

# 協調型自動運転における通信遅延を考慮した 安全性のシミュレーション評価

松本 翔汰<sup>†</sup> 佐藤 健哉<sup>‡</sup>

同志社大学工学部情報システムデザイン学科<sup>†</sup>

同志社大学理工学研究科情報工学専攻<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

近年、協調型自動運転の研究が活発化している。[1]従来のドライバーモデルでは、ドライバーによる加速および減速行動に加えて、自動ブレーキや車線維持などの技術による運転支援を行ってきた。協調型自動運転では、周辺環境の認識および共有等を通信によって行っている。主に4種類の通信方式があり、まとめてV2X通信と呼ばれている。V2X通信を用いることで、自車両の情報だけでなく、道路の動的情報を活用することが可能になる。V2X通信では、通信頻度が高いほど、周辺の車両に対して頻繁に情報が送信される。即ち車両が認知する情報の精度が向上する。

本研究では、協調型自動運転における、高速道路走行中の車線変更を行う際のシナリオを考える。車線変更を協調的に行う場合、図1に示すように、走行状態をブロードキャストする手法(以下V2V通信)と、図2に示すようにサーバを用いた手法(以下V2I通信)が考えられる。V2V通信を用いた手法では、複数車両の走行調停に高頻度の通信が必要になり、計算量が増加する。計算量の増加は、通信遅延発生の原因となり得る。一方、V2I通信では、車両の情報をサーバに集約することで効率的な通信が可能になる。しかしながら、サーバを経由するという特性から、通信遅延が大きくなる可能性がある。そこで、本研究では通信の遅延を考慮した上で、信頼性および安全性を担保できる安全な情報伝達範囲をシミュレーションによって検討する。

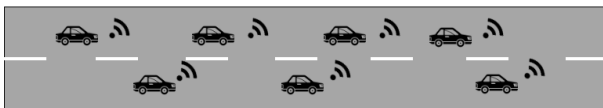


図1: V2V通信概要図

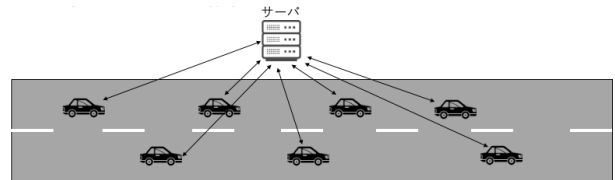


図2: V2I通信概要図

## 2 関連研究

### 2.1 V2V通信を用いた車両調停手法

宮脇らは、通信対応車両と、通信非対応車両の混在状況において、高速道路の合流時にV2V通信を使用してフリースペースを他車両と共有することによって安全な車両の合流を可能にする調停手法を提案した。[2]

結果、既存研究と比較して旅行時間に差異は発生しなかったが、最大減速度が低下し安全面の向上が確認された。しかしながらV2V通信における通信遅延が増大した場合は考慮されておらず、車両台数の増加などにより通信遅延時間が増大した際の分析が必要である。

### 2.2 DSRCコントローラを用いた調停手法

Letterらは、合流部に設置したDSRCコントローラを用いて、車両が本線に合流する順序を各車両に提供する実験を行った。[3]

結果、平均走行速度、総走行時間、走行距離あたりの走行時間が改善された。しかしながら、本線が1車線のシナリオで実験を行ったため、複数の車線を活用し、調停を行った場合の分析が必要である。

## 3 提案手法

### 3.1 概要

本研究では高速道路走行中の車両が通信を用いて車線変更する際の状況を考える。通信を用いて車線変更する際、通信の遅延時間は必ずしも0秒とは限らない。そこで通信遅延をパラメータとして変化させ、車線変更時の減速度および加速度を測定する。これらのデータから通信範囲の拡大もしくは縮小の必要性を検討する。本研究の概要を図3に示す。

#### Simulation Evaluation of Safety Considering Communication Delay in Cooperative Automated Driving

<sup>†</sup>Shota Matsumoto, <sup>‡</sup>Kenya Sato

<sup>†</sup>Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

<sup>‡</sup>Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University

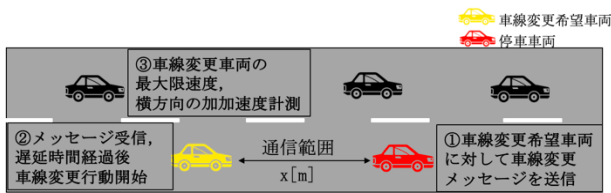


図 3: 提案手法概要図

### 3.2 パラメータ

本研究におけるパラメータおよび前提条件を表 1 に示す。また、通信遅延は、車線変更希望車両の、車線変更開始時の時刻を通常より遅延時間分のみ遅らせることで定義する。

表 1: パラメータ

パラメータ	設定
シミュレータ	Vissim
車両	コネクテッドカーのみ
車両速度	50[km/h]-100[km/h]
車両台数	2000[台/h]
通信遅延	0[s],0.1[s],0.5[s],1.0[s],2.0[s],3.0[s]
通信方式	V2V/V2I
情報伝達範囲	150[m]
道路全長	2[km]
道路幅員	3.5[m]
道路境界線(白線)	8[m]
道路空白区間(白線間)	12[m]

### 3.3 動作手順

1. 実験者はシミュレーション実験開始前に、通信遅延時間を設定する。
2. 高速道路走行中の車両は、車両速度範囲内で、走行車線および追越車線を走行する。
3. シミュレーション開始から 200 秒後に、追越車線において車両が停車する。
4. 停車した車両は、座標をもとに周辺車両に対して自車両が停止していることをブロードキャストする。メッセージ送信は後方 150[m] とする。
5. 停車車両の後方を走行する車両は、停車車両からメッセージを受け取る。
6. 車線変更ができる場合、停車車両の後方を走行する車両は車線変更を行う。
7. 6 の際に、最大減速度および、横方向の加速度を調査する。

## 4 実装および評価

シミュレータ Vissim 上で表 1 で示した高速道路環境を生成する。設定した通信遅延時間をもとにシミュレーションを行い、最大減速度および加速度が 0.4[G] を超えた場合は安全でないとみなす。0.4[G] を超えると、同乗者が手で体

を支えるくらいの加速度となるためである。安全でない場合は、情報伝達範囲のさらなる拡大が必要であると分析する。

## 5 実験結果

遅延時間が 0 秒の場合の実験結果を表 2 に示す。

表 2 遅延 0 秒時の結果

遅延0秒	
最大減速度[m/s <sup>2</sup> ]	-6.760
横方向加速度[m/s <sup>2</sup> ]	1.434
最大減速度[G]	-0.691
横方向加速度[G]	0.145

表 2 より横方向の加速度は、0.4[G] を越えなかったが、最大減速度が -0.4[G] を下回り安全でないことがわかった。すなわち情報伝達範囲の拡大が必要であると分析する。

## 6 まとめ

本研究では、V2V 通信 および V2I 通信における通信遅延時間をパラメータとし、安全な情報伝達範囲の分析を行った。

V2V 通信では、車両台数の増加により計算量が増加する。また、V2I 通信では、効率的に車両の調停を行うことが可能であるが、通信遅延時間は長くなる可能性が高い。そこでシミュレーション実験では、各通信遅延時間において、車線変更を行う際の、最大減速度および、横方向の加速度を調査し、0.4[G] を超えると安全でないと判断した。

本研究では、車両をコネクテッドカーのみとしたが、今後の研究では、コネクテッドカーと通信非対応車両の混在状況における、分析が必要であると考えられる。

## 参考文献

- [1] 菅沼 英明, “協調型自動運転のための通信方式の検討”, SIP 成果報告書 2022 巻 1 号, 80-84.
- [2] 宮脇 弘充, “フリースペース情報を利用した高速道路合流手法”, 同志社大学理工学部情報システムデザイン学科卒業論文, 2021.
- [3] Letter, Clark, and Lily Elefteriadou. “Efficient control of fully automated connected vehicles at freeway merge segments.” *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 80 (2017): 190-205.