

## カーナビゲーションの負担度評価

江部和俊\*      大桑政幸\*  
 稲垣 大\*      土居俊一\*\*

近年、カーナビゲーションシステムに代表される車載情報機器の普及が目覚ましく、今後ITSの進展に伴い、ドライバの精神的負担は増加の傾向にある。こうしたドライバの精神的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、ドライバの精神的負担度の評価について、基本的な考え方を示すとともに、その考えをもとに構築したモデル実験装置による実験結果を報告する。

### Evaluation of Driver's Mental Workload Caused by Using Car Navigation System

Kazutoshi EBE\*      Masayuki OKUWA\*  
 Hazime INAGAKI\*      Shun'ichi DOI\*\*

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 driver's mental workload, and show some experimental results for the estimation.

#### 1. はじめに

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は目覚ましく、平成10年、11年ともにカーナビの年間出荷台数は100万台を超え、今や新車の6割以上がカーナビを装備していると言われている。しかもデータ保持媒体のDVD化により、カーナビから提供される情報は増加の一途をたどっており、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。

ドライバや同乗者の利便性や快適性を考えるとき、これら車載情報機器／サービスの果たす役割は大きい。一方、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。実際、警察庁の調べによると、平成10年には131件、平成11年（11月末まで）には205件のカーナビ使用に起因する人身事故が発生している<sup>1)</sup>。これに対し、平成11年11月には道路交通法が改正され、自動車運転中の携帯電話の使用やカーナビ画面の注視が禁止されるようになった。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組みが行われ、安全な自動車の運行を妨げないカーナビの視認時間や視認回数から、ガイドライン基準が定められている<sup>2)</sup>。

我々はこのような背景から、車載情報機器の安全

\* ㈱豊田中央研究所感性・人間行動部人間行動研究室  
 Human Behavior Laboratory, Human Factors Division,  
 Toyota Central R & D Labs., Inc.

\*\* ㈱豊田中央研究所感性・人間行動部長  
 Division Manager, Human Factors Division,  
 Toyota Central R & D Labs., Inc.  
 原稿受理 2000年7月31日

性をドライバの精神的負担度 (Mental Workload) の問題として捉え、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。そして、有効視野の考え<sup>3)</sup>に基づき、ドライバの視覚およ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てきた<sup>4,5)</sup>。本稿では、車載情報機器使用に伴うドライバの精神的負担度評価尺度として考案した負担度マップを提案するとともに、認知の側面からの取組みについて報告する。

## 2. 運転タスクのモデル化

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、カーナビをはじめとする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、注意リソース (情報処理資源) の配分や注意リソースそのもの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<sup>6)</sup>を参考に、自動車の運転を情報認知の観点から捉え、モデル化した (Fig.1参照) 実験では、このモデルをもとに自動車の運転を運転操作 (ステアリング/ペダル操作によるトラッキングタスク) 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。

ここで設定した模擬運転タスクは以下の二つの作業である。

[ 主運転タスク (運転操作) ]

被験者の前方 3m に置かれたモニタに表示されるターゲット (矩形) を指示コースに沿ってステアリン

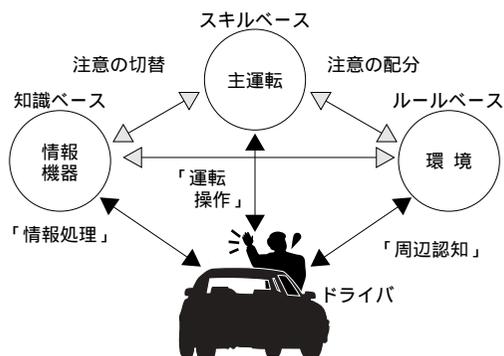


Fig.1 運転タスクのモデル化

グ操作で追従させるトラッキングタスクとした。指示コースは複数の正弦波を合成して作成した線軌跡とした。表示範囲は視角で横方向 $29^\circ$ 、縦方向 $38^\circ$ とし、ターゲットのサイズは横 $2.6^\circ \times$ 縦 $0.6^\circ$ とした。被験者には、指示コースがターゲットの横幅内からはずれないようトラッキングを行うよう指示した。

[ 周辺認知タスク ]

被験者からの視距離 3m の左右 $20^\circ$ 、 $50^\circ$ 、 $70^\circ$  の位置に配置した赤色LED (3mm) のランダムな点灯による光刺激に対し、ステアリングホイール上に設置したスイッチにより反応させる反応課題を課した。なおLEDの点灯回数は、各位置10回ずつの計60回、点灯間隔は3~8秒でランダムとし、点灯時間は被験者の反応まで (最長3秒) とした。

## 3. カーナビの負担度評価

### 3-1 カーナビの音声操作の安全性

最近のカーナビの中には、音声認識技術を応用した音声操作機能が取り入れられたものがある。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。このため、メモリされている地点以外を目的地に設定するなど、従来走行中は禁止されていた機能の一部が走行中操作可能となっている例もある。しかし、操作機能の拡大によるドライバへの認知負荷の増大による安全性への影響という問題は解決されていない。

同様の問題は、わき見を伴わない携帯電話での会話でも起こると考えられ、運転への影響が調べられている<sup>7,8)</sup>が、カーナビの音声操作を含めた安全性への取組みは十分ではない。

そこで、我々は、特に視線移動を伴わない車載情報機器を対象として研究を進めている。次節では、カーナビの音声操作による目的地設定などにおける音声コマンド発話での思考を対象としたモデル実験結果について報告する。

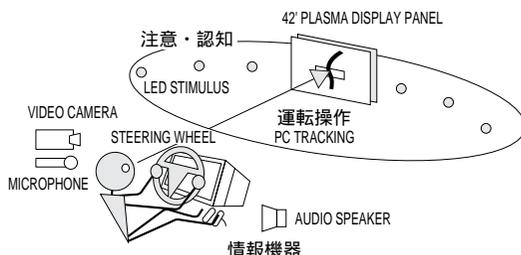


Fig.2 実験装置概要

### 3-2 思考負荷の模擬運転タスクへの影響

本実験では、従来の視認行動に着目した考えでは評価困難な思考負荷の運転操作および視覚的注意への影響の検討を目的とする。

#### 1) 実験方法

被験者(成人男子8名)に、Fig.2に示した簡易ドライビング・シミュレータによる模擬運転タスクと同時に以下に示す思考負荷タスクを課した。

#### [ 思考負荷タスク ]

カーナビの目的地設定などにおける音声コマンド発話での思考を模擬する思考負荷タスクとしてリスニングスパンテスト(以下、LST)を取り上げた。LSTは言語処理に関わる作業記憶の働きを評価する手法である<sup>9)</sup>。すなわちLSTでは、音声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、短文提示終了後の指示により、口頭でターゲット語を再生回答させることにより、言語の意味処理における作業記憶にかかる負荷を調べることができる。本実験では、1文提示(低負荷)と4文提示(高負荷)の二水準でLSTを課した。LSTで用いた提示文は、ニュース文から適当な長さ(5秒程度)のものを選択し、合成音声でスピーカーから提示した。提示回数は1文提示条件で約33回、4文提示条件で約10回、提示間隔は1文提示条件で約12秒、4文提示条件で約38秒であった。

#### 2) 実験条件

主運転タスクの条件を一定にし、以下の四条件を設定した。なお、順序効果を相殺するため、被験者ごとに実験条件の順序を入れ替え、いずれの場合も主運転タスクを最優先で行うよう被験者に教示した。

また、いずれの条件でも一試行あたりの計測時間は、約6分半であった。

[ 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。

[ 思考負荷なし(None)条件 ] 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 ] 上記のNone条件に加え、同時に1文提示のLSTを繰り返し行った。

[ 高負荷思考(LST4)条件 ] 上記のNone条件に加え、同時に4文提示のLSTを繰り返しを行った。

#### 3) 評価指標

以下の指標を評価指標として計測し用いた。

[ 主観的評価 ] 日本語版NASA-TLX(以下TLX)<sup>10)</sup>を用い、TLX評価点として、各評定値を重みづけ係数により加重平均してAWWL(Adaptive

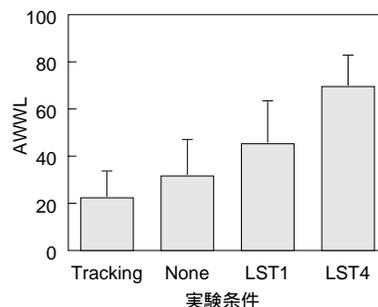


Fig.3 NASA-TLXの結果: AWWL評点

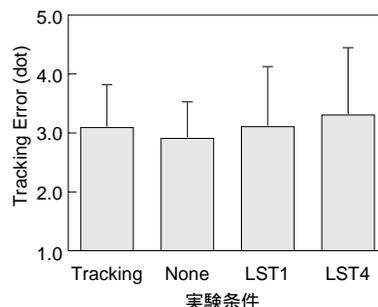


Fig.4 トラッキングタスクの結果

Weighted Workload) を算出した。

[ 主運転タスクの成績 ] 提示される軌跡とターゲット中心の横方向のずれ量の二乗平均和(RMS、単位: dot)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、実験終了後に各刺激位置別に分けて解析した。

[ その他 ] 被験者の発話記録を光刺激提示映像と共にビデオ録画し、モニタし、LSTを行うに際して提示文を最後まで注意して聞いていたかの再認テストを行った。

#### 4) 結果

##### (1) NASA-TLXの結果

全被験者のAWWLの平均値と標準偏差をFig.3に示す。多重比較による検定の結果、すべての条件間で評価点に有意差( $p < .05$ )があった。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。

##### (2) トラッキングタスクの結果

主運転タスクの成績であるトラッキングエラーについて、全被験者の平均値と標準偏差をFig.4に示す。分散分析の結果、すべての条件間で有意な差はなかった。

##### (3) 周辺認知タスクの結果

周辺光刺激に対する反応時間の計測結果から、デ

ータ分布の正規化のため、データを対数変換した後、統計解析を行った<sup>11)</sup>。

ビデオ録画した被験者の発話記録と光刺激提示映像より、光刺激に対する反応時間の計測結果を記憶処理中と再生発話回答中に分けて解析した。全被験者についての結果をFig.5に示す。Fig.5中None条件についてはすべての反応の平均値である。

記憶処理中の平均反応時間に関しては、思考負荷条件間で有意な差はなかった。一方、再生発話回答中の平均反応時間は、思考負荷条件間で有意な差 ( $p < .05$ ) があり、高負荷思考 (LST4) 条件で有意に反応時間が長くなった。

5) 考察

トラッキングタスクの結果より、被験者は教示どおり主運転タスクを最優先で行っており、今回課したような言語的な思考負荷による主運転タスク (スキルベースの作業) への影響は少ないといえる。周辺認知タスクの成績と合わせ、Fig.1のモデルから考えると、思考負荷による影響は、模擬運転タスクのうち、周辺認知タスク (ルールベースの作業) に表れると考えられる。

また、思考負荷条件による平均反応時間への影響に関しては、記憶処理中では条件間の有意差がなく、再生発話回答中では有意な差が表れることがわかった。このことは作業記憶からの情報検索、記憶再生の負荷が、情報処理に関する注意リソース配分に大きく影響を及ぼすためと考えられる。

このことから、カーナビの目的地設定などにおける音声コマンド発話では、アシスト画面などによって、記憶しなければならぬ情報を減らす工夫が必要であると思われる。

本実験により、視線移動を伴わない思考負荷の影

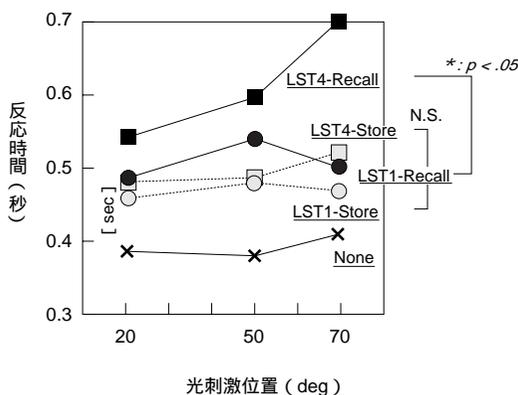


Fig.5 周辺認知タスクの結果

響が、注意リソースの配分を反映する周辺認知タスクの成績により評価できる可能性が示唆された。

3-3 負担度マップの提案

前節の結果より、カーナビを代表とする車載情報機器による負担度を評価するための負担度マップを提案する。前述の結果を負担度マップにプロットした結果をFig.6に示す。ここで、縦軸の反応時間変化率とは、それぞれの被験者における各負荷条件とNone条件での反応時間の差のNone条件反応時間に対する割合を表す。すなわち、負荷がない状態からの反応時間の変化分を意味する。なお、図には、別途行った音声操作と手操作 (タッチパネル操作) での電話番号入力による目的地設定の実験結果<sup>5)</sup>を併記した。

負担度マップの横軸は、運転操作に関わる負担度の変化を、縦軸は周辺認知・注意に関わる負担度の変化を表しており、右上にいくほど運転行動に及ぼすトータルの負担度が大きいことを表している。

カーナビの音声操作を考える際には、視線移動をなくすことによって運転操作への影響を減らす、すなわち負担度マップの横軸だけで考えるのではなく、縦軸つまり周辺認知・注意への影響も考慮し、視覚情報でのアシストを含め、トータルでの負担度低減を考えていく必要がある。

4. 注意の直接的計測の試み

前章で用いた指標は、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捉えたものであり、被験者の注意状態を直接捉えたものではない。また実験に伴う被験者の緊張や努力など、カーナビ操作に伴う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言われている事象関連電位 (event-related potential) を負担度の評価に応用す



Fig.6 負担度マップ

ることを考えた。ここで事象関連電位とは、視覚・聴覚などの刺激により中枢神経系に誘発される電位反応をいい、その刺激の認知や期待、判断、注意などに関連する<sup>1,2,13)</sup>。

本章では、事象関連電位を評価指標とした実験結果を報告する。

#### 4-1 思考負荷の影響

3-2節の結果の生理的な検証を行うことを目的に、思考負荷が周辺認知に及ぼす影響を周辺認知刺激に対する事象関連電位により調べた。

##### 1) 実験方法

被験者(成人男子4名)に、Fig.2に示した簡易ドライビング・シミュレータによる模擬運転タスクと同時に3-2節と同様の思考負荷タスクを課した。

なお、ここで設定した周辺認知タスクは、事象関連電位を誘発しやすくするため、以下のタスクとした。

##### [ 周辺認知タスク ]

被験者からの視距離3mの左右50°の位置に配置した赤色LED(3mm)のランダムな点灯/点滅による光刺激に対し、ステアリングホイール上に設置したスイッチにより点滅にのみ反応させる反応課題を課した。

なお、LEDの点灯時間は200msec、点滅は100msecの間隔で100msecずつ2回点灯させた。また点灯/点滅間隔は、1~2秒でランダムとし、点灯/点滅の1試行中の回数はそれぞれ120回/30回とした。

##### 2) 実験条件

主運転タスクの条件を一定にし、以下の三条件を設定した。なお順序効果を相殺するため、被験者ごとに実験条件の順序を入れ替え、いずれの場合も主運転タスクを最優先で行うよう被験者に教示した。

また、いずれの条件でも一試行あたりの計測時間は約6分半であった。

[ 思考負荷なし (None) 条件 ] 主運転タスクとしてのトラッキング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 ] 上記のNone条件に加え、同時に1文提示のLSTを繰り返し行った。

[ 高負荷思考 (LST4) 条件 ] 上記のNone条件に加え、同時に4文提示のLSTを繰り返しを行った。

##### 3) 評価指標

以下の指標を評価指標として計測し用いた。

[ 主観的評価 ] 日本語版NASA-TLXによるAWWL

[ 主運転タスクの成績 ] トラッキングエラー

[ 周辺認知タスクの成績 ] 光刺激提示に対する反応時間、正答率(LED点滅に正しく反応できた割合)を計測した。

[ 事象関連電位 ] LED点滅を認知したことにより誘発される事象関連電位を計測した。測定部位は国際10-20電極法<sup>1,2)</sup>に基づくPzであり、基準電極は左耳朶、接地電極は右耳朶に置いた。フィルタ条件は低域遮断周波数0.1Hz、高域遮断周波数50Hzとした。

[ その他 ] 被験者の発話記録を光刺激提示映像と共にビデオ録画し、モニタし、LSTを行うに際して提示文を最後まで注意して聞いていたかの再認テストを行った。

##### 4) 結果

事象関連電位の生波形の一例をFig.7に示す。図は上からNone(思考負荷なし)条件、LST1(1文)条件、LST4(4文)条件の結果である。図中、潜時(刺激の始まりから波形のピーク出現までの時間)300~500msecに現れる正のピークがいわゆるP300と呼ばれるピークで、刺激の認知や判断に関連するといわれている。このP300の振幅(図中矢印)を指標として用いた。

また、四人の被験者の各計測項目の結果(平均値±標準偏差)をFig.8~Fig.13に示す。

これらの結果から全体の傾向として以下のことがいえる。

思考負荷課題を課すことによってトラッキングタスクのパフォーマンスが落ちる(エラーが大きくなる)とはいえない。更に、どの条件においてもエラーは小さく、主運転タスクを最優先課題として遂行していたことが確認できる。

周辺認知課題であるLED点滅に対する弁別反応課題では、被験者間のばらつきがやや大きいもの

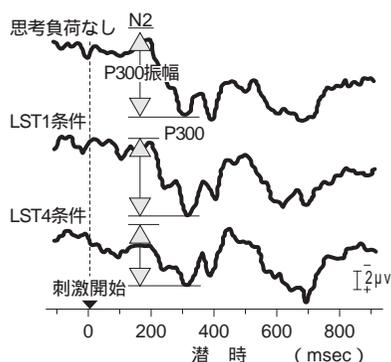


Fig.7 事象関連電位計測結果：思考負荷の影響

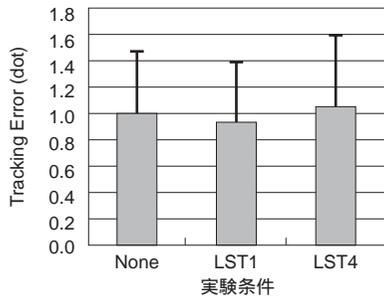


Fig.8 トラッキングタスクの結果

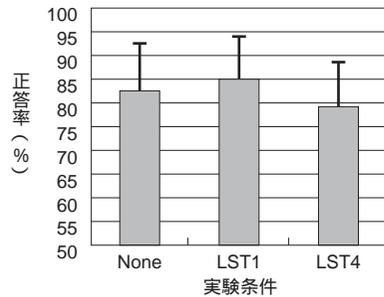


Fig.11 周辺認知タスクの結果：正答率

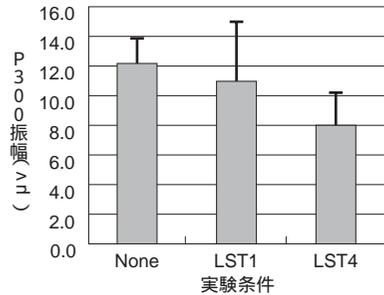


Fig.9 周辺認知タスクの結果：P300振幅

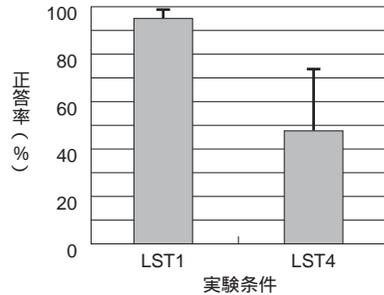


Fig.12 思考負荷タスクの正答率

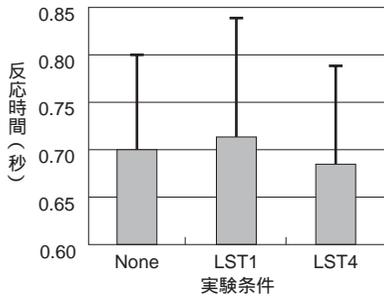


Fig.10 周辺認知タスクの結果：反応時間

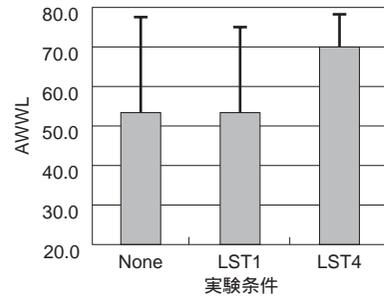


Fig.13 NASA-TLXの結果：AWWL評点

の、思考負荷課題によって反応時間が延長するとはいえない。

一方、弁別正答率は、None条件とLST1条件で差がないが、LST4条件では正答率が低くなる傾向が見られる。またP300の振幅は思考負荷によって小さくなる。特にLST4条件での振幅の減少が大きい。

思考負荷課題の正答率は、LST4条件の方がLST1条件より低い。

主観評価では、思考負荷なし条件とLST1条件では差がないが、LST4条件で負荷が増加する傾向にある。

##### 5) 考察

今回の実験において誘発されたP300は、周辺認知課題（LED点灯/点滅弁別反応）に対する注意度や集中度、認知の程度を反映している。思考負荷課

題によってP300の振幅が小さくなったのは、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ぬ刺激に気づきさえすれば問題なく反応できるが、負荷が大きい思考負荷課題(LST4条件)によって周囲の刺激に気づきにくくなると考えられ、P300の結果を支持する。

実際の場面で考えると、手での操作の必要がなく、視線も前方に向けられている場合であっても、複雑な思考を要する携帯電話での会話やカーナビの音声操作は、道路に沿って前走車に追従走行すること（自動化されたスキルベース作業）への影響はない、あるいは少ないものの、急な飛び出しや割り込み等の周辺認知作業に重大な影響を及ぼす恐れがあると考えられる。

一方、これらの結果は3 - 2節の結果を支持する

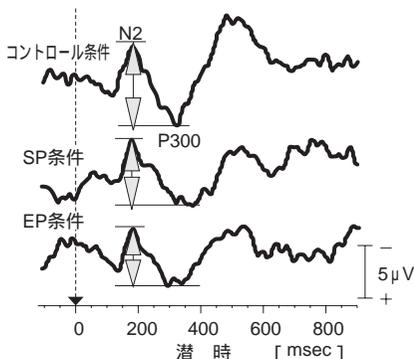


Fig.14 事象関連電位計測結果：音源位置の影響

ものであり、思考負荷が周辺認知に及ぼす影響を、事象関連電位という被験者の認知・注意状態を直接反映する指標で確認/検証することができた。

4 - 2 音源位置の影響

本実験では、ハンズフリー通話の相手の音声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ことを目的とする。

1) 実験方法

被験者(成人男子6名)に、トラッキングタスクと、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(点滅にのみボタン押し反応)を課すと同時に携帯電話を用いた電話課題を課した。

2) 実験条件

運転模擬課題(トラッキングおよび周辺認知)と同時に遂行する携帯電話課題を、相手音声の与え方を変えた以下の二条件+コントロール条件で被験者に課した。

[SP条件] 相手音声をスピーカーから提示

[EP条件] 相手音声をイヤフォンから提示

[コントロール条件] 電話課題なし

なお携帯電話課題は、電話を介して1桁ずつ読み上げられる4桁の数字を復唱するというもので、頻度は約5秒に1回、一試行当たりの読み上げ回数は約40回である。また、いずれの場合も主運転タスクを最優先で行うよう被験者に教示した。一試行あたりの計測時間は約6分半であった。

3) 評価指標

以下の指標を評価指標として用いた。

[主観評価] NASA-TLXによるAWWL

[主運転タスクの成績] トラッキングエラー

[周辺認知タスクの成績] ボタン押し反応時間およびLED点滅を認知/ボタン押し反応したことによって誘発される事象関連電位

[携帯電話課題パフォーマンス]

4) 結果

事象関連電位の生波形の一例をFig.14に示す。図は一人の被験者について、上からコントロール条件、SP(スピーカー)条件、EP(イヤフォン)条件の結果である。前節と同様、P300の振幅(図中矢印)を指標として用いた。

また、六人の被験者について計測結果をまとめたものをTable 1に示す。

これらの結果から、以下のことが言える。

携帯電話課題を課すことによってトラッキングタスクのパフォーマンスが落ちる(エラーが大きくなる)とはいえない。

周辺認知課題であるLED点滅に対する弁別反応課題では、携帯電話課題によって反応時間が延長するとはいえないが、弁別の正答率は低くなり、またP300の振幅は小さくなる。

SP条件とEP条件の比較では、EP条件の方が弁別

Table 1 計測結果：音源位置の影響

			コントロール条件	SP条件	EP条件	有意差検定
主運転	Tracking Task	Error [dot]	3.1	3.2	3.0	有意差なし
周辺認知	LED	正答率 [%]	87.8	82.2	78.1	コントロール > SP > EP (有意差なし)
		反応時間 [sec]	0.662	0.689	0.679	コントロール < SP = EP (有意差なし)
		P300振幅 [ $\mu V$ ]	9.6	8.6	6.4	コントロール > SP > EP (有意差あり p < 0.05)
電話課題	数字復唱	正答率 [%]		95.1	92.4	SP > EP (有意差なし)
総合評価	主観評価	NASA-TLX:AWWL	36.9	38.5	42.3	コントロール = SP < EP (有意差なし)

の正答率が低く、P300の振幅も小さい。

### 5) 考察

ここでは、音源位置の影響について特に取り上げる。SP条件とEP条件の比較では周辺認知課題の正答率、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、相手音声が目元に聞こえるため、受話器を耳にあてたのと同様、意識が耳元に集中しやすくなり、周辺に対する注意度がSP条件に比べて低下したためと考えられる。

実験の結果から、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、事象関連電位を認知負担度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

車載情報機器の使用に伴うドライバの負担度評価について、基本的な考え方を示し、その考えをもとに実験装置を構築した。その装置を用いたモデル実験の結果、モデル実験の妥当性を確認するとともに、従来の視認行動に基づく考えでは評価困難な思考負荷の影響について検討し、注意リソースの配分を反映する周辺認知の反応成績により負担度の評価が可能であることを示した。その結果から、運転操作に関わる軸と周辺認知・注意に関わる軸の2軸をもつ負担度マップを提案した。

今回提案した負担度マップは、実験室内でのモデル実験に基づくものであるが、視線移動を伴わない音声操作などの確立した評価法がない現状では、ひとつの尺度となり得るものと考えられる。

さらに、事象関連電位を負担度の評価に応用し、より直接的に認知や注意の程度を定量化できることを示した。

今後は、カーナビといった情報支援システムの評価にとどまらず、運転支援システムを含めたITS関連システムの負担度評価、更にはより安全なシステ

ムの開発支援へと研究を発展させていきたい。

### 参考文献

- 1) 警察庁ホームページ「携帯電話等の走行中の使用等の禁止に関する規定施行後1か月間の人身交通事故の発生状況(速報値)」<http://www.npa.go.jp/koutsuu/keitai/sokuhou.htm>
- 2) 伊藤敏行ほか「車載情報機器の安全性向上に対する自工会の取り組み第2報」『シンポジウム「カーナビ・携帯電話の利用性と人間工学」資料集』1999年
- 3) 三浦利章『行動と視覚的注意』風間書房、1996年
- 4) 江部和俊ほか「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)、1999年
- 5) 江部和俊ほか「カーナビ等車載情報機器がドライバに及ぼす負担度の評価」『シンポジウム「カーナビ・携帯電話の利用性と人間工学」資料集』1999年
- 6) Rasmussen J.: Skill, Rules, and Knowledge, Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models., Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-13(3), 1983
- 7) 飯田健夫ほか「自動車運転時の視覚探索における思考(携帯電話使用)の影響」『シンポジウム「携帯電話の利用性と人間工学」資料集』1998年
- 8) 川野常夫ほか「会話特性から見た携帯電話の影響」『シンポジウム「携帯電話の利用性と人間工学」資料集』1998年
- 9) 苧阪満里子『ワーキングメモリの認知神経心理学的研究』風間書房、1994年
- 10) 三宅晋司ほか「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年
- 11) 森敏昭ほか『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年
- 12) 柳澤信夫ほか『神経生理を学ぶ人のために』医学書院、1992年
- 13) 丹羽真一ほか『事象関連電位』新興医学出版社、1997年