

鉄道路線における災害リスクマネジメントの導入に関する研究

九州大学大学院 学生会員○伊藤 旭 フェロー会員 善 功企
 正会員 陳 光斉 正会員 笠間 清伸

1. 背景および目的

鉄道路線の大部分は、盛土、切土および自然斜面に接するため、落石や斜面災害といった土砂災害の脅威に晒されている。また、鉄道路線は、ひとたび大きな被害を受けると道路では可能な迂回や仮線による一時的な避難が極めて困難であるという特性がある。そこで、本文では、過去の鉄道沿線における災害資料を利用して、鉄道路線が有する災害に対するリスクマネジメントを試みた。

2. 内容

2.1 分析データ

図-1 は、分析対象とした路線図(全長約 350 km)であり、路線横にある点は、気象データの入手可能な気象観測点(全 11 地点)である。災害のデータを駅間単位でまとめていき、各駅間でどの場所の気象台データを用いるかは、鉄道事業者の気象観測における目安となる区切りを基に、設定した。まず、鉄道事業者の災害データ(発生場所、発生日時、災害種類、運転支障の有無、応急費、復旧費等)を基に、災害発生日の気象観測データを、気象庁のデータベースを参照して調査した。最終的に、災害の発生した災害種類、発生日時、被害額、当日の日降水量、最大時間雨量、最大風速、1 日間～5 日前の日降水量、1 日間～5 日間連続降水量、1 週間降水量、および運転支障の有無のデータを揃えた。

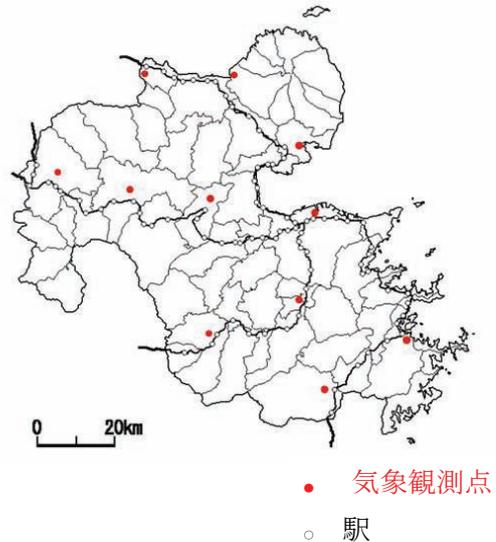


図-1 対象とした路線図

ハザード曲線を作る際に必要となる誘因外力の年超過確率は、ある一定の誘因外力以上の外力が起こった日数を、データをとった年数である 19 年で割ることで期待値として算出した。災害の発生確率は、誘因外力を一定の幅で階級化を行った。

2.2 分析概要および考察

各階級の災害発生日数を誘因発生日数で割ることで災害発生確率 p 、計算した最終的な累計災害発生確率 P は、以下の式で定義した。

$$P_{i+1} = 1 - (1 - p_{i+1}) \times (1 - P_i)$$

実際に発生した災害だけでなく、起こり得た災害も組み込んだ累計確率となる。また、想定被害額の算出にあたっては、実際の被害額ではなく、災害 1 件あたりの平均被害額を算出し用いることで一般性を持たせた。平均被害額に任意の階級までの累計件数を掛けることで被害額とした。誘因外力強度と累計災害発生確率 P との関係グラフ化したものを脆弱性曲線とし、倒木災害によるものを図-2 に示す。横軸の想定被害額は、被害額と災害発生確率 P の積として計算した。この図から風速 12 (m/s) を越えた付近から災害の発生確率が増加傾向にある。

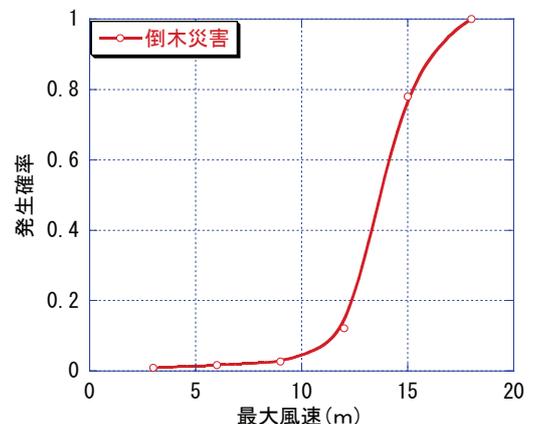


図-2 脆弱性曲線(倒木)

年超過確率と想定被害額の関係グラフ化したものをリスク曲線とし、同様に倒木災害のものを図-3 に示す。このリスク曲線で

囲まれた面積は、年間想定被害額(年間リスク)であり、6038万円となった。実際1年あたりの倒木被害額が1356万円であるので、過大評価している。

3. 災害発生の誘因に関する主成分分析

災害発生件数に影響する要因分析を行うため、各誘因外力の2変数間の相関係数の算出した。分析の結果、1つの説明変数での最大値が0.26と小さい。したがって、発生件数の推定には、複数の誘因外力を用いる必要がある。当日降水量、各連続雨量、最大風速および最大時間雨量の誘因外力について主成分分析を行った。累積寄与率から判断し、90%以上の値を取るために第1主成分 Z_1 および第2主成分 Z_2 を用いる。主成分分析における各誘因外力の固有ベクトルを各誘因外力強度にかけることで、新しい指標である第1主成分 Z_1 および第2主成分 Z_2 を算出した。この2つの項目を説明変数とし、倒木、土砂流出、斜面崩壊、道床流失および全災害についての $Z_1 - Z_2$ 平面に示した。倒木における結果を図-4に示す。横軸に Z_1 を、縦軸に Z_2 を用いた。災害発生日数の89点、不発生時の6851点の計6940点をプロットした。図-4よりプロット点は横軸方向に仰角 $\pm 30^\circ$ 程度に放射状に分布するが、災害発生時は上部に集中した。また、縦軸の値が-100以下の場合、倒木災害1件のみで、他の災害は発生していなかった。最も右上にある点では、倒木5件を含め全災害で計89件もの災害が発生していた。

道床流失における結果を図-5に示す。災害発生日数の18点、不発生時の6922点の計6940点をプロットした。倒木よりも顕著に上部に集中した。以上のことから、 Z_2 の値が負に大きな値を取る場合、災害は稀であり、災害発生時の被害も少ない。ただし、災害発生時と不発生時の明確な境界線を示すことは今の段階では出来ていないので、これからの課題とする。

4. まとめ

鉄道路線における災害の予測、リスクマネジメントを目的とし、災害ごとの特性および発生確率等の試算出を行った。

1. 誘因外力強度を階級化し、各階級での発生確率、想定被害額を算出し、リスク曲線を作成した。
2. 10の誘因外力を用いて主成分分析を行い、新しく2つの指標を算出した。その結果、第1主成分 Z_1 が正の時のみを考えるものとし、第2主成分 Z_2 の値が負に大きな値を取る場合、災害は極めて稀であり、災害発生時の被害も少ない。それに対し、第2主成分 Z_2 の値が正に大きな値を取る場合は災害が発生しやすい。
3. これからの課題として、発生しやすい明確な境界線を明記することとする。

<参考文献>

1) 杉山友康, 岡田勝也, 岡村昌夫, 沢木鯉太: 集中豪雨による盛崩壊土の原因推定-第三セクター伊勢鉄道-日本鉄道施設協会誌, Vol.28, No2, 1990.2

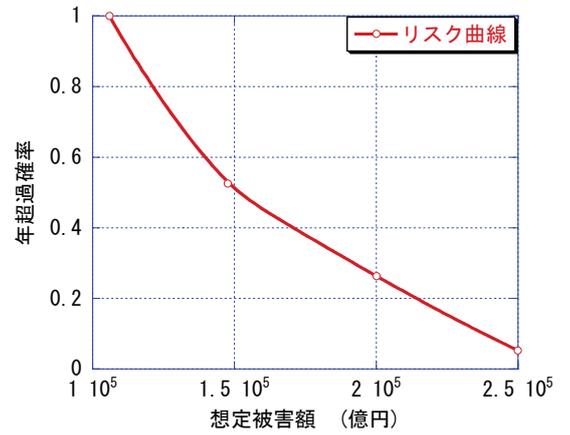


図-3 リスク曲線(倒木)

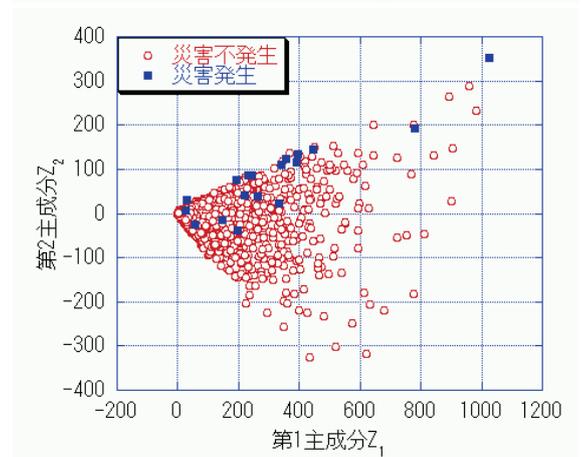
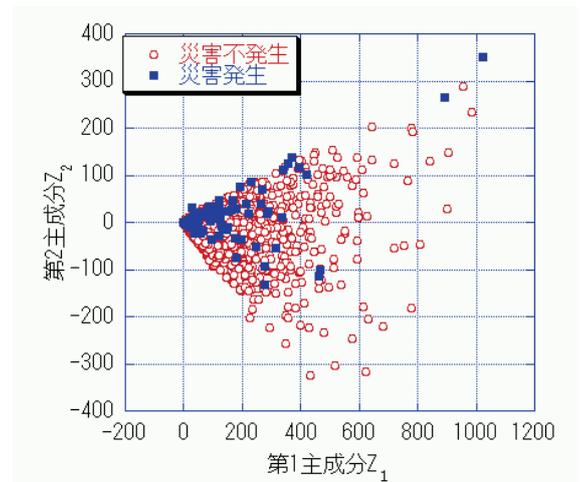


図-5 道床流失の状況