

第 3 章

研究方法

第3章 研究方法

本章では、DS を用いた被験者走行実験及び HMD を用いた被験者歩行実験の概要について示す。なお、本実験では実験条件の統一を図ることを目的に、VR 空間を用いたシミュレーションを活用することにした。

3.1 実験機材

3.1.1 ドライビングシミュレータの概要

被験者走行実験では、FORUM8 社製の 3 次元リアルタイム VR ソフトウェアパッケージ UC-win/Road Ver.14.2 と Logicool 社製の Driving Force G29 を使用し、走行実験を行った。モニターやシート等を含め、実験に使用した機材と実験の様子については図 3-1 に示す。

UC-win/road Ver.14.2 とは、3 次元のバーチャルリアリティーをパソコンで簡単に作成できるソフトであり、さまざまなリアルタイム・シミュレーションを行うことが可能となっている。このソフトを用いることで、直線や曲線等の単路部のみならず、交差点や立体交差、トンネルといった複雑な道路構造についても VR 再現することができ、国や自治体、研究機関、道路会社、その他一般企業において幅広く活用されている。

Driving Force G29 とは、アクセルやブレーキ、ハンドル操作等、実際の車両に近い運転操作が可能なゲーム用コントローラーである。

実験では、UC-win/Road Ver.14.2 で作成した仮想モデル内を Driving Force G29 を用いて運転操作して頂き、車両の走行位置、走行速度、加減速度を始めとした複数項目にわたる走行ログデータを取得した。



図 3-1 DS 機材(左：ハンドル・ペダル³⁷⁾、右：全体図及び実験の様子(筆者撮影))

3.1.2 ヘッドマウントディスプレイの概要

被験者歩行実験では、FORUM8 社製の 3 次元リアルタイム VR ソフトウェアパッケージ UC-win/Road Ver.14.2 と Oculus 社製の Oculus Quest を使用し、歩行実験を行った。実験に使用した HMD 機材と実験の様子については図 3-2 に示す。

UC-win/road Ver.14.2 とは、3 次元のバーチャルリアリティーをパソコンで簡単に作成できるソフトであり、さまざまなリアルタイム・シミュレーションを行うことが可能となっている。このソフトを用いることで、直線や曲線等の単路部のみならず、交差点や立体交差、トンネルといった複雑な道路構造についても VR 再現することができ、国や自治体、研究機関、道路会社、その他一般企業において幅広く活用されている。

Oculus Quest とは、頭と首の動きに加えて外部センサーを用いずに体の移動を認識可能な 6DoF のインサイドアウト方式に対応した HMD であり、被験者の安全性とさまざまな条件下での再現性を確保しつつ、没入感やリアリティーが高い歩行実験が可能である。なお本実験では、空間上の制約や被験者負担軽減の観点から、ゲームコントローラー(ELECOM JC-U4113SBK)を用いて VR 空間内を模擬的に歩行する方式を採用した。

実験では、UC-win/Road Ver.14.2 で作成した仮想モデル内を Oculus Quest とゲームコントローラーを用いて歩行して頂き、被験者の横断位置や横断時間を始めとした複数項目にわたる歩行ログデータを取得した。

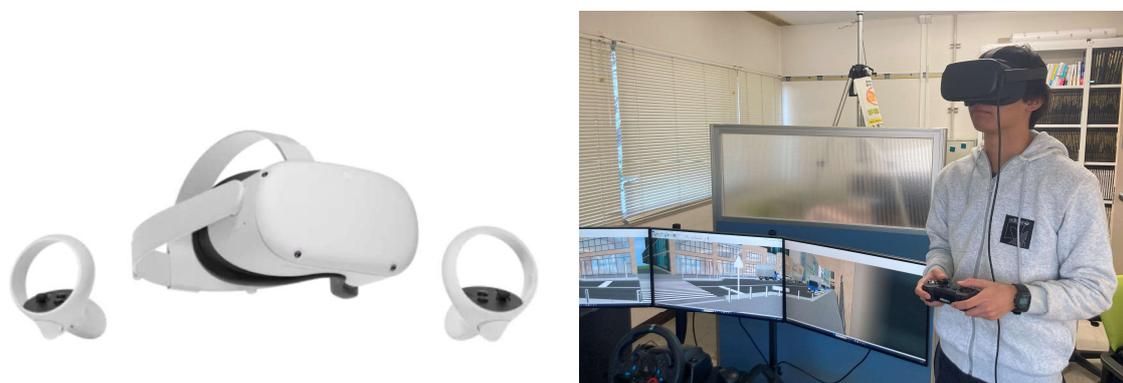


図 3-2 HMD 機材(左：HMD 一式³⁸⁾、右：全体図及び実験の様子(筆者撮影)

3.2 実験用モデル

被験者走行実験及び被験者歩行実験を実施するにあたり、UC-win/Road Ver.14.2 を用いて作成したモデルを図 3-3 に示す。なお、作成したモデル内の道路やその周辺環境については、実在しない仮想のものとなっている。そのため、可能な限り現実との乖離を防ぐために建物を適宜配置した。また、走行実験において運転中の違和感を抑えるために、分析対象外の信号交差点を1ヵ所設置した。なお、歩行実験実施時には主道路側の信号現示を青で固定すると共に、交通流への影響がないようにした。

本実験では、中心市街地のオフィス街や鉄道駅周辺等の短時間駐車及び荷捌きが多発するエリアを想定し、制限速度 40km/h、車線幅員 3.0m、路肩幅員 1.5m、保護路肩 0.5m、歩道幅員 4.0m の第4種第3級程度の往復2車線都市部一般道路を再現した。また、道路標識や道路標示に関しては、道路交通法・道路法に基づく道路標識、区画線及び道路標示に関する命令³⁹⁾や交通規制基準⁴⁰⁾、路面標示設置マニュアル⁴¹⁾を参考に法令に基づく形で設置した。なお、分析対象の無信号横断歩道については、この道路上に1ヵ所設置した。横断歩道の構造及び諸元については、次節において別途記述する。



図 3-3 実験用モデルの全貌

3.3 横断歩道の構造・諸元

本研究では、図 3-4～図 3-9 及び図 3-10～図 3-15 に示す 3 種類、6 パターンの無信号横断歩道を対象に実験を行った。具体的には、国内で導入されている標準的な横断歩道(以下、標準型横断歩道)、近年国内での導入が進みつつある二段階横断歩道(以下、二段階型横断歩道)、バルブアウトを導入した横断歩道(以下、バルブアウト型横断歩道)となっている。なお、被験者走行実験では以下 6 パターン、被験者歩行実験ではパターン 1、パターン 3、パターン 5 を用いた。

全パターンについて、道路幅員 18.0m、車線幅員 3.0m、保護路肩 0.5m、横断歩道幅員 4.0m を共通条件とし、横断歩道端部から 2.5m 手前の位置に停止線、1.0m 手前の位置に指示標識「横断歩道・自転車横断帯(407-3)」を設置した。ただし、標準型横断歩道(パターン 1)については 1.5m の路肩幅員が存在する。

二段階型横断歩道では、「無信号二段階横断施設導入の手引き案」⁹⁾を参考に、車道中央部に幅 2.5m、長さ 9.6m(横断歩道幅員 4.0m を含む)の中央島を設置し、併せて規制標識「指定方向外進行禁止(311-F)」やボラード、視線誘導標を付属した。なお、横断歩道の直線部及び車線シフト区間長については、大橋ら³⁵⁾を参考に 20m とした。そして、バルブアウト型横断歩道では、幅 2.5m、長さ 14.4m(車道側)の歩道せり出し部を設置し、併せてボラードや視線誘導標を付属した。

また、無信号横断歩道にバルブアウトを導入するうえで、全国的に整備が進められている自転車専用通行帯(以下、自転車レーン)を含めた検討は必要不可欠であると考え。そこで、「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」⁴²⁾を参考に、各横断歩道(パターン 2・パターン 4・パターン 6)においては、走行車線の外側(歩道側)に幅 1.5m の自転車レーンを設置した。

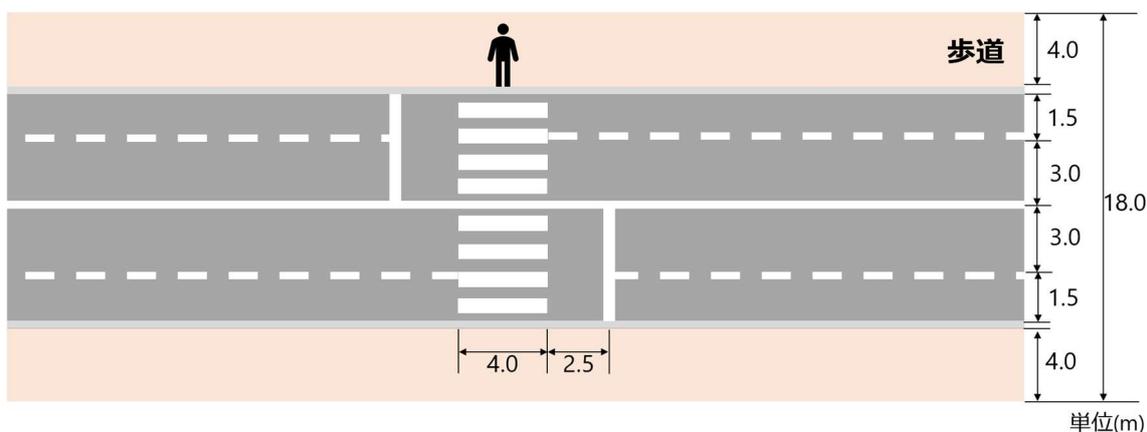


図 3-4 標準型横断歩道(パターン 1)の平面図

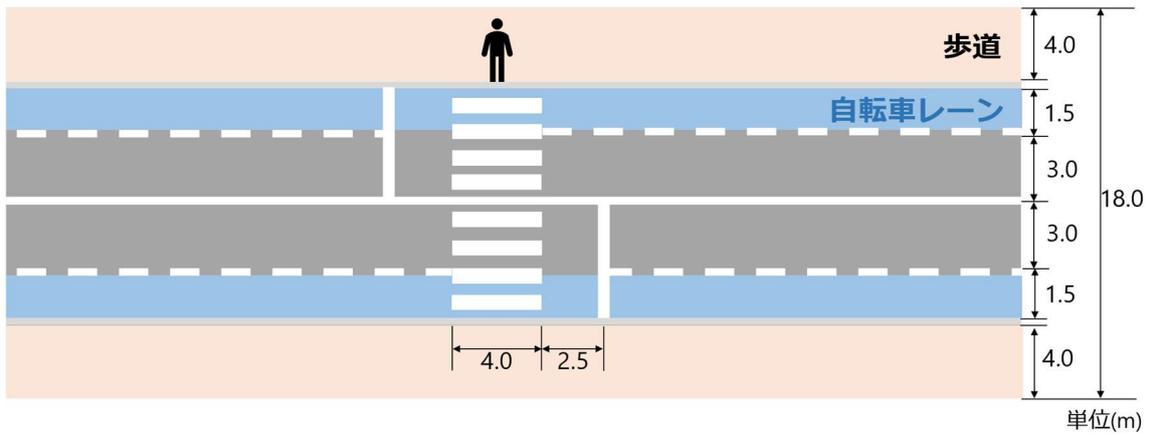


図 3-5 標準型横断歩道(パターン 2)の平面図

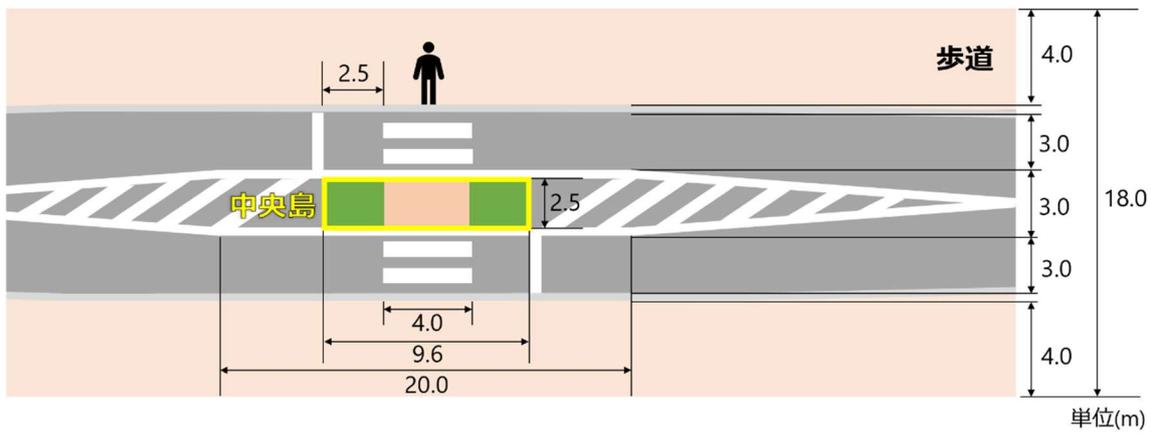


図 3-6 二段階型横断歩道(パターン 3)の平面図

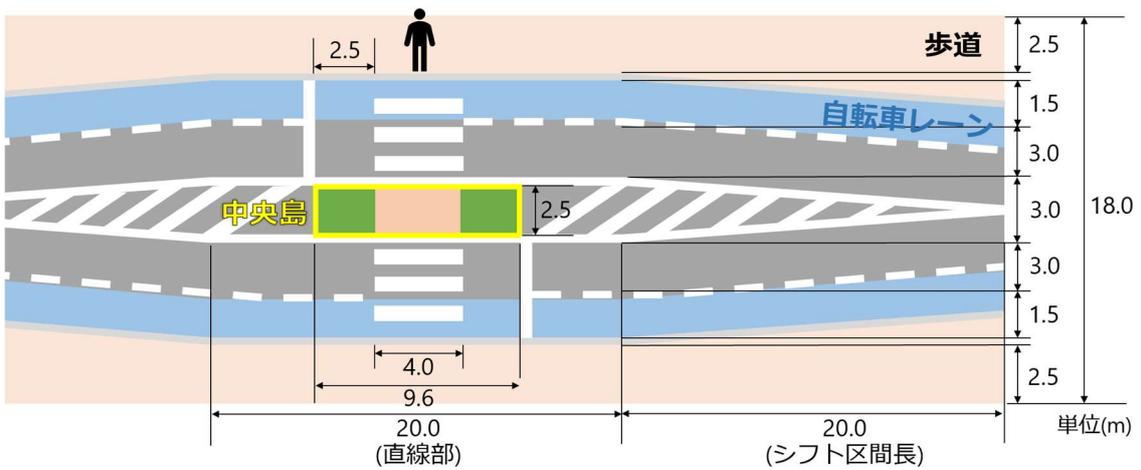


図 3-7 二段階型横断歩道(パターン 4)の平面図

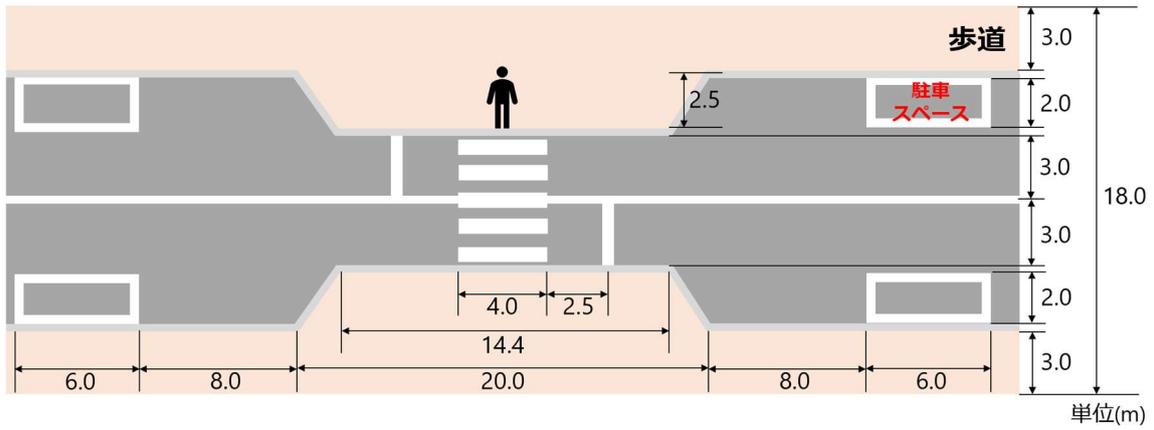


図 3-8 バルブアウト型横断歩道(パターン 5)の平面図

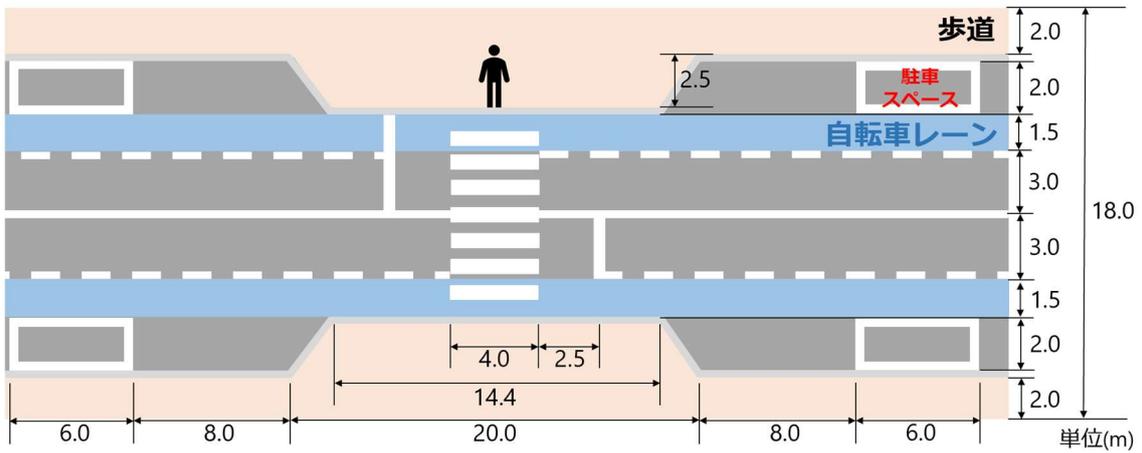


図 3-9 バルブアウト型横断歩道(パターン 6)の平面図

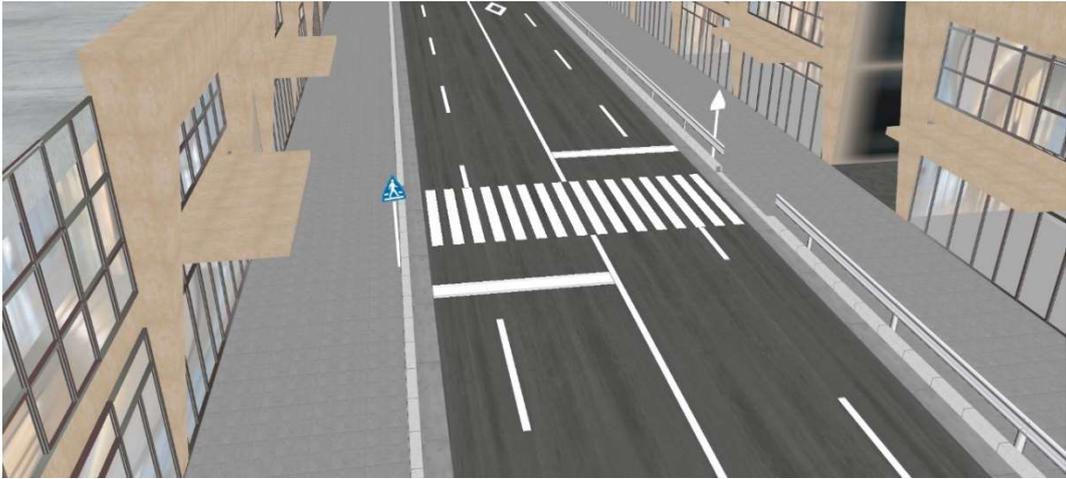


図 3-10 標準型横断歩道(パターン1)の外観図

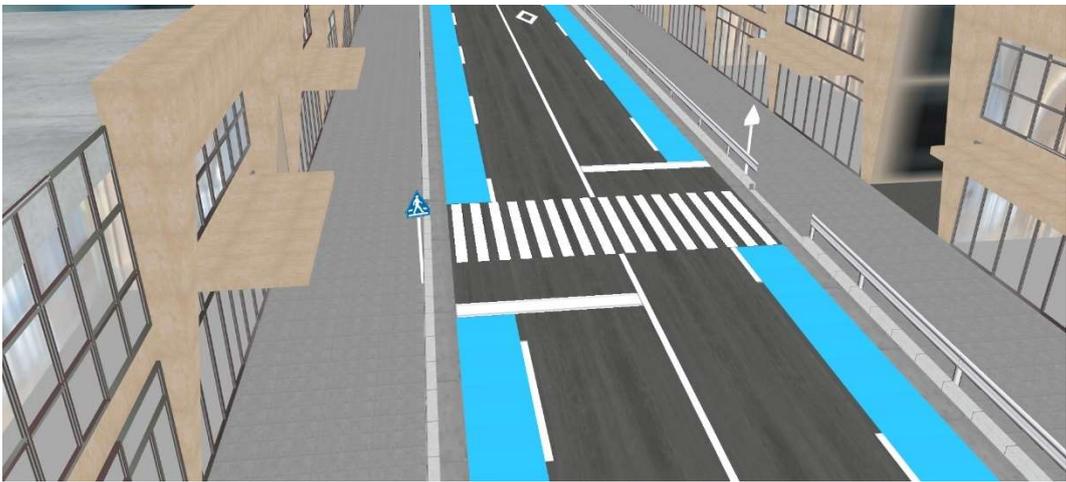


図 3-11 標準型横断歩道(パターン2)の外観図



図 3-12 二段階型横断歩道(パターン3)の外観図



図 3-13 二段階型横断歩道(パターン 4)の外観図



図 3-14 バルブアウト型横断歩道(パターン 5)の外観図



図 3-15 バルブアウト型横断歩道(パターン 6)の外観図

3.4 被験者走行実験

3.4.1 実験実施日・被験者属性

本実験は、2023年9月21日(木)～2023年12月26日(火)のうち、土曜・日曜・祝日を含む計27日間で実施した。

被験者は、普通自動車第1種免許(AT限定を含む)を所有する36名で構成されている。被験者の基本属性については図3-16～図3-22に示す通りである。

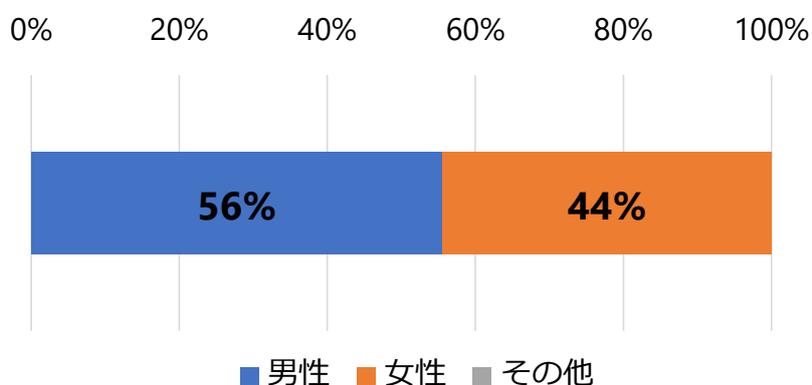


図 3-16 性別

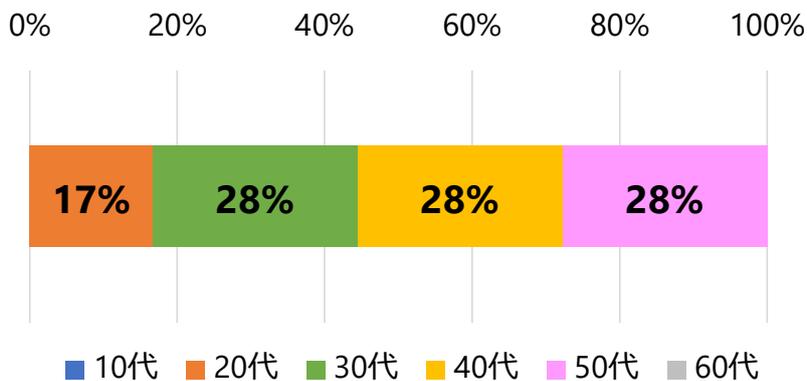


図 3-17 年代

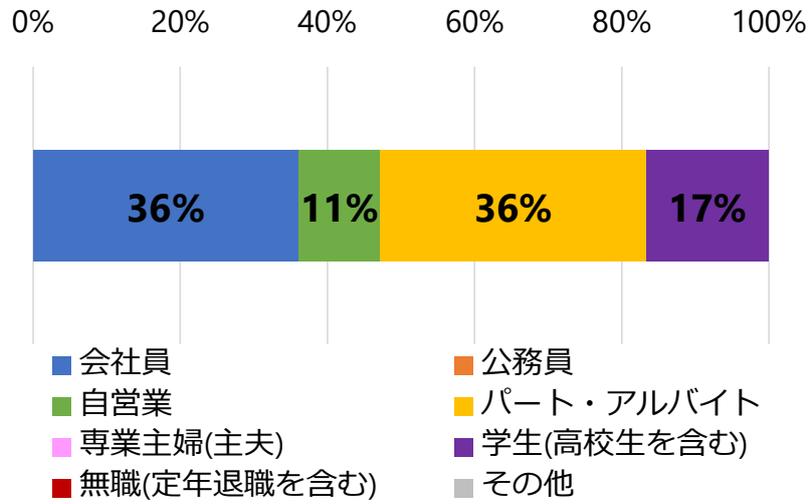


図 3-18 職業

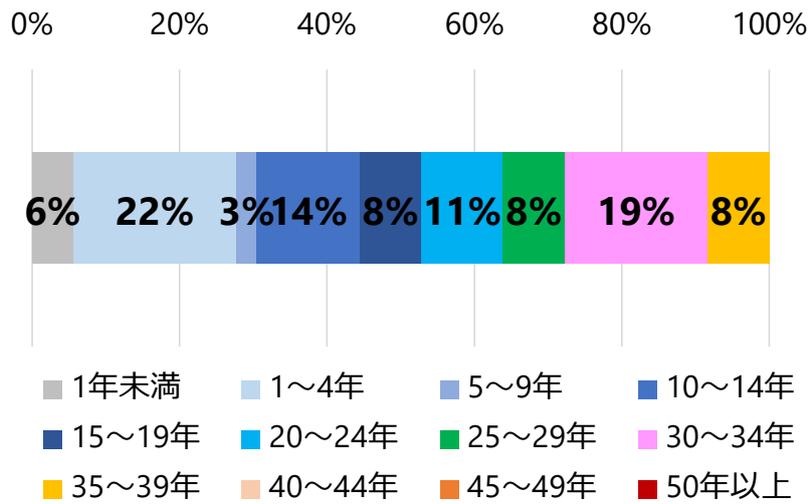


図 3-19 運転経歴

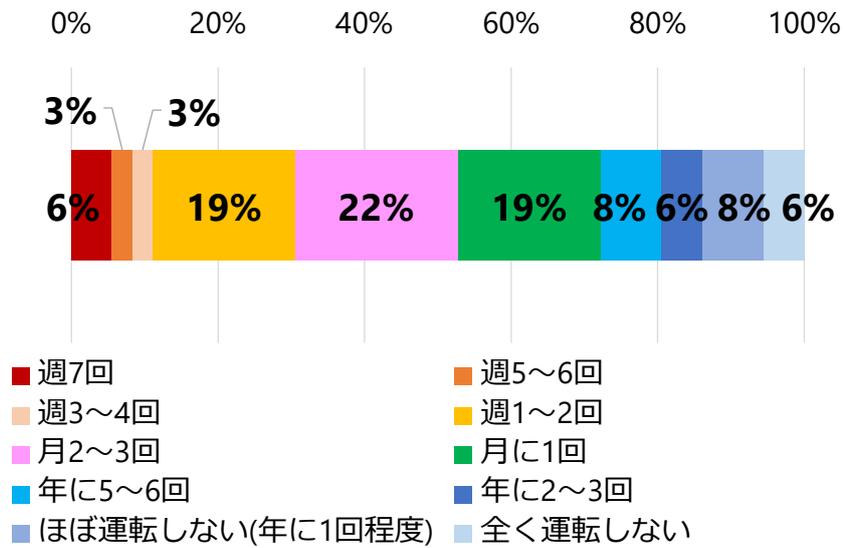


図 3-20 運転頻度(直近1年以内)

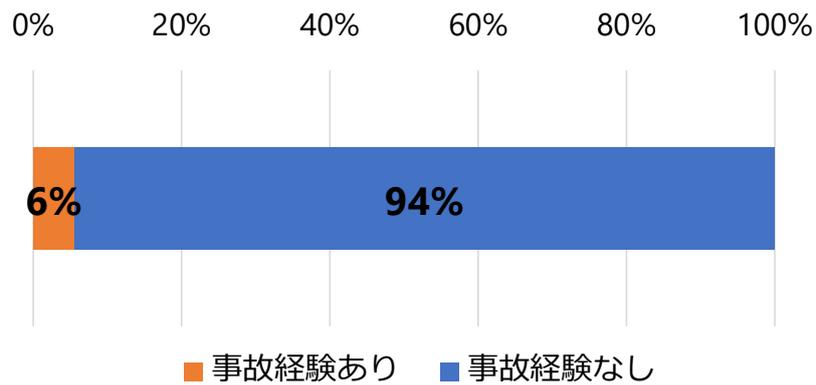


図 3-21 交通事故の経験有無(直近3年以内)

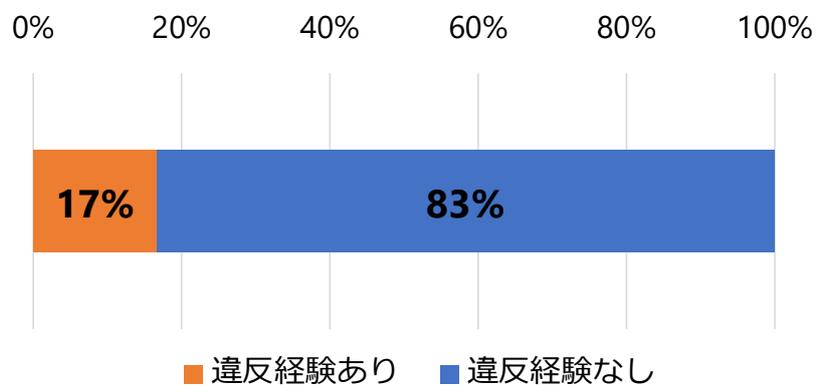


図 3-22 交通違反の経験有無(直近3年以内)

3.4.2 被験者車両

本実験において、被験者に運転していただいた車両は、図 3-23、図 3-24 に示すクーペ (Coupe) と呼ばれるボディータイプの乗用車で、日本において比較的好く見られる車種も含まれている。車体サイズは、全長 4.0m、ホイールベース 2.4m、全幅 1.91m、トレッド(左右の車輪中心間距離)1.47m、全高 1.34m となっており、ドライバーの目線は、一般的な乗用車と同様に、タイヤ接地面から 1.3m の高さで設定した。

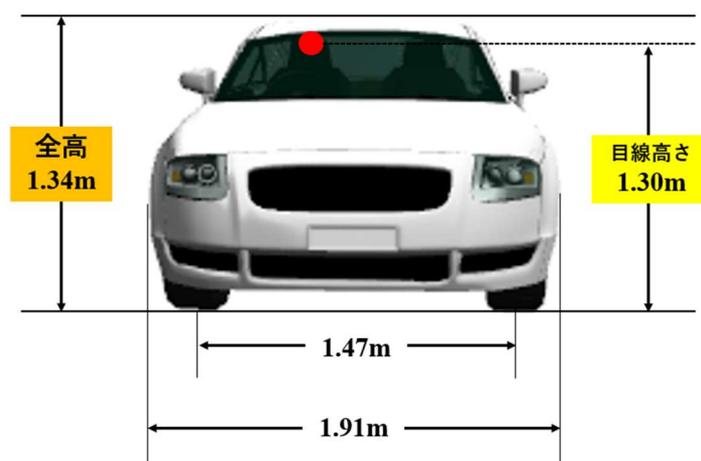


図 3-23 車体サイズ(前面)

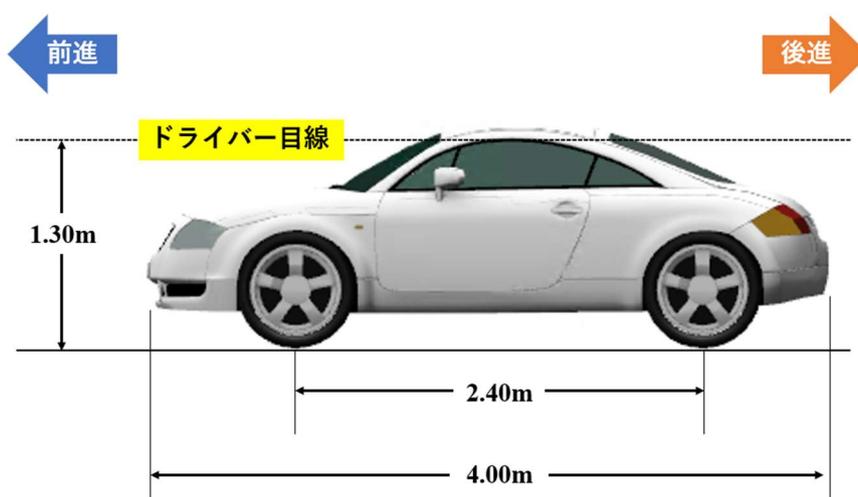


図 3-24 車体サイズ(側面)

3.4.3 実験コース

3.2 で示したモデルを用いたうえで、全長 600m の実験コースを作成した。コース内にはスタート地点から 200m の位置に分析対象外の信号交差点、500m の位置に分析対象の無信号横断歩道を設置した。信号交差点の設置は、ドライバーの運転慣れや無信号横断歩道直前部における走行速度のばらつきを抑えることを目的としている。信号制御については、被験者車両が接近すると共に、現示が青から赤に切り替わり、全てのドライバーが一時停止するような設定にした。詳細な信号設定は、青信号表示時間 6 秒、黄信号表示時間 3 秒、赤信号表示時間 4 秒と短いサイクル長とし、被験者の注意力低下を防止した。

なお、無信号横断歩道からスタート地点方向の区間を「上流側」、無信号横断歩道からゴール地点方向の区間を「下流側」と呼称する。

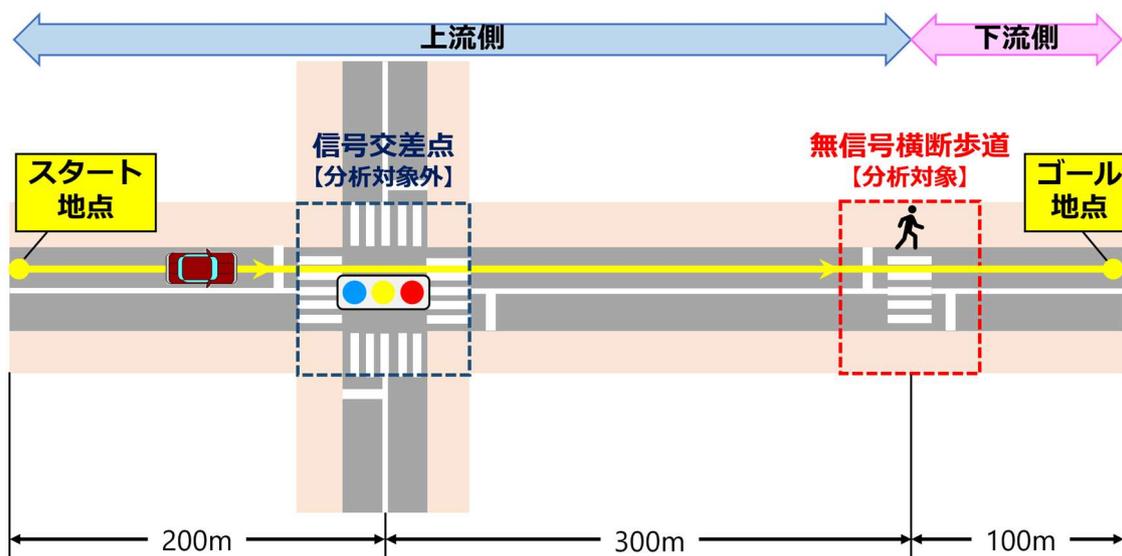


図 3-25 実験コース

3.4.4 実験条件

本研究では、標準型横断歩道・二段階型横断歩道・バルブアウト型横断歩道がドライバーの運転行動や運転意識に与える影響について、他の道路環境要因を考慮したうえで、明らかにするために、以下の4つの実験条件を設定した。

① 駐車車両の配置

本実験では、バルブアウトの導入メリットの1つである駐車スペースの確保に伴う被験者車両への影響を明らかにするために、各横断歩道パターンの上流部及び下流部に駐車車両の配置と駐車枠を設置を行った。駐車車両の配置図及び駐車車両の様子を図3-26～図3-37に示す。

駐車車両は、全幅1.91m、全長4.0mの乗用車(被験者車両と同車種)と全幅2.02m、全長5.27mの小型トラックで構成されており、車道端部から車両左端部までの距離は約0.5mである。駐車車両の配置位置については、二段階型横断歩道(パターン3・パターン4)の場合では、横断歩道中央部から上流側もしくは下流側30mの位置を先頭に85mの位置にかけて5~7m間隔で、乗用車とトラックが交互になるように6台配置した。また、バルブアウト型横断歩道(パターン5・パターン6)の場合では、横断歩道中央部から上流側もしくは下流側18mの位置を先頭に85mの位置にかけて3m間隔で駐車枠を設置し、乗用車とトラックが交互になるように8台配置した。駐車枠は幅2.0m、長さ6.0mとなっている。標準型横断歩道(パターン1・パターン2)の場合については、バルブアウト型横断歩道と同様の車両配置とし、4.5m間隔でかつ乗用車とトラックが交互になるように8台配置した。

なお、横断歩道中央部から最も上流側もしくは下流側の駐車車両の位置を「最後尾」と呼称する。

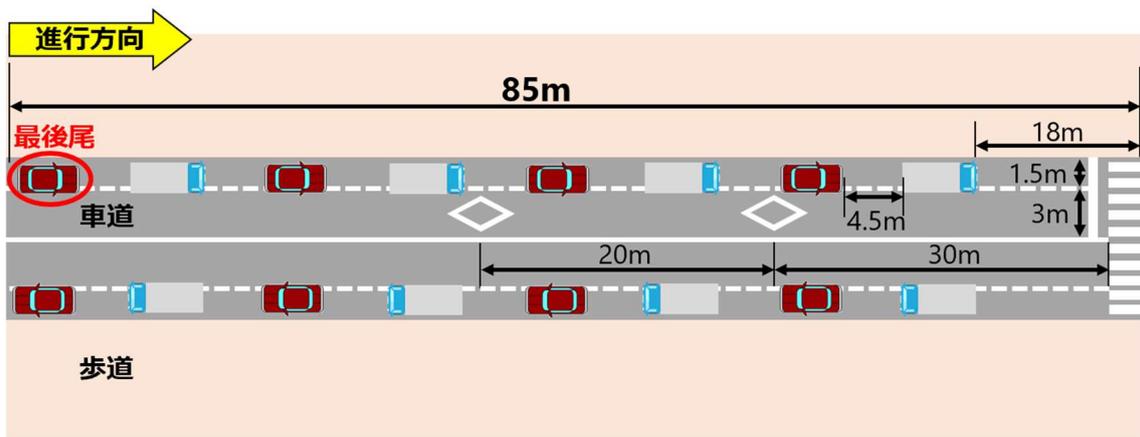


図 3-26 標準型横断歩道(パターン1)の車両配置図

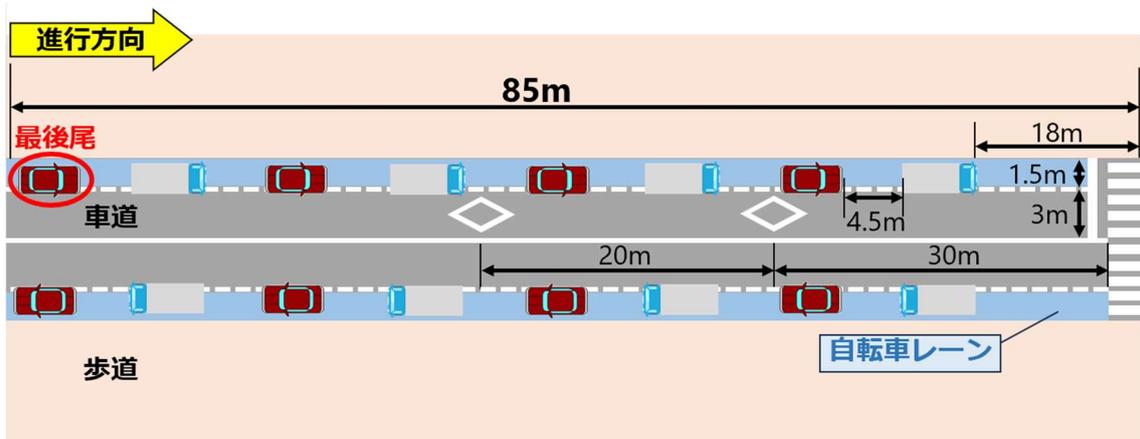


図 3-27 標準型横断歩道(パターン2)の車両配置図

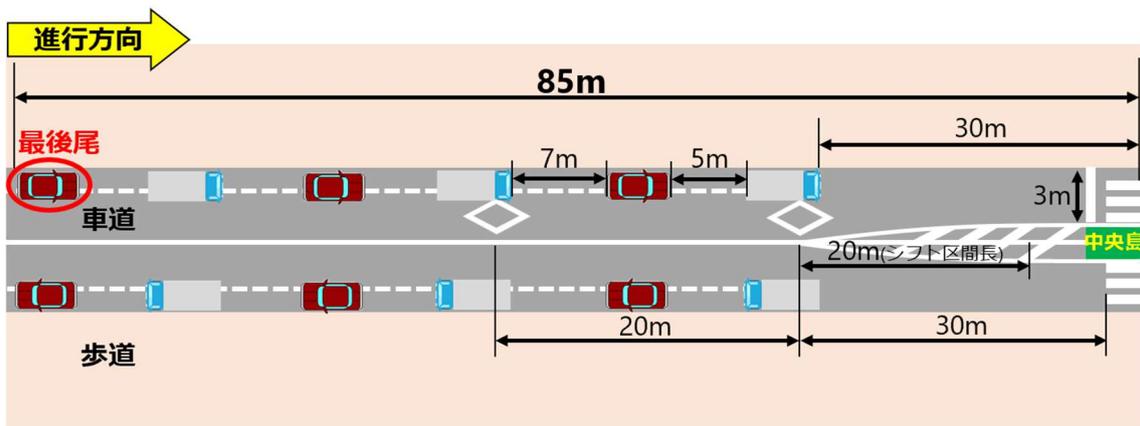


図 3-28 二段階型横断歩道(パターン3)の車両配置図

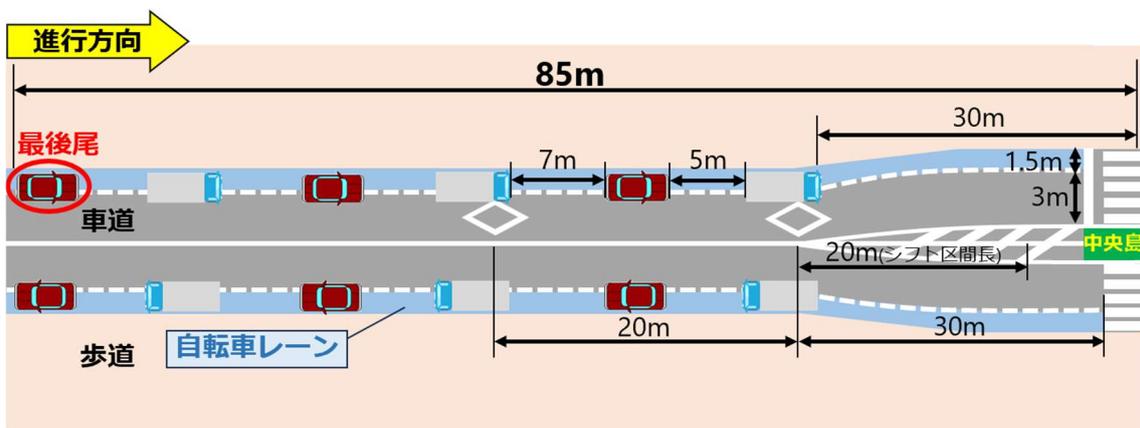


図 3-29 二段階型横断歩道(パターン4)の車両配置図

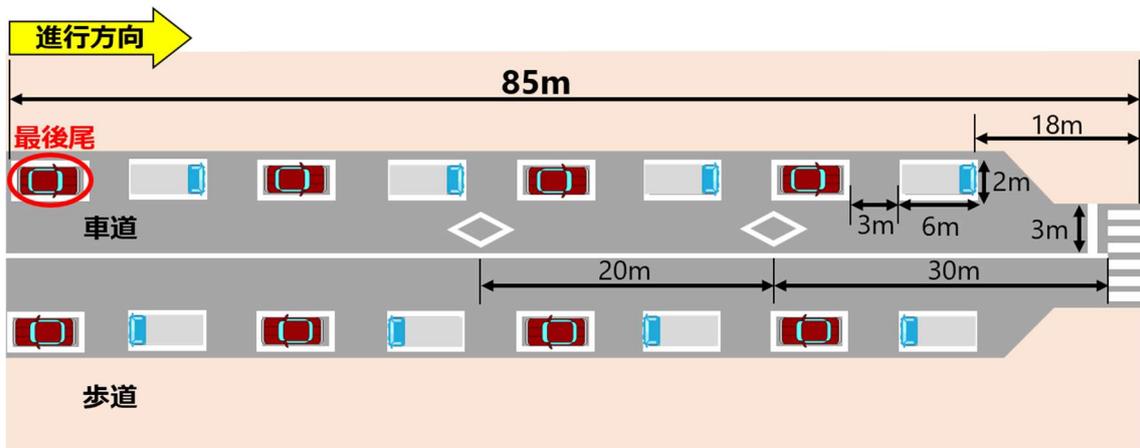


図 3-30 バルブアウト型横断歩道(パターン 5)の車両配置図

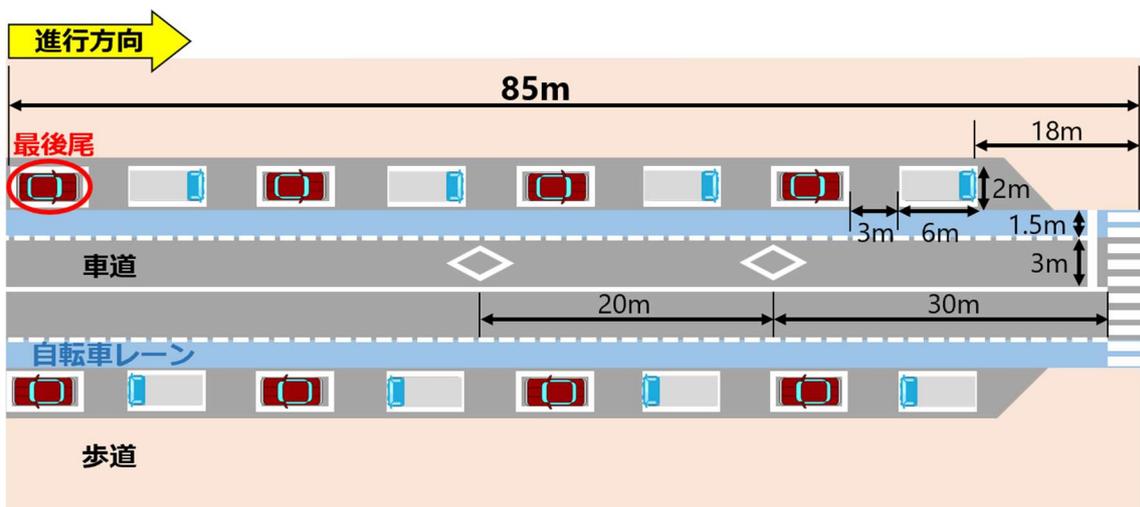


図 3-31 バルブアウト型横断歩道(パターン 6)の車両配置図



図 3-32 標準型横断歩道(パターン1)の駐車車両の様子



図 3-33 標準型横断歩道(パターン2)の駐車車両の様子



図 3-34 二段階型横断歩道(パターン3)の駐車車両の様子



図 3-35 二段階型横断歩道(パターン 4)の駐車車両の様子



図 3-36 バルブアウト型横断歩道(パターン 5)の駐車車両の様子



図 3-37 バルブアウト型横断歩道(パターン 6)の駐車車両の様子

②自転車の走行挙動

本実験では、被験者車両の走行挙動や横断歩行者に対する譲り挙動等に与える影響要因を明らかにするために、パターン2、パターン4、パターン6を対象に、自転車を車道上(自転車レーンを含む)で走行させた。図3-38～図3-41には自転車の走行状況を示す。

自転車の走行速度は15km/h一定とし、100m間隔で計4台を配置した。自転車の走行位置については、自転車レーン上を走行する際にはレーン中央部、駐車車両の存在によりレーン上を走行できない場合には駐車車両右端部から約0.5m離れた位置とした。また、走行中の自転車が自転車レーンからはみ出して走行する際には、駐車車両最後尾から上流側40mの位置(横断歩道中央部から上流側125mの位置)で追い越し挙動を開始し、駐車車両最後尾に到達した時点で駐車車両と横並びになり、追い越し終了後には再び自転車レーンに戻るよう設定されている。なお、自転車が分析対象の無信号横断歩道を走行する際には、例えば歩行者が出現していたとしても停止することなく、そのまま通過するように設定されている。



図 3-38 自転車レーン内走行中の様子



図 3-39 駐車車両追い越し時の様子(パターン 2)



図 3-40 駐車車両追い越し時の様子(パターン 4)



図 3-41 駐車車両追い越し時の様子(パターン 6)

③対向車両の走行挙動

本実験では、被験者車両の走行挙動や横断歩行者に対する譲り挙動等に与える影響要因を明らかにするために、分析対象の無信号横断歩道に接近すると同時に、被験者車両の前方から対向車両を1台走行させた。対向車両の走行状況を図 3-42～図 3-44 に示す。

対向車両は乗用車(被験者車両と同車種)とし、被験者車両が横断歩道中央部から上流側160mの位置を通過すると同時に、横断歩道中央部から下流側100mの位置より40km/hで走行を開始するように設定した。なお、対向車両は走行開始後17秒で0km/hになり、無信号横断歩道の下流側の停止線で停止するように速度調整がなされている。そのため、無信号横断歩道の上流側を走行する被験者車両と対向車両が直接すれ違うことはないという点に留意する必要がある。



図 3-42 対向車両の様子(パターン 1)



図 3-43 対向車両の様子(パターン 3)



図 3-44 対向車両の様子(パターン 6)

④歩行者の横断挙動

本実験では、より実際の運転環境に近づけるために、被験者車両が無信号横断歩道に接近すると同時に、横断歩道の右側(以下、Far-side)もしくは左側(以下、Near-side)から横断歩行者を出現させた。図 3-45～図 3-59 には歩行者の横断経路及び横断状況を示す。

出現タイミングについては、横断歩行者の歩道端への到着(二段階型横断歩道の場合も同様)と被験者車両の停止線付近への到着が概ね同時刻となるようにしたうえで、被験者車両が横断歩道中央部から上流側 75m の位置を通過した後とした。なお、駐車車両が存在するパターンにおいては、ドライバーが横断歩行者を認知可能になる位置が横断歩道直前部でかつ駐車車両追い越し終了付近である点に留意する必要がある。横断歩行者は、沿道建物と歩道境界部から反対側の歩道にかけて、横断歩道中央部を歩行するように制御されている。歩行速度については、横断歩道を横断する直前までは一般的な歩行速度の半分にあたる 2km/h とし、横断歩道を横断開始後には一般的な歩行速度である 4km/h となるように設定した。なお、二段階横断歩道において中央島を通行する際には、横断開始後と同様の 4km/h とした。

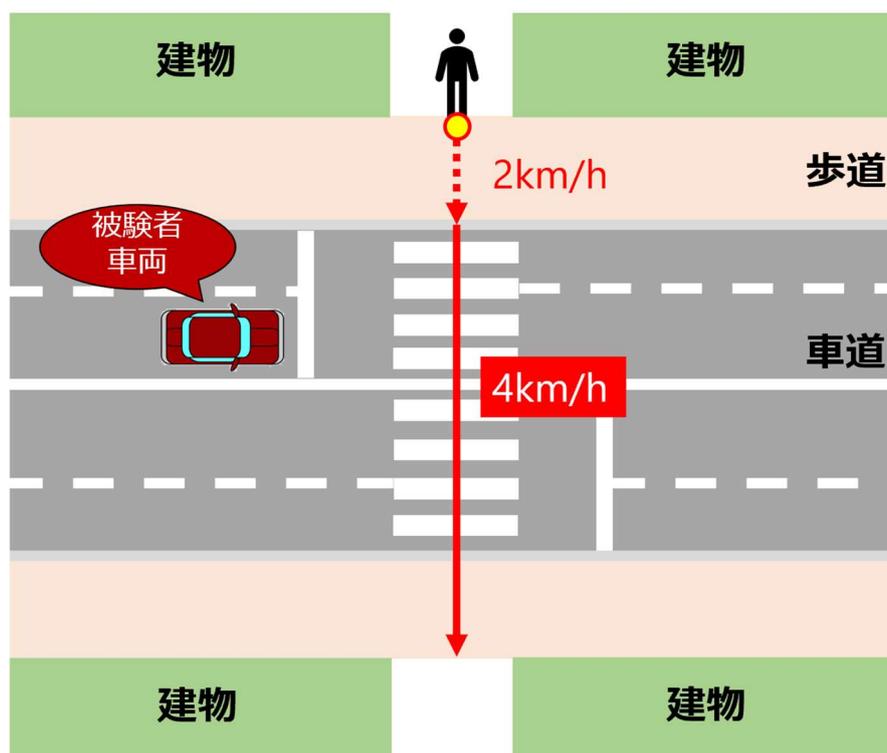


図 3-45 歩行者の動き(標準型横断歩道)

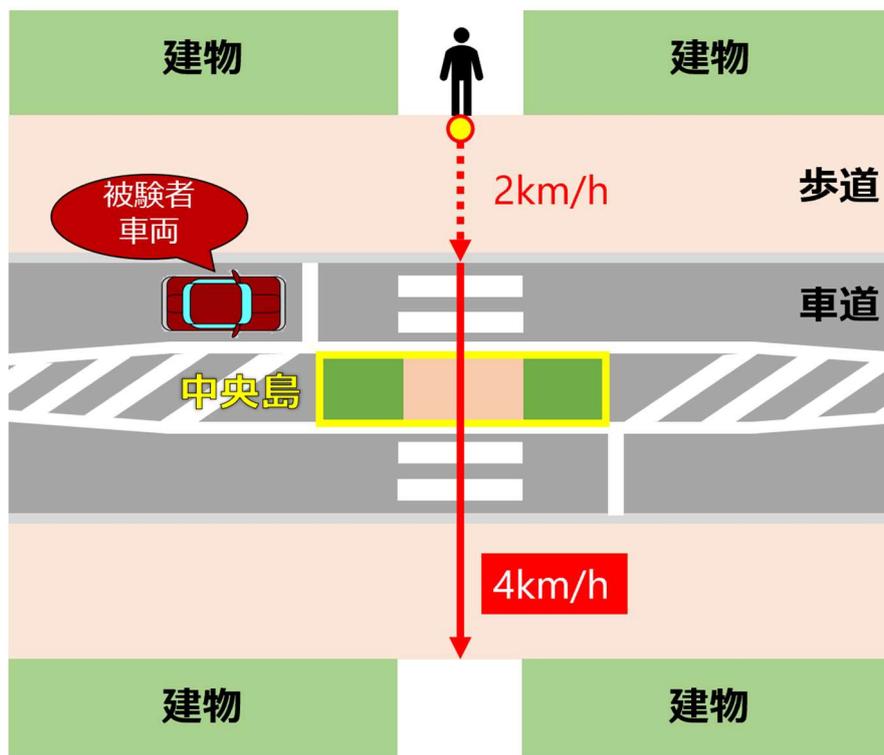


図 3-46 歩行者の動き(二段階型横断歩道)

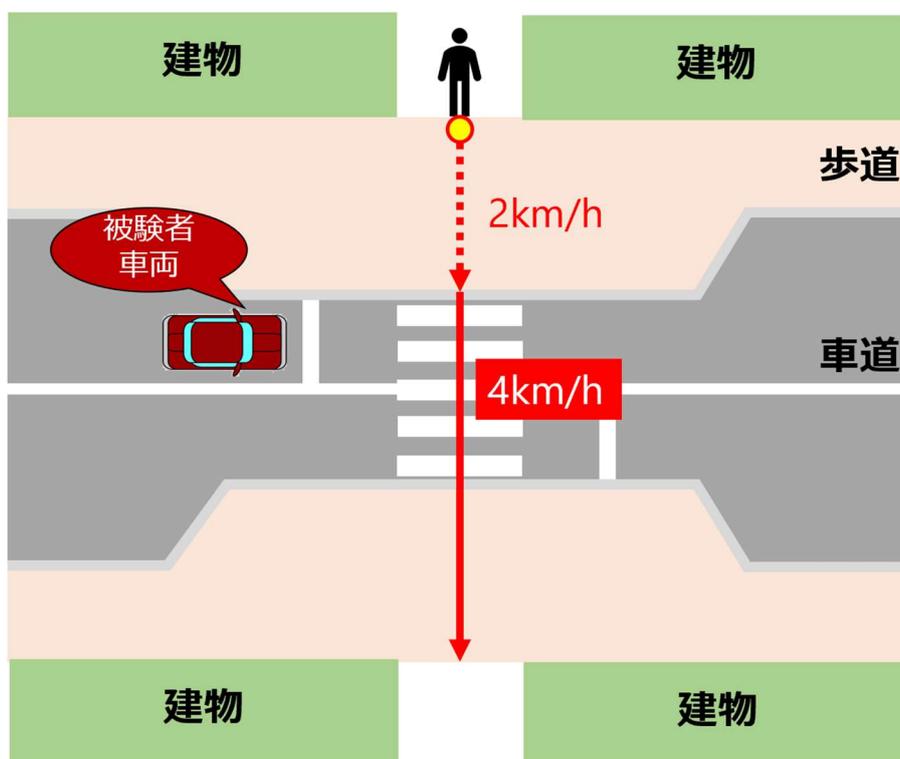


図 3-47 歩行者の動き(バルブアウト型横断歩道)



図 3-48 Far-side からの横断の様子(パターン1)



図 3-49 Far-side からの横断の様子(パターン2)



図 3-50 Far-side からの横断の様子(パターン3)



図 3-51 Far-side からの横断の様子(パターン 4)



図 3-52 Far-side からの横断の様子(パターン 5)



図 3-53 Far-side からの横断の様子(パターン 6)



図 3-54 Near-side からの横断の様子(パターン 1)



図 3-55 Near-side からの横断の様子(パターン 2)



図 3-56 Near-side からの横断の様子(パターン 3)



図 3-57 Near-side からの横断の様子(パターン 4)



図 3-58 Near-side からの横断の様子(パターン 5)



図 3-59 Near-side からの横断の様子(パターン 6)

3.4.5 実験シナリオ・実験パターン

3.3 で示した 3 種類(6 パターン)の無信号横断歩道及び 3.4.4 で示した 4 つの実験条件を踏まえ、「横断歩行者が Far-side から横断するパターン(以下、Far-side シナリオ)」と「横断歩行者が Near-side から横断するパターン(以下、Near-side シナリオ)」に分けて 8 種類ずつの実験パターンを作成した。

実験パターンの作成にあたって、3.3 で示した 3 種類の横断歩道と 3.4.4 で示した「駐車車両の配置」の 2 条件を統合し、標準型横断歩道及び二段階型横断歩道では駐車車両が存在する場合の 1 ケース、バルブアウト型横断歩道では駐車車両が存在する場合と存在しない場合の 2 ケースを「横断歩道の形状(駐車車両の有無)」という実験条件に設定した。また、「自転車の走行挙動」と「対向車両の走行挙動」は、それぞれ「自転車の走行有無(自転車レーンの有無)」と「対向車両の走行有無」とし、自転車や対向車両が走行する場合と走行しない場合の 2 ケースが存在するようにした。

以上より、横断歩道の形状(駐車車両の有無)、自転車の走行有無、対向車両の走行有無の 3 つの実験条件については、それぞれ 4 水準(標準型横断歩道・駐車車両あり、二段階型横断歩道・駐車車両あり、バルブアウト型横断歩道・駐車車両あり、バルブアウト型横断歩道・駐車車両なし)、2 水準(自転車走行あり、自転車走行なし)、2 水準(対向車両走行あり、対向車両走行なし)で構成されており、全ての条件を組み合わせると 16 種類の実験パターンが作成される。しかしながら、被験者負担や拘束時間等を考慮すると、全てのパターンを実施することは困難であるため、実験計画法に基づく L_8 直交表を用いることで実験パターンを 8 種類にまで減らすことにした。実験計画法とは、効果の有無を検証したい要因の候補が多く、全ての組み合わせを実験すると膨大になってしまう際に、直交表を用いて実験をスクリーニングし、効率化を図る手法のことである。

表 3-1 実験パターン(Far-side シナリオ)

No.	横断歩道の形状 (駐車車両の有無)	自転車の走行有無 (自転車レーンの有無)	対向車両の走行有無
F1	バルブアウト(駐車あり)	走行あり(レーンあり)	走行あり
F2	バルブアウト(駐車なし)	走行あり(レーンあり)	走行あり
F3	標準(駐車あり)	走行なし(レーンなし)	走行あり
F4	二段階(駐車あり)	走行なし(レーンなし)	走行あり
F5	標準(駐車あり)	走行あり(レーンあり)	走行なし
F6	二段階(駐車あり)	走行あり(レーンあり)	走行なし
F7	バルブアウト(駐車あり)	走行なし(レーンなし)	走行なし
F8	バルブアウト(駐車なし)	走行なし(レーンなし)	走行なし
駐車あり：駐車車両あり 駐車なし：駐車車両なし			

表 3-2 実験パターン(Near-side シナリオ)

No.	横断歩道の形状 (駐車車両の有無)	自転車の走行有無 (自転車レーンの有無)	対向車両の走行有無
N1	バルブアウト(駐車あり)	走行あり(レーンあり)	走行あり
N2	バルブアウト(駐車なし)	走行あり(レーンあり)	走行あり
N3	標準(駐車あり)	走行なし(レーンなし)	走行あり
N4	二段階(駐車あり)	走行なし(レーンなし)	走行あり
N5	標準(駐車あり)	走行あり(レーンあり)	走行なし
N6	二段階(駐車あり)	走行あり(レーンあり)	走行なし
N7	バルブアウト(駐車あり)	走行なし(レーンなし)	走行なし
N8	バルブアウト(駐車なし)	走行なし(レーンなし)	走行なし
駐車あり：駐車車両あり 駐車なし：駐車車両なし			

3.4.6 実験の流れ

図 3-60 には本実験の流れを示す。被験者の拘束時間は全体で約 90～120 分程度である。初めに全被験者に対して実験概要を示し、参加に対するインフォームドコンセントを得ると共に、DS の基本操作に関する説明を行った。そして、被験者に対して普段通りの運転を心がけるように伝え、VR 環境への馴化や運転操作への慣れを目的とした練習走行を実施した。なお、練習走行は全長 3.0km のコースで実施し、複数回の右左折及び一時停止行動をとっていただくことで、アクセル・ブレーキ・ハンドル操作を確認した。その後、Far-side シナリオ(計 8 回)と Near-side シナリオ(計 8 回)を被験者に走行していただき、各回終了後及び実験終了後にアンケート調査を行った。実験走行中は事故発生時等を除き、特段の指示は出していない。ただし、実験パターン F5 及び F6、N5 及び N6 走行時においては、「前方を走行する自転車を追い越して下さい」という指示を口頭で伝えた。走行順については、順序効果を排除するために各シナリオにおいてランダムとし、Far-side シナリオを先行実施する被験者と Near-side シナリオを先行実施する被験者の両者が存在するように割り当てた。また実験中には、被験者の前面及び背面より動画撮影を行い、運転の様子を記録した。



図 3-60 実験の流れ(走行実験)

3.4.7 実験順序

以下には各被験者の走行順序を Far-side シナリオと Near-side シナリオに分けて示す。

表 3-3 実験順序(Far-side シナリオ)

被験者No.	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目
1	F1	F4	F6	F7	F2	F3	F5	F8
2	F8	F5	F4	F7	F6	F1	F3	F2
3	F7	F8	F1	F6	F2	F5	F3	F4
4	F3	F2	F6	F5	F8	F7	F4	F1
5	F4	F8	F2	F1	F7	F3	F6	F5
6	F2	F3	F6	F7	F5	F4	F1	F8
7	F5	F6	F2	F4	F8	F3	F7	F1
8	F4	F8	F7	F2	F1	F3	F6	F5
9	F3	F6	F4	F5	F2	F1	F8	F7
10	F7	F6	F5	F1	F8	F2	F3	F4
11	F2	F6	F4	F3	F1	F7	F5	F8
12	F4	F5	F7	F3	F1	F2	F6	F8
13	F7	F5	F1	F2	F6	F4	F3	F8
14	F6	F3	F7	F4	F5	F1	F8	F2
15	F2	F1	F6	F7	F4	F3	F8	F5
16	F8	F4	F2	F7	F5	F3	F1	F6
17	F1	F7	F5	F8	F3	F2	F4	F6
18	F8	F2	F1	F6	F3	F7	F5	F4
19	F4	F7	F3	F8	F2	F6	F1	F5
20	F5	F2	F1	F3	F8	F7	F4	F6
21	F2	F8	F7	F6	F3	F1	F5	F4
22	F7	F8	F1	F4	F3	F6	F2	F5
23	F8	F2	F6	F1	F3	F5	F4	F7
24	F4	F7	F2	F6	F3	F5	F1	F8
25	F1	F7	F3	F2	F8	F4	F6	F5
26	F6	F7	F3	F5	F4	F1	F2	F8
27	F5	F7	F1	F4	F3	F8	F2	F6
28	F3	F7	F5	F2	F6	F1	F4	F8
29	F2	F7	F5	F1	F8	F3	F4	F6
30	F6	F8	F3	F2	F1	F7	F5	F4
31	F8	F5	F7	F1	F4	F2	F3	F6
32	F3	F2	F8	F4	F6	F5	F1	F7
33	F5	F7	F6	F1	F8	F4	F3	F2
34	F3	F6	F4	F8	F2	F5	F1	F7
35	F2	F3	F5	F6	F8	F4	F1	F7
36	F3	F1	F7	F4	F5	F2	F8	F6

表 3-4 実験順序(Near-side シナリオ)

被験者No.	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目
1	N5	N3	N2	N7	N6	N4	N8	N1
2	N4	N3	N5	N2	N7	N6	N8	N1
3	N7	N2	N4	N5	N1	N8	N3	N6
4	N1	N2	N7	N4	N3	N8	N5	N6
5	N5	N6	N2	N3	N7	N8	N1	N4
6	N8	N4	N5	N3	N7	N2	N6	N1
7	N8	N2	N6	N5	N3	N1	N7	N4
8	N7	N8	N4	N6	N1	N2	N3	N5
9	N5	N4	N3	N7	N1	N6	N8	N2
10	N2	N4	N3	N7	N8	N1	N6	N5
11	N3	N4	N2	N8	N7	N5	N1	N6
12	N2	N3	N1	N5	N7	N8	N6	N4
13	N5	N1	N7	N6	N3	N4	N2	N8
14	N7	N6	N8	N3	N4	N2	N5	N1
15	N8	N4	N3	N7	N6	N2	N5	N1
16	N6	N2	N8	N1	N3	N7	N4	N5
17	N5	N2	N8	N3	N6	N1	N4	N7
18	N3	N6	N8	N7	N5	N4	N2	N1
19	N5	N1	N6	N4	N7	N2	N3	N8
20	N6	N5	N1	N3	N7	N4	N2	N8
21	N5	N2	N3	N7	N8	N6	N4	N1
22	N7	N5	N1	N6	N8	N4	N2	N3
23	N7	N2	N3	N6	N1	N8	N5	N4
24	N1	N2	N5	N7	N4	N3	N8	N6
25	N3	N7	N8	N4	N5	N1	N2	N6
26	N1	N3	N4	N5	N2	N7	N8	N6
27	N1	N7	N3	N2	N4	N5	N6	N8
28	N7	N1	N3	N4	N8	N6	N5	N2
29	N2	N4	N5	N7	N6	N1	N3	N8
30	N2	N1	N7	N5	N4	N3	N6	N8
31	N6	N3	N7	N5	N2	N1	N8	N4
32	N4	N7	N5	N3	N2	N8	N6	N1
33	N7	N6	N2	N3	N4	N1	N5	N8
34	N7	N5	N4	N2	N8	N3	N1	N6
35	N2	N7	N3	N6	N5	N1	N4	N8
36	N4	N6	N5	N8	N1	N3	N2	N7

3.4.8 アンケート調査

以下には、Far-side シナリオ(計 8 回)及び Near-side シナリオ(計 8 回)の走行実験中に行ったアンケート調査の内容を示す。被験者には、設問①～⑥については各回終了後に、設問⑦～⑩は全走行実験終了後に回答いただき、運転時の心理面や各横断歩道に対する印象等の把握を行った。

表 3-5 アンケート調査の項目(走行実験)

設問	質問内容
①横断歩道を安全に通行できると思ったか【5件法】 (安全に通行できない理由)	安全性評価
②横断歩道通行時に走りやすいと思ったか【5件法】 (走りにくい理由)	走行性評価
③横断歩道通行時に速度を抑制しようと思ったか【5件法】 (速度を抑制した理由)	速度抑制への意識
④横断歩道通行時に横断歩行者を見つけやすいと思ったか【5件法】 (横断歩行者を見つけにくい理由)	視認性評価
⑤横断歩道直前部走行時に横断歩行者が存在するかもしれないと思ったか【5件法】	横断歩行者への意識
⑥横断歩道直前部走行時に路上駐車が邪魔だと思ったか【5件法】	路上駐車への印象
⑦二段階横断歩道やバルブアウトを通行したことがあるか【2件法】	横断歩道の通行経験
⑧二段階横断歩道やバルブアウトが日本に導入されても良いと思ったか【2件法】 (導入されても良いもしくは導入されない方が良い理由)	横断歩道への印象
⑨性別、年齢、職業、運転免許の種類	個人属性
⑩運転経歴、運転頻度、交通事故及び交通違反の有無	運転経験

3.5 被験者歩行実験

3.5.1 実験実施日・被験者属性

本実験は、2023年9月6日(水)～2023年12月28日(木)のうち、土曜・日曜・祝日を含む計27日間で実施した。

被験者は36名で構成されている。被験者の基本属性については図3-61～図3-66に示す通りである。

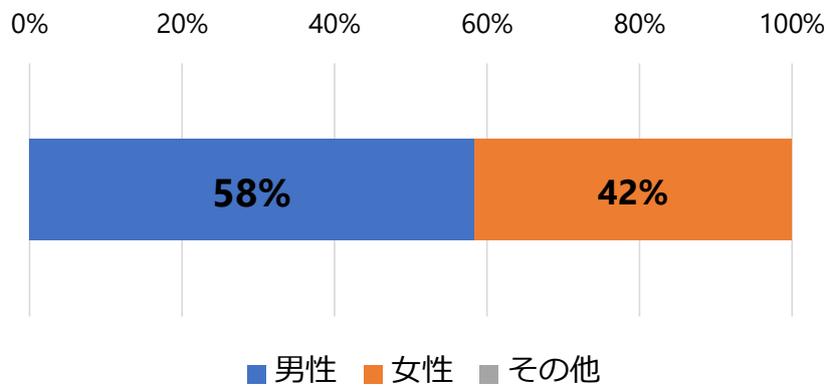


図 3-61 性別

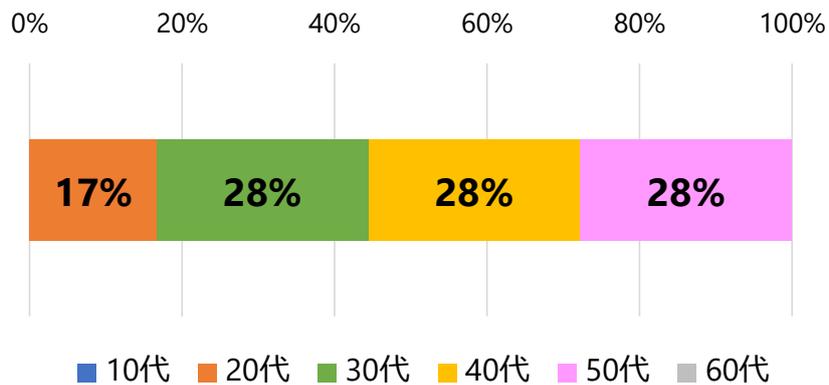


図 3-62 年代

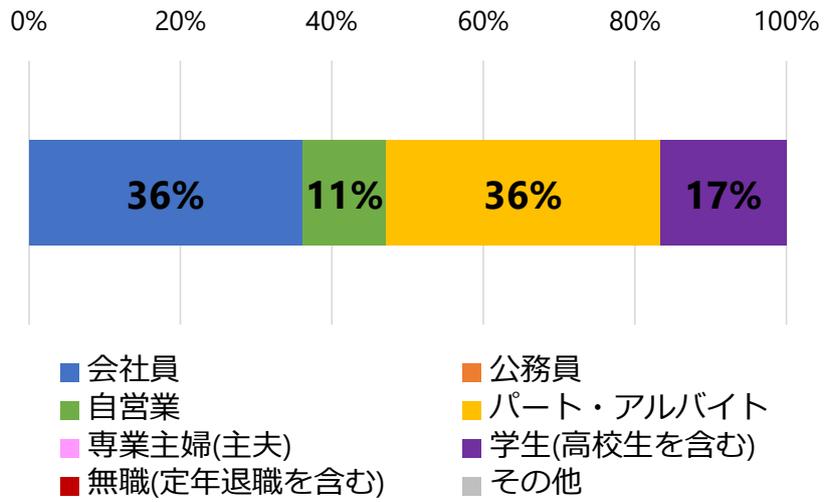


図 3-63 職業

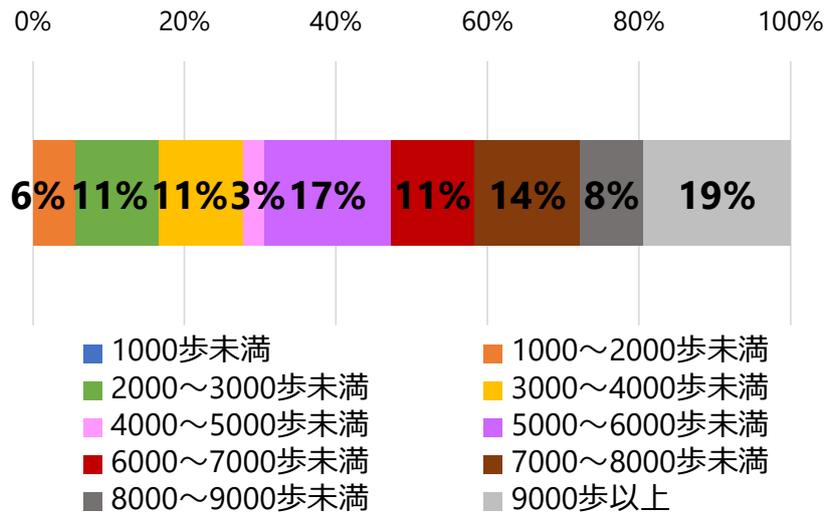


図 3-64 1日当たりの平均歩数

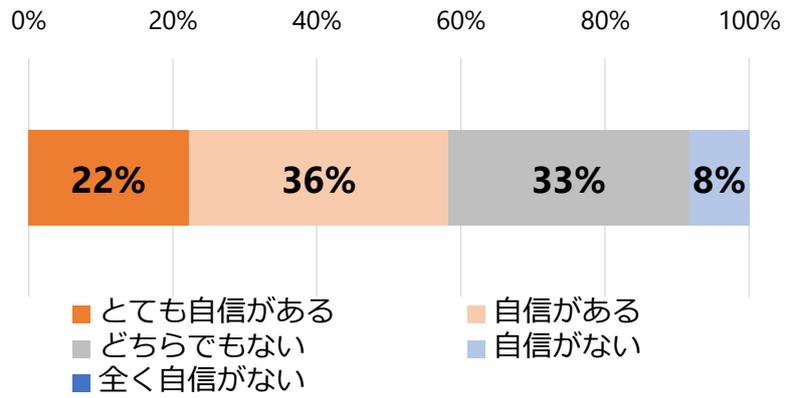


図 3-65 歩行への自信

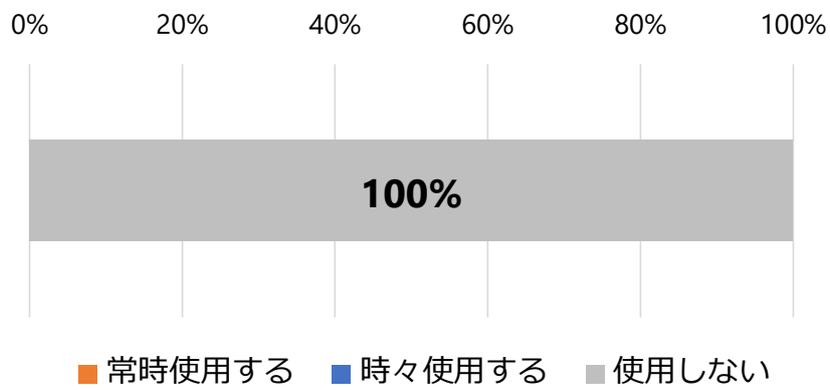


図 3-66 歩行補助器具の使用有無

3.5.2 実験ルート

走行実験と同一の実験モデル及び実験コースを用いたうえで、3.3 で示した標準型横断歩道(パターン 1)、二段階型横断歩道(パターン 3)、バルブアウト型横断歩道(パターン 5)を走行実験時に分析対象とした無信号横断歩道と同様の位置に設置した。歩行者目線における各横断歩道の外観図を図 3-67～図 3-69 に示す。



図 3-67 歩行者目線における標準型横断歩道(パターン 1)の外観図



図 3-68 歩行者目線における二段階型横断歩道(パターン 3)の外観図

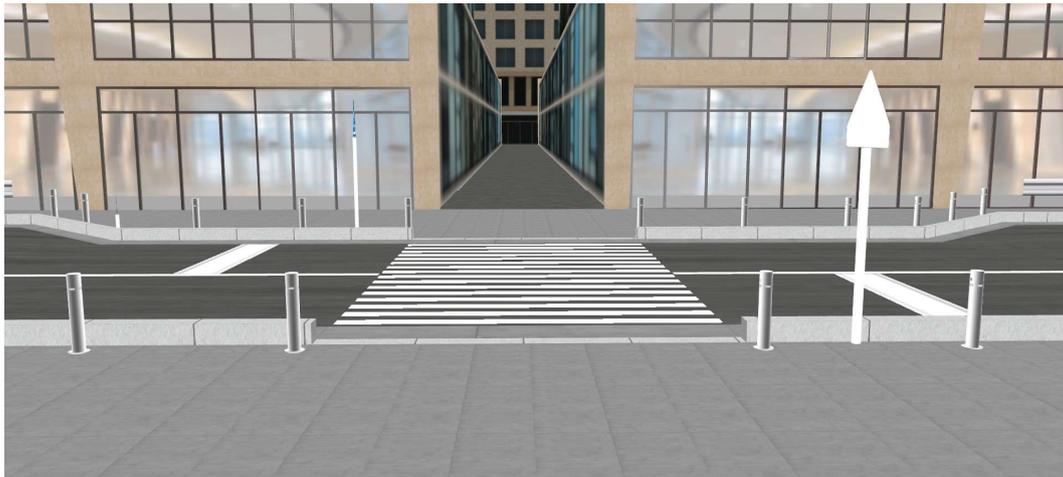


図 3-69 歩行者目線におけるバルブアウト型横断歩道(パターン 5)の外観図

図 3-70～図 3-75 には被験者の横断ルートとその外観図を示す。被験者は沿道建物と歩道境界部をスタート地点とし、車道を挟んだ反対側の歩道にかけて約 18m 歩行した。また、反対側の歩道まで歩行し、沿道建物と歩道の境界部に到達したタイミングをゴール地点に設定した。なお、二段階横断歩道については必ず中央島を経由するルートになっており、図 3-76 に示すように、歩道から中央島までの横断を「前半横断」、中央島から反対側の歩道までの横断を「後半横断」と呼称する。

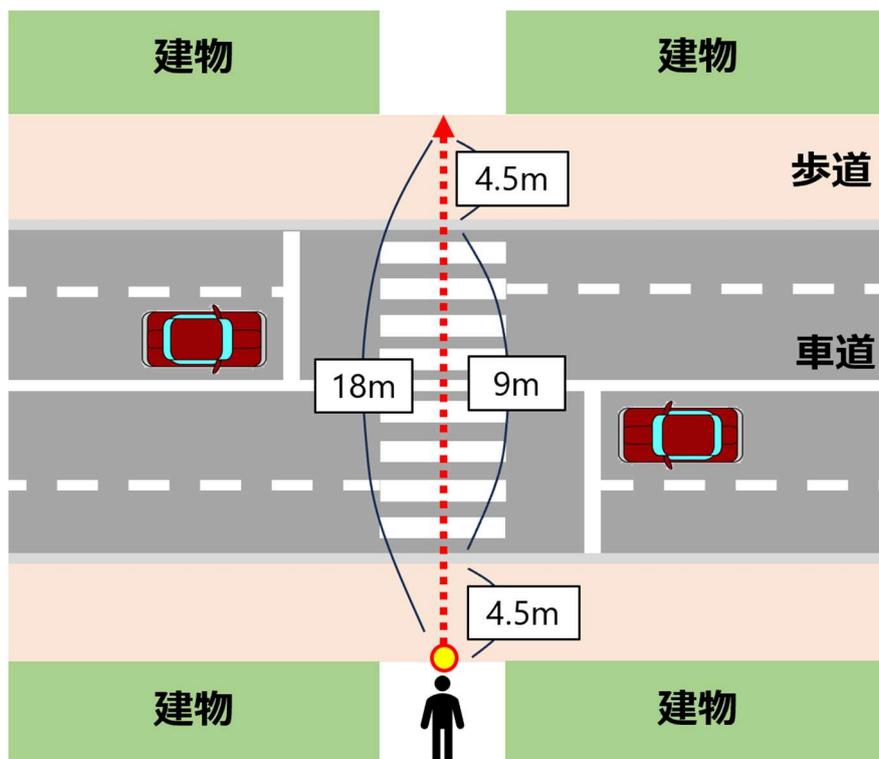


図 3-70 標準型横断歩道(パターン 1)のルート図

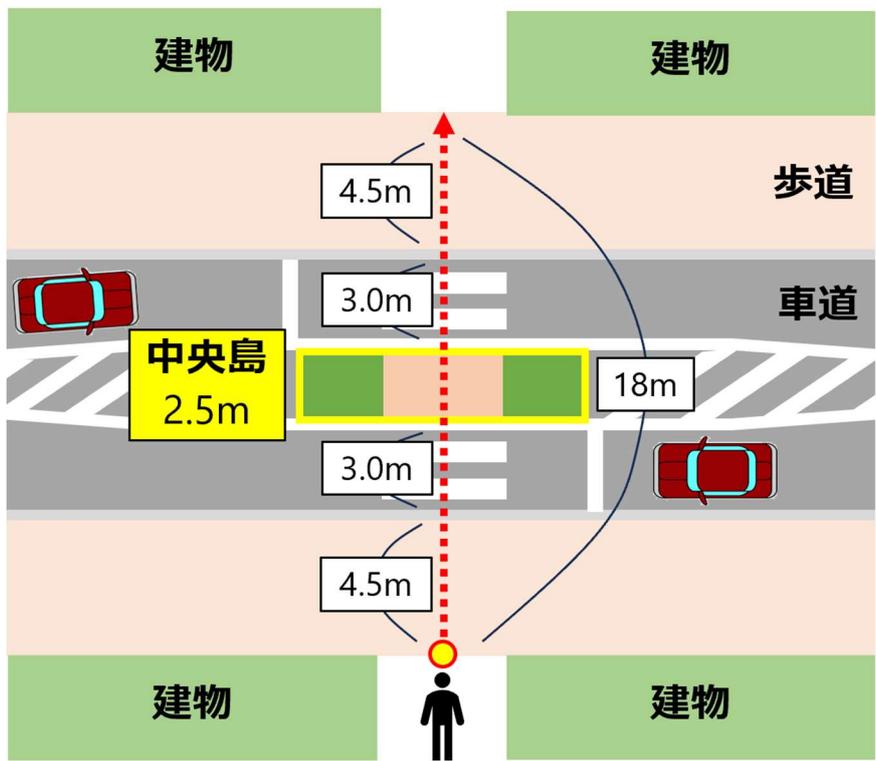


図 3-71 二段階横断歩道(パターン 3)のルート図

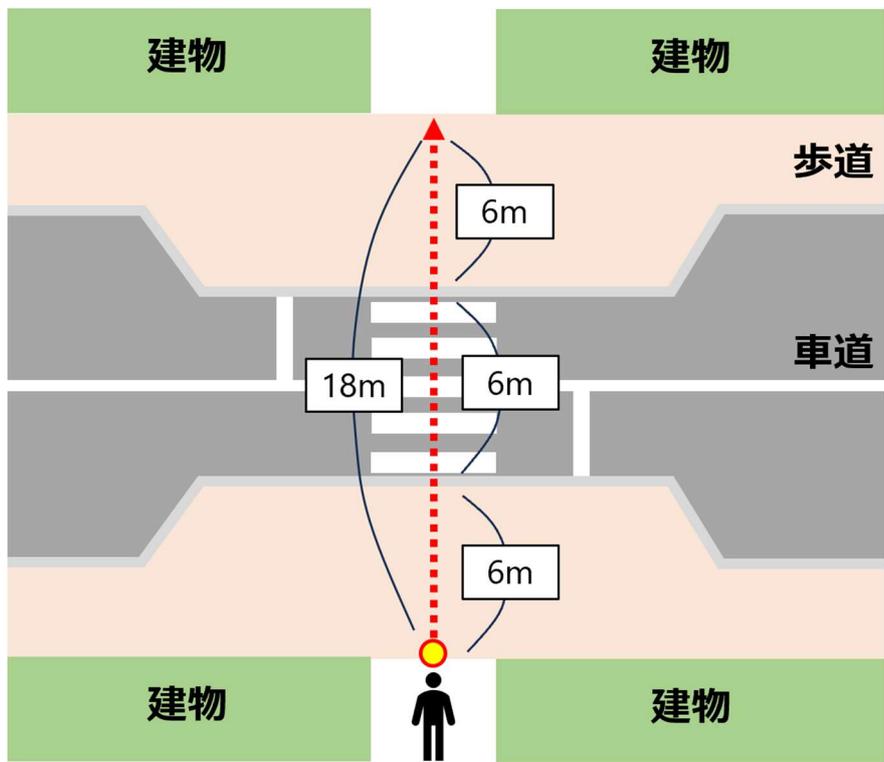


図 3-72 バルブアウト型横断歩道(パターン 5)のルート図



図 3-73 標準型横断歩道(パターン1)のルート外観図



図 3-74 二段階型横断歩道(パターン3)のルート外観図

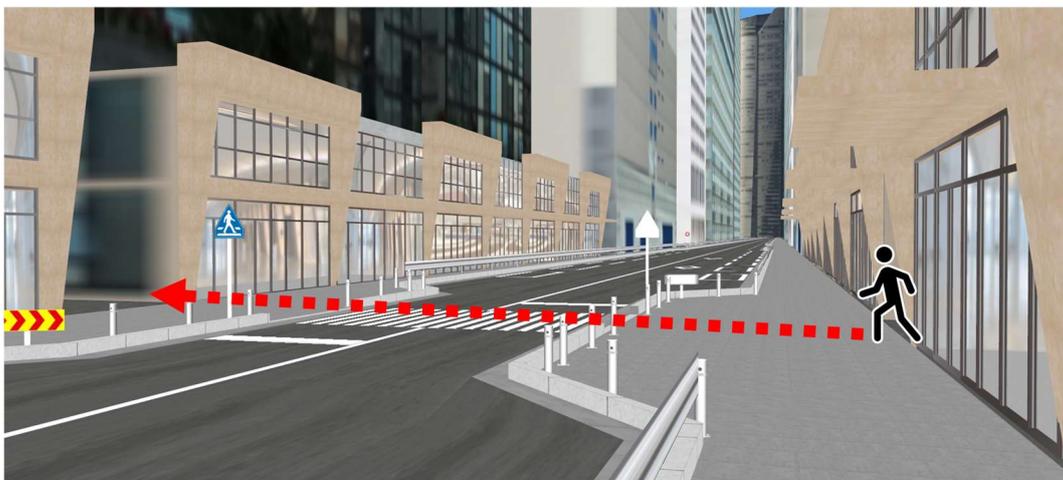


図 3-75 バルブアウト型横断歩道(パターン5)のルート外観図

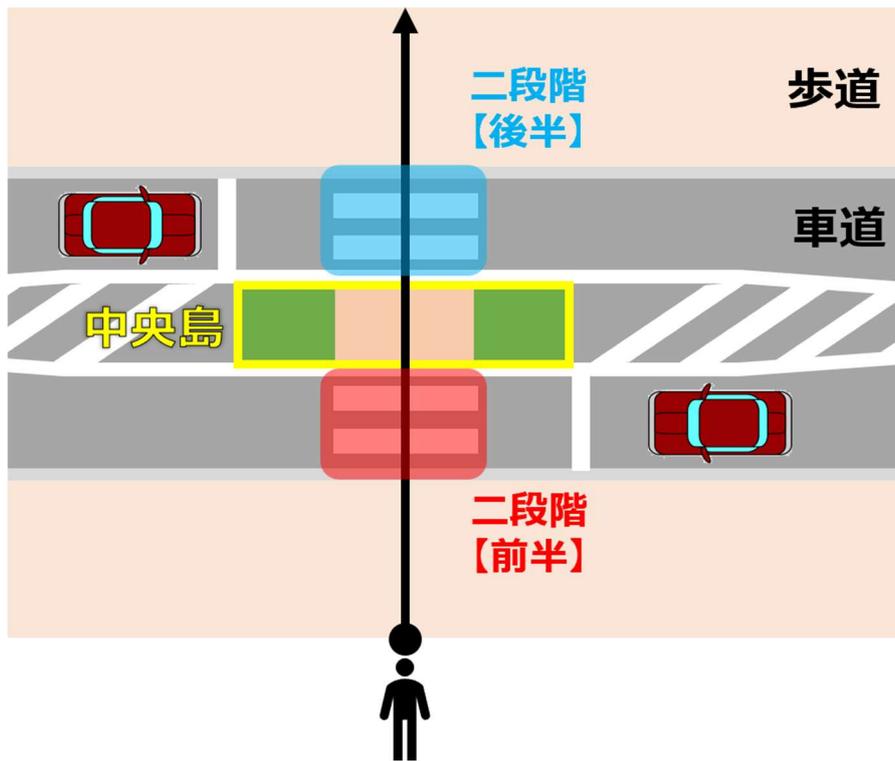


図 3-76 二段階横断歩道(パターン 3)の横断方法

3.5.3 実験条件

本研究では、標準型横断歩道・二段階型横断歩道・バルブアウト型横断歩道が歩行者の横断行動や横断意識に与える影響について、他の道路環境要因を考慮したうえで、明らかにするために、以下の2つの実験条件を設定した。

①駐車車両の配置

本実験では、バルブアウトの導入メリットの1つである駐車スペースの確保に伴う横断者への影響を明らかにするために、各横断歩道パターンの上流部及び下流部に駐車車両の配置と駐車枠の設置を行った。なお、駐車車両の配置と駐車枠の設置にあたっては、走行実験で用いた各横断歩道パターンと同様の位置とした。駐車車両の配置図及び駐車車両の様子については、3.4.4「①駐車車両の配置」のパターン1、パターン3、パターン5を参照いただきたい。

②接近車両の挙動

本実験では、無信号横断歩道への接近車両が歩行者の横断行動や横断意識に与える影響を明らかにするため、被験者から見て左方向もしくは右方向から到着する交通流を生成した。図 3-77～図 3-82 には、無信号横断歩道に接近もしくは無信号横断歩道を通過した車両の様子を示す。

左右方向から接近する車両は全て乗用車とし、走行速度は40km/h一定で走行する。車両交通量については、本実験で想定した道路環境や吉村ら²³⁾の観測結果等を参考に、片側1車線あたり350台/hとし、ランダムに生成されるようになっている。その影響により、車両が車群で到着する場合や数台で到着する場合等のさまざまなパターンが発生している点に留意する必要がある。また、本実験では、左右方向からの接近車両が歩行者に対して道を全く譲らないというより厳しい状況を想定し、車両の譲り率を0に設定した。つまり、例えば被験者が歩道端で横断待ちを行っていたとしても、接近車両は1台も停止せずそのまま通過する形になっている。併せて、被験者が横断歩道を渡り始めたとしても、左右方向からの接近車両は停止せずそのまま進入してくる状況であると言える。そのため、被験者は自身が安全に横断できると判断したタイミングで横断を開始する必要があった。



図 3-77 標準型横断歩道(パターン1・駐車車両なし)での接近車両の様子



図 3-78 標準型横断歩道(パターン1・駐車車両あり)での接近車両の様子



図 3-79 二段階型横断歩道(パターン3・駐車車両なし)での接近車両の様子



図 3-80 二段階型横断歩道(パターン3・駐車車両あり)での接近車両の様子



図 3-81 バルブアウト型横断歩道(パターン5・駐車車両なし)での接近車両の様子



図 3-82 バルブアウト型横断歩道(パターン5・駐車車両あり)での接近車両の様子

3.5.4 実験パターン

3.3 で示した 3 種類(パターン 1・パターン 3・パターン 5)の無信号横断歩道と 3.5.3 で示した条件を組み合わせることで 6 種類の実験パターンを作成した。

実験パターンの作成にあたって、各横断歩道(標準型・二段階型・バルブアウト型)において駐車車両が存在する場合と存在しない場合の 2 ケースを設定し、「駐車車両の有無」という実験条件を設定した。

表 3-6 実験パターン(歩行実験)

No.	横断歩道形状	駐車車両の有無
P1	標準	駐車車両あり
P2	標準	駐車車両なし
P3	二段階	駐車車両あり
P4	二段階	駐車車両なし
P5	バルブアウト	駐車車両あり
P6	バルブアウト	駐車車両なし

3.5.5 実験の流れ

図 3-83 には本実験の流れを示す。被験者の拘束時間は全体で約 40~60 分程度である。初めに全被験者に対して実験概要を示し、参加に対するインフォームドコンセントを得ると共に、HMD の基本操作に関する説明を行った。そして、被験者に対して普段通りの歩行を心がけるように伝え、VR 環境への馴化やコントローラー操作への慣れを目的とした練習歩行を実施した。その後、6 種類の実験パターンを被験者に歩行していただき、各回終了後及び実験終了後にアンケート調査を行った。歩行順については、順序効果を排除するためにランダムとした。なお、本実験ではコントローラーを使用した模擬歩行を採用したため、歩行速度は 4km/h 一定で設定されており、速度を上げるもしくは下げるといった操作は不可能であった。この点については接近車両の譲り率の件と併せて、今後の分析結果を参照される際に留意する必要がある。

練習歩行については仮想の無信号交差点モデルで実施し、複数回の右左折及び横断行動をとっていただくことで、コントローラー操作や車両との距離感等を確認した。また実験中には、被験者の前面及び背面より動画撮影を行い、歩行の様子を記録した。

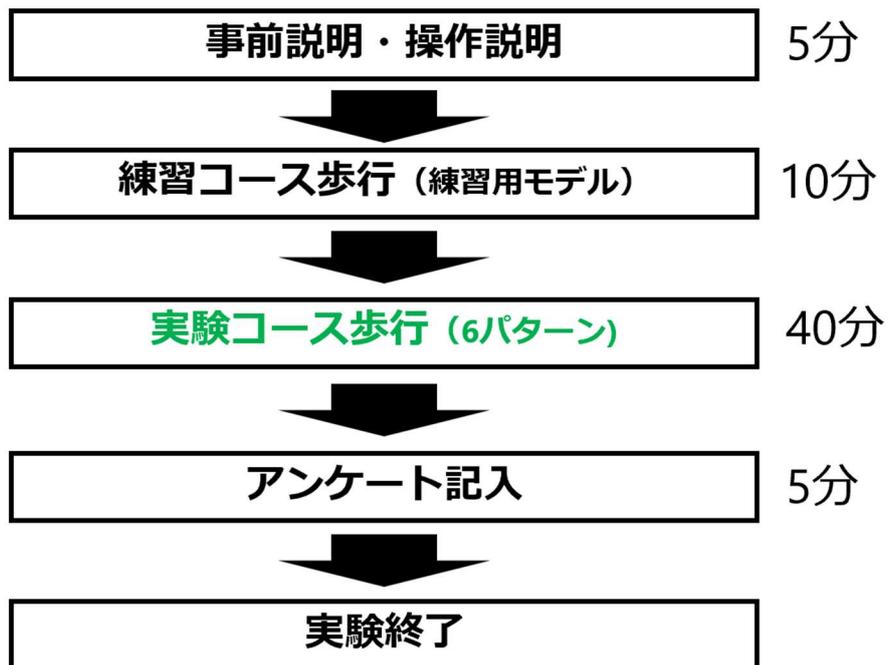


図 3-83 実験の流れ(歩行実験)

3.5.6 実験順序

以下には各被験者の歩行順序を示す。

表 3-7 実験順序(歩行実験)

被験者No.	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
1	P6	P5	P3	P2	P4	P1
2	P3	P1	P4	P2	P6	P5
3	P6	P2	P3	P1	P5	P4
4	P4	P3	P5	P1	P2	P6
5	P3	P5	P6	P1	P4	P2
6	P4	P2	P1	P3	P6	P5
7	P1	P2	P4	P3	P6	P5
8	P3	P5	P2	P6	P4	P1
9	P1	P5	P4	P3	P6	P2
10	P4	P3	P6	P2	P5	P1
11	P2	P1	P6	P3	P4	P5
12	P1	P5	P2	P6	P3	P4
13	P5	P4	P6	P2	P3	P1
14	P5	P3	P6	P2	P4	P1
15	P4	P5	P1	P6	P2	P3
16	P2	P5	P4	P6	P3	P1
17	P1	P2	P4	P6	P3	P5
18	P5	P1	P3	P4	P6	P2
19	P6	P1	P2	P4	P5	P3
20	P4	P3	P1	P6	P5	P2
21	P6	P2	P3	P1	P5	P4
22	P2	P6	P5	P3	P1	P4
23	P5	P4	P6	P1	P2	P3
24	P4	P3	P2	P6	P1	P5
25	P2	P1	P6	P3	P4	P5
26	P4	P6	P1	P5	P2	P3
27	P5	P2	P4	P3	P6	P1
28	P3	P1	P5	P4	P6	P2
29	P4	P6	P3	P5	P2	P1
30	P2	P5	P6	P1	P3	P4
31	P1	P3	P5	P6	P2	P4
32	P1	P5	P2	P6	P4	P3
33	P5	P6	P3	P1	P2	P4
34	P1	P6	P3	P2	P5	P4
35	P3	P5	P1	P4	P6	P2
36	P3	P5	P1	P4	P6	P2

3.5.7 アンケート調査

以下には、歩行実験中に行ったアンケート調査の内容を示す。被験者には、設問①～⑩については各回終了後に、設問⑪～⑬は全走行実験終了後に回答いただき、横断時の心理面や各横断歩道に対する印象等の把握を行った。

表 3-8 アンケート調査の項目(歩行実験)

設問	質問内容
①横断歩道を安全に横断できると思ったか【5件法】	安全性評価
②横断歩道通行時に安心して横断できると思ったか【5件法】	安心感
③横断歩道通行時に横断しやすいと思ったか【5件法】	利便性評価
④横断歩道通行時に左右の安全確認がしやすいと思ったか【5件法】	安全確認への意識
⑤横断歩道通行時に左右から接近する車両を見つけやすいと思ったか【5件法】	視認性評価
⑥左右から接近する車両を確認する際に路上駐車が邪魔だと思ったか【5件法】	駐車車両への印象
⑦横断歩道通行時に安全に横断できるタイミングを掴みやすいと思ったか【5件法】	横断判断への意識
⑧横断歩道通行時に歩道や中央島での横断待ち時間が長いと思ったか【5件法】	円滑性評価
⑨歩道や中央島で横断待機する際に左右から接近する車両との距離が近いと思ったか【5件法】	危険性評価
⑩歩道や中央島で横断待機する際の待機スペースが狭いと思ったか【5件法】	利便性評価
⑪二段階横断歩道やバルブアウトを通行したことがあるか【2件法】	横断歩道の通行経験
⑫二段階横断歩道やバルブアウトが日本に導入されても良いと思ったか【2件法】 (導入されても良いもしくは導入されない方が良い理由)	横断歩道への印象
⑬性別、年齢、職業、1日の平均歩数、歩行への自信、補助器具の使用有無	個人属性