

IV-47

交通事故の再現に関する研究

－ 多重衝突事故の再現 －

北海道大学工学部 学正員 澤石 正道

北海道大学工学部 正 員 萩原 亨

北海道大学工学部 正 員 加来 照俊

1. はじめに

交通事故の中でも特に被害の大きいものが多重衝突事故である。一般の単独事故や車両相互事故が多重衝突事故に発展する確率を小さくすることは交通事故の対策として意味が大きい。

北海道では平成4年3月に道央道で発生した186台の多重衝突事故を筆頭に今冬も10台前後の多重衝突事故が何度か発生している。このような多重衝突事故の特徴は次のようなものである。高速道路や主要幹線道路など交通量の多い道路で発生する。事故現場が交通量の多い高速道路や主要幹線道路なので、その道路が遮断されると周辺交通への影響が大きい。衝突の回数が多いので1台にかかる衝撃が大きくなるし、火災の発生という二次災害を起こす危険性も高い。

このような大きな損害をもたらす多重衝突事故を軽減するために、交通工学の立場から事故の被害を軽減する道路を設計することが必要である。そこで、シミュレーションプログラムを用いて事故を発生させ、後続車がどのようになるかを計算した。

2. 多重衝突事故とは

まず、本題に入る前に多重衝突事故とはどのようなものであるかを明確にしておくことが必要である。

通常、交通事故の起こる確率というのは1パーセントにも満たないものであるにもかかわらず、一度に数台から数十台もの車が次々と衝突してしまうのはなぜだろうか。

まず前提になることは運転者は必ずミスを起こすものということである。普通それぞれの車の運転者が起こすミスの数は全くランダムである。よって、通常の交通事故ではその事故の起こった交通状況の中で最も多くミスを犯した運転者が交通事故を起こす。しかし、多重衝突事故では特殊な交通状況により、それぞれの車の運転者がほぼ同じミスを同じ程度犯してしまう。これが普通の交通事故と多重衝突事故との大きな相違点である。

そのような状況は例えばどのようなものなのだろうか。その最も典型的な例が高速道路での玉突事故である。高速道路は最低速度が決められており、もちろん信号機もないので、普通の状況では運転者がブレーキを踏むことは先ず無い。ところが何らかの原因で先行車両が停止してしまった場合に、視界が十分にあり、車間距離が空いていればミスをせずに停止することができるだろうが、もし視界が悪く直前の車でさえも十分に見えないときには止まりきれずに追突してしまうであろう。このような状況が後続の車両で次々と起こり、かなりの確率で同じミスを犯してしまうので多重衝突事故へと発展してしまう (Fig. 1)。

しかし、このようなメカニズムが明確にされても、多重衝突事故がなくなるということはないであろう。それはこのような状況に人間や自然といった完全な予測ができない要素が大きく影響しているからである。

そこではじめに述べたように少しでも事故の被害を小さくするための道路環境を用意することを考えなければならない。

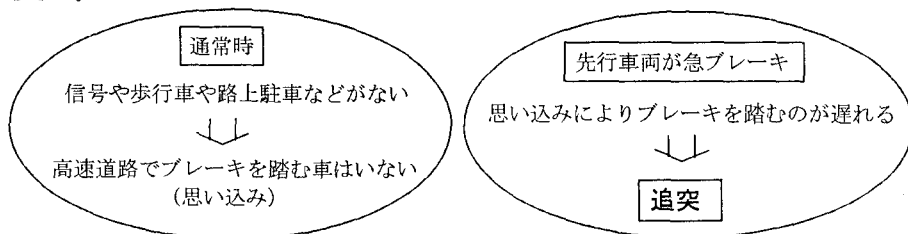


Fig.1 高速道路での運転者の心理

A Study on Reconstruction of Traffic Accident

by Masamichi Sawaishi, Toru Hagiwara and Terutoshi Kaku

3. 再現プログラム

本研究ではこれまでに、車両相互事故を再現するプログラムを開発した。そこで今回はそのプログラムを発展させ100台程度までの多重衝突事故を再現できるようになった。

● 再現対象

本プログラムで再現できる事故形態は、二次元衝突である。そのため、ロールやジャンプなどは再現できない。車両火災などの二次災害などは取り扱わない。そのために以下のようなことを仮定する。

- 1) 四角形剛体の衝突と仮定し、運動量保存則により衝突直後の速度と角度を計算する。
- 2) 衝突前後の車両軌跡は等価二輪モデルにより計算する。
- 3) 車両の破損量は計算せず、反発係数により弾性の度合を表現する。
- 4) 各車ともハンドルは操作しない。

● インプット

- 1) 車の全長・全幅・重量・ホイールベース・タイヤ半径
入力が複雑になるために、デフォルトで普通車、2tトラック、4tトラック、大型バスの4種類を予め用意し、車の種類を選ぶだけで済むようになっている。

- 2) 速度・角度・視程距離・座標
- 3) 反発係数・タイヤ路面摩擦係数

● アウトプット

- 1) 車両軌跡の計算とアニメーションを同時に行う。
- 2) 車両の軌跡を0.01秒ごとに追うことができる。
- 3) 0.01秒ごとにデータアウトできる。

● プログラムの流れ

本プログラムはMicrosoft C 7.0で開発したが、Quick C 2.0でも動作可能である。確認はしていないが他のANSI準拠のCであれば実行可能であると思われる。プログラムはまずmain()関数がプログラム全体のメニューになっている(Fig. 2)。そして計算のメインループであるCarMove()関数において0.01秒ごとの車両の座標を計算している(Fig. 3)。

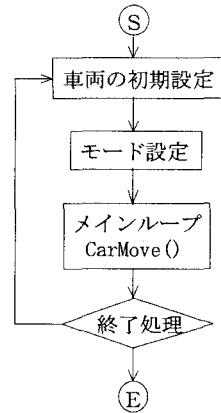


Fig. 2 関数 main() の流れ

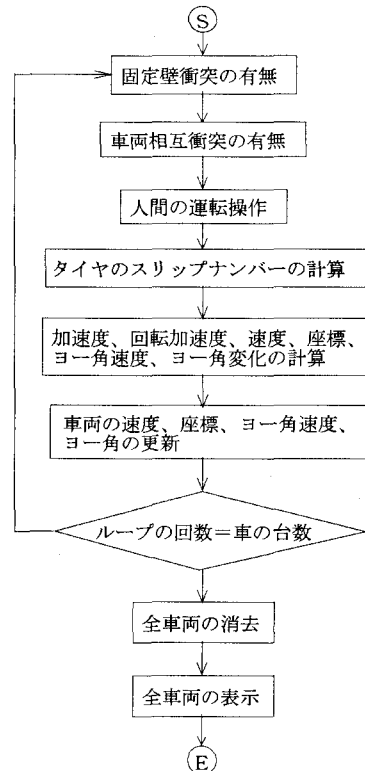


Fig. 3 関数 CarMove() の流れ

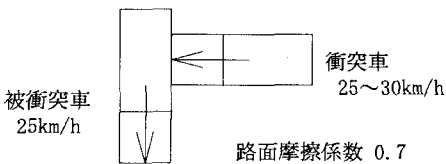


Fig. 4 衝突形態

4. 実際の事故への適用

適用例 中央区北1西23の事故

● H4. 5. 8 曇り 路面乾燥—路面摩擦係数 0.7 に設定
衝突直前の状態は Fig. 4 であり、最終停止位置は Fig. 5 である。

● 衝突車

全長 4.69m、全幅 1.69m、ホイールベース 2.68m、重量 1370kgで、推定衝突速度は45km/hで走行していたという運転者の証言と、衝突地点まで約7mのスキッドマークが残っていたので、25~30km/hとし、最終停止位置まで、スキッドマークが残っているので衝突後もタイヤはロック状態とした。

停止角度は 150deg、推定衝突角度は 180deg、衝突時から停止までの車両の重心の変位は $(x, y)=(-2.0, 0.5)\text{m}$ であった。

● 被衝突車

全長 4.19m、全幅 1.64m、ホイールベース 2.45m、重量 1180kgで、推定衝突速度は運転者の証言と衝突地点までスキッドマークが残っていなかったことから 25km/hとし、衝突地点から最終停止位置までスキッドマークが残っていたので衝突後はタイヤはロック状態とした。推定衝突角度は 90deg、停止角度は 350deg、衝突時から停止までの車両の重心の変位は $(x, y)=(-0.8, 5.0)\text{m}$ であった。

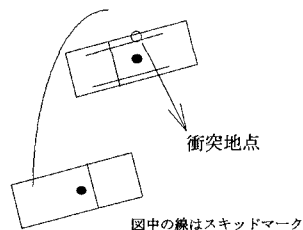


Fig. 5 最終停止位置

● シミュレーション結果

最終停止位置に適合するように繰り返し計算を行った結果(Fig. 6~11)、以下のような値が計算された。

- 1) 衝突車の衝突速度は30km/h 被衝突車の衝突速度は35km/h
- 2) 押し込み反発係数 0.1 回転反発係数 0.15
- 3) 衝突車の衝突吸収エネルギー 539kgf・m 被衝突車の衝突吸収エネルギー 135kgf・m
- 4) 衝突時間を0.1秒と仮定したときの衝突車の受けた減速度 27.7g 被衝突車の受けた減速度 13.8g

文献1によると人間の死傷に対する加速度の限界は50gくらいではけがをせず約90g以上になると危険になる。この事故の場合衝突車・被衝突車ともに運転者はシートベルトを締めていたのだけけがはなかったが、被衝突車の助手席にシートベルトをして乗っていた人と後部座席にシートベルトをしなくて乗っていた人が軽いけがをした。

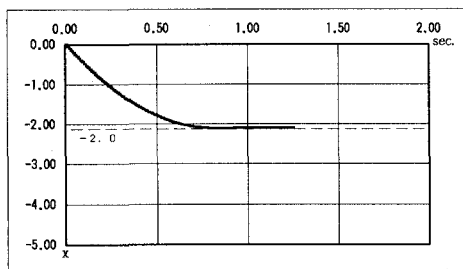


Fig. 6 衝突車重心の x 方向変位

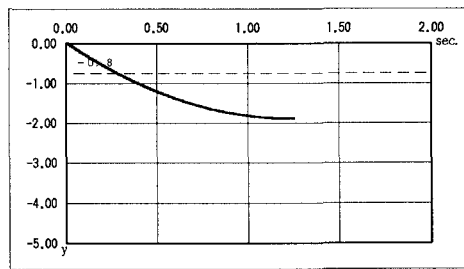


Fig. 7 被衝突車重心の x 方向変位

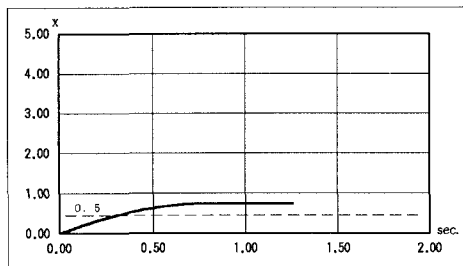


Fig. 8 衝突車重心の y 方向変位

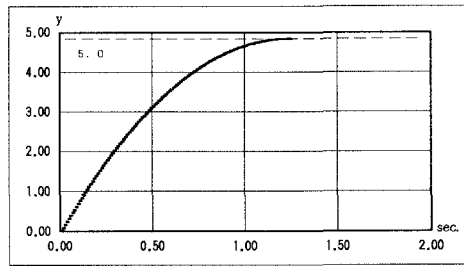


Fig. 9 被衝突車重心の x 方向変位

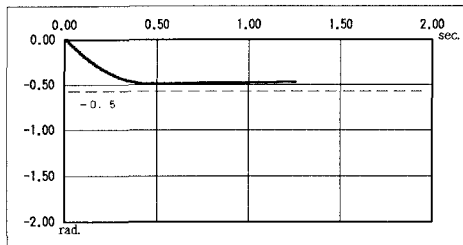


Fig. 10 衝突車の角度変化

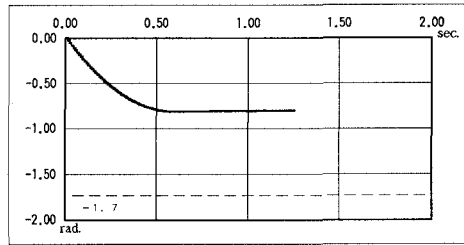


Fig. 11 被衝突車の角度変化

5. 多重衝突事故への適用

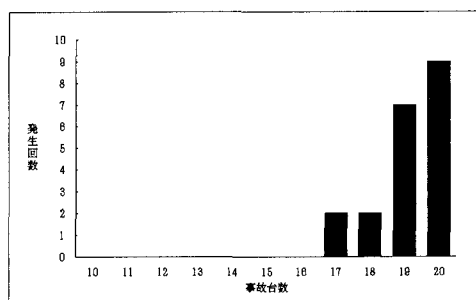
再現プログラムを用いて、片側一車線道路において、大型バスが横を向いてしまって道路を塞いでしまったという仮想の設定で後続車の様子を片側の道路幅員が6mの場合と10mの場合で計算した。

● 交通状況

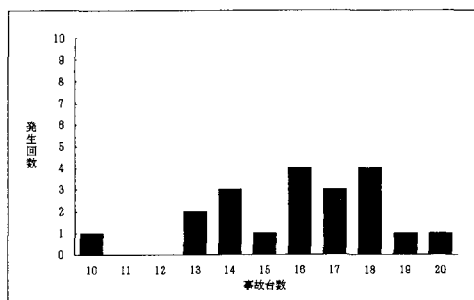
車間距離を 50～100m、速度を 60～80km/hとした20台の車群を発生させた。路面状態は圧雪・アイスバーンとし、タイヤ路面摩擦係数を0.1とした。さらに、視界が悪く30m先しか見えない状況とした。

● シミュレーション結果

シミュレーションによりFig. 12, 13に示す結果となった。シミュレーションはそれぞれ20回ずつ行った。このシミュレーション結果から道路幅員の影響は後続車が事故に巻き込まれるかどうかに関係していることがわかる。また100km/hの車同士が正面衝突したときに一台の車の衝突吸収エネルギーが約40000kgf・mであることからFig. 13を作成した。このグラフから危険な状態に陥る車の台数も道路幅員に大きく影響することがわかる。

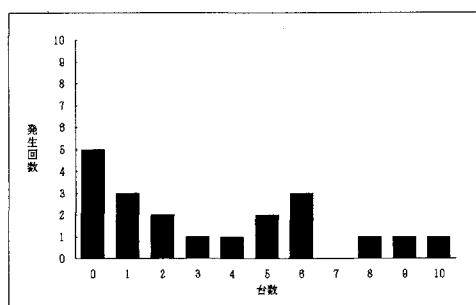


a. 道路幅員が6mのとき

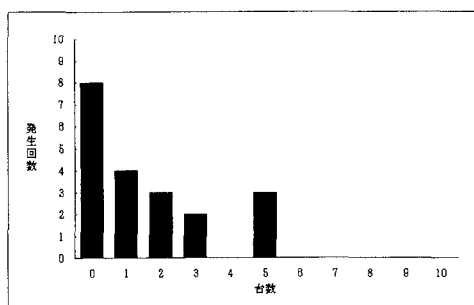


b. 道路幅員が10mのとき

Fig. 12 事故台数と発生回数の関係



a. 道路幅員が6mのとき



b. 道路幅員が10mのとき

Fig. 13 衝突吸収エネルギーが40000kgf・mを超えた車の台数と発生回数の関係

6. まとめ

道路施設の面から交通事故の被害を軽減するために、衝撃を緩和するためガードレールや防護壁の設計などがなされている。しかし、道路は自動車と違って単体ではないので、自動車の設計で行う衝突実験のようなものに行いにくい。道路設計のかかなりの部分は自動車交通が始まってから現在に至るまでに蓄積された経験によるところが大きい。この経験はもちろん非常に大切なものであるが、もっと工学的な手法を進展させ道路施設の設計を行っていくことが今後ますます望まれる。

その手法として、シミュレーションプログラムにより仮想交通事故を起こし、その結果を道路設計に活用するという事は非常に有効である。しかし、注意しなければならないことはシミュレーションプログラムは万能ではないということである。

すなわち、シミュレーションプログラムを有効に用いるには、そのプログラムで何ができ、何に用いるかははっきりさせることが重要である。

文献1 J.P.Stapp, "The problem: biomechanics of injury," The Prevention of Highway Injury, Highway Safety Res. Inst., Univ. Michigan, 1967, pp.159-164.