

車群追従走行の安全性評価に関する実験的研究*

Empirical Approach to Evaluating Safety of Vehicle-Platooning Behavior*

鈴木宏典**・藤井 健***・渡辺 顯****

By Hironori SUZUKI**・Takeshi FUJII***・Akira WATANABE

1. はじめに

現在、自動車車両（以下、車両）の予防安全を目的とした運転支援技術が順次開発され実車両に搭載されつつある。全事故の約30%を追突事故が占める¹⁾現状を考えると、特に前後方向の運転支援技術が、予防安全上重要な技術になると予想される。車両前後方向の制御に関わる運転支援技術は、その車両を運転するドライバの行動や車両挙動のみではなく、車両の集合体である車群の追従挙動にも影響を及ぼす可能性がある。このため、運転支援技術の効果評価を行う上では、車群追従挙動への影響も考慮した評価を充実させる必要があると考えられる。

運転支援技術と追突に対する車群追従挙動の安全性（以下、車群安全性）や安定性に関しては、幾つかの研究が国内外で報告されている。京都大学のグループ²⁾やMinderhoud and Bovy^{3,4)}はAdaptive Cruise Control (ACC)やIntelligent Speed Adaptation (ISA)が車群の安全性や安定性に及ぼす効果をシミュレーションにより計算した。Darbha and Rajagopal⁵⁾はACC搭載車両と非搭載車両が混在した交通流の安定性を確保する要件を理論的に導いた。Geller and Asher⁶⁾は車々間通信のアルゴリズムを仮定し、前々方を走行する車両情報の後方車両への伝達が追突防止に及ぼす効果をシミュレーションにより評価した。

現在までの既存研究により車群安全性評価に関する一定の研究結果が得られてきているが、幾つかの課題点も存在する。まず、評価に利用されているシミュレーションモデルの現況再現性に関する記述はほとんどないため、評価結果の現実的な妥当性が不明である。また車群安全性評価に際し、単なる追突の有無を評価するのみである、潜在的な危険性を定義していても危険性の深さを評価に取り入れ切れしていない、車両反応時間あるいは車

間距離を同時に考慮せず単独で評価を行う、など十分な評価がなされていない可能性がある。さらに限定的な追従状況についての車群安全性を評価する場合が多く、車群安全性に関する一般的な特徴を示すには至っていない。

本研究では、車両前後方向の制御技術に関する予防安全上の効果を想定し、ドライバの運転行動、特に車両反応時間及び初期車間距離と車群安全性との関係を明らかにし、車群安全性の特徴を明確化することを目的とする。研究に際し、実車走行実験での車両挙動データに基づくシミュレーションを行い、評価結果に可能な限り高い現実性を持たせることとした。また追突に至らないまでも潜在的な追突の危険性を評価することとした。

2. 方法

(1) 追従モデル

シミュレーションに用いる追従モデルはGazis-Herman-Rotheryのモデル(GHRモデル)⁷⁾を基本とする。最適な車間時間や最適な車速などGHRモデル単体では表現しきれない追従状況をモデルに内装するため、加速度を計算するGHRモデルを式(1)のように変形した。

$$\ddot{x}(t+T) = a \left(\frac{\ell}{\Delta v} \cdot v^{\alpha} \right) + b \left(\sqrt{\beta \cdot v} - \frac{v}{\ell} \right) + c \left(\frac{R}{1 + m \exp(n \cdot \ell)} - v \right) + \Phi \quad (1)$$

ここに t :時刻, T :車両反応時間, Δv :相対車速, v :自車速, ℓ :車間距離, その他はモデルパラメータとする。式(1)に定義された追従モデルの右辺は、以下で構成される。第1項は衝突余裕時間 (time-to-collision: TTC) の逆数を最適にする項、第2項は車間時間 (time headway: THW) の逆数を最適にする項、第3項は車間距離に応じた速度を最適にする項、第4項は定数項である。このように、式(1)は衝突余裕時間、車間時間、車間距離に応じた速度をそれぞれ最適にするように前後加速度を計算するモデルである。

GHRモデルなど現在まで広く用いられている一般的な追従モデルを用いて交通シミュレーションを行う場合⁸⁾、a) 急制動を行う場合、b) 先行車に追従する場合、c) 自由走行を行う場合、など、車間距離や車間時間に応じ

*キーワード: 交通安全、交通流、車群追従走行

**正員、D.Eng.、日本工業大学工学部システム工学科
(埼玉県南埼玉郡宮代町学園台4-1、
TEL: 0480-33-7734, FAX: 0480-33-7745)

*** (財)日本自動車研究所予防安全研究部
(茨城県つくば市荻間2530、
TEL: 029-856-0874, FAX: 029-856-1121)

**** 工博、日本工業大学工学部システム工学科
(埼玉県南埼玉郡宮代町学園台4-1、
TEL: 0480-33-7718, FAX: 0480-33-7745)

て異なる方法により前後加速度を計算する必要がある。すなわち、a)-c)のような条件を追従モデルとしてではなくシミュレーションのアルゴリズムとして外生的に与える必要がある。既存研究⁹⁾では、このような条件を場合分けで外生的に与えることが困難であったことから、式(1)による追従モデルは、車間距離あるいは車間時間に応じた前後加速度をモデル自体に内生し、追従モデル単独で一般的にほぼすべての前後加速度の表現を行うことを特徴としている。式(1)の validity は既に検証済みであり、モデル化と検証の詳細は文献8)に譲る。

(2) 1台の車両の追従安全性評価

a) 適切な安全走行車間距離

追従挙動の安全性を評価するに当たり、まず適切な安全走行車間距離(ASDD: Appropriate Safe Driving Distance)を、車速の小さい先行車に車速の大きい追従車が接近する場合、適切に減速し適切な車間距離を保って先行車と同じ車速で追従するために必要な車間距離と定義する¹⁰⁾。この定義に基づいて運動方程式を解くと式(2)が導かれる。ASDD は先行車と追従車の車速により動的に変化するため、適切な車間距離をリアルタイムに把握することができる。

$$ASDD = -(t_{app} \cdot v_2(t) + x_{stp}) + \frac{(v_2(t) - v_1(t))^2}{2\Delta a^*} \quad (2)$$

ここに、 v_1 :先行車の車速、 v_2 :追従車の車速、 Δa^* :適切な相対減速度、 t_{app} :適切な車間時間、 x_{stp} :停止時車間距離とする。既存研究¹¹⁾によると車速40~60km/hから減速して停止する場合、一般的減速度は 2.4m/s^2 程度であるとの結果が得られている。また筆者らによる実車走行実験¹⁰⁾では、ほぼ同様の条件における最大減速度の平均値は 1.6m/s^2 であった。本研究では両研究結果の減速度の平均値 2.0m/s^2 を通常の減速度と定義し、これを適切な相対減速度 Δa^* として用いた。別の実車走行実験¹²⁾において停止時車間距離の平均値が 3.5m であったこと、また、Minderhoud and Bovy⁴⁾らによって一般的な車間時間は最小値 1.2s 程度となる結果が得られていることから、 $t_{app}=1.2\text{s}$ 、 $x_{stp}=3.5\text{m}$ を与えた。

b) 追従安全性の評価指標

追従走行の安全性は、実際に観測される車間距離がASDDとどの程度乖離しているかにより評価する。すなわち実際の車間距離がASDDより短い場合には危険、長い場合には安全と判断する。この先行車と追従車の走行状態を擬似的に簡便なmass-springシステムに置き換え、釣合の位置をASDD、実車間距離を ℓ 、バネ定数を k とし、仮想バネに蓄えられる符号付のエネルギーPEを追従安全性の指標と定義した。式(3)にPEを示す。 δ_p は $(\ell - ASDD)$ が負の時+1、正の時に-1の符号を示す。

$$PE = 0.5k(\ell - ASDD)^2 \cdot \delta_p \quad (3)$$

実車実験に基づいてPEの妥当性を検証した結果、既存手法(衝突余裕時間:time-to-collision: TTC)との比較において、適用性が高いことを確認した。特にTTCが 1.5s を超える、明らかに危険とも明らかに安全とも言えない追従状況の危険性を評価可能であることが導かれた。PEの導出及び検証の詳細は文献9)に譲る。

(3) 車群安全性評価手法

いま n 台の車両が定速で追従走行を行い、先頭車両が減速を始めることによってその影響が逐次後続車両へ伝搬し最終的に全車両が停止するまでの走行を考える。一般的に2番目~ n 番目の車両の追従安全性評価指標PEの変化は図1上「点線」のように表現され、PEの極大値 PE_{lmx} が時間的に車群上流へ伝搬する様子が観察される。この時、 i 番目車両の車両反応時間(T_i)や初期車間距離(L_i)を変化させた場合、図1上「実線」に示すように最終的に最後尾評価車両の PE_{lmx} はどの程度変

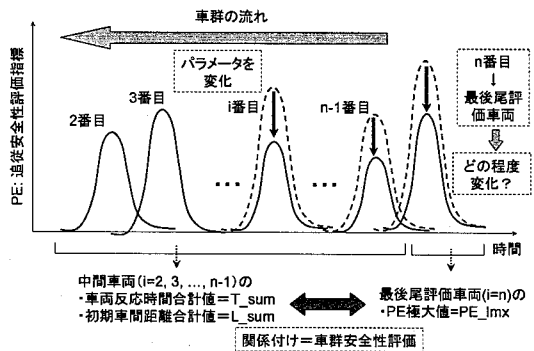


図-1 車群安全性評価の概念図

化するか、をシミュレーションにより把握する。このように現実的な範囲内で車群中間車両($i=2, 3, \dots, n-1$)の T_i や L_i を様々に変化させて十分多くのシミュレーショントライアルを実施し、中間車両の反応時間 T_i 及び初期車間距離 L_i の合計値 T_{sum} と L_{sum} 、及び最後尾評価車両の追従安全性評価指標 PE_{lmx} との関係づけを行うことにより一般的な車群安全性評価を行う。ここで L_{sum} 及び T_{sum} を用いた理由は、車群を構成する各車両1台ごとについて、初期車間距離及び車両反応時間の微小な変化が車群安全性へ及ぼす影響を可能な限り細かく捉えるためである。平均値では埋もれてしまうような微小な変化を把握するため、今回は初期車間距離及び車両反応時間の合計値を用いたが、必要に応じ平均や分散なども検討する必要もあると考えられる。

本来、最後尾の PE_{lmx} のみではなく車群を構成する全車両の PE_{lmx} を計算して何らかの評価を行うことが望ましい。例えば、宇野²⁾が車群安定性の評価で試み

ているように、車群の安定性を示す評価指標の最小値が車列後方へ伝播するにしたがって増幅する、減衰するあるいは漸近的に減衰することと安定性との関係を述べ、車群を構成するすべての車両をある程度考慮した評価を行っている。しかしながら本研究で行った実車走行実験から、実際の車群安全性の伝播は一律に増幅、減衰、漸近的減衰には分類できず、車群を構成する各車両の安全性には大きくばらつきがある。各車両の安全性をそれぞれ独立した被説明変数とした場合、評価対象が多くなり、かつ車両同士の相互作用が完全に解明されていないことから、車群を構成するすべての車両の相互作用を捉えて車群全体の安全性評価を行うことは現段階では難しい。そこで研究の第一段階として車群内の個々の車両の安全性は後続車両に増幅あるいは減衰して伝搬し最終的に最後尾の車両に反映されるという仮定を設け、中間車両の T_{sum} 及び L_{sum} と最後尾車両の PE_{lmx} との関係を把握することにより車群安全性を評価することとした。

3. 数値計算による車群安全性の特徴把握

(1) 追従挙動データの収集

車群安全性を評価するに当たり、まずシミュレーションの基礎となる追従走行データの収集を行った。計測器を搭載した乗用車(AT車)5台に対し、先頭車減速度、車間距離、各2条件を組み合わせてテストコース上を走行させ、定速走行から減速するまでの車両挙動データを取得した。車両挙動データは10Hzにて計測された、車間距離、前後加速度、速度、アクセルon/off信号、ブレーキon/off信号とし、同時にすべての車両について運転席から見た前方映像をCCDカメラで撮影した。車間距離は車両前方に配置したレーザレダ、加速度は車両中央部に配置した加速度計、速度はアンチロックブレーキシステムからのパルス信号によりそれぞれ計測し、アクセル及びブレーキのon/off信号は適当な電圧を加えて計測した。先頭車の減速度の条件は「比較的強い(0.4~0.5G)」及び「比較的弱い(0.1~0.2G)」とし、先頭車以外の車両の車間距離の条件はドライバの主観に基づき「通常」及び「通常より短い」として追従走行を行った。

(2) 追従モデルのパラメータ同定と検証

どのようなモデルでもモデルのパラメータは可能な限り少ないことが望ましい。しかしながら今回の数値計算に用いた追従モデル(式1)においては、第2章

(1)に述べたように、a)一般的なほぼすべての追従現象を表現するための条件をシミュレーションのアルゴリズムとして外生的に与えるのではなくモデル自体に内生していること、またb)本研究ではパラメータ同定に要する十分なデータが確保できる可能性があること、か

ら本研究では式(1)に示す追従モデルを構築した。

「通常」車間距離走行時のデータを用いて先頭車を除く全車両、全走行での追従モデルのパラメータを同定した。主にLeast Square Methodによって各項に含まれるモデルパラメータを同定し、最終的に式(1)右辺の4つの項の係数についてもLeast Square Methodを用いて、すべてのパラメータを同定した。そして「比較的強い」減速度かつ「通常より短い」車間距離時のデータを用いて追従モデルの検証を行った。全車両及び全走行の加速度/速度のRoot Mean Square (RMS)誤差は平均値で $0.35m/s^2$ 、 $1.1km/h$ となり、モデルに関する実際の追従現象再現能力を確認した。図2に38セット分のパラメータについての加速度及び速度の推定誤差を示す。

(2) シミュレーションのシナリオ

本研究では一般的な幹線道路において車群がどのような状況で危険になるかを議論するため、約55~60km/hの車速及び、通常より短い車間距離(約12~16m)で車群内の車両が追従走行し、かつ先頭車両に比較的強い減速(約0.4~0.5G)を与えるシミュレーションを行う。

a) 車両台数とシミュレーション時間

- ・7台の乗用車を追従走行させる。これは既存研究6)により、車々間通信技術などによって前々方の車両情報を後続車両に伝達し車群の安全を図るためには概ね6~7台の範囲で情報を伝達すれば十分であるとの知見から判断した。
- ・シミュレーションの時間間隔は100ms(0.1s)とする。
- ・定速走行から減速して停止あるいは再加速するまでの150s間のシミュレーションとする

b) 先頭車両(1番目車両)挙動の設定

実車実験にて観測された先頭車の急減速挙動データ合計10セットを与える。10セットの減速度及び初速度は概ね0.4~0.5G、55km/h程度であった。

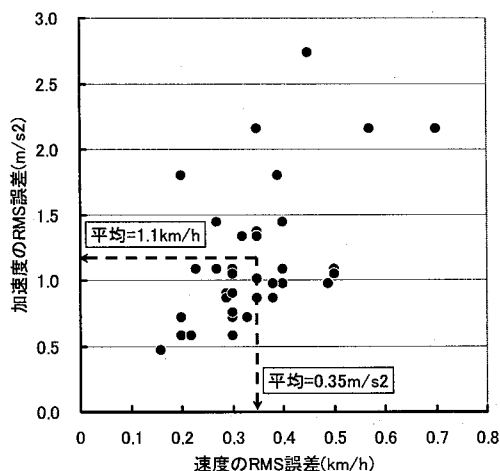


図-2 シミュレーションモデルの検証結果

c) 中間車両 (2～6 番目車両) 挙動の設定

車両挙動データから同定した追従モデルのパラメータ 38 セットを、中間の 5 台の車両にランダムに与える。ここで、車群安全性に関わりが深いと考えられる車両反応時間を実測値 $\pm 0.3s$ 、同様に初期車間距離を実測値 $\pm 5.0m$ でランダムに変化させ、パラメータに現実的な範囲を持たせることとした。既存研究 4) から、 $0.3s$ は現実的に考えられる最小の車両反応時間であること、また $5.0m$ はほぼ乗用車 1 台分の車両長 ($4.67m$) であることから、これら最小単位の範囲内では同定したパラメータは不変であるという仮定のもとにシミュレーションを行った。実測値において車両時間が負の値となる場合にいても同定したパラメータは最小単位の範囲内 (車両反応時間 $\pm 0.3s$ 、初期車間距離 $\pm 5.0m$) では不変としてそのままシミュレーションに利用した。

d) 最後尾評価車両 (7 番目車両) 挙動の設定

38 セットの追従モデルパラメータの内、代表的な 17 セットを最後尾車両に与え、評価車両の違いによる車群安全性の比較検討を行う。パラメータはすべて実測値に基づいて同定された値を用いる。

(3) シミュレーションと車群安全性評価の手順

先頭車両挙動 1 セット、最後尾評価車両挙動 1 セット、中間車両挙動をランダムに 5 セット選択し、7 台の車両挙動をシミュレートする。1 走行毎に最後尾評価車両の追従安全性指標の極大値 (PE_l_{mx}) を計測し、その時の中間車両の反応時間合計値 (T_sum) 及び、初期車間距離合計値 (L_sum) と PE_l_{mx} の関係を記憶する。先頭車両挙動及び中間車両挙動をランダムに変化させ同様の走行と評価を 2,000 万回の走行分を行う。この操作を、17 セットの最後尾評価車両について個別に行い、 T_sum 、 L_sum と PE_l_{mx} との関係を 3 次元に示した図を、17 セット分描く。

(4) 車群安全性評価結果

図 3～5 に最後尾評価車両の反応時間が a) 比較的小さい場合 ($-1.2 \sim -0.6s$)、b) 中程度の場合 ($0.2 \sim 0.6s$)、c) 比較的小さい場合 ($0.8 \sim 1.0s$) の各ケースについて、車両反応時間の頻度をもっとも高かった例を代表として示す。平面 2 軸に T_sum 、 L_sum 、鉛直軸に PE_l_{mx} を取り、 PE_l_{mx} が大きくなるほど車群が危険、小さくなるほど安全と評価する。各ケースとも評価結果は 3 次元で示されるが、 T_sum 及び L_sum の変化と PE_l_{mx} との関係をわかりやすくするため、各ケースにつき 3 次元の図を真上から俯瞰し PE_l_{mx} を等高線で図示した図も併せて示す。 T_sum 及び L_sum の範囲に複数の PE_l_{mx} が存在することとなるため、この場合は PE_l_{mx} の平均値を計算して図示した。図中の実線は 7 台の車群追従走行において

追突が生じる領域と、追突が生じない領域の境界線を示す。すなわち、図 3～5 において実線より右上の領域は 7 台の車群のうちいずれかが追突を生じた領域、左下の領域は追突が生じなかった領域である。各図において、車両反応時間が負になることは、例えば将来の車々間通信技術などを想定し、追従車が前方の車両挙動を把握することにより直前の先行車よりも時間的に早く反応を行うことを意味する。図 3～5 から以下が理解できる。

a) 全ケースにほぼ共通の知見

1. T_sum が増加するほど、また、 L_sum が減少するほど車群は危険になる。
2. 等高線の間隔が急激に狭まり、 T_sum/L_sum の僅少な増加/減少が、急激にかつ突然に車群危険性を増大させてしまう追従状況が存在する。
3. 最後尾車両の追突が観測され始める領域と車群危険性が突然増加する領域は概ね一致する。
4. 比較的小さい T_sum (例えば $-1.5s$ 以下等) が車群安全に貢献するのは、 L_sum がある値以下の場合であり、これを超えると効果は比較的小さい。

b) 各ケースの比較

1. 最後尾車両の反応時間が短いほど (図 3 と 4)、ほぼどの L_sum においても車群危険性が比較的小さい領域が増加し、長いほど (図 4 と 5) 車群危険性が比較的大きい領域が相対的に増加する。

(5) 車群安全性評価結果に対する考察

a) 潜在的な車群危険領域の存在

今まで安全だった車群追従が突然にかつ急激に危険になる追従状況が存在している。例えば図 3 において $L_sum=110m$ (1 台平均 $22m$) の場合、 $T_sum=2.5 \sim 3.0s$ (1 台平均 $0.5 \sim 0.6s$) において、 T_sum 及び L_sum の僅少な増加及び減少により急激に車群危険性が変化する。本研究の数値計算で対象としたように、約 $55km/h$ にて定速走行している場合、 $22m$ の車間距離では車間時間は約 $1.4s$ となり、この値は既存研究 4) で示されている通常一般的な車間時間の範囲内と判断される。また、車両反応時間は対数正規分布に従いその平均値はおおむね $0.9s \sim 1.0s$ となる¹³⁾ことから、 $0.5s$ の車両反応時間は比較的小さい反応時間と定義される。このような状況にもかかわらず、初期車間距離 $22m$ /車両反応時間 $0.5s$ の追従状況と追突が生じ始める状況とが重なることから、一般的にあまり危険とは考えられない追従状況に実は潜在的な車群危険領域が存在すると判断できる。

最後尾評価車両 17 台分の評価結果を平均化したより一般的な車群安全性評価結果を図 6 に示す。車群安全性の等高線の間隔が短く、 T_sum 及び L_sum の僅少な増加及び減少により急激に車群危険性が変化する、潜在的な車群危険領域が存在することは、特異解ではなく一般

的な特徴として明らかにすることができた。

b) 前々方車両挙動把握の効果

例えば車々間通信技術を想定し、前々方の車両挙動を把握することによって直前の車両との車両反応時間を負の値まで削減できると仮定しても、その効果は比較的短い初期車間距離の範囲内のみで効果があり、比較的長い初期車間距離では顕著な効果が得られないことが理解できる。車群安全性は車両反応時間あるいは初期車間距離単体ではなく、両者の兼ね合いによって評価されるべきであると考えられる。

4. おわりに

ドライバの運転行動、特に車両反応時間及び初期車間距離の変化と車群安全性との関係をシミュレーションにより定量的に評価し、一般的な車群安全性の特徴を明らかにした。評価に高い現実性を持たせるため実際の車両挙動データに裏付けられた追従モデル、パラメータを用い、追従モデルの現況再現性を検証した。既存手法に変わる追従走行の安全性評価指標を定義し潜在的な車群危険性を把握した。この結果、普段頻繁に生じる追従状況において、車群内の僅かな車両挙動の変化、特に車両反応時間や車間距離の僅少な増加や減少が、急激に車群

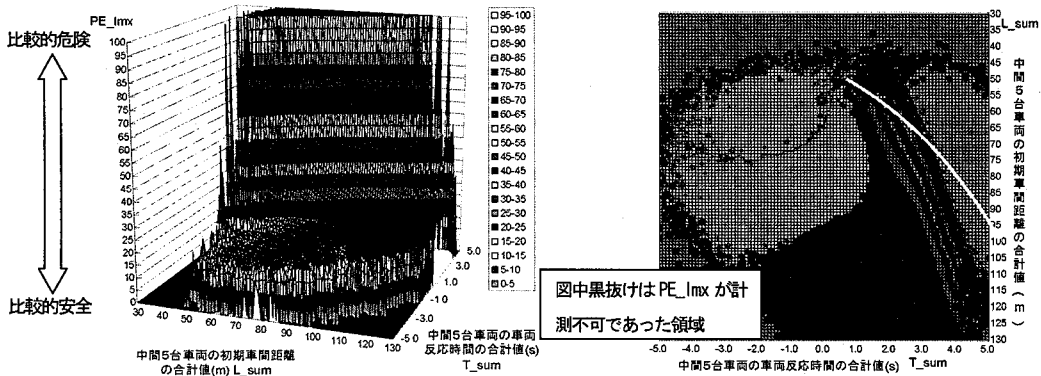


図-3 車群安全性評価(最後尾車両反応時間=-0.6s, 初期車間距離=11.6m)

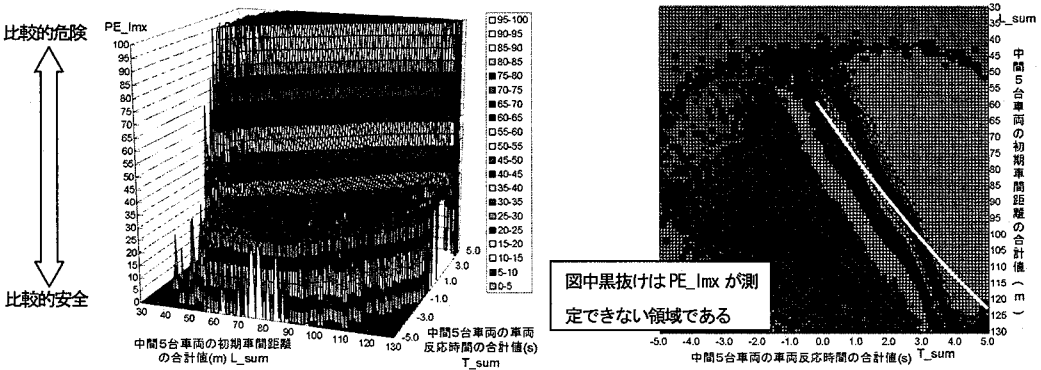


図-4 車群安全性評価(最後尾車両反応時間=+0.5s, 初期車間距離=14.8m)

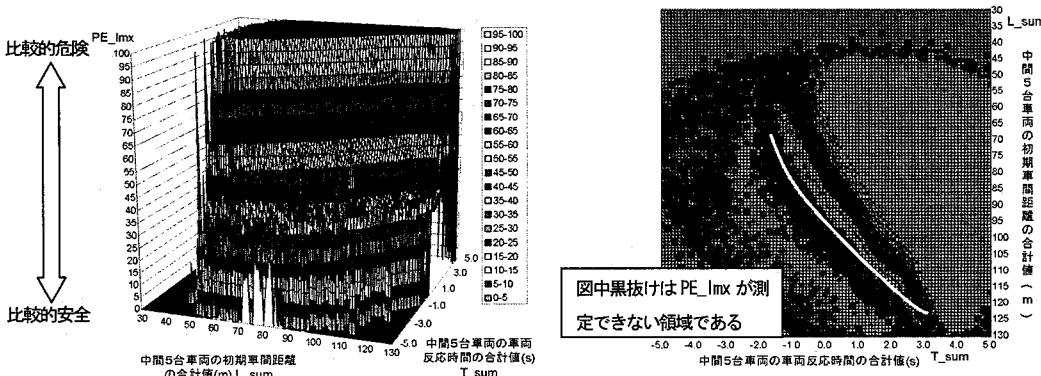
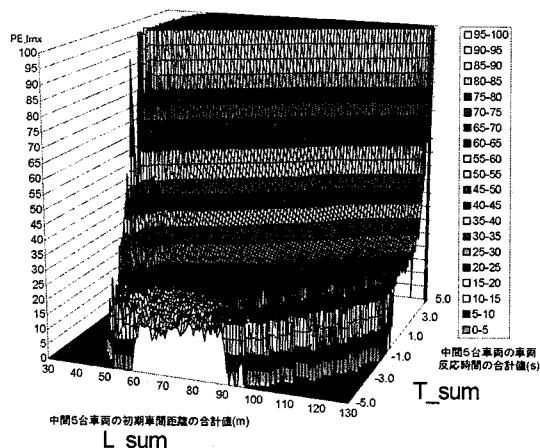


図-5 車群安全性評価(最後尾車両反応時間=+1.0s, 初期車間距離=16.4m)

安全性を阻害させる潜在的な車群危険領域が存在することを明らかにした。また、車群安全性は車両反応時間と初期車間距離の両者の兼ね合いで決定されることを定量的に示し、直前の車両挙動把握、また、前々方の車両挙動把握が車群安全化に有効な追従状況を明らかにした。しかし、今回は a) ドライバ行動を決定論的にモデル化し、b) 個々のドライバを独立と仮定し、c) バラツキのある車群安全性の平均値をシミュレーションにより評価したに過ぎない。得られた車群安全性の特徴を基に、今後車群安全化を図るための条件を検討すると同時に、追突まで含めた追従状態でのデータ収集を図り、実際のドライバを含めたシステム、すなわちドライビングシミュレータや実車実験等を用いた環境において評価結果の妥当性を検証する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 日本損害保険協会：自動車保険データにみる交通事故の実態 2003 年 4 月～2004 年 3 月, p.149, 2005.
- 2) 宇野他：ファジィ追従シミュレーションモデルを用いた車両反応時間削減の影響分析, 第 1 回 ITS シンポジウム講演集, pp.597-605, 2002.
- 3) Minderhoud, M.M., and P.H.L. Bovy. Extended Time-To-Collision Measures for Road Traffic Safety Assessment. Accident Analysis and Prevention, Vol. 33, Elsevier Science Ltd. pp.89-97, 2001.
- 4) Minderhoud M.M., and P.H.L. Bovy: Impact of Intelligent Cruise Control on Motorway Capacity, Transportation Research Record 1679, TRB, pp.1-9, 1999.
- 5) Darbha S and K.R.Rajagopal: Intelligent Cruise Control Systems and Traffic Flow Stability, Transportation Research C(7), pp.329-352, 1999.
- 6) Galler, B.A., and H. Asher: Vehicle-to-Vehicle Communication for Collision Avoidance and Improved Traffic Flow: IDEA Project Final Report ITS-1, TRB, 1995.



図－6 車群安全性評価結果 (17 台最後尾車両の平均)

- 7) 例えば, Rothery R.W.: Chapter 4 - Car Following Models, Traffic Flow Theory, A State-of-the-Art Report, TRB (eds. Cartner N., Messser C.J. and Rath A.K.), 1992.
- 8) Yang, Q; Koutsopoulos, H.N; Ben-Akiva, M.E.: Simulation Laboratory for Evaluating Dynamic Traffic Management Systems, Transportation Research Record 1710, TRB, pp.122-130, 2000.
- 9) 鈴木・鈴木：道路環境シミュレーションのための車両追従モデルの構築, 自動車研究 第 26 巻 第 5 号, pp.189-192, 2004.
- 10) 鈴木：追従安全性評価手法の提案—TTC との比較検討—, 自動車技術会・学術講演会前刷集 No.113-04, pp.17-20, 2004.
- 11) Institute of Transportation Engineers: Transportation and Traffic Engineering Handbook, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 2nd Edition, 1981.
- 12) 自動車走行電子技術協会: Stop&Go システムの作動環境条件に関する調査研究 -ITS 規格化事業- J01-3, 2002.
- 13) Koppa R.J.: Human Factors, Chapter 3, Traffic Flow Theory -A State-of-the-Art report-, TRB, 1999.

車群追従走行の安全性評価に関する実験的研究

鈴木宏典・藤井 健・渡辺 顯

本研究では車両反応時間と初期車間距離の観点から車群追従走行の安全性を評価する試みを行った。7台の乗用車を車速約55-60km/hで走行させ、中間車両の車両反応時間や初期車間距離を現実的な範囲内で変化させながら先頭車両を0.4-0.5Gで減速させた場合のシミュレーションを行うことにより車群安全性を評価した。数値計算の結果、現実的に頻繁に観測される追従状況において、僅少な車両反応時間/初期車間距離の増加/減少により車群が突然かつ急激に危険な領域に陥る潜在的な車群危険領域が存在することを明らかにした。

Empirical Approach to Evaluating Safety of Vehicle-Platooning Behavior*

By Hironori SUZUKI・Takeshi FUJII・Akira WATANABE

This paper numerically attempted to evaluate characteristics of vehicle-platooning safety in relation to vehicle reaction time and initial spacing. An empirical car-following simulations of seven passenger cars was employed to evaluate safety level of platooned vehicle at approximately 55-60km/h speed with 0.4-0.5G deceleration of the most-front vehicle in the platoon. Numerous simulation trials with varying delay time and initial spading found that there are some car-following situations where safety of vehicle platooning suddenly and sensitively deteriorates even with tiny changes of vehicle reaction time and initial spacing. This situation occurred at normal driving situations where we frequently observe in a real-world traffic.