ドライバの視覚的な注意に対する認知負荷の影響*

安部 原 也^{*1}, 菊 地 一 範^{*2}
岩 城 亮^{*1}, 藤 井 健^{*2}

Effects of Cognitive Distraction on Driver's Visual Attention

Genya ABE^{*3}, Kazunori KIKUCHI,
Ryo IWAKI and Takeshi FUJII^{*3} Japan Automobile Research Institute,
2530 Karima, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-0822 Japan

In order to investigate effects of driving conditions and traffic environments on visual behaviour, a driving simulator experiment was conducted. Specifically it was considered how a visual field was influenced as a function of cognitive distraction, possibly resulting in a situation of look-but-did-not see, and crowdedness of other vehicles and pedestrians. Cognitive distraction was simulated by a experimental secondary task which was relevant to mental calculations. It was found that driver's reaction time to a target mark was increased resulting from cognitive distraction. This result may be explained from a driver's visual field point of view. That is a visual field for recognising a target mark got small when drivers was distracted with particularly driving on non-crowded road, compared with crowded road. Potential application of this research will be discussed.

Key Words: Automobile, Human Engineering, Cognitive Engineering, Safety Engineering, Visual Attention

1. 緒 言

昨今、走行中のドライバの不注意等に起因した事故の増加が社会的な問題となっている。安全走行を行う上で、ドライバは認知・判断・操作のタスクを逐次的にかつ適切に繰り返すことが必要とされる。この中で、あらゆる運転行動に対するきっかけを与えるタスクは認知であり、危険と思われる歩行者や車両を正しく認識することが、以降の判断・操作を適切に実行するために重要となる。言い換えれば、認知に関するドライバのエラーが事故の発生に大きく関与している⁽¹⁾。

ドライバの不注意などに起因した交通事故の削減を図るには、歩行者や車両の認知あるいは発見遅れが生じやすい場面において情報呈示する、ドライバへの注意喚起が有効であると考えられる。ただし、単に歩行

者や車両の存在を知らせるような情報呈示の方策では、もしドライバがそれらを既に認識している、あるいは車両周囲への注意を払おうとする意識が高い場合に、ドライバにとって不必要あるいは煩わしい支援となる可能性があり、支援システムに対するドライバ受容性が損なわれる⁽²⁾。従って、ドライバの認知に関わるタスクを支援するシステムを開発する上で、ドライバの視覚的な注意の特徴を理解することがドライバにとって必要な情報や警報を提供するために重要となる⁽³⁾。すなわち、どのような運転環境やドライバの運転状態において注意すべき歩行者や車両等を見落とす可能性が高くなるかを事前に検討することが望まれる。

先行研究において、運転中のドライバの視線移動のパターンは、道路の形状によって変化することが確かめられている⁽⁴⁾。また、運転経験の違いによっても、視線の停留時間、ある対象への視認時間、視線移動のパターン等が影響を受けるとされている^{(5)~(8)}。ドライバの状態に着目した研究では、運転中の会話による認知的な負荷が高まることによって、視線移動が鈍化することや、視覚探索行動に弊害が生じる可能性が指摘されている⁽⁹⁾。これらの結果は、ドライバの視覚的な

* 原稿受付 2009年10月19日。

^{*1} 正員, (財)日本自動車研究所 安全研究部(〒305-0822 つくば市荻間2530)。^{*2} (財)日本自動車研究所 安全研究部。

E-mail: agenya@jari.or.jp

行動の特徴を視線移動、ある対象への注視時間、反応時間等の観点から捉えたものである。

一方で、ドライバの視覚的な行動は、視野の観点からもその特徴を捉える必要がある。視野には、いわゆる有効視野と周辺視野の2種類があり、両者とも、ドライバが注目している場所（注視点）の周りに存在する領域であり、有効視野はある対象を認識できる範囲であり、周辺視野は、有効視野のさらに周辺部分においてある対象を感じ得る部分と定義される⁽¹⁰⁾。有効視野は走行速度や心理的な要因等によって変化することが知られている⁽¹¹⁾。また、周辺視野についても、運転以外の認知的な負荷が高まることによって、その形状や大きさに変化が生じるという報告がある⁽¹²⁾。特に、有効視野が狭くなることにより歩行者や他車両等を見落とす（認識できない）可能性が高くなることは想像に難くない。

本研究では、運転中の視覚的な注意に関する知見をさらに蓄積することを目的として、運転中のドライバの状態や走行環境の違いによる、ある対象への注視行動や運転中の有効視野の特徴について検討する。特にドライバ状態と走行環境との相互作用についても検討する。走行環境は、同じ走行場面、例えば市街地であっても、道路上の歩行者や他車両がどの程度存在することによって走行中の道路周辺への注意の仕方に違いが生じると考える。その上で、ドライバの状態として、事故の主要な原因の一つである運転以外の考え事によって安全走行上の注意が散漫になっている状況に着目し、走行環境とドライバ状態の相互作用による視覚的な特徴について言及する。このことで、より現実的な走行状態に対応した視覚的な特徴を把握することができる。

本研究では、上記の目的を達成するために、統制された条件の下で、運転中の視覚的な特徴を定量的に評価できるツールとして、運転シミュレータを用いた実験を行った。具体的な方法については、以下の章で詳細を述べる。

2. 実験方法

2・1 実験参加者 本実験では、普通免許を有し日常的に運転機会のある20名（男性14名、女性6名：Mean=33.0歳、SD=9.4歳）が実験に参加した。なお、実験参加者（以降はドライバと記す）全員について、実験者による書面での実験内容の説明を行った上で本実験への参加に対する同意書を得た。

2・2 実験装置 本実験で使用した運転シミュレータは、6自由度の動揺装置および水平方向の画角50度、垂直方向の画角35度のスクリーンを有している。本シミュレー

タは、実際の普通乗用車と同程度の車両運動を再現できる動揺機構が組み込まれており、ドライバには、高性能映像装置で描画した運転環境が与えられる。本シミュレータは、バックミラーおよびサイドミラーを有しておらず、水平方向の画角が比較的狭いことから、車両の右左折、車線変更時におけるドライバの視認行動を評価する装置としては必ずしも適していないものの、直線部分を走行する際のドライバの視野に関する特徴を理解する装置としては、既に実績がある⁽¹³⁾。そこで、本研究においても、直線道路を走行する際のドライバの視覚的な注意に関して評価する装置として本シミュレータを用いることとした。なお、本実験では、信号のある交差点および信号のない交差点を含んだ片側一車線の市街地を模擬した道路を使用した。

運転中のドライバの注視点を計測するために、ナックイメーjingテクノロジー製のアイマークレコーダ（EMR-8）を使用した。なお、注視点の計測の際には、利き目による片眼を用い、注視点の画像は30ヘルツで記録した。

2・3 実験計画 本実験では、道路上に存在する対象物の数、ドライバの状態、および先行車の有無の3要因に対して、それぞれ2水準（多い、少ない）、2水準（運転以外の認知的な負荷（cognitive distraction）あり、認知的な負荷なし）、2水準（先行車あり、先行車なし）を設定した。道路上に存在する対象物の数については、対象物の数が少ない条件と比較して対象物の数の多い条件において歩道上の歩行者や自転車、道路上に停止している車両を比較的多く配置した。また、対象物の少ない条件では、走行中ドライバの視認可能な範囲に存在する歩行者、自転車あるいは車両（先行車ありの条件については、先行車は他車両に含めない）は1人または1台のみとした。一方で、対象物の数の多い条件では、走行中ドライバの視認可能な範囲に歩行者、自転車あるいは車両が同時に2つ以上存在する場面を設定した。これにより、対象物の数が多い条件の場合、ドライバにとって、同時に複数の対象に注意を払って走行すべき場面が存在する。反対に、対象物の数が少ない条件の場合には、同時に複数の対象に注意を払って走行する場面は存在しない。

対象物の数およびドライバ状態についてはドライバ内の要因とし、先行車についてはドライバ間での要因とした。すなわち、全20名のドライバを先行車ありと先行車なしの実験群にそれぞれ10名ずつ配置し、1人のドライバにつき4つの異なった走行条件（認知的負荷あり+対象物少、認知的負荷なし+対象物少、認知的負荷あり+対象物多、認知的負荷なし+対象物多）で走行させ、ドライバ内およびドライバ間において走行順序による効果を相殺した。1つの条件における走行時間は10分とし、各ドライバに対して、走行開始前にどの条件で走行するかを予め伝えた。

本実験では暗算タスクを課すことでドライバの認知的な負荷の高い状態で走行している状況を模擬した。ただし、暗算タスクによるドライバの疲労を考慮し、暗算タスクを課す条件は連続させないこととした。暗算タスクの具体的な方法については、2・5の実験手順で詳細を述べる。

2・4 評価指標 ドライバの視覚的な特徴を把握するための指標として、光点検出反応時間と動的对象認識範囲の2つを用いることにする。以下にそれぞれの指標について述べる。

1. 光点検出反応時間

この指標は、走行中、前方のスクリーン上に出現する光点（呈示時間5秒）への反応時間である。反応時間の計測には、運転シミュレータのハンドル上に設置したボタンを使用し、ドライバには、呈示された光点に気づき次第できるだけ早くボタンを押すように教示した。スクリーン上に呈示される光点の場所は10カ所（①～⑩）とする（図1）。図1におけるⅠ～Ⅴは、前方方向を5つに分割した場合の各区域を示している。すなわち、Ⅰ～Ⅴはそれぞれ、走行車線側、対向車線側、走行車線左側、対向車線右側、および上方側を意味している。なお、それぞれの区域について実際の走行場面で遭遇する可能性があり、かつ安全走行に際して比較的大きく寄与する可能性のある対象物として、Ⅰ：自車の前を走行する、あるいは走行車線に停止している車両、Ⅱ：対向車両あるいは、対向車車線に停止している車両、Ⅲ：進行方向左側の歩行者、Ⅳ：進行方向右側の歩行者、Ⅴ：信号が代表的であると位置づけた。

各区域（Ⅰ～Ⅴ）には、2カ所ずつの光点の呈示場所を含んでおり、一方は各区域の近接側（自車両から15m前方）とし、他方は各区域の遠方側（自車両から50m前方）とした。表1は各区域ごとに含まれる光点の呈示場所とそれぞれの遠近方向および呈示回数を示す。例えば、区域Ⅰの近接側および遠方側に呈示される光点は、それぞれ⑥および①に相当する。

Fig. 1 Regions and places of a target mark presented

Table 1 The numbers of times for presentation for each target mark in response to each region

Places of target mark	Regions									
	I		II		III		IV		V	
Places of target mark	①	⑥	③	⑧	②	⑦	④	⑨	⑤	⑩
Near or far	far	near	far	near	far	near	far	near	far	near
The number of presentation times	3	2	2	2	3	3	3	2	2	2

Fig. 2 The concept of the degree of an angle of driver's eye point and a target mark

1回の走行において呈示する光点の回数は合計で24とし、呈示間隔はランダムとした。なお、光点検出反応時間は同一の市街地道路を異なる4つの条件で走行した場合に計測されたものである。

2. 動的对象認識範囲

この指標は、次式で示すように、光点が呈示された時点における注視点と光点との角度を光点に気づくまでに要した時間（光点検出反応時間）で除した値として定義する。

動的对象認識範囲

$$= \text{光点と注視点との角度 } \theta \text{ (deg)} / \text{光点検出反応時間 } T \text{ (s)} \quad (1)$$

ここで、光点と注視点との角度 θ とは、ドライバのアイポイント（スクリーンから2mの距離）に対してスクリーン上の注視点と光点の位置からなる3次元的な角度となる（図2）。式（1）から分かるように、本指標は、注視点からどの程度離れていた光点に対してどの程度の時間で反応できたかというデータにもとづいて、1秒間という一定時間内に注視点からどの程度離れている対象（本実験では、スクリーン上に呈示される光点）を検出できるかを推定していることになる。また、対象を認識できる範囲が注視点周りの有効視野の大きさに依存すると考えれば、本指標の値が大きくなるにつれて対象を認識できる範囲は広くなると考えることができる。なお、本指標に対して任意の時間（ τ ）を乗することで一定時間 τ 秒以内にある対象を認識できる

と推定される範囲を求めることができる。また、本指標は単にある時点における注視点周りの有効視野の大きさを示すものではなく、一定の時間内に眼球運動（注視点の移動）を伴うことである対象に気づくことのできる範囲⁽⁴⁰⁾（動的使用可能視野）に着目していることから、本研究では本指標を動的使用可能範囲と呼ぶこととした。

2・5 実験手順 実験の手順は以下の通りとし、実験に要した時間は1人のドライバにつき約60分程度である。

最初に実験中の走行速度である50km/hの速度感に慣れさせた。運転中は、実際の車両で街中を走行する場合と同じように道路周辺の状況に対して注意を払うように教示した。また、先行車に追従する条件群に配置されたドライバには、50km/hで走行する先行車両に対して普段走行している程度の安全な車間距離を維持するように教示した。

次に、光点検出反応時間の測定トレーニングとして、スクリーン上に光点を実際に呈示し、光点に気づき次第ハンドル部分に設置したボタンを押すように教示した。なお、ボタンの設置位置に関して、ボタン操作を行うことで運転に支障を来さないように配慮した。

最後に実験で行う暗算タスクのトレーニングを行った。本実験で用いた暗算タスクは一桁同士の足し算であり、解答の際には直前に呈示される値を記憶していることを必要とする。具体的には、シミュレータのキャビン内に設置されたスピーカーから一定間隔で呈示される数値と、前回呈示された値との足しあわせである。例えば、スピーカーから呈示される数値が3, 9, 3, 1の場合の正答は、 $3+9=12$, $9+3=12$, $3+1=4$ となる。暗算結果は、口頭で回答するように教示した。なお、スピーカーから呈示される数値の時間間隔は、2.5秒とした。ドライバ一人につき約1分程度、約50km/hの速さで走行しながらの暗算を練習として課した。なお練習走行中は、ドライバに対して運転操作および実験に必要なタスクに慣れさせるべく、これら以外の影響をできるだけ排除するために、車両周辺に歩行者や他車両のいない道路を用いた。データ計測の際の暗算タスクは走行開始直後から開始し、1回の走行が終了するまでの10分間、継続して実施した。走行中、各暗算の正誤については、ドライバに通知しなかった。

全てのトレーニングが終了後、実験開始の直前に注視点を計測するためのアイカメラをドライバに装着し、ドライバごとにカメラのキャリブレーションを行い、その後データ計測のための走行を実施した。

3. 実験結果

本章では、まず始めに、既述の式(1)における光点検出反応時間 T の値を直接用いることで、ドライバ状態による視覚的な注意への影響を検証する。次に、光点の呈示場所とドライバの注視点との相対的な位置関係、すなわち、式(1)における光点と注視点との角度 θ と光点に対する反応時間から求められる動的使用可能範囲への影響について検証する。最後に、 θ の値に対する T の値の分布について検討した結果を示す。

3・1 交通環境とドライバ状態の違いによる注視点行動および光点検出反応時間への影響

図3は、全光点の検出反応時間にもとづいて、光点検出反応時間を暗算タスクの有無および車両周辺の対象物の数ごとに示したものである。なお、アイカメラに記録した光点の内、カメラのコントラストの影響により呈示された光点を画像データとして識別できなかったものについては、反応時間の解析データから除くこととした。暗算タスクと対象物の数の2要因による分散分析の結果、交互作用が有意であった $F(1,1679)=4.388$, $p<0.05$ 。このことは、ドライバ状態による光点検出時間への影響は、車両周辺に存在する対象物の数によって異なることを示している。つまり、暗算タスクによる認知的な負荷が高い場合には、光点検出反応時間は、対象物の数の違いによらず、長くなる。他方、暗算タスクのない認知的な負荷が低い状態では、対象物の数の違いによる光点検出反応時間への影響が顕著である。なお、暗算タスクおよび対象物の数の主効果もそれぞれ有意であった、 $p<0.01$ 。

次に、暗算タスクの有無による認知的な負荷の程度によって、運転中のドライバの注視方向がどのように異なるかを検討する。図4は、先行車に追従する走行条件について、光点が呈示された時点における注視点の位置を、前方方向の区域（本文24を参照）ごとの頻度として示したものである。なお、区域I（走行車線側）について、先行車そのもの

Fig. 3 Reaction time to a target mark regarding experimental conditions.

Fig. 4 Frequency of gaze point in response to each region

を注視していた場合と先行車以外を注視していた場合とに分けて分析を行った。注視点の位置を分析することで、認知的な負荷が高まることによる走行中の注視方向への影響を直接的に検証することができるという。

暗算タスクの有無で比較すると、暗算タスクがあった場合には、注視点が走行車線方向、または先行車そのものに集まる傾向にあることが分かった。暗算タスクを課さない走行では、注視点が走行車線方向以外にも多く分布していることが見て取れる。

最後に、光点が呈示された時点において注視点が走行車線方向あるいは先行車に位置していたデータについて、光点検出反応時間への影響を暗算タスクの有無ごとに分析した。その結果、暗算タスクなしの条件 (Mean=0.62, SD=0.27) と比較して、暗算タスクを課した条件 (Mean=0.69, SD=0.28) の場合に、呈示された光点への反応時間が長くなっていることが分かった ($F(1,574)=10.52, p<0.01$)。

これらの結果から、認知的な負荷が高い状態や車両周辺に注意すべき対象が多く存在する状況において、ある対象を認識するまでに要する時間が長くなるという。また、認知的な負荷が高い状態で走行している場合、ドライバの注視点が走行車線方向に集中しやすくなると同時に、道路周辺に対するドライバの注意は散漫になる可能性が示唆される。なお、先行車両が存在しない走行条件に関しても同様の傾向が見られた。

3・2 交通環境とドライバ状態の違いによる動的対象認識範囲への影響

図5に、対象物の数の違いによる動的対象認識範囲への影響を示す。なお、アイカメラに記録した光点の内、カメラのコントラスト機能の影響により呈示された光点を識別できなかったものについては、動的対象認識範囲を算出するために必要な光点と注視点との角度を画像データから求めることができないため、ここでの解析データからは除くこと

Fig. 5 Dynamics of recognition field regarding driving conditions

とした。暗算タスクおよび対象物の数の2要因による分散分析の結果、交互作用のみが有意であった ($F(1, 1679)=5.328, p<0.05$)。HSD検定による多重比較の結果、対象物が少ない走行条件における暗算タスクの有無間での動的対象認識範囲に有意差があった ($p=0.05$)。このことから、対象物の数が少ない環境を走行する場合に暗算タスクの有無による動的対象認識範囲の違いが顕在化するという。特に、暗算タスクを課した状態で対象物の少ない道路を走行している場合に、ある対象を認識できる範囲が狭くなる。

動的対象認識範囲は、注視点の動きを考慮した値として算出される。すなわち、この値が大きいということは、光点を検出するための有効視野そのものが広い状態であるか、あるいは注視点が光点を認識できる距離まで素早く移動している状態を示していると考えられる。このことから、暗算タスクによる認知的な負荷が相当に高い状態であることや、道路上の歩行者や停止車両の数に違いがあることによって動的対象認識範囲が異なった傾向を示した原因は次のように考えることができる。

注視する対象が少ない交通環境を認知的な負荷が高い状態で走行する場合、認知的な負荷の原因となる考え事等に集中しがちになることで注視点の動きが鈍くなり、結果として対象を認識できる範囲がより狭くなっていると考えられる。ただし、注視すべき対象の多く存在するような交通環境を走行する場合には、動的対象認識範囲の著しい低下は見られなかった。このことは、注意すべき対象が多い状況において、ドライバは運転以外のタスクよりも車両周辺の状況に対して注意を向けようとする意識が高い傾向にあると考えられる。

この仮説を裏付けるデータとして、対象物の少ない道路を走行している場合の暗算タスクの正答率と比較

Fig. 6 Effects of traffic environments on mental arithmetic

して、対象物の多い道路を走行している場合の暗算タスクの正答率に低下傾向が見られた(図6)。

($F(1,18)=4.18, p=0.055$)。このことから、ドライバは混雑した道路において、暗算タスクよりも車両周辺の安全確認を優先させる傾向にあることが示唆される。

3.3 注視点の位置による光点の注視点の角度と光点検出反応時間との関係 前節では、動的対象認識範囲を指標として、道路上の対象物の数とドライバ状態との相互作用について検討した。当該の指標は、光点が呈示された時点における光点と注視点の角度と注視点への反応時間にもとづいて算出された値である。ここでは、運転中のドライバの視覚的な注意に関する特徴をさらに検討するために、光点と注視点がつくる角度と注視点への反応時間の2つの指標を直接用いた考察を行う。

図7は、先行車に追従する条件のデータについて、光点が呈示された時点での注視点と光点とが作る角度と光点への反応時間との関係を、光点が呈示された時点で注視点の位置していた区域ごとに比較したものである。なお、この図の中で、暗算タスクの有無については両者を区別せずに分析した。図の縦および横の点線はそれぞれ、光点と注視点の角度の全体データにおける50%タイル値(約10 deg.)、および光点検出反応時間の全データの90%タイル値(約1 s)を示している。注視点の位置に関して、先の分析と同様に、注視点が走行車線側にあった条件については、先行車そのものを注視していた場合と先行車以外を注視していた場合とで区別した。また、図の中に注視点の位置ごとの光点検出反応時間の平均値を付記した。

ドライバが先行車(lead vehicle)あるいは走行車線方向の先行車以外(except for lead vehicle)を注視していた場合に、注視点と光点との角度が比較的小さいケース(10 deg 程度)、すなわち、注視点と光点が比較

Fig. 7 Relationships between reaction time and degrees of gaze point and target point

的に近い距離にも関わらず、光点への反応に時間を要するケース(1 s以上)が散見している。また、ドライバの注視点が走行車線左側(left side of cruising lane)に位置していた場合の光点検出反応時間の平均値が長くなっている(0.71 s)。

これらの結果から、走行中のドライバの注視点がどの方向にあるかによって、ある対象を認識するまでの時間に影響を及ぼす可能性があると考えられる。特にドライバが走行車を注視していた場合、先行車の近くに存在する対象であってもそれらを認識するまでに時間を要する可能性がある。先行車に追従する場合、注視する対象が主に先行車になることは自然であるが、先行車の動きに注意が偏っている状況では、安全性への懸念が生じる。例えば、先行車との車間距離がある程度長い場合に、先行車付近の歩行者の飛び出しや他車両の割り込み等の認知遅れによる事故の懸念が生じる。また、同様の理由により、進行方向左側の歩道等に注意が偏っている場合に、その他の方向に存在する対象への気づきに遅れによる事故の可能性も示唆される。

4. 総合的な考察

本研究では、ドライバの視覚的な注意に対する認知的な負荷の影響を定量的に評価することで、安全走行上注意すべき対象を見落とす可能性のある走行状況について検討した。得にこれまでにない新たな知見として、同じ道路を走行する場合であっても、自車両周辺に注意すべき対象、すなわち歩行者や他車両等が多く存在する条件とそうでない条件とで、視覚的な注意への影響がどのように異なるかを明らかにした。また、ドライバの視覚的な注意に関する特徴を捉えるにあたり、走行中に出現する光点への反応時間を分析すると同時に、視野の大きさに関する指標として動的対象認

識範囲を定義し、ある視対象に気づくことのできる視野の広がりや認知負荷によってどのような影響を受けるかを検討した。以下に実験結果にもとづく考察を行う。

安全上の問題として留意すべき点は、歩行者や停止車両等が比較的少なく安全と思われる道路を走行中に考え事等によって認知負荷が高くなった状態では、考え事に集中するあまり、たまたま出現した注意すべき対象を見落とす可能性があるということである。従って、認知負荷が高い状態で比較的交通量や歩行者などの少ない道路を走行していることを検知できれば、ドライバに対して運転に集中するように注意を促すことや自車両の周辺に歩行者等が存在するような場合にそのことをドライバに知らせることで、注意すべき対象が存在していることをドライバに気づかせるような方策が必要となると考えられる。

歩行者や停止車両など、対象物が多く存在する道路では、認知負荷が高い場合でも動的対象認識範囲が著しく低下することはなかった。ただし、光点への反応時間の解析では、当該条件における反応時間の値が高くなっていることから、実際には、視覚的なパフォーマンスが低下しているにも関わらず、周囲に対して注意を払おうとする意識が高い場合にどのような方策でドライバに視覚的な支援を行うかを検討する必要がある。

ドライバ状態による注視点の分布の仕方について、認知負荷が高い状態では、注視点が走行車線側に集まりやすくなり、その他の方向への注視頻度が低下することを確認した。また、注視点と光点との角度と光点への反応時間との関係を見ると、注視点が走行車線の方向に位置している状況では、注視点の近くにある対象であってもそれらに対する気づきの遅れが懸念される。従って、視覚的な支援を行う際には、認知負荷のレベルと同時にさまざまに変化する交通状況の中で、ドライバの注意が現在どの方向に偏り易くなるかを考慮することが必要であろう。

5. 結 言

本研究で得られた結論を以下にまとめる。

- ・ 認知負荷や道路上に存在する歩行者や車両の数の違いによって、ある対象を認識できる範囲が変化する可能性があり、結果としてその対象を検出するために要する時間が異なる。
- ・ 歩行者や他車両の少ない環境を走行する場合には、認知負荷による視覚的な行動に与える影響が顕在

化し、安全走行に必要な対象を認識するのに遅れが生じる可能性がある。

・ 認知的な負荷の違いがドライバの注視方向に影響を与える可能性があると同時に、注視している対象や方向によっても、視覚的なパフォーマンスに影響が生じる可能性がある。

文 献

- (1) Rothengatter, T., Alm, H., Kuiken, M.J., and Michon, J.A., The driver, In Michon, J.A., (Ed.), *Generic Intelligent Driver Support*, (1993), Chapter 3. Taylor & Francis.
- (2) Dingus, T.A., Jahns, S.K., Horowitz, A.D., and Knippling, R., Human factors design issues for crash avoidance systems, In Barfield, W., and Dingus, T.A. (Eds.), *Human Factors in Intelligent Transportation Systems*, (1998), Chapter 3. Lawrence Erlbaum Associates.
- (3) Chapman, R.P., and Underwood, G., Visual search of dynamic scenes: Event types and the role of experience in viewing driving situations, In Underwood, G. (Ed.), *Eye Guidance in Reading and Scene Perception*, (1998), Chapter 17. Elsevier.
- (4) Land, M.F., and Lee, D.N., Where we look when we steer, *Nature*, 369, (1994), pp. 742-744.
- (5) Underwood, G., Chapman, P., Bowden, K., and Crundall D., Visual search while driving: skill and awareness during inspection of the scene, *Transportation Research Part F*, Vol. 5, (2002), pp. 87-97.
- (6) Underwood, G., Crundall, D., and Chapman, P., Selective searching: the role of experience in hazard detection and general surveillance, *Ergonomics*, Vol. 45, (2002), pp. 1-15.
- (7) Underwood, G., Chapman, P., Brocklehurst, N., Underwood, J., and Crundall, Visual attention while driving: sequences of eye fixations made by experienced and novice drivers, *Ergonomics*, Vol. 46, (2003), pp. 629-646.
- (8) Wikman, Anna-Stina, Nieminen, T., and Summala, H., Driving experience and time-sharing during in-car tasks on roads of different width, *Ergonomics*, Vol. 41, No. 3, (1998), pp. 358-372.
- (9) Recarte, M.A., and Nunes, L.M., Effects of verbal and spatial imagery tasks on eye fixations while driving, *Journal of Experimental Psychology: Applied*, Vol. 6, No. 1, (2000), pp. 31-43.
- (10) Miura, T. Behaviour and visual attention (in Japanese), (2002), pp. 16-17, Kazama Syobo.
- (11) Bartmann, A., Spijkers, W., and Hess, M., Street environment, driving speed and field of vision, In Gale, A.G. (Ed). *Vision in Vehicles-III*, (1991), pp. 381-389. Elsevier,
- (12) Rantanen, E. M. and Goldberg, J.H. The effect of mental workload on the visual field size and shape, *Ergonomics*, Vol. 42, No. 6, (1999), pp. 816-834.
- (13) Kazunori, K., Ryo, I., Genya, A., and Takeshi, F., An investigation of visual attention for providing drivers with information (first report) (in Japanese), *JARI Research Journal*, Vol. 30, No. 3, (2009), pp. 125-128.