

北海道大学 学生員 池崎直樹
 北海道大学 正会員 姫野賢治
 東北工業大学 正会員 村井貞規

1. 緒言

ひびわれは舗装の主要な破壊形態の1つであり、凍上などの気象的なものや路盤や路床の支持力低下によるものなど、さまざまな原因によって、直線状、折れ線状、亀甲状などのさまざまな形態で舗装内部や路面に発生する。現在、このひびわれの発生した舗装路面状態を表す指標にはひびわれ率、あるいは、ひびわれ度がしばしば用いられるが、これらは文字どおり舗装表面積に占めるひびわれの面積や長さを基にした定量的なものであり、主にネットワークレベルにおける維持修繕の優先度を決定する場合などに用いられている。一方、熟練した技術者は過去の経験などをもとに直線状、折れ線状、亀甲状等のひびわれの形状を見てその原因を推測することができるように、プロジェクトレベルにおいては、ひびわれの大きさや発生の程度が異なっても変化しない特有の形状を表すための指標が必要であろうと思われる。本研究は、阿部ら¹⁾、村井ら²⁾の研究と同様に、このようにひびわれの発生原因や補修方法とも関連のある幾何学的形状を表すため、最近さまざまな分野で注目を集めてきているフラクタルという幾何学的概念に着目し、①写真やスケッチの形で得られた舗装表面のひびわれのフラクタル次元を簡便かつ高速に求められるデータ処理システムをパソコン上に構築すること、②このようにして得られたフラクタル次元とひびわれの発生原因や交通量などとの関連を調べ、このフラクタル次元が新しい舗装評価の指標となり得るかを検討することを目的とした。

2. 解析理論

2.1 フラクタル次元

フラクタルとは、例えば球であればその半径、あるいは人間であればその身長などのように、それ自身に特徴的な長さを持たない図形、構造、現象などの総称であり、1975年にB. B. Mandelbrotによって作られた言葉である。フラクタルの重要な性質の1つに、その図形の一部分を拡大してみると全体、あるいは、より大きな部分と同じような形や複雑さになっているという自己相似性があり、この自己相似性を持つ図形の複雑さを定量的に表す量として、フラクタル次元が定義されている。これは、先験的に理解し易い整数の位相次元を拡張したもので、一般には正の実数の値をとる。

2.2 フラクタル次元の算出法

フラクタル次元を算出する方法にはいくつかの実用的な方法が知られている³⁾が、今回は、粗視化の度合を変える方法の1つである Box Counting 法を用いた。これは、Fig. 1 のように、ひびわれの画像を1辺がrの正方形に分割して覆ったときに、その内部にひびわれを含む正方形の個数N(r)を数え上げ、

$\log r$ と $\log N(r)$ の間に、 $\log N(r) = A + B \log r$ なる関係があるとき、フラクタル次元Dは、 $D = |B|$ により求めることができる。本研究では、イメージスキャナによって、ひびわれの画像データをイメージとしてパソコンに取り込み、これを用いてパソコン内部で Box Counting 法をシミュレートして、フラクタル次元を求めた。ただし、写真の撮影状態によっては読み込んだ画像が肉眼で見たものと異なる印

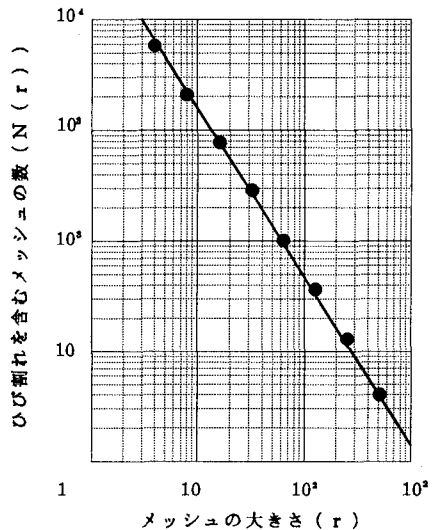
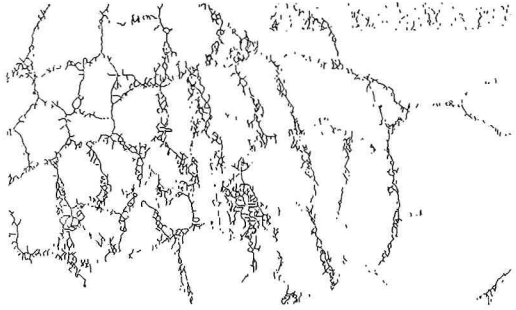
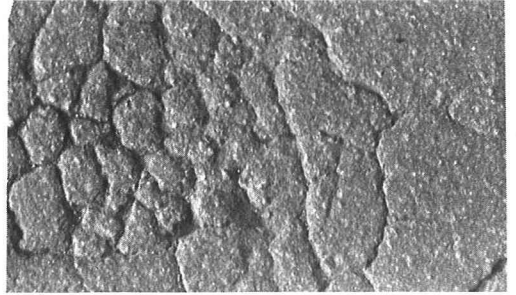


Fig. 1 粗視化の度合いを変えたときの被覆正方形の個数

象を与える場合もあり、そのような場合は、適宜、細線化、輪郭抽出を施すなどの処理を加えた。Fig. 2に、撮影された写真と、スキャナーによって読み込まれたイメージを比較して示す。なお、写真1枚のひびわれを解析するために要する時間は数分である。



3. 実際のひびわれへの適用及び考察

1991年12月3、4日、国道275号線の月形町、当別町および江別市において数百枚の舗装のひびわれの写真撮影し、これらのフラクタル次元と交通量、大型混入率等を比較し、その相関性を調べた。

ひびわれのイメージを全く処理しない場合、細線化を施した場合、輪郭抽出を施した場合などで多少異なるが、求められたフラクタル次元は、直線的で線の幅の狭いひびわれでは1.0~1.1、線の幅が広かったり折れ曲がりの多いものでは1.2~1.3、亀甲状のものでは1.4~1.5値が多く、阿部ら¹⁾のものよりも多少小さ目の値となったが、ほぼ同様の傾向が見られた。これは、Fig. 2に典型的に見られるように、骨材をひびわれとみなしてしまったり、あるいはひびわれの幅が大きい

Fig. 2 路面のひびわれの写真とそのイメージデータ

ときは、細線化処理を行ったときにそのひびわれの内部を細いひびわれが覆いつくすような状態になり、実際のひびわれとは異なる状況になったりしたことが原因ではないかと考えられる。

最後に、フラクタル次元の平均値と各測定地点での12時間交通量及び大型混入率との関係をFig. 3、4に示す。今回は得られたフラクタル次元の値の範囲があまり大きくなかったこともあり、フラクタル次元と大型車混入率とは多少相関性が見られるものの、12時間交通量との相関性はほとんど見られなかった。

4. 結言

従来よりかなりの手間と時間を要していた、写真などの画像から簡便かつ短時間にフラクタル次元を算出するシステムを開発した。このシステムで算出したひびわれのフラクタル次元はひびわれの幾何学的性質と相関が認められた。ただし、まだ改良の余地があると思われる。また、フラクタル次元と12時間交通量、大型混入率との関係については、明瞭な関係を見いだすことはできなかった。

参考文献

- 1) 阿部忠行ら：舗装ひびわれのフラクタル解析、第46回土木学会年次学術講概要集、1991、2) 村井貞規ら：アスファルト舗装のひび割れに関する幾何学的分析、第46回土木学会年講概要集、1991、3) 高安秀樹：フラクタル、朝倉書店

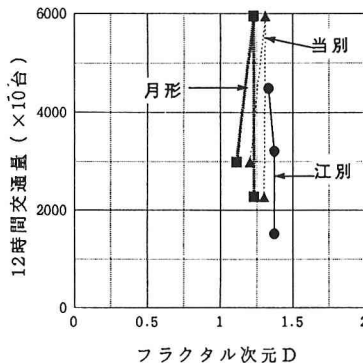


Fig. 3 フラクタル次元と12時間交通量の関係

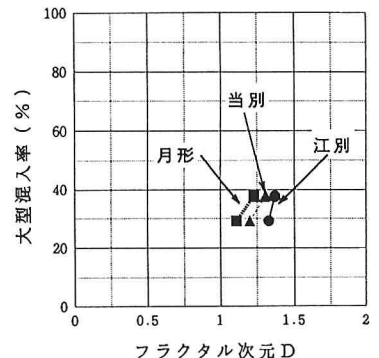


Fig. 4 フラクタル次元と大型車混入率の関係