

機構解析言語を用いた車両シミュレーションモデルの作成について *

Development of a Vehicle Simulation Model Using ADAMS *

野並 克弘 **・M.ハジ.ホセインルー ***・中辻 隆 ****

By Katsuhiko NONAMI **, Mansour Hadji Hosseiniou ***, Takashi NAKATSUJI ****

1. はじめに

近年社会問題である交通事故を減らすためにさまざまな努力が続けられている。なかでも、事故を未然に防ぐために有効な予防安全技術は、重要である。その開発においては、車両挙動のシミュレーションや交通事故再現システムといった技術は欠かせないものである。

一般的に事故再現モデルは、タイヤと路面の間に作用する力を表現するタイヤモデル、運転者の運転動作と車の運動の関係を記述するドライビングモデル、あるいは衝突時の力学的挙動を表す衝突モデルなどが統合的に組み合わされたものであり、そこには多くのモデルパラメータが含まれている。しかし、交通事故の現場に残されているデータからそれらの値を同定する事は多くの場合困難である。従来の交通事故再現システムは、車両構造の安全設計を主眼に作られており、実車による衝突試験を通して蓄積されたデータに基づいてパラメータの推定を行う事を想定しているものが多い。そのため道路・交通管理者が交通事故の分析のために使用するのには適していない。また、実車試験には莫大な費用が要すること、あるいはモデル構造が高度化するにつれパラメータの数も増大しており、実車の衝突試験を通してパラメータの推定を行う事が困難になってきている。

そこで、車両運動を3次元的に表現できる機構解析言語を用いる事によって車両挙動のシミュレーションを行う事が可能になれば、危険を

伴う実車実験や交通事故の再現など、多様な条件下で車両挙動を分析する事が可能となり、事故再現モデルの精度向上につながるものと期待されている。

そこで本研究では、汎用の機構解析言語であるADAMSを用いることによってドライバモデルと車両の物理的特性を考慮するようなシミュレーションモデルの開発を行った。

2. 機構解析言語ADAMSについて

ADAMS (Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems ; 米国 Mechanical Dynamics Inc. 開発) とは、汎用の機構解析プログラムで、機械、機構のシミュレーションによく使われている。

ADAMSの特徴は、各部分の寸法、諸元、特性値及び幾何学的配置と各部品間の結合及び拘束条件を記述すれば、複雑な運動方程式が自動的に生成されることである。まさに、設計者が車両を組み立てる感覚で利用できるソフトウェアである。これらにより、大規模で複雑な車両の三次元の数値シミュレーションが大胆な近似や省略することなく行える。

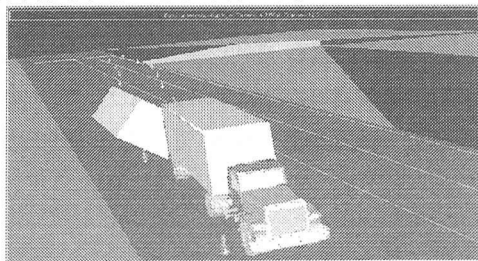


図1 ADAMS/View 画面例

解析手法は数種類用意されており、静的つり合い解析(Statics)、動的解析(Dynamics)、またこれらを組み合わせた解析方法(Transient)などがある。

* キーワーズ：ドライバモデル、車両制御、車両運動シミュレーション、交通事故再現、機構解析言語

** 学生員、北海道大学大学院

*** 学生員、工修、北海道大学大学院

**** 正員、工博、アジア工科大学

(北海道札幌市北区北13条西8丁目
Tel.011-706-6215 Fax.011-706-6216)

解析結果は、各時間ごとのモデルの挙動をコマ(SINGLE FRAME)単位で又、複数コマ(SUPERIMPOSE)を重ねての表示ができる。各部の位置、速度、加速度及び力はその数値を画面上に書き出したり、時間の経過によって変化を見るグラフ表示ができる。

(1) ADAMS/VIEW

機構解析のためのデータ作成と解析結果の評価のためにADAMS/VIEWというグラフィック・プリ/ポストプロセッサが用意されている。

(2) ADAMS/Vehicle

乗用車やトラックのサスペンションをモデリングするために、さらに任意の前後サスペンションを加えて車両モデルを作成できるADAMS/Vehicleというグラフィック・プリプロセッサが用意されている。

(3) ADAMS/TIRE

タイヤ特性、路面データを入力して4輪モデルのホイールセンターにかかる力を計算するソフトウェアが用意されている。

3. モデル化の要点

3. 1 概要

モデルは、路面及びタイヤ系、前後サスペンション系、ステアリング系、フレーム系などの各コンポーネント系ごとに、ADAMSの各種モデリングステートメント(表1)、例えばPART、MARKER、BUSH、各種JOINT、SFORCEなどを用いて作成し、それらを結合してフルビークルへと組み立てる。

さらに、解析結果をアニメーションとして可視化するために、ADAMSのGRAPHICSステートメントを用いて各コンポーネント系の形状の定義を行う。

3. 2 路面形状

路面形状は、多数の三角形の要素を組み合わせることによって作成できる。そして、三角形要素ごとにそれぞれ路面摩擦係数を導入することができるため、わだちの再現

といった細かな路面設定が可能である。

表1 モデリングステートメントの例(1)

区 分	ステートメント	機 能
位置、配置	MARKER	各剛体上の特定のポイント。 (PARTの重心位置、JOINTの結合位置など)とそのポイントでのローカル座標系を定義する。
	PART	剛体の質量特性を定義する。 (質量、慣性モーメント、重心位置、慣性主軸の方向など)
拘束	JOINT	剛体間を結合する各種ジョイント。 (ピン、ボール、円筒、ユニバーサルなど)
	GEAR	剛体間を結合する各種ギア。 (平歯車、ベベルギア、ラック&ピニオンなど)
	MOTION	JOINTの一方方向に強制変位量を定数又は時間関数として定義する。
力	BEAM要素	弾性梁の剛性を定義する。
	BUSH	6方向の線形バネ&ダンパ
	SFORCE	一方方向の強制力を定数又は時間関数として定義する。 線形、非線形ともに定義できる。

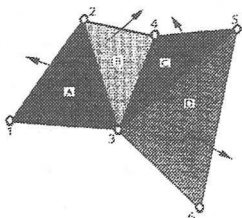


図2 路面を構成する三角形要素

3. 3 操縦系

3. 3. 1. アクスル系

各車輪それぞれにMOTIONやSFORCEなどの関数を用いて各車輪に任意の回転を与えることで、車両モデルを動かすことができる。

3. 3. 2. ステアリング系

ステアリングシステムについては、MOTION関数などにより Rack and Pinionの移動量などを任意で指定することができる。

3. 3. 3. タイヤモデル

前述のADAMS/Tireには、利用できるタイヤモデルとして、Fiala Tire、UA (University of Arizona) Tire、Smithers (Magic Formula) の各モデルが用意されており、シミュ

レーションの用途などに応じて選択することができる。

利用するタイヤについては、幅・扁平率・リム・タイヤ表面の摩擦係数など、タイヤ固有の値を考慮することが可能である。

3. 3. 4. ドライバモデルとの結合

ドライバモデルを操縦系の各関数に導入することにより、モデルの挙動に人間の動作を入力することができる。

ドライバモデルは人間の運転動作を数式で模式的に表現するものであり、これを機構解析のできるADAMSに応用することにより、シミュレーションの精度を高めることができると考えられる。

また、これにより実車試験では困難な状況下でのシミュレーションもADAMS上で行うことが可能になるものと考えられる。

4. シミュレーション解析

今回はここまで述べてきたADAMSを実際に用い、直進走行時における制動動作による車両挙動を再現するためのシミュレーションモデルの作成を行った。過去に行った実車実験のデータを参考にしてモデルの構築と評価を行った。

モデルの作成は、過去に行った次のような実験のデータを用いた。実験は、通常の乾燥路面を40km/hで進入し、50m先の停止目標までに停止させるというものである。モデルは、シミュレーション上の車両モデルが、この実験に沿うような挙動をするように車両モデルのパラメータを定める事とした。図3は、パラメータの推定に用いた、一般および熟練の各ドライバーの実測された速度とADAMSでシミュレーション

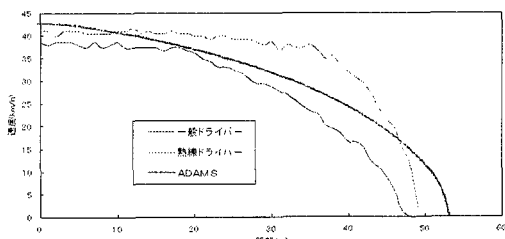


図3 モデル構築に用いた実車実験とそのシミュレーション結果

ョンした速度についての変動を示している。

このグラフから、シミュレーションの初期の方では実車の動きに沿った挙動を示していると思われる。シミュレーションは、車両の運動の傾向など実車の特徴を比較的良好に表しているものと考えられ、ブレーキゲインなども実用上差し支えない範囲内に収まっている。

なお、実測での被験者は、冬道も含めて運転暦が3年以内のドライバを一般ドライバ、10年以上を熟練ドライバと分類した。

次に、ここで作成した車両モデルを用いて事例解析を行った。滑りやすい路面上を30km/hで進入し停止位置の15,20,25m直前で制動動作を開始したときの車両挙動のシミュレーションを行った。ここで求めたシミュレーションの結果と、同様の条件で行った実車実験のデータと比較する事によりシミュレーションモデルの妥当性を評価する事とし、速度と加速度のデータに対して実車との比較を行った。

図4は、障害物の手前15mである距離35m地点で制動動作を開始したときの速度の比較である。制動開始位置35mを境に減速が始まり、ほぼ一定の減速度で推移している。目標位置までに停止しきれず、目標位置を数m越えたところでシミュレーションがストップしているが、超過が大きくなる事により過大な値がブレーキに出力されエラーとなりシミュレーションがストップしたものと考えられる。

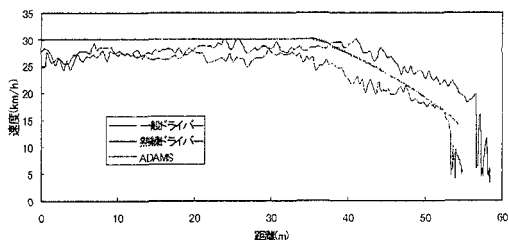


図4 障害物手前15mでの速度の比較

図5は、同様の条件下での加速度の比較である。シミュレーションでは速度の結果から推測したように減速度が一定値となっている。

図6は、ADAMSでのスリップ比の結果である。速度の結果で減速度が一定となっている

のは、スリップ比が1となっていることからタイヤがフルロックした結果である事が分かる。

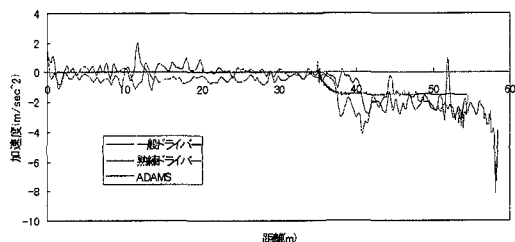


図5 障害物手前15mでの加速度の比較

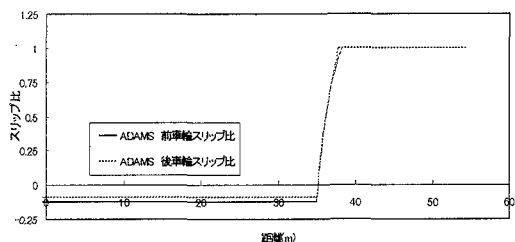


図6 障害物手前15mでのスリップ比

図7は、障害物手前20mで制動を開始したときの速度の結果である。減速度はほぼ一定の値を示している。

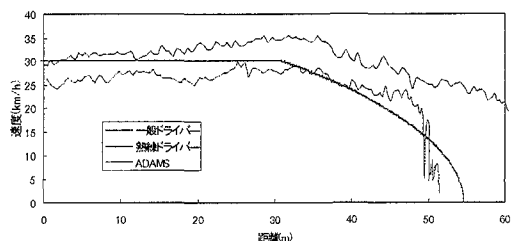


図7 障害物手前20mでの速度の比較

図8は、障害物手前25mで制動を開始したときの速度の結果である。実車が45m前後で停止しているのに対し、今回用いたドライバモデルでは目標位置に停止するものであるので停止直前でブレーキ力が弱めに働いた結果、制動に要した距離が長くなっている。

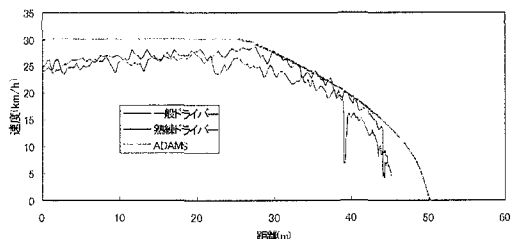


図8 障害物手前25mでの速度の比較

全体を通して、シミュレーションは実車の挙動をほぼ再現しているものと考えられる。

熟練ドライバーと一般ドライバーの実験値の挙動には、傾向に多少の違いが見られるが、シミュレーションでは2つの実験値の平均的な値が得られているものと考えられる。

5. まとめ

今回、機構解析言語を用いることにより、車両シミュレーションモデルを作成した。これにより3次元での車両挙動のシミュレーションが可能になった。

今回は制動時の車両挙動に限定してシミュレーションを行ったが、作成した車両は比較的良好に車両の制動時の挙動を表しているものと考えられる。シミュレーション時の車両の挙動から車両の駆動力やブレーキといった車両の持つ各種パラメータはほぼ実車に即した妥当な値を示しているものと考えられる。しかし、今回のモデルのパラメータについては、経験により推定したものであるため、今後様々なシミュレーションを行うに当たって、パラメータの明確な推定方法が必要となってくるであろう。

今後、操舵を導入したときのシミュレーションなどについても行う必要がある。スラローム走行や操舵による緊急回避時の車両挙動といった複雑な条件下においても、シミュレーションモデルを作成しモデルの妥当性を確認しなければならない。

6. 参考文献

1. 市川 哲、須々木 裕太：ADAMSを用いたトラック操縦性・安定性解析, ISI-Dentsu(91.7.8,東京):ADAMSユーザ・コンファレンス '91, 1991
2. MDI 社編：ADAMS/SOLVER Reference MANUAL (Version 8.0), 1994
3. MDI 社編：ADAMS/View User's Reference Manual (Version 8.0), 1994
4. MDI 社編：ADAMS/Vehicle User's Guide (Version 8.0), 1994
5. MDI 社編：ADAMS/Tire Option (Version 8.0), 1994