

統合化空間情報システムの開発と構造景観への適用

Landscape design assisted by integrated spatial information system

天野貴文*, 山野高志**, 吉川 眞***

Takafumi AMANO, Takashi YAMANO and Shin YOSHIKAWA

*大阪工業大学大学院, 工学研究科土木工学専攻 (〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1)

**大阪工業大学大学院, 工学研究科土木工学専攻 (〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1)

***工博, 大阪工業大学教授, 工学部土木工学科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1)

The landscape planning and design have been becoming the one of the important subjects to create amenity and charm in urban and regional development projects. Especially, it is necessary to plan and design structures more carefully at the middle stage of the planning process rather than at the initial stage, because the structures may begin to have concrete figures (form, shape and dimensions). The authors are proposing a landscape design method to use geographic information systems and CAD/CG systems together at this stage. They are now applying this method to an actual road planning. This paper discusses the fundamental concepts of the method, and reports the applications in the actual project.

Key Words: geographic information system, CAD/CG, landscape design, collaboration activity

キーワード: 地理情報システム, CAD/CG, 景観デザイン, 協調活動

1. はじめに

都市や地域の開発プロジェクトにおいてデザインされ実体化される対象は、まず性能・機能、経済性が重視される。とくに公共性が高くかつ安全性が要求される土木構造物では性能・機能が重視されるのは当然のことである。しかし、その代償として美的・芸術的側面が犠牲となってきたのも、また事実である。近年では開発プロジェクト全体の環境影響評価はもとより、土木構造物や土木施設そのものの意匠や外観も計画・設計プロセスでの重要な検討項目の一つとして、盛り込まれるようになってきている。しかしながら、周辺環境との調和といった景観デザインや積極的に都市のランドマークやシンボルとして位置づける都市デザイン面では十分な検討が行われているとは言い難い。

一方、計画・設計の技術的環境に目を向けてみると、土木構造物の設計現場では CAD (Computer Aided Design) システムの導入が当然となっており、CG (Computer Graphics) の利用も図られつつある。しかし、設計方法自体は従来手法と何ら変わりがなく、CAD は「製図板と鉛筆」が「モニタとマウス」に変わった Computer Aided Drafting にすぎず、設計の生産性向上に

は寄与しているが、設計の創造性向上には貢献していない。CG の利用も、今のところプレゼンテーションに限られている。結局、CAD は仕上げ図面、CG はプロモーション映像の制作といった設計過程で十分に活用されない、不本意な用いられ方しかされていない。

加えて、とくに大規模プロジェクトの計画や開発、管理といった分野では、CAD/CG だけでは役不足である。なぜなら、地理情報と属性情報のデータベース上に構築される地理情報システム (GIS: Geographic Information System) 的機能が必要とされるからである。また、これまで都市計画分野へのコンピュータの利用は、GIS による計画支援と CAD/CG による設計支援に大別されていた。このため、「もの」や「空間」づくりの分野における計画と設計の一般的な相違点が、そのまま GIS と CAD/CG のシステムのあり方に反映し、その統合的利用が十分に図られていない¹⁾、という現状もある。

しかしながら、建設省による建設 CALS/EC (Continuous Acquisition Life-cycle Support/Electronic Commerce) 構築の動きなどに伴い、計算機支援による景観デザインが認知され、これを実践する環境が整いつつある中、本論では GIS と CAD/CG の統合化^{2), 3)}を目指しつつ、システムを開発プロジェクトの景観デザインか

ら構造景観検討へと展開し、その両者を実践している。実践を通してより具体化した GIS と CAD/CG の統合を図っている。

2. 目的と方法、および対象

2.1 目的

GIS は利用方法やヒューマンウェア、すなわち利用（技術）者次第で、可能性を大きく拡げる。CAD/CG も同様である。またこの数年、ソフトウェア・ベンダーが CAD と GIS の統合を促進してきた。しかしこれらは、従来の CAD パッケージがデータベース管理能力など一部の GIS 機能を備えるようになってきているか、GIS ツールに 2 次元図面の 3 次元化のような CAD 機能が加えられているだけ⁴⁾であり、真の意味での統合化システムとはなっていない。そこで、その統合的な利用技術の開発を図りながら、開発プロジェクトの景観デザインと構造景観検討を行うこととした。

GIS および CAD/CG が創り出す空間は、現実あるいは将来を予測しモデル化したバーチャル・スペース（virtual space：仮想空間）である。バーチャル・スペースは計算機のメモリ内の空間であるため、現実では不可能なさまざまな計画をあたかも実現したかのように表現できる。しかし、アイコンック・モデル（iconic model）であるため現物のような機能はもっておらず、現物に似た外観をもつにすぎない。この制約の下で、GIS および CAD/CG は本論の要点となる景観概要をかなりの自由度で生成することができる。このバーチャル・スペースにより、発注者や施工者、関係者間で共通の認識基盤の形成も可能となる⁵⁾。しかしながら、この自由度のために、景観検討という面で無意味・無価値な

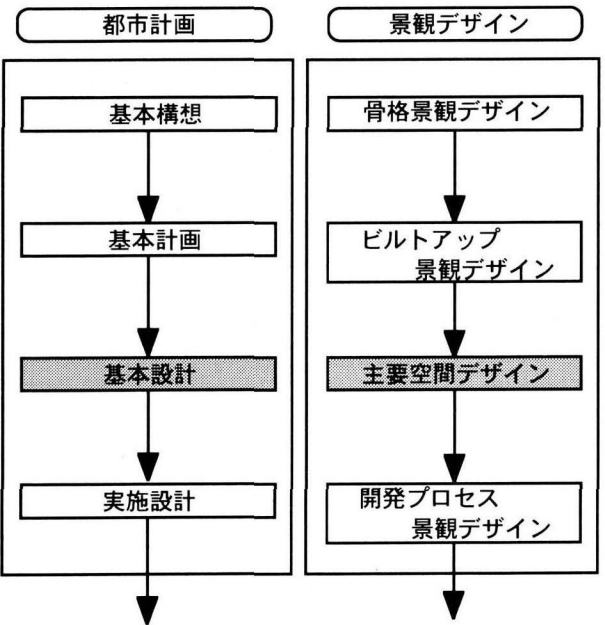
出力を行ってしまう危険性をはらんでいる。とくに CAD/CG 側に、この危険性が指摘できる。そこで GIS と CAD/CG を統合的に使い、上記のような危険性を排除しながら、計画／開発プロセスの進展と連動して、景観デザインが継続的に行われること、またこの景観デザイン・プロセスをシームレスに支援して行くことが有効であると考えた（図－1）^{6), 7), 8)}。

本論は GIS と CAD/CG の統合的利用により、開発プロジェクトにおける景観デザインへの意思決定支援を目的としており、「都市景観形成支援ツールの構築」としたプロセス全般を支援するシステム構想において、初期段階／基本構想・基本計画から後期段階／維持管理のライフサイクルにおける、中期段階を支援するシステムとして構築したものである。まず、地元住民などの一般関係者に対しては計画内容把握のためのプレゼンテーション・ツール、すなわちビジュアル・コミュニケーションの道具として GIS と CAD/CG システムの利用提案を行う。一方、計画・設計者には景観デザイン・ツールとしての利用提案を行う。すなわち、グラフィック・シンキング⁹⁾やビジュアル・シンキング¹⁰⁾のための道具としてしようとしている。

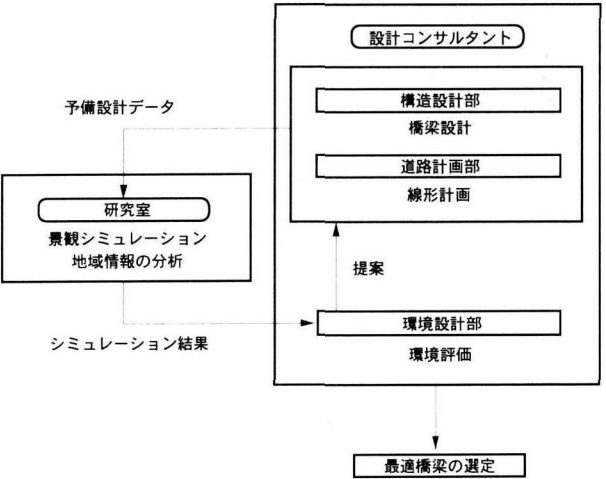
2.2 方法と対象

今回、都市計画プロセス／景観デザインプロセスにおける中期段階である基本設計／主要空間デザイン（図－1）を対象にケース・スタディを適用するが、中期段階での計画対象物はすでに具体的な形（形態・形状・寸法）を有し、存在を誇示するようになる。すなわち、構造景観の存在が確実となる。そのため、継続的に行う景観デザインの中でも、その初期段階にもまして中期段階では注意深い検討が必要となる。

具体的な研究方法としては、実際の道路計画プロジェクトを対象として、GIS と CAD/CG の統合的利用のプロトタイプを構築することとした。実際のフィールドで



図－1 都市計画／景観デザインプロセス



図－2 多主体間の連携

運用することによって、統合的な利用に対する多主体の評価を期待したのがその理由である。具体的な多主体間の連携については、図-2に示す通りである。なお、この道路計画は現行路線の延伸計画であり、おもに交通渋滞の解消、交通安全性の向上、利用交通地域の利便性向上を目的としたものとなっている。

3. 計算機環境

3.1 データウェア

本研究でとくに利用した基盤となるデータは入手が容易であり、また全国どこでも簡単にプロジェクトのデータベース構築を可能とするため、国土地理院発行の数値地図を主に用いている。図-3には、今回構築したシステムで用いたデータの全種類を示している。ただしCAD/CG側で使用した数値地図50mメッシュ（標高）は、GISサイドで処理した中間ファイルを、逆にGIS側の計画データにはCAD/CGサイドで入力済みのものを

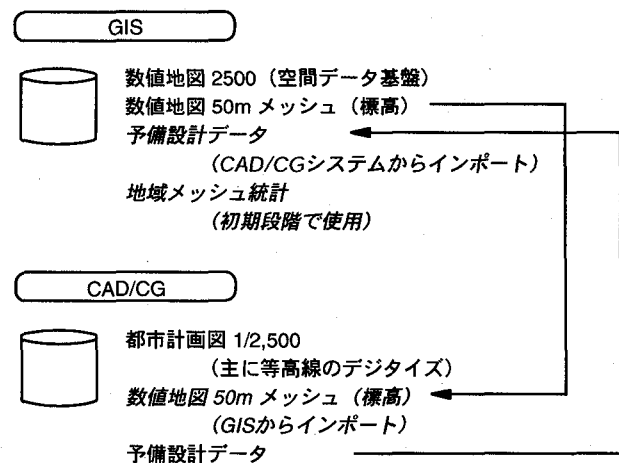


図-3 利用データ

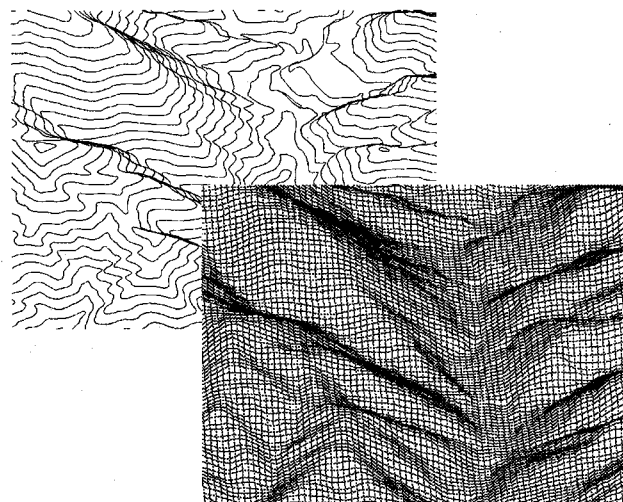


図-4 詳細地形モデル（変換前と変換後）

中間ファイル化するというように、相互にインポート／エクスポートを可能とすることで、冗長的な作業の削減を図った。なお3Dモデルとして計画道路を配置するが、構造物を詳細にモデル化するにしたいが、地形モデルも詳細化する必要がある。そのため、都市計画図を計算機上でトレースし、デジタイズを行った。このデジタイズされた等高線から、10m間隔でメッシュ化した地形を生成した（図-4）。

3.2 ハードウェアとソフトウェア

ハードウェア、ソフトウェアの両環境についても汎用性を考慮し、GIS側では一般的なパーソナル・コンピュータ環境であるWindows NTを基幹とするシステムとした。また、CAD/CG側についてはMac OSを基幹とする環境となっている。なおUNIXなど、他のOSは使用していない。

アプリケーション自身は市販のものを用いている。GISには高度な分析や地形解析（ラスタレイヤ）が可能であり、構造が簡単でシステム自体の汎用性が良好なVSC/Prime Meridianを用いている。また、CAD/CG側のメインには豊富なモデリング機能を搭載し、設計分野では定番的存在であるform-Z RenderZoneを採用した。これらのアプリケーション以外にも状況に応じ、数種のものを併用している（図-5）。

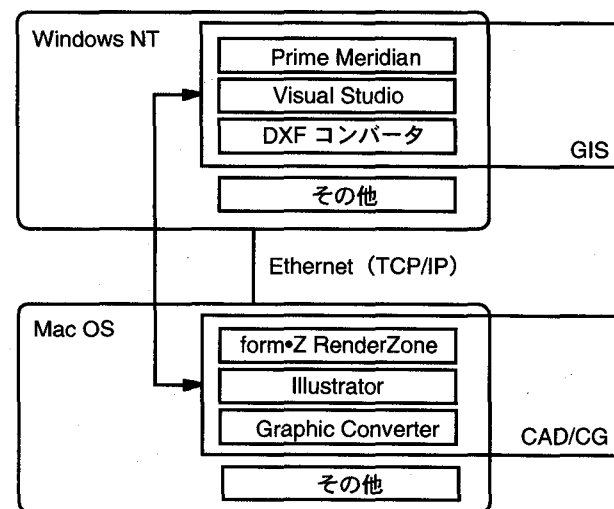


図-5 アプリケーション

4. 開発と検証

今回の延伸計画では一般的な切土盛土のほかに、橋梁部が二カ所（橋梁A、橋梁B）存在する（図-6、図-7）。とくに橋梁Aは国立公園内を通過する計画となっているため、環境保全を重視するのはもちろんのこと、新たに創出される景観にも最大限の注意を払う必要がある。

4.1 地形解析

対象地の基礎情報を得るため、対象地域の地形について解析する。ランドスケープの視覚的構造の性質として、樋口¹¹⁾により①可視不可視、②距離、③視線入射角、④不可視深度、⑤俯角、⑥仰角、⑦奥行き、⑧日照による陰陽度の7つの指標が挙げられている。

まず、これらの指標を導く基礎データとして、面の傾斜度と方位角を計算、出力する。これは GIS アプリケーションの基本機能となっている。図-6では色が濃く表現されている領域ほど傾斜度は大きく、逆に薄い領域ほど傾斜度は小さい。図-7の方位角については表現が難しいが、北向きであるほど濃く、南向きであるほど薄い30度単位の段彩表現を行っている。

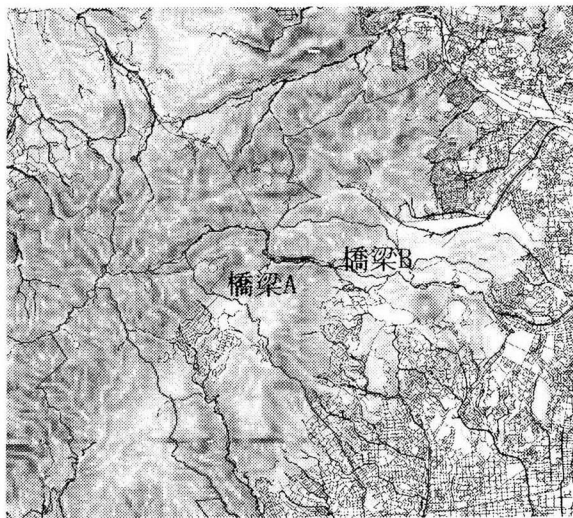


図-6 地形傾斜度

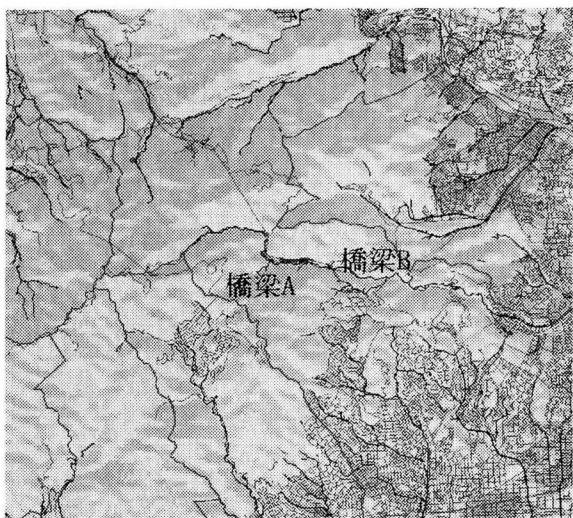


図-7 地形方位角

4.2 視点場

景観は人のいる場所ならどこにでも存在する。しかし、構造景観となると、その計画構造物が人の目に触れる場所にしか存在し得ない。もちろん人間が到達可能で

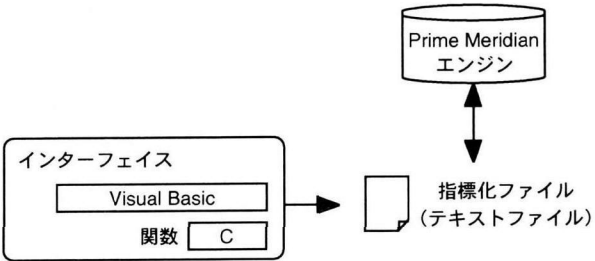


図-8 外部モジュール

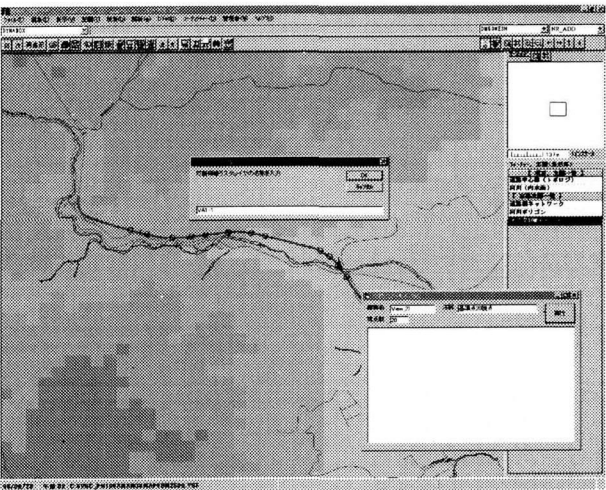


図-9 指標化記述プログラム

ある場所でなければならないが、CAD/CG システムでは橋梁を視覚的に確認できる視点場という条件などの下で結果を抽出することはできない。周辺の見通しの良さそうな場所を計画者の経験で選び出すのである。これでは効率が悪い。そこで可視領域に関しては地形解析のできる GIS を用いることにより、橋梁景観の視点場を抽出した。

視点場の抽出には計画道路の測点、もしくは橋脚中心軸上の計画高を対象とし、抽出処理用ラスタ主題の作成後、その対象毎の可視領域を生成させる。本例では橋梁部の可視領域の抽出するため、また比較検討橋梁がいずれも上路橋であったため、橋梁部が包含する全測点を対象として生成を行ったが、メッシュサイズや調査箇所に応じ橋脚部や変曲点などを採用する。抽出の際には、それぞれの可視レイヤをオーバーレイ解析するが、このとき組み合わせを作成する必要がある。そこで、VB (Visual Basic) により指標化条件 (分類条件) 生成プログラムを作成した (図-8)。このカスタマイズにより、測点が多数の場合にも対応が容易となる (図-9)。

生成したラスタレイヤは次のようになった (図-10)。A 橋梁部が包含する全測点数は 30 個であり、選択測点数も 30 個となる。そのため、ラスタレイヤのレンジは $n+1$ (n は視点数、 $+1$ はどの視点からも見えないレイヤ) 段階の 31 段階で生成される。さらに、人が行き着

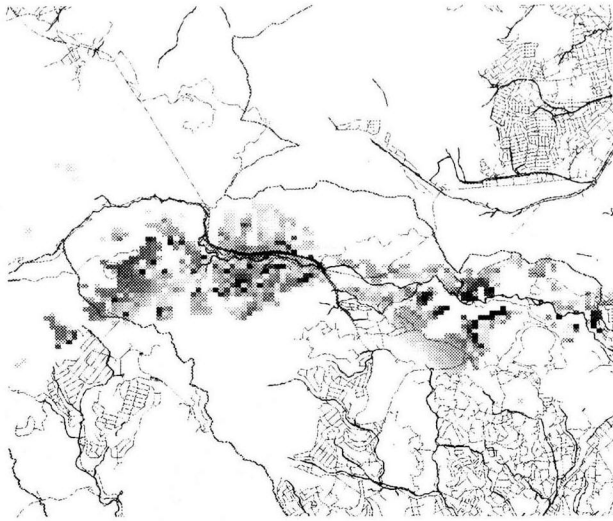


図-10 可視レイヤ (31 段階)

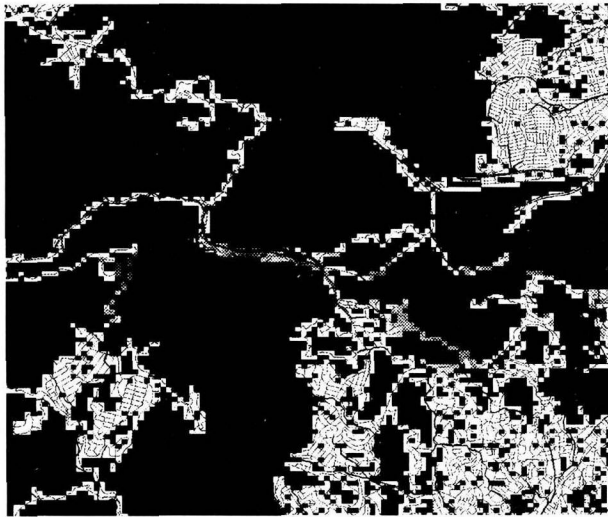


図-11 可視レイヤ+道路部

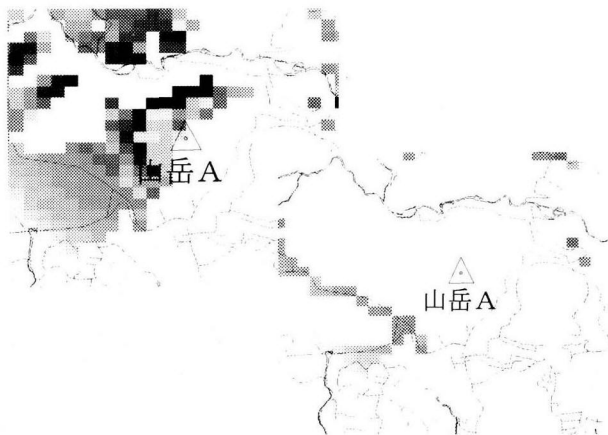


図-12 比較

くのが困難である地域を排除する（間違いなく行き着ける場所とする）ため、道路フィーチャ（features）もラスタレイヤ化し、さらにオーバーレイさせている（図-11）。

例えば、図-10 を一見すると山岳Aからの橋梁景観が存在するように思えるが、実際その場に景観があるのかというと、図-11 より行き着くことが不可能であるため、山岳Aには橋梁景観が存在しないことがわかる。わかりやすく比較するため、図-10 と 11（可視レイヤのみ表示）を拡大したものを図-12 としている。

4.3 視点

視点・注視点を設定することより、可視領域内の地形について視線入射角などの指標から圧迫感を把握することができる。表-1 は最大得点領域から橋梁Aの橋脚 P3 を眺めた際の 60 度視野角での可視メッシュの統計である。

これら統計量的手続きによる分析手法（可視量比較や視線入射角の分布度）による地形のみを対象とした景観構造の把握についてはさまざまな手法が提案されている。今回筆者らが扱うものは構造景観であるため、このような分析法はあまり意味を持たない。当然、山岳景観の把握のため鳥瞰表示などを行うこともできるが、2.で述べた通りあまり意味のない出力であると同時に、3次元の表現も貧弱にならざるを得ず、期待した結果は得られ

表-1 統計量出力の例

標本1 位置 (96, 93) → A-P3	
可視メッシュ数	144
最大視線入射角 (度)	23.71
平均視線入射角 (度)	11.78
最大仰角 (度)	16.93
平均仰角 (度)	9.38
俯角 (度) ※1メッシュのみ	1.86
構造部視線入射角 (度)	89.23
構造物含有メッシュ面積 (m2)	5,313.07
可視メッシュ面積 (m2)	38,2541.18

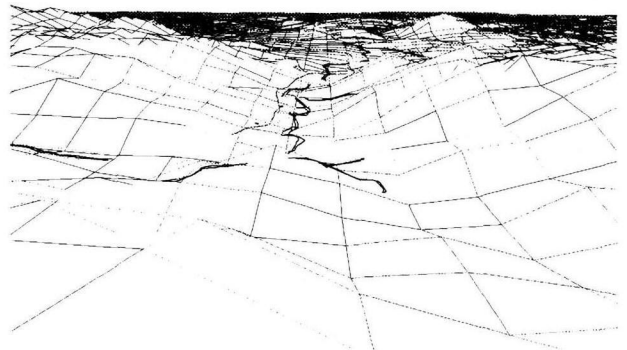


図-13 期待に添えない出力

ない（図-13 がその結果であり、可能な限り後述する図-16 の出力結果に近づけている）。CAD/CG の表現力に明らかに追いついていない点が、現時点での GIS 側での限界であるともいえる（ただし、そのリアリティのなさから、無意味な出力に自己満足してしまうという危険性は薄れる）。そこで、CAD/CG により展開することにした。

4.4 景観検討

本計画では橋梁形態について、数個の比較検討案が提示された。ここではそれぞれの案を CG で検証している。CAD/CG システムで生成した地形上に詳細な橋梁モデルを配置する。変断面の桁橋は単純なスイープ（sweep）では生成できないため、道路中心線パスと各設計断面を利用し、重ね合わせた3次元曲線を生成する。構造物はスキニング（skinning）により、生成した3次元曲線を確実に通すことができるため、緻密な3次元モデルが作成可能となっている（図-14）。

さらに、GIS で解析済みの座標データを参照し CAD/CG システムのパラメータとすることで、構造景観が確認できる領域を CAD/CG システム上で表示している（図-15）。図-16 は橋梁確認の可能な最高高度

地点からの出力である。
諸条件から最終候補となった橋梁3案、①3 径間連続 PC 箱桁鋼板ウェブ橋 + 4 径間連続 PC 箱桁鋼板ウェブ橋、②3 径間連続 PC 箱桁橋 + 4 径間連続 PC 箱桁橋、

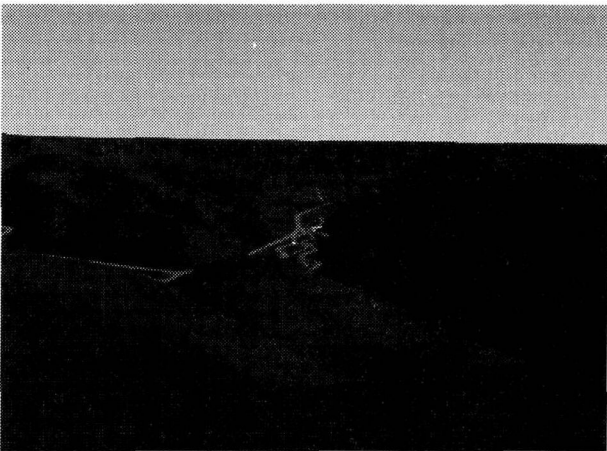


図-16 可視領域内最高高度地点からの眺め

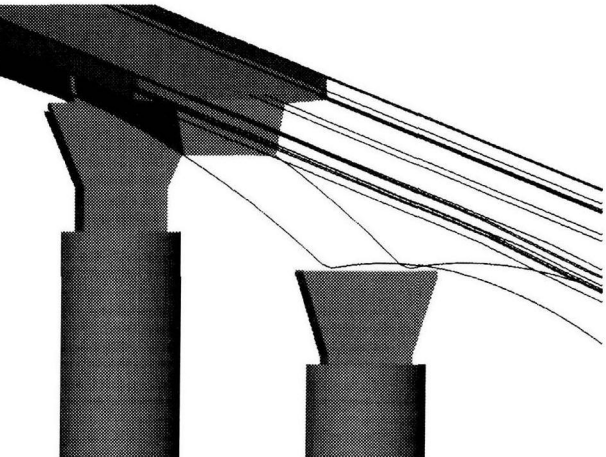


図-14 スキニング

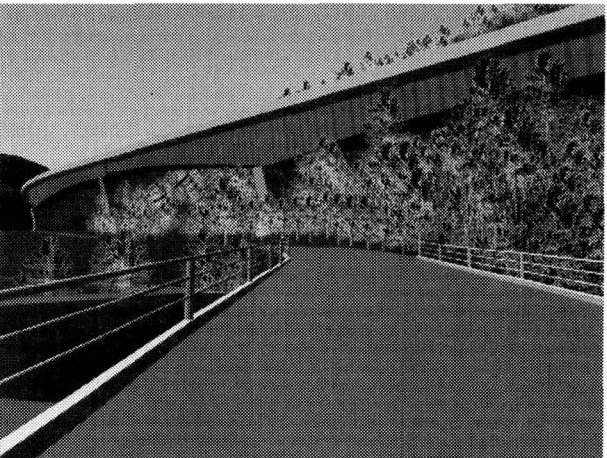


図-17 鋼板ウェブ

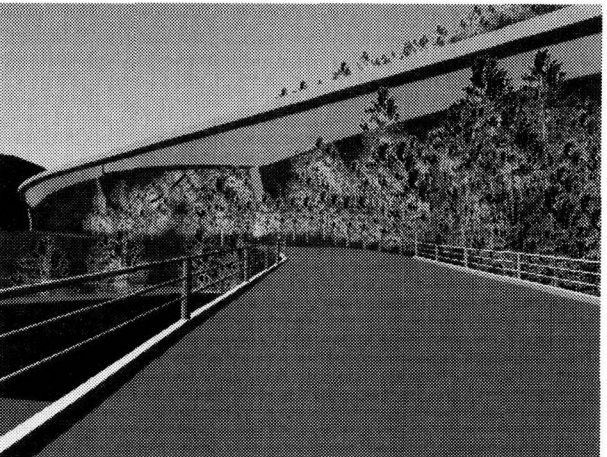


図-18 PC 箱桁

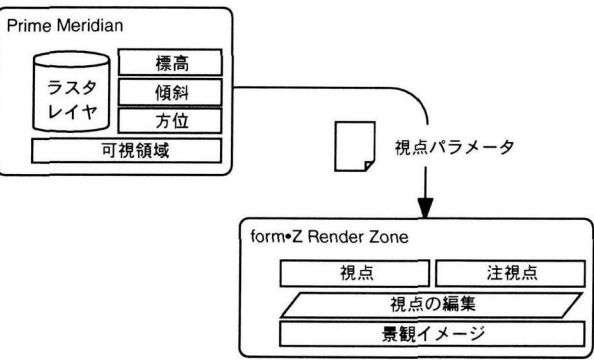


図-15 座標値の参照

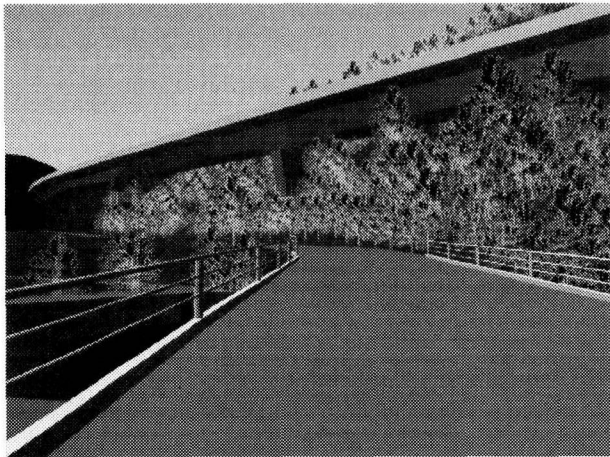


図-19 鋼橋

③ 3径間連続鋼床版2主桁橋+4径間連続2主桁橋（箱桁橋）をCG出力し同時に照査する。図-17は①、図-18は②、図-19が③にそれぞれ該当する。

ただし、橋梁形態のみの評価では（景観の善し悪しに個人差があることと同様に）意見が分かれるところであろう。橋梁選定は一般の手順通り、構造的性、施工性、経済性、その他と総合的に判断するのであるが、この過程に景観デザインの検討プロセスを融合させることがGISとCAD/CGの連携により可能となり、CGモデルによる視覚的イメージの確立が図れるのである。図-17、18および19では可視レイヤの段階数（可視得点）の高い場所からの構造景観を表示しているが、ここに対象からの視距離バッファリング（buffering）を行うことで、近距離景、中距離景、遠距離景、それぞれの景観概要が得られるエリアを抽出することができ、テクスチャの検討などさらなる把握を進めることが可能になる。また、CAD/CGはGISに則った形で出力するため、無意味・無価値な出力もほとんど排除することができる。加えて、CAD/CG側の構造物モデルは1/2,500設計図の等高線から作成した詳細モデルであるため、切土法面などの精度

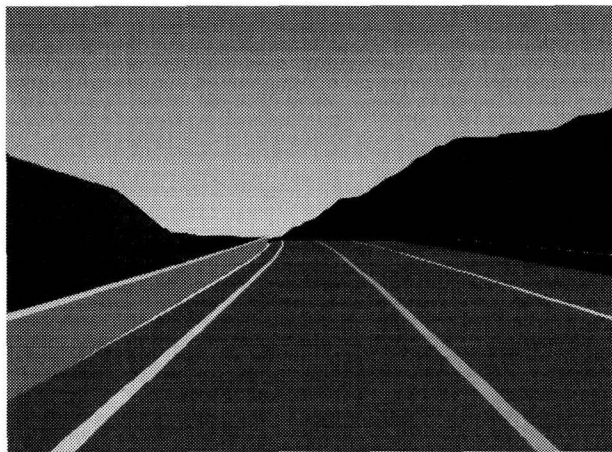


図-20 運転者視点

よい表現も可能である。したがって、そのまま内部景観の検討と走行シミュレーションへと展開が可能となる（図-20）。

5. 協調化イメージ

4.でシステムの利用提案を行ったが、このままではシステムを利用するために、意思決定や建設現場から遠く離れた一台のコンピュータの元まで足を運ばなくてはならない。これではスムーズな意思決定が難しいのは明白である。ある視点からの出力が必要になる度、その旨を示した催促メールを送っているようではシームレスな意思決定は期待できない。

建設 CALS/EC においても、CAD については一部アプリケーションに依存しない中間フォーマットが規定されている。また、CAD システムはほとんどの企業がすでに所有しており、フリーウェアの CAD も存在するなど非常に手軽に利用できる状況となっている。しかしながら、GIS アプリケーション（map browser：マップ・ブラウザ）は明確に規定されておらず、今後の目標となっている。

GIS 分野は OpenGIS の動きもあり、データの標準化が図られ、それぞれの GIS アプリケーションにより生成されたカパレッジなどは互換性が保たれつつある。また以前は UNIX マシンやメインフレーム上で展開されていた GIS も、現在ではパーソナル・コンピュータ上で利用できるのが当然となっており、同時にソフトウェア・ベンダーについてもかなり絞られてきた観がある。ただし、OGIS のような標準化が進められる一方、アプリケーションの独自機能や方言などにより、確実に欠損なしのデータ交換は、CAD に比べてもはるかに難しく、手間がかかるのも現実である。また、GIS アプリケーションは現時点ではまだまだ高価な部類のアプリケーションであり、多くの計画・設計主体が手軽に導入することは難しい。

そこで、以下のような暫定的な協調化方法を提案する。GIS ベースの2次元的情報については、配布可能な単独アプリケーションの形態で受け渡しを行うことで、現在の解析情報などを計画者が把握できる。これは VB により作成した簡易マップ・ブラウザ生成システムにより、構築中のマップを配布可能な単独アプリケーションに変換するという方法である。Web 型 GIS 全盛の現在において、この形態をとるのは計画の機密性の保持などを考慮したためであり、多少のセキュリティ面は目をつむるのであれば、インターネットでのブラウザ配布、データ配布も可能である。

一方、CAD データは中間ファイルでの交換を行い、各自所有する CAD アプリケーションにより情報を取得する。建設 CALS/EC では3次元のフォーマットについてはまだ未定である。しかし、CAD フォーマットは

DXF (Drawing Interchange Format) がデファクト・スタンダード (事実上の標準) となっている。2D のように完全互換とは行かないまでも、3D に対応した CAD ソフトウェアさえあれば、どこでも景観情報を取得できる。また、CAD アプリケーションに 3D の機能がない場合の景観情報については、制作側による JPEG (Joint Photographic Coding Experts Group) 出力や PNG (Portable Network Graphics) 出力による交換となるであろう。以上により、協調的活動を会議室や現場を問わず、擬似的に成立させることができる (図-21)。

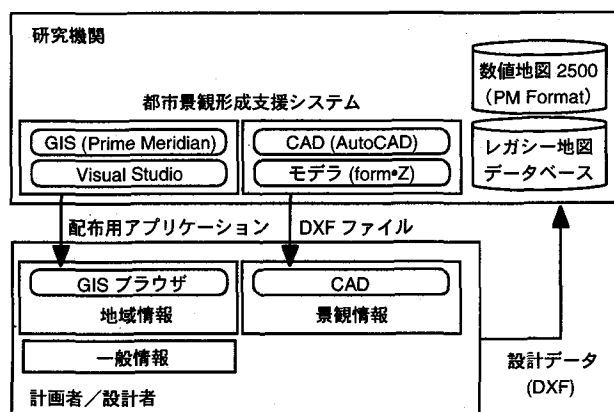


図-21 暫定的協調化イメージ

6. おわりに

本論の執筆段階では、建設 CALS/EC アクションプログラムはフェーズ 2 の中盤にさしかかった状況にあり、まだまだ発展段階であるといえる。フェーズ 3 では、「GIS を利用した情報の連携・統合」もプログラムされている。われわれはこれに先駆けて独自に、GIS と CAD/CG を統合的に用い、計画/開発プロセスの中期段階での景観デザイン・ツールの構築を行ってきた。開発プロジェクトにおける GIS と CAD/CG による計画・設計支援では、基本構想から概略設計、施工、維持管理へとシームレスな移行を保障し、多様な利用者のニーズに的確に応えられなければならない。

本論では、GIS と CAD/CG 間のシームレスな統合には至っていない。GIS、CAD/CG をそれぞれ関数にたとえるならば、GIS 側から CAD/CG 側への引数の受渡しはスムーズではないのである。これは利用した CAD/CG アプリケーションの仕様のため、直ちに解決という訳にはいかない。しかしながら、これに代表されるような問題を解決し、都市計画プロセスと景観デザインプロセス、さらには CG 生成プロセスと GIS 構築プロセスが一体となり、シームレスに連携できるようになっ

たとき、都市景観形成支援システムは完結する。さらに GIS および CAD/CG の統合により量的情報と質的情報をも統合化¹²⁾できた暁には、都市計画総合支援ツールもまた完成をみることであろう。

参考文献

- 1) 吉川眞：都市・地域情報の視覚的表現ツール，都市計画，Vol.46, No.6, pp.53-56, 1998.
- 2) Liggett, R. S. and Jepson, W. H. : An Integrated Environment for Urban Simulation, Environment and Planning B: Planning and Design, Vol.22, pp.291-302, 1995.
- 3) Yeang, C. : GISVE: A Virtual Environment for Aiding Landscape Design Processes, Proceedings of 5th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (CUPUM97), pp.457-467, 1997.
- 4) Mahoney, D. P. : 地理情報システム機能を取り込み始めた CAD ソフト，日経 CG, No.142, pp.152-156, 1998.
- 5) Lange, E. : Integration of Computerized Visual Assessment in Environmental Planning, Landscape and Urban Planning, Vol.30, pp.99-112, 1994.
- 6) Yoshikawa, S. and Sawai, T. : Continuous Cityscape Design Assisted by Computer Generated Images, Proceedings of the focus symposium on 'Advances in Cooperative Environmental Design Systems', ed. Pohl, J. : 8th International Conference on Systems Research, Informatics and Cybernetics, pp.133-142, 1996.
- 7) Yoshikawa, S. : Cityscape Design Assisted by CG and CG Animation, Proceedings of 5th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (CUPUM97), pp.447-456, 1997.
- 8) 天野貴文，奥田智彦，吉川眞：都市景観形成支援ツールの構築—GIS による地域分析と把握—，地理情報システム学会講演論文集，Vol.7, pp.259-264, 1998.
- 9) Laseau, P. : Graphic Thinking for Architects and Designers, Van Nostrand Reinhold, 1980.
- 10) Mckim, R. H. : Experiences in Visual Thinking, Brooks/Cole, 1972.
- 11) 樋口忠彦：景観の構造，技報堂出版，1975.
- 12) Larson, S. M. : Future Directions and Challenges for Quantitative Environmental Visualization, Landscape and Urban Planning, Vol.21, pp.297-299, 1992.

(1999 年 9 月 17 日受付)