

# 公共交通の階層的多様性と 都市活動の密度および多様性との関係分析

谷口 直人<sup>1</sup>・堀池 拓海<sup>2</sup>・葉 健人<sup>3</sup>・土井 健司<sup>4</sup>・青木 保親<sup>5</sup>

<sup>1</sup>学生会員 大阪大学大学院 工学研究科地球総合工学専攻 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1)

E-mail: taniguchi.naoto@civil.eng.osaka-u.ac.jp

<sup>2</sup>非会員 元大阪大学大学院 工学研究科地球総合工学専攻 (同上)

E-mail: horiike.takumi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 大阪大学大学院助教 工学研究科地球総合工学専攻 (同上)

E-mail: yoh.kento@civil.eng.osaka-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 大阪大学大学院教授 工学研究科地球総合工学専攻 (同上)

E-mail: doi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

<sup>5</sup>正会員 大阪大学大学院招へい研究員 工学研究科地球総合工学専攻 (同上)

E-mail: aoki.yasuchika@civil.eng.osaka-u.ac.jp

人口減少や少子高齢化が進展し、都市の持続的発展に資する利便性の高い公共交通ネットワークが求められている。本研究は、各交通モードが相互に補完し合う多様な公共交通体系が解決の糸口であると考え、先行研究で開発した公共交通の多様性指標と都市に関わる指標の関連を明らかにすることを目的とした。分析対象として、大阪府の人口集中地区（DID）を選定し、両者の相関を確認したが、一部の地域では差があることを明らかにした。また、共分散構造分析により、この差が人口密度、職住近接に負の影響、そしてこれらを介し都市活動多様性に負の影響を及ぼしていることを明らかにした。加えて、現在計画されている幹線交通の開通により、公共交通の多様性指標と都市に関わる指標の差異がある程度解消されることを示した。

**Key Words** : *public transportation, diversity index of public transportation, density and diversity of urban activities*

## 1. はじめに

### (1) 研究の背景

近年、わが国では人口減少や少子高齢化が深刻化し、都市の持続可能な発展や利用者の利便増進に資する、公共交通ネットワークの再構築が喫緊の課題とされている。こうした状況下では、各交通モードが各々の役割を担い、相互補完的に機能する多様な公共交通体系の構築が望まれるが、交通体系の多様性が都市に与える影響を実証的に捉えた研究例は乏しい。国土交通省<sup>1)</sup>によると、持続可能な都市の実現のためには、都市機能や公共交通沿線への居住の誘導を行うコンパクトなまちづくりが必要である。また、それと連動した駅等の交通結節点周辺の生活関連施設等の集積による沿線需要の創出には、都市の実情に合わせた交通網の整備が必要であり、多様な運送サービスの導入は重要な観点とされている。

このように、多様な交通モードの導入と各モードの連携を通じた公共交通の多様化は、都市の持続可能性を確保する上で不可欠である。したがって、都市の実情に応じた公共交通ネットワークが求められているが、その評価にあたっては従来の収支率などの経済合理性のみに基づく指標での評価では不十分であり、公共交通の公益性をまちづくりの観点から長期的に評価する方法論が求められている。西村ら<sup>2)</sup>は収支を重視した評価により公共交通の存続価値や必要性を小さく評価することを問題とし、公共交通が生み出す価値と必要性を社会全体で検討するクロスセクターベネフィットの視点をを用いて定量的に評価を行っている。

このように、都市の持続可能な発展や利用者の利便増進に資する公共交通を整備する必要性に迫られており、本研究では公共交通の多様性が都市におよぼす影響について評価を行うものとした。さらに、その多様性に着目

することで、従来の経済合理性に偏らない路線整備の効果の試算を行う。

## (2) 既往研究と本研究の目的

岡本・佐藤<sup>3)</sup>は、公共交通のアクセシビリティの改善と都市の経済活動について分析した。九州新幹線の開業と延伸を対象にルート上の都市の地価についてどのように影響したかをDID分析を用いて評価しており、新幹線の開業が都市間、都市内、両方のレベルで経済活動の集中を促進したことを示唆した。しかし、この結果から新幹線の開業が都市におよぼす過程に関するメカニズムを明らかにできていない。亀山ら<sup>4)</sup>は、空間経済学の視点からアクセシビリティの改善、集積効果、政策効果が人口移動にどのような影響をおよぼすかを分析した。結果は、アクセシビリティの改善に伴い、大都市圏への経済活動が集積されることを示唆した。しかし、移動費や移動時間というアクセシビリティの観点からのみであり、公共交通ネットワーク全体を考慮した効率的な移動網という観点から評価はできていない。

公共交通の多様性を定量的に評価した先行研究として、Nakase et al.<sup>5)</sup>は生態学的視点およびネットワーク的視点を考慮し、市町村単位での公共交通の多様性評価指標を提案した。また、Horiike et al.<sup>6)</sup>は、Nakase et al.の指標を、Space Syntax理論を援用し、空間と時間に関するアナロジック的視点から時間的深さという概念を考案した上で、公共交通ネットワークデザインに組み込み、より空間解像度が高い多様性評価指標へと発展させた。その結果、公共交通の多様性と人口や公共交通分担率の間に一定の相関があることを明らかにした。また、公共交通多様性指標を旅客需要を踏まえ改良した仙石ら<sup>7)</sup>は、公共交通多様性には密度が関係することをTOD（公共交通指向型開発）を踏まえて示唆した。また、公共交通多様性指標を用い、新幹線の整備効果を検証した。

このように、アクセシビリティの観点から都市への影響を評価した例は存在するが、公共交通ネットワーク全体を視野に入れた、公共交通の多様性がもたらす都市へのインパクトを評価した例は少ない。Horiike et al.<sup>6)</sup>は公共交通の多様性と人口の間に一定の関係があることを示唆しているものの、単一の指標との相関分析にとどまっている。また、これらの研究において、経済合理性とは別の観点として公共交通の多様性の観点を考慮した路線整備の効果の試算を行った例は存在しない。

以上を踏まえ、本研究では、Horiike et al.の開発した公共交通多様性指標を用い、公共交通の多様性と都市活動の密度および多様性に関する指標を定義し、公共交通の多様性が都市形成におよぼす影響を分析する。また、両者の関係に基づき、鉄道等の路線整備が地域の都市活動

に与える影響を可視化し、実際に整備された路線と計画路線を対象として効果の分析と考察を行う。

## 2. 公共交通および都市活動に関わる指標の算出

### (1) 公共交通多様性指標DIの算出

本研究では、Horiike et al.が提案した公共交通多様性指標DIを用いて公共交通の階層的多様性を評価することとした。また、算出に関しては既往手法に基づいて行った。DIは式(1)のように定義される。

$$DI_i = \sum_{\alpha \in M} \sum_{\beta \in M(\alpha \neq \beta)} \omega_{\alpha\beta} R_{c\alpha i} C_{o\beta i} \quad (1)$$

なお、 $i$ は任意の空間単位を示し、 $M$ は交通モードの全集合であり、 $\alpha$ 、 $\beta$ は図-1に示された任意の交通モードである。 $\omega_{\alpha\beta}$ は役割に応じた交通モード間の分類学的距離であり、その値を図-1に示す。また、 $R_{c\alpha i}$ はモード $\alpha$ のネットワーク内での対象発着点における相対的な中心性を評価した指標であり、他の発着点からの接続のしやすさを表している。 $C_{o\beta i}$ はある発着点から他の交通モード $\beta$ へどれくらい近接しているかを評価した指標である。これらの算出に当たり、本研究では、公共交通ネットワークを公共交通の発着点を表すノードと公共交通または徒歩による移動を表すリンクで構成した。また、リンクを乗車・待ち・乗換所要時間と乗換抵抗に基づいて重みづけを行い、全ノード間の移動コストを最短経路探索により求め、時間的深さ $D$ として定義した。この時間的深さ $D$ を基にノード毎に評価を行った。ノード毎の評価値 $R_{c\alpha}$ 、 $C_{o\alpha}$ は以下の式(2)、(3)のように算出される。

$$R_{c\alpha} = 1 - \frac{MD_{\alpha} - \min(MD)}{\max(MD) - \min(MD)} \quad (2)$$

$$C_{o\alpha} = 1 - \frac{\min(t_{o\alpha}) - \min(MD)}{\max(MD) - \min(MD)} \quad (3)$$

$$TD_o = \sum_{d \in N} D_{od} \quad (o \neq d, o \in N) \quad (4)$$

$$MD_o = \frac{TD_o}{k-1} \quad (5)$$

なお、リンクに重みづけを行いノード間の移動コストとして求めた時間的深さ $D_{od}$ を用い、ある発着点 $o$ から他

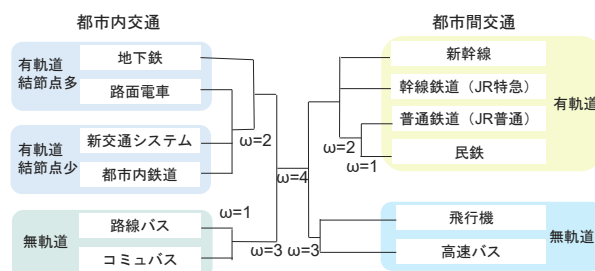


図-1 分類学的距離

の着点までにかかる時間的深さ $D_{od}$ の平均 $MD$ を算出した。続いて、求めたノード毎の $Rc$ 、 $Co$ を、細密メッシュごとに振り分け、集計する。振り分けはノードを中心からの距離に応じて減衰するよう、式(6)、(7)のように1辺100mの細密メッシュに振り分ける。

$$Rc_{ja} = \sum_{o \in B_{ja}} Rc_o \times \frac{500 - Dis_{oj}}{500} + \sum_{o \in S_{ja}} Rc_o \times \frac{1000 - Dis_{oj}}{1000} \quad (6)$$

$$Co_{ja} = \sum_{o \in B_{ja}} Co_{oa} \times \frac{500 - Dis_{oj}}{500} + \sum_{o \in S_{ja}} Co_{oa} \times \frac{1000 - Dis_{oj}}{1000} \quad (7)$$

なお、 $Dis_{oj}$ は発点と細密メッシュの中心点との距離を表す。 $B_{ja}$ 、 $S_{ja}$ はそれぞれ交通モード種別 $\alpha$ の細密メッシュ内のバス停、駅の集合としている。

その細密メッシュごとの評価値の和を各メッシュで集計し、式(1)に代入することで、 $DI$ を算出した。なお、本研究では、その他の指標との空間的な粒度を整合させるために、1辺1kmメッシュを分析空間単位として $DI$ 、 $Rc$ 、 $Co$ を割り当てた。

## (2) 都市活動に関わる指標の算出

都市活動に関わる指標として本研究では、TODにおける重要な要素として、密度と多様性に注目し、それぞれ人の密度、産業の多様性と定義した。また、都市活動に関わる指標を表-1に示した。なお、 $P_R$ 、 $P_E$ 、 $P_{RE}$ は都市活動の密度の代理指標である。また、 $P_{RE}$ は職住の複合指標であり職住近接性も評価している。また、各指標は1辺1kmのメッシュごとに算出した。 $Id$ 、 $Ed$ は都市活動の多様性の代替指標とし、算出にはE-Stat「産業大分類別事業所数および従業員数」<sup>注1)</sup>を用いた。なお、京阪神都市圏交通計画協議会平成12年度パーソントリップ調査<sup>注2)</sup>の結果に基づき、農業、林業、漁業、鉱業従事者は公共分担率が低いため、算出に用いるデータからは除外した。また、多様性の表現には、式(8)であらわされるHannah and Kay指標<sup>8)</sup>の逆数の形をとり、算出

表-1 都市活動に関わる指標

$P_R$	居住人口	
$P_E$	就業人口	
$P_{RE}$	職住合成指標	$\sqrt{P_R \times P_E}$
$Id$	事業所多様性指標	$\left[ \sum_{k \in I} I_k^\gamma \right]^{-\frac{1}{\gamma-1}} (\gamma > 0, \gamma \neq 1)$
$Ed$	従業員多様性指標	$\left[ \sum_{k \in I} E_k^\gamma \right]^{-\frac{1}{\gamma-1}} (\gamma > 0, \gamma \neq 1)$

した。公共交通の多様性と異なり、都市活動の多様性は単なる産業の多様さであるため、このように表現することとした。なお、 $S_k$ はある種 $k$ の全体に占める割合を示し、 $\gamma$ は任意のパラメータである。

$$HK = \left[ \sum_k^n S_k^\gamma \right]^{-\frac{1}{\gamma-1}} (\gamma > 0, \gamma \neq 1) \quad (8)$$

この指標をもとに産業の多様性を事業所と従業員の両側面から算出する。なお、 $I_k$ および $E_k$ は産業 $k$ の事業所・従業員の対象地域内の相対割合であり、対象地域内のある産業 $k$ が占める割合(相対数)をもとに、分析空間単位 $i$ 内の産業の相対割合を算出している。また、 $\gamma$ は任意のパラメータであり、感度分析の結果から $Id$ では $\gamma = 0.3$ 、 $Ed$ では $\gamma = 0.1$ とした。なお、 $I$ は産業大分類の全集合である。

## 3. 公共交通と都市活動に関する指標の関係分析

### (1) 公共交通と都市活動指標の相関

本研究では、対象地域を大阪府の人口集中地区とした。初めに公共交通と都市活動の各々の関係の強さを見るために、公共交通と都市活動指標の相関を確認した。結果を表-2に示す。全ての指標間で統計的に有意な相関が

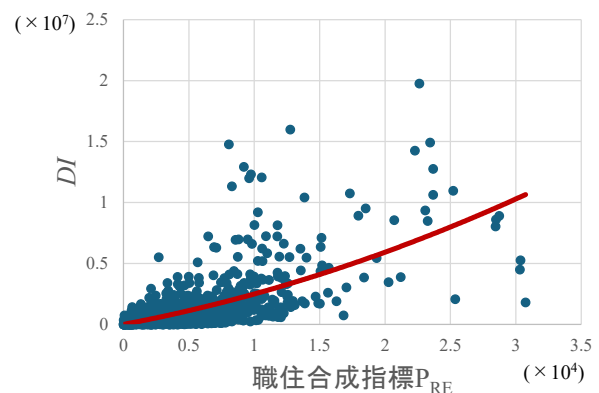


図-2  $DI$ と職住合成指標のプロット図

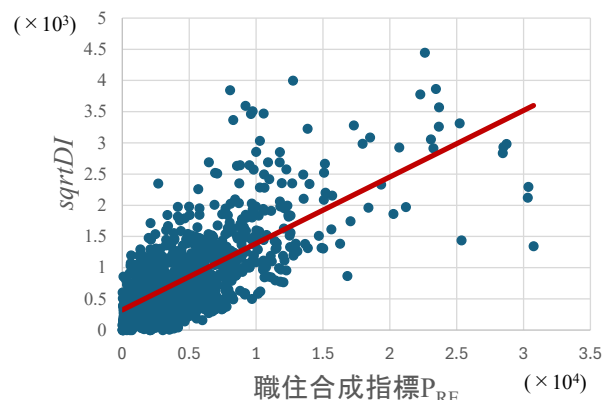


図-3  $DI$ の平方根( $\sqrt{DI}$ )と職住合成指標のプロット図

表-2 各指標間の相関係数

	$P_R$	$P_E$	$P_{RE}$	$Id$	$Ed$
$DI$	0.48***	0.53***	0.65***	0.33***	0.33***
$sqrtDI$	0.61***	0.48***	0.70***	0.48***	0.47***
$Rc$	0.61***	0.50***	0.71***	0.47***	0.46***
$Co$	0.61***	0.47***	0.69***	0.48***	0.48***

p<0.001:\*\*\*, p<0.01:\*\*, p<0.05:\*

認められた。なお、他の指標と異なり、 $DI$ の分布は図-2のように下に凸の2次関数の単調増加の部分となるため、平方根をとり、扱うこととした。結果から、公共交通の指標は居住人口や就業人口よりも職住合成指標 $P_{RE}$ との有意な高い正の相関がみられ、また、公共交通の指標と都市活動の多様性指標には有意な正の相関がみられた。

(2) 公共交通と都市活動の関係性を用いた地域の傾向

公共交通と都市活動から地域の傾向を明らかにするため、1kmメッシュを単位として公共交通の指標 $DI$ ,  $Rc$ ,  $Co$ , および公共交通の指標に都市活動の指標を追加したデータに対するクラスター分析をそれぞれ行った。なお、ここでの都市活動指標として使用するデータは、前述の相関分析により各公共交通指標と密度の指標との相関は比較的高く、特に職住合成指標との相関が高いことが確認されたため、職住合成指標を用いることとした。また、職住合成指標をコブ・ダグラス型関数の形をとり、以下の式(9)のように表現する。

$$P_{REk} = P_R^{\alpha_k} \times P_E^{\beta_k} \quad (9)$$

ここでの職住合成指標 $P_{REk}$ は前述した $P_{RE}$ と形が異なり、3つの公共交通指標 $DI$ ,  $Rc$ ,  $Co$ と相関が高くなるように非線形最小二乗法により算出した。パラメータ $\alpha_k$ ,  $\beta_k$ を決定し、そのパラメータを用いた3つの職住合成指標を分析に用いる。パラメータ推定の結果を表-3に示す。

パラメータ推定の結果をもとに2つのクラスター分析を行い、その結果を図-4にて示した。公共交通指標 $DI$ ,  $Rc$ ,  $Co$ による分類を a)、公共交通の指標に都市活動の指標を追加した分類を b)とした。結果から、両者の分類において、比較的、各指標の値の大きな地域がクラスター3に分類され、都市中心部に位置していることが分

表-3 各指標のパラメータ推定結果

指標	$\alpha_k$	$\beta_k$
$DI$	0.953	0.637
$Rc$	0.248	0.327
$Co$	0.578	0.298

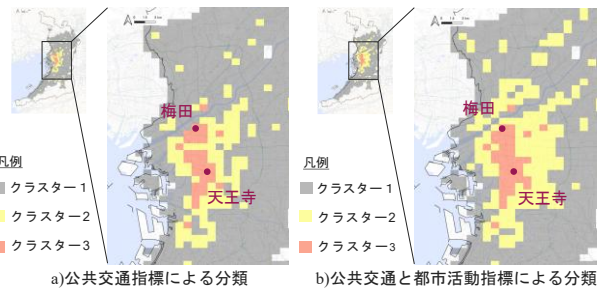


図-4 公共交通と都市活動指標によるクラスター分析

かる。クラスター2に分類される地域は各指標の値がクラスター3に比べて小さいものの、クラスター2よりもやや大きい地域であり、中心部からやや離れた地域に立地していることが分かる。特に公共交通と都市活動の指標を用いたクラスター分析では、クラスター3には大阪市における利用者の多い主要路線の沿線地域が含まれている。また、両者の分析において分類が異なる地域が存在し、この分類が異なる地域と大阪府の計画路線の沿線地域の大部分が一致した。

(3) 共分散構造分析を用いた関係性の検証

相関分析の結果、公共交通指標は都市活動の密度指標との間に強い関係がみられた一方で、都市活動の多様性指標との相関は比較的低い値にとどまった。また、クラスター分析においては、公共交通指標のみを用いた場合と、公共交通指標に都市活動指標を加えて分析した場合とで、分類結果が一致しない地域がみられた。これらの結果は、公共交通と都市活動の関係が単純な一対一の対応では説明できず、複数の要因が相互に影響しあっている

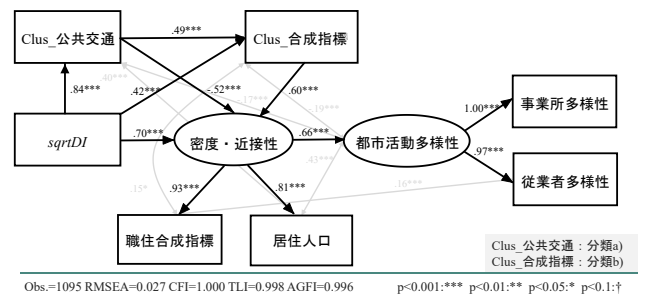


図-5 公共交通指標と都市活動指標に関するモデル図

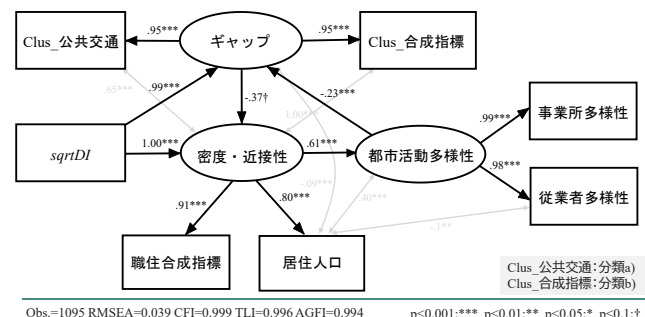


図-6 公共交通指標と都市活動指標に関するモデル図

る可能性を示唆している。そこで、クラスター分析の結果による分類をもとに公共交通の多様性と都市活動との関係性をより詳細に分析するために共分散構造分析を行ったところ、両分類から人の密度と職住の近接性を表す因子である密度・近接性までのパスにおいて符号が異なることを確認し、このクラスター間にギャップがあることを示唆していることを図-5にて確認した。なお、共分散構造分析においては、クラスター分析の結果から得た分類a), b)の分類番号を用いている。また、各指標に関して標準化処理を行った。都市形成は公共交通ネットワーク形成よりも長期的に行われるため、両者の間に時間スケールでのギャップがあることは妥当であると考えられる。このギャップを潜在因子として表現し、公共交通多様性指標、都市活動の密度や職住近接性を表す因子、および都市活動多様性の関係を共分散構造分析によって検証した(図-6)。その結果、公共交通の多様性は密度・近接性を介して、都市活動の多様性に正の影響をおよぼすことが確認された。また、人口に対して公共交通整備の不足を示すギャップが、密度・近接性に対して負の影響を与え、職住近接性や居住・就業人口の低下につながると考えられる。また、ギャップを改善するためには都市活動の多様性との均衡を保つように公共交通の多様性を引き上げていくことが重要であることが分かる。

#### 4. 路線整備によるギャップの変化の分析

##### (1) 対象路線とギャップ変化の比較方法の説明

前述の公共交通の多様性と都市活動の関係性を踏まえ、ギャップが新規路線の整備により解消すれば、一定の整備効果があるといえる。そこで、実際に大阪府での近年の新規整備路線および計画路線を対象として整備前および後の公共交通指標を用い、3章で示した2つのクラスター分析による分類の異なる地域をシナリオ間で比較することで、整備前後のギャップの変化を確認した。ここで、対象路線は京阪中之島線(天満橋～中之島間)、なにわ筋線(大阪～JR難波・南海新今宮間)、BRTによる今里筋線延伸部、地下鉄による今里筋線延伸部とした。なお、各シナリオにおける指標値に関しては各社HPや2024年時点の時刻表、大阪府<sup>注3)</sup>や大阪市<sup>注4)注5)注6)</sup>が発表した計画を元にして算出を行っている。

##### (2) シナリオ別のギャップの変化の比較

図-7にはシナリオ別に路線整備前後のギャップの比較を行った結果を示した。整備前後でギャップが解消された地域を確認すると、中之島線では、京阪線の沿線地域や北摂地域、大阪中心部へ接続しているJR沿線地域

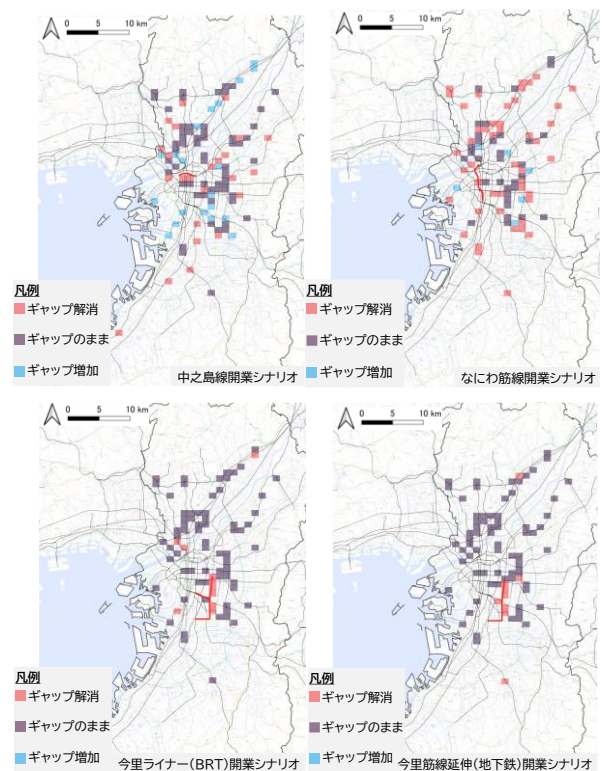


図-7 路線整備によるギャップの変化の比較

などでギャップが解消され、なにわ筋線では、なにわ筋線から列車が直通する予定であるJR線、南海線の路線沿線の地域や南部地域においてギャップが解消された。また、両路線の整備において沿線地域以外の整備路線と接続する他路線の沿線でもギャップが解消されることを確認した。また、今里筋線はBRTと地下鉄の両者での延伸が検討されているが、地下鉄のほうがやや改善傾向が強いことおよび、整備路線沿線以外の他地域への波及効果があることから一体的なネットワークの整備には地下鉄のほうが望ましいといえる。一方、BRTは、その柔軟性と経路の多様性により沿線では地下鉄と同一的な傾向を示すが、波及効果は限定的であることが確認された。

#### 5. おわりに

本研究では、これまでに開発されてきた公共交通多様性指標DI、人口、都市活動の多様性の関係性を相関分析および共分散構造分析によって検証した。相関分析により公共交通多様性は都市活動の密度と強く関係しているを示した。また、共分散構造分析により1)公共交通の多様性は、地域の人口密度や職住近接性を介して都市活動の多様性に有意な影響を及ぼしていることを明らかにし、2)公共交通のネットワーク形成と都市形成との時間スケールでのギャップ(タイムラグ)が、人口密度や職住近接性に負の影響を及ぼしている可能性を指摘した。

また、近年開業した路線、計画路線を対象に、これらの整備によるギャップの変化を計算し、それを可視化することで、開業路線の沿線のみならず、整備路線と接続する既存路線の沿線でもギャップ解消効果があることを確認した。

結果より、公共交通多様性指標 $DI$ と都市活動の密度指標 $P_R$ ,  $P_E$ ,  $P_{RE}$ には強い相関があった。したがって、公共交通の多様性が十分確保された地域には多くの人が密集していることとなり、職と住の両方において都市活動が集積していることを示唆している。また、職住合成指標は、職住の近接性も表しており公共交通の多様性が高い地域ほど職と住の両方の密度が高く、近接していることが分かる。公共交通の多様化は都市の人の集積と職住近接化によるコンパクトシティへの推進を促していることが示唆される。

また、共分散構造分析により公共交通の多様性が都市活動の密度・近接性に影響をおよぼし、密度・近接性は都市活動の多様性に影響をおよぼすことが示唆された。また、このことから公共交通の多様性が密度・近接性、ギャップ因子を介して都市活動の多様性に影響をおよぼすことが分かった。したがって、公共交通の多様性の向上に伴う都市への影響のメカニズムは、公共交通が多様になることで移動の利便性が向上し、人の密集度と職住の近接性が高まることで、産業の集積が進み、その影響で多くの経済活動が行われることから産業が多様化するという過程を踏むことが考えられる。また、公共交通の多様性と都市活動の多様性の均衡が保たれていない場合、公共交通と都市活動の間にギャップが生じることが示唆された。したがって、このギャップの解消には公共交通の多様性と都市活動の多様性の均衡を保つよう、公共交通の多様性の向上を図る必要があることが分かる。

そして、シナリオ別の路線整備前後のギャップ比較により、整備路線沿線以外の地域にも効果が波及することが分かったため、必ずしも路線整備が足りない地域に整備を促すのではなく、公共交通ネットワーク全体のつながりを意識した路線整備を行っていくことが重要であり、この公共交通多様性指標 $DI$ に基づいた評価により、一定の効果を確認することが可能であると考えられる。

本研究の課題としては、クラスター分析による結果により都市活動と路線整備にギャップが生じている地域の可視化を行ったが、その領域が1辺1kmのメッシュになっているため、範囲が広く、詳細な情報が得られない点にある。そのため、より精緻な分析を行うためにさらに1辺の長さの小さい詳細な統計データが必要となる。

謝辞：本研究は、JST 共創のば形成支援プログラムJPMJPF2115の支援を受けたものです。

## NOTES

- 注1) E-Stat：経済センサス 平成28年経済センサス-活動調査-世界測地系(1kmメッシュ) 産業(大分類)別事業所数及び従業者数, <https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?page=1&type=1&toukeiCode=00200553&toukeiYear=2016&aggregateUnit=S&serveyId=S002005112016&statsId=T000917>, (アクセス:2025年1月31日)
- 注2) 京阪神都市圏交通計画協議会:第5回(平成22年)PT調査, [https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/pt/data/pt\\_h22/index.html](https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/pt/data/pt_h22/index.html) (アクセス:2025年1月31日)
- 注3) 大阪府:プロジェクト事前評価調書, [https://www.pref.osaka.lg.jp/documents/27299/h14\\_keihan.pdf](https://www.pref.osaka.lg.jp/documents/27299/h14_keihan.pdf) (アクセス:2025年1月31日)
- 注4) 大阪市:大阪市地域公共交通利便増進実施計画(なにわ筋線), [https://www.city.osaka.lg.jp/toshikeikaku/cmsfiles/contents/0000427/427888/naniwa\\_ribenzoshin\\_2.pdf](https://www.city.osaka.lg.jp/toshikeikaku/cmsfiles/contents/0000427/427888/naniwa_ribenzoshin_2.pdf) (アクセス:2025年1月31日)
- 注5) 大阪市:いまざとライナー(BRT)の運行による社会実験の実施について, <https://www.city.osaka.lg.jp/toshikotsu/page/0000433321.html> (アクセス:2025年1月31日)
- 注6) 大阪市:第8号線(今里筋線)の延伸 資料7, [https://www.city.osaka.lg.jp/toshikotsu/cmsfiles/contents/0000433/433952/10\\_shiryu7\\_0122.pdf](https://www.city.osaka.lg.jp/toshikotsu/cmsfiles/contents/0000433/433952/10_shiryu7_0122.pdf) (アクセス:2025年1月31日)
- 注7) ニッセイ基礎研究所:労働力人口の減少と長時間労働の解消による労働投入量の減少に対応するためには「コブ=ダグラス型生産関数から考える」, [https://www.nli-research.co.jp/files/topics/59052\\_ext\\_18\\_0.pdf](https://www.nli-research.co.jp/files/topics/59052_ext_18_0.pdf) (アクセス:2025年1月31日)

## REFERENCES

- 1) 国土交通省:「地域公共交通計画」の実質化に向けた検討会 中間とりまとめ), <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/content/001740865.pdf> (アクセス:2025年1月31日) [Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism: Interim Report of the Study Group on the Realization of Regional Public Transport Plans, <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/content/001740865.pdf>, (accessed January 31, 2025)]
- 2) 西村和記, 土井勉, 喜多秀行:社会全体の支出抑制効果から見る公共交通が生み出す価値—クロスセクターベネフィットの視点から—, 土木学会論文集D3(土木計画学) Vol.170, No.5(土木計画学研究・論文集第31巻), I\_809-I\_818, 2014. [Nishimura, K, Doi, T, Kita, H: Value created by public transportation in terms of cost cuts in whole society—a perspective from cross-sector benefits—, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure Planning and Management)*, Vol. 170, No. 5, pp. I\_809-I\_818.]
- 3) 岡本千草, 佐藤泰祐:九州新幹線が都市集積の地価に与える影響の分析, 自動車交通研究, 2020 巻, pp32-33, 2020. [Okamura, C, Sato, Y: Impacts of high-speed rail construction on land prices in urban agglomerations: Evidence from Kyushu in Japan, *Transport Policy in Perspective*, Vol.2020, pp.32–33, 2020.]

- 4) 亀山嘉大：人口減少時代におけるアクセシビリティの改善と人口移動-空間経済学の視点から-, 交通学研究第 62 号 p101-108, 2019. [Kameyama, Y: Improving accessibility and population migration in the era of population decline -A perspective from spatial economics-, Studies in Transportation, Vol. 62, pp101-108, 2019.]
- 5) Nakase, R.; Chou, C.C.; Aoki, Y.; Yoh, K.; Doi, K. Evaluating Hierarchical Diversity and Sustainability of Public Transport: From Metropolis to a Weak Transport Demand Area in Western Japan, *Frontiers in Sustainable Cities, Sustainable Infrastructure*. Front. Sustain. Cities 2021, 3, 667711.
- 6) Horike, T., Yoh, K., Doi, K. and Chou, C.-C.: Assessing the Hierarchical Diversity of Public Transportation Considering Connectivity and Its Implication on Regional Sustainability. *Sustainability*, Vol.15, No.23, 16494, 2023
- 7) 仙石宗一郎, 堀池拓海, 青木保親, 葉健人, 土井健司: 人口低密地域における新幹線導入の意義: 公共交通多様性の増進効果に着目して, 第 70 回土木計画学研究発表会・秋大会講演集, pp70, 2024. [Sengoku Souichiro, Horike Takumi, Aoki Yasuchika, Doi Kenji: The Significance of Introducing the Shinkansen Development in Low Population Density Areas: Focusing on the Effect of Enhancing the Diversity of Public Transport, The Proceedings of the 70th Annual Conference of Infrastructure Planning and Management (JSCE), Autumn Meeting, pp70, 2024. ]
- 8) Isaac T. Tabner: A review of concentration, diversity or entropy metrics in economics, finance, ecology and communication science, *International Journal of Interdisciplinary Social Sciences*, Vol. 2 (4), pp. 53-60, 2007.

(Received ????, 2025)  
(Accepted ????, 2025)

## HIERARCHICAL DIVERSITY OF PUBLIC TRANSPORT AND DENSITY AND DIVERSITY OF URBAN ACTIVITIES

Naoto TANIGUCHI, Takumi HORIIKE, Kento YOH, Kenji DOI and Yasuchika AOKI

Today, with the problems of declining population, falling birthrates, and an aging population, it is necessary to develop an efficient public transportation network for the sustainable development of cities and to improve convenience for users. However, there are few examples of quantitative evaluations of diverse public transportation systems in which the roles of each transportation mode share and complement each other in terms of an efficient network. The results of the analysis, conducted in a densely populated area of Osaka Prefecture, showed a significant relationship with the degree of human density, and a covariance structure analysis confirmed a relationship between public transportation diversity and urban activity through the density of urban activity, proximity to work and residence, and the disparity between public transportation development and urban activity. In addition, the relationship between the diversity of public transportation and urban activity was used to visualize the areas lacking in transportation improvement and to evaluate the effect of route improvement on the improvement of public transportation.