近接目視に相当するインフラ構造物の外観劣化情報の取得法の開発

長崎大学大学院 学生会員 〇小宮允人 計測リサーチコンサルタント 木本啓介 長崎大学大学院 正会員 西川貴文 出水享 森田千尋 松田浩

## 1. 序論

近年,経年劣化により老朽化したコンクリートが増え,維 持管理が重要視されてきた。維持管理を行う上で重要なのが, 劣化状況の把握であり,その指標の一つにひび割れがある。 ひび割れ計測では目視点検が主流であるが,この手法は作業 者の経験や技術に依存するため定量的な評価ができない。定 量的な計測が可能な手法としてクラックスケールを内蔵した トータルステーションがあるが,画像を記録することができ ず広範囲の計測の作業効率が劣るといった問題がある。

そこで、本研究では簡易的かつ効率的なひび割れ図の取得 を目的とした。ひび割れ図の取得にはデジタル画像を用い、 大きく分け二つの手法により行った。一つはクラックインデ ックス(以下[CI])というひび割れ幅の指標を用いた手法<sup>1)</sup>、 もう一つは木構造状画像フィルタを用いた手法である。後者 に示す手法では、画像の特長を階調値により定量的に分類し、 対象画像に対して効果的なフィルタ構築を目指した。

## 2. 〔CI〕によるひび割れ図取得

### 2.1 [CI]

[CI] とは、ひび割れ幅を表す指標であり「特徴値×分布 幅」で算出され、ひび割れ幅が有する面積といった概念であ る(図1参照)。[CI] の算出方法について示す。まず、8ビッ ト 256 階調のグレイスケールに変換した画像の階調値を算出 し、255 から各値を引く。そこから範囲内の最小値を各値から 引き、求められた値がグレイレベルとなる。次に(1)式に示す 特徴値を求め、特徴値が正の値を連続して示す範囲を足し合 わせることで[CI] が算出される。

D(i) = GRAY(i) - (GRAY(i + 3) + GRAY(i - 3))/2 (1) ここに, D(i):特徴値,

GRAY(i):各ひび割れ幅でのピークのグレイレベル

### 2.2 指標の提案

ひび割れ幅算出に有効な [CI] を求めるため,背景色,撮影距離,F 値を変え撮影条件による影響を確認した。各撮影 条件でひび割れ幅と線形的な関係が得られた [CI] の平均値 を表1に示し,これをひび割れ幅算定の指標として提案する。

## 2.3 ひび割れ図の取得

グレイスケールに変換した対象画像に対し、画像全体の [CI]を算出しひび割れ図の取得を行った。ひび割れ図はひ び割れ幅がごとに色分けし、視覚的に判断できる。図2にひ び割れ図を表2に色別のひび割れ幅を示す。[CI]を用いるこ とによって、簡易にひび割れ幅を含むひび割れ図を視覚的に 表示することができた。



ひび割れ幅 (mm)	CI	ひび割れ幅 (mm)	СІ	ひび割れ幅 (mm)	СІ
1.20	190.1	0.70	114.5	0.30	54.8
1.10	173.6	0.65	112.6	0.25	52.3
1.00	154.0	0.60	109.6	0.20	41.5
0.95	150.8	0.55	98.0	0.15	31.4
0.90	146.2	0.50	89.5	0.10	24.6
0.85	135.0	0.45	84.7	0.05	17.3
0.80	131.2	0.40	76.2		
0.75	121.8	0.35	63.0		
		AND AND ADDRESS OF	1		



ひび割れ図

対象画像

図2 対象画像とひび割れ図 素2 毎別のひび割れ幅

0.1~0.2mm	0.2 <b>~</b> 0.5mm	0.5 <b>~</b> 0.8mm	0.8~mm
青	緑	黄	赤



写真1 Unmanned Aerial Vehicle

2.4 UAV による撮影を行ったひび割れ図の取得

斜張橋主塔などの点検には、ロープアクセスによる点検が 主流なため、高所などの危険作業を伴う。本研究では、遠隔 可能な無人飛行体(UAV)を用いて、斜張橋主塔の撮影を行っ た。写真1にUAVを示す。また撮影した画像を用いてひび割 れ図の取得を行った。UAVは8枚のプロペラにより機体を制 御することで高度な自律飛行が可能である。

キーワード:ひび割れ,〔CI〕,木構造状画像フィルタ 住所:長崎県長崎市文教町1-14 長崎大学大学院工学研究科総合工学専攻構造工学コース 電話, FAX:095-819-2590 GPS 等の機能を使用して,UAV で撮影を行った画像の撮影場 場所を図3にひび割れ図の取得結果を図4に示す。

ひび割れ図取得の結果から遠方から撮影した画像において も目視点検と同様の結果を得られることができたと考える。

### 3. 木構造状画像フィルタ

#### 3.1 システムの概要

木構造状画像フィルタとは、単純な画像処理フィルタを複数 み合わせた画像処理システムである。フィルタの構築は遺伝 的プログラミング(GP)を応用したもので、図5に示すよう なフィルタを木構造状に配置し、入力画像に対する処理結果 が目標画像を精度よく再現するフィルタの組合せを探索する。 3.2 定量的画像の分類

効果的な画像フィルタの構築を目指し、対象画像を3種類 のタイプに分類し各タイプに適したフィルタを構築するよう にした。画像の分類はグレイスケール画像の階調値により決 定する。タイプAは主に汚れが少なく画像全体が明るいもの、 タイプBは主に汚れが少なく画像全体が暗いもの、タイプC は汚れが目立つものとなっている。

# 3.3 原画像,目標画像および重み画像

GPによるフィルタの探索は原画像,目標画像,重み画像を 用いて行う。目標画像は,原画像のクラック部のみを手動で 抽出したものであり,重み画像はクラック部に重みをつけ出 力画像に影響を与えるものである。各タイプの原画像,目標 画像,重み画像の一部をそれぞれ図6に示す。

### 3.4 適用結果

各タイプに分類された画像から,各タイプのフィルタを構 築した。それぞれのタイプの適用結果を図7に示す。いずれ のタイプにおいてもひび割れ図を抽出することを可能であっ た。定量的に分類した画像から木構造状画像フィルタを構築 することにより,ひび割れを抽出できると言える。この手法 では撮影機器や撮影条件に依存しないで,デジタル画像から ひび割れ図を取得することができる。

### 4. 結論

[CI] や木構造状画像フィルタを用いることで、短時間で ひび割れ図を取得することを可能とした。また、作業者の技 術を必要しない簡易的な計測を実現した。

#### 5. 今後の予定

今回我々がプログラミングした手法では、全体画像を走査 するため [CI] 処理に、時間が掛かり、また打継目地など誤 判定もあり、それを回避するため技術者による判定を加えた 半自動化となっているが、完全な自動化を図るために、木構 造状画像フィルタのさらなる開発を進めていく予定である。

## 6. 謝辞

本論文を作成するにあたり,スズキ自動車株式会社 蔵本 駿介様(当時長崎大学大学院),株式会社富士ピー・エス 緒 方宇大様には調査及び解析の協力や適切な助言を頂きました。 ここに感謝の意を表し,厚く御礼を申し上げます。



 西村正三,原健司,木本啓介,松田浩: 3D レーザ・デジタル画像 を用いた軍艦島計測と損傷図作成-3D 点群のレンダリング・ひび割 れ描画支援システム-,日本写真測量学会 Vol.51,No.1,(2012.3)
西村正三,松田浩:インフラ構造物の変状調査とモニタリングの ための遠隔測定法の開発と評価に関する研究 .

3) 西川貴文,吉田純司,他:木構造状フィルタを用いたコンクリートのクラック抽出のためのロバストな画像処理システム,土木学会論 文集 A, Vol.63, No.4,

4) 長尾智晴:進化的画像処理,昭光堂,2002.