

## 動的視野加齢効果の計測と 交通安全への適用に関する検討

呉 景龍\*      宮本脩平\*\*  
河内山隆紀\*\*\*      蓮花一己\*\*\*\*      矢野雅文\*\*\*\*\*

近年の交通事故死者の統計から、高齢者の死者数は全体死者の5割以上を占め、交通事故発生地点としては交差点での死者数が全体の5割を超えている。このような特徴に注目して交通事故発生原因を究明するために、人間の動的視野とその加齢効果に関する研究は強く要求される課題である。本研究では、従来の動的視野定義の問題点を指摘し動的視野計測装置を改良して若年者と高齢者の動的視野特性の差異について測定・解析した。また動的視野測定時の単純反応時間を測定し、応答時間の個人差を最小限に抑えたことから、高齢者は加齢効果による視能力低下の影響が大きいことも確認された。

### Measurement of the Effect of Aging on the Kinetic Visual Field and Examination of Its Application to Traffic Safety

Jinglong WU\*      Shuhei MIYAMOTO\*\*  
Takanori KOCHIYAMA\*\*\*      Kazumi RENGE\*\*\*\*      Masafumi YANO\*\*\*\*\*

According to recent traffic fatalities statistics, older people account for more than 50% of all traffic fatalities while more than 50% of these traffic fatalities result from traffic accidents at intersections. Study of the kinetic visual field of humans and the effect of aging upon it is strongly needed in order to identify the causes of traffic accidents while focusing on these characteristics. In this paper, differences in the kinetic visual field between younger and older people were measured and analyzed after identifying problems with the conventional definition of the kinetic visual field and modifying the kinetic perimeter system. In addition, by measuring simple reaction time when the kinetic visual field is measured in order to minimize the effect of individual differences in response time, it was confirmed that older people are greatly affected by deteriorating visual performance caused by aging.

\* 岡山大学大学院自然科学研究科教授  
Professor, The Graduate School of Natural Science  
and Technology, Okayama University

\*\* 香川大学大学院工学研究科  
Graduate Student, The Graduate School of  
Engineering, Kagawa University

\*\*\* 国際電気通信基礎技術研究所脳活動イメージングセンター  
主任研究員  
Chief Researcher,  
Brain Activity Imaging Center,ATR

\*\*\*\* 帝塚山大学心理福祉学部教授  
Professor, Dept. of Psychology,  
Tezukayama University

\*\*\*\*\* 東北大学電気通信研究所教授  
Professor, Research Institute of Electrical  
Communication,  
Tohoku University  
原稿受理 2008年10月10日

## 1. はじめに

近年の交通死亡事故の特徴として、年齢層別の死者数では高齢者が若年者の1.9倍、40歳代の3.4倍と高くなっている<sup>1)</sup>。また、道路形状別の高齢者死者数は交差点および交差点付近で53.8%と半数以上を占めており、その事故発生時間帯別では夕暮れ時16時頃から夜間20時頃にかけて死亡事故発生率が高い<sup>1)</sup>。

このうち、交差点とその付近での死亡事故発生率や高齢者の死亡者数の割合が高い要因の一つとしては、視覚の基礎特性、特に周辺視野認知特性との関連が考えられる。なお、周辺視野とは、視点を中心にして外側10[deg]以内の中心視野を除いた視野範囲のことを言う。Fig. 1のような道路標識や信号機などの道路交通情報の提示や危険事象の存在を運転手(歩行者)が認識するためにも、交通環境における周辺視野情報は重要だが、その情報をどれだけ多く得られるかが問題となるため、周辺視野の広狭が大きな要因となる。また、高齢層の交通死亡事故割合や、夕方から夜間という薄暗い時間帯での事故発生率が高いことは、周辺視野の特性に加齢効果や明るさの依存性がある<sup>2)</sup>こととの関連性がうかがえる。

以上より、交通安全において周辺視野情報を得るための動的視野特性とその加齢効果に関する研究は重要な課題である。

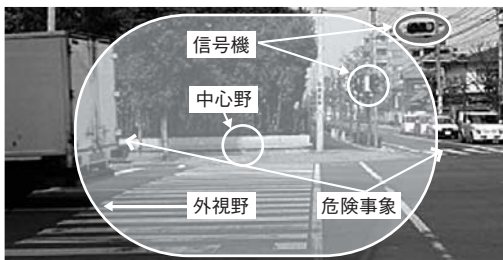


Fig. 1 交通環境における周辺視野情報と危険事象

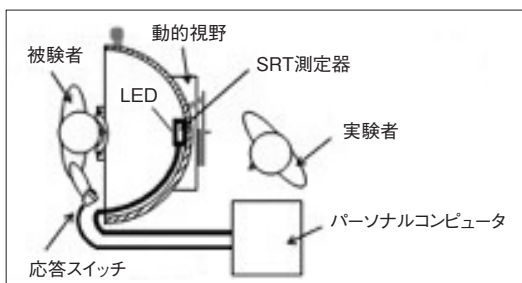


Fig. 2 単純反応時間(SRT)測定装置

これまで動的視野測定に関する先行研究<sup>2,3)</sup>も数多く発表されており、視標のサイズが大きいほど輝度が大きいほど動的視野面積は広くなること<sup>2,3)</sup>、単眼による動的視野測定では左右眼に面積差はないこと<sup>3)</sup>など、さまざまな動的視野特性が報告されてきた。また、自動視野計を用いた測定では、動的視野面積に視標移動速度依存性があるという報告<sup>2)</sup>もある。

しかし、これらの先行研究結果には疑問点がある。動的視野測定時に、被験者が視標を視認してから応答するまでの反応時間の個人差が考慮されていないことである。石垣ら<sup>4)</sup>の論文では視野と周辺視における反応時間の差異について検討した。また、この論文の被験者は全員19歳ということなので、高齢者においては加齢効果による反応時間の差異について検討されなかった。これは鈴木ら<sup>5)</sup>の高齢者の視野特性に関する論文でも重要視されていたが、動的視野測定に十分反映されておらず、動的視野の加齢効果を検討した従来研究<sup>2)</sup>でも、加齢による被験者の応答時間の差異による動的視野の影響について検討されていない。すなわち、従来の動的視野の定義には測定時の単純反応時間の個人差による影響を考慮していない問題点がある。

本研究では、若年者と高齢者の被験者を対象に動的視野測定時の反応時間を考慮した動的視野の定義を提案してその面積の算出を行い、動的視野特性と加齢効果を検討する。また従来<sup>2,6)</sup>の動的視野測定時の視標移動速度は2~6[deg/s]が主であるが、視標条件の幅を広げるため、より速い視標移動速度5~15[deg/s]で視標を提示できる装置を改良して測定を行う。

さらに、本研究で得られた動的視野特性と加齢効果の基礎データに基づいて、視野特性の観点から交通安全への提言についても検討する。

## 2. 単純反応時間測定

本研究では、動的視野測定において、視標が見えてから応答スイッチを押すまでの時間を被験者の単純反応時間として定義し、専用実験装置を用いて測定する。

### 2-1 実験装置

従来の動的視野計には、動的視野測定と同様の条件で単純反応時間(Simple Reaction Time : SRT)を測定するための機能や機器がないため、SRT測定器を独自に製作した。

Fig. 2 にSRT測定装置の構成を示す。SRT測定装置は動的視野計(kinetic perimeter)、SRT測定器(simple reaction time measuring instrument)、SRT測定器を制御するためのパーソナルコンピュータ(personal computer)の3部品から構成されている。

Fig. 2 に示されているように、SRT測定時の被験者の応答は、動的視野測定時と同じ応答スイッチ(response switch)を用いる。SRTは、光刺激となるSRT測定器のLEDの点灯開始から被験者が応答スイッチを押すまでの時間をパーソナルコンピュータに記録する。

2-2 被験者

被験者は若年者7名、高齢者17名の計24名であり、年齢層別の内訳は以下のとおりである。

若年者：20歳代の被験者7名

高齢者：60歳代の被験者5名

70歳代の被験者7名

80歳以上の被験者5名

また、被験者の中には眼鏡による視力矯正を行っている人もいるが、眼鏡を着用したままでは動的視野測定が行えないため、本研究の測定時には眼鏡を外す。

なお、被験者の裸眼での右眼単眼の静止視力はTable 1 に示すとおりである。このとき、測定に使用した静止視力計の制限より、静止視力の最大値は2.0である。

2-3 測定方法

被験者はFig. 3のように動的視野計の前に座り、3分間の明順応を行った後、動的視野計の背景スクリーン上に設置してあるSRT測定器のLED部を右目単眼で注視してもらう。このとき、被験者の左目は滅菌ガゼを貼って見えないようにする。

SRT測定では、LEDの点灯後に被験者が応答スイッチを押すとLEDが消灯し、その後200[ms]または600[ms]の間をランダムに空けて再びLEDを点灯する。これを繰り返し、LEDが点灯してから被験者が応答スイッチを押すまでのSRTを30試行分、記録する。その後、被験者毎の平均SRTの平均値を、本実験における個人のSRTとする。

このとき、背景スクリーンの輝度は10[cd/m<sup>2</sup>]、LEDのサイズは64[mm<sup>2</sup>]、輝度は40[cd/m<sup>2</sup>]である。

2-4 測定結果

SRTの測定結果をFig. 4に示す。

Fig. 4 中のデータは、年齢層別にSRTの平均時間を示している。これより、年齢が高くなるにつれてSRTが長くなっており、かつ高齢年齢層ではそのバラつきも大きくなっている。

2-5 考察

従来<sup>5)</sup>の見解と同様、加齢による反応時間の延長がわかった。Fig. 4 に示したとおり、20歳代および60歳代の被験者と80歳以上の被験者との間には約100[ms]もの時間差が生じており、有意な差が見られる。

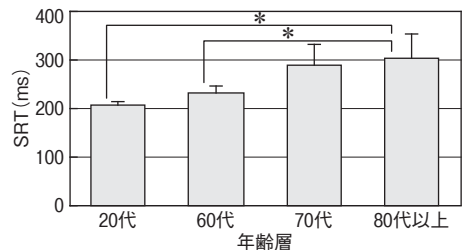
本研究では、動的視野測定におけるSRTの影響を考慮した。その詳細は5-1節で説明する。



Fig. 3 SRT測定器の実験風景

Table 1 被験者の静止視力

被験者No.	年齢	静止視力値	被験者No.	年齢	静止視力値
1	21	1.5	13	70	0.4
2	21	1.5	14	70	0.3
3	23	0.6	15	71	0.2
4	24	1.5	16	73	0.4
5	24	2.0	17	76	0.3
6	26	0.5	18	78	0.4
7	27	2.0	19	79	0.4
8	63	0.5	20	80	0.3
9	65	0.6	21	80	0.5
10	66	1.0	22	84	0.2
11	67	0.8	23	87	0.3
12	69	0.7	24	92	0.2



注1) LEDサイズ：64[mm<sup>2</sup>]、輝度：40[cd/m<sup>2</sup>]  
 注2) \* : p<0.01, Paired t test.

Fig. 4 SRT測定結果:年齢層別

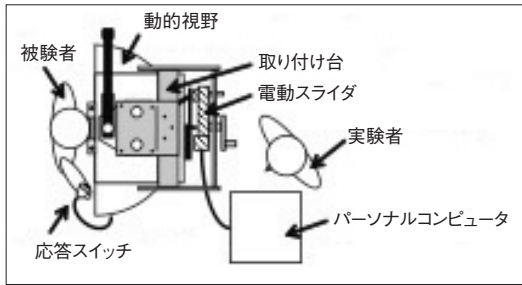


Fig. 5 動的視野計測装置

### 3. 動的視野測定

本研究では、従来の手動型ゴールドマン視野計<sup>6,7)</sup>をベースに、独自に改良した動的視野計測装置を用いて動的視野測定を行う。

ゴールドマン視野計<sup>6,7)</sup>は、視標を被験者の見えない周辺部分から視界中心方向へ移動させていき、被験者がはじめて見えたときと答えた点を記録する装置である。これをさまざまな方向から測定した応答点を結ぶと、その視標が見える範囲を決定できる。この線をisopter(等感度曲線)と呼び、視標のサイズや輝度を変えると、固視点を中心にisopterの大きさが増減する。動的視野測定で得たisopterの範囲を動的視野と呼ぶ。

動的視野測定では、被験者は片眼を眼帯やガーゼで隠し、もう一方の眼を被検眼としてゴールドマン視野計の背景スクリーンの中心点を固視してもらおう。本研究では、左目に滅菌ガーゼを貼り、右目を被検眼とする。被験者は視標が見えたときにスイッチで応答してもらおう。応答した位置を記録紙に記録していき、さまざまな方向から、視標が見えた位置を測定していく。

#### 3-1 実験装置

Fig. 5 に、独自に製作した動的視野計測装置の構成を示す。動的視野計測装置は、動的視野計(kinetic perimeter)、電動スライダ(electromotive style slider)、取り付け台(installation base)の3部品から成る動的視野計部と、動的視野計部の電動スライダを制御するためのパーソナルコンピュータ(personal computer)の2部分で構成され、視標移動操作は電動スライダで自動的に行う。

#### 3-2 測定環境および被験者

動的視野測定における測定環境および被験者はSRT測定と同じである。

#### 3-3 視標条件

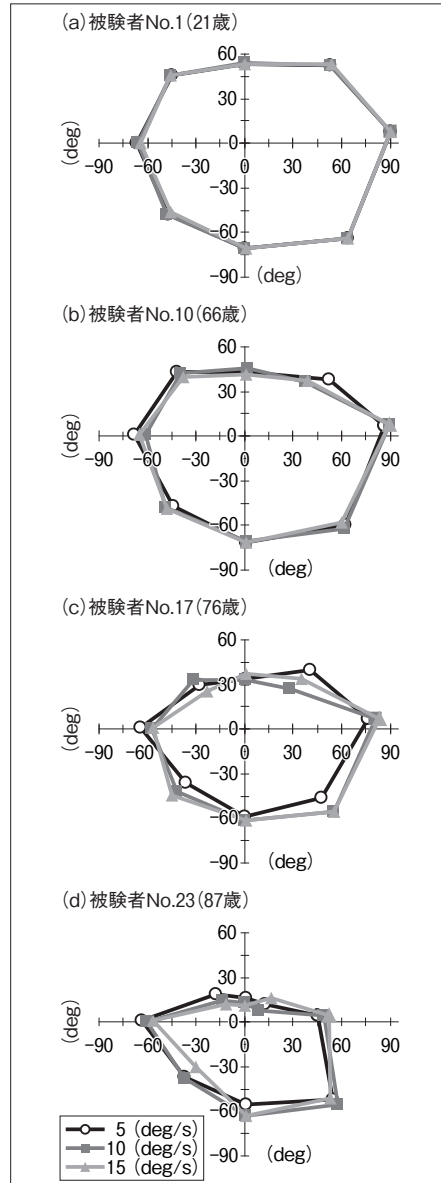


Fig. 6 【視標条件I】における各年齢層の動態視野測定結果

本研究で用いる視標サイズと視標輝度は、以下のとおりとなっている。若年者の測定はI、II、IIIの3条件で行い、高齢者の測定はIのみの1条件で行う。

【視標条件I】 64[mm<sup>2</sup>]、125[cd/m<sup>2</sup>]

【視標条件II】 0.25[mm<sup>2</sup>]、125[cd/m<sup>2</sup>]

【視標条件III】 0.25[mm<sup>2</sup>]、40[cd/m<sup>2</sup>]

これらの視標条件での視標移動速度には5、10、15[deg/s]の3速度がある。若年者、高齢者ともにそれぞれの視標条件で3速度での測定を行う。

また、視標移動経線の方向について、若年者は15

[deg]毎の24方向を、高齢者は45[deg]毎の8方向を測定する。

3-4 測定方法

SRT測定後、視標条件Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの順に、また視標条件毎に視標移動速度5、10、15[deg/s]の順に動的視野測定を行う。

被験者には、右目単眼で見えない初期位置から移動してくる視標が見えたら、SRTと同様に応答スイッチを押してもらう。視標条件毎に、また視標移動速度毎に動的視野の測定を行い、それぞれの条件下における動的視野面積を求める。動的視野面積の算出方法および単純反応時間を考慮した場合の動的視野面積の算出方法は、4-1節に記す。

3-5 測定結果

実際の動的視野測定結果の例を、Fig. 6、Fig. 7および Fig. 8 に示す。それぞれの図中のプロット点は被験者の応答点であり、各経線上で偏心角何[deg]まで見えていたかを表している。いずれの図も被験者のSRTによる遅延時間を考慮した動的視野を表示する。

Fig. 6には【視標条件Ⅰ】における被験者No. 1、No. 10、No. 17、No. 23の動的視野を、各年齢層の代表例として示す。また、Fig. 6の(a)~(d)の各年齢層の視標移動速度5[deg/s]における測定結果を Fig. 7にまとめて表示している。Fig. 7より、加齢に

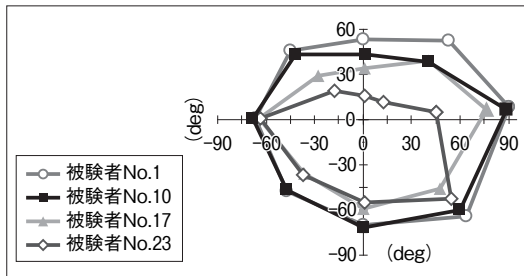


Fig. 7 【視標条件Ⅰ】における各年齢層の視標移動速度5(deg/s)、輝度125[cd/m<sup>2</sup>]での測定結果

伴って動的視野の面積が減少していくことがわかる。

Fig. 8には被験者No. 1の【視標条件Ⅰ】での動的視野面積、【視標条件Ⅱ】での動的視野面積、【視標条件Ⅲ】での動的視野を20歳代被験者の代表例として示す。Fig. 8より、視標サイズや視標輝度の減少に伴って動的視野の面積も減少していくことがわかる。

4. 動的視野面積の算出と加齢効果

4-1 動的視野面積の算出方法

動的視野面積は、被験者のisopter内の面積を算出することで求める。本研究では、被験者のisopterが多角形で示されるため、その多角形の面積を動的視野の面積として算出する。

まず、被験者のSRTを考慮しない場合の動的視野面積の算出方法を説明する。Fig. 9の動的視野測定で得られたisopter Aの面積は、応答点a<sub>i</sub>[deg]、b<sub>i</sub>[deg]と固視点0の3点からisopter Aの一部の面積、

$$A_i[\text{deg}^2] = (1/2) * a_i[\text{deg}] * b_i[\text{deg}] * \sin \theta_i$$

を求めることができる。この手順でisopter A内全ての部分の面積を算出し、その合計がSRTを考慮しない場合の動的視野面積となる。

次に、SRTを考慮した場合の動的視野面積の算出方法を説明する。Fig. 9の動的視野測定で得られたisopter Aの応答点である偏心角R[deg]は、被験者が視標を見てから応答するまでのSRT分、小さい値となる。つまり被験者は本来、R[deg]よりもSRT[s] × 視標移動速度[deg/s] (= ΔR[deg]) だけ大きな偏心角を持っている。そこで、isopter Aの各応答点にΔR[deg]を加算し、SRTを考慮した動的視野のisopter A'を求める。このisopter A'の面積をisopter Aの面積算出と同様に、応答点a<sub>i</sub>'[deg]、b<sub>i</sub>'[deg]と固視点0の3点からisopter A'の一部の面積、

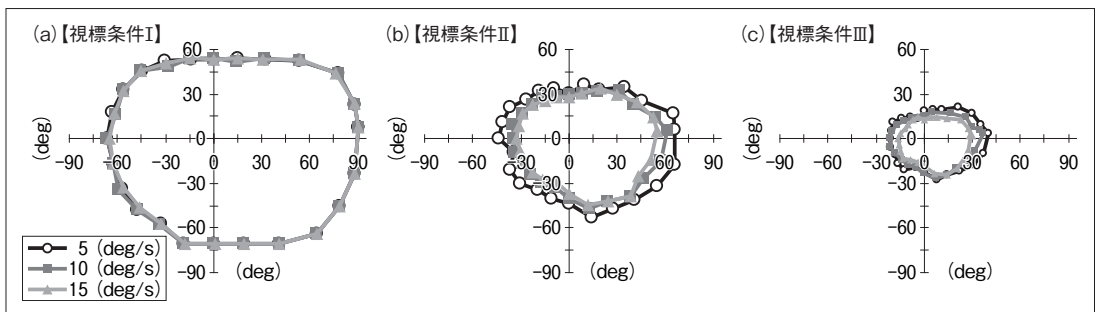


Fig. 8 被験者No.1(21歳)の各条件下での動的視野面積



$$A'_i [deg^2] = (1/2) * a'_i [deg] * b'_i [deg] * \sin \theta_i$$

を求め、isopter A'内全ての部分の面積を算出・合計することで、SRTを考慮した場合の動的視野面積が求められる。

4-2 SRTの個人差による動的視野の影響

20歳代被験者のSRTと動的視野測定結果から、動的視野測定における被験者のSRTを考慮した場合と、SRTを考慮しなかった場合の動的視野面積を比較し、その結果をFig. 10に示す。

Fig. 10中のI、II、IIIは、それぞれ【視標条件I、II、III】で測定した動的視野面積にSRTを考慮していない結果である。これに対し、I+RT、II+RT、III+RTは、それぞれ視標条件I、II、IIIで測定した動的視野面積にSRTを考慮した結果である。

これらを比較すると、全視標条件・全視標移動速度において、SRTの考慮の有無で動的視野面積の間に有意な差が見られた。このことから、動的視野面積にはSRTが影響を与えていることがわかる。図への表記は割愛するが、60歳代、70歳代、80歳以上の高齢者の年齢層でも、全視標条件・全視標移動速度において、SRT間の考慮の有無で動的視野面積の間に有意な差が見られた。

また、SRTによる動的視野面積の増加量は視標移動速度と被験者のSRTの乗算で求められるため、視標移動速度が速いほど大きくなる。SRTの長さも加齢に伴い延長されるため、年齢が高いほど、動的視野面積の視標移動速度の依存性が高くなると言える。

4-3 年齢層による動的視野面積の比較

Fig. 11に、【視標条件I】における20歳代の若年者と60歳代、70歳代、80歳以上の高齢者の年齢層別の動的視野面積の平均値を示す。Fig. 11は被験者のSRTによる応答遅延を補正した結果である。

図中への有意確率の記載は割愛するが、若年者の20歳代と高齢者の60歳代、70歳代、80歳以上の3年

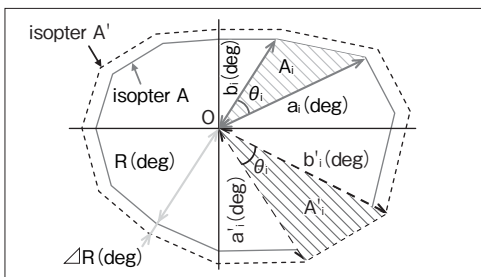


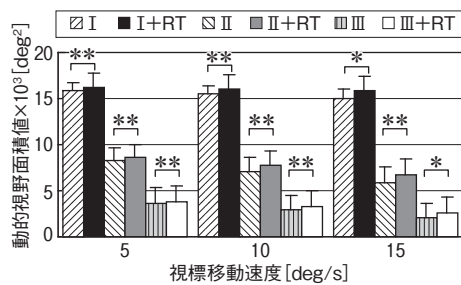
Fig. 9 動的視野の算出方法

齢層とでは、それぞれ動的視野面積に有意な差が見られた( $F(3,20) = 17.773, p < .001$ )。高齢者の年齢層の間でも、60歳代と70歳代、80歳以上の2年齢層とでは、それぞれ動的視野面積に有意な差が見られた( $t(14) = 2.994, p < .01$ ;  $t(14) = 5.447, p < .001$ )。

これより、被験者の個人差となる単純反応時間を補正しても、動的視野面積は加齢に伴い有意に減少することが認められる。

4-4 視標サイズと輝度による動的視野面積の比較

若年者の動的視野測定結果のうち、同輝度の条件



注) \* :  $p < 0.01$ , \*\* :  $p < 0.001$ , Paired t test.

Fig. 10 被験者No.1の動的視野 : SRTを考慮した場合、しなかった場合

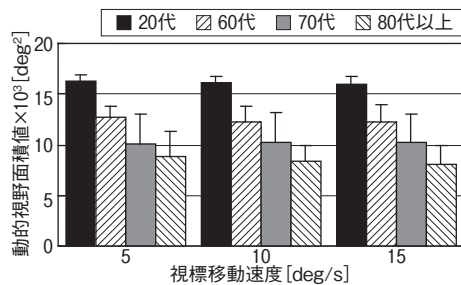


Fig. 11 【視標条件I】における年齢層別動的視野面積の平均値

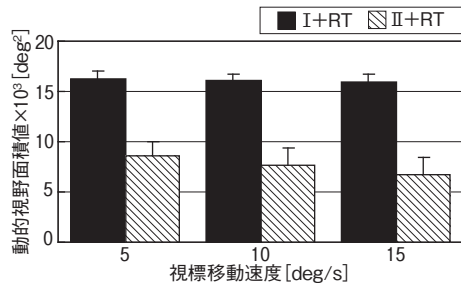


Fig. 12 若年者の【視標条件I】と【視標条件II】における動的視野面積の比較

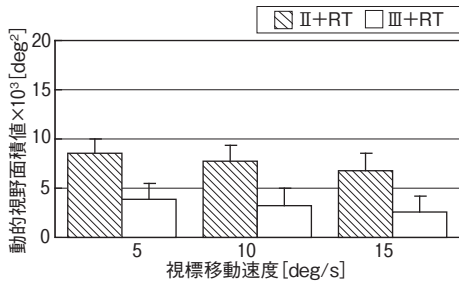


Fig. 13 若年者の【視標条件Ⅱ】と【視標条件Ⅲ】における動的視野面積の比較

である【視標条件Ⅰ】と【視標条件Ⅱ】の動的視野面積をFig. 12に示す。なお、Fig. 12中の動的視野面積は、全て単純反応時間を考慮した結果を用いている。

同輝度だがサイズの小さい【視標条件Ⅱ】の動的視野面積は、サイズの大きい【視標条件Ⅰ】に比べて小さく、有意な差が見られる( $t(20) = 23.452, p < .001$ )。

また、【視標条件Ⅰ】は視標移動速度が5、10、15 [deg/s]と変化しても動的視野面積に有意な差は見られないが( $F(2,12) = 3.468, n. s.$ )、【視標条件Ⅱ】は、視標移動速度が5、10、15 [deg/s]と変化することで動的視野面積に有意な差が見られた( $F(2,12) = 89.629, p < .001$ )。

これらの視標移動速度の変化による動的視野面積の有意確率から、【視標条件Ⅱ】の動的視野面積の視標移動速度の依存性は【視標条件Ⅰ】に比べて高いと言える。

次に、若年者の動的視野測定結果のうち、同サイズで輝度の異なる【視標条件Ⅱ】と【視標条件Ⅲ】の動的視野面積をFig. 13に示す。なお、Fig. 13中の動的視野面積も、全てSRTを考慮した結果を用いている。

同サイズだが輝度の低い【視標条件Ⅲ】の動的視野面積は、輝度の高い【視標条件Ⅱ】に比べて小さく、有意な差が見られる( $t(20) = 12.043, p < .001$ )。

## 5. 動的視野測定結果のまとめ

### 5-1 加齢による動的視野の縮小

Fig. 11では、年齢層が高くなるにつれて動的視野面積が小さくなっている。SRTによる応答遅延を補正することで被験者が視標を見た瞬間に近い動的視野面積を算出しても、加齢による動的視野面積の低下が見られることから、これは加齢に伴って視能力自体が低下しているためと考えられる。

### 5-2 視標条件による動的視野面積の変化

Fig. 12では視標サイズの違いによる動的視野面積の変化を、Fig. 13では視標輝度の違いによる動的視野面積の変化を検討した。

まず、Fig. 12において【視標条件Ⅱ】の視標輝度は【視標条件Ⅰ】と同じだが、視標サイズは小さい。そのため、【視標条件Ⅰ】と【視標条件Ⅱ】の動的視野面積の差の要因は、視標サイズの違いである。この結果から、視標サイズが小さくなることで動的視野面積は低下することがわかる。また、視標サイズが小さくなることで視標移動速度依存性が大きくなっているが、逆に、視標サイズが大きい場合、動的視野面積の視標移動速度の依存性は、有意な差が見られないほどに小さくなることがわかった。

次に、Fig. 13において【視標条件Ⅲ】の視標サイズは【視標条件Ⅱ】と同じだが、視標輝度は小さい。そのため【視標条件Ⅱ】と【視標条件Ⅲ】の動的視野面積の差の要因は、視標輝度の違いである。この結果から、視標輝度が小さくなることで動的視野面積が低下することがわかった。

先行研究<sup>2)</sup>の動的視野測定では視標移動速度を2~6 [deg/s]としていたが、本研究の動的視野測定では視標移動速度を5、10、15 [deg/s]の3速度とすることで、より速い視標移動速度での動的視野特性を検討することができた。

また、Fig. 10の結果より、被験者のSRTの考慮の有無で動的視野面積に有意な差が見られたことから、SRTが動的視野面積に影響を及ぼしていることがわかった。

### 5-3 静止視力と動的視野面積の相関

被験者の静止視力値と動的視野面積の相関については、静止視力値が0.5~2.0の被験者を対象にできた若年者層で検討したところ、どの視標条件、視標移動速度でも相関性が認められなかった。高齢者層では、静止視力値が1.0を下回る被験者ばかりであったため、相関性の検討は不適切であると判断した。

## 6. 動的視野の加齢効果と交通安全

### 6-1 視野特性と高齢者交通事故との関係

本研究において、高齢者の動的視野面積は若年者よりも狭くなる結果となっている。これは加齢効果による視能力の低下による影響が大きいと考えた。

Fig. 7より、高齢者の動的視野面積は水平方向よりも垂直方向、特に視界中心より上方が狭く、見えにくくなっていることがうかがえる。これは加齢に

(a) 現状



(b) 道路標識を大きくする



(c) 路面表示にする



Fig. 14 道路標識の改良案

に伴い、顔面の筋力低下が進み、まぶたを大きく上方へ開ける力が衰えていることが一因<sup>8,9)</sup>と考えられる。

一般に、信号機や道路標識は主に視界上方にあり、また、危険事象は視野外から移動してくることが多く、交通安全に必要な情報は周辺視野範囲に多く存在しているが、これらの交通環境情報の収集には、加齢効果によって視野範囲が狭くなる高齢者には不利である。また、本研究で確認した動的視野面積の縮小はもちろん、Fig. 4 で示しているように応答の時間も加齢効果によって延長される傾向にある。

高齢者の事故発生率は有効視野から統計的に説明可能とする先行研究<sup>10)</sup>や、高齢者は周辺視野の潜在的ハザードの認知能力が低下しているという先行研究<sup>11)</sup>もあり、視野特性と高齢者の交通事故には、

次のような関係があると考えられる。

まず、加齢効果による周辺視野の減少が、高齢者の周辺視野からの視覚情報を減少させる。そして、その視覚情報の減少により、高齢者の交通法規の無視、危険への注意喚起不全や不完全な危険予測が誘発され、交通事故へつながるのではないかと考えた。

## 6-2 視野特性から交通安全への提案

動的視野の加齢効果によって、高齢者は広い範囲から道路環境情報を収集することが難しくなることがわかった。よって、高齢者の交通事故を減らすためには、高齢者の動的視野特性を考慮した交通環境の整備が重要である。

特に、高齢者の加齢効果による動的視野面積の縮小を補うことが重要であり、周辺視野における視覚認知機能を考慮した道路設計や車両の機器配置が必要となる。

例えば道路設計では、加齢効果による視野の縮小を考慮して、標識の呈示位置や大きさを見直したり、路面表示を活用したりすることで、見えないという状況を回避できると考えられる。Fig. 14(a)の現在の風景写真を例にすると、Fig. 14(b)のように、道路標識の高さを低くしたりサイズを大きくしたりすることで、高齢者でもより遠くから道路標識を確認できる。そして Fig. 14(c)のように、道路標識を路面表示することで、周辺視野ではなく中心視野での情報確認ができる。

また、センサーや画像解析技術の進歩から、車両運転時や歩行時に視野外の見えない部分をサポートする技術の開発も期待される。

## 7. まとめ

本研究では、動的視野定義の再検討と動的視野測定を通じて、高齢者の動的視野面積が加齢効果により減少していることを定量的に確認した。動的視野面積の減少は周辺視野の狭小を意味し、特に、視界中心から上方の範囲が狭く、見えにくくなっていることがわかった。そのため、比較的高い位置に設置されている道路標識や信号機は、高齢者にとって認識し辛い傾向にあると考えられる。よって、近年の交通事故死亡状況において、道路交通情報や危険事象の多い交差点での事故発生率および高齢者の割合が多いという傾向は、高齢者の動的視野面積の減少(動くものが見える範囲が狭くなること)が一つの大きな要因と言える。

そのため、今後も進んでいく日本の高齢化社会に



において、加齢効果による周辺視野の減少を考慮した道路設計や車両開発を行うことは、これからの交通事故の減少・防止に深く関わるものであると考えられる。本研究で提案した道路標識の位置やサイズの見直しや、路面表示の活用も、今後の交通安全に繋がれば幸いである。

また、高齢者の交通安全教育に関して、法定講習会などで視野検査を導入することも提案する。視野検査は客観的に自己の見える範囲の能力を把握することが可能なため、交通安全の自己管理を促進させることが期待できるからである。

[謝辞] 本研究の一部は国際交通安全学会プロジェクト(H961)研究費と科学技術研究費補助金(基盤B:17360117)の助成を受け、高齢者実験の実施には特別養護施設さくら荘のご協力を頂きました。

### 参考文献

- 1) 佐伯長俊「高齢者の交通事故実態と交通安全防止策」『人と車』42(10)、pp.4-13、2006年
- 2) 橋本茂樹「自動視野計を用いた動的視野測定プログラム」『近畿大医誌(Med Kinki Univ28)』pp.207-221、2003年
- 3) 馬場裕行「正常者におけるゴールドマン視野の定量化に及ぼす諸因子の検討」『日眼会誌』90(7)、pp.62-66、1986年
- 4) 石垣尚男「視野と周辺視反応時間の関係について」『愛知業大学研究報』18(A)、pp.65-71、1983年
- 5) 鈴村弘隆、田辺栄嗣、白井正彦「老人の視野と色覚」『眼科MOOK』No.29、pp.25-35、1986年
- 6) 八木幸子「実践！ゴールドマン視野検査 基礎編」『眼科ケア』Vol.3、No2、pp.169-174、2001年
- 7) 松尾治亘「量的視野計測について」『醫科器械学雑誌』38、pp.397-401、1968年
- 8) Stoller SH, Meyer DR: Quantitating the change in upper eyelid position during downgaze, *Ophthalmology*, 101(9), pp.1604-1607, 1994
- 9) 秋谷忍「視機能の加齢による影響に関する研究」『水俣病に関する調査研究報告書』Vol.1994、pp.103-108、1995年
- 10) Owsley C, Ball K, Sloane ME, Roenker DL, Bruni JR: Visual/Cognitive Correlates of Vehicle Accidents in Older Drivers, *Psychol Aging*, 6(3), pp.403-415, 1991
- 11) 蓮花一己、石橋富和、尾入正哲、太田博雄、恒成茂行、向井希宏「高齢ドライバーの運動パフォーマンスとハザード知覚」『応用心理学研究』Vol.29、No.1、pp.1-16、2003年
- 12) Abrahamse EL, Verwey WB: Context dependent learning in the serial RT task, *Psychological Research*, Epub ahead of print, 2007
- 13) Stephan T.Becker, Reinhard Vonthein, Nicholas J.Volpe, Ulrich Schiefer: Factors influencing reaction time during automated kinetic perimetry on the Tubingen computer campimeter, *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, Vol.46, No.7, pp.2633-2638, 2005
- 14) Ulrich Schiefer, Hans Strasburger, Stephan T.Becker, Reinhard Vonthein, Jan Schiller, Traugott J. Dietrich, William Hart: Reaction time in automated kinetic perimetry effects of stimulus, *Vision Research*, Vol.41, pp.2157-2164, 2001
- 15) F.W.Fischer, Yh.Schmidt: 40 years' of the Goldmann perimeter, *Klin Monatsbl Augenheilkd*, 193(3), pp.237-242, 1988
- 16) J.F.Rouland, J.C.Hache: Normal perceptual latencies during visual field measurement, *Ophthalmologica*, 202, pp.48-52, 1991
- 17) A.Larmande, J.Poletti: Recording the monocular field of vision with the Goldmann perimeter. Value of the method, *Arch Ophtalmol (Paris)*, 36(5), pp.387-383, 1967
- 18) W.H.Payne: reaction time as a function of retinal location, *Vision Res*, Vol.6, pp.729-731, 1966
- 19) Shinr.D, Schieber.F: Visual Requirements for Safety and Mobility of Older Drivers, *Hum Factors*, 33(5), pp.507-519, 1991
- 20) Ball K, Owsley C, Sloane ME, Roenker DL, Bruni JR: Visual attention problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers, *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 34(11), pp.3110-3123, 1993