

IV-245 待避関係を満たす列車ダイヤの自動作成法

東京大学 学生会員 古川 敦
 東京大学 学生会員 赤松 隆
 東京大学 正会員 家田 仁

1. 始めに

鉄道のダイヤグラム（以下ダイヤ）は、従来主に事業者側の都合（コスト、地上設備等）により作成されてきたが、輸送改善の一方策としてダイヤ改正を行なう際には、これを利用者の立場から数理的に評価し、最適化する必要がある。このためには、ある所定の条件が与えられた際に計算機上でダイヤを自動的に設定する手法が必要であるが、これに対し本研究は、列車種別、始発駅発車時刻、駅間所要時間、駅停車時間、最小運転時隔が与えられた時にダイヤを一意的に設定する手法を提案するものである。鉄道車両はその走行範囲がレール上に限定されるので複数の列車の位置関係は、運行上の安全確保並びに地上設備との兼ね合いにより種々の制約を受けるが、本研究はそれらの制約条件を留意したものとなっている。なお、本研究で考慮した鉄道路線は複線で設定するダイヤは片方向であり、単線や複々線の路線、あるいは終端駅での折り返し等は考えていないが以下の議論の応用により、より複雑な路線への適用も可能である。

2. ダイヤ作成上の制約条件

i) 最小運転時隔

最小運転時隔とは、先行列車と後続列車の列車間隔を安全確保上の限界まで縮めた時の運転間隔である。言い替えればある一つの列車に対し、それに続行する列車を所定の速度で運転するために保つべき時間の間隔の最小値である（これを距離の間隔でいうと後続列車の必要ブレーキ距離となる。）。最小運転時隔を決める要素としては、閉塞方式、閉塞区間長、列車の編成長、加・減速度、駅構内の配線等がある。一般に地上信号方式による自動閉塞区間では、最小運転時隔は2分程度とされている。

ii) 待避設備

鉄道車両は、自動車と異なり列車同士の追越しが自由にできないので、特定の停車場に本線以外に側線、分岐器等（これらを待避設備と呼ぶ）を設け追越し（単線区間では行き違いも）を行なう。逆にいえば、複々線区間以外では優等列車が普通列車を追い越すことができるのは、待避設備がある停車場に限られるわけである。本研究では、ダイヤ設定の前提条件として、普通列車はなるべく先の待避駅で優等列車に抜かれるものとしている。

3. 制約条件を満たすダイヤ作成法

待避設備のある駅の n 駅前の駅における普通列車と後続の優等列車の発車間隔 T_{lag} は、以下の式を満たしていなければならない。

$$T_{lag} \geq \sum_{i=1}^n (T_{Li} - T_{Exi}) + \sum_{i=1}^n (T_{LSi} - T_{EXSi}) + T_{min} \quad (1 \leq i \leq n) \quad \cdots (1)$$

T_{Li} ... $i \sim i+1$ 駅間の普通列車の所要時間

T_{Exi} ... $i \sim i+1$ 駅間の優等列車の所要時間

T_{LSi} ... i 駅での普通列車の停車時間（但し $T_{LSn} = 0$ ）

T_{EXSi} ... i 駅での優等列車の停車時間（但し通過駅では $T_{EXSi} = 0$ ）

T_{min} ... 最小運転時隔

つまり普通列車がK番目の待避駅まで優等列車より先に到着するには、始発駅における普通列車と後続の優等列車の発車間隔 TS_{LAG} は以下の式を満たさなければならない。

$$TS_{LAG} \geq \sum_{k=1}^K \left\{ \sum_{i=1}^{I_k} (T_{Li} - T_{EXi}) + \sum_{i=1}^{I_k} (T_{LSi} - T_{EXSi}) \right\} + T_{min} \quad \cdots(2)$$

$1 \leq k \leq K$ （Kは、始発駅から数えた待避駅の順番。）
 $1 \leq i \leq I_k$ （ I_k は、 $K-1$ 番目とK番目待避駅の間の駅数。）

また $K+1$ 番目の待避駅について上の式を満たしていないときは、K番目の待避駅で普通列車は、優等列車に抜かれなければならない。この場合普通列車は、急行列車がK番目の待避駅を発車（通過を含む）した最小運転時隔後にこの駅を発車する。この際、K番目の待避駅における普通列車の停車時間は以下のようにになる。（図1）

$$T_{LSi} = T_{LS0i} + TS_{LAG} - \sum_{k=1}^K \left\{ \sum_{i=1}^{I_k} (T_{Li} - T_{EXi}) + \sum_{i=1}^{I_k} (T_{LSi} - T_{EXSi}) \right\} + T_{min} \quad \cdots(3)$$

T_{LS0i} …待避により停車時間が変わる前の i 駅での普通列車の停車時間

以上式（1）～（3）より始発駅における発車時隔、すなわち TS_{LAG} がわかれば途中駅における到着時刻、出発時刻が一意的に決まる。

4. 応用

上記のようにしてダイヤを決定することができれば、乗客の駅到着分布、駅間OD交通量等を知ることにより乗客の総所要時間等が求まり、ダイヤ評価の一指標とすることができる。また駅間所要時間に混雑項を加えることにより列車の混雑をも考慮したダイヤの評価が可能となる。さらにこれらの評価指標を用いて乗客にとっての最適な列車時隔を適当な計算手法により求めることも可能になる。

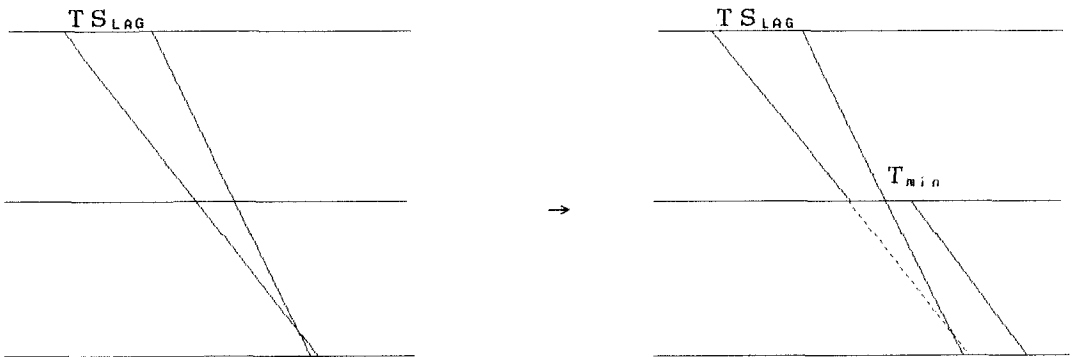


図 1