

包絡分析法(DEA)を用いた道路防災点検箇所の事業化優先順位検討※

Determining the Priority of Measures Construction of Road Disaster Prevention Inspection Places by Data Envelopment Analysis※

正岡 久明[※]・渡辺 昌治[※]
Hisaaki MASAOKA[※]・Shoji WATANABE[※]

1. はじめに

道路防災点検は、法面など落石・崩壊発生の恐れや擁壁など道路施設の転倒などの変状、および雪崩や地吹雪による雪害の恐れなど実際に現地を確認して、その箇所の把握・評価として行われている。防災点検の結果は、対応策などを記した「防災カルテ」を作成するとともに点検結果のデータベース化を行い、今後の道路防災対策の基礎資料としている。防災点検の結果、ランクⅠ「対策が必要とされる箇所」が多く存在する場合、事業化の優先順位をつける必要があり考慮すべき事項として、

- ・ 災害が発生する危険度はどの程度か？
- ・ 道路利用者にどの位の影響があるか？
- ・ 対策による費用対効果は？

などが考えられるが、現状は一部の指標（危険度など）で評価したり、道路管理者の主観的な影響が介在したりするなど、客観的な優先順位検討に向けて改善の余地がある。

本稿では、北海道の道道の防災点検箇所（約 80 箇所）を対象として、評価指標の検討を行い「点検評点」「交通量」「迂回距離」「孤立集落人口」「対策事業費」の5指標を選定した。次にその5つの評価指標を用いて包絡分析法(DEA)による事業化の優先順位の検討結果を報告するものである。

2. 防災点検データ

平成 18 年度に行われた北海道の防災点検箇所数は、全部で約 6,000 箇所あり、その内訳は ランクⅠ=831 箇所、ランクⅡ=約 2,500 箇所、ランクⅢ=約 2,600 箇所となっている。

ランクⅠの 831 箇所の項目別の割合は、落石崩壊 44%、地吹雪 23%と多く、岩石崩壊、雪崩、擁壁が 10%程度であり、人工斜面は1%と少ない(図-2)。

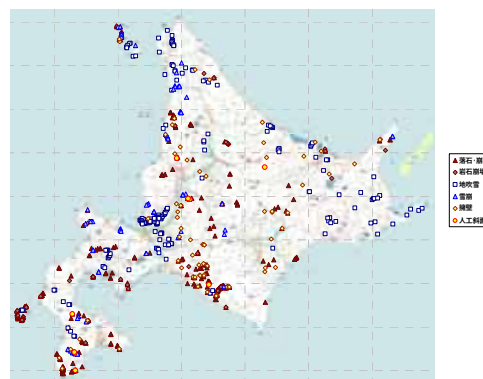


図-1 防災点検箇所(ランクⅠ)

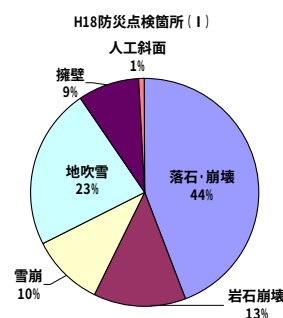


図-2 防災点検箇所割合(ランクⅠ)

3. 評価指標の設定

評価指標は、優先順位を検討する上で重要な要因であり、考慮すべき項目の検討にあたっては「道路事業・街路事業に係る総合評価要綱（国土交通省 道路局 都市・地域整備局 平成 17 年 2 月）」の評価項目なども参考として次項を抽出した。

- ① 住民生活の確保
- ② 当該道路の重要度
- ③ 社会的・経済的な影響
- ④ 災害発生の危険度
- ⑤ 対策事業費

次にこれらに関する客観的な数値データを用いる必要があるため、表-1 にあるように考慮すべき項目と災害の被害による損失を評価する指標について対応させた。

検討の結果、防災点検箇所の優先順位を評価する指標は「点検評点」「交通量」「迂回距離」「孤立集落人口」「対策事業費」の5指標とした。

*キーワード：公共事業評価法、維持管理計画、防災計画

** 非会員 株式会社 シー・イー・サービス
札幌市豊平区西岡2条8丁目5番27号、
TEL 011-855-4440、FAX 011-854-9552)

表-1 災害による影響と評価指標

考慮すべき項目		災害の被害による損失を評価する指標				
		防災点検 評価点	交通量	迂回距離	孤立集落 人口	対策 事業費
住民生活の 確保	主要公共施設 へのアクセス		○	○		
	買い物等の市 街地へのアクセ ス		○	○		
	医療施設への アクセス		○	○		
	避難所へのア クセス		○	○		
当該道路の 重要度	周辺住民人口		○		○	
	災害時に孤立 する可能性				○	
	迂回路の有無			○		
社会的、経 済的な影響	物流経路とし ての利用		○	○		
	主要観光地へ ルートとして利 用		○	○		
	空港、港への経 路として利用		○	○		
災害発生 の危険度	対策の緊急度	○				
対策事業費	費用対効果					○

(1) 防災点検評価点

防災点検評価点は、災害の発生する危険度を計る評価要素である。防災点検では、「安定度調査表」に示されている「要因」「対策工」「履歴」により評価された点数を使用する。なお点検評価点は、各項目によって満点に差があるため換算した（表-2）。

表-2 点検項目の評価点

点検項目	総合評価（満点時）
①落石・崩壊	100点
②岩石崩壊	126点
③雪崩	29点
④擁壁	120点
⑤地吹雪	100点
⑥人工斜面	100点・126点※1

※1 落石・崩壊、岩石崩壊といずれも類似する安定度調査票を用いる。

(2) 交通量

交通量は、道路利用状況および道路の重要度を計る評価要素である。防災点検時の箇所別記録表に記入されている12時間交通量（平日）を使用する（当該防災点検箇所の位置する区間の平成17年交通センサス調査）。

(3) 迂回距離

災害の発生により当該路線が通行止となった場合は、道路利用者は、迂回を強いられることになり、時間的・経済的に大きな損失となる。迂回距離は、当該路線が迂回路と接続する区間の延長と、迂回路の延長の差（当該路線延長－迂回路延長）を迂回距離とした。なお行き止まり路線で迂回路が無い場合は別途考慮することとした。

(4) 孤立集落人口

災害の発生により迂回することが不可能な地域の場合は、孤立集落が発生し日常生活に大きな影響を与えることになる。孤立する可能性がある集落人口は、総務省統計局のホームページにある統計GISデータを用いて計測したデータを使用する。

(5) 対策事業費

防災対策事業費は、防災点検調査書の「提案対策工費」として概算事業費が示され、基本的に「災害発生時の被害が大きく、かつ事業の実施コストが安い」箇所の便益が大きくなると言える。このため防災対策事業費を評価指標とすることで事業便益性を計ることが出来る。

4. 評価手法の検討

多種多様な評価手法について、制約条件や客観性などを総合的に比較検討した（表-3）。道路防災対策事業の優先順位の評価にあたって求められる「評価対象とできる指標の多様性」「評価方法の客観性」などを考慮し「包絡分析法(DEA)による事業優先順位の評価」が最も適当と判断した。

表-3 評価手法の比較

評価手法	指標の制約	評価者の主観的評価	評価
○重み付け評価 各指標に重み付けを行い、合計の評価点によって評価する手法	・評価指標は、定量的なもののみならず、定性的なものも可能で柔軟性、自由度が高い。	・評価者の判断により各指標の重みとして評価する。	・社会ニーズ、地域ニーズなどの変化に即した事業を検討する際に適した手法。
○多基準分析(AHP法) 多数の要因を評価することが可能で、問題に係る要因と代替案を明確に構造化できる評価手法	・評価指標は、定量的なもののみならず、定性的なものも可能で柔軟性、自由度が高い。	・評価者の判断により各指標の重みとして評価する。	・評価者の判断が変化すると結果は大きく異なるため適用には注意が必要である。
○災害発生危険度 防災点検の危険度による評価手法	・評価指標は危険度のみを対象。	・危険度は過去の被災履歴や工学的評価で決定されるため評価者の判断を取り込むことは出来ない。	
○費用便益法(B/C) 事業による便益と事業にかかるコストの比によって評価する手法	・評価指標は貨幣価値換算できるものを対象。	・定量的な指標を貨幣価値換算するため評価者の判断を取り込むことは出来ない。	・評価者の判断を取り込むことは出来ないため、透明性、客観性が高い。
○包絡分析法(DEA) 定量的な多数の要因を評価することが可能で、かつ各指標に特定の重みを付けることなく最適解を導き評価する手法	・評価指標は、定量的なものを対象とし比較的柔軟性、自由度が高い。	・定量的な指標を扱うとともに、最も効率的な最適解を算出するため、評価者の判断を取り込むことは出来ない。	

5. 評価分類の設定

防災点検の項目は、①落石・崩壊、②岩石崩壊、③雪崩、④擁壁、⑤地吹雪、⑥人工斜面の6つに分類される。これらは災害の発生要因を異にするものであり、発生時期も冬期に限定される項目もあるため、これらを横並びで評価することは、実際の事業種別から見ても妥当ではないため3グループに分けた（表-4）。

表-4 評価分類

分類	要因	防災点検項目
分類1	豪雨に起因するもの	①「落石・崩壊」②「岩石崩壊」
分類2	豪雪に起因するもの	③「雪崩」④「地吹雪」
分類3	人工的に設置されたもの	⑤「擁壁」⑥「人工斜面」

6. 包絡分析法 (DEA)

あるデータ群の順位を考える時、順位判定の基準となる“ものさし”がひとつであれば、ごく簡単に判断を下すことができる。例えば、防災点検箇所を危険度だけで行う場合は、安定度評価表の評価点によって簡単に優先順位が決定可能となる。しかし“ものさし”が複数になると、突然問題は複雑化する。例えば、危険度と重要度がともに高ければ優先順位として上位になることは推察できるものの、危険度は高いがさほど重要ではない箇所と、またその逆の箇所を比較した場合は、どちらの箇所が優先的に対策を行うかは、判断が非常に難しい。この時に危険度と重要度の2つの要因の持つ意味合いが全く異なるため要因間の重み付けも難しくなる。いずれかの評価指標が高い箇所は、その評価項目を考慮しながらも客観的な優先順位を検討する必要がある。

これまでの、要因間の重みを主観的に決定し（例えば危険度に×1000、重要度×10 など）、評価点を算出することで順位を決するような方法が多く採られてきた。しかし、要因の重みを決めてしまうことは評価の視点を固定することになり、全ての箇所を公平に評価することが難しく、説明責任を果たす上でも障害になっていた。

このような問題を解消する分析方法として、包絡分

析法（以下、DEA）が有意と考えられる。DEA は要因間の重みを事前に決定することはせずに、個々のデータにとって最も有利となる重みを特定し、その条件で他データとの相対比較を行いながら順位を決めていく方法であり、各データの“個性”を考慮した多視点での評価が可能な方法である。

(1) DEA の基本

優先順位の評価指標は、防災点検評点、孤立集落人口、迂回距離、交通量、対策事業費の5指標であるが、包絡分析法(DEA)による手法を、防災点検評点と交通量の2指標とした場合の計算フローの例を以下に示す。

(2) DEA の計算

1 順目の計算結果（図-3 ⑤）1 位となった A 地点を外し、残りの地点で再度計算を行う。これは、A 地点に対策工を実施した場合に、残りの箇所の優先順位が同じになるとは限らず、図-3 ②で D 地点は A 地点の存在によって包絡線上に乗ることは出来なかったが、A 地点に対策を実施した後は、優先順位の検討から外して考えると D 地点付近で包絡線上に浮上する可能性がある。これらを考慮して、最後の 1 地点になるまで繰り返し計算を行い、全体の優先順位を算出する。

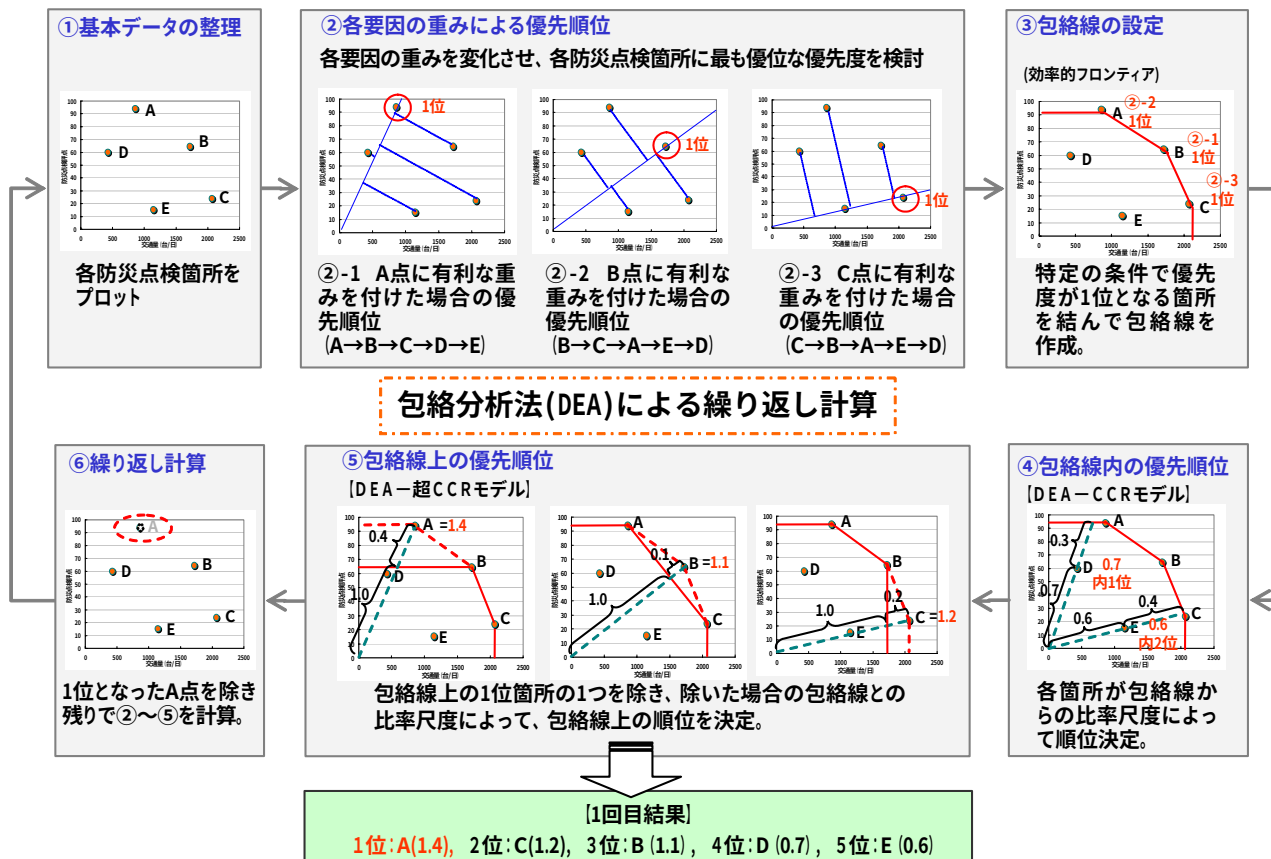


図-3 DEA 計算フロー

7. 優先順位の検討

優先順位の検討データは、データを偏差値化する必要があり、次式を用いて行う。

$$T_i = \frac{10(x_i - \mu)}{\sigma}$$

μ : 平均値
 σ : 標準偏差

基本データと偏差値データを表-5に示す。

北海道における防災点検 6 項目の点検箇所数は、約 6,000 箇所であり、そのうち対策が必要とされるランク I は、831 箇所となっている(表-6)。

表-5 基本データの偏差値化

整理番号	ID	点検対象 項目名	防災点検 評点 (/100点)	交通量 (平日/12h)	迂回延長 (km)	孤立集落 人口 (人)	防災対策 事業費 (百万円)
G-13	1	落石・崩壊	55.0	1700	26.0	0	332.00
G-14	2	岩石崩壊	52.0	1700	26.0	0	71.00
G-15	3	岩石崩壊	54.0	1700	26.0	0	1,600.00
G-16	4	岩石崩壊	85.0	500	14.6	0	800.00
G-21	5	落石・崩壊	63.0	1200	0.0	662	1.50
G-22	6	落石・崩壊	74.0	1200	0.0	662	10.50
G-23	7	落石・崩壊	80.0	1200	0.0	662	10.80

偏差値化

整理番号	ID	点検対象 項目名	防災点検 評点 (/100点)	交通量 (平日/12h)	迂回延長 (km)	孤立集落 人口 (人)	防災対策 事業費 (百万円)
G-13	1	落石・崩壊	39.884	63.790	44.276	43.926	36.776
G-14	2	岩石崩壊	28.801	63.790	44.276	43.926	50.249
G-15	3	岩石崩壊	30.082	63.790	44.276	43.926	2.070
G-16	4	岩石崩壊	49.943	48.969	42.718	43.926	12.617
G-21	5	落石・崩壊	46.342	57.614	62.760	68.016	53.837
G-22	6	落石・崩壊	55.222	57.614	62.760	68.016	53.372
G-23	7	落石・崩壊	60.066	57.614	62.760	68.016	53.357

表-6 分類別箇所数

分 類	防災点検項目	箇所数	箇所数計
分類1	①落石・崩壊	368	476
	②岩石崩壊	108	
分類2	③雪崩	85	276
	④擁壁	191	
分類3	⑤地吹雪	71	79
	⑥人工斜面	8	
合計			831

(1) 優先順位結果

分類毎の優先順位結果を図-4~6に示す。図中の丸が大きい箇所ほど優先順位が高いことを示す。

(2) 優先順位結果の検証

優先順位の高い箇所(丸が大きい箇所)の発生状況を検証した結果、人口が集中している地域や交通量の大小、迂回距離の長短などの特定の指標によって、優先順位結果に偏りが生じることは無かった。

8. おわりに

全道の防災点検箇所(831箇所)を対象として、包絡分析法(DEA)による結果は、ある特定要因の影響の有無、地域的な偏り、各箇所のデータと優先順位の関係などを総合的に検証したが当初懸念された問題もなく、今回得られた結果は妥当と考えられる。また各箇所のデータと優先順位の関係も十分に理解可能な内容となっていることから、客観的で公平性の高い評価手法であると考えられる。最後に包絡分析法を用いた分析について、山口大学工学部社会建設工学科 古川教授、ならびに西日本技術開発(株)大石博之氏に多くのご助言、ご協力をいただいたことを心より感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 財団法人 道路保全技術センター：平成 18 年度道路防災点検要領(豪雨・豪雪等)
- 2) 因幡雄起、大石博之、杉原成満、武本大昭、古川浩平：DEA の大規模問題適応システムの構築とそれを用いた土砂災害危険箇所順位の設定、2006
- 3) 海原壮一、荒川雅生、佐藤丈晴、中山弘隆、古川浩平：包絡分析法を用いた急傾斜地崩壊防止施設整備の客観的優先順位設定法、

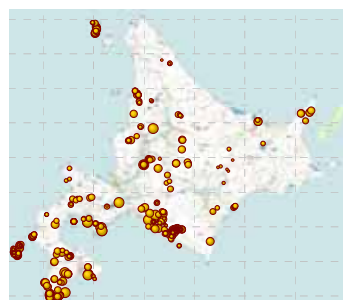


図-4 分類1
(落石・崩壊、岩石崩壊)優先順位分布図

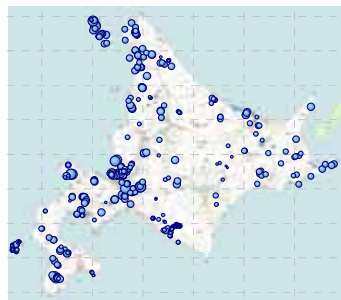


図-5 分類2
(雪崩、地吹雪)優先順位分布図

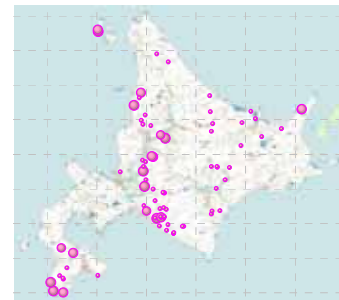


図-6 分類3
(擁壁、人工斜面)優先順位分布図

- ・ 箇所数は室蘭と函館で7割以上を占める
- ・ 上位は札幌、室蘭、函館の割合が多い

- ・ 箇所数は、札幌が3割を占める
- ・ 上位は札幌、小樽、稚内の割合が多い

- ・ 箇所数は、室蘭が3割を占め、釧路、小樽に点検箇所はない
- ・ 上位は札幌、稚内、函館の割合が多い