

軌間可変電車の技術開発に関する技術評価

平成22年9月7日

軌間可変技術評価委員会

軌間可変技術評価委員会

(敬称略、委員五十音順)

委員長	西岡 隆	筑波大学名誉教授
委員	石田東生	筑波大学大学院教授
〃	河村篤男	横浜国立大学大学院教授
〃	古関隆章	東京大学大学院准教授
〃	須田義大	東京大学教授
〃	谷藤克也	新潟大学教授
〃	永瀬和彦	金沢工業大学客員教授
〃	水間 毅	交通安全環境研究所交通システム研究領域長
〃	宮本昌幸	明星大学教授

目 次

1. まえがき	・・・	1
2. 開発の経緯	・・・	2
3. 開発目標	・・・	3
4. 開発計画	・・・	4
5. これまでの開発成果とその分析結果	・・・	5
(1) 軌間変換性能		
(2) 走行性能		
①新幹線（標準軌）		
②在来線（狭軌）		
③新幹線・在来線共通		
(3) 耐久性の評価に基づく安全性・経済性		
6. とりまとめ	・・・	14
(1) 評価のとりまとめ		
(2) 今後の技術開発について		

1. まえがき

軌間可変電車（フリーゲージトレイン、以下「FGT」という。）とは、新幹線（標準軌 1,435mm）と在来線（狭軌 1,067mm）の異なる軌間（ゲージ）を直通運転できるよう、車輪の左右間隔を、軌間変換装置を通過するだけで、変換する電車である。

開発にあたっては、軌間変換性能を有し、同一の台車で新幹線車両の高速走行性能と在来線車両の急曲線通過性能等の相反する性能を両立させる走行性能の確立を目標に開発に取り組んできている。

これまで二次試験車において走行試験をはじめ各種試験を実施した結果、新幹線区間での目標速度 270km/h 達成、在来線の直線区間での目標速度 130km/h 達成等の成果が得られる一方、在来線の急曲線区間で目標速度（現行特急の曲線速度）に達しない等の課題も明らかになったところである。

本レポートは、現時点における、技術開発成果及び課題について評価を行い、今後の技術開発の進め方をとりまとめたものである。



二次試験車



軌間変換装置（地上側）

2. 開発の経緯

(1) 一次試験車での開発

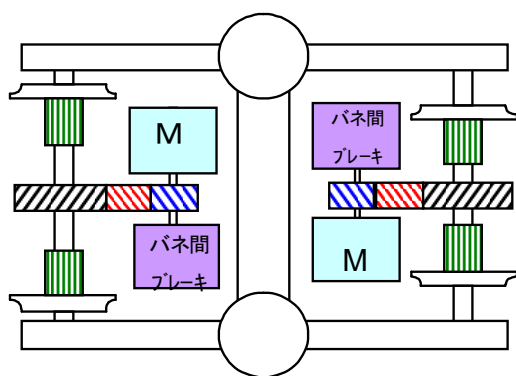
軌間可変電車の技術開発は、平成6年度から14年度まで（財）鉄道総合技術研究所（以下「鉄道総研」という。）が試験研究を実施し、一次試験車を製作し、国内の在来線での走行試験を経て、米国コロラド州プエブロ試験線で高速走行等各種試験を実施したが、開発目標を達成するには至らなかった。

(2) 新たな開発体制及び二次試験車での開発への移行

平成14年度からは、フリーゲージトレイン技術研究組合（鉄道総研とJR西日本、JR九州、JR四国及び関係メーカー8社の計12社で構成）が設立され、同組合を中心に開発が進められている。

同組合では、それまでの開発成果を踏まえ、既存の新幹線台車と同じ駆動方式の平行カルダン方式による台車（以下「現行台車」という。）を製作すると共に、この台車を装架する試験車として、一次試験車の両先頭車両の改造を行いまた車体傾斜機能を有する中間車で編成される二次試験車両を製作し、走行試験等による検証を実施してきている。

更に、現在これらの成果を反映した小型・軽量・高性能化を目指した改良台車を製作中であり、引き続き目標達成に向けて開発を進めている。



概略平面図



台車全景

現行台車（平行カルダン方式）

3. 開発目標

F G T開発の目的に鑑み、平成 18 年度に開催された評価委員会において以下の開発目標を設定した。

(1) 軌間変換性能

電動台車で安全な軌間変換ができること。

(2) 走行性能

①新幹線（標準軌）で 270km/h 以上の速度で安全で安定した走行ができること。

②在来線（狭軌）で 130km/h の速度で安全で安定した走行ができること。

(3) 耐久性の評価に基づく保全性・経済性

車両・地上設備の製作コスト及び保守コストの分析・検証がなされていること。

目標ごとにさらにそれぞれ具体的な技術評価のため評価項目を設定した。

走行性能についての評価項目は以下のとおりであり、各種試験により把握されたこれら項目を分析することにより評価を行う。

i) 走行安定性

・蛇行動発生速度

ii) 走行安全性

・輪重

・横圧

・脱線係数

・輪重減少率

・車輪内面間距離

・軌道短絡

・ブレーキ

iii) 乗り心地

・車体左右振動

・車体上下振動

4. 開発計画

下表に示す開発計画で、技術開発が進められた。

現行台車による走行試験等は、以下のとおり実施された。

- ・平成18年9月～10月：軌間変換耐久試験（多度津工場）
- ・平成19年6月～12月：構内走行試験（小倉工場）
- ・平成20年1月～平成21年4月：在来線走行試験（日豊線）
- ・平成21年4月～6月：軌間変換試験及び新在直通試験（新下関、新八代）
- ・平成21年8月～12月：新幹線走行試験（九州新幹線・新水俣～川内間）

なお、現行台車の走行試験等での目標未達や未検証な課題に対処すべく検討が行われ、今後、改良台車が製作され、走行試験や耐久走行試験等での検証が行われる予定である。

開発計画

年度		H6～H17	H18～H21	H22～
一次車		在来線走行試験 ブエプロ走行試験 (耐久走行含む) 新幹線走行試験 軌間変換試験 等		
一次車 改造 + 二次車	現行 台車		在来線走行試験 新幹線走行試験 軌間変換試験 軌間変換耐久試験 等	
	改良 台車			在来線走行試験 在来線耐久走行試験 新幹線走行試験 軌間変換試験 軌間変換耐久試験 等

※開発計画は今後の検証状況により変更する場合がある。

5. これまでの開発成果と分析結果

(1) 軌間変換性能

(検証状況)

- ・軌間変換試験については、平成 21 年 4 月に新下関で軌間変換機能の確認を実施するとともに、平成 21 年 6 月に新八代で信号設備の切替機能の確認を含む新幹線と在来線の直通試験を実施し、自力走行により軌間変換装置を 10km/h で通過できること、新在直通機能が正常に動作することを確認した。
- ・平成 18 年 9 月～10 月に多度津工場で現行台車の模擬台車（以下「現行模擬台車」という。）による軌間変換耐久試験として、目標変換回数 4,500 回を超える 4,548 回実施した。（一日 2 往復、1 往復 2 回軌間変換、3 年分に相当）

(課題)

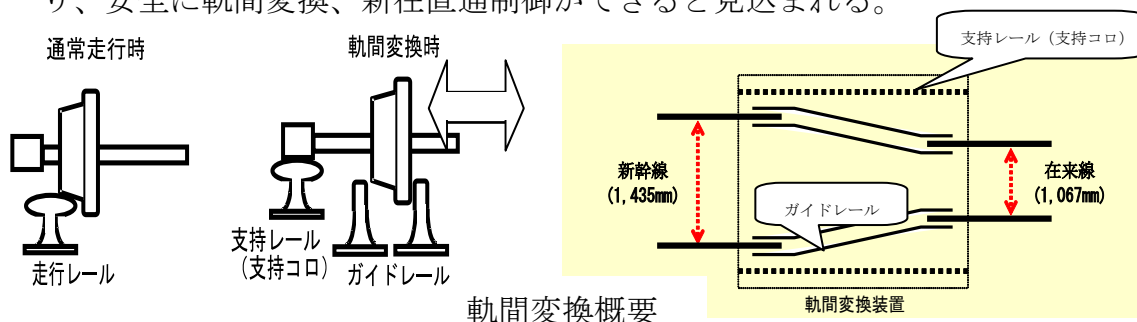
- ・何らかの理由により軌間変換装置を所定の速度よりかなり低い速度（3km/h 以下）で通過せざるを得ない場合に、軌間変換制御に必要な列車の位置検知（速度から位置を検知）ができないことが判明した。

(対策)

- ・列車位置検知については、速度発電機の有電源化、位置検知用地上子の設置等を行う。

(評価)

- ・自力走行により軌間変換装置を 10km/h で通過できること及び新在直通機能が正常に動作することを確認した。
- ・軌間可変機構の耐久試験において目標変換回数 4,500 回を超える 4,548 回実施し、所要の耐久性を有していることを確認した。
- ・改良台車の模擬台車（以下「改良模擬台車」という。）においても、これと同等以上の軌間変換耐久性能の確認を行う必要がある。
- ・低速度の場合に、列車の位置検知ができないことについては、速度発電機の有電源化等、既に対策の目途が立っており、これを確実に実施することにより、安全に軌間変換、新在直通制御ができると見込まれる。



(2) 走行性能

①新幹線（標準軌）

(検証状況)

- ・新幹線走行試験については、平成 21 年 8 月～12 月に九州新幹線で速度向上試験を実施し、走行試験用運転パターンに沿った 270km/h での走行において、蛇行動の発生は見られなかったこと、また、輪重、横圧、脱線係数、輪重減少率についても基準値内に収まっていることを確認した。
- ・室内回転台試験においては、上記試験に用いた現行台車のうち、ヨーダンパ健全状態で行った最も低い台車の限界速度は 290 km/h であったが、改良模擬台車においては、ヨーダンパ 1 本故障相当条件で限界速度 300km/h を確認した。
- ・室内試験の結果から、営業速度以上の蛇行動限界速度を確保するには、車輪踏面の削正周期を通常の新幹線より短くすることが必要であることが予測される。
- ・新幹線の乗り心地を評価するための上下左右の車体振動について、乗り心地が「良い」又は「非常によい」の範囲にあることを確認した。

(課題)

- ・一部の分岐器分岐側通過試験において、横圧及び脱線係数の基準値超過により目標速度を満足していない。

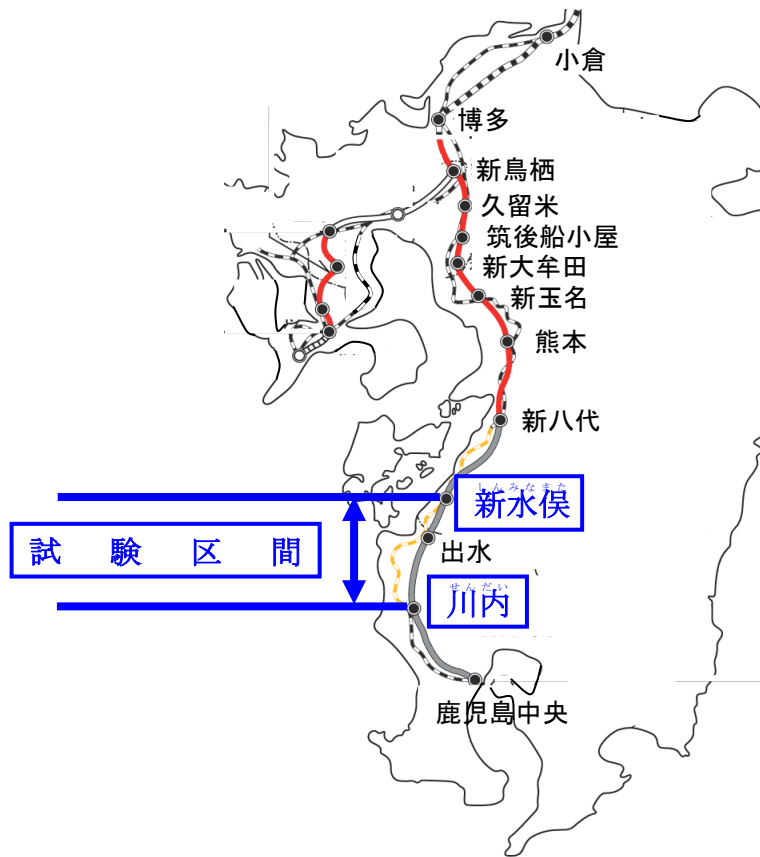
(対策)

- ・車両側での対策として、改良台車において、台車寸法の短縮、軽量化等の改良を行う。

(評価)

- ・走行試験において、270km/h で安全・安定に走行できることを確認した。
- ・新幹線の乗り心地については良好であることを確認した。
- ・分岐器通過性能の向上のため、台車寸法の短縮、軽量化等の改良を行う必要がある。
- ・改良台車での新幹線走行性能の維持を検証するため、ヨーダンパ 1 本故障相当条件で 270km/h 走行性能の確認を行う必要がある。

新幹線走行試験概要



試験日		最高到達速度
平成 21 年 8 月～11 月		30～ 255km/h
12 月	5 日深夜～6 日未明	260km/h
	6 日深夜～7 日未明	260km/h
	13 日深夜～14 日未明	265km/h
	22 日深夜～23 日未明	265km/h
	23 日深夜～24 日未明	270km/h
	27 日深夜～28 日未明	270km/h

②在来線（狭軌）

（検証状況）

- ・在来線走行試験については、平成20年1月～平成21年4月に日豊線で速度向上試験を実施し、直線区間においては130km/hで蛇行動の発生は見られなかったこと、また、輪重、横圧、脱線係数、輪重減少率、ブレーキ停止距離についても基準値内に収まっていることを確認した。
- ・走行時負荷（輪重・横圧・台車・軸箱振動加速度）及びF G T固有の部品にかかる荷重・応力は、狭軌の方が標準軌と比べ同等か若しくは厳しい傾向にある。

（課題）

- ・曲線半径600m以下の曲線及び一部の分岐器分岐側通過試験において、横圧及び脱線係数の基準値超過により目標速度を満足していない。

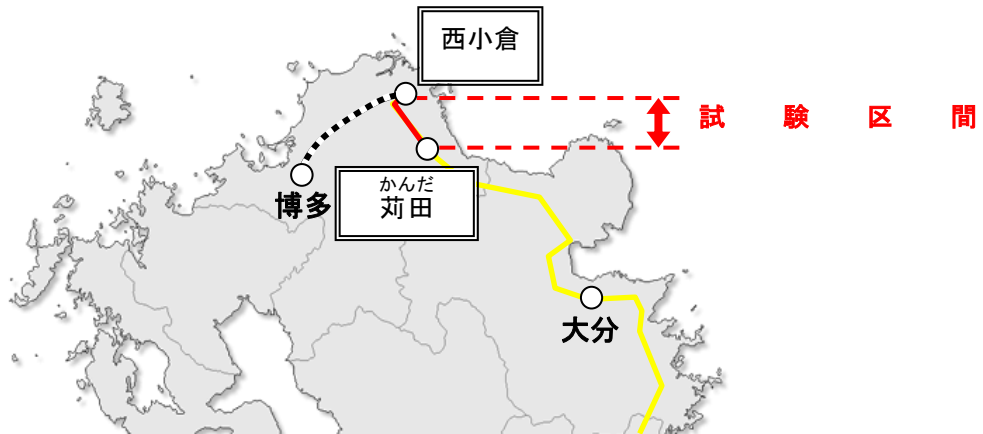
（対策）

- ・曲線及び分岐器通過性能の向上のため、車両側での対策として、改良台車において、台車寸法の短縮、軽量化等の改良を行う。
- ・さらに、地上側での対策として、横圧等が大きな区間の軌道の改良を併せて行う。

（未検証事項）

- ・在来線の乗り心地については、一部の曲線通過時に横圧や脱線係数の超過により目標速度に達しなかったため、当該区間での測定ができなかった。
- ・車体傾斜機能について未検証である。

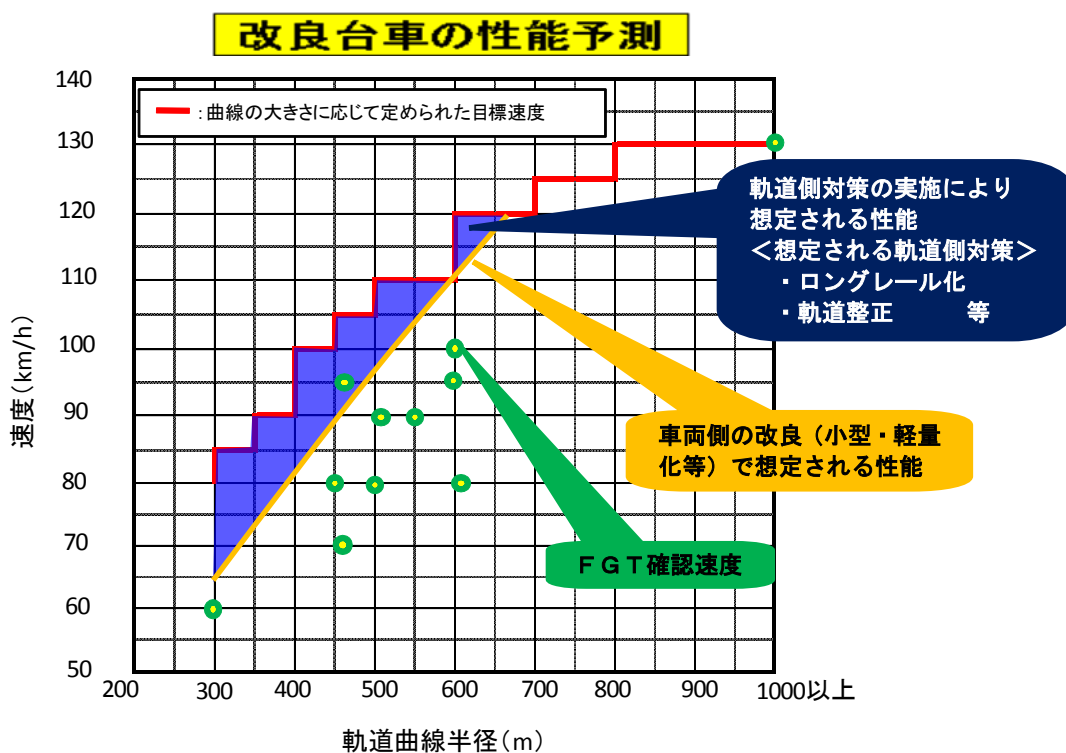
在来線走行試験概要



試験日		最高到達速度
平成20年1月～平成21年3月		30～115km/h
4月	1日深夜～2日未明	120km/h
	3日深夜～4日未明	125km/h
	5日深夜～6日未明	130km/h

(評価)

- 走行試験の結果から、直線区間においては 130km/h で安全・安定に走行することが可能と見込まれる。
- 一方、一部の曲線区間及び分岐器分岐側については、横圧及び脱線係数の超過により、現行特急の走行性能を満たすことができない。
- 曲線及び分岐器通過性能の向上を図るため、台車の寸法の短縮、軽量化等の改良を行う必要がある。
- 曲線及び分岐器通過性能については、改良台車における改良によりある程度の改善は見込めるが、台車の改良のみでは目標達成は難しいと見込まれるため、軌道の改良を併せて行い、目標達成を目指すべきである。
- 在来線の乗り心地及び車体傾斜機能については未検証であり、今後の走行試験において検証が必要である。



③新幹線・在来線共通

○車輪内面間距離

(検証状況)

- ・車輪内面間距離については、走行試験対応として整備値を厳しく管理した軌道整備のうえでは、すべて許容範囲内であった。
- ・車輪内面間距離の変動量が大きくなるのは、曲線半径の小さな構内分岐器等であり、本線走行時はこれよりも小さく、走行の安全を損なうものではないことを確認した。
- ・なお、車輪内面間距離の変動量は、高速走行時の新幹線では最大 3mm 程度、構内分岐器では最大 10mm 程度であった。(固定輪軸の管理基準値は 5mm)

(課題)

- ・改良模擬台車の車輪内面間距離を静止状態で強制的に拡大及び縮小した計測では、現行台車で行った計測結果の最大値を超えているため、更なる変動量抑制改良が必要である。

(対策)

- ・改良模擬台車の軸受け周辺部について、現行台車と類似構造への改良を検討する。

(未検証事項)

- ・車輪フランジ摩耗等と車輪内面間距離管理との相関が未検証である。

(評価)

- ・台車の車輪内面間距離の変動量については、一般台車に比べて大きいですが、これまでの新幹線速度向上試験や高速回転台試験においては、目標最高速度達成の妨げになるような高速走行安定性への影響は無かったことを確認した。
- ・また、実用化に向けての車輪内面間距離の管理基準等は、今後の耐久走行試験での車輪フランジ摩耗や部品摩耗の影響について分析・評価を行うとともに、安全性評価のための検証を行い、必要に応じて軌道対策や運用面での対応を含め設定する必要がある。

○軌道短絡

(検証状況)

- ・軌道短絡性能試験については、平成 20 年 5 月～6 月及び平成 21 年 1 月～3 月に日豊線で走行試験と併せて実施し、直線惰行区間で一般車と比べ大きな短絡抵抗が発生している箇所があった。
- ・なお、軌道回路の高電圧化を実施することにより、改善できることを確認した。

(課題)

- ・直線惰行区間で一般車と比べ大きな短絡抵抗が発生している箇所があった。

(対策)

- ・大きな短絡抵抗が発生している軌道回路について高電圧化を行う。

(未検証事項)

- ・大きな短絡抵抗の発生については、レールと車輪の接触箇所のなじみ不足の可能性もある。

(評価)

- ・列車検知のための軌道回路において、直線惰行区間走行時に一般車より大きな短絡抵抗が発生している箇所があったが、軌道回路の高電圧化により、検知できる見通しを得た。
- ・大きな短絡抵抗の発生については、レールと車輪の接触箇所のなじみ不足の可能性も否定できないことから、再度検証を行う必要がある。

(3) 耐久性の評価に基づく保全性・経済性

(未検証事項)

- ・ 耐久性、保全性、経済性については未検証である。

(評価)

- ・ 耐久性、保全性、経済性については未検証であり、今後改良台車による走行試験において一定距離の耐久走行試験を実施し、検証する必要がある。
- ・ なお、この際、車輪の踏面摩耗、車軸まわりの隙間や関連部品の摩耗等の要因を考慮した条件での高速走行性能に与える影響を検証する必要がある。
- ・ また、F G T 特有部の耐久性は狭軌が標準軌より厳しいか若しくは同等と考えられることから、耐久走行試験は先ずは狭軌で実施するのが妥当と考えられる。

6. とりまとめ

(1) 評価のとりまとめ

①軌間変換性能（電動台車で安全な軌間変換ができること）

- ・車両が、軌間変換装置を所定速度（10km/h 程度）で自力走行でき、また新幹線と在来線との間の運行システム等諸機能の切替（新在直通機能）が正常に行われることを確認した。
- ・軌間可変機構の耐久試験において目標変換回数 4,500 回を超える 4,548 回実施し、所要の耐久性を有していることを確認した。
- ・何らかの理由により軌間変換装置を所定の速度よりかなり低い速度（3km/h 以下）で通過せざるを得ない場合において、列車の位置検知ができないことについては、速度発電機の有電源化等、既に対策の目途が立っており、これを確実に実施することにより、安全に軌間変換、新在直通制御ができると見込まれる。
- ・現在製作中の改良台車により、耐久性の再確認、低速度での列車の位置検知について確認する必要がある。

②-1 走行性能：新幹線（標準軌）

（270km/h 以上の速度で安全で安定した走行ができること）

- ・走行試験において、270km/h で安全・安定に走行できることを確認した。
- ・新幹線の乗り心地については良好であることを確認した。
- ・一部の分岐器で目標とする通過性能を達成していない。このため、台車について、寸法の短縮、軽量化等の改良を行う必要がある。
- ・新幹線上における走行性能の維持を検証するため、ヨーダンパ 1 本故障相当条件で 270km/h 走行性能の確認を行う必要がある。

②-2 走行性能：在来線（狭軌）

（130km/h の速度で安全で安定した走行ができること）

- ・走行試験の結果から、直線区間においては 130km/h で安全・安定に走行することが可能と見込まれる。

- ・一部の曲線区間及び分岐器で目標とする通過性能（現行特急並みの通過速度）を達成していない。このため、台車について、寸法の短縮、軽量化等の改良を行う必要がある。
- ・なお、台車の改良のみでは目標を達成することは難しいと見込まれるため、軌道の改良を併せて行い、目標達成を目指すべきである。
- ・在来線の乗り心地及び車体傾斜機能について今後の走行試験において検証が必要である。

②－3 走行性能：新幹線（標準軌）、在来線（狭軌）共通

○車輪内面間距離

- ・台車の車輪内面間距離の変動量については、高速走行時の新幹線では最大 3mm 程度、構内分岐器では最大 10mm 程度であり、一般台車に比べて大きい。これまでの新幹線速度向上試験や高速回転台試験においては、目標最高速度達成の妨げになるような高速走行安定性への影響はなかった。
- ・今後の耐久走行試験の結果を踏まえ、車輪内面間距離変動の管理対策について検討する必要がある。

○軌道短絡

- ・軌道回路において、直線惰行区間の走行時に一般車より大きな短絡抵抗が発生している箇所があり、軌道回路の高電圧化により、対応できる見通しを得たが、レールと車輪のなじみ不足の可能性も含め走行試験により確認する必要がある。

③耐久性の評価に基づく保全性・経済性

- ・実用化のためには耐久性の評価に基づく保全性・経済性の検証が不可欠であり、今後、耐久走行試験を実施する必要がある。
- ・なお、この際、車輪の踏面摩耗、車軸まわりの隙間や関連部品の摩耗等の要因を考慮した条件での高速走行性能に与える影響を検証する必要がある。

(2) 今後の技術開発について

(曲線等の速度向上)

- ・ 曲線及び分岐器通過性能の向上のため、台車寸法の短縮、軽量化等台車の改良を進める。
- ・ 改良台車により、走行試験を行い、性能向上を確認する。

(車輪内面間距離)

- ・ 今後の耐久走行試験の結果を踏まえ、車輪内面間距離変動の管理対策について検討する。

(耐久性等)

- ・ 耐久性を検討するための耐久走行試験を実施する。狭軌の方が標準軌と比べ厳しい条件と考えられるため、耐久走行試験は、まずは狭軌で実施するのが適当である。
- ・ 耐久走行試験の結果に基づき、F G Tのメカニズムに対応した保守体系及びコストについて検討する。
- ・ 新幹線で270km/hの走行が維持できることの検証として、新幹線速度向上試験でヨーダンパ1本故障を想定した走行安定性について確認する。

(その他)

- ・ 次の項目について、走行試験等により確認、検討する。

改良台車の軌間可変機構の長期耐久性

軌間変換装置における低速度での列車位置検知

曲線部、分岐部における軌道改良の効果

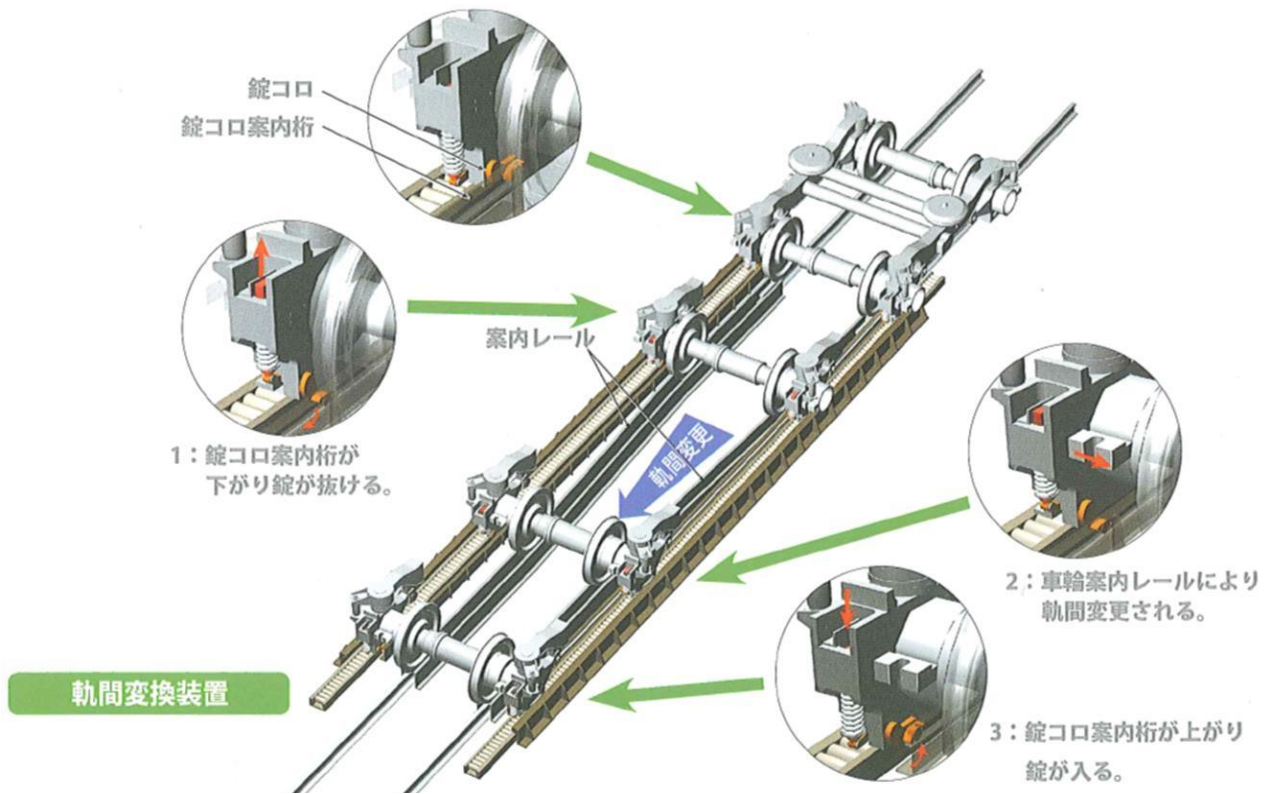
軌道短絡

在来線の乗り心地

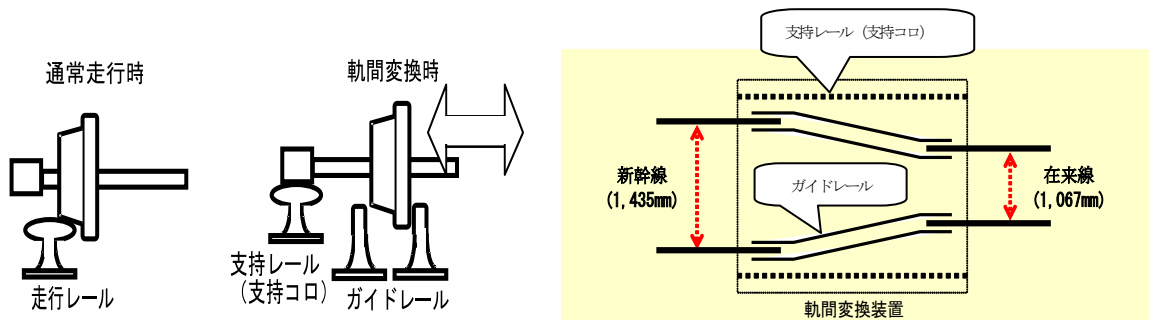
車体傾斜機能

【参考】

1. 軌間変換の仕組み



軌間変換装置を通過することにより電車の車輪の左右間隔が自動的に変わります。



2. これまでの経緯



1次車

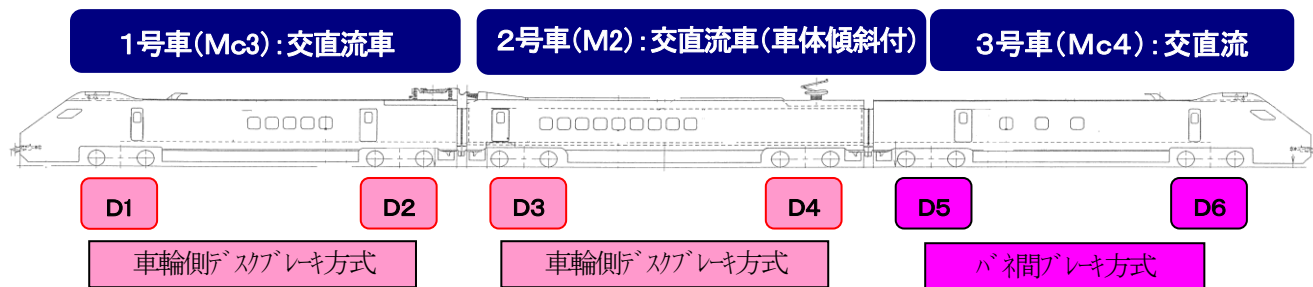
2次車

これまでの走行試験等実績

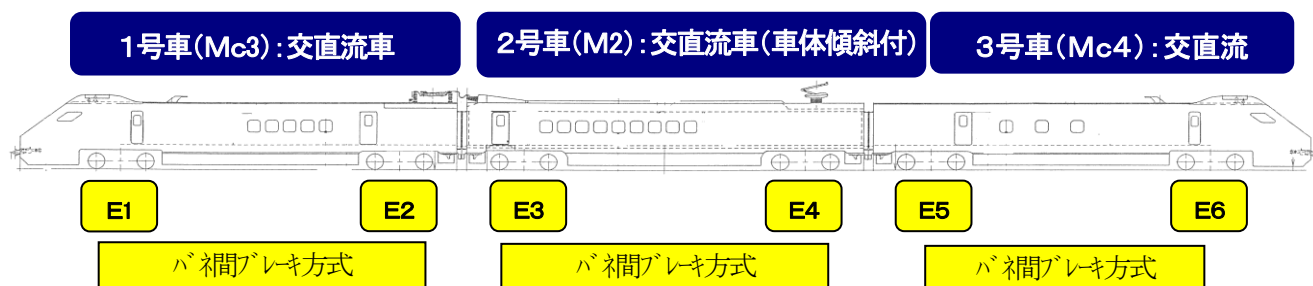
		狭軌	標準軌	軌間変換・新在直通
一次車	H11/1	100km/h 確認走行試験 (米子～安来)		
	H11/4～H13/1		米国「エアロ」 最高速度：246km/h 耐久走行：59万km	米国「エアロ」 変換回数：2,084回
	H13/10～ H14/11	基礎性能試験 (小倉工場、西小倉～城野) 速度向上試験 (西小倉～新田原、別府～大分) 最高速度：130km/h (分岐器・急曲線通過性能：一部未達)		軌間変換、異電源通過試験 (新下関)
	H15/5～6	速度向上試験 (多度津～坂出：ロングレール区間) (分岐器・急曲線通過性能：一部未達)		
	H15/9～11	軌道短絡試験 (小倉工場)		
	H16/6	新幹線走行前予備走行試験 (西小倉～新田原)		
	H16/8～10		速度向上試験 (新山口～新下関) 最高速度：210km/h	
一次車改造 十二次車	H18/9～10			軌間変換耐久試験 (多度津工場) 変換回数：4,548回
	H19/6～ H21/4	構内走行試験 (小倉工場) 基礎性能試験 (西小倉～城野) 速度向上試験 (西小倉～苅田) 最高速度：130km/h (分岐器・急曲線通過性能：一部未達)		
	H21/4～6			軌間変換試験 (新下関) 新在直通試験 (新八代)
	H21/7～12		構内走行試験 (川内) 速度向上試験 (川内～新水俣) 最高速度：270km/h (分岐器線通過性能：一部未達)	

3. FGT試験車両の概要

FGT試験車両の概要



一次車改造（両先頭車）＋二次車（中間車車体傾斜機能付）（現行台車）



一次車改造（両先頭車）＋二次車（中間車車体傾斜機能付）（改良台車製作中）

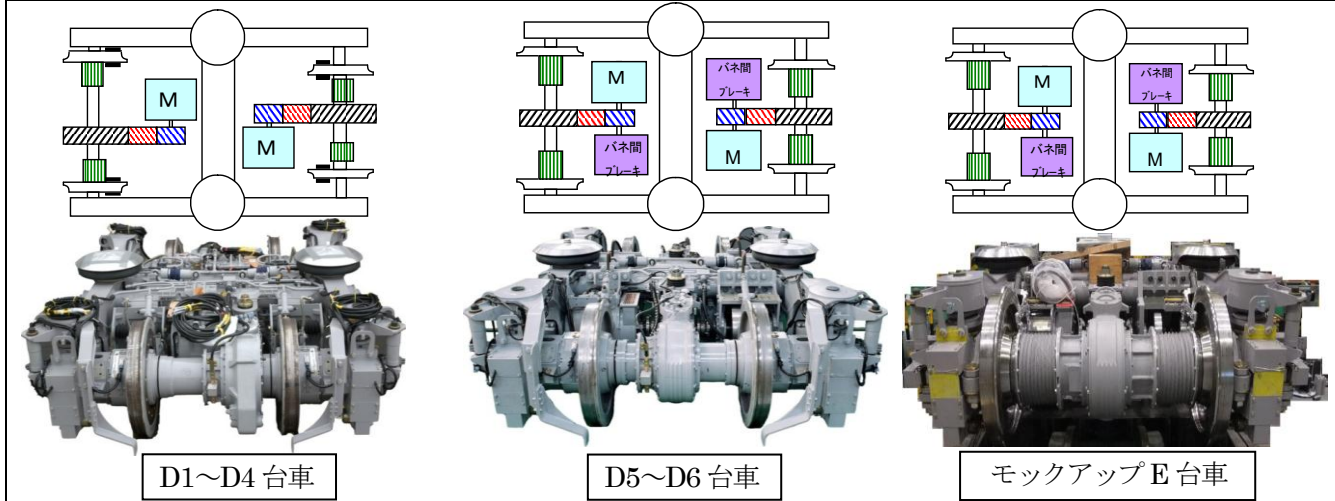
試験車両主要諸元

号車（略称）	1号車（Mc3）	2号車（M2）	3号車（Mc4）
種別	交直流、車体傾斜機能無し	交直流、車体傾斜機能有り	交直流、車体傾斜機能無し
定員（人）	—	36	—
質量	各車最大 50t（軸重 12.5t 以下で規定）		
車両全長	23,075mm	20,500mm	23,075mm
最大寸法	車体長	22,825mm	22,825mm
	車体幅	2,945mm	
	車体高さ	4,030mm	3,650mm
軌間	新幹線区間：1,435mm、在来線区間：1,067mm		
電気方式	新幹線区間：交流 25kV（60Hz）、在来線区間：交流 20kV(60Hz)及び直流 1.5kV		
制御	力行	VVVF インバータ	
	ブレーキ	電力回生ブレーキ併用電気指令式空気ブレーキ	
	車体傾斜	—	空気バネ圧制御＋ジャイロ検知式
台車	台車方式	平行カルダン方式	
	主電動機	永久磁石同期電動機	

4. 台車構造の概要

軌間可変台車の基本仕様概要比較

		現行台車 (D台車)		改良台車 (E台車)	
		D1~D4	D5&D6	E1	E2~E6
設計軸重		12.5t		12t	
軌間可変構造	可変機構	クロスブライン (車輪内側配置)			
	ロック機構	シングルアームスライドストップ方式			
ブレーキ方式		車輪側ディスクブレーキ方式	バネ間ブレーキ方式		
短絡装置		軌間変換対応			
車軸径		192mm		185mm	
車軸軸受径		120mm			
ヨーダンパ		2本		4本	
軸箱前後支持剛性		900kgf/mm		500kgf/mm	
軸梁ヨー角抑制機構		無し		有り	
歯車装置		中間歯車有り			
主電動機容量		250kW		—	250kW
寸法	軸距	2,500mm		2,450mm	
	軸受左右間隔	2,150mm		2,050mm	
重量	台車重量	9.4~9.3t	9.5~9.6t	8.3t	9.2t
	バネ下質量	2.8~2.6t	2.3t	2.3t	2.3t

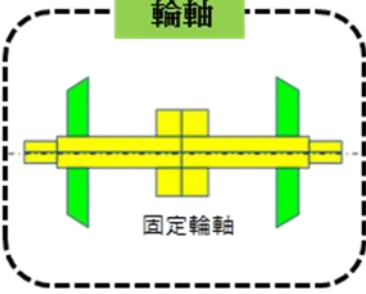


※モックアップ台車：室内試験用に作成した模擬台車


5. 一般台車と軌間可変台車の比較

一般的な台車

輪軸




固定輪軸



軸距 2,500mm

新幹線台車

バネ下質量 1.6t



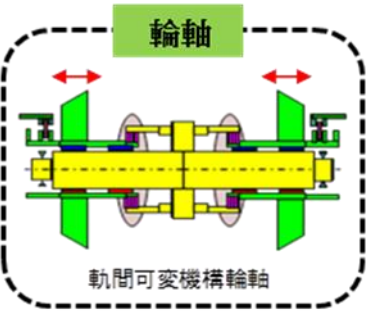
軸距 2,100~2,250mm

在来線台車

バネ下質量 1.3t

軌間可変台車

輪軸

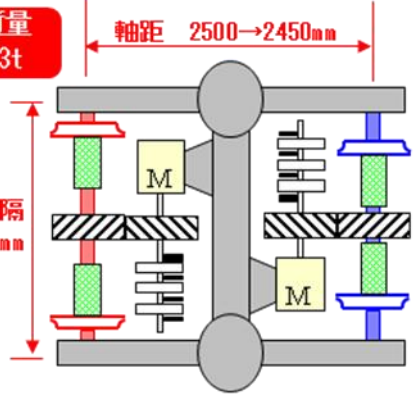


軌間可変機構輪軸

現行台車と改良台車の主な変更点


バネ下質量 2.8→2.3t

軸距 2500→2450mm



軸受左右間隔 2150→2050mm

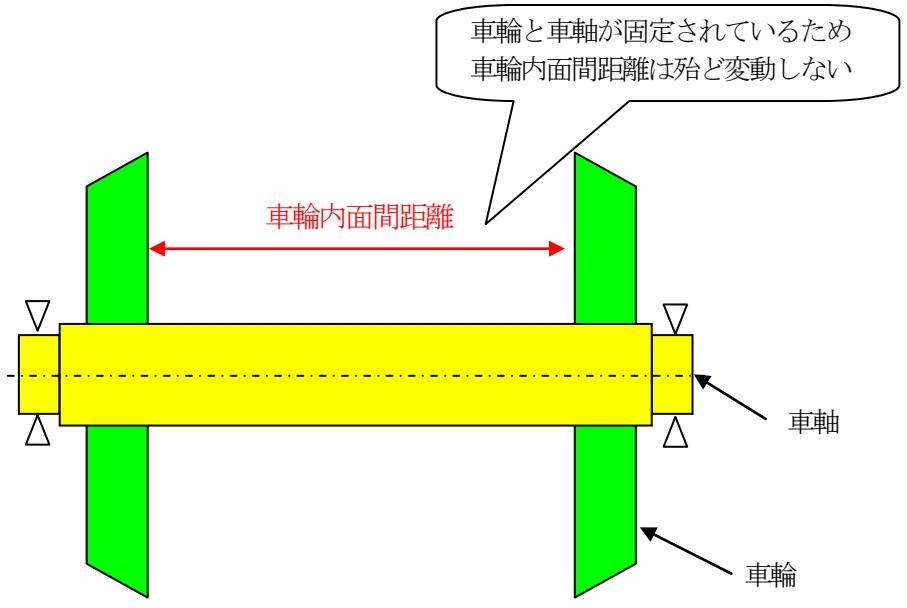
※軌間可変台車を上から見た図



軌間可変台車

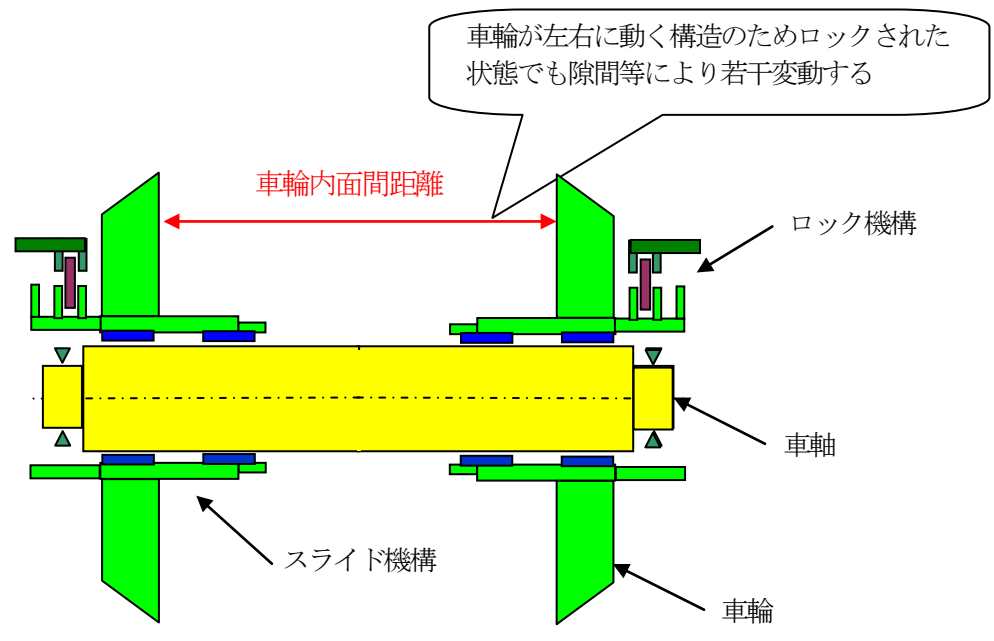
6. 軌間可変台車の基本技術課題

- ① 車軸と車輪が固定結合されていない輪軸系での走行安全性と安定性の確保
- ② 軌間変換機能の安全性と安定性の確保



通常車両

(車輪と車軸が固定されている)



フリーゲージトレイン

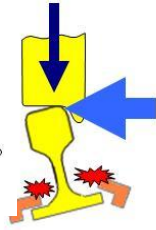
(車輪と車軸が固定されていない)

7. 輪重及び横圧と脱線係数の関係



○横圧

過大な横圧は、線路を破損させることもある。
→ 横圧が高いことは好ましくない。
このため、横圧は基準値を超えてはならない。



○横圧が大きくなる状況

車両が急曲線を通る際、
遠心力等により横圧が大きくなる。



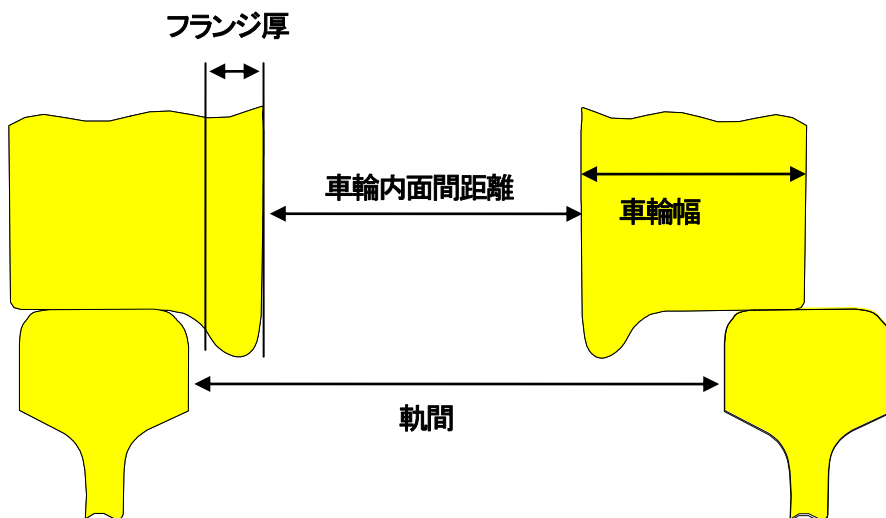
重量と曲線通過速度が大きいと横圧が大きくなる

○脱線係数

- ・脱線係数とは、横圧Qを輪重Pで除した値。
- ・脱線係数の値が、脱線限界(脱線の始まる限界値)以上のときは脱線する可能性があることを示す。

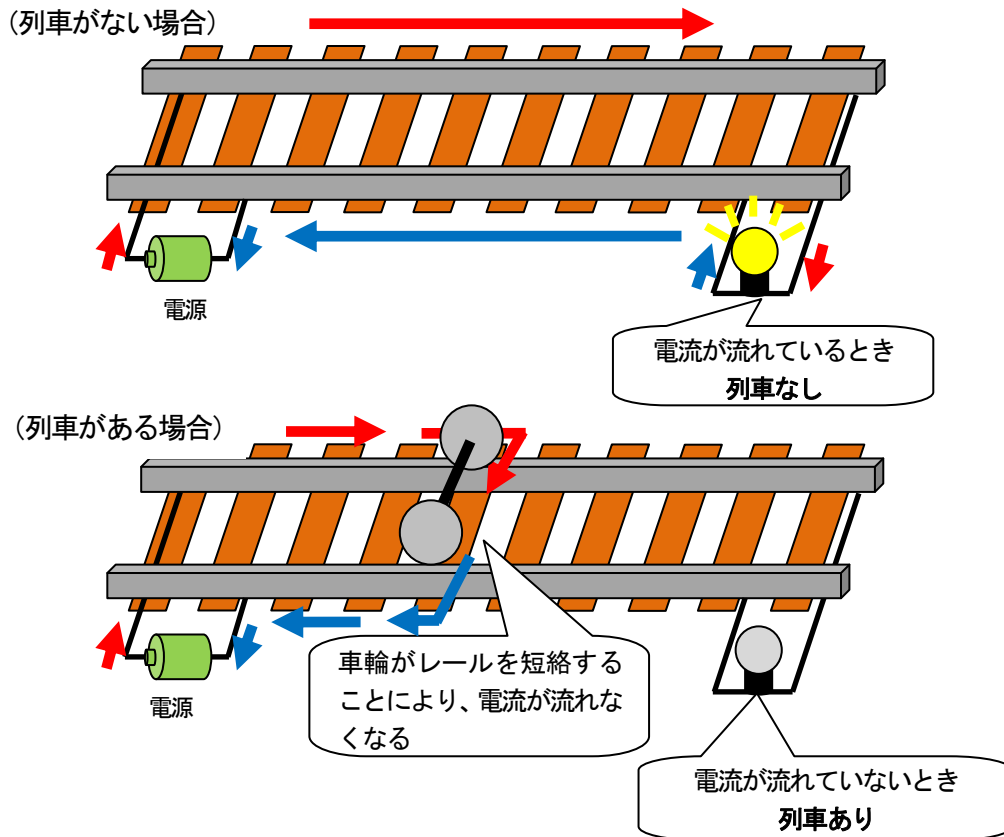
$$\text{脱線係数} = \frac{Q(\text{横圧})}{P(\text{輪重})}$$

8. 車輪周辺の寸法名称



9. 軌道回路

軌道回路：左右のレールを電気回路の一部に用い、その区間に列車が存在すると、車輪がレールを短絡することにより列車検知を行うもの



10. ヨーダンパ

ヨーダンパ：直線部での高速走行時に台車や車体に発生する上下方向軸まわりの回転運動を減衰する装置

