

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	How much data rate is needed in V2X communications to ensure safe automated driving by cooperative perception
著者(和文)	深津龍一
Author(English)	Ryuichi Fukatsu
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11752号, 授与年月日:2022年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:阪口 啓,高田 潤一,藤井 輝也,TRAN GIA KHANH,西尾 理志,村井 英志
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11752号, Conferred date:2022/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	深津 龍一	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	阪口 啓	教授	西尾 理志	准教授
	審査員	高田 潤一	教授	村井 英志	Ericsson (学外審査員)
		藤井 輝也	特任教授 (内数)		
TRAN GIA KHANH		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「How Much Data Rate is Needed in V2X Communications to Ensure Safe Automated Driving by Cooperative Perception (協調認知を用いた安全な自動運転を実現するセンサとミリ波 V2X 通信に関する研究)」と題し、全 6 章で構成されている。

第 1 章「Introduction」では、自動運転の安全性を向上する技術としてセンサデータを V2X (Vehicular-to-Everything) 通信によりデバイス間で共有する協調認知が注目を集めているが、その設計に必要な要求条件が理論的に明らかになっていないことが課題であると述べている。本論文の目的は協調認知を用いた安全な自動運転を達成するために必要となるセンサと V2X 通信のデータレートを導出すること、および導出した要求条件とミリ波帯を含む V2X 通信が達成するデータレートを比較することで安全な自動運転が実現できる走行速度の範囲を明らかにすることであると述べている。

第 2 章「V2X communications to ensure safe automated driving by cooperative perception」では、自動運転に用いられるセンサ、既に普及が進められている DSRC (Dedicated Short Range Communications) や現在国際標準化が進められている IEEE802.11bd および 3GPP NR-V2X を含む V2X 通信規格、これらの V2X 通信規格の中で議論されている協調認知の種類、衝突回避を含む自動運転の安全性の定義、現状の車両相互事故の統計などを整理し、本論文で検討を行うシナリオを定義している。センサとしては衝突回避のために三次元物体認識を低遅延に行うことが可能な LiDAR、V2X 通信としては既に普及が進められている 5.9GHz 帯に加えてミリ波帯の 28GHz および 60GHz、走行シナリオとしては現状の事故発生率が最も高い追い越しと交差点を選定し、これらの環境において未処理のセンサデータを共有する協調認知を選定し、協調認知による物体認識と車両制御により衝突回避を担保することが安全な自動運転であると定義している。

第 3 章「Required and achievable data rate for V2V in overtaking scenario」では、自車と前方車両および対向車からなる追い越しシナリオを想定し、物体認識と車両制御の両方の理論から衝突回避のために必要となるセンサと V2X 通信の要求条件を導出している。自車と前方車両の車間距離が 10m の場合において、自車のセンサのみを用いた自動運転では時速 25km/h 以上の安全運転が不可能であることを明らかにするとともに、協調認知を行う場合は要求条件の引き上げに伴い安全運転を可能とする走行速度が増加することを証明している。また導出された要求条件と周波数帯の異なる V2X 通信が達成するデータレートを比較することにより、現状の 5.9GHz 帯を用いた V2X 通信では安全性は改善しないものの、ミリ波帯を用いた V2X 通信を導入することにより日本の法定速度程度まで安全性が改善することを示している。

第 4 章「Required and achievable data rate for V2I in intersection scenario」では、自車と交差する道路を走行するターゲット車からなる見通しの悪い交差点の横断シナリオを想定し、物体認識と車両制御の両方の理論から衝突回避のために必要となるセンサと V2X 通信の要求条件を導出している。自車のセンサのみを用いた自動運転では交差点手前で一時停止する以外には安全運転が担保されないことを示すとともに、交差点に設置された路側器と自車間で協調認知を行うことにより安全運転を実現するターゲット車と自車の走行速度の範囲を明らかにし、またミリ波帯を用いた V2X 通信を導入することにより日本の法定速度程度まで安全性が改善することを示している。

第 5 章「Demonstration of cooperative perception」では、東京工業大学大岡山キャンパス内に構築されているスマートモビリティ教育研究フィールドを活用した協調認知の実証デモンストレーションを行っている。キャンパス内に設置された次世代 ITS (Intelligent Transport System) 向けの路側器には LiDAR センサが設置されており、そのセンサデータを 60GHz 帯ミリ波通信により車載器に伝送し、自車の LiDAR センサデータと座標を合わせて合成することにより、実環境における協調認知の実現性を実証している。また実測したミリ波 V2I のデータレートと第 4 章で導出した交差点を安全走行するための要求条件から、キャンパス内のエリア毎に安全性を担保できる走行速度の最大値を導出している。

第 6 章「Conclusion」では、本研究で得られた成果を総括し、本論文の結論を述べるとともに、今後の検討課題について言及している。

以上を要するに、本論文は、安全な自動運転に必要な協調認知において、衝突回避のために必要となるセンサと V2X 通信の要求条件を、物体認識と車両制御の両方の理論から導出し、その要求条件と V2X 通信が達成するデータレートを比較することで、周波数帯の異なる V2X 通信が実現する安全な走行速度の範囲を導出したという観点で工学上・工業上貢献するところが大きい。よって我々は本論文が博士 (工学) の学位論文として十分価値があるものと認める。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。