

シェアードスペースでの自発的な歩行者行動の状況表示による誘導 Guiding spontaneous pedestrian behavior with status indication in shared spaces

山根 直樹[†] 安久 絵里子[†] 原田 悦子[†] 矢野 博明[†] 伊藤 誠[†]
Naoki Yamane Eriko Ankyu Etsuko T. Harada Hiroaki Yano Makoto Itoh

1. 諸論

道路交通において、歩行者とモビリティが対等な立場で場所を共有する「シェアードスペース」が注目されている。軌道系交通システム LRT (Light Rail Transit) の電停周辺は、歩行者と LRT が空間を共有するため、シェアードスペースの一例といえる。

安久ら[1]は、LRT の富山駅前電停において、現状の赤青信号では、LRT の接近が左右のどちらから来るのか、また一時期に複数本の接近がある場合に、どの順番、どのタイミングで来るのが歩行者にとって「分かりにくい」という問題があることを報告した。そこで本研究では、歩行者の安全で円滑な移動を確保するために、LRT の接近方向と接近順を矢印により表示し歩行者を誘導する方法を提案する。そして、歩行者誘導の効果を明らかにするため、大規模 VR (Virtual Reality) 空間を用いた検証を行った。

2. 対象空間において生じている問題

多様化する交通に柔軟に対応するため、歩行者とモビリティが対等な立場で場所を共有するシェアードスペース[2]とする空間が近年増えている。西川ら[3]は、シェアードスペースの概念を、「道路を生活者中心の空間にする」もので、「通行者の自主性、能動的意識を高めて、(中略)公共空間(道路)の統合的活用を促す」ものと定義する。そうしたシェアードスペースとして設計された LRT 富山駅前電停は、富山駅の再開発に伴い、交通の結節点としての機能が変化し、その結果シェアードスペース内で必要とされる相互作用に変化が生じ、安久ら[1]の報告する新たなリスクが生じていると考えられる。

図 1 中央に、LRT 富山駅前電停南口の俯瞰図と、図 1 左右に、歩行者視点でのそれぞれ左右方向の写真を示す。ここは、歩行者が横断する空間で 2 本の軌道が交差する特徴的な構造となっており、LRT は 3 方向 LRT A, B, C の位置から歩行者に接近しうる。LRT A は中央の軌道のクロス

したポイントで必ず方向を変え、LRT C は直進する車両と方向を変える 2 パターンがある。この複雑な通行パターンは予測が難しく、歩行者の行動観察では、歩行者は赤信号で停止している間に、左から接近してくる LRT C の車両を注視していたが、右に停車していた LRT B の方が先に発進し、目の前を通過したことで、歩行者が驚いて後退する様子が観察された。また、歩行者が片側からの車両の動きのみを見て、赤信号時に軌道を横断した際に、注意を向けられていない側の LRT がリスク回避のために減速するといった、想定以上の歩行者優位性を示す相互作用の事例も見られた。

一般にはシェアードスペースでは、空間を分断する標識や信号を無くす減算志向が重要とされる[3]が、上記の事例から、現状の歩行者のための信号は、歩行者の自主的・能動的判断に必要な情報が不足しており、その結果として対等な立場での空間の共有を阻害している可能性がある[1]。そこで本研究では、「歩行者のための情報を適切に付与する」ことによる効果を検討することとした。

3. 歩行者誘導方法としての新たな情報付与

3.1 先行研究

シェアードスペースでは、情報を適切に与えることが重要である。歩行者の行動は、個々の車両との相互作用や信号を含む周辺環境に対する認知的作用など複数の要因から影響を受けるため、誘導の効果を確認するには実験的な検証が必要である。

児玉ら[4]は、実スケール VR 空間を作り出す大規模没入ディスプレイ(LargeSpace)[5]を使って、シェアードスペースでの歩行者と車両の情報の相互作用を検証した。LargeSpace は、12 台のプロジェクタと幅 25m、奥行き 15m、高さ 7.7m のディスプレイによって、実スケールの VR 空間を構築できる。シェアードスペースでの歩行実験は、周辺視野を含めた視覚表示のみで物理的な車両を用い

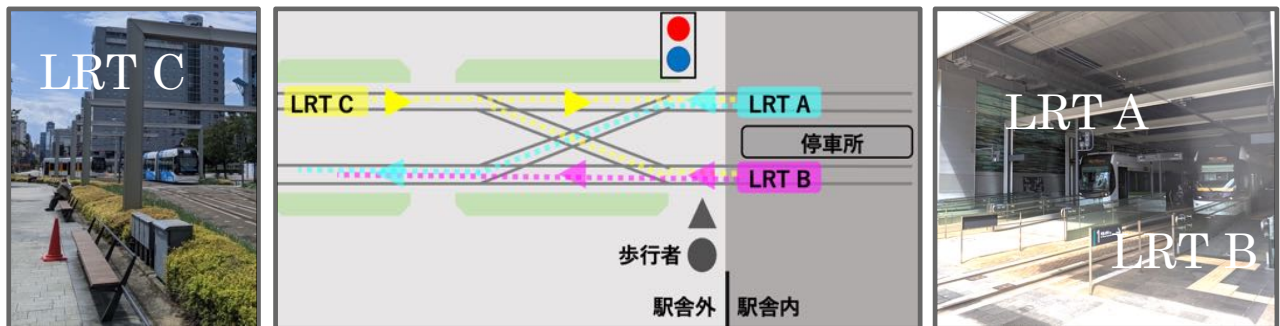


図 1 LRT 富山駅前電停南口。

(中央図) 俯瞰図。歩行者を丸で表し、LRT を四角で表す。歩行者は丸の位置から三角の方向へ LRT 軌道を横断する。LRT の色(シアン、マゼンダ、イエロー)と進行方向の色は対応している。2 本の軌道の 3 方向から接近し、俯瞰図のクロスのポイントで分岐をする。(左右図) 歩行者視点でのそれぞれ左右方向の画像。

[†] 筑波大学 University of Tsukuba.

ないため、安全な実験環境を構築できることやモーションキャプチャ等により定量データの取得が容易である優位点がある。児玉ら[4]は、VR 空間で車両の存在予測範囲を表示することで歩行者が車両の移動経路を予測することが可能となり、安全に歩行できるようになることを示した。ただしこの研究は、自由に動くことができる車両 1 台と歩行者を対象にしたものであり、軌道上を走行する複数台の車両を対象にしていない。

西村ら[6]は、4 つの道路デザインを対象に、歩行者の注意喚起を促すことができるか否かを、自動車のブレーキ位置や速度の観測によって調査し、それぞれの利点と欠点を示した。松林ら[7]は、歩行環境のシミュレーション動画を見て、どのような動画に対して協調的であると考えたのかという実験を行った。その結果、目的地への到着が遅れる行動を協調的であると結論づけた。これらの研究は、既存の道路での誘導や行動に関する情報提示の認知的効果について述べたものであるが、歩行者の行動変容をうながす情報提示による歩行誘導の効果を検証するものではない。

3.2 提案手法

従来用いられている赤青信号では、LRT が接近中であることは表示されるが、接近する方向や順序の情報が提供されておらず、歩行者が行動選択に迷い、立ち止まる事例が観察された。

これに対して、LRT の接近方向と接近順を示すことにより、歩行者の視線を適切な順に LRT 接近方向に誘導することで安全な行動を促すことが可能と考えられる。そこで情報伝達方法として、図 2 に示す「車両の接近方向と接近順の矢印表示による誘導信号」を提案する。図 2(a)に示す通り、3 つの接近方向を矢印で示し、接近順を番号づけされた上から並べることで示す。1 台目通過後は、図 2(b)に遷移する。

4. 検証実験

本実験は、筑波大学システム情報系研究倫理委員会の承認を得て行った(承認番号 2021R544)。

4.1 実験装置

本研究では、VR 空間でシェアードスペースを作成し、提案手法を検証する実験を行った。図 3 (上図)に PC 画

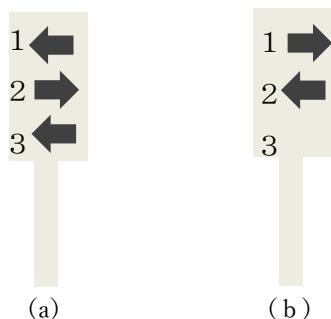


図 2 接近方向と接近順の矢印表示。

(a)車両は右左右方向からの順で接近することを示す。(b)1 台目が通過後の遷移図。ひとつ繰り上がって、左右方向からの順で接近することを示す。

面に表示された VR 空間を走行する LRT を示す。LargeSpace のコンピュータ上のゲームエンジン (Unity) で、富山駅前電停付近の建物構造のモデリングと LRT の自動走行、それに即した誘導信号を作成した。図 3 (下図)は LargeSpace に投影した VR 空間を実験参加者が歩行する様子である。

4.2 実験参加者

本実験には、筑波大学の学生 10 名(大学 1 年~4 年、男性 8 名、女性 2 名)が参加した。実験参加者の募集は、学内公募によって行った。各実験参加者が実験を完了するのに約 1 時間を要し、一人につき 880 円の謝金を渡した。

4.3 実験計画

本実験では、歩行者に対して提示する情報を独立変数とした。提示情報は被験者内要因であり、(i)矢印による誘導(提案手法)、(ii)誘導なし、(iii)通常の歩行者信号の赤青表示(現状富山駅前電停で利用されている)、の 3 水準を用意した。

4.4 実験シナリオと手順

本実験では、時間の都合上、誘導方法ごとに接近方向を「右右左」と「右左右」の 2 種類のシナリオのみを用意した(表 1)。「接近順」は、歩行する空間を LRT が横断する順番で、左右の方向は歩行者から見た 1, 2, 3 台目の車両の初期位置を意味する。たとえば、「右右左」は、1 台目が右から、2 台目も右から、3 台目が左から接近することを意味する。初期位置からの車両の進行方向は、図 1 に示すとおりであり、LRT C は直進する車両と方向を変える 2 パターンある。

誘導方法が被験者内要因であることから、シナリオの予



図 3 VR 空間でのシェアードスペースと誘導信号。

(上図)コンピュータ上の Unity の画面。2 台の LRT が自動的に走行している。(下図) LargeSpace に投影した空間を歩行する様子。楕円の位置に誘導信号を設置した。

測をしづらくするために、LRT 走行パターンをシナリオ間で異なるものとした。

本実験においては、最初に実験参加者に実験の目的を説明し、インフォームドコンセントを取得した。その後、LargeSpace における歩行の練習を行った。参加者が十分に歩行に慣れたら、6 シナリオで歩行行動を行ってもらった。

4.5 評価指標

本実験では、車両の走行ログにあわせて実験参加者の位置・頭の向きをの定量データを OptiTrack 社の計測用ソフト Motive によって 120 Hz で計測した。参加者の行動は定量データの取得に加えビデオでも撮影し、分析の参考とした。歩行の行動は、得られたログデータをもとに、歩行者の横断方向の位置の時系列変化である移動軌跡と、頭の向きの時系列変化を、図 4 に移動軌跡と頭の角度の定義に基づいて算出した。

5. 結果

5.1 移動軌跡

図 5 に歩行者の移動軌跡の結果を示す。図 5 上図のシナリオ 2 (矢印) では、LRT 3 台が接近する中、3 台目の LRT A (シアン) が通過後に横断した人は 1 名で、2 台目

の LRT C (イエロー) と 3 台目の間は 2 名であり、それ以外の人は 1 台目の LRT B (マゼンダ) と LRT C の間に横断した。

誘導方法が歩行者行動に与えた影響を検討するため、シナリオごとの比較を行った。まず、横断中に LRT 接近し接触を回避するために引き返す、つまり回避行動について着目する。ここでいう「回避行動」は、急な方向転換を意味し、危険な行動であると考えられる。赤青信号 (シナリオ 6) では 45 秒あたりで回避行動が観測されたが、矢印表示 (シナリオ 2) では回避行動は観測されなかった。このことから、本研究で提案した矢印表示によって、安全な行動選択の判断が促されていたことが推察できる。

表 1 シナリオ内容.

シナリオ番号	接近順	誘導
S1	右右左 (ABC)	矢印
S2	右左右 (ACB)	矢印
S3	右右左 (BAC)	なし
S4	右左右 (BCA)	なし
S5	右右左 (BAC)	赤青
S6	右左右 (BCA)	赤青

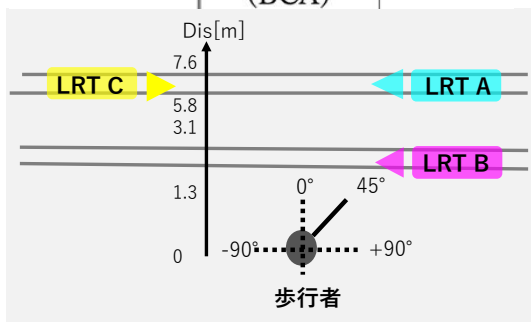


図 4 移動軌跡と頭の角度の定義.

移動軌跡は、開始場所から LRT 軌道を横断する方向に進んだ距離。頭の角度は、歩行者の横断方向を 0 度とした時の鉛直軸周りの角度。歩行時には進行方向のみに視線が向いていると仮定し、前方 180°の範囲 (+90°~-90°) を定義域とする。

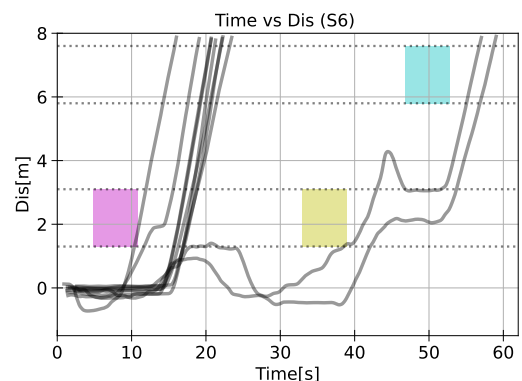
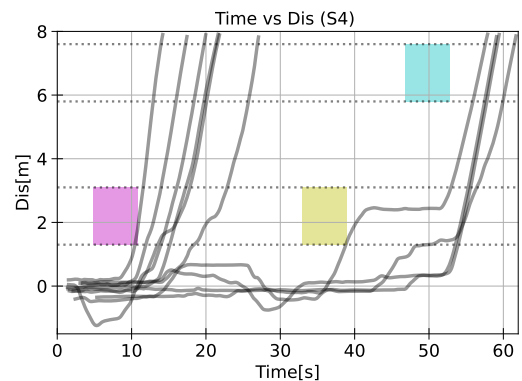
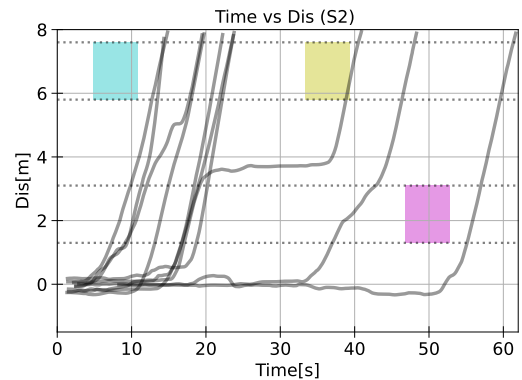


図 5 歩行者の移動軌跡.

上図からシナリオ 2 (矢印), 4 (なし), 6 (赤青) の時の歩行者 10 人の移動軌跡。横軸に時間、縦軸で移動した距離をとり、各軌跡を黒の線で表す。横破線で軌道の位置を示し、シアン、マゼンダ、イエローで LRT A, B C が接近する位置と時間を示す。

次に、歩行者が移動した距離が手前側の軌道の位置 (1.3m) を過ぎた時間である移動開始時間に着目し、移動開始時間の分散に着目した。一般的に誘導方法が歩行者に与える影響力が強いほど、移動開始時間の分散は小さくなると考えられる。誘導ごとの影響力を検討すると、赤青信号 (シナリオ 6) は、誘導なし (シナリオ 4) に比べ分散が小さく、誘導が強いことが分かる。

5.2 頭の向き

図 6 に歩行者の頭の向きの時系列変化を示す。図 6 上図のシナリオ 2 (矢印) の結果から、LRT A (シアン) の角度が大きく変わる 30 秒までは、マイナスの左方向を注視し、LRT C (イエロー) の角度が 30 秒以降に変化すると、

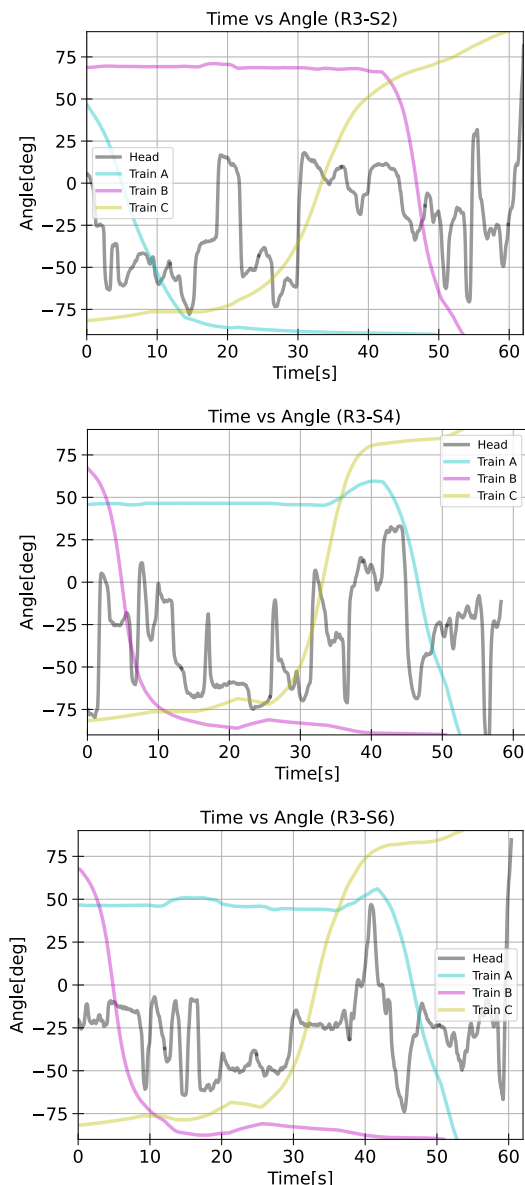


図 6 歩行者の頭の向き。

上図から、シナリオ 2 (矢印)、4 (なし)、6 (赤青) の時の 1 人の歩行者の頭の向き。横軸に時間、縦軸で頭の角度を示す。シアン、マゼンダ、イエローで LRT A, B, C の方向を示す。

それに沿って頭の角度も変化していた。

まず、全体的な傾向として、シナリオの種類によらず頭がやや左側に向いていた。これは、図 1 の俯瞰図に示す通り、信号が左側にあり、歩行中 LRT の接近方向によらず左を確認していたこと、右側の LRT A,B が停車していたとしても、左側の LRT C が大きく移動したことで左方向に注意が向きやすくなっていたと考えられる。

矢印による誘導を行ったシナリオ 2 では、誘導のないシナリオ 4 や信号のみのシナリオ 6 に比べ、LRT の方向と頭の角度が一致することが予想されたが、シナリオ間で大きな差は見られなかった。

6. 結論

歩車の分断をなくし効率的な移動を狙うシェアードスペースで重要となる、情報伝達による歩行者の誘導方法の効果の測定を、VR 空間を用いたに歩行実験で行った。異なる 3 種の誘導信号における、歩行者行動の差異を定量的に明らかにすることができた。提案した誘導方法の定量的な優位性を示すことはできなかったが、歩行者行動を考察するのに十分な結果が得られた。

なお、本研究で用いたように、シェアードスペースにおける歩行環境のデザインを VR 空間で実装・検証する方法は、高いリアリティを持たせつつ安全な実験を行うことを可能にし、定量的なデータを取得できるという意味で意義のあるものといえる。本研究では、歩行者 1 名ずつの歩行実験をとしたが、今後は、周囲の人の行動が与える影響や経験による学習の効果の検証を行う必要がある。

謝辞

本研究は、JSPS 科学研究費補助金基盤研究 (A) 19H00806 の一部として行われた。また、実験の実施に当たり協力をいただいた、児玉拓郎氏に謝意を表す。

参考文献

- [1] 安久絵里子, 後藤将志, 原田悦子, 矢野博明, “歩車混在空間における相互作用とリスク低減行動: 新しい交差空間におけるリスク共有コミュニケーションの検討”, 日本認知科学会 第 37 回大会 発表論文集 P-98 (2020) .
- [2] B. Hamilton-Baillie, “Shared space: Reconciling people, places and traffic, Built Environment”, Vol. 34, No. 2, pp. 161-181 (2008) .
- [3] 西川潔, 山本早里, “シェアード・スペースに関する研究—1 シェアードスペースの概念”, デザイン学研究発表大会概論集 日本デザイン学会, No.58, pp.132-113(2011).
- [4] 児玉拓郎, 矢野博明, “歩行者に車両の存在予測範囲を提示する eHMI”, 第 26 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2C1-7, (2021) .
- [5] 高鳥光, 圓崎祐貴, 矢野博明, 岩田洋夫, “大規模没入ディスプレイ LargeSpace の開発”, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol.21, No.3, pp.493-502, (2016) .
- [6] 西村亮彦, 濱田海斗, “歩車共存型道路のデザインと歩行者の安全に関する研究”, 景観・デザイン研究講演集, (2020).
- [7] 松林翔太, 三輪和久, 寺井仁, 下條朝也, 二宮由樹, “歩車混在空間における協調的行動”, 日本認知科学会第 38 回大会発表論文集, P1-44, pp307-309(2020).