

路面ひび割れに関する複数画像の一致性の客観的評価

中央大学 学生会員 ○須藤 大仁
 中央大学 正会員 前川 亮太
 中央大学 フェロー会員 姫野 賢治

1. はじめに

日本には総延長約 120 万 km の道路が存在し、そのうちの幹線道路に関して定期的にひび割れやわだち掘れ等の計測が必要とされている。その際に路面性状測定車（以下、測定車とする）による舗装調査が行われている。しかし、測定車の測定精度に関して、本来存在するひび割れを記録できなかった場合と存在しないひび割れを記録してしまった場合の評価の違いが明確でないという課題がある。

本研究では、新たな評価手法の一つとして採用した形状マッチングプログラムと舗装分野においても研究が進んでいるフラクタル解析を用いて、路面ひび割れに関する複数画像の一致性の客観的評価を行った。形状マッチングプログラムとは 2 つの画像の画素値を比較し、Hu モーメント不変量¹⁾を用いて画像の不一致な部分を数値化（不一致度）するものである。

2. 目的

測定車は非常に利便性が高いとされている。しかし、実際には路面のひび割れを人間が手書きでスケッチした画像（以下、実ひび割れ画像とする）を真の状態としたとき、同一のひび割れを測定車が測定した画像（以下、測定車画像とする）には誤差が生じている。本来ならば、同一ひび割れを測定しているため測定車画像は実ひび割れ画像に近似していることが望ましい。

そこで、本研究では路面ひび割れに関する複数画像の一致性の客観的な評価指標の構築を提案する。

3. 形状マッチングプログラムの性能評価

Hu モーメント不変量は、1 つの画像に対して 1 つ存在する値で、画像内のオブジェクトの平行移動

や回転移動、およびスケール変化の影響を受けない量であることをこれまでの研究で確認した。

そこで、本研究では比較画像に線の過不足がある場合や線の太さが異なる場合にこのプログラムがどのような特性を示すか検討を行った。

- ・比較画像に線の過不足がある場合

直線画像に対して、1/5 不足や 2/5 不足、1/5 追加や 2/5 追加等の処理を施し解析した。（図-1）

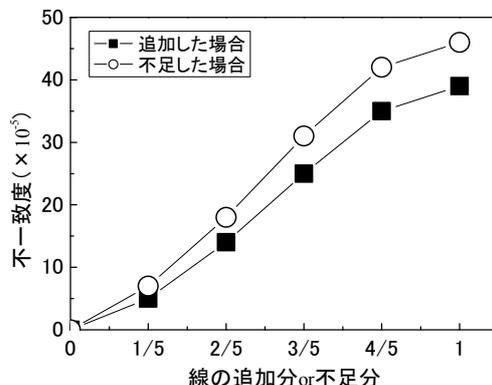


図-1 線の過不足がある場合の解析結果

- ・線の太さが異なる場合

1 つの直線画像に対して、3 倍、5 倍、7 倍、9 倍の太さに処理を施し解析した。図-2 は縦軸に不一致度 (× 10⁻⁵)、横軸に 5 倍の線の太さの画像を 1 としたときの各画像の線の太さをとったものである。

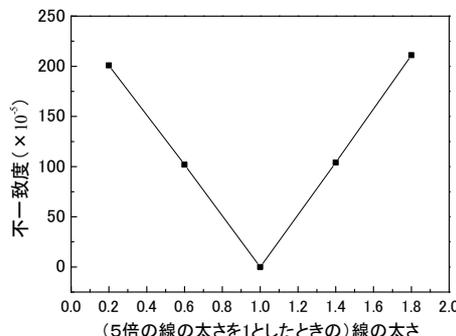


図-2 不一致度-太さ関係図

図-1 より、このプログラムの傾向として線が同じ

割合だけ追加された画像の方が不足している画像と比べて不一致度は小さくなるが、その値は近似することが見てとれる。また、図-2より、線の太さが同じ倍率の大小関係の線では不一致度はほぼ等しくなることがわかる。

さらにこれらの結果を比較すると、線の太さの違いは比較画像に線の過不足がある場合に比べて不一致度算出の際に大きな影響を与えることもわかった。そこで、このプログラムの特性を解析結果に反映させるために、全てのひび割れの太さを一致させることが望ましいと考えられる。

4. 研究概要

1つの実ひび割れ画像に対し、その画像を見本として3人がそれぞれスケッチした画像の3パターンを作成した。このひび割れと実ひび割れ画像に線の過不足を施した2パターンを用いて、形状マッチングプログラムによる画像解析を行う。また、この結果とフラクタル解析による結果を比較した。

5. 解析結果

5.1 形状マッチングプログラムによる画像解析

解析結果を不一致度が小さい順(実ひび割れ画像に近似している順)に並べ、以下に示す。

表-1 解析結果(スケッチ)

順位	不一致度($\times 10^{-5}$)
A	5
C	41
B	49

表-2 解析結果(過不足)

	不一致度($\times 10^{-5}$)
不足	56
追加	65

表-1、表-2より、スケッチした画像のほうが線の過不足がある場合と比べて不一致度は小さくなった。また、スケッチした画像ではそれぞれの不一致度に大きな差があり、これは測定車の計測精度を検討する上で有効的であると考えられる。

5.2 フラクタル解析結果、比較

比較した5つの画像が実際にはどの程度実ひび割れ画像と近似しているか検討するため、フラクタル解析を行なった。今回は筆者が提案する、フラクタル値によるひび割れの新指標を用いた。この指標の

特徴は、解析対象画像の細線化処理を行うことで既往の研究²⁾よりもフラクタル値が多少小さくなっていることである。

表-3 フラクタル次元によるひび割れ種類の分類

ひび割れ種類	フラクタル次元	
	範囲	補修工法
線状ひび割れ	1.0~1.09	シーリング等に対応
面状ひび割れ	1.09~1.2	切削カバーやオーバーレイ等に対応
亀甲状ひび割れ	1.2~1.5	構造的な破損として打換え

細線化とは、線の太さを統一処理することで黒色部に対してのみ実行される。

本来直線はフラクタル値(D)=1であることから、フラクタル値を正確に算出するために細線化処理が必要である。

表-4 結果比較

	不一致度($\times 10^{-5}$)	フラクタル値
実ひび割れ	0	1.18
A	5	1.17
C	41	1.16
B	49	1.16
不足	56	1.11
追加	65	1.25

6. 結論

- 表-4より、今回のサンプルに関して、不一致度が50 ($\times 10^{-5}$)以下程度であればフラクタル値に大きな影響を与えないことがわかった。
- 追加と不足の画像のフラクタル値は実ひび割れ画像のフラクタル値の ± 0.07 である。しかし、不足の画像に関しては実ひび割れ画像と同じ面状ひび割れと分類するのに対し、追加の画像に関しては亀甲状ひび割れに分類されている。つまり、不一致度が大きく、ひび割れ種類が異なればその画像は実ひび割れ画像にあまり近似していないと考えられる。
- フラクタル値と不一致度には相関関係があることがわかる。このことから、路面ひび割れの一致性を検討する際には不一致度だけでなく、フラクタル値を導入することが望ましい。

参考文献

- 竹村治雄, 服部雄一: 3次元Huモーメント不変量を用いた時系列ボリュームデータの圧縮法, 特別研究報告, 2006
- 池崎直樹, 姫野賢治, 村井貞規: 舗装のひびわれ評価へのフラクタル解析の応用, 土木学会第47回年講概要集 V-40, p.p110~p.p111, 1993