

## Ⅳ-57 ドライバ挙動を考慮した車両シミュレーションモデルの開発

北海道大学工学部 学生員 野並 克弘  
 正員 中辻 隆  
 正員 小野寺 雄輝  
 学生員 M. ハッ ホイム

### 1. まえがき

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の開発が行われてきた。これについては、車の特性だけでなく、それを運転するドライバ特性にも深く関わってくる問題であり、人間-自動車系の問題としてドライバモデルに関する研究が重要である。

ドライバモデルに関する研究はこれまで数多く行われてきているが、自動車の挙動は単純に人間の運転動作だけで表現するには困難であり、そのときの路面の状況などにも大きく影響される。

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。

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。

解析結果は、各時間ごとのモデルの挙動をコマ

(SINGLE FRAME) 単位(図4)で又、複数コマ(SUPERIMPOSE)を重ねての表示(図7)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。

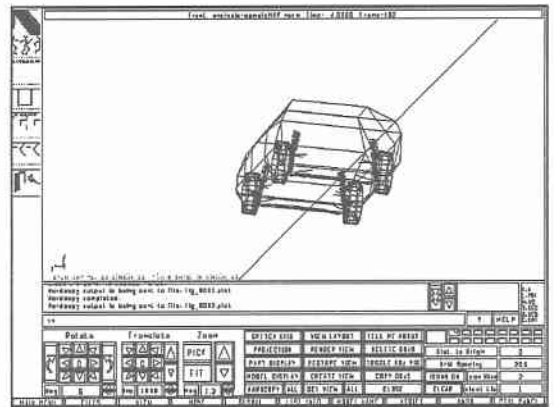


図1 ADAMS/VIEW画面例

#### (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。

表1 モデリングステートメントの例<sup>(1)</sup>

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、ペベルギア、ラック&ピニオンなど)
	MOTION	JOINTの一方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&ダンバ
	SFORCE	一方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。

#### 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。(図2) 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、わたちの再現といった細かな路面設定が可能である。

#### 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。(図3)

##### 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。

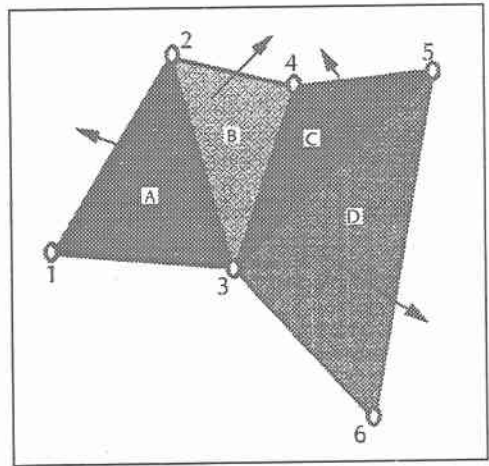


図2 路面要素<sup>(2)</sup>

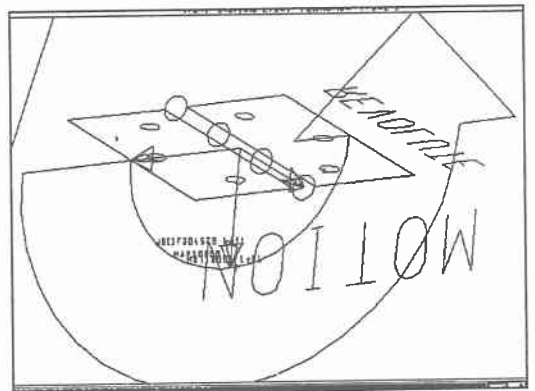


図3 アクスルの例(ホイールセンター)

### 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擬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。

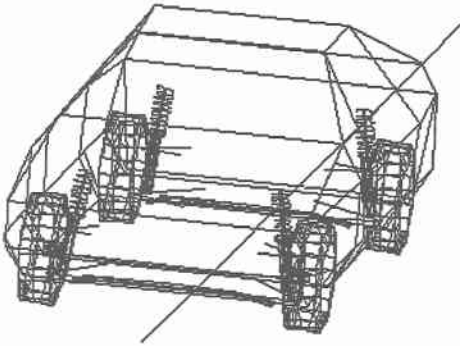


図4 フルビークルモデル

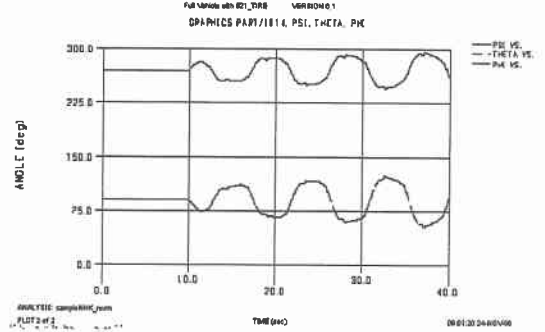


図6 グラフによる出力結果

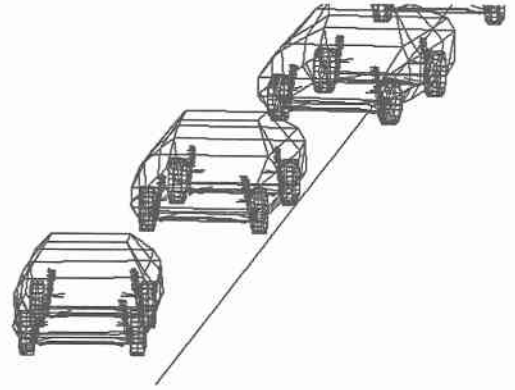


図7 アニメーション例(レーンチェンジの場合)

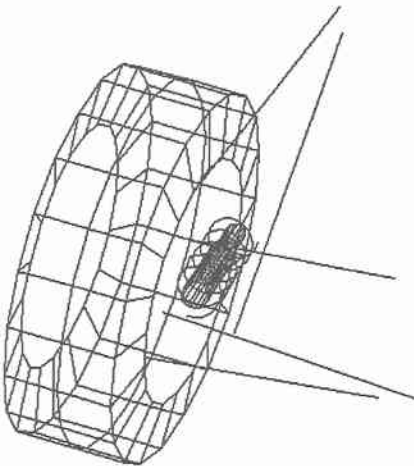


図5 サスペンション

## 4. 解析事例

今回は、ここまで述べてきたADAMSでの車両モデルの作成と、そのモデルによる簡単なシミュレーション解析を行った。

ここでは、乾燥路面上でのスラローム走行を想定してシミュレーションを行った。簡単のため路面摩擦係数は全路面にわたって一定とし、勾配などはないものとした。

以下の図は、ADAMSによるシミュレーション結果である。



図8 シミュレーション結果

この図のように、ADAMSを用いることによってシミュレーションを視覚的に表現することが可能である。また、路面摩擦係数を小さくして滑りやすい路面に設定したときでは、車両が両端のパイロンに接触することがあるなど乾燥時とは違う挙動をみせた。

## 5. あとがき

今回、ADAMSを用いることによって簡単な車両モデルの作成を行ってみた。ADAMSを用いることによって、ドライバモデルで表されるような人間の運転動作といった車両の内部環境に加え、路面摩擦や重心といったこれまでのドライバモデルでは表現が困難であった外部環境の要因を加味することができる。

今後の課題として、実車との比較などによりシミュレーションモデルの妥当性を検証すること、車両モデル作成の煩雑さ（1000を越えるような多量の部品点数や、実車の複雑な車両構造の表現方法）などがあげられよう。

## 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