

超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価

平成17年3月11日

超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価委員会

超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価委員会

(敬称略、順不同)

委員長	正田 英介	東京理科大学教授
委員	井口 雅一	宇宙開発委員会委員長
〃	上原 陽一	横浜国立大学名誉教授
〃	上野 照剛	東京大学教授
〃	岡田 宏	(社)海外鉄道技術協力協会最高顧問
〃	曾根 悟	工学院大学教授
〃	永井 正夫	東京農工大学教授
〃	西岡 隆	筑波大学名誉教授
〃	藤江 恂治	元(財)鉄道総合技術研究所技師長
〃	森地 茂	政策研究大学院大学教授
〃	杉山 武彦	一橋大学長

第 部

~ 第二期走行試験期 ~

目 次

1 . はじめに	-1
2 . 評価方法	-6
3 . 走行試験の実施状況	-7
3 - 1 信頼性・耐久性	-7
3 - 2 コスト低減技術の開発	-8
3 - 3 車両の空力的特性の改善	-9
3 - 4 走行試験時の不具合等	-9
4 . 評価	-10
4 - 1 平成 12 年度以降の取り組みについての評価	-10
4-1-1 信頼性・耐久性	-10
4-1-2 コスト低減技術の開発	-11
4-1-3 車両の空力的特性の改善	-11
4 - 2 平成 12 年度以降の総合技術評価	-13
5 . まとめ	-14

[凡例]

本文中、「超電導磁気浮上式鉄道」を「リニア」と略して記述している箇所がある。

超電導磁気浮上式鉄道の技術開発については、財団法人鉄道総合技術研究所及び東海旅客鉄道株式会社が連携して実施しているが、東海旅客鉄道株式会社の独自開発による部分を____として示す。

1 . はじめに

(1) 技術開発の経緯

平成2年6月に、「超電導磁気浮上方式鉄道に係る技術開発の円滑な推進について」(運輸大臣通達)にもとづき策定した「超電導磁気浮上方式鉄道技術開発基本計画」及び「超電導磁気浮上方式鉄道山梨実験線建設計画」が、運輸大臣(当時)の承認を受け、実用化のめどを立てるための技術開発がスタートした。

平成2年11月より、山梨実験線の建設が進められ、実験線設備が概成となった平成8年12月から第一編成車両(MLX01)の牽引走行等を含む総合調整試験が行われ、平成9年4月3日からは本格的な走行試験が開始された。

平成12年3月の「超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価委員会」において、3年間に及ぶ山梨実験線の走行試験並びに技術開発成果に基づき、超電導磁気浮上式鉄道技術について、鉄道輸送システムとして備えるべき性能、及び本技術に特徴的な装置特性をそれぞれ評価した。その結果、「長期耐久性、経済性の一部に引き続き検討する課題はあるものの、超高速大量輸送システムとして実用化に向けた技術上のめどは立ったものと考えられる」との評価結果となった。

(2) 平成12年度以降の技術開発目標

平成12年度以降は、概ね5年間、実用化を目指した走行試験を先行区間により継続して行うこととし、下記に示す課題を解決するために、走行試験等による検証が行われてきた。

信頼性確認試験を引き続き実施し、長期耐久性の検証をより深める。
コスト低減に関わる技術について、走行試験等を通じて検証する。
車両の空力的特性の改善に関わる技術開発について、走行試験等を通じて検証する。

(3) 試験計画

平成 12 年度から 16 年度までの計画は、以下のとおりとなっている。

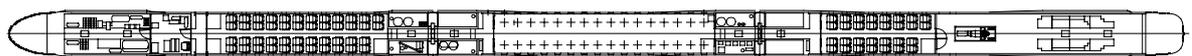
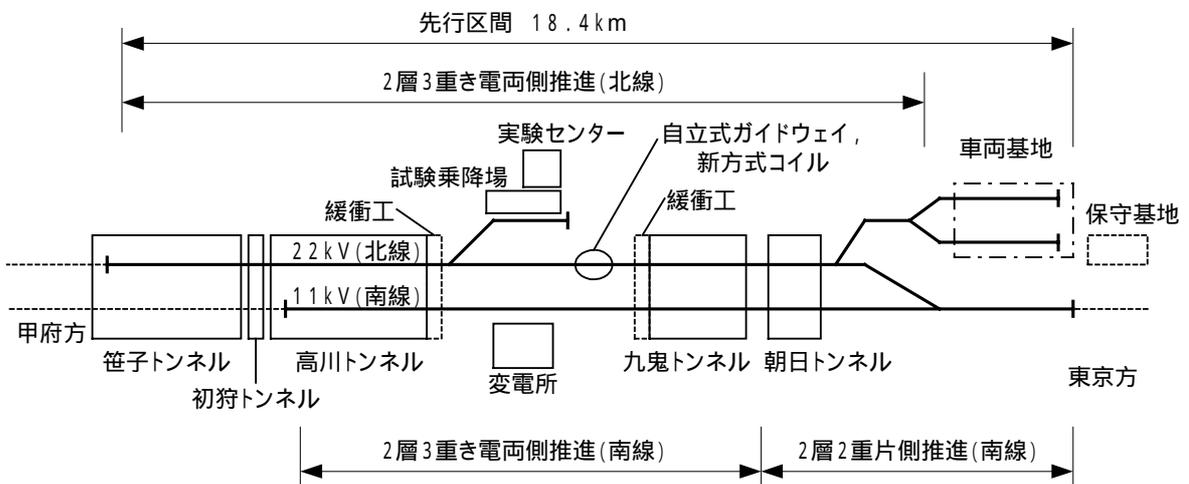
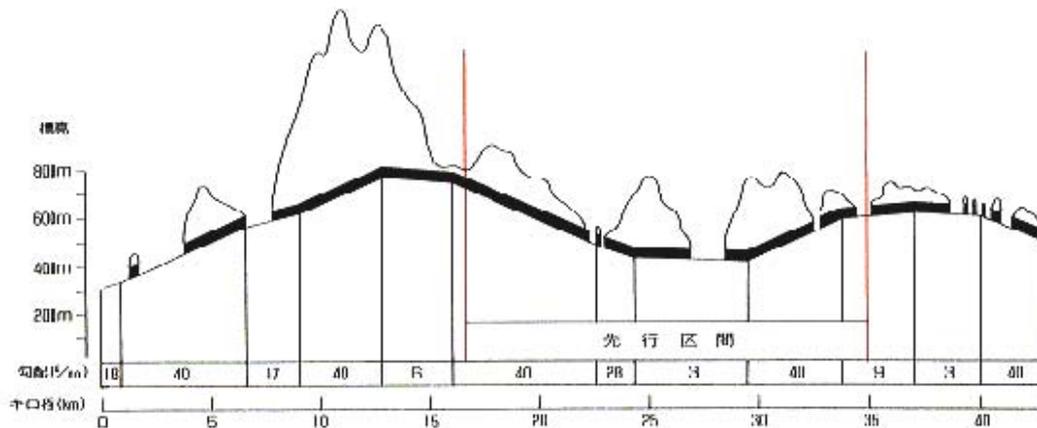
年度	H12	H13	H14	H15	H16
信頼性・耐久性の 検証	高速連続走行試験				
コストの低減	新方式地上コイル開発 (含、超電導磁石性能向上)		特性確認試験・開発		
	高効率電力変換器開発		特性確認試験・開発		
	新方式き電システム開発		特性確認試験・開発		
	ガイドウェイ構造の改善		特性確認試験・開発		
車両の空力的特性の 改善	先頭車・中間車改良		特性確認試験・開発		
	関連データ取得試験				

(4) 山梨実験線の設備概要

(先行区間)

線形	総延長	18.4 km トンネル：16.0 km 明かり：2.4 km (一般区間を含めた実験線の総延長42.8 km)
	単線/複線	複線
	最急勾配	40‰
	最小曲線半径	8,000 m
車両数	編成数	2編成
	編成両数	最大5両編成
車体諸元	設計最高速度	550 km/h
	車両構成	超電導磁石集中配置・連接台車方式
	車体長さ	先頭車：28.0 m /標準中間車：21.6 m/長尺中間車：24.3 m
	車体最大幅	2.90 m
	車両高さ	3.28 m
	先頭形状	ダブルカスプ形/エアロウェッジ形/ 試験用先頭形状
変換器・き電	設備数	2組
	変換方式	GTOインバータ(38/20MVA) /一部、新型電力変換素子を用いたインバータ
	き電方式	3重き電
	き電電圧	22 kV / 11 kV
駆動方式		リニアシンクロナスマーター
浮上方式		側壁浮上方式
ガイドウェイ方式		パネル方式/ビーム方式/直付方式/自立方式
分岐装置		トラバーサ分岐装置(油圧駆動/電動駆動) /側壁移動分岐装置
試験乗降場		ホールホーム式乗降場/伸縮式乗降装置

：平成12年度以降に新たに導入された設備



ダブルカスプ型

エアロウェッジ型



MLX01-1
(甲府方先頭車)

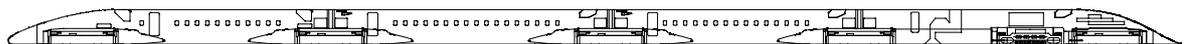
MLX01-11
(標準中間車)
第一編成車両図

MLX01-2
(東京方先頭車)



エアロウェッジ型

ダブルカスプ型



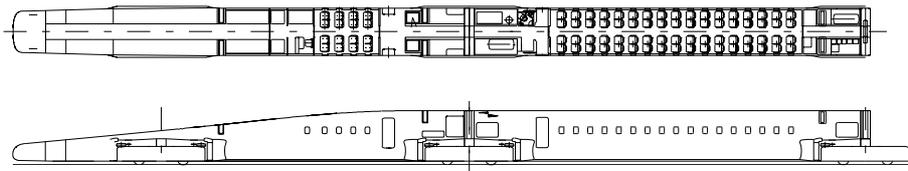
MLX01-3
(甲府方先頭車)

MLX01-21
(長尺中間車)

MLX01-12
(標準中間車)

MLX01-4
(東京方先頭車)

第二編成車両図



MLX01-901
(甲府方先頭車)

MLX01-22
(長尺中間車)

新型車両図

2 . 評価方法

(1) 評価の進め方

平成 12 年度以降の課題として掲げられている、「信頼性・耐久性の検証」「コスト低減」「車両の空力的特性の改善」の技術開発の達成度について評価を行う。

(2) 評価の観点

ア . 信頼性・耐久性

信頼性

山梨実験線での走行試験並びに設備の保全を通じて得られた知見などから、超電導磁気浮上式鉄道システムが、輸送システムとして具備すべき信頼性について評価する。

耐久性

山梨実験線での走行試験並びにベンチテスト・机上検証などの結果に基づき、超電導磁気浮上式鉄道システムに特有な各サブシステムが、輸送システムとして具備すべき耐久性能について評価する。

イ . コスト低減

コスト低減を目的として開発が進められてきた各要素技術について、各開発目標に対する達成度を評価する。

また、これらの開発成果をもとに、ガイドウェイ、電気設備等の建設費、並びに車両の製作費の低減見通しを立てる。

ウ . 車両の空力的特性の改善

技術開発成果を盛り込み、改良を加えた車両・設備を用いた走行試験結果に基づき、空力的特性、車内環境、沿線環境等の改善効果について評価する。

エ . 平成 12 年度以降の総合技術評価

上記の各項目の評価項目をとりまとめ、平成 12 年度以降の技術開発目標の達成度について評価する。

3 . 走行試験の実施状況

3 - 1 信頼性・耐久性

(1) 信頼性の検証

高速連続走行試験による信頼性・耐久性の検証を進め、平成 12 年度以降の走行距離は A 編成 192,003km 並びに B 編成 161,354km (内、新 B 編成 115,418km) であり、合計で 353,357km である。走行開始以来 8 年間の走行距離は A 編成 245,503km 並びに B 編成 183,281km (内、新 B 編成 115,418km) であり、合計で 428,785km に達しており、走行実績の蓄積が順調に進められている。また、試乗者数の累積は 85,776 人に達しており、この間試乗走行便の運休はなかった。(何れも、平成 17 年 3 月 1 日現在)。

また、平成 12 年 3 月までに実施した異常時試験などに加えて、以下の信頼性・耐久性に関わる高性能確認試験、異常時対応(特殊)試験、耐久性試験などが実施された。

ア . 高性能確認試験

山梨実験線の設計最高速度または営業線を超える条件での、以下の走行試験を行い、いずれも十分な性能を有していることが確認されている。

最高速度向上試験においては、山梨実験線における設計最高速度 550km/h を超える速度 581.7km までの走行を行い、営業速度 500km/h に対する十分な性能を有していることが確認されている。

すれ違い速度向上試験では、営業線におけるすれ違い速度 1,000km/h を超える 1,026.3km/h までのすれ違い走行を行い、設備や車両運動等のデータに異常は見られないことが確認された。

なお、最高速度試験及びすれ違い速度向上試験は、同じ条件で 2 回実施され、最高速度及びすれ違い速度は 2 回の試験で一致しているほか、すれ違い位置についても計画の場所で行われ、再現性の高さが確認された。

連続走行試験においては、営業線で 1 日に平均的に走行すると想定される距離(2,500km 程度)を超える最大 2,876km を連続して走行し、十分な信頼性、耐久性を有していることが確認された。

イ . 異常時対応(特殊)試験

SCMクエンチ試験や車両への落雷試験等、営業線で想定される各種の異常状態を想定した特殊試験を実施し、いずれもシステムの性能上、問題がないことが確認された。また、救援連結走行試験、緊急着地輪浮上着地試験等、異常事象発生後の対応性能についても確認が行われた。

(2) 耐久性の検証

リニア特有の設備について、走行試験を補完するものとしてベンチテスト等を通じて検証されており、既に一部の設備では営業線相当の耐久性が確認されたほか、その他の設備についても耐久性上の問題は発生しなかった。

3 - 2 コスト低減技術の開発

平成 12 年 3 月に計画したコスト低減項目について、以下のように実施された。

(1) ガイドウェイシステム

ガイドウェイ及び地上コイルについて、山梨実験線建設当初に設置された設備の試験結果を踏まえ、コスト低減を図った新設備を開発し、走行試験により性能が確認された。併せて、構造の簡素化等により、信頼性・耐久性の向上も図られている。

(2) 電力供給・運転制御システム

電力供給システムについては、建設コスト・動力コストの低減のため、設備の小型化、低損失化が可能な電力変換素子を用いた高効率の電力変換器を開発し、走行試験により所定の性能を有することが確認された。また、設備の簡素化により建設コストの低減が可能な電システムについて、性能が検証された。

運転制御システムについては、設備の簡素化により建設・保守コストの低減が可能となる位置検知システムが開発されており、走行試験により性能が確認された。

(3) 車両システム

製作工数低減や機器構成の簡素化等によりコスト低減を図った新型車体、新型台車及び超電導磁石（以下、SCMという。）を開発し、走行試験により性能が検証された。また、設備の簡素化、地上設備の簡素化に必要なSCMの性能向上の開発も行われ、走行試験にて性能が確認された。

3 - 3 車両の空力的特性の改善

車両の空力的特性の改善に関して、走行試験により以下の各種改良効果が確認された。

(1) 新型車両の開発

先頭部長さを従来の9 mから23mに延長した新型車両により、車両の先頭部長さの違いによる空力的特性の差異が検証されている。

また、車体下部を角型とし、台車部との断面積変化を小さくすることで空気振動の低減効果が確認された。

(2) トンネル緩衝工の改良等

トンネル緩衝工形状を適切に設定することや多孔板を緩衝工に使用することで、空気振動（圧力変動）の低減が確認されている。また、模擬立坑及び対策工により、都市部で想定される地下トンネルの立坑部で発生する圧力変動現象の把握及び低減効果が確認されている。

3 - 4 走行試験時の不具合等

平成12年度以降の走行試験においては、設備使用開始初期に不具合が発生しているものがあるが、安全性等、システムの成立性に関わる不具合ではなく、各々について所要の改善対策等が講じられ、安定的な走行試験が実施された。

4 . 評価

4 - 1 平成 12 年度以降の取り組みについての評価

4-1-1 信頼性・耐久性

(1) 信頼性

平成 12 年度以降の 5 年間における、累積走行距離は 35 万 k m を超え、走行試験開始以降の累積走行距離は 42 万 k m に達している。これらの走行試験や設備の保全を通じて、リニアシステムの信頼性低下の要因となり得る事象の分類・抽出が行われ、各システムに対してのフィードバックが継続的に実施されている。その結果、年間走行距離の大幅な増大に示されるように、走行試験の安定的な実施の点で着実に実績が積み重ねられている。加えて、設計最高速度を超える 581km/h 走行や 1,026km/h のすれ違い走行を通して、設計余裕の見極めも行われている。

また、最初の 3 年間の走行試験で得られた知見を反映した新型車両では、導入後 11 日間という極めて短期間で 550km/h 走行が可能となるなど、設計・製造技術について高い信頼性を有することが確認されている。これらは、走行試験や保守を通じて得られた知見をフィードバックする品質管理体制が確立されていることを示している。また、信頼性を作り込む体制についても体系的な引き続き取り組みが進められていることから、今後も継続的に信頼性が向上することが可能であるといえる。

更に、実用化時において想定される各種異常時に対するリニアシステムの特性や対応方法についての検証も行われている。

以上のことから、リニアシステムの信頼性に関して実用化の障害となる要因は見受けられなかった。

(2) 耐久性

耐久性能に関しては、走行試験とベンチテストにより検証がなされている。8 年間の走行試験では、累積走行距離が 42 万 km に達し、走行試験で得られた耐久性に関わる知見がシステムの仕様に着実に生かされている。この間発生した輸送障害の起因事象となり得る設備故障については、いずれも要因解析と対策が行われ、得られた知見は設計仕様に反映されている。耐久性能に係わる設計条件の妥当性についても、リニア特有の設備について、走行試験を補完するものとしてベンチテスト等を通じて検証されており、既に一部の設備では営業線相当の耐久性が確認されているほか、その他の設備についても耐久性上の問題は発生していない。

4-1-2 コスト低減技術の開発

(1) 要素技術の開発

コスト低減を目的として開発を進めてきた各要素技術について、定置試験ならびに山梨実験線での走行試験結果に基づき、各開発目標に対する達成度を評価した。平成12年度以降に山梨実験線に投入した新型の車両、地上設備については、走行試験を通じて特性が検証され、コスト低減効果が確認された。その他の要素技術開発については、解析やベンチテストを進め、性能特性の把握が行われた。

(2) 建設費の低減

建設コスト低減を目的として開発を進めてきた各設備について、山梨実験線での走行試験やベンチテストによりその性能を評価するとともに、製作・施工過程におけるコスト分析を行うことによって、山梨実験線建設当初に比べた建設コストの低減予測を立てることができている。

(3) 運営費の低減

運営コスト低減を目的として開発を進めてきた各設備について、山梨実験線での走行試験やベンチテストによりその性能を評価するとともに、山梨実験線建設当初に比べ、運転及び保守に関わる費用の低減が可能であると考えられる。

4-1-3 車両の空力的特性の改善

(1) 空力的特性（車両運動、走行抵抗）

581km/hまで各速度域において車両運動は安定しているとともに、平成14年度に山梨実験線に投入された新型車両については、先頭形状の延長と車体断面の角型化によって空気抵抗が減少しており、動力費の低減につながることを確認された。また、新方式空力ブレーキ装置の振動低減効果が確認された。

(2) 車内環境（騒音、乗心地）

新先頭車、新中間車とも従来車両に比べて、車内騒音の低減・乗心地の向上が図られ、車内環境が改善されていることが確認された。

(3) 沿線環境（騒音、空気振動、微気圧波）

車両の先頭部長さを試験的に延長した新型車両による沿線環境への効果として、微気圧波・空気振動の低減が確認された。また、車体下部断面の角型化により、車体と台車間の断面積変化が少なくなり、低周波領域での空気振動が低減していることが確認された。騒音については、先頭台車位置を後方にずらすことによって、これまで顕著であった先頭台車付近の騒音のピークが低減することが確認された。

地上設備についても、トンネル緩衝工形状と器材坑の改良によって、空気振動が低減することが確認された。微気圧波については、設備改良後も目安値以下のレベルに抑制されていることが確認されている。また、都市部で想定される地下トンネルの立坑部における圧力変動の現象把握及び低減効果が確認された。

4 - 2 平成 12 年度以降の総合技術評価

超電導磁気浮上式鉄道について、平成 12 年 3 月に提示した 3 つの課題を中心に、これまでの走行試験結果などを基に行った技術評価は、次のとおりである。

(1) 信頼性・耐久性

超電導磁気浮上式鉄道の信頼性については、平成 12 年度以降の 5 年間で 35 万 km に達し、設計条件を超えた条件での特性も確認された。また、走行試験で得られた信頼性に関わる知見も着実に生かされてきている。

耐久性能に係わる設計条件の妥当性についても、リニア特有の設備について、走行試験を補完するものとしてベンチテスト等を通じて検証されており、既に一部の設備では営業線相当の耐久性が確認されているほか、その他の設備についても耐久性上の問題は発生していない。

(2) コスト低減技術の開発

超電導磁気浮上式鉄道のコスト低減に関わる技術開発については、建設コストを押し上げている地上コイル、電力変換器を中心にコスト低減が図られた新設備が山梨実験線に投入され、性能検証が行われ、コスト低減効果が実証された。また、車両の製作費についても、コスト低減に関する検討が進められ、営業線での製作費を想定することが可能となっている。

(3) 車両の空力的特性の改善

超電導磁気浮上式鉄道車両の空力的特性については、特性確認のための新型試験車両による走行試験が行われ、車両運動、走行抵抗の低減効果、車内環境の改善効果及び、地上側対策設備と合わせた沿線環境の改善効果などが確認された。

5 . まとめ

平成 12 年度以降の超電導磁気浮上式鉄道の技術開発について、平成 12 年 3 月に提示した 3 つの課題を中心にその状況を確認したところ、課題に対する各対象設備が山梨実験線にて性能確認試験が行われている。これらの性能確認試験の結果やその他の技術開発結果は所定の成果をあげていると判断でき、平成 12 年度以降における技術開発は良好に実施されたものと評価できる。

第 部

~ 第一期・第二期走行試験期 ~

目 次

1 . はじめに	-1
2 . 評価方法	-9
3 . 走行試験の実施状況	-11
3 - 1 走行試験の実施状況	-11
3-1-1 第一期走行試験	-11
3-1-2 第二期走行試験	-13
3 - 2 走行試験時の不具合等	-15
4 . 性能評価	-16
4 - 1 評価項目毎の性能評価	-16
4-1-1 輸送システム性能評価	-16
4-1-2 サブシステム毎の性能評価	-18
4 - 2 波及効果	-20
4 - 3 実用化の総合技術評価	-21
5 . 今後の技術開発の進め方	-23
〔おわりに〕	-24
超電導磁気浮上式鉄道開発の経緯	-25
山梨実験線の走行試験記録	-27
< 参考 > 走行の主な記録(まとめ)	-29
< 参考 > 技術開発によって改良された設備等の事例	-30
< 参考 > 「関連する主な用語集」	-32

[凡例]

本文中、「超電導磁気浮上式鉄道」を「リニア」と略して記述している箇所がある。

超電導磁気浮上式鉄道の技術開発については、財団法人鉄道総合技術研究所及び東海旅客鉄道株式会社が連携して実施しているが、東海旅客鉄道株式会社の独自開発による部分を____として示す。

1 . はじめに

(1) 技術開発の経緯

国鉄により開発が開始された超電導磁気浮上式鉄道は、技術研究所及び宮崎実験線において研究開発が進められ、昭和 62 年 4 月の国鉄分割・民営化後は、超電導磁石（以下、SCM という。）を台車に集中配置した新しい実験車両 MLU002 を用い、走行実験が進められるとともに、高速分岐装置及び変電所渡り制御等の技術開発が進められてきた。

昭和 63 年度から平成元年度にかけて、運輸省（当時）は、「超電導磁気浮上式鉄道検討委員会」を設置し、技術開発の進め方についての検討を行い、新実験線建設適地を山梨県と定めるとともに、新実験線建設にあたっての暫定技術基準を策定した。

平成 2 年 6 月には、「超電導磁気浮上方式鉄道に係る技術開発の円滑な推進について」（運輸大臣通達）にもとづき策定した「超電導磁気浮上方式鉄道技術開発基本計画」及び「超電導磁気浮上方式鉄道山梨実験線建設計画」が、運輸大臣（当時）の承認を受け、実用化のめどを立てるための技術開発がスタートするとともに、平成 2 年 11 月より山梨実験線の建設が開始された。

一方、宮崎実験線においては、実験車両 MLU002N による走行実験が進められ、平成 7 年 1 月には有人走行 411km/h が達成されるなどの成果をあげたほか、人工故障試験等の異常時を想定した試験が実施されている。

山梨実験線では、平成 9 年 4 月に第一編成車両(MLX01)による本格的な走行試験が開始された。平成 12 年 3 月までの 3 年間に及ぶ山梨実験線の走行試験では、最高速度確認試験、最高速度 552km/h までの 5 両編成走行試験、相対速度 1,003km/h までの高速すれ違い走行試験、高速連続走行試験などが行われた。

平成 12 年 3 月の「超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価委員会」において、3 年間に及ぶ山梨実験線の走行試験並びに技術開発成果に基づき、超電導磁気浮上式鉄道技術について、鉄道輸送システムとして備えるべき性能、及び本技術に特徴的な装置特性をそれぞれ評価した。その結果、「長期耐久性、経済性の一部に引き続き検討する課題はあるものの、超高速大量輸送システムとして実用化に向けた技術上のめどは立ったものと考えられる」との評価結果となった。

平成 12 年度以降は、5 年間、実用化を目指した走行試験を先行区間により継続して行うこととし、下記に示す課題を解決するために、走行試験等による検証が行われている。

信頼性・耐久性の検証
コスト低減技術の検証
車両の空力的特性改善の検証

平成 15 年 4 月 28 日の本委員会において、平成 12 年度以降の 5 年間の技術開発の中間とりまとめを行った。ここでは、

- ・信頼性・耐久性に関する走行試験
- ・新方式地上コイル、新型ガイドウェイ等をはじめとしたコスト低減技術の開発
- ・新型車両や緩衝工の改良等による車両の空力的特性の改善
- ・その他の技術開発

の成果及び進捗状況についての評価を行い、上記 4 項目の技術開発及び走行試験による検証に対して、「現在までの走行試験状況において問題は見られず、平成 16 年度末に向けて、所期の技術開発目標の達成、超電導磁気浮上式鉄道の実用化のための基本的な技術の確立が着実に進捗していると評価できる。今後、そのほかに、メンテナンスを含めた更なるコスト低減などのための技術開発を進めるとともに、この技術の営業線適用に向けた性能評価のガイドライン策定に資する試験研究や線区の輸送特性等を勘案した設備仕様の策定に向けた試験研究を行う必要があると考えられる。なお、一般区間は、実用レベルの仕様による走行試験のために建設する。」との評価を行っている。

(2) 技術開発の目標

運輸大臣が承認した「超電導磁気浮上方式鉄道技術開発基本計画」の技術開発の目標は、次のとおりである。

高速性の目標

営業最高速度 500km/h を目指すため、実験線において、より高速(550 km/h 以上)の安定走行を確認する。

輸送能力・定時性の目標

ピーク時間当たり 10,000 人程度(片道)の輸送が可能で、定時性の高いシステムを確立する。

経済性の目標

建設コスト、運営コスト、生産コストの低減化を図るとともに、採算性を踏まえたシステムの経済性を確立する。

(3) 試験計画

ア. 第一期走行試験

平成9年度から平成11年度までの試験計画は、以下のとおりとなっていた。

基本走行試験

基本走行試験として、車輪走行時の走行性能を検証するための車輪走行試験、浮上走行と車輪走行の移行時の走行安定性を検証するための浮上走行試験、500km/hまでの各走行速度での走行性能を検証するための速度向上試験、さらに高速走行安定性を検証するための550km/h程度までの最高速度確認試験を実施する。

総合機能試験

総合機能試験として、2列車がすれ違うときの走行特性を検証するための高速すれ違い走行試験、隣接する電力変換所間を渡り走行するときの走行制御の連続性を検証するための変換所渡り試験、複数の列車を同時走行させる制御性能を検証するための複数列車制御試験を実施する。

また、弾性支持台車等の実用化に向けた諸機能を検証する試験、異常時の対応性能を検証するための試験も含むものとする。

信頼性確認試験

信頼性確認試験として、信頼性と耐久性を検証するため、500km/hの高速走行を含む走行試験を繰り返して実施する。

その他の確認試験

環境への影響や乗客生理を始めとした車内環境に関する性能試験、経済性の確認試験等は、前述の走行試験の中で実施する。

	H9年度	H10年度	H11年度
基本走行試験		[第一編成]車輪走行、浮上走行、速度向上、最高速度確認試験	
			[第二編成]車輪走行、浮上走行、速度向上試験
総合機能試験		<div style="border: 1px solid black; width: 200px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div> 高速すれ違い、変換所渡り、複数列車制御、諸機能、異常時対応試験	
信頼性確認試験		高速連続走行試験	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px;"></div>
		輸送力確認試験	<div style="border: 1px solid black; width: 200px; height: 20px;"></div>
その他試験		<div style="border: 1px solid black; width: 200px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div> 乗客生理、駅設備、環境影響・対策、経済性、保守基準確認試験	

イ．第二期走行試験

平成 12 年度から平成 16 年度までの走行試験計画は、以下のとおりとなっている。

信頼性・耐久性の検証

信頼性確認試験を引き続き実施し、長期耐久性の検証をより深める。

コスト低減技術の検証

コスト低減に関わる技術について、走行試験等を通じて検証する。

車両の空力的特性改善の検証

車両の空力的特性の改善に関わる技術開発について、走行試験等を通じて検証する。

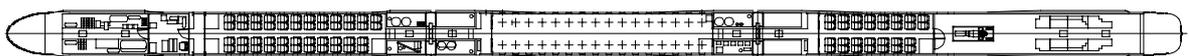
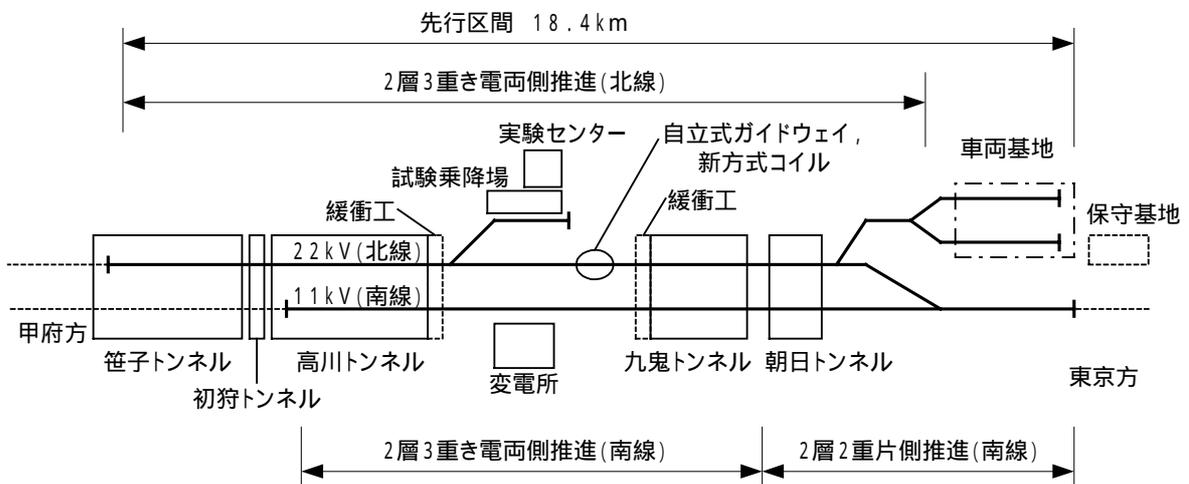
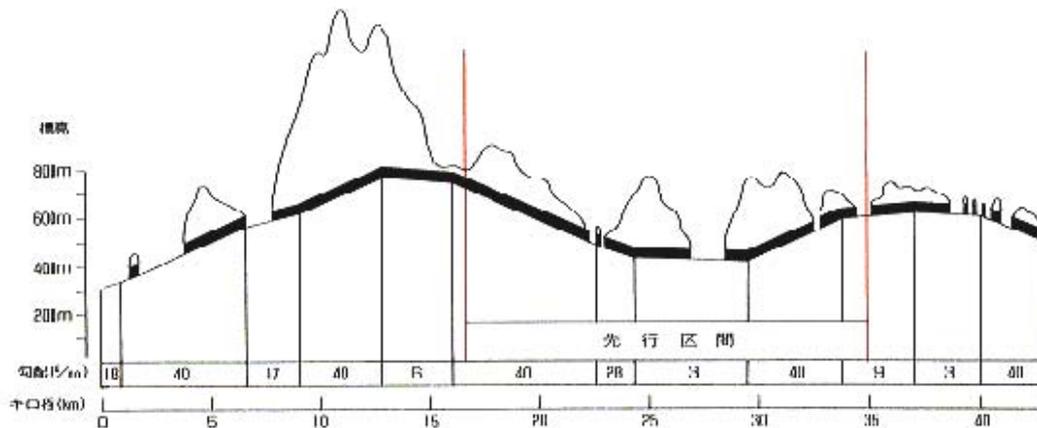
年度	H12	H13	H14	H15	H16
信頼性・耐久性の 検証	高速連続走行試験				
コストの低減	新方式地上コイル開発 (含、超電導磁石性能向上)		特性確認試験・開発		
	高効率電力変換器開発		特性確認試験・開発		
	新方式き電システム開発		特性確認試験・開発		
	ガイドウェイ構造の改善		特性確認試験・開発		
車両の空力的特性の 改善	先頭車・中間車改良		特性確認試験・開発		
	関連データ取得試験				

(4) 山梨実験線の設備概要

(先行区間)

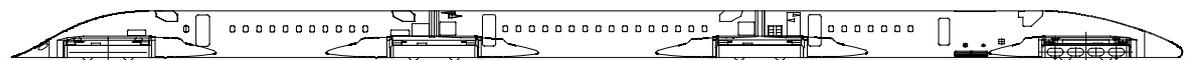
線形	総延長	18.4 km トンネル：16.0 km 明かり：2.4 km (一般区間を含めた実験線の総延長42.8 km)
	単線/複線	複線
	最急勾配	40‰
	最小曲線半径	8,000 m
車両数	編成数	2編成
	編成両数	最大5両編成
車体諸元	設計最高速度	550 km/h
	車両構成	超電導磁石集中配置・連接台車方式
	車体長さ	先頭車：28.0 m /標準中間車：21.6 m/長尺中間車：24.3 m
	車体最大幅	2.90 m
	車両高さ	3.28 m
	先頭形状	ダブルカスプ形/エアロウェッジ形/ 試験用先頭形状
変換器・き電	設備数	2組
	変換方式	GTOインバータ(38/20MVA) /一部、新型電力変換素子を用いたインバータ
	き電方式	3重き電
	き電電圧	22 kV / 11 kV
駆動方式		リニアシンクロナスマーター
浮上方式		側壁浮上方式
ガイドウェイ方式		パネル方式/ビーム方式/直付方式/自立方式
分岐装置		トラバーサ分岐装置(油圧駆動/電動駆動) /側壁移動分岐装置
試験乗降場		ホールホーム式乗降場/伸縮式乗降装置

：平成12年度以降に新たに導入された設備



ダブルカスプ型

エアロウェッジ型



MLX01-1
(甲府方先頭車)

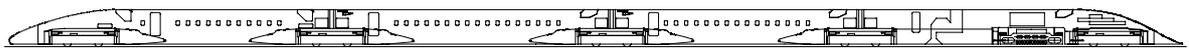
MLX01-11
(標準中間車)
第一編成車両図

MLX01-2
(東京方先頭車)



エアロウェッジ型

ダブルカスプ型



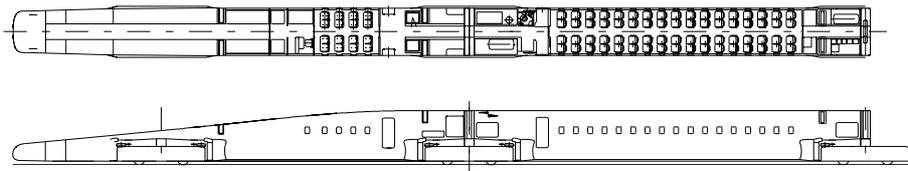
MLX01-3
(甲府方先頭車)

MLX01-21
(長尺中間車)

MLX01-12
(標準中間車)

MLX01-4
(東京方先頭車)

第二編成車両図



MLX01-901
(甲府方先頭車)

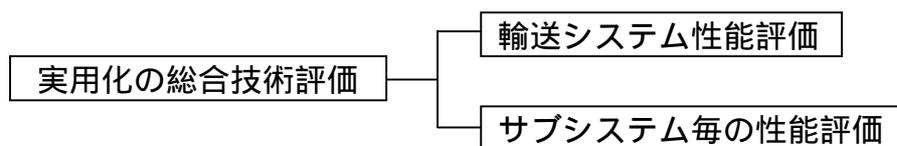
MLX01-22
(長尺中間車)

新型車両図

2 . 評価方法

(1) 評価の進め方

超電導磁気浮上式鉄道の技術評価は、鉄道輸送システムとして幅広い観点から行う必要がある。このため、次の2つの見地からの評価結果をとりまとめ、さらに将来の技術的進展の見通し等に関する検討も加え、実用化に向けた総合的な技術評価を実施する。



(2) 評価の観点

ア . 輸送システム性能評価

輸送システムとして具備すべき性能のうち、実用性を判断する上で重要であると考えられる性能要素を、1列車運転性能、複数列車運転性能、安全性能等に分類して行う評価。

1 列車運転性能

1列車運転性能は、個々の列車を運転することにおいて、輸送システムに要求される性能である。特に、超電導磁気浮上式鉄道の特性である車輪走行性能、浮上走行性能、及び地上一次方式での走行制御性能に主眼を置き、各種の線形条件を所定の最高速度まで安定して走行できることを評価する。また、乗り心地や車内環境についても評価する。

複数列車運転性能

複数列車運転性能は、複数の列車を運転する場合に、1列車運転性能に付加されるべきシステムの性能である。実用性を検証する上で必要となる機能として、列車群の制御性能とすれ違い、追い越し性能について評価する。

安全性能

安全性能は、輸送システムとして成立するための基本となる性能である。異常時の検知、列車位置の検知、保安情報の伝送等を含め、保安制御システムの機能やブレーキシステムの性能を検証し、保安上から決められた速度内の走行が保証されることを評価する。

信頼性・耐久性能

信頼性・耐久性能は、輸送システムとして継続的な安定した輸送を確保できる性能である。山梨実験線設備の故障発生状況の分析を行うと共に、各種耐久性の実証試験やベンチテスト結果を評価する。

保全性能

保全性能は、輸送システムとして、その各機能を維持管理して行くために必要な性能である。特に、超電導磁気浮上式鉄道に特有のSCM、地上コイル等を中心に評価する。

輸送力性能

輸送力性能は、旅客を輸送する能力であり、輸送システムに要求される重要な性能である。所要の走行性能や列車運転間隔の設定が可能であるかを評価する。

沿線環境性

沿線環境性については、超電導磁気浮上式鉄道が走行した時の各種環境影響を評価する。

経済性

経済性では、エネルギー消費低減策、並びに構造物、地上電気設備等の建設コストの低減策が図られているか又はそれが可能な構造であるかについて分析、評価する。

イ．サブシステム毎の性能評価

サブシステム毎の性能評価では、超電導磁気浮上式鉄道システムをガイドウェイ、車両システム、電力供給システムなどの構成要素に分類し、それぞれの構成要素について評価する。また、SCMに代表される超電導磁気浮上式鉄道に特有な機器レベルの個別性能或いはそれらを組み合わせた性能についても評価する。

ウ．実用化の総合技術評価

総合技術評価では、輸送システム性能評価及びサブシステム毎の性能評価で実施した各評価結果をとりまとめ、将来の技術進展見通し等の検討を加えた上で、最終的に実用性を評価する。

3 . 走行試験の実施状況

3 - 1 走行試験の実施状況

3-1-1 第一期走行試験

(1) 基本走行試験

ア . 車輪走行試験

100～200km/h の速度域で順次速度を向上しつつ実施され、車両運動の安定性、制動性能(基本ブレーキ、バックアップブレーキの制動力)、走行速度制御性能、電力変換器制御性能、沿線環境性等が確認された。

イ . 浮上走行試験

200km/h の浮上開始速度で浮上走行試験を開始した後、浮上開始速度を順次に低下させつつ実施され、台車の均衡変位(台車～地上間の変位)が確認された。なお、浮上開始速度は、直線区間は 135km/h、曲線区間は 150km/h(北線)及び 160km/h(南線)に設定された。

ウ . 速度向上試験・最高速度確認試験

走行速度を順次に向上しつつ実施され、各速度段階毎に車両運動の安定性、走行抵抗、制動性能(基本ブレーキ、バックアップブレーキの制動力)、走行速度制御性能、電力変換器制御性能、沿線環境性等が確認された。なお、平成 9 年 11 月 28 日に 500km/h に到達し、同 12 月 12 日には 531km/h(有人)、同 12 月 24 日には最高速度 550km/h に到達した。

(2) 総合機能試験

ア . 等速走行試験

車輪走行では 100・150km/h での等速走行、浮上走行では 150・200・300・400・500km/h での等速走行が実施され、車両運動の安定性、走行速度制御性能、電力変換器制御性能等が確認された。

また、中間車両を積車状態とした等速走行試験を実施し、空車状態との特性比較が行われた。

イ . 変換所渡り試験

北線を2組の変換器で制御区間を分担してき電するモードに設定して、二つの制御区間相互間のき電境界を渡る走行試験が100～500km/hで実施され、走行速度制御性能、電力変換器制御性能等が確認された。

リ．すれ違い走行試験

明かり区間並びにトンネル区間で実施され、車両運動の安定性、走行速度制御性能、沿線環境性等が確認された。

すれ違い走行試験は、2組の3両編成車両を使用して実施され、すれ違いの最高相対速度は、明かり区間では相対1003km/h(北線546km/h、南線457km/h)、トンネル区間で相対900km/h(北線500km/h、南線400km/h)である。

リ．5両編成走行試験

空車並びに積車状態にて実施され、車両運動、沿線環境影響等が確認された。この走行試験で最高速度552km/hが記録(平成11年4月14日)された。

ロ．誘導集電性能確認試験

350km/h～500km/hの各速度域を主体に実施され、電力出力、誘起電圧及び集電電流の走行速度特性等が確認された。

ロ．弾性支持台車・振動制御特性試験

500km/hまでの速度域を中心に空車状態及び積車状態で実施され、台車運動の安定性及び振動緩衝特性が確認された。

(3) 信頼性確認試験

500km/h走行を含む高速連続走行試験は、平成11年度より実施しており、平成9年度の走行試験開始以降、第1期の2編成車両の走行距離は、A編成53,500km並びにB編成21,927kmであり、合計で75,427kmである。

(4) その他試験

ア．環境影響・対策確認試験

緩衝工延長による沿線環境(空気振動)に対する特性、並びに緩衝工の開口部調整による特性の確認試験が、500km/hまでの各速度域で実施され、空気振動に対するそれぞれの特性が確認された。また走行音の防音壁による特性も確認された。

イ．経済性確認試験

三相 3 線式特性確認試験(建設コスト関連)

三相 4 線式の中性線の断路器を開放することにより三相 3 線式を構成し、552km/h までの各速度域で実施し、出力電流等の走行制御特性が確認された。さらに、中性点バイアス制御(3 次重畳制御)の制御特性の確認も行われた。

改良型地上コイル特性確認試験(運営(運転)コスト関連)

改良型浮上コイル並びに改良型推進コイルについて、特性確認試験を実施し、渦電流損(走行抵抗)の特性が確認された。

ウ．試乗走行試験

試乗走行試験は、延べ 64 日間にわたり実施し、累積試乗人員は 7,780 名であった。

3-1-2 第二期走行試験

(1) 信頼性・耐久性の検証

ア.信頼性の検証

高速連続走行試験による信頼性・耐久性の検証を進め、第二期走行試験期の走行距離は A 編成 192,003km 並びに B 編成 161,354km(内、新 B 編成 115,418km)であり、合計で 353,357km である。また、平成 9 年の走行開始以降 8 年間の走行距離は A 編成 245,503km 並びに B 編成 183,281km(内、新 B 編成 115,418km)であり、合計で 428,785km である。(いずれも平成 17 年 3 月 1 日現在)。

また、平成 12 年 3 月までに実施された異常時試験などに加えて、以下の信頼性・耐久性に関わる高性能確認試験、異常時対応(特殊)試験、耐久性試験などが実施された。

高性能確認試験

山梨実験線の設計最高速度または営業線を超える条件での、以下の走行試験が行われ、いずれも十分な性能を有していることが確認されている。

最高速度向上試験においては、山梨実験線における設計最高速度 550km/h を超える速度 581.7km/h までの走行を行い、営業速度 500km/h に対する十分な性能を有していることが確認された。

すれ違い速度向上試験では、営業線におけるすれ違い速度 1,000km/h を超える 1,026.3km/h までのすれ違い走行を行い、設備や車両運動等

のデータに異常は見られないことが確認された。

なお、最高速度試験及びすれ違い速度向上試験は、同じ条件で2回実施され、最高速度及びすれ違い速度は2回の試験で一致しているほか、すれ違い位置についても計画の場所で行われ、再現性の高さが確認された。

連続走行試験においては、営業線で1日に平均的に走行すると想定される距離(2,500km程度)を超える最大2,876kmを連続して走行し、十分な信頼性、耐久性を有していることが確認された。

異常時対応(特殊)試験

S C Mクエンチ試験や車両への落雷試験等、営業線で想定される各種の異常状態を想定した特殊試験を実施し、いずれもシステムの性能上、問題がないことが確認された。また、救援連結走行試験、緊急着地輪浮上着地試験等、異常事象発生後の対応性能についても確認が行われた。

イ. 耐久性の検証

リニア特有の設備について、走行試験を補完するものとしてベンチテスト等を通じて検証されており、既に一部の設備では営業線相当の耐久性が確認されたほか、その他の設備についても耐久性上の問題は発生しなかった。

(2) コスト低減技術の開発

平成12年3月に計画したコスト低減項目について、以下のように実施された。

ア. ガイドウェイシステム

ガイドウェイ及び地上コイルについて、山梨実験線建設当初に設置された設備の試験結果を踏まえ、コスト低減を図った新設備が開発され、走行試験により性能が確認された。併せて、構造の簡素化等により、信頼性・耐久性の向上も図られている。

イ. 電力供給・運転制御システム

電力供給システムについては、建設コスト・動力コストの低減のため、設備の小型化、低損失化が可能な電力変換素子を用いた高効率の電力変換器が開発され、走行試験により所定の性能を有することが確認された。また、設備の簡素化により建設コストの低減が可能な電システムについて、性能が検証された。

運転制御システムについては、設備の簡素化により建設・保守コストの低減が可能となる位置検知システムが開発されており、走行試験によ

り性能が確認された。

ウ.車両システム

製作工数低減や機器構成の簡素化等によりコスト低減を図った新型車体、新型台車及び新型SCMを開発し、走行試験により性能が検証された。また、設備の簡素化、地上設備の簡素化に必要なSCMの性能向上の開発も行われ、走行試験にて性能が確認された。

(3) 車両の空力的特性の改善

車両の空力的特性の改善に関して、走行試験により以下の各種改良効果が確認された。

ア.新型車両の開発

先頭部長さを従来の9mから23mに延長した新型車両により、車両の先頭部長さの違いによる空力的特性の差異が検証された。

また、車体下部を角型とし、台車部との断面積変化を小さくすることで、空気振動の低減効果が確認された。

イ.トンネル緩衝工の改良等

トンネル緩衝工形状を適切に設定することや多孔板を緩衝工に使用することで、空気振動（圧力変動）の低減が確認された。また、都市部で想定される地下トンネルの立坑部における現象把握及び低減効果が確認された。

(4) その他試験

ア.試乗走行試験

試乗走行試験は、第二期走行期間中に延べ257日間にわたり実施され、期間中の試乗者数は77,996人であった。平成9年の走行試験開始以降では、延べ321日、累積試乗人員は85,776人に達しており、この間試乗走行便の運休はなかった。(平成17年3月1日現在)

3-2 走行試験時の不具合等

これまでの走行試験において、設備の使用開始初期に、車輪ディスクブレーキの不具合、沿線の空気振動影響、電力変換器内の冷却水漏れ、空力ブレーキの作動不良、SCMの真空度低下事象が発生しているが、各々について所要の改善対策等が講じられた。

4 . 性能評価

4 - 1 評価項目毎の性能評価

4-1-1 輸送システム性能評価

(1) 1列車運転性能

3両編成から5両編成の車両を使用して、実用化時の営業最高速度500km/hまでの各速度域での等速走行試験、設計最高速度を超えるより高速の581km/hまでの最高速度確認試験、定員乗車時の荷重を負荷した積車走行試験などが実施された結果、超高速大量輸送システムとして成立していくに必要な500km/h走行安定性、高レベルな加減速性能・走行制御精度、並びに定時運転性を有していることが判明している。

(2) 複数列車運転性能

相対速度1,026km/hまでのすれ違い走行試験並びに500km/hでの追い越し走行試験が実施された結果、すれ違い・追い越し走行時の車両運動状態、走行制御性能、車内環境性には顕著な変動はみられず、安定した状態にあることが実証されており、超高速大量輸送システムとして成立していくに必要な複数列車の運行制御性能及び走行安定性を有していることが判明している。

(3) 安全性能

運転保安に係わるシステム構成については、超電導磁気浮上式、地上一次方式による走行制御、500km/hの高速走行等のシステム特性を踏まえた考え方が確立している。

リニアではU型のガイドウェイ内を走行するシステムであることから、基本的には風や地震に対して在来鉄道よりも安全であると考えられる。

運転保安上重要な機器等の故障を検出し、緊急列車停止制御等を行う故障・異常対応性能については、走行試験等により設計どおりに動作することが確認されている。

これらにより、超高速大量輸送システムとして成立していくに必要な安全性を有していることが判明している。

(4) 信頼性・耐久性能

信頼性の検証については、8年間の走行試験を通じて累積走行距離が42万kmに達し、走行試験で得られた信頼性に関わる知見がシステムの仕様に着実に生かされてきている。この間発生した輸送障害の起因事象となり得る設備故障についても、いずれも要因解析と対策が行われ、得られた知見は設計仕様に反映されてきている。更に、信頼性を作りこむ体制についても体系的な取り組みが進められており、今後も継続的に信頼性を向上させることが可能であるといえる。

また、高性能確認試験及び各種異常時を想定した試験においても、輸送システムの信頼性について信頼性阻害要因の発生はなかったことが確認されている。

また、耐久性能に係わる設計条件の妥当性についても、リニア特有の設備について、走行試験を補完するものとしてベンチテスト等を通じて検証されており、既に一部の設備では営業線相当の耐久性が確認されているほか、その他の設備についても耐久性上の問題は発生していない。

更に、実用化時に想定される各種異常時に対するリニアシステムの特性や対応方法についての検証も行われている。

今後も、更なる長期耐久性の検証のため試乗を含む走行試験を継続して行うこととしているが、信頼性・耐久性能を確立していく上で、大きな障害はないと考えられる。

(5) 保全性能

SCMや地上コイル等、リニア特有の設備を含め、営業線を想定した設備の検査方法及び検査周期について、新幹線と比較した結果、リニアにおける各設備の検査は簡素化、効率化を図ることにより、検査周期は概ね同等かそれ以上とすることが可能と考えられ、合理的な設備運用が可能であることが検証されている。また、営業線を想定した地上設備の更替・修繕作業についても、新幹線との比較の結果、リニアにおける更替・修繕周期は、浮上走行時に車両との接触・摺動部分がないため、概ね同等かそれ以上と考えられ、またこの作業が運用に影響を及ぼさないことを検証されている。

(6) 輸送力性能

走行試験実績にもとづき、長大編成化の推定が行われ、16両編成程度の列車定員並びに走行性能の試算とともに、1時間当たりの列車設定可能本数の試算が一定の想定条件のもとで行われている。これらの結果、超高速大量輸送システムとして成立していくに必要な輸送能力(技術開発目標の「ピーク時間当たり片道1万人」)を十分に有していることが判明している。

(7) 沿線環境性

沿線の騒音、振動及び電磁環境については、山梨実験線の環境保全目標を達成しており、超高速大量輸送システムとして成立するために必要な性能を有していることが判明している。

なお、トンネル内を高速走行時及びトンネル坑口への高速進入・進出時に発生する空気振動による沿線民家の建具等の振動影響については、振動低減対策が検討、実施され、走行試験によりその効果を確認している。

(8) 経済性

山梨実験線建設当初の各種設備の性能検証結果を踏まえ、コストの低減策として、推進コイル構成の単層化及び渦電流損低減を図った新方式地上コイル、高効率の電力変換素子を用いた電力変換器、き電システムの三相3線化、より作業性に優れた新型ガイドウェイ、空力特性を向上した新型車両等の技術開発が行われている。これらは、走行試験を通じて特性が検証され、コスト低減効果が確認されている。また、車両の製作費についても、コスト低減に関する検討が進められ、営業線での製作費を想定することが可能となっている。

運営費についても、技術開発の結果、低渦電流損タイプの地上コイルによる走行抵抗の低減や高効率の電力変換器による損失の低減により、動力費の低減が可能であるほか、新たな位置検知システム等による沿線設備の簡素化により、保守業務の大幅な省力化が可能となっている。

4-1-2 サブシステム毎の性能評価

超電導磁気浮上式鉄道システムを構成する構造物、ガイドウェイ、車両システム、電力供給システム、運転制御システム、車両基地・保守施設等の各サブシステムについて、主要な設備が有する諸特性や強度設計の妥当性が判明している。

主には、SCMは設計最高速度を超える581km/hまでの走行に十分な安定性を有していること、SCM冷却用のヘリウム・窒素をリサイクルする車載冷凍機が安定した連続運転性能を有していること、電力供給システムが高いレベルの加減速性能を有していること、運転制御システムが走行速度等の高精度な走行制御性能を有していることが判明している。また、車両の空力的特性の改善については、新型試験車両による走行試験が行われ、車両振動・走行抵抗の低減効果、車内環境の改善効果及び、地上側対策設備と合わせた沿線環境の改善効果などを確認している。

走行試験の実施に影響を生じた不具合事象については、その原因解明や改善対策が行われた。また、複数の方式を採用した設備についての特性検証も進められ、望ましい性能が得られなかった方式も一部存在するが、設備設計

の最適化に反映された。

4 - 2 波及効果

超電導磁気浮上式鉄道の技術開発において確立してきた技術については、例えば、以下の具体的な波及効果が考えられるが、それ以外にも多岐にわたる適用が可能であると考えられる。

空力特性の解析技術

- ・リニア車両の開発で用いられたC F D (Computational Fluid Dynamics) 解析技術は他の高速鉄道車両の設計に活かされ、高性能化に寄与している。
- ・その他、鉄道分野に限らず、一般の流体解析にも適用されている。

大容量電力変換器

- ・リニア用に使用された大容量の電力変換器は、鉄道用として無効電力補償装置や周波数変換装置に使用されている。
- ・その他、鉄道以外にも電力用や一般産業用として、幅広く使用されている。

4 - 3 実用化の総合技術評価

平成 16 年度まで走行試験及び技術開発を進めてきた結果、技術開発は大きく前進し、超電導磁気浮上式鉄道について実用化の基盤技術が確立したと判断できる。

(1) 技術評価

ア．高速性

超電導磁気浮上式鉄道技術の高速性に関わる特性・優位性が下記のとおり明らかにされてきたところであり、超高速大量輸送システムとしての能力を備えた技術であると言える。

速達性(山梨実験線での走行試験により実証)

- ・ 500km/h での安定した超高速走行を実現
- ・ 高レベルの加減速性を実現

安全性(山梨実験線での走行試験により実証)

- ・ 高精度な列車位置検知や高い保安度の運転保安制御を実現
- ・ 高速からの列車停止を担保するブレーキシステムを実現
- ・ U字型ガイドウェイ方式による高い走行安全性を実現

イ．輸送能力・定時性

超電導磁気浮上式鉄道技術の輸送能力及び定時性に関わる特性が下記のとおり明らかにされてきたところであり、超高速大量輸送システムとしての能力を備えた技術であると言える。

大量輸送能力(山梨実験線での走行試験及びシミュレーションにより実証)

- ・ 現行新幹線並みの長大編成の多頻度運行を実現可能
- ・ 複線走行における高速すれ違い時の安定走行を実現

定時性(山梨実験線での走行試験により実証)

- ・ 遅延回復運転を含めた自動的な定時運転制御を実現

ウ．経済性

山梨実験線建設当初の各種設備の性能検証結果を踏まえ、コスト低減策として、地上コイル、電力変換器等の技術開発が行われ、走行試験を通じて特性が検証され、コスト低減効果が確認されている。また、車両の製作費についても、コスト低減に関する検討が進められ、営業線での製作費を想定することが可能となっている。

建設コスト

- ・ 推進コイルの簡素化が可能な構成の単層化及び地上コイル個数の削減が可能な一体型地上コイル、ケーブル型推進コイル等の諸性能が検証されている。

- ・設備構成の簡素化が可能な、高効率の電力変換器やき電システムの三相3線化、新たな位置検知システム等の諸性能が検証されている。運営コスト
- ・渦電流損低減タイプの改良型地上コイル等の諸性能が検証されている。
- ・電力変換時の損失を低減可能な高効率変換器の諸性能が検証されている。
- ・超高速走行に伴って動力エネルギーが増加するが、車両下部形状の角型化等の種々の走行抵抗低減策により走行速度に対応したエネルギー増以下に抑制可能であることを確認している。
- ・より作業性に優れ、渦電流損低減可能な新型ガイドウェイの諸特性が検証されている。
- ・自動運転が可能であることによる運転業務の大幅な省力化、並びに摺動部がないことによる保守業務の大幅な省力化・効率化が検証されている。

(2) 今後に向けた課題

今後は、更なる長期耐久性の検証のため試乗を含む走行試験を継続して行うほか、高温超電導磁石等メンテナンスを含めた更なるコスト低減のための技術開発を進めるとともに、営業線適用に向けた設備仕様の検討を引き続き行うことが必要であると考えられる。

5 . 今後の技術開発の進め方

以下の考えに基づき走行試験を含む技術開発を進めることが妥当であると
考えられる。

平成17年度以降、概ね5年間、実用化を目指すべく、試乗を含む
走行試験を先行区間により継続して行う。試験期間については、可能
な限り短縮に努める。

一般区間は、実用レベルの仕様による走行試験のために建設する。

〔おわりに〕

平成9年4月以降、8年間に及ぶ山梨実験線の走行試験は計画どおり順調に進展してきた。この間、大きなトラブルもなく走行試験が進められ、最高速度581km/hまでの走行試験、相対速度1026km/hまでの高速すれ違い走行試験、高速連続走行試験など、性能評価に必要な走行試験が進められてきているほか、試乗者も8万人を超える実績となっている。また、性能向上、コスト低減に向けた技術開発も着実に進展してきている。

今回、超電導磁気浮上式鉄道技術について、第二期走行試験期開始時に示した課題の達成度と、鉄道輸送システムとして備えるべき性能及び本技術に特徴的な装置特性をそれぞれ評価したところである。その結果、「超電導磁気浮上式鉄道について実用化の基盤技術が確立した」との評価結果となった。

山梨実験線での走行試験が地元の方々の理解及び協力のもとに進められたことを記すとともに、長年にわたって超電導磁気浮上式鉄道技術の開発に携わってこられている関係機関及び関係諸氏の努力に敬意を表する次第である。

日本が独自に開発を進めている本システム技術のさらなる発展・成熟を期待するものである。

超電導磁気浮上式鉄道開発の経緯（その1）

S. 37年	リニアモーター推進浮上式鉄道の研究開始
45年	超電導磁石による誘導反発方式の本格的検討開始
47年	超電導磁気浮上 L I M* 推進実験車浮上走行成功 (M L -100)
50年	超電導磁気浮上 L S M* 推進実験車完全非接触走行成功 (M L -100 A)
52年 7月	宮崎実験線逆 T 形ガイドウェイ走行実験開始 (M L -500)
54年 5月	ヘリウム冷凍機搭載走行実験 (M L -500 R)
12月	最高速度 517 km/h を記録 (M L -500)
55年11月	宮崎実験線 U 形ガイドウェイ走行実験開始 (M L U 001)
61年12月	M L U 001 (3 両編成) による無人走行 352.2 km/h を達成
62年 1月	M L U 001 (2 両編成) による無人走行 405.3 km/h を記録
2月	M L U 001 (2 両編成) による有人走行 400.8 km/h を記録
4月	国鉄の分割民営化に伴い、鉄道総研が研究開発を承継
5月	M L U 002 走行実験開始
12月	M L U 002 による有人走行 306 km/h を記録
63年 4月	運輸省委託調査開始 (実用化に向けた今後の技術開発のための条件調査) 調査期間 2 箇年
10月	超電導磁気浮上式鉄道検討委員会 (委員長：松本嘉司東京大学教授) 発足
12月	M L U 002 による無人走行 380 km/h を達成
H. 元年 2月	M L U 001 (3 両編成) による無人走行 362 km/h を記録
8月	第 4 回検討委員会にて新実験線の建設適地として山梨県を選定
11月	M L U 002 による無人走行 394 km/h を記録
2年 6月	山梨新実験線の建設費等が盛り込まれた平成 2 年度予算成立 新実験線のルートを運輸省と鉄道総研、J R 東海及び日本鉄道建設公団の 3 者が公表 運輸省、3 者に対し技術開発の基本計画及び山梨実験線の建設計画を承認
11月	山梨リニア実験線着手式開催
3年10月	宮崎実験線で車両火災が発生し、実験車両 M L U 002 が全焼
5年 1月	宮崎実験線で、防火対策を施した M L U 002 N 走行実験開始
6年 2月	M L U 002 N による無人走行 431 km/h を記録
7年 1月	M L U 002 N による有人走行 411 km/h を記録
7年 7月	実験用第一編成車両 (M L X 01) が山梨実験線車両基地へ搬入
8年 7月	「山梨実験センター」開設
9年 1月	超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価委員会 (委員長：松本嘉司東京理科大学教授) 発足
4月	山梨実験線先行区間において走行試験開始
10月	実験用第二編成車両が山梨実験線車両基地へ搬入
12月	無人走行 550 km/h、有人走行 531 km/h を記録
10年 2月	実験用第二編成車両が走行試験開始

超電導磁気浮上式鉄道開発の経緯（その2）

10年 6月	2編成の車両による走行試験開始
7月	超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価委員会が中間とりまとめを公表
12月	高速すれ違い試験で相対速度 966km/h を記録
11年 2月	5両編成の車両による走行試験開始
4月	5両編成の車両による有人走行 552km/h を記録
8月	超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価委員会が中間評価を公表
11月	高速すれ違い試験で相対速度 1003km/h を記録
12年 3月	超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価委員会が実用技術評価を公表
4月	第2期走行試験開始
14年 6月	実験用新型車両が山梨実験線車両基地へ搬入
7月	新型車両による走行試験開始
15年 4月	超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価委員会が中間とりまとめを公表
11月	1日の走行距離 2,876km を記録
12月	有人走行 581km/h を記録
16年11月	高速すれ違い試験で相対速度 1026km/h を記録

* L I M : リニア・インダクション・モーター

L S M : リニア・シンクロ・モーター

山梨実験線の走行試験記録（その1）

年月日	項 目
1997. 4. 3	走行試験開始(第一編成、100km/h)
5. 8	200km/h 走行
5.30	浮上走行試験開始
6.24	300km/h 走行
9. 8	400km/h 走行
9.12	421.3km/h 達成(宮崎実験線[有人]: 411km/h)
10. 1	451.8km/h 達成(トランスピット: 450km/h)
11.28	500km/h 達成
12.10	累積走行距離: 10,000km
12.12	531km/h[有人]達成(TGV:515.3km/h、宮崎実験線:517km/h)
12.24	550km/h 達成
1998. 2. 4	第二編成総合調整試験開始
5.17	試乗走行開始
6.11	複数列車走行試験開始
8.21	累積試乗人員: 1,000 人
8.25	累積走行距離: 20,000km
12.17	高速すれ違い走行試験: 相対 966km/h 達成
1999. 2.24	累積走行距離: 30,000km
3.27	累積試乗人員: 2,000 人
4.14	552km/h[有人]達成
7. 7	累積試乗人員: 3,000 人
7.14	累積走行距離: 40,000km
7.29	一日走行距離: 500km 以上走行(532.6km)
8.20	累積試乗人員: 4,000 人
9.10	累積試乗人員: 5,000 人
9.28	一日走行距離: 600km 以上走行(638km)
9.30	累積走行距離: 50,000km
10.21	累積試乗人員: 6,000 人
11.16	高速すれ違い走行試験: 相対 1,003km/h 達成
12. 1	累積走行距離: 60,000km、累積試乗人員: 7,000 人
12.22	一日走行距離: 781km 走行
2000. 3. 6	累積走行距離: 70,000km
4.19	累積試乗人員: 8,000 人
4.24	累積走行距離: 80,000km
5.31	累積試乗人員: 9,000 人
6.22	累積走行距離: 90,000km

山梨実験線の走行試験記録(その2)

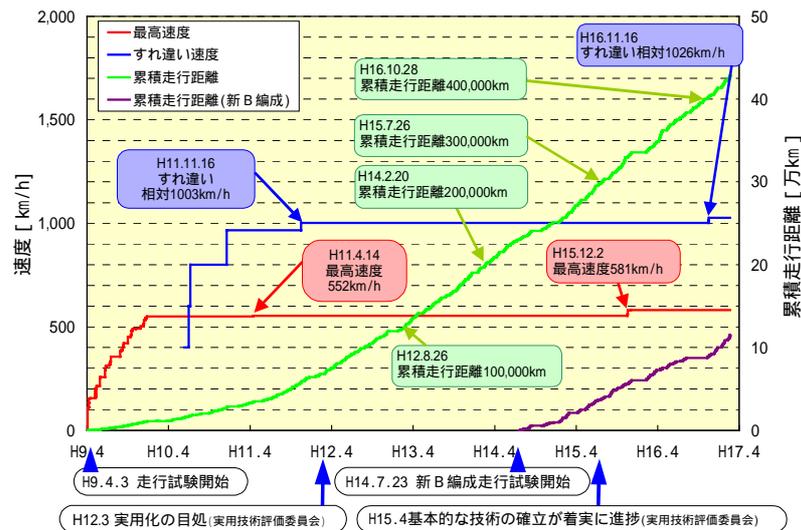
年月日	項 目
2000. 7.12	累積試乗人員 1 万人
8.26	累積走行距離 10 万 km
2001. 6.20	累積試乗人員 2 万人
2002. 2.20	累積走行距離 20 万 km
3.27	累積試乗人員 3 万人
7.23	新型車両走行開始
12. 4	累積試乗人員 4 万人
2003. 4.18	最高速度 500km/h、定員 100 人の試乗会開始
7.26	累積走行距離 30 万 km、累積試乗人員 5 万人
10. 8	累積試乗人員 6 万人
11. 7	一日走行距離：2,876km 走行
12. 2	581km/h[有人]達成
2004. 5.15	累積試乗人員 7 万人
8. 6	累積試乗人員 8 万人
10.28	累積走行距離 40 万 km
11.16	高速すれ違い走行試験：相対 1,026km/h 達成
2005. 3. 1 現在	累積走行距離：428,785km、累積試乗人員：85,776 人

< 参考 >

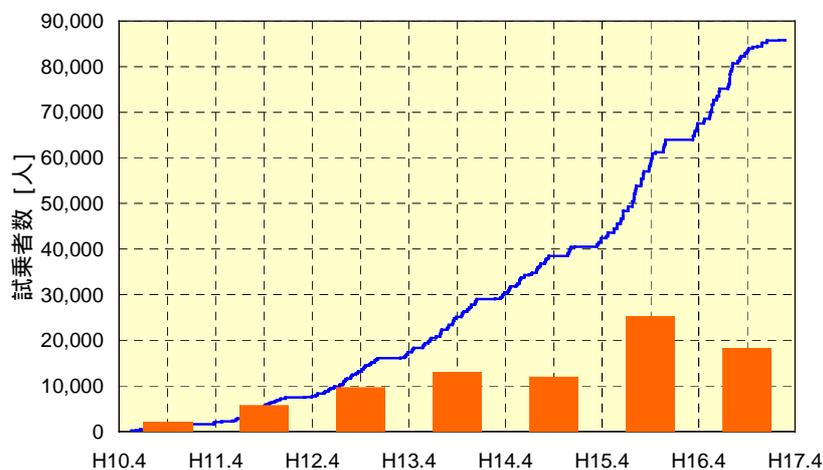
走行の主な記録（まとめ）

- ・最高速度 : 581.7 km/h (有人)
平成15年12月2日記録。2回実施し、2回とも同速度
- ・すれ違い最高速度 : 1026.3 km/h
平成16年11月16日記録。2回実施し、2回とも同速度
すれ違い位置は、ほぼ設定通り
- ・最大1日走行距離 : 2,876 km (平成15年11月7日記録)
- ・累積走行距離 : 428,785 km (平成17年3月1日現在)
- ・累積試乗者数 : 85,776人 (平成17年3月1日現在)
- ・試乗会の運休 : 無し

走行試験の推移（平成17年3月1日現在）



試乗者数の推移（平成17年3月1日現在）



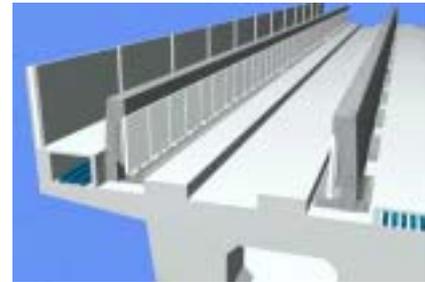
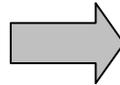
< 参考 >

技術開発によって改良された設備等の事例（その1） （括弧内は改良効果）

ガイドウェイ



これまでの方式

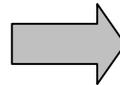


逆T型断面形状
（作業性向上）

地上コイル



2層推進コイル
推進・浮上案内コイルは個々別々



単層推進コイル
推進・浮上案内コイルを一体成形
〔製作費低減、取付作業簡素化、
走行抵抗低減〕

電力変換器



新型電力変換素子
（小型化、電力損失低減）

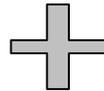
GTO素子

技術開発によって改良された設備等の事例（その2） （括弧内は改良効果）

車両先頭部形状

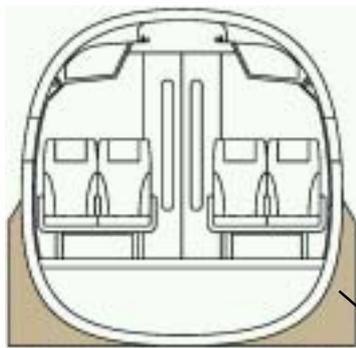


ダブルカスプ形状

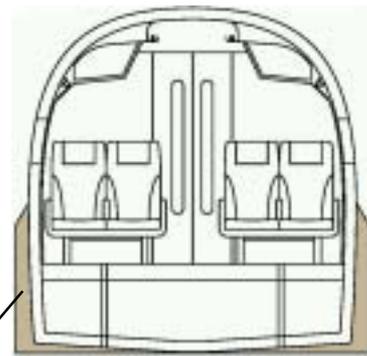
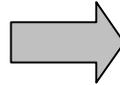


平成14年に投入された試験的な先頭形状
（走行抵抗低減、微気圧波低減）

車両断面



これまでの断面形状



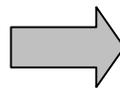
台車部の断面

車体断面の角形化
（走行抵抗低減、空気振動低減）

緩衝工



開口部段差有り



開口部段差解消
（空気振動低減、微気圧波低減）

< 参考 >

関連する主な用語集

リニア（リニアモーターカー）

一般にリニアモータにより駆動する鉄道をリニアといい、車両の支持（浮上）方式により大別すると、以下の3方式になる。

超電導方式：車上の超電導磁石と地上のコイルに誘導される電流との間の電磁力で車両を支持（浮上）する方式。本報告書で対象としている超電導磁気浮上式鉄道の方式。

常電導方式：車上の電磁石と地上の鉄レールとの間に作用する吸引力を制御することにより車両を支持（浮上）する方式。東部丘陵線（リニモ）やトランスラピッドの方式。

鉄車輪方式：従来の鉄道と同じく、鉄の車輪と鉄のレールにより車両を支持する方式。都営地下鉄大江戸線や大阪市営地下鉄長堀鶴見緑地線等の方式。

3重き電方式

地上一次リニアモータにおいて、区分された一次巻線を交互に3系統に分け、車両の位置に応じて変電所から交互に2系統ずつき電する方式。1系が故障しても残りの2系によって車両の運転が可能。

GTO素子

Gate Turn Off Thyristor の略称で、サイリスタに自己消弧能力を持たせた電力用半導体素子。新幹線では300系・500系などに使われている。

ガイドウェイ

浮上走行中に車両を浮上・案内・推進する地上コイル、車輪走行中に車両を支持する支持車輪走行路、案内する案内車輪走行路で構成されるU字型の線路。

基本ブレーキ（バックアップブレーキ）

列車運転に常時使用するブレーキを指し、電力変換器による電力回生ブレーキのこと。

緊急着地輪

支持脚故障時や、浮上走行中の超電導磁石故障の際に、車両が走行路面と接触するのを防止するための金属製の車輪。

クエンチ

超電導線材の超電導状態が消滅し常電導状態に移ることであり、超電導磁石としての機能が失われること。

空車（積車）

乗客や荷物などの荷重が加えられていない車両の状態。

空力的特性

車両が走行することによって車両の周辺の空気との間で生じる現象、つまり車両の周辺に生じる空気の圧力変化や空気の流れ、並びに車両が受ける圧力や摩擦等の現象に起因した特性のこと。

空力ブレーキ

走行中に車両から板を立てて、空気抵抗によるブレーキ力を得る装置。

支持脚装置

電磁力による十分な上下方向の浮上力が得られない低速走行時に、ガイドウェイ走行路面上を走行して車両を支持する車輪、及びそれを上げ下げする装置。

新型電力変換素子

エミッタ構造を工夫することにより、GTO並の低いオン電圧特性と、低電力での駆動および高い遮断能力とを両立させた電力用半導体素子。

振動制御装置

台車が軌道などから受ける振動の影響を緩和し、乗り心地を向上することを目的とした装置。車体・台車間に油圧アクチュエータや減衰力可変ダンパを装着して、それらを車体振動を抑制するように制御する。

積車（空車）

定員乗車時と同様の重量とした車両の状態。

走行抵抗

空気抵抗、磁気抵抗などで車両が走行する際に抵抗となって現れる力。

（ガイドウェイ）側壁

U字型のガイドウェイのうち、浮上案内コイル、推進コイルを固定するための壁状の構造物をいう。

側壁移動分岐装置（トラバーサ分岐装置）

U字型ガイドウェイの側壁のみを左右あるいは上下に移動させて進路を変える方式の分岐装置。

側壁浮上方式

浮上・案内用コイルをガイドウェイの側壁に配置する方式のこと。

台車枠

超電導磁石や脚装置等を取付け、推進力や浮上力（上下力）・案内力などを受けるための枠。

弾性支持台車

超電導磁石を空気ばねを介して台車枠に取付ける構造で、上下方向の乗り心地の向上を図った台車の方式。

（SCMの）内槽

SCMの内部にある容器で、超電導コイルを収納し、これを冷却する液体ヘリウムを内封した容器。

地上一次方式

車両を推進するモータの一次側をガイドウェイ（地上）に、二次側を車両に取り付ける方式。車両の走行制御は地上側で行うことになる。

長尺中間車

車両の定員増を目的として、車両長を標準の中間車（21.6m）よりも2.7m長くした中間車。

超電導磁石（SCM）

リニアモータの2次側となる磁石であり、車両の台車に取付けられるもので、液体ヘリウムにより極低温に冷却し超電導状態とした電磁石のこと。

電力変換器

インバータ、コンバータ、チョッパ等の組み合わせの総称で、商用の電力を半導体を使用して任意の周波数・電流値の交流の電気に電力変換を行う

装置。

電力変換所

電力変換器の他、変圧器や制御装置等を設備した箇所。

トラバーサ分岐装置（側壁移動分岐装置）

ガイドウェイがそのまま横に移動して進路を変える方式の分岐装置。山梨実験線では油圧駆動方式と電気駆動方式がある。

トンネル緩衝工

車両がトンネルに進入・進出するときに発生する圧力変動を低減するためにトンネル坑口に設けた鋼鉄あるいはコンクリート製の構造物。

トンネル内器材坑

き電区分閉装置や通信設備等を設置するためのスペースとしてトンネル内に配置した横坑。

トンネル微気圧波

車両がトンネル内に進入したとき生ずる圧力波がトンネル内を伝播し反対側のトンネル坑口から放射される時のパルス状の圧力波。

バックアップブレーキ（基本ブレーキ）

基本ブレーキが故障したときに用い、バックアップするブレーキ。バックアップブレーキには電気ブレーキと車上ブレーキがある。

ヘリウム用車載冷凍機

超電導磁石を冷却する液体ヘリウムが、外部からの熱侵入などにより気化して生じたヘリウムガスを再度液化するために車上に設置する冷凍機。

ベンチテスト

実験線ではなく工場内や研究所などの場所で実際と同様の条件を模擬して行う試験。

変換所渡り制御

列車の進行に伴い、当該列車が在線中の変換所の制御エリアから隣の変換所の制御エリアに移動させる制御。

誘導集電装置

車両に搭載した磁石により地上の浮上案内コイルに誘導電流を流し、誘導電流による発生磁界を車両の集電コイルで誘起電圧として受け取り、車上で電力を得る装置。

リニアモータ推進方式

回転形モータを直線状に展開したものがリニアモータであり、電気エネルギーを直線的な運動エネルギーに直接変換して推進する方式。

列車群

列車の進路の制御や走行間隔の制御に影響を及ぼし合う複数の列車の集合のこと。

連接台車方式

車体と車体の間（接続部）に台車を配置した方式。超電導磁石による客室への磁界影響の低減・車両断面積の低減・低重心化等に有利となる。