

札幌市北部地域におけるモノレールの需要推計に関する研究*

Demand Estimation for Monorail in the North District of Sapporo*

舟波昭一**・岸邦宏***・佐藤馨一****

By Shouichi FUNAMI**・Kunihiro KISHI***・Keiichi SATOU****

1. はじめに

札幌市屯田地区は札幌市北部に位置し、隣接する石狩市とともに都心部のベッドタウンとして人口が増加している。しかし両地域とも公共交通機関がバスのみとなっており、都心部への主な移動手段は最寄駅である地下鉄南北線麻生駅でバスと地下鉄を乗り継ぐか、あるいは自家用車となっている。このため朝・夕のラッシュ時はもとより、特に冬期間の道路交通環境の悪化の影響から渋滞や遅延が大きな問題となっている。

この問題を解消するため、札幌市から石狩方面に向け、新たな軌道系交通機関として懸垂式モノレールの整備計画案が検討されている。しかし、永年にわたって検討課題とされてきたが、結論が出ないまま現在に至っている状況である。

本研究は、札幌市北部地域のモノレール計画の需要予測と事業採算性を検討することを目的とする。札幌市屯田地区を対象に意識調査を行い、夏期と冬期のモノレール選択率モデルを構築し、第4回道央都市圏パーソントリップ調査のデータをもとに、モノレールの需要推計を行うものである。

2. モノレールの路線と駅の設定

本研究におけるモノレールの計画路線は札幌市営地下鉄南北線麻生駅を起点とし、札幌市新琴似地区及び屯田地区を経由する5.2kmを対象とした(図-1)。また営業キロ、所要時間、運賃は表-1のように設定した。モノレールの運賃は、懸垂式モノレールである千葉都市モノレールをベースに算定、所要時間については、既存研究

*キーワード：公共交通計画、実験計画法、モノレール

**学生員、北海道大学大学院工学研究科

(札幌市北区北13条西8丁目、TEL011-706-6217、
FAX011-706-6216)

***正員、博(工)、北海道大学大学院工学研究科

****フェロー、工博、北海商科大学

(札幌市豊平区豊平6条6丁目10番、TEL011-841-1161、
FAX011-824-0801)

より表定速度25.8km/hとして算出した。



図-1 本研究におけるモノレールの想定路線

表-1 モノレールの営業キロと想定運賃

駅名	営業キロ	所要時間	運賃	大通駅から
麻生	0.0km			240円
新琴似東	1.0km	2分	190円	430円
新琴似中央	1.8km	4分	190円	430円
新琴似北	2.7km	6分	210円	450円
屯田南	3.3km	8分	270円	510円
北陵高校前	4.2km	10分	270円	510円
屯田西	5.2km	12分	320円	560円

※「大通駅から」は地下鉄大通-麻生間240円を含む

3. 実験計画法による意識調査分析

(1) 実験計画法に基づく調査票の設計

モノレールの選択に関して、表-2に示す変動要因を実験計画法のL8直交表に割り付けた。そして札幌都心部への通勤・通学交通及び私用交通について、モノレールが整備されたときの利用意識を尋ねる意識調査を行った。

表-2 変動要因と水準

要因番号	要因の内容	第1水準	第2水準
A	交通目的	通勤・通学	私用
B	バス・自動車の遅れ	なし	あり
C	駅までのアクセス距離	500m	1000m
D	都心までの合計運賃	350円	500円

(2) 意識調査の概要

調査は札幌市屯田地区を対象に、平成19年12月16日に投函配布、郵送回収方式で行い、1世帯2票ずつ、1000世帯2000票配布し、264世帯から452票回収することができた。回収率は世帯回収率26.4%、調査票回収率22.6%だった。

選好意識については、「大いに利用したい」、「ときどき利用したい」、「たまには利用したい」、「利用したいとは思わない」の4段階の分類データを取った。さらに冬期の影響を考慮するため、夏期と冬期のモデルを構築したが、既存研究で変動要因に季節を入れると季節しか有意にならなかったため、夏期と冬期の2種類を作成した。

4. モノレール選択率モデルの構築

モノレール選択率は、集計ロジットモデル(1)、(2)式を用いる。また意識調査で得られたモノレール利用意識は、モノレール選好意識「大いに利用したい」を選択率100%、「ときどき利用したい」は50%、「たまには利用したい」は20%、「利用したいとは思わない」は0%として算出した(表-3、5の実測値)。

$$p = \frac{1}{1 + \exp G(x)} \quad (1)$$

$$G(x) = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + b \quad (2)$$

x_1 : 交通目的 (0: 通勤・通学 1: 私人用)

x_2 : 遅れ (0: なし 1: あり)

x_3 : 駅までの距離 (m)

x_4 : 都心までの運賃 (円)

a_i : 係数

b : 切片

(1) 夏期のモノレール選択率モデル

意識調査の結果より分散分析を行うと表-4のようになった。分散比 F_0 を用いて $F(0.05,1,1)=161.45$ で検定を行った結果、すべての要因で有意となった。表-3の実測値のデータを(1)式、(2)式に入力し回帰することで各係数を求めることができる。その結果、夏期の選択率モデルは(3)式のようになった。この回帰式に再び代入することによって選択率の理論値が得られる(表-3の理論値)。実測値と比較しても大きな差は無かった。

表-3 要因の割付と選択率(夏期)

票種番号	A 交通目的	B 遅れ	A×B	D 運賃	e 誤差	B×D	C 距離	選択率	
								実測値	理論値
1	通勤・通学	なし	①	350円	①	①	500m	73.06	74.81
2	通勤・通学	なし	①	500円	②	②	1000m	51.35	53.63
3	通勤・通学	あり	②	350円	①	②	1000m	70.47	70.16
4	通勤・通学	あり	②	500円	②	①	500m	67.91	66.21
5	私人用	なし	②	350円	②	①	1000m	64.76	62.99
6	私人用	なし	②	500円	①	②	500m	59.00	58.64
7	私人用	あり	①	350円	②	②	500m	72.45	74.24
8	私人用	あり	①	500円	①	①	1000m	52.88	52.88

表-4 分散分析表(夏期)

要因	変動S	自由度f	分散V	分散比 F_0	寄与率
A(交通目的)	23.41	1	23.41	168.86*	4.48
B(遅れ)	30.17	1	30.17	217.67*	5.78
C(距離)	135.79	1	135.79	979.61*	26.10
D(運賃)	307.51	1	307.51	2218.45*	59.13
A×B	19.20	1	19.20	138.50	3.67
B×D	3.58	1	3.58	25.85	0.66
e(誤差)	0.14	1	0.14	1.00	0.19
T(合計)	519.80	7			100.00

$$G(x) = 0.1766x_1 - 0.1466x_2 + 0.0008x_3 + 0.0038x_4 - 2.7819 \quad (R^2 = 0.9630) \quad (3)$$

(2) 冬期のモノレール選択率モデル

夏期と同様に分散分析を行うと表-6のようになった。まず分散比 F_0 を用いて $F(0.05,1,1)=161.45$ で検定を行った結果、どの要因も有意にならなかった。そこで、他の要因と比較して分散比の小さい要因Bと交互作用B×Dをブーリングし、分散比 F_0' を用いて $F(0.05,1,3)=10.13$ で再び検定を行うと、要因Cが有意となった。これらの結果から、冬期は遅れ時間の有無でモノレール選択率を説明することはできないことがわかった。これは、厳しい気候である冬期間は特に軌道系交通機関への信頼度が非常に高く、冬期はバスや自動車の遅れ時間に関わらず、モノレールを利用するということが推測される。

したがって他の説明変数でモデルを構築すると(4)式のようになる。

表-5 要因の割付と選択率(冬期)

票種番号	A 交通目的	B 遅れ	A×B	D 運賃	e 誤差	B×D	C 距離	選択率	
								実測値	理論値
1	通勤・通学	なし	①	350円	①	①	500m	77.26	72.94
2	通勤・通学	なし	①	500円	②	②	1000m	62.34	59.97
3	通勤・通学	あり	②	350円	①	②	1000m	61.51	64.79
4	通勤・通学	あり	②	500円	②	①	500m	69.58	68.70
5	私人用	なし	②	350円	②	①	1000m	61.82	60.77
6	私人用	なし	②	500円	①	②	500m	61.67	64.88
7	私人用	あり	①	350円	②	②	500m	71.43	69.41
8	私人用	あり	①	500円	①	①	1000m	55.71	55.78

表-6 分散分析表(冬期)

要因	変動S	自由度f	分散V	分散比 F_0	分散比 F_0'	寄与率
A(交通目的)	50.32	1	50.32	4.95	7.54	12.87
B(遅れ)	2.94	1	2.94	0.29		
C(距離)	185.80	1	185.80	18.26	27.86*	52.83
D(運賃)	64.47	1	64.47	6.34	9.66	17.04
A×B	18.49	1	18.49	1.82	2.77	3.49
B×D	6.90	1	6.90	0.68		
e(誤差)	10.17	1	10.17	1.00		
e'(ブーリングの誤差)	20.01	3	6.67			
残差						13.77
T(合計)	339.09	7				86.23

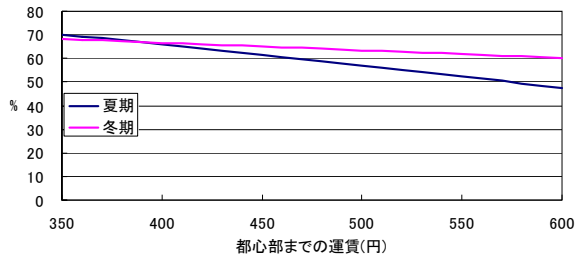
$$G(x) = 0.1722x_1 + 0.0008x_3 + 0.0014x_4 - 1.8526 \quad (R^2 = 0.8132) \quad (4)$$

(3) 要因変動による選択率の変化

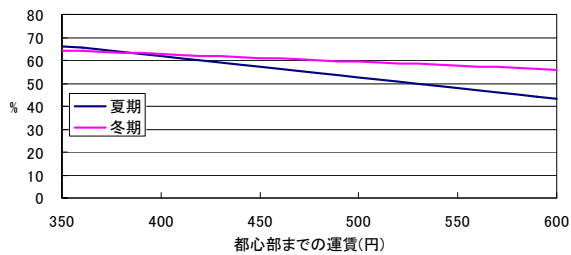
次にモノレール選択率モデルを用いて、選択率の変動を見る。下図は最寄り駅までの距離を750mとしたときの、モノレール運賃による選択率の変化である。図-2と図-3を比較すると通勤・通学選択率の方が私人用選択率よ

りも高くなっていることがわかる。これは通勤・通学目的がより定時性を重要としていることを表していると言える。

一方運賃の比較で選択率の変化を見ると、交通目的に関わらず運賃が高くなるほど選択率が減少するのは明らかであるが、冬期の方が夏期よりも減少率は緩やかである。特に都心までの運賃が高いほど、すなわち都心からの距離が遠いほど、選択率が高いことがわかる。これは冬期は信頼性が高いモノレールは、多少運賃がかかっても利用したいということを表していると言える。



図一 2 通勤・通学選択率の変化



図一 3 私人選択率の変化

5. モノレール利用者数の推計

(1) 沿線地区から都心部への利用者数

平成 18 年度実施された第 4 回道央都市圏パーソントリップ調査から OD 表を作成し、各ゾーン間の OD を抽出した。沿線地区の対象ゾーンを図一 4 に示す。沿線から都心部への利用者数は通勤・通学利用者と私人利用者の合計とするが、モデルの適用範囲として札幌都心部の中央区への OD とした。

モノレール沿線の各ゾーンの利用者は、各ゾーンの最寄り駅を利用するものとし、運賃は都心部から最寄り駅までの運賃とする。また冬期は遅れの説明変数はないが、夏期については遅れなしとして算出した。以上からモノレール沿線地区から都心部へのモノレール利用者数を算出すると表一 7 のようになる。



図一 4 モノレール沿線地区の対象ゾーン

表一 7 都心部への利用者数

出発ゾーン	最寄駅	通勤・通学利用者		私人利用者	
		夏期	冬期	夏期	冬期
A	新琴似東	1301	1351	453	474
B	新琴似中央	600	621	278	289
C	新琴似東	471	488	265	276
D	新琴似北	769	803	321	337
E	新琴似中央	691	721	155	163
F	屯田南	663	755	438	506
G	屯田南	555	613	175	196
H	北陵高校前	417	464	129	145
合計		5466	5816	2213	2386

(2) 都心部から沿線地区への利用者数

逆に都心部からモノレール沿線地区への利用者数も、通勤・通学、私人トリップに対してモデルを適用し、利用者数を算出した。それを表一 8 に示す。

表一 8 都心部からの利用者数

到着ゾーン	最寄駅	通勤・通学利用者		私人利用者	
		夏期	冬期	夏期	冬期
A	新琴似東	11	12	70	74
B	新琴似中央	16	16	36	38
C	新琴似東	0	0	149	155
D	新琴似北	4	4	113	118
E	新琴似中央	27	28	114	120
F	屯田南	0	0	11	13
G	屯田南	0	0	185	207
H	北陵高校前	11	84	178	201
合計		69	144	857	926

(3) 都心部以外へ・都心部以外からの利用者数

都心部以外の地区へのモノレール利用者については、モノレール沿線地区から地下鉄南北線麻生駅で乗り換えて地下鉄を利用し、その他の地区へ移動しているトリップを抽出し、モノレールが開業した場合、100%の人がモノレールを利用すると仮定した。また冬期については、夏期は麻生駅まで自転車を利用し地下鉄に乗り継いでいる人も冬期はモノレールに転換するものとした。都心部以外からの利用者も同様とする。

これより都心部以外へ、また都心部以外からの利用者数は表一 9 のように算出される。

(4)モノレール全利用者数

以上からモノレール全利用者数は、表-9のようになる。夏期よりも冬期の方が利用者数が多いという結果になった。冬期のモデル構築で遅れの有無が説明できなかったのは、冬期はバスや自動車の遅れがあってもなくても利用するという結果であると言える。

表-9 モノレール全利用者数

都心部への利用者	夏期	冬期
通勤・通学利用者	5466	5816
私用利用者	2213	2386
合計	7679	8202
都心部からの利用者	夏期	冬期
通勤・通学利用者	69	144
私用利用者	857	926
合計	926	1071
全利用者数	8605	9273
往復合計	17209	18545
都心部以外への利用者	夏期	冬期
通勤・通学利用者	2590	3277
私用利用者	2308	2904
合計	4898	6181
全利用者数	22107	24726
1km当たりの利用人員	4251	4755

6. モノレールの事業採算性の検討

モノレールの建設・運営にあたって整備事業および経営の前提条件は表-10のとおりである。ここで、建設規格はラッシュ時に必要な輸送力を考慮して複線とし、人件費は北海道の平均年収を参考に設定した。また減価償却費の計算法は定額法を用いる。モノレールの運賃収入については、物価上昇率は考慮せず、将来も一定とした。また人件費上昇率、経費上昇率は1.0%とする。

表-10の前提条件の下で採算性の試算を行う。モノレール選択率モデルを用いて、モノレールの運賃によつ

表-10 モノレール整備事業の前提条件

夏期間	7ヶ月
冬期間	5ヶ月
規格	複線
保有車両数	32両
一日の運行本数	208本
総建設費	382.5億円
キロ当たり建設費	73.6億円
インフラ率	44.3%
人件費	450万円/人
要員数	55人
実収入率	80%
減価償却費計算法	定額法
インフラ部補助率(国+地方)	100%
補助金総額	169.3億円
出資金額	64.0億円
融資額	149.2億円
建設期間	5年

て採算性がどのように変化するか求めるため、モノレール最寄り駅から都心までの運賃を表-11のように4種類設定した。

試算の結果は図-5のとおりである。運賃④のとき、開業後23年で累積黒字化となり、それ以外では累積黒字化とならないことがわかった。

表-11 運賃設定

出発ゾーン	最寄駅	運賃①	運賃②	運賃③	運賃④
A	新琴似東	390円	430円	470円	520円
B	新琴似中央	390円	430円	470円	520円
C	新琴似東	390円	430円	470円	520円
D	新琴似北	410円	450円	500円	540円
E	新琴似中央	390円	430円	470円	520円
F	屯田南	460円	510円	560円	610円
G	屯田南	460円	510円	560円	610円
H	北陵高校前	460円	510円	560円	610円

※運賃は地下鉄大通一麻生間240円を含む

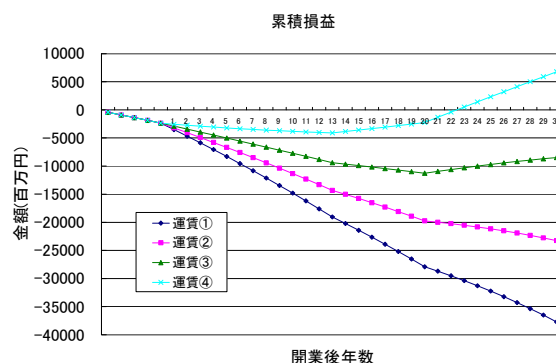


図-5 運賃設定による累積損益の比較

7. おわりに

本研究では、意識調査から夏期・冬期それぞれでモノレール選択率モデルを構築し、需要予測を行った。また運賃シミュレーションによる事業採算性の検討も行ったが、採算がとれる設定運賃は千葉モノレールと比較しても高いことがわかった。しかし、それでも各ゾーンからのモノレール選択率は50%程度あり、現状の公共交通分担率よりも高く、自家用車の選択率は下がっていると言える。今後は、石狩までモノレールが延伸した場合も含めて、改めて需要を検討する予定である。また事業採算性については、今後様々なリスクを考慮するとともに、近年の環境に対する意識の高まりがどの程度モノレールの利用につながるかを明らかにしていきたい。

参考文献

- 1) 藤田正人、岸邦宏、佐藤馨一：「PFIに基づく新交通システムの整備計画に関する研究」都市計画論文集, Vol.34, pp.895-900, 1999
- 2) 道央都市圏総合都市交通体系調査協議会：「第4回道央都市圏パーソントリップ調査報告書(実態調査編)」, 2007