

ドライビングシミュレーションにおける走行、交通、道路構造の

バーチャルリアリティ最適モデリングの考察

* (株)フォーラムエイト 正会員 ○清水駿太
(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 後藤秀典
首都高速道路(株) 須長順行

1. はじめに

平成 22 年 3 月 28 日に開通した首都高速中央環状線山手トンネル (3 号渋谷線~4 号新宿線間) の南端に位置する大橋ジャンクション (以下、大橋 JCT) は、地下トンネルから高架構造までの高低差約 70m を 2 週のループで結ぶという前例の無い構造をしている¹⁾。特殊な構造ゆえ従来とは異なる様々な安全対策が施されており、設計段階において対策の有効性を検証するためにドライビングシミュレータ (以下、DS) による走行実験が行われた。

DS を使用するメリットとして、運転操作に意識を向けた状態で検証することができ、より現実に近い効果が期待できることが挙げられる。特に大橋 JCT は見通しの悪いカーブが連続することから、DS による検証が非常に有効である。使用した DS は図 1 のような 3 画面タイプのもので、スペックは表 1 に示した通りである。実験を行うにあたり、フォーラムエイトの UC-win/Road Ver3.3 を使用して大橋 JCT のバーチャルリアリティ (以下、VR) のデータを作成している。

本稿は、DS で使用する VR を作成するに当たって行われた取り組みについて報告を行うものである。



図 1 3 画面ドライビングシミュレータ装置

表 1 パソコン、モニタのスペック

| | |
|--------|---------------------------|
| CPU | Intel Core2 X6800 2.93GHz |
| メモリ | 2GB |
| GPU | nVIDIA GeForce 8800GTX |
| モニタ | 42 インチ LCD×3 |
| モニタ解像度 | 1360 × 768 |

2. VR データの作成

2.1 道路構造の作成

走行実験を行うため、大橋 JCT が含まれる 3 号渋谷線および山手トンネルの VR データを作成した。再現区間は、3 号渋谷線池尻出入口付近~大橋 JCT 上り側分合流部、山手トンネル富ヶ谷出入口付近~大橋 JCT である。設計者より受領した図面、資料を基に平面線形、縦断線形、横断面の構造を作成している。なお、VR のベースとなる地形データには国土地理院の 50m メッシュ標高データが使用されている。

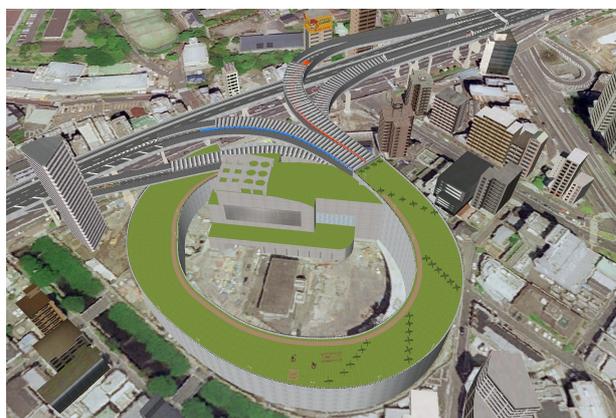


図 2 VR で再現した大橋 JCT

2.1.1 線形の作成

平面線形の入力には IP 法が用いられ、円の曲率やクロソイドの入力によって複雑な JCT 内の線形も正確に表現している。分合流部では線形同士が接続され、DS で走行する際には連続して走行することが可能である。縦断線形も勾配および VCL の入力によって正確に表現している。

2.1.2 横断面の作成

横断面は、高架区間では高欄等の高架構造を、ループ部およびトンネル区間ではボックス断面もしくはシール

Keywords : 交通安全, バーチャルリアリティ, ドライビングシミュレータ, 3D, モデリング

* 連絡先 : simizu@forum8.co.jp
(Phone) 03-5773-1888

ト断面を表現している。また、路面の幅員構成の変化や最大 10%に及ぶ横断勾配とその変化も表現している。DS で走行するに当たって、路面のうち車道およびゼブラゾーン内を走行できるデータ構造とした。平面、縦断、横断を合わせて表現できることから、DS での走行時には実際の道路を運転した場合に非常に近い運転感覚で操作することが可能である。

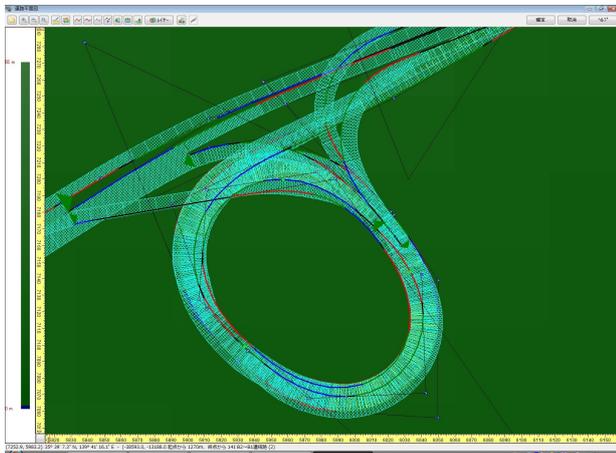


図3 平面線形の入力

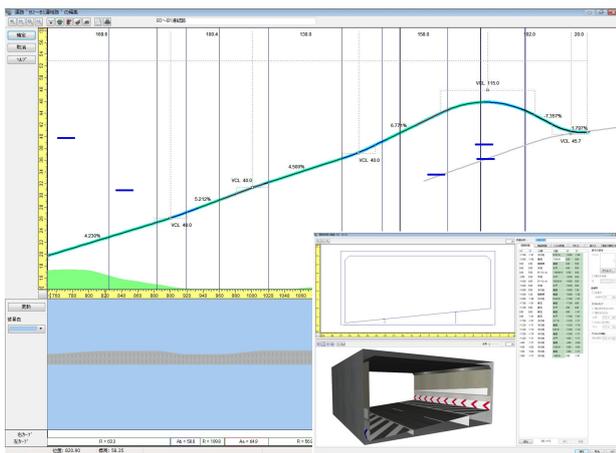


図4 縦断線形、横断面の表現

2.2 3Dモデルの配置

実際と同様の運転環境を表現するため、道路周辺の配置物の再現を行っている。再現したものは主に3号渋谷線の橋脚、安全対策の検証で使用する情報板、標識柱、トンネル信号、非常設備である。道路沿いの配置物については道路構造を基準として起点からの位置、左右の位置、高さ等を入力することで道路に沿った配置が可能で、配置位置の調整等の修正作業を迅速かつ容易に行うことができる。

また、大橋 JCT 周辺を取材し、当時の現況における目立つ建物を再現している。建物は 3D モデリングソフトを使用して作成した 3D モデルを読み込み、50m メッシュの地形上に配置している。

2.3 案内表示の表現

走行実験の際、ドライバーは実際の運転と同様に案内

標識や路面標示を確認して行先を判断するため、これらの表現も行っている。いずれも道路構造を基準として位置、サイズを指定できるため、3D モデルと同様に配置、修正作業を容易に行うことができる。

2.4 走行支援策の表現

対策の有効性を検証するための表現を VR データで行っている。

2.4.1 色による誘導の表現

検証内容の1つとして、ドライバーが安全に分岐を認識できるよう、方面別に案内表示を色分けする案が盛り込まれた。具体的には、都心方面を赤色、郊外（東名）方面を青色とし、路面や標識、壁面のカーブ警戒ゼブラ等を色分けするというものである。

2.4.2 壁面デザインによる勾配の認識

特に下り勾配において、ドライバーが勾配を意識して速度を抑制することができるよう、勾配を感じさせるような三角形の模様を壁面に描く方法が検討された。

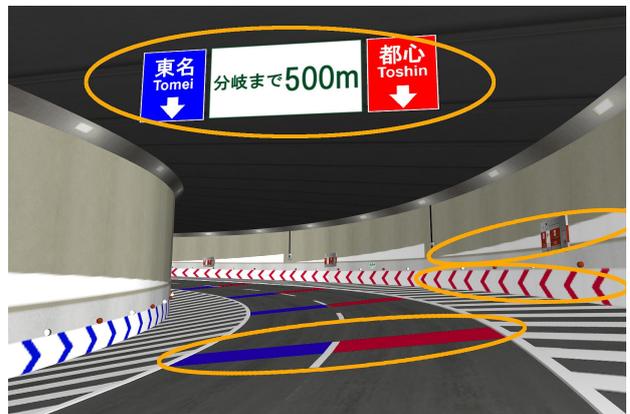


図5 色による誘導および壁面の表現（当初案）

2.4.3 情報板による渋滞の予告

JCT 内は見通しが悪く、前方の様子が把握できないため、渋滞発生時の追突対策として天井に設置する情報板で警告を行う方法が検討された。VR でも実際と同様 2 種類の内容を交互に表示させている。

2.5 安全施設の表現

トンネル、覆盖区間における運転環境を現実に近づけるため、ドライバーから見える安全施設の表現を行った。表現した内容は、照明（白色プロビーム）、消火栓、非常電話、非常口、非常口誘導灯、火災検知器等である。

2.6 交通流の表現

検証内容には、大型車によって標識等の走行支援策が見えにくい状況や、並走車両によって車線変更のタイミングが取り難い状況における検証が盛り込まれた。これに対応するため、検証のパターンごとに周辺交通の出現位置を車両ごとに設定している。なお、周辺交通はドライバーが運転する車両を認識し、必要に応じて速度を落として衝突を回避するため、追突されることは無い。



図6 大型車で視界が遮られるパターン

2.7 問題点とその対応

走行環境を表現する際に問題となったのが、配置間隔がまちまちな壁面の縦の溝と、それに合わせて描かれる三角模様の表現である。走行環境を表現する上では間隔とサイズも忠実に表現するのが好ましいが、パターン異なる模様を多数描くのは非常に手間がかかり、VRデータの構造が複雑化してしまう。検討の結果、最も多く見られるパターンに合わせ、一定間隔で配置することとなった。このようなランダム性の表現はVRを作成する際の重要な課題と言える。

3. 走行実験を行うにあたっての留意点

3.1 車両挙動

車両運動モデルは車種によって複数パターン用意されている。運転する車両の挙動については実験の前に関係者に意見を聞き、加速性能や上り坂での登坂性能など一般的な乗用車のイメージに近い表現となるよう設定を行っている。なお、DSの機能の都合により実験当時は下り坂でのエンジンプレーキを表現することができなかったが、現在はプログラムの改良によってエンジンプレーキの表現が可能となっている。

3.2 3画面表示による視界の確保

使用したDSは前方および斜め前を表示させる3画面タイプである。1画面では視界が限られるが、3画面とすることで左右の視界を広げることができる。画面上にはハンドルやダッシュボードなど車内のイメージを表示することができるため、ドライバーは車線の中央を走行するイメージを簡単につかむことができる。また、サイドミラーやルームミラーに映る後方の視界の表示が可能のため、車線変更時に後続車両を確認できるほか、自分が車線の中央を走っているか確認することができる。

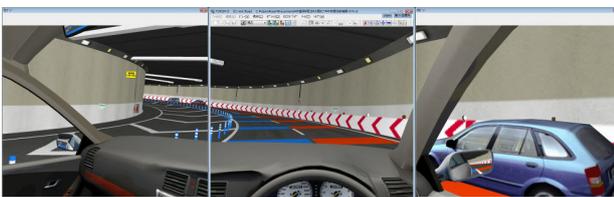


図7 3画面での表示イメージ



図8 サイドミラーの表示

3.3 フレームレートの確保

1台のパソコンから3画面に同時に出力するのに加え、サイドミラーとルームミラーの表示処理が行われるため、VRデータは極力簡素な構造としてパソコンへの負荷を減らし、描画のフレームレートを確保する必要がある。道路構造については、データの構造上必要だが走行視点では見えない部分についてポリゴンが非表示となるよう設定を行い、また、作成したVR空間の描画範囲を限定することで負荷を軽くしている。

4. VRデータの修正

4.1 実験結果の反映

実験結果を踏まえて走行支援策の再検討が行われ、その結果をVRデータに反映させる作業を行っている。色による案内は効果が高いことが示されたが、色合いについての意見が出たため調整を行っている。VRでも当初赤2パターン、青2パターンから検討を行っているが、VRの場合は表示する画面によって色合い等の見え方に差異が発生する。そのため、実際の色合いは現場で舗装実験を行うことで決定し、それをVRに反映させ、近い色合いに見えるよう調整が行われた。

その他の変更点としては、分岐までの距離を示す標識や注意喚起を提供する情報板の増設や位置の調整、効果が認められなかった壁面における速度抑制対策の廃止が挙げられ、いずれも直ちにVRに反映されている。

修正したVRデータを使用して再度走行実験を行ったところ、修正前と比較して走りやすくなったことが確認されている。

4.2 途中段階における設計変更の反映

VRデータは走行実験以外に警察協議等でも使用され、常に最新の仕様に合わせてVRデータを提供できるよう随時修正を行っている。主な変更としては、標識のデザイン、薄層舗装のパターン（べた塗りからゼブラ、ゼブラから狭くドットへ、さらに配置間隔も調整）、車線減少部分の位置と構造、カーブ内側へのポストコーンの配置等が挙げられる。また、標識や情報板の文字がVR上で見にくい場合は表示サイズを拡大し、建築限界についてもVRで見た場合に問題がある可能性がある場所につ

いては検証、調整等の作業を行っている。

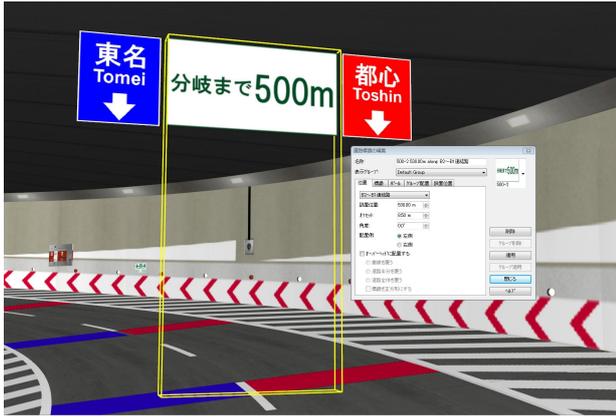


図9 VRデータの修正作業（標識の調整）

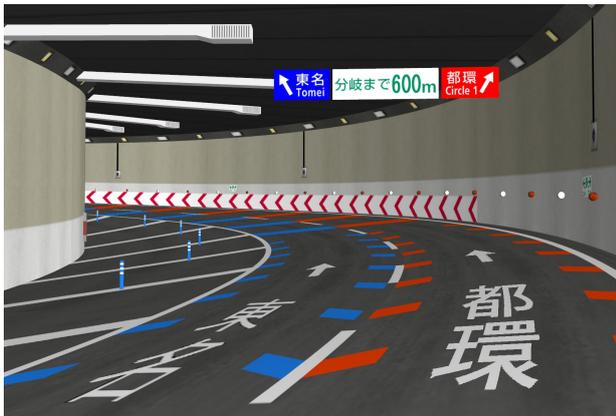


図10 修正作業後のVRデータ

5. 作成したVRデータの活用

走行支援策の検証実験を行うために作成したVRデータであるが、実験以外にも様々な用途に用いられることとなった。主に大橋JCTをPRする目的で使用され、2009年3月の目黒川さくらまつり、7月の記者発表、8月の道の日イベント、現場見学等でDSによる走行体験が行われ²⁾、大橋JCTの構造を事前に知ってもらう広報活動のツールとして活躍した。実験の目的で作成したVRであるが、作成後には多目的での使用に役立っている。

6. VRの再現性の検証

大橋JCT開通後、現場を走行しながらビデオ撮影を行い、作成したVRがどの程度実際の状況に近いかが検証を行った。対策設備の形状、位置等に若干の違いが見られるものの、見え方にはほとんど違いは見られなかった。そのため、今回作成したVRは走行支援対策の効果を検証するという使用目的に耐えうる精度を有していると言える。

今回作成したVRでは、サイズが小さい文字情報はつぶれて見にくくなってしまったため、情報板等の一部の文字はサイズを拡大している。文字の視認性は今後の検討課題と考え、現実と比較してどの程度の視認性を確保す

ることができるか検証を行っていく予定である。



図11 実写とVRの比較（左：実写 右：VR）

今回の実験で使用したDSは3画面タイプであるが、合流部における左右の視認性を向上させるため、5画面タイプのDSの構築も行っている。今回の走行実験では使用していないが、特にJCT部での周辺状況の視認性が大幅に向上することから、今後積極的に使用していきたいと考えている。



図12 5画面タイプDS

7. おわりに

今回、大橋JCTをVRで作成、DSを使用した走行実験を行うことで、安全対策における有効性の検証に十分活用できることが分かった。色による案内の有効性が示された一方で壁面における対策に効果が無いことが分かるなど、対策の有効性の裏づけや、通常の検討では気づかない問題点の発見等に役立てることができた。今後、検証を行うツールとしてVRとDSが普及し、活用の幅が広がっていくことを期待する。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路（平成22年4月号）、技報堂、pp.43-46、2010。
- 2) 東京SMOOTH Diary（首都高オフィシャルブログ）
<http://www.c2info.jp/blog/>