

第63回

浮上式鉄道車両

はじめに

超電導磁気浮上式鉄道のシステムは、大きく分けて、地上コイルが取り付けられたガイドウェイ、超電導磁石を搭載した車両、そして、地上コイルへの給電システムから構成されます。この「鉄道技術 来し方行く末」では、今までに地上コイル、ガイドウェイ、超電導磁石についてご紹介してきました。今回は、浮上式鉄道の車両にスポットライトを当て、黎明期から山梨実験線に至るまでをご紹介いたしましょう¹⁾²⁾。なお、ここでは、混乱を避けるため、本来なら試験装置に分類されるものも含め車両と統一しました。

黎明期の車両

後に超電導磁気浮上式鉄道につながるリニアモーター推進高速鉄道の研究は、鉄道総研の前身の鉄道技術研究所(以下「技研」)で1962年に始まりました。リニアモーターによる推進が決

まった後、各種の車両支持案内方式が検討され、1970年には超電導磁気浮上方式の本格的な検討が始まります。当初は超電導磁気浮上方式の原理確認のための基礎検討が中心で、浮上走行が可能な実験車両はまだありませんでした。そんな中、同じく1970年に大阪で開催された日本万国博覧会の政府館に国鉄の協力によるリニアモーターカーの縮尺1/20の走行模型が展示され、未来の交通機関として多くの人々の関心を集めました(図1)。

その後技研では、1972年に超電導磁石を搭載した最初の磁気浮上実験車両であるLSM200が製作され、技研構内の約220mのガイドウェイで速度50km/hでの浮上走行に成功しています(図2)。このLSM200は、長さ4.0m×幅1.5m×高さ0.8mの弁当箱のような実験車両でした。LSM200は、車両というよりも実験用台車で、みなさんが思い描く車両のイメージからはほど遠いかもしれません。

また、同じく1972年には、初の有

人磁気浮上実験車両であるML100も登場します(図3)。この車両は超電導磁石の上に直接車体を載せたような形状をしており、車内には4名分の座席が設けられていました。ML100は、日本の鉄道開業100周年を記念して製作され、技研構内のガイドウェイで浮上走行しました。このML100が私たちが思い描く車両のイメージに近い初めての実験車両かもしれません。

ML-500の登場

技研構内の短距離のガイドウェイでの走行では、これ以上の速度は出せなかったため、宮崎県日向市に新たに建設した延長約7kmの宮崎実験線で、1977年から実験車両ML-500による走行試験が始まりました。ML-500は名前の通り、磁気浮上による最高速度500km/hの実証を主目的とした車両で(図4(a))、重心に近い車両の中心部分で推進・案内を行えるようにガイドウェイを逆T字型の断面形状とした



図1 大阪万博で展示されたリニアモーターカー



図2 LSM200



図3 ML100

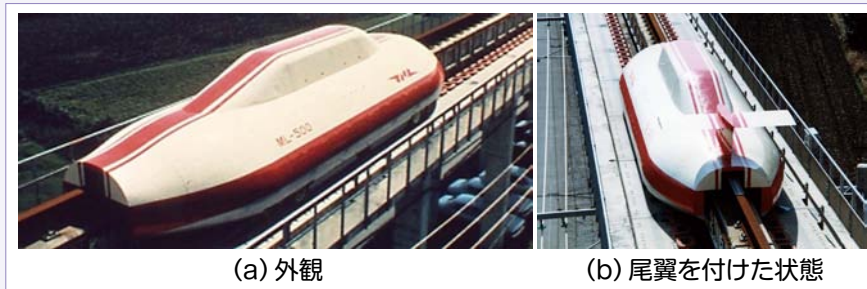


図4 ML-500

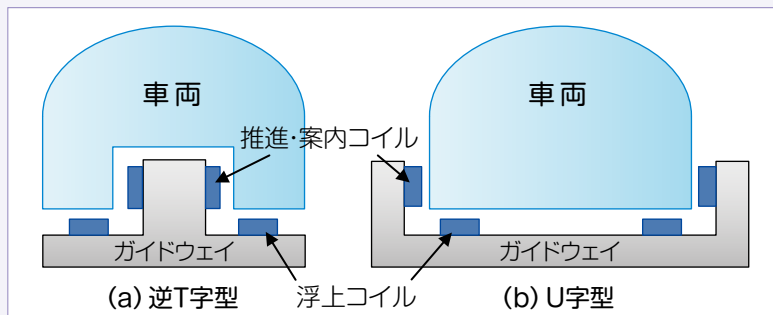


図5 ガイドウェイ形状の比較



図7 MLU001

ため、車両には客室スペースを得ることは困難でした(図5(a))。

一般の鉄道車両は双方向に走行するため、先頭部と後尾部は同じ形状ですが、ML-500は、一方向(宮崎実験線では、宮崎向きの南行き)で最高速度を出せればよいという考えで、前後非対称の車体形状となっていました。また、高速域で車体前部が浮き上がる傾向があったため、後尾部に羽根を取り付け、空気力により姿勢を安定させることも考え、実験も行いました(図4(b))。

磁気浮上における電磁力は、車両を浮上させたり、左右方向に支持(案内)させるばね力として作用しますが、振

動を抑える減衰作用はほとんどないため、そのままでは振動が発散する可能性があります。ML-500の車体は台枠に直接固定されていましたが、車体内部には、計測機器を搭載した計器台が台枠からばねとダンパーを介して取り付けられており、この計器台がダイナミックダンパー(動吸振器)として働いて、車両の振動を抑える働きをしました。その他、当時の実験車両は、超電導磁石を冷却して気化したヘリウムガスを大気へ放出しながら走行していましたが、冷凍機を搭載することで冷媒を走行中に再液化する試験も実施しました。そのために、ML-500にエンジ



図6 ML-500R

ン駆動の冷凍機を取り付け、車体を載せ替えたML-500Rとしての走行試験も1979年の途中に実施し、車載冷凍機の可能性を確認しました(図6)。このML-500Rの車体は、無塗装の銀色のアルミ合金製で、異彩を放っていました。

その後本来の車体に戻されたML-500は、1979年12月に当時の鉄道の速度記録である517km/hを記録し、その目的を達成しました。

3両編成MLU001の登場

より営業車両に近い車両での走行試験を行うため、1980年に実験線全線をU字型のガイドウェイ形状に改造して(図5(b))、車体断面積を大きくし、編成での走行が可能な新しい実験車両MLU001による走行試験が開始されました(図7(a))。このMLUのUはU字型ガイドウェイを表します。

MLU001は、当初宮崎向きの先頭車1両から走行を開始し、続いて日向向きの後尾車、最後に中間車の合計3両が製作されて、3両編成での走行試験を行いました。先頭車と後尾車を連結すると前後対称形状となり、やっと鉄道車両のような外観になりました。

各車両は台車と車体から構成されますが、1車体に1台車を取り付けられ、超電導磁石が車体長にわたり連続的に配置されていました。また、車内には座席が備えられ、有人での走行試験も行われました。しかしながら、一般の試乗は考慮されておらず、空調装置も

未設置だったため、夏場の走行試験では車内はかなりの高温となって、乗務員はかち割り氷を持って乗車したこともあるそうです。

MLU001は1987年に無人では405.3km/h、有人では400.8km/hの速度記録を樹立し、有人かつ編成車両としての高速走行の可能性を実証しました。その後、1987年にMLU002へ実験車両の座を譲った後も、1989年には空力ブレーキ試験(図7(b))、1992年にはMLU002N完成までのピンチヒッターとして、再び宮崎実験線のガイドウェイを走行し、山梨実験線建設に向けての要素技術開発に貢献しました。

ボギー方式の実験車両 MLU002

MLU002は、国鉄末期の1987年2月に登場した2台の台車を備えた初の

ボギー方式車両です(図8(a))。超電導磁石は台車部分にのみ取り付けられた集中配置方式となっています。MLU002は試乗を考慮した定員44名の座席を有し、近未来的イメージの車内には専用設計の空調設備や座席後部に当時はまだ珍しかった液晶モニターも備えられていました(図8(b))。この頃、地上コイル・ガイドウェイ関係では、浮上効率を上げるために、側壁浮上方式の採用が決まりました³⁾が、この方式では、電磁氣的なばねが硬くなるため、超電導磁石を通じて振動が伝わりやすくなり、乗り心地への影響が懸念されていました。そこで、従来の超電導磁石の単純な取り付け構造に対して、台車の中間部にもう一段のばね支持構造を導入した“弾性支持方式台車”が考案され、MLU002を用いて基礎的な試験を行いました(図9)。一般のお客様向けの試乗会も多数開催さ

れ、たくさんの方々に超電導磁気浮上式鉄道の乗り心地を体験していただきました。しかしながら、1991年10月、MLU002は、実験中に発生した火災事故で焼失してしまいました。この際得られた貴重な教訓から、以後の実験車両は万全の防火対策を取っています。

宮崎実験線最後の実験車両 MLU002N

MLU002Nは1993年に登場した宮崎実験線での最後の実験車両で、基本的な構造はMLU002を踏襲しています(図10)。当時、山梨実験線の建設に向けて、要素技術の開発が佳境に達しており、走行試験の空白期間を短くするため、わずか1年間で設計から製作までが進められました。MLU002Nは試乗は考慮せず、座席は乗務員用の12名分のみとし、MLU001で基礎試験を行った空力ブレーキなどを備えて登場しました。また、前面窓は省略され、ITVカメラで前面映像を投影する方式となりました。MLU002で試験的に導入した弾性支持方式台車も本格的に採用され、走行試験で乗り心地向上効果を確認しました。その他、山梨実験線車両での採用が見込まれた車輪ディスクブレーキ装置なども取り付けられ、走行試験で効果を確認しました。

MLU002Nは、1994年には無人で

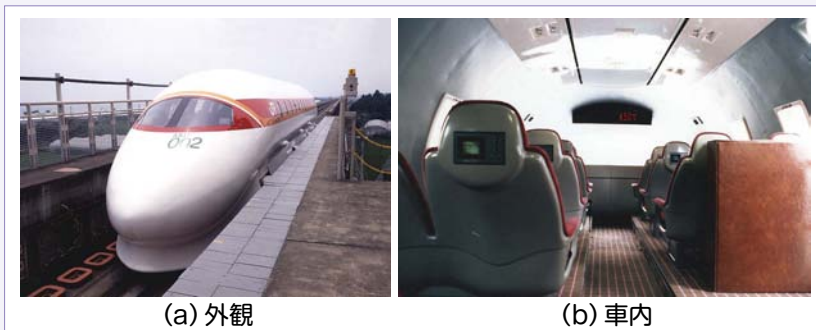


図8 MLU002

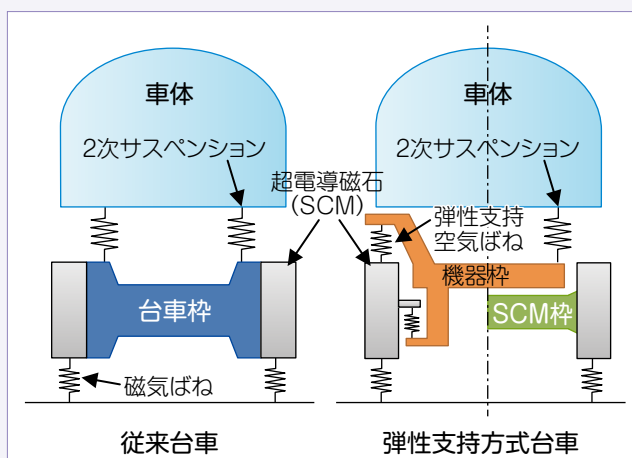


図9 従来台車と弾性支持方式台車



図10 MLU002N



(a) ダブルカスプ型 MLX01-1



(b) エアロウェッジ型 MLX01-2

図11 MLX01 (第一編成車両)

431km/h, 1995年には有人で411km/hを記録し、翌年宮崎実験線での全走行試験が終了しました。

山梨実験線、そして将来へ

山梨実験線は、運輸大臣(当時)通達に基づき、鉄道総研、JR東海、日本鉄道建設公団(現 鉄道建設・運輸施設整備支援機構)の事業3者により進めることとなり、宮崎実験線では実施困難だったトンネル内走行や複線でのすれ違い、勾配や曲線などの走行、複数列車の制御などのさまざまな試験を行うため、1990年から山梨実験線の建設が始まりました。建設が完成した18.4kmの先行区間において、1997年から3両編成のMLX01第一編成車両を用いた走行試験がスタートしました。MLX01はそれまでの実験車両と異なり、超電導磁石を取り付けた台車を車体連結部に配置した連接台車方式を採用しました。連接台車方式とすることで、車両の重心を下げて車体断面積を小さくすることができ、あわせて、超電導磁石を客室から遠ざけることで磁界のシールドも容易になりました。

MLX01第一編成の先頭車には、高速で走行する際の空力的な影響を確認するため、甲府向きがダブルカスプ型MLX01-1(図11(a))、東京向きがエアロウェッジ型MLX01-2(図11(b))の2種類の先頭形状が採用されました。

当初、3両の第一編成車両でスター



図12 L0系
写真提供：JR東海

トした山梨実験線の走行試験は、第二編成車両を加えた2編成車両での各種走行試験、編成を組み替えて長大編成を模擬した5両編成とした走行試験などを実施し、将来の営業線に向けた貴重なデータを残しました。MLX01は、2003年に当時の世界速度記録の581km/h、2004年には2編成車両を用いたすれ違い走行試験で相対速度1026km/hを達成しました。これらと並行して、空力特性の改善を目指し、先頭部をさらに伸ばしたMLX01-901も2002年に製作され、効果の確認が行われました。

MLX01の走行試験で得られたたくさんの貴重な成果は、現在山梨実験線で走行中の営業線プロトタイプ車両L0系⁴⁾に活かされています(図12)。L0系は山梨実験線の延伸工事および先行区間設備更新工事完成後の車両としてJR東海が製作したもので、2015年には、1日走行距離4,064km⁵⁾、最高速度603km/h⁶⁾を記録しています。

現在、第一編成の先頭車MLX01-1が愛知県名古屋市のJR東海リニア・鉄道館に、同MLX01-2が山梨県都留市の山梨県立リニア見学センターにそれぞれ展示されています。

(渡邊健/浮上式鉄道技術研究部
電磁システム研究室)

文献

- 1) 鉄道総合技術研究所浮上式鉄道開発推進本部編：超電導が鉄道を変える リニアモーターカー・マグレブ、清文社、1988
- 2) 鉄道総合技術研究所編：ここまで来た！超電導リニアモーターカー、交通新聞社、2006
- 3) 澤田一夫、三好清明：翔べ！リニアモーターカー、読売新聞社、1991
- 4) 東海旅客鉄道：【社長会見】超電導リニアの新型車両の概要について、ニュースリリース、<http://jr-central.co.jp/news/release/nws000625.html>
- 5) 東海旅客鉄道：「山梨リニア実験線 長距離走行試験」の結果等について、ニュースリリース、<http://jr-central.co.jp/news/release/nws001640.html>
- 6) 東海旅客鉄道：「山梨リニア実験線 高速域走行試験」の結果について、ニュースリリース、<http://jr-central.co.jp/news/release/nws001642.html>