

緩急列車が混在する都市鉄道における小遅延回復のための列車群制御手法の検討

Train Traffic Control in Response to Small Delays for an Urban Railway Line

with Mixed Local and Express Trains

川満 颯 (電気システム工学科)

Hayato KAWAMITSU

電気鉄道システム研究室 指導教員 高木 亮 教授

1. はじめに

都市鉄道の混雑時間帯に頻発する停車時分の突発的増大に伴う小規模遅延は、放置すれば大幅遅延した列車の直後に複数列車が短時隔で続行する「だんご運転」に至る。全列車各駅停車平行ダイヤで運行する路線なら、先行列車を意図的に遅らせ時隔均一化を図る列車群制御がその防止に有効とされる^[1]が、それ以外の路線での知見は不十分である。

本研究では、緩急列車混在時の「だんご運転」の防止手法について、定量的に検討する。

2. 平行ダイヤにおける時隔制御

荒屋らの方式^[1]では、幾つかの制御駅をあらかじめ設定しておき、各列車の制御駅到着ごとに次の制御駅までの時間調整量を算出する。その時間調整は、該当する制御駅間の駅停車時間、駅間走行時間あるいはその両者の調整により実現される。ここで、列車 j がある制御駅に到着した時点を考え、 j とその前後の列車 $j-1$ および $j+1$ の遅延時間をそれぞれ d_j, d_{j-1}, d_{j+1} とする。このとき列車 j の時間調整量は以下の通り導出できる。 p は制御パラメータである。

$$t_j = \max \left[-d_j, \frac{d_{j-1} + d_{j+1} - p}{2} - d_j \right] \dots \dots \dots (1)$$

3. シミュレーション条件

3.1 モデル路線

今回の制御に用いたモデル路線は、A 駅から L 駅までの 12 駅からなる単線の環状線路を、各駅停車列車(緑)が 8 本、快速列車(青)が 4 本の 12 列車が図 1 のダイヤに基づいて運転される場合を考える。なお、表 1 に示すように快速停車駅ごとに区間を分けて計算を行った。

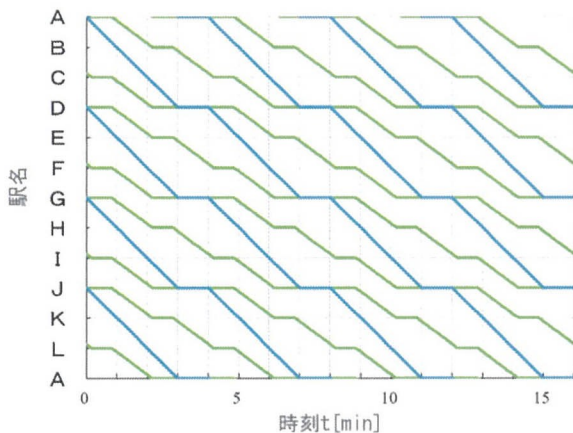


図 1 列車ダイヤ

表 1 制御の区間とその番号

区間	番号
A~D	1
D~G	2
G~J	3
J~A	4

なお、説明の便宜上 A 駅発車順をベースに次のように列車番号を付番する。同駅 0[min] 発の快速列車を 1 列車、それ以

降に発車する快速列車を 2 列車、3 列車…とする。1 列車発車の直後に同駅を発車する各駅停車列車を 101 列車とし、それ以降に発車する各駅停車列車を 102 列車、103 列車、…とする。このとき、表 1 に示す区間 i の入口駅で快速列車 j の直後に発車する各駅停車列車の番号は $j+i+99$ となる。

3.2 混雑率と乗降時間の関係

電車の運行時間は、駅間の走行時分と駅停車時分に分けることができる。このうち、駅停車時分は乗客の乗降に関する時間に依存し、一般的に最も混雑している扉での乗降人数によって決定される。本研究では、各駅で最も乗降が多い扉の乗降人数を事前に設定しておき、この値を上回ると乗降時間が増加する仕組みとなっている。

さらに、この扉から乗客の降車が終わった瞬間の扉付近の車内混雑率の基準を事前に設定しておき、この値を超えて乗車が開始するとさらに乗降時間が増加する仕組みとなっている。

4. 種別ごとの最適な制御手法

4.1 各駅停車列車の最適な制御手法

区間 i での各駅停車 j 列車と j 列車の前後の各駅停車列車および j 列車の前後の快速列車の遅延時間をそれぞれ $d_j, d_{j-1}, d_{j+1}, d_{j+i-99}, d_{j+i-98}$ とする。区間 i での各駅停車 j 列車の最適な時間調整量 $t_{j(i)}$ を以下の通り導出した。

$$t_{j(i)} = \frac{d_{j-1} + d_{j+1} + d_{j+i-99} + d_{j+i-98} - p_L - d_j}{4} \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 p_L は各駅停車列車の制御パラメータであり、回復運転や駅停車時間短縮の効果により値が決定される。

4.2 快速列車の最適な制御手法

区間 i での快速 k 列車と k 列車の前後の各駅停車列車および k 列車の前後の快速列車の遅延時間をそれぞれ $d_k, d_{k+i+98}, d_{k+i+99}, d_{k-1}, d_{k+1}$ とする。このときの快速 k 列車の最適な時間調整量 $t_{k(i)}$ を以下の通り導出した。

$$t_{k(i)} = \frac{d_{k+i+98} + d_{k+i+99} + d_{k-1} + d_{k+1} - p_R - d_k}{4} \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 p_R は快速列車の制御パラメータであり、各駅停車と同様に回復運転や駅停車時間短縮の効果により値が決定される。

5. おわりに

緩急列車が混在するダイヤにおける遅延回復の手法を定量的に検討し、有効な手法をそれぞれのパターンにおいて導出した。

本研究では、列車ダイヤが図 1 の場合にのみ成立し、必ずしも他のダイヤで今回の議論が有効であるとは限らない。また、乗客に対する評価が明確ではないことから他のパラメータへの影響を考慮した制御手法を導き出すことが今後の課題である。

参考文献

[1] 荒屋 真二, 曾根 悟:「都市形輸送軌道システムの列車群制御とシミュレーションによる特性解析」 電気学会論文誌 C 101 巻 4 号 p.97-104 (1981)