

# 急行系電車停車駅決定問題

千葉工業大学 二見 精一 HUTAMI Seiichi  
 千葉工業大学大学院 松村 高宏 MATSUMURA Takahiro  
 01201380 千葉工業大学 \* 鈴木 誠道 SUZUKI Shigemichi

## 1. はじめに

本研究は都市圏の鉄道路線を対象に、旅客の総節約時間を最大にするように、急行系電車（乗車券・定期券のみで乗車可能な速達列車）の停車駅を決定する問題を取り扱う。この問題に対しては、佐々木等による1系統の急行設定方法[1]、鈴木等による1系統・2系統急行設定方法[2]があるが、十分な試みがされていない。特に2系統設定する場合、あくまで第1系統の設定後、付随的に第2系統を設定するため、準最適化と言わざるを得ない。そこで本研究では、急行系電車の設定パターンとして、第1系統の停車駅に第2系統も必ず停車する『従属型』と、互いに関係を持たない『独立型』を想定し、両系統ともに最適化を行う解法を構築し検証する。

## 2. DPによるモデル

従属型に対する解法は、従来のDPによる解法を2系統設定用に適合改良したものである。

ある路線にN個の駅が存在し、駅iから駅jに向かう一定期間あたりの客数を、ODデータ  $w_{1ij}$  とする。ここで1系統の区間輸送量（路線の一部分[i-j]間にノンストップで急行系電車を設定した場合、その電車に乗車可能な全ての客数） $W_{1ij}$ は、(1)式で表される。

$$W_{1ij} = \sum_{a=1}^i \sum_{b=j}^N w_{1ab} \quad (1)$$

乗客1人が1駅通過するときの節約時間を  $\tau$  とすると、1系統の区間節約時間（路線の一部分[i-j]間にノンストップで急行系電車を設定した場合、その間の駅を通過することによって生じる乗客全員の節約時間） $s_{1ij}$ は、(2)式で表される。

$$s_{1ij} = W_{1ij} (j - i - 1) \cdot \tau \quad (2)$$

次に、全ての[i-j]間において2系統ODデータ（[i-j]間に1系統がノンストップで設定されたと仮定したとき、それに乗車できない乗客のうち、[i-j]区間内の駅pから駅qに向かう一定期間あたりの客数） $w_{2pq}$ を求め、1系統と同様に2系統の区間輸送量  $W_{2pq}$ 、区間節約時間  $s_{2pq}$ を求める。

$$W_{2pq} = \sum_{a=i}^p \sum_{b=q}^j w_{2ab} \quad (3)$$

$$s_{2pq} = W_{2pq} (q - p - 1) \cdot \tau \quad (4)$$

また、2系統の[i-q]区間最大節約時間（i駅からq駅までの取り得る状態推移の中で節約時間が一番大きな値） $S_{2q}$ は、(5)式で表される。

$$S_{2q} = \max_{i < p < q} (S_{2p} + s_{2pq}) \quad (5)$$

ここで  $S_{2j}$ は[i-j]間全体における2系統の最大節約時間である。よって、全ての[i-j]間において  $S_{2j}$ を求め、それぞれ  $s_{1ij}$ に加算すると、両系統合計の区間節約時間  $s_{ij}$ が得られ、(5)式と同様にし、両系統[i-j]区間最大節約時間  $S_j$ が求まる。

$$s_{ij} = s_{1ij} + S_{2j} \quad (6)$$

$$S_j = \max_{i < i < j} (S_i + s_{ij}) \quad (7)$$

このとき  $S_N$ は、2系統従属型設定問題の最適解であり、これにより停車駅が決定される。

## 3. GAによるモデル

独立型の設定は、組合わせ最適化問題であり、DPを使用できないので、GAを用いる。

まず固体の各ビットを駅とみなし、1の場合は停車、0の場合は通過とする。両端のビットは、終点の駅なので必ず1となる。本研究では2系統の急行系電車を対象としており、固体のビット数は1系統と2系統をつなぎ合わせた長さ、つまり駅数の2倍となる。適応度は、停車パターンに対して、全利用客の所要時間が最短になるように乗車した場合の総節約時間を、ODデータから求めた値である。また、その値が最大である停車パターンが、2系統独立型設定問題の最適解である。

シミュレーションの条件を以下に示す。

固体数	20
ビット数	駅数×2 (1=停車, 0=通過)
交叉確率	50%
突然変異確率	5%
世代交代	10000回

## 4. 結果と評価

従属型、独立型それぞれの設定結果と節約率を表1~6に示す。DPによる従属型とGAによる独立型

は、停車駅の設定結果には大差が見られず、現状との比較においても、ある程度類似していることが分かる。また、独立型で最適化したにもかかわらず、従属型と類似した結果が出ていることが特徴として挙げられる。独立型は従属型を含んでおり、独立型の最適値は従属型の最適値より良いはずであるが、結果として最適値に大差は認められなかった。従ってこの例に対しては、DPによる従属型の設定で、十分所期の結果が得られると考えられる。

5. おわりに

今後の課題としては、節約時間の最大化という簡単なモデル化を進展させ、待避線の条件、急行系電車の各駅停車への影響、旅客流動の時間帯別変動などについて考慮することが考えられる。

参考文献

- [1] 佐々木他、数理計画法の応用<実際編(鈴木・高井編)>、4章・道路鉄道システムの最適化、講座・数理計画法、産業図書、1981
- [2] 鈴木・石塚、急行停車駅決定問題、OR事典 2000・事例編、OR学会、2000

(表2) 京王線 停車駅設定結果

駅番号	駅名	利用客数(人)			現状		従属型の結果		独立型の結果	
		下り	上り	合計	1系統特急	2系統急行	第1	第2	第1	第2
1	新宿	188711	328957	517668	●	●	○	○	●	●
2	笹塚	20132	66541	86673	●	●	○	○	●	●
3	代田橋	10167	70994	81161	●	●	○	○	●	●
4	明大前	54693	102281	156974	●	●	○	○	●	●
5	下高井戸	22792	42039	64831	●	●	○	○	●	●
6	楳上水	11778	26094	37871	●	●	○	○	●	●
7	上北沢	6205	7802	14007	●	●	○	○	●	●
8	八幡山	11788	14452	26220	●	●	○	○	●	●
9	芦花公園	4098	7357	11455	●	●	○	○	●	●
10	千歳鳥山	35900	36804	72704	●	●	○	○	●	●
11	仙川	26080	32079	58158	●	●	○	○	●	●
12	つつじヶ丘	17894	9951	27845	●	●	○	○	●	●
13	柴崎	12017	5863	17880	●	●	○	○	●	●
14	国領	18713	11633	30346	●	●	○	○	●	●
15	布田	6725	27307	34031	●	●	○	○	●	●
16	調布	157250	61891	219141	●	●	○	○	●	●
17	西調布	9703	7881	17585	●	●	○	○	●	●
18	飛田給	4023	12195	16217	●	●	○	○	●	●
19	武蔵野台	7277	8603	15880	●	●	○	○	●	●
20	多摩磨園	6350	12494	18844	●	●	○	○	●	●
21	府中	12813	18713	31526	●	●	○	○	●	●
22	府中	44236	98301	140537	●	●	○	○	●	●
23	分倍河原	45200	54346	99547	●	●	○	○	●	●
24	中河原	14054	57587	71641	●	●	○	○	●	●
25	聖蹟桜ヶ丘	27644	68728	96371	●	●	○	○	●	●
26	百草園	5465	11665	17130	●	●	○	○	●	●
27	高幡不動	30809	23228	54037	●	●	○	○	●	●
28	南平	6552	5409	11960	●	●	○	○	●	●
29	平山城址公	6322	6036	12358	●	●	○	○	●	●
30	長沼	3484	1588	5072	●	●	○	○	●	●
31	北野	37759	11576	49335	●	●	○	○	●	●
32	京王八王子	23111	43262	66372	●	●	○	○	●	●
総節約時間					6937717.9		8904541.9		8873324.0	

(表3) 東急東横線 停車駅設定結果

駅番号	駅名	利用客数(人)			現状		従属型の結果		独立型の結果	
		下り	上り	合計	1系統特急	2系統急行	第1	第2	第1	第2
1	渋谷	82580	263772	346353	●	●	○	○	●	●
2	代官山	6303	6878	13181	●	●	○	○	●	●
3	中目黒	41901	135492	177393	●	●	○	○	●	●
4	祐天寺	14052	29784	43836	●	●	○	○	●	●
5	学芸大学	24709	53463	78172	●	●	○	○	●	●
6	都立大学	13941	35131	49072	●	●	○	○	●	●
7	自由が丘	40525	86178	126702	●	●	○	○	●	●
8	田園調布	11300	33239	44539	●	●	○	○	●	●
9	多摩川	5145	12710	17855	●	●	○	○	●	●
10	新丸子	7379	18366	25745	●	●	○	○	●	●
11	武蔵小杉	51861	115208	167069	●	●	○	○	●	●
12	元住吉	17373	49560	66933	●	●	○	○	●	●
13	日吉	67717	87944	155662	●	●	○	○	●	●
14	綱島	32826	84963	117788	●	●	○	○	●	●
15	大倉山	19594	38398	57992	●	●	○	○	●	●
16	菊名	51451	74753	126204	●	●	○	○	●	●
17	妙蓮寺	12969	19221	32190	●	●	○	○	●	●
18	白楽	41363	46948	88311	●	●	○	○	●	●
19	東白楽	5781	11370	17151	●	●	○	○	●	●
20	反町	12817	13665	26482	●	●	○	○	●	●
21	横浜	114279	153767	268046	●	●	○	○	●	●
22	高島町	5539	2995	8534	●	●	○	○	●	●
23	桜木町	27573	34219	61791	●	●	○	○	●	●
総節約時間					* 2545902.5		3672397.1		3676919.7	

(表1) 京成線 停車駅設定結果

駅番号	駅名	利用客数(人)			現状		従属型の結果		独立型の結果	
		下り	上り	合計	1系統特急	2系統急行	第1	第2	第1	第2
1	上野	4400	30380	34780	●	●	○	○	●	●
2	日暮里	17244	87716	104960	●	●	○	○	●	●
3	新三河島	1902	3333	5234	●	●	○	○	●	●
4	町屋	5124	18620	23744	●	●	○	○	●	●
5	千住大橋	3271	10485	13756	●	●	○	○	●	●
6	関屋	6571	11455	18026	●	●	○	○	●	●
7	堀切菟野園	8706	23358	32064	●	●	○	○	●	●
8	お花茶屋	9024	27105	36130	●	●	○	○	●	●
9	青砥	18769	106082	124851	●	●	○	○	●	●
10	高砂	17095	50126	67220	●	●	○	○	●	●
11	京成小岩	5607	15991	21599	●	●	○	○	●	●
12	江戸川	1538	4050	5588	●	●	○	○	●	●
13	国府台	10300	13600	23900	●	●	○	○	●	●
14	市川真間	4744	6874	11618	●	●	○	○	●	●
15	菅野	896	2447	3443	●	●	○	○	●	●
16	八幡	8005	19223	27228	●	●	○	○	●	●
17	曳船	1356	3423	4779	●	●	○	○	●	●
18	中山	532	2044	2577	●	●	○	○	●	●
19	東中山	792	3031	3823	●	●	○	○	●	●
20	西船	1454	3329	4783	●	●	○	○	●	●
21	高神	1736	2210	3946	●	●	○	○	●	●
22	船橋	35683	171342	207025	●	●	○	○	●	●
23	大神宮下	857	5961	6818	●	●	○	○	●	●
24	船橋競馬場	3086	9388	12474	●	●	○	○	●	●
25	谷津	3595	18493	22089	●	●	○	○	●	●
26	京成津田沼	29134	63680	92813	●	●	○	○	●	●
27	大久保	21553	15531	37084	●	●	○	○	●	●
28	実務	11114	18948	30062	●	●	○	○	●	●
29	八千代台	14087	91227	105313	●	●	○	○	●	●
30	大和田	2297	18396	20693	●	●	○	○	●	●
31	勝田台	16235	63544	79778	●	●	○	○	●	●
32	志津	3634	24127	27761	●	●	○	○	●	●
33	ユーカリが丘	1674	17367	19042	●	●	○	○	●	●
34	日井	4696	26362	31058	●	●	○	○	●	●
35	京成佐倉	4699	21680	26379	●	●	○	○	●	●
36	大佐倉	243	289	532	●	●	○	○	●	●
37	京成酒々井	2612	8852	11465	●	●	○	○	●	●
38	京成津田沼	2810	2982	5792	●	●	○	○	●	●
39	公津の杜	852	1353	2005	●	●	○	○	●	●
40	京成成田	16082	30828	46910	●	●	○	○	●	●
41	空港第2ビル	5971	438	6409	●	●	○	○	●	●
42	成田空港	6513	565	7077	●	●	○	○	●	●
総節約時間					3226114.7		3695044.5		3690809.7	

(表4) 京成線 節約率

	単位(分)
総所要時間	14082057.2
総客数(人)	686343
平均乗車時間	20.52
従属型節約時間	3695044.5
従属節約率	26.24%
独立型節約時間	3690809.8
独立節約率	26.21%
現状節約時間	3226114.7
現状節約率	22.91%

(表5) 京王線 節約率

	単位(分)
総所要時間	18866336.54
総客数(人)	1090380
平均乗車時間	17.30
従属型節約時間	8904541.9
従属節約率	47.20%
独立型節約時間	8873324.0
独立節約率	47.03%
現状節約時間	6937717.9
現状節約率	36.77%

(表6) 東急東横線 節約率

	単位(分)
総所要時間	15084507.6
総客数(人)	1058404
平均乗車時間	14.25
従属型節約時間	3672397.1
従属節約率	24.35%
独立型節約時間	3676919.7
独立節約率	24.38%
現状節約時間	* 2545902.5
現状節約率	16.88%

(注) 東急東横線の現状の節約時間は第2系統(急行)のみの節約時間である。