

## 携帯電話会話時における 運転者の注意状態評価について

内田信行\*  
植田俊彦\*\*

浅野陽一\*  
飯星 明\*\*\*

携帯電話での会話に伴う運転者の注意状態変化について、両眼視線計測手法による評価を試みた。ドライビングシミュレータ実験の結果、会話条件下ではLEDに対する反応時間遅れに加え、両眼運動の協調性を示す左右注視点のずれが増大する現象が観察された。検眼テストによる追跡調査の結果、片眼遮蔽によって両眼網膜像の融像を妨げることで測定される個人固有の眼位ずれ（斜位）と、会話条件における左右注視点ずれ現象との間に対応関係が認められた。携帯電話等の会話により視覚情報処理能力が影響を受けるような状況下では、片眼遮蔽時の眼位に相当する左右注視点ずれが生じることが考えられ、運転者の注意状態を実時間で評価する可能性が示された。

### Evaluating the Attentive State of Drivers during Mobile Phone Conversations

Nobuyuki UCHIDA\*  
Toshihiko UEDA\*\*

Yoichi ASANO\*  
Akira IIHOSHI\*\*\*

An attempt was made to evaluate changes in the attentive state of drivers as they talked on mobile phones by measuring binocular gaze. The results of tests in driving simulators indicated not only slower reaction time to LEDs during conversations but also greater deviation in the left-right gaze points that indicate cooperation in binocular movement. Follow-up eye exams that covered one eye to prevent binocular retinal image formation found a correlation between the heterophoria measured for each individual and the deviation of left-right gaze during conversation. It is believed that when visual information processing is affected by mobile phone conversations a deviation in left-right gaze points occurs that corresponds to the heterophoria exhibited when one eye is covered, and that this may be a way to evaluate the attentive state of drivers in real-time.

#### 1. はじめに

自動車走行時に携帯電話やカーナビを使用する場合には運転に影響することがあり、一般にドライバー・ディストラクション（運転者の注意が逸れること）として知られている。特に、近年普及が著しい

携帯電話については運転時の使用が社会的問題となっている。1990年代から本格化した運転影響に関する研究では、主に発信・受信に伴う脇見（ビジュアル・ディストラクション）が取り上げられてきた<sup>1,2)</sup>。その結果、今日では多くの国で運転時に携帯電話を使用する場合には、ハンズフリー装置の使用を義務

\* (財)日本自動車研究所予防安全研究部研究員  
Researcher, Active Safety Research Division,  
Japan Automobile Research Institute

\*\* 昭和大学医学部眼科学教室助教授  
Associate Professor, Department of Ophthalmology,  
Showa University School of Medicine

\*\*\* (社)日本自動車工業会ITS技術部会HMI分科会長  
Chairman of HMI Experts Group, ITS Technical  
Subcommittee, Human Machine Interface Experts,  
Japan Automobile Manufacturers Association, Inc.  
原稿受理 2004年9月30日

づけるようになっている。

ハンズフリー装置の利点は、視線を前方に向け、かつ両手をハンドルに置いた状態で携帯電話を使用できる点にある。しかしながら、近年携帯電話での会話それ自体(正確には会話時の心的作業負荷)による運転への影響が指摘されるようになり、危険事象の検知能力低下やブレーキ反応時間の遅延などが報告されている<sup>3-5)</sup>。

## 2. 電話会話時の注意と視覚情報処理

これまで、見落としや反応遅れを誘発するような携帯電話での会話条件下では、運転者の視認行動に変化が生じることが見出されており、能動的な安全確認行動の頻度が低下することや、前方風景内で視線を向けるエリアの縮小が報告されている<sup>6,7)</sup>。これらの研究は、視線計測によって携帯電話会話時における運転者の注意状態がある程度把握できることを示している。

しかし、見落としや発見遅れにつながる運転者の注意状態を直接評価するには、大まかな注視方向や注視点分布の把握では不十分な場合があることが最近の研究で指摘されている。Strayerらは、ドライビングシミュレータを用いた実験により、携帯電話で日常的な会話を行った際、たとえ視線が向けられている対象物であっても反応時間は遅延することを報告している<sup>8)</sup>。さらに、その反応遅れは対象物の不十分な視覚情報処理に起因していることを示し、会話時には「目に入っている、見えてはいない」状態(looked but failed to see)であったとしている。このことから、運転に必要な事象の見落としや反応遅れは、注意が電話会話に奪われることで生じる“Inattention Blindness(不注意による盲目)”が原因であると結論づけている。

以上より、携帯電話会話に伴う心的負荷が運転者の注意力低下を誘発する場合には、視野内の対象物であっても、その視覚情報は十分に処理されていない状態が生じていると考えられる。

## 3. 心的負荷と両眼視

上述のように、電話会話が運転に及ぼす影響を注視点計測によって検討した研究は多いものの、両眼視の状態変化に着目して検討した例は見あたらない。しかし竹田<sup>9)</sup>によると、心的作業負荷の増加は両眼眼球運動の不整合を生じさせ、注視課題遂行時における左右注視点に「ずれ」が生じることが報告され

ており、電話会話についても影響が予想される。

両眼運動の協調性低下によって生じる左右注視点のずれは、左右網膜像の統合(融像)上の問題を伴い、二重像や情報入力抑制などが生じることが予想される。この視覚情報処理能力の低下により、反応遅れが発生しやすい状態になると推察される。

そこで本研究では、運転中の携帯電話会話によって生じる注意分散(いわゆる「意識の脇見」)状態を、左右両眼の注視点計測によってリアルタイムに評価する手法について検討した。

以下では、会話への注意分散によって反応時間遅れが生じるような条件下においては、両眼運動の協調性低下も同時に観察されるであろうという仮説を検証した二つの室内実験について述べる。さらに、会話条件下で観察される左右注視点の「ずれ」の背景メカニズムを検証するために、片眼を遮蔽して融像を阻害した際に生じる個人固有の眼位(斜位)との関連性についての予備調査結果についても述べる。

## 4. 実験1

携帯電話会話に伴う心的作業負荷が、視覚ターゲット検知に要する反応時間、および視認行動のそれぞれに及ぼす影響について検討した。

### 4-1 模擬運転課題(主タスク)

運転を模擬する主タスクとして、Fig.1に示すような簡易シミュレータによる先行車追従課題を設定した。被験者は室内に設置された普通乗用車の運転席に着座し、4.5m前方の100インチスクリーン(水平画角、約25度)上に投影された先行車の速度変化、横位置変化にあわせて追従することが求められた。その際、ランダムに変化する先行車に対して、予め指示された車間距離ゾーン中央に先行車が位置する形で追従するよう、アクセルおよびハンドル操作を行ってトラッキングすることが教示された。

### 4-2 会話課題(副次タスク)



Fig. 1 簡易シミュレータによる先行車追従課題

心的作業負荷の程度が異なる2種類の課題を設定した。一方は、可能な限り日常生活で行われる携帯電話会話を再現するために、身近な通行経路（自宅から勤務先等）を車室内のハンズフリー装置を通じて実験者に教えるという「会話条件 (Conversation)」を設定した。一方、会話条件との比較対象となるコントロール条件については、発声は伴うものの心的作業負荷が低い課題（「1～100」まで、もしくは50音「あ」行を自分のペースでの繰り返し）を行う「発声条件 (Vocalization)」を設定した。なお、このようなコントロール条件を設定した理由については、発話時の口の動きなどが視線計測に影響する可能性を考慮し、会話条件と同様に発声を伴うようなコントロール条件の設定を行ったためである。また、副次タスクがない模擬運転課題（主タスク）のみの条件をコントロール条件とした場合、覚醒度低下や統制不可能な心的作業（考え事）等の測定データへの影響が予想されたため、この点についても併せて配慮したことによる。また、コントロール条件中に、数字（1～100）と50音「あ」行のいずれを発声するかは被験者の選択に任せ、単調作業による覚醒度低下の影響をできる限り抑えるよう設定した。

4 - 3 評価指標

1) 視認行動

アイマークレコーダ（ナックイメージテクノロジー製EMR 8）により左右両眼の注視点を計測した。注視点データはEMR 8の前方視野カメラ画像（X座標640ピクセル×Y座標480ピクセル）における座標値として、30Hzのサンプリングレートで記録した。また、顔面の動きによるノイズ混入の有無を確認するために、被験者の顔面を含む4画面映像データをVTRに記録した。さらに、使用したアイマークレ

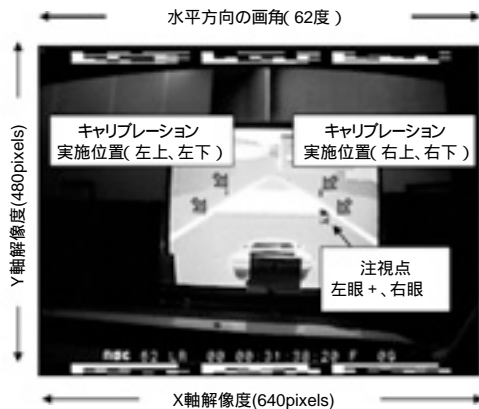


Fig. 2 キャリブレーション精度確認のためのモデル

コーダは瞳孔中心を画像処理によって算出して視線方向を検知する方式であることから、システムが捉えた両眼眼球画像をモニタする映像データも同時に記録した。

実験開始に先立ち、左右両眼の注視点計測精度を高めるために、全ての被験者ともキャリブレーション時に左右注視点が一致するようセッティングを行った。Fig.2は、実際のキャリブレーション精度確認時の状況を示すもので、先行車のトラッキングコントロール時に目標となる車間距離ゾーンの4隅（矢印）を数秒間注視した状態で確認した。

2) 反応時間

反応ターゲットとして前方スクリーンに沿って5個の赤色LEDを、被験者の前方面面、および左右約15度と30度の角度に配置した。被験者は模擬運転時に赤色LEDが点灯した際には速やかにハンドル上に配置された反作用ボタンを押すよう指示された。LEDは被験者のボタン押し反応があるまで最大3秒間点灯し続け、反応がない場合には自動的に消灯するよう設定した。

赤色LEDの点灯タイミング（時間間隔）と点灯順序のコントロール、および反応時間計測はPCによって行った。なお、被験者が点灯タイミングを予測することを防ぐため、LED点灯間隔は18秒とするとともに、3分間を一区切りとして5カ所のLEDをランダムな順序で2回ずつ点灯（10回点灯 / 3分間）させた。赤色LEDには普通乗用車の単体ブレーキランプを使用し、発光面に小穴（直径約6cm；視野角、約0.8度）を空けた黒色のカバーで覆って実験に用いた。小穴部分を黒色の減光フィルターで覆い、点灯時の平均輝度は約27cd / m<sup>2</sup>であった。

4 - 4 実験手続き

まず、実験内容について説明を行った後、アイマークレコーダの装着とキャリブレーションを行った。続いて、模擬運転課題（主タスク）に慣れるための練習セッションを行った後に、所要時間15分間の実験を1セッション行った。Fig.3に示すように、各6分間の「会話条件 (Conversation)」と「発声条件 (Vocalization)」の2条件をセッション中連続して

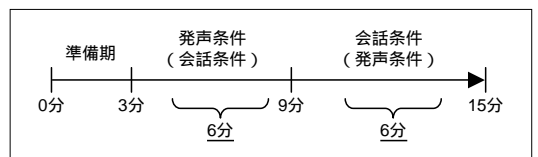


Fig. 3 実験の手順

Table 1 両眼注視点計測のキャリブレーションに関する精度確認結果

	右上方	左上方	右下方	左下方
Mean	0.9	0.9	1.0	1.1
SD	0.5	0.5	0.4	0.4

(度)

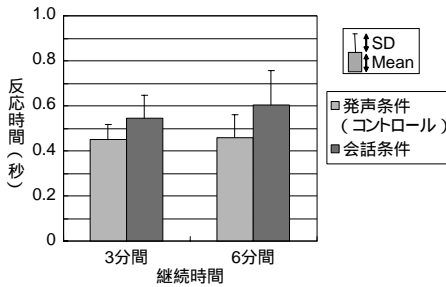


Fig. 4 反応時間の平均値と標準偏差

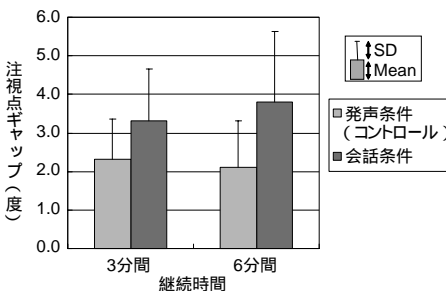


Fig. 5 注視点ギャップの平均値と標準偏差

行い、同一キャリブレーション設定下で各条件の注視点計測を行った。また、条件の順序効果を相殺するために、被験者毎に実施順序を入れ替えて実施した。なお、実験開始直後の3分間は実験場面へ順応するための準備期(Preparation)とし、副次タスクを行わず、主タスクの模擬運転課題のみを行うものとした。

#### 4-5 被験者

男性11名(20歳代:3名、30歳代:7名、50歳代:1名)および女性1名(20歳代)合計12名を被験者とした。なお、視線計測データの信頼性を確保するために、眼鏡およびハードコンタクトレンズによる視力矯正を行っていない被験者のみを用いた。

#### 4-6 データ解析

赤色ターゲットLEDに対する反応時間については、いずれの被験者とも6分間の各条件下で20回(前半・後半各3分間につき10回)の測定値を収集した。なお、LEDの点灯を見落とした場合には、最大点灯時間である3秒を反応時間の値とした。

両眼眼球運動の協調性については、左右注視点のずれを算出した。その際、両眼の視線が交差しない(開散)状態を考慮して、注視点平面上座標値の差から算出した左右視線の相対的な角度を「注視点ギャップ」と定義した。具体的な解析にあたっては、EMR8視野カメラ画像上のXY座標値として30Hzのサンプリングレートで取得したデータをもとに、左右各注視点の距離(単位:ピクセル)から相対角度を算出した。

反応時間および注視点ずれともに、3分間毎(前半3分間・後半3分間)の平均値を各被験者について算出して統計処理に用い、会話種類の違いとともに会話継続時間の影響を検討した。

#### 4-7 結果

実験セッション中、12名のうち5名の被験者において、アイマークレコーダによって取得される眼球画像が上瞼もしくは睫毛によって遮られる場合があった。眼球画像を用いて視線方向を算出する装置の仕様上、データの信頼性を期して上記5名を除く7名の被験者から得られた実験データを解析対象とした。

##### 1) 両眼注視点計測の精度確認

Table 1に、実験開始前に行った両眼注視点計測のキャリブレーションに関する精度確認結果を示す。注視点ギャップを計測した位置はFig.2に示した4ポイントで、実験セッション時に大半の注視点が集まる部分を囲む位置に相当する。被験者7名の各ポイントにおける注視点ギャップの平均値は0.9度~1.1度(標準偏差は0.4~0.5)で、実験開始前の時点で左右注視点のずれは、ほぼ1度を下回る値であった。

##### 2) 反応時間と左右注視点ずれ

Fig.4とFig.5は、6分間継続する発声条件および会話条件それぞれについて、前半・後半の3分間毎に被験者7名の平均値と標準偏差を示したものである。反応時間(Fig.4)および注視点ギャップ(Fig.5)のいずれについても会話種類間で顕著な差が認められ、会話条件下では値が増大していた。会話種類(2水準;発声条件、会話条件)×経過時間(2水準;3分、6分)の2要因分散分析の結果、会話種類の主効果が反応時間( $F(1,6)=11.34, p<.01$ )および注視点ギャップ( $F(1,6)=8.68, p<.05$ )において認められた。なお、LEDの見落としについては、7名の被験者から得られた全反応時間データ280サンプル(会話条件・発声条件とも各140サンプル)のうち、会話条件において得られた1サンプルのみで

あった。

なお、反応時間および注視点ギャップとともに、会話種類×経過時間の交互作用に有意差は認められず、時間経過に伴う値の変化に会話種類間での違いは認められなかった。

#### 4 - 8 考察

Fig.6は、「発声条件 (Vocalization)」と「会話条件 (Conversation)」における左右注視点データの典型事例を示したものである。発声条件 (上図)においては、左右両眼の注視点が追従する先行車上に位置している。これに対して、会話条件 (下図)では、左右の注視点が明らかにずれていることがわかる。さらに、この事例では左眼は先行車を注視しているものの、右眼については先行車上から外れている。すなわち、空間分解能が高い中心視で先行車を捉えているのは片眼のみであることが推察される。

以上の結果から、心的負荷を伴う会話を行うことにより、左右両眼の注視点位置にギャップが生じることが明らかになった。その際、一方の注視点 (視線) が対象物から脱落し、前方ターゲットを片眼で注視する状態が生じることとも定性的データながら観察された。さらに、この現象は反応時間遅れとも関連している可能性があることから、携帯電話使用時における運転者の注意状態評価に適用可能であると考えられる。

### 5 . 実験 2

実験 1 では、会話条件下において反応時間遅れと左右注視点のずれが共に増大することが示されたが、実験時に視線計測上の問題によって有効サンプル数が減少した。そこで、実験 2 では、実験 1 で得られた結果について有効データ数を増やして再検証を行った。

なお、会話課題の種類については、主観的負担度が高い暗算条件 (PASAT : Paced Auditory Serial Addition Test)<sup>10)</sup> を新たに加えて実施した。暗算課題は携帯電話による会話の運転影響に関する研究において模擬会話として広く用いられていることから、実験 1 でも用いた通常会話に近い会話課題との比較を行った。

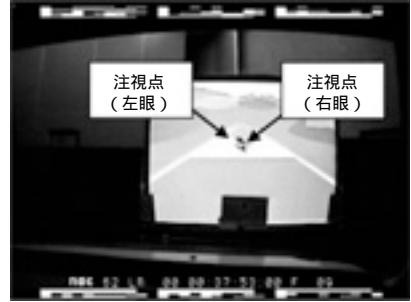
#### 5 - 1 模擬運転課題 (主タスク)

実験 1 と同様の課題を用いた。ただし、一回の走行における継続時間は12分間とした。

#### 5 - 2 会話課題 (副次タスク)

3種類の副次タスクによる、以下の3条件を設定

発声条件



会話条件

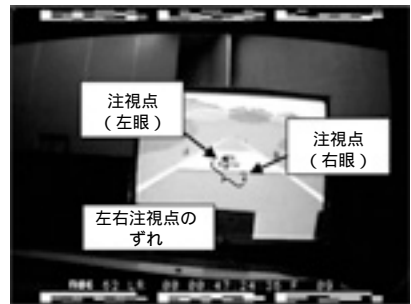


Fig. 6 発声条件と会話条件における左右注視点データの典型事例

した。

#### (1) 会話条件 (Conversation)

実験 1 同様に、実際の携帯電話会話を模擬した課題を設定した。会話内容は、自宅から勤務先などの身近な経路案内とした。

#### (2) 暗算条件 (Mental Arithmetic)

約 3 秒毎に一桁の数字が車室内スピーカーから音声提示され、提示された数字とその一つ前に提示された数字の和を回答することが求められた。

#### (3) コントロール条件 (Shadowing)

会話条件および暗算条件と比較するため、心的負荷の低い追唱課題 (Shadowing) を用いてコントロール条件を設定した。提示される音声は暗算条件と全く同一であるが、ここでは単に音声提示される一桁の数字を追唱するものとした。

### 5 - 3 実験手続き

実験内容について説明を行った後、アイマークレコーダを装着し、モニタ上で両眼のアイマークが重なり、適正に注視点を観察できることを確認した。本施行に入る前に模擬運転課題の練習を 3 分間行い、その後、会話条件、暗算条件、コントロール条件をそれぞれ 12 分間実施した。ただし、3 条件の順序効果を相殺するため、被験者毎に実施順序を入れ替えた。また各課題の終了後に、日本語版 NASA TLX

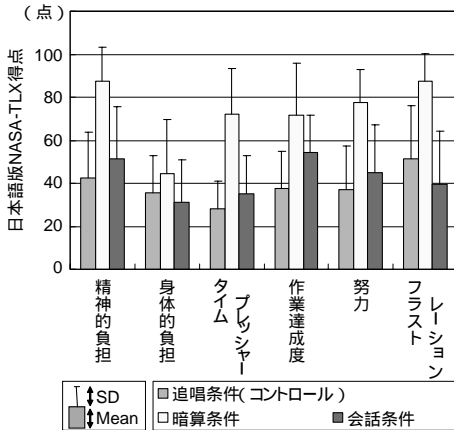


Fig. 7 各項目での平均得点

による主観評価を実施した。

5 - 4 被験者

女性 5 名 (20 歳代 : 4 名、30 歳代 : 1 名) および男性 9 名 (20 歳代 : 3 名、30 歳代 : 6 名)、合計 14 名を被験者とした。なお、視線計測データの信頼性を確保するため、眼鏡およびハードコンタクトレンズによる視力矯正を行っていない者を被験者とした。

5 - 5 評価指標

実験 1 と同じ装置を用い、LED (点灯間隔 18 秒) に対する反応時間、およびアイマークレコーダによる両眼視線計測を行った。なお、視線計測にあたっては実験 1 で生じたようなノイズの混入を抑えるために、事前にビューラーによる睫毛の処理等を行った。これらの指標に加え、日本語版 NASA TLX を用いて主観的なメンタルワークロードを評価した。

5 - 6 データ解析

赤色ターゲット LED に対する反応時間については、いずれの被験者とも 12 分間の各条件下で 40 回の測定値を収集した (3 分間につき 10 回、5 カ所の LED を 2 回ずつ点灯)。なお、LED の点灯を見落とした場合には、最大点灯時間である 3 秒を反応時間の値とした。両眼眼球運動の協調性については実験 1 と同様に、注視平面上座標値によって左右注視点のずれを算出し、左右視線の相対的な角度を「注視点ギャップ」と定義して検討に用いた。

また、実験 1 に引き続き会話継続時間の影響を検討するために、反応時間および注視点ギャップともに、各被験者について 3 分間毎の平均値を算出して統計処理を行った。

5 - 7 結果

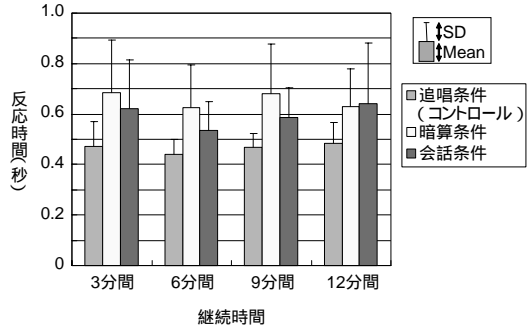


Fig. 8 反応時間の平均値

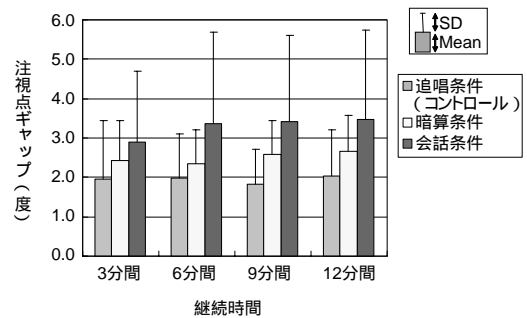


Fig. 9 注視点ギャップの3分間毎の平均値 : 実験 2 の実例

実験セッション中、14 名のうち 1 名の被験者において、アイマークレコーダによって取得される眼球画像が上瞼もしくは睫毛によって遮られる場合があった。眼球画像を用いて視線方向を算出する装置の仕様上、データの信頼性を期して上記 1 名を除く 13 名の被験者から得られた実験データを解析対象とした。

1) 日本語版 NASA TLX

日本語版 NASA TLX を構成する 6 下位尺度の得点をもとに、重み付け係数を用いた総合得点を被験者毎に算出し、会話種類 (3 水準 : コントロール条件、暗算条件、会話条件) の 1 要因分散分析を行った。その結果、会話種類の主効果 ( $F(2, 24) = 36.47, p < .01$ ) が認められ、多重比較検定を行ったところ暗算条件では他の 2 条件と比較して評定値が有意に増加していた ( $p < .01$ )。なお、Fig. 7 は各下位尺度項目の平均得点を示したもので、すべての項目で暗算条件のメンタルワークロードが高いことがわかる。

2) 反応時間および左右注視点ずれ

Fig. 8 に前図と同様に算出した反応時間の平均値を示す。会話種類 (3 水準 : コントロール条件、暗算条件、会話条件) × 経過時間 (4 水準 : 3、6、9、12 分) の 2 要因分散分析の結果、会話種類の主効果 ( $F(2, 24) = 13.12, p < .01$ ) が認められた。多

重比較検定の結果、コントロール条件に対し、会話条件および暗算条件ともに反応時間の有意な遅延が認められた( $p < .01$ )。なお、13名の被験者から得られた各条件の有効データに占めるLEDの見落とし率は、コントロール条件は0%(512サンプル中)、暗算条件は1.4%(508サンプル中)、会話条件は1.8%(511サンプル中)であった。

Fig.9に全被験者の各条件における注視点ギャップの3分間毎の平均値を示す。会話種類(3水準: コントロール条件、暗算条件、会話条件) × 経過時間(4水準: 3、6、9、12分)の2要因分散分析の結果、会話種類の主効果( $F(2, 24) = 4.63, p < .05$ )が認められた。多重比較検定の結果、コントロール条件と比較して会話条件では注視点ギャップの有意な増大が認められた( $p < .01$ )。一方、暗算条件についてはいずれの条件間にも有意差は認められなかった。

なお、3分間毎の時間経過に伴う値の変化については、反応時間および注視点ギャップともに会話種類 × 経過時間の交互作用に有意差は認められず、会話種類間での変化に違いは認められなかった。

### 5 - 8 考察

会話条件とコントロール条件との比較により、実験1と同様な結果が改めて示された。すなわち、心的負荷を伴う会話課題を行うことにより、左右両眼の注視点にずれが生じることが明らかになった。

さらに、実験2では電話会話時の心的負荷による運転影響について、必ずしも高い主観的メンタルワークロードを伴う会話時のみ生じる訳ではないことが示された。従来、比較的負担度が高い会話内容(商談など)の運転影響を想定した研究では暗算課題が多く用いられ、簡単な会話時と比較して難度が高い暗算作業時において反応時間が増大することが示されている<sup>1)</sup>。しかし、今回の実験で用いた会話条件はコントロール条件と同程度の低い主観的メンタルワークロードであった(Fig.7)にもかかわらず、暗算条件と同様にコントロール条件と比べて有意な反応時間遅れが生じており(Fig.8)、主観的な負担度が低い日常会話課題を用いた先行研究<sup>7)</sup>と一致する結果が得られた。このような反応時間の遅延は、会話条件において他の2条件と比較して有意な注視点ギャップの増大が認められた(Fig.9)点と関連している可能性がある。すなわち、少なくとも片眼の視線が注視ターゲットから逸脱する左右注視点ずれの増大時には、視覚情報処理能力の低下が生じてお

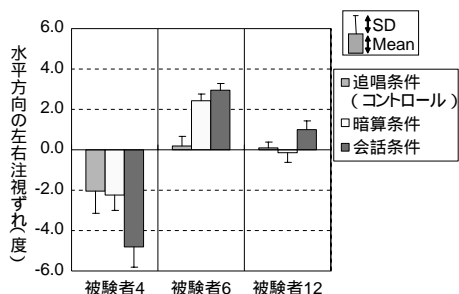


Fig. 10 左右の注視点のずれ(水平方向角度のみ)の平均値

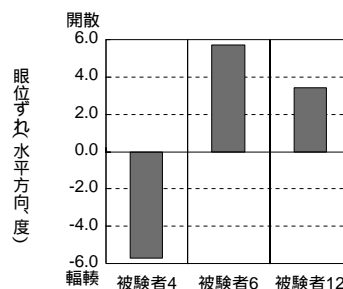


Fig. 11 プリズムカバーテストの結果

り、結果的に反応時間が遅延していると考えられる。

## 6 . 左右注視点ずれの背景メカニズム

実験1および実験2において観察された左右注視点のずれについて、その背景メカニズムに関する予備的検討を試みた。

先行研究<sup>9)</sup>でも示唆されているように、左右注視点ずれとして観察される両眼運動の協調性低下時には、会話に伴う心的負荷によって中枢性の制御が弱まっていると推察される。すなわち、両眼視の際に左右網膜像の融像による同一点の注視が阻害され、個人固有の眼筋バランスにおける眼位に近づいているものと仮定した。

仮説の検証にあたり、片眼遮蔽によって融像を妨げることで生じる眼位ずれ(斜位)を測定するプリズムカバーテストを実施し、実験2で観察された左右注視点ずれとの対応関係を調べた。

### 6 - 1 測定手順

測定は眼科の専門技師によって以下の手順により実施された。

片眼にパッチ(眼帯)をあてた状態で1時間以上待機し、視覚情報入力を遮断することで遮蔽側の眼が眼筋バランスによって定まる個人固有の眼位に近づくのを待つ。

続いて5 m先の視標を片眼で注視させた状態で、遮蔽側の眼にプリズムをあててパッチを外す。プリズムの角度を変化させながらを繰り返し、遮蔽によって現れた視線の偏り(眼位ずれ)を保ったまま、両眼で指標を見ることのできるプリズムを選択する。

以上の方法で決定されたプリズムの角度を、個人固有の眼筋バランスにおける眼位として記録した。

## 6 - 2 被験者

実験2に参加した被験者のうち、会話条件下で左右の視線がより交差する被験者1名(被験者番号4)と、左右視線のずれが広がる(開散方向にずれる)被験者の2名(被験者番号6、および12)を対象に、個人固有の眼位に関する追跡調査を実施した。

## 6 - 3 結果と考察

Fig.10は、実験2における対象被験者3名の左右注視点ずれについて、水平方向角度のみを抽出した際の平均値(各条件とも12分間)を示す。なお、マイナス方向は左右視線の交差、プラス方向は左右視線の開散を表しており、図から被験者4のみがマイナス方向であることがわかる。また、全被験者ともコントロール条件と比較して会話条件でのずれ角度増大が認められる。

Fig.11にプリズムカバーテストの結果を示す。Fig.10と同様に、被験者4のみがマイナス方向であり、他の2名はプラス方向となっており、同じ傾向であることがわかる。このことから、会話課題遂行時に観察された左右注視点ずれは、個人固有の眼筋バランスにおける眼位と関係している可能性が高い。

プリズムカバーテストによって測定された個人固有の眼位は、片眼を遮蔽して融像を妨げた際のみ生じる眼位ずれ(斜位)である。実験1および実験2の会話条件においては、両眼ともに開眼状態であるにもかかわらず、観察された左右注視点ずれは個人固有の眼位に近い値であったことが示された。これは、電話会話に伴う心的負荷によって、少なくとも一方の眼から入力される視覚情報の処理能力が低下して網膜像の融像が阻害され、個人固有の眼位である斜位が現れたものと考えられる。

## 7 . まとめと今後の課題

本研究では、携帯電話会話が運転に及ぼす影響の評価指標として、従来から広く用いられている反応時間に加え、両眼注視点計測手法を用いてその適用可能性について検討した。

模擬運転状況を用いた二つの室内実験を行った結果、心的負荷を伴う会話課題を行うことによって左右両眼の注視点にずれが生じると同時に、LEDに対する反応時間が遅延することがわかった。特に実験2では、暗算条件と比較して主観的な負担が低い会話条件においても、実験1と同様な結果(注視点ギャップ増大と反応時間遅延)が得られた。これは、注視点ギャップの増大から推察される視覚情報処理能力の低下により、反応時間が遅延していると考えられる。さらに、予備的に実施した追跡調査により、実験で観察された左右注視点ずれと個人固有の眼位との関連性が見出され、電話会話に伴う心的負荷によって視覚情報の処理能力が低下し、片眼遮蔽時に現れる個人固有の眼位(斜位)に近づく現象である可能性が示された。

以上から、左右注視点ずれが生じている状況下では、左右網膜像の融像による両眼の協調運動に必要な視覚情報処理が十分に行われておらず、運転者は漫然と前方を視認していることが推察される。このような視認行動は、安全運転に係わる事象(例:先行車ブレーキランプ点灯や減速)の検知パフォーマンスに直接影響していると考えられる。従来、電話会話が運転に及ぼす影響の評価においては、「どこを見ているのか」という注視範囲・視線方向分布の検討が中心であった<sup>6,7)</sup>。これに対し、左右注視点のずれをモニタすることにより、「事象検知に係わる視覚情報がどの程度有効に入力・処理されているのか」といった、運転者の注意状態を直接的に評価できる可能性が示された。

今後の課題としては、今回の両眼注視点計測によって観察された現象が、屋内での簡易シミュレータという実験場面に依存するか否かの検証が必要である。また、携帯電話会話のみならず、車載機器の音声操作時における前方注意度評価等への適用可能性についても、さらに検討を進める予定である。

## 参考文献

- 1) Briem, V. & Hedman, L. R.: Behavioural effects of mobile telephone use during simulated driving. *Ergonomics*, 38(12), pp 2536-2562, 1995
- 2) Brookhuis, K. A., De Vries, G., & De Waard, D.: The effects of mobile telephoning on driving performance. *Accident Analysis & Prevention*, 23, pp 309-316, 1991



- 3) Consiglio, W., Driscoll, P., Witte, M. & Berg, W. P.: Effect of cellular telephone conversations and other potential interference on reaction time in a braking response. *Accident Analysis & Prevention*, 35(4), pp 495-500, 2003
- 4) Cooper, P. J., Zheng, Y., Richard, C., Vavrik, J., Heinrichs, B. & Siegmund, G.: The impact of hands free message reception/response on driving task performance. *Accident Analysis & Prevention*, 35(1), pp 23-35, 2003
- 5) Strayer, D. L. & Johnston, W. A.: Driven to distraction: Dual task studies of simulated driving and conversing on a cellular phone. *Psychological Science*, 12, pp 462-466, 2001
- 6) Harbluk, J. L., Noy, Y. I., & Eizenman, M.: The impact of cognitive distraction on driver visual behavior and vehicle control. *Transport Canada TP # 13889E*, pp. 1-26, 2002
- 7) Recarte, M. A., Nunes, L. M.: Effects of verbal and spatial imagery task on eye fixations while driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 6, pp 31-43, 2000
- 8) Strayer, D. L., Drews, F. A., & Johnson, W. A.: Cell Phone Induced Perceptual Impairments During Simulated Driving. *Journal of Experimental Psychology*, 9(1), pp 23-32, 2003
- 9) 竹田真理子「問題解決時の精神活動が眼球運動に及ぼす影響」『人間工学』Vol. 12、No. 5、pp. 175-181、1976年
- 10) Gronwall, D. M. A.: Paced auditory serial addition task: A measure of recovery from concussion. *Perceptual and Motor Skills*, 44, pp. 367-373, 1977