

保守用車短絡走行システムの研究



山崎 徹* 田中 豊*

ここ数年、保守作業の機械化が進み、大形の保守用車が多く導入されており、最大のものは60t以上となっている。一方、電車や気動車は軽量化が進み、約30tとなっており、作業中の大形保守用車に列車が衝突した場合、大きな被害が予想される。現在、保守用車の作業区間に列車を進入させない保証は係員の取扱いに依存しており、さらに安全性を向上させるため、保守用車を短絡走行させ信号機によってバックアップするシステムについて検討を行なった。保守用車を短絡走行させる際に最大の課題となる踏切の異常動作を防ぐ保守用車の軌道短絡器を開発、この短絡器を保守用車に取り付け、営業線での走行試験を行った。その結果を踏まえ、平成16年2月から中央線で試使用を開始した。

●キーワード：保守用車、短絡走行、衝突事故防止、軌道回路、踏切

1 はじめに

保守用車を使用する場合の手続きは、人の注意力に依存して行われている。また、保守用車は踏切近傍での作業や逆線運転を行う必要があるため、絶縁走行を基本としている。絶縁走行とした場合、信号機は自動的に停止信号にならないため、手続きミスにより保守用車に列車が衝突するおそれがある。これを防止するため、「保守用車を短絡走行させて信号機に停止信号を現示し、保守用車が在線している区間に列車が進入して衝突することを防止する」方法について検討を行なった。その結果、保守用車の短絡走行実現の最大の課題となる踏切の異常動作を防ぐため、「軌道回路を短絡し、踏切制御子を短絡しない」保守用車軌道短絡器を開発した。今回、その短絡器を保守用車に搭載し、中央線及び東北線において、営業線で実際に走行試験を実施し検証を行った。その結果を踏まえて、中央線上野原・小淵沢駅間で試使用を開始した。

2 研究にあたっての前提条件

当社の管内には数種類の軌道回路があり、タブレット閉そく区間や特殊自動閉そく区間のように軌道回路がない区間もあるため、ここで検討する短絡走行の前提条件を次の通りとした。

- (1) 対象区間は、連続して軌道回路の存在する自動閉そく区間とする。対象とする軌道回路は、当面低周波帯域の

軌道回路とする。

- (2) 保守用車使用手続きは従来通り行ない、短絡走行はバックアップとする。
- (3) 総重量が、概ね15t以上のマルチプルタイタンパ、バラストレギュレータ、モーターカー（MC-200形以上）等の保守用車を対象とする。
- (4) 信号機に停止信号を現示することを目的とし、踏切は警報させない。（踏切の制御は絶縁走行時と同様とし、軌道回路制御方式の箇所は踏切制御子による方式に改修する）

3 短絡走行実現のための課題

保守用車が短絡走行をする場合、踏切に異常な動作が発生することが最大の課題となる。保守用車は列車と異なり、作業の都合上、複線区間を逆線で走行したり、途中の作業現場に長時間停車したりする。また、軸重、踏面状態、短絡機構等の問題で、短絡状態が不安定であり、走行中に軌道回路のあたりが発生する。このように列車と異なる動きをする場合、踏切保安装置は、列車の運転に合わせて設備されているため、長時間警報したままになったり、動作異常を検出して故障状態になったりする。図1は複線区間を逆線で走行した場合である。通常の列車では警報開始点を短絡して踏切が警報し始め、警報終止点を短絡して踏切は鳴り止む。しかし、逆線で走行すると警報開始点を短絡していないのに、警報終止点を短絡

するため、踏切保安装置は異常と判断し、「故障」を表示して警報・遮断したままとなる。このときは、信号通信関係の係員が出動して復旧作業をする必要がある。

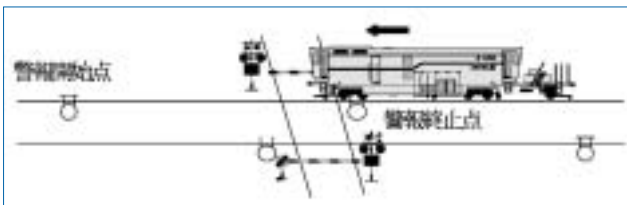


図1：保守用車の短絡走行による踏切故障の例

4 保守用車軌道短絡器の開発

4.1 軌道短絡器の概要

本研究では、軌道回路を短絡し、踏切制御子を短絡しない周波数特性を持つ軌道短絡器を開発した。表1に示すように、信号用の軌道回路と踏切制御子では使用している周波数が異なるので、周波数によってインピーダンスが異なる特性を持つ電気回路で構成することで実現が可能である。

表1：主な軌道回路名称と使用周波数

直交軌道回路	直流
分倍周、分周、長大軌道回路	25Hz/30Hz
商用軌道回路	50Hz/60Hz
83Hz/100Hz軌道回路	83Hz/100Hz
SME T軌道回路	120Hz
MTD (AC/DC) 軌道回路	525~675Hz
AF軌道回路	567~933Hz
MTD (DC) 軌道回路	1050~1950Hz
在来線ATC軌道回路	2850~3750Hz
無絶縁軌道回路	4000~6750Hz
踏切制御子 (H形)	8.5~10.5kHz
踏切制御子 (在来形)	14~40kHz

大部分の信号用軌道回路は25~100Hzであり、踏切制御子の8.5~40kHzとはインダクタ(コイル)、コンデンサを組合せた電気回路によって区別することが可能である。しかし、ATCと無絶縁軌道回路は踏切制御子に近い周波数を使用しており、単純な電気回路で明確に区別することは難しい。

今回の開発では、対象軌道回路を当面25~100Hzの低周波軌道回路(商用・分周・分倍周・83/100Hz軌道回路)とした。AF帯域軌道回路に対応する短絡器については、実現性を検証するための試作・試験を実施した。

4.2 保守用車軌道短絡器の仕様

4.2.1 電気的特性

車軸に取り付けた場合、電源の確保が困難となるため、軌道短絡器はコイル、コンデンサといった電気部品によって構成し、電源が不要な電気回路とする。低周波軌道回路用の短絡器はコイルのみで構成可能であるが、AF軌道回路は周波数が比較的高いため、コイルとコンデンサを組合せて共振現象を起こし、AF軌道回路の周波数のインピーダンスが低くなるような回路とする必要がある。

軌道回路は設置環境などによって短絡感度(軌道回路を短絡できる最大抵抗値)が異なるが、保守上の規定値としては、低周波軌道回路では60mΩ以上、AF軌道回路では100mΩ以上となっている。このため、保守用車の2軸に短絡器を取付け、保守用車トータルインピーダンスは、この規定値を下回るものとした。

踏切制御子の短絡感度は1Ω程度とされているが、短絡とならないインピーダンスには基準がなく、踏切制御子の仕様値、ならびに現場に設置されている状態での短絡感度の実測データを基に、擬似軌道回路を使用して境界値(短絡状態とならないインピーダンスの最小値)を求めた(表2)。その結果、最小周波数(8500Hz)において余裕を見て12Ω(2軸並列で60Ω、3軸並列40Ωまで可能)以上とした。営業線に設備されている踏切制御子は相互干渉による影響があり、単独で設置してある踏切制御子の短絡感度と異なる可能性があるため、営業線での走行試験で、最終的な仕様確認をすることとした。

表2：開電路式踏切制御子(HO形)の短絡感度試験結果

現用設備の実測値 (中央線10ヶ所)	擬似軌道回路による再現値	擬似軌道回路による最悪値
1.4~1.8Ω	1.7~2.8Ω	3.6Ω

軌道短絡器の最大通電電流は、軌道回路の短絡電流の最大値から30Aとした。

以上により、短絡器の電気的特性は以下のとおりとした。(表3および図2)

表3：開電路式踏切制御子(HO形)の短絡感度試験結果

短絡インピーダンス	25, 50, 83Hzにおいて0.12Ω以下 8.5~10.5kHzにおいて12Ω以上 14~40kHzにおいて16Ω以上
最大通電電流	25, 50, 83Hzにおいて30Arms以上
筐体・端子間絶縁抵抗	30MΩ以上

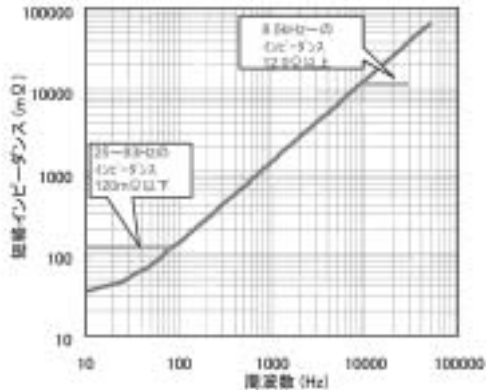


図2：低周波軌道回路用短絡器の周波数特性

4.2.2 形状ならびに取付方法

保守用車は絶縁走行が可能ないように、車輪や車軸の一部に絶縁が入っている。

図3は車輪・車軸の構造の一例（モーターMC-200形、300形）である。この例では、車輪が外輪、内輪の二重構造になっていて、その間に絶縁が入っている。短絡走行も可能なように、絶縁の両側には短絡／絶縁を切り替えるスイッチがある。短絡器を車軸に固定し、短絡器から出したリード線をスイッチの両側につないで、車輪と電氣的に接続する。

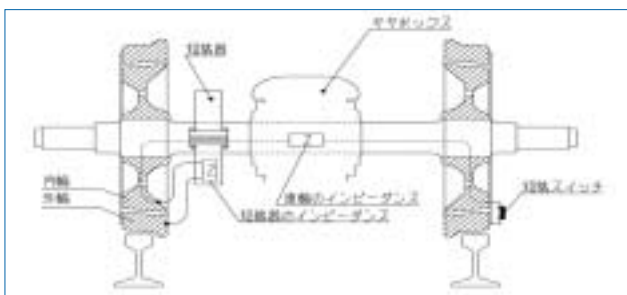


図3：保守用車の車輪構造と短絡器の取付方法

4.3 保守用車用軌道短絡器の種類と取付け配線

今回製作した短絡器は試行対象車両に対応した形状により表4の3種類に分けられる。各形式の外観および取付け配線状態を図4-1～3に示す。

表4：保守用車用軌道短絡器の種類

種類	形状	対象車両	搭載輪数
1形	車軸直付け形	MC-200形 MC-300形	2
2形	車体取付形 (SW分離形)	MC-400形	2
3形	車体取付形 (SW一体形)	マリア 紗久ハ バラストキ ユレキ	3

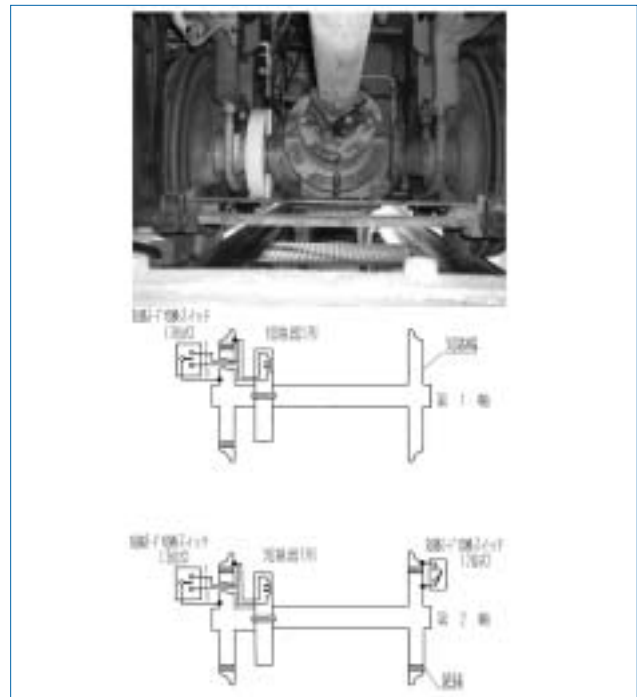


図4-1：短絡器1形外観および取付け配線

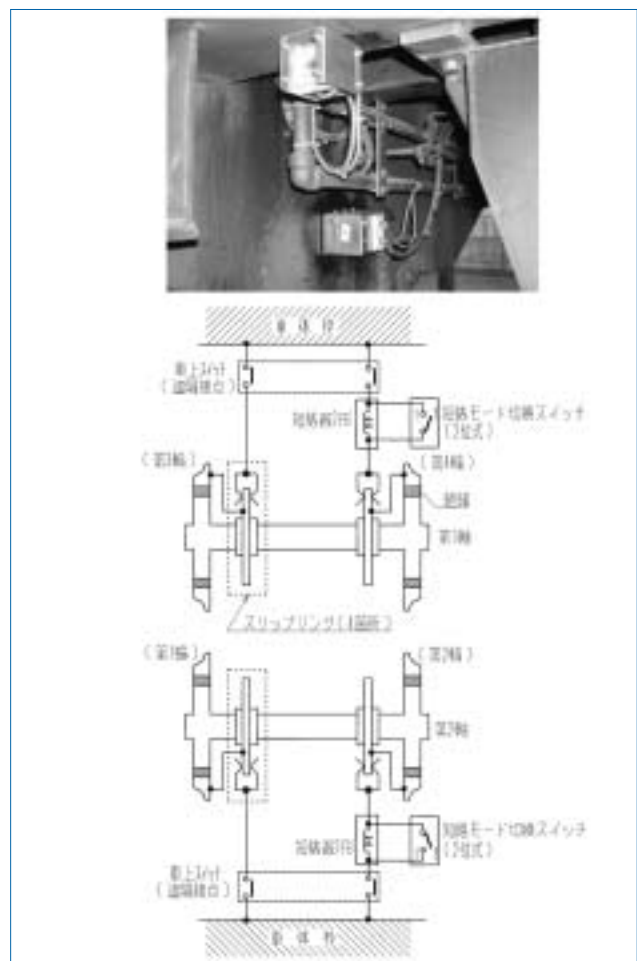


図4-2：短絡器2形外観および取付け配線

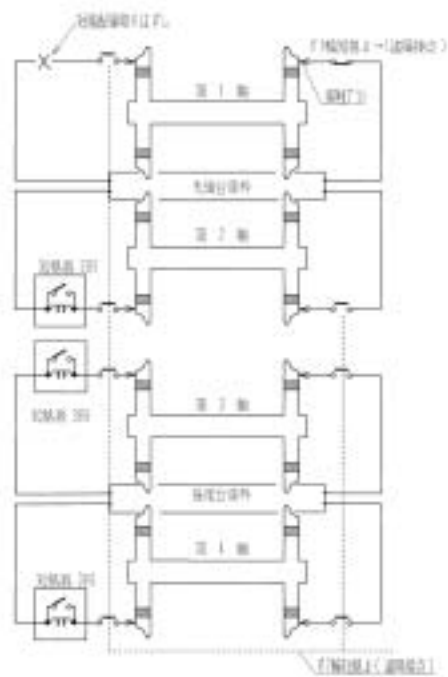


図 4-3 : 短絡器3形外觀および取り付け配線

大型モーター (MC-400形) では、スリップリング機構と呼ばれる密閉形ブラシ機構を介して、車上に短絡／絶縁を切り替えるスイッチが設置されている。

この場合、短絡は台車枠を介して行われるため、短絡器を車軸に直接取り付ける必要はなく、車体 (または台車枠) に取り付けることで対応できる。

マルチプルタイタンパ、バラストレギュレータにおいても、短絡／絶縁の切り替えは、ブラシ機構を介した車上でスイッチ扱いとなっている。このため、対応する短絡器は台車枠のリレーボックス部に取り付ける構造となっている。

なお、いずれの短絡器にもフィルター機能をカットする切り替えスイッチを設置した。これは、踏切設備が全くない線区で運用する場合、フィルター機能を不要とするためである。

5 営業線における走行試験

5.1 中央線における走行試験及び試験結果

試行対象である中央線の下記区間において、上下本線とも逆線走行での試験を実施した。

5.1.1 走行試験概要

- (1) 試験期間: 2003年9～12月
- (2) 試験区間: 中央線 上野原・小淵沢間
- (3) 試験車両: モーターカー MC-300形
- (4) 試験区間長: 約 100km (走行距離約 200km)
- (5) 駅数: 25駅 (連動駅は 16駅)
- (6) 対象踏切数: 75踏切 (延べ 103踏切)
(うち 7踏切を制御子方式に改修)
- (7) 踏切制御子数: 266箇所 (延べ数)
- (8) 軌道回路数: 257箇所 (全て商用軌道回路)

上記のほか、マルチ・バラストレギュレータについて上野原・勝沼基地間で1往復の走行試験を実施した。



図 5 : 試験車両 (モーターカー MC-300形)

5.1.2 試験結果

MC-300形での走行試験の結果、踏切制御子は全く短絡せず、踏切保安装置の異常は発生しなかった。信号保安装置その他の装置にも悪影響は発生しなかった。軌道回路の短絡状況も概ね良好であり、走行中の短絡インピーダンス (軌道回路の残留電圧から算出) についても規定値 (60mΩ) を満たしていることが確認された。

図6にMC-300形走行時の実測結果の例を示す。

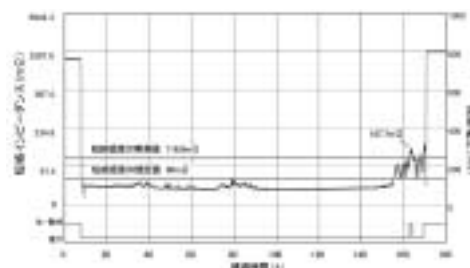


図 6 : MC-300走行時の軌道回路短絡状況

マルチ・バラストレギュレータによる走行試験の結果でも踏切制御子は全く短絡せず、踏切保安装置の異常は発生しなかった。信号保安装置、その他の装置での異常発生もなかった。一部の軌道回路で在線検知出来なかったが、これはブラシ式短絡機構の接触抵抗が大きいため(静止状態の実測値で1車軸あたり最大900mΩ at50Hz)であり、短絡器の搭載の有無にかかわらず発生しうる事象である。マルチ走行時の短絡インピーダンスの実測例を図7に示す。

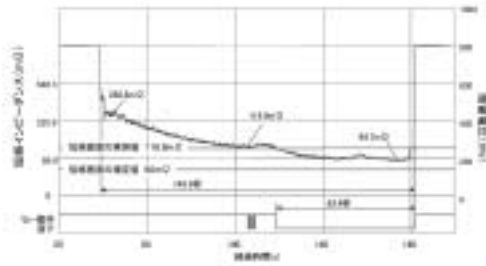


図7：マルチ走行時の軌道回路短絡状況

5.2.2 試験結果

MC-200形での走行試験の結果、踏切制御子は全く短絡せず、軌道回路(商用、分倍周)の短絡状況も良好であり、2003年度の懸案事項であった踏切制御子の不正短絡は解消できた。

図9-1にMC-200形走行時の商用軌道回路の実測結果の例(蓮田駅1RAT)を、図9-2に分倍周軌道回路の実測結果の例(大宮・蓮田駅間下7T)を示す。

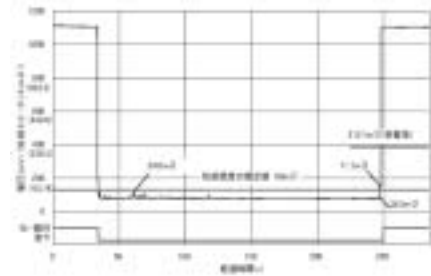


図9-1：MC-200形走行時の軌道回路短絡状況(商用)

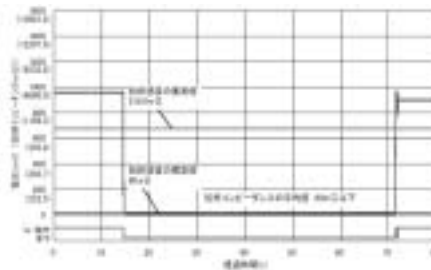


図9-2：MC-200形走行時の軌道回路短絡状況(分倍周)

5.2 東北線における走行試験

2003年度に実施した東北線白岡・土呂間での走行試験において、終了点用の踏切制御子が短絡され踏切故障が発生した。この結果を踏まえ、2004年度では仕様値の見直しを行い、短絡器を改良した。

今回、同一区間において、前年度と同じ車両に改良した短絡器を搭載し再検証を行なった。

5.2.1 走行試験概要

- (1) 試験期日:2004年1月26~27日
- (2) 試験区間:東北線 白岡・土呂間
- (3) 試験車両:モーターMC-200形
- (4) 試験区間長:約11km(走行距離約22km)
- (5) 駅数:4駅(連動駅は2駅)
- (6) 対象踏切数:19箇所
(2箇所は軌道回路制御のため試験対象外)
- (7) 踏切制御子数:29箇所
- (8) 軌道回路数 :19箇所(商用17、分倍周2)



図8：試験車両(モーターMC-200形)

5.3 走行試験結果の検討

走行試験の結果、モーターについては軽量のMC-200形を含め、問題なく短絡走行が可能であることが検証できた。マルチ・バラストレギュレータ(ブラシ式短絡機構車)については軌道回路のあおり現象ならびに一部の軌道回路で在線検知が出来ない状態が発生したが、これによる踏切保安装置を含む他装置への悪影響はなく試行には支障しないことから、試行実施の中でさらに検証を進めることとした。

表5は走行試験で検証した設備の延べ数量である。

表5：営業線走行試験による検証設備数

()内は踏切制御子の数量

車種	踏切数		軌道回路数	
	対象数	故障検出数	対象数	不検出数
モーター MC-300形	103 (266)	0 (0)	212	0
MTT BR	6 (22)	0 (0)	104	13
モーター MC-200形	19 (29)	0 (0)	19	0

※青線の軌道回路を含む

6 短絡走行の試行

営業線での走行試験が良好であったことから、現在、実際の作業において、保守用車短絡走行に伴う問題がないかを検証するため、下記の区間で試行を実施中である。

6.1 試行概要

- (1) 期日:平成16年2月1日～
- (2) 区間:中央本線 上野原～小淵沢
(上野原～甲府はATOS区間)
- (3) 車両:5両
 - (a) マルチプルタイタンパー 1両
 - (b) バラストレギュレータ 1両
 - (c) モーターカー(MC-300形) 1両
 - (d) モーターカー(MC-400形) 2両
- (4) 連動駅:16駅(但し日野春駅を除く)

6.2 試行状況

実作業において保守用車短絡走行に伴う大きな問題は発生していない。マルチプルタイタンパー等のブラシ式短絡機構車については、軌道回路のあおり、一部在線不検知が試験走行時と同様に発生しており、保守用車の非接触式短絡機構化を進める等、今後の検討が必要である。

軌道回路を短絡することにより、列車と同様の連動上の鎖錠がかかるため、一部の駅では保守用車の入れ換え進路の見直しが必要となる。(分岐器の所属する軌道回路を抜け切らないと分岐器が転換できないため。)

これは短絡走行実施に伴い、避けがたいことであり、進路設定マニュアルの見直し等で対処することとした。

7 今後の展開

7.1 基本的な考え方

適用線区の拡大については以下の事項を考慮して優先度を決め、段階的に導入していく。

- (1) 線区の重要度。
- (2) 保守用車使用頻度。
- (3) 線区、区間の連続性。

- (4) 並列線区での統一性。
- (5) 踏切改修(制御子化)の難易度。

7.2 適用拡大の課題

- (1) CTC線区への拡大

CTC線区への拡大にあたっては、保守用車進路設定機能を追加する等の改修が必要である。

- (2) 低周波軌道回路以外の軌道回路への拡大

低周波軌道回路以外の下記の軌道回路について、適用拡大の可能性を検証しているところである。

- (a) S MET軌道回路

【Sending Micro-Electronics Track circuit】

スキヤニング送信式の列車検知装置で、使用周波数は120Hzである。

- (b) MTD軌道回路

【Multiplex Train Detector】

時分割送信式の列車検知装置で、使用周波数は525～675Hz ならびに 1050～1950Hzである。

- (c) AFO軌道回路

【Audio Frequency Overlay】

可聴周波帯域の搬送波を使用した軌道回路で、使用周波数は2.3～10.95kHzである。

- (d) 無絶縁軌道回路

使用周波数は58～855kHzである。

8 おわりに

今回の研究により、低周波の軌道回路を短絡し、踏切制御子は短絡しない保守用車軌道短絡器の実用化が実施できた。これにより、扱者の注意力のみに依存していた保守用車への列車衝突防止について、装置としてのバックアップが実現可能となった。

適用拡大には、いくつかの課題はあるが、適用可能な線区、区間から段階的に導入することで安全性の向上に寄与できるものと考えられる。