

Evaluating Forensic Imaging Systems for Crime Scene Investigation

In forensic science, particularly for crime scene investigation, the quality and technological sophistication of imaging systems are critical for capturing accurate and reliable evidence. A high-performance system must excel in multiple technical aspects to meet the rigorous demands of forensic evidence collection. Any deficiency—or “short board”—in these areas can significantly impair the system’s functionality, compromising the integrity of evidence such as fingerprints, palm prints, or other traces. Below, we outline five key criteria for evaluating forensic imaging systems, along with illustrative examples of common shortcomings that distinguish advanced systems from inferior ones.

Key Evaluation Criteria

1. Apochromatic Lens Design for Multi-Spectral Clarity

The lens must be apochromatically corrected to ensure sharp focus across a broad spectral range (180nm–1100nm), covering ultraviolet (UV), visible, and infrared (IR) wavelengths. Forensic imaging requires clear, high-quality images in all spectral bands, especially UV and IR, where evidence like latent fingerprints or bodily fluids is often most visible. Non-apochromatic lenses fail to maintain focus across these bands, resulting in blurry or unusable images that undermine evidence quality.

2. Full Sensor Coverage by Lens Image Circle

The lens’s image circle must fully cover the camera’s sensor to produce a complete, usable image without dark or black corners. If the lens’s image circle is too small for the sensor, the resulting image will show a circular vignette with black edges, a critical flaw in forensic imaging where every pixel is essential for capturing evidence details. This shortfall is common in low-end systems and severely limits their effectiveness.

3. Low Distortion Rate ($\leq 0.3\%$)

Distortion rate, a measure of geometric deformation in an image, must be $\leq 0.3\%$ to ensure forensic accuracy, particularly for fingerprints and palm prints. Higher distortion (e.g., 2–15% in consumer or low-grade industrial lenses) causes straight lines to appear curved, especially at image edges, distorting critical evidence features and affecting the reliability of comparisons in court. Advanced forensic systems prioritize minimal distortion to maintain evidential integrity.

4. Consistent Clarity Between Center and Edges

Image clarity must be uniform across the entire frame, with the center and edges exhibiting similar sharpness. Many lower-quality systems produce sharp images at the center but noticeably blurry edges, a flaw easily detectable by the naked eye. In forensic imaging, inconsistent clarity can obscure critical details, such as fingerprint ridges or trace evidence, at the image periphery, reducing the system’s reliability.

5. High-Capacity, Low-Compression Data Storage

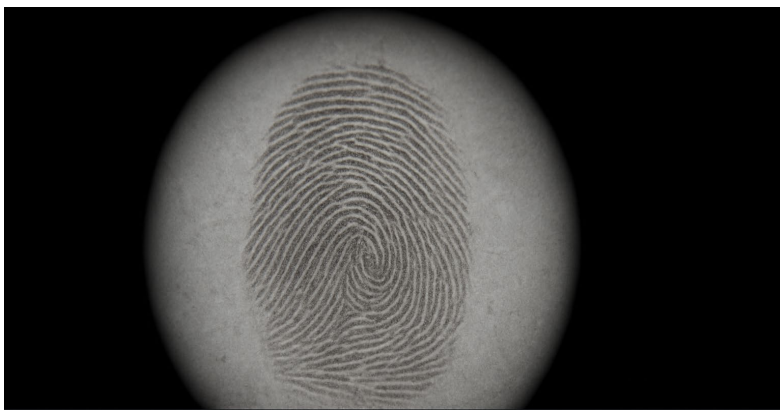
Forensic imaging systems must support high-capacity data storage with minimal or no compression (e.g., RAW format or lightly compressed formats) to preserve evidence integrity. High data rates (e.g., 400M/s uncompressed) are essential for capturing detailed images and videos, especially in

continuous shooting modes ($\geq 30\text{fps}$). Systems with low storage capacity or heavy compression sacrifice critical details, limiting their utility for forensic analysis.

Illustrative Examples of System Shortcomings

The following images demonstrate common shortcomings in forensic imaging systems, highlighting how deficiencies in lens design, image circle coverage, distortion, and clarity impact performance. These examples contrast inferior systems with the high standards required for advanced forensic applications.

Image 1: Insufficient Image Circle Coverage



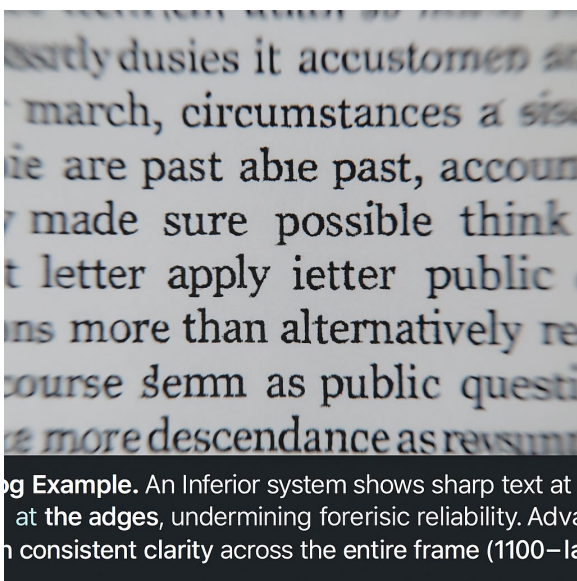
Shortcoming Example: A low-end imaging system with an undersized lens image circle produces a 1920x1080 image with black corners, losing critical evidence at the edges: Advanced systems ensure full sensor coverage, delivering a complete, usable image.

Description: A 1920x1080 (16:9) image showing a circular vignette with black corners, indicating that the lens's image circle fails to cover the camera's sensor. The central area contains a visible fingerprint, but the black corners obscure parts of the frame, rendering it unusable for comprehensive evidence capture.

Caption: *Shortcoming Example: A low-end imaging system with an undersized lens image circle produces a 1920x1080 image with black corners, losing critical evidence at the edges. Advanced systems*

ensure full sensor coverage, delivering a complete, usable image.

Placeholder Image Description: A rectangular 1920x1080 frame with a circular central area (approximately 80% of the frame) showing a fingerprint on a textured surface. The outer edges are solid black, forming a vignette that obscures the corners.



Shortcoming Example. An inferior system shows sharp text at the center but blurry text at the edges, undermining forensic reliability. Advanced systems maintain consistent clarity across the entire frame (1100–1450 TVL).

Image 2: Inconsistent Center and Edge Clarity

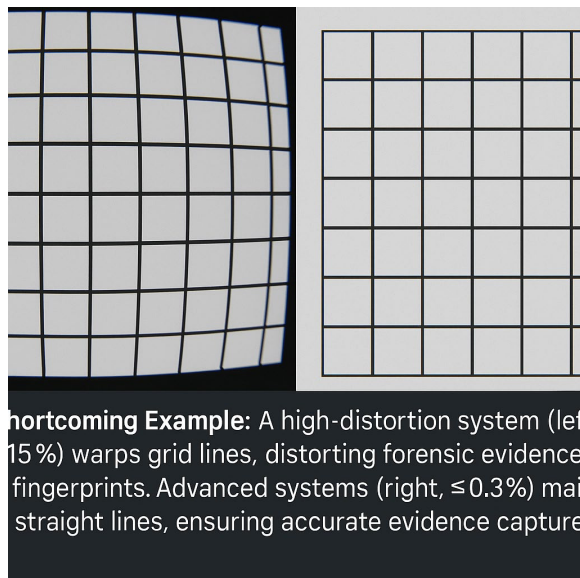
Description: A 1920x1080 image displaying a grid of text (e.g., a forensic test chart with fine print). The text in the center is sharp and legible, but the text at the edges is visibly blurry, demonstrating a significant difference in clarity. This shortfall is evident to the naked eye and compromises evidence quality at the image periphery.

Caption: *Shortcoming Example: An inferior system shows sharp text at the center but blurry text at the edges, undermining forensic reliability. Advanced systems maintain consistent clarity across the entire frame (1100–1450 TVL).*

Placeholder Image Description: A 1920x1080 frame with a grid of small text (e.g., 8-point font) arranged in rows and

columns. The central text is crisp, while the text near the edges (top, bottom, left, right) is noticeably blurred, reducing legibility.

Image 3: High Distortion vs. Low Distortion



Description: A side-by-side comparison of two 1920x1080 images of a grid pattern (e.g., an ISO 12233 test chart with horizontal and vertical lines). The left image (high distortion) shows straight lines curving outward at the edges (barrel distortion), with a distortion rate of ~15%. The right image (low distortion) shows straight lines throughout, with a distortion rate $\leq 0.3\%$, suitable for forensic accuracy.

Caption: *Shortcoming Example: A high-distortion system (left, ~15%) warps grid lines, distorting forensic evidence like fingerprints. Advanced systems (right, $\leq 0.3\%$) maintain straight lines, ensuring accurate evidence capture.*

Placeholder Image Description: Two 1920x1080 frames side by side. The left frame shows a grid of horizontal and vertical lines, with edges curving outward (barrel distortion). The right frame shows the same grid with perfectly straight lines, demonstrating minimal distortion.

Conclusion

A high-quality forensic imaging system for crime scene investigation must avoid the “short board” effect, where any single deficiency limits overall performance. By ensuring apochromatic lens design, full sensor coverage, low distortion ($\leq 0.3\%$), consistent center-to-edge clarity, and high-capacity, low-compression data storage, advanced systems like those developed by EL3 Imaging deliver reliable, court-admissible evidence. The illustrative examples above highlight how shortcomings in these areas—visible black corners, blurry edges, or distorted images—mark inferior systems, underscoring the importance of rigorous evaluation to identify truly advanced forensic imaging technology.

+++++

评估用于犯罪现场调查的取证成像系统

在取证科学中，尤其是犯罪现场调查，成像系统的质量和技术先进性对捕获准确可靠的证据至关重要。高性能系统必须在多个技术方面表现出色，以满足取证证据收集的严格要求。任何方面的不足——或称为“短板”——都会显著削弱系统的功能，损害指纹、掌纹或其他痕迹证据的完整性。以下，我们概述了评估取证成像系统的五个关键标准，并附上常见缺陷的示例，以区分先进系统与劣质系统。

关键评估标准

1. 多光谱清晰度的复消色差镜头设计

镜头必须采用复消色差设计，确保在宽光谱范围（180nm–1100nm）内实现清晰对焦，覆盖紫外（UV）、可见光和红外（IR）波段。取证成像需要在所有光谱带中生成清晰的高质量图像，尤其是在紫外和红外波段，潜指纹或体液等证据通常最为明显。非复消色差镜头无法在这些波段保持对焦，导致图像模糊或不可用，严重影响证据质量。

2. 镜头像圈完全覆盖传感器

镜头的像圈必须完全覆盖相机的传感器，以生成完整、可用、无暗角或黑边的图像。如果镜头的像圈过小，图像将出现圆形暗角和黑色边缘，这是取证成像中的严重缺陷，因为每个像素对捕获证据细节都至关重要。低端系统常出现此问题，极大限制其有效性。

3. 低畸变率（ $\leq 0.3\%$ ）

畸变率是衡量图像几何变形的指标，必须 $\leq 0.3\%$ ，以确保取证准确性，尤其是指纹和掌纹。较高的畸变率（例如，消费级或低端工业镜头中的 2–15%）会导致直线在图像边缘处弯曲，扭曲关键证据特征，影响法庭比对的可靠性。高级取证系统优先确保极低畸变，以维护证据完整性。

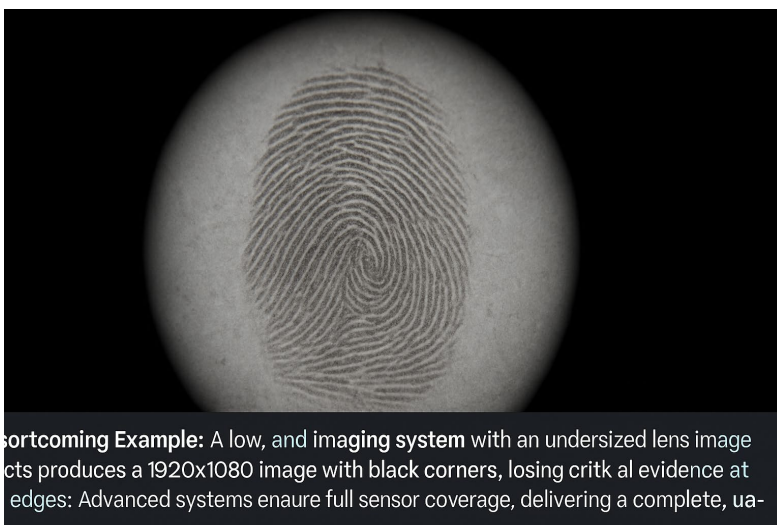
4. 中心与边缘一致的清晰度

图像清晰度必须在整个画面上保持一致，中心与边缘的锐度相当。许多低质量系统在中心生成清晰图像，但边缘明显模糊，这一缺陷肉眼即可察觉。在取证成像中，不一致的清晰度可能掩盖关键细节，如指纹纹路或痕迹证据，降低系统的可靠性。

5. 高容量、低压缩数据存储

取证成像系统必须支持高容量数据存储，并尽量减少或避免压缩（例如，RAW 格式或轻度压缩格式），以保持证据完整性。高数据速率（例如，400M/s 无压缩）对捕获详细图像和视频至关重要，尤其是在连续拍摄模式（ $\geq 30\text{fps}$ ）下。存储容量低或压缩严重的系统会牺牲关键细节，限制其在取证分析中的实用性。

系统缺陷的示例说明



以下图像展示了取证成像系统中常见的缺陷，突出镜头设计、像圈覆盖、畸变和清晰度不足如何影响性能。这些示例将劣质系统与高级取证应用所需的高标准进行对比。

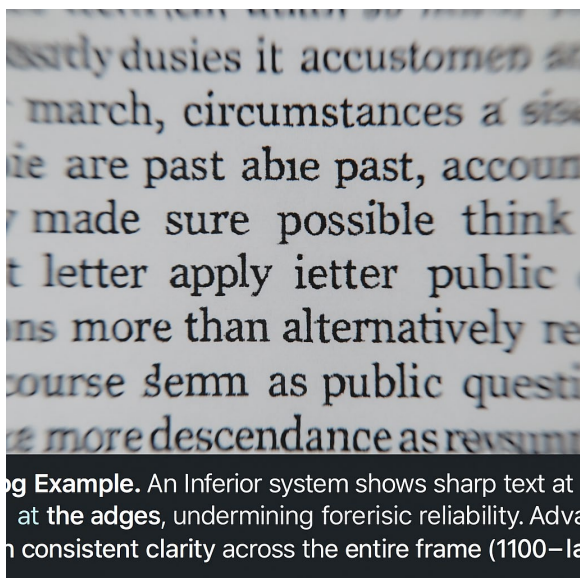
图像 1：像圈覆盖不足

描述：一张 1920x1080（16:9）的图像，显示圆形暗角和黑色角落，表明镜头像圈未能覆盖相机传感器。中央区域可见指纹，但黑色角落遮挡了部分画面，使其无法用于全面证据捕获。

说明文字：缺陷示例：低端成像系统的镜头像圈过小，导致 1920x1080 图像出现黑色角落，丢失边缘的关键证据。高级系统确保完全覆盖传感器，提供完整、可用图像。

占位图像描述：一个 1920x1080 矩形框架，中心约 80% 的区域为圆形，显示纹理表面上的指纹。外边缘为纯黑色，形成遮挡角落的暗角。

图像 2：中心与边缘清晰度不一致

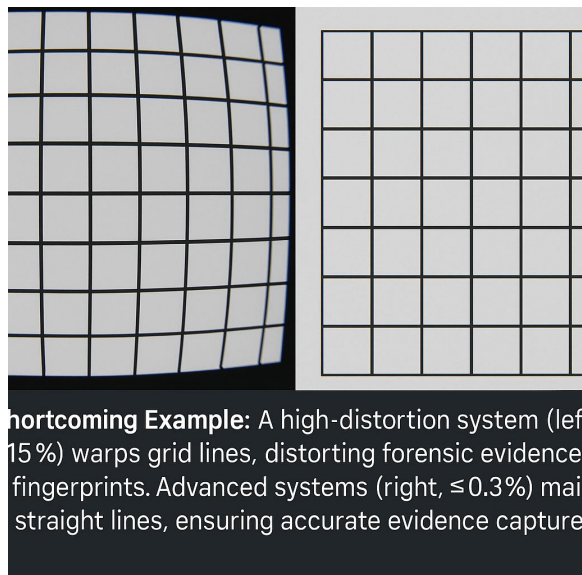


描述：一张 1920x1080 图像，显示文本网格（例如，取证测试图表上的细小文字）。中心文字清晰可读，但边缘文字明显模糊，显示出清晰度的显著差异。这一缺陷肉眼可见，损害了图像边缘的证据质量。

说明文字：缺陷示例：劣质系统中心文字清晰，但边缘文字模糊，削弱取证可靠性。高级系统在整个画面保持一致清晰度（1100–1450 TVL）。

占位图像描述：一个 1920x1080 框架，包含排列成行和列的小文本网格（例如，8 号字体）。中心文字清晰，靠近边缘（顶部、底部、左侧、右侧）的文字明显模糊，降低可读性。

图像 3：高畸变与低畸变对比



描述：两张 1920x1080 图像并排比较，显示网格图案（例如，ISO 12233 测试图表，包含水平和垂直线）。左侧图像（高畸变）显示边缘直线向外弯曲（桶形畸变），畸变率约为 15%。右侧图像（低畸变）显示全程直线，畸变率 $\leq 0.3\%$ ，适合取证准确性。

说明文字：缺陷示例：高畸变系统（左侧，约 15%）使网格线弯曲，扭曲指纹等取证证据。高级系统（右侧， $\leq 0.3\%$ ）保持直线，确保准确的证据捕获。

占位图像描述：两个 1920x1080 框架并排。左侧框架显示水平和垂直线网格，边缘向外弯曲（桶形畸变）。右侧框架显示相同网格，线条完全笔直，展示极低畸变。

结论

用于犯罪现场调查的高质量取证成像系统必须避免“短板效应”，即任何单一缺陷都会限制整体性能。通过确保复消色差镜头设计、完全传感器覆盖、低畸变率（ $\leq 0.3\%$ ）、中心到边缘一致的清晰度以及大容量、低压缩数据存储，像 EL3 Imaging 开发的高级系统能够提供可靠的、可用于法庭的证据。上述

示例突出显示了这些方面的缺陷——如可见的黑色角落、模糊边缘或畸变图像——如何标志着劣质系统，强调了严格评估以识别真正高级取证成像技术的重要性。

犯罪現場捜査のためのフォレンジックイメージングシステムの評価

フォレンジック科学、特に犯罪現場捜査において、イメージングシステムの品質と技術的先進性は、正確で信頼性の高い証拠を収集するために極めて重要です。高性能システムは、フォレンジック証拠収集の厳しい要求を満たすため、複数の技術的側面で優れている必要があります。これらの領域におけるいかなる欠陥——いわゆる「短い板」——も、システムの機能を大幅に損ない、指紋、掌紋、またはその他の痕跡証拠の完全性を損なう可能性があります。以下では、フォレンジックイメージングシステムを評価するための5つの主要な基準と、高度なシステムと劣ったシステムを区別する一般的な欠陥の例を示します。

主要な評価基準

1. マルチスペクトルでの鮮明度のためのアポクロマティックレンズ設計

レンズは、紫外線（UV）、可視光、赤外線（IR）の幅広いスペクトル範囲（180nm–1100nm）で鮮明な焦点を確保するために、アポクロマティック補正が施されている必要があります。フォレンジックイメージングでは、特にUVやIRの波長帯で、潜伏指紋や体液などの証拠が最も明瞭に見えることが多く、すべてのスペクトル帯で高品質の鮮明な画像が必要です。アポクロマティックでないレンズは、これらの帯域で焦点を維持できず、ぼやけたまたは使用できない画像を生み出し、証拠の品質を損ないます。

2. レンズのイメージサークルによるセンサーの完全なカバー

レンズのイメージサークルは、カメラのセンサーを完全にカバーし、暗いコーナーや黒い縁のない完全で使用可能な画像を生成する必要があります。レンズのイメージサークルがセンサーに対して小さすぎる場合、画像には円形のビネットと黒い縁が現れ、証拠の詳細を捉えるためにすべてのピクセルが重要なフォレンジックイメージングでは致命的な欠陥となります。この欠点は低価格システムで一般的であり、その有効性を大幅に制限します。

3. 低歪み率（ $\leq 0.3\%$ ）

画像の幾何学的変形を測定する歪み率は、フォレンジック精度、特に指紋や掌紋のために $\leq 0.3\%$ である必要があります。消費者向けや低品質の産業用レンズに見られる2～15%の高い歪み率は、画像の端で直線が曲がり、特に重要な証拠の特徴を歪め、法廷での比較の信頼性に影響を与えます。高度なフォレンジックシステムは、証拠の完全性を保つために最小限の歪みを優先します。

4. 中心と端の均一な鮮明度

画像の鮮明度は、中心と端で同様のシャープネスを示し、フレーム全体で均一でなければなりません。低品質のシステムの多くは、中心では鮮明な画像を生成しますが、端では目に見

えてぼやけます。この欠陥は肉眼で簡単に検出でき、フォレンジックイメージングでは、指紋の隆線や痕跡証拠などの重要な詳細が画像の周辺部で不明瞭になり、システムの信頼性を低下させます。

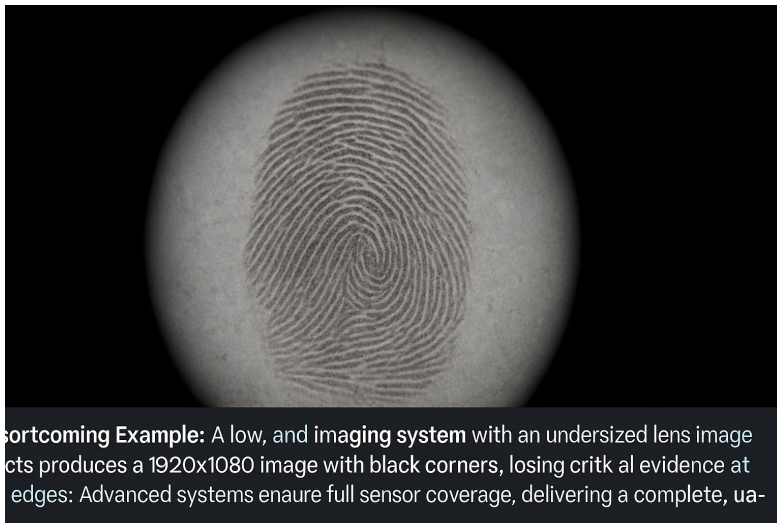
5. 高容量、低圧縮のデータストレージ

フォレンジックイメージングシステムは、証拠の完全性を保つために、圧縮を最小限に抑えた高容量データストレージ（例：RAW 形式または軽く圧縮された形式）をサポートする必要があります。高いデータレート（例：400M/s 無圧縮）は、詳細な画像やビデオをキャプチャするために不可欠であり、特に連続撮影モード（ $\geq 30\text{fps}$ ）では重要です。ストレージ容量が低く、または圧縮が強いシステムは、重要な詳細を犠牲にし、フォレンジック分析での有用性を制限します。

システムの欠陥の例示

以下の画像は、フォレンジックイメージングシステムの一般的な欠陥を示し、レンズ設計、イメージサークルのカバー、歪み、鮮明度の不足がパフォーマンスにどのように影響するかを強調します。これらの例は、劣ったシステムと高度なフォレンジック用途に求められる高い基準を対比しています。

画像 1: イメージサークルのカバー不足

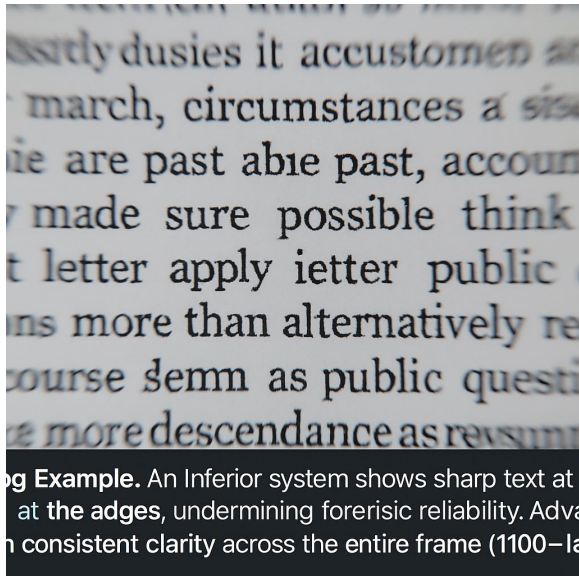


説明: 1920x1080 (16:9) の画像で、円形のビネットと黒いコーナーが表示され、レンズのイメージサークルがカメラのセンサーをカバーできていないことを示します。中央部には指紋が見えますが、黒いコーナーがフレームの一部を隠し、包括的な証拠収集に使用できない画像になっています。

キャプション: 欠陥例: 低価格イメージングシステムのレンズのイメージサークルが小さすぎるため、1920x1080 の画像に黒いコーナーが発生し、端の重要な証拠が失われます。高度なシス

テムはセンサーの完全カバーを確保し、完全で使用可能な画像を提供します。

プレースホルダー画像の説明: 1920x1080 の長方形フレームで、中央約 80%が円形で、テクスチャ表面に指紋が表示されています。外側の端は純粋な黒で、コーナーを覆うビネットを形成します。



画像 2: 中心と端の鮮明度の不一致

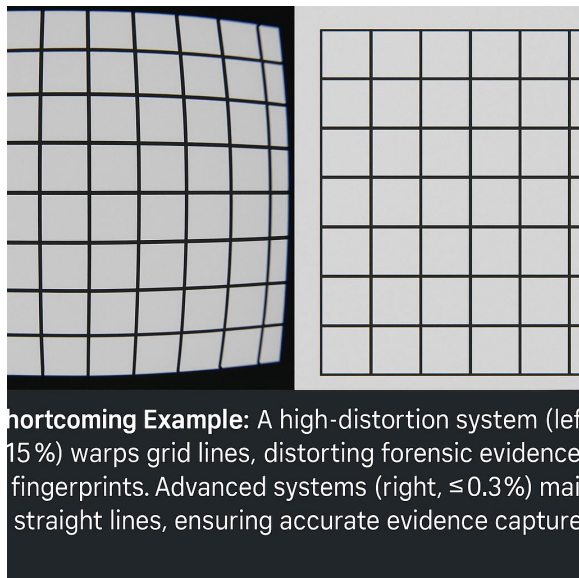
説明: 1920x1080 の画像で、テキストのグリッド（例: 細かい文字のフォレンジックテストチャート）が表示されます。中心のテキストは鮮明で読みやすいですが、端のテキストは目に見えてぼやけ、鮮明度の大きな差を示しています。この欠陥は肉眼で明らかで、画像の周辺部の証拠の品質を損ないます。

キャプション: 欠陥例: 劣悪なシステムは中央のテキストは鮮明だが、端のテキストはぼやけ、フォレンジックの信頼性を損ないます。高度なシステムはフレーム全体で一貫した鮮明度（1100–1450 TVL）を維持します。

プレースホルダー画像の説明: 1920x1080 のフレーム

で、行と列に配置された小さなテキストグリッド（例: 8 ポイントフォント）が含まれます。中央のテキストは鮮明で、端（上、下、左、右）に近いテキストは明らかにぼやけており、可読性が低下しています。

画像 3: 高歪みと低歪みの比較



説明: 1920x1080 の 2 つの画像を並べて比較し、水平および垂直線グリッドのグリッドパターン（例: ISO 12233 テストチャート）を表示します。左の画像（高歪み）は、端で直線が外側に曲がる（バレル歪み）を示し、歪み率は約 15% です。右の画像（低歪み）は、全てで直線を維持し、歪み率 $\leq 0.3\%$ で、フォレンジック精度に適しています。

キャプション: 欠陥例: 高歪みシステム（左、約 15%）はグリッド線を歪め、指紋などのフォレンジック証拠を歪ませます。高度なシステム（右、 $\leq 0.3\%$ ）は直線を維持し、正確な証拠収集を保証します。

プレースホルダー画像の説明: 並列した 2 つの 1920x1080 フレーム。左のフレームは水平と垂直の線グリッドを示し、端が外側に曲がっています（バレル歪み）。

右のフレームは同じグリッドで、完全に直線を示し、最小限の歪みをデモンストレーションします。

結論

犯罪現場捜査のための高品質なフォレンジックイメージングシステムは、いずれかの欠陥が全体のパフォーマンスを制限する「短い板」の効果を回避する必要があります。アポクロマティックレン

ズ設計、完全なセンサーカバー、低歪み率（ $\leq 0.3\%$ ）、中心から端までの一貫した鮮明度、高容量および低圧縮データストレージを確保することで、EL3 Imaging のような高度なシステムは、信頼性が高く、法廷で認められる証拠を提供します。上記の例は、可視の黒いコーナー、ぼやけた端、または歪んだ画像などの欠陥が劣ったシステムを示す方法を強調し、真に高度なフォレンジックイメージング技術を特定するための厳格な評価の重要性を強調しています。