

# 촬영 조건에 따른 지문 사진의 품질에 관한 연구

## Estimation of Fingerprint Image Quality in Accordance with Photographing Conditions

유제설\*, 전소영\*, 김규연\*, 김지연\*, 김채원\*, 장윤식\*\*  
순천향대학교 법과학대학원\*, 한림대학교 국제학부\*\*

Je-Seol Yu(hap1f@naver.com)\*, So-Young Jeon(soyoung6753@gmail.com)\*,  
Kyu-Yeon Kim(starholic93@naver.com)\*, Ji-Yeon Kim(rainbow0856@naver.com)\*,  
Chae-Won Kim(chaewon0805@naver.com)\*, Jake Jang(jakejang@hallym.ac.kr)\*\*

### 요약

본 연구에서는 지문을 촬영할 때 촬영 조건이 지문 사진의 품질에 미칠 수 있는 영향에 대하여 해상도 측면에서 알아보았다. 두 개의 융선이 정확히 분리되고 식별되는 것은 지문 사진의 법과학적 가치에 있어서 매우 중요한 역할을 하며 이것은 두 개의 융선 사이에 존재하는 경계영역의 화소를 수치화하여 확인할 수 있다.

본 연구에서는 동일한 지문을 대상으로 ISO에 의한 품질의 변화, 촬영 시 발생하는 흔들림에 의한 품질의 변화, 촬영자의 경험과 기술에 의한 품질의 변화를 Adobe photoshop CS 6을 사용하여 분석하였다. 그 결과 ISO에 의한 품질의 변화는 큰 차이가 없었다. 또한, 손에 들고 촬영할 경우에는 일반인 그룹과 현직 과학수사요원 그룹 간에 유의미한 차이는 없었다. 그러나 삼각대를 사용 여부에 따른 지문의 품질에는 유의한 차이가 있었다. 따라서 본 연구는 미세한 융선과 특징점 까지 촬영해야 하는 지문 근접촬영 시 삼각대를 사용하는 것이 중요하다는 사실을 실험을 통해 입증하였다는 것에 의의가 있다.

■ 중심어 : | 해상도 | 지문 사진 | 삼각대 | ISO | 초점거리 | 지문 |

### Abstract

This study is aimed at observing effects of fingerprint image quality on various photographing conditions in the aspect of resolution. Discrimination between two friction ridges plays an important role in the value of fingerprint image, and it can be confirmed with quantification of pixels of boundary region which is existing between two friction ridges. In this study, several factors were estimated with same fingerprint image using Adobe photoshop CS 6 for analysis: changes of image quality by ISO, movement when photographing, and photographers' experience and skill.

Consequently, there was no significant change of image quality by ISO. Furthermore, there was no significant difference in the hand-held images between crime scene investigators and laymen, yet there was significant difference between hand-held images and images using tripod in the aspect of resolution. This study shows that using tripod is very important in forensic fingerprint photography through empirical methods.

■ keyword : | Resolution | Fingerprint Image | Tripod | ISO | Focal Length | Fingerprint |

\* 본 연구는 순천향대학교 학술연구비 지원으로 수행하였음.

접수일자 : 2017년 02월 20일

수정일자 : 2017년 04월 24일

심사완료일 : 2017년 04월 24일

교신저자 : 장윤식, e-mail : jakejang@hallym.ac.kr

## 1. 서론

과거에는 범죄 현장에서 현출한 지문은 전사지(lifter)로 옮긴 다음 실물 화상기를 통해서 용의자의 지문과 비교하는 방법을 사용하였다[1]. 과학기술의 발달로 스캐너가 도입되면서 전사지를 그대로 스캐닝을 하여 지문자동검색시스템(AFIS: Automated Fingerprint Identification System)에 입력하여 현장의 지문과 용의자의 지문을 비교하는 방법으로 지문 감정법이 변화되었고[2][3], 현재는 과학수사요원이 범죄 현장에서 현출한 지문을 그대로 근접 촬영하여 컴퓨터에 전송시키는 방식으로 이루어지고 있다. 따라서 사진촬영은 지문 감식에 있어서 가장 중요한 과정이 되었고 사진의 품질과 촬영자의 기술은 지문 감식과 감정의 결과를 좌우하는 중요한 요소가 되었다.

이미지를 전자신호로 인식하고 저장하는 이미지 센서의 발명과 디지털 촬영 기기들의 발전[4]으로 현장 감식에서 사용되는 디지털 사진을 통한 현장 기록이 이루어졌다. 하지만, 그러한 현장 기록이 사물을 그대로 표현한 것인가에 대한 논란은 오랜 기간 동안 끊임없이 이어져왔다[5-8]. 디지털 이미지 센서는 눈에 보이는 실제 현상을 정사각형의 화소(pixel)의 집합으로 기록한다. 우리가 알고 있는 선들은 이러한 미세한 정사각형의 연결로 이루어져 있으며 이 정사각형 연결들이 바둑판 모양으로 모여서 하나의 이미지를 형성한다. 이미지를 저장하는 화소의 개수와 품질과 크기는 기록 이미지의 진정성(authenticity)을 결정하는 매우 중요한 요소가 되었다[9][10].

하나의 화소는 하나의 색만을 가질 수 있다. 예를 들어, 흑색 지문을 촬영할 경우 용선의 흑색과 배경의 백색이 잘 구별될수록 좋은 품질의 사진이라고 할 수 있는데 [그림 1]과 같이 하나의 화소 내에서는 흑색과 백색이 같이 존재하면 회색으로 표현되기 때문에 그만큼 지문의 식별력은 저하될 수밖에 없다.

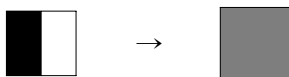


그림 1. 회색 화소가 생기는 원리

[그림 2]는 같은 지문을 촬영한 것이지만 식별능에서 차이를 보인다[11]. 지문 사진에서의 용선의 식별능은 지문의 구별되는 특징점의 수에 영향을 줄 수 있으며 최종적으로는 지문의 개인식별 기능에 크게 영향을 미칠 수 있다.

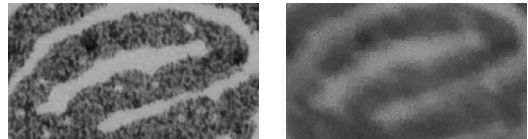


그림 2. 식별능의 차이를 보이는 동일한 지문 (왼쪽의 지문의 식별능이 더 높은 것을 볼 수 있다.)

지문 촬영 시 해상도를 높이려면 하나의 용선과 하나의 고랑에 충분한 수의 화소가 포함되도록 프레임을 구성해야한다[12]. 흑색 지문을 촬영할 때에 지문을 가까이 확대해서 촬영하면 용선 사이에 많은 수의 화소가 들어가게 되고 이는 지문 용선의 식별력을 높인다. 현재 일반적으로 사용되는 카메라들은 한 프레임을 구성하는 화소의 수가 매우 많기 때문에, 지문과 카메라 사이의 거리를 가깝게 하지 않아도 지문 용선을 쉽게 식별할 수 있다[13]. 하지만 용선 사이에 충분한 양의 화소들이 있다고 해도 초점이 맞지 않는다면, 두 용선 사이에 회색 화소의 수가 증가하게 된다[14].

따라서 SWGIT (Scientific Working Group Imaging Technology)에서 법과학적 사진의 질을 향상시키기 위해 사진촬영 시 삼각대를 사용하는 것을 권고하고 있다[15]. 뿐만 아니라, 고품질의 지문 사진을 촬영하기 위한 접사 촬영을 할 때, 심도를 증가시키기 위해 조리개를 조이고 긴 노출시간을 적용해야하기 때문에 삼각대를 사용해야한다고 권장하고 있다[13]. 그러나 실제로 우리나라 과학수사요원들의 상당수는 지문을 촬영할 때, 카메라의 흔들림을 해결하기 위한 방법으로 삼각대의 사용보다는 ISO를 높이거나 연속 촬영 모드를 사용하고 있다. 매우 미세한 용선과 특징점까지 촬영해야 하는 지문 근접촬영에 있어서 카메라의 흔들림은 단순히 셔터스피드로 해결할 수 있는 문제가 아니라 카메라와 지문과의 거리에 조금의 변화도 없어야 한다. 또한 ISO를

높이는 것도 사진의 품질과 직결되는 것이어서 [13][16][17], 고품질을 요구하는 지문 사진에서는 제한적으로 사용되어야 한다.

따라서 이번 연구에서는 촬영조건을 달리하여 사진의 품질에 영향을 주는 요인들에 대해 확인해보고자 한다. 우선 사진의 품질에 영향을 주는 ISO를 변화시켜 가며 지문 사진을 촬영하여 ISO 변화에 따른 사진 품질의 저하의 정도를 확인해보았다. 그런 다음 카메라를 손에 들고 지문을 촬영할 때 발생하는 손 떨림에 의한 사진 품질의 저하를 알아보기 위해 복사대(copy stand)를 이용하여 한 초점거리에서의 카메라와 지문사이의 거리 변화에 따른 지문 사진의 품질의 차이를 알아보았다. 마지막으로 실제로 카메라를 손에 들고 촬영할 때에 손 떨림이 발생하여 사진의 품질을 저하시키는 지 알아보기 위해 현직 경찰과학수사요원과 일반인을 대상으로 카메라를 손에 들고 지문을 촬영하게 하여, 동일한 조건에서 삼각대를 사용하여 촬영한 지문 사진과 해상도 측면에서 품질을 비교해 보았다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 측정 방법

조건 통제를 위하여 모든 촬영에서 동일한 한 개의 지문을 사용하였다. 두 개의 용선 사이 영역의 화소의 수를 일정하게 하기 위해 지문에 프레임을 그려 지문의 크기가 동일하게 촬영되도록 통제하였다. 촬영된 지문 사진은 Adobe Photoshop CS 6의 막대그래프 기능으로 색상 값을 구하는 방법으로 품질을 평가하였다. 사진마다 함께 촬영된 자의 흑색 부분과 백색 부분에서 각각 흑색화소와 백색화소의 색상 값을 구하였다. 그런 다음 [그림 3-b]과 같이 지문의 특정 부분을 정하여 두 용선사이의 색상 값을 구하고, 아래의 식과 같이 색상 비율(%)를 계산하였다.

$$\text{색상퍼센트(\%)} = \frac{(\text{두 용선사이의 색상 값} - \text{흑색화소의 색상 값})}{(\text{백색화소의 색상 값} - \text{흑색화소의 색상 값})} \times 100$$

계산에 의해 구해진 값이 100에 가까울수록 두 용선 사이에 지문의 품질을 저하시키는 회색화소의 수가 적다는 것을 의미한다. 이 값은 절대적인 값이 아닌 상대적인 값이기 때문에 같은 환경에서 촬영된 사진들에서만 비교될 수 있다.

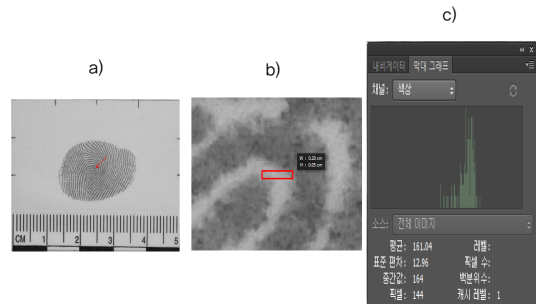


그림 3. a) 촬영한 지문에서 색상 값 측정을 한 지점. b) a)를 확대하여 용선 사이 색상 값을 측정된 부분. c) Adobe photoshop CS6을 이용하여 색상 값을 측정.

### 2. ISO 변화에 따른 지문사진 촬영

이미지 센서의 빛에 대한 감도를 높이기 위해서 ISO 값을 조정할 수 있는데 빛이 충분하지 않은 현장에서는 높은 ISO값을 사용하여 적정 노출의 사진을 촬영할 수 있다. 그러나 높은 ISO에서는 노이즈가 발생하고 그 노이즈는 화질에 영향을 미친다. 본 실험에서는 높은 ISO 값이 사진 품질에 어느 정도의 영향을 미치는지 알아보기 위해서 ISO값을 점차적으로 높이면서 동일한 지문을 촬영하였고, 앞서 서술한 측정방법을 통해서 측정하였다. 모든 사진은 삼각대에 AF-S MICRO 105mm 1:2.8G ED (Nikon, Japan) 렌즈를 장착한 D90 (Nikon, Japan)을 고정하여 매뉴얼 모드로 촬영하였다. 충분한 양의 빛을 주기 위해서 Polilight Flare Plus2 백색 광원 (Rofin, Australia)을 사용하였다. ISO는 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400으로 설정하여 촬영하였고 ISO 200에서 셔터스피드를 1/125초로 설정하였다. ISO에 +1stop을 올릴 때마다 셔터스피드도 -1stop으로 조정하여 전체 사진들의 노출 값을 동일하게 고정하였다.

### 3. 적정 초점거리 설정 후 지문-카메라 사이의 거리 변화에 따른 사진 촬영

미세한 융선과 특징점까지 촬영해야 하는 지문 근접 촬영에서 삼각대를 사용하지 않고 촬영을 하면, 몸을 고정하고 촬영을 해도 약간의 흔들림이 발생한다. 그래서 적정한 초점을 잡아두고 촬영을 해도 손의 떨림에 의해서 카메라와 지문의 거리가 변하게 된다. 따라서 물체와 카메라 사이의 거리가 잡아둔 초점거리와 달라짐에 따라 발생하는 사진 품질의 변화를 알아보기 위한 실험을 진행하였다. 물체와 카메라 사이 거리를 정확히 측정하기 위하여 삼각대 대신에 복사대를 이용하였다. 지문을 프레임에 가득 차도록 지문과 카메라 사이의 거리를 정하여, 수동으로 초점을 맞추고 지문과 카메라 사이의 거리를 변화시켰다. 메뉴얼 모드에서 f/8, 1/125, ISO200으로 백색광원을 이용하여 촬영하였다.

### 4. 삼각대 사용 여부에 따른 지문 사진 촬영

삼각대 사용 여부에 따른 지문 사진 품질 변화를 알아보기 위해 전국 과학수사요원 40명과 일반인 40명을 대상으로 실험을 진행하였다. 과학수사 요원과 일반인이 촬영하기 전에 동일한 환경에서의 삼각대를 이용한 지문 사진을 얻기 위해, 연구자들이 삼각대를 이용하여 지문 사진을 촬영하였다. 렌즈의 초점은 수동으로 조작하였다. 과학수사요원과 일반인은 현장에서 일반적으로 사용하는 방법으로 자동 초점 모드를 이용하여 카메라를 손에 들고 지문을 촬영하였다. 카메라를 손에 들고 촬영할 때에는 손 떨림을 최소화하기 위해서 렌즈의 초점거리의 역수에 가까운 셔터스피드를 선택해야 한다 [6]. 따라서 이 실험에서는 105mm렌즈를 사용했기 때문에 셔터스피드를 1/125초로 설정하였고, 현장 노출 값을 반영하여 ISO를 높였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. ISO변화에 따른 지문사진 품질의 차이

[그림 4]는 ISO를 변화시켜가며 촬영된 지문 사진을

확대한 것으로 육안으로 융선을 구분하는 데에 큰 차이가 없다. [표 1]은 ISO를 변화시켜가며 촬영한 지문의 색상 %를 나타낸 것이다. ISO를 변화에 따른 색상 %값의 변화는 경향성이 없었으며 거의 비슷한 값을 유지하였다. 이것은 ISO를 높여도 지문의 품질을 저하시키는 회색화소의 비율이 증가하지 않는다는 것을 의미한다.

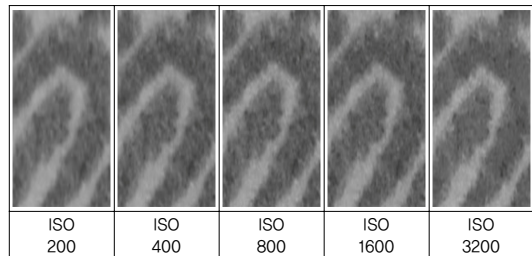


그림 4. ISO변화하여 촬영된 지문의 동일한 구역

표 1. 카메라의 ISO 설정을 변화시켜 촬영한 후 측정된 색상 %값

	ISO	200	400	800	1600	3200
1차	백색 화소	160.27	164.97	161.98	152.65	161.27
	흑색 화소	12.13	9.89	10.14	9.51	13.92
	융선 사이	109.95	114.77	110.04	98.79	107.35
	색상 %	66.03	67.63	65.79	62.37	63.41
2차	백색 화소	201.28	187.43	191.90	191.56	190.15
	흑색 화소	23.55	17.35	16.22	16.52	16.28
	융선 사이	155.55	137.69	144.33	144.51	144.93
	색상 %	74.27	70.75	72.92	73.12	73.99
3차	백색 화소	182.14	184.13	185.82	184.01	186.76
	흑색 화소	14.06	15.39	15.85	15.16	17.19
	융선 사이	131.22	132.06	135.17	132.60	136.47
	색상 %	69.70	69.14	70.20	69.55	70.34
4차	백색 화소	180.83	177.25	177.60	177.58	179.28
	흑색 화소	19.57	18.59	18.73	19.52	20.59
	융선 사이	143.38	139.20	138.58	137.91	142.80
	색상 %	76.78	76.02	75.44	74.90	77.01

5차	백색 화소	184.76	190.40	191.74	189.40	185.32
	흑색 화소	20.92	23.87	22.83	22.22	22.06
	응선 사이	139.04	146.79	148.51	143.45	141.30
	색상 %	72.09	73.81	74.41	72.51	73.04
평균	<b>71.78</b> ±4.14	<b>71.47</b> ±3.42	<b>71.75</b> ±3.87	<b>70.49</b> ±4.93	<b>71.56</b> ±5.14	

### 2. 적정 초점거리 설정 후 지문-카메라 사이의 거리 변화에 따른 지문사진 품질의 차이

[그림 5]는 적정 초점거리 설정 후 지문-카메라 사이의 거리를 변화시켜 촬영한 지문 사진을 확대한 것으로 카메라와 지문 사이의 거리가 설정해둔 초점거리와 달라지면 지문이 흐릿하게 나타나고 지문 식별능이 떨어지는 것을 보여준다. [표 2]는 카메라와 지문사이의 거리와 설정해둔 초점거리의 차이에 따른 색상 %값의 변화를 나타낸 것이다. 지문 사이의 거리가 설정해둔 초점거리와 차이가 커질수록 색상 % 값이 줄어들었고 이는 응선 사이에 회색화소의 비율이 증가한다는 것을 의미한다. 따라서 지문을 촬영하는 동안 카메라와 지문 사이의 거리가 설정한 초점거리와 같게 유지하는 것이 중요하다 하는 것을 알 수 있다.

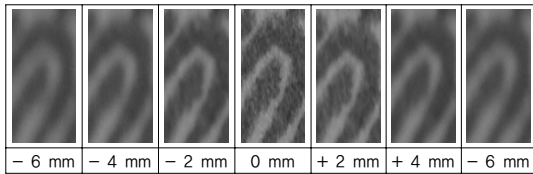


그림 5. 카메라와 지문 사이의 거리를 변화시켜 촬영한 사진의 동일한 구역 비교

표 2. 카메라와 지문 사이 거리를 변화시켜 촬영한 후 측정된 색상 %값

	거리 (mm)	-6	-4	-2	0	2	4	6
1차	백색 화소	182.62	182.87	201.01	194.44	177.17	187.40	183.67
	흑색 화소	22.78	18.08	28.05	24.92	17.94	19.40	19.28
	응선 사이	128.89	134.23	158.23	151.89	127.77	138.94	130.76
	%	66.39	70.48	75.27	74.90	68.98	71.15	67.81

2차	백색 화소	160.23	159.63	160.19	161.53	166.93	155.46	159.42
	흑색 화소	15.05	14.06	12.85	11.63	12.81	13.10	14.00
	응선 사이	105.36	112.16	114.56	118.98	117.96	108.31	105.02
	%	62.21	67.39	69.03	71.61	68.23	66.88	62.59
3차	백색 화소	199.87	188.36	195.99	183.80	202.13	190.64	190.77
	흑색 화소	28.01	23.10	25.36	19.03	26.03	22.02	22.98
	응선 사이	151.81	145.49	152.62	142.31	160.36	146.77	144.55
	%	72.04	74.06	74.58	74.82	76.28	73.98	72.45
4차	백색 화소	191.72	178.35	185.12	188.30	194.23	183.62	189.73
	흑색 화소	20.63	15.44	18.25	18.15	16.90	23.14	24.54
	응선 사이	142.44	131.61	137.36	144.70	142.59	137.38	143.88
	%	71.20	71.31	71.38	74.38	70.88	71.19	72.24
5차	백색 화소	178.97	172.93	177.42	188.59	185.77	180.00	194.78
	흑색 화소	15.09	17.63	16.57	18.88	18.81	20.81	26.41
	응선 사이	126.38	124.57	129.04	144.76	140.60	128.13	135.62
	%	67.91	68.86	69.92	74.17	72.95	67.42	64.86
평균	<b>67.95</b> ±3.96	<b>70.42</b> ±2.53	<b>72.04</b> ±2.78	<b>73.98</b> ±1.35	<b>71.46</b> ±3.26	<b>70.12</b> ±2.96	<b>67.99</b> ±4.39	

### 3. 삼각대 사용 유무에 따른 지문사진 품질의 차이

비교를 위하여 삼각대를 이용한 표준사진을 촬영하였고, 과학수사요원과 일반인이 삼각대를 사용하지 않고 지문을 촬영하도록 하였다. 각 세트는 같은 환경에서 촬영되었다. [표 3]과 [표 4]에서 음영처리 된 부분은 같은 환경에서 삼각대를 이용한 결과이고, 음영처리 되지 않은 부분은 손으로 들고 촬영한 결과이다.

표 3. 삼각대 사용 여부에 따른 색상 %의 수치 차이 (음영 처리 된 부분은 삼각대를 이용한 결과, 백색 부분은 과학수사요원이 손으로 카메라를 들고 촬영한 결과)

	백색화소	흑색화소	응선사이	%	차이
	194.31	63.96	177.33	86.97	
1	188.13	49.97	168.63	85.89	1.09
2	181.01	47.35	162.54	86.18	0.79
	168.21	37.04	147.94	84.55	
3	164.53	35.59	140.07	81.03	3.52

	144.53	24.49	106.01	67.91	
4	115.93	15.39	72.56	56.86	11.05
5	138.55	23.03	95.66	62.87	5.04
6	141.18	21.52	102.54	67.71	0.20
	197.31	38.88	167.60	81.25	
7	197.60	39.60	167.38	80.87	0.37
	137.38	24.40	97.15	64.39	
8	118.03	17.69	76.97	59.08	5.31
9	109.08	13.15	69.01	58.23	6.16
10	112.20	17.10	71.60	57.31	7.08
11	119.86	14.60	79.03	61.21	3.18
	144.52	23.69	104.57	66.94	
12	140.49	24.46	101.68	66.55	0.39
13	138.85	28.94	94.48	59.63	7.31
	143.40	24.91	113.99	75.18	
14	140.29	24.45	109.16	73.13	2.05
15	149.52	27.60	107.20	65.29	9.89
16	150.95	32.85	110.95	66.13	9.05
17	146.46	20.89	115.26	75.15	0.03
18	146.72	20.61	104.49	66.51	8.67
19	148.34	24.66	109.31	68.44	6.74
	184.44	31.49	157.27	82.24	
20	189.16	30.66	148.14	74.12	8.12
	125.05	18.61	104.08	80.30	
21	117.28	17.65	90.95	73.57	6.73
22	101.80	21.01	64.64	54.00	26.29
23	99.56	26.45	71.38	61.46	18.84
24	133.71	25.65	108.52	76.69	3.61
25	122.42	27.78	91.05	66.85	13.45
26	117.24	19.39	92.76	74.98	5.32
	204.71	45.99	175.77	81.77	
27	232.78	50.39	183.01	72.71	9.05
28	224.33	59.78	185.89	76.64	5.13
	206.62	36.83	177.33	82.75	
29	226.15	52.63	194.85	81.96	0.79
	154.80	31.67	138.49	86.75	
30	142.17	22.89	120.76	82.05	4.70
31	152.59	24.86	127.94	80.70	6.05
32	148.13	27.92	126.25	81.80	4.96
33	156.59	30.44	138.78	85.88	0.87
34	160.48	27.81	142.91	86.76	0.00
	181.92	44.28	166.76	88.99	
35	192.75	61.11	165.21	79.08	9.91
	197.47	43.89	163.01	77.56	
36	205.31	40.00	166.61	76.59	0.97
	190.75	30.36	169.31	86.63	
37	162.42	23.54	132.49	78.45	8.18
38	170.06	32.54	141.40	79.16	7.47
	189.12	38.03	163.97	83.35	
39	187.13	36.52	162.05	83.35	0.01
40	215.81	66.48	185.77	79.88	3.47

[표 3]은 과학수사요원 40명을 대상으로 삼각대 사용 유무에 따른 지문사진 품질 차이를 알아본 것이다. 삼각대를 사용하여 촬영한 지문 사진의 색상 %값이 삼각대

를 사용하지 않고 촬영한 지문 사진의 색상 %값보다 대부분 더 높은 것으로 나타났다. 이는 삼각대 없이 카메라를 손에 들고 촬영할 때에 지문 용선 사이에 백색 화소의 수가 줄고 회색 화소의 수가 증가한다는 것을 의미한다. 즉, 삼각대를 사용하지 않고 카메라를 손에 들고 촬영을 하면 지문 사진의 품질의 저하가 발생한다는 것을 알 수 있다.

표 4. 삼각대 사용 여부에 따른 색상 %의 수치 차이(음영 처리 된 부분은 삼각대를 이용한 결과, 백색 부분은 일반인이 손으로 카메라를 들고 촬영한 결과)

	백색화소	흑색화소	용선사이	%	차이
	191.20	30.65	156.27	78.24	
1	183.91	27.75	134.22	68.18	10.06
2	191.37	29.47	148.26	73.37	4.87
3	188.05	37.15	145.32	71.68	6.56
4	180.15	32.79	132.26	67.50	10.74
5	184.24	39.52	146.94	74.23	4.02
6	179.05	37.24	145.48	76.33	1.92
7	183.12	32.91	141.23	72.11	6.13
8	180.52	28.29	146.35	77.55	0.69
9	189.20	34.60	153.78	77.09	1.15
10	189.47	32.84	152.19	76.20	2.04
	193.66	28.25	165.10	82.73	
11	196.77	34.45	167.43	81.92	0.81
12	190.80	27.77	161.59	82.08	0.65
13	194.83	29.87	164.42	81.57	1.17
14	188.50	30.08	159.07	81.42	1.31
15	193.96	34.58	143.63	68.42	14.31
16	190.55	33.92	154.40	76.92	5.81
17	191.90	27.90	162.45	82.04	0.69
18	192.40	29.53	154.74	76.88	5.86
19	179.32	28.37	147.45	78.89	3.85
20	193.52	27.32	164.35	82.45	0.28
	180.29	35.32	162.72	87.88	
21	182.74	34.96	162.54	86.33	1.55
22	179.95	40.85	159.87	85.56	2.32
23	181.56	49.92	166.19	88.32	-0.44
24	175.72	40.31	155.44	85.02	2.86
25	175.77	36.17	158.67	87.75	0.13
26	174.89	48.65	145.04	76.35	11.53
27	175.31	34.81	150.35	82.23	5.65
28	176.87	39.47	155.79	84.66	3.22
29	178.17	36.73	160.38	87.42	0.46
30	173.58	34.65	156.78	87.91	-0.03
	181.72	36.97	161.14	85.78	
31	173.60	60.26	144.13	74.00	11.78
32	180.44	44.53	155.38	81.56	4.22
33	176.66	40.46	151.24	81.34	4.45
34	182.49	39.64	160.77	84.80	0.99
35	176.15	38.01	153.92	83.91	1.87
36	183.69	37.09	160.08	83.89	1.89

37	179,51	40,50	157,94	84,48	1,30
38	177,31	39,51	154,12	83,17	2,61
39	182,39	42,74	159,08	83,31	2,47
40	180,37	44,09	159,23	84,49	1,29

[표 4]는 같은 조건에서 일반인 40명을 대상으로 같은 지문을 촬영하여 비교한 것이다. [표 4]에서도 삼각대를 사용하여 촬영한 지문 사진의 색상 %값이 삼각대 없이 촬영한 지문 사진의 색상 %값보다 더 높은 것으로 나타났다. [그림 6]은 같은 조건에서 (삼각대를 사용하여 촬영한 지문 사진의 색상 %) - (손으로 들고 촬영한 지문 사진의 색상 %)의 분포를 나타낸 것이다. 과학수사원과 일반인의 분포는 큰 경향성을 보이지 않았고, 삼각대를 사용하여 촬영한 지문 사진의 색상 %와 차이가 많이 나지 않도록 촬영을 한 집단을 특정할 수도 없다. 따라서 지문사진 촬영에서 발생할 수 있는 품질의 저하의 요인들 중에서 촬영자의 경험이나 기술에 의한 품질 저하는 큰 요인이 아님을 시사한다.

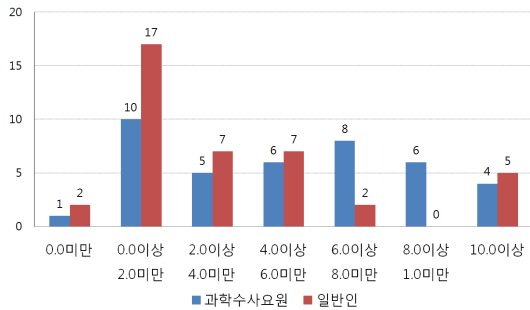


그림 6. 과학수사원과 일반인이 삼각대를 이용한 경우와 손을 이용한 경우의 색상 %값 차이의 분포

#### IV. 결론

본 연구에서는 지문 사진의 품질에 영향을 줄 수 있는 ISO, 적정 초점거리 설정 후 지문-카메라 사이의 거리 변화, 삼각대의 사용 유무에 따라 촬영한 지문 사진을 해상도 측면에서 비교해 보았다. ISO 값을 변화시켜 촬영해 색상 %를 계산해 본 결과, ISO를 변화시켜도 지문 융선 사이의 백색 화소와 회색 화소의 비율을 나타내는 색

상 %값은 큰 차이를 보이지 않았다. 하지만 적정 초점거리 설정 후 지문-카메라 사이의 거리를 변화시킨 실험에서는 카메라의 초점거리와 지문-카메라 사이의 거리의 차이가 커질수록 지문의 융선과 고랑을 구분하는 데 중요한 역할을 하는 백색 화소의 수를 줄이고 회색 화소의 수를 증가시키는 것으로 나타났다. 즉, 지문 사진의 품질을 결정하는 데 있어 ISO의 차이는 큰 영향을 미치지 않지만 초점 거리를 설정한 후 촬영 시 발생할 수 있는 흔들림은 지문 사진의 품질에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 카메라를 손에 들고 촬영할 때 발생할 수 있는 흔들림에 의한 사진 품질 저하 정도를 알아보기 위해, 삼각대를 사용하여 촬영한 지문 사진의 색상 % 값과 과학수사원, 일반인이 카메라를 손에 들고 촬영한 지문 사진의 색상 % 값과 비교해보았다. 삼각대를 사용하여 촬영한 지문 사진의 색상 % 값이 과학수사원과 일반인이 카메라를 손에 들고 촬영한 지문 사진보다 전체적으로 높게 나왔다. 이는 삼각대를 이용하지 않고 촬영할 경우, 융선 사이의 회색 화소의 수가 증가하여 지문 사진의 융선 식별능이 저하되었다는 것을 의미한다. 이는 지문을 구별하는 데에 있어 특징점의 수에 영향을 줄 수 있으며, 최종적으로 지문을 이용한 개인식별에 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 촬영하는 순간에 흔들림에 의해 초점거리와 지문-카메라 사이의 거리가 달라질 수 있기 때문에, 선명한 사진을 얻기 위해서는 지문 촬영 시 카메라를 고정하여 촬영해야 할 것이다. 또한, 과학수사원과 일반인이 촬영한 지문 사진에서 측정된 색상 %값과 삼각대를 이용하여 촬영한 사진의 색상 %값의 차이의 분포는 집단별로 뚜렷한 경향성이 나타나지 않았다. 따라서 좋은 품질의 지문 사진을 얻는 데에는 촬영자의 기술이나 경험보다는 카메라의 초점거리와 지문-카메라 사이의 거리를 같게 유지하는 것이 중요하다.

ISO를 조정하는 것이 사진의 품질에 거의 영향을 미치지 않았지만, 높은 ISO는 사진의 노이즈를 만들 수 있다 [12][15][18]. 경험이 많은 과학수사원들 역시 일반인들과 마찬가지로 촬영 중 손의 떨림이 발생할 수 있기 때문에, 현장 감식에 있어 지문 사진을 촬영할 시에는 삼각대의 사용을 권장한다.

현재 지문을 감정하는 방법으로 과학수사원이 범죄

현장에서 현출한 지문 그대로 근접 촬영하여 컴퓨터에 전송하는 방식으로 이루어지고 있다. 따라서 사진촬영은 지문 감식에 있어 중요한 과정이 되었다. 하지만 본 연구와 같은 지문을 촬영하는 방법에 대한 실증적인 연구가 부족하다. 예를 들어, 지문을 촬영하는 데에 얼마만큼의 화소를 할애해야 하는지, 하나의 프레임 안에 지문이 차지하는 면적을 얼마로 설정하는 것이 지문자동검색시스템 상 가장 좋은지 등을 주제로 한 후속 연구들이 필요할 것으로 생각된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] D. Maltoni, D. Maio, A. Jain, and S. Prabhakar, *Handbook of fingerprint recognition*, Springer Science & Business Media, 2009.
- [2] P. Komarinski, *Automated fingerprint identification systems (AFIS)*, Academic Press, 2005.
- [3] National criminal justice reference service, *The fingerprint sourcebook*, Createspace independent pub, 2014.
- [4] 박형주, 하동환, “객관적인 화질 평가 방법에 관한 연구,” 한국콘텐츠학회논문지, 제12권, 제8호, pp.87-95, 2012.
- [5] Jr. J. H. Anderson, *Admissibility of Photographs as Evidence*, North Carolina Law Review, 1929.
- [6] J. L. Mnookin, “The Image of Truth: Photographic Evidence and the Power of Analogy,” *Yale JL & Human*, Vol.10, 1998.
- [7] 김유진, “디지털사진의 법적 증거 사용을 위한 가이드라인,” *과학수사학*, Vol.5, No.2, pp.165-175, 2011.
- [8] T. Thompson, “The role of the photograph in the application of forensic anthropology and the interpretation of clandestine scenes of crime,” *Photography and Culture*, Vol.1, No.2, pp.165-184, 2008.
- [9] 조형우, *범사진의 증거가치 향상을 위한 디지털 처리과정에서의 진정성 및 무결성 확보에 관한 연구*, 순천향대학교 법과대학원, 석사학위논문, 2016.
- [10] D. Sharma and P. Abrol, “Digital Image Tampering - A Threat to Security Management,” *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, Vol.2, No.10, pp.4120-4123, 2013.
- [11] S. Z. Li and A. Jain, *Encyclopedia of biometrics*, Springer Publishing Company, Incorporated, 2015.
- [12] 하동환, 박형주, “디지털카메라의 노이즈감소기능이 이미지 해상도에 미치는 영향,” 한국콘텐츠학회논문지, 제9권, 제5호, pp.91-98, 2009.
- [13] H. L. Blitzer, K. Stein-Ferguson, and J. Huang, *Understanding forensic digital imaging*, Academic Press, 2008.
- [14] 김채원, *지문감식 및 감정절차상 문제점과 개선방안에 관한 연구*, 순천향대학교 법과대학원, 석사학위논문, 2017.
- [15] SWGIT, *SWGIT Guideline Section8: General guidelines for capturing latent impression using a digital camera, version 1.3*, 2010.
- [16] B. Warren, *Digital Photography*, Cengage Learning, 2012.
- [17] J. A. King, *Nikon D90 for Dummies*, John Wiley & Sons, 2009.
- [18] E. M. Robinson, *Crime scene photography*, Academic Press, 2009.



저 자 소 개

유 제 설(Je-Seol Yu) 정회원



- 1998년 : 경찰대학 법학과(법학사)
- 2015년 : 경기대학교 범죄학과(범죄학 박사)
- 2009년 ~ 2011년 : 국립경찰대학 경찰학과 교수

• 2012년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 법과학대학원 교수

<관심분야> : 지문, 법과학, 법사진학

전 소 영(So-Young Jeon) 정회원



- 2015년 2월 : 부산대학교 물리학과(이학사)
- 2017년 2월 : 순천향대학교 법과학대학원 법과학과 법과학전공(법과학 석사)

<관심분야> : 지문, 법과학, 법사진학

김 규 연(Kyu-Yeon Kim) 정회원



- 2015년 2월 : 순천향대학교 화학과(이학사)
- 2017년 2월 : 순천향대학교 법과학대학원 법과학과 법과학전공(법과학 석사)

<관심분야> : 지문, 법과학, 법사진학

김 지 연(Ji-Yeon Kim) 정회원



- 2015년 2월 : 경희대학교 유전공학과(이학사)
- 2017년 2월 : 순천향대학교 법과학대학원 법과학과 법과학전공(법과학 석사)

<관심분야> : 지문, 법과학, 법사진학

김 채 원(Chae-Won Kim) 정회원



- 2014년 8월 : 순천향대학교 의생명공학과(이학사)
- 2017년 2월 : 순천향대학교 법과학대학원 법과학과 법과학전공(법과학 석사)

<관심분야> : 지문, 법과학, 법사진학

장 윤 식(Jake Jang) 정회원



- 1994년 ~ 2014년 2월 : 경찰청 근무
- 2014년 8월 : 고려대학교 정보경영공학전문대학원(공학 박사)
- 2005년 ~ 2014년 : 국립경찰대학 경찰학과 교수

• 2015년 ~ 현재 : 한림대학교 국제학부 교수

<관심분야> : 사이버범죄, 디지털포렌식, IoT 보안, 범죄분석