

# ドライビングシミュレータを用いた 右側通行への運転者適応性評価実験

氏家麻葵\*1 蒔苗耕司\*2

株式会社アーク\*1

宮城大学事業構想学部デザイン情報学科\*2

道路における車両の通行方式には、左側通行と右側通行の 2 種類があるが、国際化やグローバルな交通ネットワークの発展の下、通行方式の違いは交通上の障害になり得る。この解決の方策として、通行方式の世界的な統一等の手法が考えられるが、その実現においては運転者の異なる通行方式への適応性が課題となる。そこで本研究では、ドライビングシミュレータを用いて、日本国内の左側通行に順応した運転者を対象とし、異なる通行方式である右側通行への適応性の評価を行った。実験により、多くの被験者が不慣れな右側通行において、車線の逸脱等の走行ミスを記録するとともに、アンケート調査により多くの被験者が不安を感じることが明らかとなった。

## An Experiment on Drivers' Adaptability to Right-Hand Traffic Using a Driving Simulator

Maki Ujiie\*1 Koji Makanae\*2

ARRK Corporation\*1

Dept. of Spatial Design and Information Systems, Miyagi University\*2

Traffic orientation is of two types—left-hand traffic (LHT) and right-hand traffic (RHT). With the increasing cross-border movement of people and the development of worldwide motor vehicle traffic network, the difference in traffic orientation becomes a barrier in the international traffic environment. The objective of this study is to clarify drivers' adaptability to other-hand traffic (right-hand traffic for Japanese drivers) by conducting an experiment with a driving simulator, which can easily switch the traffic orientation. According to the results of the experiment, most of the subjects recorded route mistake in the experiment and feel uncomfortable in the other-hand traffic orientation, and half the subjects recorded route mistakes in the experiment.

**Keyword:** *right- and left-hand traffic, driver's adoptability, driving simulator, worldwide traffic network*

---

### 1. はじめに

道路における車両の通行方式には、左側通行

(LHT; left-hand traffic) と右側通行(RHT; right-hand traffic)の 2 種類がある。1949 年にジュネーブで締結

された道路交通条約に関する条約(Convention on Road Traffic)では、各国内においては同一の通行方式とすることと定められており、通行方式については国際的な統一はなされていない。2009年9月現在では76ヶ国・地域でLHTを、163ヶ国・地域でRHTを採用している。また、これまでもいくつかの国・地域において通行方式の移行が行われているが、多くはLHTからRHTへの移行であり、RHTが優勢な状況となっている。

一方、運転者は、自国の通行方式の下での運転訓練を行う。しかし、近年の国際化に伴う国境を越えた人々の移動機会も増加し、それに伴って、異なる通行方式下での運転機会も増えつつある。また海峡を横断する橋梁やトンネル等の長大な土木構造物の築造は道路ネットワークのグローバル化を実現し、異なる通行方式を有するネットワークをいかに安全に接続するかが課題となる。このような通行方式の違いにより生じる障壁を解決する方策として、通行方式の世界的な統一を図ることや、国際的運転者が両方式にハイブリッドに対応できるよう訓練を義務付けること等が考えられるが、いずれの方策においても一時的あるいは恒久的に運転者の異なる通行方式への適応性が課題となる。このような背景の下、本研究は、通行方式が切替え可能なドライビングシミュレータ(DS)を開発し、それを用いてLHTに順応した国内の運転者に対して、異なる通行方式であるRHTでの運転実験を行い、運転者の異なる通行方式への適応性について評価実験を行うものである。

## 2. DSを用いた実験の意義

運転者挙動に関する研究においては、特殊な環境・条件下での実験が要求される場合が多いが、実環境下での実車両を用いた実験は運転者あるいは周辺への危険を伴う場合も多い。このような実験へのDSの適用は、被験者の安全性を保証するとともに、実験環境の再現性及び実験条件の統制という点でも、多数の被害者に対して同一の時点を同一の環境で再現できる利点を有する。このような利点から、運転負荷の実験や道路設計の評価等の様々な分野における実験や訓練等にDSが利用されるようになってきている。例えば、運転者が感じる恐怖感を評価するものとして、松井ら<sup>1)</sup>は車間感覚と恐怖感の関係をドライビングシミュレータによる実験を行い、検証している。また長時間の運転による疲労の評価実験としては、西田ら<sup>2)</sup>の研究がある。これら

の研究に示される通り、DSは、現実環境の下では被験者の安全確保の観点から困難な実験を可能とする有用なツールとして利用される。

またDSは、ハンドル操作と連動したコンピュータグラフィックスによる高速な描画処理が必要であり、以前は高価なグラフィックス専用のワークステーションをベースとして開発されること多かった。しかし近年では、パーソナルコンピュータ(PC)の画像処理性能の向上に伴い、PCをベースとしたDSの構築も可能になってきている。その一方で、映像や音だけではなく、加速度や遠心力を表現可能なモーションコントローラを搭載したドライビングシミュレータの開発が進められ、その実用化も図られるようになってきている<sup>たとえ3),4)</sup>。

## 3. 通行方式 DS の開発

### 3-1 DS の構成

本研究におけるDSは、通行方式切替え時の運転者の適応性を比較検討するものであり、その開発においては、通行方式の切替えが可能であること、それに応じた道路構造物(一般道路、高速道路)の設定が可能であること、他車両の出現のタイミングが制御できることが求められる。その一方で映像表現の高度なリアリティについてはさほど重要ではない。そこで本研究ではPCをベースとして、専用のDSを開発し、実験を行うこととした。

図-1に本研究で開発したDSのソフトウェア構成を示す。本システムは、DSを核として、シミュレーションのコース設定を行うコースエディタ、実験により得られた車両軌跡及び制御情報を分析する解析サブシステムにより構成される。DSのハードウェア構成は図-2の通りである。DSは、PC(OS: Microsoft社 WindowsXP)、運転制御装置(Microsoft社 Sidewinder Feedback Wheel)、液晶プロジェクタにより構成され、運転装置制御装置はUSBにより接続される。DSの開発言語には、C#を基本として用い、描画にはOpenGL、運転装置からの操作情報の取得にはDirectX9.0を用いる。またコースデータはXMLで記述するものとし、その入出力にはDOM(Document Object Model)を用いる。

### 3-2 運転装置情報の取得と車両描画

運転装置の操作情報の取得はDirect Inputにより取得する。取得されるハンドル操舵角やアクセル/ブレーキの踏込み量は0~1000までの整数値として得ることができ、それを操舵角、加減速度に換算

して車両位置を算出し、画像生成を行う。DS のユーザーインターフェース画面を図-3 に示す。DS の初期設定として、ハンドル位置 (左・右) の設定や他車動画の有無、制御量の表示の有無等を設定し、それらに基づいた描画を行う。

### 3-3 描画オブジェクト

描画対象となるオブジェクトは、道路および道路付属物、周辺施設、対向車等である。

#### (1)道路オブジェクト

道路オブジェクトは、直線・円曲線・クロソイド曲線を組み合わせた道路線形と、道路横断面の情報を基に構築される。また、十字路交差点、T 字路交差点、インターチェンジ (IC) 部などのオブジェクトも部品化し、配置可能とする。

#### (2)道路付属物

道路付属物として、交通信号機、道路標識、植栽を対象とする。交通信号機は、時間により制御可能なものとし、通行方式を切り替えた場合に支柱位置も変わるように配慮して描画関数を設定している。また道路標識については、規制・指示標識、案内標識等を含めて複数種類を作成し、左右の通行方式を切り替えた場合には信号機と同様に支柱位置も変わるように設定している。植栽については、沿道への樹木配置を可能とするものとし、テクスチャ画像 2 枚を用いたビルボードにより表現する。

#### (3)周辺施設

沿道周辺施設としては、複数の種類の建築物の配置を可能としており、いずれも一部にテクスチャマッピングを可能としている。

#### (4)対向車

対向車の表現はテクスチャマッピングにより行うものとし、その制御は自車両位置と関連させて出現させることができるようにした。

### 3-4 走行データの出力

車両走行データは XML で記録される。記録される情報は、現在位置 (座標値)、ハンドルの操舵角、アクセル/ブレーキの操舵量であり、0.5 秒毎に出力される。

### 3-5 解析システムサブシステムの構築

DS により記録された走行データを解析するための解析システムを構築した。個人あるいは複数人の走行データに対する速度、時間、軌跡についてグラフあるいは平面図として描画することが可能である。

### 3-6 コースエディタの作成

実験用コースには、道路オブジェクトや付属物、

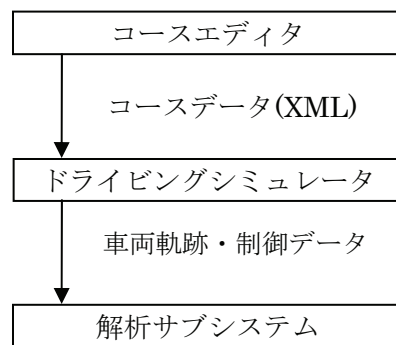


図-1 DS のソフトウェア構成

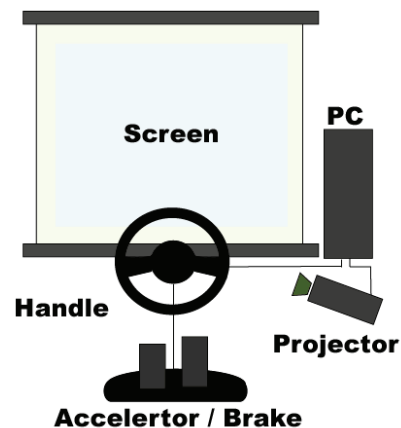


図-2 DS のハードウェア構成

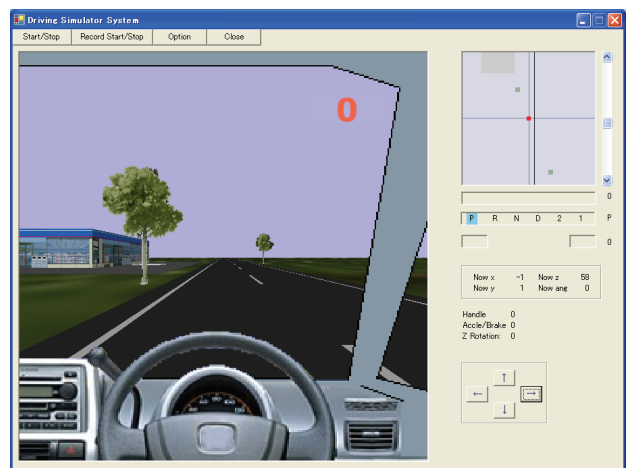


図-3 DS のユーザーインターフェース

周辺施設等により構成されるが、これらの配置を容易とするためのコースエディタを作成した (図-4)。コースデータは XML により記述される。

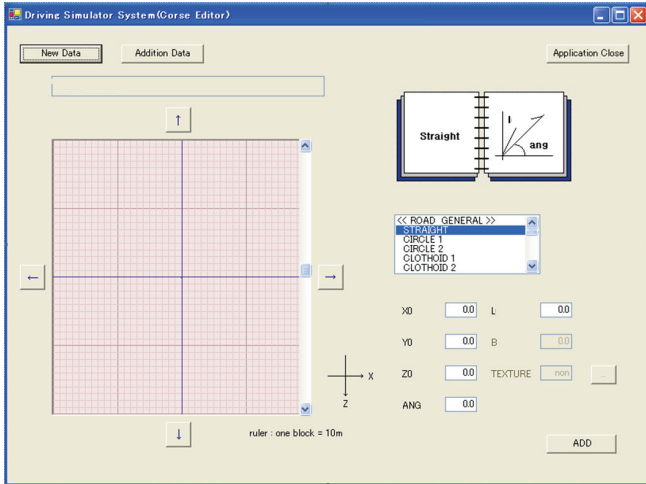


図-4 コースエディタ（初期画面）

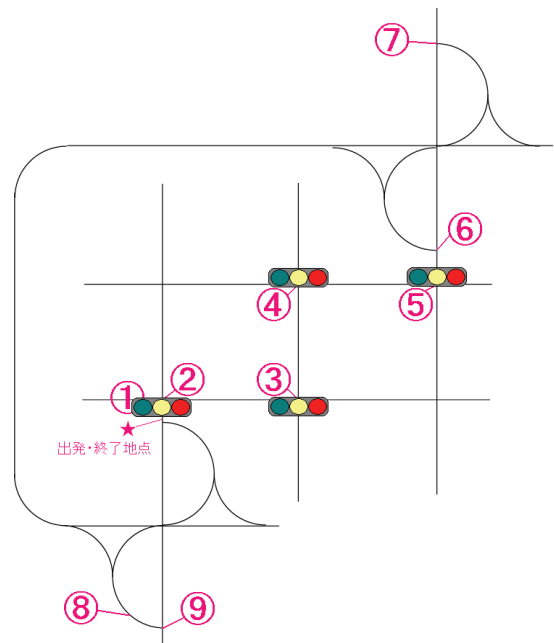


図-5 コースマップと比較地点

## 4. 適応性評価実験

### 4-1 実験方法

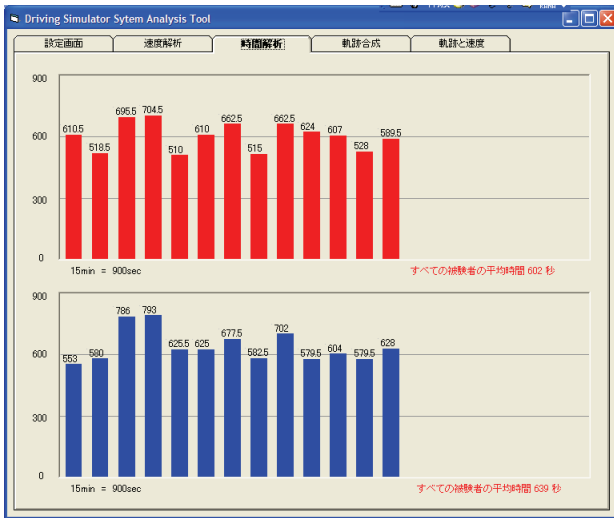
実験は、海外運転経験のない普通自動車運転免許を保有する13名（男：10名，女：3名，平均年齢22.1歳）を対象に実施した。実験に使用するモデルコースは、一般道・高速道・ICの3種類の組合せとし、両コースの走行の違いを比較するポイントとなる、右折・左折・合流・駐車場の出入りを含む周回コースとした。実験は運転装置への慣れのために数分間の練習を行なった後、LHT・RHTの順に走行を行う。同時に速度や軌跡等のデータを記録する。また実験後には被験者に対し、どの箇所で不安に感じたかについてのアンケートを実施する。図-5はモデルコースのマップとLHT、RHTの両通行方式における走行記録を比較するポイントを示したものである。

### 4-2 実験結果と考察

図-6は、被験者全体がコースを1周するのに要した時間をグラフで表したものである。被験者はLHTでは平均602秒（およそ10分）で1周しているのに対し、RHTでは平均639秒（およそ10分30秒）となっており、RHTの場合にLHTに比べ30秒程多く要しているが、この違いはIC部のランプの構造の違いによる道路延長の差に起因している。一方、走行速度については、被験者全体でみればLHTで71km/h、RHTでは75km/h

となっており、RHTの方が高速で走行する結果となった。実験後のアンケートでは、LHTの後にRHTを走行したことから、RHT走行時にはLHT走行時よりシミュレータに慣れたとの意見もあり、実験順及び実験前の練習時間の長さが影響した可能性がある。

表-1は、実験で取得した走行軌跡から明らかに車線を逸脱した件数を示したものである。また、表-2はアンケート結果から被験者が不安を感じる箇所を示したものである。RHT走行時の車線逸脱件数を見ると、交差点①・④で3～4件の逸脱件数となっている。交差点①はRHTで最初に通過する交差点であり、RHTに慣れない状態で運転したため、走行車線を誤ったことによるものと考えられる。また交差点④の通行時に逸脱件数が多くなった原因としては、交差点④に対向車を出現するよう設定したため、対向車に意識が取られ、車線を誤ったためと考えられる（図-7）。また、実際に車線を正しく走行している場合でも、対向車と衝突を起こしている場合があり、被験者の注意が一方に集中し、RHTに対する注意が低くなったものと考えられる。交差点においては実験後の被験者のアンケートからも特に不安な箇所として取り上げられており、平均値も高くなっている。



(上段：LHT，下段：RHT)

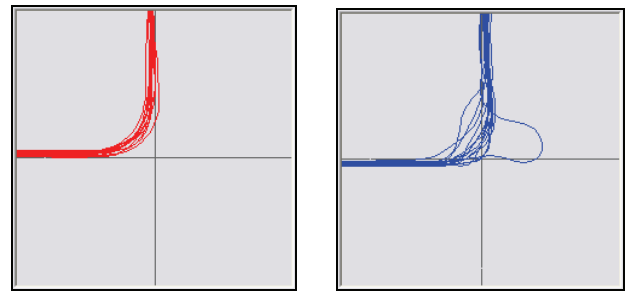
図-6 コース1週あたりの所用時間

また、高速道路においては IC 入口の取り付け方向の違いに気づかず進入してしまうケースが 14 人中 6 人見られた (図-8)。通行方式が切替わると、高速道路の合流方向も逆になるため、無意識に LHT と同様の経路をたどってしまったと考えられる。アンケート結果においても、ランプ部の分合流は不安を感じる箇所となっている。

以上より、得られる結論は次の通りである。まず、LHT から RHT に通行方式を切り替えられた場合、交差点 (特に左折時)・IC 入口部分において運転の誤りが多く、これらが危険箇所として挙げられる。また、運転の誤りが生じる場面としては、通行方式を切替えた直後や、交差点通過時に対向車が出現した場合等、他の事象に運転者の注意が移る時が挙げられる。

### 5. おわりに

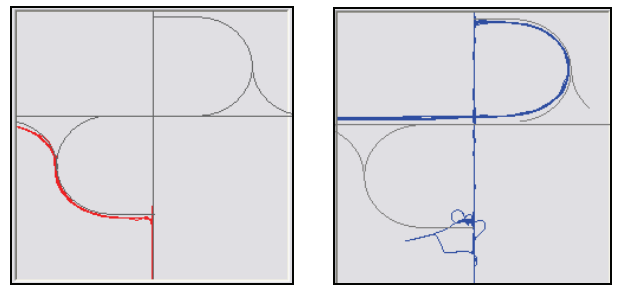
本研究では、異なる通行方式に対する運転者の適応性を評価するために、専用のドライビングシミュレータを用いた実験を行い、LHT に順応した国内の運転者の RHT への適応性に関する評価実験を行なった。実験により、多くの被験者が不慣れな RHT において車線の逸脱等の走行ミスを記録するとともに、アンケート調査により多くの被験者が不安を感じる事が明らかとなった。また危険な場面として、交差点の右左折時や IC への流入時におけるミスが多いこと、また対向車等他の車両の出現等がミスに影響を及ぼすことが明ら



(a) LHT

(b) RHT

図-7 交差点④における走行軌跡



(a) LHT

(b) RHT

図-8 IC 付近における走行軌跡

表-1 LHT と RHT のコース逸脱箇所の比較

番号	場所	LHT		RHT	
		正	誤	正	誤
1	駐車場の出入り	11	2	13	0
2	交差点①	13	0	9	4
3	交差点②	13	0	12	1
4	交差点③	13	0	13	0
5	交差点④	13	0	10	3
6	IC入口①	12	1	7	6
7	IC入口②	—	—	12	1
8	ランプ	11	2	12	1
9	IC出口	13	0	12	1

表-2 アンケート調査による不安箇所

	場所	平均値	最頻値
一般道	駐車場の出入り	3.6	5
	直進	4.8	5
	交差点右折	2.9	4
高速道路	交差点左折	1.8	2
	ランプ→高速道路	2.9	4
	直進	4.2	4
	高速道路→ランプ	3.5	2

※ 1 << 不安・迷いが強い ~ 不安や迷いは無い >> 5

かとなった。

本研究では DS 上の実験車両の挙動とアンケート調査を基にした分析を行なっているが、今後は脈拍や血圧等の生体計測を取り入れた、より客観的な指標からの運転者の不安感や恐怖感を評価する必要がある。また、より長時間の実験を行うことにより、運転者の DS への慣れの影響を減ずるとともに、どれくらいの運転経験により異なる通行方式に順応するのかについて評価することも必要である。さらに、今回の実験は単純な LHT と RHT との比較実験であったため、DS には PC ベースの簡易なシステムを開発・適用したが、実験精度をさらに向上させるためには、より現実感の高いモーションコントロール等を用いた DS を用いた評価実験が必要である。

これらの運転者挙動に関する実験評価とともに、直近の課題として DS を通行方式順応にどのように活用していくかについても検討が必要である。海外渡航者の増加に伴い、異なる通行方式での運転機会も多くなっており、運転者の事前訓練ツールとしてのシステム開発と評価が求められる。

さらにより大きな課題として、社会システムに関する課題があげられる。現在は、自動車交通が未成熟であった 19~20 世紀初頭に各国が独自に定めた通行方式がそのまま現在に至り、世界を二分している状況にある。このことは、1. に述べたように、グローバルな道路ネットワークの発展や国際化に伴い、交通上の障壁となり得る。将来的にどのような通行方式が採用されるべきなのかを考えるとともに、今日の成熟した交通環境の下で、通行方式の切替えは可能であるのか、異なっ

た方式の道路ネットワークの接続はどのようにすべきかなどは今後の大きな研究課題であり、大規模な社会実験のテーマともなり得る。そしてこれらの課題に対して、ITS がどのように寄与できるのかも考える必要がある。

## 参考文献

- 1)松井良道, 金鍾海, 早川聡一郎, 鈴木達也, 大熊繁, 土田縫夫: 三次元立体視情報提示型ドライビングシミュレータによるドライバが感じる恐怖感の評価, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2002, 2002.
- 2)西田泰, 白井康仁, 大坪敬幸: 長時間運転による疲労の評価実験用運転シミュレータ・プログラムの開発, 第 23 回交通工学研究発表会論文報告集, 97-100, 2003.
- 3)池内克史, 桑原雅夫, 須田義大, 田中敏久, Edward Chung, Staffan Nordmark, 影沢政隆, 岩佐崇史, 田中伸治, 平沢隆之, 堀口良太, 白石智良, 花房比佐友, 石川裕記, 大貫正明, 織田利彦, 加納誠, 見持圭一, 坂井繭美, 辻求, 古川誠, 本多建, 増山義人, 丸岡勝幸, 山本隆嗣: 産官学連携「サステイナブル ITS」プロジェクト, 第 2 回 ITS シンポジウム 2003, pp.447-452, ITS-Japan.
- 4)山口 大助, 大貫 正明, 須田 義大: 研究用ユニバーサルドライビングシミュレータの旋回運動性能向上によるドライバ運転挙動の改善, 生産研究 59, 197, 2007.