

運転者属性を考慮した サグ区間における運転者の追従特性に関する研究 Following Behavior at Sag Section Considering Drivers' Attributes

山田 稔*・荒井 重喜**

by Minoru YAMADA and Shigeki ARAI

1. はじめに

(1) 研究の背景

免許保有者層の高齢化によって、今後一層の高齢運転者の増大が予想される。高齢運転者は非高齢者に比べ、個々の運転者間の特性のばらつきや、同一の運転者でも保持車間距離などの特性値のばらつきが大きいことが指摘されている。これは、非高齢者の車との混在環境において、円滑性の阻害や安全性の低下に大きな影響を及ぼす物と考えられる。

こういった影響を少しでも小さく抑えるためには、行動特性のばらつきが発生するメカニズムを解明することにより、影響要因を特定し効果のある対策を取ることが重要と考えられる。

このような背景から、筆者らはいくつかの単路区間における実測調査を行い、その結果、1) 単路部における各車の車間距離に対して速度・個人差・上流ボトルネック部での特性が影響していること、2) 個人差について年齢や性別が有意に影響していること、3) サグ部を含む区間では車頭距離が他の区間より大きく運転者属性の影響も大きいことを明らかにした。この結果から、高齢者が特にサグ部のような勾配に応じたアクセル・ブレーキの操作が必要な場合において、それへの対応の特性が異なることが原因であると推定されるものの、それはデータによって明らかにはされていない。

(2) 本研究の目的

本研究では、サグ部における同一の運転者の運転行動を平坦部・下り勾配部・上り勾配部において観測を行ってその特性や年齢との関係を明らかにする

ことで、個人差を表現するモデルを構築するための基礎情報を得ることを目的とした。

2. 実測調査

(1) 調査場所の設定

茨城県常陸太田市内の国道349号の約1kmの区間で調査を実施した。この調査区間は、信号交差点を起点とし、片側1車線で追い越しや流出入のない直線の単路部である。この区間の縦断線型を図-1に示す。下り勾配区間は最急勾配地点で5%であり、上り勾配区間は3%となっている。

(2) 調査および解析

調査は、晴れの日の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。

図-1に示すように、信号交差点の停止線直後(地点1)、下り勾配の開始値地点付近(地点2)、サグ地点付近(地点3)、および上り勾配区間(地点4)の4点においてビデオカメラにより同時に撮影を行った。

さらに、ビデオ画面内に10m程度の2断面を設定し、撮影された車について、その間の走行所要時間から速度を求め、さらに車頭時間・車間時間とこの速度から、車頭距離・車間距離を求めた。

まず、調査区間起点の交差点において、訓練を行

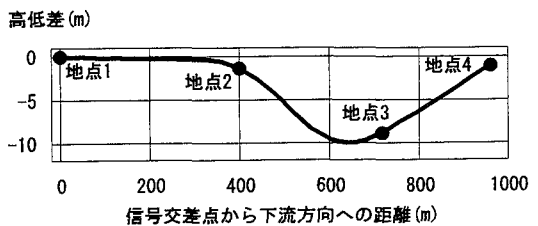


図-1 調査対象区間

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.0294-38-5176, Fax.0294-38-5249)
**正会員 工修 山形県山形建設事務所

った調査員が、運転者年齢をおおむね60歳を境界に高齢と若年に分類し、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。

また、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信号で発進する車で、かつ直進する乗用車が連続する部分を調査の対象車両とした。

調査対象サンプルは表-1に示す363台である。

表-1 調査での観測車数 (台)

運 転 者 別 内 訳	対象車両計	363
	若年男性	229
	若年女性	100
	高齢男性	30
	高齢女性	4
対象外の車両		137
合計		500

3. 速度-車頭距離特性の地点間の比較

観測車両を属性で分類し、属性別に地点1~4のそれぞれでの速度および車頭距離の平均を求めた結果が図-2である。

この図より、地点1(交差点)から下り勾配が始まる地点2の間では、高齢運転者は速度の割りに車頭距離を大きく取る傾向が確認できる。下り勾配区間である地点2-3間は全般に速度の増加が見られるが、高齢者は若年に比べて大きな加速を行っていることがわかる。地点3-4間では全般に速度が減少しているが、高齢者の方が減少が大きい。

筆者らの既往研究¹⁾では、平坦・上り・下りの異なる区間での調査結果から高齢運転者は若年層に比べて加速・減速共に緩慢な傾向があることが見られたが、サグ区間の平坦・上り・下りの各部分でも同様の傾向にあることいえる。

4. 信号発進後における追従特性

(1) 既往モデルについて

ここでは、地点1-2の間について既往モデルを適用するものとし、その再現性を検討する。

筆者らの既往研究¹⁾においては信号発進後の平坦区間の加速状態を含む区間における追従特性の個人差を表現する方法として、次のような方法が有効であることが明らかになっている。図-2のような速度-車頭距離平面において、ひとりの運転者の2地点のデータをプロットする。その点を直線で結んだとき、その直線の傾きを t_f (秒)と、また、適当な速度 V_0 の時のこの直線が示す車頭距離値を S_{V_0} (m)と表す。 V_0 を0とすれば S_{V_0} はこの直線の切片を意味することとなるが、実際には V_0 には2地点の実

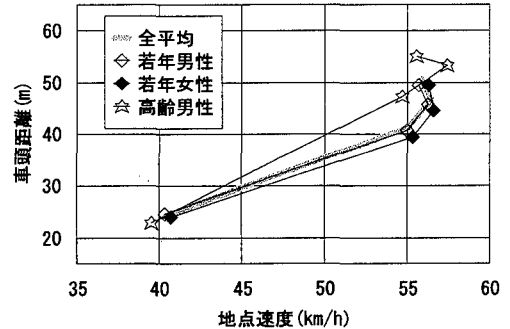


図-2 速度・車頭距離の推移
折れ線の左から順に、地点1, 2, 3, 4を示す

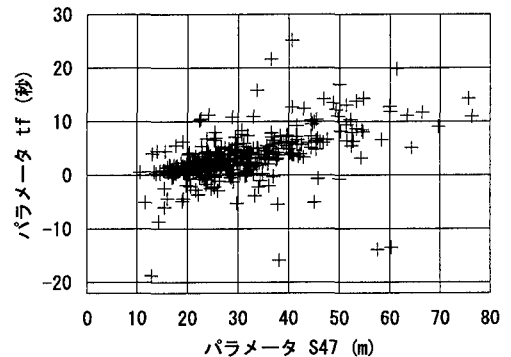


図-3 2時点間の変化を表すパラメータの分布

際²⁾の速度に近い定数を用いることとする。

すべての運転者に関して同じ V_0 を用い、それぞれの運転者の挙動から t_f と S_{V_0} を求めると、両者は概ね一つの線形式でその関係を表現することができることが明らかにされている。従って、例えば t_f を運転者の特性値と考えれば、線形式から S_{V_0} が求まり、信号発進後の加速状態における速度-車頭距離の関係の直線が特定できる。さらにこれに先行車の速度などから当該車両の速度が特定できれば、その車頭時間を予測することが可能となる。

(2) 既往モデルの適用結果

本研究の調査では、地点1と地点2で観測された速

度の総平均がおおよそ47(km/h)であったことからこれを V_0 に用い、得られたすべてのサンプル車両について、地点1と地点2の速度・車頭距離から、 t_f と S_{47} を求めた結果が図-3である。この図を見ると、概ね線型の関係にあることがわかる。そこで、主成分分析を用いて両者の関係を表現する主軸を求めたところ、 $t_f = 0.312S_{47} - 5.982$ となった。

つぎに、このモデルの再現性を検証するために、個々の運転者の t_f からこの式を用いて S_{47} を求め、それにより特定される速度-車頭距離関係を示す直線と、その運転者の各地点における速度から、その地点の車頭距離を推定した。この推定値と実測の車頭距離の関係を示した結果が図-4である。両者が大きく異なる点が幾つかみられるものの、 $R=0.789, F=568$ となり、全体的には再現性は良好であることが明らかになった。

値が大きく異なるデータが存在する原因として、車頭距離の大きい状態においては、運転者の意識としては追従状態にない車両が含まれること、先行車が下り勾配区間に入ってしまうと先行車の見え方が変化することなどの影響と考えられる。車頭距離の比較的小さい部分で、特に計算値が小さく外れているものがあるが、これは発進の瞬間に車頭距離が大きく開いていて、加速して追いつけたような場合に、 t_f 値から推定した S_{47} が実際のものより小さくなってしまったことが主な原因と考えられる。

(3) パラメータ t_f と属性の関連分析

図-2では、高齢運転者は若年に比べ、発進加速時に速度に対する車頭距離が大きくなる傾向がみられたが、これをこの章で用いたパラメータ t_f を用いて確認した結果が図-5である。図は、運転者属性別に、パラメータ t_f の累積相対頻度を示してある。

図より、高齢男性は若年男性に比べて大きめの値を取り、また若年女性は若年男性より小さめの値を取る傾向があることがわかる。

5. 因子分析による勾配区間の特性分析

地点1~4のそれぞれでの速度、車頭距離、先行車速度、それらの間の変化量などについて、因子分析を行った。結果を表-2に示す。表には、因子負荷量

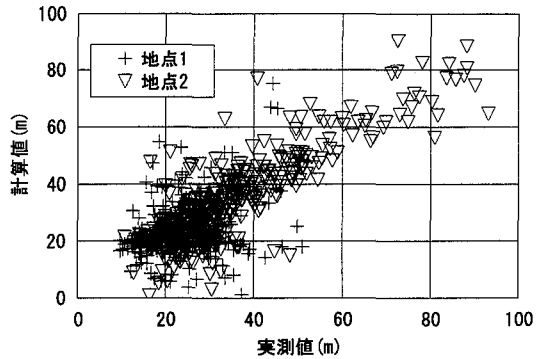


図-4 モデルと観測値の車頭距離の対応

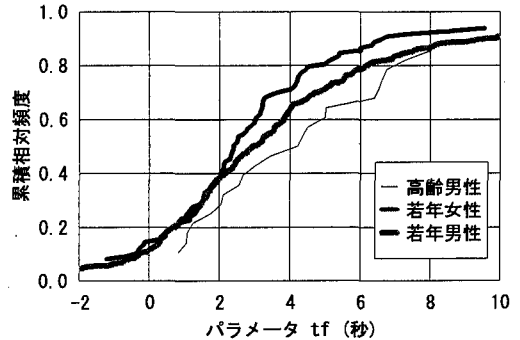


図-5 属性別の t_f 値の分布

の絶対値が0.2以上のもののみを示してある。表中の因子名は、因子負荷量が0.4以上の変数に着目して決定したが、この因子名だけでは表現しきれない変数との関係を、表中に、網掛けで示してある。

この結果から、以下のことが言える。

「地点2以降の因子」として車頭距離に関するものと速度に関するものが抽出された。それぞれ地点2,3,4における特性は相互に相関があり、その特性は地点1-2間で決定していると考えられる。

「地点3以降の因子」については、速度と車間距離の相関が高く一つの因子として抽出されたが、やはり地点3と地点4とで相関があることがわかる。

以上のことから、各区間の追従特性には、それぞれの区間毎に起因する要因が影響するものの、その上流区間での要因も引き続き影響を及ぼしているといえる。また、地点1の車頭時間が地点2の車頭距離との間に相関がみられる点も含めて、これらの結果は前章でも述べた既往の研究の知見を裏づけるものであるといえる。

次に、「地点4因子」において、地点2-3間の速度

差と地点3-4間の速度差との間に逆相関が認められる。これは第3章で属性間の比較でみられた傾向であるが、個々の運転者間の特性の分布においても同様の傾向にあることが確認された。

6. パターン分類による勾配区間の分析

(1) 地点2-3間の特性パターンの分類

ここでは地点2-3間の特性のパターン分類を行う。より上流の区間の特性がそれに及ぼす影響にも考慮するため4章で分析した地点1-2間のモデルとパラメータを用いて地点3の車頭距離を求めておき、その値と実測との比較、および、地点2-3間の速度変化を用いて、次の4つに分類した。

- 1) 地点3の車頭距離がモデル推定値よりも小さいもの(差の絶対値が5m以上あるもの)
- 2) 地点3の車頭距離で、平坦区間モデルでの推計値と実測との差が5m以内に納まっているもの
- 3) 地点3の車頭距離はモデル推定値よりも5m以上大きく、地点2-3間で減速したもの
- 4) 地点3の車頭距離はモデル推定値よりも5m以上大きく、地点2-3間で加速したもの

それぞれの分類の中に占める高齢者の比率は、順に、11%、12%、5%、7% となり、高齢者は下り坂で車頭距離が短くなる傾向があることがわかる。

(2) 地点1-2間の追従行動と地点2-3間の関連分析

この4分類で、地点1-2間の追従特性のパラメータと考えられる t_f 値との関連を分析した結果、 t_f が大きく車間距離が開きがちな運転者ほど、3)に分類される傾向があった。その次に t_f が大きいものが1)に分類され、2)に分類される運転者が最も t_f が小さい傾向にあることが明らかになった。

表-2 勾配区間の追従特性諸変量の因子負荷量

変数	因子	地点1		地点2以降の因子		地点3以降の因子	地点4	属性
		車頭間隔	速度	車頭間隔	速度			
車頭距離(地点1)		0.904	0.332					
車頭時間(地点1)		0.632		0.626				
速度(地点1)		0.273	0.829					
t_f (地点1-2間の特性値)				0.888				
車頭距離差(地点2-地点1)				0.921				0.224
車頭距離(地点2)		0.505		0.811				
車頭距離(地点3)				0.749		0.545		
車頭距離(地点4)				0.713		0.403	0.470	
前車速度(地点2)			0.216	0.233	0.805			
前車速度(地点3)					0.736	0.538		
前車速度(地点4)			-0.300		0.605	0.239	0.585	
速度差(地点2-地点1)			-0.418		0.809			
速度(地点2)					0.933			
速度(地点3)			-0.246		0.752	0.475	-0.259	
速度(地点4)			-0.308		0.590	0.270	0.582	
車頭距離差(地点3-地点2)				0.329		0.847		
速度差(地点3-地点2)			-0.368			0.776	-0.366	
車頭距離差(地点4-地点3)							0.813	
速度差(地点4-地点3)							0.906	
高齢								0.813
女性								-0.681

(3) 地点3-4間の追従行動の特性

先の4分類で地点3-4間の速度変化と車頭距離変化を分析した結果、次のようなことがわかった。

2) 3) については上り勾配区間でもその傾向が比較的安定して継続する傾向が見られた。1) については、下り勾配区間で車頭距離が縮まった結果、次の上り勾配区間では急速な速度低下が見られ、速度の割りに車頭距離も過大に開く傾向が見られた。4) については、上り区間でさらに加速し車頭距離を縮めるものや、逆に車頭距離が広がるなどばらつきが大きかった。

(4) まとめ

この章で用いた4つの分類のうち、分類1)のような行動特性は、局地的な車間距離の不足と、その後の急減速という交通流を乱すような好ましくない行動であると考えられる。この分類に占める高齢者の割合が、分類3)4)に比べて高いことから、このような挙動の改善をするため道路環境整備と運転者教育が重要であると考えられよう。

参考文献 1) 山田稔, 山形耕一, 伊東英則: 道路形状別にみた単路部における運転者の追従特性の統計的モデル表現に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.15, pp.765-772, 1998.9.