

鉄軌道利便性および歩行者空間分布を考慮した 地方都市における都市構造の国際間比較

松中 亮治¹・大庭 哲治²・中川 大³・長尾 基哉⁴

¹正会員 京都大学大学院准教授 工学研究科都市社会工学専攻 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)
E-mail: matsu@urban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

²正会員 京都大学大学院助教 工学研究科都市社会工学専攻 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)
E-mail: tetsu@urban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

³正会員 京都大学大学院教授 工学研究科都市社会工学専攻 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)
E-mail: nakagawa@urban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

⁴正会員 四国旅客鉄道株式会社 (〒760-8580 香川県高松市浜ノ町 8-33)

本研究では、日本・フランス・ドイツの全地方都市を対象として、鉄軌道駅の運行頻度ならびに歩行者空間の分布状況と都市構造との関連を実証データにより国際間で比較した。その結果、ドイツにおいて都市全体の人口に占める駅周辺人口の割合が日本やフランスに比べて高い都市が多く存在し、ドイツ、フランス、日本の順で、鉄軌道駅と歩行者空間との近接性が高いことを実証的に明らかにした。さらに、総合的な都市構造指標を主成分分析により導出し、都市構造のコンパクト性を比較した結果、ドイツの都市構造は、日本やフランスの都市に比べてコンパクトであること、また、日本とフランスの都市を比較すると、歩行者空間と鉄軌道駅との近接性の差を考慮した場合、フランスの都市の方がコンパクトであることを定量的に明らかにした。

Key Words : urban structure, service frequency, distribution of population, pedestrian spaces

1. はじめに

近年注目されているコンパクトシティ構想では、利便性の高い公共交通や都心部の賑わいをもたらす歩行者空間整備の重要性が指摘されている¹⁾ものの、わが国の特に地方都市においては、実際に利便性の高い公共交通や都心部の賑わいをもたらす歩行者空間の整備が進んでいるとは言い難い状況である。また、一般に、わが国の都市と比較して、地方都市においても、ヨーロッパの都市はコンパクトな都市構造を維持している²⁾とされているが、ヨーロッパの都市がわが国の都市と比較してどの程度、そして、どういったコンパクトな都市構造を有しているかについては、これまで十分に定量的な比較分析が行われているとは言えない。

コンパクトシティとは、居住や業務などの都市活動の空間的密度が高い地域であり、通常、都市活動密度の高い中心核や鉄道等交通軸沿道地域(コリドール)を有する地域という『形態』面での特徴も含意して使用されている場合が多く³⁾、また、コンパクト化を考える際の分析視座として、環境負荷抑制や都市経営の効率化と共に、

モビリティの確保が挙げられている⁴⁾。

実際の都市構造は個々の事業や都市整備および諸規制などの積み重ねによって体现されるものであり、コンパクト化政策を推進する際にも、都市全体を対象とした分析では不十分であり、実際の事業に対応した町丁目などの地区レベルでの情報が求められている^{5,6)}。

従って、都市のコンパクト性を国際間比較する場合、単に、都市全体の人口や人口密度を用いて比較するだけでは十分であるとは言えず、単に人口が集中しているだけでなく、そこに利便性の高い公共交通サービスが提供されているか、都心部に賑わいをもたらす快適な歩行空間が確保されているかといった点についても考慮した上で、都市内人口の空間分布を比較する必要がある。

Newman and Kenworthy⁷⁾に代表されるような都市のコンパクト性と交通エネルギー消費の関係性を示した研究はこれまでも多く蓄積されているが^{8,9,10)}、これらの研究では、都市のコンパクト性が都市人口密度といった都市全体の指標で捉えられている。これらの研究に対し、近年では、都市内の地区レベルで都市のコンパクト性を把握した研究も数多くみられるようになっており^{5, 9, 11), 12)}、

本研究と同様に、都市内交通の利便性を鉄軌道の運行頻度を用いて把握した上で、駅周辺の人口分布との関連性を詳細に分析し、都市内交通の利便性と都市構造の関連性を明らかにした研究^{13,14)}もある。しかしながら、これらの研究はいずれも、都市のコンパクト性を国際間で比較分析し、その特徴を明らかにしたものではない。

一方、都市内交通の整備状況と都市特性の関係を国際間で比較した研究として、Hass-Klau and Crampton¹⁵⁾の研究が挙げられる。この研究では、ピーク時の運行頻度などの都市や沿線の特性を用いて、LRT 導入の成功要因が分析されているが、分析対象がヨーロッパ・北米諸国の 24 都市に限定されており、また、LRT 以外の鉄軌道交通機関についても考慮されていない。その他にも、わが国とフランスの二国間で、路面電車運行都市を対象として、都市および沿線特性を比較分析した松中ら¹⁶⁾の研究や、対象を国内に限定すると、路面電車等の整備状況と自動車利用量の関係を全国レベルで明らかにした中道ら¹⁷⁾の研究があるが、いずれも鉄軌道の運行頻度といった都市交通の利便性までは十分に考慮されていない。

また、都市内の歩行者空間と都市構造との関連については、歩行者空間沿道の商店主に歩行者空間の設置前後の売り上げの変化を尋ねることにより、歩行者空間設置が周辺の商業活動に与えた影響を明らかにしたもの¹⁸⁾や、歩行者空間の整備状況と商店街の賑わいの関連性を分析したもの¹⁹⁾、歩行者空間とのアクセス性やエネルギー消費の観点から、LRT などの公共交通機関別に都市構造への影響を考察したもの²⁰⁾がみられる程度であり、十分な研究蓄積があるとは言えない。

以上のように、既往研究では、一定の基準を満たす都市を網羅的に全て抽出し、かつ市町村より細かい地区レベルで、鉄軌道利便性や歩行者空間の分布状況と都市構造との関連を分析し、都市のコンパクト性を国際間で比較した研究はみられない。

そこで本研究は、日本とヨーロッパ諸国の地方都市における、鉄軌道駅の運行頻度ならびに歩行者空間の分布状況と都市構造との関連を実証データにより国際間比較し、都市構造の差異を定量的に明らかにすることを目的とする。具体的には、日本、フランス、ドイツの全地方都市を対象として、「鉄軌道駅周辺の人口分布」、「人口密度の高い地区の分布」、「都市中心部の歩行者空間の分布」の 3 つの観点で都市構造をとらえ、鉄軌道駅の運行頻度と都市構造との関連を分析する。そして、これら 3 つの観点より得られた都市構造を表す指標から総合的な都市構造指標を提案し、都市構造のコンパクト性を国際間比較する。なお、本研究では、各交通手段の輸送量やデータの制約・収集可能性を考慮し、都市内交通機関として鉄軌道を対象とすることとした。

2. データベースの構築

(1) 対象都市および対象鉄軌道駅の定義

本研究では、公共交通を活用し、比較的コンパクトな都市構造を維持しているといわれるヨーロッパ諸国のうち、近年、急速に都市内公共交通ネットワークの整備を進めているフランス、古くからの都市内公共交通ネットワークを維持し続けているドイツの 2 カ国を取り上げ、公共交通体系が機能すると考えられる 10 万人以上の都市人口を有しており、大都市圏に含まれず、かつ都市内に鉄軌道駅を有する全ての地方都市を分析対象とする。日本については、鉄道事業法に基づいて敷設された路線にある駅を「鉄道駅」と定義し、軌道法に基づいて敷設された路線にある駅を「軌道駅」と定義する。鉄道駅と軌道駅の両方に該当する駅については全て鉄道駅として扱う。フランス、ドイツについては、各運行事業者のウェブサイト上での扱いに従う。フランスについては、「Métro」と明記されるか、系統番号が「M」から始まる路線は「地下鉄」に分類し、「Tram」と明記されるか、系統番号が「T」から始まる路線は「路面電車」に分類し、フランス国有鉄道が運行する路線は「一般鉄道」に分類する。ドイツについては、「U-bahn」と明記されるか、系統番号が「U」から始まる路線は「地下鉄」に分類し、「Straßenbahn」、「Tram」と明記された路線は「路面電車」に分類し、ドイツ鉄道株式会社が運行する路線及び「S-bahn」と称される郊外鉄道は「一般鉄道」に分類する。その上で、「一般鉄道」及び「地下鉄」に分類される駅を鉄道駅とし、「路面電車」及びいずれにも含まれないモノレールやラック式鉄道路線に分類される駅を軌道駅と定義する。また、本研究で利用した鉄軌道駅の位置データは次のとおりである。日本については、国土数値情報²¹⁾に基づく 2005 年の鉄軌道駅の位置データを使用した。フランス、ドイツについては、ESRI 社が提供する鉄道駅の位置データ²²⁾を使用した。

なお、上記データに掲載されていない新駅などについては Google Map²³⁾を用いて位置座標を取得した。各国における対象都市ならびに鉄軌道駅の定義は以下の通りである。

a) 日本

2005 年に実施された国勢調査の結果を基に、人口 10 万人以上の都市を抽出し、これらの中から三大都市圏に含まれる都市および 2005 年 10 月時点で鉄軌道駅が存在しない都市を除いた、134 都市を対象とする。ここで、三大都市圏に含まれる都市とは、首都圏整備法における既成市街地および近郊整備地帯、近畿圏整備法における既成都市区域および近郊整備区域、中部圏開発整備法における都市整備区域を有する都市とする。対象とする鉄軌道駅は、2005 年 10 月時点で対象都市内に存在する

表-1 運行頻度別鉄軌道駅数

運行頻度 (本/h)	日本		フランス		ドイツ	
	鉄道駅	軌道駅	鉄道駅	軌道駅	鉄道駅	軌道駅
～1	342	0	292	2	30	1
1～2	568	0	132	0	172	5
2～3	384	11	25	1	175	11
3～4	131	7	16	0	194	142
4～6	226	32	6	47	125	314
6～12	228	179	18	335	532	2,082
12～	24	206	138	226	325	1,036
全体	1,903	435	627	611	1,553	3,591

表-2 小地域データの概要

対象国名	小地域名	人口 データ	境界 データ	その他
日本	町丁目	○	○	
	3次メッシュ	○	○	約1km四方
	4次メッシュ	○	○	約500m四方
フランス	IRIS	○	○	
	îLOTS	○	△	
ドイツ	Postleitzahl	○	○	区画面積が大きい.
	Statistische Bezirk	△	△	主要都市内に限定
	Wohnquartier	○	○	

○:利用可能 △:一部地域のみ利用可能
 :本研究で用いた小地域データ

2,338の鉄軌道駅とした。

b) フランス

日本の市町村に相当するフランスのコミュンは、日本やドイツにおける市町村と比べて小規模であり、また、都市内交通についても、通常、複数のコミュンが一体となって運営されている。そのため、複数のコミュンによって構成される都市圏単位で分析する必要がある。そこで、2006年に実施された国勢調査の結果を基に、人口10万人以上の都市圏を抽出し、これらの中から首都圏にあたるイル・ド・フランス地域圏のパリ都市圏および海外地域圏に位置する都市圏を除いた52都市圏を対象とする。対象とする鉄軌道駅は、2006年末時点で対象都市内に存在する1,238の鉄軌道駅とした。

c) ドイツ

日本の「市」が郡に属さず「町村」よりも大きな行政権限を有することを踏まえて、対象都市の定義を決定した。ドイツでは、小規模な自治体は郡に所属しているが、規模の大きな自治体は郡から独立し、郡レベルの行政権限を有する独立市(Kreisfreie Stadt)となっている。また、Hannoverは周辺市町村と都市連合を結成し、独立市並みの行政権限を有する。さらに、Berlin, Hamburg, Bremen, Bremerhavenについては郡よりも上位の州レベルでの行政権限を有する特別市(Stadtstaat)である。そこで、2008年12月31日時点の住民登録人口を基に、人口10万人以上の独立市・都市連合および特別市を抽出し、これらの中から首都のベルリンを除いた、70都市を対象とする。対象とする鉄軌道駅は、2008年末時点で対象都市内に存在する5,144の鉄軌道駅とした。

(2) 運行頻度の算出方法

本研究では、鉄道・軌道の利便性を表す指標として、各鉄道・軌道駅のオフピーク時における運行頻度を用いる。これは、ピーク時に比べて、等間隔のダイヤが設定されて運行頻度の時間変動が小さい場合が多く、鉄道・軌道の利便性をより適切に表すことができると考えられるためである。

具体的には、まず、時刻表^{24),25),26)}により、各路線の対象駅について、オフピーク時に発車する列車を上り・下りそれぞれの方向で計測し、その平均を取ることで各路線での運行本数を算出する。次に、複数の路線が乗り入れている駅については、各路線での運行本数を足し合わせて、駅全体での運行本数を算出する。そして、運行本数をオフピーク時の時間数で除して運行頻度(本/h)を算出する。なお、オフピーク時は、9:00～16:59の8時間とし、運行頻度の算出にあたっては平日のダイヤを用いる。運行本数は、寝台急行、寝台特急、臨時列車および運行日が月曜日から金曜日のうち3日未満に限定される列車を除く全ての列車について計測する。

運行頻度データを基に、鉄道・軌道駅を運行頻度の高低に応じて7つの運行頻度区分に分類する。7つの運行頻度区分と、運行頻度別の対象地方都市内の鉄道・軌道駅数を、表-1に示す。

(3) 小地域人口データの詳細

本研究では、対象都市全域で市町村よりも詳細な地区レベル(以降、小地域と呼ぶ)での人口データをGISに実装することによって、比較分析を行うためのデータベースを構築する。分析に用いる小地域は、人口データとGISで利用できる境界データの両方を対象都市全域で入手できる最小の小地域区画とした。市町村レベルよりも詳細な小地域区画の一覧を表-2に示す。以下に、本研究で用いた小地域データの概要を示す。

a) 日本

日本の小地域データは、メッシュ単位のデータと町丁目単位のデータに大別される。町丁目単位のデータは、特に郊外部で1区画の面積が大きくなる傾向にあり、メッシュ単位のデータよりも精度が低下すると考えられるため、本研究ではメッシュ単位のデータを用いることとする。メッシュ単位のデータには約1km四方の3次メッシュデータと約500m四方の4次メッシュデータがあるが、本研究ではより詳細な人口分布を把握できる4次メッシュデータを使用する。なお、人口データは、最新の国勢調査メッシュデータである2005年のもの²⁷⁾を用いることとした。

b) フランス

日本の市町村に相当する区画はCommune(コミュン)である。コミュンよりも詳細な小地域データとし

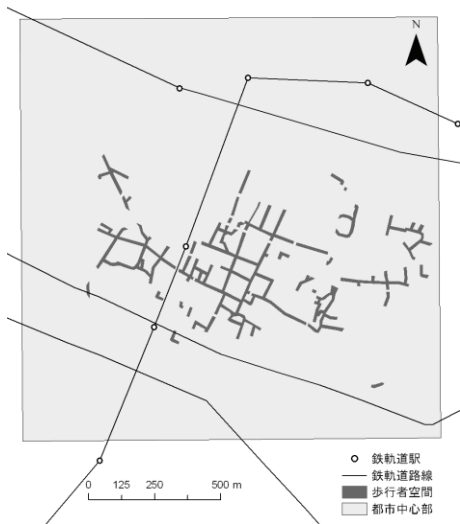


図-1 歩行者空間データの例 (フランス・Rouen)

ては、国勢調査時に設定される IRIS(*lots regroupés pour l'information statistique*)と *ÎLOTS* が挙げられる。IRIS は 1 区画あたりの人口がおおむね 5,000 人未満になるように区画が設定されており、*ÎLOTS* は IRIS をさらに細分化した区画である。本研究では、境界データを概ね対象都市全域で入手可能な IRIS 単位のデータを小地域人口データとして用いることとする。なお、人口データは、最新の国勢調査データである 2006 年のもの²⁹⁾を用いることとした。

c) ドイツ

日本の市町村に相当する区画は *Gemeinde* である。*Gemeinde* よりも詳細な小地域データとしては、区画面積の大きい順に、*Postleitzahl* (郵便番号区分)、*Statistische Bezirk* (統計地区)、*Wohnquartier* (住宅地区) が挙げられる。*Postleitzahl* は 1 区画あたりの面積が大きいので、*Statistische Bezirk* は主要都市内のみ限定されるため、本研究では *Wohnquartier* 単位のデータを小地域人口データとして用いることとする。なお、人口データは、最新の区画データと同じ 2008 年のもの²⁹⁾を用いることとした。

(4) 歩行者空間のデータ

歩行者空間のデータは、地下鉄・路面電車およびモノレール等 (以下、軌道系都市内交通と記す) を有する都市を対象に、都市地図および GIS を用いて作成した。対象都市数は、それぞれ、日本 19 都市、フランス 18 都市、ドイツ 46 都市である。

歩行者空間のデータは、まず、市販の都市地図^{30), 31), 32)}に都市中心部として拡大表記されている範囲 (以下、都市中心部と記す) をスキャンし、GIS 上で位置座標を与え、次に、「車両通行禁止」・「アーケード」・「Pedestrian street」・「Pedestrian zone」・「Pedestrianized

Road」の凡例で表される区域をポリゴン化することにより作成した。作成した歩行者空間データの例を図-1 に示す。なお、本研究では、地表上にあり、かつ、自動車の進入が禁止された道路空間を歩行者空間として扱っているが、これは、それぞれの都市の都市中心部において、限りある都市空間の中で、人々の移動のために配分されている道路空間のうち、最も貴重な地表上の空間がどれだけ歩行者に配分されているかに着目しているためである。したがって、地下街やペDESTリアンデッキ、公園等は本研究における歩行者空間には含まれない点に留意する必要がある。また、公園内の園路は、公園の効用を全うするために設けられる施設であるため、本研究における歩行者空間には含まないこととした。

なお、都市中心部については、各都市において明確に定義されていないため、上述の方法で定義しているが、それぞれの都市中心部を確認した結果、いずれも都心部分を含む 120~1,500ha の範囲となっており、この範囲を本研究では都市中心部として用いることとした。

3. 鉄軌道駅周辺の人口分布と鉄軌道駅の運行頻度との関連分析

(1) 鉄軌道駅周辺への人口集中度

500m 駅勢圏域内の人口が都市人口に占める割合 (以下、駅勢圏域人口割合と記す) および便利な駅 (運行頻度が高い駅として、3 本/h 以上の鉄道駅および 6 本/h 以上の軌道駅を合わせたもの) の駅勢圏域人口割合を算出した。ただし、500m 駅勢圏内の人口は GIS を用いて面積按分法を用いて算出している。各都市の駅勢圏域人口割合および便利な駅の駅勢圏域人口割合を、日本については図-2 に、フランスは図-3 に、ドイツは図-4 にそれぞれ示す。なお、図-2~図-4 においては、各国の都市を都市人口が多い順に並べて示している。

各国で最も駅勢圏域人口割合が高い都市は、日本は広島市(34.3%)、フランスは Grenoble(43.0%)、ドイツは Karlsruhe(74.0%)である。軌道系都市内交通の有無に着目すると、フランスやドイツでは軌道系都市内交通のないほとんどの都市で駅勢圏域人口割合が 15%を下回るが、日本では高松市のように、軌道系都市内交通が存在していない都市でも駅勢圏域人口割合が 30%以上と比較的高い都市が存在している。このような都市では、鉄道の一部(高松市の場合、高松琴平電気鉄道の路線)が軌道系都市内交通に近い役目を果たしているものと考えられる。また、各国の都市全体の駅勢圏域人口割合は、日本 15.6%、フランス、18.5%、ドイツ 43.7%となり、特に、駅勢圏域人口割合が 40%を上回る都市は、日本には 1 都市も存在しないのに対し、フランスでは Grenoble,



図-2(1) 各都市の駅勢圏域人口割合 (日本)



図-2(2) 各都市の駅勢圏域人口割合 (日本)

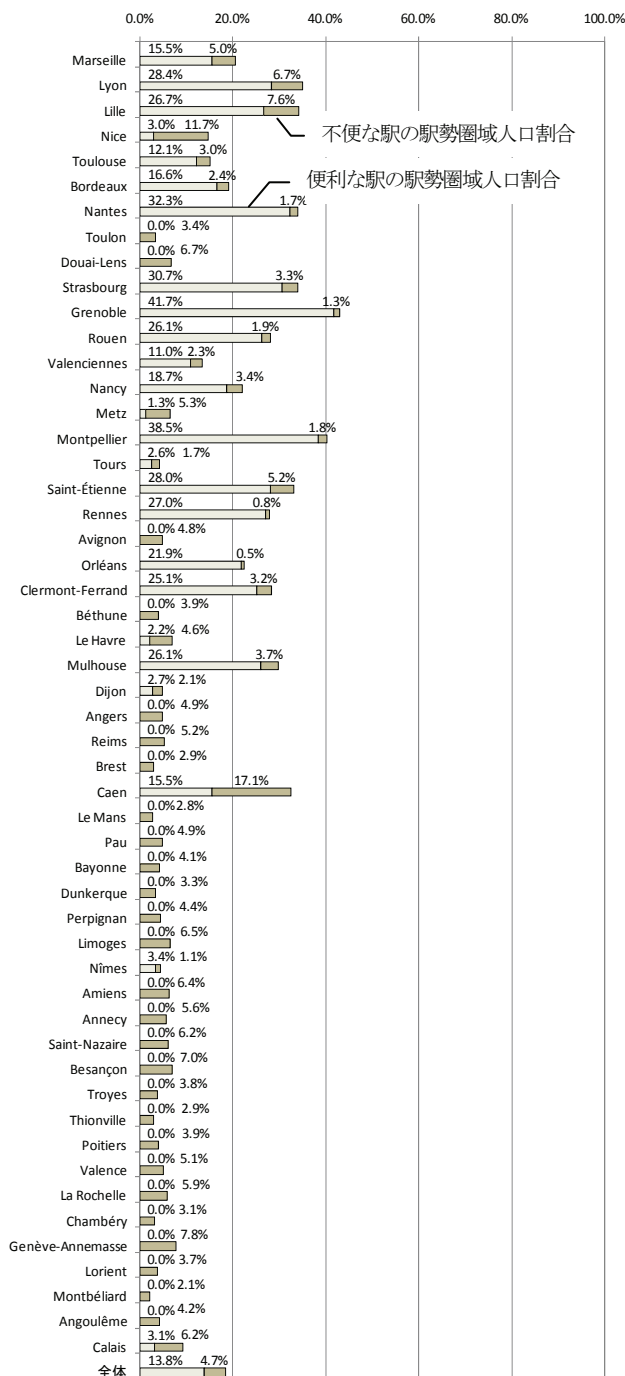


図-3 各都市の駅勢圏域人口割合（フランス）

Montpellier の 2 都市, ドイツでは Karlsruhe の 74.0%を筆頭に 37 都市存在し, 各国間の相違が顕著に現れる結果となった。

さらに, 日本およびフランスにおいては, 比較的都市人口の少ない都市で, 便利な駅の駅勢圏域人口割合が低くなっているのに対して, ドイツでは, Jena や Cottbus, Gera など人口の少ない都市においても, 便利な駅の駅勢圏域人口割合の高い都市が多く見られるのも特徴的である。これは, ドイツでは古くから軌道系都市内交通ネッ

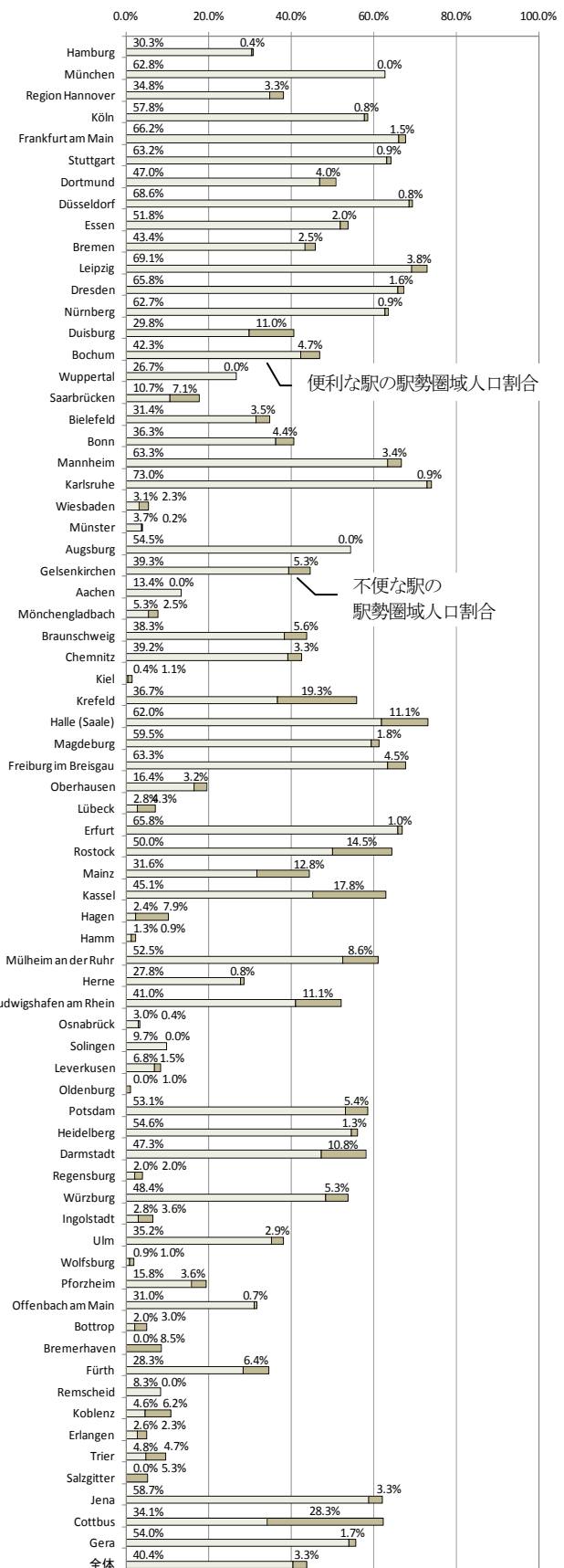


図-4 各都市の駅勢圏域人口割合（ドイツ）

トワークが都心部で密に構築されている都市が多く、また、駅勢圏域が広い上に、郊外の集落にも軌道系都市内交通が到達するようネットワークが構築されているため、駅勢圏域人口割合が高いコンパクトな都市が多くなったものと考えられる。

(2) 鉄軌道駅と人口密度の高い地区の近接性

本節では、人口密度 40 人/ha 以上の地区（以下、高密度地区と記す）および人口密度 100 人/ha 以上の地区（以下、超高密度地区と記す）に着目して、運行頻度の高い鉄軌道駅との近接性を分析する。

まず、都市人口に占める高密度地区人口および超高密度地区人口の割合（高密度地区人口割合・超高密度地区人口割合）を算出した。一例として、都市人口がいずれも 30 万人前後の函館市（日本）、Saint-Étienne（フランス）および Mannheim（ドイツ）を例として、超高密度地区および高密度地区と鉄軌道駅の空間的な分布状況を図-5～図-7 に示す。

次に、対象都市ごとに高密度地区および超高密度地区の人口に占める、便利な駅の駅勢圏域内の人口、不便な駅の駅勢圏域内の人口および駅勢圏域外の人口のシェアを算出した。高密度地区人口に占める、便利な駅の駅勢圏域内の人口、不便な駅の駅勢圏域内の人口および駅勢圏域外の人口のシェアを国単位で集計したものを、図-8 に示す。

全対象都市での高密度地区人口に占める便利な駅の駅勢圏域内の人口シェアは、高い順にドイツ 55.6%、フランス 24.9%、日本 15.0%となっており、ドイツの都市では、他の 2 国と比較して人口密度の高い地区と運行頻度の高い便利な駅との近接性が高く、コンパクトな都市構造の実現に寄与していると考えられる。逆に、日本では、高密度地区の 78.9%もの人々が鉄軌道駅から 500m 以上離れた場所に居住しており、都市内交通の利便性が高い地区に必ずしも高密度に人々が居住しているとは限らないことを示している。

高密度地区人口に占める便利な駅の駅勢圏域内の人口シェアは、軌道系都市内交通のある都市の割合が高い国ほど高くなっているが、フランスと日本との間の差はドイツとフランスとの間の差に比べて小さくなっている。これは、日本では、軌道系都市内交通のない都市においても運行頻度が高く駅間距離の短い鉄道が運行されている場合があり、そのような鉄道が軌道系都市内交通に近い役割を担って高密度地区人口に占める便利な駅の駅勢圏域内の人口シェアを高めているためと考えられる。

さらに、高密度地区人口に占める便利な駅の駅勢圏域内の人口のシェアを都市別にみると、日本では人口シェアが 40%を越える都市は見られなかったが、フランスでは Nantes, Grenoble, Montpellier, Mulhouse の 4 都市、ドイツ

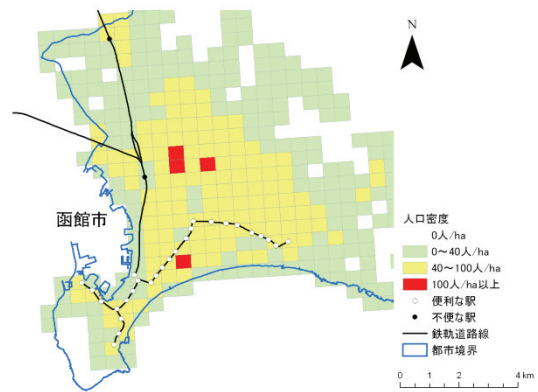


図-5 高密度地区・超高密度地区と鉄軌道駅の分布 (函館市)

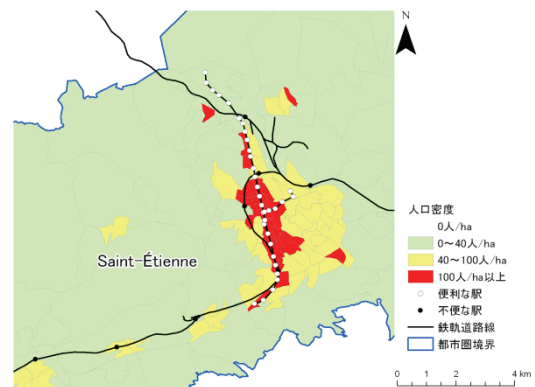


図-6 高密度地区・超高密度地区と鉄軌道駅の分布 (Saint-Étienne)

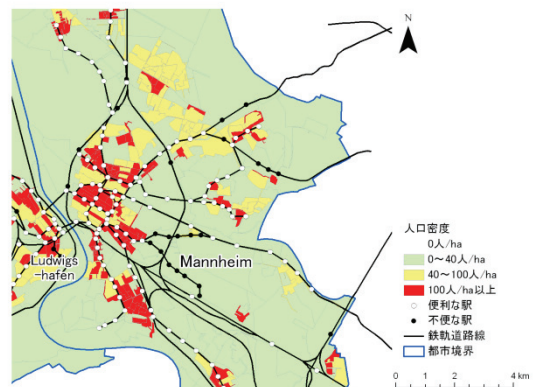


図-7 高密度地区・超高密度地区と鉄軌道駅の分布 (Mannheim)

では Karlsruhe の 92.2%を筆頭に 38 都市で 50%を上回り、特に、ドイツの各都市において人口密度の高い地区と鉄軌道駅の近接性が高くなっている。

4. 歩行者空間の分布と鉄軌道駅の運行頻度との関連分析

本研究の背景でも述べたように、コンパクトシティとは、通常、都市活動の空間的密度が高く、中心核や鉄道

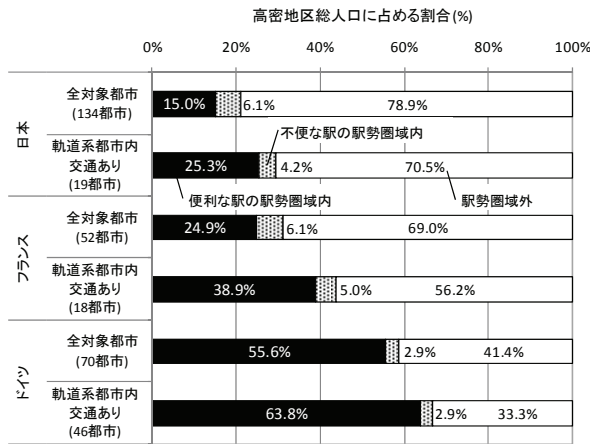


図-8 高密度地区内の人口シェア

等の交通軸沿道地域を有する地域³⁾とされている。また、自動車に依存しなくても日常生活に必要な都市機能が整った徒歩圏と一定以上のサービス水準が確保された公共交通からなるコンパクトな都市構造の形成を政策目標として設定している都市もあり、コンパクトシティにおいては利便性の高い公共交通や都心部の賑わいをもたらす歩行者空間整備の重要性が指摘されている⁴⁾。さらに、歩行者空間は、単に整備されるだけでは十分にその機能を発揮できず、コンパクトな都市構造の骨格を形成する公共交通施設との近接性・連続性が重要となる。

そこで、歩行者空間を都心部の中心核を構成する重要な要素と考え、本章では、「都市中心部の歩行者空間の分布」の観点から都市構造を捉え、軌道系都市内交通のある都市に関して、鉄軌道駅の運行頻度と都市構造との関係、すなわち、利便性の高い鉄軌道駅と歩行者空間との近接性について分析する。

まず、都市別の都市中心部 1ha あたりの歩行者空間面積を GIS を用いて計測した結果を図-9 に示す。国別平均の都市中心部 1ha あたりの歩行者空間面積は、都市中心部が設定されていない都市 (Valenciennes (フランス) および Heme, Fürth (ドイツ)) を除くと、日本 21.1m²、フランス 191.7m²、ドイツ 186.2m² となっており、日本の都市中心部には、歩行者空間が少なく、フランスおよびドイツと比べると 9 分の 1 程度にとどまっている。

このように、日本の都市中心部は、フランス・ドイツの都市と比較するとトランジットモールを含む歩行者空間の整備状況に大きな差がみられるが、前述のように、整備状況だけでなく、歩行者空間がその機能を十分発揮するために必要となる公共交通施設等との近接性を把握することは、都市構造のコンパクト性を比較する上で非常に重要であると考えられる。そこで、ここでは、都心部の中心核を構成する重要な要素と考えられる歩行者空間と利便性の高い鉄軌道駅との近接性を明らかにするために、

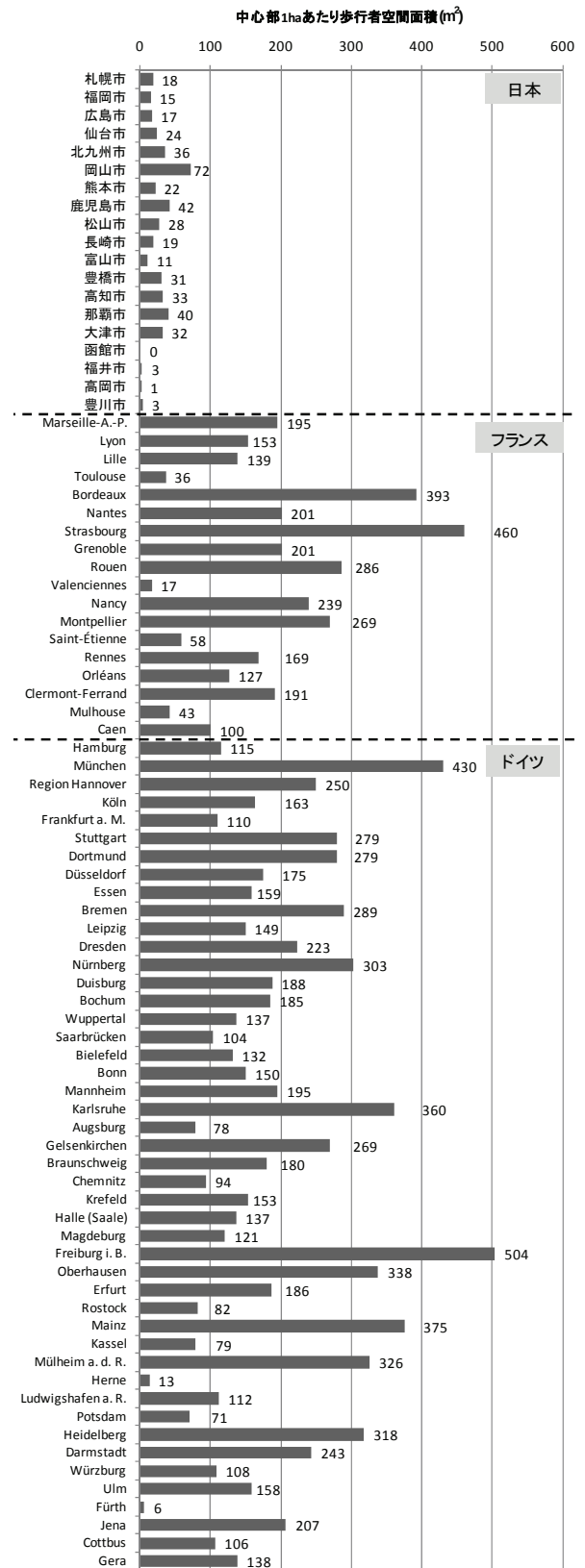


図-9 都市中心部1haあたりの歩行者空間面積

同条件での比較が可能となるよう、対象都市ごとに、都市中心部の全駅の平均運行頻度と歩行者空間から 100m 圏内に立地する鉄軌道駅の平均運行頻度を求めた。図-10 に示すように、日本では、札幌市など 5 都市で、歩

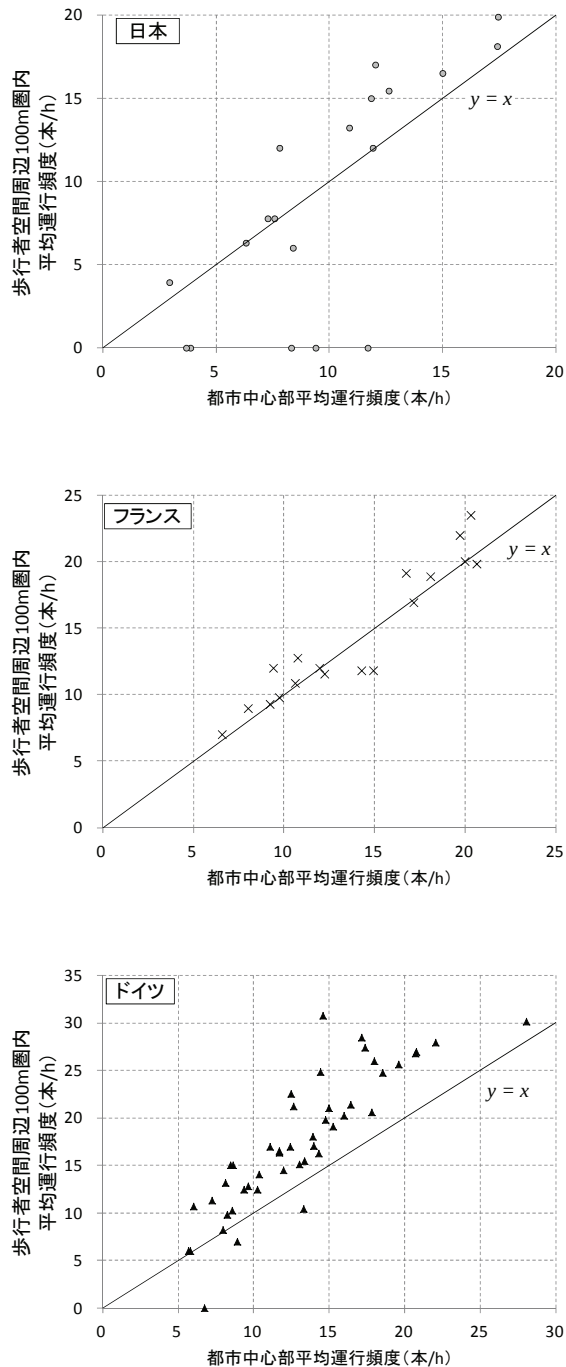


図-10 都市中心部平均運行頻度と歩行者空間周辺平均運行頻度の関係

行者空間周辺 100m 圏内に鉄軌道駅が存在しないため、歩行者空間 100m 圏内の鉄軌道駅平均運行頻度が 0.00 となっている一方、広島、松山、富山などでは、鉄軌道駅平均運行頻度が都市中心部の鉄軌道駅平均運行頻度を上回っており、利便性の高い鉄軌道駅と歩行者空間との近接性に大きな差がみられる。

次に、フランスとドイツの都市を比較すると、歩行者空間 100m 圏内の鉄軌道駅平均運行頻度が都市中心部の鉄軌道駅平均運行頻度を上回る都市、すなわちに図-10

において、 $y=x$ の直線より左上にプロットされている都市は、フランスでは 18 都市中 9 都市、ドイツでは 46 都市中 43 都市となり、その割合に大きな差がみられ、ドイツの都市の方がフランスの都市よりも歩行者空間の周辺の鉄軌道駅の運行頻度が相対的に高くなっており、利便性の高い鉄軌道駅と歩行者空間との近接性がより高いといえる。

これは、フランスでは、ほとんどの都市で過去に中心部の軌道系都市内交通路線（主に路面電車）が全廃された後、1990 年代以降を中心に新たな路線（主に LRT）が敷設されており、フランスの軌道系都市内交通は路線系統の数が少なく、さらに、新たに敷設された路線では既存の歩行者空間とのアクセスを考慮して駅を設置していると考えられるため、都市中心部の鉄軌道駅平均運行頻度と歩行者空間 100m 圏内の鉄軌道駅平均運行頻度の値にほとんど差が生じていないためであると考えられる。

一方ドイツでは、軌道系都市内交通路線の廃止はフランスに比べて少なかったため、都市中心部においても軌道系都市内交通の路線網が充実している。そのため、ドイツの軌道系都市内交通では路線系統の数が多く、複数の系統が発着し運行頻度の非常に高い駅が都市中心部に存在し、さらにそのような駅の周辺に歩行者空間が存在していることが多いため、歩行者空間 100m 圏内の鉄軌道駅平均運行頻度が都市中心部の鉄軌道駅平均運行頻度より約 30% 高く、鉄軌道駅と歩行者空間の近接性が高くなっているものと考えられる。

5. 都市構造指標によるコンパクト性の比較

(1) 鉄軌道駅周辺の人口分布のみを考慮した都市構造指標によるコンパクト性の比較

本節では、3.で算出した駅勢圏域人口割合や高密度地区人口割合などの指標を用いて、主成分分析により都市構造を現す指標を導出し、都市構造のコンパクト性を国際間比較する。

駅勢圏域人口割合など 6 つの指標を用いて主成分分析を行った結果を表-3 に示す。第 1 主成分をみると、寄与率が 69.7% と 60% を上回り、全ての指標で主成分負荷量が正となっており、運行頻度の高い駅と高密度地区および超高密度地区の近接性が高い都市の方が第 1 主成分得点は高くなっている。最も主成分負荷量が大きいのは、便利な駅の駅勢圏域人口割合、次いで駅勢圏域人口割合であり、鉄軌道駅の周辺に人口が集中するほど、コンパクトな都市構造であるといえるため、第 1 主成分を都市構造指標 A とする。

次に、対象都市を国および軌道系都市内交通の有無によって 6 つのグループに分けて、それぞれのグループで

表-3 主成分分析結果 (都市構造指標A)

変数	第1主成分	第2主成分
駅勢圏人口割合	0.919	-0.203
便利な駅の駅勢圏人口割合	0.954	-0.147
高密度地区人口割合	0.566	0.791
超高密度地区人口割合	0.768	0.197
高密度地区に占める便利な駅の駅勢圏人口割合	0.877	-0.071
超高密度地区に占める便利な駅の駅勢圏人口割合	0.863	-0.243
固有値	4.179	0.790
寄与率	69.66%	13.17%

表-4 都市構造指標Aの平均値の差の検定結果

都市構造指標A
・Bartlett検定による等分散性の検定 P値: 0.000 < 0.050
・Steel-Dwassの方法による多重比較結果

P値	日本、 軌道系 都市内交通 あり	フランス、 軌道系 都市内交通 あり	ドイツ、 軌道系 都市内交通 あり	日本、 軌道系 都市内交通 なし	フランス、 軌道系 都市内交通 なし	ドイツ、 軌道系 都市内交通 なし	平均値
日本、軌道系 都市内交通あり	—	0.121	0.000**	0.000**	0.000**	0.156	0.532
フランス、軌道系 都市内交通あり	—	—	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	1.374
ドイツ、軌道系 都市内交通あり	—	—	—	0.000**	0.000**	0.000**	3.520
日本、軌道系 都市内交通なし	—	—	—	—	0.909	0.000**	-1.318
フランス、軌道系 都市内交通なし	—	—	—	—	—	0.000**	-1.237
ドイツ、軌道系 都市内交通なし	—	—	—	—	—	—	-0.130

*: 5%有意 ** : 1%有意

の都市構造指標 A の平均値の差を多重比較により検定する。なお、検定の方法は、以下に示す方法を用いる。まず、Bartlett 検定を用いて等分散性を検定する。等分散性を棄却できない場合は、Tukey の方法を用いた多重比較により、平均値の差を検定する。一方、等分散性が棄却された場合は、Steel-Dwass の方法を用いた多重比較により、平均値の差を検定する。Steel-Dwass の方法とは、Tukey の方法をノンパラメトリック法で適用したものである³³⁾。検定の結果を、表-4 に示す。

軌道系都市内交通のある都市のグループ同士を比較すると、ドイツと日本およびドイツとフランスの間のみ、都市構造指標 A に 1%水準で有意な差がみられる。しかし、日本とフランスの間の都市構造指標 A には有意な差はみられない。従って、「鉄軌道駅周辺の人口分布」、 「人口密度の高い地区の分布」の観点のみで都市構造を比較した場合、ドイツの都市構造は、日本やフランスに比べてコンパクトであるといえるが、日本とフランスの間には、都市構造に有意な差があるとはいえない。

(2) 歩行者空間の分布を考慮した都市構造指標によるコンパクト性の比較

本節では、4.で算出した歩行者空間周辺の鉄軌道運行頻度を指標として追加し、鉄軌道駅と歩行者空間の近接性を考慮した都市構造を現す指標を主成分分析により導出する。具体的には、都市構造指標Aで用いた指標から、高密度地区人口割合を除き、歩行者空間周辺100m圏内鉄軌道駅平均運行頻度を加えている。ただし、4.で算出し

表-5 主成分分析結果 (都市構造指標B)

変数	第1主成分	第2主成分
駅勢圏人口割合	0.921	-0.098
便利な駅の駅勢圏人口割合	0.957	-0.086
超高密度地区人口割合	0.709	0.582
高密度地区に占める便利な駅の駅勢圏人口割合	0.875	0.038
超高密度地区に占める便利な駅の駅勢圏人口割合	0.812	0.135
歩行者空間周辺鉄軌道駅運行頻度	0.710	-0.538
固有値	4.195	0.665
寄与率	69.92%	11.08%

表-6 都市構造指標Bの平均値の差の検定結果

都市構造指標B
・Bartlett検定による等分散性の検定 P値: 0.085 > 0.050
・Tukeyの方法による多重比較結果

P値	日本、 軌道系 都市内交通 あり	フランス、 軌道系 都市内交通 あり	ドイツ、 軌道系 都市内交通 あり	平均値
日本、軌道系 都市内交通あり	—	0.003**	0.000**	-2.418
フランス、軌道系 都市内交通あり	—	—	0.000**	-0.953
ドイツ、軌道系 都市内交通あり	—	—	—	1.371

*: 5%有意 ** : 1%有意

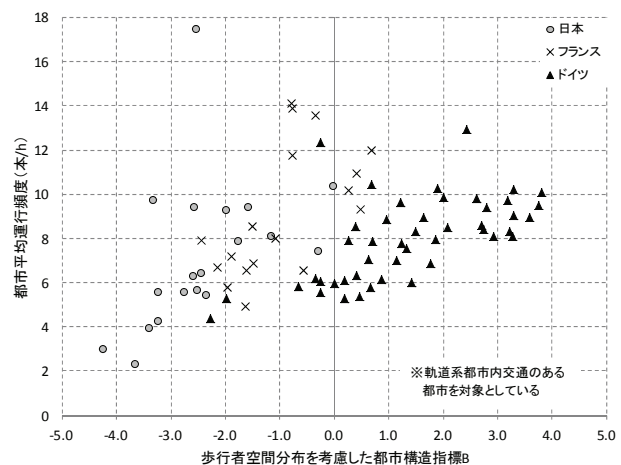


図-11 都市構造指標 B と都市平均運行頻度の関係

た歩行者空間と鉄軌道駅の近接性に関する指標は、軌道系都市内交通のある都市のみ算出しているため、都市構造指標Bは軌道系都市内交通のある都市でのみ算出する。

主成分分析の結果を表-5 に示す。第 1 主成分をみると、寄与率が 69.9%と都市構造指標 A のそれよりも高くなっている。また、全ての指標で主成分負荷量が正となっており、運行頻度の高い駅と高密度地区および超高密度地区の近接性が高い都市の方が第 1 主成分得点は高くなっている。歩行者空間 100m 圏内鉄軌道駅運行頻度についても第 1 主成分への主成分負荷量は 0.710 と比較的高く、鉄軌道駅と歩行者空間との近接性が高い都市ほど第 1 主成分得点が高くなっている。よって、第 1 主成分を都市構造指標 B とする。

次に、国ごとに都市構造指標 B の平均値の差を、多

重比較により検定した。なお、検定の方法は、前述の方法と同様である。検定の結果を、表-6 に示す。また、日本、フランス、ドイツの軌道系都市内交通が存在する都市について、都市構造指標 B と都市内の全鉄軌道駅の運行頻度を平均した都市平均運行頻度の関係を散布図で表したものを図-11 に示す。

検定の結果、都市構造指標 B は、全てのグループ間で 1%水準で有意な差がみられる。特に、日本とフランスの間では、都市構造指標 A では有意な差がみられなかったが、都市構造指標 B においては有意な差がみられたことより、歩行者空間の分布を考慮した場合、フランスの都市は日本の都市に比べてコンパクトであることを定量的に示すことができたといえる。また、図-11 に示すように、都市構造指標 B の高い都市にはドイツの都市が多く、都市構造指標 B が 1.0 を上回るのはすべてドイツの都市である。さらに、それぞれの国において都市間で比較すると、都市構造指標 B の高い都市ほど都市平均運行頻度が高くなる傾向がみられ、コンパクトな都市の形成に対する利便性の高い公共交通の影響力の大きさを示唆しているものと考えられる。

6. 結論

本研究では、日本・フランス・ドイツの地方都市における、鉄軌道駅の運行頻度ならびに歩行者空間の分布状況と都市構造との関連を実証データにより国際間比較し、都市構造の差異を定量的に分析した。

まず、500m 駅勢圏内の人口が都市人口に占める割合を算出した。その結果、日本 15.6%、フランス、18.5%、ドイツ 43.7%となり、特に、駅勢圏人口割合が 40%を上回る都市は、日本には 1都市も存在しないが、フランスでは Grenoble, Montpellier の 2都市、ドイツでは Karlsruhe の 74.0%を筆頭に 37都市存在し、各国間の相違が顕著に現れる結果となった。

次に、人口密度 40 人/ha 以上の地区の人口に占める便利な駅（運行頻度が高い駅として、3 本/h 以上の鉄道駅および 6 本/h 以上の軌道駅を合わせたもの）の 500m 駅勢圏内の人口のシェアを算出した結果、ドイツ 55.6%、フランス 24.9%、日本 15.0%となり、逆に、日本では、人口密度 40 人/ha 以上の地区の 78.9%もの人々が鉄軌道駅から 500m 以上離れた場所に居住しており、都市内交通の利便性が高い地区に必ずしも高密に人々が居住しているとは限らないことを明らかにした。そして、便利な駅の 500m 駅勢圏内の人口のシェアを都市別にみると、日本では 40%を超える都市は見られなかったが、フランスでは Nantes など 4都市、ドイツでは Karlsruhe の 92.2%を筆頭に 38都市で 50%を上回り、特に、ドイツにおい

て人口密度の高い地区と鉄軌道駅の近接性が高いことを明らかにした。

そして、都市中心部 1ha あたりの歩行者空間面積を比較した結果、日本の都市中心部の歩行者空間は、フランス、ドイツと比較すると 9 分の 1 程度にとどまっていることを明らかにした。さらに、歩行者空間 100m 圏内の鉄軌道駅平均運行頻度と都市中心部の鉄軌道駅平均運行頻度の関係を分析した結果、日本では歩行者空間 100m 圏内に鉄軌道駅がない都市が札幌市など 5都市あり、利便性の高い鉄軌道駅と歩行者空間との近接性に大きな差がみられた。また、歩行者空間 100m 圏内の鉄軌道駅平均運行頻度が都市中心部の鉄軌道駅平均運行頻度より高い都市がドイツでは 9割以上であるのに対し、フランスでは 5割にとどまっており、都市中心部 1ha あたりの歩行者空間面積の平均値では大差がない両国であるが、鉄軌道駅と歩行者空間との近接性については、ドイツの都市の方がフランスの都市よりも高いことを明らかにした。

さらに、総合的な都市構造指標を主成分分析により導出し、都市構造のコンパクト性を国際間比較した。その結果、ドイツの都市構造は、日本やフランスの都市に比べてコンパクトであること、また、日本とフランスの都市を比較すると、歩行者空間と鉄軌道駅との近接性の差を考慮した場合、フランスの都市の方がコンパクトな都市構造を実現していることを定量的に明らかにした。

以上のように、日本・フランス・ドイツの 3カ国の全地方都市を対象として、その都市構造を比較した結果、ドイツの都市では、フランス・日本の都市と比較して、利便性の高い駅周辺に人口や歩行者空間が集中していることが明らかになったが、これは、ドイツでは古くから、特に都市中心部において軌道系都市内ネットワークが密に構築され、そのネットワークを現在に至るまで維持している都市が多いためであると考えられる。一方、フランスや日本では、モータリゼーションの進展に伴い、大多数の都市において軌道系都市内交通ネットワークを廃止しており、このことが都市の拡散に拍車をかけたと考えられる。しかしながら、近年フランスでは、再び軌道系都市内交通ネットワークの構築が急速に進められており^{34),35),36),37)}、本研究の分析においても、その成果が現れる結果となっている。

最後に、本研究の今後の課題としては、本研究では主に地区レベルの人口を用いて都市構造を比較しているが、人口以外の指標として、各地区における従業者や商品販売額などを用いるとともに、当該地区の都市計画上の諸規制等も踏まえた、より詳細な分析が挙げられる。また、対象とする都市内交通ネットワークについても、近年、特にヨーロッパの都市においては、連接バスや二連接バスなどが導入されており、従来のバスと比較して輸送量が大幅に増加していることから、鉄軌道のみならず、こ

うした路線バスも含めた分析も必要であると考え。さらに、現在の都市の構造は、例えば、城郭都市や門前町といった、それぞれの都市の起源や歴史的経緯などの積み重なりにより体现されるものであり、また、それぞれの都市で構築されている都市内交通ネットワークについても、その形成過程は大きく異なっており、こうした点を考慮することも今後の課題の一つである。

参考文献

- 1) たとえば、北村隆一：鉄道でまちづくりー豊かな公共領域がつくる賑わいー, pp.94-96, 学芸出版社, 2004.
- 2) たとえば、青山吉隆, 小谷通泰編：LRTと持続可能なまちづくり, pp.12-22, 学芸出版社, 2008.
- 3) 谷口 守：コンパクトシティ, 交通工学, Vol.37, No.2, pp.27-28, 2002.
- 4) 古谷知之：少子高齢化・人口減少局面における市街地のコンパクト化, 交通工学, Vol.37, No.2, pp.29-34, 2002.
- 5) 谷口 守, 池田大一郎, 中野 敦：都市コンパクト化に配慮した住宅地整備ガイドライン構築のための基礎分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.18, No.3, pp.431-438, 2001.
- 6) 中道久美子, 谷口 守, 松中亮治：都市コンパクト化政策に対する簡易な評価システムの実用化に関する研究ー豊田市を対象にした SLIM CITY モデルの応用ー, 都市計画論文集, No.39-3, pp.67-72, 2004.
- 7) Newman, P. and Kenworthy, J.: *Cities and automobile dependence*, An international sourcebook, Gower Technical, 1989.
- 8) Glaeser, E. and Kahn, M.: The greenness of cities: carbon dioxide emissions and urban development, NBER Working Paper No. 14238, JEL No. Q5, 2008.
- 9) 谷口 守, 松中亮治, 平野全宏：都市構造からみた自動車 CO₂ 排出量の時系列分析, 日本都市計画学会都市計画論文集, No.43-3, pp.121-126, 2008.
- 10) 牧野夏樹, 中川 大, 松中亮治, 大庭哲治：コンパクトシティ施策が都市構造・交通環境負荷に及ぼす影響に関するシミュレーション分析, 都市計画論文集, No.44-3, pp.739-744, 2009.
- 11) Bagley, M.N. and Mokhtarian, P.: The impact of residential neighborhood type on travel behavior; a structural modeling approach, *Annals of Regional Science*, No.36, pp.279-297, 2002.
- 12) 中道久美子, 島岡明生, 谷口 守, 松中亮治：サステイナビリティ実現のための自動車依存特性に関する研究, 日本都市計画学会都市計画論文集, No.40-3, pp.37-42, 2005.
- 13) 長尾基哉, 中川 大, 松中亮治, 大庭哲治, 望月明彦：地方都市における鉄道・軌道の運行頻度に着目した駅周辺人口分布の経年変化に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.27, No.2, pp.399-407, 2010.
- 14) Nagao, M., Nakagawa, D., Matsunaka, R., Oba, T. and Mochizuki, A.: How has the distribution of the population in local cities been changing over time according to the frequency of railways and tramways? (Ed. by C.A. Brebbia), *Urban Transport XV, Urban Transport and the Environment in the 21st Century*, pp.325-336, WIT press, 2009.
- 15) Hass-Klau, C. and Crampton, G. : *Future of Urban Transport -Learning from Success and Weakness: Light Rail-*, Environmental and transport planning, 2002.
- 16) 松中亮治, 谷口 守, 小川千尋：LRT・路面電車の都市および沿線特性に関する比較分析ーフランス・日本を対象としてー, 土木計画学研究・講演集, Vol.38 CD-ROM, 2008.
- 17) 中道久美子, 橋本晋輔, 谷口 守, 松中亮治：LRT等の整備状況と居住者の自動車利用の関係に関する研究, 第27回交通工学研究発表会論文報告集, pp.241-244, 2007.
- 18) Hass-Klau, C. : Impact of pedestrianization and traffic calming on retailing -A review of the evidence from Germany and the UK-, *Transport Policy*, Vol.1, No.1, pp.21-31, 1993.
- 19) 濱名 智, 中川 大, 松中亮治, 大庭哲治：歩行者空間の整備状況と商店街の賑わいについての関連分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.27, No.2, pp.313-321, 2010.
- 20) Jefferson, C.: Improving access by public transport, *Landscape and Urban Planning*, Vol.35, pp.173-179, 1996.
- 21) 国土数値情報ダウンロードサービス <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html> (2011年1月26日最終閲覧)
- 22) ESRI : ESRI Data & Maps -World, Europe, Canada, and Mexico-, 2005. (CD-ROM)
- 23) Google Map <http://maps.google.co.jp/> (2011年1月31日最終閲覧)
- 24) 交通新聞社：JR時刻表, 2005.
- 25) JTB パブリッシング：JTB 私鉄時刻表 東日本版・西日本版, 2005.
- 26) HaCon Ing. GmbH : HaCon Fahrplan-Auskunfts-System, 2009.
- 27) (財)統計情報研究開発センター：平成17年国勢調査 地域メッシュ統計 (世界測地系), 2007.
- 28) Insee : Recensement de la population 2006 exploitations principale et complémentaire, 2010.
- 29) infas geodaten : Geometry of the "Wohnquartiere" incl. population data with age (17 classes) and sex, Area 2008, 2010.
- 30) 昭文社：都市地図シリーズ, 2009~2010.
- 31) IGN PARIS : PLAN DE VILLE, 2004~2007.
- 32) Falk Verlag : Falk Stadtpläne Extra, 2004~2010.
- 33) 石村貞夫, 石村光資郎：入門はじめての分散分析と多重比較, 東京図書, 2008.
- 34) Document récapitulatif de la table ronde : les 268 engagements du Grenelle, 2007.
- 35) Summary report on Round Table discussions held at the Hôtel de Roquelaure on 24, 25 and 26 October 2007, 2007.
- 36) Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire : Dossier de presse Grenelle Environnement 1er appel à projets Transports Collectifs en Site Propre (TCSP), 2009.
- 37) Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire : Dossier de presse Grenelle Environnement présentent les lauréats du 2ème appel à projets transports collectifs en site propre (TCSP), 2011.

(2011. 7. 25 受付)

THE INTERNATIONAL COMPARISON OF URBAN STRUCTURE
FOCUSING ON THE SERVICE FREQUENCY OF RAILWAYS AND TRAMWAYS
AND ON THE PEDESTRIAN SPACES TARGETING ON LOCAL CITIES

Ryoji MATSUNAKA, Tetsuharu OBA, Dai NAKAGAWA and Motoya NAGAO

We compared the relationship of the compactness of urban structure, with the service frequencies of railways and tramways stations, and also with the spatial distribution of pedestrian spaces in the city center, targeting local cities in Japan, France and Germany. First, we showed that many German cities have higher proportions of populations around stations to those of cities in Japan and France. We also determined that the proximity of pedestrian spaces to railway and tramway stations was high in the order of Germany, France and Japan. Then, we compared the compactness of urban structure of local cities using two urban compactness indices, which we calculated by way of principal component analyses. The results show that German cities have more compact urban structure than cities in Japan and France. Moreover, in the case of considering the proximity of pedestrian spaces to railway and tramway stations, French cities have more compact urban structure than Japanese cities.