디지털 자외선 사진을 위한 적정 디지털 카메라 시스템

Appropriate Digital Camera System for Digital Ultraviolet Photography

이영규, 하동환
중앙대학교 첨단영상대학원 영상학과

Young-Kyu Lee(lyk-209@hotmail.com), Dong-Hwan Har(dhhar@cau.ac.kr)

요약

자외선 사진은 범죄수사, 고고학, 피부의학 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 과거 자외선 사진은 일반적인 흑백필름을 이용하여 촬영하는 경우가 대부분이었는데, 그 이유는 필름의 감광유제로 사용되는 할로젠화은(AgX)성분이 카메라의 센서인 CCD(Charge Coupled Device) 혹은 CMOS(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)에 비해 자외선에 민감하기 때문이다. 이에 본 논문에서는 보급형 디지털 카메라를 사용하여 자외선 사진의 화질을 개선시키고, 자외선 사진을 위한 최적의 디지털 카메라 특성을 찾는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해 디지털 카메라의 적외선 차단 필터를 제거하고, 자외선 투과필터의 개조를 통해 자외선 사진의 화질향상 여부를 검증하였다. 또한 센서의 종류와 크기, 화소수에 따른 자외선 사진의 재현성을 화질측정 요소들을 통해 분석하였으며, 이를 통해 디지털을 이용한 자외선 사진에 가장 적합한 카메라 특성을 찾고자 하였다. 나아가 본 논문을 통해 일반 디지털 카메라를 활용한 자외선 촬영 시스템을 구축할 수 있을 것이며, 이는 결국 디지털 자외선 사진의 폭넓은 활용에 기여할 것으로 기대된다.

■ 중심어 : | 디지털 자외선 사진 | 적외선 차단필터 | 자외선 투과필터 | 디지털카메라 | 비가시광선 사진 |

Abstract

Reflected-Ultraviolet photography is applied to the evidence of crime, Archaeology, and Dermatology. In the past, Ultraviolet photography was done with standard black-and-white film. Because emulsion of film is more sensitive to near UV light than CCD(Charge Coupled Device) or CMOS(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) of digital camera. In this research, we purpose to improve quality of ultraviolet photographs and to find out the best alternative digital camera by utilizing a consumer digital camera. To achieve theses, we removed IR cutoff filter from digital camera. And by using modified UV pass filter, we verified the increase of image resolution of digital ultraviolet photographs. Also, we analyze reproducibility of digital ultraviolet photographs according to type, size, pixel of image sensor. Furthermore, this research resulted in the development of an practical digital camera system by utilizing a consumer digital camera. Eventually, it will contribute to practical use in the various field of digital ultraviolet photographs

■ keyword : | Digital Ultraviolet Photography | IR Cutoff Filter | UV Pass Filter | Digital Camera | Invisible Photography |

* 이 논문은 서울시 산학협력사업으로 구축된 서울 미래형 콘텐츠 컨버전스 클러스터 지원으로 수행되었습니다(10570).

* 이 논문은 2010년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 BK21 사업 지원을 받아 수행된 연구입니다.

접수번호 : #100428-002

접수일자 : 2010년 04월 28일

심사완료일 : 2010년 06월 29일

교신저자 : 하동환, e-mail : dhhar@cau.ac.kr

1. 서론

인간의 눈은 전자기파 스펙트럼(electromagnetic spectrum)의 부분 중 400nm부터 700nm까지 해당하는 가시광선 영역만을 받아들일도록 되어 있다. 그러나 필름 혹은 이미지센서와 같은 카메라의 감광재는 인간의 눈이 인지할 수 없는 부분의 파장까지 기록할 수 있다 [1]. 이러한 비가시광선을 이용한 사진술 중 자외선 사진은 400nm이하에 해당하는 파장을 이용하여 촬영하는 것으로 범죄수사, 고고학, 피부의학 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 하지만 자외선을 이용한 사진의 대부분은 여전히 아날로그 방식인 필름을 이용하고 있는데 그 이유는 [그림 1]에서 볼 수 있듯이 필름의 감광 유제로 사용되는 할로겐화은(AgX)성분이 카메라의 센서인 CCD(Charge Coupled Device) 혹은 CMOS(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)에 비해 자외선에 민감하기 때문이다[1][2].

하지만 아날로그 촬영방식은 디지털 방식에 비해 데이터 입·출력의 많은 시간적·비용적 소모를 수반하기에 최근 그 사용범위가 매우 줄어들고 있는 것이 현실이다. 이러한 상황에 비추어 볼 때 디지털 카메라를 활용한 자외선 촬영 시스템 구현이 가능하다면 현재보다 그 활용도가 훨씬 높아지리라는 것은 자명한 사실이다. 하지만 디지털을 이용하여 자외선 촬영을 하기 위해서는 위와 같이 센서가 가지는 원천적 한계 이외에도 디지털 카메라의 기계적, 장치적 문제로 인한 몇 가지 제한점이 추가로 발생한다.

첫째, 디지털 카메라는 구조상 디지털 자외선 사진에 바로 적용 할 수 없다. 대부분의 디지털 카메라에 사용되는 이미지 센서들은 [그림 1(a)]에서 볼 수 있듯이 필름의 감광재와 비교해 적외선 파장대에 민감하여 적외선 차단 필터(IR cutoff filter)를 부착하고 있다. 하지만 이것은 적외선뿐 아니라 근 자외선의 영역까지도 차단 시키므로 디지털을 이용해 자외선 사진을 촬영하기 위해서는 제거해야한다.

둘째, 자외선 사진 촬영을 위해서는 렌즈 앞에 자외선만 투과 시키는 필터를 부착해야하는데, 시중에 판매되고 있는 자외선 필터의 대부분은 자외선뿐만 아니라

일부 적외선까지 투과 시킨다는 단점이 있다[3]. 필름을 사용할 경우에는 [그림 1(b)]에서 보는바와 같이 감광 유제의 분광 특성상 적외선 영역을 거의 받아들이지 않으므로 큰 문제가 되지 않았다. 하지만 디지털 카메라를 이용해서 촬영을 할 경우에는 적외선 영역에 민감한 센서의 특성상 투과되는 적외선이 자외선 사진의 화질에 좋지 않은 영향을 줄 수 있다.

그림 1. 센서와 필름의 분광특성 비교

이러한 문제를 해결하기 위해 디지털을 이용해 자외선 사진을 촬영하고자 하는 다양한 연구가 있었다 [2][3]. 하지만 이 연구들은 해상도가 낮은 가정용 캠코더를 이용하여 사진 결과물의 화질이 좋지 않았을 뿐 아니라 특수한 공정을 거쳐야하기 때문에 비용상의 문제가 발생한다는 한계가 있었다. 그렇기 때문에 일반적으로 쉽게 적용이 가능한 디지털 자외선 사진을 구현하기에는 어려움이 있었다.

이에 본 논문에서는 보급형 디지털 카메라를 사용하여 자외선 사진의 화질을 개선시키고 자외선 사진을 위한 최적의 디지털 카메라 특성을 찾고자 하였다. 이를 위해 디지털 카메라의 적외선 차단 필터를 제거하였으며, 자외선 투과필터의 개조를 통해 자외선 사진의 화질향상 여부를 검증하였다. 또한 센서의 종류와 크기,

화소수에 따른 자외선 사진의 재현성을 화질측정 요소들을 통해 분석하였으며, 이를 통해 디지털을 이용한 자외선 사진에 가장 적합한 카메라 특성을 찾고자 하였다.

본 논문결과를 통해 기존의 디지털 카메라를 활용한 자외선 촬영시스템을 구축할 수 있을 것이며, 디지털 자외선 사진의 화질 또한 개선될 것이다. 이는 결국 디지털 카메라를 이용한 자외선 사진의 폭넓은 활용과 효율성 향상의 이점을 가져다 줄 것이다.

그림 2. 자외선 반사촬영을 위한 다이어그램

II. 이론적 배경

1. 자외선 사진

비가시광선을 이용한 사진 중 일반적으로 UV-A(315nm~420nm)에 해당하는 파장을 이용해 촬영하는 것을 자외선 사진이라고 한다[4]. 자외선 사진은 다시 자외선 반사촬영과 형광 촬영으로 나눌 수 있는데 자외선을 포함한 빛을 방출하는 광원을 이용하여 렌즈 앞에 자외선 투과필터를 부착한 후 촬영하는 사진을 자외선 반사 사진이라고 한다[그림 2][5]. 촬영 시 초점면은 보통 가시광선을 이용하는 사진과 조금 다른데, 적외선 사진 촬영 시 초점거리가 가시광선을 이용할 때보다 약간 길어지는데 반해 자외선 사진에서는 가시광선을 이용할 때보다 약간 짧아진다. 또한 피사체와의 상대적 거리에 따라 초점면이 달라짐으로 정확한 초점을 맞추는데 어려움이 있다. 따라서 가능한 렌즈의 조리개를 조여 심도를 깊게 한 후 촬영하는 것이 필요하다[5][6]. 하지만 디지털 카메라의 라이브 뷰 모드 기능을 사용하면 촬영상황을 바로 확인할 수 있기 때문에 이러한 문제를 해결 할 수 있다. 노출측정의 경우 가시광선을 이용한 정상노출과 비교해 일반적으로 노출부족을 보이며 촬영환경에 따라 변화하기도 한다. 통상적으로 맑은 날 풍경을 촬영할 경우 가시광선을 이용한 노출과 비교해 8stop에서 9stop정도 노출 과다시켜 촬영하였을 때 적정으로 나타났다.

2. 적외선 차단 필터

CCD나 CMOS같은 디지털 카메라의 이미지 센서는 사람들이 눈으로 볼 수 있는 가시광선 영역뿐만 아니라 적외선, 자외선과 같은 비가시광선 영역까지도 감지할 수 있도록 설계되어 있기 때문에 사람의 눈보다 넓은 영역의 분광특성을 갖는다. 따라서 좋은 품질의 디지털 사진을 얻기 위해 가시적으로 확인할 수 없는 신호를 제거해야만 하는데, 이를 위해 사용하는 필터를 적외선 차단 필터라고 한다[7]. 하지만 적외선 차단 필터가 적외선만을 차단시키는 것은 아니다. [그림 3]에서 보는바와 같이 적외선 차단 필터는 적외선 영역뿐만 아니라 센서가 감지 할 수 있는 근자외선의 영역까지 차단하는 것을 알 수 있다. 따라서 디지털 자외선 사진 촬영을 위해서도 적외선 차단 필터의 제거는 필수적이다.

그림 3. IR cutoff filter의 분광특성

III. 자외선 투과필터의 재현성 실험

1. 자외선 촬영을 위한 필터의 최적화

본 논문에서는 자외선 촬영을 위해 가장 일반적으로 사용되는 B+W 403필터를 이용하였다. 하지만 [그림 5 (a)]에서 보논바와 같이 B+W 403필터는 700nm에서 850nm 영역대의 적외선을 일부 투과시키는 분광특성을 보인다. 이러한 이유로 적외선에 민감한 분광특성을 가진 센서에 B+W 403필터를 사용하게 되면 일부 적외선이 투과되어 효과적인 자외선 사진을 만드는데 부정적인 영향을 끼친다[8]. 이 때문에 본 논문에서는 B+W 403필터가 가진 적외선 투과량을 줄이기 위해 다음과 같은 코팅을 하였다.

그림 4. 다층막 진공 증착기에 의한 코팅원리

우선 [그림 4]에서와 같이 400nm까지의 투과는 최대한 유지하고 700~850nm를 차단할 수 있는 코팅보완이 필요하다. 이를 위해 Essential Macleod 프로그램을 사용하여 200~650nm 정도를 T_{max} 로하고 700~850nm를 R_{max} 로 설계하여 다층막 진공 증착기에 필터를 넣고 프로그램에서 나온 데이터를 입력하여 코팅을 하였다. 코팅 후 다양한 파장 영역의 빛을 전기에너지로 바꾸어 측광하는 스펙트로메타를 이용하여 필터의 분광특성을 측정하였다. 그 결과 [그림 5(b)]에서와 같이 700~850nm가 차단됨을 알 수 있으나, 그래프에 나타나듯이 적외선 차단을 위한 코팅을 했음에도 불구하고 완전히 차단하지는 못하였다. 하지만 그 정도가 4% 미만으로 매우 미약하며, 코팅을 통해 제거된 적외선은 자외선 사진에 미치는 영향이 매우 적을 것으로 예측하고 실험을 진행하였다.

(a) (b)
그림 5. 코팅 전과 후의 분광특성 비교

2. 실험방법

표 1. 실험에 사용된 측정 방법

구 분	본 논문 적용방법
측정공간의 온도	23℃ 유지
광원	UV protector is removed Norman
타깃	Q-14 그레이스케일 20패치 반사식
화이트밸런스	오토화이트 밸런스
화질모드	JPEG 파일
측정프로그램	Imatest 1.6.4 Pro
노출	타깃의 미들 그레이 부분의 레벨 값이 128이 되도록 촬영
실험 카메라	5D mark2, 20D, G7, D200, D1x
촬영횟수	측정항목 당 10회

측정 공간의 온도에 의해 결과 값이 다르게 나올 수 있으므로 ISO권고 기준인 23℃를 유지하였다. 자외선을 포함한 광원은 다양하나 본 실험에서는 자외선의 방출량이 상대적으로 많으며, 조명 앞의 UV protector를 제거한 Norman사의 스트로보를 이용하였다. 카메라 설정 중 화이트 밸런스는 오토화이트 밸런스를 기준으로 하였고, 화질모드에 따라 결과 값이 달라질 수 있으므로 JPEG파일 중 최고 품질로 설정하여 촬영하였다. 측정프로그램은 Imatest 1.6.4 Pro를 사용하였으며, 노출은 그레이스케일 차트의 미들 그레이 부분 레벨 값을 Adobe Photoshop CS4의 Eyedropper tool로 확인하여 128값이 되는 노출을 적정으로 선택하였다. 실험 카메라는 Canon사의 5D mark2이며 보다 정확한 실험을 위해 각 항목 당 10회씩 촬영하여 평균 및 표준오차를 구하였다[표 2]. 차트는 20개 패치 Q-14 그레이스케일

(GrayScales)차트를 사용했으며, 이를 통해 다이내믹 레인지, 감마, 노이즈 등을 알 수 있었다. 위의 세 가지 항목을 선정한 이유는 디지털 사진의 화질을 객관적으로 평가 분석하기 위한 가장 일반적인 측정 항목으로써 디지털 자외선 사진의 톤 재현과 콘트라스트, 화질저하 요인에 대한 객관적인 수치를 제공해 줄 것으로 기대되었기 때문이다.

3. 결과

3.1 다이내믹 레인지

분석결과 코팅을 하여 일부 투과되는 적외선을 차단시켰을 경우 다이내믹 레인지가 약 1/3stop 향상 되었다는 것을 알 수 있었다[표 2]. 다이내믹 레인지의 향상은 계조에 영향을 주며, 노출관용도에도 연관이 있으므로 화질 향상에 필수적이다. 그러므로 디지털 카메라를 사용하여 자외선을 촬영할 경우 자외선 필터를 통해 투과되는 일부 적외선에 대한 차단이 반드시 필요하며, 이것은 자외선 사진의 화질 향상에 기여한다는 것을 알 수 있었다.

3.2 감마

감마값은 디지털의 이미지 프로세싱에 의해 결정되는 것으로 다이내믹 레인지와 반비례의 관계를 가진다. 코팅을 한 후에 감마값은 미세하게 감소하였으며 이것은 다이내믹 레인지의 증가로 인한 상대적인 감소로 분석된다[표 2]. 감마값이 높을수록 콘트라스트가 강한 이미지를 만들어내는데 이것은 장면의 휘도비와 연관이 있다.

3.3 Y노이즈

적외선을 차단하기 위한 코팅을 한 후 노이즈는 오히려 증가하였다. 이것은 일부 투과하는 적외선을 차단하기 위해 코팅을 하였기 때문에 노출량의 증가로 인한 노이즈로 추정되었다. 하지만 [표 2]에서 알 수 있듯이 그 차이가 0.03%로 극히 미비함으로 인간의 눈으로는 감지할 수 없는 정도이다. ISO 15739에 따르면, 수치 0.5%의 비주얼 노이즈가 가장 좋은 화질을 보이며, 1% 이하의 값은 인간에게 시각적으로 보이지 않는 정도이

다[9].

표 2. 필터에 따른 측정항목의 평균 및 표준편차

기종	필터	측정항목	사례수	평균	표준편차
5D mark2	코팅 전	다이내믹 레인지	10	4.02	0.04
		감마	10	0.93	0.02
		노이즈	10	0.30	0
	코팅 후	다이내믹 레인지	10	4.32	0
		감마	10	0.73	0.016
		노이즈	10	0.33	0.014

(단위 : dynamic range : f-stop(EV), gamma : log intensity, noise : % of log exposure=1.5)

그림 6. 필터코팅에 따른 측정항목 비교 그래프

IV. 카메라 사양에 따른 자외선 사진의 재현성 실험

1. 측정대상 및 선정이유

표 3. 실험 카메라의 사양

	기종	센서	화소	센서크기
캐논	5D mark2	CMOS	2110만화소	1:1
	20D	CMOS	820만화소	1:1.6
	G7	CCD	1000만화소	1:1.8
니콘	D200	CCD	1020만화소	1:1.5
	D1X	CCD	532만화소	1:1.5

본 실험을 위한 측정항목, 분석도구, 촬영방법 등은 예비실험과 동일하며 실험변수는 [표 3]에서와 같이 다

섯 기종의 디지털 카메라이다. 본 실험은 디지털 카메라의 사양 중 센서타입, 센서크기, 화소 등이 자외선 사진의 화질에 미치는 영향을 알아보기 위해 진행되었다. 따라서 카메라 제조사를 대표하는 두 곳을 선정하여 일반적으로 가장 많이 사용되는 기종을 선택하였다. 선택된 기종은 센서타입, 센서크기, 화소수가 각기 다른 것으로 이를 통해 디지털 자외선 사진을 위한 최적의 카메라 조합을 알아 볼 수 있을 것이다.

2. 결과

2.1 센서크기

총 5대의 디지털 카메라를 선정하여 촬영 후 분석한 결과, 실험기종 중 가장 큰 센서크기를 가진 5D mark2의 다이내믹 레인지가 가장 좁은 것으로 나타났다[표 4]. 이 결과를 통해 카메라의 센서크기는 자외선 사진의 화질과 비례하지 않다는 것을 알 수 있었다. 단 노이즈의 경우 5D mark2가 0.33%로 가장 적은 수치를 보였다. 그 이유는 디지털의 이미지 프로세싱의 특성상 최신기종인 5D mark2의 노이즈 역제가 가장 뛰어나기 때문으로 추정되었다. 센서크기가 가장 작으며 실험기종 중 유일한 콤팩트 카메라인 G7의 경우 가장 높은 노이즈 수치를 보였으며 다이내믹 레인지 역시 5D mark2 다음으로 좁았다. 따라서 센서의 크기는 자외선에 반응하는 정도와 비례하지 않으나, 노이즈에는 상당부분 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

2.2 센서종류

니콘 D200의 경우 다이내믹 레인지가 6.85 stop으로 가장 넓었으며 노이즈 역시 5D mark2에 이어 두 번째로 적었다[표 4]. D200의 경우 CCD 센서를 사용하는데, 동일회사의 CCD 센서를 탑재한 D1X 역시 상대적으로 넓은 다이내믹 레인지 수치가 나타났다. 이것으로 니콘의 CCD 센서가 자외선에 조금 더 민감한 분광특성을 보인다고 예측할 수 있으며, 실험기종 중 디지털을 이용한 자외선 사진에 가장 적합한 카메라는 D200으로 추론할 수 있었다.

2.3 화소수

센서크기와 마찬가지로 화소수가 가장 높은 5D mark2의 다이내믹 레인지가 가장 좁았다. 하지만 532만 화소로 가장 적은 화소를 가진 D1X의 경우 다이내믹 레인지가 6.31 stop으로 D200에 이어 두 번째로 높았다[표 4]. 이를 통해 화소수 역시 센서의 크기와 마찬가지로 디지털 자외선 사진의 화질 향상에 비례하지 않는 분석을 할 수 있었다.

표 4. 카메라기종에 따른 측정항목의 평균 및 표준편차

기종	측정항목	사례수	평균	표준편차
5D mark2	다이내믹 레인지	10	4.32	0
	감마	10	0.73	0.016
	노이즈	10	0.33	0.014
20D	다이내믹 레인지	10	6.31	0
	감마	10	0.39	0.005
	노이즈	10	0.56	0.004
G7	다이내믹 레인지	10	5.08	0.317
	감마	10	0.48	0.002
	노이즈	10	1.01	0.021
D200	다이내믹 레인지	10	6.85	0
	감마	10	0.31	0.001
	노이즈	10	0.51	0
D1x	다이내믹 레인지	10	6.31	0
	감마	10	0.47	0.001
	노이즈	10	0.69	0

(단위 : dynamic range : f-stop(EV), gamma : log intensity, noise : % of log exposure=1.5)

그림 7. 카메라기종에 따른 측정항목 비교 그래프

V. 실제사례

1. 적외선 투과에 따른 자외선 사진의 재현성

(a)

(b)

(c)

그림 8. 적외선 반사율 차이 비교(적외선사진, 자외선 사진, 코팅 후 자외선 사진 순서)

적외선 사진의 특징 중 하나는 광합성을 하는 식물의 경우 적외선을 반사하기 때문에 사진 상에서 밝게 나타나는 특징이 있다는 것이다. 코팅을 하지 않은 B+W403 필터를 이용하여 자외선 사진을 촬영했을 경우, 적외선의 영향으로 인해 [그림 8(b)]와 같이 식물의 잎이 밝게 나오는 것을 확인 할 수 있으며, [그림 8(a)]의 적외선 사진과 차이가 없다는 것을 시각각적으로 확인 할 수 있었다. 이것은 B+W403필터의 분광특성상 일부 투과되는 적외선이 자외선 사진에 영향을 미치기 때문이다. 반면 코팅을 통해 일부 투과되는 적외선을 차단하였을 경우 [그림 8(c)]와 같이 적외선에 의한 반사율이 줄어들고 자외선의 흡수율이 증가함에 따라 원래 색깔을 띄는 것으로 나타났다.

따라서 디지털 카메라로 자외선 사진을 촬영하기 위해서는 반드시 적외선을 차단하는 과정이 필요하며, 이것은 순수한 자외선 정보의 확보뿐 아니라 자외선 사진의 품질 향상에 기여할 수 있다고 분석되었다.

2. 센서에 따른 자외선 사진의 재현성

(a)

(b)

그림 9. 센서 차이에 따른 자외선 사진 비교: (a):5D mark2(cmos),(b):D200(ccd)

다양한 사양을 가진 다섯 기종의 디지털 카메라를 통해 자외선 사진의 재현성에 대해 분석한 결과 CCD센서를 사용하는 니콘의 D200이 6.85stop으로 가장 넓은 다이내믹 레인지를 보였으며, CMOS센서를 사용하는 5D mark2의 경우 4.82stop으로 가장 좁은 다이내믹 레인지 결과를 보였다[그림 7].

두 기종에 대한 재현성 실험 결과, [그림 9]에서와 같이 암부와 명부의 2stop정도의 차이를 시각각적으로 확인할 수 있었다. 이것으로 보아 CCD센서를 사용하는 니콘의 D200이 전반적인 화질의 비교에서 우위를 보이며 이는 자외선 사진을 위한 디지털 카메라로 적합하다고 분석되었다.

VI. 결 론

자외선 사진은 대표적인 비가시광선 촬영기법 중 하나이다. 적외선 사진의 경우 디지털 카메라의 사용으로 인해 촬영의 편의성과 활용범위가 넓어진 반면, 자외선 사진은 디지털 카메라의 센서가 필름의 감광유제보다 자외선에 덜 민감하다는 원천적인 한계로 인해 객관화 시키기에는 한계가 있었다. 또한 적외선 차단 필터의 근자외선 차단, 자외선 필터의 일부 적외선 투과 등, 디지털 카메라의 구조적인 문제로 인하여 자외선 사진의 품질을 저하시키기도 하였다.

따라서 본 논문에서는 자외선 사진의 화질을 개선시키기 위한 노력으로 적외선 차단 필터를 제거하여 촬영하였고, 자외선 필터를 통해 일부 투과되는 적외선이 자외선 사진의 품질에 영향을 미친다는 것을 확인하였다. 또한 자외선 사진을 찍기 위해서는 가시광선영역을 차단하는 것은 물론이고 적외선 영역까지 차단해야만 완전한 자외선 사진을 얻을 수 있으며, 객관적 화질 또한 개선되었다는 것을 증명하였다. 이와 함께 다양한 디지털 카메라 기종을 비교 분석 함으로써 디지털 자외선 사진을 위한 최적의 조합, 즉 센서의 크기와 화소수는 자외선 사진에 큰 영향을 주지 않으며, CCD센서가 CMOS센서보다 디지털 자외선 사진에 적합하다는 사실을 알 수 있었다. 물론 센서가 가지고 있는 분광특성

상 디지털 카메라를 사용한 자외선 사진의 한계는 여전히 존재하고 있지만 현재 활용 가능한 카메라 기종을 검증함으로써 최선의 대안을 찾고, 실제 적용사례를 통해 실험의 신뢰도를 높이고자 하였다.

본 논문을 통해 일반 디지털 카메라를 이용한 자외선 사진의 품질을 향상 시킬 수 있을 것이며, 디지털 자외선 촬영을 위한 시스템을 일반화하여 용이성을 높일 수 있을 것으로 기대한다. 이는 필름의 사용에 국한되어 있는 자외선 사진의 연구가 보다 활발히 진행될 수 있는 여건을 마련해 줄 것이다.

참 고 문 헌

- [1] M. Langford, *Langford's Advanced Photography*, Oxford: Elsevier Science Ltd., 2008.
- [2] B. M. Freedman, R. V. Earley, and T. P. Balakrishnan, "Digital ultraviolet reflectance photography can be used to quantify improvements in photodamage," *Journal of Cosmetic Dermatology*, Vol.4, pp.73-77, 2005.
- [3] A. Richards, "Digital Reflected-Ultraviolet Imaging," *Advanced imaging*, Vol.21, pp.18-21, 2006.
- [4] A. G. Dyer, L. L. Muir, and R. A. Muntz, "A Calibrated Gray Scale for Forensic Ultraviolet Photography," *J Forensic Sci*, Vol.49, pp.1056-1058, 2004.
- [5] F. Ray, *Scientific Photography and Applied Imaging*, Focal Press, 2002.
- [6] 조운철, "자외선사진연구", *한국사진학회지*, 제7호, pp.101-106, 2000.
- [7] 윤성빈, "디지털 적외선 촬영을 위한 통합시스템 연구", *중앙대학교 첨단영상대학원 학위논문*, 제18회, 2008.
- [8] 김영수, "비가시광선을 이용한 범죄사진 연구", *한국사진학회지*, 제11호, pp.15-25, 2004.
- [9] 박형주, "디지털 카메라 파라미터와 비주얼 노이

즈 상관관계 연구”, 한국사진학회지, 제18호,
pp.20-27, 2008.

저 자 소 개

이 영 규(Young-Kyu Lee)

준회원

- 2009년 2월 : 중앙대학교 경영학
과(경영학사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 중앙대학
교 첨단영상대학원 영상학과 석
사과정

<관심분야> : 비가시광선사진, 디지털 사진

하 동 환(Dong-Hwan Har)

정회원

- 1993년 : Brooks Institute of
photography, Industrial/
Scientific Photography(B.A).
- 1994년 : Ohio University,
Visual Communication(M.A.)
- 2005년 : 한양대학교 교육대학원

(Ph.D)

- 1999년 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원 교수

<관심분야> : 과학사진, 특수영상