

## 車両—乗員系連成振動シミュレーションシステムの開発 3 B-1 (第5報, 前後輪の回転運動を考慮した場合)

西山 修二

広島市工業技術センター

### 1. はじめに

自動車の快適性向上への要求は、近年飛躍的に高まってきている。長時間乗車しても疲労が少なく、安全かつ快適であってほしいといった、機能的性能の高さが重要になってきている。自動車の乗り心地性能には、路面、タイヤ、サスペンション、ボデー、シート等が関係し、人体も複雑な振動系を構成する。そこで、これらの問題解決の一手法として、前報で車両、乗員、路面系の連成振動を考慮した理論を確立し、シミュレーションシステムを開発した。第1報<sup>(1)</sup>では理論解析およびシステム検証、第2報<sup>(2)</sup>では乗員挙動に及ぼす最終着座姿勢の影響、第3報<sup>(3)</sup>では乗員挙動に及ぼす乗員・シート系パラメータの影響、第4報<sup>(4)</sup>では乗員挙動に及ぼす道路橋伸縮装置段差の影響等について、自動車開発の上で重要と考えられる項目について検討した。従来の研究では、タイヤはばねとダンパでモデル化し、車両走行により路面からの入力路面の変位と変位速度を考慮することが一般的であった。車両の制動時や駆動時での人体挙動を予測するためには、車両の進行方向での慣性力、前後車輪の回転運動まで考慮することが必要である。そこで、本研究では、従来の振動モデルに前後車輪の回転運動を考慮したモデルとし、制動時の車両や人体挙動が予測可能な数学モデルを構築し、シミュレーションシステムを開発する。開発したシステムにより、従来モデルとの相違及び制動時に人体が受ける振動加速度などについて検討する。

### 2. 理論的解析

解析モデルを図1に示す。図に使用した記号の意味を以下に示す。 $m$  : 質量,  $I$  : 慣性モーメント,  $\theta$  : ピッチング角度,  $\mu$  : 摩擦係数,  $\rho$  : 空気密度,  $\omega$  : 回転角速度,  $k$  : ばね定数,  $c$  : 粘性減衰係数,  $z$  : 座標系,  $\beta$  : フットレスト角度,  $e$  : 車輪の接地部に働く垂直反力の着力点が車輪中心を通る垂直線より前進している距離,  $R$  : 車輪の有効半径,  $C_r$  : 全車空気抵抗係数,  $S$  : 車両の全面面積,  $V$  : 車両走行速度,  $P$  : 全制動圧力,  $W$  : 車輪にかかる垂直荷重,  $T$  : フリクションモーメント,  $F$  : 作用力,  $l$  : 長さ,  $f$  : サスペンション系フリクション,  $h_c$  : 車体重心高さ, 添字  $f, r$  はそれぞれフロント, リアを示す。乗員系については、頭部と頸部, 胴体部, 大腿部, 下腿部の四つの剛体としてモデル化する。各部の重心に質量と回転慣性モーメントを考慮する。また頸, 腰, 膝での連結点はピンジョイントとし, その間接部にフリクションモーメントを考慮する。乗員・シート系は各質量の上下, 前後および回転運動からなる6自由度のモデルとする。車両系については, 車体, エンジン, 前後車輪の上下運動と車体, エンジンのピッチング運動及び前後車輪の回転運動を考慮する。車体, エンジン, 前後車輪の進行方向速度は同一とし, 各質量間の前後方向の相対運動は考慮しない。したがって, 本研究で取り扱う車両—乗員系の解析モデルは15自由度の複雑系の振動モデルとなる。複雑系を支配する運動方程式の導出は前報<sup>(1)</sup>に基づく。

Development of Simulation System on Vehicle-Occupant Dynamic Interaction  
(5th Report, In the Case of Considering Rotational Movement of Front and Rear Wheels)

Shuji Nishiyama

Hiroshima City Industrial Technology Center

8-24 Sendamachi 3-chome, Nakaku, Hiroshima City, 730, Japan

新たに考慮する運動方程式は車体の進行方向の慣性運動及び前後車輪の回転運動に起因する運動方程式となる。

開発したシミュレーションシステムは入力部、解析部、処理部、出力部から構成されている。解析部では、運動方程式を初期条件の他に車両が停止時の末期条件を考慮して妥当性のある解を得ることが可能となった。

図2はシミュレーション結果を示す。初速度35km/hとし、前後輪のブレーキ力が0.3秒後にそれぞれ4000kg及び2000kgの一定値に達するように制動した場合の結果である。車両が初期状態から一定時間までの乗員が受ける加速度を示す。図で横軸は時間、縦軸は加速度を示す。車体は1.5秒後に停止するが、車両が停止後も人体はしばらくの間、運動を続け、時間の経過とともに減衰していく。

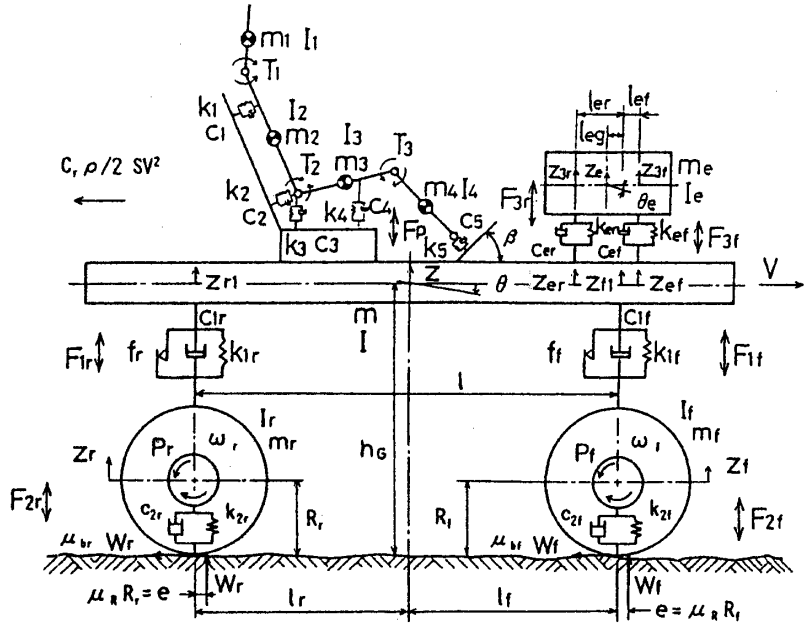


図1 車両—乗員系連成振動の解析モデル

3. おわりに

前後輪の回転運動を考慮した人体6自由度、車両9自由度の複雑系の車両—乗員系連成振動の解析モデルを構築し、シミュレーションシステムを開発した。数学モデルの解析にあたり、初期条件の他に末期条件を考慮して車両停止後の現象も把握可能とした。本研究で開発したシミュレーションシステムにより、車両の制動時、駆動時における車両—乗員系連成振動特性が解析的に把握可能となった。従来のモデルと比較して、車両が一定速度で走行する場合も実測値に近い結果が得られた。本システムは乗員の快適性、安全性などを考慮した車両開発に適用可能である。

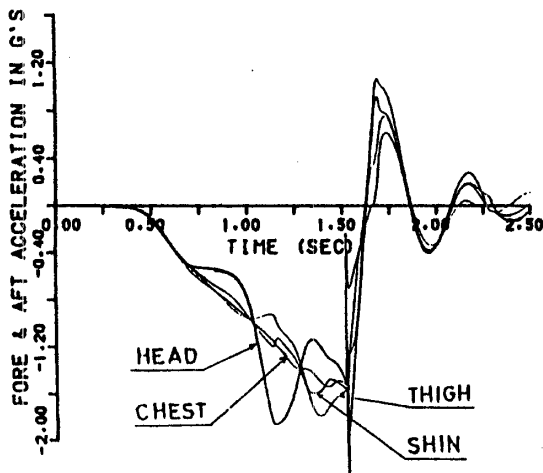


図2 乗員の前後方向加速度

文献

- (1) 西山. 車両—乗員系連成振動シミュレーションシステムの開発. (第1報. 理論解析及びシステム検証). 日本機械学会論文集. 59—568. C. 3612-3621.
- (2) 西山. 車両—乗員系連成振動シミュレーションシステムの開発. (第2報. 乗員挙動に及ぼす最終着座姿勢の影響). 日本機械学会論文集. 59—568. C. 3622-3629.
- (3) 西山. 車両—乗員系連成振動シミュレーションシステムの開発. (第3報. 乗員挙動に及ぼす乗員・シート系パラメータ影響). 日本機械学会論文集. 60—573. C. 1509-1516.
- (4) 西山. 車両—乗員系連成振動シミュレーションシステムの開発. (第4報. 乗員挙動に及ぼす道路橋伸縮装置段差の影響). 日本機械学会論文集. 60—575. C. 2220-2226.