

都市鉄道の時刻別需要予測手法に関する研究

芝浦工業大学大学院 学生員 原田知可子
芝浦工業大学 正員 岩倉成志

1. 研究の背景と目的

東京圏の都市鉄道は、ピーク時の非常に高い混雑率に加えて、列車速度の低下という相乗的なサービス悪化が問題となっている。輸送力の増強によるサービス改善が必要であるが、国・自治体の財源不足や鉄道会社の減益のため改良が遅れている。このため、供給側の対策のみでの混雑緩和は困難であり、需要側の利用時間の分散が必要と言える。

需要分散化策としては、フレックスタイム制(以下 FT)等による始業時刻の分散化や、ピークロードプライシング(以下 PLP)が期待されている。こうした政策による需要変動を事前に分析するためには、時刻別の交通需要予測手法の開発が必要であるが、都市鉄道を対象としたこの種の既存の研究は極めて少ない。

そこで本研究は、1)出発時刻選択モデル及び出発時刻選択肢集合の選別モデルを構築する。そして、2)上記1)で構築したモデルと列車速度を推定するリンクコスト関数とを合わせて、簡単な時刻別需要予測システムの開発を行う。

2. 出発時刻選択モデルの構築

(1) 分析に用いたデータ

出発時刻選択モデル(2.(2))及び選択肢集合の選別モデル(3.)は、2000年に当研究室で行った Web 調査のデータを用いた。この調査は、神奈川県在住の東海道線沿線の通勤通学者 221 サンプルを得ているが、本研究の分析に不適切な(鉄道乗車時刻等の未回答等)サンプルを除いた、114 サンプルの通勤者を抽出した。このサンプルは、男女比が 6:4、平均年齢が 35 歳である。業務形態については、固定出勤制適用者が多く、FT は 2 割弱であった。また、通勤者の出発時刻は 6:00 ~ 9:59 の間に最初の鉄道に乗車し、東海道線の最混雑時間帯(川崎-品川間、7:50 ~ 8:50)に大半が乗車しており、少ないサンプルではあるが、公式統計と整合している。

(2) 出発時刻選択モデルの構築

出発時刻 6:00 ~ 9:59 までを 30 分毎に区切り、式(2.1)に示す 8 肢選択の非集計ロジットモデルを構築する。効用関数には到着時間(TE),所要時間(LHT),混雑率(CON),時刻別の課金額(PLP)を変数に用いた。式(2.2)の V_m^{RP} は実行データから得られる個人 n , 出発時刻 t の効用関数である。式(2.3)の V_m^{SP} は選好意識データによる効用関数で、PLP などの現存しない政策変数を取り込んだモデルを構築できる。次に実行データから得られる信頼性の高い RP モデルと現存しない政策を組み込める SP モデルとを統合する RP/SP 融合モデルを構築する。この方法は、森川(1992)が提案したものである。

表 1 に各モデルの推定結果を示す。表 1 より全てのモデルに関して到着時刻の t 値が高く説明力がある。RP モデルでは尤度比が 0.3 以上であり、この種のモデルとしては非常に説明力が高い。また SP モデルの(所要時間 × 混雑率)のパラメータの説明

$$P_{in} = e^{V_{in}} / \sum_{t=1}^8 e^{V_{in}} \quad t \in A_n \quad \dots(2.1)$$

$$V_m^{RP} = \alpha(TE_m) + \beta(LHT_m \times CON_m) \quad \dots(2.2)$$

$$V_m^{SP} = \alpha(TE_m) + \beta(LHT_m \times CON_m) + \gamma(PLP_m) \quad \dots(2.3)$$

$$L^{RP+SP}(\alpha, \beta, \gamma, \mu) = L^{RP}(\alpha, \beta, \gamma, \mu) + L^{SP}(\alpha, \beta, \gamma, \mu) \quad \dots(2.4)$$

α, β, γ : パラメータ μ : スケールパラメータ A_n : 個人 n の出発時刻選択肢集合

表1 出発時刻選択モデルの推定結果

	RP	SP	RP+SP
TE(分)	-5.366 (-5.99)	-3.352 (-4.79)	-5.397 (-6.11)
LHT × CON(分・%)	-1.729 (-1.35)	-0.014 (-1.16)	-1.877 (-1.74)
PLP(円/回)		-0.462 (-1.77)	-0.768 (-1.79)
RP 7:30	3.268 (-3.24)		3.328 (-3.44)
RP 7:00,8:00	3.050 (-3.35)		3.096 (-3.50)
RP 6:30,8:30	2.446 (-3.07)		2.469 (-3.14)
SP 7:30		2.712 (-3.19)	4.301 (-2.99)
SP 7:00,8:00		2.114 (-2.76)	3.359 (-2.63)
SP 6:30,8:30		1.833 (-2.80)	2.937 (-2.54)
μ			0.614 (-3.91)
初期尤度	-119.989	-114.286	-234.275
最終尤度	-81.176	-92.866	-174.066
調整済み尤度比 ρ^2	0.309	0.177	0.250
サンプル数 N	114	109	223

TE, LHT × CON, PLP の変数は、100で割っている。()はt値。

キーワード：都市鉄道 出発時刻選択 Peak Load Pricing フレックスタイム制 TDM

連絡先：〒108-8548 東京都港区芝浦 3-9-14 Tel:03-5476-3049 Fax:03-5476-3166

力は低い。この理由には PLP を設定しても、混雑率が現在と変わらないと仮定して質問していることや、PLP と早着時刻により出発時刻を選択していると考えられる。次に RP/SP モデルは、尤度比も良好で RP,SP 両モデルと比較して t 値が高い結果となった。図 1 に RP/SP モデル出発時刻分布とアンケート回答者の実分布とを比較した結果を示す。比較的精度良く推定されていることがわかる。

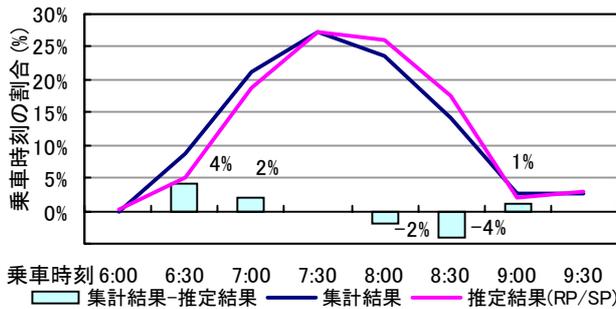


図 1 乗車時刻の集計と推定分布

3. 出発時刻選択肢集合の選別モデルの構築

出発時刻の選択肢集合とは、個人 n が出発可能な時間帯のことで、最も遅く出発する時刻 ($maxTD_n$) と早い時刻 ($minTD_n$) で表す。両者をモデル化することで選択肢集合を推定する。 $maxTD_n$ は始業 (TWS_n) から通勤 ($ACC + LHT + EGR$) の時間を引いて得られる。 $minTD_n$ は、 $maxTD_n$ から選択可能幅 Z_k を引いて得られる。また Z_k は式(3.4)に示す様に、確率的に変化すると考えた。

$$A_n = f(maxTD_n, minTD_n) \quad \dots(3.1)$$

$$maxTD_n = \{TWS_n - (ACC + LHT + EGR)\} \quad \dots(3.2)$$

$$minTD_n = (maxTD_n - Z_k) \quad \dots(3.3)$$

$$R_n(z_k) = \left\{ \frac{1}{1 + \exp(\eta(z_k - \xi_m))} - \frac{1}{1 + \exp(\eta(z_{k-1} - \xi_m))} \right\} \dots(3.4)$$

η, ξ ; パラメータ t; 乗車時刻 k; 選択可能時間帯のカテゴリー

表 2 にパラメータ

η	-1.945	(-7.31)
$\xi_{7:00}$	0.365	(-1.20)
$\xi_{8:00}$	0.609	(-3.80)
$\xi_{9:00}$	0.954	(-3.96)
$\xi_{フレックス}$	1.325	(-6.42)
初期尤度	-158.038	
最終尤度	-126.603	
尤度比	0.199	
サンプル数	114	

の推定結果、図 2 に

始業時刻と FT の選

択可能幅の割合を示

す。図 2 より早く出

発する人ほど 60 分

幅の割合が多く、選択可能な幅は小さい。FT の就業者は様々な時間帯をもっていることがわかる。

4. 時刻別需要予測システムの開発

このシステムは、確率的利用者均衡配分によるもので、前章までで推定したモデル(2.(2), 3.)と東海道線独自に開発したリンクコスト関数を統合し

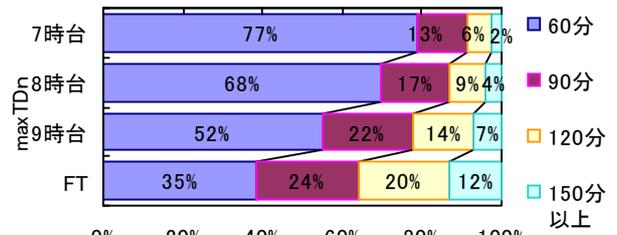


図 2 選択可能な時間幅の割合

たものである。これらの推定パラメータを用いてある住居地(O)からリンク(a1,a2)を利用して、ある勤務地(D1, D2)へ通勤するという仮想都市を設定してシミュレーションを行った。表 3 に PLP 導入による混雑率の変化、図 4 に FT の割合を変化させたときの感度分析を示す。

課金することで a1 路線では 7:00 が 13.8% 減少し、6:30 では 24% 増加している。また図 4 より FT の割合が増加するほどピーク時の混雑が緩和しているといえる。

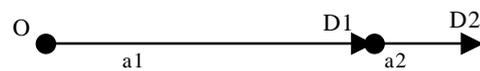


図 3 シミュレーションに用いた仮想都市

表3 シミュレーションの結果

<設定条件> 通勤人数 D1:5万人, D2:10万人 車両定員131(人/車両)									
時間帯	6:00	6:30	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	9:30	
運行数/車両数	4/10	5/11	7/11	8/13	8/13	7/12	7/11	6/11	
始業時刻割合 D1 D2:	8:00 0.2, 9:00 0.5, 10:00 0.2, FT 0.1								
PLPの課金額(円)	-50	-50	100	100	150	100	50	0	
a1路線における	110.6	160.8	228.7	202.4	282.8	163.8	137.2	131.3	
PLP導入前後の	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
混雑率(%)	111.2	184.8	214.9	211.2	269.8	155.5	142.8	138.0	
減少割合(%) a1	-0.6	-24.0	13.8	-8.8	13.0	8.4	-5.5	-6.7	

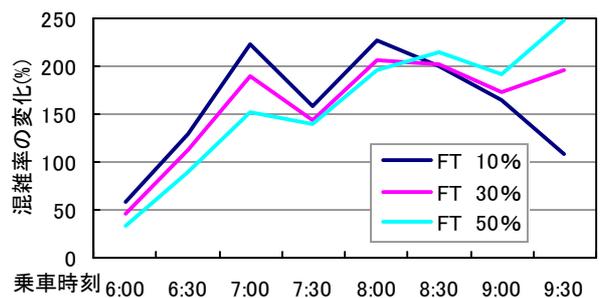


図 4 FT の割合を変化させたときの混雑率の変化

5. まとめ

本研究は都市鉄道の時刻別の需要予測の可能性を示し、そして、PLP は混雑を緩和する施策であることを明らかにした。今後、モデルの精度を高めるためにも出発時刻選択モデルに非 IIA モデルを適用する必要があると考えている。

参考文献： 森川高行[1992]; RP データと SP データを同時に用いた非集計行動モデルの推定法, 交通工学, Vol.27, No.4, pp21-30