

超電導リニア中央新幹線計画に対する鉄道愛好家からの代替案について (新規規格鉄道事業のご提案)

Alternative Proposals from Railway Fan to the Superconducting Maglev Chuo Shinkansen Project (Proposal for New Standard Railway Business)

○正 菊池 一弘^{*1}, 正 佐藤 建吉^{*1}
Kazuhiro KIKUCHI^{*1}, Kenkichi SATO^{*1}

^{*1} 一般社団法人 洗楓座 GIA Kofuza

The superconducting linear Chuo Shinkansen project being advanced by JR Tokai has begun construction, but there are many issues in terms of safety, security, and affordability, such as faults, water issues, quench phenomena, and construction transportation costs. Specifically, we will use the proven adhesive or steel wheel system to significantly reduce air resistance based on ultra-wide gauge and low vehicle height, and we will also develop a new standard for railway business with improved current collection, braking, and derailment prevention measures. We propose this and introduce its basic structure. Although this is primarily for JR Central, it will contribute to the basic concept when JR East, JR West, and JR Kyushu need a next-generation Shinkansen to replace the current Shinkansen. Therefore, it can also serve as a basic concept for the railway business as an export industry.

Key Words : Superconducting Linear, Faults, Quench, Steel Wheel System, New Standard, Railway, Ultra-Wide Gauge,

1. 緒 言

東京と、名古屋・大阪間を時速500kmで結ぶことになっている「リニア中央新幹線」については、課題点が数多く指摘されている。そして、その多くは、結論として、中止または現行新幹線での営業を求めている。

一方、現行新幹線について考察すると、開業から現在までに技術開発の成果として営業速度が向上している。また、将来の可能性も含めリニアとの決定的な相違点として、ロングレール、交流モータおよびその制御方法など一般の鉄道に技術を還元し、鉄道事業全体に対する劇的な発展に大きく寄与してきたし、今後も期待ができる。しかしながら、技術の進展に伴い営業速度が向上すると、鉄道の規格そのものに限界が生じてきている。

社会の動向としては、最近では、コロナ、DXにより一時鉄道利用者が激減し、いまだビジネス客の回復は厳しいものがあり、SDGsにより、エネルギーの無駄遣いは許されない状況におかれ、脱炭素化や更なる省エネルギーが求められている。半世紀以上前の高度経済成長を基礎としたいわゆる右肩上がり思想はもはや完全に受け入れられないものとなっている。むしろコストや環境に配慮した動向が求められている。(稿末註記)

再び、現行新幹線に視点を戻すと、世界に誇る我が国の現行新幹線ですら規格に限界が訪れようとしている。代表的なものを4点例示する。

1・1 軌間

西暦1825年に大英帝国のダーリントン、ストックトンを結んだ世界初の鉄道。この鉄道に用いられた軌間、それが現在標準軌とされている1435mm (4フィート8と1/2インチ) の軌間なのである。周知のとおり現行新幹線の軌間である。ほぼ200年前の、しかも古代ローマ帝国の馬車の轍に由来するという神話すらあるものの、技術的にはなんらの根拠もない、この規格を、高度な技術を必要とする高速鉄道において、何の疑問もなく使い続けているということは、本来ならば驚くべきことといわなければならない(変更を許さない社会事情は確かにあったが)。

1・2 集電

蒸気機関車を祖とした鉄道の発展形態において電化を果たした規格における架空接触電線は地上5mに位置しており、車両の空気抵抗増大の要因となっている。架空接触電線は波動伝播速度という問題を抱えており、車両

は波動伝播速度の限界を超えて走行することはできない。

1・3 制動

主たる制動は現在でも車輪の制動によるものである。したがって車輪の摩擦係数を越えた制動は行えない。回生ブレーキは減速が目的であり、電磁力を用いた電気ブレーキなども課題が多く実用化以前である。

1・4 脱線防止

基礎的な脱線防止装置であるフランジは高さ30mmである。そのほかに開発された現行のJRの脱線防止装置もあるが、いずれも過去の大きな地震では効果を発揮せず、ほぼすべての車両のほぼすべての車輪が脱線してしまった。一部では転覆しかけた事例もあり、かろうじて死傷事故を免れているのが実態である。

2. 社会動向も含め高速鉄道に求められていること

現行新幹線でようやく世界標準に規格が追いついたものの、地球上の地震の約1割が我が国で発生するという事実を十分に認識した上で、過去の大規模地震における現行新幹線の失敗事例を省みて、次元の異なる脱線防止対策が必要となっていることが明らかとなっている。

しかしながら、鉄道が政治経済社会に重要な影響をもつ交通機関であり、巨額の初期投資を必要とする交通機関であるため、解決策があったとしても容易に実施できないことはやむをえない事実である。

したがって、今後も、技術がこれら政治経済社会に対し、新たな提案をしようとするのであるならば、こういった社会全般からの要請に答えながらなおかつ説明責任を果たす必要がある。

リニアをはじめ高速鉄道に求められていることは、一層の高速化よりは、むしろSDGsをはじめとする環境への配慮である（但し、高速化を徒に否定するものではない）。

特にリニアでは少なく見積もっても現行新幹線の4倍～5倍（むしろ数十倍との報道があった事実を再度注視すべきである）の消費電力とあっては上記の改善を実施することは困難であるといわなければならない。

3. 対策の基本方針

高速鉄道をSDGsなど、より一層環境に配慮したものとするため、そして、先に述べたリニアの諸問題を解決または回避するため、リニアに代替可能となり、さらに現行新幹線においても、施設の更新時などに規格を併用または変更し代替が可能となる新規格鉄道を提唱する。

新規格鉄道を提唱するにあたり、実績のある従来技術の承継を主旨とした以下の基本方針を定める。

3・1 規格の共通性

新規格鉄道は、リニアにも現行新幹線にも代替可能なものとするため、現行新幹線の車両限界の範囲内に収める（リニアは現在試験段階のため参考とする）。

3・2 機器類の共通性

新規格鉄道で使用する車両においては、実績のある現行新幹線の機器類をほぼそのまま使用する。

4. 具体策の提示

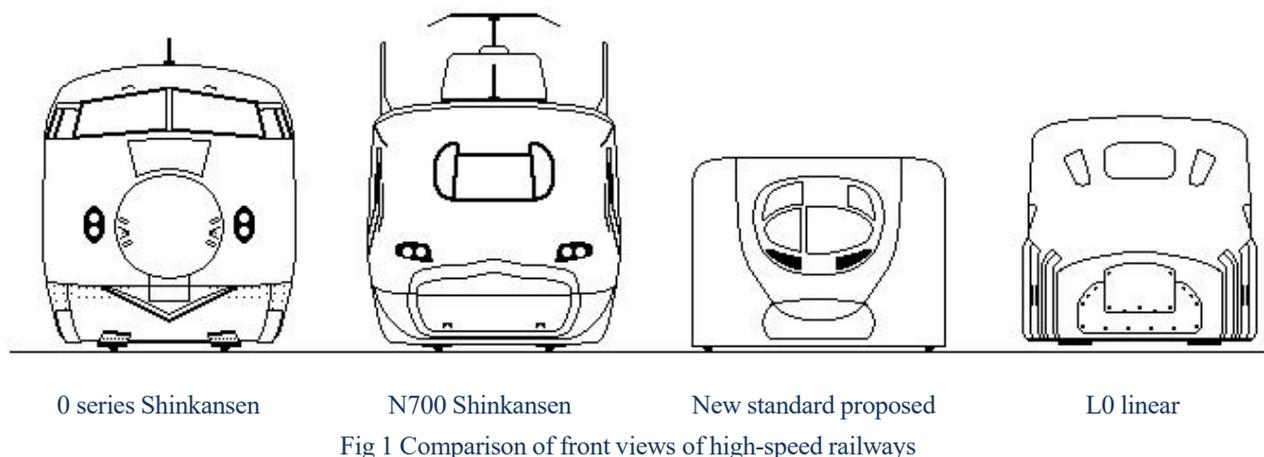
上記の基本方針の下、社会課題の解決という観点からも、走行抵抗の著しい低減、集電、制動、脱線防止対策を充実強化した、新たな規格の鉄道の具体策を提唱し、その基本構成を紹介する。

- (1) 軌間 3048mm (10フィート)
- (2) 車高 約2500 mm (約8フィート) 但し集電装置除く
- (3) 架空接触電線と第三軌条とを併用し、高速走行時には専ら第三軌条により集電を行う電気鉄道

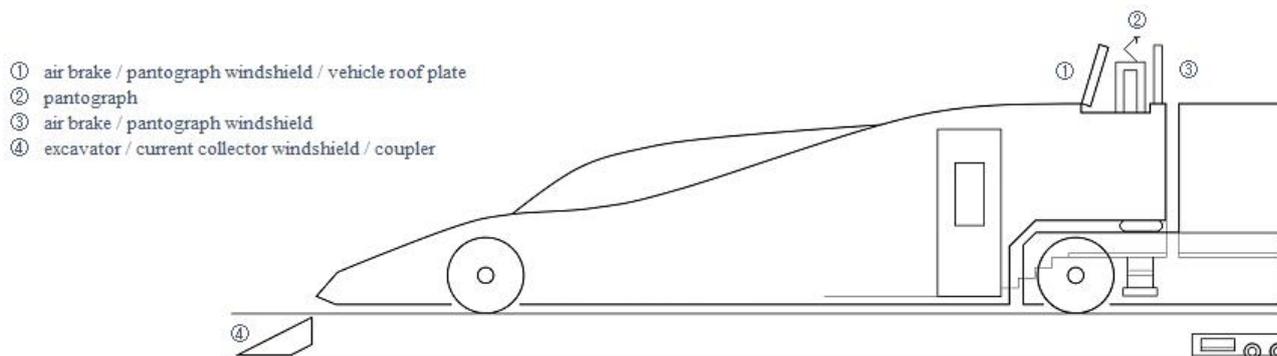
図1は本稿で提案する新規格鉄道も含めた高速鉄道の正面図の比較である。図2～5には、それぞれ先頭車および動力車の側面図、動力車および客室の側面図、動力車および客室の断面図、動力車主要機器配置図を示す。

5. 基本的な特徴および利点

以下、提案する新規格の特徴と利点について述べる。許容量の大きな新規格のため、集電、制動、脱線防止について安全性がより確実なものになる。車幅は現行新幹線と同じで、車高が2500mmで現行新幹線の3600mmの0.7倍。即ち現行新幹線を1.0としたとき、走行抵抗の大部分を占める空気抵抗のうち圧力抵抗となる断面積が0.7（パンタグラフカバーも考慮に入れると0.6）で、摩擦抵抗となる表面積が0.8となる。機械抵抗も軸箱や減速機、継手などが半減する。現行新幹線よりも環境配慮により一層寄与できる。また、直線および大きな曲線であれば、現行新幹線に代替敷設が可能となる。



集電については、停車場周辺および分岐器通過時には架空接触電線から集電を行う。高速走行の際の第三軌条からの集電のために、加速しているようなときは、架空接触電線からの集電を行いつつ、第三軌条からの集電を開始する。分岐器などが無い走行区間では専ら第三軌条から集電する。このため高速走行時の走行抵抗を著しく低減させることができ、速度の6乗に比例するパンタグラフからの集電による騒音をなくすることができる。



第三軌条からの集電装置は軌道の中央部の溝の部分に位置するよう構成され、制動装置、脱線防止装置の機能も併せもつ。

制動については、通常のディスクブレーキのほか、強力な制動力を必要とするときは、第三軌条からの集電装置を併せ持つ制動装置により制動する。すなわち、車輪の摩擦係数による制限を受けない制動が可能となる。

脱線防止については、通常のフランジのほか、第三軌条からの集電装置を併せ持つ脱線防止装置により脱線を防止する。溝の壁面と装置との距離を、走行輪の踏面の幅より小さくしておけば、脱線する前に壁面と脱線防止装置が接触して脱線を防止する。フランジの高さは通常30mmであるが、溝の深さをその10倍以上の300mm以上とするのは比較的容易である。

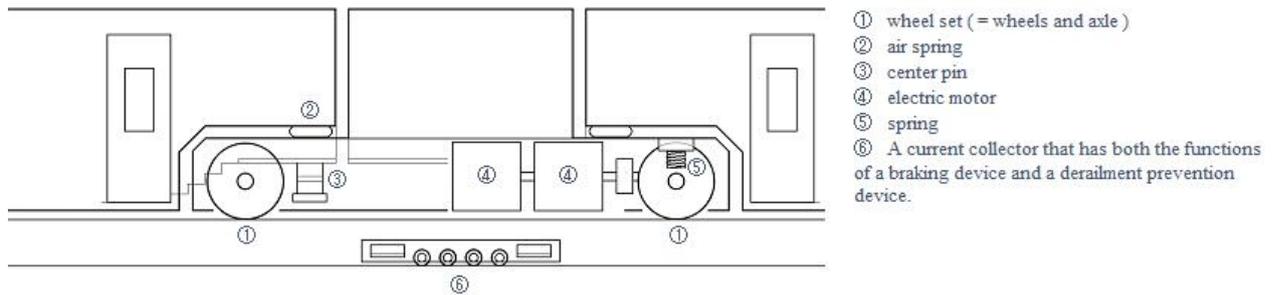


Fig 3 Side view of the power vehicle and cabin, new standard proposed

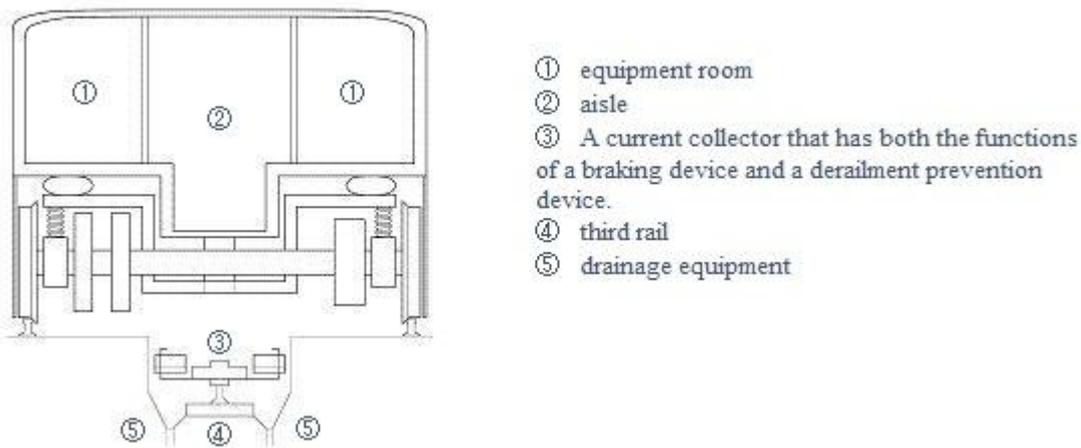


Fig 4 Cross-sectional view of the power vehicle and cabin, new standard proposed

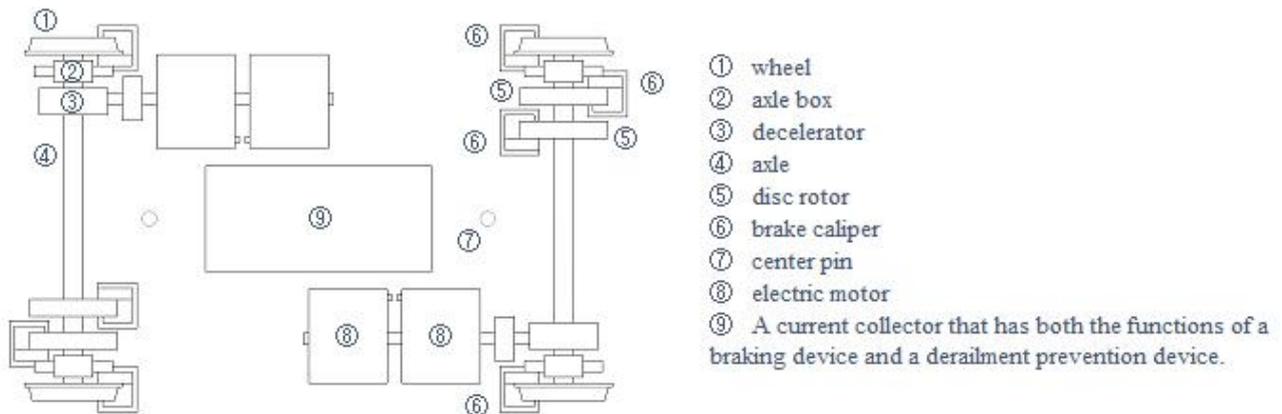


Fig 5 Power vehicle main equipment layout diagram, new standard proposed

6. その他の特徴および解決済みの課題

架線の波動伝播速度は120m/sである。一方、軌道では200m/s～300m/sとあり、集電速度の限界は倍増する。

蛇行動の公式から、軌間を広げ、軸距を伸ばせば蛇行動波長の長周期化は明白である。幾何学的蛇行動の波長の公式では軌間が2倍になると波長は $2^{1/2}$ (=1.414) 倍となり、蛇行動波長に比例する蛇行動限界速度も $2^{1/2}$ 倍すなわち約4割増となる。軸距も同様である。

架線は一箇所でも破損すると2000m~3000mの架線全てを交換しなければならないが、軌道の場合、破損の際はその部分だけ溶接溶断などで済み、レール切削車の使用により架線の交換よりも安価かつ容易となる。第三軌条の軌道全体の交換は、走行軌条と同一の定期的なもののみとなり、事故などによるものはほぼ皆無となる。

高電位となる第三軌条における集電は、集電輪、集電靴などを併用することとなるが、集電輪におけるベアリングの電食の問題には、絶縁、バイパスなどの技術が既に存在する。

新規格鉄道では、現行新幹線の床下機器（二次バネ上）が、ほぼすべて一次バネ上に配置されるため、相対的にバネ下重量が著しく軽減される（但し空調設備は構造上客室内（二次バネ上）の設置がよいかもしれない）。

動力部分と客室の接続は、集電装置母線、制動装置制御、動力部制御、客室空調等配電となり簡略化される。

高速走行区間は、架線設備を必要とせず、コンクリート道床などと組み合わせることにより、通常の軌道の保守を大幅に削減できる。これは、日本国内はもとより、国土に砂漠や大平原を有し、頻繁な保守が困難な国々への輸出の際の非常に有利な条件となる。

東海道新幹線がバラスト軌道を用いていてそもそも地震に弱く、また、浜名湖周辺は海上を走行しているといっても過言ではないため、地震災害で津波が発生すると間違いなく壊滅するなどの点から、中央新幹線の必要性は十分にある。東海道新幹線の大規模補修などの際にも補完的役割を果たすのに必要となる。ただ、営業走行をする場合は、安全な場所を安心な方法で安価に走行する必要がある。

南アルプスを走る糸魚川静岡構造線は、地球のプレート境界でもある。プレートは少なくとも年間数cm移動し、南アルプスは年間5mm隆起している。このような地域に仮に隧道を建設することが可能となったとしても、数十年もすれば破断が始まり、巨大地震でなくとも、通常の走行の振動などで、事業主体の存立そのものを危うくする大惨事が発生することは容易に想像できる。隧道掘削中に地震災害で大きく断層が動き、なおかつ上部の地域の水源をすべて枯渇させた例は周知のとおりである。

粘着式すなわち鉄輪方式である新規格鉄道は、分岐器が、現行新幹線と同一方式であるため、現行新幹線と同一のダイヤ編成が可能となる。すなわち一時間当たり5本のリニアに対し、17本のダイヤが組める。これは東海道新幹線を完全に補完または代替することとなる。つまり東海道新幹線の一部区間を完全に閉鎖して工事を行うことが可能となる。この工事は、補修工事はもとより、根本的に現行新幹線の軌道を盛り土から高架に交換するなどのほか、新規格鉄道化工事または現行新幹線と新規格鉄道を併用またはその準備とする工事なども可能となる。

7. 結 語

SDGsは今後も一層求められてくる。リニアに限らず高速鉄道においても環境への配慮が必要とされてくる。さらにコロナとDXで激変が訪れた。リニアにおいても、この激変を見直す機会として捉えていただくときがあるとすれば、本新規格鉄道を参考のひとつにさせていただくと幸甚である。

文 献

- (1) 阿部修治, エネルギー問題としてのリニア新幹線, 科学Vol.83掲載論文, 岩波書店, 2013
- (2) 橋山禮治郎, 必要か, リニア新幹線, 岩波書店, 2011
- (3) 川辺健一, 超電導リニアの不都合な真実, 草思社, 2020
- (4) 近藤圭一郎, 鉄道車両技術入門, オーム社, 2013
- (5) 久保田博, 鉄道工学ハンドブック, グランプリ出版, 1995
- (6) 真鍋克士, 鉄道における波動と振動, 交通新聞社, 2002
- (7) 鉄道総合技術研究所, 鉄道技術用語辞典, 丸善, 1997
- (8) 菅建彦, 英雄時代の鉄道技師たち, 山海堂, 1987

〈註記〉リニアの課題において、本稿では以下の点には言及しないので、キーワードとしての記述に留める。
 /コスト：建設費，維持費，ヘリウム /環境：水問題，残土，景観 /危険：断層，土かぶり，砒素，電磁波，ウラン，クエンチ，4K (=−269°C)。