

IR Cut-Off Filter가 차단하지 못한 미량의 적외선이 디지털화상에 미치는 영향 분석

The analysis of the Effect the Minute Quantities of Infrared Rays that Were not Filtered by IR Cut-Off Filter has on Digital Images

이용환, 박세원, 홍정의
중앙대학교 일반대학원 사진학과

Yong-Hwan Lee(Yong0954@gmail.com), Se-Won Park(photo1223@naver.com),
Jung-Eui Hong(sajinmaeul@hanmail.net)

요약

분광특성의 차이로 필름은 자외선에 민감한데 반해 디지털 카메라의 센서는 적외선에 굉장히 민감하다. 이에 따라 CCD 또는 CMOS를 사용하는 모든 디지털 카메라에는 IR Cut-Off Filter가 센서전면에 장착되어 있다. 이상적으로 100% 적외선을 차단하여야 하지만 실험 결과 완전히 적외선을 차단하지 못하고 있으며, 각 카메라마다 적외선 투과량 또한 달랐다. 따라서 본 연구는 디지털 카메라에 장착되어 있는 IR Cut-Off Filter의 기계적 특성에 의해 투과되는 미량의 적외선이 디지털 화상이미지에 끼치는 영향을 분석하는 데 그 목적이 있다. UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태)와 UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)를 비교분석한 결과, 잡음(Noise)과 색 재현력 평가에서는 그 차이가 미세하거나 거의 동등한 수준이지만, 동적 폭(Dynamic Range)과 해상도에는 IR Cut-Off Filter를 통해 투과되는 미량의 적외선이 어느 정도 영향이 있음을 확인할 수 있었다.

■ 중심어 : | 적외선 | 적외선 사진 | 적외선 차단필터 | 화질 |

Abstract

Films are sensitive to ultraviolet rays and in contrast, digital camera sensors are extremely sensitive to infrared rays due to the differences in spectral characteristics. As a result, all digital cameras that use CCD or CMOS are equipped with IR Cut-Off Filter on the overall sensor. Complete block out of infrared rays is ideal, but the actual experiment results showed that infrared rays were not being blocked out completely. Infrared permeability was also different for each camera. Therefore, this study aims to analyze the effect of the minute quantities of infrared rays, which get transmitted due to mechanical properties of IR Cut-Off Filters that are installed on digital cameras, on digital picture images. The results obtained by carrying out a comparative analysis of a UV Filter (infrared transmitting state) and a UV-IR Filter (infrared blocked out state) are as follows. It was confirmed that the minute quantities of infrared rays do affect dynamic range and resolution to some extent, despite the little or no difference in noise and color reproduction.

■ keyword : | Infrared Ray | Infrared Photography | IR Cut-off Filter | Image Quality |

* 이 논문은 2011학년도 중앙대학교 교내 학술 연구비 지원을 받아 수행된 연구임.

접수번호 : #110111-002

심사완료일 : 2011년 03월 29일

접수일자 : 2011년 01월 11일

교신저자 : 이용환, e-mail : Yong0954@gmail.com

I. 서론

1. 연구 목적 및 의의

아날로그 카메라에서 디지털 카메라로 전환되면서 이미지 재현방식이 바뀌게 되었다. 카메라의 기계적 구성요소는 상당 부분 바뀌게 되었으며, 가장 큰 변화는 바로 기록방식의 변화를 말할 수 있다. 필름에서 센서(CCD, CMOS)로 기록방식이 바뀌게 되면서 이미지를 재현하는 방법이 변화하게 된 것이다.

디지털 카메라의 이미지 센서는 약 380nm~1200nm의 감색성을 가지고 있다. 때문에 디지털 카메라의 이미지 센서는 기존의 자외선에 민감한 필름과는 달리 감색성의 차이로 인하여 적외선에 굉장히 민감하다. 이러한 이유로 디지털 카메라에는 이미지 센서 전면에 IR Cut-Off Filter를 필수적으로 장착하고 있다. 일반적으로 IR Cut-Off Filter는 적외선을 차단하는 역할을 한다. 그러나 100% 적외선 영역을 차단하는 것이 아닌 미량의 적외선이 투과되어 화질에 영향을 끼칠 가능성이 있다.

필름을 사용하던 시절부터 현재의 디지털사진에 이르기까지 사진가들이 가장 많이 사용하는 필터는 UV 필터이다. 위에서 언급하였듯이 디지털 카메라의 센서는 적외선에 민감하다. 따라서 UV 필터 장착 시 투과되는 적외선이 사진의 화질에 좋지 않은 영향을 줄 수 있다.

따라서 본 연구는 디지털 카메라에 장착되어 있는 IR Cut-Off Filter의 기계적 특성에 의해 투과되는 미량의 적외선이 디지털 화상이미지에 끼치는 영향을 분석하는 데 그 목적이 있다.

이에 본 연구에서는 일반적인 촬영상황 즉, UV 필터를 장착한 상태와 자외선과 적외선을 모두 차단하고 가시광선만을 투과시키는 UV-IR 필터를 장착하여 적외선의 투과상태와 차단상태를 과학적으로 분석한다. 이를 위하여 적절한 필터를 실험을 통하여 선별하고, TE253 S, Kodak Gray Scale Q-14, Macbeth SG Digital Color Checker, 적외선 투과율 실험을 위해 Kodak Gray Card를 표준 피사체로 촬영한다. 마지막으로 촬영한 데이터를 바탕으로 해상도, 색재현력, 다이내믹레

인지, 노이즈를 비교분석한다. 본 연구에서는 다음과 같은 한계점을 밝혀둔다. 첫째, 실험에 사용한 UV-IR 필터가 다양하지 못하다는 점이다. 다양한 필터를 실험해 볼 필요가 있지만, 현재 UV-IR 필터는 생산하는 업체가 다양하지 않다는 점과 국내시장에서는 수요가 많지 않은 것으로 판단되어 실험필터의 다양성에 한계가 있다.

둘째, 실험에 사용된 각각의 카메라에 장착된 IR Cut-Off Filter의 정확한 적외선 차단율은 제조사의 기밀자료로서 공개가 되지 않아 정확하지 않다는 것이다. 따라서 적외선 차단율이 100%가 아니라는 것을 실험을 통하여 확인하였다.

2. 선행 연구

적외선과 관련된 선행연구는 '디지털 카메라의 적외선 차단 필터에 관한 연구'(홍정의, 2006)·'디지털 카메라를 이용한 적외선 반사 사진기술에 대한 연구'(윤성빈, 김유진, 조윤철, 하동환, 2007)·'적외선 편광필터를 이용한 적외선 사진의 화질개선'(강지혜, 박형주, 하동환, 2008) 등이 있다. 그러나 대부분의 선행연구가 적외선 사진의 기술적인 측면을 다루는 연구가 대부분이며, IR Cut-Off Filter를 통해 투과되는 적외선에 관한 연구는 발견되지 않는다.

대표적인 선행연구로서 '디지털 카메라의 적외선 차단 필터에 관한 연구'(홍정의, 2006)의 결과는 다음과 같다.

IR Cut-Off Filter의 효과와 역할에 대한 실험을 한 결과, 아날로그 사진에서의 적외선 사진의 효과를 디지털 사진에서도 같은 효과를 얻을 수 있다는 사실을 확인하였으며, IR Cut-Off Filter를 제거하지 않은 카메라에서도 적외선 필터를 사용하면 적외선 사진의 효과를 일정부분 얻을 수 있다는 결론을 내렸다. 또한 IR Cut-Off Filter를 통해 투과되는 적외선이 많지 않아 이미지 화질에 큰 영향을 미치지 않을 것이라는 추론을 하였다[3].

이에 본 연구는 디지털 카메라에 장착되어 있는 IR Cut-Off Filter의 기계적 특성에 의해 투과되는 미량의 적외선이 디지털 화상이미지에 끼치는 영향을 과학적

으로 분석하고자 하였다.

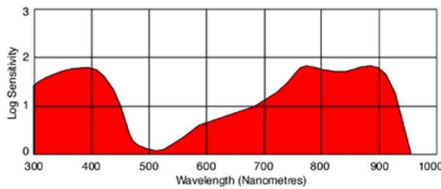
II. 본 론

1. 이론적 배경

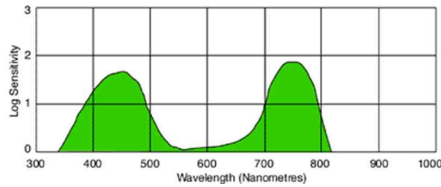
1.1 적외선 사진과 이미지 센서의 분광특성

빛은 자외선, 가시광선, 적외선으로 이루어져 있다. 일반적으로 인간의 눈은 가시광선(약 380nm~700nm)만을 감지할 수 있다.

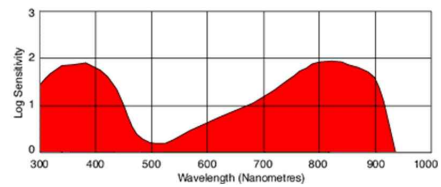
적외선은 약 700nm 이상으로 가시광선보다 길고 라디오 파장대역보다 짧은 전자기파를 말한다. 이러한 적외선은 사진뿐만 아니라 다양한 분야에서 활용되고 있다. 적외선 사진은 근적외선 영역에서 적용될 수 있으며, 무선 광통신 응용분야, 비파괴검사 분야 등은 중적외선 이상의 영역에서 활용되고 있다.



(a) Kodak HIE 135 BW film



(b) Konica 750 IR film



(c) Maco 820c IR film

그림 1. 적외선 필름의 분광특성

적외선 사진은 적외선 필름을 사용하거나 디지털 카메라 내부의 IR Cut-Off Filter를 제거하여 적외선 사진을 제작할 수 있다. [그림 1]에서도 나타나듯이 적외선 필름은 일부 가시광선에서 적외선 영역까지 감광이 되는 필름으로서, 적외선 사진촬영 시 반드시 가시광선은 차단하고 적외선만을 투과시키는 적외선 투과필터를 장착해야 한다.

디지털 카메라를 활용하여 적외선 사진을 제작할 경우에는 디지털 카메라 이미지센서 전면에 장착되어 있는 IR Cut-Off Filter를 제거해야 한다. [그림 2]와 같이 디지털 카메라의 이미지 센서는 약 380nm~1200nm의 감광영역 특성을 가지고 있기 때문에 적외선 영역까지 감광을 하게 된다. 이에 CCD 혹은 CMOS를 장착한 모든 카메라에는 적외선을 차단시켜주는 IR Cut-Off Filter를 필수적으로 장착하고 있다.

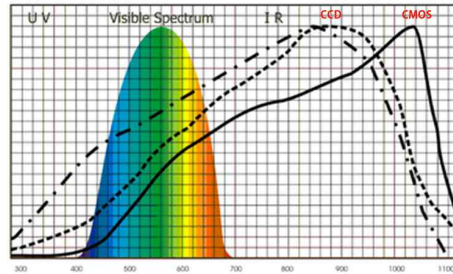


그림 2. CCD와 CMOS 분광특성
(세로축: 광 투과율, 가로축: 파장대역)

1.2 적외선과 화질

디지털 카메라의 이미지 센서는 앞서 언급하였듯이 적외선에 민감하게 반응한다. 이러한 적외선은 노이즈에 영향을 줄 수 있으며, 색수차와 해상도를 저하시킬 가능성이 있다[7]. 이에 따라 디지털카메라에는 이미지 센서전면에 IR Cut-Off Filter를 장착하고 있는 것이다. 그러나 이미지 센서전면에 장착된 IR Cut-Off Filter는 미량의 적외선을 투과시키고 있음을 ‘디지털 카메라의 적외선 차단 필터에 관한 연구’(홍정의, 2006) 결과에서 밝혀졌다[3]. 따라서 본 연구는 IR Cut-Off Filter를 통해 투과되는 적외선이 이미지 화질에 어떠한 영향

을 미치는 지에 대해 분석하고자 하였다.

2. 실험 및 연구방법

2.1 실험준비물

(1) 카메라 및 렌즈

- * CANON
1Ds Mark 3 / EF 50mm f1.4 USM
- * NIKON
D3X / Nikkor 50mm f1.4D

(2) 표준 피사체

- * Kodak Gray Card
- * Digital Color Checker SG Chart
- * Kodak Gray Scale Q-14
- * TE253 S

(3) 분석 프로그램

- * Adobe Photoshop CS5
- * IE Analyzer 4.0
- * Imatest 3.4.1

(4) 조명

- * 태양광 / 텡스텐광 / 스트로보

(5) 필터

- * Rodenstock UV Filter
- * Rodenstock UV-IR Filter
- * Kodak Waretten Gellaten Filter No, 87

(6) Filter 광투과율 및 파장 측정장비

- * Cary 500 UV-VIS-NIR Spectrometer

2.2 실험환경

카메라 파일 저장방식은 RAW로 설정하였다. 컨버팅 프로그램은 다양한 프로그램이 있지만 동일한 조건에서의 컨버팅을 위하여 Adobe Camera RAW를 사용하였다. 프로그램 설정과 카메라 설정은 모두 Default 값으로 설정하였다.

화이트밸런스 모드는 커스텀 화이트밸런스 모드로 설정하였으며, 카메라의 색공간은 Adobe RGB로 설정하였다.

조명은 적외선 방출량이 서로 다른 태양광과 텡스텐광, 스트로보 총 3조건에서 실험을 진행하였다.

실험에 사용된 필터는 Rodenstock사의 UV필터와 UV-IR필터를 사용하였다. 실험에 적합한 필터를 선정하기 위해 시중에 판매되고 있는 여러 UV필터들과 실제 UV-IR필터의 투과율과 파장대역을 Cary 500 UV-VIS-NIR Spectrometer를 사용하여 측정하였다.

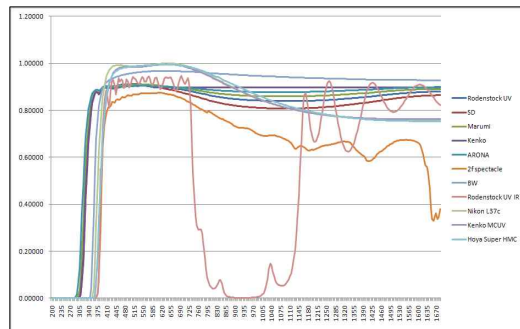


그림 3. 필터 파장 측정값
(세로 축: 광 투과율, 가로 축: 파장대역)

측정한 결과 [그림 3]과 같이 모든 UV필터가 적외선 영역을 투과시키고 있음을 확인하였으며, Rodenstock사의 UV-IR필터의 경우 대부분의 근적외선을 차단하고 있음을 측정을 통하여 실제 확인하였다. 따라서 Rodenstock사의 UV-IR필터와 동일한 제조사의 UV필터를 선정하였다.

2.3 실험방법

(1) 카메라 IR Cut-Off Filter 투과율 실험

각각의 조명조건에서 그레이카드를 표준피사체로 선정하여 UV필터 장착상태에서의 적외선출을 기준으로 Kodak Waretten Gellaten Filter No, 87 적외선 투과필터를 장착하여 브라케팅 촬영을 한다. 촬영한 후 농도를 측정하여 실제 실험카메라의 IR Cut-Off Filter가 적외선을 투과하는 지 확인한다.

(2) 촬영방법

태양광, 텅스텐광, 스트로보광의 다른 조명 조건에서 각 카메라마다 UV필터(적외선 투과상태)와 UV-IR필터(적외선 미투과상태)를 장착하여 필터 별 촬영한다. 실내조명은 차트면의 균일도 확보를 위하여 45°로 설치한다.

(3) 동적 폭 및 잡음 분석

동적 폭 분석을 위하여 Kodak Gray Scale Q-14 Chart를 촬영하여 분석 프로그램 Imatest 3.4.1를 사용하여 적외선 투과상태와 적외선 미투과상태를 분석한다.

(4) 색 재현력 분석

Digital Color Checker SG Chart를 각 카메라 별로 촬영하여 분석 프로그램 Imatest 3.4.1를 사용하여 적외선 투과상태와 적외선 미투과상태를 분석한다. Imatest는 Norman Koren에 의해 디지털 카메라 화상 이미지 평가를 목적으로 Matlab 기반으로 만들어져 있다.

(5) 해상도 분석

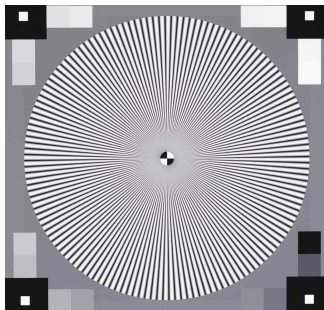


그림 4. TE253

중심부 해상도 측정을 위해 TE253 S Siemen star for resolution measurement 차트를 사용한다. Siemen Star는 방사형의 사인 주파수를 가진 선들로 구성되어 있다. 조리개 수치에 따른 회절현상을 고려하여 조리개는 고정한다. 분석프로그램은 IE Analyzer 4.0를 통하여 분석한다. IE Analyzer는 독일의 Image Engineering 연구소에서 개발한 이미지 화질 평가용 전문 프로그램

으로서 프로그램의 측정 이론은 모두 ISO 규격을 바탕으로 설계되어 있다.

3. 분석 및 결과

3.1 카메라 IR Cut Filter 적외선 투과 실험

각 카메라 Body 내부에 장착된 IR Cut-Off Filter의 적외선 투과상태를 알아보기 위하여 Kodak Waretten Gellaten Filter No, 87 적외선 투과필터를 장착하여 실험하였다.

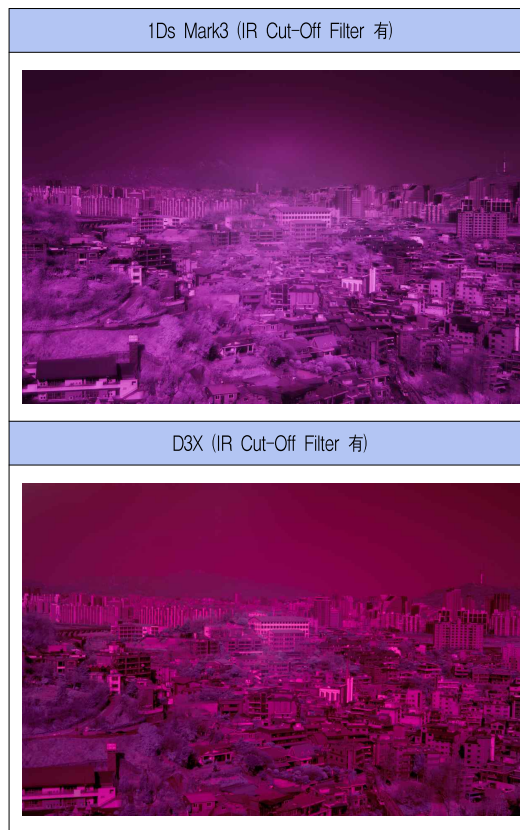


그림 5. 실험카메라 IR Cut Filter 미제거 적외선 사진

야외 풍경을 대상으로 Kodak Waretten Gellaten Filter No, 87를 장착하여 촬영한 결과 IR Cut-Off Filter를 제거하지 않은 상태에서도 [그림 5]와 같이 적외선 사진효과를 얻을 수 있었다. 이에 따라 그레이카드를 사용하여 실험환경의 3가지 조명조건에서 적외선

투과실험을 진행하였다.

실험결과, 아래 [표 1]과 같이 텡스텐광에서 적외선 필터(Kodak Waretten Gellaten Filter No, 87)를 탈착하고 측정된 적정노출을 기준으로 CANON 1Ds Mark3는 적외선투과필터를 장착한 상태에서 1/2, 2.8의 노출에서 농도가 나타나기 시작하여 적정노출에서 -7stop의 차이를 보였다. NIKON D3X는 적정노출과 -11stop의 차이를 보였다. 스트로보광에서는 CANON 1Ds Mark3가 적정노출과 -7stop의 차이를 보였으며, NIKON D3X는 실험에 사용된 스트로보의 광량과 거리의 제한으로 측정이 불가하였다. 태양광에서는 CANON 1Ds Mark3가 적정노출과 -9stop의 차이를 보였으며, NIKON D3X는 적정노출과 -12stop의 차이를 보였다. 전반적으로 CANON 1Ds Mark3가 NIKON D3X보다 IR Cut-Off Filter의 적외선 투과율이 높은 것으로 확인되었다.

이와 같이 실험을 통하여 두 카메라 모두 IR Cut-Off Filter가 장착되어 있음에도 불구하고 일부 적외선이 투과되는 것을 확인 할 수 있다.

표 1. 적외선 투과 테스트

텡스텐광	
1Ds Mark3 적정노출(1/250, 2.8)	1/2, 2.8 노출 -7stop 편차
D3X 적정노출(1/1000, 1.4)	2초, 1.4 노출 -11stop 편차
스트로보	
1Ds Mark3 적정노출(1/60, 45)	1/60, 4 노출 -7stop 편차
D3X 적정노출(1/60, 45)	Strobo 최대광량과 거리제한으로 측정불가
태양광	
1Ds Mark3 적정노출(1/4000, 2.8)	1/8, 2.8 노출 -9stop 편차
D3X 적정노출(1/4000, 2.8)	1초, 2.8 노출 -12stop 편차

3.2 동적 폭 및 잡음 분석

동적 폭은 로그노광 범위로서 계조와 노출관용도에 영향을 미친다. 따라서 동적 폭 평가는 화질평가에

있어 필수적이라 할 수 있다.

본 연구에서는 카메라 별 UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태)와 UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)를 각 조명 조건(텡스텐, 스트로보, 태양광)에 따라 동적 폭을 비교분석하였다. 분석프로그램은 Imatest 3.4.1를 사용하였다.

표 2. 적외선 투과에 따른 동적 폭 측정값

텡스텐광	
1Ds Mark3(UV)	5.65 f-stop
1Ds Mark3(UV-IR)	5.70 f-stop
D3X(UV)	5.92 f-stop
D3X(UV-IR)	6.26 f-stop
스트로보	
1Ds Mark3(UV)	5.98 f-stop
1Ds Mark3(UV-IR)	6.31 f-stop
D3X(UV)	5.98 f-stop
D3X(UV-IR)	6.31 f-stop
태양광	
1Ds Mark3(UV)	5.98 f-stop
1Ds Mark3(UV-IR)	6.31 f-stop
D3X(UV)	5.98 f-stop
D3X(UV-IR)	6.31 f-stop

[표 2]에서 보는 것과 같이 텡스텐광에서 CANON 1Ds Mark3는 UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태)에서 5.65 f-stop으로 측정되었으며, UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)에서는 5.70 f-stop으로 측정되었다. NIKON D3X는 UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태)에서 5.92 f-stop으로 측정되었으며, UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)에서는 6.26 f-stop으로 측정되었다.

스트로보광에서 CANON 1Ds Mark3는 UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태)에서 5.98 f-stop으로 측정되었으며, UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)에서는 6.31 f-stop으로 측정되었다. NIKON D3X는 UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태)에서 5.98 f-stop으로 측정되었으며, UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)에서는 6.31 f-stop으로 측정되었다.

태양광에서 CANON 1Ds Mark3는 UV필터를 장착

한 상태(적외선 투과상태)에서 5.98 f-stop으로 측정되었으며, UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)에서는 6.31 f-stop으로 측정되었다. NIKON D3X는 UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태)에서 5.98 f-stop으로 측정되었으며, UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)에서는 6.31 f-stop으로 측정되었다.

공통적으로 두 카메라 모두 UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)에서 다이내믹 레인지가 향상된 것을 확인할 수 있다.

표 3. 적외선 투과에 따른 잡음 측정값

팅스텐광	
1Ds Mark3(UV)	0.53 % RGB 0.54 / 0.54 / 0.56
1Ds Mark3(UV-IR)	0.49 % RGB 0.50 / 0.50 / 0.51
D3X(UV)	0.51 % RGB 0.52 / 0.52 / 0.53
D3X(UV-IR)	0.51 % RGB 0.52 / 0.52 / 0.53
스트로보	
1Ds Mark3(UV)	0.53 % RGB 0.54 / 0.53 / 0.54
1Ds Mark3(UV-IR)	0.53 % RGB 0.54 / 0.54 / 0.54
D3X(UV)	0.49 % RGB 0.50 / 0.50 / 0.51
D3X(UV-IR)	0.49 % RGB 0.51 / 0.50 / 0.51
태양광	
1Ds Mark3(UV)	0.98 % RGB 1.00 / 0.99 / 1.00
1Ds Mark3(UV-IR)	0.97 % RGB 1.00 / 0.99 / 1.00
D3X(UV)	0.89 % RGB 0.91 / 0.91 / 0.91
D3X(UV-IR)	0.86 % RGB 0.88 / 0.88 / 0.88

[표 3]에서와 같이 잡음 측정 값은 UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태)와 UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)에서 잡음 평균 값을 기준으로 약 0.00~0.04%의 차이를 보이며 거의 동등한 수준의 잡음 값을 보여주어 큰 차이점을 발견하지 못했다. RGB 각각의 세부 잡음 측정 값 역시 0.01~0.05% 편차를 보여

UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태)와 UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)에서 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 실험 카메라의 잡음은 D3X가 1Ds Mark3보다 큰 차이는 아니지만 더 우수한 것으로 나타났다.

3.3 색 재현력 분석

표 4. 적외선 투과에 따른 Delta E 측정값

팅스텐광	
1Ds Mark3(UV)	14.9
1Ds Mark3(UV-IR)	14.8
D3X(UV)	18.1
D3X(UV-IR)	17.2
스트로보	
1Ds Mark3(UV)	11.0
1Ds Mark3(UV-IR)	11.2
D3X(UV)	10.1
D3X(UV-IR)	9.35
태양광	
1Ds Mark3(UV)	9.55
1Ds Mark3(UV-IR)	9.19
D3X(UV)	8.02
D3X(UV-IR)	7.8

Digital Color Checker SG Chart를 표준타깃으로 하여 카메라 별 UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태)와 UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)를 각 조명 조건(팅스텐, 스트로보, 태양광)에 따라 Imatest 3.41를 사용하여 색 재현력을 분석하였다. Delta E 값은 Delta L (명도의 차이)·Delta H (색상 각의 차이)·Delta C (채도의 차이)를 종합적인 평균값으로 산출한 값을 의미한다. 즉, 레퍼런스와 샘플 간의 전반적인 차이점을 가리킨다. 측정수치가 낮을수록 정색에 가까운 것을 의미한다[4].

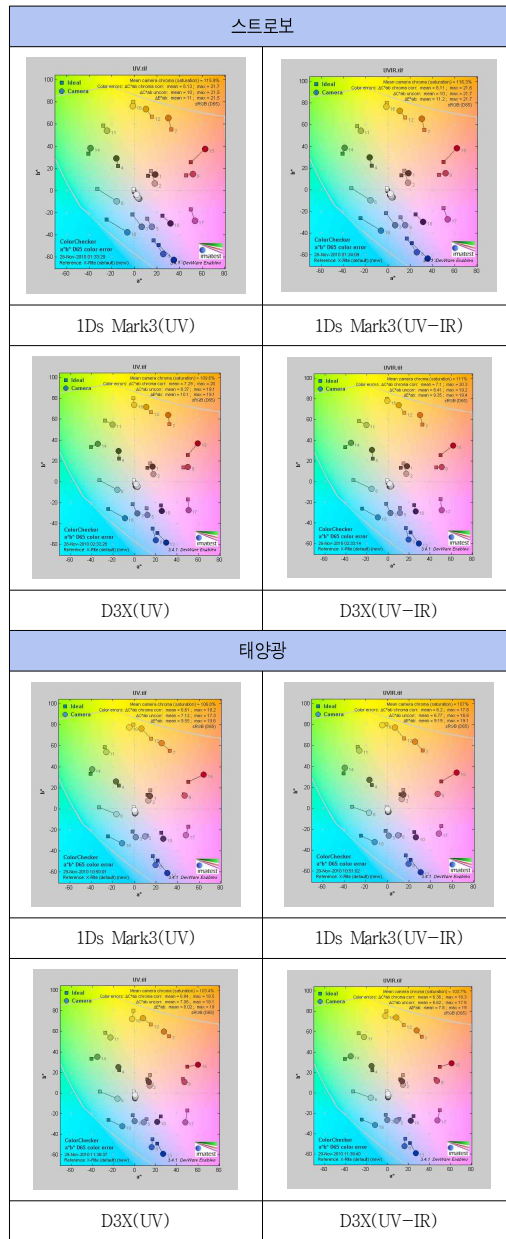
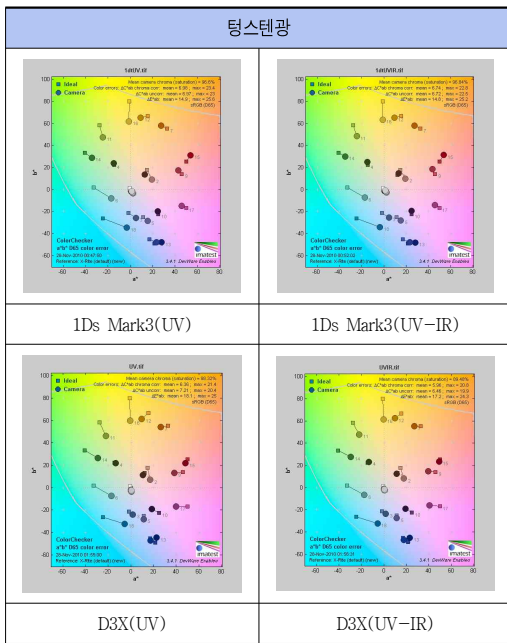
[표 4]와 같이 Delta E를 분석한 결과, 스트로보 광에서 CANON 1Ds Mark3에 UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)보다 UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태)에서 Delta E 값이 미세하게 상승한 점을 제외하고 모든 조명조건에서 UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)에서 그 차이가 미세하지만 더욱

더 정색에 가까운 색 재현력을 보여주었다.

Delta E와 더불어 각 컬러오차를 분석하였다. 색 좌표에서는 이상적인 색 값과 실험 카메라의 실제 색 값을 나타내준다. 색 정보 [표 5]에서 1행은 자연색을 말하고, 2행은 혼합색, 3행은 원색, 그리고 4행은 그레이 스케일이다. 아래의 [표 5]의 그림은 다이어그램에서 각각의 24패치 색의 위치를 나타낸 그림이다.

표 5. Color Error

1 dark skin	2 light skin	3 blue sky	4 foliage	5 blue flower	6 bluish green
7 orange	8 purplish blue	9 moderat ed red	10 purple	11 yellow green	12 orange yellow
13 blue	14 green	15 red	16 yellow	17 magenta	18 cyan
19 white (.05)	20 netural 8(.23)	21 netural 6.5(.44)	22 netural 5(.70)	23 netural 3.5(1.05)	24 black (1.50)



UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태) 보다 UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)에서 미세하게 Delta E 값이 거의 동등하거나 미세하게 상승하였듯이 색 좌표에서의 각각의 색 방향성 또한 시각적으로 거의 동등한 수준으로 나타났다. 특히 스트로보광조

건에서 CANON 1Ds Mark3는 Delta E값이 동등한 수준이지만 오히려 UV필터를 장착한 상태(적외선 투과 상태)에서 미세하게 높아 색 재현력에서는 큰 차이점을 발견하지 못하였다.

3.4 해상도 분석

중심부 해상도 측정을 위해 TE253 S Siemens star for resolution measurement 차트를 사용하여 IE Analyzer 4.0을 통하여 분석하였다. TE253 S Siemens star 차트는 방사형의 사인 주파수를 가진 선들로 구성되어 있다. 기존에는 선명한 경계선을 가진 차트를 사용하였으나 사끈 때문에 나타나는 문제점을 해결하고자 경계선이 흐릿한 차트로 설계되었다.

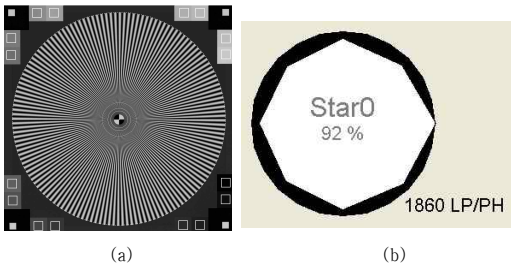


그림 6. 나이키스트 주파수 그래프

[그림 6(b)] 그래프에서 검은색은 나이키스트 주파수를 나타내고 흰색은 Star 구획의 제한 해상도를 나타낸다. 원형에 가깝고 지름이 클수록 해상도가 좋으며, 센터의 백분율 값은 나이키스트 주파수와 모든 구획의 평균 제한 해상도를 나타낸다[14].

표 6. 해상도 측정 값 (단위: LP/PH)

텡스텐	
1Ds Mark3(UV) 1983 LP/PH	Star0 106 % 1983 LP/PH
1Ds Mark3(UV-IR) 1985 LP/PH	Star0 105 % 1985 LP/PH

D3X(UV) 1792 LP/PH	Star0 89 % 1792 LP/PH
D3X(UV-IR) 2100 LP/PH	Star0 104 % 2100 LP/PH
스트로보	
1Ds Mark3(UV) 1956 LP/PH	Star0 104 % 1956 LP/PH
1Ds Mark3(UV-IR) 1989 LP/PH	Star0 108 % 1989 LP/PH
D3X(UV) 1860 LP/PH	Star0 92 % 1860 LP/PH
D3X(UV-IR) 2038 LP/PH	Star0 101 % 2038 LP/PH
태양광	
1Ds Mark3(UV) 1891 LP/PH	Star0 101 % 1891 LP/PH
1Ds Mark3(UV-IR) 1968 LP/PH	Star0 105 % 1968 LP/PH
D3X(UV) 1828 LP/PH	Star0 91 % 1828 LP/PH
D3X(UV-IR) 2009 LP/PH	Star0 100 % 2009 LP/PH

[표 6]은 Star 구획의 해상도를 측정된 값으로, 해상도 측정결과, 3가지 조명조건(텡스텐, 스트로보, 태양광)에서 두 카메라 모두 UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태)보다 UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)에서 해상도가 어느 정도 향상된 것을 확인할

수 있다. 이는 IR Cut-Off Filter를 통해 투과되는 적외선이 미량이지만 장파장의 영향을 받아 해상도 저하를 야기시키는 것으로 판단된다.

전반적인 동적 폭, 잡음, 색 재현력, 해상도를 분석한 결과 잡음과 색 재현력은 IR Cut-Off Filter를 통해 투과되는 미량의 적외선의 영향과 거의 무관한 것으로 판단되어지며, 동적 폭과 해상도는 어느 정도 이미지 화질에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

III. 결 론

분광특성의 차이로 필름은 자외선에 민감한데 반해 디지털 카메라의 이미지 센서는 적외선에 굉장히 민감하다. 이에 따라 CCD 또는 CMOS를 사용하는 모든 디지털 카메라에는 IR Cut-Off Filter가 이미지 센서전면에 장착되어 있다. 이상적으로 100% 적외선을 차단하여야 하지만 실험 결과 완전히 적외선을 차단하지 못하고 있었으며, 각 카메라마다 적외선 투과량 또한 달랐다. 따라서 본 연구는 디지털 카메라에 장착되어 있는 IR Cut-Off Filter의 기계적 특성에 의해 투과되는 미량의 적외선이 디지털 화상이미지에 끼치는 영향을 분석하는 데 그 목적이 있다. UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태)와 UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)를 비교분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 동적 폭 평가에서 공통적으로 두 카메라 모두 UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)에서 동적 폭이 향상된 것을 확인하였다.

둘째, 잡음 측정 값은 UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태)와 UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)에서 약 0.00~0.04%의 차이를 보이며 거의 동등한 수준의 잡음 값을 보여주어 큰 차이점은 발견되지 않았다.

셋째, 색 재현력 평가에서는 스트로보 광에서 CANON 1Ds Mark3에 UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)보다 UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태)에서 Delta E값이 미세하게 상승한 점을 제외하고 모든 조명조건에서 UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)에서 그 차이가 미세하지만 더욱 더 정색에 가까운 색 재현력을 보여주었다.

넷째, 해상도 측정결과, 3가지 조명조건(팅스텐, 스트로보, 태양광)에서 두 카메라 모두 UV필터를 장착한 상태(적외선 투과상태)보다 UV-IR필터를 장착한 상태(적외선 미투과상태)에서 해상도가 더욱 향상된 것을 확인할 수 있다.

이에 따라 잡음과 색 재현력 평가에서는 그 차이가 미세하거나 거의 동등한 수준이지만, 동적 폭과 해상도에는 IR Cut-Off Filter를 통해 투과되는 미량의 적외선이 어느 정도 영향이 있음을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 조맹선, 김창순, 강병호, 김동호, "색채학원론", 시그마프레스, 2003.
- [2] 박성래, "디지털 카메라 화질 평가방법에 관한 연구", 중앙대학교 첨단영상대학원 학위논문, 2005.
- [3] 홍정의, "디지털 카메라의 적외선 차단 필터에 관한 연구", 한국사진학회지, AURA No.14, 2006.
- [4] 조맹섭, "디지털컬러의 기본원리", 도서출판 국제, 2006.
- [5] 윤성빈, 김유진, 조윤철, 하동환, "디지털 카메라를 이용한 적외선 반사 사진기술에 대한 연구", 한국사진학회지, AURA No.17, 2007.
- [6] 주종우, "이미지센서의 크기와 조리개 값의 상관관계에 따른 적외선 디지털 사진의 해상도 연구", 중앙대학교 일반대학원 학위논문, 2007.
- [7] 강지혜, 박형주, 하동환, "적외선편광필터를 이용한 적외선 사진의 화질개선", 한국사진학회지, AURA No.19, 2008.
- [8] 홍정의, "Raw파일의 노출 조절에 따른 컨버팅 프로그램들의 이미지 재현적 특성에 관한 비교 연구", 현대사진영상학회 논문집, Vol.10, 2009.
- [9] 조성민, 김유진, 형세찬, "영화용 디지털카메라 영상의 품질평가 방법에 관한 연구", 영화진흥위원회, 2009.

[10] 류경아, “디지털카메라의 종류에 따른 이미지 센서의 화질비교연구”, 중앙대학교 일반대학원 학위논문, 2010.

[11] 이영규, 하동환, “디지털 자외선 사진을 위한 적정 디지털 카메라 시스템”, 한국콘텐츠학회논문, 제10권, 제7호, 2010.

[12] Eastman Kodak Company, “Encyclopedia of Practical Photography,” 1979.

[13] Bruce Fraser, “Chris Murphy, Fed Bunting, Color Management,” Peachpit Press, 2003.

[14] “IE-Analyzer 4.0 User Manual,” Image Engineering Dietmar Wueller, 2009.

홍 정 의(Jung-Eui Hong)

정회원



- 1993년도 : 중앙대학교 사진학과(학사)
 - 2001년도 : 중앙대학교 일반대학원 사진학과(석사)
 - 2008년도 : 중앙대학교 일반대학원 사진학과(박사수료)
 - 2002년도 ~ 현재 : 중앙대학교 사진학과 강사
- <관심분야> : 디지털사진, CMS

저 자 소 개

이 용 환(Yong-Hwan Lee)

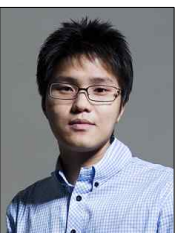
정회원



- 1985년도 : 중앙대학교 사진학과(학사)
 - 1989년도 : 중앙대학교 일반대학원 사진학과(석사)
 - 1992년도 : 중앙대학교 신문방송대학원 영상매체전공(석사)
 - 2002년도 : Ohio University, Visual Communication Multimedia(석사)
 - 2004년 ~ 현재 : 중앙대학교 사진학과 정교수
- <관심분야> : 디지털미디어, 디지털사진, CMS

박 세 원(Se-Won Park)

준회원



- 2010년도 : 경일대학교 사진영상학과(학사)
 - 2010년 ~ 현재 : 중앙대학교 일반대학원 사진학과 디지털미디어 전공 석사과정
- <관심분야> : 비가시광선 사진, 디지털사진, CMS