

# 二輪車乗車時における メンタルワークロード評価手法の基礎検討

Fundamental study of methods for evaluating mental workload  
in motorcycle riding

大本 浩司 米田 圭祐 吉倉 肇 八木 昭宏

技術論文

## Abstract

In recent years IT has brought advances to motorcycles as it has in other industries. In the area of ASV(Advanced Safety Vehicle) and the use of IT devices to provide riders with information during riding, there is now a need to objectively evaluate the mental workload (MWL) involved in this information supply in order to help optimize the amount of information supply and its timing. However it is difficult to measure the constantly changing MWL by means of subjective indicators. To deal with this issue, we used a combination of physiological and behavioral indicators to construct a time sequenced and more objective evaluation method to measure MWL. For the physiological indicator we used event-related potentials (ERPs), which directly reflects the brain's information processing activity. For the behavioral indicator we used dual-task performance of "a tracking task as the main task" and "a peripheral detection task (PDT) as the secondary task", in which the dual-task was regarded as simplified motorcycle operations. In our experiments we utilized simultaneous measurements of "visual ERP (P300) via a device built into the helmet" and "dual-task performance which is the number of tracking error and the rate of correct detection of the target LED lighting". The experiment's objective was to test the effect of varying degree of the MWL on the respective indicators. As a result, we were able to verify the effectiveness of this MWL evaluation method and clarify the constraints involved.

## 要旨

近年、二輪車においても情報化が進展している。安全性を確保するためには、ライダーの情報通信機器の利用に伴う負担レベル(メンタルワークロード; MWL)を客観的に評価して、ライダーに提示する情報の量やタイミングを最適化する必要がある。しかしながら、主観指標では、時々刻々と変化するMWLを測定することは難しい。これに対して、我々は、生理指標と行動指標を併用することで、時系列で客観的にライダーのMWLを測定する評価手法を構築した。生理指標としては、脳の情報処理過程を直接反映する事象関連電位を用いる。行動指標としては、二輪車の操縦を単純化した二重課題として、主課題のトラッキング課題と副次課題の検知反応課題の作業成績を用いる。本研究では、ヘルメットに組み込んだデバイス等により「事象関連電位の視覚P300」と「二重課題法によるトラッキングエラーとLEDに対する正答反応率」を同時計測し、MWLの程度が各指標に及ぼす影響を実験的に検証した。その結果、このMWLの評価手法の有効性を確認でき、その制約事項も明らかにできた。

## 1 はじめに

近年の情報通信技術の進展により、ITS (Intelligent Transport Systems)やASV (Advanced Safety Vehicle)のような情報化が進み、二輪車でもナビゲーションシステム等の情報通信機器が利用され始めた。しかし、情報通信機器を利用するライダーが処理できる情報量には限界があり、過剰な情報提供は見誤り、誤判断、誤操作を招くことになる。新しい情報通信機器を開発する際には、ライダーの情報処理への影響を踏まえて設計する必要がある。そのためには、ライダーの情報処理過程(認知・判断・操作)におけるメンタルワークロード(MWL)を定量的かつ時系列で評価できる指標が必要である。

本研究では、注意の処理資源モデルに基づいて、MWLを定義する。注意の処理資源モデルとは、覚醒水準等によって規定される情報処理資源を視覚、聴覚、触覚など各モダリティにおける情報処理や運動制御に分配し、各々に分配された処理資源の量に従って処理精度が決定されることを仮定している理論である<sup>1)</sup>。例えば、二輪車を運転しながらハンズフリーの携帯電話で会話する場合、運転に必要な処理資源と会話に必要な処理資源が必要となる。両方を合わせた処理資源がライダーの処理できる容量を超えると、運転行動に何らかのヒューマンエラーが発生しやすくなり、事故につながる可能性が高くなる。このように考えると、MWLは、情報処理の負担レベルと言い換えることができる。情報処理の負担レベルが容量を超えているか、容量内で収まっているかを測ることができれば、ライダーへの過剰な情報処理負担を避けることで、ヒューマンエラーを低減することが可能となり、事故の発生を減らすことができると考えられる。

MWLの評価技術としては、情報処理の負担レベルが高まった場合に視野狭窄になっているかどうかを眼球運動計測技術により評価する方法や、情報処理に影響するような緊張状態であるかどうかを生体計測技術により評価する方法などがある。しかし、これらの方法には、「視線をある対象に向けたとしても、適切に情報が処理されとは限らない」、「心拍や皮膚電気活動などの自律神経系の生体反応は、反応が遅く、間接的にしか情報処理過程を推定できない」、等の問題があり、MWLの時間変化を定量的に捉えることが難しい。これらの問題を解決する為に、脳で行われる情報処理過程を直接反映する評価方法が必要であると考えられる。本研究では、こうした背景のもと、特に脳の情報処理過程に焦点をあて、ライダーのMWL評価方法について検討した。

## 2 事象関連電位 (Event Related Potential : ERP) によるMWLの評価技術

ERPは、脳波の一種で、外的あるいは内的な事象に関連する脳電位である。ERPは、脳の情報処理過程を直接反映する指標であるので、アイカメラ等で計測可能な表出行動には表れない心的過程の分析が可能であると考えられる。MWLに関する研究では、注意(処理資源)の観点から、視覚や聴覚刺激に対するERPを用いてユーザの情報処理に伴うMWLを評価する手法が提案されている<sup>2)</sup>。研究事例としては、複合的トラッキング作業におけるMWLをERPによって評価する筆者らの研究がある<sup>3),4)</sup>。この研究では、トラッキング課題(車線保持や車間維持を単純化した知覚 - 運動系の課題)を遂行中に、数値課題(道路標識の認識やナビゲーションなどの情報通信機器の利用に伴う情報認識を単純化した知覚 - 中枢

系の課題)を遂行し、さらに聴覚オドボール課題(周波数の異なる3つの純音がランダムな順序で提示され、その中からターゲット音を検知する課題)を遂行した際に、トラッキング課題、数的課題のそれぞれの難易度によって、事象関連電位の聴覚P300がどのような反応を示すかを実験的に検討している。聴覚P300は、聴覚オドボール課題のターゲット音の提示時点を基準として、主に図1に示す頭頂部(Pz)から導出される脳波を加算平均すると、ターゲット音の提示時点から約300ms後に出現する陽性成分である。実験の結果、知覚 - 運動系と知覚 - 中枢系それぞれにおいて、負荷が大きくなる(処理資源の分配量が増す)と聴覚P300のピーク振幅が低減することが示されている。この結果より、聴覚P300は知覚 - 運動系ならびに知覚 - 中枢系のMWLを総合的に評価できる指標であると考えられる。

以上のことから、ライダーのMWLを事象関連電位で評価する際には、聴覚P300を評価指標として用いることで、情報通信機器の利用に伴う知覚 - 中枢系のMWLを時系列で客観的に評価できると考えられる。しかし、二輪車における情報通信機器の利用場面を想定すると、音刺激の提示を必要とする聴覚P300をMWLの指標として用いることは難しい。「二輪車は機器の設置スペースが狭い」、「ライダーはヘルメットを装着する必要があり視野が狭まる」等の理由から見やすい位置に視覚情報提示機器を設置しにくい。また、ライダーはグローブを装着する必要があるため手指による機器の操作性が悪く、四輪車に比べるとカーナビ等の視認操作系を主とする情報通信機器を利用しにくい。二輪車は、携帯電話によるハンズフリーの音声対話や音声認識技術を活用したナビゲーションシステムなど、音声インタラクションを主とする情報通信機器との親和性が高いと考えられる。よって、二輪車を想定した実験では、聴覚系の情報処理負荷と同一モダリティとなる聴覚P300を評価指標として用いるのではなく、聴覚系の情報処理と干渉しないLED発光による光刺激を用いたオドボール課題によって計測する視覚P300を評価指標として用いるべきであると考えられる。そのため、本研究では、トラッキング作業中に聴覚系を主とする知覚 - 中枢系のMWLと視覚オドボール課題を被験者に課し、視覚P300によって聴覚系を主とするMWLを評価する手法を検討した。

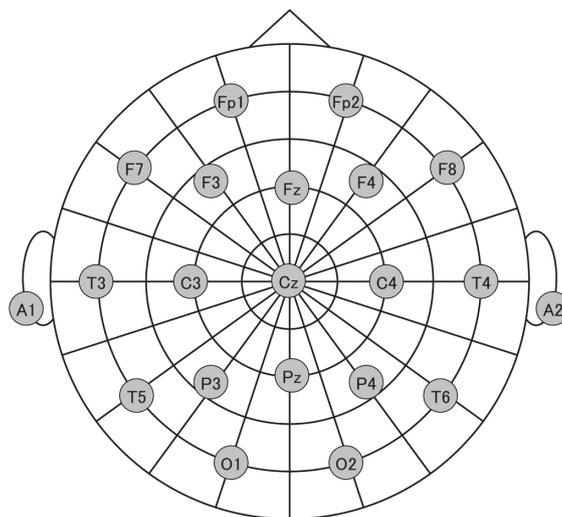


図1 国際10-20法による電極配置図

### 3 視覚P300を用いたMWLの評価事例

#### 3.1 被験者

被験者は、右利きの視力と聴力が正常な学生16名(男性8名、女性8名:平均年齢21.6歳)であった。実験では、計測データへのノイズ混入、実験手順の誤り、被験者の訴えによる実験中断によって、5名分のデータ欠損が生じた。データ解析では、11名分の有効データを対象に解析を行った。

#### 3.2 実験課題(被験者に課したタスク)

実験課題は、3種類の課題(トラッキング作業課題、視聴覚刺激の提示課題、視覚オドボール課題)を同時に実施することであった。各課題の優先順位は、1=トラッキング作業課題、2=視聴覚刺激の提示課題、3=視覚オドボール課題であった。被験者は椅子に着座して、**図2**に示すインターコミュニケーションシステム(サインハウス社製、B+Com SB213)を設置したヘルメット(弊社製、YF-5)を装着して、ディスプレイ(VDC Display Systems 社製 Marquee)から視認距離が約274cmとなる状態で、下記の課題を実施した。実験室内の照度は、72Lxに保たれた。



図2 インターコミュニケーションシステムを設置した実験用ヘルメット

##### 3.2.1 トラッキング課題

トラッキング作業課題は、知覚 - 運動系の負荷課題として設定した。具体的には、100 inchディスプレイ(VDC Display Systems社製、Marquee)のポジティブスクリーン上(白色)をランダムに約2.5°/sのスピードで移動するターゲット( $\phi=0.63^\circ$  黒色)を追尾枠(一辺=4.12°)から逸脱しないように、追尾枠をトラックボールで移動させる作業であった。被験者は、トラックボールを右手で操作した。

### 3.2.2 視聴覚刺激の提示課題

視聴覚刺激の提示課題は、知覚 - 中枢系の負荷課題として設定した。具体的には、AU(Auditory Utterance)条件、VU(Visual Utterance)条件、AA(Auditory Addition)条件、Mu(Music)条件、Co(Communication)条件、None条件の6条件であった。AU条件は、ヘルメット内臓のスピーカから3.0s間隔で提示される0 - 9の一桁数字を追唱する条件であった。VU条件は、トラッキング画面に提示される0 - 9の一桁数字を追唱する条件であった。数字は、周辺視野領域にランダムな位置に提示され、大きさは、約1°であった。ターゲットからの距離は最短で10°、最長で30°であった。図3のようにターゲットの周辺の灰色部分に提示された。数字の提示時間は1.0sであり、提示間隔は2.0sであった。AA条件は、ヘルメット内臓の左右のスピーカから3.0s間隔で提示される0 - 9の一桁数字を足し算する条件であった。足し算は、「一つ前に提示された数字」を「次に提示された数字」に足した結果の一桁のみを口答する条件であった。Mu条件は、ヘルメット内臓の左右のスピーカから提示される楽曲を聴取する条件であった。楽曲は、あらかじめ実験者が用意した8種類の楽曲を被験者が聞き、好みの楽曲を1曲選定した。楽曲は、アップルジャパン株式会社が運営する音楽ダウンロードサイトiTunesストア<sup>5)</sup>のダウンロードランキング上位50位の中から、ジャンルごとに最も順位の高い曲(2008年7月14日16時30分時点)を選定した。Co条件は、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社が提供する音声情報提供サービス「Vポータル」<sup>6)</sup>の音声認識ゲーム「ハイ&ロー」で音声対話する条件であった。None条件は、各条件の負荷レベルを比較するためのコントロール条件で、視聴覚の刺激は提示されなかった。つまり、トラッキング課題と視覚オドボール課題のみを遂行する条件であった。なお、AU条件、VU条件、AA条件では、5分間に100個の数字が提示された。

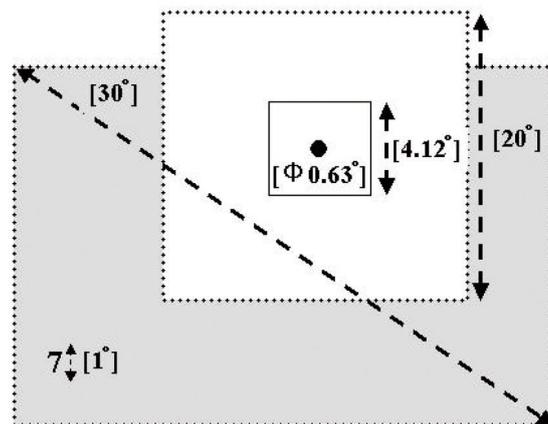


図3 トラッキング画面と表示領域

### 3.2.3 視覚オドボール課題

視覚オドボール課題は、視覚P300を計測するための課題として設定した。被験者は、図2のようにヘルメットの開口部下部に取り付けられたLEDの発光に対して、左手に持ったスイッチの押下により反応した。LEDの設置位置は、被験者の各眼球の中央(開口部下部上)となるように調整された。図4に、視覚オ

ドボール課題による視覚P300の測定手法を示す。LEDの発光色は、青と白の2種類であった。青は20%、白80%の割合でランダムに点灯した。LEDの発光間隔は700msであり、低頻度の青色LEDは連続して点灯しないように設定した。被験者は、低頻度の青色LEDが点灯した場合に反応した。

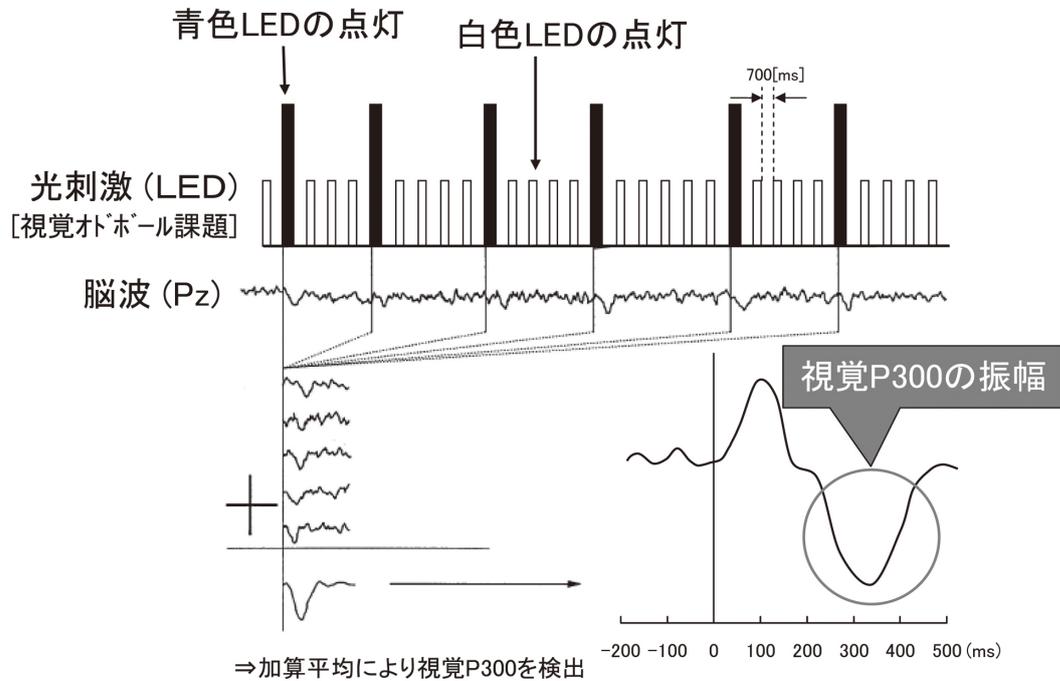


図4 視覚オドボール課題による視覚 P300 の測定手法

### 3.3 実験手順

被験者は、トラッキング作業課題、視聴覚刺激の提示課題、視覚オドボール課題の優先順位に従って、各課題をできるだけ正確に、かつ迅速に実施することが求められた。視聴覚刺激の提示課題は、6条件あるので、各条件の試行順序はランダムとし順序効果を排除した。各条件の作業時間は、5分間であり、合計30分の課題を行った。

### 3.4 評価指標

知覚 - 中枢系の各種情報処理の負荷が及ぼす影響を検証するために、生理・行動・主観指標によって多面的に検討した。

#### 3.4.1 生理指標(視覚P300)

視覚P300は、青色LEDが発光した時点で脳波を加算平均することで検出した。脳波は、頭頂部(Pz)から銀 - 塩化銀電極(日本光電製、NE-512G)により両耳朶結合を基準として単極導出し、生体アンプ(日本光電製、Multichannel Amplifier MEG-6116)によって増幅した。瞬きや眼球運動によるノイズを除去するため、水平・垂直の眼電位もあわせて銀 - 塩化銀電極(日本光電製、NT-512G)により双極導出で計測した。サンプリング周波数は500Hzとし、Low Cut Filter 0.08Hz、High Cut Filter 30Hz、Hum Filter

ONで計測した。視覚P300の指標としては、潜時が200-700msの陽性電位成分のピーク振幅を用いた。青色LED発光時点を基準として、基準前200msから基準後700msの範囲内に瞬目あるいは大きな眼球運動が発生した場合には、加算平均の対象から除外した。

### 3.4.2 行動指標(トラッキングエラー、オドボール課題の正反応率)

トラッキングエラーは、ターゲットが追尾枠から逸脱した回数と、逸脱した時間の合計を累積逸脱時間として計測した。逸脱は、ターゲットが1ドット以上外れる時間が100msを超えた場合を判定基準とした。ターゲットの座標は、10msごとに計測した。

オドボール課題の正反応率は、青色LEDが発光して、次のLEDが発光するまでの700msの間に被験者がスイッチを押した場合を正反応とし、正反応数を青色LEDの発光回数で除した値をオドボール課題反応率とした。

### 3.4.3 主観指標(NASA - TLX)

メンタルワークロードの主観指標として、日本語版NASA-TLX<sup>7)</sup>を用いた。総合得点の算出には、簡易手法であるAWWL(Adaptive Weighted Workload)手法<sup>8)</sup>を用いた。

## 3.5 実験結果と考察

### 3.5.1 生理指標(視覚P300)

図5に各条件で得られた視覚P300の加算平均波形を示す。この波形の約300ms以降の陽性成分が視覚P300の反応であり、そのピーク値を被験者ごとに求めた。この波形は、青色LEDへの反応課題に正しく反応した場合に、青色LEDの点灯時点を基準に脳波を加算平均した結果である。図5より、全ての条件で視覚P300が検出されていることが分かる。

図6に、各条件における平均振幅とその標準偏差を示す。図6から、特にAA条件とCo条件でピーク振幅が低減している。そこで、各条件におけるピーク振幅について、被験者内計画の分散分析を行った。その結果、条件の主効果が認められた( $F(5,50)=9.59, p<.01$ )。下位検定として、多重比較検定(ホルム法)を行ったところ、「AA条件、Co条件」と「AU条件、VU条件、Mu条件、None条件」の間に5%水準で有意差が認められた。AA条件とCo条件は、他の条件に比べて、視聴覚刺激の提示課題に対する処理資源の配分量が増し、知覚 - 中枢系のMWLが高くなったと考えられる。一方、音楽聴取(Mu条件)や記憶を伴わない数字の追唱(AU条件、VU条件)は、コントロール条件(None条件)との差が認められなかったため、知覚 - 中枢系のMWLは高くなかったと考えられる。

しかし、同じトラッキング課題を用いた筆者らの実験<sup>3)</sup>では、「VU条件」と「None条件」のMWLの違いを聴覚オドボール課題で計測した聴覚P300で検出することができた。この結果は、聴覚オドボール課題と視覚オドボール課題では、被験者に要求するMWLは同じであるが、視覚オドボール課題ではトラッキングのターゲットの位置によってLED点灯を視認できない時があり、視覚オドボール課題に費やす資源は相対的に少なくなっていることが原因であると考えられる。また、今回の実験では、「AU条件」と「None条件」のMWLの違いも認められなかった。この結果は、Wickensが提唱する多重資源モデル<sup>9)</sup>によって説明できる。多重資源モデルでは、視覚と聴覚では異なる資源が存在し、同一モダリティ内の課題を同時に遂行すると干渉すると指摘している。AU条件は、「聴覚的に提示される一桁数字の読み上げ」と「視覚的に提示される青色LEDの発光に対して反応する」という2つの知覚 - 中枢系のMWLがあり、情報処理に必要な資源が異なったので、MWLの影響を検知できなかったと考えられる。

以上の結果から、視覚刺激に伴う知覚 - 中枢系のMWLを計測する際には聴覚P300を指標とし、聴覚刺激に伴う知覚 - 中枢系のMWLを計測する際には視覚P300を指標として利用するのが有効であると考えられる。

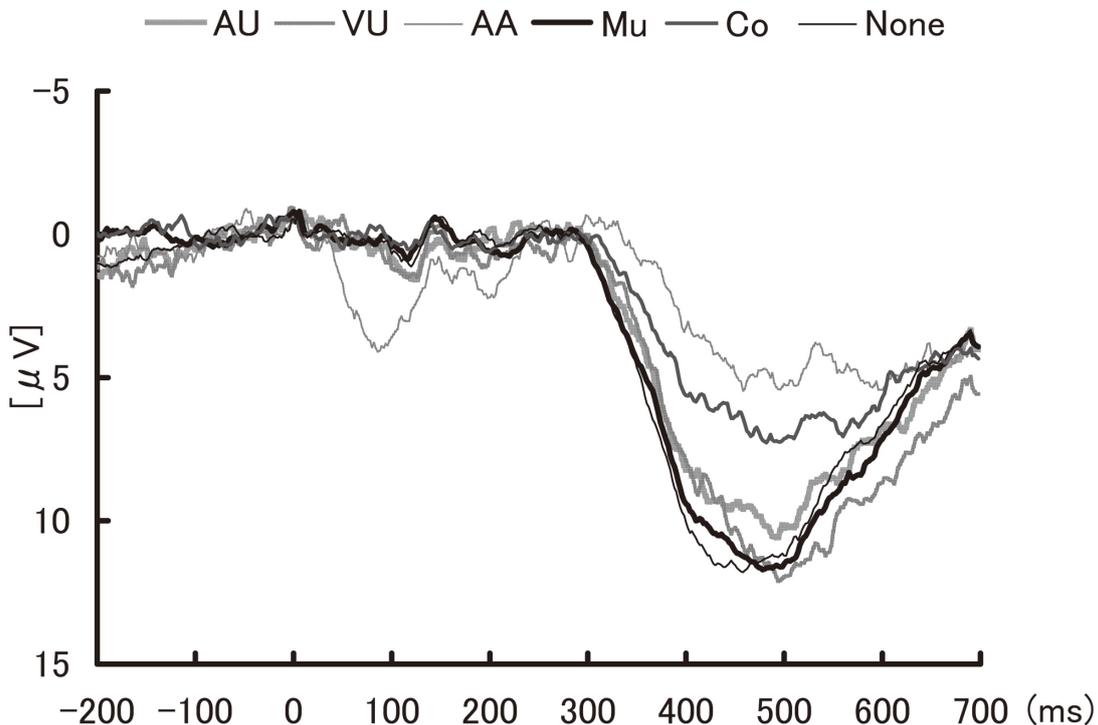


図5. 各条件で得られた視覚 P300 の加算平均波形

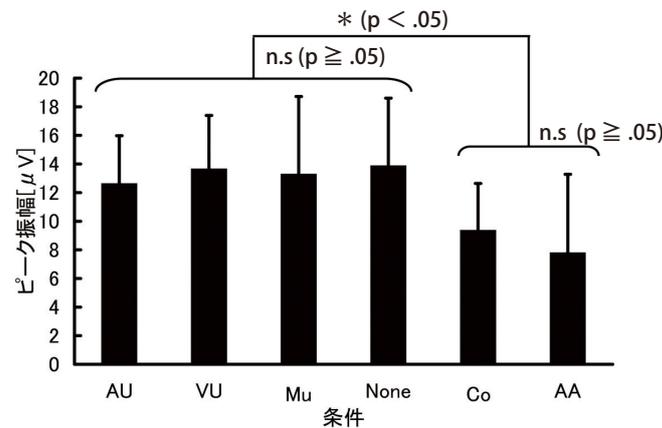


図 6. 各条件における視覚 P300 のピーク振幅 (平均値±標準偏差)

### 3.5.2 行動指標(トラッキングエラー、視覚オドボール課題の正反応率)

各条件におけるトラッキング課題の逸脱回数を図7に、累積逸脱時間を図8に示す。各条件で5分間の課題中に平均15回程度の逸脱があり、累積逸脱時間は平均5.0s以下であった。各条件のトラッキング課題は全く同じであったので、条件差も認められず、同程度の負荷であったと考えられる。

各条件における視覚オドボール課題の正反応率を図9に示す。視覚オドボール課題は、優先順位の最も低い課題であるので、他の課題を遂行するために多くの処理資源が配分されると正反応率が低下する。図9より、視覚オドボール課題の正反応率は、条件間で差が認められる。そこで、各条件における正反応率について、被験者内計画の分散分析を行った。その結果、条件の主効果が認められた ( $F(5,50)=25.18, p<.01$ )。下位検定として、多重比較検定(ホルム法)を行ったところ、「AA条件」と「Co条件、VU条件」と「AU条件、Mu条件、None条件」の間に5%水準で有意差が認められた。視覚P300の結果ではVU条件のMWLを検出することはできなかったが、視覚オドボール課題の正反応率の結果からはVU条件のMWLが検出できているように見える。しかし、VU条件では、トラッキング画面に表示される数字を視認する時に、青色LEDの点灯を見落とす可能性がある。よって、正反応率が低いからといって、知覚 - 中枢系のMWLが高いとは判断できない。

以上の結果から、単純なトラッキングと視覚オドボール課題を同時に計測することで、視聴覚刺激の提示課題に伴う知覚 - 中枢系のMWLを評価できることが分かった。AA条件とCo条件の間にも有意差が認められていることから、感度のよい評価指標であると考えられる。しかし、VU条件のように視覚情報の提示と視覚オドボール課題を併用すると、同一モダリティに複数の視覚情報が提示されることになるので、知覚 - 中枢系のMWLが高いために正反応率が低下しているのか、単純に視認してないために正反応率が低下しているのかを判断することができない。視覚P300の結果も踏まえて、総合的にMWLを判断する必要があると考えられる。

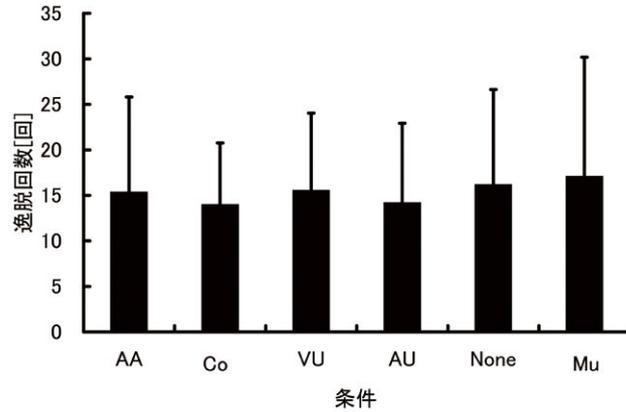


図7. 各条件におけるトラッキング逸脱回数 (平均値±標準偏差)

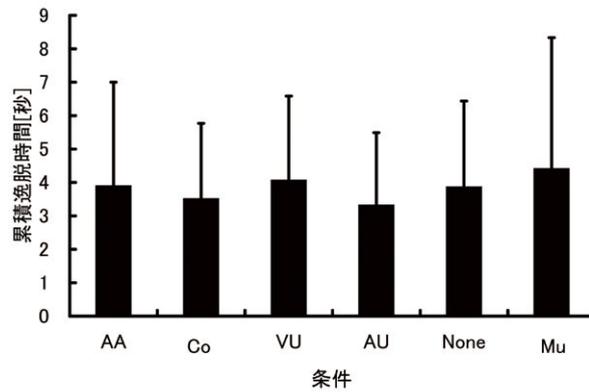


図8. 各条件におけるトラッキング累積逸脱時間 (平均値±標準偏差)

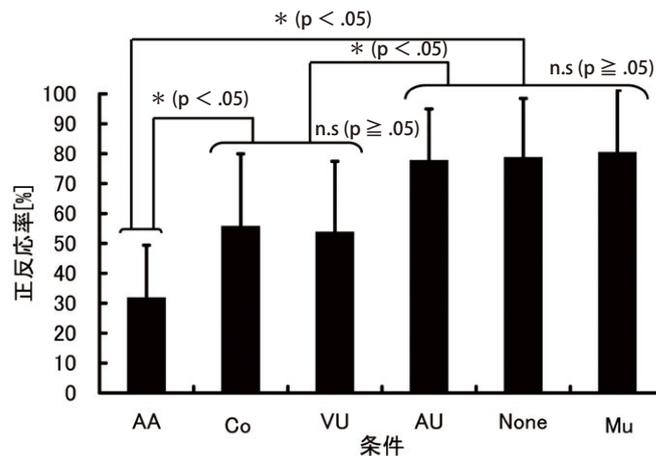


図9. 各条件における視覚オドボール課題の正反応率 (平均値±標準偏差)

### 3.5.3 主観指標(NASA-TLX)

各条件におけるNASA-TLXの総合得点 (AWWL) を図10に示す。総合得点は、得点が高いほど主観的な負担感が高いことを表している。図10より、AA条件の負担感が最も高く、次にVU条件の負担感が高いと認められる。そこで、各条件における総合得点について、被験者内計画の分散分析を行った。その結果、条件の主効果が認められた( $F(5,50)=17.94, p<.01$ )。下位検定として、多重比較検定(ホルム法)を行った

ところ、「AA条件」と「他の条件」の間、および「VU条件」と「Mu条件、None条件」の間に5%水準で有意差が認められた。

AA条件は、視覚P300と視覚オドボール課題でも同じ結果であるので、知覚 - 中枢系のMWLが高いと考えられる。VU条件は、視覚P300では知覚 - 中枢系のMWLを検知できなかったが、聴覚P300を指標とした実験では、None条件に対して知覚 - 中枢系のMWLが高いと判断できた。一方で、トラッキング画面に表示される数字を視認する時に、青色LEDの点灯が検知しにくいので、視覚オドボール課題の難易度が上がり、主観的な負担感を増したとも言える。VU条件の主観的な負担感、「知覚 - 中枢系のMWLの増加」と「視覚オドボール課題の難易度の増加」の両方が影響していると考えられるが、どちらの負荷が負担感にどの程度影響しているかは判断できない。Co条件は、視覚P300と視覚オドボール課題の作業成績から、知覚 - 中枢系のMWLが他の条件より高いと判断できるが、主観的な負担感はNone条件と同程度であった。この結果は、Co条件のような音声対話に伴うMWLを主観的に評価することが難しいことを示している。

以上の結果から、主観評価で知覚 - 中枢系のMWLを評価できる場合もあるが、知覚 - 中枢系のMWL以外の影響を受けることや、音声対話のような主観的に負荷レベルを意識しにくい課題もあることから、主観評価を単独で評価指標として用いるのは問題であることが分かった。各種情報処理に伴うMWLは、主観評価のみで評価するのではなく、生理指標や行動指標と合わせて、総合的に評価する必要があると考えられる。

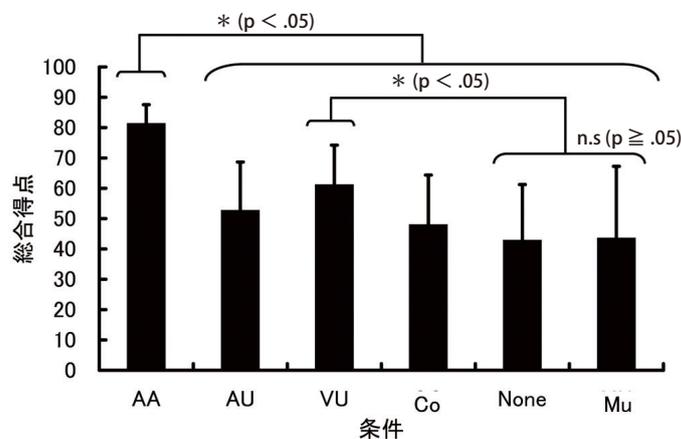


図 10. 各条件における NASA-TLX の総合得点 [AWWL] (平均値 ± 標準偏差)

#### 4 おわりに

本論文では、単純なトラッキング作業中に各種視聴覚刺激を提示することによって、MWLの程度を操作し、生理(視覚P300)、行動(トラッキングエラー、視覚オドボール課題の正反応率)、主観指標(NASA-TLX)を用いて多面的な評価を実施した。その結果、視覚P300は、聴覚情報処理に伴う知覚 - 中枢系のMWLを時系列で客観的に推定する指標として有効であることが分かった。一方で、視覚情報処理に伴う知覚 - 中枢系のMWLは、同一モダリティではない聴覚P300を用いるべきであると考えられた。二重課題法による行動指標は、知覚 - 中枢系のMWLを感度よく測定できる指標であることが分かったが、行動

指標のみでは知覚 - 中枢系のMWLであるのかどうかを判断できず、視覚P300の結果と照らし合わせる必要があることも分かった。主観評価は、行動指標と同じく、単独利用では知覚 - 中枢系のMWLを正しく評価できないことが分かった。これらのことから、ライダーの各種情報処理に伴うMWLを評価する際には、従来の主観指標に加えて、生理指標と行動指標を併用するのが有効であると言える。今後は、このような多面的な評価手法が二輪車のHMI (Human Machine Interface) 評価に活用できるのか、ライディングシミュレータ上で検証し、開発用の評価ツールとして活用していきたい。

## ■謝辞

本研究は、関西学院大学との共同研究であり、同大学の学生の方々から多大なるサポートをいただきました。この場を借りて、厚くお礼申し上げます。

## ■参考文献

- 1) Kahneman, D.: Attention and effort, Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall (1973)
- 2) Kramer, A.F., & Weber, T. : Application of psychophysiology to human factors, In J. T. Cacioppo, L.G. Tassinary, & G.G. Berntson (Eds), Handbook of psychophysiology, 2nd ed, New York, Cambridge University Press, 794-814 (2000)
- 3) 大本浩司, 高橋励, 藤本清, 高橋秀明, 黒須正明, 八木昭宏: 複合的トラッキング作業における眼球停留関連電位と聴覚的P300の比較, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.10 No.2, p39-47 (2008)
- 4) 大本浩司, 高橋励, 藤本清, 高橋秀明, 黒須正明, 八木昭宏: 事象関連電位によるメンタルワークロードの評価, 人間中心設計機構誌, Vol5No.1, p29-37(2009)
- 5) <http://www.apple.com/jp/itunes/>
- 6) <http://www.ntt.com/v - portal/>
- 7) 芳賀繁, 水上直樹: 日本語版NASA-TLXによるメンタル・ワークロードの測定; 各種室内実験作業の困難度に対するワークロード指標の感度, 人間工学, 32(2), p71-79 (1996)
- 8) 三宅晋司, 神代雅晴: メンタルワークロードの主観評価法-NASA-TLXとSWATの紹介および簡便法の提案, 人間工学, 29(6), p399-408 (1993)
- 9) Wickens, C, D: Multiple resources and performance prediction, Theoretical Issues in Ergonomics Science, 3, p159-177 (2002)

## ■著者



大本 浩司  
Hiroshi Daimoto  
技術本部研究開発統括部  
システム技術研究部



米田 圭祐  
Keisuke Yoneta  
技術本部研究開発統括部  
システム技術研究部



吉倉 肇  
Hajime Yoshikura  
技術本部研究開発統括部  
システム技術研究部



八木 昭宏  
Akihiro Yagi  
関西学院大学  
総合心理科学科