

第Ⅰ部門

高速道路を走行する貨物自動車の地震時挙動に関する研究

立命館大学理工学部	学生員	○藤井 俊介
立命館大学大学院理工学研究科	フェロー	土岐 憲三
立命館大学大学院理工学研究科	正会員	伊津野 和行
京都大学大学院工学研究科	正会員	清野 純史

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震以降、地震に対する国民の関心は非常に高まった。その後、2004年の新潟県中越地震をはじめとして、規模の大きな地震が日本各地で起こっている。東海地震、東南海地震、南海地震の発生が予想されている太平洋沿岸地域は政府も対策をたてている。

自動車に対する需要は依然として高く、人々の自由な移動手段としての車、公共交通としての車、荷物運搬のための車など用途は多種多様である。荷物運搬量に着目した場合、自動車の割合は鉄道、航空機、船舶よりも高い。今後のさまざまな自動車交通を展望するにあたり、地震を受けた場合の影響を考えることは不可欠である。

そこで本研究では貨物自動車を取り上げ、3次元モデルを構築することによって地震時の挙動を解明するものである。

2. 車両の運動

解析は3次元で行い、モデルはトラックのみを考える。車両の重心位置を原点に車両の前後方向を x 軸、左右方向を y 軸、上下方向を z 軸とする。この座標を基準として、運動の自由度をそれぞれの座標軸の並進方向と回転方向の6自由度とする^[1]。回転運動に関して、 x 軸回りのモーメントをローリング運動、 y 軸回りのモーメントをピッチング運動、 z 軸回りのモーメントをヨーイング運動と呼ぶ。以上の車両の基本運動を図1に示す。

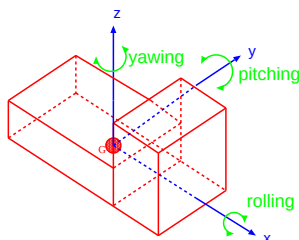


図 1: 車両の基本運動

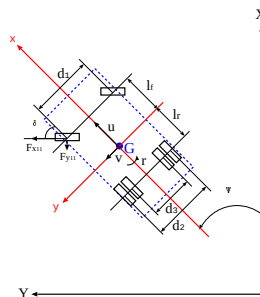


図 2: 水平方向の車両座標系

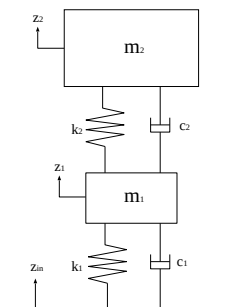


図 3: 1/4車両モデル

3. 運動の解析

a. 水平方向

座標系は、図2に示すような車両の重心位置に固定した座標系 $x-y$ と、地上に固定した座標系 $X-Y$ とする。6つの運動のうち上下方向（ z 軸方向）の並進運動（バウンスング運動）以外を記述するために用いた座標系と車両モデルを図2に示す。

解析の対象は全て剛体とする。運動方程式を考える際の外力は、タイヤに作用する力と地震動とし、空気抵抗は考えないものとする。なお、タイヤに作用する力は駆動・制動力の F_x と横力の F_y を考える。 x 軸と y 軸の並進運動についてそれぞれ運動方程式をたてる。解析はNewmarkの β 法（ $\beta=1/6$ ）による数値積分法によって行った。解析時間間隔 Δt は、0.00002(sec)で横方向変位が収束したためこの数値を用いた。

b. 鉛直方向

バウシング運動に関しては、図3に示す1/4車両モデルを使用した[1]。下のバネはタイヤの剛性を、上のバネはサスペンションバネ定数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。前輪と後輪のバネ下の固有振動数は通常ほぼ等しいことから、このように車両を1/4に分割したモデルが上下振動を表す際には使用されている。本研究では、後輪は片側で2輪となっているが、便宜的に2輪を1輪とみなして1/4モデルを使用する。

4. 入力地震波

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(JMA 神戸)で記録された加速度波形を用い、図2に示す絶対座標系の X 方向にEW成分、 Y 方向にNS成分、 Z 方向にUD成分を入力する。ただし、解析にあたっては道路部全体へ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の20秒間の解析を行う。

5. トラックの地震応答解析

初期条件として、 x 軸方向に時速100km/hで直進している状態を考える。荷物の積載はないものとする。また、運転者の反応は考慮しないものとし、ハンドルは固定されていないとする。この状態を基本状態とよぶ。はじめに基本状態での地震時における車両の挙動を示し、荷物積載の有無、ハンドル操作を考慮した場合の比較、地震波の地表面最大加速度による比較を行う。 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、車線幅(3.5m)から車幅(2.18m)を引いて求められる余裕幅の半分の値である0.66mを越えると車線を逸脱するものと考えられ、それらの値を解析結果と同じ図4に“border”として示す。

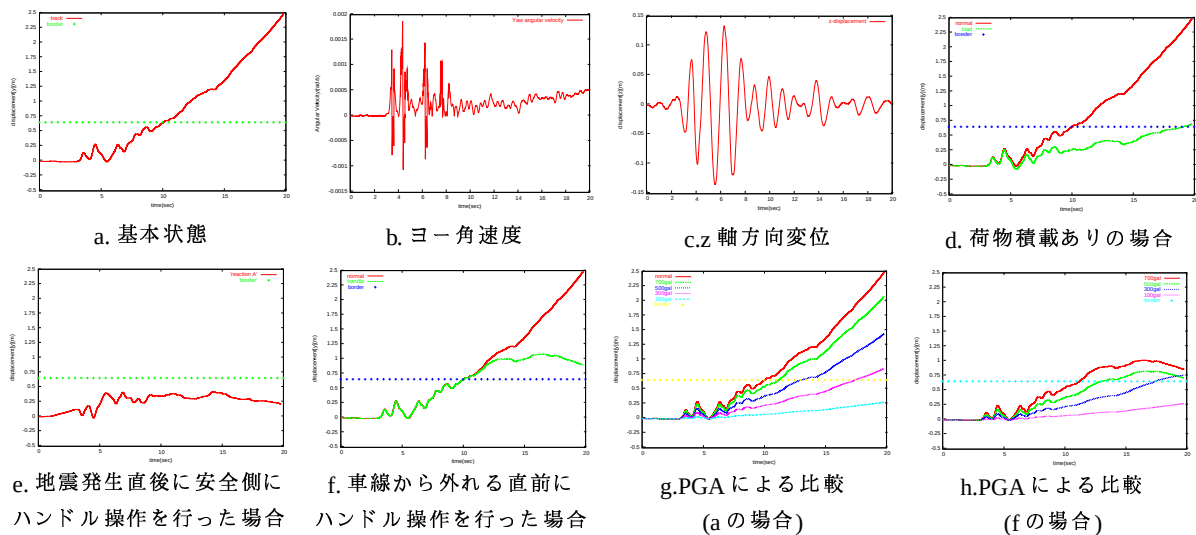


図4: 地震時におけるトラックの応答解析

地震の主要動部が終わったあと、ある角度のヨー角を保ったまま車両が走行し続けていることが分かる。地震発生直後に車線を逸脱しない方にハンドル操作を行えば、横方向変位は約50cmにとどまり、車線を逸脱しない。しかし、主要動部が過ぎた後、車線を逸脱する直前にハンドル操作を行った場合は、約40cm車線を逸脱する。

6. 結論

本研究で行ったこと、および得られた成果を以下に示す。

- (1) 6自由度の車両モデルを構築することにより、車両の挙動をシミュレートした。
- (2) 荷物積載がある場合の横方向変位は、重量と車軸から重心までの距離に関係がある。
- (3) 横方向変位はPGAの大きさにほぼ比例する。
- (4) ハンドル操作をシミュレーションに取り入れ、車線逸脱に関する検討を行える環境を設定した。

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