

歩車混在空間における相互作用とリスク軽減行動： 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

Interaction and risk-reductive behaviors in a mixed space of pedestrian and vehicle: From the viewpoint of risk-sharing communication

安久 絵里子, 後藤 将志, 原田 悦子, 矢野 博明
Eriko Ankyu, Masashi Goto, Etsuko T. Harada, & Hiroaki Yano

筑波大学

University of Tsukuba

{anky@tsukaiyasusa.jp, etharada@human.tsukuba.ac.jp}

概要

新型モビリティの登場により、歩車混在空間における人—移動体間のリスク共有の重要性が増している。本研究ではライトレールを取り上げ、横断歩道における歩行者との相互作用とコミュニケーションの特性を検討するための行動観察を行った。その結果、運転者が歩行者の行動に応じてリスク回避行動を取っているが、歩行者にはそれが伝わっていない様子が観察され、歩車共存空間におけるコミュニケーション支援の重要性が示された。

キーワード: リスクホメオスタシス, 人—移動体間リスク共有コミュニケーション, 歩車融合空間／共有空間

1. はじめに

社会の高齢化による歩行困難者の増加を反映し、ラストワンマイル（例：最寄駅から自宅まで）の移動を支援するための様々な移動体（mobility）が新たに提言されつつある。特に、ラストワンマイル区間での運転車両として、自動運転技術等を用いた小型モビリティが提案されており、こうした移動体を利用される状況では、歩行者と小型モビリティとが歩車混在空間を形成することが多い。従来の交通安全対策では歩車分離により交通リスクを低減しようとしてきたのに対し、歩車混在空間では、歩行者とモビリティの双方が、場全体の安全確保に向けた相互作用を行いながら、安全かつ一定以上の効率性を保って移動を可能とする空間を維持することが求められている。

Monderman は 1980 年代に共有空間（Shared Space）という概念により交通信号や交通標識等を取り払い、歩行者や車両等、複数種の交通参加者が「同等の立場で場を共有する」空間をデザインすることを提案したが、伊藤 (2018) はこの提案の基本原則としてリスクホメオスタシス (Wilde, 1982) があることを指摘した。一方、谷口ら (2012, 2016) はそうした相互的なリスク低減行

動のためにはコミュニケーションが重要な要素であると述べている。実際に、近年では、特に自動化を目指した移動体においてコミュニケーションのための外向け HMI (Human-Machine-Interface) が検討されてきている。

こうした試みを進めていくためには、実際の歩車混在空間において、歩行者と小型モビリティの間でどのようなリスク低減/回避行動が生じているのか、またその過程でどのような相互作用があり、コミュニケーションが発生しているのかを検討し、それらの特性について基本的な理解を深めることが必要となる。田中ら (2020) は空港における小型電動カートおよび博物館におけるパーソナル・モビリティのツアーという 2 種類のモビリティ・空間を取り上げ、周辺歩行者と小型モビリティの歩車混在空間でのリスク低減行動、歩車間相互作用、特にコミュニケーションの発生について報告している。博物館では運転者の声かけによって、周辺の歩行者に対するリスク回避行動への誘導が自然な形で行われていたが、空港では声かけは一切行われず、運転者のリスク回避行動が一方的に行われ、歩行者とモビリティの間で安全配慮の不均衡が生じていた。これより、モビリティの運用される空間や場の制度・文化、そこにいる人にとっての目的性などが、歩車混在空間におけるコミュニケーションの在り方に強く影響していることが指摘された。

一方で、ラストワンマイルをカバーするためのモビリティは屋外空間を走行するものも多く、移動の安全性、快適性、高速性等から電動カートやパーソナル・モビリティよりもサイズが大きく、屋根やドアなどの覆いがある車体が想定されるが、そうした場合には運転者の直接的な声かけ等によるコミュニケーションは困難にもなりうる。こうした「やや大きめ」なモビリティで、直接的なコミュニケーションが困難と考えられる

場合、歩車混在空間において、歩行者とモビリティとの間でどのような相互作用があるのでしょうか。また、そこに双方間でのコミュニケーションは成立しているのか、成立しているとするとどのようなコミュニケーションがなされているのかはこれまでに明らかにされていない。

屋外を走行する比較的大きな新型モビリティの代表例としてライトレール（Light Rail Transit, LRT）があげられる。日本国内では、富山市が有名であり、新幹線と第3セクター鉄道の二駅が並列する富山駅の駅前空間において歩行者とライトレールが混在する空間が構築されている。ライトレールには一定の走行線路が存在するが、停車場ホームもそれ以外の線路にも特に他の空間との区切りはなく、歩行者が車両のすぐ近くまで近づけることから、まさに歩車混在空間と呼べる。加えて、2020年3月21日に、富山駅を挟んで南北に分かれていた2社のライトレールが接続され、ライトレール富山駅も改装されるという事象が生じた。すなわち、歩車混在空間の構造に、ある一時点から大きな変化が生じたことになる。そうした変化の際には、それによって生じる様々な動的変動から、対象事例がもつ本質的な特性や行動要因の存在が明らかになることが推測される。

そこで本研究では、ライトレール駅の中の、特に「歩車交差空間」となっている横断歩道を取りあげ、南北接続という大きな環境変化を挟み、歩行者とライトレールの混在空間での両者の行動、両者間の相互作用またはコミュニケーションの存在の有無とその特性を分析し、より安全で快適な歩車共存空間のために求められる要因を明らかにすることを目的とした行動観察調査を行った。特に本稿では、横断歩道での歩車の相互作用を、そこで必要とされているリスク共有のためのコミュニケーション（南部ら、2006）のデザインの視点から検討を試みる。

本研究で取り上げた歩行者とライトレールの交差空間である横断歩道は、通行の優先権が歩行者とモビリティの間で切り替わるという点、および踏切等の歩車間の境界がないという点で特異的である。横断歩道というと自動車と歩行者の通行する道路上の横断空間があげられるが、こうした横断歩道では時間によって信号が自動的に制御されており、自動車の行動や交通量等に関わらず、横断歩道の通行における優先権が歩行者と自動車の運転者の間で強制的に切り替わる。こうした信号は通常、「通行可を示す」青、「通行不可を示す」

赤の他に、「これから赤になる」という黄信号あるいは青信号の点滅などの3段階で変化することが多い。一方、ライトレールと同じく線路上を通行する列車と人・自動車との交差空間である踏切では、信号は時間制御されるのではなく、列車の動きに合わせて、より正確には列車のある地点の通過のセンサーの動きにより、信号が「黄信号」を示し、続いて遮断機が下りるという形で列車以外の交差空間への侵入を強制的に止めるという仕組みになっている。

これに対し、ライトレールの横断歩道は、その仕組みにおいては列車の踏切に近く、横断歩道に車両が近接した時にその動きをセンサーが感知した結果として、信号が切り替わる。しかしそこには、遮断機はなく、また「これから赤になる」という予告的な信号はない。すなわちライトレールの横断歩道では、通行の優先権は突然、ライトレールに渡るが、それ以外の時間はすべて、歩行者が優先権を有する空間となっている。

そのため、ライトレールの横断歩道は、道路上にあることも手伝って、一見したところでは自動車の走行する道路上の信号付き横断歩道と同じものであるかのように思われるが、時間制御された道路上の横断歩道とは異なり、信号の切り替え（通行の優先権の移行）のタイミングが予測しづらく、また鉄道の踏切に比べると歩行者側の自由度が大きい。このことから、より安全な歩車交差空間を運用していくためには、歩行者とモビリティという異種の交通参加者の両方で、より一層周辺状況に気を配り、主体的にリスク回避のための行動決定を行うことが求められる、あるいはより緊密なコミュニケーションが必要になることが推察される。

そこで、そうしたモビリティと歩行者の混在する空間、特に交差空間のマネジメントはいかに実現されているのか、そこに歩車間のコミュニケーションが存在するのか、それらは環境の大きな変動（富山駅の南北接続）によってどのような影響を受け、どのように収束していく可能性があるのかを、環境変化点である南北接続の前後を標的として、5台のビデオカメラによる定点記録データを元に、横断歩道での人・モビリティの行動を分析して検討を行った。

2. 方法

富山市のライトレール富山駅前空間を調査対象とし、2020年3月21日に実施された富山駅南北接続の直前

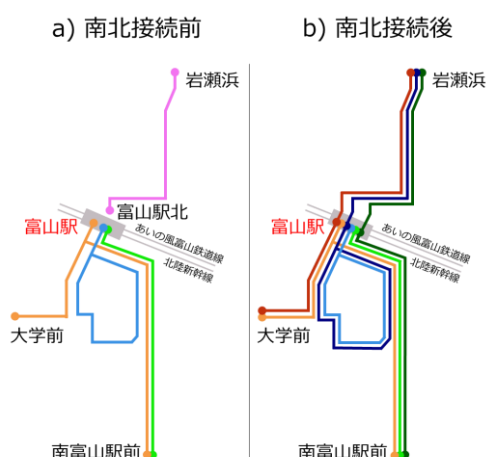


図1 富山ライトレールの南北接続前後の路線 (a)南北接続前, (b)南北接続後

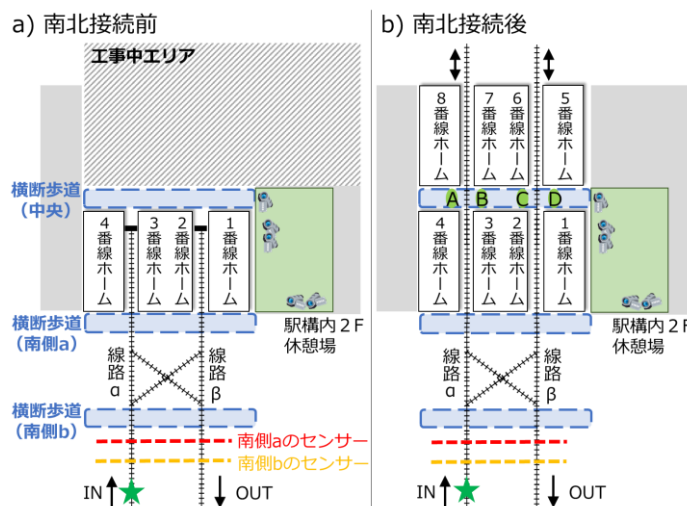


図2 ライトレール富山駅の調査対象範囲の概要 (a)南北接続前, (b)南北接続後

の平日2日間(3月18日14:00-21:00および19日5:30-17:00)、および接続直後の平日の2日間(3月23日13:00-21:00および24日5:30-17:00)に5台のビデオカメラを定点設置し、ライトレールと歩行者が交差する横断歩道3本での両者の行動を記録した。

2-1. 調査対象

2-1-1. 富山ライトレールの運行と南北接続

南北接続前の富山ライトレールは、富山駅南部地域を走行する3路線と、北部地域を走行する1路線の計4路線からなる(図1(a))。南部地域の3路線は「富山駅」を始点とする環状線、「富山駅」を経由して「大学前」と「南富山駅」を往復する線、「富山駅」と「南富山駅」を往復する線があり、北部地域の1路線は「富山駅北」(富山駅とは異なる駅だが近傍に位置する)と「岩瀬浜」を往復する線である。

南北接続後(図1(b))は、「富山駅北」が「富山駅」と統合され、「富山駅」を経由して「岩瀬浜」と「大学前」を往復する線、「富山駅」を経由して「岩瀬浜」と「南富山駅」を往復する線、「富山駅」を経由して「岩瀬浜」を始点に南部地域を循環する線の3路線と、南部地域の既存の3路線を合わせた計6路線での運行が行われている。

2-1-2. ライトレール富山駅

調査対象としたライトレール富山駅の概要を図2に示す。カメラの設置場所は、富山駅構内2階に位置する休憩場であり、調査対象の横断歩道3か所を見下ろすことができる。分析の便宜上、横断歩道3本を北側から順に「中央」「南側a」「南側b」とし、カメラ設置場所から向かって奥の線路を「α」、手前の線路を「β」とする。

また、2本の線路を挟む、横断歩道上の歩行者の停止位置を奥から順に「A」「B」「C」「D」とする。

南北接続前は1-4番線ホームが使用されており、行先によって線路αかβにライトレールが進入してくる。乗客の乗降ののち、進行方向を南側に変え、折り返す形で富山駅から進行する。そのため、南側a、南側bの横断歩道では1台のライトレールの発着で、2回の横断歩道の通過が発生している。一方、中央の横断歩道はライトレールの横断がないことから、実質的には横断歩道としての機能を未だ有していない。

南北接続後は5-8番線が増設され、ライトレールは進行方向側のホームに停車して乗客の乗降を行う。つまり、「岩瀬浜」行きのライトレールは5-8番線に停車し、「大学前」行き、「南富山駅前」行きおよび循環のライトレールは1-4番線に停車する。そのため、北から南へ、あるいは南から北へ、富山駅を通過していくライトレールの運行が生じるようになり、中央の横断歩道もライトレールと歩行者が交差する横断歩道としての機能を有するようになった。

また、富山駅南部から富山駅に進入する際は必ず、線路α側(図2★印の位置)を通行し、南側aと南側bの横断歩道の間で直進、または交差することで該当のホームへ進入する構造となっている。また富山駅から駅南部へ進行する際は、線路β側を通行する構造となっている。駅北部も駅南部と対称な構造となる予定だが、未だ工事中で仮設状態であることから今回の調査対象範囲からは除外し、北部から富山駅に進入または富山駅から進行する際は、該当のホームに合わせた線路を運行するとみなした。

歩行者の各ホームへの出入りは中央および南側 a の横断歩道部分、または 1, 5 番線ホーム東部（駅構内と直結）から可能である。また、南側 a, b の横断歩道周辺は歩行者のみが通行可能な駅前広場が広がっており、自動車等の他のモビリティが存在しない空間となっている。

2-2. 分析方法

中央の横断歩道は、横断歩道部分を拡大した画角、1-4 番線を含んだ広角での画角、5-8 番線を含んだ広角での画角の 3 種類のビデオ記録を行い、それらを同期化した。さらに、ライトレールが横断歩道を通過する間を 1 つのイベントとして切り分けた。ただし、ライトレールが停車すべきホームよりも手前のホームで一旦停車する様子が観察されたため、それらも 1 イベントとして取り扱う。特に一旦停車の時間が 0-3 分程度以下の場合はその後の横断歩道通過イベントに含めている。

南側 a, b の横断歩道はそれぞれの横断歩道を 1 台ずつのビデオで記録し、それらを同期化した。2 つの横断歩道の歩行者用信号機のどちらか一方、あるいは両方が赤信号になっているときを 1 つのイベントとして切り分けた。

各イベントに対して ELAN を用いて分析を行い、歩行者とライトレールとの相互作用に関連すると考えられる、場の構成要素の抽出を行い、リスク回避/低減にかかわる要因や行動、またはリスク行動とその結果として生じる問題について検討した。

3. 結果

3-1. 各横断歩道のデザイン、リスク状況と、構成要素の抽出

中央並びに南側 a, b の横断歩道を分析するにあたり、それぞれの横断歩道がどのように運用されているのか、そこにある構成要素を挙げ、また観察された高リスク状況を記述するために必要な要素を追加して、分析のための構成要素セットを確定した。

3-1-1. 南側 a, b の横断歩道

南側 a, b の横断歩道では車両の接近/通過のセンシングによる自動の交通信号および自動音声アナウンスがあった。富山駅に進入してきたライトレールが、南側 a, b の横断歩道それぞれに対応したセンサー位置（図 2）を通過すると横断歩道の歩行者側信号が赤に変化し、同時に、警報音「ブーブーブー」+ 音声アナウンス「電車がきます。渡らないでください。」が、ライトレール

が通過するまで繰り返されていた。また、ライトレール車両からは手動のオルゴール音や警報音という複合的な情報提示がなされていた。ただし、これらは周辺の状況に応じて運転者が手動で制御していると推察され、使用されない事例も観察された。

また、ライトレールが進入すべきホームにすでに別のライトレール車両が停車していた場合、南側 b の横断歩道で一時停車するが、その際はセンサー位置を通過していても南側 a, b の横断歩道では赤信号に変わることなく青信号が維持された。

歩行者の視点から見ると、信号機に青から赤信号に変化する途中で予告的な黄信号がないことから、信号が赤に変わる直前と直後の横断において、歩行者によるリスク高行動が観察された。また、南側 a の横断歩道では南側から進入してきたライトレールが直進して線路 α を通行するのか、交差して線路 β に切り替えるのかが不明のため、予期していない線路へのライトレールの進入に、慌てて回避行動をとる事例が見られた。さらに、信号情報には左右どちらからライトレールが来るのかは表示されていないため、ホームが空くのを待つために（南側 b の横断歩道よりも南側に）一時停車しているライトレールに注意を向けていると、逆方向から、ホームに停車していたライトレールが横断歩道を通過するといった様子が複数回観察された。

そこで、南側 a, b の横断歩道の分析では、歩行者、南側から進入するライトレール、北側から路線 α へ進行するライトレール、北側から路線 β へ進行するライトレール、各横断歩道の信号機の 6 つの次元を構成要素として分析した。

3-1-2. 中央の横断歩道

中央の横断歩道では、南側 a, b の横断歩道と同じ仕様の自動交通信号および自動音声アナウンス、ライトレール車両からの手動のオルゴール音や警報音に加えて、警告灯が設けられていた。2 本の線路を挟むような足元位置（図 2 (b) の停止位置 A-D に相当）に計 4 本の赤色の警告灯、およびその両端には同様の警告灯が取り付けられたポールが計 8 本建っており、信号が赤色に変わると同時にこれらの警告灯が赤色に点灯した。中央の横断歩道は 2 線路 8 ホームという複雑な構造のために、リスク情報をより確実に伝達する手段として、より顕在性の高い空間デザインがなされたものと推察できる。

加えて、南北接続後の運行に支障が出るのが懸念されたためか、接続直後には警備員が常時配置されて

いた¹。警備員はライトレール運行時間中、常時配置され、早朝の歩行者が少ない時間帯を除き4名以上が常駐していた。ホームの案内、乗車待ちの行列の整理等も行っていたが、本研究では赤信号時の横断歩道の交通整理（歩行者への指示の方法、タイミング）に注目した。

以上から、中央の横断歩道の分析では、歩行者、警備員、ライトレール、信号機の4つの次元を構成要素として分析を行った。

3-2. 高リスク場面の事例報告

3-2-1. 新設の横断歩道での過剰なリスク認知

中央の横断歩道は使用開始後2日経過時（平日としては初日）に調査を行ったため、横断歩道に関与するすべての要因が不慣れな状態であった。その中で、警備員や歩行者に過剰なリスク回避行動や混乱した行動が見られた。

-警備員の誘導行動

警備員は信号が青の間は歩行者の妨げにならないように、横断歩道の隅などに待機し、ライトレールが駅に進入してくると所定の配置に移動し、誘導ののち、再度待機位置に戻るといった動きを繰り返していた。南北接続後の調査の1日目（2020年3月23日）の事例を表1（最終頁）に示す（00:04.1より）。警備員は、位置B/Cにおいて左右を見たあと、他の警備員に停止のジェスチャーを行ってから、信号が赤色に変わるよりも10秒以上前から誘導のための移動を開始している。その後、警備員は位置Dから横断歩道を渡り始めていた歩行者X（先ほどの停止のジェスチャーを目視している）に対し、通過を誘導するジェスチャーを行い、その結果、歩行者Xは青信号にもかかわらず小走りで横断歩道を通過する。その後、歩行者Yが通行するが警備員が反応することなく横断させ、赤信号に変わる2,3秒前から歩行者を停止させるジェスチャーをはじめ、複数人が位置Aで立ち止まる。直後に信号は赤色に変わり、減速したライトレールがオルゴール音を鳴らしながら横断歩道に接近し、赤信号開始から約10秒後に横断歩道を通過する。

どの段階で、警備員がライトレールの進入を目視したかは定かではないが、最初に左右を確認した後に他の警備員（おそらく、立ち位置からはライトレールの進

入が見えづらい、あるいは見えない警備員）にライトレールの進入を伝えていることが推察される。赤信号に変わってからライトレールが実際に横断するまでに約10秒かかるにも関わらず、さらにそれよりも10秒以上早く停止行動の準備を始めていることから、リスクを必要以上に高く見積もって行動していると考えられる。

-歩行者の戸惑い

歩行者は横断歩道の通行ルールやライトレールの動きを把握していないため、基本的には警備員の誘導に従って行動している。また、赤色の警告灯による強い情報発信によって、横断歩道上が危険な空間に変化したという情報が十分に歩行者に伝わっているが、危険回避のためにとるべき行動が示されていないため、歩行者の多くは横断歩道から走って離脱する様子が多く観察され、「とにかく早く渡り切る」リスク回避行動の表れとも考えられる。

そうした様子が表1の事例にも表れている（00:18.9より）。2人組の歩行者が2-3番ホームから6-7番ホームへ向かって歩いてくるが、ちょうど横断歩道にさしかかった時に横断歩道が赤信号に変化し、驚いた様子で立ち止まる。さらに、警報音が鳴り始めると一旦後ずさりし、再度、警備員に合わせて位置B/Cまで出てくる。しかし、どちらを見ていいのか分からず辺りを見渡している。ライトレールが線路βに進入してくると、そちら側を見るが、線路αからもライトレールがオルゴール音を鳴らしながら進入してくるとすぐに振り向いて線路α側を向く。位置B/Cは2本の線路の間に位置するので歩行者が立っていても問題のない位置ではあるが、この2人組の歩行者は赤色の警告灯の点灯によって、立ち行ってはいけない場所だと勘違いして脱出したものと考えられる。また、どちらの線路にライトレールが進入してくるかは、信号や音声アナウンス、警告灯などの各種情報からは判断がつかないため、両方の線路を見まわしている様子が明らかである。この事例では両方の線路から順にライトレールが横断歩道を通過したが、他にもどちらか片方の線路からのみライトレールが進入する場合や、ホームで1台のライトレールが停車しており反対方向・反対線路から別のライ

¹ 2020年6月末の富山駅インフォ窓口担当者へのインタビューによると、接続直後1か月程度、期間限定で警備員が配置されていたとのことであった。特に接続直後に見学客も含め、想定以上の人出であったため、

との簡単な説明であったが、具体的に想定されたリスク、あるいはなぜ期間を1か月にしたのか等については詳細を調査していく必要がある。なお6月末時点では朝ラッシュ時1時間のみ、警備員が2名配置されるように変更されていた。

トレールが進入してくる場合があり、状況を把握していない歩行者にとっては「理解が困難」な状態になっていたと考えられる。そのため、同様にリスクを過剰に見積もり、横断歩道からの早期の離脱をはかる、あるいは辺りを見回して状況判断をしようとするという行動が多数見られた。

3-2-2. 既設の横断歩道での高リスク行動

南側 a, b の横断歩道は、南北接続前から既に横断歩道として使用されていた空間であるため、歩行者にとっても場への理解、適応が進んでおり、ある程度、安定した空間が形成されていると考えられる。この横断歩道には警備員が配置されていないことから、歩行者とライトレールは信号や音声アナウンスを頼りにどのようなリスク回避行動を取るかを歩行者自身で判断しなくてはならない。そうした中で、情報伝達だけでは十分にリスク情報の共有がなされずに、高リスク状態が生じていた。

その一事例を示す。南側から進入してきたライトレールは南側 b の横断歩道のセンサー（図 2）を通過しながら減速する。すぐに南側 b の横断歩道が赤に変わり、再度加速しながら南側 a の横断歩道のセンサー、南側 b の横断歩道を通過し、赤信号に切り替わった南側 a の横断歩道にむけて進行する。このとき、南側 a の横断歩道上の両線路の中間地点には歩行者 X が線路 α 側に向けて横断中であり、線路 α 側には歩行者 Y が線路 β 側に向けて横断中であつた。突然赤色に変化した信号に反応して歩行者 Y は線路 β 側に向けて走りだし、歩行者 X は特に行動は変えず歩いて横断歩道を渡り切った。信号が赤に変わった時点ではライトレールは線路 α を走行していたが、1-2 番線ホームへ進入するため南側 a の横断歩道の手前で交差し、線路 β へ移動した。歩行者 Y はライトレールの位置を確認し、線路 α をそのまま直進と思ったのか、急いで線路 α 側から線路 β 側に移動したが、ライトレールが同様に線路 β に移動したため、結果的にライトレールの目前を通過することとなった。

3-3. 外部要因を利用したリスク回避行動

南側 a, b の横断歩道では、高リスク行動だけではなく、リスク回避行動を取っている様子が観察された。各横断歩道について、事例を報告する。

3-3-1. 南側 a の横断歩道でのリスク回避行動

南側 a の横断歩道はライトレールが南側から進入したときに、死角になる部分が多く、特に横断歩道へ進入を開始する歩行者の姿が、ライトレールからは目視で

きない。そのため、「3-2-2. 既設の横断歩道での高リスク行動」で示したような高リスク行動が数多く見られたが、一方で、横断歩道の中央付近を横断する歩行者がいた場合に、ライトレール車両側がリスク回避行動を取る様子が確認された。

その一事例を示す。南側から進入してきたライトレールは南側 a の横断歩道を通行する歩行者を視認すると、南側 b の横断歩道のセンサーは通過するが、南側 a の横断歩道のセンサーの手前で一旦停止する。このとき、南側 b の横断歩道は赤信号になるが、南側 a の横断歩道は青信号のままであり、複数の歩行者が横断する。南側 a の横断歩道上に歩行者がいなくなったことを確認してから、ライトレールはゆっくりと前進して南側 a の横断歩道のセンサーを通過し、南側 a の横断歩道が赤信号になったのち、南側 b の横断歩道を通過、続いて南側 a の横断歩道を通過する。このように、ライトレールの運転者は横断歩道の歩行者の様子を見ながら、センサーが反応するタイミングを調整している可能性が確認された。

3-3-2. 南側 b の横断歩道でのリスク回避行動

南側 b の横断歩道は、南側 a の横断歩道に比べて見通しがよく、横断歩道周辺の歩行者の有無がライトレールの運転者から視認しやすい。しかしながら、一旦、信号が赤に変わると、横断してはいけないにもかかわらず横断歩道に進入しようとする歩行者がいた場合でもライトレールは非常にゆっくりとではあるが前進を継続し、横断の優先権を歩行者に渡すことはなかった。その一方で、南側 b の横断歩道が赤信号になる前に運転者が歩行者を視認した場合には、リスク回避行動を取っている可能性がある事例が複数回観察された。

その一事例を示す。1 台のライトレールが南側 b の横断歩道を通過し終え、信号が赤から青に変わると同時に歩行者が横断を開始する。同時に別のライトレールが南側からゆっくりと進入してきて、南側 b の横断歩道のセンサーより南側で一旦停止する。このとき、線路 α のすぐそばを並走するように、複数人の歩行者が南側 b の横断歩道に向かって歩いている。これらの歩行者がすべて横断歩道を渡りおわった、あるいは渡り切りそうになったのを確認してから、ライトレールはゆっくりと前進し、南側 b の横断歩道のセンサー、南側 a の横断歩道のセンサーを順に通過し、そのまま赤信号になった南側 b の横断歩道、南側 a の横断歩道を通過した。最初の南側 b の横断歩道の赤信号によって、横断歩道で信号待ちをする歩行者の姿が目視できたこ

とから、続けざまに進行して赤信号を継続するのではなく、一旦青信号に変え、信号待ちをしている歩行者を横断させてから、センサー位置に進行しようとする運転者の意図があったものと推察された。また、ライトレールのすぐそばを歩いていた複数の歩行者が南側 b の横断歩道を横断することが予想されたことから、それらの歩行者が渡り終わった、あるいはもうすぐ渡り終わるという状況になったときにやっと、ライトレールは進行を始めた。この間、ライトレールは 15 秒以上もの間、南側 b の横断歩道のセンサーより南側で停止していた。

4. 考察

本研究では、ライトレール富山駅の 2 か所 (3 本) の横断歩道での行動観察に基づき、新型モビリティとしてのライトレールと歩行者が交差する歩車混在空間において、両者の相互作用を検討した。その結果、当初は谷口ら (2012, 2016) の述べるような運転者と歩行者が互いに配慮し合いながらリスク低減を目指すコミュニケーションというものは、存在しないように見うけられた。同時に、両者の間での情報伝達は、信号機や音声アナウンス等の外部要因によって機械的に制御されている、あるいは警備員が両者の間を媒介することによって、ライトレールと歩行者間の直接的な相互作用は成立していないかのように見えた。また、中央の横断歩道については、新しく利用され始めたばかりであるため、ライトレール、歩行者、警備員がそれぞれ、リスク回避/低減のために自分はどうふるまうべきなのかが十分に把握できず、また、他者がどのようにふるまうのかを予測することも困難であったことから、場当たりの対応を繰り返しながら探索的にリスク回避行動を取っている様子が見うけられた。

このように、一見、ライトレールと歩行者間は互いに配慮せずに横断歩道に混在しているかのように見えたが、南側 a, b の横断歩道の観察と分析により、実際には運転者側から歩行者への配慮行動が様々になされていることが明らかとなった。南側 a, b の横断歩道は使用され始めてからある程度の時間が経過しており、一定の安定状態に達していることが推定される。そのため、歩行者は、赤信号が継続する時間の長さやライトレールが横断する頻度を感覚的に把握し、無理に赤信号を渡らなくてもすぐに青信号になる等の学習によって余裕を持った横断行動がとられている様子が観察され

た。また、ライトレールの運転者は、歩行者の無理な横断等のリスク行動の可能性について、歩行者のおおよその動きを推測することが可能になっていると考えられ、どんなときにどのように振舞うかをあらかじめ想定しながら運転しているものと考えられた。その結果、歩行者の横断中に信号の切り替えが起きないようにするために、信号切り替えのセンサーの手前で一旦停止し、歩行者が慌てずに横断できるようにするという配慮に基づく運行が見られた。実際に、歩行者が横断歩道に差し掛かっている、運転者から見えやすいような位置に歩行者がいる場合には、この「横断の優先権をゆずる」行動が見られた半面、設備等による死角領域に歩行者がいた場合には、配慮が行われず通常通りに進入し、歩行者が横断中に信号が変更となり、歩行者が慌てて横断する様子が確認された。つまり、信号や音声アナウンスによってライトレールと歩行者は媒介されているものの、ライトレールの運転者はすべて機械的に従うのではなく、機械の仕組みを上手く使いながら、コミュニケーションが存在するかのように、歩車間の相互作用の手段として機能させていることが推察された。

しかしながら同時に、歩行者はこのような運転者の配慮には気が付いていない様子が観察されている。これはライトレールの動きが歩行者の動きに比べて複雑であるため、運転者が歩行者の動きを推測するほど容易には、歩行者がライトレールの動きを推察することが困難であることが一因であると考えられる。例えば、ライトレールは進入すべきホームに先着の車両がいる場合、横断歩道のすぐそばで待機することが基本であるため、目の前にライトレール車両が停止しているにも関わらず青信号が継続している場合、歩行者にはその状況は分からず、横断歩道を渡ろうとしなかったり、小走りで遠慮がちに渡ったりする行動が観察されている。中には、(車道の横断歩道の横断中にそばで一旦停止している自動車に向かって会釈をするように)、ライトレールに頭を下げながら青信号を渡る歩行者も見られ、おそらくはライトレールが渡るべきタイミング(優先であるタイミング)で「道を譲られた」と感じて取った行動であろうと推察される。また、目視できる範囲に複数のライトレールが存在すると、まずどの車両がどの線路を動くのかを横断歩道周辺から見て、理解することも大変困難であった。実際に、今回の分析結果は、調査者が、駅構内 2 階部分から広い範囲を同時に観察し、ライトレールの運行の規則性や運転ルールを把握しようと努めて、ようやく把握することができたルー

ル理解に基づいている²。他の車両との兼ね合いでライトレールの動きが変わるため、空間全体を俯瞰的に把握・理解することが必要であるが、通常の横断歩道利用ではそこまでの学習は困難と考えられる。現時点では、歩行者がライトレールの動きを把握するために利用できる主要な情報は、歩行者自身の視覚情報と信号機や音声アナウンスなどであるが、現在の信号機や音声アナウンスなどの信号では、ライトレール接近の情報のみが伝わり、どの方向からどの線路にライトレールが来るのかは分からず、その結果、どの車両をチェックし、あるいは「コミュニケーションをとる」ことが有用であるかを理解することも容易ではない。したがって、歩行者にとってのライトレールの行動把握の学習にとって不十分な環境デザインとなっていると考えられる。

このように相手の行動予測やその学習ができなければ、コミュニケーションをとる動機づけも低くなり、結果的に運転者から歩行者への働きかけのみが一方で発生し、配慮の不均衡につながっていた。このことから、現状では、ライトレールと歩行者の間で相互にリスク共有がなされているとは言えない状態であることが明らかとなった。上記のように歩行者の理解・学習可能性を考えると、空間デザインや外向けHMI等によって、ライトレールの動きに関する情報を歩行者に伝えるための工夫が必要であり、有益なのではないかと考えられる。また、そのように環境デザインを整えることにより、運転者だけではなく歩行者もリスクを共有することが可能となり、両者の間でリスク回避/低減に向けたコミュニケーションが成立しうる可能性が示された。

今回は歩車交差空間としてライトレールを取り上げたが、こうした軌道を有しないモビリティと歩行者との歩車混在空間では、様々な方向から異種の交通参加者が様々な速度で行き交うため、これらの情報を適切かつ過不足なく伝達することがさらに重要とも考えられる。歩行者ならびに運転者の「人の視点からの」さらなる検討が必要といえよう。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP19H00806 の助成を受けて行われました。記して感謝申し上げます。

文献

- [1] 中山昂彦・宮川愛由・谷口綾子・井料美帆・小嶋文・藤井聡, (2017) “道路空間デザインが歩車間コミュニケーションに及ぼす影響に関する研究”, 交通工学論文集, Vol. 3, No. 4 (特集号 A), pp. A_84-A_91.
- [2] Wilde, G. J. S., (1982) The Theory of Risk Homeostasis – Implication for Safety and Health, Risk Analysis, Vol. 2, No. 4, pp. 209-225
- [3] 伊藤誠, (2018) “ドライバーのリスク解析”, 計測と制御, Vol. 57, No. 6, pp. 426-431.
- [4] 谷口綾子・吉村聡哉・石田東生, (2012) “車両と歩行者・自転車間のコミュニケーションによる協調行動の生起に関する研究”, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.68, No.5 (土木計画学研究・論文集第 29 巻), I_1115-I_1122.
- [5] 谷口綾子・田辺太一・井料美帆・宮川愛由・小嶋文, (2016) “ドライバーの協調行動促進に歩行者コミュニケーションが及ぼす影響”, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.72, No.5 (土木計画学研究・論文集第 33 巻), I_1241-I_1247.
- [6] 南部美砂子, 原田悦子, 須藤智, 重森雅嘉, 内田香織, (2006) “医療現場におけるリスク共有コミュニケーション: 看護師を中心とした対話データの収集と分析”, 認知科学, Vol.13, No. 1, pp.62-79.
- [7] 田中伸之輔, 原田悦子, 伊藤誠, 矢野博明, (2020) “人と小型モビリティが共存する空間のデザイン: 博物館・空港における歩行者・運転者間相互作用の検討”, 2020 年度日本認知科学会第 37 回大会.

² ここで抽出されたルールが正しいものであるかどうか、現状では明らかではない。今後本研究では、これら分析結果を持参した上で、ライトレール運用母体との情報交換、運転者の行動観察やインタビュー

ーを行い、ここで推測されたルールや「配慮やコミュニケーション」の有無について、情報を得たいと考えている。

表1 中央横断歩道での行動分析の事例（赤字はリスクが不要に高く認識されている行動）

event # 3 (central) 2020/03/23 PM 13:27～					
スタート	エンド	歩行者	警備員	信号	車両
00:04.1	00:06.3		K1: サインを出す (B/Cに立って左右を観た後、Dにいる歩行者or警備員に向かってうなづきながら停止サイン)		
00:06.3	00:07.4		K1: CからAへ動く		
00:07.4	00:09.0		K1: 女性に進行をうながす(すでにDから入っていた歩行者にはジェスチャーで「通過」誘導、その結果、歩行者は小走りで路線αを通り抜ける)		
00:07.5	00:09.6	1P: BからAへ走る			
00:09.0	00:10.8		K1: CからAへ動く (その後、D側を向いて立つ)		
00:12.8	00:15.5	1P: AからDへ動く	(K1歩行者が入ってくるのを見るが止めない) K2アナウンス「お待たせしました. . .」		
00:16.3	00:17.7		K1:サインを出す (停止開始か)		
00:18.5	00:22.7	nP: Aで止まる	K1: Aで歩行者を止める		
00:18.9	00:57.8			赤信号 & 音声 アナウンス	
		2P: 2-3番線ホームから6-7番線ホーム方向へ動こうとするが、B/Cで立ち止まる (歩行者が止まる必要がないホーム間で立ち止まる)	(K2が歩行者の後ろから横断歩道上に移動)		
00:19.9	00:21.7	nP: A & Cで立ち止まる			
00:22.7	00:43.1	(二人組、K2の動きに合わせて横断歩道B/Cまで入ってくるが、どちらをみてよいのかわからない)	K1: Aで歩行者を止める, K2: Cに立ってBのほうを向く		
00:28.4	00:30.2	(二人組、車両入線で路線βを見る)			β to N: 減速
00:30.2	00:34.1	(二人組、オルゴール音で路線αの方を見る)			α to S: 音楽
00:34.1	00:41.9				β to N: 横断 α to S: 音楽
00:41.9	00:47.5				α to S: 減速 & 音楽
00:43.1	00:47.2		K1: Aで歩行者を止める, K2: CからBへ動いてCのほうを向く		
00:47.2	00:57.9		K1 & K2: A & Bで歩行者を止める		
00:47.5	00:49.6			α to S: 音楽	
00:49.6	00:57.0			α to S: 横断	
00:59.3	01:12.3	nP: A, C & Dから歩き始める (二人組、どっちに行く? という迷いを見せた後、Dへ抜ける)			
01:06.8	01:12.7		K1: AからBへ動く		
コメント					

1回の赤信号の間に、β to Nのすぐ後にα to Sが続く事例：信号が変わる10秒強前から警備員K1がサインをしながら通過を誘導あるいは停止をサインしている (Aからのサインなのでそこだけ見ていると、どの路線に車両が来るのかはわからない)。
0'15'00ごろに2-3ホームから6-7ホームに向かおうとする2人組(子ども?)が横断歩道のところで立ち止まる (そこは電車は通らないにもかかわらず) & α β のどちらに電車が来るのかかわからない様子が見える。その二人組を誘導するかのように、β 側の警備員K2が、当初はCに立ちつつB側を向き、次にBに立ってCを向く。
K1は本来、前半はBまで歩行者を行かせても問題はなく、リスクを過剰に回避している行動ともみえる。