

電鉄用モータ制御の旅

第12回

電車の制御方式と乗り心地の関係

千倉 ぱるす



(a) 電動カム軸式抵抗制御



(b) 電機子チョップ



(c) VVVFインバータ

写真1 モータ制御方式の違う3種の鉄道車両について加減速時の乗り心地を比較した

今回は、実際に営業運転している電車が対象です(写真1)。制御方式の違う3種類の車両について、進行中の加速度を測定して加減速特性や乗り心地を比較してみます。3つの制御方式は、連載の第3回~第11回で小型電車を駆動するために、

- 電動カム軸式抵抗制御装置
- 電機子チョップ装置
- VVVFインバータ装置

として紹介し、性能を比較・検証したものです。

加速度データは電車に乗り込んで スマホ・アプリで取得

スマートフォンに内蔵されている加速度センサを活用して、加速度データを記録するため、事前にGoogle Play Storeで加速度データを記録可能なデータ・ロガー・アプリを入手しておきます。

測定は車内の平らな場所にスマートフォンを平置きして行います。このとき電車の進行方向とスマートフォン画面の上下方向が平行になるように設置します。これで電車の進行方向が取得データのY軸に対応するようになります。

データはCSVファイルとして保存し、後でExcelに取り込んでノイズ除去、オフセット除去、単位変換などの加工を行います。また、進行方向の加速度データを積分することで、速度も簡易的に推定してみます。

車両の乗り心地は、モータ制御方式以外にもさまざまな条件によって左右されます。具体的な要因として

は走行区間の地形、線路状態、運転操作、台車構造などが挙げられます。今回は主制御装置によるモータ制御特性に注目するため、Y軸加速度の解析を行います。

● 電動カム軸式抵抗制御：東武6050型

東武6050型は浅草から日光・会津エリアまでの長距離を結ぶ快速列車として活躍していた車両です。主に駅間の距離が長い路線での運用に充てられていました。駅間の距離が長いと加減速の頻度が低いため、首都圏エリアの一般的な通勤型車両と比べて低めの加速度に設定されています。勾配が多い山岳地帯を走行するために、モータで発電した電力を抵抗器に消費させることで制動力を得られる発電ブレーキ機能を備えています。この装備は連続する下り勾配でエア・ブレーキに頼らずに制動力を得るためのものです。

制御方式は電動カム軸式抵抗制御です。加速時には24段の制御ステップ(抵抗制御18段+弱め界磁制御6段)を切り替えます。制御ステップを切り替えると主回路電流が急激に変化して主電動機のトルクが変動するため、乗客は前後方向に衝撃を感じます。

力行(モータによる駆動状態)する際の加速度推移を図1(a)に示します。小刻みな変動がありますが、速度が46km/hに達するまでは約1.6km/h/sの加速度を維持できています。発電ブレーキを使用する際にも制動力を調整するために抵抗ステップを切り替えており、切り替えのタイミングで衝撃があります[図2(a)]。