

# 車載蓄電装置を用いた列車電流抑制による饋電損失低減手法の検討 ～列車電流抑制値を駅間によらず一定としたSOCカーブ制御～

## Reduction in the Feeding Losses of DC Electric Railways by the Suppression of Train Load Currents with the Onboard Energy Storage Systems

### ～Feed-forward Control with Fixed Assisting Threshold Throughout a Railway Line～

芝 鷹文 (電気システム工学科)

Takafumi SHIBA

交通・電力・環境システム研究室 指導教員 高木 亮 准教授

#### 1. はじめに

比較的大きな饋電損失や回生失効などの直流電気鉄道がかかえる問題を解決する手段として、蓄電装置(Energy Storage System: ESS)を車載する方法<sup>(1)</sup>が提案されている。本研究では特に饋電損失の低減に主眼をおき、パンタ点入力電流の最大値をある値にまで抑制することで省エネルギー化を図る手法について検討を行った。本稿では、SOCカーブによる充放電制御<sup>(1)</sup>を用い、当該最大値を路線内において一定値とした場合の検討結果を報告する。

#### 2. SOCカーブ制御による充放電制御

SOCカーブによる充放電制御とは、列車位置に対する車載ESSの望ましいSOC値の関数(SOCカーブ)を事前に計算等で求め、車上に記憶しておき、列車走行時にこれを充放電制御目標値として利用する制御方法である<sup>(2)</sup>。

本検討においては、力行時にパンタ点入力電流が設定した最大値を超えた場合に車載ESSからの放電により力行アシストを行うものとしてSOCカーブを設計した。ブレーキ時には回生ブレーキにより発生した電力を全て車載ESSに充電することとし、それでもESSからの放電のために必要なエネルギーをまかなえない場合は惰行時に追充電を行う一方、充電されるエネルギーが過剰である場合は惰行時に放電を行うと仮定した。図1に、ある路線において上記の考え方のもと設計されたSOCカーブの例と、列車の運転曲線(速度-位置曲線)を示す。

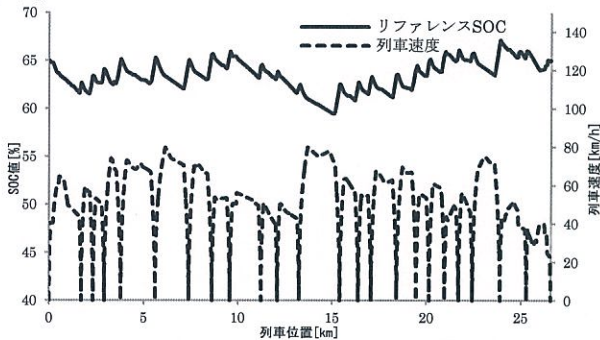


図1 設計されたSOCカーブと運転曲線

#### 3. シミュレーション条件

シミュレーション条件の概要を以下に示す。

- ・ 路線：長さ 26.6 km, 複線, 駅数 24 駅
- ・ 饋電システム：1.5 kV 直流電化  
上下一括饋電方式, 饋電抵抗 0.03 Ω/km
- ・ 変電所：5 箇所, 全てシリコン整流器を使用
- ・ 変電所容量：路線両端 3.0 MW, 路線中間 6.0 MW
- ・ 列車本数：8 両編成×6 本/h
- ・ 車載 ESS：全車搭載, 1239.9 MJ/編成 重量 8.32 t

#### 4. シミュレーション結果

表1と図2に、力行時のパンタ点電流の最大値を変化させたときの饋電特性の変化の様子を示した。

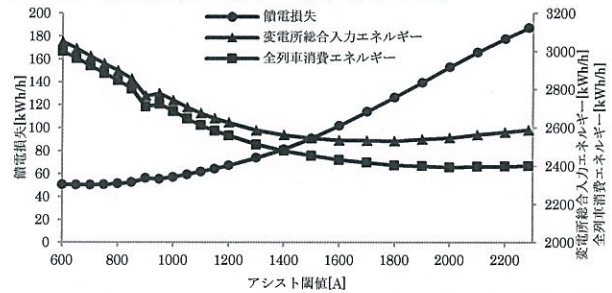


図2 パンタ点最大電流値と饋電評価量の関係

表1 シミュレーション結果

パンタ点最大電流値 [A]	ESSなし	700	1800	2000	2285
全列車消費エネルギー[kWh/h]	2616	2964	2404	2394	2401
饋電損失[kWh/h]	206	50	126	153	187
変電所総合入力エネルギー[kWh/h]	2822	2975	2531	2547	2588
回生失効率[%]	20.4	0.0	0.0	0.0	0.0

図2より、最大電流の値を低くすればするほど饋電損失は減少する結果が得られた。しかし、電気鉄道の全体としての消費エネルギーの量を示す変電所総合入力エネルギーは最大電流の値が低いときには逆に増加する結果が得られた。これは、回生電力が饋電システムに返還されなくなり、パンタ点電圧低下により力行性能が低下したことと、最大電流値を抑制することにより充放電損失が大きくなったためと考えられる。本検討の条件下では、最小の変電所総合入力エネルギーを与える最大パンタ点電流の値は1800 Aであった。

#### 5. まとめ

今回の検討により、列車パンタ点最大電流を抑制することで饋電損失を減少させることができることは示された。しかし最大電流を低い値に抑制すると変電所総合入力エネルギーはかえって上昇してしまうこともわかったため、その要因について考察を深める必要がある。

#### 文 献

- (1) 天野哲生：「電気鉄道向け車載エネルギー蓄積装置のフィードフォワード制御の提案」, 2011年度工学院大学修士論文
- (2) 佐々木龍一：「直流饋電システムにおける車載蓄電装置の電車線電圧による充放電制御の検討」フィードフォワード制御との比較～, 2011年度工学院大学卒業論文
- (3) 高木亮：「直流饋電系と列車群制御の統合インテリジェントシステム化」, 東京大学学位論文(1995)