



H00055 杉山 圭大
指導教員 岩倉 成志

1. はじめに

東京圏の都市鉄道のピーク時間帯における混雑は極めて厳しい状態にある。近年では混雑対策として需要側と供給側で施策が行われているが、著しい成果をあげているとは言い難い。

従来の供給側の対策では線路を増やすなどといったハード整備によって対処されてきた。しかし、少子高齢化などによる影響のため、鉄道利用は減少傾向にあり今後の利益の伸びが期待できず、鉄道事業者の投資意欲の減退がみられる。また公的財源の制約により、従来のハード整備では困難な時代を迎えている。供給側は列車本数を増やすなどといったソフト的要素によって混雑を解消しようと試みているが、ダイヤが飽和状態となり、速度が低下するといった悪循環を生む結果になっている。そして乗客は混雑した列車に長時間乗車しなければならず、その不快感は計り知れないものがある。

そこで本研究では、列車本数の増加による遅延状態を、各列車の駅間走行時間や駅停車時間に着目することによって遅延発生原因を明確にする。また列車運行頻度や乗降人数などによって変化する列車速度を表現するリンクコスト関数の構築を目指す。

2. 使用データ

本研究は、東京急行電鉄（株）が日常収集している表-1のデータを使用し、東急田園都市線（中央林間～渋谷）の急行列車と緩行列車を選定し、研究対象とした。分析日は平成15年9月8日（月）～9月12日（金）の一週間と、平成15年9月18・25日・10月・2・9・16日の一ヶ月間の木曜日とした。そして分析時間帯はAM6:30～AM10:30の朝のピーク時間帯とした。

データは列車種別（急行 or 各駅）・発車時刻・到着時刻・発車遅延時間・到着遅延時間が記されている。

表-1 使用データ

路線	時間帯	分析日		データ
		Week	Thursday	
東急田園都市線・上り (中央林間～渋谷)	AM6:30～AM10:30 (朝のピーク時間帯)	9/8～9/12	9/18	列車種別(急行or緩行)
			9/25	出発時刻
			10/2	到着時刻
			10/9	出発遅延時間
			10/16	到着遅延時間

3. 列車の遅延現象についての仮説

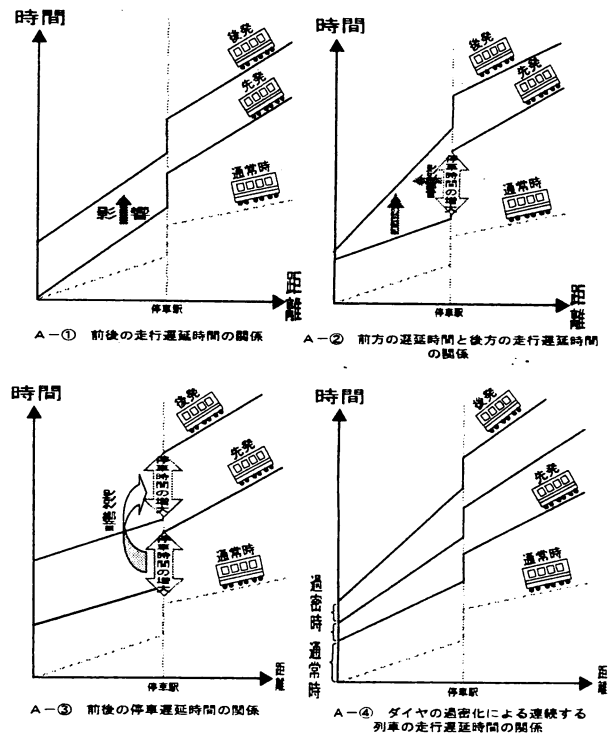


図-1 遅延現象の仮説

仮説 A: 列車種別（急行 or 緩行）を考慮しない場合

- ① 前方列車の走行時間が増加し、その影響で後方列車の走行時間にも遅延が生じる。
- ② 前方列車の停車時間が増加し、その影響で後方列車の走行時間に遅延が生じる。
- ③ 前方列車の停車時間が増加し、その影響で後方列車の停車時間にも遅延が生じる。
- ④ 運行頻度の増加により、ダイヤが過密化し連続する列車の走行時間に遅延が生じる。

仮説 B: 緩行が急行の通過待ちを考慮する場合

- ① 前方の緩行列車の停車時間が増加し、後方の急行列車の走行時間に遅延が生じる。
- ② 前方の緩行列車の停車時間と走行時間が増加し、後方の急行列車の走行時間に遅延が生じる。

(今回は仮説 A①・②, B①・②の分析結果を記す)

4. 遅延仮説の分析方法

仮説 A-①の分析について

4.1 クロス集計

表-2は最短走行時間 T の列車を基準とし、前方列車の走行時間が t1、後方列車の走行時間を t2 と考えた時に、 $t1-T$ と $t2-T$ を算出し、クロス集計によってその関係を表したものである。0 は 0~29 秒, 1 は 30~59 秒, 2 は 60~89 秒の 30 秒ピッチで遅延時間を表している。

表-2 前後の走行遅延時間

		後方(混合ピーク・週間総計)								
前方		0	1	2	3	4	5	6	7	計
0	0	374	45	37	30	3	1	0	0	490
1	0	48	70	53	25	13	1	0	0	210
2	0	49	57	92	32	25	9	0	0	264
3	0	16	29	52	40	25	26	4	0	192
4	0	1	14	28	32	20	22	9	3	129
5	0	0	0	10	24	32	6	3	3	78
6	0	0	0	0	3	10	7	0	2	22
7	0	0	0	0	0	1	4	4	1	10
計		488	215	272	186	129	76	20	9	1395

4.2 期待値の推計

クロス集計の結果を用いて、表-3の様に後方列車の遅延時間の割合を求める。

表-3 遅延時間の割合

		後方(混合ピーク・週間総計)							
前方		0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0.763	0.092	0.076	0.061	0.006	0.002	0	0
1	0	0.229	0.333	0.252	0.119	0.062	0.005	0	0
2	0	0.186	0.216	0.348	0.121	0.095	0.034	0	0
3	0	0.083	0.151	0.271	0.208	0.130	0.135	0.021	0
4	0	0.008	0.109	0.217	0.248	0.155	0.171	0.070	0.023
5	0	0	0	0.128	0.308	0.410	0.077	0.038	0.038
6	0	0	0	0	0.136	0.455	0.318	0	0.091
7	0	0	0	0	0	0.100	0.400	0.400	0.100

次に表-4の様に、後方列車の遅延時間 0 を 15 秒, 1 を 45 秒と平均化し、この数値と先ほどの遅延時間の割合をかけ、求められたすべての値を足し合わせ後方列車の遅延時間の期待値を算出する。

表-4 遅延時間の期待値

		後方(混合ピーク・週間総計)								
前方		15	45	75	105	135	165	195	225	期待値
15	15	11.45	4.13	5.66	6.43	0.83	0.34	0	0	28.84
45	45	3.43	15.00	18.93	12.50	8.36	0.79	0	0	59.00
75	75	2.78	9.72	26.14	12.73	12.78	5.63	0	0	69.77
105	105	1.25	6.80	20.31	21.88	17.58	22.34	4.06	0	94.22
135	135	0.12	4.88	16.28	26.05	20.93	28.14	13.60	5.23	115.23
165	165	0	0	9.62	32.31	55.38	12.69	7.50	8.65	126.15
195	195	0	0	0	14.32	61.36	52.50	0	20.45	148.64
225	225	0	0	0	0	13.50	66.00	78.00	22.50	180.00

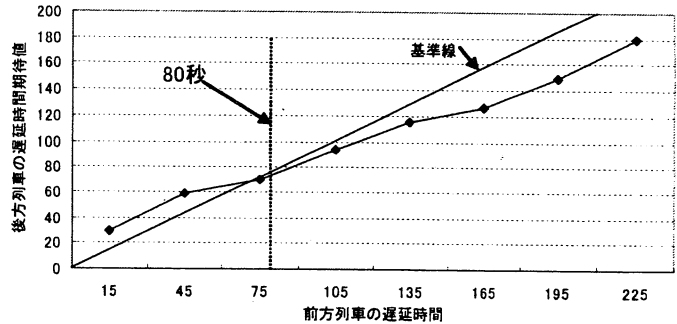


図-2 遅延時間の期待値

5. 遅延仮説の分析結果

仮説 A-①について (前後の走行時間)

図-2より前方列車の遅延時間が 80 秒までは、後方列車はそれ以上の遅延が生じることがわかる。しかし前の列車が 100 秒以上遅れると、後ろの列車は遅延を取り戻そうとしていることが言える。

仮説 A-②について (前の停車と後ろの走行時間)

前方列車の遅延時間が 140 秒までは後方列車もそれに比例し、同じだけ遅延が生じる。しかし前方にこれ以上の遅延が生じると、反比例的に後方の遅延が急激に解消していく結果が得られた。

仮説 B-① (緩行の停車と急行の走行時間)

この結果も「仮説 A-②」同様に、山型の走行遅延時間の期待値グラフが得られた。なぜ前方の遅延時間と後方の遅延時間が反比例になるかは、まだはっきりとした結果は出されていないが、急行の通過待ちに何らかの原因があるのではないかと推測する。

仮説 B-② (緩行の停車+走行と急行の走行時間)

前方の遅延時間が 150 秒までは、後方も比例的に遅延を生じるが、前方にこれ以上の遅延が生じると、後方は徐々に遅延解消の方向に向う。また仮説 B のクロス集計より、田園都市線は急行優先に運行していることがわかる。

6. まとめ

今回は四つの遅延要因の分析を行ったが、田園都市線は急行と緩行が同路線を共有しているので、このデータの他にも様々な要因が考えられる。例えば線路容量、閉塞区間、列車制限速度などがある。このようなデータを加えることによって、更なる遅延要因の解明が可能となることが言える。