

# 車両のメンテナンス

財団法人 鉄道総合技術研究所 車両構造技術研究部 部長

石塚 弘道

## 1. はじめに

鉄道車両は高価であり、製造に多大なエネルギーを消費していることを考慮すれば、一般的には消耗品のように使い捨てることはできない。したがって、適切な周期および方法でメンテナンスを行い、寿命まで使い続けていかなければならない。ここで、寿命には、物理的に使用限界となる寿命の他に経済的な寿命（メンテナンスにかかる費用よりも車両新造の方が安い）および社会的な寿命（一般社会と比較して陳腐化している、バリアフリーに対応していない等）も含まれる。このような寿命まで繰り返しメンテナンスを行う理由は、安全性を確保するため、および一定水準以上の乗り心地（快適性）を維持するためである。

大量退職時代を迎え、鉄道車両のメンテナンスにおいても技術の承継が大きな課題となっている。また、メンテナンスを含め営業コストの低減が言われている。このような状況において、メンテナンスの質の維持、さらには向上が、これからの「安心・安全な輸送機関」としての鉄道のためには不可欠である。解決策として、新技術導入、省力化および周期延伸等によるメンテナンス体系の抜本的な見直しが挙げられる。

2001年（平成13年）12月に制定された省令によって、事業者自らが証明すればメンテナンス体系を定めることが可能となった。しかし、メンテナンス周期（車両では「検査周期」なる用語が一般的なので、以下、検査周期）の延伸を図るためには、個々の車両部品について、劣化・損傷のメカニズムを解明するとともに適切な非破壊検査法を確立し、安全性を保証する必要がある。本講演では主として在来線通勤型電車を対象として、検査周期延伸を主としたメンテナンス体系の変遷を簡単に紹介したのち、いくつかの重要な車両部品を例に検査周期延伸あるいはメンテナンスの省力化に関わる鉄道総研の成果を紹介するとともに、車両メンテナンスの今後の方向性について述べる。

## 2. 検査周期延伸

### 2.1 在来線電車の検査周期延伸の変遷

表1 電車の検査周期の変遷<sup>1)</sup>

西暦	旧日本国有鉄道運転規則			旧地方鉄道運転規則		
	月検査	重要部検査	全般検査	月検査	重要部検査	全般検査
1955年	毎月	1年	2年	1月	1年	3年
1958年	30日				1年6月	
1964年		1年6箇月または25万km				
1970年				2月	2年または30万km	4年
1979年	90日	3年または40万km	6年			
1985年						
西暦	旧鉄道運転規則					
	月検査	重要部検査		全般検査		
1987年	3月	3年または40万km（新車4年）		6年（新車7年）		
1997年		3年または60万km（新車4年）				
1999年		4年または60万km		8年		

表1に在来線電車の検査周期の変遷<sup>1)</sup>を示す。例えば、旧国鉄の電車の1955年(昭和30年)当時における重要部検査および全般検査の周期はそれぞれ1年、2年であったのが、1999年(平成11年)には4年(または60万km)、8年と4倍に伸びている。これは、この間に車両に搭載されている各機器の信頼性・耐久性が向上し、また、メンテナンス設備の改善も図られ、車両の安全性・信頼性・メンテナンス技術・診断技術が向上した結果<sup>1)</sup>を反映している。ここで、旧国鉄の1985年(昭和60年)における検査周期延伸に関する検討<sup>2)</sup>をみると、①車両故障の発生傾向分析(初期故障型あるいは偶発故障型)、②車両機器の寿命分析(タイム制約因子と走行距離制約因子に分類して検討)、③車両機器の改善(過去の故障歴をもとに材料・設計寸法の見直し)を踏まえ、月(交番)検査、重要部検査および全般検査の周期延伸を実施している。

## 2.2 省令改正<sup>1)</sup>

1998年(平成10年)11月に出された技術基準の性能規定化(技術革新や経済・社会のグローバル化に柔軟に対応するため、本来果たすべき目的や機能を満たせばよいとする考え方)を方針として盛り込んだ運輸技術審議会答申「今後の鉄道技術行政のあり方」を受け、2001年(平成13年)12月に「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」(以下、省令)が制定され、翌年3月には「鉄道に関する技術上の基準を定める省令等の解釈基準について」(以下、解釈基準)が通達された。なお、省令の第87～91条において「施設及び車両の保全」が記されている。

図1に示すように、構造や使用実態に無関係に一律・固定的に仕様が定められていた従前の鉄道構造規則・鉄道運転規則等が性能規定化され、まとめられたのが省令および解釈基準である。この省令および解釈基準をもとに、各鉄道事業者は自らの責任において個々の実情を反映させた詳細・具体的な実施基準を作成し国に届け出る。

省令と同時に発効した「施設及び車両の定期検査に関する告示」(以下、告示)には従前の検査周期が定められているが、耐摩耗性、耐久性等を有し、機能が告示に定められた検査周期以上確保される車両の部位にあつては、告示に定められた検査周期によらなくともよいとされている。例えば、電子機器等の採用により無接点化された装置、機械的可動部分を削減した装置等を搭載している車両は、従前のメンテナンス体系の中で、当該機器のみ検査周期の延伸を図ることが可能である。

また、鉄道事業者自らが安全性を証明することにより、車両のメンテナンス体系を新たに構築することも可能となった。

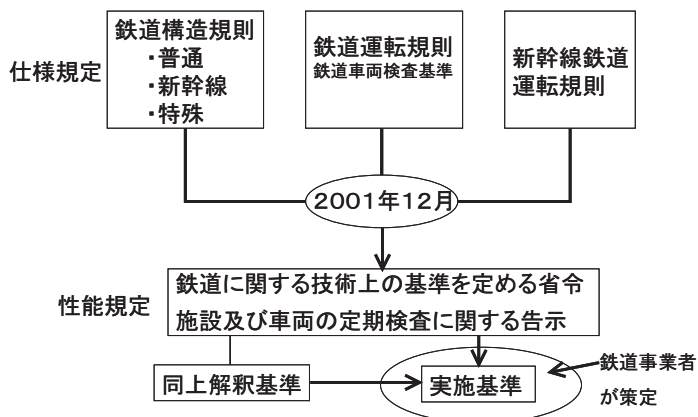


図1 省令改正(技術基準の性能規定化)

## 2.3 新保全体系

東日本旅客鉄道(株)(以下、JR東日本)では上述の省令を受け、2002年(平成14年)4月より、新系列車両(1992年に投入された209系以降の車両)を対象に新保全体系<sup>3)、4)</sup>によるメンテナンスを開始した。これは、図2に示すように検査周期が類似する機器をグループ化し、このグループを基に検査周期を定めるもので、具体的には60万kmを単位として、指定保全・装置保全・車体保全の三段階から成る。従前の交番検査に相

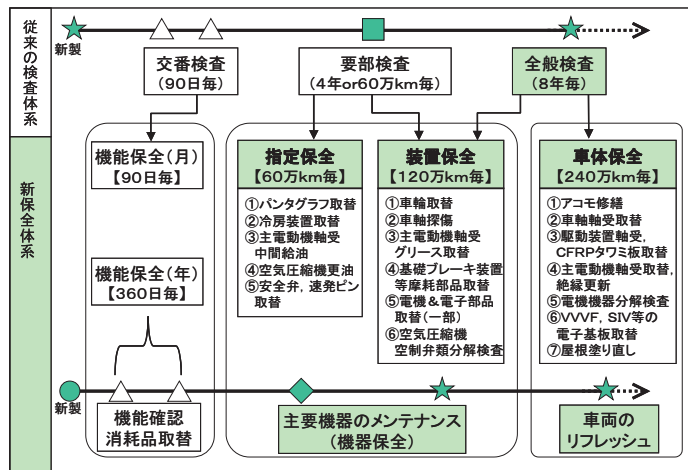


図2 新保全体系のイメージ<sup>3)、4)</sup>

当する検査は機能保全（月）と機能保全（年）の二段階となり、機能保全（月）では車両の自己診断機能を中心とした検査が行われている。

この新保全体系への移行は、JR東日本社内での膨大なメンテナンスデータを基にした検討および部外有識者を加えて設置した委員会での審議という二段階を経て実現した。同様な新メンテナンス体系の構築に関する検討は、いくつかの鉄道事業者においてすでに行われ、あるいは、現在行われている。鉄道総研は各検討委員会の委員あるいは幹事として参加するとともに、ゴムホース、膜板および軸受グリース等の物性評価に鉄道総研が提案している管理基準値が適用されるなどして、各鉄道事業者における新たなメンテナンス体系の構築に寄与している。

### 3. メンテナンスに関わる研究開発

#### 3.1 メンテナンス性を考慮した車両

今日、新たに設計・製造される通勤型電車は、メンテナンス性の観点からは図3に示す構成とする例が増えている。車体は、耐腐食性を有し、また、塗装の必要の無いことからステンレス鋼(SUS301あるいはSUS304)が使用され、台車は、部品点数が少なく摩擦箇所を極力減らしたボルスタレス構造となっている。主電動機には、直流電動機の整流子とブラシのような接触部品を有せず軸受以外はメンテナンスフリー構造となっている交流（誘導あるいは同期）電動機が使用され、主回路が無接点化（パワーエレクトロニクス化）されているインバータによって制御される。その他、パンタグラフすり板には、自己潤滑性を有しトロリ線のみならず、自らの摩擦も少ないカーボン系すり板が使用され、ブレーキには、ブレーキシリンダー・伝達機構・すき間調整装置などを一つにまとめコンパクト化を図ったユニットブレーキが使用される。情報制御装置は、記録された故障情報がメンテナンスに、また、故障防止策を策定する際に活用される。

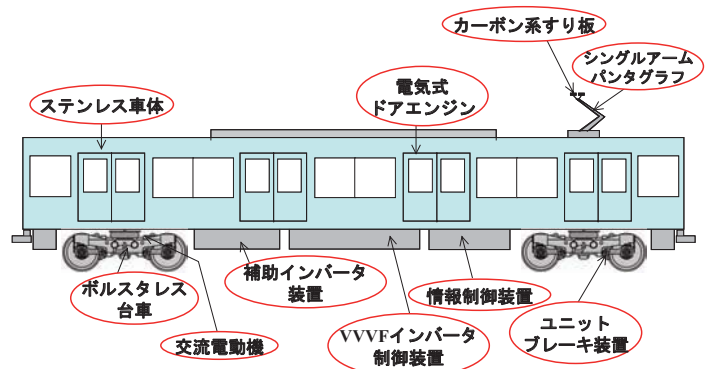


図3 メンテナンス性を考慮した車両のイメージ

車両メンテナンスのさらなる周期延伸・省力化を目指して、鉄道総研では、損傷メカニズムの解明および寿命評価の観点から、(1)台車枠の強度評価(2)在来線車両車軸のき裂進展評価を実施した。また、台車部品のメンテナンスにおける省力化を目指して、(3)ACFM法による台車枠探傷(4)在来線車両用中ぐり車軸の超音波探傷法、さらに、車両部品の寿命延伸の観点から(5)主電動機軸受グリースポケットの改善(6)ゴムホースの長寿命化などの研究開発に取り組んできた。以下、その成果の一端を紹介する。

#### 3.2 台車枠の強度評価<sup>5)</sup>

台車枠の溶接部には疲労き裂が発生することがあり、その発生原因は、①溶込み不良やオーバーラップ等の溶接品質不良、②溶接部等に対する不適切あるいは不十分な設計指示、③不適切な荷重設定および不十分な強度判定等の強度検討不良に集約される。これらに起因する疲労き裂の発生防止を目的として、設計、施工、応力測定試験、強度・寿命判定などをまとめた「鋼製溶接台車枠の疲労強度保証指針」が作成され、現在、鉄道車両工業会の団体規格化に向けて審議中である。

表2は、片側開先直交T溶接継手の各判定対象位置に適用する判定法をまとめた例である。朱書きの部分は溶接ルートⅢを判定対象とする場合で、図4の等級rBの判定曲線を用い、設計応力範囲または実働応力範囲の最大値を判定曲線の繰り返し数 $10^8$ 回の応力範囲と比較するか、もしくは実働応力範囲のひん度分布と判定曲線から計算した累積損傷度により疲労強度の判定を行う。

図5は、溶接ルートをき裂の起点とする側梁の損傷例で、溶接部裏側から発生したき裂（起点→で示す）は、

側梁下面の溶接ビード内を進展した後、母材部である側梁側面まで進展した。このような溶接ルートのほか梁裏面の溶接部を、き裂の起点とする損傷は、従来の方法では直接歪ゲージが貼付できず強度評価対象として扱えなかったが、この指針では、これまでに開発した台車枠の溶接ルートおよび梁裏面の溶接部の強度評価法を加え、損傷起点となり得る全箇所を対象としている。

この指針は、新しい台車枠の設計・製作、台車枠の維持・管理、台車枠の改造等において、疲労損傷防止のための指針として活用されている。

表 2 片側開先直交 T 溶接継手各対象位置の判定法の例

判定対象位置	溶接施工	仕上げ	判定法
I, II の判定対象：溶接部表面き裂 III の判定対象：ルート溶接金属き裂 IV の判定対象：ルートから部材 1 側への裏側母材き裂	下向き安定姿勢	なし	①JIS E 4207、②止端部等判定曲線 D
		あり(脚長 $\geq 2t$ の場合 ; $t$ = 板厚)	①JIS E 4207、②止端部等判定曲線 B
		あり(脚長 $< 2t$ の場合)	①JIS E 4207、②止端部等判定曲線 C
	上記以外	なし	①JIS E 4207、②止端部等判定曲線 E
	III		ルート判定曲線 r B
	IV		止端部等判定曲線 F
歪ゲージ貼付け位置： 判定位置 I = 部材 1-1 側、IV = 部材 1-2 側、II, III = 部材 2 側			

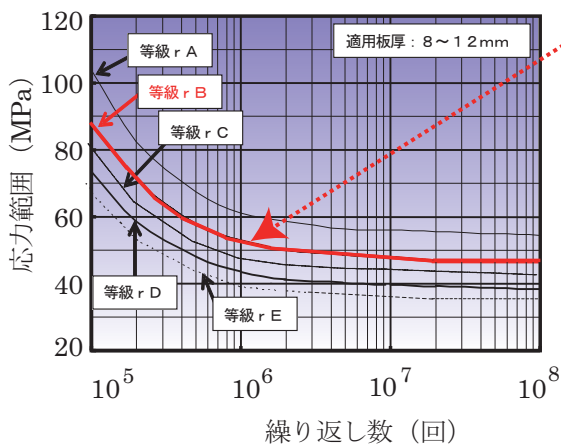


図 4 ルート溶接金属判定曲線

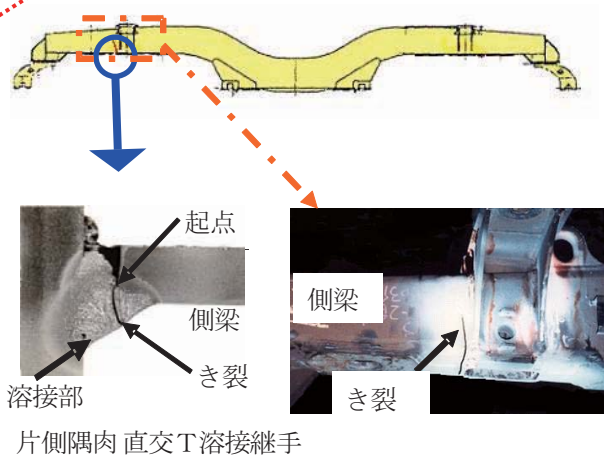


図 5 台車枠の溶接ルートを起点とする損傷例

### 3.3 在来線車両用車軸のき裂進展評価<sup>6)</sup>

大多数の在来線車両に使用されている焼ならし車軸の車輪座における、き裂の進展性の評価を目的として、車輪座に種々な深さの人工きずを加工した車軸を用いて疲労試験を実施した。車輪座における公称応力 80MPa で疲労試験を実施した車軸は、深さ 0.5 ~ 3mm の各人工きずからの、き裂進展もあったが、フレッティング疲労き裂を主き裂として歯車側車輪座において破断した。一方、同じ大きさの人工きずを加工して公称応力 60MPa にて約 16 万 km 走行に相当する繰返し数まで疲労試験を実施した車軸は、歯車側車輪座においても各人工きずからの、き裂進展はわずかであり、また、フレッティング疲労き裂の発生もなかった。以上の疲労試験結果を説明するために、疲労試験中に車輪座に発生する応力を有限要素解析により求め、得られた応力分布を用いて応力拡大係数範囲を計算した。図 6 から、例えば歯車側車輪座においては、公称応力が 60MPa 以下ならばフレッティ

ング疲労き裂は発生したとしてもほとんど進展しない（フレット疲労き裂の応力拡大係数範囲が、小さなき裂の進展下限界応力拡大係数範囲  $\Delta K_{th(d:short)}/2$  を下回っているため）のに対し、80MPa ならば発生したき裂は停留せずに進展を続けることが予想される。

### 3.4 新しい台車枠の探傷法<sup>7)</sup>

台車枠は繰り返し荷重のかかる構造部材であるため、定期的に指定された部位を対象として磁粉探傷などの非破壊検査が実施されている。しかし、磁粉探傷などは塗膜はく離作業を必要とするため、塗膜の上から実施可能な非破壊検査法が望まれていた。最近開発された ACFM 法（交流電磁場測定法）は、塗膜の上から台車枠の表面開口きずを探傷可能である（図7）。ACFM 法は被検体の表面に平行電流を誘起し、表面上の垂直方向および水平方向の磁場をコイルで検出し、それらの変化から、き裂特有の信号を識別する方法である。探傷面の凹凸や溶接部形状の変化により擬似信号が発生し、きず信号との識別が困難なため、擬似信号を消すフィルター計算手法の開発やプローブ先端の磁気特性の改良により擬似信号を低減した。航空機部品などに用いられる渦流探傷法に似ているが、台車枠で一般的に見受けられる程度の溶接ビード表面の凹凸がある箇所も探傷可能であり、深さ1mm長さ10mm以上のきずを検出できる。

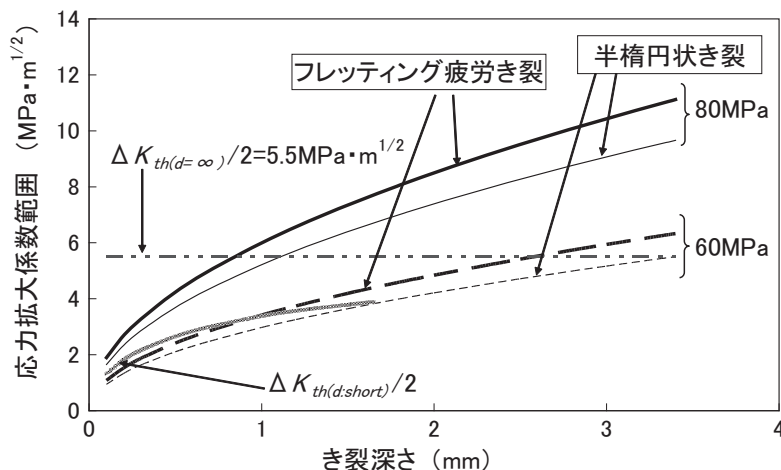


図6 歯車側車輪座に対する応力拡大係数範囲の計算結果



図7 ACFM プローブによる台車枠の探傷

### 3.5 在来線車両用中ぐり車軸の超音波探傷法<sup>8)</sup>

車軸は万が一折損すると車両が脱線する恐れがあるため、一定周期ごとに検査を実施する。新幹線では300系車両以降、中ぐり径60mmの中ぐり車軸を使用し、中ぐり孔から斜角探傷法による超音波自動探傷が行われている。一方、在来線車両では、大部分に中実車軸が使用されており、検査員が波形を注視して検査しているのが実情である。そこで、在来線車両に適用可能な中ぐり車軸と超音波探傷装置を開発した。

大部分の在来線車両用車軸のジャーナル直径は110mmまたは120mmである。ジャーナル直径110mmの車軸を中ぐり径60mmで加工した場合、車軸全体の剛性低下により、軸受周辺の接触部においてフレット損傷が発生する恐れがある。また、前蓋がボルト固定式の場合、ボルト穴の存在により直径60mmの中ぐり孔が加工できないため、図8のように中ぐり径を30mmとした。

開発した探傷装置を用いて、小径中ぐりモデル軸の超音波自動探傷試験を行った結果、中央平行部（非はめ合い部）では深さ0.15mm、車輪座内ボス部（はめ合い部）では深さ0.3mmの矩形きずを検出でき、新幹線電車で中ぐり車軸と同等の探傷精度が得られた。小径中ぐり車軸を在来線車両に導入することで、探傷作業および判

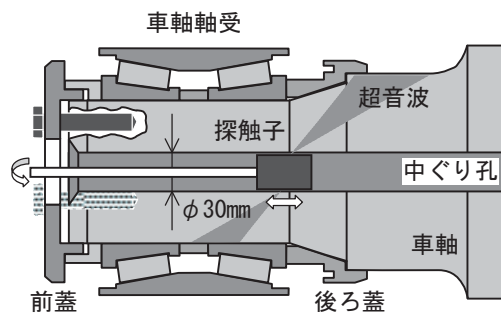


図8 在来線用中ぐり車軸の概念図

定の自動化による検査の効率化、探傷部位の塗膜はく離等の前処理の省略および探傷精度の向上による検査周期の延伸等の効果が期待される。

### 3.6 主電動機軸受用グリースポケットの開発<sup>9)</sup>

鉄道車両の主電動機は、解体検査に非常に手間がかかるため、省メンテナンス化の要求が強い。近年は主に交流誘導電動機が使われるようになり、検査周期は、軸受部の耐久性に依存するようになった。とりわけ、軸受部の中で最も寿命の短いグリースの耐久性向上が課題となっている。

主電動機の軸受の蓋には、グリースポケットと呼ばれるくぼみが設けられている(図9)。現在使用されている代表的なグリースポケット形状3種類を比較すると、グリース挙動が異なることがわかったため、ポケット形状を改良することにより軸受への基油の供給能力の向上を図ることとした。ポケット形状の特徴(深さ、角度等)による影響度を基礎試験で検討し、ポケット形状の設計指針を作成した。

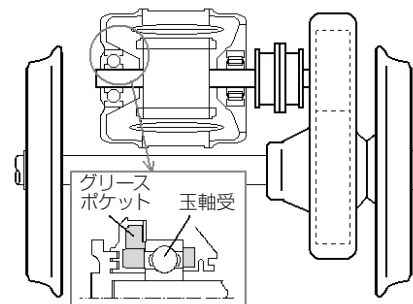


図9 主電動機の軸受部の構造

次に、その寿命延長効果について検証した。実際の主電動機(MT205形)の構造を用いて、実物大・新幹線実用条件で軸受回転試験を行った結果、改良形状を使用すると、従来形状と比較して玉軸受側で2倍以上、ころ軸受側で1.3倍以上の寿命があることがわかった(図10)。実際のメンテナンスでは、両軸受のうち寿命の短い方にあわせて分解する必要があるため、主電動機全体としては2倍程度の検査周期延伸が期待できる。

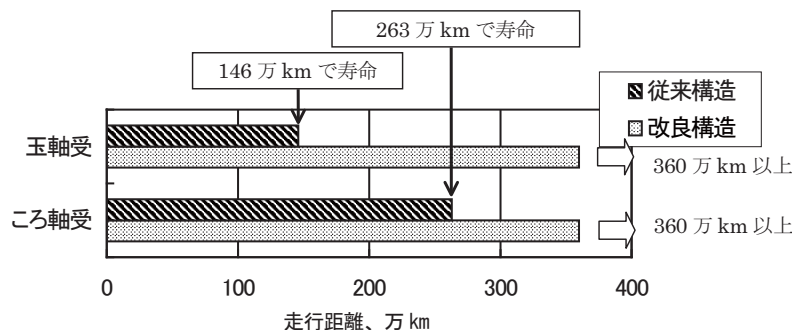


図10 グリースポケット変更による軸受の潤滑寿命比較

### 3.7 ゴムホースの長寿命化<sup>10)</sup>

鉄道車両においては、多数のゴム製空気ホースが用いられている。従来材料では長期間使用すると外面ゴムに紫外線劣化などの理由によりクラックが発生する(図11)ため、JR会社においては標準で4年間程度で交換管理されてきた。このため、メンテナンスの省力化を目的として長寿命空気ホースの開発を行った。以下、在来線電車や新幹線電車などで使用される一般用空気ホースを例に、長寿命ホースの概要を示す。

現用品と長寿命品の構造と材料構成を図12に示す。鉄道車両用空気ホースは、外面ゴム-補強布-内面ゴムの3層構

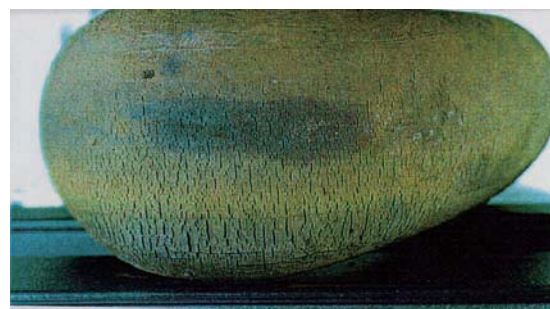
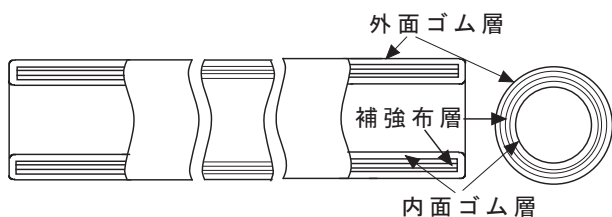


図11 現用空気ホースのクラック発生状況 (元空気溜管連結ホース、約4年間使用)



種類	現用ホース	長寿命ホース
内面ゴム	天然ゴム	改質天然ゴム
補強布	綿	ポリエステル
外面ゴム	天然ゴム	クロロプレンゴム

図12 現用空気ホースおよび長寿命空気ホースの材料構成

造からなる。現用品において長期間使用に対する制約となっていたのが、外面ゴムの耐候性、耐オゾン性、耐熱老化性の不十分さであったことから、外面ゴムに耐久性に優れるクロロプレングムを適用した。また、補強布についても現用材料より強度・耐久性に優れたポリエステル繊維を適用し、長期使用に対する信頼性を高めた。長寿命空気ホースは10年間使用を想定した条件による促進劣化試験に対して良好な耐久性を示し、現在、従来の重要部検査における交換から全般検査における交換を目指して実用化が始まっている。

## 4. これからの車両メンテナンス

### 4.1 メンテナンストライボロジー<sup>11)</sup>

#### (1) メンテナンストライボロジーとは

鉄道車両を含め機械構造物は、長年の使用により摩擦・摩耗、疲労、劣化の問題が必ず発生する。材料の見地からは、このような諸問題に対処するためにメンテナンス（検査、修繕、交換）が行われると言える。材料の諸問題のうち、他の物体と接触する材料の表面で起こる摩擦・摩耗・潤滑などの現象を取り扱う学問分野に名付けられた名称がトライボロジーである。機械構造物に対してトライボロジーの観点から適切にメンテナンスが行われれば、莫大な経費節減効果があると言われている。機械構造物のメンテナンスという視点にたったトライボロジーをメンテナンストライボロジーと言う。

鉄道車両も多数の摩擦・摩耗部を有するが、その典型例は車輪／レールである。車輪を有する車両がレール上を走行する限り、当該部は、車両の走行安全性・乗り心地とも深く関わりつつ、メンテナンストライボロジー的な課題が最後まで残ると考えられる。以下、この課題に対処するべく実施した研究・開発事例を2例紹介する。

#### (2) 車輪／レール摩擦緩和システム<sup>12)</sup>

従来方式の台車では、急曲線区間の走行時に各台車の前軸に轉向横圧が発生する。とりわけ、車輪／レール接触部の摩擦係数が高い場合に発生する著大な横圧は、車両運動の問題としては低速走行時の乗り上がり脱線の主な要因の一つとなり、材料保全の問題としては、輪軸に多大な負荷を与え、車輪フランジ直立摩耗の原因となる。さらに、曲線内側レール（内軌）の頭頂面に生じる凹凸（波状摩耗）形成の大きな要因と考えられている。また、横圧に起因して発生する甲高い摩擦音（内軌のきしり音、曲線外側レール（外軌）のフランジ接触音）の低減と、内軌の波状摩耗に起因して発生する激しい台車振動の抑制も検査周期の延伸にかかわる重要な課題である（図13）。

このような課題に対する材料面からの解決策として、鉄道総研では、新たな概念に基づく車輪踏面／レール頭頂面用潤滑剤の研究成果を踏まえ、車輪／レール摩擦緩和システムの開発を行った。この摩擦緩和システムは、車輪／レールの摩擦を適度に緩和するための摩擦緩和材（炭素を主成分とする直径0.2mm程度の顆粒）と、この緩和材を車上から内軌走行面に効率よく供給するための噴射装置および制御装置によって構成される（図14）。

この摩擦緩和システムを搭載した通勤型電車による営業線での走行試験の結果、レール1mあたり0.07gの摩擦緩和材の噴射により、内軌および外軌の横圧は未噴射時の約1/3に低減し、その効果が50両以上の車両通過まで持続することが確認された。まだ直接のデータは無いが、上述の大幅な

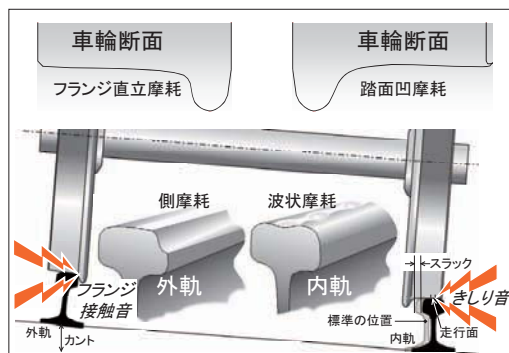


図13 急曲線区間における前軸車輪／レールの接触状態と摩耗および騒音発生の様式図

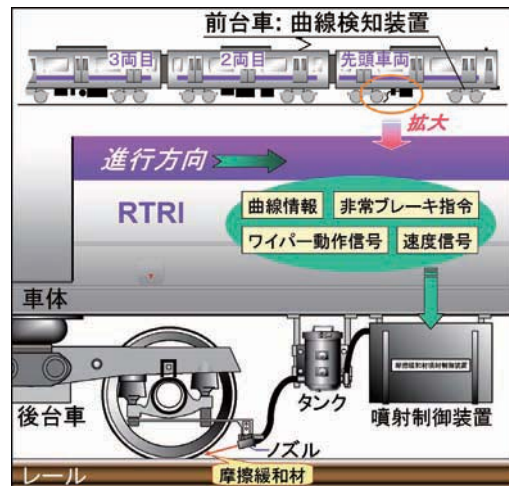


図14 車輪／レール摩擦緩和システムの概念図

横圧低減から車輪およびレールの摩耗低減効果も大きいと考えられ、現在、確認試験を実施中である。

(3) 車輪の摩耗予測手法<sup>13)</sup>

車輪はレールの上を転動する影響、摩擦材が押し付けられる影響、曲線を通過するときの影響等を受けて摩耗する。このため、車輪のメンテナンスは、その摩耗傾向を熟知したベテランの作業者によって行われてきた。近年、車輪踏面形状をデジタルデータとして記録する装置が開発され、摩耗形状の算出処理がやりやすくなり、多くの摩耗した踏面形状の解析が行われるようになってきた。デジタル化された数多くの踏面形状データと累積走行距離との関係をデータベース化し、これをもとに累積走行距離に応じた車輪の摩耗形状、フランジの厚さ等の検査管理項目値、車輪削正量、車輪転削周期、車輪使用限度に至る走行距離、を推定する車輪摩耗形状推定ツールを鉄道総研では開発した。図 15 に示すツールは、データベース、演算、表示を市販の表計算ソフトで実行できる形式となっている。

車輪は経年による走行性能や乗り心地悪化を防止するため、計画的に転削されるが、転削周期の策定はメンテナンス職場のベテラン作業者の経験に頼っているのが現状である。以下に、開発した車輪摩耗形状推定ツールを用いた車輪転削周期の策定方法を示す。

使用限度までの累積走行距離を最長とすることが最も経済的と考え、図 15 に示したツールにより転削周期と使用限度に至る累積走行距離の関係を求める。図 16 に示す例では、D 系付随車の車輪は削正周期を 35 万 km にすると使用限度までの累積走行距離が最大 (335 万 km) となる。

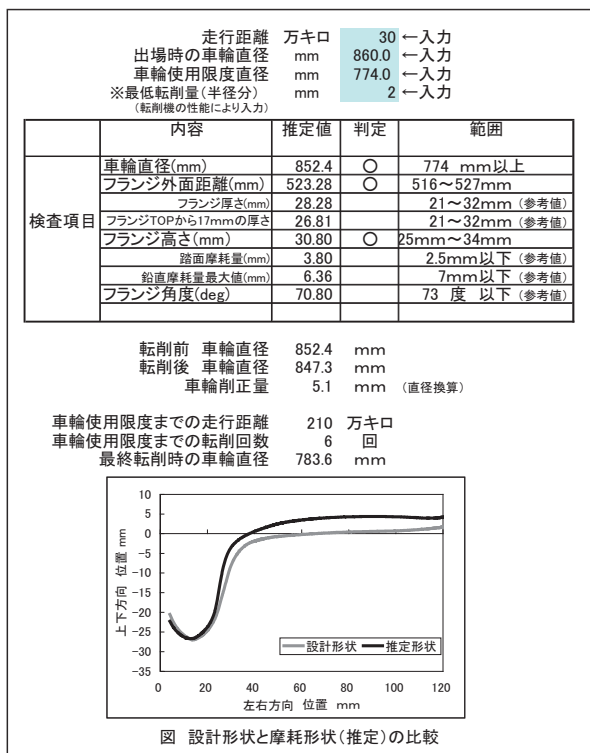


図15 車輪摩耗形状推定ツール

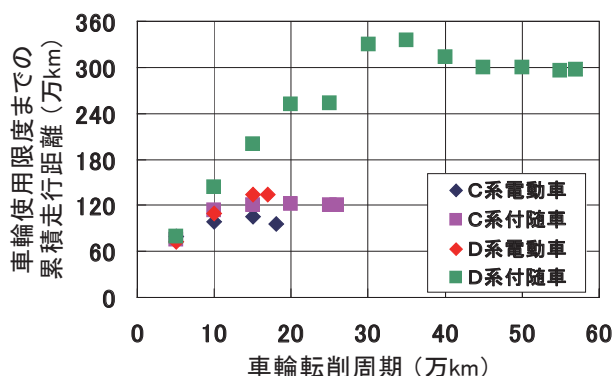


図16 車輪転削周期と車輪寿命の関係

4.2 車両電子部品の寿命評価<sup>14)、15)</sup>

近年、パワーエレクトロニクスの進歩によって、主回路や補助回路において無接点化が進められ、回転機(主電動機・電動発電機)や接点部分のメンテナンスは大きく低減された。主回路においては、接点部分は高速度遮断器だけとなり、インバータ制御の導入によって主回路関係の故障は大きく低減した。一方で、多くの電子機器(電子部品)が使われるようになったため、車両故障の中で電子機器の故障が目立つようになり、これらの故障に対して適切な保守方法や故障防止策が課題となっている。

熱による劣化の代表部品である電解コンデンサ、はんだ、

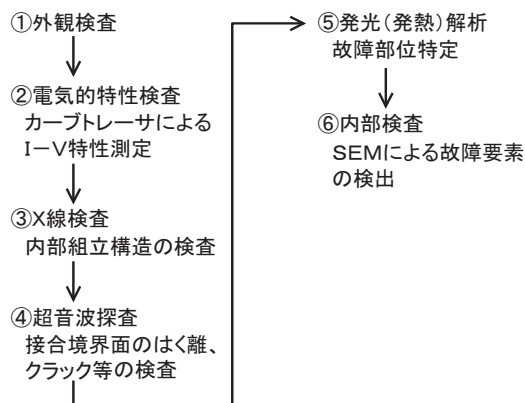


図17 ICの故障解析



AVR (Automatic Voltage Regulator) は使用環境を把握できれば、精度よく寿命を推定することが可能となってきているが、半導体素子から成るIC(Integrated Circuit)、パワー半導体素子(GTOサイリスタ、IGBTモジュール)等は、現在は、車両の定期検査で劣化傾向を把握することは困難である。そこで、半導体部品の保守は、故障が発生した際に、できる限り故障解析(図17)を行い、原因を明らかにし、劣化によるものかどうかを判断すること、また加速試験による寿命推定(図18)により、計画取替のための基礎データを得ておくことが必要である。

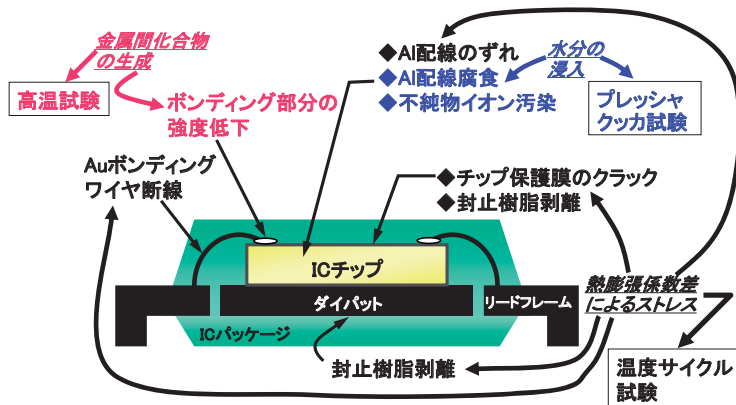


図18 車両床下使用 IC の劣化モードと加速試験

2002年度(平成14年度)より活動を開始した「車両用電子機器の故障防止に関する調査研究委員会」の報告書<sup>16)</sup>によれば、最近の電子機器の故障内容は多岐にわたりターゲットを絞りにくくなっている。その中で比較的目につくのは、熱の影響により劣化が進展する電解コンデンサ、はんだクラック、AVR、絶縁アンプがある。

また、スナバ抵抗、スナバコンデンサ、可変抵抗、IC、光部品(光ファイバ、光モジュール、フォトカプラ等)も要注意の部品である。このような電子機器の今後の検修の進め方の指針として、以下が提示されている。

(1) 熱設計をより深く考慮する

設計の際に、ユーザは使用環境温度(周囲温度)を提示し、メーカはそれにより熱設計を行い、かつ形式試験の際に各部の温度が許容範囲に収まっているかどうか確認する。

(2) サンプリングによる劣化診断と補修の実施

故障の発生傾向をみながら、新製後10年から15年程度の段階で基板を何枚かサンプリングして、劣化の進行状況を判断する。

(3) 定期的な清掃、基板抜き差し

基板コネクタのトラブルについて、汚損の著しいものは定期的な清掃、基板抜き差しが有効である。

(4) 情報の共有化

部品の故障、劣化に関する情報をメーカ、ユーザ間で共有することは同じ故障を繰り返すことを防止するため有効である。またメンテナンス手法についても、同様に情報の共有が有効である。

4.3 保全予防・状態監視保全へ

図19は、一般の機械構造物に対するメンテナンスの構造<sup>11)</sup>に鉄道車両のケースを当てはめてみたものである。従来、鉄道車両のメンテナンスは主として、経過時間(年数)あるいは走行距離を基礎(単位)とした「時間計画保全」と異常時対応の「緊急保全」により行われてきた。このうち「時間計画保全」は、最近の技術の発展にそぐわない面があるとして、先に述べた省令改正により弾力性を持った運用が可能となったのである。しかし、鉄道車両は様々な荷重、環境等の条件の下で長年走り続けるのであるから、使用材料の摩擦・摩耗、疲労、劣化は避けることができず、「時間計画保全」が今後も主要なメンテナンスの形態であることは言うまでもない。

しかし、今後のメンテナンス作業数減少および

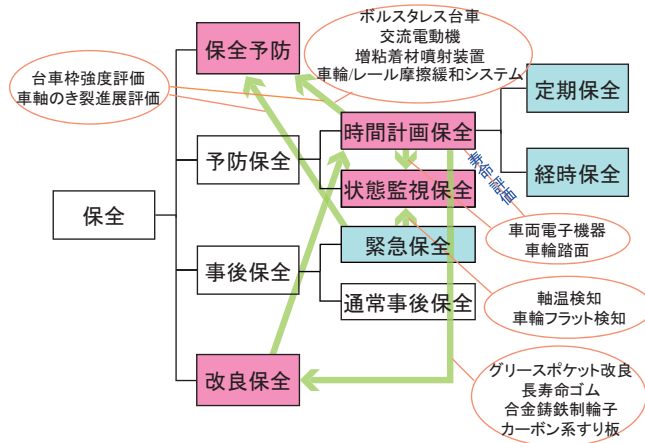


図19 保全の構造

技術力の低下（の可能性）を考慮すると、「時間計画保全」のあり方を変えていく必要がある。上に述べた様々な研究開発成果の適用による検査周期の延伸およびメンテナンス時の省力化も「時間計画保全」の現状を変える有効な手段であるが、今後のメンテナンス体系が向かう大きな流れとしては、「保全予防」および「状態監視保全」への可能な限りの移行であろう。ここで、「保全予防」は、それまでのメンテナンス経験・実績を踏まえて、設計時にメンテナンス性を考慮して、究極的にはメンテナンスフリーを目指して、車両を新製することであり、使用後のメンテナンス作業の軽減が期待される。代表例が交流電動機の導入であり、その時代の新技术を有効に取り入れて「保全予防」が講じられる。また、車輪／レール摩擦緩和システムの導入も、現用車両への取り付けが可能であり「改良保全」とも言えるが、従来にない新しい概念の導入による改良でその規模も比較的大きいため、「保全予防」としてよいであろう。

「状態監視保全」は、車上あるいは地上から常時、場合によっては定期的に、対象とする車両部品の状態を監視して、その状態に何らかの変化が生じたときにメンテナンスを行うものである。具体的には、その車両部品の特性を代表する値あるいは量を監視して、それが前もって設定していたしきい値を超えたときにメンテナンスを行う。代表例として、軸箱の軸温検知および車輪のフラット検知がある。現状、「状態監視保全」は「緊急保全」を未然に防ぐという性格が強いが、状態監視によって得られた情報は保存されるので、車両用電子機器のように定期メンテナンス時に活用することができ、また、車輪踏面に対しても適用が可能と考えられる。

## 5. おわりに

昨今、鉄道以外の分野が多いが、金属疲労、摩耗、超音波検査のような語を新聞紙上に見かける機会が増えており、それだけ、鉄道を含め機械・土木構造物のメンテナンスの重要性が一般社会に認識されつつあるように思われる。これは、メンテナンスに関わる重大な事故・損傷が増加していることを如実に反映したものである。一度、事故や損傷が発生すればその復旧のために莫大な費用を要することもある。適切なメンテナンスがそのような費用負担を未然に防いでいるのであるが、なかなか認識されない。事故、損傷に伴う費用負担抑止効果も含めて、メンテナンスコストを算出することを望むものである。

これからも、乗客の安全・安心のためには、車両のメンテナンスを欠くことはできない。一方で、メンテナンスを巡る課題、例えば人員確保・技術水準維持、は山積している。車両のスピードアップのような華々しさはないが、車両のメンテナンスに関わる技術開発を地道に継続していく必要がある。

### 参考文献

- 1) 車両関係技術基準調査研究会編、車両関係技術基準作業部会編：解説 鉄道に関する技術基準（車両編）改訂版、日本鉄道車両機械技術協会、2006.11
- 2) 村上俊正、佐藤芳彦：車両検査周期の延伸及び検査体系の変更について（電車）、電車、No.355、pp.6-12、1985.4
- 3) 藤原良守：JR 東日本の新しい車両保全体系について、RRR、Vol.62、No.4、pp.2-5、2005.4
- 4) 機械メンテナンス高度化研究専門部会：機械メンテナンス高度化に関する調査研究、日本機械工業連合会、pp.18-23、2006.3
- 5) 長瀬隆夫：溶接台車枠の疲労損傷とその防止対策、「車両と機械」技術セミナー、2004.9
- 6) 石塚弘道、久保田祐信、栄中、近藤良之、佐藤康夫、牧野一成：在来線車両用焼ならし車軸の車輪座における疲労き裂進展性評価、材料、Vol.55、No.6、pp.550-557、2006.6
- 7) 小林誠、大津山澄明：新しい台車枠探傷技術（ACFM）の開発、R&M、Vol.15、No.6、pp.16-19、2007.6
- 8) 牧野一成、養祖次郎、坂本博、石塚弘道：在来線用試作中ぐり車軸の超音波探傷試験、鉄道総研報告、Vol.18、No.5、pp.41-46、2004.5
- 9) 日比野澄子、細谷哲也、中村和夫、松岡孝一、永山孝、喜多村稔、春原輝彦：グリースポケット改良による潤滑寿命延伸効果、トライボロジー会議 2007 秋佐賀 予稿集、2007.9
- 10) 半坂征則、畦地利夫、崎畑康典、伊藤幹彌：鉄道車両用長寿命空気ホースの開発、鉄道総研報告、Vol.14、

No.3、pp.19-24、2000.3

- 11) 日本トライボロジー学会編：メンテナンストライボロジー、養賢堂、2006.11
- 12) 緒方政照、伴巧、深貝晋也、石田誠、名村明：車輪／レール摩擦緩和システムの開発、鉄道総研報告、Vol.21、No.6、pp.51-56、2007.6
- 13) 斉藤憲司、佐藤栄作、下村隆行、芳賀昭弘、大戸伸一：新形通勤電車の車輪摩耗傾向および車両運動特性、鉄道総研報告、Vol.21、No.7、pp.45-50、2007.7
- 14) 福田典子：車両用電子部品の寿命評価、RRR、Vol.62、No.4、pp.10-13、2005.4
- 15) 渡邊朝紀：車両用電子機器の故障傾向と対策、RRR、Vol.62、No.11、pp.30-33、2005.11
- 16) 車両用電子機器の故障防止に関する調査研究委員会：車両用電子機器の故障防止に関する調査研究、鉄道総合技術研究所車両制御技術研究部、2007.3