

自動運転車導入に伴う歩行者挙動の
変化に関する実証分析

自動運転車導入に伴う歩行者挙動の変化に関する
実証分析プロジェクト

2023年7月

公益社団法人日本交通政策研究会

1. “日交研シリーズ”は、公益社団法人 日本交通政策研究会の実施するプロジェクトの研究
成果、本研究会の行う講演、座談会の記録、交通問題に関する内外文献の紹介、等々を印
刷に付して順次刊行するものである。
2. シリーズは A より E に至る 5 つの系列に分かれる。
シリーズ A は、本研究会のプロジェクトの成果である書き下ろし論文を収める。
シリーズ B は、シリーズ A に対比して、より時論的、啓蒙的な視点に立つものであり、折
にふれ、重要な問題を積極的にとりあげ、講演、座談会、討論会、その他の方法によってと
りまとめたものを収める。
シリーズ C は、交通問題に関する内外の資料、文献の翻訳、紹介を内容とする。
シリーズ D は、本研究会会員が他の雑誌等に公けにした論文にして、本研究会の研究調査
活動との関連において復刻の価値ありと認められるもののリプリントシリーズである。
シリーズ E は、本研究会が発表する政策上の諸提言を内容とする。
3. 論文等の内容についての責任はそれぞれの著者に存し、本研究会は責任を負わない。
4. 令和 2 年度以前のシリーズは印刷及び送料実費をもって希望の向きに頒布するものとする。

公益社団法人日本交通政策研究会

代表理事 山 内 弘 隆
同 原 田 昇

令和 2 年度以前のシリーズの入手をご希望の向きは系列番
号を明記の上、下記へお申し込み下さい。

〒102-0073 東京都千代田区九段北 1-12-6

守住ビル 4 階

公益社団法人日本交通政策研究会

電話 (03) 3263-1945 (代表)

Fax (03) 3234-4593

E-Mail:office@nikkoken.or.jp

日交研シリーズ A-874

令和4年度共同研究プロジェクト

「自動運転車導入に伴う歩行者挙動の変化に関する実証分析」

刊行：2023年7月

自動運転車導入に伴う歩行者挙動の変化に関する実証分析

Empirical analysis on behavior response of pedestrians when autonomous vehicles are approaching

主査：藤原 章正（広島大学）

Akimasa Fujiwara

要 旨

本研究では、広島大学・東広島キャンパス内を走行する自動運転シャトルが歩行者挙動に及ぼす影響を実証的に把握した。具体的には、キャンパス内の自動運転シャトル及び歩行者の動きを計測するためのカメラ・LiDAR 機器を設置し、得られたデータを用いて自動運転シャトルの影響を考慮した歩行者挙動モデルを構築した。車両が歩行者挙動に及ぼす影響を考慮するために、角度と速度の逐次選択により歩行者の行動を記述する従前のモデルに、車両との衝突可能性を表現する変数を新たに加えたモデルを新たに開発した。また、提案モデルを用いた実証分析を通じて、自動運転車と通常の車に対する歩行者挙動の差異を定量的に明らかにした。得られた主要な知見は以下のとおりである。

第一に、想定通り、モデル推定結果より、歩行者は、従来の自動車も自動運転車も避けるように歩行する傾向にあることが確認された。第二に、衝突を避ける傾向は、従来の自動車の方が自動運転車よりも大きいことが確認された。これは、歩行者が自動運転車の方が従来の自動車に比べて安全と認識・判断している可能性を示唆している。この原因として、(1) 自動運転車は歩行者が近づくと停止する可能性が高く、特に避ける必要がない、(2) 自動運転車の方が従来の自動車よりも低速でアプローチしてくる傾向にあるため安全と感じる、といった可能性が考えられる。なお、本実証分析で得られた知見は広島大学のキャンパス内の限られた環境において観測されたデータに基づくものであり、今後、知見の一般化を図るためには、大学生と高齢者の自動運転に対する反応の差異、シェアードスペースのような車両と歩行者の混在空間における歩行者挙動の観測等を行い、追加分析を行う必要がある。

キーワード：自動運転車、歩行者挙動、実証分析、衝突回避

Keywords: Autonomous vehicle, pedestrian behavior, empirical analysis, collision avoidance

目 次

1. 研究背景	1
2. 既往研究	4
2.1 歩行者行動のモデル化に関する既往研究	4
2.2 AV が歩行者の挙動に及ぼす影響に関する既往研究	5
3. 方法	7
3.1 モデルの概要	7
3.1.1 選択肢集合の設定	7
3.2 説明変数の設定	9
3.2.1 直進性	9
3.2.2 目的地指向性	9
3.2.3 加速度	10
3.2.4 リーダーフォロワー	10
3.2.5 衝突回避（歩行者）	12
3.2.6 衝突回避（車両）	13
3.2.7 密度	15
4. データ	16
4.1 広島大学学内自動運転シャトル HIROMOBI 概要	16
4.2 ビデオ・LiDAR 調査概要	17
4.3 ビデオデータ処理	20
5. 結果	22
6. 結論	25
付録	28

研究メンバーおよび執筆者（敬称略・順不同）

主査 藤原 章正（広島大学・教授）
メンバー 伊藤 雅（広島工業大学・教授）
小倉亜紗美（呉工業高等専門学校・講師）
神田 佑亮（呉工業高等専門学校・教授）
楠橋 康広（西日本高速道路エンジニアリング中国（株）・土木事業部上級主幹）
桑野 将司（鳥取大学・教授）
小笹 俊成（（株）福山コンサルタント・中四国支社長）
嶋本 寛（宮崎大学・准教授）
清家 美帆（広島大学・助教）
瀬谷 創（神戸大学・准教授）
力石 真（広島大学・准教授）
張 峻屹（広島大学・教授）
塚井 誠人（広島大学・准教授）
バルン・バギス（広島大学・助教）
福井のり子（（株）バイタルリード・課長）
布施 正暁（広島大学・准教授）
宮崎 耕輔（香川高等専門学校・准教授）
森山 昌幸（（株）バイタルリード・代表取締役）
吉野 大介（復建調査設計（株）・係長）
渡邊 一成（福山市立大学・教授）

学生メンバー

藤原 啓示（広島大学・博士課程学生）
ザフィラ・ガニ（広島大学・修士課程学生）

1. 研究背景

自動運転車 (AV) は、ヒューマンエラーによる事故に対処する上で重要な役割を果たすと考えられる。国土交通省の報告 (<https://www.mlit.go.jp/road/ITS/>, 2023 年 4 月 1 日閲覧) によると 75%の事故がヒューマンエラーに起因するとされ、AV の普及が交通安全の向上に寄与する可能性がある。また、国土交通白書 (<https://www.mlit.go.jp/common/001269888.pdf>, 2023 年 4 月 1 日閲覧) によると、交通死亡事故の件数は 1970 年にピークに減少し、2017 年にはピーク時の 4 分の 1 以下となった (図 1.1)。一方、高齢の運転者の交通事故は多く、そのうち約半数は歩行中または自転車に乗っている際に発生している。このため、とりわけ自動運転の導入が歩行者や自転車との事故の削減に寄与するかを詳細に検討することが重要と考えられる。

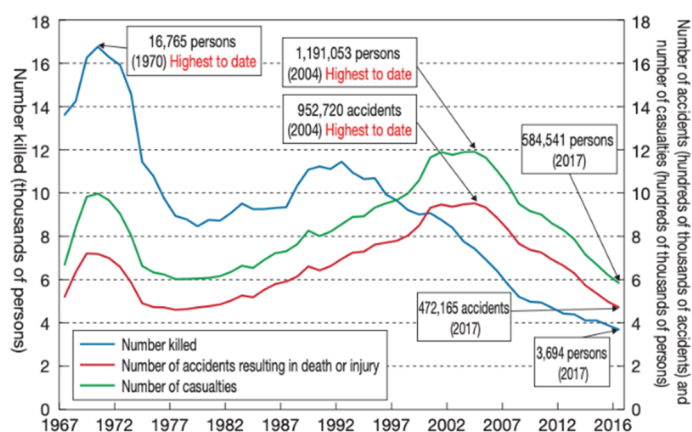


図 1.1 交通事故件数と死傷者数の変化

AV の自動化の程度は、運転タスクの主体やドライバーとシステムの責任分担に基づき 0～5 までの 6 段階に分けて定義されている。具体的には、レベル 1 とレベル 2 の運転主体は人であるが、レベル 3 以降は運転主体がシステムとなり、レベル 4 以降はドライバーの介入が不要となる (レベル 4 は限定的な走行環境においてのみ不要)。

2023 年 4 月には遠隔による監視を行うなどの条件のもとで、自動運転レベル 4 で公道での走行を認める新たな制度が導入されるなど、自動運転システムの社会実装に向けた環境整備・制度設計が進みつつある。

加えて AV は環境負荷の軽減につながるなど、条件を整えれば様々なメリットをもたらすことが指摘されている。しかしながらこれらの潜在的なメリットを享受できるかどうかは、AV が広く一般に受け入れに大きく依存している。例えば Hong et al. (under review) は、2017

年時点と 2020 年時点の人々の自動運転に対するリスク認知とそれが自動運転リスクの受容性に及ぼす影響について分析し、(1) 自動運転システムの詳細を人々が認知すればするほど、自動運転リスクの未知性は低下し（図 1.2）、それが受容性の向上に寄与しているものの、(2) 人々の関心は自動運転車両の安全性そのものに焦点が移行することから、「自動運転システムを知ってもらう」ことによる受容性の向上は一時的なものに過ぎない可能性があること、本質的には自動運転の安全性能を向上させることが重要であることを指摘している。

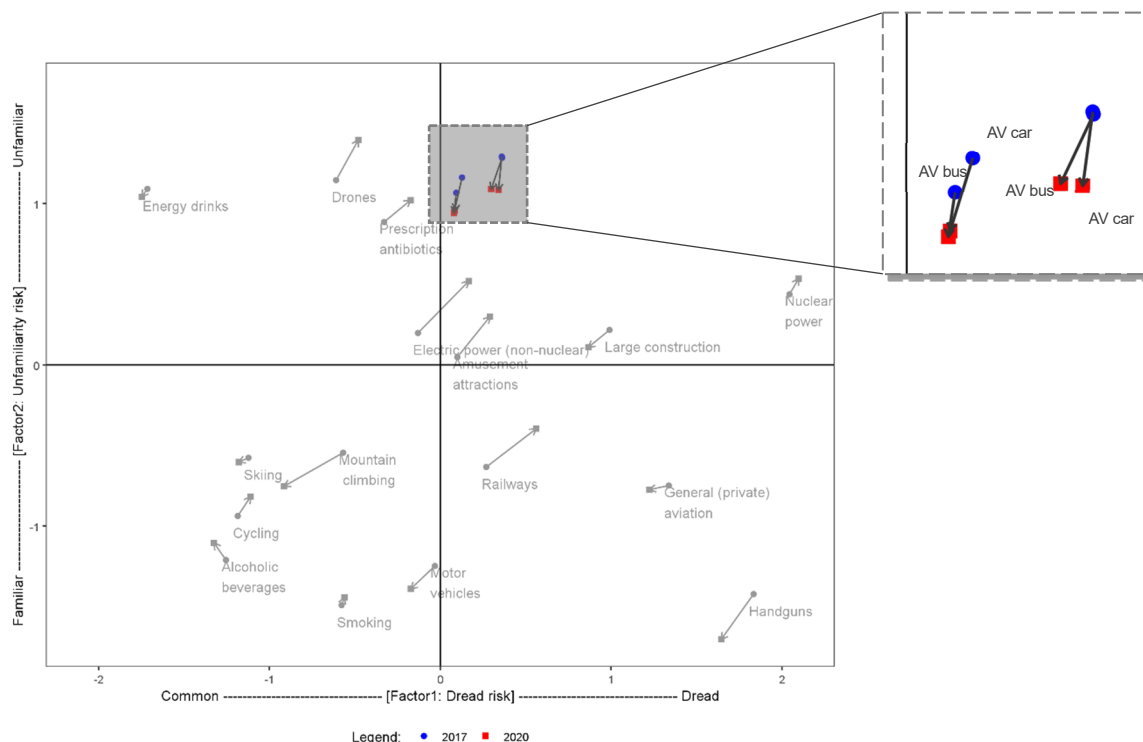


図 1.2 自動運転車両のリスク認知変化 (Hong et al., under review)

安全性を向上させる手段として、AV そのものの挙動を規定するアルゴリズムの改良に加え、インフラ側にもセンサーを埋め込み、それらの情報を用いて安全性を向上させる方法が考えられる。具体的には、AV が歩行者の多いエリアに侵入した場合には歩行者側にアラートを鳴らす／AV の速度を強制的に落とす、といった発想が考えられる。とりわけ共有スペースや信号機のない交差点、駐車場などの場面で AV を利用する場合、このようなリアルタイムの観測に基づく動的な制御を実装することが重要になってくる。従来の自動車であれば、信号機のない狭い道路や駐車場で自動車と遭遇した場合、ドライバーは目配せ、手振り、言葉によるコミュニケーションによって、自分の意思を明確に伝え、歩行者との交渉の合意に素早く到達することができる。しかし、AV にはこのような歩行者とのコミュニケーション能力がないため、安全上の問題、効率性の低下低さなど、様々な問題を引き起こす可能性が

高い。AV と歩行者のコミュニケーションを円滑にするためのセンサー類の実装とそれを適切に処理し安全上の問題を解決する手立てを講じる必要がある。

そこで本研究では、上記の「動的な道路マネジメント」に向けた第一歩として、広島大学・東広島キャンパス内を走行する自動運転シャトルが歩行者挙動に及ぼす影響を把握する。具体的には、キャンパス内の自動運転シャトル及び歩行者の動きを計測するためのカメラ・LiDAR 機器を設置し、得られたデータを用いて自動運転シャトルの影響を考慮した歩行者挙動モデルを構築する。また、モデル分析を通じて、自動運転車と通常的車に対する歩行者挙動の差異を定量的に明らかにし、自動運転車導入時における安全性担保に関する政策示唆を導出することを目指す。

2. 既往研究

2.1 歩行者行動のモデル化に関する既往研究

歩行者は、活動種類の選択、目的地の選択、経路の選択、次のステップの選択、歩行速度の選択など、様々な意思決定を行っている。Hoogendoorn and Bovy (2004)はこれらのステップを図 2.1 に示すように Strategic, Tactical, Operational の 3 つのレベルに分類・整理している。本研究では、Operational に着目した既往研究をレビューする。

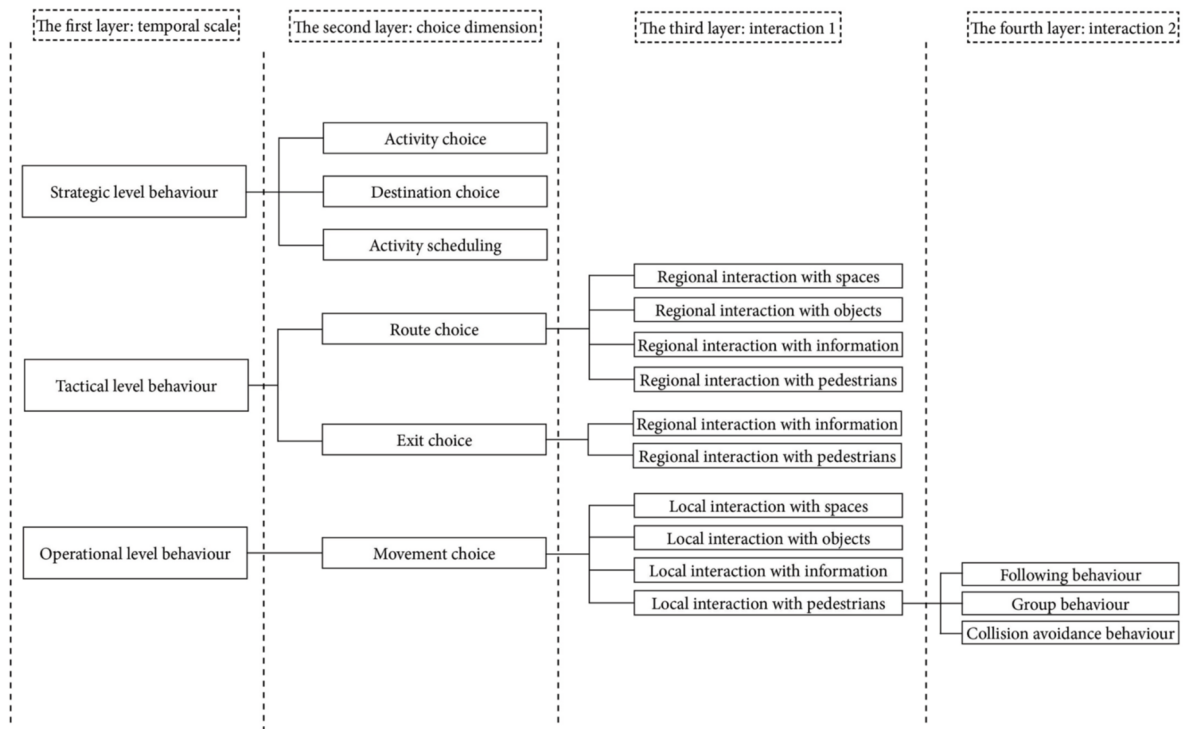


図 2.1 歩行者行動の分類 (Feng et al., 2021)

Antonini et al. (2006)は、角度と速度の組み合わせを選択肢とする離散選択モデルによる歩行者挙動のモデル化手法を提案している。また、提案モデルを用いたシミュレーションの枠組みを提案し、歩行者が街路空間上で相互に作用しながら移動する状況を可視化するとともに、施策実施に伴う挙動の変化をシミュレート可能としている。また実証分析を通じて、歩行者は現在の進行方向を維持する傾向があることを確認している。これは、Tactical level の意思決定が Operational level である歩行者のマイクロな挙動に影響を与えることを示唆する結果といえる。加えて、実証分析から、歩行者は混雑した場所を避ける傾向があることを確認

している。また Robin et al. (2009)は Antonini et al. (2006)の研究を更に拡張し、リーダー・フォロワーを通じた歩行者間の相互作用および衝突回避を通じた歩行者間の相互作用の双方を考慮したモデルを構築している。本研究では、Robin et al. (2009)に、車両との衝突回避を表現する項を加えたモデルを構築する。

2.2 AVが歩行者の挙動に及ぼす影響に関する既往研究

既に AV が歩行者の挙動に及ぼす影響に関する研究について幾つかの事例が存在する。例えば可児・浅野 (2020)は、バーチャルリアリティを用いて AV 接近時の歩行者横断実験を行い、AV が急停止しても多くの歩行者は AV に対して躊躇や脅威を感じず、被験者は AV を過度に信頼している可能性があるとしている。

Hulse et al. (2018)は、AV のリスク認知に関する調査を実施し、AV はややリスクの低い交通手段であると認識されているとしている。ただし、リスク認知についても立場や状況により影響が異なることも併せて確認されており、例えば、同乗者の場合はリスクが高い一方、歩行者はリスクを低く見積もる傾向にあることなどが併せて確認されている。

Howard and Dai (2014)は、カリフォルニア州バークレーでの調査を通じて、人々は、安全上の利点や駐車場を探す必要がない利便性に最も関心がある一方、責任問題、技術にかかる費用、車の制御を失うことを最も懸念していることを確認している。また、男性は、女性よりも責任の所在に関心があり、制御にはあまり関心がない傾向があること、所得が多い人ほど責任に不安を感じ、所得が少ない人ほど安全や制御に不安を感じる傾向があることなど、認識にも異質性があることを指摘している。

Gupta et al. (2019)は、車両と歩行者のどちらが先に横断するかという通行権交渉の問題に着目し、車両と歩行者の交渉モデルを明示的に組み込んだシミュレーションフレームワーク (図 2.2) を構築している。シミュレーション分析を通じて、歩行者の待ち時間を犠牲にしても交差点での車両の待ち時間を短縮するように運用することで交通の流れがスムーズになることを確認している。一方で、可児・浅野 (2020)が示すように、歩行者は自動運転車に対してリスクをとる行動をとる可能性が高いことから、歩行者の安全と交通流の円滑化の双方に配慮した運用が求められる。

以上簡単にレビューしたように、バーチャルリアリティやシミュレーションモデルといった仮想空間上において自動運転車と歩行者の相互作用を分析した研究は存在するものの、著者らの知る限り、実空間にて自動車と歩行者が相互に作用する状況を観測し、歩行者の衝突回避行動を分析した事例は存在しない。

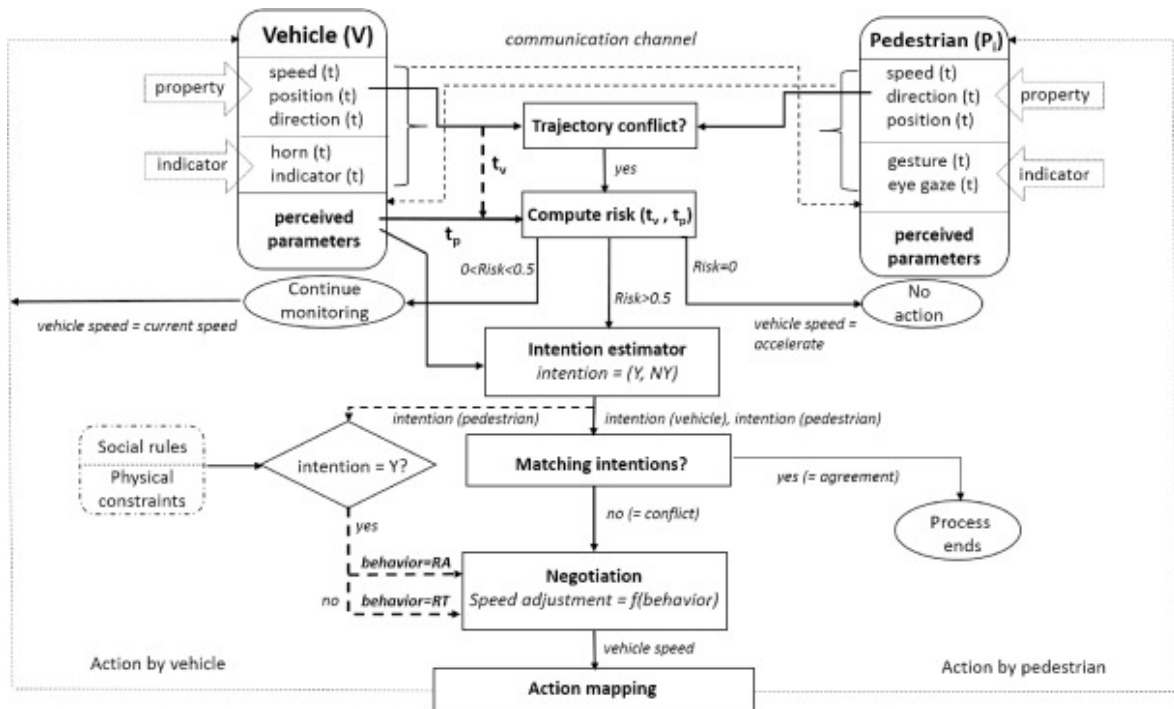


図 2.2 車両と歩行者の交渉のシミュレーションフレームワーク (Gupta et al., 2019)

3. 方法

3.1 モデルの概要

全章にて議論したように、Robin et al. (2009)は、歩行者の挙動を再現するモデルを提案した。本研究では、Robin et al. (2009)のアプローチをベースに、歩行者行動モデルに歩行者と車両の衝突を組み込む方法を提案する。具体的には、歩行者の衝突回避行動として歩行者との衝突と車両との衝突の2種類を考慮できるモデルに拡張する。

3.1.1 選択肢集合の設定

本研究では、歩行者と、MV（従来の自動車）ならびにAVとの潜在的な衝突を考慮したモデルを構築する。構築するモデルでは、歩行者は現在の速度と角度に基づき定義されるエリア内の空間を選択すると仮定する。その扇形は図3.1のように作成される。図3.1aは扇形を11個の円錐形に分割したものであり、図3.1bは速度を減速、一定、加速で分割し、以下のよう

- i. 減速（現在の速度の0.25倍から0.75倍）
- ii. 一定速度（現在の速度の0.75倍から1.25倍）
- iii. 加速（現在の速度の1.25倍から1.75倍）

以上の角度と速度の組み合わせから、図3.2に示すように合計33個の選択肢を作成した。

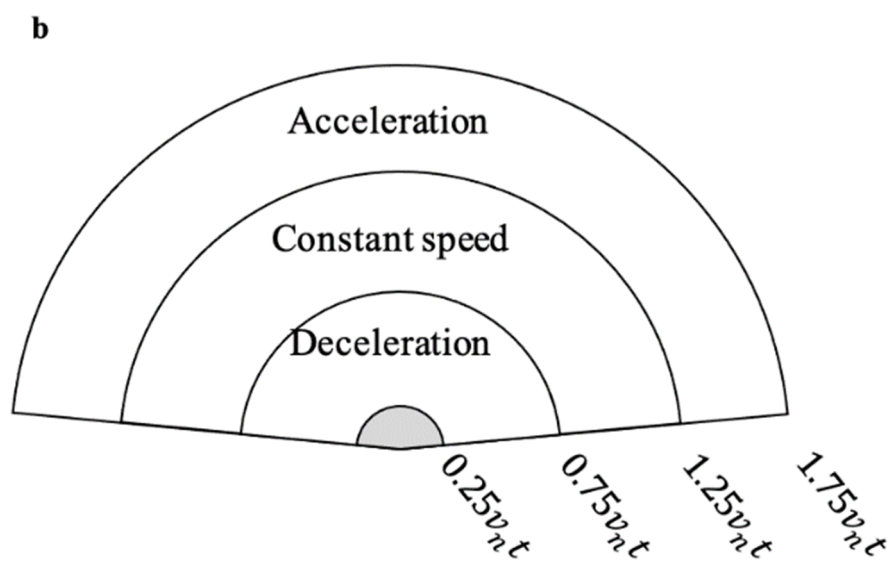
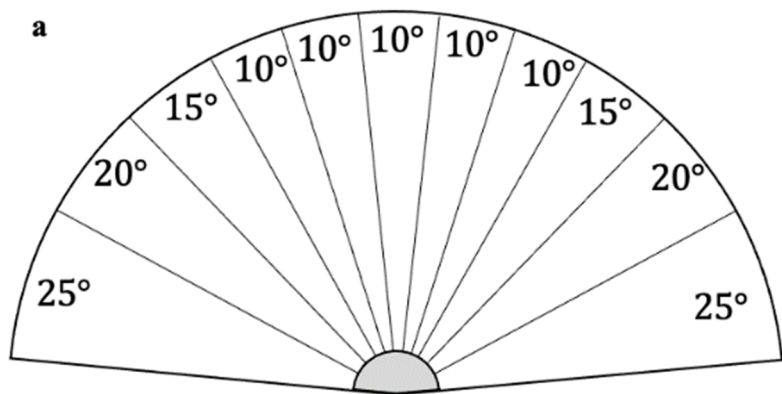


図 3.1 選択肢の (a) 角度に基づく分割、b) 速度に基づく分割

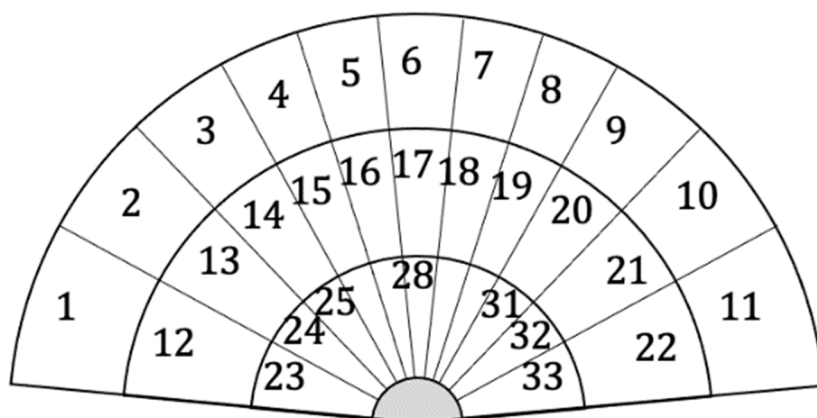


図 3.2 採用した選択肢集合

3.2. 説明変数の設定

以上にみたように、提案モデルでは、歩行者の挙動を角度と速度の変化により記述する。こうした角度・速度の意思決定に影響を与える要因として、式(1)に示す6種類の変数の影響を考慮する。なお、 $\beta, \lambda, \alpha, \rho, \gamma, \delta$ は推定すべき未知パラメータである。次節以降、各項の詳細を説明する。なお、自動車・自動運転車との衝突回避項以外は、原則、Robin et al. (2009)を踏襲している。

$$\begin{aligned}
 V_{vdn} = & \beta_{dir_{central}} dir_{dn} I_{d,central} + \beta_{dir_{ncentral}} dir_{dn} I_{d,ncentral} && \text{(直進性)} && (1) \\
 & + \beta_{ddist} ddist_{vdn} + \beta_{ddir} ddir_{vdn} && \text{(目的地指向性)} \\
 & + \beta_{dec} I_{v,dec} (v_n/v_{max})^{\lambda_{dec}} + && \text{(加速度)} \\
 & \beta_{acc} I_{v,acc} (v_n/v_{max})^{\lambda_{acc}} \\
 & + I_{v,acc} I_{d,acc}^L \alpha_{acc}^L D_L^{\rho_{acc}^L} \Delta v_L^{\gamma_{acc}^L} \Delta \theta_L^{\delta_{acc}^L} && \text{(リーダーフォロワー)} \\
 & + I_{v,dec} I_{d,acc}^L \alpha_{dec}^L D_L^{\rho_{dec}^L} \Delta v_L^{\gamma_{dec}^L} \Delta \theta_L^{\delta_{dec}^L} \\
 & + I_{d,CP} \alpha_{CP} e^{\rho_{CP} D_{CP}} \Delta v_C^{\gamma_{CP}} \Delta \theta_{CP}^{\delta_{CP}} && \text{(衝突回避)} \\
 & + I_{d,Car}^C \beta_{car} I_{d,Car}^D \\
 & + I_{d,hiro}^C \beta_{hiro} I_{d,hiro}^D \\
 & + I_{j,ped} \beta_{density} && \text{(密度)}
 \end{aligned}$$

3.2.1 直進性

通常歩行者は、現在の進行方向を維持しようとする傾向にある（不要なジグザク行動は行わない）と考えられる。角度が10°のコーンは、中心を示す指標 $I_{d,central}$ で表され、角度が15°、20°、25°の円錐体は、中心でないことを示す指標 $I_{d,ncentral}$ で表される。

$$\beta_{dir_{central}} dir_{dn} I_{d,central} + \beta_{dir_{ncentral}} dir_{dn} I_{d,ncentral} \quad (2)$$

ここで指標 dir_{dn} は、図3.3に示されるように方向 d と現在の方向 d_n との間の角度（度数）である。

3.2.2 目的地指向性

目的地指向性は、目的地との方向（目的地との距離を最小限にする方向）に向かう傾向を表す。具体的には以下の式で表現する。

$$\beta_{ddist} ddist_{vdn} + \beta_{ddir} ddir_{vdn} \quad (3)$$

ここで $ddist_{vdn}$ は目的地から選択肢の中心までの距離を表し、 c_{vdn} と $ddir_{vdn}$ は、図 3.3 に示すように、目的地と選択肢の方向 d の間の角度（度）として定義される。

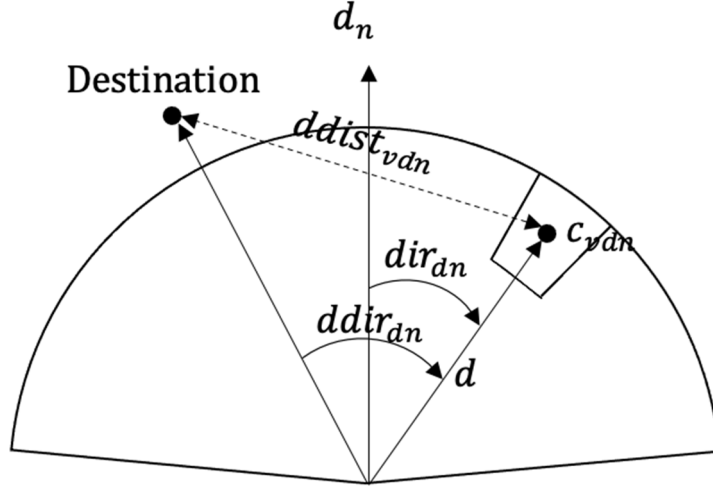


図 3.3 直進性と目的地指向性に関する概要図

3.2.3 加速度

加速度の項は、個人が望ましいと感じる速度で歩く傾向を表現する。具体的には、速度の影響は現在の速度に比例すると仮定し、以下のように定式化する。

$$\beta_{dec} I_{v,dec}(v_n/v_{max})^{\lambda_{dec}} + \beta_{acc} I_{v,acc}(v_n/v_{max})^{\lambda_{acc}} \quad (4)$$

ここで、 $I_{v,acc}$ は加速の場合 1、そうでない場合 0、 $I_{v,dec}$ は減速の場合 1、そうでない場合 0 をとる指示関数であり、第一項は減速に対応し、第二項は加速に対応する。観測されたデータから、最高速度 v_{max} は 5.98m/s と定義する。

3.2.4 リーダーフォロワー

リーダーフォロワーの項は、混雑状況下をスムーズに通過するために、前方の歩行者をリーダーとし、リーダーを追従する行動を表現する。11 個の円錐の半径の 5 倍に拡大した範囲内でリーダーがいるかどうかを確認すると仮定し ($D_{th} = 5D_{max}$)、リーダーフォロワー行動を以下のように定式化する。

$$I_{v,acc} I_{d,acc}^L \alpha_{acc}^L D_L^{\rho_{acc}^L} \Delta v_L^{\gamma_{acc}^L} \Delta \theta_L^{\delta_{acc}^L} + I_{v,dec} I_{d,acc}^L \alpha_{dec}^L D_L^{\rho_{dec}^L} \Delta v_L^{\gamma_{dec}^L} \Delta \theta_L^{\delta_{dec}^L} \quad (5)$$

ここで D_{max} は、円錐の半径である。それぞれの円錐には、潜在的なリーダーのセットがあり、以下の基準に基づいて潜在的なリーダーが選ばれる：

- i. $d_l < d_k \leq d_r$
- ii. $D_L < D_{th}$
- iii. $|\Delta\theta_L| \leq 10^\circ$

ここで、選択肢のセット内で（関心領域を定義する）の円錐の囲む左右の方向はそれぞれ d_l と d_r であり、 d_k は歩行者 k の位置を示す方向である。 $\Delta\theta_k$ は、 k が位置する円錐を特定する方向 θ_d と、リーダーの角度 θ_l の差を表す。 $I_{v,acc}$ と $I_{v,dec}$ は前節に定義したとおりである。 $I_{d,acc}^l$ は、リーダーの速度が意思決定者の現在の速度 v_n より高い場合 1, そうでない場合 0 をとる指示関数、 $I_{d,dec}^l$ は、リーダーの速度が意思決定者の現在の速度より低い場合 1, そうでない場合 0 をとる指示関数である。 D_L は、意思決定者とリーダーとの距離であり、 ΔV_L は、意思決定者とリーダーの速度差を表す($\Delta v_L = |v_L - v_n|$)。 $\Delta\theta_L = |\theta_l - \theta_d|$ は、リーダーの角度 θ_l と、 k が位置する円錐を特定する方向 θ_d の差を表す。潜在的なリーダーの中で意思決定者に最も近い潜在的なリーダーをリーダーに選ばれる。

図 3.4 にリーダーフォロワーの概念図を示す。灰色の点は潜在的なリーダーを、黒点は意思決定者のためのリーダーを表す。なお、データ数が少ないこと、リーダーフォロワーの状況が生じるほどに密度の高い歩行者行動はほとんど観測できなかったことから、分析からリーダーフォロワー項は削除した。

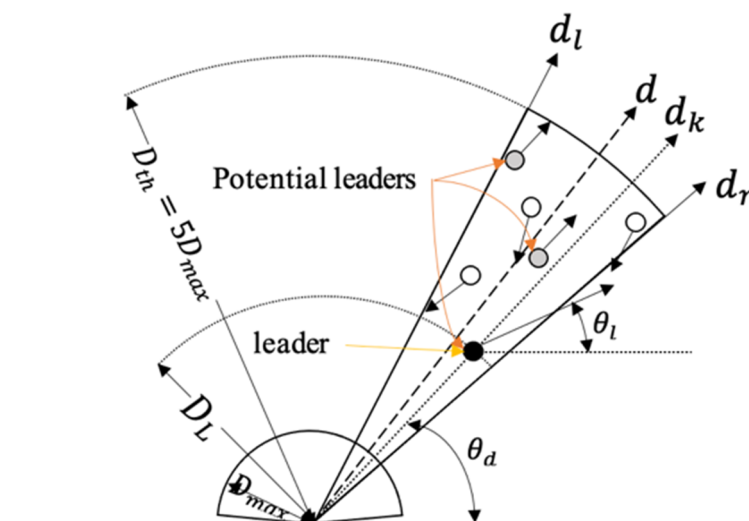


図. 3.4 リーダーフォロワーに関する概要図

3.2.5 衝突回避（歩行者）

本研究では、衝突回避を i) 歩行者との衝突、ii) 車両との衝突の 2 種類を考える。

$$I_{d,CP} \alpha_{CP} e^{\rho_{CP} D_{CP}} \Delta v_C^{Y_{CP}} \Delta \theta_{CP}^{\delta_{CP}} \quad (6)$$

歩行者との衝突に関しては、図 3.1a のような 11 個の円錐を半径の 15 倍まで拡大し ($D_{th}' = 15D_{max}$)、その範囲内で以下の条件を満たす歩行者を潜在的な衝突者として選択する。それぞれの円錐には、潜在的な衝突者のセットがあり、基準に基づいて潜在的な衝突者が選ばれる：

- i. $d_l < d_k \leq d_r$
- ii. $D_L < D_{th}'$
- iii. $90^\circ \leq |\Delta \theta_k| \leq 180^\circ$

ここで、 D_k は個人 k と選択肢の中心との差、 $\Delta \theta_k (= \theta_k - \theta_{dn})$ は個人 k の移動方向 θ_k と θ_{dn} の差である。距離の閾値は、 $D_{th}' = 15D_{max}$ とした。衝突回避の場合、意思決定者は遠方の歩行者も考慮して行動する可能性があることから、リーダーフォロワーモデルよりも大きな閾値を用いた。 I_{dcp} は衝突者の存在に関する指標変数であり、 $\Delta v_C (= v_C + v_n)$ は、 v_C 衝突者の速度 v_C と意思決定者の速度 v_n の和である。 $\Delta \theta_{CP}$ は、衝突者の方向 θ_C と意思決定者の方向 θ_{dn} の差を表す。潜在的な衝突者の中で意思決定者に最も近い潜在的な衝突者を衝突者を選ばれる。図 3.5 は、衝突回避の概念を示しており、灰色の点は潜在的な衝突者を表し、黒色の点は選ばれた衝突者を意味する。

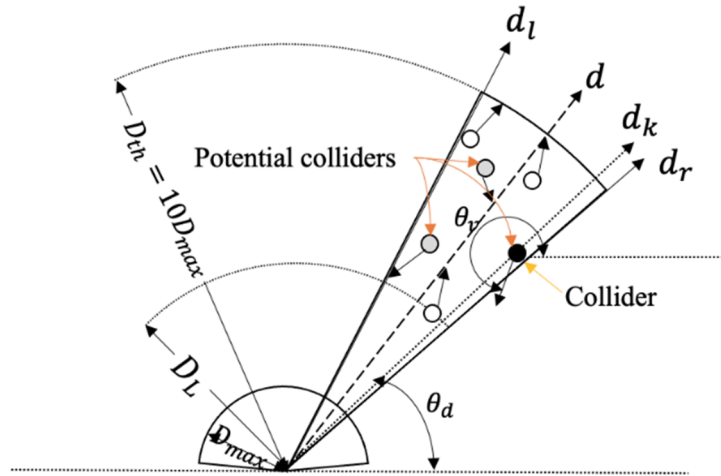


図 3.5 他の歩行者との衝突回避の概念図

3.2.6 衝突回避（車両）

図 3.6 に車両との衝突回避の概念図を示す。 h は車両を示す。本研究では、歩行者は移動体は等速直線運動するし、その予測到達地点 SPL を推論し意思決定を行う仮定する。図中の灰色の領域は車両との衝突可能性のない選択肢、それ以外は車両との衝突可能性のある選択肢である。

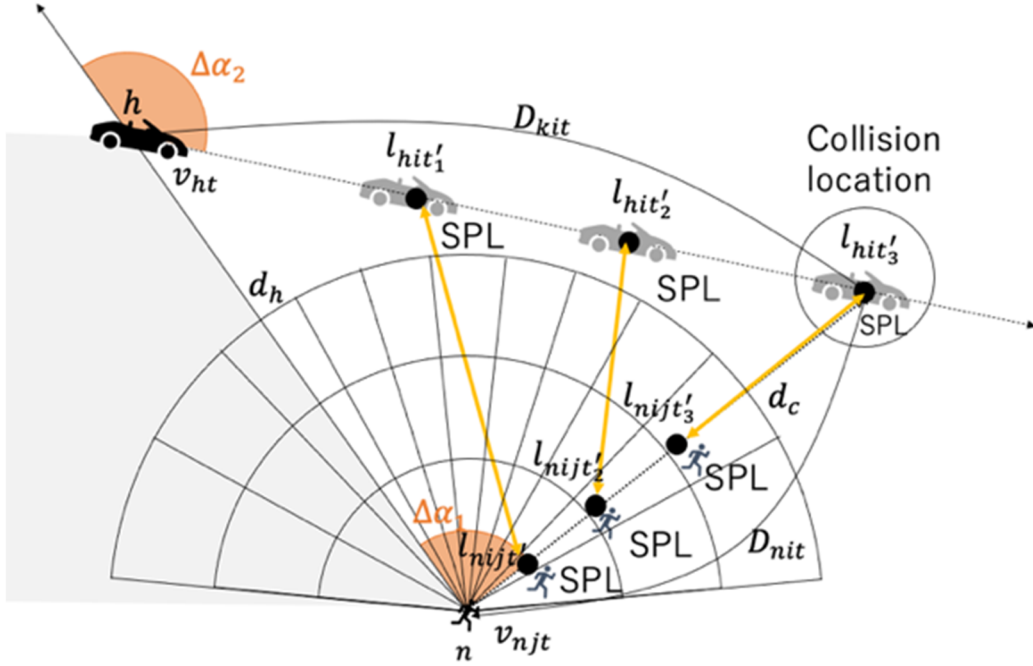


図 3.6 車両との衝突回避に関する概要図

本研究では、車両との衝突を以下の式により表現する。

$$I_{d,car}^C \beta_{car} I_{d,car}^D + I_{d,hiro}^C \beta_{hiro} I_{d,hiro}^D \quad (7)$$

ただし、第一項は従来の自動車との衝突を、第二項は自動運転車両との衝突を表現した項である。また、 $I_{d,car}^D$ 及び $I_{d,hiro}^D$ は以下とおり定義される指示関数である：

$$I_d^D = \begin{cases} 1 & \text{if } 0^\circ \leq |\Delta\alpha_1 - \Delta\alpha_2| \leq 90^\circ \text{ and } |\Delta\alpha_2| \geq 90^\circ \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases}$$

ここで、 $\Delta\alpha_1$ は、意思決定者と車両を結ぶ線 d_h と、意思決定者と各選択肢を結ぶ線 d_c との間

の角度である。一方、 $\Delta\alpha_2$ は、意思決定者と車両を結ぶ線 d_h と車両の方向との間の角度である。

衝突可能位置は、各選択肢 j に対する車両の方向と意思決定者の方向 i との交点によって決定され、車両及び意思決定者が衝突可能位置に到着するまでの時間が算出される。車両が衝突可能な場所に到着するまでの到着時間 T_{hit} は、以下のように計算される

$$T_{hit} = d_{hit}/v_{ht} \quad (8)$$

意思決定者が衝突の可能性のある場所に到着する到着時間 T_{njt} は、次のように計算される

$$T_{njt} = d_{nit}/v_{nt} \quad (9)$$

ここで、 d_{hit} は車両の現在位置から衝突位置までの距離、 d_{nit} は意思決定者の現在位置から衝突位置までの距離である。一方、 v_{ht} は車両の現在速度であり、 v_{nt} は決定者の現在速度である。

衝突時刻 T_C は、車両と意思決定者が衝突地点に到着するまでの最短時間によって選択される。

$$T_C = \min\{T_{hit}, T_{njt}\} \quad (10)$$

衝突地点は、車両と意思決定者がほぼ同時に同じ地点に到着したときと考えられる。そして、 T_C における意思決定者と車両との最小距離 D_{min} は、以下のように計算される。

$$D_{min} = \min\{dist(l_{hit'}, l_{njt'}), t \leq t' \leq t + T_C\} \quad (11)$$

ここで、 t' は車両と意思決定者が衝突地点に到着するまでの時間、 $l_{hit'}$ は T_C における車両の位置、 $l_{njt'}$ は T_C における決定者の位置である。可能な衝突は、条件を満たすに基づいて選択される：

- i. 20 秒以内で発生する
- ii. 30m 以内である

$I_{d,car}^C$ と $I_{d,hiro}^C$ は、それぞれ車両と HIROMOBI との衝突の可能性の有無の指示関数である。

3.2.7 密度

密度は、混雑した場所を避ける個人の傾向として説明することができる。歩行者は意思決定者にとって障害物であると見なされる。

$$I_{j,ped}\beta^{density} \quad (12)$$

$I_{j,ped}$ は、各選択肢における歩行者の存在を表す指示関数である。

4. データ

4.1 広島大学学内自動運転シャトル HIROMOBI 概要

図 4.1 に HIROMOBI の諸元を示す。車両は 10 個のセンサー（LiDAR 及び RADAR）と 7 個のカメラから得られるデータに基づき自己位置の推定ならびに走行の意思決定を行うもので、ミシガン大学発のスタートアップ May Mobility が開発したアルゴリズムが実装されている車両を用いている。

走行ルートをもとに10個のセンサーと、7個のカメラで360度周囲の状況を認識
周囲の歩行者や車両の行動を予測しながら19km/h以下の速度で走行



LIDAR（ライダー）：レーザー光を照射し、物体に当たって跳ね返ってくるまでの時間を計測し、物体までの距離や方向を測定します
RADAR（レーダー）：電波を発射して物体にあたって跳ね返ってくるまでの時間を計測し、物体の距離を測定します
カメラ：障害物が人間なのか、映像を解析して判断するために使用します

**自動運転車両には、プロのバス、タクシードライバーが乗車しています。
緊急の際には、ドライバーが運転を行います**

(参考)バス車両 POLARIS GEM E6諸元値

車両重量	769kg	原動機	48V交流電動機
車両総重量	1,361kg	出力	6.5kw
乗車定員	6名	最高速度	本実証実験では19km/hに制限
最小回転半径	6.71m	駆動方式	前輪駆動（ダイレクトモータードライブ方式）
全長	4,240mm	最大航続距離	45km（電解液式バッテリー）～108km（リチウムイオンバッテリー）
全幅	1,410mm	ブレーキ	油圧式ディスク
全高	1,854mm	サイドブレーキ	手動式ブレーキ
ホイールベース	3.4m	懸架方式（前）	マクファーソン式ストラット
最低地上高	200mm	懸架方式（後）	トレーリングアーム式独立懸架
タイヤ（前後）	155/80R13		

図 4.1 HIROMOBI の諸元（ソース：広島大学 HP）

実証実験は、2021年3月15日～広島大学構内で行われた。図4.2に運行概要を示す。原則、決められた時刻に決められたルートを通る自動運転シャトルサービスである。

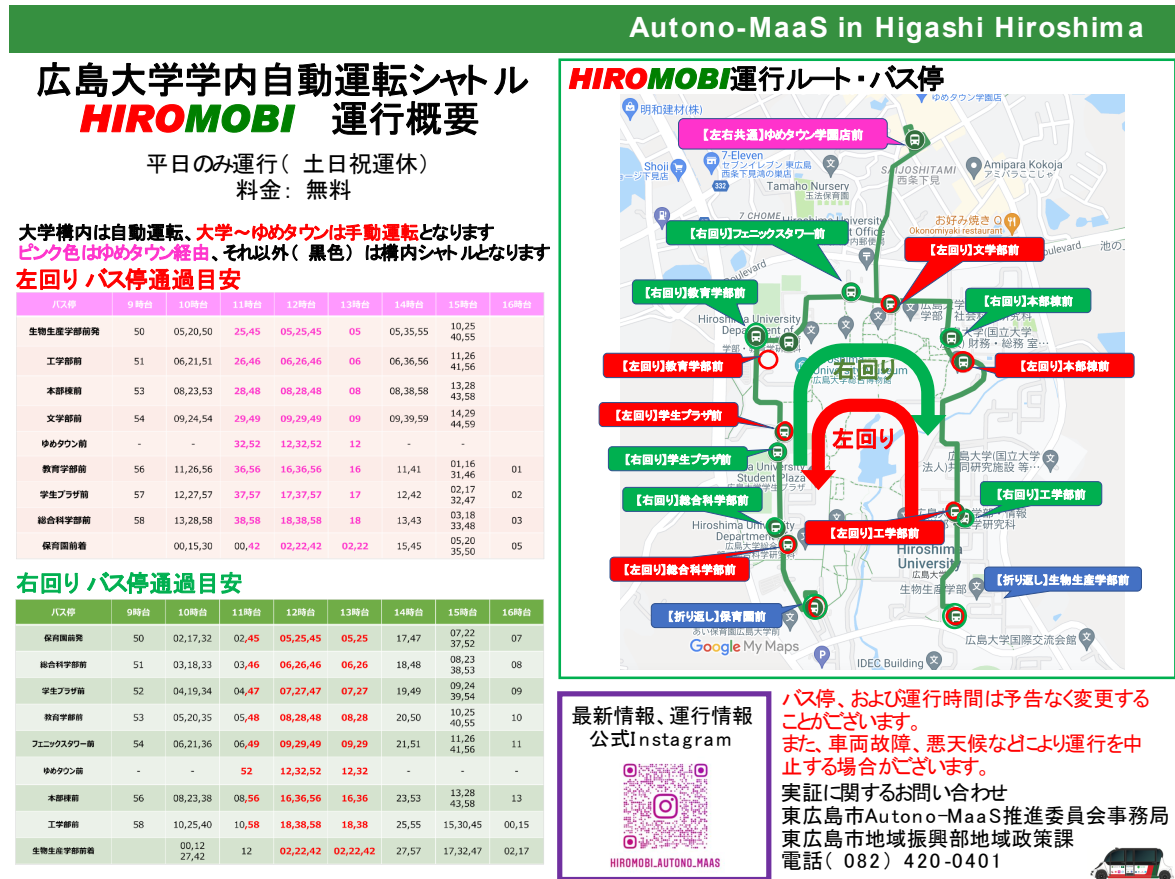


図4.2 HIROMOBI 運行概要（ソース：広島大学 HP）

4.2 ビデオ・LiDAR 調査概要

自動運転車「HIROMOBI」が運行している期間に図4.3に示すポイントからカメラ及びLiDARを用いて観測調査を実施した。歩行者が自動運転シャトルと交錯するポイントであることから、観測対象エリアを選定した。図4.4にLiDARの諸元を、図4.5に機器設置場面を、図4.6にビデオ画面のキャプチャ画面を示す。図4.6より確認できるように、観測対象エリアは歩行者と自動車/自動運転シャトルのみならず、自転車とも交錯するエリアであるが、本研究では自転車との衝突回避については分析対象外とした。

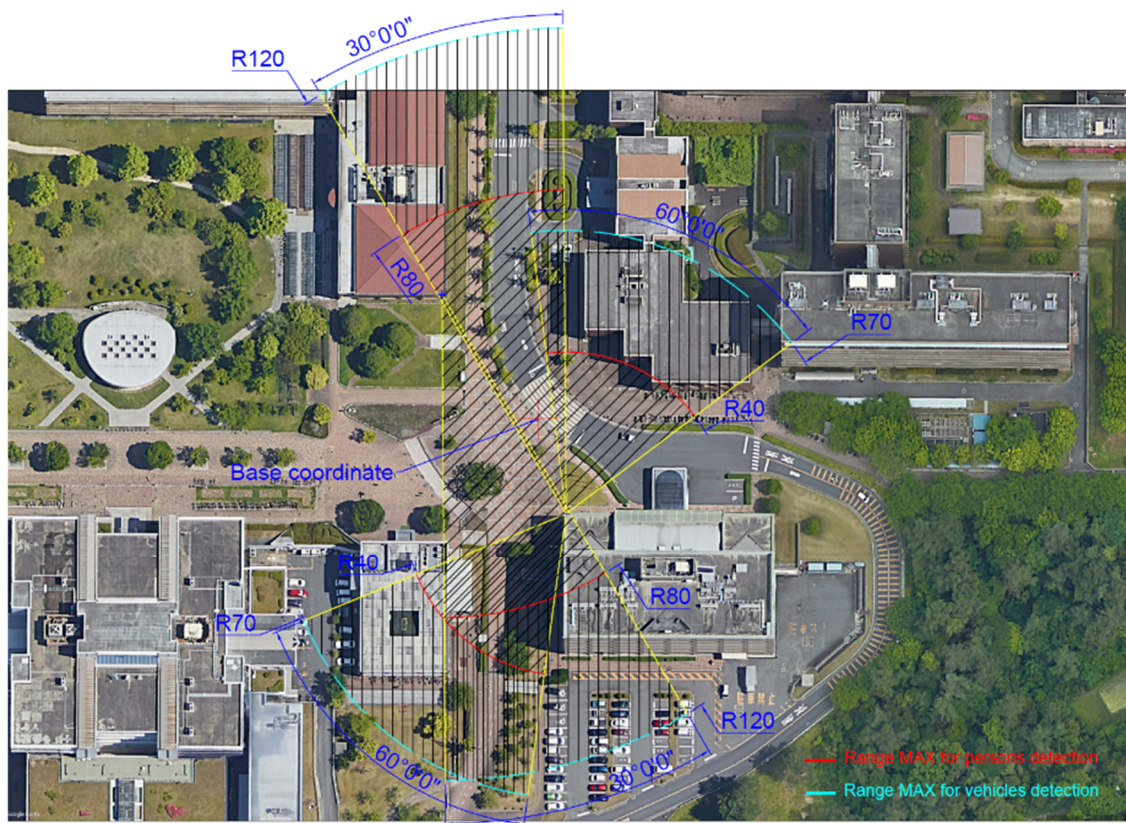
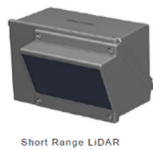


図 4.3 観測対象エリア

- 動作姿勢：水平設置



Short Range LiDAR



Medium Range LiDAR

項目	単位	Short Range	Medium Range	備考
検出距離（最長）	m	人物 40m 車両 70m	人物 80m 車両 120m	※1
検出距離（最短）	m	2.0	2.0	※1
FOV（水平）	deg	60	30	※2
FOV（垂直）	deg	30	15	※2
h Angle Resolution	deg	0.8	0.4	
v Angle Resolution	deg	0.4	0.2	
フレームレート	Hz	24	24	平均値※3
スキャナボックス外形（W*D*H）	mm	129.5*110.6*88.6	129.5*205.2*88.6	コネクタ除く
スキャナボックス重量	kg	860g	1190g	
測定方法	-	パルスTOF方式		
通信規格	-	Ethernet		
レーザー安全クラス	-	Class1相当		
防塵・防水	-	IP67		IEC60529
電源電圧	V	10~16		
定常消費電力	W	12	11	※4
最大消費電力	W	30	18	※5

図 4.4 設置した Pioneer 製 LiDAR の諸元



図 4.5 機器設置場面



図 4.6 ビデオ画面のキャプチャ画面

4.3 ビデオデータ処理

本研究では、収集したデータのうち、カメラデータを用いて解析を進める。まず、python yolov5-deepsort を用いて物体検知を行った（図 4.7）。次に、検知した物体の位置を特定するため、バウンディングボックスの中央下端を滞在ポイントとして、ピクセル座標から緯度経度座標への座標変換を行った。元動画は 30fps であったが、解析時には 0.5s 毎に時間解像度を落として分析を実施した。



図 4.7 物体検知 (python yolov5-deepsort)

図 4.8 に選択結果を、図 4.9 に方向別・速度別の集計結果を示す。図より、選択肢 15 から 19 の割合が高く、その中でも選択肢 17 が最も高い割合である。このことから、個人は真っ直ぐに一定の速度で歩行する傾向にあることがわかる。

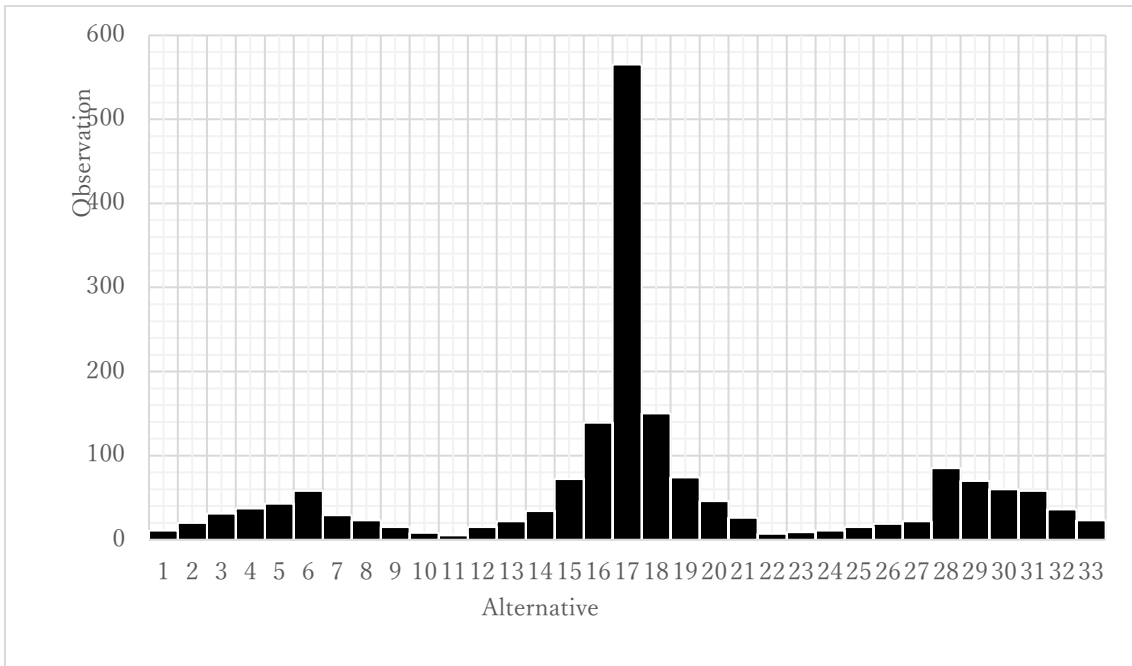


图 4.8 選択結果

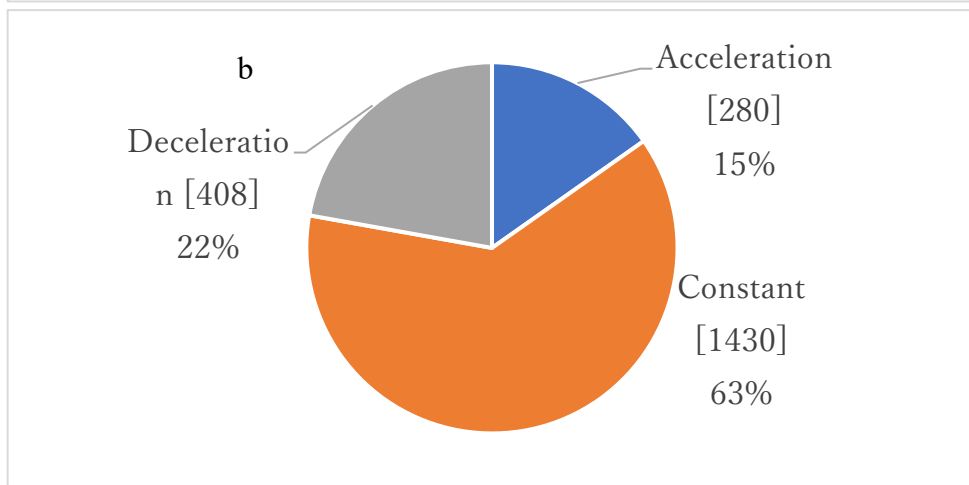
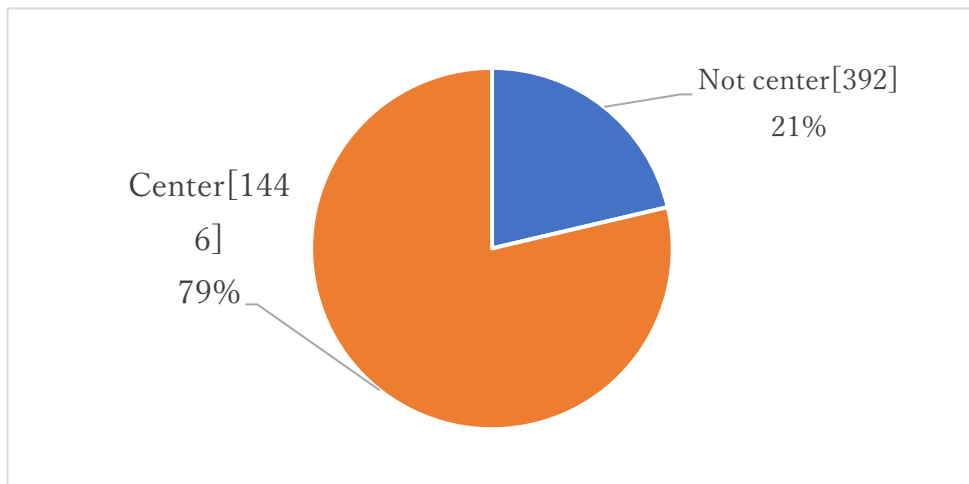


图 4.9 選択結果 (角度・速度別集計)

5. 結果

表 5.2 に多項ロジットモデル (MNL) を用いた推定結果を、表 5.2 にクロスネストロジットモデル (CNL) を用いた推定結果を示す。

μ_{dec} 、 μ_{const} 、 μ_{cent} 、 μ_{ncent} はそれぞれ減速ネスト、一定速度ネスト、中心ネスト、非中心ネストを表す。なお、加速ネストに関連するパラメータ μ_{acc} は、データ不足のため 1 に固定した。CNL を採用することにより最終対数尤度が大きく改善することから、選択肢間に一定の相関があることが確認された。

前章の集計結果から、方向を表すパラメータ $\beta_{dir_{central}}$ 、 $\beta_{dir_{ncentral}}$ については、それぞれ正、負であることが期待される。しかしながら、MNL、CNL いずれのモデルにおいても優位とはならなかった。一方、 β_{addir} と β_{adist} の係数はいずれも負であり、一部有意となった。これは、歩行者が、目的地に向かう最短経路から逸脱することを嫌う傾向にあることを示している。以上より、集計結果より真っ直ぐに進む傾向が見られたのは、目的地に真っ直ぐに向かうことを志向することに起因するものであると推察される。

減速の傾向を表す β_{dec} は MNL モデル、CNL モデルともに負、 λ_{dec} は正の値をとることから、歩行速度が早ければ早いほど減速しない結果となった。また、加速の傾向を表す β_{acc} は MNL では正、CNL では負、 λ_{acc} は両モデルとも負となった。以上の減速・加速の推定結果は直感に反するものであり、今後、モデル構造の改良等を進める必要がある。

密度のパラメータ β_{ped} は負の値をとることから、意思決定者は前方の歩行者を避ける傾向があることが確認された。

また、車両との衝突に関するパラメータに着目すると、MNL、CNL 双方とも β_{car} は負で有意であるのに対し、 β_{hiro} 両モデルで有意ではないことが確認できる。このことは、従来の自動車が接近している場合、自動車との衝突を回避する選択肢を選ぶ傾向にある一方、自動運転車の接近に対しては特にそのような回避行動をとらないことを示唆している。言い換えると、歩行者が自動運転車の方が従来の自動車に比べて安全と認識・判断している可能性がある。この原因として、(1) 自動運転車は歩行者が近づくと停止する可能性が高く、特に避ける必要がない、(2) 自動運転車の方が従来の自動車よりも低速 (HIROMOBI の速度が約 15km/h) でアプローチしてくる傾向にあるため安全と感じる、といった可能性が考えられる。

表 5.1 MNL の結果

Variable name	Coefficient estimate	t value	Pr(>t)
$\beta_{dir_{central}}$	9.5×10^{-4}	0.229	8.2×10^{-1}
$\beta_{dir_{ncentral}}$	-1.0×10^{-3}	-0.744	4.6×10^{-1}
β_{ddist}	-4.0×10^{-2}	-13.95**	2.0×10^{-16}
β_{ddir}	-1.4×10^{-3}	-1.48	1.4×10^{-1}
β_{dec}	-1.20	-1.77 ^x	7.7×10^{-2}
β_{acc}	1.3×10^{-2}	0.837	4.0×10^{-1}
λ_{dec}	2.22	2.58**	9.9×10^{-3}
λ_{acc}	-9.8×10^{-1}	-3.56**	3.7×10^{-4}
β_{ped}	-6.0×10^{-1}	-1.05	3.0×10^{-1}
β_{car}	-7.97	-6.67**	2.6×10^{-11}
β_{hiro}	-6.0×10^{-2}	-0.10	9.2×10^{-1}

Sample size = **1838**

Number of estimated parameters = **11**

Initial log-likelihood = **-6426.58**

Final log-likelihood = **-6301.27**

$\bar{\rho}^2 = \mathbf{0.018}$

表 5.2 CNL の結果

Variable name	Coefficient estimate	t value	Pr(>t)
$\beta_{dir_{central}}$	-5.4×10^{-4}	-0.052	9.5×10^{-1}
$\beta_{dir_{ncentral}}$	-2.6×10^{-3}	-0.781	4.3×10^{-1}
β_{ddist}	-6.8×10^{-2}	-3.07*	2.1×10^{-3}
β_{ddir}	-3.1×10^{-3}	-1.22	2.2×10^{-1}
β_{dec}	-3.83	-1.64	1.0×10^{-1}
β_{acc}	-3.4×10^{-2}	2.35*	1.9×10^{-2}
λ_{dec}	3.07	0.667	5.1×10^{-1}
λ_{acc}	-8.9×10^{-1}	-2.55*	1.1×10^{-2}
β_{ped}	-7.1×10^{-1}	-0.528	6.0×10^{-1}
β_{car}	-1.1×10^{-1}	-2.35*	1.9×10^{-2}
β_{hiro}	1.24	0.878	3.8×10^{-1}
μ_{dec}	2.14	2.62**	8.9×10^{-3}
μ_{const}	2.90	3.45**	5.5×10^{-4}
μ_{cent}	2.63	3.50**	4.7×10^{-4}
μ_{ncent}	1.96	2.66**	7.7×10^{-3}

Sample size = **1838**

Number of estimated parameters = **11**

Initial log-likelihood = **-6426.58**

Final log-likelihood = **-5811.55**

$\bar{\rho}^2 = \mathbf{0.094}$

6. 結論

本研究では、自動運転車（AV）が接近してきた際の歩行者の挙動を解析した。広島大学構内にて自動運転シャトルが走行している機会を捉え、ビデオカメラデータの解析を通じて実空間上における衝突回避行動を解析した点に特徴がある。この原因として、(1) 自動運転車は歩行者が近づくと停止する可能性が高く、特に避ける必要がない、(2) 自動運転車の方が従来の自動車よりも低速（HIROMOBI の速度が約 15km/h）でアプローチしてくる傾向にあるため安全と感じる、といった可能性が考えられる。従来の自動車の場合、運転者の行動を予測することが困難であった一方、AV は一定のパターンで挙動するため歩行者側がその挙動を読みやすい可能性もある。以上のいずれの原因が妥当であるかは今後更なる研究を重ねる必要があるが、以上の結果は、例えば自動運転車両と歩行者が混在する空間を設計する文脈等で重要な知見と思われる。

一方、本研究において推定したモデルは、一部結果の解釈が困難であった。その原因の一つとして、データの不十分さが挙げられる。パンデミックの影響により、衝突可能性ある状況を十分に録画できなかつたため、少ないサンプルサイズでの解析にとどまった。今後、標本数を増やして再度分析をするなど、対応が必要である。また、本研究で使用した考え方は、すべての横断歩道に適用できるわけではない点にも注意が必要である。今後、知見の一般化を図るためには、大学生と高齢者の自動運転に対する反応の差異、シェアードスペースのような車両と歩行者の混在空間における歩行者挙動の観測等を行い、追加分析を行う必要がある。

長期的には、自動運転車をはじめとする新たなモビリティサービスの存在を前提とした街路空間の運用に向けた研究の推進が求められる（図 6.1）。第一に、自動運転車、歩行者挙動の観測結果をもとに街路空間をマネジメントしていくためには、ビデオカメラをはじめとした種々のセンサーを街路空間に配置していく必要がある。具体的には、歩行者密度が高いエリアにおいては自動運転車の速度を低下させるなど、動的に街路空間の利用方針を運用する等の方策が考えられるが、このような運用を実現するためには、街路空間の状態を常時モニタリングするセンサーの最適配置について検討する必要がある。また、本研究では歩行者行動を再現するにとどまったが、街路空間の動的運用を実現するためには、もう一步踏み込み、自動運転車との衝突可能性が歩行者の余剰をどの程度低下させるか等の評価指標を算出する枠組みを確立させることが求められる。以上のようなデータ、モデル、評価の一連の枠組みを整えることにより、街路空間の最適制御マネジメントが可能になるものと考えられる。



図 6.1 街路インフラのスマート化に向けた研究課題

参考文献

- 1) Antonini, G., Bierlaire, M., Weber, M. : Discrete choice models of pedestrian walking behavior, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 40, Pt. 8, pp. 667-687, 2006.
- 2) Basu, N., Haque, M.M., King, M., Kamruzzaman, M., Oviedo-Trespalacios, O. (2022) A systematic review of the factors associated with pedestrian route choice. *Transport Reviews* 42, 672-694.
- 3) Feng, Y., Duives, D., Daamen, W., Hoogendoorn, S. (2021) Data collection methods for studying pedestrian behaviour: A systematic review. *Building and Environment* 187, 107329.
- 4) Gupta, S., Vasardani, M., Lohani, B. and Winter, S., 2019. Pedestrian's risk-based negotiation model for self-driving vehicles to get the right of way. *Accident Analysis & Prevention*, 124, pp.163-173.
- 5) Hoogendoorn, S.P., Bovy P.H.L. (2004) Pedestrian route-choice and activity scheduling theory and models, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 38, 169-190.
- 6) Howard, D. and Dai, D., 2014. Public perceptions of self-driving cars: The case of Berkeley, California. In *Transportation research board 93rd annual meeting*. Washington, DC
- 7) Lynn M. Hulse, Hui Xie: Edwin R. Galea, Perceptions of autonomous vehicles: Relationships with road users, risk, gender and age, *Safety Science*, Vol. 102, pp. 1-13, 2018.
- 8) Nguyen, T.A.H., Chikaraishi, M., Fujiwara, A., Do, C.X., Khan, D.: Exploring temporal changes in risk perceptions and public acceptability of autonomous vehicles between 2017 and 2020: A case study in Hiroshima, Japan, submitted to *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* (under review).
- 9) Robin, T., Antonini, G., Bierlaire, M., Cruz J.: Specification, estimation and validation of a pedestrian walking behavior model, *Transportation Research Part B, Methodological*, Vol. 43, Pt. 1, pp. 36-56, 2009.
- 10) 可児 匠, 井料 美帆 :自動運転車の挙動と回避性能が歩行者の横断判断に与える影響分析, *交通工学論文集*, Vol. 6, Pt. 2, pp. 87-96, 2020.

付録

「歩行空間における自動運転シャトル走行の安全性評価」プライバシーポリシー

「歩行空間における自動運転シャトル走行の安全性評価」

プライバシーポリシー

(English follows Japanese)

広島大学交通工学研究室

第1条： プライバシーポリシーの目的

本プライバシーポリシーは、観測実施場所（広島大学東広島キャンパス内本部棟付近）において実施する「歩行空間における自動運転シャトル走行の安全性評価」のための研究に関して、実施主体である広島大学交通工学研究室が遵守する事項を定めることにより、被撮影者のプライバシー等の権利及び法律上の利益を保護することを目的とします。

第2条： 定義

本プライバシーポリシーにおける用語の定義は、本条次項以降に定めるものを除き、個人情報保護法をはじめとする関連法令の定めるところによります。

1. 本プライバシーポリシーにおいて「撮影データ」とは、本研究においてカメラより撮影された特定個人を識別できる画像データのことを指します。
2. 本プライバシーポリシーにおいて「属性データ」とは、LiDARにより観測された対象物までの距離情報、及び、撮影データから被撮影者の性別、年代、体格等の属性を抽出したデータであって、特定の個人を識別できないデータのことを指します。

第3条： 本研究によって取得するデータ

本研究では、設置するカメラを用いて、個人情報の項目（顔画像、歩容等）が含まれる撮影データを取得します。

第4条： 本研究の目的

本研究は、複数交通手段の自動判別アルゴリズム、歩容情報に基づく歩行者交通流の推計、交通錯綜を自動判定するアルゴリズム等の技術を開発することによって、安全かつ利便性の高い交通環境の実現に資することを目的とします。

第5条： 観測の実施方法

実施主体は、本部棟北西部の3階バルコニーにカメラ4台、LiDAR4台を設置し、自動運転シャトル走行区間（図1参照）、及び、走行区間を錯綜する人・自転車の流れを撮影します。

E

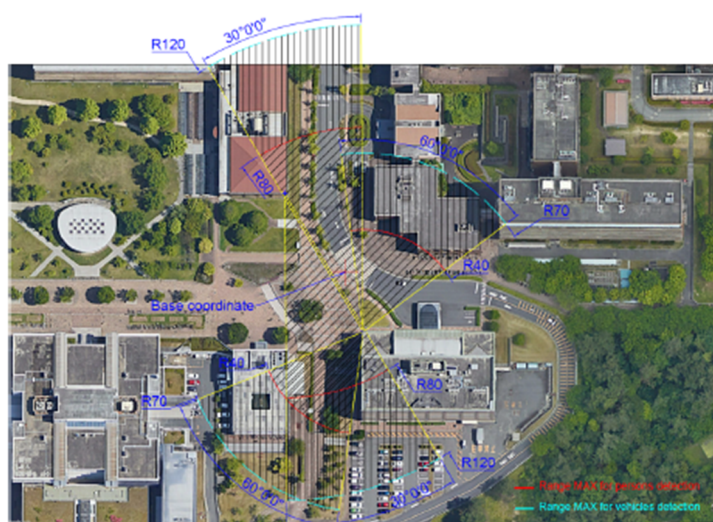


図 1. 観測対象エリア

第6条： 実施主体の義務

実施主体は、本研究の実施にあたり、個人情報の取得等が第4条所定の目的を達成するため必要最小限のものとなるよう配慮し、かつ本研究により取得した個人情報の漏洩、意図しない滅失またはき損の防止その他個人情報を安全に管理するため、広島大学の個人情報保護に関する方針に基づいた管理体制のもとで安全管理措置を講じます。

第7条： データ収集管理責任者の義務

データ収集管理責任者は、撮影当日、観測対象エリアに、撮影中である旨、研究題目、実施主体並びに問い合わせ窓口を、少なくとも1枚のポスターを添付する方法により公示します。

第8条： 撮影データの管理

本研究の撮影データは、広島大学交通工学研究室に所属し本研究に関わるもののみがアクセスできます。

1. 実施主体は、本研究により取得した撮影データを本研究の目的達成のために必要最小限の範囲で利用します。
2. 実施主体は、他の法令に定める場合を除き、本研究により取得した撮影データを第三者に提供しません。
3. 実施主体は、本研究により取得された個人情報を、「広島大学における研究資料等の保存に関するガイドライン」に従い、本研究終了後10年が経過した時点で完全に消去します。
4. 実施主体は、本研究から得た知見を利用した研究成果の発表又は公開若しくは公表（以下、「学術発表」という）を行うことがあります。その際、撮影データを属性デー

タにするなど匿名化した上で必要最小限の範囲で論文・講演資料の図表として含めることがあります。

5. 実施主体は、以下に定める方法によりデータの削除依頼を受け付けます。

【データ削除依頼方法】

削除依頼フォーム（別添）をダウンロードし、必要事項を記入の上、広島大学交通工学研究室宛に撮影日から1週間以内に、学内便、持ち込み、メール添付、いずれかの方法で提出をお願いします。

<注意事項>

- ✓ 自分自身が実際映りこんでいる映像以外の削除依頼は受け付けられません。必ずご本人が依頼書を提出してください。
- ✓ 削除依頼は、実験実施日から1週間以内に提出お願い致します。提出方法は、g学内便、持ち込み、メール添付でお願い致します。
- ✓ 記載頂いた時間と場所情報から該当するデータを特定します。時間はできるだけ詳細に記載お願い致します。
- ✓ 記載方法が分からない場合には相談窓口にご相談ください。
- ✓ 依頼日及び依頼者情報は必ず記載をお願いします。記載がないものは依頼に対応できません。
- ✓ 削除依頼内容に関し、データ削除に必要な情報を追加でお願いすることがあります。その場合にはご記入頂いた連絡先に問合せさせていただきますので、追加情報のご提供お願い致します。
- ✓ 合理的な手続きで対応可能な範囲を超えている場合や実験実施に著しく支障のある削除依頼には対応できない場合がありますのでその点ご了承ください。

第9条： 関連法規等の遵守

実施主体は、本プライバシーポリシーに定めるほか、日本国の個人情報の保護に関する法律、独立行政法人等個人情報保護法、各地方自治体の定める条例及び各種ガイドラインを遵守します。

第10条： 個人情報に関するお問い合わせ

本研究で取得した個人情報の取扱いに関するご意見及びお問い合わせ等については、下記に記載するデータ収集管理責任者まで、メールによりご連絡ください。

実施主体：広島大学交通工学研究室

研究プロジェクトリーダー：広島大学大学院先進理工系科学研究科 教授 藤原 章正

データ収集管理責任者：広島大学大学院先進理工系科学研究科 准教授 力石 真

連絡先：asmo@hiroshima-u.ac.jp

“Safety Evaluation of Autonomous Shuttle in Pedestrian Spaces”

Privacy Policy

Transportation Engineering Laboratory, Hiroshima University

Article 1: Purpose of this Privacy Policy

The purpose of this Privacy Policy is to protect the privacy and other rights and legal interests of the subjects of the research to be conducted at the observation site (near the main building on the Higashi-Hiroshima Campus of Hiroshima University) for the “Safety Evaluation of Autonomous Shuttle in Pedestrian Spaces”.

Article 2: Definitions

The definitions of the terms used in this Privacy Policy shall be under the provisions of the Personal Information Protection Law and other related laws and regulations, except as provided in the following paragraphs of this Article.

1. In this Privacy Policy, “photographic data” refers to image data that can identify a specific individual, captured by camera units in this research.
2. In this Privacy Policy, “Attribute Data” refers to the distance data to an object or a human subject observed by LiDAR units, and the attributes of the subject, such as gender, age, and physical size of the object are extracted from the data, which cannot identify a specific individual.

Article 3: Data to be acquired in this research

In this research, photographic data containing items of personal information (face image, gait, etc.) will be acquired using the camera to be installed.

Article 4: Purpose of this research

This research aims to contribute to the realization of safe and convenient transport environment by developing technologies such as an algorithm for automatic travel mode detection, estimation of pedestrian traffic flow based on gait information, and an algorithm for detecting conflicts between cars and pedestrians.

Article 5: Observation Method

The Implementing Entity will install four cameras and four LiDAR units on the third-floor balcony in the northwestern part of the main building to capture images of the area where the autonomous shuttle runs (see Fig. 1) and will observe the flow of people and bicycles potentially

conflicted with the autonomous shuttle.

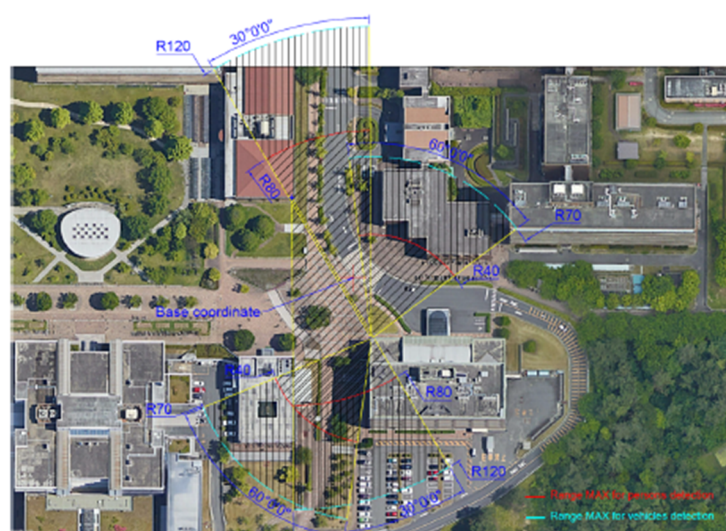


Fig. 1. Observation area

Article 6: Obligations of the Implementing Entity

In conducting this research, the Implementing Entity will take care to ensure that the acquisition of personal information is kept to the minimum necessary to achieve the purposes specified in Article 4. We will take safety management measures following Hiroshima University's policy on the protection of personal information in order to prevent the leakage, unintentional loss, or damage of personal data acquired through this research.

Article 7: Obligations of the Data Collection Manager

During the observation period, the Data Collection Manager will publicly announce the fact that we are observing behaviors of people and vehicles using camera and LiDAR units with the title of the research, the Implementing Entity of the research, and the contact person by attaching at least one poster in the observation area.

Article 8: Management of collected data

The collected data can be accessed only by those who belong to the Traffic Engineering Laboratory of Hiroshima University and are involved in this research.

1. The Implementing Entity will use the collected data obtained through this research to the minimum extent necessary to achieve the purpose of this research.
2. The Implementing Entity will not provide the collected data acquired through this research to any third party, except as suggested by other laws and regulations.
3. The Implementing Entity will completely erase the personal information obtained through this

research 10 years after the completion of this research under the “Guidelines for the Preservation of Research Materials at Hiroshima University”.

4. The Implementing Entity may present, publish, or publicize the research results of the research based on the knowledge obtained from this research (hereinafter referred to as “academic publication”). In such cases, the collected data may be anonymized, such as by using attribute data, and may be included as figures and tables in papers and lecture materials to the minimum extent necessary.
5. The Implementing Entity will accept requests for deletion of data in the following manner.

[How to request deletion of data]

Download the deletion request form, fill in the necessary information, and submit it to the Traffic Engineering Laboratory of Hiroshima University within one week of the date of shooting, either by internal mail, by bringing it to the laboratory, or by attaching it to an e-mail.

<Notes>

- ✓ Requests for deletion of data other than those in which you are actually in the image will not be accepted. Please be sure to submit the request form by the person who was on the image.
- ✓ Please submit the request for deletion within one week of the experiment. Please submit your request by internal mail, by bringing it to the laboratory, or by attaching it to an e-mail.
- ✓ We will identify the relevant data based on the time and location information you provide. Please describe the time in as much detail as possible.
- ✓ If you do not know how to describe the time and place, please contact us.
- ✓ Please be sure to include the date of the request and the requestor’s information. We will not be able to respond to requests without this information.
- ✓ We may ask you to provide additional information necessary for deleting data in relation to the contents of the deletion request. In such a case, we will contact you based on the contact information you have provided.
- ✓ Please note that we may not be able to respond to requests for deletion that are beyond the scope of reasonable procedures or that significantly interfere with the execution of the experiment.

Article 9: Compliance with Related Laws and Regulations

In addition to the provisions of this Privacy Policy, the Implementing Entity shall comply with the Act on the Protection of Personal Information of Japan, the Act on the Protection of Personal Information Held by Administrative Organs, and ordinances and guidelines established by each local government.

Article 10: Inquiries about Personal Information

If you have any comments or inquiries regarding handling personal information obtained in this research, please contact the Data Collection Manager listed below by e-mail.

Implementing Entity: Transportation Engineering Laboratory, Hiroshima University

Research Project Leader: Akimasa Fujiwara, Professor, Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University

Data Collection Manager: Makoto Chikaraishi, Associate Professor, Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University

Contact: asmo@hiroshima-u.ac.jp

日交研シリーズ目録は、日交研ホームページ

http://www.nikkoken.or.jp/publication_A.html を参照してください

A-874 自動運転車導入に伴う歩行者挙動の
変化に関する実証分析

自動運転車導入に伴う歩行者挙動の変化に関する
実証分析プロジェクト

2023年7月 発行

公益社団法人日本交通政策研究会