

## 【隔月連載記事】

### やさしい超電導リニアモーターカーのお話（その1）

#### ～リニアモーターカーとは～

財団法人 鉄道総合技術研究所  
浮上式鉄道技術研究部  
低温システム研究室長 長嶋 賢

#### 1. 実用化されたリニアモーターカー

リニアモーターカーというとどんなイメージを思い浮かべるだろうか？「未来の超高速列車」というのが一般的な答えかも知れない。しかし、リニアモーターカーは超高速列車だけとは限らないし、未来ではなく現在、日常生活に入り込んできつつある。既に、大阪、東京、神戸、福岡、横浜の5都市で開業している「リニアメトロ」と言われる地下鉄もその一つである (<http://www.jametro.or.jp/linear/menu.html>)。レールの上を鉄車輪で走行するため、乗っている人も気がつかない場合が多いが、レールとレールの間に敷いたリアクションプレート（アルミまたは銅と鉄の複合板）と車両側の電磁石がリニア誘導モータを構成する立派なリニアモーターカーなのである。リニアモーターカーの定義は回転式のモータで走行するこれまでの電車と違い、モータを直線状（linear：リニア）に展開し、その一部（この場合はリアクションプレート）を軌道側に配置して、車両を直線運動させる交通機関のことである。

この他に、日本国内で既に実用化された（営業している）リニアモーターカーとしては名古屋市の藤が丘駅と豊田市の八草駅間約9kmを最高時速約100km/hで結んでいる愛知高速鉄道東部丘陵線（愛称：「リニモ」） (<http://www.linimo.jp/>) もある。これは日本航空が空港アクセス用に開発を開始した「HSST (High Speed Surface Transport)」 (<http://hsst.jp/index.html>) の技術を適用している。

また、中国の上海には浦東国際空港と上海市郊外の竜陽路駅間約30kmを営業最高時速430km/hで結ぶ「上海磁浮列車（上海マグレブ）」 (<http://www.smtdc.com/>) がある。これはドイツで開発された「Transrapid」 (<http://www.transrapid.de/>) の技術を導入したものであり、文句なく「超高速列車」と言って良いだろう。

しかし、この3種類のリニアモーターカーは超電導技術を使っていない。実用化間近と言われるJR方式のリニアモーターカー（以下ではJR-Maglev）だけが超電導技術を適用したシステムである ([http://www.rtri.or.jp/rd/openpublic/rd77/yamanashi/maglev\\_frame\\_J.htm](http://www.rtri.or.jp/rd/openpublic/rd77/yamanashi/maglev_frame_J.htm))。

#### 2. 何故リニアモータなのか？

リニアモーターカーにはJR-MaglevやTransrapidの様に超高速を目指すものと、リニアメトロやリニモの様に、在来方式鉄道並の速度域への応用がある。これらは何故リニアモータを使うのだろうか？

新幹線を含む従来の鉄道は、推進力や、制動力（ブレーキ力）を車輪とレールの間の摩擦力に依存している。この摩擦力を鉄道の世界では粘着力と呼んでいるが、粘着力は、車両の速度が上がるにつれて低くなる。一方、車両の速度が上がるにつれて空気抵抗などの走行抵抗が増えてくるので、走行抵抗が粘着力を上回る速度域に達すると、車輪にいくら動力を伝えても車輪は空転し、それ以上の加速が得られなくなる。車輪・レール間の粘着力は、例えば雨などが降るだけで大きく影響を受けてしまう。最近では技術が進み、世界的に鉄道の高速度化も進んでいるが、天候に左右されずに超高速走行を達成するためには粘着力に頼らず、安定して推進力を得ることが必要である。その手

段がリニアモーターなのである。

他方、高速システムではないリニアメトロでは、車両やトンネルの断面積が小さくできるので建設コストが安くできること、急カーブや急勾配に強いことなどをリニアモーターのメリットとしてあげている。また、リニモでは、振動、騒音が無いこと、車両がレールを抱え込んでいるので、脱線が無く、安全性が高いこと、建設コストと保守コストが安いこと、急勾配・急カーブにも対応できることをアピールしている。この様に、超高速が実現できるということだけでなく、コスト低減、環境負荷低減ができることもリニアモーターの特長である。

### 3. 推進方式による分類

リニアモーターカーは次ページの表のように、推進方式と支持（浮上）方式で分類することができる。まず推進方式のリニアモーターの分類であるが、これにはリニア誘導モーターとリニア同期モーターの2種類がある。

リニア誘導モーターは、車両に搭載したコイルに交流電流を流すことで進行磁界を発生し、この磁界が地上に配置したリアクションプレート（金属板）に誘導する電流との間に働く電磁力で推進する。地上側にはリアクションプレートを置くだけで良いので建設費が安くて済むが、高速域での推力特性が低下するので、高速システムには不向きである。こちらはリニアメトロとリニモで適用されている。

リニア同期モーターは、地上側に設置したコイルに交流電流を流すことで進行磁界を発生し、車両に搭載した磁石との間で発生する電磁力で推進する。こちらは高速域まで推力特性が良いので、高速システムに適しており、Transrapid と JR-Maglev に適用されている。

### 4. 支持（浮上）方式による分類

車両の支持（浮上）方式には、既に述べたように鉄輪方式と磁気浮上方式の2種類がある。高速鉄道の車両支持方式として、空気浮上方式というものも検討されたこともあったが、この方式は騒音が大きいかことやトンネル内での走行が難しいこと、すれ違い時に車両相互が影響を及ぼしあうこと、などの理由から鉄道への応用には至らなかった。鉄輪方式も騒音や保守の理由で高速化が難しいとされ、超高速リニアモーターカーの車両支持方式としては磁気浮上方式が適していると考えられている。表にあげたリニアモーターカーでもリニアメトロ以外は全て磁気浮上方式である。磁気浮上は英語で「マグレブ」(maglev : magnetic levitation 「磁気浮上」の略語)と言われる。日本国内では「リニアモーターカー」という言葉は通りが良いが、国際的にはこの「マグレブ」という言葉の方が一般的である。

磁気浮上方式はさらに2種類に分けられる。電磁吸引制御方式(EMS : electromagnetic suspension の略語)と電磁誘導方式(EDS : electrodynamic suspension の略語)である。

電磁吸引制御方式は電磁石の吸引力で車体を支持する。Transrapid もリニモもこの方式である。吸引力で浮上することから、どちらのシステムもモノレール状のガイドウェイを車両が抱え込むような形となっている。また、吸引力を制御しないと車上の電磁石がガイドウェイに吸着されてしまうので、吸引力制御が不可欠である。この吸引力制御の状態、車両は走行しているときも停止しているときも常に浮上しているので、本方式は車輪を持たない。しかし、(超電導磁石では無い)電磁石の吸引力には限界があるため、車両と軌道間の空隙は1 cm 程度となっている。

電磁誘導方式は、上で挙げたシステムの中ではJR-Maglev だけである。電磁誘導の法則を利用した浮上方式のため、浮上力は一定の速度以上では自然に得られ、浮上に伴う制御が不要である点の特長である。低速域では車輪によって車体を支持しており、航空機のように速度が上昇した際に車輪を引っ込めて浮上走行に移る。軽量かつ強力な超電導磁石を搭載することによって、車両と軌道間に10 cm 程度の大きな空隙を確保しつつ、十分な浮上力を得ることが可能で、高速走行に有利

である。

JR-Maglev については、誤解が多いようである。一番良く聞くのが、地上側に超電導コイルを敷き詰めると思われていること、もう一つは浮上の原理が「マイスナー効果」だと思われていることである。どちらも間違いであるが、次回以降で、超電導リニアモーターカーの原理や歴史について説明し、この様な誤解を解いていきたいと思う。

## リニアモーターカーの分類

推進方式	支持(浮上)方式	開発事例と現状
リニア同期モータ 高速走行向き	磁気浮上方式 (電磁誘導方式:EDS) <b>超電導磁石を使用</b> (車両-軌道空隙:大)	JR-Maglev (開発国:日本) ・宮崎実験線(1977~1996) (最高速度:581km/h) ・山梨実験線(1997~)
	磁気浮上方式 (電磁吸引制御方式:EMS) <b>常電導の電磁石を使用</b> (車両-軌道空隙:小)	Transrapid (開発国:ドイツ) ・エムスランド実験線(1983~) (営業最高速度:430km/h) ・上海磁浮列車(2003~)
リニア誘導モータ		HSST(開発国:日本) ・愛知高速交通東部丘陵線 (営業最高速度100km/h) (愛称:リニモ)(2005~)
地上設備簡便	鉄輪方式	リニアメトロ(開発国:日本) ・地下鉄大江戸線 など

[超電導 Web21 トップページ](#)