレームバッファ画面の図に書き込んだ橋梁図形の表示色を変更するプログラムを起動する。メニューで表示色の変更を選択すると、カラーパレットが表示され、パソコン本体で用いた8色をそれぞれ1670万色の中から選択できる(写真4)。具体的には、対応する色の3原色をそれぞれ0～255の256段階に設定することになる。パレット画面を終了すると、作業用一時ファイルに格納されたデータ(合成する前のパソコンのグラフィック画面の640×400ドットのそれぞれのドットがパソコン本体のどのカラーパレット番号:0～8であるかを記録してある)にしたがって、今、新たに設定したパレットの色に表示し直す。つまり、8色中の8色モードから、1670万色中の8色モードに変更したわけである。この画面を保存する。

プログラムを2つに分離したのは、C言語のスモールモデルでプログラムを構築したのでメモリーが不足したためである。ラージモデルで構築すればもちろん1つのプログラムにすることができる。(ハイパーフ

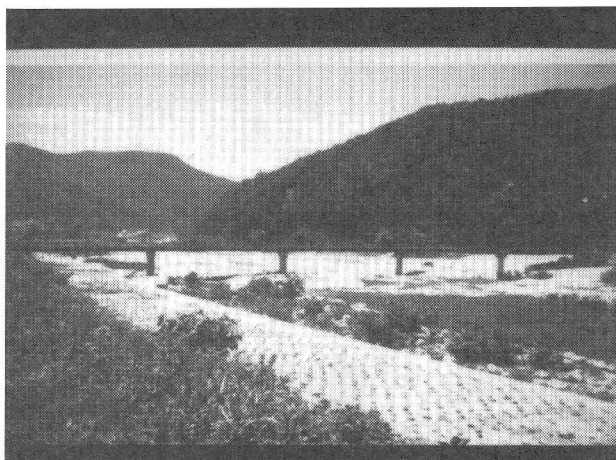


写真1 背景

背景写真をイメージ・スキャナー
GT-4000でPC9801RX2 上に読み込んだ
ところ。

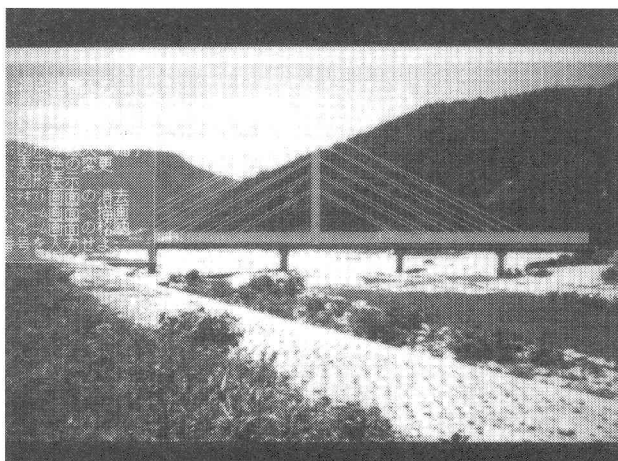


写真2 CAD画面

橋梁データと背景を重ね合わせて
表示し、位置を合わせる。メニュー
やタワーの先端で、図が見にくくな
っている。

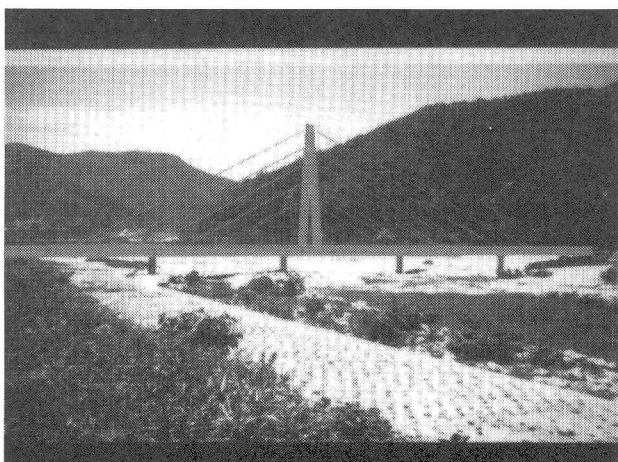


写真3 図形合成完了画面

CAD図形をHyper Frame 上に書
き込んだところ。写真2と異なり、
図がはっきりしている。

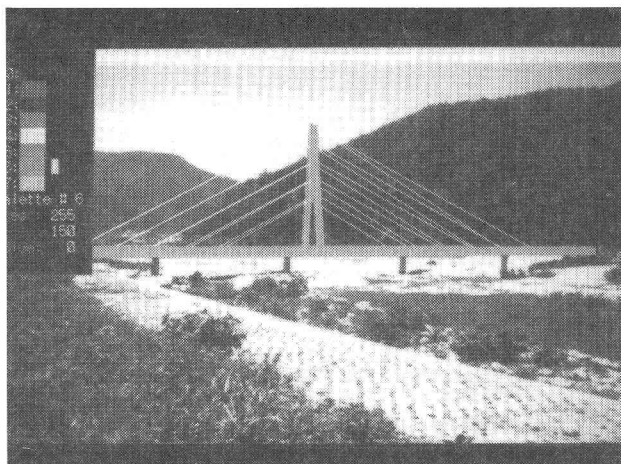


写真4 表示色変更画面

Hyper Frame 上で橋梁およびワイヤーの色を変更する。色は、画面左のパレットで決定する。

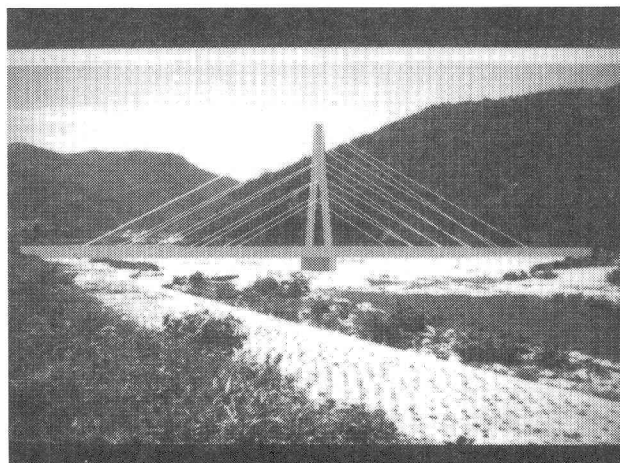


写真5 部分修正画面

ペイント・ソフト（彩子）上での修正作業。もとの背景の橋脚を消去し、新たにタワーの下に橋脚の概略を描く。桁の左端部分の手前に草を描く。

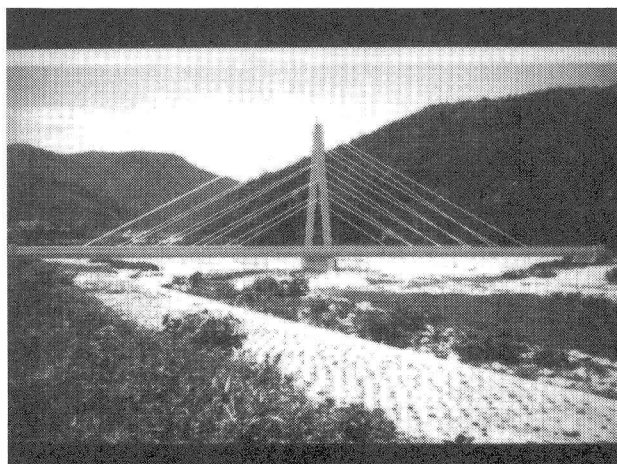


写真6 修正完了画面

ペイント・ソフト（彩子）上でさらに細部の修正を行う。橋台や、高欄、色の濃淡をつける。

レームのユーティリティ・ライブラリがTurbo C に対してはスモールモデル用しか用意されていないことによる。Microsoft C に対してはラージモデル用が用意されているがプログラムの開発環境としてはTurbo C の統合環境が便利なので、あえてプログラムを2つに分離した。ユーティリティにはアセンブラのソースコードも提供されているので、アセンブラでプログラムできる人なら、ライブラリを書き換えることも可能である。)

シミュレーションプログラムでの操作は以上で終了し、続いて、市販のペイントソフトを用いての細部修正を行う。細部修正では、背景に残っている、元の橋梁の橋脚を消去したり、組み込んだ橋梁図形がつぶしてしまった河原の草などをドット単位で描くことができる。高欄などの細かな橋梁の付属物はこの段階で描いた方が効率が良いように思われる。基本データでこれを入力することも可能ではあるが、パソコンの容量不足が危惧される事に加えて、600×400ドットの画面の解像度を考慮すれば、労を多くするばかりといえる。写真5、6に大まかな修正を加えた後の画面とかなり細部まで修正を加えた画面を示す。なお、フルカラーの一画面のデータを保存するためには、768kバイト必要になり、1MBタイプのプロッピーディスクでは1枚に1画面しか記録できない。データの読み書きの速さでも勝るハードディスクの利用が有効である。

4. 景観評価

はじめに述べたように、前章で示したシステムの主たる目的が、橋梁架設の計画段階での意志決定の支援であることから、写真6に相当する図を代替案の数だけ用意しておき、これをモニター（設計者あるいは施主）に判断させる方法が一般的となろう。このような支援システムを比較的小さな投資で（イメージスキャナー、フレームバッファ、ペイント・ソフト、ハードコピー機で100万円以下）構築できることに本システムの意義がある。プログラムを自分で作成する必要はあるが、ユーティリティはそれぞれのハードに付属しているのでそれらを組み合わせれば余り負担にはならない。また、CAD等でコンパイラ系の言語の使用経験がある人にとっては、C言語は修得し易いと思われる（もちろん本報告で示した範囲のプログラミングに関してではあるが）。高価なソフト・ウェアやハード・ウェアに投資する前に、CAD等で使い馴れたパソコンで要求される最小限の機能を持つ安価なシステムを構築することは、意志決定にCGを利用する場合のさまざまな情報（たとえば、どのような機能がどのようなレベルで必要か、また、どのような景観構成要素が重要か）を提供してくれると考える。

さて、筆者らの従来の研究の目的は以上のような直接的な意志決定の支援ではなく、良い橋梁景観とはどのような要因から構成されているのかを突き止めることにあった。たとえば、多くの橋梁景観のスライドを見せてモニタリングテストを行い、多くの被験者が良い橋梁景観であると感じた景観の要因を、SD法、因子分析、数量化理論第Ⅲ類等を用いて解析し、その要因を分析してきた。その結果を用いれば、良い橋梁景観をあらかじめ設計段階である程度考慮できることになると考えたのである。そのような分析を文献1), 2) において行っている。また、はじめにも述べたが、スライド映写ではなく、同じ景観をコンピューターのディスプレイに表示してモニタリングテストを行った結果と従来のスライドを用いた結果とを比較することにより、景観評価へのコンピューター利用の妥当性を文献3) において確認した。

本報告では、新たに構築した視覚シミュレーションシステムのハード的な側面を報告したが、このシステムは、従来の筆者らの研究に関しても十分に利用可能であると考えている。たとえば、良い橋梁景観であると被験者の多くが感じた景観の構成要素を徐々に変化させてモニタリングテストを行う、あるいは逆に良くない橋梁景観であると被験者の多くが感じた景観の構成要素を変化させてモニタリングテストを行い、良く感じた景観を悪く感じる景観に、悪く感じた景観を良く感じる景観に変化させることによりこれまでのスライド映写による方法等で得た分析結果の妥当性を検証することができるであろう。このように景観の構成要素を修正、変化させる上で、CGは利用価値が高いといえる。

5. 結論

パーソナルコンピュータにわずかな機器の拡張を行って、安価に橋梁の設計段階での意志決定支援のためのCGシミュレーションシステムを構築し、その適用例を示した。

パーソナルコンピュータ上でここで示した以上の細かなグラフィック表現を得ようとする、かなり高価なソフト、ハードの投資が必要か、パソコンには荷の重い計算（たとえば、光の反射を表すレイトラシング : Ray tracing 等を行えば3日3晩パソコンを走らせるといった事態になる。当然、十分な結果が得られない場合には、データを修正した後、再度長時間の計算を行うことになる。）を強いることになる。本報告が、わずかの投資で、要求に沿った結果を得るといった目的でのシステム構築の参考になれば幸いである。

本システムの改良すべき余地としては、入力データ作成の効率化が第一に挙げられる。橋梁や橋脚のプロトタイプのデータを作成しておき、それを修正して目的にかなうデータを作成するためのプログラムや、6面体や、矩形面をモジュールとしてそれらを組み合わせて目的のデータを作成するためのプログラムができれば利用価値はさらに上がるであろう。また、計算時間はかかっても陰影処理等は必要に応じて選択できるようにする必要がある。

今後プログラムの改良を重ねるとともに、本来の目的である、景観評価手法としての、景観評価のためのプログラムを含んだシステムを構築していく予定である。

参考文献

- 1) 神谷進：橋梁景観の評価分析手法に関する研究、金沢大学工学部建設工学科卒業論文、1983-3.
- 2) 北本恭一：橋梁景観の色彩分析手法に関する基礎的研究、金沢大学工学部建設工学科卒業論文、1985-3.
- 3) 小堀為雄、城戸隆良、近田康夫：橋梁景観の評価実験手法に関する一考察、金沢大学工学部紀要、Vol. 22 No. 1、pp. 39～48、1989-3.
- 4) 石井繁夫：C言語による3Dグラフィックス入門、pp. 35～75、技術評論社、1988.

(1989年10月2日受付)