

図 4 き電特性を考慮した場合の最適解 Fig. 4. Optimal solution with considering the effect of power feeding system

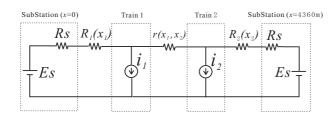


図 5 2 列車の場合の等価回路 Fig. 5. Equivalent circuit with two trains

はその相互作用の影響が大きく、列車単体での最適化結果をもとに複数の列車を走らせても、き電系全体での消費電力が最小になっているとは限らない。そこで、前述のき電系を考慮した勾配法モデルにより、複数列車の存在するき電系全体の最適化を行うこととした。目的関数は、変電所から送り出される電力量の合計とし、複数列車の運転曲線を同時に調整することでそれを最小化する。変電所は回生電力を吸収できない、一般的なものを仮定している。想定した回路は、図5の通りである。これにより最適化を行ったが、計算時間は概ね1分以内という実用的な早さであった。

図 6 は結果の一例であるが、横軸を位置とするこれまでの位相面表示では時間情報が直接読み取れず、2 列車の加減速タイミングのずれが分からないため、ここでは横軸を時間(1 列車目の出発から 2 列車目の到着までを 1 とした相対的時間)にしている。

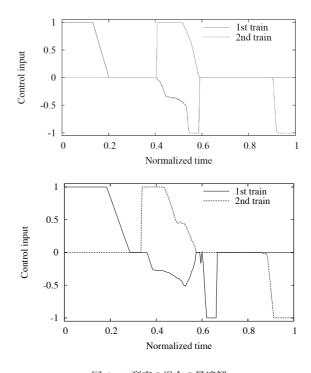


図 6 2 列車の場合の最適解 Fig. 6. Optimal solution of two trains

図6上は、1列車目の回生と2列車目の力行が丁度うまいタイミングで重なるような位相であり、この場合は1列車のときの最適化結果とほぼ同様の運転曲線となっている。しかし、図6下の場合は、1列車目の回生と2列車目の力行がうまく重ならない例であり、回生車がいる場合になるべく力行車がいるように位相をずらそうと作用する。どうしても合わせ切れない部分では、回生失効が起こるため、そこの部分は前述のような理由で最大減速度で減速している。1列車だけの議論では決して出てこないような曲線が導かれた。

(3・4) 電力貯蔵装置を導入した場合(10)(11) これまでに、図5のような複数列車、複数変電所を含むモデルを取り扱ってきたが、同様の考え方で、電力貯蔵装置が存在するシステムも検討することができる。ここでは、列車の運転曲線を最適化しつつ、電力貯蔵装置の充放電電力指令、すなわち、どのタイミングでどれだけ充放電を行うか、をも同時に最適化することを考える。

モデルとしては、電力貯蔵装置を地上側に置く場合でも、車上側に置く場合でも対応できるが、ここでは例として電気二重層キャパシタを車上側に積んだ場合を想定する。ここで注意すべきは、キャパシタの初期充電量(出発時)と終端充電量(到着時)との差であり、単純に変電所からの供給電力量を最小化するだけでは、キャパシタをひたすら放電するような解が出てしまう。そこで、モデル化の際、図7のように、キャパシタの初期充電量と終端充電量を固定することでこの問題を解決した。平坦な路線では、終端充