

S7-3-1.

踏面粗さが軌道回路の短絡抵抗に及ぼす影響(第3報)

— 輪重と踏面荒さのマクロ的な変化の影響 —

○佐藤 祐(金沢工大)、牛若 聡(金沢工大)、
[機・電]平間 淳司(金沢工大)、[機・電]永瀬 和彦(金沢工大)

Influence of Running surface of rails and wheels upon Track Circuit Shunting Resistance

-3rd Report, Influence of axle weight and Macroscopic Roughness the Rail Running Surface-

Yu Sato,	(Kanazawa Institute of Technology)
Satoshi Ushiwaka,	(Kanazawa Institute of Technology)
Junji Hiramata,	(Kanazawa Institute of Technology)
Kazuhiko Nagase,	(Kanazawa Institute of Technology)

The surface roughness of rail and wheel influences the shunting resistance of the railway track circuits. On the 2nd report, it was investigated into the relationship between the shunting resistance and the surface roughness of the rail tread, which was presumably and profoundly affected on adequate track circuit shunting phenomenon. However, a few relationships were found between them. In this report, the behavior of track circuit resistance was investigated under various the axle weight and various surface roughness of wheel and rail treads. As the results of the investigation, it was found that the resistance is seriously influenced by the truck running distance and the axle weight.

キーワード：鉄道車両、軌道短絡、共振現象

Keyword: Railway, Railway signal, Track circuit, Rail, Wheel.

1. はじめに

鉄道車両の在線検知に広く用いられる軌道回路で極めてまれに起きる短絡不良現象は、レール・車輪間の介在物や車輪、レール踏面の粗さが深く影響を及ぼすことが知られる。この現象に関して、車輪静的状態の下で路面粗さや錆が短絡に及ぼす影響については、過去に筆者らが行った研究¹⁾により明らかにされている。しかし、走行中の短絡抵抗値と路面粗さの関係については未だに不明な点が多い。先のJ-Railで、筆者らが提案した新しい概念の軌道回路²⁾と実車の1/5スケールの実験用台車とを用いて各軸に流れる短絡電流を測定し、得た値を基に走行中の輪軸の状態と短絡抵抗値との関係などを調べた。その結果、「一对の輪軸とレールとで閉成された回路には、輪軸走行中は可聴周波数を主成分とする共振電流が流れる場合が多い」、「輪重が一定の下では短絡抵抗は走行距離の増加に応じ増大する」、「輪重の増大は前記の傾向をより助長させる」ことなどを明らかにした。

今回は輪重が前記現象に及ぼす影響の度合をより詳細に調べるために、従前の実験に用いた台車の輪重が比較的軽

量の815N(オモリ300kg)であったことに鑑み、これをレール・車輪間の面圧を実車とほぼ等しい値に出来るように、輪重を最大1581.4N(オモリ600kg)に設定可能なように台車を全面改良した。

さらに、レールと車輪踏面粗さをより粗くして、走行中の多様な輪重の下での走行距離に応じた輪軸と短絡抵抗値の関係を調べた。以下に結果を報告する。

2. 実験装置

2.1. 測定原理

走行中の輪軸の短絡抵抗値の実態が明らかでなく、しかも、その測定が極めて難しいことに鑑み、筆者らは本線上を含めての列車について幾つかの新しい概念の輪軸の短絡抵抗測定法を提案してきた³⁾⁴⁾。今回は先のJ-Railで、筆者らが提案した新しい概念の軌道回路¹⁾²⁾を用いた。

実験に供した軌道回路は通常の軌道回路と異なり、軌道電流を軌道回路の対角線上から送電する方法をとった。こ

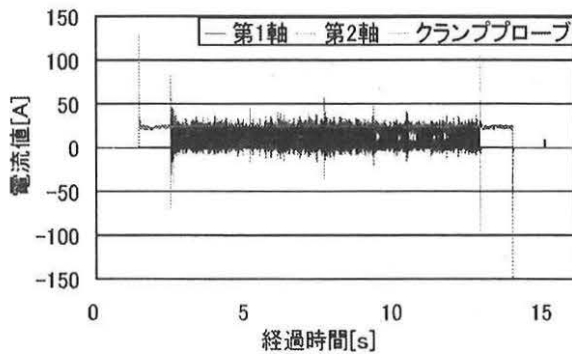


図1 研磨布 30 番、輪重 845.9N での走行 10 回目の電流値グラフ

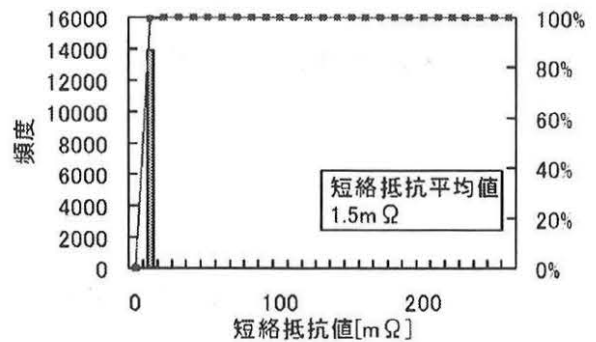


図2 研磨布 30 番、輪重 845.9N での走行 1 回目のヒストグラム

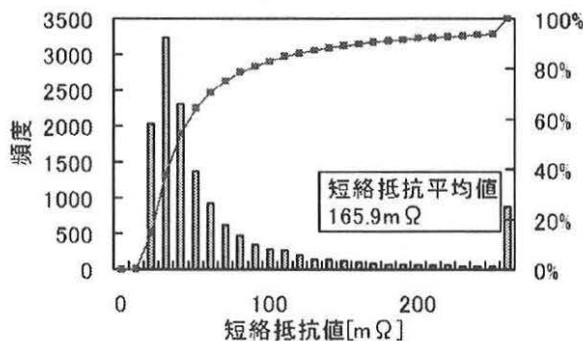


図3 研磨布 30 番、輪重 845.9N での走行 15 回目のヒストグラム

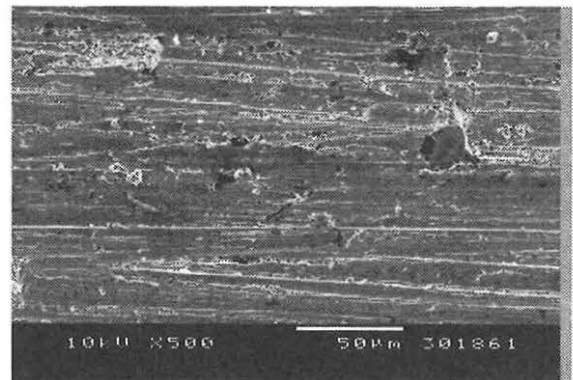


図4 輪重 815N の輪軸の走行により破砕されたレール路面の鋭利な先端

の方法を採れば、台車が軌道回路のどの位置に在線しても、一定電圧が輪軸群に印可されるので、一定軌道電圧の下で実験が継続できる。この状況の下で輪軸に流れる電流を車軸 2 点間に生ずる極めて微小な電位差を自作の生体電位アンプで計測することによって求め、この値から短絡抵抗を算出する。なお、生体電位アンプの入力インピーダンスは $10\text{M}\Omega$ と非常に大きく、輪軸に生じた些少な電位差を高精度で増幅できる。

2.2. 測定方法

今回は輪重を 815N、1581.4N の 2 種類とした。車輪とレール路面は実験開始前に 30 又は 180 番の研磨布で磨き、アセトンで脱脂し清浄する。その後の走行実験では長さ 5.5m の実験用軌道と前後の若干の助走区間を 2 種類の輪重毎に 15 往復し、その間の短絡抵抗を測定した。この間の走行距離は約 180m だが、この程度の距離の走行によって研磨した路面の状態はロール効果により少なくとも短絡抵抗の観点から見た場合大きく変化することは、先の J-Rail⁵⁾ より明らかとなっている。

2.3. 台車の改良

今回の実験から輪重を大幅に増加させ実験を行うため、台車を改良した。その結果、台車の剛性が増大して実験用軌道の些少な水準狂いが輪重の変動に大きな影響を及ぼすことが明らかになった。実測の結果、レール水準狂いによって車輪路面の最大浮き上がり量は 1 輪で最大 1.75[mm] となった。そこで、軌道の不整による 2[mm] 程度の車輪浮き上がりを防止し、しかも、その際の輪重変動を 5% 以内に

留められるような軸バネを各軸に挿入した。

3. 実験結果

3.1. 研磨布 30 番、輪重 845.9N での走行実験

図 1 はレール・車輪の研磨に 30 番の研磨布を用い、輪重 845.9N で 10 往復走行した時に得たデータで、縦軸に輪軸に流れる短絡電流値、横軸に時間を示す。1 軸、2 軸共に軌道回路内に進入した時、過去の実験²⁾と同様に 2 軸の間に共振現象が発生している事が分かる。

次に輪重 845.9N で 1 及び 15 往復した時の短絡抵抗値の分布をヒストグラムで図 2、図 3 にそれぞれ示す。図の縦第 1 軸に頻度を、第 2 軸に累積を、横軸に短絡抵抗値を示す。また、短絡抵抗値は $10\text{m}\Omega$ 毎に区切り、さらに最も右側の値は $250\text{m}\Omega$ 以上の値の集積値となっている。

走行 1 回目での短絡抵抗平均値は $1.5\text{m}\Omega$ と非常に良い値を示している。走行 15 回目での短絡抵抗平均値は $165.9\text{m}\Omega$ となり、走行回数を重ねる毎に短絡抵抗値が急激に大きい値に推移していくのは先の J-Rail' 02 でも報告した傾向と同じである⁵⁾。その原因は前報で推定したが、粗さが大きい研磨布で研磨することにより路面に鋭利な先端が形成され、これが大きな面圧の車輪路面により破砕されるためと判断した。レール路面が破砕された状況を撮影した電子顕微鏡写真(500 倍)を図 4 に示す。

3.2. 研磨布 30 番、輪重 1581.4N での走行実験

図 5 はレール・車輪の研磨に 30 番の研磨布を用い、輪重 1581.4N で 10 往復走行した時に得たデータで、縦軸に輪軸

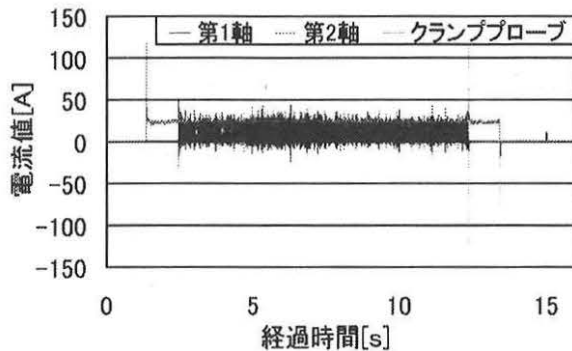


図5 研磨布 30 番、輪重 1581.4N での走行 10 回目の電流値グラフ

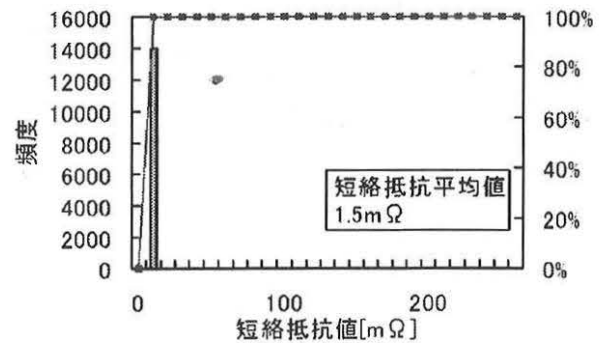


図6 研磨布 30 番、輪重 1581.4N での走行 1 回目のヒストグラム

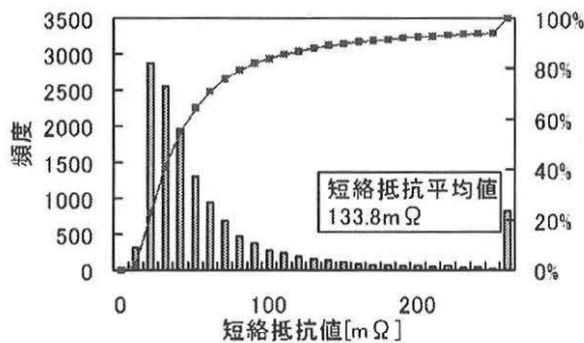


図7 研磨布 30 番、輪重 1581.4N での走行 15 回目のヒストグラム

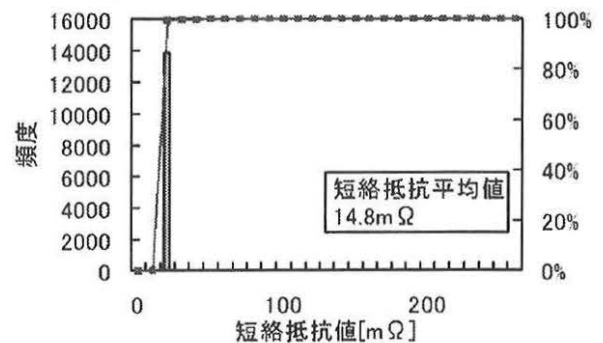


図8 研磨布 180 番、輪重 815N での走行 1 回目のヒストグラム

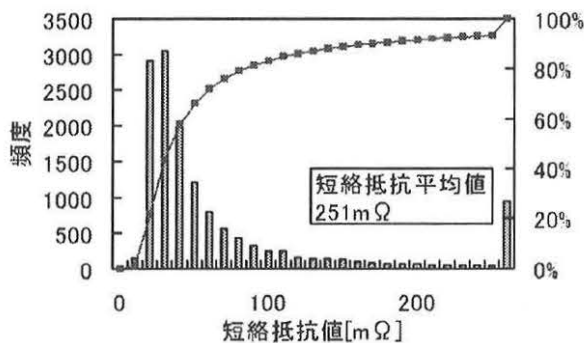


図9 研磨布 180 番、輪重 815N での走行 15 回目のヒストグラム

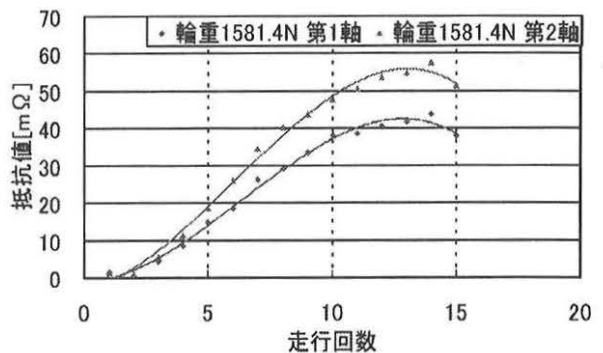


図10 走行距離に応じた短絡抵抗値の変化

に流れる短絡電流値、横軸に時間を示す。1 軸、2 軸共に軌道回路内に入射した時、輪重 845.9N の走行実験時と同様に 2 軸の間に共振現象が発生している事が分かる。

次に輪重 1581.4N で 1 及び 15 往復した時の短絡抵抗値の分布をヒストグラムに示した結果を図 6、図 7 にそれぞれ示す。図の縦軸、横軸の単位などは図 2 と同じである。

走行 1 回目での短絡抵抗平均値は 1.5mΩ と輪重 845.9N の時と等しい値になった。短絡抵抗値は走行回数を重ねる毎に大きい値に推移していき、走行 15 回目での短絡抵抗平均値は 133.8mΩ を示した。

3.3. 研磨布 180 番、輪重 815N での走行実験

レール・車輪の研磨に 180 番の研磨布を用い、輪重 815N で 1 及び 15 往復した時の短絡抵抗値の分布をヒストグラムに示した結果を図 8、図 9 にそれぞれ示す。図の表示は従前と同じである。走行 1 回目での短絡抵抗平均値は 14.8mΩ と走行 1 回目としては高い値を示した。走行 15 回目では 251mΩ となり、前述の同走行回数と比較すると最も高い値となった。

3.4. 走行距離に応じた短絡抵抗値の変化

レール・車輪の研磨に 30 番の研磨布を用い、輪重 1581.4N で実験を行った際の第 1 軸、第 2 軸の走行回数に応じた短絡抵抗値の関係を示したものを図 10 に示す。図の縦軸に短

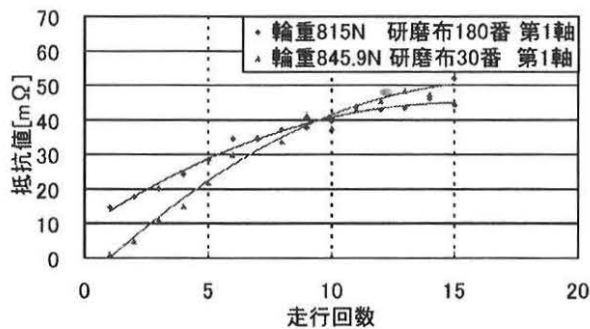


図 11 路面粗さの違いによる短絡抵抗値の比較

絡抵抗値を、横軸に走行回数を示し、3 次の近似曲線を併記した。第 1 軸、第 2 軸の抵抗値に差があるのは、車軸径やスポーク寸法等の若干の違いによるものと考えられる。両軸ともに短絡抵抗値の推移はほぼ同じ傾向を示している。これまでの実験では、最も低い短絡抵抗値は走行 1 回目に記録されていた。しかしこの条件の下では走行 2 回目において短絡抵抗値は最も低い値を示した。このような現象が起こった原因は、今のところ分かっていない。

3.5. 輪重が等しく、レール・車輪の粗さが違う場合による短絡抵抗値の比較

レール・車輪の研磨に 30 番の研磨布を用い、輪重 845.9N での実験結果と 180 番の研磨布を用い、輪重 815N での実験結果を比較したものを図 11 に示す。図の縦軸、横軸などは従前と同じである。両者の輪重に違いがあるのは、台車の改良に伴い台車の自重が増加してしまったためであり、積載したオモリは両者とも 300kg と同じである。

両者を比較すると走行回数 5 回以下では、路面状態の粗い輪重 845.9N の短絡抵抗値の方が低いのは明らかである。このことから輪重がほぼ等しい場合、レール・車輪の路面状態が粗い方が短絡抵抗値は低くなると言える。しかし、レール・車輪路面が粗いと短絡抵抗値の増加度合いも大きくなり、走行回数を重ねると短絡抵抗値はレール・車輪路面が細かい方が低い値を示す。

3.6. レール・車輪の粗さが等しく、輪重が違う場合による短絡抵抗値の比較

レール・車輪の研磨に 30 番の研磨布を用い、輪重 845.9N 及び輪重 1581.4N での実験結果を比較したものを図 12 に示す。図の縦軸、横軸は従前と同じである。

両者とも短絡抵抗値の増加傾向はほぼ同じであると言える。前述の通り輪重 1581.4N の時、走行 2 回目で最も低い短絡抵抗値が記録されているが、輪重 845.9N の時は走行 1 回目で記録されている。輪重 1581.4N における短絡抵抗値の推移を見ると、それより軽い輪重 845.9N においても同様の傾向が見られることが考えられる。しかし今回このような結果となった原因は、前述の通り今のところ分かっていない。

また、両者の輪重には約 2 倍の差があるにも関わらず、短絡抵抗値に大きな差は見られなかった。過去に筆者らが静止状態の下で輪重と短絡抵抗値との関係を調べた際に、輪重が小さい範囲では輪重の違いで短絡抵抗値に大きな変化が見られたが、輪重が大きい範囲では輪重の違いで短絡抵抗値は大きく変化しないという結論¹⁾と一致することが言える。

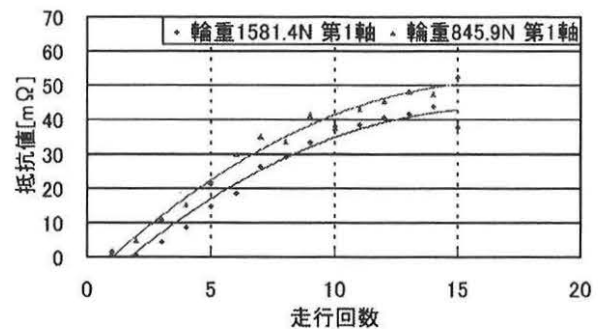


図 12 輪重の違いによる短絡抵抗値の比較

4. まとめ

在線地点の如何に関わらず輪軸群に印加される電圧が一定となる模型の実験用軌道回路と、走行中の各輪軸に分流する短絡電流の詳細を検知できる生体電位アンプを貼付した輪軸を取り付けた模型の実験用台車を用いて、走行中の輪軸群の軸重を変化させ、軸重と短絡抵抗との関係を調べた結果、次のようなことが分かった。

- (1) 輪軸の走行により生ずる車輪及びレール踏面の僅かな変化は、軌道回路の短絡抵抗を顕著に変化させる場合があることを確認した。
- (2) 前期の現象は、研磨などによって先端が極めて鋭利な状態にある車輪及びレールの踏面に顕著に現れることが分かった。
- (3) 第 1 項に記載した現象は、輪重が大きい場合より小さい場合の方がより顕著に現れる。
- (4) 今回の研究で得たこれらの知見を踏まえれば、従前から経験的に広く言われている「鑄鉄制輪子を用いた車両の短絡抵抗は良好である」との説は整合性がある。

参考文献

- 1) 永瀬和彦、平間淳司、野村俊明：レールと車輪の接触状態が軌道回路の短絡に及ぼす影響、日本機械学会論文、63 巻、616 号、C 編(1997-12)、pp.109-116
- 2) 若林雄介、田中伸治、中川大輔、平間淳司、永瀬和彦：レールと車輪の接触状態が軌道回路の短絡に及ぼす影響 第 2 報、日本機械学会論文、68 巻、672 号、C 編(2002-8)、pp.186-193
- 3) 若林雄介、中川大輔、北川友哉、平間淳司、永瀬和彦：レールと車輪の接触状態が軌道回路の短絡に及ぼす影響 第 3 報、日本機械学会論文、68 巻、674 号、C 編(2002-10)、pp.183-188
- 4) K. Nagase, Investigation into Inadequate Train Shunting Sensitivity of Track Circuit to Running Trains, *Quarterly Reports* Vol. 23, No. 4, (1989), pp.11-14
- 5) 北川友哉、平間淳司、若林雄介、永瀬和彦：路面粗さが軌道回路の短絡抵抗に及ぼす影響、鉄道技術連合シンポジウム(J-RAIL' 02)、pp.141-144、2002