

S7-1-6 風向を考慮した強風警報システムの検討

A High Wind Alert System for Railway Operation control using wind velocity and direction

正 [土] ○松沼 政明 (JR 東日本研究開発センター安全研究所)
 正 [土] 島村 誠 (JR 東日本研究開発センター安全研究所)

Masaaki MATSUNUMA, Safety Research Laboratory,
 Research and Development Center of JR East Group
 2-0, Nisshin-cho, Kita-ku, Saitama City
 Makoto SHIMAMURA, Safety Research Laboratory,
 Research and Development Center of JR East Group

East Japan Railway Company has been developing an intelligent high wind alert system and has been using it for train operation in some lines. This system is designed to protect trains from extreme crosswind hazard. The system works with continuous data of wind velocity and direction, and makes short-term prediction of effective peak wind velocity based on the methodology of time series analysis. As a result of test calculation, it is expected that the system can decrease the time of train suspension and slowdown by substantial degrees.

Keyword: railway operation, wind hazard, the train operation control

1. はじめに

強風時の列車運行の安全性を確保するために、線路沿線に設置された風速計の観測値により列車の運転規制を行っている。JR 東日本では、観測風速値があらかじめ定めた規制値に達した時点で運転規制を発令し、規制値を下回った時点から 30 分間経過するのを待って運転規制を解除する「30 分ルール」により運転規制を行ってきた。一方で、このルールは、一瞬だけ規制値を超過する風速でリスク低減効果が期待できないような場合にも不必要に運転規制を継続し、輸送障害を増大させる問題があったことから、風速の時系列から予測した短時間先の風速の上限値を用いた「強風警報システム」を開発し¹⁾²⁾、一部線区で実用化した。

さらに、車両に作用する風圧力を正しく評価するためには、風向を考慮する必要があることから、本稿では、風向を考慮した強風警報システムについての検討について述べる。

2. 強風警報システムにおける予測ルール

強風警報システムにおける予測ルールでは、「トレンドモデル」³⁾と呼ばれるアルゴリズムを用いた時系列予測により求めた、短時間先までの上限風速と、観測風速を用いて次のように規制判断を行う。

- ・ (上限風速 \geq 規制風速) または
 観測風速 \geq 規制風速 \rightarrow 規制発令……………(式 1)
- ・ (上限風速 $<$ 規制風速) かつ
 観測風速 $<$ 規制風速 \rightarrow 規制解除……………(式 2)

3. 風向を考慮する方法

図 1 に示した風向角について転覆限界風速を計算した例によると、図 2 に示すように、線路に対して浅い角度の風は、列車の脱線、転覆への影響が小さいことが小さいことが知られている。このことから、観測風速に風向を考慮した係数を乗じた実効風速を定義した(式 3)。

《実効風速》 = 《風向係数》 * 《観測風速》……………(式 3)
 また、強風警報システムによる計算には、観測風速にか

えて、(式 3)による実効風速を用い、規制判断(式 1, 2)に対しては(式 4, 5)にもとづいて規制判断を行う。

- ・ (上限風速 \geq 規制風速) または
 実効風速 \geq 規制風速 \rightarrow 規制発令……………(式 4)
- ・ (上限風速 $<$ 規制風速) かつ
 実効風速 $<$ 規制風速 \rightarrow 規制解除……………(式 5)

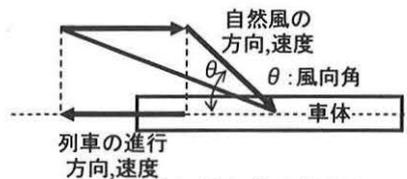


図 1 風向角の定義⁴⁾

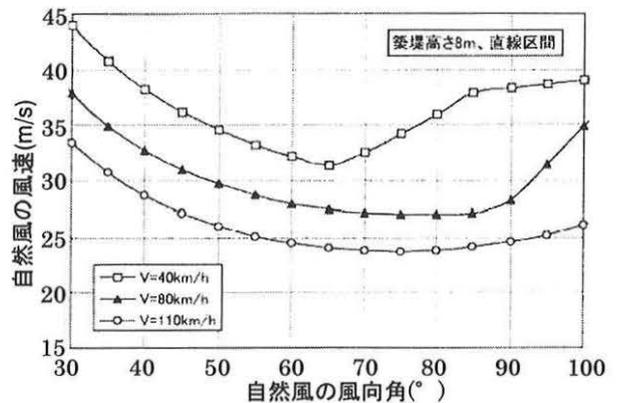


図 2 風向角と転覆限界風速の関係⁴⁾

4. 風向係数の決定方法

列車の転覆に影響が大きい風向は、図 2 に示すとおり、必ずしも車両に対して直角方向とは限らず、風向係数を正弦係数として考慮したのでは不十分である。そこで、転覆限界風速曲線のうち、走行速度 110km/h の曲線を考慮して、風向係数を定めた。

5. モデル線区での適用計算例

5.1 対象区間・対象期間

東北本線藤田-貝田間の強風対策として、風向を考慮した強風警報システムを導入した場合の効果について、試算を行った。当該区間では、2004年2月～2005年1月まで、図3に示す4箇所において風況の観測を実施した。図4は図3中地点A～Dについて1分間最大瞬間風速が25m/s以上となる風向風速についての分布を示したものである。現行風速計が設置されている地点Bにおける25m/s以上の強風の観測頻度が最も高く、また、風向(但し16方位)では、WSW系が最も高い割合を占めた。また、当該区間において現行、運転規制判断に用いている3杯式風速計は、地点Bと同一地点に設置されており、風速計設置地点の妥当性について矛盾しない結果となった。



図3 モデル区間(東北本線藤田貝田間)

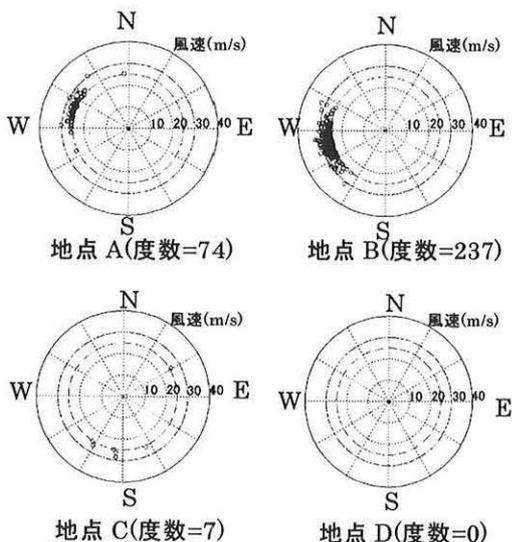


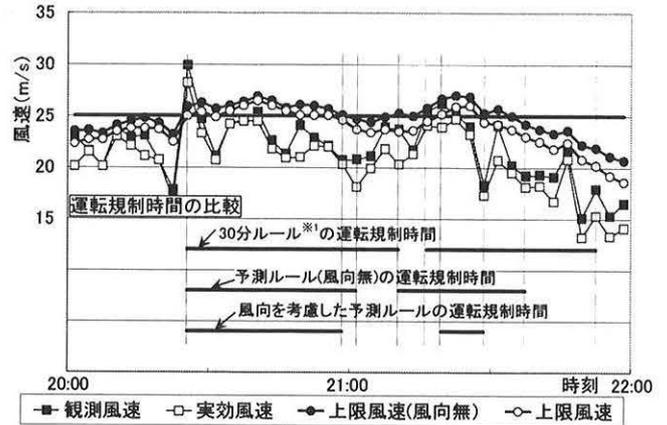
図4 風速25m/s以上の観測頻度(1分間最大瞬間風速)

5.2 強風事例

図5,6の各グラフにおいて、横軸は時刻、縦軸は風速を表す。また風速25m/sの太線の水平目盛は規制風速、折線は3分間毎の観測最大風速、実効風速、風向を考慮しない予測プログラムによって算出した当該時刻から21分先までの最大風速:「上限風速(風向無)」,そして、同じく風向を考慮したもの:「上限風速」の、それぞれ時系列であり、グラフ下部の水平な二本の線は、上述の現行および予測ルールによる運転規制継続時間を示す。

図5は2004年2月23日の強風事例である。この例は現行の30分ルールと比較して、予測ルールを適用した場合には、運転規制時間が減少し、風向を考慮することで、さらに運転規制時間が短縮する結果が得られた。

また、図6は風速の時系列とは無関係な大きな強風が突然短時間だけ発生するパターンで、しかも風向が線路に対して浅い角度であった例である。実効風速が規制値に達していないことから風向を考慮した場合には規制は発令されない例である。



※1:規制値を下回った後30分間規制を継続
図5 強風事例(2004年2月23日)

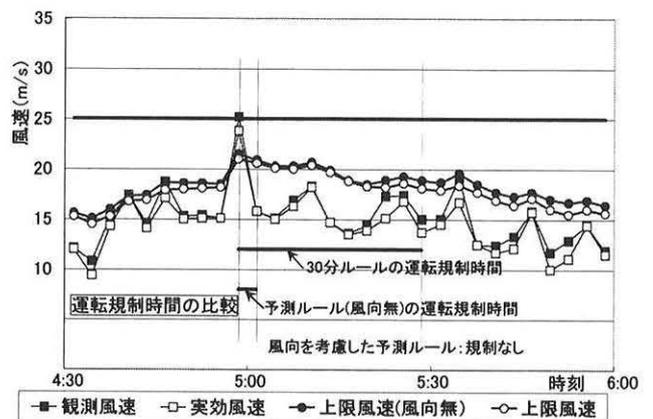


図6 強風事例(2004年11月13日)

6. まとめ

強風警報システムに関して、観測風速に風向係数を乗じた実効風速を用いることにより、風向を考慮する検討について紹介した。風向係数を定め、実効風速を用いることで、風向を考慮しない強風警報システムを用いた場合よりも運転規制継続時間は短縮することが考えられる。また、モデル線区の強風事例について、風向を考慮した強風警報システムを適用した場合の運転規制状態について確認した。

参考文献

- 1) JR東日本安全対策部, 安全研究所: 強風時の列車運転規制方法に関する技術検討会報告書2004.2
- 2) 島村誠: 強風警報システムの開発と効果検証: JREA Vol.48 No.6, 2005
- 3) 北川源四郎: FORTRAN77 時系列解析プログラミング, 岩波書店, 1993
- 4) 日比野有: 横風による車両転覆に関する条件: RRR Vol.60 No.8, 2003.8