

I-18) パソコンによるCGと道路設計の視覚化への応用

Visualization of Road Design utilizing Computer Graphics Aided by the personal computer

大日本コンサルタント(株)CAD技術部 ○新井 伸博 吉田 茂喜 長崎大学 岡林隆敏
by Nobuhiro Arai, Shigeki Yoshida, Okabayasi Takatoshi

【抄録】近年、ゲーム、コマーシャルや映画の世界においては Computer Graphics (CG) が用いられ、仮想的な体験からアニメーションまでを行えるようになってきた。土木分野においてもCGによる画像や映像は数多く見受けられるが、プレゼンテーションやコンセプトの提案など、未だ限られた用途での利用例が多い。本研究では、CGに関わる既存の多くの利用技術をうまく組み合わせることで、設計技術者が視覚化のツールとしてCGを利用できる手法について提案する。提案するシステムの有効性を確認するために、道路設計の線形・法面勾配の検討、切土盛土の評価、景観検討など設計の流れに応じた成果の視覚化などへの適用事例を示した。これにより、設計照査や検討の際にCGを視覚化の手段として有効利用できることを示した。

【Abstract】 Computer graphics (CG) is presently being applied in games, commercial films and movies by creating virtual reality in animation. CG is also often used in the area of civil engineering to produce image data and motion pictures. However, its application has been limited to the areas of presentation and concept proposals. This study proposes methods of utilizing CG as designers' visualization tools by combining many existing CG-related application technologies. Application examples are included to demonstrate the effectiveness of the proposed system. These examples apply to studies of linear/directional gradient, evaluation of cutting and banking soils, perspective views, etc., for road design. In these examples, CG is utilized to visualize the flow of the design work. CG is thus effectively utilized for visualization in the design context for project evaluation.

【キーワード】 CG, CAD, プレゼンテーション

【Keywords】 CG, CAD, PRESENTATION

1 はじめに

近年、ゲーム、コマーシャルや映画の世界においては Computer Graphics (CG) が用いられ、仮想的な体験からアニメーションまでを行えるようになってきており、我々の身近なところにもCGによる画像・映像は普及している。

このような時代背景の中で土木分野においてもCGによる画像や映像は数多く見受けられるが、大規模プロジェクトの完成予想のプレゼンテーションや事業計

画の地元住民へのコンセプト提案など、未だ限られた用途での利用例が多い。¹⁾

一方で、近年のハードウェアやソフトウェアの急激な低価格化と高性能化により、これまでCG作成の主流システムであった Graphic Workstation (以下GWS) だけの利用から、通常的设计業務に用いているパーソナルユースの小型コンピュータ (以下パソコン) でもCGを作成できるようになり、専門の制作会社への委託を行わずとも身近なツールとしてCGの利用が

連絡先: 新井伸博 吉田茂喜 〒343 埼玉県越谷市七左町5-1 大日本コンサルタント(株)情報技術開発部
TEL 0489-88-8116 (E-MAIL 新井: NOL00052@niftyserve.or.jp 吉田: NOL00251@niftyserve.or.jp)
岡林隆敏 〒852 長崎県長崎市文教町1-14 長崎大学工学部社会開発工学科
TEL 0958-47-1111 (E-MAIL okabayas@suncv1.civil.nagasaki-u.ac.jp)

可能になってきている。このように土木分野へのCGの作成が促進されるにつれ、企画～計画・設計～施工・維持管理に至る事業プロセスの中で、このようなCGが利用されるのが望ましく、例えば施工管理のような建設工事単位にCGアニメーションとパソコンを利用した取り組みも行われている。²⁾

ところで、事業プロセスの中でCG利用の用途が限られる理由として、次のような課題があると考えられる。

- (1) CG作成に要するシステムが高価で、作成の過程で専門知識を要する。
- (2) 土木構造物は再利用のできない設計データが多く、また、設計に修正があった場合に、設計システムとCGシステムが連動しないため、3次元データ化に手間がかかり、費用が高価である。
- (3) あらかじめ決められた視点(コンセプト)でCGを作成するため、検討に用いるには限界がある。

そこで、筆者達は土木分野の内でも早くから3次元CADが用いられてきた道路設計を対象に、路線選定を行う際の3次元CADデータをCGのモデルデータとして流用し、走行アニメーションとしてビデオ化し利用することを検討してきた。³⁾

本稿ではこの研究をさらに進め、道路の計画・設計を進めていくプロセスの中で、これまで設計図面と資料だけであった設計協議のスタイルから、3次元CADデータとCGによる視覚化を利用した新しいスタイルを提案し、発注先を含めた計画・設計の各協議段階においてパソコンを用いたCGの有効利用方法を検討する。

2 パソコンの仕様と使用データ

2-1 パソコン利用による操作性と性能

CGを設計ツールの1つとして設計協議の各段階で利用するには、専門の制作会社など外部に作業を委託していたのでは工程管理が難しく、制作期間やコスト面なども障害となるため、設計者自らがCGを作成することが前提となる。そのためにはGWSではなく設計業務で使っているパソコンを利用してCGを作成する必要がある。

GWSで行っていたCG作成をパソコンで行うに当たって、最も懸念されたのは操作性とその性能である。



使用機器

CPU	Petium166MHZ	メモリ	128MB
OS	Microsoft 社	Windows	NT3.51 or 4.0
ソフト	Autodesk 社	3D-STUDIO	MAX

図-1 パソコンの仕様

操作性については、設計技術者が通常的设计業務で利用しているWindows環境のパソコンを用いるため、Windowsソフト特有の分かりやすいGraphical User Interface (GUI)により、初心者にも取り組みやすい操作環境を得ることができた。

一方、GWSで行っていた性能をパソコンで確保するのは、最近の高機能なパソコン環境でも非常に困難であった。しかし、昨今リリースされたWindows NT用に開発されたパソコン版のCGソフト(3S-STUDIO MAX:Autodesk社)は、非常にコストパフォーマンスが高く、視覚化の工夫次第では十分活用できることが確認できた。

ただし、メモリーに関してはCGを作成する場合には、できるだけ多く搭載した方が性能を向上させることができるため、通常的设计業務で用いているパソコン以上の整備を行っている。現在筆者達がCG作成に用いているパソコンの仕様は図-1の通りである。

2-2 データ化での工夫

GWSではなくパソコンでCGを作成するには、やはり性能が不足しがちである。

そこで、パソコン環境でのハードウェアやソフトウェアの機能向上だけで足りない部分は、CGデータ作成を行う上でいくつかの工夫が必要になる。性能を向上させる最良の方法は、モデルデータを構成するポリゴン数を減らすことである。具体的には以下の工夫をしている。

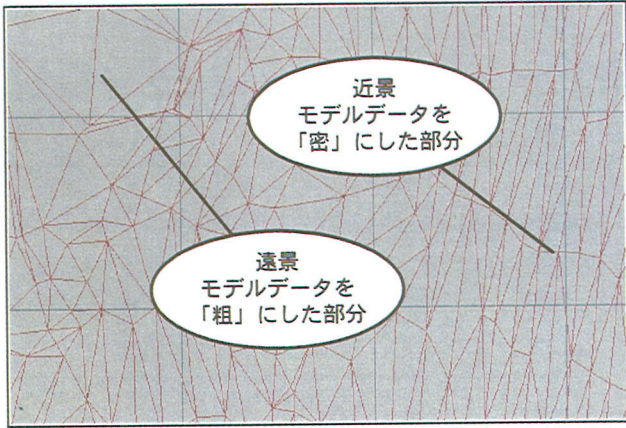


図-2 地形モデルデータ例

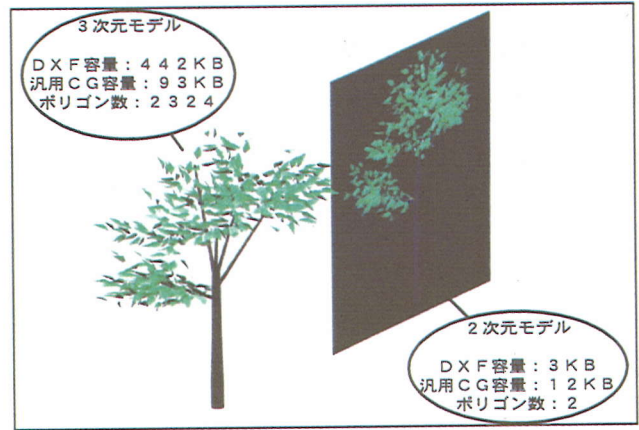


図-3 モデルデータの違いによるデータ量

- (1) 地形などの遠景は近景に比べると詳細な形状は不要である。そこで遠景は5m、近景は1mの等高線ピッチとしてモデリングをしてから合成し、ポリゴン数を抑える(図-2)。
- (2) 設計区間全てを一度に作成することは、データ量が多くなる。パソコンで扱えるデータ容量を考慮して、CG作成延長を最大2km程度にする。
- (3) 写真などを準備できるものは3次元のモデルデータとせず、アルファマッピングを活用して2次元モデルデータを擬似的に立体視させる(図-3)。
- (4) ファイルの読込・保存時間を減らすため、モデルデータの少数桁数の精度を対象物に応じて落とす。

ただし、いずれも将来的にはパソコン自体の性能が向上することで、いずれ解決するものと考えている。

2-3 データフォーマット

3次元CADの世界においては、いくつかのメジャ

ーフォーマット形式が存在する。この中より、筆者達は3次元モデルのデータフォーマット形式にDXF(Drawing Interchange File)を採用している。

DXFを採用したのは道路設計に用いている3次元CADのデータ形式をそのままCGソフト側で読み込めないため、データの互換性を考えた上で、3次元CADのデータをDXFに変換するのが適当であったためである。

また、将来に異なった設計CADやCGソフトを用いることがあった場合でも、事実上の標準フォーマットであるDXFを選択しておくのが無難と考えている。これは、3次元CADの利用がさらに進んだ時点で、3次元で設計された設計対象物を2次元図面として展開する場合にも、DXFが利用しやすいことでもある。

ただし、DXFにはバージョンや記述に違いがあり、使用する3次元CADやCGソフトによってはデータの互換性を図るのに手間がかかることがあるので、特にCGソフトを選定するときにはDXFの整合性がとれるように確認をする必要がある。

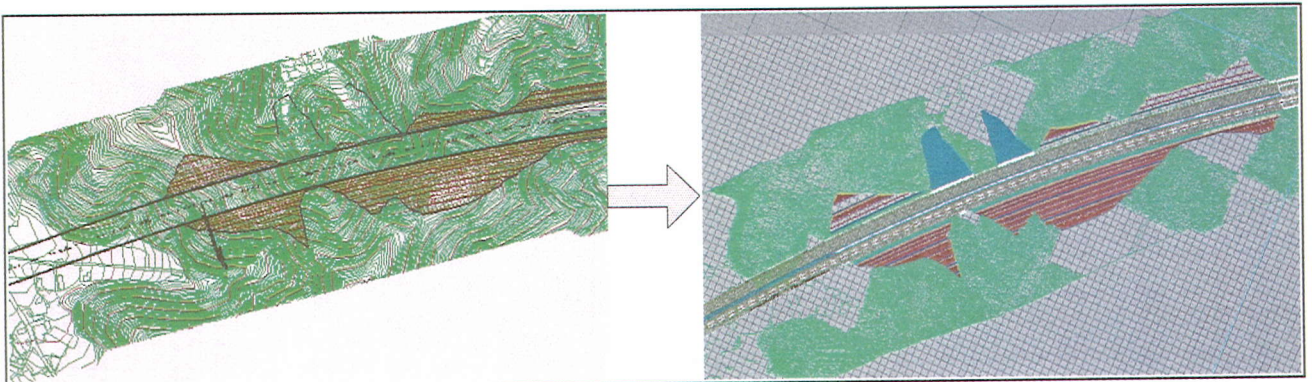


図-4 設計データをモデルデータに変換した例(左:設計データ、右:モデルデータ)

3 設計データのモデリングからCG作成

3-1 CG作成時間の短縮

CGを用いたアニメーションなどを作成する作業はモデリング・レンダリング・レコーディングの大きく3段階に分けることができる。この中で最も作業量が多いのはモデリングで、全体作業量の7割程度を占めている。このため、CGの作成時間を短縮するのはモデリングに要する時間を減らすのが効果的である。

本稿では、後述の道路設計のデータとモデルデータの連動と、橋梁・トンネルモデラーの活用によるモデリング時間の短縮、および前述のモデルデータを構成するポリゴン数を減らす工夫により、CG作成の全体作業時間を大幅に短縮することができる。これらにより、CGが身近な設計手法の一つにできた。

3-2 データの連動

モデリングはワイヤーフレームと呼ばれる三角や四角の線で構成された面で、対象物をGWSやパソコン上に抽象化していく作業である。このワイヤーフレームを組み合わせて地形や、道路、橋梁などを構築していく。

土木分野のように再利用できない設計データで対象物を構築していくことを考えると、このモデリングにかかる全体作業における割合は非常に高いと言える。

本稿で述べるパソコンによるCGでは、道路設計に用いる3次元CADのデータがモデルデータに変換できるため、設計終了時には地形、路面や法面などの基本的なモデリングが自動で行われることが大きな特徴である(図-4)。

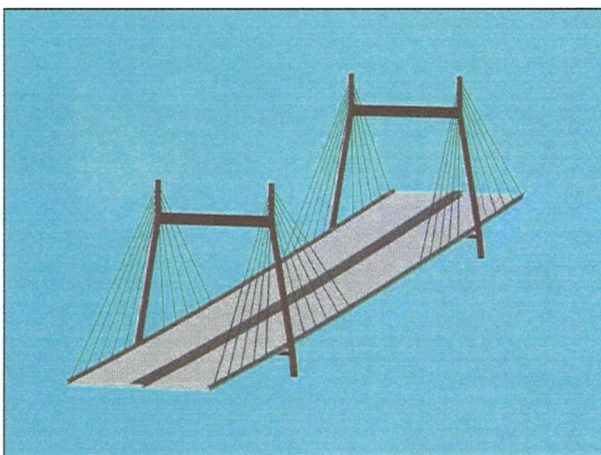


図-5 斜張橋モデルデータ例

3-3 橋梁・トンネルなどのモデラーの活用

土木設計などに特化したソフトがCG作成までを一連の処理として、機能充実できない理由は、前述の通り土木設計が再利用できない設計データの集まりであることが、大いに関連していると考えられる。

筆者達が使用している道路設計の3次元CADも同様で、詳細な橋梁やトンネル、ガードレール、樹木、家屋などはその3次元CAD上でモデリングすることができない。

これは橋梁・トンネルなど構造物の形状はもちろんだが、線形一つをとっても曲線・クロソイド、縦断線形を考慮するとこれら構造物は複雑な形状となるため、システム化が難しいためである。そこで通常は、これらの構造物は汎用の3次元CADでモデリングを行ってきたが、修正が生じた場合に生じる作業は非常に多くの労力が必要になる。

そこでこれらの作業の軽減を図るため、土木構造物の内でも道路・橋梁のモデリングをするのに適した、オリジナルモデラーを開発することにした。開発に当たり、土木構造物の特徴を以下の通りまとめた。

- (1) 道路に関する構造物の多くは道路線形沿いに平行に配置されるものが多い。→ガードレール、植樹など
- (2) 構造物の多くは同断面が連続しているものが多く、これらは同じ断面を線形沿いに繋げることで表現できる。→トンネルなど
- (3) 橋梁は上部工と下部工を分けて考え、特異な形式を除けば、その形状は標準化できる。

これらを考慮して、以下のような仕様を持ったオリジナルモデラーを作成した。

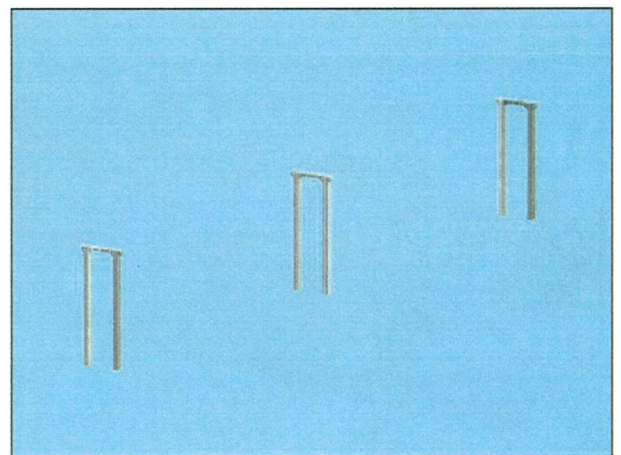


図-6 ラーメン橋脚モデルデータ例

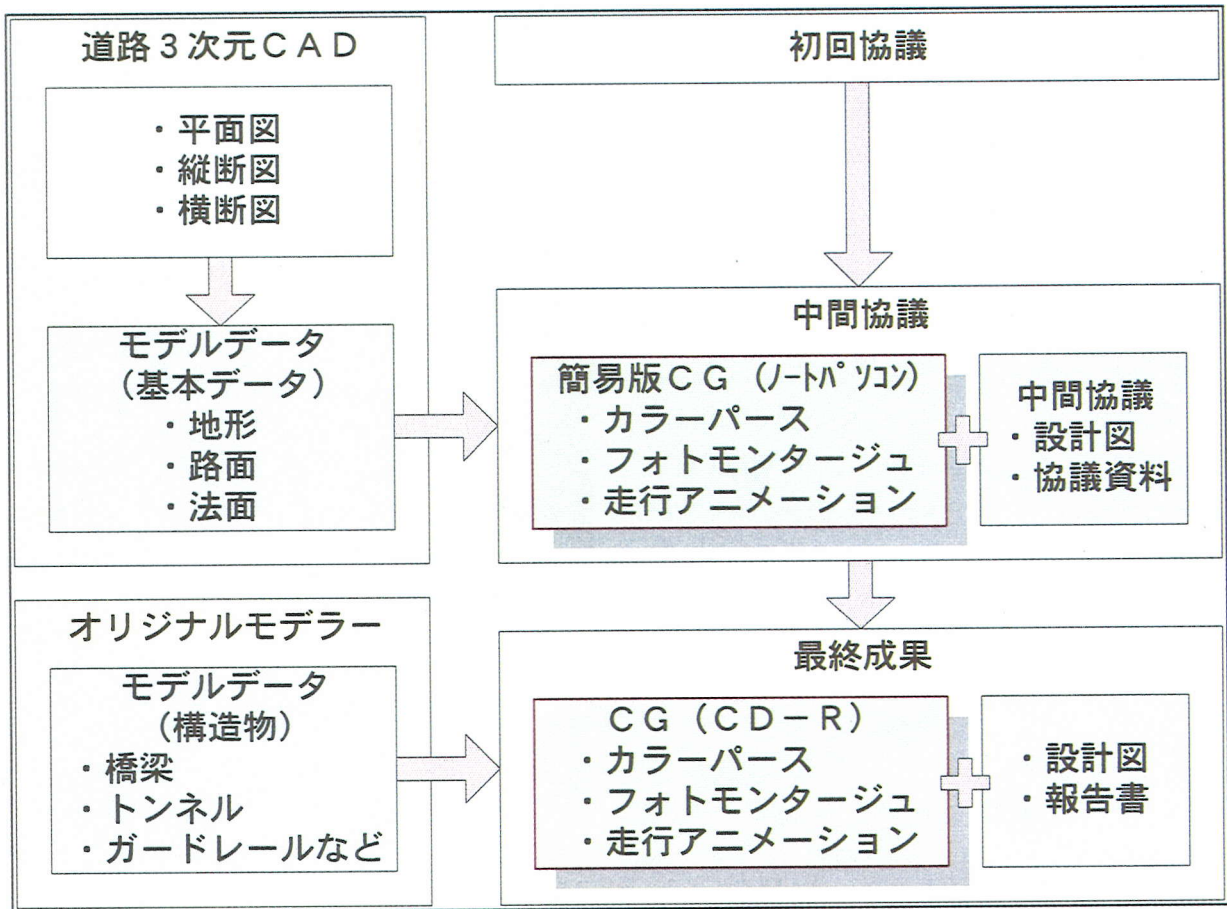


図-7 データの運動と視覚化

- (4) 道路中心線を3次元モデルとして作成する。
- (5) 3次元道路中心線を軸にして平行、直角方向にモデルを配置する。
- (6) 上部工は、桁橋、斜張橋、アーチ橋などを最小の設計諸元を入力することで、3次元モデルデータを自動作成する(図-5)。
- (7) 下部工は円形、矩形、T形、ラーメン形などを最小の設計諸元を入力することで、3次元モデルデータを自動作成する(図-6)。
- (8) 座標は測量および数学座標で作成可能で、測点や追加距離の概念を併せもつ。

これらの仕様を持たせたことで、設計技術者がCGを作成するのではなく、設計図を起こすイメージでCG用のモデルデータを作成することができた。

4 道路設計の視覚化とその応用

4-1 CGの使い分け

これまで、道路の走行アニメーションのインパクトの強さから、CG = 走行アニメーションという、イ

メージが強かった。

しかし、近年ゲームや映画、コマーシャルにまでCGが普及してきたため、発注先の担当者のCGに関する知識も増えてきており、採算を確保したうえで発注先の要求のままにアニメーションを作成することは難しくなってきた。

そこで、道路設計の流れと協議に合わせてCGを作成し、有効利用することにした(図-7)。CG作成は大別して動画(アニメーション)と静止画(フォトモンタージュ・カラーパス)に分けられるが、これらをさらに簡易なものや詳細なものに分けることにした。

4-2 線形検討の事例

これまででもごく限られた区間については、模型により視覚化がされ、線形の検討や法面検討などが行われてきた。しかし、模型は修正が生じた場合の対応が困難であるため、最終案を選定する中で、限られた数案を作成するのが限界であった。このような、線形や法

面の検討などは縦断線形、平面線形、横断構成を3次元的に考察するので、道路設計に用いる3次元CADが最も得意とする部分である。本稿の道路設計に用いる3次元CADで設計からモデリングまでを行った場合、次のようなメリットがある。

- (1) 設計データと連動するためモデルデータが正確である。
- (2) 平面・縦断線形変更が容易に視覚化できる。
- (3) 法面の状況が視覚化できる。

このようなメリットを活かし、設計協議の場では設計図面だけではなく、ノート型パソコンを用いてCGでイメージを共有できると考えている。平面線形や縦断線形に対する検討は走行状態での評価が望ましいので、簡易なアニメーション(図-8)で検討を行い、法面状況については任意視点から静止画で検討できると考えている。⁴⁾

4-3 景観検討の事例

設計が進み、次に協議がされるのは景観である。

景観を検討する場合には、道路を利用しない外側視点に立った場合と道路を利用する内側視点に立った場合の2パターンに大別できる。

外部景観検討とは対象道路を道路利用者以外の視点から検討するもので、主なる対象は地域住民からの視点になる。したがって、外部景観検討は主に固定視点となることが予想される。検討が固定視点であることと、周辺地域との調和を検討するにはフォトモンタージュが有効と考えている。

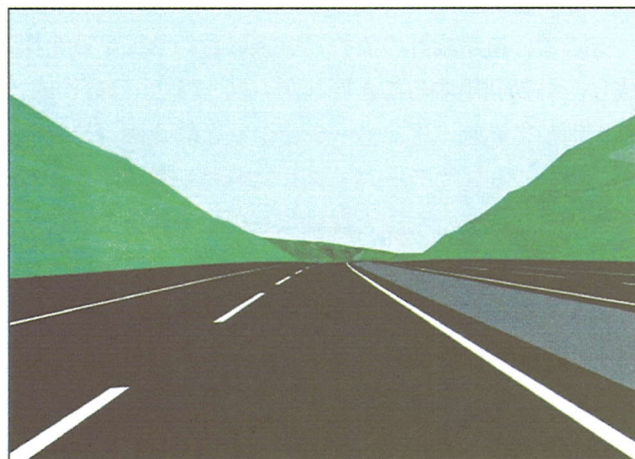


図-8 設計協議用走行アニメーション例

航測写真や現場調査写真の準備が可能であれば、道路設計に用いる3次元CADでの作業が終わった段階では、路線の計画に関わる部分のみを3次元モデルデ



図-9 フォトモンタージュイメージ
(外部景観の検討例)

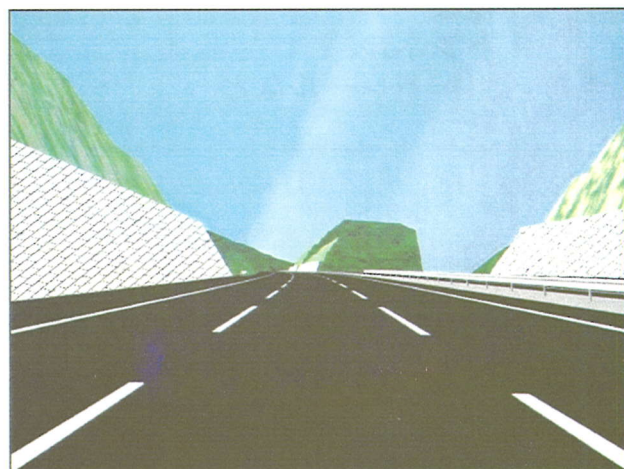


図-10 カラーパースによる橋梁形式
(上:桁橋、下:斜張橋)の検討
(内部景観の検討例)

ータとして抽出し、背景に写真をはめ込んでフォトモンタージュが完成する（図-9）。

フォトモンタージュの利点は、模型やCGだけで地形や建物など計画以外の地物を全て作成するのに比べると、非常に短期間で精巧なものを作成することができることである。

内部景観検討とは対象道路を主に利用する歩行者や運転者などの視点から検討するものである。このように道路内部に限った検討の場合は、検討の対象が主に橋梁や擁壁や植栽の検討であることと、パソコンで扱えるデータ量を考慮するとカラーパースが有効と考えられる（図-10）。

将来的にこれら景観検討は走行アニメーションによる移動視点もあり得るが、パソコンの高性能化に合わせて対応をしていきたい。

4-4 最終設計成果の事例

各協議段階におけるCGの有効利用方法を述べたが、これらのCGを設計成果とする際には検討段階では必要でなかった、成果品質（グレード）を上げる必要性が生じる場合がある。

グレード分けは用途に応じて大まかに2つのパターンに分けられる。

- (1) 照査設計：測点表示、縦断表示、平面位置など設計成果の道路幾何構造を明確にする（図-11）。
- (2) プレゼンテーション：CG自体をリアルにして質感を持たせ、対外協議資料などに供する。

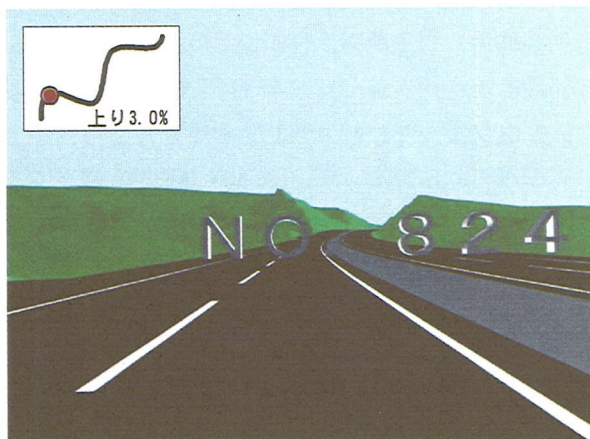


図-11 説明用アニメーション例
(測点、縦断、平面を表示)



図-12 リアルなカラーパースの例
(降雪時の走行イメージ)

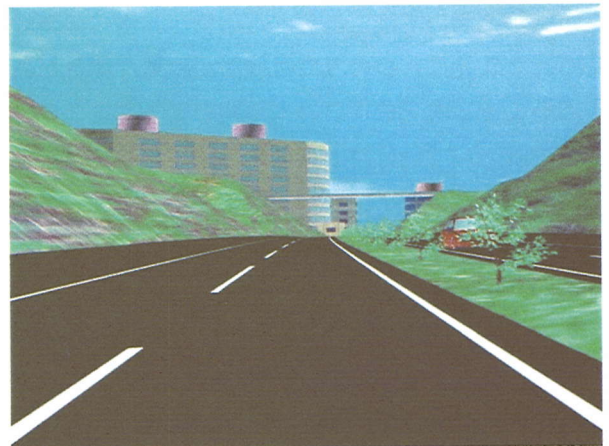


図-13 リアルな走行アニメーションの例

(図-12、13)。

いずれの場合も最終成果を作成するにはデータ量が多くなるので、パソコンだけではなくGWSの利用も必要になる。

なお、成果品の形態はパソコンの普及状況を考慮して、Windowsの標準機能で読込・再生が可能なファイル形式（動画：AVI形式、静止画：BMP形式）で、CD-ROMに保存するのが望ましいと考えている。CD-ROMには書込のできるCD-Rがあり、書込にはCD-WRITERが数万円、CD-R自体が1枚1000円以下で入手でき、安価で手軽に保存できるメリットがある。ただし、電子データはコピーによる劣化がないため、不法コピーに対する配慮が必要である。

4-5 応用事例

今回、このような道路設計に用いる3次元CADとCGを応用して、地下埋設物の配置検討を行った。

検討内容は情報ハイウェイ構想の中で、ITS（高度道路交通システム）のVICS（道路交通情報通信システム）の情報ケーブルが収まる「情報BOX」の配置についてである。

検討レベルは、道路台帳及び占用物図を基に行う道路概略設計レベルであるが、これを手作業で行うと膨大な作業量を要するために、敷設検討は道路3次元CADの平面と縦断の検討機能を応用した。

道路の地下には「ガス、上水道、下水道、電気、電話、有線放送」など多くの地下占用物が埋設されており、その配置検討に道路設計に用いる3次元CADの線形検討機能は非常に有効であった。しかし、一部の市街地においてはこれらの占用物が非常に輻輳しており、3次元CADのみでは検討が困難な場合があった。

そこで3次元CADの占用物のデータをCGソフト側で読込んで色分けと管径を与え、その背景に平面図（ラスターデータ）を配することでデータ量を抑えた状態で、視覚化による配置検討を行うことができた（図-13）。

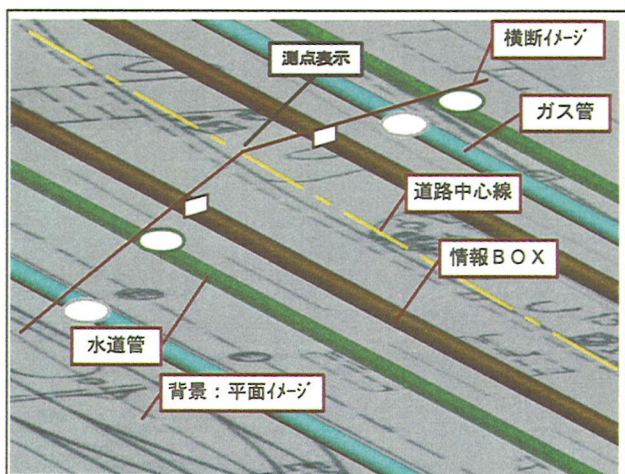


図-13 情報BOX配置検討イメージ

5 おわりに

本研究では道路設計に用いる3次元CADの利用とオリジナルモデラーで作成したデータをパソコン版の汎用CGソフトで加工することで、設計協議の各段階に応じたCGの作成が行えることが確認できた。今後、本稿で提案した「パソコンによるCGと道路設計の視覚化」を一層進め、設計協議のツールとしてCGの利用を普及したいと考えている。

本研究を通じて様々な問題が生じたが、これらの問題解決にはCAD・CGソフト業界へ期待するところ

が多い。今後の本研究の展望と併せて以下に示す。⁵⁾
^{6) 7)}

- (1) CAD・CGソフト間のモデルデータ（DXFなど）の互換性の他に、マッピング素材（BMPなど）も含んだ属性情報の受け渡しを可能とする。また、その際には時間軸の概念があり、径年変化による法面植栽や橋梁の塗色状況の変化などの表現を行う。
- (2) 建設CADの進捗にあわせ、将来的にはステレオ航空写真の自動解析による3次元地図データ（DTM）の提供及び3次元CADの利用が促進され、さらにCGを用いた視覚的な協議を進める。
- (3) 現状は経験と勘に頼っているフォトモンタージュ作成を、対象構造物を背景写真上の正しい位置に描くための視点抽出機能と、その構造物と背景写真の前後位置関係を判断する機能が必要である。

今後の課題として、インターネット上の3次元開発言語としてVRMLが浸透してきているが、その動向を注目したい。

（参考文献など）

- 1) 日経BP社、日経コンストラクション：セナ-報告、1996年12月27日号
- 2) 福地良彦、林一郎：施工管理へのCG7-メ-ションの適用、第21回土木情報システムシンポジウム論文集、PP75-82、1996年6月
- 3) 新井伸博、吉田茂喜、笹川滋：3次元CADによる道路設計と走行シミュレーション、第21回土木情報システムシンポジウム論文集、PP1-6、1996年6月
- 4) 吉田茂喜、植野宏、NGUYEN SON HOA：パソコンによる路線選定の手法としての走行シミュレーション、土木学会関東支部講演会、PP484-485、1997年6月
- 5) 土木学会 土木情報システム委員会：土木CAD小委員会研究報告書、PP98-154、1995年4月
- 6) 建設省建築研究所：建築研究資料No85 3次元CGによる土木建築施設のための景観検討システムプロトタイプ版-、1995年9月
- 7) 建設省建築研究所ホームページ、1997年5月
(<http://www.kenken.go.jp/>)