

S1-3-2 車輪滑走の詳細な挙動を記録するシステムの開発とその使用結果

○ 吉田 伸司(JR 西日本)
兵頭 信彦(金沢工業大学)
堀 俊行(金沢工業大学)
[機・電] 永瀬 和彦(金沢工業大学)

西浦 崇郎(金沢工業大学院)
塩澤 尚大(金沢工業大学)
[機・電] 平間 淳司(金沢工業大学)

Study on an Analyzing Method to Detect Detail Deceleration and Acceleration in high Accuracy under Slipping and Skidding

Shinji Yoshida,(West Japan Railway Co.)
Nobuhiko Hyodo,(Kanazawa Institute of Technology)
Toshiyuki Hori,(Kanazawa Institute of Technology)
Kazuhiko Ngase,(Kanazawa Institute of Technology)

Takao Nishiura,(Kanazawa Institute of Technology)
Naohiro Siozawa,(Kanazawa Institute of Technology)
Jyunji Hiramata,(Kanazawa Institute of Technology)

Most of newly built EMUs have installed an anti skidding system. However, many flats are observed in the wheel tread of EMUs. The authors thought the sampling time interval to detect the slipping was not so short enough that the countermeasure to prevent flats occurrences was not operate adequately. They proposed new analyzing method to detect the acceleration and the deceleration of wheels with high accuracy and with short sampling time interval. As the result of investigation using the above mentioned method, they found the wheel deceleration and acceleration level some times hit high value at the end of the wheel slipping and skidding.

キーワード：鉄道、鉄道車両、滑走、空転、ブレーキ

Keyword: Railway, Railway Stock, Wheel Spin, Wheel Skidding, Breaking

1. はじめに

車輪の滑走に関する多様な因子を定量評価するために、筆者らは車輪滑走発生の状況と発生地点とを検知する計測システムを試作した。当該装置は在来型特急電車で長期間搭載され車輪滑走の実態を調査し、明らかにしてきた¹⁾²⁾。

ところで、最近の特急電車には滑走防止装置が搭載されている。しかし、滑走防止装置を搭載した車両でもフラットの発生が報告されている。そのため、滑走防止装置の制御には残された点があると推定される。

そこで、筆者らは滑走防止装置のどこに問題点があるかを考えた結果、空転・滑走が起きた時の急激な加減速度の変化に、滑走防止装置が充分対応していない事に問題があると考えた。対応が遅れることによって、滑走防止装置を作動させるタイミングがずれ、正常に空転・滑走の抑止ができないことが一因と判断した。

滑走制御装置の動作を確認するためには、空転・滑走時の減速度 β (以下 β)を高い精度で、且つ、その時の主幹制御器情報を取得する必要がある。そこで、高い精度で加減速度 α β を取得できる新しい計測システムの開発を行うこととなった。

2. 新たに製作した計測システムについて

筆者らが過去の J-RAIL で提案、試作した速度検出装置³⁾を用いて新しい計測システムを構築した。その概要について以下に述べる。

2.1 計測システムの概要

今回新たに製作した計測システムは、前述の速度検出装置に加え、データを自動記録するための PC と無停電電源装置を中心に構成した。無停電電源装置は、交直セクション通過時に、PC の動作を確保する為に用意している。計測システム一式、PC や無停電電源装置など必要な機器は全てラック内に一体化し、取り付け・取り外しの作業時の手間を最小限に省いた。構築した計測システムを図 1 に示す新型特急列車の 9 号車床下機器箱内に搭載した。また、搭載した計測装置の外観を図 2 に示す。

2.2 取得情報

新たに製作した計測システムで取得している情報を表 1 に示す。情報を取得した車両は 8 号車(M 車)と 9 号車(T 車)である。表 1 の取得情報のうち、デジタル光情報については、昼間の走行の際に車両がトンネルに入ると光を検知しないことに着目し、トンネル入出時のタイミングを知るために導入した。ワイバ情報は、今まで利用していた、気象

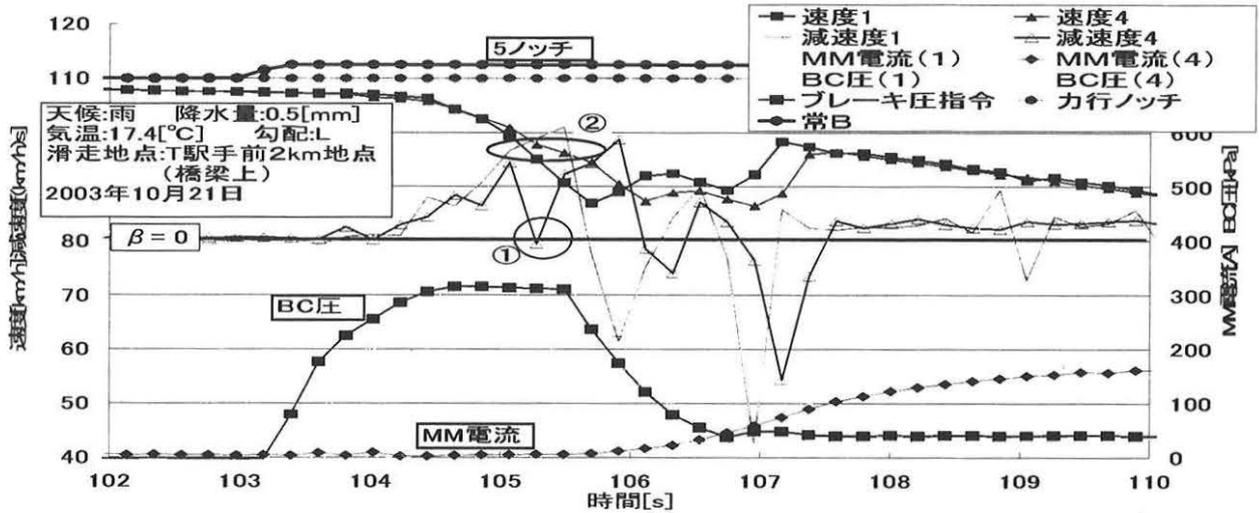


図3 滑走データ

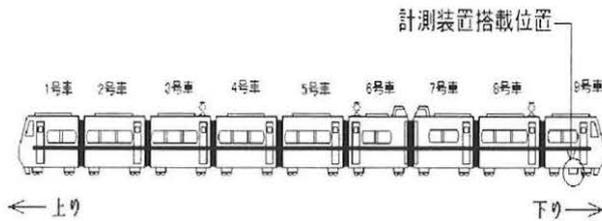


図1 計測システム搭載位置

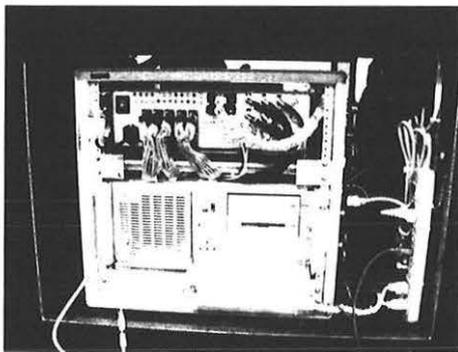


図2 床下に搭載した計測システムの外観

表1 取得情報

8号車から得ている情報	9号車から得ている情報
速度情報	前後進指令
ブレーキシリンダ圧(BC圧)	力行ノッチ指令
MM電流	常用ブレーキ指令
架線電圧	耐雪ブレーキ指令
	扉開閉情報
	デジタル光情報(可視光)
	ブレーキ圧指令情報
	電気ブレーキ指令(10線)
	ワイバ情報

序のホームページから得られる気象情報ではわからない、走行中の細かい天候状況を知るために設けた。

2.3 サンプル時間の選定と記録方法

加減速度を検知するシステムのサンプル時間を選定するにあたって、筆者らは1パルスの分解能を20bit(0.05[s])、22bit(0.21[s])、23bit(0.42[s])の3通りで試験運転を行った。試験結果から20bitの場合、磁気センサの出力波形が揺らぎ、 β の誤差が非常に大きくなってしまった。次に、22bit、23bitでの試験結果をみると、 β のブレが完全に収まっていないが解析を行ううえで特に支障はないと判断し、サンプル時間がより細かい22bit(0.21[s])とした。

計測システムで取得したデータは、PCのハードディスクとMOディスクに保存するようにした。MOディスクは、バックアップを兼ね、データの取り出しを簡単にするためである。また、計測システムの記録は2系統に分けている。滑走・空転に関係なく列車の走行状況を取得する「RUN」モードと、滑走・空転を計測システムが判断したときに記録される「MAP」モードである。

「RUN」モードでは、常時データを取得するので記録容量の肥大化を防ぐため、取得しているデータのサンプル時間を1.0[s]としている。

「MAP」モードは、滑走・空転と検知した場合、その地点から前後合わせて210[s]間を0.2[s]で記録する。滑走・空転の判断は取得する β を基準として行っており、 β が連続3回のサンプル時間(0.6[s])で $\pm 5.0[(\text{km/h})/\text{s}]$ 以上の場合とする。

3. 測定結果

実際に取得した滑走データ「MAP」を図3に示す。図3の横軸に時間[s]を、縦第一軸には1軸、4軸の速度[km/h]、 $\beta[(\text{km/h})/\text{s}]$ を、縦第二軸にMM電流[A]、BC圧[kPa]を示

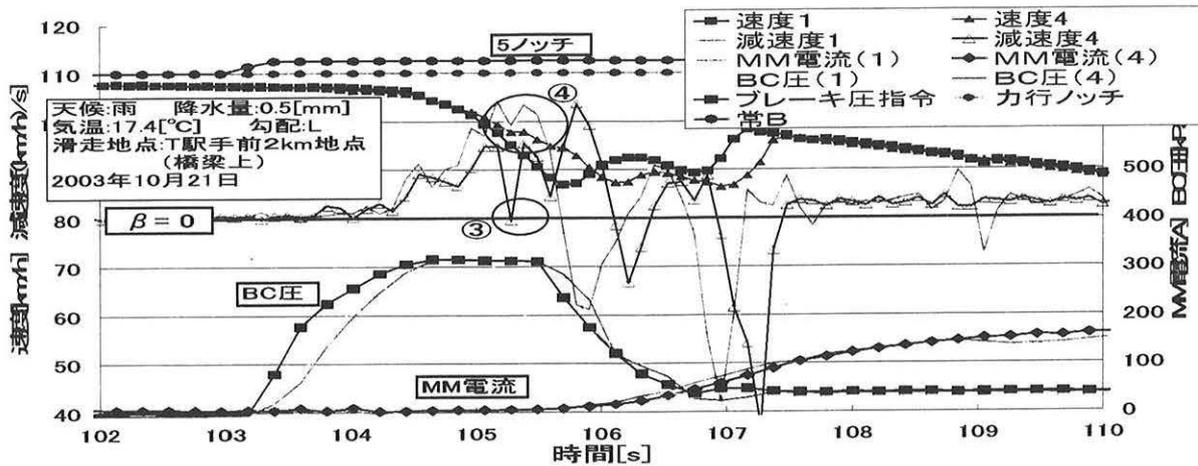


図5 サンプル時間を向上させたデータ

す。また、各チャートの意味する記号は図中の右上に、天候・日時・滑走地点は左中に示す。新たに製作した計測システムは滑走を検知したときその前後 210[s]を記録する。そのため横軸の基準点は、滑走が発生した地点より約 105[s]前となる。

3.1 滑走グラフについて

図3は、橋梁上で先方にあるT 駅の場内信号機が減速を現示していたので、ブレーキを5ノッチに入れて減速を開始した際に降雨により粘着が低下したため滑走を起こしたと考えられる。また、列車の車輪の前側は第1軸である。図3より、105.1[s]から105.5[s]の β の挙動についてみると、図中②地点の4軸の速度が減少しているにもかかわらず、図中①地点の4軸の β がマイナス側を示している。この4軸の β の異常な挙動については次節で詳しく述べることにするのでここでは割愛させて頂く。

その後、107.1[s]に1軸が、107.3[s]に4軸が再粘着を完了した。これは、両軸ともに粘着の良い地点に差し掛かったためであると考えられる。また、再粘着時の最大加速度は、1軸が37.39[(km/h)/s]、4軸は25.63[(km/h)/s]であった。

3.2 β の異常な挙動について

図中①地点の β の異常な挙動について詳細に解析を行ったところ、その原因は β の分解能が低く、詳細に捉えていないためと判断した。それは、速度サンプリングは0.1[s]で行っているが、 β を求める間隔が0.2[s]であるためにわずかな速度変化を捕まえられなかったと考えたからである。その状況を図4を用いて説明する。本図は図3の問題箇所②を拡大したものを示す図であって、横・縦軸は図示の通りである。速度は0.1[s]毎のサンプルが行われ、その時の速度が図示のように V_1, V_2, \dots の如く変化したとする。図3に示す減速度は先ず、第1減速度 β_1 のサンプルを第1速度 V_1 と第2速度 V_2 を対象に求め、次いで、第2減速度のサンプルを第3速度 V_3 と第4速度 V_4 を対象にして算出し

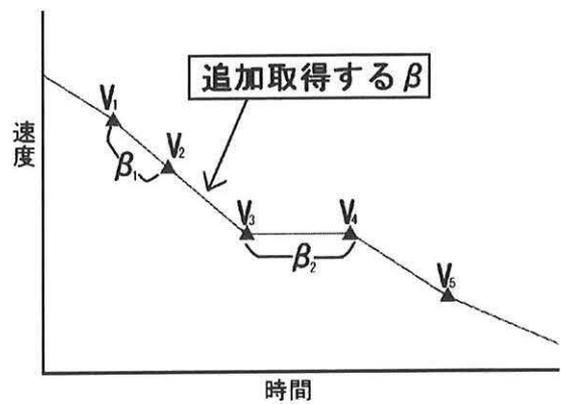


図4 ソフトの変更による β のサンプル時間向上策

ている。その結果、速度が図示の如くに変化した場合には、第1減速度 β_1 がプラスであっても、第2減速度 β_2 は速度が図示の如くに変化すればマイナスの値をとる。その結果、減速度は図3に示す如くあたかも唐突に変化したかのような結果が示される。ところが、実際の速度は0.1[s]サンプルで行われているので、実際の減速度も第2減速度と第3減速度の間では頭打ちの値をとった後に、マイナスに転じているのである。

このような方法で図3に示すのと全く同じデータで、演算の手法を一部変更して得た車輪の減速度の変化を図5に示す。図示のように減速度は③の時点では、マイナスを採る直前に一旦頭打ちとなっており、実態により近い状態で車輪の挙動を示していることが分かる。

3.3 減速度の急激な変化の事例

前記の方法により加減速度の変化を実態に近い状態で取得できることが確認された。そこで、この方法により計測装置が取得したデータのうち、現時点までの間に比較的過大と思われるレベルで車輪の加減速度が変化した事例を以下に示す。

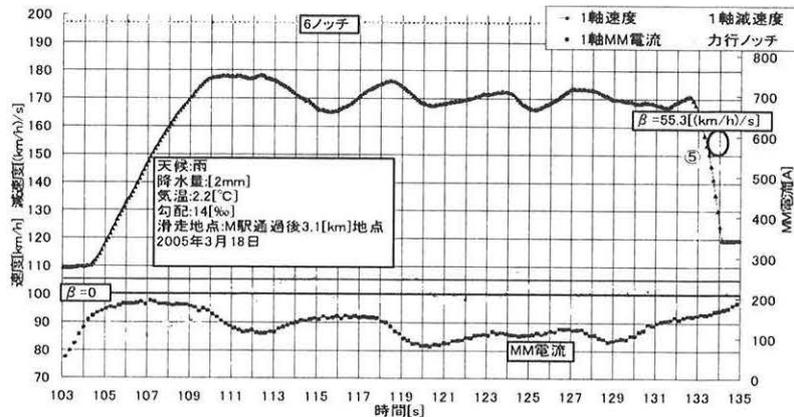


図6 空転時のデータ

3.3.1 β の変化が過大であるデータ

β の変化が過大であるデータを図6に示す。この図は、2005年3月18日に、M駅通過後3.1[km]地点で1軸のみ空転を起こしたデータである。横軸、縦第1軸は図3と同様で、縦第2軸にMM電流[A]を示す。また、各チャートは図中右上に、天候・日時・滑走地点・勾配は左中に、補助目盛間隔は1[s]で示す。

3.3.2 空転グラフについて

図6より、車輪が加速から減速に変化する際の β の値を見ると、マイナス側からプラス側へ向かっている。このことから、当該装置で β の挙動を詳細に捉えられていることが確認できた。また、この時のMM電流の変化は、空転の制御が必ずしも適正に行われなかったのではないかと見られる。

また車輪の速度が速い状態で車輪が再粘着したため、再粘着時である図中⑤の地点で、 $\beta=55.3[(\text{km/h})/\text{s}]$ という非常に高い値を記録した。

4. 結論

特急電車の車軸軸端に設置された通常速度発電機から出力される速度パルスを入力して、高い分解能の速度情報を得る新たな概念の記録装置を試作するとともに、当該装置を在来線の特急電車に長期間搭載して、車輪空転・滑走時の車輪の挙動を調べた結果、以下のようなことがわかった。

- 1) 前記の記録装置で得た空転・滑走に関わる速度情報を新たな解析手法で解析することによって、高いレベルの分解能を持つ加減速度を取得できることを確認した。
- 2) 車輪が高い速度の空転から再粘着する場合の車輪の加速度は、通常車輪滑走時の車輪加減速度より遥かに高い値をとる場合があることを確認した。

5. 今後の課題

以上のように滑走・空転発生時の加減速度は極めて高い場合があることが、現時点までの調査の結果既に判明している。特に、高速度での空転から車輪が再粘着する際には極めて高い減速度で空転が収束していることが確認された。車輪の空転や滑走の多くがどの程度のレベルの加減速度で起きているのか、また、そのような状態がどのような時点で発生しているか、さらには、そのような状態を収束させるための加減速度の検知精度及びサンプル時間の最適値などを究明することは今後の課題である。

謝辞

本研究を行うにあたり、速度取得の基本的な方法を提案した元当研究室の若林雄介氏(現JR東日本)、速度発電機の現車への取付作業及び調整を担当したJR西日本金沢総合車輛所の岸裕氏及び西日本旅客鉄道株式会社本社、本学電気工学科平間淳司教授、本学修士1年佐藤祐氏、学部4年堀俊行氏、塩澤尚大氏、谷本一穂氏、兵頭信彦氏の協力を得た。ここに関係者各位に深謝の位を表します。

参考文献

- 1) 田邊尚紀, 上村哲司, 田邊永吾, 中川大輔, 平間淳司, 永瀬和彦: 「在来線特急電車における車輪滑走の実態 - 第一報測定装置の構築と基礎試験結果 -」, J-RAIL2000, pp63-66, 2000年12月.
- 2) N.Tanabe, Y.Hirota, T.Omichi, J.Hirama and K.Nagase: "Study on the Factors Which Cause the Wheel Skidding of JR Ltd. Express EMUs", 04. JSME, International Journal, Series C, Vol.47, pp488-495.
- 3) 中川大輔, 若林雄介, 平元忠雄, 平間淳司, 永瀬和彦: 「空転滑走制御用加減速度情報取得方法についての一研究 - 高精度検知システムの試作 -」, J-RAIL2001, pp617-620, 2001年12月.