

### III-A 210 列車運転規制のための合理的な雨量指標について

東日本旅客鉄道㈱ 正会員 島村 誠  
 東日本旅客鉄道㈱ 吉田 明寛

#### 1. はじめに

鉄道における災害の大半は、降雨に起因する斜面災害である。ここで問題となるのは、斜面災害の場所と時間の両方に関して予測できないことである。そこで、降雨時の列車の安全を確保するため、雨量計により降雨量を観測し、規制値を設けて運転規制を実施している。雨量計データに基づいて行われるこの方法においては、雨量指標の選択が運転規制基準の善し悪しを決する中心的な技術課題である。ここでは、従来の雨量指標の問題点について述べ、これを踏まえてより合理的な新しい運転規制方法の可能性について検討する。

#### 2. 現行の雨量指標の課題

現在JR東日本で用いている降雨時の運転規制基準を模式化して示したのが図-1である。現行の雨量指標は、長期雨量と短期雨量の2要因を組合せる方法が用いられている。雨量指標の2要因としては、在来線は「連続雨量」と「時雨量」、新幹線は「24時間雨量」と「時雨量」の組合せを使用している。これらの雨量指標は土砂崩壊等の危険性を事前に評価する方法として実用的にほぼ満足すべき性質を備えたものである。しかしながら、現行の雨量指標には解決すべき主な課題として、次のものが挙げられる。

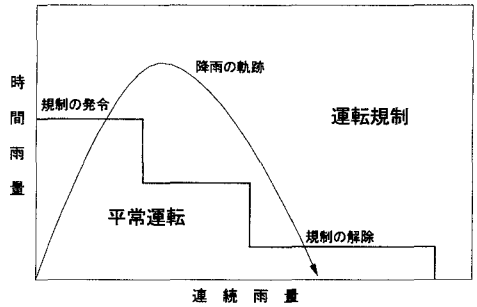


図-1 降雨時の列車運転規制基準(模式図)

- (1)連続雨量の「ひと雨」の定義に起因して不合理な運転規制が生じる
- (2)新幹線と在来線の雨量指標の違いにより、列車運転規制に不合理が生じる
- (3)雷雨に対しては災害発生の危険度を過大に評価し、長雨に対しては過小に評価する傾向にある
- (4)降り止み後の土砂崩壊等に対する危険性評価の適合度が劣る
- (5)時雨量・連続雨量の組合せのため、運転規制基準値が一義的に定まらない

#### 3. 新しい雨量指標の検討

現行の雨量指標が過去の経験に基づいて構築されたのに対し、これに代わる新しい雨量指標の条件として次のことが挙げられる。

- (1)雨量指標の物理的意味合いが明瞭かつ論理的な矛盾がないこと
- (2)崩壊等の発生に対する予知捕捉率が高いこと
- (3)無駄な運転規制を生じる時間及び頻度が小さいこと

これらの条件を満たすと考えられる雨量指標として、実効雨量がある。実効雨量は、斜面災害発生の本質的かつ単純なモデルから導かれる雨量指標で、次式で表現できる。

$$Z(t) = Z(t-1)e^{-\alpha} + I(t)e^{-\alpha/2}$$

$Z(t)$ :時刻  $t$  における実効雨量  
 $I(t)$ :時刻  $t$  における降雨強度  
 $\alpha$ :減少係数

この式は、 $\alpha=0$  のとき  $Z(t)$  は連続雨量、 $\alpha \rightarrow \infty$  のとき  $Z(t)$  は降雨強度を示すことになる。従って、 $\alpha$  は連続雨量と降雨強度の関与する重みづけを与える係数とも位置付けられる。なお、 $T = \ln 0.5 / \alpha$  を半減期という。

#### 4. モデル線区における実効雨量の検討

JR東日本の9線区をモデル線区として、平均18年間にわたる災害記録と降雨データに基づいて、実効雨量の雨量指標としての合理性の評価を行った。モデル線区として、山田線・田沢湖線・水郡線・N'EXルート(千葉～成田空港)・外房線・中央線(東京～大月)・伊東線・大糸線(松本～南小谷)の9線区を選定した。

雨量指標の性能は、いかに少ない運転規制時間でいかに多くの斜面崩壊を捕捉することができるかによって決定される。運転規制前に発生した土砂災害の全災害に対する割合を規制遅延率とした場合、規制遅延率を一定にしたとき運転規制時間がどうなるかを調べることによって雨量指標相互の優劣を比較することができる。また、逆に運転規制時間を一定にしての比較も可能である。この方法を過去のデータに遡って当てはめることによって、様々な半減期(T=3, 6, 12, 24, 48, 96時間)での実効雨量を雨量指標とした運転規制基準と現行の運転規制基準の優劣を比較し、さらに実効雨量の最適半減期を決定することができる。この分析結果の一例として、山田線において半減期24時間の実効雨量と現行指標を用いた場合の運転規制の比較を図-2に示す。この図から、半減期24時間の実効雨量を用いると、現行指標よりも運転規制時間と規制遅延率の双方が改善され、より合理的な運転規制が可能であることがわかる。

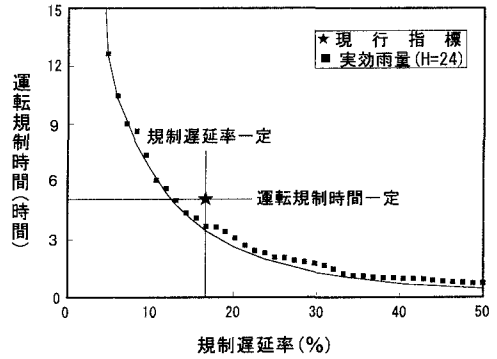


図-2 実効雨量(H=24)と現行指標による運転規制の比較(山田線)

同じ分析を各線区を対象に行った結果が図-3である。ここでは、規制遅延率を各線区毎に現行指標と同値とした場合における半減期毎の実効雨量の1雨量計・1年当たりの運転中止時間の平均値を、現行指標の運転規制時間を100として表したものである。線区毎の運転規制時間を最小とする実効雨量の半減期は、3～48時間の範囲に分布するが、大局的に見ると半減期24時間の実効雨量を採用すると、現行指標より有利な運転規制を実施することが可能である。

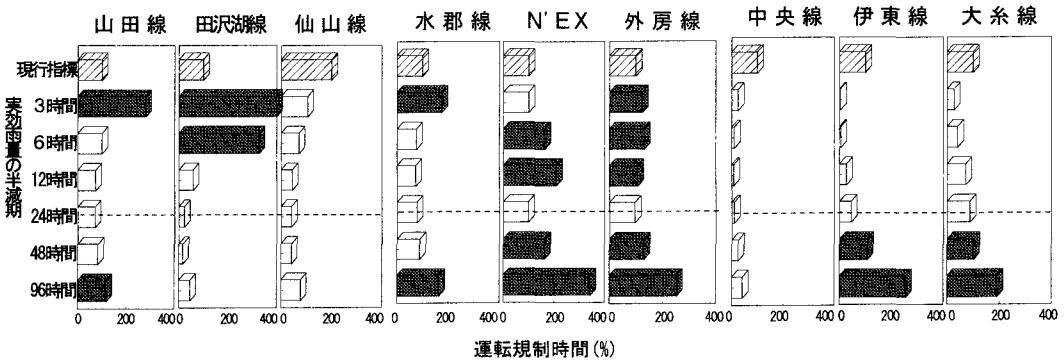


図-3 各線区の半減期毎の運転規制時間

#### 5. まとめ

これまでの分析の結果からは、実効雨量の採用による運転規制時間の短縮や斜面崩壊に対する予測精度の向上といった直接的な効果についてはあまり強い結果を得ることができなかった。しかし、半減期24時間程度の実効雨量指標を用いることにより、少なくとも現行指標と同等の性能をもつ運転規制の実施が可能であるという結果が得られた。今後は、実効雨量の雨量指標としての合理性の評価をさらに多くの線区を対象として行う予定である。