

I-12 非熟練技術者のための橋梁景観設計支援システムに関する一考察 A Study on Support System for Visual Bridge Design in Landscape for novice-skill engineers

○政木 英一*
Hidekazu MASAKI

八木 英夫*
Hideo YAGI

窪田 陽一**
Yoichi KUBOTA

伊藤 学**
Manabu ITO

【抄録】 近年、橋梁における景観検討の必要性が強く認識され、それに伴い橋梁景観設計支援を目的としたシステムの開発が数多く見られるようになった。しかしながら、これらの支援システムは景観検討に必要な項目を必ずしも網羅しておらず、景観検討の非熟練技術者が景観設計を行うには不十分である。本論文は、中小規模の橋梁に的を絞り、非熟練技術者のための橋梁景観設計支援を目的とした総合的なシステムを考案し構築することを試みたものである。本研究により開発されたシステムには、造形作業、構造照査、法令・基準等との照査、景観シミュレーション、景観評価の5つの機能がある。そして、これらの機能が景観設計の流れに沿って動作するよう開発されている。

【Abstract】 Recently, importance of visual design of bridge has been recognized and several systems to support bridge design in landscape has been developed. These support systems do not include all the functions which is required in designing a bridge form in landscape considering harmony between a bridge and its surrounding environment which is hard work for novice-skill engineers. In this paper, a support system for visual design of a bridge in landscape for novice-skill engineers was contrived and developed. The system developed in this study has five functions, that is, sketch work, structural analysis, checking of structural constraints and guidelines, landscape simulation, and landscape evaluation. These functions facilitate the design work along the flow provided by the system.

【キーワード】

橋梁景観設計、非熟練技術者、造形作業、構造照査、法令・基準、景観シミュレーション、景観評価

【Keywords】

visual bridge design in landscape, novice-skill engineer, sketch work, structural analysis, structural constraints and guidelines, landscape simulation, landscape evaluation

1. 緒言

近年、土木構造物における景観設計の重要性は強く認識されてきており、橋梁の分野においても例外ではない。ここ数年間で架設、計画された橋梁はその程度に差はあるが、景観検討が行われている。しかし、現在、橋梁景観設計は以下に挙げるような問題点を持っている。

- ① 景観設計のプロセスが複雑に細分化されている。
- ② 中小規模の橋梁計画などは工期的、経済的理由もありその検討が十分に行われていないケースも数

多く存在する。

- ③ 景観検討が行われるにあたり、必ずしも景観設計の専門家が介在しているとは限らず、橋梁架設地点の周辺景観と適合していないケースも見受けられる。

著者らは、上述の①の問題点を解決することを目的とした、橋梁景観設計支援システムを既に開発している^{1)・2)・3)}。これは、景観設計においてもっとも基本となる造形作業を中心に考え開発されている。そして、

連絡先：* 〒102 東京都千代田区六番町二番地 国際航業（株）東日本事業本部 企画二部 技術支援グループ
TEL 03-3237-2172

**〒338 埼玉県浦和市下大久保 埼玉大学 工学部 建設工学科

構造的な問題や、法令・基準等の問題を、知識ベースシステムを用いることで解決している。このように、景観設計を行うにあたり必要な機能を、一つのシステムとして作り上げることにより、景観設計の「複雑に細分化されたプロセス」という問題点を解消することができた。しかしながら、それでもこのシステムは以下に挙げる問題点を持っている。

- ① 本システムを用いて景観検討を行うには、景観設計を十分に把握している必要がある。
- ② 造形作業を行うための修正機能が不十分である。
- ③ 景観シミュレーションを行うためのCG画像はレンダリング、テクスチャーマッピング、橋梁付属物（高欄、照明等）の表現が不十分であり現実感に欠けている。

著者らは、上述の問題点を解決するために、著者等が開発したシステムを再検討し、総合的な橋梁景観設計支援システムの開発を試みた。本システムは、これまで十分な景観検討を行うことができていない中小規模の橋梁に的を絞って、「少なくとも、架設される地域の周辺景観を乱さない橋梁形状」を造る作業を支援することを目的としている。

2. 橋梁景観設計支援システムの構想

2.1 支援システムの概念

過去に橋梁計画・設計を支援するシステムの研究が数多くなされてきている。それらの研究は景観シミュレーション^{4), 5), 6)}、形式選定^{7), 8), 9) 10), 11), 12)}、構造計算¹³⁾などを中心に考えたシステムの研究開発である。景観設計を支援するシステムを考える場合に、最も重要となるのは造形作業をいかにして支援するか、ということである。そして、その造形作業を進めるにあたり、必要となる構造上の判断、法令・基準等との照査、周辺環境との適合を考慮するための景観シミュレーション、及びその評価基準等を支援することが必要となる(図-1)。また、本システムの対象者は必ずしも景観設計を熟知しているとは限らないため、どのような景観検討のステップを踏めばよいのかの流れを支援する必要もある。

造形作業に重点を置いたものとして奥山祐一¹⁴⁾、ハンマード・アミン¹⁵⁾の研究が挙げられる。奥山祐一等の研究は、ラフスケッチをスキャナーで読み込み

3次元モデリングデータを作成し、修正や構造解析に必要なデータ作成はコンピュータ上で行うことができる。造形作業の流れを支援する機能等は考慮されていないが、景観設計の熟練技術者にとっては、イメージスケッチを容易に3次元データに変換できるので有効なシステムである。

ハンマード・アミン等の研究は、歩道橋に的を絞ったシステムの開発である。これは、初めに橋梁形状を選択し、それを修正することによって、橋梁形状を決定することができる。また、橋梁形状の決定から景観シミュレーションまでを一連の作業で行うことができるようになってきている。そして、道路橋示方書などの法令・基準が知識として蓄積されているため、構造的な判断を容易に行うことができる。しかしながら、景観評価を支援するための機能は考慮されていない。また、造形作業においては、既存の形状を修正するだけであるので、本来の意味で、造形作業を支援するシステムではない。

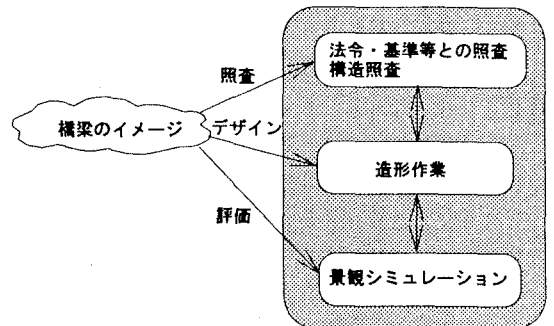


図-1 支援システムの概念図

2.2 支援システムに求められる機能

(1) 造形作業支援機能

造形作業支援機能は、景観設計を支援するシステムとして最も重要となる機能である。本機能は、目的とする橋梁形状を「いかに迅速にスケッチ感覚で描画することができるか」に力点をおく必要がある。景観設計における造形作業は、修正を繰り返してイメージした橋梁形状を創り出す。本機能は、部材描画を支援する機能と描画された部材を容易に修正できる機能が要求される。

(2) 構造照査支援機能

構造的な問題を無視した造形作業は、現実的に架設不可能な形状を創り出す。そこで、構造照査を行うためのシステムが必要となる。しかしながら、景観検討の初期の段階では詳細な構造判断を必要とはせず、むしろ概略的な判断を必要とする。本機能構築の手法として2通りが考えられる。一つは、構造計算プログラムを用いて橋梁形状を解析する方法である。もう一つは、既存橋梁のデータベースを基に新しく造られる橋梁の形状を照査する方法である。前者は、新しいタイプの形状を考える場合に有効である。後者は、既存の橋梁形式の構造を応用して判断する時に有効な手段である。

(3) 法令・基準等との照査支援機能

橋梁の架設計画は、複雑な法令・基準等を考慮して行う。これらの法令・基準等を考慮した橋梁計画・設計は熟練技術者にとっても大変困難かつ複雑な問題である。そこで、これらの法令・基準等を容易に検索することができる機能が必要となる。

(4) 景観評価支援機能

前述したように、景観検討を行う際に必ずしも景観設計の熟練技術者が介在するとは限らない。そのため、本来、客観的な立場で判断されなければならないものが、主観的な判断になってしまうケースも多く見られる。景観評価支援機能を細分化すると以下にあげる3つの機能が挙げられる。

① 可視・不可視領域の把握

可視・不可視領域の把握は、橋梁の造形作業を行うために、考慮しなければならないことの一つである。例えば、架設される橋梁を望むことのできる視点場が、橋近傍に集中しており、橋全体を望むことのできる視点場がほとんど存在しないケースでは、橋のアウトラインの造形よりも、ディテールを重点的に検討すべきである。このような判断を行うためにも可視・不可視の領域を把握することのできる機能は必要である。

② 橋梁本体の見え方の評価

橋梁はその形状の違いによって見る側に与える印象が異なる。そして、同じ形状の橋梁でも見る角度によりその見え方は異なる。このような、橋梁本体の見え方を客観的に評価することは非熟練技術者には困難な

作業である。橋梁本体の見え方の一般的な影響評価を構造形式別にまとめておき、これらを検索できるように機能を作成することにより、非熟練技術者でも、客観的な判断を下すことができるようになる。

③ 橋梁と周辺環境との適合性の評価

橋梁と周辺環境との適合性の評価も非熟練技術者にとっては、客観的な判断を下すことは困難である。橋梁は橋梁本体の造形美による視覚的影響も大きい。橋梁と周辺環境がどれだけ適合しているのか、も景観に大きな影響を与える。橋梁の形状、架設される周辺環境の地形条件、背景となるスカイラインの3要素により見る側に与える影響は異なる。これらの影響評価を知識ベース化し、非熟練技術者による客観的な判断を可能にする。

(5) 景観シミュレーション支援機能

景観シミュレーション支援機能には、2つの機能が必要であると考えられる。一つは、最終的なプレゼンテーションを作成するための(CGを用いた景観シミュレーション)機能であり、もう一つは、イメージした橋梁形状を描画しながら、その形状と周辺環境との適合性を逐一確認するための機能である。前者の機能は、数多くの研究が進められており、現在ではかなり高度な処理を行えるソフトが市販されている。しかしながら、それらの多くは土木構造物専用の景観シミュレーションシステムではないため、テキストチャーの処理などに問題点が存在する。後者の機能は、

(1) の造形作業とリンクして考えられるべき機能で、造形作業の途中経過を知るために必要な機能である。

これまで述べてきた橋梁景観設計支援システムに必要とされる機能は、並列的な及び直列的な流れの両面を兼ね備えている必要がある。並列的な流れはいわゆるマルチタスクな処理であり、造形作業を行いながら、構造の照査や周辺環境との適合性の照査を行うときに必要となる。また、直列的な流れは、景観検討の流れを促すために必要となる。

2. 3 支援システムの枠組み

2. 3. 1 システムの開発環境

本システムは、パーソナルコンピュータ(以下PC)上で動作する様に設計した。本システムにおけるハードウェア構成を図-2に示す。

本システムは、市販のソフトウェアを使用し、それをベースにカスタマイズして開発を行うように設計した。これは、「必要と思われる機能をどのようにしたら実現できるか」ということに重点を置いた結果である。このように市販のソフトを用いることにより、必要最小限の労力で目的とする機能を開発できるようになる。

本システムは、WINDOWS3.1をオペレーティングシステム（OS）として用いた。これにより、本システムに必要な並列的な流れを実現することができる。造形作業を支援するシステムは、AUTO CAD R12J FOR WINDOWSをカスタマイズして開発するよう設計した。また、景観シミュレーションを支援するシステムには、AUTO VISIONを使用して開発し、構造照査、法令・基準等との照査、景観評価には大創玄を使用して開発するように設計した。その他の機能の開発には、C++, VISUAL BASICを使用する（図-3）。

2. 3. 2 支援システムの構成

造形作業を中心とした橋梁景観設計支援システムの枠組みは図-4に示す通りである。

本システムは、

- ① VISUAL DESIGN CORE SYSTEM
- ② STRUCTURAL ANALYSIS SUBSYSTEM
- ③ LANDSCAPE SIMULATION SUBSYSTEM
- ④ VISUAL IMPACT SUBSYSTEM

から構成されるように設計されている。これらのシステムは、並列的及び直列的な流れの両面を持っている。即ち、必要なときに即座に必要な機能を実行することができる。また、ある程度制約的な流れを持っており、景観検討の流れを理解しやすくなるように設計されている。

(1) VISUAL DESIGN CORE SYSTEM

VISUAL DESIGN CORE SYSTEM は、システムの骨格をなす造形作業支援機能をシステム化したものである。コアシステムは、描画、修正、視点場分布の3つの機能から構成される。

描画された橋梁形状を容易に変更することを可能にするために、修正機能を作成する。各橋梁形式についてそれぞれ修正項目を用意することにより、より簡単に修正を行うことができるようになる。

視点場分布機能は、後述する可視・不可視領域の把

握の結果から視点場を選定し、その視点場からの透視図表示を行うための機能である。システムの概略構成図を図-5に示す。

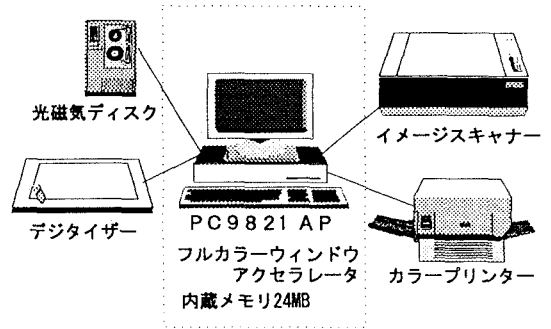


図-2 システムのハード構成

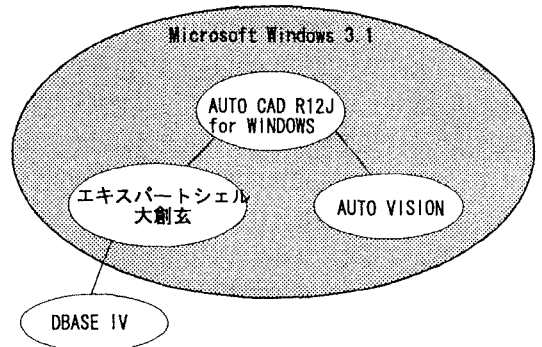


図-3 システムのソフト構成

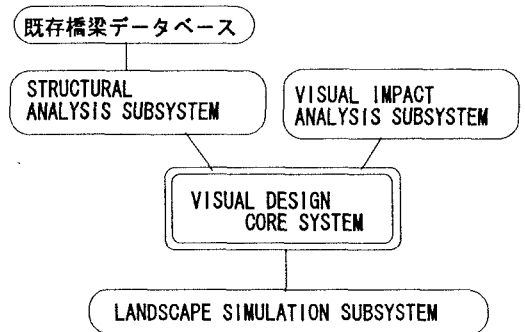


図-4 システムの概略構成図

(2) STRUCTURAL ANALYSIS SUBSYSTEM

STRUCTURAL ANALYSIS SUBSYSTEMは構造照査及び法令・基準等との照査支援機能をシステム化したものである。前述したように、橋梁形状の構造照査の手段には2つの手法が考えられるが、アーチ橋、斜張橋等のように構造計算が比較的複雑なケースは既存橋梁のデータを参照して判断する場合が多い。また、法令・基準等の内容を知識ベースとして蓄積し、これを照らし合わせることで行う。知識ベース(単なるデータベースとしてこれらのデータを収集するにとどまらず、そのデータの引き出し方も蓄積されている)とすることで、必要な項目を容易に照査できるようになる。

河川管理施設等構造令及びアーチ橋概略構造照査知識ベースシステムは既に開発済みである^{1)、2)}。

(3) VISUAL IMPACT ANALYSIS SUBSYSTEM

VISUAL IMPACT ANALYSIS SUBSYSTEM は景観評価支援機能をシステム化したものである。本サブシステムは可視・不可視領域の解析・表示機能、橋梁形状評価機能、橋梁景観評価機能の3つの機能から構成される。

可視・不可視領域の解析プログラムは既存の理論¹⁰⁾をPC上で動作するよるように修正したものを用いる。

橋梁形状評価機能、橋梁景観評価機能は、これまで築かれてきた一般的な理論及びそれに基づいた評価実験から得られたデータを蓄積し、照査に用いる。ここでも、STRUCTURAL ANALYSIS SUBSYSTEMと同様、単なるデータベースとして収集するのではなく、知識ベースとして構築する。

(4) LANDSCAPE SIMULATION SUBSYSTEM

LANDSCAPE SIMULATION SUBSYSTEM は景観シミュレーション支援機能をシステム化したものである。本サブシステムは代替案の作成、及びワイヤーフレームスーパーインポーズ(現況写真と橋梁のワイヤーフレームモデルの合成)の2つの機能から構成される(図-6)。

代替案の作成機能は、レンダリング、レンダリングイメージスーパーインポーズ(現況写真と橋梁レンダリングイメージの合成)の2つの機能に細分される。レンダリングを行うための諸条件には、太陽位置(緯度、経度、季節、時間)、色彩、テクスチャー等が挙げられる。

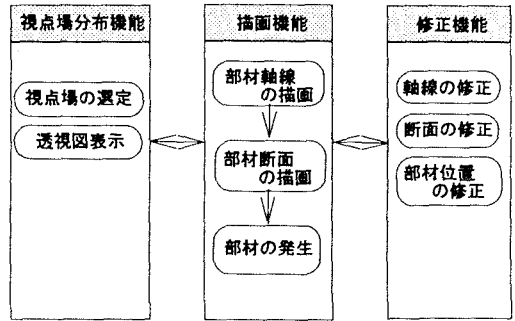


図-5 VISUAL DESIGN CORE SYSTEMの概略フロー図

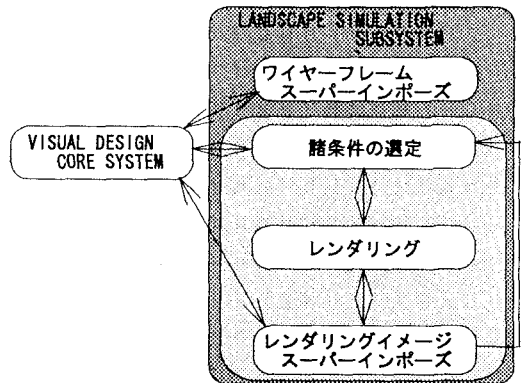


図-6 LANDSCAPE SIMULATION SUBSYSTEMの概略フロー図

3. 橋梁景観設計支援システムの構築

前述したとおり、アーチ橋の景観検討を目的とした支援システムが著者等により既に開発されている。本研究では、既存システムを基にシステムを拡張的に再構築し、その一部の開発を試みた。

3. 1 VISUAL DESIGN CORE SYSTEM

(1) 形状描画

本システムでは、アーチ形式に加え桁形式(鋼橋)の描画機能を開発した。

(2) 形状修正

修正機能項目の一覧を表-1に示す。予め橋梁形状に応じた修正項目を用意しておくことにより、イメージした橋梁形状を容易に造り出すことができる。また、修正作業は、造形作業のどの段階に置いて行うことができる。

(3) 視点操作

視点操作機能項目の一覧を表-2に示す。視点場の設定は、カメラのレンズの焦点距離、視点場の位置及び高さを指定することにより行うことができる。また、一度に幾つもの視点場を設定することが可能である。視点場の設定時に、現況写真との関連性を持たせることが可能であるので、ワイヤーフレームスーパーインポーズ及びレンダリングイメージスーパーインポーズでは、関連づけられた背景画像が自動的に読み込まれる。視点場の削除は、設定された視点場をマウスで選択して行う。視点場からの透視図を表示する時も、削除と同様、視点場を選択する(図-7)。

表-1 修正項目一覧

桁の修正	桁位置		
	桁断面	断面形状 断面寸法	
アーチリブの修正	リブ線形	描き直し ライズ アーチスパン クラウン間隔	
		リブ断面	断面形状 断面寸法
			リブの傾き
	支材間隔		
	支材の修正	支材断面	断面形状 断面寸法

表-2 視点操作機能項目一覧

視点操作機能	作成
	追加
	削除
	透視図表示

3. 2 LANDSCAPE SIMULATION SUBSYSTEM

(1) ワイヤーフレームスーパーインポーズ

VISUAL DESIGN CORE SYSTEM で作成された、視点場を選択することにより、橋梁形状のワイヤーフレームを背景画像と合成して表示する。先にも述べたように、視点場とその背景となる画像は関連付けられているので、視点場を選択指定するだけで表示することができる。図-8にワイヤーフレームスーパーインポーズの一例を示す。

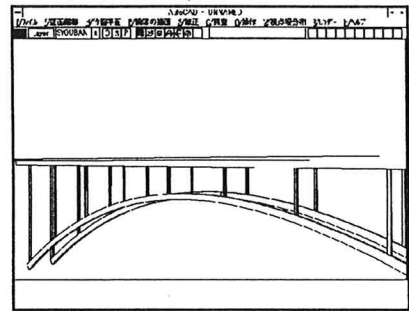
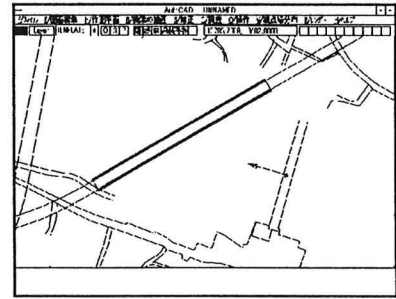


図-7 視点場操作機能の一例

(上図中の視点場を選択指定することによって、その視点場からの橋梁の透視図を下のように表示する。)

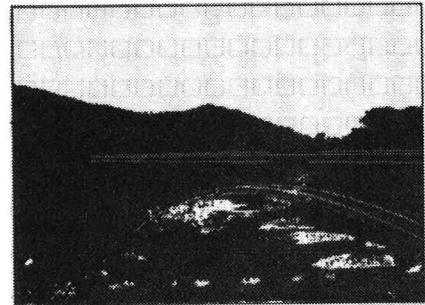


図-8 スーパーインポーズ機能の一例

(2) 代替案作成

代替案作成機能では太陽の位置、色彩、テクスチャーを指定してレンダリングを行うことができる。

また、レンダリングされた橋梁は、現況写真と合成して表示することが可能である。合成はワイヤーフレームスーパーインポーズ機能と同様の操作で行うことが可能である。

3.3 VISUAL IMPACT SUBSYSTEM

可視・不可視の解析・表示

あるシーンにおける橋の景観評価は代表的な視点場からの眺望をパース、CG、フォトモンタージュ等の手法を用いて行われている。そこで、架設される橋梁の任意の部位の可視・不可視を把握すること（橋梁がどの程度のスケールで、どの程度の割合が可視であるか）は、現地調査を行う前段階で視点場のおおよその検討をつけるために有効な手段であると考えられる。

本機能は、橋梁架設位置の任意の視点場における可視・不可視領域を算出する。

ここで注意しなければならないことは、可視・不可視領域を橋梁が架設される地点の標高で算出しないようにすることである。なぜならば、架設される橋梁はある程度の高さを持ち、また橋梁自身もある程度の高さを持った形式が存在するからである。

そこで本機能では、橋梁架設地点を面ではなく空間としてとらえ、任意の地点ではどの程度の割合の対象空間を認識できるのかを理解できるようにする。このように橋梁架設空間の可視・不可視領域を認識することで、任意の視点場で任意の橋梁形式がどの程度の割合で、どの程度のスケールで可視できるのか、が容易に理解できるようになる。例えば、ある地点Aで橋梁架設空間を見たときにその空間の可視領域の把握ができると、プランナーはこの地点からは桁橋を架設するとその橋を認識することはできないが、下路式のアーチ橋にするとアーチリブは認識することができるなどの現状を理解することが可能である。

図-9に本機能の概略的な流れを示す。

① 地形データ及び構造物データの入力

可視・不可視領域を算出するためには対象となる領域の地形データ及び建物のデータが必要となる。本システムでは、地形図を20m四方のメッシュに切りその格子点に高さデータを与えたものを入力し、その後、対象領域内にある構造物の敷地面積及び高さデータを入力する。

② 橋梁形状の近似データの入力

橋梁形状は、この段階ではまだどのような形状になるか決定されていないので、近似的な形状を入力する。近似データはその精度を変えて計算することができる。

③ 可視・不可視領域の算出

周囲の格子点に人が立ち被視空間を見たとき、可視

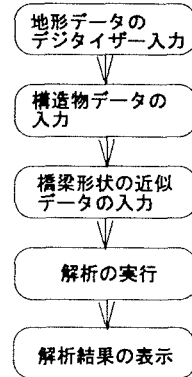


図-9 可視・不可視解析，表示機能の概略的な流れ

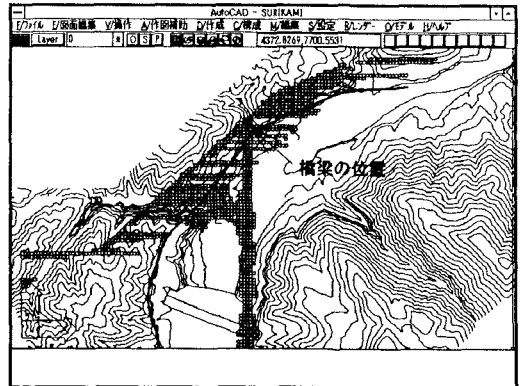


図-10 可視領域の表示画面例（その1）

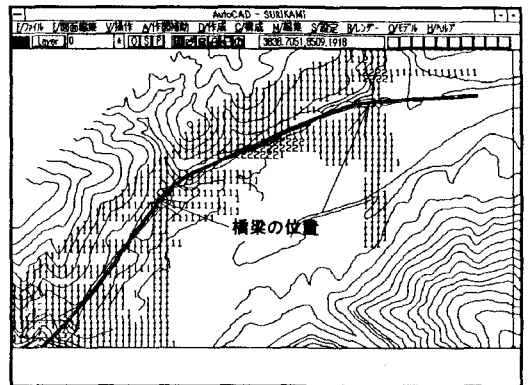


図-11 可視領域の表示画面例（その2）

（橋梁が複数存在するケースでは、各格子点から見ることができる橋梁の数を表示することができる。また、各格子点からどの橋が見えるかを確認することもできる。）

である格子点及び可視である空間の割合を算出する。

④ 可視・不可視領域の表示

可視・不可視領域の表示は、③で算出された領域、割合についてAUTO CAD上で行われる。解析結果は、可視頻度により5段階に色分けして表示される。これにより、可視頻度の分布状況を視覚的に捉えることが可能である。そして、それぞれが異なるレイヤーに分けられているため、必要な可視頻度だけを表示することが可能である。図-10は可視領域の表示例である。また、複数橋が存在するときの各格子点から望むことのできる橋梁の数、属性（橋梁の名前等）も計算される。橋梁の数の表示は、可視頻度の時と同様に、可視である橋梁の数によってレイヤーに分けられている。属性は、各格子点と関連づけられてテキスト形式のファイルに保存されており、各格子点を選択することにより知ることが可能である（図-11）。さらに、任意の格子点での被視空間の見え方、スケールを認識するために、任意の格子点を指定することにより被視空間を透視図で表示できる機能も備え付ける。

このようにして得られた結果を基に、上述した視点操作機能を用い、重要と思われる視点場を決定することが可能である。

4. 結語

本システムは、まだ開発途上であり、より一層の機能の充実が必要であると考え、以下に挙げるような特徴を持っている。

- ① システムがある程度順序に立って景観設計のプロセスを導き、景観評価を支援する機能を備えているため、景観設計の非熟練技術者でも客観的な景観検討を行うことができる。
- ② 造形作業を支援するシステムにより、単に既存の橋梁形式を選択するのではなく、景観設計に必要な「デザイン」を行うことができる。
- ③ 造形作業と景観シミュレーションのシステムが連動しているため、あらゆる角度での画像合成を容易に行うことができる。

本来橋梁の景観検討は橋梁の形状、色彩、質感などと、周辺景観との調和を検討するものである。しかし、冒頭に述べたように、中小規模の橋梁は、様々な条件により、十分な景観検討を構造本体で行うことができず、それを補うために、桁、高欄、橋面等に具象的な

デザインを施した装飾にとどまる結果となっている。本システムを用い、橋梁の景観検討を行うことで、本来、検討されなければならない項目（本体形状、色彩、質感、周辺環境との調和等）を検討できるようになる。

参考文献

- 1) 窪田 陽一、政木 英一、吉川 正嗣、橋梁景観設計プロセスに関する一考察、構造工学論文集 Vol.39A, 1993/3
- 2) Yoichi Kubota, Hidekazu Masaki, Masatugu Yoshikawa, CAD System for Structural Aesthetics of Bridge Form, Computing in Civil and Building Engineering Proceedings of the Fifth International Conference, 1993/6,
- 3) 窪田 陽一、政木 英一、吉川 正嗣、視点場分布を考慮した橋梁景観設計支援システムの開発、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集 I, 1993/9
- 4) 渡辺信夫、滝口伸明、橋の景観設計システム、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集 IV, 1993/9/10
- 5) 近田康夫、城戸隆良、小堀為雄、パーソナルコンピューター上での橋梁景観設計シミュレーションシステムの構築、構造工学論文集 vol. 36A, 1990/3
- 6) 磯光夫、前田研一、西土隆幸、橋梁景観設計のためのカラーシミュレーションシステムの開発に関する一考察、土木学会第44回年次学術講演会講演概要集 IV, 1989/10
- 7) 西土隆幸、前田研一、野村国勝、河川橋梁の上下部工形式選定のためのエキスパートシステム構築に関する一考察、構造工学論文集 vol. 35A, 1989/4
- 8) 西土隆幸、前田研一、野村国勝、河川構造合に基づく橋梁上部工の形式選定における径間割について、土木学会年第44回年次学術講演会講演概要集 I, 1989/10
- 9) 西土隆幸、前田研一、島田清明、野村国勝、橋梁形式選定エキスパートシステムにおける橋上走行時の運転者の感覚評価に関する研究、構造工学論文集 vol.36A, 1990/3
- 10) 西土隆幸、前田研一、磯光夫、野村国勝、橋梁形式選定エキスパートシステムにおける景観評価方法に関する一提案、構造工学論文集 vol.37A, 1991/3
- 11) 白石成人、松本勝、谷川浩司、新しいコンピュータ言語 P r o l o g の橋梁形式選定システムへの適用、橋梁, 1985/5
- 12) 白石成人、古田均、細谷学、中林正司、学習機能を持った橋梁設計支援システムエキスパートシステム、構造工学論文集 vol.36A, 1990/3
- 13) 勝俣徹、水野浩、杉山俊幸、長井正嗣、藤野陽三、斜張橋の概略設計用エキスパートシステムの構築、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集 I, 1992/9
- 14) 奥山裕一、三木千壽、ラフスケッチからの造形作業を行うための設計支援システムの開発、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集 IV, 1993/9
- 15) ハンマード・アミン、馬瀧誠司、伊藤義人、Development of an Intelligent CAD System for the Preliminary Design of Pedestrian Bridge、構造工学論文集 vol.39A, 1993/3
- 16) 天野 光一、窪田 陽一、地形景観の計量的解析に関する基礎的研究、土木学会第33回年次学術講演会講演概要集 IV, 1978/9