

運転中の会話が追従挙動に与える影響に関する研究

Effects of Talking through Cellular Telephone on Car Following Behavior

野並 克弘*, 徳永 マヘルト アハラ*, 萩原 亨**, 加賀屋 誠一**

By K. Nonami*, R. A. Tokunaga*, T. Hagiwara**, S. Kagaya**

1. はじめに

現在の道路環境は、多種多様な車両の影響で非常に複雑な交通現象となっている。そして、そのような環境のもとでは、自動車の運転は多くの場面で追従走行が行われている。

ドライバーの追従挙動のわずかな変化は、特に臨界的な交通流においては、交通流全体が影響を受けやすく、速度低下等の大きな現象変化となって表れることもある。これまでも、追従挙動については数多くの研究が行われており、その多くが道路外などからビデオ観測などにより測定されている。そのため、ドライバーの属性などについては、あまり考慮されてこなかった。

本研究では、高速道路上での追従走行時に着目し、通常の追従運転、会話中の追従運転、追従運転中に先行車が減速した場合、会話中に先行車が減速した場合について、それぞれの追従挙動をスパイラル曲線から検討した。また、被験者の属性が追従挙動に与える影響についても検討を行なった。

2. 実験手法

(1) 実験車両

1997年10月に、実車実験を行った。実車実験には、以下の車両3台を用いた。

(a)先行車両：隊列の先頭を走行した。実験者は、これに乗車し被験者にタスクの指示を行った。ビデオカメラ及び計測機器を車内に設置し、運転挙動の測定を行った。

(b)追従車両：運転が容易なオートマチック車を用い、被験者のみが乗車した。先行車両と同様に、ビデオカメラ及び計測機器を車内に設置した。

Key Words: ITS, 交通流、交通管制

*学生員 **正員、北海道大学 大学院 工学研究科

(0608628 札幌市北区北13条西8丁目, TEL 011-706-6214

FAX 011-726-2296, E-mail: non@eng.hokudai.ac.jp)

(c)後尾警戒車両：先行車両・追従車両を援護しながら隊列の後方を走行した。

(2) 測定装置

本実験では、先行車両と追従車両に、計測機器を設置しデータの収集を行った。データは1/20秒のサンプリングでパソコンにより記録収集した。距離と速度は、一定距離の移動に伴い出力されるパルスをカウントすることによって算出した。車間距離は追従車両の前頭部に設置したレーザービームによる車間距離計を用いた。

追従車両にはデジタルビデオカメラを後部座席に設置し、先行車両及び被験者の様子に加え、計測したパルスカウントのデータがリアルタイムでコンピュータから出力されるディスプレイも録画できるようにした。

2車間の収集データの同期は、次のようにして実現した。1日の実験開始前に測定機器すべての時計を調整した。追従車両に搭載したデジタルビデオカメラの画像から、先行車両のブレーキランプ点灯の瞬間に、追従車両のコンピュータから出力されるカウンターの数値と比較して同期させた。

(3) 実験内容

実験には、成人男性16名が参加した。被験者らの年齢構成は24から45才で、運転歴の平均は11年、年間走行距離は平均13000kmだった。

実験走行は、直線が多く勾配が少ない道央自動車道の江別西インター（以下、江別西）から岩見沢インター（以下、岩見沢）の往復区間（50.6km）で行った。被験者は、高速道路上で先行車両と一定の車両間距離（約50m）を維持しながら走行するという課題で、追従運転、会話のタスクを行った。会話のタスクは、ハンズフリーシステムの携帯電話により、先行車の実験者との間で会話をするというものである。各被験者の実験走行は、練習走行なしの1往復のみとした。

3. 分析結果

(1) 4つの分析場面

本研究では、次に示す4つの状況を対象に検討した。

(a)追従時：100km/h で追従走行を安定して行う状態。追従時は、周囲の交通流の影響が少なく安定した約1分間の状態について検討した。11人からデータを得ることができた。

(b)会話時：100km/h で追従走行中に、1分間の会話を行う状態。会話時は、1分間の会話のうち両端を除去した40秒程度のデータについて検討した。10人からデータを得ることができた。

(c)減速時：先行車が100km/h→80km/hに急減速して、80km/hで1分間の追従を行う状態。減速時は、先行車が約0.2Gの減速度で100km/hから80km/hに急減速し、1分間80km/hで走行している。その1分間から両端を抜いた40秒程度のデータについて検討した。11人からデータを得ることができた。

(d)会話減速時：100km/hでの会話中に、80km/hに急減速して、1分間の追従を行う場合。会話減速時は、減速後の40秒程度のデータについて検討した。10人からデータを得ることができた。

(2) 平均値による分析

速度、相対速度、車間距離のそれぞれの平均値と標準偏差を求めた。図1に速度の結果を示した。図2に車間距離について示した。それぞれ同じ速度の条件ごとに1つのグラフにまとめ、被験者ごとに会話の有無で組み合わせを示した。

同一の状況で比較した場合、被験者による差は、速度や相対速度については、ほとんどなかった。しかし、被験者に対して50mで走行するよう指示していた車間距離については、被験者によって大きな差が表れた。

会話による影響に注目した場合、速度や相対速度については、ほとんど差は表われなかった。車間距離については、車間が短くなる被験者も認められたが、多くの被験者で車間が長くなる傾向が見られた。

速度の平均値の変化はほとんど見られなかったが、実際には会話を行うことにより被験者間で車間距離が異なっているので、平均値による処理では分からなかった速度の変化があるものと考えら

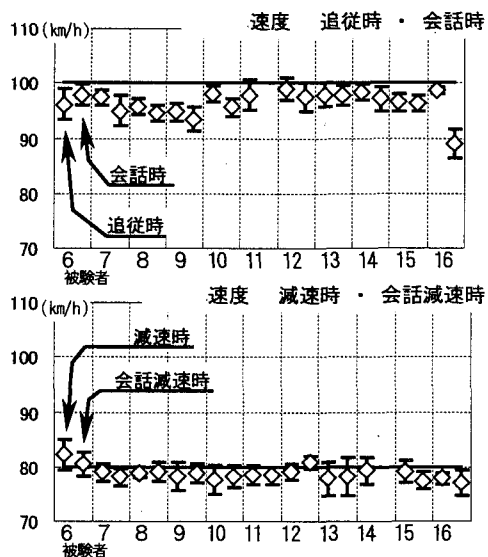


図1 速度の平均値・標準偏差

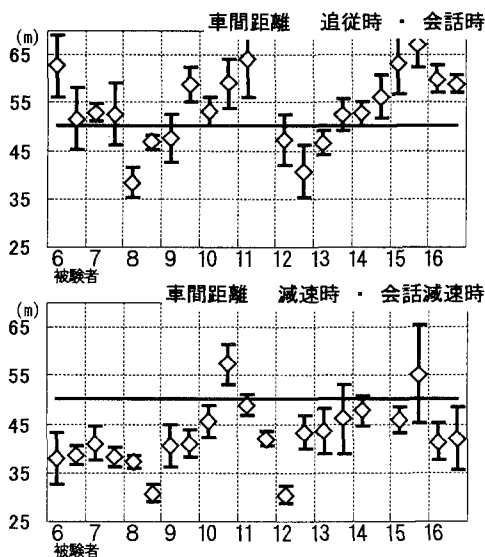


図2 車間距離の平均値・標準偏差

れる。単なる平均では、他のデータとの相互関係や反応時間等の関係が表に出なかったためと思われる。

(2) スパイラル曲線

そこで、相対速度と車間距離の関係についてグラフ化し、その時系列の軌跡を図3に示した。なお、相対速度は、正の値は先行車が離れていく状態を、負が接近していく状態を表している。この特徴を見てみると、相対速度が0の付近で収束するような、時計まわりの螺旋を描いているようである。

図3について説明する。まず、車間距離が42mまで縮まった後、相対速度が正の値となり車間が49mまで広がり、再び相対速度が負となり、徐々に47mの付近に収束していく傾向が見られる。このような軌跡の特徴は、次のようなモデルで再現可能であると考えられている。追従走行をしている車両は、走行速度、車頭距離、相対速度感覚の刺激を受けこれらの刺激が小さくなるように加減速を繰り返す。このとき車両は、相対速度0 km/h でドライバーが保ちたいと考える希望車頭距離に向かって時計まわりの螺旋の走行軌跡を描く。

(3) スパイラル曲線による分析

本研究では、相対速度と車間距離についての比較を行った。ここでは、スパイラルの形状に着目し分類した。スパイラルの形状の分類として、表1、表2のように、形状の特徴と、その大きさによって分類した。

この分類に従い、それぞれの特徴をまとめたものが表3である。そして、これらの4パターンを、後続車に与える影響の大きさという点に注目し、その順番に並びかえて検討を行った。

表4は、分類した結果を該当する被験者人数によって示したものである。これによると、追従時や会話時に関しては、後続車への影響が小さい領域から影響が大きい領域まで、広い範囲に分かれている。この条件では先行車が一定の条件で走行し、かつ後続車もないため、追従車の速度や車間距離が多少変動しても、危険な状況には至らない条件である。すなわち被験者は比較的自由に運転できる条件である。

それに比べて、減速時や会話減速時では、集中型・小のパターンに近づく傾向が見られる。この条件では、先行車が急減速した後であり、追従車にとって危険な状況である。このようなドライバーにとって厳しい状況では、ドライバーの違いに

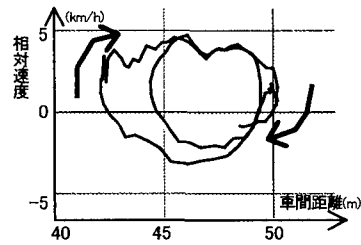


図3 スパイラル曲線の例

表1 形状の特徴による分類

●集中型	●分散型
特徴…スパイラル曲線が収束に向かう。	特徴…スパイラル曲線が収束しない。
●希望(一定)の速度や車間距離で走行している。	●希望(一定)の速度や車間距離で走行していない。
●すなわち、安定した走行状態。	●すなわち、不安定な走行状態。

表2 大きさによる分類

●形状…大	●形状…小
●速度や車間距離の変動が大きい。	●速度や車間距離の変動が小さい。
●相対速度: 5km/h、車間距離が5mより、大	●相対速度: 5km/h、車間距離が5mより、小
●不安定な走行状態。	●安定した走行状態。

表3 各パターンの特徴

	●形状…小	●形状…大
●集中型	●速度や車間距離の変動が小さく均衡を保っているので、後続車(交通流全体)への影響が少ない。 ●当分は、この安定した傾向が続くと思われる。	●速度や車間距離の変動が大きく、現時点では後続車への影響が大きい。 ●相対速度が0に収束する傾向があるので、のちに安定すると思われる。
●分散型	●現時点では、速度や車間距離の変動が小さく、後続車への影響が少ない。 ●しかし、このあと変動が大きくなる可能性がある。	●速度や車間距離の変動が大きく、後続車への影響が大きい。 ●当分は、この不安定な傾向が続くと思われる。

よる操作の違いが小さくなるものと思われる。

これを過去に携帯電話を使用した経験の有無によって被験者を分類した結果が、表5である。減速時→会話減速時に注目すると、経験のない被験者は、会話減速時に分散型・大に集まっている。一方で、経験のある被験者は、集中型・小に集まっている。すなわち、経験のないドライバーは、会話によって、運転が不安定になる傾向が見られる。逆に経験のあるドライバーは、会話によって、運転が安定する傾向が見られる。携帯電話の経験（慣れ）が、ハンズフリーシステムによる会話とはいえ、運転に影響を与えているようである。

次に、被験者の年間走行距離によって分類した結果が表6である。追従時の年間 10000km 以下の被験者が、集中型・小に集中している。しかし、追従時以外の状況では広い範囲に分散している。また、年間 10000km を超える被験者は、追従時は分散型・大に集中している。それに対して会話減速時など集中型・小に集まる傾向が見られる。

年間走行距離が比較的少ないドライバーは、通常の状態では、安定した走行を行う傾向が見られたが、2次タスクなどにより負荷が増加したことで不安定な運転となってしまった。しかし、年間走行距離が多いドライバーは逆の傾向が見られ、日頃は危険な状況にならない範囲で比較的自由に運転しているが、負荷が増加したときには変動が少なく安定した運転をしている。

4. まとめ

本研究では、実際の高速道路本線上において、実車実験を行い、高速道路走行中の運転者の追従挙動について調べた。追従時、会話時、減速時、会話減速時の4つの状況について検討した。最初に、車間距離と追従速度の平均から検討した。会話により、被験者による違いはあるものの、多くの被験者で車間距離が長くなる傾向が見られた。これは、通常の追従走行であろうと減速後の追従であろうと同様の傾向を示していた。

次に、相対速度と車間距離の関係を2次的に描くことから追従挙動の検討を試みた。スパイラル曲線の形状の違いに着目することによって、微妙な追従挙動の変化を分類した。この分析から追従特性に、携帯電話の使用経験による違いや、年間の運転距離による違いが表れた。

表4 全被験者の分類

	集中型・小	分散型・小	集中型・大	分散型・大
	小さいー(後続車への影響)ー大きい			
追従時	(人数) 5	1	1	4
会話時	3	2	2	3
減速時	4	2	4	1
会話減速時	6	1	1	2

表5 携帯電話の経験による分類

	経験なし				経験あり			
	集中 小	分散 小	集中 大	分散 大	集中 小	分散 小	集中 大	分散 大
追従時	3			1	2	1	1	3
会話時	2	1	1		1	1	1	3
減速時	1	2	1		3		3	1
会話減速時			1	2	6	1		

表6 年間走行距離による分類

	年 10000 km 以下				年 10000 km 超			
	集中 小	分散 小	集中 大	分散 大	集中 小	分散 小	集中 大	分散 大
追従時	5					1	1	4
会話時	1	1	1	2	2	1	1	1
減速時		2	3		4		1	1
会話減速時	2		1	1	4	1		1

本研究の分析結果では、ドライバーの属性の違いによって追従挙動に差が表れた。もし、ドライバーに対して教育や運転支援装置などにより、属性の違いを吸収できるような対策をとることができれば、追従特性の差を小さくすることが可能となり、追従時において問題となるような交通流の乱れをなくすることができる可能性があると思われる。

参考文献

- 1) 中山晴幸、和田幹彦、市川幸太郎：スパイラル曲線を用いた交通流シミュレーションモデルの検討、第13回交通工学研究発表会論文集、1993。