デジタル画像の画素分解能と コンクリートの視認可能なひびわれ幅に関する検証

Verification of digital image resolution and visible crack width of concrete

木本 啓介*、松田 浩** Keisuke KIMOTO and Hiroshi MATSUDA

*正会員 博士(工学) ㈱計測リサーチコンサルタント (〒732-0029 広島市東区福田 1-665-1) **正会員 博士(工学) 長崎大学大学院教授 工学研究科 (〒852-8521 長崎市文教町 1-14)

橋梁点検における5年に1度の近接目視点検の義務化に伴い、画像を用いた効率的な点検手 法の研究開発が行われている。既往研究では画素分解能の1/10倍幅のひびわれが視認可能と されているが、著者の経験上、分解能の1/10倍では視認性が低く、コンクリート表面の状況に よっては見落としとなる可能性が高い。そこで、ひびわれのサンプルとして模擬ひびわれシー トとひびわれを生じさせたコンクリートパネルを対象として、デジタルー眼レフカメラ等のカ メラで画素分解能を変化させつつ撮影画像を PC モニタ上で確認し、性能の異なるカメラ及び 画素分解能と視認可能な最小ひびわれ幅の関係性について検証した。

キーワード:デジタル画像、画素分解能、視認、コンクリート構造物、ひびわれ

1. 背景と目的

コンクリート構造物においては、目視点検によりひび われ等の発生状況・進展を把握することやその補修など は、長寿命化にとって極めて重要である。道路橋につい ては、平成26年6月には「道路橋定期点検要領」1)が示 され、その中で人(点検作業員)が構造物に近接し、点 検することが求められている。従来の計測手法としては、 人がコンクリート表面を確認し、ひびわれが確認された 箇所ではクラックスケールによる幅の計測、コンベック スによる長さの計測、チョーキングしてスケッチによる 記録、そして損傷図の作成と点検作業に時間と労力がか かる。人がアクセスできない場合は、高所作業車や足場 仮設、ロープアクセスなどで近接し同様の作業を行うた め、安全の確保やさらに費用が嵩むこと等の様々な課題 を抱えている。遠望から点検する手法としてクラックス ケールを内蔵した光波測量機²⁾を用いるものもあり、ダ ム堤体のひびわれ調査³⁾などに活用されているが、広範 囲の計測においては多大な労力を要す。そのような中、 目視調査に置き換わる方法として、デジタルカメラで遠 隔・非接触で撮影した画像を用いてコンクリート表面の 劣化状況を判断する方法が研究・開発^{4),5)}され、建築物 や橋梁・トンネルといったインフラ構造物の点検^{6),7),8)} に活用されている。コンクリート表面を撮影した画像か ら損傷を視認(人が目で認識すること)・検出(画像解析 により自動もしくは半自動で損傷を認識すること)し、 損傷程度を評価することは、従来の点検手法と比較し、 現場作業の省力化、安定した室内作業による点検漏れの

防止や安全性の向上、複数人が同じ画像を確認すること で判定結果の客観性向上など多くの利点を有している (図-1)。しかし、画像を用いた点検では画像処理に要す る時間が増大する他、ひびわれや遊離石灰、剥落など色 情報で判読できる損傷の把握は可能だが、浮きなどの触 診(打音検査)で判断すべき損傷は把握することはでき ないなどの課題も存在する。また、人が容易にアクセス できる橋梁に対しては、画像を用いた場合の方が高コス トとなってしまうことも考えられ、必ずしも画像を用い た点検が効率的な手法であるとは限らない。しかし、画

従来点検

な損傷を記録する(スケッチ、写真撮影)」										
			外業		内業					
現地踏查	準備・計画		地点検作業		整理 報告 点椅	書作成 意調書				
		目視 打音 ^{チョー}	キンク゛ 手実測	記録	損傷 損傷	図作成 建度評価				
,	橋梁点検車、	高所作業車、	ロープアクセス	、仮設足	場による近	i接				
画像を用いた点検										
「対象物に	カメラが近掛	接して、対象	部位全ての近	接画像	を撮影し	、点検				
技術者はその	の膨大な近掛	妾画像から室	国内作業で有額	害な損傷	を探し出	以、損				
傷図を作成	する」	外業		内業	処理技術 上による	の向 縮減				
現地踏查	準備・計画	現地点検作業	整理 画像処理	報,	告書作成 点検調書					
		近接画像撮影	SfM 解析 オルソ画像	損	員傷図作成 。傷程度評価	ĵ				
	U	AV 等ロボット	技術を用いてオ	ウメラが辿	丘接					

「点検技術者が対象物に近接して現地で有害な損傷を探し出し、有害 な損傷を記録する(スケッチ、写真撮影)」

図-1 従来点検と画像を用いた点検の比較

像を用いた点検を1次スクリーニングとして、その後点 検技術者が近接点検する面積を限定もしくは低減するこ とも可能であり、橋梁の環境条件や予算によって適切な 点検手法を取捨選択し、橋梁点検全体の効率化も期待で きる。加えて、画像を用いた点検では、各部位の展開画 像や橋梁の 3D モデルなどにより経年的な損傷進展の比 較など今後の維持管理の効率化、高度化に向けた付加的 な基礎データを蓄積できる重要なメリットを有している。

画像を用いた点検では、撮影画像から非常に微細な色 情報であるひびわれを判読する必要があり、「コンクリー ト診断技術'19 [基礎編]⁹⁾ | では、デジタル分解能以下 の 1pixel に満たない幅を持つひびわれを画像から特定 することが可能であるとされ、村井らの検証^{10),11),12)}に より172万画素(1312×1312)で撮影範囲の1短辺長が 約 2.5m 以下、つまり画素分解能が約 2mm/pixel の画像 であれば、コンクリート表面の汚れが少ない状態という 制約はあるものの 0.2mm 幅のひびわれを特定できるとい う結果が出ている。つまり画素分解能の 1/10 倍幅のひ びわれが視認可能ということだが、筆者のこれまでの画 像を用いた点検経験上、画素分解能の 1/10 倍幅のひび われは視認性が低く、コンクリート表面の汚れなどの状 況によっては見落としとなってしまう可能性が高い。ま た、近年では撮影機構(ミラーの有無、レンズ交換の可 否)やセンササイズ、画素数が異なる多くのカメラ機種 が販売されており、これらの違いによる視認性の差も存 在すると推測される。

そこで、本検証ではセンササイズに主に着目し、セン ササイズの異なるデジタルー眼レフカメラ2台・ミラー レスカメラ2台の計4台のカメラを用いて、ひびわれの サンプルとして「模擬ひびわれシート」と数種類のひび われを生じさせた「コンクリートパネル」を対象に撮影 距離を変えることで画素分解能を変化させて撮影し、そ れらの画像からカメラ機種・画素分解能と視認可能な最 小ひびわれ幅の関係性を明らかにする検証を行った。画 素分解能と視認可能なひびわれ幅の関係性が明らかにな ることで、画像を用いた点検の適切な計画立案などが可 能となる。

2. デジタルカメラの仕組み

デジタルカメラはレンズから入った光を素子の集合体 である CCD (Charge Coupled Device) や CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor)のイメー ジセンサ(撮像素子)で受光し、電気信号に変換後、画 像処理エンジンにより画像データへと変換され、カメラ のディスプレイでの表示や SD カードなどの記録媒体に 記録される。記録方式は、圧縮により容量を抑える JPEG が広く利用されているが、不可逆圧縮のため画質が劣化 してしまう。画質を維持するためには容量は大きくなる が、RAW などで記録することも可能である。

デジタルカメラの性能は、センササイズや素子の数(画 素数、ピクセル数)に大きく依存する。一般的には、セ

ンササイズが大きいほどより多くの光情報を取り込むこ とができ画質が向上し、画素数が多いほど高画素となり 分解能は向上する。その他、ダイナミックレンジも重要 な要素である。ダイナミックレンジとは一度の撮影でカ メラが識別できる明るさの範囲のことを示し、ダイナミ ックレンジを超えた範囲は「白飛び」や「黒つぶれ」と なり階調が失われ、被写体の判読が困難となる。使用し ているセンサの性能に依存する部分はあるが、一般的に センササイズが大きいほどダイナミックレンジが広がり、 表現可能な階調の幅が広くなる。図-2 はダイナミックレ ンジのイメージを示したものである。現在、販売されて いるデジタルカメラは、撮影機構(ミラーの有無、レン ズ交換の可否)やセンササイズ、画素数の違いによりデ ジタル一眼レフカメラ、ミラーレスカメラ、コンパクト デジタルカメラなどがある。本検証では画像からコンク リート表面の損傷の視認を目的としており、その中でも 特にひびわれは 1mm 以下の極微細な色情報のため、セン ササイズが大きく画質の点で有利なデジタル一眼レフカ メラとミラーレスカメラを主に用いた。

3. 検証方法

3.1 撮影対象

以下に示す3種類のターゲットを撮影対象とした。 【模擬ひびわれシート】(図-3、図-4)

コンクリート表面色の差によるひびわれの視認性を検 証するため、段階的に灰色の濃さを変えた背景色の上に 0.1、0.2、0.3、0.5、0.7、1.0、1.2、1.5、1.7、2.0、 3.0mm 幅の計 11 本ひびわれを模した線が配置された A3 横サイズのシートと遠方からの視認性確認のため 1.0、 2.0、5.0、10.0、20.0、30.0mm 幅のひびわれについては 別の A3 縦サイズのシートを準備した。図-3 のシート下 部の数値は、RGB 値を示す。例えば 130 と記載されてい る背景色は、デジタル画像上では RGB (130,130,130) で あり、印刷した場合 C56 M47 Y44 K0 である。

暗		明
tammat (人の目	(uuuuu)
	一眼レフカメラ	
! 全て「黒」	コンパクトデジタル	全て「白」

カメラ 図-2 ダイナミックレンジのイメージ

0.1							-	
0.2	-							
0.3	-							
0.5 -	-	-						
0.7 -	-	-		_				
1.0 -	-	-		_	_		_	
1.2 -	-	-	_	_	_			
1.5 -	-	-			_			
1.7 -	-	-	_	_	_	_	_	
2.0 -	-	-	_			-		
3.0 -		-						
	180				130	120		80

図-3 0.1~3.0mmの模擬ひびわれシート

【模擬ひびわれシート(十字)】(図-5)

コンクリート表面のひびわれは、一定方向のみに生じ ることはないため、水平垂直の2方向に0.1、0.2、0.3、 0.5、0.7、1.0、1.2、1.5、1.7、2.0、3.0mm 幅の模擬ひ びわれを配置した A3 サイズのシートを準備した。遠方 から撮影し、分解能が低くなった場合に A3 横サイズの 模擬ひびわれシートでは、隣接する模擬ひびわれがピク セルに影響する可能性があるため、A3 サイズ1枚に1つ のひびわれを十字に配置した。このとき背景色は、RGB (130, 130, 130) を採用した。

【コンクリートパネル】(図-6)

実際のコンクリート表面に生じたひびわれで検証を行 うために、意図的にひびわれを生じさせた 30cm 角のコ ンクリートパネルを準備した。ひびわれ幅の評価対象箇 所には事前にクラックスケールを用いて直接測定した真 値幅を明示し、鉛筆で薄く矢印を記載した。評価対象ひ びわれ幅は、0.1、0.2、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、1.0、 1.4、1.5、3.0mmの計11箇所である。



図-4 1.0~30mmの模擬ひびわれシート



図-5 模擬ひびわれシート (十字)



図-6 コンクリートパネル

3.2 使用機材

検証に使用したカメラは、センササイズを考慮し一眼 レフカメラ (フルサイズ)、一眼レフカメラ (APS-C)、ミ ラーレスカメラ (フルサイズ)、ミラーレスカメラ (フォ ーサーズ)の4種類である。表-1に各カメラの仕様を示 す。撮影時に使用したレンズ焦点距離も併せて記す。

3.3 撮影方法

撮影対象とする模擬ひびわれシート、模擬ひびわれシ ート(十字)、コンクリートパネルをボードに貼り付け配 置し、撮影距離を変えることで画素分解能を変化させて 撮影した。撮影距離とそのときの各カメラの画素分解能 を表-2に示す。カメラに性能差はあるが、設定は ISO200、 ホワイトバランスオート、その他 HDR 等の拡張機能は使 用せず、画像フォーマットは JPEG とした。撮影時は、晴 天で十分な光量が得られたため、シャッター速度 1/500s のシャッター優先モードで撮影し、f 値は全て 9~16 で

表-1 検証に用いたカメラの仕様

	一眼レフカメラ	一眼レフカメラ
名称	(A)	(B)
イメージ		
センサ	CMOS センサ	CMOS センサ
センササイズ	35.9×24.0mm (フルサイズ)	23.5×15.6mm (APS-C)
画素数	6016×4016 2432 万画素	6000×4000 2410 万画素
大きさ	約 140.5×113×	約 135.5×106.5
$(W \times H \times D)$	78mm	imes 76mm
使用レンズ	AF-S NIKKOR 24- 120mm f/4G ED VR	AI AF Nikkor 24mm f/2.8D
撮影時の焦点距離 (35mm 換算)	24mm (24mm)	24mm (約 35mm)

	ミラーレスカメラ	ミラーレスカメラ
名称	[C]	(D)
イメージ		
センサ	CMOS センサ	CMOS センサ
センササイズ	35.9 \times 24.0mm	17.3×13.0 mm
	(フルサイズ)	(フォーサーズ)
両実粉	7360×4912	4592×3448
回糸剱	3640 万画素	1600 万画素
大きさ	約 126.9×94.4×	約 140.5×113×
$(W \times H \times D)$	54.8mm	78mm
使用レンプ	Sonnar T* FE	LUMIX G VARIO
	35mm F2.8 ZA	12-32mm/F3.5-5.6
撮影時の焦点距離 (35mm 換算)	35mm (35mm)	12mm (約 24mm)

あった。また、フォーカスは常にボードにオートで調整 しフォーカスロックを用いて撮影した。ブレ防止のため 撮影時は全てカメラ三脚を使用し、シャッターはレリー ズを用いて切った。写真-1に撮影時の状況を示す。

3.4 評価方法

撮影画像からコンクリート表面のひびわれを見つけ出 し、デジタルクラックスケールにより幅や長さを計測す るためには、まず撮影画像からひびわれを「視認(人の 目で認識する)」することが第一段階の作業であり、視認 できなければ見落としとなってしまう。将来的に「視認」 のプロセスを省略し画像解析やAI等により「自動検出」 することが可能となることが予期されるが、本検証にお いては「視認」のプロセスは必要と考えている。

評価方法は、各距離で撮影した画像を PC モニタ上で 拡大し、模擬ひびわれおよびコンクリートパネルのひび われが視認できれば「○」、周囲の状況なども加味すれば、 視認が可能な場合は「△」、視認不可の場合は「×」とし、 整理した。図-7 に評価例とそれぞれの画像のひびわれ上 とひびわれ直近のピクセルの RGB 値を示す。この値の差 が小さいほどひびわれの視認性が低い。

表-2 1	撮影距離	と各カ	メラ	の画素分解能
-------	------	-----	----	--------

撮影 跖離	i			
(m)	(A)	(B)	[C]	(D)
1.5	0.37	0.24	0.21	0.47
3	0.75	0.49	0.42	0.94
5	1.24	0.82	0.70	1.57
7	1.74	1.14	0.98	2.20
10	2.49	1.63	1.39	3.14
15	3.73	2.45	2.09	4.71
20	4.97	3.26	2.79	6.28
25	6.22	4.08	3.48	7.85
30	7.46	4.90	4.18	9.42
40	9.95	6.53	5.57	12.56
50	12.43	8.16	6.97	15.70
70	17.40	11.42	9.76	21.98
100	24.86	16.32	13.94	31.40
120	29.84	19.58	16.72	37.67



写真-1 撮影状況

4. 検証結果

4.1 撮影結果

4 種類のカメラで撮影した結果のうち、【A】で撮影し たオリジナル画像と模擬ひびわれシートの拡大画像の一 例を図-8 および図-9 に示す。距離が離れるにつれ画角 内の撮影対象ボードは小さくなり、分解能は低下してい くため模擬ひびわれシートの画質は劣化し、模擬ひびわ れの視認性は低下している。

撮影距離 5m	RGB(117, 121, 122)
	RGB(154, 158, 157)
1 P P	視認性「〇」
Fine of Firet	確実にひびわれの視 認可能
撮影距離 20m	RGB(130, 134, 133)
	RGB(140, 144, 145)
	視認性「△」
	やや不鮮明だが、
	周囲と比較すると
and the second se	ひびわれが視認可
撮影距離 30m	RGB(175,179,178)
	RGB(181, 181, 183)
	視認性「×」
And the second second	ひびわれの視認不可

図-7 視認性の評価例



図-8 【A】の撮影結果

デジタル画像の画素分解能とコンクリートの視認可能なひびわれ幅に関する検証

オリジナル画像

シート拡大画像

表-3 視認性の評価結果(コンクリートパネル)

撮影距離 7.0m	
撮影距離 10m	A PLANETER
撮影距離 15m	
撮影距離 20m	
撮影距離 30m	-
撮影距離 50m	
撮影距離 100m	



4.2 視認性の評価結果

コンクリートパネルおよび模擬ひびわれシートを4種 のカメラで撮影した全ての画像を PC モニタで拡大し、 評価対象ひびわれの視認性を確認し、計測距離ごとに「○」 「△」「×」で評価した。

表-3 は、コンクリートパネルを撮影した画像の評価結 果を一覧としてまとめたものである。どのカメラも距離 が離れる、つまり画素分解能が低下するにつれ視認可能 な最小ひびわれ幅は太くなる傾向が見受けられる。また、 どのカメラにおいても画素分解能の 1/10 倍幅のひびわ

(A)														
10.84 05 55				1	評価す	対象び	びわ	れ幅(mm)				視認可能な	B
撮影距離	画素分解能 (())	0.1		0.4	0.5	0.0	0.7	0.0	1.0		1.5	2.0	最小ひびわれ幅	最小ひびわれ幅
(m)	(mm/pixel)	0.1	0.2	0.4	0.5	0.0	0.7	0.0	1.0	1.4	1.5	3.0	(mm)	/ 回杀万胜能
1.5	0.37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.27
3	0.75	Δ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.27
5	1.24	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.16
	1.74	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.23
10	2.49	×	. ×	×	Δ	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0.24
15	3./3		×	×	×		0	0	0	0	0	0	0.7	0.19
20	4.97		×	×	×	×		0	0	0	0	0	0.8	0.16
25	6.22	×	×	×	×	×	×				0	0	1.5	0.24
	7.46	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0	0	1.5	0.20
<u>40</u>	9.95	<u>~</u>	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	<u>~</u>	<u>~</u>	0	3	0.30
	12.43	<u></u>	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷			-
100	24.96	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷		
120	29.84	Ŷ	Ŷ	Ŷ	Ŷ	Ŷ	Ŷ	Ŷ	Ŷ	Ŷ	Ŷ	Ŷ		-
120	20.04	~	~	~	~	~	~	~	~	~	X	~		
[R	1													
		-												
撮影距離	面素分解能			1	評価対	対象び	びわ	れ幅(mm)			_	視認可能な	最小びがわれ
(m)	(mm/nivel)	0.1	0.2	04	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	14	1.5	3.0	最小ひびわれ幅	/画素分解能
(1117	(ann/ pixel)	0.1	V.2	0.4	0.0	0.0	0.7	0.0	1.0	1.7	1.5	0.0	(mm)	「当有ノリカ+市」
1.5	0.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.42
3	0.49	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.41
5	0.82	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.24
7	1.14	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.35
10	1.63	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.31
15	2.45	×	×	×	×	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0.24
20	3.26	×	×	×	×	×	Δ	0	0	0	0	0	0.8	0.25
25	4.08	×	×	×	×	×	×	\triangle	0	0	0	0	1	0.25
	4.90	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0	0	1.5	0.31
40	6.53	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0	3	0.46
50	8.16	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			-
70	11.42	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		-
100	16.32	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		-
120	19.58	×	×	X	X	X	×	~				~		-
										X	x	· ^		
I c'							~	^	×	X	x	^		
[C]							~	^	×	X	×	^		
					評価対	対象ひ	びわ	<u>へ</u> れ幅((mm)	X	×	_ ^ _	視認可能な	
【C】 撮影距離	画素分解能				評価タ	対象び	びわ	へ れ幅(mm)	×	×		視認可能な 最小ひびわれ幅	最小ひびわれ幅
【C】 撮影距離 (m)	画素分解能 (mm/pixel)	0.1	0.2	0.4	評価す 0.5	対象U 0.6	びわ 0.7	へ <u>れ幅(</u> 0.8	x (mm) 1.0	× 1.4	* 1.5	3.0	視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm)	最小ひびわれ幅 /画素分解能
【C】 撮影距離 (m) 1.5	画素分解能 (mm/pixel) 0.21	0.1 O	0.2 O	0.4 O	評価3 0.5 〇	対象U 0.6 〇	びわ 0.7 0	へ 1幅(0.8	× (mm) 1.0	x 1.4 0	x 1.5 O	3.0 O	視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1	最小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48
【C】 撮影距離 (m) <u>1.5</u> 3	画素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42	0.1 O	0.2 0	0.4	平価す 0.5 〇	対象U 0.6 〇	い の の	へ 1.4幅(0.8 0 0	x 1.0 0	x 1.4 0	1.5 0	3.0 0 0	- 視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1	最小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24
【C】 撮影距離 (m) 1.5 3 5	画素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70	0.1 0 0	0.2 0 0	0.4 0 0 0	評価 0.5 〇 〇	対象U 0.6 〇 〇	、 びわ 0.7 0 0	へ 1.8 0.8 0 0	x (mm) 1.0 0 0	x 1.4 0 0	x 1.5 0 0	3.0 0 0	視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1	最小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.14
【C】 撮影距離 (m) <u>1.5</u> 3 5 7	画素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98	0.1 0 0 ×	0.2 0 0 0	0.4	平価 0.5 0000	す象U 0.6 0 0 0	が 0.7 0000	へ 1.8 0.8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.0 0 0 0	1.4 0 0 0	1.5 0 0 0	3.0 0 0 0	視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.1 0.2	最小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.14 0.20
【C】 撮影距離 (m) 1.5 3 5 7 10	画素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39	0.1 0 0 × ×	0.2 0 0 0 0	0.4	評価 0.5 0 0 0 0 0	1象U 0.6 0 0 0	0.7 0.7 00000	へ <u> れ幅</u> 0.8 00000	x 1.0 0 0 0 0 0	x 1.4 0 0 0 0	× 1.5 0 0 0 0	3.0 0 0 0 0	視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.1 0.2 0.4	最小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.14 0.20 0.29
【C】 撮影距離 (m) <u>1.5 3</u> 5 7 10 15	画素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39 2.09	0.1 000x × × ×	0.2 0000 4 ×		平価。	す象U 0.6 0 0 0 0 0 0	0.7 0.7 000000	 	x 1.0 0 0 0 0 0 0	x 1.4 0 0 0 0 0 0	× 1.5 0 0 0 0 0	3.0 0 0 0 0 0	視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5	最小ひびわれ幅 /画素分解能 0.24 0.14 0.20 0.29 0.24
【C】 撮影距離 (m) 1.5 3 5 7 10 15 20	画素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39 2.09 2.79	0.1 000×××××	0.2 00004 × ×		評価 0.5 000000	1象U 0.6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	~ <u>び</u> わっつ の の の の の の の の の の の の の の の	 	x 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0	1.4 0000000	× 1.5 000000	3.0 0 0 0 0 0 0	視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6	最小ひびわれ幅 /画素分解能 0.24 0.14 0.20 0.29 0.22 0.24 0.22
【C】 撮影距離 (m) 1.5 3 5 7 10 15 20 25	画素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39 2.09 2.09 2.79 3.48	0.1 0 0 0 × × × × × ×	0.2 00004 × × ×		評価 0.5 000000 へ ×		~ ジョー ジョー ショー ショー ショー ショー ショー ショー ショー ショー ショー シ	 	x 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1.4 00000000	× 1.5 00000000000000000000000000000000000	× 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0	視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7	最小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.14 0.20 0.29 0.24 0.29 0.22 0.22 0.22
【C】 撮影距離 (m) 1.5 3 5 7 7 10 15 20 25 30	画素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39 2.09 2.79 2.79 3.48 4.18	0.1 0 0 0 × × × × × × × ×	0.2 0000 × × × ×		平価 0.5 000000 4 × ×		0.7 0.7 000000000		x 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1.4 00000000	× 1.5 000000000	3.0 3.0 0 <t< td=""><td>視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8</td><td>場小ひびわれ幅 /画素分解能 0.24 0.14 0.29 0.29 0.24 0.22 0.20 0.19</td></t<>	視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8	場小ひびわれ幅 /画素分解能 0.24 0.14 0.29 0.29 0.24 0.22 0.20 0.19
【C】 撮影距離 (m) <u>1.5</u> 3 5 7 10 15 20 25 30 40	画素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.70 0.98 1.39 2.09 2.79 3.48 4.18 5.57	0.1 000×××××××××××××××××××××××××××××××××	0.2 00004×××××		評価 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		、 びわ 8.7 00000000 4×		x 1.0 0000000000000000000000000000000000	x 1.4 00000000000000000000000000000000000	x 1.5 00000000000000000000000000000000000		視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4	最小ひびわれ幅 /画素分解能 0.24 0.14 0.20 0.29 0.24 0.22 0.22 0.20 0.19 0.25
【C】 撮影距離 (m) <u>1.5</u> <u>5</u> 7 10 15 20 25 30 40 50	画素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39 2.09 2.79 3.48 4.18 5.57 6.97	0.1	0.2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		評価 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		が む で し 7 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		x 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 x	× 1.5 00000000000000000000000000000000000		視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5	最小しびわれ幅 /画末分解能 0.48 0.24 0.24 0.29 0.29 0.22 0.22 0.22 0.19 0.25 0.22
【C】 撮影距離 (m) <u>1.5</u> 3 5 7 10 15 20 25 30 40 50 70	■素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39 2.09 2.79 3.48 4.18 5.57 6.97 9.76	0.1			評価) 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0				x mm) 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1.4 0000000 × ×	x 1.5 00000000x		視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3	最小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.14 0.20 0.29 0.22 0.22 0.22 0.19 0.25 0.22 0.22 0.22 0.31
【C】 撮影距離 (m) 1.5 3 5 7 10 15 20 25 20 25 30 40 50 70 70	画素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39 2.09 2.09 2.09 3.48 4.18 5.57 6.97 9.76 13.94				評価 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		·びわ 0.7 0000000000000000000000000000000000	< れ幅 8.8 0000000000000000000000000000000000	x mm) 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.4 00000000 × × ×	x 1.5 00000000x x	× 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3	景小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.22 0.22 0.20 0.19 0.22 0.22 0.25 0.22 0.31 -
【C】 撮影距離 (m) 15 3 7 7 10 15 20 25 30 40 50 70 100 100	画素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 2.09 2.09 2.09 2.09 2.09 2.09 2.09 2.09	0.1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 x x x x x x x			評価) 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		v <u>U</u> th 0.7 00000000 4 ×××××××××××××××××××××××××××	 れ幅 0.0000000 0000000 	x mm) 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.4 000000000 x x x x	x 1.5 000000000 x x x	x 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	視認可能な 最小しびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3	愚小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.29 0.29 0.22 0.20 0.19 0.25 0.22 0.31 - - -
【C】 撮影距離 (m) 1.5 3 5 7 15 20 25 20 25 30 40 40 50 50 70 100 120	■素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 2.09 2.79 2.79 2.79 4.18 5.57 6.97 6.97 6.97 6.13.94 16.72				評価) 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0				x mm) 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.4 00000000 x x x x	x 1.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	× 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3	泉小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.29 0.22 0.20 0.19 0.25 0.22 0.22 0.23 1 - -
【C】 撮影距離 (m) 1.5 3 5 7 10 15 20 25 30 40 50 70 100 120 (D)	■素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39 2.09 2.09 2.79 3.48 4.18 5.57 6.97 9.76 6.97 13.94 16.72	0.1 0 0 0 0 0 0 x x x x x x x x x x x x x			評価 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0			 れ幅 0.3 0 0<!--</td--><td>x 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0</td><td>x 1.4 00000000 x x x x</td><td>x 1.5 0000000000 x x x</td><td>× 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0</td><td>視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3</td><td>景小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.22 0.20 0.19 0.25 0.22 0.25 0.21 - -</td>	x 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.4 00000000 x x x x	x 1.5 0000000000 x x x	× 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3	景小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.22 0.20 0.19 0.25 0.22 0.25 0.21 - -
【C】 撮影距離 (m) 1.5 3 5 7 7 10 15 25 30 40 100 120	画素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 2.09 2.79 2.79 2.79 4.18 5.57 6.97 9.76 13.94 16.72		0.2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		評価 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0			れ 0.8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.5 0000000000 x x x	× 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 × ×	視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3	豊小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.29 0.29 0.29 0.22 0.22 0.25 0.22 0.31 - -
【C】 撮影距離 (m) <u>1.5</u> <u>3</u> <u>5</u> <u>7</u> <u>10</u> <u>15</u> <u>25</u> <u>30</u> <u>25</u> <u>30</u> <u>100</u> <u>120</u> <u>100</u> <u>120</u> <u></u> 撮影距離	圖素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39 2.09 2.09 2.79 3.48 4.18 5.57 5.57 6.97 9.76 1.3.94 16.72				評価 0.5 000000 ××××××× 評価			 れ幅 0.8 0 0<!--</td--><td>x 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0</td><td>1.4 0000000 × × × ×</td><td>1.5 00000000 × × ×</td><td>x 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0</td><td> 視認可能な 最小しびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 親認可能な 最小しびわれ幅 </td><td>景小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.22 0.22 0.20 0.19 0.25 0.22 0.31 - -</td>	x 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	1.4 0000000 × × × ×	1.5 00000000 × × ×	x 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	 視認可能な 最小しびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 親認可能な 最小しびわれ幅 	景小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.22 0.22 0.20 0.19 0.25 0.22 0.31 - -
【C】 撮影距離 (m) <u>1.5</u> <u>3</u> <u>5</u> <u>7</u> <u>10</u> <u>15</u> <u>25</u> <u>30</u> <u>40</u> <u>40</u> <u>50</u> <u>70</u> <u>120</u> <u>120</u> <u>120</u> <u>120</u> <u>120</u> <u>120</u>	■素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39 2.09 2.79 3.48 4.18 5.57 6.97 9.76 13.342 16.72	0.1 0 0 0 x x x x x x x x x x x x x	0.2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		評価 0.5 000000 ×××××× 第 0.5		· びわ 0.7 0000000 000000 000000 000000 000000	ヘ 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	x 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	 視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.1 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 親認可能な 最小びびわれ幅 (mm) 	最小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.29 0.22 0.22 0.22 0.31 - -
【C】 撮影距離 (m) <u>1.5</u> <u>3</u> <u>5</u> 7 <u>10</u> <u>15</u> <u>25</u> <u>30</u> <u>40</u> <u>50</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>10</u> <u>1</u>	■素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39 2.09 2.79 3.48 4.18 5.57 6.97 3.76 5.57 13.94 16.72 ■素分解能 (mm/pixel) 0.47	0.1 O O X X X X X X X X X X X X X	0.2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		評価 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0		· びわ 0.7 0000000 4××××× × × × ×	へ 幅 0.8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	 視認可能な 最小しびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 4 8 4 1.5 0.1 	 泉小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.14 0.20 0.29 0.24 0.22 0.20 0.19 0.25 0.22 0.31 - - - 器小ひびわれ幅 /画素分解能 0.21
【 C , 撮影距離 (m) <u>1.5</u> 3 5 7 10 15 20 25 30 40 50 70 120 120 120 120 120 120 120 120 120 12	■素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39 2.09 2.79 3.48 4.18 5.57 6.97 9.76 13.94 16.72 ■素分解能 (mm/pixel) 0.47 0.94	0.1 0 0 0 0 0 0 x x x x x x x x x x x x x	0.2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		評価 0.5 000000 4×××××× 第 0.5 000000000000000000000000000000000	■ また また また また また また また また また また	びわ 0.7 0000000000000000000000000000000000	へ 1.1 0.3 00000000000000000000000000000000	x 1.0 0000000000000000000000000000000000	x 1.4 00000000 x x x x x x	x 1.5 0000000 x x x x 1.5	x 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	 視認可能な 最小しびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 視認可能な 最小しびわれ幅 (mm) 0.1 	愚小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.29 0.22 0.22 0.22 0.31 - -
【 C 】 環影距離 (m) <u>1.5</u> <u>3</u> <u>5</u> <u>7</u> <u>10</u> <u>15</u> <u>20</u> <u>20</u> <u>25</u> <u>300</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>120</u> <u>100</u> <u>120</u> <u>100</u> <u>120</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> [100] [画素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.88 1.39 2.09 2.79 3.48 4.18 5.57 6.97 9.76 13.94 16.72 Im素分解能 (mm/pixel) 0.47 0.94 1.57	0.1 O O O X X X X X X X X X X X X X	0.2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		評価 0.5 00000 0×××××× 新価 0.5 0000		びた 0.7 000000000000000000000000000000000	 れ幅 0.8 0 0<!--</td--><td>x 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0</td><td>x 1.4 00000000 × × × × 1.4</td><td>x 1.5 00000000 × × × 1.5 000</td><td>x 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0</td><td> 視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 4 4 4 5 4 5 4 4 5 5 0.1 0.2 0.5 </td><td> 泉小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.29 0.29 0.24 0.20 0.19 0.25 0.22 0.31 - - - 慶小ひびわれ幅 /画素分解能 0.21 0.21 0.32 </td>	x 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.4 00000000 × × × × 1.4	x 1.5 00000000 × × × 1.5 000	x 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	 視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 4 4 4 5 4 5 4 4 5 5 0.1 0.2 0.5 	 泉小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.29 0.29 0.24 0.20 0.19 0.25 0.22 0.31 - - - 慶小ひびわれ幅 /画素分解能 0.21 0.21 0.32
【 C] 撮影距離 (m) <u>1.5</u> 3 3 5 7 7 20 25 30 40 50 70 120 120 120 120 120 120 120 120 120 12	■素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.20 0.88 1.39 2.09 2.79 3.48 4.18 5.57 6.97 9.76 13.94 16.72 副素分解能 (mm/pixel) 0.47 0.97 0.92 0.94 16.72 副素分解能 (mm/pixel) 0.47 0.94 1.57	0.1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0			評価2 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	また 1 また 1 また 1 また 1 また 1 また 1 また 1 また 1 また 1 また 1 また 1 また 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		ヘ 4 1 0.8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.5 00000000 x x x x	x 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	 視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.1 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.5 0.6 	豊小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.29 0.29 0.29 0.22 0.20 0.19 0.25 0.22 0.31 - - -
【 C 】 環影距離 (m) 1.5 3 5 7 0 25 20 25 20 25 40 50 50 50 100 1120 120 120 120 120 120 120 120 1	画素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39 2.79 3.48 4.18 5.57 6.57 6.57 6.57 6.57 1.3.94 16.77 9.76 13.94 16.77 0.94 (mm/pixel) 0.47 0.47 0.47 0.57 2.20 0.47	0.1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		評価2 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	また。 また、 また、 数字の の の の の の の の の の の の の の	びた 0.7 000000000000000000000000000000000	 ヘー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	x 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.5 00000000 x x x x	x 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	 視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 4 4 4 5 0.6 0.7 0.8 0.7 0.6 0.1 0.5 0.6 0.8 	 豊小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.14 0.20 0.23 0.24 0.24 0.22 0.20 0.19 0.25 0.22 0.31 - <li< td=""></li<>
【 C , 撮影距離 (m) <u>1.5</u> 5 7 7 10 25 30 40 50 70 120 120 120 120 【 D 】 撮影距離 (m) <u>1.5</u> 3 3 5 7 7 10 115	■素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.22 0.70 0.83 2.09 2.79 2.79 2.79 3.48 4.18 5.57 6.97 9.76 13.94 16.72 ■素分解能 (mm/pixel) 0.47 0.94 0.94 0.94 1.57	0.1 0 0 0 x x x x x x x x x x x x x	0.2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		評価) 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	また。 また、 また、 また、 また、 また、 また、 また、 また、	びた 000000000000000000000000000000000000	 ヘ ヘ	mm) 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 1.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	 視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 単認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.2 0.5 0.6 0.8 1.4 1.5 0.6 0.8 1.4 (mm) 0.1 0.2 0.5 0.6 0.8 0.8 0.8 0.8 0.8 0.8 0.8 0.8	 農小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.14 0.20 0.29 0.24 0.20 0.20 0.21 0.32 0.21 0.22 0.21 0.21 0.22 0.23 0.21 0.21 0.21 0.21 0.21 0.21 0.21 0.21
【 C 】 環影距離 (m) 1.5 3 5 7 10 15 20 25 30 30 40 40 120 120 120 120 120 10 15 3 5 7 7 10 15 3 5 7 7 10 120 25 30 30 30 30 30 120 120 120 120 120 120 120 120 120 12	 圖素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39 2.09 2.79 3.48 4.18 5.57 6.97 9.76 13.94 16 6.97 9.76 1.39.41 1.57 1.57 2.00 4.18 7.79 2.64 2.79 3.14 4.71 6.28 	0.1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		評価2 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	■	びわ 0.7 0000000000000000000000000000000000	 れ幅 0.8 0 0<!--</td--><td>x 1.0 000000000000000000000000000000000</td><td>x 1.4 00000000 x x x x x 1.4 000000 x</td><td>x 1.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0</td><td>x 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0</td><td>視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 4 提認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.2 0.5 0.8 1.4 1.5 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3</td><td>豊小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.29 0.29 0.22 0.22 0.22 0.31 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -</td>	x 1.0 000000000000000000000000000000000	x 1.4 00000000 x x x x x 1.4 000000 x	x 1.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	x 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 4 提認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.2 0.5 0.8 1.4 1.5 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	豊小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.29 0.29 0.22 0.22 0.22 0.31 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
【 C 】 撮影距離 (m) 1.5 3 5 7 10 15 20 25 30 40 50 70 120 120 120 120 120 120 120 120 120 12	画素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.22 0.70 0.98 2.09 2.79 2.79 3.48 4.18 5.57 6.97 9.76 13.94 16.72 13.94 16.72 13.94 16.72 13.94 16.72 13.94 16.72 13.94 16.72 13.94 16.72 13.94 16.72 13.94 16.72 13.94 16.72 17.95 13.94 16.72 17.95 13.94 16.72 17.95 13.95 14.15 14.15 14.15 16.75 14.15	0.1 O O X X X X X X X X X X X X X	0.2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		評価 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	す象 ① 0.6 〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	びわ 0.7 0000000000000000000000000000000000		x x 1.0 0	x 1.4 0000000 × × × × 1.4 000000 × × × ×	x 1.5 00000000x x x x	x 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	 視認可能な 最小しびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 現認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.2 0.6 0.1 0.5 0.6 0.8 1.4 1.5 3 	 泉小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.14 0.20 0.29 0.24 0.29 0.20 0.19 0.25 0.22 0.20 0.31 - <li< td=""></li<>
【 C , 撮影距離 (m) <u>1.5</u> <u>3</u> <u>5</u> <u>70</u> <u>100</u> <u>120</u> <u>20</u> <u>25</u> <u>50</u> <u>70</u> <u>100</u> <u>120</u> <u>120</u> <u>120</u> <u>120</u> <u>120</u> <u>120</u> <u>120</u> <u>120</u> <u>120</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u> <u>100</u>	■素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.70 0.98 1.39 2.09 2.79 3.48 4.18 5.57 6.97 9.76 13.94 16.72 In (m/pixel) 0.47 0.947 0.947 0.942	0.1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		評価 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	象U 0.6 0.6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		 れ幅 3.000000000000000000000000000000000000	x x 1.0 0	x 1.4 0000000 x x x x x	x 1.5 00000000 × × × 1.5 0000000 × ×	x 3.0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.8 0.8 1.4 1.5 3 3 - - - - - - - - - - - - - - - - -	最小しびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.29 0.22 0.22 0.22 0.22 0.31 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
【 C , 撮影距離 (m) 1.5 3 5 7 10 15 15 30 40 50 70 100 120 120 120 120 120 120 120 120 12	■素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.22 0.70 0.88 2.09 2.19 2.19 2.19 2.19 3.48 4.18 5.57 6.97 9.76 13.94 16.72 副素分解能 (mm/pixel) 0.94 1.57 6.97 2.20 3.14 4.71 6.92 3.14 4.71 6.28 7.85 5.20 9.94 4.71 6.28 7.85 5.20 5.20 5.20 5.20 5.20 5.20 5.20 5.2	0.1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		評価 0.5 ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	また また また また また の.6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		 れ幅 8 0000000 ×××× れ幅 8 000000 ×××× れ 0.8 000000 ×××× れ 0.8 000000 ×××× 本 ××× 	mmm) 1.0 0 0 <td>x 1.4 0000000 x x x x x x x x</td> <td>x 1.5 00000000x x x x</td> <td> 3.0 0 0<td> 視認可能な 最小しびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 4 脱認可能な 最小しびわれ幅 (mm) 0.1 0.2 0.6 0.7 0.7 0.6 0.7 0.7 0.7 0.7 0.7 0.7 0.7 0.7</td><td>泉小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.29 0.22 0.20 0.19 0.25 0.22 0.20 0.19 0.25 0.22 0.20 0.31 - - -</td></td>	x 1.4 0000000 x x x x x x x x	x 1.5 00000000x x x x	 3.0 0 0<td> 視認可能な 最小しびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 4 脱認可能な 最小しびわれ幅 (mm) 0.1 0.2 0.6 0.7 0.7 0.6 0.7 0.7 0.7 0.7 0.7 0.7 0.7 0.7</td><td>泉小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.29 0.22 0.20 0.19 0.25 0.22 0.20 0.19 0.25 0.22 0.20 0.31 - - -</td>	 視認可能な 最小しびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 4 脱認可能な 最小しびわれ幅 (mm) 0.1 0.2 0.6 0.7 0.7 0.6 0.7 0.7 0.7 0.7 0.7 0.7 0.7 0.7	泉小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.29 0.22 0.20 0.19 0.25 0.22 0.20 0.19 0.25 0.22 0.20 0.31 - - -
【 C] 撮影距離 (m) <u>1.5</u> 3 5 7 10 15 20 25 50 70 120 120 120 120 120 120 120 120 120 12	■素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39 2.09 2.79 3.48 4.18 5.57 6.97 9.76 13.94 16.72 ■素分解能 (mm/pixel) 0.47 0.94 1.57 2.20 0.94 1.57 2.20 0.94 1.57 2.20 3.14 4.71 4.71 6.28 7.85 9.942 9.42 9.42 15.50	0.1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		評価 0.5 0.00000000000000000000000000000000000	す象U 0.6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		 れ幅.300000004×××× れ、0000004×××× 	mmm) 1.0 1.0 0 0 0	x 1.4 00000000 × × × × 1.4 000000 × × × ×	x 1.5 0000000 × × × 1.5 000000 × × ×	3.0 0	 視認可能な 最小しびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 建設可能な 機小びびわれ幅 (mm) 0.1 0.2 0.6 0.8 1.4 1.5 3 - - - - - - 	場小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.14 0.20 0.29 0.22 0.22 0.22 0.22 0.22 0.21 0.22 0.31
【 C) 撮影距離 (m) 1.5 5 7 7 10 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20	■素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.21 0.22 0.70 0.88 2.79 2.79 2.79 3.44 5.57 9.76 4.18 4.18 4.18 4.18 4.18 4.18 4.18 4.18	0.1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		評価 0.5 00000 4×××××× 評価 0.5 0000 4×××××××××××××××××××××××××××××××	1 また また また また また また また の の の の の の の の の の の の の	で びた 000000000000000000000000000000000	 1 1	mmm 1.0 0 <td>x 1.4 0000000 × × × × 1.4 000000 × × × ×</td> <td>x 1.5 00000000 × × × 1.5 000000 × × ×</td> <td></td> <td> 視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 4 0.1 0.2 0.6 0.1 0.5 0.6 0.8 1.4 1.5 3 - </td> <td> 泉小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.24 0.20 0.21 0.25 0.21 - -</td>	x 1.4 0000000 × × × × 1.4 000000 × × × ×	x 1.5 00000000 × × × 1.5 000000 × × ×		 視認可能な 最小ひびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 4 0.1 0.2 0.6 0.1 0.5 0.6 0.8 1.4 1.5 3 - 	 泉小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.20 0.29 0.24 0.20 0.21 0.25 0.21 - -
【 C] 撮影距離 (m) <u>1.5</u> 3 5 7 7 20 25 30 40 100 100 120 120 120 120 120 120 120 12	 ■素分解能 (mm/pixel) 0.21 0.42 0.70 0.98 1.39 2.09 2.79 3.48 4.18 5.57 6.97 9.76 13.94 16.72 13.94 16.72 13.94 16.72 13.94 16.72 13.14 4.71 6.28 7.85 9.42 15.70 2.19.8 31.40 	0.1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0			評価 0.5 0.5 0.0 0.0 0.5 0.0 0.5 0.0 0.5 0.5 0.0 0.5 0.5 0.0 0.5 <td></td> <td></td> <td></td> <td>mm 1.0 0</td> <td>x 1.4 0000000x x x x x</td> <td>x 1.5 0000000 x x x x x x x x x x x x x x x</td> <td></td> <td>視認可能な 最小しびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 - - - - - - - - - - -</td> <td>場小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.14 0.20 0.29 0.24 0.22 0.22 0.22 0.22 0.21 0.25 0.22 0.31</td>				mm 1.0 0	x 1.4 0000000x x x x x	x 1.5 0000000 x x x x x x x x x x x x x x x		視認可能な 最小しびわれ幅 (mm) 0.1 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 1.4 1.5 3 3 - - - - - - - - - - -	場小ひびわれ幅 /画素分解能 0.48 0.24 0.14 0.20 0.29 0.24 0.22 0.22 0.22 0.22 0.21 0.25 0.22 0.31

れを視認することは困難であり、概ね画素分解能の 1/3 ~1/4 倍のひびわれ幅を視認することが可能と言える。 なお、「△」は視認不可として評価した。

表-4 は、模擬ひびわれシートを撮影した画像の評価結 果をまとめたものである。このとき背景色が RGB (130,130,130)にある模擬ひびわれを用いて評価した。 コンクリートパネルと同様に画素分解能が低下するにつ れ視認可能な最小ひびわれ幅は太くなる傾向が見受けら れる。また、模擬ひびわれシートの場合、画像上で模擬 ひびわれの RGB 値の分布が直線的で単調であり背景色と の差が明確なため、コンクリートパネルと比較すると視 認性が高く、一部画素分解能の 1/10 倍幅のひびわれも 視認できた箇所も存在するが、1/10 倍幅のひびわれを視 認することが可能と言える結果ではないと考える。概ね 画素分解能の 1/3~1/5 倍のひびわれ幅を視認すること が可能と言える。なお、コンクリートパネルと同様に「△」 は視認不可として評価した。





4.3 考察

図-10 は前節の表-3 および表-4 の結果より、画素分 解能と視認可能な最小ひびわれ幅の関係性をグラフで 表したものである。これらのグラフより、画素分解能 と視認可能な最小ひびわれ幅には、相関があることや 4 種のカメラの特性から視認可能な最小ひびわれ幅に 違いがあることが分かる。グラフの傾きが小さいほど、 同じ画素分解能でもより細いひびわれを視認できるこ とを示しており、画素分解能1~3mm/pixel ではあまり 差は見受けられないが(図-11)、低分解能になるほどカ メラ毎のバラつきが大きくなる傾向が見受けられる。そ の中でも【A】と【C】は両者ともグラフの傾きが小さく、 画素分解能と視認可能な最小ひびわれ幅の関係性もほぼ 同等の傾向を示しており、【B】、【D】の2種に比べ、視認 性は優位であると言える。また、同じ画素分解能であっ てもコンクリートパネルより模擬ひびわれシートの方が 視認性が高い結果となっており、模擬ひびわれシートの ように背景色が均一で直線的な線のためコントラストが 明確に表れたことが原因ではないかと推測する。





当初、搭載されたセンササイズが大きいほどより視認 性が高くなると予想していたが、【B】と【D】はセンササ イズが大きく異なるもののほぼ同等の視認性評価の結果 が得られている。このことからひびわれの視認性にはセ ンササイズの大きさも重要な要素であるが、センサを構 成している素子(ピクセル)の大きさが最も重要な要素 ではないかと推測される。各カメラの画素ピッチは計算 上、表-5に示す通りとなり、【B】と【D】はほぼ同じ画素 ピッチであり、1素子あたりの受光面積が他2機種に比 ベ小さいことが、視認性がやや低くなった要因と考えら れる。



(画素分解能 4mm/pixel まで表示)

図-11 画素分解能と視認可能な最小ひびわれ幅の関係性 (画素分解能 4mm/pixel までを拡大表示)

カメラ名	[A]	(B)	[C]	(D)
センサ サイズ	35.9 × 24.0mm	23.5 × 15.6mm	35.9 × 24.0mm	17.3 × 13.0mm
画素数	6016×4016	6000×4000	7360×4912	4592×3448
画素ピッチ (計算上)	5.97μm	3. 92 μ m	4. 88 μ m	3. 77 μ m

表-5 各カメラの画素ピッチ

表-3 および表-4 の結果より、最小ひびわれ幅 2mm、画 素分解能 5mm/pixel までの結果をプロットし、近似式を 表示したグラフを図-12 に示す。赤がコンクリートパネ ル、青が模擬ひびわれシートを用いて評価したものであ り、それぞれ画素分解能 1~3mm/pixel においては、カメ ラ機種による差異は少ないことからまとめてプロットし た。緑の曲線は「デジタル画像によるコンクリート床版 劣化判定システムの開発¹³」(佐々木他, p. 1776, 2003) に示された「図-2 認識可能なひびわれ幅と撮影画角の 関係グラフ」を筆者が X 軸を画素分解能に変換したグラ フである。(点線は推定である。)

赤と青の直線はプロットした値の1次近似式であり、 ひびわれ幅1mm以下については、緑の曲線よりそれらの 近似式が上部にある。PC・RC構造物の点検で抽出が要求 されるひびわれは、0.1mmもしくは0.2mm幅以上であり、 これらを視認するためには「デジタル画像によるコンク リート床版劣化判定システムの開発¹³⁾」で示された緑線 より上部、つまり高分解能の画像撮影が必要である。図 -12に示す2つの1次近似式を逆算すると、1mm~1.5mm 幅程度のひびわれを視認するためには、コンクリートパ ネルを用いた検証結果からは、抽出すべきひびわれ幅の 約4倍の画素分解能、模擬ひびわれシートを用いた検証 結果からは、抽出すべきひびわれ幅の約5倍の画素分解 能を持つ画像を撮影する必要がある。ただし、本検証で 使用したコンクリートパネルは表面の汚れが少なく、模 擬ひびわれシートも背景色が均一でひびわれの視認性が



 図-12 画素分解能と視認可能な最小ひびわれ幅の関係性 (画素分解能 5mm/pixel までを拡大表示)

高いため、実際にはより確実性を高めるため抽出すべき ひびわれ幅の約 3~5 倍の画素分解能を持つ画像の撮影 が必要であると言える。

5. まとめ

画素分解能と視認可能な最小ひびわれ幅には明確に相 関があることと画素分解能の 1/10 倍幅のひびわれを画 像から視認することは困難であることが分かった。また、 画素分解能 1~3mm/pixel においては、使用するカメラ による視認性の差異は多少生じているものの、ほぼ同じ 傾向を示しているが、画素分解能 4mm/pixel より低分解 能になるにつれ差異が顕著に現れており、画素ピッチが 小さなカメラの視認性がより低下している。「コンクリー ト診断技術 '19 [基礎編]⁹」に記載されている検証結果 は、使用したカメラの画素ピッチが約 11.85 μ m と今回 使用した 4 機種より大きく、高画質であったことが、画 素分解能の 1/10 幅のひびわれを視認できた要因と推測 する。

本検証結果より、画像を用いたコンクリート構造物の 点検では、抽出すべきひびわれ幅の約3~5倍の画素分 解能を持つ画像の撮影が必要と言える。例えば、0.2mm幅 のひびわれの抽出が要求される場合は、0.6~ 1.0mm/pixelの画素分解能を有する画像が必要となる。 このとき、使用するカメラは高い視認性を確保するため にセンササイズが大きく、画素ピッチも大きなものが推 奨される。これらを考慮し、対象となるコンクリート表 面の状況や撮影環境に応じて適切な画素分解能を設定し、 効果的、効率的な撮影計画を立案することが重要である。

6. 今後の展望

国土交通省は、2019年2月に「道路橋定期点検要領¹⁾」 を改定し、運用の留意事項に対応した付録の一般的な注 意点の中で、『自らの近接目視によるときと同等の健全性 の診断を行うことができると定期点検を行う者が判断し た場合には、その他の方法についても近接目視を基本と する範囲と考えてよい』とし、点検に画像を用いること も可能となった。今後はインフラ構造物の長寿命化のた めの維持管理やモニタリングへのニーズがさらに高まり、 橋梁点検の効率化や高度化が図られていくと考えられる が、その中で「画像」を基礎データとして、そこから「損 傷を抽出する」という過程は不変であり、画像の価値や 重要性は益々高まっていくと予期される。本検証を基礎 として、画像の活用による点検の効率化・高度化に向け、 継続的に検証を行っていく必要がある。

参考文献

- 国 土 交 通省 道 路局: 道 路橋 定 期 点 検 要 領, http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/te nken/yobo4_1.pdf, 2014.6[改訂, 2019.2]
- 2)前田穣,中庭和秀,石澤徹,小山幸則,朝倉俊弘:ク ラックスケール内蔵光波測量器を用いたひび割れ点 検システムの開発と現場適用,土木情報利用技術論 文集16巻,pp.167-174,2007
- 3)交久瀬磨衣子,中庭和秀,建山和由:クラックスケー ル内蔵光波測量機を用いたダム堤体のひびわれ調査 について,土木学会第65回年次学術講演会,VI-153, 2010.9
- 4) 金子英,岡宗一,松宮直規:デジタルカメラ画像を用いたコンクリート構造物のひび割れ検査技術,NTT技術ジャーナル,pp.21-24,2011.12
- 5) S.Nishimura, K.Kimoto, S.Kusuhara, S.Kawabata,

A.Abe, T.Okazawa: Development of a hybrid camera system for bridge inspection, IABMAS, 2012

- 6)西村正三,木本啓介,味岡収,安井伸顕,松田浩:光
 学的計測手法を用いた軍艦島護岸の計測とモニタリング,実験力学,Vol.12,No.3,pp.193-200,2012.9
- 7) 西村正三, 藏重裕俊, 原健司, 石井俊治, 加藤淳, 大 前雅史, 山崎博: 走行型連続画像計測システムの開発 と構造物壁面調査への活用, JAST, Vol. 21, pp. 40-47, 2010
- 西村正三,木本啓介,松岡のどか,大谷仁志,緒方宇 大,松田浩:橋梁維持管理における遠隔測定法の開発 と評価,応用測量論文集,Vol.24,pp.52-61,2013
- 9) 日本コンクリート工学会:コンクリート診断技術 '19 [基礎編], pp. 109-112, 2019
- 10) 柳沢栄一, 村井亮介, 勝野寿男, 越川一成, 梶本勝也: 高感度画像強調カメラを用いたコンクリート床版ひ び割れの遠隔点検に関する研究, 土木学会年次学術 講演概要集, Vol. 53, pp. 514-515, 1998
- 11) 岡俊蔵,村井亮介,勝野寿男,越川一成,佐伯輝夫, 藤井堅:CCDカメラを用いたコンクリート床版ひび割 れ検出に関する実橋試験,土木学会年次学術講演概 要集, Vol.54, pp.452-453, 1999
- 12)小出博,福田貴,勝野寿男,山本利生,村井亮介:デジタルスチル画像によるコンクリート床版ひび割れ 認識の研究,土木学会年次学術講演概要集,Vol.54, pp.454-455,1999
- 13) 佐々木聡,渡邊一悟,小出博,山本利生:デジタル画 像によるコンクリート床版劣化判定システムの開発, コンクリート工学年次論文集, Vol. 25, No. 1, 2003

(2019.06.30 受付)