

現実的な制約を考慮した優等列車停車駅の決定

岡田 佳也

(東京農工大学工学部情報工学科 現所属・同大学工学府情報工学専攻)

指導教員 宮代隆平 准教授

1. 問題設定

本研究では、鉄道路線に優等列車を運行する際の最適な停車駅を求める問題を扱う。鉄道利用客の列車の待ち時間や駅間の移動時間は優等列車の停車駅によって変化するが、本研究ではすべての利用客の列車の待ち時間と移動時間の総和である、総移動時間を最小にする優等列車の停車駅を求めることを目的とする。さらに、列車の最小運転間隔や駅における待避設備の有無などの現実的な制約を考慮し、優等列車の停車駅を求める。実験対象には2011年1月時点におけるJR南武線を採用した。

優等列車の最適な停車駅を求める先行研究[1]~[6]では、近似解法を採用しているため最適性が保証されていない、現実の駅設備では利用客に不便な乗換えを強いる待避駅設定となっているなどの問題があった。このような点を解決するため、本研究では上下線の待避駅を乗客の利便性を考慮して設定する。また厳密解の求解を可能にするため、列挙法と枝刈りを使用して利用客の総移動時間が最小になる優等列車の停車駅を求める。ただし、優等列車は待避駅には必ず停車し、上下線で停車駅は変化しないものとする。したがって、各駅停車と接続せずに駅を通過して追い越す優等列車や、上下線で停車駅が異なる優等列車は考えない。また、優等列車を運行する時間帯はラッシュ時を除いた9:00~17:00までの日中データタイムとする。

2. 提案アルゴリズム

本研究の提案アルゴリズムを図1に示す。本研究では、最小列車運転間隔を2.0分、各駅停車が優等列車を待避するのにかかる時間を4.0分、優等列車が駅を通過することによって削減できる所要時間を1駅あたり1.0分、列車ダイヤの周期を60.0分周期としている。

提案したアルゴリズムでは、まず1時間あたりの各駅停車と優等列車の本数と上下線それぞれの待避駅を入力する。このとき、各駅停車の本数をL本、優等

列車の本数をR本とすると、 $L < R$ になる本数設定や L/R が整数にならない本数設定は行わない。本数設定を行うとすべての駅における列車の発車順序と列車種別ごとの運転間隔が決定する。本研究では、運転間隔が均等になるパターンダイヤを採用しているため、各駅停車のみに着目した場合の運転間隔は $60/L$ 分、優等列車のみに着目した場合の運転間隔は $60/R$ 分となる。しかし、 $L \neq R$ の場合は優等列車の待避を行う各駅停車と行わない各駅停車が存在することになり、始発駅で均等に $60/L$ 分間隔に各駅停車を発車させたとしても、待避駅以降では各駅停車同士の運転間隔が均等ではなくなってしまう。そこで本研究では始発駅における各駅停車の発車時刻を調整して、運転間隔が待避駅前後で等しくなる場合についても実験を行う。具体的な調整の方法として、待避を行う各駅停車の発車時刻を早めるという手法を採用する。本研究では待避時間が4.0分であることから、その半分の2.0分だけ発車時刻を早める。

各駅停車のみの運転間隔が決定すると、優等列車の停車駅パターンの生成における枝刈りが行える。この枝刈りは停車駅パターンを生成するとき、優等列車の停車駅を削減しすぎてしまい前の各駅停車に追いついてしまうようなパターンを除去している。停車駅パターンを生成することができたら、列車ごとの所要時間、

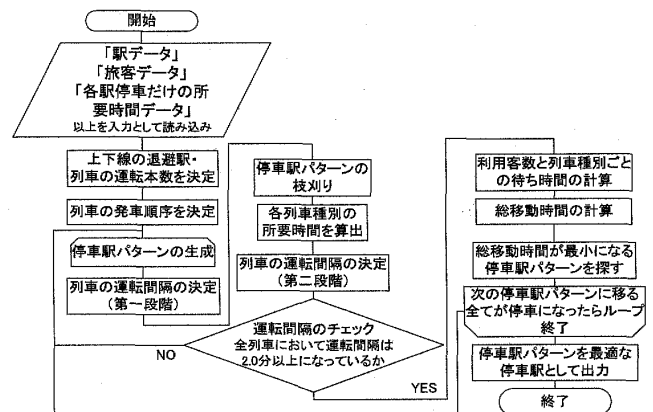


図1 提案アルゴリズムの流れ

表1 優等列車の効果の有無

合計	各駅停車の本数	優等列車の本数	データ①	データ②	データ③	データ④
4	3	1	×	×	×	×
	2	2	×	×	×	×
5	4	1	×	×	×	×
	5	1	×	×	×	×
6	4	2	×	×	×	×
	3	3	×	×	×	×
	6	2	○	×	×	×
8	4	4	○	○	×	×
	6	3	○	○	×	○
10	8	2	○	○	×	×
	5	5	○	○	○	○

詳細な列車ダイヤ、列車の待ち時間、列車ごとの利用客数を求める。本研究では、利用客の到着は一様であると考え、例えば次の列車まで10分の間が開くときは、利用客は平均的に10分の半分である5分待つとする。最後に、待ち時間と移動時間を、条件を満たした停車駅パターンすべてに対して計算し、この合計が最小になったときの停車駅パターンを、優等列車の最適な停車駅として出力する。

3. 実験結果と考察

3.1 使用したデータ

本研究で用いるODデータは、大都市交通センサスから9:00~17:00までのデータを抜き出し三種類作成した。加えて、文献[6]の利用客データも使用した。使用データの1時間あたりの利用客数は、データ1が7699.88人、データ2が10930.91人、データ3が13097.93人、データ4が16328.50人である。また、実験は各駅停車と優等列車の合計本数が4~10本となるデータに対して行った。

3.2 総移動時間

各利用客データと列車本数において、実験で得られた総移動時間が各駅停車だけの総移動時間を下回ったかどうかを表1に示す。紙面の都合上、運転間隔を調整した場合と優等列車・各駅停車の本数が等しい場合のみを記載する。○が各駅停車だけの総移動時間を下回ることができた場合を示し、×は下回ることができなかった場合を表す。ここで示す各駅停車だけの場合は、各駅停車の本数を表中の「合計」とした場合の結果である。この表から、優等列車を運行する場合は、全体である程度の列車本数が設定されていないと、総移動時間の短縮につながらないことがわかる。

3.3 最適な停車駅と待避駅

次に最適な停車駅を示す。紙面の都合上、データ4を用いて運転間隔を調整した場合と優等列車・各駅停

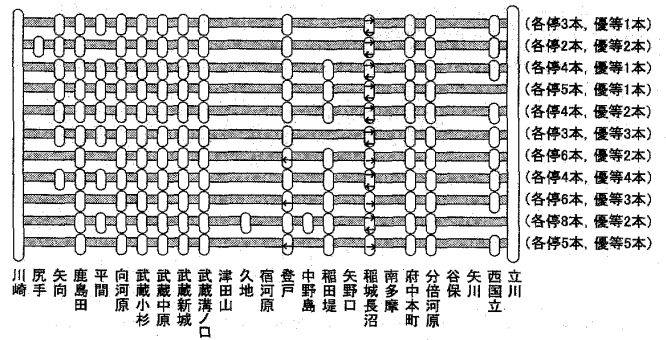


図2 データ4の最適な停車駅と待避駅

車の本数が等しい場合の最適な停車駅を示す。図2中の矢印の書かれた駅は、待避駅と待避を行う列車の方向を表している。この図より、運転本数の違いによる停車駅の著しい変化は見られないことがわかる。

4. まとめと今後の課題

本研究では、現実の待避設備に基づき上下線で独立した待避駅を設定したときの優等列車の最適な停車駅を、列挙法と枝刈りを用いて求める手法を提案し実際に最適な停車駅を求めることができた。

本論文で提案した手法では、通過による待避が考慮されていない、 $L < R$ になる本数設定や L/R が整数にならない本数設定に対して最適な停車駅を求めているなど様々な課題が残った。これらの課題を考慮した上で様々な路線を対象に実験を行えば、優等列車停車駅の決定に関する、より複雑で綿密な分析ができるのではないかと期待できる。

参考文献

- [1] 鈴木誠道, 高井英造, 「講座・数理計画法 11 数理計画法の応用〈実際編〉」, 産業図書, 1981, 93-98.
- [2] 鈴木誠道, 石塚陽, 「急行停車駅決定問題の近似解法」, 最適化—モデリングとアルゴリズム 5, 統計数理研究所共同研究レポート, 61 (1994), 154-158.
- [3] 二見精一, 松村高宏, 鈴木誠道, 「急行系電車停車駅決定問題」, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 春季研究発表会 アブストラクト集, 2001, 84-85.
- [4] 松村高宏, 「急行系電車の設定方法に関する研究」, オペレーションズ・リサーチ, 48 (2003), 50-51.
- [5] 香取照臣, 高橋寛, 泉隆, 「優等列車の運行による総旅行時間短縮—遺伝的アルゴリズムを用いた停車駅の決定—」, 電気学会論文誌 D 産業応用部門誌, 125 (2005), 305-311.
- [6] 広戸晶, 「優等列車の停車駅決定問題と最適ダイヤの設計」, 慶應義塾大学理工学部管理工科学卒業論文, 2009.