

IV-12

交通事故再現技法に関する研究

北海道大学工学部 学生員 沢石 正道 白川部秀基

同 上 正 員 藤原 隆 萩原 亨

同 上 正 員 中辻 隆 加来 照俊

1. 本研究の意義

一般に自動車を利用されるようになってから現在まで、交通事故を減少させるためにいろいろな対策が施されてきた。その中には、道路構造や車両の改良、交通教育などがあるが、その中で我々の立場から貢献できるものとして、事故原因の究明について考えてみる。

ある交通事故の起こった原因を分析するため、警察は現場検証をして事故データを集める。その結果、その交通事故の原因はスピードの出しすぎとか前方不注意などと発表する。そのような分析でもスピードを出さないようにするとか前方を見渡せやすい道路構造にするなどの対策をたてられる。しかし、もっと具体的なデータ、例えば何キロ以上で走っていたから事故が起きたとか、どこでブレーキを踏めば事故にならなかったというような分析をしなければ具体的に実行できる対策はたてられない。

このように具体的な事故の分析方法を開発するのが本研究の目的である。そこでそのような事故分析をするための一つの方法として、ハンドルやブレーキなどを任意に操作できるようなシミュレーションを行う事が挙げられる。今回、本研究ではその第一段階として、シミュレーションプログラムの開発をした。その結果、自動車対自動車の事故についてハンドルやブレーキ操作のできるものが完成した。

2. シミュレーション技法

事故をシミュレーションするには大きく分けて二通りの方法がある。一つ目は事故当事者の視点から事故を再現し、事故を疑似体験できるようにする方法で、もう一つは上空からの視点からみて、客観的に事故の起こる様子を再現する方法である。本研究では後者の方法を用いてプログラムを組むことにした。その理由は下記の通りである。

- ・地図や写真で背景の設定ができる。
- ・車の挙動を把握しやすい。

特に最初の理由によるところが大きい。それはデータベースと組み合わせることによって、いろいろな場所での事故を簡単に再現できるからである。これを前者の方法で行うには事故現場の様子をすべてVTRなどを用いて、三次元データとして取り込まなければならず、一つの場所での事故を分析するには後者の方法よりも有利な点が多いが、多数の事故を取り扱うのには適していない。

3. 事故再現シミュレーションプログラムの概要

3.1 プログラムの開発環境

本研究のシミュレーションプログラムを開発するにあたりマッキントッシュのTHINK Cを用いたのは以下の理由のためである。

- ・マッキントッシュはグラフィックの取扱いが他の機種に比べ容易であり、グラフィックツールが豊富である。

A Study of Reconstruction of Traffic Accident

by M.Sawaishi, H.Shirakawabe, T.Fujiwara, T.Hagiwara, T.Nakatsuji and T.Kaku

- ・マッキントッシュは他の機種に比べユーザーインターフェース機能が優れている。
- ・マッキントッシュは世界の多くの国々で使われている。
- ・プログラムの組みやすい高級言語の中でもCの処理速度は比較的速い。
- ・Cは関数という形でプログラムを組むので汎用性をもたせやすい。

上述の理由の中でも特に重要なのはコンピューターを全く知らない人やコンピューターを敬遠している人でも手軽に使うことのできるソフトを開発しやすいということである。このようにシミュレーションプログラムの開発にマッキントッシュを用いるのは有効である。

3. 2 プログラムの特色

前節に挙げた利点を利用して、現在、以下に挙げる事が出来るようになった。

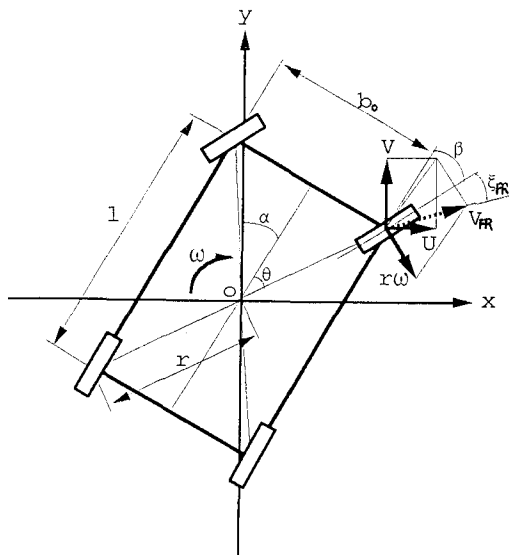
- ・事故の状況を二次元で表示できる。
- ・背景を自由にかえることができる。
- ・ハンドル、アクセル、ブレーキの操作ができる。
- ・自動車の特性などのパラメーターをメニューで設定できる。

このように交通事故をかなりわかりやすく表示できるようになった。特に注目してもらいたいのは地図上のどこでブレーキを踏んだか、ハンドルをきったか、アクセルを踏んだかを任意に操作できる事である。これにより、より動的な事故原因を見つける事が出来るようになった。

3. 3 車両運動モデル

本プログラムでは二次元内の車両対車両の衝突を対象にしている。車両のモデルは重心移動がなく、衝突したときに車両が引きずられないと仮定した。それは図1に示される。

- U, V : 重心の移動速度の x, y 成分
 $V_{FR}, V_{FL}, V_{RR}, V_{RL}$: 各タイヤの速度
 $\xi_{FR}, \xi_{FL}, \xi_{RR}, \xi_{RL}$: 各タイヤの速度とタイヤ回転面とが成す角度
 ω : 角速度
 α : 回転角
 r : 重心から各タイヤまでの距離
 β : ハンドル角
 $\theta : \sin \theta = b_0 / 2r, \cos \theta = l / 2r$
 b_0 : トレッド長
 l : ホイルベース長



車両運動モデルを決定したので、次に運動方程式をたてる。運動方程式をたててしまえば、加速度が求まり、加速度を積分して速度が求まり、更に速度を積分して座標を計算できる。座標系はプログラムの都合上、x座標は右方向を、y座標は下方向を、回転は時計回りを正にとる。

図1. 車両運動モデル

$$F_x + F_{hx} = m \ddot{x}$$

$$F_y + F_{hy} = m \ddot{y}$$

$$T + T_h = I \ddot{\alpha}$$

F_x 、 F_y ：衝突以外の外力

F_{hx} 、 F_{hy} ：衝突時にかかる外力

T ：重心にかかる衝突以外の回転力

T_h ：重心にかかる衝突時の回転力

この方程式の F と T が求まれば $\ddot{x}$ 、 $\ddot{y}$ 、 $\ddot{\alpha}$ が求まる。そこで、次に F と T を導く。

(衝突時の力)

衝突するときの反発係数を e_x 、 e_y とすると

$$F_{hx} = e_x \cdot F_x$$

$$F_{hy} = e_y \cdot F_y$$

$$T_h = s_x \cdot F_{hx} + s_y \cdot F_{hy}$$

となる。

(衝突以外の力)

四輪のタイヤにかかる各々の力を合成して F_x 、 F_y 、 T を求める。

まず、タイヤにかかる力の方向を求めるために ξ_{FR} 、 ξ_{FL} 、 ξ_{RR} 、 ξ_{RL} を導く。

(前輪右)

$$A_{FR} = U \sin(\alpha + \beta) + V \cos(\alpha + \beta) - r \omega \sin(\theta - \beta)$$

$$B_{FR} = U \cos(\alpha + \beta) - V \sin(\alpha + \beta) + r \omega \cos(\theta - \beta)$$

とおくと、

$$\xi_{FR} = \tan^{-1}(B_{FR}/A_{FR}) \quad (A_{FR} \geq 0 \text{ のとき})$$

$$\xi_{FR} = \tan^{-1}(B_{FR}/A_{FR}) + \pi \quad (A_{FR} < 0 \text{ のとき})$$

同様にして残りの三輪において

(前輪左)

$$A_{FL} = U \sin(\alpha + \beta) + V \cos(\alpha + \beta) + r \omega \sin(\theta - \beta)$$

$$B_{FL} = U \cos(\alpha + \beta) - V \sin(\alpha + \beta) + r \omega \cos(\theta - \beta)$$

$$\xi_{FL} = \tan^{-1}(B_{FL}/A_{FL}) \quad (A_{FL} \geq 0 \text{ のとき})$$

$$\xi_{FL} = \tan^{-1}(B_{FL}/A_{FL}) + \pi \quad (A_{FL} < 0 \text{ のとき})$$

(後輪右)

$$A_{RR} = U \sin \alpha + V \cos \alpha - r \omega \sin(\theta - \beta)$$

$$B_{RR} = U \cos \alpha - V \sin \alpha - r \omega \cos(\theta - \beta)$$

$$\xi_{RR} = \tan^{-1}(B_{RR}/A_{RR}) \quad (A_{RR} \geq 0 \text{ のとき})$$

$$\xi_{RR} = \tan^{-1}(B_{RR}/A_{RR}) + \pi \quad (A_{RR} < 0 \text{ のとき})$$

(後輪左)

$$A_{RL} = U \sin \alpha + V \cos \alpha + r \omega \sin \theta$$

$$B_{RL} = U \cos \alpha - V \sin \alpha - r \omega \cos \theta$$

$$\xi_{RL} = \tan^{-1}(B_{RL}/A_{RL}) \quad (A_{RL} \geq 0 \text{ のとき})$$

$$\xi_{RL} = \tan^{-1} (B_{RL}/A_{RL}) + \pi \quad (A_{RL} < 0 \text{ のとき})$$

以上で各タイヤにおける速度の方向が求まったので、 F_x 、 F_y 、 T は

$$\begin{aligned} F_x &= \mu(\xi_{FR}) N_{FR} \sin(\alpha + \beta + \delta_{FR}) + \mu(\xi_{FL}) N_{FL} \sin(\alpha + \beta + \delta_{FL}) \\ &\quad + \mu(\xi_{RR}) N_{RR} \sin(\alpha + \delta_{RR}) + \mu(\xi_{RL}) N_{RL} \sin(\alpha + \delta_{RL}) \\ F_y &= \mu(\xi_{FR}) N_{FR} \cos(\alpha + \beta + \delta_{FR}) + \mu(\xi_{FL}) N_{FL} \cos(\alpha + \beta + \delta_{FL}) \\ &\quad + \mu(\xi_{RR}) N_{RR} \cos(\alpha + \delta_{RR}) + \mu(\xi_{RL}) N_{RL} \cos(\alpha + \delta_{RL}) \\ T &= \mu(\xi_{FR}) N_{FR} \cdot r \cdot \sin(\beta + \delta_{FR} - \theta) + \mu(\xi_{FL}) N_{FL} \cdot r \cdot \sin(\beta + \delta_{FL} + \theta) \\ &\quad - \mu(\xi_{RR}) N_{RR} \cdot r \cdot \sin(\delta_{RR} + \theta) - \mu(\xi_{RL}) N_{RL} \cdot r \cdot \sin(\delta_{RL} - \theta) \end{aligned}$$

ここで、 N と δ を決定すれば運動方程式より加速度が求まる。 N については今回は重心を図心に固定したので N は車重の四分の一である。つぎに δ については以下のように制動時と非制動時で異なる。

(制動時)

$$\delta = \xi + \pi$$

(非制動時)

$$\sin \xi \geq 0 \text{ のとき } \delta = -\pi/2$$

$$\sin \xi < 0 \text{ のとき } \delta = \pi/2$$

このようになる事が明らかになっている。

最後に $\mu(\xi)$ について説明する。 $\mu(\xi)$ はサイドウェーナンバーを100分の1にしたもので、そのパラメーターは ξ のほかにも荷重、速度などが考えられるが、荷重による影響は小さいので、図3において ξ と速度で決定する。

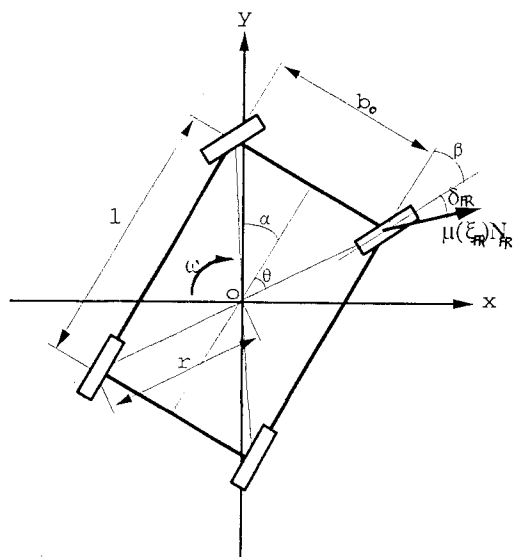


図2. タイヤに作用する力

$$\mu(\xi) * 100$$

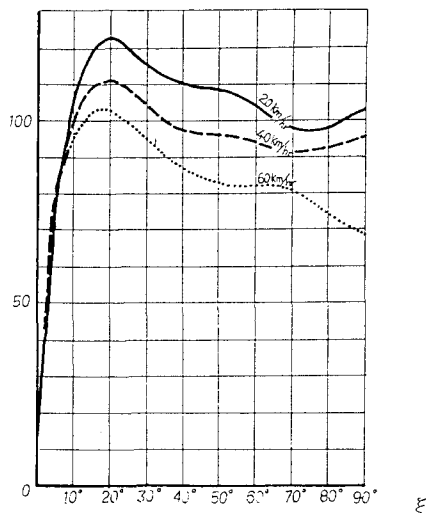


図3. ξ と $\mu(\xi)$ との関係

3. 4 プログラムの実行方式

プログラムの計算処理の流れは図4の通りである。簡単に説明すると、先ずメニューバーのみを表示し初期設定、実行、終了の選択を待っている。実行が選択されるとハンドルやブレーキなどのキー入力を待ちながらその時の状態での座標値などのパラメーターを計算をする。実行中のどの状態でもマウスをクリックするとメニュー選択の状態に戻る。

図5は札幌市のある交差点の地図をとりこみ、今回開発したプログラムを用いて、交差点内で画面左側から走ってきた乗用車Aと一時停止を無視して画面うえから徐行しながら走ってきた乗用車Bが出会い頭に衝突したという架空の事故をシミュレーションしたものである。Bは時速15 km走行し、Aは40 kmで走っていてブレーキを10 m手前で踏んだが衝突してしまった。

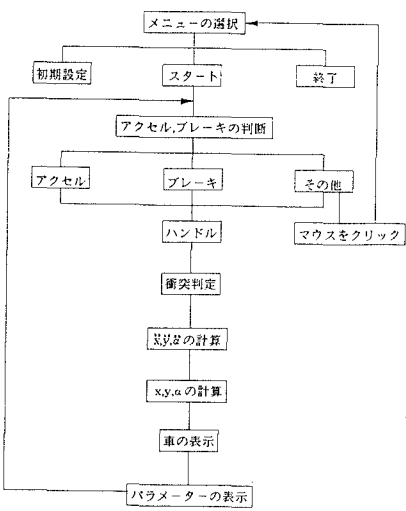


図4. プログラムの流れ

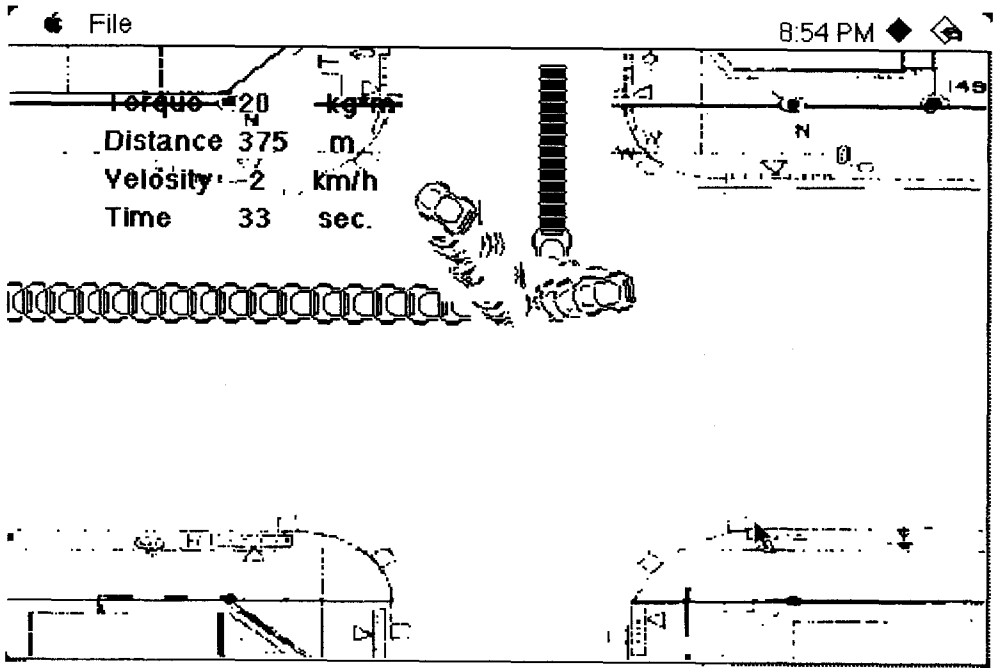


図5. 実行画面

4. まとめ

本研究による成果は以下に挙げた事である。

- ・車両対車両の事故を上空からの視点でシミュレーションできる。
- ・ハンドル、ブレーキ、アクセルを任意に操作できる。
- ・メニューバーからモードを切り替えて簡単に初期設定をできる。
- ・任意の時間での走行速度、走行距離を表示できる。
- ・地図を取り込めばあらゆる場所の事故でもシミュレーションできる。

このように車両対車両の衝突のシミュレーションをいろんな設定で出来るようになった。

最後にこれからの課題を挙げると、本研究で開発したプログラムには大きく分けると二つの問題点がある。一つ目は解析モデル。二つ目は表示方法である。まず解析モデルの問題は重心の移動と乗員による影響を考えていない点である。実車実験をしていないのでどの程度挙動が異なるかわからないが、他の研究論文によると多少挙動が異なるようである。但し、いくら多くの要素をモデルに取り入れても実際の事故での車の挙動と同じになることは証明できないので、本研究のモデルがどの程度実際と異なるかはわからない。表示方法の問題は平面的な動きしかわからないことと車の破損が表示できないことである。これを解決するには全く新しく表示ルーチンを作って表示モードを選べるようにするのが最良の方法だろう。

今回はほとんどシミュレーションプログラムを開発しただけに終わったが、本来この研究は事故を解析する事が目的である。それで、今後はこのシミュレーションプログラムを用いて、実際の事故の解析をする段階へ進むだろう。

参考文献

- ・実用自動車事故工学 / 江守一郎 著
- ・自動車事故の鑑定の方法 / 林洋・上山勝・大慈弥雅弘 著
- ・自動車交通事故とその調査 / 佐藤武 著