

LRT 整備による都市圏の交通行動の 変化に関する分析 ～金沢都市圏を対象として～

小池 光右¹・山本 彩貴²・中山 晶一朗³・高山 純一⁴・藤生 慎⁵

¹学生会員 金沢大学大学院自然科学研究科環境デザイン学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail:kkoike.0601@gmail.com

²非会員 日成ビルド工業株式会社 技術開発本部 (〒920-0396 石川県金沢市金石北 3-16-10)
E-mail:s.yamamoto@nisseibuild.co.jp

³正会員 金沢大学理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail:nakayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

⁴フェロー 金沢大学理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail:takayama@se.kanazawa-u.ac.jp

⁵正会員 金沢大学理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail:fujju@se.kanazawa-u.ac.jp

我が国の地方都市では、モータリゼーションの進行により郊外部の開発が進み、中心市街地の空洞化が問題視されている。また、少子高齢化の進展に伴う交通弱者の増加も懸念されている。こうした問題に対する解決策の一つに、LRTの導入がある。LRTは交通弱者の利用や、中心市街地に人を呼び込むことが期待されている。LRTを敷設する場合、敷設する地域を中心に交通網の再編が行われ、都市圏の交通行動が変化することが予想される。本研究では、金沢都市圏を対象としてパーソントリップ調査の結果を用い、都心部にLRTが敷設されたと仮定して交通行動分析を行った。それと、現状の交通行動との比較を行った。また、LRT利用促進に向けた種々の施策について検討を行っている。

Key Words: Light Rail Transit, travel behavior, public transportation

1. はじめに

わが国では近年、地方都市を中心にLRT(Light Rail Transit)の導入の検討が盛んに行われている。LRTは欧米諸国の各都市を中心に各地で導入されている。日本においても、かつては各地に路面電車が整備され、市民の足として活躍していた。しかし、モータリゼーションの進行により次第に廃止が進んだ。このモータリゼーションの進行により郊外が開発される一方で、都心部の空洞化が誘発されている。また、大気汚染や走行時の騒音など、環境問題も取りざたされている。このような状況のなかで、路面電車の価値が見直され、かつての路面電車よりも設備面等で近代化の進んだ路面電車としてLRTが注目されている。動力源は電気であることからCO₂などの大気汚染物質の排出量は自動車に比して格段に小さいうえ、誰でも利用可能であることから、高齢者などのいわゆる交通弱者の外出機会を増加することも期待される。外出機会の増加によって、中心市街地に人を呼び込むこ

とも期待できよう。LRTは、少子高齢化問題や自動車依存型の都市構造などの問題を抱えるわが国の地方都市の現状に即した公共交通機関であるといえるだろう。

既存の都市にLRTを導入することを検討する場合、その導入効果を把握することは必要不可欠である。また、LRTと走行空間を同じにする路線バスなど、既存の公共交通ネットワークの再編も行う必要が生じよう。本研究では、LRTの導入が議論されている金沢都市圏を対象に、LRT導入前後における交通行動の分析を行った。本研究では第4回金沢都市圏パーソントリップ調査の結果や国勢調査などのデータを基に、公共交通利用行動のモデル化を行い、金沢都市圏の交通行動の現状について分析を行う。そして現状を踏まえ、LRTが導入されたと仮定した場合の交通行動の変化について分析を行う。また、LRTの利用を促進するための各種施策に関するシミュレーションを行い、各施策がどれほどトリップに影響を及ぼすかについて分析を行う。

2. 既往研究の整理

交通手段選択に関する既往研究や、LRT 導入に関する既往研究を整理する。通勤者が交通手段の選択をする場合に考慮する要因として、所要時間やコスト、種々の利便性などが挙げられる。特にアンケート調査を基にした利用者の主観的評価や行動実態などを変数とした交通手段選択モデルが数多く提案されている。しかし、今までの交通手段選択モデルでは説明できない交通行動が実在すると思われる。高山・塩土⁷⁾は通勤者の交通行動を交通手段の日変動を捉え、公共交通計画への適用を検討している。遠藤ら⁸⁾は自動車とバスの選択要因を明確にし、バス利用促進施策を実施した。沖縄県那覇都市圏を対象にバスのサービス水準向上に加え、居住地側のバス利用制約要因を緩和する P&BR を検討対象施策とした。慢性的交通渋滞が発生している都市圏においては、自動車交通量の削減は渋滞緩和効果をもたらす、P&BR 駐車場設置が事業として効果的であると明らかにしている。離散型選択モデルを用いた交通行動分析では、効用関数に用いられる説明変数には、定量的に観測することが容易な旅行時間、旅行費用、乗り換え回数、意思決定者の社会経済変数などがほとんどであった。しかし、実際意思決定にはこれらの客観的要因のほかに、時間信頼性、快適性、利便性、安全性、イメージなどの要因が関与していると考えられており、森川、佐々木⁹⁾は、多指標多因子モデルを提案している。

金沢都市圏に LRT を導入した場合について、中井ら⁴⁾の研究がある。これは午前 6 時～8 時について、時間帯別均衡配分モデルを用い、LRT 導入前後の交通分担率を明らかにしたものである。LRT を導入することで、渋滞が緩和されることや、旅行時間の短縮、安定化が図られることが示されている。

LRT 化の計画案実施の需要予測や費用対効果の分析については、溝上ら⁹⁾の研究がある。まず、対象地域に公共交通の利用実態と意識に関する調査を行い、利用意向を調べた。その調査データより、通勤通学目的と私用目的に分類し、パラメータ推定を行っている。また、交通ネットワークへの配分を行い、現況再現性の検証では高いという結果が得られている。その後の費用対効果分析からも、社会経済的に見て効率的な事業であるとの評価がなされている。

矢部ら⁹⁾の研究は、BRT 評価の指標について述べている。BRT は軌道系交通機関に比べて安価なコストでの運用が可能であり、導入を検討する場合に、バス路線の再編や乗継システムがうまく機能しない場合には BRT の方が効果的といえる。交通計画策定の際に参考となる、評価のためのパフォーマンス指標の体系化の例を示している。

LRT 導入に関してこれまで数多の^{7,8,9)}研究がなされている。また、金沢都市圏を対象とした新型路面電車の導入についても、配分モデルを用いた分担率の研究が行われている。本研究ではより詳細に導入計画を検討するために、パーソントリップ調査のデータを用いて、非集計ロジットモデルを構築することで、交通行動特性や多様な条件での交通機関選択について記述することが可能となる。LRT の導入に関して、パーソントリップデータを用いて、金沢都市圏を詳細にゾーニングし、交通行動を定式化している研究は見られなかった。

3. 対象地域

分析の対象地域とした金沢都市圏の概要と、分析で用いる第 4 回金沢都市圏パーソントリップ調査の概要並びに金沢市の新交通導入計画について纏める。

(1) 概要

本研究では金沢都市圏を対象とする。金沢都市圏は石川県のほぼ中央に位置し、県庁所在地である金沢市を中心として、内灘町、津幡町、野々市町(現野々市市)、松任市、鶴来町(いずれも現白山市の一部)の 2 市 4 町で構成されている。平成 22 年度国勢調査の時点での 5 歳以上人口は 65.4 万人、世帯数は約 25 万世帯である。この内、金沢市はかつて中心市街地に路面電車が整備されていたが、徐々に衰退しやがて廃止に至った。しかし近年、少子高齢化の進行や環境問題への対応のため、公共交通の利用に関する施策が検討されている。また、2015 年 3 月 14 日の北陸新幹線開業に伴い、観光客が増加しているので、公共交通機関で市街地に来る人への交通手段の確保を考慮することも必要になってくる。これらを受け、金沢市では LRT(次世代型路面電車)や BRT(バス高速輸送システム)の導入が検討されており、中心市街地の活性化や交通網の充実などを見込んでいる。

(2) 金沢都市圏パーソントリップ調査の概要

金沢都市圏では、昭和 49 年に第 1 回目の調査が行われて以降、第 2 回が昭和 59 年に、第 3 回が平成 7 年に実施された。第 4 回調査は平成 19 年に実施された。各調査での都市圏内人口等の推移を表-1 に示す。また、各調査時点での全目的の交通手段分担率を表-2 に示す。合併により地名が変化している自治体が存在するものの、調査エリアは第 1 回調査から変化していない。表-2 を見ると、自動車の分担率は調査の度に大きくなっている。一方で公共交通機関の分担率は低下し続けている。他の地域の機関分担率と比較すると、自動車分担率は全国平

表-1 各調査回の概要

回数	1	2(秋・冬に分けて実施)		3	4
調査年度	昭和49～52年	昭和59～61年		平成7～9年	平成19～20年
調査エリア	金沢市・松任市・野々市町・津幡町・内灘町・鶴来町	同左		同左	金沢市・白山市(旧松任・鶴来)野々市町・内灘町・津幡町
人口(人)	491,755	586,000		637,455	654,564
世帯数(世帯)	150,677	180,552		227,258	250,573
5歳以上人口(人)	441,729	530,961		604,658	609,368
目標回収数(票)	44,173	47,786	15,929	17,340	15,000
目標抽出率(%)	10	9	3	6.38	6
実質回収数(票)	38,485	40,923	13,841	14,681	16,040
実質回収率(%)	8.7	7.7	2.6	6.6	6.4
総トリップ数(千トリップ/日)	1,272.8	1,540.2		1,583.3	1,570.7

表-2 各調査回での機関分担率

調査回	交通手段分担率(%)				
	鉄道	バス	自動車	二輪車	徒歩
1	2.7	11.2	38.8	10.2	37.2
2	1.8	6.1	43.9	19.6	28.6
3	2.0	5.1	59.2	13.6	20.1
4	1.8	4.6	67.2	10.2	16.1

均の44.7%や地方都市平均の56.4%よりも高い。金沢都市圏の主要な公共交通であるバスに着目すると、全国平均の2.8%よりも高い水準である。都市圏内は、金沢外環状道路の整備や国道8号線、国道159号線のバイパス整備など、郊外を中心に高規格道路が整備され、自動車が走行しやすい環境が整っている。これらの高規格道路の整備により、金沢市内の都心部の混雑の緩和や、マイカー利用の場合の目的地までの所要時間が短縮されるなどの効果が生じている。

第4回調査では都市圏内を142ゾーンに区分する調査ゾーン、70ゾーンに区分する小ゾーン、22ゾーンに区分する中ゾーンの3種類のゾーニングがなされている。ゾーン毎の交通行動の特性を調査すると、都心部と都心周辺部を往来するトリップでは路線バスの分担率が20%以上であることが見てとれた。また、距離帯別の交通機関分担率を算出すると、距離が3～7km前後のトリップは路線バスが、11～15km前後のトリップは鉄道の選択確率が高くなっていることが確認できた。

以上の結果を踏まえると、都心と郊外を往来するトリップでは公共交通の利用が活発であること、移動距離が7～11km程度となるトリップの領域をカバーする公共交通機関が無いことが判明した。よって、LRT導入により、都心と郊外の移動を中心にある程度の利用者数の確保や公共交通が空白となっている距離帯のカバーが可能であることが示唆された。またトリップ目的別の集計によれば、通勤・通学目的のトリップで路線バス分担率が6%程度になっているため、通勤・通学利用者や、例えば新幹線で訪れた観光客などマイカーを利用しない、外部からの来訪者の利用を見込める。

(3) 金沢市における新交通システム導入の動き

先述のように、自動車を利用しやすい都市構造になっているが、金沢市では過度なマイカー利用から脱却し、自動車依存のまちから公共交通を中心としたまちへの移行を試みている。そこで、少子高齢化や環境問題、まちなかの賑わい創出などの観点から公共交通の有効利用が重要であると捉え、平成13年に策定した新金沢市総合交通計画の実現のために平成27年度を目標年次とする新金沢交通戦略¹⁰⁾を策定した。この計画では、金沢市内をまちなかゾーン、内・中環状ゾーン、外環状ゾーン、郊外ゾーンに分け、各ゾーン内での交通施策の検討や、ゾーン間の連携方針を定め、その上で公共交通の利用促進施策や市外との連携について述べている。また、有識者や行政の関係者を中心に構成される”中核都市における新・交通システム研究会”に参画し、新交通システムについての調査、すでに導入している自治体との情報交換などを通じ、市議会等で議論を行っている。この研究会は栃木県、宇都宮市、富山市など、新交通を導入或いは導入を検討している自治体が参加しており、平成28年時点で2県9市が会員となっている。

先の交通戦略では、歩いてまわれる中心市街地を目指し、中心部をトランジットモール化や、都心部への環状バスの導入などが述べられているのみで、新交通システムの導入には深く言及されていなかった。しかし平成28年3月に策定された”第2次金沢交通戦略¹¹⁾”によれば、定時性・速達性・輸送性・景観に優れた輸送機関として都心軸における幹となりうる新交通システムの導入について言及しており、LRTやBRT、AGTについて検討する旨が記されている。背景としては、国が新交通システム導入に対して包括的な支援制度を確立し、新交通システム導入の機運が高まっていることがある。導入にあたっては、車線数削減に伴う自動車流入抑制策や交通処理の方法、市民の合意形成などを解決し、具体的な計画を策定する必要があると述べている。

4. 交通行動分析

これまで述べてきたように、金沢市では新交通システムの導入の機運が高まっている。本研究では、導入の効果を分析するために交通行動モデルを用いる。また、利用促進のための各種施策のシミュレーションも行う。

(1) データセット作成

本研究で対象とするトリップは全 88445 トリップ中、都市圏内を発着し且つ自動車若しくはバスを利用している 58534 トリップである。パーソントリップ調査では自動車・徒歩・二輪車・バス・鉄道の 5 つの代表的交通手段を設問に設けているが、都市圏内の分担率が比較的高い自動車と、主要な公共交通である路線バスを利用しているトリップのみを対象として、自動車から公共交通への移行を捕捉することを目的とした。分析に当たっては、**図-1**に示したように中ゾーン単位(22 ゾーンに区分するゾーニング)を用いる。図中には、都市圏内の路線バス網も示してある。バス路線は、中心部とそのすぐ外側のゾーンを結ぶ路線の本数が充実している。路線が敷かれていない地域の殆どは山間部である。

説明変数には所要時間と費用を組み込む。この時所要時間はパーソントリップ調査から得られた旅行時間を用いる。また費用は、バスは各ゾーンの可住地面積の重心近傍且つ本数が多いバス停をそのゾーンの代表バス停とし、代表バス停間の運賃を算出した。尚、移動に数時間を要する場合など、バスでの移動が極めて考えにくい OD 間はデータセット上では費用、時間共にじゅうぶん大きい値とし、選択結果に影響を及ぼさないようにした。

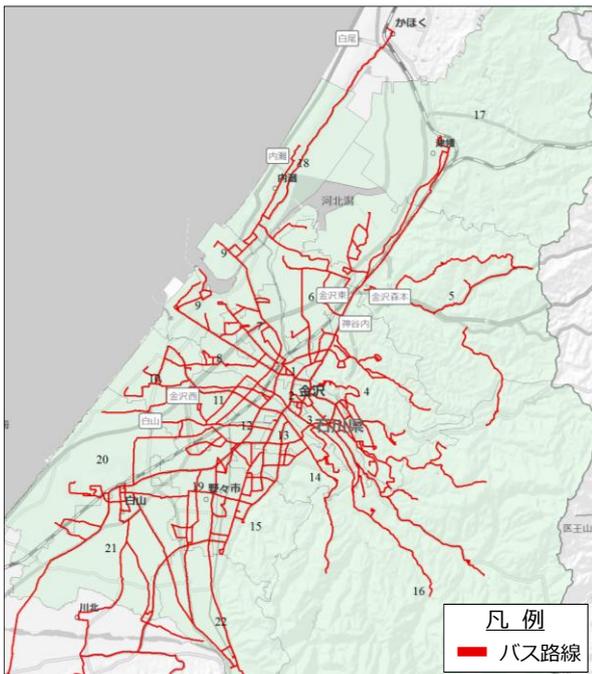


図-1 ゾーン図とバス路線網

自動車の費用については、距離 1km 当たり 20 円とし、トリップ距離に乗ずる形で割付を行った。また、路線バスの分担率が 0 となっている OD ペアは推定の際に除外することも行った。

(2) 交通機関選択モデルの作成

本研究では、自動車と路線バスの 2 項ロジット式を作成する。LOS 変数として所要時間、費用を用いる。前項で述べたデータセットを作成し、推定を行った結果は **表-3**に示すようになった。パラメータベースで時間価値を計算すると、6 円/分となり、地方都市平均である 20 円/分を下回る結果となった。これは自動車交通が主流である事や、自動車利用者が旅行時間の不確実性を念頭に置きながら交通行動を行っているなどの要因が考えられるが、本稿では言及しない。しかしながらパラメータの正負は一般的な感覚と一致している。トリップの目的別で推定を行うと、**表-4**に示す結果を得た。表中のトリップの区分は、通勤、通学、帰宅、業務、私事の 5 種類について、帰宅と業務を除いたものとしている。**表-4**の推定結果を見ると、通学トリップでのパラメータの符号が感覚にそぐわない結果となっている以外は、概ね良好な結果であると言える。

表-3 推定結果(全データ)

説明変数	パラメータ	t値
所要時間	-1.847	-7.563**
費用	-0.301	-27.66**
定数項	1.346	46.07**
初期尤度	-25240.3	
最終尤度	-11392.6	
修正済み決定係数	0.549	
的中率	89.9	
サンプル数	36414	

(t 値 : *は 5%有意, **は 1%有意)

表-4 推定結果(目的別)

説明変数	通勤	通学	私事
所要時間	-2.493	0.911	-3.135
	(-6.015)**	(1.029)	(-4.061)**
費用	-0.476	-0.062	-0.474
	(-22.03)**	(-1.532)	(-13.73)**
定数項	0.336	0.301	1.106
	(4.705)**	(1.643)	(11.53)**
初期尤度	-7366.1		
最終尤度	-3357.6		
修正済み決定係数	0.544		
的中率	88.9		
サンプル数	10628		

(括弧内は t 値で、*は 5%有意, **は 1%有意)

次に、説明変数に待ち時間を加えた場合の推定結果を表-5に示す。待ち時間は、ゾーンの代表バス停間の運行頻度から期待値を算出し、その値を推定に用いた。

(3) 施策シミュレーション

都市圏内全 22 ゾーンの内、金沢市が導入を計画している区間について考える。計画路線とゾーン番号を対応すると、ゾーン 1,2,3,4,7,13 に跨って計画されている。よって、これらのゾーンを発着、或いは通過するトリップについては LRT を利用するものとし、また先のゾーンの路線バスは全て LRT に置換されたものと仮定を置く。置換の際に、LRT の表定速度は 10km/h と設定し、所要時間等の割付を行った。以上の仮定を踏まえ、前項で作成した 2 項ロジット式を用いて施策のシミュレーションを行う。LRT が導入された事によって、以下の 3 点の公共交通サービスの改善が図られると仮定し、計算を行った。結果は表-6に示す通りとなった。

- ・ LRT 導入により公共交通の速達性が向上し、所要時間が 3 割短縮される。
- ・ 導入区間について、LRT が車道を走行する事から走行可能車線が減少し、所要時間が 2 倍に増加する。
- ・ 路線バスの運賃は距離帯制であるが、LRT の運賃は 200 円で一律であると仮定する。

表中のトリップ数比は、基準(無施策時)を 1 とした場合に、各種施策を行った結果トリップ数が基準時の何倍になっているかを示す値である。結果を見ると、公共交通の速達性が向上すればトリップ数は 1.2 倍に、運賃が固定されれば 1.33 倍になることが読み取れる。上記の 3 つの内、最も公共交通利用促進に寄与しているのは自動車の所要時間が増大することであった。

表-5 推定結果(待ち時間込み)

説明変数	パラメータ	t値
所要時間	-2.051	-5.434**
費用	0.145	5.865**
待ち時間	-3.668	-15.89**
定数項	1.056	23.43**
初期尤度	-9977.9	
最終尤度	-6189.8	
修正済み決定係数	0.379	
的中率	82.7	
サンプル数	14395	

(t 値：*は 5%有意，**は 1%有意)

表-6 各種施策と分担率

施策	分担率(%)		トリップ数比	
	LRT	自動車	LRT	自動車
基準	29.8	70.2	1	1
公共交通の所要時間が3割減	35.7	64.3	1.2	0.92
自動車の所要時間が2倍	48.4	51.6	1.62	0.74
LRT運賃を200円に固定	39.6	60.4	1.33	0.86

表-7 推定結果(都心部内々トリップのみ)

説明変数	パラメータ	t値
所要時間	-3.461	-9.533**
費用	-0.138	-7.67**
定数項	1.243	29.51**
初期尤度	-9977.9	
最終尤度	-6337.9	
修正済み決定係数	0.36	
的中率	81.2	
サンプル数	14395	

(t 値：*は 5%有意，**は 1%有意)

ここで、利用促進のための施策として、公共交通の運賃が半額になった場合と、都心部に乗り入れる自動車交通に 100 円のロードプライシングを課すことと仮定し、都心部内々のトリップに関してパラメータ推定を行った。結果は表-7に示すようになった。説明変数は所要時間と運賃のみに設定した。

表-7の推定結果について、モデルの感度分析を実施した。その結果、公共交通のトリップ数比を調べたところ、運賃が半額になると公共交通のトリップ数は 1.2 倍に、100 円のロードプライシングを課した場合は 1.1 倍に増加することが分かった。(図-2, 3 参照)

いずれのモデルも、t 値が大きく算出されているため、改善が必要だと思われる。しかしながら、決定係数や的中率を見れば比較的良好な結果であることが推察される。

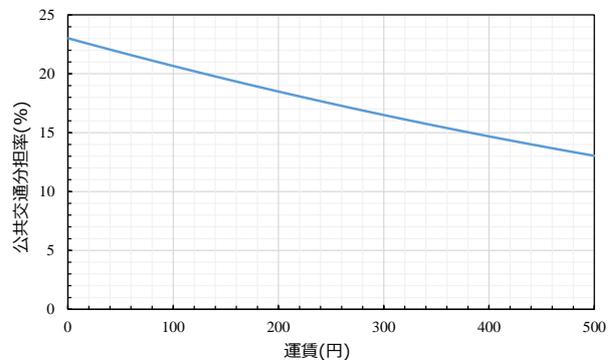


図-2 公共交通の運賃と分担率

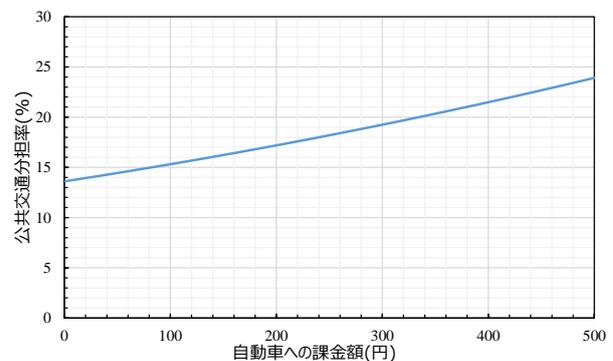


図-3 ロードプライシングの金額と分担率

5. 結論

本研究では、金沢市の中心部に LRT が導入されたものと仮定して各種施策などの検討を行ってきた。また、パーソントリップ調査の結果を用いてロジットモデルの作成を行った。そのパラメータ推定の結果からは、費用に対する感度が低いことが読み取れた。また、LRT 化した場合の交通サービスの改善に伴う公共交通利用者数の予測を見ると、自動車の不効用が大きくなれば大きくなるほど公共交通の利用が増大する結果となった。各種施策のシミュレーションからも、ロードプライシングを 100 円課すだけでも利用が現状よりも 10% ほど増加する事から、速達性や高い時間信頼性、低廉な運賃などの公共交通自体のサービスを向上させることも必要であるが、自動車利用者に対して不効用となる政策も有効であるとの知見が得られた。実際に導入を検討する場合には、現状の交通体系を大きく転換させる必要が生じる。いずれにせよ、本研究からは LRT 導入に伴って都市圏の交通行動が大きく変化する事が示唆された。

6. 今後の課題

パラメータ推定について、全体的に t 値が大きな値となり、モデルとしては疑問が生じる結果となった。そのため、説明変数を増やしたり、トリップ目的などのセグメントに分割して推定を行うなど、モデリングにおける工夫が要される。また、アンケート調査や SP 調査など、市民に対する実態調査も行う必要がある。

参考文献

- 1) 高山純一, 塩土圭介: 公共交通計画から見た通勤者の交通手段変更の実態に関する研究, 土木計画学研究・論文集, vol.15, pp.518-525, 1998
- 2) 遠藤玲, 中川義也, 荻田聡, 中村文彦: 交通手段固定層類型別手段選択モデル適用によるバス利用促進施策の評価, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, No.13, pp.657-665, 2004
- 3) 森川高行・佐々木邦明: 主観的要因を考慮した非集計離散型選択モデル, 土木学会論文集, No470, IV-20, pp115-124, 1993
- 4) 中井淳弥, 中山晶一郎, 高山純一, 長尾一輝: 道路旅行時間の不確実性を考慮した時間帯別均衡配分モデル及びその金沢都市圏における LRT 導入計画への適用, 土木計画学研究・論文集 Vol.67, No.5, pp. 465-472, 2011
- 5) 溝上章志, 橋内次郎, 斎藤雄二郎: 熊本電鉄の都心乗り入れと LRT 化計画案実施に伴う利用需要予測, および費用対効果の実証分析, 土木学会論文集 D, Vol63, No.1, pp.1-13, 2007
- 6) 矢部努, 中村文彦, 岡村敏之: BRT 評価のためのパフォーマンス指標の体系化に関する考察, 土木計画学研究講演集, 2005,
- 7) 水野絵夢, 古池弘隆, 森本章倫, 藤井聡: LRT の導入が高齢者の交通行動に及ぼす影響に関する意向データ分析. 土木計画学研究・論文集, 23, 687-692.2006
- 8) 松中亮治, 谷口守, 児玉雅則: LRT 整備の有無による交通機関選択意識に関する都市間比較. 土木計画学研究・論文集, 24, 645-651.2007
- 9) 金森亮, 森川高行, 倉内慎也: LRT 導入が中心市街地活性化に及ぼす影響分析. 都市計画論文集, 45, 853-858.2010
- 10) 金沢市: 新金沢交通戦略, <http://www4.city.kanazawa.lg.jp/11031/keikaku/shinsenryaku/sinsenryaku.html>(2017.04.15閲覧)
- 11) 金沢市: 第二次金沢交通戦略, <https://digilib.city.kanazawa.ishikawa.jp/doc/49/>, (2017.04.15閲覧)

(2017.? 受付)

ANALYSIS ON THE CHANGES IN TRAVEL BEHAVIOR IN URBAN AREA BY LRT IMPROVEMENT ~FOR KANAZAWA URBAN AREA~

Kosuke KOIKE, Saki YAMAMOTO, Shoichiro NAKAYAMA, Jun-ichi TAKAYAMA
and Makoto FUJII