

補助事業番号 2023M-271
補助事業名 2023年度 タイヤバースト発生時の運転支援に関する研究 補助事業
補助事業者名 日本大学工学部・准教授・安藝雅彦

1 研究の概要

本研究では、高速道路走行中のタイヤバーストに起因する事故低減を目指した検討を行った。これまでの研究で使用していた定置式ドライビングシミュレータに小型モーションプラットフォームを組み込み、可動式ドライビングシミュレータを構築することで①バースト発生時のドライバの運転行動の計測、②バースト発生時に聴覚情報提示を行った時の運転支援効果の検討、③バースト発生時の車線維持支援効果の検討、の3種類の実験を実施した。その結果、バーストの発生箇所（右前輪、左前輪、左後輪、右後輪）によってドライバの運転行動に特徴が現れること、聴覚情報提示を行った時に効果的な聴覚情報の種類の整理、可動式ドライビングシミュレータで実験すると定置式より大きな運転支援トルクが必要になることがわかった。

2 研究の目的と背景

近年、高速道路では車種を問わず、タイヤのバーストに起因した交通事故が増えてきている。走行中における突然のバーストは、車両の操縦安定性能を低下させ、ドライバの異常行動を引き起こし、重大な交通事故に発展する可能性が高い。それにもかかわらず、走行中のバーストに関する研究報告は極めて少ない。高速道路走行中にタイヤがバーストするとタイヤ径とコーナリングスティフネスの減少により車両動特性は急変するが、ドライバが動特性急変後の車両を正しく認知・判断・操作することは困難である。タイヤバースト時の安全性向上とドライバの負担軽減のため車線維持支援システム(LKAS)の研究開発が必要である。LKASの制御方式には操舵角制御方式と操舵トルク制御方式があり、タイヤバースト時のLKASは自動運転車両の信頼性確保のため操舵角制御方式の研究例はあるが、人間-機械系の支援システムである操舵トルク制御方式の研究は極めて少ない。これは制御対象の動特性急変時におけるドライバ操舵行動のモデル化指針と支援システムの設計指針が定まっていないことが理由と考えられる。タイヤバースト発生後に安全に車両を路側帯へ停車させるには車両安定化させ減速行動を取りつつ停車するという一連の運転行動が必要であるが、バースト直後はドライバが状況を正しく認識できずに混乱して異常な運転行動を取る危険性がある。そこで申請者はタイヤバースト発生後、ドライバが適切に運転行動を取れない間のドライバの異常なハンドル操舵および急ブレーキ操作を緩和しつつ安全に停車するまでの運転支援システムの構築を目指している。

3 研究内容(<https://www.mech.cst.nihon-u.ac.jp/studies/horiuchi/study09.html>)

本申請事業は3つの課題(1)～(3)から構成され、それぞれ下記のように研究を実施した。

(1) ドライビングシミュレータの改造およびドライバ異常行動計測

定置式DSにモーション装置と高機能ペダルコントローラの組み込みを行い、可動式DSを構築した。さらに可動式DSを用いた高速道路走行中のタイヤバースト発生時のドライバ異常行動を計測するための被験者実験を行うことで、ドライバのハンドル操作、車線逸脱量などのタイミングを計測した。この結果、定置式と比較すると、可動式ではドライバが加速度で異常を検知するため、バースト時のドライバの反応が大幅に速くなること、および後輪バーストの場合は異常が発生した箇所の認識ミスが発生するためにハンドル操作を誤りやすいことが確認された。また、タイヤバーストに対する対策として、①タイヤバースト発生直後～4秒程度までの車線逸脱を防止するフェーズと、②車線逸脱を回避し車線に復帰してからの車線維持支援の2つのフェーズで考える必要があることがわかった。②のフェーズはタイヤがバーストしたことで直進するためのハンドルの中立位置が変化し、ドライバがそれを認識できないまま運転することにより発生することがわかった。これは航空機分野では「パイロット誘導振動」と呼ばれる振動現象が、自動車においても車両のふらつきとして発生するためである。これについても適切に支援する必要があることがわかった。

(2) 音声案内によるドライバ異常行動の低減の検討

バースト発生時に音声情報によるバースト状況の情報提示を行うことでドライバ異常行動（ハンドル操作ミス）が低減できるかを検討した。可動式DSのホストPC内に音声案内用アプリを組み込み、バースト発生直後にバーストしたことを伝える聴覚情報提示（①警告ブザー音、②音声案内(1)（注意喚起）、③音声案内(2)（行動指示））をスピーカから提示することで音声なしとの間でドライバ操舵行動を比較した。その結果、①警告ブザー音は余計にドライバに混乱を与える可能性があること、②③はドライバの心理面に安心感を与える可能性が見られたが、音声で状況を認識させるにはある程度の時間幅が必要であるため、ドライバの反応速度の向上にはつながらなかった。しかし、視覚情報提示など運転支援と今回の聴覚情報支援を組み合わせることで操舵支援を行う際のドライバへの適切な情報提示につながることが期待できる。

(3) 車線維持支援システムの構築

課題①で得られたドライバ異常行動計測結果と課題②で得られたバースト後のドライバへのバースト情報提示の効果を元に操舵支援トルクによる車線維持支援のための制御器設計を行った。その制御器を組み込んだ可動式DSを用い、高速道路走行中のタイヤバースト発生時の運転支援効果を車線逸脱量、ドライバのハンドル操作量などから評価した。先行研究の定置式DSを用いた場合の運転支援トルクと比較すると、可動式DSの場合に先行研究と同じ運転支援トルクでは支援トルク量が足りないという意見が大半であった。これはバースト直後に加速度を体感し、修正操舵しようとするドライバの意思が大きく現れたことが影響すると考えられる。これに関して適切な支援トルク量の解明は今後も引き続き研究が必要である。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究ではタイヤバースト発生時の運転支援システムについて扱っている。この運転支援システムが実現すれば、高速道路走行時のタイヤバーストに起因する事故が低減し、さらにタイヤバースト発生時のドライバーの運転の負担が少なくなり、より安心した高速道路走行が可能になることが期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまでの研究歴において、自動車および鉄道を対象とした車両運動制御、および鉄道車両の故障検知などを扱ってきた。今回の研究はこれまでの研究で得られた知見を用いて、高速道路上でタイヤがバーストした場合のドライバーの異常行動を抑制し車両を安定化するという者に加え、航空機で問題とされる「パイロット誘導振動」が自動車でも発生することを明らかにし、このような場合に制御によって安全性向上を図るというものである。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

本研究にかかわる知財・発表論文として、下記の講演論文(1)およびそれを基に再構成した投稿論文(2)を発表している。さらに、学内の卒業研究(3)は本研究を基に実施した。

- (1) 安藝 雅彦, 井梅 拓海, 國枝 航輝, 添野 航也, 堀内 伸一郎: タイヤバースト発生箇所によるドライバー運転行動の検討, 自動車技術会 春季学術講演会, 2024年5月23日発表
- (2) 安藝 雅彦, 井梅 拓海, 國枝 航輝, 添野 航也, 堀内 伸一郎: タイヤバースト発生箇所によるドライバー運転行動の検討, 自動車技術会論文集 投稿中
- (3) 井梅 拓海, 國枝 航輝, 添野 航也: 可動式ドライビングシミュレータを用いたタイヤバースト発生時の車線維持制御, 日本大学 理工学部 機械工学科 2023年度卒業論文

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

- (1) 安藝 雅彦, 井梅 拓海, 國枝 航輝, 添野 航也, 堀内 伸一郎: タイヤバースト発生箇所によるドライバー運転行動の検討, 自動車技術会 春季学術講演会, 2024年5月23日発表
- (2) 安藝 雅彦, 井梅 拓海, 國枝 航輝, 添野 航也, 堀内 伸一郎: タイヤバースト発生箇所によるドライバー運転行動の検討, 自動車技術会論文集 投稿中
- (3) 井梅 拓海, 國枝 航輝, 添野 航也: 可動式ドライビングシミュレータを用いたタイヤバースト発生時の車線維持制御, 日本大学 理工学部 機械工学科 2023年度卒業論文

(2)(1) 以外で当事業において作成したもの
なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 日本大学理工学部

(ニホンダイガクリコウガクブ)

住 所： 〒101-8308

東京都千代田区神田駿河台1-8-14

担 当 者： 准教授 安藝雅彦 (アキマサヒコ)

担 当 部 署： 機械工学科 (キカイコウガクカ)

E - m a i l : aki.masahiko@nihon-u.ac.jp

U R L : <https://www.mech.cst.nihon-u.ac.jp/studies/horiuchi/index.html>