

# 岐阜県内を対象とした社会基盤施設 のリスクマネジメント その2：道路斜面落石のリスクマネジメント

森口周二<sup>1</sup>・本城勇介<sup>2</sup>・沢田和秀<sup>3</sup>・原隆史<sup>4</sup>・浅野憲雄<sup>2</sup>・高木朗義<sup>2</sup>

<sup>1</sup>岐阜大学助教 社会基盤工学科（〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1）

E-mail: s\_mori@gifu-u.ac.jp

<sup>2</sup>岐阜大学教授 社会基盤工学科（〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1）

<sup>3</sup>岐阜大学准教授 流域圏科学研究センター（〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1）

<sup>4</sup>岐阜大学准教授 社会基盤工学科（〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1）

本論文は、岐阜大学の研究グループが進めている「社会基盤施設アセット総合マネジメント」プロジェクトの一環を成すものであり、岐阜県飛騨圏域の道路斜面の落石を対象として構築したリスクマネジメントプロトタイプについて報告する。落石のリスクは落石発生確率と経済損失の積として表現するものとし、対象地域内の約3000箇所の道路斜面のリスクを評価した。落石発生確率は、防災点検結果と実際の落石履歴データから、ロジスティック回帰分析を用いて推定した。また、経済損失は、復旧費用、事故損失、迂回損失、救急医療損失、孤立集落損失の5種類として、各斜面の落石に起因する損失を評価した。得られた結果は、現実との整合性が確認され、対策順位等を検討する上で有益な情報であることを確認した。また、評価結果を用いることにより、より効率的な落石対策を実施することができる可能性を示した。

**Key Words:** risk management, rock fall, statistical analysis

## 1 序論

### (1) 研究の背景と経緯

道路や橋梁などの社会基盤施設は、国民の生活に不可欠なものであり、限られた予算の中で、既存の膨大な社会基盤施設を効率的に維持管理していかなければならない。そのため、これを実現するアセットマネジメント手法の開発が極めて重要な命題である。このような背景のもと、岐阜大学では、岐阜県内の社会基盤施設を対象として、その施設を取巻くリスクに基づき整備維持管理の合理的な優先順位決定モデルを作成することを目的とした「リスクに基づくアセット総合マネジメントによる社会基盤の戦略的整備意思決定に関する研究」を実施している<sup>1)</sup>。これまでに、道路斜面の落石と橋梁<sup>2)</sup>についてリスクマネジメントの手法を開発し、県内の一部地域を対象としてプロトタイプを構築している。

### (2) リスク対象と対象地域

本論文では、道路斜面の落石について、リスクマネジメントの考え方や評価手法、および岐阜県内の一部地域を対象としたプロトタイプの試算結果を示す。対象とした地域は、図-1に示す古川・高山・下呂土木事務

所管内（以下、飛騨圏域と記す）である。落石危険箇所が多く存在する岐阜県の中でも、対象地域は特に危険箇所が多く、県内の落石危険箇所の半数以上がこの地域に含まれる。また、この地域には、孤立可能性のある集落も含まれており、幅広い経済損失の評価が可能であるとして対象地域に選定した。



図-1 研究対象地域（岐阜県飛騨圏域）

### (3) リスク事象の定義

本論文におけるリスク事象は、「落石の発生に伴う道路の遮断」と定義する。また、各斜面のリスクは「落石生起確率と、そのために生じる各種損失の積」として定義する。また、落石の発生時には必ず道路が全面通行止め状態になると仮定して評価を行う。そのため、具体的な作業として、落石生起確率（斜面危険度）と通行止め時の経済損失を求めることになる。

## 2. 斜面危険度評価

以下では、道路斜面の落石生起確率の評価方法について示す。ただし、本論文中には最低限の内容について記載し、詳細は参考文献を参照するものとする<sup>3)</sup>。

### (1) 使用データ

道路斜面の落石の生起確率の評価のために用いたデータは、次の2種類である。

#### a) 安定度調査表(1996年度)

安定度調査表とは、1996年度に実施された道路防災総点検において専門家による各種点検対象項目（落石・崩壊、岩石崩壊、地すべり、雪崩等）の評価の結果、詳細な調査を行った道路斜面の点検結果を記述したものである。各種点検対象項目の中で、本研究が対象とするデータは、「落石・崩壊」、「岩石崩壊」に関する調査表である。「落石・崩壊」と「岩石崩壊」は、どちらも落石に関する点検対象項目であるが、岩石崩壊の点検は、岩盤の露出した高さ15m以上ののり面・自然斜面を対象としており、落石・崩壊の点検は表層の浮石や転石など比較的小さな石を対象に点検が行われる。

表-1は、「落石・崩壊」と「岩石崩壊」の点検に用いられる細目をまとめたものであり、この細目に基づいて各斜面を専門家が点検し、それぞれに定められた評点に従って、斜面の危険度を点数化している。さらに、その細目の合計点や専門家の総合的な判断により、斜面の相対的な危険度（「総合評価」と呼ぶ。）を決定している。この総合評価により、調査対象全斜面は「要対策」、「カルテ対応」、「対策不要」の3段階に分類される。

表-2は対象地域である下呂・高山・古川土木事務所管内の安定度調査票の内訳を示したものである。

#### b) 落石履歴データ(2004年度～2008年度)

落石履歴データは、2004年度から2008年度までの5年間に道路面に到達した落石の履歴データである。このデータには、発生年・発生箇所・落石高・落石径等の情報が含まれている。

### (2) 評価手法

本研究における斜面危険度評価は、大きく2つの手順に分けられる。第1に専門家が斜面をランク付けした安定度調査表に基づき、ロジスティック回帰分析により対象全斜面の相対的な危険度（相対危険度）を推定する。

第2に推定された相対危険度が、2004年度から2008年度までの5年間に報告された落石履歴データ（絶対的事実）と一致するように危険度をキャリブレーションし、個々の斜面について絶対的な危険度（絶対危険度）を推定する。

表-1 安定度調査表点検細目

| 落石崩壊  |                                                           |                      |
|-------|-----------------------------------------------------------|----------------------|
| 項目    | 地形要因                                                      | 土地・地質・構造要因           |
| 内容    | G1: 崖壁地形                                                  | 崩壊性の土地               |
|       | G2: 崩壊跡地、遷急線明瞭                                            | 崩壊性の岩質               |
|       | G3: 台地の裾部、脚部侵食、オーバーハング、集水型斜面、土石流跡地など                      | 流れ盤                  |
|       | G4: 尾根先端など凸型斜面、オーバーハング                                    | 不透水性基盤上の土砂など         |
| 項目    | 表層の状況                                                     | 形状                   |
| 内容    | 表土及び浮石・転石の状況                                              | 勾配                   |
|       | 浮石・転石が不安定～やや不安定                                           | 高さ                   |
|       | 湧水状況                                                      |                      |
| 項目    | 当該のり面・斜面の変状                                               | 隣接するのり面・斜面の変状        |
| 内容    | 肌落ち、小落石、ガリ侵食、洗掘、パイピング孔、陥没、はらみ出し、根曲がり、倒木、亀裂、開口亀裂、その他対策工の変状 | 落石、崩壊、亀裂、はらみ出し、その他変状 |
| 岩石・崩壊 |                                                           |                      |
| 項目    | 現象・前兆                                                     | 亀裂等の状況               |
| 内容    | 開口亀裂の規模                                                   | 硬い岩                  |
|       | 連続する水平系、亀裂の方向                                             | 軟い岩                  |
| 項目    | 岩相の組み合わせ                                                  | 流れ盤受け盤               |
| 内容    | 上部硬質/下部軟質                                                 | 流れ盤                  |
|       | 上部軟質/下部硬質                                                 | 受け盤                  |
|       | 全体が軟質                                                     | なし                   |
|       | 全体が硬質                                                     |                      |
| 項目    | 地形                                                        | 地下水・降雨               |
| 内容    | のり面斜面の傾斜                                                  | 凍結融解・湧水              |
|       | 岩壁の高さ                                                     | 湧水・水柱                |
|       | 斜面型                                                       |                      |
|       | 遷急線                                                       |                      |
| 要因以外  |                                                           |                      |
| 項目    | 対策工(共通)                                                   | 履歴(落石・崩壊)            |
| 内容    | 既設対策工の効果の程度                                               | 被災の頻度・程度区分           |
|       | 地震時の安定性(落石・崩壊)                                            | 総合評価(共通)             |
| 内容    | 安定                                                        | 要対策                  |
|       | 不安定                                                       | カルテ対応                |
|       |                                                           | 対策不要                 |

表-2 地域別安定度調査表内訳

| 地域名 | 総合評価  | 落石・崩壊   | 岩石崩壊 | 斜面数の合計 |
|-----|-------|---------|------|--------|
|     |       | 調査斜面数Ni |      |        |
| 下呂  | 要対策   | 186     | 51   | 237    |
|     | カルテ対応 | 399     | 68   | 467    |
|     | 対策不要  | 204     | 10   | 214    |
|     | 小計    | 789     | 129  | 918    |
| 高山  | 要対策   | 275     | 109  | 384    |
|     | カルテ対応 | 517     | 380  | 897    |
|     | 対策不要  | 133     | 36   | 169    |
|     | 小計    | 925     | 525  | 1450   |
| 古川  | 要対策   | 277     | 35   | 312    |
|     | カルテ対応 | 126     | 20   | 146    |
|     | 対策不要  | 186     | 11   | 197    |
|     | 小計    | 589     | 66   | 655    |
| 総計  |       | 2303    | 720  | 3023   |

#### a) 相対危険度評価手法

斜面危険度（落石の生起確率）推定の第1段階として、相対的な斜面危険度評価を行うため、安定度調査表を基に、2値回帰分析により各斜面の相対的な危険度を推定する推定式を作成する。2値回帰分析は、説明変数  $x$  と、回帰係数  $\beta$  より成る線形回帰式  $x^T \beta$  により、2値被説明変数  $Y$  の応答を説明しようとする回帰分析モデルの総称である。本研究では、2値回帰分析の1種であるロジスティック回帰分析を用いる。ロジスティック回帰分析では、被説明変数  $Y$  が1となる確率を  $P$  として、 $P$  を

説明変数  $x$  と回帰係数  $\beta$  の積として、次式により  $P$  を回帰する。

$$P = \frac{\exp[x^T \beta]}{1 + \exp[x^T \beta]} = \frac{1}{1 + \exp[-x^T \beta]} \quad (1)$$

本研究では、 $Y$  を 0-1 変数とはせず、専門家による総合評価（「要対策」、「カルテ対応」、「対策不要」）を斜面数に応じて配分した値（「代表累積頻度率」と呼ぶ。）を被説明変数  $Y$  として、説明変数  $x$  を安定度調査表の斜面崩壊要因項目として、斜面の絶対危険度  $P_i$  を推定するモデルを作成する。代表累積頻度率は、総合評価（要対策、カルテ対応、対策不要の3階級）の結果に基づき、次のように算出する。古川地域の「落石・崩壊」を例にとると、古川全体で  $N = 589$  箇所の斜面を調査したところ、要対策箇所  $N_1 = 277$ 、カルテ対応  $N_2 = 126$ 、対策不要箇所  $N_3 = 186$  となった。この場合、各階級の代表累積頻度率  $Y_i$  は以下ようになる。

$$\text{要対策：} Y_1 = \frac{186 + 126 + 277/2}{589} = 0.76 \quad (2)$$

$$\text{カルテ対応：} Y_2 = \frac{186 + 126/2}{589} = 0.42 \quad (3)$$

$$\text{対策不要：} Y_3 = \frac{186/2}{589} = 0.16 \quad (4)$$

表-1に示すように、「落石・崩壊」と「岩石崩壊」は、斜面崩壊要因項目が異なるため、それぞれモデルを作成する。モデル作成の方針としては、3地域（下呂・高山・古川土木事務所管内）の全データを1つのデータとして、統一のモデルを作成する「統一モデル」と、個々の地域特性を考慮して、地域別モデルを作成する「地域モデル」、という2つの方法が考えられる。本研究では、地質、地形、管理者、調査者などの個々の地域特性を考慮して「地域モデル」を作成した。実際に調査を行った専門家も、地形と地質の地域差を理由に、これを支持した。下呂・高山・古川の3地域に対して、「落石・崩壊」と「岩石崩壊」についてそれぞれロジスティック回帰分析を行い、モデルを作成している。また、「落石・崩壊」に関しては、「のり面」と「自然斜面」の2種類の評価結果が記載されている点検箇所も存在するが、その場合は両方の絶対危険度を評価して、危険度の高い方をその斜面の絶対危険度とした。

#### b) 絶対危険度評価手法

ロジスティック回帰分析に基づく個別斜面の絶対危険度評価結果を、実際の落石履歴データを用いてキャリブレーションし、各斜面の落石に応じた絶対危険度評価を行う。まず、各斜面の絶対危険度と絶対危険度の関係を次のように仮定する。

$$\text{絶対危険度}\{P_{ei}\} = \text{相対危険度}\{P_{si}\} \times \text{変換係数}\{K_i\} \quad (5)$$

ここに  $i$  は、当該斜面の階級（「要対策」、「カルテ対応」、「対策不要」）を示す。上式の変換係数は、落石データに基づいて求められる各階級の平均的な絶対危険度を、前節で求めた相対危険度に応じて各斜面に再配分するための係数である。この考え方に立つと次式が得られる。

$$\frac{N_{if}}{N_i} = \frac{P_{si1} + P_{si2} + \dots + P_{siN_i}}{N_i} \times K_i \quad (6)$$

ここで、

$N_i$  : 階級  $i$  の斜面数

$N_{if}$  : 階級  $i$  の事故斜面数

$N_{if}/N_i$  : 階級  $i$  全斜面の平均絶対危険度

$P_{si,j}$  : 階級  $i$  の第  $j$  斜面の相対危険度

$\sum(P_{si,j})/N_i$  : 階級  $i$  の第  $j$  斜面の相対危険度

$K_i$  : 変換係数

(6)式では、当該階級  $i$  の平均的な絶対危険度を全斜面に対する事故斜面の割合で表し、平均的な相対危険度であるロジスティック回帰分析の推定結果の合計を当該斜面数で割ったもの（当該階級の平均相対危険度）に変換係数  $K_i$  を乗じたものと等価であるとする。この関係に基づき、変換係数  $K_i$  を算出し、個別斜面の絶対危険度に乗じることで、絶対危険度を算出する。

#### (3) 危険度評価結果

斜面危険度評価結果として、絶対危険度の頻度分布を地域別に比較してまとめたものを図-2~4に示す。ここで、図中に示される確率は、1年あたりの年確率である。これらの結果より、古川地域は他の2地域に比べ落石崩壊危険度の高い斜面が多いことが分かる。また、岩石崩壊の危険度は、落石・崩壊のそれと比較して、どの地域でも低いことが分かる。これは、岩石崩壊の点検箇所における落石履歴が少数であったことを反映しているためである。

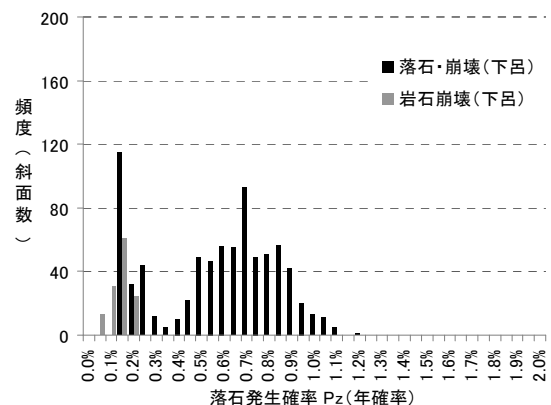


図-2 落石発生確率頻度分布図（下呂土木事務所管内）

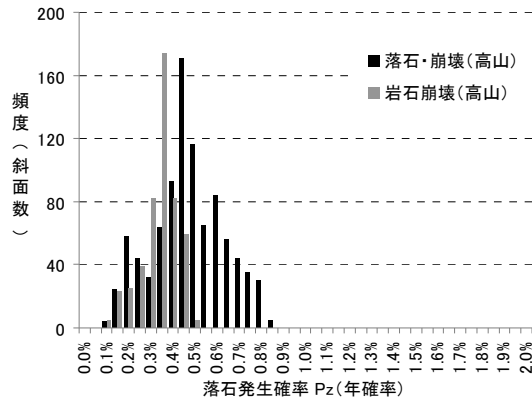


図-3 落石発生確率頻度分布図（高山土木事務所管内）

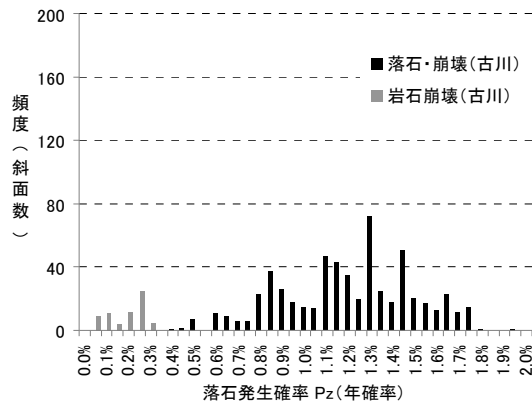


図-4 落石発生確率頻度分布図（古川土木事務所管内）

### 3. リスクマネジメント

前節までに示した斜面危険度の結果に基づくリスクマネジメントについて示す。リスクの評価に必要な経済損失については、復旧費用、事故損失、迂回損失、救急医療損失、孤立集落損失の5種類を考慮するが、その評価方法については、関連論文<sup>1)</sup>を参照するものとする。また、以下のリスクマネジメントに関する記述の中では、リスクを回避するための費用（コスト）が必要となるが、この費用を斜面の落石対策費用と考え、1996年の道路防災総点検実施時に作成された「箇所別記録表」の提案対策工の情報を基に評価している。

#### (1) リスクと費用便益比について

本論文では、各斜面のリスクと、各リンク（路線区間）のリスクの2種類のリスクについて評価を行う。斜面危険度評価より得られた各斜面の落石の発生確率 $P^s$ と、経済損失評価より得られた各種経済損失（復旧費用 $D_1$ 、事故損失 $D_2$ 、迂回損失 $D_3$ 、救急医療損失 $D_4$ 、孤立集落損失 $D_5$ ）を用いて、各斜面と各リンクのリスクは以下ようになる。

$$\text{斜面 } R^s = P^s (D_1 + D_2 + D_3 + D_4) \quad (7)$$

$$\text{リンク } R^l = P^l (D_1 + D_2 + D_3 + D_4) + D_5 \quad (8)$$

ここで、 $P^l$ は、リンクが落石により閉塞される確率であり、リンク内に $n$ 個の斜面が存在する場合、次式により評価する。

$$P^l = 1 - (1 - P^1)(1 - P^2) \dots (1 - P^n) \quad (9)$$

斜面のリスク評価式（式(7)）に孤立集落損失が含まれていないのは、リンク全体として対策が完了しない限り、孤立への不安感解消されないため、孤立集落損失は、リンク単位のリスク評価にのみ考慮するものとしているためである。また、リンクのリスク評価式（式(8)）では、孤立集落損失に落石の発生確率を乗じていない。孤立集落損失には、孤立に対する平常時の不安感を含んだものとして算出されているため、常に存在するリスクとして取り扱っているためである。

式(7)と式(8)のリスクに対して、各斜面の対策費用を $C^s$ 、各リンクの対策費用（対象リンクに存在する斜面の対策費の総和と定義する）を $C^l$ とすれば、各斜面と各リンクの費用便益比（B/C）は以下ようになる。

$$\text{斜面 } (B/C)^s = \Delta R^s / C^s = R^s / C^s \quad (10)$$

$$\text{リンク } (B/C)^l = \Delta R^l / C^l = R^l / C^l \quad (11)$$

通常、便益は、リスクの減少分 $\Delta R$ として定義されるが、本研究においては、斜面に対策を講じた後には、落石が発生しないことを前提条件としているため、リスクの値そのものが便益と一致する。

#### (2) 斜面単位のリスク評価結果

式(7)と式(10)に基づいて、各斜面のリスクとB/Cを評価した結果について示す。図-5と図-6は、対象地域内の「要対策」と「カルテ対応」の斜面のうち、未対策のもの（合計1706箇所）のリスクとB/Cの頻度分布図を示したものである。図-6中のB/Cが1を超える斜面は288箇所であり、効率性の観点からのみ判断すれば、対策を講じるべき斜面が未だ残されているということが確認できる。

ここで、リスクの評価結果が上位100位の斜面（図-5中ではリスクが約27（万円/年）以上に対応する）に着目して議論を進める。図-7は、リスクが上位100位の斜面が存在するリンクを地図上で強調表示したものである。また、同時に、過去の落石発生場所を地図上に示している。これらの結果より、本研究でリスクが高いと評価された斜面が存在するリンク周辺では、過去にも多くの落石が発生している傾向があり、本研究の評価結果は、現実の落石のリスクを適切に表現できていることが確認できる。

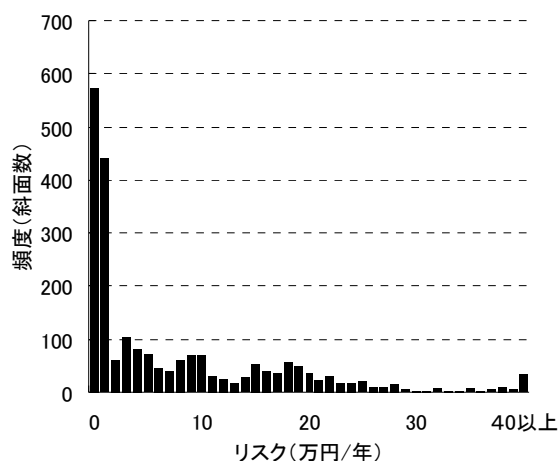


図-5 リスク頻度分布図

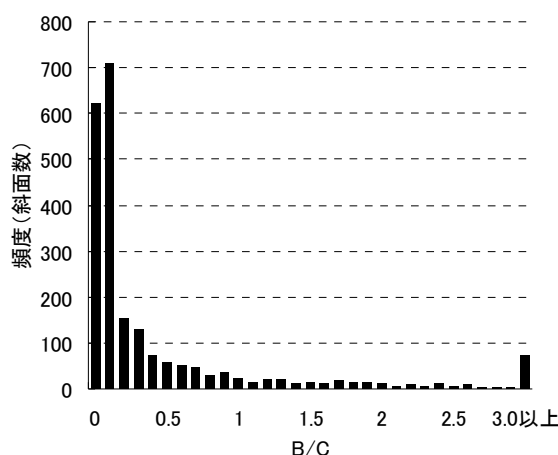


図-6 費用便益比頻度分布図

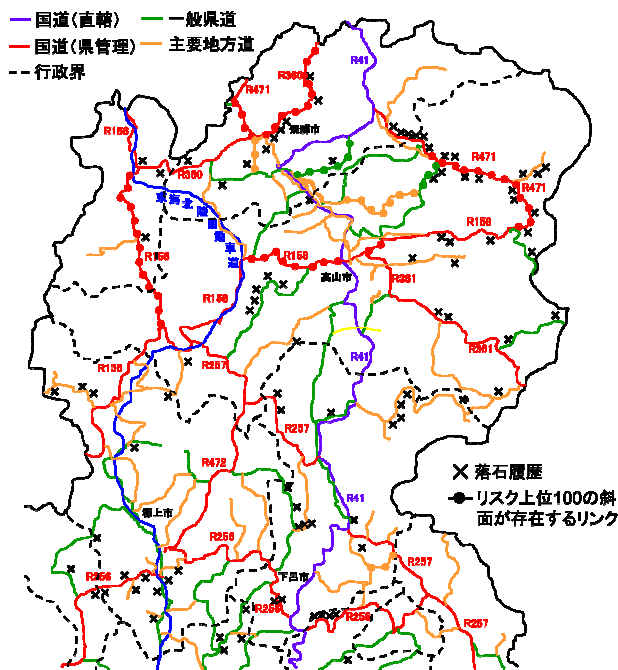


図-7 リスク上位100の斜面が存在するリンクと落石履歴

図-8 は、リスクが上位100位の斜面のリスクと費用便益比の関係を示したものである。図より、リスクが高

い箇所でも必ずしもB/Cが高くなるというわけではないことが確認できる。また、リスクが他の斜面に対して突出して高い斜面が3箇所あり、このような斜面は対策優先度が高いと判断できる。その他の斜面についてはリスクにそれほど大きな差はないが、B/Cが突出している箇所が数箇所存在しており、このような斜面は対策の効果が低いと判断できるため、やはり対策を優先的に講じるべきである。このように、リスクとB/Cの値から総合的に評価が可能であり、対策優先順位等の検討材料として非常に有益であることがわかる。

図-9 は、投資額に対するリスクの減少をグラフ化したものである。対象者面のリスクの総額(トータルリスク)は約15億円であり、投資額(対策費用)が増加することでトータルリスクがどのように変化するかを示している。図-9を作成する上で、3種類の対策の方針を設定した。1つ目は、本研究のリスク評価結果を用いない対策方針である。防災点検結果で「要対策」と判断された斜面のうち、迂回損失が高額となる順(道路の重要度が高いと考えられる順番)に、対策を進める場合であり、図中では「要対策+迂回損失」と表現されている。2つ目は、本研究で得られたB/Cの値の高い順に対策を実施するものであり、図中では「B/C順」と表現されている。3つ目の対策方針は、リスクが高い斜面から順に対策を進めるものであり、図中では「リスク順」と表現されている。図より、効率性に基づく指標であるB/Cの順で対策を進めた場合、他の対策方針と比べて極めて効率的に全体のリスクを低減できることが確認できる。また、「リスク順」の場合も、「要対策+迂回損失」に比べて効率的にリスクを低減していることが確認できる。これらの結果より、落石に対してリスクマネジメントを実施する意義が非常に大きいことがわかる。ただし、図-9は、投資額に対するリスク低減の効率性を確認するものであり、必ずしも効率的にリスクを低減させるものが最良の対策とはならないことを言及しておく。

### (3) リンク単位のリスク評価結果

式(8)と式(11)に基づいて、各リンクのリスクと費用便益比(B/C)を評価した結果について示す。ここでは、特に、孤立集落損失について議論する。対象地域に存在する孤立の恐れのある13集落に関するリンクについて、そのリンクの評価結果をまとめたものが表-3である。路線種別、路線名、路線内に存在する斜面数、リスク(万円/年)、孤立集落損失(万円/年)、費用便益比、および全96リンクにおけるリスク合計額の順位を示している。また、図-10は、表-3に示した孤立集落に関するリンクのリスクの中で、孤立集落損失が占める割合を示したグラフである。表-3より、リスクの順位を見ると、孤立集落に関するリンクは全体的に上位に位置していることが確認できる。また、図-10より、各路線のリスクに対して、孤立集落損失が占める割合は大きい傾向が確認できる。以上の結果は、孤立集落損失を考慮

してリスク評価を行うことの重要性を示している。しかしながら、表-3のB/Cが1.0以上となるのは、13リンクのうち6リンクであり、効率性の観点のみでは、必ずしも孤立危険性の解消を優先するような対策方針とはならないことがわかる。ただし、孤立集落問題は、効率性のみでは判断できない複雑な問題であるため、今後、公平性等を表現する評価指標を導入することにより、総合的に判断する枠組み構築が必要である。

表-3 孤立集落に係るリンクの評価結果

| リンクID | 路線種別  | 路線名      | 斜面数 | リスク合計<br>(万円/年) | B/C   | リスク順位<br>(96区間中) |
|-------|-------|----------|-----|-----------------|-------|------------------|
| 2145  | 国道    | 360号線    | 83  | 892.6           | 0.04  | 3                |
| 2246  | 一般県道  | 御岳山朝日線   | 63  | 317.0           | 0.08  | 20               |
| 2256  | 一般県道  | 御岳山朝日線   | 3   | 304.4           | 5.44  | 22               |
| 2254  | 一般県道  | 朝日高根線    | 3   | 303.6           | 1.90  | 22               |
| 2040  | 一般県道  | 稲越角川停車場線 | 29  | 1075.5          | 1.04  | 2                |
| 2055  | 一般県道  | 打保神岡停車場線 | 11  | 181.0           | 0.73  | 31               |
| 2080  | 一般県道  | 檜ヶ岳公園線   | 7   | 101.7           | 0.21  | 45               |
| 2147  | 一般県道  | 清見河合線    | 41  | 434.9           | 0.19  | 15               |
| 2345  | 一般県道  | 湯屋温泉線    | 1   | 350.5           | 87.62 | 16               |
| 2227  | 地方主要道 | 宮荻原線     | 5   | 442.3           | 3.95  | 13               |
| 2223  | 地方主要道 | 宮荻原線     | 28  | 447.7           | 0.66  | 12               |
| 2142  | 地方主要道 | 神岡河合線    | 16  | 505.8           | 0.87  | 11               |
| 2144  | 地方主要道 | 神岡河合線    | 1   | 192.5           | 2.19  | 27               |

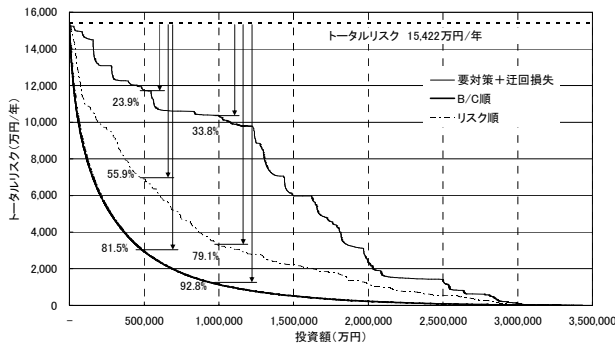


図-9 投資額とリスクの減少額の関係

## 5. 結論

本論文では、岐阜県飛騨圏域の道路斜面の落石を対象として構築したリスクマネジメントプロトタイプについて報告した。斜面危険度、経済損失、対策費用の各項目について算出方法と評価結果、および各斜面と各リンク

のリスクの評価結果を示した。各斜面の評価結果は、過去の落石履歴との比較により、現実との整合性が確認された。各リンクのリスク評価結果では、特に孤立集落損失について言及した。その結果、孤立集落損失を経済損失として考慮する必要性を示した。

本論文に示したプロトタイプは、いくつかの限定条件のもとに成立しているものであるため、今後も細部の高度化を進めていく。また、他の社会基盤施設を含めて統一的にリスクマネジメントを行うための考え方や手法について研究を進める予定である。

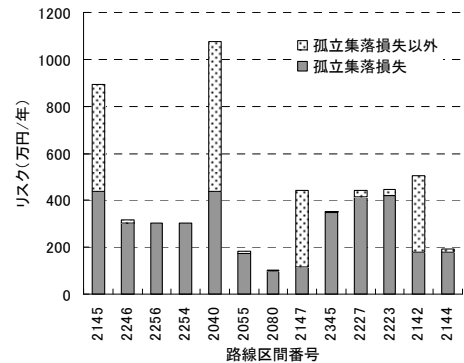


図-10 リスクに対する孤立集落損失の割合

## 参考文献

- 1) 岩田麻衣子, 高木朗義, 倉内文孝, 本城勇介: 岐阜県内を対象とした社会基盤施設のリスクマネジメント その1: 研究概要と経済損失評価, 第44回土木計画学研究発表会, 2011
- 2) 大竹雄, 流石堯, 森本博昭, 村上茂之, 小林孝一, 本城勇介, 高木朗義: 岐阜県内を対象とした社会基盤施設のリスクマネジメント その3: 橋梁のリスクマネジメント, 第44回土木計画学研究発表会, 2011
- 3) 本城勇介, 町田裕樹, 森口周二, 原隆史, 沢田和秀, 八嶋厚, 岐阜県飛騨圏域を対象とした道路斜面危険度評価, 土木学会論文集 C, Vol.67, No.3, pp.299-309, 2011

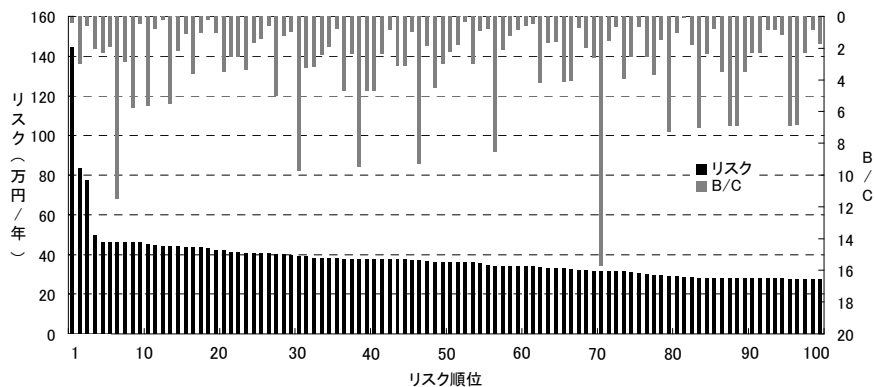


図-8 リスク上位100の斜面のリスクと費用便益比