

# 自動車運転時の会話による注意散漫が眼球停留関連電位に及ぼす影響

## Effect on eye-fixed-related potentials of conversation during driving a car

森川 幸治<sup>\*1</sup>      寺田 佳久<sup>\*1</sup>      中田 透<sup>\*1</sup>      田 容旭<sup>\*2</sup>      大門 樹<sup>\*3</sup>  
 Koji Morikawa      Yoshihisa Terada      Toru Nakada      Yong Wook Jeon      Tatsuru Daimon

<sup>\*1</sup> パナソニック株式会社  
 Panasonic Corporation

<sup>\*2</sup> Ajou University

<sup>\*3</sup> 慶応義塾大学  
 Keio University

This paper describes the effects of a driver's conversation and visual search on eye-fixation-related potential (EFRP). Experiments are conducted with a driving simulator. Electroencephalogram (EEG) is measured when the participants were assigned a driving task and a cognitive task concurrently. Cognitive tasks include conversation, visual search, and manipulation of a mobile phone. EFRP is calculated by averaging the EEG waves whose offsets are determined by saccadic eye movements. The amplitude of the EFRP signal is used for estimating the level of a driver's distraction. The results show that the amplitude of lambda response in EFRP decreases when considerable attention is required to execute a cognitive task. Estimation of drivers' distractive states using the obtained EFRP are also discussed.

### 1. はじめに

安全運転を妨げるユーザ状態には、脇見、眠気、あせり、注意散漫状態などが挙げられる。このうち特に注意散漫状態は、覚醒しているにも関わらず運転に注意が向けられていない状態で、車両挙動やドライバ映像からは把握が困難な状態である。

筆者らはドライビングシミュレータを運転しているドライバの脳波計測実験から注意散漫状態の推定に取り組んでいる。これまでに眼球停留関連電位 (EFRP: Eye-fixation related potentials) を指標に分析を行ってきた。EFRP は脳波事象関連電位 (ERP: Event-related potentials) の一種で、眼球のサッカード運動直後に後頭中心に見られる脳波であり、その振幅は被験者の注意状態を反映するとされる [Yagi 81]。この指標により EFRP の 100 ミリ秒付近に見られるラムダ反応の振幅が自動車運転時のドライバの注意散漫状態と相関することを示してきた [中田 10]。

本稿では、注意散漫状態が会話状況によって引き起こされる状況に着目し、運転者が会話を行う場合における会話の難易度の変化が、眼球停留関連電位 (EFRP) のラムダ反応へ与える影響を二重課題法で評価した。その結果、記憶想起を含む会話では単純な会話と比較してラムダ反応の振幅が減少することを見出した。これは、記憶想起を含む会話状況では、運転に配分される注意資源が減少したと考えられる。

### 2. 実験方法

ドライバが車内で行う様々な会話状況による注意散漫状態を想定した課題を設定し、運転中の脳波 (EEG)、眼電 (EOG) を計測し、EEG と EOG から得られる眼球停留関連電位 (EFRP) の変化を分析した。

#### 2.1 被験者

書面により実験参加に同意を得た実験協力者 15 名 (男性 9 名、女性 6 名、平均年齢 21.5 ± 1.2 歳) に対して実験を行った。うち 3 名は、記録エラー及びドライビングシミュレータ酔いの症状により分析対象外とした。

#### 2.2 実験条件

主課題と副課題を同時に被験者に課す二重課題法により実験を実施した。主課題は、目的地到達を目指した同一の自動車運転課題を用い、副課題は難易度の異なる認知負荷課題により負荷を変動させることで運転に対する注意散漫度合いが変動すると想定した。

運転課題 (主課題): ドライビングシミュレータ (三菱プレジジョン製) 内に作成された約 5 分の都市環境のコースを、音声ナビゲーションシステムに従って運転する。図1はドライビングシミュレータでの実験の様子を示す。



図1 ドライビングシミュレータ

認知負荷課題 (副課題): 難易度の異なる 5 種類の副課題を含む全 6 条件で比較した。これらの課題は、運転中にドライバがしばしば遭遇する注意散漫に陥りやすい状況を想定し会話や機器操作が含まれるように設定した。

[条件 1] 副課題なし: 主課題のみで最も運転に集中可能  
 [条件 2] 単会話: 名前や年齢等、特に考えずに答えられる質問に対して連続的に回答

[条件 3] 知識会話: 都道府県名や国名など、地理的な位置を思い浮かべる必要がある知識に対して連続的に回答

[条件 4] 思い出会話: 好きな映画や思い出など、以前の出来事などを思い出す質問に対して連続的に回答

[条件 5] 視覚探索: ナビゲーションシステムを使用せずに目標物や交差点を記憶し、記憶を探索しながら運転

[条件 6] 携帯電話操作: 携帯電話で手元を見ないでメールの文章を入力

連絡先: 森川幸治, パナソニック株式会社 先端技術研究所,  
 〒619-0237 京都府相楽郡精華町光台 3-4,  
 morikawa.koji@jp.panasonic.com

### 2.3 実験手順

被験者には最初にコースに慣れるための練習走行をさせ、実験中はノイズを抑えるためになるべく体動を控えるように指示した。その後、異なる認知負荷がかかる 6 種類の条件での運転走行を実施した。順番は被験者間でランダムとした。図2に各条件での時間配分を示す。基本的には、比較のため最初と最後に運転のみの状況をつけた上で、中間部分に 2 分間の二重課題の区間を設定した。

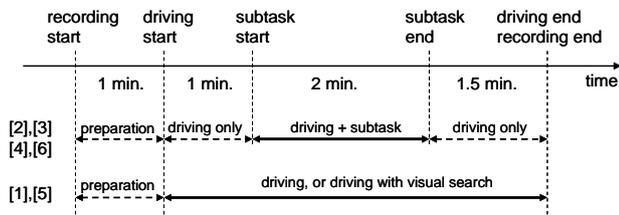


図2 実験の流れ

### 2.4 計測

主観指標：集中度を 7 段階で申告してもらった。追加の情報として心的負荷の指標である NASA TLX, シミュレータ酔いの指標である SSQ も平行して取得した。

行動指標：ドライビングシミュレータの内部数値として、速度や車両位置をログデータとして取得した。

生理指標：脳波 (EEG) は脳波計 AP-1124 (TEAC 製) で計測し、電極位置は Fz, Cz, Pz, Oz, A1, A2 (国際 10-20 法) の 6 箇所とした。リファレンスは A2, アースは Fpz に設置した。眼電 (EOG) は、水平方向および垂直方向の電位を計測した。電極位置は、水平用に両目こめかみ位置、垂直用に左目の上下とした。脳波と眼電は記録時に 0.05-100Hz のバンドパスフィルタと 50Hz のノッチフィルタを適用し、解析時にはさらに 1-15Hz のデジタルフィルタを適用した。

## 3. 結果

### 3.1 主観評価

図3に主観により運転に対する集中度を 7 段階で評価してもらった平均値を示す。横軸は、条件番号である。ここから、条件 3, 条件 4 の記憶想起を要する会話条件および携帯電話操作に関する条件 6 が、運転に対する注意散漫を引き起こす条件であったことがわかる。一方、視覚探索の条件 5 では、運転に集中するのと同様の集中状態が得られていた。また、心的負荷の指標である NASA TLX によっても同じ傾向が確認された。

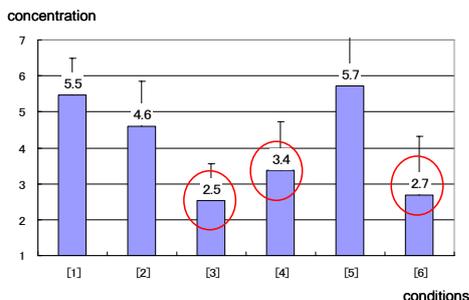


図3 各条件における認知負荷 (運転集中度)

### 3.2 眼球停留関連電位の解析

図4に各条件における眼球停留関連電位 (電極位置: Oz) の総加算平均波形を示す。横軸は、眼球運動終了時からの経過時間、縦軸は電位を示す。また 0ms での電位が  $0 \mu V$  になるようにベースライン補正を行った。図4より、条件 1, 条件 2, 条件 5 において、他の条件よりも振幅の大きなラムダ反応が見られ、運転に対する注意量が維持されていたと考えられる。これは図3の主観による集中度の報告とも一貫した結果が得られている。

以上の結果から、どの会話状況でも質問に対して回答するという作業は同じであるが、会話の内容次第で注意散漫度合いが異なり、特に記憶想起は認知的負荷が高いことがわかる。また会話の種類による認知負荷の程度も含めて、ラムダ反応の振幅は注意散漫状態を反映する指標として有効と考えられることが確認できた。

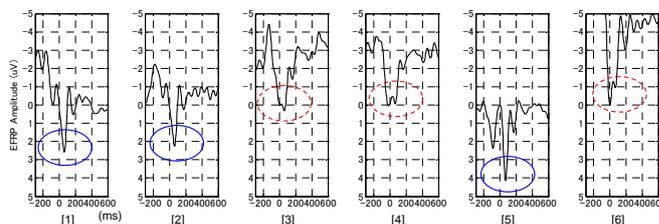


図4 各条件での眼球停留関連電位 (総加算平均)

### 3.3 推定精度

次に実験データを対象に、ラムダ反応を指標にした注意状態の判別精度を検討した。正解データは各被験者の正規化後の集中度合を集中と注意散漫の 2 状態に分類したものをを用いた。判別は、眼球停留関連電位の 0-200ms の最大振幅をラムダ反応の振幅として、この振幅が設定された閾値以上の場合には集中、閾値以下の場合には注意散漫として、精度を算出した。

ラムダ反応の算出に際しては、ノイズ低減のために一定の時間区間に発生した眼球停留関連電位を加算平均したものをを用い、一定の時区間ずつ連続的にずらして判別を行った。その結果、時間窓 120 秒では 82.5%, 時間窓 60 秒では 74.1% の精度が得られた。

## 4. まとめ

本稿では、運転者が会話を行う場合における会話の難易度の変化が、眼球停留関連電位 (EFRP) のラムダ反応へ与える影響を二重課題法で評価した。その結果、記憶想起を含む会話では単純な会話と比較してラムダ反応の振幅が減少した。この指標によれば同じような会話状況においても認知的負荷の違いから来る注意散漫度合いの違いが推定可能になる。

今後の課題としては、短時間での判別率の向上や個人差の吸収方法、環境変化 (昼間/夜間等) の EFRP 特性検証等が挙げられる。

### 参考文献

- [Yagi 81] Yagi, A.: Visual signal detection and lambda responses, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Vol.52, No.6, pp.604-610 (1981)
- [中田 10] 中田透, 寺田佳久, 森川幸治, 田容旭, 大門樹: 注意散漫と道路環境が眼球停留関連電位に与える影響, *自動車技術会 学術講演会前刷集*, No.65-10, pp.13-18 (2010)