

列車群制御による消費電力低減に関する検討

—乱数処理による傾向抽出—

To reduce power consumption by train group control
- extraction of tendency by random number processing -

○藤田 健央¹、香取 照臣²、泉 隆³

* Takehiro Fujita¹, Teruomi Katori², Takashi Izumi³

To extract the tendency of the train operation to reduce power consumption, we vary location of the trains in each time by the random number for planning diagram. We show the effect when one train accelerates and the other trains decelerate.

1. まえがき

電気鉄道は電気エネルギーの供給により走行するため、消費電力を低減することは重要な課題である。このため、き電設備や車両側など、要素ごとに消費電力低減のための研究が進められている。回生ブレーキのように、列車の減速時に発生する電力を有効に利用するためには、近隣を走行する電車の加減速を考慮した群制御を行う必要がある⁽¹⁾。

本研究では、消費電力低減のための最適な列車群制御ダイヤを求めることが目的である。本論文では、複数の列車による基準ダイヤに対し、消費電力を低減する傾向を明らかにするために各時刻の列車の位置を乱数で変化させ、消費電力を比較検討したので報告する。

2. 乱数による列車ダイヤの更新

駅間の走行法は多数あるため、どのような状況下で電力の低減を効果的に実行するのかを抽出するのは困難である。そのため、乱数を用いることによって様々な走行パターンを容易に出力し比較することができる。

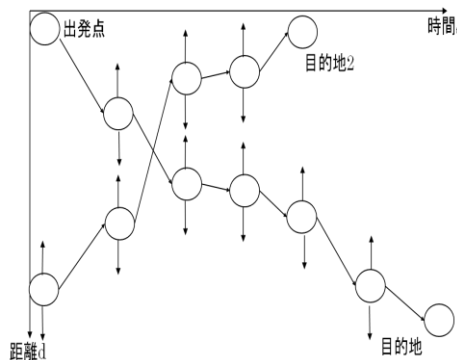


図1 乱数処理概念図

図1に乱数によるダイヤ更新の概念図を示す。列車ダイヤの変更は任意の時刻の複数の列車に対して乱数を生成し、この乱数をもとにダイヤグラム上の各距離を微調整することでダイヤグラムを更新し、現在の最小総電力量と比較する。これを繰り返すことによって最適なダイヤグラムを生成する。

<2.1> パンタ点電流

電力を計算するために、列車がある速度を出すのに必要な電流であるパンタ点電流を用いる。電流特性を図2に示す。減速時は電流を発生するのでグラフではマイナスで表している。

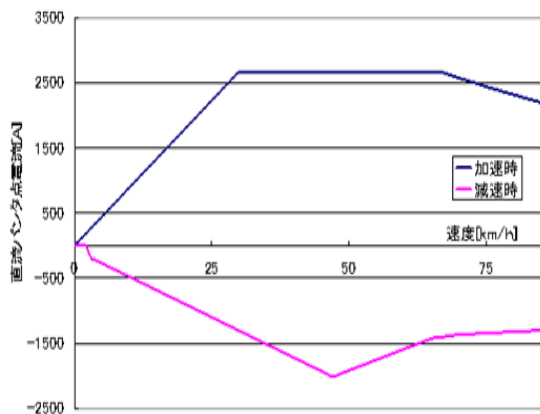


図2 電流特性

<2.2> 電力の計算

列車が走行するのに使用した瞬時電力と総電力量を算出する。瞬時電力は、ある時間の速度に対する電流値と電車線電圧をかけ合わせたものである⁽²⁾。

瞬時電力は、

$$P_j [W] = \sum_j (I_j \times V_j) \quad \dots \dots (1)$$

P: 瞬時電力 I: パンタ点電流 V: 電圧 j: 列車数であり、総電力量は、瞬時電力に時間をかけたもので、

$$Pt [Ws] = \sum_t |P_j| \quad \dots \dots (2)$$

である。

これらをくりかえし比較することによって最小のものに更新していき、どれだけの電力低減が可能になったかを評価する。

1 日大理工・院・電子, 2 日大短大・教員・総合, 3 日大理工・教員・子情

3. 結果と考察

図3と表1にモデルとした路線を示す

表1 適用路線

種類	内容
供給電圧	1500 [V]
列車数	6
距離	5124 [m]
走行抵抗	なし
駅数	3
その他	曲線や勾配、摩擦なし

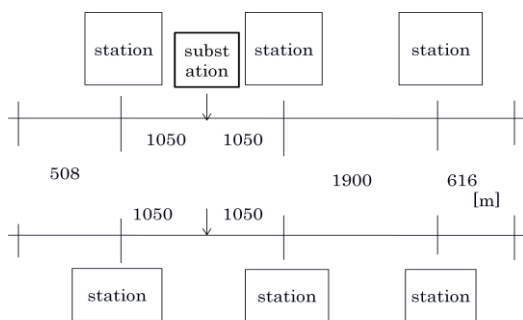


図3 モデル路線

図3は実際の路線から一変電所での供給に相当する区間を切り取ったものである。図3のダイヤに対し時間要素490ヶ所を100、000回変更することを50回行った。図4に基準としたダイヤグラムを、図5に乱数で更新したダイヤグラムを示す。

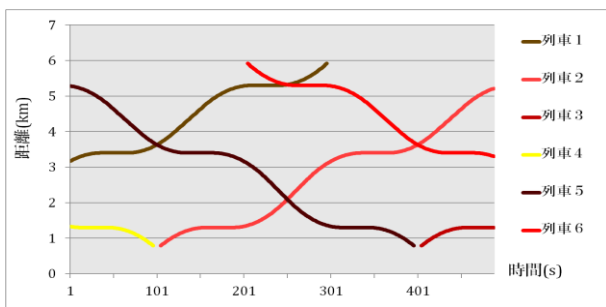


図4 基準ダイヤグラム

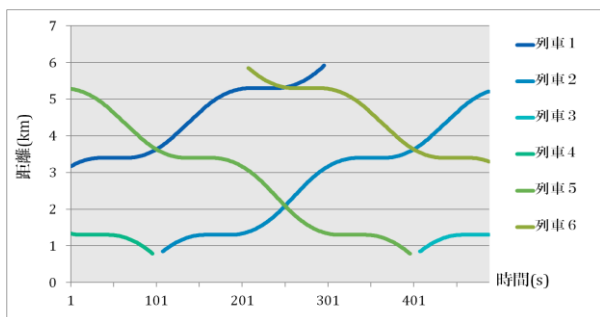


図5 乱数で更新したダイヤグラム

図4と図5はほとんど同じに見えるが距離の細かい部分が異なっている。図6に基準ダイヤグラムと乱数で更新したダイヤグラムの瞬時電力を、表2に総電力量と最大瞬時電力を示す。

表2 総電力量の比較

	総電力量[MWs]	最大瞬時電力[MW]
基準ダイヤ	976.416	5.328
変更後	902.420	7.860

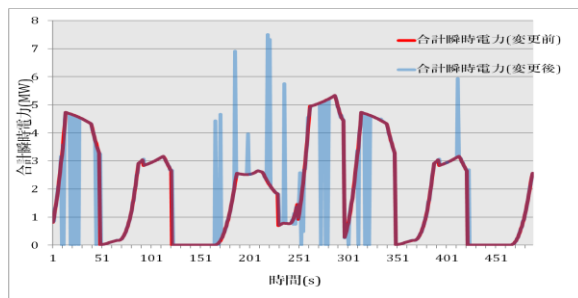


図6 時間に対する瞬時電力

大局的な傾向として1列車が加速して他の列車が減速している場合に乱数で変更されると基準ダイヤより瞬時電力が小さい時が多く、総電力量が変更後の方が小さいのはこれが原因である。

図6は細かな加減速を繰り返しているために瞬時電力がパルス状になっており、現実的に人間による運転は不可能であり、乗り心地も良くないと思われる。総電力量は約7.58%低減できたが、最大瞬時電力は大きくなった。この処理を50回繰り返したところ総電力量は約900MWに、最大瞬時電力は変更後が大きく算出された。この理由としてダイヤグラム中の距離を乱数で変更したことで、速度差による瞬時電力の変化が大きくなったからである。

4. まとめ

列車群の走行において消費電力を低減する列車走行法の傾向を求めるために、基準とするダイヤをもとに各時刻における列車の位置を乱数により変化させた。1列車が加速している他の列車が減速している部分を乱数で変更すると瞬時電力を小さくでき、効果が大きいことが示された。

今後の課題として、より細かな電回路モデルを導入して正確な電力計算とすること、今のままでは現実的に運転できないので1列車加速中で他列車減速中の部分をどのように変更するかなどが挙げられる。

文献

- (1) 藤田健央・香取照臣・泉 隆「消費電力低減のための規格ダイヤの検討」平成22年日本大学理工学部学術講演会, G-9(2010-11)
- (2) 電気鉄道ハンドブック編集委員会編、「電気鉄道ハンドブック」、コロナ社 (2007)