

脳血流及び運転行動解析に基づいた指差し呼称による安全確認がドライバに与える影響に関する研究

岸 稚佳 指導教員：小栗 宏次

1 はじめに

交通事故死者数は年々減少傾向にあるが、近年、減少率は低下している。現在の交通事故要因の 9 割以上が人的要因、すなわちヒューマンエラーによって引き起こされている [1]。特に、運転中の安全不確認による事故が 3 割を占める [2]。そのため、今後の交通事故低減のためには、運転中に発生するヒューマンエラー低減を目的とした支援が必要であると言える。現在、ドライバ支援のための多くのシステムが存在するが、ドライバに一方的に働きかけをするものが主流であるため、直接ドライバの状態改善や注意力向上には繋がらない可能性があるといえる。また、このような様々な技術が普及することで、システムを過信し、自らの安全確認を怠ったり、支援装置の作動を前提に危険な運転を行ったりする可能性が懸念されている [3]。そのため、ドライバが積極的に安全運転への意識を高める主体的な確認動作がドライバの注意力を恒常的に保つと同時に、ヒューマンエラー低減に貢献できるのではないかと考えた。そこで、運転中の指差し呼称の実施を提案している。

これまでに、指差し呼称による効果として、脳血流を計測し、脳活動状態を評価した。その結果、指差し呼称によって前頭葉と視覚野の活動が高まることを示した [4]。

しかし、課題として、1 点目に脳血流解析手法が確立されておらず、様々な知見が存在する点が挙げられる。そこで、これまでの評価方法を再度見直す必要があると考えられる。また、2 点目に、運転中の指差し呼称の実施による安全運転への効果検証ができていない点が挙げられる。そこで、ドライビングシミュレータを用いた実験により、ドライバの運転行動を分析し、指差し呼称による運転行動への影響を検証する。

本研究では、以上の 2 点から、指差し呼称による安全確認が脳血流及び運転行動に与える影響を分析し、指差し呼称運転の有効性を示すことを目的とする。

2 指差し呼称による安全確認

指差し呼称とは、ヒューマンエラー防止手法として、鉄道の運転士や医療現場など多くの産業現場で用いられている日本独自の安全確認手法である。確認対象の目視確認、指差し確認に加え、「〇〇、よし」というように声に出して呼称確認を行う、複合的な確認動作である。

3 指差し呼称の効果検証のための脳血流解析

脳活動の計測には、近赤外分光法 (NIRS: near-infrared spectroscopy) を用いて、脳内の神経活動に伴って起こる脳血流動態の変化を捉える。前頭葉は注意集中等に関係し、後頭部の視覚野は視覚的注意に関係する箇所であると言われているため、本研究では、前頭葉と視覚野を計測する。

NIRS 信号は解析手法が確立されておらず、多くの知見が存在する。また、NIRS 信号には脳活動とは無関係のアーチファクトが含まれるなど多くの問題点が挙げられる。特に、計測信号に含まれる皮膚血流変動による影響が問題視されている [5]。これ

までの解析手法では、その影響を十分に排除していない可能性があるため、解析手法を見直した。本研究では、血流動態分離法を用いて NIRS 信号に含まれる皮膚血流成分を除去する [6]。この手法では、脳機能性血流成分と皮膚血流成分の変動傾向の違いから、二つの成分を分離する。分離前後の波形変化を図 1 に示す。

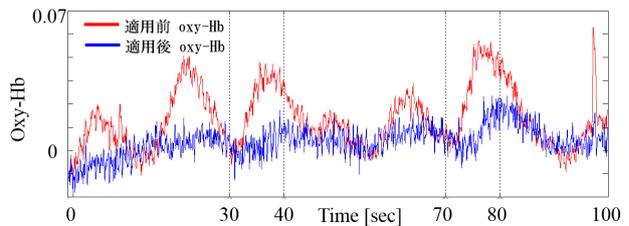


図 1 血流動態分離法適用前後の波形変化

4 指差し呼称が脳活動に与える影響

まず、これまでに取得したデータに上記血流動態分離法を適用し、再度解析を行った。その結果、一部のデータにおいて皮膚血流の増加を脳活動と捉えていたことが明らかになった (図 2)。

また、再度データを取得し、指差し呼称行為が脳活動に与える影響を検証した。実験では、ディスプレイに呈示された標識に対して指差しのみ、呼称のみ、指差し呼称を実施した 3 条件で比較を行った。その結果、今回新たに取得した、3 名の被験者において、特に視覚野において指差し呼称時の脳活動が顕著に高められることが確認できた。

5 運転時の指差し呼称による安全確認

本研究では、運転中の指差し呼称による安全確認を提案する。特に、交差点や一時停止箇所などの運転中の危険箇所での実施に着目する。また、実施シーンとして 1 つ目に、一時停止前などのような運転操作時における自身へのフィードバックのための確認動作としての指差し呼称、2 つ目に、交差点などの停止時から発進前における周囲の安全確認のための確認動作としての指差し呼称の 2 つのシーンが考えられる。各シーンでの指差し呼称の実施により、前者は余裕をもった停止行動につながることで、後者では慎重な発進動作につながることを期待する。

そこで、本研究ではこれらの効果を検証するための評価指標

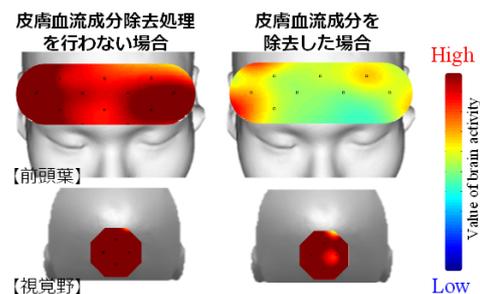


図 2 血流動態分離法適用後の脳活動画像

として、視線情報と運転操作情報を用いる。視線情報では、指差し呼称がドライバーの目視確認に与える影響を検証するために、視線移動量などの指標を用いる。運転操作情報では、主に、アクセル、ブレーキペダル操作情報と加速度から、指差し呼称の実施と運転行動との関連を調べる。

6 指差し呼称がドライバーの運転行動に与える影響

ドライビングシミュレータを用いて、各シーンごとに実験を行った。普段どおりに運転を行う場合と、所定の箇所指差し呼称による安全確認を行って運転する場合を比較した。

6.1 一時停止シーン

一時停止シーンを想定した実験では、一時停止行動前に「一時停止、注意」とフィードバックのための確認を指差し呼称により実施した。10個の一時停止箇所を含むコースを走行した。なお、被験者は2名で行った。10試行分を加算平均し、評価した。停止前のブレーキ操作のタイミングとして、時間 ($B_{time} = t_2 - t_1$)、距離 (B_{dist}) とともに両被験者で早まる傾向が確認できた (図3, 表1)。

6.2 交差点シーン

交差点シーンを想定した実験では、主に停止時から発進前の安全確認として、「右よし、左よし」と周囲の安全確認を指差し呼称により実施した。交差点直進時と右折時を想定したコースで実験を行った。被験者は共に2名で行った。

視線移動量を評価した結果、通常走行時に比べ、指差し呼称時に左右方向の視線移動量が増加することが確認できた (図4)。

また、右折時において指差し呼称を実施した場合、右折行動に要する時間 ($T_{time} = t_4 - t_3$) の増加や加速開始時の速度 ($V(t_4)$) が減少している傾向も確認できた (図3, 表2)。

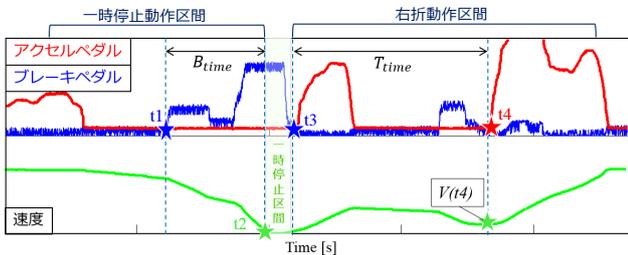


図3 運転操作情報の評価指標

表1 一時停止シーンにおけるブレーキ操作指標

	Sub.A		Sub.B	
	通常	指差し呼称	通常	指差し呼称
B_{time} [s]	3.6	4.6	5.5	7.5
B_{dist} [m]	10.0	13.9	15.2	21.7

表2 右折シーンにおける評価指標

	Sub.A		Sub.B	
	通常	指差し呼称	通常	指差し呼称
T_{time} [s]	5.2	8.8	8.9	9.1
$V(t_4)$ [km/h]	12.0	9.2	5.8	5.5

7 おわりに

本研究では、運転中の安全確認とし指差し呼称を提案し、脳活動と運転行動に与える影響を検証することで、その有効性を示すことを目的とした。

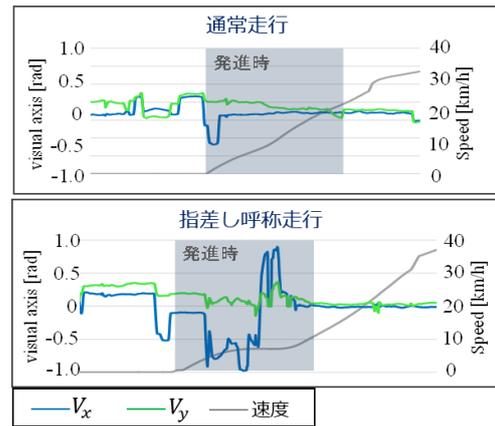


図4 交差点シーンにおける視線移動量

脳活動に与える影響については、NIRS 信号計測時に起こる問題点として、皮膚血流の影響を考慮した解析手法を用いることで、これまでのデータを再解析した。その結果、幾つかのデータにおいて、皮膚血流変動を誤って脳活動と捉えていたものがあつたが、今回新たに取得したデータでは、指差し呼称時に、特に視覚野において最も活動が高められる傾向が見られた。指差し呼称により視覚的注意が高められている可能性が示唆された。

また、運転行動に与える影響については、ドライビングシミュレータを用いて実験を行い、視線情報と車両操作情報を用いて評価した。その結果、視線情報については、指差し呼称により左右方向の視線移動量が増加し、目視による安全確認を促す効果があると示唆された。運転操作情報については、停止前の運転操作中に指差し呼称によりフィードバックのための確認を行うことで、ブレーキ操作タイミングが早まり、早い段階から停止行動を行い、余裕をもった停止行動を促す効果があると考えられる。また、停止時の発進前における安全確認のために指差し呼称を行うことで、加速行動時間が増加する傾向が見られ、十分に周囲の安全確認を行うことを促す効果があると考えられる。

参考文献

- [1] NHTSA, “National Motor Vehicle Crash Causation Survey Report to Congress”, 2008.
- [2] 警察庁交通局, “平成 25 年中の交通事故の発生状況”, 2014.
- [3] 国土交通省, “交通事故のない社会を目指した今後の車両安全対策のあり方について”, 2011.
- [4] Chika Kishi et al., “Verification of the Effect on “Finger Pointing and Calling” Method from Observation of Brain Activity Related Driver’s Attention”, IEEE ITSC2014, pp.1896-1897, 2014.
- [5] Toshimistu Takahashi et al., “Influence of skin blood flow on near-infrared spectroscopy signals measured on the forehead during a verbal fluency task”, NeuroImage, Vol 57-3, pp991-1002, 2011.
- [6] Toru Yamada et al., “Separation of fNIRS Signals into Functional and Systemic Components Based on Differences in Hemodynamic Modalities”, PLOS ONE, Vol.7, Issue 11, e50271, 2012.