

Techno Scope



車窓から美しい景色を楽しむ。
ぜいたくな時間を過ごすのも
クルーズトレインの醍醐味。

(資料提供:九州旅客鉄道(株))

クルーズトレイン 豪華列車を支える技術

最近人気を呼んでいる「クルーズトレイン」は、観光名所を周遊し、豪華な列車でゆったりと過ごす時間を楽しむための車両である。快適さや乗り心地を求めたクルーズトレインにおいて、こだわりのデザインや、細部にわたるきめ細かな工夫、搭載された最新技術などに注目してみる。

日本に訪れた「クルーズトレイン」ブーム

1883年、パリからイスタンブールに向かう国際寝台列車が運行を始めた。有名なオリエント急行である。6日をかけて駆けるヨーロッパからオリエントへの旅には、上流階級の人々がこぞって乗車した。エキゾチックな豪華列車のイメージは世界的に広く知られるようになり、それ以降、世界各国に国境を越えて周遊、観光を楽しめる寝台列車が登場するようになった。

オリエント急行の登場から約130年あまり、いま日本で「クルーズトレイン」と呼ばれる列車が大きな人気となっている。日本各地の多彩な地形や季節の変化を列車に乗って楽しめる。鉄道各社も、個性的なデザインの列車で、特上のサービスを提供している。この背景には、高齢者を中心に豪華客船などでゆったりと旅を楽しむニーズが高まったり、外国人観光客が「日本らしさ」に出会う旅を求めることなどが挙げられる。

今号では、代表的なクルーズトレインに注目し、個性的なデザインの車体や、快適さを作るための技術や材料などを紹介する。

九州の美しさをめぐる旅 ——クルーズトレイン「ななつ星 in 九州」

日本のクルーズトレインの先駆けとなったのは、九州旅客鉄道(株)の「ななつ星 in 九州」である。2013年に営業を開始した「ななつ星 in 九州」は、九州7つの県を巡り、7つの観光素材(自然、食、温泉、歴史文化、パワースポット、人情、列車)を楽しむ。

編成は、ディーゼル機関車と客車7両で構成されている。機関車は、電気式ディーゼル機関車で、連続急勾配における起動や列車密度の高い線区での加速性能が考慮されている。

客室は3~6号車に1両あたり3室のスイート、7号車にデラックススイート2室、合計14部屋のゆとりある空間だ。客室の車体は、アルミニウム合金製のダブルスキン構造で、強度や遮音性、断熱性に優れている。1号車、2号車は床下にエンジン、発電機を備えており、騒音対策のため側面をカウル(エンジンカバー)で覆っている。

ななつ星 in 九州

博多を基点として九州7県の観光地を巡るクルーズトレイン



車体は重厚感のある「古代漆色」、車体には金色のエンブレムが配置されている。

(資料提供：九州旅客鉄道(株))



ラウンジカーの室内から先頭の展望窓を見る。



格天井や名匠によるランプシェードなど、細部のデザインにもこだわりがあふれている(デラックススイートルーム)。

客室内は、和と洋、新と旧の融合というデザインテーマに合わせ、こだわりを持って選び抜かれた木材やファブリックがふんだんに使われている。例えば1号車(ラウンジカー)はアーチ状の格天井や矢筈模様のフローリング、金色の照明などの中で、バイオリンやピアノの生演奏を楽しむことができる。デラックススイートルームのデッキ床には黒御影石、通路には真鍮製のななつ星マークが組み込まれた大理石が使用されている。

日本の四季がここに凝縮 ——「TRAIN SUITE 四季島」

2017年には、豪華なクルーズトレインが相次いで登場した。1つめは2017年5月に運行を開始した「TRAIN SUITE

四季島」(東日本旅客鉄道(株))である。コンセプトは「深遊(しんゆう)探訪」であり、日本の豊かで美しい自然や、地域に根差した産業や日々の暮らしに息づく文化を、豊かな時間と空間の中でさまざまに楽しむ旅を提案している。特徴ある先頭車両のデザインとシャンパンゴールドのカラーが印象的だ。編成の中ほどにあるラウンジ車両には、大きなエントランスドアを設け、ラウンジ全体を覆う樹木のような有機的な窓が配置されている。

動力方式は、EDC方式(Electric-Diesel Combined system)と呼ばれる、電化区間と非電化区間の両方を走行できるような方式が日本で初めて採用された。電化区間では電車モード、非電化区間では搭載しているエンジン発電機からの自給電力によって走行するエンジンモードで走行する。

鉄道の快適さを支える台車

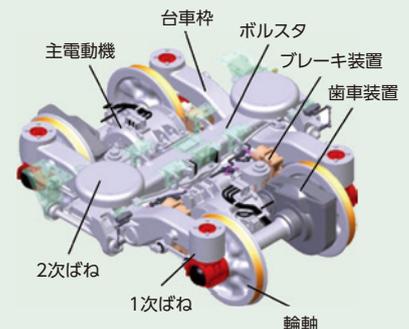
鉄道車両の台車は、車体の荷重を支えて、駆動力や制動力を伝える走行装置でもある。また快適な乗り心地を実現するためにもその役割は重要である。

台車を構成する部品には、輪軸、台車枠、サスペンションとしての1次ばね(輪軸と台車枠とを結合する)、2次ばね(台車枠と車体とを結合する)などがある(図1)。このうち1次ばね(軸ばね)は、上下方向の荷重を支えて振動を吸収、減衰させ、前後の車軸を平行に保つ動きをしている。軸ばねの材料には、ばね鋼のSUP9、SUP9A(Mn-Cr鋼)、SUP11A(Mn-Cr-B鋼)などが使われてきた。これ以外の部品でも、安全

性、長寿命、経済性などに優れた鉄鋼材料が以前から多く使われてきた。

さらに乗り心地を高めるために、コンピュータ制御によって動力を利用して振動を抑制するフルアクティブサスペンションが開発された。2001年に世界で初めて東北新幹線E2系に搭載され、それ以降多くの特急列車などに搭載されている。また、オイルダンパの減衰力を利用して振動を抑制するセミアクティブサスペンションは、フルアクティブサスペンションに比べ振動低減効果は劣るが、空気圧や電力などのエネルギー源が不要という特徴がある。これらは、車両に応じて最適な機構が採用されている。

代表的な台車の構造(図1)



出典：小泉智志：新日鉄住金技報,395(2013),12



自然の景観をイメージした特徴あるデザインの先頭車両。外観は大型の三次元曲面ガラスで構成されている。

TRAIN SUITE 四季島

上野を起点に東北、北海道、北陸を巡るクルーズトレイン



食事は落ち着いたあるダイニングルームで。



先頭車ビューテラスでは、広い窓から見える景色との一体感が楽しめる。

(資料提供：東日本旅客鉄道(株))



ラウンジカーの前後の台車間は低床のバスタブ構造で、両開きの乗降口となっている。

車両は10両編成であり、車体は1～4、8～10号車はアルミニウム合金の中空押出型材を使用したダブルスキン構造の構体であり、5～7号車は上下方向に大きな空間を確保するために、前後の台車の間が低床となったバスタブ構造のステンレス鋼構体である。

客室は、2～4、8～9号車に1両あたり3室のスイート、7号車にデラックススイート及び四季島スイートの各1室、合計17室が配置されている。室内はモダンな和のテイストとして、木材、漆、和紙、錫箔など、日本古来の多様な伝統工芸品が散りばめられている。伝統文化を感じさせつつ、未来の日本文化をデザインすることを目指しているという。

懐かしさと重厚感の調和 ——「TWILIGHT EXPRESS 瑞風」

2017年6月に登場したのが「TWILIGHT EXPRESS 瑞風(みづかぜ)」(西日本旅客鉄道(株))である。デザインコンセプトは、「美しい日本をホテルが走る」。先頭車両(展望車)は丸目のヘッドライトや往年のボンネット型を意識したデザインとなっている。

この車両は、最近まで人気を博した「トワイライトエクスプレス」の伝統を引き継ぎ、さらに新たな価値として沿線地域の魅力を発信する列車となることを目指して、開発された。

動力方式は、ディーゼル発電機による電力とバッテリーアシストによるモーター駆動を組み合わせたハイブリッド方式である。客室のある車両にはエンジンを配置せず、両先頭車と中間車(食堂車およびラウンジ車)に動力に関する装備を集中して

配置している。

車両は10両編成であり、客室は、2～4号車と8～9号車に1両あたり3室のスイート、7号車には1両1室のぜいたくなザ・スイートの、合計16室が配置されている。インテリアのデザインにはアール・デコ様式が採り入れられ、内装や調度品、サインまでテイストが統一されている。

寝台客室のある2～4両目は、静粛性確保、水タンクなどの重量物を搭載していることを考慮し、アルミニウム合金製のダブルスキン構造としている。エンジン発電機及び主回路などを搭載する1、10号車および5、6号車は鋼製車体である。7号車はダブルデッカー(2階建て)構造の鋼製車体である。鋼製車体にも高強度なステンレス鋼を採用するなどして軽量化が図られている。さらに最新の安全対策として前面衝撃吸収構造や、オフセット衝突対策及び側面衝突対策などが採用されている。

乗り心地の向上に貢献する 上下制振制御システム

クルーズトレインなどの観光列車は、乗ること自体が旅行の目的である。乗客は車内で静かに景色を眺めることも多いが、食事をとったり、入浴したり、宿泊もする。そこで、クルーズトレインには、これまでの鉄道車両以上の快適性が求められ、新たな技術も導入されている。

その例が上下制振制御システムである。鉄道車両の振動は上下、左右、ローリングなどの種類があり、車両側でこれらの振動を抑える制振制御技術の研究が進められてきた。左右方向

TWILIGHT EXPRESS 瑞風

下関、大阪、京都を起点に山陽、山陰を巡る寝台列車



鋼製の先頭車両は存在感のあるたたずまい。金色のエンブレムや5本のラインが配置されている。

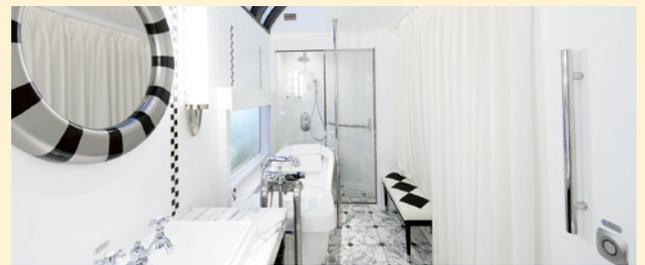


明治末期に建設された餘部橋梁（鋼製）の遺構と日本海の絶景にも出会う。



ラウンジカーは木を多用した落ち着いた空間。

（資料提供：西日本旅客鉄道（株））



1両に1室しかない最高級スイートにはバルコニーやバスstub付バスルームも完備されている。

の振動に対する制振制御技術は、1997年に新幹線車両に搭載されて以来、現在は新幹線車両や在来線車両に幅広く取り付けられるようになっている。

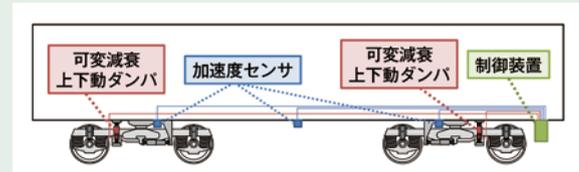
その後、上下方向の制振制御のニーズに応えたのが、可変減衰上下動ダンパを用いた制振制御システムである（鉄道総合技術研究所と日立オートモティブシステムズ（株）が共同で開発）。本システムは、加速度センサ、制御装置、可変減衰上下動ダンパで構成される（図2、3）。車体に取り付けた加速度センサが車体の上下方向の加速度を検知する。制御装置ではこの情報を元に、どのような力（ダンパによる減衰力）を出せば振動が収まるかを計算し、その結果を可変減衰上下動ダンパに指令する。例えば車体が下向きに動いた時は上向きの力を出し、車体が上向きに動いた時は下向きの力を出す、というわけだ。本システムの導入により、上下方向の振動は従来車両の約半分程度に抑えられることが確認されている（図4）。

本システムは、2011年に営業運転が開始された「指宿のたまて箱」（九州旅客鉄道（株））に世界で初めて搭載された。これ以降、多くの観光特急列車で採用が進み、今号で紹介している国内のクルーズ列車には、同様なシステムが搭載されている。このような鉄道車両の制振装置の研究は、世界でも日本がトップを走っている。

地盤が軟弱で、線路には曲線や高低差が多いといわれる日本には、技術的な課題を一つひとつ克服してきた歴史がある。豪華列車の贅沢な旅へのニーズに応えるため、今後どんな技術が登場するのか楽しみである。

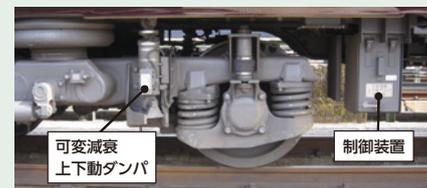
■可変減衰上下動ダンパを用いた制振制御システム

上下制振制御システムの構成（図2）

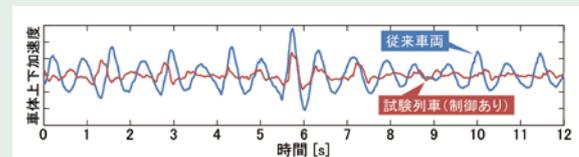


車体と台車の間にあるまくらばねと並列に可変上下動ダンパを取り付け、加速度センサからの情報を元に制御装置からダンパに指令し、作動する。

実際の車両に搭載された制振制御システムの例（「ななつ星 in 九州」の例）（図3）



走行試験時の車体上下振動加速度の比較例（走行速度60km/hの場合）（図4）



本システムを搭載した試験車両と従来車両で、上下振動加速度を比較したところ、試験車両では加速度が約半分程度に低減された。

（資料提供：（公財）鉄道総合技術研究所）