

アイマークレコーダを用いた 大橋ジャンクションにおける ドライビングシミュレータの再現性検証

増田 智志¹・橋 剛志²・後藤 秀典³・梅田 祥吾⁴

¹非会員 首都高速道路株式会社 計画・環境部 (〒100-8903 東京都千代田区霞ヶ関一丁目4-1)
E-mail: s.masuda713@shutoko.jp

²非会員 首都高速道路株式会社 東京建設局 (〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目6-3)
E-mail: t.tachibana88@shutoko.jp

³非会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ 交通技術部 (〒151-0072 東京都渋谷区本町三丁目12-1
住友不動産ビル6号館)
E-mail: gotoh-hd@oriconsul.com

⁴非会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ 交通技術部 (〒151-0072 東京都渋谷区本町三丁目12-1
住友不動産ビル6号館)
E-mail: umeda-su@oriconsul.com

近年、コンピュータのモニタ上で自動車の運転、走行が体感できるドライビングシミュレータ（以下DSと称す）が多く分野で活用されるようになってきている。土木計画の分野でも活用され、首都高速道路の大橋ジャンクションにおいても走行支援策の有効性等を確認するためにDSを用いた実験を行ってきた。今後、更なる検討を進める上で、より再現性が高く、DSの特長、性能を最大限に生かした実験を行う必要がある。そこで、本稿はアイマークレコーダを用いて実走行実験とDSを用いた仮想空間での走行実験を行い、視環境という観点からDSの適用性、再現性の検証を行った結果を報告ものであり、本検証結果を中央環状品川線接続時における大橋ジャンクションの安全対策に関する検討にフィードバックしていくことを目的としている。

Key Words: driving simulator, eye mark recorder, reproducibility, experiment, verification

1. はじめに

(1) 背景・目的

近年、シミュレーション技術の向上が進み、コンピュータのモニタ上で自動車の運転、走行を体感することが出来るドライビングシミュレータ（以下DSと称す）もアミューズメント用、運転練習用、学術研究用等、様々な用途での開発が進み活用されるようになってきている。

DSは土木計画の分野でも活用され、平成22年3月に開通した首都高速道路の大橋ジャンクション（以下、大橋JCTと称す）においてもDSを用いた検討を行った。¹⁾

大橋JCTは、地下構造である中央環状新宿線（山手トンネル）と高架構造である高速3号渋谷線を接続するジャンクションであり、最大高低差約70mの路線を限られた敷地内で接続するため、急勾配のループかつ覆蓋構造という特殊な構造(図-1)である。そのため、運転時の見

通しの悪さやドライバーの空間認知能力の低下などの視環境に課題がある中で、案内誘導を行うため安全対策・走行支援策を検討する必要があった。しかし、安全対策・走行支援策検討時には、大橋JCTは建設中であったため、DSを用いて施策の有効性、ネガティブな事象の有無をDSを用いて確認してきた。今後、大橋JCTは平成25年度に中央環状品川線が接続予定であり、更なる安全

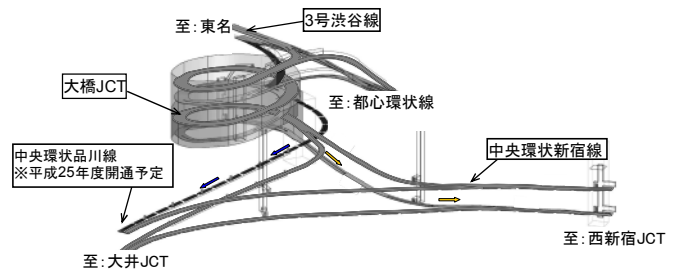


図-1 大橋 JCT 概要図

対策の検討を行っていく必要がある。そのためにも、より再現性が高く、DSの特長、性能を把握し、最大限に活かした実験を行う必要がある。

そこで、本稿ではアイマークレコーダを用いて大橋JCTでの実走行実験とDSを用いた仮想空間での走行実験を行い、収集した注視点の分析を行った。また、分析の結果からドライバーの安全対策等の認知、判断の状況を推測し視環境という観点から、DSの適用性、再現性の検証を行った。過年度に実施した自由走行時の計測結果²⁾と併せ、今回の検証の結果を中央環状品川線接続時の大橋JCTの安全対策・走行支援策に関する検討方法、アプローチにフィードバックしていくことを目的としている。

2. DSの適用性・再現性の検証方法

(1) 検証方法

視環境という観点からDSの適用性・再現性を検証するための分析の視点と検証フローを図-3に示す。検証ではアイマークレコーダを用いて、実走行実験時のドライバーの注視点(図-2右)と、DSを用いた仮想空間での走行実験でのドライバーの注視点(図-2左)をそれぞれ収集し、比較分析を行った。

a) 分析の視点

分析の視点は以下のとおりである。

- ① ループ内の曲率半径の変化とドライバーの注視点の関係
- ② 案内誘導等の看板に対するドライバーの注視点・注視行動(看板を見るタイミング、分岐で目的地方向を間違えていないか)
- ③ 前方と自車周辺環境(他車両、ミラー、スピードメータ)の注視状況



図-2 DSと実走行の比較(左:DS 右:実走行)

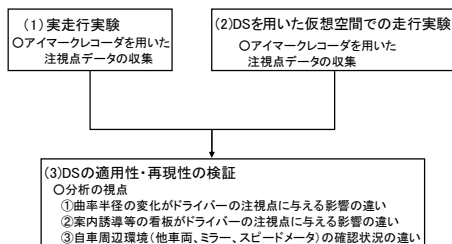


図-3 検討フロー

表-1 アイマークレコーダの仕様

アイマーク検出ユニット	
検出センサ	1/3インチB/Wイメージセンサ
有効画素数	640(H) x 480(V)
測定範囲	眼球運動: 水平+40°、垂直+20°
検出方式	瞳孔/角膜反射法式、瞳孔法(暗瞳孔法)
検出レート	60Hzモデル、60/120/240Hzモデル(2種類)
検出分解能	60Hz: 水平分解能0.1°、垂直分解能0.1°、瞳孔径: 0.02mm
	120Hz: 水平分解能0.1°、垂直分解能0.2°
	240Hz: 水平分解能0.1°、垂直分解能0.4°



図-4 アイマークレコーダ装着時の様子

(2) アイマークレコーダの概要

ドライバーの注視点測定には株式会社n a c社製のモバイル型アイマークレコーダEMR-9を使用した。アイマークレコーダの仕様と装着時の様子をそれぞれ表-1、図-4に示す。

(3) 再現性検証DSの概要

本実験では新宿線接続前の大橋JCTの走行支援策の検討に使用したFORUM 8社製の定置型DS(図-5)を用いて再現性の検証を行った。FORUM 8社製の定置型DSは、モーション機能がないため加減速度の模擬は行えない。一方、モニターを追加することで視野角を広げることが出来る。本実験では7画面使用し、前方および横、斜め後ろの視野を再現した。また、画面上にバックミラーと、サイドミラーを配置し、周辺状況を確認できるようにした。



図-5 DS実験時の様子

3. DSの再現性検証

(1) 実走行実験の実施

中央環状新宿線開通後に大橋JCTを走行し、DSとの比較対象となる注視点データを収集した。被験者には、目的だけを伝え、なるべく普段どおりの走行を行うように求めた。実験は一人1時間程度とし、大橋JCTの上り勾配と下り勾配をそれぞれ2回ずつ走行してもらい、その間の注視点データをアイマークレコーダにより収集した。

a) 被験者の選定

運転技術の差により、ドライバーの注視点は異なると思われるため、被験者は上級者（元トラックドライバー）と一般のドライバーの2名を選定した。

b) 走行ルート

実走行実験の走行ルートを下記に示す（図-6、図-7）。

走行ルート①：3号線上り三軒茶屋入口→大橋JCT（下り勾配）→中央環状新宿線初台南出口

走行ルート②：中央環状新宿線初台南入口→大橋JCT（上り勾配）→首都高速道路都心環状線外回り霞が関出口

走行ルート③：都心環状線内回り霞が関入口→大橋JCT（下り勾配）→中央環状新宿線初台南出口

走行ルート④：中央環状新宿線初台南入口→大橋JCT（上り勾配）→首都高速道路3号線下り三軒茶屋出口

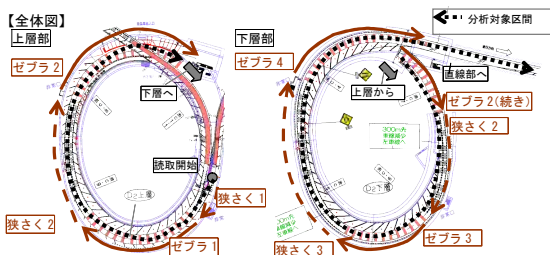


図-6 走行ルート①,③の一部（大橋JCT下り勾配）

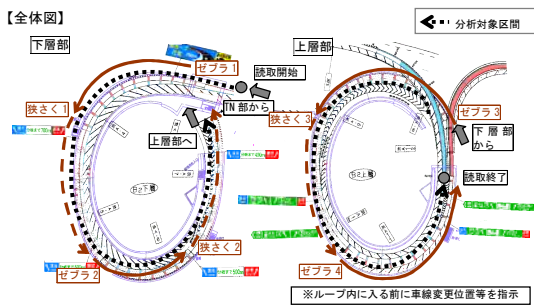


図-7 走行ルート②,④の一部（大橋JCT上り勾配）

(2) DSを用いた仮想空間での走行実験の実施

実走行実験で走行した区間のCGを作成して、DSを用いた仮想空間での走行実験を実施し、アイマークレコーダにより注視点データを収集した。実走行実験との比較を行うため、システム上で可能な限り、実走行時と交通条件（速度、密度）等を同様にして実験を行った。

a) 被験者の選定

実走行実験時と同じドライバーを選定した。

b) 走行ルート

実走行実験と同様に大橋JCTの下り勾配および上り勾配それぞれのルートを走行した（図-6、図-7）。

(3) DSの再現性の検証

a) 分析の方法

実験で収集した注視点データは、1/30秒ピッチで読み取りを行った。読み取り時の注視点の分類は表-2のように進行方向、路面（手前）、路面（奥）等の10種類とした。上り勾配走行時、下り勾配走行時の注視点分類のイメージは、図-8、図-9のとおりである。

表-2 読み取り時の注視点の分類

読取時の注視点の分類		内容
左右方向	進行方向	直線部の場合：前方/ループ内の場合：ループの内側
	カーブ警戒	カーブ警戒ゼブラ板や視線誘導灯等、壁高欄の安全対策
		ゼブラ板等
	路面（手前）	色による案内や文字等、路面の安全対策（手前）
	その他①（左側）	画面左側
	その他②（右側）	画面右側
上下方向	路面（奥）	色による案内や文字等、路面の安全対策（奥）
	周辺状況	車線変更時のミラー、目視による周辺状況の確認
	標識	案内標識や警戒標識、走行支援に関する看板（分岐へのカウンタダウン、色の誘導）等、標識による安全対策
	その他看板	トンネル警報板やその他看板（管理用車両出入口の案内等）
	スピードメータ	スピードメータ等の車内



図-8 注視点分類のイメージ（上り勾配）



図-9 注視点分類のイメージ（下り勾配）

b) 分析結果

2 (1) a) の分析の視点に従い、実走行時とDSを用いた仮想空間での走行時の注視点の比較分析を行った。

①ループ内の曲線半径の変化とドライバーの注視点の関係

ループ内の曲率半径の変化とドライバーの注視点の関係を注視点の流れ、割合から確認した(図-10, 11, 12)。実走行時は曲率半径の違いによる注視点の傾向にそれ程大きな違いは見られなかった。一方、DSでの走行時は、R=50m(図-10, 11の赤枠内)の区間とR=200m(図-10, 11の青枠内)の区間で注視点の傾向に違いが見られた。

R=50mの区間では、路面(手前)を見る割合が大きく、R=200mの区間では、路面(奥)を見る割合が大きい。

これは、本実験で用いたDSが実車タイプではないため、モニター上にビラーを表示させていること(ドライバー自身が動いても、見える範囲は変わらない)、更にモニターフレームがR=50mの区間を走行する際、進行方向と路面(奥)と重なり、進行方向と路面(奥)が見えづらくなることが要因と考えられる(図-13)。これによりDSでは、結果的に路面(手前)を注視する割合が多くなったと考えられる。

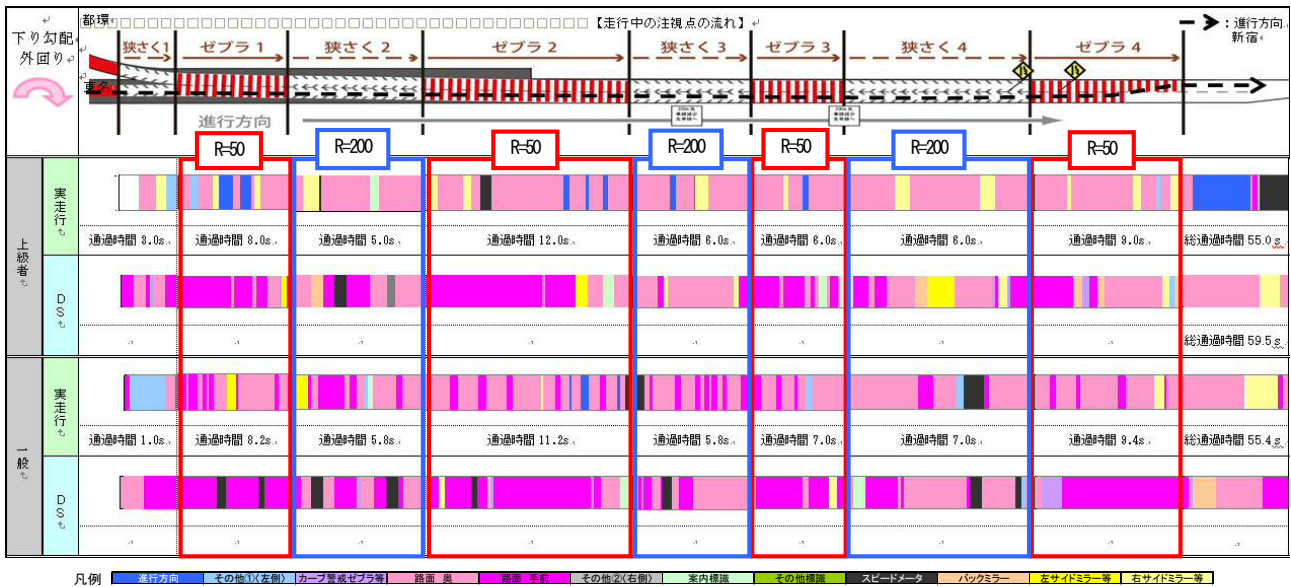


図-10 大橋JCT下り勾配走行時の注視点の流れ

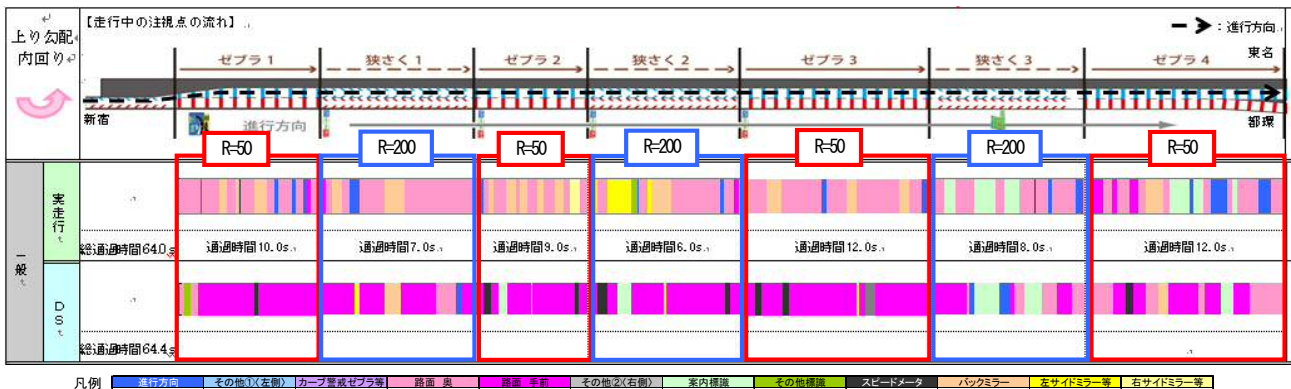


図-11 大橋JCT上り勾配走行時の注視点の流れ

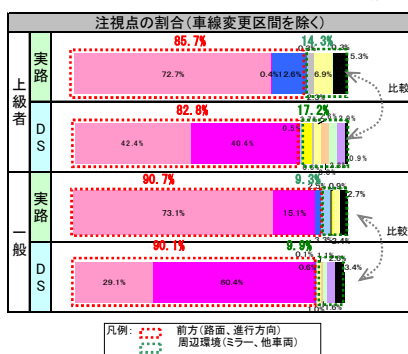


図-12 大橋JCT上り勾配実走行時とDS走行時の注視点割合



図-13 R=50m区間走行時の様子

②案内誘導等の看板に対するドライバーの注視行動

案内誘導等の看板に対するドライバーの注視点・注視行動（看板を見るタイミング、分岐で目的地方向を間違えていないか）を注視点の流れ、割合から確認した（図-10, 11, 12）。大橋JCT上り勾配の注視点の流れ（図-11）を見ると、看板を注視した回数は実走行もDSによる走行実験時も5回と同じであった。また、分岐部が近づくにつれて看板を見る頻度、時間が多くなるという傾向は実走行時もDSでの走行時においても同様であった。さらに、実走行時もDSでの走行時でも分岐部で行き先を間違えた被験者はいなかった。このことから安全対策・走行支援策に対する認知、判断という行動がDSでも実走行時と同様に出来ていたと考えられる。

③前方と自車周辺環境の注視状況

前方と自車周辺環境（他車両、ミラー、スピードメータ）の注視状況を注視点の割合から確認した（図-12）。大橋JCT上り勾配に対して実走行時とDSでの走行時の前方（進行方向+路面）を見る割合と周辺環境（他車両、ミラー、スピードメータ等）を比較すると上級者、一般ドライバー共にほぼ同じであった。

このことから、DSにおいても実走行と同様に分岐行動、車線変更行動を行える環境にあり、施策の評価が可能であると考えられる。

4. おわりに

本研究ではアイマークレコーダを用いて実走行実験とDSを用いた仮想空間での走行実験を行い、視環境という観点からDSの適用性、再現性の検証を行った。

その結果、今回実験で使用したDSでは、大橋JCTのR=50mの区間走行時には、ピラーやモニターのフレームの影響で、前方の注視点を実走行時の視環境と異なる結果となった。

しかしながら、看板を認知、判断し、分岐行動が出来て

いたことや、周辺環境を確認する割合がほぼ実走行時と変わらなかったことから、看板を見て、周辺車両に注意し、分岐の判断を行うという概ね実走行時の視環境の再現が出来ていたことがわかった。

なお、Aピラーを半透明にすることやモニターのフレーム、継ぎ目がドライバーの視線に影響しないように工夫（360度のスクリーン等）をすることにより実走行に近い運転環境に近づけることが可能である。特に、今回のような右カーブの連続する大橋JCT下り勾配の検討においては、この右手前方のAピラーやモニターフレームの部分が進行方向と重なるため、この点の工夫は重要である。更に実走行に近い運転環境を得るためには実車タイプのDSを使うことも考えられ、今後の中央環状品川線接続時の大橋JCTにおける安全対策・走行支援策を検討する上では、実車タイプのDSが有効であると考えられる。

謝辞：本実験・検証にあたっては、早稲田大学大学院人間科学研究科三嶋准教授に多大なご協力を頂きました。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 田沢誠也，竹鼻淳志，須長順行，後藤秀典：大橋ジャンクションにおける走行支援策の検討，第30回交通工学研究発表会論文集，2010
- 2) 田中翔太，岡野孝司，増田智志，田中淳，後藤秀典，小野晋太郎，三嶋博之：大橋ジャンクションにおけるアイカメラを用いた走行実験とドライバーの視環境に関する研究，第9回ITSシンポジウム2010，2010

(2011.8.?受付)