

路面状態を高周波振動で呈示するステアリング振動システムの研究開発 (182202001)

A Research and Development of Steering Vibration System for Presenting Road Surface Condition with High-Frequency Vibration

研究代表者

大関 一陽 株式会社ピーアンドエーテクノロジーズ
Kazuaki Oozeki P&A Technologies Inc.

研究分担者

伊藤 一也[†] 谷本 信也^{††} 齊藤 正人^{††} 八ツ役 和彦^{††} 高橋 由佳子^{††}
Kazuya Itoh[†] Nobuya Tanimoto^{††} Masato Saito^{††} Kazuhiko Yatsuyaku^{††} Yukako Takahashi^{††}
[†](独)国立高等専門学校機構 一関工業高等専門学校 ^{††}株式会社ピーアンドエーテクノロジーズ
[†]National Institute of Technology, Ichinoseki College ^{††}P&A Technologies Inc.

研究期間 平成 30 年度

概要

冬季の凍結路面において運転操作を誤り対向車と衝突する死亡事故が後を絶たない。ステアリングの低周波振動による車線逸脱警告は実用化済だが、路面が雪で覆われた状態では機能しない。本研究では、路面が滑りやすい状態と検知した場合にステアリング表面の高周波振動で路面状態を呈示する技術を検討した。

その結果、以下の知見を得ることが出来た。

- ① ステアリングを高周波振動させた場合、基本周波数が 200Hz の時に 1 番迫力があり気付きやすいと知覚する。一方、400Hz では“細い”と知覚する。
- ② 本研究で用いたリニア振動子による振動では、「冷たさ」や「潤い」の感覚は得られにくいことが示された。
- ③ ドライビングシミュレータを用いた走行実験において、冬季の滑りやすい山岳路を模擬した場面でステアリング表面の振動を呈示する事により、平均車速の低下や走行時間の延長など、ドライバーの運転操作が通常の運転より慎重になる傾向が示された。

1. まえがき

2020 年の交通事故死者数 2500 人未滿を達成した後、交通事故死者数ゼロの実現に向けた技術として、本研究成果をあらゆる車両へ適用することが社会的なニーズとしてあげられる。

本研究の目的は、路面状態をドライバーへ正確に伝えるためのインターフェースとして、ドライバーの視認行動を伴わない、高周波数の振動によるステアリング振動システムの技術を確立することである。そのため、以下 3 点に取り組んだ。

- 1) 路面状態を把握するための振動方法および振動パターンの検討
- 2) ステアリング内への振動子の搭載方法の検討
- 3) ドライビングシミュレータ上で、ステアリング振動システムを用いた路面状態の伝達による運転行動の変化の観点での妥当性検証

2. 研究開発内容及び成果

最初に、本研究における所属機関ごとの分担を以下に示す。

- (1) 高周波に対応した 4 個のリニア振動子をステアリングリム内に内蔵させて、リニア振動子による複数の振動波形の出力、調整出来るステアリング振動システムを構築(分担: ピーアンドエーテクノロジーズ社。以下 P&A 社)
- (2) ステアリングリム表面に振動を伝え、滑りやすく運転に注意すべき路面である事を想起させるために、リニア振動子の周波数違いによる認知の評価を実施し、適切な周波数を決定 (分担: 一関高専)
- (3) ドライビングシミュレータ実験で運転行動の変化から、本研究で構築したステアリング振動による安全な運転行動への効果を検証(分担: 一関高専)

2.1 本研究における要素技術

まず、本研究で開発するステアリング振動システムの要素技術として、ステアリングを握る人間の手の触覚に関する知覚メカニズムと、ステアリング内に搭載するリニア振動子について示す。

2.1.1 触覚の知覚メカニズム

人間が物質に触れた際、体表面の内部にある感覚器によって、温冷感や痛感、圧迫感などから物質の感触を知覚する。人間の皮膚の内側には、振動に反応するマイスナー小体とパチニ小体がある。マイスナー小体は圧力に素早く順応し、数 10Hz で最高感度に達する。パチニ小体は圧力に対して非常に素早く順応し、200Hz 付近で最高感度に達し、100Hz 以下では振動加速度振幅の閾値がほぼ一定になる¹⁾。本研究では、高周波振動に対応する感覚器として、パチニ小体による振動の知覚に着目する。一方、ドライバーがステアリング振動を介して滑りやすい路面であることを知覚する上で、滑りやすい事を想起させる「冷たい」「潤いがある」という印象を与えるための振動を提示することが重要と考えられる。先行研究では、樹脂部品の表面粗さを 400 μ m 間隔の指紋の隙間に入り込む特性にすることで、しっとり感を表現することができることや²⁾、スマートフォン等に用いられているタッチパネルの表面を超音波で振動させることによって、しっとり感を表現するインターフェースの実現を試みた事例もある³⁾。

2.1.2 ステアリング振動システムについて

既存のタッチパネルにおける触感呈示技術を基にステアリングリム部に既存のゲーム機等に採用されている高周波に対応したリニア振動子(H:15mm × W:25mm × D:10mm)を内蔵するステアリング振動システムを構築し、各種振動方法の実現と出力の調整を可能とした。

振動パターンとなる PWM は GPB-C4 基板 (P&A 社製 FPGA 基板) により生成され、生成されたパターン信号によりドライブ回路を介して各アクチュエータの振動を制御し、振動パターンのパラメータは PC から設定出来る構成とした。振動パターンの制御イメージを図 1 に示す。

2.2 人間工学的評価について

本研究では、ドライバーが感じる印象評価や運転行動で検証するため、2種類の実験を実施した。

2.2.1 実験 1: リニア振動子の基本周波数検討

実験 1 では、振動パターン 12 種類をランダムに呈示して評価用語対を用いた Semantic Differential 法(以下、SD 法)と呼ばれる官能評価手法を用いて評価した。

2.2.1.1 実験方法

実験方法は、10代~20代の11名(男性10名、女性1名)の実験参加者(ドライバー)にドライブレコーダの動画を視聴してもらい、コーナー手前でステアリング内の振動子を数秒間振動させた。その後、SD法の官能評価用紙で評価してもらった。

2.2.1.2 実験結果

代表的な結果として、振動強弱が一定(振動パターン1~3)の実験結果を図2に示す。これより、以下の知見を得る事が出来た。

- ① 基本周波数 200Hz が 1 番迫力があり気付きやすい。一方、400Hz では「細い」と知覚する
- ② 本実験のリニア振動では「冷たさ」や「潤い」の感覚は得られにくいことが示された

2.2.2 実験 2: 運転行動の検証

実験 2 では、ドライビングシミュレータ上で登坂コースを走行させて、コーナー進入手前でステアリング振動を呈示した場合と、呈示しない場合における運転行動の違いを検証した。実験参加者は実験 1 とほぼ同一の 10 名である。

2.2.2.1 実験結果

図3に示す官能評価の結果より、すべての項目において、振動を与えた方が評点が高いことが示された。このことより、ステアリング振動を呈示することによって運転操作が慎重になり、また、安全な走行になるための安心感の向上につながる事が示された。運転操作が妨げられると感じやすくなるが、結果的に安心感の向上に結びついているため、許容出来るものと考えられる。

また、特定コーナーでの平均車速と平均ステアリング舵角と走行タイムを比較した結果、振動を呈示することで、有意差は見られないものの車速が落ちて操作舵角が減り、走行タイムが長くなる傾向が示された。

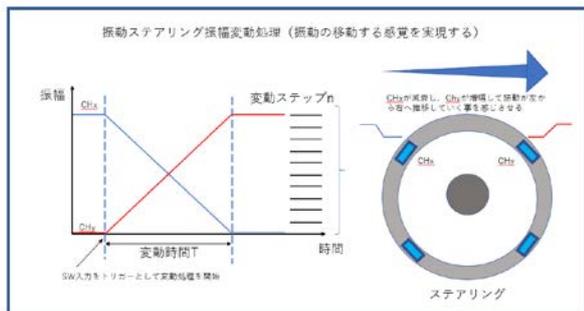


図1 振動ステアリングの制御

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取組

P&A社の組み込み技術、FPGA製品を活用して早期に仕様通りに遅滞なく試作品を完成させ、一関高専の人間工学実験に提供できた。今回は既存の基板を流用したが、さらに小型化、車載バッテリーの12Vでの運用が可能であり、実際の車両におけるステアリング裏カバー内等に格納する事も可能である。また、平成29年度SCOPE中小企業枠共同研究では道路状況センシングのための準静電界センサによる路面凍結状態の検出技術開発やデータ交換共有システムの研究開発を岩手県立大と共に取り組んでおり、本研究で構築したシステムは、ドライバーへ情報を伝達するためのヒューマンインターフェースとして適用可能なものと考えられる。

4. むすび

本研究により、ステアリング振動による冬季の路面状況を表現する「冷たさ」「潤い」の提示技術について検証し、今後の課題を明確にすることが出来た。今後、冬季の凍結路面を振動と音の組合せによって表現する手法を検討し、本研究開発で得られた知見を適用していく。

【誌上发表リスト】

- [1] 伊藤 一也、伊藤 綾真、“ステアリング振動による冬季の路面状況提示の研究”、日本人間工学会 第60回大会 (令和元年6月16日)

【報道掲載リスト】

- [1] "路面の凍結 察知 自動車ステアリング振動システム 企業と共同開発"、岩手日日、平成30年6月18日
- [2] "冬道「滑るぞ」振動で伝達 一関高専と盛岡の企業が研究"、朝日新聞(岩手版)、平成30年6月19日
- [3] "冬の路面 ブルツと警告 一関高専と盛岡の電子機器製造業者 システム開発進める"、岩手日報、平成30年12月2日

【本研究開発課題を掲載したウェブページ】

<http://www.pa-tec.com/>

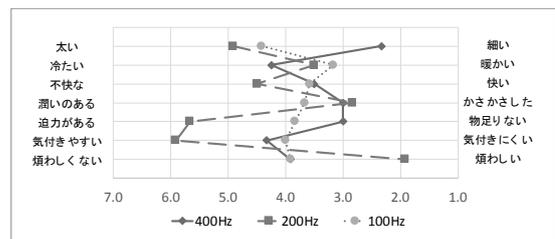


図2 実験1 実験結果

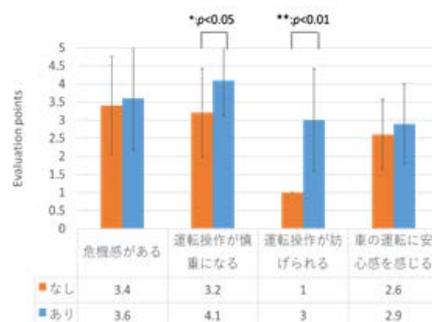


図3 実験2 官能評価結果