

[JSCM 企画講演(1)]

大学における試験線の試みと海外の試験線状況

[機] 須田 義大 (東京大学)

Test Truck for Railway System in University Research and Foreign Examples

Yoshihiro Suda (The University of Tokyo)

In the design of railway, experimental evaluation with running test on test truck is becoming important because recent railway systems meet global standard. Therefore, many countries abroad have large equipment. In this report, current status regarding to test trucks in the world is surveyed. Furthermore, a concept for next generation test truck is proposed while explaining the test truck facility which combines the ITS and railway systems in the University of Tokyo.

キーワード：鉄道試験線, LRT, 高速鉄道, 曲線通過, ITS

Key Words: Test truck, LRT, High speed train, Curving negotiation, ITS

1. 緒言

今日の鉄道技術は時代を反映したフレキシビリティが求められている。高速鉄道においては 300km/h 超の高速性能, LRT では半径 10m 以下の超急曲線をスムーズに走行できる車両技術が望まれている。また, 電気分野でも架線レス技術や, 軌道回路によらない無線通信や GPS を用いた信号技術, 土木分野でも防災や省力化・コストダウン対応が要求されている。これらを実現する様々な新しい技術が提案されているが, その検証には, 軌道・車両・電気設備を一体, かつ同時に実験ができる鉄道試験線の実現が理想的である。鉄道産業のグローバル展開の観点からも試験線の必要性があり, 国土交通省の交通政策審議会の答申にも述べられている¹⁾。

一方, 試験線は国内, 海外に数多あるが, それらの位置づけや役割について, 俯瞰した議論はこれまでなかったように思われる。そこで, 本稿では, 海外の鉄道試験線の状況を紹介しつつ, 東京大学生産技術研究所における試験線の試みとねらいについて紹介する。さらに, 我が国の試験線のあるべき姿について, 検討を深めてみたい。

2. 海外試験線の動向

2.1 メーカー所有の試験線

海外の試験線には欧州, アメリカ, 中国などに大規模な試験線設備がある。そこで, まずは国外の試験線の動向を紹介したい。そもそも, 試験線については所有者, または管理者という観点で大きくわけて三つに分類される。すなわち, メーカー所有の試験線, 国家レベルの鉄道関連機関が所有する試験線, 大学が所有する試験線である。

図1はメーカー所有の試験線の例として, ドイツ, シーメンス社の鉄道車両試験センターである。メーカー所有の中では世界最大規模の試験線設備である。総延長 28km にわたる試験線を有し, ループ線 (T1) では全周約 6km の

軌道を 160kph の試験走行が可能という。さらに, 半径 15m という超急曲線走行試験の設備 (T4) や, 加速・減速試験のための長大な直線路 (T3), 最大 70 パーミルの超急勾配を有する線路 (T5) など, 徹底的に車両性能を検証できる設備といえる。

メーカーが所有する大規模試験線には, 他にもカナダ, ボンバルディア社の試験線, フランス, アルストム社の車両製造工場に併設した試験線があり, いずれも規模は大きい。これらメーカーの試験線では, 新型車両の実験や, 耐久試験, 乗務員の訓練などに活用されている。

表1 シーメンス試験線の概要

線路名称	延長 (m)	最高速度 (kph)	半径 (m)	勾配 (%)
T1	6082	160		
T2	2485	100		
T3	1400	80		
T4	553		50/25/15	
T5	410			40/70

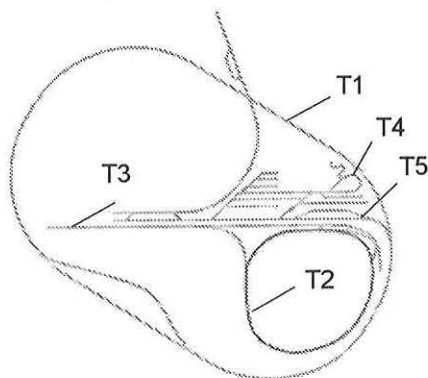


図1 シーメンス試験線レイアウト²⁾

2.2 国家機関の所有する試験線

メーカー所有の試験線とは別に、鉄道に関する国家機関が所有する大規模設備がある。昨年、AGVの試運転も行われた、チェコのヴェリム(Velim)テストセンターがその一つである。同試験設備は VUM (チェコの鉄道研究所) が所有し、二つのループ線で構成されている。大きなループ線には小さな町がすっぽり入るほどで、全周約 13km、振子電車で最高 230kph、一般の電車で 210kph の試験走行可能なループ線である。

この試験線では、欧州の多数の新型鉄道車両の試験走行をおこなっていることが特徴である。実際、電源設備についても DC1500/3000V、また AC25kV(50Hz)/15kV (16.7Hz)と、欧州の電方式に対応しており、軸重も 25t まで試験可能である。このように、国境を越え様々な車両のテストができることを考慮した点は、現状の国内試験線には考えられない特徴といえよう。欧州には他にもポーランド、フィンランドにも比較的規模の大きい試験線がある。

日本の FGT プロトタイプの走行試験が行われたことでも有名なアメリカコロラド州、プエブロにも大規模試験線設備がある。プエブロ試験線は、米国鉄道協会の傘下機関である運輸技術センター (TTCI) が管理し、用途に応じた様々なループ線を所有する。最も大きなもの (Railroad Test Track) は全周 21.7km もあり、165kph の走行試験が可能である。プエブロ試験線には、ほかにも軸重 39t まで対応可能な重貨車用のループ線も備えており、土木インフラに関する検証実験の設備も充実している。また、Impact Track では車両の衝突実験設備を備えており、米国の衝突安全アセスメントにも役立っている。

表 2 ヴェリム試験線の概要

線路名称	延長 (m)	最高速度 (kph)	半径 (m)
Large test ring	13276	230/210	14000
Small test ring	3951	90	800/600/450/300

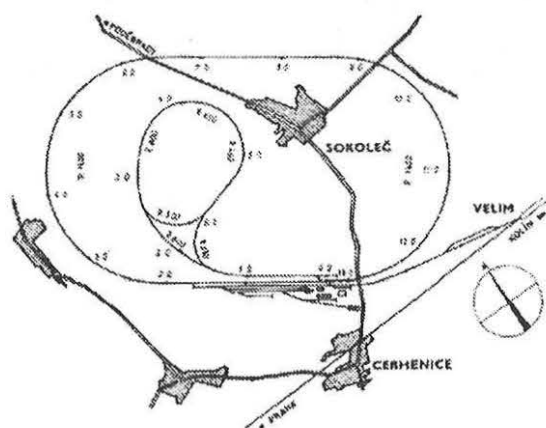


図 2 ヴェリム試験線の二つの環状線³⁾

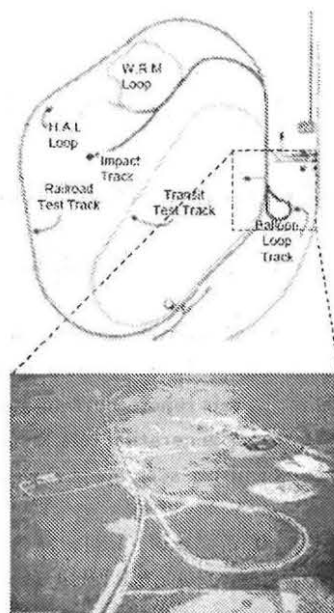


図 3 プエブロ試験線⁴⁾



図 4 中国鉄道科学研究院のループ試験線⁵⁾

ほかにも、中国鉄道科学研究院が所有するアジア最大のループ線がある。このように海外においては、我が国と比較し、格段に規模の大きな試験線が多数存在している。

2.3 大学の試験線

大学の試験線は、メーカーや国の鉄道関連機関が所有する試験線と比較すると規模はやや小さいものの、中国上海、同済大学の試験設備が最近建設された。同済大学の試験設備は、計画では全長 2.1km の試験線で最高 120 kph の走行が可能であり、勾配区間や急曲線も備えている。現在は延長 1km ほどの第 1 期工事が完了し、今後 3 期にわたって施設を拡充する予定という。この試験線はまもなく上海地下鉄 11 号線とレールがつながり、実際の列車運行と密接な関わりのある研究課題も担当できることとなる。産官学が連携した本格的な大学の研究設備と期待されている。

このほかに大学の試験線としては、後述する東京大学千葉実験線などがある。

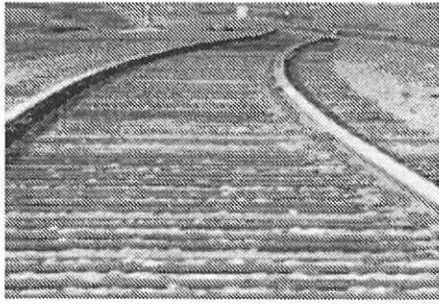


図5 同済大学試験線

3. 試験線の位置づけ

国内には小規模ながら多くの試験線がある。一方、海外では規模の大きな試験線が多数あるが、そもそも試験線の位置づけや分類について考えてみたい。

著者らの研究グループで検討したところ、試験線はその運用方法とも関連して、機械分野（車両）、電気分野（信号・架線）、土木分野（軌道）の3つの視点で規模を表すことができる。図6は、主に機械分野（車両）という側面から試験線の規模を表したものである。機械分野では、試験最高速度と曲線半径は、走行安定性、走行安全性の重要な要素である。よって縦軸を試験最高速度、あるいは軌道の延長とし、横軸を曲線半径にとることによってその規模を表すことができる。この平面でみれば、例えばシーメンス試験線は、かなり広い範囲をカバーできる設備と考えられる。一方、我が国の試験設備では各所の試験設備をすべて合わせてもカバーできる領域が限られている。

また、機械分野とは違った平面として電気分野（電力・架線・信号）についても、規模をあらわす軸が存在する。これは例えば供給電力やき電設備の多様性である。ヴェリム試験線では、欧州のあらゆるき電設備や運行システムに対応可能という観点からすれば、この平面における広範な領域をカバーしているわけである。

さらに土木分野（軌道）についての軸は、まずは軸重であり、つぎに狭軌・標準軌などのゲージの多様性、さらにいえばさまざまな道床、分岐器や橋梁といった設備の充実度合いとなる。プエブロ試験線では、広範な軸重に対応でき、軌道メンテナンス性の実験では、長期間の連続周回走行が可能ということも考えれば、この平面における広範な領域をカバーしているわけである。

いずれにしても、機械（車両）、電気（架線・信号）、土木（軌道）の観点にたてば、試験線も単なる敷地の広さだけでは推し量れないものがあると考えられる。すなわち、将来の技術展開の要求に合致した試験線設備が重要である。学術分野である機械、電気、土木という観点と、さらに自動車技術などの異分野との融合が課題であり、ITS (Intelligent Transport System) との連携を考慮した試験線も重要である。このコンセプトを具体化したものが、著者らが建設を進めている東京大学生産技術研究所千葉実験線である。

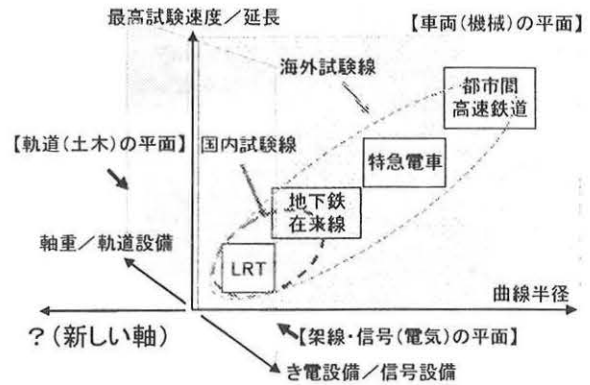


図6 異なる軸スケールで見た試験線の規模

4. 東京大学における試験線の取り組み

4.1 試験線のコンセプト

大学の視点で試験線考えた場合、試験線には、新しいアイデアを試すフィールドとして大きな魅力がある。アイデアを試すという点において、シミュレーションや軌条輪試験でもある程度は台車ダイナミクスを議論できる。しかしながら、過去の実用化研究の経験から、車輪・レール間の接触問題や軌道不整状況を精密に模擬することは困難であり、試験機やシミュレーションの限界が存在する。よって、シミュレーションや1/10スケール模型試験線との連携を一つの視点としている。また、試験線走行では車両（機械）、軌道（土木）、集電・信号（電気）を一体とした試験が可能という点にこそ大きな魅力がある。さらに、前述したとおりITおよびITSとの協調はきわめて重要である。道路交通や新たな交通モードとの協調を含めた試験フィールドの構築が重要となる。

以上に述べた試験線の新たな可能性、価値創出という観点から、東京大学生産技術研究所千葉実験線を整備した。試験線の概要を図7、8および表3に示す。現状では規模は小さいが、千葉実験所に設置されているITS実験用信号機、ITS実験走行路との連携を視野に入れており、新コンセプトの交通システムの実験線を含む総合的な実験フィールドの一部を成している。このようなコンセプトの軌道試験線は世界でも例をみない。

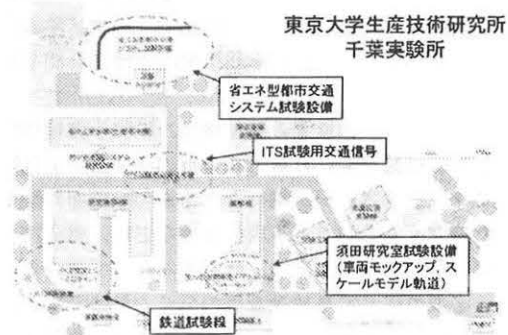


図7 東京大学生産技術研究所 千葉実験所



図8 東京大学生産技術研究所 千葉試験線

表3 試験線の諸元

軌道	全長	107.0m
	入口直線	16.4m
	出口直線	4.4m
	緩和曲線	両側とも10.0m
	定常円曲線	66.2m
	曲線半径	48.3m
軌間		1,435mm
スラック		20mm
カント		なし
勾配		最大13‰
レール		50kgNレール



図9 千葉試験線開通式（2007年11月9日）

4.2 試験線を活用した研究成果

2007年11月9日の試験線の開通式（図9）以来、すでに幾つかの研究プロジェクトが千葉試験線を用いて実施された。一例とし、車輪・レール接触状況の計測がある。車両のダイナミクス上、車輪・レール接触問題の把握は重要であり、厳密な接触幾何解析プログラムの開発およびマルチボディダイナミクス解析を実施しているが、その検証プロセスとしての活用を行っている。図10は、千葉試験線を走行する台車を活用し、実際に車輪接触点を精密計測した様子である⁶⁾。

このほか、車両・軌道系の異常検知、脱線予兆検知の研究、独立回転車輪を用いた新方式台車の研究、鉄道技術史においてブレークスルーが期待できる逆勾配踏面勾配車輪を用いた独立回転車輪方式車両の研究などに、引き続き活用していく予定である。また、研究のみならず教育の場としても、必要に応じて事故調査等の公益のための施設として活用されることも期待している。このように車輪・レールの接触問題において、試験線を活用する意義と有効性を

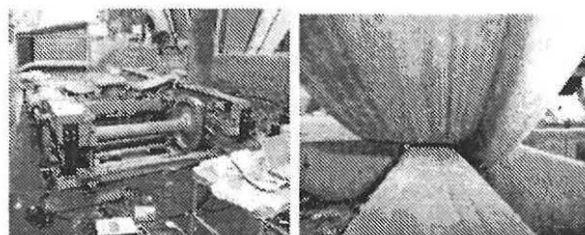


図10 車輪接触点の三次元解析実験の様子

強く実感している。

5. 国内試験線への期待、国内試験線のあるべき姿

本稿では、鉄道試験線を検討する上で重要と考えられる評価軸を検討した。すなわち、

- ・ 曲線半径（主として車両の立場に立った軸）
- ・ き電・信号設備（電気分野の立場に立った軸）
- ・ 軌道設備（主として軌道分野の立場に立った軸）
- ・ ITS（IT分野の立場に立った軸）

の概念を提案した。今後の試験線活用については、まずは試験線の目的に合致するように、以上の検討から入ることが重要と考えられる。また、新たに規模の大きい試験線を新設するという方式のみならず、海外との連携や、廃線を利用するといった既存設備の有効活用も考えられる。このような既成概念にとらわれない新たな展開を積極的に議論し、前述の4つの軸で試験線の仕様を定めていくことで、国土の狭い我が国でも、世界をリードできる試験線を実現できるのではないかと考えている。

6. 結言

本稿では海外の試験線の動向を紹介し、それら試験線の位置づけを明確にすることを目的に、機械（車両）、電気（電力・通信・信号）、土木（軌道）の技術分野、さらに、自動車、IT・ITSなどの交通モード間の融合を考えることを提案した。東京大学における試みも合わせて紹介し、安全・安心、環境低負荷、快適・健康な先進モビリティ研究を推進するためのツールとして、今後も一層の試験線への取り組みが活発になることを期待する。

本稿の執筆に当たり、茨城大学の道辻洋平准教授および研究室の多くのメンバーの多大な協力を得た。同済大学の呉光強教授からは有益な情報を頂いた。謝意を表したい。

参考文献

- 1) 国土交通省・交通政策審議会・鉄道部会答申、2008
- 2) <http://www.transportation.siemens.com/>
- 3) <http://www.cdvuz.cz/en/test-centre-vuz-velim/>
- 4) <http://www.aar.com/>
- 5) 特集～世界の鉄道研究機関～, Railway Research Review, Vol.65, No.3, pp.22~25, 2008.3.
- 6) 須田ほか、急曲線における非線形接触状態を考慮した車輪／レールの接触幾何実験, Jrail2008.