

交差する相互直通運転における基礎的なダイヤ設定と遅れ時間の関係に関する研究

日本大学 学生会員 ○鈴木 元太
 日本大学 正会員 福田 敦
 日本大学 正会員 石坂 哲宏

1. はじめに

都市鉄道の利便性向上のために、他路線に乗り入れる相互直通運転が実施され、乗換回数の削減や乗換による混雑の緩和に寄与している。一般に、相互直通運転の形態として、終端駅で他路線に2路線で相互に乗り入れるケースが多いが、東京地下鉄副都心線の場合は、有楽町線と2路線4方向に乗り入れる形態で、2路線が平面交差している。そのため、ダイヤと乗換客数によっては、乗換駅での乗降時間の増加や列車が平面交差する事により遅延が生じ、他路線へ伝播するという問題が発生している。

そこで本研究は、交差する相互直通運転路線である副都心線、有楽町線を対象として、乗換時間と車両運行をシミュレーションできるモデルを構築し、ダイヤ設定と遅れ時間の関係を明らかにすることを目的とする。

2. 対象路線

(1) 対象路線の概要

対象路線の路線図を図-1に示す。副都心、有楽町線は、和光市～小竹向原間の路線を共有し、和光市において東武東上線と、小竹向原において西武有楽町・池袋線とそれぞれ相互直通運転を行っている。小竹向原では和光市と練馬方面、新木場と渋谷方面から副都心、有楽町両線の列車が流入する複雑な路線形態をとっている。本研究では、有楽町線の和光市、西武線の練馬から池袋までを評価対象とする。

(2) 運行パターンの整理

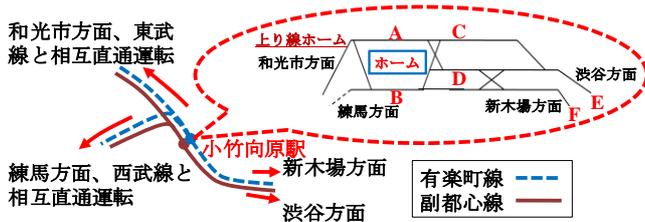


図-1 副都心線、有楽町線路線図

小竹向原駅を発着する列車の中で、相互に影響を及ぼす運行パターンは、表-1に示すとおり②、③と考えられる。図-1の配線図に示すとおり、同時に発車することができないため、運転調整をしなければならない。本研究では、これらの運行パターンを考慮できるシミュレーションの構築を行った。

表-1 運行パターン

運行パターン	選択経路	待列車
①和光市⇒渋谷 (東武線直通、和光市始発副都心線)	A→C→E	②
②練馬⇒渋谷 (西武線直通副都心線)	B→C→E	①、③
③和光市⇒新木場 (東武線直通、和光市始発有楽町線)	A→D→F	②、④
④練馬⇒新木場 (西武線直通有楽町線)	B→D→F	③

3. シミュレーションモデルの構築

(1) 車両運行制御

本研究では、鉄道における閉塞区間の概念を考慮し、車両の運行制御を行った。列車ごとにある閉塞区間を通過するために要する時間を所与で設定し、閉塞区間にいる時間を積み上げ、所与で与えられた時間を上回った時に次の閉塞区間に車両を移動させることで車両の運行を再現した。

(2) 乗客の発生と乗車

各駅で発生する乗客数は大都市交通センサスと東京地下鉄ホームページ上に記載されている駅乗降人数を参考に設定した。乗客は、基本的に到着した車両に乗車させるが、乗客の目的地と異なる行き先の車両が到着した場合は、行き先と目的地が同様である車両まで待つこととした。ただし、2本先の列車も目的地と異なる場合は、行き先に関係なく乗車することとし、小竹向原駅で乗り換えることとした。

(3) 停車時間の設定

駅停車時間は、最も乗降の多い特定の扉によって決定される。そこで本研究では、大戸ら¹⁾が提案した乗降人数と車内混雑による影響を加味して停車時間を算出できる(1)式を使用する。

$$D(\text{秒}) = 18.27 \log(x) - 38.181 + 0.003y \quad (1)$$

キーワード：遅れ時間、シミュレーションモデル、ダイヤ設定

連絡先：〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 739D 日本大学理工学部社会交通工学科 TEL/FAX 047-469-5355

ここでxは、最も混雑している扉での乗降人数で、島田ら²⁾の研究結果にもとづいて、乗車人数の5.5%、降車人数の7.5%と設定した。yは車内人数とする。

(4) 平面交差と乗換客の設定

本研究では、シミュレーション路線を和光市、練馬～池袋の2経路で構成し、平面交差を表-1に示す②、③の列車が小竹向原駅を同時発着する場合と定義する。なお、列車の総本数と乗客需要が有楽町線の方が多いため、有楽町線を優先的に発車させるように設定した。これらのルールを設定することにより、実態に近い運行状況を再現できるようにした。

そして、副都心線と有楽町線を利用する乗客割合(小竹向原での乗換人数)と平面交差本数を変化させたOD表とダイヤを作成し、組み合わせることで小竹向原駅の遅れ時間との関係について分析を行った。作成したダイヤとOD表を組み合わせた分析パターンを、以下の表-2に示す。

表-2 OD表と乗客割合の組合せ

平面交差数(本)	19(22%)	31(36%)	43(50%)	47(55%)	61(71%)	79(92%)
乗客割合	Y10%, F90%					
Y: 有楽町線	Y30%, F70%					
F: 副都心線	Y50%, F50%					
	Y70%, F30%					
	Y90%, F10%					

(5) 遅れ時間の算出

シミュレーション上で、列車が小竹向原駅を予定発車時間から遅れて発車した場合、(1)式から算出された停車時間と予定停車時間の差から乗降による遅れ時間を算出した。また発車遅れ時間から、駅到着時と乗降による遅れ時間を引く事によって、列車の平面交差による遅れ時間を算出した。

4. 分析結果

図-2は、平面交差による遅れ時間と交差本数の関係を示したものである。図から推計された遅れ時間関数では、どの乗客割合でも交差本数が30本前後の時に極値をとり、極値を境に交差本数の増加に遅れ時間が比例し、交差本数の減少に反比例していることがわかる。これは、列車が交差する際の待ち時間の増加や直通運転の減少に伴う乗換客の増加(停車時間の増加)が要因として考えられる。次に図-3では、平面交差による遅れ時間と乗降による遅れ時間の関係を示したものである(有楽町線70%、副都心線30%の乗客割合)。図から、乗降による遅れ

時間は交差本数が増えるにつれて減少している。これは直通運転の減少に伴い乗換人数、乗降時間が増加したと考えられる。よって、交差と乗降時間による遅れ時間の和が最小となるようなダイヤ(平面交差本数を変化させた)で運行した時、小竹向原駅で生じる遅れ時間が最小となるということが分かる。

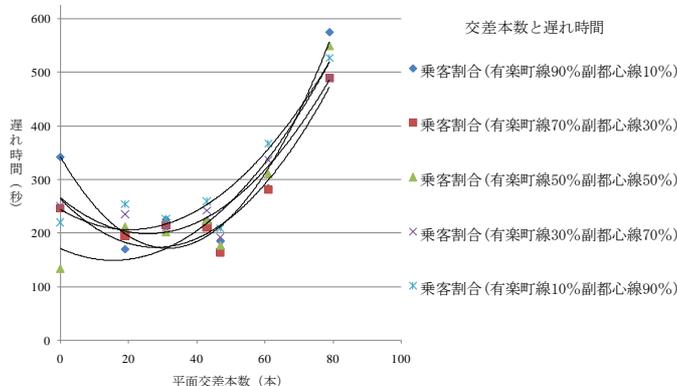


図-2 平面交差による遅れ時間

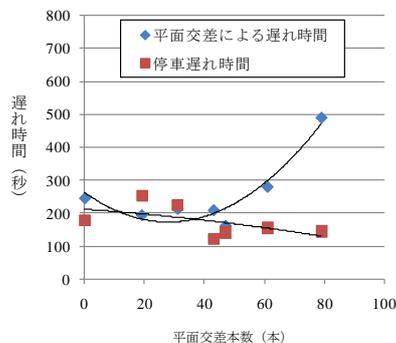


図-3 平面交差と乗降による遅れ時間の関係

5. おわりに

本研究では、交差する相互直通運転におけるダイヤ設定と遅れ時間の関係について、シミュレーションモデルを用いて分析した。結果、平面交差本数を変えたダイヤ設定をしたことで、交差本数、乗降時間と遅れ時間の関係を明らかにすることができた。

今後の課題として、乗換や乗車時における駅の利用者行動を考慮した上で乗降人数、時間を算出できるようモデルを改良し、遅れを最小とする平面交差本数(ダイヤ設定)を解明していきたい。

参考文献

- 1) 中村幸史: 通勤電車運行スケジュールにおける遅延計算モデルの構築、2004年3月
- 2) 島田章義: 鉄道駅における旅客流動に関する研究～その6 旅客乗降分布に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、E-1、p.845-846、1998年