

東京圏鉄道旅客流動予測システムを用いた輸送改善施策の効果予測事例に関する研究*

Development and Application of a Forecasting System for Mass Transit Flow in the Metropolitan Area

家田 仁**・加藤浩徳***・岡村敏之****・城石典明*****

By IEDA Hitoshi**, KATO Hironori***, OKAMURA Toshiyuki****, and SHIROISHI Fumiaki*****

1. はじめに

大都市圏では、鉄道の混雑が慢性化し大きな社会問題となっている。このため、通勤鉄道路線の新設や既設路線の線路増設等のハード面かつ長期的な政策に加えて、鉄道の運行改善政策や乗継運賃や共通運賃制度の導入といったソフト面かつ短期に実行可能な政策を合わせて積極的に行っていく必要がある。そして、これらの多岐にわたる交通政策を効果的に実行するためには、種々の政策による交通量パターンを精度良く予測し、その影響を定量的に評価することが必要不可欠である。

そこで本研究では、東京圏をその対象地域とし、主として朝ラッシュ時の鉄道輸送に関する幅広い政策を念頭に置いた、需要予測システムの構築を行う。なお、本システムの特徴をまとめると以下の通りである。

- ①経路列挙の必要のないネットワーク配分法を用いている。
- ②コストをフローディペンデントに扱うことによって混雑効果を考慮できる。
- ③複数の列車種別（急行・緩行等）を表現できる。
- ④乗降駅選択において経路の情報を加味することにより、乗降駅と経路の同時選択を表現している。

さらに、本システムを実際の東京圏の鉄道網に適用し、2つの交通政策の事例について予測及び評価

を行う。

なお、本編では事例研究に重点を置くため、システムの構造については簡略に説明するにとどまっているが、システムの詳細については別途投稿する予定である。

2. 本システムの概要¹⁾

本システムは、四段階推定法の経路選択モデルに対応する。即ち、代表交通手段を鉄道とする利用者のゾーン間OD分布量を入力とし、最終的に各駅利用人員及び各駅間の断面交通量を求めるものである。

本システムでは、鉄道利用客の行動を図1に示すように二段階に分けて考える。まず、居住地ゾーンと目的地ゾーンを与件としたうえで、駅へのアクセス・イグレス条件や途中経路の大まかな情報から、乗車駅と降車駅を決定する。この過程を、乗降駅選択サブモデルによってモデル化し、ゾーン間OD表が駅間OD表に変換される。次に、途中経路の詳細な情報のもとに、その乗車駅と降車駅間の経路を決定する。この過程は、経路選択サブモデルに対応し、駅間断面交通量

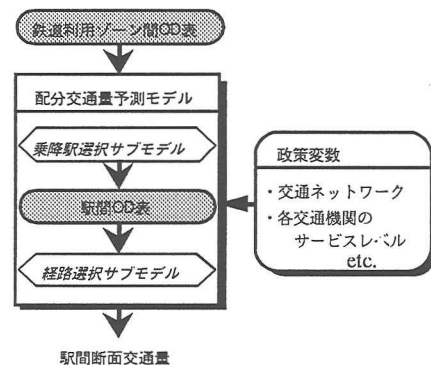


図1 東京圏鉄道旅客流動予測システムの全体構成

* キーワーズ：経路選択、公共交通需要、公共交通計画

** 正員，工博，東京大学工学部土木工学科助教授
(〒113 東京都文京区本郷 7-3-1, TEL 03-3812-2111
ext. 6119, FAX 03-5800-6868)

*** 正員，工修，東京大学工学部土木工学科助手

**** 学生員，東京大学大学院工学系研究科土木工学専攻

***** 正員，M.S.，東京急行電鉄(株)工務部土木課
(〒150 東京都渋谷区南平台町2-17日交南平台ビル7F,
TEL 03-3477-6322, FAX 03-3477-6266)

3. 乗降駅選択サブモデル

(1) 乗降駅選択サブモデルの概要

乗降駅選択サブモデルは、鉄道利用者のゾーン間OD表を入力し、駅間OD表を出力するものである。

本サブモデルでは、実際のゾーンを表した地理平面と鉄道ネットワーク平面を考える。この鉄道ネットワーク平面には経路選択サブモデルに用いられるものより簡略化したネットワークを用いる。そして、対応するゾーンと駅とが、アクセスリンクによって結合される。なお、アクセス手段としては、バスとバス以外の2手段を考える。

ここでは、配分は最短コスト経路配分によって行う。また、実際の計算では、一つのゾーンから最大7駅（距離の短い順に3駅とバスの行き先駅別に最大4駅）に対して、アクセスリンクを設定している。

(2) 不効用関数の設定及びその推定

アクセスリンクの不効用関数型は、次のように仮定し、非集計モデルによってパラメータの推定を行った。

$$V = \alpha \cdot tline + \beta \cdot distance + \gamma \cdot \log(busfreq + 1) + \lambda \cdot busstop$$

ただし、

$tline$: 鉄道乗車時間 (分)

$distance$: 駅までの距離 (km)

$busfreq$: バス運転頻度 (本/時)

$busstop$: バス停までの距離 (m)

また、このロジットモデルは乗車駅選択についてモデル化したものであるが、降車駅選択についても同様のモデルがあてはまると考え、そのまま適用する。

モデルの妥当性を川崎市の駅で検証した結果、相関係数は0.791でまずまずの再現結果が得られた。

4. 経路選択サブモデル

(1) 経路選択サブモデルの概要

経路選択サブモデルは、乗降駅選択サブモデルより出力された駅間OD表を入力とし、これを鉄道ネットワークに配分し、各駅間の断面通過人員を求めるものである。ここでは、混雑の影響を取り入れるため、利用者均衡配分法を採用する。

本サブモデルでは、路線リンクは、同一路線の複数の運転系統に対応するため、各運転系統毎に設定されている。また、地下鉄などへの直通系統がある場合、それも別の運転系統として設定している。さらに、乗換駅では各運転系統相互に乗換リンクを設定しており、同一ホーム乗換と異ホーム乗換の影響評価などが可能となっている。

(2) 不効用関数の設定及びその推定²⁾

リンクの不効用関数型は、次のように仮定し、非集計モデルによってパラメータの推定を行った。

$$V = \alpha \cdot (tline + cong) + \beta \cdot vm + \gamma \cdot trans$$

ただし、

$tline$: 鉄道乗車時間+平均待ち時間 (分)

vm : 運賃 (円/片道)

$trans$: 乗換抵抗

次式で示すエネルギー消費量を用いる。

$$trans = dh + 1.418 \cdot ustep + 0.831 \cdot dstep + 0.564 \cdot escalator$$

ただし、

dh : 水平移動距離 (m)

$ustep$: 上り階段段数

$dstep$: 下り階段段数

$escalator$: エスカレーター段数

$cong$: 混雑不効用関数

次式で示す指数関数型を用いる。

$$cong = 0.01 \cdot \{ \exp[1.97 \cdot flow / cap] - 1 \}$$

ただし、

$flow$: 1時間当たりの乗車人員

cap : 1時間当たりの定員

なお、丸ノ内線におけるモデルの再現性を大都市交通センサスのデータを用いて示したものが図2である。

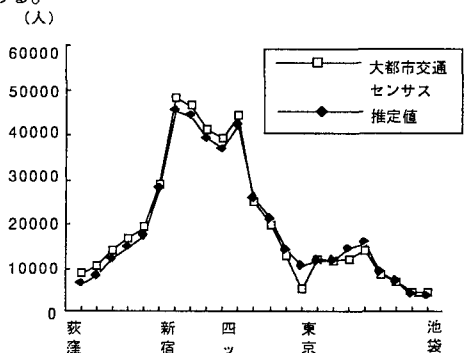


図2 丸ノ内線（荻窪→池袋）での検証結果

5. 実際の政策への適用

現在、東急電鉄の新玉川線（渋谷～二子玉川園）、田園都市線（二子玉川園～中央林間）の混雑がかなり深刻となっており、また今後もさらに需要が拡大することが予想されている。このため、短期的あるいは長期的に見てインフラ改善・運行改善等多様な対応策が考えられる。本章では、各種の施策の中から例として、短期的・中期的な2つの方策案を想定し、その効果を検討してみたい。

(1) 運転系統再編による効果の予測 (Case 1)

①対象となる政策の概要

ここでは、短期的な改善案の1つとしてとして、大井町線（大井町～二子玉川園）に急行を設定し、新玉川線經由で都心に向かう乗客の流れを、大井町線經由にシフトさせようとする方策を想定することとする（図3）。現在、大井町線には各駅停車が1時間当たり20本運転され、所要時間は25分である。そこで本ケースでは、1時間当たり急行、各駅停車を各12本ずつ運転させ、また、急行の所要時間は13分に設定してみた場合の効果を予測することとする。

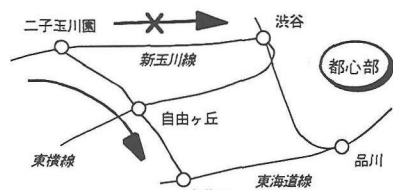


図3 対象となる政策の概要 (Case 1)

この案は短期的なものであるので、ゾーン間のODパターンは変わらないものとする。また、乗降駅選択については対象地域である川崎市及び都心部の一部の区（ほぼ山手線内に相当）のみに限定し、その他の地域は駅間OD表から分析を行う。

②乗車駅・経路の選択状況

乗降駅選択サブモデルによって得られる駅別の乗車人員の政策導入前後の増減を示したものが図4である。大井町線の速達化にともない、大井町線に直接乗り継ぐことができる田園都市線の駅を選択する利用者が増えていることが分かる。

乗降駅選択サブモデルによって鉄道ネットワーク

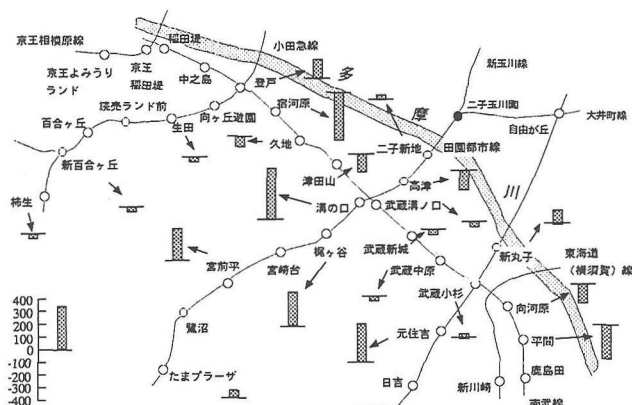


図4 政策実施前後の駅別乗車人員増減 (Case 1)

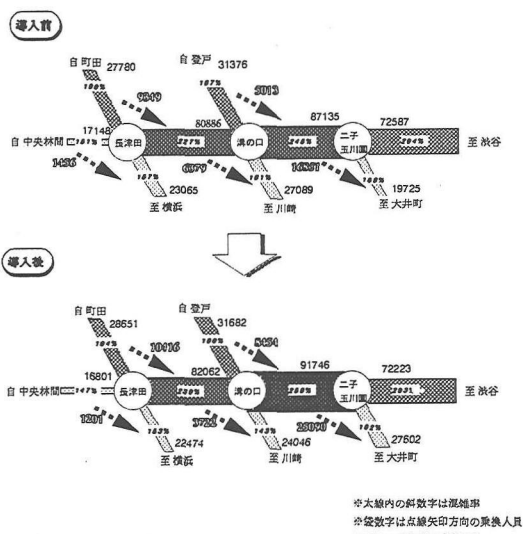


図5 政策実施前後の新玉川線・田園都市線旅客流動
(Case 1)

に配分した結果を、図5に示す。その結果、大井町線の速達化は新玉川線の混雑緩和のために計画されたが、その導入意図とは異なり、新玉川線の混雑は緩和されることが分かる。一方、大井町線には、約1.5倍の乗客が流れる。これは、政策実施前に横浜線あるいは南武線から東海道線を経由して都心に向かっていった乗客が、田園都市線から大井町線経由で都心へ向かうようになるためである。この結果、田園都市線の二子玉川園口での混雑率が増し、新玉川線内ではあまり変化がない。

(2) 新線開通と運転系統改編による既存路線への影響
の予測 (Case 2)

①対象となる政策の概要

南北線（営団12号線）の駒込・目黒間および都営三田線の三田・清正公前間が近々開業することが予定されているが、同時に現在の東急目蒲線がこれらの新線に直通することが計画されている。そこで、Case 1と同様に新玉川線の混雑緩和を主目的として以下のような対策が行われた場合を想定し、対策実施時の東急沿線への影響を予測することとする。

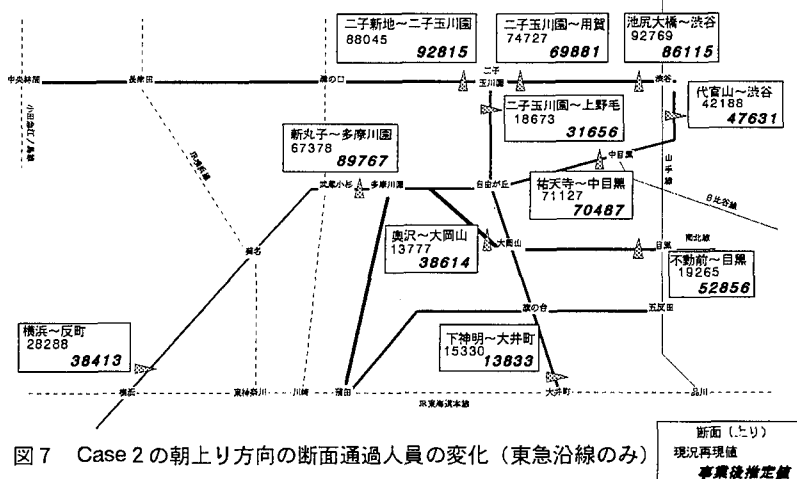


図7 Case 2の朝上り方向の断面通過人員の変化（東急沿線のり）

a) 新たに設定する運転系統

- ・東横・目蒲・南北線直通急行（日吉～目黒～南北線）：所要17分、8本/時、停車駅〔武蔵小杉、田園調布、大岡山、武蔵小山〕
- ・東横・目蒲・南北線直通緩行：所要22分、8本/時
- ・田園都市・大井町・目蒲・南北・三田線直通急行（たまプラーザ～目黒～南北線～三田線）：所要34分、8本/時、停車駅〔二子玉川園、自由が丘、大岡山、大井町線内以外は緩行〕

b) 設定を変更した運転系統

- ・東横線急行：所要時間2分短縮、9本/時→8本/時
- ・東横線緩行：所要時間2分短縮、9本/時→12本/時
- ・東横・日比谷直通緩行：所要時間2分短縮、9本/時→4本/時
- ・大井町線（緩行）：18本/時→16本/時
- ・目蒲線：蒲田～多摩川園の区間運転に変更

Case 2で想定した運転系統は図6の通りである。

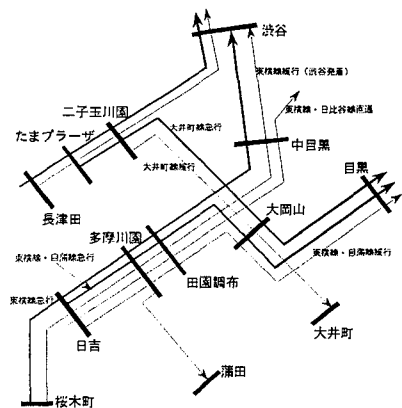


図6 Case 2で設定した東急沿線の運転系統

②計算結果

朝ラッシュ時の上り方向の通過人員の変化を東急沿線について示したものが図7である。

まず、新玉川線の二子玉川園～渋谷において通過人員が約7%減少しており、当初の目的であったこの区間の混雑緩和は成功している。

次に東横線目蒲線直通の効果であるが、まず、東横線から目黒方向に約25000人が流入（約180%増）し、そのまま都心線へ流入している。また、横浜から東横線への流入が約10000人増加しており、これは、品川経由で都心に流入していた乗客が都心に直通する東横線に移転したためである。

注目すべき点は、東横線の祐天寺～中目黒において通過人員が約600人（約1%）減少しているにもかかわらず、東横線で渋谷に到着する乗客が約5000人（約13%）増加していることである。これは、東横線目蒲線の都心線への直通運転の結果、東横線から中目黒経由で日比谷線に流入する乗客が減少したためである。

謝辞：本研究を進めるにあたり、東急電鉄(株)の島村氏及び、東京大学交通研究室の堀口氏には多大な協力をいただいた。ここに記し感謝する次第である。

参考文献

- 1)梅崎昌彦：首都圏旅客流動予測システムに関する研究，東京大学修士論文，1994
- 2)家田ほか：通勤鉄道利用者の不効用関数/パラメータの移転性に関する研究，土木計画学研究・講演集No.12，pp.519-525，1989.12
- 3)家田ほか：利用者均衡配分法による通勤列車運行計画の利用者便益評価，土木計画学研究・論文集No.6，pp.177-184，1988.11