

道路形状別にみた単路部における運転者の追従特性の モデル化に関する研究 Following Behavior Model based on Survey Data of Different Road Sections

山田 稔*・山形 耕一*・伊東 英則**

by Minoru YAMADA, Koichi YAMAGATA and Hidenori ITO

1. はじめに

(1) 高齢運転者の追従挙動研究の視点

運転者の高齢化や、女性ドライバーの増加といった社会的な構造変化が道路の円滑性・安全性に及ぼす影響を明らかにするためには、これらの属性によって、運転の特性がどのように異なるかを明らかにすることが必要である。これまで、高齢運転者は非高齢者に比べ安全側の運転を行う傾向があり、そのことが広い車間距離、ひいては円滑性の阻害につながるといわれている。しかし、基本的な運転特性である追従走行状態に関しても、これまでにその影響が量的に明確にされているとは言い難く、今後の道路運用・整備を考える上で緊急の課題である。

さて、基本的な運転特性として追従特性が挙げられるが、一般道路における円滑性の最大の阻害要因は信号交差点であることを考えれば、信号発進時の飽和交通流率が非高齢者と比べどの程度低下するような追従になっているのかを明らかにすることが容量確保のために必要と考えられる。

しかし高齢運転者の影響はこれだけではなく、単路部において低速で大きな車間距離がとられる傾向があるとすれば、速度低下というサービス水準の低下をもたらすだけではない。追い越しの誘発や、単路部の駐停車両や路外流入入車の影響も変わってくるものと考えられる。したがって、単路部においても運転者の高齢化による追従特性の変化を明らかにすることが重要と考えられる。

さらに、追従特性は運転者と道路の物理的環境要因の双方によって影響されると考えられるため、その相互作用の解明も重要である。

(2) 従来の研究

関連する研究として、運転行動に関連の深い操作等における年齢等の影響を明らかにする室内実験を行うものや、実車による被験者実験により挙動の違いを明らかにするもの¹⁾²⁾がある。しかし、サンプル数が限定されるため、年齢や性別など既知の客観的な属性との関連分析が中心となる。一方、路側観測によるもの³⁾⁴⁾では年齢を精度良く特定するのは困難であるが、多量のサンプルを分析できる。そのためデータから運転行動に影響する重要な要因を見出すことや、支配要因を取り除いた上で属性の影響を統計的に分析することが可能となる。

一般的な単路部における追従挙動に関しては、路側観測によるモデル構築を行った研究はこれまでに見られない。

(3) 本研究の目的

本研究においては、信号交差点における信号待ちの後停止線を通過するときの追従特性と、その後、単路部を追従しつつ加速を完了した状態における追従特性について、運転者の属性による影響と、道路形状の影響を実測調査を行って明らかにすることを目的とした。

そして、この単路部追従時の特性を表現するモデルを構築し、その再現性を評価することとした。

2. 実測調査

(1) 調査場所の設定

調査は、茨城県日立市近辺の国道6号および245号における、片側1車線で、信号交差点に挟まれ、途中に交差点や分合流・路外からの流入の無い、数百mの調査区間を3箇所選定して実施した。

本研究では、異なる道路条件の単路部走行時と、

キーワード：交通弱者対策、交通流、交通容量

*正会員 工博 茨城大学工学部都市システム工学科

(日立市中成沢町4-12-1, Tel.0294-35-6101, Fax.0294-35-8146)

**正会員 三井共同開発コンサルタント

表-1 各地点での調査対象サンプル数

	地点1	地点2	地点3
大型自動車	68	42	64
大型直後	46	24	37
大型車以外	147	175	166
若年男性	18	12	28
若年女性	12	15	20
中年男性	52	60	73
中年女性	39	54	22
高齢男性	23	32	20
高齢女性	3	2	3
合計	261	241	267

信号発進時の追従特性を明らかにするのが目的であるため、区間の起点は道路条件がほぼ同じ信号交差点とし、その後の道路状況が異なるよう選定した。また、先詰まりが無く、区間終点までで各車が希望する速度に到達できているように考慮し、これら区間の起終点でビデオ撮影を実施することとした。

調査区間の道路状況は、3箇所それぞれで、以下のような異なる特徴を持っている。

地点1 基本的な道路形状で、車線幅員が3.5mで十分な側方余裕を有する平地部の勾配のない直線部

地点2 縦断勾配を有する区間。信号交差点から上り勾配に入り、その後下って(2~3%勾配)、サグ部までの区間

地点3 区間の中ほどから上部トラス橋が始まり、上方および側方に視覚的な圧迫感を受ける区間。路側帯幅員は信号交差点から変化していない

(2) 調査および解析

調査は、晴れの日で路面が乾燥した状態で、午後の明るい時間帯で、ある程度交通量が多く、渋滞していない交通状況で行った。各調査区間ごとに2台のビデオカメラを使用し、調査区間起点の信号交差点では停止線での車頭時間と運転者属性を、調査区間終点では車頭時間と地点速度を観測した。

運転者属性は、訓練を行った調査員が現場において性別と次の分類で年齢を判断し、その結果をマイクを使って音声でビデオテープ上に記録した。

運転者属性の年齢は、おおむね30歳および60歳を境界とした3分類で判断することとした。以下、この年齢区分に従い、若年・中年・高齢と呼ぶ。

対象車両は、調査員が信号が赤の間に交差点上流側の状況を把握し、信号のために停止してその後青

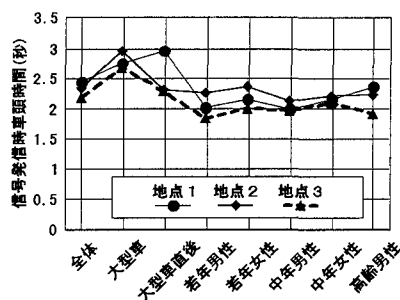


図-1 信号交差点飽和流の車頭時間の平均

信号で発進する車で、かつ直進車が連続する部分を対象とした。

調査対象サンプルは3地点計 769台であり、その約1/4弱が大型車である。詳細を表-1に示す。

3. 信号交差点飽和交通流における追従特性

(1) 車種の影響

図-1は、本研究で得られた飽和交通流中の各車種および運転者属性別の車頭時間の平均値を示したものである。大型車の影響を見るため、大型車そのものと、その直後の車とを別のカテゴリーとし、それ以外の車について運転者属性別に示してある。

これをみれば明かなように、いずれの地点においても運転者属性間の差異は小さく、これに比べ大型車の影響が顕著であることがわかる。

(2) 運転者属性の影響

図-1に示したように、大型車を除いた車種を運転者属性で分類して車頭時間を比較した場合、地点1と2において、高齢男性の平均値が他よりやや大きくなっている他は、属性間の差よりも地点間の全体的な違いの方が大きく、大きな影響はないものと考えられる。

各属性間の平均値の差について統計的な検定を行ったが、残差変動が大きく、有意な結果となるものはなかった。

4. 種類の異なる単路部の追従特性

(1) 車頭時間

3種類の異なる単路部における車頭時間について

て、先ほどと同様に、まず大型車関連を別カテゴリーとし、それ以外を運転者属性別に平均を取った結果を図-2に示す。

これをみると、交差点発進時の図-1に比べ、属性間の傾向がやや明瞭になっており、年齢が上がるほど、また男性よりも女性のほうが車頭時間が大きくなる傾向が読み取れる。

また、地点間では、勾配区間のサグ部である地点2で他より車頭時間が大きくなっていること、また、特に地点2の高齢男性が他の運転者属性よりも大きな値を示していることがわかる。

(2) 速度

先と同じ分類で、単路部地点での速度の平均を比較したのが図-3である。地点間で比較すれば、先と同様に、地点2でやや低めの速度となっている。

運転者属性間の差は、絶対的にもまた地点間の差に比べても小さく、有意な影響はないと思われる。

(3) 速度差

単路部地点は、信号交差点から先頭車が加速してすでに希望速度に達していると思われる地点を選んだ。そこで、ここで観測される車の速度が先行車よりも低い場合には、希望速度が異なっていると考えられる。このような状況の発生を知るため、各車の、そのすぐ前の車との速度差を分析した。

やはり、大型車および運転者属性の影響をわかるように分類して平均した結果が図-4である。

これを見ると、前車より後続車の速度が $0 \sim 0.5$ (m/秒)程度、全般的に低めになっており、前車よりも低い希望速度で走行している車が存在していることが分かる。属性別に見ると、若年女性についてはどの地点でもほぼ前車との速度差が無く、ほとんどが前車への追従状態であると思われる。それ以外の属性については地点によって傾向が異なっており、明確な特性は得られなかった。

5. 追従走行特性のモデル化

(1) モデル化の考え方

以上のように、単純な属性間の比較では、あまり明瞭な差異を抽出することは出来なかった。これ

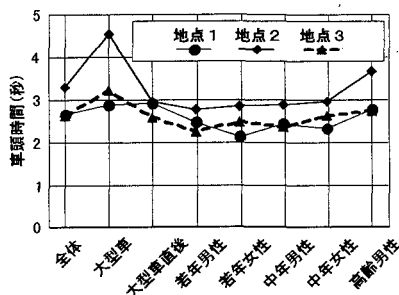


図-2 単路部での車頭時間の平均

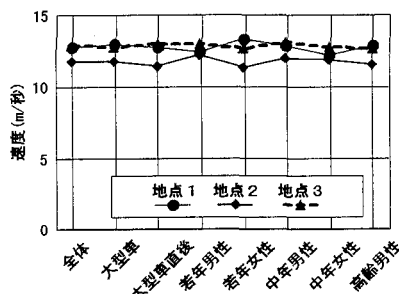


図-3 単路部での速度の平均

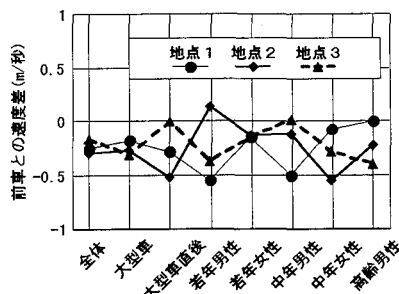


図-4 単路部での前車との速度差の平均

は、これまでで用いた説明変数では説明しきれない個々の車両間のばらつきが大きいためである。

そこで、属性間の差異が非常に小さかった信号発進時の飽和流における車頭時間を個々の運転者の特性値と考え、これを説明要因に加えて、属性および地点の影響を分析することとした。

(2) 重回帰分析による追従時車間距離モデル

以上のような考えに基づき、目的変数・説明変数のいくつかの組み合わせについて分析を行ったが、その中でもっとも有意性が高くなったものとして、次のような重回帰モデルが得られた。

$$S = b_0 + b_1G + b_2V_L + b_3C_1 + b_4C_2$$

ただし、 S : 単路部地点で観測された車間距離(m)、 G : その運転者の信号発進時車頭時間の運転者属性性別平均値からの偏差(秒)、 L : 単路部地点での先行車の速度(m/秒)、 C_1 : 性別ダミー(男性=0, 女性=1)、 C_2 : 年齢ダミー(若年=0, 中年=1, 高齢=2)、 $b_0, b_1 \dots b_4$: 回帰係数

重回帰分析で得られた重相関係数と回帰係数およびその有意性検定の結果について表-2に示す。

表より、全体としてはきわめて有意性の高いモデルであり、また、説明変数 G および L が車間距離決定に支配的であることが分かる。特に G の有意性が高く、またどの地点でもほぼ同様の影響力を持っていることから、運転者の個人差、および、各信号発進ごとの状況が、その後の加速の際に安定した影響力を持ち続けていると考えられる。

変数 L の寄与に関しては、速度と車間距離の関係を示すものであるが、ここで先行車速度を用いているのは、先行車との希望速度の差によって車間距離が広がる傾向をも説明するためである。

さて、運転者属性の影響である、 b_3, b_4 についてみると、有意水準は5~10%程度ではあるものの、統計的に有意な影響があることが見出されている。具体的には、若年層から中年、高齢と年齢が進むに連れて、2~5m程度ずつ、車間距離が大きくなる傾向がわかる。性別では、地点1では b_3 が負になっていることから、女性運転者のほうが車間距離を維持した走行を行う傾向が強いといえるが、他の地点では影響は小さくなっている。

地点間で比較すると、勾配区間のサグ部である地点2では、 b_1, b_2, b_4 がいずれも他の地点よりも大きな値を示している。このことから、アクセル・ブレーキの操作が比較的大きくなる勾配区間で、これらの影響、すなわち、個々人の要因、前車に引き離される傾向、また、年齢間の追従特性の差異がより明確に表れてくるといえる。

6. まとめ

単路部での車間距離を表現するモデルにおいて、それ以前に信号交差点から発進したときの車頭時間を説明変数に含めることで、残差変動を小さく抑えることができ、運転者の年齢・性別の影響が統計的

表-2 追従時車間距離モデルのパラメータ

	地点1	地点2	地点3
b_0	-35.42	-88.13	-51.56
b_1	12.19	17.88	12.08
(t値)	9.31**	7.29**	6.22**
b_2	3.20	6.79	4.44
(t値)	6.52**	6.46**	6.69**
b_3	-5.70	-0.90	3.38
(t値)	-3.35**	-0.25	1.39△
b_4	2.29	5.08	2.33
(t値)	1.81*	1.74*	1.36△
重相関係数	0.77	0.66	0.61
F値	46.04**	27.96**	22.01**
残差自由度	130	147	146

**1%有意 *5%有意 △10%有意

に有意であることを示すことができた。

また、その結果を地点別で比較したところ、特に縦断勾配区間によって運転者の個人差・属性差がより顕著に表れることが明らかになった。

本研究の結果から、今後一層、運転者の高齢化が進めば、片側1車線単路部では車間距離が開きやすくなり、路外や細街路からの流入車や右折流出・追越しが起きやすくなること、それが本線の円滑性に影響するであろうことが予測される。また、サグ部での渋滞発生がより深刻になるものと予測される。一方、信号交差点の捌け交通量や単路部の自由流速度については、高齢化の影響はあまり大きくないことが明らかになった。

今後は、一層のデータの蓄積を行うとともに、交通流シミュレーションに本モデルを組み込むことで、より定量的な状況予測を行っていくことが重要である。

参考文献

- 1) 山田 稔, 鈴木 徹: 街路の追従走行における速度と車間距離の変動に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.10, pp.87-94, 1992.
- 2) 木村一裕, 清水浩志郎: 高齢ドライバーの運転能力と走行環境評価に関する研究, 土木学会論文集, No.518/IV-28, pp.69-77, 1995.
- 3) 山田 稔, 本多義明: 追従特性の個人差を考慮した車線運用に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.13, pp.241-248, 1990.
- 4) 木村一裕, 清水浩志郎, 白旗史人, 石岡朋生: 高齢ドライバーの合流挙動に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.13, pp.907-914, 1996.