

렌즈 내부 난반사에 의한 적외선 핫스팟 이미지 연구

박우성¹ · 주종우^{2*}¹중앙대학교 뉴미디어아트학과 석사과정^{2*}중앙대학교 뉴미디어아트학과 교수

A Study of 'Infrared Hotspot' Image by stray light inside the lens

Woo-Seong Park¹ · Jong-Woo Joo^{2*}¹Master's Course, Department of New Media Art, Chung-Ang University, Seoul, Korea^{2*}Professor, Department of New Media Art, Chung-Ang University, Seoul, Korea

[요 약]

디지털카메라는 간단한 개조를 통해 적외선 사진을 촬영할 수 있다. 하지만 가시광선을 기준으로 제작된 카메라에서 개조를 통해 적외선 촬영을 한다면 여러 가지 문제점이 나타난다. 적외선 핫스팟(Infrared Hotspot)은 특정 부위에 반점과 같은 형태로 일정하게 나타나는 현상을 말한다. 이러한 현상은 이미지 중심부의 노출과 채도 등에 영향을 주고 조리개, 초점거리에 제한을 만들게 된다. 디지털 후보정을 통해 부분적으로 보완할 수 있지만 이러한 방법은 기본적인 대안이 될 수 없고 카메라의 따라 보정의 범위 또한 달라진다. 본 연구는 적외선 핫스팟의 원인으로 지목되는 논란 중 하나인 렌즈 경통 내부의 난반사에 관한 실험을 통해 적외선 핫스팟에 대한 원인을 알아보고자 한다.

[Abstract]

Digital cameras can take infrared pictures with simple modifications. However, if the camera manufactured based on visible light is retrofitted to photograph infrared rays, various problems arise. Infrared hotspot refers to a phenomenon that regularly appears in the form of spots on a specific area. This phenomenon affects exposure and saturation at the center of the image, and limits the aperture and focal length. Although it can be partially supplemented through digital correction, this method cannot be a basic alternative, and the range of correction varies depending on the camera. This study investigates the causes of hot spots through an experiment on diffuse reflection inside the lens barrel, one of the controversies pointed out as the cause of infrared hot spots.

색인어 : 적외선, 적외선 사진, 적외선 핫스팟, 디지털 이미지, 난반사

Key word : Infrared Ray, Infrared photography, Infrared Hotspot, Digital Image, Diffuse reflection

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2020.21.10.1869>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 03 September 2020; **Revised** 07 October 2020

Accepted 20 October 2020

***Corresponding Author; Jong-Woo Joo**

Tel: +82-10-5057-4150

E-mail: jw4150@gmail.com

1. 서론

1-1 연구 목적과 배경

아날로그 시대의 적외선 사진은 필름을 이용하여 촬영하였다. 하지만 적외선 필름은 감광도에 있어 매우 민감하게 반응하며, 온도와 습도에 의해 변질이 쉽기 때문에 사용이 매우 제한적일 수밖에 없었다.[1] 디지털카메라의 등장은 이런 문제점을 보완할 수 있었고, 필름에 비해 비교적 편리한 환경을 제공해주었다. 디지털카메라의 이미지센서는 분광 특성상 일반적으로 약 380nm~1100nm까지 반응한다. 가시광선을 기준으로 제작된 카메라에서 적외선에 대한 반응은 색수차와 해상도가 저하되는 요인으로 작용하기 때문에 이미지 센서 앞에 적외선차단 필터(IR cut-off filter)를 장착하여 가시광선만을 투과시킨다. 반면 이미지센서 앞에 부착된 적외선차단 필터를 제거하고 렌즈 앞에 가시광선 차단/적외선 투과 필터를 장착하면 적외선 촬영을 할 수 있게 된다. 하지만 가시광선을 기준으로 제작된 카메라에서 적외선차단 필터를 제거하고 적외선 촬영을 하면 색수차와 해상도 저하뿐만 아니라 적외선 필름을 이용한 촬영에서는 나타나지 않던 문제가 발생한다. 본 연구에서 다루고자 하는 적외선 핫스팟 현상(Infrared Hotspot)은 적외선차단 필터를 제거하고 촬영을 할 때 나타나는 문제를 말하며, 적외선 이미지 중심부에 나타나는 반점과 같은 형태로 노출이 과다하게 노광이 되는 부분을 말한다. 플래어나 고스트 현상과는 다르게 이미지 중심부의 특정한 부분에서 광원에 의한 발생 위치나 형태가 변하지 않고, 렌즈에 따라 발생하거나 발생하지 않으며, 조리개의 수치나 초점거리에 따라 농도와 범위가 달라진다는 특징이 있다. 이런 특징으로 인해 적외선 촬영 시 조리개와 초점거리에 제한이 생기게 된다. 이 현상은 명확한 원인이 밝혀지지 않았기 때문에 적외선 사진을 촬영하고자 하는 촬영자는 고가의 적외선 전문 장비를 사용하거나 이런 현상이 나타나지 않는 렌즈를 구입해야 하므로 추가적인 비용이 들 수밖에 없다. 본 논문의 목적은 적외선 핫스팟의 원인으로 지목되는 논란 중 하나인 렌즈 경통 내부의 난반사에 관한 실험을 통해 적외선 핫스팟의 원인을 확인해보고 감소시킬 수 있는 가능성을 알아 보려는 것이다.

1-2 용어의 정의

1) 적외선 사진

빛은 자외선, 가시광선, 적외선으로 이루어져 있다. 일반적으로 인간의 눈은 가시광선(약 380nm~740nm)만을 감지할 수 있다. 적외선은 약 740nm 이상으로 가시광선보다 파장이 길고 라디오 파장대역보다 짧은 전자기파를 말한다. 적외선은 단위 길이당 진동수가 작으므로 투과력이 좋다는 특징이 있다. 이러한 적외선은 사진뿐만 아니라 다양한 분야에서 활용되고 있다. 적외선 사진은 근적외선 영역에서 적용될 수 있

으면, 무선 광통신 응용 분야, 비파괴검사 분야 등은 중적외선 이상의 영역에서 활용되고 있다. 1880년 윌리엄 허셀(William Herschel)이 적외선을 발견하였지만, 우드(Robert W. Wood)가 1910년 영국 왕실 사진협회에 적외선 사진에 관한 것을 발표하기 전까지 적외선 사진은 구현할 수 없는 것이었다. 적외선 사진은 일반적으로 전체 전자기파의 범위에서 700~900nm의 근적외선 대역으로 국한된다.[2] 디지털 카메라의 이미지센서는 약 380nm~1100nm의 감광특성을 가지고 있으므로 적외선 영역까지 촬영할 수 있다. 하지만 가시광선 촬영을 목적으로 제작된 카메라에서 적외선은 해상도와 색수차를 일으키게 되므로 이미지센서 앞에는 적외선을 차단시켜주는 IR cut-off filter가 부착되어 있다.[3] 적외선 사진을 촬영하기 위해선 이미지센서 앞에 부착된 IR cut-off filter를 제거한 후 가시광선 차단/적외선 투과 필터를 장착하면 적외선 촬영을 할 수 있게 된다.

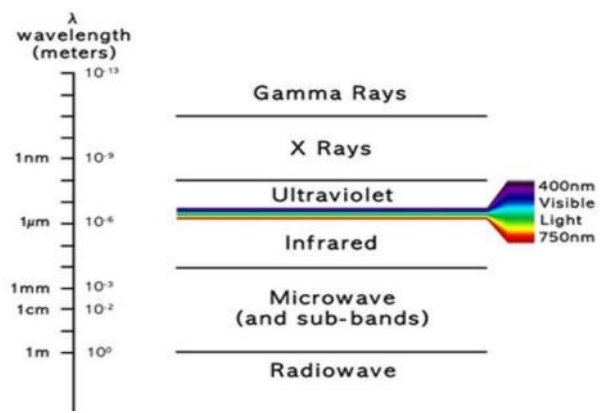


그림 1. 적외선 스펙트럼[4]
Fig. 1. Infrared spectrum[4]

2) Infrared Hotspot

가시광선을 기준으로 제작된 렌즈 경통의 적외선 난반사는 적외선차단 필터로 인해 이미지 센서로 노광이 되지 않아 일반적인 촬영을 할 경우엔 문제가 되지 않는다. 하지만 적외선 차단 필터(IR cut-off filter)를 제거하고 촬영할 경우 적외선 핫스팟 현상이 나타난다. 본 연구에서 다루고자 하는 적외선 핫스팟은 디지털카메라를 개조한 후 적외선 촬영을 할 때 발생하는 문제점 중 하나로 그림2와 같이 이미지의 중심부에 반점과 같은 형태로 나타나는 현상을 말한다. 이 현상은 가시광선을 기준으로 촬영을 할 경우엔 발생하지 않으며 그림3과 같이 조리개 수치에 따라 영역이 달라지는 특징을 가지고 있다. 또한, 렌즈와 바디의 조합에 따라 범위와 농도가 달라진다. 일반적으로 명확한 원인과 해결방법이 알려지지 않았기 때문에 적외선 촬영을 하고자 하는 촬영자들은 자신의 개조된 카메라와 조합이 잘 되는 렌즈를 찾아 핫스팟의 영역을 줄이거나 후보정을 통해 보완해야 한다.



그림 2. 적외선 핫스팟[5]
Fig. 2. Infrared Hotspot[5]

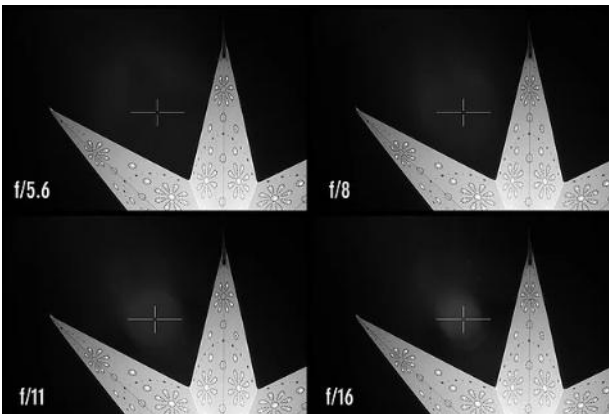


그림 3. Canon FD f1.4 50mm 렌즈의 조리개별 적외선 핫스팟[6]
Fig. 3. Infrared Hotspot by aperture of Canon FD f1.4 50mm lens[6]

II. 선행연구

2-1 파장에 따른 반사 특성

적외선과 가시광선은 물체의 반사 특성에 따라 각기 다른 반사율을 가지고 있다. 회화의 밑그림 검출을 위해 사용되는 적외선의 경우 회화에 사용된 염료 또는 안료를 투시하는 효과를 보여주며 캔버스나 종이 위에 흑연 성분의 연필로 그려진 밑그림을 검출할 수 있게 된다.[7] 또한 범죄사진을 분석하고 화폐, 증권, 문서 감정 등에 사용되는 것도 이러한 특성을 이용하는 것이다. 이는 적외선에서 투과, 반사 특성이 가시광선과 다르게 나타나는 것을 보여준다. 스파이더체커(SpyderCHECKR)를 촬영한 그림4를 보면 광 특성에 따른 반사율의 차이를 확인할 수 있다.

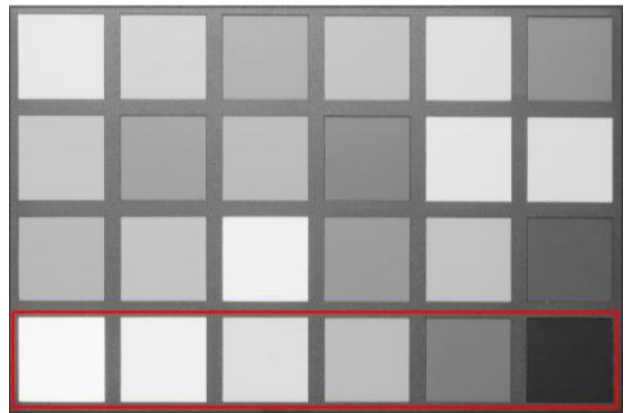
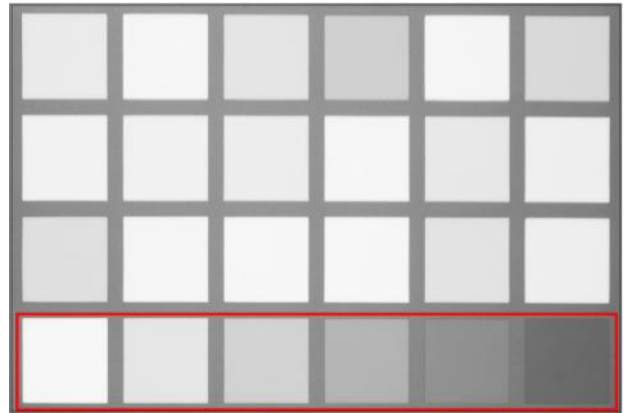


그림 4. 스파이더체커의 적외선(상), 가시광선(하) 촬영 결과[2]
Fig. 4. Photographic results of SpyderCHECKR in Infrared(top), Visible(bottom) light [2]

2-2 경통 내부의 난반사

이러한 빛의 반사 특성은 렌즈 내부에서도 발생한다. 빛은 진행 중 다른 매질을 만나면 경계면에서 일부는 반사되고, 수직 입사가 아닌 대부분의 경우 경로가 바뀌면서 굴절하여 투과한다. 렌즈를 통해 들어온 빛에 일부는 렌즈 내부에서 또 다른 반사를 일으켜 사진의 해상도를 저하시키게 되는 요인으로 작용한다. 면에서의 산란의 세기와 각도분포는 빛의 파장, 면의 거칠기와 거칠기의 형태, 소재의 물성 등 여러 가지 요인에 의하여 다양하게 나타날 수 있고 면의 속성에 따라 투과하면서 산란이 발생할 수 있다.[8] 그림5를 보면 렌즈를 통해 들어온 빛은 또 다른 매질을 만나 굴절하고 렌즈의 edge나 sag면 등에서 난반사를 일으키게 된다. 렌즈 설계에 있어 렌즈의 반사방지 코팅은 이런 의도치 않은 반사를 줄이기 위한 목적으로 렌즈 경통 내부에 광 반사율과 투과율이 낮은 물질을 도포하는 것이다.[9] 하지만 이러한 난반사 코팅 페인트 또한 가시광선과 적외선에서 다른 반사율을 가진다.

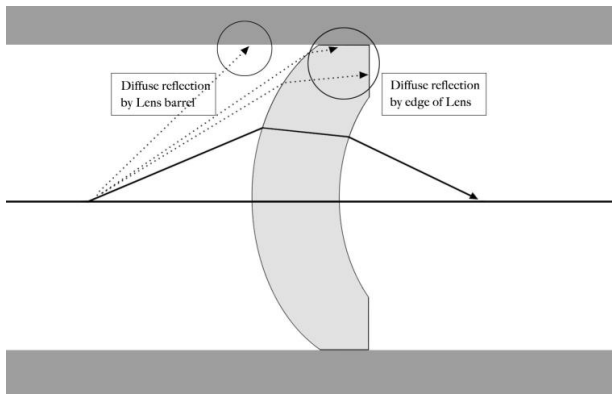


그림 5. 기구물에 의한 난반사[7]
Fig. 5. Diffuse reflection by equipment[7]

2-3 반사방지 페인트



그림 6. 반사방지 페인트 카탈로그[10]
Fig. 6. Anti-reflection paint catalog[10]

난반사 방지 코팅에서 사용되는 페인트의 가장 중요한 점은 반사율과 투과율에 있다. 반사방지가 목적이므로 광 투과율과 반사율이 전 파장 영역에서 0인 것이 좋다.[7] 그림6의 제조사 자료를 보면 이 페인트들의 적외선 반사율을 각각 10% 이하, 4.7%로 나타난다. 가시광선에서 2% 이하의 반사율을 가지는 것보다 비교적 높은 수치인 것을 확인할 수 있다. 이는 가시광선에서 촬영할 경우 문제가 되지 않지만, 적외선을 목적으로 사용될 경우 가시광선 촬영에 비해 플레어가 증가하게 되고, 플레어로 인한해상도의 저하와 함께 적외선 핫스팟 현상을 일으키는 원인이 될 수 있다.

표 1. 반사방지 페인트의 적외선 반사율
Table. 1. Infrared reflectance of anti-reflection paint

Anti-reflection paint	Reflectance (%)
GT-2000	4.7 %
GT-7	Less than 10%

2-4 적외선 반사 패치

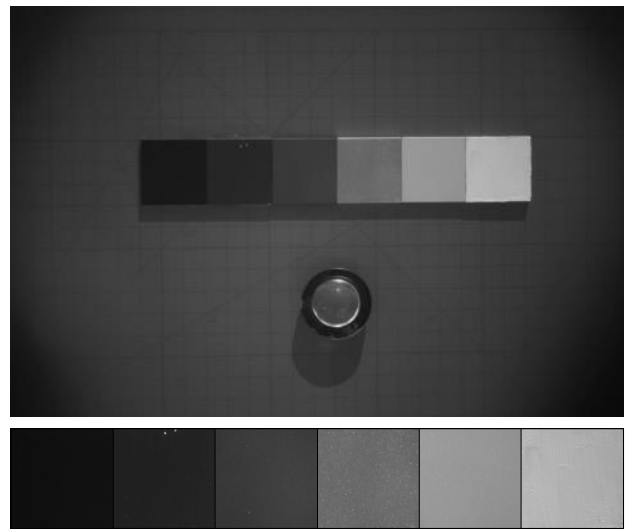


그림 7. 적외선 노출 패치
Fig. 7. Infrared exposure patch

Material	Reflectance (%)
Carbon Black	1.6%
Mixed pigment(C+Y)	4.2%
Hard Anodizing Aluminum	10.1%
Soft Anodizing(matte) Aluminum	23.2%
Soft Anodizing(gloss) Aluminum	53.0%
yellow 10P150	88.9%

표 2. 적외선 반사 패치의 적외선 반사율[2]
Table. 2. Infrared reflectance of the patch[2]

반사방지 페인트의 적외선 반사율 차이는 적외선 노출 패치의 반사율 수치를 이용하여 비교해 볼 수 있다. 그림 7과 같이 이 패치는 적외선 반사 사진의 노출 및 톤 관리를 위한 표준 차트 제작 연구 논문을 기반으로 제작하였다. 적외선 반사 패치의 가장 어두운 Carbon Black 패치는 적외선 반사율이 1.6%로 제조사에서 사용한 반사방지 페인트에 비해 더 낮은 반사율을 가지고 있고, 먼셀명도(Munsell value)값 1을 가진다. 컬러체커의 가장 어두운 패치는 먼셀명도 2를 기준으로 제작되었으며 가시광선 반사율은 3.1%로 컬러체커의 가장 어두운 패치보다 더 어둡고 낮은 반사율을 가지고 있다.[2] 적외선 패치는 표2와 같이 카본블랙, 혼압안료, 알루미늄 60개열 경질, 연질무광, 연질유광, yellow 10P150로 이루어져 있다. 주요 안료로는 적외선 반사율이 높은 sheperd color사의 yellow 10P150[11], 적외선 흡수율이 높은 탄소성분을 사용한 GOLDEN사의 acylic heavy carbon black을 사용하였다.

III. 실험

본 논문에선 여러 이슈 중 하나인 렌즈경통 내부의 적외선

난반사에 관해 2가지 실험을 진행하였다. 하나는 렌즈 경통 내부의 반사를 줄여주기 위해 도포된 반사방지 페인트와 적외선 반사 패치의 반사율을 비교하였고, 이를 토대로 렌즈 경통 내부에 난반사를 줄여주기 위해 사용된 코팅 도료가 적외선 영역에서도 효과적으로 역할을 하는지 확인해보았다. 다음은 적외선 핫스팟 현상은 조리개 수치에 따라 달라진다는 특징에 근거하여 렌즈 경통 내부의 조리개에 의한 반사 실험을 통하여 촬영한 결과물을 바탕으로 적외선 핫스팟 현상의 변화를 분석하였다.

3-1 실험 장비 및 연구방법

팅스텐광에서 X-NITE 830 필터를 사용하였으며, 앞서 제작한 적외선 패치의 중간 노출값인 23%의 반사율을 가지는 연질 무광 알루미늄과 가시광선에서 18%의 반사율을 가지는 그레이 카드(Gray Card)를 표준 피사체로 사용했다. 실험 렌즈는 적외선 핫스팟 영역이 뚜렷하게 나타나는 canon FD 50mm 1.4 렌즈를 사용하였다. 그림8과 같이 5군 4매로 이루어진 이 렌즈는 비교적 간단하게 설계되어 있고, 렌즈 분해가 쉽다는 장점이 있어 렌즈 경통 내부에 여러 가지 도료를 이용하여 실험할 수 있었다. 카메라는 적외선 촬영을 위해 이미지 센서 앞에 부착된 적외선차단 필터(IR cut-off filter)를 제거한 Canon 5D MARK 2를 사용하였다. 조리개 수치는 적외선 핫스팟 현상이 명확하게 나타나는 canon FD 1.4 50mm 렌즈의 최소 조리개 수치인 F22를 고정으로 사용했다. 촬영한 결과물은 Photoshop의 Posterize를 이용하여 노출의 변화를 단계별로 차이를 주었고 color sample tool을 이용하여 노출 단계별 영역을 Gray Scale 값으로 수치화시켰다. 측정된 부분의 농도는 가장 어두운 부분을 0%, 가장 밝은 부분을 100%로 표기하였다.

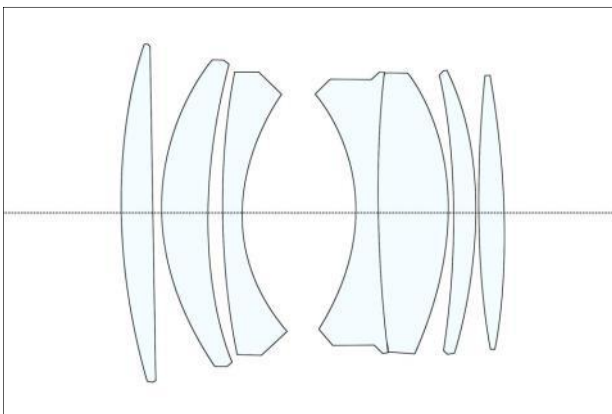


그림 8. Canon FD 1.4 50mm 렌즈 구조도
Fig. 8. Canon FD 1.4 50mm lens structure diagram

IV. 분석 및 결과

4-1 렌즈 내부 페인트에 의한 적외선 난반사 실험

그림6을 보면 렌즈 내부의 기존 반사방지 페인트는 적외선과 가시광선에서 다른 반사율을 나타낸다는 것을 알 수 있다. 가시광선에서는 나타나지 않는 이 현상이 적외선 영역에선 발생되기 때문에 가시광선보다 적외선에서 높은 반사율을 가지는 렌즈 경통 내부의 기존 난반사 방지 페인트는 적외선 촬영에선 효과적인 기능을 하지 못한다고 의심해볼 수 있다. 이러한 반사방지 도료의 적외선 반사율이 핫스팟에 영향을 미치는지 확인하기 위해 렌즈 내부에 기존 반사방지 페인트의 가시광선 반사율과 유사한 카본블랙 페인트를 도포한 후 촬영하여 변화를 비교하였다.



그림 10. 카본블랙 페인트를 칠하지 않은 렌즈(상), 칠한 렌즈(하)의 촬영 결과

Fig. 10. Photographic results using a lens(top) painted carbon black and lens(bottom) not painted it.

그림 10은 Canon FD f1.4 50mm렌즈 내부에 기존의 반사방지용 페인트보다 낮은 적외선 반사율을 가진 페인트인 카본블랙을 도포한 후 촬영한 결과물이다. 기구물에 의해 난반사가 일어난다고 판단되는 경통 내부 표면에 반사율 1.6%인 카본블랙 페인트를 칠하고 촬영하였다. 촬영한 결과물은 반사방지 페인트의 변화로 인해 플래어가 감소 되었고, 그로 인해 전반적인 노출의 차이가 나타났다. 따라서 본 실험의 목

적인 적외선 핫스팟 영역의 노출 차이를 비교하기 위해 포토샵을 이용하여 두 사진의 노출을 맞춘 후 그림11과 같이 Posterize로 변화시켜 적외선 핫스팟 영역의 Gray Scale 값을 비교해 보았다.

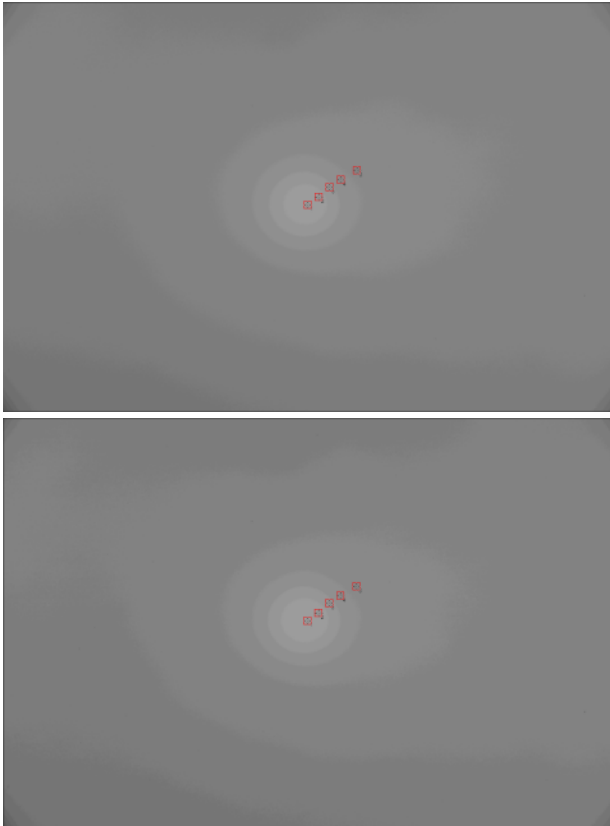


그림 11. 포스터화 결과
Fig. 11. Results of Posterize

표 3. 노출분포별 그레이스케일 수치
Table. 3. Grayscale values by exposure distribution

Lens 1		Lens 2	
#1	49	#1	49
#2	49	#2	49
#3	46	#3	46
#4	43	#4	43
#5	41	#5	41

표3을 보면 페인트를 칠하지 않은 렌즈와 칠한 렌즈는 육안으로 구분하기에 내부 페인트에 의한 반사가 렌즈의 플레어와 콘트라스트에 영향을 미치는 것으로 볼 수 있었지만, 수치화시킨 각 노출 영역별 노출값은 동일한 것을 확인할 수 있었다. 결과적으로 경통 내부 페인트는 적외선 핫스팟에 영향을 미치지 않는다고 판단되었고, 다음으로 의심해 볼 수 있는 조리개 반사 실험을 진행하였다.

4-2 조리개에 의한 적외선 반사 실험

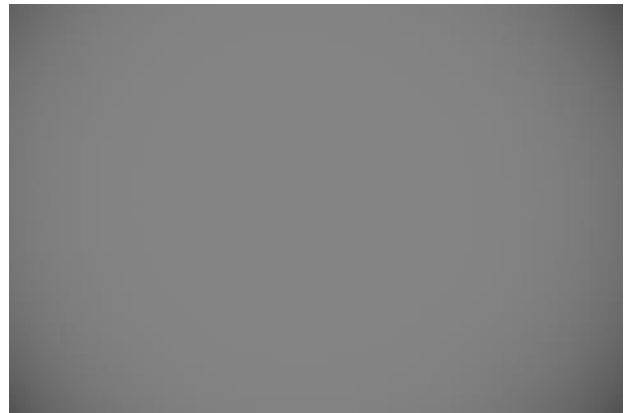


그림 12. Canon FD 1.4 50mm 렌즈의 조리개 최대개방
Fig. 12. Maximum aperture of Canon FD 1.4 50mm lens



그림 13. Canon FD 1.4 50mm 렌즈의 조리개 최소개방
Fig. 13. Minimum aperture of Canon FD 1.4 50mm lens

적외선 핫스팟 현상의 큰 특징 중 하나는 조리개 수치에 따라 핫스팟의 영역과 농도가 달라진다는 것이다. 그림 12는 그레이카드(Gray Card)를 타겟으로 렌즈의 조리개 수치를 최대개방한 상태에서 촬영한 결과물이다. 결과물을 보면 중심부의 적외선 핫스팟 현상이 조리개를 최소개방한 그림 13 보다 현저히 낮아진다는 것을 볼 수 있다.

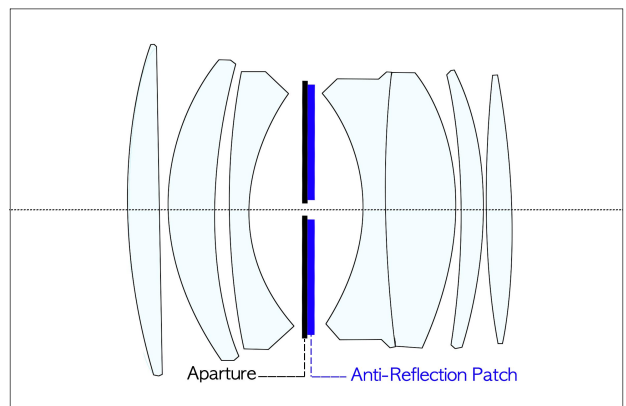


그림 14. 조리개 뒷면에 부착된 적외선 반사방지 패치
Fig. 14. Infrared anti-reflection patch on the back of the aperture

조리개 반사로 인한 적외선 핫스팟의 원인을 확인하기 위해 조리개의 재질보다 표면이 거친 패치를 부착하였다. 기존 반사방지 페인트보다 적외선 반사율이 낮은 카본블랙 페인트를 도포한 후 그림14와 같이 조리개 뒷면에 부착하였고, 부착하고 촬영한 결과물과 부착하지 않은 렌즈의 결과물을 비교하였다. 이하 패치를 부착하지 않은 렌즈는 Lens1, 부착한 렌즈는 Lens2로 표기한다.

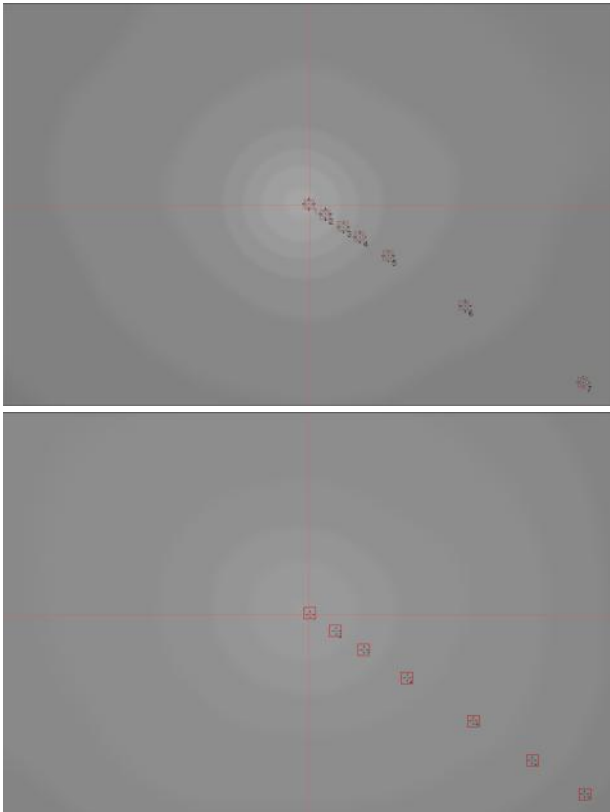


그림 15. Lens1(상), Lens2(하) 사진의 포스터화
 Fig. 15. Posterize of Lens1(top), Lens2(bottom)

그레이카드를 표준 피사체로 선정하고 촬영한 결과, 적외선 핫스팟 부분인 중심부의 노출값이 Lens1에 비해 Lens2가 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 또한, 그림15에서 Lens1과 Lens2의 포스터화 된 결과물을 보면 노출분포 영역이 중심부에 몰려있는 Lens1에 비해 Lens2는 비교적 고르게 분포된 것 확인할 수 있다.

표 4. 노출분포별 그레이스케일 수치

Table 4. Grayscale values by exposure distribution

Lens 1		Lens 2	
#1	53	#1	49
#2	51	#2	48
#3	48	#3	46
#4	45	#4	44
#5	43	#5	42
#6	40	#6	40
#7	37	#7	38

포스터화 시킨 결과물의 단계별 노출값을 #1~#7로 어두운 영역에서 밝은 영역까지 7단계로 구분하였다. 각 수치는 가장 밝은 단계(#1)에서 가장 어두운 단계(#7) 순서로 표기하였다. 표 4를 보면 중심부에서 주변부인 #1에서 #7로 갈수록 Lens1과 Lens2는 비슷한 노출 수치를 보인다. Lens1, Lens2는 주변부인 #4~#7까지는 1% 이하의 차이를 보이지만 Lens1의 경우 중심부인 #1~#3 사이 Lens2에 비해 비교적 급격한 수치 변화가 나타났다. 다음으로 전반적인 노출의 차이를 비교하기 위해 일정한 간격으로 좌측 하단부터 우측 상단 부분까지의 단면을 그림16과 같이 영역을 설정한 후 측정하였다.

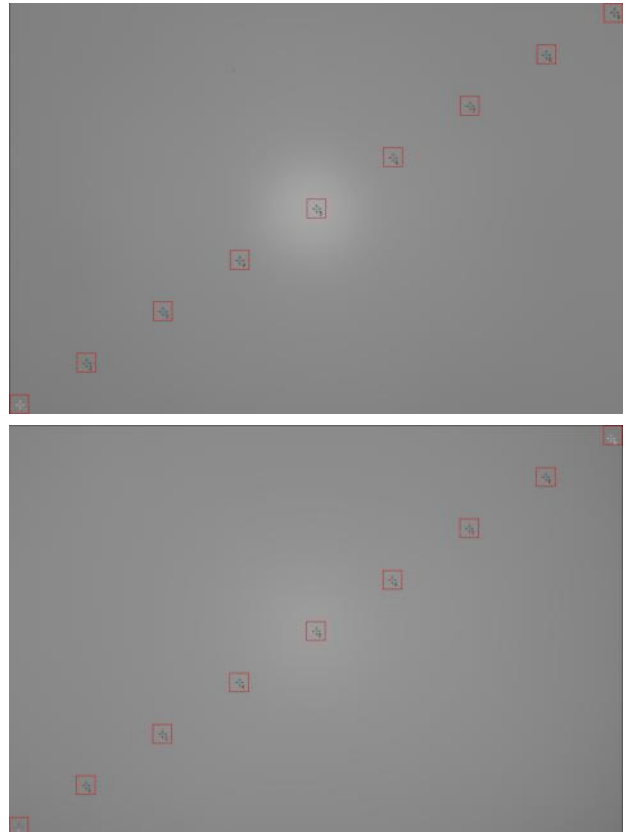


그림 16. 단면 노출 측정
 Fig. 16. Measurement of the diagonal exposure

표 5. 단면 Grayscale 수치

Table 5. Grayscale values of the diagonal section

Lens 1		Lens 2	
#1	35	#1	36
#2	37	#2	40
#3	39	#3	42
#4	42	#4	44
#5	54	#5	49
#6	43	#6	45
#7	40	#7	42
#8	39	#8	40
#9	38	#9	36

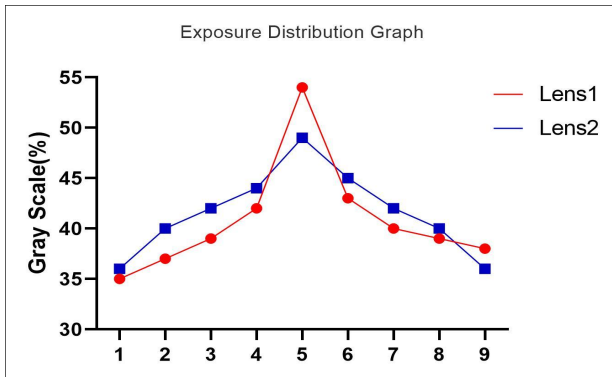


그림 17. 그레이스케일 분포 그래프
 Fig. 17. Grayscale distribution Graph

결과물의 전반적인 노출값을 수치화시킨 표5와 그림17을 보면, 주변부에서 중심부로 갈수록 Lens1에 비해 Lens2의 노출 변화의 폭이 낮은 것을 확인할 수 있다. 주변부의 K값은 약 1%~2%의 노출 차이를 보이지만, 중심부(#5)의 값은 54%와 49%로 Lens1에 비해 Lens2가 약 9.3% 줄어든 것을 확인할 수 있다. #4에서 #5의 수치 변화 또한 Lens1은 42%에서 54%로 급격하게 변하지만 Lens2는 44%에서 49%로 비교적 낮은 변화의 폭을 보여준다. 이를 좀 더 명확하게 비교하기 위해 앞서 제작한 적외선 노출패치에서 중간톤인 18%의 반사율의 그레이카드(Gray card)와 가장 유사한 중간 노출값인 23%의 반사율을 가지는 알루미늄 60계열 연질무광을 표준 피사체로 다시 선정하여 실험을 진행하였다.

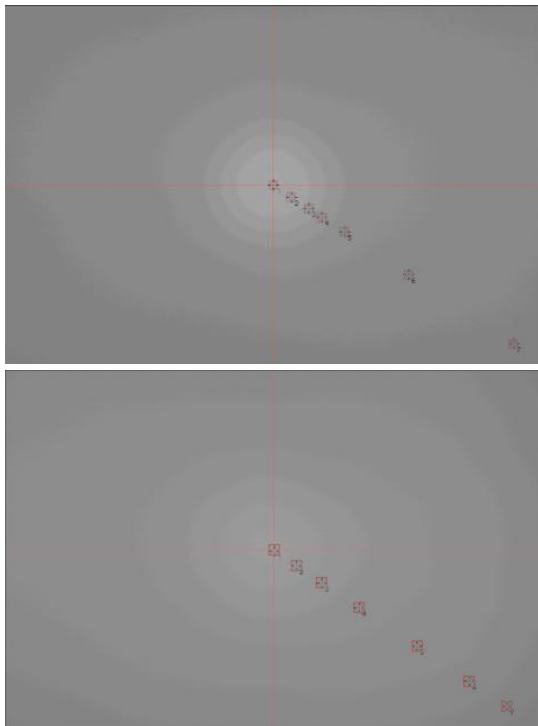


그림 18. Lens1(상), Lens2(하) 사진의 포스터화
 Fig. 18. Posterize of Lens1(top), Lens2(bottom)

표 6. 노출분포별 그레이스케일 수치

Table 6. Grayscale values by exposure distribution

Lens 1		Lens 2	
#1	53	#1	49
#2	52	#2	48
#3	49	#3	46
#4	46	#4	44
#5	43	#5	42
#6	40	#6	40
#7	38	#7	38

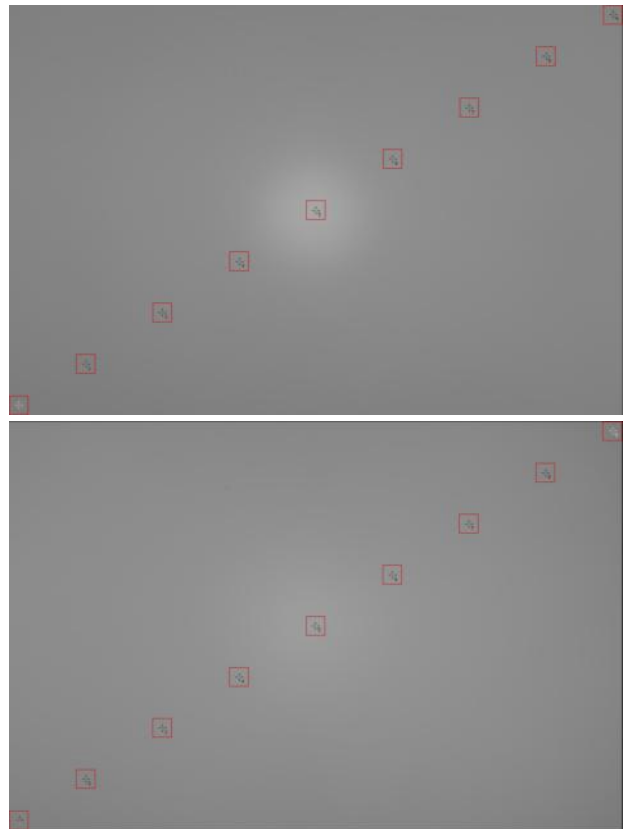


그림 19. 단면 노출 측정
 Fig. 19. Measurement of the diagonal exposure

표 7. 단면 그레이스케일 수치

Table 7. Grayscale values of the diagonal section

Lens 1		Lens 2	
#1	35	#1	37
#2	37	#2	40
#3	40	#3	42
#4	42	#4	44
#5	54	#5	49
#6	43	#6	46
#7	40	#7	42
#8	39	#8	40
#9	37	#9	36

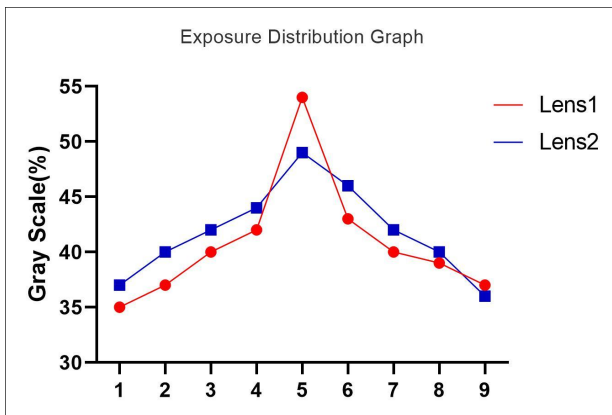


그림 20. 그레이스케일 분포 그래프

Fig. 20. Grayscale distribution Graph

연질무광 알루미늄을 표준 피사체로 촬영한 결과 또한 Gray Card와 유사한 결과값으로 측정됐다. 중심부 노출값인 #5의 경우에도 Lens2의 49%에서 Lens1의 54%로 약 9.3% 가량이 그레이카드에서의 노출 변화와 동일하게 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 결과적으로 적외선 핫스팟의 원인 중 일부는 조리개에 의한 적외선 난반사라 판단할 수 있었고, 조리개 재질과 반사방지 페인트의 변화로 적외선 핫스팟 현상을 감소시킬 수 있다고 판단되었다.

V. 결 론

디지털카메라의 적외선 핫스팟(Infrared Hotspot) 현상은 이미지의 중심부에 나타나는 일정한 반점으로 조리개 수치에 영향을 받는다. 이 현상은 디지털카메라를 개조하여 적외선 촬영을 할 경우 발생하는 현상으로 명확한 해결방법이 제시되지 않았다. 그중 적외선 핫스팟 현상의 원인으로 의심해 볼 수 있는 렌즈 내부 난반사를 실험을 통해 확인해보고자 하였다. 먼저 렌즈 내부 반사방지 페인트의 적외선 반사율과 적외선 반사패치의 반사율을 수치적으로 비교하였고, 기존 반사방지 페인트보다 적외선 반사율이 낮은 Carbon Black 페인트를 렌즈 내부에 도포한 후 적외선 핫스팟 현상에 영향을 미치는지 확인하였다. 반사방지 페인트의 변화는 플레어와 콘트라스트의 저하 현상을 일정 부분 보완할 수 있었지만 본 논문에서 다루고자 하는 적외선 핫스팟 현상을 줄이는 데에는 객관적인 차이를 발견할 수 없었다. 다음으로 적외선 핫스팟 현상이 조리개 수치에 영향을 미친다는 특징에 근거하여 조리개에 의한 적외선 난반사 실험을 진행하였다. 분석 프로그램을 이용하여 수치화시킨 결과 적외선 핫스팟 중심부의 노출값이 약 9.3% 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 따라서 적외선 핫스팟의 원인은 조리개 부분의 난반사가 일정 부분 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있었고, 결과적으로 적외선 핫

스팟을 줄일수 있는 가능성을 발견하였다. 하지만 적외선 핫스팟 현상이 제거된 것은 아니었기에 이 현상은 복합적인 원인으로 인해 발생된다고 판단되며, 근본적인 원인을 파악하기 위해선 후속 논문을 통해 적외선 핫스팟의 또 다른 원인으로 의심해 볼 수 있는 렌즈면(Lens Surface)의 코팅과 이미지 센서의 적외선 난반사 실험이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

- [1] J. W. Joo. "A Study of the Focusing in Infrared Digital Images: A Study on Improved the Focusing of Infrared Images Using Single Wavelength." AURA, Vol. 0, No. 27, pp. 149-158, 2012.
- [2] S. K. Kim, "The Method of Exposure Determination for Digital Infrared Photography in Forensic Field" The Korea Contents Society, Vol. 14, No. 2, pp. 181-191, 2014.
- [3] S. W. Park, "The analysis of the Effect the Minute Quantities of Infrared Rays that Were not Filtered by IR Cut-Off Filter has on Digital Images" The Korea Contents Society, Vol. 11, No. 5, pp. 34-35, 2011.
- [4] J. W. Joo, Improve the resolution of digital infrared photography and Study infrared RGB filter, Ph.D, The Graduate School Chung-ang University, Seoul, 2014.
- [5] Infrared Hotspot Image. Available: <https://kolarivision.com/the-science-of-infrared-hotspots/>
- [6] Infrared hotspot by lens aperture. Available : <https://www.edwardnoble.com/canonfd-50-14>
- [7] S. B. youn, "A study on the Infrared Reflectography using Digital Camera with emphasis on the detection of Under drawing in Paintings" AURA, Vol. 0, No. 17, pp. 34-35, 2007.
- [8] K. W. Park, A Study for Stray Light Distribution of Mobile Phone Camera, M.A. dissertation, Chongju University, Chongju, 2009.
- [9] I. S. Lee, "Development of Automatic Optical Lens Load-Unload System for the Deposition of Black Film on Lens Side to Minimize Diffused Reflection", M.A. Graduate School of Industrial Technology, Siheung, 2006.
- [10] Canon GT-7, CS-37. Available: <https://premium.ipros.jp/>
- [11] NTP Yellow and RTZ Orange. Available : <https://www.shepherdcolor.com/>

박우성(Woo-Seong Park)



2019년 : 배재대학교(B.A)

2013년~2019년 : 배재대학교 광고사진학과

2019년~현재 : 중앙대학교 일반대학원 뉴미디어아트학과 재학

※관심분야 : 디지털 이미지(Digital Image), 비가시광선(Invisible light), 미디어아트(Media Art)

주종우(Jong-woo Joo)



2001년 : 중앙대학교 (B.A)

2004년 : Brooks Institute of Photography (M.S)

2008년 : 중앙대학교 (M.A)

2014년 : 중앙대학교 (ph.D)

2013년~현 재: 국가기술표준원 사진분과 전문위원

2014년~현 재: 기술표준원 문화예술서비스 심의위원

2015년~현 재: 사진진흥법 재정위원회 부위원장

2015년~현 재: 현대사진영상학회 편집위원

2017년~현 재: 중앙대학교 공연영상창작학부 조교수,
뉴미디어아트대학원 학과장

※관심분야 : 디지털 이미지 (Digital Image), 가상현실 (Virtual Reality Technology), 드론 (Drone)