

# 錯綜挙動に着目したトランジットモールの 安全性に関する研究 (ドイツ諸都市のトラム走行空間を事例に)

遠藤 寛之<sup>1</sup>・中村 文彦<sup>2</sup>・岡村 敏之<sup>3</sup>・田中 伸治<sup>4</sup>・王 鋭<sup>5</sup>

<sup>1</sup>学生会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション学府 (〒240-8501横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5)  
E-mail:endo-hiroyuki-ym@ynu.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 横浜国立大学教授 大学院都市イノベーション研究院  
E-mail: f-naka@ynu.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 東洋大学教授 国際地域学部国際地域学科  
E-mail: okamura@toyo.jp

<sup>4</sup>正会員 横浜国立大学准教授 大学院都市イノベーション研究院  
E-mail: stanaka@ynu.ac.jp

<sup>5</sup>正会員 横浜国立大学研究教員 大学院都市イノベーション研究院  
E-mail: wang-ru@ynu.ac.jp

日本各地において、トランジットモール導入の議論が行われているものの、特にトラムと歩行者の空間であるトラムのトランジットモールでは安全面が懸念材料の1つとなっている。

本研究では、トラムのトランジットモールが導入されているドイツ諸都市を対象に、事故等の実態を把握し、日本で類似した空間が導入されている阪堺電車を対象としたアンケート調査などを通して、トラムのトランジットモールを導入できるサービス水準を明らかにする。

**Key Words :** transit mall, safety, tram accident, conflict analysis, Hankai Railway

## 1. 研究の背景および目的

欧米諸国では、歩行者と公共交通の空間としてトランジットモールが整備されている都市がある。トランジットモールを導入した結果、来訪者の増加やにぎわいの創出等に寄与しているとの報告もなされている。これを受けて、日本でも導入の機運が高まっており、那覇市や金沢市などでバスと歩行者の空間であるバスのトランジットモールが導入された。しかし、トラム(本研究では、日本の路面電車もトラムと表記する)と歩行者の空間であるトラムのトランジットモールは導入されていない。導入に至らない理由の1つに安全面の懸念が挙げられるが、それに関する研究があまりなされていない。

そこで、本研究では、まず、ドイツを対象として、トラムのトランジットモール導入都市での事故等の現状把握を行う。次に、導入都市から5都市を抽出し、ビデオ観測と錯綜分析から、利用者の挙動を把握する。次に、住吉大社(大阪市住吉区)の住吉まつりにて軌道横断の安

全性評価アンケートとビデオ観測から、横断歩行者交通量等と危険性評価の関係を明らかにする。本稿ではこの途中経過を報告する。最後に、アンケートで得た結果とシミュレーションを用いて、錯綜とサービス変数、危険性評価の関係を求め、日本で導入できるトラムのトランジットモールのサービス水準(歩行者交通量、トラム本数等)を明らかにする。研究のフローを図1に示す。

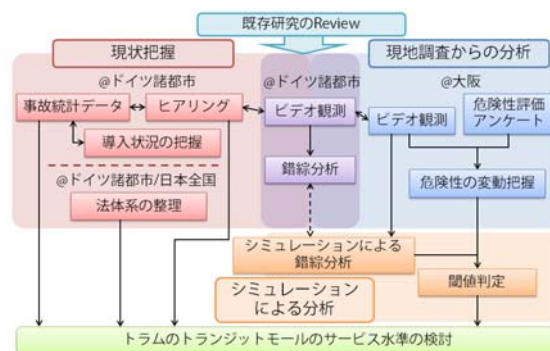


図1 研究のフロー

## 2. ドイツのトラムのトランジットモール導入状況の把握

現在、トラムのトランジットモール導入の議論が起きている都市は、①既存トラム走行路上で自動車の進入規制を行い、歩行者とトラムの空間をつくる場合と、②新規にトラムを導入し、その路線の一部に、歩行者とトラムの空間を導入する場合に分けることができる。世界各国でのトラムのトランジットモール導入の経緯は、概ねこの2つに分類する事ができる。そして、①ではドイツ、②ではフランスが代表的であると考えられ、日本でのトラムのトランジットモールの安全性検討を行う場合は、その両方を見る必要がある。佐々木(2012)<sup>9)</sup>がフランスを対象としているため、本研究ではドイツを対象とした。

ドイツでは、51都市にトラム(Tram, S-bahn)が導入されており、そのうち26都市でトランジットモールが導入されている。路線の延長によるバリエーションだけでなく、駅前広場や商業空間などの導入されている沿線の土地利用で見ても、その導入の形態は多様である(図2)。

## 3. ドイツ・日本の法体系の整理

ドイツでは、トラムの運行に際し、道路交通法(StVO)の交通法規に従い、設計基準や運行基準は軌道法(BOStrab)に従うものとされている。トラムのトランジットモールに関しては、StVOの歩行者ゾーンの規定に「例外的に車両の走行が許可されている場合、車両は歩行者に配慮し、歩行者の速度に合わせ、歩行者への危険を生じさせてはいけないこと」と書かれている。ここから、4-7km/h程度が実務上の経験的な速度と考えられているが、これも歩行者交通量等によって変化する。

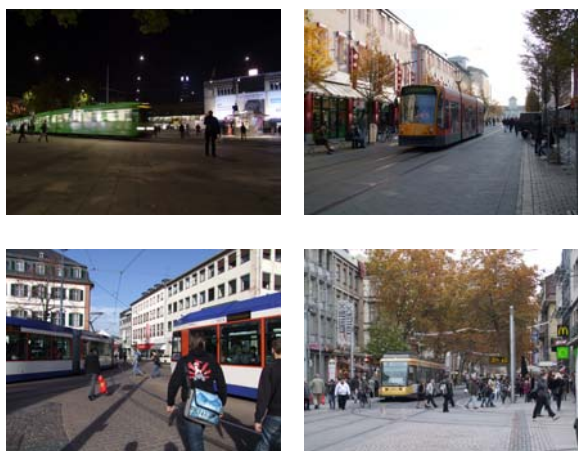


図2 ドイツのトラムのトランジットモールの例  
(左上から Hannover, Nordhausen, Darmstadt, Karlsruhe)

運行に際しては、市からの許可で運行しているものが多く、Erfurt市やHalle市では、トラムのトランジットモール内での最高速度は20km/hと規定されている。

一方、日本では、トラムの運行に関してはドイツと同様に道路交通法、軌道法に従う。歩行者空間内での走行に関しては、道路交通法第9条に「車両は、歩行者の通行の安全と円滑を図るため車両の通行が禁止されていることが道路標識等により表示されている道路(第十三条の二において「歩行者用道路」という。)を、前条第二項の許可を受け、又はその禁止の対象から除外されていることにより通行するときは、特に歩行者に注意して徐行しなければならない。」と記述されている。ここでいう車両は自動車や原動機付自転車、軽車両、トロリーバスを指し、路面電車は該当しない。そのため、トラムの歩行者専用空間への進入規制は法的には存在しない。

## 4. 事故統計データによる考察

まず、ドイツ国内のトラムの事故の状況を把握するために、2010年度版のドイツの道路事故統計データ<sup>2)</sup>を用いて、トラム等の事故実態を把握する。

### 1)トラムが関係する事故の内訳

図3は、ドイツ全国の都市内で、トラム、バス、乗用車、自転車が第一当事者(事故関係者で責任割合が重いもの)となった事故の件数および、その中で歩行者が第二当事者となったものの件数の割合、歩行者との事故での死傷者数のうち死者が占める割合を示したものである。トラムは、絶対数は少ないものの、歩行者との事故が起こる割合が高く、事故が発生した場合には、乗用車等と比較してやや死亡事故になりやすい傾向にある。全国統計では、トラムのトランジットモール内に限定した分析や、都市別に分類した分析が出来なかったため、都市別のデータは別途入手し、検証を行う。

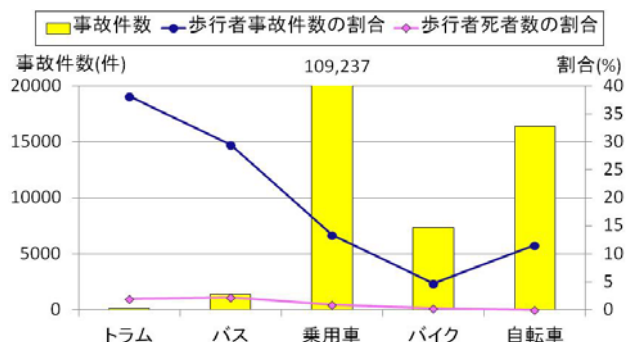


図3 ドイツ全国での事故と歩行者の割合(都市内)

## 2) トラムのトランジットモール内での事故の把握

トラムのトランジットモール内での事故は、市役所等からデータ提供を依頼し、分析を行う。本稿投稿時点では Erfurt 市, Chemnitz 市, Halle 市, Kassel 市より 2007 年から 2011 年までの 5 年分のデータを提供して頂いており、それぞれの都市で年間 1 件前後の接触事故が発生している。死亡事故は Erfurt 市で 1 件報告されただけであった。事故件数では年間 1 件前後と少ないが、トラムのトランジットモールにおいては、延長が 70m 程度のものから 2km 程度のものであるため、事故の多寡をミクロスケール(件数ベース)で比較するか、マクロスケール(台キロあたりベース)で比較するかは、今後議論の余地がある。

## 5. ビデオ観測による錯綜分析

次に、トラムのトランジットモールの中で、利用者の挙動を把握する為に、ビデオ観測による錯綜分析を行った。2. で述べたように、トラムのトランジットモールには様々な形態がある。そのなかで土地利用やトラム本数等で、都市を分類した時に、それぞれを代表する 5 都市抽出し、それぞれ人通りが増える夕方時間帯に 15 分間のビデオ撮影を行った。ここから、錯綜回数やトラム本数、横断歩行者人数、PET 指標などを計測した。なお、本研究中の錯綜は、歩行者がトラムとの接触を避けるために、軌道手前で停止する、軌道上を走って横断する、歩行方向を変更するといった行動をとった場合に 1 回の錯綜と定義する。また、歩行者の横断回数は、軌道を横断した回数を指し、複線軌道を横断した場合には 2 回とカウントする。PET 指標とは Allen *et al.*<sup>3)</sup> が提案した合流や横断の危険性指標で、本研究では、トラムが通過する直前に横断した歩行者が横断してから、その場所をトラムが通過するまでに掛かった時間の最小値を PET 指標とし、トラム 1 本ずつで計測を行った。

結果を表 1 に示し、考察を行う。トラム 1 本当たり錯綜回数では、Hannover や Freiburg が他の 3 都市と比べて高めの数値を示している。これは、これら 2 都市が、歩行者動線とトラム軌道が直交している傾向にあり、他

の 3 都市ではこれらが並行している傾向にあるため、錯綜の機会が多くなるのではないかと想定される。その一方で、錯綜確率のみ高めに出ている Karlsruhe では、トラム本数が多いため、錯綜回数が相対的に増加し、錯綜確率の増加につながっているのではないかと想定される。また、横断時の危険性を表す PET 指標は、概ね 2~3 秒を示している。この指標には明確な閾値は無いものの、一般的には、2 秒以下を示すとビデオを検証し、危険かどうかを判断する必要があり、1 秒以下を示すと、危険であるとされている。Karlsruhe で PET 指標が 1.75 秒となった横断を計測したため、ビデオによる横断の検証を行った。その結果、横断者はトラムを認識したうえで横断を開始しており、錯綜事象が発生しているものの、危険性が高い横断であるとは言えなかった。

## 6. 国内事例調査：住吉大社(大阪市住吉区)におけるアンケート調査(速報)

冒頭でも述べたように、日本ではドイツで導入されているようなトラムのトランジットモールは安全性の面から導入には至っていない。しかし、祭事の時に限ってみると、トラム沿線上での交通規制では、トラムも規制の対象となり、運休している事例がほとんどである。

しかし、阪堺電車と広島電鉄においては、トラム運行を継続しており、実質的にトラムと歩行者だけの空間が成立している。阪堺電車では、年末年始の初詣や、7 月末に実施される住吉まつりの際に、自動車進入禁止の交通規制が実施され、警察官による誘導や、安全柵による誤進入防止などの対策は施されているものの、歩行者とトラムの空間が成立している。

そこで、阪堺電車の軌道横断時にどの程度危険を感じたか、安全対策がない場合を想定した時に軌道横断でどの程度危険を感じるかを明らかにするために、住吉まつり開催期間中で、交通規制が実施されていた 2012 年 7 月 30 日(月)18:00-21:00 に、住吉大社参道にてタブレット型携帯端末を用いた路上アンケート調査を実施し、158 名にご協力頂いた。本稿では、その速報を報告する。

表 1 5 都市の現地調査結果

	Hannover	München	Darmstadt	Freiburg	Karlsruhe
横断回数(回)	1,772	492	1,366	4,622	2,388
錯綜回数(回)	195	15	56	226	215
トラム本数(本)	5	3	4	15	30
単位延長, トラム 1 本あたり錯綜回数(回/(本・m))	0.579	0.083	0.193	0.412	0.192
錯綜確率=錯綜回数/横断回数×100(%)	5.81	3.05	1.98	4.89	9.44
PET(最小値)(秒)	2.56	4.53	3.01	2.48	1.75

## 1) 回答者属性

本アンケートでは、最終的に集計的な分析を行うため、回答時刻及び住吉大社周辺の来訪頻度のみを伺った。なお、同時時間帯でビデオ撮影を行っており、ここから各時刻の横断歩行者数も計測できるため、このデータを組み合わせることで、横断歩行者数の変化と横断の危険性評価の関係性も調べることができる。

図 4は回答時刻分布を表しており、全ての時間帯ではほぼ同数ずつ回答を頂いた。図 5は、回答者の住吉大社周辺の来訪頻度を表している。「住吉まつり」開催中という事もあり、頻繁に訪れると考えられる週 1 回以上の来訪者は全体の 2 割程度となっている。

## 2) 安全対策有無による軌道横断時安全評価の差の検討

現在、この規制区間では、①警察官による交通誘導、②進入防止の安全柵の 2つの安全対策が取られている。そこで、現状(case1)、①のみをなくした場合(case2)、①と②の両方をなくした場合(case3)で、軌道横断にどの程度危険を感じるかを 6段階で評価して頂いた。

図 6に示す結果より、現在の 2つの安全対策によって、軌道横断で安全に渡れると感じている人が多いことが分かる。その一方で、ごく少数ではあるが、case1 よりも case2 や case3 の方が安全であるという回答もみられた。その回答者からは、case2 や case3 では、むしろ自らが注意して渡るので安全であるという意見を頂いた。

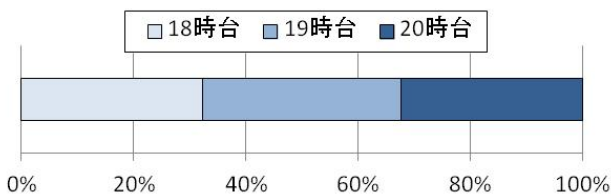


図 4 回答時刻分布(N=158)

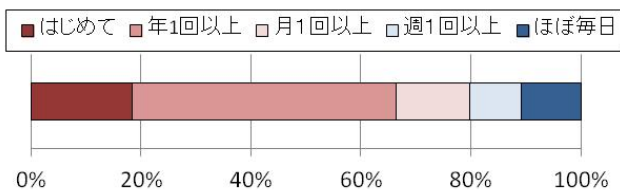


図 5 回答者の住吉大社周辺の来訪頻度(N=158)

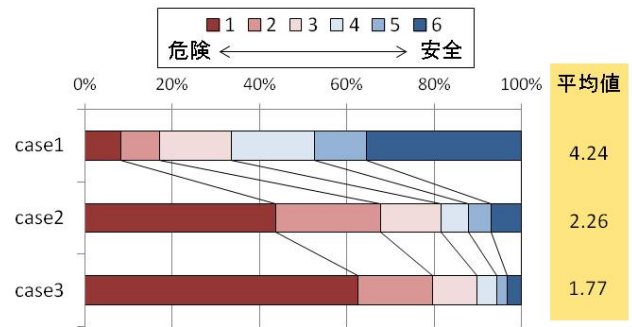


図 6 安全対策の有無による横断危険性評価(N=158)

## 7. おわりに

本研究では、ドイツでの事故統計データを元に、トラムのトランジットモール内での事故の現状を明らかにし、日本の類似事例である阪堺電車でのアンケート調査を元に、横断の危険性に関する評価を行った。その結果、トラムのトランジットモール内での事故は年間 1 件前後であり、件数ベースで見れば多くはないこと、阪堺電車の交通規制で取られている安全対策が、軌道横断の危険性に大きく寄与していることが明らかになった。

今後は、ビデオ観測から得られたデータとアンケート回答データのマッチングを行い、歩行者交通量と危険性評価の関係などを明らかにする。そして、アンケートで得た結果とシミュレーションを用いて、トラムのトランジットモールを導入した場合のサービス変数と錯綜、危険性評価の関係を明らかにした上で、日本で導入できるトラムのトランジットモールのサービス水準を明らかにしていきたい。

謝辞：本研究を行うにあたり、日本交通計画協会、住吉大社より多大な支援を頂いた。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 佐々木賢太; 歩行者と LRT が共存するスペースの安全性確保に関する研究～フランスの Zone piétonne avec tramway を参考に～, 筑波大学大学院修士論文, 2012
- 2) Statistisches Bundesamt; Verkehrsunfälle 2010, 2011
- 3) Allen, B.L., Shin, B.T. and Cooper, D.J.: Analysis of traffic conflicts and collision, Transportation Research Record, 677, pp.67-74, 1978

(?)

A study on safety of pedestrian & tram zone focused on conflict behavior  
Case study: Some German cities' tram network

Hiroyuki ENDO, Fumihiko NAKAMURA, Toshiyuki OKAMURA, Shinji TANAKA,  
Rui WANG