

鉄道車両を見守るセンシング技術の進化

— より安全・快適な鉄道車両を目指して —



環境に優しい大量輸送インフラとして世界的に脚光を浴びる鉄道車両。その足元には安全を常に見守る「技術の目」が活躍しています。川崎重工が独自のセンシング技術により実用化した台車状態監視装置「BIDS (Bogie Instability Detection System)」は、高速鉄道車両の安全を支えるコア製品としてグローバルに活躍中。今後は、さらに監視機能を高め、故障や劣化を自ら診断する先進的で安全な鉄道車両の実現を目指します。



三津江 雅幸
Masayuki Mitsue

技術開発本部
システム技術開発センター
制御システム開発部 第三課
基幹職

鉄道車両の安全・安定運転を見守る センシング技術との出会い

多くの乗客を乗せて走る鉄道車両は、ひとたび事故が起これば多くの人命が危険にさらされる恐れもあるため、その安全性を確保するための技術革新は車両メーカーにとって極めて重要なテーマです。

当社は鉄道車両の国内トップメーカーとして、鉄道事業者とともに車両の安全・安定走行、安全停止、耐衝突性能向上、軌道・駅での安全確保に取り組んでいますが、その中でも安全・安定走行の確保には、車両および地上設備（軌道や架線など）の検査・整備が極めて重要、かつ多くの時間と労力を要しています。当社ではこれらの作業を迅速かつ確実に実施する装置の実用化にも取り組んでおり、その中でセンシング技術、すなわち「対象とする物理現象をセンサにより数値化して解析・識別する技術」を駆使してこれらの課題に取り組んできました。

鉄道車両の安全を支える製品として、技術開発本部が取

り組んだものの一つに「軌道アラームシステム（営業用軌道検測装置）」があります。当時、新幹線の軌道（線路）点検は、「ドクターイエロー」と呼ばれる新幹線電気軌道総合試験車を10日に1回程度走らせることで行われてきましたが、新幹線の営業速度が時速300kmを超え、さらにタイヤが過密になる中、点検頻度を上げて安全性を確保すべきだというニーズが出てきました。そこで、日々営業運行する車両に搭載できる監視システムの開発に着手し、試験車両による性能評価を経て、1997年3月の500系新幹線の営業開始とともに運用を開始しました。車両の上下・左右の揺れを検知する本システムは、軌道に異常の兆候を認められた際に無線で情報を発信するなど、安全性確保に有益な情報をリアルタイムに提供します。この軌道アラームシステムは現在も新幹線の軌道保守に役立てられており、鉄道車両の安全確保の重要性とそれを実現する技術者としての責任と誇りを意識するきっかけとなりました。

台湾高速鉄道向けに 国内では前例のないセンサシステムを開発

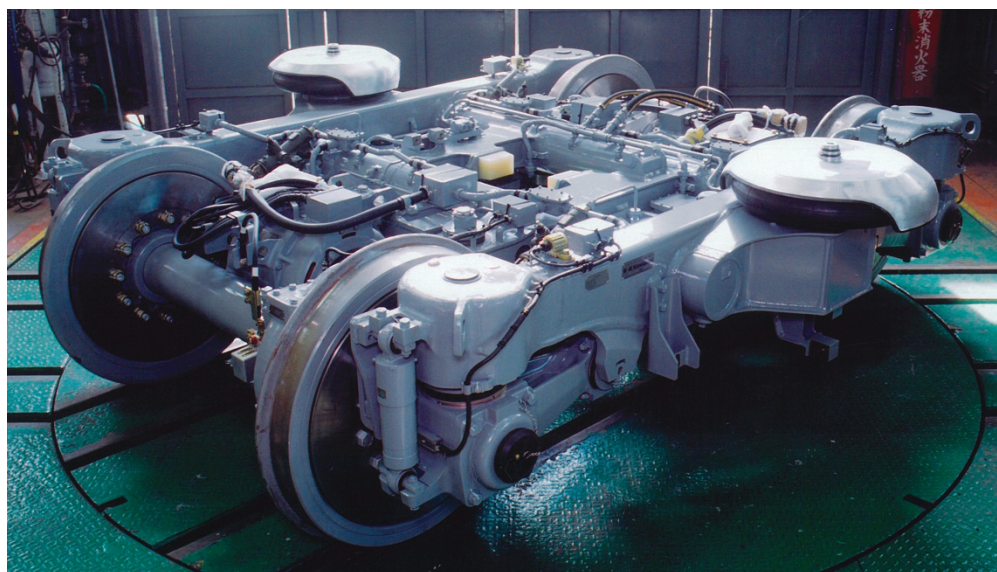
軌道アラームシステムの開発に続いて、新型軌道中心間測定システム（高速度カメラとレーザセンサの活用により高速走行しながら隣接軌道との距離を計測）を開発するなど、鉄道車両の安全確保を担うシステムの開発・実用化に取り組んでいた技術開発本部に、カンパニーから新たな挑戦の話が舞い込んできました。

「当社が初めて海外に納入する高速鉄道車両に最新の安全技術を盛り込みたい」、これがのちに台湾高速鉄道の全車両に搭載される「台車状態監視装置BIDS」開発の始ま

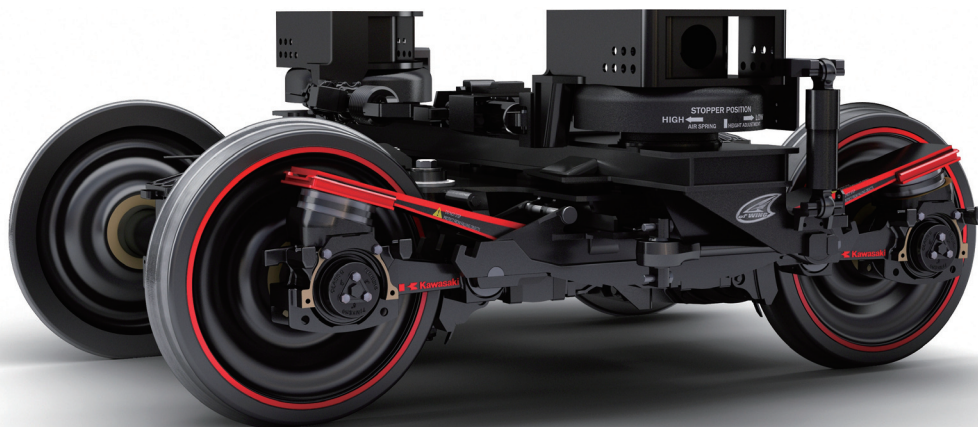
りでした。彼らが盛り込みたいと考えていたのは、高速車両のだ行動などをリアルタイムで監視し、車両の安全・安定走行への信頼性を飛躍的に向上させるシステムでした。だ行動とは、高速走行時に車体と台車が激しく左右に振動し、これが持続する不安定現象を指し、一般的には鉄道車両で高速で走行する際に発生しやすくなると言われています。だ行動は乗り心地を悪化させるだけでなく、最悪の場合には脱線に直結する危険な現象ですので、鉄道車両メーカーとしては、だ行動の発生を防ぐ技術は非常に重要なものです。彼らは台車の構造設計改良に加えて、だ行動につながる異常を早期に察知するセンサシステムをすべての台車に設置することによって信頼性をさらに向上させ、欧州などのグローバル市場をも視野に入れた性能を実現することを切望していました。当社をはじめとする国内メーカーでは前例のない新たなセンサシステム開発への挑戦です。

この装置のキーテクノロジーは、センシングと判定アルゴリズムの2つです。センシングは、対象物の動きなどの物理量を数値化する技術で、判定アルゴリズムは、その数値を加工して有益な情報として取り出す技術です。両者はともに重要な要素技術ですが、このプロジェクトでは特に前者のセンサ設計開発で苦しめられました。

このセンシング機能の実現に向けて事前検討を行った結果、車両の走行状態を正確に捉えるためには、車両の振動を検出するセンサを台車上に設置する必要があることがわかりました。しかし、台車は風雨や高低温多湿に直接さらされるだけでなく、レール上を走行する車輪からの大きな振動や、駆動用モータからの強大な電磁ノイズの影響を受けるなど、センサを設置するという点において非常に劣悪な環境です。そのような場所で安定して台車の状態を検出



台湾高速鉄道車両の安全・安定走行を支える状態監視装置搭載台車



炭素繊維強化プラスチックを用いた次世代鉄道車両台車「efWING[®]」

し、しかも限りなくメンテナンスフリーで使用できるセンサを設計する必要がありました。

軌道アラームシステムなどのこれまでの開発ノウハウをベースに、カンパニーの設計部門をはじめとして技術開発本部の振動や電磁解析メンバーの支援も受け、設計着手から約2年後の2004年、台湾高速新幹線の全車両に搭載され、神戸港から台湾に向けて船積みされていきました。

最終試験走行でまさかの破壊現象が連発 営業開始日が迫る中での原因究明

台湾に陸揚げされた真新しい新幹線車両は、現地の軌道・付帯設備が整うのを待って、いよいよ試験走行を開始しました。ところが試験走行を重ねる中で、台車に取り付けたセンサが次々に破壊されるという想定外の事態が発生しました。営業開始までの限られた時間内に対策を講じな



海外向けオリジナル高速車両「efSET[®]」

ければ、開業そのものが危ぶまれます。カンパニーの担当者とともに現地へ駆けつけ、焦りを感じつつ原因究明を急ぎました。

台湾での試験走行データの取得と現象解析と並行して、国内の開発試験設備で再現テストを繰り返した結果、原因は想定を大幅に超える強大なサージ電流（急激な電圧変化などによる瞬間的な大電流で、電子機器に致命的な損傷を与えることがあるもの）であることが判明しました。実は納車後、長期間にわたって走行することなく車両が放置されたことから車輪やレールが錆びてしまい、通電時に台車内で極めて大きな、想定外の電位差が発生していたのです。この雷のような電位差に対して、センサ内の耐力が不足していたことが直接の原因でした。さっそく構成部品や内部部品の絶縁耐性が向上するよう設計を見直し、ラボでの試験で問題ないことを確認しました。あとは、調達・製造部門の協力も得て、納入全数への対策を完了しました。その後、台湾高速鉄道は2007年1月に営業運転を開始し、台車状態監視装置BIDSはその安全・安定走行を支え続けています。

センシングとアルゴリズムの力で 新しいメンテナンスシステムを実現

今回開発した台車状態監視装置BIDSは、今後、当社の次世代鉄道車両台車「efWING®」にも搭載される予定です。「efWING®」は、台車フレームの主構造に炭素繊維強化プラスチック（CFRP）を用いた革新的な台車であり、大幅な軽量化によりエネルギーコストの大幅な削減への貢献が期待されています。ここではだ行動の監視に加えて、台車部品として世界で初めて採用されたCFRPの健全性を診断する機能を導入する予定です。また、車両としては、海外市場で競合メーカーに打ち勝つための世界標準に沿った自社開発のオリジナル車両「efSET®」を開発しており、これらの組み合わせにより、川崎重工ならではの先進的で安全な鉄道車両の実現を目指しています。

今回紹介したBIDS開発の経験も活かして、鉄道車両をはじめとする当社製品の安全かつ安定した稼働を実現することによって、顧客満足度の向上に貢献していきたいと考えています。



開発者たち