

強風警報システムの開発と実用化



島村 誠* 松沼 政明*

強風時における列車運行の安全性を確保するため、速度制限や運転の一時見合わせなどの運転規制が行われる。これらの運転規制決定を支援するため、JR東日本では強風警報システムの開発に取り組み、強風事例データを用いたシミュレーションや実運用を模擬した機器のモニターラン、さらに学識経験者を交えた技術検討会の審議を通して導入効果の検証を行ってきた。本システムは、京葉線において2005年8月より運用開始され、今後も順次、全社的に拡大していく予定である。本稿ではこのシステムの概要および開発経緯について紹介する。

●キーワード：風害、列車運転規制、風速予測、時系列解析

1 現行の強風時運転規制ルール

JR東日本における強風時の列車運転規制決定は、沿線に設置された三杯式風速計で観測された瞬間風速値にもとづき、次のように行われている。

これは1986年12月28日に発生した山陰本線余部橋りょう



図1 山陰本線余部橋りょう事故写真-1



図2 山陰本線余部橋りょう事故写真-2

うでの強風による列車転落事故（図1、2）の反省を踏まえてルール化されたものである。

- ・規制風速以上の強風を観測した時点で運転規制を発令。
- ・連続した30分間に規制値を超える風速が一度も観測されなかった場合に運転規制を解除。

上記のルールはきわめて簡明なため、係員にとって取り扱いのしやすさの点で大きな利点があるが、一定期間の風速の増加・減少傾向を考慮することなく瞬間風速だけにもとづくルールであるため、ほんの一瞬だけ規制風速を超過する突風のように、運転規制を行ってもリスク低減の効果がほとんど期待できない場合においても最低30分間にわたって運転規制が発令されてしまい、不必要な輸送障害を引き起こすという不都合がある。

2 風速予測手法の開発

2.1 風速予測手法の調査

このような問題を改善する方法として、何らかの方法で列車が運転規制区間を通過中に危険な強風にさらされる可能性の大きさを推定し、それにもとづいて運転規制の必要性の有無を判断するというルールを採用ことが考えられる。そこで、実用的な風速予測を実現するために有効と考えられる幾つかの代表的な手法について概観し、列車運転規制への適用性について検討した(表1)。

これらの結果から、予測目標を突風の出現予知ではなく高々数十分間先までの強風の吹き止み傾向の判断に絞るなら、既存の沿線風速計で観測した風速データにもとづく時系列解析を用いた風速予測が最も実用性の高い方法であることが明らかになった。

2.2 時系列解析にもとづく風速予測手法の開発

時系列解析は、不規則な変動をとまなうシステムの同定、予測、制御等に幅広い分野で用いられている。それらに用いられる代表的なモデルについて、列車運転規制で問題となる風速レベルおよび予測時間範囲の様々な風速データにもとづいて検討した結果、予測の精度および頑健性、モデル構造およびアルゴリズムの単純性、方法

論の認知度、普及性等の観点から以下に述べるトレンドモデル¹⁾が優れたモデルであることが明らかになった。

トレンドモデルでは、等時隔離散時間で観測される風速時系列 $Y = \{y_0, y_1, y_2, \dots\}$ の期における観測値 y_i が、直接には観測できないトレンド成分 x_i と平均0、分散 σ^2 の正規分布に従う観測雑音 w_i との和からなることを仮定する。

$$y_i = x_i + w_i, \quad w_i \sim N(0, \sigma^2) \quad \dots\dots\dots(1)$$

また、トレンド成分は次のような確率差分方程式で表現される。

$$\Delta x_i = x_i - x_{i-1} = v_i, \quad v_i \sim N(0, \tau^2) \quad \dots\dots(2)$$

以下にこの風速予測の計算手続きについて説明する。(図3、4参照)

【ステップ1】

風速計によって風速が測定され、一定時間(3分間)毎の最大瞬間風速が予測システムに送られる。

予測システムは、3分毎の最大瞬間風速にもとづき以下の計算を行う。

【ステップ2】

式(1)および(2)に逐次的な最小2乗推定アルゴリズムであるカルマンフィルタを適用することにより、時刻 i の観測風速 $y_{i|t}$ から1期先2期先、…の予測風速 $y_{i+1|t}$ 、 $y_{i+2|t}$ 、…を計算する。

表1 風速予測の手法及び適用性

| 予測手法 | 特徴 | 運転規制への適用性 |
|------------|---|--|
| 気象学的手法 | マクロな大気循環モデルと場所ごとの地形その他の要因を考慮したミクロな詳細気象物理モデルにもとづく予測手法。 | 予測モデルの開発や気象観測網等の設備が大掛かりとなり、通常の観測体制では実現できない。 |
| リモートセンシング | 風向、風速の面的分布を測定できる特殊な観測装置を用いて各地点の風速を予測する。 航空分野において、ダウンバーストのような突発的な強風の予知に利用されている。 (ドップラーレーダ) | 線状の範囲を有する鉄道に適用するには大掛かりな装置が必要となる。 |
| エキスパートシステム | 各地点周辺で過去に集められた風向、風速および種々の気象条件の対応データや気象関係者の知見を系統的に整理し、それにもとづき予測を行う。 | 予測根拠となる知識データベースの構築に要する時間、費用が大きい。 |
| 時系列解析 | 時間の経過に沿って採られたデータの相互依存性に着目して予測を行う。 | 通常の観測設備だけを用いて、客観的、定量的な予測が可能。 突発的な強風の予知は不可能。 |

【ステップ3】

時刻 $i+1, i+2, \dots, p$ に観測風速 $y_{i+1|i+1}, y_{i+2|i+2}, \dots, y_{i+p|i+p}$ が得られると、それぞれを予測値と比較することにより時刻 i における1、2、 \dots, p 期先予測の誤差が評価される。

【ステップ4】

メモリに格納されたデータにもとづき予測誤差分布の標準偏差を求める。

【ステップ5】

前ステップで評価した誤差を標準偏差にもとづき、 p 期先における観測風速が予測風速を超過する確率がある一定値に収まることが期待される上限風速を次式によって計算する。

$$p\text{期先上限風速} = p\text{期先予測風速} + \mu \times \text{誤差標準偏差} \quad (3)$$

ここで、 μ は観測風速が予測風速を超過する確率に対

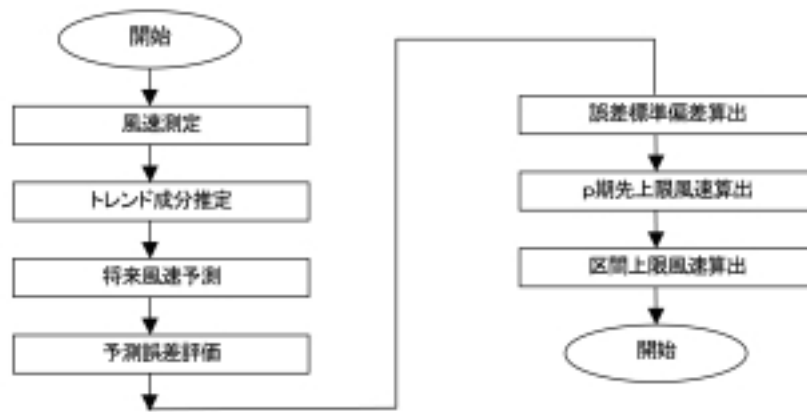


図3 計算フロー

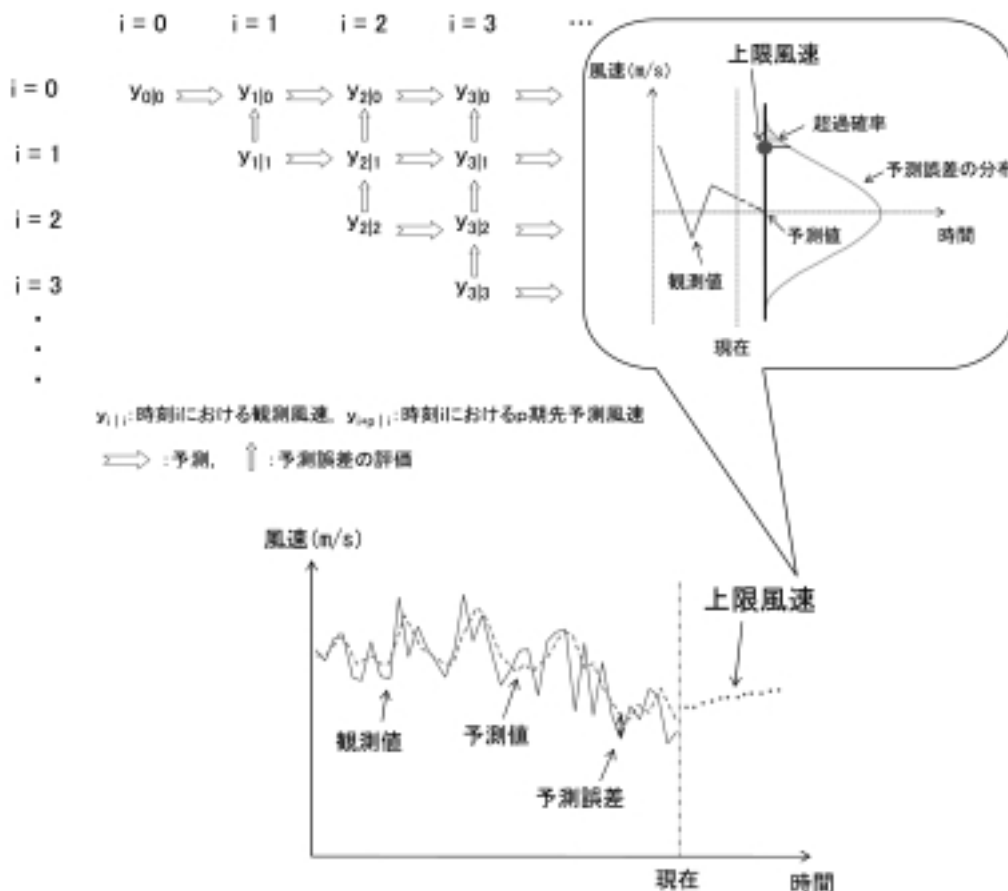


図4 上限風速説明図

応した定数(>0)である。

【ステップ6】

予測期数1~pについて式(3)の計算を行い、その最大値をとることにより、現在時刻からp期先までの時間区間において観測風速が予測風速を超過する確率がある一定値に収まることが期待される区間上限風速を求める。

【カルマンフィルタによる計算手順概要】

なお、カルマンフィルタによる計算手続きの概要は以下のとおりである。カルマンフィルタの誤差の重みを $Q=0.1$ とした。

(1)トレンド成分、カルマンフィルタの設定

$$x_{i|i-1} = x_{i-1|i-1} \dots\dots\dots (4)$$

$$v_{i|i-1} = v_{i-1|i-1} + Q \dots\dots\dots (5)$$

(2)カルマンゲインの算出

$$k_i = v_{i|i-1} \times \frac{1}{v_{i|i-1} + 1} \dots\dots\dots (6)$$

(3)トレンド成分推定

$$x_{i|i} = x_{i|i-1} + (k_i \times (y_i - x_{i|i-1})) \dots\dots\dots (7)$$

(4)カルマンフィルタの算出

$$v_{i|i} = (1 - k_i) \times v_{i|i-1} \dots\dots\dots (8)$$

2.3 超過確率パラメータ μ の設定

線路沿線24箇所およびJR東日本域内気象官署25箇所において採取した強風約300事例にもとづき、上限風速の超過確率パラメータ μ 、予測期間数 p 、運転規制発令および予測の危険側過誤の関係を調査した。

まず、風速予測にもとづく運転規制ルールを次のように仮定した。

- ・規制発令：p期先までの区間上限風速（3分毎更新）、観測風速（連続観測）のいずれかが規制値を超過した場合
- ・規制解除：p期先までの区間上限風速（3分毎更新）、観測風速（連続観測）がともに規制値を下回った場合

ただし、 p は規制区間の列車通過所要時間によって決

まる予測期間数（1期=3分間）。

また、運転規制発令および予測の危険側過誤の計測量として次の規制時間、損失関数を用いた。

- ・規制時間(T)：運転規制発令時間の合計
- ・損失関数(L)：規制が発令されていないにもかかわらず、その後p期内に規制値を超える風速が観測された場合について、その超過風速の2乗和（図5）

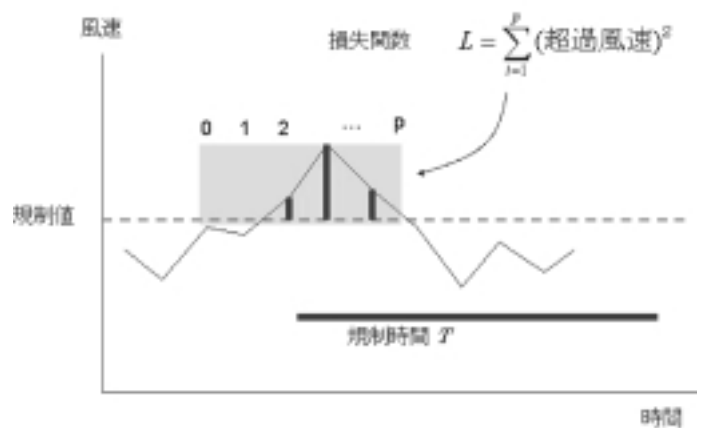


図5 損失関数と規制時間

ここで、損失関数 L は、運転規制の安全性レベルを評価するための関数であり、規制基準値に対する超過風速を二乗しているのは、車体にはたらく横風の空気力がおおむね風速の二乗に比例することを考慮し、わずかな風速超過に対しては大目に見て、逆に大きな風速超過に対しては厳しく評価するためである。

以上の準備の下に、 $p = 1 \sim 12$ の予測期間について、 μ を0.1ずつ変化させながら T および L それぞれについて予測ルールと現行ルールの比(T' および L')を計算した。

一般に、同じ p の値に対して μ が大きいほど T' は大きく、 L' は小さくなり、 μ が小さいほど T' は小さく、 L' は大きくなるというトレードオフの関係がみられる。一方、 p の値にかかわらず同一基準となっている現行ルールでは、 p の値が大きいほど L の値は大きくなり、逆に、 p が小さいほど L は小さくなっている。これらの調査結果より、確保すべき安全性レベルおよび規制時間の削減効果からみて、全ての p に対して平均的に妥当な超過確率パラメータ μ の値を $\mu = 0.9$ として以下の検討を行った。(表2参照)

3 風速予測にもとづく運転規制ルールの効果の検証

2001年から2002年にかけてJR東日本管内の4線区16箇所において風速観測および本研究で開発した風速予測機能を実装した『強風警報システム』のモニターランを行った(表3)。

その結果、30m/sec (一般区間における運転中止風速)

を超過する強風事例11件、25m/sec (同、速度規制風速) 超過事例66件が採取された。

これらの強風事例データを用いて上限風速の超過確率パラメータ $\mu = 0.9$ 、予測期間を15分間 ($p=5$) とする予測ルールと現行ルールの運転規制シミュレーションを行い、ふたつのルールでの規制時間と規制風速超過の見逃しについて以下の区分にもとづいて比較した。

表2 現行を100とした予測ルールの規制時間と損失関数
(規制値: 30m/sec)

| 3分先 | | | 15分先 | | | 27分先 | | |
|-------|----------|----------|-------|----------|----------|-------|----------|----------|
| μ | Time (%) | Loss (%) | μ | Time (%) | Loss (%) | μ | Time (%) | Loss (%) |
| 0.7 | 43.1 | 128.0 | 0.5 | 39.8 | 138.0 | 0.7 | 59.3 | 106.9 |
| 0.8 | 47.6 | 113.8 | 0.6 | 45.2 | 127.2 | 0.8 | 68.6 | 99.2 |
| 0.9 | 53.0 | 105.7 | 0.7 | 51.2 | 115.1 | 0.9 | 78.4 | 90.8 |
| 1.0 | 58.9 | 92.9 | 0.8 | 58.2 | 103.6 | 1.0 | 88.2 | 86.0 |
| 1.1 | 64.3 | 87.7 | 0.9 | 66.0 | 95.6 | 1.1 | 99.2 | 80.9 |
| 1.2 | 70.3 | 78.3 | 1.0 | 74.2 | 89.3 | 1.2 | 111.3 | 77.0 |
| 1.3 | 76.0 | 72.0 | 1.1 | 83.0 | 80.5 | 1.3 | 123.8 | 73.5 |
| 1.4 | 82.6 | 69.7 | 1.2 | 92.6 | 74.9 | 1.4 | 138.5 | 70.8 |
| 1.5 | 89.8 | 63.0 | 1.3 | 102.1 | 70.6 | 1.5 | 155.2 | 63.1 |
| 1.6 | 97.3 | 58.4 | 1.4 | 112.6 | 67.8 | 1.6 | 173.0 | 60.0 |

| 6分先 | | | 18分先 | | | 30分先 | | |
|-------|----------|----------|-------|----------|----------|-------|----------|----------|
| μ | Time (%) | Loss (%) | μ | Time (%) | Loss (%) | μ | Time (%) | Loss (%) |
| 0.7 | 45.6 | 124.8 | 0.5 | 41.0 | 130.7 | 0.6 | 52.4 | 113.3 |
| 0.8 | 50.7 | 116.7 | 0.6 | 46.8 | 122.8 | 0.7 | 61.0 | 105.8 |
| 0.9 | 57.0 | 103.9 | 0.7 | 53.1 | 111.8 | 0.8 | 70.9 | 97.6 |
| 1.0 | 63.2 | 93.8 | 0.8 | 60.7 | 101.6 | 0.9 | 81.2 | 90.3 |
| 1.1 | 69.5 | 85.1 | 0.9 | 69.0 | 94.7 | 1.0 | 91.2 | 85.7 |
| 1.2 | 76.4 | 79.6 | 1.0 | 77.7 | 86.8 | 1.1 | 102.8 | 80.6 |
| 1.3 | 83.5 | 74.7 | 1.1 | 87.2 | 80.3 | 1.2 | 115.7 | 76.9 |
| 1.4 | 91.7 | 66.0 | 1.2 | 97.1 | 75.4 | 1.3 | 129.9 | 73.6 |
| 1.5 | 100.1 | 62.9 | 1.3 | 107.8 | 71.0 | 1.4 | 145.4 | 68.5 |
| 1.6 | 108.7 | 59.3 | 1.4 | 119.5 | 68.6 | 1.5 | 163.1 | 62.8 |

| 9分先 | | | 21分先 | | | 33分先 | | |
|-------|----------|----------|-------|----------|----------|-------|----------|----------|
| μ | Time (%) | Loss (%) | μ | Time (%) | Loss (%) | μ | Time (%) | Loss (%) |
| 0.7 | 47.4 | 125.6 | 0.7 | 55.1 | 110.5 | 0.5 | 46.0 | 120.5 |
| 0.8 | 53.2 | 113.0 | 0.8 | 63.5 | 100.5 | 0.6 | 53.8 | 111.9 |
| 0.9 | 60.3 | 104.5 | 0.9 | 72.1 | 94.0 | 0.7 | 62.9 | 104.0 |
| 1.0 | 66.7 | 91.2 | 1.0 | 81.6 | 86.4 | 0.8 | 73.5 | 94.8 |
| 1.1 | 73.8 | 85.9 | 1.1 | 91.3 | 80.3 | 0.9 | 83.6 | 90.0 |
| 1.2 | 81.5 | 76.8 | 1.2 | 102.1 | 76.3 | 1.0 | 94.5 | 85.4 |
| 1.3 | 90.6 | 71.0 | 1.3 | 113.4 | 72.4 | 1.1 | 108.5 | 80.2 |
| 1.4 | 99.3 | 66.7 | 1.4 | 125.2 | 70.0 | 1.2 | 120.4 | 76.5 |
| 1.5 | 108.4 | 63.7 | 1.5 | 139.6 | 64.7 | 1.3 | 135.6 | 71.3 |
| 1.6 | 118.3 | 60.6 | 1.6 | 155.0 | 59.1 | 1.4 | 152.3 | 67.4 |

| 12分先 | | | 24分先 | | | 36分先 | | |
|-------|----------|----------|-------|----------|----------|-------|----------|----------|
| μ | Time (%) | Loss (%) | μ | Time (%) | Loss (%) | μ | Time (%) | Loss (%) |
| 0.6 | 43.8 | 131.3 | 0.7 | 57.2 | 108.1 | 0.5 | 47.2 | 118.5 |
| 0.7 | 49.0 | 120.0 | 0.8 | 68.0 | 100.2 | 0.6 | 55.5 | 110.0 |
| 0.8 | 55.7 | 108.1 | 0.9 | 75.5 | 91.6 | 0.7 | 64.7 | 102.6 |
| 0.9 | 63.0 | 97.2 | 1.0 | 85.1 | 86.0 | 0.8 | 75.5 | 93.6 |
| 1.0 | 70.4 | 89.9 | 1.1 | 95.3 | 80.5 | 0.9 | 86.1 | 89.8 |
| 1.1 | 78.2 | 82.8 | 1.2 | 106.8 | 76.9 | 1.0 | 97.3 | 85.2 |
| 1.2 | 87.4 | 75.3 | 1.3 | 118.5 | 72.9 | 1.1 | 110.2 | 79.9 |
| 1.3 | 96.1 | 70.5 | 1.4 | 131.7 | 70.5 | 1.2 | 125.7 | 76.2 |
| 1.4 | 105.8 | 66.7 | 1.5 | 147.2 | 63.5 | 1.3 | 141.0 | 70.4 |
| 1.5 | 116.3 | 64.1 | 1.6 | 163.9 | 60.2 | 1.4 | 158.6 | 66.2 |

表2中、Timeは現行を100とした予測ルールの規制時間の比(%を、Lossは損失関数について現行を100とした予測ルールの比(%を)を表す。網掛け部分は各々の100を下回る範囲を示している。

表3 風速観測箇所および風況(風速超過頻度(%))

| 番号 | 線区 | 駅間 | 箇所 | 20m/s ~ | 25m/s ~ | |
|----|-----------|---------|------------|------------|------------|------|
| 1 | 京葉線 | 新木場・新木場 | 夢の島橋りょう | 0.03 | 0.00 | |
| 2 | | | 新木場・葛西臨海公園 | 荒川橋りょう | 0.12 | 0.02 |
| 3 | | | 葛西臨海公園・舞浜 | 江戸川橋りょう | 0.09 | 0.02 |
| 4 | | | 市川塩浜・二俣新町 | 江戸川放水路橋りょう | 0.03 | 0.01 |
| 5 | | | 二俣新町・南船橋 | 海老川橋りょう | 0.09 | 0.02 |
| 6 | | | 海浜幕張・検見川浜 | 花見川橋りょう | 0.11 | 0.01 |
| 7 | 東北 新幹線 | 仙台・古川 | 七北川橋りょう | 0.12 | 0.01 | |
| 8 | | | 仙台・古川 | 鴨瀬川橋りょう | 0.25 | 0.01 |
| 9 | | | 古川・くりこま高原 | 江合川橋りょう | 0.12 | 0.01 |
| 10 | | | 古川・くりこま高原 | 瀬峰川橋りょう | 0.04 | 0.00 |
| 11 | | | くりこま高原・一ノ関 | 迫川橋りょう | 0.02 | 0.00 |
| 12 | | | 仙台線 | 陸前白沢・熊ヶ根 | 第二広瀬川橋りょう | 0.00 |
| 13 | 大湊線 | 有戸・吹越 | 第2田名部踏切 | 1.19 | 0.04 | |
| 14 | | | 下北・大湊 | 田名部川橋りょう | 0.38 | 0.05 |
| 15 | | | 奥新川駅 | 0.01 | 0.00 | |
| 16 | 大湊線 | 有戸・吹越 | 第2田名部踏切 | 1.19 | 0.04 | |
| 17 | 大湊線 | 下北・大湊 | 田名部川橋りょう | 0.38 | 0.05 | |

表4 30m/sec超過11事例内訳

| 超過見逃し 規制時間 | A 現行より減少 | B 現行と同等 | C 現行より増加 | 件数合計 |
|---------------|-------------|------------|-------------|----------|
| ①現行より短縮 | 1 | 4 | 1 | 6(55%) |
| ②断片化効果 | 0 | 1 | 0 | 1(9%) |
| ③現行と同等 | 0 | 3 | 0 | 3(27%) |
| ④現行より増加 | 1 | 0 | 0 | 1(9%) |
| 件数合計 | 2(18%) | 8(73%) | 1(9%) | 11(100%) |

表5 30m/sec超過11事例における効果

| 予測ルール | 現行ルールに対する比 (%) |
|--------------|-------------------|
| 規制時間の合計 | 80.0 |
| 1回当たり規制時間の平均 | 64.4 |

表6 25m/sec超過66事例内訳

| 超過見逃し 規制時間 | A 現行より減少 | B 現行と同等 | C 現行より増加 | 件数合計 |
|---------------|-------------|------------|-------------|----------|
| ①現行より短縮 | 3 | 37 | 4 | 44(67%) |
| ②断片化効果 | 0 | 3 | 2 | 5(8%) |
| ③現行と同等 | 3 | 3 | 1 | 7(11%) |
| ④現行より増加 | 4 | 6 | 0 | 10(15%) |
| 件数合計 | 10(15%) | 49(74%) | 7(11%) | 66(100%) |

表7 25m/sec超過66事例における効果

| 予測ルール | 現行ルールに対する比 (%) |
|--------------|-------------------|
| 規制時間の合計 | 82.5 |
| 1回当たり規制時間の平均 | 51.0 |

(1) 予測ルールの規制 風速超過見逃し

- A. 現行より減少
- B. 現行と同等
- C. 現行より増加

(2) 予測ルールの規制時間

- ①現行より短縮
- ②合計時間は短縮しないが、規制の断片化によって1回当たりの規制時間が短縮
- ③現行と同等
- ④現行より増加

これらのパターン別出現頻度及びその効果は表4~7のとおりである。

図6~15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30または25m/secの太線の水平目盛は規制風速、折線(実線)は3分間毎の観測最大風速の時系列、折線(破線)は予測プログラムによって算出した当該時刻から15分間先までの区間最大風速である。さらに、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。(ただし、シミュレーションに用いた規制風速および予測時間は、比較をわかりやすくするため任意に仮定したもので、各強風事例が得られた規制区間に適用される実際の値とは必ずしも一致しない。)

事例1は、風速の上昇・下降の傾向が比較的なめらかで、

京葉線 新木場・葛西臨海公園間 荒川橋りょう 2002.10.1

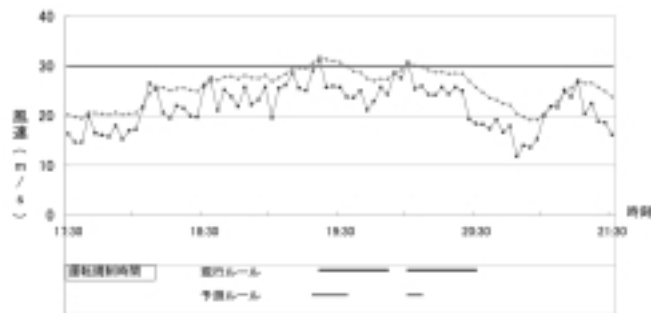


図6 強風事例(事例1)

仙山線奥新川駅 2002.10.1

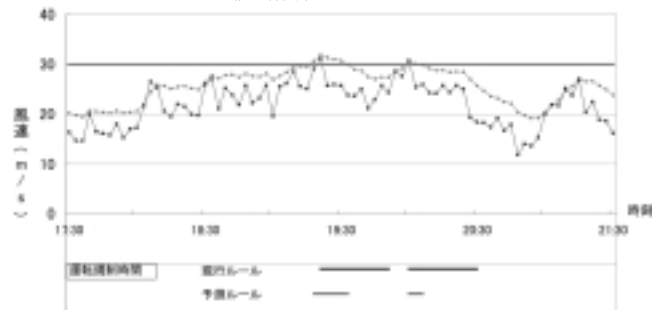


図7 強風事例(事例2)

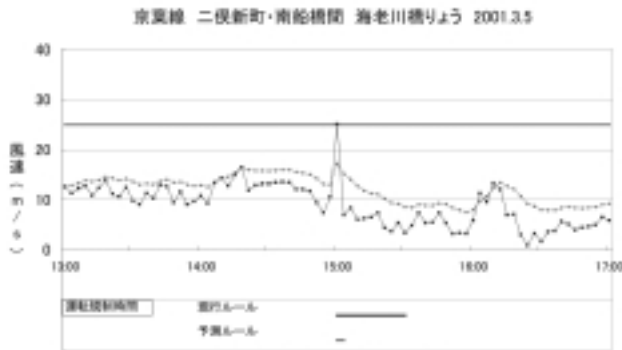


図8 強風事例 (事例3)

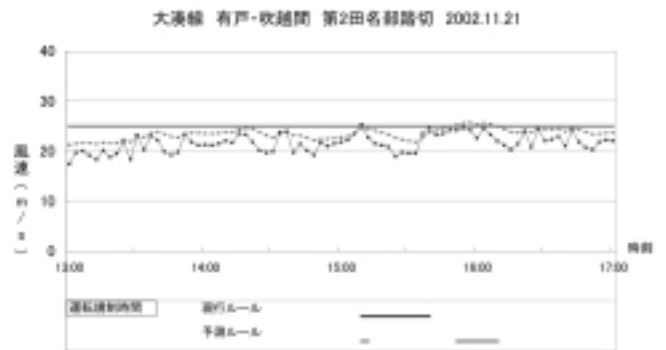


図12 強風事例 (事例7)

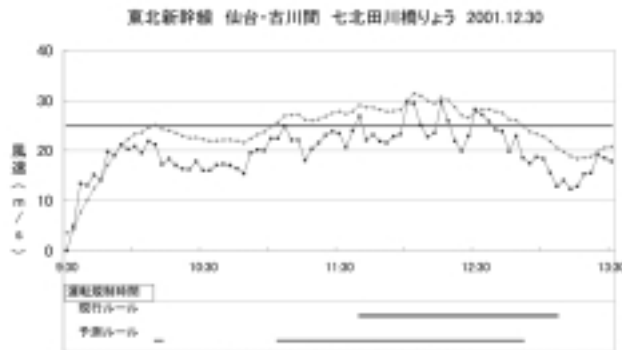


図9 強風事例 (事例4)

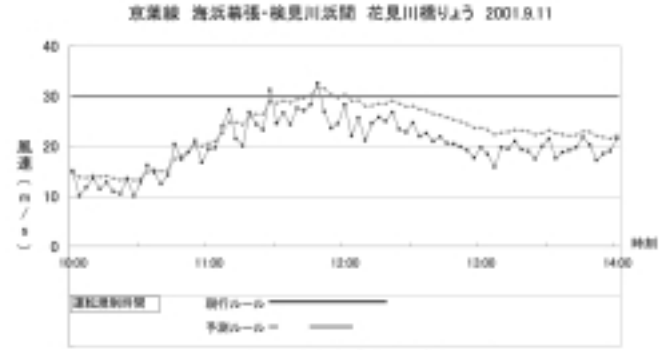


図13 強風事例 (事例8)

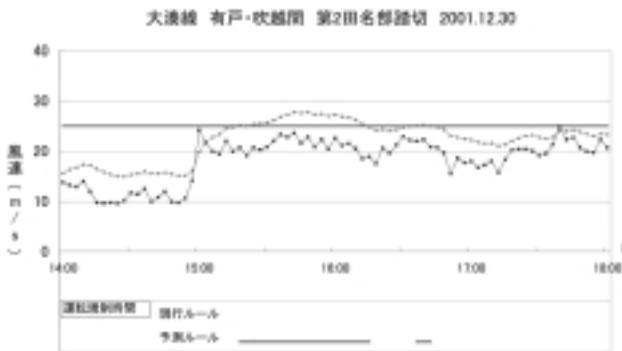


図10 強風事例 (事例5)

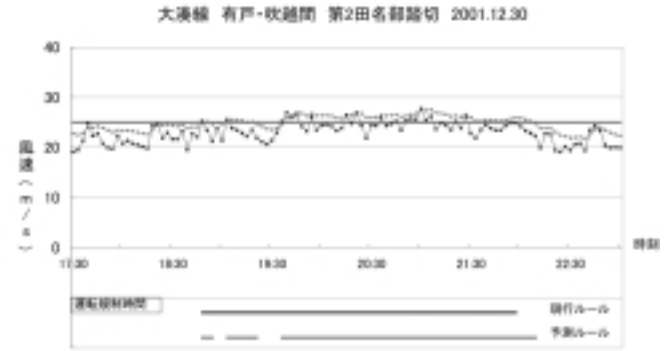


図14 強風事例 (事例9)

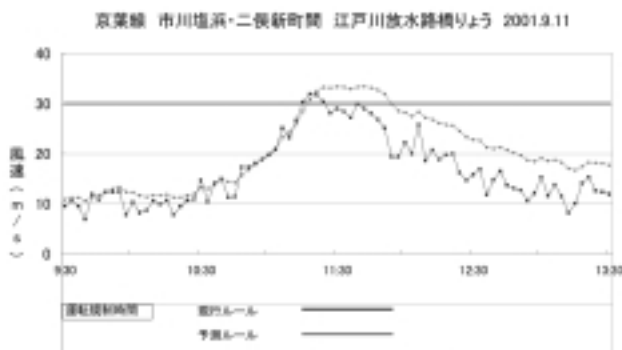


図11 強風事例 (事例6)

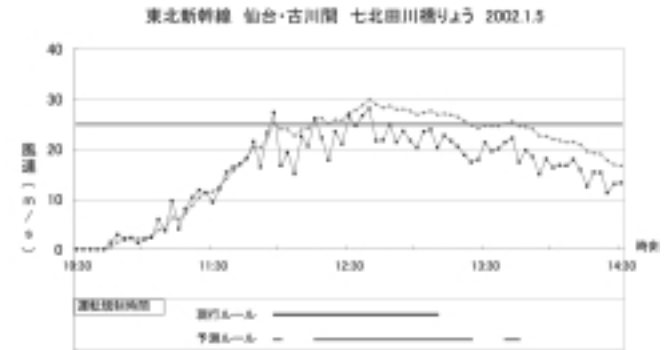


図15 強風事例 (事例10)

かつ実風速が規制風速を超過している時間が短い強風パターンのケースである。現行ルール、予測ルールともに2回の運転規制が発令されているが、いずれにおいても、予測ルールでは現行ルールよりも早め(安全サイド)に運転規制が発令され、しかも運転規制継続時間は大幅に短縮している。

事例2も、現行ルールよりも安全サイドに運転規制が発令される。但し、事例2では、運転規制継続時間に関しては現行並となっている。

事例3は、事前の風速時系列のパターンと無関係な大きな風速が突然ごく短時間だけ出現する、いわゆる突風のケースである。このケースでは、予測を用いても現行ルール同様、規制風速を超過する強風の出現前に運転規制を発令することはできないが、規制継続時間は現行ルールと比較して大幅に短縮される。

一方、風のパターンによっては、予測ルールが必ずしも現行ルールより有利とならない場合もある。たとえば事例4のように、風速レベルが一定時間以上にわたって規制基準値付近で推移してから規制風速を超過するパターン、あるいは事例5のように、最大風速が規制基準値を超過しないが終始規制風速付近で推移する場合には、予測ルールは現行ルールに対して過剰に安全サイドとなり、むだな規制時間が生じる。

事例6は規制発令、規制時間ともに現行並の例、事例7では規制発令は現行並、規制継続時間は、断片化される効果がみられる。

事例8~9は現行ルールでは捕捉できていた強風を見逃してしまうパターンである。規制継続時間に関しては、それぞれ、事例8では現行よりも短縮、事例9では規制継続時間が断片化され、事例10では規制継続時間は現行並の例である。

上記強風事例への当てはめによって、風速予測にもとづく運転規制方法は以下の効果をもつことが確認された。

- (1) 個々の強風事例でバラツキがあるが、全体的にみると、規制値風速超過に対する防護効果を現行ルールと同等以上に保ちながら運転規制時間を短縮する効果が期待できる。
- (2) 現行ルールでは、1回の運転規制の継続時間は最低でも30分間であるが、予測ルールでは規制の継続時間が断片化することにより1回あたりの平均時間が短縮するケースが多い。

- (3) 時系列解析による予測手法の原理から想定されるように、急激な風の立ち上がりに対する安全性を向上させる効果は小さいが、風の終息を的確に捉えて不必要な運転規制時間を削減する効果が大きい。
- (4) 規制値ぎりぎりの風速レベルが長時間続く場合には、現行ルールより規制時間が長くなる場合があるが、規制値超過がわずか一瞬で、その後すぐに風がおさまったにもかかわらず規制が長時間続くようなケースは大幅に減少し、人間の常識的な判断により近いルールとなっている。
- (5) 現行ルールで捕捉されていた規制風速超過を見逃すケースが全体の約1割程度あるが、これを皆無にすることは予測手法の原理上難しいと考えられる。なお、規制解除の直後に規制風速超過が観測され、再度規制が発令される事象は、現行ルールにおいてもやはり全体の約1割の頻度で発生している。

4 実用化

本システムは、安全性に直結する技術開発成果であることから、2003年度において学識経験者を交えた技術検討会を社内にて設け、その手法の妥当性について審議が行われた。その結果、『現行ルールと同等以上の安全性を保ちながら、運転規制を短縮することが可能になり、旅客へのサービス向上につながる』との認証を得た。これを受けて、各線区における具体的な実施導入に向けた準備に着手し、最初の実用化線区である京葉線では、風速計の設置された夢の島橋りょう(潮見・新木場間)、荒川放水路橋りょう(新木場・葛西臨海公園間)、江戸川橋りょう(葛西臨海公園・舞浜間)、江戸川放水路橋りょう(市川塩浜・二俣新町間)、海老川橋りょう(二俣新町・南船橋間)、花見川橋りょう(海浜幕張・検見川浜間)の6箇所運転規制区間において2005年8月11日から本システムが運用開始した。今後、本システムの稼動に必要な通信インフラの整備を俟って、全社的に導入拡大していく予定である。

参考文献

- 1) 北川源四郎; FORTRAN77時系列解析プログラミング、岩波書店、1993