携帯電話による会話と自動車運転の同時処理における 意味的および空間的情報の干渉*

東 義隆^{*1}, 川野常夫^{*2}, 浜田隆史^{*3}
岩木 直^{*3}, 北川貴博^{*1}, 森脇俊道^{*4}

Interferences of Semantic and Spatial Information Processing in Dual Task Performance between Cell Phone Talk and Driving

Yoshitaka AZUMA^{*5}, Tsuneo KAWANO, Takashi HAMADA,
Sunao IWAKI, Takahiro KITAGAWA and Toshimichi MORIWAKI

^{*5} Graduate School of Science and Technology, Kobe University,
Rokkodai, Nada-ku, Kobe-shi, Hyogo, 657-8501 Japan

The purpose of this study is to examine the degradations of driving and talking performances due to interferences of semantic and spatial information processing during dual task performances between cell phone talk and driving. The color and geographical information fed into the ears through the cell phone is classified into semantic and spatial information in cerebral activities, respectively. The information regarding traffic signal and road scene perceived by the eyes in driving task is similarly classified. The interferences due to the combinations of their information were experimentally investigated using a driving simulator. Traveling instability and time lag of braking operation were measured as well as reaction time of listening task while driving. As a result, degradations of driving performances and reactions to listening task became more distinguished in case the same kind of information both from visual and auditory organs was processed simultaneously.

Key Words: Cell Phone Talk, Semantic Information, Spatial Information, Simultaneous Task, Interference, Driving Performance

1. はじめに

我が国における携帯電話と PHS の人口に対する普及率は、2003 年 3 月末現在において 63.7%に達した^①。携帯電話はいつでもどこでも利用できるという利便性がゆえに、その利用場所や利用状態が多様化してきており、歩行中や自転車運転中に利用することは日常的となっている。また、自動車運転中の利用に至っては今や珍しいことではない。運転中の利用については交通事故の原因となることが多く、それによって人身事故も発生している^②。その原因は自動車運転と携帯電話の同時行為が人間にとって困難であるため

と考えられる。

同時行為における危険性の問題についてはこれまで多くの研究が行われてきた^{③④}。そこでは自動車運転中の携帯電話による会話は運転の安定性や会話の正確性に悪影響を及ぼすことなどが報告されている。しかし、運転のパフォーマンスへの影響は会話の内容によって異なると考えられるが、これまでの研究は、会話に含まれる想起、計算、雑談などの違いによる認知負荷の大きさによって会話を分類したものが多く^{⑤⑥}、脳内情報処理における干渉の観点から分類して影響を調べたものは見あたらない。

視覚情報の処理において、視覚受容器を通過した情報は最初に脳の後頭部に位置する第1次視覚野へ入力され、処理の内容によって頭頂葉側(背側)と側頭葉側(腹側)へ経路が分かれる。背側経路は視覚運動や位置情報の認識など空間的視覚情報の処理に関わり、腹側経路は形態や色覚など物体そのものの視覚情報の

* 原稿受付 2003 年 6 月 18 日。

^{*1} 正員、神戸大学大学院自然科学研究科(☎657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)。

^{*2} 正員、摂南大学工学部(☎572-8508 寝屋川市池田中町17-8)。

^{*3} 産業技術総合研究所(☎563-8577 池田市緑丘1-8-31)。

^{*4} 正員、フェロー、神戸大学工学部。

E-mail: y-azu@msf.biglobe.ne.jp

処理に関わることが知られている⁹⁻¹¹⁾。

ここで、自動車運転中に携帯電話で会話を行う場合を考えると、携帯電話による会話が空間的な情報を含んでいるときに、その音声情報も脳の頭頂葉（背側）へ伝わると仮定すれば運転に伴う眼からの道路の空間情報と干渉が生じ、それぞれの処理が困難になると予測される。同様に、運転と会話のそれぞれにおいて意味的な処理を必要とするときに、意味的な音声情報も側頭葉（腹側）へ伝わると仮定すれば両者は干渉し、それぞれの処理が困難になると予測される。

本研究では、携帯電話を用いた会話内容に対して脳が処理する意味的情報や空間的情報が、自動車運転のために脳が対応する意味的情報処理と空間的情報処理のそれぞれに対してどれだけ干渉し、悪影響を与えるかを、自動車運転シミュレータを用いた実験によって検討する。携帯電話による会話が自動車運転にとってただ危険であるというのではなく、会話のどのような内容が自動車運転の何に影響するのかといった点を明らかにすることは、運転者への啓蒙だけでなく、安全運転を保証する新しいヒューマンインタフェースの開発を行う上で重要であると考えられる。

2. 会話の難度比較実験

2.1 実験方法

携帯電話による会話に色の話題が出ればそれは脳にとって意味的情報であり、目的地への道順や位置の話題が出ればそれは空間的情報であると考えられる。一方、自動車運転において信号の色を判断してブレーキ操作を行うのは、脳にとって意味的情報処理に相当し、道路上の自動車の左右位置を操舵するハンドル操作および車間距離を制御するブレーキ操作は、空間的情報処理に相当すると考えられる。

本研究では、自動車運転のそれぞれの情報処理に対して、会話のそれぞれの情報処理が与える影響の大きさを測定する。この場合、会話の難度が意味的情報処理と空間的情報処理において異なれば、それぞれの自動車運転への影響を比較することはできない。そのためここでは、まず会話の空間的情報処理課題を1つ設定する。次にそれに対して意味的情報処理課題を4種類設け、その中から先の空間的情報処理課題と難度のほぼ等しい課題を実験によって導く。

まず、会話の空間的情報処理課題として「ミギ」、「ヒダリ」、「マエ」、「ウシロ」の4単語をイヤホンを通じて約2秒間隔で1つずつランダムに被験者に聞かせ、ある条件が成立したときに反応させる課題を取り上げた。被験者は図1に示すように、頭の中で自分

Fig.1 Coordination lattice for spatial pointer

の位置ポイントをまず原点に設定し、音声情報に応じてそのポイントを前後左右に移動させていく。ここで原点から前後左右および斜め前、斜め後までの距離を1とし、原点からの距離が2の位置にポイントが来た瞬間に、左手人差し指でボタンを押して反応する。そのとき頭の中の位置ポイントも原点に戻す。4単語の音声情報は予め男性の肉声によってそれぞれ同じ時間長さ(1秒)になるように録音し、waveファイルとして保存したものをノートパソコンでランダムに再生した。

次に意味的情報処理課題は「ケツエキ」「マリモ」など赤色と緑色を連想させる30種類の単語を、空間的情報処理課題と同様に約2秒間隔で左耳からランダムに聞かせ、ある条件が成立したときに左手人差し指でボタンを押して反応させる課題とした。この場合も男性の肉声によってそれぞれ同じ時間長さ(1秒)になるように録音したものを再生して聞かせた。ここで反応条件として以下の4種類を設定した。

- (1) 赤色を連想させる音声の出現回数をカウントしそれが3回に達するたびに反応する。反応後カウントを0に戻す（以下、この条件を「赤色3」と略記する）。
- (2) 赤色を連想させる音声の出現回数をカウントしそれが2回に達するたびに反応する。反応後カウントを0に戻す（以下、「赤色2」と略記）。
- (3) 赤色を連想させる音声が出るたびに反応する（以下、「赤色1」と略記）。
- (4) 順次聞こえてくる単語から連想する色が赤色から緑色へ、またはその逆に変化したときに反応する（以下、「色変化」と略記）。

これら4種類の意味的情報処理課題と、先の空間的情報処理課題（以下、「空間」と略記）の5通りの実験を行い、それらの難度を比較検討した。実験ではそれぞれの反応時間（音声が発せられてからボタンを押すまでの時間）を測定し、実験終了後に課題の難度レベルについて主観的評価のアンケート調査を行った。難度レベルは10点満点（易1点～難10点）とし、被験者には各課題を相対的に評価させた。実験時間は1つの課題についてそれぞれ2分間とし、上述の条件が

成立して被験者が反応する回数を、いずれの条件においても 20 回となるように設定した。ただし被験者が誤って反応した場合、反応回数はちょうど 20 回とはならない。被験者は 22~27 歳の男子 12 名とした。

2.2 実験結果と考察

被験者 12 名の各条件において、被験者が正しく反応したときの反応時間の平均を求め、それをさらに被験者 12 名について平均した結果を図 2 に示す。図には空間的情報処理課題と意味的情報処理課題の各条件を比較するため、それぞれの 2 対に対して対応関係のある t 検定を行った結果を示している。

図から「色変化」の条件が「空間」の条件と反応時間に差があるとは認められないことがわかる。この結果より、耳から聞こえてくる「ケツエキ」、「マリモ」などの音声で連想させる色の変化に対して反応する意味的情報処理と、「マエ」、「ヒダリ」などの音声に対して反応する空間的情報処理の難しさが同程度であるといえる。

一方、課題の難度に関する主観的評価の結果、すなわち被験者 12 名の各条件における難度レベルの平均を図 3 に示す。ここでは Wilcoxon の符号化順位検定を行った。図から、「赤 3」および「色変化」の条件が「空間」の条件と反応時間に差があるとは認められないことがわかる。平均値では「色変化」の方が「空間」により近い値となっている。この結果より、被験者の主観的難度レベルは図 2 の反応時間の結果とはほぼ同様の傾向を示していることがわかる。すなわち、主観的評価においても「色変化」と「空間」の条件における難度レベルが同程度であるといえる。

以上から、自動車運転中の会話の意味的情報処理課題として「色変化」の条件を採用する。

3. 自動車運転に及ぼす影響の実験

3.1 実験方法

携帯電話による会話の情報処理課題が自動車運転の情報処理に与える影響を調べるにあたって、本研究では図 4 に示す自動車運転シミュレータを用いた。シミュレータはアクセル、ブレーキ、ハンドルから成り、それらの信号を制御するパソコン及び走行画面をスクリーンに投影するカラー液晶プロジェクタで構成される。運転は比較的明るい部屋 (800lx) で、右手による片手運転を 1 分間継続することとした。運転における空間的情報処理課題として左右方向に安定であること、さらに、前方を走行する車との車間距離を一定に保つことを被験者に課した。なお、前方走行車の速度は時速 40~60km でランダムに変化し、道はランダム

にカーブが出現するように設定した。また、毎 1 分間の運転の難度が同じになるようにカーブの種類や出現頻度などをシステム側で均一にした。

運転パフォーマンスの評価には、まず運転中の単位時間 ($\Delta t = 0.2 \text{ s}$) ごとの不安定度 Δu_i を (1) 式より求めた。次に運転継続時間 (1 分間) における Δu_i ($i = 1, 2, \dots, 300$) の平均値を求めて、それを運転中の不安定度とした⁹⁾。

$$\Delta u_i = \log_{10} \{ f_i^2 + (aw_i)^2 \} \dots \dots \dots (1)$$

Fig.2 Reaction time to linguistic sound (**: $p < 0.01$, +: $p < 0.1$, NS: Not Significant)

Fig.3 Subjective scores of task level (**: $p < 0.01$, *: $p < 0.025$, NS: Not Significant)

Fig.4 Schematic illustration of experiment

ここで f_i は 0.2 秒あたりの車間距離の変化量であり、 w_i は車体の左右方向への変化量である。また、 a は運転の不安定度に対する車間変化量と左右変化量の影響度を合わせるための係数で、 $|f_i|$ と $|w_i|$ の各平均の比である。予備実験から $a = 6$ とする。

一方、自動車運転における意味的情報処理課題として、スクリーンの中央に信号を想定した 1 個の円のみを表示し、信号の色が変化したときに、右足でブレーキペダルを踏みこんで反応する課題を取り上げた。信号の色は赤色と緑色の 2 種類とした。信号の色変化のタイミングおよび色の順序はランダムとし、1 分間の試行中に信号が 10 回呈示されるようにした。信号の円の直径は 300mm とし、被験者の眼までの距離は 1700mm とした。この課題における評価には信号が表示されてからブレーキペダルを踏むまでの反応時間および反応の正解率を取り上げた。

表 1 に実験条件の組合せを示す。すなわち自動車に関する意味的情報処理課題と空間的情報処理課題のそれぞれに対して、携帯電話に関する意味的情報処理課題と空間的情報処理課題およびコントロールを組み合わせて 6 通りとした。表中の Driving(Spatial) は自動車運転の空間的情報処理課題(以下「運転(空間)」と略記)、Driving(Semantic) は自動車運転の意味的情報処理課題、すなわち信号に対するブレーキ反応(以下「運転(意味)」と略記)を意味している。また Hearing(Monotone)、Hearing(Spatial) および Hearing(Semantic) はそれぞれ携帯電話によるコントロール課題、会話における空間的、意味的情報処理課題(以下「会話(モノトーン)」, 「会話(空間)」, 「会話(意味)」と略記)を意味している。ここでコントロール課題は、耳からモノトーンが聞こえると左手人差し指でボタンを押して反応させる課題とした。モノトーンはランダムな間隔で 1 分間に 10 回鳴るようにした。この課題を設けた理由は、指でボタンを押すといった運動制御系の処理がすべての条件に含まれるようにするためである。

運転と会話の同時処理実験は、まず、自動車運転シミュレータと 2 章で用いたソフト、すなわち課題音声を出してから指で反応するまでの時間を測定するソフトを同時に実行する。次いで被験者は右手でハンドルを操作し、右足でアクセルとブレーキを操作しながら、左耳からの課題音声に対して左手人差し指でボタンを押して反応する。課題音声は会話(空間)、会話(意味)のそれぞれにおいて 2 秒間隔で発せられ、正確に反応すれば 1 分間の運転中にボタンを 10 回押すように課題を設定した。一方、運転(空間)および運転(意味)

Table 1 Experimental conditions

Condition	Evaluation	Driving Performances		Mental Workload
		Reaction Time and Correct Response of Braking	Unsteadiness of Driving	
1. Driving(Spatial)・Hearing(Monotone)			○	○
2. Driving(Semantic)・Hearing(Monotone)		○		○
3. Driving(Spatial)・Hearing(Spatial)			○	○
4. Driving(Spatial)・Hearing(Semantic)			○	○
5. Driving(Semantic)・Hearing(Spatial)		○		○
6. Driving(Semantic)・Hearing(Semantic)		○		○

は上述した条件の下で、それぞれ運転とブレーキ反応課題を実行する。

したがって本実験では、眼からの情報と耳からの情報が瞬間的に同時に入力されるようにはなっていないため、脳で瞬間的に干渉する挙動を解析することはできない。本研究では 1 分間という長いスパンの中で、両情報が干渉した結果のパフォーマンスを比較検討することに主眼を置いている。また、本実験にはハンドルやブレーキ操作、指によるボタン押しといった運動を含んでいるため、運動制御系との干渉も問題となる。そこでパフォーマンスを比較する際には、同等の運動を含むように設定した条件間でのみ比較を行う。すなわちブレーキ反応時間と運転不安定度は、それぞれ表 1 中の○印をつけた 3 項目の間で評価を行った。また、メンタルワークロードは実験中の時々刻々の精神的緊張や集中による影響を調べるために、レーザードップラー血流計(ALF-21)を用いて、左手親指手背面の皮膚血流量を測定した。人間は緊張やストレスによる精神的な負担を受けると、指尖部末梢の皮膚血管収縮神経(交感神経)が亢進され、皮膚血管が収縮する。その結果、皮膚血流量が減少することが知られている¹²⁾。また、人間の集中度を指尖脈波によって評価している報告もある¹³⁾。被験者には、プローブを左手親指手背面に両面テープで固定し、左腕は楽な状態で机上に置いてもらうこととした。

実験は 6 通りの条件をランダムな順序で 2 回ずつ行った。初めに各条件の課題について十分に練習を行い、各条件が変わって実験を開始する前にも練習を行ってもらい、リラックスしてから次の実験を開始した。被験者は 2 節の実験と同じ 22~27 歳の男子 12 名とした。

3.2 運転特性に関する実験結果

図 5 に実験から得られた自動車運転の不安定度の比較を示す。被験者 12 名それぞれについて各条件における 2 回試行の不安定度の平均を求め、さらに全被験者について平均を求めた結果を示している。

Fig.5 Unsteadiness of driving (**: $p<0.01$, *: $p<0.05$) Fig.6 Reaction time in braking (**: $p<0.01$, *: $p<0.05$)

図からわかるようにモノトーンに反応しながら運転を行う「運転(空間)・会話(モノトーン)」に対して、「運転(空間)・会話(意味)」と「運転(空間)・会話(空間)」では不安定度が高くなっている($p<0.01$)。なお、これらの3条件にはいずれも運転操作と指によるボタン押しが含まれているため、不安定度が図のように異なるのは、耳から入力される情報とその処理の違いによるものと考えられる。先行研究⁽¹⁴⁾から不安定度 0.1未満は「安定」、0.1以上 0.3未満は「やや不安定」、0.3以上 0.5未満は「不安定」を意味する。このことからモノトーンに反応するだけの単純な処理は運転にほとんど影響しないが、意味的あるいは空間的情報処理を伴うと運転に影響が現れることがわかる。さらに「運転(空間)・会話(意味)」よりも「運転(空間)・会話(空間)」の不安定度が高くなっていることから、「運転(空間)・会話(空間)」では運転と携帯電話とともに空間的な処理を行わなければならない、運転のパフォーマンスがより低下したものと考えられる。このことは、眼と耳からの空間的情報が脳内で干渉し、そこに多くの注意資源が配分された結果であることが示唆される。

図6に自動車運転の意味的情報処理課題におけるブレーキ反応の結果を示す。ここでも被験者12名それぞれについて各条件における2回試行の反応時間の平均を求め、さらに全被験者について平均を求めた結果を示している。図からわかるようにモノトーンに反応しながらブレーキ反応の処理を行う「運転(意味)・会話(モノトーン)」に対して、「運転(意味)・会話(空間)」および「運転(意味)・会話(意味)」では反応時間に遅れが生じていることがわかる($p<0.01$)。この場合も同様にいずれの条件にもブレーキ操作とボタン押しが含まれているため、反応時間の違いは耳から入力される情報とその処理の違いによるものと考えられる。

「運転(意味)・会話(空間)」よりも「運転(意味)・会話(意味)」で反応時間が長くなっていることから、「運転(意味)・会話(意味)」では運転と携帯電話とともに意味的な処理を行わなければならない、ブレーキ反応がより低下したものと考えられる。このことは、眼と耳からの意味的情報が脳内で干渉し、そこに多くの注意資源が配分された結果であることが示唆される。

3.3 メンタルワークロードに関する実験結果

図7は皮膚血流量変化の典型例を示したものである。24歳男子の実験1分間の例を図示している。実験開始前の20秒間は安静状態で測定し、その後の1分間が実験中となるようにした。グラフの縦軸は、安静状態時の平均値を基準としてそれからの減少率を示している。図から実験開始の時点からそれまでとは違った変動が現れているのがわかる。この変動は実験開始に起因する被験者の緊張や集中による生体負担の現れであると考えられる。「運転(意味)・会話(空間)」、「運転(意味)・会話(意味)」では血流量の減少率が大きくなっていることがわかる。この場合、「運転(意味)・会話(意味)」の血流について見ると実験開始直後には約

Fig.7 Examples of blood flow on the finger tip before and during the experiments (24yrs-old man)

Fig.8 Mental workload in spatial information processing of driving (+: $p < 0.1$, NS: Not Significant)

Fig.9 Mental workload in semantic information processing of driving (**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, +: $p < 0.1$)

30%の減少が見られ、実験開始 20 秒後には約 15%の減少が認められる。一方、モノトーンに反応しながらブレーキ反応の処理を行う「運転(意味)・会話(モノトーン)」の場合には、他の聴覚情報処理の場合と比べて減少率が小さいことがわかる。このような、実験開始後の減少率の大きさを定量化するため、実験開始 10 秒後から 40 秒後(測定開始 30 秒後から 60 秒後)までの平均レベルを求め、安静状態からの減少率を算出した。

被験者 12 名について各条件における皮膚血流量減少率の 2 回試行の平均をそれぞれ求め、全被験者の平均を求めた結果を図 8、図 9 に示す。

図 8 からわかるようにモノトーンに反応しながら運転を行う「運転(空間)・会話(モノトーン)」の場合に対して、「運転(空間)・会話(意味)」の条件において皮膚血流量減少率が大きくなる傾向がある。これは、先に述べたようなメンタルワークロードの現れであると考えられる。一方、「運転(空間)・会話(空間)」の条件においては平均値は高いものの統計的に有意に高いとは認められなかった。この原因の 1 つは、車体の左右前後を安定に保って運転するという運転課題そのものが

が比較的大きな精神的負担を与えるものであったためと考えられる。また、図 8 の結果は、会話における色の変化に対して正確に反応する課題の方がメンタルワークロードが大きい傾向を示唆している。

また、図 9 からモノトーンに反応しながらブレーキ操作を行う「運転(意味)・会話(モノトーン)」の条件ではメンタルワークロードは比較的小さいことがわかる。「運転(意味)・会話(空間)」と「運転(意味)・会話(意味)」では、後者の方が精神的負担が大きくなる傾向がある。このことは、図 6 の結果と同様に運転と携帯電話とともに意味的な処理を行うことにより、視覚と聴覚の干渉の度合いが大きくなって、より高い集中が必要となることを示唆している。

4. まとめ

携帯電話を用いた会話内容に対して脳が処理する空間的情報や意味的情報が、自動車運転のために脳が対応する空間的情報処理と意味的情報処理のそれぞれに対してどれだけ干渉し悪影響を与えるかを、自動車運転シミュレータを用いた実験によって検討した。結果をまとめると以下ようになる。

- (1) 自動車運転において視覚による空間的情報処理は、携帯電話からの聴覚による別の空間的情報の処理とより多く干渉し、走行安定性などのパフォーマンスを低下させる。
- (2) 信号判断のような視覚による意味的情報処理は、携帯電話からの聴覚による別の意味的情報の処理とより多く干渉し、ブレーキ操作の反応時間を遅らせる。

以上より、眼からの運転情報と耳からの携帯電話音声の情報が、ともに空間的な情報や意味的な情報を処理する場合には、運転パフォーマンスの低下やブレーキ反応の遅延をもたらすという新しい知見が得られた。このことから、自動車運転中に携帯電話の使用を認めるためには、例えば、速度に応じた車間距離の維持を支援することによって、運転者の空間的情報処理の負担を軽減する、あるいは信号機の色情報を「進め」「止まれ」といった別の情報に置き換え、それを車内に呈示することによって意味的情報処理の負担を軽減するなどのインタフェースの開発が望まれる。

本研究では、意味的および空間的情報が脳内で干渉した結果として、外に現れるパフォーマンスの劣化を明らかにしたが、どのような情報が脳内のどこで干渉するかといったことについては明らかにできていない。今後、MEG(脳磁図)やfMRIなどを用いて、脳内の干渉メカニズムを詳細に検討する必要がある。

参考文献

- (1) 社団法人 電気通信事業者協会, <http://www.tca.or.jp>
- (2) 総務省 統計局統計センター,
<http://www.stat.go.jp/data/jinsui/index.htm>
- (3) 川野, 西田, 橋本, 東, 森脇, 自動車運転時の運転特性と会話特性に与える携帯電話の影響, 日本人間工学会主催シンポジウム「カーナビ・携帯電話の利用性と人間工学」, (2000), pp.25-34
- (4) 近江, 会話の認知負荷が運転のパフォーマンスにおよぼす影響, 日本人間工学会主催シンポジウム「ケータイ・カーナビの利用性と人間工学」, (2003), pp.51-54
- (5) 川野, 西田, 橋本, 東, 森脇, 自動車運転中における同乗者との会話と携帯電話による会話の相違に関する実験的検討, 日本人間工学会主催シンポジウム「携帯電話の利用性と人間工学」, (1998), pp.79-82
- (6) Goodman, M.J., Tijerina, L., Bents, F.D. and Wierwille, W.W., Using cellular telephones in vehicles, safe or unsafe?, *Transportation Human Factors*, 1, (1999), pp.3-42
- (7) Alm, H. and Nilson, L., The effect of a mobile telephone task on driver behavior in a car following situation, *Accident Analysis and Prevention*, 27, (1995), pp.707-715
- (8) Pisella, L., Arzi, M., Rossetti, Y., The timing of color and location processing in the Motor context, *Experimental Brain Research*, v121, 3, (1998), pp.270-276
- (9) Rossetti, Y., Pisella, L., Pellison, D., New insights on eye blindness and hand sight, Temporal constraints of visuo-motor networks., *VIS COGN*, v7, 6, (2000), pp.785-791
- (10) 氏家, 視覚の情報処理, 計測と制御, 第41巻, 10号, (2002), pp.702-707
- (11) M.Mishkin, L.G. Ungerleider and K.A. Macko, Object vision and spatial vision: two cortical pathways, *Trends In Neuroscience*, v6, (1983), pp.414-417
- (12) 管屋, 岩瀬, レーザードップラー血流計を用いる検査法, *日本臨床*, 50巻, 4号, (1992), pp.79-82
- (13) 福住, 剣持, 運転シミュレータにおける集中計測システム, *人間工学*, 第32巻, 特別号, (1996), pp.360-361
- (14) 川野, 西田, 橋本, 森脇, 自動車運転と携帯電話の同時行為における運転・会話特性と衝突回避反応に関する研究, *交通科学*, Vol. 28, No.1, No.2 (1998) pp.66-70.