

ドライバの視聴覚認知に伴う負担度評価

江部和俊，大桑政幸，稲垣大

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

Kazutoshi Ebe, Masayuki Okuwa, Hazime Inagaki

要 旨

近年，カーナビゲーションシステムをはじめとする車載情報機器が普及し，今後ITS（高度道路交通システム）の進展に伴い，ドライバの視聴覚認知に伴う負担は増加の傾向にある。こうしたドライバの認知負担を正しく評価し，安全性を損なわない車載情報機器を開発することが重要な課題となっている。

本報告では，ドライバの視聴覚認知に伴う負担度評価について，基本的な考え方を示すと共に，その考えをもとに構築したモデル実験装置による実験の結果を報告する。実験では，心理・行動・生理の3側面から総合的な評価を行い，ドライバの認知負担度を定量的にとらえ得ることを明らかにした。特に，事象関連電位や脳内血流を評価に適用することにより，より直接的に認知や注意の問題に迫り得ることを示した。

Abstract

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 and with the progress of Intelligent Transport Systems (ITS). 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, behavioral and physiological aspects of the workload, and clarify the quantification measure of the workload. Especially, we emphasize that event-related potentials and monitoring cerebral blood circulation are the most important evaluation indices to directly interpret the issues of driver's cognitive process and attention.

キーワード

メンタルワークロード，インターフェース評価，車載情報機器，ITS，人間工学

1. はじめに

ドライバは信号や道路標識，周りの他車や歩行者など時々刻々変化する周辺状況を知覚・認知・判断しながら自動車を運転する。この流れのどこかにミスが生じると，交通事故を引き起こす危険性がある。更に近年，カーナビゲーションシステム（以下カーナビ）や携帯電話^{脚注）}などの車載情報

機器が普及し，今後ITS（高度道路交通システム）の進展に伴い，ドライバの視聴覚認知に伴う負担は増加の傾向にある。

ドライバや同乗者の利便性や快適性を考えると

^{脚注）} 携帯電話：本来，携帯電話は車載機器ではなく，特に走行中の使用は安全性の面から避けられるべきものであるが，本論文では，走行中使用することの問題を扱うことから，携帯電話を車載情報機器としてとらえる。

き、これら車載情報機器の果たす役割は大きい、一方で、ドライバに過度の負荷を課し、安全性を損ねる恐れも否定できない。我々は、車載情報機器がもつこうしたマイナス面を少しでも少なくし、予防安全に貢献するためには、車載情報機器はどうあるべきかという課題に対し研究を行ってきた。

本報告では、「ドライバの視聴覚認知に伴う負担度評価」について、我々の基本的な考え方を示すと共に、その考えをもとに構築したモデル実験装置による実験の結果を報告する。

2. 運転タスクのモデル化

2.1 負担と疲労の関係

ISO (国際標準化機構) 規格 10075:1991 (精神的作業負荷に関する人間工学の原則) の中で、メンタルワークロード (精神的作業負荷) は「精神的負荷」と「精神的負担」に分けてとらえられている¹⁾。そして、「精神的負荷」は「外部から人間に対して及ぼし、かつ精神的に作用する評価可能な影響の全体」と定義され、「精神的負担」は「精神的負荷によって個人の内部に直ちに起こる影響であって、各人の対処様式を含み、個人の習慣及びその時の条件に依存するもの」と定義されている。

自動車の運転におけるメンタルワークロードに関して考えると、信号 / 標識や他車、歩行者等を含む道路環境や車内の情報機器からの様々な刺激 / 情報が負荷となり、ドライバに認知上の負担を及ぼすと考えられる。

さらに、この精神的負担が蓄積されることによって、「精神疲労」や「疲労様状態」が起こると考えられる。いわゆる「疲れの少ない車」を開発するためには、「乗り心地」など身体面での研究も重要であるが、ドライバの視聴覚認知による負担を低減することによって、予防安全に寄与すると共に、疲労低減にも貢献できると考えている。

2.2 基本的考え方と実験装置²⁻⁴⁾

ドライバは、車両の「運転操作」だけでなく、交通信号や交差点など道路状況への注意や対応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。さらに、携帯電話やカーナビなどの車載情報機器が用いられた場合、単一作業に比べてエラ

ーを起こしやすくなる。その原因の一つとして、注意力の配分や注意力そのもの (情報処理資源) の不足による情報認知の誤りが考えられる。

そこで、Rasmussenの情報処理モデル⁵⁾を参考に、自動車の運転を情報認知の観点からとらえ、モデル化した (Fig. 1)。すなわち、自動車の運転を以下の3つの課題 (タスク) に分解してとらえ、実験装置を構築した。実験装置の概略図を Fig. 2 に示す。

【主運転タスク】

主運転タスクは、車を滑らかに動かすという意図のもとに習熟し、脳内での情報処理がほぼ自動化された行動であり、意識的な制御を伴わずに行われるので、「スキルベース」の作業と考えられる。実験装置では、被験者の前方3mの位置に置かれたモニタに表示されるターゲットを指示コースに沿ってステアリング操作で追従させるトラッキングタスクとした。

【前方認知タスク】

前方認知タスクは、特定の情報を能動的に得よ

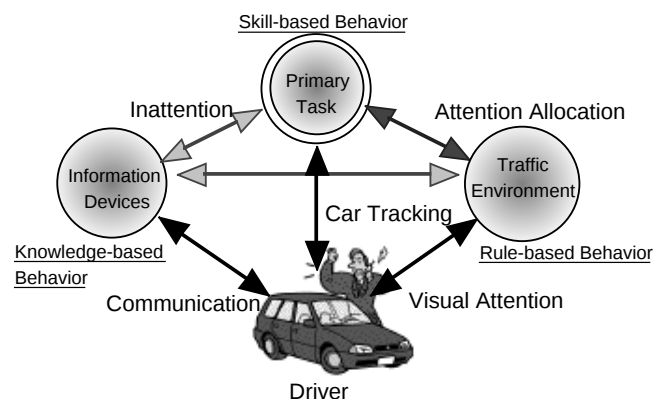


Fig. 1 Modeling of car driving.

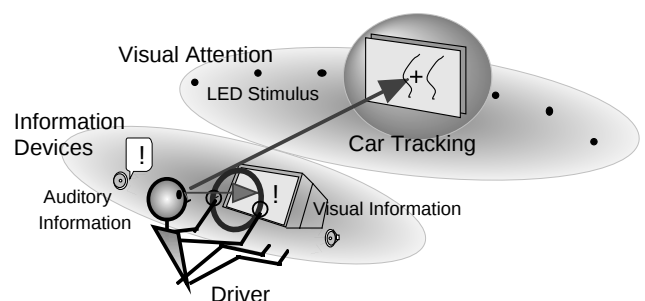


Fig. 2 Schema of experimental system.

うとする作業であり、注意をあるルールに基づいて意識的に制御しているので、「ルールベース」の作業と考えられる。実験装置では、被験者の前方周辺に配置された光刺激の点灯に対する単純反応課題や点灯／点滅弁別課題という空間的視覚認知タスクとした。

【車載情報処理タスク】

携帯電話での聴取／思考／発話やカーナビでの地図の読み取りなどは、いずれも「知識ベース」の作業と考えられる。実験では、実際の携帯電話やカーナビを用いた模擬情報処理タスクを設定した。

3．負担度の評価指標

一般に、メンタルワークロードをとらえるためには、心理・行動・生理の3側面からの測定評価が必要であるといわれている⁶⁾。

我々は、ドライバの視聴覚認知に伴う負担度を評価するために、具体的にいかなる指標が有効であるか検討を行った結果、以下の指標を選択した。

3．1 心理指標

産業疲労の指標として、我が国には、「疲労自觉症状調べ」⁷⁾や「蓄積的疲労徴候調査」⁸⁾などがあるが、これらは、メンタルワークロードを対象としたものではない。一方、アメリカでは、NASAや空軍が中心となり、主にパイロットのメンタルワークロードの評価を目的としていくつかの心理指標が開発されてきた。

現在よく使われている指標には、NASA-TLX (Task Load Index)⁹⁾、SWAT (Subjective Workload Assessment Technique)¹⁰⁾、MCH (Modified Cooper-Harper) scale¹¹⁾などがあるが、適用の簡便さから、NASA-TLXを用いることとし、適宜変更を加え、使いやすいものとした。

NASA-TLXは、6つの尺度項目（精神的要求、身体的要求、時間的圧迫感、作業達成度、努力、不満）に対する評価点をもとに、個人ごとに項目間の対比較から算出された重みづけ係数を用い1つの総合評価値 (WWL: Weighted Workload) を求める評価法である。

我々は、予め三宅らの日本語訳¹²⁾を用いて自動車運転への適用性を確認し、総合評価値としてAWWL (Adaptive WWL) を用いた。

3．2 行動指標

ドライバの認知負担度を評価する際の行動指標として、「作業成績」「正答率」「反応時間」^{13, 14)}の3つを取り上げる。これらは、どれも被験者の無意識的な行動を評価するものであるが、能力や努力が大きく影響するという欠点がある。従って、被験者間の比較をする際には、計測結果の絶対値ではなく、統制条件での値との相対値を利用するなど、実験課題に応じた工夫を行った。

以下に、我々が用いた指標について概説する。

【作業成績】

本来の自動車の運転では、主運転タスクは無意識的に最優先のタスクとして遂行されるが、モデル実験では、交通事故を起こす心配がないことから、「手抜き（意識的／無意識的に他のタスクを優先すること）」が可能である。そこで、被験者が主運転タスクにどれくらい集中していたか（気を抜かずに行ったか）を評価するために、トラッキングタスクのふらつき量を作業成績として計測した。

【正答率】

被験者の反応の内容から認知負担度を評価しようとする指標であり、前方認知タスクとして光刺激を用いた弁別反応課題を課し、その成績を計測した。ここで計測した成績は、反応すべき刺激に正しく反応したヒット率（正答率）、反応すべき刺激に反応しなかったミス率、反応してはいけない刺激に反応しなかったコレクト・リジェクション率、反応してはいけない刺激に反応したフォールス・アラーム率である。

【反応時間】

反応時間は、心理的な情報処理時間に関連すると考えられており、前方認知タスクである光刺激に対する反応までの時間を計測した。

実験の目的に応じ、光刺激に単純に反応する「単純反応時間」、光刺激の種類によって異なった反応を要求する「選択反応時間」、光刺激の点灯または点滅のみに反応する「弁別反応時間」を計測した。

3．3 生理指標

認知負荷による負担度を評価するための生理指標として、メンタルワークロードを反映するとい

われ，よく用いられている心拍数変動 (HRV: Heart Rate Variability) を計測した。

さらに，認知や注意を直接反映する指標として基礎的／臨床的に研究がなされてきた事象関連電位(ERP: Event-Related Potential) を適用することを試みた。また，非侵襲的に脳の活動状態を調べることができる近赤外光による脳内血流の計測を行った。

以下に各指標について詳述する。

【心拍数変動 (HRV)】

HRVは，自律神経活動と深く関係する指標であり，大きくは，心拍数 (HR: Heart Rate)，呼吸性変動 (RSA: Respiratory Sinus Arrhythmia)，血圧性変動 (MWSA: Mayer Wave Related Sinus Arrhythmia) に分けられる。

RSAは，副交感神経の影響が大きいので，緊張することにより振幅が減少し，リラックスにより振幅が増加する。比較的緊張感の低い時にはRSAが，緊張感の高いときにはHRが，メンタルワークロードをよく反映するといわれている。

一方，MWSAは，交感神経と副交感神経双方の影響を受け，眠気の指標として感度が高いことから，覚醒度モニタとして用いた。

我々は，渥美の方法¹⁵⁾により，RSAとMWSAの計測／解析を行った。

【事象関連電位 (ERP) ^{16), 17)}】

ERPとは，様々な感覚刺激を受けた大腦がその感覚情報を処理し，次の運動へ移行するための過程で中枢神経系に誘発される電位反応をいう。

ERPは，刺激の種類にかかわらず頭皮上ほぼ正中線上で最大電位を示し，特に，潜時（刺激の始まりから波形のピーク出現までの時間）250msec～550msecに現れる正のピークはP300と呼ばれ，刺激の認知や判断に関連するといわれている。我々は，このP300の振幅を指標として用い，ドライバの認知負担度の評価を行った。

計測に際しては，眼球運動やその他の筋活動によるノイズ成分を排除するため，被験者を安静状態に保つことが望ましいとされる。認知負担度の評価を行う場合，被験者に何らかの操作を課すことになるが，不必要な動作を避け，できるだけアプローチファクトが混入しないように被験者に指示し

て実験を行った。

【脳内血流】

人間の高次脳機能解明を目指した無侵襲計測技術として，MEG (Magnetoencephalography) やPET (Positron Emission Tomography)，fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) などが開発され，活発な研究が行われている^{18), 19)}。これらの計測法では，脳神経系の活性化に伴う血行動態から脳局所の活動部位を決定している。

一方で，新たな無侵襲脳機能計測法として，近赤外光 (700～1500nm) を用いた近赤外分光法 (NIRS: Near Infrared Spectroscopy) が提案され，脳機能計測への応用が報告されている^{20), 21)}。

NIRS法は，近赤外光領域におけるヘモグロビン (Hb) 吸収特性を利用して，PETやfMRIでは計測できない酸素化Hb (oxy-Hb) と脱酸素化Hb (deoxy-Hb) の濃度変化を独立に計測できる。

認知負荷やメンタルワークロードとの関係に関してはほとんど検討されていないものの，PETやfMRIに比べ測定空間分解能は低い，機動性が高く，様々な環境で用いることができる特徴を持ち，マクロ的なアプローチには有効な計測法であると考えられる。

そこで我々は，このNIRS法を利用した臨床用の無侵襲酸素モニタを用い，光照射プローブと光検出用電極を被験者の前額部に装着し，視聴覚認知に伴う脳活動を前頭葉を中心に計測を試みた。評価指標として，血中Hb酸素化状態および血流量の相対的变化を求めた²²⁾。

4．車載情報機器の負担度評価への適用実験

4．1 音声操作カーナビの評価

4．1．1 実験の目的

音声操作のように視線移動を伴わない機器操作を対象とした負担度評価を目的に，音声操作を従来の手操作と比較し，ドライバの主観的負担度と視覚的注意との関係を考察する。

4．1．2 実験の方法

被験者（成人男子8名）に，運転模擬課題（トラッキングタスク及び，ランダムに点灯する視野周辺のLEDに対する反応課題）を課すと同時にカーナビ操作課題（音声操作または手操作条件で電話

番号による目的地設定)を以下の4条件で課した。

- 条件1:トラッキングタスクのみ(LD条件)
- 条件2:運転模擬課題で機器操作無(LN条件)
- 条件3:運転模擬課題と音声操作(LV条件)
- 条件4:運転模擬課題と手操作(LE条件)

なお、NASA-TLX、トラッキングタスクの成績、視野周辺(左右20°, 50°, 70°)のLED点灯に対する反応時間を評価指標とした。

4.1.3 結果及び考察

主観的評価であるNASA-TLXでは、被験者に各条件でタスク全体の評価を求めた。全被験者のAWWLの結果をFig. 3に示す。AWWLの結果は、機器操作による負担、音声操作と手操作による負担の違いを顕著に示していると考えられる。

さらにAWWL変化量を目的変数とし、運転模擬課題の成績であるトラッキングタスクの成績及び視野周辺(左右20°, 50°)での反応時間変化率を説明変数として重回帰分析を行った結果、高い相関関係があった。LV条件での回帰分析結果をFig. 4に示す。このように機器操作によるドライバの主観的負担度を運転模擬課題の成績から定量的に評価可能であることが示された。

4.2 カーナビの地図検索タスクの評価

4.2.1 実験の目的

情報機器操作における思考負荷の影響を、NIRS法により検討する。

4.2.2 実験の方法

実験は、液晶モニタに提示されたカーナビの日

本地図の中から、指示された場所(目的地)を探し出す検索課題である。検索する目的地は、被験者自身の「自宅」と「未知の場所」の2つの条件を設定した。被験者(成人男性9名)は、手元のリモコンにより操作する。

評価指標として、NIRS法による被験者の前額部での血中Hb酸素化状態および血流量変動を計測した。

検索課題の前後に閉眼安静状態での計測を行い、基準レベルとした。

4.2.3 結果及び考察

全被験者の各Hb濃度変化の計測結果をもとに、実験課題条件とoxy-Hb濃度変化量の関係をFig. 5にまとめた。ここでは、安静時を基準としたベースラインとの差分値の総和量(面積変化)として

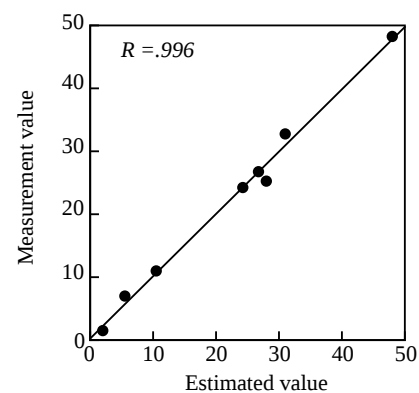


Fig. 4 Results of multipleregression analysis (LV condition).

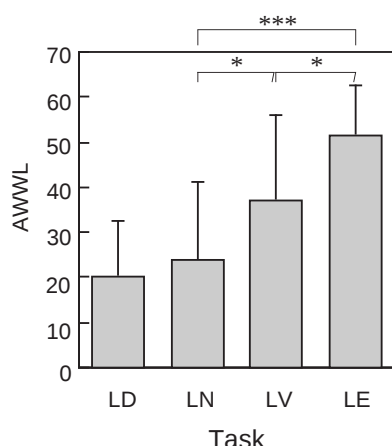


Fig. 3 Results of NASA-TLX; AWWL (mean + SD, *: $p < .05$, ***: $p < .001$).

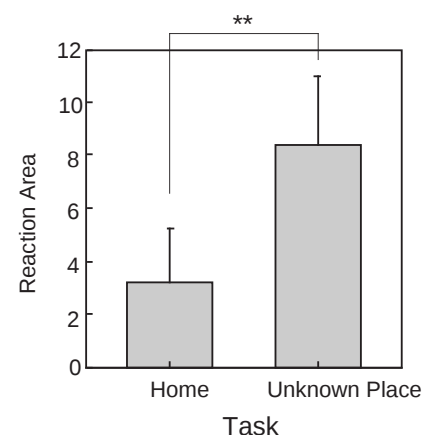


Fig. 5 Relation between reaction area of oxy-Hb and the task (mean + SD, **: $p < .01$).

示した。

この結果から、未知の場所を探す条件において、oxy-Hb濃度変化量に顕著な差がみられ、未知の場所を探す場合に負担度が大きいことが、oxy-Hb濃度量の増加から確認された。

本実験では、前頭葉に相当する部位での血中oxy-Hb濃度変化を蓄積的に計測していると考えられる。これより、前頭葉での記憶探索のような思考負荷に伴う活動を、NIRS法により無意識下で定量的に評価できる可能性が示唆されたことは意義深いといえる。

4.3 携帯電話の評価

4.3.1 実験の背景

自動車運転中の携帯電話の使用に伴う危険性は、既に様々なところで指摘されており、わき見が伴いがちな受発信中に限らず、ドライバが前方を見ている通話中でさえ、運転への悪影響が指摘されている。この点に関して行われてきた研究の中には、「走行環境の認知を行いながらの車の運転」という最優先のタスクと同時に、「携帯電話での通話」という運転とは無関係の情報処理を行わなければならない、「運転中の携帯電話使用」の特殊性に伴う、情報処理資源や注意資源の問題を考察しているものも少なくない²³⁻²⁶⁾。

しかし、実験に用いられている車両の蛇行量やブレーキ反応時間などの指標は、被験者の情報処理や注意の状況を反映して外的に現れる現象をとらえたものであり、被験者の注意状態を直接とらえたものではない。また、実験に伴う被験者の緊張や努力など、携帯電話による負荷以外の外乱の影響を受けやすいという問題もはらんでいる。

そこで、我々は、認知や注意などを直接反映するといわれているERPを運転中の携帯電話負荷の評価に応用することを考え、「通話中は周辺が見えなくなっている」という状況を、ERPを用いたモデル実験により確かめた²⁷⁾。

ここでは、もう一步踏み込んで、ハンズフリー通話での相手音声の音源位置について検討した結果について述べる。

4.3.2 実験の目的

ハンズフリー通話の相手の音声をスピーカーから提示する場合と、イヤフォンから提示する場合

を比較し、相手音声音源位置と注意度の関係を考察する。

4.3.3 実験の方法

被験者（成人男子6名）に、運転模擬課題（トラッキングタスクおよび、ランダムに点灯／点滅する周辺のLEDに対する弁別反応課題）を課すと同時に携帯電話を用いた電話課題（数字復唱課題）を以下の3条件で課した。

条件1：電話課題なし

条件2：スピーカーから音声提示（SP条件）

条件3：イヤフォンから音声提示（EP条件）

4.3.4 結果及び考察

ERPの生波形の一例をFig. 6に示す。図は一人の被験者について、上から電話課題なし条件、SP条件、EP条件の結果である。図中矢印が指標としたP300振幅である。

また、6人の被験者の各計測項目の結果をまとめたものをTable 1に示す。

これらの結果から以下のことがいえる。

今回課したトラッキングタスクは、Rasmussenの情報処理モデルのスキルベースの作業とみなすことができ、この成績は携帯電話課題によって損なわれなかったと考えられた。

一方、P300振幅から、携帯電話課題によって周辺認知に対する注意度が減少したと解釈できる。弁別反応の反応時間と弁別正答率の結果からは、反応しなければならない刺激に気づきさえすれば問題なく反応できるが、携帯電話課題によって周囲の刺激に気づきにくくなると考えられ、P300の

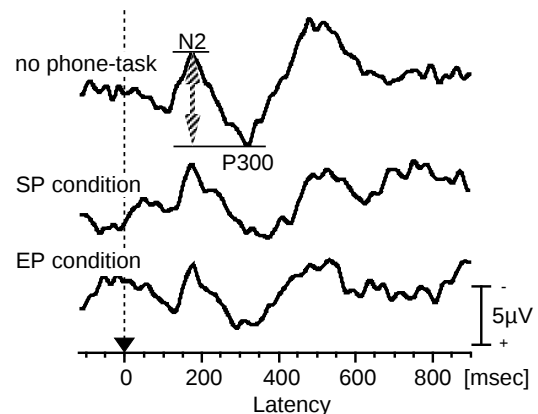


Fig. 6 Example of measured P300.

結果を支持する結果であった。

次に、SP条件とEP条件の比較では、周辺認知の弁別正答率、P300振幅の結果から、EP条件の方が周辺認知に対する注意度がより減少したと解釈できる。これは、EP条件では、ハンズフリー通話ではあるが、相手音声が入耳で聞こえるため、受話器を耳にあてたのと同様、意識が耳に集中しやすくなり、注意の及ぶ範囲がSP条件に比べて狭くなったためと考えられる。

4.3.5 結論

評価実験の結果、運転中の携帯電話使用は、習熟し情報処理がほとんど自動化された運転操作にはあまり影響しないが、突発的な周辺事態の認知に重大な影響を及ぼす恐れがあること、更に、同じハンズフリー通話であっても、イヤフォンを使ったハンズフリーでは、スピーカーから相手音声を伝えるハンズフリーに比べ、周辺視に対する注意度・認知度が低下することが示唆された。

また、これらのことは、反応時間や主観評価だけでは十分に評価することができず、ERPを認知負荷の評価に用いることの有効性を確認することができた。

5. まとめ

ドライバの視聴覚認知に伴う負担度評価に関する基本的考え方をもとにモデル実験装置を構築し、車載情報機器の負担度評価を行った。

その結果、我々のモデル実験手法が有効であることが確認できた。また、心理・行動・生理の3側面から総合的に評価を行うことにより、ドライバの認知負担度をある程度定量的にとらえ得ると考えられた。

さらに、従来、こういった分野への適用がほとんど行われなかった事象関連電位や脳内血流を用いることにより、より直接的に認知や注意の問題に迫り得ることが明らかになった。

ABSやVSCのように、車が本来持つべき機能に新たな改良・制御を加えることにより、車の操安性・制御性を高め、安全に貢献する予防安全の取り組みがある。我々の取り組みは、それに加え、利便性を増し車の付加価値を高めるために装備される装置や機能による認知負担を評価・解析し、それら装置や機能による安全性の損失の程度を少なくすることにより安全に貢献しようという、いわば、究極的な予防安全技術の開発である。

冒頭にも述べたように、ITSの進展等、車の情報化の流れを考えると、この「究極的な予防安全技術」は必要不可欠な技術であると考えられる。さらに、利便性・快適性の追求に伴う認知負担の増加を少なくすることは、疲労低減にもつながる重要な分野であると考えている。今後は、認知負担度の評価にとどまらず、より安全な車載情報機器はどうあるべきか、その設計・開発を支援する研究へと発展させていきたい。

Table 1 Results of phone-experiment.

			no phone-task	SP	EP	Statistical Analysis
Main Task	Tracking Task	Lateral Deviation [dot]	3.1	3.2	3.0	no significance
Attention Task	LED	Correct Reaction [%]	87.8	82.2	78.1	no phone-task > SP > EP (w/o significance)
		Reaction Time [sec]	0.662	0.689	0.679	no phone-task < SP = EP (w/o significance)
		P300 amplitude [μV]	9.6	8.6	6.4	no phone-task > SP > EP (w/ $p < 0.05$)
Phone Task	Number Repeat	Correct Repeat [%]		95.1	92.4	SP > EP (w/o significance)
Total Assess.	Subjective Assess.	NASA-TLX : AWWL	36.9	38.5	42.3	no phone-task = SP < EP (w/o significance)

参考文献

- 1) 林喜男: "ISO 10075の日本語訳について", 人間工学, 28-5(1992), 287 ~ 292
- 2) 三浦利章: 行動と視覚的注意, (1996), 267, 風間書房
- 3) Miura, T.: "Coping with Situational Demands: A Study of Eye Movements and Peripheral Vision Performance", In Gale, A. G., et al. (Eds.) Vis. Veh., (1986), 205, North Holland Press
- 4) Miura, T.: "Some Issues on Visual Information Acquisition and Attention in Driving", J. Int. Assoc. Traffic Saf. Sci., 16(1992), 7
- 5) Rasmussen, J.: "Skill, Rules, and Knowledge, Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models", Trans. Syst. Man Cybern., SMC-13-3(1983), 257 ~ 266
- 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(1993), 336 ~ 338
- 7) 日本産業衛生協会産業疲労研究会疲労自覚症状調査表検討小委員会, "産業疲労の「自覚症状しらべ」(1970)についての報告", 労働の科学, 25-6(1970), 12 ~ 33
- 8) 越河六郎, 藤井亀: "蓄積的疲労徴候調査 (CFSI) について", 労働の科学, 63(1987), 229 ~ 246
- 9) Hart, S. G. and Staveland, L. E.: Hum. Ment. Workload, Ed. by Hancock, P. A., Meshkati, N., (1988), 139, Elsevier Sci. Publ. B.V., Amst.
- 10) Reid, G. B. and Nygren, T. E.: Hum. Ment. Workload, Ed. by Hancock, P. A., Meshkati, N., (1988), 185, Elsevier Sci. Publ. B.V., Amst.
- 11) Wierwille, W. W., et al.: "A Validated Rating Scale for Global Mental Workload Measurement Applications", Proc. Hum. Factors Soc. 27th Annu. Meet., (1983), 129 ~ 133, Hum. Factors Soc.
- 12) 三宅晋司, 神代雅晴: "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(1993), 399 ~ 408
- 13) 利島保, 生和秀敏: 心理学のための実験マニュアル, (1997), 120, 北大路書房
- 14) 八木昭宏: 知覚と認知, (1997), 37 ~ 47, 培風館
- 15) 渥美文治: "心拍計測によるドライバの意識状態評価", 自動車技術会学術講演会前刷集, 946(1994), 133
- 16) 柳澤信夫, 柴崎浩: 神経生理を学ぶ人のために, (1992), 238, 医学書院
- 17) 丹羽真一, 鶴紀子: 事象関連電位, (1997), 4, 新興医学出版社
- 18) Shaywitz, B. A., et al.: "Sex Differences in the Functional Organization of the Brain for Language", Nat., 373(1995), 607
- 19) 尾藤良孝, ほか2名: "進歩総説: 磁気共鳴イメージングによる生体機能計測", ぶんせき, 4(1996), 285
- 20) Hoshi, Y., et al.: "Non-Synchronous Behavior of Neuronal Activity, Oxidative Metabolism and Blood Supply during Mental Task in Man", Neurosci. Lett., 172(1994), 129
- 21) 田村守: "近赤外分光法 - 人体内部を探る", 計測と制御, 36-5(1997), 344
- 22) 大桑政幸, 稲垣大: "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, 9月(1998), 225
- 23) Brown, I. D., et al.: "Interference between Concurrent Tasks of Driving and Telephoning", J. Appl. Psychol., 53-5 (1969), 419 ~ 424
- 24) Brookhuis, K. A., et al.: "The Effects of Mobile Telephoning on Driving Performance", Accid. Anal. Prev., 23-4(1991), 309 ~ 316
- 25) 杉本富利, ほか2名: "会話による割込みがスキル作業と視覚認知に及ぼす影響の実験的解析 - 携帯電話による会話が車の運転へおよぼす影響 - ", ヒューマン・インタフェースシンポジウム講演論文集, 13(1997), 577 ~ 582
- 26) 飯田健夫, 伊藤孝幸: "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, 28-1,2(1998), 60 ~ 65
- 27) 江部和俊, 稲垣大: "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「携帯電話の利用性と人間工学」論文集, (1998), 73 ~ 78

著者紹介



江部和俊 Kazutoshi Ebe
 生年: 1962年。
 所属: 人間行動研究室。
 分野: ドライバの生体計測とメンタルワークロードに関する研究。
 学会等: 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。



大桑政幸 Masayuki Okuwa
 生年: 1966年。
 所属: 人間行動研究室。
 分野: センサに関する研究, ドライバの生体計測とメンタルワークロードに関する研究。
 学会等: 計測自動制御学会会員。



稲垣大 Hazime Inagaki
 生年: 1945年。
 所属: 人間行動研究室。
 分野: ドライバの生体計測, センサ工学, 福祉工学。
 学会等: 自動車技術会会員。