

通勤バス交通の需要分析と路線網計画

インフラ計画研究室 山井 正樹
指導教官 松本 昌二

1. はじめに

急速なモータリゼーションの発展に伴い、交通渋滞や環境面などの様々な問題が取り上げられている。しかし、予算面の制約などからハード的施策の限界性が議論なされている。そこで、交通需要の削減、分散化を促すことで自動車交通を円滑化させるソフト的施策として、交通需要マネジメント（TDM：Transportation Demand Management）が、全国各地で導入されている。本研究では、TDM施策の1つであるバス交通へのモーダルシフトに着目する。

三条市は新潟県のほぼ県央に位置し、人口約85,000人の地方都市で、金物卸業や金属加工業などの地場産業が盛んである。就業や経済活動は周辺市町村との依存度が高く、幹線道路や橋梁部でしばしば渋滞が発生する。特に通勤時の渋滞が激しい。しかし、今後の道路整備はあまり期待できない。そこで、三条市では、主要企業に協力を求めて市内循環バス（コミュニティバス）等の中小型バスを朝・夕に通勤バスとして運行し、バス通勤へシフトさせることを調査・検討中である。

本研究では、三条市をケーススタディーとして、行政、企業、就業者が協力して、通勤バスを運行した場合における需要予測を行い、それに則した通勤バス路線網計画を検討することを目的とする。

2. 本研究のフローと使用データ

2-1 本研究のフロー

本研究のフローを図1に示す。まず、通勤者のOD表の希望線図をもとに、それが交通容量の大きい道路を通るように初期バス路線網を作成した。そして、自動車通勤者に課す駐車料金と、通勤バスの運行頻度を变化させ、対象者1人ずつの交通手段選択確率を求め、自動車ODと通勤バスODを算出した。次に、通勤バスODを配分し、各路線の乗車密度と採算性によって評価を行う。その結果を受け、バス路線網の改良を行っていき、実現可能性の高いバス路線網を決定した。

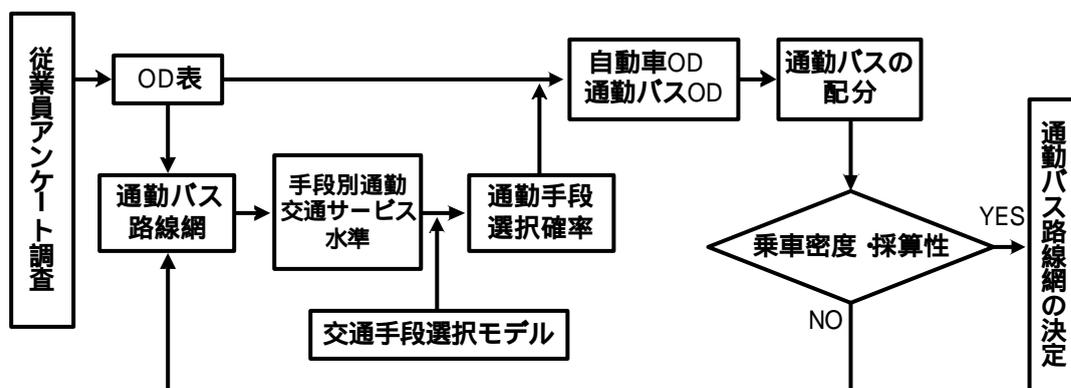


図1 本研究のフロー

2-2 使用データ

本研究で使用するデータは、三条市で行われた「三条市の公共交通利用に関するアンケート調査」を用いた。

この調査は、平成12年9月、新潟県三条市内に立地する従業員数50人以上の企業103社を対象に、そこで働く従業員の現況交通手段等に関する調査として実施された。アンケート回答状況は、企業アンケートでは、配布企業103社中89社(86.4%)の回答が得られ、従業員アンケートでは、配布枚数6,967枚中5,409枚(77.6%)の回答が得られている。

また、アンケート項目は、性別・年齢・住所等の個人属性、現在の通勤時における通勤手段等に関するRPデータ(Revealed Preference Data)、仮想状況下における自動車とバスの選好を尋ねたSPデータ(Stated Preference Data)である。SPデータのアンケート例を図2に示す。SPデータは、仮想状況下における自動車とバスのサービス水準を提示して、選好を5段階で評価してもらう一対比較形式であり、質問数は条件を変えて14問とした。前提条件として、自動車通勤ではガソリン代は企業からの通勤手当として支給され、駐車料金は自己負担(0~10,000円/月)とした。バスにおいては、乗車料金は企業の通勤手当で賄われ、通勤者の負担はない。

このアンケートの集計結果より、自動車通勤者は全体の78%を占めており、自動車への依存度が非常に高いことから、バスへの転換施策が有効であるといえる。また、三条市内への就業者は、新潟県各地から発生しており、全エリアに対して通勤バスのサービスを提供することは現実的に困難である。そこで、需要と通勤距離の点を考慮して、図3に示すように、三条市に隣接している燕市・加茂市・栄町・下田村を含めた3市1町1村を対象地域とした。

A 車1人乗り	どちらを選択しますか?	B:バス
乗車時間 20分	A どちらともいいない B	乗車時間 20分 徒歩 5分
駐車料金 3,000円/月	1 2 3 4 5	運行頻度 10分/本
		乗換 0回

図2 SPデータのアンケート例



図3 対象地域

3. 通勤交通手段選択モデルの構築

交通手段選択モデルには、既往手法で、信頼性の高い非集計ロジットモデルを適用する。¹⁾ 本研究では、新たに「需要に応じた企業への通勤バスを運行すること」を考慮することから、手段選択モデルには、ただ単にRPデータに基づくものではなく、個人の利用意向を考慮したSPデータを用いてモデルを構築した。²⁾³⁾⁴⁾

モデルの構築は、Binary Logit Model と Ordered Logit Model の2つの手法を用い、より再現性の高いモデルを構築することを試みた。しかし、Ordered Logit Model では、うまく再現性を表現できない結果となったため、より再現性が高い、Binary Logit Model によって構築された交通手段選択モデルを用いて、交通手段選択別OD表を求める。

また、非集計ロジットモデルに用いた説明変数を表1に、統計的指標の判断基準を表2に示す。

< Binary Logit Model >

SP データの回答を使用して、Binary Logit Model を利用するにあたって、各個人の選択結果が(1)必ず自動車を選択する、(2)どちらかという自動車を選択する、という回答を「**自動車選択**」、(4)どちらかというバスを選択する、(5)必ずバスを選択する、という回答を「**バス選択**」、(3)どちらともいえない、という回答に関しては分析対象外としてモデルの構築を行った。Binary Logit Model の自動車とバスの確率算定式と効用関数を(1)式に、各説明変数の推定パラメータ及び、統計的指標を表3に示す。

推定の結果、自動車、バスに関する説明変数パラメータは、正負の符号条件満たした良い結果が得られた。また、個人属性の、性別では女性の方が男性より自動車に対する効用が低く、年齢層では、10代、20代の人より30代以上の人の方が自動車に対する効用が低いという結果が得られた。通勤トリップ特性では、中心市街地内を通勤する人より、その他の地域を通勤する人の方が自動車に対する効用が高いとい

表1 非集計分析に用いた説明変数

個人属性	
[性別]	
Sex	… 男性:0 女性:1
[年齢層]	
Age10	… 10代:1 その他:0
Age20	… 20代:1 その他:0
Age30	… 30代:1 その他:0
Age40	… 40代:1 その他:0
Age50	… 50代:1 その他:0
Age60	… 60代~:1 その他:0
[通勤トリップ]	
OD1	… 通勤トリップの状況が三条市中心部~中心部の人:1
OD2	… 通勤トリップの状況が三条市中心部~郊外の人:1
OD3	… 通勤トリップの状況が郊外~三条市中心部の人:1
OD4	… 通勤トリップの状況が郊外~郊外の人:1
OD5	… 通勤トリップの状況が郊外~三条市中心部~郊外の人:1
自動車通勤	
[所要時間(分)]	
Car_Time	
[駐車料金(円/月)]	
P0	… 駐車料金が0円/月のとき:1
P3	… 駐車料金が3,000円/月のとき:1
P5	… 駐車料金が5,000円/月のとき:1
P10	… 駐車料金が10,000円/月のとき:1
バス通勤	
[所要時間(分)]	
Total_Time	… バス乗車時間+徒歩時間
[運行頻度(分/本)]	
Hindo	
[乗換え回数(回)]	
Norikae	

う結果が得られた。統計的指標では、尤度比は0.43とまずまずの結果が得られ、的中率は、バスが0.52と最低基準値をやや超えたくらいという低い結果となったが、これは自動車への依存度が高いためと推測される。

$$P_{car} = \frac{\exp V_{car}}{\exp V_{car} + \exp V_{bus}} \quad P_{bus} = 1 - P_{car}$$

$$V_i = b_1 Z_{1i} + b_2 Z_{2i} + \dots + b_k Z_{ki} \quad \dots \dots (1)$$

ここで、

P_{car} : 個人 n が自動車を選択する確率

P_{bus} : 個人 n が通勤バスを選択する確率

V_i : 選択肢 i の効用関数

Z_{ik} : 選択肢 i についての k 番目の説明変数

b_k : k 番目の変数の未知パラメータ

表2 統計的指標の判断基準

指標	内容	基準
的中率	個人の利用選択肢を何%の中させたか	Binaryでは8割程度
的中表	どの選択肢ペアに誤推定があるか	選択肢別に最低で5割
²	選択確率の分布をどの程度推定したのか	0.2~0.4以上

表3 Binary Logit Model の推定結果

	説明変数	パラメータ	値
V_{car}	性別	-0.15341	-2.97308
	年齢 (~29歳)	-	-
	年齢 (30代)	-0.32065	-4.95153
	年齢 (40代)	-0.30771	-4.65297
	年齢 (60代~)	-0.07896	-1.04065
	中心市街地 中心市街地	-	-
	中心市街地 郊外	0.37143	3.16094
	郊外 中心市街地	0.33624	3.06953
	郊外 郊外	0.19169	1.93594
	自動車への魅力度	4.32461	18.56560
所要時間	-0.06693	-3.99147	
駐車料金なし	-	-	
駐車料金 (3,000円/月)	-2.24214	-17.34730	
駐車料金 (5,000円/月)	-3.36792	-27.17190	
駐車料金 (10,000円/月)	-4.65526	-37.49310	
V_{bus}	所要時間	-0.05597	-3.28684
	運行頻度	0.07002	3.42155
	乗換回数	-0.65964	-5.05044

<尤度比>

² (初期尤度比)	² (自由度調整)
0.4343	0.4337

<的中率>

自動車	バス	Total
0.9100	0.5232	0.8163

<的中表>	推定	
	自動車	バス
実選択	9,434	933
	1,580	1,734

4. 通勤バス路線網計画⁵⁾

4-1 前提条件

通勤バス路線網計画は、前述した対象エリアからの通勤者（サンプル数：2,529人）に対して行う。また、運行時における前提条件として、以下の項目を設定した。

通勤バスの運行時間帯

発車時間帯を7:00～8:00までの1時間

通勤費

・自動車通勤者

ガソリン代等は、現状通り企業からの通勤手当で賄われるが、通勤者が企業内に設置された駐車場を利用する際、個人負担による駐車料金が課される。

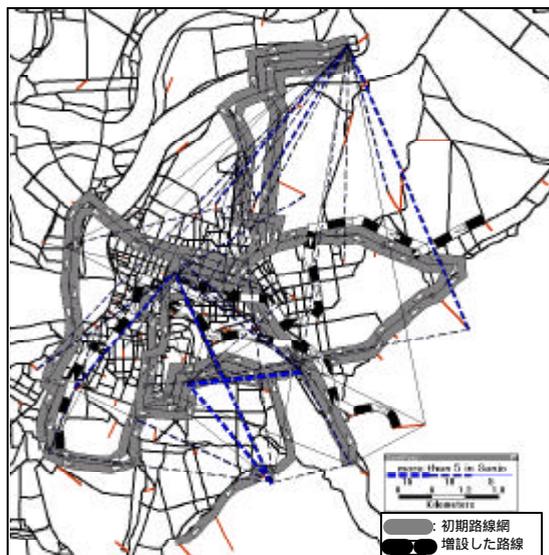
(0・3,000・5,000・10,000円/月)

・通勤バス利用者

企業が主体となって通勤バスを運行するため、運賃は発生せず、無料で利用できる。

4-2 通勤バス路線網の設定と需要予測

初期バス路線網を改良・増設したバス路線網の中で、採算性がとれ、実現可能と考えられた2つのバス路線網をそれぞれ図4、図5に示す。これら2つの路線網は以下のようなコンセプトで計画したものである。



[路線総延長：113.40km 路線数：9路線]

図4 Route1の通勤バス路線網

Route1

初期路線網を基準に、三条市内中心部の活性化をより図るために、路線数を増やした。路線作成基準は、三条市内のODペア5サンプル以上の希望線図を基準に作成した。

Route2

初期路線網を基準に、郊外や市外からの乗り入れを考慮し、2番目に需要の多い燕市に2路線、次に需要の多い加茂市に1路線を増設した。

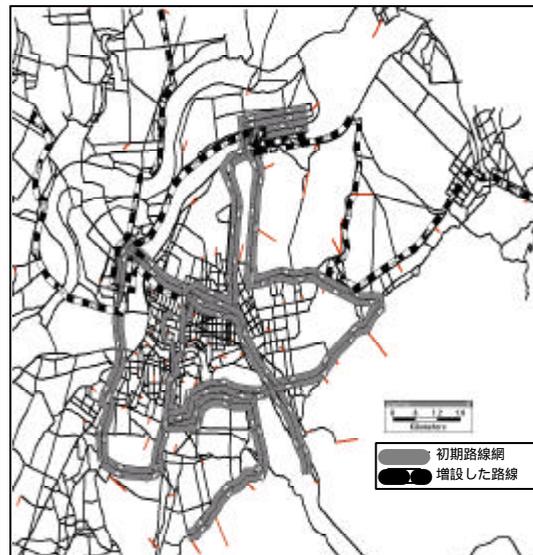
また、運行頻度による手段別通勤者数を図6に示す。まず、駐車料金が0・3,000・5,000円/月のとき、両路線網ともに通勤バスへの転換が見られなかった。しかし、駐車料金10,000円/月を自動車通勤者に課すことによって、通勤バスへ3割～6割の利用転換が見られた。

4-3 各路線網の評価

駐車料金10,000円/月を課した場合について、各路線の乗車密度と採算性の評価を行う。

(1) 各路線の乗車密度による評価

通勤バス利用者OD表をRoute1, Route2に配分した。そして、各路線の運行頻度別乗車密度を算出した。(図7, 図8) Route1では1つの路線を除いて極めて乗車密度が低い。Route2で



[路線総延長：138.15km 路線数：9路線]

図5 Route2の通勤バス路線網

は、乗車密度の高い路線が増え、Route1 と同じ路線でもより高い乗車密度が得られた。

(2) 採算性による評価

バス路線網の拡大や、運行頻度を高くしてバスサービスを向上させることは、バスの需要を増加させる有効な手段ではあるが、一方では、運行費用の増加による財源の制約を考える必要がある。計画した通勤バス路線網が実際に採算性を確保でき、通勤バスの運行を続けることが可能かどうかの検証を行う。運行経費は(2)式より算出し、その経費は自動車通勤者が支払う駐車料金で賄われるものとした。

$$\begin{aligned}
 \text{「企業バス運行経費(円/月)」} &= \\
 &\text{「1 km 当りの走行経費(270 円/km)」} \\
 &\times \text{「1 ヶ月当りの運行日数(20 日/月)」} \\
 &\times \text{「1 日の走行距離(km)」} \quad \dots (2) \\
 &(\text{走行経費 270 円/km: 越後交通県央観光(株)より})
 \end{aligned}$$

各路線網の運行頻度別採算性を図9、図10に示す。この結果、Route1 では、運行頻度が約15分/本で採算性がとれ、Route2 では約20分/本で採算性がとれるという結果が得られた。

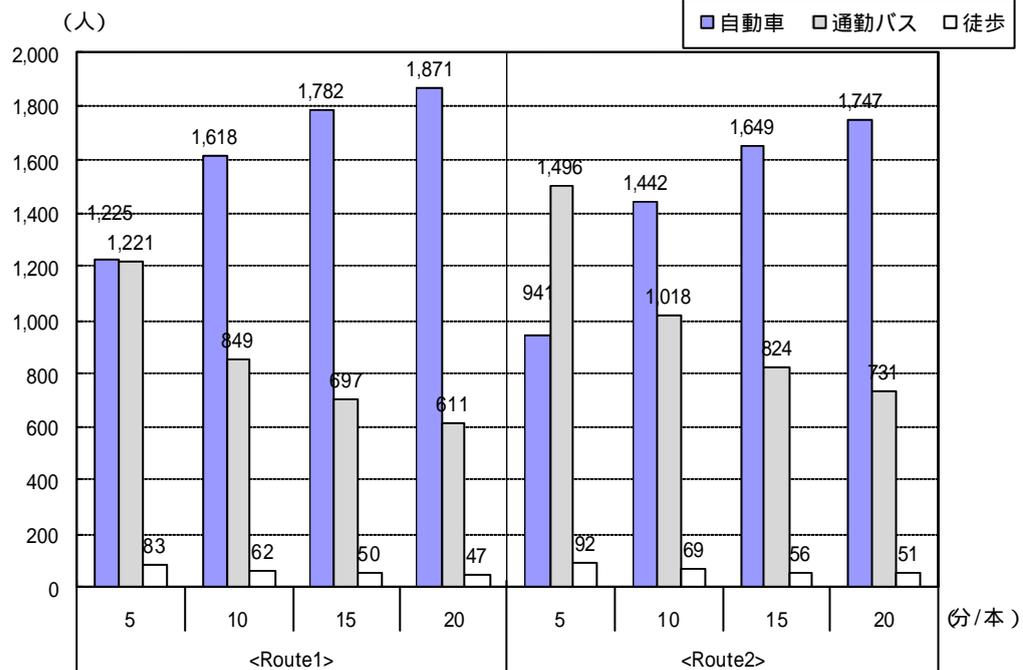


図6 各ルートの運行頻度毎の手段別通勤者数 (駐車料金 10,000 円/月)

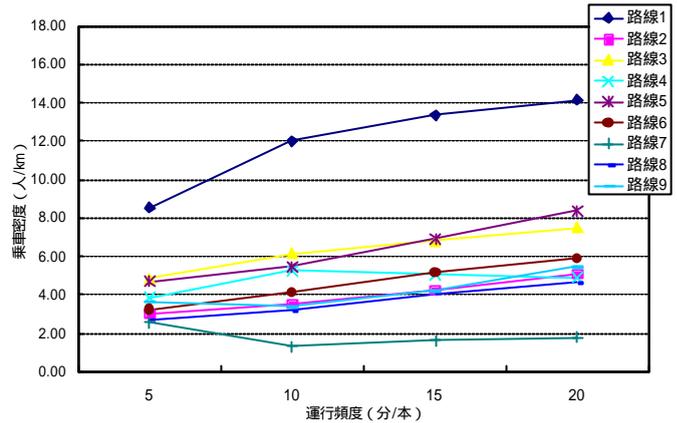


図7 Route1 における運行頻度別乗車密度 (10,000 円/月)

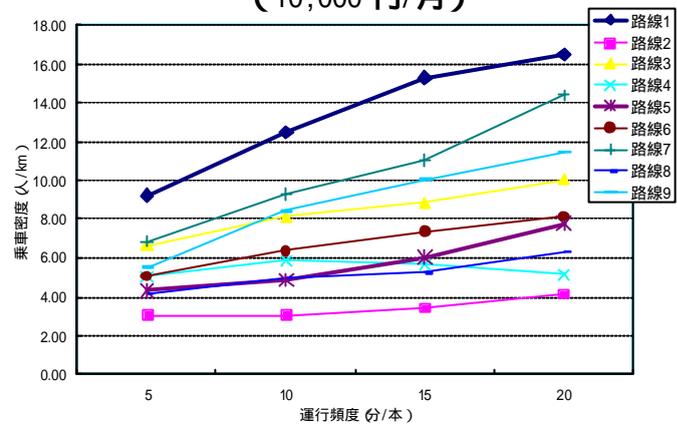


図8 Route2 における運行頻度別乗車密度 (10,000 円/月)

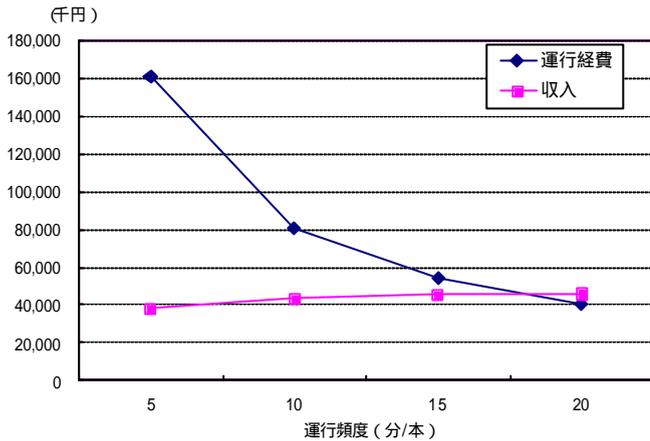


図 9 Route1 における運行頻度別採算性 (10,000 円/月)

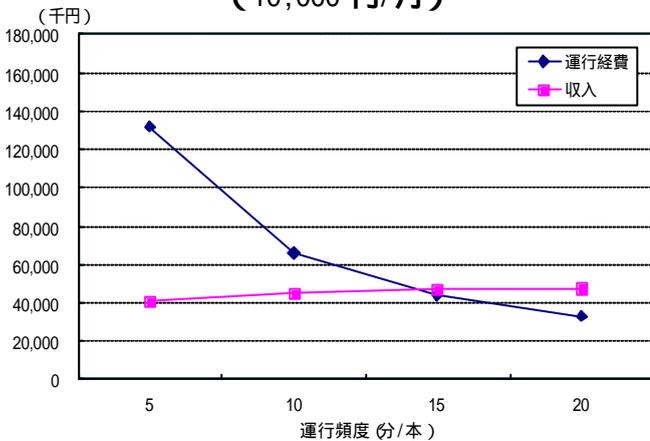


図 10 Route2 における運行頻度別採算性 (10,000 円/月)

表 4 各路線網の評価結果

	Route1	Route2
路線数	9	9
路線総延長 (km)	113.40	138.15
1ヵ月あたりの駐車料金 (円/月)	10,000	10,000
運行頻度(分/本)	15	20
朝における運行便数	36	27
1日における運行便数	72	54
交通手段選択	自動車	1,782
	通勤バス	697
	徒歩	50
採算性	運行経費 (円/月)	44,089,920
	収入 (円/月)	46,630,000
	差額	2,540,080
1日における総走行距離 (km)	自動車	28,501.52
	通勤バス	8,164.80
	計	36,666.32
		34,636.88

4-3 通勤バス路線網計画のまとめ

計画した Route1, Route2 の評価結果を表 4 にまとめる。この結果より三条市において通勤バスを運行する場合、隣接市町村からの乗入れと、郊外からの通勤者を考慮した広域的な通勤バス路線網 (Route2) が比較的有効である。その路線網では、通勤バスの運行頻度は 20 分/本程度で採算性がとれ、通勤バスの需要にも応えることができるという結果が得られた。

5. おわりに

企業に設置された駐車場の整備・管理費用は企業が負担しており、就業者は無料で使用しているのが現状である。企業が就業者から駐車料金を 10,000 円/月を徴収することに対して、就業者からの反発が起こりうると思われる。そのために、駐車場の整備・管理費用を実際に利用している就業者が負担するという合理性や、交通渋滞によって発生している社会的費用の削減効果を示すことなどによって、就業者の理解を得なければならない。

このように、通勤バスを現実化するためには、行政、企業、就業者の意識改革が必要不可欠であり、合意形成を得るまでの取り組みが、今後、重要な課題である。

【参考文献】

- 1) 「やさしい非集計分析」, 交通工学研究会, 1992
- 2) 藤井聡・北村隆一・Tommy Garling: 交通需要予測における SP データの新しい役割, 土木学会論文集, 2001
- 3) 森川高之: ステイテッド・プリファレンス・データの需要予測モデルへの適用に関する整理と展望, 土木学会論文集 第 413 号 / -12, 1990.1
- 4) 森川高之: RP データと SP データを同時の用いた非集計行動モデルの推定法, 交通工学 No.4, Vol. 27, 1992
- 5) 柴田頼孝 ほか: 地方中核都市における機関分担を用いた公共交通網評価手法の提案: 土木計画学研究・講演集 No. 12, 1989