

# 円滑性と安全性を考慮した 自動運転車両の可変的な走行挙動の提案

島田 大輔<sup>1</sup>・森本 章倫<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 早稲田大学大学院 創造理工学研究科建設工学専攻 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)  
E-mail: dg.57@akane.waseda.jp

<sup>2</sup>正会員 早稲田大学 理工学術院 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)  
E-mail: akinori@waseda.jp

近年, ICT や AI 等の最新技術の発展に伴い, 自動運転車両が注目を集めている. 自動運転車両の普及によって渋滞解消や事故減少などの効果が期待されている一方で, 従来的一般車両との混在期においては, 車両の運転挙動の違いにより, 交通流に悪影響を及ぼす可能性がある. そこで本研究では, 交通シミュレータを用いて混在交通流を再現し, 円滑性・安全性の観点から, 自動運転車両の混在が交通流に与える影響を評価した. また, 路車間通信などインフラ面が整備された段階も考慮に入れ, 実用段階に応じた自動運転車両の適切な走行挙動を考察した. その結果, インフラ機能が整っていない段階では, 単路部や交差点など走行する道路環境に応じて, 自動運転車両のパラメータを変化させる必要があることが分かった.

**Key Words:** *autonomous vehicle, traffic simulator, traffic conflict indicator, traffic safety*

## 1. 序論

### (1) 研究の背景・目的

我が国では代表交通手段として, 自動車への依存が大きく, 平成 27 年度全国都市交通特性調査<sup>1)</sup>によると, 全国の都市における自動車利用率は平日で 45.0%, 休日で 61.6% となっており, 鉄道・バスなど他の交通手段と比較しても非常に大きな割合を占めている. 他方, 近年では ICT や AI 等の最新技術の発展により自動運転車両 (Autonomous Vehicle, 以降, 「AV」) の開発が進められており, 今後 5~15 年の間に急速に普及していくことが予想されている<sup>2)</sup>. AV の効果として, 人間よりも安全かつ円滑な運転が期待されており, その結果として交通事故の減少や交通渋滞の解消など従来の道路交通環境が抱える問題を解決する大きな可能性を秘めている. しかしながら, その普及段階では全ての車両が一斉に AV へと転換するのではなく, AV と従来の車両 (Manual Vehicle, 以降, 「MV」) が混在する時期が発生することが予想される. そしてこの混在期には, AV と MV の走行挙動の違いにより, むしろ事態が悪化する可能性がある. そのため, AV の混在環境において想定される影響を整理・検討する必要がある.

そこで本研究では, 交通シミュレータを用いて対象エ

リアにおける AV と MV の混在交通流を再現し, AV の走行性能と走行する道路環境に着目して, AV の混在が交通流に与える影響を評価することを目的とする. また, AV の車両性能に加えて, 路車間通信などインフラ面が整備された状況も考慮に入れ, 実用段階に応じた AV の適切な走行挙動について円滑性・安全性の観点から考察する.

### (2) 既存研究の整理

本研究に関する既存研究として, 「交通流の安全性評価に関する研究」と「自動運転車両の混在に関する研究」が挙げられる.

#### a) 交通流の安全性評価に関する研究

齋藤<sup>3)</sup>は信号交差点に焦点を当て, 交通流の安全性を評価する指標として「交通流の錯綜」という指標を取り上げ, 交差点右折時の錯綜率のモデル化を行った. その結果, 交通流の錯綜は安全性だけではなく円滑性とも関連性があることを確認した. 宇野ら<sup>4)</sup>は一般道を対象に, 織込み部の車線変更に起因する潜在的衝突危険度を, いくつかの客観的コンフリクト指標を用いて分析を行った. その結果, 複数の指標を組み合わせることで, 危険性の総合評価を試みる事が望ましいと結論付けた.

## b) 自動運転車両の混在に関する研究

鱈部ら<sup>9)</sup>は信号交差点の直進車両の挙動に着目し、AVの混在が交通流の円滑性に与える影響についてシミュレーションを用いて分析した。AVの走行性能を変化させて分析を行った結果、パラメータを安全側に設定した場合には円滑性が低下する可能性があることを示した。一般道に着目した他の研究として、宮崎ら<sup>9)</sup>はAVとMVの混在環境における渋滞の削減を目標とし、地方都市の渋滞の一因である無信号T字路を対象として渋滞のモデル化を行い、混在環境で発生する問題をシミュレーションによって明らかにした。結果として、AVの占有率が高いほど、渋滞長が減少することが確認された。一方、MVの占有率が高い状況では、右左折を行うタイミングについて、スムーズな判断ができないため、満足な効果が得られないことが分かった。

## (3) 研究の位置づけ

交通流の安全性評価に関する研究では、交通事故と相関関係があるとされている交通錯綜(交通コンフリクト)を評価指標として用いている研究が多く見られた。一方、AVとMVの混在に関する既存研究では、信号交差点の直進車両や無信号T字路等の限定的な条件のもと、混在による影響の評価を行う研究がなされてきた。

しかし、AVとMVの混在環境において、AVの走行性能と走行する道路環境の関係に着目してAVの影響を評価している研究は見受けられない。

そこで本研究では、交通シミュレータを用いてAVとMVの混在交通流を再現し、AVの混在が交通流に与える影響が、AVの運転挙動パラメータ、走行環境によってどのように変化するのかについて、円滑性・安全性の観点から評価を行うこと新規性とする。

## (4) 語句の定義

### a) 時間平均速度( $V_t$ )

ある単位時間内に $n$ 台の車の速度 $v_i$ を計測した時、式(1a)で定義される<sup>7)</sup>。

$$V_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \quad (1a)$$

### b) 交通コンフリクト指標

事故の代理現象として危険事象を観測することで、車両相互の潜在事故リスクを評価するための指標である<sup>4)</sup>。本研究で用いる2つの指標について、以下にまとめる。

#### ①PICUD (Possibility Index for Collision with Urgent Deceleration) 指標

追突事故の潜在的危険度を評価する指標の一つで、前方車両が急減速した場合に、後続車両が反応遅れを伴い

ながら急減速して両車が停車した時の相対的な距離で式(1b)のように定義される。PICUD値が0より小さい値をとる状況では、仮に前方車が急減速した場合、追突事故が生じる危険性を示唆する。

$$PICUD = \frac{V_1^2}{-2a} + s_0 - \left( V_2 \Delta t + \frac{V_2^2}{-2a} \right) \quad (1b)$$

$V_1$ :前方車の減速開始時の速度(m/s)

$V_2$ :前方車の減速開始時の後続車の速度(m/s)

$s_0$ :前方車急減速時の車間距離(m)

$\Delta t$ :前方車ブレーキ開始から後続車ブレーキ開始までの反応時間(s)

$a$ :減速時の加速度(m/s)

#### ②2D\_PICUD 指標

車線変更時の危険性を評価するにあたり、筆者が独自に考案したもので、PICUD指標の車間距離の項を、相対距離 $D$ に変更することで、2次元的な位置変化も評価可能にした指標である。ここで相対距離とは、図-1に示すように車線変更車両と変更先の車線に存在する2車両との距離を指し、式(1c)より車両1、車両2の双方に対して2D\_PICUD値を算出する。

$$2D\_PICUD = \frac{V_1^2}{-2a} + D - \left( V_2 \Delta t + \frac{V_2^2}{-2a} \right) \quad (1c)$$

$D$ :2車間の相対距離(m)

## (5) 研究のフロー

本研究では、東京都新宿区を対象地とし、下記の手順で研究を行う。

- i. 既存文献より、AVによる交通流への影響を場面ごとに整理する。
- ii. 対象エリアを選定し、交通シミュレーションを用いてAVとMVの混在交通流を再現する。
- iii. AVの種類及び混在率を変化させてシミュレーションを実施し、円滑性・安全性の評価を行う。
- iv. iで整理した影響と、iiiでの評価結果を比較し、AVの実用段階に応じた走行挙動を検討する。

## 2. 自動運転をめぐる現状の把握

### (1) 自動運転システムの普及シナリオ

官民ITS構想・ロードマップ2020<sup>9)</sup>では、レベル4以上の自動運転システムを実現できる技術向上を図り、交通事故の削減や交通渋滞の緩和等を達成することで、2030年までに世界一安全で円滑な道路交通環境の実現を目指している。また自動運転システムの社会実装に向けた基本アプローチとしては、車両側の性能に加えて制度やインフラの整備も考慮し、ハードとソフトの両面から社会実装を進めていくとしている。

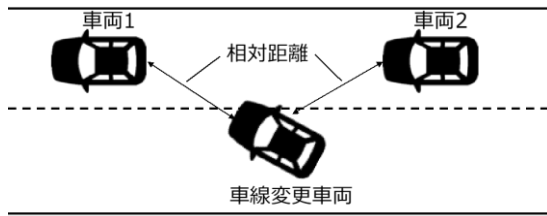


図-1 2D\_PICUD 指標における相対距離

こうした動きを見ると、AV の普及によって想定される交通流への影響を把握し、必要な性能・機能のあり方を検討していくことが、自動運転システムの社会実装に向けた第一歩であると考えられる。

(2) 自動運転車両による交通流への影響調査

内閣府が中心となって進められている戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期では、「自動運転システムとサービスの拡張」というテーマのもと、AV と MV が混在した交通流における交通安全の確保及び交通円滑化に向け、AV の走行による交通流への影響調査・分析手法の検討を行っている。平成 30 年度成果報告書<sup>8)</sup>では、AV による交通流への影響調査に際し、AV と MV の混在環境下において正の影響及び負の影響が生じる場面を、AV の挙動(直進・右折・左折・車線変更)と道路環境(単路部・交差点)ごとに表-1 のように網羅的に整理している。なお、ここでは混在する AV の走行性能を一般ドライバーと比較して保守的・低性能な場合と、積極的・高性能な場合の2種類を表-2 のように想定し、検討を行っている。表-1 を見ると、保守的・低性能な AV が混在すると、AV の長い車頭時間や低速走行、周辺状況判断の遅れにより、単路部・交差点ともに負の影響が生じることが想定されている。一方、積極的・高性能な AV では、AV の一様かつ短い車頭時間、迅速で適切な状況判断により、単路部・交差点ともに正の影響が生じることが想定されている。第6章で、想定されている影響と本研究で得られた分析結果の比較を行う。

3. 対象エリアの選定と交通シミュレータの概要

(1) 対象エリアの概要

本研究の対象地として、交通量や交通事故のデータが入手可能な東京都新宿区を選定した。2015年～2017年の事故原票を用いて、新宿区内幹線道路における事故リスクを、メッシュごとに算出した結果を図-2 に示す。ここで事故リスクとは、事故件数を昼間 12 時間交通量(午前7時～午後7時)で除した値とする。

図-2 より、新宿区の中でも特に新宿駅東口周辺の事故リスクが高いことが確認できる。そのため、図-3 に示

表-1 想定される AV による影響

道路環境	挙動	交通流への影響 (青:プラス 赤:マイナス)	
		保守的・低性能	積極的・高性能
単路部	直進	<ul style="list-style-type: none"> <li>長い車頭時間と低速走行により渋滞発生</li> <li>低速走行するAVをMVが強引に追越し、安全性低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一様かつ短い車頭時間により円滑性・安全性向上</li> </ul>
	右折	<ul style="list-style-type: none"> <li>十分な間隔を待って右折するため、交通容量低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>短い間隔での右折により捌け台数の増加</li> </ul>
	左折	—	—
車線変更	直進	<ul style="list-style-type: none"> <li>車線変更時に一時停止や遅れが発生し円滑性低下</li> <li>判断に戸惑うAVをMVが強引に追越し、安全性低下</li> <li>不要な進路変更の減少による安全性向上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>適切な状況判断による車線変更の実施で安全性向上</li> <li>不要な進路変更の減少による安全性向上</li> </ul>
	右折	<ul style="list-style-type: none"> <li>前方車両の車高が高い場合、信号灯火の認識が遅れ、捌け台数減少</li> <li>右折待ち車両の側方に十分な幅員が確保されない場合、手前で停止し続け捌け台数減少</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>信号切替時の早期発進により捌け台数増加</li> <li>前方車両・右折待ち車両の追抜きが適切に判断でき、捌け台数増加</li> </ul>
	左折	<ul style="list-style-type: none"> <li>右折先の状況判断のため、交差点内で一時停止し、MVによる強引な追越しが発生し安全性低下</li> <li>十分な間隔を待って右折するため、交通容量低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>対向車両と前方車両、右折先の状況を適切に判断でき、スムーズに右折可能</li> </ul>
交差点	直進	<ul style="list-style-type: none"> <li>左折先の状況判断のため、交差点内で一時停止し、MVによる強引な追越しが発生し安全性低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>左折先の前方車両の動きを判断し、スムーズに左折可能</li> </ul>
	右折	—	—
	左折	—	—

表-2 想定する AV の走行性能

走行性能	保守的・低性能なAV	積極的・高性能なAV
発進	発進遅れ発生	信号情報の取得、車車間通信等により発進遅れなし
走行車線	必要がない限り走行車線を選択	—
希望速度	規制速度の範囲内で一律	—
加減速	より緩やかな加減速で一律	—
車頭時間	より長い車間で一律	より短い車間で一律
ギャップアクセプタンス(右折時、車線変更時)	より長い最小ギャップ	より短い最小ギャップ
情報取得	なし	車車間/路車間通信等により、周囲の交通情報を取得

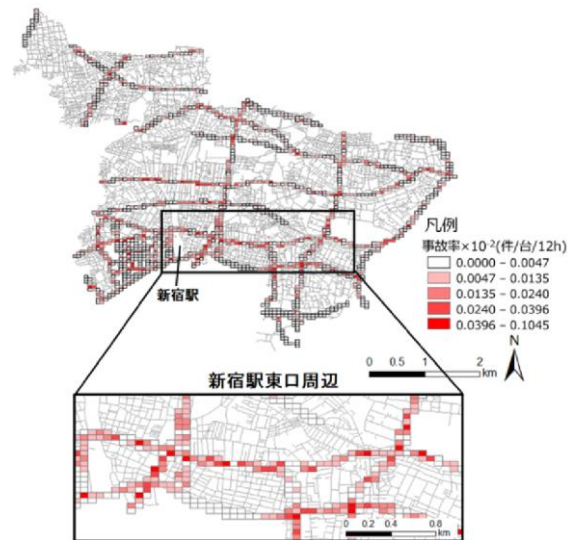


図-2 新宿区内事故リスク



図-3 シミュレーション対象エリア

す靖国通りを中心とした範囲の幹線道路を本研究の対象エリアとする。

## (2) 交通シミュレータの概要

本研究では、マイクロ交通シミュレータである TransModeler を使用する。TransModeler では、確率的利用者均衡配分モデルにより各車両のばらつきを考慮して経路選択を行い、追従モデルによって交通流を再現できる。また、走行する車両の種類や割合に加え、車両 1 台ごとに詳細な運転挙動パラメータの設定が可能である。さらに、自動運転走行のレベルについても設定が可能であるため、AV が混在した交通流を再現できる。

## (3) 入力データの作成

対象エリアにおける現況の交通流を再現するにあたり、独自に実施した現地調査の結果をもとに、対象エリア内の道路ネットワーク、信号現示、OD 交通量を入力した。OD 交通量については、各起点から発生する車両について、通過する交差点ごとに交差点分岐率で行き先を割り振ることで OD 推計を行った。交通量調査を行った 6 箇所の交差点における方向別流入・流出交通量について、実測値とシミュレーション値を比較したところ、再現性を表す決定係数  $R^2=0.9837$  であり、良好な結果であると判断した。

## 4. AV 混在交通流の円滑性評価

### (1) 混在交通流の再現

前章で再現した対象エリアにおける現状の交通流に AV を混在させ、AV と MV の混在環境を再現した。本研究で混在させる AV については、全ての運転タスク(加速・減速・操舵)をシステムが実施するものとし、SAE の定義するレベル 3 以上の設定<sup>9)</sup>とする。シミュレーション上では、加速や減速、車線変更等のモデル式からドライバーによるばらつきを表す誤差項を除去することで、上記の AV を表現している。また鱗部らの既存研究<sup>9)</sup>や SIP<sup>8)</sup>の想定にならない、表-3 のようにパラメータを設定することで、aAV(Aggressive Autonomous Vehicle)、dAV(Discret Autonomous Vehicle)の2種類の AV を再現した。ここで、aAV は MV よりも効率的な設定(SIP の積極的・高性能な AV に相当)、dAV は MV よりも慎重・安全な設定(SIP の保守的・低性能な AV に相当)とする。反応時間及び停止時の平均車間距離については、本来は MV と AV で異なる値をとると思われるが、今回使用する TransModeler においては車両ごとの設定が不可能であったため、本研究では希望速度、最小車頭時間及びギャップアクセプタンスのみを考慮する。また、1 度に混在させる AV は 1 種

表-3 各車両のパラメータ設定

パラメータ	単位	MV	aAV	dAV
反応時間	sec	0.5-1.0	0.5-1.0	0.5-1.0
希望速度	Km/h	平均値50(km/h), 分散5(km/h) <sup>2</sup> の 正規分布	50	5割…45 5割…50
停止時の 平均車間距離	m	2.0	2.0	2.0
最小車頭時間	sec	1.0	0.5	1.5
ギャップア クセプタンス		車両による分 散あり	車両による 分散なし	車両による 分散なし

表-4 AV 混在率と平均旅行速度の関係

混在率		0%	30%	50%	70%	100%
平均旅行速度 (km/h)	dAV	21.7	21.4	21.3	21.0	20.4
	aAV	21.7	22.0	22.1	22.3	21.9

類とし、その混在率を 0%~100% で変化させてシミュレーションを実施した。

### (2) 円滑性の評価手法

本研究では、シミュレーション時間は 1 時間とし、各条件において 10 回ずつシミュレーションを行い、その平均値を採用した。円滑性を評価する指標には、平均旅行速度及び各メッシュにおける時間平均速度を用いた。

### (4) 円滑性の評価結果

対象エリア全域を対象に AV 混在率と平均旅行速度の関係を示した結果を表-4 に示す。表-4 より、AV の混在率における交通流の円滑性は、AV の挙動パラメータによって大きく左右されることが明らかになった。dAV が混在すると円滑性が低下する一方、aAV が混在する場合には円滑性の向上が期待できることが明らかとなった。続いて走行環境ごとの傾向分析に際し、AV 混在率 50%、100%における各メッシュの時間平均速度と現状(混在率 0%)とを比較した結果を図-4、図-5 に示す。図-4 より、dAV の混在率が増加するにつれて、単路部を中心に円滑性が低下することが見て取れる。これは、交差点では現状でも自由走行が難しいため、dAV の遅い希望速度の影響が現れにくいためであると考えられる。図-5 より、aAV の混在率が増加すると、単路部を中心に円滑性が向上する一方、混在率 100%の場合においては、一部の交差点では円滑性が低下する可能性が示された。これは、一定かつ短い車頭時間で走行する aAV の影響により、部分的に交通密度が増える時間が発生し、円滑性が低下したためであると考えられる。

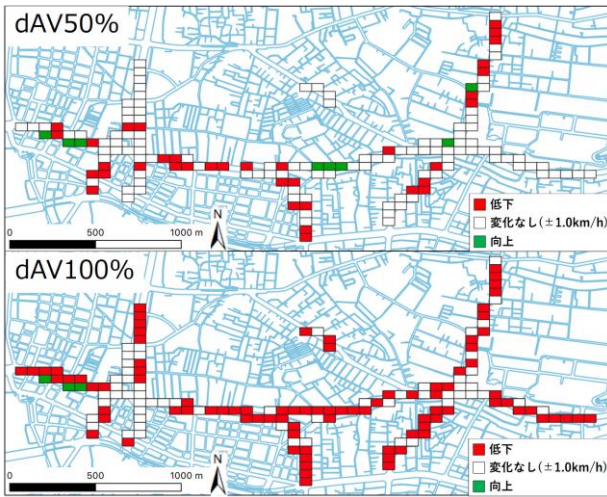


図4 dAV の混在による円滑性の変化

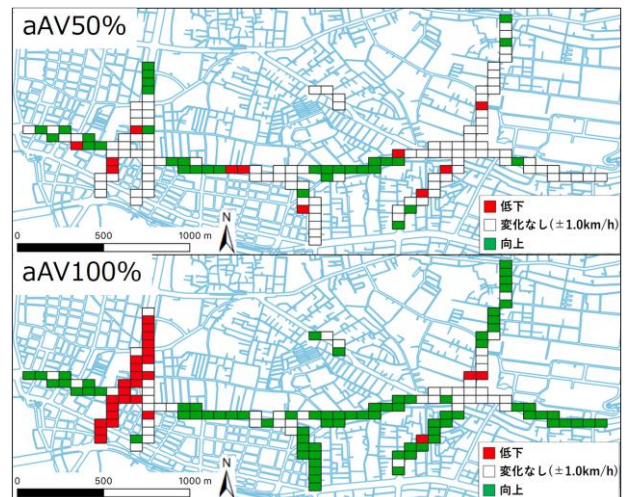


図5 aAV の混在による円滑性の変化

## 5. AV 混在交通流の安全性評価

### (1) 安全性の評価手法

安全性の評価の際も、円滑性と同様に各条件において10回ずつシミュレーションを行い、その平均値を採用した。安全性を評価する指標としては、PICUD 指標及び2D\_PICUD 指標を用いた。

### (2) 交通コンフリクト指標の精度検証

事故原票から求めた実際の事故率と、PICUD 指標及び2D\_PICUD 指標を用いて評価した事故率の比較を行い、交通コンフリクト指標の精度検証を行った。

#### a) 対象事故類型の選定

事故原票から、PICUD 指標及び2D\_PICUD 指標で評価可能な事故類型の選定を行った。その結果、車両相互の事故で、一次元あるいは二次元的な追突・交錯に起因する事故として、表-5 に示す 6 種、194 件の事故を評価可能と判断した。

#### b) 精度検証方法

PICUD 値及び2D\_PICUD 値について、算出結果が0m, -10m, -20m未滿となった回数をそれぞれメッシュごとに集計し、総数に対する割合を「予測事故率」（該当メッシュ内回数を全メッシュ内回数で割った値）として算出する。その後、前項で示した対象事故の「実事故率」（該当メッシュ内事故件数を全メッシュ内事故件数で割った値）を集計し、2つの事故率をメッシュごとに比較することで、精度検証を行った。

#### c) 精度検証結果

精度検証結果を表-6 に示す。表-6 の PICUD<0 に注目すると、全メッシュにおける決定係数は 0.10~0.15 程度であるが、事故件数 5 件以上の高事故率メッシュにおいては、決定係数 0.57~0.73 と比較的良好な結果を示した。また高事故率メッシュにおいて、PICUD<0 と2D\_PICUD<0 の組み合わせが最も高精度であるため、今後は

表-5 対象事故類型

01 対面通行中	2	25 追越追抜時	25
02 背面通行中	0	26 すれ違い時	1
03 横断歩道横断中	35	27 左折時	27
04 横断歩道付近横断中	2	28 右折時 (右折直進)	18
05 横断歩道橋付近横断中	1	29 右折時 (その他)	2
06 横断中その他	11	30 車両相互 その他	71
07 路上遊戯中	0	41 工作物 - 電柱	1
08 路上作業中	0	43 工作物 - 分離帯・安全島・中央島	1
09 路上停止中	2	44 工作物 - 防護柵等	0
10 人対車両 その他	11	45 工作物 - 家屋・塀	0
11 路上横臥	0	47 工作物 - その他	0
21 正面衝突	2	48 駐車車両 (運転者不在)	0
22 追突 (進行中)	12	51 転倒 (路面)	4
23 追突 (停止中・その他)	110	52 車両単独のその他	3
24 出会頭	20	総計(件)	361

表-6 交通コンフリクト指標の精度検証

PICUD(追従)		<0		<-10		<-20				
2D_PICUD(車線変更)		<0	<-10	<-20	<0	<-10	<-20			
決定	全メッシュ	0.101	0.139	0.154	0.044	0.060	0.081	0.031	0.033	0.047
係数	事故件数≧5メッシュ	0.734	0.650	0.574	0.685	0.634	0.276	0.622	0.711	0.111

表-7 AV 混在率と PICUD<0 割合の関係

混在率		0%	30%	50%	70%	100%
PICUD<0の割合(%)	dAV	0.39	0.34	0.34	0.35	0.31
	aAV	0.39	0.38	0.42	0.52	0.89

表-8 AV 混在率と 2D\_PICUD<0 割合の関係

混在率		0%	30%	50%	70%	100%
2D_PICUD<0の割合(%)	dAV	6.73	6.69	6.62	6.39	6.09
	aAV	6.73	6.80	6.89	6.86	7.27

PICUD<0 と 2D\_PICUD<0 を基準値として安全性を評価することとする。

### (3) 安全性の評価結果

対象エリア全域を対象に AV 混在率と PICUD<0 及び2D\_PICUD<0 の割合の関係を示した結果を表-7, 表-8 に示す。表-7, 表-8 を見ると、AV の混在期における交通流の安全性も、円滑性同様 AV の挙動パラメータによって大きく左右されることがわかった。aAV が混在すると安全性低下の危険性がある一方、dAV が混在した場合には安全性の向上が期待できることが示された。続いて走行環境ごとの傾向分析に際し、AV 混在率 50%及び 100% における各メッシュの PICUD<0, 2D\_PICUD<0 の割合と現状(混在率0%)とを比較した結果を図-6, 図-7 に示す。

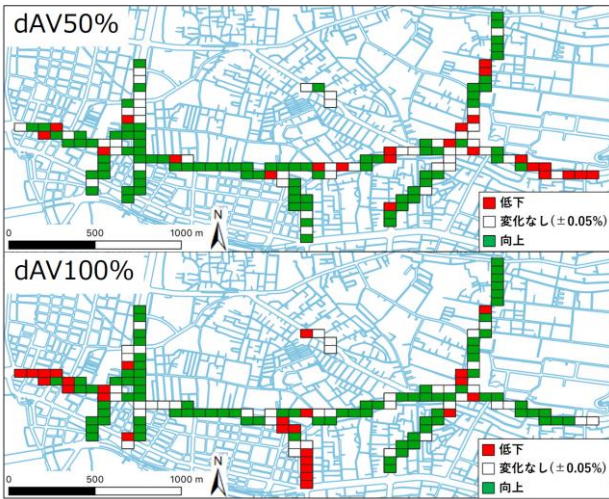


図-6 dAVの混在による安全性の変化

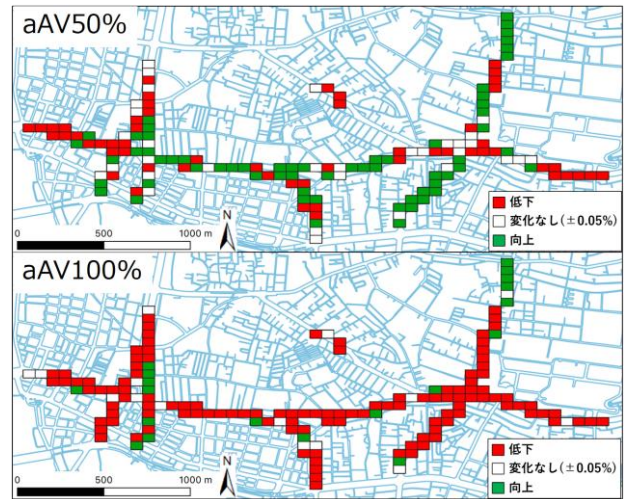


図-7 aAVの混在による安全性の変化

図-6より、dAVが混在すると全体として安全性は向上するが、一部の単路部で安全性の低下が見られる。これは、dAVの混在によって交差点部の渋滞長が単路部まで延伸し、減速の機会が増えたためであると考えられる。図-7より、aAVの混在率が増加するにつれ、交差点、単路部の順で安全性が低下し、混在率が100%になるとほぼ全てのメッシュで安全性が低下することがわかる。これは、aAVの一定かつ短い車頭時間の影響により、混在率が増加するにつれてスムーズに車線変更ができていないが故に、単路部での安全性が低下するためと考えられる。

表-9 想定されている影響と分析結果の比較

		想定されている影響		分析結果	
		単路部	交差点	単路部	交差点
dAV	円滑性	低下	低下	低下	変化なし
	安全性	低下	低下	向上 (一部低下)	向上
aAV	円滑性	向上	向上	向上	変化なし (一部低下)
	安全性	向上	向上	混在率増加 につれ低下	低下

表-10 円滑性・安全性を考慮したAVのパラメータ設定

	走行性能のみ	走行性能+インフラ整備
単路部	aAV	aAV
交差点	dAV	aAV

## 6. AVが交通流に与える影響の整理

### (1) 想定されるAVの影響と分析結果の比較

第2章で示したSIPが想定するAVの影響と、第5章、第6章で示したシミュレーションによる分析結果の比較を表-9に示す。表-9より、想定されている影響と分析結果に差異が生じていることがわかる。特に安全性に関しては、dAVとaAVの双方で全く逆の傾向を示している。この原因としては、AVの走行性能の設定の違いによる影響が挙げられる。シミュレーションで混在させたdAVとaAVは、シミュレータの都合上主に希望速度と最小車頭時間のみを考慮してパラメータを設定している一方、SIPでは希望速度や車頭時間に加え、センサーの感度や反応速度、加減速度、ギャップアクセプタンスなどより多くの項目を考慮して保守的・低性能なAVと積極的・高性能なAVを設定している。さらに積極的・高性能なAVに関しては、車両の性能に加え、路車間通信といったインフラ側の整備も考慮され、より現実に沿った想定がなされている。しかしながら、実際にAVが実用化される過程においては、まず車両の開発と性能の改善がされたのち、徐々にインフラ機能が整っていくことが想定

される。そのため、SIPが示している影響は、インフラ面も整備された最終的な状況を想定しているのに対し、今回の分析結果は、車両性能のみを考慮した近未来における影響の評価であると言える。

### (2) 円滑性・安全性を考慮したAVの走行挙動

車両性能のみを考慮した段階とインフラ面も整備された段階におけるAVのパラメータ設定の案を表-10に示す。車両性能のみが考慮された段階においては、単路部では効率面を重視したaAVの設定で、交差点部では安全性を重視したdAVの設定で走行することで、現状の安全性を担保しつつ円滑性の向上が期待できると言える。またインフラ面も整備された段階では、単路部・交差点ともにaAVの設定で走行することで、円滑性・安全性ともに向上することが想定される。

## 7. 総括

### (1) 得られた知見

AVの車両性能のみが考慮された場合と、インフラ面

の整備も考慮された場合という AV の実用化の段階に応じて、交通流に与える影響は異なることがわかった。インフラ面が整備されていない段階で積極的な設定の AV が混在すると、安全性が低下する危険性があることが示唆された。そのため、インフラ面の機能が整っていない段階では、単路部では積極的な設定で走行し、交差点では保守的な設定で走行するというように、走行する道路環境に応じて AV の運転挙動パラメータを変化させることで、現状の安全性を担保しつつ、円滑性の向上が期待できることが分かった。

## (2) 今後の課題

### a) 多様なパラメータの考慮

本研究では、シミュレータの都合上、主に車頭時間と希望速度のみを車種ごとに考慮し、2 種の AV を再現した。今後の展望として、SIP で想定されているように反応時間やギャップアクセプタンスなどより多くのパラメータを考慮し、混在交通流の評価を行う必要がある。

### b) 歩行者を考慮した分析

本研究では、車両のみに着目して交通流への影響を考察した。しかし、実際は歩行者との関係も影響することが考えられ、特に交差点での右左折挙動では、横断歩行者の影響を強く受ける。そのため、今後は歩行者を考慮したシミュレーションも実施していく必要がある。

### c) 対象地の変更

本研究では新宿区を対象地としてシミュレーションを実施した。新宿区は全国でも交通事故の比較的多いエリアであるため、今後は新宿区とは性格の異なる他のエリアにおいても同様のシミュレーションを行い、汎用性を高めていく必要がある。

- 2) 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 2020, [www.kantei.go.jp/singi/it2/kettei/pdf/20200715/2020\\_roadmap.pdf](http://www.kantei.go.jp/singi/it2/kettei/pdf/20200715/2020_roadmap.pdf), 2020. (2020 年 9 月 20 日閲覧)
- 3) 齋藤威：交通流の安全性の解析，計測と制御，第 41 巻，第 3 号，pp.187-192，2002.
- 4) 宇野伸宏，飯田恭敬，安原真史，菅沼真澄：一般道織込み部における客観的コンフリクト分析と速度調整モデルの構築，土木計画学研究・論文集，Vol.20，No.4，pp.989-996，2003.
- 5) 鰐部万磨，柿本祐史，中村英樹，井料美帆：自動運転車両の混在が信号交差点に与える影響に関する分析，交通工学論文集，第 5 巻，第 2 号(特集号 A)，pp.A\_167-A\_175，2019.
- 6) 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法の検討，マルチメディア，分散，協調とモバイル(DICOMO2016)シンポジウム，pp.1277-1284，2016.
- 7) 川嶋弘尚：交通流，[http://www.orj.or.jp/~archive/pdf/bul/Vol.32\\_06\\_374.pdf](http://www.orj.or.jp/~archive/pdf/bul/Vol.32_06_374.pdf)，1987. (2020 年 9 月 20 日閲覧)
- 8) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第 2 期/自動運転(システムとサービスの拡張)/混在交通下における交通安全の確保等に向けた V2X 情報の活用方策に係る調査，<https://www.nedo.go.jp/content/100891368.pdf>，2019. (2020 年 9 月 20 日閲覧)
- 9) SAE International：SAE International Standard J3016 Levels of Driving Automation, [www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-“levels-of-driving-automation”-standard-for-self-driving-vehicles](http://www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-“levels-of-driving-automation”-standard-for-self-driving-vehicles)，2018. (2020 年 5 月 1 日閲覧)

## 参考文献

- 1) 国土交通省：全国都市交通特性調査集計結果，[www.mlit.go.jp/common/001156133.pdf](http://www.mlit.go.jp/common/001156133.pdf)，2015. (2020 年 9 月 20 日閲覧)

## PROPOSAL FOR VARIABLE DRIVING BEHAVIOR OF AUTONOMOUS VEHICLES CONSIDERING SMOOTHNESS AND SAFETY

Daisuke SHIMADA and Akinori MORIMOTO

In recent years, with the development of the latest technologies such as ICT and AI, autonomous vehicles have been attracting attention. The spread of self-driving vehicles is expected to reduce traffic congestion and accidents. On the other hand, the traffic flow may be adversely affected by differences in the driving behavior of vehicles during the period when there is a mixture of conventional vehicles. In this study, a traffic simulator was used to simulate mixed traffic flow, and the effects of mixed autonomous vehicles on traffic flow were evaluated from the viewpoint of smoothness and safety. In addition, we have considered appropriate driving behavior of an autonomous vehicle according to the stage of infrastructure development such as inter-vehicle communication. The results show that at the stage when the infrastructure function is not yet in place, it is necessary to vary the parameters of the autonomous vehicle according to the road environment in which the vehicle travels, such as single road sections and intersections.