



Title	運転場面における視覚的行動 : 眼球運動の測定による接近
Author(s)	三浦, 利章
Citation	大阪大学人間科学部紀要. 1979, 5, p. 253-289
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/10889
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

運転場面における視覚的行動

—眼球運動の測定による接近—

三 浦 利 章

運転場面における視覚的行動

——眼球運動の測定による接近——

I はじめに——見るということについて

視知覚は刺激—行動の媒介概念であるといわれてはいるが、知覚を我々の実際の行動の中に位置づけて説明しようとする実験的研究はきわめて少ないように思われる。筆者は最近までタキストスコープによる視覚情報貯蔵 (visual information storage : VIS 又は icon^{*}) の研究を行ってきたが、その後「いったい見ているもの、見たものは何なのか」という素朴な疑問を抱いた—見たものは自分の頭の中で処理され VIS 又は短期記憶に貯えられた表象であるという説明が妥当なのか、あるいは刺激、環境そのものの性質であるという説明 (Gibson, 1977) でよいのか。さらに運転中に自分自身見ていると思うものについての言語報告および内観を録音、検討してみたが、その当時の感想は「見ているつもりだがおどろく程見てはいない。しかし、やはり見ている。」というものであった。すなわち、ここに述べた疑問はいわゆる情報处理的知覚研究でいう内部表象 (internal representation), 心的画像 (mental picture) とは何かという形のものであったと感じられる。視覚的認知への情報处理的アプローチは60年代後半および70年代初期には感覚、知覚、記憶、思考をすべて相互依存するものとしてとらえ、それまでの知覚研究と比べ、より積極的に意味性を扱おうとするものとして大きな展望と楽観をもって位置づけられた (Neisser, 1967; Haber, 1969; Reed, 1973; Lindsay & Norman, 1972)。しかし、その領域でのモデルはいわゆる階層モデルであり低次処理 (代表例は特徴検出器) から高次処理へと一方向的に情報が処理されて行くとするものであった。そこでは視覚的情報はすべて言語的に符号化 (encode) され意識化されるとされていた (Spring, 1960; Conrad, 1964; Eriksen, Pollack, & Montague, 1970 等)。しかし、このようなモデルの妥当性の欠如は瞬間認知、反応時間の実験でもすでに示されている (例えば Reicher, 1969; Ingling, 1972; Miura, 1978)。すなわち、そこでは意味性、カテゴリー、規則的構造 (rule governed structure) が視覚的表象そのものの形成を促進することが示唆された。このことは一方向階層モデル (linear hierarchy model) では矛盾が生じ説明困難である。そこで、最近活発に研究されているのはイメージ、意味論、文脈性な

脚注：入力後約300msec 存続する視覚像 (中枢性のもと言われている)。

どを含めて高次処理と低次処理の相互作用から内部表象の形成および保存のメカニズムを探ろうとするものである (Norman, 1976 ; Rumelhart, 1977)。それらの研究の今後の展開およびその比喩的説明 (metaphor) は興味深いものではあるが、その成果は我々の日常の視覚的行動を説明し得るものではないと思われる。なぜならそこでは生活体としての被験者の置かれる時間的空間的文脈が欠如し、実際の行動の目的、意図との関連で視覚的認知をとらえようとするものではないからである。

この点を鋭く指摘したのが Neisser (1976) である。彼は1967年の書物で認知心理学の潮流に意味深い影響を与えたが、彼の最近の立場は現実の行動の中での時間的文脈において認知を研究しなければならないというものである。彼は認知研究の生態学的妥当性 (ecological validity) を重視し、認知とは生活体が環境、事象に意味づけをし、かつ環境、事象が生活体の認知内容を変えてゆくという相互作用 (transaction) にもとづき、環境事象およびそこにある自己が、どのようにしているかを知ること (verification) であるとする。ここで彼は予期的シエマを中心とする知覚サイクルのモデルを提唱する (図1)。予期的シエマは見るという行為をコントロールするものであり、情報選択のための準備状態性である。シエマによって情報探索 (exploration) は方向づけられる。当該の状況で外界の利用可能な情報 (available information) から選択抽出された情報はシエマを修正するかあるいはそれを強化し維持する。シエマが修正された場合には更に次の探索が方向づけられ、より多くの情報を抽出していく。ここで重要なことの一つは、この探索、および情報の抽出は様々な水準で行なわれるということである。ある場合には物理的水準で、またある場合には様々な意味的水準で、またある場合には情緒的水準で行なわれ、さらにこの水準が変動して行く場合がある。彼のいうシエマは知覚表象でなく、知覚的行為の1つの元型 (genotype) であり、その場での個々の認知的活動全体に適合 (tune) している。

Hochberg & Brooks (1978) は長年の実験室における視覚研究よりここに述べたのと同様の概念—シエマ形成とその検証のための起動力と

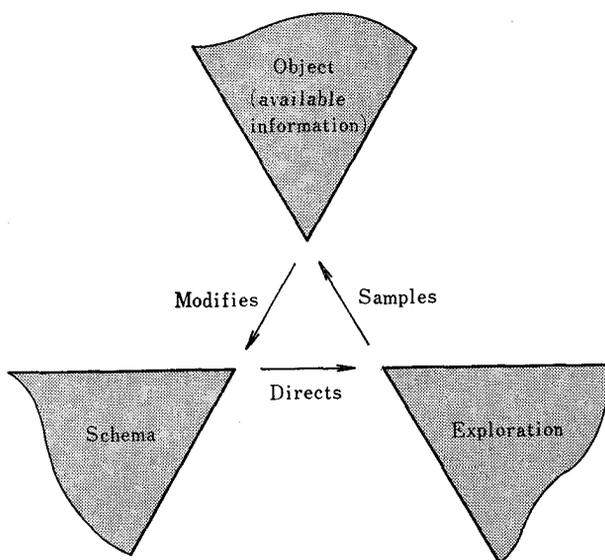


Figure 1 The perceptual cycle. (from Neisser, 1976)

しての視覚的勢い (visual momentum) を強調している。Power (1977) はここでのシエマ理論に類似すると考えられる Bruner の仮説理論をほけていない風景の認知において支持している。Yarbus(1967), Nodine, et al., (1978) は同一の風景であっても被験者の意図によって眼球運動のパターンが著しく異なることを見事に示した。

視覚的行為は視覚表象 (あるいは心的画像) の形成で終結するものではない。そこにはイメージ、ストラテジー、意図が含まれている。更に視覚的行為は自己の状態 (環境の中での移動状態等) についての情報をもたらす。長山 (1966, 1978) は「外的状況への積極的適応のために判断材料を求めて知覚が行なわれたり、判断の正しさを確認するために知覚が行なわれる」という運転行動における積極的予測を主張し、また長山 (1978) は「視認知において各人が蓄積した認知の母型のようなものがあり、それに照合してはじめて物の重要な部分の確認が可能となり、判断が可能となり行為そのものが可能となる」という認知母型論を主張する。また狩野 (1978) は長年の労働災害についての研究より、知覚心理学が行動という事態をほとんど捨象してしまっていることを指摘し、知覚の場は本質的に行動の場であり、行動を案内するために知覚が行われることを主張する。すなわち、見たものは何か、心的画像が何かという問いかけは視覚的行動を理解する上には不適切であり、「いかなるシエマをもち、いかなる意図をもって視覚的行動が行なわれてゆくか」という問いかけを行なわなければならない。

当研究では眼球運動の測定、記録を行なったが、この手法は、どのようにどのような情報を抽出し、それらをシエマにどのように継時的に取り入れてゆくかを調べるのに適した一手法であると考え。眼球運動と意識あるいは心的操作 (mental operation) の対応関係は知覚的行動を検討する上での一つの重大な問題であるが (対応を支持するものとして Hall, 1974; Yarbus, 1967; Gould, 1973; Norton & Stark, 1970; Just & Carpenter, 1976; Nordine et al., 1978, 必ずしも対応しないものとして Kaufman, 1969; Litman & Becklen, 1976), 一般に一致した見解では中心視 (foveal vision) および周辺視 (peripheral vision) によって大まかな把握がなされた後、情報の多いところが注視される (Mackworth & Morandi, 1967)。予期的シエマあるいは認知的プランに基づいて周辺視をとまなう大まかな把握を行ない、情報の多いところをより詳細に中心視で探索、検査 (testing) して行く。故に、視線を向けるという行為は選択的、継時情報処理の 1つの基礎であるといえる。環境は360°に開けその内視野は約210°に開けているが、中心窩はわずか2°の広がりをもつにすぎない。飛越運動 (saccadic movement) は一般には1秒間に3~4回生じる。故に、全体的把握と同時にこの感度の鋭い狭い中心窩をどこにどのように向けるかということは適応のためにきわめて重要である。ある時には適応的に、またある時には自ら気づかずに眼球運動を行なっており、それから得られた情報から我々はそこに何があるかについての予期的シエマを絶えず再構成し

てゆく。故に探索のパターンは時空間的に連続した環境、状況の仮説—検証あるいは探索—確認の表現型であるとしてとらえられる。予期的シマを知覚的行為の元型 (genotype) であるとするとき、眼球運動による探索パターンはその表現型 (phenotype) の一つであるとしてとらえうる。すなわち、ここで問題とするのは眼球運動によって環境についての心的画像がいかにか形成されるかということではなく、その環境およびその中で自己をいかなるものとして意味づけるかという積極的な視覚的行動を眼球運動を一つの手掛りとして問題とする。

運転行動においては情報の獲得は90%以上が視覚的なものであると言われている (Rockwell, 1972)。運転行動では自らの安全を確保しながら環境の中を移動するために少し先を予測するということがきわめて重要である。異常事態がないということを確認してゆき、異常事態があると見られる場合には自らの動きを変える。走行とともに次々と選択抽出される情報にもとづき絶えずシマが再構成されてゆく。ここに運転行動は、各状況で各自がシマを形成しそれに基づく探索、確認を行ないシマを連続的に再構成して行くという視覚的行動の一側面をとらえる上に重要でありかつ適したものである。運転行動は目的が比較的明白であり、かつ時間的情報密度が高いものであるから、より純度の高い視覚的行動についての情報を我々にもたらすであろう。以下の本論はここに述べた視覚的行動に間接的であるにせよ取り組もうとする一つの模索である。

II 実 験

同じ運転場面での視覚的行動といえども、その場で形成されるシマは運転者の操作する車種、状況によって異なるであろう。又、走行速度が異なればシマの継時的再構成の行ないかたが異なると予測される。又、運転者によって予期的シマの内容は異なるであろう。これらの相違は眼球運動からとらえられる注視パターンの相違として反映されるであろう。これまで我々は事故発生原因の研究 (長山, 大森, 藤本, 森田, 1976; 長山, 1978, a, b) に基づき、二輪車運転時と四輪車運転時との眼球運動を比較してきた (長山, 森田, 三浦, 渡辺, 1977; 森田, 1978; Nagayama et al., 1979)。その結果、二輪車運転時の視覚情報摂取特性として、二輪車運転時には視界が前方遠景よりも路面に対してより多く開かれ比較的近くの路面を頻りに探索することが示された。

当研究では更に、速度上昇に伴う時間当たり情報密度の効果、二輪車間での車種の差による効果を検討し、実験室実験を加える。このことより、これまで得た知見を含めて視覚的行動の観点より考察を試みる。走行実験での独立変数は、速度 (3水準)、車種 (3水準) の2つであり、従属変数は探索行動の枠組の一つとしての走行路面収斂点の位置 (視野の開け方)、探索の範囲の測度としての凝視点の空間分布、探索の質の一つの測度として凝視時間

分布、注視様式を示すものとしての時空間的注視系列（走査経路 scan path）である。結果の検討に当たっては、まず全体を通して定量化可能な測度である路面収斂点位置、凝視の時空間分布についての検討し、そこで生じた問題点のいくつかを実験室実験の結果と合わせて論じる。次に、異なる走行状況での走査経路より注視様式あるいは戦略についてのいくつかの事例を比較検討し、先の検討と合わせて運転場面での視覚的行動の一側面に触れようとする。ここでは各種条件、状況で運転に必要な処理情報量と注視時間との関係から考察を試みる。

1 方法

被験者 3名の男性テストライダー、年齢26～36歳、運転経験年数は二輪車8～14年、四輪車4～11年。いずれも視機能の正常な免許所有者。

装置 角膜反射型のアイカメラ（NAC Eye-Mark Recorder Model 4）、100cmのグラスファイバー付きで運転中の被験者の頭部運動に大きな拘束を加えない。眼球運動は8mmカメラ（Fuji zc 1000）を1秒間18コマ送りで記録した（使用フィルムは Fuji color RT 200）。被験者の凝視方向を示すアイマークは水平視角30.0°、垂直視角22.7°の範囲で記録できる。アイマーカーを装着後被験者は改造ヘルメットをかぶる。

使用車輛 3台：自動二輪車（Kawasaki, 400cc）、原動機付自転車（Suzuki, 50cc）、四輪自動車（Nissan Skyline GL 1800cc）。

実験計画 独立変数は車種（3水準）と速度（30km/h、45km/h、60km/hの3水準）の2つ。1人の被験者はこの9条件すべてを行なう。順序効果を相殺するため表1のような順序で走行する。

Table 1 Experimental Design.

s u b j e c t					
A		B		C	
vehicle	speed (km/h)	vehicle	speed (km/h)	vehicle	speed (km/h)
automobile	45	heavy	60	light	30
	60		30		45
	30	motorcycle	45		motorcycle
light	60	automobile	30	heavy	45
	30		45		60
	45		60		motorcycle
heavy	30	light	45	automobile	60
	45		60		30
	60		motorcycle		30

脚注：同一対象に対する凝視をまとめて注視（gazing）と呼ぶことにし、マイマークの同一箇所への停留を示す凝視（fixation）と以下区別する。

手続 各被験者は二輪車、四輪車の双方で走行した。8mmカメラは二輪車運転時にはナップサックに入れて背中に固定し、四輪車運転時には実験者が後部座席で持ちモニターした。各被験者にはできるだけ通常の見方で、ほぼ指定速度で走行し、なるだけ走行車線を走行するように教示した。走行前にアイマークの調整を行い、走行後には検査標識を注視させ解析時にアイマークの一致度を検査した。

走行道路 当実験は走行速度の効果を吟味することが主目的であったので、他車の影響の少ないこと、および被験者の安全を考慮して本学周辺道路の約1kmの区間を走行させた。この道路は歩道及び植樹された中央分離帯のある片側2車線の郊外道路で、道路左側には住宅等はなく歩行者も極めて少ない。走行区間はほぼ直線である。

データ解析 アイマークを記録した8mmフィルムをフジメモーション用映写機で縦20×横20のメッシュ上に投射して走行路面の収斂線（地平線と呼ぶことにする）の中心点およびアイマークの位置を求めた。メッシュ上の1つの細胞の大きさは視角で $1.5^{\circ} \times 1.14^{\circ}$ である。アイマークの空間位置は9コマ毎にサンプリングし、地平線の中央との相対位置に変換した。アイマークの停留時間はメッシュ上の同一細胞内での停留コマ数から求めた。この場合にはいずれの条件でも同一の直線区間での約200コマを連続解析した。アイマークの経時軌跡の解析方法はその結果の箇所に示す。

2 結果と考察 I（全体的にみた凝視点の時空間分布および地平線位置について）

2-1 探索の空間的特性

1) 前景視野の開け方—探索の枠としての地平線位置

前景視野の開け方は、視覚情報摂取の一つの枠と考えられる。図2に地平線位置への車種および速度の効果を示す。これまでの我々の実験結果と同様に地平線位置は四輪車運転時に低く、二輪車運転時に高いことが確認された。（但し、二輪車間での差は認められず、又、速度による効果も明白ではない。）このことは楽な状態で視線を向ける（視線は前面中央のやや下に向けられる）と、四輪車では遠方が、二輪車ではより近くが探索されやすいことを意味する。二輪車運転時には頭部および身体が前傾しており、前方遠くを見ようとすると上目づかいで注視しなければならず四輪車運転時に比べるとやや無理が生じることが示唆される。この無理を減らすためには頭部あるいは身体をおこさねばならない。図3は地平線の垂直方向の変動を示す。二輪車運転時には四輪車運転時に比べて地平線変動が大きく前方探索のための頭部および身体の運動が大きいことが示唆される。二輪車運転時には走行安全確保のため前方遠くの情報探索時には頭部を起し、近くのパノラマを探索する時には二輪車運転時の自然な状態で注視することが推定される。さらに二輪車運転では高速になるに伴ない、地平線の変動が大きくなる。路面探索と同時に高速走行時にはより遠方の情報を探索せねばならず、これに伴う頭部および身体運動が大きくなることが示唆される。

脚注：試みとして標準偏差を計算した。

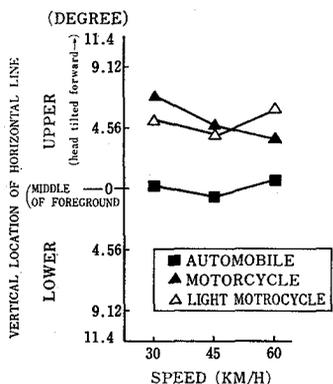


Figure 2 Vertical location of horizontal line as a function of speed and kind of vehicle.

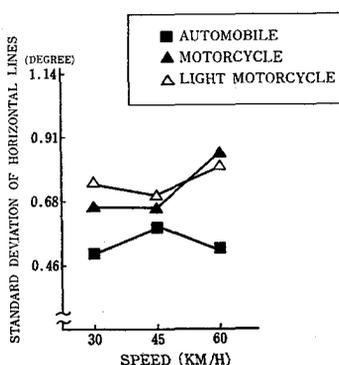


Figure 3 Standard deviation of horizontal lines as a function of speed.

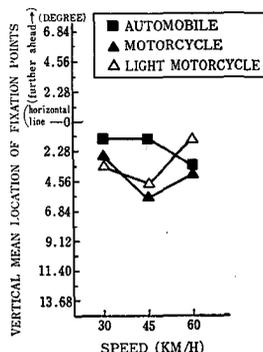


Figure 4 Vertical mean location of fixation points as a function of speed and vehicle

2) 探索の平均位置—凝視点位置

図4に凝視点の地平線との垂直相対平均位置を示す。明白な傾向は見てとりにくいですが、凝視点平均位置は四輪車運転時には地平線の近くに、二輪車運転時には地平線の下方に位置している。この様子を模式的に示したのが図5である。平均的に見ると二輪車運転時には四輪

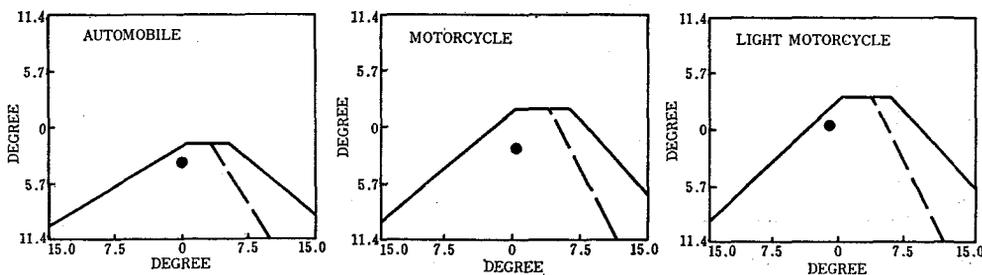


Figure 5 Mean location of horizontal lines and fixation points.

車運転時に比べてより近くに凝視が向けられることが推定される。(推定平均視距離は四輪車運転時50~60m, 二輪車運転時20~30m, 原付自転車運転時25~35m。)

3) 探索の空間分布—凝視点分布

i) 垂直方向の探索 図6に示されるように四輪車運転時には二輪車運転時に比べて凝視点の垂直方向の標準偏差が小さい。このことは、二輪車運転時には垂直方向の眼球運動が大きく、遠く近くにわたる探索の行われることを示す。速度の効果については、四輪車および原付自転車車で高速になるに従って分散がやや小さくなり、探索の集中化傾向が示唆される。これは McDowell and Rockwell (1978) の四輪車運転時の結果と同じ傾向である。彼らの実

験での標準偏差値は視角で1°~1.5°でありここでの結果(1.5°~3°)と比べると小さい。彼らの実験での走行速度は約64km/hと96km/hであり当実験での走行速度より速いものであるから、ここでの相違は矛盾するものではなく、相いに支持するものである。他方、自動二輪運転時には速度上昇と共に標準偏差はやや大きくなっているがこの原因は推定し難い。

ii) 水平方向の探索 図7に示されるように平均的にみると四輪車運転時には二輪車運転時よりも凝視点の水平方向の標準偏差が大きく、原付自転車運転時に最も小さい。これは車幅あるいは運転時の余裕の相違を反映するものと思われる。四輪車走行時には速度上昇とともに分散の縮少傾向が示されこれは McDowell and Rockwell (1978)の結果と一致する。他方二輪車運転時には速度上昇の効果は明白でない。

iii) 探索のまとまりの程度—散布度 凝視点の二次元平面上でのバラツキの程度をみるため凝視点の相対冗長度 (Frustr, 1969) を求めた(相対冗長度が大きければ凝視点散布が集中傾向にあり、小さければ拡散傾向にあることを示す)。図8に示されるように、四輪車運転

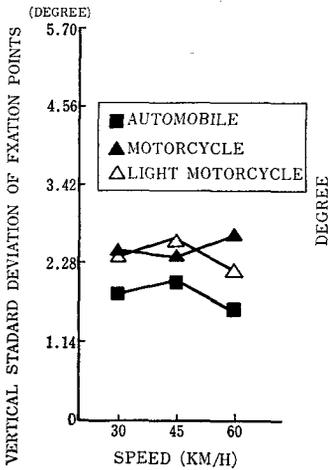


Figure 6 Vertical standard deviation of fixation points as a function of speed and kind of vehicle.

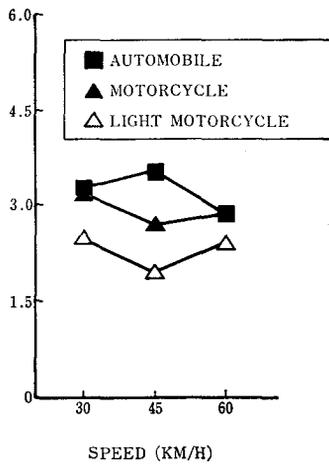


Figure 7 Horizontal standard deviation of fixation points as a function of speed and vehicle.

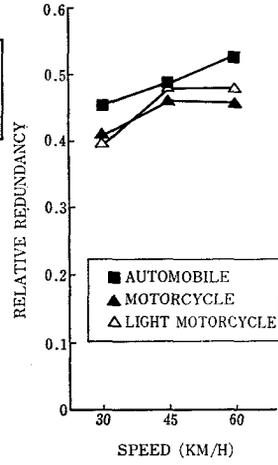


Figure 8 Relative redundancy as a function of speed and kind of vehicle.

時には二輪車運転時よりも相対冗長度が大きく探索が空間的にまとまってなされることが示される。また、いずれの車種の運転時にも速度上昇に伴なって冗長度が高くなり探索がまとまってなされる傾向がみられる。低速走行に探索が拡散して行なわれるということは低速走行時には余裕に伴う凝視のアソビが生じやすく、速度上昇とともに走行に直接関係のある探索のなされる割合が増加することを示しているのかも知れない (Senders, et al., 1966 は運転中の50%の凝視は不必要であるという; cited in McDowell & Rockwell, 1978)。

4) 1回当りの探索の幅—凝視点の飛距離

直線部走行での連続 200 コマのアイマークの各回毎の移動距離を求めた。表 2 に示されるように、平均的にみると凝視点の飛距離は四輪車運転時には小さく自動二輪運転時に大きい、又速度上昇に伴って飛距離

は大きくなる傾向がみられるが速度と車種の交互作用を含めてみると、一義的な結果ではない。なおここでの平均飛距離は視角で1.63°であり McDowell and Rockwell (1978) の結果 (約3.5°) に比べると小さいが、これは解析に用いたメッシュの

Table 2 Saccadic Distance in Each Condition.

vehicle	speed (km/h)			mean
	30	45	60	
automobile	1.21	1.00	1.90	1.37
motorcycle (50cc)	1.42	1.52	1.48	1.47
motorcycle (400cc)	2.01	1.93	2.43	2.12
mean	1.55	1.48	1.94	1.65

Note. unit ; degree of visual angle

大きさが異なるためではないかと思われる (彼らは解析方法を示していない)。

以上のように、これまでの我々の実験結果が更に確認された。すなわち探索の枠 (前景の開け方) の平均とその変動、および平均探索の空間分布が二輪車運転時と四輪車運転時とで異なることが示された。又、走行速度上昇とともに探索がよりまとまりをもって行なわれる傾向が示された。これらの相違は車種によって走行のための必要探索課題が異なること、および運転時の余裕が異なること、又速度上昇とともに不必要な探索が減少することを示唆している。

2-2 探索の時間特性

1) 平均凝視時間

平均凝視時間はシマの再構成のなされ方の1つの測度であると考えられる。図9に示されるように、平均凝視時間は四輪車運転時には二輪車運転時よりも長い (四輪車運転時 151 msec, 原付自転車運転時 114msec, 自動二輪車運転時 102msec)。走行速度による効果は四輪車運転時には明白ではないが、二輪車運転時には速度上昇に伴ない凝視時間が短縮化している。

車種の相違による平均凝視時間への効果は、二輪車運転時には運転者が外界に暴露されていること、車輛が不安定であることによる緊張感、および探索の空間的特性から推定された二輪車運転時での視覚的課題の特徴——遠くと近くの路面の探索が必要であること (地平線および凝視点の垂直分布から示された) ——による必要情報処理量の相対的な大きさ、ある

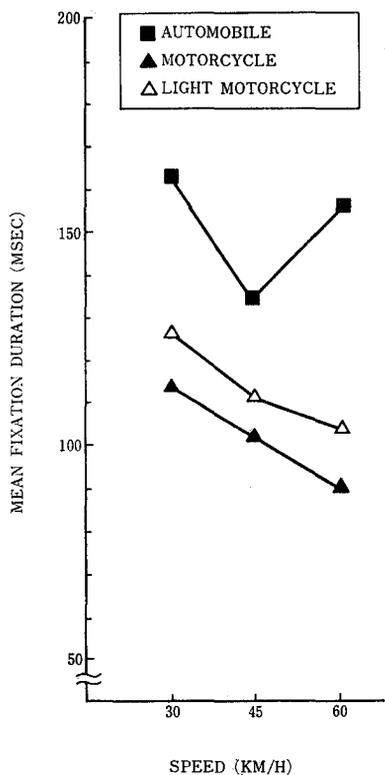


Figure 9 Mean fixation duration as a function of vehicle.

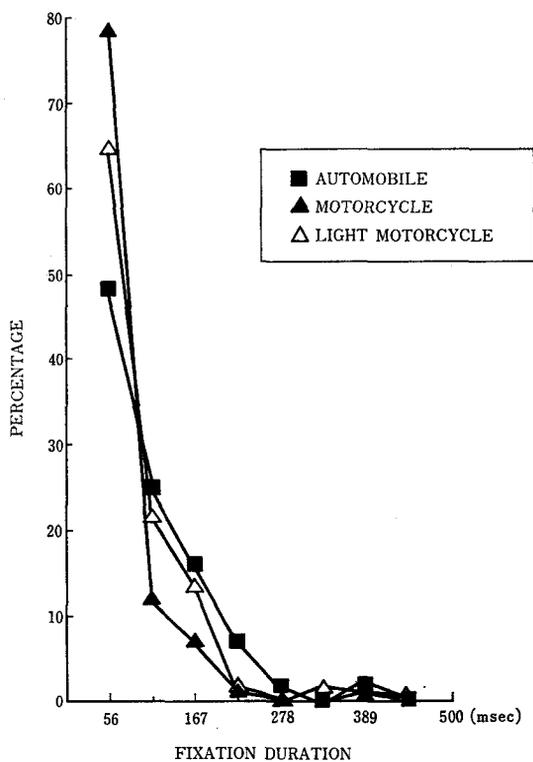


Figure 10 Temporal distribution of fixations.

いは作業負荷の大きさ (Welford, 1976) を反映するものと考えられる。

他方 二輪車運転時に示される速度上昇による凝視時間短縮化の効果は単位時間当りに予測、処理しなければならない情報量の増大に対して凝視時間を短縮化することで対処して行くこと (Cohen, 1976; Senders, 1976), あるいは有効視野を狭窄化することで情報量増加による過負荷に適応してゆくこと (Mackworth, 1965, 1977 a) を示すと考えられる。四輪車運転時に速度の効果が見られなかったことは、先に述べたように二輪車運転時と四輪車運転時での基本となる作業負荷量の相違を示すものと考えられる。すなわち四輪車運転時には二輪車運転時に比べると基本的な情報処理の余裕容量 (spare capacity) が大きく、凝視時間を短縮化してそれに対処する必要が生じなかったことを示すものと考えられる (Welford, 1977のモデル)。

2) 凝視時間分布

凝視時間分布は外界からの情報抽出の行ない方の一側面を反映すると考えられる。図10に車種の効果を示す。先に述べた作業負荷増大の効果は150~350msecの標準的凝視時間の減少および56msecというきわめて短い凝視時間の増加という型で表われている。saccadic suppression (Robinson, 1965; cited in Ditchburn, 1973), 視覚マスキング (Kahneman, 1968) の知見によると56msecという短い凝視では詳細な弁別, 微妙な変化は認知しにくいと考えられ, 四輪車運転から二輪車運転に変わるにつれて, 又, 速度が上昇するにつれて情報の探索, 抽出の安定性が崩れやすくなることを示唆している。ところで, ここで得られた凝視時間の分布型は運転中の眼球運動より示した鈴木, 他 (1966) の結果との一致を示しているが, Mourant, Rockwell & Rackoff (1969), Cohen (1977) は運転中の凝視時間分布として変形の逆U字の分布を示している。又, ジェット機着陸時のSnyder (1973), 電車運転時の水田, 他 (1975) はやはり逆U字型の分布型を示している。又, 一般の実験室実験によって得られた様々な分布型も逆U字型である。この相違は実験状況の相違もあろうが一つには解析方法の相違にもよると考えられる (上に引用した諸研究では明確に示されていない)。一般に実験室での眼球運動は頭部を固定して測定され, しかも刺激のほとんどは奥行きをもたない静止画像である。これらの諸点を検討するため次のような補足実験を行なった。

3) 実験室実験

方法 被験者は男性一名。用いたアイカメラ, 解析方法は走行実験と同じ。刺激材料には頭部運動のもつアイマーク停留時間への効果をみるために ①文字 ②移動標的, 単位時間当りの必要情報処理量の効果をみるため, および実走行とシミュレーションの差を検討するために ③走行実験コースを時速30km, 45km, 60kmで走行する四輪車から前景を8mmカメラで撮影(18コマ)したフィルム, 走行コースの効果を検討するために ④ゆるいカーブ走行時およびS型カーブ走行時に撮影した8mmフィルム, 見ているものを言語報告してゆくことの効果をみるために ⑤カレンダーの5種類である。刺激材料が文字, 移動標的の場合には頭部固定(バイトは用いていない)と頭部自由の条件で行ない, 走行中に撮影した8mmフィルムの場合には頭部固定, カレンダーの場合には頭部自由の条件で行なった。8mmフィルムの投射画面の大きさは視角で $30^{\circ} \times 22.4^{\circ}$ にした。

結果 1) 頭部運動の効果 表3に示されるように頭部運動がある場合とない場合にはここで用いた解析法を用いると文字を読む場合には約120msecの停留時間の短縮化が示され, 移動標的を追跡する場合にはほとんど短縮化が見られない。ただし頭部を固定して静止画面を見る場合にも83msec以下の短い停留が頻発する。

2) 時間当り必要処理情報量の効果 表3に示されるようにフィルム撮影時の走行速度が上昇すると, すなわち投射フィルムを見る時の時間当り情報量が増加すると平均停留時間の短縮化傾向がみられ, 先に述べた時間当り情報処理量増加に対処するための凝視時間の短縮化, あるいは有効視野の狭窄

化が示唆される。ただし、ここでの平均凝視時間は670msecで四輪車実走行時の平均凝視時間(151msec)と比べると、ここで示された頭部運動による凝視時間短縮化効果(約120msec)をさしひいてもなお差が大きく、運転しているつもりで投映フィルムを見るといっても、距離感、緊迫感、見てゆくストラテジーの相違を示すものではないかと考えられる。しかし、カーブ走行時の投映フィルムを見る場合にもなお凝視時間の短縮化が示され、走行状況の相違は平均凝視時間の相対値に示されている。

3) 言語報告を並用することの効果 言語報告を並用すると、並用しない場合よりも平均凝視時間は約250msec長くなる。又、現在の凝視の1回～2回前の凝視対象が報告されることがあること、すべての凝視対象が報告されるとは限らないとみられ、読書における文章の難しさと eye-voice span *(例えばGeyer, 1968)との関係、Mackworth (1958) の認知なき凝視 (seeing without looking) との関係がみられ興味深い。(ただし、ここでは凝視していない対象を報告するということ (Mackworth, 1977 b) はみられなかった。) 言語報告の並用は我々の次の課題の1つである。

Table 3 Mean Fixation Duration in Laboratory Experiments.

stimuli	mean fixation duration (msec)
letters	
head restricted	258
head free	136
(pursuit)	
head restricted	106
head free	91
driving movie	
A. direct course	
30 (km/h)	812
45	593
60	604
mean	670
B. normal curve	553
C. S-shaped curve	269
D. disturbed field	130
calender	
normal observation only	523
— with verbal report	785

以上のようにアイマーク停留時間についての当解析では、頭部運動の影響を無視できないが、各条件での平均凝視時間の相対関係については大きなバイアスを生じるものでないと考えられる。又、シミュレーション事態において、時間当たり処理情報量の効果が平均凝視時間に反映された。ただし、実走行場面とシミュレーション場面では処理内容の相違があると考えられる。

以上、当実験より我々のこれまでの実験結果の妥当性が示され、さらにここで用いた二輪車間での相違はほとんどないこと、および走行速度の効果は二輪車運転時により強く示されることがわかった。すなわち二輪車運転時には、情報摂取の一つの枠としての地平線の位置が高く視野は路面により多く開けている。しかも、凝視点の平均位置からみると視線は比較的近い路面に向けられる。更に、凝視点の時間分布および空間分布からみると二輪車運転時には遠方および近くの路面を頻りに短い凝視時間で探索していることが推定される。この傾向は二輪車間(原付自転車および自動二輪車)では変わらない。二輪車運転時における走行速度の効果は、地平線変動および凝視点の垂直方向の変動を大きくし、かつ平均凝視時間を短縮化することに表わされている。このことは、速度上昇とともに二輪車運転者は準備性の

頭部移動 (Mourant & Rockwell, 1977) および垂直方向眼球運動によって情報摂取を遠近双方から行なっていることを示唆すると同時に、速度上昇に伴う時間当り必要処理量の増加を平均凝視時間の短縮化によって補償してゆくものと考えられる。

他方、四輪車運転時には、視野は前方遠くにより多く開かれ、かつ凝視点平均位置から推定すると視線は二輪車に比べ遠くに向けられている。走行速度の上昇に伴って四輪車運転時には凝視のバラツキを小さくなるが、平均凝視時間には大きな変化は生じない。このことは、速度上昇に伴い、走行に不必要な探索が減少すると同時に二輪車に比べ、四輪車運転時には余裕の大きいことを示すものではないかと考えられる。

3 結果と考察 II

(対象との関係における注視 (gazing) の検討——運転状況別、車種別の走査経路の事例研究)

前節では、注視対象との関係を考慮せず、かつ被験者をプールして凝視 (fixation) の空間分布、時間分布について定量化した結果にもとづいて検討した。しかし、そこでは各個人の情報探索特性が明らかとされないし、又、当実験箇所がほぼ直線の閑疎なところであるとは言え、車線移行、追越、追越され、駐車車輛の有無等の種々の状況が見られる。さらに、先に述べたように、アイマークを2次元の格子点上に落として行なう解析はアイマーク位置の決定基準が明確であるという利点をもつが、他方、同一対象に注視が行なわれていても対象内での凝視の変位、頭部運動の補正のための眼球運動、側方かつ近傍の対象の通過時に生じる追跡眼球運動、および、飛越眼球運動の行きすぎによってアイマークの解析格子上での見かけの変位が考慮されていない。ここではこれらの諸点を考慮し、視対象との関係における注視行動の系列を検討する。このことから各種運転状況における運転者の「見てゆき方」すなわち情報探索のストラテジー、意図、注視の程度を明らかにしてゆきたい。ここでとらえ得た運転状況には、大別すると、①安定走行 ②駐車車輛の存在する場合、③追越し、あるいは追越され、④走行コース最終部の入口への進入がある。ここで解析の対象とした記録フィルムは走行開始時のアイマークと注視標的との一致は当然のこと、走行中の検査標識、走行直後での検査標識との一致が完全でかつアイマークが鮮明であるものに限定した。したがって本来、各状況での個人差、車種差、速度差を含めて比較検討すべきであるが、ここではいくつかの事例を挙げるにとどまる。解析にあたっては、アイマークが同一対象内にあると判断された場合には、アイマークの位置が2次元平面上で変化していても同一の注視 (gaze) として扱った。又、当実験は奥行きをもつ場面内での眼球運動の測定、記録であるからアイマークのもつ情報は視線方向であり、必ずしも視対象を示すものではない。この2点より注視対象の

同定のための判定基準に曖昧さが残されるが、解析者を一人に限定し（筆者自身）かつ判定基準を一定にするよう努力した。なお以下の図では丸印は注視領域を、丸印内の数字は8mmフィルムのコマ数（1コマ55.6msec, 18コマで1秒）、矢印は注視の移動系列を示す。又、図中の大きな丸印はその領域内でアイマークが大きく飛ぶことなく連続的に微かずつ移動したことを示す。

3-1 安定走行時の注視様式（各平均注視時間を表4に示す。表中の値は以下例示する図の他のものを含めて求めたものである。）

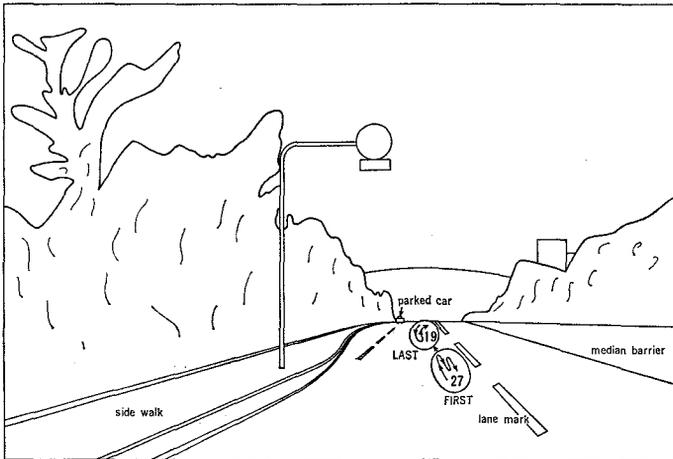


Figure 11 (a) A gazing mode in stable driving(automobile; 60 km/h; subject A ; frame 607-672).*

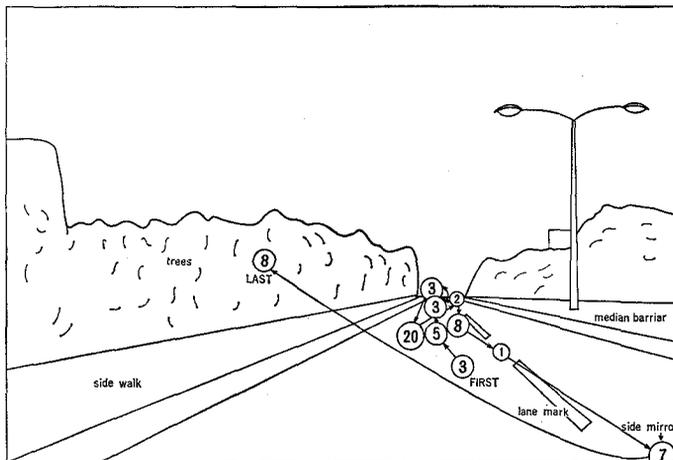


Figure 11 (b) A gazing mode in stable driving (automobile; 60km/h subject A ; frame 673-735).

脚注：In the following figures of gazing mode, numbers in circles indicate the numbers of frames—18frames are equal to 1 second duration, and arrows indicate the sequence of gazing.

Table 4 Mean Gazing Duration in Stable Running

conditions		subject A			subject B		
		Mean (msec)	blink rate (numbers per minute)	sec.*	Mean (msec)	blink rate (numbers per minute)	sec.*
automobile	60 m/h	500	13.3	2.3	826	—	3.5
	60km/h ^{*2}	605	21.8	5.5			
motor-cycle	400	60km/h	159	40.5	3.1		
	50	30km/h	299	20.7	8.7		
		60km/h	187	64.8	10.7		

* duration analyzed

*2 changing lane

1) 四輪車の場合 (時速60km走行)

i) 被験者A 先行車, 後続車いずれとも隔っており走行車線を時速60kmで走行している場合の注視様式を図11-a b, に示す。図11-aは3.7秒間(走行距離約61m), 図11-bはそれに続く3.5秒間(走行距離約58m)のものである。図11-bは四輪車直線安定走行時の典型的注視様式を示す。すなわち, 真正面前方および比較的遠方の路面に1~1.5secの長く安定した注視が向けられている。注視領域内での微動軌跡に示されるように同一箇所注視が向けられていても凝視点は徐々に前後左右に移動しているがこの動きは情報採取に特に意味あるものとは思われない。(この動きを考慮して各注視内でのアイマークの平均停留時間を算出すると150msecおよび151msecである)。ここでの注視様式は, 近づいてゆくことによって対象が変位したり拡大してくることがほとんどない前方遠くの領域 (focus of expansion) を注視し, 自分の車の走行位置, 速度等は周辺視でモニターしているものと考えられる (Gordon, 1966の視野制限実験結果, Thomas, 1968の眼球運動実験結果)。すなわち, このような走行場面ではその場に対してドライバーのもつシマが安定しており, 危険事象の生起可能性のない限り特に積極的探索が行なわれないことを示すと考えられる。

しかし, 安定走行事態において常に注視がfocus of expansion 近傍に向けられているわけではない。図11-aは, 図11-bの直前の注視様式を示すが注視の移動が図13-bに比べると頻繁であるがその移動はミラーの注視以外は, この場での運転者のシマを変容するほどのものではなく, ここでのシマ形成の節はfocus of expansionで得た情報一前方に危険事象あるいは予測困難事象がないという情報一であると考えられる。又, 左側の樹木付近に445msecの注視(メッシュで平均停留時間を出すと65msec)が向けられているが, これはこの場面でのドライバーの余裕から生じた走行に直接関係のない注視と考えられる。注視の移動

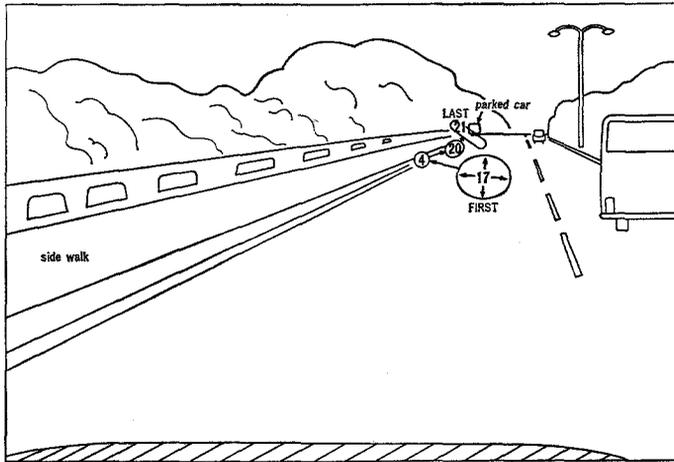


Figure 12 A gazing mode in stable driving (automobile; 60km/h; subject B; frame 597-659).

の頻繁さはその時の被験者の活動水準の高さを示唆するという知見があるが (Kahneman, 1973; Frust, 1971; Moskowitz, et al., 1977) 図11-a, bの差は安定走行時のドライバーの注意の水準の比較的短い時間での周期的変動 (Senders, Kristofferson, et al., 1967; Ceder, 1977) を示すものかも知れない。

i) 被験者B 被験者Aの先の図11-a とほぼ同一箇所での被験者Bの注視様式を図12に示す(3.5秒間, 約58m 走行, 走行位置は走行車線)。走行状況は追越車線に2台の先行車が存在している点を除いて被験者Aの場合と同じである。前方面の路面に17コマ, 945msecの注視が向けられている点は被験者Aと同様であるが, それ以外の注視様式はかなり異っている。すなわち, 左側前方に注視がより多く向けられている。この場面の左側前方には検査標識が設置され, さらにその前方には駐車帯がありそこに2台の乗用車と1台のトラックが駐車していた。したがって, 前方路面左側の注視は検査標識の探索および駐車車輛付近の探索を示すものと考えられる。他方, 被験者Aの場合(図11-a, b)にも駐車帯には駐車車輛が2台存在し検査標識も設置されていたが, このいずれに対しても探索的注視は見られなかった(図に示される前後にも左側前方の注視が行なわれていない)。この相違は, 同様の状況においても被験者によってその場で形成する予期的シエマが異なり, その結果として探索的注視行動の相違が示されたものと考えられる。さらにこのシエマの相違は, 長山(1966)のいうすこし先の潜在的危険性に対する感受性の相違によるのではないかと考えられる。この被験者間での相違は以下に示す駐車車輛側方走行時の注視行動にも見られる。

2) 二輪車の場合

i) 50cc原付自転車(走行速度30km/h, 被験者A) 図13(3.4sec 間, 走行距離約28

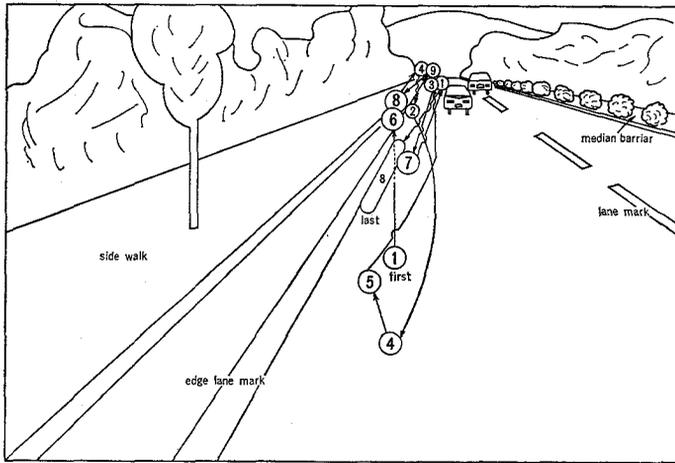


Figure 13 A gazing mode in stable riding (light motorcycle ; 30km/h ; subject A ; frame 587-643).

m, 走行位置は走行車線の左端) に注視様式を示す。四輪車安定走行時の注視様式との明らかな相違が示されている。すなわち、①注視のほとんどが路面左のレーン付近に向けられ、それに沿って前後の頻繁な注視移動がなされる。遠くの前方にも注視は向けられているが四輪走行時には見られない近くの路面への注視が示されている。②四輪走行時に見られた1～1.5秒の遠方の同一領域への注視は見られない。③地平線位置は四輪走行時に比べ大きく上方に偏位している。ここでの走行路面の舗装状態はかなりよく、ゴミなどの障害物はほとんど存在しない。にもかかわらず路面左側の比較的近いところが注視され、二輪車運転時には安定走行維持のため路面状態に多くの注意が払われていることが示される。しかし、これと

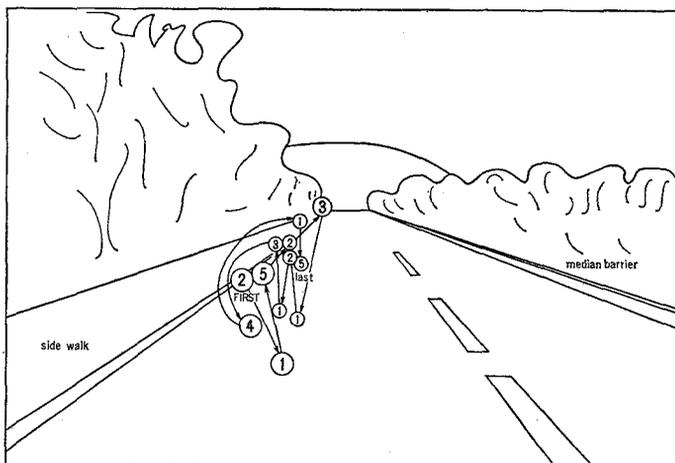


Figure 14 A gazing mode in stable riding (heavy motorcycle ; 60km/h ; subject A ; frame 398-437).

同時に二輪車運転者は前方遠くの情報をも探索しなければならない。このことは1回当たりの注視時間を短縮化し、遠方と近くの路面との間の注視の往復によって補われている。同じ路面が注視されてもそこから得ようとする情報内容、探索必要性が二輪車運転時、四輪車運転時で異なることが走査経路に反映されている。二輪車運転時には遠方情報摂取と近くの路面からの情報摂取との間である種の拮抗状態が生じ、継時的情報摂取の節となるべき長い注視が生じにくくなると考えられる。

ii) 400cc 自動二輪車 (走行速度 60km/h, 被験者A) 図14に注視様式 (2.2sec間, 約37m走行) を示す。この場合には走行位置は走行車線のほぼ中央であるが、注視位置は先の原付自転車の場合と類似して路面左側に片寄っており、やはり四輪車の場合とは明らかに異なっている。このことは二輪車運転時には路面状態の探索と同時に中心視によって走行位置の確認がなされることを示唆する。先程原付自転車 30km/h 走行の場合と異なる点は注視時間がさらに短くなっていることである (平均注視時間は原付自転車30km/h走行で299msec, 自動二輪車 60km/h 走行で159msec)。このことは速度上昇に伴う単位時間当りの情報処理量の増加を注視時間の短縮化で補っていることを示すと解釈される。速度上昇に伴う情報処理量の増加は特に近くの路面探索において大きいと考えられる。ここには前方の予測が難しい場合の四輪車での走行速度の注視時間への効果 (Cohen, 1976) との類似が見られる。

3-2 駐車車輛側方通過時の注視様式 (各平均注視時間を表5に示す)

Table 5 Mean Gazing Duration in Passing by Parked Vehicles.

conditions		subject A			subject B				
		Mean (msec)	blink rate (numbers per minute)	sec.	Mean (msec)	blink rate (numbers per minute)	sec.	Mean (msec)	blink rate (numbers per minute)
automobile 60km/h		973	32.0	1.9	373	—	7.6	673	16.0
motor- cycle	50cc 30km/h	337	—	3.0	261	(150.7)	7.6	299	75.4
	50cc 60km/h	221	47.6	3.5				221	47.6
	Mean	279	23.8		261	(150.7)		260	61.5

1) 四輪車の場合

i) 四輪車 60km/h 走行 (被験者A) 走査経路図を省略するがこの場合には同じ被験者の四輪車安定走行時と同様の注視様式—前方遠くへの長い注視 (図11-b)—が示され2台の駐車車輛への注視は全く見られない。

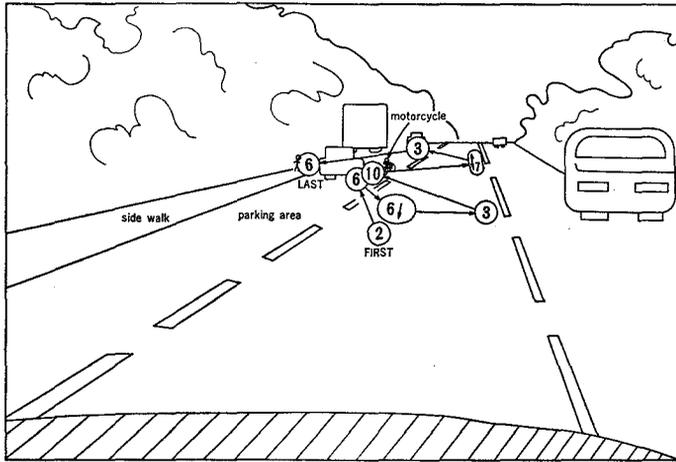


Figure 15 A gazing mode in passing near parked vehicles(automobile ; 60km/h ; Subject B ; frame 720-768).

ii) 四輪車 60km/h走行 (被験者B) 図15 (2.7秒間, 走行距離約45m) では駐車車両3台, 前方走行中の原付自転車一台, 追越車線に走行車2台が存在し, 被験者Aの走行時より状況がやや複雑であるが被験者Aの場合とは明らかに注視の行ない方が異なる。すなわち, 左前方の駐車車両付近, 先行二輪車の動きの探索と自車の前方走行路面の探索が繰り返されている。この次の時点では (走査経路図を省略する) 前方遠くを注視した後再び駐車車両付近を注視している。すなわち駐車車両側方通過前に駐車車両付近の探索一車両が発進するかしないか, 人が車両のかげから出て来ないか車両から降りてこないかなどの確認一を行ない, 駐車車両に近づくと前方の確認を行なって次に再び駐車車両付近を探索するというパターン

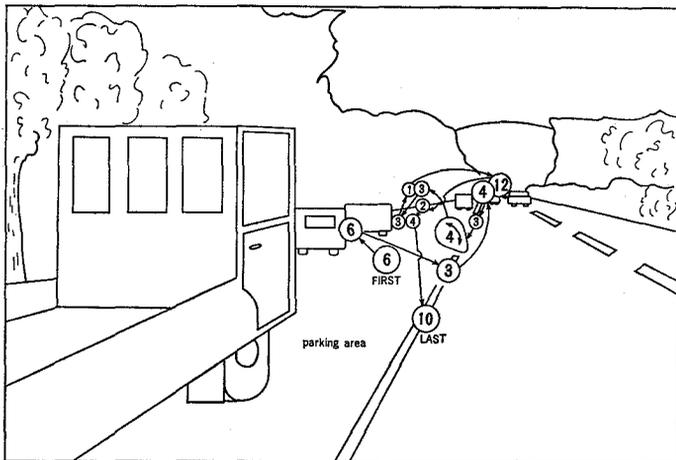


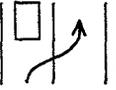
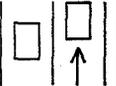
Figure 16 A gazing mode in passing near parked vehicles (light motorcycle ; 30km/h ; subject B ; frame 1226-1292).

を示している。なお、すぐ手前右の先行車には注視が行なわれていないが、周辺視によってその動きのモニターを行なっていると思われる。他方、被験者Aの場合には、状況がこの場合よりもやや簡単であるが、この被験者のような探索はまったく見られない。駐車車輛の存在は周辺視によって検出できるが、人のとび出しの有無、駐車車輛の急発進の有無などの確認は周辺視では行なわれにくいと考えられる。このように、類似場面における「見てゆき方」予測の行ない方、危険事象のないことの確認の行ない方の個人差が走査軌跡に反映されている。

2) 二輪車の場合

i) 原付二輪車 30km/h走行 (被験者B) 図16 (3.7秒間, 走行距離約31m) に注視様式を示す。この場合には走行位置は走行車線の左隅で、4台の駐車車輛が存在し、走行車線、追越車線に先行車が各1台存在する。この図に示した約1秒前に右サイドミラーおよびスピードメータを注視している。同一被験者,同一状況での四輪車 60km/h走行時の注視様式と比較すると同じように駐車車輛付近の探索が頻繁に行われているが、異なる点は①平均注視時間が短縮化していること (四輪車運転時373msec, 二輪車運転時 261msec), ②サイドミラーで後方の確認をしていること, ③駐車車輛の近傍に達した時にもなお駐車車輛付近を探索していることである。すなわち、二輪車低速走行時には駐車車輛側方を通過する場合に追

Table 6 Mean Gazing Duration during Overtaking.

conditions			subject A			subject B			Mean						
			Mean (msec)	blink rate (numbers per minute)	sec.	Mean (msec)	blink rate (numbers per minute)	sec.	Mean (msec)	blink rate (numbers per minute)					
Over taking	(following)		281	8.6	7.0	355	14.5	4.1	281	8.6					
											243	26.7	4.2	243	26.7
											362	0.0	9.6	362	0.0
Being overtaken	50cc ; 30km/h		250	21.7	5.8				250	21.7					
	50cc ; 45km/h		297	68.8	8.7				297	68.8					
Mean	overtaking automobile		281	8.6		247	20.6		310	14.6					
Mean	being overtaken light motorcycle (50cc)		274	45.3					274	45.3					

越されることがあると2台の車輻に狭まれることになるから、駐車車輻側方通過前に後方車輻の存在の有無を確認しなければならない。又、走行位置が左隅であるので駐車車輻側方通過直前にも駐車車輻の発進、ドアの開くことの有無を確認しなければならない。それと同時に安定走行時と同じく近くの走行路面を探索しなければならない。これらによる四輪車との探索内容の相違が走査経路に反映され、必要処理情報量の増加は平均注視時間の短縮化によって補われている。

ii) 原付自転車 60km/h 走行 (被験者A) 走査経路図は省略するが、図16 (30km/h 走行, 被験者B) と類似した注視様式が見られ、この被験者は四輪車で駐車車輻側方通過時には駐車車輻付近の探索を行わなかったのに対し、ここでは駐車車輻付近の探索が行われ、二輪車運転時の情報探索の必要性の大きさ、作業負荷の大きさがうらづけられる (平均注視時間は四輪車運転時, 973msec, 二輪車運転時 221msec である)。

3-3 四輪車追越時の注視様式 (各平均注視時間を表 6 に示す)

i) 60km/h 走行 (被験者A)

はじめ走行車線を走行しその前方に先行車が1台存在し、つづいて追越車線に車線移行して追越して行く場合の注視様式の一例を図17 (1.6秒間, 約27m走行) に示す。追越行動全体の平均注視時間は 281msecであり同じ被験者の四輪車 60km/hでの安定走行, 駐車車輻側方通過時に比べて短くなっており、追越に伴う作業負荷の増大を反映していると考えられる。図17は車線変更中であるが、この図の前に右サイドミラーによる追越車線上の後続車が

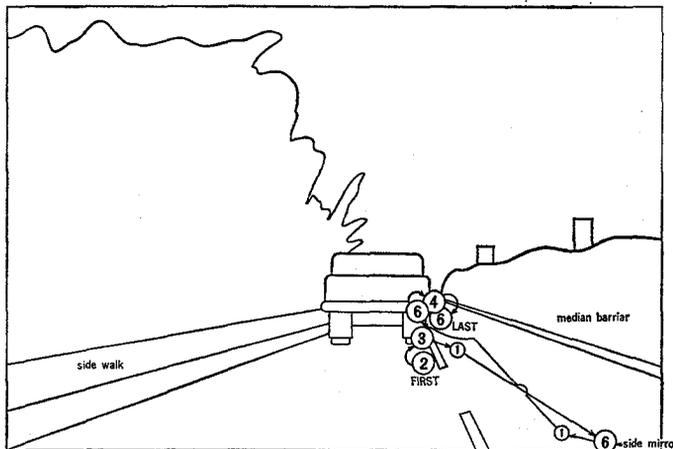


Figure 17 A gazing mode in changing lanes for overtaking (automobile ; 60km/h ; subject A ; frame 348-376).

が存在しないことを確認している (注視時間は778msec)。その後、図に見られるように先

行車右端およびその前方をのぞきこむような型で注視を行なって、自車の走行位置のモニターおよび追越してゆく先の状況を探索している。又、この時右サイドミラーによる後方の再確認(6コマ, 333msec)を行っている。この後、車線変更をほぼ完了しつつある場合にも再びサイドミラーによる後方確認(333msec)が行なわれその後、比較的近くのセンターライン付近の注視による走行位置のモニター、および前方近くの探索が行われている。完全に追越車線に入りトラックと並走し追越してゆく場合には、安定走行時の特徴的な注視状態—前方遠くへの注視—にすでにもどって行きつつあり、並走トラックの動きは周辺視でモニターしている。このように自分がこれからとろうとする行為の先の状況を探索、確認してゆくとい

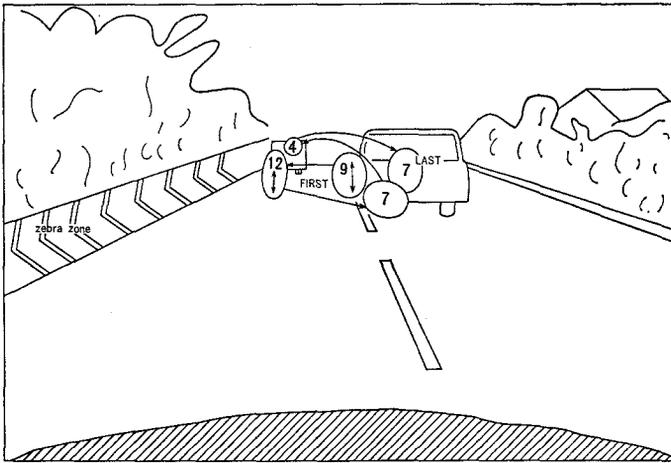


Figure 18 A gazing mode in changing lanes (automobile ; 60km/h ; subject B ; frame (88-227).

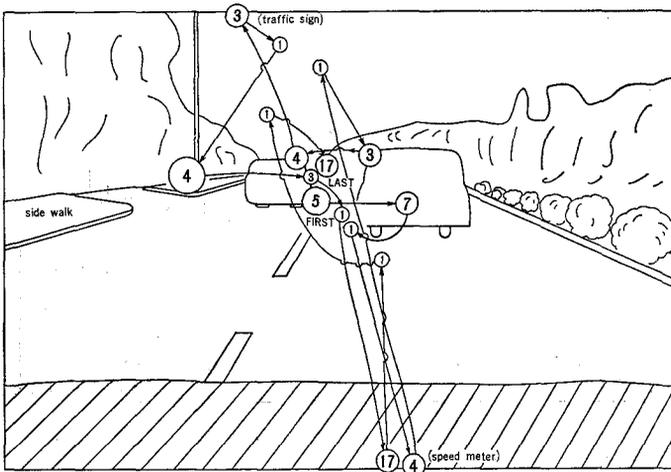


Figure 19 A gazing mode during following (in a hurry) (automobile ; 60km/h ; subject B ; frame 228-302).

う注視様式がここでは明瞭に示されている。また、追越時には車線変更をする際に特徴的注視様式が見られ、ミラーによる後方確認が頻繁になされる（ここでの平均間隔 1.1秒、ミラーへの平均注視時0.48秒）と同時に、追越した先の状況の様子の探索、中心視による走行位置のモニターが行われる。このことによる情報処理量の増大は平均注視時間の短縮化で補われている。ここには、二輪車安定走行時に、前方探索、路面探索、走行位置モニターがくりかえし行われている状態とのある面での類似性—幾種かの情報探索を短いサイクルでくりかえし行ってゆく拮抗状態—が見られる。なお、Mourant (1977) は車線変更時のミラー注視方法に眼球運動の生じた後に頭部移動がみられる標準型と、頭部移動が眼球運動に先行する予測型の2つがあることを示したが、ここでのミラー注視方法は、標準型であった。

ii) 60km/h走行（被験者B）

先行車が走行車線追越車線に各1台存在し、しばらくの間追越不可能状態にありその後追越する場合の注視様式を図18（2.2秒間、約37m走行）、図19（4.1秒間、約69m走行）に示す。図18は車線変更中であるが、この直前に278msecで、更にその約7秒前に444msecで右サイドミラーによる後続車の存在状況を確認している。ここでは2台の先行車への注視の往復および先行車の間からその前方の様子の探索的注視が示され、平均注視時間は433msecである。この被験者は車線変更時のミラーによる後方確認頻度、時間とも被験者Aに比べると少ないが、後方確認を行なう時期が早いようである。図19は追越車線に入った後の追従運転状態での注視様式を示す。図に見られるように走査は比較的広い範囲にわたって行われ、短い時間の注視が含まれており平均注視時間は243msecである。ここでは速度条件が60km/hであるのに前方をふさがれて、被験者はある種の焦りの状態にあると推定される。従って先行車への注視、並走先行車の間からその先の様子の探索が見られると同時にスピードメーターへの注視が示されている。又、比較的近くの左前方の速度規制標識へ3コマ（167msec）の注視がみられるがこのような注視は他のどの場合にも見られず、走行に無関係な注視と考えられる。なおこのような焦りの状態にあっても歩道の切れ目に4コマ（222msec）の注視が向けられている。この図に見られる1コマ（56msec）の停留には飛越運動中のアイマークとは考えにくくものが含まれている。すなわち、比較的長い停留点の間を結ぶ線上にない1コマの停留がある。そのうちの2つは飛越運動の行きすぎとも考えられるが、その他の2つは解釈が難しい。これらは焦りによる眼球運動の乱れあるいはアソビを示すのではないかと思われる。Mourant, et al., (1969) は先行車に追従している場合のほうがそうでない場合よりも注視の集中傾向が強く注視時間も長くなること（先行車の存在しない場合270msec追従時305msec）を示しておりこれは当実験の結果と逆の傾向であるが、この相違は同じ追従であっても運転者の状態によって注視様式が異なることを示す。この後並走車を追抜き走行車線に入っていく時にミラーによる走行車線上の後続車の様子を確認するが、このとき、ミ

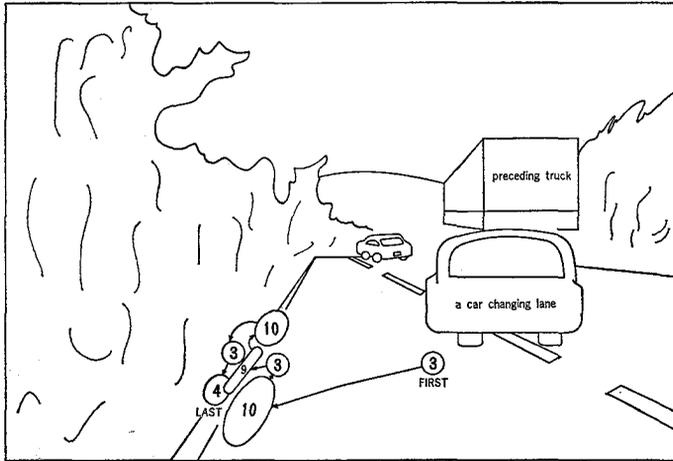


Figure 20 A gazing mode when overtaken (light motoucycle ; 45km/h ; subject A; frame 1210-1263).

ラーに注視が行われる約 2.4秒前に頭部が徐々に左に振られ、その時すでに後続車の確認への準備がなされていることが推定された。

3-4 二輪車が追越される場合の注視様式 (各平均注視時間を表 6 に示す)

i) 原付自転車 45km/h 走行 (被験者 A) 自車の走行位置が走行車線左隅で、すぐ前方の追越車線に先行トラックが 1 台、その後に後続乗用車 3 台が存在し、その内の 1 台が走行車線に入って来た場合の注視様式を図 20 (3 秒間、約 38m 走行) に示す。この図の前には右サイドミラーへの注視が 2 回 (500msec と 1,000msec の注視) がなされている。ここでのきわだった特徴は、①二輪車走行の他の状況では頻繁に大きな頭部移動が見られるのに対し、ここではミラーを見る場合でさえ頭部がほとんど動かずアイカメラでとらえた地平線位置は図のままほとんど変動しないこと、②平均注視時間は 297msec で二輪車走行の他の状況と変わらないが注視領域は図に示されるようにミラー以外は前方路面近くの左隅に極在することである。(この 2 つの傾向はこの図の前後でも変わらない。) すなわち二輪車が四輪車に追越される場合には、頭部を変動せず近くの前路面に向け、そこに注視を集中し、前方情報は周辺視でモニターしているようである。しかし前方の詳しい情報の確認は困難になると推定され二輪車運転者はいわばちごこまった状態にあるといえよう。

ii) 原付自転車 30km/h 走行で前方に駐車車両のある場合の注視様式 (被験者 A) 走行位置が走行車線左隅で、走行車線を走行する乗用車に追越される直前の注視様式を図 21 (2.5 秒間、約 21m 走行) に示す。ここでは前方駐車帯に駐車車両が 1 台、走行車線と追越車線に先行車が計 3 台存在する。走査経路図は省略するが、先の例 (図 20) では注視がほと

Table 7 Mean Gazing Duration in Passing through an Entrance Route.

conditions		subject A	subject B	Mean
		Mean(msec)	Mean(msec)	Mean(msec)
automobile		321	393	357
motorcycle	400cc	306		306
	50cc	328	228	278
	Mean	317	228	272

んど近くの路面に向けられていたのに対し、ここでは遠方駐車車輛付近の探索も行われている。しかしここでもミラーへの注視を含めて、頭部の運動はほとんど見られず被験者の緊張状態を示しているのではないかと考えられる。(ミラー注視はいずれも眼球運動だけで行なわれている)。この場面での二輪車運転者の視覚的課題は、中心視による走行位置確認および安定走行維持のための比較的近くの路面探索、サイドミラーによる後方確認、駐車車輛付近の様子探索、および前方の探索であり、いわば多重作業的なものとなっている。ここでの平均注視時間は200msecで、先の駐車車輛のない場合の同一被験者の被追越時の平均注視時間297msecよりやや短くなっておりここでの課題の多重性および負荷が反映されている。

3-5 入口への左折進入時の注視様式 (各平均注視時間を表7に示す)

走行コース最終部の入口への進入時の注視様式を示す。ここでは走行速度は無関係であ

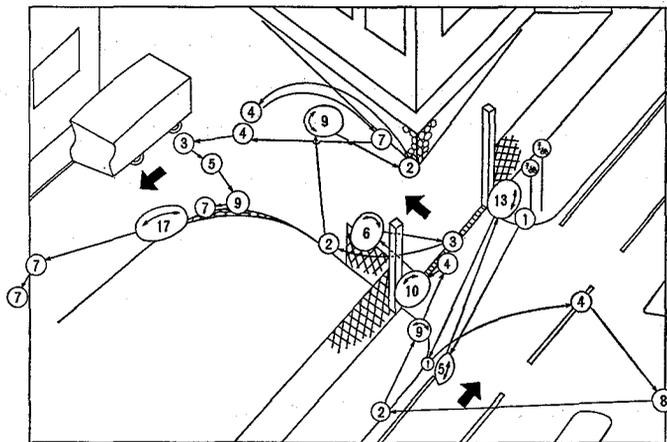


Figure 21 A gazing sequence in passing through an entrance route (automobile ; subject A ; frame 1033-1200).

る。以下に示す図では当該注視をどのあたりを走行しているときに行なっているかは示されていない。進入経路は図中の太い矢印で示すとおりである。注視箇所の系列を示すために、図の風景は斜上から見たものを便宜的に描いた。

1) 四輪車進入時（被験者A）

図21（3.7秒間）に示されるように注視の系列は次のように行なわれている。1，入口にさしかかる前に門柱間を往復する注視を行ない門柱間隔と車幅についての見当をつける。2，進入するためにやや大回りを始めると同時にミラーで後方を確認し、その後、手前門柱付近（内コーナー）を注視し、車輻回転の係留点としての感覚をつかんで進入してゆく。3，回転時の前方の石垣付近を注視し回転時の外コーナーの位置感覚をつかむ。4，前方トラック（停止中）の探索を行なった後、二度目の回転の係留点としての石垣（内コーナー）を注視し、同時に、石垣からはすかいに回転後の前方の様子を見る。このように、これまでの二車線直線道を走行する場合と異なって注視のほとんどが、これから行なう回転走行軌跡の設定探索のために行なわれているようである。

2) 原付自転車進入時（被験者A）

走査経路図は省略するが注視の系列は次のとおりである。1，前方の門柱付近の注視。この時、四輪車進入時でみられた門柱間の往復による門柱間隔の見当づけは行なわれておらず、門柱間の路面探索が行なわれている。2，門柱通過時にはその先の路面探索を行なう。3，二度目の回転時には前方の建物の縁および回転後の路面探索を石垣からはすかに行なっている。

このように比較的狭い道路（道路巾約5 m）の回転走行時には、広い直線道路走行時と異なって、二輪車運転では走行位置の確認、走行予定軌跡の設定の多くは周辺視で行なわれているようである。（路面の探索は直線走行時と同じように行なわれている）。他方、四輪車運転時には走行位置の確認、回転の係留点の設定の多くが中心視で行なわれているようであり、車幅の相違、二輪車の身軽さが走査軌跡に反映されている。なお、上の例の他の走査経路図を含めて検討すると、同一被験者の同一車種の運転でも必ずしも再現性を見てとることはできなかったが、より大きな注視のかたまりを検討すると、かなりの再現性が示されるのではないかと思われる。

III 総合論議

結果と考察Ⅱより注視様式は走行状況、車種、被験者によって異なることが示された。その定量的測度として平均注視時間をとりあげ、これを必要処理情報量、課題の多重性、探索内容、を反映するものではないかと論じた。以下では結果と考察Ⅰと合わせて考察を試み

Table 8 Visual Tasks in the Running Situations Inferred in the Experiment.

Visual Task		running situation										
		exploring further ahead	monitoring running position	exploring road surface	monitoring preceding vehicles	monitoring vehicles running aside	exploring backward by mirrors	exploration of parking area	exploring ahead of preceding vehicles	setting an anchor point for turning	exploring narrower road	
stable running	automobile	F	P									
	motorcycle	F	F, P	F								
passing near parked cars	automobile	F	P					F				
	motorcycle	F	F, P	F			F	F				
overtaking (being overtaken)	automobile	F	F, P		F	P			F			
	motorcycle	F, P	F	F	F, P	F, P	F					
passing through an entrance route	automobile	F	F						F	F	F	
	motorcycle	F	F	F					F	F	P	

Note. F indicates exploration with foveal vision and P with peripheral vision.

る。

1 シェマ構成の一側面一必要処理情報量の効果

表8に結果と考察IIで述べた当実験での走査経路から推定した各状況、各車種での被験者が行なっている課題を示す。(周辺視による検出、探索は表に示すよりもより多くなされるはずのものであるが、ここでは走査経路および一般の知見に基づいて課題を推定した。)表8に示されるように状況および車種によって被験者の行なっている探索確認課題の多重性が異なる。二輪車運転時には常に走行位置のモニターおよび路面状態の探索が中心視でもなされており、前方情報の中心視による確認とともに走行のための基本課題となっている。走行状況が、安定走行、駐車車輛側方通過、追越(四輪車)、追越され(二輪車)、および入口進入となるに従って四輪車、

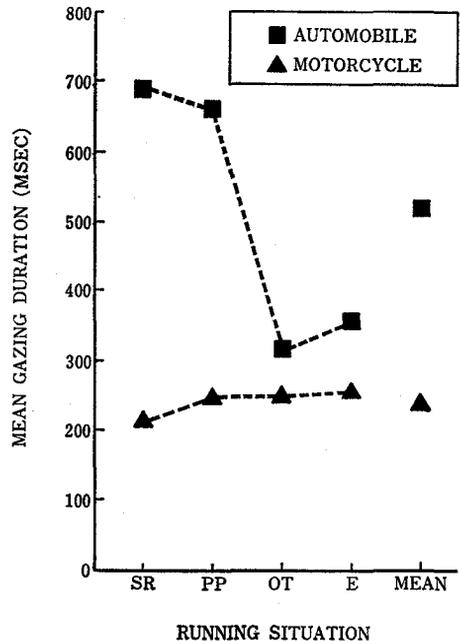


Figure 22 Mean gazing duration in each running situation. SR indicates stable running; PP-passing by parked vehicles; OT-overtaking (automobile) and being overtaken (motorcycles); E-passing through an entrance route.

二輪車運転時いずれにおいても課題の多重性が増加する。すなわち、ある走行状況でのシエマ形成のための下位シエマへの情報獲得が切り変わり繰り返さることになる。先に述べたように四輪車安定走行時および駐車車輛側方通過時における注視様式が被験者によって異なるが、試みに敢えて平均をとり図22に各走行状況での平均注視時間を示す。図に示されているように四輪車運転時には課題多重性が増加するに伴って平均注視時間が短縮化している。このことは、四輪車で安定走行時、あるいは場合によっては駐車車輛側方通過時にはシエマが安定しかなりの余裕をもって長い時間(650~700msec)の注視を遠くの前方向(focus of expansion)に向けていることを示すと考えられる。ところが、追越時、入口通過時のように課題多重性が増加——異なる目的の探索のサイクルが増加——すると前方向への長い注視時間の短縮化がもたらされ、この場合の平均注視時間は300~350msecとなっている。この点は、Brown & Poulton (1961)が運転中の付加タスクより示した走行場面が複雑化するに伴ない心的余裕量(spare mental capacity)が減少することとの一致を示唆すると考えられる。但し、余裕のある場合には、結果と考察Iで示された四輪車運転時での水平方向の眼球運動のパラッキが大きいに見られるように走行に直接関係のない注視が行われる場合のあることも考慮しなければならない。他方、二輪車運転時には状況によって平均注視時間は大きくは変わらず(200~250msec)、探索確認課題の多重性を平均注視時間の短縮化によって補償することが難しいことを示している。すなわち、二輪車運転時には路面探索による基本的な余裕の少ないことにより探索確認課題が多重性を帯びると処理を浅くせざるを得ないことが推察される。二輪車運転時の平均注視時間が四輪車運転時に比べて短いことは、二輪車運転時にはその基本的課題として常に中心視による路面状況の探索および走行位置のモニターがなされ、この課題と他の課題との多重性、拮抗性が常にあることによると考えられる。

ところで走行速度が上昇すると時間当たり情報量が増加するが、この増加は遠方注視時にはあまり大きくなく、近くを注視する場合に著しくなる。二輪車運転時に走行速度の上昇に伴って平均凝視時間および安定走行時の平均注視時間の短縮化が示されたことはこの点を反映している。走査経路図に見られたように二輪車高速走行時には近くの路面と遠方前方の間を往復する探索がより頻繁に行なわれる。このことは、二輪車運転者が外界に暴露されていること、二輪車の転倒可能性にもとづく緊張の高まりの一側面を示す。他方、四輪車運転時に平均凝視時間への速度の効果が示されないことは、四輪車運転時には路面を中心視で探索することが少ないこと、及びこのことに伴う余裕があることによる。ただし、先に述べたように、この余裕量はタスク多重性によって減少する。このように、二輪車運転時には基本的な余裕量が少なくこの場合には走行速度(時間的情報密度)の効果が示されるが、心的容量(mental capacity)の大部分がいずれの走行状況でも費されているため探索確認課題が多重

化し、より多くの下位シマ間の切り換えが必要となってもこの効果は平均注視時間には表われにくい。四輪車運転時には基本的な余裕量が比較的多く速度の効果は表われにくい、課題の多重化によってこの余裕量は減少し平均注視時間が短縮化する。課題が多重化した場合の平均注視時間が四輪車運転時にはいわゆる眼球運動の停留時間よりやや長く、二輪車運転時にやや短いことは今述べた基本的余裕量の差を示すものではないかと表えられる。

ところで、Mortimer and Jorgeson (1975) は、平均停留時間が二輪車運転時には四輪車運転時においてよりも長いことを報告している。しかし彼らは、対象との関係による注視時間を算出したのではなく、アイマーカーでとらえた画面を3×3の格子に区切って解析している(当研究では先述のように20×20の格子に区切り解析した)。彼らの結果はこのことによるバイアスがかかっていると考えられる。

2 車種、状況による注視様式の相違

これまで述べたように二輪車運転時の視覚的行動は常に中心視をとまなう路面探索、走行位置のモニターにひきずられているかのようである。このため、平均注視時間は状況によって大きく変化することがなく二輪車運転時には常にある種の critical な状態にあると考えられる。これ故、比較事例は少ないが四輪車運転時に見られた予測的探索の被験者による相違は二輪車運転時には顕著には見られなかったのではないかと考えられる。考察Iで推定された二輪車運転時、四輪車運転時の注視様式の相違は事例の検討で次のように明らかとなった。二輪車運転時には近くの路面左隅を遠く近くに探索する。又、四輪車に追越される場合には前方遠くですら周辺視でモニターしていることがある。駐車車輛側方通過時には、その極く近くを通過する場合にも駐車車輛およびその付近を探索している。

他方、四輪車運転時には、遠くの前方に長い注視を向ける余裕があり、走行位置、並走車の運きは周辺視でモニターできる。しかし狭路への進入時には車幅との関係で走行位置の確認を中心視をとまなうことになる。

注視の行ない方は状況によって次のように変化する。安定走行時には四輪車運転時には比較的漠然と前方遠くを注視し走行に直接関係のない注視も出現する。他方二輪車運転時は必要に迫られ積極的に路面を探索しなければならない。駐車車輛側方通過時には四輪、二輪運転時とも駐車車輛付近の様子をうかがうような探索——潜在的危険性(Dynomen; Munsch, 1969)に対する注視——が行なわれるようである。四輪車が追越しをする際には自分が追越した先の状況の様子を先行車のかげからうかがう注視、およびかなり前(2~3秒前)から頭部をミラーの方に向けてという後方確認の準備性が示される。憔悴状態での追従走行時には無関係な注視、解釈の困難な短い時間での注視の出現による探索の乱れが推定された。二輪車が四輪車に追越される場合には、頭部運動も眼球運動も減少し、いわば二輪車運

転者がちぢこまっているかのような状態が推定された。さらに、二輪車が追越され、かつ前方に駐車車輛が存在する場合には、多重となった必要探索の拮抗状態がうかがわれた。

以上のように、同一の状況であっても車種によって、又、同一の車種でも状況によって形成されるシエマが異なり探索の内容、水準、頻度が異なることが示唆される。

3 個人による注視様式の相違

ここで検討した事例において顕著な差が見られたのは四輪車運転時の駐車車輛付近への探索の有無であった。類似状況において、被験者Aはその探索を行わず、被験者Bはかなり遠方から探索し、近づいてからもなお再確認、再々確認を行っていた。これは前方不確実状態に対する準備性、予測性の相違を示すと考えられる。ただし、このことは一回限りの事例の相違から断定できない。他方、追越時のミラーによる後方確認は被験者Aの方がやや頻繁に行っていた（ただし、1回の注視時間には差はない）。被験者Aは後方の確認をより多く行ない、被験者Bは前方事象への探索をより多く行なうという差があるように思われる。

ここで補足として、ミラー注視時の頭部の動きの車種による差の問題を指摘しておく。四輪車運転時におけるミラー注視による頭部運動はほとんどみられないのに対し、二輪車運転時には右のサイドミラー注視時に頭部は大きく右下に向けられ、その間には前方探索がまず不可能と考えられ、このことは実際の問題として重要と思われる。

4 まとめと問題

以上のように、運転場面における視覚的行動（予期的探索の内容、ストラテジー）は、状況、車種、速度、個人によって異なり、かつ視覚的な多重課題性をおびるものであることが示唆された。運転行動においては中心視と周辺視による情報処理（周辺視による事象検出、中心視による確認の繰り返し、例えばMackworth & Morandi, 1967; Kaluger., & Smith, 1970）が同時に行なわれてゆくが、その検出・確認（仮説、検証）の内容、目的には幾種かのものがある。これは継時的に行なわれてゆき、このことによってその場での運転状況に対する全体的なシエマの強化、変容が行なわれてゆくものと考えられる。当考察ではこの課題多重性の効果の一面を注視時間から見ようとした。さて、ここで問題となることは、いかに課題多重性に対処し、かつ中心視と周辺視との同時処理を有効に行なうかということ、および、その場で形成してゆくシエマの質である。この2つは分離して考えられないが、はじめの問題に関しては、どのような系列でいかに多重課題遂行を切り換えてゆくか、同一の注視時間でもいかに有効な情報獲得を行いうるか、どれ程の範囲をおおいう周辺視をもつかということになる。ここには技能（skill）がかかわりを持ってくる。Boynton (1958; cited in

Haber, 1973)はジェット機操縦時において経験を積みすぐれた技能をもつパイロットの平均注視時間は200msecでありしかも周辺視機能にすぐれ、他方経験の浅い者の注視時間は330 msecであることを示している。Snyder (1973) シミュレーターでの着陸時に同様の結果を報告している。Mourant & Rockwell (1972) は初心者ドライバーの注視時間は熟練ドライバーの注視時間より長いことを示し、Mourant & Rockwell (1977) は熟練ドライバーはミラーの注視を頻繁により効果的に行なうことを示している。Hebb (1968) は眼球運動が知覚学習時に重要であるが熟知性を獲得するとその多くは周辺視が代行することを示唆している。又、技能とは別に Kaluger & Smith (1972) は断眠ストレス下ではドライバーの周辺視機能の低下することを、Moskowitz, Ziedman & Sharma (1976) はアルコール摂取時の運転シミュレーションで注視時間の長くなることを、又、Morton (1964) は読書において難しい素材である時には一回の注視でおおいうる範囲の狭くなることを示している。これらはいずれも、有効な視覚的行動と技能、熟知性、ストレス、飲酒、課題困難度との関係を示し、我々の今後の研究の展開に参考となろう。しかし今述べた有効な視覚的行動を導くものは序論で述べた如くシエマ (Neisser, 1976) あるいは認知母型 (長山1978) である。Gould (1976) の述べるように有効な知覚とは指向性のある予期的知覚である。あるいは Posner (1978) は認知においては、そこにあるものは何かということよりもそこに何かがあるということが重要であると述べている。Furst (1971) は刺激への熟知化に伴う認知の自動化によって探索頻度が低下することを示し、その効率性と同時にその固定性を実験的に示している。Mourant & Rockwell (1969) は走行コースに熟知すると探索の巾が少くなることを示している。認知母型は我々の視覚的行動を導き、効率化するという点で欠くことができないが、一度形成されると容易には変容できない。認知を導くシエマ、認知母型の形成過程、その変容、視覚的行動とのかかわりの明確化が今後の我々の探索すべき大きな課題である。その模索の1つとして我々は視対象の言語報告法を用いた (蓮花1978)。また補足実験で眼球運動と言語報告の並用を試みた。眼球運動の測定を視覚的行動の一側面の定量化のために、言語報告をその場での被験者の緊張度、その状況のもつ潜在的危険性等に対する感受性、意図を探るものとして並用すると、より多くの情報が得られると思われる。これについては稿を改めて報告したい。

謝辞 本稿を執筆するにあたり樋口教授、長山助教授、森田助手に指導と有益な助言をいただいた。ここに厚く御礼を申し上げさせていただきます。

References

- Brown, I.D., & Poulton, E. C. Measuring the "spare mental capacity" of car drivers by subsidiary task. *Ergonomics*, 1961, 4, 35-40.
- Ceder, A. Drivers' eye movements as related to attention in simulated traffic flow conditions.

- Human Factors, 1977, 19(6), 571-581.
- Cohen, A. S. Augenbewegungen des Autofahrers beim Vorbeifahrer an unvorhersehbaren Hindernissen und auffreier Strecke. Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 1976, 22, 2, 68-76.
- Cohen, A. S. Is the duration of an eye fixation a sufficient criterion referring to information? Perceptual and Motor Skills, 1977, 45, 766.
- Conrad, R. Acoustic confusions in immediate memory. British Journal of Psychology, 1964, 55, 75-83.
- Eriksen, C. W., Pollack, M. D., & Montague, W. E. Implicit speech : Mechanism in perceptual encoding ? Journal of Experimental Psychology, 1970, 84, 502-507.
- Furst, C. J. Automatizing of visual attention. Perception & Psychophysics, 1971, 10 (2), 65-70.
- Gibson, J. J. The theory of affordances. Shaw, R. (Ed.) Perceiving, acting, and knowing. Laurence Erlbaum, 1977, 67-82.
- Gordon, D. A. Experimental isolation of the driver's visual input. Human Factors, April, 1966, 129-137.
- Gould, J. D. Eye movements during visual search and memory search. Journal of Experimental Psychology, 1973, 98, 184-195.
- Gould, J. D. Looking at pictures. Monty, R. A. & Senders, J. W. (Eds.) Eye movement and psychological process. Laurence Erlbaum, 1976, 307-321.
- Haber, R. N., & Hershenson, M. The psychology of visual perception. Holt, Rinehart, 1973.
- Haber, R. N. (Ed.) Information processing approaches to visual perception. Holt, Rinehart and Winston, 1969.
- Hochberg, J. & Brooks, U. Film cutting and visual momentum. Senders, J. W., Fisher, D. F., & Monty, R. A. (Eds.) Eye movement and the higher psychological functions. Lawrence Erlbaum, 1978, 293-316.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. Eye fixations and cognitive processes. Cognitive psychology, 1976, 8 (4), 441-480.
- Kahneman, D. Attention and effort. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1973.
- Kaluger, N. A., & Smith, G. L. JR., Driver eye-movement patterns under conditions of prolonged driving and sleep deprivation. Highway Research Record, 1970, 336, 92-106.
- 狩野広之 行動と環境, そして事象。労働科学, 1977, 53(1), 1-11.
- Mackworth, J. F. & Mackworth, N. H. Eye fixations recorded on changing visual scenes by the television eye-marker. Journal of the Optical Society of America, 1958. Vol. 48-7, 439-445.
- Mackworth, N. H. Visual noise causes tunnel vision. Psychonomic Science, 1965, 3, 67-68.
- Mackworth, N. H. Stimulus density limits the useful field of vision. Monty, R. A., & Senders, J. W. (Eds.) Eye movement and psychological process. 1976, Laurence Erlbaum, 307-321.
- McDowell, E. D., & Rockwell, T. H. An exploratory investigation of the stochastic nature of the driver's eye movements and their relationship to the roadway geometry. Lawrence Erlbaum Associates, 1978, 329-345.
- 水田淳一, 伊南盛治, 工藤盈, 伊藤裕天, 麻生銀吾。動力車乗務員の注視行動(2)。鉄道労働科学, 1975, 29, 115-126.
- Miura, T. The word superiority effect in a case of Hiragana letter strings. Perception & Psychophysics, 1978, 24(6), 505-508.
- Mooney, C. M. Recognition of novel visual configuration with and without eye movements. Journal of Experimental Psychology, 1958, 56, 133-138.
- 森田敬信 運転行動における視覚情報摂取過程—二輪自動車運転を中心として, 大阪大学人間科学部紀要, 1978, 第4巻, 239-265.
- Mortimer, R. G. Jorgeson, L. M., Comparison of eye fixations of operators of motorcycles and automobiles. Society of Automotive Engineers, 1975, 24, 28, 1-6.
- Moskowitz, H., Ziedman, K., & Sharma, S. Visual search behavior while viewing driving scenes under the influence of alcohol and marijuana. Human Factors, 1976, 18 (5), 417-432.
- Mourant, R. R., Rockwell, T. H., & Rackoff, N. J. Drivers' eye movements and visual workload. Highway Research Record, 1969, 292, 1-10.

- Mourant, R. R., & Rockwell, T. H. Mapping eye-movement patterns to the visual scene in driving : an exploratory study. *Human Factors*, 12, 1, 81-87.
- Mourant., R. R., & Rockwall, T. H. Strategies of visual search by novice and experienced drivers. *Human Factors*, 1972, 14, 4, 325-335.
- Mourant, R. R. & Grimson, C. G. Predictive head-movements during automobile mirror-sampling. *Perceptual and Motor Skills*, 1977, 44, 283-286.
- Munsch, G. *Jugendverkehrserziehung*, 7. Allgemeiner Deutscher Automobil-Clube. V., 1969.
- 長山泰久 交通事故の心理, 天野利武(編) 心理学への招待, 六月社, 1966, 407-450.
- 長山泰久, 大森正昭, 藤本忠明, 森田敬信 二輪自動車の運転行動の実態調査. *交通科学*, 1976, 6, 43-54.
- 長山泰久, 森田敬信, 三浦利章, 渡辺準一 二輪自動車運転者の視覚情報受容過程, 日本応用心理学会第44回大会発表論文集, 1977, 85-86.
- 長山泰久 二輪車事故原因を考える(1) 一統計的解析からみた二輪車事故原因一, 人と車, 1978a, 4, 16-20,
- 長山泰久 二輪車事故原因を考える(3) 一事故事例からみた二輪車事故の特徴一, 人と車, 1978b, 6, 20-23.
- 長山泰久 交通安全教育と心理学. *自動車工業*, 1978c, 12, 3, 3-8.
- Nagayama, Y., Morita, T., Miura, T., Watanabe, J., & Murakami, N. Motorcyclists' visual scanning pattern in comparison with automobile drivers'. *Society of Automotive Engineers, Technical Paper Series*, 1979, 790262, 1-12.
- Nodine, C. F., Carmody, D. P., & Kundel, H.L. Searching for Nina. Senders, J. W., Fisher, D. F., & Monty, R. A. (Eds.) *Eye movements and the higher psychological functions*. Laurence Erlbaum, 1978, 241-258.
- Norman, D. A. *Memory and attention* (2nd edition). John Wiley & Sons, 1976.
- Noton, D., & Stark, L., Scanpaths in eye movements during pattern perception, *Science*, 1971, 171, 308-311.
- Posner, M. I., Nissen, M. J., & Ogden, W. C. Attended and unattended processing modes : the role of set for spatial location. Pick, Jr., H. L., & Saltzman, E (Eds.) *Modes of perceiving and processing information*, 1978, Laurence Erlbaum, 137-152.
- Power, R. P. Hypothesis in perception : their development about unambiguous stimuli in the environment. *Perception*, 1978, 7, 105-111.
- 蓮花一己 運転行動における視覚情報採取(3) 日本心理学会第42回大会論文集, 1978, 1392-1393.
- Rumelhart, D. E. *Introduction to human information processing*. John Wiley & Sons, 1977.
- Senders, J. W., Kristofferson, A. B., Levison, W. H., Dietrich, C. W., & Ward, J. L. The attentional demand of automobile driving. *Highway research record*, 1967, 195, 15-33.
- Snyder, H. L. Dynamic visual search pattern. *Visual search*, National Academy of Sciences, 1973, 51-63.
- Sperling, G. The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs*. 1960, 74(11. Whole No. 498)
- 鈴木忠義, 中村良夫, 村田隆裕, 小笠原常資 運転者注視点の性質. *高速道路と自動車*, 1966, IX, 7, 24-29.
- Thomas, E. L. Movements of the eye, *Scientific American*, 1968, 219, 2, 88-95.
- Welford, A. T. Mental work-load as a function of demand, capacity, strategy and skill. *Ergonomics*, 1978, 21, 151-167.
- Yarbus, A.L. *Eye movements and vision*. New York : Plenum Press, 1967.

VISUAL BEHAVIOR IN DRIVING — AN EYE MOVEMENT STUDY —

TOSHIAKI MIURA

Visual perception is generally said to be an intervening variable between environment and behavior. However, as Neisser (1976) claims almost all researches of visual recognition are engaged in specifying mechanisms of construction of internal representation of visual stimuli in experimental vacuum and so lack ecological validity. With these kinds of approaches, we could not understand visual behavior in actual situations.

The present study attempted to examine some aspects of visual behavior in a driving situation. As Nagayama (1966) stresses, it is indispensable for drivers to make active predictions sequentially as to existence or nonexistence of hazardous events. Drivers should form a spatio-temporal context and, thus, construct schemata for relevant situation. In driving, temporal density of information input and rate of information processing (anticipatory exploration, testing, judgement and decision, and verification) are relatively higher. And the purpose for drivers seems to be relatively clear, that is, to secure their safety.

The purpose of the present eye movement study is not to examine how drivers construct mental pictures of relevant situations but to investigate the way they explore and construct schemata. Eye movement patterns could be a phenotype of schemata, the genotype of visual behavior. Our preceding study concerning the safety of motorcyclists in comparison with that of automobile drivers suggested that motorcyclists tend to explore immediate road surface more frequently and superficially. In the present experiment, it was attempted to introduce a speed variable to examine its effect on information processing rate (or temporal work load). Independent variables were, kind of vehicles (three levels; automobile, light motorcycle and heavy motorcycle) and speed (three levels; 30km/h, 45km/h, 60km/h). Dependent variables were as follows. 1) As a frame of visual exploration, mean location of converging points of road surface and their variance. 2) As overall spatial characteristics of exploration, mean location of fixations relative to the converging point and their distribution (standard deviation and relative redundancy). 3) As overall temporal characteristics of exploration, fixation duration and its distribution. 4) For the more informative measure of visual behavior in some driving situations (stable running, passing by parked vehicles and overtaking), sequence of gazing (scan path) and mean gazing duration independent of minute saccadic movements were examined.

The results clearly demonstrated that visual behavior in driving depends upon

running situations, kind of vehicles and subjects. The differences caused from these factors were most clearly reflected in gazing sequence, and their most informative quantitative measure was mean gazing duration. This could reflect depth exploration and a multiplicity of visual tasks in driving (in the experiment, exploration of road surface condition, exploration of further ahead, monitoring running position, observation of the area ahead of preceding vehicles, assuring backward situations, exploration of parking zones and others).

The effect of speed was demonstrated clearer in riding motorcycles. With higher the speed, vertical variance of converging points of road surface and fixation points became larger and fixation duration became shorter. In driving an automobile, the higher the speed was, the more compact the distribution of fixation points was, but consistent shortening of fixation duration was not detected. These findings reflect a fundamental difference between riding a motorcycle and driving an automobile. Motorcyclists tend to explore immediate road surface condition and they are under some kind of stress caused by exposure without any frame. When driving an automobile, these are almost irrelevant. It follows that basic visual work-load or amount of basic spare capacity differs, and the schemata seems to be different. In driving an automobile, in contrast to the effect of running speed on fixation duration, the effect of the multiplicity of visual tasks on gazing duration was found. In riding motorcycles, however, the latter effect was not so clearly found. This finding may indicate that increased multiplicity of motorcyclists' visual task cannot be compensated by shortening mean gazing duration, but might be compensated by reducing depth of processing. Whereas, in driving an automobile, the increased multiplicity of visual tasks seems to be compensated by reducing spare capacity. Individual difference was found in anticipatory exploration. One subject seems to be oriented forward, and the other backward.

It is generally said that foveal and peripheral visual processing are time-shared. However it should also be stressed that foveal multi-visual-tasks are performed sequentially and circularly. Here, drivers' cognitive strategy, anticipation and sensitivity to potential hazard are important. Relationship among gazing duration, skill and schemata was briefly mentioned. We are now confirming the findings in a laboratory experiments and introducing subjects' verbal report as to degree of their stress, rating of hazard of relevant situations and others to the eye-movement study.