

自動運転社会を見据えた 道路上の乗降環境の整備に関する研究

高山 宇宙

大阪産業大学工学部都市創造工学科 講師 (〒574-8530 大阪府大東市中埴内 3-1-1)
E-mail:k.takayama@ce.osaka-sandai.ac.jp

自動運転車の導入は、交通円滑性や安全性の向上に資する効果があるほか、無人の自律走行によって既存の道路空間や駐車場を縮減することが期待されている。しかし、無秩序な路上での乗降は渋滞発生の原因となることから、今後は車寄せの整備や路外での乗降を促すことが求められる。本研究では、都心部での市街地での乗降について、乗降環境が交通に与える影響についての検証を行う。また、分析結果を踏まえて路外を含めた乗降空間のあり方について検討する。

Key Words: Autonomous Driving, Boarding Space, Curbside, Autonomous Taxi

1. はじめに

(1) 研究の背景・目的

自動運転車の導入は、交通円滑性や安全性の向上が見込まれるほか、都市部においては高度な運転による道路空間の縮減、駐車スペースの削減が期待されている。例えば2022年3月に東京都都市整備局が公表した自動運転社会を見据えた都市づくりの在り方¹⁾では、2040年代の都市内交通における目指すべき東京の将来像として、「道路空間の再配分により、車と人の適切な分担や中心部の賑わい空間の創出の実現」が掲げられている。特に、中心部や駅の周辺における歩行者中心の賑わい空間の創出や、カーブサイドの利活用を見直し、道路空間の稼働率を向上させることについて言及されている。

一方、運転の自動化が進み人と車の適切な分担が図られた場合においても路上または路外での乗降および積み降ろしは必須であり、そのためのスペースを計画的に確保することが求められる。特に、人の乗降については送迎など短時間で駐車するスペースが不足する場合、無秩序な乗降や駐車が生じ、道路混雑や安全面の課題が生じる恐れがある。筆者は先行研究²⁾において、無秩序な乗降による乗降空間の拡大が道路混雑に与える影響が大きいことを指摘しており、またそれは運転の自動化による効果よりも、乗降環境の整備状況が重要であることを指摘している。したがって、今後の運転の自動化を見据えた際、都市部の市街地において適切な乗降環境を用意するうえで喫緊の課題といえる。

こうしたなか、本研究が対象とする東京の大手町・丸の内・有楽町地区（以下、大丸有地区）においては、地

区内の地権者を取りまとめた乗用車・貨物車の駐車に関する地域ルールを策定・運用し、地域内の駐車需要への対応や、違法な路上駐車車両の削減を図ってきた実績がある³⁾。そこで本研究は道路上での乗降需要の増加が交通に与える影響についての検証を通じて、路上の乗降需要を路外に移した際に生じる課題について検討する。

(2) 本研究で想定する道路空間の将来イメージ

東京都都市整備局が示す2040年代の都心部の幹線道路での道路デザインについて、図1に示す。既存の車道空間を縮減し、民地と一体となった賑わい空間や歩行者空間を拡げている。加えて歩車道の境界となるカーブサイドについては、自転車の通行空間を確保したうえで荷捌き用のスペース、小型のバスや超小型モビリティなどが駐車するシェアリングポートなどが整備されている。本研究でも、歩車道の境目となるカーブサイドに乗降需要および駐車需要が生じることを想定している。他方、大丸有スマートシティでの将来像⁴⁾については、低速のパーソナルモビリティについては歩道走行を想定してポートが設置されているほか、中速のモビリティ専用レーン内でシェアスペースを図るなど、道路空間上では比較的歩車混在のデザインが描かれている。その代わりに、地区外と接続する自動運転タクシーなどの車両については、建物車寄せや地下駐車場を活用し、乗降場を路外に整備することを意識したデザインが示されている。他方、大丸有地区は日比谷通り、永代通りなどの交通量が多い幹線道路に接していることから、東京都都市整備局が提示する都心部の幹線道路のような道路空間再配分が行われる可能性がある。こうしたなか本研究は両者の道路空間将来イメージを踏まえつつ、まずは都心部の幹線道路

における道路空間を対象とした交通シミュレーションを行う。その上で今後車寄せや地下駐車場と連携する地区内の狭域交通モデルを作成するための示唆を得ることを試みる。

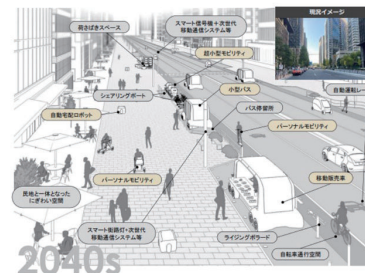


図1 2040年代の道路デザイン（都心部の幹線道路）

出典：東京都都市整備局「自動運転社会を見据えた都市づくりの在り方」（2022年3月）

(3) 本研究で想定する自動運転車の利用形態

本研究では乗降を行う自動運転車について、個人が所有しているか公共交通としての自動運転タクシーであるかを問わず、一律で指定された乗降場へ送迎を行う車両として扱う。加えて、自動運転車の普及時点、例えば先述した2040年代においては、現在の交通量や交通分担率などから変動していることが予想されるが、本研究でシミュレーションを行う上で、不確定要素が多く将来シナリオを絞り切れないため、これらの諸要素は現状と同じ趨勢ケースでの検証を行っている。

2. 本研究で行うシミュレーションの概要

(1) 分析で対象とする道路空間の概要

本研究では、自動運転社会を想定した道路上での乗降に関するシミュレーションを行うにあたって、先行研究⁵⁾で扱ってきたモデルを援用し、分析を行っている。

乗降場の形態として、路上での駐車を想定した路上駐車型、車寄せを利用する車寄せ型、バスの停車場として利用されるバストップ型などが想定される。このうち、本研究ではシミュレーションでの再現が比較的容易で、図1の将来イメージでも示されている、歩車道の境界が明確なバストップ型の乗降場を採用する。

交差点間に乗降空間を設置した際の周辺交通への影響について、先行研究⁶⁾と同様にマイクロ交通シミュレータであるCaliper社のTransModelerを用いて分析する。本研究は、市街地エリアの道路空間を想定し、道路構造令の道路区分の第4種第1級・第2級道路を対象とする。停車頻度は、徐々に駐車車両を増やしていった際の道路空間への影響を明らかにするため、走行する交通量全体の5%、10%、15%、20%の4つをパラメータとして設定した。

表1 走行車両・道路に関するパラメータ設定

	第4種第1級	第4種第2級
計画交通量(台/日)	17,500	7,000
K値(%)	11.2	7.4
D値(%)	56	56
設計時間交通量 主方向(台/時)	1,098	290
設計時間交通量 従方向(台/時)	862	228
設計速度(km/h)	60	50
車道幅員(m)	3.25	3.00

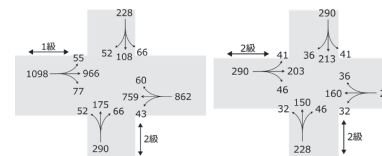


図2 交差点での交通量の割り振り

表2 本研究で用いる駐車時間のパラメータ

停車頻度(%)	停車台数(台)	到着間隔1/λ(秒)	停車時間パラメータ			
			最大値(s)	最小値(s)	平均(s)	標準偏差
5	18	200	926	110.0	148.4	
10	35	104	458	64.0	69.8	
15	53	68	247	43.1	32.5	
20	70	51	227	43.2	31.1	

本研究は道路構造令の道路区分の第4種を採用しているが、このうち交通量が多く都市部において高い乗降需要が予想される第2級道路に乗降空間を設置し、それに接続する道路を変化させ、乗降が周辺交通へ与える影響について分析を行う。道路パターンの詳細を表3にまとめる。また例としてシミュレーションを行う道路パターンAの全体像を図3に示す。なお、図1で示されたイメージでは、1つのバストップに駐車する車両の台数は1台であったが、本研究では全長75mのバストップを設けている。また、乗降場の設置位置の違いが旅行速度に与える影響を明らかにするために、6つの位置パターンで検証を行う。設置位置に関しては、検証対象の主方向と反対車線の停止線の延長を基準点とし、全長75mの乗降場が一定間隔で基準点から基準点まで移動する。

また、本研究で想定する自動運転についてはSAEレベル4を想定している。そして分析で用いる交通シミュレーションソフトTransModelerでは、運転の自動化を図る車両性能の設定が可能である。ここでは、将来の運転の自動化を想定して、先行研究⁷⁾および髙橋⁸⁾の既往研究を参照しと同様に最小の車両距離を1.0(s)、停止時の車両距離は2.4mとした。

本分析にあたっては、一定の時間交通量を流したのち、シミュレータ上で1時間経過するまでシミュレーションを継続する。本研究の目的は停車車両が周囲の車両へもたらす影響の把握であることから、出力データの評価対象は乗降空間を設置した第2級道路の主方向を走行する車両とする。このとき、乗降空間の設置道路の左端から

表 3 本分析で用いる道路パターンの詳細

	乗降空間設置道路	接続道路		イメージ図
		流入部側	流出部側	
パターンA	2級	2級	2級	
パターンB		1級	2級	
パターンC		2級	1級	

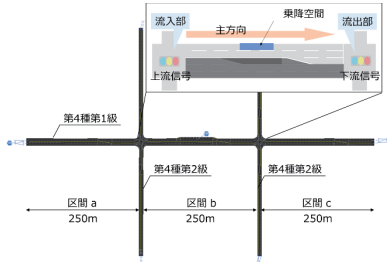


図 3 パターンAの全体像

右端へ直進して走行する車両のみの旅行速度を抽出する。車両自体の旅行速度が途中で変化する。乗降空間で停車する車両や右左折する車両は対象としない。また車両の発生や挙動はランダムな挙動をとることから、10回シミュレーションを試行し、このときの平均値を採用した。本研究では、シミュレーション結果の評価指標として通行空間を走行する車両の平均旅行速度を用いる。このとき、道路の目標とする平均旅行速度を設定するにあたり、「機能階層型道路ネットワーク計画のためのガイドライン」⁹⁾の道路機能ごとの目標旅行速度を参照する。この目標速度と乗降空間を設置したときの旅行速度を比較し、乗降場の設置位置について検討する。なお乗降場を設置する第2級道路は、自動車や歩行者等の沿道への出入を重視する沿道出入機能に重きをおくものと想定する。以上より、上記のガイドラインを踏まえ本分析における評価対象である道路の目標旅行速度は30km/hと設定した。

3. シミュレーション分析結果

(1) 乗降場の設置位置が交通円滑性へ与える影響の分析

交差点間における乗降空間を設置する位置の違いが周辺車両に与える影響として、平均旅行速度の変化を計測する。シミュレーション結果のそれぞれの位置での平均旅行速度を道路パターンごとにそれぞれ図4～図6に示す。結果より、設定した目標平均旅行速度(30km/h)を基準としたとき、パターンAとCはすべての乗降位置および停車頻度で基準を超え、反対にパターンBはすべての乗降位置および停車頻度で基準を下回った。結果を表4に示す。

す。乗降場を設置した道路が流入部および流出部の交差点部で接続する道路パターンの違いが、乗降場を設置した道路の円滑性に影響を及ぼすことが明らかになった。

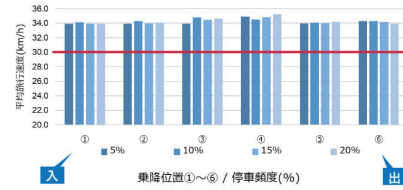


図 4 パターンA (入2級, 出2級)の乗降位置・停車頻度別平均旅行速度

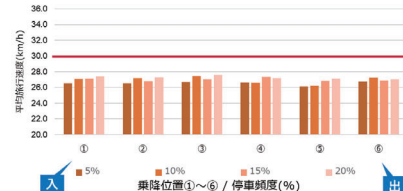


図 5 パターンB (入1級, 出2級)の乗降位置・停車頻度別平均旅行速度

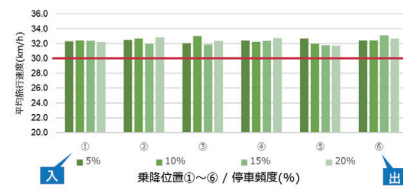


図 6 パターンC (入2級, 出1級)の乗降位置・停車頻度別平均旅行速度

表 4 各道路パターンの停車頻度別平均旅行速度 (km/h)

道路/パターン	上: 停車頻度, 下: 平均旅行速度 (km/h)			
	5%	10%	15%	20%
パターンA (入2級, 出2級)	34.1	34.4	34.2	34.3
パターンB (入1級, 出2級)	26.5	27.0	27.0	27.3
パターンC (入2級, 出1級)	32.4	32.5	32.2	32.4

※目標平均旅行速度の30km/hを下回る数値を赤字で示す

(2) 道路上の乗降需要と旅行速度の関係性

前節の結果より、停車頻度や乗降位置による平均旅行速度の値はあまり変化が見られなかった。速度変化が起これなかった原因の一つとして、乗降場で停車できていた車両の台数が少なかった可能性がある。そこで本節では、計画されていた停車需要に対し実際にはどれだけの車両がシミュレーション時間内に停車行動を完了できていたかについて検証する。

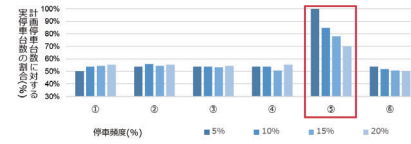


図 7 計画停車台数に対する実停車台数の割合 (A)

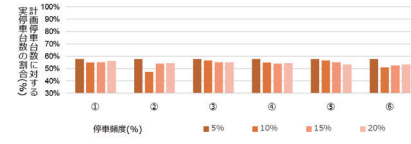


図 8 計画停車台数に対する実停車台数の割合 (B)

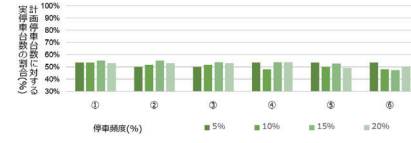


図 9 計画停車台数に対する実停車台数の割合 (C)

図7～図9より、計画停車台数に対する実際の停車台数の割合は、ほとんど全ての組合せで50～60%程度であり、パターンAの乗降位置が流出部寄りの⑤のケースでのみ60%を越えていることが分かった。またパターンAの⑤においても、停車頻度が高くなるほど実停車台数の割合は減少している。この傾向は、第5章でのシミュレーションの結果と同じ傾向である。加えて、パターンCよりもパターンBの方が総じて実停車台数の割合は高い。

原因として、シミュレータ側で車両の旅行速度を優先し、一定の速度以下とならないように停車台数を減らす処理が行われたか、単純にシミュレーションを行った1時間のうちに処理が終わり切らなかったことが考えられる。レベル4の自動運転社会下では、地域内の自動車交通をAIにより遠隔で制御・管理して運行を行うことから、今回のシミュレータと同様に計画していた駐停車行動を、道路条件次第では予定通りに処理できない恐れがある。

4. おわりに

本研究では、市街地の道路上での自動運転車の乗降について着目し、マイクロ交通シミュレーションを通じて走行する車両の平均旅行速度の評価を行った。結果より、乗降空間を設置した道路空間については、幹線系の道路に接続する場合平均旅行速度が低下し、望ましい交通円滑性を損なうことから、乗降空間となる路肩について適切なマネジメントを図り、乗降需要に対応していくことが求められる。一方、大丸有地区においては路上の駐停

車台数を含めて地域内の全駐停車車両を路外駐車場に集約しても44%の空きスペースが生じることが指摘されており、余剰空間の活用が課題となっている。活用にあたり、路上の駐停車車両を自動バレーパーキング方式などにより路外の駐車空間に移すことが考えられるが、その際の乗降については路上にて行われることが予想される。今回の分析結果を踏まえると、乗降場の位置を交差点から一定の距離を空けたうえで、エリア内を走行する車両台数に対して停車頻度が5%を下回るように乗降需要をコントロールすることで、路上の駐停車車両が占用していた空間を路外に転用することが可能となることが考えられる。乗降需要の調整を図るうえでは、路外の地下駐車場などでの乗降を促すよう誘導を図るほか、計画的な乗降場の整備が重要となることが伺える。

なお、今回の分析では歩行者の横断や自転車の走行、定時定路線のバスの停車や大型の貨物車両などの要素について十分考慮できていない。上記の交通モード・要素をシミュレーションに組み込んだ場合には、平均旅行速度や停車を完了できる車両の割合が更に低下することが考えられる。また、今回バスストップ型の乗降場の区間を75mとして分析したが、現状よりも過度に駐車マスを整備していることや、実際の大丸有地区では建物車寄せや地下駐車場が整備されている箇所も多く、今後はこれらの既存の乗降場や乗降需要の動的な変動をシミュレーションに反映したモデルを構築し、路外の駐車空間の活用方法を模索していくことが求められる。

参考文献

- 1) 東京都都市整備局：自動運転社会を見据えた都市づくりの在り方, 2022.3
- 2) 高山宇宙：自動運転社会を見据えた道路空間再配分の課題に関する研究, 早稲田大学審査博士学位論文, 2021.
- 3) 大手町・丸の内・有楽町地区駐車環境対策協議会：駐車施策からみたまちづくり 地域ルール先の先がけ大丸有モデル, 成山堂書店, 2019.11
- 4) 大手町・丸の内・有楽町地区スマートシティ推進コンソーシアム「大手町・丸の内・有楽町地区スマートシティビジョン・実行計画, 2020.3
- 5) 鰐部万磨, 柿本祐史, 中村英樹, 井科美帆：自動運転車両の混在が信号交差点交通容量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, 2019.2.
- 6) 一般社団法人 交通工学研究会：「機能階層型道路ネットワーク計画のためのガイドライン(案)」, 2018.9.