

性 能 カ タ ロ グ

■画像計測技術（橋梁）

画像計測技術(橋梁)

1. 基本事項

技術番号		BR010002－V0020			
技術名		超望遠レンズによる高層構造物の外観検査技術			
	技術バージョン	R2	作成： 2020年3月		
開発者		(株)アルファ・プロダクト／(株)長大			
連絡先等		TEL： 03-6457-2666	E-mail：	t.hara@alpha-product.co.jp	技術部；原 徹
現有台数・基地		3	基地	東京都江東区青海2-4-10都立産業技術研究センター開発支援ラボ313	
技術概要		1、特長 ・足場不要で外観検査ができる技術。 ・撮影した画像をPCのモニターで拡大表示し、細部を詳細に見ることで、塗装の剥離、腐食、欠損等を画像確認できる。 2、機器構成 ・1眼レフカメラ1台、三脚、望遠レンズ、レリーズ(リモートコントロールシャッター)、簡易測量機能付レーザー距離計、レーザー墨出器。 ・夜間は照明使用。箱桁内部では充電式特殊ストロボ使用。			
技術区分	対象部位	上部構造(床版下面、塔柱)、下部構造			
	変状の種類	腐食、防食機能の劣化、変形・欠損			
	物理原理	画像(静止画)			

2. 基本諸元

計測機器の構成		・デジタル1眼レフカメラ、大型三脚、望遠ズームレンズ、レリーズ(リモートコントロールシャッター)接眼レンズアダプター、簡易測量機能付きレーザー距離計、レーザー墨出器。	
移動装置	移動原理	人力。撮影ポイント毎に人間が装置一式をかついで移動する。	
	運動制御機構	通信	—
		測位	—
		自律機能	—
		衝突回避機能(飛行型のみ)	—
	外形寸法・重量		—
	搭載可能容量(分離構造の場合)		—
	動力		—
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		—

画像計測技術(橋梁)

計測装置	設置方法		・レーザー距離計で撮影対象との距離を測定し、事前の設定精度に適合する撮影距離の位置を決定する。 ・三脚をセットし、カメラとレンズ、レンズフード、レリーズ、接眼レンズアダプターを取り付ける。 ・撮影対象の照度に合わせた露出を設定し、撮影する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		・デジタル1眼レフカメラ:幅146×高さ124×奥行78.5mm、約1005g。 ・レンズ:AF-S Nikkor 200-500mm f/5.6E ED VRの場合、径約108×長さ268mm、約2.3kg。 ・三脚(Husky3段、折り畳み時:長さ77×幅15×高さ12cm、3.7kg。
	センシングデバイス	カメラ	・Nikon D850(最高精度の場合) 4575万画素、シャッター速度:1/8000-30秒、ISO 64-25600、AF ・使用頻度の高いレンズ/AF-S Nikkor 200-500mm f/5.6E ED VR - 焦点距離:200-500mm、f値:5.6、画角:12度20分-5度 - レンズは現場条件により適宜選択する。
		パン・チルト機構	—
		角度記録・制御機構機能	簡易測量機能付きレーザー距離計(LEICA DISTO D810)
		測位機構	—
	耐久性		防塵、防滴構造(メーカー表示に記載はない)
	動力		・カメラ内蔵バッテリー
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		約1840コマ(CIPA/カメラ映像機器工業会規格):0℃~40℃、湿度85%以下(結露しない事)
データ収集・通信装置	設置方法		カメラ本体のスロットにSDカードをセットする。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		—
	データ収集・記録機能		・カメラ本体にセットしたSDカードもしくはXQDカードに記録。 ・8256×5504pix. JPG, FINEモードの場合、1画像サイズは約22MB。 ・64GBSDカード1枚で約1900枚記録可能。 ・SDカードはUHSスピードクラス3以上を推奨。
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)		—
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)		—
	動力		—
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)		—

画像計測技術(橋梁)

3. 運動性能

「2. 基本諸元」において、移動原理が「据置」または「人力」以外の場合は記載する

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近傍での安定性能 (飛行型のみ)	検証の有無の記載 ※		—
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※		—
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※		—
運動位置精度	検証の有無の記載 ※		—

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

4. 計測性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測装置	撮影速度	検証の有無の記載 ※	雨天、降雪、強風時は撮影不可。
	計測精度	検証の有無の記載 ※ 無	・事前に1ピクセル当たりの精度を設定し、撮影範囲を決定する。例)6000×4000ピクセルのカメラを使用し、1ピクセル当たりの精度を0.2mmとする場合、撮影範囲は6000×0.2=1.2m、4000×0.2=0.8mとなる。 ・実際の撮影ではオーバーラップを0.1mとする。 ・この撮影範囲を対象構造物で確認するために、型枠の跡や打継(事前に図面で確認)を指標とする。 ・これらの指標が使用できない場合は、墨出レーザーで垂直の区分を、また簡易測量機能付きのレーザーポインターで水平の区分を指定する。 ・カメラの仰角による歪は高さを区分しての補正が可能である。①レンズ焦点距離に対して自動補正する自社ソフトを使用する。②横方向の歪は無視できるため、縦方向に対して高さ別に区分して手動で補正する。仰角14度では補正率は3%である。
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	検証の有無の記載 ※ 有	
	位置精度	検証の有無の記載 ※ 有	
	色識別性能	検証の有無の記載 ※ 有	・カラーチャート設置場所と同じ明るさでのコンクリート表面を撮影し、補正の基準とする。 ・照度の分かっている社内データのコンクリート画像と上記画像を比較して補正値を決める。 ・カラーチャート画像を補正し、RGB値を読み取る。

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①撮影した画像をPCの画面上で拡大する。 ②画像を見ながら変状を人間が確認する。 ③確認した変状は種類別にマーキングする。 ④画素サイズから変状の範囲を計算し、画像上で記入する。 ④扱いやすい区分で画像を接合する。 ⑤接合画像をエクセルに貼り付け、接合した区分単位で変状の総括表を作成する。 ※撮影時の仰角が大きくなるほど高さ方向の長さが圧縮される。この歪は通常は画像では補正せず、変状の総括表作成後に総括表の対象区分の仰角から、変状の高さのみ一括で補正する。 ※画像の歪補正も可能であるが、費用が追加される。	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	画像接合ソフト/Autopano giga4 画像編集ソフト/Adobe Photoshop エクセル	
	検出可能な変状	腐食、防食機能の劣化、変形・欠損	
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	—
		ひびわれ幅及び長さの計測方法	—
		ひびわれ以外	・画像編集ソフトを使用し、画像をモニター上で原寸の約1/3程度に拡大し、人が詳細に確認する。 ・必要に応じてさらに拡大して確認する。 ・画像上で変状をマーキングする。 ・JPGデータで保存し、エクセルに貼り付ける。
		画像処理の精度 (学習結果に対する性能評価)	人間が行う
		変状の描画方法	画像編集ソフトで、画像の変状箇所に手でマーキングする。
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG
		ファイル容量	制限なし
		カラー／白黒画像	どちらも可
		画素分解能	・撮影距離とカメラ、使用レンズによって異なるが、最も性能の高い構成では以下のようになる。 撮影距離100mで撮影画像の1ピクセルあたり0.5mm、撮影距離90mで1ピクセルあたり0.3mm、40mで1ピクセルあたり0.2mm。
		その他の留意事項	解像度を補正する技術は使用しない。
出力ファイル形式	JPEG		
調書作成支援の手順		—	
調書作成支援の適用条件		—	
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名		—	

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件等)
点検時 現場条件	道路幅員条件	特になし	—
	桁下条件	・歪を最小限にするために、焦点距離70mm以上のレンズを使用するが、その最短撮影距離は1.1m。これにボディとレンズの奥行き、撮影者のスペースを考慮し、仰向けに寝て撮影するとして、実際の最短撮影距離は2.0m。 ・立って撮影する場合の最短撮影距離は3.1m。 ・明るさについては照明を使用するので問題はない。夜間撮影も問題ない。	・箱桁内部では充電式の特種ストロボ使用
	周辺条件	人が歩いて撮影箇所に行ける事。	—
	安全面への配慮	特になし。	—
	無線等使用における混線等対策	特になし。	—
	道路規制条件	特になし。	—
	その他	・対象との距離を正確に測定するためにレーザー距離計を使用するが、直射日光が強く当たる面ではレーザードットが認識されず、測定不能になる場合がある。 ・同様にレーザー墨出機のレーザーも、直射日光が強く当たる面では識別できない場合がある。 ・上記を避けるために、太陽の角度と対象面の位置を確認し、撮影時間を選定する必要がある。	—

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件等)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・撮影についてはカメラに対する相応の知識と屋外撮影の経験が必要。(例：日本写真家協会相当の撮影技術保持者) ・要請により上記会員で当社の講習を受けた撮影者を派遣することができる。 ・当社での撮影請負も可能。	—
	必要構成人員数	撮影者1名、補助1名。 (照明が必要な場合※はさらに1～2名必要。) ※1.28Klux以下。	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	—	—
	操作場所	—	—
	点検費用	約44万円/約850カット/約1100m2 (撮影、画像接合) ※交通費等別、税別	—
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	—
	自動制御の有無	オートフォーカス、手振れ補正、自動露出。	—
	利用形態：リース等の入手性	・機材込みでの撮影者の派遣。 ・調査業務の受注も可。	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート制あり	—
	センシングデバイスの点検	撮影前の点検	—
	その他	・水濡れは厳禁。 ・また湿度が高い状態ではレンズが曇るので対策が必要。 ・対象面の明るさが1.28Klux以下の場合には照明が必要。	—

7. 図面



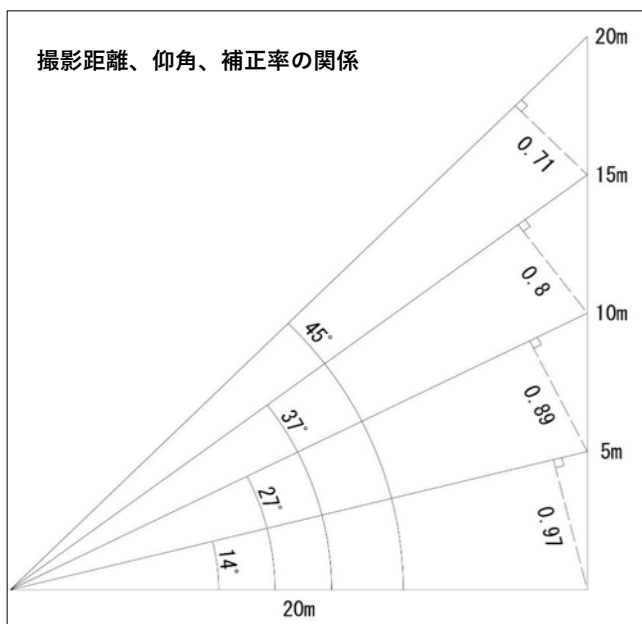
- ① レンズフード
- ② レンズ
- ③ デジタル1眼レフカメラ
- ④ 接眼レンズアダプター
カメラを上に向けて撮影する時、ファインダーの画像を90度
偏向させて表示する。
- ⑤ 三脚
- ⑥ レリーズ (リモートシャッター)
シャッターを直接指で押すと揺れるため、
ケーブルを介して手元でシャッターを押すアダプター。
- ⑦ 簡易測量機能付きレーザーポインター



画像計測技術(橋梁)



- ・大阪府斜張橋での撮影例。
- ・撮影距離90m。
- ・アナログカメラ使用。



仰角に対する鉛直方向の見かけ上の圧縮の例。
 仰角が37～45度では、実際の垂直の長さが
 0.71倍になる。
 仰角によってこの圧縮率は異なるため、
 高さ区分によって圧縮率を計算し、
 変状総括表の高さ方向の数字を補正する。

水平方向の歪は、望遠レンズを使用するため、
 ほとんど影響がない。

画像計測技術(橋梁)

1. 基本事項

技術番号		BR010013－V0020		
技術名		高精細画像による橋梁下面や主塔のクラック自動抽出システム		
	技術バージョン	R2	作成:2020年 3月	
開発者		(株)アルファ・プロダクト/共同開発:(株)長大		
連絡先等		TEL: 03-6457-2666	E-mail : t.hara@alpha-product.co.jp	技術部;原 徹
現有台数・基地		3	基地	東京都江東区青海2-4-10都立産業技術研究センター開発支援ラボ313
技術概要		1、特徴 ・高精細画像から自動でクラックを抽出するシステム。 2、機器構成 ・デスクトップパソコン1台、自動抽出ソフト、画像接合ソフト		
技術区分	対象部位	上部構造(床版)、下部構造(橋台)、主塔		
	変状の種類	ひびわれ、床版ひびわれ		
	物理原理	画像		

2. 基本諸元

計測機器の構成		—
移動装置	移動原理	—
	運動制御機構	通信
		測位
		自律機能
		衝突回避機能(飛行型のみ)
	外形寸法・重量	—
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	—
	動力	—
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	—

画像計測技術(橋梁)

計測装置	設置方法		—
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		—
	センシングデバイス	カメラ	—
		パン・チルト機構	—
		角度記録・制御機構機能	—
		測位機構	—
	耐久性		—
	動力		—
データ収集・通信装置	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		—
	設置方法		—
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		—
	データ収集・記録機能		—
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)		—
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)		—
	動力		—
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)		—

画像計測技術(橋梁)

3. 運動性能

「2. 基本諸元」において、移動原理が「据置」または「人力」以外の場合は記載する

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近傍での安定性能(飛行型のみ)	検証の有無の記載 ※		—
	—		
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※		—
	—		
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※		—
	—		
運動位置精度	検証の有無の記載 ※		—
	—		

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件					
計測装置	撮影速度	検証の有無の記載 ※		—					
		—							
	計測精度	検証の有無の記載 ※	有	—					
		検出可能な最小ひびわれ幅 0.05mm 照度 223.9lxの時 ひびわれ幅0.05mm 計測精度0.05mm ひびわれ幅0.1mm 計測精度0.04mm ひびわれ幅0.2mm 計測精度0.0mm ひびわれ幅0.3mm 計測精度0.03mm ひびわれ幅1.0mm 計測精度0.06mm							
		検証の有無の記載 ※	有			—			
		長さ計測精度 (長さの相対誤差)							
		照度 8307lxの時 0.96%(相対誤差)							
		検証の有無の記載 ※	有					—	
		位置精度							
	照度 8307の時 水平方向:52mm(絶対誤差) 鉛直方向: 5mm(絶対誤差)								
色識別性能	検証の有無の記載 ※	有	—						
	照度 223.9lxの時 フルカラー識別可能								
				・照度の分かっている社内データのコンクリート画像と上記画像を比較して補正値を決める。 ・カラーチャート画像を補正し、RGB値を読み取る。					

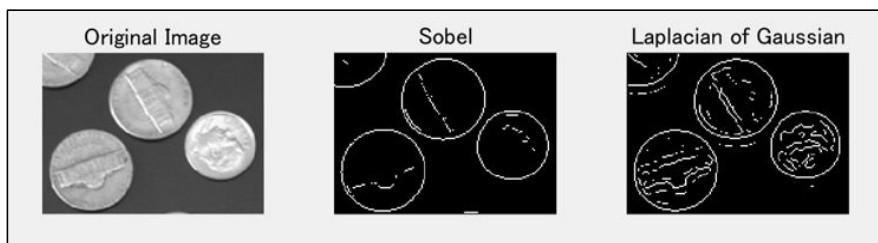
※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

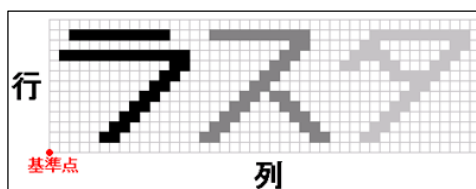
変状検出手順

- ① 設定した精度に合わせ、幅別表示の色を設定する。精度0.2mmであれば、0-0.2mm、0.2-0.4mmというように、0.2mm単位で幅別の表示色を設定する。※
 - ② ひびわれの自動抽出ソフトを起動し、画像を認識させる。
 - ③ デフォルトのガウス係数で(1.5)ガウス型ラプラシアンフィルターを適用する。※1
 - ④ デフォルトの輝度設定で(128)2値化する。※2
 - ⑤ ここでクラックがピクセル単位で認識される。
 - ⑥ デフォルトの閾値で(孤立点除去半径:5)孤立点を除去する。※3
 - ⑦ デフォルトのクラック長さ閾値(3)と走査間隔(1)でクラックを接合する。※4
 - ⑧ クラックの長さ幅が計算され、幅別に設定したい形で表示される。
 - ⑨ ベクターデータに変換する。※5
 - ⑩ 画像をさらに扱いやすい大きさに接合しJPEGデータで保存する。
- この時に、画像のみ、あるいはクラックと画像両方での保存のどちらかを選択する。

※1、コンクリートクラックは割れであるから、断面は3角形となり、割れに入射した光は入射方向には反射しない。また、コンクリート表面は微細なスポンジ状であり、人工的な目地等ではその縁は細かいギザギザなので、精細に見れば目地の境界線のコントラストはシャープではない。しかしクラックは割れであるので、境界線のコントラストはシャープである。この2点から、クラックは周囲との明暗差が大きく、エッジがシャープである。この特徴でクラックを選別するが、さらにその差を強調するフィルターがラプラシアンフィルターであるが、ノイズに対する感度が高いため、ある程度の平滑化をガウシアンフィルターで前処理している。ガウシアンフィルター+ラプラシアンフィルターである。



- ※2、ガウス型ラプラシアンフィルターでコントラストを高めてから2値化する。フルカラーでの明度の段階は256階調であり、クラック判別のために中間値128以上をクラック、それ以下はクラックでないとする。つまり階調を捨てて、白と黒だけの2値画像に変換する。クラックは黒となる。
- ※3、上記の工程を経ても、ノイズ等が残る。ノイズとクラックの違いは連続する点であるかどうかなので、半径5ピクセル以内に点がない場合はノイズとして消去する。
- ※4、ある長さのクラックが、白の1ピクセルを間にしてまた続く場合は、連続するクラックとしてよいので、3ピクセル以上のクラックが1ピクセル開けて連続する場合は接合する。
- ※5、これまでの2値画像データはラスターデータ(座標軸上でのビットマップデータ)で、各ピクセルはxyの座標で表されるが、多数のクラックを扱うとデータ量が大きくなるため、ベクターデータに変換する。ベクターデータでは、ある点からの方向と長さの数式でクラックが記録される。



※幅別色分け表示とは別に、クラック長さとクラック幅の平均値、及びクラック最大幅の位置を数値で表し、1本の黒い線で表示したクラックの横に表示するモードも選択できる。

画像計測技術(橋梁)

ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・クラック自動抽出ソフト FOCUS- α Ver.2.85 ・画像接合ソフト AUTOpano giga 4	
	検出可能な変状	・ひびわれ(幅および長さ)	
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・上記変状検出手順参照。
		ひびわれ幅および長さの計測方法	ピクセル単位でのカウントによる。 設定精度が0.2mmであれば、1ピクセルが0.2mmとして幅と長さについてカウントし、測定値とする。
		ひびわれ以外	対応しない
		画像処理の精度 (学習結果に対する性能評価)	—
		変状の描画方法	ピクセル単位のビットデータをベクター変換し、DXFもしくはJPGに変換する。
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG
		ファイル容量	制限なし
		カラー／白黒画像	どちらも可
		画素分解能	・最小分解値の制限はないが、撮影するカメラのセンサー精度とレンズの分解能が精度の限界となる。通常では0.1mm。 ・経験での最小値は0.065mm。ただし撮影距離は1.5m。
		その他の留意事項	・コンクリート表面に張り付いた蜘蛛の巣はひびわれとの見分けが困難。
	出力ファイル形式	JPEG／DXF	
調書作成支援の手順		—	
調書作成支援の適用条件		—	
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名		—	

画像計測技術(橋梁)

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件等)
点検時現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	—	—
	周辺条件	—	—
	安全面への配慮	—	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	—	—
	その他	—	—

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件等)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・撮影については屋外撮影の経験が必要。(例:日本写真家協会相当の撮影技術保持者) ・要請により上記会員で当社の講習を受けた撮影者を派遣することができる。 ・ソフトの操作は社内講習。	—
	必要構成人員数	1名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	ソフトの販売はない。	—
	操作場所	室内	—
	点検費用	57万円/1100m2 (クラック抽出、画像接合、DXFデータ変換)	—
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	—
	自動制御の有無	クラック抽出そのものは全自動。	—
	利用形態:リース等の入手性	・画像撮影からクラック抽出までの受注作業。 ・画像からの抽出作業。(ただし画像の撮影条件による)	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	—	—
	センシングデバイスの点検	—	—
	その他	—	—

7. 図面

画像からのクラック自動抽出プロセス

オリジナルソフトを使用、抽出処理時間約20秒。(4200万画素画像1枚当たり)

ラブラシアンフィルター

2値画像に変換

孤立点除去

膨張・収縮

ベクターデータ変換

※汚れやペイントを
クラックとは認識しないアルゴリズムを搭載。
クラックのみを抽出する。
大阪工業大学 小堀研一教授監修。

3

クラック自動抽出精度と撮影の関係

①カメラの1画素(ピクセル)を設定精度に合わせて撮影する。
<0.2mm精度の場合>
使用カメラNikon D7100/2410万画素→6,000×4,000ピクセル
撮影範囲→6,000×0.2mm、4,000×0.2mm=1.2m×0.8m

デジタルカメラ	画素	抽出精度	撮影範囲	データサイズ
1620万画素	4928×3280	0.2mm	0.98m×0.65m	7.9MB
2410万画素	6000×4000	0.2mm	1.2m×0.8m	12MB
3680万画素	7360×4912	0.2mm	1.47m×0.98m	16.3MB

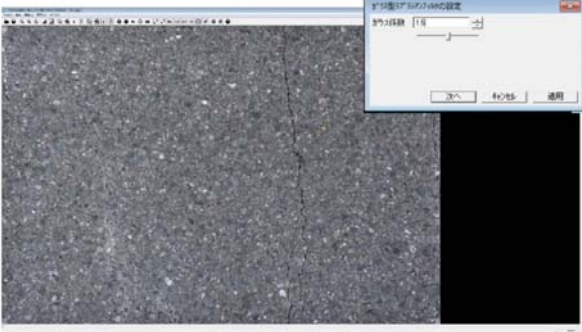
設定精度	幅別区分	色別表示	クラック長さ集計
0.1mm	0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5mm以上	任意の5色	0.1mm単位
0.2mm	0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0mm以上	"	0.2mm単位
0.3mm	0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5mm以上	"	0.3mm単位

②レーザーポインターで撮影範囲を指定して撮影する。
③ソフトが画像からクラックを抽出、ピクセル単位で幅と長さをカウントする。

2

自動抽出ソフトでの段階別処理画像

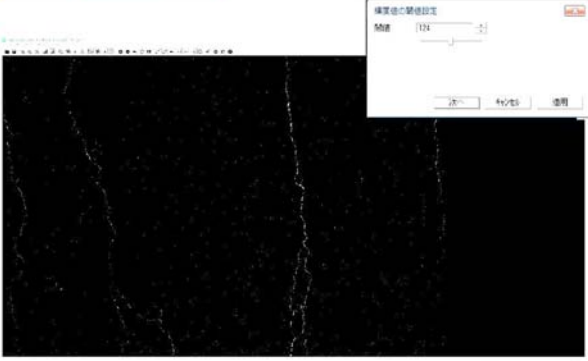
ガウス型ラブラシアンフィルター設定



・データは羽田空港滑走路での実証試験で採取したもの。

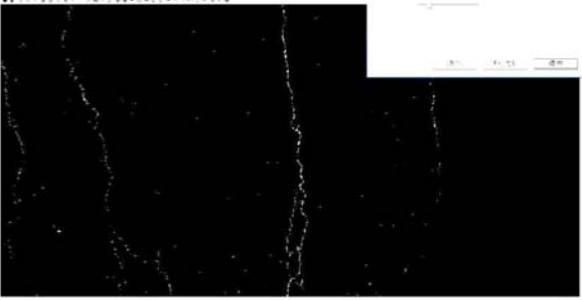
4

2値画像設定



5

孤立点除去



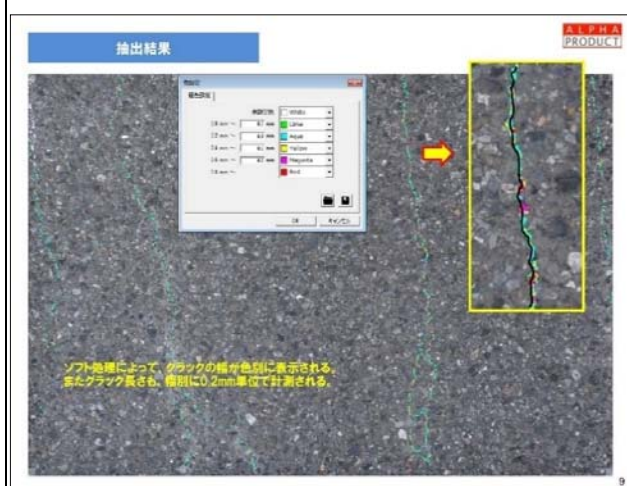
6

ラスター→ベクター変換



8

2-91



2通りのクラック表示

① 精細表示

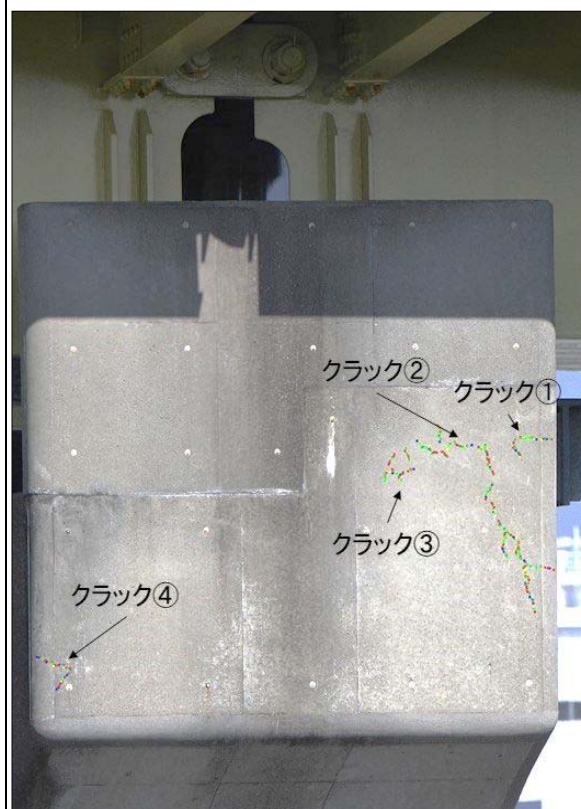
クラックを幅別に色分け表示。集計は幅別の長さ集計。



② 簡易表示

・クラック単位での長さ表示。

・クラック幅は、クラック単位での最大値と平均値を表示。最大幅の位置表示。



ひび割れ	長さ(mm)	平均幅(mm)	最大幅(mm)
クラック①	305	0.65	1.2
クラック②	1607	0.64	1.4
クラック③	380	0.61	1.0
クラック④	322	0.67	1.4

