

東京大学公共政策大学院 2013 年度冬学期

「公共政策の経済評価」

政策分析レポート

## 新潟市 BRT 導入事業に関する 費用便益分析

2 班

経済政策コース 1 年	叶舒	(51-138056)
経済政策コース 1 年	岡本将寛	(51-138058)
経済政策コース 1 年	鈴木葵	(51-138065)
経済政策コース 1 年	前田尚吾	(51-138072)
経済政策コース 1 年	山内裕夏	(51-138077)

## 要旨

本稿は地方都市における効率的な都市内交通システムとしての BRT 導入に係る費用便益分析結果をまとめたものである。地域公共交通の衰退と自動車への過大な依存が進む地方都市において、自動車に代わる利便性の高い公共交通機関は交通弱者のモビリティ確保、過密な域内交通の緩和、さらには環境への配慮として二酸化炭素排出量削減の観点からも全国的に期待されるものである。しかしながらモノレールや LRT といった都市内交通システムはその設置に莫大な費用が生じるため、少子高齢化が急速に進む地方都市においては現実的に可能な施策ではない。本稿ではそれらの交通機関より安価に導入できる公共交通機関である BRT を取り上げ、実際にその導入を目指す新潟市を事例として費用便益分析を行った。分析にあたっては便益として利用者便益と供給者便益ならびに外部性の変化をあげ、その際に用いる各年の利用者数は第 3 回新潟都市圏パーソントリップ調査における交通手段別・目的別集計 OD データを用いた四段階推定法によって推計した。また、四段階推定法において設定した予測モデルでのパラメータを用いて感度分析を行った。需要予測に基づく費用便益分析により純便益は負と推計され、新潟市の BRT 導入は正当化されないことが明らかになった。これは新潟市の持続的な人口減少による潜在的利用者の減少ならびに自動車利用からの公共交通利用への移動が小さいことによるものであり、特に後者については現況の公共交通体系と比して BRT 導入時の公共交通体系の利便性向上がさほど見られなかったことによるものである。また LRT やモノレールより安価であるとはいえ、BRT の専用走行路設置や乗換結節点などといったインフラの整備に莫大な費用がかかることも純便益を負とする要因として挙げられる。こうした結果は BRT の導入のなかでもインフラ整備がそれによる利便性の向上に比して過剰であることを示すものであり、インフラ部分の簡略化が事業実施に際して求められることを示唆する。またこの点に加えて、インフラに頼らない利便性の向上や都市中心部の人口減少緩和を政策提言としてまとめている。

## 目次

要旨.....	ii
序章.....	1
1.1. 新潟市内の交通の現状.....	2
1.2. BRT 導入事業の概要.....	2
1.3. 研究の意義.....	6
2. 費用便益分析に係る諸項目.....	7
2.1. 分析枠組み.....	7
2.2. 費用便益項目.....	8
2.3. 基準年度・社会的割引率・評価期間等.....	9
3. 需要予測.....	10
3.1 四段階推定法と本稿における枠組みに関して.....	10
3.2 発生・集中交通量予測.....	11
3.3 分布交通量予測.....	17
3.4 機関分担率予測.....	23
4. 便益の推計結果.....	30
4.1. 利用者便益.....	30
4.2. 供給者便益.....	31
4.3. 外部性の変化.....	32
5. 費用の推計結果.....	33
5.1. 推計方法.....	33
5.2. 費用項目一覧、及び使用データ.....	33
5.3. 推計結果、考察.....	35
6. 結果及び考察.....	36
6.1. 分析結果.....	36
6.2. 考察.....	37
6.3. 施策提言.....	39
7. 結論.....	41
7.1. 本研究のまとめ.....	41
7.2. 今後の研究課題.....	41
参考文献.....	44

## 序章

地方都市における急速な少子高齢化ならびにモータリゼーションの進展の結果、都市内交通、特にバス事業の衰退が著しい。その実、高齢者や学生といった交通弱者のモビリティを確保するために、たとえ利用者数が少なくとも運行しなければならないといった社会的要請の下では事業の採算性の低下は免れず、翻って地域公共交通の持続可能性を毀損する結果となっている。一方で、自動車の多大な利用が域内交通の過密化を進めていることから、自動車に代わりうる利便性の高い公共交通機関が期待されているともいえる。

こうした中で、効率的な都市内交通の一形態として **BRT (Bus Rapid Transit)** が注目されている。**BRT** は従来の路線バスと同様の費用構造を持ちながらも、専用レーンや他交通手段との結節点の整備によって高密度かつ高速度な輸送サービスを提供できることから、特に交通過密な都市中心部において従来の過剰なバスサービスを緩和し、公共交通機関の効率化を実現できると期待されている。今回取り上げる新潟市においては、郊外へ向かう膨大な数のバス路線を都心部において **BRT** に集約させ、交通結節点で放射的にバス路線網を構築する点においてバス路線の効率化と渋滞の緩和を期待するものである。しかしながら **BRT** の整備には、**LRT (Light Rail Transit)** やモノレールよりも安価であるとはいえ、交通結節点などのインフラ部分も含めれば数十億円の初期費用がかかると見込まれる。また、都市中心部での専用レーンの設置は交通容量を縮小させることから、かえって渋滞を悪化させるケースも十分に考えられる。実際に、市民からも疑問の声があがっている。

これらの点をふまえ、新潟市において **BRT** を導入するべきかどうかを判断する一つの指標として費用便益分析を行い、効率性の観点から事業の是非を検討することが必要だと考える。

以下、第1章では研究の背景について、新潟市の現状とともに見ていくこととする。続いて、第2章で分析枠組およびそこで生じる便益と費用の項目を参照した後、**BRT** 導入前後における需要予測についての詳細を第3章で説明することとする。続く第4章、第5章では、先に挙げた便益および費用の推計を算定する。そして、第6章では、本分析の考察を行い、最終的な提言を行うものである。結びとなる第7章では、本研究のまとめ及び今後の課題について言及する。

## 1. 研究の背景

新潟市の BRT 事業の費用便益分析を行うにあたって、本章では本研究の背景について整理を行う。まず、新潟市における交通利用の現状に関して概観したのち、BRT 導入事業についての詳細を見ていく。終わりに、本研究の意義について言及することとする。

### 1.1. 新潟市内の交通の現状

新潟市は、本州日本海側唯一の政令指定都市であり、人口 81 万人を有する拠点都市である。しかし、低炭素社会という観点から見ると、県庁所在地では 1 人あたり二酸化炭素排出量が全国的に見て多いという課題を抱えており、その原因は代表交通手段分担率において約 70%が自動車であるという、過度な自動車依存にあると考えられる。

一方で、新潟市の公共交通の現状に着目すると、自動車依存が進んだために、公共交通の利用者が減少し続け、公共交通のサービス水準の低下につながり、さらに利用者が低下するという負の連鎖が起こっている。バス利用者数は平成 12 年から平成 22 年までの 10 年間で約 40%減少しており、バスの運行便数は平成 13 年から平成 24 年までで約 20%減少している。さらに、新潟市の都心部における基幹公共交通軸のバス路線は非効率を生じており、バスの団子運転やバス路線の複雑化、乗車率の低下を引き起こしている。高齢化が進む新潟市において、以上のような問題は今後さらに深刻さを増すと考えられる。この状況から脱し、自動車に過度な依存をしない、超高齢化社会に対応した持続可能な社会を築いていくために、交通システムの改善が急務となっている。

図 1 非効率なバス路線の現状



新潟市(2012)より引用

### 1.2. BRT 導入事業の概要

上述の課題に対応して、新潟市は BRT を導入することを公表した。

BRT とは、「専用走行空間を有し、一般自動車と共存して運行する、通常の路線バスよりも高速に運行し、都市あるいは都市圏内の幹線的な交通システムの役割を担うバスシステム」のことを指す。前述の通り、従来の路線バスと同様の費用構造を持ちながらも、専用レーンや他交通手段との結節点の整備によって高密度かつ高速度な輸送サービスを提供できることから、特に交通過密な都市中心部において従来の過剰なバスサービスを緩和し、

公共交通機関の効率化を実現できると言われている。新潟市は、第1節で述べた問題点に対応して検討委員会を設置し、LRT や小型モノレールとの比較検討を経て、BRT の導入を提言した。

導入については、第1期及び第2期計画を通じて段階的に行っていく方針である。まず、第1期導入区間として「新潟駅 - 古町 - 市役所 - 白山駅 - 西区青山間」を設定し、平成26年度中に運行を開始する運びとなっている。うち新潟駅から古町までの走行空間は、走行性やわかりやすさ、将来的なLRT 移行の可能性等を考慮して、道路中央部における専用走行路の配置を目指すものである。続く第2期導入区間は「新潟駅 - 長潟 - スポーツ公園 - 新潟市民病院間」を予定しており、当面は「新潟駅付近連続立体交差事業」完了後の平成34年度以降に運行を開始することを目標として、整備計画を進める方針が示されている。

図2 BRT 導入後のイメージ図



新潟市(2012)より引用

表1 新バスシステム導入の今後の進め方「段階的な取り組み」

- 1) 第1期暫定型（平成26年度末）
  - ・ BRT の開業（連節バス：4台購入／走行空間：現行通り／情報案内システム導入／新潟駅・市役所等の交通結節点整備など）
  - ・ バス路線再編の開始
- 2) 第1期完成型（平成31年度頃※を目標）に向けて
  - ※ 暫定開業後の交通流動の変化や関係機関との調整状況に応じて、完成時期は前後する可能性がある
  - ・ 道路中央部の専用走行路によるBRT 本格運行
  - ・ 第2期に向けた取り組みの段階的な推進
  - ・ 区の実情に合った地域内交通の実現への取り組み実施
- 3) 第2期（平成34年度を目標）に向けて

- ・ 新潟駅高架下交通広場の完成による基幹公共交通軸の南北一体化
- ・ LRT への移行について、社会環境を十分に考慮し、判断する。

新潟市(2013)より作成

なお、導入区間については、図 3 の通りである。

図 3 BRT 導入区間



新潟市(2013)より引用

事業は公設民営方式で行なわれ、新潟市等の公的機関が車両・走行空間・BRT 駅等を整備及び所有し、運行事業者である新潟交通株式会社は運行・維持管理・車両基地の空間確保などを行うこととする。

続いて、走行空間について参照する。図 4 にある通り、現状では一部の時間帯においてバスレーンを利用している。BRT 導入に伴って、第 1 期導入区間の完成型においては専用走行路を設置することを目指している。専用走行路を利用することによって、バス路線を効率化して遅延や団子運転などのない、快適な BRT の運行が可能となる。

図 4 BRT の走行空間



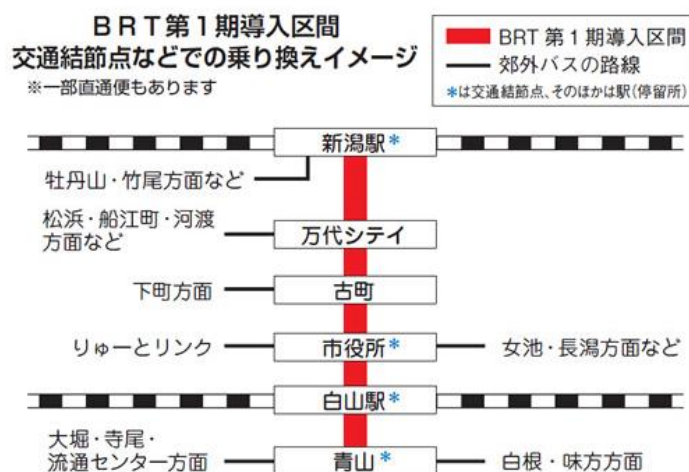
現在のバスレーンを走行

専用走行路の設置へ

新潟市(2013)より引用

さらに、BRT の効率的な運用のために、交通結節点及び情報システムが導入される。交通結節点とは、バスの他に電車やタクシー、自動車や自転車といった様々な交通手段の接続が行われる乗り換え拠点のことである。BRT 第 1 期導入区間においては、新潟駅万代広場、市役所前、白山駅駅前広場、青山地区に結節点が整備される。電車との接続を新潟駅と白山駅で、バス同士の接続を主に市役所前と青山地区において行う。そこでは、待ち合い場所をもうけると共に情報案内板を設置してバスの接近情報及び出発時刻を提供する他、移動距離をできる限り短縮するなど乗り換え時の負担を軽減する配慮が施されている。

図 5 BRT における交通結節点のイメージ

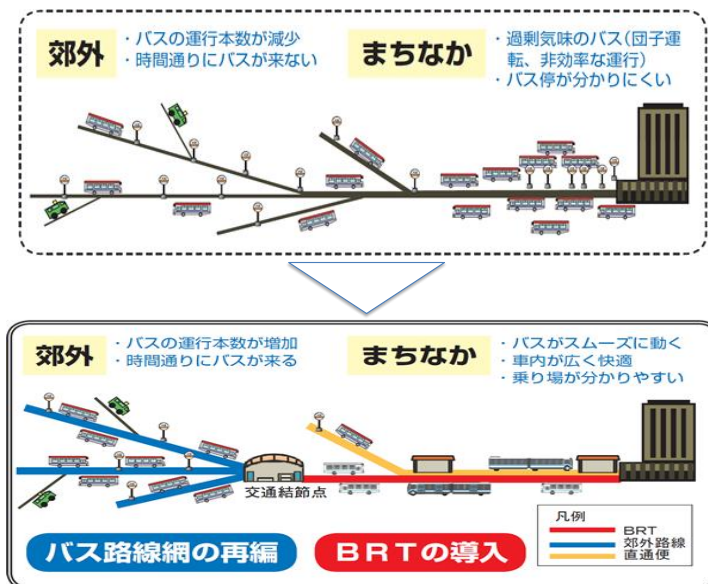


事業は公設民営方式で行なわれ、新潟市等の公的機関が車両・走行空間・BRT 駅等を整備及び所有し、運行事業者である新潟交通株式会社は運行・維持管理・車両基地の空間確保などを行うこととする。



そして、BRT 導入をバス路線の再編とも組み合わせることによって、バス路線の効率化を図ると共に利便性を向上させ、持続可能な新バスシステムを目指していく。

図 6 BRT 導入及びバス路線再編による利便性の向上



新潟市(2013)より引用

### 1.3. 研究の意義

しかし BRT 導入に関して、市民からは疑問の声が挙げられている。本当にメリットが生じるのか、費用がかさむのではないかなど、そもそもの必要性を問うような意見も多く、2013年11月には署名運動も行われた。新潟市は市民説明会を繰り返してはいるが、当初の計画と比較して、導入計画の先延ばしを余儀なくされている。特に第2期計画に関しては、未だあまり見通しを立てられていないのが現状である。

そこで筆者らは、費用便益分析を用いて、新潟市における BRT 導入計画を評価することとした。専用走行路を含めた「BRT を導入することの是非」に着目をするため、第1期計画を主な研究対象としている。次章から、具体的な分析内容及び分析結果を述べる。

## 2. 費用便益分析に係る諸項目

本章では、本稿における費用便益分析について述べる。まず全体の分析枠組みを述べた後、便益と費用のそれぞれの項目を整理する。また、基準年度等の分析の前提条件についても記載する。

### 2.1. 分析枠組み

本分析では、政策を実施しない（Without）ケース、政策を実施するケース（With）ケースを以下の通りに設定し、費用便益分析を行う。

#### With ケース：BRT を導入する（専用走行路を利用）<sup>1</sup>

BRT を導入し、第 1 期計画を実施した場合である。前述の通り、専用島式ホームの設置は行わず、「新潟駅 - 古町」間に専用走行路を設置すると考える。具体的には、2014 年度（平成 26 年度）中に「新潟駅 - 古町 - 市役所 - 白山駅間 - 西区青山」の区間で運行を開始し、段階的に BRT を完全に導入、周辺のバス路線の再編を行うと仮定する。経路は図 3 の「第 1 期導入区間」になる。

図 3 BRT 導入区間



新潟市(2013)より引用

#### Without ケース

BRT を導入せず、他の交通機関も現状のまま運営し続けるというケースである。

<sup>1</sup> 本稿では、BRT 第 1 期のみを取り扱い、分析を行う

## 2.2. 費用便益項目

本分析では、以下の項目を便益・費用として推計する。

### 【便益項目】

#### ① 利用者便益

BRTの導入により、新潟市内の移動時間の短縮が考えられる。移動時間短縮により、特に高齢者の間で利便性が向上することなどが予測される。

#### ② 供給者便益

当該事業者の収益である。新潟交通株式会社の、BRTの運用による収益の増加分などである。

#### ③ 負の外部性の解消

BRTの導入により、バスの路線と頻度及び自動車の利用者数が減少するため、CO<sub>2</sub>排出量が削減されることが予測される。

### 【費用項目】

#### ① 初期費用

走行空間・駅、連結バス、情報案内システム、交通結節点等項目を含む費用である。

#### ② ランニングコスト

人件費、燃料油脂費、車両修繕費、車両償却費、利子等項目を含め、BRTの運営に係る費用である。

表 2 便益項目一覧

便益項目	利用者便益	一般化費用の低下	所要時間短縮
			運行頻度の増加(期待待ち時間の短縮)
	供給者便益	自動車走行経費の削減	
		当該事業者収益の改善	
		補完鉄道路線収益の改善	
	外部性	二酸化炭素排出量の削減	
		道路混雑のコスト低下	
		交通事故減少	

表 3 費用項目一覧

費用項目	初期費用	路面・駅などの整備費用
		連結バス
		情報案内システム
		交通結節点整備費用
	ランニングコスト	維持修繕費
		運営費
		人件費

### 2.3. 基準年度・社会的割引率・評価期間等

分析における基準年度は 2014 年とする。また国土交通省道路局『費用便益分析マニュアル』に基づき、社会的割引率は 4%、評価期間は 2014 年—2040 年の 27 年間とする。<sup>2</sup>

表 4 分析の前提条件

基準年度	2014 年
社会的割引率	4%
評価期間	2014 年～2040 年

<sup>2</sup> なお、評価期間を 27 年間としたのは、費用項目のなかで最もコストの高い連結バスの耐用年数が 13 年であるためである。新潟市(2013)に掲載されている事業方針を参考にすると、2028 年、2041 年、以下 13 年ごとに連結バスを再購入することとなる。そこで、2 回目に連結バスを再購入する直前の 2040 年まで、事業を継続すると仮定した。

### 3. 需要予測

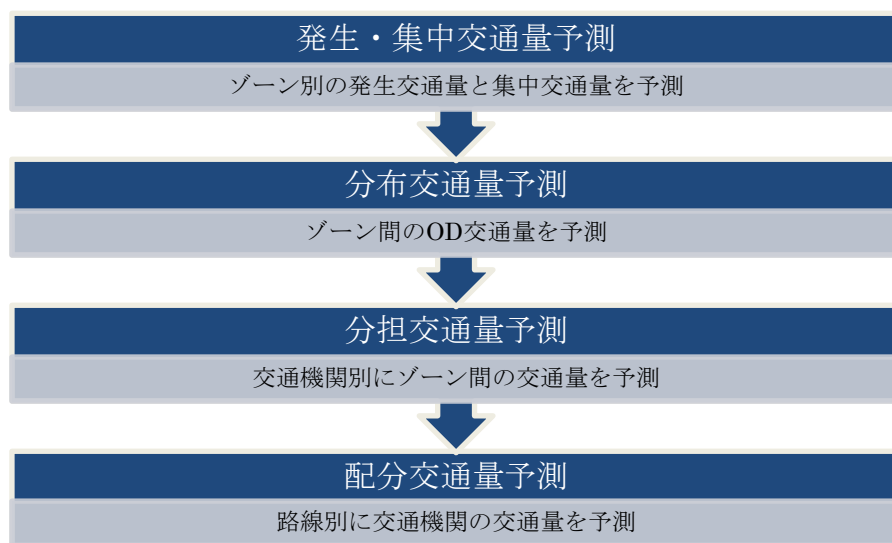
本章では、新潟市の BRT 事業の費用便益分析に係る将来交通需要の予測を目的に、「生成・発生交通量予測」、「分布交通量予測」、「分担交通量予測」、さらに「配分交通量予測」のステップを踏む四段階推定法を用いて将来交通用予測モデルを作成した。本章ではまず四段階推定法の基本的な枠組みと予測のフローを概説したのちに、それぞれの予測段階における詳細なモデルと新潟圏パーソントリップ調査で得られた交通現況に関する種々のデータを用いた予測結果を示す。

#### 3.1 四段階推定法と本稿における枠組みに関して

##### 3.1.1 四段階推定法について

本稿では、国土交通局(2012)と関・佐野・松本・土屋(2007)、北海道庁(2008)を参考として、四段階推定法を用いた。四段階推定法とは交通需要予測において一般的に用いられる実用的な予測手法であり、1950年代にアメリカで開発されたのち日本では1967年の広島都市圏での適用をはじめとして人口30万人以上の56都市圏で適用されてきた。基本的な予測のフローとしては図7の通りである。

図 7 需要予測のフロー



第一段階の「発生・集中交通量予測」では各ゾーンから発生する交通量と各ゾーンに集中する交通量を予測する。ここで「発生交通量」「集中交通量」とは、各個人の一度の移動（トリップ）について「出発」と「到着」に分解したものと理解することができる。第二段階の「分布交通量予測」では第一段階で予測された各ゾーンの発生・集中交通量を用いて、ゾーン間を移動する交通量を予測する。各個人の移動はゾーン内で完結する場合もあるので、その場合のトリップは発生ゾーンと集中ゾーンを同じくする「内々交通量」とし

て別に予測される。対して発生ゾーンと集中ゾーンの異なるトリップは「内外交通量」と呼ばれる。さらに第三段階の「分担交通量予測」においては第二段階の「分布交通量予測」では捨象されていた交通機関別の交通量について、OD ペアごとに予測する。最後に、第四段階の「配分交通量予測」では OD ペア別・交通機関別に予測された交通量を交通ネットワークに割り当てて経路別の交通量を予測するものである。

### 3.1.2 本稿における四段階推定法の枠組みについて

本稿ではこの四段階推定法を適用して将来交通量を予測した。データソースとして平成14年から16年にかけて実施された第3回新潟都市圏パーソントリップ調査における新潟市内居住者による域内閉方トリップ（新潟市内居住者が新潟市内で移動するトリップ）のみを扱うこととした。ただし同調査実施時と現在では市町村合併によって新潟市の範囲が拡大しているため、本稿では現在の BRT 沿線エリアを基準として調査実施時には新潟市でなかったエリアのトリップについても予測の対象としている。

### 3.1.3 ゾーニングとトリップ目的の種類について

パーソントリップ調査で得られたデータは交通量分析のために整理される必要があるが、その際に出発地と目的地といった地理的地点の組み合わせは膨大な数になるために地域特性が同じであるとみなされる地理的範囲は一つの出発地あるいは目的地として考えるのが一般的である。ここで分割された地理的範囲をゾーンと呼び、四段階推定法においては各個人の交通量をゾーンごとに集計されたデータが用いられる。本稿では第3回新潟都市圏パーソントリップ調査でのゾーニングに従って現在の新潟市域のうち中央区、東区、江南区、西区および北区の一部にあたる77ゾーンを予測対象範囲とした。

また交通量予測においては目的別にトリップが集計されることが一般的である。これは交通需要がなんらかの目的を達成するために派生して需要される派生需要であることから、将来の交通量を予測するためには交通を行う目的と関連させて交通を定義するほうが望ましいからである。第3回新潟都市圏パーソントリップ調査においては「通勤」「通学」「業務」「帰宅」「私用」の5目的に分類されて集計されているため、本稿でもそれに倣った5目的での需要予測モデルを作成した。

## 3.2 発生・集中交通量予測

### 3.2.1 予測モデルとその回帰結果

発生・集中交通量の予測モデルは各ゾーンの発生交通量と集中交通量をそのゾーンの地域属性と結びつけて検討を行うものである。発生・集中交通量予測モデルには以下の2つがあげられる。

#### ①原単位法

人口1人当たりや建物床面積当たりのトリップ数を現況データから算出して、ゾーン別

将来人口や将来床面積に乗じて交通量を推計する方法

②回帰モデル法

発生交通量・集中交通量を被説明変数とする需要関数を作成する方法

新潟市の将来の土地利用形態の変化および人口配置の変化を勘案し、本稿では回帰モデル法による検討を進めることとした。具体的には目的変数を現況の目的別・ゾーン別の発生・集中交通量とし、説明変数を同じく現況のゾーン内人口や産業別従業員数などとして決定係数が最も高くなるよう重回帰分析した上で予測モデルを作成する。さらにモデルで用いられる説明変数についてそれぞれ将来値を予測しモデルに代入することで将来の発生交通量ならびに集中交通量を推計した。発生・集中交通量の予測モデルと用いられた変数を表6に示す。

表5 発生・集中交通量予測モデル

			パラメータ						決定係数	
			変数名	25-34	35-64					
発生 モデル	通勤	変数名	25-34	35-64					定数項	0.991
		係数	0.6847	0.6547					-44.514	
		t値	7.4193	19.5772					-1.22248	
	通学	変数名	15-24	5-14					定数項	0.989
		係数	0.8069	0.6196					2.644944	
		t値	19.4221	11.1234					0.14575	
	業務	変数名	建設業	小売卸	公務	教育	製造業		定数項	0.761
		係数	2.8910	1.6190	0.7305	1.0030	0.6473		1098.52	
		t値	4.6820	7.4532	3.4712	2.2760	2.1202		4.260988	
	帰宅	変数名	建設業	小売卸	教育	金融	人口		定数項	0.833
		係数	2.9300	1.7601	2.5697	6.0150	0.3662		792.5891	
		t値	2.9556	4.4829	3.3883	7.4625	7.2959		1.812078	
私用	変数名	小売卸	教育	不動産	35-64			定数項	0.874	
	係数	0.7320	1.0138	10.8447	0.9254			159.6616		
	t値	4.2801	2.6164	5.2559	17.0957			0.71387		
集中 モデル	通勤	変数名	建設業	金融	運輸業	小売卸	製造業	公務	定数項	0.871
		係数	2.0919	2.2289	1.2039	0.8239	0.4943	0.7302	678.0966	
		t値	5.0853	7.2277	3.7289	4.7584	2.3183	5.2235	4.258101	
	通学	変数名	教育	小学校	中学校	高校	15-24		定数項	0.820
		係数	1.7862	0.5918	0.7626	0.6980	0.2793		72.74271	
		t値	9.2009	3.4835	3.3839	5.9142	2.6788		0.850072	
	業務	変数名	建設業	小売卸	公務	教育			定数項	0.756
		係数	2.6618	1.6942	0.9065	1.0643			1245.528	
		t値	4.6821	7.9888	4.4051	2.4604			5.074099	
	帰宅	変数名	15-24	25-34	35-64	65-			定数項	0.991
		係数	0.7687	1.3676	1.1929	0.7798			7.788044	
		t値	3.3509	4.8052	6.5881	4.3732			0.080213	
	私用	変数名	小売卸	金融	人口計				定数項	0.771
		係数	1.2158	6.5851	0.3463				143.4711	
		t値	3.8777	9.1271	8.2095				0.377078	

表 6 発生・集中交通量予測での変数リスト

使用した変数など

変数名(単位)	略称	参考	変数名(単位)	略称	参考
夜間人口(人)	人口	新潟都市圏 PT調査	建設業従業員(人)	建設業	事業所・ 企業統計
世帯数(世帯)	世帯数		運輸業従業員(人)	運輸業	
5-14歳人口(人)	5-14		卸売・小売業従業員(人)	小売卸	
15-24歳人口(人)	15-24		金融・保険業従業員(人)	金融	
25-34歳人口(人)	25-34		不動産業従業員(人)	不動産	
35-64歳人口(人)	35-64		教育・学習支援業従業員(人)	教育	
65歳以上人口(人)	65-		公務員(人)	公務	
小学校児童数(人)	小学校	新潟市	製造業(人)	製造業	
中学校生徒数(人)	中学校	新潟県			
高等学校生徒数(人)	高校				

ここで「夜間人口」「世帯数」「5-14歳人口」「15-24歳人口」「25-34歳人口」「35-64歳人口」「65歳以上人口」の7変数については第3回新潟都市圏パーソントリップ調査で得られたゾーン別の値を用いた。「小学校児童数」「中学校生徒数」については同調査時の値が得られなかったために新潟市が公表している現況の市内小学校および中学校の児童数・生徒数をゾーン別に集計して使用した。「高等学校生徒数」についても同様に新潟県の公表している現況の生徒数についてゾーン別に集計して使用した。ただし定時制および通信制高校の生徒数については集計から除外した。産業別従業員数の8変数については総務省統計局による「平成18年事業所・企業統計調査」における町丁・大字別集計を用いて各ゾーンに含まれる町丁・大字と対照させて集計した。

### 3.2.2 説明変数の将来予測について

予測モデルで用いた18の説明変数については、以下の通り将来の値を推計した。

- 夜間人口および年齢階級別人口

国立社会保障・人口問題研究所が算出した2010年から2040年の新潟市の人口および年齢階級別人口予測を用いて推計した。ただしパーソントリップ調査で得られる人口および世帯数データはサンプル抽出に基づくものであるため実際の人口との乖離が生じることから、パーソントリップ調査における新潟市の人口および年齢階級別人口を基準として同研究所の予測結果における人口増加率を乗じることで推計した。ただしそれぞれのゾーンにおいて人口および年齢階級別人口の変化率は一定と仮定した。また同研究所の人口予測は5年ごとの予測であるため、5年間の変化率を5分の1乗することで人口は5年間平均的に変化すると仮定した。

- 世帯数

国立社会保障・人口問題研究所が算出した新潟県における世帯数の将来推計を新潟市に適用して推計した。人口同様に世帯数もサンプル抽出による集計であるため、世帯数は現況のゾーン人口を平均世帯人員で除することで求め、さらに5年ごとの世帯数予測を人口同様に平均的に変化すると仮定して推計した。

- 小学校児童数・中学校生徒数・高校生徒数



小学校は 5-9 歳の人口変化率、中学校は 10-14 歳の人口変化率、高校は 15-19 歳の人口変化率を用いて学校ごとの児童数、生徒数を推計し、ゾーンごとに集計した。ここでも 5 年ごとの平均的变化を仮定している。またデータ制約の都合上、私立小学校および中学校については集計していない。

- 産業別従業員数

平成 13 年、16 年、18 年の「事業所・企業統計」における新潟市全体の産業別従業員データを用いてトレンド予測を行い、それをゾーンごとに適用することで推計した。トレンド予測は平成 13 年、16 年、18 年をサンプルとした産業別従業員数を被説明変数、年度を説明変数として累乗近似式に単回帰して推計し、さらに現況のゾーン別の構成比を乗じることで求めた。ただしゾーン間の産業別従業員数の構成比は変化しないと仮定した。

### 3.2.3 発生・集中交通量の将来予測結果

以上の将来予測を発生・集中交通量予測モデルの説明変数として将来のゾーンごとの発生交通量および集中交通量を推計した。予測結果の一部を抜粋してまとめたものが表 7 と表 8 である。またその変化をグラフにしたものが図 8 と図 9 である。

表 7 全目的発生交通量予測<sup>3</sup>

発生ゾーン	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040
10	28542	28397	28268	28154	28054	27964	27875	27786	27703	27615	27532	27451	27370	27293
11	16493	16351	16225	16117	16049	15994	15925	15842	15769	15646	15535	15379	15178	14988
12	11021	10950	10888	10834	10776	10723	10673	10625	10583	10512	10447	10370	10281	10197
13	20735	20594	20459	20340	20231	20136	20042	19951	19868	19745	19630	19492	19332	19180
14	9518	9440	9370	9309	9253	9203	9147	9084	9027	8957	8892	8812	8716	8625
15	3127	3119	3113	3107	3103	3101	3097	3093	3089	3086	3082	3079	3074	3070
20	29164	29002	28847	28708	28588	28479	28379	28287	28202	28105	28015	27924	27832	27745
21	5588	5548	5508	5472	5444	5420	5396	5372	5350	5327	5304	5280	5254	5228
22	2793	2789	2784	2780	2778	2776	2775	2774	2774	2774	2774	2774	2771	2769
23	22772	22492	22234	22007	21839	21693	21553	21417	21301	21075	20867	20586	20234	19899
24	35281	35018	34758	34524	34341	34178	34013	33845	33691	33518	33358	33182	32989	32805
25	16257	16068	15846	15644	15466	15284	15116	14951	14798	14611	14434	14240	14029	13827
26	12987	12847	12710	12587	12469	12360	12249	12134	12027	11919	11818	11700	11565	11435
30	4852	4814	4780	4750	4724	4701	4674	4642	4614	4574	4536	4490	4434	4381
31	25755	25447	25168	24927	24702	24508	24291	24047	23829	23514	23223	22863	22436	22029
40	23417	23123	22825	22562	22378	22219	22050	21868	21705	21471	21256	20973	20623	20289
41	10626	10499	10367	10251	10163	10086	10016	9949	9893	9776	9668	9523	9341	9168
∴														
131	18279	18032	17763	17517	17293	17087	16893	16710	16541	16323	16117	15889	15637	15396
132	16669	16454	16262	16098	15918	15757	15601	15448	15313	15114	14931	14695	14406	14132
133	25022	24664	24313	23998	23709	23450	23184	22911	22663	22309	21979	21587	21130	20694
134	12760	12565	12376	12206	12067	11943	11807	11661	11527	11344	11175	10966	10719	10483
135	32087	31599	31153	30761	30413	30104	29771	29416	29095	28656	28250	27731	27097	26493
136	28807	28566	28334	28127	27938	27767	27598	27429	27274	27088	26915	26720	26503	26296
140	31398	30949	30533	30162	29792	29457	29128	28803	28507	28111	27742	27293	26763	26259
141	23542	23162	22797	22468	22189	21937	21670	21386	21126	20791	20478	20096	19642	19210
142	10088	9994	9889	9796	9729	9671	9609	9540	9478	9390	9308	9210	9095	8985
143	31052	30633	30215	29844	29489	29173	28832	28465	28131	27674	27249	26746	26166	25613
144	20494	20246	20019	19822	19606	19414	19196	18952	18729	18449	18187	17886	17542	17214
150	33703	33260	32816	32423	32046	31709	31336	30922	30544	30096	29681	29188	28616	28070
151	22483	22174	21881	21615	21373	21151	20929	20706	20501	20231	19978	19690	19368	19059
160	37220	36743	36295	35900	35533	35208	34830	34399	34006	33522	33074	32542	31924	31335
161	21521	21200	20865	20565	20316	20093	19863	19626	19410	19116	18843	18510	18116	17741
162	8970	8899	8842	8793	8726	8667	8603	8536	8474	8398	8327	8247	8159	8075
170	20446	20191	19937	19716	19466	19244	18993	18712	18453	18152	17871	17557	17210	16879

表 8 全目的集中交通量予測<sup>4</sup>

集中ゾーン	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040
10	30511	30341	30191	30058	29939	29833	29730	29626	29531	29430	29334	29241	29152	29067
11	16370	16314	16258	16225	16184	16163	16120	16049	15991	15876	15772	15640	15480	15329
12	10544	10495	10456	10422	10361	10308	10255	10201	10153	10084	10020	9949	9872	9800
13	20670	20568	20465	20382	20291	20217	20140	20055	19982	19862	19751	19625	19485	19353
14	8880	8854	8820	8792	8731	8679	8622	8557	8499	8434	8373	8304	8227	8154
15	3040	3035	3032	3030	3030	3030	3029	3027	3024	3021	3019	3016	3011	3008
20	29776	29615	29439	29285	29136	29000	28877	28763	28658	28551	28450	28352	28256	28166
21	5576	5545	5508	5475	5446	5421	5398	5378	5360	5340	5322	5303	5284	5266
22	3443	3438	3432	3426	3422	3419	3417	3416	3415	3415	3416	3415	3413	3411
23	22954	22823	22694	22568	22410	22286	22153	22004	21876	21645	21431	21174	20874	20592
24	34667	34470	34238	34037	33850	33686	33513	33326	33154	32972	32802	32627	32447	32276
25	16240	16111	15944	15804	15618	15451	15283	15110	14951	14750	14559	14365	14165	13974
26	12465	12358	12253	12163	12058	11964	11866	11762	11665	11567	11476	11373	11261	11154
30	5220	5205	5187	5176	5158	5146	5128	5103	5082	5047	5015	4977	4934	4893
31	28251	28107	27948	27827	27660	27535	27367	27144	26950	26654	26379	26064	25709	25375
40	23534	23374	23155	23018	22886	22789	22669	22518	22388	22182	21992	21760	21486	21229
41	11013	10976	10927	10895	10832	10788	10740	10684	10639	10538	10444	10328	10190	10061
∴														
131	17315	17130	16941	16760	16545	16350	16164	15985	15819	15617	15427	15225	15012	14809
132	18098	18003	17924	17882	17723	17593	17459	17313	17186	17011	16850	16659	16440	16236
133	25403	25105	24786	24530	24233	23972	23697	23403	23136	22788	22462	22104	21714	21344
134	13210	13100	12977	12840	12695	12568	12426	12269	12125	11947	11781	11593	11383	11184
135	33573	33242	32903	32624	32246	31918	31575	31207	30876	30449	30053	29594	29071	28578
136	28616	28445	28243	28058	27894	27750	27603	27452	27313	27142	26981	26810	26626	26452
140	29127	28840	28582	28375	28042	27748	27449	27138	26855	26489	26146	25751	25305	24884
141	24663	24454	24195	23917	23601	23319	23025	22714	22429	22099	21791	21441	21051	20682
142	10652	10584	10500	10431	10370	10321	10263	10193	10130	10028	9933	9832	9725	9623
143	32333	32096	31820	31566	31205	30894	30552	30172	29828	29369	28940	28471	27962	27479
144	20684	20557	20424	20314	20145	20006	19832	19618	19425	19173	18938	18678	18393	18123
150	34163	33823	33477	33196	32845	32543	32204	31820	31470	31058	30674	30248	29779	29336
151	22955	22709	22499	22298	22045	21815	21588	21359	21148	20889	20645	20383	20101	19833
160	38980	38790	38538	38309	37944	37632	37262	36827	36431	35966	35532	35055	34533	34039
161	22846	22629	22367	22147	21904	21694	21477	21245	21036	20746	20477	20175	19842	19527
162	9087	9038	9003	8979	8922	8873	8818	8757	8701	8633	8569	8500	8426	8356
170	21253	21102	20936	20801	20592	20415	20206	19957	19731	19456	19199	18927	18639	18366

<sup>3</sup>全目的発生交通予測量は 2014 年から 2040 年までの 27 年間 77 ゾーンがあるが、紙面の関係上 2014 年から 2 年おきのデータの一部を示す。

<sup>4</sup>全目的集中交通予測量は 2014 年から 2040 年までの 27 年間 77 ゾーンがあるが、紙面の関係上 2014 年から 2 年おきのデータの一部を示す。

图 8 全目的発生交通量時系列變動

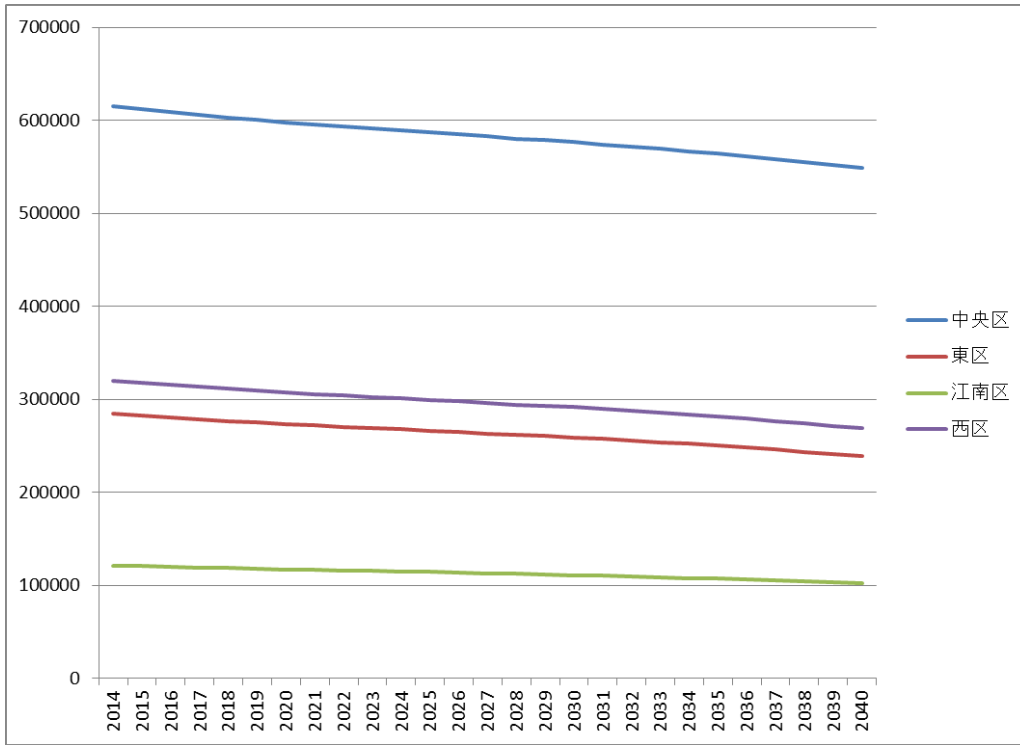
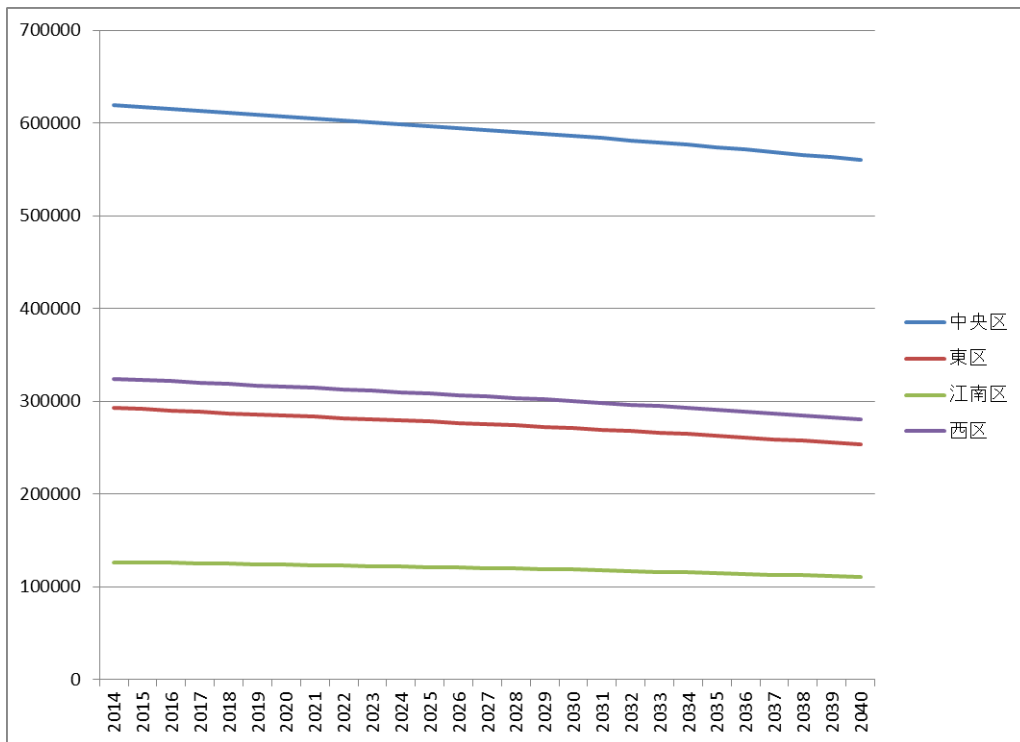


图 9 全目的集中交通量時系列變動



### 3.3 分布交通量予測

分布交通量予測モデルは、発生・集中交通量予測モデルにより予測された発生交通量および集中交通量に対して、各ゾーン間を移動する交通量を予測するものである。ここでは異なるゾーン間の移動（内外トリップ）を予測するための内外モデルと、同一のゾーン内の移動（内々トリップ）を予測するための内々モデルの2つについて検討を行った。対象ゾーン数は77であるため、対象とするODペアは内外モデルで5852(=77\*76)、内々モデルで77となる。

#### 3.3.1 内外トリップの予測モデルとその回帰結果

内外トリップを予測するためのモデルは以下の3つが一般的である。

##### ①現在パターン法

将来的に現在の分布交通パターンが保存される場合に、交通量の伸び率で将来値を求める方法。

##### ②グラビティモデル法

将来的に土地利用条件や交通施設整備などによる交通条件が大きく変化すると予想される場合に、出発地や到着地の規模や距離抵抗を勘案して求める方法。

##### ③確率モデル法

あるゾーンから発生するトリップの行き先は目的地への近づきやすさ(アクセシビリティ)により順位づけられた目的地を、ある確率に従って選んでいくという確率論を用いた方法。

本稿においては新潟市の将来の土地利用の変化などを加味した将来予測が必要となるため、グラビティモデルを適用することとした。

グラビティモデルは物理学における万有引力の法則のアナロジーとして提案されたものであり、次式のように表される。

$$T_{ij} = kG_i^\alpha A_j^\beta f(D_{ij})$$

$$i, j = 1, 2, \dots, 77$$

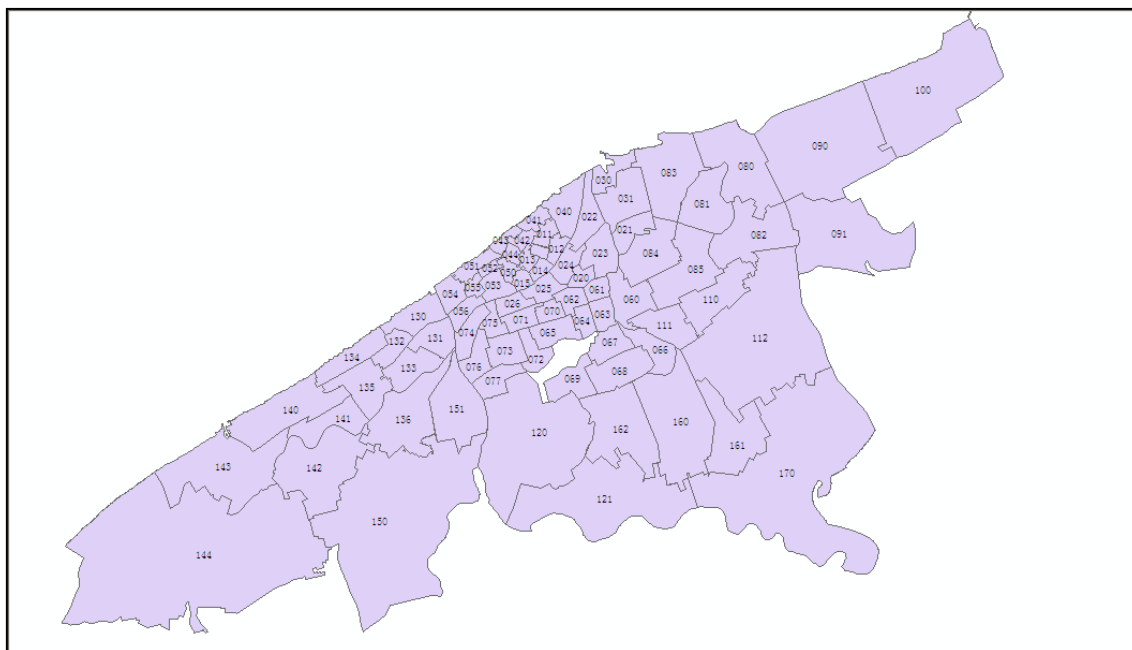
$$i \neq j$$

ここで $T_{ij}$ はゾーン*ij*間の交通量、 $G_i$ はゾーン*i*の発生交通量、 $A_j$ はゾーン*j*の集中交通量、 $f(D_{ij})$ はゾーン*ij*間の空間的隔たりを表す関数であり、 $D_{ij}$ はゾーン*ij*間の距離や一般化交通費用などで表される。 $f(D_{ij})$ にはべき乗型、指数型、ターナー型などがあるが、本稿では交通需要予測で一般的に用いられ、 $f(D_{ij}) = D_{ij}^\lambda$ で表されるべき乗型を採用した。

また通常、四段階推定法では発生・集中、分布、分担、配分の順で推計が行われるため、分布の段階ではまだ交通手段別交通量が求められていない。このため、本稿において $D_{ij}$ は

各ゾーン間の直線距離を用いることとした。各ゾーン間の直線距離については地理情報ソフトである ArcGIS に各ゾーンの領域を入力して地理的な重心の座標位置を求め、各ゾーンの重心間の距離マトリックスを作成することで求めた。

図 10 新潟市 77 ゾーン配置図



グラビティモデルのパラメータはモデル式を対数変換して重回帰分析することで求める。

$$\ln T_{ij} = \ln k + \alpha \ln G_i + \beta \ln A_j + \lambda \ln D_{ij}$$

ここで被説明変数は新潟市パーソントリップ調査における現況の内外交通量とし、説明変数の発生・集中交通量も現況の値を用いた。将来の分布交通量の予測にあたっては重回帰分析で求められたパラメータを用いたグラビティモデルに、発生・集中交通量予測で推計された値を代入することで将来の内外交通量を推計した。グラビティモデルの回帰結果<sup>5</sup>を表 9 の通りである。

<sup>5</sup>被説明変数および説明変数にゼロが 1 つでも存在するようなゾーンのペアはサンプルとして用いることができないため、回帰分析の標本から除外した。特にゾーン間トリップがゼロとなるような OD ペアは目的にもよるがかなりの数になり、例えば通勤では総サンプル数 4970 に対して 2424 にのぼる。このようにトリップ数がゼロとなる OD ペアは将来に亘ってトリップ数が変化しない（ゼロである）と仮定した。

表 9 グラビティモデル回帰結果

		パラメータ				決定係数	
目的	通勤	変数名	$\alpha$	$\beta$	$\lambda$	定数項	0.393
		係数	0.547	0.495	-0.385	-1.132	
		t値	30.963	27.412	-22.963	-5.057	
	通学	変数名	$\alpha$	$\beta$	$\lambda$	定数項	0.229
		係数	0.430	0.234	-0.405	2.383	
		t値	12.507	7.871	-14.283	7.443	
	業務	変数名	$\alpha$	$\beta$	$\lambda$	定数項	0.161
		係数	0.343	0.340	-0.170	0.179	
		t値	13.955	14.109	-9.916	0.567	
	帰宅	変数名	$\alpha$	$\beta$	$\lambda$	定数項	0.442
		係数	0.575	0.664	-0.628	-1.143	
		t値	27.237	34.109	-35.361	-4.203	
	私用	変数名	$\alpha$	$\beta$	$\lambda$	定数項	0.405
		係数	0.491	0.468	-0.677	1.596	
		t値	17.874	25.064	-34.232	5.183	

### 3.3.2 内々トリップの予測モデルとその回帰結果

内々交通量を予測するためのモデルは以下の3つが一般的である。

#### ①指数モデル

$$T_i = k(G_i + A_i)^\alpha$$

#### ②アクセシビリティモデル

$$T_i / G_i = 1 / (1 + k(\Lambda_i + A_i))^\alpha$$

$$\Lambda_i = \sum_{i \neq j} \frac{A_j}{T_{ij}^\beta}$$

#### ③面積モデル

$$T_i = k(G_i + A_i)^\alpha M_i^\beta$$

ここで $T_i$ はゾーン*i*の内々交通量、 $\Lambda_i$ はゾーン*i*のアクセシビリティ、 $M_i$ はゾーン*i*の面積（平方メートル）である。本稿では簡便な面積モデルを採用し、面積の値についてはArcGISを用いて算出した。

グラビティモデルと同様に、内々モデルのパラメータはモデル式を対数変換して重回帰分析することで求める。

$$\ln T_i = \ln k + \alpha \ln(G_i + A_i) + \beta \ln M_i$$

ここで被説明変数は新潟市パーソントリップ調査における現況の内々交通量とし、説明変数の発生・集中交通量も現況の値を用いた。将来の内々交通量の予測にあたっては重回帰分析で求められたパラメータを用いた内々モデルに、発生・集中交通量予測で推計された値を代入することで将来の内々交通量を推計した。内々モデルの回帰結果は表 10 の通りである。

表 10 内々モデル回帰結果

目的 (内々)		パラメータ			決定係数
		変数名	$\alpha$	$\beta$	
通勤	変数名	$\alpha$			0.734
	係数	1.465	0.407	-12.922	
	t値	9.637	6.496	-9.418	
通学	変数名	$\alpha$			0.752
	係数	1.474	0.324	-10.375	
	t値	9.878	3.771	-8.500	
業務	変数名	$\alpha$			0.624
	係数	1.150	0.430	-10.759	
	t値	6.940	6.138	-6.690	
帰宅	変数名	$\alpha$			0.875
	係数	1.536	0.309	-11.791	
	t値	17.272	6.422	-13.844	
私用	変数名	$\alpha$			0.903
	係数	1.457	0.306	-10.558	
	t値	24.140	7.408	-14.068	

### 3.3.3 分布交通量の将来予測結果

発生・集中交通量予測で与えられた将来のゾーンごとの発生交通量および集中交通量を用いて、内外交通量および内々交通量を推計した。予測結果の一部を抜粋してまとめたものが表 11 と表 12 である。またその変化をグラフにしたものが図 11 と図 12 である。

表 11 内外モデル全目的の分布交通量予測<sup>6</sup>

発生ゾーン	集中ゾーン	2014	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040
10	11	815	806	802	799	797	794	789	785	778	772	764	755	746
10	12	564	558	555	551	547	543	538	535	529	524	518	512	506
10	13	940	928	922	917	913	908	903	898	890	883	874	865	856
10	14	558	552	549	545	541	536	531	526	521	516	511	504	499
10	15	122	122	122	122	122	122	121	121	120	120	119	118	118
10	20	398	392	389	385	383	380	377	375	371	368	365	362	359
∴	∴	∴												
11	10	694	680	675	671	668	665	660	657	651	646	639	630	622
11	12	476	469	465	462	459	456	452	449	444	439	433	427	420
11	13	514	505	501	498	496	493	490	487	482	478	472	465	458
11	14	318	314	313	310	307	305	302	299	296	293	289	284	280
11	15	113	112	111	111	111	111	110	110	109	108	107	106	105
11	20	388	380	376	373	371	368	365	363	359	356	352	347	342
∴	∴	∴												
170	131	167	164	162	160	157	155	153	151	148	146	144	141	138
170	132	167	164	162	160	159	157	155	153	151	149	147	144	142
170	133	209	203	200	198	195	192	189	187	183	180	177	174	171
170	134	149	147	145	143	141	139	137	135	133	131	129	127	125
170	135	228	223	221	218	215	212	209	206	203	200	197	193	189
170	136	188	184	182	180	178	175	173	171	168	166	163	160	157
170	140	207	203	201	199	196	194	192	190	187	185	182	179	176
170	141	195	192	189	187	184	181	178	176	173	170	167	164	161
170	142	131	127	126	125	123	122	121	119	117	115	114	112	110
170	143	204	200	198	195	193	191	188	185	182	179	176	173	170
170	144	155	151	150	148	146	144	142	141	138	136	134	132	130
170	150	235	229	226	223	221	218	214	211	208	204	201	197	193
170	151	203	199	197	194	191	189	186	183	180	177	174	171	168
170	160	433	426	422	417	412	406	400	394	387	381	374	367	360
170	161	448	437	432	426	421	415	409	404	397	390	383	375	367
170	162	167	163	162	160	158	156	154	151	149	147	145	142	139

表 12 内々モデル全目的の分布交通量予測<sup>7</sup>

ゾーン	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040
10	4045	4014	3986	3962	3940	3921	3903	3884	3867	3848	3830	3813	3796	3780
11	2033	2017	2002	1991	1982	1976	1967	1953	1941	1919	1898	1870	1835	1803
12	975	967	961	955	947	940	933	926	920	910	901	890	878	867
13	2633	2611	2589	2571	2552	2537	2521	2505	2491	2467	2445	2420	2391	2363
14	634	629	623	618	611	605	599	591	584	576	568	559	549	539
15	71	71	71	71	71	71	71	71	70	70	70	70	70	70
20	4113	4082	4052	4025	4000	3978	3958	3939	3922	3902	3884	3865	3847	3829
21	366	362	359	355	353	351	348	346	345	343	341	339	337	335
22	123	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	121	121
23	4863	4801	4742	4688	4635	4592	4549	4503	4464	4388	4319	4231	4124	4024
24	6297	6239	6175	6118	6071	6029	5986	5938	5895	5847	5802	5754	5701	5652
25	2203	2170	2127	2091	2048	2010	1972	1935	1900	1857	1817	1775	1731	1689
26	1300	1280	1260	1243	1224	1207	1190	1171	1154	1137	1122	1103	1083	1063
30	254	252	250	248	246	245	243	240	238	234	230	226	221	216
31	7020	6936	6852	6784	6706	6644	6567	6473	6390	6264	6149	6012	5854	5706
40	4710	4645	4567	4509	4462	4425	4383	4331	4287	4217	4153	4071	3972	3879
41	1153	1140	1126	1115	1103	1093	1084	1074	1066	1048	1031	1010	984	959
∴	∴													
131	2999	2942	2880	2823	2763	2709	2657	2609	2564	2509	2457	2401	2340	2283
132	2851	2815	2784	2761	2718	2681	2644	2606	2573	2527	2484	2431	2369	2311
133	6041	5920	5794	5689	5577	5479	5377	5271	5176	5048	4929	4795	4645	4504
134	2244	2204	2163	2120	2080	2044	2005	1963	1925	1877	1832	1780	1722	1667
135	10055	9867	9685	9530	9354	9200	9040	8869	8716	8515	8331	8108	7849	7605
136	7523	7441	7351	7270	7197	7133	7068	7001	6941	6864	6794	6715	6628	6546
140	11294	11082	10890	10726	10515	10327	10142	9957	9789	9570	9367	9131	8863	8611
141	5946	5838	5720	5602	5481	5374	5263	5147	5041	4914	4797	4661	4507	4362
142	2073	2047	2017	1991	1970	1953	1934	1911	1891	1860	1831	1799	1764	1731
143	13618	13408	13182	12976	12727	12510	12278	12026	11798	11496	11216	10903	10558	10234
144	10534	10393	10254	10137	9981	9850	9693	9510	9345	9133	8937	8717	8473	8244
150	19817	19468	19112	18813	18478	18187	17863	17501	17173	16786	16429	16022	15565	15135
151	5844	5731	5628	5533	5429	5335	5242	5149	5064	4956	4856	4744	4623	4508
160	16641	16431	16202	15997	15740	15518	15258	14956	14683	14357	14057	13715	13334	12975
161	6330	6212	6078	5963	5850	5751	5650	5545	5450	5320	5201	5063	4907	4760
162	1433	1419	1409	1401	1385	1372	1357	1341	1326	1308	1291	1272	1252	1232
170	9670	9529	9380	9254	9086	8941	8774	8582	8407	8201	8009	7804	7583	7375

<sup>6</sup> 全目的の分布交通量は 2014 年から 2040 年までの 27 年間 5853 の OD ペアがあるが、紙面の都合上 2014 年から 2 年おきのデータの一部を示す。

<sup>7</sup> 全目的の分布交通量は 2014 年から 2040 年までの 27 年間 77 ゾーンあるが、紙面の都合上 2014 年から 2 年おきのデータの一部を示す。



図 11 内外モデル全目的分布交通予測量の時系列変動

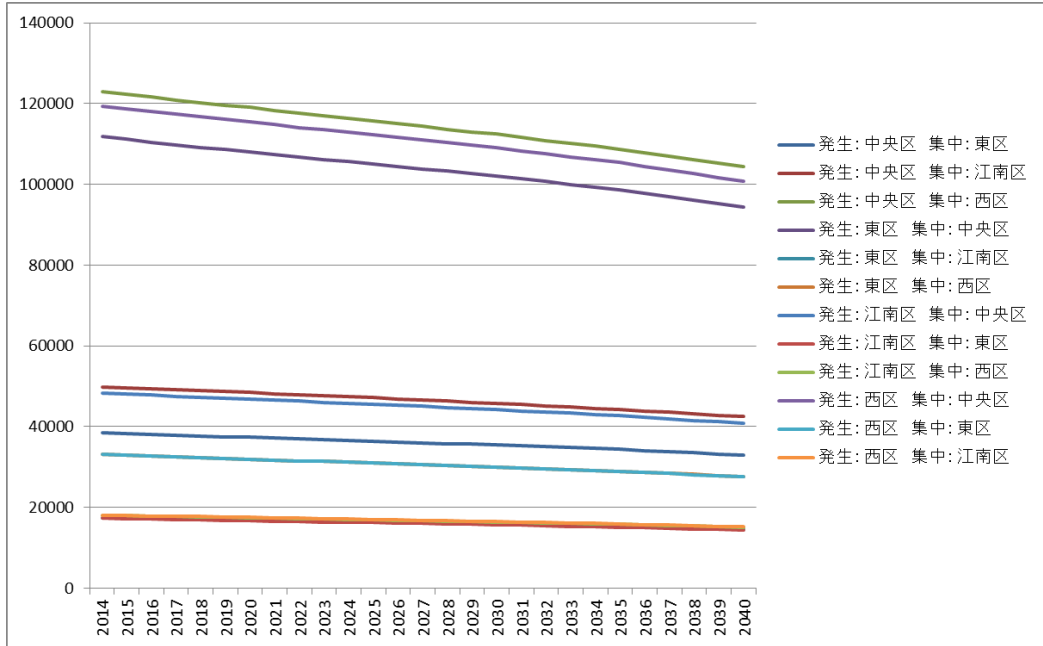
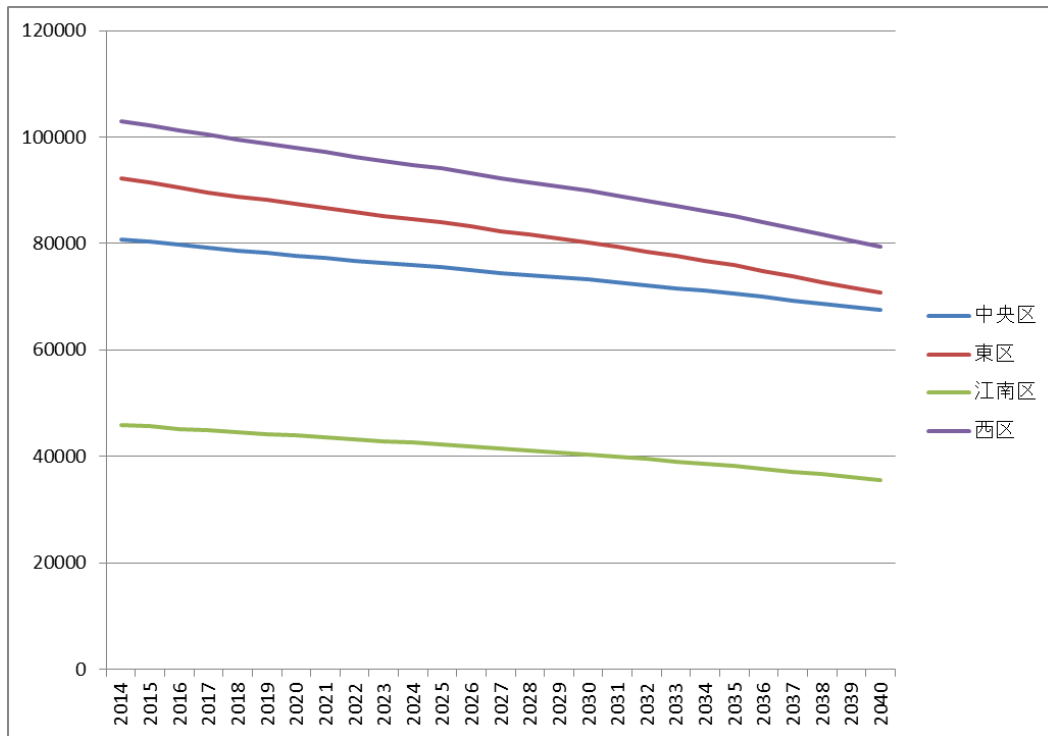


図 12 内々モデル全目的分布交通予測量の時系列変動

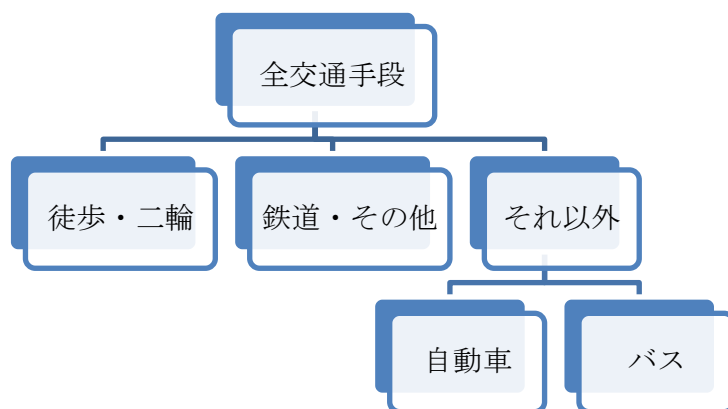


### 3.4 機関分担率予測

#### 3.4.1 機関分担率予測の概要

機関分担率予測モデルは分布交通量予測モデルで予測した分布交通量を各交通機関に配分するものであり、機関分担率は OD ペア間を移動するそれぞれの交通手段の選択確率を求めることに相当する。第一段階で、分担率曲線モデルにより各ゾーン間の全ての交通需要を徒歩・二輪とそれ以外に分担する。第二段階では、集計ロジットモデルを用いてそれ以外を自動車とバスに分担する。鉄道・その他に関しては、現況の分担率が不変として一定とした。このような手順で各ゾーン間の OD ペアについて機関分担率を推計し、それらに予測された全手段分布交通量を掛け合わせることで交通手段別の分布交通量を推計することができる。

図 13 機関分担率予測フロー

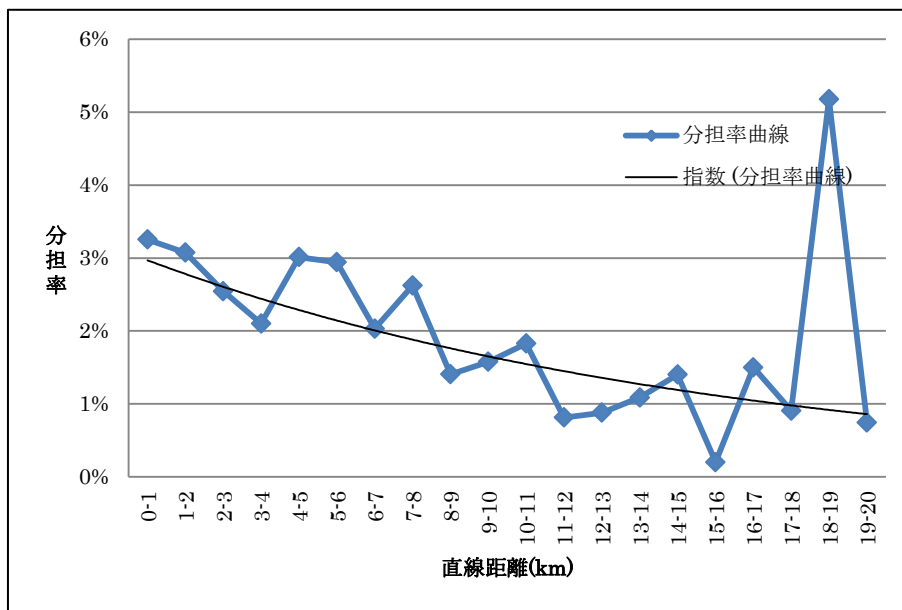


#### 3.4.2 分担率曲線の概要

徒歩・二輪の選択確率については、他の交通手段に比べ、移動距離に大きく影響を受けることから、移動距離を説明変数にした分担率曲線モデルを適用した。分担率曲線とは、一つの説明要因によって分担率を決定するものである。内外モデル・内々モデルごとに、通勤・通学・業務・帰宅・使用の5つの目的別で推計を行った。移動距離はゾーン間の重心の直線距離を使用した。分担率曲線は、直線・対数・指数関数等をあてはめ、最も決定係数の高い関数にて設定した。また、ゾーン内の移動である内々トリップについては、移動距離の設定が難しいことや、内外トリップと比較して分担率は、将来もそれほど変化しないと考えられるため、現在の分担率を使用した。

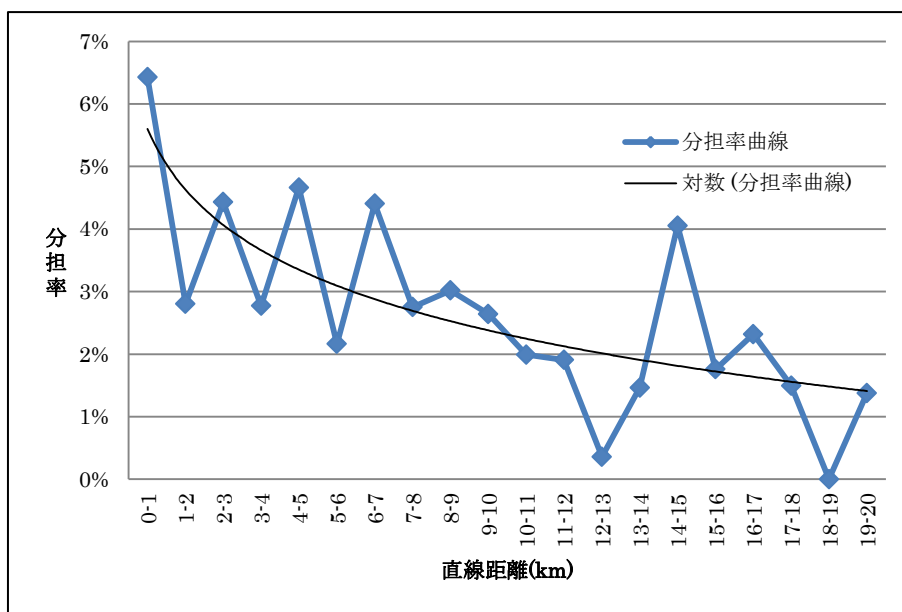
現在の PT データから作成した、内外モデルの分担率曲線を図 14 から図 18 に示す。

図 14 通勤目的の分担率曲線



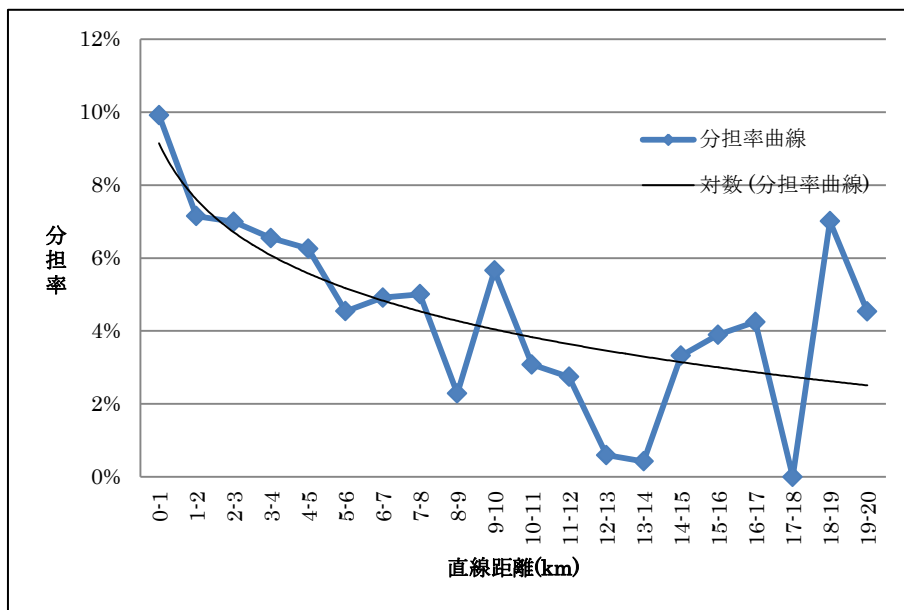
指数関数を適用し、その決定係数は 0.29 であった。

図 15 通学目的の分担率曲線



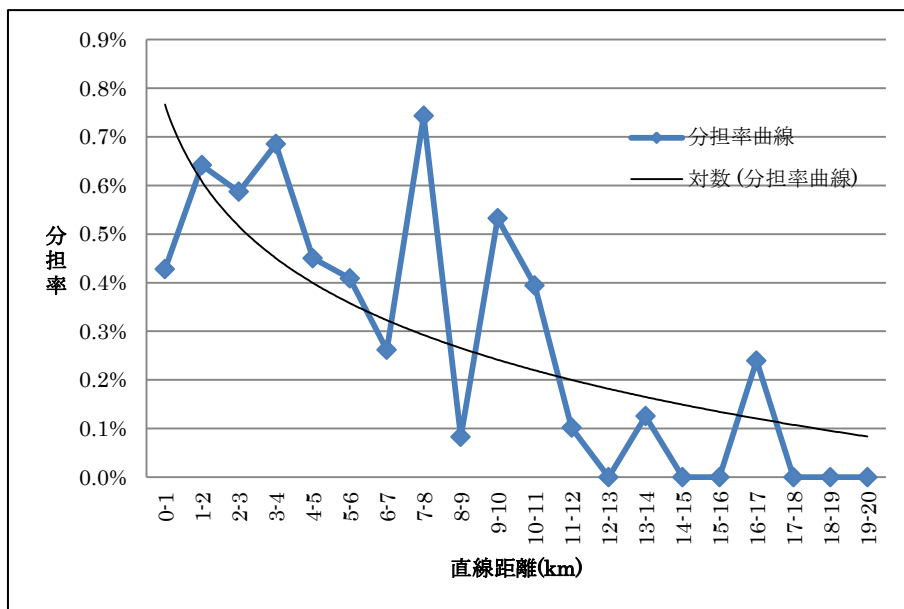
対数関数を適用し、その決定係数は 0.54 であった。

図 16 私用目的の分担率曲線



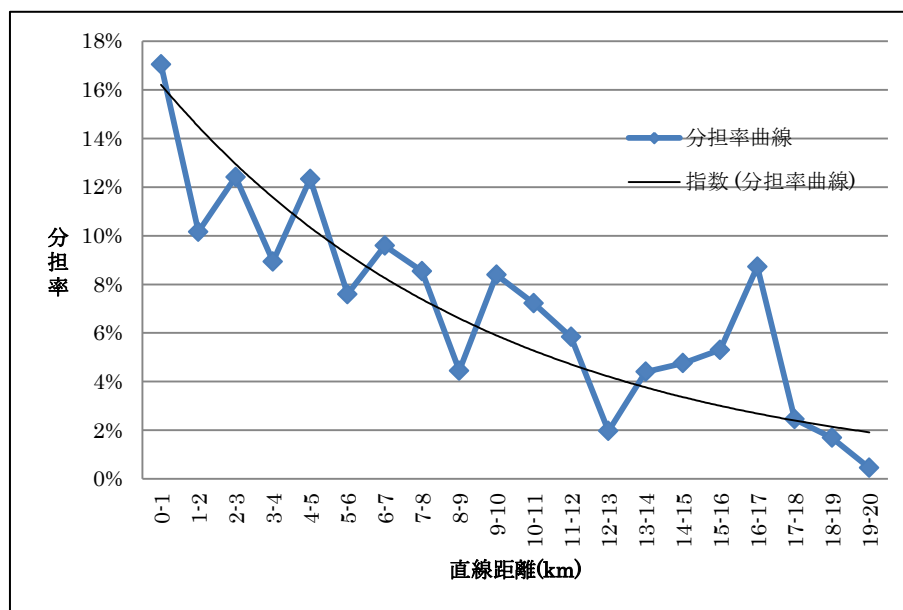
対数関数を適用し、その決定係数は 0.50 であった。

図 17 業務目的の分担率曲線



対数関数を適用し、その決定係数は 0.50 であった。

図 18 帰宅目的の分担率曲線



指数関数を適用し、その決定係数は 0.61 であった。

### 3.4.3 集計ロジットモデルの概要

自動車や公共交通機関の選択確率は、移動距離のみでは説明しきれないため、様々の説明要因を考慮することが可能な確率モデルの適用が必要と考えた。そこで本稿では移動にかかる費用や時間といった指標を取り込むことが可能な集計ロジットモデルを適用した。

$$P_{car} = \frac{1}{1 + \exp(\Delta V)}$$

$$P_{car} + P_{bus} = 1$$

$$\Delta V = \sum_k \alpha_k (X_{kbus} - X_{kcar})$$

ただし、 $\alpha_k$ : パラメータ,  $X_k$ : 説明変数  $k = 1, 2, \dots, n$

自動車、バスを選択した際に得られる効用を示す  $V$  の説明変数は、表 13 に示す変数を選択した。

表 13 集計ロジットモデルでの変数リスト

説明変数 (単位)	概要
所要時間 (分)	【自動車】現況 PT データから得られる自動車のゾーン間平均所要時間。 【バス】現況の公共交通の時刻表から得られるゾーン間所要時間。
移動費用 (円)	【自動車】出発地から目的地までの平均速度から、走行経費を算出。 【バス】出発地から目的地までの運賃を算出した。
乗換ダミー	バスによる移動において乗換の必要がある場合を 1 とし、乗換無しの場合を 0 とするダミー変数。
乗換バス停	バスによる移動において乗換の必要がある OD ペアについて、乗換時に徒歩によってバス停間の移動が必要な場合を 1、同一バス停で乗換可能な場合 0 とするダミー変数。
バス停 運行本数 (本)	乗車側ならびに降車側のバス停の 1 日の全ダイヤ運行本数。移動に使用する路線だけでなく、当該バス停から利用できる全ての便を含む。
バス運行本数 (本)	乗車側ならびに降車側のバス停において、ゾーン間の移動に使用する路線の 1 日の運行本数。
免許保有率 (%)	発ゾーン側、着ゾーン側のそれぞれで用意した。

### 3.4.4 集計ロジットモデルの回帰結果

集計ロジットモデルのパラメータは上掲の式を変形して被説明変数をバス・自動車の現況の選択確率のオッズ比の自然対数換算値、説明変数を表に示す 10 の変数として重回帰分析することで求める。将来の交通機関別分布交通量の予測にあたっては重回帰分析で求められたパラメータを用いたモデル式に、10 の変数について BRT を導入したときの値と導入しないときの値をそれぞれ代入することで With ケースの機関分担率と Without ケースの機関分担率を求め、さらに当該 OD ペアの全目的分布交通量を乗ずることで With ケースおよび Without ケースの交通機関別分布交通量を推計した。集計ロジットモデルの回帰結果を表 14 に示す。

表 14 集計ロジットモデル回帰結果

	説明変数	α 1	α 2	α 3	α 4	α 5	α 6
		(所要時間差)	(移動費用差)	(乗換ダミー)	(乗換バス停)	(発バス停運行本数)	(着バス停運行本数)
全目的	パラメータ	0.015	-0.001	0.267	0.231	0.00035	0.00031
	T値	4.352	-2.623	3.896	2.694	6.045	5.559
	P値	0.000	0.009	0.000	0.007	0.000	0.000
	説明変数	α 7	α 8	α 9	α 10	決定係数	
		(発バス運行本数)	(着バス運行本数)	(発ゾーン側の免許保有率)	(着ゾーン側の免許保有率)		
	パラメータ	0.006	0.005	-2.892	-2.981	0.152	
T値	4.528	3.928	-5.719	-5.833			
P値	0.000	0.000	0.000	0.000			

### 3.4.5 集計ロジットモデルの説明変数について

集計ロジットモデルで用いた 10 の説明変数に関して記述しておく。

- 自動車側の所要時間

現況 PT データから得られる自動車のゾーン別平均所要時間を用い、所要時間を費用換算した。「費用便益分析マニュアル」の乗用車の時間価値原単位である「40.10 円/分・台」(注:平成 20 年度価格)を、平均乗車人員 1.32 人<sup>8</sup>で除すことで求められる「30 円/分・人」を用いた。

- バス側の所要時間

各ゾーンの地理的重心に最も近接したバス停を当該ゾーンから/への移動に使用する最寄バス停とし、現況の路線バス時刻表に基づいて所要時間を求めた。ただし 5852 もの OD ペアについてバスの所要時間を一つ一つ算出するのは膨大な労力を必要とするため、1つの路線で出来るだけ多くのゾーンの最寄バス停を通過するような幹線系統を抽出して簡略化した。具体的には市内幹線 25 路線について最大でも乗換 1 回で全てのゾーン間を移動できるようなモデルを構築し、それらを組み合わせて所要時間を算出した。

- 自動車側の移動費用

自動車の移動費用は、

$$\text{走行経費} = \text{走行経費原単位(円/台・km)} \times \text{走行距離}$$

という式から算出した。走行距離に関しては、自動車は走行距離が最短となる道路を走行すると仮定し、走行距離が最短となる道路は ArcGIS の OD コストマトリックスで導出した。「費用便益分析マニュアル」では、走行経費原単位は、平均速度・走行道路別で値が異なっていた。そのため、対象の 77 ゾーンを DID<sup>9</sup>と非 DID に分けた後、表 15 のように 3 パターンに分類した。

表 15 走行原単位のゾーン分類

	DID から DID	DID から非 DID	非 DID から非 DID
平均速度(km/h)	20	30	40
走行経費原単位 (円/台・km)	26.02	21.35 <sup>10</sup>	16.65
走行道路	一般道(市街地)	一般道 (平地+市街地)	一般道(平地)

- バス側の移動費用

バス側の所要時間算出と同様なモデルを構築して算出した。現況のバス運賃を用い

<sup>8</sup> 「国土交通省平成 17 年度道路交通センサスからみた道路交通の現状」

<sup>9</sup> DID(人口集中地区)とは、国勢調査の調査区で人口密度の高い調査区(4000 人/km<sup>2</sup>以上)が隣接し、それらの隣接した地域の人口が 5,000 人以上を有する地区のこと。

<sup>10</sup> 一般道(市街地)と一般道(平地)の走行経費原単位の平均値

ている。

- 免許保有率

対象ゾーンの将来の免許保有率には、日本人口の免許保有率の将来推移が当てはまると仮定した。データソースとしては、警察庁交通局運転免許課(2013)を用いた。具体的には、

$$\text{日本人口の免許保有率} = \text{免許保有者数} / \text{日本の総人口}^{11}$$

という式により、昭和 41 年から平成 23 年までの免許保有率の推移を導出した。その後、最小二乗法で回帰分析を行った結果、毎年、免許保有率が約 0.01 パーセントポイント上昇することが分かったため、この値を用いて将来の新潟市のゾーンの免許保有率を推計した。

---

<sup>11</sup> 免許保有者数は、「運転免許統計平成 23 年度版警察庁」、日本の総人口の推移は「日本の統計」総務省統計局より。



## 4. 便益の推計結果

本章では、前章までの内容を踏まえた上で、便益の推計結果をまとめる。まず、利用者便益と供給者便益について、それぞれ推計式と推計結果、考察を述べた後、外部性の変化についての推計結果を述べる。

### 4.1. 利用者便益

この節では、利用者便益について推計式、使用データ、結果及び考察を述べる。

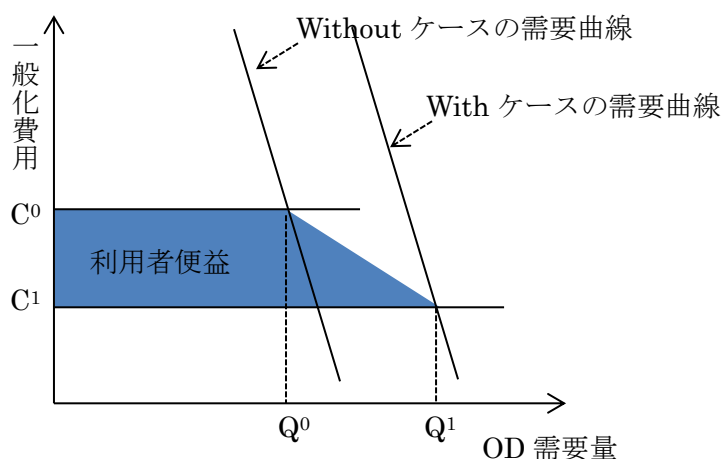
#### 4.1.1. 推計式

国土交通局(2012)を参考にした上で、消費者余剰法を用いて推計を行う。

$$UB_t = \sum_{i,j} \frac{1}{2} (Q_{ij}^0 + Q_{ij}^1) (C_{ij}^0 - C_{ij}^1)$$

ここで、 $UB_t$ は各年の利用者便益を、 $Q_{ij}^0$ は BRT 整備無のゾーン*i*からゾーン*j*への OD 交通量 (人/年) を、 $Q_{ij}^1$ は BRT 整備有のゾーン*i*からゾーン*j*への OD 交通量 (人/年) を、 $C_{ij}^0$ は BRT 整備無のゾーン*i*からゾーン*j*への一般化費用 (円) を、 $C_{ij}^1$ は BRT 整備有のゾーン*i*からゾーン*j*への一般化費用 (円) を指す。

図 19 利用者便益の推計



国土交通局(2012)より作成

交通量に関しては、機関分担率を用いて算出した自動車及びバス利用の交通量を使用する。算出過程の詳細は、第3章に記載した通りである。一般化費用に関しては、以下のよ

うにログサム変数ロジットモデルの費用パラメータで除して推計する。

$$C_{ij} = \frac{\{\ln \hat{a} \exp(V_{ijm})\}}{b}$$

ここで、 $C_{ij}$ はゾーン*i*から*j*への一般化費用を、 $V_{ijm}$ は各リンクにおける、各交通機関を利用した際の効用を、 $b$ はロジットモデルにおける費用パラメータを指す。この推計式を用いて、すべてのリンクについて一般化費用 $C_{ij}$ を算定する。この推計式を用いたことによって、機関選択モデルの効用関数において考慮されている種々の条件、例えば所要時間や所用費用、運行頻度などの変化による利用者便益の推計が可能となる。

#### 4.1.2. 推計結果、考察

推計の結果、利用者便益は92.59億円となった。ゾーン*i*から*j*への一般化費用はBRT整備後に低下しているために、その分が反映されて正の利用者便益となっている。

#### 4.2. 供給者便益

この節では、供給者便益について推計式、使用データ、結果及び考察を述べる。

##### 4.2.1. 推計式

推計式は、国土交通局(2012)に記載されている以下の式を参考とした。

$$SB_t = PR_t^1 - PR_t^0$$

このうち、 $SB_t$ は各*t*年の供給者便益(円/年)を、 $PR_t^1$ はBRT有の各*t*年の利益を、 $PR_t^0$ はBRT無の各*t*年の利益を指す。さらに $PR_t^i$ は、

$$PR_t^i = IN_t^i - OE_t^i$$

と書き表せる。 $PR_t^i$ はBRT有無の各*t*年の利益(円/年)を、 $IN_t^i$ はBRT有無の各*t*年の全供給者の消費税率除外済みの実質価格で計上した営業収入(円/年)を、 $OE_t^i$ はBRT有無の各*t*年の全供給者の消費税率除外済みの実質価格で計上した営業支出(円/年)を指す。

上記の式を参考としたうえで、今回の研究では、

$$PR_t^i = (\text{基準年営業利益}) + (\text{各年度運賃収入差分}) - (\text{各年度費用})$$

の推計式を立て、計算を行った。

使用したデータは、以下の通りである。まず当該事業者の営業利益として、新潟交通株式会社(2013)に掲載されている平成24年度のデータ、9.94億円を用いた。また各年度のWith ケースと Without ケースの運賃収入の差は、第3章の需要予測にて推計したゾーン間運賃及び、ゾーン間利用者数の差を用いて計算している。各年度費用は第5章での推計結果を利用している。

#### 4.2.2. 推計結果、考察

推計の結果、With ケースにおける供給者便益は 135.71 億円、Without ケースにおける供給者便益は 172.32 億円となり、その差は-36.61 億円となった。

マイナスとなった要因は、With ケースと Without ケースの間で、利用者数に大きな変化がないことが挙げられる。つまり、各年度費用を埋め合わせるだけの利益を生み出せていないことが、供給者便益の大幅な減少に直結している。

#### 4.3. 外部性の変化

最後に、兒山真也・岸本充生(2001)を参考として、外部性を推計した。CO<sub>2</sub> の貨幣価値原単位は様々な値が提示されているが、本稿では国土交通省(2009)を参考に 10,600 円/t-C (2006 年価格) を適用する。

具体的には、以下のとおり計測を行う。

- ① Without, With ケースのそれぞれの各ゾーン間のバス・自動車の CO<sub>2</sub> 排出量の算出  
CO<sub>2</sub> 排出量 = 自動車のトリップ × 走行距離 × 自動車の CO<sub>2</sub> 排出量原単位 + バスのトリップ × 走行距離 × バスの CO<sub>2</sub> 排出量原単位
- ② CO<sub>2</sub> 排出削減便益の算出  
CO<sub>2</sub> 排出削減便益 = (Without ケースの CO<sub>2</sub> 排出量 - With ケースの CO<sub>2</sub> 排出量) × 貨幣換算原単位

自動車の CO<sub>2</sub> 排出原単位 : 175g/人・km

バスの CO<sub>2</sub> 排出原単位 : 53g/人・km

貨幣換算原単位:10,600 円/トン・C

表 16 外部性の推計結果

	Without ケース	With ケース
CO <sub>2</sub> 排出量	390,598 トン	388,742 トン
CO <sub>2</sub> 削減便益	1856 万円	

## 5. 費用の推計結果

本章では、費用の推計に関して述べる。まず、推計方法を述べるために、今後の事業方針を再確認する。次に、費用項目及びデータを、初期費用とランニングコストに分けて述べる。またそれぞれの項目の耐用年数も記載する。最後に、推計結果及び考察を記載する。

### 5.1. 推計方法

国土交通局(2012)を参考とした。新潟市(2013)に掲載されている事業方針に沿って、推計を行っている。便益と同様に、第1期計画までを評価の対象とし、基準年度を2014年、社会的割引率を4%、評価期間を2014～2040年としている。

表1 新バスシステム導入の今後の進め方「段階的な取り組み」

- 1) 第1期暫定型（平成26年度末）
  - ・ BRTの開業（連節バス：4台購入／走行空間：現行通り／情報案内システム導入／新潟駅・市役所等の交通結節点整備など）
  - ・ バス路線再編の開始
- 2) 第1期完成型（平成31年度頃※を目標）に向けて
  - ※ 暫定開業後の交通流動の変化や関係機関との調整状況に応じて、完成時期は前後する可能性がある
  - ・ 道路中央部の専用走行路によるBRT本格運行
  - ・ 第2期に向けた取り組みの段階的な推進
  - ・ 区の実情に合った地域内交通の実現への取り組み実施
- 3) 第2期（平成34年度を目標）に向けて
  - ・ 新潟駅高架下交通広場の完成による基幹公共交通軸の南北一体化
  - ・ LRTへの移行について、社会環境を十分に考慮し、判断する。

新潟市(2013)より作成

### 5.2. 費用項目一覧、及び使用データ

費用項目は表3の通りである。なお、バス専用道建設に伴う費用は、初期費用の「路面・駅などの整備費用」に含まれるとする。

#### 5.2.1. 初期費用

初期費用に関しては、新潟市(2013)のデータを使用する。掲載されている項目およびデータは表17の通りである。

表 17 新潟市 BRT 導入事業の初期費用

	第 1 期完成までの事業費	うち開業までの事業費
走行空間	7.2	1.5
連結バス	9.4	4.9
情報案内システム	0.7	0.7
交通結節点	6.7	3.9
その他	5.5	1.7
合計	29.5	12.7

新潟市(2013)より作成 (単位: 億円)

「走行空間・駅」はバス停上屋・駅などを指す。「情報案内システム」は乗り換え抵抗の軽減に向けて、情報端末や BRT 駅・車内・交通結節点において運行情報の提供を行うシステムのことである。「交通結節点」は 4 か所における乗換施設を意味する。また「その他」には車両基地、融雪設備、各種調査などの費用を計上している。

### 5.2.2. ランニングコスト

ランニングコストに関しては、新潟市調査には詳細なデータが掲載されていなかったため、浦安市(2007)より算出した。浦安市(2007)では、新たな公共交通システムの導入に際して、LRT と BRT の走行キロ営業費が求められている。これを用いることで、新潟市のケースについてもランニングコストの推計が可能である。

表 18 ランニングコスト一覧

項目	人件費	燃料油脂費	車両修繕費	車両償却費	利子	諸経費
走行キロ営業費	309.09	38.4	23.75	-	1.46	81.64

浦安市(2007)より作成 (単位: 千円)

なお、浦安市(2007)では、

$$\text{走行距離} = \text{区間距離} \times 2 (\text{往復}) \times 1 \text{日あたりの本数} \times 365 \text{日}$$

として計算しているが、本稿では、新潟交通株式会社(2012)において掲載されている走行距離を用いた。

### 5.2.3. 耐用年数

耐用年数は、納税協会連合会編集部(2013)のうち、

- ・ 別表第一 機械及び装置以外の有形減価償却資産の耐用年数表
- ・ 別表第二 機械及び装置の耐用年数表

を参考として表 19 の値を用いた。

表 19 耐用年数一覧

項目	耐久年数	引用ページ
BRT 車両	13 年	「車両及び運搬具／鉄道用又は軌道用車両（架空索道用搬器を含む。）」より
情報案内システム	10 年	「情報通信機械器具製造業用設備／電気計測器、電気通信用機器、電子応用機器又は同部分品製造設備」より
交通結節点・駅の整備	50 年	「建物・鉄筋コンクリート造のもの／事務所用又は美術館用のもの及び左記以外のもの」及び「構築物・鉄道業用又は軌道業用のもの／鉄筋コンクリート造のもの」より
専用走行路	10 年	「構築物・鉄道業用又は軌道業用のもの／線路設備」より

### 5.3. 推計結果、考察

以上の推計により、2040 年までの費用は 71.89 億円となった。

なお、車両の購入台数を 4 台に減らした場合は 65.49 億円、走行区間を延長した場合は 98.41 億円、専用走行路を設置した場合は 93.10 億円となった。

結果からもわかる通り、初期費用の全体に対する影響は小さい。各項目の耐久年数が比較的長いためである。一方で、ランニングコストは全体に対して大きな影響を与える。よって、走行区間の延長や専用走行路の設置等、ランニングコストに関わる施策は慎重に行った方が良いといえる。

## 6. 結果及び考察

本章ではこれまでの分析結果を整理し、費用便益分析の結果を提示する。また感度分析を行ったのち、その結果について考察を行う。本章の終わりでは、得られた考察を元に新潟市の BRT 導入事業に関する施策を考案し、提言につなげるものとする。

### 6.1. 分析結果

以上の分析結果を整理して、社会的純便益及び費用便益比を算出した。結果は表 20 の通りである。評価期間 2040 年までとした今回の分析において、社会的純便益の現在価値は-36.93 億円と負になり、費用便益比は 0.60 と 1 を下回った。

表 20 分析結果一覧

便益	利用者便益	92.59億円
	供給者便益	-36.61億円
	CO <sub>2</sub> 排出量削減便益	0.19億円
	便益合計	56.17億円
費用	費用合計	71.89億円
評価指標	社会的純便益	-15.72億円
	費用便益比(B/C)	0.78

また、この分析結果の不確実性を測定するために社会的便益の感度分析を行う。本稿においては分析のアプローチとして、BRT およびバスの需要予測に対して機関分担率予測結果を用いている。しかしながら集計ロジットモデルによる機関分担率予測はデータから推計されたものであるため、パラメータのばらつきによっては歪みや不確実性がある可能性がある。本稿においては簡便な感度分析として集計ロジットモデルにおけるパラメータを変化させる手法をとる。すなわち、集計ロジットモデルの推計において算出されたパラメータが、推計パラメータ自身をパラメータの確率分布の従う平均値とし、同様に、推計された標準誤差をパラメータの確率分布の従う標準偏差として推計パラメータから±1×標準偏差および±2×標準偏差だけ足す、もしくは引くことで不確実性の振れ幅を明らかにする。なお、推計パラメータから±2×標準偏差だけ足した値は 95%有意の上限および下限の信頼区間にほぼ一致することを付記しておく。

表 21 感度分析

	2標準誤差-	1標準誤差-	推計パラメータ	1標準誤差+	2標準誤差+
利用者便益	39.22	58.46	92.59	169.27	493.77
社会的純便益	-90.30	-71.06	-36.93	39.75	364.25

億円

感度分析の結果、すべてのパラメータが1標準誤差だけ大きくなると社会的純便益は正になることが明らかになった。これは結果の不確実性を示すものであるが、集計ロジットモデルの10の説明変数がすべて1標準誤差だけ大きくなるという強い仮定を置いたときの推計結果であることに留意しなければならない。

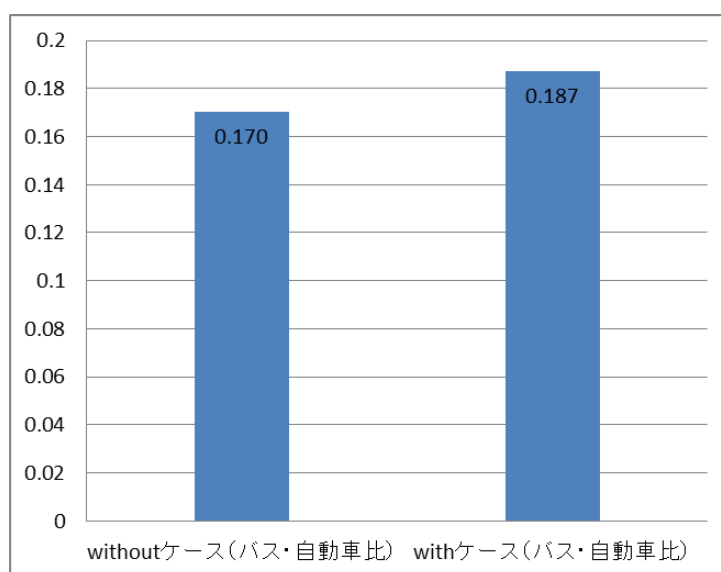
## 6.2. 考察

本分析では、社会的純便益は負、費用便益比は1を下回り、新潟市におけるBRT導入事業は効率的ではないという結果になった。以下では、この分析結果を元に考察を進めていく。

まず、費用が大きくなっていることがわかる。第5章において示された通り、BRT事業の多大なランニングコストが全体に対して大きな影響を与えているためである。現状と同様にバスレーンを利用し、走行区間を延長しない場合の費用が71.89億円であるのに対して、走行区間を延長した場合は98.41億円、専用走行路を設置した場合は93.10億円となり、ランニングコストの変動によって費用が大きく変わっていることがわかる。

一方で、便益が小さくなっていることについて以下で考察していく。まず、CO<sub>2</sub>排出量削減便益が少ないことに着目する。冒頭において言及したように、新潟市がBRTを導入する目的のひとつは、自動車の分担率を押し下げることによってCO<sub>2</sub>排出量を削減することであった。しかし、BRT導入によって新潟市における高いCO<sub>2</sub>排出量を緩和することは難しいというのが、本分析の示唆するところである。その要因としては、図20に見られるように自動車からバス利用への変更が少なく、分担率がそこまで大きく変動しなかったからであると考えられる。

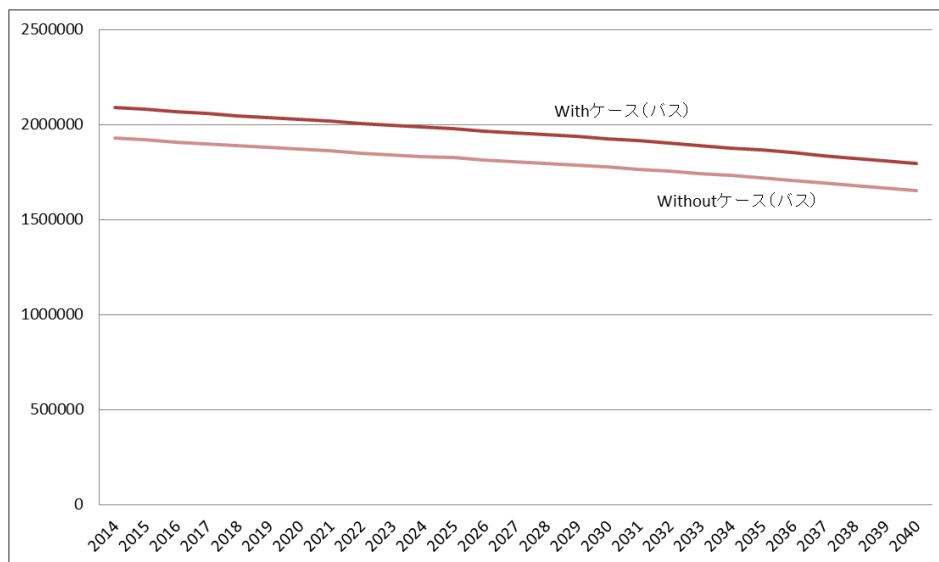
図 20 バス・自動車の利用比





続いて、便益が小さくなった原因として、BRT に対する需要がのびなかったことについて考察を進める。

図 21 BRT を含むバス利用者の推移



BRT 導入によって、BRT 及びバス利用者は増加し、自動車利用からバス利用への移行は確かに見られるが、大きなものとはなっていない。そのことによって、交通量そのものの変化が過小となって、利用者便益の拡大が抑制される結果となっている。また、With ケースと Without ケースとの間で利用者数に大きな変化がないために十分な利益を生み出せず、供給者便益が大幅に減少することにつながっている。

このように結果に大きく影響を与える BRT 及びバスの需要に関して、どの要因が影響を与えているのかについて考察する。まず、分担交通量予測においてその要因が見られる。

表 22 分担交通量予測

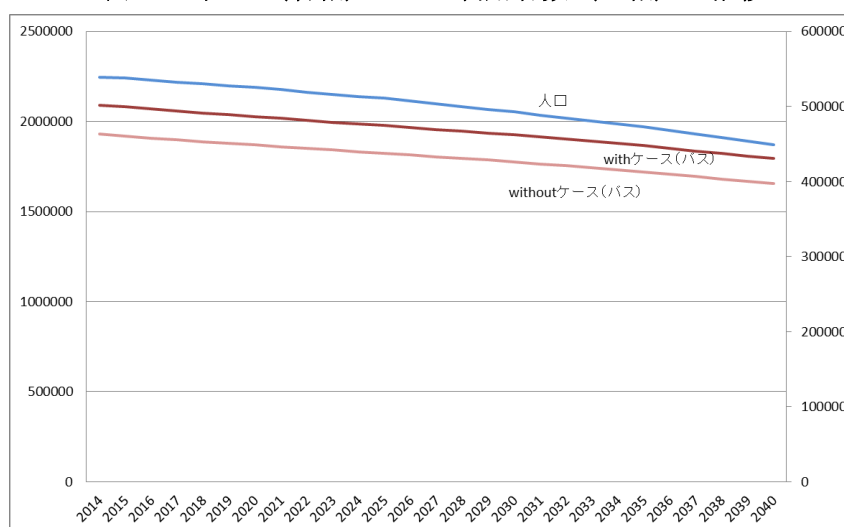
標準化係数	説明変数	$\alpha 1$ (所要時間差)	$\alpha 2$ (移動費用差)	$\alpha 3$ (乗換ダミー)	$\alpha 4$ (乗換バス停)	$\alpha 5$ (発バス停運行本数)	$\alpha 6$ (着バス停運行本数)
	パラメータ	0.132	-0.079	0.114	0.072	0.167	0.153
	T 値	4.352	-2.623	3.896	2.694	6.045	5.559
	P 値	0.000	0.009	0.000	0.007	0.000	0.000
標準化係数	説明変数	$\alpha 7$ (発バス運行本数)	$\alpha 8$ (着バス運行本数)	$\alpha 9$ (発ゾーン側の免許保有率)	$\alpha 10$ (着ゾーン側の免許保有率)	決定係数	
	パラメータ	0.122	0.106	-0.153	-0.157	0.152	
	T 値	4.528	3.928	-5.719	-5.833		
	P 値	0.000	0.000	0.000	0.000		

上記における標準化係数を見ると、発バス停運行本数及び着ゾーン側の免許保有率が効いている変数だとわかる。発バス停運行本数は、BRT における利便性の高さを表すものであ

るが、それがバス利用を促進する大きな要因となり、さらに着ゾーン側の免許保有率の高さは自動車選択を押し上げる要素であるが、それがバス利用を減退させることにつながっている。一方で、新潟市民から不安の声があがっている、BRT 導入によって生じる乗り換えの増加については、比較的影響が小さくなっていることがわかる。

続いて、人口の与える影響の大きさがうかがえる。表 23 の図からわかるように、人口の変化と利用者数の変化に大きな相関関係が見られる。人口は、各ゾーンにおいて現状の配置から変わらないと仮定し、人口増加率を乗じて推計しているため、人口配置の変動を考慮すると、別の形で利用者数に影響が生じると考えられる。

表 23 人口（右軸）とバス利用者数（左軸）の推移



### 6.3. 施策提言

費用便益分析は一つの指標であり、本分析の結果が直ちに事業不採択を意味するものではない。しかしながら、効率的な事業運営が求められる中で、本分析の枠組みの中で効率性を満たすための施策を提言することは有用であると考ええる。

まず、費用に関してだが、専用走行路を設置せずにバスレーンを利用した場合には、表 17 の結果となる。NPV は負であり、B/C は 1 を下回るが、それでも本稿における推計結果よりも便益は拡大する。

表 17 分析結果一覧

便益	利用者便益	92.59億円
	供給者便益	-36.61億円
	CO <sub>2</sub> 排出量削減便益	0.19億円
	便益合計	56.17億円
費用	費用合計	71.89億円
評価指標	社会的純便益	-15.72億円
	費用便益比(B/C)	0.78

よって、新たに専用走行路を設置するのではなく、現状のバスレーンを時間帯問わずに常に利用することを施策として提案する。そのことによって、BRT 導入に関する費用を削減できる上に道路利用における変更が少なく、自動車などを始めとする利用者に対する混乱を最小限に押さえることも可能になる。もちろん、将来的に LRT 導入への移行を考慮した上での専用走行路の設置であるが、BRT が継続される可能性もあり、実際の利用動向を注視した上で専用走行路を設置するかどうかの検討を行う必要がある。

続いて、BRT への需要に関する施策であるが、上記の通り BRT 及びバスの利便性が需要に大きく影響を与えることがわかっている。そこで、利便性をさらに向上させるように運行本数を拡大したり、所要時間の短縮を行ったりする必要があると考えられる。運行本数については、全て拡大するのではなく、必要箇所においてその本数を工夫していくことが可能だろう。一方、所要時間については、その短縮が BRT 及びバス利用の促進につながるが、これは他のバスとのスムーズな乗り換えによって可能になる。また、上述のようにバスレーンを利用することによって、本分析において検討した専用走行路が「新潟駅 - 古町」間であるのに対し、実質的に専用走行空間を拡張することができ、さらに所要時間を短縮することにつながると考えられる。

また、人口が利用者に与える影響の大きさを考慮して、本分析で利用した現状の趨勢に基づく人口配置ではなく、都心部の人口が増加するような人口配置の変化によって BRT 及びバス利用は拡大すると考えられる。BRT 導入に加えて都市型住宅の供給や誘導など、都心の交通政策と組み合わせた市街地の再整備を行うことによって、都心部における居住人口の増加を促すことが、有用となってくる。これは、BRT の効率的な利用によって、さらに促される可能性がある相互的なものであることについて、言及しておく。

## 7. 結論

ここまで行ってきた本研究における分析内容及び結果の考察を概略してまとめ、結びとして本研究における限界と、そこから示唆される今後の研究課題について述べる。

### 7.1. 本研究のまとめ

本稿では、新潟市における BRT 導入事業についての費用便益分析を行った。BRT を導入する場合を With ケース、BRT を導入しない場合を Without ケースとして設定し、2040 年までの需要予測を用いて便益及び費用を算出した。結果、費用が便益を上回るため、BRT 導入事業は効率性の観点からは否定されることが示された。その主な要因として、多大な費用と BRT 需要の伸び悩みを挙げている。そのため費用を削減したり、BRT 及びバスの利用を促したりするような施策が行われることによって、社会的純便益を向上させる可能性があると考えられる。

### 7.2. 今後の研究課題

結びにかえて、本研究の限界と、そこから導きだされる今後の研究課題を示す。

第一に、本研究における分析に必要な費用のデータがすべて利用可能であったわけではないことが挙げられる。BRT の運営に関する費用については、運営事業者である新潟交通株式会社により公表されていないものがあつたので、必要に応じて推計せざるを得なかった点において、妥当性にかける。こうしたデータを入手できれば、より精度の高い分析を行うことができる。

第二に、需要予測に関する限界があつた。BRT 導入事業が開始されるのは、平成 26 年度からであり、本研究においては BRT 導入による需要量の変化を四段階推定法によって推計する必要があつた。そのために生じる不確実性については、言及する必要がある。今回の推定においては、まず、考慮した地域が新潟市の都市圏に限られている。BRT 路線が直接的に影響を与える都市圏についてのみ考慮し、郊外については今回の分析の対象としなかつた。また、BRT と同時進行で行われるバス路線の再編について、全てのバス路線を今回の分析に織り込むことができなかつた。主要バス路線のみを検討の対象とし、重なりが多いバス路線同士を一本化して考慮したために、実際の状況と異なる部分のある分析となっている。そして、需要予測におけるロジットモデルにおいて、変数は有意になったが決定係数が低く、低い現況の再現率にとどまつたことが挙げられる。OD ペアが多くなつたために、それぞれの説明変数を丁寧に洗い出すことが難しくなつたからだと考えられるが、変数にさらなる工夫を行うことで、現況の再現率を高めて、より精度の高い分析を行うことを目指していく必要がある。

第三に、便益の推計において考慮可能な要素が残されていることが挙げられる。具体的には、自動車走行経費減少便益、自動車走行費用短縮便益、交通事故減少便益という外部性における便益である。四段階推定法における第四段階の分析である配分交通量予測を行

うことで、可能になる。また、新潟市の BRT 導入において触れられていた、BRT のもつシンボル性や快適さなども考慮に入れることによって、便益が拡大することが考えられる。

## 謝辞

本稿の執筆にあたり、多くの方々からご指導ご協力を賜りました。とりわけ、授業や報告会において適切な助言を賜り、また丁寧に指導してくださった東京大学公共政策大学院教授、岩本康志先生ならびに、一橋大学イノベーション研究センター北野泰樹先生にこの場をお借りして、厚く御礼申し上げます。

また、ご多用の中、新潟県都市政策課や新潟市役所の方々が、調査のためのデータや必要な資料についてのご提供に尽力くださいました。こうした方々のお力添えなしに、本稿を完成させることはできませんでした。深く感謝申し上げます。

ただし、本稿で示した見解は全て筆者たちの見解であり、所属する組織のものではございません。また、あり得るべき誤りは、全て筆者たちに帰するものです。

## 参考文献

- 浦安市(2007)「新たな公共交通システム導入の検討調査報告書」  
<http://www.city.urayasu.chiba.jp/dd.aspx?itemid=15257> (2014年1月4日アクセス)
- 警察庁交通局運転免許課(2013)「運転免許統計(平成24年度版)」  
<https://www.npa.go.jp/toukei/menkyo/index.htm> (2014年12月20日アクセス)
- 国土交通省(2012)「鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル(2012年改訂版)」  
[http://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo\\_fr1\\_000040.html](http://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_fr1_000040.html) (2014年11月23日アクセス)
- 国土交通省(2009)「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針(共通編)」  
<http://www.mlit.go.jp/tec/hyouka/public/090601/0906012.html> (2014年11月23日アクセス)
- 兒山真也・岸本充生(2001)「日本における自動車交通の外部費用の概算」一般財団法人運輸政策研究機構編『運輸政策研究』Vol.4 No.2 pp.19-30.
- 関・佐野・松本・土屋(2007)「新潟市におけるコンパクトな市街地形成に向けた新交通システムの導入の効果」  
[http://cds.nagaokaut.ac.jp/niigata\\_form/symposium2007\\_pdf/4209.pdf](http://cds.nagaokaut.ac.jp/niigata_form/symposium2007_pdf/4209.pdf) (2014年12月5日アクセス)
- 新潟交通株式会社(2012)「新潟市BRT第1期導入区間運行事業 最終提案書」  
<http://www.city.niigata.lg.jp/kurashi/doro/kotsu/newssystem/bussystem/jigyohasentei/shinsaiinkai.html> (2014年11月19日アクセス)
- 新潟交通株式会社(2013)「平成24年度第100期報告書」  
<http://www.niigata-kotsu.co.jp/ir/index.html> (2014年1月14日アクセス)
- 新潟市(2012)「新潟市が目指す公共交通体系とBRT導入に向けた取り組み」  
<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/soukou-magazine/1207niigata.pdf>  
(2014年11月19日アクセス)
- 新潟市(2013)「新潟市BRT第1期導入計画～持続可能な“新バスシステム”を目指して～」  
[http://www.city.niigata.lg.jp/kurashi/doro/kotsu/newssystem/bussystem/brt\\_dounyu\\_keikaku.files/brt\\_dounyukeikaku.pdf](http://www.city.niigata.lg.jp/kurashi/doro/kotsu/newssystem/bussystem/brt_dounyu_keikaku.files/brt_dounyukeikaku.pdf) (2014年11月23日アクセス)
- 北海道庁(2008)「帯広圏総合都市交通体系調査(マスタープラン策定調査)報告書」  
[http://www.city.obihiro.hokkaido.jp/toshikensetsubu/toshikeikakuka/d070511\\_2\\_2.html](http://www.city.obihiro.hokkaido.jp/toshikensetsubu/toshikeikakuka/d070511_2_2.html) (2014年12月20日アクセス)
- 納税協会連合会編集部(2013)『減価償却資産の耐用年数表(平成25年版)』清文社