

## 地震時における高速道路走行中の自動車挙動について

立命館大学理工学部 フェロー 土岐憲三  
 京都大学工学研究科 正会員 清野純史  
 立命館大学大学院 学生会員 ○坂根大介

## 1. はじめに

政府の専門調査会が東海、東南海、南海地震が高い確率で発生すると発表した。被害が大きいと予想される関東から四国地方にかけての太平洋側には高速道路や都市内高架道路が広く発達しており、それらを通行する自動車への地震の影響が懸念される。

しかし、走行中の自動車に対する地震時挙動解析に関する研究は十分であるとは言い難い。そこで、本研究では、特に高速道路走行中の自動車が地震発生の際にどのような挙動を示すのかを数値解析によって求め、地震発生の際の自動車事故防止のためにはどのような交通管制が必要かを検討するための基本的な情報を得ることを目的としている。

## 2. 解析手法

解析の対象は全て剛体とし、車両-道路部を図-1のようにモデル化する。片側2車線、中央分離帯を挟んだ全4車線で、そこを車両が通行する。なお、中央分離帯と追越車線の間には側帯を、走行車線の左側には路肩、側壁を設ける。

本研究では、解析手法<sup>1)</sup>として個別要素法<sup>2)</sup>を用いる。図-2のように、要素間の接触力の計算を行うにあたり、頂点を1/8球、辺を1/4円柱と仮定する。これにより、接触のパターンは、球と球、球と円柱、球と面、円柱と円柱の4つに分類でき、要素間の接触判定を簡便化することができる。なお、解析時間間隔は $10^{-4}$ 秒とする。

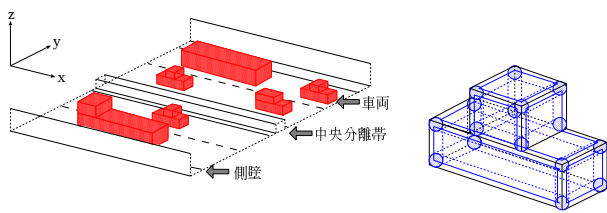


図1:解析に用いるモデル

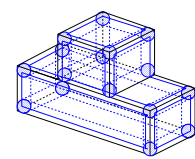


図2:車両モデル

## 3. 解析に用いるパラメータ (表-1)

ブレーキの効果を表現するために表-1の動摩擦係数とは別の値(表-2)を用いてDEM要素と路面との間に摩擦力を作用させる。なお、これらの摩擦係数はブレーキをかけた場合で、図-1における $x$ 方向にのみ作用させる。

パラメータのうち、ブレーキの効果を表現した摩擦係数についてのみ数値解析を行って検証する。乗用車とトラックについては実例<sup>3)4)</sup>との比較によって、バスについては乗用車とトラックの実例に基づき現実に見合ったものなのか検証する。表-3より現実に見合ったものと判断した。

表-1:接触パラメータ

|       | 道路部との接触時            | 車両同士の接触時            |
|-------|---------------------|---------------------|
| $\mu$ | 0.800               | 0.500               |
| $C_s$ | 0.0                 | 0.0                 |
| $C_n$ | $4.286 \times 10^1$ | $4.286 \times 10^1$ |
| $K_s$ | $6.776 \times 10^2$ | $6.254 \times 10^2$ |
| $K_n$ | $1.626 \times 10^3$ | $1.626 \times 10^3$ |

表-2:摩擦係数 (ブレーキ効果の表現)

|       | 乗用車 1 | 乗用車 2 | トラック  | バス    |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\mu$ | 0.876 | 0.876 | 0.363 | 0.378 |

表-3:ブレーキ効果の検証

|      | 実例    | シミュレーション |
|------|-------|----------|
| 乗用車  | 44.9m | 45.6m    |
| トラック | 68m   | 70.0m    |
| バス   | -     | 67.3m    |

## 4. 地震時の車両挙動

入力地震波は1995年の兵庫県南部地震の際に神戸海洋気象台で記録された加速度波形を用いる。ただし、道路部全体の入力ではなく車両への慣性力入力とし、すべての成分において計算時間短縮のため主要動部分である7.2秒後から入力するものとし、17.2秒までの10秒間の解析を行う。

## (1) 1台の車両を用いた場合

図-1の $y$ 方向の変位に着目し、車両が本来の走行ラインからどのくらい逸脱するのかを車両の重心の $y$ 座標によって評価する。また、乗用車1と乗用車2は車線幅から車幅を引いて求められる余裕幅の半分の値である0.9mを越えると車線を逸脱し、同じくトラックとバスは0.5mを越えると車線を逸脱するものと考えられる。それらの値を解析結果と同じ図中に"border"として示す。

## (a) 車両形状の違いによる比較

初期状態は100km/hでブレーキやハンドル操作は行わず、車両は等速運動をしているものとする。

## (b) 速度変化による比較 (図-3)

ここでも車両は減速や加速は行わず、0km/h、40km/h、80km/h、及び120km/hの4つの速度で各々等速運動をしているものとする。

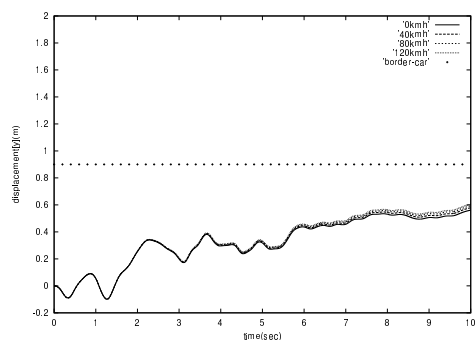


図-3:速度変化による比較

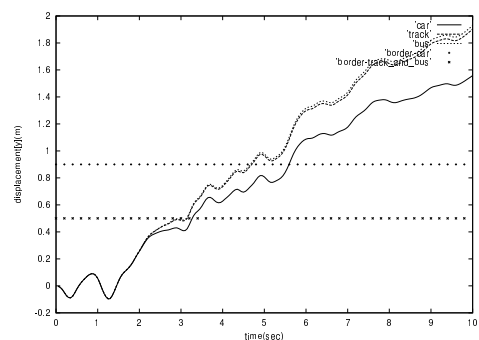


図-6:ハンドルの違いによる比較 (反応 B)

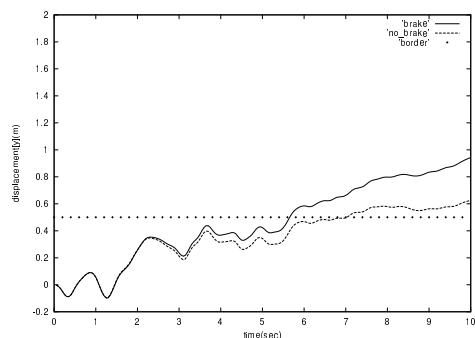


図-4:ブレーキの有無による比較

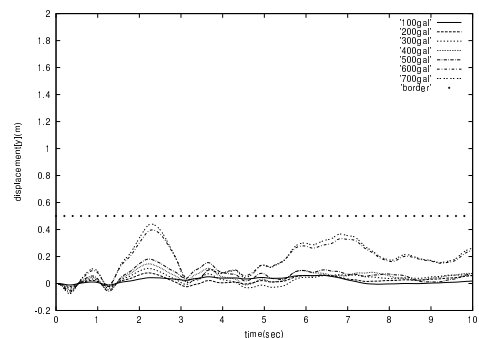


図-7:PGA の違いによる比較 (反応 A)

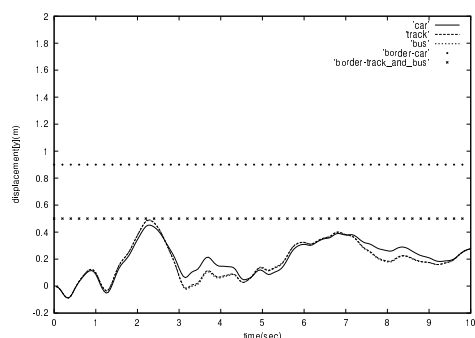


図-5:ハンドルの違いによる比較 (反応 A)

## (c) ブレーキの有無による比較 (図-4)

地震動を入力してから1秒後にブレーキをかけることとする。また、急ブレーキをかけてタイヤの回転が止まった際にハンドルが全く効かなくなるという事実から、本シミュレーションにおいてもブレーキをかけた場合には縦方向の摩擦力の大きさに応じて横方向の摩擦力が小さくなるようにした。

## (d) ハンドルの違いによる比較 (図-5,6)

本研究では運転者の反応特性を考慮し、車線を逸脱しないようにハンドル操作をする安全側の反応を「反応 A」、逆に車線を逸脱してしまうような危険な反応を「反応 B」とする。

## (e) 地震波の地表面最大加速度の違いによる比較 (図-7)

地震波は同じ波形をスケールリングして入力する。なお、車両の初速度は 100km/h である。

## (2) 2 台の車両を用いた場合

地震発生時における乗用車の急ブレーキは当然のことながら後方車両によっては大変危険な行為であることがわかる。また、反応 B を示す運転者は他の車線を走行中の車両との間で接触を起こすことがあることが確認された。また、どちらか一方の車線をトラック及びバスが走行している場合には車両の全幅が大きいので接触する可能性が高くなる。

## 5. まとめ

本研究では、DEM を用いて地震時における高速道路走行中の自動車挙動についての検討を行った。その結果、乗用車よりもトラックやバスの方が危険であることが確認された。

今後は自動車のより詳細なモデル化や運転者の反応特性をできる限り実際の運転者に近づけること、パラメータの再検討、そして様々な加速度波形で解析を行う予定である。

## 参考文献

- 1) 清野純史, 土岐憲三, 永井克実. 高架橋被災時における列車挙動について. 第 26 回地震工学研究発表会講演論文集, vol2, pp.1457-1460, 2001.
- 2) 木山英郎, 藤村尚. カンドルの離散剛要素法を用いた岩質粒状体の重力流動の解析. 土木学会論文報告集, 第 333 号, pp. 137-146, 1983.
- 3) 独立行政法人 自動車事故対策機構. 自動車アセスメント 2002 年度ブレーキ性能試験結果. 2004.
- 4) 山崎俊一, 山口泉, 加賀美公彦. 大型車の停止距離と制動初速度の算出. 日本自動車研究所, 自動車研究, 第 24 巻, 第 6 号, pp. 213-220, 2002