

## 内外都市比較による公共交通指向市街地の 歩行者安全環境に関する研究

### A Comparison Study on Pedestrian Safety Environment of Transit Oriented Streets in Domestic and Overseas Cities

主任研究員名：波床 正敏

分担研究員名：吉川 耕司、伊藤 雅

#### 【1】 本研究組織の背景と目的

国際的に見ると日本の交通事故に占める歩行者の犠牲数は多く、中心市街において交通利便性を確保しながらも歩行者専用もしくは優先とした街路整備は重要と考えられる。

街路の面では中心街における各種静音化策の実施，公共交通の中心市街へのアクセス状況，主要街路の断面構造などを調査・分析することが研究課題である。また，中心街の活性化にはモビリティの確保も重要であり，欧米で導入されている LRT（次世代型路面電車システム）についての研究も必要である。さらに都市形成の観点では交通システムや街路の形成が都市の活性化に果たした役割に関する分析も必要である。

本研究課題では，以上の主な観点から実地調査を経て現状を具体的に分析することとした。

#### 【2】 本研究組織での実施内容

本研究における具体的な実施内容は，主として次の三点である。

- ① トランジットモールを含む市街地における自動車交通処理に関する研究
- ② 公共交通指向市街地における通行主体の走行速度特性に関する研究
- ③ 公共交通指向市街地における調査・分析に資する地理的情報の取得・蓄積と空間分析の方法論の確立

平成 27 年度はフランスの 11 都市，スイスの 3 都市，ドイツの 5 都市をそれぞれ調査対象とし，本研究課題開始までに得ていたデータに加えて本研究課題の費用を充てて実地調査を行い，調査結果に基づいて分析を行った。

平成 28 年度は英国の 3 都市，ドイツの 5 都市，日本の 2 都市をそれぞれ調査対象とし，実地調査と分析を行った。

平成 29 年度はフランスの 3 都市，ドイツの 3 都市，スウェーデンの 3 都市，デンマークとノルウェーの各 1 都市，日本の 7 都市をそれぞれ調査対象とし，実地調査と分析を行った。

#### 【3】 トランジットモールを含む市街地における自動車交通処理に関する研究成果

本研究課題開始前に調査を行ったものと合わせて、ドイツの8都市、フランスの4都市、スイスの3都市、イギリスの2都市について、中心部の全街路について一方通行の設定状況や右左折の指示、進入禁止、歩行者専用区間の設定、ボラードやゲート等の設置状況を調査し、歩行者と公共交通が共存するトランジットモール（以下、TM と略す）が街路網においてどのような役割を果たしているかについて分析した。

この結果、TMを含む中心街路網では、自動車交通規制を面的に実施して大面積の歩行者ゾーンを形成している都市があり、このような都市では規制区域内への進入を許可する時間帯が設定されていたり、特定車両に対してのみ進入を許可していたりすることがわかった。規制区域内に進入が許されたからといって区域内を自由に走行できるわけではなく、規制区域内でも通行方向が指定されているケースが多いこともわかった。また、TMを含む中心街路網で面的な規制が少ない場合には交通セルが形成されていることがあり、TMはセル間の境界に位置していることがあることが確認できた。また、面的規制と交通セル形成の両方が実施されていることもあることが確認できた。面的規制が行われていない場合には、一方通行等の指定はあるものの市街地の大部分に対して一般車両でのアクセスが許されていることがあることがわかった。TMによっては一般車両の通行は許されていなくても横断は許されていることもあることがわかった。フランスでは乗り入れ規制ゾーンの入り口に電動ボラードが設置されていることが多く、それ以外の国では交通標識によることが多いことがわかった。

#### 【4】 公共交通指向市街地における通行主体の走行速度特性に関する成果

平成27年度においては、ドイツの4都市、フランスの9都市の各都市計17地点を調査対象とし、ビデオ調査に基づいて歩行者数と歩行者存在密度の関係を分析した。その結果、歩行者数と歩行速度の計測に基づいて通りの賑わいを表す歩行者存在密度を示すことができた。歩行者数が増えると賑わいが増す傾向にあるが、街路の幅員によって賑わいの度合いが左右される可能性があることがわかった。

平成28年度においては、イギリスのエディンバラを取り上げ、LRTとバスの複合TMの運用実態について現地調査に基づいた考察を行った。2016年9月2日金曜日の午前9時45分からの30分間、Princes Streetの電停から西方面にビデオカメラを設置し、軌道、車道、歩道のそれぞれの区分の通行量を計測した。通行量を見るとトラムが片方向3本であり10分間隔の運行となっていた。バスは片方向60台前後であり30秒に1台の割合とかなりの頻度で通行していた。また、タクシー等の他の車両が片方向40台程度の通行となっていた。歩行者については、北側の歩道が649人と1時間当たり約1300人の通行量となっているのに対し、南側は187人と北側に比べると約4分の1の通行量となっていた。

また、平成28年度はTMをLRTが走行する際の速度についてGPSで測定を行った。対象都市はイギリスの2都市、ドイツの3都市、日本の2都市である。この結果、平均的速度は10km/h程度であり、一般的に認識されているTMでの運転速度が20~30km/hという数値は最高速度に関するものであることが確認できた。さらに、日本の一般道路を走

行する自動車は 30km/h の速度制限であっても守っていないが、LRT は TM において確実に低速運転されていることが確認できた。また、日本の 7 都市について起終点間全体での走行速度を GPS で測定した。この結果、専用軌道では路面軌道に比べて走行速度が大きいこと、電停間距離が大きいほど運転速度が大きくなること、急曲線が存在すると専用軌道であっても速度が小さくなること、信号の多い区間では信号待ちの停止回数が多いことなどがわかった。

平成 29 年度においては、北欧 3 国の諸都市における LRT 整備の動向について、現地調査に基づいて考察した。スウェーデンにおいては、ストックホルムのトラム路線の現状と整備上の特徴について整理し、ノルヒェーピング、イエテボリのトラム路線の現状についてまとめた。デンマークにおいては、新規路線開業のあったオーフスを取り上げた。都市内の併用軌道の整備のみならず郊外の鉄道線を再生することによる直通運転を計画しているものであり、この路線の整備方策についてまとめた。ノルウェーにおいては、近年新規開業したベルゲンのライトレール路線を取り上げた。この路線は 2017 年 4 月に空港まで延伸しており、ロードプライシング政策と併せたパッケージ交通政策の実情について考察した。

また、平成 29 年度は LRT や BRT の起終点間全体での走行速度を GPS で測定した。調査対象都市はドイツの 3 都市、フランスの 3 都市である。調査の結果、専用軌道では路面軌道に比べて走行速度が大きいこと、電停間距離が大きいほど運転速度が大きくなること、鉄道線への乗入れではかなり高速運転されていること、市街地（特に TM）ではかなり低速運転されていることなどがわかった。

## **【5】 公共交通指向市街地における調査・分析に資する地理的情報の取得・蓄積と空間分析の方法論の確立に関する成果**

平成 27 年度は、フランスの LRT が営業中または整備中の 19 都市を対象に、LRT 沿線における土地利用情報の取得・蓄積と土地利用状況の分析に取り組んだ。Google Earth の航空写真データから路線形状と土地利用情報を取得し、停留所から半径 200m の駅勢圏を設定して、それぞれの土地利用構成比を定量的情報として算出した。そして、都市の全体指標として構成比の平均値を算出し、これと都市圏人口規模や開業年との関係进行分析した。さらに、各都市内において都心から郊外への構成比の変化を追跡し、人口規模が小さく従来は LRT 事業が成立し得ないと考えられていた都市では、郊外部開発と LRT 整備をセットにして扱うことにより導入を成功させている状況を明らかにした。なお一方では、汎用的に情報を蓄積・整理するための属性情報の入力・表示の方法論を、それぞれ「KML エディタ」、「ポップアップバルーン表示機能」として開発している。さらに、Open Street Map も情報ソースに用いて、事前にデジタル形式のベースマップの作成を行うとともに、Web 上の情報をもとに重要施設のポイントデータの付加も行った。

平成 28 年度から平成 29 年度にかけてスウェーデンの 3 都市、デンマークとノルウェーの各 1 都市の計 6 都市について沿線情報の取得と蓄積を完了し、それぞれの土地利用構成比を定量的情報として算出するとともに、都市の全体指標として構成比の平均値を

算出し、これと都市圏人口規模や開業年との関係を分析した。その結果、北欧においても既存の LRT 路線網が存在する都市については、フランスやスペインと同様に、市街地については、中心部は商業や公共施設が主要な土地利用形態となり、それを取り巻くように住居系の土地利用がなされ、郊外部に行くに従って工業、倉庫等の土地利用割合が増加し、多くは路線終点に小規模な地域の中心地としての土地利用が見られるという形態であることが明らかになった。一方、オーストリアについては、建設中の LRT もその多くは幹線道路上に敷設されるものであるから、一定の商業系の沿線土地利用がすでになされているが、郊外鉄道路線の再生利用部分については、農地等の未開発部分が多くを占め、一部、鉄道駅周辺に小規模な商業系土地利用が見られるのみであった。さらに、ベルゲンではまさにこの数年で空港へ向けての延伸がなされたばかりであることから、市街地を抜けた後は、従来の空港アクセス道路沿いに進む部分については、従来の沿道型の商業系土地利用、その他の部分はほとんどが未利用地といったように、LRT 敷設の効果がまだ生じていない状況であることが明らかになった。

## 【6】 本研究組織での成果のまとめ

本研究組織での研究結果は審査付き論文 1 件と学会における講演発表 7 件にまとめて公表することができた。

(審査付き論文)

・波床正敏：「トランジットモールを含む市街地における歩行者ゾーンと自動車系街路網の形態に関する研究 -中心市街地の街路網におけるトランジットモールの位置づけ-」都市計画論文集 No. 52-3, pp. 277-284, 2017

(学会における講演発表)

・吉川耕司：「フランスの LRT 沿線における土地利用状況の分析」, 第 53 回土木計画学研究発表会, 講演番号 17-03, 2016 年 5 月 29 日.

・板井勇人・伊藤 雅：「ヨーロッパのトランジットモールにおける歩行者流動特性に関する研究」, 第 53 回土木計画学研究発表会, 講演番号 17-09, 2016 年 5 月 29 日.

・波床正敏：「トランジットモールを含む市街地における自動車交通処理に関する研究」, 第 53 回土木計画学研究発表会, 講演番号 17-10, 2016 年 5 月 29 日.

・伊藤雅・波床正敏：「エディンバラにおける LRT とバスの複合トランジットモールの運用実態に関する考察」, 第 55 回土木計画学研究発表会, 講演番号 38-05, 2017 年 6 月 10 日.

・波床正敏・伊藤雅：「わが国の路面電車の走行環境と走行速度の関係性に関する調査」, 第 55 回土木計画学研究発表会, 講演番号 OR7046, 2017 年 6 月 10 日.

・伊藤雅・吉川耕司：「北欧における LRT 整備の動向-2017 年夏の現地調査から-」, 第 57 回土木計画学研究発表会, 講演番号 24-01, 2018 年 6 月 9 日.

・波床正敏：「LRT および BRT の走行環境と走行速度の関係性に関する調査」, 土木計画学研究講演集 57, CD-ROM, 2018

# トランジットモールを含む市街地における 自動車交通処理に関する研究

波床 正敏 (工学部都市創造工学科)

本研究課題のうち波床の分担範囲では、トランジットモールを含む中心市街の街路網を対象に、一方通行の状況や右左折の指示、進入禁止、歩行者専用区間の設定、ボラードやゲート等の設置状況を調査し、街路網における自動車の取り回しを分析している。前年度からはそれまでの調査項目に加え、GPS を使って LRT (次世代型路面電車) がトランジットモールを通過する際の速度を調査してきており、平成 29 年度は、フランスの Strasbourg, Metz (\*), Nancy (\*), ドイツの Saarbrücken, Karlsruhe を調査対象とした (\*印の都市は LRT のトランジットモールではなく、BRT のトランジットモール)。また、LRT の速度調査については、比較参考用として日本の路面電車の市街地走行速度を調査した。具体的には長崎、熊本、鹿児島、京都、大阪、豊橋、札幌であり、上記の都市と同じ方法で路面電車の速度調査を行った。

平成 29 年度は携帯型の GPS ロガーを用いてトランジットモールを通過する LRT (あるいは BRT) に乗車し、調査対象区間を 5 往復することで走行速度調査を行った。また、トランジットモール区間と比較するために郊外部での走行状況についても調査した。調査の結果、調査対象とした欧州の LRV や BRT は、トランジットモールにおいて郊外部などを走行する場合に比べて大幅にゆっくり走行 (10~20km/h 程度) しており、歩行者と公共交通が共存する街路であるトランジットモールにおいて、十分に安全性に配慮されていることがわかった。また、郊外部では 50~80km/h で走行することで、中心街における安全性確保と郊外からの迅速な移動が両立されていることがわかった。

中心街における走行について詳しく見ると、優先信号システムが十分に機能していることが多く、停止信号による交差点での停止はほとんど無かった。つまり、欧州のトランジットモールでは、LRT や BRT は停止すること無くゆっくりと進むというのが特徴である。郊外部においても優先信号システムは十分に機能しており、停止回数は少なかった。

一方、日本の路面電車では中心街で信号機による交差点での停止回数は多く、このことによる平均速度の低下はあるものの、加減速の特徴は市街地中心部とそれ以外での違いは小さかった (郊外部で専用軌道が確保されている場合を除く)。日本の路面電車の走行状況を前提に LRT や BRT の走行状況を単純に想像することは適切では無いと思われた。

平成 29 年度の欧州の調査では、LRT が走行している都市の他にもゴムタイヤ式トラム (Nancy, Metz)、あるいは連節バスによる BRT (Strasbourg の G 線) についても調査した。その結果、中心街における走行状況については、優先信号システムが整備されたり専用通路が確保されていたりするために、LRT と BRT 等との走行状況の差は小さいことがわかった。

[成果の公表]

1. 波床正敏:「トランジットモールを含む市街地における歩行者ゾーンと自動車系街路網の形態に関する研究 -中心市街地の街路網におけるトランジットモールの位置づけ-」都市計画論文集 No. 52-3, pp. 277-284, 2017
2. 波床正敏:「LRT および BRT の走行環境と走行速度の関係性に関する調査」,土木計画学研究講演集 57, CD-ROM, 2018

# 公共交通指向市街地における調査・分析に資する 地理的情報の取得・蓄積と空間分析の方法論の確立

吉川 耕司（デザイン工学部環境理工学科）

本研究の目指す国内外の都市の比較分析を実現するために、世界レベルで共通かつ汎用性のある情報ソースを用いて共通の形式で比較分析に耐え得る定量的な情報を得るための方法論の確立を分担研究課題とし、特に、LRT 沿線における土地利用情報の取得・蓄積と土地利用状況の分析に取り組んでいる。

これまでの年度においては、フランス・スペインの都市を対象とした分析を行ってきたが、平成 29 年度においては、北欧の諸都市における LRT 整備の動向に関する調査を行ったことから、これら 3 カ国の都市を対象とした。具体的には、スウェーデンのストックホルム、ノルウェーのオスロ、デンマークのオーフス、ベルゲンの 6 都市である。

これらの都市について、これまでの Google Earth に加え、新たに Open Street Map も情報ソースに用いて、事前にデジタル形式のベースマップの作成を行うとともに、Web 上の情報をもとに重要施設のポイントデータの付加も行った。このことにより、現地では効率的な土地利用状況の調査を行うことができ、上記の 6 都市の沿線情報の取得と蓄積を完了した。帰国後においては、これまでと同様に、停留所から半径 200m の駅勢圏を設定して、それぞれの土地利用構成比を定量的情報として算出するとともに、都市の全体指標として構成比の平均値を算出し、これと都市圏人口規模や開業年との関係を分析した。

その結果、既存の LRT 路線網が存在する都市については、フランスやスペインと同様に、市街地については、中心部は商業や公共施設が主要な土地利用形態となり、それを取り巻くように住居系の土地利用がなされ、郊外部に行くに従って工業、倉庫等の土地利用割合が増加し、多くは路線終点に小規模な地域の中心地としての土地利用が見られるという形態であることが明らかになった。一方、オーフスについては、建設中の LRT もその多くは幹線道路上に敷設されるものであるから、一定の商業系の沿線土地利用がすでになされているが、郊外鉄道路線の再生利用部分については、農地等の未開発部分が多くを占め、一部、鉄道駅周辺に小規模な商業系土地利用が見られるのみであった。さらに、ベルゲンではまさにこの数年で空港へ向けての延伸がなされたばかりであることから、市街地を抜けた後は、従来の空港アクセス道路沿いに進む部分については、従来の沿道型の商業系土地利用、その他の部分はほとんどが未利用地といったように、LRT 敷設の効果がまだ生じていない状況であることが明らかになった。

このように本年度の取り組みでは、北欧の諸都市の事例を分析対象に加えたことで、さらに、LRT 敷設の時期や、敷設の目的が反映されたルート設定と、それぞれの都市が持つ地理的要因や都市の性格・形態が相まって、さらなる土地利用パターンの多様性があることを明らかにすることができた。

[成果の公表]

- 1) 伊藤雅・吉川耕司：「北欧における LRT 整備の動向-2017 年夏の現地調査から-」，講演番号 24-01，2018 年 6 月 9 日．



# 公共交通指向市街地における通行主体の走行速度特性

伊藤 雅（広島工業大学・工学部）

本分担研究課題においては、3年間にわたってヨーロッパ各都市の公共交通指向市街地における各種交通主体の交通量、走行速度、交通密度をはじめとする交通特性を把握し、その特性を明らかにした。

平成27年度においては、ドイツの4都市（Mannheim, Kassel, Frankfurt, Karlsruhe）の6地点、フランスの9都市（Brest, Lyon, Dijon, Nancy, Grenoble, Saint-Étienne, Angers, Bordeaux, Nantes）の11地点の計17地点を調査対象とし、ビデオ調査に基づいて歩行者数と歩行者存在密度の関係を分析した。その結果、歩行者数と歩行速度の計測に基づいて通りの賑わいを表す歩行者存在密度を示すことができた。歩行者数が増えると賑わいが増す傾向にあるが、街路の幅員によって賑わいの度合いが左右される可能性があることがわかった。

平成28年度においては、イギリスのエディンバラを取り上げ、LRTとバスの複合トランジットモールの運用実態について現地調査に基づいた考察を行った。2016年9月2日金曜日の午前9時45分からの30分間、Princes Streetの電停から西方面にビデオカメラを設置し、軌道、車道、歩道のそれぞれの区分の通行量を計測した。通行量を見るとトラムが片方向3本であり10分間隔の運行となっていた。バスは片方向60台前後であり30秒に1台の割合とかなりの頻度で通行していた。また、タクシー等の他の車両が片方向40台程度の通行となっていた。歩行者については、北側の歩道が649人と1時間当たり約1300人の通行量となっているのに対し、南側は187人と北側に比べると約4分の1の通行量となっていた。

平成29年度においては、北欧（スウェーデン、デンマーク、ノルウェー）の諸都市におけるLRT整備の動向について、2017年夏の現地調査に基づいて考察した。スウェーデンにおいては、ストックホルムのトラム路線の現状と整備上の特徴について整理し、ノルウェーピング、イエテボリのトラム路線の現状についてまとめた。デンマークにおいては、2017年12月に開業したオーフスのトラム路線を取り上げた。この路線はデンマーク初の新規トラム路線となっており、都市内の併用軌道の整備のみならず郊外の鉄道線を再生することによる直通運転を計画しているものであり、この路線の整備方策についてまとめた。ノルウェーにおいては、2010年開業のベルゲンのライトレール路線を取り上げた。この路線は2017年4月に空港まで延伸しており、ロードプライシング政策と併せたパッケージ交通政策の実情について考察した。

## [成果の公表]

- 2) 板井勇人・伊藤雅：「ヨーロッパのトランジットモールにおける歩行者流動特性に関する研究」, 第53回土木計画学研究発表会, 講演番号17-09, 2016年5月29日。
- 3) 伊藤雅・波床正敏：「エディンバラにおけるLRTとバスの複合トランジットモールの

運用実態に関する考察」, 第 55 回土木計画学研究発表会, 講演番号 38-05, 2017 年 6 月 10 日.

- 4) 伊藤雅・吉川耕司:「北欧における LRT 整備の動向-2017 年夏の現地調査から-」, 講演番号 24-01, 2018 年 6 月 9 日.