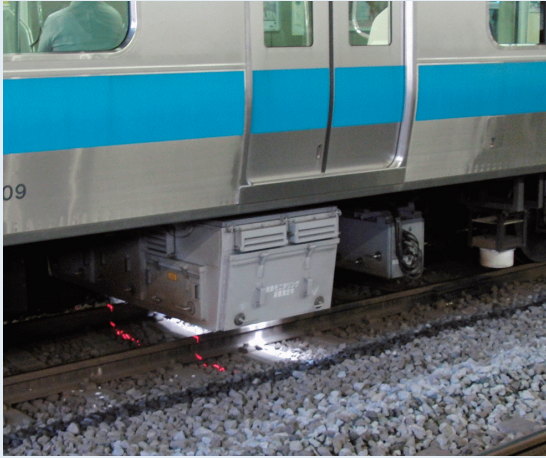


独自性・革新性を追求した新たな車載システムの提案

Original and Innovative Onboard Systems to Address Rolling Stock Needs



西村 武宏①	Takehiro Nishimura
高橋 恵介②	Keisuke Takahashi
川崎 洋行③	Hiroyuki Kawasaki
立石 剛④※	Go Tateishi
三津江雅幸⑤	Masayuki Mitsue
布目 徹⑥	Tohru Nunome
永田 純平⑦	Junpei Nagata

安全性、安定運用、快適性という鉄道車両に求められる基本的な要求と、これらを支える車両や軌道のメンテナンスに要するコストダウンの要求が高まっている。当社ではこれらに応える、乗り心地を向上させるアクティブ制振装置、安全・安定運用と台車保守の効率化に寄与する台車状態監視装置、軌道の保守コスト低減に貢献する軌道モニタリング装置などのさまざまな車載システムを開発し、実用化を進めている。

There is increasing demand for the basic requirements of safety, stable operation, and comfort that rolling stock is expected to provide, as well as for the reduction of costs required to maintain vehicles and tracks. To meet such demand, Kawasaki is developing various onboard systems and is moving forward to put them into practical application. These include an active suspension system that will improve passenger comfort, a Bogie Instability Detection System (BIDS) that will help ensure safe and stable operation as well as efficient bogie maintenance, and a track monitoring system that will help cut track maintenance costs.

まえがき

鉄道は安全・安心な大量輸送を低コストで実現できる手段であり、新興国では積極的な導入が、欧米や日本など鉄道網の発達した地域では速達性や快適性といった利便性の向上が進められている。

1 背景

鉄道事業者は航空機など他の輸送手段との競争が激化する中で、利便性をより一層向上させるとともに、ライフサイクルコストの低減を目指した取り組みを加速させている。

より安全に、安定運用を確保し、より快適に走行するという鉄道車両の基本的な要求と、これらを支える車両や軌道のメンテナンスの効率化によるコストダウンという事業者の要求の高まりを受け、当社ではこれらに応える車載システムを世の中に送り出している。

2 新たな車載システム

当社では、乗り心地を向上させる「アクティブ制振装置」、安全・安定運用と台車保守の効率化に寄与する「台車状態

監視装置」、軌道の保守コスト低減に貢献する「軌道モニタリング装置」などの車載システムを開発し、実運用下にある。

3 乗り心地を向上させる「アクティブ制振装置」

(1) 概要

近年、車両の高速化に伴い車内快適性の確保が課題となっており、その一つとして車両の振動を抑制する制振技術が重要となっている。その概要を以下に示す。

(i) 鉄道車両の構成

鉄道車両の振動の原因としては、軌道の歪みによって台車が加振されその振動が車体に伝わることや、高速走行の際に空気力が車体を直接加振することが挙げられる。車両の高速化に伴い、双方からの振動に対して車両のばねやダンパの調整のみによる抑制が難しくなっている。

(ii) アクティブ制振装置の構成

前項の問題に対応するため、センサーで車体の振動を検知し、台車・車体間に搭載されたアクチュエータから車体の振動を打ち消す力を発生させるアクティブ制振装置が開発され、新幹線などの高速車両を中心に採用されている(図1)。

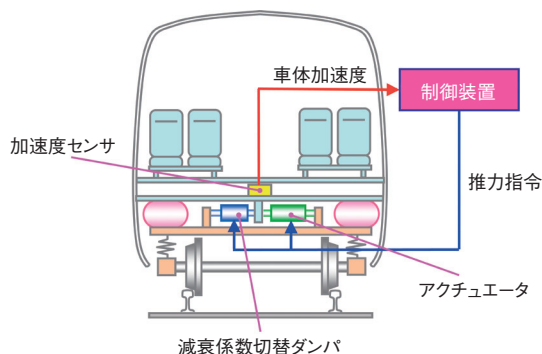


図1 アクティブ制振装置の構成
Fig. 1 System configuration of active suspension system

(2) 当社での取り組み

当社における開発の状況を以下に示す。

(i) アクティブ制振装置の開発と性能評価

最近、特に高まってきた空気消費量の低減やアクチュエータ応答性の向上に対する要求を考慮し、従来、主に用いられている空圧式に代えて電動式のアクチュエータを用いるアクティブ制振装置を開発した¹⁾。これまでに台上試験装置や試験車両による性能試験を実施し、高い制振性能を持つことを確認している(図2)。

(ii) 新型アクチュエータの開発

最近では、旅客サービス向上の面から新幹線などの高速車両に加えて在来線特急などの中速車両においてもアクティブ制振装置の需要が高まっている。中速車両向けではアクチュエータのさらなる小型化が要求されるため、当社では新たに小型・軽量のアクチュエータを開発した。

駆動部分に高精度なボールねじを用いることで効率的に動力を伝達できるため、省電力性に優れ、小型・軽量化とともに十分な高出力性能を実現した(図3)。

この装置は、軌間の異なる二種類の軌道に乗り入れ可能なFGT(フリーゲージトレイン)新試験車両に搭載され、新幹線および在来線軌道での走行試験により良好な制振性能が確認されている。

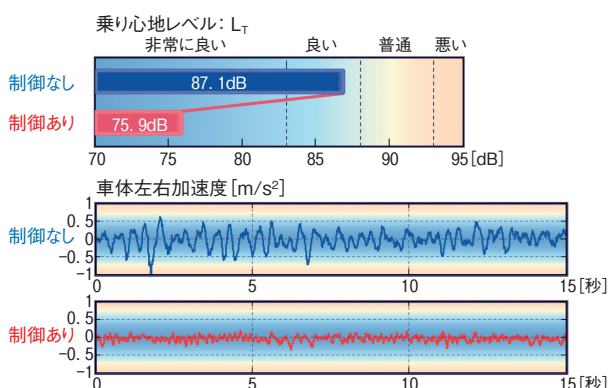


図2 性能試験結果(走行試験)の例
Fig. 2 Running test results



	高速車両向け	中速車両向け
方式	ボールねじ駆動	
重量[kg]	40	32
取付長[mm]	470	462
推力[N]	Max. 8,000	Max. 6,000
適用先	FGT 新試験車両	—

図3 アクティブ制振装置の新型アクチュエータ
Fig. 3 New actuator for active suspension system

4 安全・安定走行を実現する台車状態監視装置「BIDS」

(1) 概要

台車は鉄道車両を構成する機器の中でも最も重要な部品の一つであり、安全・安定走行のために設計上のさまざまな配慮がなされている。しかし、以下は設計上の配慮のみでは不可避であり何らかの対策が必要である。

- ・支持部品の劣化や車輪摩耗などによって、だ行動と呼ばれる不安定現象が発生する可能性があり、これを放置した場合、脱線に至る危険性が高くなる。
- ・車軸軸受や歯車装置、継手など駆動伝達系のトラブルは車両の安定運用を阻害する。

当社は、これら双方を回避することを目的として、振動や温度のセンシングにより台車の状態を監視する装置BIDS(Bogie Instability Detection System)を開発し、海外の高速車両を中心に展開している²⁾。

(2) 構成

図4に示すように、BIDSは台車に搭載する加速度センサで左右振動を測定し、監視ユニットで振動の大きさとその継続性によって、だ行動の予兆を検知する。検知結果は運転士に即時通知し、車両を安全に減速させることができる。駆動伝達系は主に温度スイッチで監視し、異常昇温を直接運転台に通知する。

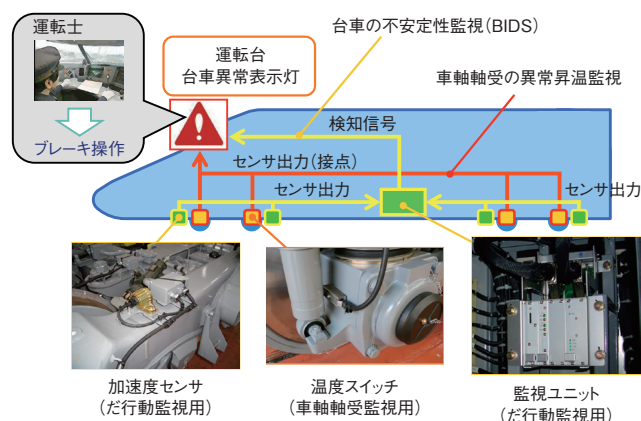


図4 BIDSのシステム構成
Fig. 4 System configuration of BIDS

(3) 特 長

(i) 高感度なだ行動検知性能

台車設計諸元と走行速度から決まるだ行動周波数成分を抽出することによって、だ行動発生より早い段階での検知が可能となる。また、さらなる車両の高速化にも対応可能である。

(ii) 劣悪環境下での高信頼性

振動や衝撃、強烈なサージやノイズなど、劣悪な環境下でも故障なく性能を維持し、定期校正やメンテナンスも不要である。

(4) 適 用

(i) 高速車両向けBIDS

台湾高速鉄道、中国南車グループ向けに出荷を開始した。累積出荷数は5,100セットを超える。また、中国中車股份有限公司（中車）が開発中の統一標準車向けに、世界標準の車両内ネットワークであるMVB（Multifunction Vehicle Bus）や今後主流となるEthernetに対応した新型機を新たに開発し、筐体寸法と形状は据え置いたまま大幅な機能向上を実現した。

(ii) 「efWING」向けBIDS

台車枠の主構造にCFRP（炭素繊維強化プラスチック）を採用した次世代鉄道台車「efWING」（図5(a)) 搭載用として、新たな監視装置を開発した。この装置は従来と異なり、監視ユニットが台車に直接搭載されることが特徴である。現在、現車搭載の上で耐久性や信頼性を継続して評価している。

① 台車搭載型監視ユニット（図5(b))

台車という極めて過酷な環境下でも正常に機能し、振動・衝撃のカテゴリ2、防塵・防水のIP66といった表1に示す性能を維持できることを検証済みである。

② CFRP製板ばねの健全性監視センサ

振動や温度とともに、当社が開発したCFRPの導電性を利用したセンシング手法³⁾を採用し、CFRP製の板ばねの内部状態の常時モニタが可能となった。

③ 遠隔監視と状態診断

走行中の台車挙動データを無線通信回線経由で当社のデータセンターに随時送信し、台車挙動に異常がないことを分析、診断できる。



図5 「efWING」と台車搭載型監視ユニット
Fig.5 efWING and bogie-mounted monitoring unit

表1 台車搭載型監視ユニットの主要諸元
Table 1 Main specifications of monitoring unit

項目	諸元
周囲温度	-25 ~ 70°C
一般環境	IEC60571 (温湿度, 絶縁耐性など)
電磁適合性	IEC62236-3-2 (鉄道車両のサージ, ノイズなど)
振動・衝撃試験	IEC61373 カテゴリ2 (台車搭載機器)
防塵・防水性	IP66相当 (耐水型, 強い直接噴流)
測定点数	13点
外部インターフェース	電源, 速度情報, LTE/3G通信回線

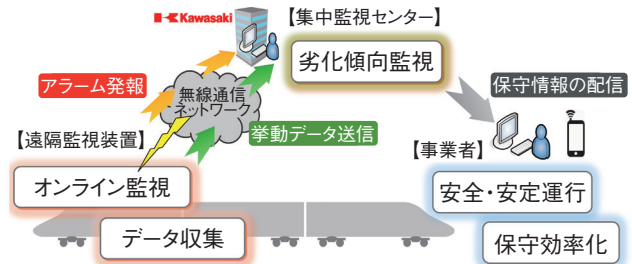


図6 台車遠隔監視・診断システム
Fig.6 Remote monitoring and diagnostic system

(5) 状態監視による保守の効率化に向けて

当社は、従来のBIDSより監視項目を拡大したシステムを構築、運用し、台車挙動データの連続収集を開始している。収集したデータを基に診断技術の高度化を図るとともに、IoT (Internet of Things) 技術を積極的に利用した台車部品レベルの状態監視・診断システム（図6）を構築し、安全・安定運用と台車保守の効率化の両立に取り組む。

5 軌道から安全を担保する「軌道モニタリング装置」

(1) 概 要

線路設備メンテナンスは、徒歩巡回による目視検査に頼っているところが多く、鉄道事業者にとって保線検査作業の自動化・省力化が重要な課題となっている。

当社は東日本旅客鉄道(株) (JR東日本) 向けにこれらの要求に応える軌道モニタリング装置を開発した⁴⁾。この装置の特徴を以下に示す。

① 収録走行機能

口絵写真に示す車上装置には10台のカメラが搭載され、走行中に軌道画像を連続収録することが可能である。

② 自動判定機能

地上装置にて、レール締結装置や継目板の異常を画像処理により自動判定することが可能である。

③ コンパクトな筐体サイズ

車上装置は車両床下に収まるサイズとなっており、営業車に搭載が可能である。このため、毎日の営業走行を通して高頻度に最新の軌道画像を取得できるメリットが生かせる。

(2) 構成

車上装置の構成を図7に、構成の特徴を以下に示す。

- ・車上装置は、目視による監視用として軌道面の濃淡画像を撮影する濃淡カメラ6台、レールの締結装置や継目板の締結ボルトなどの脱落の自動判定用として3次元形状を取得する距離カメラ4台、これらを制御するコントローラとデータ収録ユニットから構成されている。
- ・車両に搭載した速度センサが一定距離でパルスを出力し、これに同期して各カメラが撮影を行う。
- ・撮影された軌道画像はデータ収録ユニットに保存され、定期的に抜き取りを実施する。
- ・事務所内の地上装置にて、オフラインで画像処理および判定処理を行う。

自動判定可能な項目は、多様な種類のレール締結装置、継目板および継目板ボルトの脱落である。判定処理で脱落と自動判定された箇所の例を図8に示す。

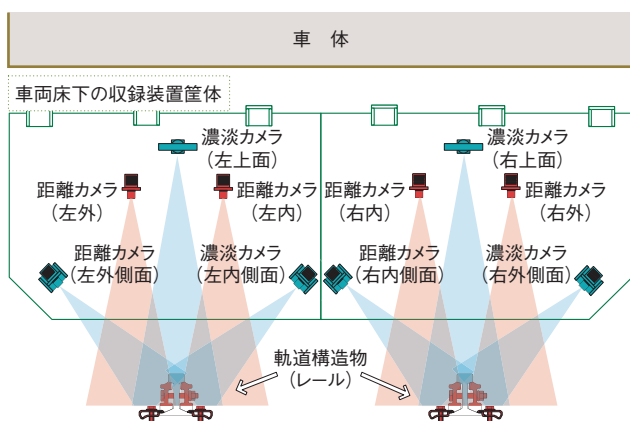


図7 車上装置の構成
Fig.7 System configuration of onboard equipment

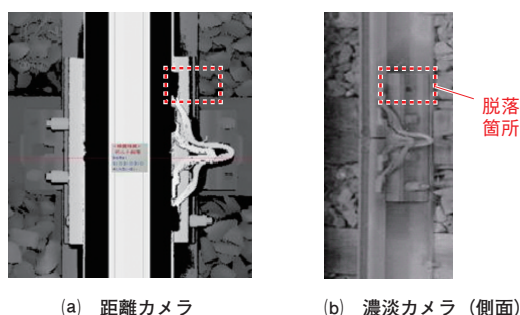


図8 継目板ボルトの脱落検出例
Fig.8 Detection result of parts defect

(3) 適用

2013年度よりJR東日本の首都圏路線の営業車両に搭載し、試験運用を1年間実施した。

2014年度より量産を開始しており、中央線、山手線にも同装置を搭載し、2015年度より運用を開始した。今後、その他路線についても順次搭載していく予定である。

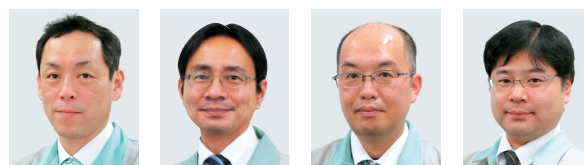
あとがき

今回紹介した車載システムにより、より安全で快適な走行と安定した車両運用、さらには、メンテナンスコストの低減に寄与できるものと考えている。

また、各々の車載システムの開発はJR東日本や熊本電気鉄道(株)など事業者の方々のご指導、ご協力により初めて実現できたものである。関係各位に心から感謝し、厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 加賀谷, 江崎ほか: “乗り心地をコントロールする一制振制御システム”, 川崎重工技報, No.160, pp.38-41 (2006)
- 2) 平山, 上月, 三津江: “安全に走行する”, 川崎重工技報, No.160, pp.24-29 (2006)
- 3) 中岡, 三津江, 川島ほか: “鉄道車両台車efWING用CFRP製板バネの損傷モニタリングへ向けた電気抵抗変化法の適用検討”, 第6回日本複合材料会議 (JCCM-6) 講演論文集, 1B-7 (2015)
- 4) 川崎, 上月, 瀧川: “軌道材料モニタリング装置の開発”, サイバネティクス, Vol.17, No.4, pp.5-10 (2012)



西村 武宏 高橋 恵介 川崎 洋行 立石 剛



三津江雅幸 布目 徹 永田 純平