

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500139

研究課題名(和文)自動車運転手危険回避支援用振動警告インタフェースのための振動・距離感覚モデル

研究課題名(英文)Vibratory Distance Presentation Model for Vibration Alert Interface for Supporting Auto Driver to Avoid Danger

研究代表者

田中 孝之(Takayuki, TANAKA)

北海道大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：10282914

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：自動車運転手の危険回避支援を目的として、振動刺激によって前方車両や障害物との距離情報を提示する振動インタフェースのための基盤技術を研究開発した。

まず、振動感覚による適切な距離感覚提示を実現するために、走行速度を考慮した距離感覚と振動感覚をモデル化した。視覚情報では錯覚が生じるような環境においても、振動刺激によって、正確な距離感覚を提供できることを確認した。つぎに、前方車両への接近等、相対移動物体との距離感覚提示のための振動感覚ダイナミクスモデルを構築した。さらに、距離感覚と相対速度感覚の感覚順応モデルの構築と補正手法を構築し、よりの確な情報伝達を可能にした。

研究成果の概要(英文)：This study aims to develop fundamental technologies of vibration-perception interface called as VAI-C which provides the distance and/or the relative speed to forward vehicles to the driver by vibration stimulus for drivers' hazard avoidance. Firstly, in order to achieve the correct proposal of distance perception by vibration perception, I mathematically modeled the relation between the distance perception and vibration perception in consideration of the complication of surroundings and the relative speed between his/her own vehicle and the forward. I confirmed that VAI-C was able to provide correct distance perception even if in case where optical illusion could be happen. Then, I constructed a dynamic model of vibration perception considering with sense adaptation in order to provide the relative speed. Finally, I developed a VAI-C which can inform correct distance and relative speed to support drivers' visual recognition.

研究分野：ヒューマンセントリック工学

キーワード：計測工学 振動感覚 距離感覚提示 速度感覚提示 感覚アシスト

1. 研究開始当初の背景

自動車運転の安全性を高めるための各種 ITS 技術の開発が進められている。前方車両との車間距離や斜線逸脱、周囲状況を計測し、運転手に伝えるためのインタフェース技術もその1つである。ハンドルを振動させて運転手に危険状態を警告するインタフェースも研究開発され、実車に実装されている例もある。しかし、これまでの警告方法は危険か否かのみを知らせるものが多く、情報量としては乏しく、また相対速度など危険状態の変化を提示することができなかった。本研究では、運転手に提示する振動インタフェースの情報量を豊富かつ的確にすることで、よりスムーズな危険回避支援の実現を目指す。

2. 研究の目的

自動車運転手の危険回避支援を目的として、振動刺激によって前方車両や障害物との距離情報を提示する振動インタフェースのための基盤技術を研究開発する。本研究では、運転タスクの複雑さによらず前方移動車両の的確な回避支援を目標とする。

まず、運転タスクに応じた振動感覚による適切な距離感覚提示を実現するために、走行速度を考慮した距離感覚と振動感覚のモデル化を行う。次に、運転手の危険回避に適した警告情報量について調べて、運転タスクへの集中度を考慮した振動感覚モデルを構築する。更に、前方移動車両との距離感覚を提示するための振動感覚ダイナミクスモデルを構築する。

3. 研究の方法

これまでに得られた距離感覚提示振動インタフェース VAI の成果を基に、自動車運転手の危険回避支援を目的として、前方車両や障害物との距離情報を振動刺激によって提示するステアリング型振動インタフェース VAI for Car drivers (以下、VAI-C) の開発を目指した。自動車運転のような複雑タスク、複雑環境において、ロバストな振動感覚モデルの構築は大変困難であるが、本研究では VAI-C 開発のための基礎的課題として、以下の3つの課題に取り組んだ。

- (1) 自動車運転速度を考慮した振動刺激による距離感覚提示
- (2) 自動車運転タスクを考慮した危険回避に最適な警告情報量提示
- (3) 接近等相対移動物体との距離感覚提示のための振動感覚ダイナミクスモデルの構築

これまで、各種情報提示のための振動インタフェースや触覚構造や機能の研究開発が盛んに行われていた。本研究で開発するインタフェース技術は次の3つの特色をもっており、運転手の危険回避支援に有効かつ独創的なインタフェースとなる。

- (1) 静的な距離情報だけでなく、振動のパターンを変化させることで、これまで実現さ

れていない接近や隔離など動的な相対速度情報など、より豊富な情報を提示することができる。

- (2) 単なる ON/OFF の情報提示、また単に複雑にした情報提示ではなく、これまで解明にされていない主タスク (運転) を実行するために最適な感覚情報量で提示することができる。
- (3) 単なる振動刺激による距離感覚代行ではなく、これまで実現されていない周辺環境の変化や主タスク処理への集中度を考慮したロバストかつ直感的な距離感覚を提示することができる。

4. 研究成果

(1) VAI-C を搭載したドライブシミュレータの開発

本研究の実験装置、実験環境を整備した。内蔵した振動モータの周波数制御によって振動刺激強度の調整を可能にする VAI-C デバイスを開発した。ドライブシミュレータ UC-win/Road と統合することで、各種運転状況下における振動感覚モデルを解明するための実験システム VAI-C ドライブシミュレータ環境を整備した。

また、自動車運転作業中にユーザがよりの確に振動情報を把握できるようにリストバンド型 VAI-C インタフェースを開発した。



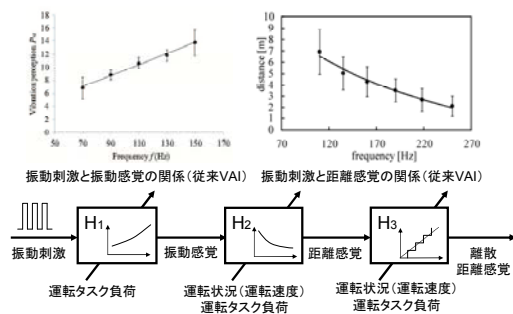
(2) 運転速度と距離感覚・振動感覚のモデル化

ユーザは振動刺激を受けて距離感覚を認識するまでに、一旦振動感覚に変換し、距離感覚への変換を行っていると考えられる。従来 VAI の研究では、被験者に「VAI を歩行環境での障害物距離センサ」と理解させて使用させたところ、振動刺激強度の対数と振動感覚には正の相関が、振動刺激強度の対数と距離感覚には負の相関があることを確認している。ここで、以下2つの仮説を置いた。

- (a) 振動刺激と振動感覚との関係 H1 は VAI のアプリケーションに依存しない。
- (b) 振動感覚と距離感覚との関係 H2 は VAI のアプリケーションに依存する。

これらの仮説の妥当性を実験的に確認した。運転速度によって運転環境から受ける周辺速度の視覚刺激を変化させて、振動刺激強度と振動感覚、距離感覚との関係の変化を調べたところ、いずれも運転速度に関わらず一定の関係を示すことを確認した。

一方、運転速度によって視覚的距離感覚は変化することから、VAI-Cによって、運転速度の変化によらず、使用者に一定の距離感覚を提示できる可能性を示した。



(3) 外部環境の変化と距離感覚・振動感覚の関係解明

前方車両との距離感覚は自動車運転速度の変化によらないことを示した。前方車両の見た目の大きさによって視覚的な距離感覚が異なること、VAIによる振動刺激による触覚的な振動感覚には影響しないことを実験的に確認した。このことから、錯覚を生じるような場面でも、VAI-Cを用いることで前方車両の大きさによらず、正確な距離感覚を提示する手法を開発した。つまり、振動刺激による視覚アシストを実現した。

(4) 移動物体との相対速度・距離情報提示

自動車運転においては、前方車両と接近、隔離することで前方車両との距離も時間的に変化する。このように相対速度をもつ移動物体との距離情報を提示するために、これまでに開発した相対振動感覚提示法を基に、相対速度感覚および距離感覚の同時提示を実現した。基準振動と提示振動との刺激強度の差分を利用して距離情報を提示し、かつその切替周期を制御することで相対速度感覚の提示を実現した。

(5) 振動感覚順応モデルの構築

一定の振動刺激を与えた際の感覚の順応を数理モデル化した。神経ネットワークの一つであるIKモデルに基づいて、振動感覚に対する時間順応ダイナミックモデルを確立した。これにより時間的に変動があった振動感覚を、提示時間に応じて振動強度を補正することで、安定した距離感覚を提示することが可能となった。

(6) 距離感覚提示と相対速度感覚提示の独立性

相対振動感覚提示法をもとに開発した、基準振動と提示振動との切替周期を制御する相対速度感覚提示法について、詳細な解析を行った。その結果、提示振動で与える距離感覚と切替周期で与える相対速度感覚とは互いに独立に提示可能であることを確認した。これによって、当初計画していたVIA-Cより

も情報量が豊富な提示が可能となった。

(7) 相対振動感覚の順応モデルと補正手法

相対振動感覚にも順応があることを実験的に確認し、それを数理モデル化した。このモデルに基づいて、距離感覚と同様に、刺激提示時間に応じて切替周期を補正することで、安定した相対速度感覚を提示することが可能となった。

(8) 相対速度感覚提示実験

ドライブシミュレータ環境において、開発したVAI-Cによって相対速度感覚を提示することで、視覚だけよりも正確に相対速度感覚を提供することが可能であることを実験的に確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

- ① 森友輝, 田中孝之, 金子俊一, 片桐祥雅, *Vibration Alert Interface*における振動周波数に対する振動感覚順応とそのモデル化, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.14 No.3, 293-302 (2012).

〔学会発表〕(計8件)

- ① 三瓶佑希, 田中孝之, 森友輝, 金子俊一, *Vibration Alert Interface* 利用時における感覚再現性向上のための相対振動感覚提示法, *JSME ROBOMECH2012* (2012).
- ② 三瓶佑希, 田中孝之, 森友輝, 金子俊一, *Vibration Alert Interface* の振動感覚と距離感覚に及ぼすオプティカルフローの影響, *JSME ROBOMECH* (2013).
- ③ Yuki Sampei, Takayuki Tanaka, Yuki Mori, and Shun'ichi Kaneko, Improvement of Sensory Stabilization and Repeatability of Vibration Interface for Distance Presentation, *HCI 2013, LNAI 8027*, 734-743 (2013).
- ④ Zhantao Lai, Yuki Sampei and Takayuki Tanaka, Relative Speed Feeling Presenting Method using Vibration Alert Interface, *ヒューマンインタフェースシンポジウム2013* (2013).
- ⑤ 三瓶佑希, 田中孝之, 森友輝, 金子俊一, *Vibration Alert Interface* を用いた距離情報の感覚代行における移動速度の影響, *SICE SI2013* (2013).
- ⑥ Zhantao Lai, Takayuki Tanaka and Yuki Sampei, Velocity calibration by analog information presentation using vibration alert interface, *JSME ROBOMECH2014* (2014).
- ⑦ Zhantao Lai, Takayuki Tanaka, Yuki Sampei and Yuki Mori, A method to convey relative velocity information by vibration alert interface, *Proc. of JSME MOVIC2014, Japan*, 2D1-4 (2014).
- ⑧ 頼展韜, 田中孝之, *Vibration Alert Interface*

利用時における振動認識効果向上のための
補正手法, SICE SI2014 (2014).

[その他]

ホームページ等

<http://www.ssc-lab.com/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

田中 孝之 (TANAKA, Takayuki)

北海道大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号: 1 0 2 8 2 9 1 4