

東京大学生産技術研究所

千葉試験線 2.0 @ ITS R&R 実験フィールド



千葉試験線 2.0

東京大学生産技術研究所では、LRTをはじめ様々な試験実施を目的として、2007年10月に大学が所有する日本初の施設となる試験線を西千葉における千葉実験所に敷設したが、このたび、千葉実験所柏への機能移転に伴い、ITSなど総合的な交通システムの実験フィールドであるITS R&R 実験フィールドの一部として千葉試験線 2.0 を構築した。西千葉における千葉試験線を継ぐ千葉試験線 2.0 は以下の特徴がある。

- ・分岐器および踏切を含め全区間にわたり従来型車輪および外フランジ型車輪の通過を考慮した構造
- ・スケールモデル走行実験装置とは10 : 1の関係
- ・世界で広く使用されている溝レールも設置
- ・自動運転車両を含む総合交通システム実験環境の一部

諸元

- ・基本軌間 1,435mm (標準軌)
- ・軌道全長 331.7m
- ・曲線 61.9m (定常曲線半径33.0m)
- ・踏切3箇所
- ・勾配 最大14.846%
- ・50Nレール主体 (溝レール 4m)
- ・外・内フランジ対応分岐器 1基

実験用車両 & 台車 & 輪軸

FS-327A台車



寄贈：京阪電鉄株式会社殿

FS-509台車



寄贈：京阪電鉄株式会社殿

FS-045台車



寄贈：阪急電鉄株式会社殿

パイオニアⅢ台車



寄贈：南海電気鉄道株式会社殿

松葉スポーク輪軸



寄贈：東急車輛製造株式会社殿 (現 総合車両製作所)



寄贈：東京地下鉄株式会社殿

寄贈：東急車輛

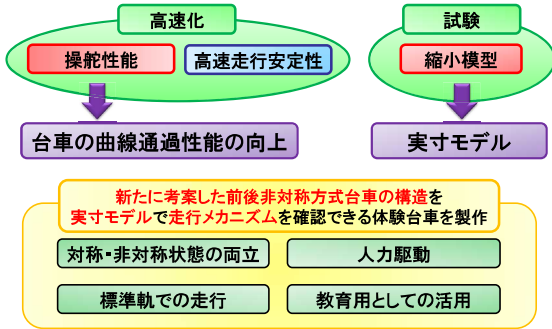
型式名	FS-327A	FS-509	FS-045(T台車)	PⅢ-710
軸距	2,100mm	2,100mm	2,100mm	2,100mm
重量	約7,000kg	約5,800kg	4,950kg	約4,500kg
製造年	昭和34年	昭和56年	昭和41年9月	昭和45年
製造所	住友金属	住友金属	住友金属	東急車輛製造株式会社
軸箱支持方式	アルストムリンク	SUミンデン	ミンデン	軸はり式

01-630	快適性モック
2,000mm	—
約26,300kg	約4,000kg
昭和56年	—
日本車輛	東急車輛
緩衝ゴム式	—

鉄道車両の走行メカニズム

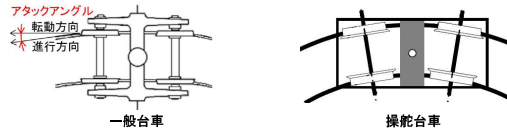
体験台車に関する研究 (Stavic-R)

背景・目的

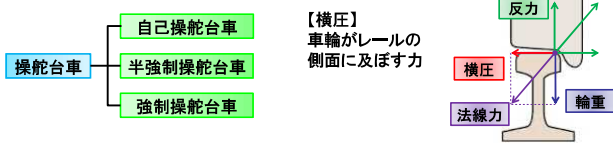


操舵台車

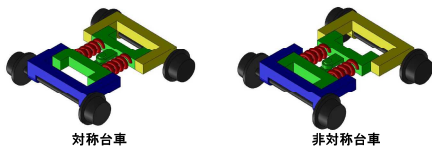
【操舵台車】
曲線通過時の横圧を小さくする(パーフェクトステアリング状態に近く)台車



【パーフェクトステアリング】
曲線通過時にアタックアングル(輪軸とレールの接触角度差)が零となること
利点: 転がり抵抗の低減(横圧低減, 騒音低減, 車輪・レール磨耗低減 etc.)



運動方程式



【輪軸のアタックアングル導出式】

$$\psi_{w1,w2} = \pm L \cdot \frac{2\kappa_{11}d_0\gamma h - 2d_1^2\kappa_1r_0}{\kappa_{22}hr_0R - 2\kappa_{11}d_0\gamma Lh + 4d_1^2\kappa_1r_0R}$$

【アタックアングル $\psi_{w1,w2}=0$ にする条件式】

$$h = \frac{d_1^2\kappa_1r_0}{\kappa_{11}d_0\gamma}$$

パラメータ名称	記号
輪軸間距離	L
車輪・レール接触点間距離の半分	d_0
回転中心ばね間距離の半分	d_1
車輪平均半径	r_0
等価路面勾配	γ
縦クリーブ係数	κ_{11}
左右クリーブ係数	κ_{22}
回転中心ばね定数	k_1
曲線中心半径	R
輪軸間中心から台車回転中心までの距離	h

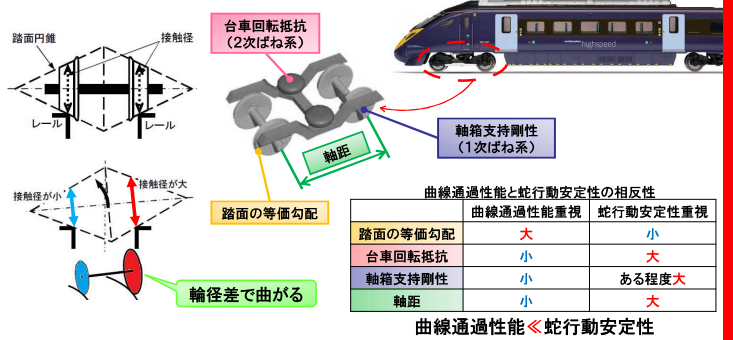
Stavic-R (Railway)

【須田研究室で開発した鉄道車両の操舵機構が学べる乗り物】



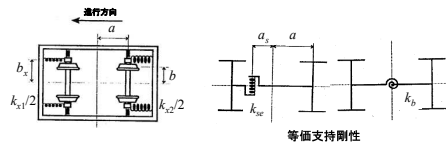
【仕様】
形式: 2軸ボギー台車
乗員数: 1人
質量: 63.6kg
使用速度: 5~15km/h
軌間: 1435mm(標準軌)
軸距: 1000mm
車輪踏面勾配: 0.036
変速機: 5段変速
最大寸法: 1360mm(前後方向)
1570mm(左右方向)
1180mm(上下方向)

鉄道車両の走行メカニズム



先行研究

【実用化された前後非対称方式台車】



$$a_s = -a \cdot \frac{k_{x1} - k_{x2}}{k_{x1} + k_{x2}} = \frac{k_{y1}r_0}{2\kappa_{11}b\gamma}$$

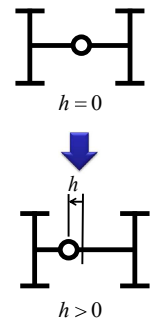
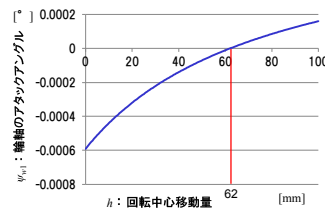
($k_{x1} \leq k_{x2}$)

$$k_y = 2 \frac{k_{x1}k_{x2}b^2}{k_{x1} + k_{x2}}$$

非対称指数	
軸距(輪軸間距離)の半分	a_1
車輪・レール接触点間距離の半分	a
軸箱支持剛性間距離の半分	b
車輪平均半径	r_0
等価路面勾配	γ
縦クリーブ係数	κ_{11}
前側軸箱支持剛性	k_{x1}
後側軸箱支持剛性	k_{x2}

数値解析

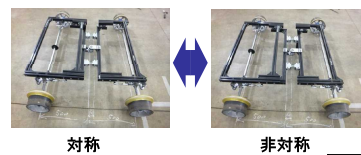
定常状態において曲線通過時
回転ピンの位置を前方に移動させたときの
輪軸のアタックアングルの変化を解析



約62mm移動させた位置でアタックアングルが零となるパーフェクトステアリング状態を確認

まとめ

【対称・非対称の切替】



実際に体験することでより良い教材となり
若手人材の育成にも効果が期待される

曲線通過性能	走行安定性	必要トルク値
曲がり易さ	揺れ具合	ペダルの漕ぎ易さ

1. 軸箱支持剛性の前後非対称方式ではない手法を提案した
2. 台車枠を2分割構造にし、対称・非対称構造を両立した
3. 操舵性能と走行安定性を確認した
4. 試作台車の設計・製作を行い、機能を確認した

共同研究: 日立製作所

鉄道試験線への期待

鉄道技術開発の展望

世界的な鉄道への期待

地球環境問題
都市交通問題



高速鉄道 世界各地で
都市鉄道 建設計画

世界市場の拡大

国際競争 顕著に

技術開発・実用化が重要課題

IT・通信技術の積極的展開
車輪-レールのインターフェース改善 など



シミュレーションだけでなく、
実際の走行試験が不可欠

これまでの日本における実車走行試験

開業前の新線を利用

例：一軸台車の開発
北総線(1998~2001:JREAプロジェクト)



海外試験線の利用

例：フリーゲージトレイン 耐久試験
アメリカ プエブロ試験線(1999)



試験専用線の ニーズ

メーカーや研究機関：比較的自由に使用可能
鉄道事業者：自社の営業線で困難な試験が実施可能

日本における試験線への取り組み



住友金属工業(当時)
ホームページより引用

新日鐵住金株式会社

・操舵台車の開発



東京大学生産技術研究所 千葉実験所 千葉試験線 日本初の大学機関所有の試験線

- ・単線・全線併用軌道
- ・標準軌・全長107m、定常曲線半径 48.3m、全線外フランジ対応
- ・車輪・レール系の摩擦制御や接触問題・トライボロジー
- ・車両・軌道系の異常検知の研究
- ・脱線安全性の向上に関する研究
- ・ITS (高度交通システム)に関する研究

東京大学生産技術研究所 千葉実験所 千葉試験線 2.0

- ・全線専用軌道
- ・標準軌(一部狭軌併設)・全長約333m、定常曲線半径 33m
- ・踏切3カ所および分岐器を含め全線外フランジ対応。
- ・一部溝レールを敷設
- ・スケールモデル走行実験装置とリンク(10:1の関係)

ITS R&R 実験フィールドとして日本初の施設

- ・従来研究に加え総合的交通システム技術の研究および実証実験
- ・社会的教育および連携



2017年5月15日
千葉試験線 2.0 開通式・研究車両寄贈式



自動車産業 テストコースの整備

- 自動車技術の大幅な向上
- 市場の拡大に貢献

例：日本自動車研究所
(JARI)テストコース



参考

諸外国の状況

欧米：大規模試験線の整備

ポーランド
試験線

中国
都市軌道交通装備試験線



チェコ
ヴェリム試験線

アメリカ
プエブロ試験線

ドイツ
ヴィルテンラード試験線

カナダ
ボンバルディア試験線



中国：大規模試験線 + 新線の建設ラッシュ
→ どこでも試験線の状態
産官学連携プロジェクト
→ 営業線で取得したデータの共有



MIHARA試験線(広島県三原市:三菱重工業株式会社)

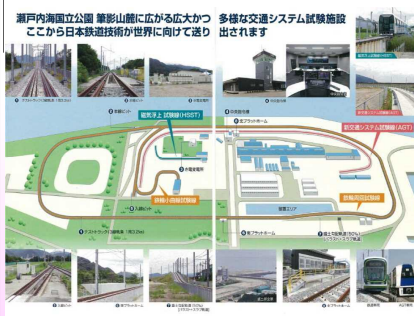
MIHARA: Multipurpose Integrated Highly-Advanced Railway Applications

- ・鉄輪周回試験線(3.2km)
→ 標準軌・狭軌・メーターゲージに対応
- ・鉄輪小曲線試験線
- ・新交通システム試験線(AGT)
- ・磁気浮上試験線(HSST)を備える

日本初の本格的な軌道用総合試験線

- ・鉄道技術の実証実験
- ・オペレータやエンジニアの訓練
- ・海外規格の認証プロセス実施
- ・日本の鉄道技術、鉄道システムのデモンストレーション

※ 社外利用へ門戸を開放



2014年竣工



2015年 試験車両MIHARA Liner

鉄道総研

- ・鉄道用リチウムイオン電池の開発
- ・鉄道用燃料電池の開発 など



鉄道総研ホームページより引用