

## <研究課題> 駐車場出入口周辺の安全性確保に関する研究～自動運転車社会を見据えて～

代表研究者 福岡大学工学部社会デザイン工学科 助教 田部井 優也  
共同研究者 日本大学理工学部交通システム工学科 教授 小早川 悟

### 【まとめ】

本研究は、自動運転車社会を見据え、駐車場出入口での、入庫車両が歩行者・自転車の安全性に及ぼす影響を明らかにするとともに、入庫行動の際、自動運転車が一時停止した場合を想定し、入庫車両の一時停止による追従者量の追突危険性について明らかにした。

### 1. 研究の目的

我が国では各建築物に設置される付置義務駐車場や、大規模小売店舗立地法に基づいて立地する商業施設に設置される駐車場など多くの路外駐車場が建設され、道路と駐車場を結ぶ経路として歩道をまたぐ形で数多くの出入口が設置されている。駐車場出入口など、歩道を横切って走行する場合、道路交通法において必ずその手前で一時停止し安全確認を行うよう定められている。しかしながら一時停止する車両は少なく、出入口では少なからず歩行者と自動車が錯綜することから、安全性に関する懸念が挙げられている。

一方、急速に開発が進む自動運転車は法律遵守で走行することから、駐車場出入口手前でも必ず一時停止することとなり、歩行者の安全性が向上すると考えられる一方、本線上での一時停止により後続車の追突リスクが増加する可能性も考えられる。

本研究は駐車場出入口手前での一時停止の実態と歩行者の安全性の実態を明らかにするとともに、本線上での一時停止が後続車両の安全性に与える影響を検討することを目的とする。

### 2. 研究方法と経過

#### 2-1 研究方法

##### (1) 一時停止の実態と歩行者の安全性

千葉県内に立地する複数の大規模小売店舗に設置された駐車場出入口を対象にビデオカメラ調査を行い、車両と歩行者の軌跡を取得する。取得したデータを基に入庫車両の一時停止

率を算出するとともに、歩道上を通行する歩行者との通過時間差 (PET) から、現状の安全性を明らかにする。なお一時停止率については研究代表者がこれまでにに行った、栃木県内の4店舗におけるビデオ調査映像を用いて集計した結果も併せて用いる。また一時停止は、入庫車両が歩行者や自転車が出入口周辺 (前後 1m) にいないときに、停止した車両とする。

##### (2) 一時停止時の追従車両の追突危険性

(1) とは別個に、千葉県内に立地する大規模小売店舗において、入庫車両が一時停止した際の入庫車両と後続の追従車両の軌跡を、ビデオカメラ調査により取得する。得られたデータについて一秒ごとに車両位置を算出し、車両相互の相対加速度を考慮した追突猶予時間を計算し、評価する。

#### 2-2 研究の経過

(1) については、2021年度後期にビデオカメラ調査を4店舗で行った。その後得られたデータからPETを算出している。(2) については2022年度夏ごろから千葉県内の2か所においてビデオカメラ調査を実施した。

### 3. 研究の成果

#### 3-1 駐車場出入口における一時停止の実態

今回実施した4箇所に加え、研究代表者がこれまでに実施した栃木県宇都宮市内の大規模小売店舗に設置された栃木県宇都宮市の4箇所の出入口を加えた、計8箇所の駐車場出入口においてビデオカメラを用いた観測調査を行い、左折入庫時の一時停止率と走行速度の実態把握を行った。集計結果を表1に示す。③出入口については歩道が巻き込んでいて、出入口上が車道となっており一時停止の義務の生じない出入口構造のため、一時停止率の集計は除外した。

歩行者・自転車が存在しないときの一時停止率は1%程度と低く、特に郊外部にあり歩行

表1 観測調査場所の一覧と調査結果

調査番号	調査場所	調査年月日/ 調査時間	接続道路の規制速度	歩道形式	調査項目	
					一時不停止時の歩道通過時の速度(平均値)	歩行者・自転車がないときの一時停止率
①	栃木県宇都宮市	2019/3/31(日) 16:00~17:00	50km/h	MU	9.6km/h (n=45)	3% (n=124)
②	栃木県宇都宮市	2019/6/30(日) 12:00~13:00	50km/h	FF	11.8km/h (n=54)	1% (n=250)
③	栃木県宇都宮市	2019/6/30(日) 14:00~15:00	40km/h	FF	11.7km/h (n=64)	-
④	栃木県宇都宮市	2019/7/17(水) 15:00~17:00	60km/h	SF	12.5km/h (n=49)	0% (n=104)
⑤	千葉県船橋市	2021/10/6(水) 13:00~17:00	40km/h	MU	8.8km/h (n=81)	1% (n=74)
⑥	千葉県船橋市	2021/10/6(水) 13:00~17:00	40km/h	MU	6.8km/h (n=168)	1% (n=172)
⑦	千葉県八千代市	2021/10/4(月) 13:00~17:00	50km/h	MU	7.5km/h (n=173)	4% (n=107)
⑧	千葉県八千代市	2021/9/9(土) 13:00~17:00	40km/h	MU	7.3km/h (n=71)	1% (n=73)

※MU:マウントアップ SF:セミフラット FF:フルフラット  
者通行量がほとんどなく規制速度が高い④出入口については一時停止した入庫車両は1台もいなかった。

歩道通過時の速度を見ると、マウントアップ型歩道に設置された出入口で全体的に速度が低く、②~④の段差のないフルフラット型歩道や段差の小さいセミフラット型歩道に設置された出入口ではやや速度が高くなってい

る。道路交通法では徐行を「直ちに止まれる速度」として定義し、具体的な速度は示されていないものの、一般的には10km/h程度が徐行として扱われることが多い。マウントアップ型歩道での速度については平均値が10km/h以下であり、徐行としてみたときには十分な速度であると考えられる。一方でフルフラットやセミフラットでは平均で10km/hを超えているものの、一般的にはブレーキをすぐに踏めば十分に止まれる速度であると考えられる。

以上から、駐車場出入口での通行実態としては、一時停止はしないが普段から徐行で通過しており、歩行者自転車がいれば止まっている、と見る事ができる。

なおマウントアップ型歩道の出入口の全サンプルの平均値は7.58km/hに対し、セミフラット型は12.46km/h、フルフラット型は11.76km/hとなり、マウントアップ・セミフラット間とマウントアップ・フルフラット間の母平均の差の検定の結果、どちらもt検定により1%未満で有意差が認められた。

### 3-2 駐車場出入口における歩行者の安全性

表1の調査番号⑤~⑧において駐車場出入口における、入庫車両体歩行者・自転車のヤリハット事象の発生頻度を把握する。なお調査個所の幾何構造等の概要を表2に示す。隅切りの有無と出入口の分離・兼用の違いにより4箇

表2 歩行者・自転車の安全性の検討箇所一覧とその概要

	⑤	⑥	⑦	⑧
所在地	千葉県船橋市	千葉県船橋市	千葉県八千代市	千葉県八千代市
店舗面積(m <sup>2</sup> )	2,195	1,988	1,992	42,324
出入口の兼用/統合	兼用	分離	兼用	分離
隅切り相当の余裕幅(m)	3.2	3.5	0	-1.7
歩道形式	マウントアップ型			
前面道路車線数	往復2車線	往復2車線	往復2車線	往復4車線 ※ただし中央分離帯により片側2車線にのみ接続
植栽の有無	あり	あり	あり	あり
前面道路の制限速度	40	40	50	40
右折入出庫の許可	禁止 (物理的には可)	可能	禁止 (物理的には可)	禁止 (物理的にも不可)
調査年月日	2021年10月6日(水)	2021年10月6日(水)	2021年10月4日(月)	2021年10月9日(土)
調査時間	13:00~17:00			

表3 入庫車両と歩行者・自転車の通過時間差(秒)

	入庫車両			出庫車両		
	全体	左折	右折	全体	左折	右折
⑤	2.9	3.1	2.7	2.3	2.3	-
⑥	2.3	2.4	2.2	3.1	3.2	2.9
⑦	2.2	2.2	2.6	3.0	3.2	2.7
⑧	3.0	3.0	-	2.5	2.5	-

所を選定した。

表3に入庫・出庫、右左折別の入出庫車両と歩行者・自転車の通過時間差(PET)の算出結果を示す。

物理的に右折入出庫ができない調査番号⑧を除き、本来禁止されている右折入出庫のPETも集計したが、右折入庫はPETの平均値が左折入庫に比べ全体的に低い値となっている。右折入出庫は対向直進車などに気を取られ、出入口上の歩行者・自転車の確認が疎かになるからと思われる。また左折入庫について調査番号⑥と調査番号⑦が他店舗より0.5秒ほど低い値を取っている。この2か所の出入口手前には、視界を遮るような大きな植樹帯があり、死角が多くなっているのが要因であると考えられる。

次に表4に歩行者自転車別のPETの平均値を示す。全体的に対自転車のPET平均値が対歩行者より低く、危険性が高いことがわかる。

以上より、駐車場出入口は植樹帯などによる見通しにより左折入庫時の危険事象が多くなり、また構造等にかかわらず右折入庫時は歩行者・自転車との錯綜危険性が高いことが明らかとなった。

表4 歩行者・自転車別の通過時間差の平均値(秒)

	⑤	⑥	⑦	⑧
対歩行者	2.97	2.81	3.05	2.89
対自転車	2.54	2.46	2.23	2.29

### 3-3 左折入庫車両と追従車両の追突危険性

#### (1) 分析概要

次に本節では本研究では、左折入庫車両と追従車両の交通実態を把握することで、安全な歩道前での一時停止の方法を検討する。

#### (2) 調査概要

歩道に段差のある、1節、2節とは異なる2か所の大規模小売店舗でビデオカメラを用いた観測調査を実施した。表5に調査実施店舗の詳細を示す。

表5 調査実施店舗

	調査実施店舗	
	店舗A	店舗B
店舗面積	2,195m <sup>2</sup>	2,015m <sup>2</sup>
段差	あり	あり
出入口形状	歩道乗り入れ型	歩道乗り入れ型
歩道種類	マウントアップ型	セミフラット型
制限速度	40km/h	40km/h
調査日	2022年9月10日(土)	2022年9月21日(水)
調査時間	13:00~17:00	13:00~17:00
天候	快晴	晴れ
左折入庫車数	119台	149台
一時停止数	7台	14台
一時停止割合	5.9%	9.4%

### (3) 分析方法

本節では追突危険性の評価に追突猶予時間を示すTTC2ndを用いる。TTC2ndの算出式を(1)に示す。また、図1に示す範囲で入庫車両の後輪が通過する時間から計算したものを入庫速度として計測する。なお、一時停止をした車両は入庫速度を0km/hとした。相対加速度は入庫車両の車体長と、入庫車両と追従車両の座標より計算した。加えて出入口端部を基準とし、30mの調査範囲から座標を抽出し、その区間での最大速度、最大限速度も計測した。

$$t_{c2} = \frac{-v_r + \sqrt{v_r^2 - 2a_r x_r}}{a_r} \quad (1)$$

ここで、 $t_{c2}$ : TTC2nd,  $x_r$ : 車間距離,  $v_r$ : 相対速度,  $a_r$ : 相対加速度

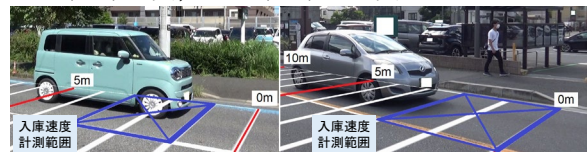


図1 座標オーバーレイと入庫速度計測範囲

分析対象の条件として入庫車両が自由流であること、追従車両が入庫車両の影響を受けていることの2つを定める。

### (4) 追突危険性と運転挙動

図2に店舗別で集計した追突猶予時間を示す。店舗Aと店舗Bの追突猶予時間の傾向に大きな差はなく、総サンプルでは3.5秒以下と十分な猶予時間がある10秒以上に2極化している。

図3から図6に追突猶予時間と運転挙動について、追突猶予時間が10秒未満のサンプルを用いて散布図を作成した。図中の赤線は各項目に対する最大追突猶予時間(上限値)を示し、任意の対象項目の車両挙動時に他の車両挙動項目が十分に安全だった場合の追突猶予時間を表す。また、図中の黒線は各項目に対する最小追突猶予時間(下限値)を示し、任意の対象項目の車両挙動時に他の車両挙動項目に関係なく確保できる最低限の追突猶予時間を示している。

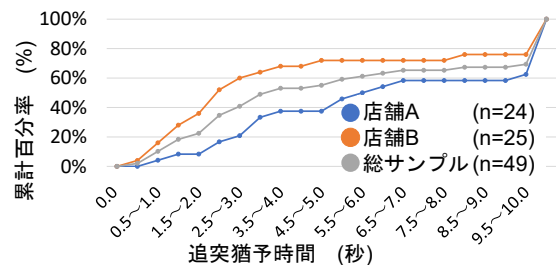


図2 店舗別の追突猶予時間

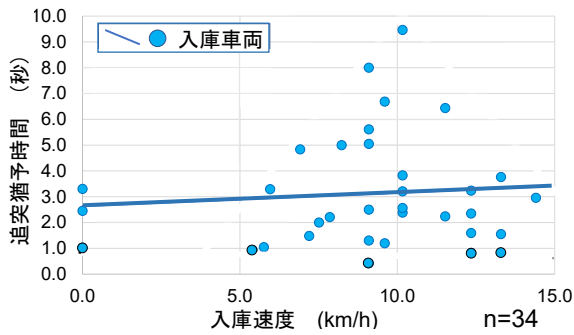


図3 追突猶予時間と入庫速度の関係

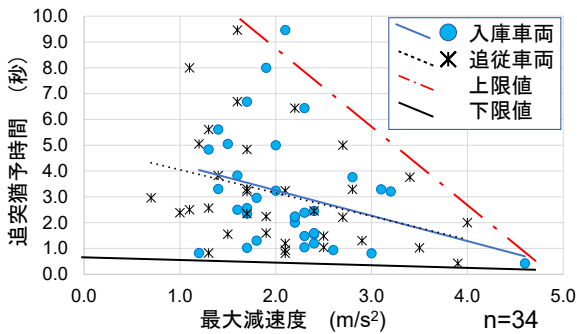


図4 追突猶予時間と最大減速度の関係

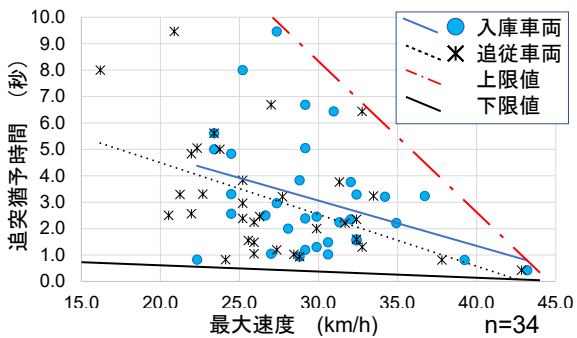


図5 追突猶予時間と最大速度の関係

図3に追突猶予時間と入庫速度の関係を示す。各入庫速度に対する最大追突猶予時間は、10km/hで最大となる傾向があるが、一時停止を含む線形近似曲線の傾きが小さく相関関係は見られない。

図4と図5に最大減速度と追突猶予時間の関係と最大速度と追突猶予時間の関係を示す。最大減速度が高いほど、もしくは最大速度が高いほど、最大追突猶予時間が短くなる傾向がみられた。

表6の追突猶予時間と各運転挙動の相関係数を示す。相関係数の大きさより、入庫車両の運転挙動よりも追従車両の運転挙動の方が追突猶予時間に影響を与えている可能性がある。また、後続車両の最大減速度の相関係数が最大速度よりも小さい理由として、最大減速度が小さいことが余裕のある運転を表す一方で、入庫車両を最小限の減速で回避するといった追突の危険性がある運転を含んでいるからだと考えられる。

表6 追突猶予時間と運転挙動の相関係数

	線形近似曲線の相関係数	
	入庫車両	追従車両
入庫速度 (km/h)	0.007	
最大減速度 (m/s <sup>2</sup> )	0.091	0.118
最大速度 (km/h)	0.127	0.235

#### (5) まとめ

本節では、路外駐車場の出入口における左折入庫車両と追従車両の追突危険性を把握した。その結果、入庫速度は追突猶予時間に影響を与えず、入庫車両と追従車両の最大減速度と最大速度が最大追突猶予時間に影響を与える可能性があることを明らかにした。したがって、入庫車両は出入口より30m手前の地点で速度を落とし、一定の減速度で一時停止をすることで、入庫車両の安全を確実に確保することは難しいが、入庫車両を起因とする追突事故は発生しにくいと考えられる。

#### 4. 今後の課題

本研究では、自動運転車社会を見据え、駐車場出入口での安全性について、2つの観点から分析を行った。特に入庫車両が歩行者・自転車の安全性に及ぼす影響については、重要な知見が得られたといえる。

一方で、入庫車両が一時停止を行う際の、追従車両の追突危険性に関する評価では、一定の知見が得られたものの、そもそも一時停止を行うサンプルが非常に少なく、本研究では統計上十分な成果が得られなかった。

今後は、より一時停止が発生しやすい出入口（たとえば歩行者交通量の多い箇所など）で同様の調査・分析を行うことで、より詳細な分析が可能になると考えられる。

また、一時停止の挙動を含めた分析や、一時停止に至る運転挙動を実験により分析する必要がある。

#### 5. 研究成果の公表方法

本研究の研究成果は、2023年度交通工学研究発表会での発表ののち、審査付き論文へ投稿する予定である。

# **Research on Ensuring Safety Around Parking Lot Entrance and Exit Areas**

## **- With a View to an Automated Car-driving Society-**

**Primary Researcher:** Yuya TABEL  
Assistant Professor, Fukuoka University

**Co-researchers:** Satoru KOBAYAKAWA  
Professor, Nihon University

The study first examined the safety of vehicles and pedestrians or bicyclists at a parking lot entrance/exit in a large commercial building. The results showed that vehicles entering the parking lot by making a right turn were more dangerous because of the short time gap between them and pedestrians. Next, we examined the danger of being rear-ended by a following vehicle when a car entering a parking space with an automated vehicle obeying the law paused before the entrance/exit. The results showed that the risk of rear-end collision at entry increased with the speed and deceleration of the following vehicle.