

電車の加速度と電流について

About the acceleration and electric current of trains

SS II 加藤遼夏 RYOGA Kato

鉄道車両のうち電動機を用いて走行する電車では、その制御の方法や電流の流し方によって運動の挙動が異なる。そこで車種によってどのような制御の違いが存在するのかを実測により加速度や出力を比較し同一路線上で走行した際にどのような差が出るのかをシュミレーションすることを目指した。

1 実験方法

電車の加速時に運転台後方より電流計、速度計と電圧計をカメラで撮影した。撮影に使用した機材はiPhoneSE2とLUMIXDMC-FZ300である。撮影に使用した車両は東急5000系5106編成と東急2020系2140編成である。乗車した区間は東急田園都市線の二子玉川駅から中央林間駅である。撮影した物を解析し、加速度、主電動機トルクや引張力を推定する。また、今回の実験では重量が大きな影響を与えるパラメーターとなるため、乗車人数は2020系ではINTEROSの示す乗車人数を、5000系ではTISの示す乗車率より乗車人数計算したものを参考にし、一人当たり55kgとして計算した。また5000系の電流計はモーター8台分、2020系の電流計はモーター4台分を計測している。



図1 2020系 図2 5000系
(写真はどちらも実験に用いた車両の同型車である)

2 結果

実測の値では動画の画質の関係や、デジタル計器で整数値化された値が表示されるため誤差が大きく出る。そのため、加速度は定トルク領域で一定、定出力領域で加速度に反比例、特性領域で速度の二乗に反比例として処理をした値を使った。図3に値の処理をした加速度、図4に速度と電流の図を示す。2020系はインバータ出力電流計、5000系はインバータ入力電流計である。

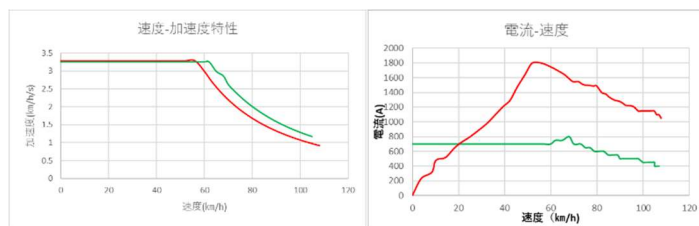


図3 速度-加速度特性

図4 電流-速度

3 考察

どちらも0 km/hからの加速を重視した高加速な設定といえる。定トルク領域の範囲が60 km/h程度までとかなり広い一方、定出力領域は狭くなっている。本来、定出力領域は電流も電圧も最大値となった後に誘導電動機のすべり周波数をあげることで速度が上がり回路全体での大きくなった抵抗の中でも電動機電流を保つ領域である。そこで、すべり周波数を一気にあげることで、高いインピーダンスの中でも電流を上げ続け定トルク領域を拡大していると考えられる。その結果定出力域が極端に狭いのだろう。この制御は5000系に顕著であり2020系では最大電流を保つ時間が数秒見られたが5000系では最大電流を全く保たない。またどちらの車両もかなり電動機に高負荷を掛ける走り方をしており、最大出力で5000系は定格出力の1.3倍、2020系は定格の2.2倍で走行している。2020系は5000系と比べて定格出力が27%低下しているのにもかかわらず重量は20t程増加しているので電動機にはより大きな負荷がかかっている。10%勾配でのつり合い速度は2020系が147 km/h、5000系で136 km/hと計算され、JRの特急車両並みである。これは電動車比率の高い編成に4000A級の大電流を流しモーターに高負荷をかけた結果であると考えられる。

参考文献

電気車研究会 飯田秀樹/加我敦:「インバータ制御電車概論」(2003)

総合車両製作所:「総合車両製作所技報 第2号」

JR 東日本 JR EAST Technical Review-No.51