

# 高速道路勾配部におけるドライバーの 視覚錯誤メカニズムに関する基礎研究

課題番号：08650636

平成8年度～平成9年度科学研究費補助金  
(基盤研究C(2))

研究成果報告書

平成10年3月

研究代表者 今田寛典  
(呉大学社会情報学部社会環境情報学専攻)

## はしがき

道路勾配部において、ドライバーが視覚錯誤を起こすことはよく知られている。このことは、交通安全上好ましくない。特に、現実には下り勾配部であるにもかかわらず、平坦部であるとか、上り勾配であると認知すれば、追突事故の危険性は大きくなる。

本研究は、ドライバーが視覚情報をどのように認知し、それを運転行動にどのように結び付けているのかを実車を用いた心理実験やアンケート調査を通して明らかにする。最終的には、勾配の認知錯誤を明確にするため、通常の運転行動の中で道路勾配等の構造と運転行動の関係を研究し、ドライバーの道路構造に対する視覚情報認知が運転行動に及ぼす影響を明らかにすることを目標とする。

また、車線変更は、視覚情報の認知が大きな影響を及ぼす行動の代表であるから、車線変更を一例として取り上げて、視覚情報認知と運転行動の関係を調べた。これらの結果、ドライバーの視覚情報認知のあいまいさが大きな影響を及ぼすことがわかった。

1998年3月

### 研究組織

代表者：今田寛典（呉大学社会情報学部社会環境情報学専攻）

### 研究経費

平成8年度	1,500千円
平成9年度	600千円
計	2,100千円

### 研究成果発表

今田寛典，ドライバーの視覚情報認知と運転行動，社会情報研究（呉大学社会情報学部紀要），No.3，1997，pp.19-36.

今田寛典，視覚情報認知と車線変更，社会情報研究（呉大学社会情報学部紀要），No.4，1998，ページ未定.

## 目 次

1	はじめに	1
1部	道路勾配部での視覚錯誤経験	2
1	はじめに	3
2	調査	3
3	調査結果	3
4	結語	5
2部	ドライバーの視覚情報認知と運転行動	6
1	はじめに	7
2	研究の方法	8
3	走行実験の方法	8
4	視覚情報の認知	9
(1)	視覚情報とその認知の関係に関する数的把握	9
(2)	速度と速度感, 視覚密度と密度感の関係	9
(3)	被験者の認知のあいまいさ	10
(4)	道路構造, 交通特性によるファジィ回帰分析	15
5	視覚情報の認知が車間距離に及ぼす影響	18
(1)	概説	18
(2)	視覚情報の認知と行動との比較	19
(3)	道路構造・交通状況が車間距離, 車間時間に及ぼす影響	21
(4)	速度別の視覚情報認知の影響	24
6	結語	27
	参考文献	28
3部	ドライバーの情報認知過程－車線変更を例として	30
1	概説	31
2	車線変更	31
3	アンケート調査とその結果	32
(1)	調査の概要	32
(2)	2クラスター分析	33
4	走行実験	39
(1)	走行実験の概要	39

(2) 物理量の推計方法	41
5 走行実験結果	42
(1) 走行実験1	42
(2) 走行実験2	46
(3) 走行実験3	46
(4) 考察	50
6 走行実験で得られた意識とアンケート調査との比較	50
(1) 目的と方法	50
(2) アンケート調査と走行実験の比較	50
(3) 走行ルールの構築	56
7 結語	58
参考文献	59
付録 アンケートの内容	60
まとめ	63

## 1 はじめに

道路設計において設計基準は細かく定められている。この基準に従って道路が設計されるわけである。しかし、設計基準はオールマイティではない。設計基準に不備があれば、基準は変更される。これまでも多くの研究成果を基に設計基準が改正されてきている。

しかし、これまでの研究の多くは物理的な条件が研究対象とされており、ドライバーの心理的な条件は必ずしも設計に十分反映されてきているとはいえない。

本研究は、ドライバーが運転中うける情報の8割以上を占める視覚情報に対する認知と運転行動との関係について調査研究をした。研究は3部から構成されている。

第1部では、科学研究費補助の直接的課題である道路勾配の視覚錯誤（見誤り）についてアンケート調査を実施した。さらに、実際に中国自動車道路を被験者に運転してもらい、道路勾配の認知に調べる走行実験を行っている。この結果については十分なデータが得られていないので、今後、走行実験を継続して行う予定である。

第2部では、道路勾配も含めた道路構造、交通密度、交通速度等に関する視覚情報の認知が運転行動に及ぼす影響をインタビュー調査を伴った走行実験で明らかにした。

第3部では、道路交通流を乱す大きな一因である車線変更について考察した。車線変更は、前を走る車、隣車線を走る前側の車、後ろ側の車それぞれの速度、各車との速度差、車間距離等に関する情報を視覚情報として受け取り、その情報認知と車線変更意思決定を行う頭の中の行動、実際の手足の一連の行動である。これらについてアンケート調査と走行実験を行い、車線変更のメカニズムを考察した。

# 第 1 部 道路勾配部での視覚錯誤経験

今田寛典

呉大学社会情報学部

*The Experience of Wrong Perception of Visual Information at the Slope*

*Hirofumi Imada*

*Faculty of Social Information Science, Kure University*

**Key words** (キーワード)

wrong perception of visual information (視覚錯誤), questionnaire survey (アンケート調査), truck drivers (トラックドライバー)

## 1 はじめに

運転時、道路勾配を誤った結果、交通事故が発生したという報告<sup>1)</sup>がみられる。特に、下り坂を平坦であるとか、上り坂であると間違った情報認知は大きな道路交通事故の一因になる。ここでは、どのような場所、どのようなドライバーが道路勾配を誤った判断を下したかについてアンケート調査を行って調べた。

## 2 調査

路線トラックのドライバーを対象に道路勾配に対する情報の誤認知の経験についてたずねた。アンケートの協力をいただいた運輸会社にアンケート票を郵送し、調査票の配布、回収を依頼した。回収後、郵送で返送をしてもらう方法でアンケート調査を実行した。

## 3 調査結果

回収できた有効サンプル数は67であった。表1に年齢・運転経験年数別回収結果を示す。比較的ベテランドライバーの回答者が多かった。

次に、表2～6に道路勾配を見誤ったドライバー数を示している。20～40%が

表1 被験者に関する基本集計結果

年齢	～29	30～39	40～49	50～59	60～	—	—	—
	4人	12人	19人	27人	5人	—	—	—
運転経験年数	1～5	6～10	11～15	16～20	21～25	26～30	31～35	36～40
	2人	6人	2人	12人	10人	17人	9人	9人

表2 上り坂を下り坂であるとか平坦な道路であると間違った経験

よくある	たまにある	分からない	ない	無回答
4人	21人	4人	37人	1人

表3 下り坂を上り坂であるとか平坦な道路であると間違った経験

よくある	たまにある	分からない	ない
2人	14人	5人	46人

表4 平坦な道路を下り坂であるとか上り坂であると間違った経験

よくある	たまにある	分からない	ない	無回答
1人	12人	6人	47人	1人

表5 急な上り坂を緩やかな上り坂であると間違った経験

よくある	たまにある	分からない	ない
1人	17人	6人	43人

表6 急な下り坂を緩やかな上り坂であると間違った経験

よくある	たまにある	分からない	ない
1人	10人	7人	49人

表7 運転経験年数と視覚錯誤（人）

道路勾配の視覚 錯誤のタイプ	よくある			たまにある			分からない			ない		
	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3
上り→平坦, 下り	1	1	2	1	5	15	1	1	2	5	7	25
下り→平坦, 上り	1	0	1	1	0	13	1	3	1	5	11	30
平坦→上り, 下り	1	0	0	2	0	10	1	3	2	4	11	32
急な上り→ 平坦, 下り	1	0	0	1	2	14	2	1	3	4	11	28
急な下り→ 平坦, 上り	1	0	0	1	1	8	2	1	4	4	12	33

注：G<sub>i</sub>は運転経験年数を示す。

G<sub>1</sub>：～10年，G<sub>2</sub>：11～20年，G<sub>3</sub>：21～年



道路勾配を見誤った経験を持っている。特に、上り勾配を見誤った例が多い。

さらに、表7は運転経験と勾配の視覚錯誤の関係を示している。ベテランドライバーの方が勾配を見誤った経験が多いようである。特に、急な上り坂での勾配の見誤り経験が多い。

図や表に示していないが、勾配の見誤った経験をした道路は高速道路ばかりではなく、一般道路でもあり、広い範囲で経験されている。

#### 4 結語

本調査報告では限られた被験者数と単純な集計結果であるが、えられた知見を以下に示す。

- (1) およそ2～4割の人が道路勾配の見誤り経験がある。
- (2) 下り勾配よりも上り勾配での見誤り経験が多い。
- (3) 経験の浅いドライバーの方が勾配の見誤り経験を多く訴えている。しかし、運転経験の浅いドライバーが勾配の見誤りを自覚できていたかどうかは今後の研究課題である。

今後の研究課題も多くある。以下今後の研究予定を示す。

- (4) 多くの被験者を対象にした調査を行う。
- (5) 勾配の見誤りを防ぐ方法について研究する予定である。

#### 参考文献

- (1) 柿崎祐一：心理学的知覚論序説，培風館，1993，pp. 29-45

## 第2部 ドライバーの視覚情報認知と運転行動

今田寛典

呉大学社会情報学部

### *Driver's Cognition to Visual Information and Driving Maneuver*

*Hirofumi Imada*

*Faculty of Social Information Science, Kure University*

*Driving maneuvers in car following are affected by not only road structure and traffic characteristics, but also drivers' cognition to visual information. The purpose of this paper is to discuss the relation between drivers' cognition and driving maneuvers. In order to accomplish this purposes driving maneuvers are observed by a video recorder set up in a car and a driver is interviewed about the degree of his recognized velocity and traffic density on road. The obtained new knowledge is summarized as follow. Driving maneuver is affected by road and traffic characteristics under congested traffic condition, but under free flow condition driving maneuver is affected by drivers' cognition to visual information such as velocity and traffic density.*

#### **Key Words** (キーワード)

driving maneuver (運転行動), visual information (視覚情報), cognition to driving velocity (走行速度に対する認知), cognition to traffic density (交通密度に対する認知)

## 1. はじめに

交通流に関する研究は、交通密度が比較的低い場合を対象とした確率論的な研究と、交通密度が高い場合を対象とした決定論的な研究に大別できる。特に、後者の場合は交通流を圧縮流体と仮定して交通流の性質を明らかにするものと、前車の影響が後続車にどのように伝播していくかを考察するものがある。確率論的研究や決定論的研究は交通量、交通密度、走行速度、車頭間隔等の物理量を数学的に表現することから始まった。現在までそれらの研究成果は、道路交通の運用及び交通施設の改良などに大きく貢献してきている。しかし、これらの分析方法では説明できない交通現象が多く見られることも事実である。比較的交通量の多い状況で、交通流シミュレーションを実行した場合、衝突が生じる「ロックアップ」は大きな問題である。Paul Ross<sup>1)</sup>はロックアップを避けるため希望速度を交通流解析に取り入れ、より簡単で説得力のある方法論を提案した。さらに、A. Alvarez<sup>2)</sup>は追い越し現象に希望速度を導入し、一層現実的なものに発展させた。同時に、希望速度分布の違いは交通流を変化させることも指摘している。希望速度の導入は、従来の物理量を用いた交通流解析にドライバーの意識特性を導入したものと位置づけられる。

我が国でも過去10年の間に、交通流解析にドライバーの意識・行動を導入する研究が積極的に行われてきている。尾崎<sup>3)</sup>は、計測機器を搭載した自動車を被験者に運転させる走行実験を行い、速度と車間距離の時間的変化を分析し、その法則性を見出している。さらに、ドライバー個人個人の意識特性を交通流解析に導入する研究も見られる。大口ら<sup>4)</sup>やNam Gungら<sup>5, 6)</sup>は、運転行動のあいまいさをファジィ理論によって説明する方法論を提案し、新しい交通流解析の方向を示している。清田ら<sup>7)</sup>は低速車に追従を余儀なくされる場合ドライバーの心理的ストレスが閾値を越えると、ドライバーは追い越しを行うと仮定し、その行動をロジットモデルで説明し、モデルの説明力が高いことを実証している。

このように従来の物理量のみによる解析法からヒューマンファクターを取り込んだ解析法が多く提案されてきている。しかし、情報認知の分析、情報認知が行動をどのように規定するのかに関する分析的研究は少ない。たとえば、ドライバーは交通状況をどのように認知しているのか、その認知が運転行動にどのように結び付いているかを把握することが必要である。そこで、本研究は、ドライバーが受ける情報として走行速度と交通密度を取り上げ、それらの物理量をドライバーはどのように認知し、行動をするのかを明らかにする。

## 2. 研究の方法

ドライバーが運転時に得る主要な情報は視覚から得られるものがほとんどである。本研究の「視覚情報」は、視覚から得られる交通状況、道路構造等である。

運転行動は、道路構造、交通特性、自動車の性能等の因子に大きく制約される。また、運転行動の変動は、(1)観測される平均速度や密度などの変動、(2)ドライバーの個人間の変動、(3)ドライバーの個人内の変動等がある。本研究は道路構造と交通特性を考慮し、変動因子(2)、(3)が運転行動に及ぼす影響を考察する。さらに、因子(2)、(3)はドライバーの潜在的な個人特性と時々刻々と変化する情報に対する認知の影響を受ける。本研究では、潜在的な個人特性の一指標として希望速度を考慮する。

そこで、本研究は物理量に対する認知として「速度感」および「密度感」を定義する。それらは走行速度および交通密度に関する視覚情報の認知量として取り扱われる。物理量とドライバーの認知量との関係、個人間変動、個人内変動等の分析、またそれらが実際の行動に及ぼす影響等を検討する。基本的には認知の度合いと物理量との関係を回帰分析で明らかにする。また、人間の認知のあいまいさの分析にはファジィ回帰分析を適用する。

## 3. 走行実験の方法

調査は、被験者が運転する自動車に質問者が同乗し、質問する方法である。さらに、物理量を測定するため、車内に前方の状況と速度計を撮影するビデオカメラを2台設置した。インタビュー内容はビデオに音声として記録される。速度は速度計から簡単に計測できる。視覚密度は、カーブ部分で前車の前を走行している車の台数をカウントし、視覚距離で除したもの(台/100m/車線)と定義する。なお、視覚距離や前車との車間距離  $y_L$  は式(1)によって算出される。

$$y_L = a x_L^b \quad (1)$$

$x_L$ : モニター画面上で測定された車の幅、または高さ、

$a, b$ : パラメータ

ただし、パラメータ  $a, b$  は予め距離別に車を停車させ、その車を撮影したビデオを再生し、画面上で測定された車の幅、高さ等から求められている。

実験は7人の被験者を対象に、制限速度50km/h(部分的に60km/h)の国道上で、自由流と渋滞流の双方を経験するため、朝のラッシュ時に行われた。走行実験時間はおよそ3時間であった。速度感、密度感は表1に示されるような7ランクの言語表現で回答するよう求めた。質問は定常状態時に行われた。なお、あらかじめ

表 1 速度感・密度感の 7 ランクの言語表現とその評点

評点	速度感	密度感
3	非常に速い	非常に低い
2	速い	低い
1	やや速い	やや低い
0	どちらとも言えない	どちらとも言えない
-1	やや遅い	やや高い
-2	遅い	高い
-3	非常に遅い	非常に高い

め到着予定時刻を想定してもらい、それを目安に運転するよう指示がされた。また、希望速度はインタビュー調査に先立って行われた調査で回答されたものを用いた。調査の結果被験者 1, 2, 3, 4 は比較的低い希望速度であり、被験者 5, 6, 7 は高い希望速度であった。希望速度については論理的な検討が必要であり、今後の研究課題である。

実験で得られる物理量は、インタビュー時の速度、前方の視覚距離、前方の視覚密度、前車の車種、大型車混入率（前方に見える大型車の数／前方に見える車の総数）、車線数、道路の構造（上り・下り勾配、信号数）等である。

#### 4. 視覚情報の認知

##### (1) 視覚情報とその認知の関係に関する数的把握

Weber-Fechnerの法則<sup>9)</sup>によると、感覚量  $R$  は刺激値  $s$  の対数に比例する。

$$R = c \log s \quad (2)$$

$c$  ; パラメータ

速度感  $y_v$  は速度  $v$  の対数、密度感  $y_k$  は視覚密度  $k$  の対数に比例すると仮定すれば、それぞれ式 (3), (4) で示される。

$$y_v = a + b \log v \quad (3)$$

$a, b$  ; パラメータ

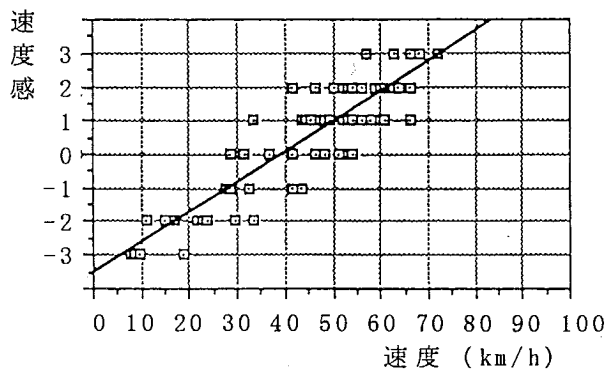
$$y_k = c + d \log k \quad (4)$$

$c, d$  ; パラメータ

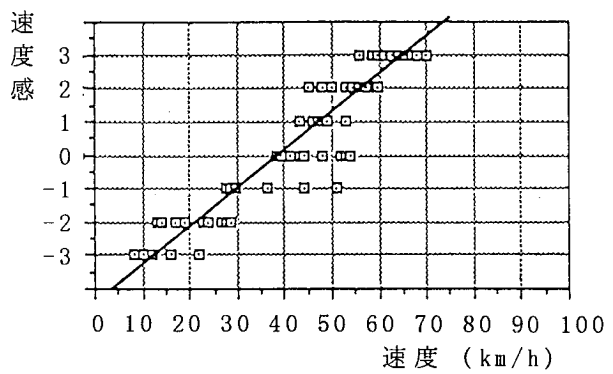
##### (2) 速度と速度感、視覚密度と密度感の関係

ドライバーは自由流と渋滞流の境界を明確に意識していないので、本研究は渋滞流領域から自由流領域までを一つの交通流として取り扱う。

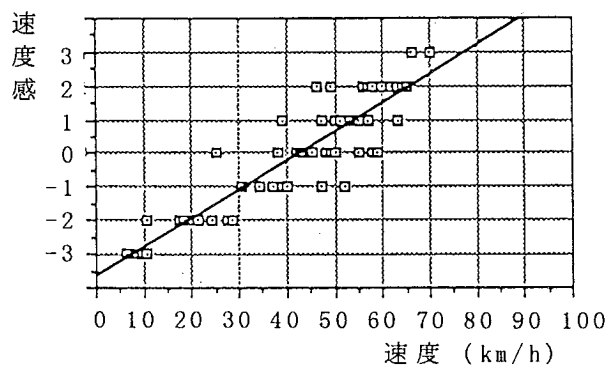
図 1 と 2 は速度・速度感、視覚密度・密度感の実測値を示したものである。速



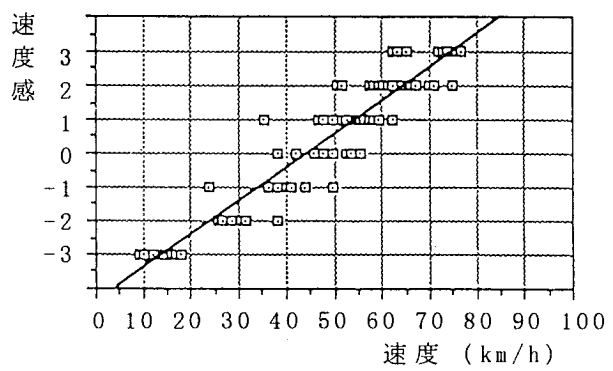
被験者 1



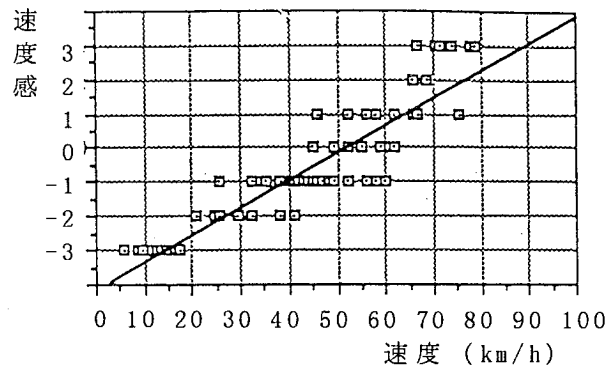
被験者 2



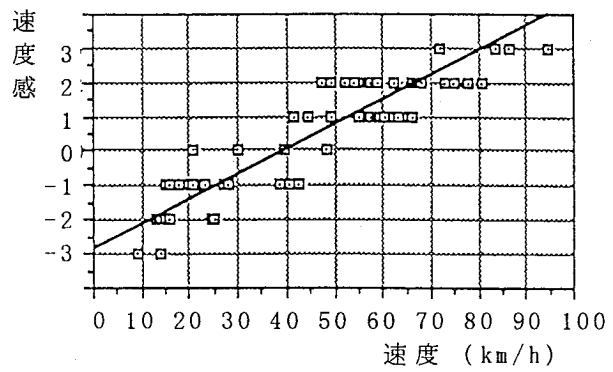
被験者 3



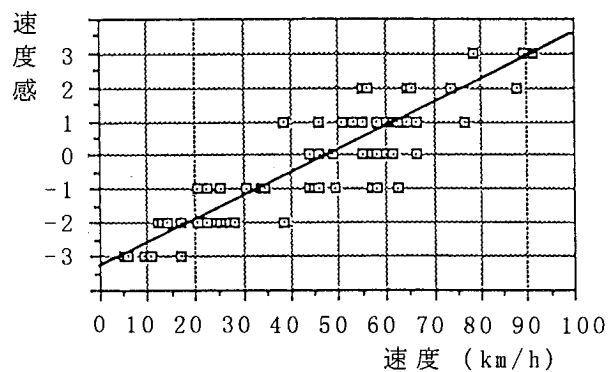
被験者 4



被験者 5



被験者 6



被験者 7

図1 速度・速度感の関係

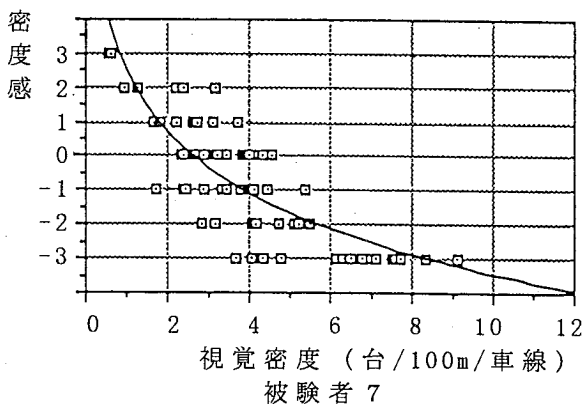
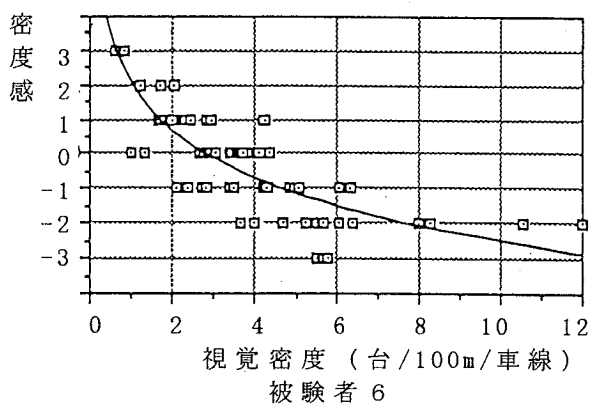
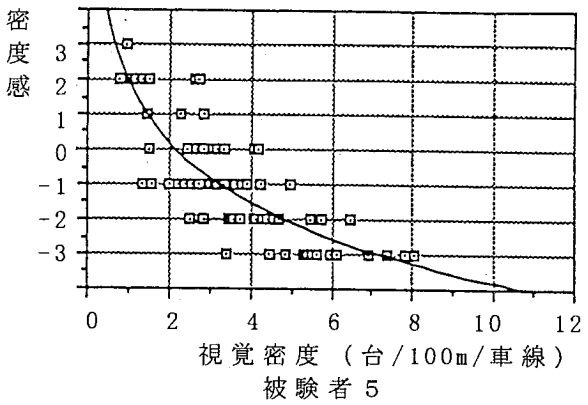
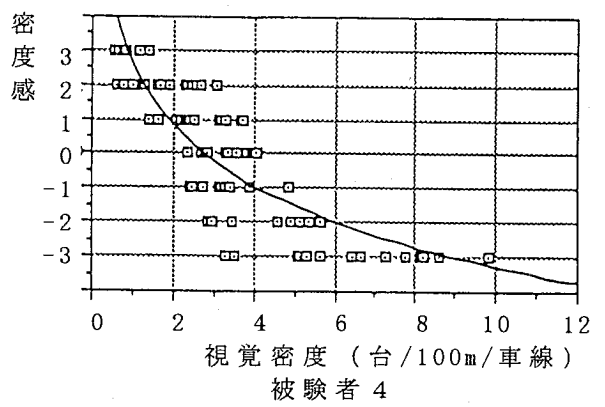
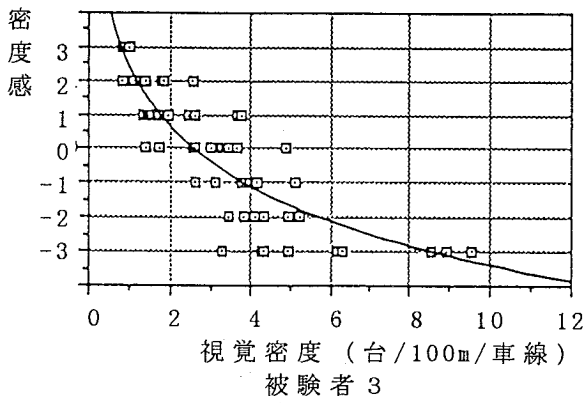
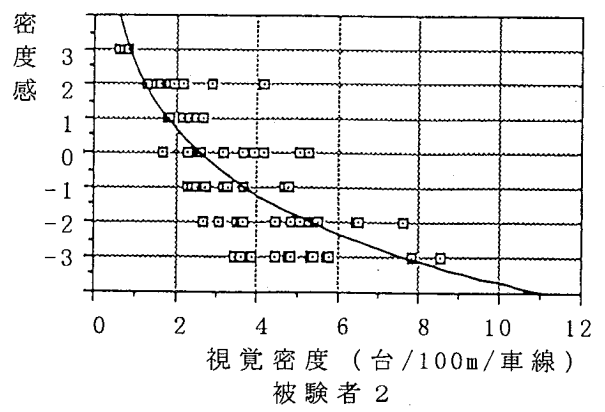
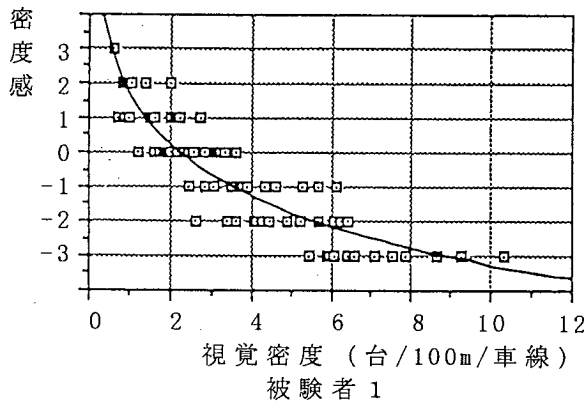


図2 密度・密度感の関係

表2 被験者別速度感および密度感に関する回帰分析

被験者 (データ数)	速度感: $y_v = a + bv$ (t 値)	寄与率	密度感: $y_k = c + d \log k$ (t 値)	寄与率
全被験者 (515)	$y_v = -3.66 + 0.0836v$ (-38.45)** (42.89)**	0.782	$y_k = 2.224 - 2.419 \log k$ (23.40)** (-32.28)**	0.670
1 (83)	$y_v = -3.75 + 0.0937v$ (-17.33)** (20.05)**	0.832	$y_k = 1.714 - 2.155 \log k$ (10.72)** (-16.89)**	0.778
2 (71)	$y_v = -4.38 + 0.1106v$ (-20.30)** (23.08)**	0.885	$y_k = 2.558 - 2.733 \log k$ (8.40)** (-11.32)**	0.650
3 (65)	$y_v = -3.67 + 0.0856v$ (-15.49)** (16.85)**	0.818	$y_k = 2.379 - 2.510 \log k$ (10.63)** (-12.96)**	0.727
4 (80)	$y_v = -4.49 + 0.0996v$ (-20.76)** (24.08)**	0.881	$y_k = 2.613 - 2.565 \log k$ (11.00)** (-13.12)**	0.688
5 (76)	$y_v = -4.23 + 0.0828v$ (-20.00)** (19.19)**	0.833	$y_k = 1.895 - 2.485 \log k$ (6.60)** (-11.07)**	0.623
6 (66)	$y_v = -2.60 + 0.0664v$ (-12.63)** (16.95)**	0.817	$y_k = 2.052 - 1.980 \log k$ (8.41)** (-10.84)**	0.646
7 (74)	$y_v = -3.24 + 0.0656v$ (-15.74)** (15.78)**	0.776	$y_k = 2.498 - 2.588 \log k$ (8.70)** (-12.34)**	0.679

注) 括弧内は t 値, \*\*は 1% 危険率で有意を示す。

度感に関しては式(3)よりも線形で表した方が適切である。そこで、表2は、各被験者の速度・速度感の線形回帰分析と視覚密度・密度感の対数回帰分析の結果を示している。いずれの回帰式も危険率1%でF値は有意であった。

速度・速度感の関係を寄与率で被験者別に比較したところ、被験者6を除いて各被験者とも寄与率は高く、速度・速度感は線形関係である。

一方、視覚密度・密度感の関係については、全ての被験者で対数回帰式の寄与率が大きく、視覚密度・密度の関係はWeber-Fechnerの法則に従うことがわかる。

### (3) 被験者の認知のあいまいさ

人間が構成要素として含まれるシステムが取り扱うデータには人間の主観的判断によるあいまい性が含まれている。

通常回帰分析では、実測値と推定値との差は観測誤差とみなされるが、ファジィ回帰分析では推計値と実測値との差は入出力関係を表すシステム表現のパラメータにあいまいさがあると考え、パラメータをファジィ数で表す。

本研究での認知量は人間の主観的判断に他ならない。そこで、速度感を速度の線形関数、密度感を視覚密度の対数関数として被験者毎にファジィ回帰により推定する。ファジィ回帰分析と通常回帰分析の比較を行うために両者の% RMS 誤差も同時に示す。ファジィ回帰の場合、ファジィ数の中央値を用いて% RMS



表 3 被験者別の速度に関するファジィ回帰分析

被験者 (データ数)	$y_v = a + b v$	ファジィ回 帰RMS誤差	通常回帰 RMS誤差
1 (83)	$y_v = (-3.457, 1.635) + (0.092, 0.0) v$	0.751	0.712
2 (71)	$y_v = (-4.058, 0.433) + (0.097, 0.028) v$	0.763	0.683
3 (65)	$y_v = (-2.914, 0.608) + (0.071, 0.022) v$	0.760	0.705
4 (80)	$y_v = (-3.212, 1.607) + (0.074, 0.0) v$	0.791	0.646
5 (76)	$y_v = (-3.839, 0.364) + (0.075, 0.022) v$	0.736	0.719
6 (66)	$y_v = (-2.872, 1.323) + (0.075, 0.0) v$	0.711	0.669
7 (74)	$y_v = (-2.523, 1.224) + (0.052, 0.008) v$	0.798	0.738

誤差を算出した。ファジィ回帰分析は実測値と予測値との差を認めた分析方法であり、%RMS誤差といった指標を検討するものではないが、通常回帰分析と比較をするための一つの指標として用いる。

#### (a) 速度・速度感のファジィ回帰分析

表3は、速度・速度感の関係をファジィ回帰、通常回帰で分析した結果を被験者別に示す。パラメータの括弧内は(パラメータの中央値, 幅)を示す。

RMS誤差から判断する限り、ファジィ回帰と通常回帰の間には大きな差はない。また、各パラメータにも大きな差はない。

被験者別にみると、被験者1, 4, 6の速度のパラメータ幅は0.0である。彼らは速度の影響を直接的に受けている。一方、被験者2, 3, 5, 7は走行速度のパラメータに幅が存在し、速度は速度感に間接的に影響していることを示唆している。また、各被験者の定数項の幅には差がみられる。これは速度以外の影響をすべて含んだあいまいさであると解釈される。

ここで、比較的希望速度が低い被験者1, 中間的な被験者4, 高い被験者5の速度感に対するファジィ回帰結果をそれぞれ図3に示す。図より被験者1, 4についてはどの速度に対しても同様な幅が確認される。つまり被験者内の各速度でのあいまいさはほぼ等しいといえる。一方、被験者5については高速になるほど被験者内でのあいまいさが大きくなっていることが伺える。

#### (b) 視覚密度・密度感のファジィ回帰分析

表4は、視覚密度・密度感の関係をファジィ回帰分析した結果を被験者別に示している。同時に通常回帰分析のRMS誤差も示す。

RMS誤差から判断する限り、ファジィ回帰は通常回帰と大きな差はない。パラメータにも大きな差はみられない。

被験者別にみると、被験者1, 5, 7については密度のパラメータ幅は0.0である。彼らは密度の影響を直接的に受けている。一方、被験者2, 3, 4, 6は

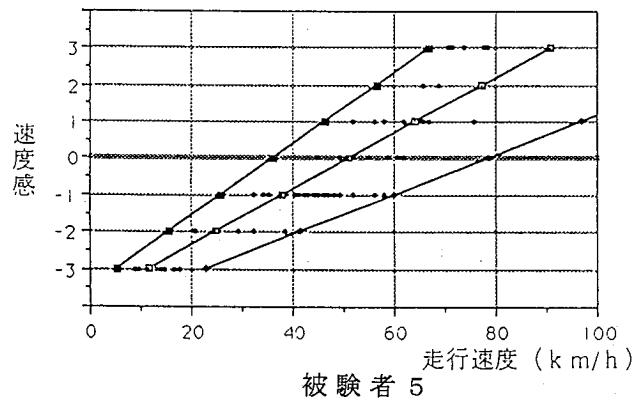
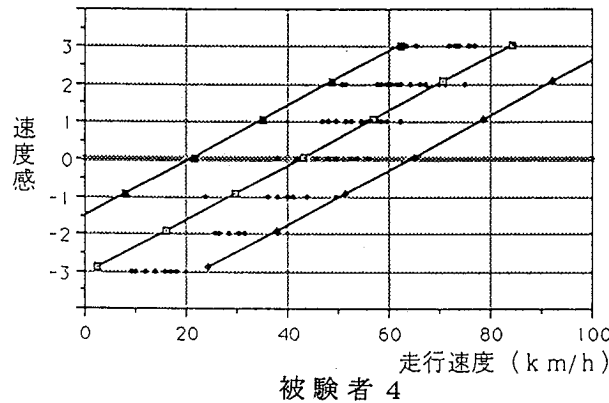
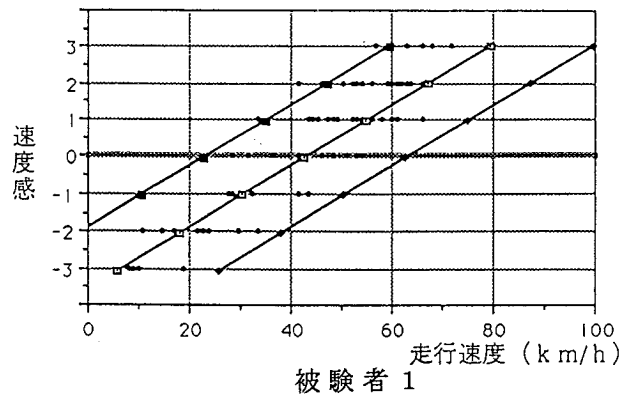


図3 安全性を重視した被験者の速度・速度感のファジィ回帰分析

密度のパラメータに幅が確認される。特に、被験者2、4のあいまいさが大きく、彼らは密度の影響を間接的に受けていることがわかる。

速度感の場合と同様に被験者1、4、5の密度感に対するファジィ回帰結果をそれぞれ図4に示す。図より3人の各被験者とも高密度になるに従って幅が大きくなっており、混雑してくると全体の密度以外の要因が認知量のあいまいさを大きくしていると考えられる。

物理量の影響を直接的に受ける者と間接的に受ける者がいることが示唆される。

表 4 被験者別の密度感に関するファジィ回帰分析

被験者 (データ数)	$y_k = a + b \log k$	ファジィ回 帰RMS誤差	通常回帰 RMS誤差
1 (83)	$y_k = (1.949, 1.681) + (-2.362, 0.0) \log k$	0.741	0.730
2 (71)	$y_k = (2.124, 0.747) + (-2.071, 1.458) \log k$	1.175	1.073
3 (65)	$y_k = (2.832, 1.668) + (-3.080, 0.489) \log k$	0.931	0.865
4 (80)	$y_k = (1.959, 1.459) + (-2.103, 0.838) \log k$	1.127	1.076
5 (76)	$y_k = (1.913, 2.261) + (-2.174, 0.0) \log k$	1.038	0.952
6 (66)	$y_k = (1.500, 1.500) + (-1.572, 0.183) \log k$	0.871	0.837
7 (74)	$y_k = (2.695, 2.292) + (-2.597, 0.0) \log k$	0.999	0.982

#### (4) 道路構造, 交通特性によるファジィ回帰分析

前節では速度の認知を速度感で表し, 両者の関係を考察した. また, 交通混雑に対する認知を密度感で表し, 両者の関係も考察した. しかし, それぞれの認知は速度や視覚密度の情報だけではなく, 他の要因にも影響を受けていることが予想される.

##### (a) 付加する変数

速度, 視覚密度の物理量と同時に以下に示す要因も分析に組み込み, 速度と密度に対する認知量のあいまいさを考察する.

- ①被験者個人の特性を表す指標として希望速度,
- ②道路構造の代表値として車線数・上り下り勾配・信号交差点数の多さ,
- ③大型車混入率,
- ④直接的な視覚の影響として前車の車種.

まず, 全変数を用いてステップワイズにより重回帰分析を行い, 説明変数を選択したところ, 速度感に対しては速度と希望速度の変数が, 密度感に対しては視覚密度, 車線数, 大型車混入率の変数が有意となった. そこで, それらの変数を用いてファジィ回帰分析を行い, パラメータのあいまいさを考察する.

まず, 回帰式の妥当性や安定性を検討する. さらに, 実際の交通流は多様なドライバーから構成されているという理由から, 全サンプル515中から約80サンプルずつランダム抽出し, 5ケースについて分析を行うことにした. 速度の認知については式(5), 視覚密度の認知については式(6)で検討する.

$$y_v = a_1 v + a_2 v_f + b \quad (5)$$

$v_f$ ; 希望速度,  $a_1, a_2, b$ ; パラメータ

$$y_k = c_1 + c_2 s + c_3 o + d \quad (6)$$

$s$ ; 車線数ダミー,  $o$ ; 大型車混入率,

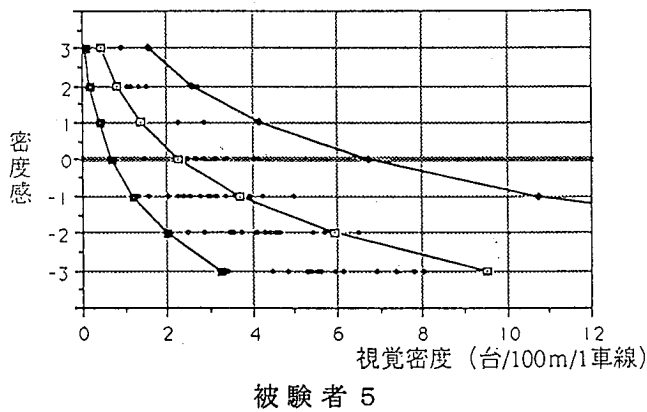
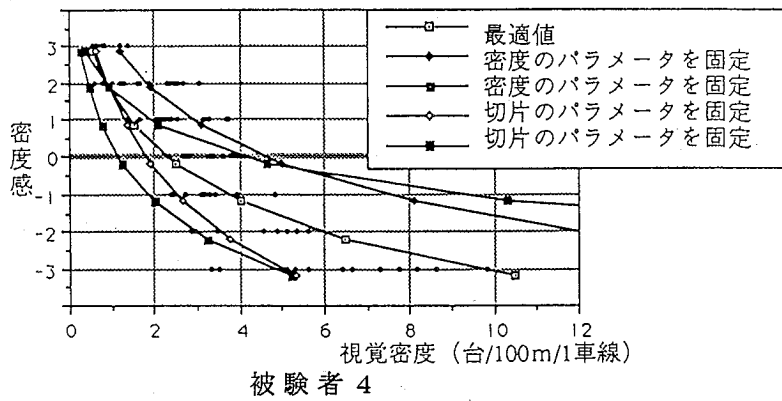
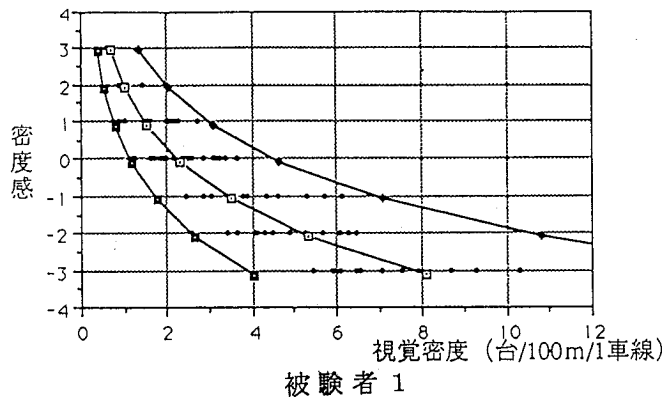


図4 安全性を重視した被験者の密度・密度感のファジィ回帰分析

$c_1, c_2, c_3, d$ ; パラメータ

(b) 速度感のファジィ回帰分析

表5は、速度感のファジィ回帰分析結果と比較のため通常の回帰分析結果も示している。

ファジィ回帰分析と通常の回帰分析で求められたパラメータ間には大きな差は認められないが、RMS誤差で両者を比較すれば、ファジィ回帰分析の精度が若干高い。

表5 ケース1～5別速度感に関するファジィ回帰分析

ケース	$y_v = a_1 v + a_2 v_f + b$	RMS誤差
1	$y_v = (0.0719, 0.0146) v + (-0.0182, 0.0) v_f + (-1.745, 1.009)$	0.828
	$y_v = 0.0827 v - 0.0280 v_f - 1.541$	0.840
2	$y_v = (0.0804, 0.0294) v + (-0.0243, 0.0) v_f + (-1.800, 2.311)$	0.878
	$y_v = 0.0880 v - 0.0286 v_f - 1.667$	0.918
3	$y_v = (0.0778, 0.0) v + (-0.0116, 0.0) v_f + (-2.357, 1.594)$	0.810
	$y_v = 0.0890 v - 0.0318 v_f - 1.441$	0.967
4	$y_v = (0.0813, 0.0283) v + (-0.0122, 0.0045) v_f + (-2.635, 0.0)$	0.928
	$y_v = 0.0872 v - 0.0292 v_f - 0.023$	1.106
5	$y_v = (0.0687, 0.0) v + (-0.0217, 0.0) v_f + (-1.196, 1.921)$	1.261
	$y_v = 0.0863 v - 0.0326 v_f - 1.360$	1.353

注) 上段はファジィ回帰の結果, 下段は通常回帰分析の結果

速度に関するパラメータのあいまいさはケース3と5で0.0である。他のケースの場合にはあいまい性が認められる。しかし、そのあいまい性は小さく、全体的には速度は速度感に直接的な影響を及ぼしていると考えられる。

一方、希望速度に関するパラメータの幅はケース4を除いてすべて0.0であった。このことから個人の希望速度が速度感に大きな影響を及ぼしている解釈される。

なお、大型車混入率や前車の車種といった説明変数でも同様な分析を行ったが、それらのパラメータのあいまいさはかなり大きく、速度感への直接的な影響は小さいと考えるのが妥当である。

定数の幅に関しては、ケース4は0.0であり、あいまいさはないが、ケース4以外の全ケースに関してはいずれもあいまいさを含んでいた。

結局、速度の認知は速度とドライバーの希望速度に影響されてることがわかる。

### (c) 密度感のファジィ回帰分析

表6は、密度感のファジィ回帰分析結果を示す。ファジィ回帰分析と通常回帰分析を比較すると、パラメータ間に大きな差は認められないが、RMS誤差で比較すると、ケース3, 4, 5に関しては通常回帰分析の方が良い精度であった。

視覚密度に関するパラメータのあいまいさはケース2, 4, 5で0.0であり、他のケースの場合もあいまいさは小さく、視覚密度は密度感に大きな影響を与えていることがわかる。

一方、車線数はケース2以外はすべて0.0であり、車線数が密度感に強い影響を及ぼしていると解釈できる。

大型車混入率はケース3, 4では直接的な影響が認められたが、あいまいさが

表6 ケース1～5別密度感に関するファジィ回帰分析

ケース	$y_k = c_1 \ln k + c_2 s + c_3 o + d$	RMS誤差
1	$y_k = (-2.626, 0.626) \ln k + (-0.94, 0.0) s$ $+ (-0.689, 1.018) o + (2.889, 0.77)$	0.841
	$y_k = -2.651 \ln k - 0.833 s + 2.792$	0.844
2	$y_k = (-2.885, 0.0) \ln k + (-0.820, 0.03) s$ $+ (-0.803, 0.294) o + (3.507, 1.891)$	1.041
	$y_k = -2.475 \ln k + 2.206$	1.074
3	$y_k = (-3.246, 0.02) \ln k + (-0.845, 0.0) s$ $+ (-0.774, 0.0) o + (3.770, 1.456)$	0.799
	$y_k = -2.875 \ln k - 0.74 s - 0.886 o + 3.458$	0.765
4	$y_k = (-3.184, 0.0) \ln k + (-0.837, 0.0) s$ $+ (-0.65, 0.141) o + (3.811, 1.923)$	1.029
	$y_k = -2.791 \ln k - 0.967 s - 1.297 o + 3.358$	0.844
5	$y_k = (-2.71, 0.0) \ln k + (-0.785, 0.0) s$ $+ (-0.57, 0.535) o + (3.288, 1.589)$	0.862
	$y_k = -2.437 \ln k - 0.509 s - 0.842 o + 2.709$	0.813

注) 上段はファジィ回帰の結果, 下段は通常の回帰分析の結果

非常に大きいケースもあり, 一意的な考察は困難である.

さらに, 希望速度や前車の車種といった説明変数に関するパラメータのあいまいさは大きく, それらが密度感に直接的な影響を及ぼすと解釈することは適切ではない.

密度感は, 視覚密度, 道路構造や交通状況などの外的な物理量により影響されていることが分かる.

## 5. 視覚情報の認知が車間距離に及ぼす影響

### (1) 概説

追従状態の場合, 速度は前車によって制限され, ドライバーは前車に衝突しないよう車間距離を保って運転をする.

速度・速度感の関係は線型回帰で, 密度・密度感の関係は対数回帰で表される. また, 密度と車頭間隔は逆数の関係であるので, 密度は前方の車の平均車頭間隔と線形関係であり, 密度の認知量は前方の車の平均車頭間隔に対する認知量と同等であると考えられる. 認知量と物理量の関係は式(7), (8)のように示される.

$$y_v = a + b v \quad (7)$$

$y_v$ ; 速度感,  $v$ ; 走行速度,  $a, b$ ; パラメータ

$$y_L = f + g \log L \quad (8)$$

$y_L$  ; 他車の平均車頭間隔に対する認知量

( $y_L =$  視覚密度に対する認知量  $y_k$ )

$L$  ; 他車の平均車頭間隔,  $f$ ,  $g$  ; パラメータ

まず速度の認知量  $y_v$  と他車の平均車頭間隔の認知量  $y_L$  は時間的变化に対し、遅れ時間  $T$  を伴う線形関係にあるとすれば、式(9)が仮定される。

$$dy_v/dt = \alpha dy_L/d(t-T) \quad (9)$$

$\alpha$  ; パラメータ

速度が高くなると、遅れ時間を伴って平均車頭間隔も広くなる。逆に、速度が低くなると、平均車頭間隔は狭くなる。このことは車間距離にもあてはまる。しかし、本研究では、短時間における定常状態を議論するので、 $T=0$  とする。式(7)、(8)、(9)のパラメータ  $a$ ,  $b$ ,  $f$ ,  $g$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  を求める。さらに、式(9)に式(7)と(8)を代入し、展開すると、式(10)となる。式(10)は物理量と認知量の関係を基にした交通の状態方程式である。

$$L = A_0 \cdot \exp(B_0 \cdot v) \quad (10)$$

$$A_0 = \exp\{(a - \alpha f - \beta) / \alpha g\}$$

$$B_0 = b / \alpha g$$

$B_0$  は、「速度に対する感度/他車の平均車頭間隔に対する感度」を示しており、速度と視覚密度のどちらに対する感度が高いかを判断する一指標である。なお、 $\alpha$  は補正係数と位置づけられる。さらに、速度  $v$  と実際に取った車間距離  $L_m$  の関係式(11)

$$L_m = A_m \exp(B_m v) \quad (11)$$

$A_m$ ,  $B_m$  ; パラメータ

を求めれば、被験者別に認知と行動との関係を比較できる。

## (2) 視覚情報の認知と行動との比較

### (a) 認知を基にした車間距離・速度の関係

村田<sup>10)</sup>は、速度・車間距離の分布から60km/h時の車頭時間6秒を追従状態の判断基準としている。本研究もこれを参考にして車間距離が100m以内のデータを取り扱った。なお、前章において通常の線形回帰とファジィ回帰のパラメータ間の差が小さいことより以下では通常の線形回帰を分析に用いる。

まず、式(10)の妥当性を検証するため、速度と平均車間距離との関係を示す式(12)を推定し、前節の認知過程を経た式(10)の結果と比較する。

$$L = A_0 \cdot \exp(B_0 \cdot v) \quad (12)$$

式(11)の結果は、

$$L_m = 6.032 \cdot \exp(0.0369) \quad \text{RMS誤差} = 19.34 \quad \% \text{RMS誤差} = 54.6,$$

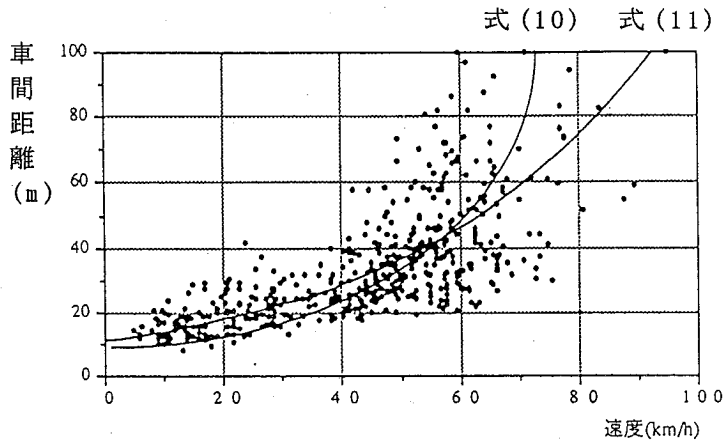


図5 物理量および認知量を基に算出した速度・車間距離の関係

表7 認知パラメータの感度と車間距離のモデル式

被験者	b	g	$\alpha$	B <sub>c</sub>	$L_m = A_m \exp(B_m v)$
全体	0.083 (0.772)	-2.486 (0.635)	0.904 (0.849)	0.037	$L_m = 7.171 \exp(0.024 v)$ (0.518)
被験者1	0.092 (0.825)	-2.135 (0.744)	1.029 (0.797)	0.042	$L_m = 5.441 \exp(0.03 v)$ (0.659)
被験者2	0.110 (0.878)	-2.895 (0.584)	0.940 (0.647)	0.040	$L_m = 7.057 \exp(0.029 v)$ (0.518)
被験者3	0.086 (0.817)	-2.538 (0.728)	0.902 (0.834)	0.037	$L_m = 7.599 \exp(0.03 v)$ (0.726)
被験者4	0.100 (0.880)	-2.723 (0.667)	0.879 (0.790)	0.042	$L_m = 6.032 \exp(0.03 v)$ (0.707)
被験者5	0.080 (0.820)	-2.440 (0.591)	0.796 (0.489)	0.041	$L_m = 5.652 \exp(0.025 v)$ (0.670)
被験者6	0.067 (0.803)	-2.101 (0.616)	1.026 (0.788)	0.031	$L_m = 1.888 \exp(0.023 v)$ (0.603)
被験者7	0.064 (0.753)	-2.800 (0.644)	0.834 (0.856)	0.027	$L_m = 10.773 \exp(0.01 v)$ (0.168)

注) 括弧内はそれぞれの推定された回帰式の寄与率を示す。

一方、式(12)の結果は、

$$L = 11.681 \cdot \exp(0.0219) \quad \text{RMS誤差} = 16.79 \quad \% \text{RMS誤差} = 47.4$$

である。これらの推計値と実測値を図5に示す。

% RMS 誤差で判断する限り、認知過程を考慮した関係と、考慮していない関係では大きな差はなく、認知過程を考慮した  $L_m \cdot v$  関係は従来の  $L \cdot v$  関係も十分説明できる。

#### (b) 認知パラメータ感度と行動



被験者別に式(7), (8), (9)を推定した。回帰式のF値, 説明変数のt値はいずれも危険率1%で有意であった。表7はパラメータb, g,  $\alpha$ ,  $B_0$ , および式(11)を示している。

被験者1, 2, 3, 4, 5の感度パラメータ $B_0$ は全データから求めた $B_0$ よりも大きい。希望速度が中間的もしくは低い被験者1, 2, 3, 4はこれに属す。このことは速度の情報に対する感度が視覚密度(および他車の平均車頭間隔)情報に対する感度よりも相対的に高いことを示す。一方, 希望速度が大きい被験者6, 7の $B_0$ は全データから求めた $B_0$ より小さい。被験者6, 7は走行速度の変化よりも他車との平均車頭間隔の認知に重点をおいた運転行動であり, 走行速度に見合った車間距離より, 周りの車の動きを重視して車間距離をとっているといえよう。

図6は被験者別の車間距離と速度の関係を示している。比較的希望速度が低い被験者1, 2, 3, 4は高速になると, 広い車間距離をとっている。これは感度項 $B_0$ が他の被験者よりも大きく, 大きいほど車間距離は広い。逆に, 被験者5, 6, 7の $B_0$ は他の被験者比べて小さく, 速度に応じた車間距離を取っていないことがわかる。特に被験者7はそれが顕著に表れている。

### (3) 道路構造・交通状況が車間距離, 車間時間に及ぼす影響

#### (a) 方法

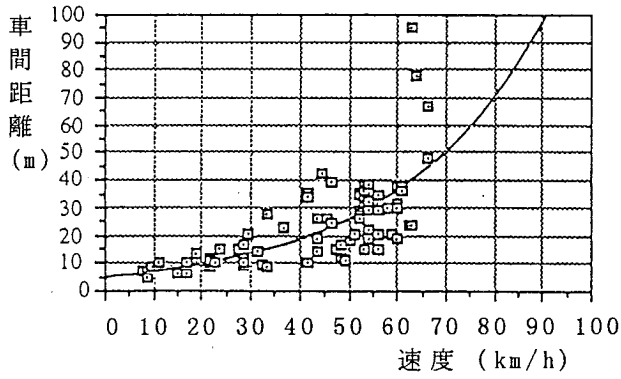
車間距離には散らばりが存在している。その要因は速度, 被験者の個人間変動等であるが, その他に車の性能, 被験者の認知, 道路要因, 交通状況の違い, 前車の車種等がある。

そこで道路線形, 交通状況, 前車の車種について分析をする。分析では被験者の車間距離を目的変数として分析を行うが, 速度と個人間の変動が車間距離に及ぼす影響をできるだけ小さくして道路構造や交通状況の影響を考察する。

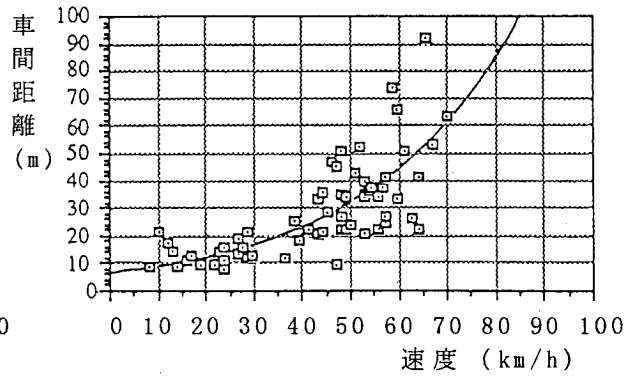
まず, 式(10)を用いて $L \cdot v$ 関係を同定し, 個人間変動を消去する。次に, 速度による変動を小さくするため, 被験者jが速度 $v_{ij}$ をとった場合, 式(11)から求められる推定車間距離を $L'_{ij}$ , 実際にとった車間距離を $L_{ij}$ とすると, 下記の式で基準化した車間距離指標 $L_{s,tij}$ が算出される。

$$L_{s,tij} = (L_{ij} - L'_{ij}) / L'_{ij} \quad (13)$$

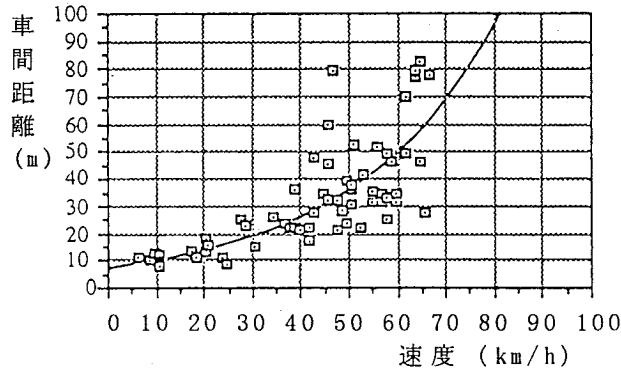
$L_{s,tij}$ が正の時は車間距離を広くする方向に, 負の時は狭くする方向に働く要因が存在すると考えられる。 $L_{s,tij}$ を目的変数として道路構造, 交通状況による影響を分散分析で調べる。なお, 車間時間(車間距離/走行速度)が極端に長い場合, または短い場合には分析目的に合致しないため, それに該当するデータは分析から除去されている。



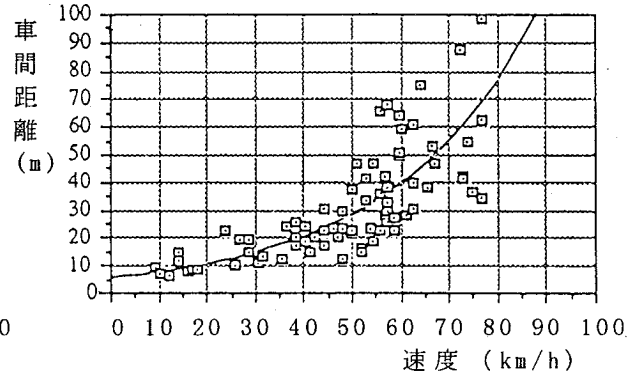
被験者 1



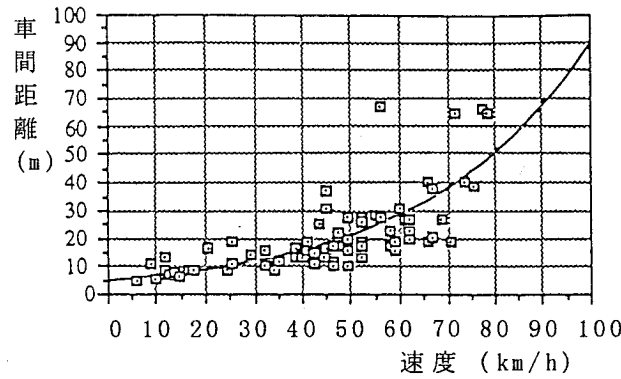
被験者 2



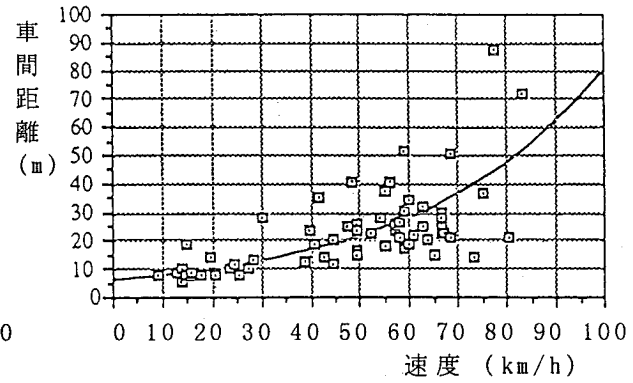
被験者 3



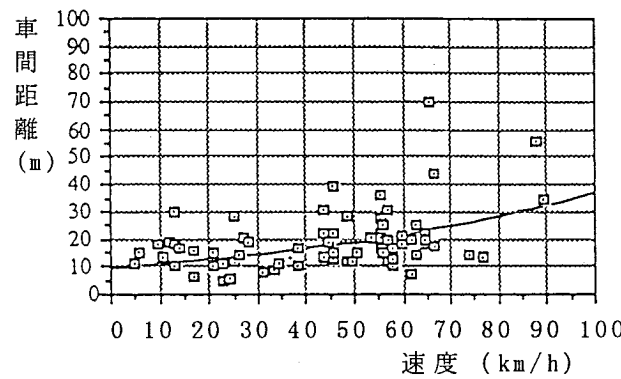
被験者 4



被験者 5



被験者 6



被験者 7

図 6 車間距離・速度の関係

表 8 前車の車種による分散分析とMCA  
分散分析

分散	平方和	自由度	F 値
主効果	1.507	2	4.900**
誤差変動	75.854	490	

MCA			
要 因	偏差	重相関係数	
Grand Mean	0.02	0.140	
普通車	-0.04		
中型貨物車程度の大きさ	0.05		
大型貨物車程度の大きさ	0.10		

表 9 車線数による分散分析とMCA

分散分析			
分散	平方和	自由度	F 値
主効果	1.268	1	8.198**
誤差変動	76.124	492	

MCA			
要 因	偏差	重相関係数	
Grand Mean	0.02	0.128	
単車線	0.05		
多車線	-0.06		

### (b) 分散分析の結果

速度に関しては、 $35\text{km/h}^{11)}$ 以下の渋滞流と $35\text{km/h}$ 以上の自由流の2水準に分割した場合、 $20\text{km/h}$ 毎の5水準に分割した場合ともに危険率5%で有意性は棄却された。また個人間変動として被験者別に分析したところ同様に有意性は棄却された。基準化した車間距離指標は速度および個人間変動を消去している。

その基準化した指標を用いて速度感や密度感が車間距離に及ぼす影響を分散分析で検討する。速度感、密度感を7水準に分類して分析を行った結果、両者とも危険率5%で有意性が認められたが、多重分類分析(Multiple Classification Analysis, 以降MCAと略す)を行ったところ、7水準間には規則性は認められなかった。

さらに、道路構造や交通特性の影響を考察する。取り上げた要因とその水準は、道路勾配の2水準（上り、下り勾配）、車線数の2水準（単車線、複数車線）、交差点数の2水準（多い、少ない）、視覚密度の5水準、大型車混入率の2水準（高い、低い）、渋滞度の2水準（渋滞時、非渋滞時）、前車の車種の3水準（普通車、中型貨物車程度の大きさ、大型貨物車程度の大きさ）である。これらの要因に関して一元配置の分散分析を行ったところ、前車の車種と車線数の要因が危険率1%で有意な差が認められた。その他の要因の有意差は危険率5%で棄却された。表8は前車の車種、表9は車線数についての分散分析結果とMCA結果を示す。MCAで用いた値は式(11)から算出された値である。

表からドライバーは普通車、中型貨物車程度の大きさ、大型貨物車程度の大きさの順に車間距離を広くする傾向がある。また、同じ速度の場合、単車線より複数車線の方がより車間距離を短くする傾向が強い。

#### (4) 速度別の視覚情報認知の影響

##### (a) 速度別の分散分析

速度を $20 \pm 5$ 、 $30 \pm 5$ 、 $40 \pm 5$ 、 $60 \pm 5$ 、 $70 \pm 5$ km/hに6分割し、その分割毎に分散分析を行う。さらに、MCAでその影響を検討する。

前節より、ある速度範囲での車間距離のばらつきは道路構造と個人間変動等の影響が強いと考えられる。したがって、以下のような要因とその水準を設定した。なお、対象とするデータ集合により水準は若干異なっている。

要因①（被験者）：7人の被験者で7水準

要因②（走行速度）：各ランクとも5水準

要因③（速度感）：7ランクの言語表現の7水準

要因④（視覚密度）：0, 1, 2, . . . ., 10(台/100m/車線)の11水準

要因⑤（密度感）：7ランクの言語表現の7水準

要因⑥（前車の車種）：普通車・中型貨物車程度の大きさ・大型貨物車程度の大きさの3水準

要因⑦（車線数）：単車線、多車線の2水準

要因②と③、要因④と⑤はそれぞれ物理量とその認知という関係である。そこで、物理量で示される要因②、④、⑥、⑦による分析を行ったところ、要因⑦（車線数）の有意性はどのランクの速度でも棄却された。したがって、要因①から⑥による分析を行う。

物理量で示される速度と密度と前車の車種の3要因による分散分析と、認知量で示される速度感、密度感と前車の車種の3要因による分散分析の2種類を行った。表10は各要因のF値を示している。

表10 3要因による車間距離の分散分析

速度 (km/h)	速度 速度感	密度 密度感	前車の車種 前車の車種
20	(4) 0.758	(8) 3.688**	(2) 3.054
	(3) 2.002	(2) 1.800	(2) 1.907
30	(4) 0.614	(4) 3.123*	(2) 0.937
	(3) 1.791	(3) 1.102	(2) 0.734
40	(4) 1.019	(4) 3.148*	(2) 2.429
	(4) 0.787	(5) 0.909	(2) 0.177
50	(4) 2.107	(4) 3.382*	(2) 7.112
	(3) 1.702	(4) 0.234	(2) 4.563+
60	(4) 1.546	(4) 4.722**	(2) 1.634
	(4) 5.499++	(5) 5.498++	(2) 4.942++
70	(4) 0.588	(3) 12.928**	(2) 1.731
	(3) 0.591	(5) 4.900++	(2) 3.042

注) 括弧内は自由度, \*, +; 5%危険率有意,  
\*\*, ++; 1%危険率有意

物理量を用いた分析からは、視覚密度の有意性が5%または1%危険率で認められた。しかし、走行速度や前車の車種についてはどの走行速度範囲でも有意性は認められていない。MCAによると視覚密度が高いほど、車間距離も短くなる。これは、被験者が車の込み具合に合わせて車間距離をとっていることを示している。

一方、認知量を用いた分析によれば、 $50 \pm 5$  km/h以下の範囲では有意な要因は認められていない。 $60 \pm 5$  km/hの場合密度感、速度感ともに有意性が認められた。 $70 \pm 5$  km/h時には密度感に有意性が認められた。また、前車の車種は $50 \pm 5$ ,  $60 \pm 5$  km/hの場合有意であった。MCAによれば、速度感が低いほど、また密度感が高いほど、前車の車種の大きさが小さくなるほど車間距離も短くなる。

次に個人間変動を考慮し、被験者、速度、密度、前車の車種の4要因を用いた分散分析と、被験者、速度感、密度感、前車の車種の4要因を用いた分散分析の比較を行った。

表11は分析結果の比較を示している。上記の要因が被験者のとった車間距離を説明できる度合いの大きいものは、物理量を扱った分析では速度が $50 \pm 5$  km/h、認知量を扱った分析では速度が $60 \pm 5$  km/hの場合である。低速時と高速時の説明力は必ずしも高くはないが、およそ50 km/hより低い場合には物理量が、およそ60 km/hより高い場合にはドライバー認知量の方の説明力が高い。

表11 4 要因による車間距離の分散分析

速度 (km/h)	個人間変動 個人間変動	速度 速度感	密度 密度感	前車の車種 前車の車種
20	(6) 0.837	(4) 0.959	(8) 2.716*	(2) 2.090
	(6) 1.592	(3) 2.778	(2) 1.167	(2) 1.432
30	(6) 0.969	(4) 0.291	(4) 2.621	(2) 0.041
	(6) 1.821	(3) 2.122	(3) 1.330	(2) 0.312
40	(6) 2.317*	(4) 1.073	(4) 2.491	(2) 0.412
	(6) 1.711	(3) 0.374	(2) 1.275	(2) 0.428
50	(6) 5.749**	(4) 3.302*	(4) 3.188*	(2) 1.755
	(6) 4.446++	(3) 0.850	(4) 0.252	(2) 1.018
60	(6) 3.760**	(4) 1.633	(4) 3.140*	(2) 0.987
	(6) 4.164++	(4) 6.198++	(5) 4.809++	(2) 1.858
70	(6) 0.555	(4) 0.626	(3) 8.765**	(2) 1.344
	(6) 0.902	(3) 1.208	(5) 4.798++	(2) 2.674

特に、 $60 \pm 5$ km/h時の車間距離を認知量を主とした4つの要因によるMCAの結果を表12に示す。相関比は、1つの要因によって説明される分散の比率を表す。偏相関比は相関比と同様な指標であり、その要因の相対的貢献度を表す。MCAの相関比および偏相関比によれば、個人間変動と速度感、密度感の説明力が大きい。希望速度が高い被験者2, 6, 7は負の重み係数であり、車間距離を狭くする傾向が強い。また、速度感の低いほど、密度感が高いほど、そして前車の車種が普通車の時、車間距離を狭くする傾向がある。比較的速い速度で走行しているドライバーは、速度や密度に対する認知量を基準に加速、減速をしているといえる。 $70 \pm 5$ km/h時には密度感に有意性が認められた。また、前車の車種は $50 \pm 5$ ,  $60 \pm 5$ km/hの場合有意であった。MCAによれば、速度感が低いほど、また密度感が高いほど、前車の車種の大きさが小さくなるほど車間距離も短くなる。

次に個人間変動を考慮し、被験者、速度、密度、前車の車種の4要因を用いた分散分析と、被験者、速度感、密度感、前車の車種の4要因を用いた分散分析の比較を行った。

表11は分析結果の比較を示している。上記の要因が被験者のとった車間距離を説明できる度合いの大きいものは、物理量を扱った分析では速度が $50 \pm 5$ km/h、認知量を扱った分析では速度が $60 \pm 5$ km/hの場合である。低速時と高速時の説明力は必ずしも高くはないが、およそ50km/hより低い場合には物理量が、およそ60km/hより高い場合にはドライバー認知量の方の説明力が高い。

表12 4 要因による60km/h時における車間距離のMCA

要因	水準	データ数	偏差	相関比	修正偏差	偏相関比
個人間変動	被験者1	17	2.13	0.49	4.49	0.39
	被験者2	12	-10.45		-7.54	
	被験者3	15	12.05		-8.89	
	被験者5	22	10.14		9.91	
	被験者6	18	13.30		13.58	
	被験者8	23	-18.22		-12.63	
	被験者9	14	-9.65		-1.64	
	速度感	-1	6	-12.36	0.52	0.07
0		20	-7.17		-0.38	
1		36	-6.60		-6.00	
2		46	-0.31		-3.97	
3		13	36.12		31.22	
密度感		-2	4	-6.25	0.56	-9.26
	-1	17	-11.55		-3.94	
	0	30	-6.93		-1.02	
	1	39	1.08		-1.24	
	2	27	4.01		-0.08	
	3	4	69.71		46.96	
	前車車種	普通車	82	-2.61	0.18	-1.37
中型貨物		11	12.50		10.49	
大型貨物		28	2.74		-0.11	
平均			37.55	重相関係数	0.750	

注) 中型貨物・大型貨物：中型貨物車程度の大きさ，大型貨物車程度の大きさ

## 6. 結語

(1) 速度の認知および密度の認知について、Weber-Fechnerの法則を基にしたファジィ回帰分析を被験者ごとに行い、パラメータのあいまいさを比較した結果、速度、視覚密度の影響を直接的に受ける被験者と間接的に受ける被験者がいることが確認できた。

(2) 認知のあいまいさの要因を調べるために、ファジィ回帰分析を行った。その結果、速度の認知には速度とドライバー個人の希望速度が影響している、密度の認知には視覚密度と車線数や大型車混入率という外的な物理量が影響していることが分かった。

(3) 速度と密度の認知式を基にした速度・車間距離の関係は、指数型関数で表

される。そして、車間距離を長くする傾向のある被験者は、他車の密度情報よりも速度情報に関する認知を重視する。一方、車間距離を短くする傾向のある被験者は、認知の段階で速度に対する認知そのものが小さい者と、認知はしているもののそれが行動に結びついていない者が存在している。

(4) 実際の車間距離に影響を及ぼす要因は、速度、個人間変動が顕著であった。認知量の影響としては、速度感が低いほど、また密度感が高いほど車間距離を短くする傾向にある。これは渋滞流の時よりも自由流の領域、特に60km/h前後で顕著に現れる。

(5) ドライバーの認知のあいまいさは自由流と渋滞流の境界35~40km/h付近で最も大きい。 $Q \cdot v \cdot k$  関係でいわれる最大交通量を流す付近での交通量の乱れやばらつきは、物理的な影響のみならず、ドライバーの意識のあいまいさも大きな影響を及ぼしていることが示唆される。

今後に残された課題も多い。以下に主なものを示す。

(1) 個人差による認知・行動の違いは明らかになったが、どのような交通状況の変化によって認知がどう変化するのか、またそれが交通流全体にどの程度影響を与えるのか、という個人内変動に関してはさらに研究を進めて行かなければならない。

(2) 本研究では短時間の定常状態を扱ったが、実際にはそれ以前の状態や、対象道路の走行経験の影響なども含まれている。これらを考慮し、よりドライバーの意識過程に沿ったアプローチをする必要がある。

(3) 本研究は認知と行動の関係を分析するための方法論的研究であった。一般論として述べるためにはより多くの階層の被験者を対象とした調査が必要である。

## 参考文献

- (1) Paul Ross, Mclean, VA22101, U. S. A.; Traffic Dynamics, Transportation Research B, Vol.22B, No.6, 1988, pp.421-435
- (2) A. Alvarez, J. J. Brey and J. M. Casado; A Simulation Model for Traffic Flow with Passing, Transportation Research Board, Vol.24 B, No.3, 1990, pp.193-202
- (3) 尾崎晴男：自動車の追従走行に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.14(1)，1991，pp.375-380
- (4) 大口徹，越正毅，桑原雅夫，赤羽弘和：ファジィ推論を用いた車両の追従モデル，土木計画学研究・講演集，No.13，1990，pp.221-228
- (5) Moon Nam Gung, 門田博知, 今田寛典; 運転者のあいまい性を考慮した運転



- 行動の解析法に関する基礎研究，土木計画学研究・講演集，No.14(1)，1991，  
pp. 359-366
- (6) Moon Nam Gung ; 都市幹線道路の交通流特性解析へのファジィ理論と知識工  
学の適用に関する研究，広島大学学位論文，1991
- (9) 清田勝，角知憲，沖本洋人，田上博：低速走行を強いられる一般ドライバー  
の追い越し行動，土木学会論文集，No.569/IV-36，1997，pp. 43-51
- (9) 田中良久：心理学測定法，東京大出版，1987，pp. 143-144
- (10) 村田隆治：自動車運転の車間距離認知，交通工学，vol.22，No.6，1987，pp.  
21-29
- (11) 田村洋一，樗木武；自由車・追従車構成に着目した車頭時間分布モデルに関  
する研究，土木学会論文報告集，第336号，1983，pp159-168

第3部 ドライバーの視覚情報認知過程  
— 車線変更を例として —

今田寛典

呉大学社会情報学部

*The Process of Driver's Cognition to Visual Information*

*Lane Changing Maneuver*

*Hirofumi Imada*

*Faculty of Social Information Science, Kure University*

*Key words* (キーワード)

lane changing (車線変更), questionnaires (アンケート調査), driving experiments (走行実験), driving maneuver (運転行動)

## 1 概説

交通流の円滑化は交通の安全性向上や交通混雑の緩和に大きな効果を発揮することが知られている。一方、ドライバーは時事刻々と変化する様々な情報を短時間に認知し、意志決定をすることが求められる。このドライバーの情報認知や意志決定にはあいまいさが伴う。このあいまいさが交通流を乱す一因である<sup>1)</sup>。しかしながら、ドライバー自身の運転、情報認知、意志決定等の特性については十分把握されていないのが現状である。

そこで、本研究は、交通流を乱す大きな原因であるドライバーの車線変更行動のモデル化に関する基礎研究を行った。この車線変更は多車線道路上の交通流の中では頻繁に見らる現象である。本研究の特徴は、モデル化に際しドライバーのあいまいさを伴った情報認知、意志決定過程を考慮したことにある。このためドライバーの車線変更に関する知識とルールを明らかにするため複数の被験者を対象にアンケート調査と走行実験を行った。

## 2 車線変更

なんらかの原因で車線変更したいという意志が発生する。次に周囲の状況から車線変更が可能かどうかの情報を収集し、評価の後、車線変更についての意思決定を行う。従って、車線変更行動を2つの過程に分けて考える。

まず、どういう場合に車線変更したいと意識するか。これを「車線変更意志発生過程」とする。次に、何を基準にして車線変更が可能であると判断するのか。これを「車線変更判断過程」とする。これらの各過程においてどのような要因が規定力を持つのかを調べる。

車線変更したいという意志を発生させる原因としては、以下のようなものが挙げられる。

- ①前の車が遅い
- ②走行している車線の前方に駐・停車車両が存在する
- ③走行している車線の前方が工事中である
- ④走行している車線の前方に右左折車が存在する
- ⑤右折、または左折するため隣の車線に移らなければならない
- ⑥後ろから猛スピードで車がせまってきた
- ⑦バス、トラックなどの大型車が前を走っており、前方が見えにくい

次に、車線変更可否判断の要因としては隣車線を走る自車より前と後の車に関

する情報が重要である。

### 3 アンケート調査とその結果

#### (1) 調査の概要

車線変更するか、しないかは前述の二つの過程において、またその様々な状況によって変わってくる。その状況に対する情報の認知や判断にはドライバーの個人間変動および個人内変動がある。ここでは、個人間変動を調べるためにアンケート調査を行う。

まず、前述した車線変更の原因を個別に考察する。⑤は目的地によって変化するものである。⑤以外は前方の車の動きによって変わってくる。また、②、③、④は①の特殊な場合に属するので、①が車線変更意志にとって一番大きな原因と思われる。

②、③、⑤の第1過程ではドライバーのあいまいさは存在せず、必ず車線変更する。④に関しては、右左折車の存在に気がついた時点で車線変更意志が発生すると思われるので、どの地点で車線変更しているかを調べる。⑥、⑦の場合は多くない。

これらの車線変更の意志、判断の意思決定過程をアンケート調査で調べる。図1に見られる車の位置関係から以下の3つの関係について調べる。

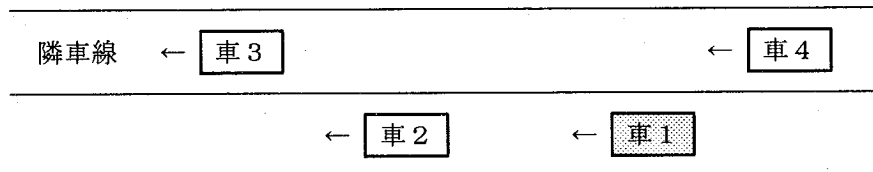


図1 車線変更時に存在を考慮する自動車

(1) 自車（車1とする）と同じ車線上の前車（車2とする）の速度、速度差（対象とする車と自車との相対的な速度の差）、および車間距離と車線変更意志発生との関係。ただし、速度差を評価する言語レベルは、速度差が負の場合を「遅い」、正の場合を「速い」と定義している。

(2) 車1と隣車線上の前方の車（車3とする）との速度、速度差、車間距離と車線変更可否判断の関係

(3) 車1と隣車線上の後方の車（車4とする）との速度、速度差、車間距離と車線変更可否判断の関係

これらについて車2の速度を40km/h、50km/h、60km/hの3つの段階に設定して

それぞれの速度で6回ずつ，1人につき計18回アンケートをする。

## (2) クラスタ分析

ドライバーはどのような車線変更の仕方をイメージしているのか，またそのイメージには個人間変動が存在するのか等を分析するため，クラスタ分析を行う。

アンケートの言語レベルによる回答を表1に示す評点によって数量化したものを $N(0, 1)$ で標準化し，クラスタ分析を行う。クラスタ分析は自車と他車との関係および車2の速度別に行われている。なお，クラスタの併合は最短距離法でわれている。

表1 車線変更意志決定の評点

車線変更意志発生	評点	車線変更意志決定	評点
したくない	-2	しにくい	-2
あまりしたくない	-1	ややしにくい	-1
どちらともいえない	0	どちらともいえない	0
ややしたい	1	ややしやすい	1
したい	2	しやすい	2

以下クラスタ分析で得られたグループ別に車線変更意志について述べる。

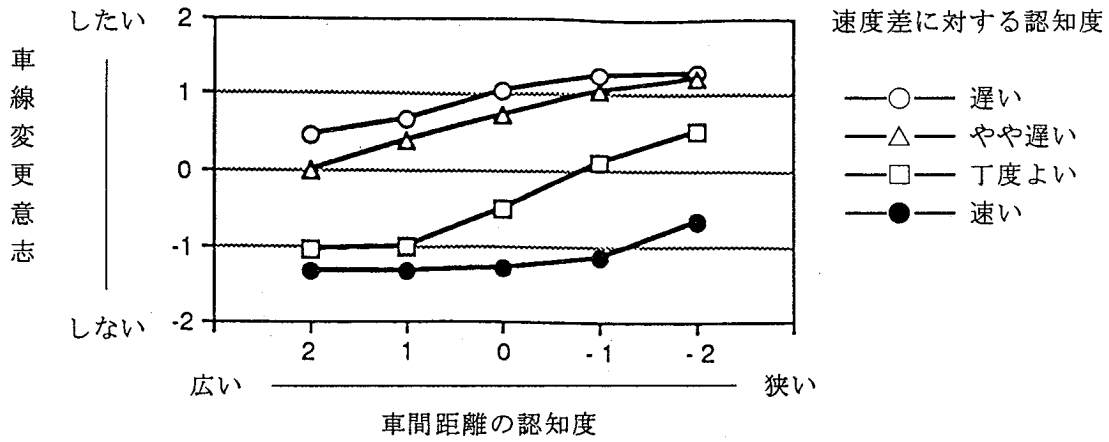
### (a) 車1と車2の関係

車2が40km/h，50km/h，60km/hで走行していると設定したいずれの場合も3つのグループに分類された。評点を $N(0, 1)$ で標準化しているため，標準偏差の $\pm 1$ を基準に考察する。評点が1以上なら，車線変更を「したい」，-1以下なら「したくない」という意志が強いと解釈できる。図2 a～eは車線変更の意志と速度差の認知量との関係を示している。以下それぞれのグループの特徴を示す。

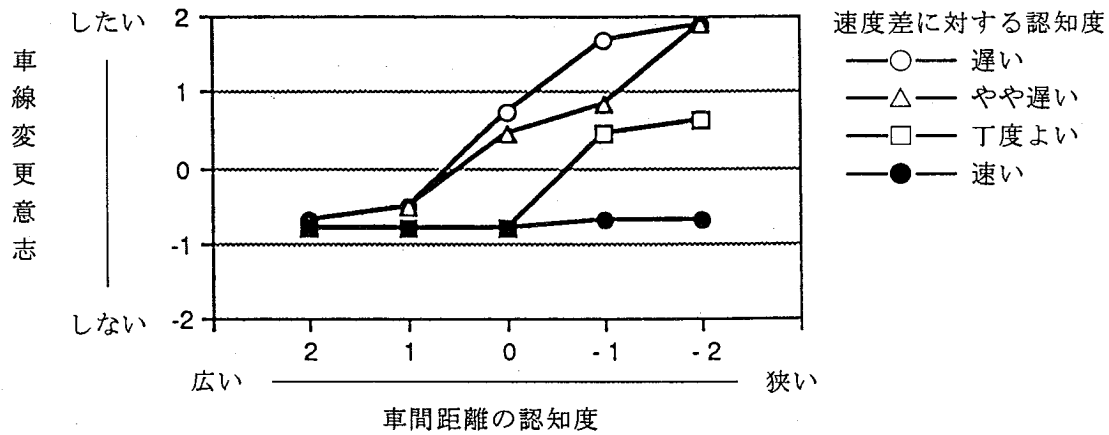
#### (1) 車2が40km/hのとき

まず，グループ1に関して考察する。図2のaより，速度差の言語レベルが「遅い」と「やや遅い」のグラフはほぼ等しく，傾きも緩やかであるが，車間距離が広くても速度差が大きければ，車線変更をしたいという意志が強くなる。つまり，車線変更に関しては，グループ1は車間距離より速度差に対するウェイトが大きい『速度差重視型』のグループである。

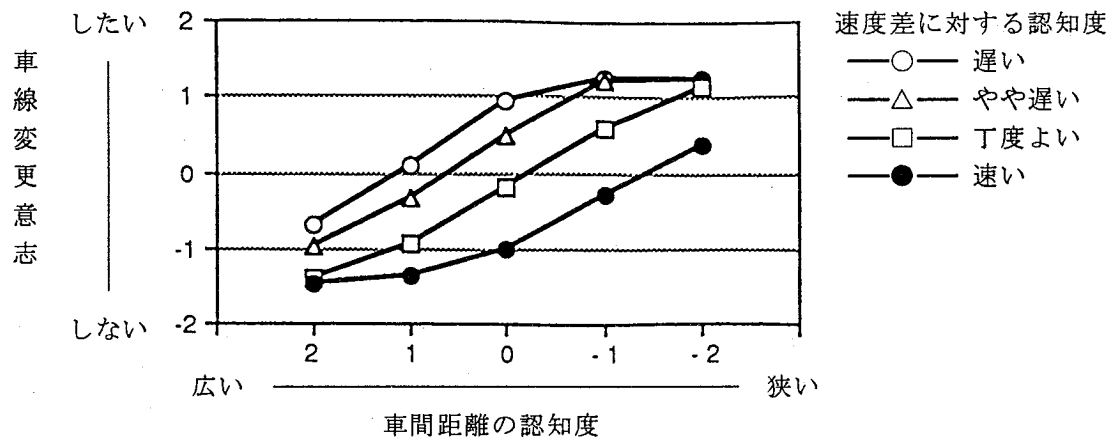
グループ2に関しては，図2のbより，グラフの傾きが急であり，車間距離が狭くなると急激に車線変更をしたいという意志が強くなっている。グループ2は車線変更に関して，速度差より車間距離に対するウェイトが大きい『車間距離重視型』である。



(a) グループ 1 (車 2 の速度 40km/h)

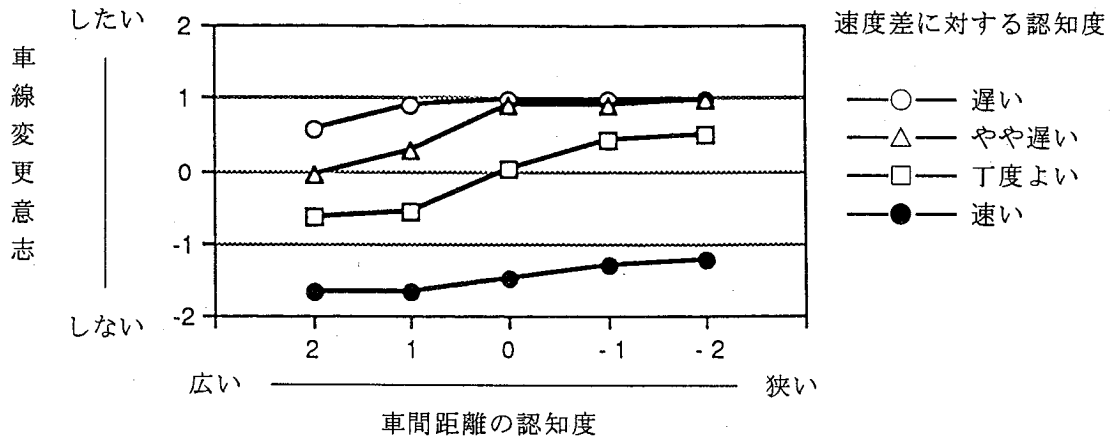


(b) グループ 2 (車 2 の速度 40km/h)

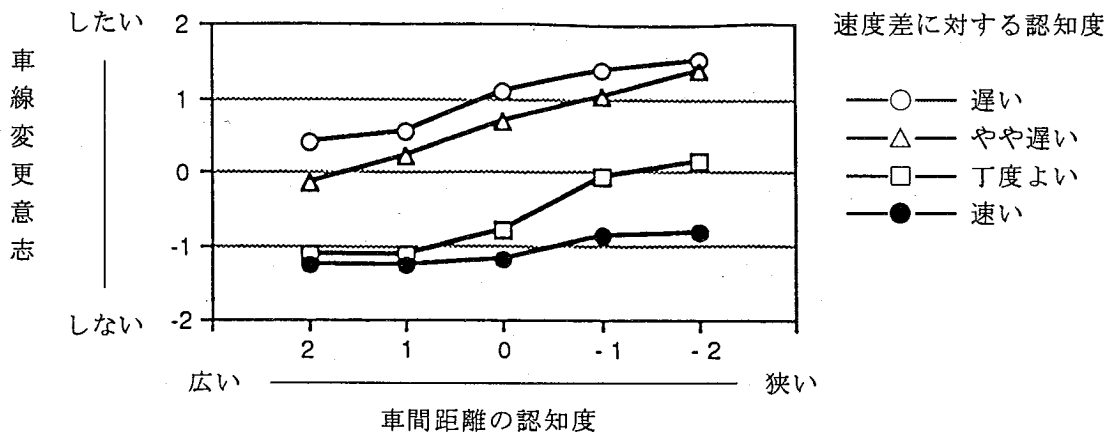


(c) グループ 3 (車 2 の速度 40km/h)

図 2 車間距離の認知と車線変更意志との関係 (自車と車 2)



(d) グループ 1 (車 2 の速度 50km/h)



(e) グループ 2 (車 2 の速度 50km/h)

図 2' 車間距離の認知と車線変更意志との関係 (自車と車 2)

図 2 の c では 4 つのグラフが同じように傾いており、グループ 3 は、速度差が遅くなるほど、また車間距離が狭くなるほど、車線変更をしたいという意志が強くなる『バランス型』である。

以上より車線変更の意志の発生は、グラフの傾きが急なほど、車間距離のウェイトが大きく、グラフの傾きが緩やかなほど速度差のウェイトが大きいといえる。

(2) 車 2 が 50km/h のとき

図 2 の d よりグループ 1 は、速度差が遅ければ、車線変更をしたいという意志が強い『速度差重視型』である。

図 2 の e よりグループ 2 に関しては、速度差の言語レベル「遅い」と「やや遅い」のグラフは接近している。一方、速度差の言語レベル「丁度よい」と「やや遅い」のグラフは接近している。

速い」は離れている。しかし、これらの傾きは緩やかであり、グループは2は『やや速度差重視型』である。

またグループ3は『バランス型』であった。

### (3) 車2が60km/hのとき

ほぼ50km/hのときと同様であり、グループ1は『速度差重視型』，グループ2は『やや速度差重視型』，グループ3は『バランス型』である。

### (b) 車1と車3の関係

クラスター分析の結果，車3が40km/h，50km/hのとき被験者は3グループに分類され，60km/hのときは2グループに分類された。全体的にみて評点が1以上なら車線変更可能の判断がかなり強く，-1以下なら車線変更不可能の判断がかなり強いと解釈された。図3のa～cにグループ別の車間距離の認知度と車線変更の意思決定の関係を示している。以下それぞれのグループの特徴を示す。

#### (1) 車3が40km/hのとき

図3のaよりグループ1に関しては速度差が遅ければ，車間距離が広くても車線変更不可能の意志が強く，速度差が速ければ，車間距離が狭くても車線変更可能の意志が強い。車線変更可否に関して，グループ1は車間距離より速度差に対するウェイトが大きい『速度差重視型』である。

図3のbよりグループ2に関しては5つのグラフが接近しており，車間距離が狭くなると車線変更不能の意志が強くなり，車間距離が広くなると車線変更可能の意志が強くなる。このような車線変更可否判断に関してグループ2は速度差より車間距離に対してウェイトが大きい『車間距離重視型』である。

図3のcよりグループ3は速度差が速くなるほど，車間距離が広くなるほど車線変更可能の意志が強くなる『バランス型』である。

#### (2) 車3が50km/hのとき

ほぼ40km/hのときと同様であり，グループ1は『速度差重視型』，グループ2は『やや速度差重視型』，グループ3は『バランス型』である。

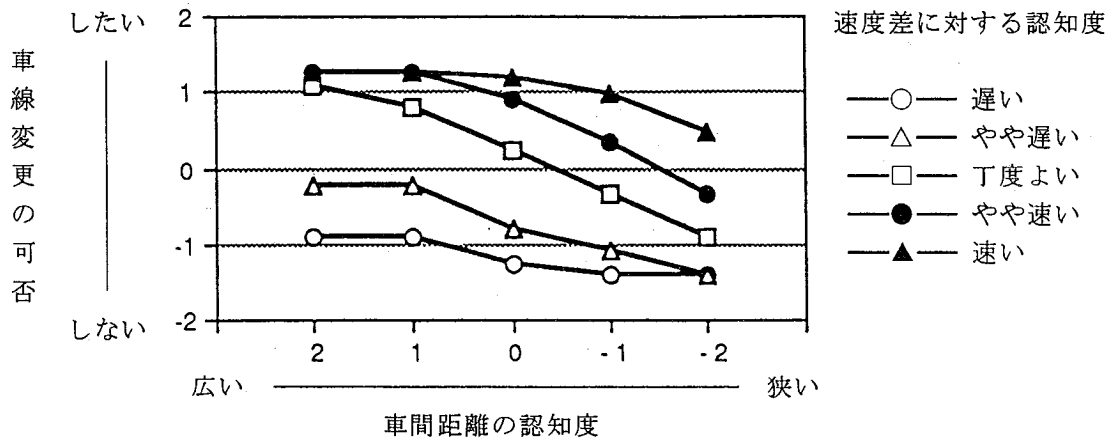
#### (3) 車3が60km/hのとき

2つに分類されたが，型としては車2が40km/h，50km/hのときと同様でグループ1は『速度差重視型』，グループ2は『バランス型』である。

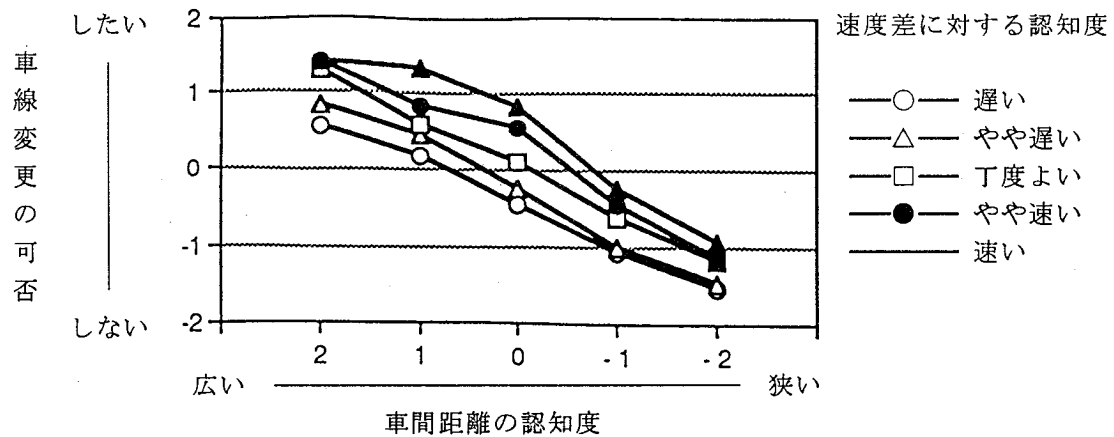
### (c) 車1と車4の関係

クラスター分析の結果，車4が40km/h，60km/hのときは2グループに分類され，50km/hのときは3グループに分類された。車1と車3の場合と同様に，評点が1以上なら車線変更可能の判断がかなり強く，-1以下なら車線変更不可能の判断がかなり強い。図4のa～dは車間距離認知と車線変更意思決定との関係を示したものである。以下それぞれのグループの特徴を記す。

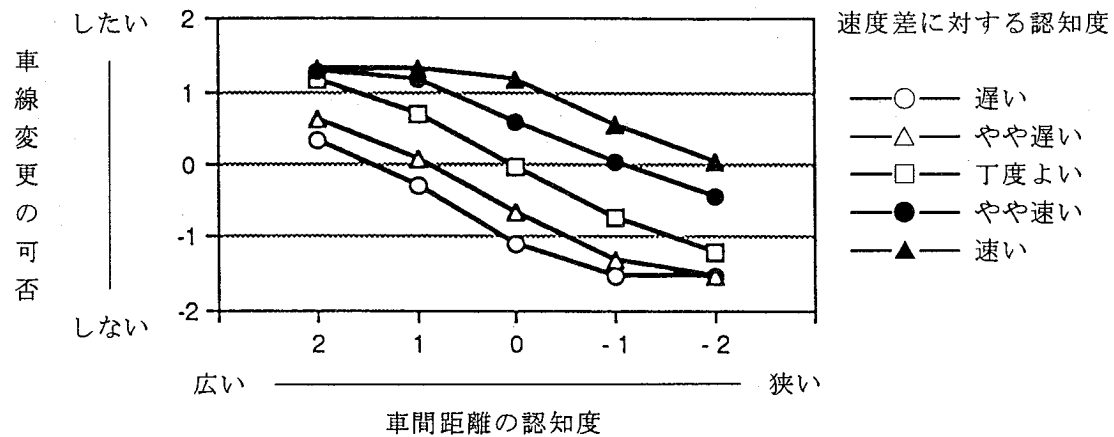




(a) グループ 1 (車 2 の速度 40km/h)

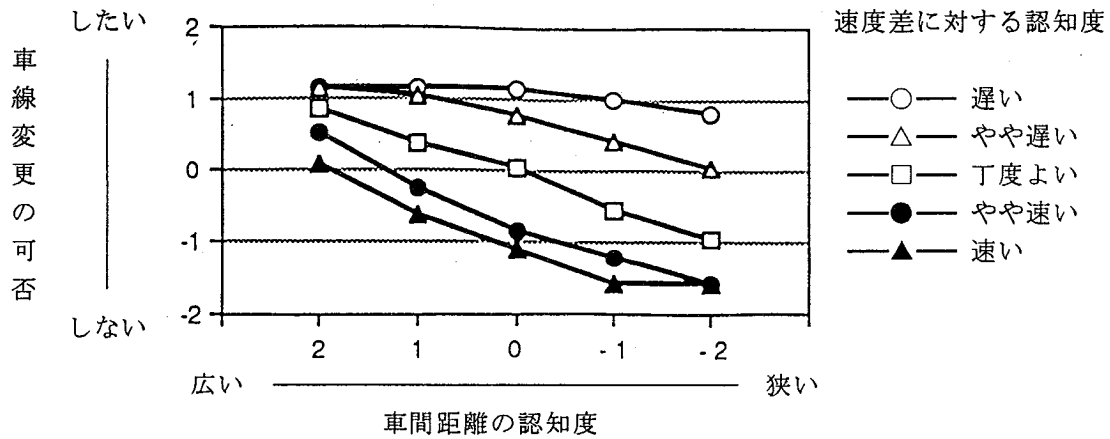


(b) グループ 2 (車 2 の速度 40km/h)

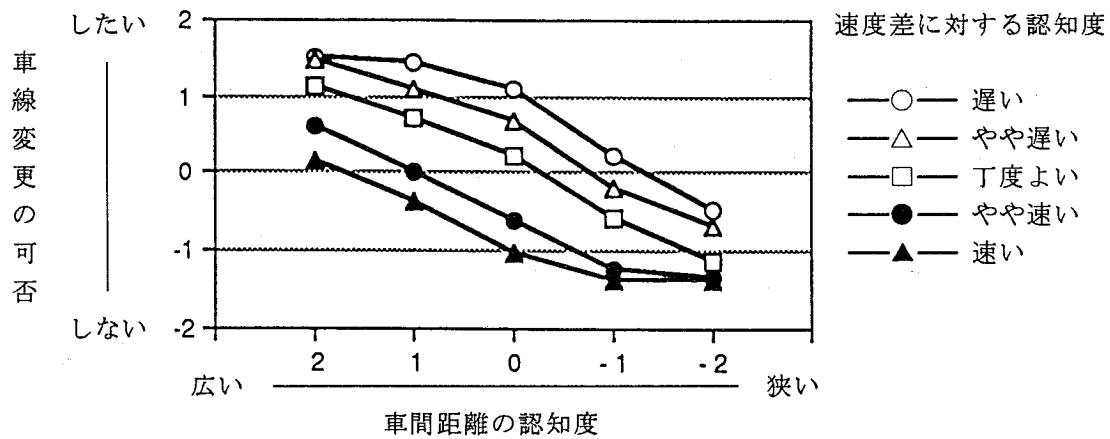


(c) グループ 3 (車 2 の速度 40km/h)

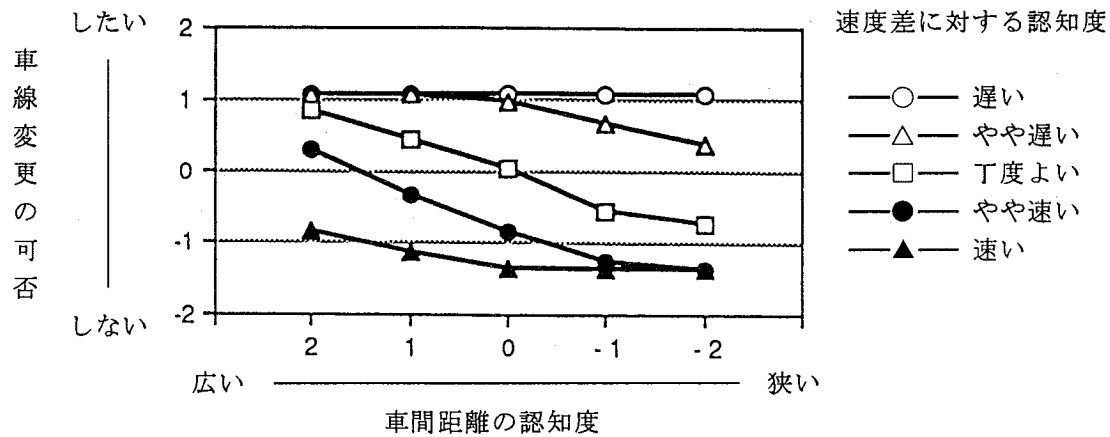
図 3 車間距離の認知と車線変更意志との関係 (自車と車 3)



(a) グループ 1 (車 2 の速度 40km/h)

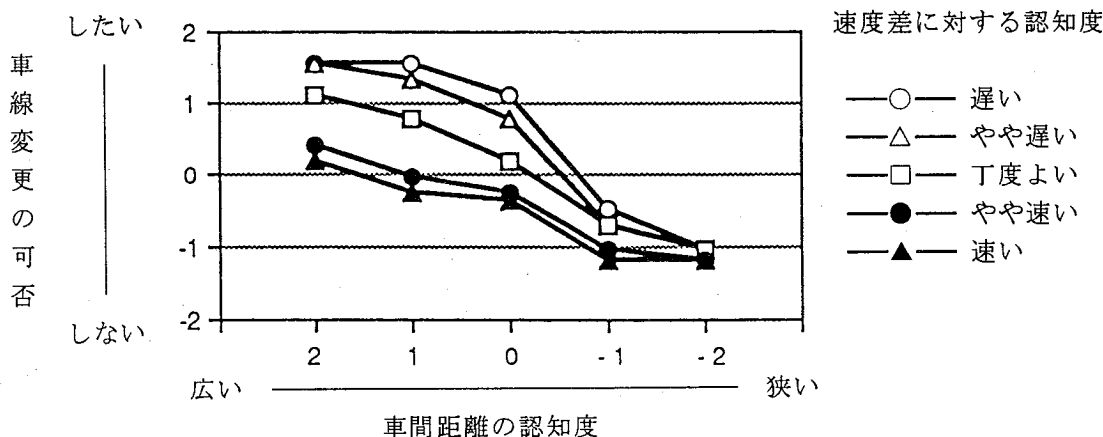


(b) グループ 2 (車 2 の速度 40km/h)



(c) グループ 3 (車 2 の速度 40km/h)

図 4 車間距離の認知と車線変更意志との関係 (自車と車 4)



(d) グループ 3 (車 2 の速度 40km/h)

図 4' 車間距離の認知と車線変更意志との関係 (自車と車 4)

#### (1) 車 4 が 40km/h のとき

グループ 1 に関しては、図 4 の a より、速度差が遅ければ、車間距離に関係なく車線変更可能の意志が強くなり、逆に、速度差が速ければ、車間距離により車線変更可能の意志が変化する。車線変更可否に関してグループ 1 は車間距離より速度差に対するウェイトが大きい『速度差重視型』である。

図 4 の b より、グループ 2 は速度差が速く、車間距離が広いほど、車線変更可能の意志が強くなる『バランス型』である。

#### (2) 車 4 が 50km/h のとき

グループ 1 は、図 4 の c より、速度差が遅ければ、車線変更をしたいという意志が強くなる『速度差重視型』である。

グループ 2 に関しては、図 4 の d より、全体的にグラフが近接しており、車間距離が狭ければ速度差に関係なく車線変更不能の意志が強くなる。グループ 2 は車線変更可否に関して、速度差より車間距離に対してウェイトが大きい『車間距離重視型』のグループである。

またグループ 3 は『バランス型』である。

#### (3) 車 4 が 60km/h のとき

40km/h のときと同様であり、グループ 1 は『速度差重視型』、グループ 2 は『バランス型』である。

## 4 走行実験

### (1) 走行実験の概要

車線変更モデルを構築するためには、ドライバーの車線変更に対する基本ルールを定量化する必要がある。村田<sup>2)</sup>は17段階のレベルに対する物理量を同定した<sup>3)</sup>が、ここではアンケート調査で取り上げた言語レベルに対する物理量を求めるため、走行実験を行った。実験は朝夕の混雑時を避けるため、片側2車線の道路を対象として10:00~14:00の間に行った。

走行実験はアンケート調査と同様に以下の3段階に分けて行った。

- (1) 走行実験1：車1と車2の関係
- (2) 走行実験2：車1と車3の関係
- (3) 走行実験3：車1と車4の関係

なお、前方の車2については、40km/h、50km/h、60km/hの速度で走行することが要求されるので、特定のドライバーが運転している。一方、車3、車4は隣車線を走行している不特定多数の車を対象とする。

まず、車1と車2の2台の車を一組とする。質問者は車1に同乗し、車1を運転する被験者にインタビューを行う。

本実験に先立ち、予備実験を行った。予備実験では通常の追従状態における速度と車間距離を調べ、運転特性が異なる3人を被験者とした。被験者1は攻撃型、被験者2は熟練型、被験者3は安全型である。

車2と車3を撮影するために前向きに1台、車4を撮影するために後向きに1台の計2台のビデオカメラを車1に設置する。また車1の速度は、同乗した質問者が速度メーターを見て音声で入力する。

#### (a) 走行実験1の内容

まず、最初の実験は以下の通りである。質問者は車2のドライバーに40km/h、50km/h、60km/hのいずれかの速度で運転するよう無線で指示する。一方、車1は自由な速度で走行する。

次に、車間距離を十分あけて、車1が車2に近づくとときに、被験者が前車との車間距離および速度差に対する認知の程度、およびそのときの車線変更の意志について言語レベルで回答を求めた。車間距離に対する言語レベルは「広い」から「狭い」の5段階、速度差に対する言語レベルは「遅い」、「やや遅い」、「差はない」の3段階、車線変更意志に対する言語レベルは「したい」から「したくない」の5段階である。なお、速度差は5段階ではなく、3段階にしている。これは3章のクラスター分析の結果で述べられたように、「やや速い」という速度差では、全体的に車線変更はしたくないという意志が強かったためである。

#### (b) 走行実験2, 3の内容

まず、車1と車2は共に走行実験1と同様に走行する。

走行実験2では、被験者に隣車線を走行している前の車(車3)の情報を基に

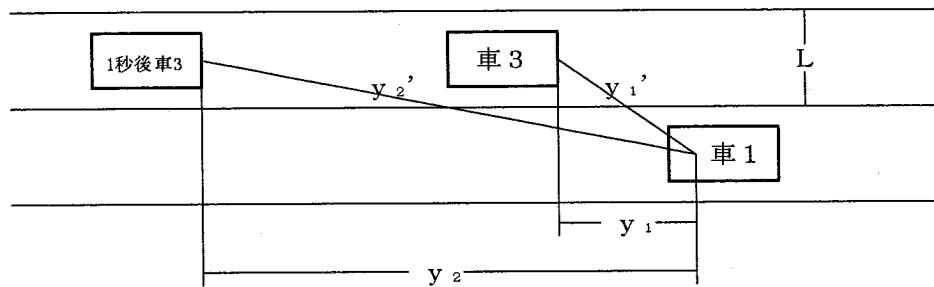


図5 計算法

速度と車間距離および車線変更の可否判断が問われた。走行実験3では、被験者に隣車線を走行している後の車（車4）の情報に基づいて速度と車間距離および車線変更の可否判断を問うた。質問に対する回答はアンケートと同様である。

## (2) 物理量の推計方法

### (a) 校正曲線

走行実験を行う前に10～100mまで10mごとに車2を駐車させ、車1内に設置してあるビデオカメラで撮影する。ビデオを再生してテレビ画面上の車2の車幅を測り、画面上の距離を得る。そして、画面上の距離と実際の距離との校正曲線式を最小2乗法によって求める。前方を撮影するビデオカメラの校正曲線式は、

$$y = 824.33 x^{-1.037} \quad (1)$$

のように求められ、重相関係数は0.999であった。ただし、 $y$ は実測した距離、 $x$ は画面上の距離である。

同様に、後方を撮影するビデオカメラの校正曲線式は、

$$y = 716.31 x^{-1.047} \quad (2)$$

のように求められ、重相関係数は0.999であった。

### (b) 一般車の物理量の推計

対象とする車3、車4を一般に走行している不特定の車としているため、それらの車種は様々である。従って、校正曲線を利用し、車種別に車1と車3および車1と車4との車間距離、速度差を求めるための計算方法を図5に示す。

このとき、車は道路のほぼ中央を走行しているものとし、1つの車線の幅員を $L$ とする。さらに、画面上の車3の車幅を $x_1'$ 、1秒後の画面上の車3の車幅を $x_2'$ とする。これに補正值 $\alpha$ を掛けて $\alpha x_1'$ 、 $\alpha x_2'$ を算出する。そしてその値を校正曲線に入れて求めた値 $y_1'$ 、 $y_2'$ より車間距離 $y_1$ および1秒後の実際の車間距離 $y_2$ を式(3)と(4)により算出する。

表 2 算出された平均速度

走行区間	制限速度	平均	標準偏差	データ数
区間 1	50	65.76	11.87	199
区間 2	60	67.08	9.07	68
区間 3	50	56.99	11.33	100
全体	—	63.61	11.15	367

$$y_1 = (y_1'^2 - L^2)^{1/2} \quad (3)$$

$$y_2 = (y_2'^2 - L^2)^{1/2} \quad (4)$$

式(3), (4)より速度差  $v_m$  は,

$$v_m = 3.6(y_1 - y_2) \quad (5)$$

なお, 補正值  $\alpha$  の求め方を式(6)を用いて説明する. あらかじめ一般の車を軽自動車から大型トラックまで7階級に分類し, 7階級それぞれの車の一般的車幅を測定する. 次に, 画面に映っている車3を7階級のどの車種に属するかを決め, その階級の車幅を車3の車幅として採用する. そして,  $\alpha$  を次式より求める.

$$\alpha = \text{車2の車幅} / \text{車3の車幅} \quad (6)$$

以上のように算出された車3, 車4の平均速度を表2に示す. 実験時では, 被験者は車3, 車4をランダムに選び, 回答する. 従って, 表中の平均速度は実験時の隣車線の平均速度と考えられる.

## 5 走行実験結果

### (1) 走行実験 1

走行実験1の速度差の物理量についてまとめた結果を表3に示す.

車2の速度が60km/hの場合, 速度差の言語レベル「遅い」, 「やや遅い」を再現しようとするれば, 車1は70から80km/hで走行しなければならず, その部分のデータはほとんど得られていない. 50km/hの場合は言語レベルに対応した行動が行われたようである.

車2の速度が40km/hの場合, 被験者1, 被験者2ともに速度差の言語レベルによる差は求められない. 被験者3は「遅い」という回答に偏っていた. これは実験時一般車の追い越し車線の平均速度は約64km/hであったことから, 車2の速度40km/hは遅いので, 被験者は車1と車2の走行速度の速度差ではなく, 被験者の希望速度と車2の走行速度との差を速度差として回答していると思われる.

全体的には被験者1に関しては, いずれの設定速度における速度差の標準偏差

表3 実測した速度および速度差

被験者	車2の速度 (km/h)	速度差の 言語レベル	平均速 度差 (km/h)	標準偏 (km/h)	最小値 (km/h)	最大値 (km/h)	レンジ (km/h)	データ 数
被験者 1	40	遅い	4.82	4.74	-3.0	12.0	15.0	11
		やや遅い	4.04	4.89	-4.0	12.0	16.0	24
		丁度よい	4.67	4.27	-1.0	13.0	14.0	6
	50	遅い	6.33	4.11	1.0	11.0	10.0	3
		やや遅い	4.58	3.57	-5.0	11.0	16.0	19
		丁度よい	1.83	4.41	-5.0	11.0	16.0	24
	60	遅い	2.00	—	0.0	4.0	4.0	2
		やや遅い	3.0	2.53	-2.0	7.0	9.0	10
		丁度よい	0.50	3.54	-8.0	10.0	18.0	26
被験者 2	40	遅い	6.20	4.56	-2.0	14.0	16.0	19
		やや遅い	4.29	3.58	-2.0	10.0	12.0	17
		丁度よい	4.50	3.10	2.0	10.0	8.0	7
	50	遅い	6.50	3.12	1.0	12.0	13.0	10
		やや遅い	3.57	2.80	0.0	10.0	10.0	12
		丁度よい	0.12	4.08	-10.0	10.0	20.0	26
	60	遅い	—	—	—	—	—	—
		やや遅い	3.50	—	2.0	5.0	7.0	2
		丁度よい	0.50	3.00	-4.0	8.0	12.0	22
被験者 3	40	遅い	3.77	3.96	-2.0	12.0	14.0	30
		やや遅い	—	—	—	—	—	—
		丁度よい	—	—	—	—	—	—
	50	遅い	5.64	4.19	0.0	15.0	15.0	14
		やや遅い	4.83	4.09	-2.0	11.0	13.0	29
		丁度よい	1.67	1.94	0.0	5.0	5.0	9
	60	遅い	4.50	—	4.0	5.0	1.0	2
		やや遅い	5.42	4.47	0.0	12.0	12.0	7
		丁度よい	-0.21	3.00	-5.0	8.0	13.0	19

が大きい。一方、被験者2のそれは小さい。被験者3は速度差が全体的にやや小さく、車2の小さな速度変化にも影響される傾向がみられる。

またレンジは、速度差の言語レベルのあいまいさを表していると解釈される。

表4 実験1の車間距離の実測値

被験者	車2の速度 (km/h)	車間距離 の言語レ ベル	平均車 間距離 (m)	標準偏 (m)	最小値 (m)	最大値 (m)	レンジ (m)	デー タ 数
被験者 1	40	狭い	15.81	6.80	9.82	16.37	6.55	10
		やや狭い	19.19	4.55	13.32	24.26	10.32	8
		丁度よい	24.88	4.19	17.02	31.04	14.02	12
		やや広い	36.82	7.21	19.31	47.34	28.03	9
	50	狭い	12.45	1.59	8.93	14.44	5.51	7
		やや狭い	18.49	1.83	15.49	21.35	5.86	7
		丁度よい	29.72	7.24	16.59	42.58	25.99	16
		やや広い	44.75	7.78	25.48	58.71	33.12	11
	60	狭い	16.01	—	13.09	19.73	6.64	2
		やや狭い	20.86	6.70	11.41	33.36	21.95	12
		丁度よい	31.18	7.04	21.22	46.89	20.67	12
		やや広い	46.86	8.14	29.84	56.07	26.23	9
被験者 2	40	狭い	9.21	1.99	5.80	12.29	6.49	20
		やや狭い	12.85	2.37	8.58	15.80	7.22	8
		丁度よい	18.69	2.35	14.98	23.26	8.28	9
		やや広い	36.63	17.00	22.66	38.96	16.30	6
	50	狭い	10.28	1.75	6.92	12.96	6.04	13
		やや狭い	15.24	2.95	10.08	20.38	10.30	13
		丁度よい	20.64	3.35	15.71	27.33	11.62	13
		やや広い	30.06	10.81	17.29	51.93	34.04	5
	60	狭い	11.28	2.20	9.63	14.38	4.75	3
		やや狭い	19.13	2.75	15.65	23.82	8.17	5
		丁度よい	28.08	5.98	19.02	40.86	21.84	9
		やや広い	26.48	60.90	22.16	42.31	20.15	7
被験者 3	40	狭い	14.11	1.76	10.79	16.84	6.05	12
		やや狭い	18.15	3.76	12.96	22.87	9.91	8
		丁度よい	21.34	6.02	14.68	34.60	19.92	8
		やや広い	41.43	9.08	30.62	55.61	24.99	4
	50	狭い	14.93	2.35	12.11	19.24	7.13	10
		やや狭い	23.15	8.65	14.19	31.53	17.34	16
		丁度よい	33.46	9.63	18.07	55.44	37.37	15
		やや広い	50.49	10.02	33.83	71.94	38.11	10
	60	狭い	15.22	1.46	13.10	17.13	4.10	4
		やや狭い	30.17	4.29	26.04	36.08	10.04	3
		丁度よい	44.39	12.73	25.30	64.61	39.31	16
		やや広い	59.76	7.38	51.67	76.09	24.42	8



表5 実験2で実測した速度および速度差

被験者	車2の速度 (km/h)	速度差の言語レベル	平均速度差 (km/h)	標準偏差 (km/h)	最小値 (km/h)	最大値 (km/h)	レンジ (km/h)	データ数
被験者1	40	遅い	2.00	2.00	0.0	4.0	4.0	2
		やや遅い	17.36	5.75	3.0	27.0	24.0	14
		丁度よい	25.64	8.07	14.0	40.0	26.0	11
	50	遅い	2.60	1.36	0.0	4.0	4.0	5
		やや遅い	14.00	8.96	3.0	26.0	23.0	6
		丁度よい	34.10	13.40	15.0	50.0	35.0	9
	60	遅い	5.00	—	—	—	—	1
		やや遅い	19.02	4.57	12.0	26.0	13.0	10
		丁度よい	—	—	—	—	—	—
被験者2	40	遅い	11.00	—	—	—	—	1
		やや遅い	14.25	7.38	2.0	32.0	30.0	12
		丁度よい	25.00	7.44	12.0	41.0	29.0	10
	50	遅い	-0.89	8.03	-9.0	15.0	24.0	6
		やや遅い	14.00	5.16	5.0	24.0	19.0	9
		丁度よい	20.13	9.18	15.0	44.0	29.0	8
	60	遅い	7.00	—	—	—	—	1
		やや遅い	16.00	4.36	7.0	20.0	23.0	8
		丁度よい	—	—	—	—	—	—
被験者3	40	遅い	—	—	—	—	—	—
		やや遅い	14.39	5.24	6.0	23.0	17.0	18
		丁度よい	29.17	12.52	8.0	58.0	50.0	12
	50	遅い	2.00	—	—	—	—	1
		やや遅い	15.81	8.31	7.0	33.0	31.0	16
		丁度よい	19.22	4.94	12.0	24.0	12.0	18
	60	遅い	0.00	—	—	—	—	1
		やや遅い	13.29	3.15	9.0	16.0	7.0	7
		丁度よい	51.00	—	—	—	—	1

したがって、車2が40km/hのときは全被験者とも言語レベル「遅い」のレンジが大きく、あいまいさが大きくなっている。

次に走行実験1の車間距離の物理量についてまとめた結果を表4に示す。

車1と車2との間には速度差があるので、一瞬の車間距離の認知はかなり難しく、データにばらつきがある。言語レベルが「広い」になると共に標準偏差も大きくなっている。

被験者3, 1, 2の順にそれぞれの言語レベルに対する物理量が大きくなっている。

いずれの被験者も言語レベルが「広い」になるにしたがってレンジが大きくなり、あいまいさが大きくなっている。また、被験者1, 3については、車2の速度が速くなるにつれて認知のあいまいさも大きくなっている。

## (2) 走行実験2

走行実験2の速度差の物理量についてまとめた結果を表5に示す。

速度差の言語レベル「やや遅い」, 「遅い」は測定できなかった。これは、隣車線の車は、車2の設定速度40km/h, 50km/h, 60km/hに比べて平均速度64km/hより速かったことが原因として考えられる。車2が40km/hのときは言語レベル「やや速い」, 「速い」のデータ数が多く、50km/hのときは言語レベル「やや速い」, 「速い」のデータ数がやや多い。一方、60km/hのときは言語レベル「速い」のデータ数はほとんど見られない。

全体的にみて被験者1の速度差に対する物理量は大きく、言語レベルが速くなるにつれてその標準偏差も大きくなる。

また速度差の言語レベルのレンジをみると、「速い」という言語レベルになるにつれて、認知量もあいまいになるといえる。

走行実験2の車間距離の物理量についてまとめた結果を表6に示す。

走行実験1に比べて速度差が大きいため、車間距離の認知もかなり困難となっている。被験者1は「広い」という言語レベルになるに従って標準偏差が小さくなっている。物理量は走行実験1の場合と大きな差はない。被験者2と3は言語レベルが「広い」という言語レベルになるに従って、標準偏差が大きくなり、物理量は走行実験1に比べて小さくなっている。また被験者3は言語レベルによる差は小さい。

被験者3, 2, 1の順に物理量が大きくなっている。レンジから判断すると、あいまいさは、「広い」という言語レベルになるに従って大きくなり、被験者1が他の2人に比べてやや小さくなっているといえる。

## (3) 走行実験3

走行実験3の速度差の物理量についてまとめた結果を表7に示す。

走行実験2と同様に、隣車線を走行している車4に対する速度差の言語レベル

表 6 実験 2 で実測した車間距離

被験者	車 2 の 速度 (km/h)	車間距離 の言語レ ベル	平均車 間距離 (m)	標準偏 (m)	最小値 (m)	最大値 (m)	レンジ (m)	データ 数
被験者 1	40	狭い	12.67	—	—	—	—	1
		やや狭い	13.87	5.45	11.12	18.63	7.51	7
		丁度よい	21.98	10.17	17.59	27.14	9.55	12
		やや広い	31.45	4.31	20.30	31.97	11.67	6
	50	狭い	9.83	5.11	5.86	17.04	11.18	3
		やや狭い	16.07	3.50	9.82	20.33	10.51	8
		丁度よい	27.54	3.62	22.63	32.19	9.56	5
		やや広い	44.80	2.72	41.35	47.99	6.64	3
	60	狭い	—	—	—	—	—	—
		やや狭い	14.45	1.52	13.16	16.59	3.43	3
		丁度よい	24.90	1.89	22.72	27.34	4.62	3
		やや広い	48.07	—	41.39	54.75	13.36	2
被験者 2	40	狭い	9.14	1.74	6.82	11.02	4.20	3
		やや狭い	13.75	—	12.26	15.24	2.98	2
		丁度よい	20.91	4.89	12.90	28.96	16.06	11
		やや広い	29.12	7.68	16.30	39.18	22.88	6
	50	狭い	14.65	—	11.97	17.32	5.35	2
		やや狭い	16.22	3.29	12.12	20.46	8.34	6
		丁度よい	20.79	5.31	12.00	31.29	19.29	12
		やや広い	28.62	8.43	19.41	38.10	18.69	4
	60	狭い	16.01	2.55	14.42	20.41	5.99	4
		やや狭い	—	—	—	—	—	—
		丁度よい	27.12	9.58	14.22	37.16	22.94	3
		やや広い	52.56	—	44.50	60.62	16.12	2
被験者 3	40	狭い	9.50	2.07	6.41	13.22	6.81	5
		やや狭い	13.30	2.35	9.66	16.13	6.47	4
		丁度よい	20.23	5.21	14.50	28.50	14.00	6
		やや広い	27.88	16.03	16.98	39.53	22.55	10
	50	狭い	8.22	9.68	5.91	9.79	3.88	6
		やや狭い	12.91	3.78	9.14	18.88	9.74	8
		丁度よい	20.80	4.54	13.69	26.52	12.83	7
		やや広い	31.70	10.28	11.96	42.35	30.39	11
	60	狭い	8.40	—	—	—	—	1
		やや狭い	13.87	2.29	11.45	16.74	5.29	3
		丁度よい	21.90	—	21.58	22.23	0.65	2
		やや広い	41.20	17.47	27.57	65.87	38.30	3

表 7 実験 3 で実測した速度および速度差

被験者	車 2 の速度 (km/h)	速度差の言語レベル	平均速度差 (km/h)	標準偏 (km/h)	最小値 (km/h)	最大値 (km/h)	レンジ (km/h)	データ数
被験者 1	40	遅い	3.86	3.91	0.0	9.0	9.0	7
		やや遅い	16.69	8.40	4.0	32.0	28.0	13
		丁度よい	23.40	2.06	20.0	25.0	5.0	5
	50	遅い	6.50	2.60	2.0	18.0	16.0	7
		やや遅い	15.63	6.56	9.0	28.0	19.0	8
		丁度よい	—	—	—	—	—	—
	60	遅い	4.27	4.04	1.0	15.0	14.0	15
		やや遅い	9.14	1.36	7.0	11.0	4.0	7
		丁度よい	—	—	—	—	—	—
被験者 2	40	遅い	2.67	3.68	-1.0	7.0	8.0	6
		やや遅い	18.33	9.77	7.0	36.0	29.0	13
		丁度よい	20.25	7.49	12.0	29.0	17.0	9
	50	遅い	5.00	2.45	1.0	7.0	6.0	8
		やや遅い	11.69	3.87	7.0	16.0	9.0	13
		丁度よい	13.00	4.90	7.0	17.0	10.0	5
	60	遅い	-12.00	—	—	—	—	3
		やや遅い	13.00	—	—	—	—	2
		丁度よい	12.00	—	—	—	—	1
被験者 3	40	遅い	0.67	9.43	-6.0	12.0	18.0	3
		やや遅い	11.43	2.87	7.0	15.0	8.0	7
		丁度よい	15.00	5.73	10.0	22.0	12.0	5
	50	遅い	4.43	2.92	0.0	7.0	7.0	7
		やや遅い	9.13	8.06	5.0	26.0	21.0	15
		丁度よい	22.50	—	13.0	32.0	19.0	2
	60	遅い	11.00	—	—	—	—	1
		やや遅い	10.92	2.60	7.0	14.0	7.0	12
		丁度よい	25.00	—	10.0	40.0	30.0	2

「やや遅い」，「遅い」は測定できなかった．測定した言語レベルのデータ数も走行実験 2 とほぼ同様であった．

全体的に言語レベル「やや速い」のデータ数が多い．これは，車 4 は隣車線の

表 8 実験 3 で実測した車間距離

被験者	車 2 の 速度 (km/h)	車間距離 の言語レ ベル	平均車 間距離 (m)	標準偏 (m)	最小値 (m)	最大値 (m)	レンジ (m)	データ 数
被験者 1	40	狭い	11.44	3.15	7.80	16.79	8.99	8
		やや狭い	18.18	2.06	15.76	22.48	6.72	7
		丁度よい	23.85	3.10	18.56	28.64	10.08	6
		やや広い	28.98	4.72	22.36	33.03	10.67	3
	50	狭い	8.62	—	—	—	—	1
		やや狭い	18.76	5.04	14.22	25.79	11.57	3
		丁度よい	27.11	7.93	18.90	40.05	22.15	6
		やや広い	20.35	7.07	11.57	28.90	17.33	7
	60	狭い	9.22	0.75	8.63	10.28	1.65	3
		やや狭い	15.82	3.45	9.93	20.19	10.26	7
		丁度よい	32.62	8.78	19.59	44.16	24.57	3
		やや広い	29.81	11.20	14.70	51.05	36.35	7
被験者 2	40	狭い	10.47	2.00	7.37	12.98	5.61	5
		やや狭い	10.81	3.91	7.65	16.32	8.67	3
		丁度よい	18.84	4.14	14.19	24.95	10.76	8
		やや広い	30.93	5.99	22.45	43.45	21.00	8
	50	狭い	6.44	1.82	5.06	9.02	3.96	3
		やや狭い	10.74	0.67	9.51	11.70	2.19	7
		丁度よい	17.64	3.19	11.83	22.86	11.03	8
		やや広い	26.48	4.15	20.08	30.58	10.50	5
	60	狭い	—	—	—	—	—	—
		やや狭い	12.03	—	—	—	—	1
		丁度よい	—	—	—	—	—	—
		やや広い	32.70	—	—	—	—	1
被験者 3	40	狭い	12.40	1.27	11.03	14.05	3.02	5
		やや狭い	19.29	5.43	11.74	24.29	12.55	3
		丁度よい	23.48	—	22.65	23.52	0.87	2
		やや広い	41.39	10.58	30.16	55.53	25.37	3
	50	狭い	17.67	3.27	12.99	21.70	8.71	9
		やや狭い	35.05	13.89	22.80	34.32	11.51	8
		丁度よい	33.76	4.42	28.41	38.45	10.04	4
		やや広い	54.06	13.41	56.08	69.38	13.30	3
	60	狭い	16.11	5.64	9.84	27.64	17.80	6
		やや狭い	21.21	6.02	12.98	29.71	16.73	4
		丁度よい	38.40	—	32.97	40.01	7.04	2
		やや広い	74.84	—	73.39	76.29	2.90	2

後方の車であり、被験者は車4の存在をバック・ミラーやサイド・ミラーによって判断するため対象車の存在認知はかなり曖昧になり、「速い」、「丁度よい」というようなはっきりとした言語レベルでは認知されにくいと思われる。

全体的にみて被験者2の速度差が小さく、それぞれのレンジには法則性はみられない。

走行実験3の車間距離の物理量についてまとめた結果を表8に示す。

走行実験2と同様に速度差が大きいため車間距離の認知が難かしく、認知量にかなりの矛盾が認められる。

全体的に「広い」という言語レベルになるに従って標準偏差が大きくなっている。被験者1と2の物理量は走行実験2と比べて小さいが、被験者3の物理量は大きくなっている。

#### (4) 考察

全体的に速度差の認知量は、個人内、個人間にはっきりとした差はみられないが、車間距離に対する認知に明確な差は認められる。

3人の被験者とも走行実験2の速度差の言語レベルは差が認められ、認知は明確にされている。

車間距離はかなり個人差が大きくでている。被験者2のあいまいさは小さく、車間距離の言語レベルによる認知量の差もはっきりしている。被験者1はあいまいさが大きく、被験者3は車間距離の認知量が広い。つまり被験者1は攻撃型、被験者2は熟練型、被験者3は安全型の特性がよく現れている。

## 6 走行実験で得られた意識とアンケート調査との比較

### (1) 目的と方法

ドライバーが描いている車線変更に対するイメージと実際に車を運転しているときの意志を比較することにより車線変更時の意志決定ルールの構築を考察する。

走行実験1での車線変更の意志を表1に示されたように評点化する。さらに、実際の走行実験2と3についても同様に車線変更可否の意志決定を評点化した。

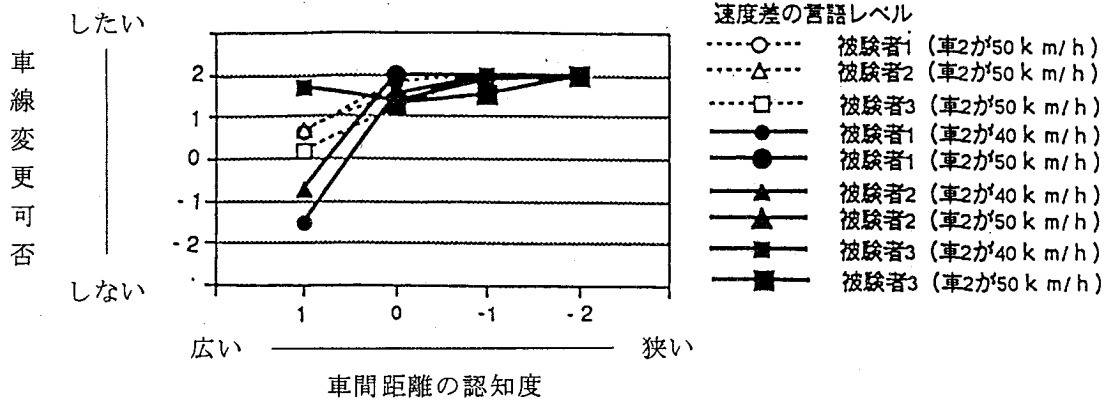
走行実験1, 2, 3で得られた評点とアンケートで回答された評点を比較する。ここで比較する被験者は走行実験とアンケート調査の両方を行った3人とした。

### (2) アンケート調査と走行実験の比較

#### (a) 車線変更意志発生要因の比較

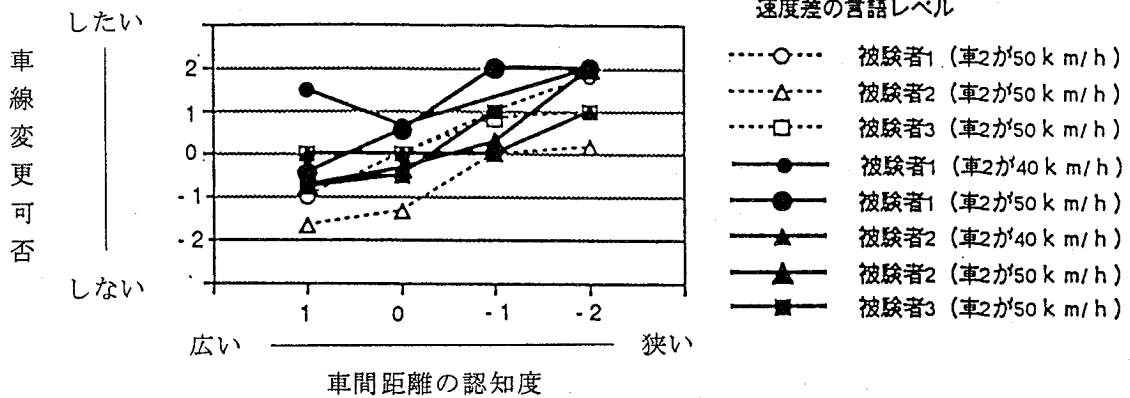
図6のaは、速度差の言語レベルが「遅い」と回答した場合の車線変更意志の

----- アンケート結果, ——— 実験結果



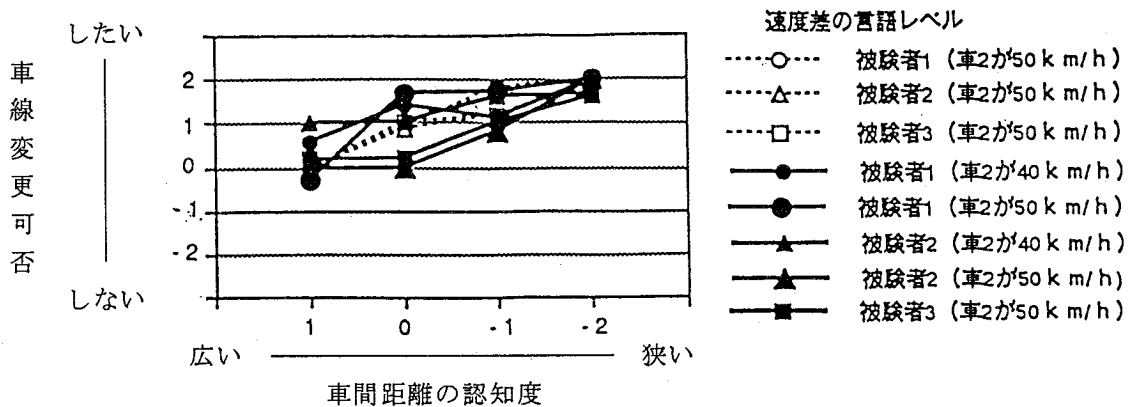
(a) 速度差に対する言語レベル「遅い」(40, 50km/h)

----- アンケート結果, ——— 実験結果



(b) 速度差に対する言語レベル「やや遅い」(40, 50km/h)

----- アンケート結果, ——— 実験結果



(c) 速度差に対する言語レベル「丁度よい」(40, 50km/h)

図6 速度差の認知と車線変更意志との関係

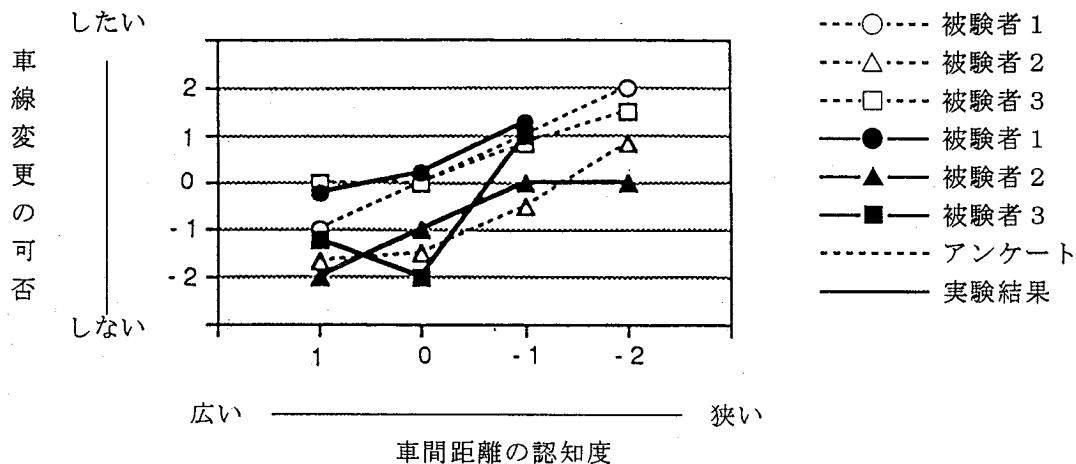


図7 被験者別車線変更意志決定

強さを表している。言語レベル「遅い」の場合で車2が60km/hのときのデータはほとんど取れなかったもので、車2が40km/h, 50km/hのときの結果を表す。

車間距離の言語レベル「丁度よい」から「狭い」になると、いずれの場合も車線変更意志に大きな差はない。つまり個人間および車2の速度に関係なく、車線変更をしたいという意志が強くなる。逆に、車間距離の言語レベルが「やや広い」に変化すると、走行実験の方は、車間距離が狭いときと同様に車線変更したいという意志が強い被験者と車線変更したくないという意志が強くなる被験者の2つに分けられる。

図6のbは速度差の言語レベルが「やや遅い」ときを表しており、走行実験の意志がアンケート調査の車線変更意志の上下1レベルの範囲にある。

図6のcは速度差の言語レベルが「丁度よい」場合でかつ車2が40km/h, 50km/h時を表している。全体的に走行実験の方が車線変更したいという意志が強い。

また、図7は、速度差の言語レベルが「丁度よい」でかつ車2が60km/hのときを表しており被験者1, 2はアンケートと走行実験の意志がほぼ一致している。

図8は、被験者1の前方の車2の速度が50km/hのときであり、走行実験の場合3つの速度差の言語レベルには明確な差がみられない。これは、速度差が車線変更の意志に及ぼす影響が小さいためである。またアンケートに比べて走行実験の方が車線変更したいという意志が強くなっている。

図9は、被験者2の前方の車2が40km/hのときで、走行実験の方が車間距離が広い場合でも車線変更したいという意志が強くなっている。

図10は、被験者3の前方の車2が50km/hのときで、アンケートの方がやや車線変更したいという意志が強くなっている。

(b) 車線変更判断要因の比較(車1と車3の場合)

車2の設定速度が40km/h, 50km/h, 60km/hの場合の3つの言語レベルともほぼ



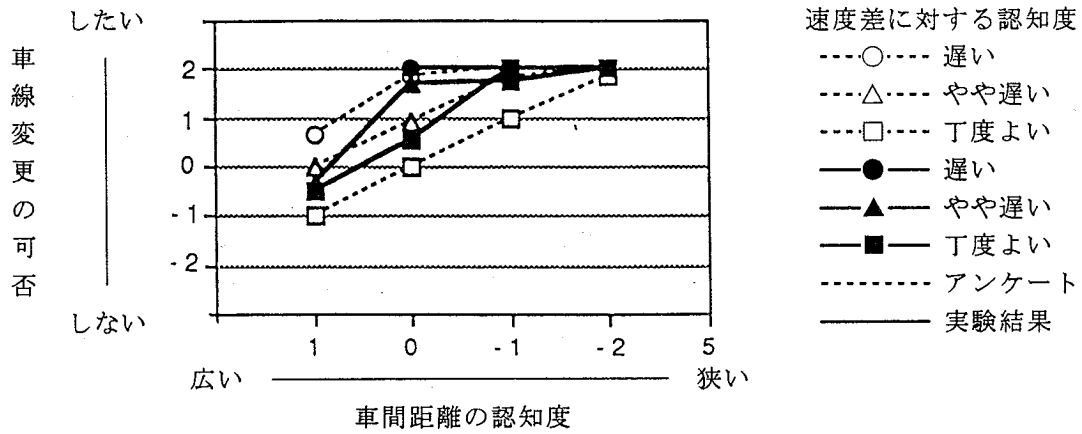


図8 被験者1の車線変更意志 (車2の速度50km/h)

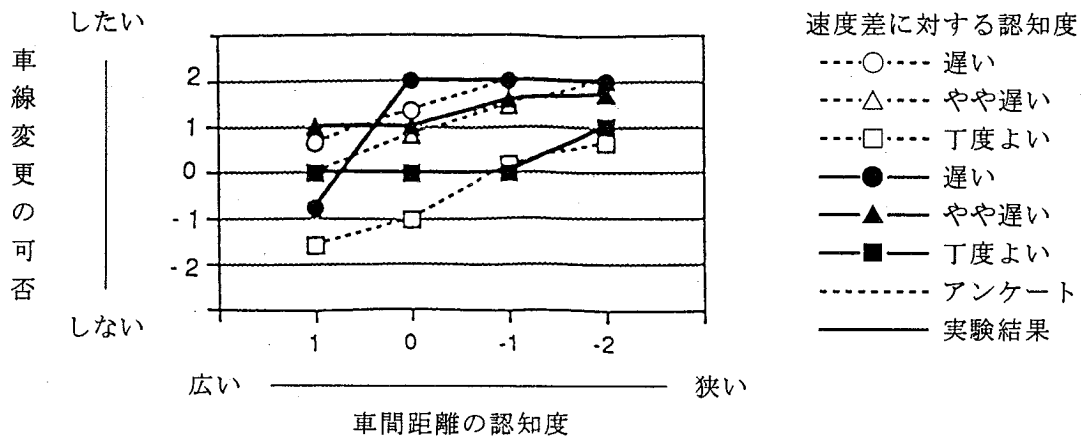


図9 被験者2の車線変更意志 (車2の速度40km/h)

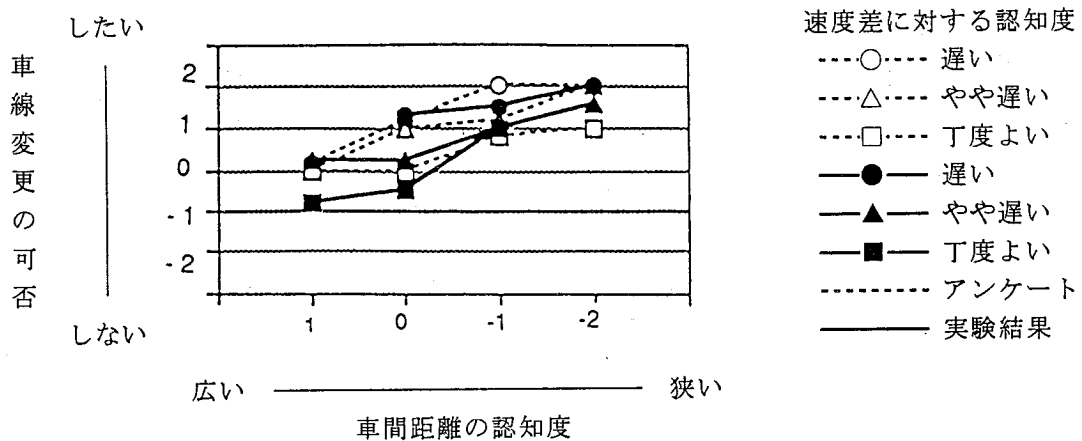


図10 被験者3の車線変更意志 (車2の速度50km/h)





同様なグラフとなっている。図11の a, b, c はそれぞれ被験者 1, 2, 3 の場合であり、車 2 が 50km/h のときである。

被験者 1 は走行実験の方が車線変更しにくいという意志が強く、被験者 2 はほぼアンケートと走行実験の意志が一致している。被験者 3 は車線変更可否の判断が車間距離、速度差の両方にほとんど影響されていない。前述した様に走行実験のときの道路の車の流れが全体的に速いということから、車 3 の速度が速ければ、車線変更しやすいという意志が強いといえることができる。

被験者によりかなり違いがみられる。

**(c) 車線変更判断要因の比較 (車 1 と車 4 の場合)**

車 2 が 40km/h, 50km/h, 60km/h の場合とも 3 つの車線変更意志とほぼ等しい。図12の a, b, c は、被験者 1 の前の車 2 が 40km/h, 被験者 2, 3 それぞれの前の車 2 が 50km/h のときを示しており、どの被験者も走行実験の方が車線変更しやすいという意志が強い。

3 人ともに速度差の言語レベルの違いは小さく、ほぼ車間距離情報のみで車線変更の可否を判断している。

**(3) 走行ルールの構築**

**(a) 車 1 と車 2 との関係の走行ルール**

走行実験では、車線変更の言語レベル「したい」、「したくない」のデータが多い。アンケートでたずねた車線変更の言語レベル「ややしたい」、「あまりしたくない」のデータは少ない。従って、「したい」傾向、「どちらでもよい」傾向、「したくない」傾向、の 3 段階 A, B, C に分けることを試みた。ここでは、アンケート調査と走行実験結果との比較に用いた平均値が 0.5 以上を A, -0.5 以上 0.5 未満を B, それ -0.5 以下を C とし、車線変更の言語レベルを 3 段階とした。

また、全体的にも、走行実験は、データ数が少なく、車線変更の認知の不自然

表 9 速度差に対する認知と車間距離に対する認知の関係  
(被験者 1 の例)

(a) 車 2 の速度 40km/h

車間距離 速度差	やや広い	丁度よい	やや狭い	狭い
遅い	—	A	A	A
やや遅い	—	A	A	A
丁度よい	B	B	A	A

(b) 車2の速度50km/h

車間距離 速度差	やや広い	丁度よい	やや狭い	狭い
遅い	—	A	A	A
やや遅い	B	A	A	A
丁度よい	B	B	A	A

(c) 車2の速度60km/h

車間距離 速度差	やや広い	丁度よい	やや狭い	狭い
遅い	—	—	A	A
やや遅い	B	A	A	A
丁度よい	C	B	A	A

な所がある。これをアンケート結果を参考にして修正する。修正した結果を使い車線変更ルールを構築する。

ルールはファジイ推論に基づき (IF・・・THEN) 形式で行う。被験者1, 車2の車線変更ルールを表9のa, b, cに示す。

**(b) 車1と車3との関係の走行ルール**

車2との関係と同様に、車間距離可否の言語レベルを「しやすい」, 「どちらともいえない」, 「しにくい」, の3段階a, b, cに分けることを試みた。

3人の被験者とも、車2の速度に対する意志の差が小さい。被験者1の車線変更ルールの車2が40km/h, 50km/hの場合を表10のa, bに示す。

**(c) 車1と車4との関係の走行ルール**

車3との関係と同様に、車線変更可否の言語レベルを3段階a, b, cに分ける。3人の被験者とも、車2の速度と速度差の言語レベルには差はなく、車間距

表10 車線変更ルール (被験者1の例)

(a) 車2の速度40km/h

車間距離 速度差	やや広い	丁度よい	やや狭い	狭い
丁度よい	—	—	—	—
やや速い	a	b	c	c
速い	a	b	c	c

(b) 車2の速度50km/h

車間距離 速度差	やや広い	丁度よい	やや狭い	狭い
遅い	—	—	b	c
やや遅い	a	b	c	c
丁度よい	a	b	c	—

表11 車線変更ルール

車間距離 速度差	やや広い	丁度よい	やや狭い	狭い
丁度よい	a	b	c	c
やや速い	a	a	c	c
速い	a	a	a	c

離だけで車線変更可否が判断されるという実験結果になった。

これより被験者1, 2, 3のそれぞれの車線変更ルールを表11に示す。

## 7 結語

本研究で得られた知見を以下に示す。

(1) アンケート調査によれば、ドライバーが車線変更する際、ウェイトを置いている情報はドライバー間で大きな差がみられる。調査結果をクラスター分析すると、車間距離情報にウェイトを置いている「車間距離重視型」、速度差情報にウェイトを置いている「速度差重視型」、車間距離情報と速度差情報の双方にウェイトを置いている「バランス型」の3つの型に分類できることが分かった。

(2) 走行実験での物理量の測定結果より、速度差については「遅い」から「速い」へ、車間距離については、「狭い」から「広い」へといったように言語レベルが上がるに従って、認知量のあいまい性も大きくなる。

次に、アンケート調査と走行実験を比較した結果を以下に示す。

(3) 前を走行している車2に対して、車線変更したいかどうかの意志を問うたアンケート及び走行実験による認知レベル双方の5段階評点は、ほぼ一致した。一方、車線変更しようとする時、隣車線の前方の車3およびその後方の車4の動きに対して、車線変更の可否を問うたアンケート調査及び走行実験による認知レ

ベル双方の5段階評点には、差がみられた。これは隣車線上の前方の車3、及び後方の車4に対しては、常に注意が払われているわけではなく瞬間的に可否判断をせざるを得ない点、アンケートによってイメージが抱きにくいという点などによるものと思われる。従って、アンケート調査の有効性は、自分の前を走行している車2に関する問いに対しては比較的高いが、対象とする車によってその有効性が異なる。また被験者によっても若干の違いが現れており、熟練者の方がより一致していることが分かった。

最後に、アンケート調査と走行実験の双方を考慮し、ドライバーの車線変更ルールを構築した。

(4) まず、自分の前を走行している車2に対して、速度差が大きいこと、車間距離が狭まることにより車線変更に対する意志が発生する。次に車線変更が可能かどうかを隣車線の車の流れから判断されている。すなわち、自分の前を走行している車に対する情報のウェイトは、速度差情報と車間距離情報の双方にバランスしている。また隣車線の前方の車を対象とした車線変更の可否判断においても、情報のウェイトは速度差と車間距離の双方にバランスしている。しかし、隣車線の後方の車4を対象とした車線変更の可否判断は、情報のウェイトが車間距離情報のみ置かれており、速度差情報は認知されていない場合が多い。以上より、車線変更においてドライバーは、情報を取捨選択するというプロセスを踏んでいると言える。

#### 参考文献

- (1) Nam Gung Moon, 門田博知, 今田寛典: 運転者のあいまい性を考慮した運転行動解析, 土木計画学研究・講演集, No. 14(1), 1991, pp. 359-366, 1991
- (2) 村田隆治: 自動車運転の車間距離認知, 交通工学, Vol. 22, No. 6, 1987, pp. 21-29
- (3) 廣田薫, 寺野寿郎: コンピュートローラー特集ファジィ制御, コロナ社, 1989, pp. 15-45

付録 アンケートの内容

制限速度50km/hの円滑に流れている多車線道路を運転しているとして以下の質問に回答してください。

I 前方を走る車2が速度40km/hくらいで走行しているとき

1 車1と車2の関係について聞きます。

質問1 車2の速度が「遅い」と感じるのはどのくらいの速度差があるときですか。下限値，中位の値，上限値の3つを幅をもって答えてください。

下限値          km/h      代表値          km/h      上限値          km/h

質問2 車2の速度が「やや遅い」，「丁度よい」，「やや速い」と感じるのはそれぞれどのくらいの速度差があるときですか。

やや遅い

下限値          km/h      代表値          km/h      上限値          km/h

丁度よい

下限値          km/h      代表値          km/h      上限値          km/h

やや速い

下限値          km/h      代表値          km/h      上限値          km/h

質問3 車2との車間距離と質問1で答えた速度差をイメージしながら車線変更の意志について下表の枠内にA，B，C，D，Eで答えてください。

車2 の速度 / 車間距離	広い	やや広い	丁度よい	やや狭い	狭い
遅い					
やや遅い					
丁度よい					
やや速い					
速い					

A：車線変更「したい」，B：「ややしたい」，C：「どちらともいえない」

D：「あまりしたくない」，E：「したくない」



2 車1と車3との関係

質問4 車3の速度が「遅い」, 「やや遅い」, 「丁度よい」, 「やや速い」, 「速い」と感じるのはそれぞれどのくらいの速度差があるときですか.

遅い

下限値          km/h      代表値          km/h      上限値          km/h

やや遅い

下限値          km/h      代表値          km/h      上限値          km/h

丁度よい

下限値          km/h      代表値          km/h      上限値          km/h

やや速い

下限値          km/h      代表値          km/h      上限値          km/h

速い

下限値          km/h      代表値          km/h      上限値          km/h

質問5 車3との車間距離と問3で答えた速度差をイメージしながら車線変更をすることを前提として下表の枠内に a, b, c, d, e で教えてください.

車2 の速度 \ 車間距離	広い	やや広い	丁度よい	やや狭い	狭い
遅い					
やや遅い					
丁度よい					
やや速い					
速い					

a : 車線変更を「しやすい」, b : 「ややしやすい」,

c : 「どちらともいえない」, d : 「ややしにくい」, e : 「できない」

3 車1と車4との関係

質問6 車4の速度が「遅い」, 「やや遅い」, 「丁度よい」, 「やや速い」, 「速い」と感じるのはそれぞれどのくらいの速度差があるときですか.

遅い

下限値          km/h      代表値          km/h      上限値          km/h

やや遅い

下限値          km/h      代表値          km/h      上限値          km/h

丁度よい

下限値          km/h      代表値          km/h      上限値          km/h

やや速い

下限値          km/h      代表値          km/h      上限値          km/h

速い

下限値          km/h      代表値          km/h      上限値          km/h

質問7 車4との車間距離と問3で答えた速度差をイメージしながら車線変更  
をすることを前提として下表の枠内に a, b, c, d, e で答えてくだ  
さい。

車2 の速度 / 車間距離	広い	やや広い	丁度よい	やや狭い	狭い
遅い					
やや遅い					
丁度よい					
やや速い					
速い					

a : 車線変更を「しやすい」, b : 「ややしやすい」,

c : 「どちらともいえない」, d : 「ややしにくい」, e : 「できない」

II 前方を走る車2が速度50km/hくらいで走行しているとき

III 前方を走る車2が速度60km/hくらいで走行しているとき

等の調査はIと全く同様であるので、省略する。

## まとめ

本研究は、ドライバーの視覚情報認知が運転行動に及ぼすメカニズムをアンケート調査、走行実験で明らかにするための基礎研究である。アンケート調査および走行実験ともにデータ数の少なさに問題があるが、新たに得られた知見も多い。以下それらを示す。

(1) 道路勾配の見誤り経験者は20~40%程度いる。

(2) ドライバーの視覚情報認知には交通特性、車線数や道路構造という外的な物理量が影響していることが分かった。

(3) ドライバーの視覚情報認知のあいまいさは自由流と渋滞流の境界35~40km/h付近で最も大きい。最大交通量を流す付近での交通量の乱れやばらつきは、物理的な影響のみならず、ドライバーの意識のあいまいさも大きな影響を及ぼしていることが示唆される。

(4) 車線変更時、ドライバーは、自分の前を走行している車に対する情報のウェイトは、速度差情報と車間距離情報の双方に、隣車線の前方の車に対する情報のウェイトは速度差と車間距離の双方にバランスしている。しかし、隣車線の後方の車に対する情報のウェイトが車間距離情報のみ置かれており、速度差情報は認知されにいていない。車線変更においてはドライバーは、情報を取捨選択するというプロセスを踏んでいると言える。

しかしながら、今後に残された問題も多い。主要かつ今後行う研究予定について示す。

(6) 走行実験は限られた条件の範囲の中でしか行うことができない。今後は、条件を大きく越えた走行実験を室内で再現できる実験システムの開発とその適用性を研究する予定である。

(7) 道路勾配の見誤りを防ぐ対策の検討を行う。たとえば、道路景観の操作によって見誤りを防ぐことの可能性について研究を行う。