

# 高齢ドライバーの夜間視力等に関する実験的研究

長濱友治\*

## An Experimental Study on the Night Visual Acuity of Aged Drivers

Tomoharu Nagahama

Firstly using the groups of the aged drivers (mean age of 69.6 years) and the student drivers (mean age of 20.7 years) a comparative experimental study was carried. As the result it was known that the recovery time of visual acuity on the average of the aged drivers being 24.1 seconds was nearly two times longer than that of the student drivers. According to the 5 ranks classification from A to E, the unsatisfactory ranks (D+E) were noted at 42.9% in the aged group and 5.2% in the student group, revealing a marked difference. However, 7.1% of the top satisfactory rank A was noted in the aged group, suggesting a certain individual difference.

Next, the static visual acuity correlated with the night and kinetic visual acuities in each group so far unclarified was studied, from which an interesting result was obtained.

### 1. ま え が き

わが国は、急速な高齢化社会の到来とともに、交通面でも高齢ドライバーが激増し、交通事故の第1当事者となる事故率の増加が顕著であり、重大な社会問題となっている。警察庁は、この事態に対応して道交法を改正し、平成10年10月1日より75歳以上のドライバーを対象として、「座学」、「運転技能診断」、「実技」について「高齢者講習」を義務づけることになった。対象者は、全国で約100万人、福井県内でも1万人近くに達する。

著者は先に、高齢ドライバーの運転適性について、警察庁方式とは異なる「DCIS-IV」システムによる人間工学的適性検査を実施し、運転不適率が52%も存在することを確認した。<sup>1)</sup>

人間は高齢化とともに、運転機能、知覚機能が低下するのは已むを得ないが、これらの変化を定量的にとらえ、対応を検討することがきわめて重要である。

一般に、ドライバーの運転行動は、「認知」→「判断」→「操作」のフィードバックにより行われる。外界の情報を得ることが「認知」であり、90%以上が眼から得られる。したがって、視覚機能（動体視力、夜間視力等）に異常があると誤認を生じ、「判断」、「操作」を誤り事故の有効な要因となる。著者は前年度において、今回の「高齢者講習」で義務づけられた「動体視力検

---

\* 建設工学科 土木工学専攻

査」についてアプローチを行いその結果、高齢ドライバー群の平均値として、静止視力に対し動体視力の低下が顕著であることを明らかにした<sup>2,3)</sup>。

本研究では、動体視力とともに重要であり、夜間事故との相関が強いと考えられる高齢ドライバー群の「夜間視力」について、学生ドライバー群と対比して比較論的に研究を進めた。さらに、これまで明らかにされていない静止視力と夜間視力・動体視力の相関分析および「疲労」が視覚機能に及ぼす影響についてもアプローチを試みた。

図-1は、平成8年における福井県内の年代別ドライバー（若者：16～24歳，高齢者：65歳以上，その他：25～64歳）が人身事故の第1当事者となった時間帯ごとの構成率を示す。

この結果、高齢ドライバーは、17～18時の薄暮、夜間時の事故構成率が10.9%で最も高いことを示している。このことは、高齢ドライバーが他の年代層に比べ行動範囲が狭いことを考えれば、人、キロ当たりで基準化された事故率がきわめて高いことを裏づけるものと予測される。

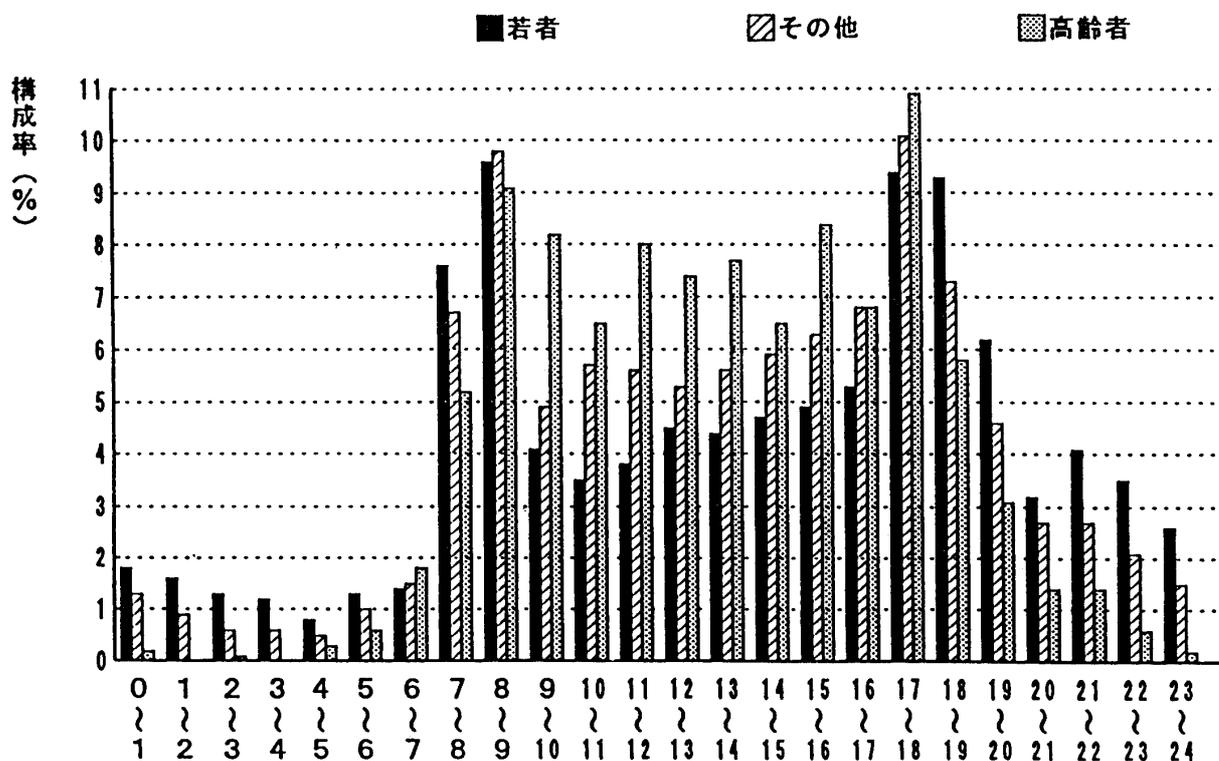


図-1 年代別運転者（第1当事者）による時間帯事故発生構成率  
（資料：福井県警察本部，尾崎交通事故分析官）

## 2. 夜間視力計による視力回復時間の実験観測

### 2.1 実験方法

実験には、最新のKOWA,AS-14型夜間視力計を使用した。まず、免許基準の両眼視力が0.7未満被験者を検出するために本装置により静止視力の測定を行った。3回中、2回の正答をもって、その視力があると判定する。

夜間視力の測定方法は、被験者の両眼を5.700cd/m<sup>2</sup>の明順応を30秒間行った後、暗順応とし、背景輝度が0.1~0.15cd/m<sup>2</sup>で静止視力0.2のランドル環が視認できる時間をデジタル標示によって測定した。この暗順応による回復時間が夜間視力であり、2回測定の平均値で表わす。

対象とした被験者は、福井県警・JAF福井事務所の協力を得て積極的に参加された高齢ドライバー群（平均年齢69.5歳）42名と本学の学生ドライバー群（平均年齢20.7歳）58名である。この被験者数は、静止視力0.7未満の者を除いた有効サンプル数である。写真-1は、高齢ドライバーの夜間視力測定状況を示す。

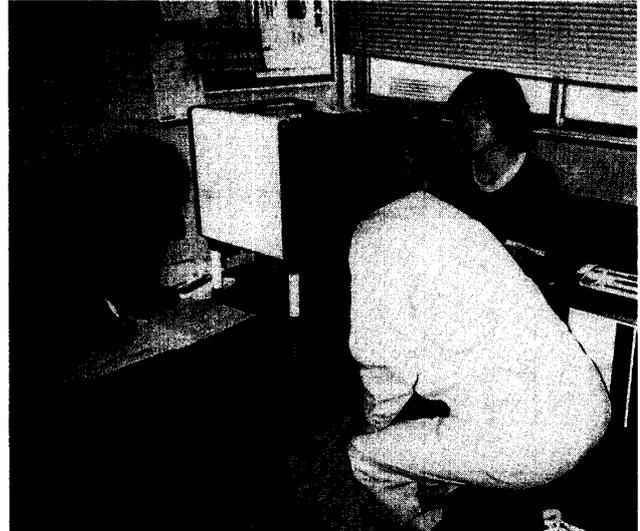


写真-1 高齢ドライバーの夜間視力測定

さらに、研究の展開として、静止視力と動体視力の相関分析を行うため、同時に併行してAS-4C型動体視力計を使用して同一被験者の動体視力も測定した。

## 2.2 実験結果と考察

図-2は、両群被験者の夜間視力判定（A~Eランク）の分布を表わしたものである。表-1は、両群被験者のランク別判定数と分布比率を示す。この判定基準は、著者が統計的考察に基づいて独自に決めた試案である。

A：1~7秒（特によい）、B：8~13秒（よい）、C：14~29秒（普通）

D：30~60秒（悪い、要注意）、E：61秒以上（特に悪い、嚴重注意、要精密検査）

各ランクの範囲を示す視力回復時間は、2回の測定値を平均した値であり、0.5の端数が出た場合、切り上げるものとする。ただし、E判定の61秒以上は、本装置で測定不能であり、デジタル標示されない。このケースでは、眼底疾患を有する場合が多いとされるが、今回の実験でも高齢者群の中から1名の申告があった。

ここで、現在、夜間視力の検査を実施している某公共運転適性検査機関のランク付け3段階判定について検討してみる。視力回復時間によるランク付けは次のとおりである。

A：30秒以内、問題なし、40歳未満は25秒以内

B：60秒以内、普通、注意

C：61秒以上、測定不能、要注意、精密検査

この判定には少なからず疑問がある。この判定を適用するとAランクに高齢者群の59.5%、学生群では91.4%が該当し、異常な結果を示して実状に合わない。基本的には、判定尺度が粗く、A判定の尺度が1本化されていない。したがって、被験者に対する指導も適切に行うことができない欠陥を有するものと考えられる。

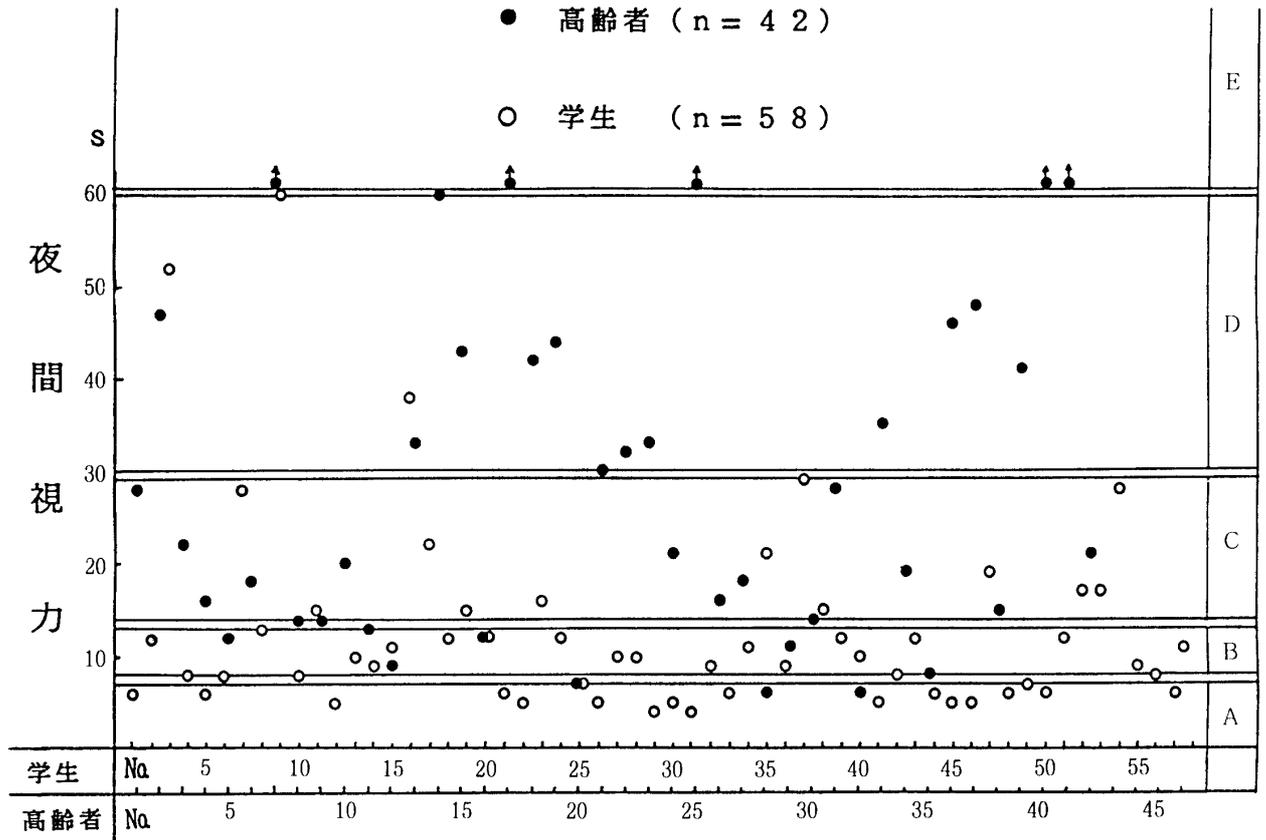


図-2 被験者の夜間視力判定分布

表-1 被験者の夜間視力判定結果

群	判定	A	B	C	D	E	A+B (優良)	D+E (要注意)
学 生 (n=58)		19 (32.8%)	24 (41.4%)	12 (20.7%)	3 ( 5.2%)	0 ( 0.0%)	43 (74.1%)	3 ( 5.2%)
高 齢 者 (n=42)		3 ( 7.1%)	6 (14.3%)	15 (35.7%)	13 (31.0%)	5 (11.9%)	9 (21.4%)	18 (42.9%)

表-1 から高齢者群と学生群の優良率，要注意率の間に顕著な差がみられるが，とくにEランクは，学生群が0に対して高齢者群より5名（11.9%）が検出され，精密検査が必要であることを連絡した。この事実は，静止視力が0.7以上で免許基準をクリアーしていても，夜間視力がきわめて悪く夜間事故の危険度が高いことに気づかないことに問題がある。また，高齢者群にも9名（21.4%）の優良者が存在し，個人差の大きい実態を表わしている。

表-2 被験者の静止・夜間視力

群	区分	平均年齢	サンプル数	静止視力 (平均値)	夜間視力 (平均値, 秒)	標準偏差 (夜間視力)
学 生		20.7	58	1.3	12.5	10.77
高 齢 者		69.6	37	0.9	24.1	14.29

(注) サンプル数はE判定を除く

表-2は、両群の静止視力と夜間視力の統計値を示す。ただし、高齢者のE判定は測定不能で数値不明のため除いてある。これからみると、静止視力では、0.4の差で高齢者群が少し低いが、夜間視力において、高齢者群が学生群の2倍近い回復時間を示し大差がある。しかし、判定からみると学生群のBランク(12.5秒)に対し、Cランク(24.1秒)であり予想より良い結果であるといえる。この原因は、被験者が腕自慢のドライバーであり、平均年齢も70歳未満であること、さらに、Eランク(61秒以上、測定不能)のサンプルを除外していることなどがあげられる。したがってランダムに高齢ドライバーを抽出し、Eランクの数値が測定可能であれば、もっと夜間視力の平均値は下るものと考えられる。

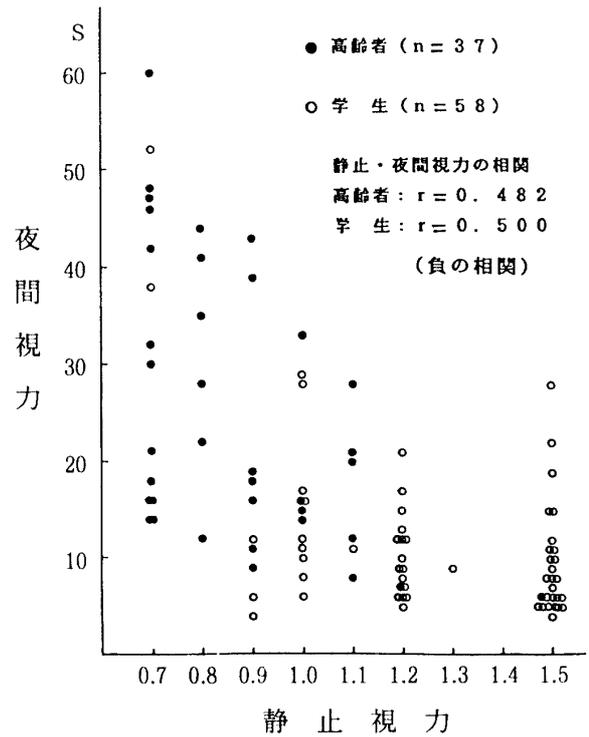


図-3 被験者の静止視力と夜間視力の相関

図-3は、両群の静止視力と夜間視力の相関を表わすが、同一静止視力に対する夜間視力の分散が顕著であり、個人差の大きい実態が浮き彫りとなった。

### 3. 高齢者・学生群の視覚機能測定値の統計学的分析<sup>4)</sup>

#### 3.1 両群の静止視力と夜間視力の相関係数

相関分布については、図-3に示したとおりであるが、夜間視力の分散が大きいことから、静止視力との相関の有無について強い関心が寄せられている。

いま、変数  $x$ ,  $y$  について  $x$  の平方和,  $y$  の平方和,  $x$  と  $y$  の積和(共変動)をそれぞれ  $S(xx)$ ,  $S(yy)$ ,  $S(xy)$  とすると相関係数  $r$  は次式により求める。

$$r = S(xy) / \sqrt{S(xx)S(yy)} \dots\dots\dots(1)$$

(1)式より高齢者群 :  $r = -0.482$ , 学生群 :  $r = -0.500$  となり弱相関が認められる。

なお、両群の  $r$  が  $\rho = 0$  の母集団からの相関係数でない無相関の検定を行っており、高度に有意であることを確認している。

#### 3.2 高齢者群における静止視力「0.7~0.9」のグループと「1.0以上」グループの夜間視力平均値の差の検定

静止視力が「0.7~0.9」の範囲は、免許基準をクリアーしていても正常値とはいえない。当然「1.0以上」が正常値である。そこで、前者をA組、後者のグループをB組として両組の平均値の差の検定を行ってみる。まず、F分布によって2組の分散の違いを検定した結果、有意差がなく t 分布による検定が可能である。 $\sigma_e$  を  $n_A n_B$  の2組のサンプルからプールした不偏分散の平方根

とすると  $t_0$  は次式より求められる。

$$t_0 = (\bar{x}_A - \bar{x}_B) / \sigma_e \sqrt{(1/n_A) + (1/n_B)} \dots\dots\dots(2)$$

なお、両群とも夜間視力の測定値を正規確率紙にプロットした結果、測定値は正規分布しているものとみなせる。

(2)式より  $t_0 = 2.47$  を得る。 $\alpha = 0.05, 0.01$ として  $t$  分布表から  $\phi = (n_A - 1) + (n_B - 1)$ , 危険率  $2\alpha$  に対する  $t$  の限界値  $t(\phi, 2\alpha)$  をもとめると

$$t = (35, 0.10) = 1.691, \quad t = (35, 0.02) = 2.440$$

よって  $|t_0| > t(35, 0.02)$  となり、A組の平均値が1%水準で大きい。すなわち、夜間視力が劣ることになる。この事実は、矯正視力でも1.0以上あることが夜間視力もよく、夜間事故の危険度が低くなる有力な要因であることを示すものと考えられる。

### 3.3 高齢者群における不良率 (E判定) の区間推定 (F分布法)

不良数を  $r$ , サンプル数を  $n$  とすると自由度の上限は  $\phi_1 = 2(r+1)$ ,  $\phi_2 = 2(n-r)$  であり、下限は  $\phi'_1 = 2(n-r+1)$ ,  $\phi'_2 = 2r$  となる。F分布表から上限についてFの限界値  $(\phi_1, \phi_2; \alpha/2)$ , 下限についてFの限界値  $(\phi'_1, \phi'_2; \alpha/2)$  を求める。この場合、信頼限界は次式により求める。

$$\left. \begin{aligned} p_U &= \phi_1 F(\phi_1, \phi_2; \alpha/2) / \{ \phi_2 + \phi_1 F(\phi_1, \phi_2; \alpha/2) \} \\ p_L &= \phi'_2 / \{ \phi'_2 + \phi'_1 F(\phi'_1, \phi'_2; \alpha/2) \} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

(3)式より  $p_U = 25.8\%$ ,  $p_L = 4.0\%$  を得た。

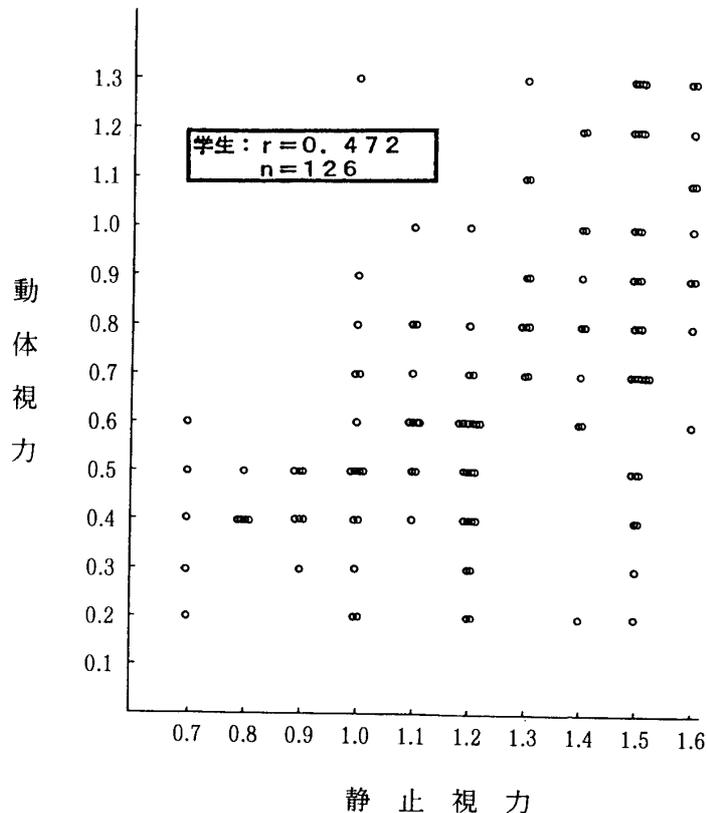


図-4 学生群の静止視力と動体視力の相関

### 3.4 両群の静止視力と動体視力の相関

前年度における両群の動体視力研究では、判定の比較分析に主眼を置いたが、その後、夜間視力と同様に静止視力との相関について明らかでないことが判明した。そこで、前年度の動体視力測定サンプルを追加して、高齢者群：n = 70、学生群：n = 126として、それぞれ静止視力と動体視力の相関分布図を作成した。たとえば、図-4は、学生群の相関図を表わしたものである。これから同一静止視力に対する動体視力の分散が大きく、個人差がかなりあることが明らかとなった。この結果は、高齢者群においても同様な傾向を示した。

(1)式より相関係数を求め、高齢者群： $r = 0.650$ 、学生群： $r = 0.472$ の値を得たが、学生群は、弱相関と考えられる。

なお、両群とも $r$ が $\rho = 0$ の母集団からの相関係数でない、いわゆる無相関の検定を行って高度に有意であることを確認している。

## 4. 疲労（過労）が視覚機能に及ぼす実験的研究

### 4.1 研究目的

職業ドライバー等の長距離走行、夜間走行などは、心身にかなりの疲労を与え視覚機能の低下による事故の危険度が高いと考えられる。大阪府立公衆衛生研究所では、24人のドライバーによる3時間連続高速走行試験を実施し、フリッカーテストを行った結果、23人がフリッカー値の低下を示し、平均して12~18%の感覚機能の低下を確認している<sup>9)</sup>。本研究では、これまで十分に明らかにされていない疲労と視覚機能の相関について定量的にアプローチすることを目的とするものである。

### 4.2 実験方法

本実験における被験者を確保することは、きわめて困難である。そこで、これまでドライバーの実験に協力を頂いたJAF福井事務所に依頼し、理解、協力を得た。6名の被験者は、交替制であるが徹夜勤務に近い状態で事故車、故障車の救援活動に当たっている。

まず、平常時の静止視力、動体視力、夜間視力を測定し、同時に疲労度の測定を最新の大脳活動計および従来のフリッカーを併用して行った。疲労時の測定は、夜間勤務明けのAM9:00~9:30に同一項目について実施した。

### 4.3 実験結果と考察

実験結果を表-3に示す。まず、被験者(B)、(C)の2名は、静止・動体・夜間の3視力がすべて低下し特に(C)は顕著である。静止視力は、A、(B)、(C)、Eの4名が低下したが、動体視力は、全員が低下を示した。一方、夜間視力は、(B)、(C)、Fの3名が低下をみせたが他は、よくなっている。

この結果から、サンプル数が少ないので断定的なことは言えないが、動体視力は疲労によって、ほぼ、低下するものとみなすことができ、夜間視力は、個人差があるものと考えられる。また、疲労度の測定では、大脳活動計がフリッカーよりも、かなり精度が高いとみられる。

表-3 疲労時の視覚機能変化(JAFドライバー)

被験者	年 齢	静止視力		動体視力		夜間視力(秒)		大脳計(BHz)		フリッカー値(C/S)	
		平常	疲労	平常	疲労	平常	疲労	平常	疲労	平常	疲労
A	26	1.0	0.9*	0.6	0.5*	9.0	8.5	5.0	4.5	33.5	31.8
(B)	31	1.0	0.7*	0.4	0.3*	42.0	43.5*	5.5	4.5	34.6	34.6
(C)	23	1.1	0.7*	0.6	0.4*	30.5	51.5*	6.0	4.5	30.2	17.8
D	30	1.2	1.4	1.1	0.7*	7.0	4.0	6.5	4.5	36.0	32.2
E	28	1.1	0.8*	0.4	0.3*	7.5	7.0	7.0	8.0	29.8	31.0
F	25	0.8	0.8	0.4	0.3*	12.5	17.5*	8.0	7.5	27.9	29.5

(注)\*印は各視覚機能の疲労による低下を示す

## 5. 結 論

夜間は、昼間に比べ視環境が劣悪であり、運転情報に誤認を生じ易く事故の危険度が高い。特に夜間視力の良否が事故の有力な要因と考えられ、高齢ドライバーにおいて強く懸念されるところである。前年度の高齢ドライバーの動体視力研究に続き、夜間視力について実験、検討を行った結果、まず、現行の3段階判定に疑問を感じ、5段階による新判定基準を提案した。また、最も危険なEランクが被験者の11.9%を占めたが、潜在的な夜間事故者群として抽出し警告した。さらに、統計解析により、高齢者・学生両群の静止視力と夜間視力・動体視力の相関を明らかにし、特に高齢者の夜間視力は、矯正視力でも1.0以上あることが必要など多くの知見を得た。いづれにしても夜間視力は、動体視力と同様に高齢者において個人差のあることを強調したい。

一方、疲労(過労)が視覚機能に及ぼす影響について実験、考察を行った結果、疲労によって動体視力が低下することは、ほぼ、断定できるが、夜間視力については、個人差があるとみられる。今後、多くのサンプルを蓄積し、統計解析により明確にしたいと考えている。

本研究にあたり、福井県警、JAF福井事務所の各位、並びに被験者として協力頂いた方々に心から謝意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- 1) 長濱友治：高齢ドライバーの運転適性に関する人間工学的研究，福井工業大学研究紀要，第22号，1992.
- 2) 長濱友治：高齢ドライバーの動体視力に関する実験的研究，福井工業大学研究紀要，第28号，1998.
- 3) 長濱友治：高齢ドライバーの動体視力に関する実験報告，福井県警察本部，1996.
- 4) 福井三郎外3名：推計学入門演習，産業図書社，1966.
- 5) 伊吹山太郎・伊吹山四郎：道路の人間工学，技術書院，1969.

(平成10年10月21日受理)