

Title	有効視野における加齢の影響 : 交通安全性を中心として
Author(s)	石松, 一真; 三浦, 利章
Citation	大阪大学大学院人間科学研究科紀要. 2002, 28, p. 14-36
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/8815
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

有効視野における加齢の影響：交通安全性を中心として

石 松 一 真
三 浦 利 章

有効視野における加齢の影響：交通安全性を中心として

石松 一真
三浦 利章

1. はじめに

我々は、日常生活の中で様々な視覚情報に触れている。その中から目的に応じて必要な情報を選択し、獲得している。視覚情報は我々が様々な作業や行動を行う上で極めて重要である。例えば、自動車運転時に利用する外界情報の90%は視覚情報であるとされている(Hartman, 1970)。運転者は中心視により走行場面の前景から必要な詳細情報を取り入れながら自動車を安全に走行させるが、同時に周辺視により、信号や標識、歩行者などを検知し、必要に応じてそちらの方向にも目を向ける準備をしている。更に周辺視は自動車を安定走行させる上でも重要な役割を担っている。

中心視と周辺視は我々が目的に応じて必要な情報を効率よく獲得するメカニズムとして非常に重要である。視線を向けて網膜中心で見ることを中心視、その周辺で見ることを周辺視という。網膜のうち解像度が高く、細部までよく見ることのできる部分は限られており、この解像度の高い部分で見ることを中心視という。研究者によって半径視角のとり方に差があり、様々な知見が見られるが(菅阪, 1994)、中心視は視野内の角度でいうと半径約25°の範囲に過ぎない。したがって、課題や行動にとって必要な部分は次々中心視していかなければならないわけであるが、中心視している部分のみから認知に役立つ情報が取り込まれているのではない。我々は所与の必要な情報を中心視すると同時に、周辺視によっても次に注視すべき対象箇所を検出し、中心視で確認、順次情報を獲得していくのである。更に我々は、選択的に注意を働かせることにより、視覚世界に存在する膨大な視覚情報の中から必要な情報を抽出し、獲得することができるのである。

ところで、我々は日常生活において、何か一つのことだけに注意を集中して行動することは少ない。通常は数種類の課題を同時に行っている。例えば、近年問題になっている自動車運転中の携帯電話使用やカーナビゲーションの使用は、まさしく多重課題に当たる。運転者は自動車を安全に操作(運転)するのと同時に、電話の相手やナビゲーションに気を配ることになる。このような場面では必要な課題に注意を割り当てる必要がでてくるわけだが、こういった事態で働く注意を分割的注意とよぶ。我々が複数の課題を同時遂行する際に、どのように注意を配分しているのか、更には加齢によってその配分の仕方にいかなる変化が見られてくるのかといったことは、人間の情報獲得方略ならば

に情報処理方略を理解する上でも非常に興味深く、高齢化社会での重要な問題でもある。

近年の高齢者人口の増加に伴い、高齢運転者の数も増加している。高齢者の交通事故による死者数は、1980年代から一貫して増加している。また、最近10年間の交通事故による死者数を見ると、全体的には減少傾向で推移しているが、65歳以上の高齢者層では僅かながら増加している状況にある。

平成12年中の高齢者(65歳以上)の交通事故件数(第一当事者)は77,437件、負傷者数は110,672人、死者数は3,166人であった(交通安全白書平成13年版による)。高齢者の死者数は平成5年に若年者(16歳~24歳)の死者数を上回り、その後ほぼ横ばいで推移している。特に死者数全体に占める割合(34.9%)は6年連続して3割を超えるなど年々増加の傾向にあり、極めて厳しい交通状況にある。また、運転免許保有者人口当たりの死者数で見ると、高齢者は最も事故を起こしやすい年齢層である若年者のそれとほぼ同等であることも事実である。

高齢者の死亡事故の特徴を状態別で見ると、依然として、歩行中の死者数が1,555人(49.1%)と最も多く、自転車乗車中が大きく減少していく中で、自動車乗車中が大きく増加している。

更に年齢層別に事故確率および致死率を見ると、高齢者層では事故確率は低いが致死率は非常に高い。この原因としては、加齢に伴う、感覚・知覚・認知・判断機能、運動機能、外力に対する抵抗力の低下などが考えられる。交通事故死者数の増減が、人口や運転免許保有者の年齢構成変化の影響を強く受けていることを考えると、今後死亡事故に至りやすい高齢者層が更に増加し、交通事故による死者数の増加が予想される。身体的機能の個人差が拡大する高齢者では、各自が加齢に伴う運動機能の低下や判断の遅れなどを充分自覚できるようにすることが重要であろう。

こういった高齢運転者の増加ならびに高齢運転者の致死率の高さをふまえ、Evans(1988)は事故傾向性の高い高齢運転者を事前・予防的に的確に抽出する方法について検討する必要性を指摘している。

1990年代に入ってから、交通事故と運転能力、年齢、視力やコントラスト感度といった視感覚機能、有効視野との関係が広範に検討され、交通事故を予測する上で最も予測力の高いものは有効視野であるとされている(Ball, Roenker, & Bruni, 1990; Owsley, Ball, Sloane, Roenker, & Bruni, 1991; Owsley, 1994)。

そこで本稿では、先述した自動車運転場面で代表されるような実際の行動場面で情報を獲得する際に重要な役割を担っている有効視野に注目し、特に加齢および交通安全性という観点から近年の有効視野研究についての整理を試みることにする。

2. 有効視野とは

中心視の周り、すなわち周辺視野のうち、我々の認知に寄与する部分を有効視野という。これは、中心視するのと同時に認識できる範囲であり、注視点の周りで比較的明確に意識される範囲である。有効視野は検出効率と注視移動効率という点から情報獲得にとって極めて重要である。有効視野は、ある対象、あるいはある箇所の周りに存在あるいは出現した別の対象にいかにか早く気がつくか、あるいは見落とさないですむかという検出効率にかかわっている。更に、有効視野は、次の注視点の移動先決定に関係している。多くの注視は、有効視野内で何かに気がつき、それを手掛かりに行われていく。したがって、広い有効視野が確保されていることは、情報の検出効率と注視移動効率という2点から情報獲得の際に重要となるのである。

2.1. 有効視野の定義

周辺視野(peripheral visual field)という用語は網膜構造、あるいは視力との関係で用いられることが多い。一方、有効視野(useful field of view(Mackworth, 1965, 1976), functional visual field(Sanders, 1970; Ikeda & Takeuchi, 1975), range of cue utilization(Easterbrook, 1959), conspicuity area(Engel, 1971), attentional field(Bursill, 1958; Teichner, 1968))という用語は、認知あるいは視覚課題の遂行との関係で用いられることが多い。

Mackworth(1965)によると、有効視野とは、ある視覚課題の遂行中に、注視点の周りで情報が瞬間的に蓄えられ、読み出される部分と定義されている。また、Mackworth(1976)は、有効視野とは、ある視覚課題において、知覚者が注視点の周りで情報を検出、弁別、処理、貯蔵できる範囲と定義している。Mackworthの定義で示されるように、有効視野は単に視野計で測定されるような範囲ではなく、ある視覚課題を行う際に利用可能あるいは機能する範囲としてとらえられている。本稿では、Mackworth(1976)にならい、有効視野を、与えられた課題において、知覚者が情報を検索、弁別、処理、ないしは貯蔵する注視点の周辺領域と定義することにする。

ただし、自由な眼球運動下で視覚課題遂行中の各注視点の周りで認知されている範囲を測るということは極めて難しい。

斎田・池田(1975)は、自由な眼球運動中に制限視野を作りだし、その時のパターン認識や読書のパフォーマンスから有効視野のサイズを検討している。

McConkie & Rayner(1975)、Rayner(1975)、斎田・池田(1975)によって行われた文章判読時の有効視野計測は、制限視野法による有効視野の初めての計測である(斎田, 1994)。McConkie & Rayner(1975)は、移動窓を注視位置から左右非対称に切り出して設定した実験を行い、英語などの左から右への横書きの場合、注視点から読み方向(右)に向かって有効視野が有意に伸びていることを報告している。更に、Ikeda & Saida

(1978)は日本語文書判読時の有効視野は10文字前後であり、通常読書時には有効視野を常にオーバーラップさせながら視覚情報を収集しているという知見を報告している。

制限視野法以外にも自由な眼球運動条件下での有効視野を計測する方法はいくつかある。その1つはある視覚課題をしている最中に視野計測用の視標を提示し、それを知覚した場合は口頭などで反応し、そのときの注視位置と視標提示位置との関係から有効視野を計測する方法である。三浦(1984)はこの方法を開発し、自動車運転中の有効視野を計測し、視覚的課題要件が増大すると注視時間が短くなり、有効視野が縮小することを報告している。

このように有効視野は認知的要因や環境要因によって規定される。その広さは課題特性に依存し、課題難易度や注意要件が増すと有効視野は縮小することが知られている(Ikeda & Takeuchi, 1975; Williams, 1982; Miura, 1986; 三浦, 1984, 1996)。

以下では、いくつかの研究を取り上げながら有効視野の規定要因について検討していくことにする。

2.2. 有効視野を規定する視覚刺激関連の諸要因

2.2.1. 中心視負荷

Leibowitz & Appelle(1969)は、中心視作業の負荷を信号出現頻度によって操作した。すなわち、中心に常灯している光点の凝視、中心光点が時折ランダムな時間間隔をおいて消えるのをスイッチを押して点灯させ続ける場合(光点の消える頻度は、1分間に15回と53回の2条件)の計3条件を設けた。周辺視作業は、視角で20°~90°の位置にランダムに提示される小光点の検出である。この時の検出閾値を従属変数として測定している。周辺視作業に対する中心視信号の出現頻度の効果は、光点消失頻度が毎分15回の場合に閾値が最も高く、次いで消失頻度53回の場合に閾値が低く、定常光の場合に最も閾値が低いという形で示された。ただし、この差は周辺80°を越える範囲では消失した。Leibowitz & Appelle(1969)の示した結果は、中心視信号の出現頻度と周辺視機能との関係は一義的に定まるものではないことを示している。しかしながら、中心視課題の難易度からすると、定常光の場合には被験者はただ光点を注視すればよく最も作業負荷が小さい。一方、毎分15回の信号が出現する場合には予測のし方やタイミングのとり方が毎分53回の信号出現に比べて難しく、最も作業負荷が高いと考えると一義的な解釈が可能である。

また Abernethy & Leibowitz(1971)は、上記と全く同じ装置、方法で、被験者にフィードバックを与えると実験セッションの進行とともに周辺視の感受性が高くなることを示している。すなわち学習、訓練によって有効視野が広がることが示唆され得る。

Bartz(1976)の実験では、中心視作業は1秒間に1個の割合で提示される数字をできるだけ速く読み上げることであるが、提示する数字をあらかじめ定めた2個、4個、8個のものにして作業の複雑さを変化させている。周辺視作業は、視角で40°~80°に配列

された光点への検出反応であり、この時の反応時間を従属変数としている。周辺光は、ランダムな位置にランダムな時間間隔(7~13秒間隔)で点灯されるが、被験者には主作業はあくまでも中心視作業である旨を教示してある。その結果、周辺光への反応時間は、中心視作業の複雑さが大きい程、短くなることが示された。彼の実験では、中心視作業が複雑な程、周辺視機能が高くなった。すなわち、中心視負荷に伴う知覚的狭窄が示されなかった。彼はこの点を覚醒水準の上昇によって解釈している。中心視作業が複雑になる程、被験者の覚醒水準が上昇し、それに伴って周辺視機能が上昇すると説明している。したがって中心視負荷と周辺視機能の関係は覚醒水準の効果を含めて、ヤーキスとドットソンが示したような逆U字型の関数としてとらえる必要のあることが示されている。

Leibowitz & Appelle(1969)は中心視作業負荷を刺激提示速度で、Bartz(1976)は課題の複雑さで操作したように、作業負荷には少なくとも処理速度と処理の複雑さの2側面を考える必要がある。周辺視機能の問題を直接扱ってはいないが、Goldstein & Dorfman(1978)はこの点について検討している。彼等は、速度ストレス(speed stress: 反応が必要とされる時間当りの信号数)と負荷ストレス(load stress: 同時に考慮しなければならない個別の信号数)の2つを同時に操作した。被験者のタスクは、長方形の刺激提示窓の中を往復運動するポインターが、窓の縁に衝突しないように、反応ボタンを押してポインターの移動方向を変えようというものである。注目しなければならない窓の数を1個、2個、3個として負荷条件を変化させる。ポインターの移動速度を4水準(衝突する可能性が1分間に24回~72回)に変化して速度ストレスを操作する。この時、ポインターが実際に衝突してから被験者が方向を変えようと反応するまでの遅れを測定する。結果、速度、負荷いずれのストレスも高くなる程、反応の遅れが大きくなることが示されたが、その間に交互作用が示されたことに注目しなければならない。すなわち、負荷ストレスが低い時には速度ストレスの効果は示されなかったが、負荷ストレスが高い時には速度ストレスの効果は示されたのである。このように負荷の効果の出現閾値といったものを考える必要があるだろう。

中心視作業そのものの処理あるいは認知の難しさの効果調べたものに、Ikeda & Takeuchi(1975)の実験がある。彼等は中心視課題として、アルファベット2文字の認知、アルファベット3文字の認知、交通標識等の認知、漢字2文字、アルファベット2文字と3桁の数字の認知、というように中心視での認知のしやすさの程度を変化させた。中心刺激の周辺には背景ノイズとして均質な無意味図形がちりばめられており、その中に1つ星印が混ざっている。この星印を検出することが周辺視課題である。中心刺激、周辺刺激はいずれも同時に250msec提示される。結果、有効視野は中心視刺激の認知の難しさが増すと狭くなることが示された。また、有効視野の大きさには個人差が著しいこと、学習効果のあることも示されている。

また、Williams & Lefton(1981)、Williams(1982)は中心視処理の水準(Posnerの実

験パラダイムを用いて操作)と、周辺視での弁別パフォーマンスの関係を検討している。中心視課題は負荷の少ないものとして形態同一性の判断(例えばAとA)、やや負荷の高いものとして命名同一性の判断(例えばAとa)、更に負荷の高いものとして母音と子音という水準での同一性の判断(例えばAとE)である。周辺視課題は線分方向の弁別であり、その測度に反応時間を用いている。結果、中心視での認知的負荷の増加に伴い、周辺視パフォーマンスは低下することが示されている。またWilliams(1985)は正答率を測度として、Williams(1989)は反応時間と正答率を測度として、中心視負荷と周辺視パフォーマンスとの関係を詳細に検討し、中心視での課題要件が有効視野サイズを規定することを示している。

また詳細は後述するが、Ball, Beard, Roenker, Miller, & Griggs(1988)は、中心視課題の存在により有効視野が縮小すること、更に有効視野は中心視課題要件の増大に伴い縮小することを示している。

2.2.2. 背景の空間的密度、類似性

有効視野の大きさは、刺激の空間的な情報密度、およびターゲットと背景刺激との類似性によっても変化することが示されている。Mackworth(1965)は、中心視に提示されるアルファベットと周辺視(2°~10°)に提示されるアルファベットが同じであるか異なるかの照合課題を被験者に行わせた。その時、周辺刺激の横に無関係な文字を添えると、正答率が大きく低下することが示された。すなわち、有効視野は無関係な刺激(ノイズ)が背景に存在すると著しく低下する。この現象を、彼はトンネル視(tunnel vision)とよんだ。また、Mackworth(1976)は、印の背景より印を検出するという探索課題で、背景の印の密度を変化させた場合、背景情報密度が高くなると有効視野が狭くなることを示している。更には眼球運動の測定から、背景情報密度が高くなると注視時間が長くなることを示している。

以上の知見は、中心視での認知難易度や標的的背景密度 - 知覚的負荷(perceptual load: Welford, 1978)によって周辺視パフォーマンスが低下することを示すものである。

また、詳細は後述するが、Ball, Sekulerらは1986年以降、高齢者を中心に二重課題を用いた一連の研究を行い、有効視野に関する様々な知見を報告している。

2.2.3. 予期、刺激の文脈性

Posner, Nissen, & Ogden(1978)の実験では、被験者の課題は凝視点の左右のいずれかの6.9°の位置に点灯する光点に反応することである。この時彼らは、全試行のうちの1/3の試行では、周辺光提示の1秒前に左右のいずれに光点が出現するかの手掛かりを与えた。ただし、その手掛かりは手掛かりを与える全回数のうち80%では正しい位置を示し、残り20%では反対の位置を示すものになっている。この時の周辺光への反応時間は、位置手掛かりが正しい場合に約235msec、手掛かりが与えられない場合に約265msec、手掛かりが正しくない場合には約300msecであった。周辺の同じ位置に刺激が提示され

ても、その位置に対する予期の正しさによって反応時間が変わることが示されている。すなわち、刺激出現位置への予期によって有効視野が広がることが示唆される（同様の効果は、正答率を測度として Bashinski & Bacharach(1980)が、また、周辺文字の同定の正答率において Eriksen & Hoffman(1973)が示している）。Biederman, Mezzanotte, Racinowitz, Francolini, & Plude(1981)は、ターゲットの名前を被験者に知らせた後、固視点を凝視させ、風景の線画を150msec提示した。その直後に指定する位置にターゲットがあったかなかったかを答えさせたところ、ターゲットがその風景の文脈にあてはまる対象の場合に比べると、ターゲットが文脈にあてはまらない場合（例えば、部屋の風景中でのソファに対して乗用車の場合）には、ターゲットが注視点からわずか3°~4°離れているだけでミス率が70%にもなることを示している。すなわち、文脈に一致せず予測されない対象の場合には、一致する場合に比べて対象の検出範囲が狭くなることが示されている。

McCalley(1995)は、ディストラクター()の中からターゲット(C)を探索する課題において、ターゲット出現範囲に関する手掛かりの効果を、反応時間とエラー率を測度とし、視覚的注意分布の加齢に伴う変化という観点から検討している。

2.3. 有効視野を規定する視覚刺激以外の諸要因

2.3.1. 課題の誘因

Bahrick, Fitts, & Rankin(1952)は、中心視作業として連続トラッキング課題(Baxton追跡装置)を与え、周辺視作業として視角で20°に位置する光点の検出作業を同時に課した。この時、中心視作業が単なる練習課題であると教示した場合と、中心視作業成績が良い時には報酬を与えると教示した場合で、周辺光点の検出率を比較した。結果、中心視作業に報酬を与えると教示した場合には、中心視作業のパフォーマンスが良くなったのはいうまでもないが、周辺光の検出率が大きく低下した。すなわち、中心視作業への誘因あるいは動機づけが周辺視機能を低下させたのである。

2.3.2. 高温

Bursill(1958)は、Bahrick et al.(1952)と同様の実験状況で、室温を上げた場合に周辺視課題のパフォーマンスが低下することを示し、温度という環境的又は生理的要因が周辺視機能を左右することを示している。他方、Leibowitz, Abernethy, Buskirk, Bar-Or, & Hennessy(1972)は、暑い作業室での6時間の踏み車による歩行中に(被験者は移動して行かない)、中心光点および、周辺32°~72°範囲に位置する周辺光点への検出反応時間を測定した。この時、被験者の心拍は毎分200回にまで上昇し、体重も2.5~5%減少するという状態であったが、時間経過に伴う周辺視機能の低下は示されず、むしろ上昇した。このことから、高温によるストレスは被験者の動機づけで補償されるのではないかと報告している。

2 3 3 . 危険感

Weltman & Egstrom(1966)は、潜水の危険ストレスによる周辺視機能への影響を検討している。彼等は、中心視作業として被験者の正面に提示するダイヤルの針の振れのモニター課題を与えた。被験者は、毎秒1回の針の振れを観察して、そのうち定められた振幅よりも大きな振れに反応しなければならない。周辺視作業は、中心から左60°の位置に点灯する光点の検出である(提示間隔は25~65秒でランダムに変化する)。被験者は潜水の初心者で、安定群と不安定群の2群に分れた。実験条件として、潜水しない場合(実験室内) 訓練用タンクでの潜水、海中での潜水の3つを設けた。中心視作業のパフォーマンスは、海中潜水時には安定群と不安定群で、有意な差が見出されなかった。他方、周辺視作業のパフォーマンスについては、安定群の周辺光点の検出反応時間は条件が変化しても変わらず、更に、その値は中心視作業を与えず周辺視作業のみを行なった場合と変わらなかった。不安定群では、光点検出反応時間は実験室内の場合に最も短くその値は安定群の場合と変わらなかったが、訓練用タンクでの潜水、海中での潜水になるにつれて反応時間は大きく増加した。不安定群の場合には危険ストレスがかかると、周辺視機能が著しく低下することが示唆された。更に Weltman, Smith, & Egstrom (1971)は、実際には外気圧と等しいが、ものものしい圧力室内の場合と、その外の場合に上と同様の方法で周辺視機能を測定した。心拍および不安スコアを測定した結果、圧力室内では周辺視機能が著しく低下し、心拍も不安得点も高いことが示された。これらは、三浦(1984)以前に実際の行動場面での知覚的狭窄を扱った唯一の研究である。

2 3 4 . 覚醒水準

2 3 4 1 . アルコール摂取の効果

Moskowitz & Sharma(1974)は、アルコール摂取の周辺視機能への効果を検討した。中心視作業には単なる凝視の場合と、中心視の光点を点滅させ(毎秒0.4回と0.8回)、それをカウントする負荷をかける場合がある。周辺視作業は、12°~102°に配列された周辺光点の検出である。アルコール摂取は、プラセボの場合と体重1kg当り0.414gおよび0.828gの場合がある。その結果、中心視作業が単なる凝視の場合にはアルコール摂取によって周辺光の検出率が低下するという事はなかったが、中心視作業に上記の負荷がかかった場合には周辺光の検出率は低下することが示されている。すなわち、中心視にある程度の作業負荷がある場合には、アルコール摂取によって周辺視機能が低下することが示されている。また、石田他(2000)や Miura, Ishida, Nishida, & Ishimatsu(2001)は、ドライビングシミュレーターを使用し、アルコール摂取による周辺視機能(周辺光点検出パフォーマンス)への影響を検討している。被験者は、比較的すいた高速道路において、先行車を一定間隔で追従しながら、ランダムに提示される赤色光点(視角:1°×1°、提示時間:200msec)を検出し、できるだけ早くパッシングレバーを引くことを求められた。統制群(20名) 政令数値(0.25mg/l)以下の飲酒群(21名) 政令数値以

上の飲酒群（9名）の3つの実験群を設定し、反応時間とミス率を指標として群間比較を行った結果、反応時間とミス率でアルコールの影響が異なった。反応時間では、飲酒による有意な反応の遅延が認められた。一方、ミス率では、政令数値以下の飲酒群と統制群との間に有意な差は認められなかったが、政令数値以上の飲酒群においては、有意なミス率の増加が認められた。これらの結果をもとに、彼らは政令数値以下の飲酒は、対象検出において感度は低下させないが、ある対象から他の対象への注意切換効率や運動行動の効率を低下させるとし、混雑場面やカーブにおいて問題が生じる可能性を指摘している。

2.3.4.2. 疲労

Olsen(1970: cited in Leibowitz, 1973)は、疲労による知覚的狭窄を運転シミュレーターで調べている。そこでの中心視作業はハンドルを操作して光点を追跡するものであり、周辺視作業は20°~90°に配列された光点に反応することである。この時、周辺視作業の反応時間を測定している。被験者には休憩なしで、6.5時間~9.5時間の連続作業を課した。結果、時間の経過とともに中心視作業、周辺視作業の双方ともパフォーマンスが低下したが、特に周辺視作業のパフォーマンスの低下が著しく、かつ大きく変動することが示された。

3. 運転と有効視野

自動車運転時に利用する外界情報の90%は視覚情報であるとされている(Hartman, 1970)。また、事故原因のうち44%が知覚エラー(perceptual error)であるとされている(Hills, 1980)。視力を代表とする基礎視機能と事故経験の関連性についての研究は1960年代から始められ、一貫して極めて低い相関しか得られないことが示されている(Hills & Burg, 1977; Hills, 1980)。米国カリフォルニア州の17,500人を超える運転者を調査対象としたBurg(1967, 1968)のデータに基づくHills & Burg(1977)、Hills(1980)によると、静止視力、動態視力、低照度下認知閾、グレア回復、視野サイズと事故頻度の相関は有意なものもあったが高々0.06以下と極めて低いものであった。したがって、事故・安全の問題を扱う上では、高次・認知的視機能を問題としなければならない。その一つが有効視野である。前述のように有効視野は、諸視覚作業の効率なかでも交通安全上きわめて重要である。

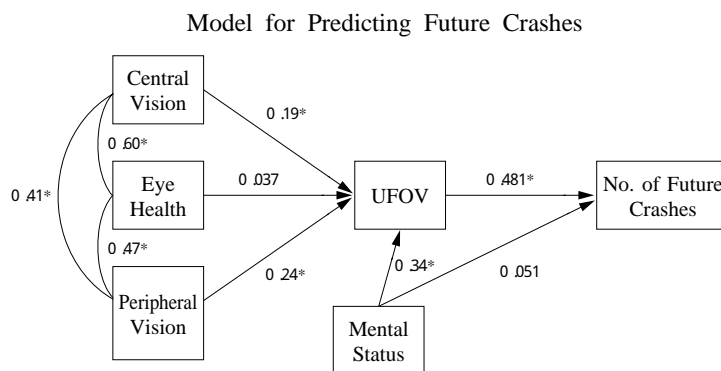
三浦(1984)、Miura(1986, 1987, 1990, 1992)は実走行状態で混雑場面における有効視野の縮小を示し、交差点事故の一因として指摘している。これは、実際行動場面で自由な眼球運動条件で有効視野を検討した初めてのものである。ここでは、混雑度・注意要件の増加に伴って有効視野が縮小し、検出反応時間が長くなることが示されている。有効視野が縮小するのは、有効視野における注意(処理)の深さと広さの間にトレード

・オフがあるからである。ここで重要な点は、ここに示された有効視野の縮小は前述の Mackworth(1965)の示したトンネル視とは異なり、単なる情報処理の劣化を示すのではなく、限界注意資源の能動的な活用・配分の至適化を示していることである。これは実験室内での単純ディスプレイ等の固視ではなく、自動車運転という実際行動場面で検討したが故に示された結果である。彼はそのような情報獲得・処理様式を cognitive momentum(認知的勢い)とよんでいる。

混雑場面での有効視野の縮小はその後、いくつかの研究から確認されている。例えば、Crundall, Stacy, Underwood, & Chapman(1999)は注意要件の高い道路では有効視野が狭くなることを示している。また、佐藤(1993)、Crundall, Underwood, & Chapman(1999)は、運転経験年数と有効視野との関係を調べ、いずれも熟練者は初心者よりも有効視野の広いことを示している。

また、Cushman(1996)は、56歳から85歳の91名の被験者を対象に、視覚探索(tail making:ある種の末梢検査)、持続的注意(sustained attention)、有効視野と、路上運転時の専門家による安全性評価の関係を調べ、運転安全性評価と最も高い相関を示したものは有効視野であることを確認している。

Owsley(1994)は、56歳から90歳の294名を対象として、視覚機能(例えば、視力、コントラスト感度、周辺視感度)、有効視野、認知的機能(例えば、言語記憶、直接記憶範囲、視覚的記憶)、目の健康状態と自動車事故回数(実験前の5年間と実験後の3年間、アラバマ州の事故記録に登録されたもので自分に責任のあるもの)の関係を調べた。その結果、自動車事故回数を最もよく説明・予測するのは有効視野であることを示した(潜在構造分析 LISREL モデルと信号検出理論の検討による:図1)。



LISREL model for predicting the number of future crashes incurred over the 3 years after the test date (from reference 6). This model maximized the prediction of future crashes. The overall LISREL model accounted for 56% of the variance in the data, and 22% of the crash variance. Note that the general structure of the model is identical to that in Fig.1, where the dependent variable was the number of prior crashes. UFOV (but not mental status) was the only variable that had a direct effect on the number of future crashes.

図1 視覚機能(左のボックス群)、有効視野(UFOV)、認知的機能(Mental Status)と実験・測定後3年間の事故回数との関係:Owsley(1994)

以後本節では、有効視野(視覚的注意の基礎機能)以外で検討対象となっている機能を、Owsley(1994)における記述にならい、視力、コントラスト感度等を視覚機能、the Mattis Organic Mental Syndrome Screening Examination(MOMSSE)によって測定される言語記憶、視覚的記憶等を認知的機能とよぶことにする。

3.1. Visual Attention Analyzer による有効視野課題

Visual Attention Analyzer による有効視野課題は、以下に示す3つのサブ課題から構成されている(Ball et al., 1990; Ball & Owsley, 1993; Owsley et al., 1991, Owsley, 1994)。

第一課題では処理速度が測定される。ここでいう処理速度とは与えられた課題を遂行できる最短の刺激提示時間のことを意味し、この課題においては刺激提示時間を操作している。刺激提示時間は、測定に使用される有効視野課題によって多少の違いが見られるが、Visual Attention Analyzer, Model 2000では、12.5msecから250msecの範囲で操作されている。第二課題では分割的注意能力が測定される。ここでは、中心課題と周辺課題間での注意の分割能力が測定される。中心課題ではターゲットの弁別が求められる。具体的には被験者は画面中心の注視枠の中に瞬間提示される乗用車ないしはトラックのシルエットの異同の弁別を求められる。周辺課題としては中心課題と同時に提示されるターゲットである乗用車のシルエットの定位が求められる。ターゲットの提示位置は全部で24箇所(周辺距離は10°、20°、30°の3種類で、各周辺距離につき8箇所ずつ)あり、そのうちの1箇所にランダムに提示されるため、出現位置に対する予測は不可能である。第三課題では、選択的注意能力が測定される。ここではディストラクターが存在する場合の周辺ターゲットの定位能力が測定され、ターゲットが単独で提示された場合のパフォーマンスと比較することによって求められる。第二課題、第三課題ともに、正答率50%の周辺距離をもって有効視野サイズが決定される。各課題の成績は得点化され、他の測度との比較に用いられる。

以下では、有効視野課題を用いて行われた研究について検討する。

3.2. 自動車事故の予測ツールとしての有効視野

先述のように有効視野の縮小は自動車事故の一因となるとされている(Ball, Owsley, Sloane, Roenker, & Bruni, 1993; Rizzo, Reinach, McGehee, & Dawson, 1997; Owsley, Ball, McGwin, Sloane, Roenker, White, & Overley, 1998; Owsley, McGwin, & Ball, 1998)。高齢運転者を対象とし、自動車事故率と有効視野との関連性を示している論文が近年多く報告されている。このように有効視野の縮小は特に高齢者について述べられており(Sekuler & Ball, 1986)、過去の事故経験および未来の事故可能性を予測する上で、信頼性の高い測度であることが示されている。

Owsley et al.(1991)は57歳から83歳の高齢運転者53名を対象として、目の健康状態、視覚機能(視力、コントラスト感度、グレア(disability glare)、立体視、色弁別、視野感

度)、有効視野、認知的機能等と自動車事故との関係をモデル化し、有効視野は高齢者の自動車事故、特に交差点事故との関連が強いことを示している。

更に、Ball et al.(1993)¹⁾は、高齢運転者の自動車事故の増加と関連性の高い視覚的要因を明らかにすることを目的とし、アラバマ州の56歳から90歳の高齢運転者294名(男性:136名、女性:158名)を対象とした同様の研究を行っている。彼らはサンプルサイズを増やすことで、Owsley et al.(1991)が示した回帰モデルを検討し、更に発展させた。実験までの過去5年間での事故回数と目の健康状態、視覚機能、有効視野サイズ、認知的機能との関連を検討した結果、これまでの研究と同様、有効視野サイズは高齢運転者の自動車事故履歴の有無を説明する上で予測・説明力が高いことが示されている。有効視野以外の測度も自動車事故回数との有意な相関は見られたが、有効視野に比べると事故経験の有無に関する弁別力が低い。

Owsley(1994)は、高齢運転者の未来の事故可能性を予測可能なモデルの構築を目指し、実験を実施した1990年以前の過去5年間の自動車事故回数と以後3年間の自動車事故回数とに分けて検討を行い、先述の図1に示したモデルを構築した。

Ball, Owsley, Stalvey, Roenker, Sloane, & Graves(1998)は、高齢者を対象とし、視覚機能や認知的機能と運転習慣質問紙(DHQ)に基づいて報告された運転回避行動との関連性を調査している。アラバマ州の55歳以上の高齢運転者257名(男性:137名、女性:120名)について検討を行った結果、高齢者は、雨天時や夜間、交通量の多い場面やラッシュアワーのようなより課題要件の高いと思われる場面での運転を意識的に控えていることが示された。また、視覚機能の低下あるいは有効視野の縮小が見られる高齢運転者は、見られない高齢運転者よりも、また事故経験のある高齢運転者は、ない高齢運転者よりも夜間やラッシュアワーのような課題要件の高い運転場面での運転を回避するという報告がより多いことが示されている。

すなわち、高齢者における目の健康状態の悪化や視覚機能の低下が運転の困難さを増加させる主要な原因であると考えられる。高齢運転者は、視覚機能や認知的機能の低下が運転の困難さを増加させていることに気がつく、夜間運転、交通量の多い場面での運転、霧や雨天時の運転といった比較的危険度の高い場所や状況での運転を回避し、運転習慣を変更することによって自覚された視覚機能の低下に対処していると考えられることができる。

また、運転回避行動と有効視野の縮小との関連性も示されていることから、Ball et al.(1998)は、運転回避行動と関連性の高い運転困難度と未来の事故可能性との関連性についても検討を行っている。その結果、運転困難度と事故傾向性との関連性は極めて低かった。したがって、視覚機能の低下は、自己規制による課題要件の高い運転場面での運転の回避にはつながるが、運転回避行動そのものから自動車事故を予測することは難しいということがいえるであろう。

また、Sims, McGwin, Allman, Ball, & Owsley(2000)は、高齢運転者の増加に伴い、

事故可能性のある高齢者と安全な運転者とを弁別することの重要性を指摘し、55歳以上の高齢運転者174名について、1991年から1996年までの5年間、自動車事故頻度に関して追跡調査を行っている。その結果、40%ないしはそれ以上の有効視野の縮小が見られた高齢運転者は、それ以下の縮小しか見られなかった高齢運転者に比べて高い確率で事故を起こす可能性があることを報告している。

McGwin, Chapman, & Owsley(2000)は、運転困難度と視覚的機能の特定の側面(視力、コントラスト感度、グレア(disability glare) 有効視野)との関連を検討することを目的とし、55歳から85歳までの384名の高齢者を対象に視覚的機能、認知的機能等を測定した。彼らは、視覚機能と有効視野とをまとめて視覚的機能という形で扱い、視覚的機能や認知的機能と運転習慣質問紙(DHQ)に基づく運転困難度との関係を検討している。その結果、報告される運転困難度と視力・コントラスト感度に関連性が認められた。雨天時の運転だけが有効視野の低下と関連が見られ、有効視野機能の低下した被験者は雨天時の運転でより困難を感じるという報告が多いことを指摘している。McGwin et al.(2000)は、視力とコントラスト感度の低下が全ての運転困難度と関連していたことから、視力の低下が様々な状況下での運転困難性に関連があるとしている。また、高齢者は自分たちの視覚的機能低下を自覚し、危険を減らすために夜間運転を減らすといった自己規制をしていることが示された。すなわち、視覚的機能の低下を自覚している高齢運転者は夜間運転など運転の困難度が高いと思われる運転を回避することにより、低下した視覚的機能を考慮に入れた交通参加をしていることが見てとれる。

なお、主観的な運転困難度と有効視野との関連はあまり見出されていない。これは有効視野の低下が自覚しにくいことを示している。他方、これまで述べたように客観的な事故回数と有効視野との間に関連性が見られ、高齢運転者をはじめとする自動車事故の予防対策を考えていく上でも有効視野の検討を考慮していく必要がある。

4 . 加齢と有効視野

これまでは、高齢者における自動車事故と有効視野との関連性について述べてきた。特に Visual Attention Analyzer による有効視野課題を利用して、その他の視覚機能や認知的機能と自動車事故回数との関連性を検討した研究から、高齢者の自動車事故を予測する上での有効視野の予測力の高さが示唆された。このように、有効視野は、自動車の運転をはじめとする現実世界でのパフォーマンスを予測する上で生態学的に妥当な注意の測度として使用可能である。

ここでは自動車事故や交通安全性ということから離れ、有効視野と加齢に焦点を当て、検討していくことにする。はじめに、高齢者における分割的注意特性を二重課題法により検討した研究を紹介し、続いて有効視野パフォーマンスと予測可能性について検討した我々の研究を紹介する。

4.1. 高齢者における分割的注意特性

Sekuler, Bennett, & Mamelak (2000) は、中心課題として、アルファベット1文字(E・F・H・L)の同定を、周辺課題としては、光点の定位を被験者に求めた。周辺課題においては3種類の周辺距離(6°、12°、18°)を設定している。彼女らは各課題を単独で遂行する条件を集中的注意条件(focused condition)、中心課題と周辺課題を同時に遂行する条件を分割的注意条件(divided condition)とよび、エラー率を指標として若年者群と高齢者群とでパフォーマンスの比較を行った。各課題および課題間のパフォーマンスの比較から、中心課題・周辺課題のパフォーマンスはともに年齢に伴って低下することが示された。また、各年齢群とも周辺課題パフォーマンスは、分割的注意条件において低下すること、特に高齢者ではこの低下率が大きいことを示している。

Scialfa, Thomas, & Joffe (1994) は、若年者群12名(平均年齢24歳)と高齢者群9名(平均年齢64歳)を被験者とし、ディストラクターを3種類設定し(なし、類似したディストラクター、異なったディストラクター)周辺距離を4°~14°で、周辺視パフォーマンスを検討し、併せて眼球運動を記録した。反応時間および正答率を測度として検討した結果、反応時間で年齢差が認められたが、正答率では認められなかった。しかしながら、周辺距離の効果は正答率においても見られた。両年齢群ともに、周辺距離の増大およびディストラクターの複雑さの増大に伴う中心課題および周辺課題パフォーマンスの低下が見られ、その低下率は高齢者でより顕著であった。また、周辺ターゲットがディストラクターと同時に提示された条件において、高齢者における眼球運動の増加が見られた。このことは、注意要件の増加に伴う有効視野の縮小を示すと同時に、有効視野における注意(処理)の深さと広さのトレード・オフを反映していると解釈することができる。

Sekuler & Ball (1986) は、有効視野の放射方向定位課題(a UFOV radial localization task)をデザインした。被験者の課題は、ディストラクターを含む状態で、ランダムに提示される周辺ターゲットの定位である。刺激提示時間、中心課題の難易度、ディストラクターの有無の観点から正答率を測度として有効視野サイズを比較した結果、周辺距離が増大するにつれ、高齢者と若年者の定位パフォーマンスの差が広がることを示している。また、Ball et al. (1988) は、定位パフォーマンスにおける中心視負荷の効果を若年者・中年者・高齢者で比較し、同様の知見を報告している。

なお、Sekuler & Ball (1986) および Ball et al. (1988) において注目すべきは、有効視野サイズは訓練・学習によって広くすることが可能であるということである。Sekuler & Ball (1986) は、上述と同様の実験において、高齢被験者9名に対して、4日間の訓練を行った結果、パフォーマンスの向上が見られた。また、Ball et al. (1988) は、訓練後6ヶ月間、向上した周辺処理パフォーマンスが維持されたという結果を示している。しかしながら、訓練・学習によって周辺処理パフォーマンスを向上させることはできるが、年齢差を削減するまでには至っていない。加齢による有効視野の変化を検討する上で、訓練・学習の効果と年齢差を司る背景メカニズムは興味深い研究課題である。

その他、Scialfa, Kline, & Lyman(1987)、Seiple, Szlyk, Yang, & Holopigian(1996)等は、周辺光点検出パフォーマンスの変化を年齢と周辺距離の観点から検討し、同様の知見を報告している。

4.2. 有効視野内における予期の効果

三浦他(2001)や三浦・石松・菅野・西田・溝端(2001)、石松・三浦(2001)は、加齢と交通事故経験の有無による有効視野特性の相違を中心視負荷の有無および有効視野での予測可能性の有無から検討している。中心視負荷と標的出現の予測可能性は実際の視覚探索、特に交通場面では重要な要因となる。しかし、有効視野特性を中心視負荷の有無に併せて、標的出現の予測可能性から検討した研究はこれまでに見られない。そのため本実験用に新しい実験手法を開発し、使用した。従来の研究よりも実際の運転状況に近似させるため、本実験では左右80°と広い範囲に標的を提示した。更に、これまで紹介した有効視野実験では、各試行(すなわち標的の検出)は毎回独立して行われ、刺激が連続提示される事態では検討されていない。そこで本実験では、この点を改善し、中心刺激と周辺刺激が連続提示される事態での標的検出パフォーマンスを検討している。

被験者は80名(高齢者40名、若年者40名)であった。中心課題として平仮名(あ・お・ぬ・め)の弁別課題、周辺課題として光点標的の弁別課題を課した。周辺課題では、被験者は2つの反応ボタンを使用し、時計回りで同一の提示楕円枠上に順次隣の位置に出現する規則的標的とそれ以外の位置に出現する非規則的標的(全試行の約19%)との弁別反応を行った。二重課題では、中心課題と周辺課題を同時に遂行した。結果、高齢者と若年者の差は、周辺課題で大きく、特に中心課題と周辺課題とで分割の注意の必要な二重課題でより大きくなった。また、中心単独課題では、年齢差は見られなかった。また、予測可能性の効果は、標的が予測外の位置に出現した非規則的標的で大きく、年齢差は二重課題でより顕著となった。

高齢者群内での加齢変化を調べたところ、中心課題・周辺課題ともに加齢変化は見られなかった。これらのことから、高齢者においては、注意資源量の減少あるいは注意資源配分の偏りの修正・切替効率の低下が見られることが示唆された。

更に、事故経験の有無について検討したところ、若年者群において、事故経験者は未経験者に比べ、二重課題事態での反応が遅延する傾向にあることが示された。また、高齢者と若年者とでは事故経験の有無による周辺標的検出パフォーマンスの相違の仕方が異なる可能性が示唆された。

以上、有効視野特性の加齢変化という観点から比較検討を行ってきたが、加齢の影響は、注意の分割が必要な事態においてより顕著に表れてくること、更に、高齢者は若年者に比べ、課題難易度の影響が大きいことが示された。上述してきた年齢差が生じる原因の1つとして注意資源の配分方略の違いが考えられるが、この点については更なる検討が必要である。

5 . おわりに

これまで述べてきたように、有効視野は高齢者の自動車事故経験および未来の事故可能性を予測する上で非常に重要な要因であることが示された。有効視野は、運転場面を中心に引き上げ検討してきたが、自動車運転場面にのみ限ったことではなく、我々の行動場面全般にわたってかかわってくる。

有効視野が自動車事故を予測する上で非常に有効であることはこれまで述べてきたとおりであるが、今後更にその背景にある注意の基礎的機構を明らかにしていく必要があると思われる。

有効視野が訓練・学習によって拡大することはすでに述べたが、この原因の1つとして注意の配分方略を学習したことが考えられる。すなわち、高齢者と若年者との間に見られるパフォーマンスの差は注意の配分方略の違いが原因になっている可能性がある。そこで更に、有効視野内での注意の分布が加齢に伴ってどのように異なってくるのかといった点について検討を行っていく必要性が考えられる。

これまでの我々の先行研究から高齢者は若年者に比べ予想外の事象に対する反応の遅れが大きく、フォールスアラームが増加することが確認されている。また、高齢者は若年者に比べ、刺激出現位置に関する手掛かりへの依存度が高いことが示唆されており、その事がより注意要件の高い課題を遂行する際に高齢者においてフォールスアラームが増加する原因の1つとなっている可能性も考えられる。

こういった点をふまえ、今後の課題として、有効視野内での注意資源の分布と課題パフォーマンスとの関係を明らかにしていく必要がある。実際の行動場面への適用的見地から考えると、有効視野の基礎機構の加齢変化を明らかにすることによって、今後更に大きな問題となることが予想される高齢者の自動車事故の防止対策への貢献が可能になるとと思われる。

追記

本稿の一部は、平成12年度国際交通安全学会調査研究(代表:三浦利章)として実施された「高齢運転者に対する視覚機能検査のあり方に関する調査研究」報告書ならびに平成11年度国際交通安全学会調査研究(代表:石田敏郎)として実施された「身体に保有するアルコールの程度が政令数値(0.25mg)以下の場合の運転操作等に与える影響に関する調査研究」報告書に基づく。

注

- 1) Ball et al.(1993)は、実験実施前5年間の自動車事故回数をもとに高齢運転者の過去の自動車事故回数を説明するモデルを構築したのに対し、Owsley(1994)は、実験実施前5年間の自動車事故回数および実験実施後3年間の自動車事故回数の検討をもとに、高齢運転者の未来の自動車事故可能性を予測するモデル(本文中の図1を参照)を構築した点に両研究の違いがある。

参考文献

- Abernethy, C. N., & Leibowitz, H. W. 1971 The effect of feedback on luminance thresholds for peripherally presented stimuli. *Perception and Psychophysics*, 10, 172 - 174.
- Bahrick, H. P., Fitts, P. M., & Rankin, R. E. 1952 Effect of incentives upon reactions to peripheral stimuli. *Journal of Experimental Psychology*, 44, 400 - 406.
- Ball, K. K., Beard, B. L., Roenker, D. L., Miller, R. L., & Griggs, D. S. 1988 Age and visual search: expanding the useful field of view. *Journal of the Optical Society of America. A, Optics and image science*, 5, 2210 - 2219.
- Ball, K., & Owsley, C. 1993 The useful field of view test: a new technique for evaluating age-related declines in visual function. *The Journal of the American Optometric Association*, 64, 71 - 79.
- Ball, K., Owsley, C., Sloane, M. E., Roenker, D. L., & Bruni, J. R. 1993 Visual attention problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 34, 3110 - 3123.
- Ball, K., Owsley, C., Stalvey, B., Roenker, D. L., Sloane, M. E., & Graves, M. 1998 Driving avoidance and functional impairment in older drivers. *Accidental Analysis and Prevention*, 30, 313 - 322.
- Ball, K., Roenker, D. L., & Bruni, J. R. 1990 Developmental changes in attention and visual search throughout adulthood. In Enns, J. T. (ed.) *The Development of Attention: Research and Theory*. North Holland: Elsevier Science Publishers. 489 - 508.
- Bartz, A. E. 1976 Peripheral detection and central task complexity. *Human Factors*, 18, 63 - 70.
- Bashinski, H. S., & Bachatach, V. R. 1980 Enhancement of perceptual sensitivity as the results of selectively attending to spatial locations. *Perception and Psychophysics*, 28, 241 - 248.
- Biederman, I., Mezzanotte, R. J., Racinowitz, J. C., Francolini, C. M., & Plude, D. 1981 Detecting the unexpected in photointerpretation. *Human Factors*, 23, 153 - 164.
- Bursill, A. E. 1958 The restriction of peripheral vision during exposure to hot and humid conditions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 10, 113 - 129.
- Crundall, D., Stacy, P., Underwood, G., & Chapman, P. 1999 Discrimination in the peripheral field while hazard spotting. *Paper presented at the 8th International Conference on Vision in Vehicle*, Boston.
- Crundall, D., Underwood, G., & Chapman, P. 1999 Driving experience and functional field of view. *Perception*, 9, 183 - 216.
- Cushman, L. A. 1996 Cognitive capacity and concurrent driving performance in older drivers. *IATSS Reseach*, 20(1), 38 - 45.
- Easterbrook, J. A. 1959 The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior. *Psychological Review*, 66, 183 - 201.
- Engel, F. L. 1971 Visual conspicuity, directed attention and retinal locus. *Vision Research*, 11, 563 - 576.
- Eriksen, C. W., & Hoffman, J. E. 1973 The extent of processing of noise elements during selective encoding from visual displays. *Perception and Psychophysics*, 14, 155 - 160.
- Evans, L. 1988 Older driver involvement in fatal and sever traffic crashes. *Journal of Gerontology. Social Sciences*, 43, S186 - S193.
- Goldstein, I. L., & Dorfman, I. E. 1978 Speed and load stress as determinants of performance in a time sharing task. *Human Factors*, 20, 603 - 609.

- Hartman, E. 1970 Driver vision requirements. *Society of Automotive Engineers*, Technical Paper Series, 700392, 629 - 630.
- Hills, B. L. 1980 Vision, visibility, and perception in driving. *Perception*, 9, 183 - 216.
- Hills, B. L., & Burg, A. 1977 "A reanalysis of California driver vision data: general findings" report LR 768, Department Environment / Department of Transport, TRRL, Crowthorne, Berks.
- Ikeda, M., & Saida, S. 1978 Span of recognition in reading. *Vision Research*, 18, 83 - 88.
- Ikeda, M., & Takeuchi, T. 1975 Influence of foveal load on the functional visual field. *Perception and Psychophysics*, 18, 255 - 260.
- 石田敏郎・大津留修・神田幸治・妹尾栄一・西田泰・松浦常夫・三浦利章・矢野雅文・吉田信彌・石松一真・神田直弥 2000 身体に保有するアルコールの程度が政令数値(0.25mg)以下の場合に運転操作等に与える影響に関する調査研究. 国際交通安全学会平成11年度調査研究報告書, 1 - 98.
- 石松一真・三浦利章 2001 有効視野における予期の効果2:事故経験の有無による検討 日本心理学会第65回大会発表論文集, 252.
- Leibowitz, H. W. 1973 Detection of peripheral stimuli under psychological and physiological stress. *Visual Search*. National Academy of Sciences, 64 - 76.
- Leibowitz, H. W., & Appelle, S. 1969 The effect of central task on luminance thresholds for peripherally presented stimuli. *Human Factors*, 11, 387 - 392.
- Leibowitz, H. W., Abernethy, C. N., Buskirk, E. R., Bar-Or, O., & Hennessy, R. T. 1972 The effect of heat stress on reaction time to centrally and peripherally presented stimuli. *Human Factors*, 14, 155 - 160.
- McCalley, L. T. 1995 Visual selective attention and aging. Unpublished doctoral dissertation.
- Mackworth, N. H. 1965 Visual noise causes tunnel vision. *Psychonomic Science*, 3, 67 - 68.
- Mackworth, N. H. 1976 Stimulus density limits the useful field of view. In Monty, R. A. and Senders, J. W. (Eds.) *Eye movement and psychological process*. Lawrence Erlbaum. 307 - 321.
- McConkie, G. W., & Rayner, K. 1975 The span of the effective stimulus during a fixation in reading. *Perception and Psychophysics*, 17, 578 - 586.
- McGwin, G. Jr., Chapman, V., & Owsley, C. 2000 Visual risk factors for driving difficulty among older drivers. *Accidental Analysis and Prevention*, 32, 735 - 744.
- 三浦利章 1984 行動場面における視覚的認知 日本心理学会第48回大会発表論文集, S68 - 69.
- Miura, T. 1986 Coping with situational demands: A study of eye movements and peripheral vision performance. In A. G. Gale, et al. (Eds.) *Vision in Vehicles*. North Holland Press. 205 - 216.
- Miura, T. 1987 Behavior oriented vision: Functional field of view and processing resources. J. K. O'Regan and A. Revy-Schoen (Eds.) *Eye Movements: From physiology to Cognition*. North Holland Press. 563 - 572.
- Miura, T. 1990 Active function of eye movement and useful field of view in a realistic setting. In R. Groner, G. d'Ydewalle, et al. (Eds.) *From eye to mind: Information acquisition in perception, search, and reading*. *Studies in visual information processing*. Vol.1. Amsterdam, North Holland. 119 - 127.
- Miura, T. 1992 Visual search in intersections: An underlying mechanism. *IATSS Research*, Vol.16, 42 - 49.
- 三浦利章 1996 行動と視覚の注意 風間書房
- Miura, T., Ishida, T., Nishida, Y., & Ishimatsu, K. 2001 Effect of alcohol concentration levels on useful

- field of view: A differential effect. *Perception*, 30, Supplements, 47.
- 三浦利章・石松一真・菅野理樹夫・西田泰・溝端光雄 2001 有効視野における予期の効果：新しい検討方法と加齢の効果 1 日本心理学会第65回大会発表論文集, 251.
- 三浦利章・柏原崇・木村一裕・菅野理樹夫・所敬・西田泰・溝端光雄・矢野雅文・野中茂樹・石松一真 2001 高齢運転者に対する視機能検査のあり方に関する調査研究 国際交通安全学会平成12年度研究調査報告書, 1 - 125.
- Moskowitz, H., & Sharma, S. 1974 Effects of alcohol on peripheral vision as a function of attention. *Human Factors*, 18(5), 417 - 432.
- 内閣府 2001 交通安全白書(平成13年版) 財務省印刷局, 1 - 62.
- 芋阪直行 1994 周辺視 大山正・今井省吾・和気典二編 新編感覚・知覚ハンドブック, 誠信書房, 923 - 930.
- Owsley, C. 1994 Vision and driving in the elderly. *Optometry and Vision Science*, 71, 727 - 735.
- Owsley, C., Ball, K., McGwin, G. Jr., Sloane, M. E., Roenker, D. L., White, M. F., & Overley, E. T. 1998 Visual processing impairment and risk of motor vehicle crash among older adults. *JAMA*, 279, 1083 - 1088.
- Owsley, C., Ball, K., Sloane, M. E., Roenker, D. L., & Bruni, J. R. 1991 Visual/cognitive correlates of vehicle accidents in older drivers. *Psychology and Aging*, 6, 403 - 415.
- Owsley, C., McGwin, G. Jr., & Ball, K. 1998 Vision impairment, eye disease, and injurious motor vehicle crashes in the elderly. *Ophthalmic Epidemiology*, 5, 101 - 113.
- Posner, M. I., Nissen, M. J., & Ogden, W. C. 1978 Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location. In H. I. Pick and E. J. Saltzman (Eds.) *Modes of perceiving and processing information*. Lawrence Erlbaum. 137 - 157.
- Rayner, K. 1975 The perceptual span and peripheral cues in reading. *Cognitive Psychology*, 7, 65 - 81.
- Rizzo, M., Reinach, S., McGehee, D., & Dawson, J. 1997 Simulated car crashes and crash predictors in drivers with Alzheimer disease. *Archives of Neurology*, 54, 545 - 551.
- 斎田真也 1994 有効視野 大山正・今井省吾・和気典二編 新編感覚・知覚ハンドブック, 誠信書房, 921 - 923.
- 斎田真也・池田光男 1975 制限された視野による文書判読 臨床眼科, 29, 923 - 925.
- Sanders, A. F. 1970 Some aspects of the selective process in the functional visual field. *Ergonomics*, 13, 101 - 117.
- 佐藤公治 1993 運転初心者と熟練者の視覚探索 *IATSS Review*, 19, 191 - 199.
- Scialfa, C. T., Kline, D. W., & Lyman, B. J. 1987 Age differences in target identification as a function of retinal location and noise level: examination of the useful field of view. *Psychology and Aging*, 2, 14 - 19.
- Scialfa, C. T., Thomas, D. M., & Joffe, K. M. 1994 Age differences in the useful field of view: an eye movement analysis. *Optometry and Vision Science*, 71, 736 - 742.
- Seiple, W., Szlyk, J. P., Yang, S., & Holopigian, K. 1996 Age-related functional field losses are not eccentricity dependent. *Vision Research*, 36, 1859 - 1866.
- Sekuler, R., & Ball, K. 1986 Visual localization: Age and practice. *Journal of Optical Society of America A*, 3, 864 - 867.
- Sekuler, A. B., Bennett, P. J., & Mamelak, M. 2000 Effects of aging on the useful field of view. *Experimental Aging Research*, 26, 103 - 120.

- Sims, R. V., McGwin, G. Jr., Allman, R. M., Ball, K., & Owsley, C. 2000 Exploratory study of incident vehicle crashes among older drivers. *The journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 55, M22 - M27.
- Teichner, W. H. 1968 Interaction of behavioral and physiological stress reactions. *Psychological Review*, 75, 271 - 291.
- Welford, A. T. 1978 Mental work-load as a function of demand, capacity, strategy and skill. *Ergonomics*, 21, 151 - 167.
- Weltman, G., & Egstorm, G. H. 1966 Perceptual narrowing in novice drivers. *Human Factors*, 8, 499 - 506.
- Weltman, G., Smith, J. E., & Egstorm, G. H. 1971 Perceptual narrowing during simulated pressure-chamber exposure. *Human Factors*, 13, 99 - 107.
- Williams, L. J. 1982 Cognitive load and the functional field of view. *Human Factors*, 24, 683 - 692.
- Williams, L. J. 1985 Tunnel vision induced by a foveal load manipulation. *Human Factors*, 27(2), 221 - 227.
- Williams, L. J. 1989. Foveal load affects the functional field of view. *Human Performance*, 2, 1 - 28.
- Williams, L. J., & Lefton, L. A. 1981 Processing of alphabetic information presented in the fovea or the periphery: Functional visual field and cognitive load. *Perception*, 10, 645 - 650.

Effects of aging on the useful field of view : focusing on traffic safety

Kazuma ISHIMATSU and Toshiaki MIURA

This article reviews the studies that investigated central and peripheral information processing for various visual tasks from the viewpoint of the useful field of view (UFOV) which seems to be very important for effective visual information acquisition.

Previous research has shown that the UFOV is an effective factor for predicting driving ability and safety, and that the UFOV also seems to decline with age. So, in this article, we attempt to examine previous findings focusing on aging and traffic safety.

Firstly, we begin to review general characteristics of the UFOV. Mackworth (1976) defined the UFOV as the area around the fixation point from which information is being processed, in the sense of being stored or acted upon during a given visual task. In general, we can consider the UFOV as the region of the visual field from which a perceiver can extract information at any moment for a certain task. The UFOV is constrained by sensory, cognitive and environmental factors, and the size depends on the nature of the tasks and stimuli used to measure it. For example, with the increase of task difficulty or demand, the efficiency of the UFOV decreases considerably (e.g., Ikeda & Takeuchi, 1975; Williams, 1982; Miura, 1986; Sekuler & Ball, 1986).

Secondly, we examine previous research focusing on traffic safety. Most of the recent work concerning aging and the UFOV had verified the link between the UFOV and automobile accident rate. Since 1990s, lots of studies examined the relation between accident rate and visual sensory function, cognitive function, the UFOV size and eye health in older drivers. Based on those researches, it was shown that the UFOV is the most predictable measure of the number of automobile crashes in older drivers (Owsley (1994) through the LISREL model based on large sample (see Figure 1 in the text)).

Thirdly, we review the effect of aging on the UFOV using a dual task paradigm. Sekuler et al. (2000) showed that the efficiency of the UFOV decreases systematically as a function of age, and that the deteriorative effect of dividing attention in the UFOV. In focused attention condition, observers performed the central and peripheral tasks in separate blocks of trials. In divided attention condition, observers performed the central and peripheral tasks simultaneously on each trial. Performance on both central letter identification and on peripheral target localization deteriorated with age. In divided condition, performance on peripheral target localization further impaired. So, it appears that the efficiency of the UFOV is reduced with age. Sekuler & Ball (1986) also

showed the effect of practice to expand the UFOV. They referred that brief periods of practice produce substantial and long lasting improvement in the performance. The effect of practice may mean the improvement of a strategy of attention allocation. Expansion of the UFOV through some practice might be able to reduce automobile crash risk. We are now examining effect of aging on the distribution of attentional resource in the useful field of view, especially from the viewpoint of predictability.