

IV-335

道路走行シミュレータを用いた制動反応時間に関する研究

㈱ ウ エ ス コ 正員 桑原陽介
建設省土木研究所 中村 亮
建設省土木研究所 池原圭一
日本道路公団 日置洋平

1. 背景と目的

高齢化社会の到来で、西暦2010年には全運転免許保有者の14%にあたる1300万人を高齢者が占めると試算され、高齢者の運転特性に配慮した道路整備を推進する必要がある。加齢に伴う生理的機能の低下により、状況認識から反応までの時間が長くなることは多くの研究で証明されている。道路構造を検討する上で、こうした高齢者の反応遅れを考慮したドライバーモデルの構築は今後ますます重要になると考えられる。本研究では建設省土木研究所で開発されている道路走行シミュレータを用いて、仮想現実的な道路走行中に不意に障害物を発生させ、そのときの運転挙動を計測し、道路構造令に定められている反応時間の妥当性を検証した。さらに、高齢者ドライバーの増加や多様な交通条件に対応した制動停止視距について考察する。

2. 現実的な制動反応

制動反応に関する実験を行う上で方法論的問題のひとつに、通常の交通条件に適用できる測定結果を得ることの難しさがある。ある信号に合わせて、指示された行動をとるような警戒態勢下での反応実験例は多い。しかし実際の運転を考えると、ドライバーが危険な状況を予期し、対処できるよう身構えていることは稀である。そこで実車実験では安全確保の面から、実施が困難であった“障害事象の出現が予期されていない時の制動反応挙動”をキーコンセプトとした。

3. 実験方法

(1) 実験計測装置の概要

本実験に用いた道路走行シミュレータは、道路状況およびドライバー(被験者)の運転操作に応じた車両挙動の計算により、ドライバーから見える前方視界をCGI(Computer Graphics Image)で忠実に再現し、この人工空間を用いてドライバーの運転操作と車両の挙動等を計測することのできる座席固定式ドライビングシミュレータである(図-1、表-2参照)。今回の制動反応は、視覚からの情報依存度の高い、比較的単純な運転操作であることから、より現実に近い走行環境で実験ができたといえる。

図-1 装置の構成概要

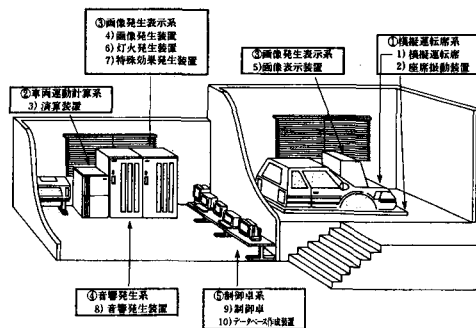


表-2 各機器の概略機能

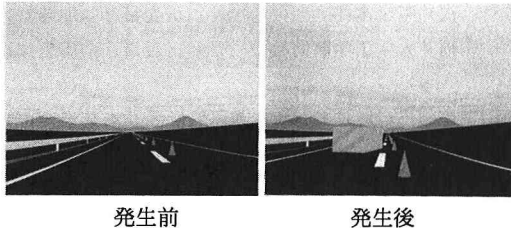
構成	機器	概略機能
①模擬運転系	1)模擬運転系 (実車両を改造する) 2)座席移動装置	・作動機能(ハンドル、ブレーキ、アクセル、方向指示器等) ・計器表示(速度計、回転計等) ・10~20kg程度の駆動機能
②車両運動計算系	3)演算装置	・道路状況、運転操作に応じた車両運動機能 ・車両運動計算周期300μs、遅延時間150ms ・データベース容量5000平方
③画像発生表示系	4)画像発生装置 5)画像表示装置 (無限遠結像CRT方式) 6)灯光発生装置 7)特殊効果発生装置	・画像更新1/30秒 ・画像表示能力500平方 ・他車4台程度発生可能 ・視野角H40°×V30° ・解像度4ft-L(13.7cd/m²) ・走査数1000×1200像素/画面 (解像度約3分程度) ・位置、向き、名前を指定可能 ・テキスト段階通知
④音響発生系	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)制御系 10)データベース装置	・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 ・データベースの作成および変更を行う装置

(2) 実験条件

□被験者には事前に障害物の発生を教えず、一般道(片側2車、設計速度 $V=80\text{ km/h}$ 、他走行車なし)を模したコースを指定速度($V=80\text{ km/h}$)で走行させる。2分程度の走行で被験者がコースに馴化した頃、ドライバーが“本当に驚く”ように障害物を不意に発生させた。また比較実験として同じ被験者に障害物の発生を事前に教えて同様な実験を試みた。□進行走路上にある障害物を、ドライバーが発見するまでの時間は、障害物の大きさ、色、形、距離、ドライバーの視力等に依存する。ここでは故障車を想定し、自動車大の障害物を自車手前90mで発生させた。また「障害物の発生=被験者の視認=反応時間の計測開始」となるように、蛍光色柄(黄色地に赤色のストライプ)で、視認性の高いものとした(写真-1参照)。

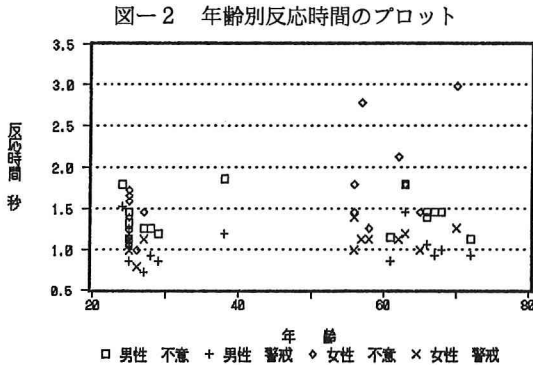
□被験者は55歳以上を高齢者、20歳から40歳を非高齢者とし、男女各8名の運転免許保有者により行った。またシミュレータに慣れてもらうため、実験前に一定距離の慣熟走行をこなしてもらった。

写真－1 障害物の発生状況



4. 結果及び考察

反応時間は、障害物の発生からドライバーがブレーキを踏み始めるまでとする。障害物の発生を事前に予期していない場合（不意）と予期している場合（警戒）別の障害事象を考えると、高速道路では故障車やトラの反応時間の分布を図－2に示す。また被験者属性別の結果を表－2に示す。



表－2 反応時間の平均値と標準偏差

属性	平均年齢	平均値(S)	標準偏差
非高齢・男	27.6	1.40	0.28
非高齢・女	25.4	1.40	0.25
非高齢・全体	26.5	1.40	0.25
高齢・男	66.3	1.40	0.19
高齢・女	60.9	1.95	0.59
高齢・全体	63.6	1.68	0.52
被験者全体		1.54	0.43

実験結果から次のことがわかる。

□表－2に示すように障害物の発生を予期していない時の反応時間の平均値は1.54秒であった。この値は現行基準に対し50%以上の余裕がある。

□障害物の発生を事前に予期している場合（比較的単純な反応）と、そうでない場合では反応時間に1.3～1.7倍の開きがある。よって反応時間は障害事象や走行条件により、大きく変わることがわかる。

□高齢女性被験者のうち2名が、規定値の2.5秒を越えていること、データのばらつきが大きいことから、加齢に伴う、反応遅れや環境変化（シミュレータという特殊環境）に順応する能力の拙劣は、女性に著しい。□高齢男性被験者に反応遅れの傾向は見られない。これは、勤労意欲旺盛で健全な比較的年年初期の方が多かったことも要因であろうが、加齢による安全運転志向、反応の素直さ（何に対してもブレーキを踏む）が、生理的な反応遅れをフォローしていると考えられる。

制動反応時間が適用されるべき条件は、こうした人的影響以外にも、道路構造、交通状況、走行環境、障害事象の視認性など様々である。例えば、道路の種類別の障害事象を考えると、高速道路では故障車やトラの飛び出し、山地部の一般道では落石や倒木などの障害物が該当するであろう。また、道路を利用するドライバーの年齢層や運転技術も、都市部と地方部では違ってくる。こうした交通条件による反応時間の違いは、現基準値に含まれる余裕で対処できると考えられている。今後はこうした地域の特性や社会環境の変化等を考慮した道路構造のあり方が検討されていくであろう。

5. おわりに

制動反応時間を正確に測定するには、結果が適用されるべき条件に類似した条件のもとで実験が行われるべきである。本研究では、実走行時の制動条件に近い環境を道路走行シミュレータで再現し、反応時間の評価を試みた。こうしたパラメトリックな実験では、道路走行シミュレータの特徴である、被験者の安全確保、走行環境の再現性、実験条件の均一性、データ処理の簡便性などが大変有用であることがわかる。今後は、更にサンプル数を増やすとともに、シミュレータデータの正当性評価も必要である。

最後に、本報告をまとめるにあたり多くのご教示を頂いた建設省土木研究所道路研究室の方々に深く感謝の意を表します。

《参考文献》

- (1) 道路広報センター：ゆとりある生活空間づくりに向けて、1993
- (2) 米国TRB委員会報告：ハイウェイ視距設計上の諸問題、1989
- (3) 日本道路協会：道路構造例の解説と運用、1983