

# 高速道路の景観設計における コンピュータ・グラフィックスの利用

本州四国連絡橋公団

森 章

熊野善彦

(株) 本州四国連絡橋エンジニアリング

堤 剛

(株) 大林組

正員 浜嶋鉦一郎

## 1. はじめに

高速道路の施設の設計等で景観的に検討する場合、高速走行している車の運転者からの景観の見え方をシミュレートして評価することは、運転者からの見え方を確認し、交通安全上の効果や人間工学的な景観設計を行なう上で非常に有効である。これはフォトモニターによる静止画の他に、動画(アニメーション)により表現する手法が用いられてきた。従来、道路走行のシミュレーションは以下の理由により十分活用されていなかった。(1)視点の移動に伴う背景の三次元モデルを作成するのに膨大な情報処理を必要とした。特に横断的または縦断的な勾配をもつ道路では、微妙に変化する道路面形状を設計図どおり、シミュレートすることが難しい。(2)動画の原画作成に膨大な時間と労力を要し、簡略化された線画の表現では、実在感に欠ける。(3)道路構造を含め、背景の比較案を作成する場合に、三次元モデルの修正が容易ではない。(4)走行条件、視角条件等の修正が容易ではない。視点移動、つまり車の走行は、等速度走行および加減速走行を繰返し、車線変更など各車による条件差も大きく自由度が高い。そのため、縦断勾配や横断勾配に追従した位置を効率的に計算することが難しい。

本文では、道路の景観要素の効率的なモデリング方法と車の走行軌跡のシミュレーション方法について説明し、実施例を紹介する。

## 2. 高速道路の景観評価

高速道路に関連する景観は、(1)道路の外側にいる人が道路を見る景観、(2)道路を走行中の利用者が車の中から道路の外を眺める景観、(3)運転者が車の運転に必要な情報を得るために見る道路内の道路標識や近接して走行する他の車の景観、に分類さ

れる。(2)と(3)の景観は、走行中の車からの景観である。高速で移動している状態は、景観の認識度が静止した状態と異なるため、景観を適切に評価するには、アニメーションが適している。

以下に景観評価の目的を述べる。

### (1) 情報伝達

運転者は、安全かつ快適に目的地へ移動するために、常に現在位置、前方の分岐、合流、施設の存在、路面の状態、渋滞や工事の状況などの種々の情報を得て準備しておく必要がある。運転者が慣れていない道路では、道路案内の情報を手掛りに意思決定を行なう。インターチェンジやジャンクション付近では、本線からランプへ降りる車に対して、車線変更に要する時間を十分与える位置に道路案内を設置する必要がある。車に視点を置いたアニメーションを制作すると、運転者が案内標識をどのように認識できるかを体験的に判断できる。

### (2) 良好な景観の創造

周辺地形の美しい景観の眺望確保は、長距離ドライブに期待されているところである。しかし、住居地区での防音壁の設置は、これらの道路からの景観を奪うことになった。これを緩和するために、防音壁を装飾したり、透視性材料やスリットを用いて防音効果を保ちながら眺望が可能な防音壁も利用されている。これらの設計や植栽設計、付帯構造物の設計に運転者や同乗者の視点からシミュレーションを行なう。

### (3) 走行評価

道路構造に対して運転者がどのように反応するかを検証し、交通安全策や交通規則の必要性等について、完成前にシミュレーションを行なう。これには、他車の走行映像を入れることによって現実に近い形とする。

### 3. システム概要

高速道路の景観アニメーションは、既存のシステムを組合せて制作した。三次元形状のモデリングと視点移動の設定は、既存プログラムを改良したり、新規にプログラムを開発した。また、アニメーション画像の作成は、EWSの既存アニメーション作成システムを利用した。ホストコンピュータで作成した景観の三次元データおよび視点データのフォーマットを変換し、LANで接続したEWSにデータを転送して処理した。システムと使用機器の構成は、表-1にまとめた。

### 4. 道路景観のモデリング

#### (1) 道路景観要素の構成

道路景観を構成する要素は、表-2に示されるように種類が多い。これらの形状データが効率的に作成される必要がある。

#### (2) 道路線形を利用した3次元形状データ発生プログラム

道路形状の設計は、道路中心線の形状を平面上の線形条件（平面線形）と中心線の縦断面の線形条件（縦断線形）により定義する。道路は直線と曲線で構成され、平面線形は、道路の始点と終点およびその間の曲線部分の変化点の平面座標値と曲線半径で定まる。縦断線形は、道路の始点から道路中心線上の延水平距離と高さの座標系による変化点の座標値により設定する。

具体的に作成する形状は、①断面形状の座標値、②道路方向に作成する対象物の間隔、③作成する個数、④作成を始める位置、などのデータにより作成され、平面図および透視図によるチェック図を表示できる。図-1は、道路面、レーンマーク、ガードレールの出力例である。

#### (3) 標識データの作成プログラム

道路標識は、行き先の地名、方向、道路名称などを表記して、情報を伝達するものである。これらの入力には、ディジタイザーを用いる。今回は、文字の配置形状を矩形で入力した。

#### (4) 地形および植栽形状

地形は、メッシュデータから三角形平面データを作成する。植栽は二次元データである。

表-1 システムの使用機器の構成

サブシステム	機器	内容
1. モデリング	(汎用コンピュータ) IBM3081	・道路形状のモデリング ・地形形状のモデリング ・道路標識のモデリング ・構造物形状のモデリング ・3次元データの出力
2. 車の動き、視点の動き作成	(汎用コンピュータ) IBM3081	・車の動きのデータ作成 ・視点-注視点データの作成 ・データの出力
3. データの管理	(EWS) INTERGRAPH	・データの管理 ・データのチェック
4. データ転送	(EWS) IBBM6100	・データ転送
5. アニメーション画像のレンダリング	(EWS) HP9000	・アニメーション画像の作成

表-2 道路景観の構成要素

1. 道路横断構造データ	(5) 植栽
(1) 道路面	・本線トンネル坑口
(2) レーンマーク	・換気塔周り
(3) 防護柵	・跨道路橋脚周り
(4) 法面工種	・中央分離帯
・植生工で緑化	・分岐ノーズ
・コンクリート張り(全面)	・ランプ沿い
・コンクリート法(格子枠+植生工)	・トンネル坑口上面
(5) 施設広場、平場	(6) 道路情報板
(6) トンネル内空、付帯設備	(7) 案内標識
・コンクリート内壁	・トンネル名称・IC出口
・路側帯	(8) 警戒標識
・監視員通路手すり	・屈曲
・内装板	・車線数減少
・照明	・車間距離確保表示板
・消火栓	・トンネル内点灯
2. 道路構造物データ	・ラジオ再放送
(1) トンネル坑門工	(9) 照明
(2) 換気塔	・テーパーポール
(3) 料金所	・Y形ポール
(4) 跨道路橋	・料金所 トラス支柱照明

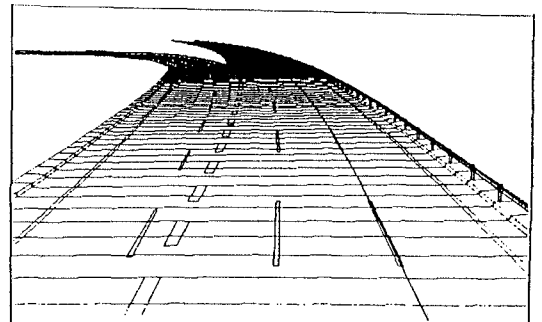


図-1 道路形状データの出力例

## 5. 走行車および視点の動き

道路の景観要素は、地形や道路などの固定したものと、道路上を走行する車のデータで構成される。車の走行シミュレーションには、他の車の走行も必要である。走行する車の速度は、任意に想定して自由に設定できるようにした。

### (1) 車の動きのシミュレーション

道路を走行する車の軌跡は、千差万別と言える。速度変化、車線変更を考慮して、車の軌跡は道路中心の線形データとの関連条件により自動的に計算する方法を開発した。

#### a) 平面線形条件データ

車の軌跡は、キーポイントの位置を道路中心のデータを基準にして、道路の始点からの距離とそこでの断面方向の移動量を指定する。キーポイントでの曲線半径を適当に指定すれば、平面線形が決まる。

#### b) 走行速度の指定と平面位置の計算データ

走行軌跡の設定は、走行位置(始点からの距離)とその地点における速度および加速度を与える。アニメーションは1秒間に30コマの画像を作成することで、1コマ毎の走行軌跡の平面座標値を計算する。

#### c) 1コマ毎の車の高さの計算

道路高さは、道路中心線の縦断線形の条件により計算できるため、走行軌跡の平面座標値から道路中心線に垂線を降ろし、道路中心線上の距離を計算する。その後は道路中心線上の高さ、横断勾配の条件、断面方向の距離から走行軌跡の高さが計算される。

### d) 複数の車の動き

車の軌跡は、1台ずつ指定する。速度の変化を与えると車の衝突や接近し過ぎが発生するため、各条件を平面表示のアニメーションによりチェックできるようにした。

### (2) 道路走行の視点の動き

道路走行の車の軌跡が路面の高さで計算されるので、運転者の目の位置はいずれの車についても一定値を加えて求める。注視点は、常に前方を見るように、5コマ先の視点を自動的に設定する。道路の外側の景観アニメーションを作成する場合は、注視点を任意に指定する方法を用いる。

## 6. 適用例

適用例は、兵庫県神戸市に建設中の本州四国連絡道路と大阪湾岸線、神戸西バイパスとが接続する垂水ジャンクションである。本ジャンクションは、トンネル出口に近接しており、3車線の本線から案内標識を認知した後、無理なく2車線のランプへ移行できることが必要となる。ここでは、ランプへ移行する運転者へ情報を伝達する方法として、案内標識をどのように配置するかを検討の主題とした。

### (1) モデルの概要

今回の評価は、図-2に示すように垂水ジャンクション付近で特に検討を要する道路部分について行なった。シミュレーションの区間は、舞子トンネルから垂水ジャンクションの料金所までである。

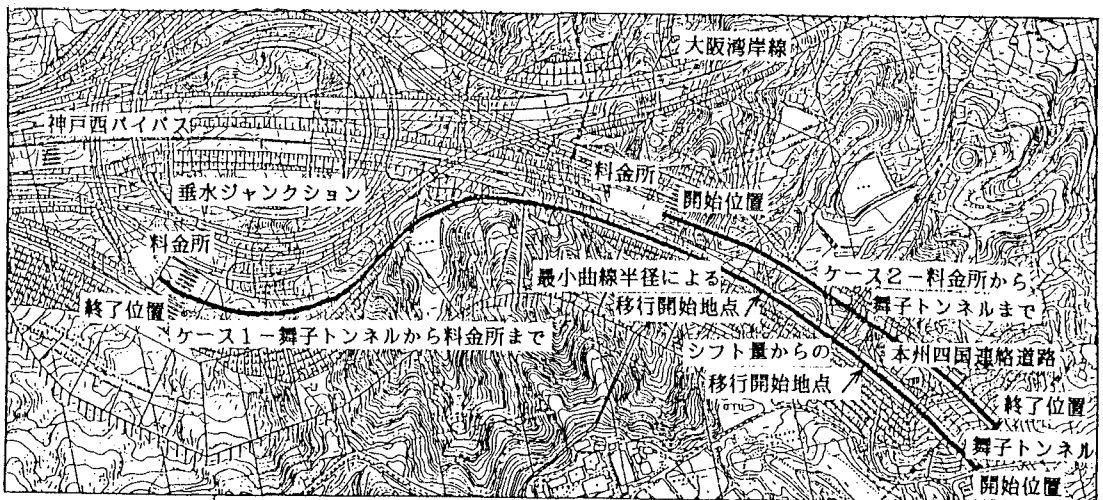


図-2 シミュレーションの位置図

## (2) シミュレーションの方法

3車線ある本線の右側車線を走行中の車が、走行速度80km/hrから車線をシフトしながら、ランプに入り50km/hrに減速し、料金所で停止する。走行距離は、1.03kmである。これを以下の2種類の移行方法でシミュレートした。図-3、図-4は、同一走行地点での走行位置の違いを示す。

### a) シフト量からの移行

これは、1車線分の車線変更に要する走行距離で車線をシフトし、ランプに移行する車の動きにより、アニメーションを作成したものである。シフト量は、走行速度に比例し、この場合は時速80kmで168mである。

### b) 最小曲線半径による移行

これは、時速80km/hrのときに走行可能な最小曲線半径768mで車線移行し、ランプに移行する車の動きである。車線移行を始める位置は、出口案内標識の手前であり、運転者の素早い対応が必要とされる。

## (3) 他の車が走行中のシミュレーション

他の車がいるときの方が、実際のイメージとなる。図-5は、前方に車が走行している例である。

## 7. おわりに

高速道路を走行する車からの道路内の景観についてシミュレートし、その結果をアニメーション画像にして、道路標識などの設置位置の評価を行なった。

本文では、以下の結論を得た。

- (1) 道路形状等の景観要素を作成するための専用システムの開発により、作業が効率化された。
- (2) 道路景観のモデリング量が把握できた。
- (3) 走行中の車の軌跡のシミュレーションにより、実際の景観評価が可能となった。
- (4) アニメーションは、道路標識等の設置の設計に対して、景観評価の効果が大きい。

今後も作業時間を短縮させることが課題となる。作業時間の大部分が景観要素のモデリングに要する時間であり、モデリングの自動化機能の追加や部品の整備を行ない、高速道路の計画、設計、ユーザーサービス等多方面に対しても広く容易に適用できることを目指したい。

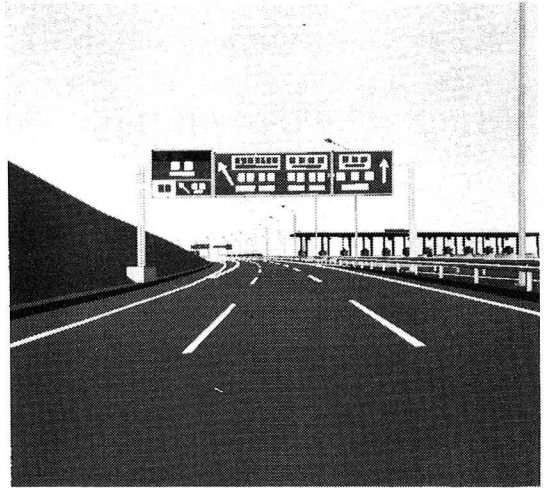


図-3 シフト量からの移行

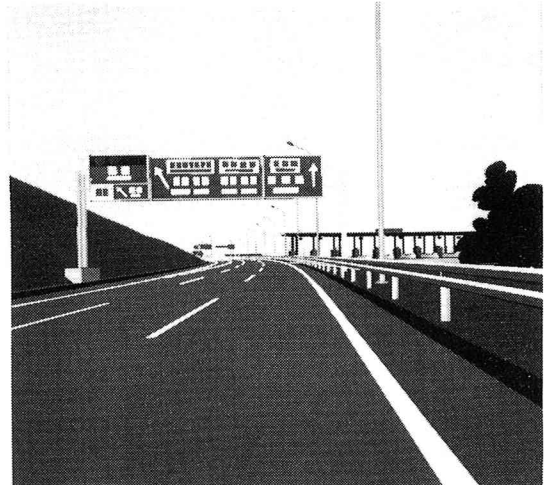


図-4 最小曲線半径による移行



図-5 他の車が走行中のシミュレーション