

平成 10 年度研究調査報告書

# 人間の環境情報処理から見た交通事故多発地点の原因解析

## 報告書

平成 11 年 3 月

財団法人 国際交通安全学会

*International Association of Traffic and Safety Sciences*

## 研究組織

- プロジェクトリーダー 景山 一郎（日本大学生産工学部 教授）
- メンバー 佐藤 真実（財 国際交通安全学会 顧問）  
田久保宣晃（科学警察研究所交通部 主任研究官）  
鶴賀 孝廣（㈱ 本田技術研究所栃木研究所 チーフエンジニア）  
藤岡 健彦（東京大学大学院工学系研究科 助教授）  
三浦 利章（大阪大学人間科学部 教授）
- 研究協力者 荒井 章好（日本大学大学院生産工学研究科）\*  
木村 貴彦（大阪大学大学院人間科学研究科）  
栗谷川幸代（日本大学大学院生産工学研究科）  
篠原 一光（大阪大学人間科学部 助手）  
白野 康之（東京大学大学院工学系研究科）  
松下 暁文（東京大学大学院工学系研究科）  
宮岸 俊一（日本大学大学院生産工学研究科）
- 事務局 奈良坂 伸（財 国際交通安全学会）  
今泉 浩子（財 国際交通安全学会）

\*：所属は平成10年3月現在

### 執筆担当

- 第1章 1-1：景山  
          1-2：田久保  
第2章 2-1：景山  
          2-2：三浦  
          2-3：景山  
第3章：藤岡  
第4章：景山

# 目 次

第 1 章	はじめに .....	1
1 - 1	研究の目的 .....	1
1 - 2	研究の背景 .....	2
第 2 章	走行実験 .....	9
2 - 1	ドライバモデルを用いた情報処理解析 .....	9
2 - 2	カーブ走行時の注視行動の特徴と問題点 - 眼球運動実験より ...	23
2 - 3	まとめ .....	58
第 3 章	ドライビングシミュレータによる事故要因推定 .....	59
第 4 章	結論 .....	73

# 第1章 はじめに

## 1-1 研究の目的

自動車を含めた交通システムの目的からすると、安全に早く快適に移動できることが重要であり、また近年ではできるだけ少ないエネルギーを用いてという条件が加えられることとなる。質の高い交通システムは、特に安全性が非常に高いことが要求されるが、近年交通事故による年間の死者数が約1万人前後で推移している。この値は、自動車の増加率を考え合わせると、相対的に死者数が減少したと考えることもできるが、死傷者数で見ると増加しており、また犠牲者の絶対数から考えても交通安全に関する抜本的な対策を取る必要がある。交通事故による犠牲者を減らすだけの目的からは、制限速度の減少、交通規制による総量の減少等が効果的と考えられるが、この点のみに注意を払いすぎると、本来の交通システムの目的が度外視されることとなる。そこで、車両単体としては、受動的および能動的な安全付加装置の開発普及が検討され、また、交通システムとしては、ドライバに対する各種交通情報システムの普及ならびに交通管制システムの検討等、種々の面からの検討が行われている。

他方、交通事故の大半は操縦者の判断や操作ミスによるところが多いと言われており、人間工学的な検討、特にヒューマンインタフェースに対する検討が過去数々行われている。これは原子力発電所における事故や航空機における事故において、ヒューマンインタフェースへの重要性が認識され、自動車を含め、他の分野においてもそのような問題点が注目されたためと考えられる。このような検討は主に操作ミスの低減にはつながるが、操縦に関わる本質的な判断ミスに対しては、十分な対策になり得ないものと考えられる。この理由としては、操縦者がどのような情報を用いて操縦しているのか、その操縦アルゴリズムはどのようなものであるのか等々を明らかにし、その中に誤認識を与える情報が含まれていないか、また事故に関係の深い情報は何かを明らかにして、初めてそのような判断ミスを減らせる提言ができるものと考えられるからである。しかし、これまでの事故解析が、必ずしもそのような観点から行われているわけではなく、またこのような解析に用いる手法が確立されている訳でもない。そこで、このような解析の第一段階として、操縦者の判断や操作アルゴリズムを明らかにするための解析ツールを獲得する必要がある。

本研究ではこのような観点に立ち、どのような事故例について検討を行うべきか、またどのような手法でそれらを明らかにできる可能性があるのか等々について、人間の視覚情報に関する検討、人間の情報処理パターンに対する検討、および将来この関連の研究に対するドライビングシミュレータ使用の可能性についての検討を行うこととする。

## 1-2 研究の背景

前述のように、交通事故防止のためには、事故要因の多くを占めるヒューマンエラーを検討する必要がある。しかしながら、実際の事故の発生過程は複雑かつ多種多様であるため、事故時のドライバの行動や事故要因の分析を体系だった手法で行うことは難しい。そのため、当事者の証言や現場の様子から事故状況を推定することが多く行われてきたが、事故が複雑化するとその推定も困難となる。したがって本研究では、第一に、あまり複雑でない事故におけるドライバの運転行動について検討することとした。これにより基礎的な解析手法が得られたなら、さらに複雑な事故形態に応用することが可能になると思われる。

表1-2-1に示す形態別の交通事故発生状況でもわかるように、交通事故は一般に、車両が歩行者と衝突する人対車両事故、複数の車両が衝突する車両相互事故、一台の車両が事故を起こす車両単独事故に分類されている。このうち、前2者は、横断歩行者との事故、交差点での右直事故や出合頭事故などの事故であり、当事者相互の行動や、交差道路等の交通環境によって事故要因が複雑化する傾向がある。これに対し、後者の車両単独事故は、一人の運転者の行動のみが事故要因となる事が多い。従って、車両単独事故は運転者のヒューマンエラーに対する基本的な分析手法の検討に適しているといえる。しかしながら、車両単独事故の中でも市街地での事故などでは、運転者の脇見など推定しにくい要因が多く存在する。反対に、高速道路や非市街地の単路では、道路交通環境が非常に単純化されており、特にカーブ区間での車両単独事故は、道路線形等の交通環境とドライバの行動との関係についてより明確に検討することができる。

これらの理由から、本研究では、まず、単路のカーブ区間における車両単独事故（およびこれに準ずる対向車線へのはみ出しによる正面衝突事故など）を検討の対象とした。

表1-2-1 事故形態別の事故件数（平成9年中）

	人対車両	車 両 相 互					車両単独	その他	合 計
		正面衝突	追 突	出合頭	右 折	小 計			
死傷事故 (構成率)	78,434 10%	32,384 4%	218,162 28%	212,168 27%	78,091 10%	658,025 84%	43,797 6%	143 0%	780,399 100%
死亡事故 (構成率)	2,564 28%	1,170 13%	480 5%	1,532 17%	465 5%	4,324 47%	2,275 25%	57 1%	9,220 100%

交通工学の分野でも、従来からカーブ区間における事故率は直線区間に比較して高いとされている。表1-2-2の発生日点別の交通事故発生状況に見られるように、カーブ区間は直線に比較してそもそも延長距離が少ないこと、また郊外に多いため、その交通量も比較的少ないことを反映して、カーブでの事故は全体の5%となっている。しかしながら、死亡事故での構成率が18%と高くなること、その結果の死亡事故率の高さから、カーブでの事故は傷害が重くなりやすいことなど、交通事故対策の面からカーブでの事故は重要である。

表 1-2-2 発生地点別の事故件数（平成 9 年中）

	交差点	交差点付近	交差点以外の場所		その他	合計
			カーブ	直線		
死傷事故 (構成率)	387,566 49.7%	69,895 9.0%	38,636 5.0%	268,798 34.4%	15,504 2.0%	780,399 100.0%
死亡事故 (構成率)	3,462 37.5%	732 7.9%	1,679 18.2%	3,116 33.8%	231 2.5%	9,220 100.0%
死亡事故率 (死亡事故÷死傷事故)	0.89%	1.05%	4.35%	1.16%	1.49%	1.18%

さらに、発生地点別の事故形態の特徴を表 1-2-3 に示す。交差点では出合頭、交差点付近では追突など、各地点の交通状況の影響を受けた結果がみられている。カーブでは、正面衝突および単独事故が各々30%以上の高い割合を占めるといふ、顕著な特徴がみられる。このうち、正面衝突事故については、一方の車両が安定走行状態を外れ、対向車線に進入してしまった結果であると思われ、基本的な事故の端緒は単独事故と類似したものとなる。これらの事故は、他の地点における車両相互事故（例えば出合頭）のように、他の交通に対する認知、判断のエラーとは異なり、ドライバの道路環境に対する認知判断のエラーや運転者の操作エラーの傾向が大きい。

表 1-2-3 発生地点別、事故形態別の死傷事故件数（平成 9 年中）

	交 差 点		交差点付近		カ ー ブ		直 線	
歩 行 者	33,023	9%	5,909	8%	1,961	5%	34,124	13%
正 面 衝 突	4,974	1%	1,911	3%	13,423	35%	11,295	4%
追 突	44,469	11%	45,665	65%	4,273	11%	118,880	44%
出 合 頭	193,341	50%	2,370	3%	610	2%	14,944	6%
他の車両相互	105,096	27%	11,655	17%	6,153	16%	68,606	26%
単 独 事 故	6,663	2%	2,385	3%	12,216	32%	20,949	8%
合 計	387,566	100%	69,895	100%	38,636	100%	268,798	100%

参考に、カーブでの事故の全国の事故統計によるマクロ的な特徴を以下に列挙する（表 1-2-4～表 1-2-7）。

- ・ 右カーブよりも左カーブでの事故が多い（死傷事故で右17,779件、左20,857件）。
- ・ 直線に比較して週末の事故が多い（死傷事故で直線の週末27%、カーブ32%）。
- ・ 直線に比較して死傷事故では乾燥路面の割合が低いが（直線83%、カーブ70%）、死亡事故では同程度となる（両者とも77%）。
- ・ 直線に比較して、二輪車の割合が高い（死傷事故で直線7.5%、カーブ14.6%）。

表 1-2-4 カーブ方向別の事故件数（平成 9 年中）

	右カーブ	左カーブ	合計
死傷事故 (構成率)	17,779 46.0%	20,857 54.0%	38,636 100.0%
死亡事故 (構成率)	796 47.4%	883 52.6%	1,679 100.0%

表 1-2-5 発生地点別、曜日別の事故件数（平成9年中）

		月	火	水	木	金	土	日	合計
死傷事故	カーブ (構成率)	5,314 13.8%	5,043 13.1%	5,449 14.1%	5,074 13.1%	5,352 13.9%	6,202 16.1%	6,202 16.1%	38,636 100.0%
	直線単路 (構成率)	39,469 14.7%	37,663 14.0%	38,858 14.5%	37,943 14.1%	41,072 15.3%	39,926 14.9%	33,867 12.6%	268,798 100.0%
死亡事故	カーブ (構成率)	226 13.5%	181 10.8%	232 13.8%	216 12.9%	236 14.1%	276 16.4%	312 18.6%	1,679 100.0%
	直線単路 (構成率)	436 14.0%	403 12.9%	452 14.5%	383 12.3%	446 14.3%	474 15.2%	522 16.8%	3,116 100.0%

表 1-2-6 発生地点別、路面状態別の事故件数（平成9年中）

		乾燥	湿潤	凍結積雪	その他	合計
死傷事故	カーブ (構成率)	27,212 70.4%	8,584 22.2%	2,687 7.0%	153 0.4%	38,636 100.0%
	直線単路 (構成率)	223,539 83.2%	38,519 14.3%	6,332 2.4%	408 0.2%	268,798 100.0%
死亡事故	カーブ (構成率)	1,291 76.9%	321 19.1%	58 3.5%	9 0.5%	1,679 100.0%
	直線単路 (構成率)	2,414 77.5%	611 19.6%	85 2.7%	6 0.2%	3,116 100.0%

表 1-2-7 発生地点別、車種別の事故件数（平成9年中）

		乗用車	貨物車	自二輪	原付	その他	合計
死傷事故	カーブ (構成率)	23,237 60.1%	8,831 22.9%	2,653 6.9%	2,977 7.7%	938 2.4%	38,636 100.0%
	直線単路 (構成率)	174,131 64.8%	63,932 23.8%	6,002 2.2%	14,032 5.2%	10,701 4.0%	268,798 100.0%
死亡事故	カーブ (構成率)	953 56.8%	450 26.8%	189 11.3%	66 3.9%	21 1.3%	1,679 100.0%
	直線単路 (構成率)	1,647 52.9%	916 29.4%	160 5.1%	164 5.3%	229 7.3%	3,116 100.0%

さらに運転者のエラーについてより詳細に知るため、カーブの連続する区間の一例として、日本平パークウェイでの事故事例を収集し、その事故内容について検討した。

事故例は静岡市側の7.5kmの区間において平成元年前後に発生した35件である。この路線は、静岡県静岡市から清水市に至る観光用の山岳道路で、交差道路がほとんどないため、出合頭のような事故は稀で、単独事故や正面衝突事故が多くを占める（収集事例では単独11件、正面衝突21件、追越時事故3件）。また、左カーブでの事故例が非常に多く、マクロ的な傾向をより顕著にした結果が見られる（追越時を除いて左26件、右6件）。

これらの事故の発生地点およびその進行方向をみると、特定のカーブの特定の方向に事故が集中しているという、いわゆる事故多発カーブが存在することがわかる（図1-2-1）。

また、図1-2-2～図1-2-4に3つの事故例を示す。これらの事故例では、速度超過が主原因であるが、その背景として、運転者の未熟や、線形の判断ミスがあることが推定される。

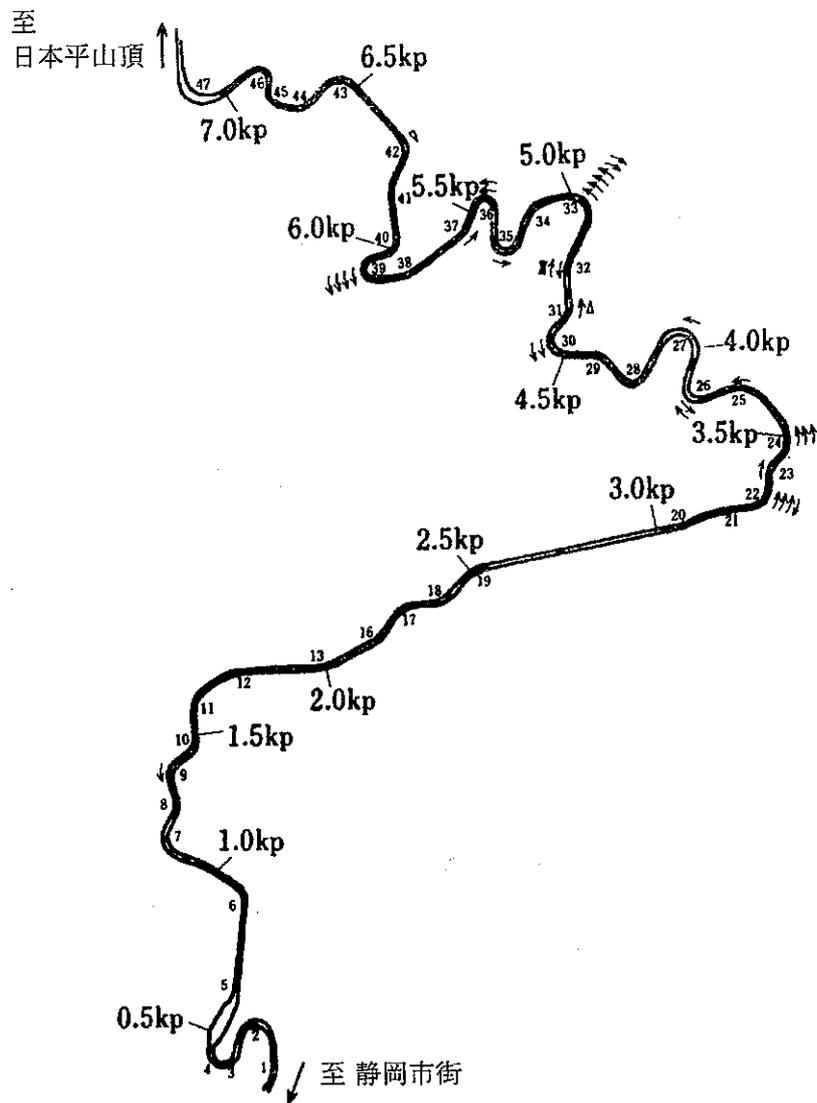


図1-2-1 日本平パークウェイの事故発生状況（平成元年前後の35件）

- ↑：単独事故、追越以外の正面衝突事故発生地点
- △：追越時の正面衝突事故発生地点
- （各々の方向は進行方向を示す。）

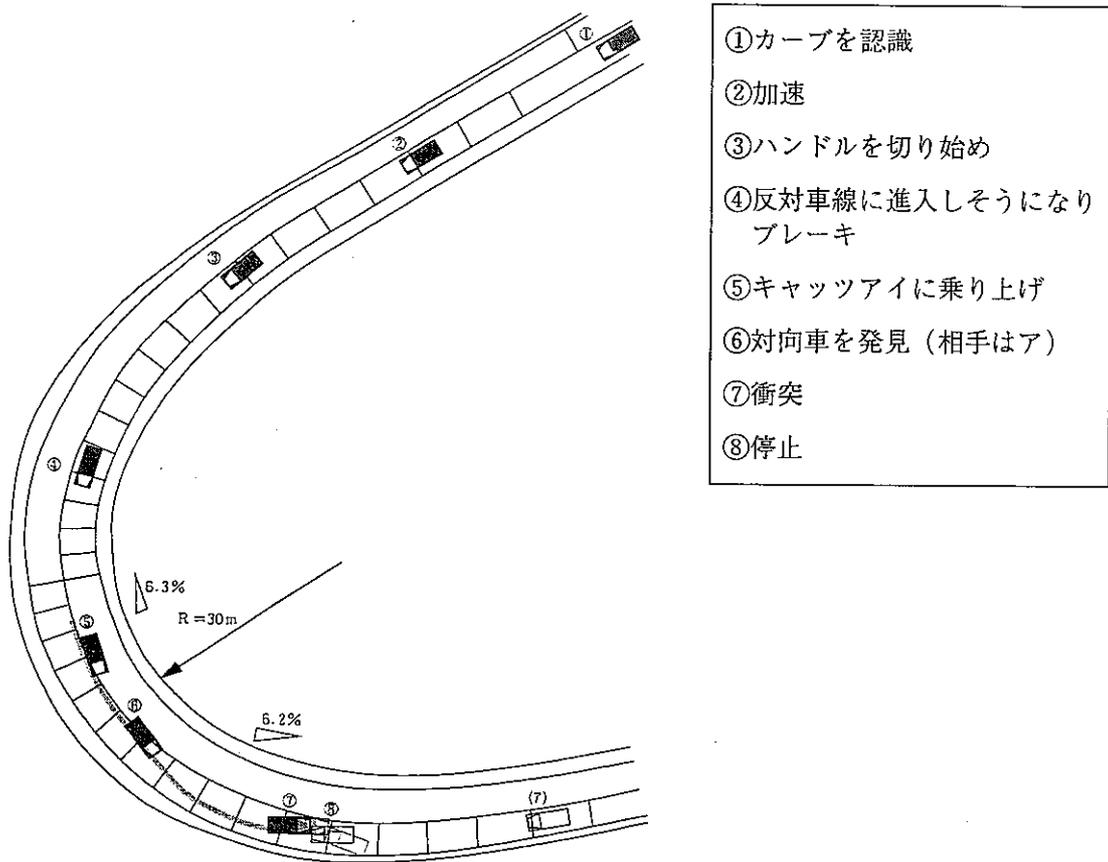


図 1-2-2 事故例 1 (速度超過で対向車線に進入した正面衝突事故例)

### 事故例 1

この事故例では、運転者はカーブの手前で減速し、その後カーブの前半で再び加速したところ、対向車線にはみ出しそうになったため、カーブの途中でブレーキを踏んでいる。その結果、中央部の道路鋸に乗り上げ、その直後に対向車を発見し急ブレーキをかけたところタイヤがロックし、スリップしながら対向車と衝突した(図1-2-2)。

カーブの半径に適した速度を超過していることが直接の事故原因と推定されるが、カーブの進入時に加減速を繰り返していることから、その段階では速度をコントロールする余裕が十分にあったことが伺える。運転者は正しく線形を認識していたがそれに適する速度に調節できなかった場合と、運転者が正しく線形を認識していなかった場合の両者の可能性がある。

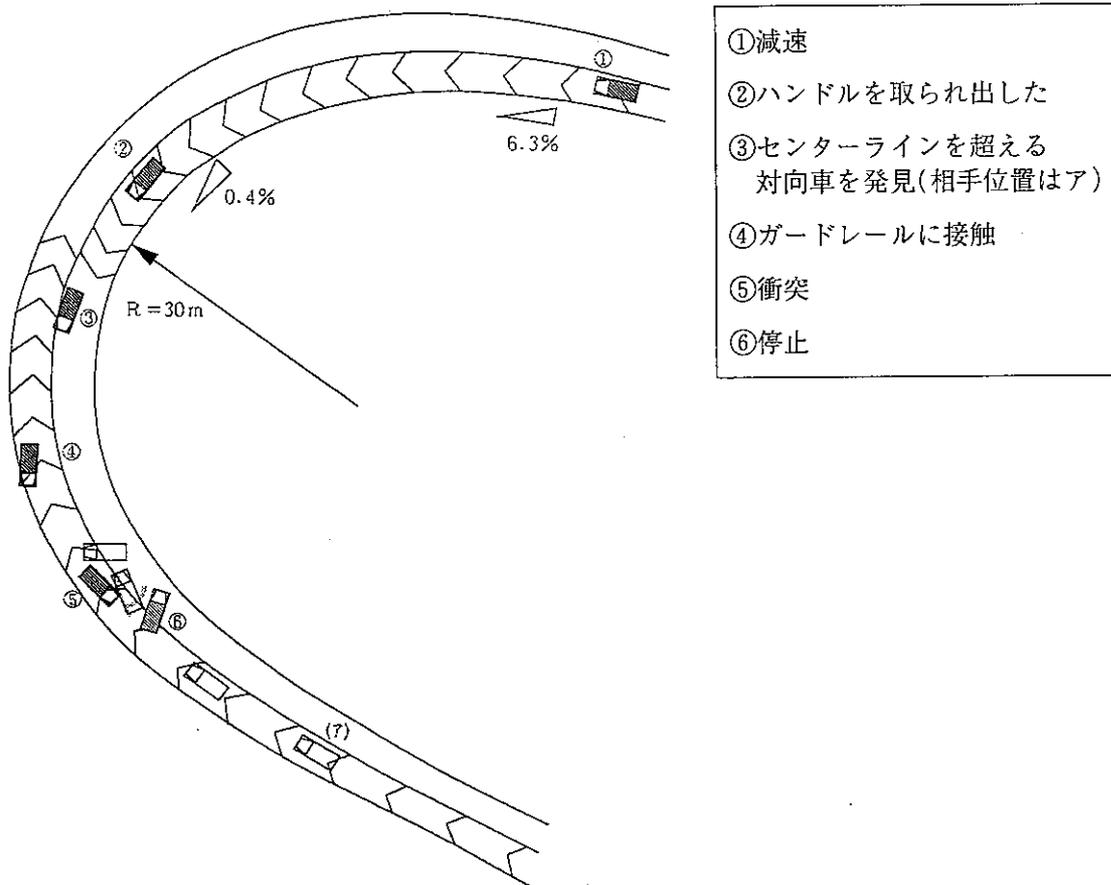
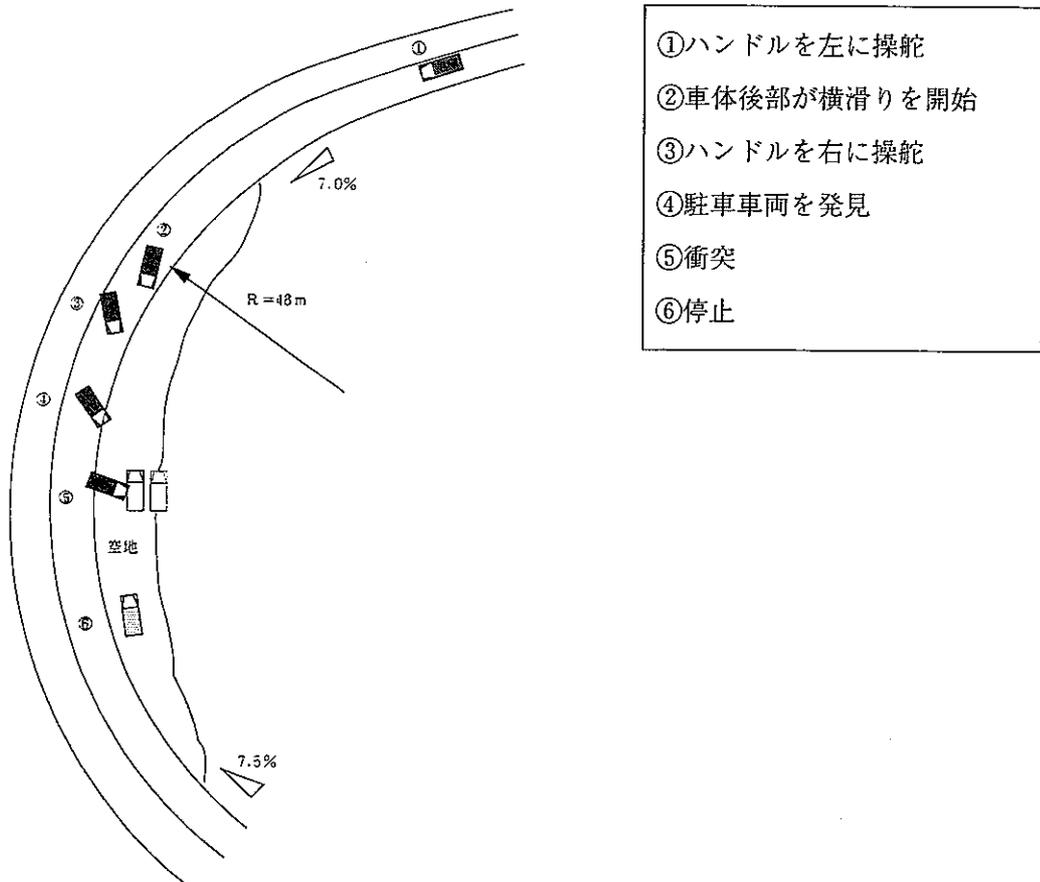


図1-2-3 事故例2 (ハンドルを取られて対向車線に進入した正面衝突事故例)

### 事故例2

運転者はカーブの手前で減速し、そのままカーブに進入しているが、カーブ中央でハンドルを取られ、操舵不能となった。そのまま対向車線に進入し、ガードレールに接触して跳ね返った後、接近してきた対向車と正面衝突した。ブレーキでの事故回避は行われていない(図1-2-3)。

この事故例でも、速度の超過が直接の事故原因と推定される。運転者の証言の「ハンドルをとられた」ことが、横滑りなどタイヤのどのような状態を意味するかは不明だが、操舵回避が不能な状態であったものと思われる(路面は乾燥状態)。



- ①ハンドルを左に操舵
- ②車体後部が横滑りを開始
- ③ハンドルを右に操舵
- ④駐車車両を発見
- ⑤衝突
- ⑥停止

図1-2-4 事故例3 (後輪が横滑りしてカーブ内側に入り込んだ事故例)

### 事故例3

この事例では、カーブの中央付近で、「後輪が横滑りして車体がカーブ内側を向いた」ことから、車体を立て直すためのハンドル操作（いわゆるカウンターを当てる）をしたが、そのままカーブ内側に入り込んで事故になっている（図1-2-4）。最終的には路外の駐車車両に衝突しているが、基本的には単独事故であり（車両の駆動方式はFR）、他の事例と同様に道路線形と速度のミスマッチが事故要因となっている。

以上、事故の傾向および事故例を検討した結果、カーブでの事故には、直線部や交差点部と異なる特徴が見られること、そしてその事故要因としては、単独事故のように運転者自身の道路環境に対する認知や判断のエラー、および操作ミスの影響が大きいことが確認できる。カーブ事故や単独事故の危険性（死亡事故などの重大事故になりやすい）からも、これらへの対策を検討する必要性が高い。

### ● 参考文献 ●

- (財)交通事故総合分析センター 交通統計、交通事故統計年報など
- 田久保・小島 1991 道路線形と交通事故の関連性について1.カーブにおける事故の特性 科学警察研究所報告交通編, 32巻2号.

## 第2章 走行実験

### 2-1 ドライバモデルを用いた情報処理解析

#### 2-1-1 概要

本研究では、カーブにおける事故が、他の場所における事故形態と異なり、死傷者数に占める死者数の比率が非常に高い点に注目して、このようなコースにおけるドライバーの情報処理の観点から解析を行う。特に、同様なコース形状が連続するような道路環境において、ある特定のカーブに事故が集中して発生しているという事故調査が報告されている。このような道路環境では、ドライバーの環境認識を誤らせる要因があると考えられ、このような道路環境におけるドライバーの制御動作を解析することにより、交通事故要因を解明できる可能性がある。そこで本研究では、前述の事故調査においてほぼ同様な道路形状および周辺環境を持つ事故発生の少ないカーブと事故の多発しているカーブ（図2-1-1）について実車実験を行い、この結果よりニューラルネットワークシステム（以後NNSと記す）を用いてドライバーモデルを構築し、ドライバーの環境認識を含む操縦動作を解析する。次に、構築したモデルに対し因子解析を行い、結果の違いから事故要因についての検討を行う。

対象とするコースは、前述の事故調査で示されている静岡県にある日本平パークウェイであり、片側1車線の対面通行の道路である。図において上側が山麓方向、下側が山頂方向を示している。また、図中の矢印は、矢印が指す進行方向での昭和62年から平成元年上

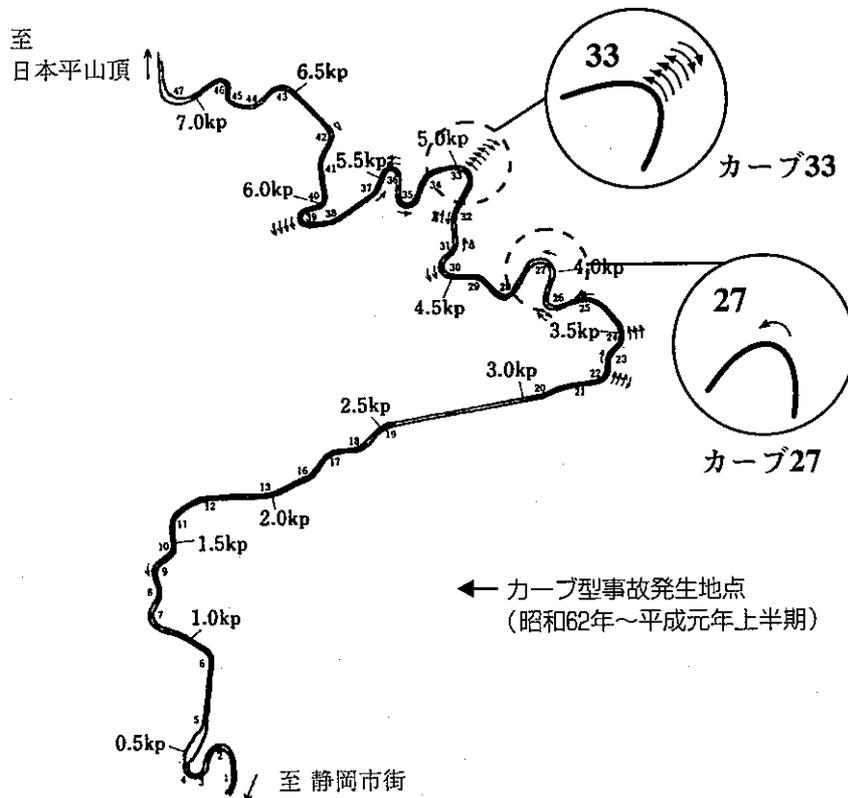


図2-1-1 日本平パークウェイ

半期までに発生し警察に届けられた人身事故の件数を示している。本研究では、この47個のカーブのうち、ほぼ同様な道路形状および周辺環境を持つ事故発生が少ないカーブと事故の多発しているカーブに対して実車実験を行い、ドライバの制御動作、車両の状態量、走行軌跡を計測した。事故発生が少ないカーブとしては、カーブNo. 27 (カーブ27)、事故の多発しているカーブとしては、カーブNo. 33 (カーブ33) を対象コースとした。

### 2-1-2 ドライバの操縦動作に関する検討

上記2コース走行時のドライバの情報処理の違いについて検討するために、まずドライバの運転動作に注目する。本報告では、特に手法確立の観点から被験者2名の結果に限定した。この2名は年齢20歳台(MG)、30歳台(NM)の男性で(p. 23参照)、実験車は国産2,200ccの普通乗用車を使用した。また、被験者MGはこのコースを過去2年間の間に数回同様な走行実験の経験があり、被験者NMはこのコースの走行経験が無い。

図2-1-2は、この2名の被験者がこの2つのコースを数回走行した場合のブレーキ操作の結果(ブレーキ踏力)をコース位置に対して示したものである。図中のカーブ27が

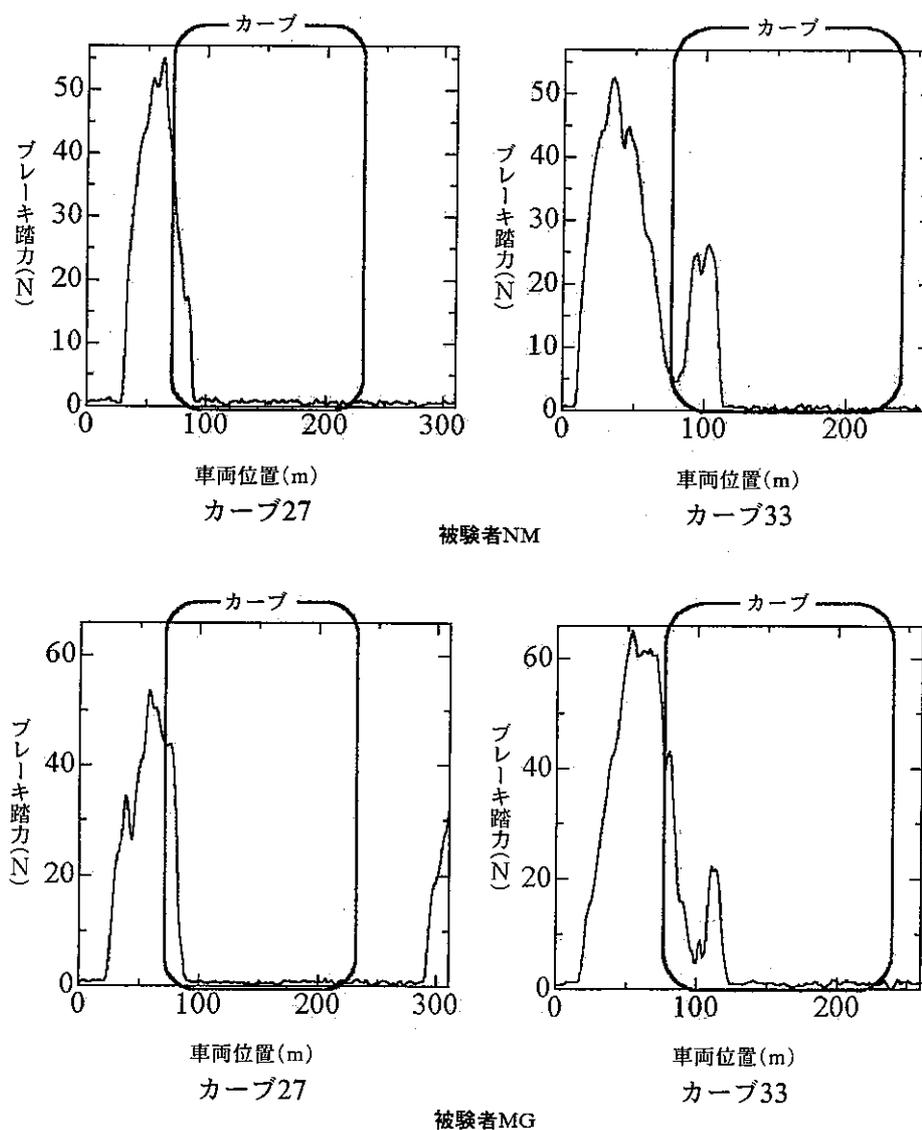


図2-1-2 ブレーキ踏力

事故の少ないカーブであり、カーブ33が事故多発カーブである。カーブ27において、2名のドライバはカーブ入り口手前からブレーキを操作し、ブレーキ踏力の最大値がほぼカーブに入る直前となっており、カーブ入り口付近で十分な減速が行われ、以後ブレーキ操作を行っていない。しかしカーブ33では、入り口付近までの操作はほぼ同様な立ち上がりをしており、若干操作量が大きくなっている程度である。しかしカーブに入ってから一度減少を始めた踏力は、その後再度踏力を増加させていることがわかる。このため、カーブ前半部までブレーキ操作が続いており、ドライバがカーブ進入時に考えていたブレーキ操作と、カーブに入ってから必要なブレーキ操作との間に相違があることが想像される。

これらの関係から、単にコース手前で速度が出過ぎているというような原因ではなく、ドライバが操縦するための情報処理の過程で、誤認識を与える何らかの原因があるものと考えられる。

同様に、このような走行時のドライバの心負担について検討を行うことにする。人間の心負担推定または計測の手法は数々提案されているが、未だ確立しているわけではない。そこで、このような解析として、そのメカニズムがかなり明らかにされている心拍変動について考えることにする。図2-1-3は心電図であるが、この電位は心臓の活動サイクルに応じて変動し、主にP、Q、R、S、T、Uと名付けられたピーク波が観測される。この中でPが活動の初めに現れる波形であるが、比較的小さいため、通常最大ピークとなるR波の間隔(RRI)を用いて解析が行われる。このRRIを縦軸に取り、横軸に時間または拍数を取ると、同じ負担状況であってもこの値は大きく変動する。この不整脈は誰でもが持っているものであるが、これらを周波数解析すると、大きく3つのピークが現れる。低い側から体温調節に関わる変動、血圧に関わる変動、および呼吸に関わる変動である。この中で主に血圧性変動に関わる0.1Hz前後の値をLF、呼吸性変動に関わる0.3Hz前後の値をHFと呼ぶ。また、このLFが主に交感神経と副交感神経の、またHFが主に副交感神経の影響を反映していると言われている。一般的に、自動車の操縦などでは、このLFは心負担の増加に伴いその値を増加させ、またHFは逆に減少する。しかしこれらは周波数領域における結果であるため、カーブ等の位置との対応を取ることができない。しかし、バンドパスフィルタ等を用いることにより、この2つの指標を時系列的に評価に用

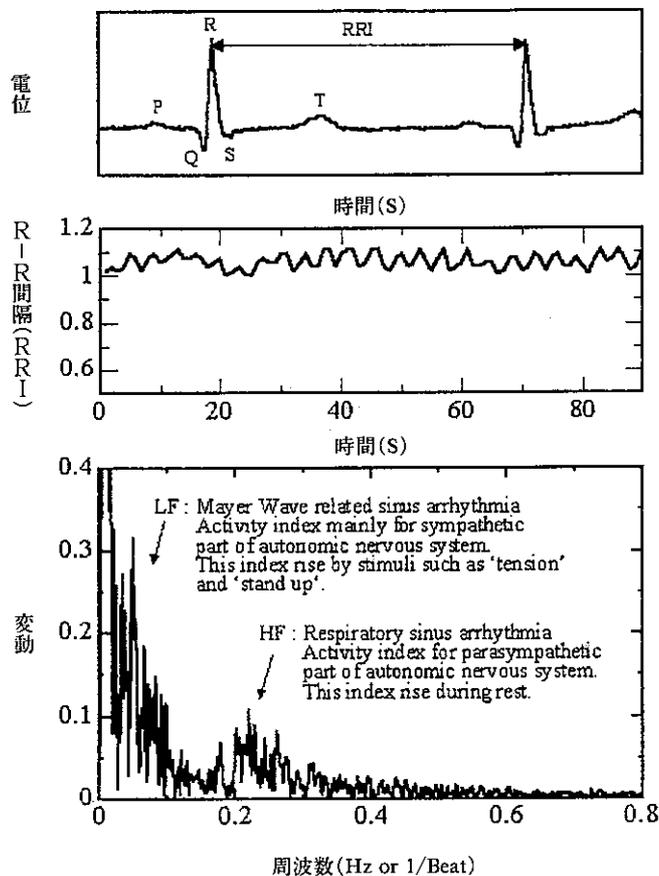


図2-1-3 心拍変動

いるという手法が検討されている。本研究では、移動平均を用いてハイパスフィルタやバンドパスフィルタを構成するRRV法を使用して、コース位置に対する上記2領域の変動について検討を行う。

RRV法ではRRV3（3拍の移動平均を用いるもの）およびRRV9（9拍と3拍の移動平均からバンドパスフィルタを構成するもの）を使用するが、前者が主にHFを、また後者が主にLFを表すことになる。そこで、自動車運転時ではRRV3は心負担の増加に伴い減少し、RRV9は逆に増加することになる。

図2-1-4は、1被験者のこのコース走行時のRRVの解析結果を示しており、事故多発地点であるカーブ33の方が事故の少ないカーブに比べ緊張度が増加していることがわかる。

これらブレーキ踏力ならびに心負担解析の結果から、カーブ33においてドライバーに誤認識を与える、または精神的な負担を与える要因が存在する可能性が示唆されたものと考えられる。

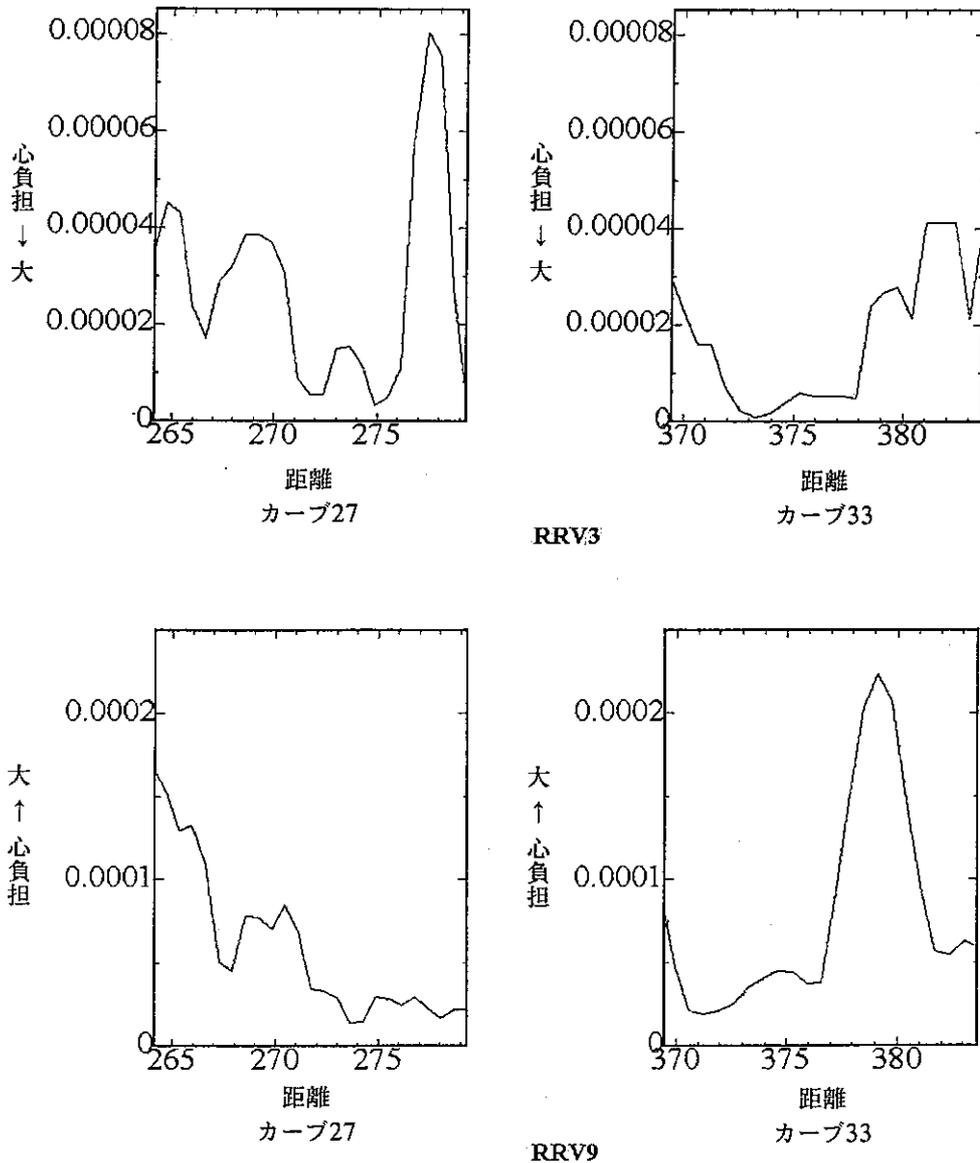


図2-1-4 RRV解析結果

### 2-1-3 ドライバモデル構築

前節において、ドライバの情報処理過程の解析の必要性が認められた。そこで、本節では、ドライバの情報処理に関する解析を行うことにする。

通常ドライバが行っている情報処理を解析することは非常に困難である。そこで、本研究では、ドライバの操縦動作を表現する多入力、多出力系のドライバモデルの構築を行う。次に、このドライバモデルを用いることにより、情報処理過程に関する解析を行うことにする。

#### (1) モデルの構成

モデル化に当たり、ドライバが通常行う操縦動作を含めた信号の流れを考えると、図2-1-5に示すブロック線図で示されるものと考えられる。この図に示されるように、ドライバは環境認識を行い、その結果から希望進路の決定を行う。次に、この決定されたコースに追従すべく車両制御を行っているものと考えられる。そこで、図中の枠部分部分をドライバモデルとして構築する。このようなドライバの運転動作には、複雑な入出力関係と強い非線形性を含んでいる。そこで本研究では、このような複雑な入出力関係と強い非線形性を含むドライバの運転動作を表現するため、このようなシステムの同定に最適なNNSを用いてモデル化を行う。NNSを用いてモデルを構築する際、そのシステムの入出力情報を選定しなければならない。そこでまず、モデルの入出力情報について検討を行う。

本モデルでは、加減速を含めた運動を考慮するため、ドライバが車両に与える入力として、ハンドルトルク、アクセル開度、ブレーキ踏力の3要素とした。

ドライバへの入力としては、車両の状態量、周辺の道路環境情報の2つが考えられる。そこで、車両の状態量としてヨー方向、ロール方向、ピッチ方向、前後方向ならびに横方向運動を考え、ハンドル系の運動も考慮し計17項目とした。また、これら車両の状態量に対し、ドライバの制御動作は遅れを有していることが考えられる。そこで、各々の車両の状態量に関して人間の反応遅れを考慮して、0、0.2、0.4、0.6秒前の情報を用い、計68入力とした。

次に、コースおよび運動の変化に対するドライバの制御動作を解析できるドライバモデルを構築するため、制御動作を事前に規定することなく環境情報を表現する必要がある。

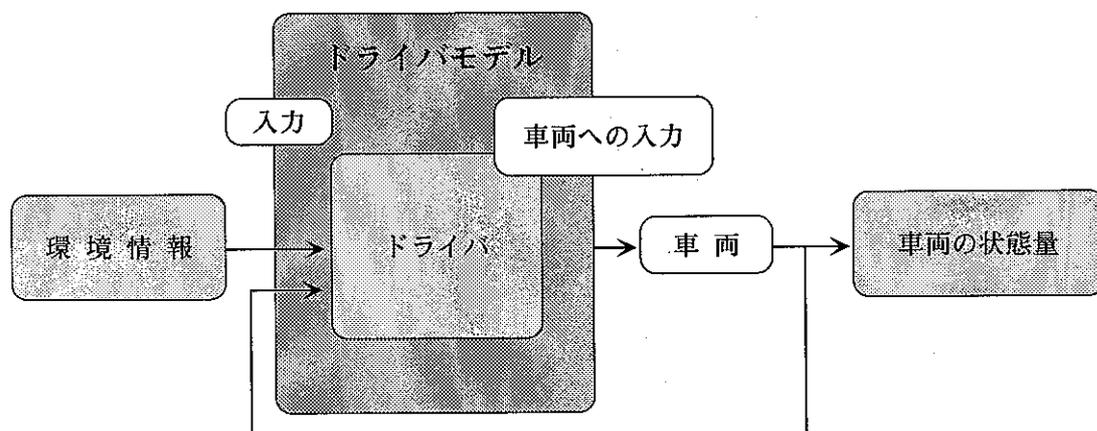


図2-1-5 人間—自動車—環境系

る。そこで、図2-1-6に示すレーダサイトによる距離と角度情報を道路環境情報とした。これは、車両の進行方向に対し正負の角度を持った車両の重心点を基準にした複数の視線を考え、これと路肩およびセンターラインまでの距離を距離情報、そのときの交差角を角度情報として道路環境を表現するものである。ここでは、道路環境を十分に表現するため進行方向を0度とし、左右に5、10、20、30、60、90度方向とした13項目の距離と角度情報を用い、計26入力とした。この距離情報とは、ドライバが周りの位置関係（道路形状等を含め）と自車の走行位置を認識するのに使用する情報

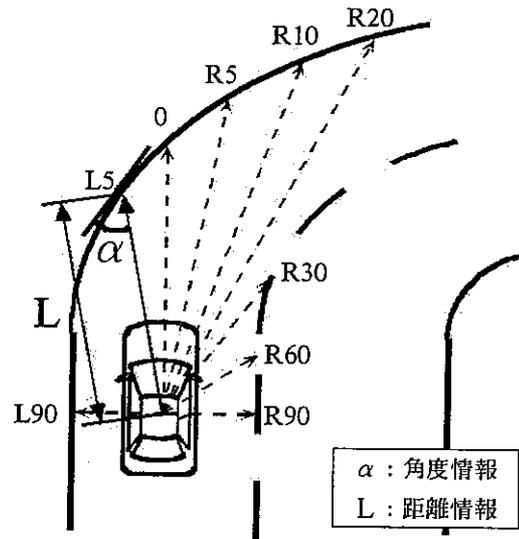


図2-1-6 レーダサイト形式の環境情報

と考えられ、角度情報は、視界の先（特に見えない部分）の道路形状等を予測するのに使用する情報と考えられる。

これらの入出力情報を考慮したドライバモデルの概念図を図2-1-7に示す。なお、本モデルで使用したNNSは、3層構造のもので入力層94、中間層30、出力層3とし、各カーブに対して誤差逆伝搬法により学習を行った。

(2) 実験概要

NNSでモデルを構築する際、学習データとしてそのシステムの入力と出力のデータセットが必要となる。そこで、前述の事故調査で示されている道路区間において、静岡市側から山頂へ向かうコース全体について前述の2名の被験者に走行してもらい、その一連のデータからこれら2つのカーブの実験結果を抽出した。なお、レーダサイトで用いる距離情報および角度情報は、車両の応答から算出した走行軌跡と姿勢角および地図情報を用いて算出した。

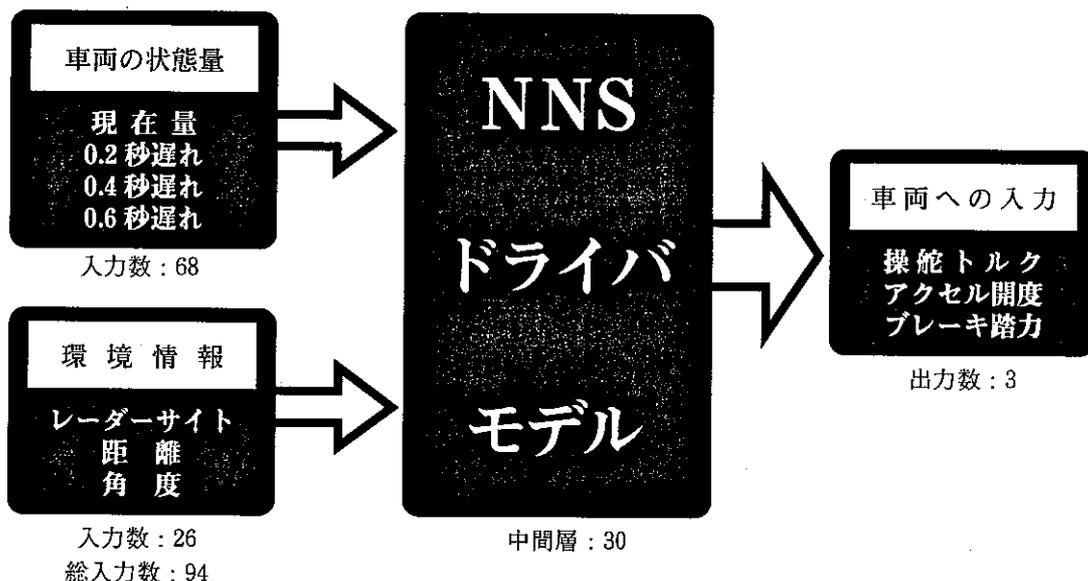


図2-1-7 モデルの基本構成図

## 2-1-4 モデルの検証

本モデルは、ドライバが行った操縦動作を再現することを目的とするため、学習に用いた実験結果をどの程度表し得るのかについて検証を行う必要がある。そこで、図2-1-8にドライバの応答であるカーブ27およびカーブ33のハンドルトルク、アクセル開度、ブレーキ踏力の実験結果とモデルを用いた計算結果を示す。これらの図より、ドライバの応答について実験結果と計算結果は非常によく一致しており、本モデルがドライバの制御動作を十分に表現できているものと考えられる。

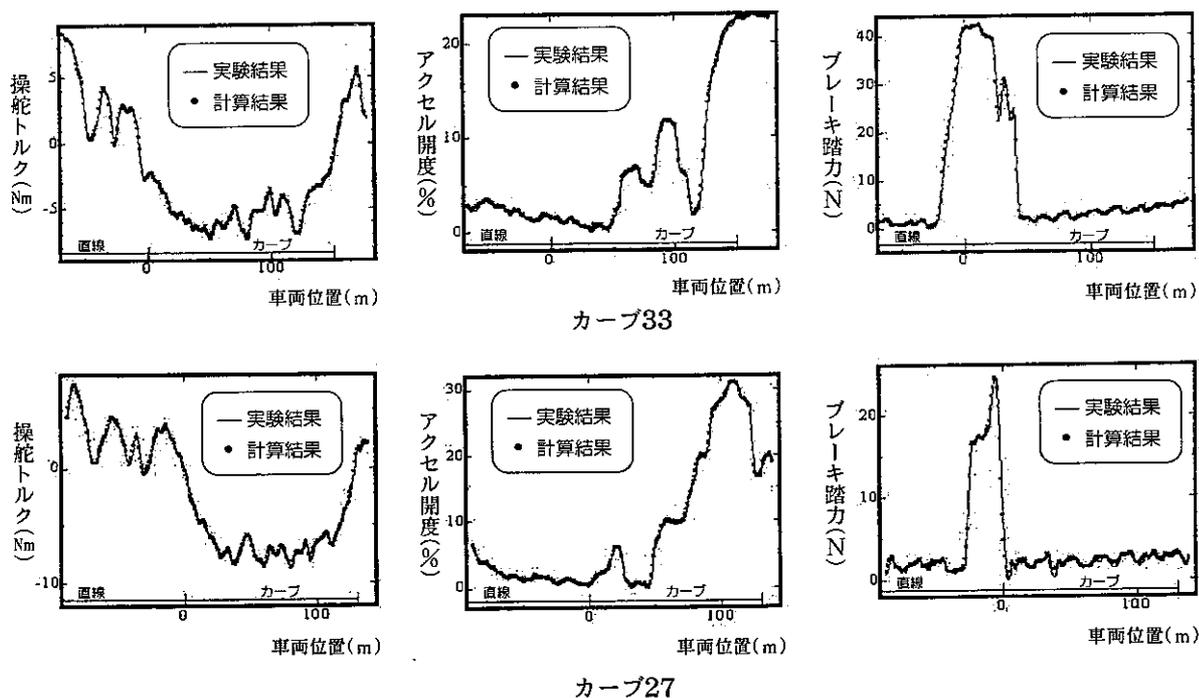


図2-1-8 実験結果と計算結果との比較

## 2-1-5 ドライバの制御動作解析

### (1) 因子解析

前節において構築したモデルが、ドライバの制御動作を十分に表現できることを示した。そこでこのモデルを解析することにより、ドライバの制御アルゴリズムを検討する。

解析にあたり本モデルがNNSで構築されていることから、まず図2-1-9のような1個のニューロンを考える。ニューロン内の計算過程は、図に示すようにある入力 $X_i$ に重み $W_i$ が掛けられ、積 $X_i \cdot W_i$ を作る。次に各入力の重み付けされた $X_i \cdot W_i$ を線形結合し、内部状態変数 $u$ が求められる。この $u$ はスカラであり、出力 $Y$ を算出するための非線形関数 $f$ の引数となる。そこで出力 $Y$ は、各入力の重み付けされた $X_i \cdot W_i$ の比で分けることが可能となる。したがって、この解析をNNS内部の情報の流れにそって全体のニューロンについて行うことにより、ある出力 $Y$ に対する各入力の構成比率を求めることができる。また、NNSは非線形性を有することから、走行コース全体に対してこの構成比率を求める必要がある。

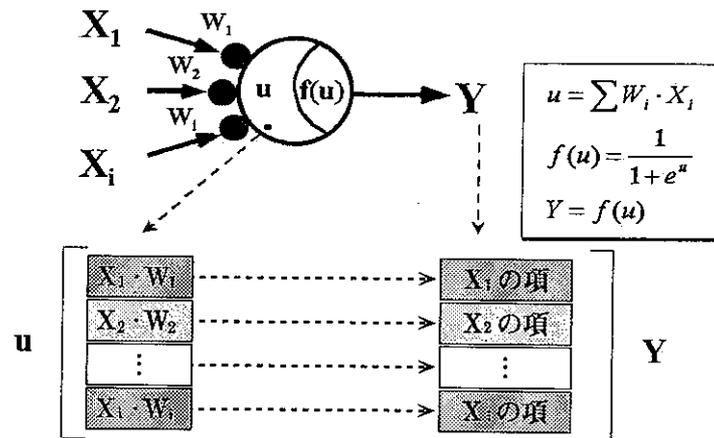


図 2-1-9 因子解析の概念

(2) 因子解析結果

本研究では、入力として94の入力を考えている。そこで各項目ごとに因子の構成比率を整理しても非常に煩雑になる。そこで、まず同一系列ごとに項目をまとめ、表示することにする。図 2-1-10にその一例を示す。この図は、各項目ごとに因子解析した結果を出力（この場合は操舵トルク）に対する構成比率で示している。横軸は走行位置を示しており、車両の位置に応じて構成比率が大きく変化することがわかる。また、その変化度合いについて検討を行うと、非常に高い周波数成分が影響を与えていることがわかる。人間の操舵応答を周波数解析すると、約 1 Hz 以下の周波数成分で構成されていることがわかるが、ここでの結果はそれ以上の応答がかなり入り込んでいることがわかる。これは応答に含まれるノイズ等の影響と見られるため、1 Hz でローパスフィルタをかけることにする。結果を図 2-1-11に示す。この図より、各入力の各項目の構成比率が緩やかに変動していることが読みとれる。そこで、以後の因子解析はすべて 1 Hz のローパスフィルタをかけて表示することにする。

① 運転者のコースに対する慣れの影響からの検討

同一コースを走行していても、初めてそのコースを走行した場合と、慣れてから走行した場合とはその結果に違いが生ずる可能性がある。そこで被験者 NM について、慣れの影響について検討を行う。図 2-1-12 は同一被験者のカーブ 27 とカーブ 33 の走行結果の比較である。この結果は 1 度練習走行を行った後の結果であり、環境情報としては、前述の通りレーダサイトの角度情報と距離情報を用いている。前述の通り、角度情報は道路形状の予測に用いられるものと考えられるが、カーブ入り口において、この角度情報が操舵トルクに対し大きく影響していることがわかる。特に事故の多いカーブ 33 ではコース全体に亘り 50% 以上がこの角度情報であり、明らかに卓越した情報となっており、次に視界に現れるカーブに対する予測であるとする、運転者に対し大きな負担となることがわかる。これに対しカーブ 27 ではカーブ入り口付近において、カーブ 33 と同程度の負担となっているが、カーブに進入後はその比率が低下して、距離情報と同程度となっていることがわかる。この両方の結果から考えて、事故の少ないカーブ 27 ではカーブ 33 に比べ、運転がしやすい、またはコースの視認性が高いと考えられる。また個々の入力種別の影響は、カーブ 27 において入り口付近で大きく変動しているものの、進入後はあまり変動していないのに対し、カーブ 33 では進入後も

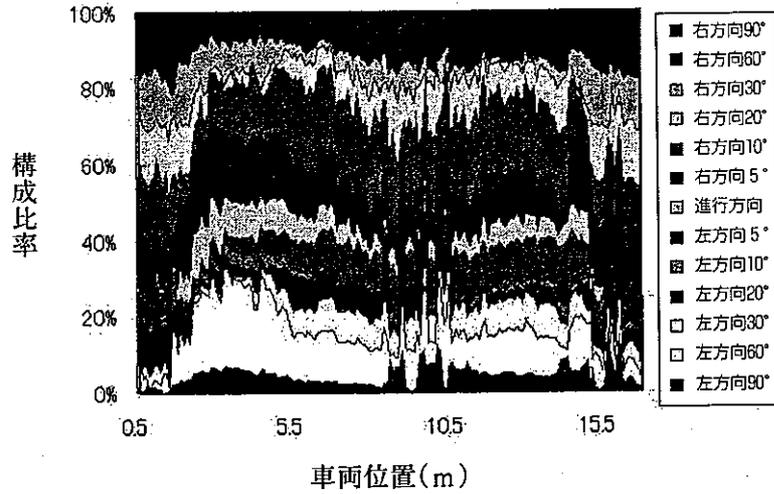


図2-1-10 ハンドルトルク(フィルタなし)

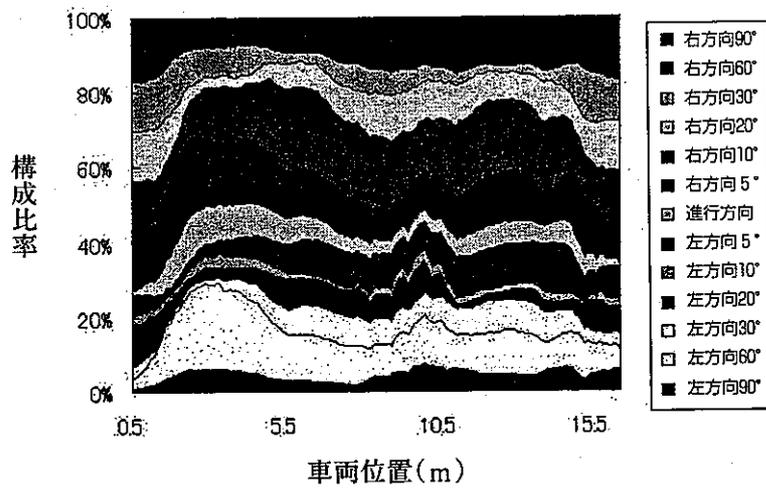


図2-1-11 ハンドルトルク(フィルタあり)

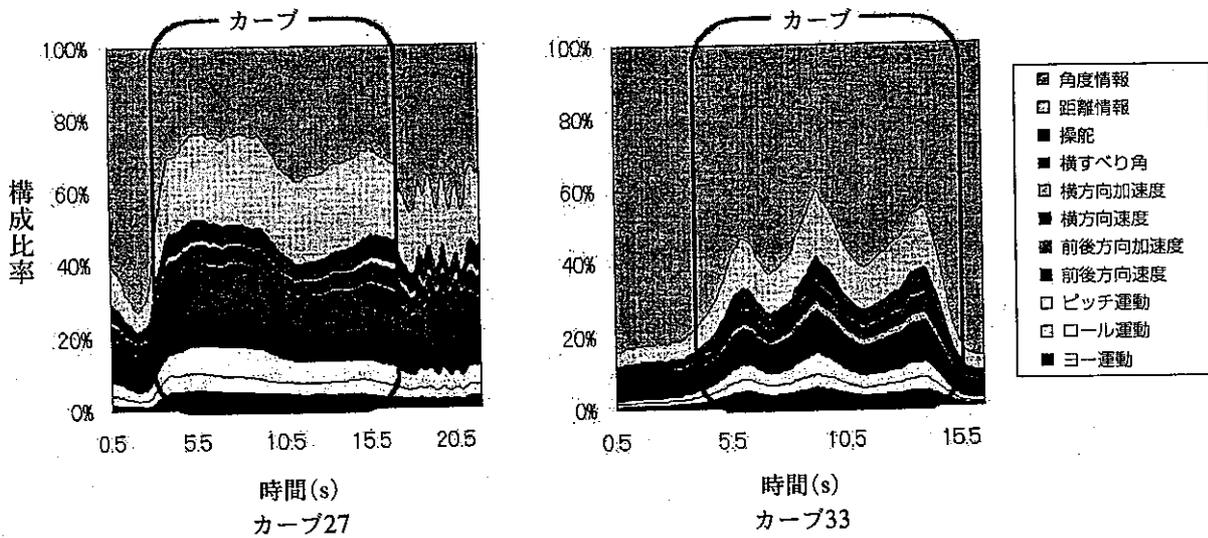


図2-1-12 ハンドルトルク(1回目)に対する各種入力の比率(被験者NM)

構成比率が大きく変動しており、この面からも運転者の負担が大きいことが裏付けられる。

次に、同一被験者による第2回目の走行実験の結果を図2-1-13に示す。この結果は前述で示した実験の次の走行結果を示している。この結果より、両コースとも環境の角度情報の影響が大きく減少しており、また両コースの結果とも各入力要因の変化がそれほど大きくはなくなっていることがわかる。また、特にカーブ27の進入時に現れた角度情報の増加がほとんどなくなっていることがわかる。また、両コースの要因の大きな違いとして、カーブ27では速度情報を大きく用いていることがわかる。これはこのコース通過時に、速度を情報とした操舵制御に注意が払われているものと思われる。これに対しカーブ33（事故の多いカーブ）では、慣れにより環境の角度情報の比率が減ってきてはいるものの、やはり最大の因子となっており、また距離情報の影響も大きいことがわかる。そこで、この範囲では、これから現れるコース形状や現在のコース形状およびその中の自分の位置が、操舵に対し大きな要因になっているこ

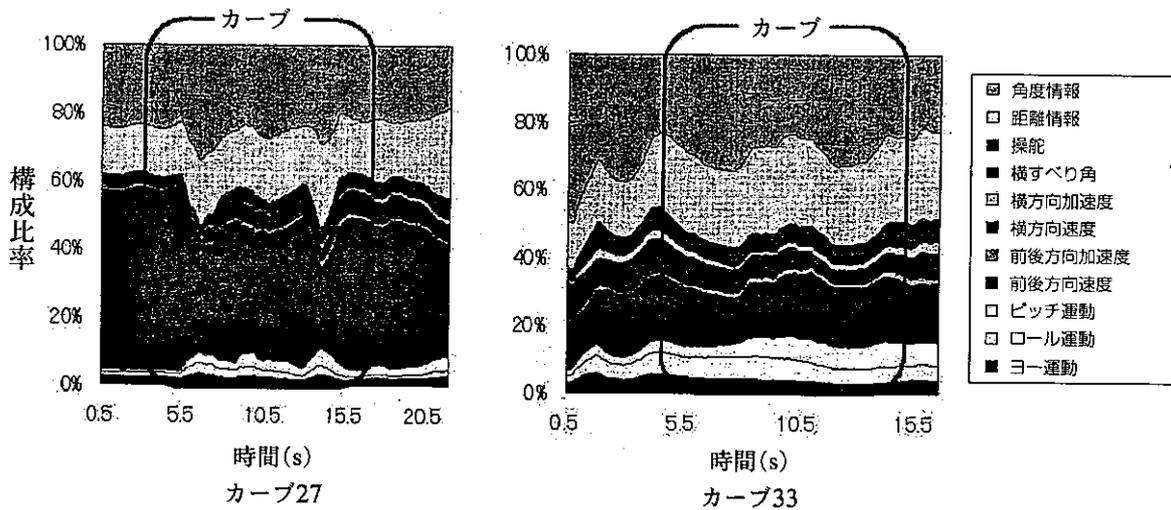


図2-1-13 ハンドルトルク(2回目)に対する各種入力の比率(被験者NM)

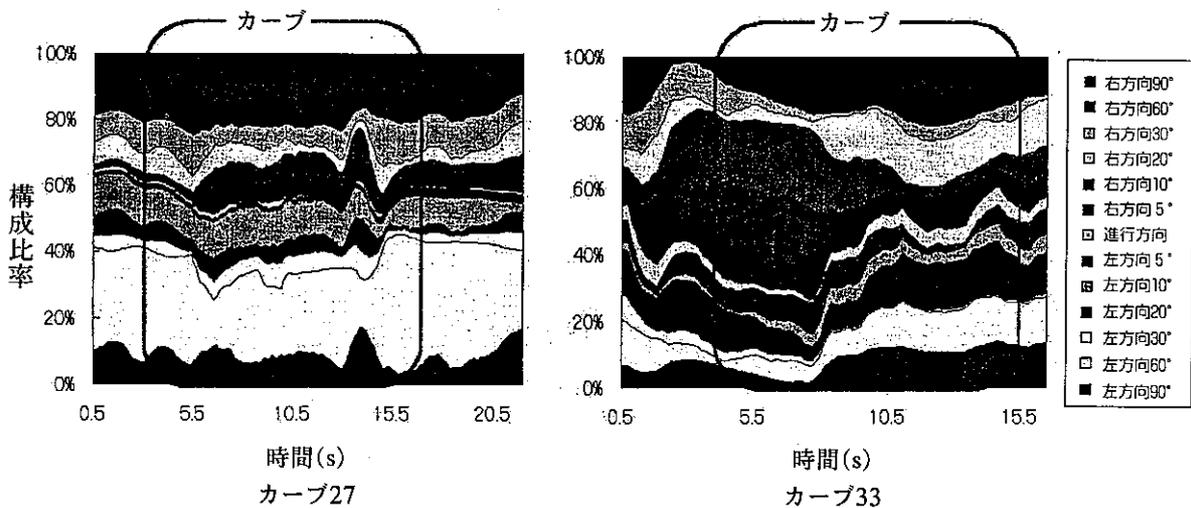


図2-1-14 ハンドルトルク(2回目)に対するレーダサイトの長さ項の比率(被験者NM)

とが伺える。これにより、慣れにより特異な情報処理形態は是正されているが、慣れによってもコース特有の操縦に対する情報要因が異なることがわかる。

次に、同じ環境情報のうち、特に距離情報に注目することにする。図2-1-14に環境を表す距離情報の方向の違いによる影響度について検討を行う。この図は図2-1-13と同一回数の結果であり、特に距離情報の結果のみを示したものである。この図より、カーブ27では走行位置による要因変化はそれほど大きくないことがわかるが、カーブ33ではカーブ内前半と後半で、その要因の影響が大きく変化していることがわかる。この変化は、カーブ入り口付近ではコース外側（この場合は右側）の情報に重きをおいているが、コース後半では内側（左側）の情報へと移行していることがわかる。この結果は被験者のアンケート結果やアイポイントカメラの結果とも合致しており、この情報の因子解析が被験者の操縦動作時の情報処理を表現しているものと考えられる。そこで、この結果より、カーブ27とカーブ33とでは形状が比較的似ているにもかかわらず、ドライバの情報処理パターンは相当異なることがわかる。

## ② 走行速度に対する影響からの検討

カーブ27とカーブ33は比較的形状が似通っているが、そのカーブへ進入するまでの直線距離に違いがある。そのため、事故の多いカーブ33の進入速度がカーブ27に比べ若干速いという傾向がある。また、同一被験者に数回自由走行を行なってもらった場合、カーブ進入速度が変動するため、走行速度が運転者の情報処理に与える影響を検討する必要がある。

一般道において限界付近の速度で実験を行うことができないため、走行速度の影響を検討するために、(財)日本自動車研究所のご協力を頂き、同研究所内の外周路にあるカーブ走行時の結果について検討を行う。

図2-1-15は実験に用いたコース図であり、図中カーブABCを走行中の結果について検討を行う。被験者は年齢40歳台後半の男性(KG)である。

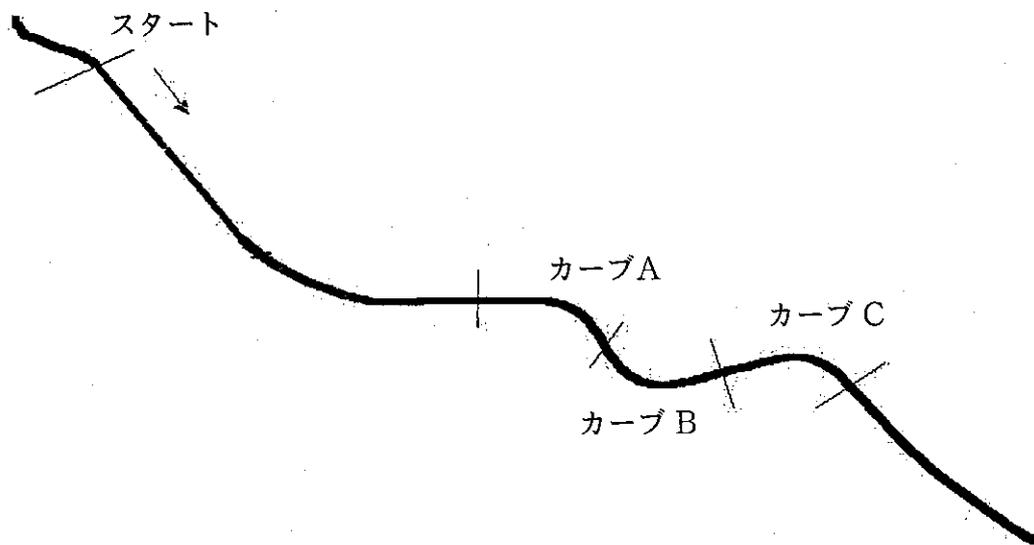


図2-1-15 (財)日本自動車研究所外周路

まず、このコースを速度を変えて走行した被験者のR-R間隔を図2-1-16に示す。このR-R間隔は被験者の心的な負担を表すことになり、その値の減少が緊張の増加を意味する。そこで、速度の増加に伴い、緊張が増加していることがわかる。そこで、この緊張増加に伴い、情報処理に変化が現れるかについて検討を行う。

図2-1-17に速度40km/hと80km/hの結果を示す。この両図より、因子解析結果の概ねの傾向が同一であり、コースに依存した情報処理が行われていることがわかる。そこで、このコースを走行中の情報処理の影響は走行位置に強く依存していることがわかる。また、各位置における違いに注目すると、速度の増加に伴い、カーブ進入時の角度情報（コース予測に用いる情報）の比率が大きく増加していることがわかり、特に見通しの悪いカーブ通過時のカーブ形状予測動作が速度に依存していることが明確に見られる。また全体を通して、これ以外の位置では位置情報（カーブ形状

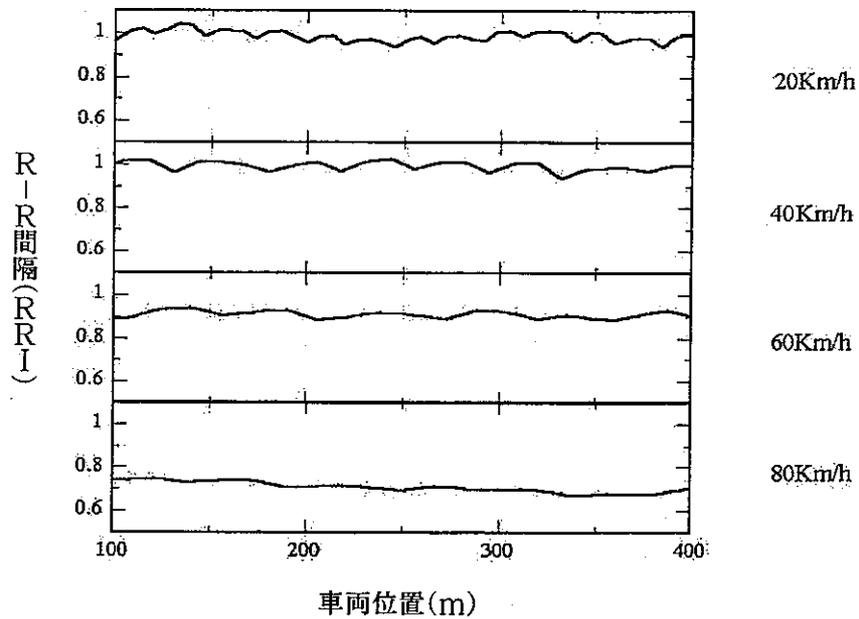


図2-1-16 速度変化に対する心拍間隔の変化

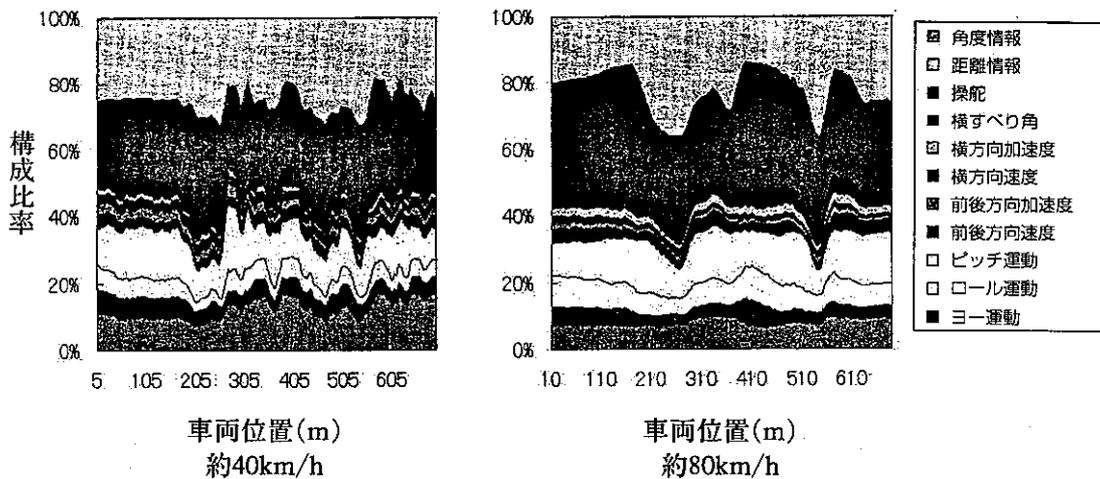


図2-1-17 ハンドルトルクに対する速度項の比率 (被験者KG)

およびその中の自車の位置)を重視していることがわかる。また、速度増加に伴い、情報処理の因子の変動が単調となっていることがわかるが、この傾向はこの実験におけるすべての速度変化でも見られる。

### ③ 被験者の違いに対する検討

これまでのカーブ27およびカーブ33の影響は被験者を1名に限定して示したが、このコースの走行に慣れた被験者MGの結果と比較することにより、個人差について見ることにする。図2-1-18にその結果を示す。この被験者は前述の通り、このコースには慣れている。また、後述の視線の動きに関する解析では、前述の被験者KGとは全く異なった特性を示す被験者である。図に注目すると、カーブ27、カーブ33ともに速度の影響が極端に多くなっていることがわかる。それ以外の特徴としては、前述の被験者KGと同様、カーブ33では角度情報の影響が大きく、カーブの入り口および途中において、コース形状の予測を強く行っているものと考えられる。しかしカーブ22では、約70%の情報が車両応答となっており、環境に対する慣れの影響が明確に現れているものと考えられる。

これらをまとめて考えると、被験者の違いにより情報処理過程が大きく異なるものの、2つのカーブ間で比較すると、ともにカーブ33では環境情報のうち角度情報を大きく用いており、コースに対する予測動作を必要としていることがわかる。その意味から、このカーブ33は慣れていても走行しづらい環境があるものと考えられる。

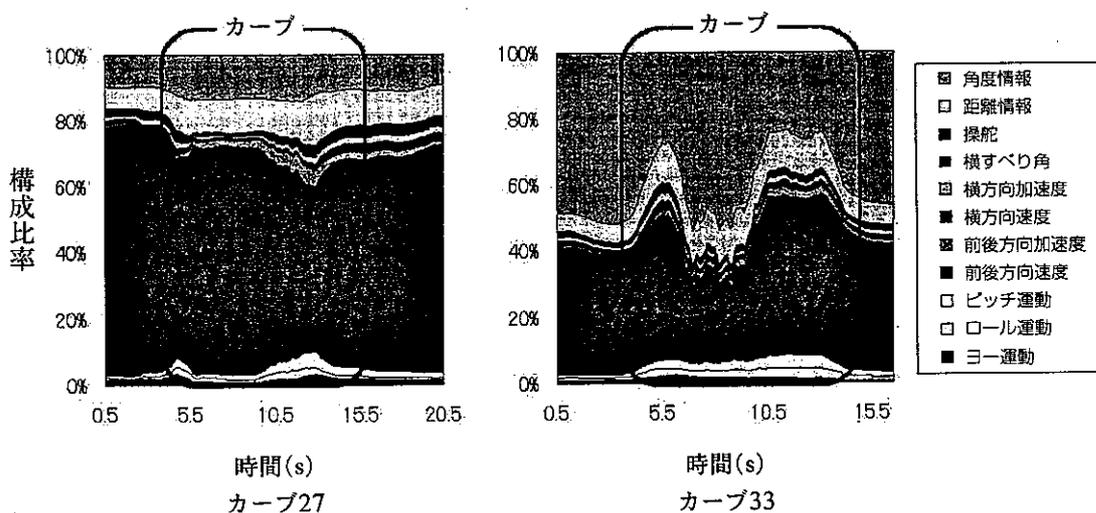


図2-1-18 ハンドルトルクに対する各種入力の比率(被験者MG)

## 2-1-6 結論

本節では、事故発生が少ないカーブと事故の多発しているカーブにおけるドライバの情報処理の違いから事故要因を解明するため、NNSを用いてドライバモデルを構築し、そのモデルの解析結果を検討したもので、以下に述べる結論を得た。

- 構築されたモデルは、複雑な入出力関係および強い非線形性を含むドライバの制御動作を十分に表現していることが確認された。
- 上記の構築されたドライバモデルの因子解析を行うことにより、操縦動作に与える環境情報、運動情報の影響度が解析できることを示した。
- 上記因子解析結果を用い、ドライバのコースに対する慣れの影響を示すことができた。
- 同様に同一コース走行時の通過速度の影響の検討を行い、その影響を把握した。
- 被験者の違いによる解析を行い、被験者の違いにより情報処理過程が大きく異なる点、ならびにコースの違いによる傾向の類似性を示した。
- 今回取り上げた事故多発地点では、ドライバにこれから現れるコース形状に対する予測動作を強く要求することがわかった。

以上において、形状が類似しているが事故多発地点とそうでないカーブの違いについて検討をおこなった結果を示した。今後このような要因が事故とつながる可能性についてさらに詳細な検討を必要とする。

## 2-2 カーブ走行時の注視行動の特徴と問題点—眼球運動実験より

### 2-2-1 目的

事故の多発しているカーブ33と事故のほとんど発生していないカーブ27の走行時の注視行動を比較・検討することから、カーブでの事故の発生原因を明らかにすることが当節の目的である。

### 2-2-2 実験方法

#### (1) 実験手順

被験者はアイマーク・レコーダー（NAC Model 7）を装着して、できるだけ通常のように走行した。実験走行道路は2-1で説明されたとおりである。実験基地（日本平駐車場）でアイマーク・レコーダーのキャリブレーションを行なった後に走行を開始し、有料道路入り口ゲート、往路中央部付近、出口ゲート、復路中央部付近、入り口ゲート（復路最終箇所）で、注視箇所とアイマークの一致の確認とキャリブレーションを行った。キャリブレーションのための標的距離は約5mであった。また、眼球運動を記録するビデオレコーダーと車両挙動と生体反応を記録するデータレコーダーの同期をとるために、有料道路入り口ゲートで発光ダイオードの点灯をビデオレコーダーに記録するとともに、データレコーダーにはパルス信号を記録した。

#### (2) 被験者

被験者は、毎日運転をしている3名の男性であった。被験者NMは年齢32歳、運転経験は14年、走行距離は約150,000km、被験者MGは年齢23歳、運転経験は5年、走行距離は約25,000km、被験者MRは年齢50歳、運転経験は30年、走行距離は約300,000kmである。被験者NMは実験走行道路を連続して3往復、被験者MGと被験者MRは連続して2往復走行した。被験者MRの走行時は夕刻で周囲が暗くなっていたので解析対象から省いた。

#### (3) 解析方法

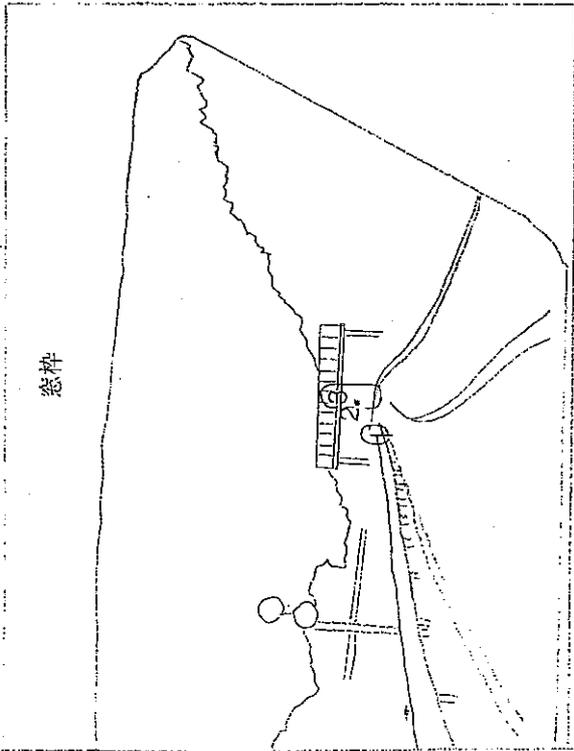
カーブ33では登り方向（実験での復路）で事故の発生頻度が高い。したがって、解析対象区間は、各カーブとも登り方向で、カーブ進入前の約58mから開始し、カーブを抜けて直線部にさしかかる手前までとした。この部分は、距離にして約235mで、走行時間は約16秒となる。被験者NMはこの実験道路の走行が初めてであった。故に、第2回目の走行を解析対象とした。被験者MGはこの実験道路の走行を過去に経験していた。故に、第1回目の走行を解析対象とした。

眼球運動の解析は全て手作業で行った。当実験結果は自動解析にかけることができない。それは、刺激（前景）が常に移動・変化するとともに、被験者の頭部運動が行われるからである。さらに重要なことは下記の説明のように、自動解析には注視の定義の妥当性に問題があるからである。

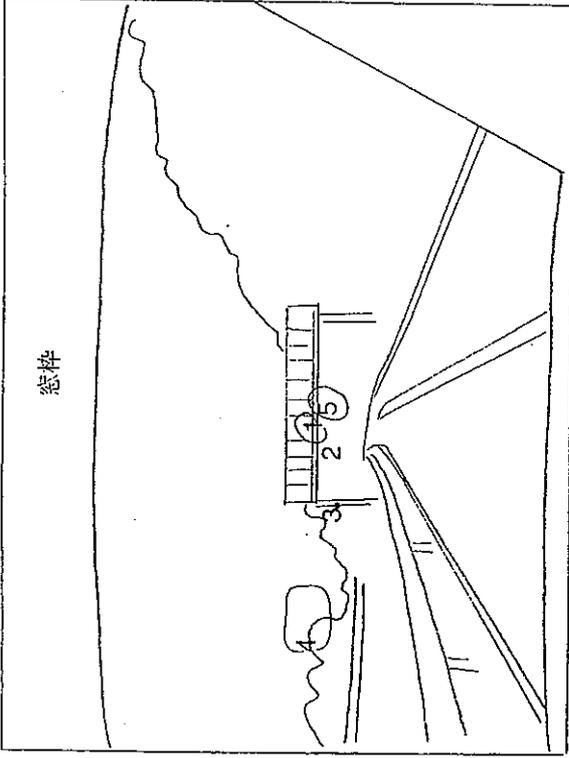
眼球運動の解析は、走査経路図<sup>1</sup>（scan-path：図2-2-1～図2-2-4）が基本

1 図中の番号は注視順序を、楕円はその領域での注視の微動を、上付の\*\*は500msec以上の注視を、上付の\*は300～500msecの注視を、印のないものは300msec以下の注視を示す。下付の\*は飛越運動中の1コマのアイマークを示す。

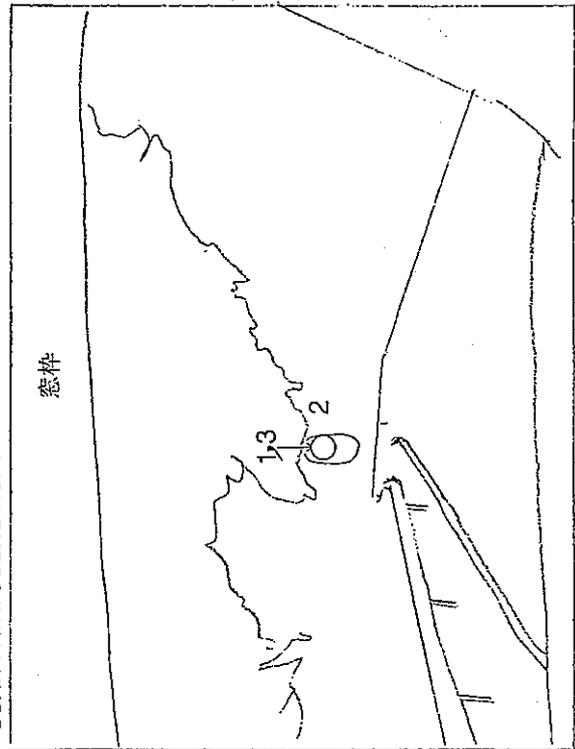
Curve-No.27/33, asc@n/descent, S2/S3, @/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 0



Curve-No.27/33, asc@n/descent, S2/S3, @/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 1



Curve-No.27/33, asc@n/descent, S2/S3, @/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 2



Curve-No.27/33, asc@n/descent, S2/S3, @/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 3

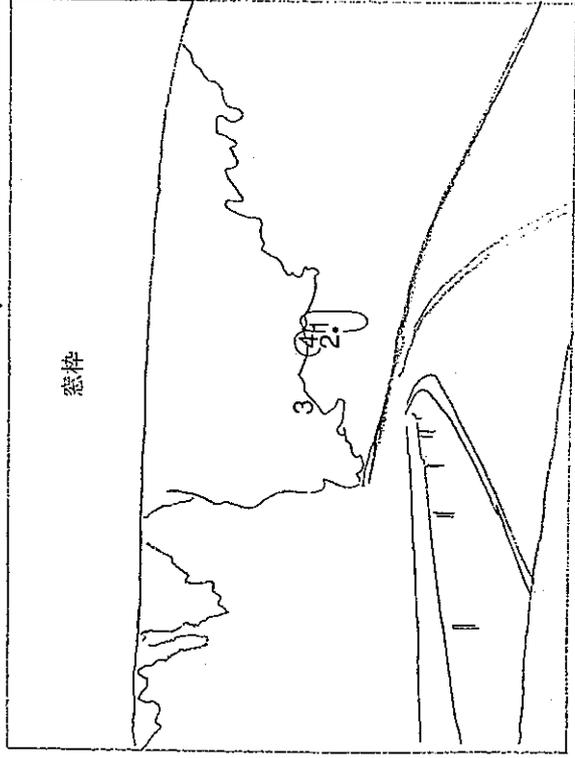
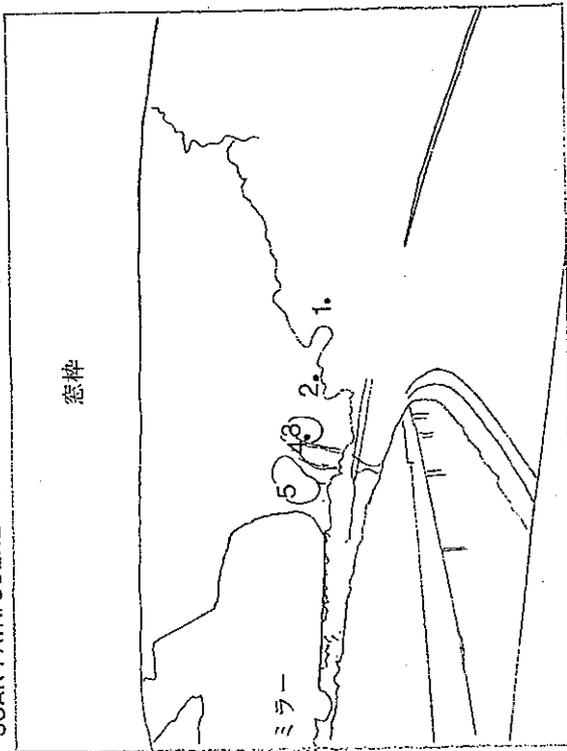
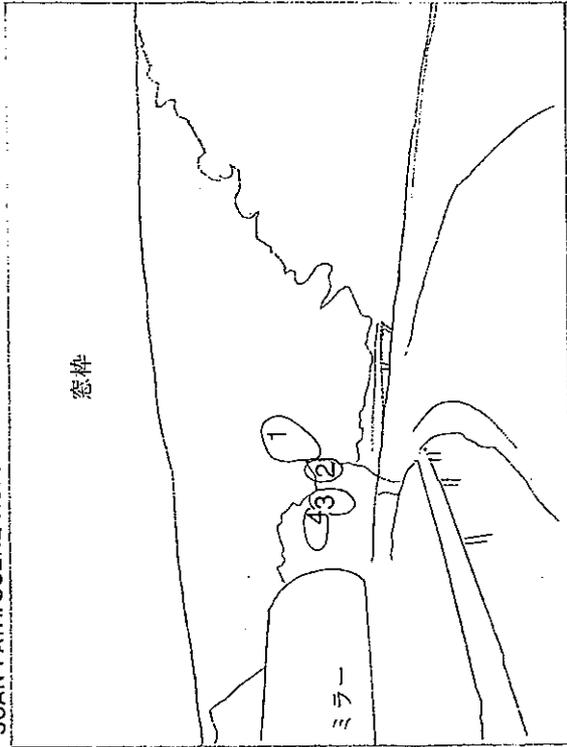


図2-2-1(1) 走査経路図 (被験者NM、カーブ33)

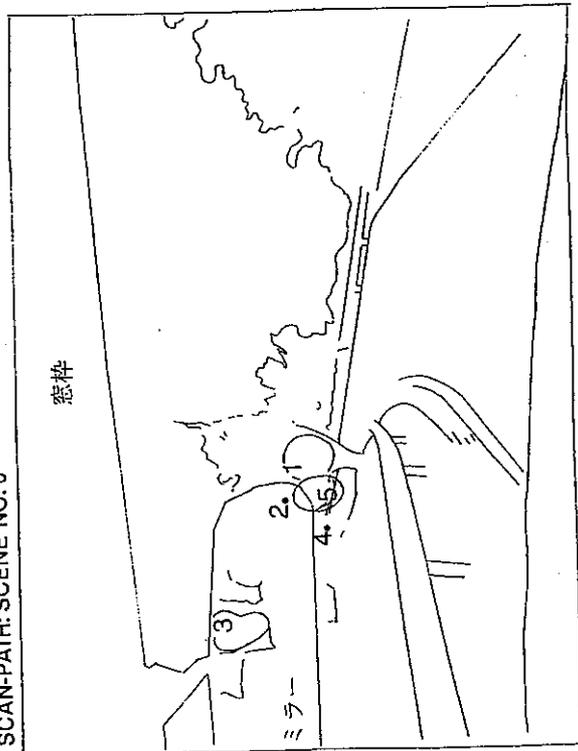
Curve-No.27/33, asc@nt/descent, ⑤/S2/S3, ⑥a/sim  
SCAN-PATH: SCENE NO. 4



Curve-No.27/33, asc@nt/descent, ⑤/S2/S3, ⑥a/sim  
SCAN-PATH: SCENE NO. 5



Curve-No.27/33, asc@nt/descent, ⑤/S2/S3, ⑥a/sim  
SCAN-PATH: SCENE NO. 6



Curve-No.27/33, asc@nt/descent, ⑤/S2/S3, ⑥a/sim  
SCAN-PATH: SCENE NO. 7

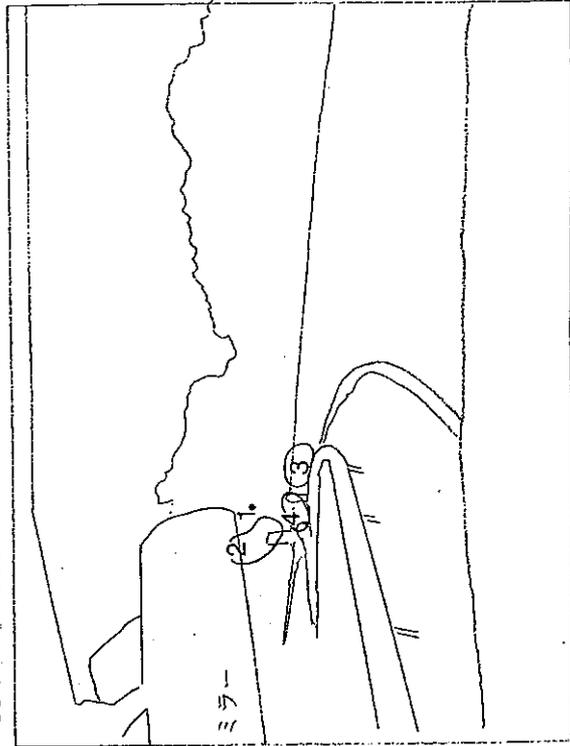
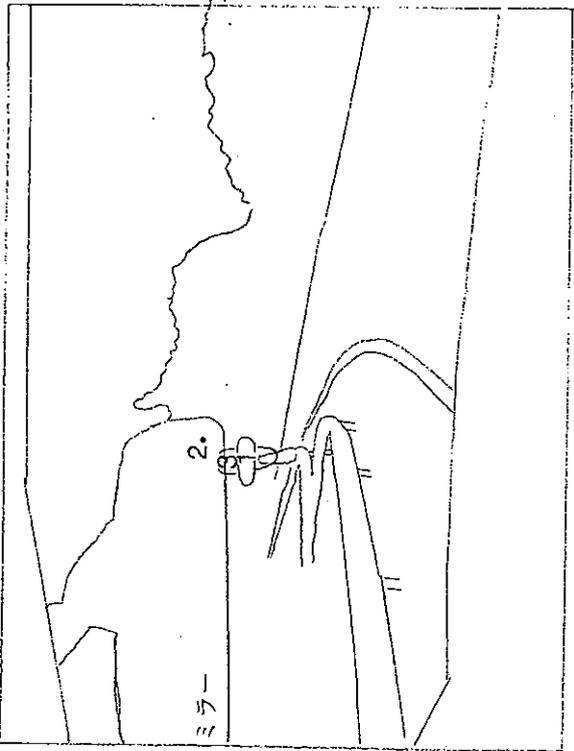
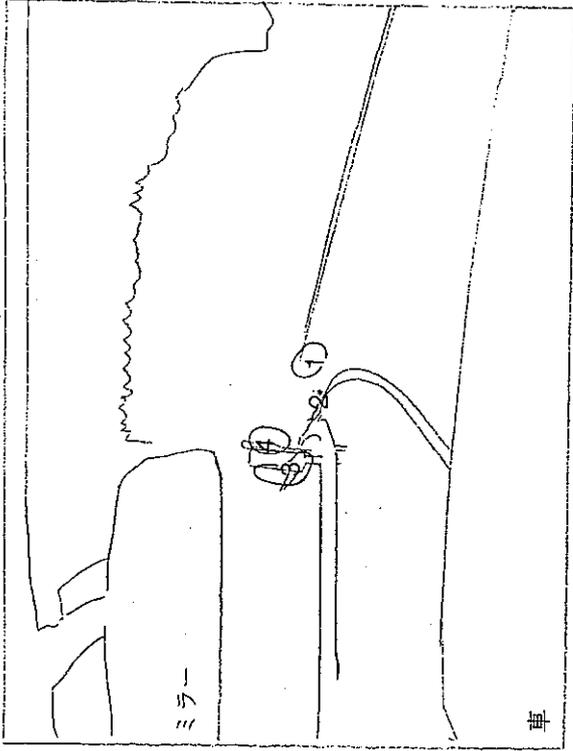


図 2-2-1(2) 走査経路図 (被験者 NM、カーブ 38)

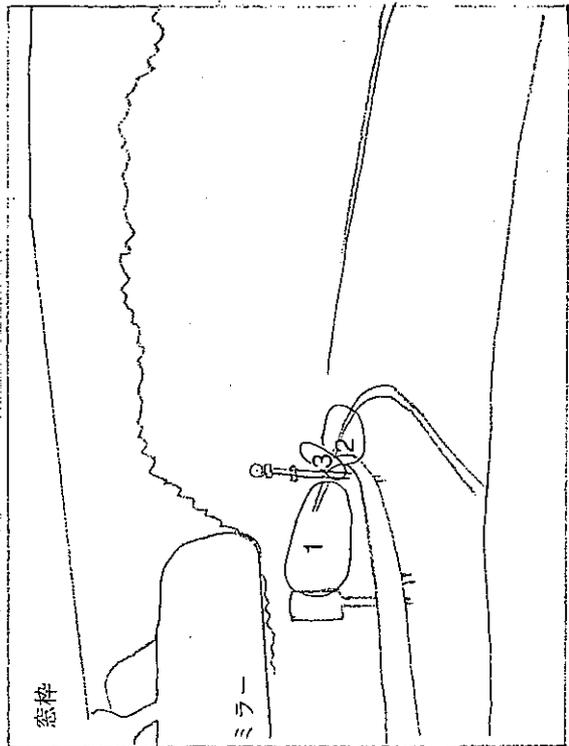
Curve-No.27/33, ascent/descent, S/S2/S3, real/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 8



Curve-No.27/33, ascent/descent, S/S2/S3, real/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 9



Curve-No.27/33, ascent/descent, S/S2/S3, real/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 10



Curve-No.27/33, ascent/descent, S/S2/S3, real/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 11

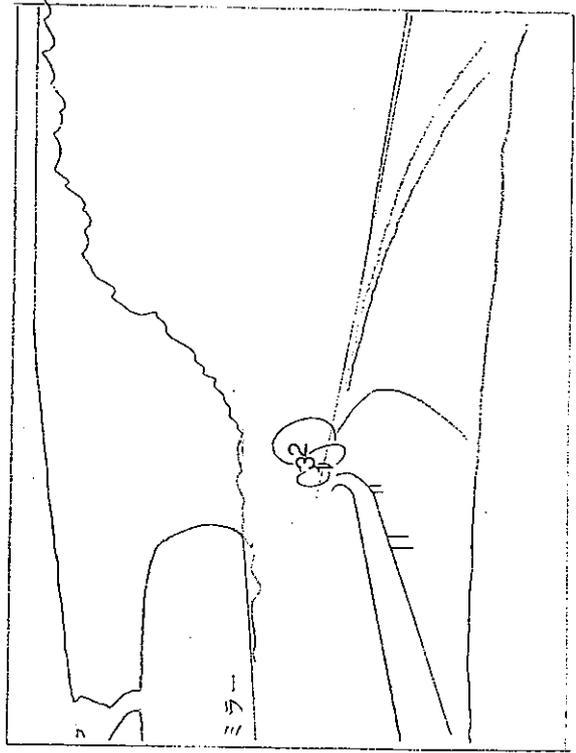


図 2-2-1(3) 走査経路図 (被験者NM、カーブ33)

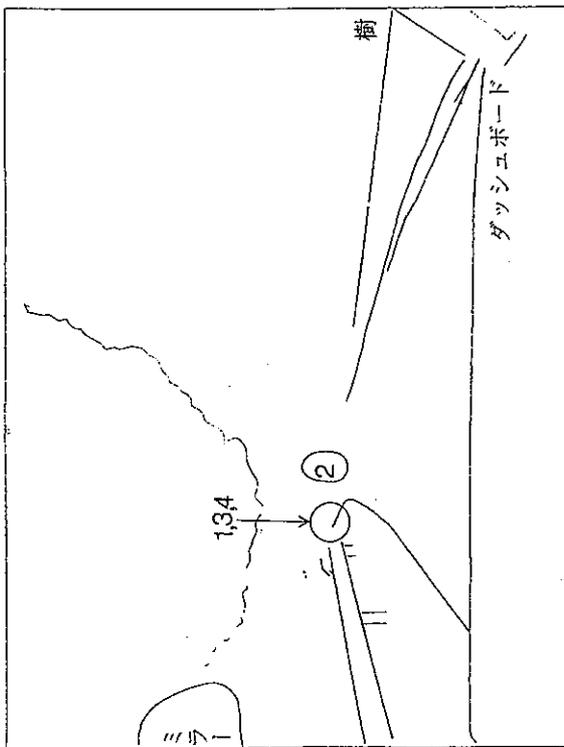
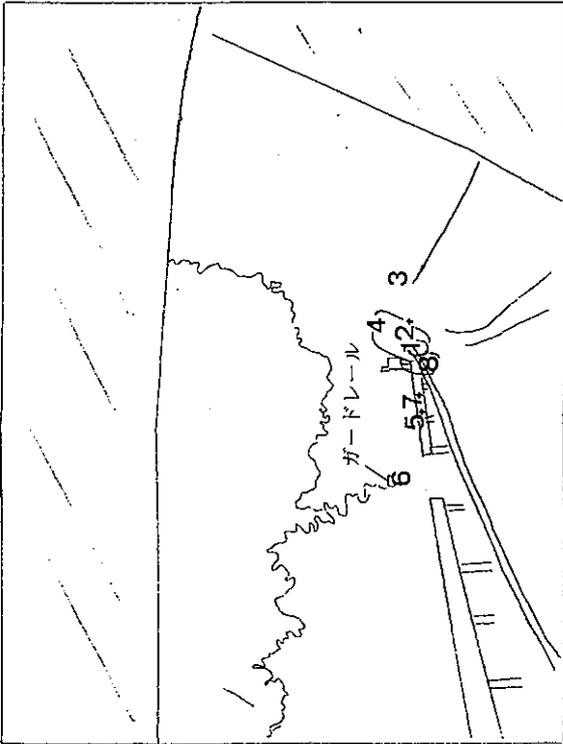
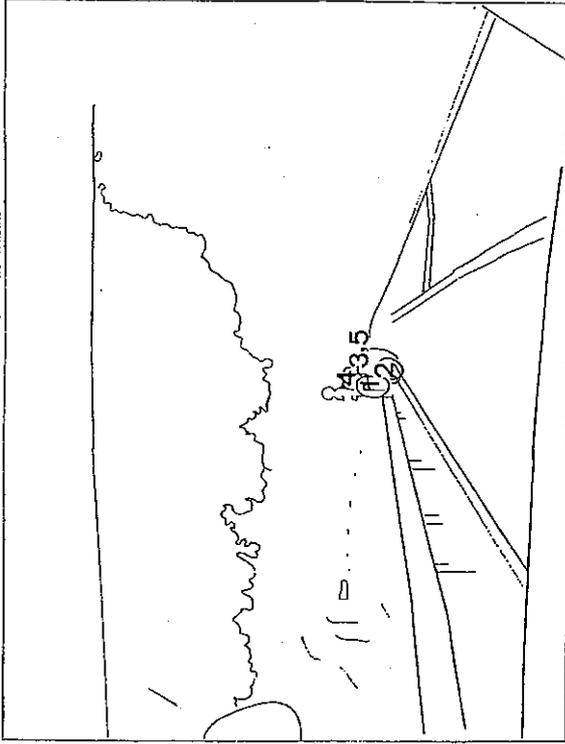


図2-2-1(4) 走査経路図 (被験者NM、カーブ33)

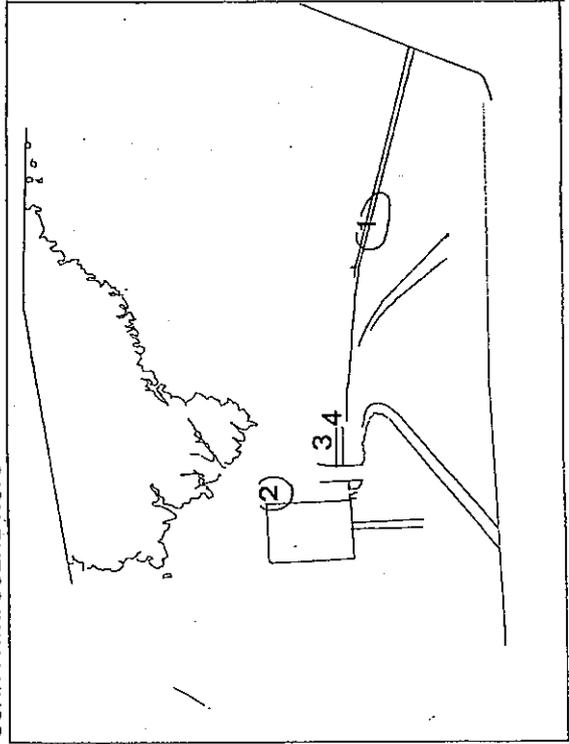
Curve-No.2733,  $\text{ascend}$ ,  $\text{descend}$ ,  $\text{real}$ ,  $\text{sim}$ , 1/2/3  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 1



Curve-No.2733,  $\text{ascend}$ ,  $\text{descend}$ ,  $\text{real}$ ,  $\text{sim}$ , 1/2/3  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 2



Curve-No.2733,  $\text{ascend}$ ,  $\text{descend}$ ,  $\text{real}$ ,  $\text{sim}$ , 1/2/3  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 3



Curve-No.2733,  $\text{ascend}$ ,  $\text{descend}$ ,  $\text{real}$ ,  $\text{sim}$ , 1/2/3  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 4

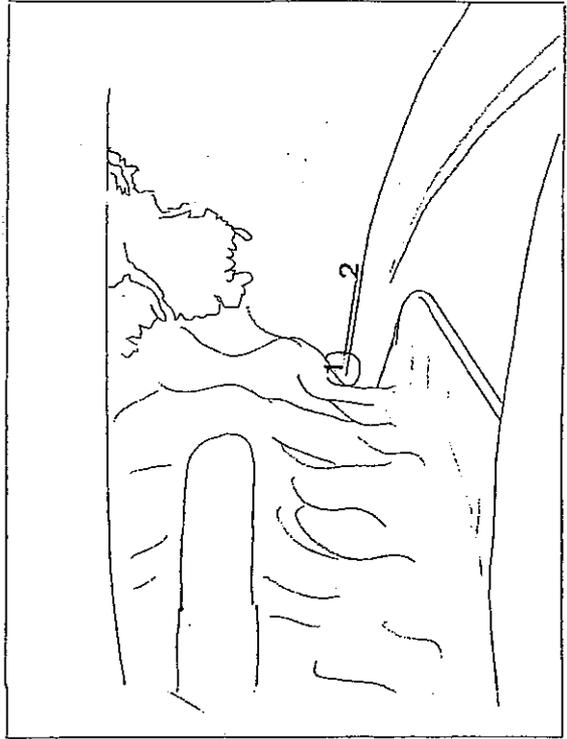
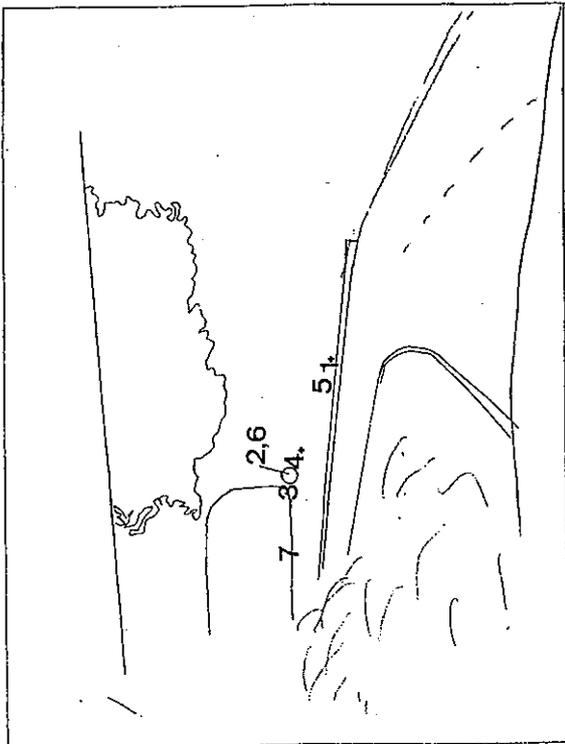
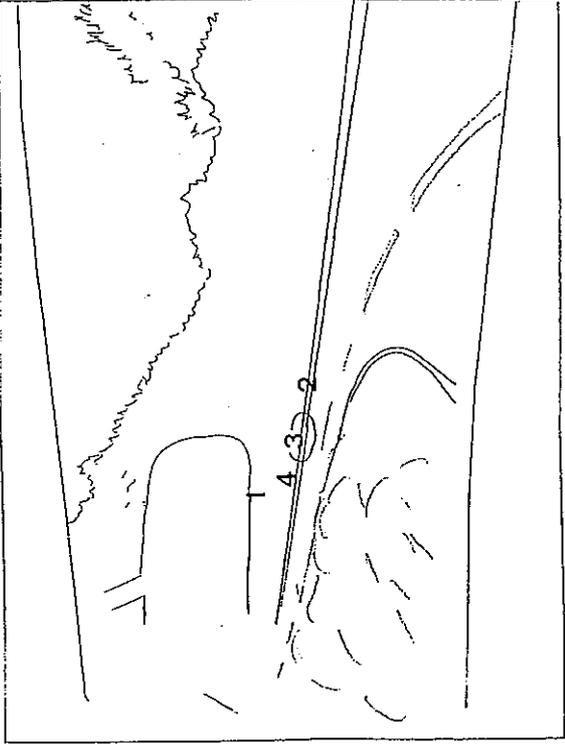


図 2-2-2(1) 走査経路図 (被験者NM、カーブ27)

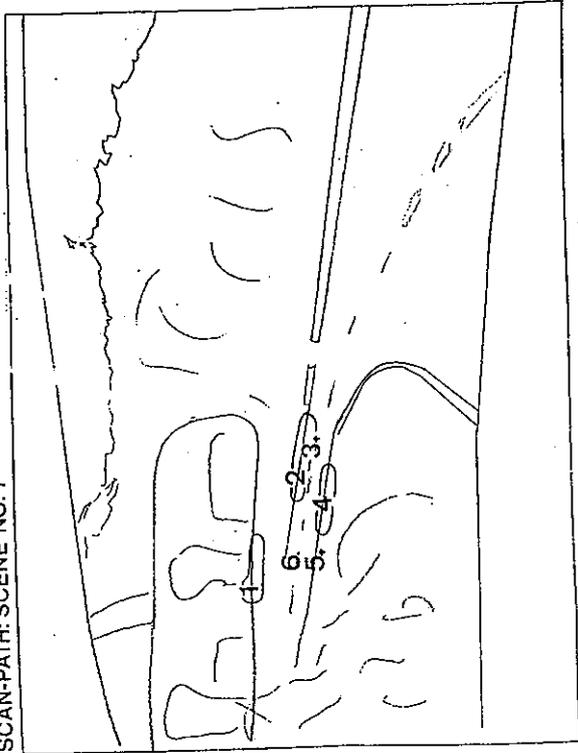
Curve-No:27/33, ascent/descent, 31/S2/S3, real/sim, 1/2/3  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 5



Curve-No:27/33, ascent/descent, 31/S2/S3, real/sim, 1/2/3  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 6



Curve-No:27/33, ascent/descent, 31/S2/S3, real/sim, 1/2/3  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 7



Curve-No:27/33, ascent/descent, 31/S2/S3, real/sim, 1/2/3  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 8

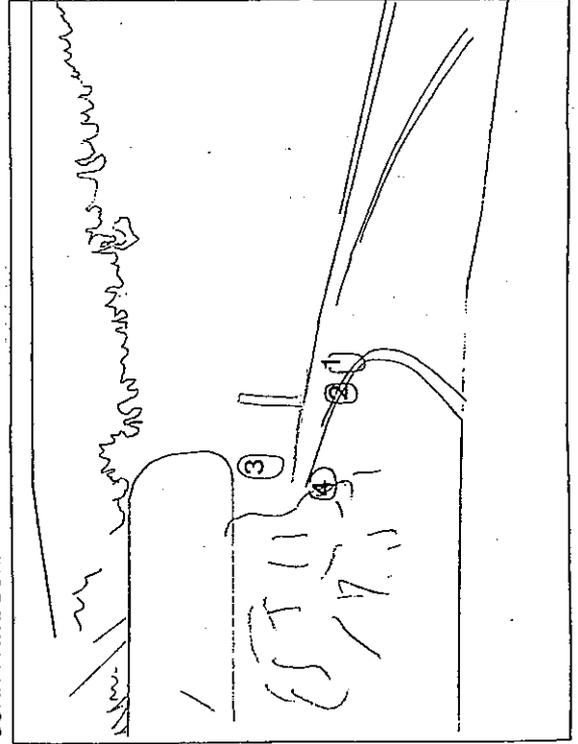
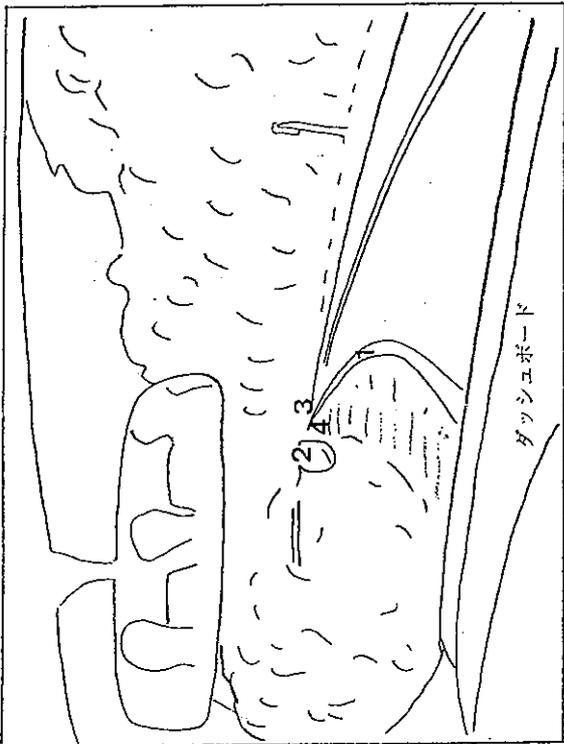
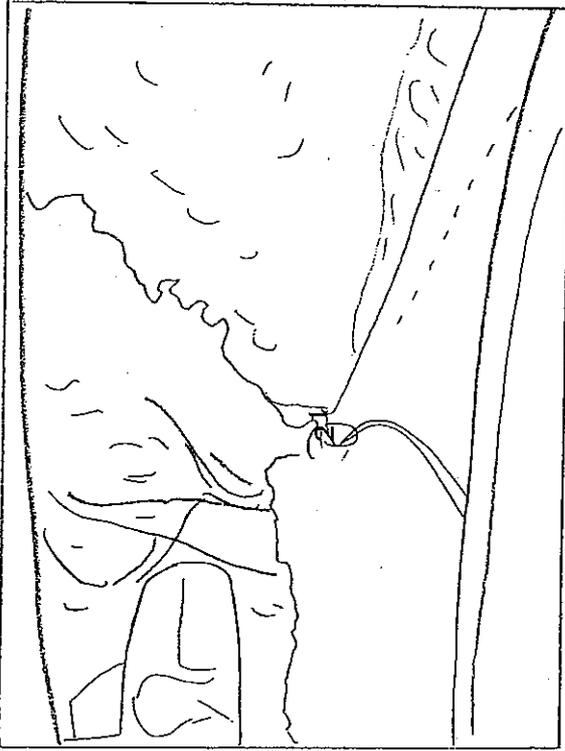


図 2-2-2(2) 走査経路図 (被験者NM、カーブ27)

Curve-No:2733, ascent/descent, S/S2/S3, (real/sim, 1/2/3)  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 9



Curve-No:2733, ascent/descent, S/S2/S3, (real/sim, 1/2/3)  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 10



Curve-No:2733, ascent/descent, S/S2/S3, (real/sim, 1/2/3)  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 11

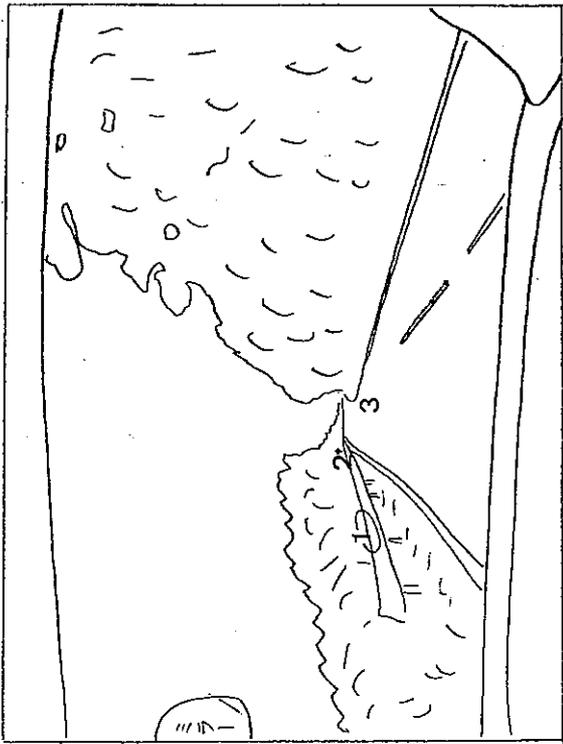
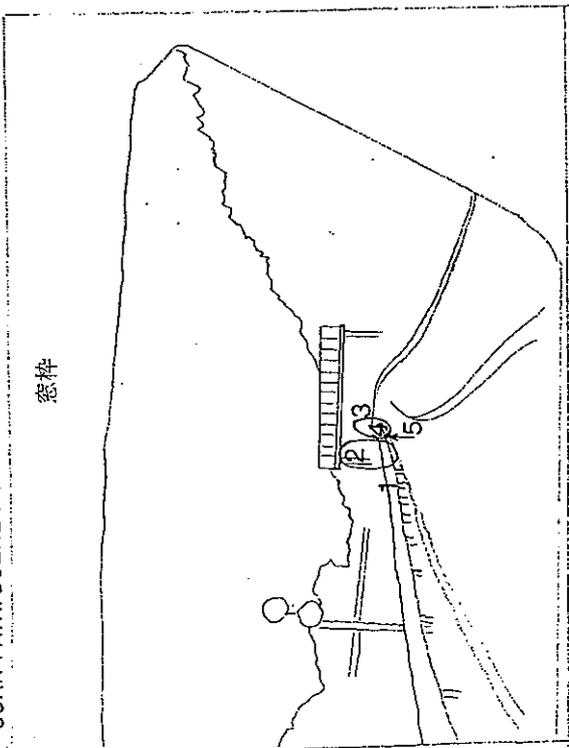
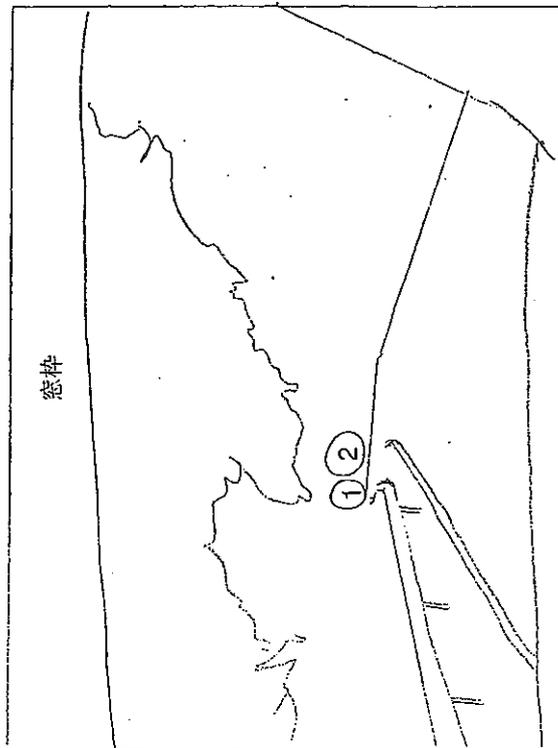


図 2-2-2(3) 走査経路図 (被験者NM、カーブ27)

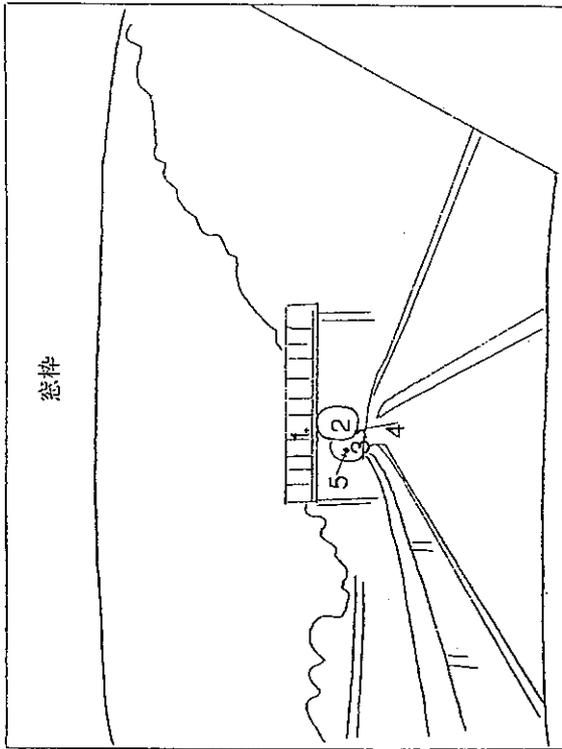
Curve-No.27/39, ascent/descent, S1/S2/S3, regl/sim  
SCAN-PATH: SCENE NO. 0



Curve-No.27/39, ascent/descent, S1/S2/S3, regl/sim  
SCAN-PATH: SCENE NO. 2



Curve-No.27/39, ascent/descent, S1/S2/S3, regl/sim  
SCAN-PATH: SCENE NO. 1



Curve-No.27/39, ascent/descent, S1/S2/S3, regl/sim  
SCAN-PATH: SCENE NO. 3 \*なし

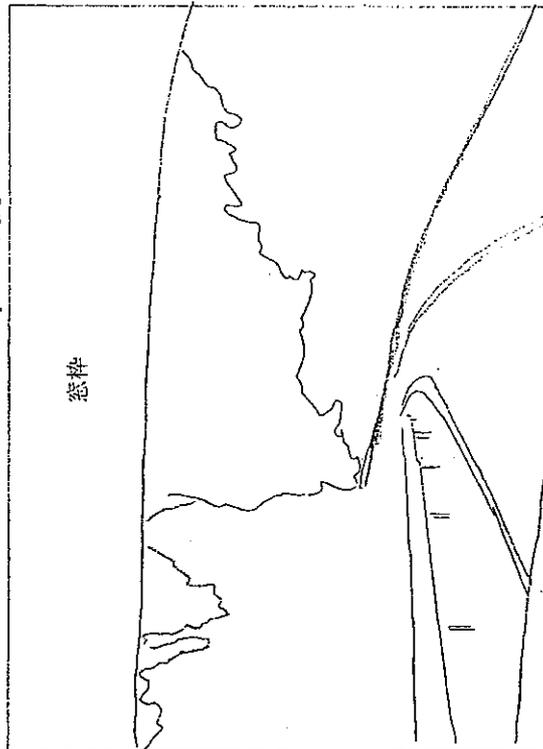
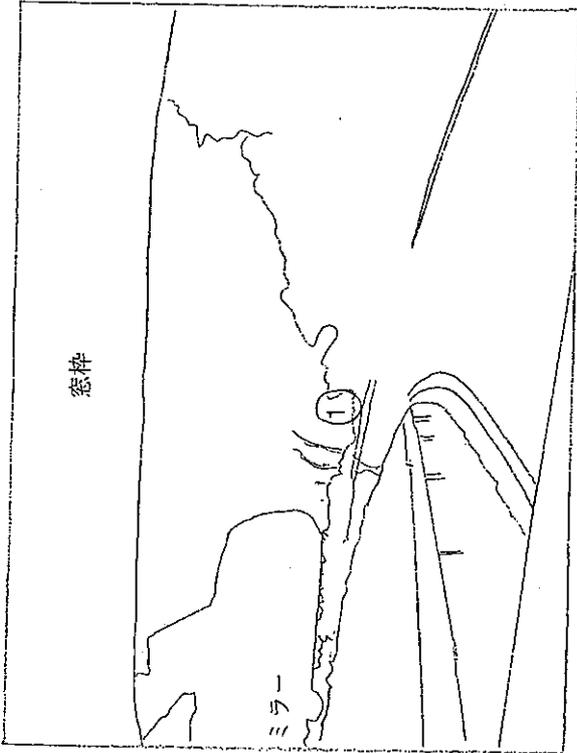
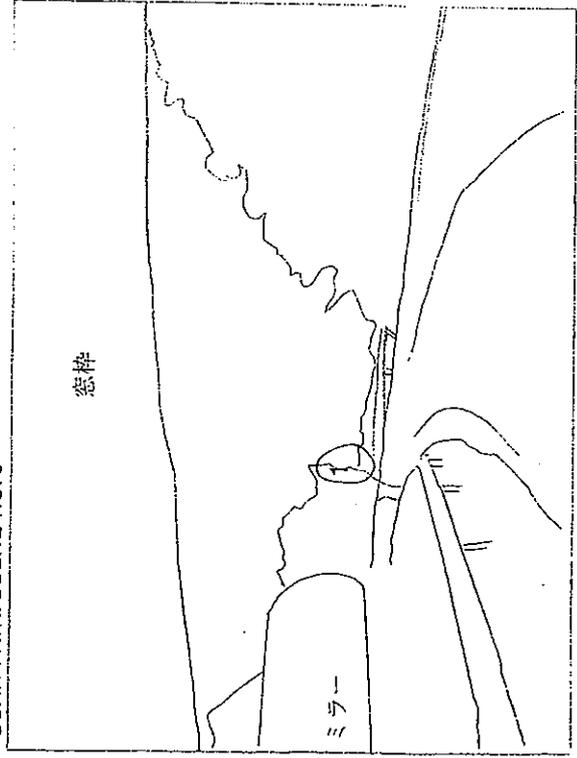


図2-2-3(1) 走査経路図 (被験者MG、カーブ33)

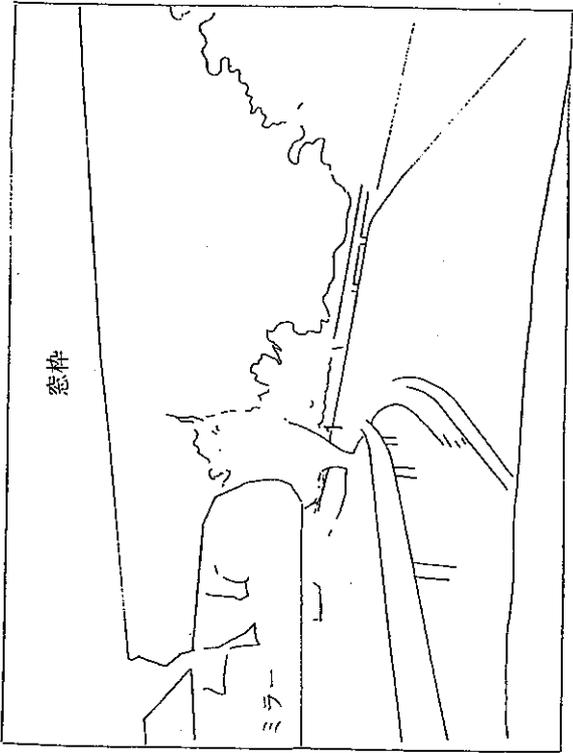
Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
SCAN-PATH: SCENE NO. 4



Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
SCAN-PATH: SCENE NO. 5



Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
SCAN-PATH: SCENE NO. 6



Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
SCAN-PATH: SCENE NO. 7

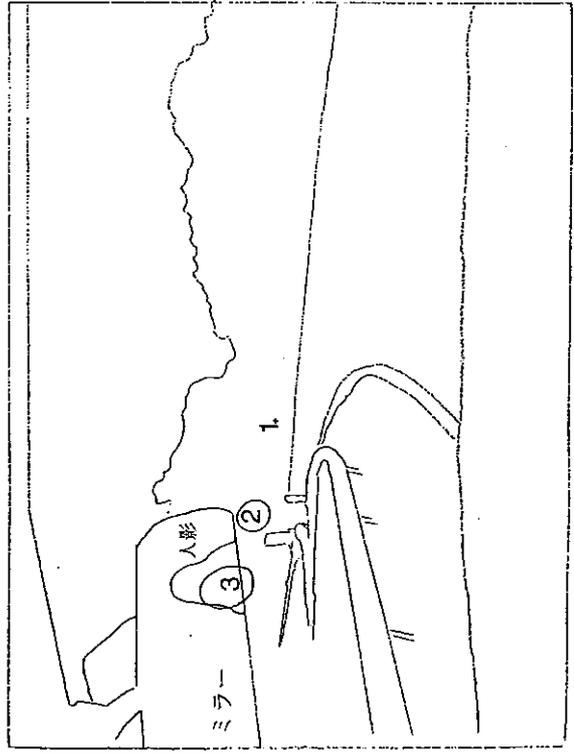
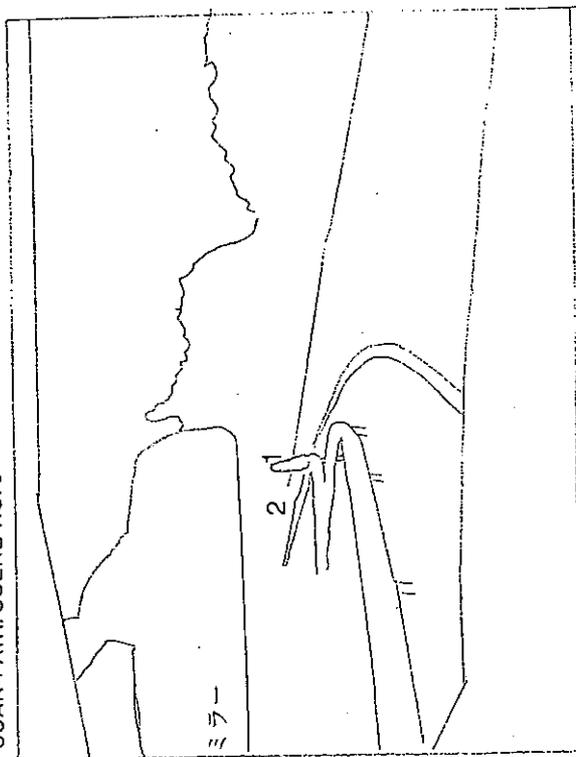
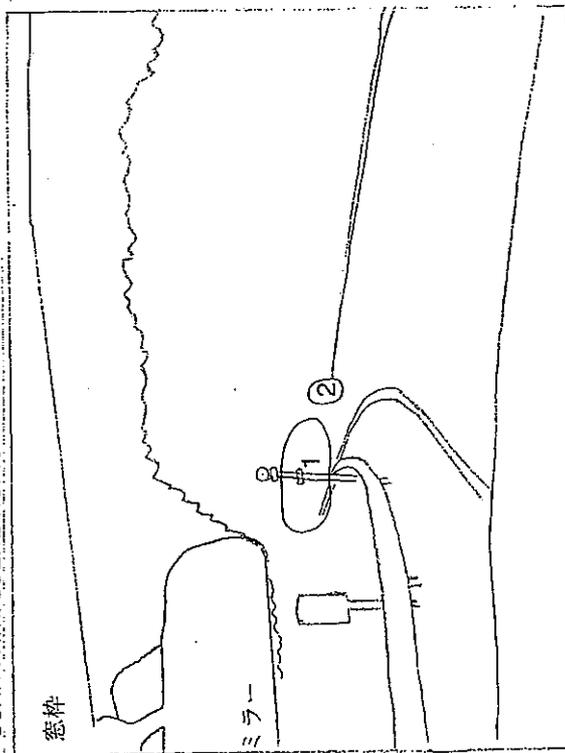


図2-2-3(2) 走査経路図 (被験者MG、カーブ33)

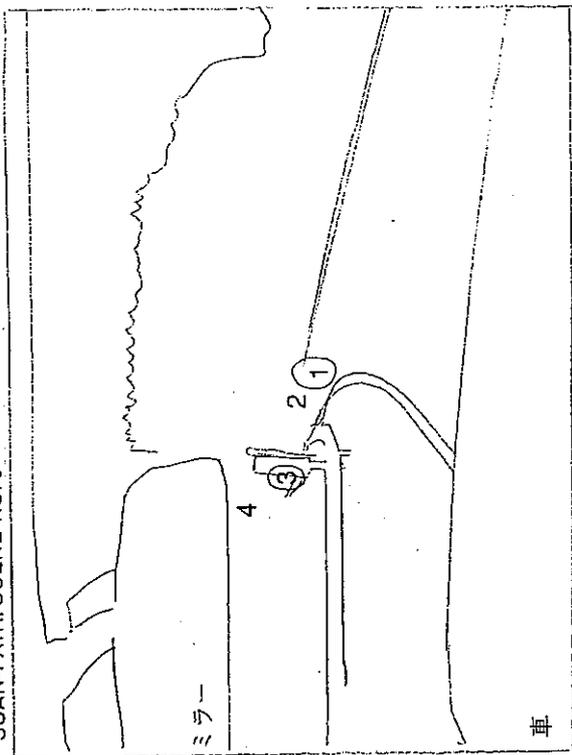
Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 8



Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 10



Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 9



Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 11

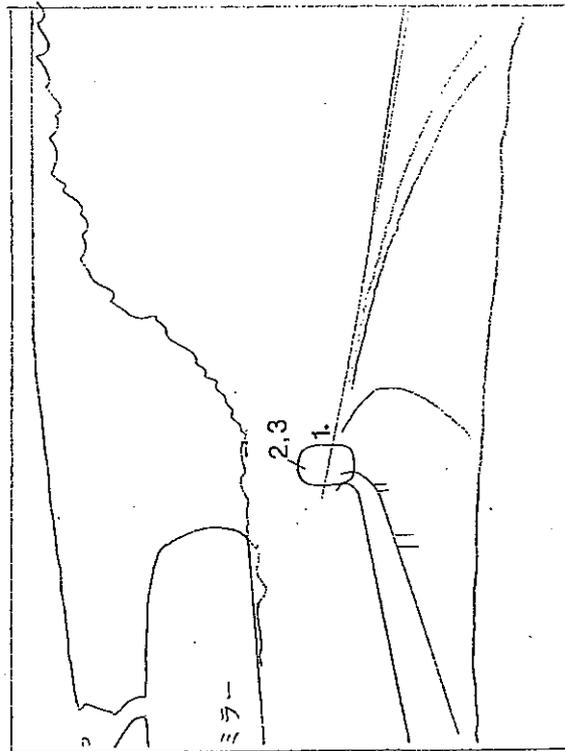


図 2-2-3(3) 走査経路図 (被験者MG、カーブ33)

Curve-No.27/39, .ascnt/descent, S1/32/S3, real/sim  
SCAN-PATH: SCENE NO. 12

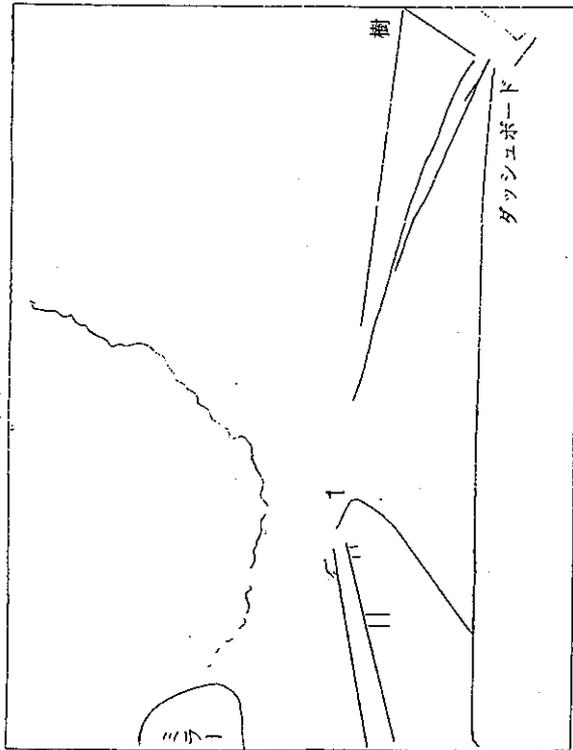
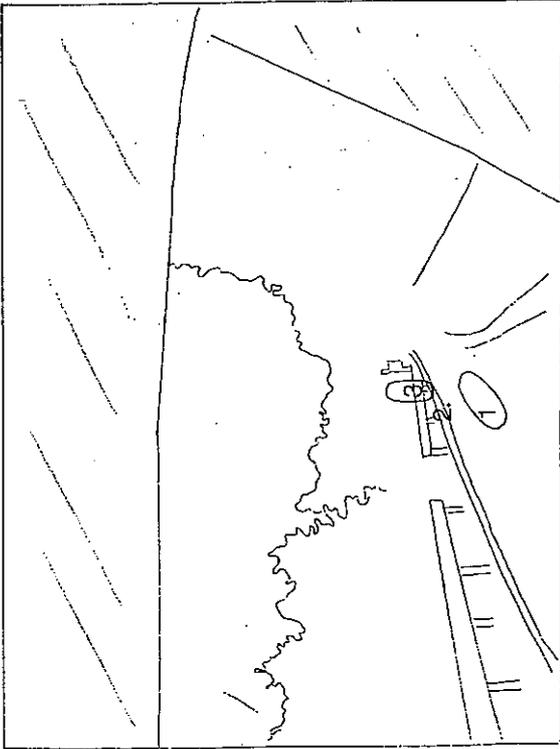
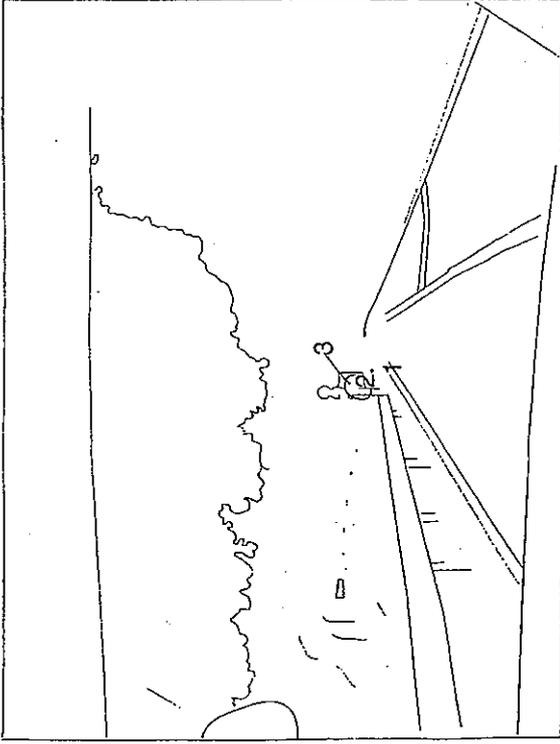


図2-2-3(4) 走査経路図 (被験者MG、カーブ33)

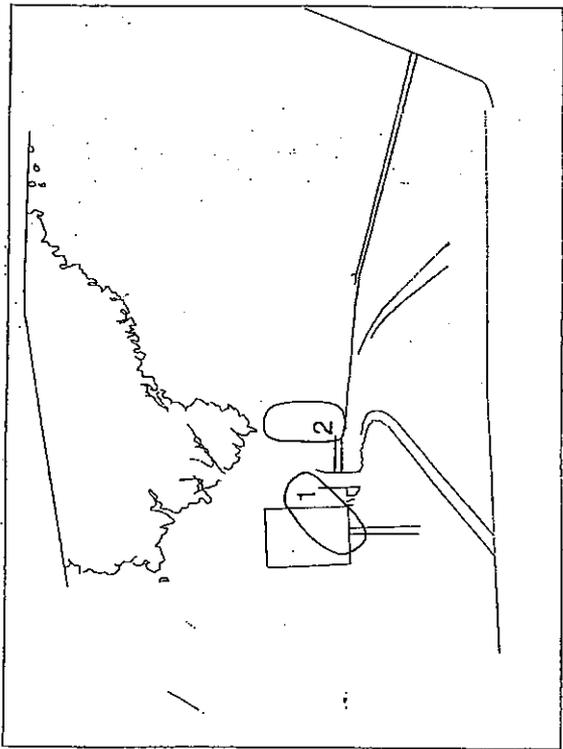
Curve-No:2733,  $\angle$ ascend/descent, S1/S2/S3,  $\angle$ real/sim,  $\delta$ /2/3  
SCAN-PATH: SCENE NO. 1



Curve-No:2733,  $\angle$ ascend/descent, S1/S2/S3,  $\angle$ real/sim,  $\delta$ /2/3  
SCAN-PATH: SCENE NO. 2



Curve-No:2733,  $\angle$ ascend/descent, S1/S2/S3,  $\angle$ real/sim,  $\delta$ /2/3  
SCAN-PATH: SCENE NO. 3



Curve-No:2733,  $\angle$ ascend/descent, S1/S2/S3,  $\angle$ real/sim,  $\delta$ /2/3  
SCAN-PATH: SCENE NO. 4

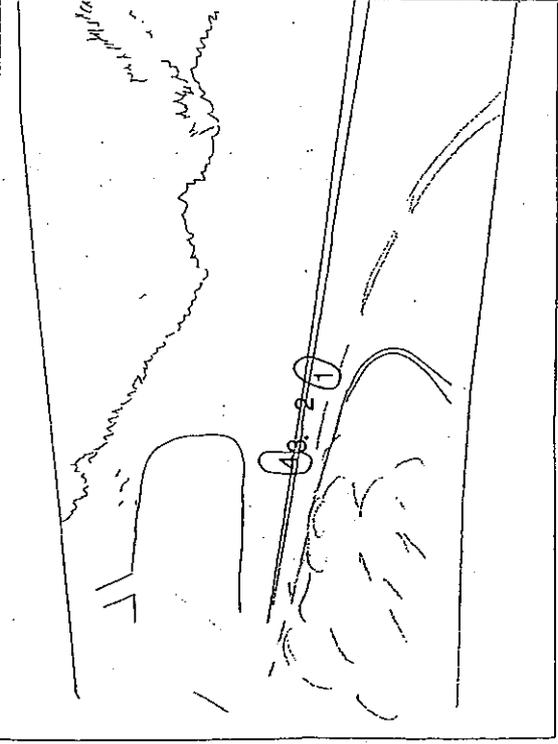


図2-2-4(1) 走査経路図 (被験者MG、カーブ27)

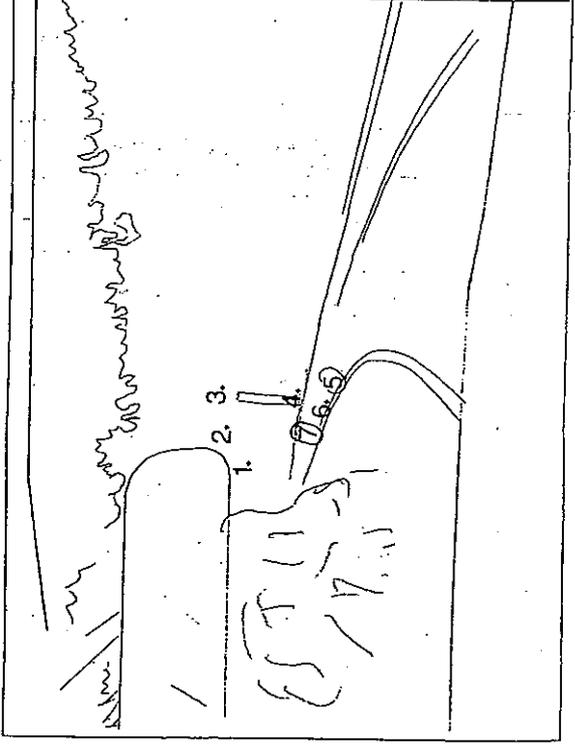
Curve-No. 2733,  $\text{ascend/descent}$ , S1/33/S3,  $\text{ascend/sim}$ , 2/3  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 5



Curve-No. 2733,  $\text{ascend/descent}$ , S1/33/S3,  $\text{ascend/sim}$ , 2/3  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 6



Curve-No. 2733,  $\text{ascend/descent}$ , S1/33/S3,  $\text{ascend/sim}$ , 2/3  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 8



SCAN-PATH: SCENE NO. 7

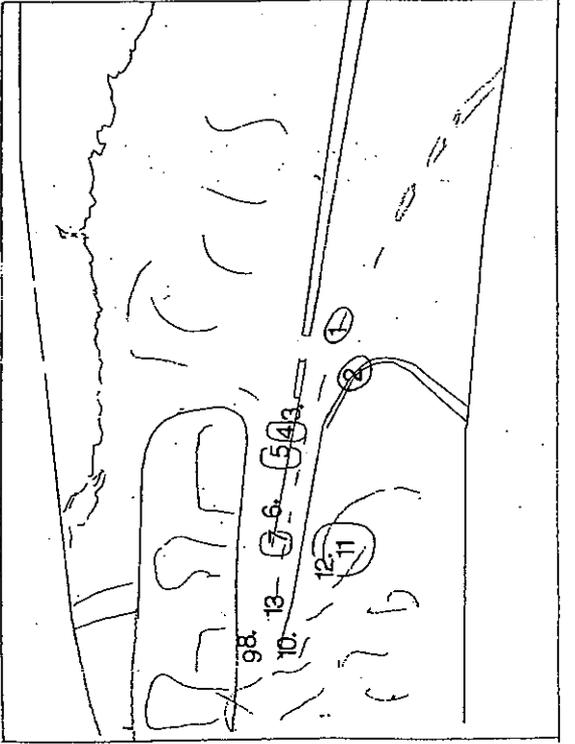
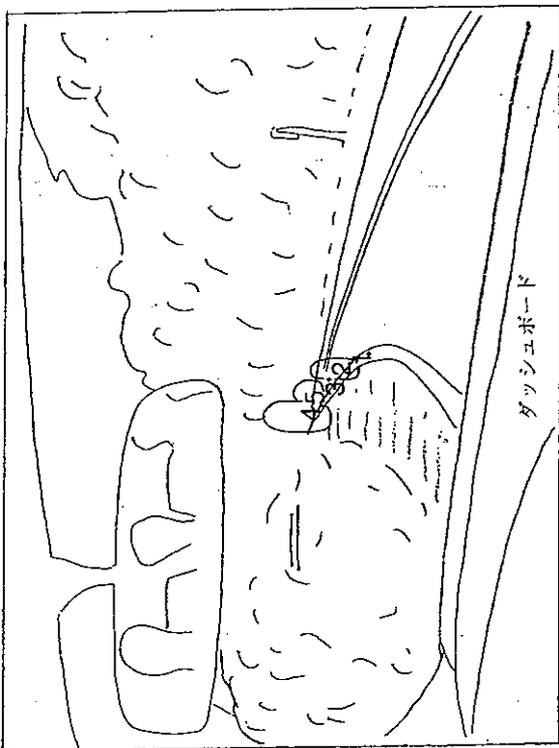
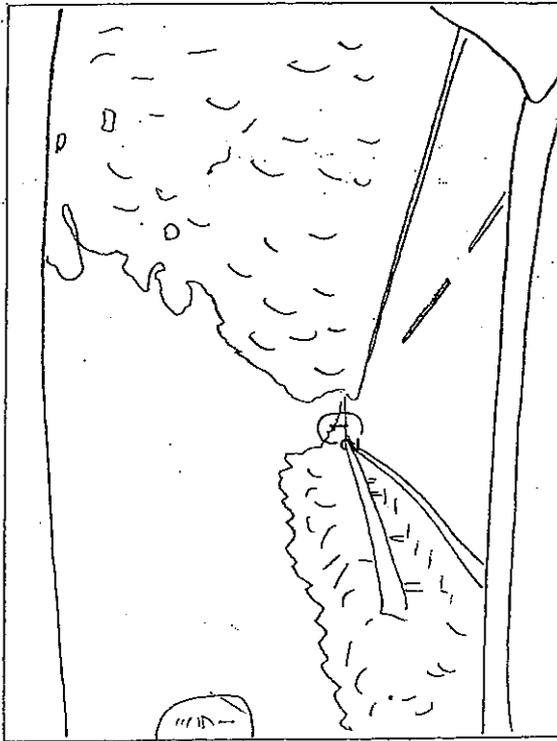


図 2-2-4(2) 走査経路図 (被験者MG、カーブ27)

Curve-No.2733, Ascending, S1/S3, Creasim, 0/2/3  
SCAN-PATH: SCENE NO. 9



Curve-No.2733, Ascending, S1/S3, Creasim, 0/2/3  
SCAN-PATH: SCENE NO. 11



Curve-No.2733, Descending, S1/S3, Creasim, 0/2/3  
SCAN-PATH: SCENE NO. 10

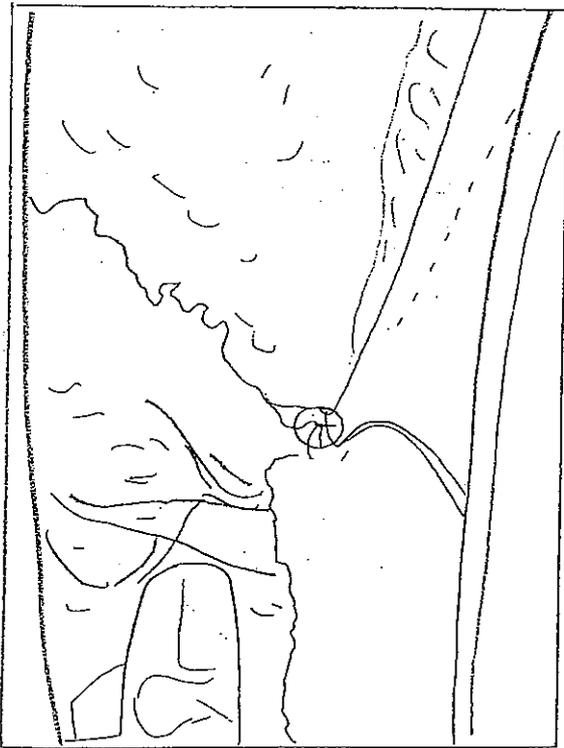


図 2-2-4(3) 走査経路図 (被験者MG、カーブ27)

となる。これは膨大な時間を要するが、省くと数量的解析内容の検討と解釈が空疎なものとなる。走査経路図の解析は眼球運動を記録したビデオ画像を駒送りで行い、前景が大きく変化しない約1秒毎の代表的な前景描画図に注視箇所または注視領域を順を追って記入した。

走査経路図は質的データである。この一側面を数量的に解析して表に示したものが眼球運動解析表(表2-2-1~表2-2-4)となる。これは、走査経路図の各注視の注視時間と飛越距離 (saccadic distance 注視点間距離) を示すものである。ここでの1回の注視は、解析者が目視で飛越距離 (アイマークの移動距離) と注視箇所または領域から判定した。当解析で同一注視と判定した飛越距離の基準は約3°である。これ以下の注視移動は同一の注視として判定した。ただし、同一注視の判定基準としては、飛越距離よりも注視対象あるいは注視領域が優先する。この基準内であっても、明らかに異なる対象に注視点が移動していると、異なる注視と判定しなければならない。また、この基準より大きな注視点移動が行われても、被験者にとって同一の意味を持つ対象あるいは領域であれば同一の注視と判定しなければならないからである。

表2-2-1(1) 眼球運動解析表 (走査経路図に対応) : 被験者NM、カーブ33

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
SCAN-PATH: SCENE NO. 0

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	49	50	11					
			18	8	267			
(2)			19	1	33	3.15	道路左奥	
③			20					
		51	16	27	900	2.73	歩道橋下	
平均					583(600)	2.94(5.88)		1コマ停留数: 1

\*注視時間、飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
SCAN-PATH: SCENE NO. 1

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	49	51	17					
		52	17	31	1033	5.25	歩道橋下	
②			18					
			27	10	333	1.47	歩道橋下	
(3)			28	1	33	9.45		
④			29					
		53	13	15	500	8.82	歩道橋左	
⑤			14					
			24	11	367	17.01	前方奥	
平均					558(567)	8.4(10.5)		1コマ停留数: 1

\*注視時間、飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

表 2-2-1(2) 眼球運動解析表 (走査経路図に対応): 被験者 NM、カーブ33

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 2**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	49	53	25					
		54	7	13	433	3.15	前方やや上	
②			8					
			19	12	400	1.26	前方やや上	
③			20					
		55	7	18	600	1.26	前方やや上	
平均					478	1.89		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 3**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	49	55	8					
			16	9	300	2.1	前方やや上	
(2)			17	1	33	1.89	前方やや上	
③			18					
			29	12	400	5.67	前方やや上	
④		56	0					
			12	13	433	1.68	前方やや上	
平均					378(389)	2.84(3.78)		1コマ停留数: 1

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 4**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
(1)	49	56	13	1	33	1.89		
(2)			14	1	33	6.72		
③			15					
			21	7	233	2.1	カーブ奥	
(4)			22	1	33	1.68		
⑤			23					
		57	3	11	367	4.2	カーブ先	
平均					300(350)	3.32(8.30)		1コマ停留数: 3

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 5**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	49	57	4					
			11	8	267	4.41	前方	
②			12					
			21	10	333	3.36	枝右	
③			22					
		58	1	10	333	1.26	枝左	
④			2					
			20	19	633	3.15	カーブ奥	
平均					392	3.05		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

表 2-2-1(3) 眼球運動解析表 (走査経路図に対応): 被験者 NM、カーブ33

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 6

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	49	58	21					
			28	8	267	1.47	カーブ奥	
(2)			29	1	33	4.62		
③		59	0					
			8	9	300	12.39	ミラー人	
(4)			9	1	33	10.71		
⑤			10					
			26	17	567	3.57	カーブ奥	
平均					378(400)	6.55(10.92)		1コマ停留数: 2

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 7

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
(1)	49	59	27	1	33	1.47		
②			28					
		50	0	11	467	5.25	カーブ奥	
③			12					
			24	13	433	3.57	路肩左	
④			25					
			1	8	467	7.35	路肩左	
平均					456(467)	4.41(5.88)		1コマ停留数: 1

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 8

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	50	1	9					
			14	6	200	3.78	カーブ奥	
(2)			15	1	33	6.72		振動?
③			16					
			26	11	367	4.2	カーブ左奥	
平均					283(300)	4.90(7.35)		1コマ停留数: 1

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 9

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	50	1	27					
			2	3	233	2.1	路面	
(2)			4	1	33	3.15		
③			5					
			17	13	433	5.25	路肩左	
④			18					
			29	12	400	4.62	路肩左奥	
平均					356(366)	3.78(5.04)		1コマ停留数: 1

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

表 2-2-1(4) 眼球運動解析表 (走査経路図に対応): 被験者 NM、カーブ33

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 10

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	50	3	0					
			9	10	333	4.83	路肩左	
②			10					
			18	9	300	3.78	路肩→カーブ奥	
③			19					
			28	10	333	4.2	カーブ左奥	
平均					322	4.27		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 11

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	50	3	29					
			4	19	21	700	1.05	奥方
②			20					
			25	6	200	2.1	奥方	
③			26					
			5	10	15	500	2.52	奥方
平均					467	1.89		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
 SCAN-PATH: SCENE NO. 12

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	50	5	11					
			27	17	567	3.99	左奥方	
②			28					
			6	8	11	367	2.94	奥方
③			9					
			18	10	333	3.15	左奥方	
④			19					
			29	11	367	2.52	左奥方	
平均					408	3.15		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

総平均					412(424)	3.84(4.81)		
全時間	16 sec 18 frame			*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの				
全コマ数	498frame							
全注視回数	50 (1コマ停留含む)							
1コマ停留数	11							

表 2-2-2(1) 眼球運動解析表 (走査経路図に対応): 被験者 NM、カーブ27

Curve-No. 27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 1**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	48	43	7					
			16	10	333		路面左	
(2)			17	1	33	2.1		
③			18			1.68		
			22	5	167		前方	
④			23			4.2		
		44	14	22	733		前方→路面	
(5)			15	1	33	6.93		
⑥			16			5.46		
			21	6	200		左方や手前	
(7)			22	1	33	7.56		
⑧			23			4.83		
		45	7	15	500		左前方	
平均					387 (407)	3.99 (8.19)		1コマ停留数: 3

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No. 27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 2**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	48	45	8			3.99		
			24	17	567		カーブ先	
②			25			1.05		
		46	2	8	267		カーブ手前左	
③			3			1.68		
			10	8	267		カーブ先	
④			11			2.1		
			24	14	467		カーブ左奥	看板?
⑤			25			1.68		
		47	4	10	333		カーブ奥	
平均					380	2.1		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No. 27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 3**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	48	47	5			1.89		
			18	14	467		カーブ奥	
②			19			11.97		
		48	8	20	667		カーブ左→カーブ出口先	
③			9			3.78		
			14	6	200		カーブ奥	
④			15			3.15		
			21	7	233		カーブ奥	
平均					392	5.20		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

表 2-2-2(2) 眼球運動解析表 (走査経路図に対応): 被験者 NM、カーブ 27

Curve-No. 27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 4**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	48	48	22			7.77		
		49	7	16	533		カーブ先	
②			8			5.67		
			18	11	367		カーブ右	
平均					450	6.72		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No. 27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 5**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
(1)	48	49	19	1	33	6.3		
②		49	20			3.15		
			29	10	333		カーブ奥	
③		50	0			3.99		
			4	5	167		カーブ右前方	
(4)			5	1	33	4.62		
⑤			6			3.57		
			12	7	233		カーブ右前方	
⑥			13			5.25		
			19	7	233		カーブ右前方	
⑦			20			10.92		
		51	2	13	433		カーブ奥, ミラー	
平均					280 (293)	5.4 (7.56)		1コマ停留数: 2

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No. 27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 6**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
(1)	48	51	3	1	33	3.99		
②			4			1.89		
			13	10	333		カーブ右前方	
③			14			5.04		
		52	8	25	833		カーブ右前方	
④			9			4.62		
			23	15	500		カーブ右前方	
平均					556 (566)	3.89 (5.18)		1コマ停留数: 1

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

表 2-2-2(3) 眼球運動解析表 (走査経路図に対応): 被験者 NM、カーブ 27

Curve-No. 27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 7**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	48	52	24			5.46		
			26	3	100		前前方	
②			27			1.68		
		53	27	31	1033		前方やや手前	
(3)			28	1	33	2.52		
④			29			2.1		
		54	22	24	800		カーブ左やや手前	
(5)			23	1	33	3.57		
⑥			24			3.15		
		55	10	17	567		カーブ左前方	
平均					625(642)	3.08(4.62)		1コマ停留数: 2

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No. 27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 8**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	48	55	11			5.67		
			23	13	433		やや手前	
②			24			7.14		
		56	2	9	300		左前方	
③			3			5.25		
			13	11	367		左やや手前	
④			14			4.62		
			23	10	333		路肩左方	
平均					358	5.67		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No. 27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 9**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	48	56	24			5.67		
		57	0	7	233		左側路面	
②			1			9.03		
		58	4	34	1133		左やや手前	
③			5			5.67		
		59	1	27	900		カーブ奥	
④			2			2.73		
			11	10	333		左方	
平均					650	5.78		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

表 2-2-2(4) 眼球運動解析表 (走査経路図に対応) : 被験者 NM、カーブ 27

Curve-No. 27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 10**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	48	59	12			3.15		
			19	8	267		奥方	
②			20			2.94		
	49	0	18	29	967		奥方→左手前	
平均					617	3.05		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No. 27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 11**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	49	0	19			3.36		
			28	10	333		左前方	
(2)			29	1	33	2.1		
③		1	0			4.2		
			6	7	233		正面前方	(直線道路)
平均					283(300)	3.22(4.83)		1コマ停留数: 1

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

総平均					453(460)	4.34(5.35)		
全時間	17 sec 29 frame				*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの			
全コマ数	539frame							
全注視回数	49 (1コマ停留含む)							
1コマ停留数	9							

表 2-2-3(1) 眼球運動解析表 (走査経路図に対応): 被験者MG、カーブ33

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim, 1/2/3  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 0**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	21	49	21				ややカーブ先	
			28	8	267			
②			29			2.10	カーブ先	
		50	23	25	833			
③			24			1.68	カーブ奥	
		51	16	23	767			
④			17			1.68	カーブ手前 (歩道橋含む?)	
			25	9	300			
⑤			26			2.73	奥→路面手前→奥	
		52	6	11	367			
平均					507	2.05		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim, 1/2/3  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 1**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
	21	52	7	1	33	7.35		
②			8			2.73	奥方やや上	
		53	6	29	967			
③			7			2.31	カーブ奥方	
			10	4	133			
④			11			2.73	カーブ奥方	
			20	10	333			
⑤			21			1.68	カーブ奥方	
		54	12	22	733			
平均					440 (542)	3.36 (2.36)		1コマ停留数: 1

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim, 1/2/3  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 2**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	21	54	13			2.31	カーブ奥方	
			26	14	467			
②			27			2.94	カーブ奥方	消失(瞬き)有り
		56	14	48	1600			
平均					1033	2.63		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim, 1/2/3  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 4**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	21	56	15			2.52	カーブ奥方	消失(瞬き)有り
		57	22	38	1267			
平均					1267	2.52		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

\*SCENE3に該当する眼球運動はなし

表 2-2-3(2) 眼球運動解析表 (走査経路図に対応): 被験者MG、カーブ33

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim, 1/2/3  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 5**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	21	57	23			4.41	奥方	消失(瞬き)有り
		59	5	43	1433			
平均					1433	4.41		1コマ停留数:0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim, 1/2/3  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 6**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	21	59	6			2.73	奥方	
			28	23	767			
平均					767	2.73		1コマ停留数:0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim, 1/2/3  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 7**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
	21	59	29	1	33	4.62		
②	22	0	0			5.67	奥左方	消失(瞬き)有り
			12	13	433			
③			13			2.31	奥左方, バックミラー?	
			26	14	467			
平均					311(450)	4.2(3.99)		1コマ停留数:1

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim, 1/2/3  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 8**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	22	0	27			3.57	奥やや左方	消失(瞬き)有り
		1	2	6	200			
②			3			3.15	奥左方	
			8	6	200			
平均					200	3.36		1コマ停留数:0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim, 1/2/3  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 9**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	22	1	9			5.67	前方	
			22	14	467			
②			23			5.04	前方奥	
			28	6	200			
③			29			3.78	左側	
		2	3	5	167			
④			4			4.62	左奥方	消失(瞬き)有り
			9	6	200			
平均					258	4.78		1コマ停留数:0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

表 2-2-3(3) 眼球運動解析表 (走査経路図に対応): 被験者MG、カーブ33

Curve-No.27(33), ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim, ①/2/3  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 10**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	22	2	10			5.04	左奥方	消失(瞬き)有り
		3	16	7	233			
②			17			4.62	カーブ奥	
			23	7	233			
平均					233	4.83		1コマ停留数:0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27(33), ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim, ①/2/3  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 11**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
	22	3	24	1	33	2.10		
②			25			4.20	奥方	
		4	10	16	533			
③			11			1.89	奥方	
			21	11	367			
平均					311(450)	2.73(3.05)		1コマ停留数:1

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27(33), ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim, ①/2/3  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 12**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	22	4	22			2.10	奥方	
		5	29	37	1233			
平均					1233	2.10		1コマ停留数:0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

総平均					666(698)	3.31(3.23)		
全時間	16 sec 8 frame				*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの			
全コマ数	488frame							
全注視回数	(1コマ停留含む)							
1コマ停留数	3							

表 2-2-4(1) 眼球運動解析表 (走査経路図に対応): 被験者MG、カーブ27

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 1**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	20	47	8					
			23	16	533		路面	
2)			24	1	33	2.73		
③		48	14	20	667		左路肩	
			14					
平均					411 (600)	2.94 (2.73)		1コマ停留数: 1

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 2**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	20	48	15			4.2		
			49	6	22	733		道路左奥
2)			7	1	33	3.57		
③			8			1.26	下前方	
			16	9	300			
平均					355 (517)	3.01 (2.73)		1コマ停留数: 1

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 3**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	20	49	17			1.68		
			50	19	33	1100		対向車→カーブ奥
②		51	20			2.73		
			17	28	933		カーブ奥	
平均					1017	2.21		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 4**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	20	51	18			2.1		
			52	9	22	733		カーブ右側
平均					733	2.10		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 5**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	20	52	10			2.31		
			53	6	27	900		カーブ右側
②			7			4.83		
			24	18	600		カーブ右側	
平均					750	3.57		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

表 2-2-4(2) 眼球運動解析表 (走査経路図に対応): 被験者MG、カーブ27

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 6**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	20	53	25			2.52		
		54	13	19	633		カーブ出口	
②			14			3.57		
			19	6	200		カーブ右側	
3)			20	1	33	5.67		
④			21			1.05		
		55	8	18	600		カーブ右側	
平均					367 (478)	3.20 (2.38)		1コマ停留数: 1

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No.27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 7**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	20	55	9			2.73		
			27	19	633		路面右, 中央	
②			28			2.52		
		56	9	12	400		路面左, カーブ左	
3)			10	1	33	6.09		
④			11			1.68	右やや上	
			18	8	267			
⑤			19			2.1		
			25	7	233		路面中央	
6)			26	1	33	4.83		
⑦			27			3.15		
		57	3	7	233		前方やや右	消失あり
8)			4	1	33	7.77		
⑨			5			0.84		
			8	4	133		前方左奥	
10)			9	1	33	5.25		
⑩			10			5.46		
		58	1	22	733			
12)			2	1	33	3.99		
⑬			3			5.88		
			4	2	67			
平均					220 (337)	4.02 (3.05)		1コマ停留数: 5

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

表 2-2-4(3) 眼球運動解析表 (走査経路図に対応): 被験者MG、カーブ27

Curve-No. 27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 8**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
1)			5	1	33	4.2		
2)			6	1	33	2.52		
3)			7	1	33	3.57		
4)			8	1	33	8.19		
⑤	20	58	9			3.78		
			16	8	267		前方下	
6)			17	1	33	3.36		
⑦			18			2.94		
			28	11	367		前方下やや左	
平均					114 (317)	4.08 (3.36)		1コマ停留数: 5

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No. 27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 9**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
1)			29	1	33	4.83		
②		59	0			2.94		
			19	20	667		前方	消失
3)	20	59	20	1	33	4.62		
④			21			3.78		
	21	0	9	19	633		前方奥	
⑤			10			6.09		
			16	7	233		カーブ右下方	
平均					320 (511)	4.45 (4.27)		1コマ停留数: 2

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No. 27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 10**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	21	0	17			2.73		
		1	22	6	200		前方奥	
平均					200	2.73		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

Curve-No. 27/33, ascent/descent, S1/S2/S3, real/sim  
**SCAN-PATH: SCENE NO. 11**

注視番号	min.	sec.	frame	注視コマ数	注視時間(ms)	飛越距離(deg.)	注視箇所	備考
①	21	1	23			1.68		
		2	7	15	500		奥方左	
②		2	8			2.1		
		2	15	8	267		左路肩	
平均					384	1.89		1コマ停留数: 0

\*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの

総平均					432 (531)	2.94 (2.82)		
全時間	15 sec 07 frame				*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除いたもの			
全コマ数	457frame							
全注視回数	43 (1コマ停留含む)							
1コマ停留数	15							

### 2-2-3 結果と考察：情報獲得の主測度－注視時間と飛越距離を中心として

視覚探索、視覚情報の獲得の効率を検討する上で重要となる眼球運動の数量的データは、注視時間、飛越距離、そして有効視野である。ここでは注視時間と飛越距離に注目する。注視時間が短かければ、一定時間内の注視回数が多くなる。逆に長ければ、一定時間内の注視回数が少なくなり、注意の偏りや見落とし、発見の遅れにつながる。また、飛越距離が長ければ、情報獲得範囲が広くなり、短かければ情報獲得範囲が狭くなる。

#### (1) 各被験者のカーブ走行時の対処方法

眼球運動解析表(表2-2-1～表2-2-4)に基づいて、被験者毎に、ほぼ1秒毎の走行場面での平均注視時間と平均飛越距離<sup>2</sup>を示したのが図2-2-5～図2-2-8である。ここでの約1秒毎の区分は、走査経路の解析を行った区分である。この区分は運転時の前景の変化に対応するものとなっている。故にこれらの図から、走行箇所による前景の変化あるいは道路形状の変化に対して、眼球運動の成分がどのように変化しているのかを読みとることができる。

被験者NMの場合(図2-2-5、図2-2-6)には、いずれのカーブでも走行箇所による飛越距離の変動が注視時間の変動よりも大きい。他方、被験者MGの場合(図2-2-7、図2-2-8)には、いずれのカーブでも走行箇所による注視時間の変動が飛越距離の変動よりも大きくなっている。このことは、走行箇所の変化に対して、被験者NMは主として飛越距離を変えることで対処しており、被験者MGは主として注視時間を変えることで対処していることを示唆する。

上記の各図の注視時間の標準偏差と変異係数<sup>3</sup>を示したのが図2-2-9、飛越距離の標準偏差と変異係数を示したのが図2-2-10である。各被験者による情報獲得の対処方法の相違がさらに明らかとなる。すなわち、被験者NMの標準偏差と変異係数は飛越距離において注視時間よりも大きく、被験者MGでは注視時間において飛越距離よりも大きい。また、注視時間については標準偏差、変異係数のいずれも被験者MGの方が大きく、飛越距離については標準偏差、変異係数のいずれも被験者NMの方が大きくなっている。

以上のように、走行箇所の変化への対処方法は被験者によって異なり、被験者NMは主として飛越距離を変えることで、被験者MGは主として注視時間を変えることで対処していることが示唆された。

#### (2) 各被験者におけるカーブ33での問題点

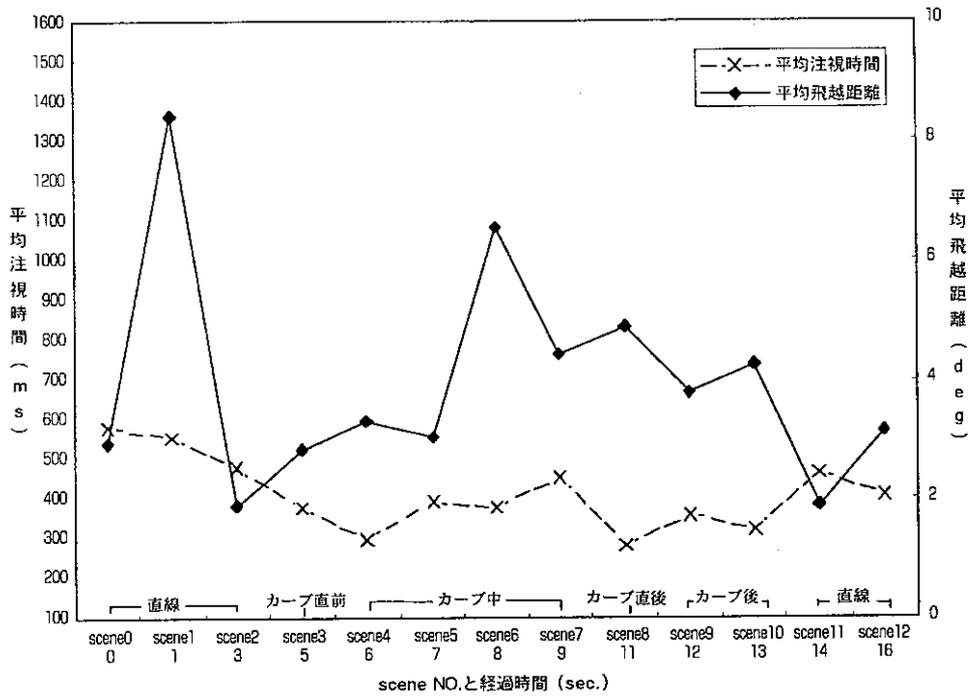
上述のように、被験者NMは主として飛越距離を変化することで対処し、被験者MGは主として注視時間を変化することで対処している。各被験者内での主対処測度を、カーブ33とカーブ27で比較することから、カーブ33の走行時の問題点を指摘することが可能となる。

##### ① 情報獲得の柔軟性：変動性より

飛越距離が対処の主測度となる被験者NMの場合には、図2-2-10のように飛越距離の標準偏差も変異係数もカーブ33の走行時に大きくなっており、カーブ33ではより柔軟に対処しようとしていることが示唆される。また同様に、注視時間が対処の主

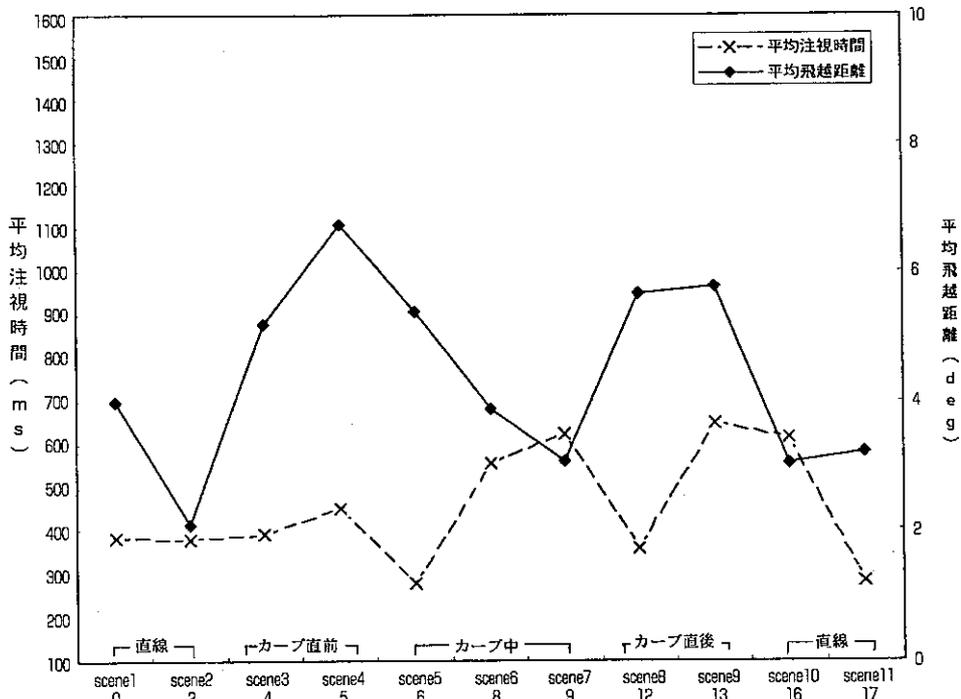
2 平均注視時間と平均飛越距離は、飛越運動中の1コマのアイマークの停留を省いて求めたものである。

3 標準偏差と変異係数は原データから求めた。



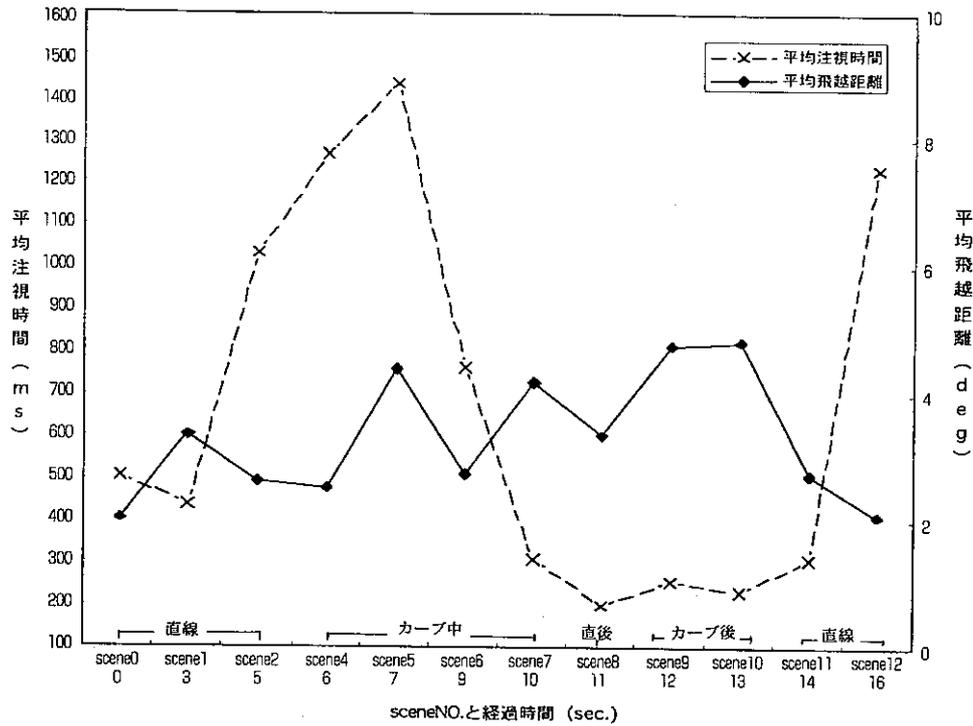
総平均		424 (412)	4.81 (3.84)
全時間	16 sec 18 frame	*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除かないもの	
全コマ数	498frame		
全注視回数	50 (1コマ停留含む)		
1コマ停留数	11		

図 2-2-5 走行箇所別の平均注視時間と平均飛越距離(被験者 NM、カーブ33)



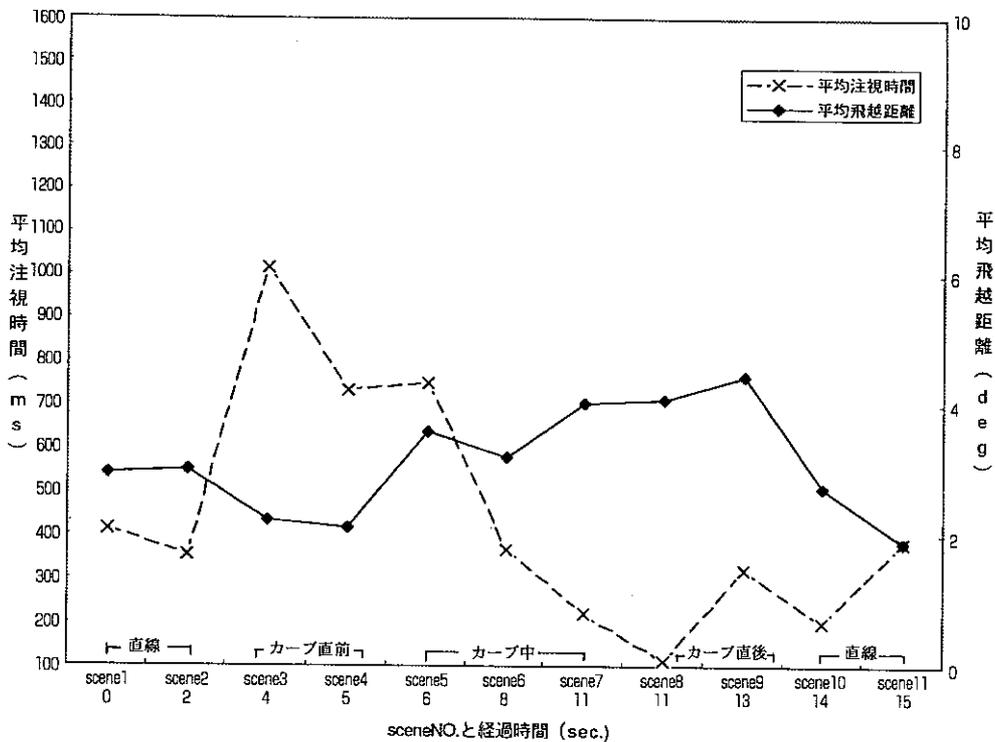
総平均		460 (453)	5.35 (4.34)
全時間	17 sec 29 frame	*注視時間, 飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除かないもの	
全コマ数	539frame		
全注視回数	49 (1コマ停留含む)		
1コマ停留数	9		

図 2-2-6 走行箇所別の平均注視時間と平均飛越距離(被験者 NM、カーブ27)



総平均		698 (666)	3.23 (3.31)
全時間	16 sec 8 frame	*注視時間、飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除かないもの	
全コマ数	488frame		
全注視回数	(1コマ停留含む)		
1コマ停留数	3		

図 2-2-7 走行箇所別の平均注視時間と平均飛越距離(被験者MG、カーブ33)



総平均		531 (432)	2.62 (2.94)
全時間	15 sec 07 frame	*注視時間、飛越距離の平均値の括弧内は1コマ停留した場合を除かないもの	
全コマ数	457frame		
全注視回数	43 (1コマ停留含む)		
1コマ停留数	15		

図 2-2-8 走行箇所別の平均注視時間と平均飛越距離(被験者MG、カーブ27)

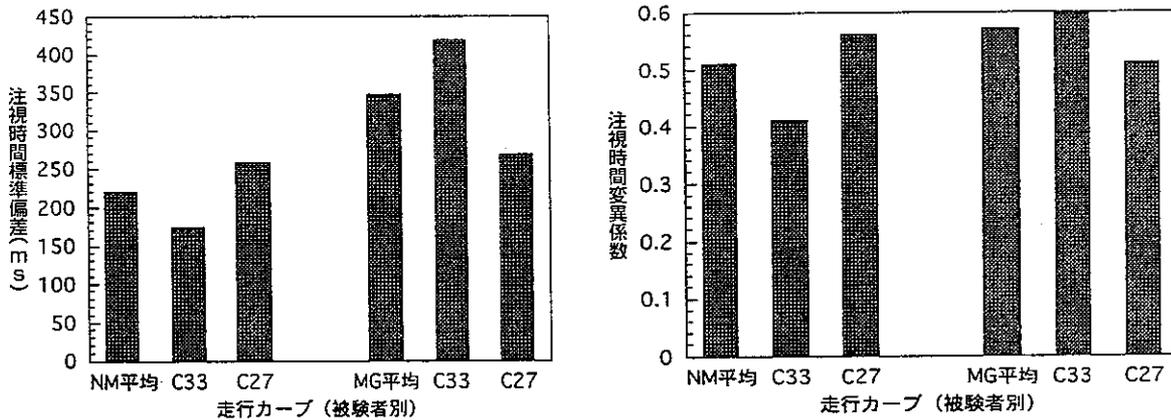


図 2-2-9 被験者別、カーブ別の注視時間の標準偏差と変異係数

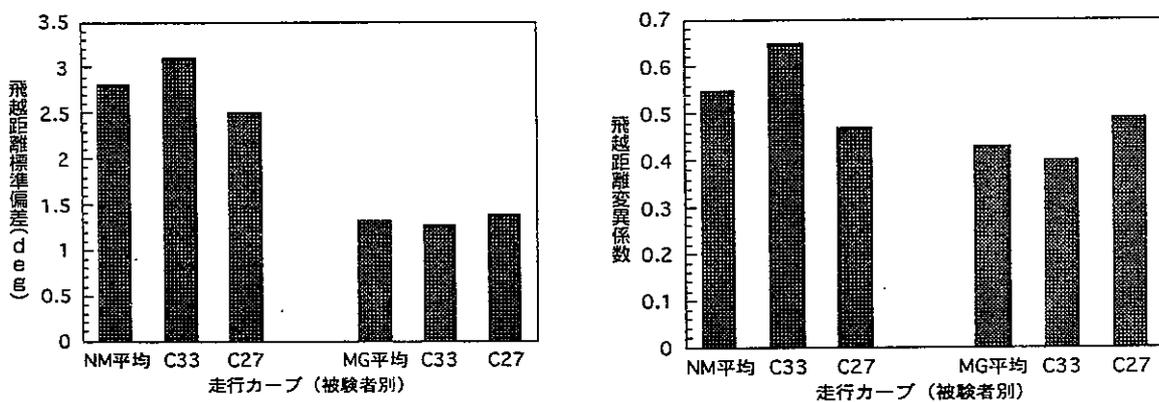


図 2-2-10 被験者別、カーブ別の飛越距離の標準偏差と変異係数

測度となる被験者MGの場合には、図 2-2-9 のように飛越距離の標準偏差も変異係数もカーブ33の走行時に大きくなっており、カーブ33ではより柔軟に対処しようとしていることが示唆される。

② 情報獲得の効率：平均値より

ここで注視時間と飛越距離の平均値を見てみよう(図 2-2-11、図 2-2-12)。

被験者NMの場合には、主な対処測度ではない注視時間についてはカーブによる平均値の相違はほとんど見られない。他方、主な対処測度の飛越距離についてはカーブによる平均値の相違が見られ、カーブ33の場合の方が飛越距離が短くなっている。カーブ33での情報獲得効率が悪くなる可能性を問題として指摘できる。

さらに、被験者NMの各カーブ内での飛越距離の変化を見てみよう。カーブ33(図 2-2-5)とカーブ27(図 2-2-6)を比較すると、カーブ33ではカーブ直前とその前後<sup>4</sup>(図 2-2-5のscene2とscene7)で飛越距離が短くなっており、この箇所での情報獲得効率の低下が問題となり得ると思われる。この点は、カーブ33ではカーブに入ってから再びブレーキを踏んでいること(前節の図 2-1-2)に対応可能性がある。すなわち、カーブ33ではカーブに入る前に実際よりも緩いカーブであると判断し、そのことがカーブ直前での情報獲得必要性・効率を低下させている可能性で

4 図 2-2-5～図 2-2-8での「カーブ中」などの区分表示は、走査経路図および元のビデオ映像から区分・命名したもので、明確な基準はない。

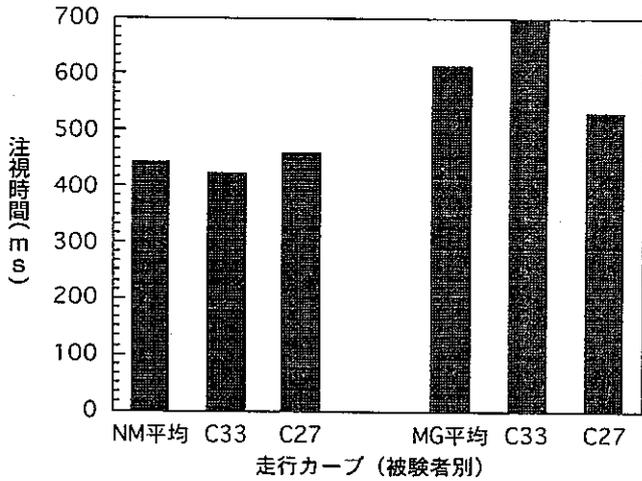


図 2-2-11 被験者別、カーブ別の平均注視時間

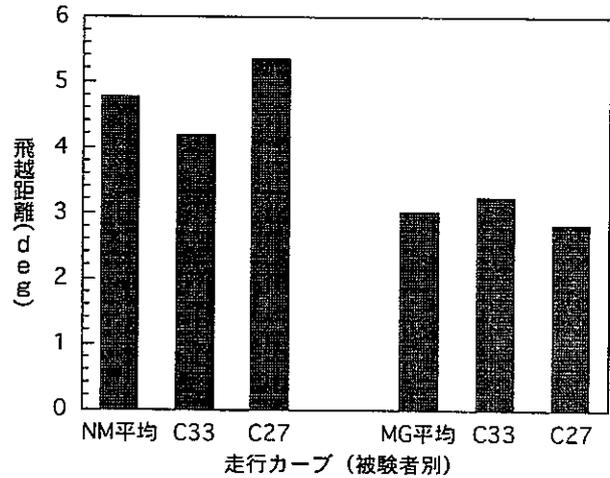


図 2-2-12 被験者別、カーブ別の平均飛越距離

ある。被験者NMでは、この点がカーブ直前の前後での飛越距離の短縮という形に現れているとの解釈が可能である。

同様に、被験者MGの場合には、主な対処測度ではない飛越距離についてはカーブによる平均値の相違はほとんど見られない。他方、主な対処測度の注視時間についてはカーブによる平均値の相違が見られ、カーブ33の場合の方が注視時間が長くなっている<sup>5</sup>。このことは、カーブ33での情報獲得効率が悪くなる可能性を示し、この点を問題として指摘できる。図 2-2-7<sup>6</sup>(カーブ33)と図 2-2-8 (カーブ27)を比較すると、カーブ33では直線部最後とカーブ中の前半(図 2-2-7のscene2とscene5)で注視時間が長くなっており、この箇所での情報獲得効率の低下が問題となり得ると思われる。この点は、被験者MGでもカーブ33でカーブに入ってから再びブレーキを踏んでいること(前節の図 2-1-2)に対応している可能性がある。すなわち、被験者MGの場合にもカーブ33ではカーブに入る前に実際よりも緩いカーブがあると判断し、そのことがカーブ直前での情報獲得必要性・効率を低下させている可能性がある。被験者MGでは、この点が注視時間の増大という形に現れているとの解釈が可能である。

## 2-2-6 まとめ

視覚探索、視覚情報の獲得の効率を検討する上で重要となる注視時間と飛越距離に注目して検討した。

- (1) 走行箇所の変化に対して、被験者NMは主として飛越距離を変えることで、被験者MGは主として注視時間を変えることで対処していることが示唆された<sup>7</sup>。

5 なお、平均注視時間は事故率の高いカーブで長く(480msec)、低いカーブで短い(390msec)という報告がある(Shinar et al., 1977)。ここでの被験者MGの結果は彼らの結果に一致している。しかし、ここではカーブで問題となる箇所を示したとともに、飛越距離も検討対象とすべきことを示したといえる。

6 図 2-2-7でカーブ直前、scene3が表示されていないのは、scene2からscene4にかけて同一場所に注視が行われていたためである。図 2-2-7は、カーブ直前で長い注視が行われていたことを示している。

7 ここで示された個人による情報獲得の対処方法の相違は今までに報告されていない知見である。さらなる検討が待たれる。一般的な対処測度は注視時間とされているが(Chapman & Underwood, 1998)、飛越距離による対処は有効視野との関連があり興味を持たれる(三浦, 1996)。

- (2) 主対処測度（被験者NMでは飛越距離、被験者MGでは注視時間）の変動性の検討から、いずれの被験者でも問題を含むカーブ33で、むしろより柔軟に対処しようとしていることが示唆された<sup>8</sup>。
- (3) しかし、主対処測度の平均値の検討から、カーブ33では情報獲得効率が低下していることが示唆された。さらに、問題となる箇所はカーブ直前とその前後であることが示唆された。この点は、カーブ33ではカーブに入ってから再びブレーキを踏んでいることに対応可能性があり、カーブ33ではカーブに入る前に実際よりも緩いカーブであるとの判断が行われ、そのことがカーブ直前での情報獲得必要性・効率を低下させている可能性がある。この点がカーブ直前の前後での各被験者の主対処測度の劣化という形に現れているものと思われる。

#### ● 参考文献 ●

- Chapman, P.R. & Underwood, G. 1998 Visual search of driving situations: Danger and experience. *Perception*, 27, 951-964.
- Lund, M.F. & Lee, D.N. 1994 Where we look when we steer. *Nature (London)*, 396, 742-744.
- 三浦利章 1996 行動と視覚的注意 風間書房
- Shinar, D., McDowell, E.D. & Rockwell, T.H. 1977 Eye movements in curve negotiation. *Human Factors*, 19, 63-71.

---

8 ここでのデータの変動性は、情報処理の柔軟性と不安定性の両面からの解釈が可能であることにも留意しなければならない。

## 2-3 まとめ

本章では、事故発生が少ないカーブと事故の多発しているカーブにおけるドライバの情報処理の違いから事故要因を解明するため、2つの方向からの検討を行った。最初にNNSを用いてドライバが実際に操縦した動作を詳細に表現するドライバモデルを構築し、そのモデルの解析結果について検討を行った。次に人間の視覚探索、視覚情報の獲得の効率を検討する上で重要となる注視時間と飛越距離に注目して検討を行った。

以下にこれらの検討結果をまとめる。

### 「ドライバモデルを用いた解析結果」

- 構築されたドライバモデルの表現力の確認を行った後、このモデルの因子解析を行うことにより、操縦動作に与える環境情報、運動情報の影響度が解析できることを示した。
- 上記因子解析結果を用い、ドライバのコースに対する慣れの影響を示すことができた。
- 同様に同一コース走行時の通過速度の影響の検討を行い、その概要を把握した。
- 被験者の違いによる解析を行い、被験者により情報処理過程が大きく異なる点、ならびにコースの違いによる傾向の類似性を示した。
- 今回取り上げた事故多発地点（カーブ33）では、ドライバにこれから現れるコース形状に対する予測動作を強く要求することが示唆された。

### 「飛越距離・注視時間からの解析」

- 走行箇所の変化に対して、主として飛越距離を変えることで対処する被験者と、主として注視時間を変えることで対処する被験者とが明確に区別された。
- 主対処測度（飛越距離重視、注視時間重視等）の変動性の検討から、いずれの被験者でも問題を含むカーブ33で、むしろより柔軟に対処しようとしていることが示唆された。しかし、主対処測度の平均値の検討から、カーブ33では情報獲得効率が低下していることが、さらに、問題となる箇所はカーブ直前とその前後であることが示唆された。

以上2つの結果は、ともに人間の情報処理について検討したものであるが、制御動作面からの解析においても、また交通心理学の面からの解析においても特徴のある結果が得られ、ともにカーブ33がドライバに与える影響がカーブ27とは異なっている事が示された。また特にカーブ33ではカーブ進入時だけではなく、進入後も再度ブレーキを踏んでいることに対応する可能性があり、このカーブに入る前には実際よりも緩いカーブであるとの判断が行われ、そのことがカーブ直前での情報獲得の必要性・効率を低下させている可能性がある。

## 第3章 ドライビングシミュレータによる事故要因推定

### 3-1 概要

先に述べたように、本研究グループではいくつかの観点から日本平パークウェイにおける事故多発の要因推定を行っている。本章ではそれらの中の一つである、ドライビングシミュレータによる事故要因推定を行う。我々の研究グループでは、実際に日本平パークウェイにおける走行実験を行ってきた。本研究では、ドライビングシミュレータを用いて走行実験を行い、その結果を実車実験と比較することにより、事故要因推定、ならびにそれにおけるドライビングシミュレータの使用可能性について検討する。具体的にはドライビングシミュレータ上に日本平パークウェイを再現し、実車実験と同一の被験者による走行実験を行う。

ドライビングシミュレータを使用する利点としては次のようなものがある。まず1つ目は、走行条件を一定に保つことが可能である点である。実車による走行実験を行う場合には、例えば天候、路面状況、対向車両の有無など各々の実験において条件が一定にならないパラメータが存在する。ドライビングシミュレータによる走行実験ではそのような不確定な要因を排除できる。2つ目としては、各種パラメータの変更が容易である点である。例えば、ドライバの走行に影響を与えるパラメータとして走行道路の見通しが考えられる。この見通しが事故要因と密接に関わりあっていれば、これを変化させることにより詳細な事故要因の推定が可能になる。ドライビングシミュレータを用いれば、このような実車実験では変化させることの難しいパラメータも変化させることが可能になり、より詳細な事故要因解析を行うことができる。

### 3-2 ドライビングシミュレータ

ここでは実験に使用しているドライビングシミュレータについて説明する。走行実験には研究室内で製作を行ってきたドライビングシミュレータを使用している。ドライビングシミュレータの外観を図3-1に示す。運転操作を行うコックピットは中古車体前半分を使用し、プロジェクタを用いて前方のスクリーンに映像を映し出すようになっており、いわゆるFixed-Based Driving Simulatorである。走行画面イメージを図3-2に示す。

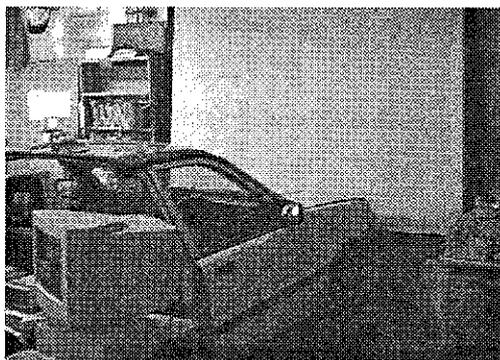


図3-1 ドライビングシミュレータの外観

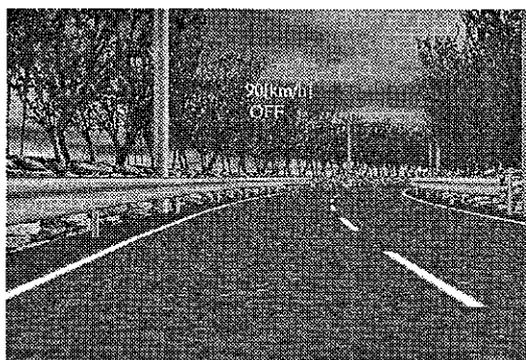


図3-2 走行画面イメージ

### 3-3 ドライビングシミュレータによる走行実験

ここではドライビングシミュレータによる走行実験について説明する。以下に実験環境を示す。

- ドライビングシミュレータ上での実験走行コースは、実際に道路を建設するとき用いられた道路設計図から距離、曲率、勾配のデータを抽出し道路データを作成している。そのため曲率、勾配などの値は正確に実際の日本平パークウェイを模擬したものになっている。
- ドライビングシミュレータによる走行実験の被験者は、日本平パークウェイでの実車実験の被験者と同じ被験者を使用し、計3名の被験者で実験を行っている。
- 走行実験では実車、シミュレータともほぼ日本平パークウェイ全体を走行している。
- 走行実験は、各々の被験者に対し3~4回行っている。
- 走行実験中には、共同研究者が心拍、眼球運動、脳波の計測を行っている。

### 3-4 解析における注意

次節で実車走行実験とシミュレータ走行実験の比較解析を行う。ここで解析にあたり次の点に留意する必要がある。実験結果のグラフの横軸は道路の進行方向に対する距離になっている。この進行方向に対する距離の算出には、車両の走行速度とサンプリング時間の積の積分値を用いている。またドライビングシミュレータ上の走行コースの作成過程など実験結果の比較における誤差となる要因がある。誤差の発生要因を以下にまとめる。

- 地図データからシミュレータ上の地図データを作成する過程における誤差  
(シミュレータ上ではコースデータは5[m]おきのポイント列から構成されている。)
- 実車実験でのカーブ開始位置と終了位置を測定する際の誤差(各々±3[m]程度)
- 道路の進行方向に対する距離を算出する際の、車線に対する横変位の影響
- シミュレータの車両モデルの誤差

以上より、距離データに関しては数メートル程度の誤差が発生すると考えられる。

### 3-5 実験結果

ここでは、走行実験の結果を示す。走行実験は実車、シミュレータとも3人に対して行ったが、ここでは特に被験者KGについて詳しく解析することにする(表3-1)。他の被験者については結果のデータを付録にて示す。被験者KGについて、シミュレータ実験の結果を図3-3(1)~(4)から図3-8(1)~(4)に示す。これらは各々の実験におけるカーブ27とカーブ33での被験者の速度、ブレーキ量、ヨーレートを示している。また、実車実験の結果を図3-9から図3-14に示す。

はじめに、ドライビングシミュレータでの4回の実験について各項目を見ていくことにする。まず、速度については、進入速度がほぼ一定であり、図3-3(1)~(4)よりカーブ27で16~18m/s、図3-4(1)~(4)よりカーブ33で23~24m/sである。次にブレーキについては、図3-5(1)~(4)よりカーブ27ではタイミング、ブレーキ量とも2回目をのぞいては

表3-1 被験者KGの実験結果

被験者KG	シミュレータ		実車		
		カーブ27	カーブ33	カーブ27	カーブ33
速度	1回目	図3-3(1)	図3-4(1)	図3-9	図3-10
	2	図3-3(2)	図3-4(2)		
	3	図3-3(3)	図3-4(3)		
	4	図3-3(4)	図3-4(4)		
ブレーキ量	1	図3-5(1)	図3-6(1)	図3-11	図3-12
	2	図3-5(2)	図3-6(2)		
	3	図3-5(3)	図3-6(3)		
	4	図3-5(4)	図3-6(4)		
ヨーレート	1	図3-7(1)	図3-8(1)	図3-13	図3-14
	2	図3-7(2)	図3-8(2)		
	3	図3-7(3)	図3-8(3)		
	4	図3-7(4)	図3-8(4)		

ほぼ一致している（2回目はブレーキを踏んでいない）。図3-6(1)~(4)よりカーブ33では踏み方に違いはあるものの、ブレーキ量としてみると同程度である。ヨーレートに関しては、図3-7(1)~(4)および図3-8(1)~(4)よりカーブ27、33ともにふらつき具合に差はあるものの、値としては同様の結果を示している。

次に、実車実験とシミュレータ実験の比較を行う。実車実験における走行の特徴は以下のようにになっている。

- 図3-9、図3-10より、カーブ27への進入速度よりカーブ33への進入速度の方が高い。
- 図3-11、図3-12より、カーブ27でのブレーキ量よりカーブ33でのブレーキ量の方が多。
- 図3-12よりカーブ33ではブレーキの踏み直し（2度踏み）が見られる。

まず1点目のカーブ27への進入速度よりカーブ33への進入速度の方が高い点に関しては、シミュレータ実験の結果も同等であると言える。しかし実車実験とシミュレータ実験の進入速度は必ずしも一致していない。これはシミュレータの速度感の欠如に影響しているものと考えられる。このことは、ヨーレートの値の違いにも現れている。2点目のカーブ27でのブレーキ量よりカーブ33でのブレーキ量の方が多い点に関しても同様に、シミュレータにおいてもその傾向は変わらない。またブレーキ開始点に関しても実車実験とシミュレータ実験ではほぼ等しい。3点目のブレーキの踏み直しに関しては、シミュレータ実験でその傾向は見られない。

以上、実車実験データとシミュレータ実験データは、定量的には必ずしも一致していないが、定性的には一致しているといえる。定量的に両者が一致しない原因としては、実車とシミュレータのモデル誤差、実車とシミュレータの速度感、加速度感の差異などが考えられる。この点に関しては、現在製作がほぼ終了した図3-15のMoving Baseのシミュレータを用いて実験を行うことにより確認されるものと思われる。

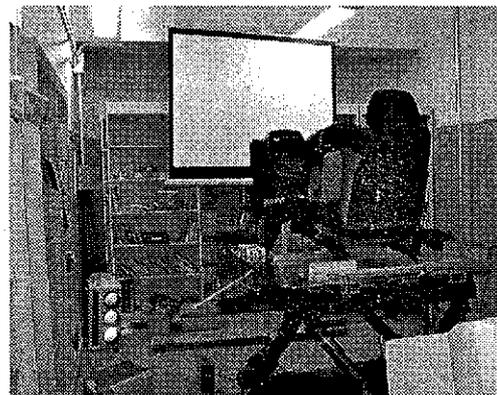


図3-15 Moving Baseのシミュレータ

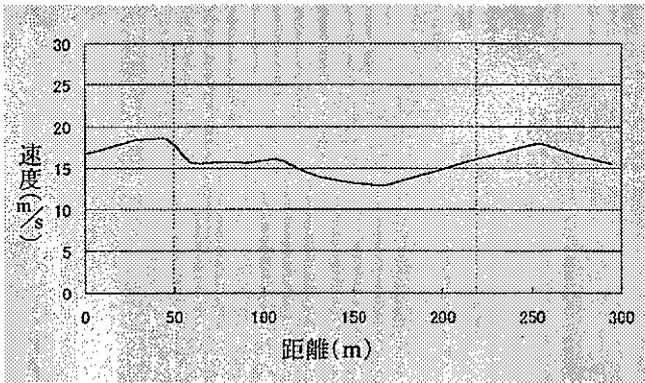


図 3-3(1) 速度(シミュレータ、カーブ27、1回目)

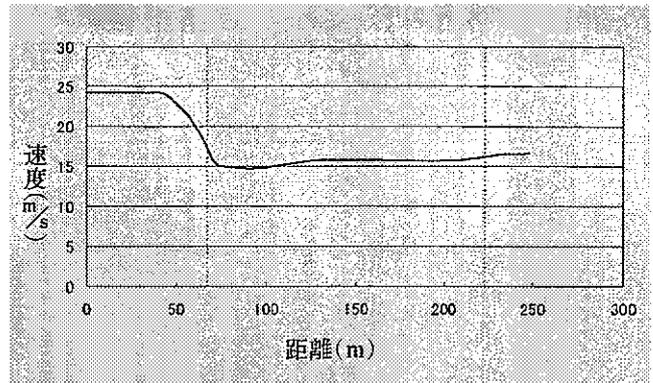


図 3-4(1) 速度(シミュレータ、カーブ33、1回目)

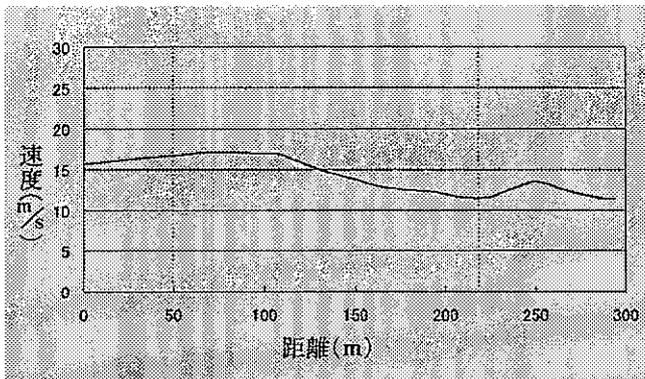


図 3-3(2) 速度(シミュレータ、カーブ27、2回目)

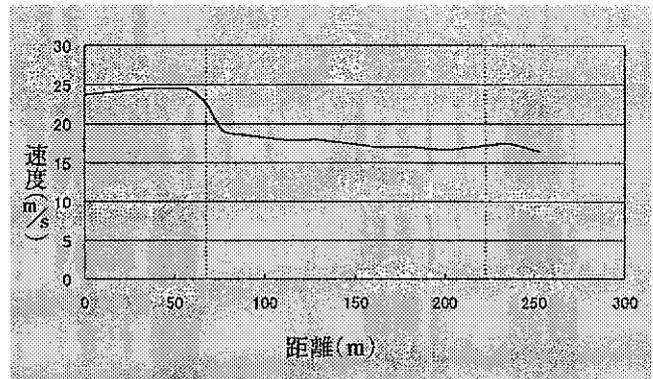


図 3-4(2) 速度(シミュレータ、カーブ33、2回目)

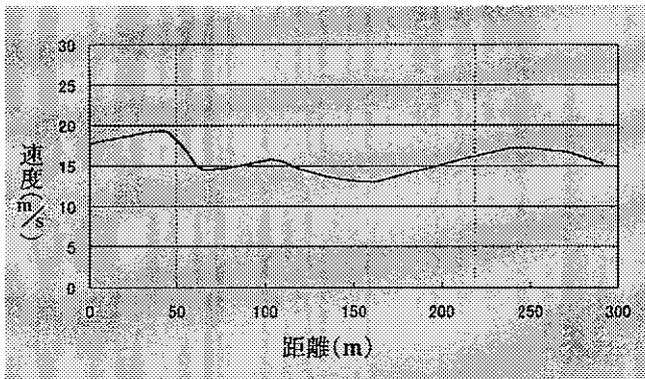


図 3-3(3) 速度(シミュレータ、カーブ27、3回目)

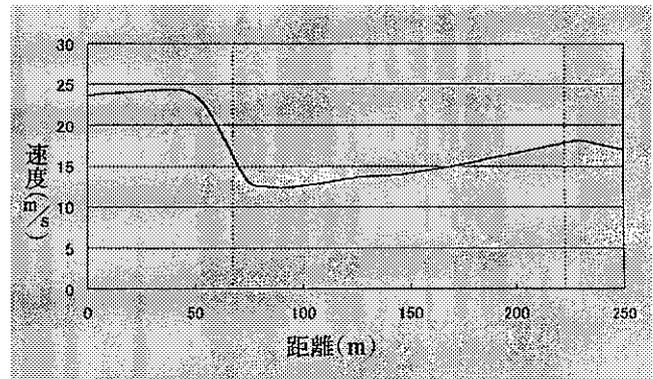


図 3-4(3) 速度(シミュレータ、カーブ33、3回目)

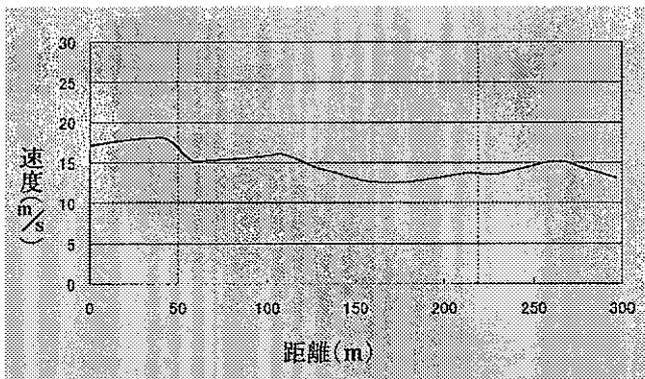


図 3-3(4) 速度(シミュレータ、カーブ27、4回目)

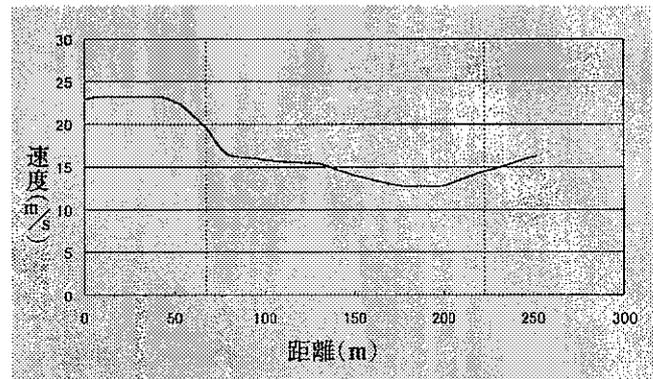


図 3-4(4) 速度(シミュレータ、カーブ33、4回目)

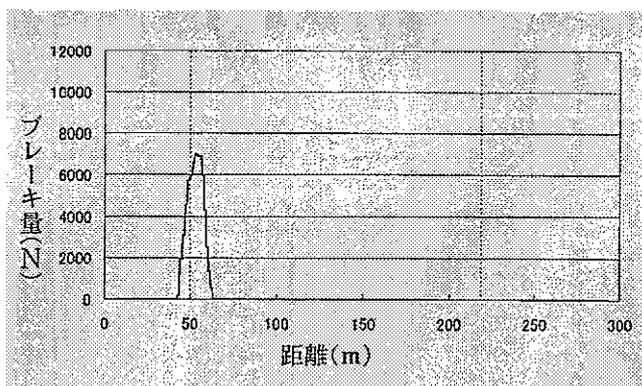


図 3-5(1) ブレーキ量(シミュレータ、カーブ27、1回目)

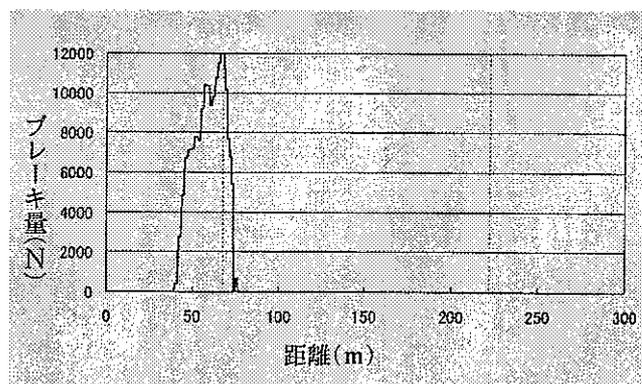


図 3-6(1) ブレーキ量(シミュレータ、カーブ33、1回目)

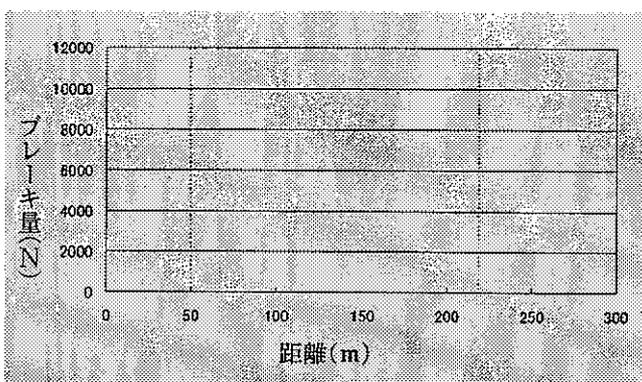


図 3-5(2) ブレーキ量(シミュレータ、カーブ27、2回目)

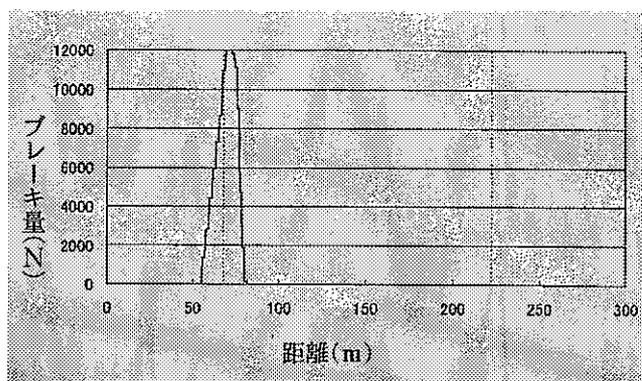


図 3-6(2) ブレーキ量(シミュレータ、カーブ33、2回目)

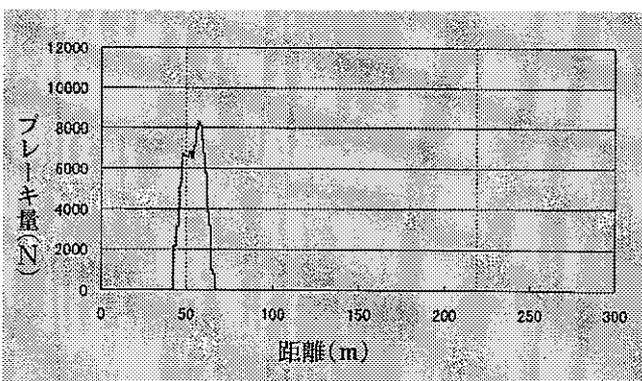


図 3-5(3) ブレーキ量(シミュレータ、カーブ27、3回目)

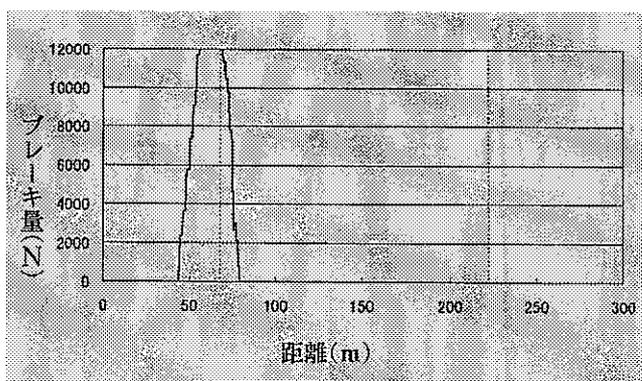


図 3-6(3) ブレーキ量(シミュレータ、カーブ33、3回目)

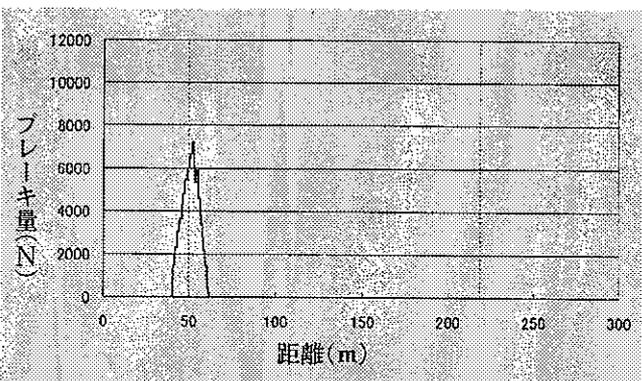


図 3-5(4) ブレーキ量(シミュレータ、カーブ27、4回目)

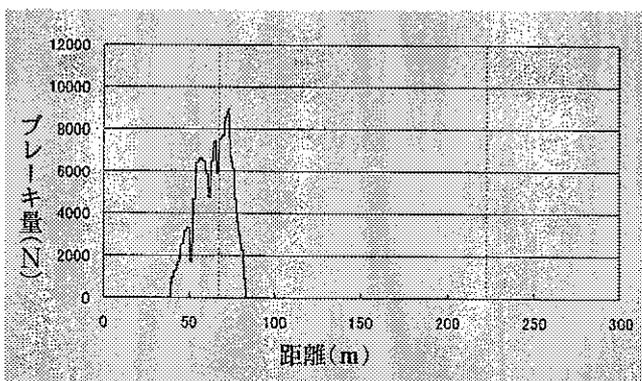


図 3-6(4) ブレーキ量(シミュレータ、カーブ33、4回目)

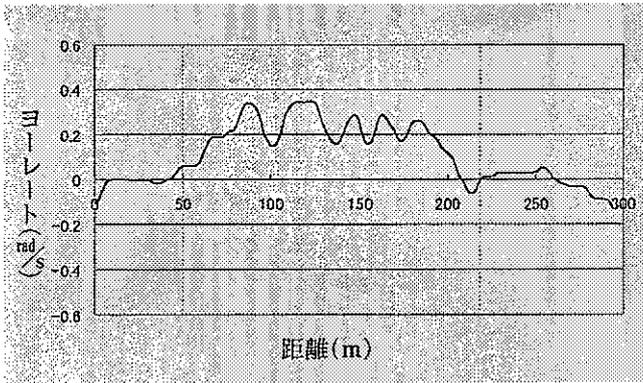


図 3-7(1) ヨーレート(シミュレータ、カーブ27、1回目)

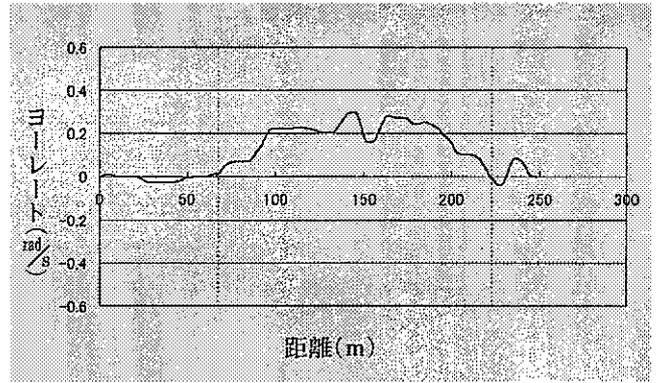


図 3-8(1) ヨーレート(シミュレータ、カーブ33、1回目)

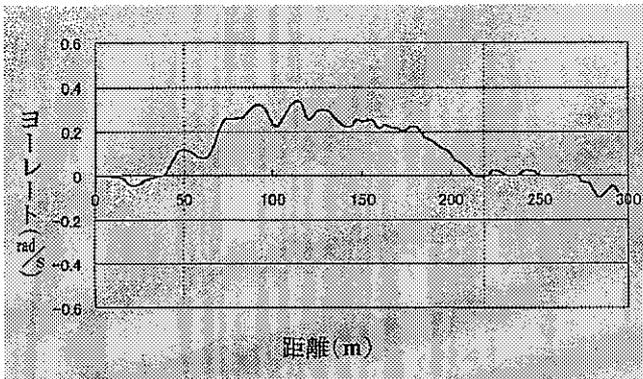


図 3-7(2) ヨーレート(シミュレータ、カーブ27、2回目)

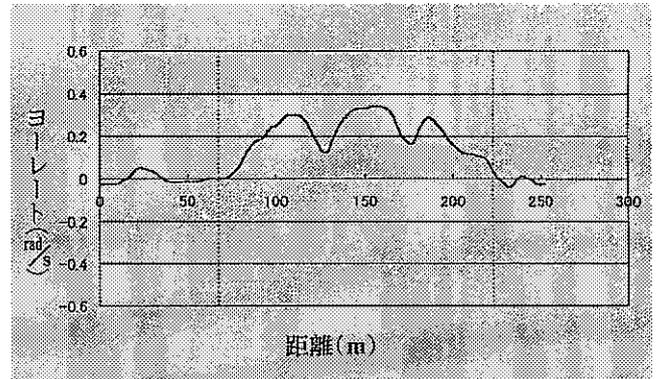


図 3-8(2) ヨーレート(シミュレータ、カーブ33、2回目)

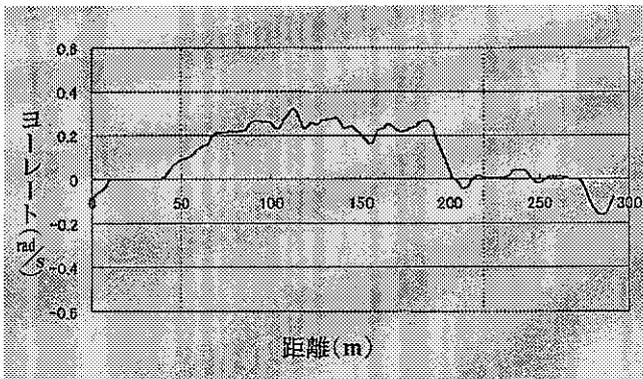


図 3-7(3) ヨーレート(シミュレータ、カーブ27、3回目)

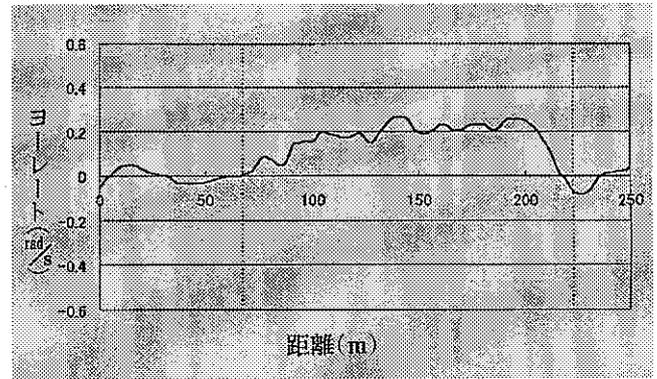


図 3-8(3) ヨーレート(シミュレータ、カーブ33、3回目)

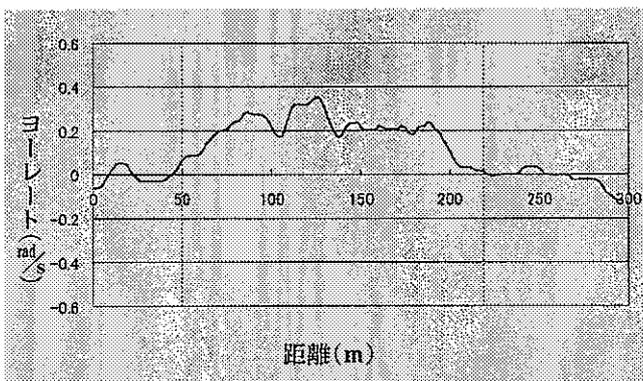


図 3-7(4) ヨーレート(シミュレータ、カーブ27、4回目)

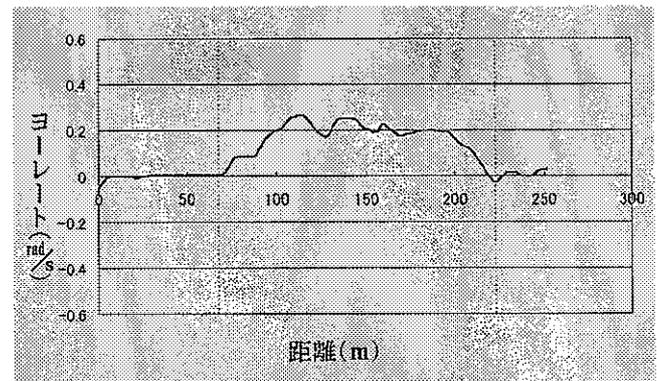


図 3-8(4) ヨーレート(シミュレータ、カーブ33、4回目)

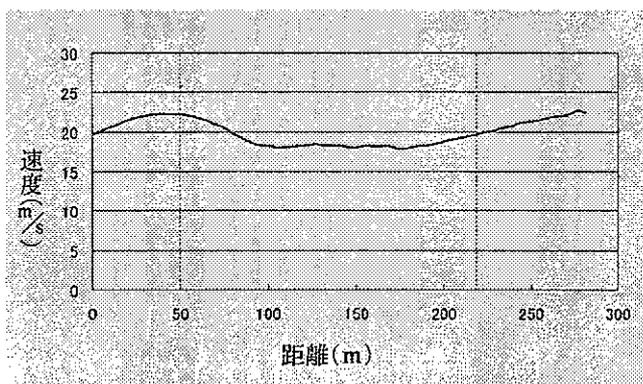


図 3-9 速度(実車、カーブ27)

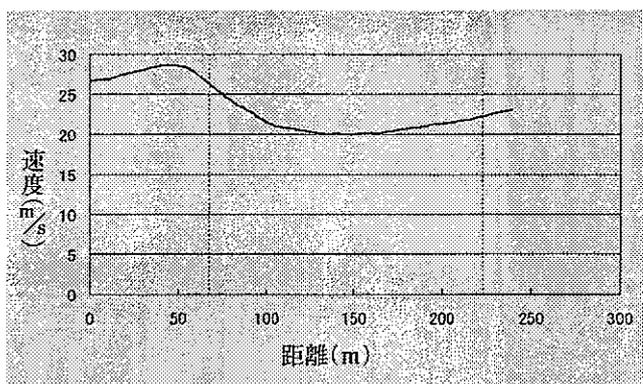


図 3-10 速度(実車、カーブ33)

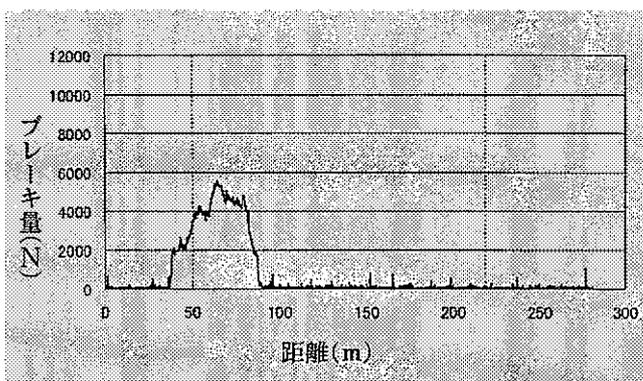


図 3-11 ブレーキ量(実車、カーブ27)

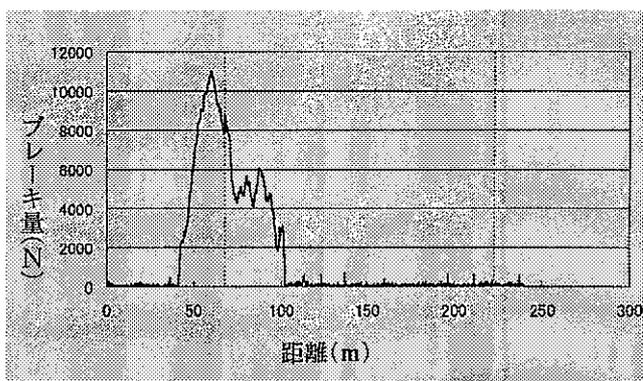


図 3-12 ブレーキ量(実車、カーブ33)

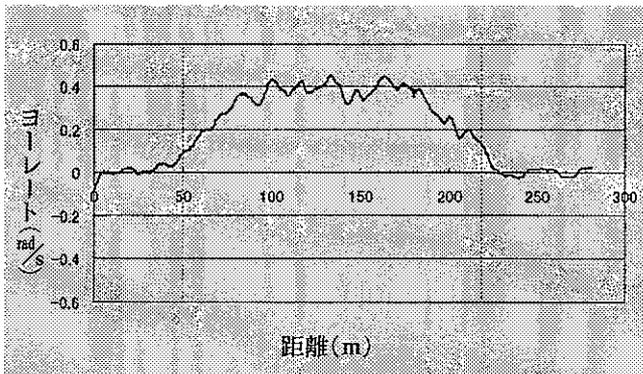


図 3-13 ヨーレート(実車、カーブ27)

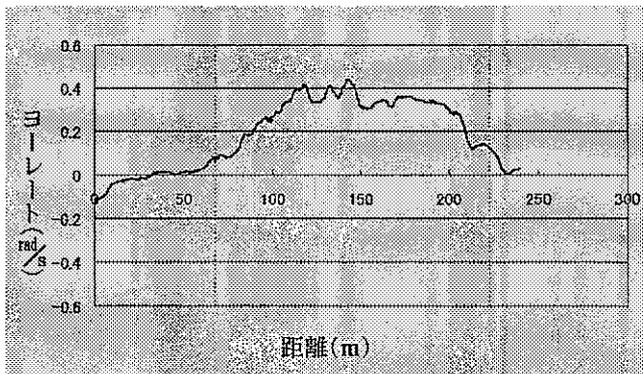


図 3-14 ヨーレート(実車、カーブ33)

## 付 録

ドライビングシュミレータでの実験について被験者KG以外の2名（被験者MG、NM）  
 についての実験結果を以下に示す。これらは各々の実験におけるカーブ27とカーブ33での  
 被験者の速度、ブレーキ量、ヨーレートを示している。これらの対応を表3-2に示す。

表3-2 被験者MG、NMの実験結果

	被験者MG			被験者NM		
		カーブ27	カーブ33		カーブ27	カーブ33
速 度	1回目	図3-16(1)	図3-17(1)	1回目	図3-22(1)	図3-23(1)
	2	図3-16(2)	図3-17(2)	2	図3-22(2)	図3-23(2)
	3	図3-16(3)	図3-17(3)	3	図3-22(3)	図3-23(3)
	4	図3-16(4)	図3-17(4)			
ブレーキ量	1	図3-18(1)	図3-19(1)	1	図3-24(1)	図3-25(1)
	2	図3-18(2)	図3-19(2)	2	図3-24(2)	図3-25(2)
	3	図3-18(3)	図3-19(3)	3	図3-24(3)	図3-25(3)
	4	図3-18(4)	図3-19(4)			
ヨーレート	1	図3-20(1)	図3-21(1)	1	図3-26(1)	図3-27(1)
	2	図3-20(2)	図3-21(2)	2	図3-26(2)	図3-27(2)
	3	図3-20(3)	図3-21(3)	3	図3-26(3)	図3-27(3)
	4	図3-20(4)	図3-21(4)			

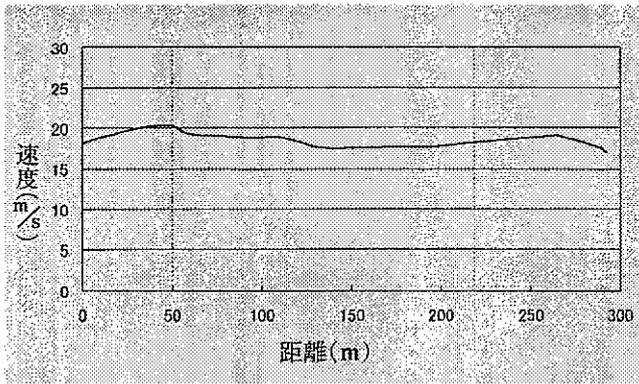


図 3-16(1) 速度(被験者MG、カーブ27、1回目)

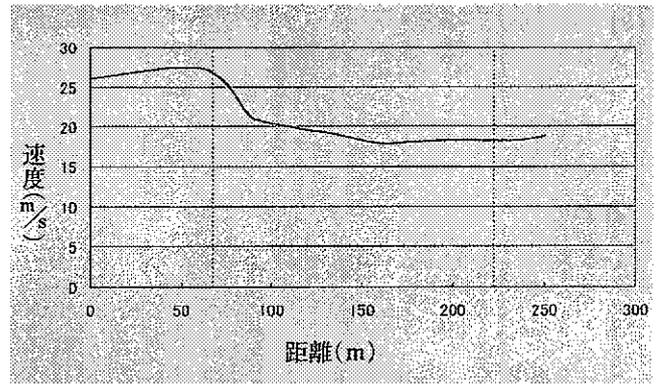


図 3-17(1) 速度(被験者MG、カーブ33、1回目)

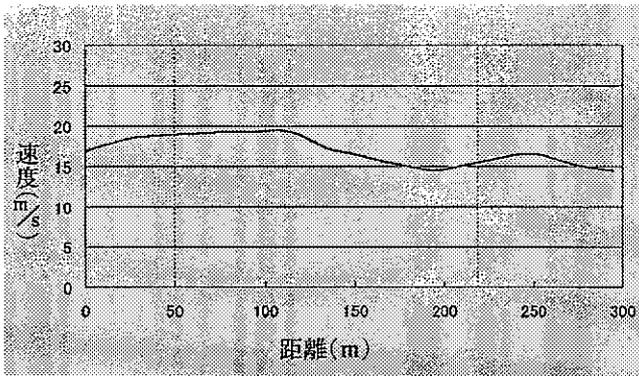


図 3-16(2) 速度(被験者MG、カーブ27、2回目)

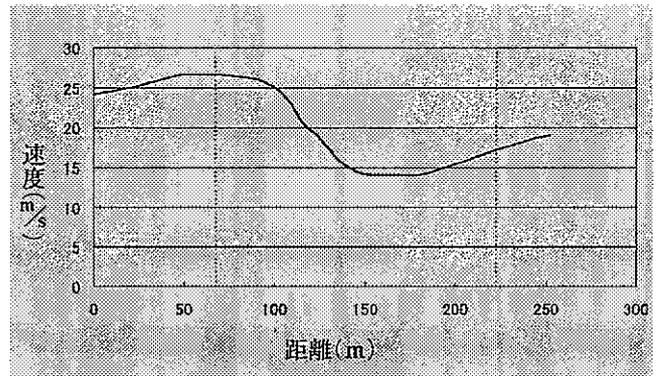


図 3-17(2) 速度(被験者MG、カーブ33、2回目)

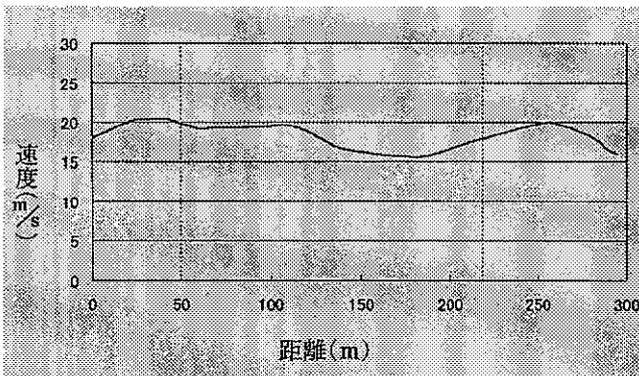


図 3-16(3) 速度(被験者MG、カーブ27、3回目)

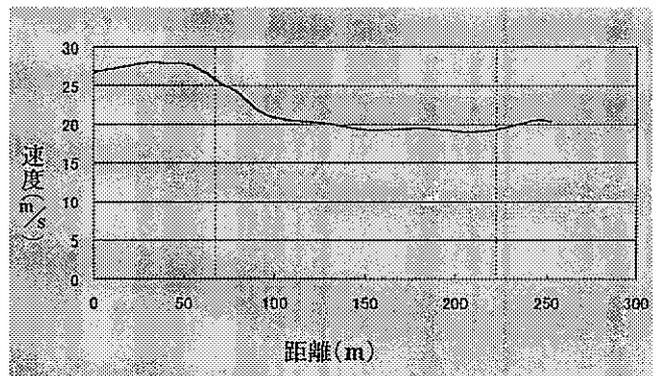


図 3-17(3) 速度(被験者MG、カーブ33、3回目)

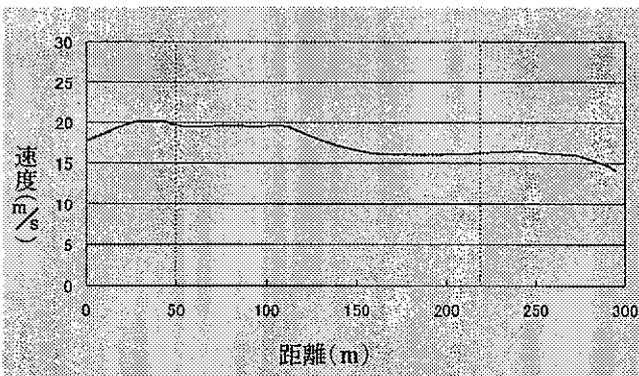


図 3-16(4) 速度(被験者MG、カーブ27、4回目)

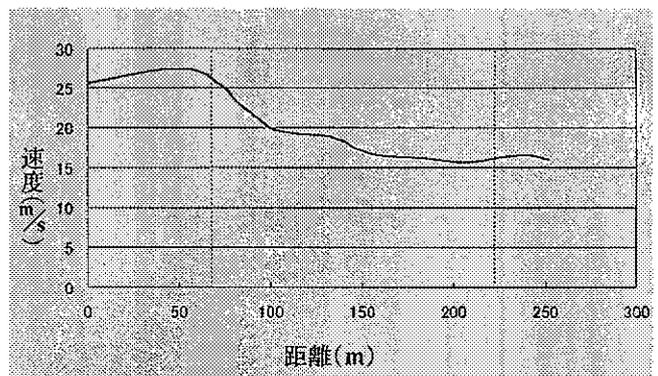


図 3-17(4) 速度(被験者MG、カーブ33、4回目)

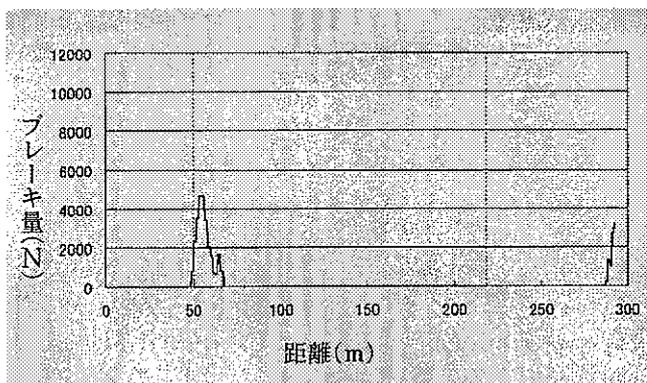


図 3-18(1) ブレーキ量(被験者MG、カーブ27、1回目)

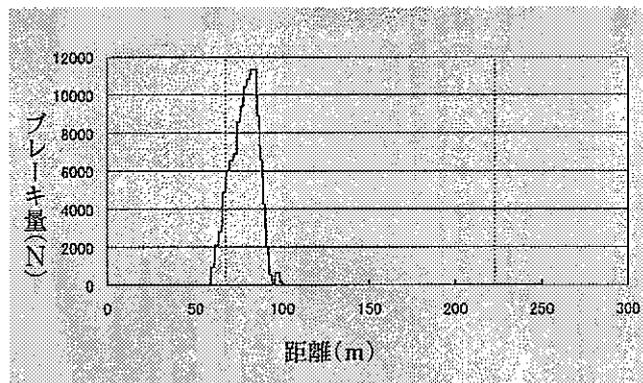


図 3-19(1) ブレーキ量(被験者MG、カーブ33、1回目)

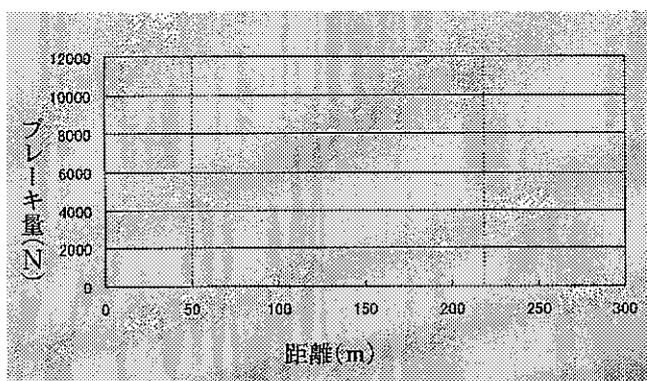


図 3-18(2) ブレーキ量(被験者MG、カーブ27、2回目)

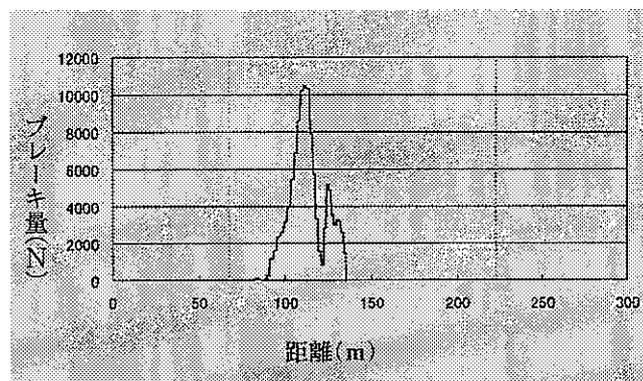


図 3-19(2) ブレーキ量(被験者MG、カーブ33、2回目)

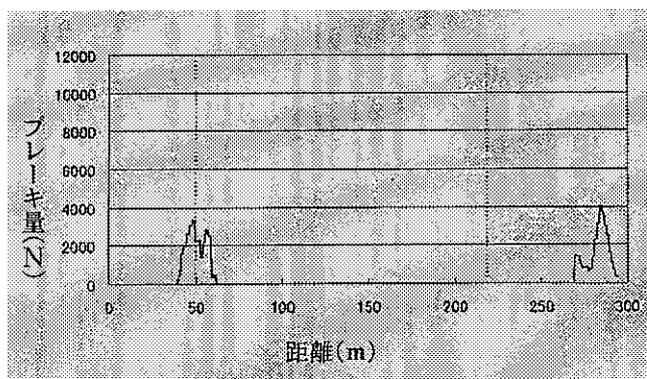


図 3-18(3) ブレーキ量(被験者MG、カーブ27、3回目)

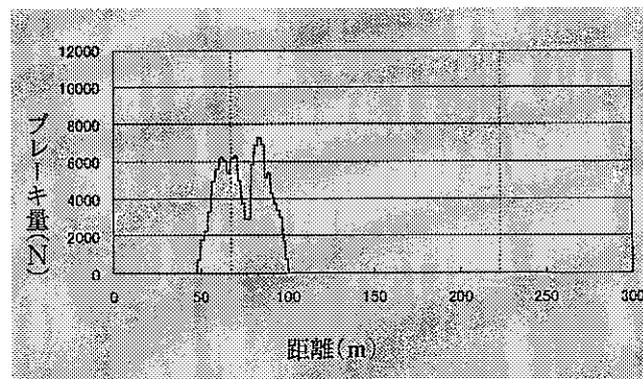


図 3-19(3) ブレーキ量(被験者MG、カーブ33、3回目)

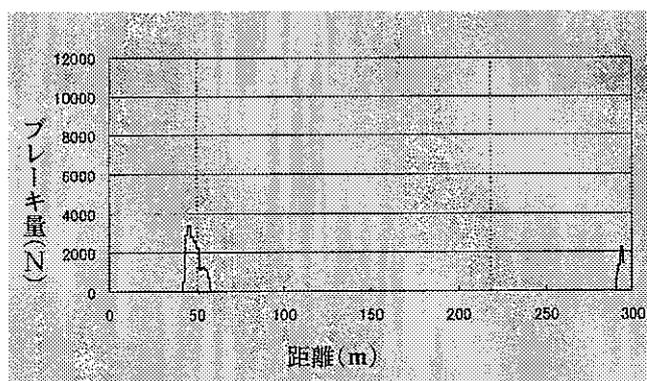


図 3-18(4) ブレーキ量(被験者MG、カーブ27、4回目)

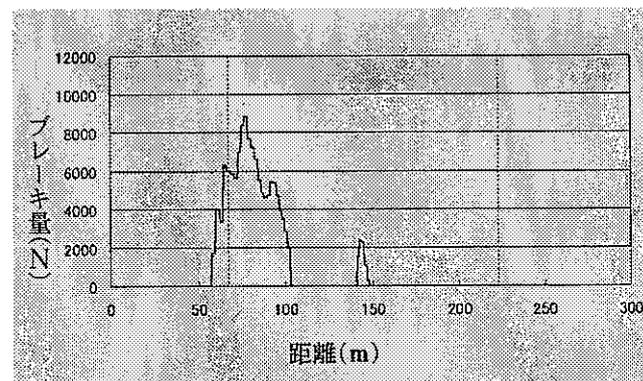


図 3-19(4) ブレーキ量(被験者MG、カーブ33、4回目)

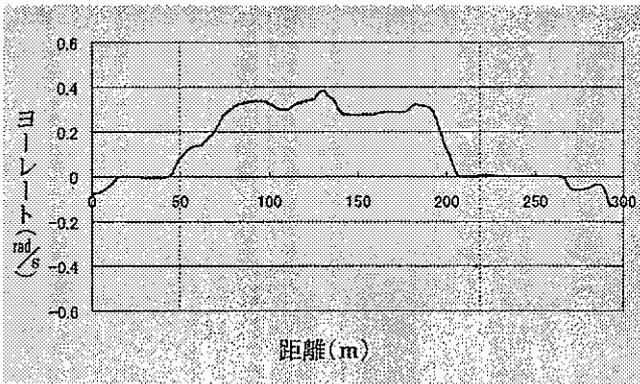


図 3-20(1) ヨーレート(被験者MG、カーブ27、1回目)

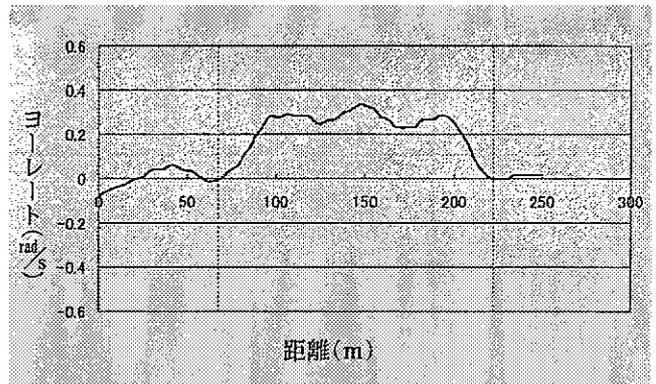


図 3-21(1) ヨーレート(被験者MG、カーブ33、1回目)

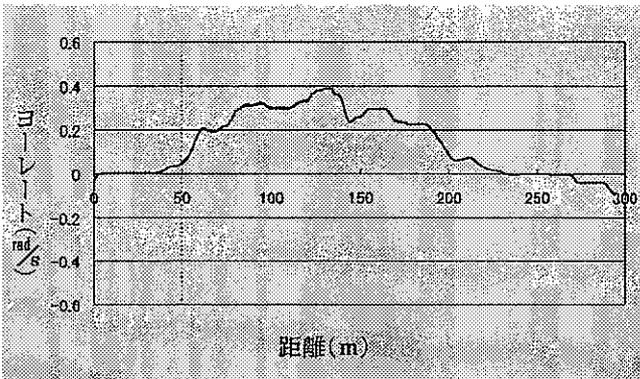


図 3-20(2) ヨーレート(被験者MG、カーブ27、2回目)

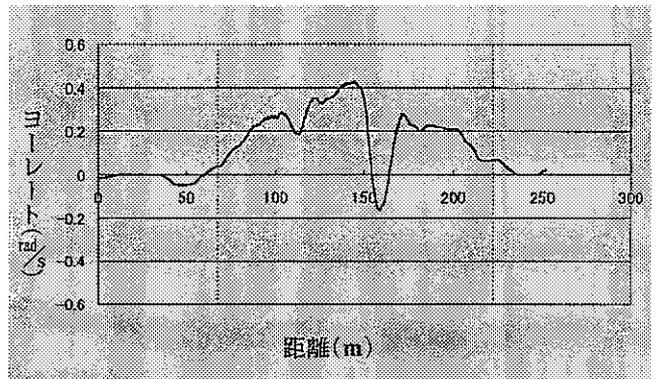


図 3-21(2) ヨーレート(被験者MG、カーブ33、2回目)

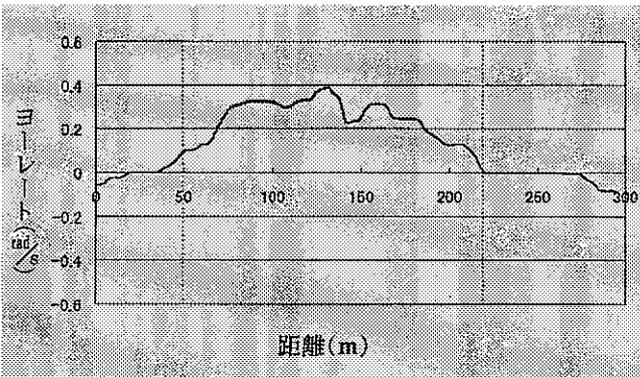


図 3-20(3) ヨーレート(被験者MG、カーブ27、3回目)

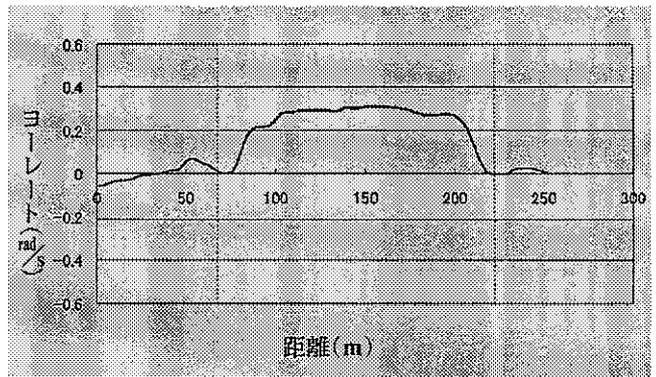


図 3-21(3) ヨーレート(被験者MG、カーブ33、3回目)

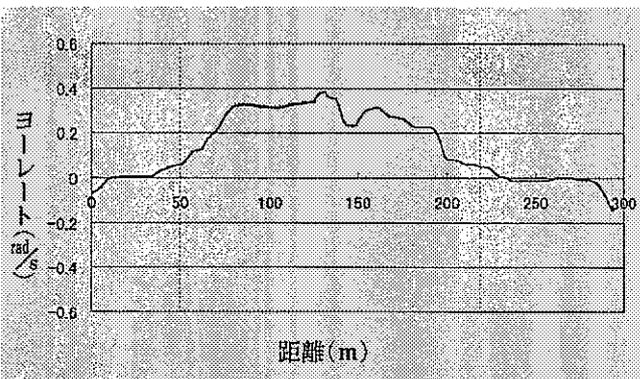


図 3-20(4) ヨーレート(被験者MG、カーブ27、4回目)

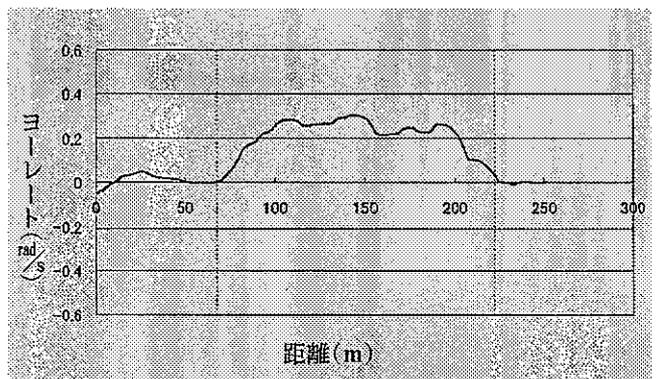


図 3-21(4) ヨーレート(被験者MG、カーブ33、4回目)

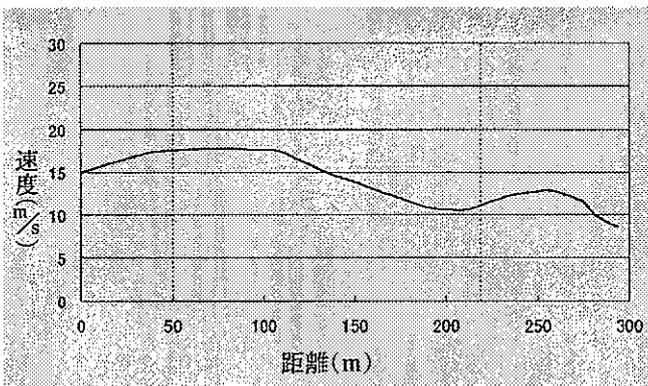


図 3-22(1) 速度(被験者 NM、カーブ27、1回目)

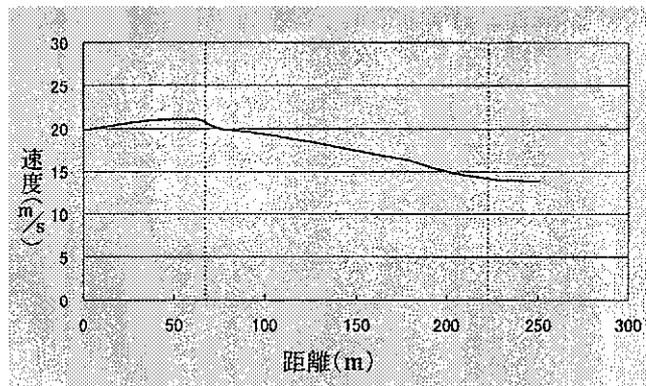


図 3-23(1) 速度(被験者 NM、カーブ33、1回目)

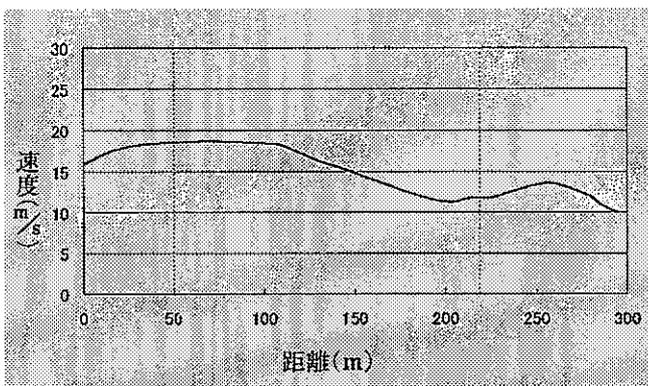


図 3-22(2) 速度(被験者 NM、カーブ27、2回目)

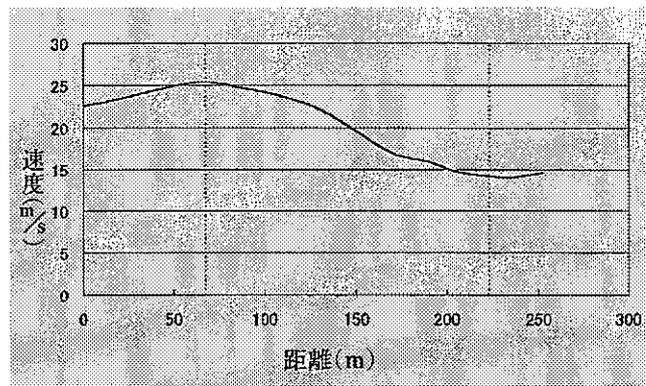


図 3-23(2) 速度(被験者 NM、カーブ33、2回目)

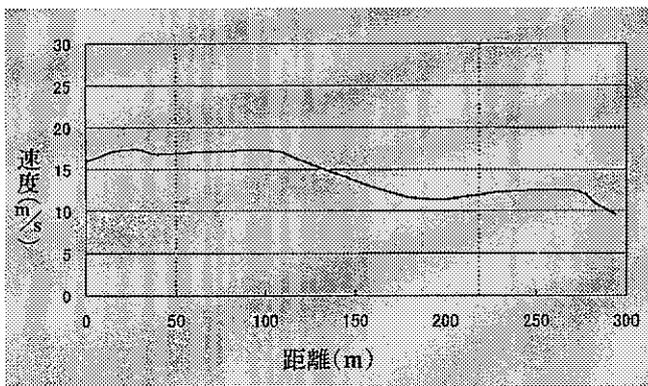


図 3-22(3) 速度(被験者 NM、カーブ27、3回目)

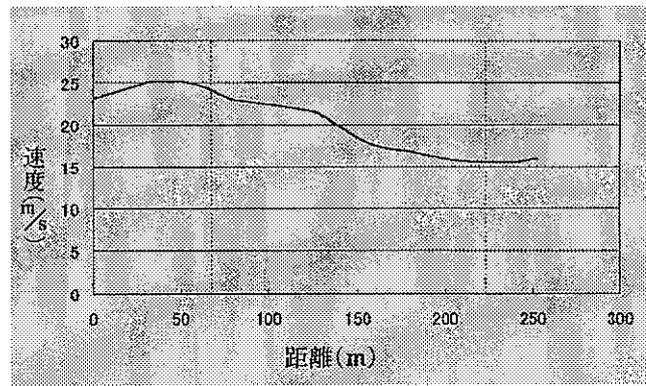


図 3-23(3) 速度(被験者 NM、カーブ33、3回目)

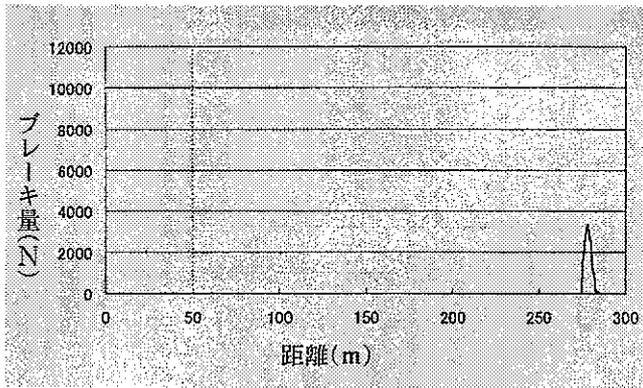


図 3-24(1) ブレーキ量(被験者NM、カーブ27、1回目)

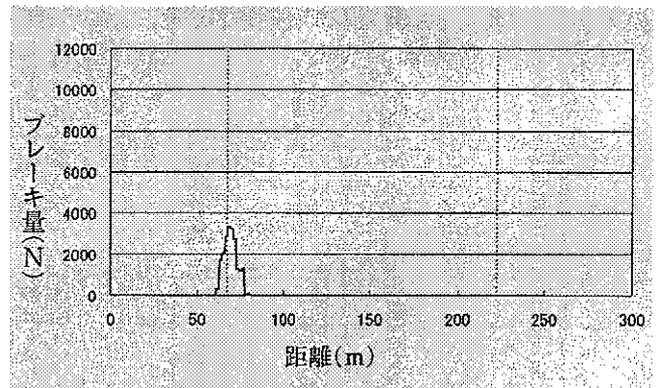


図 3-25(1) ブレーキ量(被験者NM、カーブ33、1回目)

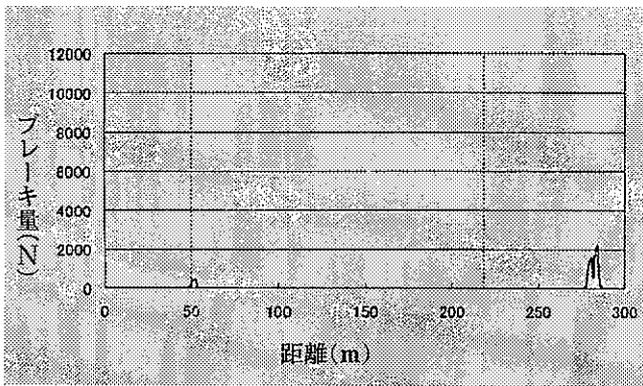


図 3-24(2) ブレーキ量(被験者NM、カーブ27、2回目)

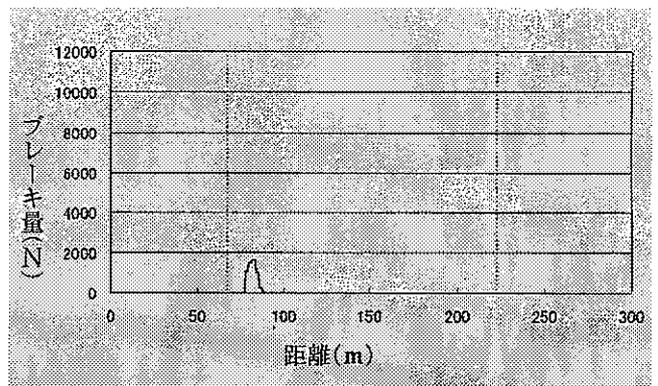


図 3-25(2) ブレーキ量(被験者NM、カーブ33、2回目)

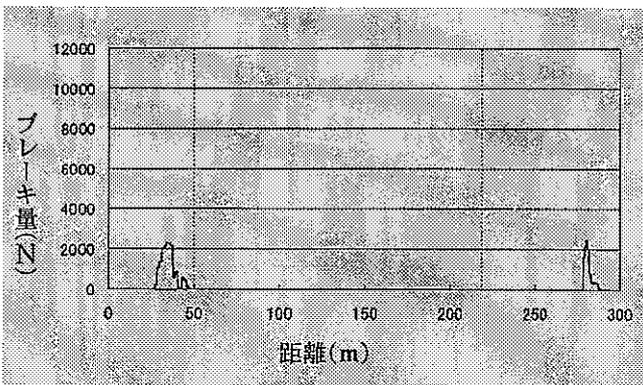


図 3-24(3) ブレーキ量(被験者NM、カーブ27、3回目)

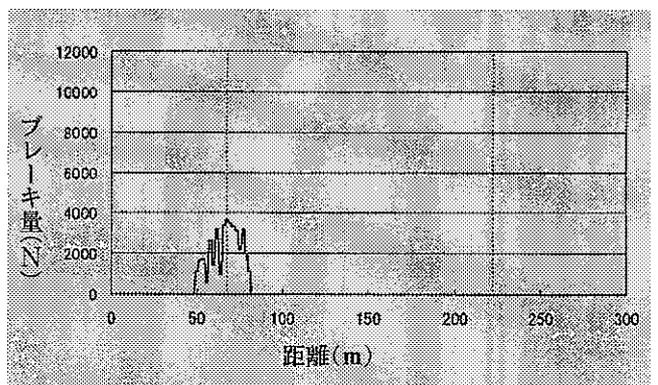


図 3-25(3) ブレーキ量(被験者NM、カーブ33、3回目)

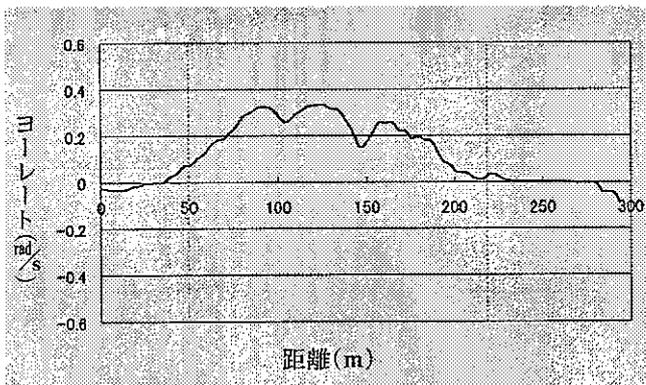


図 3-26(1) ヨーレート(被験者NM、カーブ27、1回目)

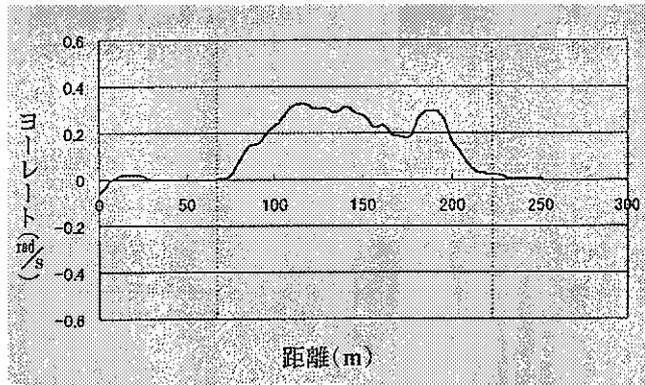


図 3-27(1) ヨーレート(被験者NM、カーブ33、1回目)

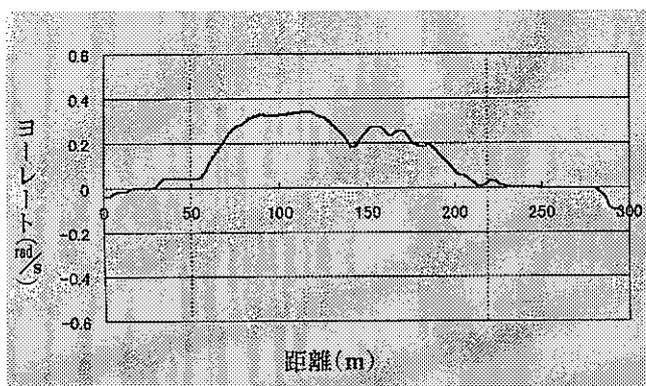


図 3-26(2) ヨーレート(被験者NM、カーブ27、2回目)

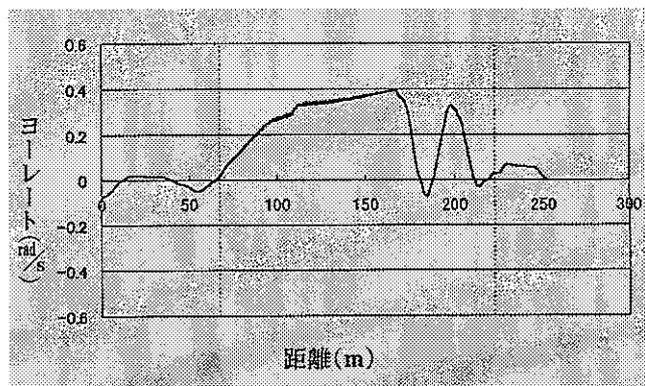


図 3-27(2) ヨーレート(被験者NM、カーブ33、2回目)

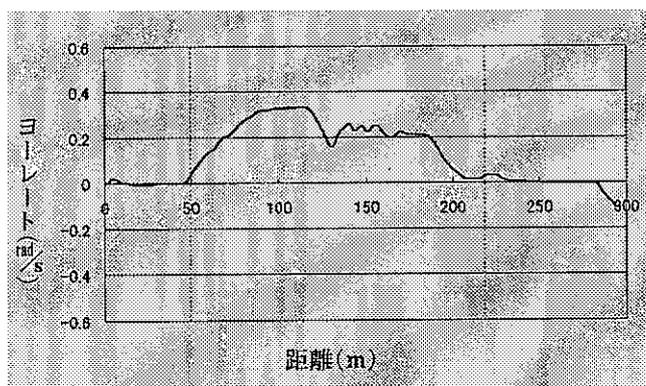


図 3-26(3) ヨーレート(被験者NM、カーブ27、3回目)

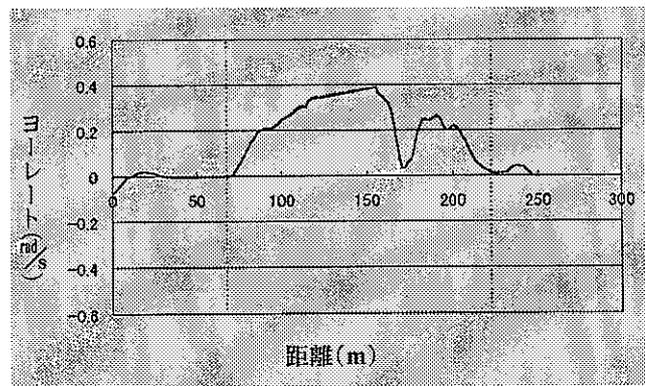


図 3-27(3) ヨーレート(被験者NM、カーブ33、3回目)

## 第4章 結論

本研究は、交通事故多発地点の原因解析について、人間の環境情報処理の観点から取り扱ったものである。

交通事故多発地点の原因解析として、実際に発生した個々の事故の原因解析や統計的な手法を用いて検討する手法がこれまで行われてきた。事故自体は偶発的に引き起こされるものであり、同一地点であってもそこを通過する交通量が増せば、確率的に見て事故件数が増加するものと考えられる。しかし、実際に発生した事故を個別に分析して事故原因を調べ、これらから統計的な手法を用いてその地点に多発する事故の特徴をつかむという手法では、「ブレーキのかけ遅れ」であるとか「脇見運転」であるとかの直接的な原因しか特定できず、そのような状況に陥らせた間接的な原因特定は非常に難しいことになる。

他方、高速道路の料金所での渋滞中に、両脇の車両がゆっくりと前進を始めると、自車が後退し始めたと感じ、ブレーキを踏み直すことがある。これは周りの環境変化により、自車の運動を誤認識する例であるが、走行中の環境情報処理中にこのような誤認識を引き起こさせることがあるとすると、これらは間接的に事故を誘発する要因になりうる。

本研究では、このような環境情報処理の観点から事故に関する解析を行うことにより、間接的な事故原因について検討を行った。

本報告では、特に解析対象として、ドライバの情報処理の違いが他の要因に左右されにくい状況である、単独事故の多発地点を取り上げた。このような場所における事故は、件数的には非常に多い訳ではないが、死傷者数中の死亡者の比率が他の事故に比べ非常に高く、早急に検討を必要とする。

本研究の解析では大きく2つの観点から行った。この2点ともこのような事故を解析するためのツール確立の意味を持っている。

第1点目が、交通事故多発地点における実車実験を通して、そこを通過するドライバの操縦動作と、比較的環境の似た他の場所の動作との違いを比較検討することにより、このような間接的な事故解析に使用できるツール確立の可能性について検討を行った。主な検討は情報処理と交通心理学の両面から検討を行った。前者の手法では、実際のドライバの操縦動作をニューラルネットワークを用いてモデル化し、その結果を因子解析して、操縦に強く関係する情報を特定する試みが行われ、他方が人間の目の動きに注目したものであり、飛越距離と注視時間を元に、交通心理学の立場から検討を行った。前者の解析は主に日本大学の景山研究室が担当し、後者は大阪大学の三浦研究室が担当した。

第2点目が、実際の道路を用いると実験の度に環境が異なるという点を排除するために、ドライビングシミュレータがこのような解析に用いることができるかについての検討である。実車実験と同一のコースをシミュレータ上に再現し、実路とシミュレータ上でのコースの両方を同一被験者が走行し、操縦動作の類似性について検討を行った。この解析は主に東京大学の藤岡研究室が担当した。これらの解析結果を概ね二ヶ月に1回ずつ、またまとめ時期には一ヶ月に1回委員会を開催し、委員会の中で審議しながら、最終的な結論を導いた。

これらの検討結果を以下にまとめる。

#### ○ドライバモデルを用いた解析結果

- 構築されたドライバモデルの表現力の確認を行った後、このモデルの因子解析を行うことにより、操縦動作に与える環境情報、運動情報の影響度が解析できることを示した。
- 上記因子解析結果を用い、ドライバのコースに対する慣れの影響を示すことができた。
- 同様に同一コース走行時の通過速度の影響の検討を行い、その概要を把握した。
- 被験者の違いによる解析を行い、被験者の違いにより情報処理過程が大きく異なる点、ならびにコースの違いによる情報処理の傾向の類似性を示した。
- 今回取り上げた事故多発地点（カーブ33）では、ドライバにこれから現れるコース形状に対する予測動作を強く要求することが示唆された。

#### ○飛越距離・注視時間からの解析

- 走行箇所の変化に対して、主として飛越距離を変えることで対処する被験者と、主として注視時間を変えることで対処する被験者とが明確に区別された。
- 主対処測度（飛越距離重視、注視時間重視等）の変動性の検討から、いずれの被験者でも問題を含むカーブ33で、むしろより柔軟に対処しようとしていることが示唆された。しかし、主対処測度の平均値の検討から、カーブ33では情報獲得効率が低下していることが、さらに、問題となる箇所はカーブ直前とその前後であることが示唆された。

#### ○ドライビングシミュレータの可能性

- 実車実験と同一の被験者を用いて実験を行ったところ、速度制御等、操舵制御とも概ね同様な実験結果が行われた。
- カーブ27およびカーブ33を含め、このコース全体にわたりコース形状（幅、曲率、勾配等）を同一として、それ以外の環境（木やガードレール等）は特に一致させていないが、カーブ33で現れる二度踏み等の特徴が現れることが明らかとなった。
- 以上の点から、このような事故解析において将来ドライビングシミュレータの使用が可能であり、特に環境情報の再現性を考えると、今後有効な手段となり得ることが明らかとなった。

上記の結果から、人間の情報処理について制御動作面からの解析においても、また交通心理学の面からの解析においても特徴のある結果が得られ、ともにここで取り上げたカーブ33のドライバに与える影響がカーブ27とは異なっている事が示された。またドライビングシミュレータの結果からも同様な結果が読みとれる。

以上より、ここで示した交通事故多発地点におけるドライバの情報処理面からの解析手法は、今後この方面の解析ツールとして、非常に有効であることがわかる。

今後の課題として、さらに被験者数を増やし個人差の影響確認をするとともに、さらに詳細な環境情報処理解析、ならびに各手法間の関連性を明確にする必要がある。また、このような情報処理の観点から、他の状況下での事故解析に拡張する検討も必要となる。

非売品

---

人間の環境情報処理から見た  
交通事故多発地点の原因解析

発行日 平成11年3月

発行所 財団法人 国際交通安全学会

東京都中央区八重洲 2-6-20 〒104-0028  
電話/03(3273)7884 FAX/03(3272)7054

---

許可なく転載を禁じます。