ドライバの視聴覚認知に伴う負担度評価†

大 桑 政 幸*・江 部 和 俊*

稲 垣 大*・土 居 俊 一*

Evaluation of Driver's Mental Workload due to Visual and Auditory Cognition†

Masayuki OKUWA*, Kazutoshi EBE*,
Hazime INAGAKI* and Shun'ichi DOI*

With the progress of Intelligent Transport Systems (ITS), driver's mental workload caused by the visual and auditory cognition has recently increased with the rapid spread of car navigation systems and other in-vehicle information devices. Under such circumstances, the accurate evaluation of the workload is important in order to develop in-vehicle information devices that do not menace the safety. In this paper, we present a basic idea to estimate the workload based on the driver's cognition, and show some experimental results for the estimation. The experimental data provide subjective and behavioral aspects of the workload, and clarify the quantification measure of the workload.

Key Words: mental workload, interface evaluation, driver's reaction, ITS, ergonomics

1. はじめに

近年、カーナビゲーションシステム（以下、カーナビ）に代表される車載情報機器の普及が目覚ましく、VICS（道路交通情報通信システム）サービスやITS（高度道路交通システム）事業の推進など、自動車を取り巻く環境はカーマルチメディア時代へと進んでいる。また、主にカーナビを対象とした安全性ガイドライン策定などの取り組みが行われ、安全な自動車の運行を妨げないドライバの視認時間や視認回数から、ガイドライン基準が決められている¹⁾。

一方最近では、音声認識技術を応用した音声操作機能がカーナビに取り入れられている。音声操作に関しては視線移動を伴わないため、手で操作するよりも安全であると考えられているが、操作機能の拡大によるドライバへの認知的負荷の増大による安全性への影響が問題となる。関連研究として、自動車運転中のハンズフリー電話での会話による運転行動への影響が調べられている。例えば、ブレーキ反応時間の遅れや車両制御特性の劣化などが報告されている^{2)~5)}。しかし、音声操作を含めた車載情報機器を対象とした安全性評価法は、未だ確立されていない。

我々はこのような背景から、車載情報機器の安全性をド

ライバの精神的負担度（Mental Workload）の問題として捉え⁶⁾、ドライバの情報処理能力・注意特性に着目した観点で、安全基準・許容範囲を求める必要があると考えている^{7)~10)}。

ドライバの運転行動を考えると、車両の運転操作を主とし、他車両や道路環境など視野周辺への注意や対応を行いながら、車載情報機器を操作するという、異なる種類の作業を同時に行わなければならない。運転走行場面と視覚的注意の関係については、三浦^{11),12)}の有効視野の研究がある。有効視野の広さは、走行場面の複雑さに影響を受け、限界ある注意リソースの配分から、処理の深さ（検出反応時間）とのトレードオフの関係を見出している。

本研究の目的は、ドライバの視聴覚情報の認知に伴う精神的負担度評価法の開発であり、本稿では、有効視野の考えに基づき、ドライバの視覚及び聴覚情報処理に伴う影響に関し、運転行動と視覚的注意の関係から検討を行った。先ず実験1で、実際のカーナビ操作タスクとして、手操作と音声操作による目的地設定を対象に、我々の考え方による負担度評価の可能性を確認し、続いて実験2では、従来の視認行動を中心とする考えでは評価困難な思考負荷のドライバへの影響を取り上げる。

2. 実験装置

ドライバの運転行動を考えると、車両の運転操作を主とし、他車両や交差点など視野周辺への注意や対応を行いながら、車載機器を操作するという異なる種類の作業を同時に行わなければならない。そこで、我々は、自動車の運転を情報認知の観点から捉え、Rasmussen¹³⁾の情報処理モデルを参考

† ヒューマンインタフェースシンポジウム'99で発表（1999.10）

* （株）豊田中央研究所 感性・人間行動部 人間行動研究室

* Human Behavior Lab., Human Factors Div., Toyota Central R&D Labs., Inc.

（Received April 27, 2000）

（Revised September 18, 2000）

に、Fig. 1 のようにモデル化した。

実験ではこのモデルを基に、自動車の運転を運転操作と周辺認知から成る模擬運転タスクと情報機器操作タスクに分解して捉えた簡易ドライビング・シミュレータを用いた。実験装置の概略を Fig. 2 に示す。

Fig. 1 Modeling of car driving

Fig. 2 Schema of experimental system

模擬運転タスクとして以下の2つの作業を設定した。

- (1) 主運転タスク：Fig. 3 に示すように、被験者の前方 3 m のモニタに提示される線軌跡に沿ってパドル（矩形図）をステアリングホイール操作によって追従させる1次元トラッキングタスクとした。線軌跡は横（ x -）方向にゆらぐ複数の正弦波を合成し作成した。表示範囲は視角で横方向 2.9° 、縦方向 3.8° とし、パドルのサイズは、低負荷条件で横 $2.6^\circ \times$ 縦 0.6° とし、高負荷条件で横 $1.3^\circ \times$ 縦 0.6° と横幅を変えた。
- (2) 周辺認知タスク：被験者からの視距離 3 m の左右 20° 、 50° 、 70° の位置に赤色 LED ランプを配置した。被験者には、ランダムな LED ランプ点灯による光刺激に対し、ステアリングホイールに設置のスイッチによりすばやく反応させた。点灯間隔は 3 秒～8 秒で、点灯時間は被験者の反応までとした。

3. 実験1：音声操作と手操作の負担度比較

3.1 実験方法

前章の考えに基づいた情報処理の観点から、車載情報機器操作に関連する「音声操作」と「手操作」がドライバに及ぼす精神的負担度を比較するため、27 歳～44 歳の男性被験者 8 名について、簡易ドライビング・シミュレータで実験を行っ

Fig. 3 Schema of tracking task

た。実験は、模擬運転タスクと同時に以下に示す機器操作タスクを行う多重課題で行った。

3.1.1 機器操作タスク

ここでは、思考負荷の影響は小さくし、機器操作時に伴う前方より車載機器への視線移動（注意の切替）による影響を調べるため、以下に示す2種類のタスクを設定した。

「音声操作タスク」：カラー液晶ディスプレイとパソコンでの合成音声提示による擬似カーナビを用いた。この擬似カーナビは、実験者が応答操作を行い、見かけの音声認識率は 100 % とした。音声操作タスクでは、既知の電話番号入力による目的地設定を行った。被験者は、10 桁からなる同一番号による設定を「市外局番」「市内局番」「番号」の順に音声提示に従い、繰り返し入力した。

「手操作タスク」：手操作評価には、タッチパネル入力の車載用カーナビを用いた。入力画面の中心位置は実車での設置位置とした。被験者の注視前方から左 33.7° で左下約 70cm の視距離であった。手操作タスクでは、音声操作タスクと同一の電話番号入力によるカーナビでの目的地設定を行った。被験者は、同一番号による設定を「市外局番」「市内局番」「番号」の順に、繰り返し入力した。

3.1.2 実験条件

実験は、主運転タスクを低負荷（Light）条件と高負荷（Heavy）条件の2水準と以下の4条件を組み合わせた8条件で行った。

- 主運転（Tracking）条件：主運転タスクとしてのトラッキングタスクのみを行った。
- 機器操作無（None）条件：主運転タスクと同時に周辺認知タスクを行った。
- 音声操作（Voice）条件：上記の None 条件に加え、同時に音声操作タスクを行った。
- 手操作（Touch）条件：上記の None 条件に加え、同時に手操作タスクを行った。

3.1.3 評価指標

- 主観的評価：メンタルワークロードの主観的評価法として、日本語版 NASA-TLX（以下 TLX とする）を用いた^{6), 14)}。各条件の実験終了後、6つの尺度項目評価と各項目の一対比較を実験タスク全体に関して評定させた。最後に TLX 評価点として、各評定値を重み付け係数により加重平均して AWWL（Adaptive Weighted Workload）を

算出した¹⁴⁾。

●主運転タスクの成績：提示される軌跡とパドル中心の横方向ずれ量 (Δx) の2乗平均和 (RMS, 単位:dot) をトラッキングエラーとして次式により求めた。但し, N は、総サンプル数。

$$\text{Tracking Error} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\Delta x_i)^2} \quad (1)$$

●周辺認知タスクの成績：光刺激提示に対する反応時間を計測し、実験終了後に各刺激位置に対する反応別に分けて解析した。

●情報機器操作タスクの成績：各実験ステージ内に完了した目的地設定の設定回数を計測した。

3.1.4 手続き

情報機器操作の慣れに対する順序効果を相殺するため4つのグループに分けて実験を行った。実験前に、主運転タスクを最優先で行うよう教示した。機器操作タスクに関して、音声操作タスクではシステムの音声提示にしたがって応答し、手操作タスクでは自分のペースでなるべく多く入力するよう教示した。各条件での実験ステージは約6分間で、被験者には、各条件の実験終了後にTLXによる評価を行わせた。

3.2 結果

3.2.1 NASA-TLX の結果

Fig. 4 は、TLX の結果で全被験者の平均値と標準偏差を示したものである。分散分析の結果、主運転タスク負荷条件間で比較して、負荷条件の効果は有意であった ($F(1, 56) = 8.30, p < .01$)。また、機器操作条件の効果も有意であった ($F(3, 56) = 18.03, p < .01$)。交互作用は有意でなかった。機器操作条件での多重比較の結果、None 条件と Voice 条件の間の差は有意でなかったが、その他の条件間の差はすべて有意であった (5%水準)。この結果、主運転タスク負荷設定 (Light 条件と Heavy 条件) の主観的負担度に差があることが確認できた。

Fig. 4 AWWL score of NASA-TLX (Mean+SD)

3.2.2 主運転タスクの結果

主運転タスクの成績であるトラッキングエラーの結果とし

て、全被験者の平均値と標準偏差を Fig. 5 に示した。分散分析の結果、主運転タスク負荷条件間で比較して、負荷条件の効果は有意であった ($F(1, 56) = 12.33, p < .01$)。また、機器操作条件の効果も有意であった ($F(3, 56) = 28.86, p < .01$)。交互作用は有意でなかった。機器操作条件での多重比較の結果、None 条件と Touch 条件の間および Voice 条件と Touch 条件の間の差は有意であった (5%水準)。

すなわち主運転タスクに関しては、周辺認知タスク及び音声操作タスクによるトラッキングエラーへの影響はほとんど無いと言える。

Fig. 5 Results of tracking error (Mean+SD)

3.2.3 周辺認知タスクに対する反応時間

周辺光刺激に対する反応時間データの度数分布から、データ分布が正規分布から歪んだL字型分布であった。そこで分布の正規化のため、データを対数変換¹⁵⁾した後、統計解析を行った。Fig. 6 は、同一個所に光刺激20回の提示に対する、Light 条件及び Heavy 条件での全被験者の平均反応時間と標準偏差を示したものである。分散分析の結果、20°の位置での機器操作条件の効果は有意であった ($F(2, 42) = 22.33, p < .01$)。同様に、50°の位置 ($F(2, 42) = 41.29, p < .01$) および、70°の位置での機器操作条件の効果は有意であった ($F(2, 42) = 20.38, p < .01$)。交互作用は有意でなかった。機器操作条件での多重比較の結果、全ての光刺激位置において、None 条件と Voice 条件の間および None 条件と Touch 条件の間の差は有意であった (5%水準)。また、50°と70°の位置においては、Voice 条件と Touch 条件の間の差も有意であった (5%水準)。

3.2.4 機器操作タスクの結果

Table 1 に機器操作タスクの結果を示す。ここでは、任意時間での全被験者の平均目的地設定回数と標準偏差を示した。この結果、Voice 条件では音声指示で制御されるため、全被験者で主運転タスク負荷条件によらず一定であった。一方、Touch 条件では被験者の戦略に依存し、Heavy 条件では Light 条件時に比べ、設定入力を控えていることが分かった。

Fig. 6 Mean reaction time as a function of stimulus eccentricity, experimental condition

Table 1 Results of operation task
(The mean number of operations $\pm$ SD)

Task	Voice	Touch
Light Tracking	7.0 ($\pm$ 0.0)	11.3 ($\pm$ 3.9)
Heavy Tracking	7.0 ($\pm$ 0.0)	9.1 ($\pm$ 2.9)

3.3 考察

実験1の結果, Touch条件での機器操作により, 主運転タスクと周辺認知タスクの双方の成績が影響されることがあきらかとなった. またトラッキングエラーと周辺認知タスクでの反応時間の増加から, 手操作に対する音声操作の優位性とモデル実験の妥当性が確認できた.

次に主運転タスク負荷条件の効果に関しては, TLX, トラッキングエラー, Voice条件での反応時間において有意であったが, Touch条件では有意で無かった. 負荷の高いHeavy条件でかつ主観的負担度の大きいTouch条件では, 被験者が各自のストラテジーにより操作回数を制限して負荷を調整していたと考えられる.

4. 実験2: 思考負荷の模擬運転タスクへの影響

4.1 実験方法

車載情報機器に関連するドライバへの思考負荷が及ぼす運転操作及び視覚的注意への影響を検討するため, 27歳~38歳の男性被験者8名について, 簡易ドライビング・シミュレータで実験を行った. 実験は, 模擬運転タスクと同時に以下に示す思考負荷タスクを行う多重課題で行った.

4.1.1 思考負荷タスク

思考負荷タスクとしてリスニングスパンテスト(以下, LSTと略す)を取り上げた¹⁶⁾. LSTは, 言語処理にかかわるワーキングメモリの働きを評価する手法である. LSTでは, 聴覚的に連続提示された短文の意味を理解させながら各文頭の単語(ターゲット語)を記憶させ, 提示終了後, 指示により口頭で再生回答させた. 本実験でLSTは, 1文提示と4文提示の2水準で行った. LSTで用いた提示文は, 新聞記事から

適当な長さ(約5秒程度)の文を選択した. Table 2に文例を示す. ターゲット語は, 名詞, 形容詞, 副詞となるように留意した. 1セットの中ではできるだけ文が相互に意味的関連性を持たないように配慮し, ターゲット語も同じセットの中では意味的に関連しないようにした. 提示文は, 日本語読み上げソフトウェア(富士通, おしゃべりメイト ver.3)によりWAVEファイルで作成, 録音した後, スピーカにより提示した. 文と文の間には若干の間を入れて, 文章の先頭と終了が明瞭に聴き取れるように作成した.

Table 2 Sample sentences of the Japanese listening span test

LST 4

母親から胎児に移行するダイオキシン類は微量だと考えられていた.

県警の捜査本部は, この男を未成年略取の容疑で緊急逮捕. 反応で飛び出す中性子は, 材料試験装置に利用できそうだという.

日本人にとって, 満開の桜との対面は, 恒例の春のあいさつである.

4.1.2 実験条件

実験条件は, 以下の4条件を設定した.

- 主運転(Tracking)条件: 主運転タスクとして, 低負荷(Light)条件のトラッキングタスクのみを行った.
- 思考負荷無し(None)条件: 以下の思考負荷条件と比較するため, 主運転タスクと同時に周辺認知タスクを行った.
- 低負荷思考(LST1)条件: None条件のタスクと同時に1文提示のLSTを繰返し行った.
- 高負荷思考(LST4)条件: None条件のタスクと同時に4文提示のLSTを繰返し行った.

4.1.3 評価指標

- 主観的評価: TLXの評価点として, AWWLを求めた.
- 主運転タスクの成績: 提示される線軌跡とターゲット中心の横方向ずれ量の二乗平均平方根(RMS)をトラッキングエラーとして求めた.
- 周辺認知タスクの成績: 光刺激提示に対する反応時間を計測した. 実験終了後に各刺激位置に対する反応を分けて解析した.
- LSTの成績: LST1条件とLST4条件の実験において完全再生できたセット数の割合を, 達成率として求めた.

4.1.4 手続き

被験者には, 実験に関する説明を行った後, 練習用LSTの試行を慣れるまで行わせた. 実験前に, 主運転タスクを最優先で行うよう教示した. 試行は被験者ごとに実験条件の順序を入替えバランスをとった. Tracking条件, None条件を先ず行い, LST1条件またはLST4条件を行った後, 休憩を取り, 逆の順序で後半を行った. また, 被験者ごとにLST1条件とLST4条件の順序を入替えバランスをとった. なお, 休憩を挟んだ実験スケジュールの前後半において, LST1条件とLST4条件における提示文は, それぞれ同一短文を用いたが提示セットの組合せを変えた. 各条件での実験ステージは

約6分間で、被験者には、各条件の実験終了後にTLXによる評価を行わせ、LST1条件とLST4条件では、更に提示文を注意して聴いていたかの再認テストを行わせた。

4.2 結果

4.2.1 NASA-TLXの結果

Fig. 7にTLXの結果を示す。全被験者のAWWL平均値と標準偏差を示したものである。分散分析の結果、思考負荷条件の効果は有意であった($F(3, 28) = 15.60, p < .01$)。多重比較の結果、None条件とLST4条件の間、LST1条件とLST4条件の間の差は有意であった(5%水準)。この結果、思考負荷設定としてLST1条件とLST4条件の主観的負担度に差があることが確認できた。

Fig. 7 AWWL score of NASA-TLX (Mean+SD)

4.2.2 主運転タスクの結果

主運転タスクの成績であるトラッキングエラーの結果として、全被験者の平均値と標準偏差をFig. 8に示した。トラッキングエラーに関する分散分析の結果、全ての条件間で有意差は無かった。つまり被験者は、教示通り主運転タスクを最優先タスクとして行い、思考負荷の影響が小さいことが確認できた。

Fig. 8 Results of tracking error (Mean+SD)

4.2.3 周辺認知タスクに対する反応時間

同一個所に20回の光刺激に対する全被験者の反応時間計測結果を、各実験条件での光刺激提示位置別にまとめ、統計

解析を行った。分散分析の結果、思考負荷条件の効果は有意であった($F(2, 63) = 12.28, p < .01$)。また、光刺激位置条件の効果は有意でなかった。多重比較の結果、LST1条件とLST4条件の間の差は有意でなかったが、その他の条件間での差はすべて有意であった(5%水準)。

さらに計測された反応時間の結果について、ビデオ録画した被験者の発話記録と光刺激提示記録より、記憶処理(Store)過程と発話回答(Recall)過程に分けて集計した。Fig. 9に、各実験条件における集計結果を示した。ただしNone条件については全ての反応の平均値を示した。

Store過程では、分散分析の結果、思考負荷条件の効果は有意であった($F(2, 63) = 9.86, p < .01$)。また、光刺激位置条件の効果は有意でなかった。多重比較の結果、LST1条件とLST4条件の間の差は有意でなかったが、その他の条件間での差はすべて有意であった(5%水準)。

同様に、Recall過程では、分散分析の結果、思考負荷条件の効果は有意であった($F(2, 63) = 16.99, p < .01$)。また、光刺激位置条件の効果は有意でなかった。多重比較の結果、LST1条件とLST4条件の間の差、およびその他の条件間での差はすべて有意であった(5%水準)。

Fig. 9 Mean reaction time as a function of stimulus eccentricity, experimental condition

4.2.4 思考負荷タスクの結果

Fig. 10に思考負荷タスクとして行った、LSTの結果を示す。ここでは、LST1条件とLST4条件における全被験者の平均正答率と標準偏差を示した。なお、各条件の実験終了後に行った提示文の再認テストにより、全ての被験者が全実験条件で提示文を注意して聴いていたことを確認した。

LST4条件での正答率が5割を越えた被験者については、4文条件をパスしたものととして、それ以外の被験者は3文条件をパスしたとしてリスニングスパン(処理容量)を決定した。全被験者の平均リスニングスパンは、3.63であり、LST4条件は処理容量範囲をやや上回る高負荷な思考タスクであった。

Fig. 10 Results of the Japanese LST (Mean±SD)

4.3 考察

以上の結果から、主運転タスクを最優先させる場合には、思考負荷によるトラッキングエラー（スキルベースの作業）への影響は小さいと言える。よって、Fig. 1 のモデルから考察すると思考負荷による影響は、主に周辺認知タスク、つまり検出反応時間の増加に反映していると考えられる。さらに思考負荷に関わる周辺認知タスクの結果から、検出反応時間の増加は、処理の深さへの注意リソースの配分を反映していると考えられる。一方で、主運転タスク負荷が低めの設定であったため、思考負荷が低い（LST4-Recall 以外）場合には、有効視野の広さに関わる光刺激提示位置に依存する明確な反応時間変化は見られなかった。ところが、思考負荷が大きい（LST4-Recall）場合には、視野周辺での反応時間の増加が顕著にみられた。すなわち、主運転タスク負荷が低い場合でも、思考負荷が大きい場合には有効視野の広さに影響することが示唆された。

また低負荷な思考タスクであっても、思考負荷の無い場合に比べ平均反応時間が有意に長くなる。このことは、保持されている記憶（今回は単語）を再生して発話回答するという行動と光刺激に対して認知後に反応するという行動が、互いに運動プログラムであるために処理効率に影響を及ぼすためと考えられる。さらに、思考タスクの負荷条件による平均反応時間への影響に関しては、Store 過程では有意差が無く、Recall 過程で有意な差となることがわかった。このことは、発話回答と光刺激に対して反応するという運動プログラムの干渉以外に、ワーキングメモリからの情報検索、記憶再生の負荷が、平均反応時間（注意リソースの配分）へ影響するためと考えられる。

5. 負担度評価指標の抽出

有効な負担度評価指標を抽出するため、実験 1 及び実験 2 での行動指標に関する主成分分析を行った。ここで、被験者間の能力差を補正するために、None 条件を基準とし、トラッキングエラーに関しては増加量を求め、反応時間に関しては、20°, 50°, 70°における None 条件からの平均変化率（RT'）を指標とした。また、実験 2 の思考負荷タスクの成績は、実

験 1 での機器操作タスクと同じとみなした。

主成分分析（バリマックス法）の結果を Table 3 にまとめた。この結果、2つの因子を抽出した。このうち、第 1 因子は、反応時間変化率の因子負荷量が大いことから、周辺認知・注意に関わる負担度の変化を表し、寄与率が 50 % を占め、負担度到大きく影響するといえる。一方の第 2 因子は、トラッキングエラー変化及び機器操作タスク成績の因子負荷量が大いことから、運転操作に関わる負担度の変化を表していると考えられる。また、機器操作タスクとトラッキングエラーの関係については、トラッキングタスクの負荷が高い場合、被験者は機器操作を控えて対応することが、実験 1 での結果で明らかとなっている。

Table 3 Results of Principal Component Analysis

Evaluation index	Factor 1	Factor 2
Tracking error	0.301	0.767
RT' 20deg	0.438	0.589
RT' 50deg	0.936	0.070
RT' 70deg	0.852	0.271
Mean of operations	-0.026	0.921
Eigen value	2.634	1.112
Accumulated	52.7%	74.9%

次にこの結果より、第 1 因子で最も因子負荷量の大きい 50°での反応時間変化率と第 2 因子のトラッキングエラー変化を負担度指標として抽出した。そして実験 1 及び実験 2 における各条件での全被験者の平均値を基に、2 因子間の関係を負担度マップとして Fig. 11 にまとめた。

Fig. 11 Mental workload evaluation map

Fig. 11 の負担度マップでは、原点に近いほど負担度が小さいといえる。具体的には、単純な音声コマンド相当の発話処理（Light/Voice）に対し、複雑な思考負荷を伴う発話処理（LST4-Recall）は、注意リソースの消費に大きく影響すると考えられる。このことは、ワーキングメモリと注意制御との関わりからも説明される¹⁷⁾。以上の結果より、従来の視認行動による考えでは評価困難な視聴覚情報の認知に伴うドライバの精神的負担度評価が可能であることが示された。

6. ま と め

モデル実験により、車載情報機器に関連するドライバへの思考負荷が及ぼす運転操作及び視覚的注意への影響を調べた結果、以下のことが明らかとなった。

実験1では、実際のカーナビ操作を模した音声操作と手操作の負担度比較を検討し、モデル実験の妥当性と音声操作の優位性を確認した。

実験2では、従来の視認行動による考えでは評価困難な思考負荷の影響について検討を行い、視野周辺認知における反応時間から負担度評価が可能であることを示した。また特に、発話処理過程の負担度が大きいことが分かった。

以上の結果より、トラッキングエラーと周辺認知タスクの反応時間による負担度評価法に基づく負担度マップを提案した。

ここでは、思考負荷や機器操作負荷と光刺激に対する周辺認知タスクについて議論したが、ドライバに課せられた情報処理という点では、それぞれ、車載機器の音声コマンドの発話と前車のブレーキランプの点灯や歩行者の飛び出しに対する反応などに直接関わるものと考えられる。ここで提案した評価法が、ドライバの本質的な運転操作負担度のみならず、周辺認知・注意に関わる精神的負担度を定量的に評価する上での有効な指標になると考えられる。

最後に、今回の被験者は、カーナビの一般ユーザを想定し、20才代から40才代の被験者を選び、精神的負担度の比較を行ったが、カーナビ等の情報機器操作に対する慣れなどドライバの個人差による影響、また高齢ドライバについての検討などは、今後の課題であると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 伊藤, 美記, 窪田: 車載情報機器の安全性向上に対する自工会の取り組み, シンポジウム「携帯電話の利便性と人間工学」資料集, 29/32 (1998)
- 2) I. D. Brown, et al.: Interference between cocurrent tasks of driving and telephoning, J. Appl. Psychol., **53**-5, 419/424 (1969)
- 3) K. A. Brookhuis, G. De Vries and D. De Waard: The effects of mobile telephoning on driving performance, Accid. Anal. Prev., **23**-4, 309/316 (1991)
- 4) H. Alm and L. Nilsson: Effects of mobile telephone task on driver behaviour in a car following situation, Accid. Anal. Prev., **27**-5, 707/715 (1995)
- 5) 飯田, 伊藤: 自動車運転時における視覚特性への思考負荷の影響—眼球運動と反応時間による検証—, 交通科学, **28**-1, 60/65 (1998)
- 6) 長澤有恒: メンタルワークロード (MWL) に関する雑感, 人間工学, **29**-6, 336/338 (1993)
- 7) 大桑, 稲垣: 脳内血流計測による視聴覚認知の負担度評価, 第13回生体・生理工学シンポジウム講演論文集, 225/228 (1998)
- 8) 江部, 稲垣: 誘発電位を用いた運転中の携帯電話負荷の評価, シンポジウム「携帯電話の利便性と人間工学」資料集, 73/78 (1998)
- 9) 江部, 大桑, 稲垣: ドライバの視聴覚認知に伴う負担度評価, 豊田中央研究所 R&D レビュー, **34**-3, 55/62 (1999)
- 10) 大桑, 江部, 稲垣, 土居: ドライバの視聴覚認知に伴う負担

度評価, ヒューマンインタフェースシンポジウム'99 論文集, 313/318 (1999)

- 11) T. Miura: 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, (1986)
- 12) 三浦利章: 行動と視覚的注意, 風間書房 (1996)
- 13) J. Rasmussen: Skill, rules, and knowledge, signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models, Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, **SMC**-13-3, 257/266 (1983)
- 14) 三宅, 神代: メンタルワークロードの主観的評価法—NASA-TLX と SWAT の紹介および簡便法の提案, 人間工学, **29**-6, 399/408 (1993)
- 15) 森, 吉田: 心理学のためのデータ解析テクニカルブック, 北大路書房 (1990)
- 16) 荻阪満里子: ワーキングメモリの認知神経心理学的研究, 風間書房 (1994)
- 17) 例えば, M.I. Posner and M.E. Raichle: 脳を観る, 日経サイエンス社 (1998)

[著 者 紹 介]

大 桑 政 幸 (正会員)

1989年静岡大学工学部電気工学科卒業。91年同大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年、(株)豊田中央研究所に入社、車両用センサの研究・開発に従事。現在は、ドライバの運転行動解析、ヒューマンインタフェースに関する研究に従事。日本人間工学会会員。

江 部 和 俊

1985年東京大学工学部精密機械工学科卒業。88年同大学大学院工学系研究科精密機械工学専攻修士課程修了。同年、(株)豊田中央研究所に入社、現在に至る。ドライバの生体計測、ヒューマンインタフェースに関する研究に従事。ヒューマンインタフェース学会、日本ME学会、ライフサポート学会会員、日本人間工学会会員。

稲 垣 大

1963年(株)豊田中央研究所に入社、半導体センサの研究・開発に従事。以降、半導体センサの医用応用、医学応用を経て、現在、人間工学、福祉工学の一線で活躍中。78年医用センサの開発で科学技術長官賞受賞。2000年運転疲労解析で自動車技術会論文賞受賞。自動車技術会会員。

土 居 俊 一 (正会員)

1970年名古屋工業大学工学部機械工学科卒業。72年同大学大学院工学研究科機械工学専攻修士課程修了。同年、(株)豊田中央研究所に入社、現在、同社感性人間行動部副部長。車両運動・予防安全および人間機械系解析分野の研究に従事。85年IR100選入賞、93年計測自動制御学会技術賞武田賞受賞。日本機械学会、自動車技術会会員、工学博士。