

IV-2 交通機関分担モデルによる 駅勢力圏設定と乗降客数の予測

北海道大学 学生員 高 橋 清

北海道大学 正 員 佐 藤 馨 一

北海道大学 正 員 五十嵐 日出夫

1 はじめに

近年、札幌市近郊における人口の増加はめざましいものがあり、今まで以上に公共交通機関の整備が急がれている。ところで札幌都市圏の交通計画は、風雪などの影響をうけない地下鉄の整備を中心に策定されてきた。一方国鉄においてもここ数年、札幌都市圏内交通に目を向け始めている。その具体的な例が中間駅の新設や、普通列車の運行回数の増加である。このように、札幌市では国鉄と地下鉄というような異なる軌道系の公共交通機関の整備が同時に計画される地域が出現することとなった。

そこで本研究は、交通環境の変化を定量的に把握するため、実験計画法による意識調査を実施し、交通機関選択モデルを構築した上で駅勢力圏の設定を行った。ここで言う駅勢力圏とは、軌道系交通機関のサービス水準や駅までのアクセス距離、目的地までのイグレス距離の変化によって選択率がどの様に変化するかを図示するものである。このことにより、従来の交通機関選択モデルでは知ることの出来なかった端末モードの評価や、軌道系交通機関の競合問題を明確にすることができる。

2 調査概要

調査対象地域

意識調査は、地区内幹線のラッシュ時の道路混雑が著しく、また端末交通が問題となっており、国鉄新駅（仮称発寒駅、仮称東発寒駅）地下鉄東西線の延長（仮称発寒駅、仮称手稲東駅）が検討されている札幌市西区手稲、発寒地区で行った。

調査はホームインタビュー留置法により、配布数は 722票、有効回収票は 618票で有効回収率は85.6%であった。

調査票の設計

調査票は大きくわけて「個人属性」、「交通特性」、「実験計画法による意識調査」からなる。「個人属性」においては被験者の属性や自動車免許の有無等

を調査する。「交通特性」においては利用交通機関およびその所要時間、さらに目的別のトリップ回数などを調べる。「実験計画法による意識調査」はもっとも重要な部分であり、以下において調査の根拠をなす「要因と水準の設定」、「直交表への割付」について述べる。

(1) 要因と水準の設定

実験計画法による意識調査においては事前に調査の目的に適した要因と水準を設定しなければならず、その良否が調査の成功を左右する。そこで本調査では表1に示す要因と水準を採択した。これらの要因と水準を取り上げた理由は次の通りである。

1) 交通目的：M因子

通勤交通と買物、私用交通では明らかに交通特性が異なる。従って交通目的を要因として取り上げ、通勤票と在宅票の2種類を作成した。

2) 自宅から地下鉄駅までのアクセス距離：A因子

地下鉄駅までのアクセス距離が交通機関選択率に大きな影響を与えることは、従来の研究からも明らかにされている。それによると駅から直線距離が800m以内では徒歩距離構成比が100%であり、一方徒歩とバスの境界が1600m程度であることが分かった。そこでA因子の水準として 400m, 800m, 1600mの3水準を設定した。

3) 自宅から乗継ぎバス停までの距離：B因子

乗継ぎバスによる地下鉄の連結システムは札幌市の地下鉄の大きな特徴であり、特に手稲、発寒地区においては市営バス路線がかなり高密度に組み込まれている。そこで乗継ぎバス停までの距離を要因として取り上げ、さらに約 400mで最寄りのバス停まで行けることを考慮して80m, 250m, 400mの3水準を設定した。

4) 自宅から国鉄駅までのアクセス距離：C因子

本調査の目的は地下鉄と国鉄の競合関係を明らか

にすることであり、このため地下鉄駅と同様のアクセス距離を水準として設定した。

5) 国鉄札幌駅から目的地までのイグレス距離：

D因子

交通機関の選択はアクセス距離のみならずイグレス距離によっても左右される。最終目的地がどこかによって交通機関の選択は変化する。そこで 400m, 800m, 1200mの水準を設定してこの影響を調べることにした。

6) 地下鉄大通駅から目的地までのイグレス距離：E因子

国鉄と地下鉄の競合関係を明らかにするために、国鉄の場合と同様に地下鉄においてもイグレス距離を要因とし、400m, 800m, 1200mの水準を設定した。

表1 要因と水準

	要因の説明	水準1	水準2	水準3
M	交通目的	通 勤	買物私用	
A	自宅から地下鉄駅までの距離	400m	800m	1,600m
B	自宅から乗継バス停までの距離	80m	250m	400m
C	自宅から国鉄駅までの距離	400m	800m	1,600m
D	国鉄札幌駅から目的地までの距離	400m	800m	1,200m
E	地下鉄大通駅から目的地までの距離	400m	800m	1,200m

(2) L₁₈ 直交表への割付

表1に示した要因を全ての水準について組み合わせると、

$2 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 486$ 通りとなり、

この全ての組合せについて調査を行うことは殆ど不可能である。そこでL₁₈ ($2^1 \times 3^7$) 直交表を用いて調査回数を減らすことにした。

この直交表を用いたことにより、主効果の精度は調査回数が大幅に減少したにも拘らず、486通りの調査を実施したことに相当する精度が確保される。

割付結果を基に要因と水準を組合せ、18種類のアンケート票が作成される。表2は、アンケート票の組合せを示したものである。本調査では一人に対して3種類のアンケート文を提示し、「1番目に利用したいと思う交通機関」と「2番目に利用したいと思う交通機

関」を解答してもらった。なおアンケート文の作成にあたっては、徒歩速度を約80mとして距離をすべて時間に直している。

3 調査結果の分析

分散分析法による意識構造の把握

実験計画法によって得られた意識データは採択した要因の妥当性を検討するために分散分析法にかけられ、さらに交通機関選択モデルを構築するために用いられる。

アンケートの選択肢は1) 国鉄、2) 徒歩と地下鉄、3) バスと地下鉄、4) 自家用車の4種類を設けたが、分析にあたっては地下鉄を1グループにまとめて3カテゴリーとした。

表3～4は国鉄、地下鉄選択の分散分析表を示したものである。なお入力データは「1番目に利用したいと思う交通機関」の数値を採択した。これらの分散分析表から次のことが分かった。

(1) 国鉄選択について

寄与率の一番高い要因は国鉄駅までのアクセス距離であり50%を越えている。次が地下鉄駅までのアクセス距離であった。

地下鉄大通駅からのイグレス距離も高い寄与率を示しており、駅勢圏の設定にイグレス距離も考慮すべきことが明らかになった。

表2 アンケート票種と水準の組合せ

要因 票種	交通目的	自宅から 地下鉄駅 までの距離	乗 継 バ ス 停 ま で の 距 離	自宅から 国鉄駅 までの距離	国鉄札幌 駅から目的 地までの距離	地下鉄大通 駅から目的 地までの距離	アンケート 表 組 合 わ せ
1	通 勤	5 (分)	1 (分)	5 (分)	5 (分)	5 (分)	1
2	通 勤	5	3	10	10	10	2
3	通 勤	5	5	20	15	15	3
4	通 勤	10	1	5	10	15	3
5	通 勤	10	3	10	15	5	1
6	通 勤	10	5	20	5	10	2
7	通 勤	20	1	10	5	10	3
8	通 勤	20	3	20	10	15	1
9	通 勤	20	5	5	15	5	2
10	買物 私用	5	1	20	15	10	4
11	買物 私用	5	3	5	5	15	5
12	買物 私用	5	5	10	10	5	6
13	買物 私用	10	1	10	15	15	5
14	買物 私用	10	3	20	5	5	6
15	買物 私用	10	5	5	10	10	4
16	買物 私用	20	1	20	10	5	5
17	買物 私用	20	3	5	15	10	6
18	買物 私用	20	5	10	5	15	4

表3 国鉄選択の分散分析表

要因	偏差平方和	自由度	分散	F値	寄与率
M	27144.40	1	27144.40	3.07	2.19
A	13682.00	2	6841.00	15.51	14.28
B	9984.75	2	4992.38	1.13	0.00
C	460078.00	2	230039.00	52.09	52.96
D	42958.00	2	21479.00	4.86	3.03
E	122081.00	2	61040.70	13.82	12.50
e	35326.10	4	8831.53		15.04

表4 地下鉄選択の分散分析表

要因	偏差平方和	自由度	分散	F値	寄与率
M	6460.50	1	6460.50	0.68	0.00
A	171610.00	2	85805.00	17.97	18.62
B	14747.50	2	7373.75	1.54	0.00
C	413299.00	2	206649.00	43.29	48.12
D	38958.00	2	19479.00	4.08	2.42
E	133891.00	2	66945.70	14.02	14.01
e	38191.00	4	9547.75		16.83

(2) 地下鉄選択について

地下鉄選択において地下鉄駅までの距離ではなく国鉄駅までの距離が48%の寄与率を有している。このことは地下鉄選択の際に国鉄利用の可能性を十分考慮していることを示している。

国鉄選択の場合と同様に、地下鉄選択においても地下鉄大通駅からのイグレス距離が高い寄与率を有している。

乗継ぎバス停留所までの距離は地下鉄選択にほとんど影響を与えていない。これは調査対象地区がすでに十分なバスサービス水準を有していることによると考えられる。

4 交通機関選択モデル構築

実験計画法によって得られた意識データを一般化するために集計ロジットモデルによって回帰した。この集計ロジットモデルの特徴をまとめると次のようになる。

(1) 直交多項式や数量化モデルはその推定値が必ずしも(0、1)におさまらず、モデルの論理性に問題が生ずることがある。しかし集計ロジットモデルの推定値は必ず(0、1)の間におさまる。

(2) 従来用いてきたオメガモデルは離散変量しか取り扱うことが出来なかった。しかし集計ロジットモデルは連続変量も取り扱うことが出来るので、データの挿入が可能となる。

アンケート結果のデータを用いて回帰した各交通機関の選択モデルは次のようになる。なお、因子(X_3)はいずれにおいても有意にならなかったのもモデルの説明変数に採択しなかった。

イ 国鉄選択モデル

$$P_R = [1 + \exp \{ - (-1.115 + 0.378 X_1 + 1.039 X_2 - 1.795 X_4 - 0.796 X_5 + 1.096 X_6) \}]^{-1}$$

$$(r^2 = 0.933) \quad \dots (1)$$

ロ 地下鉄選択モデル

$$P_S = [1 + \exp \{ - (-0.127 + 0.220 X_1 + 0.868 X_2 + 1.335 X_4 + 0.622 X_5 - 1.202 X_6) \}]^{-1}$$

$$(r^2 = 0.911) \quad \dots (2)$$

P_S : 地下鉄選択率 P_R : 国鉄選択率

X_1 : 交通目的

X_2 : 自宅から地下鉄駅までのアクセス距離

X_4 : 自宅から国鉄駅までのアクセス距離

X_5 : 国鉄札幌駅から目的地までのイグレス距離

X_6 : 地下鉄大通から目的地までのイグレス距離

r^2 : 相関係数

5 駅勢圏の設定

駅勢圏の設定

(1) 駅勢圏設定のプロセス

駅勢圏の設定とは交通機関利用の境界を設けることであり、一般に定期券申し込み書等の行動データでは、新駅の建設や路線延長のインパクトを織り込むことは出来ない。

そこで意識データを用いた交通機関選択モデルを構築し、さらに「ある地点に於て、それぞれの駅を選択する確率が等しい点を結び合わせた線を駅勢圏とする。」という定義に基づいて駅勢圏を設定した。つまり、 $P_R - P_S = 0$ なる点を求め、選択率の等しい点を結ぶ線を駅勢圏とした。

この駅勢圏上の地点は国鉄駅と地下鉄駅との選択を同率とみなしていることとなる。本調査で提示した駅勢圏設定法は次のような特徴を有している。

1) 行動データではなく意識データを用いているので計画情報を取り込むことが出来、将来計画に対応した駅勢圏が求められる。

2) 交通機関別の選択モデルから駅勢圏の境界を決定するので、各交通機関の魅力も考慮した駅勢圏を設定できる。

3) メッシュデータから人口や世帯情報が得られると、新駅ごとの利用人員を簡単に求めることが出来る。

本調査で開発した駅勢力圏設定プロセスを国鉄東発寒駅と地下鉄発寒駅を例として示す。

- 1) 調査対象地区をメッシュに分割する。
- 2) 新駅予定地に○印をつけ、アクセス距離の原点とする。
- 3) 目的地を定める。(このことは国鉄札幌駅および地下鉄大通駅からのイグレス距離を固定することに相当する。)
- 4) 先に構築した交通機関選択モデルを用いて、メッシュごとに国鉄東発寒駅および地下鉄発寒駅の選択率を求める。
- 5) $P_R = P_0$ となるメッシュを抽出して等確率線を描き、この線をもって駅勢力圏とする。

なお、各駅までのアクセス距離は地図上の最短距離とした。

(2) 手稲・発寒地区における駅勢力圏図

手稲・発寒地区に国鉄発寒東駅と地下鉄発寒が建設され、国鉄と地下鉄の路線間距離が1 km、国鉄札幌駅からのイグレス距離がそれぞれの駅から500mのときの駅勢力圏は図1のようになる。

この図から次のことが明かとなった。

- ・ほとんどの地域が地下鉄の駅勢力圏となっており、国鉄の駅勢力圏は完全に包含されている。

- ・国鉄駅を選択率が高い地域は駅を中心に半径約1 km以内の所である。

- ・国鉄駅を中心とする等選択率線地下鉄駅の反対側に大きく膨ら

んでいる。これは国鉄線を越えて地下鉄駅へ行くことにはかなりの抵抗があることを示している。

- ・地下鉄の利用は乗継ぎバスシステムの整備によってかなり広範囲に広がっているが、国鉄はほぼ徒歩圏に限定されている。

図2は国鉄線が2駅、地下鉄が2駅建設されたときの駅勢力圏を示したものである。ただし、この図においてもイグレス距離はそれぞれ500mとし、地下鉄の駅間境界は二駅間の垂直二等分線とした。

この図から次のことがわかった。

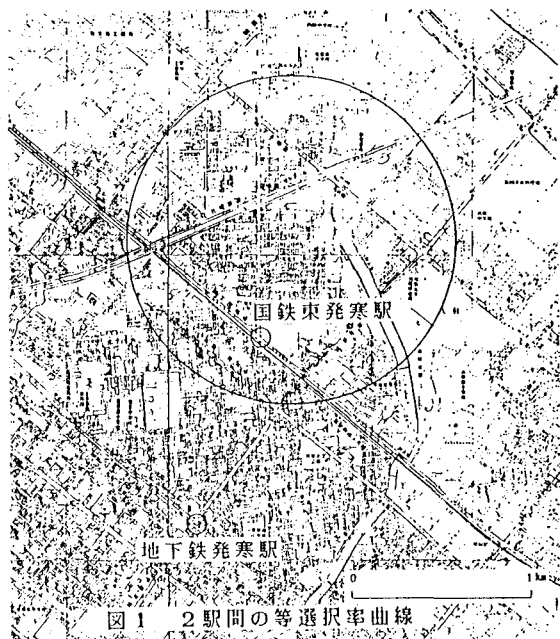


図1 2駅間の等選択率曲線

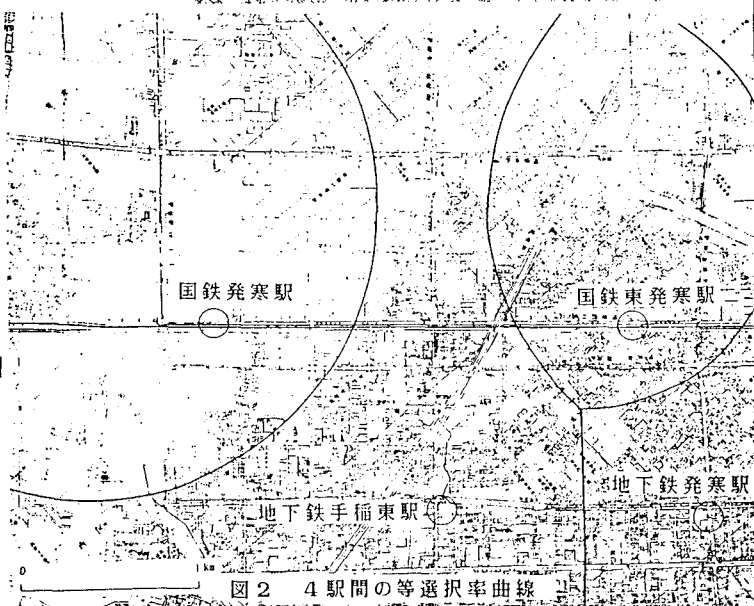


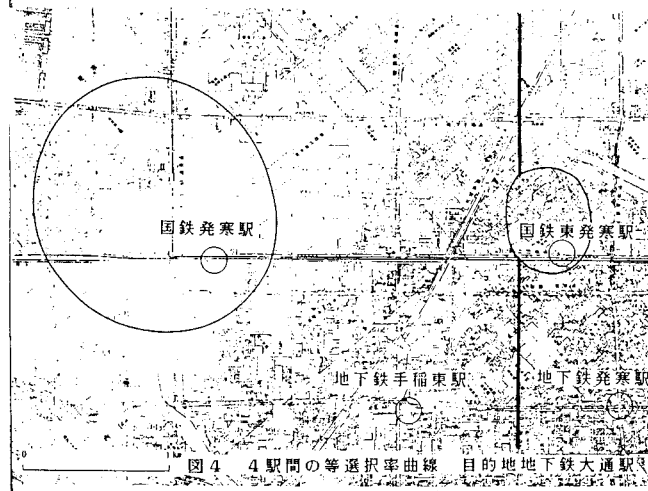
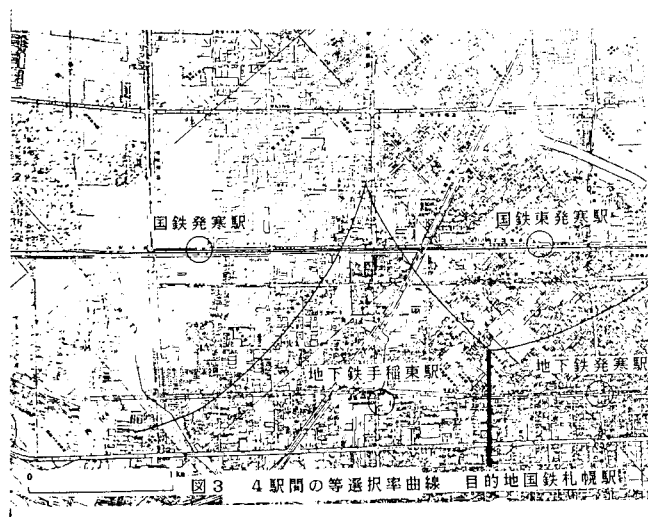
図2 4駅間の等選択率曲線

- ・国鉄の駅勢力圏は図1の場合と同様に徒歩圏によって規定されている。

- ・国鉄の二駅間に地下鉄の駅勢力圏がはいりこんでいる。これは地下鉄の駅勢力圏が乗継ぎバスシステムの採用によって広がっていることによる。

- ・国鉄発寒東駅の駅勢力圏がいびつなのは、地下鉄の駅勢力圏によってカッティングされているためである。

図3～4はイグレス距離の変化による国鉄駅勢力圏の変容を示したものである。すなわち図3は目的地が国鉄札幌駅付近にある場合であり、図4は目的地



を地下鉄大通駅としたときの駅勢圏である。これらの図から次のことが分かった。

- ・駅勢圏はイグレス距離によって大きく変化する。従来の研究ではアクセス距離のみが考慮されていたが、本調査によりイグレス距離の重要性が明らかにされた。

- ・目的地が大通付近の時、国鉄の駅勢圏はきわめて小さいが、目的地が国鉄札幌駅周辺であれば国鉄の駅勢圏は地下鉄駅付近まで拡大する。

表3～4の分散分析表によるとアクセスでは国鉄駅までの距離、イグレスでは地下鉄大通駅からの距離が関係している。このことは被験者の自宅が国鉄線路に近く、目的地は大通付近が多かったことも一因になっている。

- ・手稲・発寒地区における国鉄と地下鉄の望ましい分担関係を考慮するには、選択率に人口データを

かけあわせた利用客数を求めなければならない。この時の駅勢圏は、算出対象世帯を特定するうえで最も重要な情報となる。

6 需要予測

実験計画意識モデルによる国鉄新駅利用者の予測

昭和61年1月に実験計画意識モデルを構築するための調査が行われ、(1)式に示す国鉄駅選択モデルが得られた。

ところで昭和61年11月に発寒中央駅、発寒駅が新設されたがこの駅は昭和61年度の調査において東発寒駅、発寒駅と仮称した駅に他ならない。したがって実験計画意識モデルで推計した国鉄駅の利用者数と、実際の利用者数との比較を行うことが可能となる。

表5は国鉄北海道の新駅の乗車人員を示したものである。発寒中央駅についてみると、昭和62年3月の総乗車人員が22,444人であり、その内20,491人が定期利用者となっている。この数値を31日で割ると661人/日となり、発寒中央駅における1日あたりの通勤通学トリップとみなすことができる。

それでは(1)式の国鉄選択モデルによる予測値はどれくらいになるのだろうか。

交通機関選択モデルの理論的誘導がいかに厳密であっても、その予測値が実際値とあまりかけ離れていたらならば、モデルの信頼性はゼロに等しい。それゆえ本節においては実験計画の事後分析を行い、その信頼性を検討した。

(1) 対象圏域内総発生トリップ数の予測

図5は発寒中央駅から引いた半径400m、800mの円であり、発寒中央駅の駅勢圏とほぼみなしうるものである。この円内の面積は約200haになるが、圏域内に発寒川、農試公園などがあるのでこれを差し引くと可住面積は約160haとなる。

ところでこの駅勢圏は札幌市の統計区157と158にほぼ一致し、この統計区の昭和60年度の人口と面積は表6に示すとおりである。

この表から157、158統計区の平均人口密度



図5 発寒中央駅の駅勢圏図

表5 乗車人員

駅		各年度・月中					
		60年度 1)	61年度 1)	61年4月 1)	62年1月 1)	2月 1)	3月 1)
総数		30,300,983	32,137,221	2,270,644	2,990,316	2,425,344	3,056,939
札幌		17,197,625	17,723,222	1,268,416	1,603,579	1,386,242	1,617,091
支店		827,497	960,065	59,277	94,978	79,228	94,615
客		1,980,536	1,959,102	144,703	173,377	136,721	184,569
発寒中央	2)	—	56,491	—	17,701	13,356	22,444
発寒	3)	—	154,835	—	21,574	18,441	21,641
留宿	2)	—	57,894	—	18,073	12,796	24,924
手		4,401,738	4,276,453	315,530	403,357	281,698	401,787

表6

統計区番号	人口(人)	面積(ha)	人口密度(人/ha)
157	14,723	188	78.3
158	13,891	152	91.4

は84.9人/haとなる。西区の総人口は269,451人であり、このうち5才未満の人口は18,029人いる。(年齢不詳349人)それゆえ5才以上の人口は251,073人となり、その比率は93%である。

また西区の一人あたりの生成原単位は2.77トリップ/人/日であるから、発寒中央駅駅勢圏内の総発生トリップは以下になる。

$$160\text{ha} \times 84.9\text{人/ha} \times 0.93 \times 2.77\text{トリップ/人} \cdot \text{日} = 350,000\text{トリップ/日} \quad \dots\dots (3)$$

(2) 駅勢圏内から中央区への通勤通学者数

西区全体における通勤通学交通の割合は23.3%であり、この内、中央区へ目的地を持つトリップ比率

表7 駅勢圏別国鉄選択率

要因	400m圏域	800m圏域
X ₁ : 交通目的	通勤・通学	通勤・通学
X ₂ : 自宅から地下鉄まで	1200m	1200m
X ₃ : 自宅から国鉄駅まで	400m	800m
X ₄ : 国鉄札幌駅から目的地まで	400m	400m
X ₅ : 地下鉄大通駅から目的地まで	400m	400m
国鉄駅選択率	47.8%	30.9%

は26%である。したがってこれらの数値を基に、駅勢圏内から中央区へ向かう通勤通学者数(交通機関選択モデルの適用対象者数となる)を求めると

$$350,000\text{トリップ/日} \times 0.233 \times 0.26$$

$$= 2,092\text{トリップ/人} \cdot \text{日} \quad \dots\dots (4)$$

となる。

(3) 国鉄駅選択率

発寒中央駅から400m、800m圏域内の国鉄選択率は式(1)を用いて計算すると表7のようになる。

半径400mと半径800mの駅勢圏の面積の比率は1:3なので、中央区への通勤通学トリップをこの比で配分すると、523トリップ/日:

1,569トリップ/日となる。このトリップ図に表7で求めた国鉄選択率を掛け合わせると、駅勢圏ごとの国

鉄利用者数をもとまる。

図5はその結果を示したものであり、400m圏で250トリップ/日、800m圏で485トリップ/日、合計で735トリップ/日となる。

発寒中央駅における昭和62年3月の一平均乗車人員は通勤通学目的で661人日であった。これに対して実験計画意識モデルによる予測値は735トリップ/日となり、その予測誤差は10%になることが明らかとなった。

7 おわりに

本研究は異なる交通機関の選択率モデルを用いて駅勢圏を設定することにより、事前に交通機関の競合を明らかにし、それに伴う評価を行った。さらにモデルの予測値が、将来の交通行動の評価を十分に行うことができることを示した。