

IV-7 運転者の注視点に関する一考察

—ビジョンアナライザーによる視線追跡—

北大工学部 正員 萩原 亨
同 正員 加来 照俊

1. まえがき

交通事故の発生件数は近年再び増加傾向を示すなど、依然として大きな社会的問題の一つである。現在多くの事故防止対策が多方面から行われ成果を得ているが、今後さらに事故を減らすためより綿密かつ実効的な対策が望まれている。事故の要因を検討しその因果関係を探る分析が現在数多くなされているが、その中でも特に運転時における運転者自身すら知覚しえない多くの生理的、及び物理的現象、いわゆる「見込み違い」の解明が必要であると言える。

このため、個々の事故例を細かく検討し、そこに隠された要因を取り上げ、それぞれについて独自に科学的な分析、及び実験を試みるが必要とされている。そのアプローチは以下に示す2つに大きく分けられよう。

- (1) 自動車運転時における人間の行動及び心理
- (2) 道路環境一般及び自動車の運動特性。

本報告は、(1)の中でも最も重要と考えられる自動車運転時における人間の「視知覚」の解明に関するものであり、先行車に追従している時、及びカーブ走行時における視覚の分析について試験を行った結果である。著者らが行ったいくつかの調査の概要とその成果を示し、さらに現時点における注視点記録装置の性能と、観察された注視現象の特性のいくつかを明らかにすることによってこの方面に関心をもつ専門家の今後の調査研究に対する参考となれば幸いである。

2. 注視点記録装置について

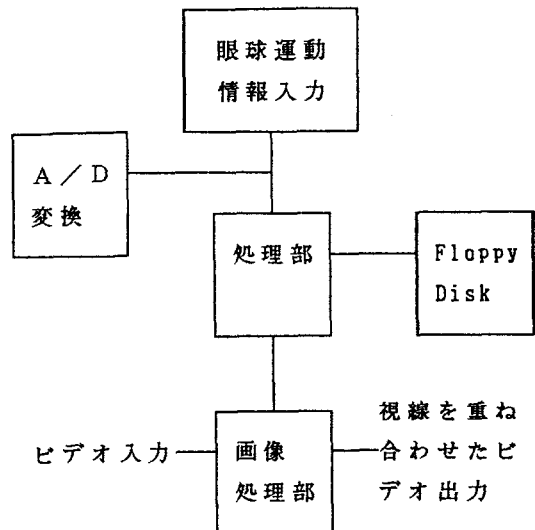
眼球運動の測定方法は、被験者の目の動きの直接的な観察、視線の方向の報告、等の方法もとられるが、より客観的方法として

1: 光学的方法 (イ. ビデオテープやフィルム上に眼球の動きを写し込むアイマーカー方式、ロ. 赤外光の反射をフォト. セル で受けて眼球運動をフォト. セルの電圧変化として取り出す方式、その他)

2: 電気的方法 (眼球の近くの皮膚表面に電極を付け眼球運動による電位変化を取り出す EOG法) があり、それぞれ一長一短がる。

本報告における調査では、NHKで近年開発された"Vision Analyzer"を用いた。この装置の原理は上記の(1)に相当し、眼球運動をリアルタイムで処理し、被験者が観察しているシーンまたは画像のテレビ信号上に直接重ね合わせる装置として開発された。

図-1 注視点測定装置の構成



本装置の構成を図-1に、諸元を表-1に示す。眼球運動情報の抽出に本装置ではフォトトランジスタと発光ダイオードを一列に並べて差動検出する方式を用いたが、正確な情報が得られるものであれば、角膜反射等、その方式は限定しない。検出部から得られた眼球運動の水平及び垂直位置情報は、図-1に示す処理部に取り込まれ、運動中は速度を、個視しているときは停留時間をリアルタイムで計算し、速度は軌跡上に色分けして、被験者の見ている画面上に直接重ね合わされる。画面上に視線の軌跡が重ね合わされた実例を写真-1、2に示す。これらの情報は、そのままVTRに収録することができる一方、フロッピディスクにメモリーされるので、何度でも再現し処理することができる。

サンプリング周期は、実験の目的に合わせて、最低0.5msから任意の間隔を指定でき、最大32400点まで連続してメモリーに格納できる。従って測定時間はサンプリング周期とこの容量により決定される。例えば、50ms単位でサンプリングする場合、最長1620sec:27分間測定可能である。

この装置を用いることにより、処理された情報を軌跡の形でVTRに記録できるほか、装置内の大容量メモリーに記録させ、長時間にわたる大量のデータを扱うことができる。これにより、注視点分布、速度分布、運動ベクトル分布などの統計処理が即時に行える。

自動車運転中の視線の動きの解析に適用する場合、従来のアイカメラと比較して、

- 1) これらの装置は解析用のコンピューターも含めてコンパクトであり、今回の実験のように測定装置を乗用車等に搭載することが必要な場合、たいへん利用価値が高い、
- 2) 運転者に装着される装置が比較的軽く、運転者の動作やその視野に与える影響が比較的小さい、そのため普段の運転時に近い視覚が期待できる。
- 3) 運転への影響が少ないため試験時の安全性が高まり、試験地域の選択が拘束されない、などの特徴がある。

本報告では、この"Vision Analyzer"の応用例の一つとして、交通工学的な観点から、注視点測定装置システム全体を通じての有用性及び問題点についても考えていきたい。

3. "Vision Analyzer" による測定

本調査において、注視点測定装置による測定を以下に示す2つの道路条件で行った。

1. 市街地における街路
2. 郊外における左カーブ

それぞれ約10名(運転経験、性別、年齢の異なる)について調査したが、測定装置は眼鏡をしている場合(コンタクトは可)適用できないため、被験者には、視力が左右とも裸眼で1.0以上の人を集めた。各人それぞれ測定区間を数回走行してもらい、データを収集した。また、被験者には、実験の目的を伝えず、平常の運転行動を再現することを狙った。

表-1 注視点測定装置の仕様

サンプリング時間	サンプリング数	リアルタイム処理
0.5msec以上 任意設定	最大 97,200点	サンプリング 間隔10msec 以上で可
スーパー機能	統計処理	
速度、停留時間 を任意の段階に 分け7色まで可	注視点分布 ベクトル分布 速度分布 停留時間分布	



写真-1 街路における注視点の出力例

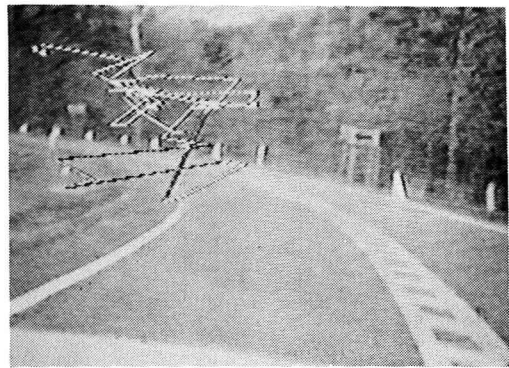


写真-2 左カーブにおける注視点の出力例

それぞれ体格に差異があるため車両が静止した状態からすでにその視界に大きな違いが見られた。今回の調査では特に触れなかったが運転席における運転者の視界に関しては今後検討する必要がある。使用した車は、バンタイプ（装置を積み込むため）の大型乗用車であり、コラムシフト車であった。いずれの試験時にも、「Vision Analyzer」の装着及び、初期設定に時間がかかった。また、走行中のヘルメットのずれに伴い、その度に装置の装着を繰り返さなければならない、またInitializeの条件があいまいであり、どの程度の誤差が見込まれるのかあきらかでない等、よりクリヤーな初期設定手法の開発が望まれる。

4-1. 街路における注視点調査

街路における注視点調査の目的は、1) 視覚情報の過剰に存在する街路において、運転者は視覚における取捨選択をどのように行い、どれだけ必要な情報を得ているのか 2) 事故件数全体の約1/3を占める追突事故と注視点の関係を探れないか 3) 被験者の知覚と注視点の差異はどの程度生じているのか、またその無意識の視覚と事故の関係はあるのか 4) 注視点の留まる時間と認識するのにかかる時間がほぼ等しいと考え、経験による認識に必要とする時間の差はあるのか 5) 視覚が奪われやすい対象の「視線に対する位置、形状、色」はそれぞれ何なのか など考えられる。

実際の調査により得られたデータからは上記の目的を達するだけのものを得ることが出来なく、結果は被験者が注視している点の追跡、あるいは定性的な分析に終始する基礎的な段階に留まった。しかし、データの積み重ねあるいは、他の実験装置、心理的なデータの収集等との組み合わせにより上記の問題点を定量的に得ることは可能である言えよう。

任意の短区間での注視点分布を調べるため、以下のような解析を行った。注視点データは、任意の3次元空間に位置し、解析において以下の2点を考慮する必要がある。

- (1) 運転者の視覚は3次元であるのに対し、「Vision Analyzer」の次元は2次元であり、奥行き次元がない。
- (2) 装置自体が車両の走行及び車両の振動、被験者の頭の動きにより、その映像の範囲が絶えず変動する。

試験車前方の一定距離の位置に基準面を設定し、その面内に上下左右の位置関係を定める基準点を設ければ上記の問題はほぼ解決され、注視点分布を求めることが可能となる。そこで本報告では、試験車のほぼ一定距離前方を走行する先行車のリアの位置にこの基準面を設定し、上下左右の位置関係は先行車の形状を基準とし注視点分布を描いた。注視点付近に重複した事象が存在した場合、それを特定するのに注視点の

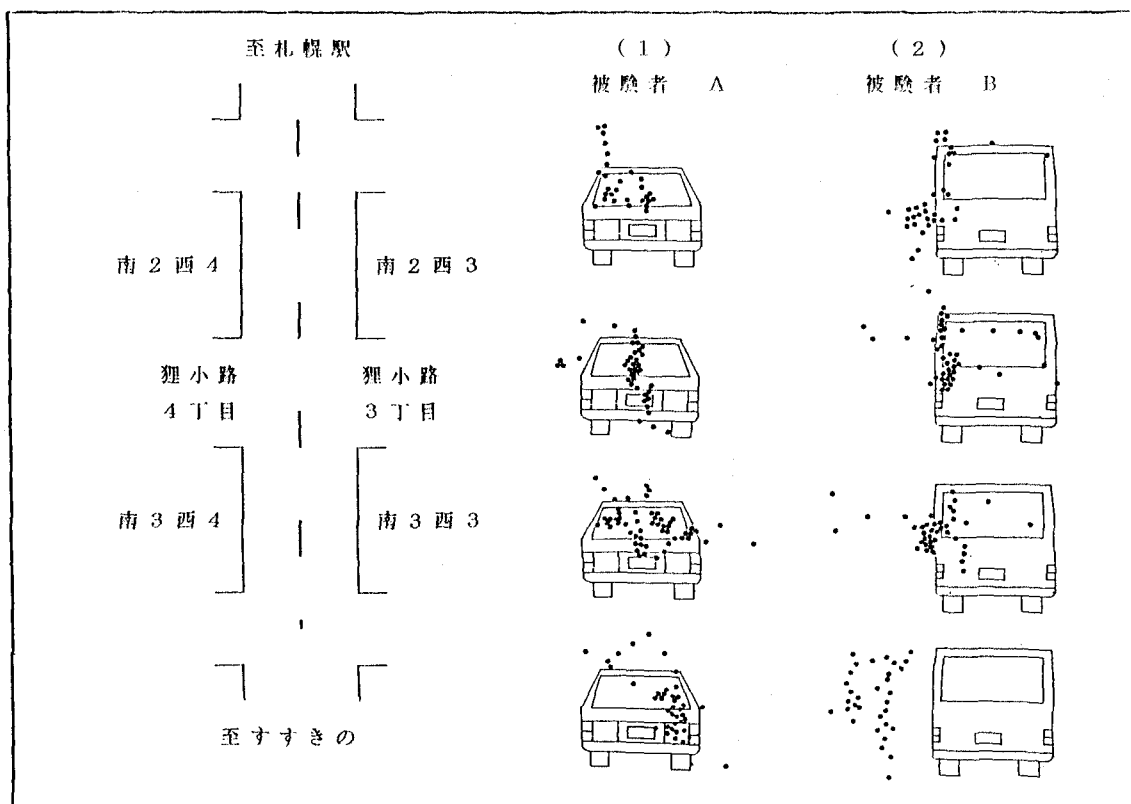


図-2 市街地における運転者の注視点調査

移動速度が大きな手がかりとなった。

図-2に示すよう、調査対象路線は札幌市内のメインストリートである南5条西4丁目～南2条西4丁目の駅前通りで行った。片側3車線の国道であり、右側には街路樹の植えてある中央分離帯、左側はビル街及び、人通りの多い歩道がある。また、外側車線は、常時停車、駐車車両があり、ビルの屋上には大きな派手な広告が目につく。調査は、平日の午前、午後の昼間に行い、天候は、くもり時々雨であった。なお、試験車は主に3車線のうちの中央車線を走行した。

図-2に注視点を調査した2つの例を示す。先行車の追従時における'視覚'に的を絞り、任意の区間において'同一の先行車に追従'している時の運転者の視線に注目し、その注視点が周囲の状況によりどのように変化するかを探った。解析の条件を満たす実験例が少なく、そのなかでも特徴的な例を図-2とした。

図-2-1、2-2は、測定区間を4つに分割し、それぞれの区間での注視点分布の変化を示したものである。図-2-1では、先行車との車間距離が短く運転者の注視点は、信号以外の回りの状況にあまり左右されずほとんど先行車のリヤウインドウあるいはブレーキランプを見ている。一方、図-2-2を見ると、その注視点は主に、先行車と左の駐車車両の間等のリヤ以外の地点に集中する傾向が顕著である。

おそらく、先行車のリヤの面積が広いいため前方の視界が狭い、それを補ない少しでも前方の情報を得ようとしたか、あるいは、左の駐車車両の動き、さらにその左の歩行者の動きに注意を向けたと考えられる。しかし、このような注視点の差異が先行車の車種の差によるのか、状況の違いによるのか、経験、年齢、性別、等の運転者の違いによるものなのかを、客観的かつ適切に判定することは今回の調査からはできず、想像の域を出なかった。

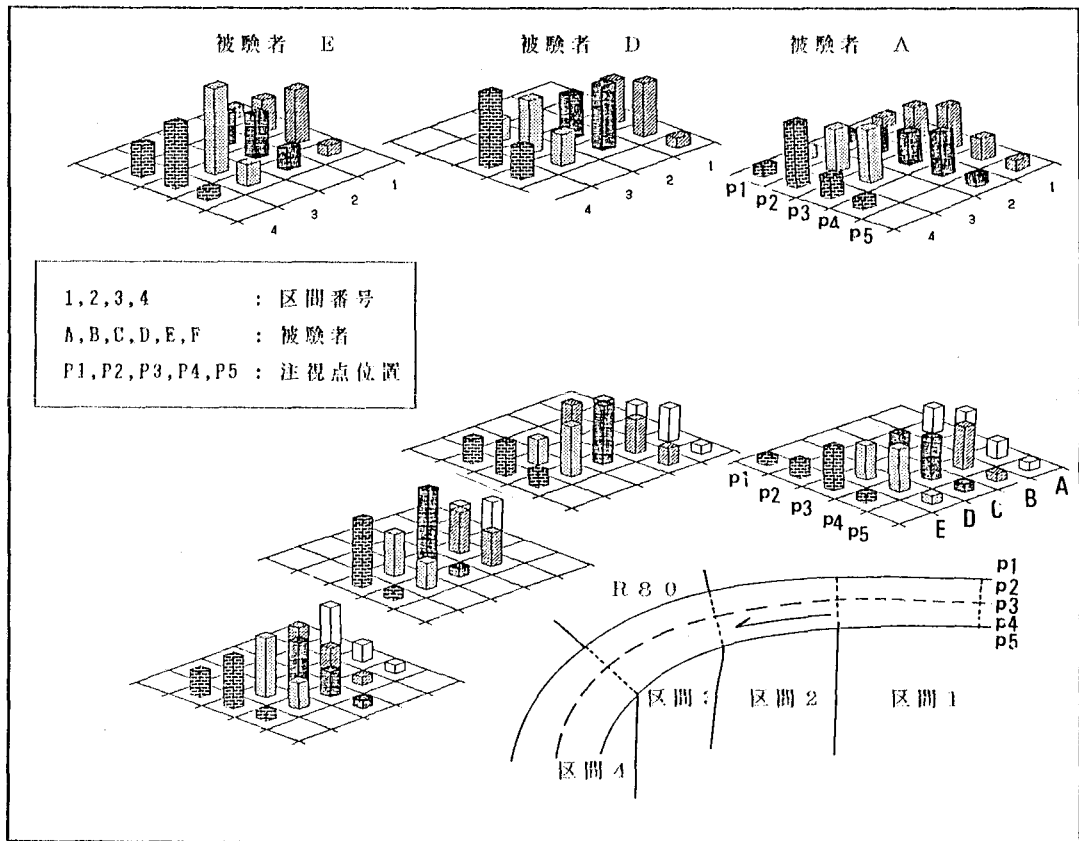


図-3 左カーブにおける注視点の移動

また、他の測定結果と併せて被験者全体の運転時における視覚に関して気の付いた点をまとめると、

1) 信号を見る回数が少ない、

2) ミラーをほとんど見ていない

等が上げられる。1)の理由として、先行車の挙動への追従、他の車両に対する注視等の情報を取り入れるため余裕がないことがひとつ、反対に市街地運転者にとっての信号の位置のまずさも考えよう。2)に関しては、運転者が後方の車両にほとんど注意を払っていない、あるいはその必要がないと考えていると思える。一般に事故を起こさないよう運転することは当然であるが、より周囲の状況に気を配り事故に巻き込まれない運転を心がけるほうがさらにベターであることは明らかではなかろうか。

4-2. 左カーブにおける注視点調査

我々はさらに郊外部における左カーブの車両の走行特性の調査に注視点測定装置を用いた。昭和58年における北海道のカーブで発生した事故件数は1,496件であり、そのうち813件(54.3%)が左カーブで発生している。ここでは、主に左カーブにおけるその進入から離脱に至るまでの注視点の変化を追跡した。

調査を行った路線は、道々札幌支笏湖線の札幌から約20Km程度支笏湖側へ向かったやや登り勾配の左カーブである。曲線半径80m、制限速度50km/hであった。このカーブを図-3に示すよう、その進入手前から通過までを4つの区間(1.カーブ進入手前、2.カーブ進入(緩和区間)、3.カーブ地点(曲線半径80mの区間)、4.カーブ離脱(緩和区間))に分け、それぞれの範囲における注視点分布

を求めた。注視点は、図-4にも示すように 1) 左車線の左外側、2) 進行車線(左車線)の中央から左、3) 進行車線の中央からセンターライン付近、4) 右側車線、5) 右側車線のさらに右側の5つの範囲に視線を分け、それぞれの測定路線(1-4)の区間内での注視点百分率の分布を求めた。被験者は、5名である。

図-3の下段は、被験者A、B、C、D、Eによる注視点分布の各区間変動、すなわち左カーブを通過するときの視点の変動を示した図である。さらに、各個人による任意の区間での注視点分布の違いを示したのが図-3の上段である。個人差は見受けられるが左カーブにおける視線の移動は概ね以下のようなパターンを描いている。カーブの進入手前では、中央付近に視線の中心を置き広く路線全体を眺め、進入すると左車線の路側帯付近に視線の中心が移動しカーブの半径及び大きさを目測している。カーブ中央に達し、前方の視界が開けると路線のセンターライン付近に視線が再び移動し、カーブを抜ける時点では、広く全体を眺めている。

視覚による調査だけでは、上記のような情報を得るに留まると言えよう。今後の課題になると思えるが、もし事故との関係を理論的及び定量的に探るならば視覚による調査プラス車両の運動の記録もリアルタイムで行う必要があろう。また同時に被験者の因子と組み合わせ統計的に意味を持つだけの多くの実験を繰り返し、その結果を解析したならば、視覚による認識とそのレスポンス(車両の運動)を運転者の特性により判別することが可能となるであろう。

5. まとめ

初めて“Vision Analyzer”を使いその長所、短所を幾つかの実例を通じてここまで述べてきた。最後に、これらの経験を踏まえて今後の注視点測定装置の交通分野への応用についてまとめてみる。市街地のような視覚情報の錯綜する地域での適用は、被験者の視線を定量的に求めることが難しい。従って、このような視覚情報が複雑な路線での視覚特性を知りたい場合には、視覚情報を予め整理(例として、夜間の実験を行う等)する必要がある。同様に、被験者の心理的負担を減らし、同一の走行条件を再現でき、画像位置の変動を伴わないシュミレーターによる視覚調査は、極めて有効なデータを得る手法となろう。また、他の自動車工学的実験、心理学的調査等と組み合わせると更に有効であり、可能であるならば、注視点を3次元で決定できる装置の開発が望まれる。

本報告書の調査に協力して戴いたNHK放送科学基礎研究所の福田忠彦氏、NHK札幌放送局のスタッフ一同、及び実験に協力して頂いた多くの方々に感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 小林実; 高速道路工事区間での注視点調査 交通工学増刊号(s47)
- 2) 村田隆裕, 中村良夫; 自動車運転者の注視点 交通工学 Vol. 5 No. 5
- 3) 三浦利章; 運転場面における視覚的行動 大阪大学人間科学部紀要 Vol. 5
- 4) 大坪治彦; 運転中の車速, 旋回および頭部回転, 眼球回転の同時測定 交通科学研究資料(1983)
- 5) 佐藤公治; 自動車運転走行時における視覚的探索課程に関する基礎的研究 北海道科研報告書(1984)
- 6) 福田忠彦; 新しく開発した注視点情報解析装置とその応用 テレビジョン学会技術報告(S58)
- 7) 山田光穂, 福田忠彦; 注視点情報分析からみた各種画像の特徴 電子通信学会(1984)