

都営地下鉄における需要予測システムとその予測例

TRAFFIC DEMAND FORECASTING SYSTEM AND THE APPLICATION OF THE SYSTEM TO TOKYO SUBWAY LINE No.12

古田 勝* 高野 和一** 杉山 茂雄*** 伊東 誠**** 森地 茂*****

by Masaru FURUTA, Kazuichi TAKANO, Shigeo SHUGIYAMA, Makoto ITOH, Shigeru MORICHI

Tokyo Subway Line No.12 is under construction now to make the improvement of public transit system in Tokyo. For planning the subway network system, the traffic demand forecast is considered as the most important. We, the staff of the Rapid Transit Train Office of the Tokyo Metropolitan Government, forecast the traffic demand by using the Large City Traffic Census as the basic data.

This paper describes the detail of the traffic demand forecasting system and the application of the system to Tokyo Subway Line No.12.

1. はじめに

東京都区部を中心とする地下鉄網は、都営・営団地下鉄を合わせ、平成元年度末現在、219kmが営業され、1日平均約721万人を輸送している。これらの地下鉄網に東京都が建設を進めている地下鉄12号線放射部及び環状部ならびに営団が建設を進めている地下鉄7号線が完成すると、東京都区部の地下鉄及び他鉄道の乗客流動に大きな変化が予想される。

キーワード：大都市交通センサス

地下鉄計画

集計型ロジットモデル

- * 正会員 東京都交通局 高速電車建設本部
建設部主査 (〒163-01新宿区西新宿2-8-1)
- ** 東京都交通局 高速電車建設本部建設部主査
- *** 株式会社ライテック 社会開発部課長代理
- **** 正会員 財運輸経済研究センター
主任調査役、資料・出版部長
- ***** 正会員 東京工業大学教授

東京都交通局では、このような状況において、将来の都営地下鉄の需要を予測する際の基本的な課題として、その「需要予測手法」及び「予測システムの操作性」を重視してきた。

まず「予測手法」としては、

- ① 都心部での需要予測においては、他モードからの転換需要よりも、既設経路からの転移需要を正確につかむことが必要である。
- ② 通勤・通学目的の定期券利用者の需要把握が重要である。
- ③ 既設経路からの転移需要については、どのような経路利用者がどの程度転移してきたか、その詳細を把握したい。

等の視点を基本とし、また「予測システムの操作性」については、地下鉄の整備計画を立案する者にとって、計画路線のルート並びに既設線との接続方法等の推計条件を変えた乗客流動のシミュレーションが簡便にできることが重要である、という視点を基本としている。このような視点に立ち、東京都交通局では運輸省が3大都市圏（首都圏、中京圏、近畿圏）で5年毎に実施している大都市交通センサス¹⁾の

調査データをベースとした経路配分による需要予測手法²⁾を1970年代後半に開発し、以来、計画路線の需要予測を行ってきた。

需要予測の作業は、主要な処理を大型汎用機を用いて行い、入力データの作成や出力データからの各種帳票の作成はパソコンの簡易言語や手作業により行っていた。このため、その作業に多大な時間がかかることから、複数の予測シミュレーションを行うことが実際上困難であった。

このような状況から、需要予測の作業を能率的に行うために、大型計算機への入出力にパソコンを積極的に活用することとし、同時に推計手法についても、これまで主として新線を予測対象としていたが、新線開通による既設線への影響も把握できることを目的として、新しい需要予測システムとして「乗客量推計システム」（以下、本システム）の開発を行った。

本論では、以下、本システムの

- ① 需要予測手法（2章）
- ② 経路配分モデル（2章）
- ③ システムの全体構成（3章）
- ④ 将来需要予測例（4章）

について、その概要を紹介する。

2. 需要予測手法

ここでは、本システムにおける需要予測手法の概要を2.1で、また経路配分モデルの概要を2.2で紹介する。

2.1 予測手法の概要

本システムにおける新線及び既設線の将来需要は大都市交通センサスの調査データをベースとした経路配分による方法により予測を行っており、その概要は図-1及び図-2に示すとおり概ね5つのステップから構成されている。

それぞれの処理の概要について以下に示す。

(1) センサス調査年（仮想現在）の新線・

既設線の定期客推計（ステップ1）

1) 新線利用経路及び既設経路への配分処理

現況（センサスの調査年）の鉄道定期券利用者（通勤目的）の経路別利用人員（発ゾーン～着駅間）を大都市交通センサスより把握し、これを新線を含んだ鉄道ネットワークに再配分することにより、既設経路からの転移利用者として新線経路利用者数（仮想現在定期客）を推計する。

ここで着駅から着ゾーンまでのイグレスを考慮しなかったのは、

- ① イグレス側の交通手段は徒歩が圧倒的に多く、駅からゾーン中心までの輸送評価値は徒歩時間のみとなり、また都心部では駅位置が稠密であり、駅からゾーン中心までの時間に差がでない。
- ② イグレス側もゾーンを考慮すると、代替経路の数が増加し（ほぼ2倍）、システムの操作性・機能に多大な負担がかかる。

等の理由による。

2) 新線平行バスルートからの転移乗客の推計

大都市交通センサスのバス定期券利用者データより新線が整備されたとき競合すると考えられるデータを抽出し、これをバス利用経路と鉄道（新線を含む）利用経路に再配分することにより、バスからの転換需要として新線経路利用者数を推計する。

(2) 推計年次の新線・既設線の定期客の推計

1) 将来定期客の推計（ステップ2）

仮想現在における駅間経路別利用者数に、センサ

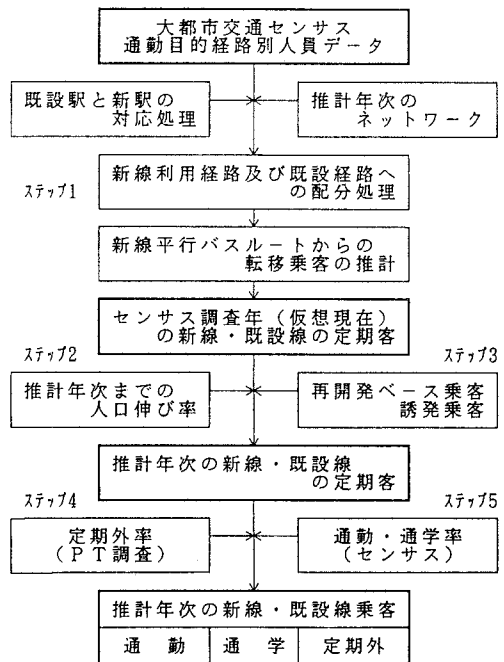


図-1 本システムにおける需要予測の流れ

ス調査年から予測対象年次までの人口伸び率を乗じることにより将来定期客の推計を行う。このときに用いる人口伸び率は、各データの発駅が属する行政区の夜間人口伸び率または着駅が属する行政区の昼間人口伸び率のいずれかを選択できる。

2) 再開発ベース乗客の加算 (ステップ3)

本処理は、将来において大規模な再開発が計画されている地域について、そこに関連した経路別利用者数 (定期客) の上乘せ、削除を行う処理である。

本処理は以下に示す手順に従い行われる。

- ① 大規模開発地域について、想定フレーム値により鉄道利用者数 (定期) を前もって推計しておく。
- ② ①で推計した鉄道利用者数 (定期) を対応する駅に配分し、(1)で推計したその駅の乗車 (降車) 習慣に従い、当該駅発 (着) の経路別利用者数 (定期) に対して上乘せを行う (控除処理も同様に行える)。

3) 誘発乗客の加算 (ステップ3)

誘発乗客の加算処理は新線の開通に伴う、バス以外の交通機関からの転移や新たに起こったトリップといった誘発乗客を考慮するための処理である。

過去の新線整備事例等から誘発率を得て、これを新駅の乗車 (降車) 人員に乗じることにより、誘発乗車 (降車) 人員を推計する。また、この人員を当該駅の乗車 (降車) 習慣に従い、各経路データに配分する。

(3) 推計年次の新線・既設線乗客の推計

1) 将来定期外客の推計 (ステップ4)

将来定期外客 (普通券利用者) については、昭和63年東京都市圏パーソントリップ調査の目的別鉄道利用計画基本ゾーン間のODデータから、それぞれのゾーン間における通勤・通学目的を定期、その他の目的を定期外とみなすことにより定期外率を算出し、これを将来駅間経路別利用者数に乗じることにより推計する。

2) 目的別定期利用者の推計 (ステップ5)

目的別定期利用者の推計は、大都市交通センサスの目的別 (通勤、通学) 基本ゾーン間ODデータから、それぞれのゾーン間における通勤・通学比率を算出し、これを将来定期駅間経路別利用者数に乗じることにより行う。

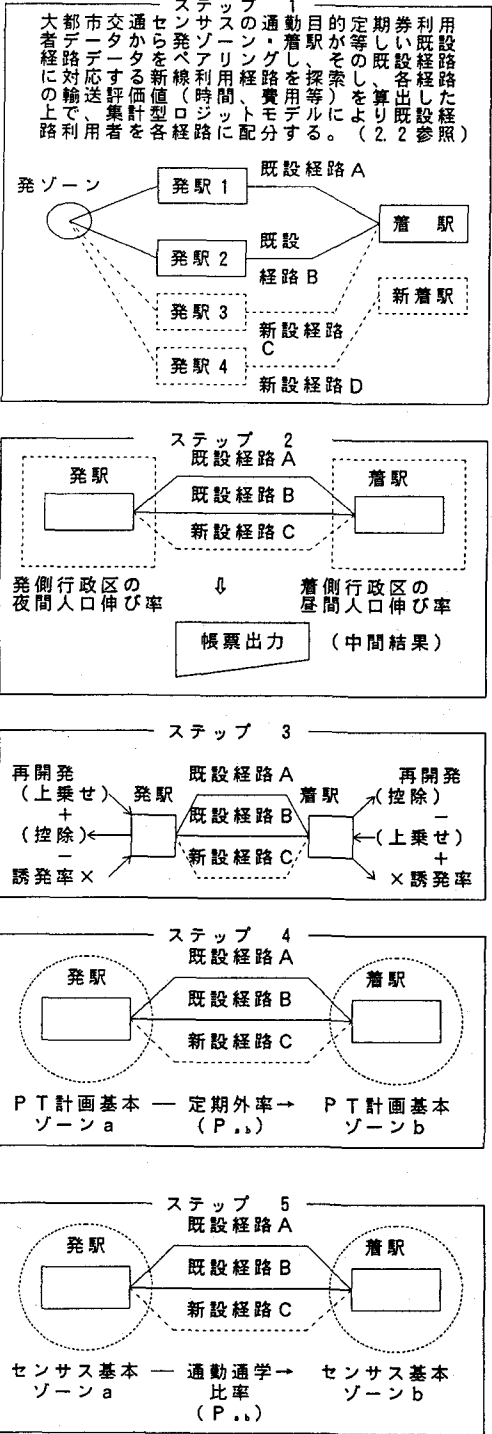


図-2 予測方法の概略

2.2 経路配分モデルについて

(1) モデル構造とモデル構築用データ

経路配分モデルのモデルタイプは、集計型ロジットモデル、またその構造はアクセス部分と幹線部分からなるものとし、表－1に示す説明要因を設定した。

モデル構築用データは大都市交通センサスの鉄道定期券データから、モデル構造に従い同一発ゾーン・着駅データの集約を行うことにより得た。このとき、本システムによる需要予測は都営線等都心部の路線を予測対象としていることから、23区内に着地を持つ通勤目的のデータのみを抽出対象とした。

モデルの構築に当たっては、各データを都心からの距離帯及び発地（都県単位）別に分類し、それぞれの経路選択特性の有無を検証した結果より、以下に示す2つのモデルを構築した。

- ① 東京23区内モデル（23区内々のODに適用）
- ② 東京23区外モデル（上記以外のODに適用）

表－1 説明要因の設定方法

説明要因	設定方法
幹線所要時間、費用	時刻表及び交通局計測値より設定
乗換時間、回数	時刻表及び交通局計測値より設定
待ち時間、運行本数	時刻表、都市交通年報及び設定交通局計測値より設定
端末所要時間、費用	各交通手段の評定速度を設定し算出
ターミナルダミー	5路線以上乗り入れている大規模ターミナル駅を発着又は通過する場合を1とした。

(2) モデルパラメータの推定方法と推定結果

モデルパラメータの推定については、式(1)に示す集計型ロジットモデルの構造式を前提として、式(2)に示すように尤度関数Lを定義し、この尤度関数Lを最大にするパラメータθを推定した。

なお、式(3)に示すWkは、各モデル構築対象データの重みを示すものであり、この重み付けは各モデル構築対象データをその利用者数に応じて評価しているものである。’’

それぞれのモデルにおけるパラメータの推計結果は表－2に示すとおりである。東京23区内モデルと東京23区外モデル共に同傾向の説明要因が得られており、また各種統計量も良好な値となっている。

さらに、表－2の経路配分モデルにより、現況再現性を平成元年11月時点における都営3線（浅草線、新宿線、三田線）の実績値（各駅別乗降人員1日平均値）を基に検証したところ、各路線とも乗降人員の予測値は実績値の±5～10％程度の範囲に収まっている。

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum_{j=1}^m e^{V_j}} \dots\dots\dots(1)$$

但し、 $V_i = \sum_{l=1}^n \theta_l \cdot X_{il}$

尤度関数L ($\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m$)
$$= \prod_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^m \left(\frac{e^{V_j}}{\sum_{j=1}^m e^{V_j}} \right)^{X_{ij}} \right) \dots\dots\dots(2)$$

重みWk = $\frac{\text{モデル構築対象データkの利用者数}}{\text{総利用者数}} \times N \dots\dots\dots(3)$

Pi : 経路iの分担率 m : 説明要因数
θl : 要因lのパラメータ n : 経路数
Xijl : 経路jの要因lに関する値 N : モデル構築対象サンプル数

表－2 パラメータ推計結果

説明要因	23区内		23区外	
	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値
乗車時間	-0.045320	-4.08262	-0.015506	-2.07486
乗換時間	-0.098252	-4.97989	-0.072103	-3.13612
待ち時間	☆		—	
幹線所要時間				
端末時間	-0.053782	-11.7236	-0.024163	-6.60873
総所要時間				
幹線費用				
端末費用				
総費用	-0.003049	-3.23166	-0.002383	-2.90365
乗換回数				
運行本数	☆		☆	
ターミナルダミー	☆		—	
相関係数	0.856		0.820	
カイ2乗値	4032.01346		2460.22662	
尤度比	0.48326		0.48528	
平均残差	0.11		0.15	

補足
☆ : t値が低い(1.0未満)為、除いた説明要因
— : 符号条件が合わない為、除いた説明要因
但し、費用についてはt値が低い場合でも説明変数として採用している。

3. 乗客量推計システムの概要 (入出力にパソコンを活用した需要予測システム)

3.1 システムの全体構成と特徴

本システムの全体構成は図-3に示されるとおり、パーソナルコンピュータを用いたデータ入力処理部及び帳票出力処理部、大型汎用機を用いた乗客量推計処理部の3つの処理部から構成されている。

システムを構築するにあたり、

- ① 入力データの作成及び推計結果の整理作業の効率化を図る。
- ② 施設計画部門の担当者のみでなく営業部門、運輸計画部門の担当者も利用できる。
- ③ 大型計算機の操作に精通していない者でもパソコンの簡単な操作により推計作業を行える。

等为目标として、予測のための前提条件となる諸データの入力及び予測結果の出力をパソコンを用いて、そのメニュー画面にしたがって簡易に操作できるようにした。

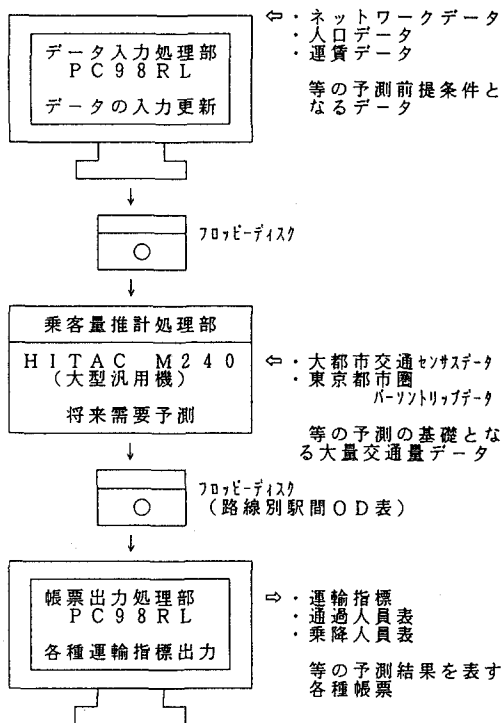


図-3 システムの全体構成

3.2 データ入力処理部

本処理部は、予測を行うための前提条件となる各

種データの入力や更新をパーソナルコンピュータを用いて行うものであり、ここで処理されたデータが次の乗客量推計処理部の入力データとなる。

入力・更新できる主なデータは以下のとおりである。

- ・ネットワークデータ
 - ・駅-行政区対応データ
 - ・運賃データ
 - ・既設駅、新駅対応データ
 - ・人口データ
 - ・路線、駅名称データ
- 等

3.3 乗客量推計処理部

本処理部は、データ入力処理部で加工された諸データ及び大都市交通センサ等の大量交通量データを入力データとして、大型汎用機を用いて将来の需要予測を行うものであり、以下に示すように2つの処理部から構成されている。

(1) 乗客量推計処理

本処理は、大都市交通センサの鉄道定期券利用者データ等を基礎として、データ入力処理部で作成された諸データを用い、都営線及び関連路線についての将来乗客量を2章で示した予測方法に基づき推計を行う。さらに、その推計結果を帳票出力処理部で利用できる形に変換して出力を行う。

(2) 運賃テーブル作成処理

本処理は、運賃改定並びに運賃制度の検討を行うことを目的とし、対キロ制、ゾーン制、対キロゾーン併用制などの運賃制度に対応した運賃計算を行い、駅間運賃表の形で帳票及びファイルに出力する。

さらに、乗客量推計処理と組み合わせることにより、将来の運賃収入計算を行うことができる。

3.4 帳票出力処理部

本処理部は乗客量推計処理部で推計した路線別の将来需要をもとに、これをパーソナルコンピュータで加工し、指定した路線毎に各種帳票の出力及び表示をメニュー画面操作により簡便に行うことができる。

本処理部で出力・表示できる主な内容は以下のとおりである。

- ・乗換線別駅間相互発着人員表（OD表）
- ・駅別乗降、駅間通過人員表及び図
- ・最混雑1時間駅別乗降、駅間通過人員表及び図
- ・各種運輸指標

総輸送人員、輸送人・キロ、平均乗車キロ、キロ当たり輸送人員
等

以下の写真1～3に、パソコン画面上でのメニュー画面及び推計結果の表示例を示す。

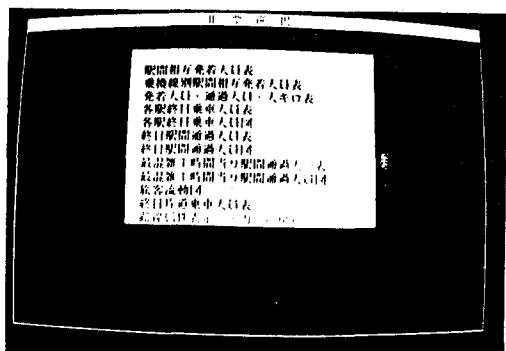


写真-1 メニュー画面

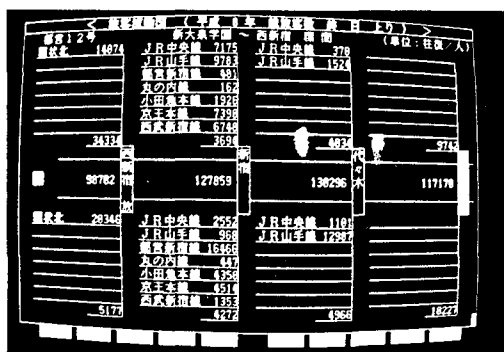


写真-2 旅客流動図

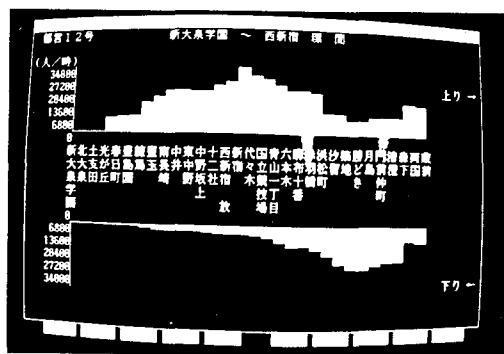


写真-3 断面交通量

4. 乗客量推計システムを用いた将来需要予測

本システムを用いた将来需要予測例として、平成8年全線開業予定の都営12号線に関する予測結果を以下に示す。

4.1 予測のための前提条件

予測のための前提条件は以下の表に示すとおりである。

表-3 予測のための前提条件

前提条件	設定内容
予測年次	平成8年(1996年)
鉄道ネットワーク	運政審7号答申に盛り込まれている新線及び既設線、都営12号線は放射部、環状部全線
人口伸び率	東京都予測の昼間人口(S63.3)
定期外率の設定	S63PTの計画基本ゾーン間の定期(通勤・通学)・定期外(その他)率より設定
通勤・通学比率	S60大都市交通センサスより設定
その他	大規模再開発の考慮、光が丘、大川端、汐留、新都庁舎、13号地

4.2 予測結果

「4.1 予測のための前提条件」に従って行った将来予測の結果から、都営12号線の将来需要について、システムの帳票出力処理部から出力される帳票の一部を示しながらその内容を紹介する。

都営12号線の全線開業年(平成8年)における総需要及び各種運輸指標は表-4～5に示される通りである。

また、通過及び乗降人員については、図-4～5に示すとおり、最混雑区間1時間当たりの通過人員は、新宿～代々木間で最大となっており、さらに、終日の乗降人員をみると上野広小路が最も多くなっている。

都営12号線全線開業年(平成8年)と開業前年の平成7年の既営業線である都営浅草線の各駅乗車人員の差(2時点間処理帳票出力例)を図-6に示す。新橋、三田駅は増加傾向となるが、全体的には、乗車人員は減少傾向となっている。

表-4 運輸指標一覽表

(都営 12 号 光が丘 ~ 西新宿 線)

開業年次	営業キロ (km)	終日旅客数 (人)	終日1キロ当り 乗客数 (人/km)	終日人キロ計 (人・km)	一人平均乗車 キロ (km)	終日1キロ当り 通過人員 (人/km)	最混雑区間1時間当り通過人員 (人/時間)
	(A)	(B)	(B/A)	(D)	(D/B)	(D/A)	
平成 8 年	40.9	1,149,964	28.116	5,750,535.50	5.00	140.600	新宿 ~ 代々木 38,688

表-5 発着人員・通過人員・人キロ表 (平成 8 年 総旅客数) (1/1)

(都営 12 号 光が丘 ~ 西新宿 線)

(単位 : 人 / 片道)

駅 名	発着人員				通過人員			キロ程	人キロ
	上り	下り	上り	下り	上り	下り	計 2		
光が丘	22,468	0	0	1,888	0	0	0	0.0	0.0
春日町	4,065	0	0	433	22,468	1,888	48,712	1.5	73,068.0
豊島園	2,681	432	52	476	26,533	2,321	57,708	1.5	86,562.0
練馬	22,834	8,455	2,153	3,103	28,682	2,745	62,854	0.9	56,568.6
豊玉	6,691	3,492	2,101	3,198	43,061	3,695	93,512	1.6	149,619.2
南長崎	8,696	1,007	367	1,145	46,460	4,792	102,504	1.7	174,256.8
中野井	7,949	3,404	1,427	1,321	54,149	5,570	119,438	1.2	143,325.6
東中野	3,282	7,741	2,145	1,487	58,694	5,464	128,316	0.8	102,652.8
中野坂上	12,292	6,827	1,379	2,077	54,235	4,806	118,082	1.1	129,890.2
西新宿	11,853	736	705	3,461	59,700	5,504	130,408	1.2	156,489.6
代々木	13,374	9,704	1,286	12,674	70,817	8,260	158,154	0.8	126,523.2
代々木上	37,432	10,872	6,078	14,342	74,487	19,648	188,270	0.8	150,616.0
代々木下	11,739	19,999	20,361	3,235	101,047	27,912	257,918	0.5	128,959.0
立川	2,893	13,098	2,501	6,199	92,787	10,786	207,146	1.6	310,719.0
国分寺	18,263	18,712	4,742	6,652	82,582	14,484	194,132	1.3	252,371.6
大宮	10,891	18,030	4,201	8,040	82,133	16,394	197,054	1.3	256,170.2
大宮南口	11,758	5,697	3,607	6,464	74,994	20,233	190,454	1.1	209,499.4
赤羽	460	5,427	214	4,225	81,055	23,090	208,290	0.8	166,632.0
赤羽南口	6,434	22,956	10,713	9,200	76,088	27,101	206,378	1.2	247,653.6
池袋	4,636	30,454	4,044	12,436	69,566	25,588	170,308	1.2	204,369.6
池袋西口	561	18,503	3,328	12,283	33,748	33,980	135,456	0.8	108,364.8
池袋南口	935	2,644	774	4,212	15,806	42,935	117,482	1.4	164,474.8
池袋西口	2,273	1,684	4,369	7,044	14,197	46,373	121,140	0.8	96,912.0
池袋南口	7,940	3,534	21,674	11,138	14,786	49,048	127,668	1.5	191,502.0
池袋西口	1,302	819	755	1,455	19,192	38,512	115,408	1.1	126,948.8
池袋南口	12,990	2,228	22,466	2,438	19,675	39,212	117,774	0.7	82,441.8
池袋西口	1,670	2,290	1,335	3,631	30,437	19,184	99,242	0.9	89,317.8
池袋南口	8,371	2,353	2,798	9,160	29,817	21,480	102,594	1.4	143,631.6
池袋西口	1,583	376	162	1,280	35,635	27,842	127,354	0.8	101,863.2
池袋南口	41,450	12,750	16,469	29,401	37,042	28,960	132,004	0.6	105,603.2
池袋西口	639	4,161	7,694	2,621	65,742	41,892	215,268	1.1	236,794.8
池袋南口	7,879	17,471	15,340	4,693	62,220	36,819	198,078	0.8	158,462.4
池袋西口	7,034	17,977	3,450	15,869	52,628	26,172	157,600	1.0	157,600.0
池袋南口	1,413	3,728	4,279	2,978	41,685	38,591	160,552	0.7	112,386.4
池袋西口	2,998	6,299	3,584	7,521	39,370	37,290	153,320	1.2	183,984.0
池袋南口	4,119	4,759	2,989	11,532	36,069	41,227	154,592	0.8	123,673.6
池袋西口	3,920	3,529	1,769	8,432	35,429	49,770	170,398	1.0	170,398.0
池袋南口	6,536	27,385	55,256	834	56,820	56,433	184,506	1.3	239,857.8
池袋西口	0	16,971	1,999	0	16,971	1,999	37,940	0.8	30,352.0
計	336,404	336,404	238,678	238,678				40.9	5,750,535.5

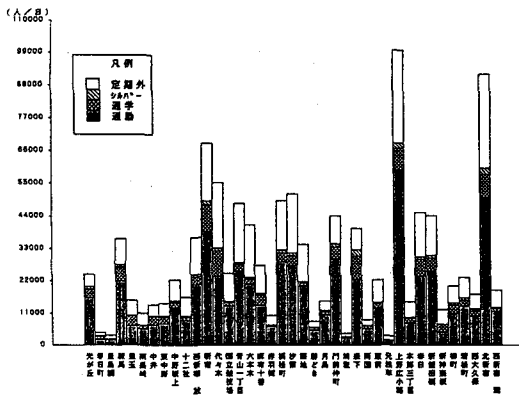


図-4 各駅終日乗車人員図 (平成 8 年 総旅客数 (内訳))
(都営 12 号 光が丘 ~ 西新宿 線)

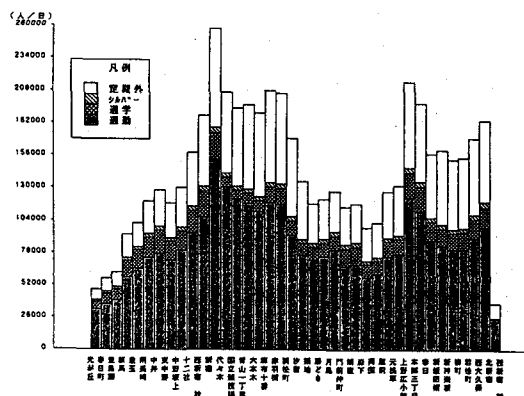


図-5 各駅駅間通過人員図 (平成 8 年 総旅客数 (内訳))
(都営 12 号 光が丘 ~ 西新宿 線)

