

列車群のピーク許容電力を考慮した運転方式の提案

Suggestion of the driving method in consideration of peak permission electricity of the train group

○氏家 義弘, 安信 誠二

○ Yoshihiro Ujiie, Seiji Yasunobu

筑波大学 知的制御システム研究室

University of Tsukuba, Intelligent control system laboratory

Abstract: An electricity reduction policy is found in Japan, and electricity reduction suffers from the field of railroad with a problem now. It is necessary to operate a train by changing it into the driving method appropriate to it to realize electricity reduction without reducing a transport service. However, it is difficult to perform the driving method without the support to a driver. Therefore I suggest the driving method that can reduce peak electricity by considering the run situation of the run vehicle group in this article, and build the driving support system which used it. I built a system by the PID control at this stage, but want to build a system using fuzzy control in future.

1 はじめに

現在、全国で電力削減政策が求められている。特に重視されているのはピーク電力の抑制で、ピーク時の電力需要を抑え、許容電力内で電力を使用することが重要になっている。鉄道は、元々輸送量の高さからエネルギー効率がが高く、省エネルギーな乗り物とされているが、こうした背景から電力の考慮が課題となっている。

電力を考慮した方法の1つとして間引き運転が挙げられるが、この方法は運行車両を減らして行うため、輸送サービスが低下してしまうという欠点がある。そのため、輸送サービスを低下させないためには、運転方式を変える必要がある。だが当然ながら、運転方法を変えたとしても、円滑な列車の運行を行えるようにしなければならない。

しかし許容電力を考慮に入れた運転方法は、路線中の車両群の運転状況を考慮する必要があり、運転手の経験・知識だけで解決するのは不可能である。よって、運行管理人の支援が必要だが、運行管理人も時々刻々と変化する列車の運転状況を把握して、そこから許容電力内に電力が収まる、かつ円滑な運転方法を考えていくのはなかなか難しい。

そこで本論文では、ピーク許容電力を考慮に入れても円滑な運行が行える運転方式を提案し、これを用いて運転手の運転支援を行うシステムの開発を行う。

2 許容電力を考慮した運転

列車群に許容電力を考慮した運転をさせるにあたって、どのような運転をさせれば許容電力を超えない運転ができるかを考える必要がある。運行管理者は許容電力が設定された路線中で、列車にどんな運転指示を与えればその許容電力内に電力を抑えることができるかを決めている。そして各車両の現在状況から、制約条件を満たす運転方法を判断し、運転手に運転指令・支援を行っている。

2.1 スマートグリッド

許容電力を考慮した運転方法を検討する上で、スマートグリッドの考え方をを用いることができる。

スマートグリッドとは、電力網のエネルギー需要を把握して、電力の流れを制御・最適化することによって効率良く電力を送電することである。

この考えの元、現在の路線状況では電力を使おうとしている車両のうちどの車両に電力を割り当てれば許容電力内に電力を抑え、かつ円滑な列車の運行が行えるかを決める。

2.2 運転で考慮すべき事項

列車群の運転を考える上で、電力に関連した運転事項は以下の2点である。

- (1) 加速時の使用電力 複数の列車が同時刻に加速を行うと、使用電力量が増え、許容電力を超えてしまう可能性がある。それを防ぐために、同時に加速する列車の本数を減らしたり、一部の列車の加速度を抑えたりすることによって、ピーク電力が許容電力を超えないようにする。
- (2) 回生ブレーキの利用 列車がブレーキを使うことによって生じる回生電力は、近くにいる他の列車がその電力を消費する必要がある。そこで、加速を行なっている列車(力行車)とブレーキで回生電力を発生させている列車(回生車)が近い位置に同時に存在する状況を作り、力行車に電力を供給できるように回生ブレーキを使うようにする。

3 運転指令システムの構成

第2章で述べた事項を定量化し、コンピュータに組み込むことによって、運転手に指令・支援を行う運転指令システムを構築する。構築するシステムの概要はFig.1に示す。

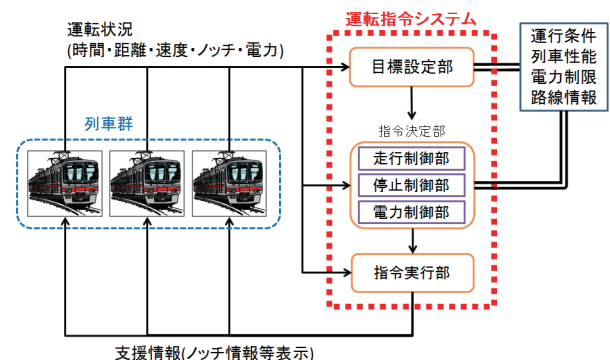


Fig. 1: 運転指令システム

3.1 目標設定部

運行している各列車の運転状況から、現在速度・制限速度・残距離・残時間・使用電力といった情報を認識し、その情報から目標速度・許容電力を設定する。

3.2 指令決定部

目標設定部で設定した事項と、第2章で述べた方法に基づき、各列車に指令する制御ノッチを決定する。具体的に、制限速度を守りながら列車を走行させる走行制御部、目標停車位置に列車を停車させる停止制御部、許容電力を考慮して運転させる電力制御部の3つの制御部で構成する。この3つの制御部から出力される操作量のうち、最小値を制御ノッチとして出力させる。操作量決定には、予見ファジィ制御則を適用する。

3.3 指令実行部

指令決定部によって決定した操作量を、運転手が認識できる情報に変え、指令・支援を各列車に提供する。

4 シミュレーション

4.1 条件

駅間距離 1000m の路線 (A 駅~B 駅) に、3 台の列車を配置する。A 駅には編成車 1、B 駅には編成車 2 と編成車 3 の 2 台を配置する。車両の性能、路線の制約条件、ダイヤは以下のようにになっている。

[車両概要]

- 車両重量 : 150[t]
- 編成出力 : 1,140[kW]
- 電気方式 : 直流 1,500[V]

[路線の制約条件]

- 制限速度 : 20[m/s](72[km/h])
- ピーク電力上限 : 0.5[kWs]

[ダイヤ]

最初に、編成車 1 が A 駅を、編成車 2 が B 駅を同時に発車する。その後、編成車 1 が B 駅に近づいた時に編成車 3 が B 駅を発車する。

4.2 結果と考察

現段階で、ファジィ制御則を適用したシステムをまだ構築していないので、PID 制御によるシステムの結果を示す。

各車両の動きに関しては、Fig.2 のようになった。この図により、許容電力を考慮した運転方法を実施しても、極端な減速・停止などがなく、円滑な運行ができていることがわかる。

次に、加速時の使用電力の結果だが、Fig.3 の通り、編成車 1 と編成車 2 が同時に加速を行う時間において、編成車 1 が加速ノッチを押さえることによって、ピーク電力が制限前に比べて減少している。その結果、列車群の使用電力が許容電力内に収まっていることがわかる。

最後に力行車と回生車の関係だが、Fig.4 の通り、B 駅に向かって編成車 1 が回生ブレーキを使用している時に編成車 3 が発車・加速を行うことによって、力行車と回生車が近い位置に同時に存在する状況を作ることができている。

以上より、加速時の使用電力と、力行車と回生車の関係を考慮することにより、許容電力を考慮した運転方法を提案することは可能であることがわかった。

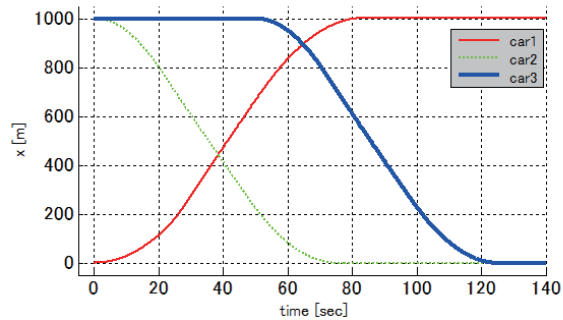


Fig. 2: S-T グラフ

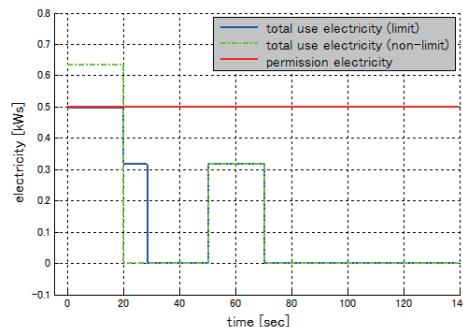


Fig. 3: 加速時使用電力

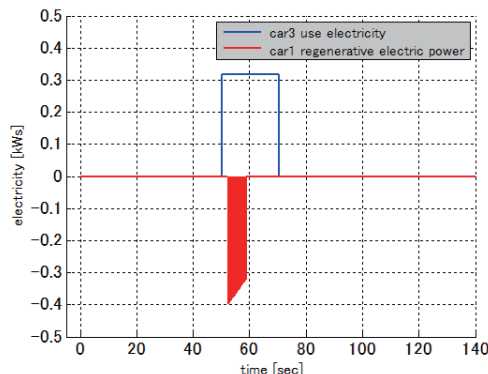


Fig. 4: 力行車と回生車の関係

5 おわりに

本論文では、列車群のピーク許容電力を考慮に入れた運転方式の提案を行った。現段階では、PID 制御による運転方式の検討及びピーク電力の算出を行っているが、今後はファジィ制御を用いてシステムを構築する予定である。さらにこの運転方式を用いた運転支援システムも今後検討していきたいと思う。

参考文献

- [1] 佐藤 勝太, 安信 誠二 「知的運転支援の列車への適用」, 第 54 回知的制御研究会, pp.22-23, 2008
- [2] 安信 誠二, 『ファジィ工学』, 昭晃堂, 1991
- [3] 飯田 真, 『電気鉄道』, 電気書院, 1973