

第45回

# 鉄道の強風監視

## はじめに

鉄道における現在の強風対策は、防風柵や防風壁の設置と、運転規制の大きく二つに分けることができます。防風柵や防風壁は線路の脇に取り付けられて、車両に当たる風の力を弱めるものです。一方、運転規制は、鉄道沿線

の風速があらかじめ定められたしきい値（規制風速）を超えたときに、規制区間内で車両を走らせない（運転抑止）あるいは徐行させ（速度規制）、規制風速を一定の時間下回っていることを確認した後、運転抑止や速度規制を解除するものです（図1）。運転規制を発令するかどうかの判断に用いられる風速は、鉄道沿線の規制区

ここでは、鉄道における強風監視と運転規制の変遷と、これらに影響を与えた風災害を振り返るとともに、今後の展望を紹介します。

## 鉄道の風災害

鉄道では発生した大きな風災害に少なからず影響を受けて、風に関する鉄道の規程類が制定されたり、変更されたりしてきたといえます。鉄道での過去の強風監視や運転規制の変遷についてはいくつかの文献<sup>1)2)3)</sup>などにまとめられています。表1に文献1)で記された強風監視の変遷と風災害のうち主なものを抜粋し、2000年以降の強風による鉄道での風災害を追記しました。表1で挙げたものだけでも、風災害は、日本国内のどこでも発生して

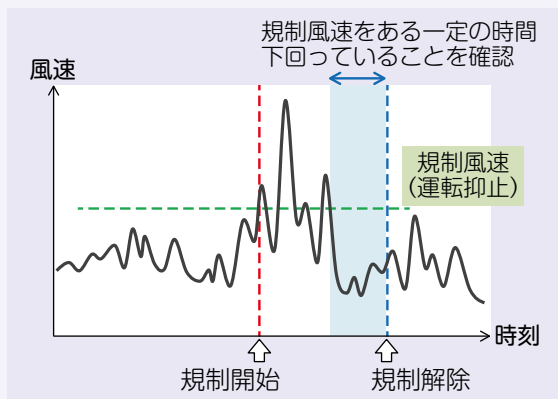


図1 風速の時間変化と運転抑止  
(速度規制の場合も同様)

間内に配置された風速計（規制用風速計）で観測されています。鉄道におけるこのような強風監視や運転規制は、ときとして発生する風災害や事故の経験を教訓として制定され、また時代に応じて変更されながら現在に至っています。

表1 鉄道における風監視の変遷の概要と主な風災害の一覧  
(藤井ら1995<sup>1)</sup>から風監視の変遷に関わりの深い風災害を抜粋、および追記<sup>3)4)5)6)</sup>)

強風監視の変遷概要	主な風災害 (【】内は災害発生箇所の現在の都道府県名および災害原因の種別を強風もしくは突風で表示)
番人による強風監視	1899年 日本鉄道本線（現東北本線） <sup>ほうき</sup> 箒川橋りょうから転落【栃木県、強風】
↓	1934年 東海道本線瀬田川橋りょうで脱線転覆など複数件【滋賀県など、強風】
風速計による強風監視	
CTC化・機械化により 風速計の新設と更新、 瞬間風速を用いた強風監視	1978年 帝都高速度交通営団（現東京地下鉄）東西線荒川中川橋りょうで列車脱線【東京都、突風】
↓	1986年 山陰本線余部橋りょうで脱線、落下【兵庫県、強風】
↓	2005年 羽越本線盛土で脱線、横転【山形県、突風】
↓	2006年 日豊本線南延岡駅構内で脱線、横転【宮崎県、突風】
突風への関心	

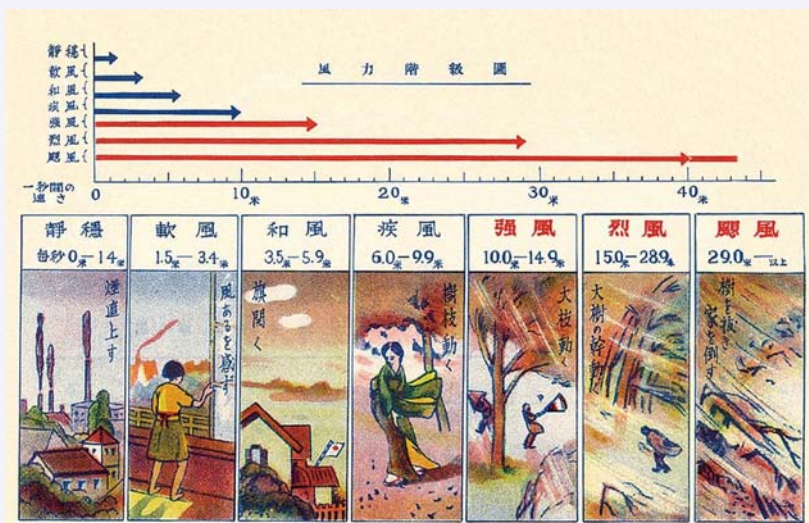


図2 風力階級図  
出典：「防災保線読本」<sup>8)</sup>，鉄道技術社発行

いることがわかります。また、災害の原因の種別（強風か突風か）を見ると、近年では強風だけではなく突風も目立ちます。ここで強風は台風や低気圧などに起因する水平方向の大きさが比較的大きな現象とし、突風は竜巻やダウンバーストなどに起因する水平方向の大きさが比較的小きな現象とします。風災害の件数は時代とともに減ってきています<sup>2)</sup>が、ゼロになっているわけではありません。これは、強風への対策が強化されて、強風による災害が減ってきた一方で、より水平方向の大きさの小さい竜巻やダウンバーストなどに起因する突風による災害が目立つようになったことも一因であると考えられます。

次節から文献1)を中心に、強風監視の変遷をたどっていきます。

### 番人による強風監視

1872年に日本で鉄道が開業してからおよそ30年後の1899年（明治32年）10月7日、日本鉄道本線（現東北本線）のほうき 帚川橋りょうで、走行中の列車が強風により転落する事故が発生しました（表1）。この事故は鉄道だけでなく、社

会全体にも大きな影響を与えました<sup>1)</sup>。そのため、当時、鉄道（行政）を所管していた通信省はその翌年の1900年（明治33年）8月に「鉄道運転規程（通信省令第34号）」を定めました。その中に強風監視や運転規制に直接関係する記述は見当たらないものの、第2条第3項では、列車を運転するうえで、鉄道沿線に番人を配置して特に注意が必要な区間を監視することが定められていました<sup>7)</sup>。そのため、当時の強風監視は、風力階級表を用いて番人が目視で判断していたと推測されます。図2は風力階級表をわかりやすく絵を用いて示したものです。一般的に、現在でも人が目視で風を測ろうとするときには、風力階級表に基づいて煙のたなびき方や木の揺れ方などを使って風速を推測する方法も採られます。

### 風速計による強風監視

1934年（昭和9年）9月21日、西日本一帯を襲った室戸台風により、東海道本線瀬田川橋りょうでの脱線転覆事故など、複数件の事故が発生しました（図3参照）。それらの事故がきっかけとなって規程類の整備が進み、風速計

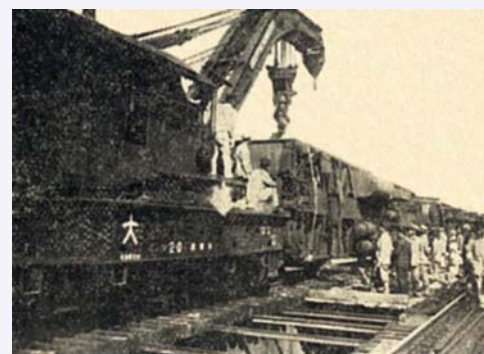


図3 強風で転覆した車両をクレーンで引き起こす様子  
出典：「防災保線読本」<sup>8)</sup>，鉄道技術社発行

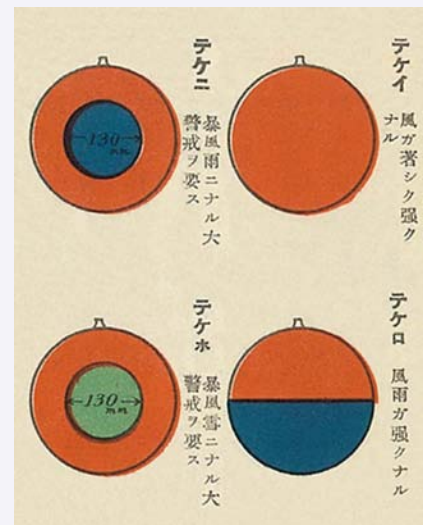


図4 気象告知板  
（次の出典より一部を抜粋。出典では「気象告知標板」と記載されている。「テケイ」「テケロ」「テケニ」「テケホ」は電報の際に使う略号）  
出典：「防災保線読本」<sup>8)</sup>，鉄道技術社発行

と規制風速に関する具体的な記述がなされるようになりました。また、この頃の風速計は、平均風速用の「甲種風速計」と瞬間風速用の「乙種風速計」などに区別されており、風監視には平均風速と瞬間風速が混用されていました。1938年（昭和13年）に発行された「防災保線読本」<sup>8)</sup>によると、風の強い箇所

に風速計を設置していたこと、警戒を要する箇所に人員を配置していたことから、風速計の観測値は人により伝達されていたと考えられます。

「防災保線読本」<sup>8)</sup>によると、1935年（昭和10年）に「鉄道気象通報心得

(達第938号)」が制定され、風災害を防ぐために風速計による強風監視に加えて中央気象台(現在の気象庁)から運輸局が気象通報を受けて、そこから鉄道の業務に従事する係員へ気象情報を伝達する体制が整えられました。図4に示したのは、気象告知板と呼ばれるものの例で<sup>8)</sup>、9つあるうちの4つを示しています。これを使って、鉄道の業務に従事する係員へ気象情報が告知されました。風はもちろん、雨や雪も告知の対象となっていたことがわかります。気象告知板で用いられる色や形はその後変化し、また使用されている箇所数も減りましたが、現在でも一部の鉄道会社で使用されています。

このように風速計が配置され、気象情報の伝達方法について整備されてきました。

### 瞬間風速を用いた強風監視

室戸台風による鉄道事故以降採用されるようになった風速計による強風監視では、平均風速と瞬間風速のどちらも使われていました。1949年(昭和24年)には日本国有鉄道が発足し、

1950年代以降にはCTC(Centralized Traffic Control, 列車集中制御装置)化などが進められました。それに伴って、風速計の新規導入と更新が行われたときに、瞬間風速を観測する風速計が導入されました。これにより、多くの箇所では瞬間風速が、順次、運転規制に用いられることになりました。

### 規制区間内での強風監視箇所

こうして強風監視に風速計が用いられ、運転規制には瞬間風速が用いられるようになりました。よりの確に運転規制を行うためには、規制区間内で最も風が強い箇所に規制用風速計を設置することが重要です。そして、規制区間内で最も風が強くなる箇所を探すためには、鉄道沿線での風速を知る必要があります。

1961年(昭和36年)に発行された「風一暴風と電車線路」<sup>9)</sup>では風の知見がまとめられており、当時の気象庁による日本各地の測候所や気象台の観測値を使って、鉄道沿線における風速の50年再現期待値(50年に1回の割合で吹く風)が求められました。風速の推

定値を求めるときに、この文献9)の中では、地形の特徴を表す数値(地形因子)を考慮に入れています。地形因子には、高度、起伏度、陸度、海岸度、開放度、走向、適用地域区分の7つがあります。そのうちの適用地域区分とは、図5左に示す通りで、高さ1,000m以上の山岳地帯のほか、1,000m未満の地域を32に区分し、合計33に区分したものです。そして、この33の区分は例えば図5の丸で囲んだ数値で表されており、当てはまる区分それぞれについて風速が変換されます。地形因子を用いて風速の50年再現期待値を算出した結果は、図6に示す通り、鉄道沿線で風が強くなる箇所がわかるように提示されています。

近年は計算機技術が発達してきており、気象の数値シミュレーションを用いた方法でも、観測値をもとにして風速を推定できるようになりました。鉄道総研でも、数値シミュレーションと地形因子解析を組み合わせ、鉄道沿線で風が強くなると考えられる箇所を示し、風速計が必要となる箇所を特定する方法を提案しています<sup>10)</sup>。

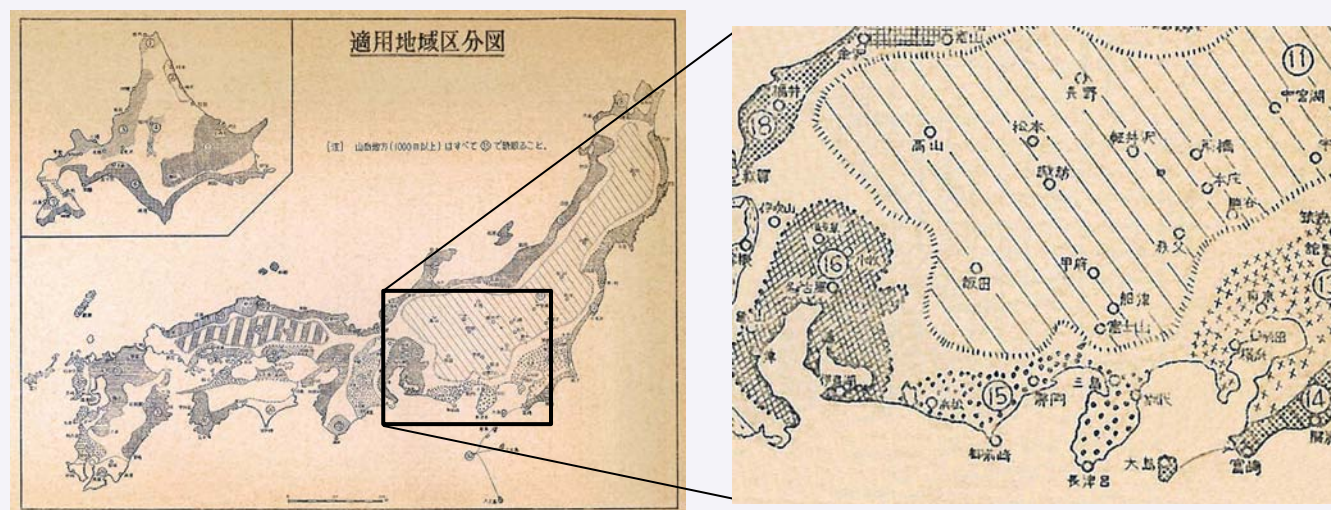


図5 「適用地域区分」  
 (右図は左図の拡大図で、図中の丸で囲んだ数字は適用地域区分の番号)  
 出典:「風一暴風と電車線路」<sup>9)</sup>、社団法人日本鉄道電化協会発行

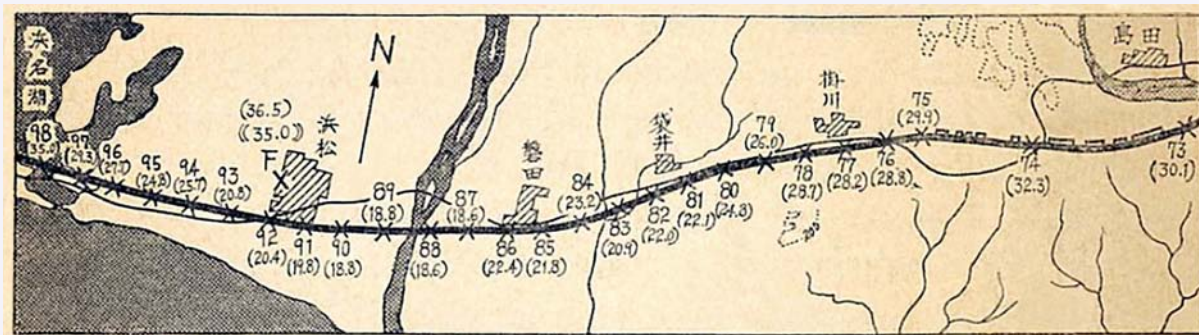


図6 1961年当時推定された鉄道沿線の風速の50年再現期待値(一部を抜粋)

(太線は新幹線, 新幹線に沿った細線は在来線)

出典:「風一暴風と電車線路」<sup>9)</sup>, 社団法人日本鉄道電化協会発行

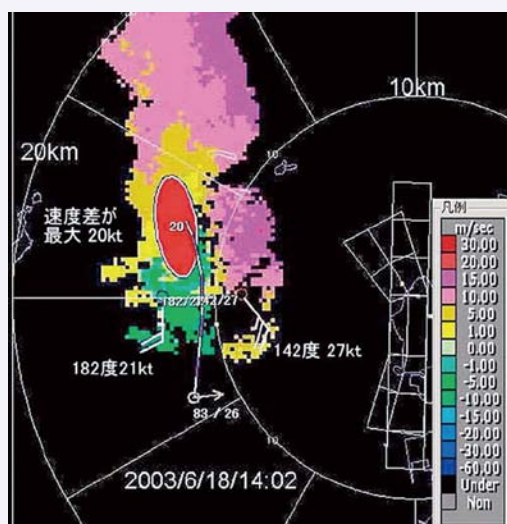


図7 ドップラーレーダーによる風の可視化例 (着色部分がドップラーレーダーで測定した風速で, 暖色系がレーダーから遠ざかる速度, 寒色系がレーダーに近づく速度を示す。)

出典:「突風を探知する」<sup>12)</sup>, RRR

## 今後の展望 ～強風と突風の監視～

2005年(平成17年)12月25日に羽越本線で列車が脱線, 横転しました<sup>5)</sup>。また, その翌年の2006年(平成18年)9月17日には日豊本線で列車が脱線, 横転しました。どちらも原因は突風とされています<sup>6)</sup>。これらの事故は2006年に北海道佐呂間町で発生した突風による被害事例と合わせて, 強風だけでなく突風にも社会的な関心が集まるきっかけになったとも考えられます。

これらの突風の原因とされる竜巻やダウンバーストなどの気象現象は, 強風の原因となる台風や前線, 低気圧といった気象現象に比べて, 水平方向の大きさが小さく, 発生から消滅までの時間が短いという特徴があります。そのため, 竜巻やダウンバーストなど突風をもたらす気象現象を観測することそのものが難しいとされてきました。

しかし, 近年, 竜巻やダウンバーストなどの気象現象の解明に関する研究が進んだことと, ドップラーレーダーなどの観測技術が発達したことから, ドップラーレーダーを用いた突風の検知への期待が高まっています。一部の鉄道会社では, ドップラーレーダーを使った突風を探知するシステムのプロトタイプを作成し, 研究を進めています<sup>11)</sup>。ドップラーレーダーを使うと図7に示すように, 突風や強風をもたらすように風の面的な分布を得られ, 上空の雲が移動する様子を知ることができます。今まで見えなかった風を可視化することで, 風の対策を行う場所と時間を推測し, 突風の検知だけでなく, 強風のより適切な検

知も期待できます。

今後は, ドップラーレーダーをはじめとする風速計以外の観測機器による情報も活用し, 鉄道の強風や突風の監視に役立てていくことが望ましいと考えられます。

(谷本早紀/防災技術研究部  
気象防災研究室)

## 文献

- 1) 藤井昌隆, 藤井俊茂, 村石尚: 強風時の運転規制の歴史, 鉄道総研報告, Vol.9, No.3, pp.43-48, 1995
- 2) 今井俊昭, 島村泰介, 福原隆彰, 藤井俊茂: 新しい強風監視方法の考え方, RRR, Vol.62, No.2, pp.6-9, 2005
- 3) 荒木啓司, 日比野有, 鈴木実: 列車運行と強風規制, 日本風工学会誌, Vol.40, No.1, pp.10-16, 2015
- 4) 帝都高速度交通営団: 東西線荒川中川橋りょう列車脱線事故原因調査結果報告書, 1978
- 5) 運輸安全委員会: 鉄道事故調査報告書(RA2008-4), 2008
- 6) 運輸安全委員会: 鉄道事故調査報告書(RA2008-6), 2008
- 7) 日本国有鉄道: 日本国有鉄道百年史, 第3巻, 日本国有鉄道, 1971
- 8) 鉄道省工務局: 防災保線読本, 鉄道技術社, 1938
- 9) 電車線路風害対策委員会: 風一暴風と電車線路一, 社団法人日本鉄道電化協会, 1961
- 10) 荒木啓司, 福原隆彰, 島村泰介, 今井俊昭: 数値解析手法を用いた鉄道沿線における強風箇所の抽出方法, 鉄道総研報告, Vol.24, No.5, pp.29-34, 2010
- 11) 藤原忠誠, 鈴木博人: ドップラーレーダーを用いた突風探知システムに関する研究, JR EAST Technical Review, No.45, pp.29-34, 2013
- 12) 楠研一, 猪上華子: 突風を探知する, RRR, Vol.65, No.12, pp.8-11, 2008