

Title	駅乗降客データからの駅間交通量の作成に関する一考察 : 弘南鉄道を例として
Author(s)	大橋, 忠宏; 小枝, 章人
Citation	人文社会科学論叢, 2, 2017, p.61-71
Issue Date	2017-02-28
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10129/5999">http://hdl.handle.net/10129/5999</a>
Rights	
Text version	publ isher



<http://repository.ul.hirosaki-u.ac.jp/dspace/>

## 【論文】

# 駅乗降客データからの駅間交通量の作成に関する一考察： 弘南鉄道を例として

大橋 忠宏・小枝 章人

## 1. はじめに

地方都市では、自家用車の普及や人口減少等によって公共交通の利用は長期にわたって減少傾向にある。交通事業者の中には財務的に危機的な状況に陥っていることが多く、持続可能な域内公共交通の設計が急務であると考えられる。最近の都市内交通をめぐる政策的話題としては、交通政策基本法の成立と支援策の充実、地方創生に関する議論の高まり以降、多くの自治体で地域公共交通網形成計画策定と続く交通社会実験や再編実施計画策定に向けた動きが活発になるなど大きな転機を迎えている。

本研究で分析対象とする弘南鉄道には、弘南線と大鰐線の二つの路線がある。それぞれの路線の利用者数の推移は減少傾向にある。特に大鰐線では需要が低迷して営業赤字の状態が続き、2013年には大鰐線の廃止についての報道発表を受け、弘南鉄道大鰐線存続戦略協議会が設置されるなど、存続の危機に瀕している。また、同協議会は、2016年から弘前市地域公共交通会議の分科会としての位置づけとなり、大鰐線は他のバス路線網とあわせた公共交通網形成計画において重要な役割を果たすことが期待されている。

弘南鉄道大鰐線存続戦略協議会資料によると、大鰐線は平成18年度には908千人いた利用者が平成24年度には575千人と約37%減少している。当該路線の通学定期と通勤定期、定期外の減少率はそれぞれ約33%、52%、37%である。弘南線は平成18年度には1,505千人いた利用者が平成24年度には1,350千人と約10%減少している。同じく当該路線の通学定期と通勤定期、定期外の減少率はそれぞれ約5%、24%、16%である。大鰐線と弘南線の利用者数の推移を比べると大鰐線の減少率が大きいこと、両路線とも通勤定期を使用している人の減少率が最も大きいことが分かる。弘前市企画課（2010）によると、大鰐線の季節別・曜日別の利用状況は、非積雪期では平日700~800人/日（上下別）であるのに対し、土曜日は平日の半分程度、休日は土曜日のさらに半分程度の利用となっている。これが積雪期となると、平日で1,100人/日（上下別）と非積雪期の約1.4倍であり、この傾向は土曜、日曜も同様である。他方、大鰐線に比して、弘南線の季節別・曜日別の利用状況は、非積雪期では平日約1,700人/日（上下別）であるのに対し、土曜日は平日の2/3程度、休日は土曜日のさらに2/3程度の利用となっており、大鰐線ほどの曜日格差は生じていない。また、積雪期になると、平日で1,900~2,000人/日（上下別）と非積雪期の約1.1倍であり、積雪期と非積

雪期の差は大鰐線ほど大きくない。

このような状況の中、利用促進に向けた取り組みなどの各種施策を検討していく中で、財務的な検討は非常に重要であるが、さまざまな検討を行うための基礎として需要構造・要因の把握が必要不可欠である。ただし、地方都市では規模の小さな自治体ほど交通需要に関するデータがとられていない場合が多い。弘前市の場合、定期的には実施されているのはバス等の補助申請のためのバス停留所や駅での乗降調査のみである。ただし、過去には交通需要に関する調査としては、大橋（2009）や弘前市企画課（2010）がある。前者は市内全域を対象として郵送回収による調査を行っているが、回収率が低いため市内全域の交通機関別交通量の推計はできていない。後者は単発的に行われたものであり、弘南鉄道とバス系統の乗降調査に加えて一部のバス系統を除くOD調査及び大鰐線のOD調査が実施されている貴重なデータである。理論的には、交通需要を駅あるいは停留所毎に集計したものが駅あるいは停留所の乗降客数であるため、交通需要の要因や構造の特定化が適切であれば、駅乗降客数の推定を通じて交通需要構造を把握することが可能であると考えられる。したがって、弘前市のように交通需要の継続的な調査が行われていなかったとしても、駅乗降客数の調査が行われていれば、追加的な費用をかけずに駅乗降客数の分析を通じて、間接的に交通需要の構造を把握できると考えられる。

以上を背景として、本研究では、弘南鉄道を対象に駅乗降客データのみが入手可能な状況の下で、駅間交通量データを作成するための方法について検討する。

## 2. モデル

発地*i*から着地*j*までの起終点間の交通量 $OD_{ij}$ （以下、OD交通量と呼ぶ）は、潜在的需要が大きくなるほど増え、一般化費用が大きくなるほど減少する関数として次のように定義する<sup>1</sup>。

$$OD_{ij} = POT_{ij} - COST_{ij} \quad \text{for } \forall i, j \in I^l, \forall l \in L \quad (1)$$

$$POT_{ij} = POT(POP_i, POP_j, EMP_i, EMP_j) \quad \text{for } \forall i, j \in I^l, \forall l \in L \quad (2)$$

$$COST_{ij} = COST(FARE_{ij}, TIME_{ij}, FREQ_{ij}) \quad \text{for } \forall i, j \in I^l, \forall l \in L \quad (3)$$

ここで、 $POT_{ij}$ は地域*i*から地域*j*への潜在的需要とし、 $COST_{ij}$ は地域*i*から地域*j*へのトリップのための一般化費用とする。Lは路線*l*の要素<sup>2</sup>からなる集合、 $I^l$ は路線*l*の駅勢圏の要素<sup>3</sup>からなる集

<sup>1</sup> 交通需要関数としては、以下のような重力モデルと呼ばれる特定化が行われることが多い。

$$OD_{ij} = \frac{POT_{ij}}{COST_{ij}}$$

需要関数を重力モデルで定式化する場合、駅乗降客数モデルは線形回帰するような特定化は難しい。本研究では、線形回帰可能な特定化を行うために、線形の関数として定式化を行っている。

<sup>2</sup> 路線は、弘南鉄道弘南線と大鰐線の2路線である。

<sup>3</sup> 弘南鉄道弘南線には、弘前、弘前東高前、運動公園前、新里、館田、平賀、柏農高前、津軽尾上、尾上高校前、田んぼアート、田舎館、境松、黒石の13駅がある。この内、田んぼアート駅はH25年に開業した駅である。

合とする。

$POT(\cdot)$  は、人口 ( $POP_i$  や  $POP_j$ ) や就業者数 ( $EMP_i$  や  $EMP_j$ ) が大きくなると  $ij$  間の需要も増えると考え、交通需要に関する先行研究によると、潜在的需要の要因としては地域の従業者数や生産、学校生徒数、病院・病床数などが考慮されるが、本研究ではデータの人的・時間的制約の都合から人口と就業者数のみを考慮する。

$COST(\cdot)$  は一般化費用であり、一般化費用の増加は需要を減少させると仮定する。ここでは、一般化費用は、金銭的費用と時間費用からなると考える。金銭的費用としては運賃  $FARE_{ij}$  を考慮し、時間費用として乗車時間  $TIME_{ij}$ 、そしてスケジュールコストあるいは利便性の構成要素として運行頻度  $FREQ_{ij}$  を考慮する。

式 (1) を直接推定できることが望ましいが、左辺のデータ、すなわち、OD 交通量は直接入手できず、駅乗降客数のみが入手可能である。そこで、式 (1) をそれぞれ駅毎に集計することを考える。すなわち、

$$\sum_{j \in I^l} OD_{ij} = \sum_{j \in I^l} POT(POP_i, POP_j, EMP_i, EMP_j) - \sum_{j \in I^l} COST(FARE_{ij}, TIME_{ij}, FREQ_{ij}) \quad \text{for } \forall i \in I^l, l \in L \quad (4)$$

以下、本研究では、式 (4) を推定することで今回分析対象とする弘南鉄道の交通需要関数の特性について検討すると共に OD 交通量の推計を行う。

### 3. 関数の特定化

潜在的需要については線形関数として、式 (2) を以下の 4 通りに特定化する<sup>4</sup>。

$$POT_{ij} = a_0 + a_1 POP_i + a_2 POP_j + c SNOW \quad \text{for } \forall i, j \in I^l, l \in L \quad (2a)$$

$$POT_{ij} = a_0 + a_3 (POP_i + EMP_i + POP_j + EMP_j) + c SNOW \quad \text{for } \forall i, j \in I^l, l \in L \quad (2b)$$

$$POT_{ij} = a_0 + a_4 (POP_i + EMP_i) \times (POP_j + EMP_j) + c SNOW \quad \text{for } \forall i, j \in I^l, l \in L \quad (2c)$$

$$POT_{ij} = a_0 + a_5 (POP_i \times POP_j) + c SNOW \quad \text{for } \forall i, j \in I^l, l \in L \quad (2d)$$

ここに、 $SNOW$  は積雪ダミー変数とし、積雪時には 1、非積雪時には 0 の値をとるものとする。弘前市の公共交通に関するデータによると、積雪時の利用者は非積雪時と比べて 2 割～4 割程度増加する。潜在的需要については起終点となるそれぞれの駅勢圏の人口や就業者数の増加は潜在的需要を増加させると考えることができるため、 $a_1 \sim a_5$  の符号としてはプラスを想定する。積雪ダミー変数の係数  $c$  についても正のパラメータとする。

---

当該駅は分析対象期間には存在しないので分析対象から除外する。大鰐線には、中央弘前、弘高下、弘前学院大前、聖愛中高前、千年、小栗山、松木平、津軽大沢、義塾高校前、石川、石川プール前、鯖石、宿河原、大鰐の 14 駅がある

<sup>4</sup> 駅勢圏の人口と就業者数の間には強い相関があり、独立の変数として扱う場合には多重共線性の疑いがあるため、人口と就業者数を独立変数として扱う特定化は行わなかった。

同様に、一般化費用についても線形の関数として、式 (3) は以下のように特定化する<sup>5</sup>。

$$COST_{ij} = b_1 FARE_{ij} + b_2 TIME_{ij} + b_3 FREQ_{ij} \quad for \quad \forall i, j \in I^l, l \in L \quad (3a)$$

$$COST_{ij} = b_1 FARE_{ij} + b_2 TIME_{ij} + b_4 \left( \frac{1}{FREQ_{ij}} \right) \quad for \quad \forall i, j \in I^l, l \in L \quad (3c)$$

運賃や所要時間の増加は費用の増加を意味し、費用の増加は需要の減少をもたらすため、運賃のパラメータ  $b_1$ 、所要時間のパラメータ  $b_2$  の符号についてはプラスを想定している。運行頻度の増加はスケジュールコストの減少を意味するため、運行頻度の係数  $b_3$  の符号はマイナスを想定している。運行頻度の増加はその逆数の減少を意味するため、運行頻度の逆数の係数  $b_4$  についてはプラスを想定している。

このとき、式 (4) の駅乗降客数は、路線  $l$  の駅数を  $N^l$  とすると次のように書くことができる。

モデル 1：式 (2a), (3a) による特定化

$$\begin{aligned} \sum_{j \in I^l} OD_{ij} = & a_0(N^l - 1) + a_1(N^l - 1)POP_i + a_2 \sum_{j \in I^l} POP_j + c(N^l - 1) SNOW \\ & - b_1 \sum_{j \in I^l} FARE_{ij} - b_2 \sum_{j \in I^l} TIME_{ij} - b_3 \sum_{j \in I^l} FREQ_{ij} \quad for \quad \forall i, j \in I^l, l \in L \end{aligned}$$

モデル 2：式 (2a), (3b) による特定化

$$\begin{aligned} \sum_{j \in I^l} OD_{ij} = & a_0(N^l - 1) + a_1(N^l - 1)POP_i + a_3 \sum_{j \in I^l} POP_j + c(N^l - 1) SNOW \\ & - b_1 \sum_{j \in I^l} FARE_{ij} - b_2 \sum_{j \in I^l} TIME_{ij} - b_4 \sum_{j \in I^l} \left( \frac{1}{FREQ_{ij}} \right) \quad for \quad \forall i, j \in I^l, l \in L \end{aligned}$$

モデル 3：式 (2b), (3a) による特定化

$$\begin{aligned} \sum_{j \in I^l} OD_{ij} = & a_0(N^l - 1) + a_3 \sum_{j \in I^l} (POP_i + EMP_i + POP_j + EMP_j) + c(N^l - 1) SNOW \\ & - b_1 \sum_{j \in I^l} FARE_{ij} - b_2 \sum_{j \in I^l} TIME_{ij} - b_3 \sum_{j \in I^l} FREQ_{ij} \quad for \quad \forall i, j \in I^l, l \in L \end{aligned}$$

モデル 4：式 (2b), (3b) による特定化

$$\begin{aligned} \sum_{j \in I^l} OD_{ij} = & a_0(N^l - 1) + a_3 \sum_{j \in I^l} (POP_i + EMP_i + POP_j + EMP_j) + c(N^l - 1) SNOW \\ & - b_1 \sum_{j \in I^l} FARE_{ij} - b_2 \sum_{j \in I^l} TIME_{ij} - b_4 \sum_{j \in I^l} \left( \frac{1}{FREQ_{ij}} \right) \quad for \quad \forall i, j \in I^l, l \in L \end{aligned}$$

モデル 5：式 (2c), (3a) による特定化

$$\begin{aligned} \sum_{j \in I^l} OD_{ij} = & a_0(N^l - 1) + a_3 \sum_{j \in I^l} (POP_i + EMP_i) \times (POP_j + EMP_j) + c(N^l - 1) SNOW \\ & - b_1 \sum_{j \in I^l} FARE_{ij} - b_2 \sum_{j \in I^l} TIME_{ij} - b_3 \sum_{j \in I^l} FREQ_{ij} \quad for \quad \forall i, j \in I^l, l \in L \end{aligned}$$

<sup>5</sup> 運行頻度の変数を利用したスケジュールコストあるいは利便性の表現として、運行頻度の対数をとったものも想定可能であるが、今回の分析では符号条件を満足する推定結果が得られなかった。

モデル6：式(2c), (3b)による特定化

$$\sum_{j \in I^l} OD_{ij} = a_0(N^l - 1) + a_3 \sum_{j \in I^l} (POP_i + EMP_i) \times (POP_j + EMP_j) + c(N^l - 1) SNOW \\ - b_1 \sum_{j \in I^l} FARE_{ij} - b_2 \sum_{j \in I^l} TIME_{ij} - b_4 \sum_{j \in I^l} \left( \frac{1}{FREQ_{ij}} \right) \quad \text{for } \forall i, j \in I^l, l \in L$$

モデル7：式(2d), (3a)による特定化

$$\sum_{j \in I^l} OD_{ij} = a_0(N^l - 1) + a_3 \sum_{j \in I^l} (POP_i + POP_j) + c(N^l - 1) SNOW \\ - b_1 \sum_{j \in I^l} FARE_{ij} - b_2 \sum_{j \in I^l} TIME_{ij} - b_3 \sum_{j \in I^l} FREQ_{ij} \quad \text{for } \forall i, j \in I^l, l \in L$$

モデル8：式(2d), (3b)による特定化

$$\sum_{j \in I^l} OD_{ij} = a_0(N^l - 1) + a_3 \sum_{j \in I^l} (POP_i + POP_j) + c(N^l - 1) SNOW \\ - b_1 \sum_{j \in I^l} FARE_{ij} - b_2 \sum_{j \in I^l} TIME_{ij} - b_4 \sum_{j \in I^l} \left( \frac{1}{FREQ_{ij}} \right) \quad \text{for } \forall i, j \in I^l, l \in L$$

#### 4. データ

本研究で利用するデータの一覧を表1に示す。

表1 利用データ

	出所	備考
駅乗降客数	弘前市(2010)『地方鉄道活用検討調査業務報告書』平成21年度	
駅勢圏人口	政府の統計窓口	各駅から500mバッファ内の領域
駅勢圏就業者数	政府の統計窓口	各駅から500mバッファ内の領域
運行頻度	弘南鉄道公式HP	
運賃	弘南鉄道公式HP	
乗車時間	弘南鉄道公式HP	

駅乗降客データは、弘前市(2010)『地方鉄道活用検討調査業務報告書』(平成21年度)を利用する。当該調査では、積雪期と非積雪期の平日・休日毎に乗降客数の観測が行われている。本研究では、駅乗降客として平日5日間の乗降客数を対象に、各曜日の乗客と降客の和の平均を駅ごとに足し合わせたものを利用する。

駅勢圏の人口・就業者数は、「政府の統計窓口」<sup>6</sup>を利用し、shapeファイルは各地域(弘前市、平川市、田舎館村、黒石市、大鰐町)とも平成22年度国勢調査(小地域)のものを利用している。駅住所から緯度経度情報への変換はアドレスマッチングサービス<sup>7</sup>を利用している。駅勢圏は駅から半径500mの範囲内とし、面積案分法により計算している。

<sup>6</sup> 政府の統計窓口 (<https://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/eStatTopPortal.do>)

<sup>7</sup> Geocoding Tools & Utilities (<http://newspat.csis.u-tokyo.ac.jp/geocode/>)

その他の運行頻度，運賃，乗車時間のデータは共に弘南鉄道の公式HP<sup>8</sup>から入手している。

## 5. 推定結果

表2は前述のモデル1～9についてOLS推定した結果をまとめたものである。

潜在的需要のパラメータを見ていこう。潜在的需要のパラメータ $a_1 \sim a_5$ の符号についてはプラスを想定している。推定結果を見ると，モデル1～9のすべてで想定通りプラスとなっている。各パラメータのt検定の結果についてp値を見ると， $a_1$ は5%未満で統計的に有意であり， $a_4$ ， $a_5$ については1%未満で統計的に有意である。ただし，モデル1, 2での $a_2$ については統計的に有意ではない。

表2 推定結果

		モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	モデル5	モデル6	モデル7	モデル8
潜在的需 要のパラ メータ	$a_0(N^l-1)$	-36627	-19368	-24957	-15090	-24506	-14929	-25339	-15247
	$a_1(N^l-1)$	0.74562 (0.011)	0.74562 (0.011)	-	-	-	-	-	-
	$a_2$	0.45833 (0.105)	0.45833 (0.105)	-	-	-	-	-	-
	$a_3$	-	-	0.019651 (0.002)	0.019651 (0.002)	-	-	-	-
	$a_4$	-	-	-	-	1.01586E-05 (0.001)	1.01586E-05 (0.001)	-	-
	$a_5$	-	-	-	-	-	-	1.97655E-05 (0.003)	1.97655E-05 (0.003)
一般化費 用のパラ メータ	$-b_1$	4.2626 (0.019)	4.2626 (0.019)	5.0084 (0.005)	5.0084 (0.005)	5.1062 (0.004)	5.1062 (0.004)	5.2362 (0.004)	5.2362 (0.004)
	$-b_2$	-12.366 (0.365)	-12.366 (0.365)	-19.786 (0.134)	-19.786 (0.134)	-20.677 (0.118)	-20.677 (0.118)	-20.805 (0.124)	-20.805 (0.124)
	$-b_3$	21.484 (0.002)	-	12.282 (0.000)	-	11.922 (0.000)	-	12.563 (0.000)	-
	$-b_4$	-	-18730 (0.002)	-	-10708 (0.000)	-	-10394 (0.000)	-	-10953 (0.000)
積雪ダ ミー変数	$c(N^l-1)$	213.40 (0.429)	213.40 (0.429)	213.40 (0.432)	213.40 (0.432)	213.40 (0.429)	213.40 (0.429)	213.40 (0.437)	213.40 (0.437)
F値		8.58	8.58	9.84	9.84	10.02	10.02	9.48	9.48
adj.R <sup>2</sup>		0.471	0.471	0.464	0.464	0.469	0.469	0.454	0.454

※括弧内はp値

一般化費用のパラメータについて見ていく。一般化費用のパラメータ $b_1$ の符号は想定ではマイナスであったが，推定結果はプラスであり，統計的には5%未満で有意である。一般に運賃の増加は一般化費用の増加を意味するため想定ではプラスであると考えた。ただし，運賃は営業キロの関

<sup>8</sup> 弘南鉄道 公式 HP (<http://konantetsudo.jp/>)

数であり、営業キロの増加は徒歩や自転車、バスなどの代替交通機関に比して鉄道の相対的な優位性を高める効果があると解釈することが可能である。運行頻度の係数 $b_3$ 及び運行頻度の逆数の係数 $b_4$ については想定通りの符号であり、1%未満で統計的に有意である。

積雪ダミー変数の係数 $c$ については、推定結果として想定通りプラスの値が得られたが、統計的には有意ではない。今回は鉄道需要への積雪の影響を各駅勢圏共通の積雪ダミー変数として考えているが、駅勢圏毎に異なる可能性や旅行目的毎、区間毎などの対応が必要である可能性が高いと考えられる。

最後に、F値についてはすべてのモデルで統計的に有意である。しかし、モデルの当てはまりを見ると、総じて自由度修正済み決定係数の値は低い。関数の特定化については課題の多い結果となっており、今後の課題としたい。

推定結果には上述のような課題は残るものの、回帰係数の符号や統計的検定結果については概ね良好であると考えられる。以下、表2に示す推定結果の中から、自由度修正済み決定係数の最も高いモデル2とF値の最も大きいモデル6について、弘南鉄道弘南線及び大鰐線の各路線の駅間OD交通量を推計し、実際に観測されたOD交通量との相関を見ることで今回推定したモデルの再現性について検討を行う。

## 6. 鉄道OD交通量の再現性

モデル2、モデル6それぞれの推定結果を使って各路線・各駅間の積雪／非積雪時の鉄道OD交通量の推計結果をそれぞれ表3、4に示す。それぞれの鉄道OD交通量については、往路と復路分の平均を利用しているため、推計した鉄道OD交通量についても往路と復路の平均を算出している。したがって、下三角の成分のみ数値を記入しているが、上三角の成分については下三角の成分を転置したものとなる。

表3、4を見ると再現されたOD交通量はマイナスの値が多くなっており、線形関数として特定化した影響が大きいと考えられる。この点については推定方法の検討も含めて今後の課題としたい。また、積雪期と非積雪期の再現結果の差として積雪ダミー変数による一定量だけすべてのODで増加しており、問題のある結果といえる。

表3、4のOD交通量の推計結果と駅間鉄道OD交通量の観測値との相関について図示したものが図1である。図1(a)(b)の横軸は共に観測値を示しており、縦軸にそれぞれモデル2による鉄道OD交通量の推計値、モデル6による鉄道OD交通量の推計値を示している。図中の破線と $R^2$ は観測値と推計値の単回帰結果と決定係数を示している。図1を見ると、モデル2と観測値との相関の方がモデル6とのそれより高いが、観測値が正の値についての推計値に関してはモデル6による推計値の方が観測値をうまく説明しているように見える。なお、どちらの推計値も決定係数が低く、再現性は低い結果であり、本方法を実用化するためには課題が多い。



表3：モデル2による弘南鉄道OD推計結果

弘南線(積雪時)

積雪時	弘前	弘前東前	運動公園前	新里	館田	平賀	柏農高校前	津軽尾上	尾上高校前	田舎館	境松	黒石
弘前												
弘前東前	1048											
運動公園前	718	533										
新里	-382	-439	-746									
館田	-186	-201	-337	-859								
平賀	380	408	272	-37	-107							
柏農高校前	-134	-105	-199	-465	-493	-858						
津軽尾上	436	464	327	146	76	9	-414					
尾上高校前	-56	-28	-122	-345	-330	-440	-692	-840				
田舎館	22	50	-44	-225	-252	-234	-444	-421	-849			
境松	213	241	147	-77	-61	-86	-253	-231	-488	-683		
黒石	1008	960	942	761	734	752	627	607	478	326	112	

大鰐線(積雪時)

積雪時	中央弘前	弘高下	弘前学院大前	聖愛中高前	千年	小栗山	松木平	津軽大沢	義塾高校前	石川	石川プール前	鯖石	宿川原	大鰐
中央弘前														
弘高下	1084													
弘前学院大前	945	1065												
聖愛中高前	1022	887	897											
千年	1030	1150	777	783										
小栗山	-480	-445	-563	-813	-800									
松木平	-421	-386	-461	-584	-827	-998								
津軽大沢	-301	-223	-298	-378	-450	-750	-981							
義塾高校前	-154	-77	-109	-189	-261	-518	-622	-851						
石川	-249	-172	-204	-241	-314	-571	-631	-732	-947					
石川プール前	-170	-50	-125	-120	-192	-364	-425	-568	-655	-887				
鯖石	-252	-175	-207	-202	-274	-446	-464	-608	-652	-755	-979			
宿川原	-88	32	0	-37	-67	-281	-299	-400	-445	-506	-601	-845		
大鰐	-175	-55	-130	-124	-197	-368	-387	-445	-477	-538	-718	-706	-919	

弘南線(非積雪時)

非積雪時	弘前	弘前東前	運動公園前	新里	館田	平賀	柏農高校前	津軽尾上	尾上高校前	田舎館	境松	黒石
弘前												
弘前東前	1030											
運動公園前	701	516										
新里	-400	-457	-764									
館田	-204	-218	-355	-877								
平賀	362	391	254	-55	-125							
柏農高校前	-151	-123	-217	-483	-511	-876						
津軽尾上	418	446	310	129	59	-9	-431					
尾上高校前	-74	-46	-139	-363	-348	-458	-710	-858				
田舎館	4	32	-62	-243	-270	-252	-461	-439	-867			
境松	195	223	129	-95	-79	-104	-271	-248	-506	-701		
黒石	990	942	924	743	716	734	610	590	460	308	94	

大鰐線(非積雪時)

非積雪時	中央弘前	弘高下	弘前学院大前	聖愛中高前	千年	小栗山	松木平	津軽大沢	義塾高校前	石川	石川プール前	鯖石	宿川原	大鰐
中央弘前														
弘高下	1068													
弘前学院大前	929	1049												
聖愛中高前	1006	870	881											
千年	1014	1134	761	766										
小栗山	-496	-461	-579	-829	-816									
松木平	-438	-403	-478	-600	-843	-1015								
津軽大沢	-317	-240	-314	-394	-467	-766	-998							
義塾高校前	-171	-93	-126	-205	-278	-535	-638	-867						
石川	-266	-188	-220	-258	-330	-587	-648	-749	-964					
石川プール前	-187	-67	-142	-136	-208	-380	-441	-585	-672	-903				
鯖石	-269	-191	-224	-218	-291	-462	-480	-624	-669	-772	-995			
宿川原	-104	16	-16	-54	-83	-298	-316	-417	-461	-522	-618	-861		
大鰐	-191	-71	-146	-141	-213	-385	-403	-461	-493	-554	-735	-723	-935	

表4：モデル6による弘南鉄道OD推計結果

弘南線（積雪時）

積雪時	弘前	弘前東前	運動公園前	新里	館田	平賀	柏農高校前	津軽尾上	尾上高校前	田舎館	境松	黒石
弘前												
弘前東前	-63											
運動公園前	116	-118										
新里	30	-77	-351									
館田	174	118	47	-392								
平賀	339	347	247	-6	-75							
柏農高校前	275	269	252	126	107	-386						
津軽尾上	404	409	314	226	156	52	-387					
尾上高校前	326	319	303	227	259	73	-129	-366				
田舎館	313	309	286	248	229	203	45	18	-413			
境松	391	389	361	260	292	220	107	86	-147	-366		
黒石	547	501	492	336	317	348	230	205	79	-80	-332	

大鰐線（積雪時）

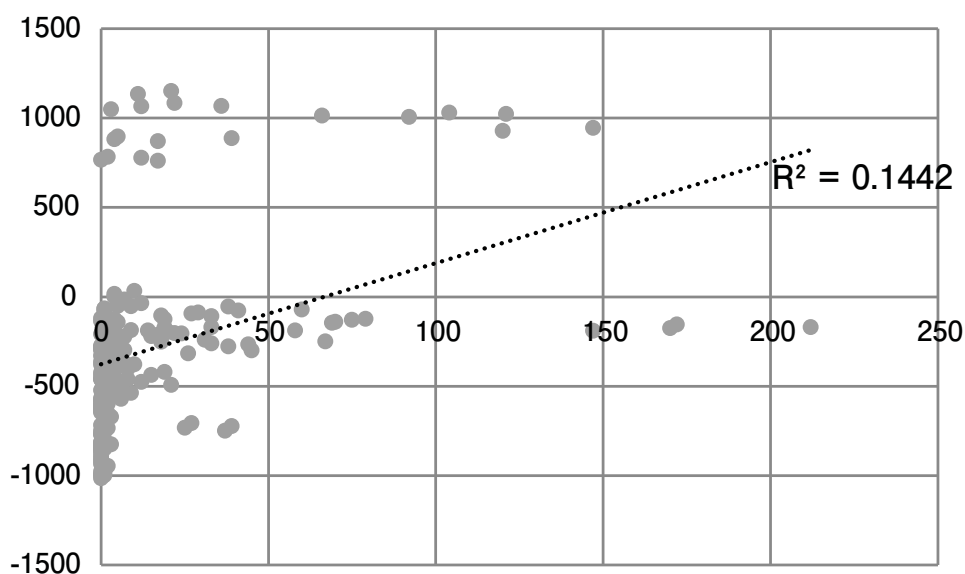
積雪時	中央弘前	弘高下	弘前学院大前	聖愛中高前	千年	小栗山	松木平	津軽大沢	義塾高校前	石川	石川プール前	鯖石	宿川原	大鰐
中央弘前														
弘高下	-106													
弘前学院大前	-179	-7												
聖愛中高前	75	-66	-66											
千年	182	345	-114	-87										
小栗山	44	-11	-125	-390	-349									
松木平	108	54	-9	-122	-387	-360								
津軽大沢	217	212	150	89	28	-95	-360							
義塾高校前	245	251	236	173	112	18	-94	-359						
石川	221	220	208	197	136	57	-4	-116	-379					
石川プール前	239	294	229	269	207	220	160	-3	-113	-359				
鯖石	235	231	220	260	199	229	220	57	-3	-95	-360			
宿川原	263	321	306	294	283	240	231	118	61	18	-92	-359		
大鰐	241	291	227	268	206	228	219	158	119	78	-135	-95	-358	

弘南線（非積雪時）

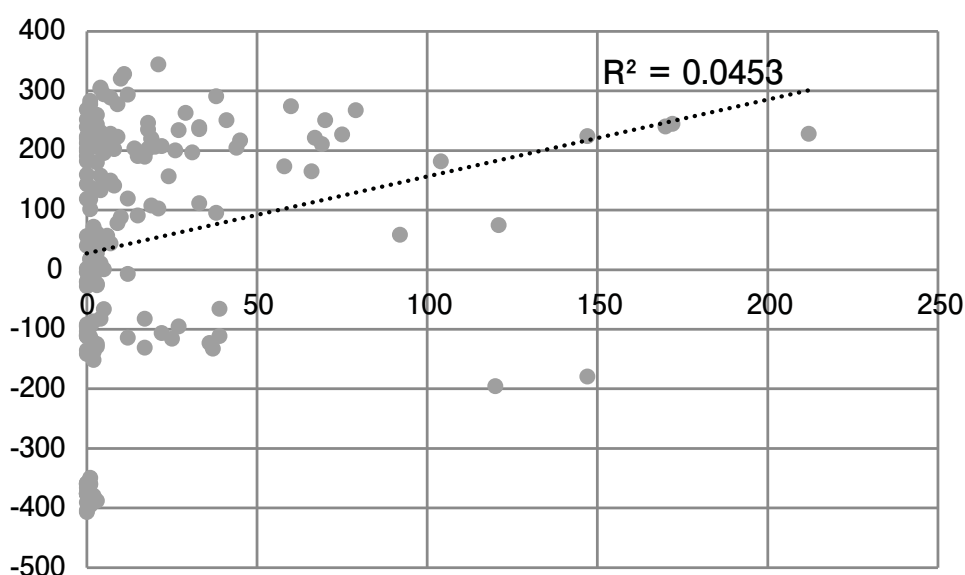
非積雪時	弘前	弘前東前	運動公園前	新里	館田	平賀	柏農高校前	津軽尾上	尾上高校前	田舎館	境松	黒石
弘前												
弘前東前	-81											
運動公園前	98	-135										
新里	13	-95	-369									
館田	156	100	30	-410								
平賀	321	329	229	-23	-93							
柏農高校前	258	251	235	108	89	-404						
津軽尾上	386	392	296	208	139	34	-405					
尾上高校前	308	302	285	209	241	55	-146	-384				
田舎館	295	291	269	230	211	185	28	0	-431			
境松	373	371	343	242	274	202	90	68	-164	-384		
黒石	529	484	474	318	299	330	212	187	61	-98	-350	

大鰐線（非積雪時）

非積雪時	中央弘前	弘高下	弘前学院大前	聖愛中高前	千年	小栗山	松木平	津軽大沢	義塾高校前	石川	石川プール前	鯖石	宿川原	大鰐
中央弘前														
弘高下	-123													
弘前学院大前	-196	-23												
聖愛中高前	59	-82	-82											
千年	166	328	-131	-103										
小栗山	28	-28	-141	-407	-366									
松木平	91	37	-26	-138	-404	-377								
津軽大沢	201	196	134	72	11	-112	-377							
義塾高校前	228	235	220	157	95	1	-110	-376						
石川	205	204	191	180	119	40	-20	-132	-395					
石川プール前	223	278	213	252	191	204	143	-20	-129	-375				
鯖石	219	215	203	244	183	213	203	40	-20	-111	-376			
宿川原	247	304	289	278	267	224	214	102	44	2	-108	-376		
大鰐	224	275	211	251	190	212	202	141	103	62	-151	-111	-375	



(a) 観測値とモデル2による推計値との相関



(b) 観測値とモデル6による推計値との相関

図1：大鰐線OD調査データとモデル2，6との再現性

## 7. おわりに

本研究では、弘南鉄道弘南線及び大鰐線を対象として、地方都市における持続可能な公共交通政策を議論するために必要とされる公共交通機関のOD交通量を既存のデータから推計する方法について提案し、再現性について検討を行った。その結果を要約すると以下の通りである。

- (1) 駅乗降客の推定に基づく需要要因の検討については、概ね符号条件を満足し、統計的に有意な結果が得られたこと、
- (2) 鉄道OD交通量の推計についてはマイナスで再現される値が多く、かつ、再現性も低い結果

であり課題が多いこと、

なお、今回の分析については課題も多い。一つは関数の特定化についてである。線形の関数特定化を行う場合、再現結果としてマイナスの値となるので再現精度を高める必要がある。今回は弘南鉄道の2路線それぞれの駅勢圏間ODのみを対象としているため標本数も少ない。そこで、対象地域をバス路線沿線についても拡張して分析すると共にさまざまな関数型を試すことで再現性の高い特定化を検討する必要がある。

二つ目の課題としては他の交通機関との関係についてである。今回の推定結果の一部で符号条件の異なる結果が得られている。この結果は、今回の需要要因の推定については、鉄道需要のみを対象としていることが影響していると考えられる。すなわち、自動車やバス、徒歩・自転車等の代替交通機関の考慮の必要性が示唆される。ただし、今回の分析対象である弘前市をはじめとして中小都市では大規模な交通実態調査は行われていないことが多く、交通需要全体を把握するのは非常に難しい。そこで、一つの解決方法としては公共交通機関のOD交通量の推定の際に、他の公共交通機関との関係を代表するような変数の導入などの検討が考えられる。

上記の課題については今後の課題としたい。とはいえ、地方都市では人口減少が進む中で持続可能な公共交通の設計が必要とされている。一方で、地方都市では一般に交通機関のOD交通量の調査が行われていないことが多く、さまざまな施策を実行する場合に、その効果を定量的に検証することが難しいことに対する一つの検討方法の可能性を示すことができたと考える。

## 参考文献

- 井上博司(1983),「交通量調査資料を用いたOD交通量の統計的推計法」,『土木学会論文報告集』第332号, pp.85-94.
- 弘前市企画課(2010),『平成21年度 地方鉄道活用調査業務報告書』.
- 大橋忠宏(2009),「弘前市の交通実態と乗合バスサービスの現状と課題」,『人文社会論叢 社会科学篇』, 第21号, pp.1-27, 弘前大学人文学部.
- 杉田幸浩(2006),『地方鉄道の経営改善に関する研究—成功事例の共有化に着目して—』東京大学都市交通研究室 修士論文 2006.
- 高橋光斉(2012),『鉄道会社とサポーターによるローカル線と地域の活性化:サポーター組織の活性化効果と存在意義』,北海道大学大学院国際広報メディア・観光学院院生論集.
- 竹田敏昭, 赤倉史明, 今城光英, 高木晋(2014),「地方鉄道のバス代替評価に関する考察」『土木学会論文集F5(土木技術者実践)』, Vol.70(2), pp.11-25.
- 梅村哲夫(2005),「沖縄県入域観光客に関するグラビティーモデル分析」,『琉球大学経済研究』, Vol.69, pp.1-21.