

高速道路走行中の自動車に対する地震対策について

京都大学 学生員 ○藤井 俊介 京都大学 正会員 清野 純史
立命館大学 フェロー 土岐 憲三 京都大学 正会員 Charles Scawthorn

1. 目的

本研究では、自動車の物理モデルを構築し、緊急地震速報の活用を想定して高速道路を走行する自動車への地震対策について検討を行った。自動車の挙動は、全体を運動方程式で表し、各タイヤをばねとダッシュポットを用いたモデルで表現した。衝突を考慮するために、車両を円と線でモデル化し、接触した際にはバネとダッシュポットで力のやりとりを考えた。地震時のドライバーの反応は、新潟県中越地震の際に、道路事業者が利用者に行ったアンケートを基に決定した。以上を基にして、緊急地震速報の効果を定量的に評価した。

緊急地震速報を活用すると、地震動早期警報の有無、ブレーキ操作、ハンドル操作、車間距離、車種などの各要因によって、必ずしも衝突を回避できるわけではないという結果が得られた。これらの要因による衝突を回避するためには、高速道路や自動車を取り巻く環境に ITS を普及させていくことが一つの手段である。

2. 車両の挙動解析手法

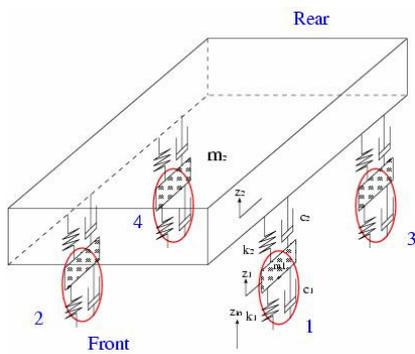


図1 車両モデル

6自由度の車両挙動を解析¹⁾するにあたっては、図1に示すモデルを使用した。下のバネはタイヤの剛性を、上のバネはサスペンションのバネをそれぞれ表している。また、上の質点(バネ上)は車両本体質量を、下の質点(バネ下)は車輪質量(タイヤ、ホイール、ブレーキパッド等を含む)を表している。

進行方向(x軸)並進運動、横方向(y軸)並進運動の運動方程式は以下のようなになる。

$$m(\ddot{x} - vr) = \sum_i \sum_j (F_{xij} \cos \delta_{ij} - F_{yij} \sin \delta_{ij}) - \mu mg$$

$$m(\ddot{y} + ur) = \sum_i \sum_j (F_{xij} \sin \delta_{ij} + F_{yij} \cos \delta_{ij}) - \mu mg$$

ここで、 u は x 軸方向速度、 v は y 軸方向速度、 r はヨー角速度、 m は車両の慣性質量、 g は重力加速度、 μ は摩擦係数である。 δ は車両固定座標とタイヤの向きとの角度差(前輪操舵角)を表す。また、 F_{xij} はタイヤに作用する駆動・制動力、 F_{yij} はタイヤの横力である。インデックスの i はタイヤの前後輪を表し、 j は左右を表している。

接触においては、車両と車両及び車両と道路部について、各車両の頂点に設けた円の中心位置と各車両の辺および道路部に設けた辺の位置を求め、接触判定を行う。

3. 車両モデル

車両モデルは、乗用車がホンダの Civic、トラックが日野自動車のプロフィアカーゴ FR、バスが日野自動車のセレガ RGD とする。

4. 緊急地震速報とドライバーの反応

緊急地震速報は、ある時点までに得られた全ての観測データを処理し、常により精度の高い情報に順次更新するものである。地震動早期警報を高速道路走行中の運転者に発信し対応を促す場合、運転者が停車するのに要する時間を考えると余裕時間を最も長く与えることのできる「0次情報」の利用が最も効果がある。

キーワード 緊急地震速報、車両挙動、ドライバーの反応、高速道路

連絡先 〒615-8530 京都市西京区京都大学桂 工学研究科都市社会工学専攻 TEL075-383-2056

ドライバーの反応に関しては、道路事業者が新潟県中越地震の際に行ったアンケート結果を参考にする。以下、その一部を示す。(全体数 25 人)

・地震を感じた後どのように走行しましたか?(複数回答可)

ゆるやかに減速した 12 人 急ブレーキを踏んだ 6 人 路肩に停車した 10 人

・ハンドル操作はどのように行いましたか?

大きなハンドル操作をした 3 人 小さなハンドル操作をした 11 人 ハンドル操作をしなかった 7 人

・一連の操作によって車線をはみ出しましたか?

車両またはガードレールに接触した 1 人 はみ出した 5 人
はみ出しそうになった 5 人 はみ出さなかった 11 人

5. 地震時車両挙動に基づく解析結果

本研究が目的としている、高速道路を走行する自動車への地震動早期警報の適用を想定し、その効果を定量的に評価する。なお、解析に際しては地震によって高架橋の桁の落下あるいは崩壊など、通行の支障となる現象は地震の揺れ以外には起こらないものとする。走行車両数は 6 台とし、走行車線を 3 台、追越車線を 3 台が走行しているものとする。その一例を図 2 に示す。車両の走行速度は、平均を 100km/h、標準偏差を 10km/h とする正規乱数で与える。走行場所は、地震動早期警報のメッセージが運転者に伝え始められてから、5 秒後に主要動が到達する地点とする。メッセージを伝えるのに 3 秒を要すると仮定するので、実際の余裕時間は 2 秒となる。

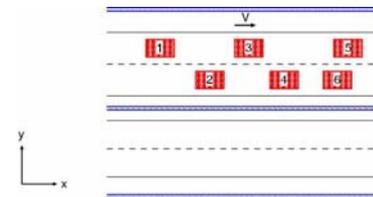


図 2 走行状況

(a) ブレーキ操作

早期警報受信後、同時に 4 台が急ブレーキ、2 台がゆるやかに減速する。車間距離は全車 50m とする。この場合、車間距離が 9m まで近づいた車があった。

(b) 車間距離

車間距離を平均 30m、標準偏差 10m の正規乱数として与え、ドライバーによるブレーキを踏むまでの時間差を考慮した場合には、1 号車と 3 号車、2 号車と 4 号車、3 号車と 5 号車で衝突が起こった。(図 3)

(c) 車種

普通乗用車 2 台、バス 2 台、トラック 2 台で車間距離を平均 50m、標準偏差 10m の正規乱数で与える。ブレーキを踏む時間は全車同じとする。この場合、1 号車と 3 号車が衝突した。また、4 号車と 6 号車の車間距離が 1m ほどに近づいた。(図 4)

(d) 地震動早期警報の有無

地震動早期警報を行う車両と行わない車両が混在している場合、4 号車と 6 号車が衝突した。なお、衝突しない場合の停止距離の差は 98m であった。

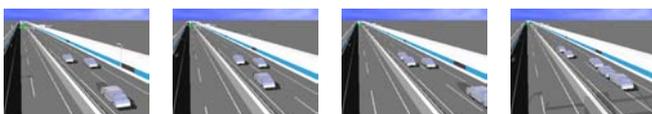


図 3 車間距離の違いに着目した場合

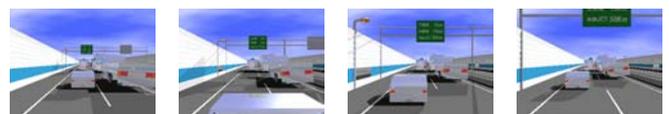


図 4 車種の違いに着目した場合

6. 結論

- ・車間距離が約 50m 以内では、早期警報の活用によって衝突することがある。
- ・地震による衝突事故をなくすには、緊急地震速報を導入するだけでは不十分である。ブレーキ操作や車間距離などの要因も考慮する必要がある。

参考文献

- 1) 山崎文雄、山之内宏安、丸山喜久：高速道路走行中車両の地震応答解析、土木学会論文集、No696/I-58、pp.249-260、2002.1