

学位論文内容要旨

Application of Vehicle to Vehicle Communications in Encounters with Priority Vehicles

(優先車両遭遇時の車車間通信の応用に関する研究)

情報科学研究科 博士後期課程 情報科学専攻

2018841003 難波 秀彰

[I] 研究の背景

安全運転支援を目的とした車車間通信は、使用できる電波の周波数の関係で実用化までに長い時間がかかったが2015年に実用化された。現在、車車間通信の課題は、普及の促進であり有効性のアピールが強く求められている。有効性のアピールには、適用する分野やサービスの拡大が必要である。路面電車用の軌道を一般車両やバスと共有使用することを目指した路面電車と一般車両やバスとの車車間通信の応用、緊急車両をはじめとする優先車両と一般車両の車車間通信の応用が注目されている。本論文では、路面電車と緊急車両を優先車両として定義する。

路面電車と一般車両の車車間通信に関しては、その通信性能の実環境における評価が必要である。それは、車車間通信の実用化に際し一般車と一般車の車車間通信の性能評価は十分になされたが、路面電車との場合は一般車両側からの機能評価とサービス性が評価されただけであり路面電車との共存という視点からの通信性能評価が必要と考えたからである。

一方、優先車両、特に緊急車両を周辺車両へ認知させることに関しては早期にその存在を知らせ緊急車両が優先走行できるようにすることが重要な課題である。将来自動運転車と優先車両は、共存しなければならない。車車間通信を使って優先車両の位置を知らせ、その存在を認知させることにより、優先車両の接近を早期に知らせ、かつ車車間通信の普及促進を図るという課題があった。本論文では、自動運転の時代を見据えて、優先車両遭遇時の車車間通信の有効性と効果を検証することにした。

これにより安全性と自動運転車の乗員が不快を感じる急減速を回避することができる可能性を見出し、それを提案するための基礎的知見を獲得することを目指した。そこで、「検証、評価、可能性の見出し、提案」のために次の4つのテーマを選んだ。

テーマ①優先車両との遭遇時において、実データ分析と導出した減速停止モデルを使って、車車間通信を他の認知手段と比較評価することにより優位性を検証する。

テーマ②車車間通信の新たな応用として路面電車との通信をとりあげる。路面電車が接近してくる時の所望認知距離と通信性能を評価する。

テーマ③車車間通信を使えばその早期認知性から事前減速走行が可能となり急減速が避けられる。将来の自動運転車の乗員の乗り心地性を向上できる可能性を見出す。

テーマ④本研究で導出した減速停止モデルを使って事前減速を開始するタイミングを決定する手法を提案する。

〔Ⅱ〕 実データ分析と導出した減速停止モデル、モデルを適応したシミュレーションから車車間通信の優位性の検証

第2章は、テーマ①に関して報告した。自動運転車の運転スタイルを検討する場合、現状の手動運転車が優先車両と遭遇した時にどのような挙動をしているのかを把握する必要がある。緊急自動車に車車間通信装置を搭載し、かつ交差点環境情報を周辺に路車間通信で知らせることができる交差点で、周辺車両がどう振る舞っているかを示すデータを収集し分析した。分析したデータを数値処理しそこから減速停止モデルを導出した。該モデルを利用して緊急車両に遭遇した時の一般走行車両の所望停止距離を標準的な3種類（大・中・小）の交差点を例に求めた。さらに優先車両の接近を周辺の一般車両が認知する場合、実環境下で計測した認知距離を使って比較した。その結果サイレン音や赤色灯にくらべ車車間通信による認知が離隔距離において優位であることを検証した。

〔Ⅲ〕 路面電車接近時の所望認知距離と車車間通信の性能評価

第3章は、テーマ②に関して述べた。人間が運転する自動車が路面電車の軌道を横断する時に衝突事故を起こしている現状を考慮すると、自動運転車には路面電車とより安全に共存することが求められる。自動運転車が路面電車の軌道を横断する場合、路面電車の接近を自動運転車が認知する手段としてカメラによる視認では横断中に衝突する危険性があり車車間通信の利用が期待される。これまで一般車両同士を対象とした車車間通信の性能調査は多数実施されてきたが、路面電車と一般車両との車車間通信の性能評価は、自動車会社が自動車側の視点から実施した一部の評価実験を除いて実施されてこなかった。

路面電車特有の課題について、広島市の路面電車を利用して車車間通信の通信性能

を評価した。具体的には、路面電車軌道を自動運転車が横断する場合の認知距離を幾何学的に算出し、かつ路面電車の走行データから必要とされる離隔距離と何台まで通信できるかという通信容量を調査した。その結果、既に実用化されている車車間通信システムの性能で過不足ないことを評価した。

[IV] 車車間通信を使ったストレス事前減速の可能性の見出し

第4章では、テーマ③について述べた。一般道を走行する自動運転車が優先車両と協調走行する時、先行研究では、車車間通信による緊急車両側メリット（到達時間の短縮等）が報告されている。しかし周辺車両側で発生する問題は未検討であり特に自動運転車の搭乗者の安全性と乗り心地性に検討が必要である。前章までの研究結果から車車間通信を活用した緊急車両の早期認知は有望であると考えられている。しかしながら“早い認知と早すぎる回避行動が却って渋滞を引き起こす”という危惧も提起されている。実道路で緊急車両と遭遇する機会は極めてまれであるため、ドライビングシミュレータを使って実験した。緊急車両と遭遇した時の運転者の行動と車両の動作状態データをサイレン音、赤色灯、車車間通信を使った認知の3つの認知手段について分析した。車両の速度、ブレーキ操作、減速度、ジャーク（過加速度/過減速度）の計測データを精査した結果、サイレン音や赤色灯による認知にくらべ車車間通信を使っての認知がより早期にできることが確認できた。これによって事前減速走行をすることが可能となり、過度な減速や不快なジャークを回避できる可能性があることを見出した。

[V] 減速停止モデルを使って事前減速を開始するタイミングを決定する手法の提案

第5章では、テーマ④を述べた。自動運転の時代には、乗員に不快感を与えないような乗り心地を提供できる運転スタイルが望まれ、新たな減速制御法の開発が切望される。先行研究で自動運転車の乗り心地性には（1）ジャークが小さい運転スタイル（2）早期のアクションの2つが重要であると説明されている。前章の結果から上記項目を満たすには減速を開始するタイミングが重要であり、適切に事前減速を開始することが運転スタイルとしてふさわしいと考えた。そこで事前減速を開始するタイミングを求めるため第2章で導出した減速停止モデルを利用して、予め決めた最大許容減速度になるように停止距離と速度から減速を開始するアルゴリズムを提案した。

第6章では、これらのまとめと今後の課題について述べた。