# マインドフル・ドライビング: fNIRSを用いた自動車運転中の注意状態の分析

Mindful Driving: Analysis of the attention states during simulated driving using fNIRS

藤原 侑亮 \*1 日和 悟 \*2 Yusuke FUJIWARA Satoru HIWA

廣安 知之 \*2 Tomoyuki HIROYASU

\*<sup>1</sup>同志社大学大学院生命医科学研究科 Graduate School of Life and Medical Sciences, Doshisha University \*<sup>2</sup>同志社大学生命医科学部 Faculty of Life and Medical Sciences, Doshisha University

It is said that we are in a state of mind wandering for approximately 50% of the day. Mind wandering while driving sometimes cause traffic accidents. In order to perform mindful driving, our attention should be appropriately directed toward the objects surrounding the driver, but should not be captured by them. For that reason, it is important to detect mind wandering. In this study, drivers' mind wandering was defined from their behavior during simulated driving and their brain activity was measured and investigated using functional near-infrared spectroscopy (fNIRS). Fractional amplitude low-frequency fluctuation(fALFF) was used as an indicator of brain activity. From the results, mind wandering while driving can be detected by variations in the steering angle along with brain activity in the forehead.

## 1. 序論

近年, Well-being に注目が集まっている. Well-being とは, 身体的,精神的,社会的に良好な状態であることを意味し, Well-being を実現するためには、マインドフルネスの概念が 必要不可欠である.マインドフルネスとは,過去や未来にとら われず現在の瞬間に意図的に非判断的な注意を向けることで ある.しかし、マインドフルネスと対極にあるマインドワンダ リングは、過去の失敗などに意図せず注意を向けることで私た ちの幸福感を低下させる. 日常的にマインドフルな状態が期待 されているが,その中でも,自動車運転時は運転と歩行者,道 路標識などの対象物が多数存在することから,私たちは運転中 において様々な対象に適切に意図的な注意を払い、またそれら に囚われない状態でいるべきである. そのため, マインドフル な状態で運転する必要があると考えられる. マインドフル・ド ライビングにより、交通事故を削減し、運転をより楽しむこと に貢献することが期待される.マインドフル・ドライビングの ための重要な構成要素の一つは、マインドワンダリングを検出 することである. ドライバが注意状態を知覚し, 正しい対象へ と注意を払うためには、ドライバの注意状態を評価し適切な方 向へと導く運転支援システムが必要である.運転操作に必要な 認知、判断、処理は脳内で行われることから、脳活動はドライ バ状態を推定するための指標として広く用いられている.しか し,運転時のマインドワンダリング時の脳状態の変化は明らか にされていない [Baldwin 17]. そこで,本稿では運転時のマ インドワンダリング状態を脳活動を用いて検出することを目的 とした.シミュレータ環境下でドライバのマインドワンダリン グ状態を行動データから定義し、その時の脳活動を functional Near Infrared Spectroscopy (fNIRS) を用いて計測し, 運転 時のマインドワンダリング状態の脳活動を検討した.

## 2. 実験方法

#### 2.1 実験概要

本実験では、ドライビングシミュレータ環境下でマインドワ ンダリングを誘発するために異なる二つの課題を同時に課す

連絡先:藤原侑亮,yfujiwara@mis.doshisha.ac.jp

dual task を用いた.その時の脳活動を fNIRS で計測し,脳 活動から運転時におけるマインドワンダリング状態を検討し た.被験者は,運転免許を所有している健常男性 10 名 (22.6 ± 1.4 歳,右利き)であった.fNIRS 装置はサンプリング周 波数が 1.53Hz の OEG16 (Spectratech 社製)を用いた.計 測部位は前頭部 16CH で国際 10-20 法に従ってプローブを配 置した.また,運転課題はドライビングシミュレータを用いて 行った.

#### 2.2 実験プロトコル

実験設計を図1に示す.本実験はレスト 30s, タスク 480s, レスト 30s で構成される. dual task の主課題はドライビング シミュレータを用いた運転課題,副課題にはランダムな刺激に 対して,可能な限り速く反応することで持続的注意を測定可 能な Psychomotor Vigilance Task (PVT)を用いた.レスト 区間では,ハンドルを握ったまま前方の画面を注視する.タス ク区間では,運転課題としてオーバルコースでの運転を行う. また,運転中に PVT の音刺激がランダムな間隔で与えられ, その刺激に対してハンドル横に設置されたボタンプレスにより 反応を示す.



## 3. 解析方法

## 3.1 行動データによる状態定義

今回行った dual task によって,被験者が PVT に注意を向けている時にはドライビングシミュレータ環境下でマインドワ

ンダリング状態に陥っている可能性が考えられる.そこで,本 実験では PVT で得られた反応時間(Reaction time:RT)か ら状態定義を行った.定義方法を図2に示す.被験者毎に最 も速い RT,最も遅い RTを算出し,その反応が行われた直前 の区間をステアリング舵角変動と脳血流変化の解析対象区間と して定めた.また,ステアリング舵角変化の指標として,変動 係数を算出した.



☑ 2: Definition of section by behavior data

### 3.2 脳活動の特徴量算出

fNIRSの計測チャンネルのすべては automatic anatomical labeling (AAL) に基づいて脳部位とは対応付けを行った. 各 チャンネルで得られた脳血流変化の時系列データから, 脳活動 の指標として fractional amplitude low-frequency fluctuation (fALFF)を算出した. fALFF は以下のように算出される.

 $fALFF(低周波振動振幅) = \frac{0.008 - 0.09[Hz] の振幅の和$ 全周波数帯の振幅の和

fALFF は脳活動と考えられる周波数帯(0.008-0.09Hz)の 振幅の和を測定された正の周波数帯で除算することで得られる [Zou 08].周波数領域のデータに対して各チャンネルごと にfALFFを算出し,z変換を行った(zfALFF).各チャンネ ルのzfALFF は脳領域ごとに平均され,全被験者の脳領域ご とのzfALFF を算出した.

## 結果・考察

最も速い RT と最も遅い RT の比較結果を図 3 に示す. 被 験者毎に最も速い RT と最も遅い RT を算出し,比較を行った 結果,有意水準 5%で有意差が見られた.このことから反応す る直前の区間でドライバの状態が異なることが考えられる.速 く反応するためには刺激呈示が行われるまで PVT に注意を向 けることが必要となる.よって,RT が速い区間では本実験の 主課題である運転課題でなく,副課題である PVT に注意が向 いていたことから,マインドワンダリングしていた可能性が考 えられる.また,RT が遅い区間では運転に注意が向いている ことが考えられる.



図 3: Comparison of RT

RT で定義した最も速い RT 区間と最も遅い RT 区間にあた るステアリング舵角変化と脳血流変化から算出した zfALFF の 比較を行った. 最も速い RT 区間と最も遅い RT 区間にあたる zfALFF のカラーマップを図 4 に示す. 最も速い RT 区間と 最も遅い RT 区間で比較をお行った結果,最も速い RT 区間で は, 左中前頭回の zfALFF の値が有意に高かった (p<0.05). 左中前頭回は選択的注意に関係づけられ, 注意対象を判断する 時に活性化される [Hasenkamp 12]. また, 自動車を走行コー ス内で安定して操作するためには、ある程度の舵角変動が必要 と考えられるため,最も速い RT 区間における小さい舵角変動 は、マインドワンダリングの傾向と推察される.一方、最も遅 い RT 区間では、右上前頭回背側部の zfALFF の値が有意に 高かった(p<0.05).右上前頭回背側部は,注意の維持と転換 時に活性化されることを報告している [Hasenkamp 12]. 最も 遅い RT 区間において舵角変動が大きいことから、この区間で はドライバは運転課題に注力していたことが考えられる.この 推察は、注意維持に関連する右上前頭回背側部の高い zfALFF とも一致する.



 $\boxtimes$  4: Colormap of zfALFF in section

## 5. 結論

本稿では、運転時のマインドワンダリング状態を検出するた めに運転課題を主課題、PVT を副課題とした dual task が用 いられ, fNIRS によって脳血流変化が計測された.また,局 所的自発性脳活動の指標として zfALFF が算出された. PVT における最も速い RT 区間では左中前頭回の zfALFF の値に 有意差が見られ,最も遅い RT 区間では右上前頭回背側部の zfALFF の値に有意差が見られた.また. 舵角の変動係数にも 2 区間で有意差が見られた.これらの実験結果は,運転時のマ インドワンダリングがステアリング舵角変動と前頭部の脳活動 を用いて検出でき得ることを示唆した.

# 参考文献

- [Baldwin 17] Baldwin, C. L., Roberts, D. M., Barragan, D., Lee, J. D., Lerner, N., and Higgins, J. S.: Detecting and quantifying mind wandering during simulated driving, *Frontiers in human neuroscience*, Vol. 11, p. 406 (2017)
- [Hasenkamp 12] Hasenkamp, W., Wilson-Mendenhall, C. D., Duncan, E., and Barsalou, L. W.: Mind wandering and attention during focused meditation: a fine-grained temporal analysis of fluctuating cognitive states, *Neuroimage*, Vol. 59, No. 1, pp. 750–760 (2012)
- [Zou 08] Zou, Q.-H., Zhu, C.-Z., Yang, Y., Zuo, X.-N., Long, X.-Y., Cao, Q.-J., Wang, Y.-F., and Zang, Y.-F.: An improved approach to detection of amplitude of low-frequency fluctuation (ALFF) for resting-state fMRI: fractional ALFF, *Journal* of neuroscience methods, Vol. 172, No. 1, pp. 137–141 (2008)