

包絡分析法を用いた個別斜面におけるがけ崩れ発生限界雨量線の設定

(株) エイトコンサルタント 正会員 ○海原 荘一

香川大学工学部 正会員 荒川 雅生

山口県土木建築部 正会員 鉄賀 博己

(株) エイトコンサルタント 正会員 佐藤 丈晴

(株) 西松建設 正会員 前田 允

甲南大学理工学部 非会員 中山 弘隆

山口大学工学部 正会員 古川 浩平

1. 研究の目的

我が国では、毎年のように多くの土砂災害が発生しているが、全ての危険箇所について対策工を整備するには、莫大な費用と期間が必要であり、土砂災害に対する警戒避難体制の整備等、ソフト対策の必要性が高まっている。しかし、土砂災害に対する警戒避難基準雨量は、予測精度に問題が生じる場合もあり、その予測精度を高めるためには、個別斜面ごとに発生限界雨量線の設定を行うのが望ましい。そこで、本研究では、包絡分析法（DEA：Data Envelopment Analysis；以下「DEA」と表記する。）を用いて、個別斜面ごとのがけ崩れに対する発生限界雨量線等の設定を行った。

2. 包絡分析法 (DEA) の概要

DEA は経営効率の改善を目的として、Charnes, Cooper, Rhodes によって提唱された比率尺度により効率性を定量的に評価する手法である¹⁾。この手法では意思決定主体（DMU；以下「DMU」と記す。）ごとの評価項目に対する定量的な入力及び出力データから、図-1 に示すような、比率尺度が最大となる効率的フロンティアを求めることができる。また、DEA では図-1 に示すような2次元のデータだけでなく、それ以上の次元のデータの解析が可能である。

本研究では、時間雨量、実効雨量（半減期 72 時間）、斜面危険度で3次元の効率的フロンティアを求め、それを用いて、斜面の危険度毎の基準雨量を設定する方法を検討した。

3. 個別斜面ごとの発生下限線の設定

発生下限線は、がけ崩れが発生している降雨の下限値を示すものであり、通常の警戒避難基準雨量の発生限界雨量線（Critical Line）を意味するものである。本研究では、まず、がけ崩れが発生した時の時間雨量・実効雨量（半減期 72 時間）及びがけ崩れの発生した斜面の危険度のデータを用いて、

3次元の効率的フロンティアを求め（以下「発生下限面」と表記する）、危険度軸に直交する断面をその危険度の発生下限線とすることで、斜面毎の発生下限線を求めることとした（図-2）。なお、斜面の危険度は多くの地形要因の中から、ラフ集合によって重要要因を抽出し、その重要要因のカテゴリ毎のがけ崩れの発生率を点数化して求めた。

発生下限面ではどの斜面の危険度においても、がけ崩れの発生の見逃しが無いよう設定する必要がある。発生下限面の設定に用いるのは、がけ崩れの発生したデータのみであり、発生下限面の設定に用いたがけ崩れの発生した斜面のうち最も高い危険度より高い危険度の部分（図-3 における縦軸の「対象地域の最大危険度」～「発生下限線上の降雨データ」の間の危険度）には、発生下限面が存在しない（図-3）。つまり、その部分の危険度については、発生下限面がないために、図-2 のように危険度毎の発生下限線を設定することができない。

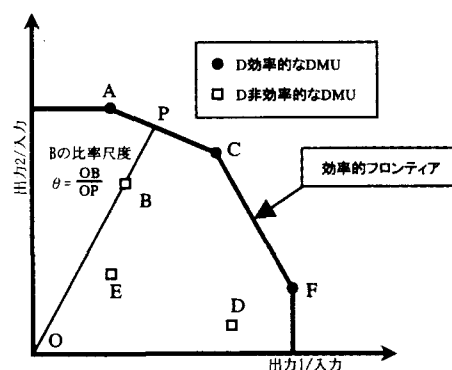


図-1 包絡分析法の概要図

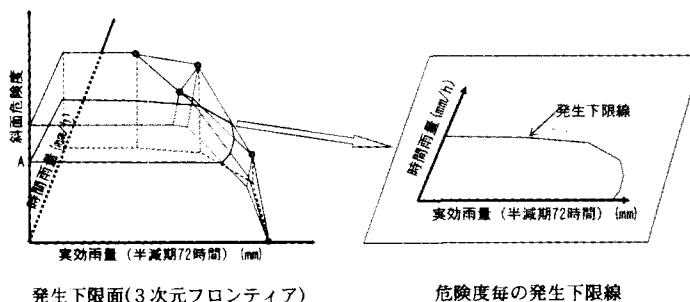


図-2 発生下限面からの危険度毎の発生下限線の求め方

発生下限線の設定の対象とした地域全体で1つの発生下限線（危険度を考慮していないもの）は、最も危険度の高い斜面でも見逃しがないように設定しているため、地域全体の発生下限線を構成しているフロンティア上の発生降雨データは、最大危険度の斜面に対する基準雨量と同義であるといえる。つまり、この発生下限線は最大危険度と同じ潜在的危険度を持っていることを意味している。そこで、図-3 に示すように、発生下限線上の発生降雨データにその地域で最大の危険度を与えた発生降雨データを追加して3次元の発生下限面を設定し、それから危険度毎の発生下限線を求めることとした。

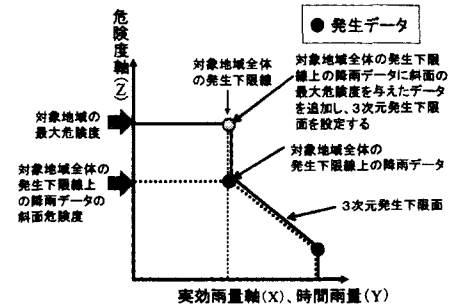


図-3 発生下限線の設定における潜在危険度の与え方

4. 個別斜面ごとの非発生限界線の設定

非発生限界線は、その雨量を超えると、災害実績から判断すれば、必ずがけ崩れが生じることを意味しており、警戒避難基準雨量としては、最も危険な状態の判断基準となるものである。非発生限界線も発生下限線と同様、図-2 のように時間雨量、実効雨量（半減期 72 時間）、斜面危険度で3次元のフロンティアを求め、それを危険度軸に平行な断面をその危険度の発生下限線上とすることで、斜面毎の発生下限線を求めることとした。

しかし、非発生限界線を設定するための非発生降雨データは、どの斜面でもがけ崩れが発生していないために、発生降雨データのように、斜面の危険度を特定することができない。そこで、地域全体の非発生限界線上の点に、潜在危険度として、対象地域の全ての危険度を与えた。また、危険度の高い斜面は危険度の低い斜面より少雨でがけ崩れが発生する傾向があるといえる。つまり、同じ発生降雨でも、実際にがけ崩れが生じた斜面の危険度より危険度の高い斜面においては、がけ崩れが生じる可能性も高く、それより危険度の低い斜面では発生の可能性は低くなるといえる。そこで、図-4 に示すように、発生降雨データに、実際にがけ崩れが生じた斜面の危険度より少しだけ小さい危険度を与え（図-4 のグレーの囲みの部分）、これを非発生降雨データとすることで、非発生限界線においても斜面危険度を考慮することができた。

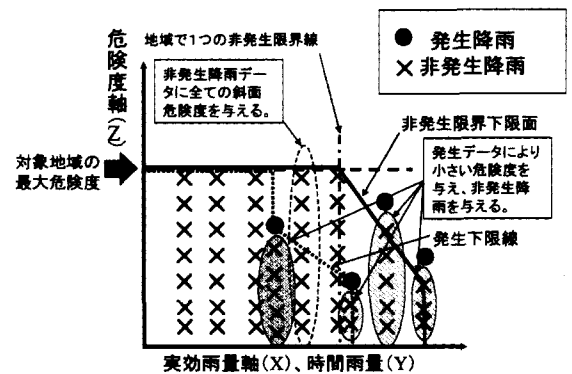


図-4 非発生限界線の設定における潜在危険度の与え方

5. 的中率の検討

本検討で設定した個別斜面における基準線が、従来手法と比較して精度が向上しているかどうかを検証した。①従来 CL 及び②地域全体を対象とした発生下限線と③個別斜面の基準雨量に対する非発生降雨の的中率について検討を行った。①～③の3ケースの基準線の精度比較の結果を表-1 に示す。①従来 CL、②地域ごとの発生下限線では、的中率はそれぞれ 82.5%、85.3%であるのに対し、③個別斜面の発生下限線の非発生降雨データに対する的中率は 91.4%と高くなっており、精度の向上が認められ、DEA により個別斜面ごとの基準雨量を設定することの有効性を確認することができた。

参考文献

- 1) 刀根薫：経営効率性の測定と改善，日科技連，pp176.，1998
- 2) 佐藤丈晴，荒川雅生，中山弘隆，鉄賀博己，古川浩平：DEA を用いたがけ崩れによる警戒避難基準雨量の設定，土木学会論文集，No. 707/VI-55，p. 153-163，2002

表-1 非発生降雨の的中率

	検討数	的中数	空振り数	的中率(%)
線形CL	681	562	119	82.5
地域(DEA)	681	581	100	85.3
個別斜面(DEA)	74372	67946	6426	91.4