

名古屋市における交通行動の予測

— 中京都市圏パーソントリップ調査を用いて —

M2004MM018 伊東 寿音

指導教員 伏見 正則

1 はじめに

中京都市圏は全国において自動車の利用者が多く、どこに行くにも車だという傾向が強くなっており、都心では買物目的の駐車場待ち、朝の通勤時では都心方向は車で渋滞している。中京都市圏では公共交通機関の利用者を増加させ、車の利用者を減らすことが今後の課題となっている。現在の中京都市圏においては、名城線の環状化、あおなみ線の開通、リニアモーターカー「リニモ」の開通など、交通機関の拡大が進んでいる。平成 26 年には桜通線の野並・徳重区間の延伸が予定されている。そこで交通機関の拡大によりどれくらい影響があるのかを知る必要があると考えた。本研究は交通機関利用者数の予測モデルを作成することを目的とする。中京都市圏パーソントリップ調査による OD データを用いて交通手段別ネットワークを作成し、地域内の人々の交通選択行動モデルを作成する。また名城線環状化により交通行動にどのくらい変化があるのか、開通前、開通後の状況で実行することで影響を評価する。

2 中京都市圏パーソントリップ調査

本研究で使用するデータは平成 13 年 10 月に実施した第 4 回中京都市圏パーソントリップ調査である。パーソントリップ調査は、交通の主体である「人（パーソン）の動き（トリップ）」を把握することを目的としており、調査内容は、どのような人が、どこからどこへ、どのような目的・交通手段で、どの時間帯に動いたかについて、調査日 1 日の全ての動きを調査し、都市圏内の交通実態を把握するためのものである。パーソントリップ調査はサンプル調査であり、調査結果は約 26 万人の人の動きを拡大し、都市圏全体（約 900 万人）の人の動きを算出している。参考データとして [1], [5] を使用する。

表 1 対象地域内のトリップ数

	徒歩	自転車	自動車	バス	鉄道
出勤	57,627	124,551	262,385	28,739	175,443
登校	174,558	40,889	21,506	5,439	45,417
自由	368,138	268,204	425,785	42,099	111,976
業務	70,627	48,024	330,259	5,948	40,119
帰宅	483,220	386,808	600,989	65,267	268,148
全体	1154,030	868,476	1640,924	147,492	641,103

2.1 トリップと OD データ

トリップとは人がある目的をもって起点 (O:Origin) から終点 (D:Destination) へ移動する場合にその一方向の移動を表す概念であり、その移動を定量的に表現する単位をトリップという。トリップは出発地と目的地の組み合わせである OD ペアという単位によって集計される。OD ペアが等しいトリップ数を合計した交通量を OD 交通量と呼ぶ。

2.2 代表交通手段

1 つのトリップがいくつかの交通手段で成り立つ時、このトリップで利用した主な交通手段を代表交通手段と呼ぶ。代表交通手段は以下に示す優先順位によって決定する。

鉄道 > バス > 自動車 > 自動二輪・原付 > 自転車 > 徒歩

図 1 を例にみると、出発地から徒歩、鉄道、徒歩という順序で目的地までトリップした場合の代表交通手段は鉄道となる。また鉄道を利用する前後の交通手段を鉄道端末交通手段とする。出発地から駅までの端末交通手段（アクセス）は徒歩、駅から目的地までの端末交通手段（イグレス）は徒歩となる。

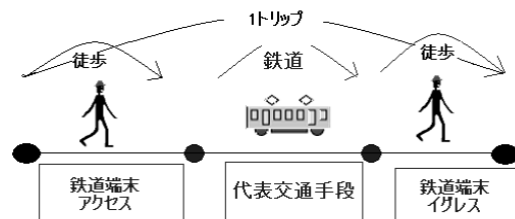


図 1 代表交通手段

2.3 研究対象地域

パーソントリップ調査では、対象地域をゾーンという地域の単位に分割し、人の動きをゾーン間のトリップとして表している。本研究では名古屋市 16 区のうち、主要鉄道が名古屋市地下鉄ではないと考えられる守山区を除く 15 区を対象地域とする。代表交通手段は徒歩、自転車、自動車、バス（名古屋市営バス）、鉄道（名古屋市地下鉄）の 5 つとする。5 つの代表交通手段を使い、対象地域を 111 区分に分割したゾーンからゾーンへのトリップによって、交通手段のトリップを表現する。対象地域を図 2 に示す。

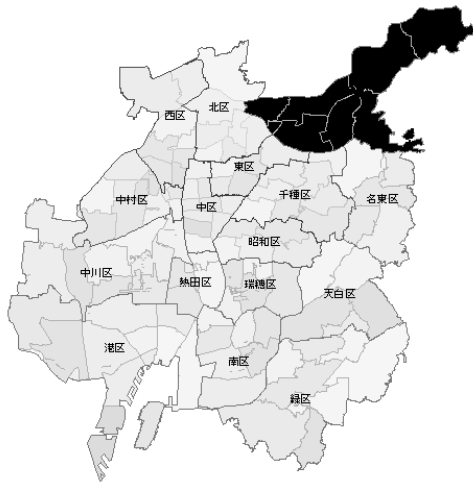


図2 対象地域

2.4 ゾーン代表点

パーソントリップ調査では、ゾーンという領域の単位によって個人のトリップが記載されているため、実際のトリップがどの地点からどの地点まで行われたのかを正確に把握することはできない。よってゾーンを1つの点として扱い、その点をゾーンの代表点として各ゾーン間の距離や移動時間を算出し、分析を行う。本研究ではゾーン代表点をゾーン領域内の中心地域(重心)であると仮定し、中心付近の座標を ArcGIS を使い抽出する。図3に各ゾーンの代表点を示す。

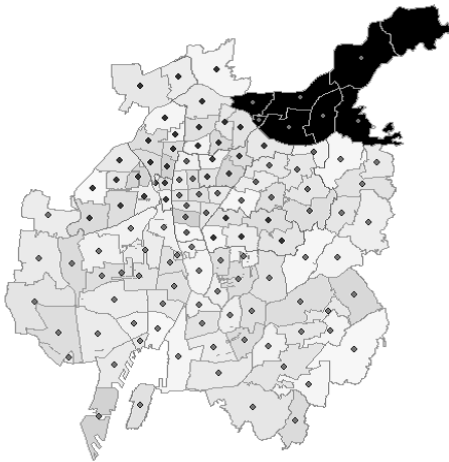


図3 ゾーン代表点

3 ネットワークの設定

3.1 道路距離と直線距離

都市、地域分析において2点間の距離として直線距離を用いることが多い。しかし

$$\text{道路距離} \geq \text{直線距離}$$

は明らかである。今回は対象ゾーンが111ゾーンあるため各ゾーン間の実際の道路距離を測ることが困難であっ

た。そこで、数値地図2500とArcGISを使い各ゾーンの代表点の座標から2点間の直線距離をだす。各ゾーン間の直線距離に迂回率1.25を乗じたもの[2]を各ゾーン間の道路距離とする。

3.2 交通手段別ネットワークの構造

徒歩・自転車・自動車・バス・鉄道の5つの交通機関を表現する交通ネットワークを作成し、交通行動のモデル化を行う。

1. 徒歩ネットワーク

$$\text{所要時間} = \text{リンク距離} / \text{歩行の速度} (5.0[\text{km/h}])$$

2. 自転車ネットワーク

自転車の速度は14.0[km/h]とする。また、自転車の入出庫の時間として所要時間に2分を追加する。

$$\text{所要時間} = \text{リンク距離} / \text{二輪の速度} (14.0[\text{km/h}]) + \text{入出庫時間} (3 \text{分})$$

3. 自動車ネットワーク

所要時間=リンク距離 / 車の速度 (30.0[km/h]) + 入出庫時間 (7分)

$$\text{費用} = \text{リンク距離} / \text{燃費} (9.0[\text{km/l}]) \times \text{ガソリン費用} (125[\text{円/l}])$$

4. バスネットワーク

所要時間=リンク距離 / 市バス平均速度 (18.0[km/h]) + バス停までの時間 (片道6分) + 乗り換え時間 (1回につき15分)

費用は名古屋市バスの運賃である一律200円とする。ただし離れたゾーン間を移動する際はバスの乗り換えをすると考え、乗り換え回数を考慮し、料金を算出する。

5. 鉄道ネットワーク 鉄道ネットワークは、名古屋市地下鉄を使用すると考える。鉄道の乗車時間は名古屋市地下鉄のデータより、乗り換え時間も考慮し、Dijkstra法を用いて最短経路を使い移動した場合の移動時間を算出する。料金も同様に名古屋市地下鉄の料金表から最短経路を使い移動した場合の地下鉄の料金を算出する。

4 代表交通手段選択モデル

5つの交通手段から、どの交通手段を選択するのかを表したモデルを作成する。本研究では集計されたOD交通量データを使用するため、集計型Logitモデルを使用し、交通手段選択モデルを作成する。集計型Logitモデルの式[3],[4]を以下に示す。

$$P_k = \frac{e^{V_k}}{\sum_k e^{V_n}}, (n = 1, \dots, N)$$

$$V_k = \sum_m \delta_m X_{km}$$

表 2 代表交通手段予測モデルのパラメータ結果

	全体	出勤	登校	自由	業務	帰宅
δ_1	-0.137	-0.144	-0.164	-0.139	-0.173	-0.127
δ_2	2.336	2.159	3.544	2.429	2.344	2.607
δ_3	-0.119	-0.172	-0.156	-0.196	-0.158	-0.132
δ_4	1.007	2.017	1.560	1.683	0.628	1.857
δ_5	0.041	-0.005	-0.328	-0.038	0.120	0.019
δ_6	-0.193	-0.139	-0.240	-0.149	-0.313	-0.168
δ_7	0.047	0.080	0.040	0.060	0.038	0.054
δ_8	-0.403	-0.697	3.0486	0.072	-0.373	-0.012
δ_9	-0.050	-0.064	-0.059	-0.065	-0.049	-0.056
δ_{10}	0.006	0.015	0.008	0.013	0.012	0.009
δ_{11}	0.297	0.263	-0.332	0.420	1.370	0.219
δ_{12}	-1.466	-1.421	-2.527	-1.496	-3.703	-0.849
δ_{13}	-0.036	-0.043	-0.052	-0.052	-0.057	-0.034
δ_{14}	-0.081	-0.081	-0.106	-0.119	-0.147	-0.067
δ_{15}	0.001	0.0007	0.047	0.004	-0.004	0.0002
δ_{16}	-0.023	-0.024	-0.024	-0.040	-0.052	-0.022
δ_{17}	0.108	0.238	0.104	0.043	-0.066	0.227
δ_{18}	0.017	-0.219	-2.064	-0.053	0.143	0.123

P_k : 交通機関 k の分担率
 X_{km} : 交通機関 k の説明要因
 δ_m : 説明要因にかかるパラメータ

本研究のモデルを以下の式で表す.

$$P_k = \frac{e^{V_k}}{\sum_n e^{V_n}}$$

徒歩の効用 $V_W = \delta_1 \times Wtime_{ij} + \delta_2$
 自転車の効用 $V_C = \delta_3 \times Ctime_{ij} + \delta_4$
 自動車の効用 $V_A = \delta_5 \times Atime_{ij} + \delta_6 \times Afare_{ij} + \delta_7 \times (Dis_i + Dis_j) + \delta_8$
 バスの効用 $V_B = \delta_9 \times Btime_{ij} + \delta_{10} \times Bfare_{ij} + \delta_{11} \times (Many_i + Many_j) + \delta_{12}$
 鉄道の効用 $V_T = \delta_{13} \times TRtime_{ij} + \delta_{14} \times TNtime_{ij} + \delta_{15} \times TRfare_{ij} + \delta_{16} \times TNfare_{ij} + \delta_{17} \times (Sta_i + Sta_j) + \delta_{18}$

i : 出発地ゾーン
 j : 到着地ゾーン
 P_k : 交通手段 k の選択確率
 V_n : 交通手段 n の効用値
 $Wtime_{ij}$: i, j 間の徒歩による所要時間 [分]
 $Ctime_{ij}$: i, j 間の自転車による所要時間 [分]
 $Atime_{ij}$: i, j 間の自動車による所要時間 [分]
 $Afare_{ij}$: i, j 間の自動車による費用 [十円]
 $Btime_{ij}$: i, j 間のバス乗車時間 [分]
 $Bfare_{ij}$: i, j 間のバスの乗車料金 [十円]
 Dis_i : i ゾーンの名古屋駅からの距離 [km]
 $Many_i$: $\begin{cases} 1 & i \text{ ゾーン} \text{の最寄りのバス停から } 5 \text{ 路線以上あり} \\ 0 & \text{そうでない場合} \end{cases}$
 $TRtime_{ij}$: i, j 間の鉄道乗車時間 [分]
 $TNtime_{ij}$: i, j 間の鉄道乗車外時間 [分]
 $TRfare_{ij}$: i, j 間の鉄道乗車料金 [十円]
 $TNfare_{ij}$: i, j 間の鉄道乗車外料金 [十円]
 Sta_i : $\begin{cases} 1 & i \text{ ゾーンから最寄りの地下鉄駅まで } 1\text{km 以下} \\ 0 & \text{そうでない場合} \end{cases}$
 $\delta_1, \dots, \delta_{18}$: パラメータ

結果より, 所要時間などの説明変数の値が増加するにしたがい効用が低減すると考えられるパラメータの多くは負の値をとった. また, 説明変数の値が増加するにしたがい効用が増大すると考えられるパラメータの多くは正の値をとった. 求めたパラメータの値を提案モデルに代入し, パーソントリップ調査の OD データに当てはめ, 提案モデルの交通手段別利用人数を算出する. 実際の OD データとの比較を表 3 ~ 表 8 に示す. なお, 誤差率とは誤差を実データで除したものに 100 を乗じたものとする.

表 3 全目的での実データとの比較

全目的	徒歩	自転車	自動車	バス	鉄道
実データ	250898	476324	1315657	138149	636051
モデル	178732	417224	1357586	137699	725836
誤差	-72166	-59100	41929	-450	89785
誤差率 (%)	-28.76	-12.4	3.18	-0.32	14.11

表 4 出勤での実データとの比較

出勤	徒歩	自転車	自動車	バス	鉄道
実データ	15267	84769	234289	27897	174793
モデル	13980	76244	250787	25920	170081
誤差	-1287	-8525	16498	-1977	-4712
誤差率 (%)	-8.42	-10.05	7.04	-7.08	-2.69

表 5 登校での実データとの比較

登校	徒歩	自転車	自動車	バス	鉄道
実データ	21741	34364	13434	5283	45296
モデル	13773	38157	15881	5334	46970
誤差	-7968	3793	2447	51	1674
誤差率 (%)	-36.64	11.03	18.22	0.97	3.69

表 6 自由での実データとの比較

自由	徒歩	自転車	自動車	バス	鉄道
実データ	95041	119368	309529	38045	110000
モデル	73400	103847	330374	40191	124169
誤差	-21641	-15521	20845	2146	14169
誤差率 (%)	-22.76	-13	6.73	5.64	12.88

4.1 パラメータの推定

パラメータの推定はに最小二乗法を用い, 統計用ソフトの R2.2.1 を用いて解を求める. 全体での推定と, 出勤, 登校, 自由, 業務, 「帰宅」, の 5 つの目的別パラメータの推定を行う. 推定の結果を表 2 に示す.

表 7 業務での実データとの比較

業務	徒歩	自転車	自動車	バス	鉄道
実データ	21413	27188	287600	5781	39360
モデル	17137	25750	293382	6245	38825
誤差	-4276	-1438	5782	464	-535
誤差率 (%)	-19.96	-5.28	2.01	8.02	-1.35

表 8 帰宅での実データとの比較

帰宅	徒歩	自転車	自動車	バス	鉄道
実データ	97436	210635	470805	61143	266602
モデル	67472	197760	490220	58771	292395
誤差	-29964	-12875	19415	-2372	25793
誤差率 (%)	-30.75	-6.11	4.12	-3.87	9.67

実データとモデルデータを比較すると、バス、鉄道、自動車の誤差率は少ない。徒歩の誤差率は高いが、これは提案モデルはゾーン代表点間の移動で考えているため、同じゾーン間の移動を考えていない。そのために短い距離でのトリップの予測値が低くなってしまふ。しかし交通機関の利用を予測することを目的とするため、本モデルにより代表交通手段の選択行動を表現できているものとする。

5 交通行動変化の予測

5.1 名城線開通前後の交通行動の変化

作成したモデルを名城線の環状線が開通する前と開通後図 4、図 5 のネットワークで実行することで、名城線環状化後の対象地域内の交通行動の変化をみる。

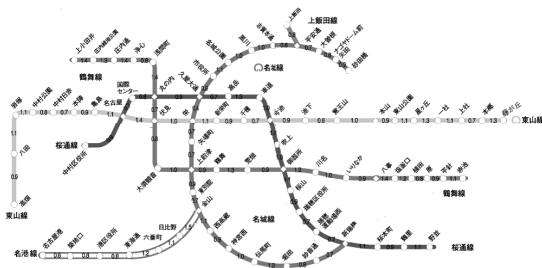


図 4 環状化前の路線図

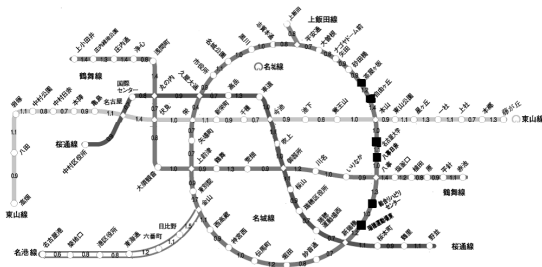


図 5 環状化後の路線図

5.2 予測方法

1. 名城線の環状線ができた後の鉄道ネットワークを用いて、OD 間ごとの鉄道所要時間、料金を算出する。

2. 1. で求めた鉄道所要時間と料金を作成した Logit モデルに代入し、名城線環状化後の交通手段ごとの分担率を算出する。
3. 分担率とパーソントリップ調査の OD データより、名城線環状線ができる前後のトリップ数を算出する。結果を表 4 に示す。

表 9 名城線環状化前後の変化

	徒歩	自転車	自動車	バス	地下鉄
開通前	178732	417225	1357586	137700	725836
開通後	178098	414470	1342798	136394	745319
差	-634	-2755	-14788	-1306	19483
増加率 (%)	-0.355	-0.66	-1.089	-0.948	2.684

結果より、地下鉄のトリップ数が 19483 トリップ増加し、自動車、バスの利用は減少する。名城線の環状化により交通手段の変更を行うことがわかる。また新しい駅ができることにより、ゾーン代表点から最寄の駅までの距離が短くなった地区では、鉄道の利用客がほぼ 1.5 倍となった。

5.3 ガソリン代の値上げによる交通行動の変化

表 10 ガソリン代の値上げの効果 (増減率)

ガソリン代	1.5 倍	2 倍	3 倍
徒歩	8.84(%)	17.1(%)	30.93(%)
自転車	20.57(%)	39.06(%)	64.97(%)
自動車	-32(%)	-54.1(%)	-77.5(%)
バス	36.52(%)	65.47(%)	97.16(%)
鉄道	38.97(%)	62.27(%)	81.55(%)

ガソリン代の値上げが自動車から公共交通機関へ転換させる影響が高いことがモデルよりわかった。

6 まとめ

本研究では、名古屋市の交通行動のモデル化を行い、その結果から名城線環状化前後の交通行動の変化とガソリン代の値上げによる交通行動の変化をみる事ができた。今回作成したモデルは料金も考慮したモデルであるため、交通機関の運賃が変化した場合にどのような交通手段の変更を行うかなどさまざまな予測ができると思われる。

参考文献

- [1] 名古屋市街路計画課:第 4 回中京都市圏パーソントリップ調査データ。
- [2] 岡部篤行・鈴木敦夫:最適配置の数理, 朝倉書店, 1992.
- [3] 土木学会:非集計行動のモデルと実際, 丸善株式会社, 2002.
- [4] 金坂 智雅:仙台都市圏パーソントリップ調査を用いた交通行動の予測, 中央大学情報工学専攻修士論文,2004.
- [5] 中京都市圏パーソントリップ調査,
<http://www.pref.mie.jp/toshiki/hp/tokei/PTtop.htm>.
- [6] 名古屋市交通局:名古屋市交通局ホームページ,
<http://www.kotsu.city.nagoya.jp/>.