

## 自動運転普及期の T 字路におけるドライバ支援方式

宮崎千展<sup>†1</sup> 松山聖路<sup>†2</sup> 徳永雄一<sup>†3</sup> 齋藤正史<sup>†4</sup> 清原良三<sup>†1</sup>

**概要:** 自動車メーカーによる自動運転車両の市場への投入が近いと言われており、多くのメーカーで活発な研究開発が行なわれている。また、社会的にも渋滞の緩和、CO2 排出量の削減、不注意による事故の防止などの効果が期待されている。しかしながら、自動運転車両で事故が完全になくなるわけではなく、避けられない事故も存在する。そういった事故責任の所在など法整備がまだできていないのが現状である。また、車のライフサイクルが 10 年程度と考えると、今後販売される新車がすべて自動運転車両であるという規制をかけたとしても、その規制後 10 年以上は自動運転とそうでない車両の混在環境が必ず生じる。混在環境において自動運転の車両が効率的な運転操作を行なうことで渋滞の軽減が期待できる。しかし、人間の感覚に沿わない運転操作を行なえば、人間のドライバが驚いて急ブレーキを踏み渋滞が悪化することにもなりかねないため、自動運転には人間の感覚に沿った安全な運転操作が求められる。本論文では、混在環境における渋滞の削減を目標に自動車以外に交通手段が少ない地方都市における渋滞の一因となっている信号のない T 字路を対象として、自動運転車両が効率的な運転操作を行なう場合と、安全に配慮した運転操作を行なう場合を想定し、機械が運転する自動運転車両と人間が運転する手動運転車両の運転操作をモデル化し、交通流シミュレーションを行なった。自動運転車両が効率的な運転操作を行なった場合には、交通流における自動運転車両の占有率が高まるほど渋滞が低減されることが明らかとなった。また、自動運転車両が安全に配慮した運転操作を行なう場合には、自動運転車両の占有率が高い状況においても渋滞は低減されず、交通流は全ての車両が手動運転車両の場合とほとんど変わらない結果となった。この結果から自動運転の普及期における新たな渋滞軽減手法の必要性を示した。

**キーワード:**

### Method for Assistance of a Driver at the T-junctions with Transient Period of Autonomous Vehicles

CHIHIRO MIYAZAKI<sup>†1</sup> SEIJI MATSUYAMA<sup>†2</sup> TOKUNAGA YUICHI<sup>†3</sup>  
MASASHI SAITO<sup>†4</sup> RYOZO KIYOHARA<sup>†1</sup>

#### 1. はじめに

今日の自動車社会において、交通渋滞の軽減は重要な課題のひとつとなっている。日本において、自動車が渋滞に巻き込まれている時間は全走行時間の約 4 割を占めており、約 2 割である欧米に比べても大きな問題となっている[1].

近年、活発な研究開発が行なわれている自動運転には、交通渋滞を軽減する効果が期待されている。他にも、CO2 削減効果や人為ミスに起因する事故を防止する効果が期待されている[2].

自動運転の実現には、車両が保持するカメラやセンサを利用して走路環境を認識する「自律型システム」と、車車間通信(Inter Vehicle Communication, IVC)や路車間通信(Road to Vehicle Communication, RVC)などを利用して外部

から情報を取得し、走路環境を認識する「協調型システム」の両方を統合し、高度化する必要がある[3].

自動運転車両に限らず、安全運転支援システム(DSSS)や交通インフラが協調型システムに対応することで共有できる情報が増加し、より安全かつ円滑な交通が実現できると考えられる。文献[4]では、IVC・RVCを利用して交差点周辺の情報を共有することで最低限の車間距離での右左折を可能とし、交差点通過にかかる時間を短縮する手法を提案している。このように自動運転車両が効率的な運転操作を行なうことで交通渋滞が軽減されると考えられている。

しかし、全ての車両が自動運転になるまでには 10 年以上の長い年月が必要となり、それまでは人間が運転操作を行なう手動運転車両と機械が運転操作を行なう自動運転車両の混在環境が生じる。このような混在環境では、協調型システムの恩恵を受けられる車両に限られるため、期待されている渋滞軽減効果が発揮されない可能性がある。

例えば、優先路を走行する手動運転車両が接近している交差点において、非優先路を走行する自動運転車両が最低限の車間距離で右折する場面を想定する。このような場面では、車間距離が短いことに不安を感じた手動運転車両が

<sup>†1</sup> 神奈川工科大学  
Kanagawa Institute of Technology

<sup>†2</sup> 神奈川工科大学 大学院  
Graduate School of Kanagawa Institute of Technology

<sup>†3</sup> 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所  
Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation.

<sup>†4</sup> 金沢工業大学  
Kanazawa Institute of Technology

ブレーキをかけ、ブレーキランプを見た後続車も同様にブレーキをかける。このような連鎖が生じることで後続車両同士の車間距離が縮まり、渋滞が発生すると考えられる。

また、自動運転車両が安全面に配慮した運転操作を行なう場合にも、車両同士の車間距離が広がり渋滞が悪化する可能性がある。本論文では、シミュレーションによって混在環境における自動運転車両と手動運転車両の運転操作の違いから生じる問題点を明らかにする。

## 2. 関連研究

### 2.1 協調型システムの課題

文献[5]では、人間と機械が直面している状況をまったく同じように認識していても、人間と機械が同じ行為を行なうとは限らず、運転者がとりうる行動が複数ある場合には人間と機械の意図の対立が起こるとしている。人間と機械の選択した行動が異なる場合、人間側の受容性が低下する可能性があるため、人間と機械の間では円滑な意思疎通が求められる。

人間と機械が円滑な意思疎通を行なうには、人間が機械の行なおうとしていることや、その意図を正しく理解する必要がある。文献[6]では、この問題の解消方法として

- (1) 機械の判断の根拠が分かる情報
- (2) 機械の意図を理解する手がかり情報
- (3) 人と機械の状況認識共有を助ける情報
- (4) 機械の能力限界を知る手がかり情報

などを人間に分かりやすく提示することができれば、人間は機械を正しく理解でき、その能力を適切に評価することで機械とのチームワークを遂行できるとしている。

文献[7]では、車車間通信の普及率が低い段階を想定し、DSSS による情報提示のタイミングのばらつきや不要支援、不支援を経験したドライバの違和感・受容性に与える影響を示している。想定されている環境は、車車間通信の普及率が低く、システムへの過信が起こりづらいため、ニアミスや衝突の発生は観測されなかった。

### 2.2 IVC・RVC を用いた渋滞軽減手法

自動運転車両が存在しない現在の交通環境では「認知・判断・操作」の3つのフェーズからなる運転操作の全てを人間のドライバが行なっている。安全な運転操作を行なうためには、全てのフェーズを適切に繰り返す必要がある。

事故に関与した運転者の75%が認知フェーズでミスを犯している[8]。人間が運転中に得る情報の8割は視覚情報であるといわれているが、視覚情報は運転者の思い込みや天候・遮蔽物による見通し不良によって制限されることがある。このような状況では、認知フェーズで得られる情報が不十分なものとなるため、その後の判断フェーズで誤った判断をしてしまう可能性が高まる。

この問題に対して有効だといわれているのが IVC や RVC を利用した協調型システムである。視界情報だけでは

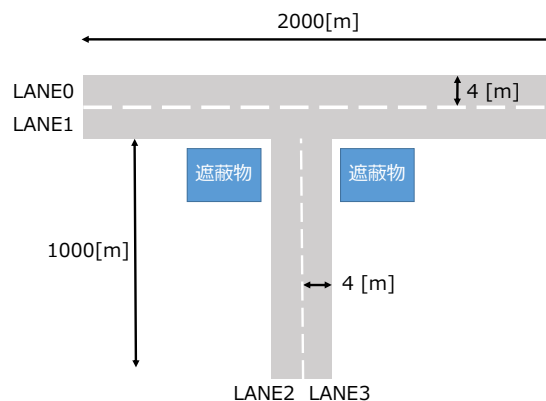


図1 文献[3]で用いられた道路モデル  
(文献[3]から引用)

得ることが出来なかった情報を他車やインフラと共有することで、判断に利用する情報が増加する。また、自動運転では認知だけでなく判断・操作まで機械が行うため、人間のあいまいな判断を介さない正確な運転操作が期待できる。

文献[4]では、交差点の角にビルを想定した遮蔽物がある見通しの悪い無信号T字路(図1)を対象にIVCとRVCを利用した渋滞軽減手法を提案し、交通流シミュレータを用いたシミュレーションによってその有効性を示している。提案手法では、T字路周辺の車両情報をIVC・RVCを利用して車両間で共有し、その情報をもとに効率的な右左折判断を行っている。

文献[4]はIVC・RVCを用いて周辺情報を取得できるITS搭載車両のみが存在する環境と、IVC・RVCを利用できない車両のみが存在する環境の比較を行なっている。そのため、自動運転車両と手動運転車両の混在環境であっても提案手法が有効であるかは示されていない。

しかし、新旧さまざまな車種の車両が行き交う自動車社会の現状から見ても、短期間で全ての車両が自動運転などによる効率的な運転操作を行なう環境に変わるとは考え難い。むしろ、混在環境では、効率的な運転操作よりも人間のドライバに不安を与えないような安全な運転操作が求められることも考えられる。

混在環境において従来の渋滞軽減手法が有効でない場合、消費者の購買意欲が減退し、自動運転の市場への浸透速度が鈍化してしまう可能性がある。そのため、混在環境における従来の渋滞軽減手法の有効性を確認する必要がある。また、従来の渋滞軽減手法だけでは満足な効果が得られない場合には、新たな手法を考案する必要がある。

### 3. 従来の T 字路進入モデル

#### 3.1 車両モデル

先行研究[9]では、対向車両の車速を  $v$  [km/h]、自車の交差点通過にかかる時間を  $t$  [s]とし、式(1)によって交差点の右左折に必要とする最低限の車間距離  $y$  [m]を求めている。

$$y = \frac{1000 \times v}{3600} \times t \quad (1)$$

また、人間による判断では最低限の車間距離に、走行時に保つことが推奨されている車間時間[10]である 2 秒分の余裕を持たせた値を必要な車間距離とし、式(2)に示す。

$$y = \frac{1000 \times v}{3600} \times (t + 2) \quad (2)$$

本論文において想定する自動運転車両と手動運転車両の混在環境では、機械が運転操作を行なう自動運転車両、協調型システムや自律協調型システムに対応した通信機器と、安全運転支援のための情報提供端末が搭載された ITS 機器搭載車両、通信による環境認識を行わず目視のみで人間が運転操作を行なう ITS 機器非搭載車両の 3 種類の車両が存在すると想定する。

これらの特徴を表 1 に示す。ITS 機器搭載車両は情報提供端末から右左折のタイミングについて情報提供を受けることが出来るが、運転者の判断によって車間距離を多く取るような運転操作を行なう場合がある。

本来ならば、これら以外に歩行者や自転車、バイクなども存在し、また自動運転車両といえども運転者が危険と感じる状況では操作権限を人間に委譲し、手動運転に切り替える場合があるので、必ずしも常に機械が運転するとは限らないが、本論文では単純化のため、まずはこの 3 種類のみが存在する環境を想定する。

#### 3.2 T 字路への進入

自動運転車両による効率的な運転操作は、人間からは余裕のない危険な運転操作に見える可能性がある。これは機械の人間の操作感覚のギャップによるものだと考えられる。このギャップにより、交通流の円滑化を目的とした効率的

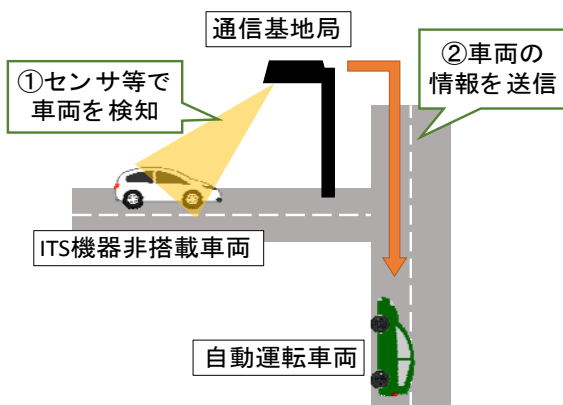


図2 RVCによるITS非搭載車両情報の取得

表1 車両の特徴

車両の種類	通信による環境認識	右左折判断	操作主体
自動運転車両	可能	式1	機械
ITS搭載車両	可能	式1, 式2	人間
ITS非搭載車両	不可能	式2	人間

な運転操作が交通渋滞の原因となる可能性がある。必要最低限の車間距離を進入する自動運転車両の動作に驚いた対

シミュレーション時間	7200 [s]
位置更新間隔	0.1 [s]
出発地, 目的地	ランダム
発生車両数	150 [台], 300 [台], 600 [台]
車両発生間隔	指数分布
渋滞長の定義	交差点手前500 [m]以内を10 [km /h]以下で走行または停止している車両の台数

向車がブレーキを踏み、そのブレーキランプを見た後続車がブレーキをかけることで渋滞が悪化する例はこの典型的なものと考えられる。

#### 3.3 車両情報の取得

文献[4]の手法では、ITS 機器搭載車両は IVC と RVC のみを用いて周辺の車両情報を取得していたが、この方法では通信機器を搭載していない ITS 非搭載車両の車両情報を取得できない。そこで本論文では図 2 に示すように、交差点に設置した通信基地局はセンサやカメラを用いた車両の検知を行い、通信機器を搭載していない交差点周辺の車両情報も取得する。通信機器を搭載しない車両の情報については走行車両のステレオカメラなどでのセンシングにより情報を取得するといった研究[11]もあるが、全ての車両を検出できるわけではなく、また、地方都市における渋滞のボトルネックは限られており、そこにセンサを設置することは問題にならないと考えられる。

また、通信による車両情報の共有も行なうが、その際車両情報として通信機器搭載状況と自動運転搭載情報も搭載する。これにより車両の種類が特定できるため、自動運転車両は T 字路における意思伝達方法を明確にすることができ、ITS 機器非搭載車両と意思伝達を行なうための操作権限の委譲などをスムーズに行なえる。通信基地局から車両に対して情報を送信する際には、通信とカメラ、センサから得た情報を統合し、全レーンの情報をまとめて送信する。IVC と RVC の通信間隔はいずれも 0.1[s]とする。また、今回は全ての通信が 100[%]成功することとしている。

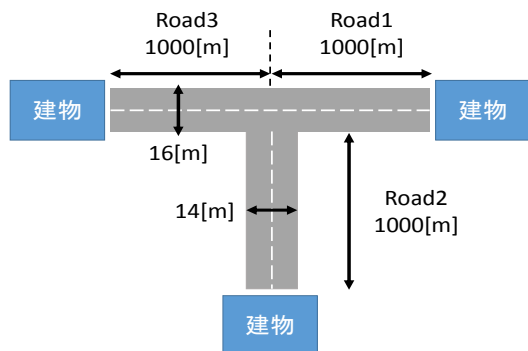


図3 想定する道路イメージ

表3 各車両の占有率

パターン	割合 [%]		
	自動運転車両	ITS搭載車両	ITS非搭載車両
A	0	0	100
B	20	20	60
C	50	20	30
D	80	20	0
E	100	0	0

### 3.4 道路モデル

シミュレーションで用いる道路モデルを図3に示す。想定する道路モデルは、全長 2000[m]、路幅 16[m]の優先路と、全長 1000[m]、路幅 14[m]の非優先路からなる片側 1 車線の無信号 T 字路である。各道路の端には車両の出発地と目的地となる建物を設置した。

## 4. シミュレーションによる評価

### 4.1 シミュレーション方法

混在環境において生じる問題を明らかにするため、Scenargie[12]のマルチエージェントモジュールを用いて交通流シミュレーションを行なった。

車両モデルは 3.1 節で述べた自動運転車両、ITS 機器搭載車両、ITS 機器非搭載車両の 3 種類を用いる。道路モデルには 3.4 節で述べた無信号 T 字路を用いる。また、シミュレーション条件を表 2、シミュレーション環境における各車両の占有率を表 3 に示す。

なお、今回は簡単化のため運転者と車両を区別するようなモデルにはしていないが、実際には地方では独特なローカルルールが存在することも多いため、より現実に沿ったシミュレーションを行なうためには運転者の特性も考慮すべきであると考えられる。

### 4.2 混在環境でのシミュレーション結果

図 4 は、発生車両台数 600[台]での各道路の最長渋滞長を示したものである。優先路である Road1 と Road3 では、各車両の占有率が変化しても大きな変化は見られなかった。

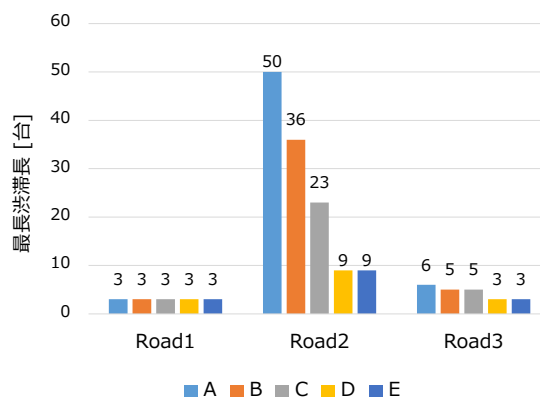


図4 発生車両台数 600[台]での各道路の最長渋滞長の比較

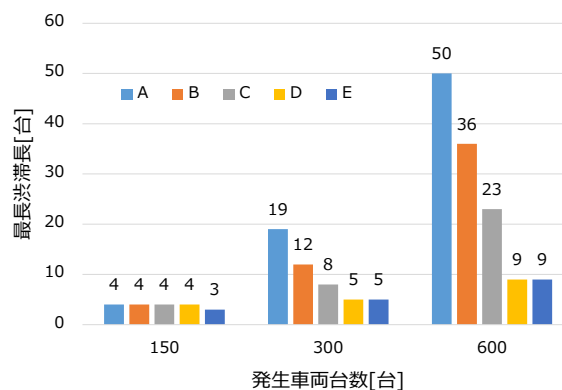


図5 Road2 における最長渋滞長の比較

一方、進入路である Road2 では自動運転車両の占有率が低いほど渋滞長が増加した。これは手動運転車両の占有率が高いほど人間が右左折判断を行う機会が増えることが原因だと考えられる。シミュレーションにおいても進入路の先頭車両が手動運転車両になった際、右左折に時間がかかり後続車両が増加することが確認できた。

Road2 における交通量と占有率が異なる場合の最長渋滞長の変化を図5に示す。増加量に差はあるもののいずれのパターンにおいても、交通量が増加するにつれて最長渋滞長が増加していることが分かる。最長渋滞長は自動運転車両の占有率が高いほど短くなっており、自動運転の普及による渋滞軽減効果が有効に作用していると言える。

最長渋滞長が最も長くなる発生車両数 600[台]での、渋滞長の推移と交差点での平均待ち時間の比較を、それぞれ図6と図7に示す。いずれのパターンでも、発生車両数の増加による渋滞長と平均待ち時間の増加が見られ、渋滞長の

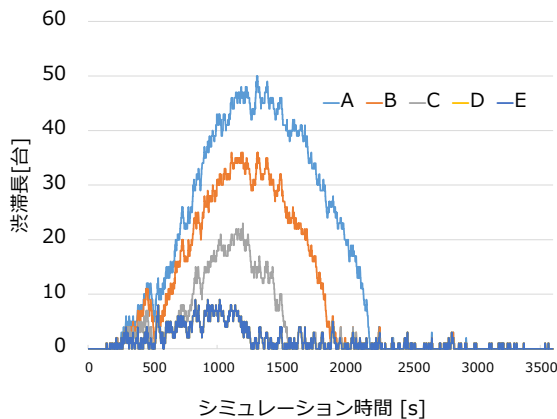


図6 発生車両数 600[台]での Road2 の渋滞長の推移

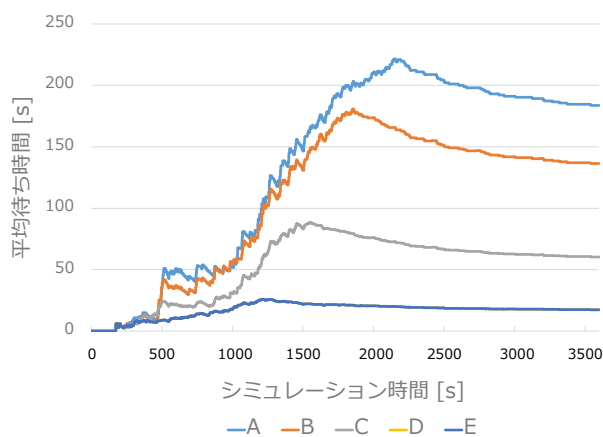


図7 発生車両数 600[台]での Road2 の平均待ち時間の推移

ピーク時間は 1500[s]付近であった。しかし、渋滞長が短くなり渋滞が解消される時間と平均待ち時間のピークはパターン毎に異なっていた。渋滞長が減少し始める時間はパターン B が 2500[s]付近、パターン C が 2000[s]付近、パターン D が 1500[s]付近であった。各パターンともに減少開始後 500[s]程度で、渋滞長が 10[m]以下まで下がり、渋滞が解消されている。

平均待ち時間のピーク時間はパターン B が 2000[s]付近、パターン C が 2500[s]付近、パターン D が 3000[s]付近であった。これは各パターンの渋滞解消時間と一致しており、渋滞長ピーク時間に渋滞列を形成していた車両の待ち時間がそのまま平均待ち時間のピーク時間に反映されていると

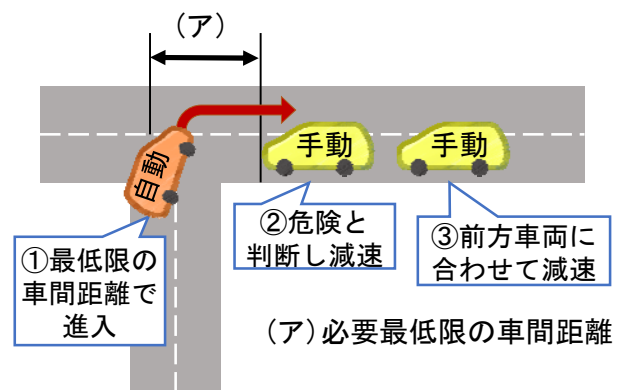


図8 普及期に想定される場面

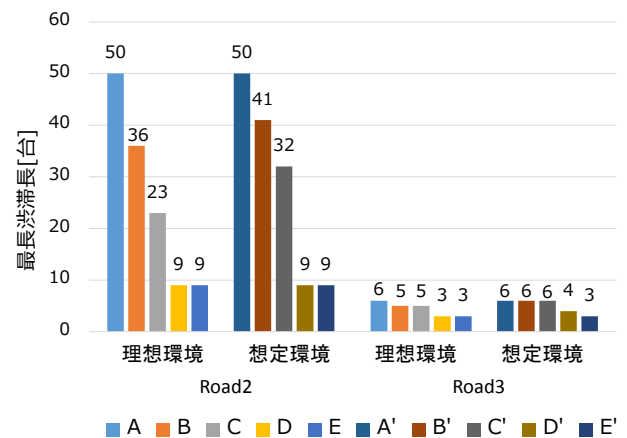


図9 理想環境と想定環境における最長渋滞長の比較

考えられる。

#### 4.3 混在環境において想定される場面

4.2 節で述べたシミュレーション結果は、人間のドライバーが自動運転車両の動作に慣れた理想的な環境での結果である。特に、パターンCやパターンDのような普及期では、自動運転車両の動作に慣れていない人間のドライバーが自動運転車両の運転操作を危険と判断し、急停止などの危険回避操作を行なう場面が想定される(図8)。自動運転の普及期における渋滞軽減効果を評価するためには、このような人間と機械の運転操作のギャップを考慮したシミュレーションを行なう必要がある。



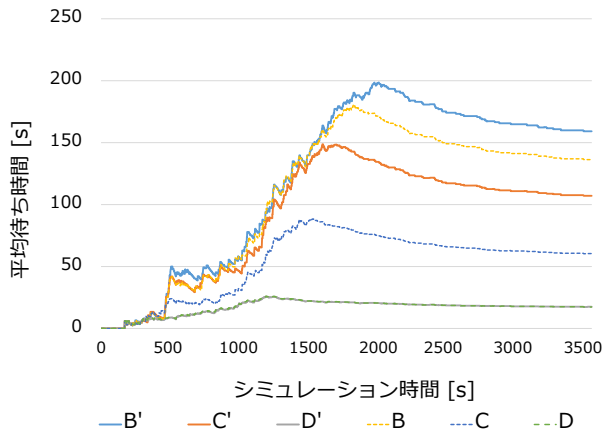


図 10 理想環境と想定環境における平均待ち時間の推移

そこで、本研究では自動運転車両が人間の安全と考える車間距離より短い車間距離で交差点に進入する場面において、自動運転車両の運転操作に驚いた人間のドライバーが危険回避のためにブレーキをかける動作を手動運転車両の車両モデルに追加した。また、このような場面が想定される環境を「想定環境」、人間が自動運転車両の運転操作に順応しており、驚きブレーキをかけるようなドライバーが存在しない理想的な環境を「理想環境」と定義する。

想定環境と理想環境における最長渋滞長の比較と平均待ち時間の比較をそれぞれ図 9 と図 10 に示す。この結果から、想定環境では理想環境に比べて、普及期の Road2 における最長渋滞長の低減量が少なくなっていることが分かる。この原因として、優先道路である Road1 や Road2 を走行する車両のドライバーが自動運転車両の運転操作に驚き、ブレーキを踏むことで優先道路を走行する車両同士の車間距離が短くなり、非優先道路からの進入が難しくなったことが考えられる。

#### 4.4 考察

自動運転車両や ITS 機器搭載車両が効率的な運転操作を行なう場合は、自動運転車両の占有率が上がるほど渋滞軽減効果が有効に作用し、占有率が 80[%]以上の場合には、占有率が 100[%]の場合と同等の渋滞軽減効果を得られることが明らかとなった。

一方、自動運転車両の占有率が 50[%]以下の場合には、想定環境における渋滞軽減効果が理想環境に比べて低いことが明らかとなった。これは自動運転車両が人間の感覚を考慮しない効率的な運転操作を行なうことで、その運転操作に驚いた人間のドライバーが減速・停止することで生じる問題であると考えられる。また、本論文では車間距離のみを減速・停止の判断材料としているが、現実には前方車両のブレーキランプを見た影響から減速・停止を行なうこともあるため、実際の交通流はシミュレーション結果より悪化すると考えられる。

表 4 人間のドライバーが必要とする車間時間

車間時間 [s]	割合 [%]
1.0	25.0
1.5	30.0
2.0	18.0
2.5	13.0
3.0	10.0
3.5	4.0

これらによって優先道路を走行する車両同士の車間距離が縮まることで、非優先路からの進入が難しくなったことや、効率的な右左折を行なえない手動運転車両の運転操作がボトルネックとなり、最長渋滞長や平均待ち時間が増加したと考えられる。このように自動運転車両の占有率が低い場合に十分な渋滞軽減効果が得られないとなれば、市場への浸透速度が鈍化する原因ともなりかねない。

## 5. 現実的な自動運転車両モデル

### 5.1 現実的車両モデル

従来のシミュレーションでは、効率的な運転操作を行なう車両モデルを自動運転車両の車両モデルとして利用していた。しかし、人間のドライバーに不安を与えないような運転操作を行なうためには、効率面だけではなく十分な車間距離を取るなどの安全面にも配慮した運転操作を行なう必要がある。

そこで、本論文では新たに安全面に配慮した自動運転車両のモデルを用いたシミュレーションを行なった。効率面のみを考えた場合には、必要最低限の車間距離での右左折を行なうが、安全面に配慮した場合にはドライバーに不安を感じさせないため、自車がなんらかのトラブルによって急停止した場合にも、対向車が安全に停止できる車間距離を保ちながら右左折を行なう。これにより、効率面のみを考慮したモデルより右左折に必要な車間距離が長くなる。

また、文献[13]によれば、人間のドライバーは主観的には十分に車間時間をとっているつもりでも、実態とは乖離していることを示している。つまり、人間のドライバーは必ずしも安全な車間距離をとっているわけではなく、むしろ安全と思いついていて実際により短い車間距離で走行している可能性が高いということである。

そこで、文献[13]で示されている実際の車間時間の分布曲線をもとに人間のドライバーが必要とする車間距離についても変更を行なった。人間のドライバーが必要とする車間時間はシミュレーション開始時に表 4 を用いて決定される。

### 5.2 現実的車両モデルを用いたシミュレーション結果

現実的車両モデルを用いた場合のシミュレーション結果を図 11 に示す。自動運転車両が人間のドライバーに不安を与えないような安全面に配慮した運転操作を行なう場合には、渋滞軽減効果は発揮されず、むしろ人間のドライバーより安

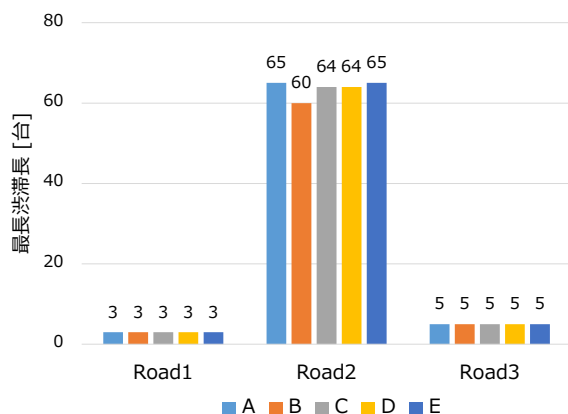


図 11 現実的車両モデルを用いた場合の  
最長渋滞長の比較

全に配慮した運転操作を行なうため、右左折にかかる時間が増加し、渋滞長が増加することが明らかとなった。

ただし、自動運転が広く普及している場合には、協調型システムを利用して多くの車両が情報を共有できる環境が整うとともに、人々が自動運転の運転操作に慣れていると考えられるため、文献[8]で示されているような IVC・RVC を用いた効率的な運転操作による渋滞軽減を安全に行なえるとも考えられる。

一方、自動運転が市場に出てまもなく、または協調型システムによる情報の共有を行なう環境が整っていない場合に、自動運転車両が安全な運転操作を行ないつつ、交通渋滞を軽減するためには、新たな渋滞軽減手法が必要であると考えられる。

## 6. 普及期における渋滞軽減手法

### 6.1 IVC を用いた車載機器情報の共有

従来の手法では、手動運転車両の検知をインフラ側が行い、その結果を車両に送信していた。しかし、この手法では路車間通信基地がない場所では、手動運転車両の検知ができない。そこで、自動運転車両に搭載されたセンサやレーダーによって周辺の手動運転車両を認識し、IVC を用いて車両間で情報の共有を行なう。これによりインフラ設備に依存しない周辺車両認識の実現が期待できる。

### 6.2 自動運転車両による効率的な進入許可

今回のシミュレーションでは、非優先路を走行する車両が優先路への進入を円滑に行なえないことが主な渋滞発生原因となっていた。

片側複数車線の T 字路では、路側機から進入車両の情報を得た優先車両が追い越し車線へ車線変更することで、出会い頭の事故を予防すると共に、進入車両の進入を支援する手法が提案されている[14]。しかし、本論文で想定しているように優先路の車線数が片側 1 車線の場合には、この手法を適用することはできない。

片側 1 車線の無信号 T 字路において非優先路から優先路への進入を支援する手法としては、自動運転車両が優先路の交通流を円滑に保ったまま前方車両との車間距離を調節し、非優先車両の進入を促すことで、進入路の交通流の円滑化を図る手法が考えられる。この手法であれば優先路が片側 1 車線であっても非優先車両の進入を支援することができる。しかし、実現のためには従来手法よりも余裕を持って交差点情報を取得する必要があるため、5.1 節で述べた IVC による交差点周辺の車両情報の共有を行なう必要がある。また、優先車両が進入車両に進路を譲る際に、優先車両に乗車している人間のドライバーが受けるストレスなどの影響についても検討する必要がある。

## 7. まとめ

本論文では、自動運転車両と手動運転車両の混在状況におけるドライバー支援方式の実現を目的とし、まず混在環境における問題を明らかにするため、無信号 T 字路を対象としたシミュレーションを行なった。

シミュレーションでは、まず自動運転車両が効率的な運転操作を行なうことを想定し、人間のドライバーが自動運転の操作に慣れていない理想環境と、自動運転の操作に慣れていない想定環境を定義し、比較を行なった。その結果、想定環境では自動運転の運転操作に驚いた人間のドライバーの影響から、理想環境より交通流が悪化することが明らかとなった。また、自動運転の占有率が 50[%]以下の普及期には、自動運転車両が効率的な運転操作を行なったとしても十分な渋滞軽減効果が得られないことが明らかとなった。

次に、人間のドライバーに不安を与えないような安全面に配慮した運転操作を自動運転車両が行なった場合を想定し、シミュレーションを行なった。その結果、安全面に配慮した場合、自動運転車両とその他の車両で T 字路での待ち時間にほとんど差はなく、渋滞軽減効果が得られないことが明らかとなった。しかし、自動運転車両の場合、協調型システムを用いた他車との連携を活用することで渋滞軽減を行なうことが出来ると考える。

今回のシミュレーションでは、非優先路を走行する車両の T 字路への進入がボトルネックとなっていたため、IVC や RVC を活用することで、非優先車両の進入を促すなどの方法で渋滞軽減を図る手法が考えられる。車両以外に移動手段が少ない地方都市においてはこういった課題は非常に重要となる。地方都市だからといって T 字路に信号がないとは限らない。信号がある場合は T 字路への進入とは逆で、優先道路から T 字路の非優先道路に進入する右折車両が同様な問題を抱えていると考える。地方における右折は、右折待ちの車両が多いと直進の道路も塞ぐケースがあるため、重要な課題といえる。

このような問題を解決するための手法を考案し、その評価を行なうことや、自動運転車両や手動運転車両の車両モ

デルを改善し、より現実に近いシミュレーションを行なうことが今後の課題となる。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 16K00143 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] 国土交通省「平成 27 年版 交通政策白書」
- [2] 辻野照久, 坪谷剛「自動運転自動車の研究開発動向と実現への課題」科学技術動向. 2013, 133, 9-16.
- [3] 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部「官民 ITS 構想・ロードマップ 2015」
- [4] 和久井祐太, 大野光平, 伊丹誠「車車間・路車間通信を用いた交差点における渋滞軽減に関する一検討」電気学会研究会資料. ITS, ITS 研究会 2011(25), pp. 57-62, 2011-09-28
- [5] 齊藤裕一「人と協調する運転支援技術(交通システムの安全性・信頼性)」日本信頼性学会誌 : 信頼性 37(5), pp. 242-249, 2015-09-01
- [6] 稲垣敏之「人と機械の協調における安全と安心—人間中心の自動化の視点からの考察—」日本交通科学協議会誌, vol.9, No.1, pp. 11-20, 2010
- [7] 児島亨, 波多野忠, 廣瀬敏也, 田中信壽「車車間通信を利用した安全運転支援システムの位置精度がドライバーの違和感・受容性等へ与える影響について」自動車技術会論文集 43(3), pp. 749-755, 2012
- [8] 財団法人交通事故総合分析センター「イタルダイインフォメーション, No.33」(2001)
- [9] 宮崎千展, 松山聖路, 齋藤正史, 清原良三「自動運転車両と手動運転車両の混在状況における T 字路におけるドライバ支援方式の検討」2016
- [10] 本田技研工業株式会社「The Safety Japan No.434」, 2009-06
- [11] Yusuke Takatori, Shunsuke Onodera, Tsubasa Sugiyama, and Ryoza Kiyohara「Analysis of Vehicle Information Sharing System by Microscopic Traffic Flow Simulation」International Workshop on Informatics (IWIN 2016), pp. 53-57, 2016
- [12] Space-Time Engineering, LLC, <https://www.spacetime-eng.com/>
- [13] 大田博雄「ASV 開発への交通心理学からの提言」IATSS review 36(1), pp. 50-56, 2011-08
- [14] 金森亮, 高木建太郎, 渡辺陽介, 森川高行, 高田広章「交通社会ダイナミックマップによる協調運転支援の効果分析」ITS シンポジウム 2016, 2016