

フラクタル理論からみた斜面崩壊と斜面地開発の関係

長崎大学工学部 正会員 後藤恵之輔 長崎大学大学院 学生員 後藤健介
 長崎大学大学院 学生員 〇渡邊 浩平 長崎大学大学院 学生員 川内 透

1. はじめに

長崎市に代表される斜面都市では、平坦な土地が少ないという地形的制約のため、斜面地に住宅を建てざるを得ない。さらに、経済成長とともに勾配の急な急傾斜地への住宅建設が行われた。このように住宅建設などの斜面地開発では、斜面の安定性が開発前後で変化してくるため、斜面地開発の崩壊に対する検討は重要なことである。著者らは、斜面地の安定性評価へのフラクタル理論の適用を考え、斜面地の崩壊前後でのフラクタル次元の算出を行い、崩壊前後のフラクタル次元の変化から斜面地の安定性に関して検討を行った。

2. フラクタル次元の測定方法

本研究では、フラクタル次元を測定する方法として、ボックスカウンティング法を用いた。この方法は、粗視化の度合いを変えることによって見積もる方法の中で最も一般的なものである¹⁾。測定方法としては、境界線で表された図形を一边 d の正方形 $N(d)$ 個で覆った場合、ある定数 k において d と $N(d)$ を測定すると、この間には下の比例関係が成り立つ。

$$N(d) = \mu d^{-k} \quad (\mu \text{ は正の定数、} -k \text{ は定数})$$

このとき、この式の自然対数をとれば、

$$\log N(d) = -\log d + \log \mu$$

となり、 $\log N(d)$ と $\log d$ の関係は直線の式を意味している²⁾。したがって、一边の長さ d とその正方形の個数 $N(d)$ を測定し、 $\log N(d)$ と $\log d$ の間に傾き $-k$ の直線の関係があれば、 k をフラクタル次元とするという測定方法である。

$\log N(d)$ と $\log d$ の間の相関係数が -0.985 以下ではフラクタル性はあまり認められず、 -0.995 以上であるとフラクタル性が認められる。この方法は、対象物（又は対象地）を正方形に細分すれば、その個数をコンピュータで計算することにより、容易にフラクタル次元の測定ができる利点を持っている。

3. 適用斜面の地形概要

平成 9 年 7 月に斜面崩壊が発生した長崎市北陽町の斜面崩壊前後でのフラクタル次元の測定を行った。この崩壊が発生した斜面（広刈地区）は、長崎市内の危険地域指定地区に指定されている地域である。傾斜は最大約 35° で平均傾斜は約 30° となっており、その下位に立地する住宅地でも 15° 以上の急傾斜地域となっている。この斜面崩壊の被害状況は、幅 60m、高さ 40m、奥行き 30m にわたって崩壊し、崩壊土砂は崩壊後の不安定な土砂も含めて約 5 万 m^3 である。図-2 (a)、(b) に、崩壊前後での本斜面の断面図を示す。

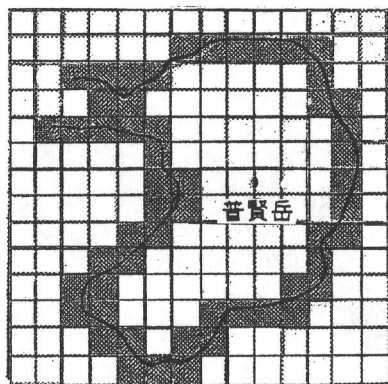


図-1 ボックスカウンティングの例
 (長崎県島原半島の海岸線)

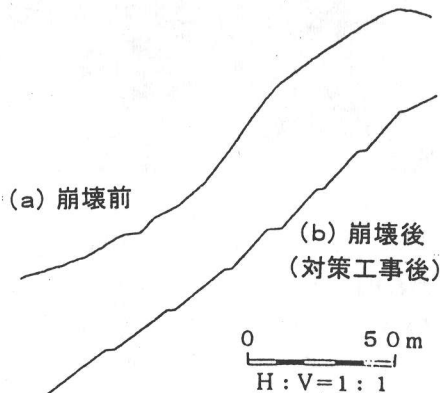


図-2 断面図

4. 測定結果および考察

図-3 (a)、(b) に、崩壊前及び崩壊後の $\log d - \log N(d)$ 関係をそれぞれ示している。崩壊前後のいずれでも $\log d - \log N(d)$ 関係は直線性を示しており、本斜面はフラクタル性を有する斜面と言える。

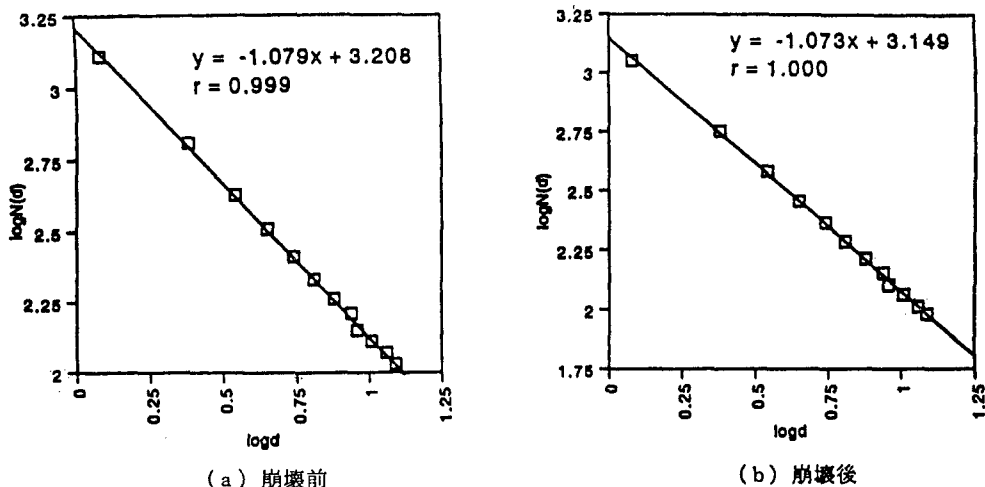


図-3 広刈地区斜面崩壊前後での $\log d - \log N(d)$ 関係

表-1 に、フラクタル次元及び相関係数を示す。
相関係数は崩壊前後どちらでも-0.999 以上を示しており、フラクタル次元を有していることが分かる。
フラクタル次元より検討を行うと、崩壊後の斜面は

表-1 崩壊前後でのフラクタル次元

崩壊状況	フラクタル次元	相関係数
崩壊前	1.079	-0.999
崩壊後	1.073	-1.000

対策工の施工などにより人工的な斜面となるため、当初は崩壊後の斜面がフラクタル次元は大きくなると考えていた。しかし、測定結果から崩壊前の斜面のフラクタル次元が高くなる結果となった。この原因として、崩壊前後でのフラクタル次元の数値にそれほど差が見られなかったことが上げられる。これは、崩壊前後で斜面の地形が大規模に改変されなかったため、崩壊前の斜面のほうに凹凸が多くフラクタル次元が崩壊後より高くなったものと思われる。しかし、住宅地などの斜面地開発が行われる際、一般的に土砂の大規模な切り盛りが行われ、斜面形状が大きく変わってくるため、対象とする斜面のフラクタル次元にも大きな差が生じるとと思われる。

また、崩壊前後でフラクタル次元の比を求めると、崩壊前：崩壊後=1:0.994 となった。この結果からは、崩壊前後の比に差が見られなかった。しかし、今後より多くの斜面を対象として測定を行うことで、斜面の安定性の評価にフラクタル理論を適用することができるとと思われる。

5. おわりに

今回の測定では、斜面崩壊前後だけとなったが、今後は自然斜面および人工斜面のフラクタル次元を測定していくことが必要である。また、本研究の今後の課題としては、斜面の安定性を検討する新たな手段として信頼性を持たせるために、数多くの斜面地での崩壊前後の事例を検討していかなければならない。

参考文献

例えば

1) 石村 貞夫：フラクタル数学, 東京図書, pp. 246~254, 1990.
2) 後藤 恵之輔, 川内 透, 内田 篤志, 前間 英一郎：衛星リモートセンシングを用いた河川線形と海岸線形のフラクタル性評価, 土木構造・材料論文集第 13 号, pp. 141~148, 1997. 6.