

# 施設研究 ニュース

No. 342 2019. 2. 1

公益財団法人 鉄道総合技術研究所 施設研究ニュース編集委員会

## 駅トイレにおける衛生器具の輝度比測定

### 1. はじめに

駅のトイレは公共性が高く、ユニバーサルデザイン化が求められます。近年、鉄道会社による駅の新設・改築や路線イメージの向上施策を機に、明るい色合いの仕上げ材や照度の高い照明器具を使用する事例が増えつつありますが、白色であることの多い便器や洗面台など衛生器具との輝度比が小さくなる場合もあり、衛生器具の視認性を考慮したデザインのあり方が課題となっています。ただ、駅のトイレと言っても、内部の仕上げや衛生器具の形状や照明条件は多様であり、輝度を適切に測定する方法が必要です。そこで、本報では、近年確立されつつある、デジタルカメラ画像を用いた測定方法（以下、写真測光方式）<sup>1)</sup>による駅のトイレでの実測調査を行い、当測定方法の適用可能性について検討しました。

### 2. 測定の概要と結果

測定は、都心にある駅の8箇所のトイレにおいて実施しました。トイレの選定にあたっては、床・腰壁・便房の色調パターンが異なるトイレを選びました。測定に用いた測定器は、以下の通りです。

①スポット輝度計：コニカミノルタ/CS-100A

②デジタルカメラ：キャノン/EOS-80D および広角レンズ（シグマ/10-20mm F3.5 EX DC HSM）

測定では、三脚を用いて測定器のレンズ中心が水平状態で床高 1.5m の位置となるように調整し、表1の(1)~(5)に示す5つの場面を想定した測定地点から、衛生器具と仕上げ材の輝度を測定しました。測定地点は、基本的に表1上段に示すa~eとしました。

一方、写真測光方式で用いる画像は、スポット輝度計と同じ測定地点からシャッター速度の異なる8枚の画像を取得しました（表1下段）。表2に各測定地点の輝度（最小値～最大値）を示します。写真測光方式の輝度は、スポット輝度計と同じ測定角（1°）内を解析した平均輝度を意味します。

次に、各測定地点の輝度から算定した輝度比を表3に示します。輝度比は、トイレ利用者が衛生器具や便房を識別する際に参考にすると思われる部分を対象に、隣接する測定地点の輝度を用いて算定しました。

図1に測定方法による輝度比の比較結果を示します。スポット輝度計による輝度比が50より大きい範囲において、測定方法による差が大きくなる場合が見られますが、輝度比50未満の範囲では、測定方法が異なる場合でも輝度比は概ね一致していることがわかります。

表1 輝度の測定地点の例と分析に使用した画像の例

	(1)小便器選択	(2)便房選択	(3)洗面台選択	(4)小便器正面	(5)便房正面
測定地点の例					
分析用画像の例					

次に、測定方法による輝度比の絶対誤差（写真測光方式の輝度比－スポット輝度計の輝度比）を図2に示します。図2では、視認性が確保できる輝度比を2～3（ISOで視覚障害者誘導用ブロックの目標とされる輝度比）と仮定し、輝度比2～3付近を拡大して示しています。輝度比4～6の範囲における、測定方法による輝度比の差は概ね±1以内ですが、輝度比4未満の範囲における輝度比の差は概ね±0.5以内となりました。このことから、視認性の良否に係る範囲では、測定方法による輝度比の差は小さく、実用上の支障はないと考えられます。

3. まとめ

駅のトイレにおける輝度比の測定手法として、スポット輝度計および写真測光方式による輝度比の測定結果を比較したところ、輝度比50未満の範囲では、測定方法が異なる場合でも概ね一致しました。また、測定方法による輝度比の差は、輝度比4～6で概ね±1、輝度比4未満で概ね±0.5であることがわかりました。このことから、駅のトイレでの輝度比は、輝度比4未満の範囲では、写真測光方式による測定でもスポット輝度計と同等の結果が得られることを確認しました。輝度の比較結果など本測定の詳細については文献2でも紹介しています。今後、駅のトイレの設計に資する定量的な目安を探ることを目的として、引き続き衛生器具の視認性確保に必要な条件を検討していきます。

参考文献

- 1) 山田哲司, 森下大輔, 江湖俊介, 中村芳樹：光環境評価システム「QUAPIX」の研究開発 基本原理と活用事例, 建設電気技術, 建設電気技術協会, 2009
- 2) 山本昌和, 大野央人, 秋保直弘, 渡部貴浩, 橋場諭：駅のトイレにおける衛生器具の視認性に関する研究 実測に基づくスポット輝度計と写真測光法による輝度の比較, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.517-518, 2018

表2 輝度の測定結果

測定地点	測定点	N	輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	
			スポット輝度計	写真測光方式
(1)小便器選択	a.汚垂石	7	2.0 ~ 8.2	2.0 ~ 7.1
	b.小便器腰壁(上・横)	13	1.1 ~ 161.0	0.9 ~ 111.0
	c.小便器上面	6	23.6 ~ 312.0	18.1 ~ 232.5
	d.小便器側面	7	9.4 ~ 122.0	7.4 ~ 93.3
	e.小便器リップ部	7	12.8 ~ 58.1	10.8 ~ 49.7
(2)便房選択	a.便房壁(上・中・下部)	23	2.6 ~ 74.4	2.2 ~ 61.2
	b.便房ドア(上・中・下部)	24	1.8 ~ 64.5	1.3 ~ 52.1
	c.便房前床(壁・ドア)	15	3.7 ~ 40.1	3.3 ~ 31.2
(3)洗面台選択	a.洗面台腰壁(上・横・下)	18	3.1 ~ 239.0	2.6 ~ 179.2
	b.洗面台前面	7	26.8 ~ 261.0	20.9 ~ 186.0
	c.洗面台リップ部	7	27.0 ~ 155.0	23.2 ~ 123.0
(4)小便器正面	a.汚垂石	2	1.7 ~ 8.9	0.8 ~ 6.8
	b.小便器腰壁(上・横)	10	2.8 ~ 166.0	2.3 ~ 105.8
	c.小便器上面	5	35.7 ~ 342.0	26.1 ~ 251.0
	d.小便器前面	2	48.6 ~ 49.5	36.9 ~ 46.3
	e.小便器リップ部	1	160.0 ~ 160.0	116.1 ~ 116.1
(5)便房正面	a.大便器上面(奥・便座)	14	42.1 ~ 158.0	34.4 ~ 118.0
	b.便房内腰壁(上・横)	14	1.5 ~ 46.0	1.4 ~ 37.8
	c.便房内床(明・暗)	12	1.0 ~ 16.8	1.0 ~ 18.1

表3 測定した輝度に基づく輝度比の算定結果

測定地点	輝度比の算定箇所	N	輝度比 [I <sub>max</sub> /I <sub>min</sub> ]	
			スポット輝度計	写真測光方式
(1)小便器選択	小便器側面/腰壁横	7	1.0 ~ 18.2	1.0 ~ 17.0
	小便器上面/腰壁上	6	1.9 ~ 20.4	2.1 ~ 17.3
	小便器リップ部/汚垂石	7	4.2 ~ 10.7	3.6 ~ 8.6
(2)便房選択	便房(壁)/便房前床(壁)	6	1.3 ~ 3.3	1.3 ~ 3.2
	便房(ドア)/便房(壁)(上・中・下)	23	1.0 ~ 22.5	1.0 ~ 21.8
(3)洗面台選択	便房(ドア)/便房前床(ドア)	8	1.4 ~ 5.8	1.4 ~ 5.3
	洗面台リップ部/腰壁(下)	7	1.1 ~ 17.7	1.1 ~ 16.2
(4)小便器正面	洗面台前面/腰壁(上・横)	7	1.1 ~ 11.4	1.0 ~ 11.4
	小便器(上面)/腰壁(上・横)	9	2.1 ~ 65.0	2.4 ~ 47.2
(5)便房正面	小便器(前面)/腰壁(上・横)	3	6.7 ~ 15.0	7.0 ~ 15.5
	小便器リップ部/汚垂石	1	18.1 ~ 18.1	17.2 ~ 17.2
(5)便房正面	大便器上面(奥)/便房内腰壁(上・横)	14	1.7 ~ 39.5	1.5 ~ 37.3
	大便器上面(便座)/便房内床(明・暗)	12	4.0 ~ 90.3	3.4 ~ 56.3

測定地点の決め方:

- (1) 入方向の動線上かつ小便器が見渡せる位置から、手前から二つ目の小便器を測定した。
- (2) (1)同様に便房が見渡せる位置から、手前から二つ目の便房のドア(閉状態)を測定した。
- (3) 出方向の動線上かつ洗面台が見渡せる位置から、手前から二つ目の洗面台を測定した。
- (4) (1)で対象とした小便器の正面かつ腰壁から1m後退した位置から小便器を測定した。
- (5) (2)で対象とした便房のドア中心から30cm後退した位置から便房内を測定した。

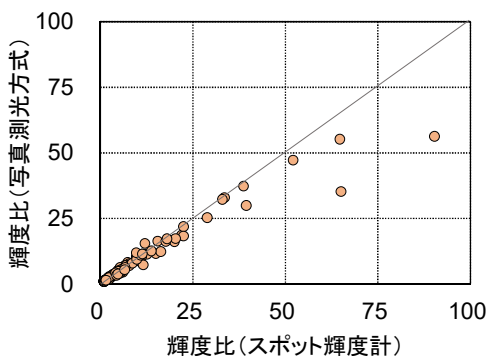


図1 測定方法による輝度比の比較

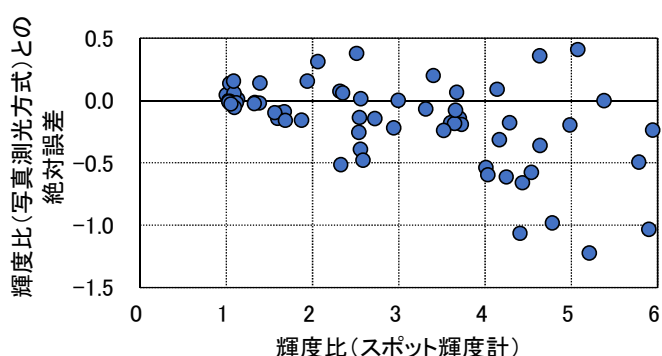


図2 測定方法による輝度比の誤差

執筆者：構造物技術研究部 建築研究室 山本昌和

担当者：人間科学研究部 人間工学研究室 大野央人, 渡部貴浩, 秋保直弘

# 被災盛土の早期強化復旧法

## 1. はじめに

盛土が地震・豪雨等で崩壊した場合、図1に示すように、大型土のうなどで暫定的に盛土断面を確保する仮復旧を行い、列車運行を行いながら、本復旧工事が行われる場合があります。この場合、本復旧工事にあたり仮土留めや監視・徐行が必要となります。そこで、図2、図3に示すように、分割・ストック可能なかご枠を使用して盛土部を施工することで施工速度を向上させ、かつ地山補強材・排水パイプの後施工により列車運行を行いながら盛土の性能向上を可能とする被災盛土の早期強化復旧法を開発しました。

## 2. 提案構造の特徴

提案構造の施工手順を図3に示します。提案構造では相互に連結されたかご枠内に砕石やバラストなどを投入・転圧して被災により流出した盛土部分を復旧し、最終的に最上部は現行土構造標準に準拠して地盤材料により復旧します。従来通り盛土により復旧する場合と比較して、砕石やバラスト充填による排水性の向上や、かご枠工の一体化による安定性の向上効果も期待され、通常の盛土と比較して急勾配化（1：1程度）して盛土部を復旧することが可能です。また、必要に応じてかご枠内に保孔管を設置することで列車運行再開後に地山補強材を後施工することも可能です。

## 3. 性能確認試験

提案構造による耐降雨性、耐震性の向上効果を把握するために、鉄道総研所有の中型振動台・降雨実験装置を用いて、実物の1/10程度の縮尺で性能確認試験を実施しました。性能確認試験では、図4に示すように従来復旧法で盛土が崩壊した連続雨量240mmの時点において、提案構造ではかご枠による排水性と安定性の向上効果により、盛土の変形が極めて限定的なことを確認しました。

また、降雨後にレベル2地震動相当の地震動が作用した極めて厳しい条件下においても、盛土天端の沈下量は実物大換算で300mm程度であり、比較的軽微な変状にとどまることを確認しました。

## 4. 設計・施工マニュアル

提案構造の設計・施工法を取りまとめ、「かご枠と地山補強材を用いた盛土の早期強化復旧工法 設計・施工マニュアル」を作成しました。作成したマニュアルは、鉄道技術推進センターの

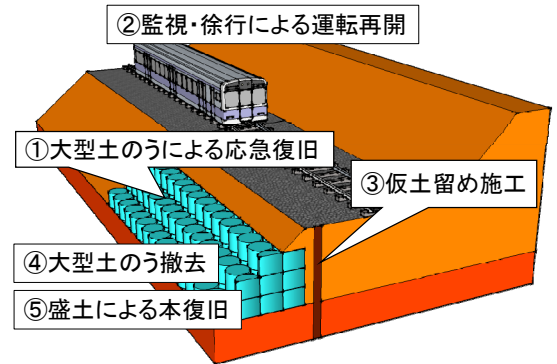


図1 従来復旧法の一例

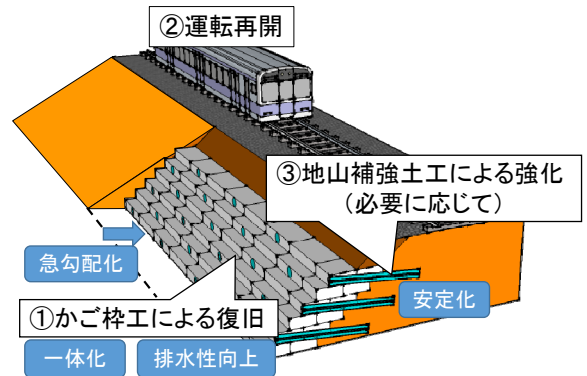


図2 提案構造の概要



図3 提案構造の施工手順



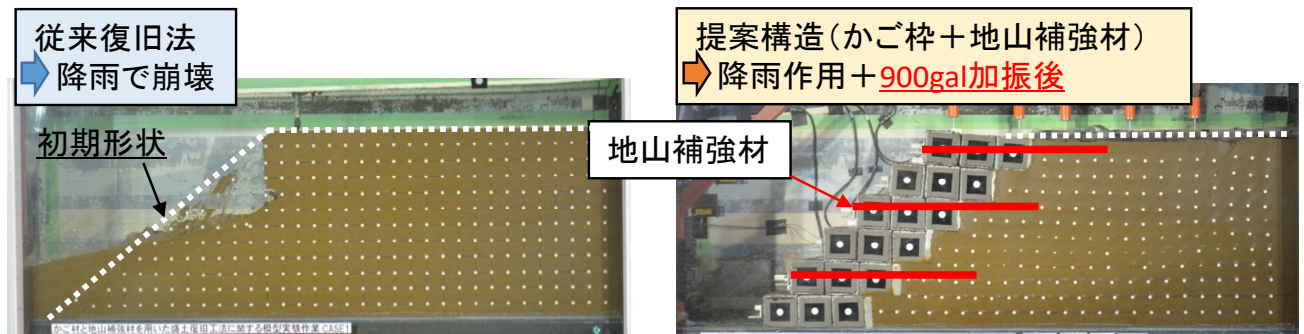


図4 性能確認試験における耐降雨性・耐震性の向上

復旧工法	従来復旧工法 (大型土のう)	かご枠による復旧工法		
		かご枠	かご枠+地山補強土工	
概要	大型土のう 仮土留め	かご枠	かご枠 地山補強材	
復旧概要	大型土のう:250袋 仮土留め:Ⅲ型×50枚	かご枠: B1.0m×H0.5m×320m	かご枠: B1.0m×H0.5m×320m 地山補強材: φ133mm×15本、L=7.0m、	
総工事費率	1.00	6割↓ 0.40	3割↓ 0.71	
工期	列車の運行再開	9.7日(0.78)	12.5日(1.00)	12.5日(1.00)
	工事完了	17.6日(1.41)	3割↓12.5日(1.00)	27.4日(2.19)

図5 提案構造と従来復旧工法の工事費・工期の比較

HP(<https://railscope2.rtri.or.jp/TechCenterHomeMenu.asp>)に掲載しています。作成した設計・施工マニュアルに基づいて、実際に被災した高さ 6m の盛土断面を対象として、工費・工期の比較を行った結果を図5にまとめています。従来の復旧法において、土のうの撤去・盛土の再構築にあたり、仮土留めが必要な場合と比較すると、提案構造によりかご枠単体で復旧した場合、工事費が6割減、地山補強で強化復旧した場合でも3割減となっています。工事完了までに要する期間についても、仮復旧後に手戻りを要する従来復旧法と比較して、3割減となっています。

また、災害後に速やかに構造の設定が可能なるように、幅と高さ、支持地盤条件と既設盛土の材料に応じて設計成立条件を整理したノモグラムを盛土の性能ランクごとに作成し、マニュアルに記載しています(図6)。

### 5. おわりに

土構造物の安定性は周辺環境の影響を強く受けるため、災害後に現状復旧された集水地形の盛土が、次の災害時に被災する事例も多くあります。そこで、応急～本復旧を連続的に行い復旧の早期性を確保しながら、強化復旧も可能となるかご枠と地山補強材の併用による盛土の早期強化復旧法を開発しました。なお、同工法の開発において、岡三リビック、小岩金網、ライト工業との共同研究を行いました。

執筆者・担当者：構造物技術研究部 基礎・土構造研究室 中島進，佐藤武斗

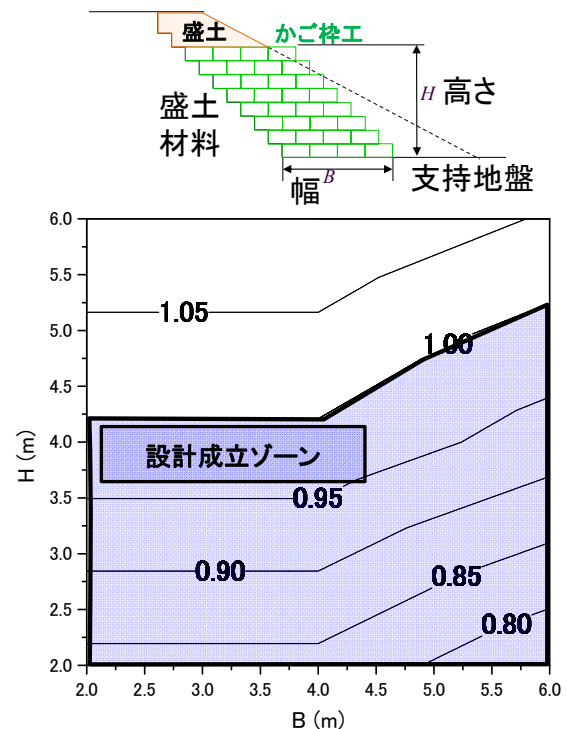


図6 適用条件を整理したノモグラムの例

# 軌道変位を考慮した開口部通過時の走行安全性評価

## 1. はじめに

スラブ軌道やまくらぎ直結軌道等の直結系軌道で伸縮継目を撤去するためには、温度上昇時の最大レール圧縮軸力の限度値と、温度下降時のレール破断時開口量の限度値を再検討する必要があります。特に新幹線軌道においては、伸縮継目が地震時の脱線対策工の施工に支障する場合がある他、ロングレール可動区間ではレールふく進による軌道パッドの抜けだしの管理が必要となるため、可能な限り伸縮継目を撤去することが望まれています。温度上昇時の最大レール圧縮軸力の限度値は、過去に温度上昇時の横方向安定性を解析し、緩和できることを確認していますが、レール破断時開口量の限度値については、緩和の可能性が残されています。本研究では、レール開口部の車両走行を模擬可能なシミュレーション手法を用いて、軌道と車両の条件を変数とするパラメータスタディを実施してレール破断時開口量の限度値を検討しました。

## 2. 検討概要

シミュレーションには、レール開口部の通過で生じる車輪・レール間の三次元的な接触状態を模擬可能なモデルを使用しました。開口部は図1に示す通り、去り側レール変位が増加し、乗り移りに関して厳しい条件となるよう、列車進行方向の受け側の締結装置に近い位置としました。この条件で新幹線の直結軌道上を対象としてケーススタディを実施し、

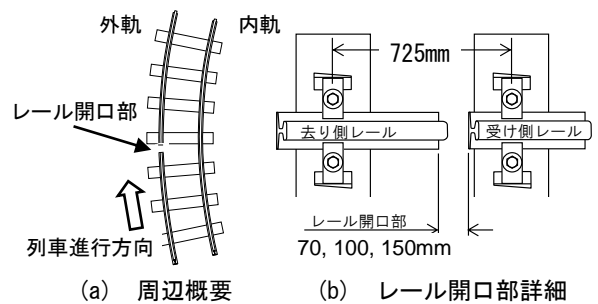


図1 レール開口部の設定

レール開口量、曲線半径、列車速度、軌道変位等がレール開口部通過時の車両・軌道に与える影響を確認しました。走行安全性の評価は、脱線係数が目安値0.8を超過する継続時間（以下、「脱線係数の目安値超過時間」と称します。）が15msec以内であり、レール頭部左右変位が5.2mm以下であることとしました。ただし、検討した全ケースでレール頭部左右変位は5.2mm以下となりましたので、脱線係数の目安値超過時間を中心に示します。

## 3. 検討結果

### 3.1 レール開口量

レール開口量の影響を線路線形と走行速度毎にまとめた結果を図2に示します。高速走行時はレール開口量が脱線係数の目安値超過時間に与える影響が小さいですが、低速走行時は顕著な影響が見られ、レール開口量が150mmの場合は目安値を越えるケースが確認されました。

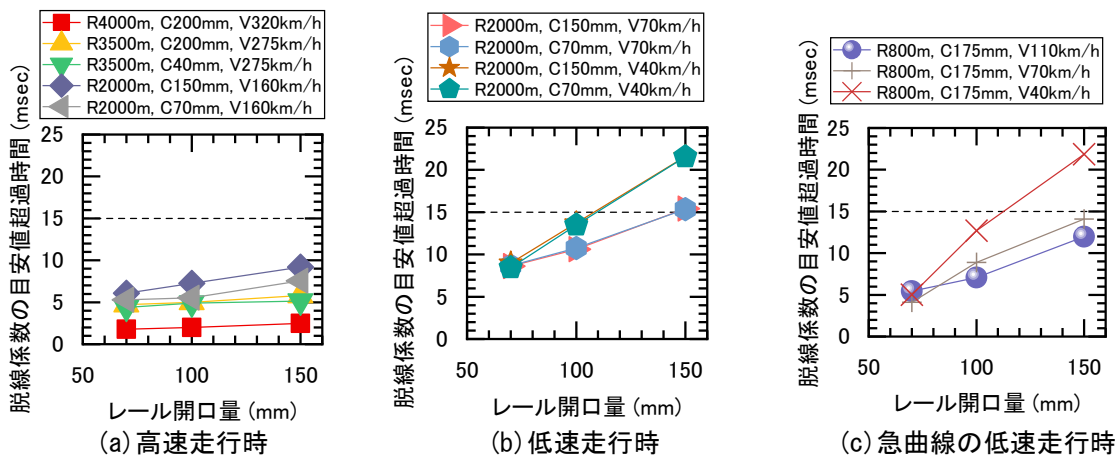


図2 レール開口部通過時の脱線係数の目安値超過時間の推移

### 3.2 軌道パッドのばね定数

レール支持剛性の影響を把握するため、軌道パッドの鉛直ばね定数を変化させた結果を図3に示します。低ばね定数化した場合、開口部通過時の車輪・レール間の接触力が低減するため、その後に発生する輪重抜けの継続時間が減少すると考えられます。レール開口量を現行の2倍以上の150mmまで拡大しない限り、脱線係数の目安値超過時間は15msec以下に収まりました。

### 3.3 軌道変位

軌道の影響を把握するため、曲線半径、カント、走行速度毎に変化させた結果を図4に示します。高速走行時のケースでは、軌道変位が脱線係数の目安値超過時間に与える影響が少ないものの、低速走行時のケースでは差が大きいことが分かりました。曲線半径が2000m以上では、軌道変位が脱線係数の目安値超過時間に与える影響が小さく、曲線半径800mのケースでは顕著な影響を与えることが分かりました。曲線半径800mでは、設定した軌道変位量が大きいことも要因の一つと考えられるため、管理基準を厳しくすることで、影響を小さくすることが可能です。

### 3.4 車両

車両条件による影響をまとめた結果を図5に示します。輪重アンバランスは走行安全性に影響を与えますが、新幹線の基準で良好に車両が整備された場合、輪重アンバランスは10%程度に収まり、影響は少ないと考えられます。検討した範囲内の軸ばね剛性やばね下質量の変化が走行安全性に与える影響は限定的で、車両形式が変わった場合でも、検討した範囲内の変更であれば走行安全上の問題は生じないと考えられます。ただし、現行の新幹線車両と著しく構造が異なる車両は本研究の対象外です。

### 4. まとめ

本研究では伸縮継目の設置条件を定量化し、新幹線のロングレール化範囲を拡大するため、軌道変位や車両種別等を考慮した温度下降時の破断時開口量の限度値を検討しました。得られた知見を基に、既設の伸縮継目を撤去することが可能となりますが、適用にあたっては、車両と軌道が現行の新幹線の基準で良好に整備されていることが前提です。

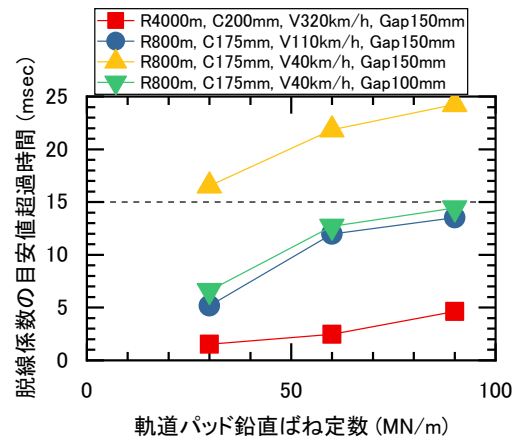
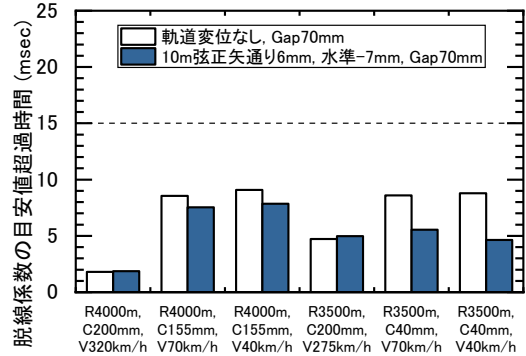
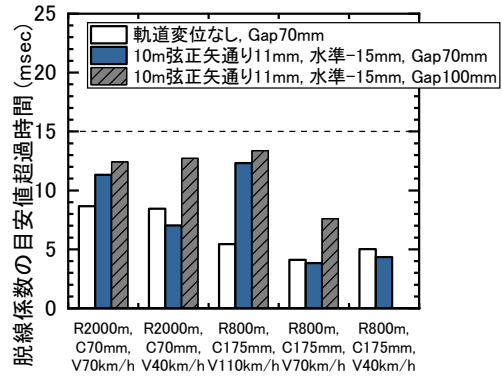


図3 軌道パッドの鉛直ばね定数の影響



(a) 高速走行区間



(b) 低速走行区間

図4 軌道変位の影響

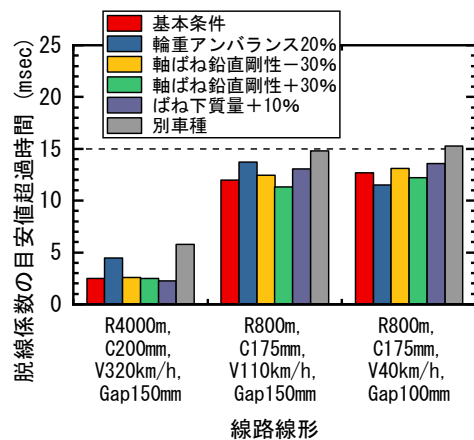


図5 車両条件の影響

執筆者：軌道技術研究部 軌道構造研究室 西宮裕騎  
 担当者：軌道技術研究部 軌道構造研究室 片岡宏夫



# 防災に役立つ気象データ（気象レーダーについて）

## 1. はじめに

鉄道沿線に設置されている主な気象観測機器としては、主に雨量計、風速計を挙げることができます。雨量計や風速計の配置間隔は約数 km～数 10km で、一般的にこれらの機器で観測された値を基に運転規制を発令しています。一方、気象庁などでは図 1 に示すように様々な分解能を持つ機器で気象観測を行っています<sup>1)</sup>。鉄道沿線に設置されている雨量計、風速計と同様に観測したポイントの気象要素を直接測定する地上気象観測（アメダス等）やラジオゾンデに加え、近年では気象レーダー、気象衛星、ウインドプロファイラなど、電波等を用いて間接的に気象要素の観測が可能となるリモートセンシング機器による広範囲の観測が行われるようになりました。これらリモートセンシング機器による観測データは雨量計や風速計などが設置されていない箇所情報を補間する有用なツールとして活用が検討されています。今回は、このうち気象レーダーの観測によって得られる気象データについて説明します。

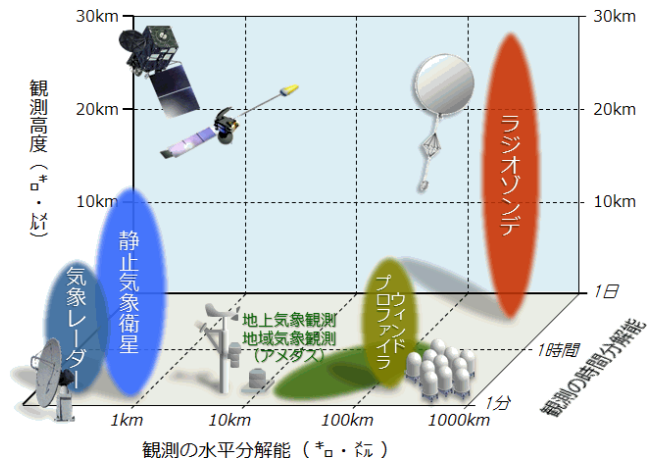


図 1 気象庁で用いられている観測機器の分解能と観測高度<sup>1)</sup>

## 2. 気象レーダーで観測できる情報

気象レーダーはアンテナから発射する電波が雨粒にあたって返ってくる反射波の情報から、半径数 10km～数 100km の範囲を観測するリモートセンシング機器です。反射される電波の強さ（反射強度）が雨粒が大きいほど強くなることを利用して、離れた場所の雨の強さを推定することが出来ます。また、ドップラー気象レーダーと呼ばれるレーダーでは雨の強さに加え風の観測が可能となります。反射された電波の周波数のずれ（ドップラー効果）を利用することでレーダーに対して近づくあるいは遠ざかる方向（視線方向）の風速（雨粒の移動速度）を観測します（図 2）。このレーダーの視線方向の風速をドップラー速度と呼びます。ドップラー速度はレーダーの視線方向のみの 1 次元の風速ですが、2 台以上のレーダーの観測データを組み合わせることで 2 次元の風向風速を推定することが出来るようになります。近年では従来のレーダーで発射していた水平方向に振動する電波（水平偏波）に加え、垂直方向に振動する電波（垂直偏波）を併せて発射する 2 重偏波レーダーが整備されてきています。この 2 重偏波レーダーでは水平・垂直偏波を組み合わせることで、電波を反射した物体の大きさや形を解析し、より精度の良い雨の強さの推定や降水粒子の種類（雨・雪・雹）の判別が可能となります。

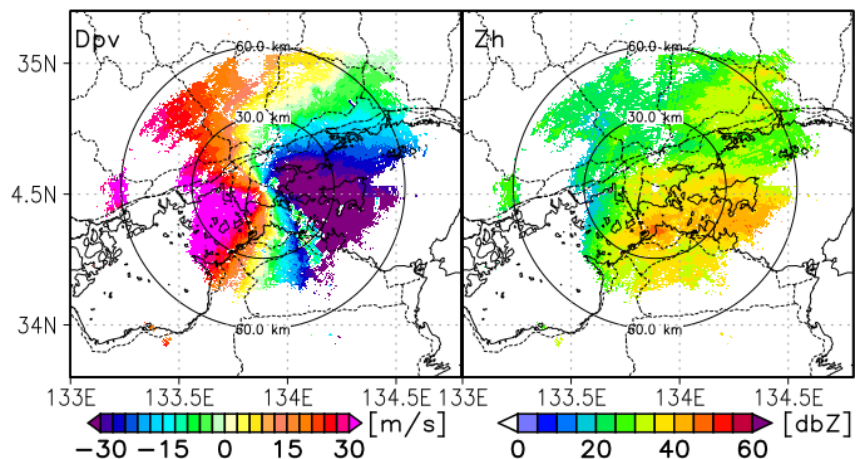


図 2 国土交通省のレーダー（XRAIN 常山局）で観測されたドップラー速度（左）と反射強度（右）※

ドップラー速度は暖色系（正の値）がレーダーから遠ざかる方向

### 3. 気象レーダーの観測を基に配信されている気象データ

国土交通省ではXバンド及びCバンドの2重偏波ドップラー気象レーダーを用いて、XRAIN(eXtended RAdar Information Network)と呼ばれる250mメッシュの雨量情報を1分間隔で配信しており、ウェブページやアプリでリアルタイムの雨量強度の分布を見ることができます。上記のXバンド、Cバンドとはレーダーが発射する電波の波長で、Cバンドに比べ波長の短いXバンドはより詳細な観測が可能となりますが、強雨域による減衰の影響を受けやすいという特徴があります。気象レーダーで観測される雨量(レーダー雨量)は雨量計で観測される雨量に比べ精度が落ちることがあります。これを補正するため、気象庁では全国に配備されたアメダス等の雨量観測データを用いて気象庁及び国土交通省のレーダー雨量を補正した1kmメッシュの雨量情報である気象庁解析雨量を30分間隔で配信しています(図3)。

近年増加している局地的短時間豪雨(ゲリラ豪雨)では数km~10数kmの大きさの雨雲によって短時間(数10分~1時間程度)に強い雨がもたらされます。この雨雲の大きさは雨量計の配置間隔より小さいことがあり、雨量計では捉えきれないこともあります。これらのレーダーを用いた気象データを雨量計と併用することで、局地的な雨を捕捉できるようになることが期待できます。

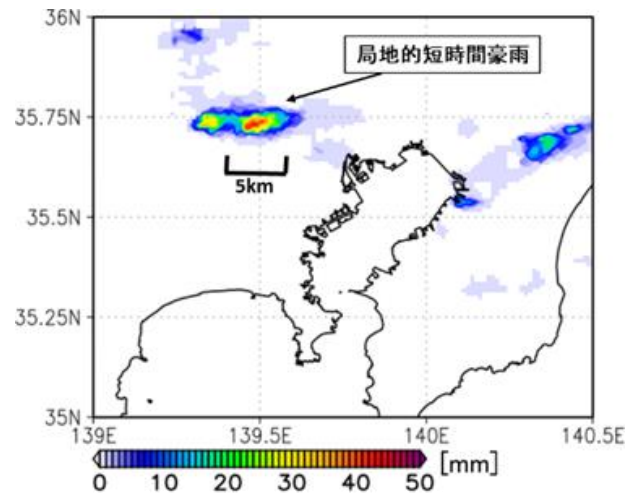


図3 気象庁解析雨量

これまで紹介したのは、過去及び現在の雨量に関するデータを配信するものですが、予測データを配信するものとしては気象庁高解像度降水ナウキャスト等があります。気象庁高解像度降水ナウキャストでは、レーダー雨量をアメダス等の観測値で補正した過去及び現在の解析値に加え、雨雲の動きを追跡することで30分後まで250mメッシュ、1時間後まで1kmメッシュの予測雨量データを配信しています。このような予測データを参考にすることで運転規制の解除時間を予想し点検計画を立てるなどダウンタイム短縮につながる利用法が考えられます。

### 4. おわりに

本稿では気象レーダーの観測によって得られる気象データについて説明しました。現行の雨量計や風速計による点の観測に加え、気象レーダーを用いた面の気象データを併用することで災害時のより詳細な気象状況の把握等が可能となることが期待されます。

### 参考文献

1)気象庁ホームページ:気象観測について、[http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kansoku/weather\\_obs.html](http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kansoku/weather_obs.html).  
 ※利用した XRAIN データは、国土交通省より提供されたものです。この利用したデータセットは、国家基幹技術「海洋地球観測探査システム」:データ統合・解析システム(DIAS)の枠組みの下で収集・提供されたものです。

執筆者: 防災技術研究部 気象防災研究室 高見和弥

担当者: 防災技術研究部 気象防災研究室 福原隆彰, 飯倉茂弘

**編集委員会からのお知らせ:2014年度より施設研究ニュースのpdfデータを鉄道総研HPに掲載いたします。詳しくは、鉄道総研HPのトップページから【研究開発】⇒【研究ニュース】⇒【施設研究ニュース】(<https://www.rtri.or.jp/rd/news/>)にアクセスしてください。**

発行者: 渡辺 勉 【(公財) 鉄道総合技術研究所 施設研究ニュース編集委員会 委員長】

編集者: 細田 充 【(公財) 鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部 レールメンテナンス】