

# 交通視環境の適正化に関する諸問題；視認性と視覚的注意

中京大学心理学部 和氣 典二<sup>注1</sup>

神奈川大学人間科学部 和氣 洋美<sup>注2</sup>

## Traffic environments and visual performance – visibility and visual attention

WAKE, Tenji (School of Psychology, Chukyo University)

WAKE, Hiromi (Faculty of Human Sciences, Kanagawa University)

This report is concerned with visibility and visual attention in traffic environment. Recently, the night vision system has seen considerable use in motor vehicle. In order to use efficiently this system, the researches of visibility and visual attention are necessary. Our results of visibility in traffic environment are as follows; 1) The legibility of color and shape decreased with the increase of presented visual field. 2) The legibility is decreased with the decrease of visual acuity. 3) The percent correct of color and shape of younger adults is higher than older adults. Furthermore, the results of visual attention is summarized: 4) The reaction time of older adults is longer than that of the younger adults in color search. 5) The reaction time is decreased with the increase of color difference. 6) The reaction time in natural pictures of traffic environments is short in road signals, the proceeding cars, and opposite cars, but longer objects in the landscape and the surface of the road in change blindness, 7) In the experiments of double tasks, the percent correct of the target presented in periphery is decreased with the increase of the eccentricity of retina. 8) The percent correct of the older adults with distracters is lower than that without distracters, while younger adults is not largely influenced by distracters.

**Key words:** visibility, legibility, visual search, change blindness, night vision

交通信号や道路標識は道路の付属施設であり、交通の安全上不可欠なものである。だが、標識の周囲に各種信号や表示物、街路灯、道路近傍の種々の灯火などが設置されているため、交通視環境はますます複雑になってきている。たとえば道路標識は道路のなかから当該標識を探し出し、その内容を読み取らねばならない。だから、運転者は種々の妨害物のなかから目的とする信号・標識を運転操作をしながら発見し、読み取る。その上、昼夜にわたり運転をする。ここに昼と夜における視認性と注意の問題が浮かびあがってくる。そこで、交通と密接に関係する視機能を運転者自身に関したものと道路環境に関したものに分けて論じる。

## 1. 運転者の視覚

### 1-1 視感度

自動車であれ、電車であれ、昼夜走行する。それ

を人間の視覚特性という面からみると、視感度、順応、視力などが関係する。われわれが日常生活で遭遇する光の強さは  $10^3lx$  の星明かりから太陽の直射日光のもとでの  $10^5lx$  という広範囲にわたる。瞳孔は光量調節機能をもつといっても、日本人の平均では直径  $2mm \sim 7mm$  の変化にすぎない。これだけでは、広範囲の光の照度／輝度に対応することができない。von Kries の視覚の2重説によると、2種類の光受容器、つまり杆体と錐体が条件によって役割分担する。暗いところでは杆体、明るいところでは錐体が機能する。それに対応する用語が前者では暗所視、後者では明所視である。ときには、杆体視と錐体視ということがある。近年では、暗所視と明所視の中間に薄明視を設けている。暗所視の感度は高く、明所視の感度は低い。その中間の感度をもつものが薄明視である。薄明視の条件では、杆体と錐体が同時に活動する。また、分光感度も暗所視と明所視とは異なる。暗所視では最大感度が  $505nm$  のところにあるが、明所視では  $555nm$  のところになる。CIE で決定した明所視の比視感度曲線 ( $V_\lambda$ ) と暗所視の比視感度曲線 ( $V'_\lambda$ ) がそれである。

注1 twake@lets.chukyo-u.ac.jp

注2 wakehool@kanagawa-u.ac.jp

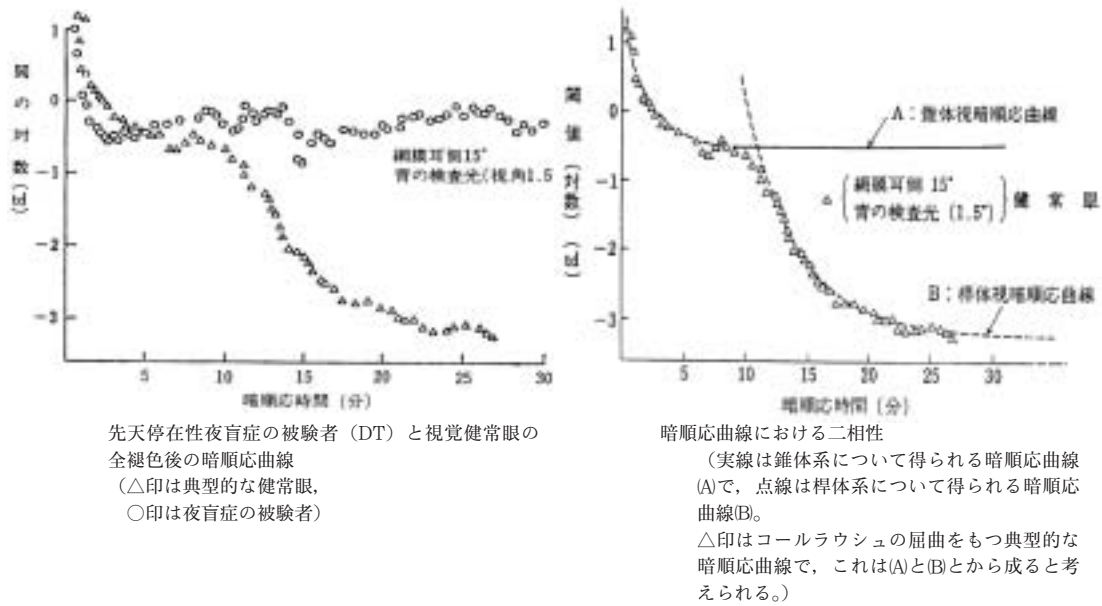


図1 Alpernの暗順応曲線 (Alpern et al. 1972)

特に、Vλは測光あるいは研究に利用されることが多い。Vλのピーク波長も暗くなるにつれて短波長側にずれる。これがPurkinje移行である。

交通場面で考えると、夕方暗くなると、明所視-薄明視-暗所視へと時間的に移行する。通常、夜間走行時には暗所視になることがあるが、道路照明やヘッドライトの照明により、明所視あるいは薄明視に保たれることが多い。特に、対向車のヘッドライトの光により順応状態がくずれ、前方が見えにくくなることは良く知られている。

### 1-2 順応

順応は明順応、暗順応、色順応に分けられる。このうち交通場面と密接に関係するものは明順応と暗順応である。明順応は明るさに慣れてゆく過程であり、暗順応は暗闇に慣れてゆく過程である。明順応は2~3分で安定するが、暗順応は30分ぐらいかかって安定する。特に、暗順応曲線は桿体と錐体の出力に分かれるため、多くの人の関心を引いた。一般的には、夜盲症の人では桿体の出力が暗順応曲線に観察されないし、桿体1色型の人では、錐体出力部分が観察されない。典型的な暗順応曲線と夜盲者の曲線は図1に示されている。いずれにせよ、暗順応は時間的な錐体と桿体の役割分担であり、トンネル照明や明暗の大きいところを通過するときに桿体視と錐体視の繰り返しにならないよう照明側で考慮すべきである。

### 1-3 視力

視力は細部を知覚する視能力であり、空間的大きさや距離を従属変数にしてその方向や文字が弁別できる最小の距離あるいは文字の大きさを求める。視標の種類によって、最小検出閾、最小分離閾(最小解像力)、最小可読閾、副尺視力に分かれるが、実際にはランドルト環や縞パターンなどが用いられることが多い。従来から少数視力が用いられてきたが、等間隔性に疑問があることから、近年になり、対数視力やlog MARが用いられるようになってきた。Log MARは分離や文字を読むための最小視角の対数値であり、log MAR視力表も作られている。図2は和氣(1995)の視標あるいはその背景の輝度に対してプロットしたものである。Hecht(1934)に従えば、低輝度のところは桿体、高輝度のところは錐体の視力である。

図3は市川(1981)の加齢の効果を示したものである。それによれば、55歳を過ぎれば、視力は直線的に低下する。北原(1999)は眼内レンズ挿入眼における視力の加齢の効果をみている。それによると、加齢とともにわずかながら視力は低下している。これは網膜から皮質までの伝道路あるいはそれ以降の処理系の加齢の効果とも考えられるが、85~94歳でも0.8程度の視力を示している。それにもかかわらず、高齢者に視力の低い人が多く認められるのは水晶体の濁りあるいは調節機能の低下に伴う老視によるからであろう。

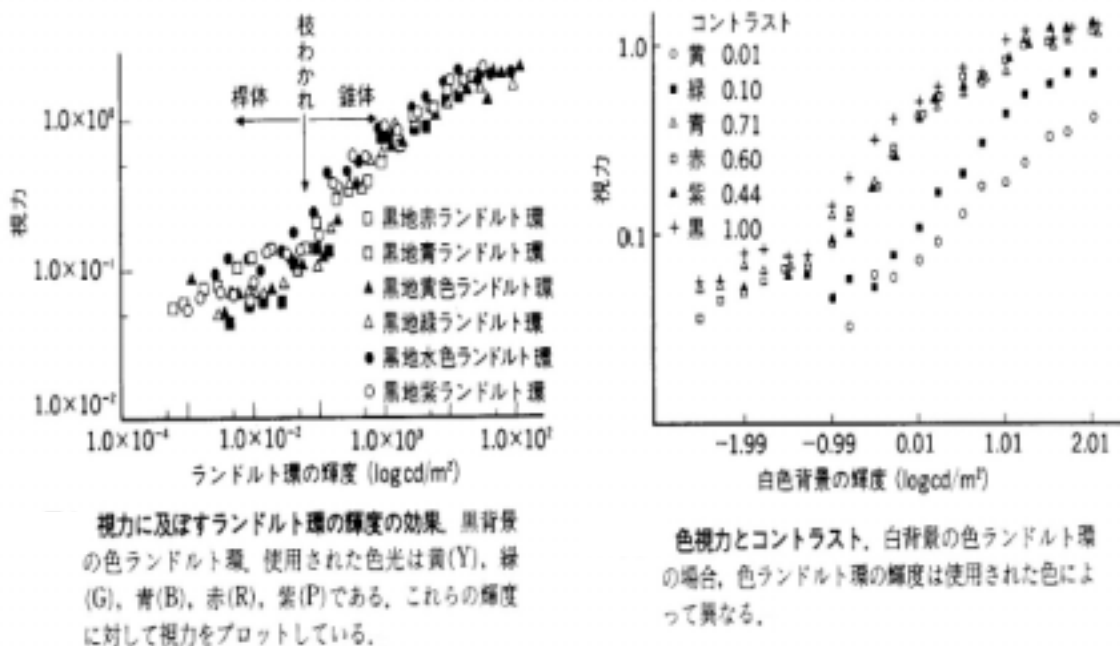


図2 黒地に色ランドセルト環と白地に色ランドルト環の視力（和氣，1995）

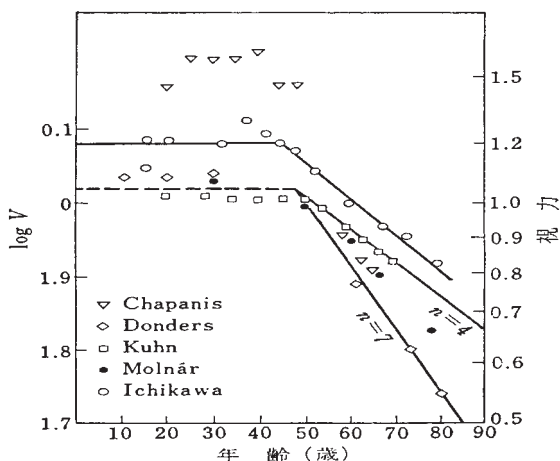


図3 加齢による視力の低下（市川，1981）

最近、動体視力が話題になることが多い。これは静止視力より視力値が低下するし、加齢の効果が現れてくる。ところで、交通場面では、本当に動体視力が問題なのであろうか。これを強調すれば、運転者は動いている視対象を見るから、見えにくくなるといえるかもしれない。だが、それよりも運転操作中に視対象を見るからである。つまり、注意を運転操作と標識などを見る作業に分割するからである。これについては分割的注意の問題として後述する。

#### 1-4 道路標識の可読性

道路標識設置基準に、標識の視認・可読性が規定されているが、基本的には、昼光のもとでの規定である。だが、昼間と夜間では交通視環境は全く異なるため、夜間時には標識が読みにくいというアンケート調査（1995）もある。これは、都市化の進展に伴い、夜間活動が活発化しているのに対して、交通安全施設の夜間対応が遅れているといえよう。

従来の道路標識の設計資料は若年者を対象として得られた資料に基づいている。ところで、近年、高齢者の事故が増えつつある。そこで、高齢になると、視覚機能や運動機能の低下が認められることは良く知られているため、原因を高齢者の視機能などの低下にもってくる。そうであるなら、標識や信号の整備において高齢者に対する配慮はますます必要となる。最近、和氣・和氣（2005）はコの字の方向を変え、視認性を求めた。通常の視認性の測定は固視点を見つめながら視標を報告するが、この研究の視認性は固視点を中心にある範囲内に視標を提示する。提示視野が狭ければ、その領域に注意が集中するが、提示視野が広くなれば、視野全体に注意を向けなければならないため集中の程度が落ちると考えることができる。すると、提示視野が広くなれば、成績が低下するはずである。図4は若年者の視力と視標の大きさの関係を黒地の色視標で求めた結果であり、図5は白地の色視標で求めた結果である。図4の結

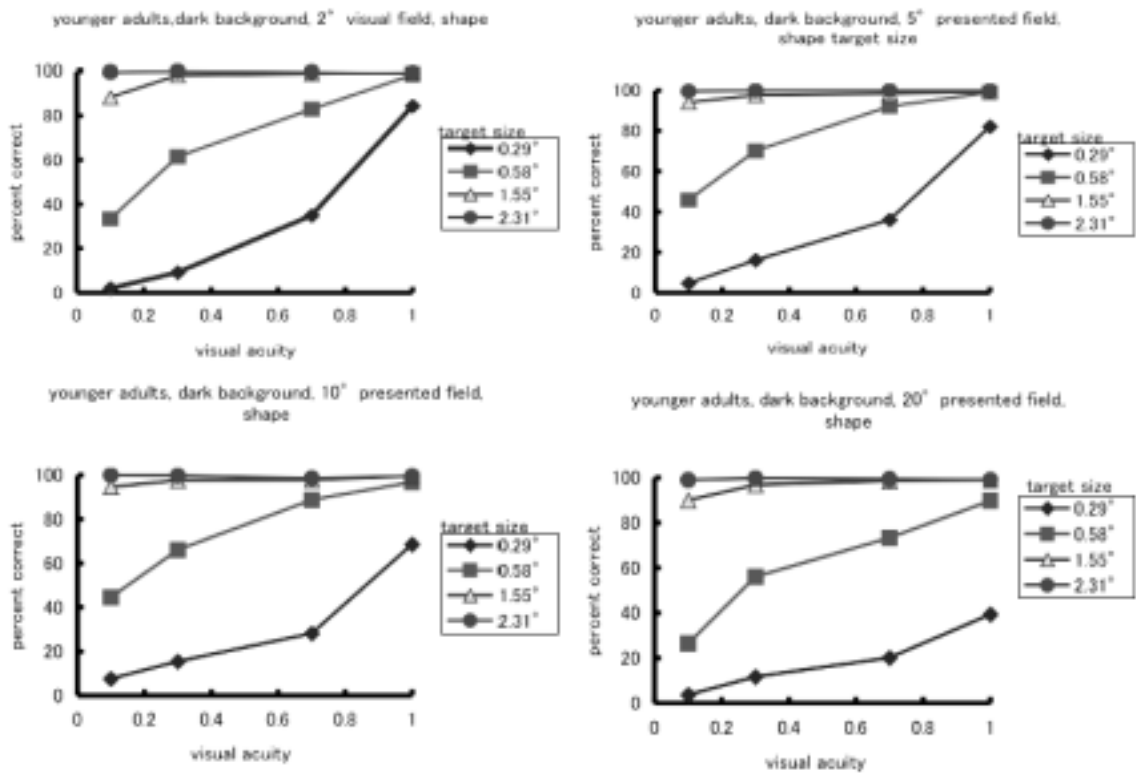


図4 暗闇背景に提示された色視標の大きさと視力の関係

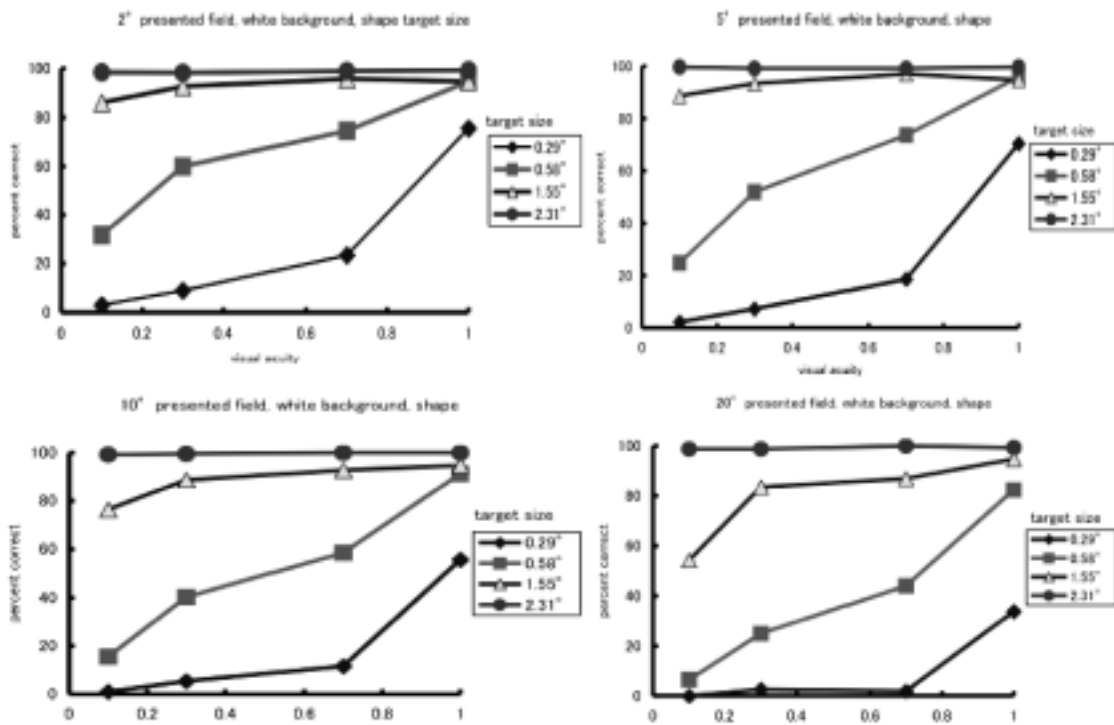


図5 白背景に提示された色視表の大きさと視力の関係 (和氣, 2006)



ているが、一部異なる2枚の画像を継時的に提示し、これらの違いを検出させるいわゆる間違い探し課題を実施した。このとき、2枚の画像の違いは画像の変化として知覚されるが、2枚の画像が入れ替わる際に、自動車のフロントガラスに一瞬泥がはねたような (mud splash) マスクが飛び散ると観察者は画面の変化になかなか気付かなくなる。これは変化盲 (change blindness) ないし変化の見落とし課題と呼ばれ、今では多くの例が報告されている (Rensink, 2000; Simons & Rensink, 2005; 横沢・大谷 (2003))。例えば、泥はねの代わりに2枚の画像の間に一定時間以上ブランク画面が挿入される場合 (フリッカー法, Rensink ら 1997)、瞬きやサッカーボールの間に画像が入れ替わる場合 (Rensink ら; 1998, O'Regan ら, 2000; Grim, 1996)、視対象が短期間遮蔽されその間に変化する場合 (Simons & Levin, 1998)、刺激変化が漸近的な場合等にも同様に変化の見落としが生じることが知られてい (Simons ら, 2000)。サッカーボールの生起確率は毎秒数回であるから、我々が日常生活において視対象の変化、例えば信号の色の変化や自動車の出現を見落とす頻度はかなり高い。目下、これに対する説明は泥はねなどは人間の注意を引きやすいために、眼がそれらを見ている間に目的とする視対象の見落としが生じる。実際、観察者の注意が変化 (目的とする視対象) に向けられていれば、

変化は見落とされることなく、容易に知覚される。

交通場面の一部を変えらという変化検出課題のもとで、種々のものがどの程度気づきやすいかを反応時間で測定した。図8は実験に使用した交差点の写真一例である。この画像を見ているとき、眼前の自動車、交通信号、路面の色、横断歩道を示す線分を一つずつフリッカ的に提示した。結果は図9に示すように路面の色や信号の変化は自動車の色の変化より長い反応時間を示した。これは自動車の色の変化は他のものより気づきやすいといえよう。もちろん、運転者の目の前にある自動車やテールランプあるいは自転車は探しやすいが、運転と直接関係のないセンターラインや自転車の色は探すのに手間取る。

#### 4. 注意の配分

注意の配分あるいは分割的注意も運転操作中に問題となる。つまり、運転作業中にナビゲータを見るなどがこれに関連するように、同時に2つ以上の仕事を同時に行うと、主作業の成績が低下したり、副次的作業の成績が低下することは良く知られている。そこで、われわれは中心視で文字を読ませると同時に周辺視で文字を読ませた。中心視の文字と周辺視の文字は同時に提示される。その提示時間は300msである。被験者は中心に提示された文字を報告しながら、周辺に提示された文字の色を色名で

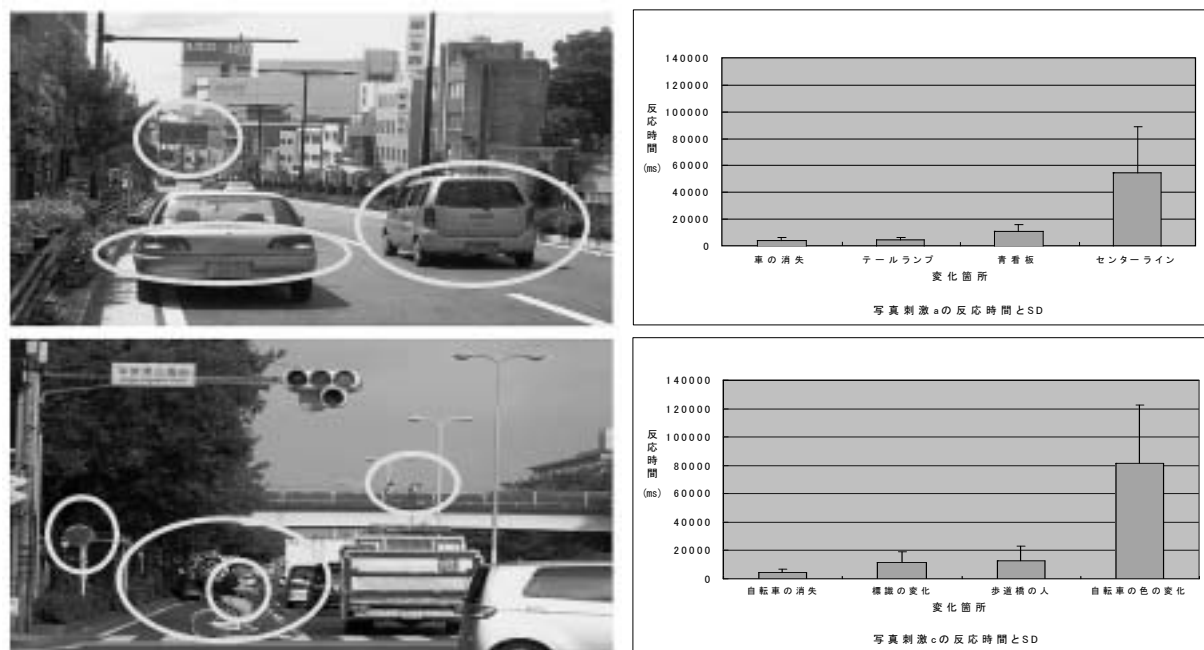


図8 変化検出課題に使用した画像と丸で囲んだ視対象検出の反応時間

答えながら文字を読む。周辺にはテスト文字と妨害文字が提示されるときがある。その場合には、テスト文字の色は妨害文字の色と異なっている。また、周辺に提示される文字の偏心度が変わえられる。図9と10は高齢者の周辺に提示された文字の正答率を示している。図9は視力1.0のときの結果であり、図10は視力0.3のときの結果である。図9では、色名法の結果は網膜周辺部でも成績は下がらないが、文字読み取りでは妨害刺激の有無が成績に影響している。妨害刺激がないと、網膜周辺部でもほぼ100%の正答率を示しているが、妨害刺激があると、成績はわずかに低下する。図10の視力が0.3の場合には、妨害刺激がなければ色名法の結果はほぼ100%であるが、文字読みの成績は周辺部になるほど低下している。妨害刺激があると、色名法の結果も全般的に低下している。このときの中心視の正答率は85%以上であった。

上記のように交通視環境が複雑になり、運転者が必要とする情報が多岐にわたるようになってから、従前のように運転に必要な情報を道路側から与えるだけではなく、自動車内部にその情報を表示しようとする試みも増えてきている。ナイトビジョンという遠方の情報をダッシュボードのところにあるディスプレイに表示されたものやナビゲーションを見るということなどがその代表例であろう。このような場合、二重課題の成績のように視対象が見えにくかったり、詳細に見ようとすると、周辺部が見えにくくなる。

## 5. 最後に

この論文では、視認性と視覚探索について述べてきた。交通問題では、道路標識のように道路上に設置されて、運転者にある情報を表示する場合とナ

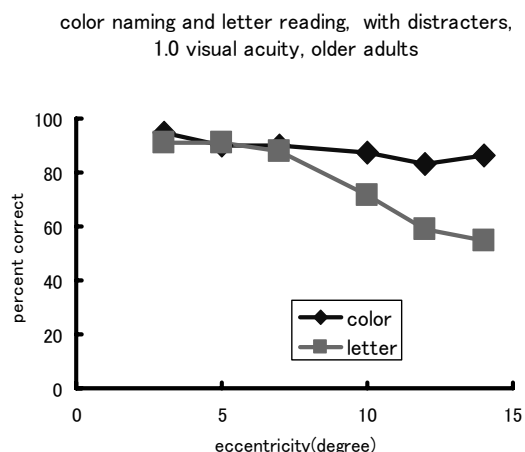
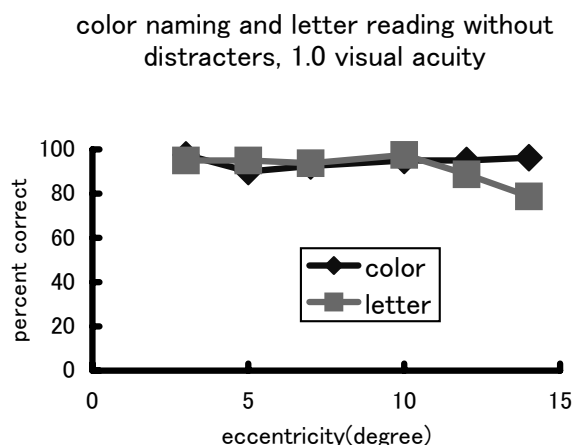


図9 高齢者視力1.0のときの二重課題における妨害刺激なし（左図）と妨害刺激あり（右図）（和氣，2006）。

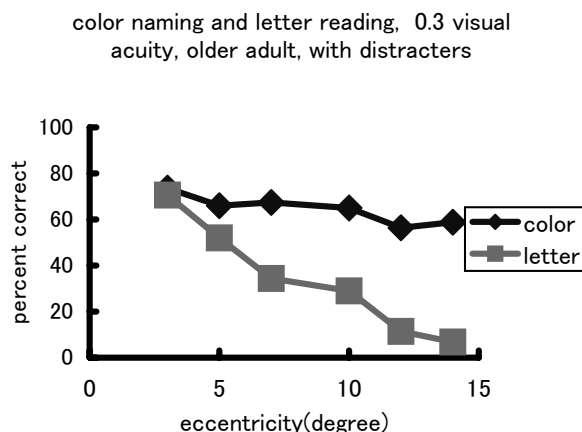
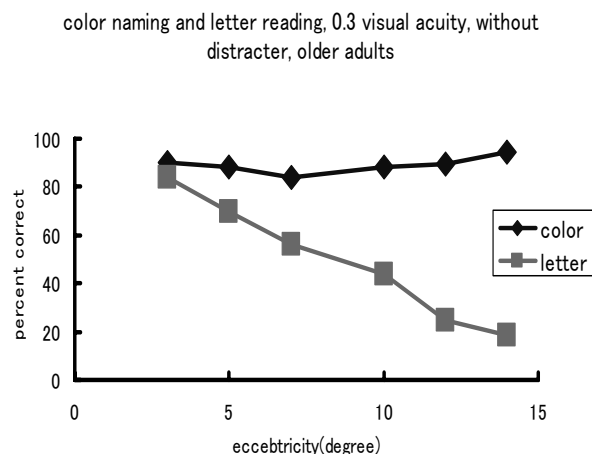


図10 高齢者視力0.3のときの二重課題における妨害刺激無し（左図）と妨害刺激あり（右図）（和氣，2006）

イトビジョンのように車内のディスプレイに情報を提示する場合とがある。技術が進歩すればますます情報を車内に表示する機会が多くなるかもしれない。従来、遠方の情報は運転者の見やすさという観点から研究が多くなされてきた。この場合には、主として道路照明によって照らされたものを見るから視認性が問題となる。だが、霧など気候条件によって視認性が制限されるときがある。また、視認性を問題にすると、色の区別がつけば良いのか文字まで読めなければならないのかという視認性の知覚レベルも問題になる。車内に何らかの情報を提示するときにも視認性が問題になることがある。これは視対象の大きさに大きくかわることである。ここでも視力と視対象の大きさについてふれてきた。だが、これだけでなく、視覚的注意も問題になる。従前、この問題は運転場面ではあまり検討されてこなかった。だが、ナビゲーションの問題以来、二重課題が注目されるようになってきた。ナイトビジョンにおいても、二重課題の条件になり、しかもじっとそれを見つめているのではなく、ちらっと眼を動かすことになろう。この種の現実的な対応は今後の大きな課題であろう。

この論文では、視認性の研究に加えて視覚探索、変化の見落とし、注意の配分としての二重課題について述べてきた。この種の研究を行っているとき、眼球は視対象のところに移動しているにもかかわらず、それを知覚していないことに気づく。それを説明する一つとして、注意が問題になる。従来から、注意は人間工学でも盛んに研究されてきたが、これが今日では基礎領域の問題としてクローズアップされている。いずれにせよ、呈示されたものを早く気づかせることが肝要であり、今後とも研究を積み上げ、実社会にその成果を還元すべきであろう。最後に、二重課題の研究で高齢者のデータのみを示したが、若年者を被験者とした実験も行っていることを付け加えたい。明らかに、若年者の成績は高齢者より優れている。それゆえ、今後ある種の基準を作成するには、高齢者のデータに基づくべきであろう。

#### 文 献

- 1) Kries, J. von. Über die Funktion der Netzhauttabsechen. *Z. Psychol. Physiol. Sinnessorgane*, 1895, 9, 81-123.
- 2) Alpern, M., Holland, M.G., and Ohba, N. Rhodopsin bleaching signals in essential night blindness. *Journal of Physiology*, 225, 457-476.
- 3) Hecht, S. Vision II. The nature of the photoreceptor process. In C. Murchison (ed), *A handbook of general experimental psychology*. Worcester, Mass.: Clark University Press, 1934.
- 4) 市川宏, 老化と眼の機能. *臨床眼科*, 35, 9-26, 1981.
- 5) 北原健二. 高齢者の視覚機能, *電子情報通信学会誌*, 82, 502-505, 1999.
- 6) 道路標識表示装置の高度化に関する検討委員会, *道路技術5箇年計画*
- 7) 道路標識表示装置の高度化に関する検討報告書. 1998
- 8) 和氣典二 1995 色と形のあらわれ方と視認性. *科学*, 65, 440-445.
- 9) O'Regan, J. K., Rensink, R. A. & Clark, J. J. (1999). Change-blindness as a result of 'mudsplashes'. *Nature*, 398, 34 (Supplementary information: [http://nivea.psycho.univ-paris5.fr/Mudsplash/Nature\\_Supp\\_Inf/Movies/Movie\\_List.html](http://nivea.psycho.univ-paris5.fr/Mudsplash/Nature_Supp_Inf/Movies/Movie_List.html)).
- 10) Rensink, R. A. (2000). Seeing, sensing, and scrutinizing, *Vision Research*, 40, 1469-87.
- 11) Simons, D.J. & Rensink, R.A. (2005) Change blindness: past, present, and future. *Trends in cognitive Science*, 9, 16-20.
- 12) 横澤一彦・大谷智子 (2003). 見落とし現象における表象と注意—非注意による見落としと変化の見落とし—. *心理学評論*, 46, 482-500.
- 13) Rensink, R. A., O'Regan, J. K., & Clark, J. J. (1997). To see or not to see: The need for attention to perceive changes in sense. *Psychological Science*, 8, 368-373.
- 14) O'Regan J. K., Deubel, H., Clark, J. J., & Rensink, R. A. (2000). Picture changes during blinks: Looking without seeing and seeing without looking. *Visual Cognition*, 7, 191-211.
- 15) Grims, J. (1996). On the failure to detect changes in scenes across saccades. In K. Akins (Ed.), *Perception Vol. 2*, 89-110, New York.: Oxford University Press.
- 16) Simons, D. J. & Levin, D. T. (1998). Failure to detect changes to people in a real world interaction. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5, 644-649.
- 17) Simons, D. J., Franconeri, S. L., & Reimer, R. L. (2000). Change blindness in the absence of a visual disruption. *Perception*, 29, 1143-1154.
- 18) 和氣典二 2006 高齢視覚障害者の認知機能と環境設計に関する研究. 平成14年度～平成17年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(1))成果報告書.

(受理年月日 2007年2月14日)