

高速道路をドライブするドライバーの運転特性計測・

Measurement of Driver's Driving Characteristics on the Expressway

中山 晴幸** 白井 洋史***
by Haruyuki Nakayama, Hiroshi Shirai

To develop the microscopic view simulation models for driving behavior on the expressway, it is very important to investigate the driver's characters. This paper describes the result of investigation as basic research for develops the microscopic view simulation model.

The driver's driving characteristics were measured using testing vehicle. The accelerations, speed, engine speed, space headway, force subjected to brake pedal and so on were measured during the driving on the expressway. At the same time, the electrocardiogram (ECG) and the galvanic skin response (GSR) of the subjected driver's were also measured to get driver's psychological mind changing. It was found out that the measured driving data and driver's psychological mind are shown the effective relations for discuss to the driver's characteristics on expressway.

1 はじめに

高速道路を走行する車両の走行挙動は、複雑な挙動が卓越し個々のドライバーの運転特性に大きく影響されると考えられる。とくに都市内高速道路では線形の複雑な路線が非常に多く、ドライバーに起因する車両の走行挙動が交通流に対して様々な影響を及ぼしていることは容易に想像することができる。

このように、ドライバーの特性と車両の走行挙動とは密接な関係があるが、その影響を計測するのは困難である。しかし、高速道路上での交通流のメカニズムを明らかにするためにはこれらの関係を詳細に調べることが大いに意義のあることと考えられる。

本研究では、高速道路上を運転する個々のドライバーの運転特性について、センサ類を装備した調査車両を利用し、車間距離、走行速度、アクセル開閉度、ブレーキ踏力などの運転挙動のデータと、心電図、皮膚電気反応などの生・心理学的なデータとを合わせてドライバーの運転特性について論じたものである。

2 調査方法

走行調査は車線数、混雑状況などを考慮して京葉道路武石IC～船橋料金所区間（2車線約8km）の往復について行なった。また、天候などの外的条件を統一するために、雨天の日を避けて行ない、調査の際被験者にはごく自然に運転するように指示した。調査で得られた測定データは、車両に搭載したデータレコーダに収録した。走行調査における計測項目を表-1に示す。

*キーワード: 運転者 運転特性、皮膚電気反応

** 正会員 工修 日本大学専任講師
理工学部交通土木工学科
(船橋市習志野台7-24-1)

*** 日本大学大学院 交通土木工学専攻
(船橋市習志野台7-24-1)

表-1 計測項目とその収録方法

データの収録方法	計 測 項 目
DAT 1 c h	アクセル開閉度
DAT 2 c h	ブレーキ踏力
DAT 3 c h	エンジン回転数
DAT 4 c h	前後加速度
DAT 5 c h	走行速度
DAT 7 c h	ハンドル操作角度
DAT 8 c h	左右加速度
DAT 9 c h	心電図
DAT 10 c h	皮膚電気反応(GSR)
ビデオカメラ1	車 間 距 離
ビデオカメラ2	走 行 状 況

車間距離の計測はレーザーを利用した車間距離計測装置を用いて行なった。調査車両には2台の8ミリビデオカメラを搭載し、1台は表示されるレーザー車間距離計測結果を、もう1台は車両の走行状況を撮影した。ビデオ撮影された車間距離表示を0.5秒毎にコンピュータファイルに記録して、突出した値を削除したあと1次式で補間した。データレコーダに収録したデータについても0.5秒毎にコンピュータファイルに記録した。また、車両の走行状況については、車線変更、追従状況などについて記録した。データレコーダの6chには同期信号を送信してビデオカメラとデータレコーダのデータの時刻の同期をとっている。また、車間距離と時間との関係から前車との相対速度についても算出した。

3 調査結果

(1) 走行速度と車間距離

被験者1の走行調査によって得られたデータから、前車との車間距離および走行速度と時間の関係について示したのが図-1である。この図の20秒付近①と130秒付近③で車間距離が急激に増加している。これは前方を走行していた車両が隣車線に車線変更を行ない、調査車両の前方状況が突然変化したためである。また、35秒付近②で調査車両は第一車線から第二車線へ車線変更を行なっている。この図から車間距離が広がると走行速度が上がり、車間距離が狭くなると走行速度が下がることが確認される。これはドライバーが希望の車間距離を維持しながら前方車両に追従しているためと考えられる。

(2) 車間距離と相対速度

図-2は0.5秒毎の前車との車間距離と相対速度の関係について表したものである。図-2(a)は、図-1に示した走行調査結果を全時間について表したものであり、図-2(b)は被験者2の走行調査結果である。なお被験者2は1度も車線変更を行っていない。

これらの図で、車間距離が短く相対速度がマイナス側に大きい付近に車線変更に対する臨界線があることが分かる。すなわち、このような追従走行には、車間距離-相対速度の関係に臨界線が存在し、この臨界線に近付くとドライバーは車線変更を行なうか、減速して希望の車間距離を保つ行動をとると考えられる¹⁾。図中には、このドライバーの臨界

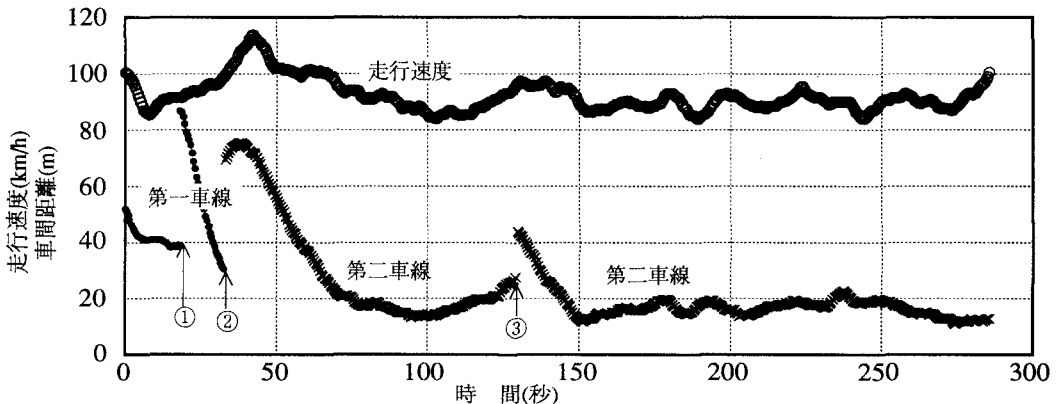
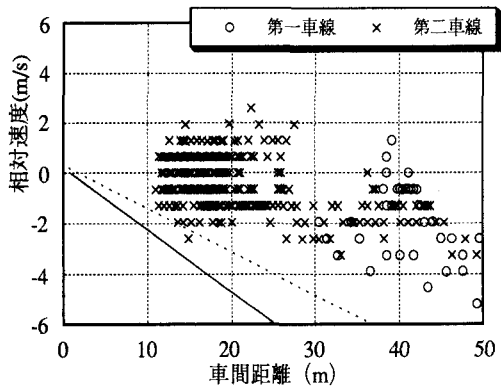
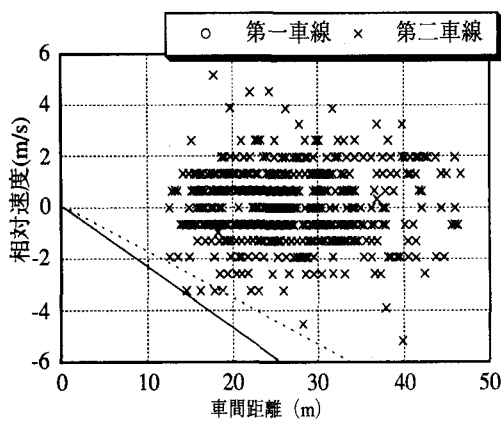


図-1 走行速度と車間距離 (被験者1)

線と思われる位置を点線で示した。この臨界線は、ドライバーによって異なり、また天候や道路線形などの外的条件や、交通密度、隣車線の状況などの相互干渉条件によっても異なると考えられる。この臨界線を越え、図中の実線に近付くと危険な走行状態となる。図-1の②時点の状態は、速度が上昇しながら車間距離が接近する、つまり臨海線に近付いて車線変更を行なっている様子を表している。



(a) 被験者 1

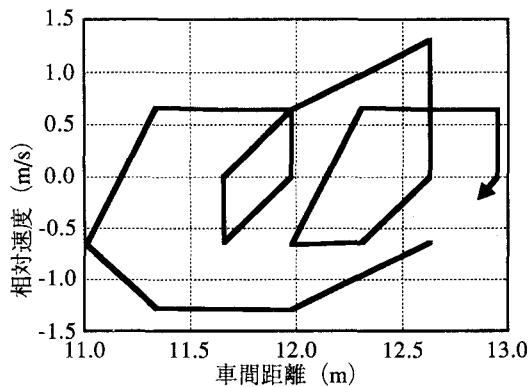


(b) 被験者 2

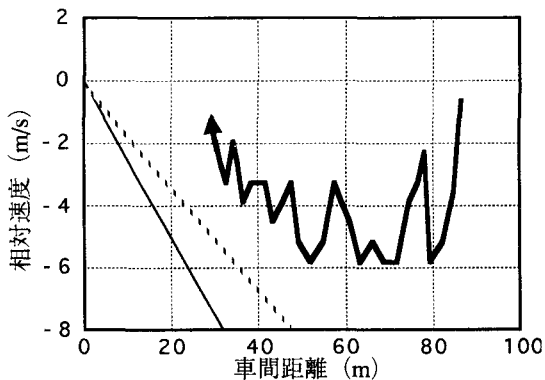
図-2 車間距離と相対速度

図-3は車間距離と相対速度の関係についての軌跡を表した例である。図-3(a)は図-1における最後の12秒間について、追従走行時の軌跡を示したもので、図-3(b)は図-1における②時点の車線変更直前までの14秒間について示したものである。

図-3(a)を見ると、車間距離と相対速度の関係上での軌跡が、時計周りの螺旋を描いていることが確認される。これは、ドライバーが希望の車間距離を維持し、希望の速度に近付けながら相対速度が0の安定な状態に向って走行しているためと考えられる。図-3(b)の図中に図-2(a)と同じ臨界線を点線で示したが、軌跡は臨界線を暗示していることが分かる。つまりこのドライバーは、臨界線に近付いて車線変更をしている。また、この軌跡は螺旋を描いてはいないがこれは車間距離が急激に狭くなり螺旋の中心が左に移動しているためと考えられる。



(a) 追従走行時(被験者 1)



(b) 車線変更時(被験者 1)

図-3 車間距離と相対速度の軌跡

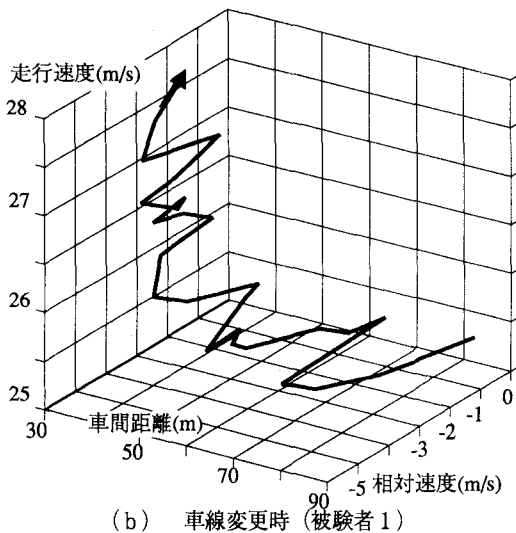
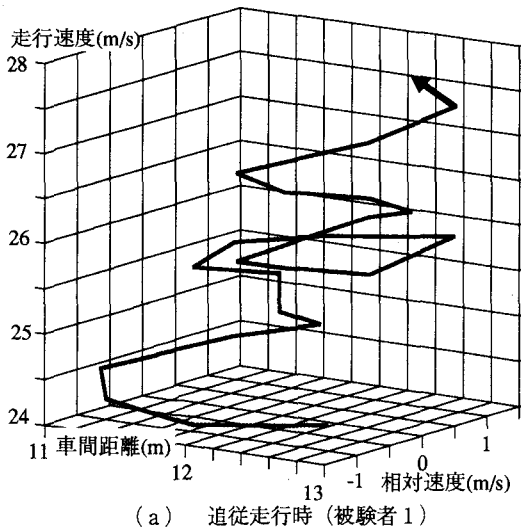


図-4 相対速度-車間距離-走行速度図 (被験者1)

図-3のそれぞれについて、走行速度も考慮して3次元で表したのが図-4である。図-4(a)は追従走行時で、時計周りに螺旋を描きながら、走行速度が速くなると車間距離が広がっていることが確認される。図-4(b)は車線変更時で、車両が速度を上げて前車に接近しながら矢印の時点で車線変更を行なっていることが分かる。ドライバーの重要な個人特性である希望車間距離については、走行速度が重要な要因の1つであることを予想することはできるが、残念ながら、本調査ではその関係は明白にするまでには至らなかった。

(3) 皮膚電気反応 (GSR)

図-5は、被験者3の走行速度、車間距離、アクセル開閉度および皮膚電気反応 (galvanic skin response 以下GSR) の20秒間について示したものである。GSRとは発汗による皮膚の電位の変化を調べるもので、動揺、緊張などを掌や足の裏の発汗によって測定するものである。

図から、①および②の時点でGSRが大きく反応しており、それに伴いドライバーがアクセルを緩める動作を行なっていることが明確に表われている。①の時点で、GSRの反応が現れてからアクセルを放す動作までの反応時間は約1.5秒である。それに対して、②の時点では反応時間が約3秒であることが分かる。これは、同じドライバーであっても、その時の様々な走行状況によって反応時間が変化することを表していると予想される。

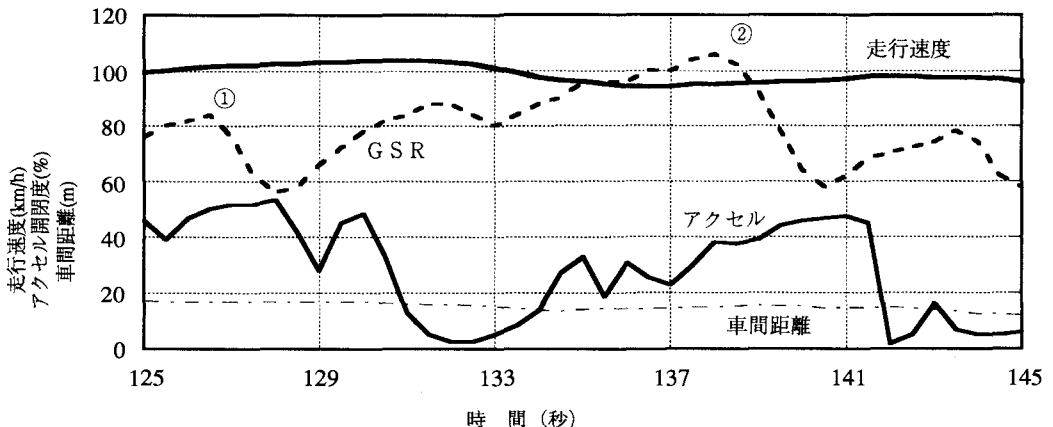


図-5 GSRとアクセル開閉度 (被験者3)

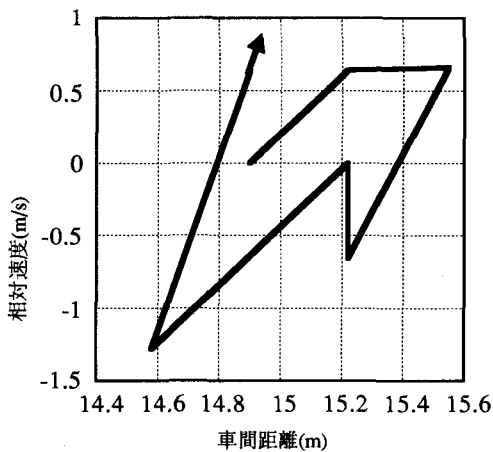


図-6 車間距離と相対速度の軌跡 (被験者3)

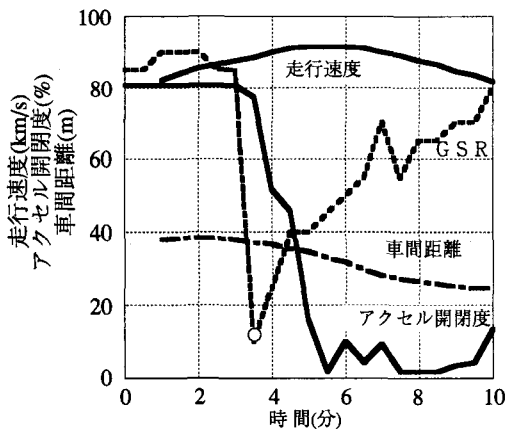


図-7 GSRとアクセル開閉度 (被験者4)

図-6は②の時点付近の138秒から141秒までの車間距離と相対速度についての関係を示したものであるが、GSRが反応した時点に軌跡が臨界線の方に進んでいることが確認される。つまりGSRが反応した原因は、軌跡が臨界線の方に進み、危険な走行状態に近付き、ドライバーがある程度の緊張を感じたためと考えられる。

図-7は図-5と同様に、被験者4についての走行速度、車間距離、アクセル開閉度およびGSRのデータを10秒間について示したものである。この図からもGSRの反応に伴いドライバーがアクセル

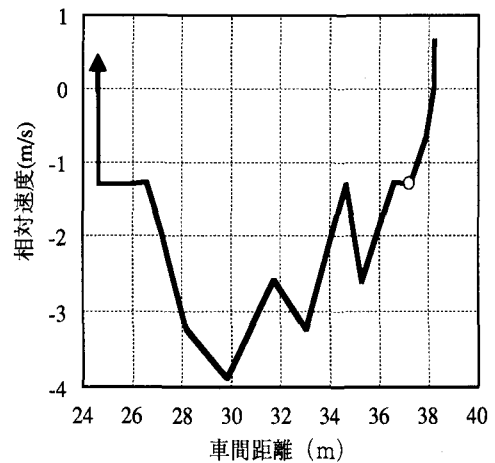


図-8 車間距離と相対速度の軌跡 (被験者4)

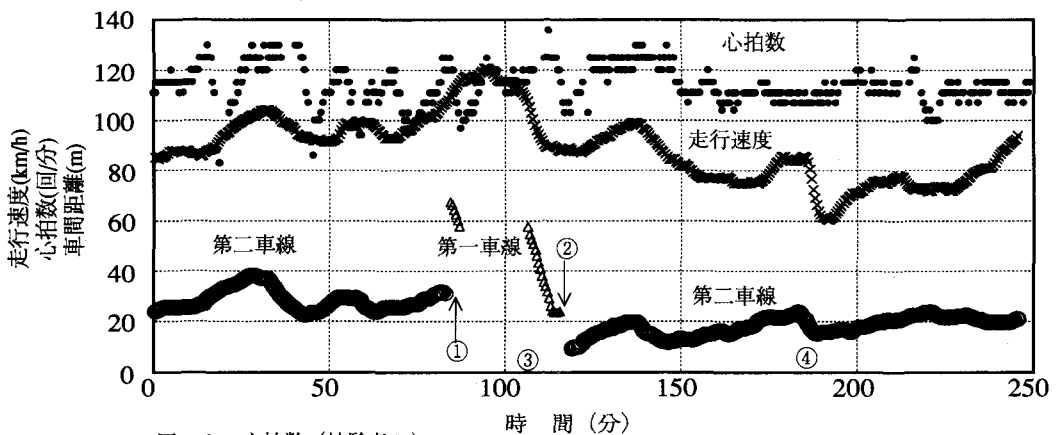


図-9 心拍数 (被験者5)

を緩める動作を行なっていることが分かる。この時の被験者 4 の反応時間は約 0.5 秒であることが分かる。図-7 の 10 秒間について、車間距離と相対速度の関係の軌跡を示したのが図-8 であるが、GSR の反応が見られたときに車間距離と相対速度の軌跡が臨界線に向って進んでいることが分かる。図中の丸印は同時刻であることを示している。

(4) 心電図

図-9 は被験者 5 の走行速度、車間距離および心電図のデータである心拍数を示したものである。このドライバーは、図中①の時点で第二車線から第一車線へ、②の地点で第一車線から第二車線へ車線変更を行なっている。途中、車間距離の表示されていない部分は、カーブなどの道路線形の影響によってデータが収集できなかったためである。また、③および④の時点でドライバーはブレーキによる減速動作を行なっている。

図中で約 50 秒近くまで心拍数が高いのは、運転を始めて時間があまり経過しておらず、多少の緊張状態にあるためと思われる。80 秒付近で心拍数が高くなっているのは、第二車線から第一車線への車線変更を行なった影響であると考えられる。調査中ピークの心拍数の現れる 120 秒付近では、ブレーキによる減速動作を行なうほど、急激に減速しており、車間距離も同様に狭くなっているため、その緊張が心拍数に影響を与えたと考えられる。また、車線変更をして第二車線を追い越していった車両に比較的小さい車間距離で追従を行なったため、その影響もあると考えられる。180 秒付近④の時点で、ブレーキによる減速動作を行なったにもかかわらず、心拍数に影響がでなかったのは、③の時点より走行速度が比較的小さいためか、あるいはドライバーが運転に馴れてきたためと考えられる。

4 結論および今後の課題

以上の調査・解析により得られた成果は次の通りである。

1) 車両の走行挙動はドライバーの運転特性に大きく起因し、前車との車間距離-相対速度の関係で、車両の走行挙動の軌跡は時計周りの螺旋を描き、ドライバーは希望の車間距離を保ちながら相対速度を 0 に近づけるような運転挙動を行なっている。また、

前車との車間距離と相対速度の関係には、車線変更への臨界線が存在し、その臨界線に近付いてもドライバーが車線変更不可能と判断したときには、減速して追従走行を継続する。また、この臨界線にはそれぞれのドライバーの持つ個人差があり、この臨界線を超えると危険な走行状態となる。

2) 皮膚電気抵抗 (GSR) の計測により、人間の生・心理的な面からドライバーの運転特性の計測が可能であることが確認された。また、ドライバーの反応時間について、同じドライバーでもその時の状況によって反応時間の異なることが確認された。

3) 心電図による計測についても、GSR と同様にドライバーの運転特性の計測が可能であることが確認された。

今後の課題としては、ドライバーの希望車間距離、希望速度、車線変更への臨界線などを解明するとともに、十分なデータを収集して、その個々のドライバーの持つ個人差について明確にしていく必要がある。また心電図については、ドライバーの覚醒度低下による心拍数の変化なども考慮に入れた調査方法の検討も行なわなければならない。

なお、計測に際して特殊法人自動車安全運転センターおよび(株)社会システム研究所に御協力をいただいたことを記して謝意を表したい。

参考文献

1) 中山晴幸 日名知博：高速道路を走行する車両の挙動シミュレーション・モデルの検討、電気学会研究会資料、電気学会、pp27~36 1992年