

## 車両技術に関する最近の研究開発

車両制御技術研究部

部長 小笠 正道

### 1. はじめに

鉄道総研では今期5年間の基本計画である RESEARCH2010 に基づき活動を進めており、2013年度はその4年目に当る。研究開発の目標として、「安全性の向上」、「環境との調和」、「低コスト化」、「利便性」の4つを掲げており、車両関係では特に「安全性の向上」と「環境との調和」に重点的に取り組んできている。また各種シミュレーション技術についても力を入れている。

本稿では2012年度の研究開発成果や取り組みの中から、環境面では、省エネルギー化に資する技術として交流電車の主回路構成をうまく活用した蓄電池電車化の開発状況<sup>(1)</sup>と、省エネルギー化支援技術としてディーゼル車の燃費モニタの開発について紹介する。また安全性の向上の面では、新しい構想に基づく小型空力ブレーキの開発<sup>(2)</sup>について、風速400km/h条件下での風洞基礎試験結果などを紹介する。

### 2. 交流電車の蓄電池電車化

架線下を走行する電車に蓄電池を搭載することで、回生有効活用による省エネルギー効果が期待できるとともに、蓄電池の電力で非電化区間も走行可能となり効率化にも貢献できる可能性がある。交流電化区間を走行する電車においても蓄電池搭載によるメリットが存在する。

以下にJR九州と共同開発中の交流電車の蓄電池電車化の開発状況の一部を紹介する。

#### 2.1 直流電化区間に蓄電池電車を適用する意義

現状の直流電化の多くの区間では、電気車の回生ブレーキによる電力を電力会社等の電源系統に返還できないので、通常は電気車間で電力を処理する必要がある。近傍に他の電気車が在線しない場合は回生ブレーキが絞込まれ、使用されないエネルギーは最終的に熱となって放散される。蓄電池を搭載することでその放散されるエネルギーを自車の蓄電池に蓄え、自車の電源として利用することができる。それにより消費エネルギーの無駄を削減することができる。

また、蓄電池電車は蓄電池の電力により非電化区間を走行できるため、車両の運用効率化や気動車の保有両数縮小にもつながる。

#### 2.2 交流電化区間に蓄電池電車を適用する意義

交流電化区間の変電所では電力の双方向移動が可能で、電気車からの回生電力を電力会社等の電源系統に返還できるため回生ブレーキが動作しないことが少ない。このことから交流電化区間の電気車に蓄電池を搭載する利点が少ないものと考えられていた。しかし、交流電車に限られてはいないが、蓄電池電車が電化区間から非電化区間に直接乗り入れることができるため、あえて非電化区間用の車両を所有せずに済む場合もあり、コスト低減の可能性が期待される。

具体的な波及効果として下記の事柄が期待できる。

(1) 非電化区間において「電化」をしなくても「電車が走る」(簡易電化)

- ① 加速力の向上に伴う運転時分の短縮
- ② 幹線(電化区間)から地方ローカル線(非電化区間)への直通運転
- ③ メンテナンスの効率化・簡素化

## 新幹線用空圧式フローティングキャリパの開発

車両制御技術研究部 ブレーキ制御研究室

主任研究員 狩野 泰

### 1. はじめに

新幹線の油圧ブレーキシステムでは、運転台からの電氣的な指令によりブレーキ制御装置が空気圧を調整し、その空気圧は増圧シリンダと呼ばれる空油圧変換装置で油圧に変換され基礎ブレーキ装置を動作させる。増圧シリンダには、滑走を検知すると空気圧を保持したまま油圧のみを減圧するか、空気圧を直接減圧することで再粘着を促す滑走防止機能が組み込まれている。現在は、在来線のように空気圧を細やかに制御することができる「空圧滑走防止型」が主流となり、増圧シリンダには空油圧変換としての機能のみが求められるようになってきている。このような技術開発の動向は、これまで培ってきた新幹線の油圧ブレーキシステムと同等の制御性を、空気圧のみで構成し確保できることを示した一例と言える。本稿では、空気圧を押付力に直接変換できる新たな機構を紹介するとともに、安全と信頼性に十分留意しながら開発した、空圧式フローティングキャリパについて報告する。

### 2. 楕円形ダイヤフラム押付機構

図1にキャリパの基本構造、図2に押付機構の動作原理をそれぞれ示す。開発した空圧式フローティングキャリパは、テコやクサビといった仕組みを用いず必要な押し付け力を空気圧だけで直接伝えることができる「楕円形ダイヤフラム押付機構」を作動アクチュエータとして用いている。ダイヤフラムは、ピストンとシリンダの間に折り返し部分を設けながら組み込まれている。空気源から圧縮空気が供給されると、折り返し部分がピストン壁からシリンダ壁へと摩擦することなく滑らかに転がりながら移動し（以下、ローリング作用）、空気圧に比例した押付力がライニング背面に直接作用することで、ブレーキ力の発生機構として働く。

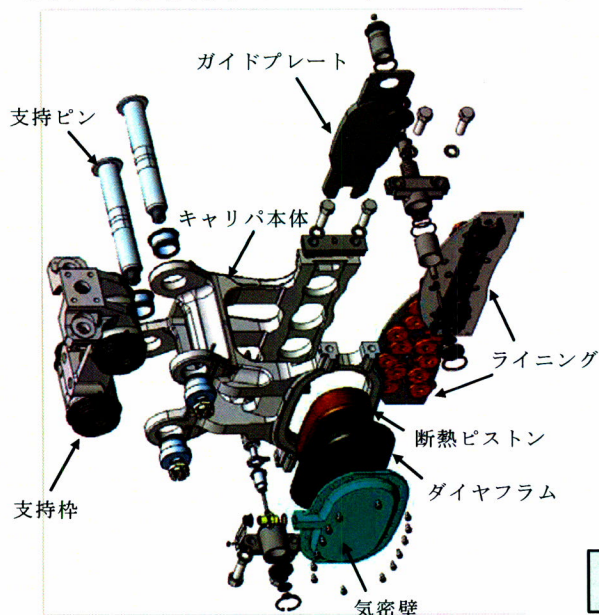


図1 キャリパの基本構造

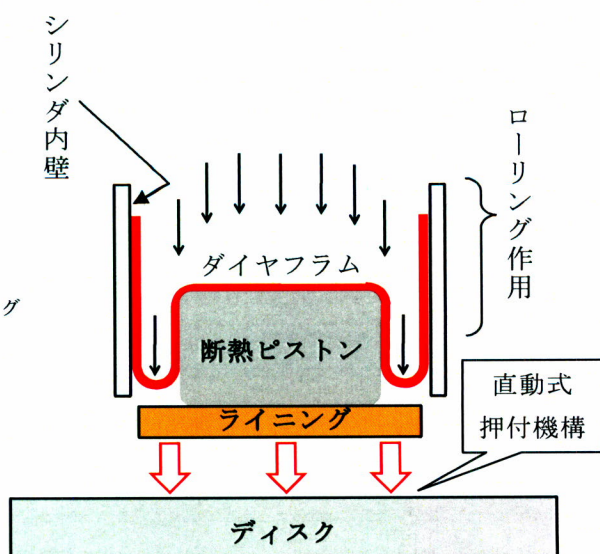


図2 押付機構の動作原理

## フェールセーフ機能付操舵用電動油圧アクチュエータの開発

車両構造技術研究部 走り装置研究室

副主任研究員 梅原 康宏

### 1. はじめに

鉄道車両における操舵台車とは、曲線通過時に車輪の転動方向がその曲線の接線に沿うように輪軸を向ける台車であり、曲線通過時に発生する車輪 - レール間の横圧を低減するために、これまで様々な方式の操舵台車が研究・開発されてきた。その中でも車体 - 台車間の相対ヨー角（ボギー角）に応じて輪軸を操舵するボギー角連動操舵台車は、円曲線での横圧低減効果が大きいことに加えて、逆操舵動作が発生する危険性がほとんどないため、国内で既に実用化されている。しかし、ボギー角連動操舵台車には円曲線に比べて緩和曲線での横圧低減効果が得られにくいという課題が残されている。そこで、本研究では緩和曲線において、台車旋回方向に能動的な制御力を与え、さらなる横圧低減を行う操舵システムについて検討を行った。その中で、アクティブ方式の最大の課題である逆操舵動作を防止しながら緩和曲線における横圧を低減する操舵用電動油圧アクチュエータ（操舵用 EHA）を開発したので、その動作メカニズムやベンチ試験結果などについて紹介する。

### 2. ボギー角連動操舵台車と操舵用 EHA

ボギー角連動操舵台車の基本的な構造を図 1(a)に示す。台車枠と操舵バリの相対ヨー角に輪軸が連動するように操舵レバーと操舵リンクを構成することで、曲線通過時の台車旋回によって外軌側軸距を拡大し、内軌側軸距を縮小することができる（図 1(b)）。過去に実施した走行試験結果より曲線通過時の従来台車と操舵台車の外軌横圧波形を図 2 に示す<sup>1)</sup>。操舵台車は円曲線区間において大幅な横圧低減効果が確認できるが、緩和曲線区間では効果が少ない。そこで、緩和曲線区間で補完的な操舵力をアクチュエータにより付加するアシスト操舵システムの開発を行うこととした。

アシスト操舵システムの操舵用アクチュエータには、台車内の搭載スペースと必要な発生力を考慮し、応答特性が良好で、配線などの設置が容易な電動油圧方

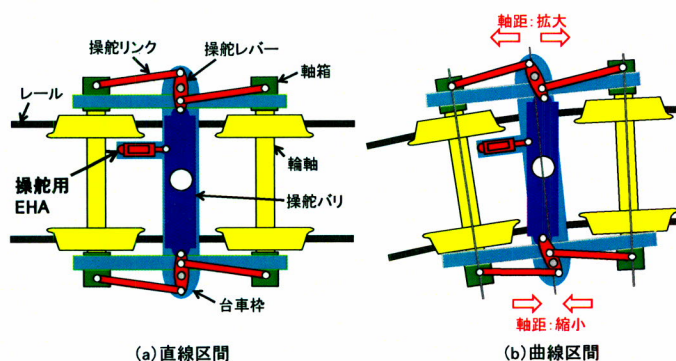


図 1 ボギー角連動操舵台車と操舵用 EHA

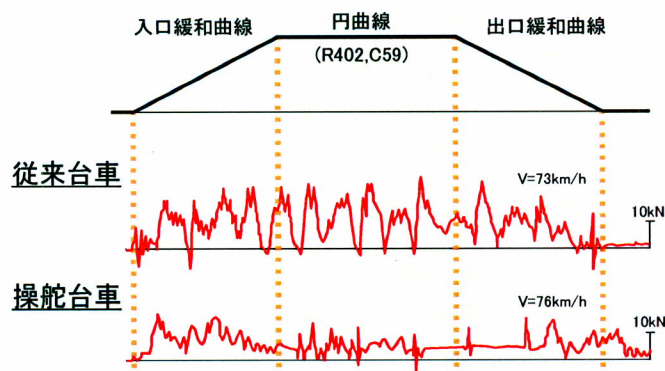


図 2 従来台車と操舵台車の外軌横圧比較

## 低損失材料と新構造回転子を適用した高効率誘導主電動機の開発

車両制御技術研究部 動力システム研究室  
主任研究員 近藤 稔

### 1. はじめに

電車の消費電力量低減は電力コスト削減や地球環境問題への取り組み等の観点から重要であり、これまでも、様々な取り組みが行われてきた。例えば、通勤電車等の停車駅間距離の短い電車では、回生ブレーキの導入により大幅な消費電力量低減が達成されてきた。電車の走行に伴う消費電力量の内訳は、走行抵抗等による損失、駆動システムの機器損失、回生ブレーキ以外のブレーキによる損失に分類できる。このうち、ブレーキによる損失が回生ブレーキの導入によって大幅に減少した結果、最近の通勤電車では走行抵抗による損失と機器損失が占める割合が高くなっており、更なる消費電力量低減のためにはこれらを低減することが重要である。通勤電車に多く使用されている直流電車の場合には、機器損失のうち主電動機の損失が特に大きい。そのため、通勤電車の消費電力量低減のためには主電動機の高効率化が重要である。

そのため、鉄道総研ではこれまでに誘導電動機の高効率化目指して研究開発を行ってきた。高効率化の手法としては、低損失材料の使用、固定子巻線の巻回数最適化、新構造回転子の適用、冷却構造の改良について検討した。そして、これらの手法を適用した高効率誘導電動機を試作し、定置試験により高効率化効果を検証した。また、これと並行して走行シミュレーションによる消費電力量低減効果の計算を行い、主電動機の高効率化による省エネ効果を明らかにした。本発表ではこれらの研究開発について紹介する。

### 2. 開発した高効率誘導電動機の試作機

#### 2. 1 試作機の概要

今回の開発では、既存の在来線電車用誘導電動機（従来機）を基にして、その寸法や定格出力等の基本性能は同等に保ちながら、様々な手法を用いて高効率化を図った主電動機（試作機）を試作し、試験により性能確認を行った。試作機の外観を図1に、主電動機の仕様を表1に示す。

主電動機の方式は在来線用主電動機として標準的な仕様となっており、狭軌の台車に収まる寸法となっている。

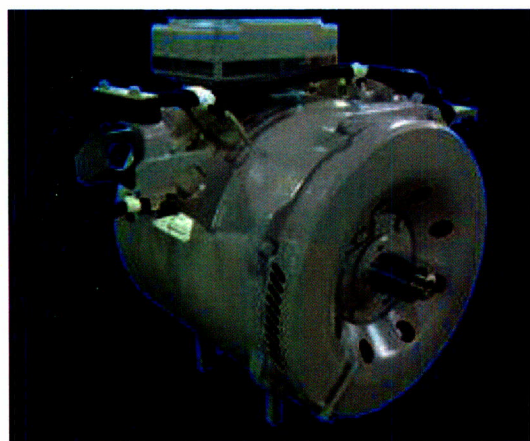


図1 試作機外観

表1 主電動機仕様

| 電動機方式     | かご形誘導電動機       |
|-----------|----------------|
| 相数        | 3相             |
| 極数        | 4極             |
| 冷却方式      | 自己通風式          |
| 装荷方式      | 台車装荷式          |
| 定格出力（1時間） | 220kW-2981/min |

## 貨車用シリコン緩衝器の開発

研究開発推進室 計画課

課長 早勢 剛

### 1. はじめに

連結器遊間の衝撃などで比較的頻繁に生じる車体前後動の低減による輸送品質の向上を目指し、貨車用のシリコン緩衝器を開発した。新形式コンテナ車向けの開発品について、加振試験と応答解析による基本性能の評価、構内試験による適用効果の実証や衝撃吸収性能の確認、列車編成の応答解析手法を用いた長大貨物列車導入時の検証を行い、実用化の目途を得た。

### 2. 開発器の概要

かつて貨物ヤードで行われていた突放連結作業時の衝撃や、列車編成内で希に発生する著大な前後動に対応するため、大型貨車には初圧の高いゴム緩衝器が採用されてきた。一方で、連結器遊間の衝撃などで比較的頻繁に生じる車体前後動を抑えるには、緩衝器初圧の低減が有効である。

そこで本件では、ダブルアクション構造を採用して初圧を無くした貨車用緩衝器を開発した。開発器の外観と構造を図1に示す。引張用、圧縮用2組の緩衝ゴムを直列に配置し、互いの組立余圧を相殺することで初圧を無くしている点は旅客車用と同様である。ただし、初圧低減によるエネルギー吸収量の減少を、シリンダにシリコンゴムを充填した減衰要素で補っている点が異なる。

### 3. 開発器単体の性能評価

開発器の基本性能は加振試験と応答シミュレーションで確認した。正弦波加振（振幅： $a=54\text{mm}$ ，振動数： $f=3.39\text{Hz}$ ）に対する開発器の変位－荷重応答波形を図2(a)に示す。シリンダにおけるシリコンゴムの流動を考慮したモデルによる組立品の解析波形は実測と良く一致し、その精度が確認された。緩衝ゴムと組立品（共に解析波形）の荷重差が減衰要素の発生力で、 $\delta=0$ の近傍では目標とした現行ゴム緩衝器の初圧（ $100\text{kN}$ ）程度となっている。

荷重が0から490, 981kNに達するまでの吸収エネルギー解析結果を図2(b)に示す。減衰要素の発生力が増加するため、吸収エネルギーは原点近傍の加振速度 $v_p$ と共に拡大する。実用域（0→490kN）の吸収量は $v_p \geq 70\text{mm/s}$ で現行器を上回る。一方、 $v_p$ が $1\text{m/s}$ に近い領域では、最大吸収量（0→981kN）が現行器並となり、計画通りの性能が得られている。

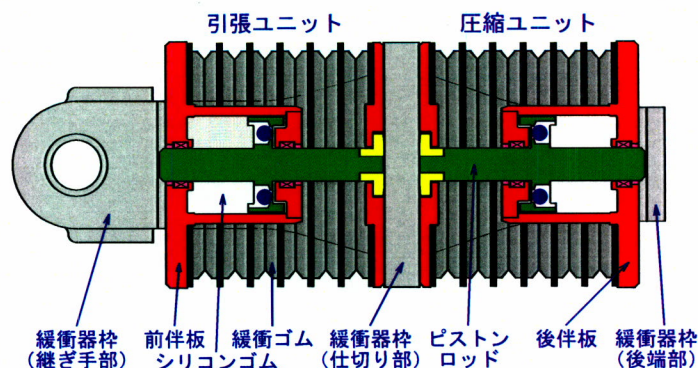
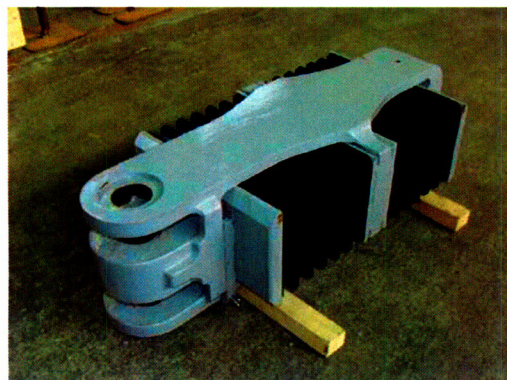


図1 開発器の外観と構造

## アクティブマスダンパを用いた車体弾性振動低減法

車両構造技術研究部 車両振動研究室

研究員 秋山 裕喜

### 1. はじめに

鉄道車両の車体は人間が上下振動加速度に比較的敏感とされる周波数である 10Hz 前後に複数の弾性振動の固有振動モードを持ち<sup>(1)</sup>、それらが乗り心地に影響を与えていることが知られている。筆者らは、車体にばね支持された錘（以下、振動体）を付加して、それをアクチュエータで加振するときの慣性反力を用いて制振するアクティブマスダンパ（AMD）を 2 台用いて複数モードの車体弾性振動を同時に低減する手法を提案し、実用的な装置の開発に取り組んできた<sup>(2)</sup>。本稿では、開発した AMD による多モード制振効果を確認するために実施した車両試験台での定置加振試験と、本システムによる乗り心地向上効果を実証するために実施した本線走行試験の結果について紹介する。

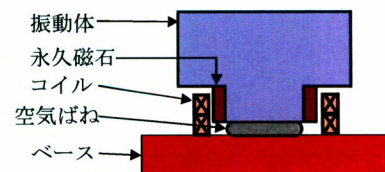
### 2. AMD の概要

開発した AMD の外観と概略図を図 1 に示す。この装置は空気ばねで支持された振動体とそれを上下に駆動するための永久磁石を用いたリニアアクチュエータで構成されている。振動体の質量は 58kg、総質量 70kg であり、高さは 226mm である。今回はこの装置を 2 台用いて多モード制振を行った。

AMD を制御するための機器の構成を図 2 に示す。車体床面に設置した加速度センサからセンサアンプ、アンチエイリアスフィルタ、AD 変換ボードを通してデジタル信号としてデジタルシグナルプロセッサ (DSP) に加速度信号を入力する。DSP では制御指令用 PC で生成した制御則に従い制御信号を生成し、DSP の DA 変換ボードでアナログ信号に変換し、AMD のドライバを通じて 2 台の AMD に指令を入力する。



(a) 外観



(b) 概略図

図 1 AMD の外観と概略図

### 3. 車両試験台試験

#### 3.1 試験概要

開発した AMD による多モード制振効果を確認するために、車両試験台における定置加振試験を実施した。供試車両は図 3 に示す新幹線形試験車両とした。この車両はアルミニウム合金製のダブルスキン構体をもつほか営業で用いられるものとはほぼ同等の車体構造を

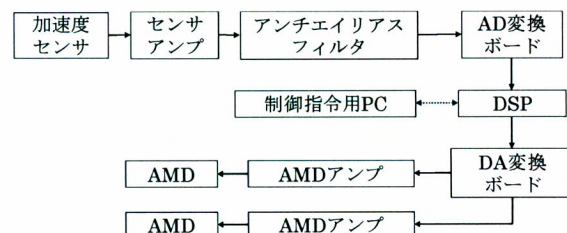


図 2 制御機器の構成

## 台車旋回性能試験装置の開発

鉄道力学研究部 車両力学研究室

研究員 田中 隆之

### 1. はじめに

曲線や分岐器通過時において、ボルスタレス台車が車体に対してボギー角（車体と台車間の相対ヨー回転角度）を持つ時には、空気ばねの前後剛性に起因する力や、ダンパ類や牽引装置等からの力により台車の旋回抵抗が生じる。これまでの検討において空気ばねとヨーダンパを旋回抵抗の主因としたモデルを用いた車両運動シミュレーションと走行試験の双方の結果は多くの場合でよく一致していた<sup>1)</sup>。しかし、いくつかのケースにおいてシミュレーション結果と走行試験結果が一致しないことがあり、台車の旋回抵抗が正しく見積もられていない可能性が考えられた。

そこで、本研究では、台車を車両に装着した状態で旋回抵抗を直接測定することができる台車旋回性能試験装置を開発し、実車両を用いた旋回試験を行った<sup>2)</sup>。試験を通じて旋回抵抗の評価法を構築するとともに、台車旋回抵抗発生メカニズムを明確にした<sup>3)</sup>。また、測定結果から旋回抵抗モデルを構築し実際のシミュレーションや横圧推定式<sup>4)</sup>に適用し、曲線通過時の横圧推定精度を向上する方法を検討した。

### 2. 台車旋回性能試験装置の開発

開発した台車旋回性能試験装置を図1に、装置の主な仕様を表1に示す。本装置は、一車両が入るピット線内に設置されている。一車両のうち試験に供する台車は、図1に示したように旋回台上に設置したレールに載せ、もう一方の台車はピット線レールに輪留めで固定する。この状態で、電動アクチュエータにより旋回台を旋回させることで台車を旋回させる仕組みになっている。旋回台は支持台上にRガイド（円弧状のリニアガイド）を介して設置されており、旋回時の摩擦係数は概ね0.005以下が実現され、旋回軸を中心にスムーズに回転できるように機構となっている。旋回抵抗力は電動アクチュエータ先端に設置されたロードセルにより測定する。各車輪の直下には輪重横圧測定ユニットが配置され、輪重相当の垂直荷重、横圧相当の水平荷重を測定できる。台車旋回時の台車変位や空気ばね作用力なども同時に計測可能となっている。旋回台上のレール等の配置は可変となっており、表1に示した複数の軌間・軸距に対応可能としている。また、台車旋回抵抗を静的にとらえる一定速駆動モード、台車単体での慣性半径を調査する

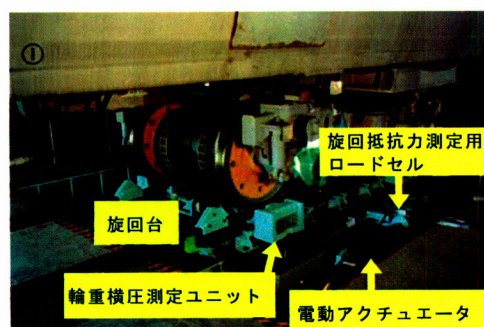


図1 台車旋回性能試験装置での試験の様子

表1 装置の主な仕様

|      |                                                         |
|------|---------------------------------------------------------|
| 対象台車 | 軌間：1067、1435mm<br>軸距：2100、2150、2500mm など<br>軸重：最大 125kN |
| 試験動作 | 旋回台旋回角<br>一定速駆動：最大 6deg<br>正弦波加振：最大 4deg、1deg/s         |

## 編成貨車電磁ブレーキ指令線の断線箇所特定装置の開発

車両制御技術研究部 駆動制御研究室

主任研究員 山下 道寛

### 1.はじめに

貨物列車のブレーキ方式として自動空気ブレーキ方式が用いられている。列車が分離しても自動的にブレーキがかかり、電源を必要としないなどの特徴がある。ブレーキ扱い時には、機関車から編成に引通されたブレーキ管内の圧力を減圧させることで、その減圧に応じた力で制輪子を車輪踏面に押し当て、ブレーキ作用を行わせる。しかし、長編成列車になるほどブレーキ管の減圧効果が編成後部に伝わるまでに時間を要し、後部車両ほどブレーキのかかりが遅くなる。つまり、編成全体に所定のブレーキ力が得られるまでに時間が掛かる。

この課題を解決する方式として、貨車毎に電磁弁を搭載し、それらの電磁弁を動作させることで編成貨車のブレーキ管圧力を一斉に減圧させて、ブレーキ作用を行わせる電磁自動空気ブレーキ方式<sup>1)</sup>がある。ブレーキノッチ扱いにより、編成貨車に引通された指令線に電圧(DC100V)が印加されると電磁弁が動作する。この電磁自動空気ブレーキ方式は、主に高速用貨物列車で用いられている。

電磁自動空気ブレーキを用いた貨物列車の営業走行直前には、ブレーキ引通し指令線(以下「指令線」という)の導通確認検査が行われている。もし指令線に断線が発見された場合には、断線箇所の特定に数時間を要する場合があります、ダイヤ遅延や最悪の場合には運休となる。

本開発では、編成貨車の指令線に断線が無い、あるいはどこが断線しているかを見つけて迅速な復旧支援を行うため、まず、編成貨車の端から指令線の断線箇所を特定するアルゴリズムを提案した。具体的には、編成貨車の指令線回路網モデルを構築し、指令線—グランド線間の理論抵抗値(理論電圧値)を求め、測定値と比較することで断線の有無の判定と断線が有ればその箇所を特定する。次に、このアルゴリズムを織り込んだ断線箇所特定装置を開発した。そして、実貨車を用いた断線模擬試験を行った結果、理論値と測定値はほぼ一致し、20両目までの断線箇所が特定できることを確認した。20両目以降は編成の逆端から測定することで、営業列車で最も長い26両編成全体の断線箇所を特定できる。また、測定と判定に要する時間は約30秒と短く、本装置を用いることで復旧時間の大幅な短縮が期待できる。

### 2.編成貨車の引通し線回路構成

貨車には、ジャンパ栓受のコネクタ(図1)に接続された数本のケーブルが引通されている。機関車のブレーキノッチ扱いには「緩め」、「常用ブレーキ」、「非常ブレーキ」があり、各ノッチに応じて電磁弁が動作する。電磁弁を動作させるための指令線(電源線)として、引通し線を利用している。引通し線のケーブルは各ブレーキ指令用に3本、共通グランド線として1本(貨車によっては2本の場合もある)用いられている。電磁弁は機関車のブレーキ指令器から指令線にDC100Vが印加されて動作する。

編成貨車の端側からみた回路構成を図2に示す。各指令線に対するグランド線は共通であり、各指令線とグランド線の間に、電磁弁とヒューズが挿入された回路構成となっている。

## 誌 謝

本次出國計畫承蒙交通部鐵路改建工程局施文雄副組長於訪日前之協助與安排，及出國報告日文資料翻譯之細心輔正，方得以圓滿完成計畫。另訪日期間，感謝日本鐵道綜合技術研究所諸位朋友(如附名片)之熱情接待及寶貴資料提供，謹此一併致謝。



公益財団法人 鐵道綜合技術研究所

理 事

奧 村 文 直

博 士 (工 学)  
技術士 (建設部門)

〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38  
TEL (042)573-7202 JR (053)7202  
FAX (042)573-7209 JR (053)7209  
E-mail: okumura@rtri.or.jp



公益財団法人 鐵道綜合技術研究所

鐵道國際規格センター

センター長

田 中 裕

102.8.20(二)下午  
於RTRI  
介绍日本鐵道國際  
規格

〒151-8578 東京都渋谷区代々木2-2-2  
JR東日本本社ビル7階  
電話 NTT (03)5334-0420 JR (058)2276,2277  
FAX NTT (03)5334-0435 JR (058)2278  
E-mail: h-tanaka@rtri.or.jp



公益財団法人 鐵道綜合技術研究所

102.8.20(二)下午~8.21(三)下午 國際課長  
於RTRI介绍日本LRT資料  
及英文介绍.參照.討論

佐 藤 豊

博 士 (工 学)  
技術士 (建設部門)

國際業務室

〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38  
TEL (042)573-7258 JR (053)7258  
FAX (042)573-7356 JR (053)7356  
E-mail: sugar@rtri.or.jp



公益財団法人 鐵道綜合技術研究所

企画室 戰略調査課長

兼 信号・情報技術研究部 主任研究員

博士 (工 学) 武 藤 雅 威

(東京理科大学大学院理工学研究科客員教授)  
(慶応義塾大学大学院理工学研究科非常勤講師)

102.8.20(二)下午  
於RTRI介绍日本LRT  
資料及討論.

〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38  
電話 NTT (042)573-7347 JR (053)7347  
FAX NTT (042)573-7356 JR (053)7356  
E-mail: mutoh@rtri.or.jp



公益財団法人 鐵道綜合技術研究所

國際業務室 (國際) 主査  
兼 材料技術研究部 主任研究員

相 原 直 樹

102.8.20~8.21(三)  
負責接待.參照  
及討論LRT資料

〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38  
TEL (042)573-7258 JR (053)7258  
FAX (042)573-7356 JR (053)7356  
E-mail: mimomi@rtri.or.jp



公益財団法人 鐵道綜合技術研究所

國際業務室

國際担当

木 元 絵 里 子

102.8.20~8.21(三)  
負責接待及介绍參照

〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38  
TEL (042)573-7258 JR (053)7258  
FAX (042)573-7356 JR (053)7356  
E-mail: eriko@jrsv.co.jp