

コンピュータグラフィックスを用いた 道路形態評価について

建設省土木研究所 中村 亮
建設省土木研究所 池原圭一
㈱ ウ エ ス コ ○黒田昭一

1 装置開発の背景

近年、道路交通の増大及び運転者の高齢化や女性ドライバーの増加に伴って、道路に対するニーズも多様化してきており、中でも安全性・快適性に優れた道路の整備が強く要求されている。このような社会的要請に対して、従来の実車を用いた現場走行実験や試験走路での実物大道路模型実験だけでは設定条件・被験者等に制約があり、特に高齢者・女性・身体障害者を被験者とした実験においては被験者の安全性や実験条件の再現性に問題が多く、実施が困難なものが多くなっている。

そこで、実際走行によるデータ収集が困難な実験についても安全性と再現性を確保しながら広範囲の条件のもとで精度良く実験を行う手段として道路走行シミュレータを開発した。

2 道路走行シミュレータの概要

道路走行シミュレータは、道路状況及びドライバーの運転操作に応じて車両の挙動を計算するとともに、そのときドライバーから見える前方視界をCGI (Computer Graphics Image) 画像により模擬することにより、ドライバーの運転操作と車両の挙動等を計測しこれらの相関関係から走りやすい道路形態を評価検討するための装置である。

(1) 全体システム構成

本装置の見取り概要図及びシステムフローをそれぞれ図-2及び図-3に示す。本走行シミュレータシステムの概略機能としては次の5点があげられる。

①道路構造基本データの任意作成

平面・縦断線形、横断構成、横断勾配等の基本データを任意に作成でき、本線・インターチェンジ等の各道路条件下でそれらの構造を展開できる。

②沿道環境の構築

郊外部を想定し、テクスチャをもつ建築物、野原、雲等の遠景を発生する機能を有し、走行感覚や臨場感を高める。

③時間帯及び天候の変更機能

基本画像 (昼間、晴) に対して、配色データを

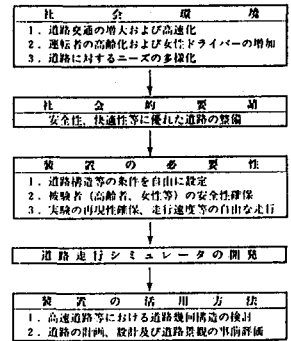


図-1 走行シミュレータ開発の流れ

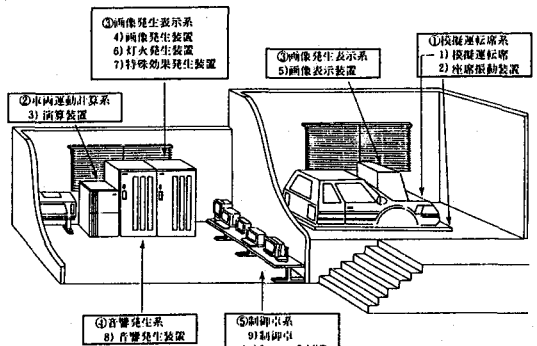


図-2 走行シミュレータの見取り概要図

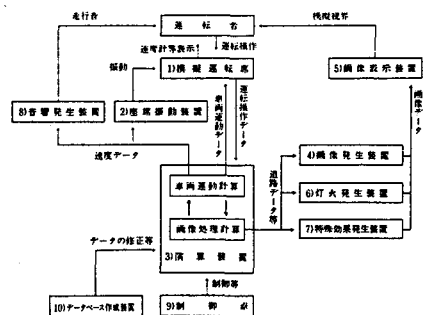


図-3 システムフロー図

差換えることで、時間帯（昼間、薄暮、夜）や、天候（晴、曇、雨、雪、霧）の状況を変更再現可能。

④被験車両

普通乗用車（2,000cc、AT車）をモデル被験車とし、加減速特性、旋回特性等の車両性能は変更可能である。また、実験想定状況に応じて路面摩擦係数も変更可能である。

⑤単独及び集団走行

各実験状況下での単独走行（路上障害物・停止車両等の回避又は停止）及び集団走行（対向車とのすれ違い、先行車への追従、追越し等）が可能である。

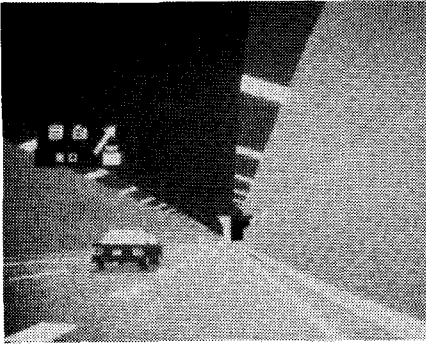


写真-1 画像表示例

表-1 各機器の概略機能

構成	機器	概略機能
①模擬運転席系	1)模擬運転席	・自動操縦（ハンドル、ブレーキ、アクセル、方向指示器等）
	2)座席駆動装置	・10～30Hz程度の振動模擬
②車両運動計算系	3)演算装置	・道路状況、運転操作に応じた車両運動模擬 ・車両運動計算周期30m/秒、遅延時間 150ms ・データベース容量 5000平面
	4)画像発生装置	・画像更新1/30秒 ・画面表示能力 500平面 ・画像イテラティブ発生可能
③画像発生表示系	5)画像表示装置（無閃速対応CRT方式）	・視野角 114° × V30° ・輝度 4ft-L(13.7cd/m²) ・表示解 1000×1280画素/画面 （解像度約3分位）
	6)灯火発生装置	・昼間、薄暮、夜間を再現可能
④音響発生系	7)特殊効果発生装置	・クラスチャ投球音など
	8)音響発生装置	・エンジン音、ブレーキ音など ・50Hz-3kHz, 100dB程度
⑤制御系	9)制御卓	・システム全体の制御機能、監視機能、緊急停止機能 ・任意時刻の画像再生およびプレイバック機能
	10)データ作成装置	・データベースの作成および変更を行う装置

(2) 走行模擬基本機能

本装置部は模擬運転席系、音響発生系、画像発生表示系、車両運動計算系及び計測記録制御をおこなう制御卓系の5つの機能部から成り、被験者の運転操作（ハンドル、アクセル等）に反応して画像化された道路環境を微小計算周期によって更新する人間応答型シミュレータの運転基本部である。

各機能部の特徴を表-1に示す。

(3) 道路構造データ作成機能

本装置部は、道路走行模擬装置基本部に付属し、本体の演算装置及び画像発生・表示装置とリンクすることで道路基本幾何（平面・縦断線形・構断構成）を中心とした実画像環境の構築又は修正を行う装置である。

図-4に画像構築データ作成フローを示す。

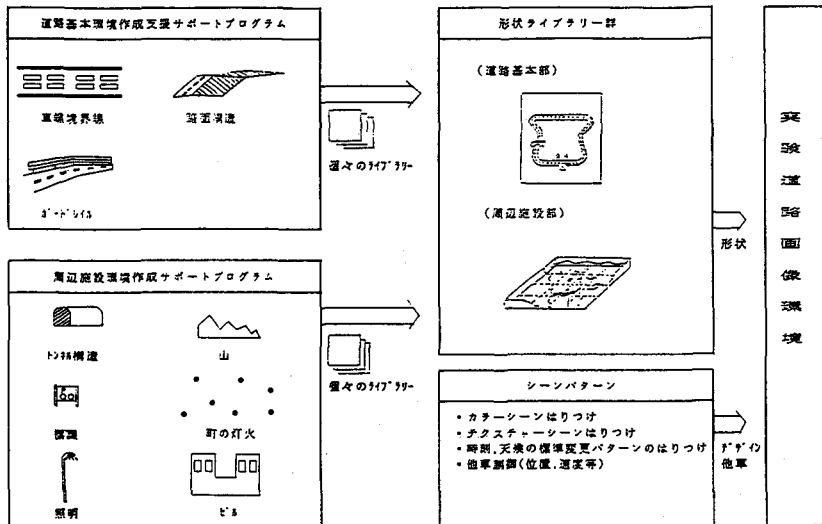


図-4 画像構築データ作成フロー

3 シミュレータの性能検証

走行シミュレータを用いた試験走行により道路形態評価を行う場合、実車走行との相関性を把握することが前提となる。そこで、同じ実験環境下での実車走行試験結果と模擬走行試験結果とを比較検証することで、シミュレータの模擬性能に関する検討を行った。実車との整合性を検証する方法としては各機能性能の検証及び実走行比較検証の2つに分けられる。ここでは、機能性能のうち車両運動方程式について比較検証をおこなった。

車両運動方程式を用いてモデル上の操縦性・安定性試験を行うことにより、この結果と実車の結果と比較すれば、比較的容易に両者の整合性を検証することができる。操縦性・安定性試験の一つに車両の動的な特性（ダイナミクス）を調べるためのステップ応答試験があり、このような状況を車両運動方程式においても再現して、実車との整合性の検証をおこなった。検証フローを図-5に示す。車両運動方程式及び関係諸元についてはここでは省略する¹⁾。

図-6に車速100km/hにおけるヨー加速度（重心を通る上下軸回りの角加速度）の模擬結果と同一諸元の車両を用いて行った実験結果を示す。立ち上がり直後の模擬結果のオーバーシュート量（ハンドル回転直後に現れる過度の加速度）が実験結果よりもやや小さいが、概ね模擬結果と実験結果とは整合がとれている。

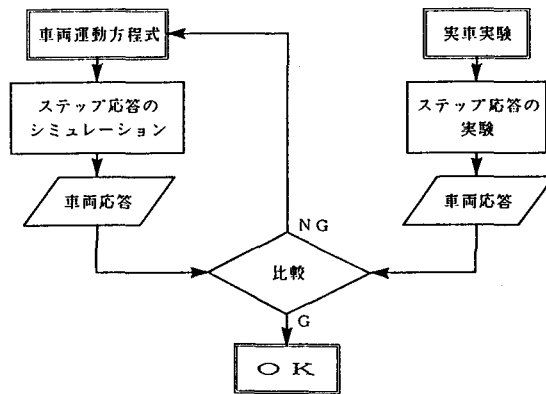


図-5 検証フロー

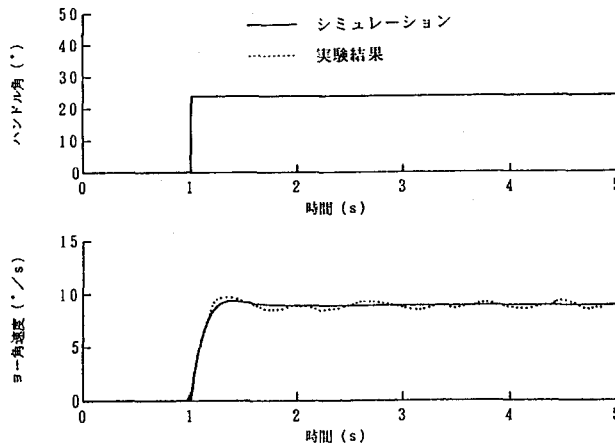
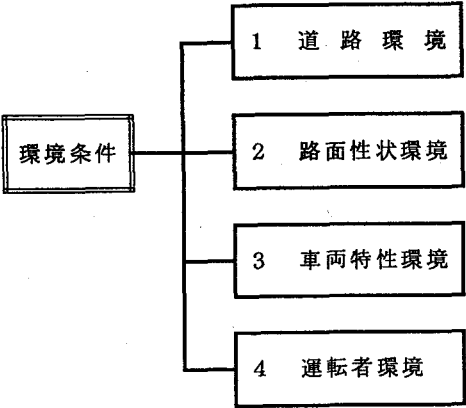


図-6 模擬結果と実験結果との比較

4 道路形態評価に対する試み

本走行シミュレータにおける走行環境条件としては右の4つの環境カテゴリーのなかで様々な組合せにおいて設定可能である。



実走行環境も、この4つのカテゴリー中の各環境要素の組合せで構成されていることから、本走行シミュレータにおいても、視覚による反応効果を考慮して、実験解析の目的に見合った適切な環境要素の組合せとパターン分類を行うが必要になってくる。ここでは、これらの環境条件のうち道路画像環境をとりあげ、その基本要素である基本幾何構造についてのパターン分類について考察する。

（道路画像環境における基本幾何構造のパターン分類）

運転者からみた道路視覚形態は無限の変化設定があるように思われる。実際、道路線形をはじめとする各種パラメータは連続的に変化し、道路周辺施設の形状も無限変化が可能であり、結果として得られるCG透視形態も無限の変化がある。しかし、透視形態パターンを有限個にパターン分類を行い、パターン相互の関係を明確にすることは反応特性指標値を解析する上で重要である。

基本幾何構造は平面、縦断線形等の基本線形と車道、中央帯等の基本横断構成に分けられる。このうち基本線形の表現形式としては二次元、三次元及び四次元の3つに分類される。

道路計画においては、二次元表現を基本とした縦断と平面線形が別々に表示された表現法が主流である。これは、道路の中心線は元来、三次元曲線ではあるが、その勾配変化率が極小であるという線形の平坦性と計画高の座標計算に対する利便性によるものと考えられる。また、平面曲線の曲率の度合を示す曲率図においては平面長を関数として表す自然方程式表示がされているのが通常である。

透視形態を有限個にパターン分類するということは、線形を立体的な3次曲線として考えるということに他ならず、今後、透視曲率の概念等を参考とした透視形態の分類をおこない、道路構造の3次元幾何基準策定に向けて各種実験を試みたい。

表 - 2 道路基本線形における表現形式

表現形式		表現内容
二次元表現	平面 (x,y)	直線、単円、緩和曲線
	縦断 (y,z)	直線、縦断曲線
三次元表現 (x,y,z)		平面・縦断の組合せ、透視図による線形表現
四次元表現 (x,y,z,t)		曲線率、曲線周期

参考文献

1) 柴田・岩本ら：道路走行シミュレータに関する共同研究報告書(その2)、土木研究所・自動車研究所 共同研究報告書第78号、1992.3