

トランジットモール区間における LRV走行速度の測定結果分析

波床 正敏¹・安井 渉²

¹正会員 大阪産業大学教授 工学部都市創造工学科(〒574-8530 大阪府大東市中垣内3-1-1)

E-mail: hatoko@ce.osaka-sandai.ac.jp

²非会員 大阪産業大学 工学部都市創造工学科(〒574-8530 大阪府大東市中垣内3-1-1)

LRVを特徴づける要素の一つとしてトランジットモール(TM)があり、海外には多数の実例がある。しかし、日本ではTMに関する事実関係の理解が十分ではなく、特に交通管理者において「TM=危険な街路」というイメージが定着している可能性がある。このことは、日本においてTMが実現しにくくなっている原因の一つではないかと思われる。

欧州のLRVはTMでは30km/h程度以下の低速走行であるが、わが国では30km/h制限の街路でも実際には規制速度を超えている自動車が多く、30km/h制限は必ずしも歩行者の安全を担保できないというイメージがある。本研究では実際にTMにおけるLRVの速度を計測し、TMの安全性を検討するための基礎情報収集を行った。調査は欧州の8都市と比較用の日本の2都市の計10都市で実施し、結果の分析と考察を行った。

Key Words : transit mall, running velocity, light rail vehicle, limiting speed

1. はじめに

(1) 研究の背景

LRTが新しい都市交通として注目が集まるようになって少なからず年月が経過したが、日本では未だに旧式の路面電車を低床式のLRV(LRT用の電車)に置き換える程度にとどまっているのが現状であり、LRTシステムを構成する他の要素の実現はほとんどなされていない。例えば、中心市街地活性化が期待されているトランジットモール(以下、TM)については、自動車と電車の共存方法、TMにおける歩行者と車両の共存など、わが国では未経験な部分が多いため、関係諸機関の理解を得にくく、実現しにくい状況にあるものと考えられる。

わが国ではTMに関しては歩行者と電車やバス等との接触事故が懸念されているが、これまでは道路から歩行者をいかに隔離すべきかという視点で道路行政が行われてきたため、どのような状況ならば共存可能かといった点を議論するための基礎的な情報・知見の蓄積が不足していると考えられる。

(2) これまでの研究と本研究の目的

本研究に至るまでの研究としては、TMの街路の幅員構成の研究¹⁾やTMにおける歩行者の横断行動の研究²⁾、

あるいは街路に沿っての歩行時に軌道部分を歩行する割合に関する研究³⁾、LRVが発生させている騒音が歩行者の軌道横断に与える影響の分析⁴⁾などをおこなってきた。その結果、基本的な行動として、横断歩行者は十分な安全を確保しながら横断すること、歩道の整備状態によって軌道上歩行の状態が変わること、LRVの音が聞こえ始めると軌道横断が少なくなること、などが分析された。

TMが実施されている街路では、そうでない街路の速度制限が50~60km/hであるのに対し、25~30km/hの制限になっており、歩行者の安全が確保されている。わが国の中心市街や住宅地などでも30km/h程度の速度制限がされているものの、実際にはその速度制限が守られていないことも多く、日本の街路では必ずしも歩行者の安全は確保されていない。わが国の街路を走行する自動車は一般のドライバーが運転していることの影響が大きいと思われるが、TMでは職業運転士が運転するLRVのみが通行しており、状況が異なると思われる。

そこで本研究では、TMとなっている街路に関して、LRVが通過する際の速度を実際に計測し、その計測結果について、日本の街路上の路面電車速度と比較分析することで、LRVの運転速度の面から安全性について考察を行うこととした。

2. トランジットモールにおけるLRVの運行

TMが実施されている中心市街では、TM周辺において例えば自動車の速度を30km/hに制限するZone30政策、一方通行や右左折のコントロール等の実施で主要街路の自動車による横断を制限しているゾーンシステムなどにより歩行者の通行が優先されている。TMそのものについてもLRVが高速走行するような方策は採用されておらず、周辺道路の自動車の速度制限と同様に走行速度が25～30km/hに制限されている。

わが国でも住宅地や繁華街等で面的に30km/h制限を実施することがあるが、一般ドライバーの運転する街路では必ずしも制限速度が守られているわけではなく、速度超過の自動車が多々見られるのが実情である。そのような状況もあり、近年は面的な20km/h制限を導入すべきではないかというような議論すら起こりつつある。

一方、TMでは自家用車の乗り入れが認められておらず、職業運転者によるバスやLRVだけが運転されているのでかなり厳密に速度が守られていると考えられ、同じ30km/h制限であっても歩行者環境は大きく異なっているものと考えられる。

3. 調査対象都市と計測方法

(1) 調査対象都市

計測を行った都市は表-1に示すドイツ国内の6都市とフランスおよびスイスの各1都市、参考用の日本国内2都

表-1 計測実施都市と街路

都市名	街路名	計測日	時間帯
Kassel	Obere Königstraße	2012/09/01 (土)	11時台
Karlsruhe	Kaiserstraße	2011/09/10 (土)	14時台
Darmstadt	Rheinstraße	2012/09/03 (月)	17時台
Freiburg	Kaiser-Joseph-Straße	2011/09/08 (金)	18時台
Frankfurt	Willy-Brandt-Platz	2013/09/10 (火)	14時台
Mannheim	Kurpfalzstraße	2011/09/08 (木)	19時台
Grenoble	Rue Félix Poulat	2012/09/10 (月)	13時台
Zurich	Bahnhofstrasse	2012/09/07 (金)	17時台
広島	天満町電停付近	2014/11/15 (土)	17時台
岡山	小橋町電停付近	2014/11/16 (日)	12時台

表-2 計測対象区間の区間長

都市名	街路名	区間長	制限速度
Kassel	Obere Königstraße	16.6 m	20 km/h
Karlsruhe	Kaiserstraße (1)	22.6 m	20 km/h
〃	〃 (2)	6.3 m	20 km/h
Darmstadt	Rheinstraße	17.5 m	15 km/h
Freiburg	Kaiser-Joseph-Straße	23.4 m	25 km/h
Frankfurt	Willy-Brandt-Platz	25.2 m	25 km/h
Mannheim	Kurpfalzstraße	16.2 m	15-30 km/h
Grenoble	Rue Félix Poulat	21.7 m	15 km/h
Zurich	Bahnhofstrasse	16.0 m	30 km/h
広島	天満町電停付近	16.5 m	30 km/h
岡山	小橋町電停付近	24.3 m	30 km/h

市の計10都市であり、日本を除き、いずれも中心市街地でTMになっている街路である。日本については幅員はTMに近いが自動車の進入を許した往復2車線の一般の街路である。

(2) 計測方法

計測対象街路において、計測対象区域を例えば図-1のように設定し、この区域をビデオカメラで動画撮影することでLRVの進入・退出時刻から通過に要する時間を計測し、測定対象区間長とから通過速度を計算した。進入・退出時刻はLRVの先頭部分について1/30秒（動画フレーム）単位で計測した。区間長については、現地でレーザー距離計を用いて道路幅員の計測をした結果を基準に、Google mapの航空写真上での計測区間長の測定長を拡大補正して使用した（歩道上で歩行者の進行方向にレーザー照射しにくかったため）。表-2に各計測対象区域の区間長を示した。

(3) Kasselの概要

Kasselの計測対象区域は中央駅の南東約500mに位置するObere Königstraße上であり、沿道は商店街となっているため、人通りが多い。計測区域を示した図-1において、AB=8.80m、AC=16.55mであった。なお、LRVに対する制限速度は、TM区域入口付近の軌道上部の架線に示された制限標の種類を確認した結果⁵⁾、20km/hと推定される。

(4) Karlsruheの概要

Karlsruheの計測対象区域は2箇所あり、Karlsruhe(1)は市街中心にある宮殿の南東約500mに位置し、もう1つのKarlsruhe(2)は宮殿の南西約650mの距離に位置する。いずれもKaiserstraße上であり、沿道は商店街となっているため人通りが多い。

Karlsruhe(1)の計測区域を示した図-2において、AB=5.44m、AC=22.57mであった。また、Karlsruhe(2)の計測区域を示した図-3において、AB=5.82m、AC=6.25mであった。なお、LRVに対す



図-1 Kasselの計測対象区域



図-2 Karlsruhe(1)の計測対象区域



図-3 Karlsruhe(2)の計測対象区域



図-4 Darmstadtの計測対象区域



図-5 Freiburgの計測対象区域

る制限速度は、TM区域入口付近の軌道上部の架線に示された制限標から20km/hと推定される。

(5) Darmstadtの概要

Darmstadtの計測対象区域は中央駅の東約1.7kmに位置するRheinstraße上であり、Luisenplatz広場の東側である。沿道は商店街であるが、人通りは比較的少ない。計測区域を示した図-4において、 $AB=11.27\text{m}$ 、 $AC=17.50\text{m}$ であった。なお、LRVに対する制限速度は、Luisenplatz広場への進入部分に掲げられた速度制限標から15km/hと推定される。この計測対象区域については、バスの走行の方がLRVよりも多く、バスとLRV双方について分析する。

(6) Freiburgの概要

Freiburgの計測対象区域は中央駅の東約750mに位置するKaiser-Joseph-Straße上であり、沿道は商店街となっているため人通りが多い。計測区域を示した図-5において、 $AB=7.19\text{m}$ 、 $AC=23.40\text{m}$ であった。なお、LRVに対する制限速度は、TM区域入口付近の軌道上部の架線に示された制限標から25km/hと推定される。

(7) Frankfurtの概要

Frankfurtの計測対象区域は中央駅の東北東約600mに位置するWilly-Brandt-Platzであり、美術館、公園、金融ビルに囲まれた広場である。人通りは少ない。計測区

域を示した図-6において、 $AB=6.44\text{m}$ 、 $AC=25.16\text{m}$ であった。なお、LRVに対する制限速度は、区域入口付近の軌道上部の架線に示された制限標から25km/hと推定される。

(8) Mannheimの概要

Mannheimの計測対象区域は中央駅の北西約1kmに位置するKurpfalzstraße上である。沿道は商店街であり、人通りが多い。計測区域を示した図-7において、 $AB=5.53\text{m}$ 、 $AC=16.17\text{m}$ であった。なお、LRVに対する制限速度は、TM区間軌道上部の架線に示された速度制限標から平日昼間10-15時は15km/h、それ以外は30km/hと推定される（調査区間に直交する側のTM区間では25km/h制限）。

(9) Grenobleの概要

Grenobleの計測対象区域はSNCF駅の東約1kmに位置するRue Félix Poulatである。沿道は商店街が多く、人通りも多い。計測区域を示した図-8において、 $AB=7.83\text{m}$ 、 $AC=21.72\text{m}$ であった。なお、LRVに対する制限速度は、付近の軌道上部の架線に示された制限標から15km/hと推定される。

(10) Zurichの概要

Zurichの計測対象区域は中央駅の南約340mに位置するBahnhofstrasse上である。沿道は商店街であり、人通



図-6 Frankfurtの計測対象区域



図-7 Mannheimの計測対象区域



図-8 Grenobleの計測対象区域



図-9 Zurichの計測対象区域



図-10 広島



図-11 岡山

りも多い。計測区域を示した図-9において、 $AB=5.75$ m、 $AC=15.95$ mであった。なお、LRVに対する制限速度は、TM区域入口付近の軌道上部の架線に示された制限標から30km/hと推定される。

(11) 広島の概要

広島の計測対象区域はJR広島駅の西約3.3kmに位置し、観音町電停と天満町電停の間である。沿道は商店街や住宅、小規模事業所等があるが、人通りは比較的少ない。欧州のTM区間との比較用である。中央に軌道が配置された歩道のない片側1車線の道路であり、一般車両への進入は禁止されていない。計測区域を示した図-10において、 $AB=6.07$ m、 $AC=16.50$ mであった。な

お、この区間の制限速度は、付近の道路標識より30km/hである。

(12) 岡山の概要

岡山の計測対象区域はJR岡山駅の南東約2kmに位置し、県道258号線上の中納言電停と小橋電停の間である。沿道は商店や住宅、小規模事業所等があるが、人通りは比較的少ない。ここも欧州のTM区間との比較用である。広島の場合と同じく、中央に軌道が配置された歩道のない片側1車線の道路であり、一般車両への進入は禁止されていない。計測区域を示した図-11において、 $AB=5.36$ m、 $AC=24.25$ mであった。なお、この区間の制限速度は、付近の道路標識より30km/hである。

4. 測定結果について

(1) Kasselの結果概要

Kasselについての計測結果を5km/h幅でヒストグラム化したものを図-12に示す。以下、作図方法は同様である。LRVの制限速度は20km/hである。

列車のすれ違い等で計測不能であったものを除き、速度計測可能であったのは往復計48本であった（必ずしも運転本数ではない）。そのうちの約87%が制限速度である20km/h未満であり、平均速度は16.5km/hであった。中心市街などでは一般の自動車交通に対して30km/h制限を課すような交通政策を実施することがあるが、30km/hを超えたのは皆無であった。沿道が商店であり人通りが多いことが影響していると考えられるが、KasselのTMではLRVが非常に低速で運行されている。

(2) Karlsruheの概要

Karlsruheの結果を図-13に示す。制限速度は20km/hである。制限速度の20km/h未満であったのはKarlsruhe(1)では約19%、Karlsruhe(2)では約5%と少ない。また、平均速度はKarlsruhe(1)では23.3km/h、Karlsruhe(2)では26.4km/hであった。30km/hを超えたのはKarlsruhe(1)ではゼロであったが、Karlsruhe(2)では約19%あった。このようにKarlsruheのTMでは、LRVは制限速度よりは速

めの速度で運行されているものの、全般的には低速運行されているものが多い。

(3) Darmstadtの概要

Darmstadtの計測結果を図-14に示す。制限速度は15km/hである。制限速度の15km/h未満であったのはバスの約14%、LRVの約30%と少ない。また、平均速度に関してはバスは19.6km/h、LRVは17.1km/hであり、LRVの方が若干低かった。30km/hを超えたのはバスで約2%、LRVはゼロであった。このようにDarmstadtのTMでは、バス・LRVともに制限速度よりは速めの速度で運行されているものの、歩行者が乱横断出来る広場に直接つながっていることなどが影響していると考えられ、全般的には低速運行されているものが多い。

(4) Freiburgの概要

Freiburgの結果を図-15に示す。制限速度は25km/hである。制限速度の25km/h未満であったのは約80%、平均速度は23.3km/hであった。30km/hを超えたのは皆無であった。沿道が商店であり人通りが多いことが影響していると考えられるが、FreiburgのTMでもLRVが低速で運行されている。

(5) Frankfurtの概要

Frankfurtの結果を図-16に示す。制限速度は25km/hで

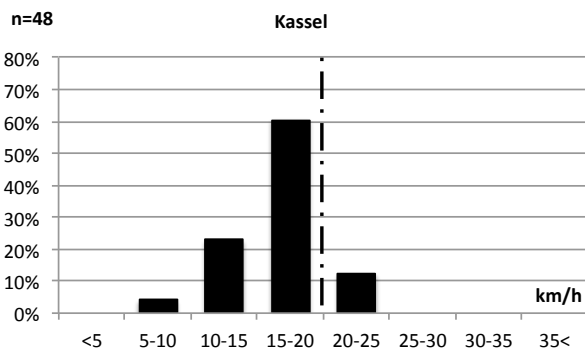


図-12 Kasselの速度分布

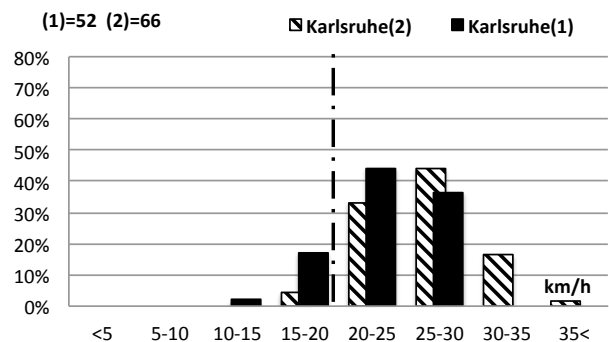


図-13 Karlsruheの速度分布

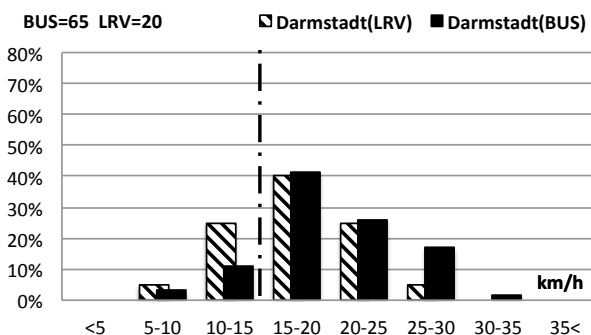


図-14 Darmstadtの速度分布

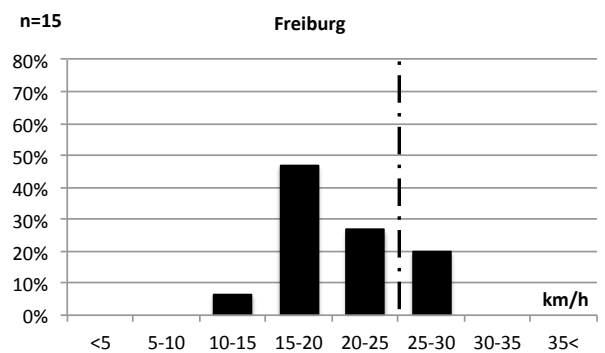


図-15 Freiburgの速度分布

ある。制限速度の25km/h未満であったのは約40%、平均速度は24.3km/hであった。30km/hを超えたのは約21%であった。

FrankfurtのTMではLRVの速度が比較的大きかったが、その背景としては沿道が商店などではなく、軌道を横断する歩行者がかなり少なかったことが影響していると考えられる。

(6) Mannheimの概要

Mannheimの結果を図-17に示す。この時間帯の制限速度は30km/hである。この区間では全てのLRVが制限速度の30km/h未満であった。また、平均速度は16.3km/hであった。沿道が商店であり人通りが多いことが影響していると考えられるが、MannheimのTMではLRVが非常に低速で運行されている。

(7) Grenobleの概要

Grenobleの結果を図-18に示す。制限速度は15km/hである。制限速度の15km/h未満であったのは約90%、平均速度は12.4km/hであった。30km/hを超えたのは皆無であった。この区間では沿道が商店であるほか、観測区間の前後がクランク状に曲がっていることも関係し、GrenobleのTMでもLRVが非常に低速で運行されている。

(8) Zurichの概要

Zurichの結果を図-19に示す。制限速度は30km/hである。制限速度の30km/h未満であったのは約88%、平均速度は24.0km/hであった。30km/hを超えたのは約12%であった。平均速度はやや高めであるが、危険なほどの速度で運行されているLRVは少ない。

(9) 広島の概要

広島の結果を図-20に示す。この区間の制限速度は自動車を含めて30km/hである。制限速度の30km/h未満であったのは約62%、平均速度は29.6km/hであり、本研究での調査街路の中では最も高かった。30km/hを超えたのは約38%であった。この区間では路面電車の速度が比較的大きかったが、その背景としては人通りが比較的少ない上、近隣に信号機付交差点があるため、軌道横断者が少なかったことが影響していると考えられる。

(10) 岡山の概要

岡山の結果を図-21に示す。この区間の制限速度は自動車を含めて30km/hである。制限速度の30km/h未満であったのは約90%、平均速度は25.9km/hであった。30km/hを超えたのは約10%であった。平均速度はやや高めであるが、危険なほどの速度で運行されている路面電車は少ない。

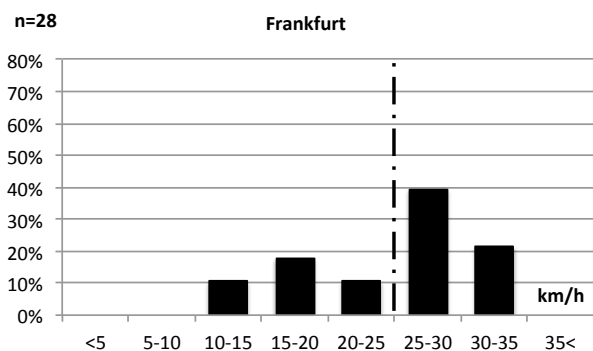


図-16 Frankfurtの速度分布

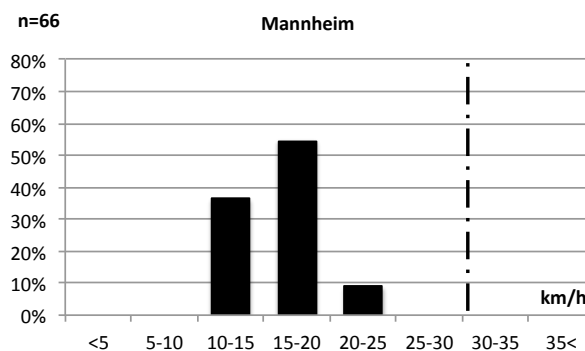


図-17 Mannheimの速度分布

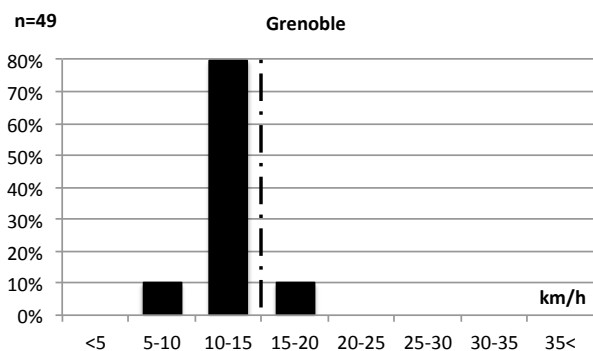


図-18 Grenobleの速度分布

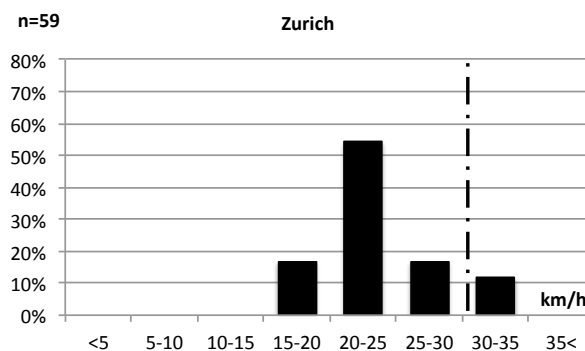
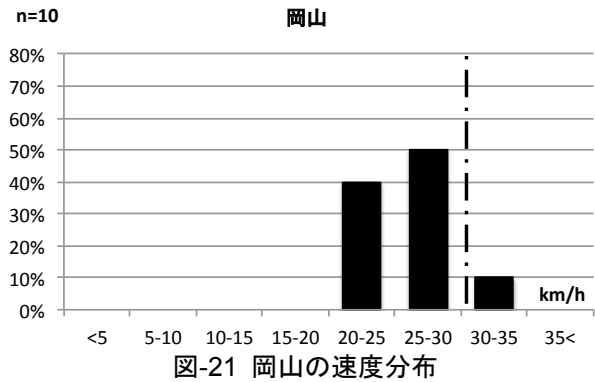
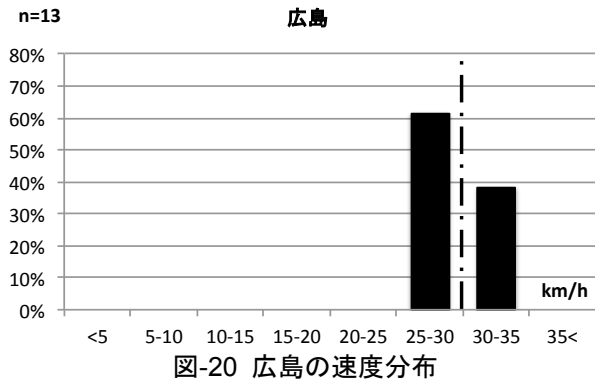


図-19 Zurichの速度分布



(11) 各都市の比較

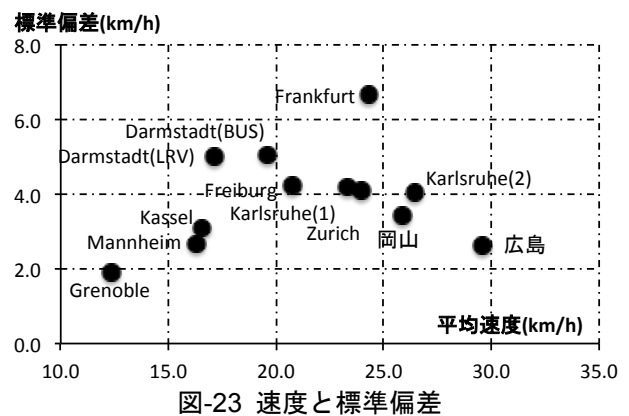
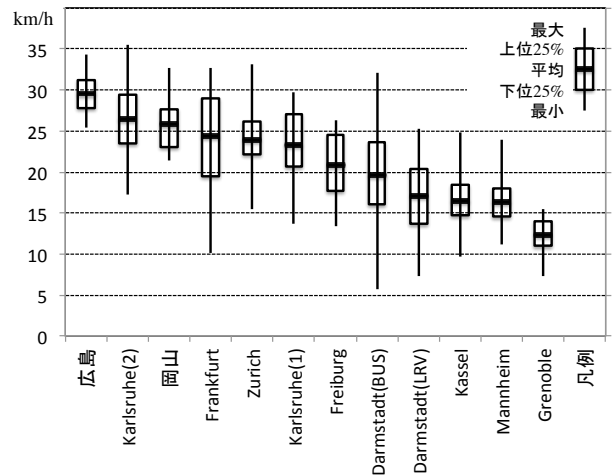
図-22は各都市のLRV等の速度分布を比較するために作成したものであり、平均速度が高いものから低いものへと順に並べている。中央部の箱が上位25%から下位25%までの範囲(四分位範囲)を示しており、箱中の横線が平均値である。また上下に伸びる線の上端と下端がそれぞれ最大、最小である。

平均速度で見ると、計測対象とした各都市のうち、参考用とした広島や岡山が上位になっており、欧州各都市はそれらに比べると速度が低い傾向にある。すなわち、TMにおけるLRVの運転速度は日本の30km/hの速度制限を実施している街路上の路面電車の速度よりも低く、必ずしも同列に扱うべきではないと言える。

また、運転速度の最大値についても日本の2都市は上位である。欧州の調査対象の半数程度は日本の2都市と同程度になっているが、運転速度の最小値も小さく、分布の広がりが大きい傾向にある。図-23は横軸に平均速度、縦軸に標準偏差をとったものであるが、日本の2都市は速度が高くて標準偏差が小さい(大部分の路面電車が比較的高速度で運行)。逆にGrenoble, Mannheim, Kasselは速度が小さくて標準偏差も小さい(大部分のLRVが低速度で運行)。

5. 結果のまとめと今後の課題

本研究では、トランジットモール(TM)におけるLRVの



走行速度を計測し、日本の路面電車の場合と比較した。その結果、LRVのTMにおける走行状況は日本の路面電車の街路走行とは異なり、比較的低速運行されていることがわかった。今後、わが国でTMを整備する際には、既存の路面電車が街路を走行するイメージではなく、このようなLRVの走行状況を考慮した議論が必要であると思われる。

今後の研究課題としては、街路横断者数と走行速度の関係の分析や沿道の状況が与える影響の詳細な分析などが必要と思われる。

謝辞：本研究は科研費基盤研究C(課題番号24560651)の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 野中邦宏・波床正敏・西田圭佑・大島秀樹:海外都市のLRT走行空間との比較に基づく日本の街路断面の課題考察,土木計画学研究講演集43, CD-ROM, 2011.
- 2) 平山理恵・波床正敏・ペリー史子・吉川耕司・塚本直幸:ビデオ調査に基づくトランジットモールにおける歩行者のLRT軌道横断に関する分析,土木計画学研究講演集45, CD-ROM, 2012.
- 3) 波床正敏・ペリー史子・吉川耕司・塚本直幸・伊藤雅:トランジットモールの断面構造と歩行者の通行状況

に関する分析, 土木計画学研究講演集47, CD-ROM, 2013.

nale: Signalbilder, Standorte, Funktionen, GeraMond, 2011

- 4) 波床正敏: トランジットモールにおけるLRT騒音の測定結果分析, 土木計画学研究講演集49, CD-ROM, 2014.
- 5) Uwe Miethe 編: Bildatlas der deutschen Eisenbahn-Sig-

(2015. 4. 24 受付)

A STUDY ON MEASUREMENT OF LIGHT RAIL VEHICLE'S RUNNING VELOCITY ON TRANSIT MALL

Masatoshi HATOKO and Wataru YASUI