

都市モノレール導入による地区内バス交通の需要変化

Variation of Bus Demand in Area

which takes in the Monorail

三 木 健* 榛 沢 芳 雄** 野 村 和 宏* 小 山 茂 森

By Takeshi MIKI, Yoshio HANZAWA, Kazuhiro NOMURA, and Shigeru KOYAMA

This paper analyzed the change of the traffic demand of the bus according to the monorail construction in the suburban area of Tokyo, using the disaggregate behavioral model.

As a consequence of analyze, a nearness of the location of a house to the monorail station and a regularity on the schedule of the monorail had influence on alteration from bus to the monorail. Examined on space, the result of this analysis were follows:

1. Some zone nearby the monorail station had a tendency to choice the monorail.
2. The other zone far from the monorail station had a tendency to choice the monorail, but not vigorous at all.

1. はじめに

今日、都市内における交通問題は、大都市圏だけでなく地方の中小都市にまで広がり、慢性化の傾向を示している。都市への人口集中、自動車利用者の増大等により都市地域が拡大している半面、異常なほどの増加を示している自動車交通に十分に対応できるだけの交通施設の整備が追いついていかないのが最大の原因である。その結果、交通渋滞、交通事故、交通公害、バス等の公共交通機関の運行効率の

低下等、さまざまな弊害が生じている。このような現状において、バスを含む都市内の公共交通機関のあり方、今後のあるべき姿を探ることは非常に重要なことであると考えられる。具体的には、①、バス専用レーン、優先レーンの導入、②、自家用車、大型車等の都市内への進入規制、③、大都市における地下鉄等の公共高速鉄道の新設、④、地方都市における都市モノレール、新交通システム等、公共軌道路線の新設、⑤、公共交通機関の利用促進のためのアピール等、数々の方法が各地で提案、実施されている。本研究では、④の地方都市程度の地区に着目する。これらの地区では、バス等の路面公共交通機関では十分なサービスが提供できないが、かといって地下鉄等の公共高速鉄道のような大量公共交通機関は必要としていない。そこで、バスと地下鉄等との中間程度の輸送力を持ち、かつ事業費が地下鉄等と比較してかなり割安となる都市モノレール、新交通システムの導入が検討されることになる。

-
- * 学生員 日本大学大学院 理工学研究科
(〒274 千葉県船橋市習志野台7-24-1)
- ** 正会員 工博 日本大学教授 理工学部交通土木工学科
- * 正会員 工修 群馬工業高等専門学校助教授
土木工学科
(〒371 群馬県前橋市鳥羽580)
- 森 正会員 工修 日本大学副手 理工学部交通土木工学科

本研究では、これら地方都市程度の地区に都市モノレールを導入した場合、既存の地区内バス交通の需要にどのような影響が出るかを予測することを目的とする。都市モノレール、新交通システムの需要予測に関する研究には渡辺等¹⁾²⁾³⁾、榛沢等⁴⁾、菅原等⁵⁾などがある。これらは、新設される都市モノレール、新交通システムにどの程度の需要が発生、転換するかを予測するもので、対象地区内の住民、事業所等が分析の対象である。これに対し本研究では、地区内バス交通に与える影響をより正確に把握するため、地区内バス交通の利用者を分析の対象とする。さらに、本研究ではこの影響力の地域特性を詳細に把握するため、対象地区を細かいゾーンに分割し、ゾーンごとに選択率を集計し、分析を行う。

2. 対象地区の概要

本研究では、東京都西部に位置するT地区内の、昭和58年度に都市モノレールに対する国庫補助事業として採択された南北約16kmの地区（T都市モノレール沿線の地区）を対象地区として選定した（図-1）。

国土庁は、今後の東京大都市圏整備の方向として、東京都心に集中する一極集中の都市構造を見直し、首都圏各地に自立都市圏を育成して東京大都市圏を連合都市圏として再構築することを基本的な方針としている。対象地区であるT地区も自立都市圏のひとつであり、それに基づいて、東京都ではこの地区を業務核都市の一つとして位置付け、昭和57年、T T T計画（T地区をその周辺地域の核となるような都心にしようという計画）を打ち出し、T周辺地区の都心機能を受け持つ都市づくりを目指している⁶⁾。

一方、T地区の交通網の整備としては、東京都区部を中心として放射状（東西方向）の動線ばかりが整備されており、環状（南北方向）の動線の整備は非常に遅れている。地区内の移動をまかなう公共交通機関はバスのみである。このような実情を踏まえて東京都では、T地区における公共交通機関の不足に対処するためには、中量の輸送能力を持つ軌道システムの導入が有力な手段のひとつであると考え、昭和56年度より都市モノレールの導入を前提として調査を実施してきた。その結果、昭和58年度に国庫補助対象事業として採択され、前述のT T T計画と

もあいまって、T都市モノレールはT T T計画を成功に導く極めて有力な都市基盤施設であり、T周辺地域の拠点都市群を南北に結ぶ公共中量交通機関として大きな期待を集めている⁷⁾。図-2に対象地区の都市モノレールおよび現状バス路線図を示す。

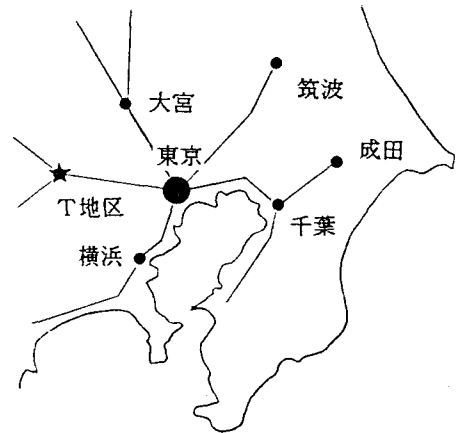


図-1 対象地区の位置図

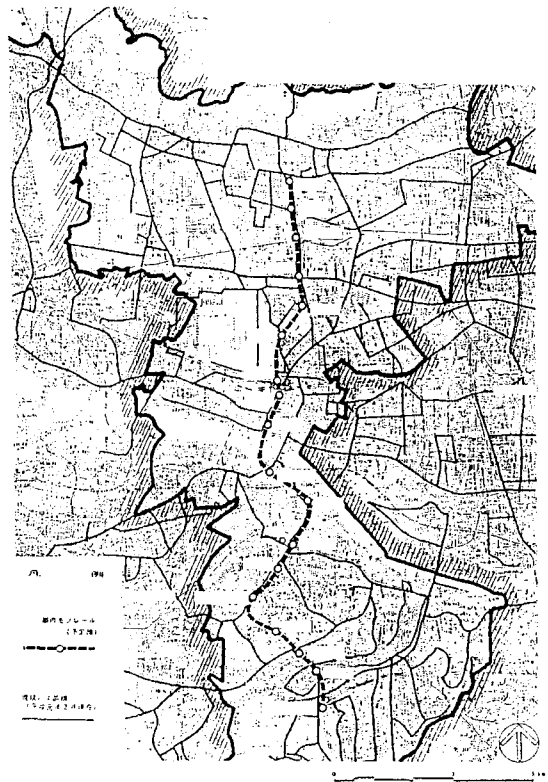


図-2 対象地区の都市モノレールおよび現状バス路線図

3. 対象地区における調査

本研究では、対象地区に都市モノレールを導入した場合の地区内バス交通の需要変化を予測するため、対象地区内に路線をもつバス交通の利用者に対し平成元年2月に交通手段選択に関するアンケート調査を行った。主な調査項目は、「バスの利用目的」、「バスの利用区間」、「バスの利用頻度」、「都市モノレールが導入された場合の交通手段選択」、「都市モノレールの利用区間」、「性別」、「年齢」、「住所」である。アンケート用紙は地区内の主要鉄道駅5ヶ所、大型団地、大学前等の主要バス停留所9ヶ所の合計14ヶ所で配布し、後日郵送で回収した。配布数は合計で7570票であり、1940票が回収されたので回答率は約25.6%であった。これら回収された票のうち、白票、記入もれ、記入に不備のあるものを除いて1395票が有効票となり、有効回答率は約18.4%となった。表-1に、調査概要を示す。

表-1 調査概要

アンケート 配布場所	主要鉄道駅 (5ヶ所)	主要バス停留 所(9ヶ所)	合計
調査日時	1989年2月	1989年2月	——
配布数(票)	6900	670	7570
回収数(票)	1852	88	1940
回収率(%)	26.8	13.1	25.6
有効票(票)	1331	64	1395
有効回答 率(%)	19.3	9.6	18.4
調査方法	現場配布 郵送回収	現場配布 郵送回収	——

4. 分析方法の決定

本研究では、非集計行動モデルの中の二項ロジットモデル(以下、BLモデルとする)を用いて分析を行った。非集計行動モデルは、少量のデータで個人の特性を生かすことができるのが特徴で、データをゾーン、メッシュ等で集計せず、各個人単位 of データを直接使用するモデルである。また、確率型のモデルであるので、数多くの選択肢に対してそれらの相対的起こりやすさを推定するものである。さらに、四段階推定法のような段階推定方の一部に利用

することができるので、本研究のような交通手段選択の分析にも利用することが可能である⁸⁾。以下、BLモデルを簡単に説明する⁹⁾。

$$P_{1n} = \frac{\text{EXP}(\lambda V_{1n})}{\text{EXP}(\lambda V_{1n}) + \text{EXP}(\lambda V_{2n})} = \frac{1}{1 + \text{EXP}\{-\lambda(V_{1n} - V_{2n})\}} \quad (1)$$

$$P_{2n} = 1 - P_{1n} = \frac{\text{EXP}(\lambda V_{2n})}{\text{EXP}(\lambda V_{1n}) + \text{EXP}(\lambda V_{2n})} = \frac{1}{1 + \text{EXP}\{\lambda(V_{1n} - V_{2n})\}} \quad (2)$$

ただし

P_{in} : 個人 n が選択肢 i (1 or 2)を選択する確率

V_{in} : 個人 n が選択肢 i (1 or 2)から受ける効用のうちの確定項

λ : 効用のうちの確定項のバラツキを示すパラメータ

上の式(1)と式(2)は、BLモデルの選択確率を求める式である。BLモデルは選択肢が2つであり、その2つの選択肢のうち必ず一方を選択するという状況のもとで1つを選択する確率を与えるモデルである。本研究ではバスと都市モノレールを選択肢とした。効用関数 V_{in} は、選択肢 i の特性と個人 n の特性によって特定化されるもので、一般に次式のように表すことができる。

$$V_{in} = f(\theta, X_{in}) \quad (3)$$

ただし

θ : 未知パラメータ

X_{in} : 個人 n の選択肢 i における特性

本研究では、選択肢の特性として「都市モノレール駅での乗り換えダミー」、「運賃」、「所要時間」を、個人 n の特性として「性別」、「年齢」を用いた。

5. モデルの構築

本章では、バスと都市モノレールの交通手段選択行動を分析するため、BLモデルを用いてモデルを構築した。

(1) 効用関数の特定化

まず、効用関数の特定化であるが、これは次式で示す線型が最もよく使用されている。

$$V_{in} = \theta X_{in} = \sum_{k=1}^K \theta_k X_{ink} \quad (4)$$

ただし

θ : 第k番目の未知パラメータ

X_{ink} : 個人nの選択肢iのk番目の特性

本研究でもこの式を使用した。

(2) 特性変数の選択およびデータの作成

本研究では、先に述べたように3つの選択肢特性、2つの個人特性を特性変数として選択し、データを作成した。アンケート調査の結果より直接得られない「運賃」、「所要時間」等のLOS（交通サービス特性）は、アンケート調査の結果をもとにこちらで作成した。所要時間の計算に用いた各速度を表-2に示す。パラメータの推定に用いるサンプルは、アンケート調査によって得られた1395票の有効票を仮想母集団とし、そこから対象地区の交通条件、年齢性別構成を用いてランダム性を確保しながら300のサンプルを抽出した。

表-2 所要時間の計算に用いた速度

対 象	速度 (km/h)
徒 歩	5
自転車	10
オートバイ	20
自動車（朝・夕）	15
自動車（昼間）	20
自動車（その他）	30
バス（朝・夕）	8
バス（昼間）	10
バス（その他）	15
モノレール	27

(3) パラメータの推定と検定

(2)で抽出したサンプルを用いてBLモデルによるパラメータの推定と検定を行った結果を表-3に示す。

まず、ケース1においては、(2)で選択した5つの特性変数すべてを用いてパラメータの推定を行った。その結果、「都市モノレール駅での乗り換えダミー」と「所要時間」の2つはt値が1%の有意水準を超えたが、「運賃」と「性別」はt値があまり高くなかった。そのため、この2つの特性変数はパラメータの推定にほとんど影響を与えないと考え、要因からはずして残りの3つの特性変数を用いてパラメータの推定を行った。これがケース2である。その結果、「都市モノレール駅での乗り換えダミー」と「所要時間」のt値は改善されたが、「年齢」のt値はあまり改善されなかった。そこで、ケース3では、選択肢の特性変数である3つの要因のみを用いてパラメータの推定を行った。その結果、的中率が0.4%ほど上昇した。また、「運賃」のt値もかなり改善されたが、まだ5%の有意水準には達しなかった。そのため、再度「運賃」を要因からはずして、残りの2つの特性変数のみを用いてパラメータ

表-3 パラメータの推定結果

特性変数	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
都市モノレール駅での乗り換えダミー	-2.758 (-7.607)	-2.801 (-7.981)	-2.896 (-8.412)	-3.044 (-9.326)
運 賃	-0.002 (-0.655)	—	-0.004 (-1.217)	—
所要時間	-0.127 (-6.678)	-0.128 (-6.750)	-0.122 (-6.760)	-0.118 (-6.682)
性 別	0.232 (0.691)	—	—	—
年 齢	-0.128 (-1.583)	-0.120 (-1.770)	—	—
サンプル数	300	300	300	300
尤度関数	-207.944	-207.944	-207.944	-207.944
尤度関数最大値	-107.026	-107.456	-108.316	-109.096
仮説検定	201.836	200.936	199.256	197.696
尤度比	0.495	0.483	0.479	0.475
適合度	0.477	0.478	0.474	0.472
的中率 (%)	86.3	86.3	86.7	85.5

注) ()内の数値はt値を示す。

の推定を行った。これがケース4である。その結果、2つの特性変数はともに値が1%の有意水準を超えた。しかし、的中率が1.2%も下がってしまった。これは、多少なりとも「運賃」がパラメータの推定に影響を与えているためであると考えられるので、「運賃」をはずす前のケース3のモデルを用いて地区内バス交通の需要変化を予測することとした。

(4) 結果の考察

ケース1からケース4までの4つのケースを比較してみると、「都市モノレール駅での乗り換えダミー」と「所要時間」の値が常に1%の有意水準を超えており、他の特性変数に比べて交通手段選択に高い影響力を持っていることが明かとなった。これは、都市モノレール駅において、他の交通手段からの乗り換えを必要としない程度の都市モノレール駅への近さ、および都市モノレール利用による所要時間の短縮、定時性の確保が交通手段選択行動に強く影響しているためであると考えられる。また、「運賃」の値があまり高くないのは、「運賃が高くて所要時間が短縮される都市モノレールを選択する。」と考える利用者と、「運賃が高くなるなら今まで通りバスを選択する。」と考える利用者の双方が存在したためと、都市モノレールを利用すると運賃は安くなるが、都市モノレール駅まで遠いためアクセスが大変であるという利用者もかなり存在したためと考えられる。また、ケース1とケース2に比べてケース3の的中率が上がったことから、「性別」と「年齢」は、交通手段選択行動にほとんど影響を与えないと考えられる。

6. 地区内バス交通の需要変化

本章では、5章でパラメータを推定したモデルを用いて地区内バス交通の需要変化を予測した。

まず、300のサンプルに対してそれぞれバスと都市モノレールの選択確率を推定した。次に、選択結果の地域特性を分析するため、対象地区とその周辺を約100個のゾーンに分割し¹⁰⁾、ゾーンごとに選択確率を集計した。集計型のモデルでは、データをゾーン、メッシュ等で集計、整理し、それを使ってモデルを構築し、予測を行うが、非集計行動モデルでは、各個人単位データを直接使用してモデルを構築しているので、予測を行うに際して集計化を行

わなければならない。本研究では数え上げ法を用いて集計を行った⁹⁾。数え上げ法は、次式に示すとおりである。

$$S_i = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N P_n(i | X_n, \theta) \text{-----} (5)$$

ただし

S_i : 選択肢 i のシェア

N : サンプル数

図-3に対象地区のゾーン区分図を、表-4、図-4にゾーンごとの選択率を示す。

本研究においては、モデルを作成した際のサンプルデータの母集団が対象地区内に路線をもつバス交通の利用者であるので、この場合の都市モノレールの選択率はバスから都市モノレールへの転換率であると考えてよい。

分析の結果、ゾーンを次のような4つの事が明かとなった。

① 都市モノレール駅に比較的近いゾーン(1, 2, 3, 4, 6, 17, 26, 27, 31, 36)は都市モノレールの選択率、つまりバスから都市モノレールへの転換率が高くなることが明かとなった。これは、都市モノレール駅への近さが選択行動に強く影響しているためであり、また、ゾーン内の都市モノレールの路線がバス路線と重複している箇所が多いため、都市モノレールを利用することによる所要時間の短縮、定時性の確保に対してバスとの比較を容易に行うことができたため考えられる。

② 都市モノレール駅に比較的近いゾーンでも、5, 9, 10, 11, 12, 16, 25, 34などのゾーンは、バスの選択率が高くなっていた。これは、ゾーン内のバス路線が都市モノレールの路線とは離れたところにあり、都市モノレール駅よりもバス停留所の方が便利であると考えられる利用者もかなり存在するためと考えられる。

③ 都市モノレール駅から遠いゾーンは都市モノレールの選択率は非常に低く、都市モノレールへの転換はほとんどないと考えられる。これは、現在の地区内バス路線が一点集中型であるため、都市モノレール各駅へのアクセス交通手段がほとんどないためであると考えられる。

表-4 ゾーンごとの選択率

ゾーンNO.	バス	モノレール	ゾーンNO.	バス	モノレール	ゾーンNO.	バス	モノレール	ゾーンNO.	バス	モノレール
1	0.526	0.474	26	0.485	0.515	51	0.891	0.109	76	-----	-----
2	0.288	0.712	27	0.382	0.618	52	-----	-----	77	-----	-----
3	0.097	0.903	28	0.275	0.725	53	-----	-----	78	-----	-----
4	0.153	0.847	29	-----	-----	54	0.989	0.011	79	-----	-----
5	0.792	0.208	30	0.609	0.391	55	-----	-----	80	-----	-----
6	0.364	0.636	31	0.435	0.565	56	0.951	0.049	81	0.959	0.041
7	-----	-----	32	-----	-----	57	-----	-----	82	0.707	0.293
8	0.259	0.741	33	-----	-----	58	0.513	0.487	83	-----	-----
9	0.681	0.319	34	0.685	0.315	59	0.934	0.066	84	-----	-----
10	0.576	0.424	35	-----	-----	60	0.528	0.472	85	-----	-----
11	0.927	0.073	36	0.394	0.606	61	0.603	0.397	86	-----	-----
12	0.653	0.347	37	0.889	0.111	62	0.965	0.035	87	0.979	0.021
13	-----	-----	38	0.962	0.038	63	0.768	0.232	88	-----	-----
14	-----	-----	39	-----	-----	64	-----	-----	89	-----	-----
15	-----	-----	40	0.994	0.006	65	0.812	0.188	90	-----	-----
16	0.713	0.287	41	0.762	0.238	66	0.660	0.340	91	-----	-----
17	0.018	0.982	42	0.307	0.693	67	0.773	0.227	92	-----	-----
18	-----	-----	43	0.952	0.048	68	0.550	0.450	93	-----	-----
19	-----	-----	44	0.820	0.180	69	0.871	0.129	94	-----	-----
20	-----	-----	45	0.914	0.086	70	0.820	0.180	95	-----	-----
21	-----	-----	46	-----	-----	71	-----	-----	96	-----	-----
22	-----	-----	47	-----	-----	72	0.947	0.053	97	-----	-----
23	-----	-----	48	-----	-----	73	0.694	0.306	98	-----	-----
24	-----	-----	49	0.970	0.030	74	-----	-----	99	-----	-----
25	0.785	0.215	50	0.885	0.115	75	-----	-----	100	-----	-----

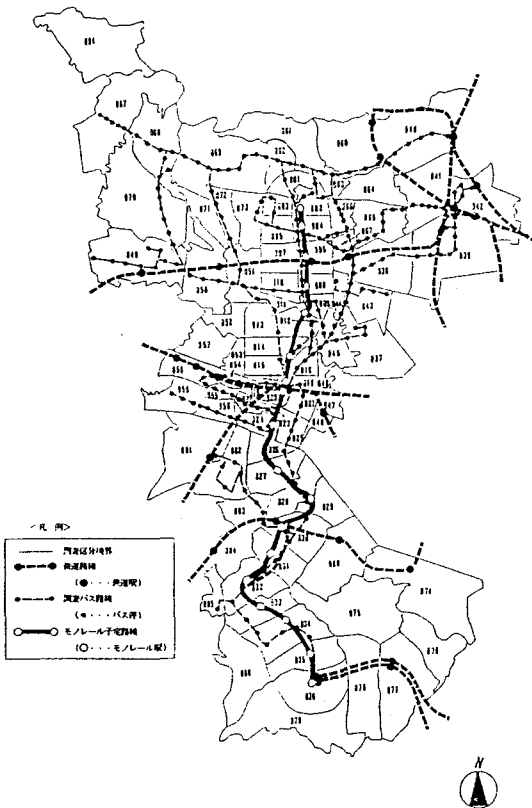


図-3 対象地域のゾーン区分図

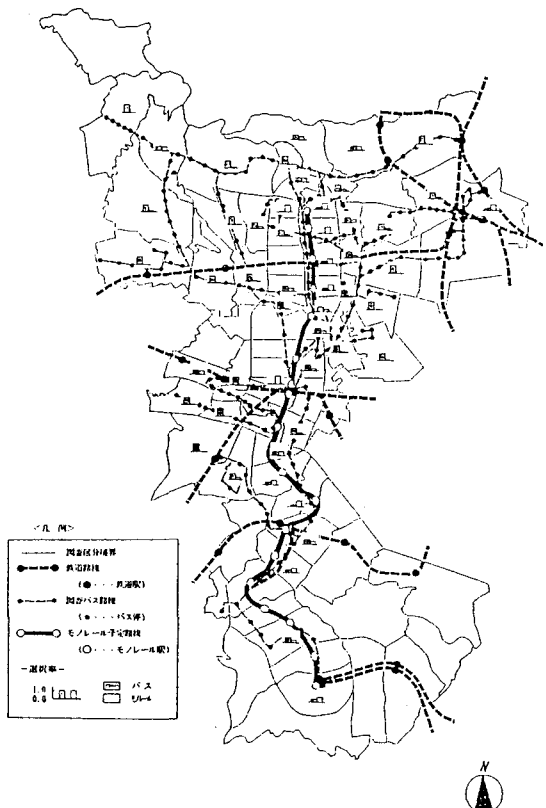


図-4 ゾーンごとの選択率

④ 都市モノレール駅から遠いゾーンでも、都市モノレール駅へのアクセス交通手段（バス、鉄道等）のあるゾーン（42, 58, 60, 61, 68, 82）はわずかながら都市モノレールの選択率が他のゾーンよりも高くなっており、これらのゾーンにおいてもバスから都市モノレールへの転換の可能性があることが明らかとなった。

7. まとめ

本研究では、非集計行動モデルの中の二項ロジットモデルを用いて都市モノレールが導入された場合のバスと都市モノレールへの交通手段選択率を求めることによって、地区内バス交通の需要変化を予測した。その結果、以下のようなことが明らかとなった。

① 交通手段選択には、乗り換えの必要性、所要時間が大きな影響を与える。運賃、個人特性はそれほど影響力が強くない。

② 地区内に都市モノレールを導入した場合、都市モノレール駅に比較的近いゾーンのバス利用者は、都市モノレールへの転換率が高い。

③ 都市モノレール駅から遠いゾーンにおいても、都市モノレール駅へのアクセス交通手段のあるゾーンは、わずかながらバスから都市モノレールへの転換率が他のゾーンと比較して高くなる。

今後の課題としては、路線、区間ごとのバスから都市モノレールへの転換を検討するため地区内のバス路線網と都市モノレール路線をネットワーク化し、バスから都市モノレールへの転換の可能性の高い路線、区間の統廃合、都市モノレール駅から遠いゾーンから都市モノレール駅までのアクセスのためのバス路線網の新設等を行い、バスと都市モノレールの共存を図り、少しでも地区内の交通問題を解決できるような公共交通体系の確立を検討する必要がある。

〔参考文献〕

- 1) 岩崎・渡辺・杉本：新交通システムの需要予測に関する研究、交通工学、Vol. 24、NO. 4、1989
- 2) 渡辺・岩崎・杉本・田代：新交通システムの需要予測に関する研究、土木計画学研究・講演集、NO. 11、1988

- 3) 渡辺・岩崎・杉本：新交通システム導入計画のための需要予測モデルの作成、土木計画学研究・講演集、NO. 10、1987
- 4) 土川・榛沢：千葉都市モノレール・バス再編成について、土木計画学研究・講演集、NO. 10、1987
- 5) 成田・菅原：ニュータウンにおける新交通システムに関する研究、土木計画学研究・講演集、NO. 7、1985
- 6) 清野光重：T T Tのまちづくり、モノレール、NO. 57、1985
- 7) 名倉孝男：T地域都市モノレール等の計画について、モノレール、NO. 51、1983
- 8) 東京都市群交通計画委員会：東京都市圏都市交通管理計画調査報告書、1978
- 9) 土木学会計画学研究委員会：非集計行動モデルの理論と実際、土木計画学講習会テキスト15、1984
- 10) 東京都都市計画局施設計画部：T都市モノレール関連公共交通基盤調査・調査報告書、1985

—supplement—

〔T都市モノレール基本仕様〕

- ・機種
跨座式モノレール
- ・営業距離
約16Km（全18駅）
- ・車両編成
4両固定編成（定員約 400人）
- ・表定速度
約27Km/h（最高運転速度60Km/h）
- ・運行間隔
ラッシュ時：6分
昼間時：12分
- ・運賃
バス運賃の2割増し程度