

低床電池駆動 LRV [SWIMO-X] の走行試験結果

[機] 大西 博幸 秋山 悟 ○前田 剛宏 柴田 大輔 (川崎重工業)

Running Test Results of Low Floor Battery-Powered LRV [SWIMO-X]

Hiroyuki Onishi, Satoru Akiyama, ○Takahiro Maeda, Daisuke Shibata

(Kawasaki Heavy Industries, Ltd.)

Kawasaki Heavy Industries designed and manufactured a low floor battery-powered LRV "SWIMO-X". SWIMO-X is a vehicle equipped with Ni-MH battery "GIGACELL" for test and verification. From October 2007 through March 2008, the running tests of SWIMO-X were executed on the test track in Kawasaki's factory and on the revenue service line in Sapporo City. Maximum range of 37.5 km was recorded in the operation without power from the overhead catenary.

キーワード：ギガセル、低床電池駆動 LRV、走行試験

Key Words : GIGACELL、Low floor battery-powered LRV、Running test results

1. はじめに

近年、地球環境の問題や高齢化の進行などにより、新しい都市交通システムとしてLRVが注目されている。

川崎重工業㈱では、自社開発した車載用ニッケル水素電池「ギガセル®」を搭載した次世代路面電車「SWIMO®」の開発を進めている。

②「SWIMO」は、①人に優しい、②地球に優しい、③鉄道事業者にとって優しい、という3つのコンセプトを基本としている。これらのコンセプトから「Smoothな乗降、Smoothな非電化区間への直通運転を達成(WIn)する移動手段(MOVer)」として「SWIMO」と命名した。

「SWIMO」のコンセプトをベースとした実験車両「SWIMO-X」を設計・製作し、現在試験を行っている。ここでは実験車両「SWIMO-X」の車両の概要とこれまでの走行試験の成果を報告する。

2. 実験車両 SWIMO-X について

2.1 SWIMO-X の概要

(1) 車両の概要

SWIMO-X の形式図を図1に示す。

SWIMO の構成は、車両長 15m(3 車体)から 30m 程度(5

車体)まで、車体幅は 2.23m から 2.5m、軌間は 1,067mm から 1,435mm に対応し、国内外の各事業者のニーズに応じるべく各種バリエーションの展開を計画している。SWIMO-X は最も小さいクラスの車両とし、路面電車特有の急曲線通過に対応可能な車両である。

SWIMO-X ではバリアフリーの乗降を可能とするだけでなく、広い客室面積を実現し、利用者の利便性と車両としての最大の定員を確保することを目標とした。

このため、運転台部分を最小寸法で構成し、他のスペースは低床構造の客室として利用できるように設計した。主要な機器類は屋根上に搭載し、ギガセルは客室内の腰掛の下にすべて収納している。

先端台車は特殊構造のダイレクトマウント式動台車とし、先頭軸を一般的な駆動軸としてその上部に運転台を配置し、後位は小径車輪として客室低床部の構成を可能とした。中間台車は車軸のない左右独立輪ボルスタレス方式として、中間中央部の低床部を構成可能としている。

これらの構造により、車両長 15m に対し、11.88m(79%)の低床客室部を一体で構成し、定員も 62 名を確保でき、効率的な構成が実現できたと考えている。

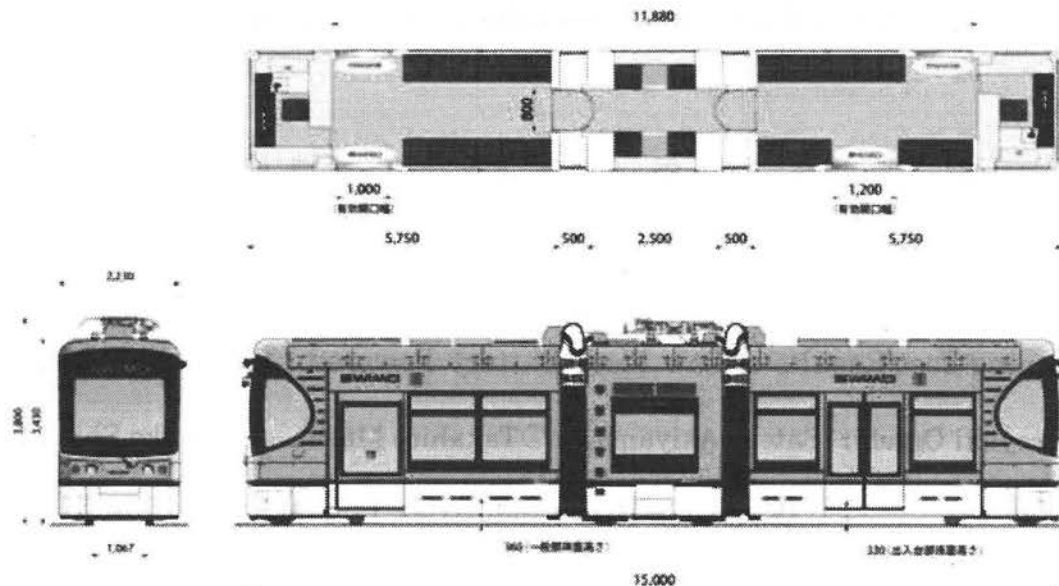


図 1 SWIMO-X 形式図

(2) SWIMO-X 車両諸元

SWIMO-X の主要諸元を表 1 に示す。

表 1 SWIMO-X 主要諸元

項 目	内 容・数 値
き電方式	架線(DC600V)および駆動用電池
軌間	1,067mm
空車重量	30ton
定員(座席)	62 人(28 人)
車両長	15,000mm
車体幅	2,230mm
車両高さ	3,800mm
床高さ	330mm(出入口部) 360mm(客室部)
貫通路幅	800mm
最高速度	40km/h(設計最高速度 50km/h)
加速度	高加速 3.5km/h/s 常用 2.5km/h/s
減速度	非常 5.0km/h/s 常用最大 3.5km/h/s 回生最大 2.5km/h/s
充放電制御装置	双方向昇降圧チョッパ 最大出力 250kW
駆動用電池	車載用ニッケル水素電池「ギガセル®」 容量 約 200Ah
主電動機	3 相誘導電動機 50kW×2
主制御装置	IGBT・VVVF インバータ
ブレーキ装置	回生制動優先電気指令空気ブレーキ
集電装置	パネ上昇電気下降シングルアーム
空調装置	屋上集中式 11.63kW×2
ドア装置	電気式プラグドア

2. 2 ギガセルの概要

③ギガセルの優れた特徴を以下に示す。

①高い安全性：他の二次電池と異なり、水溶液系無機物の電解液を使用しているため、発火・破裂の危険性がなく車載用に適している。

②高リサイクル性：溶接を用いない方法で組み立てているため、分解と選別回収が容易である。

③低コスト：使用材料が一般的で構造も簡素である。

④大容量、高効率、長寿命：バイポーラ積層構造を採用することにより、大容量・小型化を実現した。また内部抵抗が小さく、高出力での使用と高速充電が可能で、充放電の繰り返しの強い。

当社では、ギガセルを使ってさまざまな試験を行っており、現在も継続中である。その中で得られたギガセルの基本性能を以下に示す。

①放電特性：ギガセルは SOC(State Of Charge：充電状態 %)に対し、比較的平坦な放電電圧特性を持つので、蓄電エネルギーをより多く利用できる。

②メモリー効果特性：SOC80%充電から 10 秒ごとに 1.5C (「C」は Capacity(容量)の頭文字で、電池の全容量を 1 時間で使い切る電流値を基準にしている)での充放電を繰り返した後も初期と同様の放電が可能であり、メモリー効果がない。

③力行回生サイクル特性：2C での 10 秒充電・10 秒放電の繰り返しで車両の力行、回生ブレーキを模擬した連続耐久試験を実施したが、100 万サイクルを経過しても内部抵抗、容量に変化はなく、劣化は見られない。100 万サイクルというのは、1 日当り 300 回の発車、停車を繰り返すと仮定した場合、概ね 10 年間の走行に相当する。

④過充電完全放電サイクル試験：過酷な条件下での耐久性を確認するために、過充電(SOC120%)から完全放電(SOC がほぼ 0%)までのサイクル試験を実施している。現在 1400 サイクルを超えて試験を継続しているが、電流量効率 96%を維持しており、耐久性は極めて高い。

3. 走行試験の結果

3.1 当社播磨工場での走行試験

2007年10月から11月にわたり当社播磨工場内の実験線で車両基礎性能の確認を行った。

試験に際し、主回路、補助電源、ブレーキなど車両としての基本特性、台車の特性を測定した。またギガセルのみの電力による走行(バッテリー走行)も行った。この基礎試験の結果、実路線での走行が可能であることが確認された。なお播磨工場での走行距離は332.7km、そのうち電池走行は277.9km(約84%)である。

3.2 実路線(札幌市交通局殿)での走行試験

図2に実路線での走行パターンの代表例を示す。

実路線の走行は、2007年12月から2008年3月にわたり延べ39日間、札幌市交通局殿の軌道線で走行試験を行った。

軌道線の片道8.5kmの1.5往復を基本単位として1日当たり3往復、または3.5往復の試験を行った。実路線の走行パターンは営業運転ダイヤに基づいており、主にパンタを上げた架線走行とパンタを折り畳みギガセルのみの電力によるバッテリー走行を交互に行った。

総走行距離は1841.6km、そのうちバッテリー走行は876.7km(約47%)である。

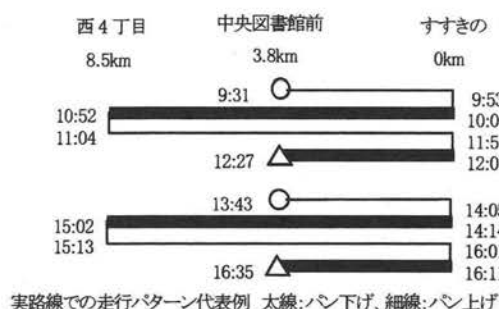


図2 実路線での走行パターン(代表例)

(1) 架線走行(パンタ上げ走行)

パンタグラフを上げた状態でバッテリーのSOCが70%以下の場合には、70Aの定電流充電を行いSOCが75%となると定電流充電を停止させる充放電システムとして、走行試験を実施した。

また車両のブレーキ時には定電流充電を自動的に中断し、回生電力をバッテリーに全て充電させている。営業時間中の実路線走行においては、回生失効が発生しないことを確認できた。なおSWIMO-Xは、架線へ回生電力およびバッテリーの電力を戻さない方式としている。

また営業車との混在走行時に架線電圧が低下の際には、バッテリーから放電することにより、電圧低下を補償する機能(アシスト放電)を行うことが確認できた。なお今回のしきい値は、520Vとしている。

(2) バッテリー走行(架線レス模擬走行)

図3に走行パターンの代表例を、図4に無充電走行のチャートを示す。

図2に示すバッテリー走行では、片道8.5kmを常時暖房を使用して、電池SOC55~75%の範囲で走行した。

一方暖房切り状態とし、通常の営業走行パターンで無充

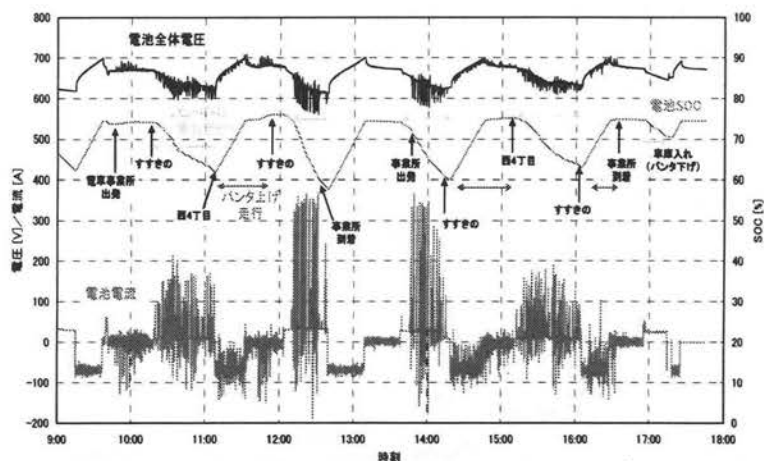


図3 走行パターンのチャート(代表例)

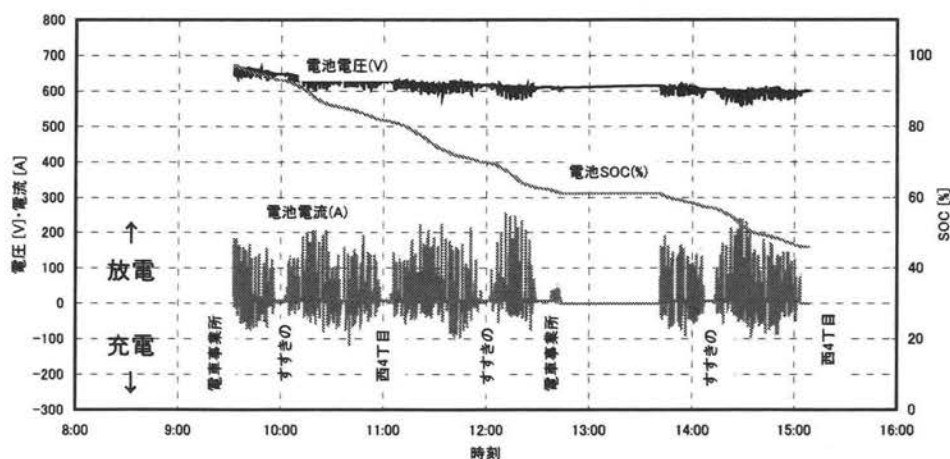


図4 無充電37.5km走行のチャート

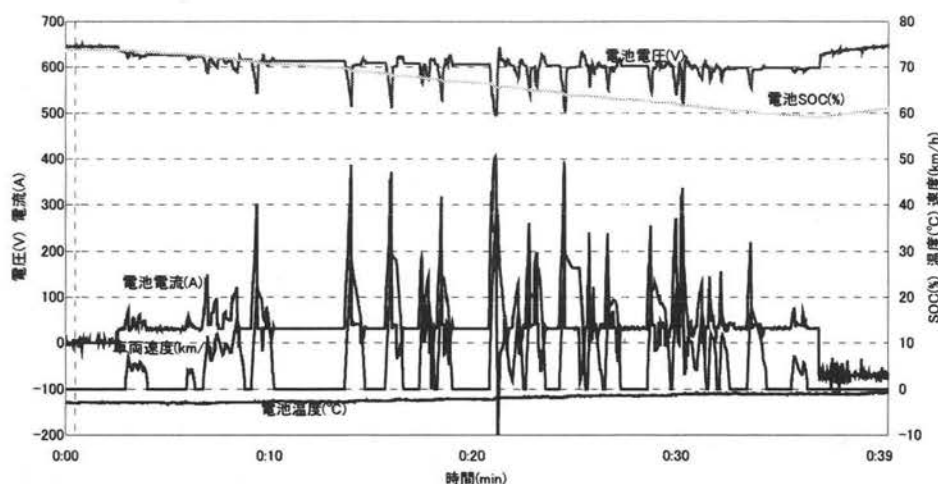


図5 屋外留置試験明けの電池走行チャート

電連続走行を行い、37.5km(2往復強)を走行することができた。この無充電走行時にバッテリーから64.47kWhの電力を供給した。

1.5往復(25.5km)の無充電走行インバータ回生率(回生電力量から力行消費電力量を除いた値)は、36.0%となった。また全走行における平均インバータ回生率は、32.5%であることを確認した。

(3) 屋外留置低温試験

図5に屋外留置試験明けのチャートを示し、留置試験の状況を写真1に示す。

低温降雪環境下で日中から夜間にかけて屋外留置した後の朝に、バッテリー温度 -3°C (外気温度 -5°C)の低温状態で本線走行を行い、車両の起動に問題なくまた低温時の走行に支障がないことを確認した。

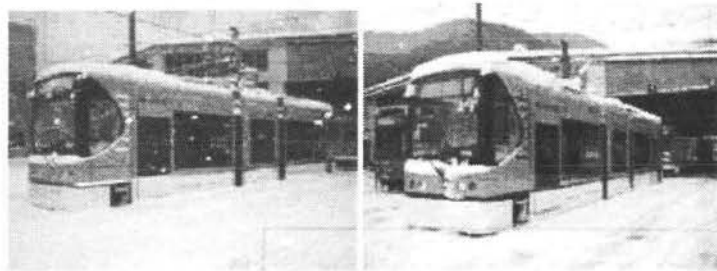


写真1 屋外留置低温試験

(4) まとめ

実路線の走行において、特段の課題も生じなかった。またギガセルにおいても、試験期間中の交換は一切なかった。

SWIMO-Xは、現在も播磨工場にて夏季における走行試験を実施し、10月現在で昨年から2752.1kmうちバッテリー走行で1723.1km走行している。実路線走行を含め2008年4月までは、計測用として車軸端にスリップリングを取付けていたことによる走行抵抗への影響で、インバータ回

生率が低めとなっていたが、現在は40%台となっている。

4. おわりに

今回実路線で走行させることにより、貴重な経験とデータを得ることができた。今後は、更に各種の試験を繰り返すことにより耐久性などのデータ収集に努め、SWIMOシリーズの発展に結び付けていきたい。

実路線の走行にあたり、札幌市交通局殿に並々ならぬ御指導、御協力をいただいた。この場をお借りして、御礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 小倉, 吉田, 堤, 西村: 低床電池駆動路面電車(LRV)の開発, J-Rail 2007.
- 2) 奥: 超低床電池駆動 LRV 実験車両「SWIMO」試験走行の概要, 鉄道車両と技術, No.140, pp. 26-27, 2008
- 3) 秋山: 架線レス路線で走行できる次世代 LRV「SWIMO」について, CYBERNETICS, Vol.13-No.4, pp. 3-6, 2008.