

研究助成実施報告書

助成実施年度	2016 年度（平成 28 年度）
研究課題（タイトル）	LRT・BRT 整備による都市内人口分布の変化を考慮した費用便益分析手法の開発
研究者名※	佐藤 徹治
所属組織※	千葉工業大学 創造工学部 都市環境工学科 教授
研究種別	研究助成
研究分野	都市交通システム、エネルギー計画
助成金額	100 万円
概要	LRT・BRT の違いを踏まえたこれらの整備による都市内人口分布への将来時系列の影響の分析手法、それと理論整合的な便益計測手法、費用便益分析手法を開発した。さらに、群馬県前橋市における実証モデルを構築し、2020 年における仮想的な LRT 整備・BRT 整備による 2040 年までの人口分布への影響、帰着便益の分布、都市全体の便益の比較を行った。分析の結果、LRT 整備の便益は BRT 整備の便益を概ねすべてのゾーンで上回ること、LRT 整備、BRT 整備のケースともに沿線ゾーン以外においては整備がない場合と比較して人口は減少するものの正の帰着便益が生じることなどが示唆された。
発表論文等	

※研究者名、所属組織は申請当時の名称となります。

（ ）は、報告書提出時所属先。

1. 研究の目的

(注) 必要なページ数をご使用ください。

世界の多くの都市で、交通渋滞緩和とそれに伴う環境負荷の軽減、交通弱者に移動手段を提供することによる移動の公平性の確保等を目的として、LRT (Light Rail Transit : 次世代型路面電車システム) や BRT (Bus Rapid Transit : バス高速輸送システム) の導入が進んでいる。LRT は道路上に敷かれたレールの上に低床式の路面電車が走るもので、BRT は一般的には連節バスとバス専用道またはバスレーン等を組み合わせたバスシステムのことを指す。LRT は、BRT と比較すると、乗り心地が良い、まちのシンボルになる等の利点がある。一方、BRT は LRT よりも整備費が安価で、ルート変更・停留所の新設が容易である。

新たな都市交通として LRT や BRT を導入すべきかどうか、あるいは LRT、BRT のどちらを導入するかを判断する際には、将来に渡る社会的便益と費用の割引現在価値を比較する費用便益分析が有用である。LRT や BRT の整備は、通常は都市の中心鉄道駅や中心市街地を起点として行われることから、個人、特に地方都市においては交通弱者の通勤・通学、私事・買い物時の利便性を大きく向上させる可能性が高い。このため、これらの整備は家計の立地選択 (転居時の転居先地域選択) に大きな影響を及ぼすと考えられる。すなわち、LRT や BRT が整備された場合、長期的には都市内の人口分布が大きく変化することが想定され、この結果需要が変化し便益も影響を受けると考えられる。しかし、鉄道プロジェクトの評価手法マニュアルでは、整備有無のそれぞれの状況における需要を推計し費用便益分析を行うべきとされているものの人口分布の変化の推計手法に関する記述はみられない。

そこで、本研究は、LRT、BRT の整備が、それぞれ将来長期にわたる都市内人口分布に及ぼす影響を推計し、その結果を考慮した費用便益分析手法を開発することを目的とした。

2. 研究の経過

(注) 必要なページ数をご使用ください。

まず、LRT が BRT と比較して乗り心地が良い等、両者の効用にもたらす所要時間以外の違いを考慮して、これらの整備が都市内人口分布にもたらす時系列の影響を分析可能なモデルを検討した。モデルの検討に際しては、既往研究における立地均衡モデル、応用都市経済モデルを十分にレビューした上で、それらを参考にするとともに、時系列の分析が可能なモデルへの拡張、LRT と BRT の違いを踏まえた効用関数の定式化を行った。さらに、同モデルと理論整合的な便益計測手法、費用便益分析手法を検討した。

次に、実際の都市を対象に、都市内人口分布推計モデルの実証モデルを構築した。対象都市として、現時点で LRT や BRT の路線がなく将来的に新規整備の可能性があると考えられる群馬県前橋市を選定した。実証モデルの構築にあたっては、前橋市在住の世帯主を対象とする 2 回の WEB アンケート調査 (回収数 300) を実施した。1 回目はモデル中の部分効用関数の説明変数の選定のため、2 回目は市内転居世帯比率の把握と部分効用関数のパラメータ推定のために実施した。

続いて、前橋市において LRT、BRT の新規路線整備を仮定し、構築した実証モデルを用いて、LRT が整備された場合、BRT が整備された場合、いずれも整備されない場合の 2040 年までの人口分布推計を行った。さらに、人口分布推計結果と便益計測手法から、帰着便益の分布、総便益の算定を行い、LRT 整備、BRT 整備による影響・便益の違いを比較した。

3. 研究の成果

(注) 必要なページ数をご使用ください。

LRT 整備、BRT 整備が家計の効用に及ぼす影響の違いを考慮した時系列の都市内人口分布推計モデルを開発することができた。モデルの全体フローは図-1 に示すとおりである。また、LRT 整備、BRT 整備による影響の違いを考慮した家計の部分効用関数を以下に示す。

$$V_{ik}^t = a_k \cdot \ln(I_{ik}^t) + b_k \cdot \ln(r_{ik}^t) + c_k \cdot DR_{ik}^t + d_k \cdot DB_{ik}^t + \mathbf{e}_k^T \mathbf{Z}_{ik}^t$$

ここで、下添字 i は地域、 k は住宅タイプ（戸建て持ち家、集合住宅賃貸など）、 t は年度、 V は部分効用、 I は所得、 r は地代（賃貸住宅の場合は家賃）、 DR は鉄道・LRT ダミー（自宅から最寄りの公共交通機関が鉄道または LRT の場合に 1、その他の場合に 0）、 DB はバスダミー（最寄りの公共交通機関がバスの場合に 1、その他の場合に 0）、 $\mathbf{Z}$ は所得、地代・家賃、鉄道・LRT、バス以外の効用の要素ベクトルを表す。 $a \sim d$ はパラメータ、 $\mathbf{e}^T$ は所得、地代・家賃、鉄道・LRT、バス以外の効用の要素のパラメータの転置行列である。LRT が新たに整備され、最寄りの公共交通機関が LRT になった場合には、鉄道・LRT ダミーが 1、バスダミーが 0 となる。BRT が最寄りの公共交通機関になった場合には、両ダミーともに 0 となる。

また、人口分布推計の結果と理論整合的な帰着便益計測手法、費用便益分析手法を構築することができた。LRT や BRT の整備による各家計の便益は、等価的偏差 EV (Equivalent Variation) の定義式と整備有無の状況における部分効用を用いて、下式で表現される。ここで、with は LRT・BRT を整備した状況、out は整備なしの状況を表す。

$$EV_{ik}^t = \frac{V_{ik,with}^t - V_{ik,out}^t}{V_{ik,out}^t} I_i^t$$

各ゾーンに帰着する便益は、各家計の便益にその期のゾーン内家計数を乗じるにより求められる。さらに、対象圏域全体の便益は各ゾーンへの帰着便益を合計することにより求められる。

前橋市を対象とする実証モデルにおいては、分析対象圏域は前橋市内の市街化区域うち住宅地・床が供給可能な地域、ゾーン区分は世界測地系 500m メッシュとした。対象圏域のゾーン総数は 178 である。

部分効用関数における所得、地代・家賃、鉄道・LRT、バス以外の効用の要素として、LRT や BRT の新規整備は居住地から都心部までの所要時間を短縮させると考えられることから、「自宅から最寄りの公共交通の駅・停留所までの所要時間（徒歩）」、「最寄りの公共交通の駅・停留所か

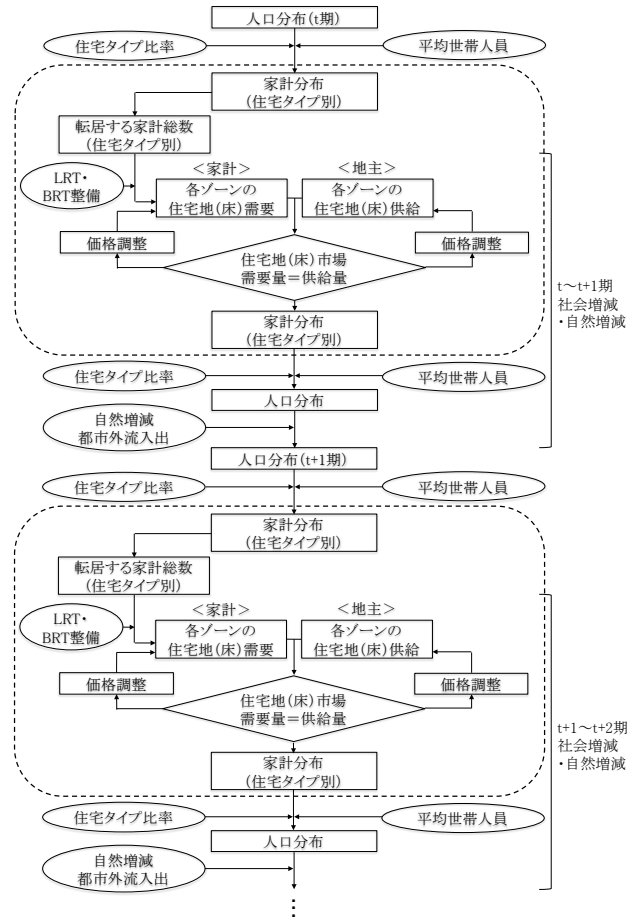


図-1 都市内人口分布推計モデル全体フロー

ら JR 前橋駅までの所要時間（乗り換え時間を含む）」を選定した。加えて、1 回目のアンケート調査結果から、「自宅から小学校までの所要時間（徒歩）」、「自宅から町医者・クリニックまでの所要時間（徒歩）」、「河川氾濫による想定最大浸水深」、「土砂災害リスクの有無」を選定した。

部分効用関数のパラメータ推定は、L18 ($2^1 \times 3^7$) 型直交表に基づく 2 回目のアンケート調査およびコンジョイント法により行った。この方法は、8 項目の水準（1 項目は 2 水準、残り 7 項目は 3 水準）を仮定した仮想的な 18 の対象について回答者に 5 段階評価をしていただき、その個票データを用いて最小二乗法によりパラメータ推定を行うものである。2 回目のアンケート調査票（住宅タイプが戸建て持ち家の例）を表-1、部分効用関数のパラメータ推定結果を表-2 に示す。

表-1 アンケート調査票（戸建て持ち家の例） 表-2 部分効用関数のパラメータ推定結果

									戸建て持ち家	集合住宅賃貸		
1㎡あたり 地価	最寄りの 公共交通 機関の 種類	自宅から 最寄りの 公共交通機関 の駅・停留所 までの 所要時間 (徒歩)	最寄りの 駅・停留所 からJR前橋駅 までの 所要時間 (乗換時間 を含む)	自宅から 小学校 までの 所要時間 (徒歩)	自宅から 町医者・ クリニック までの 所要時間 (徒歩)	河川氾濫 による 想定最大 浸水深	土砂災害 リスク		ln (所得)	0.001 (0.022)	0.001 (0.024)	
1	5.4万円	LRT・鉄道	5分	10分	6分	5分	0m	なし	ln (地価・家賃)	-1.095 (-5.054**)	-0.431 (-3.724**)	
2	6.2万円	BRT	5分	15分	14分	10分	0.5m	なし	LRT・鉄道ダミー	0.050 (0.888)	0.131 (1.736*)	
3	7.0万円	バス	5分	20分	22分	15分	2m	なし	BRTダミー	-0.102 (-1.803*)	-0.370 (-1.162)	
4	7.0万円	LRT・鉄道	15分	10分	14分	10分	2m	なし	最寄り駅・停留所から JR前橋駅までの所要時間	-0.017 (-3.042**)	-0.023 (-2.664**)	
5	5.4万円	BRT	15分	15分	22分	15分	0m	なし	ln(所要時間)			
6	6.2万円	バス	15分	20分	6分	5分	0.5m	なし	（自宅から	鉄道駅・停留所	-0.390 (-11.410**)	-0.486 (-9.220**)
7	7.0万円	BRT	25分	10分	6分	15分	0.5m	なし	小学校	-0.155 (-3.638**)	-0.043 (-0.655)	
8	5.4万円	バス	25分	15分	14分	5分	2m	なし	徒歩)	町医者・クリニック	-0.155 (-2.621**)	-0.101 (-1.291)
9	6.2万円	LRT・鉄道	25分	20分	22分	10分	0m	なし	土砂災害リスク	-0.489 (0.046)	-0.321 (-4.531**)	
10	5.4万円	バス	5分	10分	22分	10分	0.5m	あり	想定最大浸水深	-0.162 (0.027)	-0.089 (-2.144*)	
11	6.2万円	LRT・鉄道	5分	15分	6分	15分	2m	あり	60代以上ダミー	0.107 (0.084)	0.401 (3.618**)	
12	7.0万円	BRT	5分	20分	14分	5分	0m	あり	定数項	6.809 (14.097**)	5.131 (10.742**)	
13	6.2万円	BRT	15分	10分	22分	5分	2m	あり				
14	7.0万円	バス	15分	15分	6分	10分	0m	あり				
15	5.4万円	LRT・鉄道	15分	20分	14分	15分	0.5m	あり				
16	6.2万円	バス	25分	10分	14分	15分	0m	あり				
17	7.0万円	LRT・鉄道	25分	15分	22分	5分	0.5m	あり				
18	5.4万円	BRT	25分	20分	6分	10分	2m	あり				

注) () 内は t 値を表す。**, *はそれぞれ1%水準、

注) 5段階評価の回答欄は割愛。

注) () 内は t 値を表す。**, *はそれぞれ1%水準、5%水準で有意であることを示す。

前橋市における新規路線のルートは、LRT・BRT 共通とし、JR 前橋駅前から上毛電鉄中央前橋駅前を経由し、国道 17 号線を直進し、関根団地付近までを結ぶ路線とした。また、停留所は 500m に 1 箇所程度の設置とした。加えて、LRT 整備の場合には、LRT 車両の上毛電鉄乗り入れ・直通運転、すなわち上毛電鉄の LRT 化を仮定した。なお、新たな LRT または BRT は、2020 年に供用開始されることとした。1 期を 5 年間とし、パラメータ設定された都市内人口分布推計モデルを用いて、新たな公共交通整備がない場合、LRT が整備された場合、BRT が整備された場合それぞれについて、2040 年までの都市内人口分布の推計を行った。図-2 に、LRT を整備した場合、BRT を整備した場合の 2040 年における各ゾーンの人口の新たな公共交通を整備しない場合と比較しての増減率を示す。

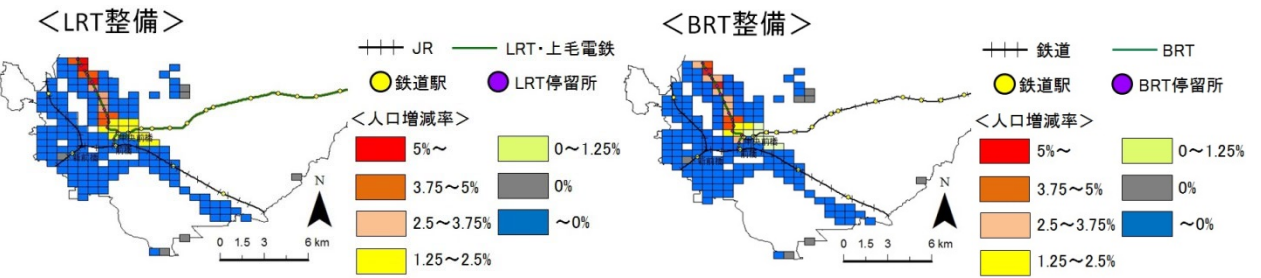


図-2 LRT・BRT 整備による人口増減率（2040 年）

人口分布推計結果と帰着便益計測手法から算定した 2040 年の帰着便益の分布を図-3、新設路線沿線、上毛電鉄沿線、その他のゾーンおよび対象圏域全体での帰着便益の経年変化を表-3 示す。

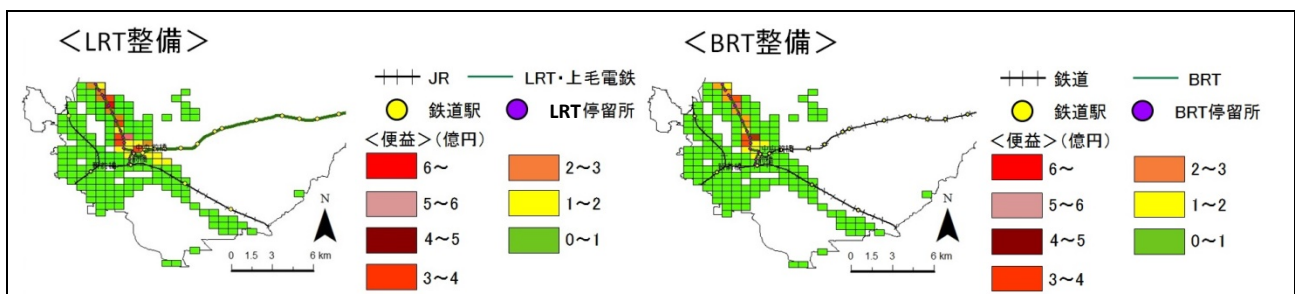


図-3 LRT・BRT 整備による帰着便益の分布（2040 年）

前橋市における実証分析の結果、LRT、BRT を新規に整備した場合、新規路線沿線では整備がない場合と比較して人口が増加し正の帰着便益が生じること、沿線ゾーン以外においては人口は減少する一方で正の帰着便益が生じること、LRT 整備の便益は BRT 整備の便益を概ねすべてのゾーンで上回ることなどが示唆された。

表-3 LRT 整備・BRT 整備による帰着便益の経年変化

単位：億円

		2025	2030	2035	2040
L R T 整 備	LRT・BRT沿線ゾーン計	46.84	46.76	46.01	44.22
	上毛電鉄沿線ゾーン計	20.85	20.70	20.29	19.57
	その他のゾーン計	3.62	3.27	3.28	3.23
	対象圏域計	71.31	70.73	69.57	67.02
B R T 整 備	LRT・BRT沿線ゾーン計	42.29	42.18	41.61	40.37
	上毛電鉄沿線ゾーン計	10.95	10.83	10.63	10.29
	その他のゾーン計	2.65	2.54	2.54	2.51
	対象圏域計	55.89	55.55	54.78	53.17

4. 今後の課題

（注）必要なページ数をご使用ください。

本研究課題の成果を踏まえた今後の課題を以下に列举する。

○都市内人口分布推計モデルに関する今後の課題

- ・各住宅タイプの土地（床）市場間のインタラクションの考慮
- ・将来の所得の変化やゾーン別の所得階層の違いの考慮
- ・LRT 整備・BRT 整備が転居家計比率に及ぼす影響の考慮

○実証分析に関する今後の課題

- ・市街化調整区域、近隣市町村を含む都市圏全体を対象圏域とする人口分布推計モデルの構築
- ・家計に帰着する便益以外の便益計測
- ・費用便益分析の実施