

自動車運転時の聴覚情報への対応課題が ドライバーに与える影響

- 生理的・行動的变化から -

北村康宏* 畑山俊輝*

ドライバーの運転中における聴覚情報処理を要する作業負荷がある場合、ドライバーにはどのような影響が生じるかを検討した。運転中のドライバーの心拍、瞬目、確認行動を測定とした。参加者はいつもどおりの走行を行う統制条件、メトロノームの音にタイミングを合わせて単語を喋る条件を難易度を変え2検査条件、計3条件での走行を行った。その結果、瞬目率、安全確認行動の回数のふたつの指標が、心拍数と負荷の主観評定値とは異なる傾向を示すことが明らかになった。結果から、聴覚的な情報を処理しながら運転を行う場合、主観的な負荷がそれによって生じた生理的な変化と運転行動の変化をそれぞれ引き起こすという示唆が得られた。

Effect of Auditory Mental Task on Car Drivers : A Psychophysiological Approach

Yasuhiro KITAMURA* Toshihiro HATAYAMA*

To investigate the effect of mental workload on car drivers, we took psychophysiological measurements of heart rate, eye blink and driver's safety behavior while driving on the open campus road in Tohoku university. Workload was manipulated by having participants perform several mental tasks while driving. Heart rate and subjective rating showed different trends from the frequency of blinking and the number of safety confirmation. These suggest that the subjective workload results in car driver's physiological and behavioral change while driving.

1. 背景

自動車事故を引き起こす一つの大きな要因として、運転行動に必要な情報に対して気を取られて生じる注意の欠如が挙げられている(例えば、参考文献1)2))。また、運転中の携帯電話の使用が事故を起こす一因ともなることが指摘されている。わが国においても運転中に携帯電話を使用することは法的に規制されている。

安全面のみ目を配れば、運転行動に直接かかわる情報にのみ注意を集中することが求められている。しかしながら、近年の自動車は快適性や娯楽性を高めるための機器、例えば、オーディオ機器、カーナビ、エアコンなどが数多く搭載されている。また、ITSをはじめとする高度な運転支援システムが開発されつつあり、ドライバーが運転中に処理すべき情報が従来とは異なった形で提示されていくことが予想される。

そこでドライバーへの負担に影響を与える要因として情報提示のモダリティに焦点を当てた研究が行われている。これらの先行研究によると、主に視覚と比較した結果、聴覚を使用した情報提示がより優

* 東北大学大学院文学研究科心理学研究室
Faculty of Arts and Letters,
Tohoku University
原稿受理 2004年9月30日

れたモダリティであることが示されている（例えば参考文献3）4）など）。

このような研究結果が報告される一方で、情報提示が聴覚刺激であっても会話をする時は認知的な負担は高いという結果も報告されている⁵⁾。さらに携帯電話の使用が運転に悪影響を及ぼすことは広く知られている（例えば参考文献6）7）8）など）。

このことから、他のモダリティに比べて低負荷であるとしても、聴覚を使用した情報提示デバイスの現実場面における使用状況ではある程度の負荷が発生し、ドライバーに影響を与えていることは明らかである。そのため今後は、運転中のドライバーにどのような変化が生じているのか。そして運転時に聴覚的に提示された情報に反応する際のどのような要素が強くドライバーに影響するのか、の二点を明らかにする必要がある。

1 - 1 ドライバーが受けうる影響

今回の研究の目的は運転中に提示された聴覚情報に対してリアクションを行う場合に、ドライバー自身がどのように変化するかを行動的、生理的に検討することである。

本研究においては運転時における安全確認行動という指標を取り上げて検討を行っている。実際の運転場面を使用している実験の場合では車の外側から見た運転行動のパフォーマンスが直接的に変化することはきわめてまれである⁹⁾。そのため、その変化を取り上げる場合には主観的な評定または生理的な指標、あるいは二次的課題のパフォーマンスといった点に注目し間接的にドライバーへの負荷の影響を計測することが行われている。それに対して今回は実際に運転中のドライバーの行動そのものが変化しうることという点に特に注目して実験を行った。すなわち、認知的な能力の低下といったパフォーマンスの変化からドライバーへの影響を考慮するととどめるのではなく、ドライバー自身の変化はいったい何であるのかを直接検討した。そのため、今回の実験では主観評定を使用することによって測定することが出来る意識上への影響、生理指標を使用することによって測定する意識下での身体への影響、さらに運転時の行動への影響を測定することによって総合的な影響を検討した。

1 - 2 運転時にドライバーに影響を与える要因

自動車を運転している際に、聴覚的な情報に対して処理を行って適切な反応を返すという場合、どの

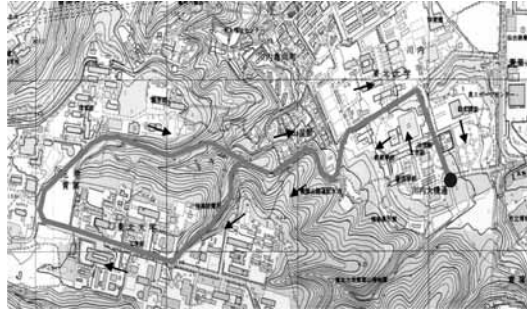


Fig. 1 実験コース

ような要因が特に影響を与えうるだろうか。携帯電話の使用による事故の増加に伴い、会話に関する先行研究が実施されたことは上述したとおりであるが、それによれば会話の中でもその複雑さがあがるにつれて影響は強くなることが示されている。さらに運転行動が先行車両や道路に対する速度や距離を把握して行う作業であるとする、タイミングを取るという課題も強く影響することが予測される。

そこで、まず運転中の聴覚情報処理を必要とする課題がドライバーに対してどのような影響を与えるのか、そしてドライバーに負荷を与える聴覚課題のどのような要因が特に強い影響を及ぼすのかを予備的に検討した。

2 . 予備実験

2 - 1 目的

異なる課題を運転中に実行させた。聴覚を使っての情報提示に対する反応を運転中のドライバーに実行させることによる影響を行動的・生理的・主観的に検討することにより、課題として考慮すべき要因を決定する。

2 - 2 方法

1) 参加者

大学生として水準程度の英語力を持っている大学院生4名が参加した。いずれも男性で年齢は23~29歳であった。運転歴は4~10年。全員過去に実験コースの道路を運転した経験があった。

2) 実験コース(Fig.1)

東北大学キャンパス内または周辺的一般道路(大学キャンパス構内道路を含む)からなる周回コースを使用した。

3) 装置(実験車)

トヨタ・プリウス、平成14年式(AT 1500cc)タイプを用いた。

4) 手続き

実験車両には、実験者が1名同乗した。走行開始直前に参加者(ドライバー)には、走行の経路に関して地図を用いて詳細に説明した。さらに実験者が今回の実験で行う課題について説明を行った。その後いつもどおりの運転をしてくださいと教示を行い、練習試行としてコースを確認しつつ1周の走行を行った。その後、参加者は課題を遂行しながら運転する実験条件の試行を行った。実験条件は課題の違いに伴い2種類あり、それぞれの実験条件における試行回数はそれぞれ2回であった。また2種類の実験条件の実施順序は、カウンターバランスを取り、順序効果の影響を排除した。ドライバーは計4周の試行を行う間、1周するごとにスタート地点で主観的な運転作業負担をたずねる質問紙に回答を行った。また、時間帯による交通量の変動の影響を少なくするため、畑山・金地¹⁰⁾を参考にして交通量の少ない時間帯に実験を実施した。

5) 課題

実験条件₁では、運転中に英単語をカセットデッキから再生した。参加者は聴覚呈示された英単語を反復した(再生ペースは毎分20語)。その際、もし英単語が聞き取れない場合もしくは自分の知らない英単語であったとしても、何らかの発話をするのが求められた。

実験条件₂では、運転中に参加者は1分間に20回のペースで実験日の曜日を英語で発話することが求められた。発話を行うペースの参考にするために、運転中にはメトロノームを1分間に60回のペースで鳴らし、その音に応じて発話するよう教示した。

どちらの課題も、参加者は提示された聴覚刺激に反応することが求められる。1分間の発話量は等しいものの、一つは単語に反応するという言語的な側面を強調された課題であり、もう一方はメトロノームに反応するというタイミングを重視した課題である。この二つを比較検討する。

6) 測定・記録

運転時には、携帯用生体アンプ(テスコPolymate AP1000)を使用し、心拍の記録を行った。その際に練習試行前およびすべての試行が終了した後の安静時にも測定を行った。また1周するごとに日本語版NASA TLXをもとに作成した運転時における主観的な作業負担に関する質問紙に7件法で回答を求めた。さらに、ダッシュボードにビデオカメラ(SONY DCR TRV20)を設置し走行中参加者の顔を撮影した。

撮影した画像を使い運転中のドライバーの瞬目(まばたき)回数、および交差点における左右確認行動を実験終了後に計測した。実験走行がすべて終了した時点で参加者から内省報告を求めた。

2 - 3 結果

本実験では得られたデータを定性的に分析することにより、全体的な傾向のみを検討した。また、全試行を通じて著しい交通量の変化や、アクシデントなどは発生しなかった。

また、本実験の参加者はいずれも実験コースに使用した道路を使用した経験があり、実験終了後に著しい疲れを感じたものはいなかった。

1) 心拍数

いずれの参加者も実験条件₁よりも実験条件₂のときのほうが高い心拍数を示した。

2) 主観的負荷量

3名の参加者が実験条件₁において実験条件₂より高い負荷であると評定した。1名は実験条件₁を実験条件₂より著しく高い負荷であると評定した。ただしこの参加者は、同乗していた実験者の前で英単語を口頭で述べることに強い羞恥心を感じていたことが内省報告により示されており、運転行動そのものの困難さとは異なる水準で回答していたことが推測できる。

3) 瞬目率

総回数から1分間毎の回数を算出し、条件ごとに比較した。いずれの参加者においても実験条件₁のほうが実験条件₂よりも高い瞬目率を示した。

4) 安全確認行動

対向車の有無および歩行者や自転車の巻き込み確認を行うために、交差点においてドライバーが首を振った回数を安全確認行動の回数としてカウントした。いずれの参加者においても実験条件₁において実験条件₂よりも多くの安全確認行動を行っていることが示された。

2 - 4 考察

今回の実験課題においては、二つの条件において求められる1分間当たりの反応回数は同じでありながら実験条件₁において心拍数および瞬目率が上昇し、さらに安全確認という行動的な側面においても違いが生じることが明らかになった。この結果は、単語を聞き取って反応を求められる課題よりも、タイミングを取らせて発話するという課題の方が、よりドライバーに身体的かつ行動的な変化を与えうるという可能性を示唆している。

1) 安全確認行動に関する考察

しかし一方で、今回の結果はいくつかの議論の余地を残している。一つは高い負荷がかかった場合に安全確認行動がより多く確認されたことである。Uchida et al. は、負荷がかかった場合の視覚的な安全確認行動は、非高齢者においては負荷の増大に伴い、左右の確認行動全体の時間は減るものの、首を振る回数そのものは増加することを示しており、このような傾向は、すばやい安全確認により高い負荷状況に上手く対応するというドライバーの対処行動であると解釈を行っている¹¹⁾。今回の結果はこの知見と合致するものであった。単に他の情報に気を取られ、外界認識が上の空になった結果何度も左右を確認したというのであれば、1回1回の時間が減少するとは考えにくい。もしそうなら2度目や3度目の確認行動に時間がかかるからである。今回の実験においても同様の傾向が見られ、より負荷が高い値を示した実験条件の際に見られる確認行動の回数が、実験条件のときに見られる回数よりも多くなった。このことは先行研究同様、ドライバーが困難な状況に対応して確認行動の回数を増やしたことの反映と考えられる。また、内省報告によっても、参加者は強く事故を起さないように意識していたこともこの解釈を裏付けるものである。

今回処理された負荷の大きさでは、課題によって生じた困難度の違いに応じて運転行動が適応的に変化したと考えられるが、この結果がどの程度の負荷まで当てはまるものかはさらに検討する必要がある。

2) 瞬目率について

また、瞬目率に関して単純に解釈できるかどうか疑問が残る。心的負荷が高ければ高いほど瞬目率は増加すること、またその傾向は聴覚課題において顕著であることが知られている¹²⁾。このように考えると今回の結果はこの知見に沿うものであり、妥当性の高いものであると考えられる。しかし、また一方では刺激が視覚的であろうと聴覚的であろうと刺激に対して注意を向けると瞬目率が減少するとも言われている¹³⁾。さらにSilverstein, Graham & Bohlinは選択的注意を異なるモダリティに向けることによって瞬目が抑制されることを示している¹⁴⁾。自動車運転時に主に使用されている感覚モダリティは視覚である。つまり運転中に聴覚的な刺激を呈示されることは今までとは異なる感覚モダリティに注意を向ける必要が出てくることになる。このことから、タイミングを取ることがより難しい聴覚課題の場合、

運転行動自体に使われているモダリティ(すなわち視覚)とは別のモダリティ(聴覚)により強く注意を向けてしまい、逆に瞬目率が低下するという可能性もある。

このように多様な振る舞いをし、多くの要因が関与している指標を使用する場合、場面の影響も考慮に入れる必要がある。そのため、実験室と現実場面の違いが影響を与える可能性をなくすよう、予備実験と同じ場面で実験を続けた。同一課題を使い、難易度のみを変化させることで、運転中の聴覚刺激に反応する課題が瞬目にどのような影響を与えるかを検討した。

3. 本実験

3-1 目的

予備実験によって、タイミングを取って発話をするという課題が単に聞き取って反復する課題よりも運転中のドライバーに強く干渉するしうという結果が示された。この結果をふまえ、同様の課題で難易度を変化させることによってドライバーへの影響がどのように異なってくるかをより詳細に検討する。

3-2 方法

1) 参加者

大学院生8名が参加した。いずれも男性で年齢は23~31歳であった。運転歴は5年~10年であった。

2) 実験コース・測定・実験装置

いずれも予備実験と同様であった。

3) 課題

実験条件において以下の課題を実施した。実験条件では、ドライバーは運転中に1分間に40回のテンポで鳴らされているメトロノームの音を聴き、その音にあわせて曜日を英語で順番に発話することが求められた。

実験条件ではドライバーは運転中に1分間に120回のテンポで鳴らされているメトロノームの音を聴き、その音が3回鳴るごとに、その音にあわせて曜日を英語で順番に発話することが求められた。

4) 実験手続き

1試行は周回コースを1周することであった。運転時には実験者1名が同乗した。練習走行を開始する前に、参加者(ドライバー)へ走行経路について地図を用いて詳細に説明を行った。その上で練習試行では周回コースを走行させて経路の確認を行った。その後、課題を遂行しながら運転を行わせる実験条件の試行を実施した。実験条件は2種類あり、それ

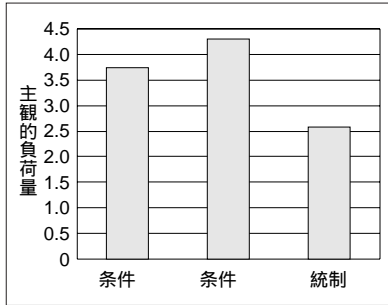


Fig. 2 走行条件の違いによる主観的負荷量

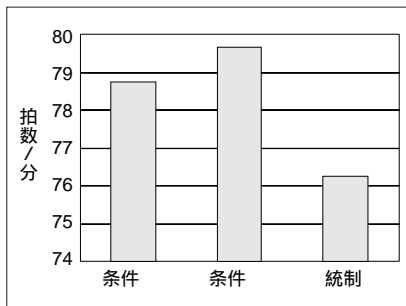


Fig. 3 走行条件の違いによる心拍数の変化

それぞれ1試行ずつ行われた。これに続く統制条件では課題を提示しなかった。その後実験条件および統制条件の試行を再度繰り返した。二つの実験条件を行う順序はカウンターバランスを取った。それぞれの試行が終了した時点で主観的な作業負荷をたずねる質問紙に回答を求めた。

3-3 結果

いずれの指標に関しても、1要因分散分析を行い条件間の比較を行った。

1) 主観的負荷量 (Fig.2)

条件間の主効果が有意であった($F(2,7)=19.17$, $p<.001$)。下位検定の結果、統制条件よりも実験条件、のほうがそれぞれ有意に高い値でありかつ実験条件の負荷がよりも高い傾向を持つことが示された。

2) 心拍数 (Fig.3)

条件間の主効果が有意であり($F(2,7)=14.75$, $p<.001$)。下位検定の結果、実験条件とがともに有意に統制条件よりも高い値を示した。

3) 瞬目率 (Fig.4)

条件間の差は有意であり($F(2,7)=4.361$, $p<.05$)。下位検定の結果、実験条件と統制条件間の差が有意であった。

4) 安全確認行動 (Fig.5)

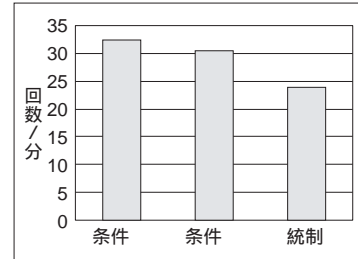


Fig. 4 走行条件の違いによる瞬目率の変化

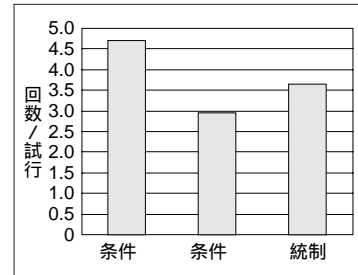


Fig. 5 走行条件の違いによる安全確認行動の変化

予備実験同様、交差点における左右の確認行動を安全確認行動として計測した。

条件間の主効果が有意であり($F(2,7)=9.433$, $p<.005$)。下位検定の結果、実験条件が実験条件および統制条件とそれぞれ有意に高い値を示した。

3-4 考察

運転中に聴覚刺激に反応して発話をする際のタイミング要因を操作して難易度を変化させた結果、予備実験と同様の傾向を示し、主観的な負荷量が高まるとともに心拍数の増加、瞬目率の増加という生理的な変化と安全確認行動の増加という行動的な変化を引き起こした。さらに同様の負荷をより強く提示した場合、主観的負荷量と心拍数はそれに合わせて増加するものの、瞬目率は増加せず、さらに安全確認行動の頻度も低下した。

これらの結果から、主観的な負荷量と心拍数は運転状況が困難になるにつれて単純に上昇するという傾向が示された。しかし聴覚課題、特に今回のようにタイミングを合わせるという要因を操作した場合は、逆に難易度が上昇を続けると瞬目率の上昇をある程度抑制することも明らかになった。この結果はこれまで主観的な負荷量として単純に解釈されることの多い瞬目という指標は、課題の性質に考慮して解釈する必要があることを示している。

また、交差点における安全確認という行動的な指標に関しても課題が引き起こした負荷の変化に対応

して単純に増加する、あるいは減少するといった傾向を示さなかった。運転作業負荷をわずかに与えた場合、安全確認行動が増加するという結果は予備実験と同様のものであった。したがってドライバーと負荷の関係が、負荷があれば周りに気を配らなくなるという単純な関係ではないことが示されている。今回条件で設定した程度の負荷であれば、むしろ安全への意識を高めるように、事故を起こさないようにしようというドライバーの対処行動が引き起こされる。しかしある負荷量を超えると、一般的に予測できるように、周囲に対する安全への気配りというものは減少することも同時に示された。すなわち、ある程度の負荷であれば逆にドライバーの安全行動を引き出すが、一定以上の負荷になるとドライバーは道路環境全体への気配りができなくなるということが行動的な面からも明らかになった。

4. まとめ

今回の実験では、聴覚的な情報提示に反応する課題の中でも特にタイミングを取るという要因を操作し課題を設定した。その結果、主観的な負荷量に応じて心拍は単純に増加していくこと、しかし瞬目の場合、課題の性質によっては上昇が抑制されること、そしてある程度の負荷であればドライバーは周囲へ注意を積極的に向けるが、より高い負荷を加えられると、行動的に見ても環境への注意配分が困難になることが明らかになった。

参考文献

- 1) Rumar, Kare: The basic driver error: Late detection, *Ergonomics*. Vol. 33(10-11), pp.1281-1290, Oct. - Nov., 1990
- 2) 松永勝也編著「交通安全教育について - おわりにかえて」『交通事故防止の人間科学』pp. 107-109、(株)ナカニシヤ出版、2002年
- 3) Kimura, K., Marunaka, K., Sugiura, S.: Human Factors Considerations for Automotive Navigation System, *Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces*, ed. Y. Ian Noy, pp. 153-168, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1997
- 4) Liu, Y. C.: The effect of Taiwan in vehicle cellular audio phone system on driving performance *Safety Science*, vol. 41, pp. 531-542, 2003
- 5) Recarte, M. A., Nunes, L.: Mental load and loss of control over speed in real driving. Towards a theory of attentional speed control, *Transportation Research Part F5*. pp.111-122, 2002
- 6) Brookhuis, K. A., de Vries, G. and de Waard, D.: The effects of mobile telephoning on driving performance. *Accident Analysis and Prevention* 234, pp. 309-316, 1991
- 7) Green, P., Hoekstra, E., Williams, M.: Further On the road Tests of Driver Interfaces: Examination of a Route Guidance System and a Car Phone(UMTRI Technical Report No. 9335). 1993
- 8) Kantowitz, B. H.: Simulator evaluation of heavy vehicle driver workload. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 39th Annual Meetings*, pp. 1107-1111, 1995
- 9) Zeitlin, R. L.: Estimates of Driver Mental Workload: A Long Term Field Trial of Subsidiary Tasks, *HUMAN FACTORS*, vol. 37(3), pp. 611-621, 1995
- 10) 畑山俊輝、金地美知彦「自動車運転者の安全性知覚への心理生理的試論」『東北大学文学研究科研究年報』50号、5000
- 11) Uchida, N., Waard, D., Brookhuis, K. A., Katayama, T.: 「メンタルワークロードが運転時の視覚探索に及ぼす影響 Effect of Mental Workload on Visual Search while Driving」『自動車研究』vol. 22, no. 10, 2000年
- 12) 田多英興「内因性瞬目における作業仮説」『人間情報学研究』東北学院大学、vol. 2, pp. 73-78, 1997年
- 13) 福田恭介「三つの瞬目」『新生理心理学 1 生理心理学の基礎』藤澤清、柿木昇治、山崎勝男(編著) pp. 274-279, 1998年
- 14) Silverstein, L. D., Graham, F. K., Bohlin, G.: Selective attention effects on the reflex blink, *Psychophysiology*, vol. 18, pp. 240-247, 1981