

リアルタイムフィードバックシステムのための危険運転指摘画像の印象に関する脳活動を用いた検証

Impression Evaluation Using Brain Activity of Images Alerting to Risky Driving for a Real-Time Feedback System for Driving

北川 浩行[†], 粕谷 美里[†], 阿部 香澄[†], 中村 友昭[†], 鷲尾 宏太[‡], 真鍋 周平[‡]

Hiroyuki Kitagawa, Misato Kasuya, Kasumi Abe, Tomoaki Nakamura,
Kota Washio, Shuhei Manabe

[†] 電気通信大学, [‡] トヨタ自動車株式会社

The University of Electro-Communications, TOYOTA MOTOR CORPORATION

h.kitagawa@radish.ee.uec.ac.jp

概要

自動車事故防止のため、運転者の意識に焦点を当てた対策が考えられる。そこで本研究では、運転者に安全運転の持続的な意識付けを促す音声と画像を用いたリアルタイムフィードバックシステムの実現を目指す。その第一段階として、急ブレーキを対象に、危険な運転行動であることを指摘する画像の印象を検証した。本発表では、脳活動を指標に、複数の画像間で比較検証した結果を報告する。実験の結果、指摘画像の中で脳が不快感を感じづらい可能性のある画像が明らかとなり、運転気質と関連している可能性が示された。キーワード：リアルタイムフィードバック、危険運転指摘画像、印象評価、NIRS、運転気質

1. はじめに

様々な自動車事故に対する、事故防止対策が求められている。その1つとして、運転者の意識に焦点を当てた対策が考えられる。様々な要因で運転行動の3要素、認知・判断・操作にミスなどの不測の事態が生じ、事故につながってしまう場合がある。これに対し、運転者の安全運転への意識に働きかけることで、運転者の意識に起因した不測の事態を予防できれば、自動車事故の軽減につながるのではないかと考えている。そこで本研究では、運転者に安全運転の持続的な意識付けを促す音声と画像を用いたリアルタイムフィードバックシステムの実現を目指す。

安全運転への意識が低い運転者や、自身の運転に自信を持つ運転者、運転に消極的で不慣れな運転者など、事故を引き起こすリスクの高い運転者に安全運転への意識を持たせるためには、運転に臨む「理想の自己像」と「現実の自己像」との間の不一致を自己認識させる必要があるとされている [1]。また、客観的には

危険が存在するにもかかわらず、運転者がその危険度を過小評価することで事故のリスクが高まる可能性が示されている [2]。そこで、本研究では、自身の運転を自己認識させる手段として、運転中に運転操作をリアルタイムにフィードバックを行う。システムからの客観的評価により事故のリスクを認識させ、理想と現実の乖離を随時明確に意識させることで、安全運転への意識をより効果的に促すことを検討する。繰り返しリアルタイムフィードバックを行うことで安全運転への意識を持続させ、最終的なシステムの実現によって日常的に安全運転を意識するように行動変容を促すことができると考えている。

様々な操作を同時に行う運転中において、フィードバックの効果を最大限活用するためには、システムからの指摘に対し、不快感や認知負荷をできるだけ感じさせないことが重要であると考えている。そのためには、人が好印象を感じる音声と画像などの提示を検討する必要があると考えている。人の情動に関する先行研究では、脳活動を指標に、提示された情報が好印象な場合は脳賦活が小さくなり、そうでない場合は脳賦活が大きくなることが示されている [3]。また、難易度の高い情報を処理する際に脳賦活が大きくなり、難易度の主観評価と脳活動値の間には有意な相関があることが示されている [4]。これらの先行研究を参考に本発表では、危険運転を指摘する画像に対し脳賦活が小さいものを不快感を感じづらい画像と定義し、脳活動を指標に検証した。

本発表では、意識付けの第一段階として、自身の運転の正確な理解が重要であると考え、急ブレーキを対象に運転者が不快感を感じずに危険な運転行動であることを指摘できる画像を検証した。フィードバック対象動作を急ブレーキに限定した理由は、画像の不快感

を検証するためには提示画像を確実に見てもらう必要があり、そのためにはブレーキ後の停止中が最適だと考えたためである。また、事故の中でもブレーキの操作不適によるものは多く [5]、客観的には危険なブレーキであるにも関わらず、自身が意識せずに行ってしまうことにより事故のリスクが高まるため、指摘する必要がある。

さらに、事前のアンケートから集計した個々人の運転気質と、脳が不快感を感じづらい危険運転指摘画像の関係を検証した。

2. 実験方法

実験室の一角に信号機や道路を配置し、道路に自動車を模倣したロボットを走行させるシミュレーション実験を実施した。被験者は、ロボットに搭載したカメラからの映像をモニターで見て、ハンドルコントローラーによりロボットを運転した。急ブレーキを踏ませるために、信号機の色を停止線の直前に操作し、2回に1回の確率で急ブレーキを踏ませ画像提示を行った。急ブレーキに対する危険運転を指摘する画像はリアルタイムに、モニター上の速度計中央に表示した。

実験では、危険運転を指摘する為に4種類の異なる画像を使用した。運転中の情報処理という観点から、被験者が確実に読める文字はひらがなの場合5文字程度が適切とされていることから [6]「きけん!」のテキスト (txt)、日本人にとって間違っていることを伝えるためによく用いられることから「×」のアイコン (icon)、運転中に周辺視野に子どもの顔写真を提示することで危険運転を抑制できるとされていることから [7]「泣き顔の赤ちゃん」の写真 (pic)、不安状態を誘発する危険運転シーンの視聴によって、より慎重な運転に行動変容するとされていることから [8]「事故の様子」のイラスト (ill) を採用した。

健康な男女10名(男性6名, 平均23.8歳)を被験者として、画像の提示順序を入れ替えた3グループに分け実験を行った。脳活動の計測には、近赤外線分光法(NIRS)を採用した。被験者は頭部に2chNIRS装置(HOT-2000/株式会社NeU製)を装着して運転を行った。実験は、安静(20秒)、運転(30秒)、画像提示(10秒)を1ターンとし、それぞれの画像を3回ずつ提示し、合計12ターン行った(図1)。被験者にはブレーキ後の10秒間の画像提示中、提示された画像の意味や好き嫌い、どのように感じるかなどを考えながら見てもらうように指示をした。運転気質調査は、社団法人人間生活工学研究センターにて作成された運転スタイルチェックシートを使用した [9]。5件法のア

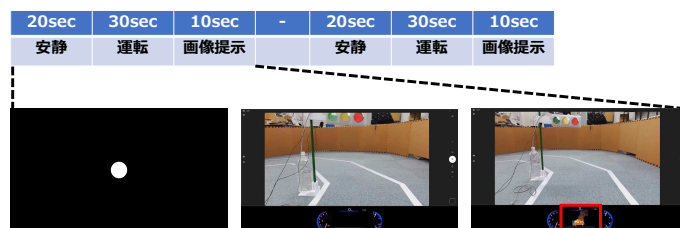


図1 実験手順

ンケートにより運転に関連する様々な気質を明らかにすることができる。本実験は電気通信大学倫理委員会(倫理管理番号第22015号)及び、トヨタ自動車株式会社、研究倫理委員会(承認番号2023TMC70)の承認を得て実施している。

3. 解析方法

本発表では画像情報のみを提示しているため、視覚イメージに関連した反応をされると言われている前頭前野右外側部(Fp2)の脳活動に焦点を当てて報告する [10]。計測された脳活動データは、HOT-2000の各センサから取得したデータをReal-Time Scalp Signal Separating(RT-SSS手法 [11])によって、スパイクノイズ処理および5秒間の平滑化済みの脳活動指標として算出される。全被験者の各画像視聴時と安静時の10秒間の脳活動データを解析対象とし、それらを中央値0、中央絶対偏差1となるよう標準化処理を行い、画像視聴時と安静時の差を被験者ごとに算出した。続いて、全体の傾向を把握するため、被験者間でそれらの中央値を算出し、画像ごとに被験者全体の平均値を算出し比較を行った。

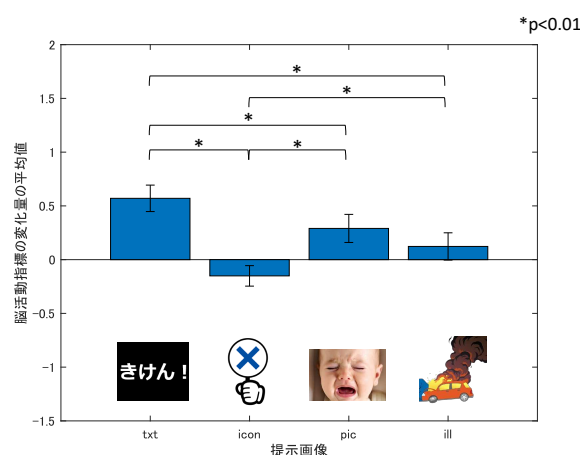


図2 脳活動の代表値

4. 結果および考察

4.1 脳活動による印象の評価

解析の結果、全被験者の脳活動指標の変化量の平均値は図2のようになった。なお、4種類の全ての画像間でFriedman検定を使って有意差の判定を行い、有意差が得られた画像同士でBonferroni法による多重比較検定を行ったところ、picとill間以外の全画像間で1%水準で有意差が確認できた($p < 0.01$)。

図2より、iconで脳活動が負の値を示し、4種類の中で有意に小さい値となった。好印象なものを認知する際に脳活動が小さくなるとされていることから[3]、iconが最も好印象な画像である可能性が示された。iconが好印象な可能性が示された理由として、他の画像と比較して「×」というシンプルな画像であるため情報量が少なく、直感的に分かりやすいため、不快感を感じづらく小さい脳活動で危険運転であることを理解しやすかったからではないかと考えられる。また、年齢とアイコンの理解度には負の相関があるとされている[12]。つまり、本実験における被験者が若年者層が中心だったため、「×」のアイコンが危険なブレーキを示していることが直感的に理解できたため、不快感を感じづらかったのではないかと考えられる。

しかしながら、運転者の年齢によってはiconの「×」の画像提示だけでは、それが危険であることを表しているのかが理解しづらく、危険な運転行動であることを指摘できていない可能性が考えられる。そのため、年齢によらず危険運転をしたことの理解を促すためには、illの「事故の様子」のような画像が、直接的に危険であることが理解でき、iconに次いで脳活動が小さく好印象に情報を処理できていることから、危険運転の指摘画像に適している可能性が考えられる。

次に、脳活動が有意に最も大きな値となった($p < 0.01$)、テキストでの「きけん！」(txt)について考える。これは、「きけん！」と危険を直接的に示す情報を与えることによって、不快な印象を抱き、そこから様々な危険のイメージを連想したことで、脳活動が大きくなったのではないかと考えている。しかしながら、複数のタスクを同時に行う運転中において、不快な印象を抱き、様々な危険のイメージの連想をしすぎてしまうことで、そこからの運転に悪影響を及ぼしてしまうことは避けなければならない。そのため、直接的に危険を示しながらも、動作の改善方法などを示さない漠然とした情報は、運転中に様々な連想をさせてしまう可能性があるため、危険運転を指摘する画像として適さないと考えている。

4.2 脳活動のクラスタリング分析結果

脳活動による印象の評価から、iconの画像提示が運転中に最も好印象な可能性が示された。そこで、icon画像提示中に得られた脳活動を、被験者間でクラスタ分析を行い、各クラスタごとの傾向を分析した。icon画像提示時の画像視聴時と安静時の差分である10秒間の脳活動データを入力し、ウォード法による、階層的クラスタリングを行った結果を図3に示す。10名の被験者を4クラスタに分け、そのうち人数の多かったクラスタを、クラスタAとクラスタBとした。次に、事前に回答してもらった運転気質調査から得られた複数の因子をそれぞれ、同様の方法で階層的クラスタリングを行った。そして、脳活動によるクラスタと、運転気質因子によるクラスタを相互に参照することで、関連性を検証をした。

その結果、iconを不快に感じづらく、小さい脳活動を示したクラスタAに属する被験者の5名中4名(ID:5,6,7,9)が、事故を起こすことを気にしている、心配性的傾向があることが確認できた。つまり、自身の運転に対し心配性的傾向を示す人にとって、iconは最も効果的に危険の指摘ができる画像である可能性が示された。このことから、心配性的傾向の人には、iconのような抽象的な情報によって危険運転をしていることを伝えるのが良いのではないかと考えられる。

また、心配性的傾向と関係のある運転気質を明らかにするため、運転気質の因子間で相関係数を算出した。その結果、心配性的傾向は、安全確認などの動作を慎重にする、几帳面な運転傾向と中程度の負の相関があることが確認できた(-0.600)。つまり、事故を起こすことを気にしている心配性的傾向の人ほど、安全確認などを慎重に行うことができている傾向にあることが示唆された。このことから心配性的傾向の人に適した提示画像を用いて、危険な運転動作に気づかせることで、安全確認などを慎重にするよう促すことができる可能性が示唆された。

4.3 脳活動と運転気質の相関分析結果

4種類の危険運転指摘画像による脳活動と、運転気質の関係を検討するため、被験者ごとに4種類の画像の脳活動の代表値を算出し、運転気質の値との相関係数を算出した。

その結果、illとtxtの2つの危険運転指摘画像において、運転に対する消極性の気質と、脳活動の代表値の間で有意な正の相関を示すことが確認できた(表1)。

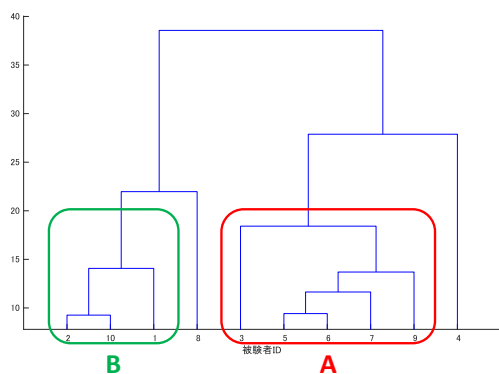


図3 階層的クラスタリング(ワード法)

表1 脳活動と運転に対する消極性の相関係数

相関係数	txt	icon	pic	ill
消極性	0.5371	0.0185	0.3396	0.6915

つまり、運転を極力しながら、運転に対して消極的な傾向にある人ほど、txt や ill の画像に不快感を感じやすい傾向にあることが明らかになった。このことから、運転に消極的な人は、txt(テキストベースの「きけん!」) や ill(イラストベースの「事故の様子」) のような直接的に危険を示唆するような提示をすることで、そこから危険に関する様々な物事を連想して思考してしまう可能性があり、不快感を感じるのではないかと考えた。つまり、このような人には具体的な情報でなく、ある程度抽象的な情報の方が運転中に不快感を感じづらい可能性が示された。

5. まとめ

本研究では、運転者の意識に起因した自動車事故の少ない安全な社会の実現のため、運転者の安全運転への意識に働きかけることで、事故を予防できるリアルタイムフィードバックシステムの実現を目指している。本発表ではその第一段階として、脳活動を指標に危険運転を指摘する画像の印象を検証し、個々人の運転気質との関係性を検証した。脳活動の評価の結果、「×」のアイコン(icon)が運転中に最も不快に感じづらく、特に自分が事故を起こすことを気にしている、運転に対して心配的な傾向をもつ人に、より好印象な画像である可能性が示された。また、運転に対して消極的な人には、危険を連想させてしまうような txt(「きけん!」のテキスト) や ill(「事故の様子」のイラスト) のような直接的に危険を示唆する情報ではなく、ある

程度抽象的な情報が不快感を感じづらい可能性も示された。

今後は、被験者の数を増やし、年齢層に幅を持たせると同時に、先行研究において音声や振動などと組み合わせたマルチモーダルな情報提示の有用性が示されていることから [13]、第2段階として音声等を用いて、持続的な安全運転意識の維持のための行動改善指示手法を検討する。

文献

- [1] 深沢 伸幸, 1987, “認知的動機づけの手法を用いた運転行動の変容に関する研究”, 産業・組織心理学研究, Vol.1, No.1, pp.29-38
- [2] 大谷 亮, 宇野 宏, 藤田 和男, 2007, “交通状況に起因するドライバの危険度過小評価が運転行動に及ぼす影響に関する検討”, 日本人間工学会, Vol.43, No.6, p.303-314
- [3] 藤村 優也, 綿貫 啓一, 楓 和憲, 侯磊, 工藤 麻理子, 三宅 秀之, 2016, “動画視聴時のポジティブ・ネガティブ情動の心理尺度に基づく評価と脳活動計測”, 日本機械学会論文誌, 第 82 巻, 第 842 号, pp.16-00156
- [4] 中川 尊雄, 2016, “脳活動に基づくプログラム理解の困難さ測定”, コンピュータソフトウェア, 第 33 巻, 第 2 号, pp.2.78-2.89
- [5] 柴崎宏武, 2017, “高齢運転者事故の特徴と発生要因”, 交通事故総合分析センター第 20 回研究発表会
- [6] 伊藤研一郎, 立山義祐, 西村秀和, 小木哲朗, 2015, “自動二輪車用ヘッドアップディスプレイにおける提示情報量の評価”, 日本機械学会論文集, 第 81 号, 第 830 号, pp.15-00203
- [7] 永山ルツ子, 瀬山淳一郎, 吉田弘司, 2008, “子どもの顔は危険行動を抑制するのか?”, 日本心理学会第 72 回大会発表論文集, pp.728
- [8] 西崎友規子, 大岸真理子, 2022, “危険運転シーンの視聴が運転行動に与える影響”, 日本認知心理学会第 19 回大会発表論文集, Vol.19, No.19
- [9] 石橋 基範, 大桑 政幸, 赤松 幹之, 2002, “運転者特性把握のための運転スタイル・運転負担感受性チェックシートの開発”, 自動車技術会 2002 年春季大会学術講演会前刷集, No.55-02, 9~12
- [10] 斎藤 恵一, 安藤 貴泰, 百瀬 桂子, 2009, “機能的 MRI を用いた視覚性ワーキングメモリ課題における脳活動の検討”, バイオメディカル・フィジィ・システム学会誌, Vol.11, No.2
- [11] Masashi Kiguchi, Tsukasa Funane, 2014, “Algorithm for removing scalp signals from functional near-infrared spectroscopy signals in real time using multi-distance optodes”, Journal of Biomedical Optics, Vol. 19, Issue 11
- [12] 高橋 純, 山西 潤一, 佐々木 和男, 2001, “年齢及び経験によるアイコンの認識度”, 日本教育工学会誌, 第 25 巻 suppl 号, p.113-116
- [13] Ju-Hwan Lee, Charles Spence, 2008, “Assessing the Benefit of Multimodal Feedback on Dual-Task Performance under Demanding Conditions”, People and Computers XXII Culture, Creativity, Interaction (HCI), Vol.1, pp.185-192