

秋田新幹線「こまち」の着落雪に関する研究

○安田 馨観 [機] 横山 信行 横倉 晃 [電] 市原 良和 (東日本旅客鉄道株)

鎌田 慈 宍戸 真也 栗原 靖 (鉄道総合技術研究所)

Research of snow accretion and drop of Akita Shinkansen [Komachi] Trains

○ Kiyomi Yasuda, Nobuyuki Yokoyama, Akira Yokokura, Yoshikazu Ichihara
(East Japan Railway Company)

Yasushi Kamata, Masaya Shishido, Yasushi Kurihara
(Railway Technical Research Institute)

Measures against snow adhering to and dropping from Shinkansen trains are important.

Measuring system of snow volume around the bogie was set up at Morioka and Sendai station and was continued, during for the winter season in 2009, and the amount of the snow adhesion at the bogie and the closed plates of the E2 and E3 Shinkansen trains was measured quantitatively. Moreover, the watching device that was able to measure the situation of an upper bogie snow adhesion to and drop was installed near the body skirt under the floor of the E3 Shinkansen trains.

We compared the prediction amount of snow adhesion from temperature and snow accumulation along the conventional line section which the E3 Shinkansen trains run, and the actual amount of snow adhesion of the E3 Shinkansen at the time of the arrival at Morioka station.

Keywords : Shinkansen Trains, Snow adhesion and drop, Temperature, Camera

1. はじめに

冬期間に積雪地域を走行する新幹線車両は、台車付近に付着した雪や氷が高速走行中に落下し、車両の窓ガラス破損やポイント不転換などの被害をもたらすことがあります。これらに対する現在の対策として、停車駅での雪落し作業やバラストスクリーンの設置などがありますが、十分ではありません。

2008 年度までに新幹線車両への着落雪対策を講じるために、車両の着落雪の実態を正しく把握できるよう、新幹線の停車駅である盛岡駅と仙台駅に台車着雪量計測装置を設置し、冬期間の上り「はやて」・「こまち」の全列車の台車周囲への着雪状況のデータを定量的に取得しました。また、E3 系新幹線電車（以下、E3 系と呼ぶ）1 編成中 1 両の台車付近 1 ケ所に台車上部監視装置を設置し、走行全区間の着落雪状況を連続的に把握しました。

台車着雪量計測装置で取得したデータを分析した結果、「はやて」については台車周囲への着雪はほとんど無いことが分かりました。「こまち」については、盛岡駅到着時に台車周囲への着雪が多く、走行する田沢湖線沿線の気象条件の中では、気温との相関が最も高いことが分かりました。

台車上部監視装置により取得したデータより、在来線区間では車輪に付着した雪が車輪の回転により巻き上げられ

ることで、台車周囲への着雪が短時間で進行することが分かりました。また、新幹線区間では明り区間を走行中の台車上部の着雪はゆっくりと融けますが、連続する長大トンネル区間通過中においては、台車上部の融雪は急激に進行することが分かりました。しかし、2008 年度冬期は降雪量及び積雪量が少なく、台車周囲への着雪が多いデータを取得することはできませんでした。

台車着雪量計測装置と台車上部監視装置は 2009 年度冬期にも従来と同じ場所に設置し、地上からは台車周囲の着雪状況データ、車上からは走行中の着落雪データを取得しました。

その結果、台車周囲の着雪量と走行沿線の気象条件との分析を深めると共に、走行中の台車周囲の着雪状況に違いがあることが分かりました。

2. 台車着雪量計測システムの概要

鉄道総合技術研究所で開発された本システム¹⁾は、光切断法により車両の着雪量を測定し、関係機関に配信するものです。光切断法は、スリット状の光を被写体に照射した時に生じる被写体の形状に対応した反射光（光切断線像）の変形を 2 次元カメラで撮像することにより、三角測量の

原理で被写体形状を捉える手法です。今回はこれを活用して、駅ホーム下にレーザー光源と高速度カメラを設置し、駅から車両が入出する際に、台車側面及び床下フサギ板部の着雪量を光切断法により測定します (図 1)。

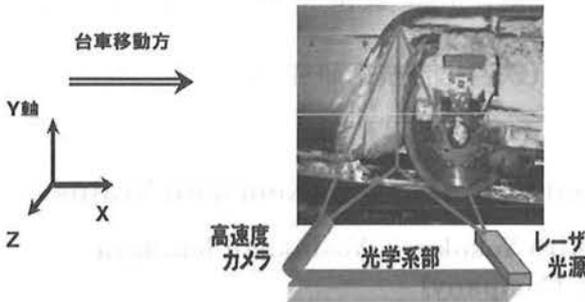


図 1 測定原理 (資料提供: 鉄道総合技術研究所)

測	測定場所:盛岡	2009年01月15日								列車番号:3002B/M			
計測台車	7号車 後位 ->	<- 8号車 前位				8号車 後位 ->				<- 9号車			
全体着雪量/合計	0.002/0.013	0.001/0.013				0.003/0.013				0.002/0.013			
台車	計測	後部	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003	0.003	0.000	0.002	0.000
高速度カメラ	[Image showing camera view of snow accumulation]												
計測台車	11号車 後位 ->	<- 12号車 前位				12号車 後位 ->				<- 14号車			
全体着雪量/合計	0.019/0.027	0.019/0.027				0.045/0.027				0.045/0.027			
台車	計測	後部	0.061	0.003	0.018	0.063	0.006	0.010	0.037	0.001	0.007	0.012	0.000
高速度カメラ	[Image showing camera view of snow accumulation]												
計測台車	15号車 前位 1	15号車 前位 2	15号車 前位 3										
高速度カメラ	[Image showing camera view of snow accumulation]												

図 3 台車着雪量データ表示画面

3. 台車着雪量計測システムの構成

3.1 システム構成

2008 年度と同様に台車着雪量計測システム構成は、台車着雪量計測装置、ID 読取装置、車輪検知器、着雪画像収録装置、データサーバーで構成されています。得られた着雪データは、着雪状態を撮影したカメラ画像とともに、インターネットを介して必要箇所に配信します (図 2)。

(システム設置例)

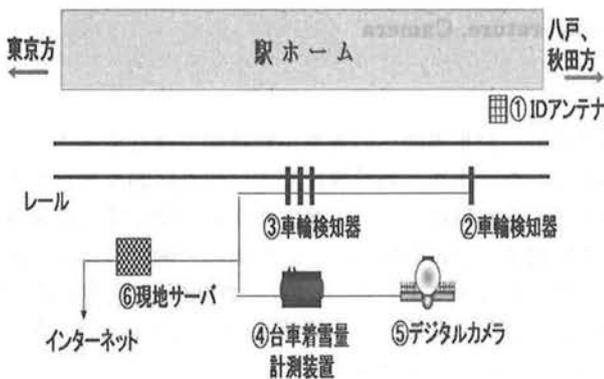


図 2 台車着雪量計測システムの全体構成

3.2 画像データ転送・表示システム

本システムはWebカメラからの画像データ、及び台車着雪量計測装置からの各種データを蓄積保存します。さらに、光回線を使用し必要なデータを提供し、所定のホームページに必要データを再転送します。また、光回線を通してWebカメラの単独常時監視も可能なシステムとなっています (図 3)。

4. 新幹線台車上部監視装置概要及びシステム構成

4.1 台車上部監視装置概要

2008 年度と同様に台車上部監視装置設置対象編成を、積雪区間を走行し新幹線区間を最高速度 275km/h で走行する E3 系としました。E3 系の中間付随車である、14 号車の東京方端部フサギ板内に CCD デイナイトカメラを 1 台設置しました。さらに、14 号車室内の運転用配電盤内に画像記録装置等を設置し、走行全区間の台車上部の雪の挙動の画像を取得、保存できるシステムとなっています (図 4)。

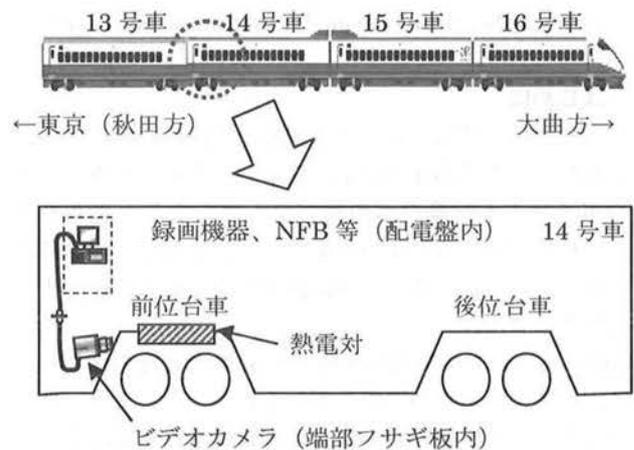


図 4 台車上部監視システム

4.2 床下システム構成

前年度冬期と同様に、車両床下に設置する監視カメラの着雪及び汚損対策への対策として、監視カメラをカメラハウジングに納めました。

また、カメラハウジング前部への着雪防止対策として、カメラハウジング周囲にテープヒーターを設置しました。カメラ前部の着雪対策を強化するための棒状ヒーターについては、監視カメラ周囲に配置を変更した上で、端部フサギ板に設置しました (図 5)。

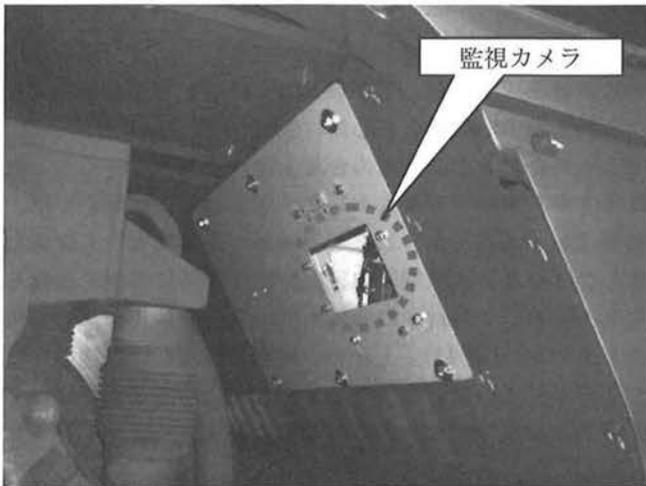


図 5 台車上部監視装置 (端部フサギ板部)

4.3 客室内システム構成

客室内のシステムについても、2008年度に使用実績のある画像記録装置、無停電電源装置(UPS)等を客室内運転用配電盤の中に設置しました(図6)。

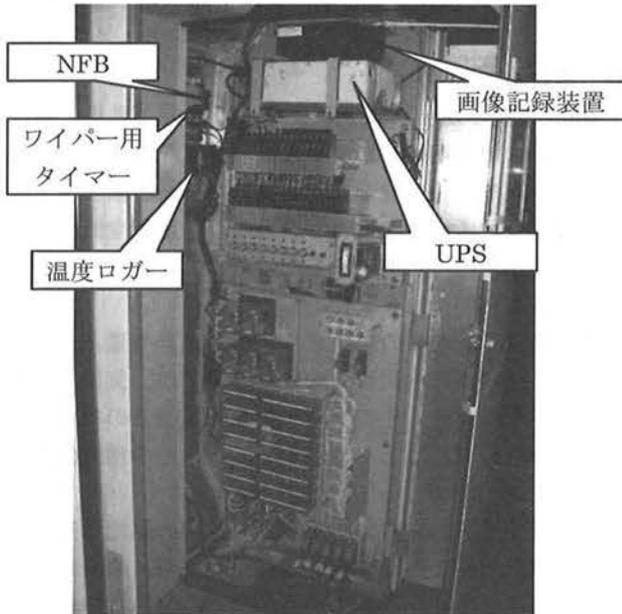


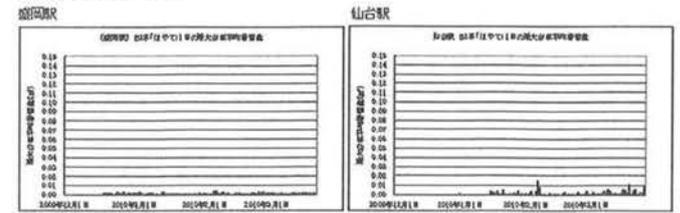
図 6 運転用配電盤内機器仮設状況

5. 測定試験

5.1 台車着雪量測定試験

2008年度に続き2009年度も盛岡駅においては八戸から到着する「はやて」と、在来線区間から乗り入れる「こまち」の台車着雪量と着雪状況を把握しました。また、同様に仙台駅でも盛岡駅から新幹線区間を高速走行してきた、「はやて」と「こまち」の台車着雪量と着雪状況を把握しました。2009年度も2008年度同様「はやて」は盛岡駅と仙台駅到着時に、台車周囲への着雪はほとんどありませんでした。「こまち」についても盛岡駅到着時の台車着雪量が多い日があるが仙台駅到着時では着雪はほとんどないという同様の結果となりました(図7)。

○E2系新幹線「はやて」



○E3系新幹線「こまち」

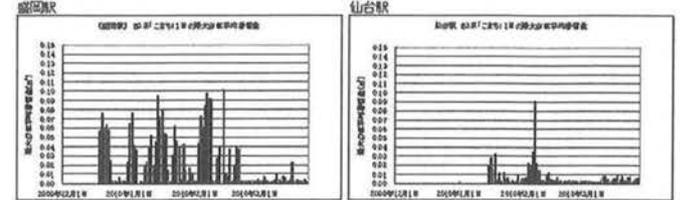


図 7 「はやて」及び「こまち」の一日の最大台車平均着雪量(2009年度冬期)

2009年度のデータについて、盛岡駅到着時に台車周囲への着雪が多かった「こまち」について、秋田-盛岡間の在来線区間の気象データ(気象庁発表の気温、降水量、積雪量)と台車着雪量との関連を分析しました。台車平均着雪量との分析を行うにあたっては、降水の中から降雪を抽出する必要があります。そこで雨雪の判別を行うために、秋田、角館、雫石、盛岡の気温、降水量、積雪量データにより降水と降雪の気温の境界を調べ、気温が0.3℃以下の場合のみ、降水量を降雪として取り扱うこととしました。

2008年度と同様に盛岡駅到着時の「こまち」台車平均着雪量は、気象データの中では気温との相関が最も高く、そのうち角館の気温との相関が最も高いという結果になりました。2008年度冬期の角館の気温と、盛岡駅到着時の台車平均着雪量と気温との相関係数は-0.50でしたが、2009年度は-0.75と2008年度冬期よりも相関は高くなりました(図8)。2009年度は雪の量が2008年度よりも多かったためと考えられます。

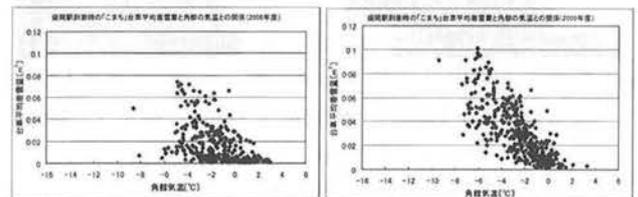


図 8 2008年度冬期(左)と2009年度冬期(右)の「こまち」の盛岡駅到着時の台車平均着雪量と角館の気温との関係

盛岡駅での着雪量との相関を考えた場合、単純に田沢湖線沿線の一駅の一気象データとの相関よりも、沿線の複数の気象データを組合せた値との相関を考えた方が、より強い関係が得られると思われます。また、こうして高い相関を持った式を考案できれば、将来的には田沢湖線沿線の気象データから盛岡駅での着雪量を精度よく予想できる可能性もあります。そこで、気象条件としては走行沿線の各地

域において必ず取得できる「気温」と「降水量」の要素を用いて、重回帰分析の総当り法により盛岡駅到着時の「こまち」の台車平均着雪量と最も相関係数が高くなる値、推定着雪量 V を求める計算式を作成しました。その式を以下に示します。

$$V(\text{m}^3) = -0.0048 \times T1 + 0.0067 \times R1 - 0.0018 \times T2 + 0.0029 \times R2 - 0.0013 \times T3 + 0.0070$$

ここで、 $T1$ は角館気温(°C)、 $T2$ は田沢湖気温(°C)、 $T3$ は盛岡気温(°C)、 $R1$ は角館降水量(mm)、 $R2$ は田沢湖降水量(mm)を表します。この値 V と実際の盛岡駅での着雪量との相関係数は0.79になり、角館の気温のみとの相関係数の絶対値0.75より大きくなります。

5.2 台車上部着落雪監視試験

2010年1月6日から3月26日まで測定試験を行い、在来線(秋田～盛岡)及び新幹線(盛岡～東京)区間において、営業走行中の東京行き上り「こまち」の49本の列車について、台車上部の雪の挙動と外気温を測定しました。このうち、盛岡駅到着時に台車上部に着雪を確認したのは、9本の列車でした。

(1) 在来線区間

走行時に線路付近に積雪がある状況下において、台車への着雪が短時間で進行する状況を把握しました。走行時の沿線の気温が低い場合は、車輪から巻き上げた雪が台車周囲へ飛散する機会が多いこと(図9)、沿線の気温が高い場合は、車輪から巻き上げた雪が台車周囲に飛散せず、台車上部へ堆積する機会が多いことが分かりました(図10)。また、上り「こまち」の在来線区間では、台車に付着する雪が、着雪と落雪を繰り返していることが分かりました。



秋田観測所の気象データ 天候：雪、気温：-2.9【°C】、降水量：1.5【mm】、降雪量1【cm】、積雪17【cm】

(2010.2.5 こまち16号 秋田～大曲間)

図9 在来線区間走行中の台車着雪状況



秋田観測所の気象データ 天候：雪、気温：1.4【°C】、降水量：0【mm】、降雪量1【cm】、積雪17【cm】

(2010.2.7 こまち26号 秋田～大曲間)

図10 在来線区間走行中の台車着雪状況

(2) 新幹線区間

盛岡駅到着時に着雪を確認した列車について、高速走行する新幹線区間において台車上部に付着した雪がどのような挙動を示すか観察しました。2008年度の結果と同様に、明り区間を走行中の列車の台車上部の着雪はゆっくりと融けますが、連続する長大トンネル区間通過中においては、融雪は急激に進行することを2009年度の映像でも確認しました。また、試験期間中、盛岡駅到着時に着雪を確認した3本において走行中の台車上部からの小規模な落雪を観測しました。(図11)。しかし、落雪と走行中の沿線の気温や各種条件との関連を分析しましたが、落雪を引き起こす直接的な要素や気象条件との関連を見出すことはできませんでした。



(2009.1.15 こまち16号 盛岡～仙台間)

図11 新幹線区間走行中の台車上部からの落雪状況

6. まとめ

2008年度冬期と同様の方法で、2009年度冬期に新幹線の盛岡駅、仙台駅に台車着雪量計測装置を設置して台車着雪量データを取得しました。また、E3系1編成中1両の台車付近1ヶ所に車上カメラを設置し、走行全区間の着落雪状況を連続的に把握しました。これらにより、以下の知見を得ることができました。

- (1) 盛岡駅到着時の「こまち」の台車着雪量と、走行する田沢湖線沿線の気象状況の中では、気温との相関が最も高く、その中でも角館の気温との相関が最も高いということが分かりました。その相関係数は-0.75でした。
- (2) 「こまち」走行時の田沢湖線沿線の気温と降水量を組み合わせ、盛岡駅到着時の「こまち」の台車平均着雪量と最も相関の高い値を求める計算式を作成しました。その結果、台車平均着雪量と、この式による値との相関係数は0.79になり、角館の気温のみとの相関係数よりも高くなることを確認しました。
- (3) 走行時に線路付近に積雪がある状況下において起きる車輪に付着した雪の巻き上げは、外気温の違いにより、台車周囲へ飛散する場合と、台車上部へ堆積する場合があります。

参考文献

- 1) 飯倉茂弘、鎌田慈、宍戸真也、遠藤徹、藤井俊茂、河島克久：R&M, Vol16, pp8～11, 2008「台車側面の着雪量計測システムの開発」
- 2) 横山信行、市原良和、松本隆、安田馨観、鎌田慈、宍戸真也、栗原靖：J-Rail2009, P615-618「新幹線車両への着落雪に関する研究」