

## 強風の特徴からみた運転規制方法の妥当性の検証

### 1. はじめに

強風時の運転規制の基本は、沿線に配置された規制用風速計が規制値以上の風速を観測したことにより規制（徐行、抑止）を開始し、風速が規制値を下回ってから、その状態が一定時間継続したことを条件に規制を解除する、というものです。本稿では、規制を解除する際の条件である「風速値が規制値を下回り続けている一定時間」のことを「様子見時間」と表記します。

JR西日本の在来線では、全ての線区、停車場構内を含む全ての駅間を強風時の運転規制区間に割り当てているとともに、原則として規制値を $25\text{m/s}$ 、様子見時間を15分間とすることを災害時運転取扱手続に規定し、この規制基準を、管内の規制区間で一律に適用しています。全ての規制区間に同一の規制基準を適用し、規制基準とその運用方法を統一しておくことは、強風下を走行する車両の安全に直結する強風時運転規制の実運用の場面において、ヒューマンエラー防止の観点からも非常に重要と考えています。その一方で、個々の規制区間で生ずる様々な風の吹き方を過不足なく考慮した規制基準を一律に整備することには限界があります。例えば、前線を伴った低気圧の通過前後では、風が強くなった後に一旦風が弱まるものの、「風の吹き戻し」と呼ばれる現象により再び風が強くなる場合があります。このような「風の吹き戻し」の影響を受けやすい規制区間では、様子見時間が経過して運転を再開したものの、その直後に再び規制値以上の風速が観測されて運転規制の手配を再び行うことが多く、運転規制を指示する輸送指令員や、また指示を受け運転する乗務員の負担が大きくなります。このような規制区間では、様子見時間を長く採ることで、断続的な規制の開始と解除の繰り返しをある程度は解消できる可能性があります。その一方で、様子見時間を長く採るほど、規制を解除するまでの時間が機械的に長くなることは自明です。「風の吹き戻し」の影響を受けにくいような規制区間に長い様子見時間を適用することは、人為的に輸送障害を増大させる要因にもなってしまいます。

現在多用している15分という様子見時間は、過去に発生した列車の脱線転覆事故などを教訓にしつつも経験的に定められたものであり、災害時運転取扱手続を所管する安全推進部でもその妥当性の評価に苦慮していました。そこで、強風時運転規制が発令されるような強風の特徴の分析を通じて、現行の様子見時間の妥当性を検証することを試みました。本稿では、この検証の方法と結果についてご紹介します。

### 2. 強風区間と一般区間の区分

JR西日本では、在来線の沿線に計205基の規制用風速計を配置し、日々の強風監視を行っています。そこで、今回の様

子見時間の検証には、これら205基の規制用風速計で4年間にわたり観測された風速データを用いることとしました。この風速データから強風時の風速データを抽出し、その特徴、具体的には先に述べた「風の吹き戻し」がどのように発生しているかを分析し、15分という様子見時間が適切かを検証することとしました。

ここで、強風時の「風の吹き戻し」を調べるにあたり、各風速計を「強い風が多く発生する区間（以下、「強風区間」と表記します）」に位置する風速計と、それ以外の区間（以下、「一般区間」と表記します）に位置する風速計に、それぞれ区分することとしました。これは、日々の強風時運転規制を運用するなかで、より強い風がより多く発生する区間、逆に強い風が稀にしか発生しない区間など、それぞれの区間にそれぞれの区間ならではの風の吹き方、風の吹き戻し方があるのではないかと、経験的に得ていた推測が正しいかどうかを確認したいと考えたからです。

そこで、規制値に採用している $25\text{m/s}$ を強風の閾値にとり、各風速計で得た風速データから $25\text{m/s}$ 以上の発生頻度 $F$ を求めました。さらに、205基分の $25\text{m/s}$ 以上の発生頻度 $F$ からその平均 $\mu$ と標準偏差 $\sigma$ を求め、これらを用いて強風区間と一般区間の区分を試みました。その結果、 $\mu+2\sigma$ を閾値としてこれ以上の発生頻度 $F$ が確認された風速計を強風区間に位置する風速計、これ未満を一般区間に位置する風速計と区分すると、12基（205基の約6%）が強風区間に位置する風速計と判定されました（図1）。これら12基の風速計が受け持つ12の規制区間は、これまで強風時の運転規制が頻発するため、防風柵の設置と規制値の引き上げといった個別の強風対策が採られている規制区間の約80%を網羅しています。即ち、205基分の $25\text{m/s}$ 以上の発生頻度 $F$ からその平均 $\mu$ と標準偏差 $\sigma$ を用いて統計的に判定した強風区間と、運転規

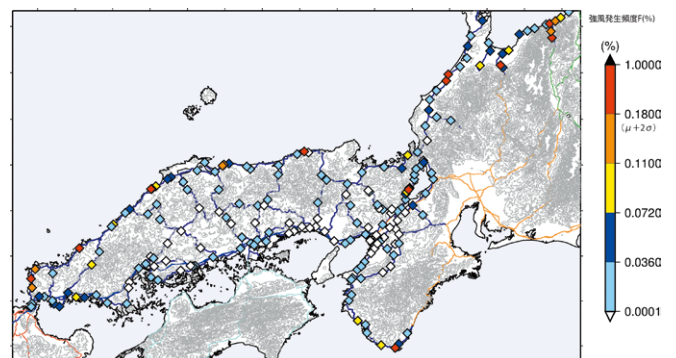


図1：JR西日本管内の規制用風速計データから求めた強風発生頻度分布  
(平均 $\mu=0.036$ 、標準偏差 $\sigma=0.073$ )



制実績に基づいて強風対策が採られた区間は概ね整合していたことが確認できました。この結果を受け、様子見時間の妥当性は、統計的に判定した強風区間と一般区間とに区分して検証することとしました。

### 3. 強風事例における風速回復傾向の分析と様子見時間の妥当性の検証

様子見時間の妥当性を検証するにあたり、205基の風速計で規制値(25m/s)以上を観測した風速の時系列データ(以下、強風事例と表記します)を抽出したうえで、規制値以上の風速が規制値未満となった時刻を $t=0$ として、再び規制風速以上となるまでの時間(以下、風速回復時間と表記します)  $dt$ を統計分析しました(図2)。

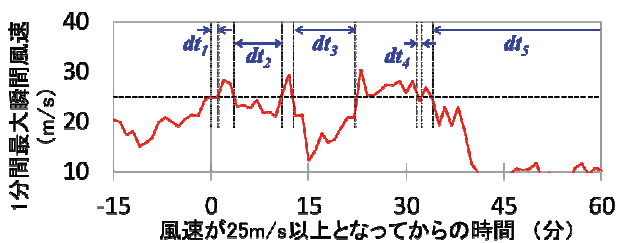


図2：風速時系列データと風速回復時間  $dt$  の取り方の概念図

(本図では、5つの風速回復時間  $dt$  が統計分析の対象となる)

今回、4年間にわたる205基の風速記録から強風事例を抽出した結果、13,473例(強風区間6,867例、一般区間6,606例)の強風事例を得ました。これらの強風事例に対して風速回復時間を統計分析し、その頻度を累積発生頻度の形で表したものが図3です。同図より、強風区間と一般区間では風速回復時間に違いがあり、一般区間よりも強風区間のほうがより短時間に風速が規制値以上に回復しやすい傾向にあることがみてとれます。風速回復時間として15分を例にとると、強風区間では6,867例の強風事例のうち76%が、一般区間では6,606例の強風事例の65%が15分以内に再び25m/s以上となっていたと解釈されます。

さて、この風速回復時間の累積発生頻度の曲線ですが、風速回復時間15分程度を境に、その増加割合が大きく鈍化しています。例えば、風速回復時間を30分とすると強風区間での累積発生頻度は83%、一般区間でのそれは72%であり、前述の15分の場合と比較しても強風区間、一般区間ともに7%しか増加していません。このことは、様子見時間を15分から30分に倍増したとしても、断続的な規制の開始と解除の繰り返し

返しが解消される割合は全強風事例の7%であり、様子見時間を長くとしたとしても、それと比例した効果が得られるわけではないことを示唆する結果です。

このことから、強風の特徴、即ち強風事例における風速の回復時間の特徴からみると、強風区間、一般区間のいずれにおいても15分以上の様子見時間を設定しても、断続的な規制の開始と解除の繰り返しを減少させる効果は大きくなく、換言すると現行の様子見時間15分は概ね妥当な設定であると結論づけました。

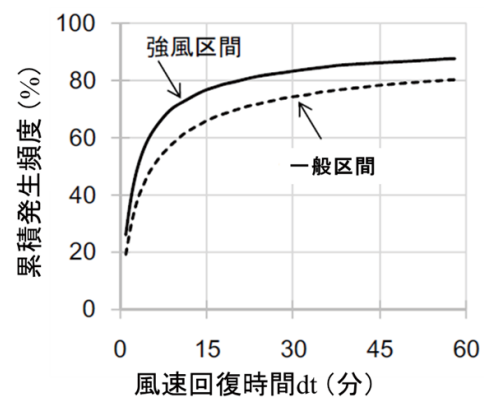


図3：強風区間と一般区間における風速回復時間の累積発生頻度

### 4. おわりに

JR西日本では発足以降、強風が原因である大きな事故はほとんど発生していません。これは防風柵の設置等のハード対策のみならず、運転規制を確実に実行してきた結果といえます。その一方で、運転規制値の設定は、これまでの経験を拠り所としていたことは否めません。また、風はその時間的、空間的な変動幅が大きいため、時々刻々変化する将来の風速を確定的に予測することは困難であること、そもそも風が不可視であること等も相まって、運転規制方法の妥当性を客観的に評価することが困難でした。

今回の検証によって、風の特徴を踏まえた上で、現行の様子見時間の15分が概ね妥当であると評価されたことは、JR西日本の強風運転規制にとって大きな進歩であると考えます。今後も引き続き、このような検証を積み重ねて強風時の運転規制方法の適正化を図り、強風による事故の防止に努めて参ります。

最後になりましたが、本検証に際し、また本稿の作成について多大なご支援を賜りました、公益財団法人鉄道総合技術研究所の研究者の皆様へ篤く御礼申し上げます。