

都市鉄道の列車遅延に着目した時間信頼性評価

建設工学専攻
土木計画研究

ME14048 拓 拓未
指導教員 岩倉 成志

1. はじめに

東京圏の都市鉄道は、朝ピーク時の混雑が激しい。また慢性的な列車遅延による所要時間の増加が大きく、それと同時に利用者の旅行時間変動の増加にもつながっているなど、サービス低下が著しい。このような現状から、都市鉄道の遅延改善対策は急務であり、こうした対策の評価を行うためには、遅延対策による所要時間変動の変化などの予測および評価が必要である。

本研究では、Small¹⁾が開発したスケジューリングアプローチを用いて時間信頼性価値の算出を行う。この手法は、道路交通の時間信頼性評価を行うために定式化されたものである。そのため、“所要時間の分散”のみを評価しているが、鉄道はダイヤで制御されている交通機関であるため、ダイヤからの遅れに対する利用者の不効用も同時に表現する必要がある。そのため、“所要時間の分散”と“ダイヤからの乖離”を同時に評価する必要がある。そのため本研究では、“所要時間の分散”と“ダイヤからの乖離”を同時に考慮したモデルの構築を行い、列車遅延による時間信頼性評価を行うことを目的とする。

2. データ概要

(1) 大都市交通センサス

本研究では、スケジューリングアプローチを用いた乗車時刻選択モデル構築のために、利用者の乗車時刻や始業時刻等を2010年に実施された第11回大都市交通センサスを用いた。パラメータ推定を行うにあたり、以下の条件1)~4)を満たす575サンプルを抽出した。

- 1) 第1トリップにおいて、6:00~9:59の間に東急田園都市線および東京メトロ半蔵門線の中央林間駅~押上駅で乗車し、かつ当該区間を終着駅としている。
- 2) 移動目的が「通勤」かつ「定期利用」である。
- 3) 乗車時刻・勤務先始業時刻・イグレス所要時間が明らかである。
- 4) アクセスとイグレスの交通手段において、所要時間変動の影響が少ない徒歩または自転車を利用している。

(2) 運行実績データ

各駅間の旅行時間算出のため、東京急行電鉄株式会社と東京地下鉄株式会社から提供いただいた運行実績データを用いる。運行実績データとは、中央林間~押上駅までの各駅における秒単位の出発時刻と

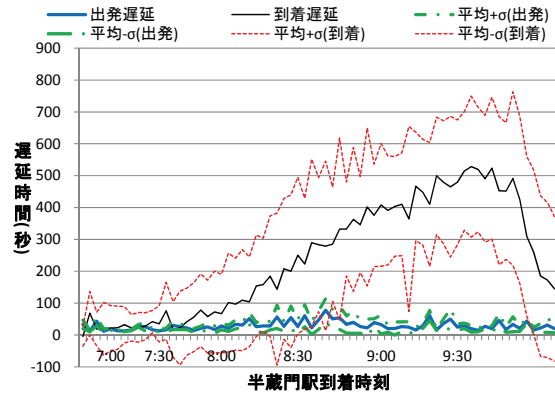


図1 長津田~半蔵門間における出発・到着遅延時間
到着時刻が1列車毎に分かるものである。期間は2010年11月15日~12月17日の平日21日間である。

図1に運行実績データから算出した、長津田~半蔵門駅間の時間帯別の出発遅延時間(秒)と到着遅延時間(秒)と、両者の標準偏差σ(秒)を21日間で示したものである。出発遅延時間は長津田駅発車時のため大きな変動は見られないが、到着遅延時間はピーク時間帯に向かうにつれて大きくなっていることが言える。また、標準偏差の値も大きく、特に8:30~9:00にかけては変動の幅が大きくなっていることが見てとれる。

3. スケジューリングモデルの構築

(1) 効用関数の設定

乗車時間6:00~9:59までを15分毎に区切った、16肢選択の乗車時刻選択モデルを構築する。なお、サンプルの降車駅への希望到着時刻は、勤務先始業時刻からイグレス所要時間を差し引いた時刻とした。各選択肢の効用関数は式(1)のように設定した。本研究では、従来の式に組み込まれている“所要時間の分散”だけでなく“ダイヤからの乖離”も同時に考慮するために、出発遅延時間DDと到着遅延時間ADの両変数を効用関数に組み込む。

$$V_{in} = \alpha E[TT] + \beta E[SDE] + \gamma E[SDL] + \kappa E[DD] + \eta E[AD] + \theta P_L \quad (1)$$

TT:旅行時間[分] SDE:早着時間[分]

SDL:遅着時間[分] P_L:遅刻確率[%]

DD:出発遅延時間[分] AD:到着遅延時間[分]

α, β, γ, κ, η, θ:パラメータ

旅行時間TTは乗車駅から降車駅までの乗車時間、早着時間SDEと遅着時間SDLは利用者の降車駅への到着時刻と希望到着時刻の差、出発および到着遅延時間DDとADは乗車駅および降車駅の時刻表からの遅

表1 乗車時刻選択モデルのパラメータ推定結果

変数	ML1:±15分選択可能		ML2:AD抜き		ML3:ΔTT		MXL:選択肢5分刻み	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値
TT 所要時間(分)	-0.111	-3.23	-0.089	-2.91	-0.118	-3.25	-0.091	-11.53
SDE 早着時間(分)	-0.024	-5.11	-0.025	-5.40	-0.023	-4.92	-0.060	-7.15
SDL 遅着時間(分)	-0.029	-2.72	-0.029	-2.70	-0.044	-2.75	-0.114	-2.22
PL 遅刻確率(%)	-0.016	-6.21	-0.016	-6.12	-0.015	-4.68	-0.015	-3.56
DD 出発遅延(分)	-0.020	-1.76	-0.059	-1.85	-0.061	-1.71	0.112	0.78
AD 到着遅延(分)	0.096	1.50	-	-	-0.119	-1.68	0.124	1.17
修正済み尤度比	0.626		0.626		0.625		0.582	
サンプル数	575		575		575		570	

延時間である。これら5変数は、各時間帯15分間の期待値を2。(2)で述べた平日21日間の運行実績データから算出する。遅刻確率 P_L は、同じく運行実績データより、時間帯別の全列車の中から各利用者が希望到着時刻に間に合わない列車数を算出し、その比率を与えている。

(2)パラメータ推定結果

多項ロジットモデル(MNL)を用いて推定した結果を表1に示す。ML1が実出発時刻±前後15分を選択肢集合とした場合である。TT, SDE, SDL, P_L のパラメータは符号条件が整合的であり、かつ有意な結果となった。また、遅着時間のパラメータは早着時間のパラメータよりも大きいことから、希望到着時刻からの遅着は同早着よりも大きな不効用として評価されている。一方で、DDとADは有意で推定されない結果となった。特にADについてはパラメータが正で推定されており、降車駅でのダイヤからの遅れに対する利用者の不効用を表現出来ていない。このことから、ML2で実出発時刻±15分を選択肢集合としてADを抜いた場合で推定を行った。その結果、パラメータの値や正負、尤度比はML1とほぼ変わらない値が推定された。

図2はTT, DD, ADの関係例を示したものである。0.は時刻表どおりに運行された場合、1.はTTが時刻表TTよりも延びた場合、2.はTTが時刻表TTと同じ場合、3.はTTが時刻表TTよりも回復運転などで短縮された場合を示した。ML1とML2に組み込んでいるADは、TTの時刻表TTからの乖離をΔTTとすると、 $AD=DD+ΔTT$ と表現できる。このことからML3での効用関数は、式(1)を式(2)のようにADを置き換え、式(3)のように展開したものを設定した。また、実出発時刻±15分を選択肢集合として推定を行った。

$$V_{in} = \alpha E[TT] + \beta E[SDE] + \gamma E[SDL] + \kappa E[DD] + \eta E[DD + \Delta TT] + \theta P_L \quad (2)$$

$$V_{in} = \alpha E[TT] + \beta E[SDE] + \gamma E[SDL] + (\kappa + \eta) E[DD] + \eta E[\Delta TT] + \theta P_L \quad (3)$$

その結果、ADのパラメータの符号条件は整合的な

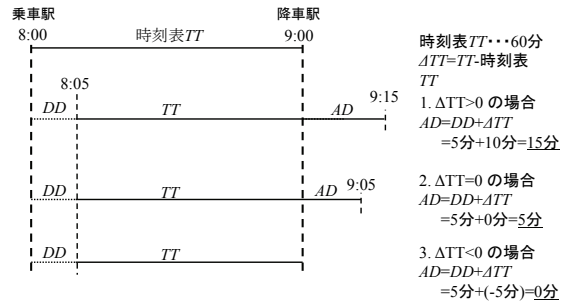


図2 TT, DD, ADの関係例

表2 時間信頼性価値

変数	算出式	時間信頼性価値
SDE 早着時間(分)	$\partial SDE / \partial TT \times \omega$	7.8 (円/分)
SDL 遅着時間(分)	$\partial SDL / \partial TT \times \omega$	14.9 (円/分)
PL 遅刻確率(%)	$\partial P_L / \partial TT \times \omega$	5.0 (円/%)
DD 出発遅延(分)	$\partial DD / \partial TT \times \omega$	20.7 (円/分)
AD 到着遅延(分)	$\partial AD / \partial TT \times \omega$	40.3 (円/分)

ものとなり、かつADのパラメータのt値は10%有意となった。

なお、時間帯を5分毎に区切り、かつ実出発時刻±15分を選択肢集合とした場合でも推定を行った。この時、隣り合う選択肢間の誤差相関を考慮できるMXL(Mixed Logit Model)で推定を行った。TT, SDE, SDL, P_L についてはMNLの場合とほぼ変わらないが、DDとADは有意で推定されず、符号条件も整合的でない。また、7:30~8:15の間の複数の選択肢間で誤差相関が見られた。

表2に、ML3のパラメータから算出した時間信頼性価値を示す。時間価値 ω を40円/分として算出した。DDとADの値が高く、遅延の影響が大きい。

4. おわりに

本研究では、“所要時間の分散”と“ダイヤからの乖離”を同時に考慮したモデルの構築を行い、列車遅延による時間信頼性評価を行った。その結果、到着遅延時間の与え方を工夫することで、ダイヤからの遅れに対する不効用を表現できた。

1) Small, K.A.: The scheduling of consumer activities: work trips, American Economic Review, Vol.72, No.3, pp467-479, 1982