都市鉄道整備期の自動車分担率に着目した 駅周辺地域における交通環境負荷の経年分析

津村 優磨¹・松中 亮治²・大庭 哲治³・中川 大⁴

¹学生会員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)

E-mail: ytsumura@urban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

²正会員 京都大学准教授 大学院工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)

E-mail: matsu@urban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

³正会員 京都大学助教 大学院工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)

E-mail: tetsu@urban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

⁴正会員 京都大学教授 大学院工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)

E-mail: nakagawa@urban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

本研究は、東京都市圏、中京都市圏、京阪神都市圏において近年整備された都市鉄道駅について、都市鉄道整備期における自動車分担率に着目した上で、駅周辺地域における交通環境負荷を経年的に分析した。

その結果、整備期における自動車分担率が低い駅ほど、都市鉄道駅整備による交通環境負荷の抑制傾向が強まることを統計的に明らかにした。逆に、モータリゼーションの進展に伴って発展した自動車依存型の地域においては、都市鉄道駅が整備されたにも関わらず、交通環境負荷の増加傾向が経年的に強まることを示した。ただし既に自動車分担率の高い地域においても、開発率が高い既成都市域では、列車運行本数の多い都市鉄道駅を整備することで、一定の交通環境負荷の抑制傾向が得られることを示した。

Key Words : timing of urban railway development, environmental impact of transport, modal share of private cars

1. はじめに

(1) 背景と目的

モータリゼーションは、人々のライフスタイルを大きく転換させ、都市機能の構造的変化を伴って、加速度的に進展する性質を持つ。さらに自動車は公共交通にない機動性、随意性を有しており、交通利便性の低い郊外地域に都市空間を面的に拡大させる。この自動車交通により形成される低密度な都市構造は、高密度で線的な都市構造に適した公共交通の衰退を招き、自動車保有率をより一層上昇させる。高まる自動車交通の需要に追従する形で道路インフラ整備の推進、都市鉄道整備の遅れによって、このスパイラルはより一層加速され、自動車依存型都市の形成が促進され、副次的に交通環境負荷の増加が進む。この一連のプロセスを、加藤・林¹⁾はモータリゼーション・アクセラレーションと呼称した。このようなスパイラル構造により、モータリゼーションは不可逆反応であるとも指摘されている²⁾。つまり都市がモータリゼーションの進展を経て、自動車依存型の都市発展に

おける「臨界点」を越えた後においては、従来の公共交通依存型都市への再転換は容易ではないと考えられる³⁾。北村⁴⁾は、この再転換が困難となる時点を Point of No Return と呼称した。

このことから、モータリゼーション・アクセラレーションを抑制するために、モータリゼーション進展前の段階における都市鉄道の早期整備が望ましいと考えられる。この都市鉄道整備期の最適化については、特に都市鉄道整備の遅れが顕著であるアジア途上国の大都市圏を対象に研究が進められてきた。Acharya⁵⁾は公共交通中心の都市発展に関するシナリオを複数想定し、モータリゼーションが進展する中で、その達成の臨界点を Critical Stage と呼称し、持続可能な低炭素社会の実現に向けて、都市鉄道等の新たな大量輸送手段の整備期を適切に見極めることの必要性を主張した。さらに Morichi⁶⁾は、東京都市圏をモデルケースとして、都市鉄道整備のタイミングの最適化を主張した。しかしいずれの研究においても、今後の交通システムの低炭素化が求められている中、都市鉄道の早期整備による交通環境負荷抑制効果についての

知見は示されていない。また Acharya and Morichi⁷⁾は、東アジアの大都市を対象に都市鉄道整備期と都市構造・収入分布との関連性を明らかにした上で、収入分布と人口分布により都市鉄道整備期を評価する手法を提唱した。Koizumi et al.⁸⁾は、アジア途上国を含む世界の大都市における都市鉄道整備期と GDP の関連性を明らかにした。しかし前述のモータリゼーション・アクセラレーションのメカニズムを踏まえると、モータリゼーションの進展度(自動車分担率)を考慮した上で、都市鉄道整備期を評価する必要があると考えられる。

都市鉄道と交通行動・交通環境負荷の関連性に着目した研究については、都市・都市圏単位といったマクロスケールでの研究、駅勢圏(駅周辺1km)・小地域・町丁目といったミクロスケールでの研究に大きく二分される。

マクロスケールの研究としては、世界中の都市を対象に人口密度と交通起源エネルギー消費量の関連性を明らかにした Newman and Kenworthy⁹⁾の研究をはじめ、Glaeser and Kahn¹⁰⁾やCervero¹¹⁾など様々な側面から研究は進められてきた。谷口ら¹²⁾は、全国PT調査のマスターデータを用いて、都市構造が自動車CO₂排出量に及ぼす影響は日本の市区町村においても存在することを示した。松橋ら¹³⁾は全国の市区町村を対象に、OD登録地別・目的地別にCO₂排出量の推計方法を探索し、市区町村別の特性によって排出量の数値の傾向に差異が見られることを示した。その後、谷口ら¹⁴⁾は、自動車CO₂排出量と都市の空間的パターンや公共交通の整備状況との関連性についても明らかにした。さらに国際比較を主眼とした研究として、世界のメガシティを対象に人口密度と自動車利用との関連性を明らかにした鈴木・室町¹⁵⁾の研究、都市単位で世界の先進国における都市鉄道の整備状況が都市構造や機関分担率に及ぼす影響を明らかにした Kenworthy¹⁶⁾の研究、世界の先進国および途上国を対象に、人口密度と自動車CO₂排出量および交通行動との関連性を明らかにした Choi et al.¹⁷⁾の研究などが挙げられる。しかしこれらの研究では、自動車CO₂排出量のみを考慮した研究も多く、また都市鉄道整備期と交通環境負荷の関連性は考慮されていない。

また都市鉄道整備期と交通環境負荷の関連性を探求した研究として、島田ら³⁾は、マクロデータを用いて自動車依存型都市からの非依存型都市への転換は困難であるという仮説を検証することで、人口集積が進まない非都市化地域においては、都市鉄道整備が自動車保有率の減少に及ぼす影響は小さくなることを示した。また梅ら¹⁸⁾、中村ら¹⁹⁾・²⁰⁾と Ito et al.²¹⁾は、都市鉄道の早期整備による自動車保有率・交通環境負荷の抑制効果を、マクロモデルの時系列予測により明らかにした。しかしこれらの研究では、実証データにより都市鉄道整備期と交通環境負荷の傾向との関連性は明らかにされてない。また都市鉄道

整備による沿線住民の交通行動の変化は、駅勢圏単位で発生し得るミクロな現象であり、その交通行動の変化により生じる交通環境負荷の経年的傾向をより詳細な分析単位で明らかにする必要があると考えられる。

一方でミクロスケールでの研究として、北村ら²²⁾は京阪神 PT 調査結果を用いて、土地利用政策の有効性を模索した。中道ら²³⁾・²⁴⁾は、自動車利用に関する個人の属性と比較して、居住地の地区特性が交通環境負荷に及ぼす影響が小さいことを明らかにした。森川ら²⁵⁾は、モータリゼーション以降に開発された小地域の自動車CO₂排出量は高い傾向にあることを明らかにした。その他、鉄道整備が人口密度と自動車利用の双方に影響を与える可能性を明らかにした鈴木・室町²⁶⁾の研究、都市構造の変化が交通行動に及ぼす影響を明らかにした Mendiola et al.²⁷⁾の研究、土地利用と交通行動の関連性を明らかにした Traversi et al.²⁸⁾の研究が挙げられる。しかし都市鉄道整備期と交通環境負荷の関連性を考慮した研究は見られない。

以上の既往研究においては、全ての日常交通手段から排出される交通環境負荷を考慮し、駅勢圏というミクロな分析単位により、都市鉄道整備期と交通環境負荷の関連性は明らかにされていないことが分かる。さらに都市鉄道整備期をモータリゼーションの進展度(自動車分担率)により評価された研究は見られない。

そこで本研究は、既に高度経済成長による急速なモータリゼーションを経験し、かつ都市鉄道整備が順次進められてきた日本の東京都市圏、中京都市圏、京阪神都市圏の近年整備された都市鉄道駅の周辺地域において、交通機関分担率やトリップ特性を反映した指標である交通環境負荷の経年的傾向と都市鉄道整備期の自動車分担率との関連性を明らかにすることを目的とする。

本研究で得られる成果は、急速なモータリゼーションに対して、都市鉄道整備の遅れが指摘されている途上国の大都市圏に対して、有効な知見を提供することができると考える。

(2) 本研究の特徴

以上を踏まえ、本研究の特徴を以下に挙げる。

- ・ 全ての日常交通手段から排出される交通環境負荷を経年的に考慮する点
- ・ 都市鉄道整備期における駅周辺地域の自動車分担率に着目する点
- ・ 詳細な分析単位(駅勢圏：駅周辺1km)で整備後の交通環境負荷の経年変化を分析する点

2. データベースの構築

本章においては、分析に用いるデータベースを構築す

るために、対象新駅の定義を示した後に、対象新駅の駅勢圏における自動車分担率、整備期における開発率、列車運行本数を集計する。その後、各都市圏パーソントリップ調査(以下、PT調査)を用いて、対象新駅の周辺地域における交通環境負荷を推計する。

(1) 対象新駅の定義

本研究では、都市鉄道の早期整備によりモータリゼーションが抑制されたと考えられる地域と、晩期整備によるモータリゼーションの抑制が弱まったと考えられる地域が混在する、日本の大都市圏である東京都市圏、中京都市圏、京阪神都市圏を対象都市圏とする。なお各都市圏の領域は、1988年実施の第3回東京都市圏PT調査、1991年実施の第3回中京都市圏PT調査、1990年実施の第3回京阪神都市圏PT調査の調査対象域とする。

上記の対象都市圏内において、都市間高速鉄道、無軌条電車および鋼索線を除く、専用軌道を有する全ての公共交通機関を「都市鉄道」と定義する。本研究では、既設駅の影響を除外した上で、日常利用を前提とした路線の新駅を対象とするため、以下の条件を満たす都市鉄道の計344駅を対象新駅とする。

- ・ 1970年から1999年の期間に新規整備された都市鉄道の常設駅であり、平日・休日ともに発着列車が設定されていること。
- ・ 1970年代・1980年代・1980年代に整備された都市鉄道駅について、1969年末・1979年末・1989年末のそれぞれの時点において駅周辺1km圏内に既存の他都市鉄道駅が存在していないこと。
- ・ 駅勢圏内において、整備年代における国勢調査の利用交通手段が集計されていること。
- ・ 空港敷地に併設されていないこと。

(2) 駅勢圏自動車分担率の算出

対象新駅の整備期における自動車利用実態を把握するために、国勢調査の通勤・通学手段の項目を利用し、1970年、1980年、1990年の計3年次について、各駅勢圏における自動車分担率を算出する。またその経年変化に着目するために、2000年、2010年の2年次における値も算出する。

初めに、国勢調査に関する地域メッシュデータ²⁹⁾を用いて、駅勢圏自動車分担率を算出する。なお、データの利用可能性の都合上、1970年、1980年および1990年のデータに関しては3次メッシュ、2000年、2010年のデータに関しては4次メッシュをそれぞれ用いた。このメッシュデータを用いて、各メッシュ内の通勤・通学者数の密度は一定であると仮定し、駅勢圏内と駅勢圏外の面積比から、利用交通手段別に集計された15歳以上の通勤・通学者数を按分する。さらに、駅勢圏内における住民の利用交通手段として「自家用車」を選択した人数の割合を求める

表-1 可住地および都市的土地利用の定義

No.	1976年	1987年	1997年	可住地	都市的土地利用
1	田	田	田	○	-
2	畑	畑	その他農用地	○	-
3	果樹園	果樹園		○	-
4	その他の樹木畑	その他の樹木畑		○	-
5	森林	森林	森林	-	-
6	荒地	荒地	荒地	○	-
7	建物用地A	建物用地	建物用地	○	○
8	建物用地B			○	○
9	幹線交通用地	幹線交通用地	幹線交通用地	○	○
10	その他の用地	その他の用地	その他の用地	○	-
11	湖沼	内水池	河川及び湖沼	-	-
12	河川地A			-	-
13	河川地B			-	-
14	海浜	海浜	海浜	○	-
15	海水域	海水域	海水域	-	-
16	-	-	ゴルフ場	○	-

ことで、駅勢圏内における自動車分担率を算出し、駅勢圏自動車分担率とした。なお、対象駅の駅勢圏同士が重なる場合も考えられるが、その領域においては複数の対象駅整備の影響が住民の交通行動に及ぼされ得ると考えられる。そこで駅単位の分析を進める本研究では、対象駅整備の影響が及ぶ範囲を1km圏内(駅勢圏)とした上で、その領域における自動車利用の割合を集計し、駅勢圏同士の重なりについては考慮しない。

最後に、1970年代整備の対象新駅については1970年、1980年代整備の対象新駅については1980年、1990年代整備の対象新駅については1990年における値を、整備期自動車分担率として整備年代ごとにデータを整理し、後述の類型化に用いる。2000年および2010年における値は、その経年変化の傾向を確認するために用いる。

(3) 整備期開発率の算出

対象新駅の整備期における周辺地域の開発度を表す指標を算出する。

開発されたと見なすことのできる土地利用を都市的土地利用とし、式(1)に示すように、その面積が可住地面積に占める割合を都市的土地利用率とする。

$$R_D = A_D / A_H \quad (1)$$

R_D [%]: 都市的土地利用率

A_D [ha]: 都市的土地利用面積

A_H [ha]: 可住地面積

具体的には、国土数値情報の土地利用細分メッシュデータ³⁰⁾における区分を参考に、表-1に示す通り、森林、河川および湖沼、海水域を表す区分を除く領域を可住地とし、幹線交通用地、建物用地を示す区分を都市的土地

利用とする。そして1976年、1987年、1997年の計3年次について、駅勢圏内における可住地面積に対する都市的土地利用の面積割合を求めることで、駅勢圏都市的土地利用率を算出した。

なお、1970年代に整備された新駅については1976年、1980年代に整備された新駅については1987年、1990年代に整備された新駅については1997年における値を、整備期開発率として整備年代ごとにデータを整理した。

(4) 列車運行本数の算出

次に、列車運行本数と駅周辺の人口分布との密接な関連性³¹⁾を踏まえ、本研究では都市鉄道駅の利便性を表す指標として、列車運行本数を集計する。

2010年10月1日段階における対象新駅に発着する上り・下り方向の運行本数を時刻表^{32),33)}からカウントし、その平均を取ることで各対象新駅の1日当たり片道運行本数を算出する。ただし1駅に対して複数路線が同年代に開業し、かつそれらが直通運転を行っていない場合は、運行本数の総和を取る。また既に廃止されている5駅については、廃止年次における運行本数を別途算出した。

(5) 交通環境負荷およびトリップ特性の推計

最後に、都市圏PT調査のマスターデータを用いて、対象新駅の周辺地域に居住する住民1人当たりの交通環境負荷を推計する。利用したPT調査とその実施年次を表-2に示す。都市圏に応じて多少の年次の違いが見られるが、ここでは1970年次、1980年次、1990年次、2000年次、2010年次の値として各第1回、各第2回、各第3回、各第4回、各第5回の調査をそれぞれ用いることにした。

初めに、日常移動を前提とした分析対象とする有効トリップを抽出するため、森川ら²⁵⁾の研究を参考に、以下の条件を満たすトリップを除外した。この作業により抽出した有効トリップの総計を表-3に示す。

- ・ 「所要時間」「目的」「交通手段」が未記入、その他および不明とされているトリップ
- ・ 「交通手段」として新幹線、船舶及び飛行機を含むトリップ
- ・ 算出した移動距離の合計が80km以上、または総所要時間が240分以上であるトリップ

その後、交通手段別平均旅行速度を算出した。この指標は、対象駅が属している都市圏、都市圏内における地域特性、また各トリップを行う時間帯によって大きく変動すると考えられる。そこで本研究では、各交通手段別平均旅行速度を都市圏別、市区町村別、時間帯別に算出した。各分類の一覧とそれらの定義を表-4に示す。ただし「徒歩」による平均旅行速度は4.8 km/h(分速80m)と仮定した。なおインフラ整備や技術的進歩により、年代に応じて平均旅行速度も変化すると考えられるが、交通特

表-2 使用したパーソントリップ調査一覧と各年次

調査名/年	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回
東京都市圏PT調査	1968	1978	1988	1998	2008
中京都市圏PT調査	1971	1981	1991	2001	2011
京阪神近畿都市圏PT調査	1970	1980	1990	2000	2010

表-3 抽出した有効トリップ数

調査名/トリップ	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回
東京都市圏PT調査	773,075	1,470,280	1,600,055	2,095,185	1,689,588
中京都市圏PT調査	545,371	772,027	589,940	676,007	531,720
京阪神近畿都市圏PT調査	717,465	847,616	856,854	1,024,670	2,281,026

表-4 交通手段別平均旅行速度の分類定義

No.	大項目	小項目	定義
1	都市圏	東京都市圏	東京都市圏の範囲に属すること。
2		中京都市圏	中京都市圏の範囲に属すること。
3		京阪神都市圏	京阪神都市圏の範囲に属すること。
4	市区町村	東京 23 区	2010 年末の時点で、東京 23 区に属すること。
5		政令指定都市	2010 年末の時点で、政令指定都市の範囲に属すること。
6		市	2010 年末の時点で、政令指定都市を除く市の範囲に属すること。
7		町村	2010 年末の時点で、町村の範囲に属すること。
8	時間帯	ピーク時	トリップの発時間が7:00-9:00 または17:00-20:00 に属していること。
9		オフピーク時	トリップの発時間がピーク時以外に属すること。

性の変化に着目する本研究では、この経年変化については考慮しない。また算出の際、中京・京阪神都市圏については、各第5回の都市圏PT調査のマスターデータを用いるが、東京都市圏については「距離」が集計されていないため、代替として2010年度に行われた全国都市交通特性調査のマスターデータを別途用いた。

乗用車などの私的交通手段については、公共交通手段と比較して、単独トリップが非常に多く含まれる傾向にある。そこで各トリップから単独トリップを抽出し、式(2)の通り、「距離」から「所要時間」を除することで交通手段別平均旅行速度を求めた。

$$V_i^{pr} = L / T_i^{pr} \quad (2)$$

L [km]: トリップ距離

V_i^{pr} [km/h]: 私的交通手段 i の平均旅行速度

T_i^{pr} [h]: 私的交通手段 i の総所要時間

公共交通手段を含むトリップについては基本的に複合トリップであるため、初めに、複数の公共交通手段により構成されていないトリップを抽出し、式(3)より公共交通手段の平均旅行速度を算出した。

$$V_i^{pu} T_i^{pu} = L - \sum_i V_i^{pr} T_i^{pr} \quad (3)$$

L [km]: トリップ距離

V_i^{pr} [km/h]: 私的交通手段 i の平均旅行速度

T_i^{pr} [h]: 私的交通手段 i の所要時間

V_j^{pu} [km/h]: 公共交通手段 j の平均旅行速度

T_j^{pu} [h]: 公共交通手段 j の総所要時間

最後に、対象新駅の駅勢圏における交通環境負荷を示す指標として、居住地ベースの1人1日当たりのCO₂排出量を推計する。自動車に関しては、道路混雑等を考慮した推計式 (式(4)・式(5))³⁴⁾を用いて、都市圏別地域別時間帯別の乗用車速度から単位距離当たりのガソリン消費量を推計する。ただし、式(4)は「乗用車」および「軽乗用車」、式(5)は「普通貨物車」および「軽貨物車」に対して用いる式である。さらに式(6)より、このガソリン消費量を単位距離当たりの自動車CO₂排出量に換算する。また乗用車以外の交通手段については、松橋ら¹³⁾の研究を参考に、単位距離当たりの交通手段別CO₂排出量係数を計算に用いる(表-5)。ただし本研究では交通行動の変化に着眼するために、技術的進歩により想定される係数の経年変化を考慮せずに、年次によらず一定の係数であると仮定する。

$$FC = \frac{829.3}{v_c} - 0.8572v_c + 0.007659v_c^2 + 64.09 \quad (4)$$

$$FC = -\frac{4.178}{v_c} - 1.974v_c + 0.009392v_c^2 + 112.25 \quad (5)$$

$$EF = EF_0 \times HV \times FC \quad (6)$$

FC [cc/km]: 単位距離当たりガソリン消費量

EF [g-CO₂/km]: 単位距離当たりのCO₂排出量

EF_0 [g-CO₂/J]: 発熱量当たりCO₂排出量

HV [J/cc]: 平均発熱量

その後、式(7)より1人1日当たりのCO₂排出量を推計し、ゾーンごとにその平均値を求める。なお、データ制約上、東京・中京都市圏については計画基本ゾーン、京阪神都市圏については小ゾーンを本研究で用いる「ゾーン」とする。また、CO₂排出量はトリップ目的(通勤、通学、業務、帰宅、私用・自由)別にも算出する。

$$EF_{ind} = \sum_k T_k \times \bar{V}_k \times EF_0^k \quad (7)$$

T_k [h]: 交通手段 k を利用した所要時間の合計

$\bar{V}_k$ [km/h]: 交通手段 k の都市圏別平均旅行速度

EF_{ind} [g-CO₂/人]: CO₂排出量の推計量

EF_0^k [g-CO₂/人 km]: 交通手段 k のCO₂排出量原単位

ただし第3回中京都市圏PT調査においては、交通手段

別所要時間が集計対象とされていないため、総所要時間と別途求めた代表交通手段別平均旅行速度で代用する。

また各ゾーン内において集計されたトリップ数・距離の合計から、サンプル数の合計を除することで、トリップ頻度・距離の平均値もあわせて推計する。なお、トリップ距離についてはトリップ目的別にも値を算出する。

最後に面積按分により、対象新駅の駅勢圏における1人1日当たりのCO₂排出量とトリップ数・距離の推計値を算出する。

3. 都市鉄道整備期における自動車分担率と交通環境負荷の関連性分析

本章では、整備期自動車分担率、整備期開発率および列車運行本数により対象新駅を類型化する。その後、これらの類型を用いて整備期自動車分担率と交通環境負荷の関連性を分析し、考察する。

(1) 対象新駅の類型化

整備期自動車分担率の四分位数を算出し、第1四分位数である27.63%と第3四分位数である14.23%を基準に、整備期自動車分担率の上位25%以上の各駅をグループ1「整備期自動車分担率：高」、上位25%から下位25%までの各駅をグループ2「整備期自動車分担率：平均」、下位25%未満の各駅をグループ3「整備期自動車分担率：低」とした。類型一覧を表-6に示す。

表-5 CO₂排出量原単位の一覧¹³⁾

No.	交通手段	CO ₂ 排出量原単位 (g-CO ₂ /人・km)
1	徒歩	0
2	自転車	0
3	原動機付自転車	31
4	自動二輪車	92
5	タクシー・ハイヤー	式(4)
6	乗用車	式(4)
7	軽乗用車	式(4)
8	貨物自動車	式(5)
9	軽貨物車	式(5)
10	自家用バス	50
11	路線バス・路面電車	58
12	モノレール・新交通	19
13	鉄道・地下鉄	19

表-6 整備期自動車分担率による類型一覧

No.	整備期自動車分担率 グループ名	駅数 (駅)	上限	下限	平均値
1	整備期自動車分担率：高	86	27.63%	27.63%	41.59%
2	整備期自動車分担率：平均	172		14.23%	19.68%
3	整備期自動車分担率：低	86	14.23%	10.84%	10.84%

整備期開発率の平均値がおよそ50%であることを考慮して、整備期開発率50%以上の各駅をグループa「整備期開発率：高」、50%未満の各駅をグループb「整備期開発率：低」とした。類型一覧を表-7に示す。

列車運行本数の第1四分位数が約80本/日(約4本/hの運行本数に相当)であることを考慮して、列車運行本数80本/日以上各駅をグループA「運行本数：多」、80本/日未満の各駅をグループB「運行本数：少」とした。なお、平均値である約120本/日(約6本/hの運行本数に相当)を基準とした場合、80本未満の低頻度運行の駅から、80本～120本の比較的高頻度運行の駅まで含まれ、整備期自動車分担率と交通環境負荷の関連性を明らかにすることができないと予期されたため、基準として第1四分位数(80本/日)を用いている。類型一覧を表-8に示す。以上、3つの変数により類型化された各々のグループにおける整備期自動車分担率、整備期開発率、列車運行本数の平均値を表-9に示す。なお、グループ3-a-Bについてはサンプルが確認されず、グループ3-b-Bにおいては1駅のみであるため、以下の分析ではグループ2-b-Bに統合する。

(2) 整備期自動車分担率と交通環境負荷の関連性分析

はじめに、各グループの対象駅の分布を都市圏別に図-1、図-2および図-3に示す。東京都市圏では、グループ1に属する対象駅が都心部だけではなく、東京23区周辺の政令指定都市や郊外都市にも見られる。一方、京阪神都市圏では、グループ1に属する対象駅のほとんどは、京都市・大阪市・神戸市といった代表都市内にのみに見られ、代表都市外縁部ではグループ2に属する対象駅が多く確認される。しかし中京都市圏では、代表都市である名古屋市中心部においてグループ1に属する対象駅は見られず、都市圏全体ではグループ3に属する対象駅が多くを占めることが分かる。このことから、中京都市圏における都市鉄道駅整備のタイミングは、モータリゼーションの進展と比較して遅い傾向にあったことが分かる。

表-7 整備期開発率による類型一覧

No.	整備期開発率 グループ名	駅数 (駅)	上限	下限	平均値
a	整備期開発率：高	165		50.0%	73.03%
b	整備期開発率：低	179	50.0%		29.20%

表-8 列車運行本数による類型一覧

No.	列車運行本数 グループ名	駅数 (駅)	上限	下限	平均値
A	運行本数：多	262		80本/日	151.8本/日
B	運行本数：少	82	80本/日		49.9本/日

表-9 本研究における類型一覧

分類一覧					分類特性		
No.	整備期 自動車 分担率	整備期 開発率	運行 本数	駅数 (駅)	整備期 自動車 分担率(%)	整備期 開発率(%)	運行本数 (本)
1	1.高	a.高	A.多	9	32.73	70.64	160.0
2			B.少	12	41.18	65.30	53.0
3		b.低	A.多	20	34.88	26.07	128.4
4			B.少	45	46.46	26.43	48.4
5	2.平均	a.高	A.多	75	19.06	74.39	152.9
6			B.少	6	17.88	63.44	68.3
7		b.低	A.多	73	19.89	30.00	146.4
8			B.少	18	22.00	32.78	47.2
9	3.低	a.高	A.多	63	11.18	74.12	160.9
10			B.少	0			
11		b.低	A.多	22	9.97	32.88	157.8
12			B.少	1	8.81	13.73	17.0

図-1 整備期自動車分担率グループの分布(東京都市圏)

図-2 整備期自動車分担率グループの分布(中京都市圏)

図-3 整備期自動車分担率グループの分布(京阪神都市圏)

次に、整備期自動車分担率のグループ別にCO₂排出量の経年変化量を図-4に示す。また同様に、駅勢圏自動車分担率とCO₂排出量の推移を表-10に示す。なお比較対象として、1970年から2010年の期間に都市鉄道駅の駅勢圏面積が0km²であったゾーンを鉄道非整備地域と定義し、図に併記している。ただし同地域では「整備期」を定義することができないため、整備期における値を1970年、1980年、1990年の平均値、整備期10年後はこれらの10年後の年次の平均値、整備期20年後はこれらの20年後の年次の平均値として計算した。

結果として、整備期自動車分担率が高いグループほど、CO₂排出量の経年増加量はより大きい傾向にあると分かる。逆に整備期自動車分担率が低いグループほど、CO₂排出量の経年増加は抑制されており、特にグループ3(整備期自動車分担率：低)では20年間で23 g-CO₂の減少傾向に転じていることが分かる。このグループ間におけるCO₂排出量の変化量に見られる傾向は、駅勢圏自動車分担率の経年的傾向に合致していることが分かる。

図-4 CO₂排出量の変化量のグループ間比較

表-10 整備期自動車分担率グループにおけるCO₂排出量と駅勢圏自動車分担率の推移

分類	駅数	交通環境負荷				駅特性			
		CO ₂ 排出量(g-CO ₂ /人・日)				駅勢圏自動車分担率(%)			
		整備期	10年後	20年後	変化量	整備期	10年後	20年後	変化量
1.高	86	1,793	1,973	2,335	542	41.59	44.27	48.36	6.76
2.平均	172	1,358	1,518	1,606	247	19.68	20.78	21.68	2.00
3.低	86	1,346	1,342	1,323	-23	10.84	12.59	12.35	1.51
鉄道非整備地域		1,846	2,227	2,609	763	-	-	-	-

表-11 整備期自動車分担率グループにおけるCO₂排出量の平均値の差の検定結果

P値	整備期自動車分担率								
	1.高			2.平均			3.低		
	整備期	20年後	変化量	整備期	20年後	変化量	整備期	20年後	変化量
整備期自動車分担率									
1.高	-	-	-	0.0000**	0.0000**	0.0000**	0.0000**	0.0000**	0.0000**
2.平均	-	-	-	-	-	-	0.9881	0.0000**	0.0000**
3.低	-	-	-	-	-	-	-	-	-

※Steel-Dwass法

** : 1%有意 * : 5%有意

さらに、各グループにおける整備期およびその20年後におけるCO₂排出量、ならびにその変化量の差が統計的に有意な差であるかを検証する。表-11に示すように、整備期自動車分担率のグループ間の交通環境負荷の経年変化量には、統計的に有意な差が見られる。またこの経年変化に伴い、整備期にはCO₂排出量の値に有意差が見られなかったグループ2とグループ3について、整備期20年後には有意な差が見られる。

以上の結果は、都市鉄道駅の整備期において自動車交通に対する依存度が高い場合には、その駅周辺地域は既に自動車交通に適した土地利用となっており、対象駅の整備が駅周辺地域における住民の交通行動に及ぼされ得る効果が減衰したためであると推察される。このことは、ひとたび自動車中心型都市に陥った地域においては、都市鉄道駅整備による交通環境負荷抑制効果は大きく減衰することを示唆している。しかし整備期自動車分担率の高いグループ1を鉄道非整備地域と比較すると、20年間におけるCO₂排出量の増加量は低水準に収まっているため、対象駅の整備により交通環境負荷は一定の抑制効果があると捉えることもできる。

(3) 整備期自動車分担率とトリップ特性の関連性分析

本節では、前節の結果を踏まえて、整備期自動車分担率とトリップ特性の関連性に着目する。

初めに、整備期自動車分担率グループ別に、トリップ目的別に推計したCO₂排出量の経年変化量を図-5に示す。通学以外のトリップ目的において、整備期自動車分担率が高いグループほど、CO₂排出量はより経年的に上昇するという傾向を示している。一方で、自動車を運転することのできないサンプルが多く含まれると考えられる通学トリップでは、この傾向は見られない。

図-5 整備期自動車分担率グループにおけるトリップ目的別CO₂排出量の変化量のグループ間比較

また通勤トリップに限り、グループ3(整備期自動車分担率：低)のCO₂排出量が減少傾向に転じている。このことから、図-4に示したグループ3のCO₂排出量の減少傾向は、通勤トリップにおける経年変化が一因であると分かる。この傾向は、自動車分担率の低い段階での対象駅の整備により、駅勢圏内に居住する住民の通勤行動、また転入者の通勤行動の低炭素化が進んだことを示している。さらに各トリップ目的における、CO₂排出量の変化量のグループ間差異に着目すると、業務トリップで最も顕著であり、グループ1とグループ3の間に1人1日当たり314 g-CO₂(=315g-1g)の差異が見られる。これは対象駅の整備によって産業が盛んとなった一方で、その整備期における自動車分担率は高く、業務トリップによる排出量抑制は困難であったためと推察される。

次に、整備期自動車分担率グループ別に、トリップ頻度とトリップ距離(全交通手段)の推移を表-12に示す。整備期自動車分担率が高いグループほど、トリップ頻度・距離ともに、より経年的に上昇するという傾向を示している。この傾向は、整備期自動車分担率の類型間におけるCO₂排出量の変化量の差の傾向に対応している。この経年変化量のグループ間に生じた差異によって、トリップ頻度・距離の双方に関して、グループ1とグループ3における値の差異が経年的に縮小していることが分かる。

この傾向は、対象駅の整備およびモータリゼーションの進展に伴って、かつて交通利便性が低かった地域においても、次第に高い自動車交通・公共交通双方の利便性が確保され、外出機会の増加ならびに住民の交通行動域の拡大につながったためと考えられる。さらに表-13に示す通り、整備期自動車分担率グループ別の自動車交通および公共交通のトリップ距離については、整備期自動車分担率が高いグループほど、自動車・公共交通ともにトリップ距離がより増加している。これは、対象駅の整備期における自動車交通に対する依存度が高い場合、自動車利用を十分に抑制することができず、住民の生活域が拡大したために、自動車・公共交通ともにトリップ距離が経年増加してきたことを示唆している。またこの結果から、グループ3でのCO₂排出量の減少傾向は、通学トリップを除いたトリップ目的における、自動車トリップ距離が縮小したために生じた傾向であることもまた示している。

(4) 整備期の開発状況を考慮した整備期自動車分担率と交通環境負荷の関連性分析

整備期自動車分担率および整備期開発率のグループ別に、CO₂排出量の経年変化を図-6 および図-7 に示す。また同様に、駅勢圏自動車分担率とCO₂排出量の推移を表-14 に示す。

表-12 整備期自動車分担率グループにおけるトリップ頻度とトリップ距離の推移

分類	駅数	トリップ頻度(トリップ/人)				トリップ距離(km/トリップ)			
		整備期	10年後	20年後	変化量	整備期	10年後	20年後	変化量
1.高	86	2.825	2.806	2.904	0.080	5.475	6.021	6.631	1.156
2.平均	172	2.807	2.844	2.882	0.076	6.682	7.106	7.501	0.820
3.低	86	2.891	2.891	2.893	0.002	7.211	7.209	7.754	0.543
鉄道非整備地域		2.804	2.816	2.838	0.034	5.875	6.344	6.898	1.023

表-13 整備期自動車分担率グループにおける交通手段別トリップ距離の推移

分類	駅数	トリップ距離(km)							
		自動車交通				公共交通			
整備期自動車分担率		整備期	10年後	20年後	変化量	整備期	10年後	20年後	変化量
1.高	86	6.393	6.458	6.461	0.068	13.886	16.007	18.615	4.729
2.平均	172	7.499	7.601	7.478	-0.021	15.486	16.635	16.627	1.141
3.低	86	8.698	8.882	8.470	-0.228	14.474	14.628	15.337	0.863
鉄道非整備地域		7.023	6.892	6.854	-0.169	15.163	17.767	19.991	4.828

図-6 CO₂排出量の変化量のグループ間比較 (グループa「整備期開発率：高」)

図-7 CO₂排出量の変化量のグループ間比較 (グループb「整備期開発率：低」)

表-14 整備期自動車分担率および整備期開発率グループにおけるCO₂排出量と駅勢圏自動車分担率の推移

分類	整備期開発率	駅数	CO ₂ 排出量(g-CO ₂ /人・日)				駅勢圏自動車分担率(%)			
			整備期	10年後	20年後	変化量	整備期	10年後	20年後	変化量
1.高	a.高	21	1.967	1.930	2.226	258	37.56	39.65	41.79	4.23
2.平均	a.高	81	1.311	1.474	1.501	190	18.97	20.59	20.75	1.77
3.低	a.高	63	1.312	1.318	1.301	-11	11.18	11.80	11.62	0.45
1.高	b.低	65	1.729	1.987	2.370	641	42.90	45.77	50.48	7.58
2.平均	b.低	91	1.405	1.558	1.699	294	20.31	20.96	22.51	2.20
3.低	b.低	23	1.440	1.409	1.382	-57	9.92	14.77	14.34	4.42
鉄道非整備地域			1.846	2.227	2.609	763	-	-	-	-

整備期の開発状況に依らず、整備期自動車分担率が高いグループほど、CO₂排出量は経年的による上昇する傾向にあることが分かる。しかし整備期開発率の高いグループ a では、整備期自動車分担率に応じて排出量に 1 人 1 日当たり 269 g-CO₂(=258g-(-11g))の差が生じている一方で、整備期開発率の低いグループ b では、整備期自動車分担率に応じてより大きい 698 g-CO₂(=641g-(-57g))の差が生じていることが分かる。この傾向は、自動車分担率の高まった段階においては開発率の高い地域(図-6)、自動車分担率の低い段階においては開発率の低い地域(図-7)における都市鉄道整備が、交通環境負荷の抑制傾向を強めることを示唆している。これは、整備期開発率が高い対象駅ほど、駅勢圏は既に都市化の進んだ地域であり、整備後に一度決まった土地利用が大幅に経年変化の可能性は低く、それに伴い住民の交通行動を変化させることも容易ではないためであると推察される。

次に、整備期自動車分担率グループ間における、整備期および 20 年後の CO₂ 排出量、その 20 年間の変化量に対する多重比較検定の結果を表-15 および表-16 に示す。グループ a (整備期開発率：高)については、整備期において CO₂ 排出量の値に有意差が見られるグループ 1 とグループ 2 の間を除いて、整備期自動車分担率グループ間の交通環境負荷の経年変化量には、統計的に有意な差が見られる。またその変化量の差に伴って、整備期には CO₂ 排出量の値に有意差が見られなかったグループ 2 とグループ 3 について、整備期 20 年後には有意な差が生じていることが分かる。一方で、グループ b (整備期開発率：低)については、全ての整備期自動車分担率グループ間において、交通環境負荷の経年変化量には有意差が見られる。またその変化量の差に伴って、整備期 20 年後には全てのグループ間に有意な差が生じていることが分かる。

表-15 整備期自動車分担率グループ間におけるCO₂排出量の平均値の差の検定結果(グループa「整備期開発率：高」)

P値	整備期自動車分担率								
	1.高			2.平均			3.低		
整備期自動車分担率	整備期	20年後	変化量	整備期	20年後	変化量	整備期	20年後	変化量
1.高	-	-	-	0.0001**	0.0000**	0.7703	0.0001**	0.0000**	0.0255*
2.平均	-	-	-	-	-	-	0.9999	0.0151*	0.0106*
3.低	-	-	-	-	-	-	-	-	-

※変化量:Steel-Dwass法, 整備期・20年後:一元配置分散分析 **:1%有意 *:5%有意

表-16 整備期自動車分担率グループ間におけるCO₂排出量の平均値の差の検定結果(グループb「整備期開発率：低」)

P値	整備期自動車分担率								
	1.高			2.平均			3.低		
整備期自動車分担率	整備期	20年後	変化量	整備期	20年後	変化量	整備期	20年後	変化量
1.高	-	-	-	0.0010**	0.0000**	0.0029**	0.0569	0.0000**	0.0000*
2.平均	-	-	-	-	-	-	0.7851	0.0003**	0.0059*
3.低	-	-	-	-	-	-	-	-	-

※整備期・変化量:Steel-Dwass法, 20年後:一元配置分散分析 **:1%有意 *:5%有意

(5) 整備期開発率および列車運行本数を考慮した整備期自動車分担率と交通環境負荷の関連性分析

整備期自動車分担率および整備期開発率、運行本数のグループ別に、CO₂排出量の経年変化を図-8～図-11に示し、駅勢圏自動車分担率とCO₂排出量の推移を表-17に示す。また整備期自動車分担率グループ間における整備期と20年後におけるCO₂排出量、その20年間の変化量に対する多重比較検定の結果を表-18～表-21にそれぞれ示す。

図-8 CO₂排出量の変化量のグループ間比較 (グループa-A「整備期開発率：高、運行本数：多」)

図-9 CO₂排出量の変化量のグループ間比較 (グループa-B「整備期開発率：高、運行本数：少」)

図-10 CO₂排出量の変化量のグループ間比較(グループb-A「整備期開発率：低、運行本数：多」)

図-11 CO₂排出量の変化量のグループ間比較(グループb-B「整備期開発率：低、運行本数：少」)

表-17 全類型におけるCO₂排出量と駅周辺自動車分担率の経年推移

分類			CO ₂ 排出量(g-CO ₂ /人・日)				駅圏自動車分担率(%)				
整備期 自動車 分担率	整備期 開発率	運行 本数	駅 数	整備期	10年後	20年後	変化量	整備期	10年後	20年後	変化
1.高	a.高	A.多	9	1,598	1,678	1,985	387	32.73	32.06	33.08	0.35
2.平均	a.高	A.多	75	1,293	1,449	1,490	197	19.06	20.41	20.56	1.50
3.低	a.高	A.多	63	1,312	1,318	1,301	-11	11.18	11.80	11.62	0.45
1.高	a.高	B.少	12	2,244	2,120	2,406	162	41.18	45.33	48.32	7.14
2.平均	a.高	B.少	6	1,543	1,794	1,643	100	17.88	22.86	23.10	5.22
3.低	a.高	B.少	0	-	-	-	-	-	-	-	-
1.高	b.低	A.多	20	1,533	1,830	2,085	552	34.88	27.51	29.78	-5.11
2.平均	b.低	A.多	73	1,422	1,526	1,629	207	19.89	18.33	18.55	-3.34
3.低	b.低	A.多	22	1,458	1,339	1,296	-162	9.97	13.56	12.04	2.07
1.高	b.低	B.少	45	1,834	2,060	2,496	662	46.46	53.88	59.68	12.22
2-3.平均-低	b.低	B.少	19	1,302	1,754	2,048	746	21.30	32.12	39.96	18.66
鉄道非整備地域				1,846	2,227	2,609	763	-	-	-	-

表-18 全類型のCO₂排出量に対する平均値の差の検定結果(グループa-A「整備期開発率：高、運行本数：多」)

P値	整備期自動車分担率								
	1.高			2.平均			3.低		
整備期自動車分担率	整備期	20年後	変化量	整備期	20年後	変化量	整備期	20年後	変化量
1.高	-	-	-	0.0522	0.0029**	0.1452	0.0780	0.0000**	0.0168*
2.平均	-	-	-	-	-	-	0.9498	0.0246*	0.0058**
3.低	-	-	-	-	-	-	-	-	-

※Steel-Dwass法

**：1%有意 *：5%有意

表-19 全類型のCO₂排出量に対する平均値の差の検定結果(グループa-B「整備期開発率：高、運行本数：少」)

P値	整備期自動車分担率								
	1.高			2.平均			3.低		
整備期自動車分担率	整備期	20年後	変化量	整備期	20年後	変化量	整備期	20年後	変化量
1.高	-	-	-	0.0491**	0.0022**	0.5740	-	-	-
2.平均	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.低	-	-	-	-	-	-	-	-	-

※整備期・20年後-Steel-Dwass法、変化量：一元配置分散分析

**：1%有意 *：5%有意

表-20 全類型のCO₂排出量に対する平均値の差の検定結果(グループb-A「整備期開発率：低、運行本数：多」)

P値	整備期自動車分担率								
	1.高			2.平均			3.低		
整備期自動車分担率	整備期	20年後	変化量	整備期	20年後	変化量	整備期	20年後	変化量
1.高	-	-	-	0.7227	0.0743	0.0726	0.9494	0.0026**	0.0007**
2.平均	-	-	-	-	-	-	0.9115	0.0004**	0.0054**
3.低	-	-	-	-	-	-	-	-	-

※整備期・変化量-Steel-Dwass法、20年後：一元配置分散分析

**：1%有意 *：5%有意

表-21 全類型のCO₂排出量に対する平均値の差の検定結果(グループb-B「整備期開発率：低、運行本数：少」)

P値	整備期自動車分担率					
	1.高			2-3.平均-低		
整備期自動車分担率	整備期	20年後	変化量	整備期	20年後	変化量
1.高	-	-	-	0.0002**	0.0366*	0.3528
2-3.平均	-	-	-	-	-	-

※整備期・変化量-Steel-Dwass法、20年後：一元配置分散分析

**：1%有意 *：5%有意

グループb-B(整備期開発率：低、運行本数：少)を除いて(図-11)、整備期自動車分担率が高いグループほど、CO₂排出量はより経年的に上昇する傾向にあることが確認される(図-8～図-10)。また整備期には既に自動車分担率の高いグループ1とグループ2の間を除いて、整備期自動車分担率グループ間においてCO₂排出量の経年変化量に有意な差が生じており、それに伴って整備期20年後の値にも有意な差が見られる(表-18～表-20)。この傾向は、整備期における駅周辺域の開発率が低く、都市機能が駅周辺に集積しておらず、かつ対象駅の運行本数が少ないために、公共交通を中心に駅周辺地域が発展せず、都市鉄道駅整備による交通環境負荷の低減効果が大きく減衰したためであると考えられる。特にグループb-BにおけるCO₂排出量の変化量については、整備期自動車分担率グループ間に有意差(表-21)は見られず、また鉄道非整備地域の値と大きな差はないことから、対象駅の整備による住民の交通行動の変化はほとんど生じなかったことを示しており、また転入者の交通行動も影響として想定される。またグループa-B(整備期開発率：高、運行本数：少)においても、整備期自動車分担率に応じた交通環境負荷の変化量の差異は62 g-CO₂(=162g-100g)に過ぎず、整備期自動車分担率グループ間に有意差は見られない(表-19)。一方で運行本数の多いグループAでは、ほとんどの整備期自動車分担率グループ間において、CO₂排出量の変化量に有意な差が見られ(表-18および表-20)、都市鉄道駅の運行本数が交通環境負荷に及ぼす経年的影響は大きいと推察される。この傾向は、都市鉄道駅の整備により、人口の集積、都市鉄道の利用が進み、それにより運行本数が改善・向上し、さらなる人口の集積、都市鉄道の利用が進むという正のフィードバックを反映した結果であると考えられる。特に整備期自動車分担率が低いほど、CO₂排出量の抑制傾向が強いことから(図-8および図-10)、この正のフィードバックが、自動車分担率の低い段階での対象駅の整備によって、より強く発生することを示唆している。

また運行本数の多いグループAに属する整備期自動車分担率グループ間を確認すると、整備期開発率の高い駅のグループa-Aでは、整備期自動車分担率に応じて排出量に398 g-CO₂(=387g-(-11g))の差が生じており、さらに整備期開発率の低い駅のグループb-Aでは、整備期自動車分担率に応じてより大きい714 g-CO₂(=552g-(-162g))の差が生じている。特に整備期自動車分担率の低いグループ3-b-Aにおいては、CO₂排出量は20年間で162g-CO₂の減少に転じている。この傾向は、低未利用地の多い地域の開発を進める際、整備期自動車分担率が低い段階で利便性の高い都市鉄道駅を整備することで、都市鉄道駅を中心に駅周辺域が発展し、人口集積が進んだ際において交通環境負荷の経年増加を抑制する可能性を示唆している。

4. 結論

本研究では、都市鉄道整備期の自動車分担率と整備後の駅周辺地域における交通環境負荷の経年変化量との関連性を分析した。

その結果、整備期自動車分担率による類型を用いた分析では、図-12に示す概念図の通り、整備期自動車分担率が高い駅ほど、交通環境負荷は経年増加量がより大きい傾向を統計的に明らかにした。つまり、自動車分担率の低い段階での都市鉄道整備(早期整備)では、駅周辺地域における交通環境負荷の抑制傾向は強く、自動車分担率が高い段階での都市鉄道整備(晩期整備)では、駅周辺地域における交通環境負荷の増加抑制傾向は弱まることを示したと言える。この傾向は、自動車分担率、トリップ頻度・距離の経年変化の傾向と合致することを示した。さらに整備期の開発状況の観点を加えた分析では、自動車分担率の低い段階では開発率の低い地域、自動車分担率の高まった段階では開発率の高い地域における都市鉄道整備が、交通環境負荷の抑制傾向を強めることを示した。これは、整備期開発率が高い対象駅ほど、駅勢圏は既に都市化の進んだ地域であり、整備後に土地利用が大きく変化する可能性は低く、住民の交通行動を変化させることは容易ではないためであると推察される。

運行本数が多い類型では、少ない類型と比較して、整備期自動車分担率に応じて、交通環境負荷の経年増加量により大きな差異が生じることを明らかにした。この結果は、都市鉄道駅の列車運行本数が交通環境負荷の抑制効果に及ぼす経年的影響は非常に大きいことを示唆している。後に、列車運行本数の観点を加えた分析では、列車運加えて、都市圏の未開発地域における都市開発を進める際には、整備期自動車分担率が低い段階において利便性の高い都市鉄道駅を早期整備することが、交通環境負荷抑制の観点から望ましいことを示した。

図-12 モータリゼーションに対する都市鉄道整備シナリオ

これらの結果は、自動車分担率の低い段階の地域における都市鉄道整備は、交通環境負荷の抑制傾向が強まることを示唆しており、公共交通を中心とした低炭素地域の構築の見込みは高いことを示している。逆に、モータリゼーションの進展に伴って発展した自動車依存型都市から、都市鉄道整備による非自動車依存型の低炭素地域への再転換の見込みは低い傾向にあることを示唆した。ただし既に自動車分担率の高まった地域においても、開発率が高い既成都市域では、列車運行本数の多い都市鉄道駅を整備することで、一定の交通環境負荷の抑制傾向が得られると考えられる。

以上の考察では、交通特性の経年変化を駅勢圏全体の変化として捉え、都市鉄道整備期の自動車分担率と交通環境負荷の経年変化量との関連性を明らかにした。しかしながら、この現象には住民の年齢階層や所得階層といった住民属性の構成比による影響も考えられる。駅勢圏内における住民の属性と対象駅の整備期との間に、明確な関連性が存在するとは考え難いものの、この現象の要因を明らかにするためには、各対象駅の駅勢圏における住民属性による影響を考慮する必要性が今後の課題として挙げられる。

また本研究では日本の3大都市圏のみを対象としたが、これらに加えて、都市鉄道整備の遅れが既往研究において指摘されているアジア途上国の大都市圏を対象地域に加えることで、都市鉄道整備期と交通行動・交通環境負荷の経年変化との関連性をより詳細に明らかにすることが可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 加藤博和, 林良嗣: 巨大都市の爆発的發展と交通システム整備の不均衡, 岩波講座地球環境学 第8巻「地球環境と巨大都市」第4章, 岩波書店, pp. 81-114, 1998.
- 2) 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, 学芸出版社, pp. 92-94, 2004.
- 3) 島田亮太, 加藤博和, 林良嗣: 鉄道整備によるモータリゼーション進展抑制効果に関する基礎的分析, 第17回地球環境シンポジウム講演集, pp. 27-31, 2009.
- 4) 北村隆一: 「やさしい」都市交通体系に向けて, 都市問題研究, Vol. 54, No. 12, pp. 30-45, 2002.
- 5) Acharya, S. R.: Motorization and urban mobility in developing countries exploring policy option through dynamic simulation, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 6, pp. 4113-4128, 2005.
- 6) Morichi, S.: Long-term strategy for transport system in Asian Megacities, *Keynote Lecture at the 6th International Conference of EASTS*, Bangkok, 2005.
- 7) Acharya, S. R. and Morichi, S.: Motorization and role of mass rapid transit in East Asian Megacities, *IATSS Research*, Vol. 31, No. 2, pp. 6-16, 2007.
- 8) Koizumi, Y., Nishimiya, Y. and Kaneko, M.: Urban transportation characteristics and urban mass transit introduction in the cities of developing countries, *Journal*

- of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 10, 2013.
- 9) Newman, P. and Kenworthy, J.: *Sustainability and Cities - Overcoming Automobile Dependence*, Island Press, Washington, DC., 1999.
 - 10) Glaeser, E. and Kahn, M.: The greenness of cities: carbon dioxide emissions and urban development, NBER Working Paper No. 14238, JEL No. Q5, 2008.
 - 11) Cervero, R.: Public transport and sustainable urbanism: Global lessons, Science Council of Japan, 2006.
 - 12) 谷口守, 村川威臣, 森田哲夫: 個人行動データを用いた都市特性と自動車利用量の関連分析, 日本都市計画学会都市計画論文集, pp. 967-972, 1999.
 - 13) 松橋啓介, 工藤祐揮, 上岡直見, 森口祐一: 市区町村の運輸部門 CO₂ 排出量の推計手法に関する比較研究, 環境システム研究論文集, Vol. 32, 2004.
 - 14) 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, pp. 121-126, 2008.
 - 15) 鈴木崇正, 室町泰徳: メガシティを対象とした人口密度と自動車利用の相互関係に関する再検討ー都市面積と自動車利用距離に注目してー, 日本都市計画学会都市計画論文集, No. 41-3, pp. 151-156, 2009.
 - 16) Kenworthy, J.: An international review of the significance of rail in developing more sustainable urban transport systems in higher income cities, *World Transport Policy and Practice*, Vol. 14, No. 2, pp. 21-37, 2008.
 - 17) Choi, H., Nakagawa, D., Matsunaka, D., Oba, T. and Yoon, J.: Estimating the efficiency of transportation energy consumption based on railway infrastructure and travel behavior characteristics, *IJR International Journal of Railway*, Vol. 6, No. 2, pp. 33-44, 2013.
 - 18) 梅達郎, 加藤博和, 林良嗣: アジア大都市におけるモータリゼーション進展仮定を考慮した旅客交通部門 CO₂ 排出量の長期予測, 第 18 回地球環境シンポジウム講演集, pp. 67-74, 2010.
 - 19) 中村一樹, 加藤博和, 林良嗣: アジア途上国大都市における鉄道整備時期を考慮したモータリゼーション進展の将来予測, 土木計画学研究・講演集, Vol. 43, CD-ROM (222), 2011.
 - 20) 中村一樹, 林良嗣, 加藤博和, 福田敦, 中村文彦, 花岡伸也: アジア開発途上国都市における低炭素交通システム実現戦略の導出, 土木学会論文集, Vol. 68, No. 5, 2012.
 - 21) Ito, K., Nakamura, K., Kato, H. and Hayashi, H.: Influence of urban railway development timing on long-term car ownership growth in Asian developing mega-cities, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 10, 2013.
 - 22) 北村隆一, 山本俊行, 神尾亮: 高密度都市圏での交通エネルギー消費削減に向けた土地利用政策の有効性, 土木学会論文集, No. 625/IV-44, pp. 171-180, 1999.
 - 23) 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.
 - 24) 中道久美子, 谷口守, 松中亮治: 転居を通じた都市コンパクト化による自動車依存低減の可能性, 日本都市計画学会都市計画論文集, No. 43-3, pp. 889-894, 2009.
 - 25) 森川達也, 中川大, 松中亮治, 大庭哲治: 開発時期を考慮した都市内小地域の空間分類と交通環境負荷との関連分析, 土木計画学研究・論文集, Vol. 28, pp. 379-387, 2011.
 - 26) 鈴木崇正, 室町泰徳: 鉄道整備が人口密度と自動車利用に影響を与える可能性に関する研究, 日本都市計画学会都市計画論文集, No. 44-3, pp. 73-78, 2009.
 - 27) Mendiola, L., Gonzalez, P. and Cebollada, A.: The link between urban development and the modal split in commuting: The case of Biscay, *Journal of Transport Geography*, Vol. 27, pp. 1-9, 2014.
 - 28) Travisi, C., Camagni, R. and Nijkamp, P.: Impacts of urban sprawl and commuting: a modelling study for Italy, *Journal of Transport Geography*, Vol. 18, pp. 382-392, 2010.
 - 29) 公益財団法人統計情報研究開発センター: 昭和 45 年・昭和 55 年・平成 2 年・平成 12 年・平成 22 年国勢調査に関する地域メッシュ統計
 - 30) 国土数値情報 ダウンロードサービス: <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>, 国土交通省国土政策局国土情報課, 2016 年 2 月 26 日閲覧
 - 31) Matsunaka, R., Oba, T., Nakagawa, D., Nagao, M. and Nawrocki, J.: International comparison of the relationship between urban structure and the service level of urban public transportation—A comprehensive analysis in local cities in Japan, France and Germany, *Transport Policy*, Vol. 30, pp. 26-39, 2013.
 - 32) 日本交通公社: JTB 時刻表, 2010.
 - 33) ヴェアル研究所: 駅すばあと時刻表, 2010.
 - 34) 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の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. 431-437, 2001.

(2016. 2. 26 受付)

A TIME-SERIES ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL IMPACT OF TRANSPORT IN SURROUNDING AREAS OF STATIONS FOCUSING ON PRIVATE VEHICLES DEPENDENCE AT THE TIMING OF URBAN RAILWAY DEVELOPMENT

Yuma TSUMURA, Ryoji MATSUNAKA, Tetsuharu OBA and Dai NAKAGAWA

This research aimed to verify the relationship between private vehicles dependence during the development periods of urban railways and the time-series change in environmental impacts of transport; targeting the surrounding areas of new urban railway stations in metropolitan regions of Japan.

The analysis statistically showed that the environmental impact of transport would tend to decrease in areas with lower modal shares of private cars at the timing of urban railway development. On the other hand, it also suggested the rapidly increasing tendency of environmental impact in areas with larger vehicle use at the timing. However, it also revealed that new stations with high frequency departures would contribute to decreasing the environmental impact of transport in highly urbanized areas, even if they are considered auto-dependent.