

# 簡易ドライビングシミュレータを用いた信号切り替わり時の運転行動の分析\*

## An Analysis of Driving Behaviors at Signal Change Intervals Using Portable Driving Simulator System\*

小川 圭一\*\*・肥田 肇\*\*\*・土井 和広\*\*\*\*・久坂 直樹\*\*\*\*\*

By Keiichi OGAWA\*\*, Hajime HIDA\*\*\*, Kazuhiro DOI\*\*\*\* and Naoki KUSAKA\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

都市交通において、交差点は道路ネットワークを構成する重要な要素であるが、一方で交通事故や交通渋滞といった問題を抱える点でもある。本来、信号機が設置された交差点では信号指示によって交通流が制御され、交通事故が防止されていなければならない。しかしながら、それにはドライバーが信号指示にしたがうことが前提となっており、ドライバーが信号指示に適切にしたがわなかった場合には交通事故が発生する可能性がある。このような状況における交差点の危険性評価や安全性向上策の検討においては、複数の方向からの車両が同時に交差点に進入する可能性がある、信号切り替わり時における車両走行挙動を分析し、危険性を定量的に評価することが必要であると考えられる<sup>1,2)</sup>。

一方、近年ではドライバーの運転行動を計測する方法としてドライビングシミュレータ(DS)が導入されるようになってきている<sup>3-7)</sup>。これは、実際の車両を運転するのではなく、模擬運転装置を使ってドライバーの運転行動を計測するものである。実車両の走行による調査が困難な状況においてもDSであれば仮想空間上に表現することが可能であるため、さまざまな交通状況に対するドライバーの運転行動を計測することができる。

しかしながら、DSは実際のドライバーの運転行動を完全に再現できるわけではない。そのため、分析対象となる運転行動をDSが適切に再現することができるかどうか、実車両の運転行動や走行挙動との比較により検証をおこなう必要がある。



図-1 簡易DSを用いた運転状況



図-2 簡易DSで表示されるCG映像の例

本研究では、市販のゲーム用ツールを用いた簡易DSを利用して、信号切り替わり時に交差点に進入するドライバーの運転行動の分析をおこなう。簡易DSによる運転行動と実際の交差点における車両走行挙動とを比較し、簡易DSが信号切り替わり時におけるドライバーの運転行動をどの程度表現できるかについて検証をおこなう。

### 2. 簡易ドライビングシミュレータの概要

#### (1) 簡易DSの概要

本研究で用いる簡易DSは、ゲーム用ツールとして市販されている模擬運転台(ハンドル、アクセルペダル、ブレーキペダル)を利用し、パソコン、テーブル、椅子、スピーカー、スクリーンまたは液晶ディスプレイにより構成されたものである<sup>3)</sup>。

簡易DSを用いた運転状況を図-1に示す。走行中は、図-2のようなドライバーの視点からのCG映像が、ス

\* キーワード：交通流，交通安全，交通制御，  
簡易ドライビングシミュレータ

\*\* 正会員，博(工学)，  
立命館大学理工学部都市システム工学科 准教授  
〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1  
TEL: 077-561-5033, FAX: 077-561-2667  
E-mail: kogawa@se.ritsumei.ac.jp

\*\*\* 正会員，修(工学)，  
阪神高速道路株式会社 大阪建設部

\*\*\*\* パシフィックコンサルタンツ株式会社 大阪本社  
修(工学)，

\*\*\*\*\* パシフィックコンサルタンツ株式会社 大阪本社

クリーンもしくは液晶ディスプレイに表示される。CG映像には、前方視界、スピードメーター、タコメーターなどが表示されており、前方視界はドライバーの運転操作に連動して表示される。また、ボンネットの中央にはエンブレムを表示することにより、前方視界のみでは掴みにくい車両感覚を補っている。

スピードメーター、タコメーターの表示は、ドライバーの運転操作に連動している。また、スピーカーからは走行速度とエンジン回転数に応じたエンジン音を出力することができる。これらにより、ドライバーが自身の運転状況を把握しやすいようになっている。

また、ルームミラー、サイドミラー内の後方視界もCG映像に含まれており、映像の大きさや視野角の調整によりスクリーン、ディスプレイ内に表示することができる。ただし、本研究の走行実験においては前方視界の視野角を60°としているため、CG映像内にはルームミラーの右半分のみが表示されており、サイドミラーは表示されていない。

走行中に記録されるデータは、時刻(1/1000秒単位)、車線(車線ナンバー)、走行距離(m単位)、横断方向位置(m単位)、ハンドルの回転角(-1~+1、-は左方向、+は右方向)、アクセル開度(0~1)、ブレーキ踏量(0~1)、速度(km/h単位)、WTK位置(三次元絶対座標)、WTK方向(三次元回転を表わす四次元数)である。なお、これらのデータについては、図-3のような大きさの走行車両(普通乗用車)を想定し、車両の縦・横の中央点について記録している。

### (2) 簡易DSの特徴

道路状況や交通状況による運転行動への影響の分析にDSを応用する研究は、これまでも多数おこなわれている<sup>47)</sup>。しかしながら、より実車両に近い運転感覚を実現するためには、さまざまなハードウェアを用いることが必要となるため、多額の費用を要することに加え、持ち運びが困難な据置き型のDSとならざるを得ない。

本研究で用いる簡易DSは、一般に市販されている可搬性の機器のみを用いて構成されており、持ち運びが容易であり、かつ安価であることが特徴である。このため、据置き型のDSと比較すると実車両との運転感覚の違いは大きいものであるが、たとえば道路利用者や地域住民を対象とした検討会議やワークショップの会場に持ち込んで具体的な交通安全対策の検討をおこなうなど、可搬性であることを活かしたさまざまな活用の可能性が考えられる。一方で、実車両と簡易DSとの運転感覚の違いによる運転行動への影響は避けられないため、簡易DS上におけるドライバーの運転行動の特徴を把握し、簡易DSの適切な応用範囲を明らかにした上で活用することが必要であると考えられる。

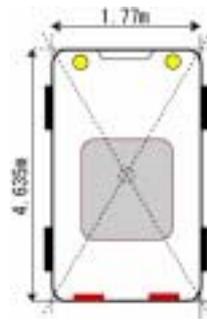


図-3 想定車両とデータ計測点

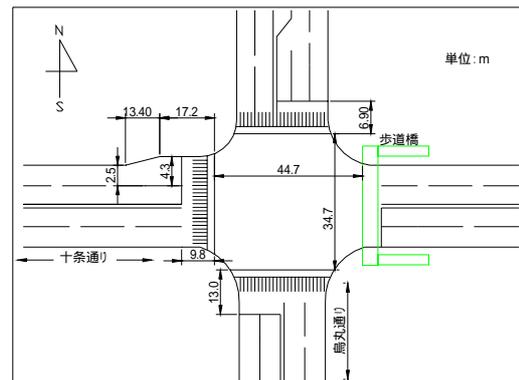


図-4 対象交差点付近の道路形状

## 3. 対象交差点とビデオ撮影調査の概要

### (1) 対象交差点の概要

対象交差点は、京都市南区の十条通(京都環状線)と烏丸通が交差する十条烏丸交差点である。交差点はJR京都駅から直線距離で約1,200m南方に位置し、周辺は個人住宅、集合住宅、オフィスビルなどが集まっている。交差点の直下には京都市営地下鉄十条駅が存在する。

この地域は京都市南側から中心部に向かう玄関口であるとともに、京都市中心部から奈良・大阪方面へ向かう出発点となるところである。そのため、幹線道路は1日を通して交通量が多くなっている。ただし、この地域では対象交差点の東側に隣接する国道24号、西側に隣接する国道1号、国道171号が主要な幹線道路であるため、そのいずれも通過しないこの交差点は、それらの幹線道路の抜け道的な利用の車両が多くなっている。このため、交通量は1日を通して安定しており、交差点周辺が渋滞車両で溢れることは少ない。また、十条通(東西方向)と烏丸通(南北方向)の交通量には大きな違いはない。

交差点付近の道路形状を図-4に示す。交差点流入部の車線数はいずれも往復4車線(片側2車線)であるが、烏丸通北側(南進方向)には右折付加車線が設けられている。また、規制速度は4方向とも50km/hである。交差点の北側、南側、西側には横断歩道と自転車横断帯が設置されている。また横断歩道のない交差点の東側には横断歩道橋が設置されている。

## (2) ビデオ撮影調査の概要

対象交差点における車両走行挙動を把握するため、2004年12月1日(水)にビデオ撮影調査をおこなった。撮影時間帯は8:30~10:30、13:00~15:00、16:00~18:00の計6時間である。調査にはデジタルビデオカメラ3台を用いて、交差点のほぼ全体の車両走行挙動を撮影するとともに、各方向の信号表示の変化も撮影した。

本研究ではこのうち、十条通西側から交差点に進入する車両(東進方向)の走行挙動を対象とした。また時間帯は、日没により車両走行挙動が計測しにくくなった1時間を除く5時間(8:30~10:30、13:00~15:00、16:00~17:00)を対象とした。

## 4. 簡易DSを用いた走行実験の概要

### (1) 走行コースの概要

対象交差点およびその周辺の道路を仮想空間内に作成し、簡易DSを用いてドライバーに走行させることによって、信号切り替わり時におけるドライバーの通過・停止の判断を計測することにする。

このため、交差点を500m間隔で5箇所に設置した、往復4車線(片側2車線)の道路を走行コースとして作成した。交差点付近の道路条件は実際の十条烏丸交差点にあわせて再現し、周辺の構造物についても現地を走行した場合の風景をもとに作成している。交差点間の単路部では、街路樹や建造物のCG映像を作成するとともに、道路上には規制速度の標識や路面標示を設置しており、ドライバーに自然な速度調整を促すようにしている。

走行実験では、信号切り替わり時における運転行動を計測するため、車両が交差点に接近するにあわせて信号表示が変化するように設定した。具体的には、前述のビデオ撮影調査において、信号切り替わり時にもっとも遅く交差点を通過した車両の交差点離脱時刻が黄信号開始8.33秒後であったことから、停止しなければ黄信号開始9.0秒後に交差点を離脱する車両までを対象範囲とした。これは、交差点を通過する車両の平均速度が53.3km/hであり、停止線から交差点離脱位置までの距離が44.7mであることから、黄信号開始時に停止線の上流側88.55mの地点を通過する車両に相当する。一方、信号切り替わり時に最も早く交差点で停止した車両はこの地点を通過してから3.13秒後に黄信号が表示された車両であった。このため、この地点を通過してから4.0秒後に黄信号が表示される車両までを対象範囲とした。

これらにもとづき、停止線の上流側88.55mの地点を基準として、対象車両がこの地点を通過してから0.0秒~4.0秒の範囲(0.5秒間隔の9段階)で信号表示が青から黄に変化するよう設定した。なお、走行コース内の交差点には信号表示が青のまま変化しないものもあり、

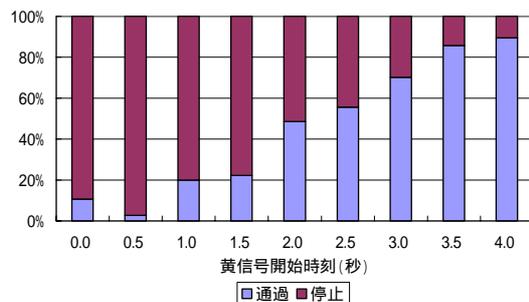


図-5 簡易DS走行時における通過・停止の割合

被験者がどの交差点でどのように信号表示が変化するかわからない状態で走行するようにしている。

### (2) 走行実験の概要と被験者属性

走行実験は、2006年12月に立命館大学びわこ・くさつキャンパスおよびパシフィックコンサルタンツ株式会社大阪本社において実施した。被験者は立命館大学学生(41名)およびパシフィックコンサルタンツ株式会社社員(14名)とし、被験者数はあわせて55名である。なお、被験者はいずれも普通免許保有者とした。

被験者には前述の走行コースを1人あたり3回走行させ、信号切り替わり時の通過・停止の判断について計測をおこなった。また走行実験終了後に、簡易DSの運転感覚に関するアンケート調査をおこなった。

被験者の属性は、男性47名、女性8名と、男性の割合が大きくなっている。また年齢構成は、20歳代が43名、30歳代が11名、40歳代が1名と、20歳代の割合が大きくなっている。また、被験者の大半(53名)が免許取得後1年以上の運転経験者であるが、日常的な運転頻度については毎日運転する者からほとんど運転しない者まで、被験者によるばらつきが大きくなっている。

## 5. 走行実験の結果と実際の走行挙動との比較

### (1) 簡易DSを用いた走行実験の結果

前述のように、停止線の上流側88.55mの地点を通過してから0.0秒~4.0秒の範囲(0.5秒間隔の9段階)で信号表示が青から黄に変化した場合について、通過・停止の割合を算定した。なお、各々の場合のサンプル数はいずれも35~38サンプルとなっている。

黄信号開始時刻に対する通過・停止の割合の変化は図-5のようになる。これをみると、黄信号開始時刻が遅くなるにつれて次第に交差点を通過する割合が増加している様子があり、被験者が自然な運転行動をおこなっていたと考えることができる。

### (2) 実車両の走行挙動との比較

前述のビデオ撮影調査により得られた5時間のビデオ

映像の中から、簡易 DS による走行実験と同様に、停止線の上流側 88.55m の地点を通過してから 0.0 秒～4.0 秒の範囲で信号が青から黄に変化した車両を抽出した。対象となる車両は 95 台であり、車種構成は普通車 75 台、大型車 16 台、二輪車 4 台であった。これらの車両について黄信号開始時刻に対する通過・停止の割合の変化をみると、図-6 のようになる。

図-5、図-6 をみると、いずれも黄信号開始時刻が遅くなるにつれて次第に交差点を通過する割合が増加している様子が見られる。ただし、0.0 秒～0.5 秒では実際の交差点ではすべての車両が停止していたが、簡易 DS では数台が交差点に進入している。また逆に、4.0 秒以上では実際の交差点ではすべての車両が通過していたが、簡易 DS では停止する車両もみられる。すなわち、実車両の運転行動と比較して簡易 DS の方が通過・停止の判断が異なる範囲が大きくなっており、無理なタイミングでの交差点進入や急減速による停止がおこなわれている様子がわかる。

一方で、実車両では黄信号開始時刻に対する通過・停止の割合の変化が滑らかではないのに対し、簡易 DS では変化が滑らかになっている。この理由は定かではないが、簡易 DS による運転行動では信号表示以外の走行条件が一樣であることから、実車両の運転行動と比較して個々のドライバーによるばらつきが小さくなっていることが考えられる。

このような簡易 DS による運転行動と実車両の運転行動との違いについては今後も検証していく必要があるが、信号切り替わり時における運転行動の分析に簡易 DS を用いる上では、このような簡易 DS の運転行動の傾向を考慮することが必要であると考えられる。

## 6. おわりに

本研究では、市販のゲーム用ツールを用いた簡易 DS を利用して、信号切り替わり時におけるドライバーの運転行動の分析をおこなった。とくに、簡易 DS による運転行動と実際の交差点における車両走行挙動とを比較し、簡易 DS が信号切り替わり時におけるドライバーの運転行動をどの程度表現できるかについて検証をおこなった。

これにより、簡易 DS での運転行動においても、黄信号開始時刻が遅くなるにつれて次第に交差点を通過する割合が増加している様子が見られ、自然な運転行動をおこなっていることがわかった。ただし、実車両の運転行動と比較して簡易 DS の方が通過・停止の判断が異なる範囲が大きくなっており、無理なタイミングでの交差点進入や急減速による停止がおこなわれている様子が見られた。また、簡易 DS による運転行動では、実車両の運転行動と比較して個々のドライバーによるばらつきが小

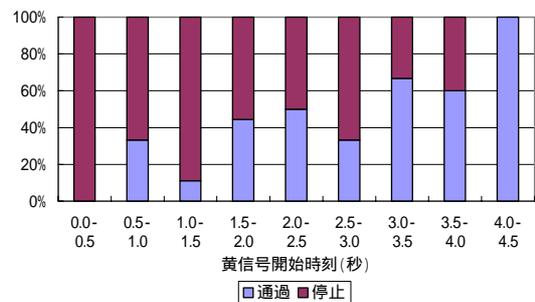


図-6 実際の交差点における通過・停止の割合

さくなる傾向がみられた。したがって、信号切り替わり時における運転行動の分析に簡易 DS を用いる上では、このような簡易 DS の運転行動の傾向を考慮することが必要であると考えられる。

今後の課題としては、前述のような課題点に対して検証をおこなうとともに、本研究で対象とした直進車両のみならず、右左折車両に対しても分析をおこなうことが必要であると考えられる。また、信号表示が赤から青に切り替わるときの見切り発進などの運転行動についても、あわせて分析をおこなう必要がある。これらにより、信号切り替わり時のドライバーの運転行動に対する簡易 DS の再現性の検証をおこなう予定である。

その上で、信号切り替わり時におけるドライバーの無謀な運転行動による危険性を定量的に評価し、信号交差点における交通安全対策の検討や、ドライバーへの教育、啓蒙に対する簡易 DS の応用可能性を検討することが必要であると考えている。

## 参考文献

- 1) 肥田肇, 小川圭一: 平面交差点における信号切り替わり時の自動車挙動に基づく交通事故発生確率の評価, 土木計画学研究・講演集, Vol.31, CD-ROM, No.227, 2005.
- 2) 川居卓也, 小川圭一: 右折専用現示の有無による信号切り替わり時の自動車走行挙動の比較分析, 平成 18 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集, CD-ROM, 第 部門, -34, 2006.
- 3) 小川圭一, 土井和広, 久坂直樹: 交通安全対策の検討に対する簡易ドライビングシミュレータの応用可能性, 交通科学, Vol.37, No.1, pp.46-54, 2006.
- 4) 飯田克弘, 森康男, 金鐘旻, 池田武司, 三木隆史: ドライビングシミュレータを用いた室内実験システムによる運転者行動分析 - 実験データの再現性検討と高速道路トンネル坑口の評価 -, 土木計画学研究・論文集, No.16, pp.93-100, 1999.
- 5) 大口敬, 飯田克弘: 高速道路サグにおける追従挙動特性解析におけるドライビング・シミュレータ技術の適用性, 交通工学, Vol.38, No.4, pp.41-50, 2003.
- 6) 山口晋弘, 平田輝満, 屋井鉄雄: 都市内地下道路における多重衝突事故の発生メカニズムに関する VR 研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.34, No.167, 2006.
- 7) 藤生慎, 清水哲夫: ドライビングシミュレータを用いた合流部走行支援情報システムの評価, 土木計画学研究・講演集, Vol.34, No.291, 2006.