

平成21年6月9日現在

研究種目：基盤研究（C）
研究期間：2005～2008
課題番号：18560523
研究課題名（和文）高速道路における多重衝突の生起メカニズムおよびその防止対策に関する研究
研究課題名（英文）A STUDY ON THE MECHANISM OF MULTIPLE COLLISION ON HIGHWAYS AND MEASURES FOR ITS ACCIDENT CONTROL

研究代表者 井上 博司（INOUE HIROSHI）
兵庫県立大学・環境人間学部・教授
研究者番号：80026286

研究成果の概要：過去に高速道路上で生じた多重衝突事故について、公表されている資料より事故データベースを作成し、事故の発生要因に関する分析を行った。ついで高速道路上での車両走行のビデオ映像分析より、高速道路上でのドライバーの運転挙動をファジー論理によって表現し、これを基にして高速道路交通流のシミュレーション・モデルを作成した。作成された高速道路交通流シミュレーション・モデルを用いて、多重衝突事故のコンピュータ・シミュレーションによる再現実験を行い、多重衝突がどのようなプロセスで発生し進展して行くかを分析した。また、多重衝突事故の生起要因として、道路要因、交通要因、気象要因等複数の要因の現実的な条件下で、再現実験を行い、多重衝突の要因と事故の規模の関係を数量的に評価し、要因の相乗効果を明らかにした。その上で、気象条件が悪化したときに事故を防止するために実際に取られている交通管理法、ならびに高度道路交通システム（ITS）技術について、多重衝突事故防止の効果とその限界を数量的に評価した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,700,000	0	1,700,000
2007年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	3,500,000	540,000	4,040,000

研究分野：交通工学

科研費の分科・細目：土木工学・交通工学・国土計画

キーワード：高速道路、交通事故、多重衝突、交通シミュレーション、ファジー論理

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、高速道路上での多重衝突事故が頻発している。多重衝突事故は、偶発的に発生した発端事故を契機として、複数の車両がこの事故に巻き込まれ、次々と衝突事故が波及していく現象である。多重衝突事故による人的・物的損失ならびに事故によって高速道路が閉鎖されることに伴う経済的損失は甚大である。

(2) これまで、地吹雪や濃霧、路面凍結など気象条件、道路条件が極端に悪化した場合に、数十台から数百台の車両が巻き込まれる重大な事故が発生してきているが、多重衝突についての科学的分析はほとんどなされていないのが現状である。科学的分析に基づく一刻も早い事故防止対策の確立が必要となっている。

2. 研究の目的

- (1) これまでわが国において生じた多重衝突事故についての文献・資料調査を行い、これに基づいて多重衝突事故がどのような要因と関連しているかについての要因分析を行う。
- (2) つぎに高速道路交通流の精密なシミュレーション・モデルを作成し、これを用いて多重衝突事故の再現実験を行い、多重衝突事故の生起メカニズムを明らかにする。また気象要因、道路要因、交通要因など、高速道路交通流に関する各種要因がどのような場合に多重衝突に至るかを検証する。
- (3) さらにシミュレーションを用いて、速度制限等多重衝突事故防止対策について、それらが多重衝突事故の発生を抑制する効果を明らかにする。
- (4) また自動走行支援装置（AHS）など近年技術的発展の著しい高度交通情報システム（ITS）技術について、それらが高速道路の多重衝突事故を防止する効果と限界を明らかにする。

3. 研究の方法

- ①過去に高速道路上で生じた多重衝突事故について、新聞、ウェブ等に公表されている記事を基に、事故の原因や形態、事故発生当時の道路や交通状態、気象状態等について詳しい情報を整理・分類し、高速道路上での多重衝突に関する事故データベースを作成した。
- ②上記データベースを用いて、多重衝突に関する統計分析を行い、多重衝突事故発生の要因、道路・交通・気象条件と多重衝突事故発の相関性などについて分析を行った。
- ③高速道路交通流のビデオ映像を分析して、高速道路上でのドライバーの運転挙動特性、ならびに追従走行車両相互の干渉等について、数量的モデル化を行った。
- ④上記のモデルより、高速道路上での運転者の運転挙動をファジー論理によって表現するとともに、その特性を分析した。
- ⑤ファジー論理による交通流モデルを用いて、高速道路上での交通流のシミュレーション・モデルを作成し、③の観測データを用いて、このモデルの正当性の検証を行った。
- ⑥作成した高速道路交通流シミュレーション・モデルにより、それらの多重衝突事故のコンピュータ・シミュレーションによる再現実験を行い、多重衝突がどのようなプロセスで発生し進展して行くかを詳しく分析した。
- ⑦上記分析より、多重衝突が生起するための要因の検証を行うとともに、多重衝突事故の生起メカニズムを明らかにした。
- ⑧道路要因、交通要因、気象要因等多くの要因の現実的な組合せのもとで、コンピュータ・シミュレーションによる多重衝突の再現

実験を行い、多重衝突の生起確率ならびに多重衝突の規模と要因との関係を数量的に評価した。

④速度規制やチェーン規制など、気象条件が悪化したときに、事故を防止するために現実的に取られている交通管理法について、コンピュータ・シミュレーションによる多重衝突事故の再現実験より、それらの効果と限界を数量的に評価した。

⑤高度交通情報システム（ITS）技術について、今後の技術的展開の見通しも含め、その技術の内容を詳しく調査した。

⑥自動走行支援装置（AHS）を、高速道路交通流のコンピュータ・シミュレーションモデルに反映させ、シミュレーションを通して、AHS技術の多重衝突事故防止効果とその限界を数量的に評価した。

⑦上記の研究結果をまとめ、報告書を作成した。

4. 研究成果

- (1) 多重衝突事故に関する統計分析の成果
 - ①多重衝突事故を、(a) 追突型、(b) 玉突き型、(c) 同時多発型、(d) 変則型 に分類したとき、多重衝突事故の事故形態は主に追突型と玉突き型であり、全体の7割を占める。
 - ②夜間から早朝にかけては追突型多重衝突の割合が高くなり、朝から夕方にかけては玉突き型多重衝突の割合が高くなる。
 - ③多数の車両（15台以上）が関係する大規模な多重衝突事故は、追突型及び同時多発型の2つの事故形態に絞られる。同時多発型の事故は、発生割合は低いが一たび起これば大規模な事故に発展する可能性が高い。
 - ④積雪時においては、同時多発型の事故の発生割合が5割を越えている。滑りやすい路面において、一つの事故から複数の追突事故に発展すると考えられる。
 - ⑤夜間に起こった多重衝突事故の7割は死亡事故に発展している。夜間は交通量が少ないため速度が上昇し、一方注意力が散漫になるため死亡事故につながりやすいと考えられる。
 - ⑥死傷者数が10人以上の事故の半分は玉突き型である。発端となる最初の追突事故の規模が大きいくほど、死傷者の数も増加する。また、関係した車両が大型バスなどの乗車人数が多い車両が関係すると負傷者数は増加する。
 - ⑦多重事故衝突事故の発端となる事故は、(a) 渋滞車列の後尾への追突、(b) 走行中の車への追突、(c) 事故等で停車した車への衝突、(d) 対向車線に逸脱した車との正面衝突 に分類することができる。
 - ⑧発端事故(a)は、6割が運転者の漫然運転、わき見運転等の安全義務違反から起こっている。

⑨大規模な多重衝突事故に発展する可能性のある追突型、同時多発型は、発端事故(c)から起こるケースが多い。

⑩多数の車両(15台以上)が関係する大規模な多重衝突事故に関しては、発端事故(c)の割合が9割以上を占める。大規模な多重衝突事故は突発的な自損事故から起こるケースが高い。また、それが発生する背景には天候不良、路面不良、視界不良等複合的な要因が関わっている。

(2) ファジー制御ロジックを用いた道路交通流シミュレータの構築の成果

①交通流モデルとして、個々の車両間の干渉をファジー制御ロジックにより表現したミクロ・トラフィック・シミュレータを構築した。

②本シミュレータにおいては、交通量・大型車混入率等の交通条件、路面の摩擦係数等道路条件、視程の大きさ等気象条件、反応遅れ時間等運転者の人的条件をシミュレーションに反映させることが可能であり、また衝突による車両の運動を精密に再現する。

③本シミュレータにおいては、車両の動きを動画として表現するディスプレイ機能をもっている。

④追従運動の安定性に関する分析から、本モデルでは反応遅れ時間が0.7秒以下の場合には、局所的にも、漸近的にも安定であることがわかった。この結果はほぼ現実の交通流の特性と符合するものである。

⑤速度と交通量の関係に関する分析から、本モデルにおける最大交通量は、2300(pcu/h/lane)程度であることがわかった。ただし安定的にシミュレーションを実行できるのは、2000(pcu/h/lane)程度位が限界であった。

(3) シミュレーションによる多重衝突事故の生起に関する分析の成果

①多重衝突の発端となる事故の発生には、道路条件、気象条件、人的条件等が関与しているが、これには偶発的要因が最も大きく、ITS等の先進的な技術を援用しなければ防止は困難である。

②偶発的な要因により交通流中に大きな乱れが生じたとき、多重衝突に発展するかどうかにも最も大きな影響を及ぼすのは、気象条件である。視界が悪いと、先行車両との車間距離や速度差を正確に識別しにくい。このためブレーキ操作が間に合わず、衝突が発生する。このような状況が後続車両に連鎖的に波及し、多重衝突に発展する。

③とくに路面状況が凍結や圧雪によって非常に滑りやすい状態になっている場合には、急ブレーキによってスリップし、制動がきかなくなってしまう。このため大規模な多重衝突に発展しやすい。

④最初の発端事故での衝突の激しさがその

後の多重衝突の生成・発展に関連していることが分かった。これはとくに摩擦係数の大きい乾燥路面において顕著となる。激しい衝突によって急激に減速・停止したとき、後続の車両はブレーキ操作が間に合わず、先行車両に衝突してしまう。このような状況が後続車両に連鎖的に波及するため、多重衝突に発展する。

⑤交通量の大小や大型車混入率などの交通要因、疲労、眠気等によるドライバーの反応遅れ時間などの人的要因も、多重衝突の生成に関わっていることがシミュレーション結果で確かめられた。

(4) 多重衝突事故防止対策の効果の分析の成果

①AHS技術のうち、レーダーセンサーによるドライバー支援システムに着目して、多重衝突事故防止効果を分析した。支援レベル1ではシステムはセンサーとして働き、ドライバーに必要な情報を提供するものとし、支援レベル2ではシステムはセンサーとしての働きに加えて、車両を自動コントロールするものとした。

②レベル1、レベル2のAHS技術は、ともに多重衝突事故の発生を防止し、あるいは多重衝突事故が起こった場合でも、事故に巻き込まれる車両数を減少するのに一定の効果があることが検証できた。

③AHS搭載車の割合が増加するほど多重衝突発生率、平均衝突台数ともにほぼ直線的に低下し、AHS技術による多重衝突事故防止効果が顕著である。ただし、AHS搭載車の割合が100%になっても多重衝突の発生の総てを防止することはできない。

④圧雪路面や凍結路面になると、多重衝突発生率は高くほとんど1に近いが、平均衝突台数は搭載車の割合の増加とともに急激に減少する。

⑤レベル1のAHSとレベル2のAHSを比較すると、レベル2のAHSの方が多重衝突の発生を防止し、あるいは多重衝突に巻き込まれる車両数を減少させる効果が高い。自動化されたレベル2では平均衝突台数はレベル1の場合の半分位になり、とくに不良視界時における大規模な多重衝突の発生防止に効果がある。

⑥AHS技術は多重衝突事故の発生を防止し、また多重衝突事故に巻き込まれる車両数を減少させるのに有用であるが、AHS搭載車両の割合が相当高くないと十分の効果を期待することができない。

⑦AHS技術では、AHS搭載車両自体は衝突事故を回避できたとしても、非搭載車両が搭載車両の急激な速度変化に対応できず搭載車両に衝突してしまう。このため、同時多発型の複雑な多重衝突に発展しやすい。

⑧AHS技術が近い将来実用化され、かなり

の車両に搭載されるとしても、コストの面からほとんどの車両に搭載されることは考えにくい。したがってAHS技術は、多重衝突事故防止対策として高い効果を期待することには限界がある。

⑨50キロ速度規制は、気象・路面条件が悪い場合に、多重衝突事故防止対策として高い効果が期待できる。速度規制は特別な車両の装備が不要であり、道路標識等道路側の施設整備で達成できるためコストがあまりかからない。このため、コストパフォーマンスに優れた対策である。

⑩50キロ速度規制が高い効果をもつためには、全ての車両が規制速度を遵守することが必要であり、規制速度を遵守しない車両があると多重衝突の発生を防止することができない。

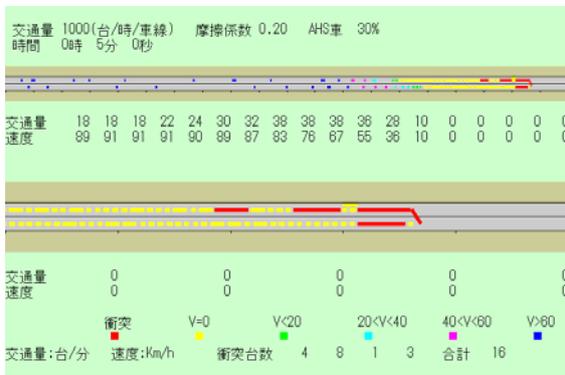


図1 シミュレーション画像の例

(実験条件：交通量 1000(pcu/h/lane)、路面摩擦係数 0.20、AHS 車の割合 30%)

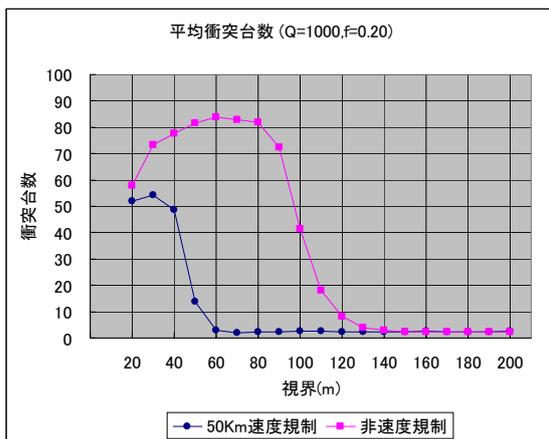


図2 50Km速度規制による多重衝突事故削減効果 (平均衝突台数による評価)

(実験条件：交通量 1000(pcu/h/lane)、路面摩擦係数 0.20、視程 20-200m)

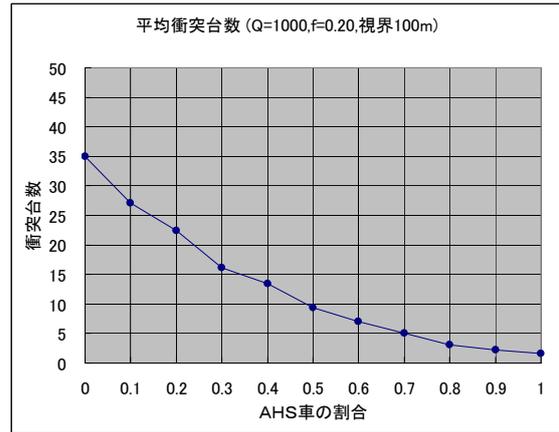


図3 レベル1 ITS導入の効果 (平均衝突台数による評価)

(実験条件：交通量 1000(pcu/h/lane)、路面摩擦係数 0.20、視程 100m、AHS 車の割合 0-1.0)

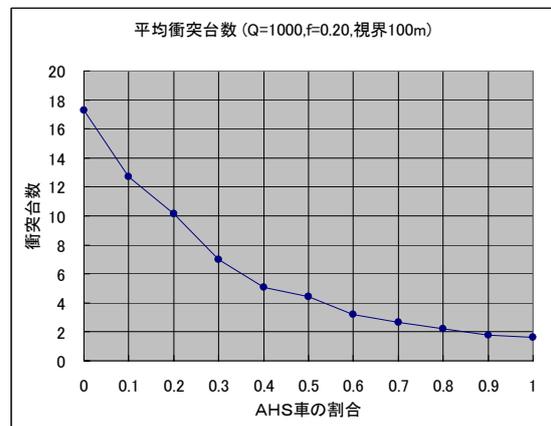


図4 レベル2 ITS導入の効果 (平均衝突台数による評価)

(実験条件：交通量 1000(pcu/h/lane)、路面摩擦係数 0.20、視程 100m、AHS 車の割合 0-1.0)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

井上博司、金谷誠二：3次元グラフィックスによる街路景観—交通結合シミュレータの構築に関する研究、兵庫県立大学環境人間学部研究報告、第11号、2009年、pp.97-106

〔その他〕(計1件)

井上博司：高速道路における多重衝突の生起メカニズムおよびその防止対策に関する研究、科学研究費補助金研究成果報告書、2009年、全233頁

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井上 博司 (INOUE HIROSHI)

兵庫県立大学・環境人間学部・教授

研究者番号：80026286