

## 적외선 사진술을 이용한 볼펜과 연필의 선후 관계 분석

-문서감정을 중심으로-

Analysis on Sequence of Ball-pen and Pencil by using Digital Infrared  
Photography

-with Emphasis on the Documents Authentication-

김유진\*, 윤성빈\*, 하동환\*\*

경일대학교 사진영상학부\*, 중앙대학교 첨단영상대학원 영상학과\*\*

Yoo-Jin Kim(foto72@hanmail.net)\*, Sung-Bin Youn(thirst77@hanmail.net)\*,  
Dong-Hwan Har(dhhar@cau.ac.kr)\*\*

## 요약

인간은 살아가면서 필요에 의해 많은 문서를 작성한다. 일반적으로 문서란 쌍방 간의 약속인 동시에 거래의 신용에 대한 법률적 기능을 가진다. 문서작성은 양자 간의 동의하에 이루어져야 하며, 문서작성에 대한 투명성을 확보할 때 문서의 진성 성립이 이루어진다. 그렇기 때문에 문서작성 과정에 대한 선후관계 분석은 문서감정에 있어 매우 중요하다. 본 연구에서는 지워진 연필과 남아 있는 볼펜과의 선후관계를 밝혀 보험가입서 작성의 상호동의 유무를 판단할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 이 방법은 연필의 탄소 성분이 볼펜 하단에 존재하는가를 적외선사진을 통해 분석하고 있다. 볼펜 하단에 연필이 있으면 적외선을 흡수하여 진한 농도로 기록되며, 볼펜 상단에 연필을 작성한 것이라면 이미 연필 성분이 많이 지워졌기 때문에 적외선 사진에 별다른 반응을 보이지 않게 된다. 이 방법은 비교적 간단한 적외선 촬영 시스템을 사용하기에 규모가 작은 사설감정소 등에서 많은 도움이 될 것이다.

■ 중심어 : | 적외선 | 적외선사진 | 문서감정 | 필기구 | 과학수사 |

## Abstract

Generally speaking, a document is a mutual promise between two parties and functions as a legally-binding trust for a transaction. A document should be produced on a mutual agreement basis, and its credibility shall be attained if the transparency of a document production is ensured. Therefore, sequence analysis of the procedures in a document production is very important for appraisal of a document. The purpose of this research is to distinguish sequence association between the erased carbon ingredients of a pencil and the ingredients left in a ball-point pen and thus suggest a method that determines whether mutual agreement was applied or not in signing an insurance policy. This method analyzes if the carbon ingredients of a pencil are left in the bottom section of a ball-point pen through infrared photography. If the carbon ingredients of a pencil are left in the bottom section of a pen, the pen shall absorb infrared rays and mark a dense concentration. This method applies a relatively simple infrared photography system and therefore shall be beneficial to a personal appraisal store.

■ keyword : | Infrared | IR Photography | Documents Authentication | Pens | Scientific Investigation |

\* 본 연구는 2010년도 경일대학교 신임교원정착연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

접수번호 : #110104-005

접수일자 : 2011년 01월 04일

심사완료일 : 2011년 03월 29일

교신저자 : 하동환, e-mail : dhhar@cau.ac.kr

## I. 서론

### 1. 연구배경과 목적

문서란 일상생활에서 있을 수 있는 거래의 신용에 대한 법률적 기능을 가진다. 물론 문서 작성은 쌍방 동의가 선행되어야 하며, 문서 작성과정에 대한 투명성이 확보되어야 문서의 진정 성립이 가능해진다. 그러므로 문서 작성의 선후 관계에 대한 분석은 과학적 범죄수사에 있어 중요한 부분을 차지한다[1].

과거시대의 문서는 다양한 필기구를 사용하여 수기로 작성했으나, 현대의 문서는 필기구를 비롯하여 컴퓨터와 레이저 또는 잉크젯 프린터 등을 복합적으로 사용하여 작성한다. 또한 작성이 완료된 문서에 인영 날인 또는 작성자의 서명이 추가되면서 문서의 진정 성립이 이루어진다. 이때 문서의 내용을 작성한 필기구, 출력, 서명 그리고 인영 등이 겹치게 되는데, 이 겹치는 사항을 분석함으로써 문서의 위조 또는 작성 과정에 대한 분석이 가능하다[2-4]. 문서작성의 선후 관계를 분석하는 방법 중 가장 널리 사용하는 것은 현미경으로 문제의 부분을 확대해서 육안으로 판단하는 광학적 기법이다[2]. 그러나 이 방법은 감정사의 주관적, 경험적 판단에 의존할 수밖에 없다는 것이 제한점이다. 그래서 적외선사진, 적외선분광분석법(FIR) 등과 같은 좀 더 과학적인 방법을 사용하여 객관적 분석 자료를 확보하는 연구들이 진행되었다[5][6]. 하지만 대부분의 연구는 가시적인 필적 또는 인영 등의 선후 관계 여부에 집중되었을 뿐, 고의로 지워진 비가시적 필적과 가시적 필적의 선후 관계에 대한 연구는 없었다. 따라서 본 연구에서는 지우개로 선-연필을 고의로 지웠거나 시간이 지남에 따라 지워진 연필선과 문서에 남아 있는 볼펜선과의 선후 관계를 적외선사진으로 분석할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

### 2. 연구범위와 방법

우리가 일상생활에서 자주 작성하게 되는 은행, 보험, 증서 같은 것으로 보면 서명, 주소, 연락처 그리고 서명 등은 반드시 본인이 작성한다. 이는 나중에 있을지 모를 법적인 분쟁에서 문서 작성의 동의 여부로 판단하는

근거가 되기 때문이다. 그래서 대부분 직원 또는 설계사들이 편의를 위해 연필로 미리 작성해서 문서의 내용에 대해 설명하고, 볼펜과 같은 것을 이용하여 본인의 자필로 문서를 작성하도록 유도한다. 이때 연필과 볼펜의 선후 관계는 문서 내용에 대한 사진 동의 여부를 판단하는 중요한 근거가 될 수 있기에 법적 분쟁 시 판결에 결정적 변수가 될 수 있다. 그러나 대부분의 보험증권문서는 연필 자국을 고의로 지웠거나 시간이 지남에 따라 연필 자국이 지워졌기 때문에 연필과 볼펜의 선후 관계를 현미경으로 확대 촬영한다 하더라도 객관적으로 판단하기 어려웠다.

본 연구는 지워진 연필과 남아 있는 볼펜의 선후 관계를 분석할 수 있는 방법을 중심으로 연구하였다. 먼저 적외선과 적외선사진을 촬영할 수 있는 적외선 카메라 시스템에 대한 선행 연구를 진행하였다. 그리고 연필과 볼펜의 특성을 이해하기 위한 이론적 연구를 진행하였다. 그리고 선-연필, 후-연필의 시료와 후-연필, 선-볼펜의 시료를 만들어 두 필기구의 선후 관계를 판단할 수 있는 가능성과 분석 방법을 실험 1을 통해 알아 보았으며, 실험 2에서는 실제 상황의 적용 가능성을 판단하기 위해 실제 보험증서를 작성하여 분석하였다. 이 방법은 기존의 분석 과학적 방법과 달리 고가의 특별한 장비가 필요 없으며 원본문서가 훼손되지 않는 장점을 가진다. 또한 오랜 경험에 의해 판단을 하는 주관적 분석이 아니기에 분석 결과에 대한 신뢰도를 높일 수 있다. 따라서 소규모 연구소 또는 사설감정소 등에서 쉽게 활용할 수 있을 것이다.

## II. 이론적 배경

### 1. 적외선 사진의 특성

19세기 초 Frederick William Herschel(1738-1822)에 의해 발견된 적외선은 여러 연구자들에 의해 발전되었으며 항공, 의학을 비롯한 과학 전 분야에 걸쳐 광범위하게 사용되고 있다[7][8]. 적외선사진에는 적외선 반사 사진 기법과 적외선 형광사진 기법이 있으며, 사용하는 조명과 입사하는 적외선 특성에 따라 구분한다. 적외선

반사사진은 적외선이 많이 포함된 조명을 사용하여 피사체(시료)로부터 반사된 적외선만을 기록하는 기법이며, 적외선 형광사진은 450nm 대역의 단파장 빛을 피사체에 조사하고 피사체(시료)의 형광반응으로 발생한 적외선 발광 현상을 기록하는 기법이다[9]. 문서감정에는 이 두 방법을 모두 사용할 수 있으며 감정목적 및 문서의 작성 형태에 따라 구분하여 사용해야 한다. 적외선을 이용하여 문서감정을 하는 것은 적외선 파장에 따라 필기구의 분광특성이 다르게 나타나는 특성을 이용한 것으로 가시광선 대역에서는 거의 유사한 농도로 보이는 필기구나 하더라도 적외선 장파장 대역으로 갈수록 농도는 다르게 나타난다. [그림 1]을 보면 알 수 있듯이 800nm대역부터 약 850대역 사이에서 필기구의 농도는 그 종류에 따라 다르게 나타났다[10].

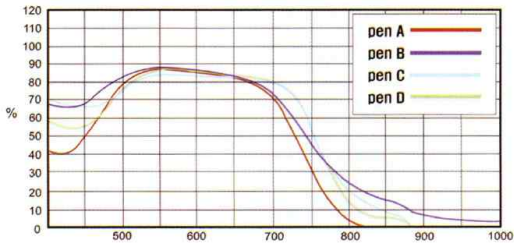


그림 1. 필기구에 따른 분광특성[10]

## 2. 디지털 적외선카메라와 적외선 투과필터

본 연구에서는 효율적인 적외선사진을 촬영하기 위해 적외선 차단 필터(IR-Cut-Off Filter)를 제거한 카메라를 사용하였다.

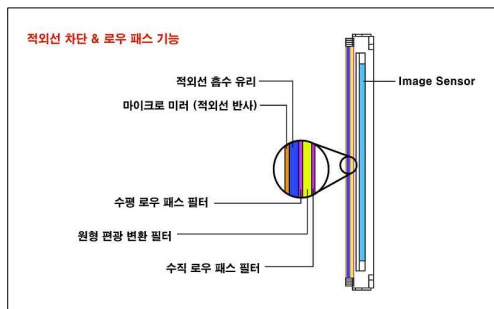


그림 2. 적외선 차단필터

적외선 차단 필터는 이미지센서 앞에 부착되어있다. [그림 2] 이 필터는 매우 얇은 유리 표면에  $TiO_2$ ,  $SiO_2$ ,  $Nb_2O_5$  등을 진공 박막 증착되어 있어 적외선을 차단하고 가시광선만 투과하도록 만들어져있다[11]. 그렇기에 적외선사진을 위해서는 반드시 제거하는 것이 좋다. 적외선 차단 필터를 제거한 카메라는 380-1200nm에 이르는 이미지센서 고유의 감광성을 가지기에 적외선투과 필터를 사용하면 비가시광선 사진을 얻는데 효율적이다[12][13]. 이러한 방식의 적외선 디지털 카메라는 이미 여러 선행연구에서 적외선사진의 효율성에 대해 입증되었다[14][15].

적외선투과필터란 가시광선을 차단하고 적외선만을 투과시키는 필터로 롱 패스 필터와 밴드 패드 필터로 분류된다.

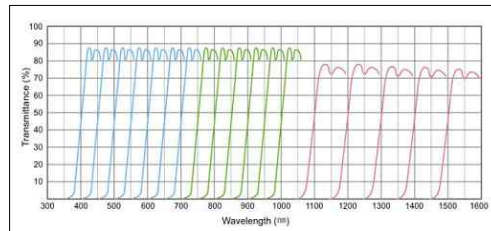


그림 3. 롱 패스 필터의 투과 특성

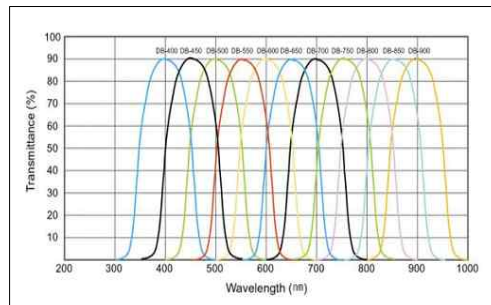


그림 4. 밴드 패스 필터의 투과 특성

롱 패스 필터는 일정 이상의 근적외선 파장 대역부터 원적외선까지 지속된 범위까지 투과시키는 반면 밴드 패스 필터는 특정 적외선 대역에서 피크를 이루며 투과 대역이 좁은 필터를 의미한다[그림3][그림 4]. 롱 패스 필터는 장파장으로 갈수록 렌즈의 분해능에 나쁜 영향

을 주기에 일반적으로 풍경사진 등과 같은 예술분야에 사용하며, 밴드 패스 필터는 롱 패스보다 선명한 화질의 적외선사진을 얻을 수 있어 분석을 위한 연구에 유리하다[16]. 따라서 [그림 1]과 밴드패스 필터의 특성을 고려할 때 필기구 분석은 800 ~ 850nm 대역의 밴드패스 필터를 사용하는 것이 좋다고 판단하였다.

### 3. 연필과 볼펜의 적외선 반응 특성

오늘날의 연필은 흑연과 미세한 진흙을 함께 빚어 마에서 구워 사용한 콘테에 의해 만들어진 것으로 주성분은 흑연에 많이 함유된 탄소이다[17]. 그리고 탄소는 적외선을 강하게 흡수하는 특성이 있으며, 이러한 특성 때문에 적외선 사진에서 연필의 농도는 진하게 나타난다. 이것이 회화의 밑그림을 검출하는 원리이다[18]. 반면 볼펜의 주성분은 염료다. 잉크는 산성염료 또는 염기성염료에 계면활성제, 산화방지제, 점도 조절제, 합성수지, 글리세롤 등과 같은 다양한 화합물질을 넣어 만든다. 주원료는 염료이며 염료를 분석하는 것이 잉크의 특성을 규정하는 것이다[19]. 그러므로 볼펜은 적외선대역에서 염료 특성에 따라 각기 다른 적외선 반사특성을 가진다[10].

## III. 실험

### 1. 볼펜과 연필의 선후 관계 분석 방법

#### 1.1 실험 1의 재료와 방법

표 1. 실험1 재료

| 구분     | 내용   |
|--------|--|
| 광원     | 3200K 할로겐 라이트 (Rime Lite HL 1K)  |
| 타겟     | 선-연필 후-볼펜 시료 / 선-볼펜 후-연필 시료  |
| WB     | Auto   |
| 화질모드   | RAW file, tiff file  |
| 사용프로그램 | Adobe Camera RAW<br>Adobe Photoshop CS5                                  |
| 카메라    | 5D Mark2(with IR-cut-off Filter)<br>5D Mark2 (without IR-cut-off Filter) |
| 렌즈     | Canon 100mm F2.8 Macro   |
| 필터     | 850nm Band-pass Filter   |

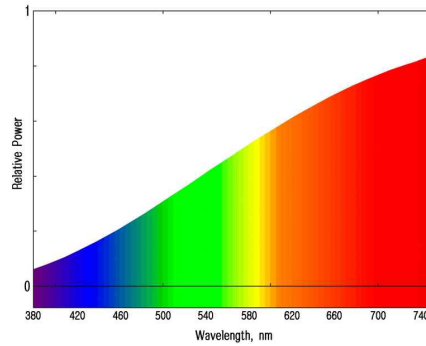


그림 5. 할로겐램프의 분광그래프[19]

본 연구에서 사용한 실험 1의 재료는 [표 1]과 같다. 광원으로는 적외선 사진 실험의 효율성을 극대화하기 위해 적외선 대역이 가장 많이 포함된 할로겐 계열을 사용하였다[20]. 할로겐램프 외의 조명에는 적외선이 상대적으로 적게 포함되어 있어 적외선 사진 촬영 시 노출시간이 증가할 수 있으며, 이로 인해 디지털사진의 화질이 저하될 수 있다고 판단하였기에 조명에 따른 실험은 본 연구에서 배제하였다. 적외선 카메라는 선행연구를 바탕으로 적외선 차단 필터가 제거된 5D Mark2와 밴드 패스 필터를 사용했으며, 동일 기종의 일반카메라를 비교군으로 사용했다. 화질모드는 기본적으로 RAW파일을 선택하였으며 RAW 변환 프로그램을 이용하여 tiff파일로 저장하였다. 렌즈는 근거리 촬영이 가능한 접사 전용렌즈를 사용하였으며, 적외선 필터로는 포토닉스 컴퍼넌츠 그룹(Phonics Components Group)사의 멜리스 그리엇(Melles Griot) 850nm 밴드 패스 필터를 사용하였다.

본 연구에서는 연필과 볼펜의 선후관계 분석 방법을 찾기 위해 먼저 실험 1을 진행하였으며, 실제 사례의 적용가능성을 알아보기 위해 실험2를 진행하였다. 실험 1에서는 선-연필, 후-볼펜의 상황과 선-볼펜, 후-연필 상황의 시료를 준비하였으며 지우개를 이용해서 연필 자국이 육안으로 잘 보이지 않을 때까지 지웠다. 이는 보험증권 작성 시 선-연필을 지우거나 시간이 지남에 따라 지워진 상황을 연출하기 위해서이다. 실험 2에서는 실제 보험증권을 이용하여 선-연필, 후-볼펜의 상황과 선-볼펜, 후-연필

1.2 실험 1의 결과 분석

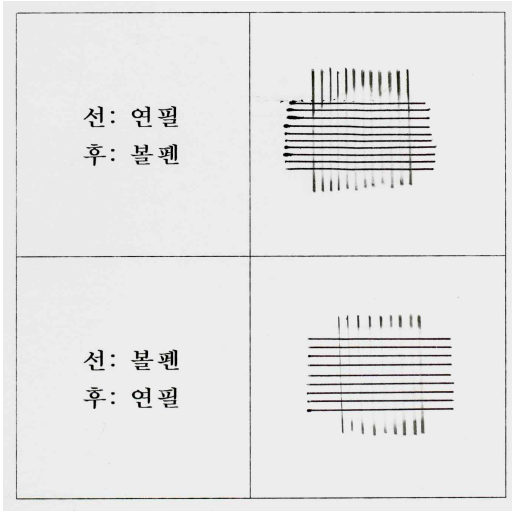
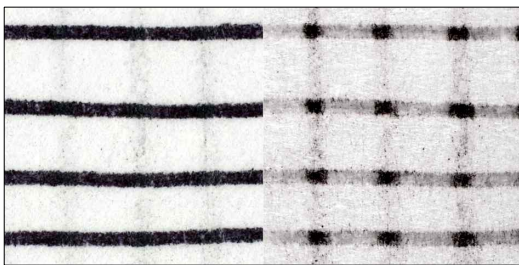


그림 6. 선-연필 후-볼펜, 시료(상)  
선-볼펜, 후-연필 시료(하)

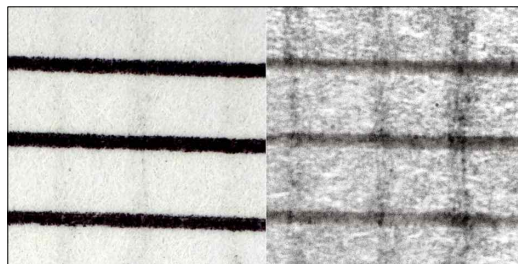
[그림 6]은 실험 1에서 사용한 시료로써 선-연필, 후-볼펜의 상황과 선-볼펜, 후-연필 상황을 연출 한 후 연구목적에 따라 지우개를 이용하여 연필을 지운 것이다. 일반촬영에서는 연필 자국을 확인할 수 있지만 연필과 볼펜의 선후 여부는 판단하기 어려웠다.



(a) (b)  
그림 7. 선-연필, 후-볼펜 실험 결과  
(a) 일반사진, (b) 적외선사진

[그림 7]은 선-연필, 후-볼펜의 시료를 일반촬영 시스템으로 촬영한 것(a)과 적외선 촬영 시스템으로 촬영한 결과(b)를 비교한 것이다. 먼저 일반촬영에서는 지우개로 지운 세로선의 연필이 거의 나오지 않았고 가로

선의 볼펜은 선명하게 기록되었다. 그리고 적외선사진에서 연필 선은 일반촬영 결과와 유사했으나, 볼펜 선은 적외선 반사 특성에 의해 일반촬영보다 농도가 연하게 나타났다. 그러나 두 개의 필기구 선이 겹치는 부분을 보면 농도가 진하게 기록된 것을 알 수 있다. 이는 연필과 볼펜이 겹친 부분에서 상단에 그려진 볼펜이 코팅 역할을 함으로써 지우개에 의해 연필이 완전히 지워지지 않았기 때문에 볼펜선 아래 소량 남아있던 흑연 성분이 적외선을 흡수함으로써 발생한 현상이다. 따라서 특정 적외선 파장 대역을 적용한 적외선 사진술은 연필과 볼펜의 작성 순서를 분석할 수 있는 방법이 될 수 있다.



(a) (b)  
그림 8. 선-볼펜, 후-연필 실험 결과  
(a) 일반사진, (b) 적외선사진

[그림 8]은 선-볼펜, 후-연필의 시료를 일반촬영 시스템으로 촬영한 것(a)과 적외선 촬영 시스템으로 촬영한 결과(b)를 비교한 것이다. 먼저 일반촬영에서는 지우개로 지운 연필선이 거의 나오지 않았고 가로선의 볼펜은 선명하게 기록된 점은 [그림 7]과 같았다. 반면 적외선 사진은 다양한 노출 조건을 고려했음에도 불구하고 연필과 볼펜이 겹치는 부분에서 연필선이 진하게 나타나는 현상이 없었다. 이는 볼펜 위에 있었던 흑연 성분이 지우개에 의해 지워졌기 때문에 [그림 7]과 다른 결과가 나타난 것으로 판단된다. 따라서 연필과 볼펜의 선후관계는 적외선 사진술을 이용해서 충분히 그 관계를 유추할 수 있다.

2. 보험증서의 적용 실험

2.1 실험 2의 재료와 방법

표 2. 실험2 재료

| 구분        | 내용   |
|-----------|--|
| 광원        | 3200K 할로겐 라이트 (Rime Lite HL 1K)  |
| 타겟        | 보험가입/청약서 (가상으로 제작)   |
| WB / Mode | Auto   |
| 화질모드      | RAW file, tiff file  |
| 사용프로그램    | Adobe Camera RAW<br>Adobe Photoshop CS5                                  |
| 카메라       | 5D Mark2(with IR-cut-off Filter)<br>5D Mark2 (without IR-cut-off Filter) |
| 렌즈        | Canon 100mm F2.8 Macro   |
| 필터        | 850nm Band-pass Filter   |

본 연구에서 사용한 실험 2의 재료는 [표 2]에 있는 것으로 실험 1과 시료만 변경되었을 뿐 광원, 모드, 사용 카메라, 렌즈, 필터 등은 모두 동일하였다.

2.2 실험 2의 결과 분석

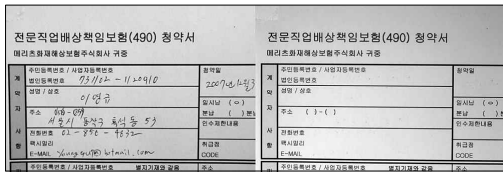


그림 9. 선-블렌, 후-연필의 결과 일반촬영(좌)과 적외선촬영(우)

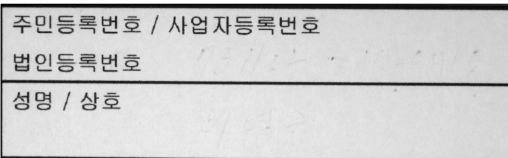


그림 10. 선-블렌, 후-연필의 적외선사진 확대

[그림 9]와 [그림 10]은 선-블렌, 후-연필의 보험청약서를 가상으로 만들어 촬영 비교한 결과이다. 적외선 사진을 확대한 [그림 10]을 보면 블렌이 눌러서 생긴 자국의 형태와 필기 시작점에서 생긴 블렌 찌꺼기 일부만 보일 뿐 적외선분광반사 특성 때문에 연필과 블렌 모두 지워진 형태가 되었다. 따라서 이 문서는 연필보다 블렌이 먼저 작성된 것이다.

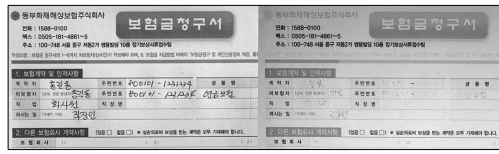


그림 11. 선-연필, 후-블렌의 결과 일반촬영(좌)과 적외선촬영(우)

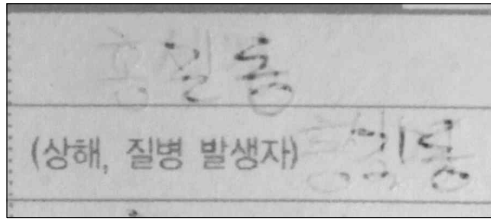


그림 12. 선-연필, 후-블렌의 적외선사진 확대

[그림 11]과 [그림 12]는 선-연필, 후-블렌의 상황을 가상으로 만들어 실험한 결과이다. [그림 12]를 보면 연필과 겹치지 않은 부분은 희미한 블렌 자국으로만 보이는 반면 연필과 블렌이 겹쳤던 부분은 농도가 진하게 나타났다. 이는 연필 위에 있던 블렌이 코팅 역할을 했기에 연필이 완전히 지워지지 않았기 때문이다. 따라서 이 문서는 블렌보다 연필이 먼저 작성된 것이다.

IV. 결론

보험에서 가입서 또는 청약서를 작성할 때, 설계사와 가입자간의 동의는 보험금 지급에 있어 매우 중요한 사항이라 할 수 있다. 그렇기 때문에 모든 가입 문서를 작성할 때는 반드시 직원들이 가입자의 자필로 작성해야 할 곳을 설명하거나 표시해주며 약정에 대해 설명한다. 이 과정의 유무에 따라 보험금 지급에 영향을 받을 수 있다. 본 연구는 그런 상황에 발생할 수 있는 연필과 블렌의 선후관계를 분석할 수 있는 문서감정 방법을 제안하였다.

본 연구에서 제안하는 방법인 적외선 사진술은 이미 문서감정에 필수적으로 사용하고 있지만 대부분 필기구의 분광반사 차이를 이용하여 문서의 위변조를 판별

하는데 적용한다. 그리고 필기구 선후작성 여부를 알아보고자 하는 경우는 적외선사진보다 현미경을 이용하여 육안으로 면밀히 관찰하거나 촬영하여 분석하는 방법을 적용했다. 그러나 인영과 프린트물의 선후관계를 적외선으로 분석하기 시작함으로써 문서작성의 선후관계 분석에 적외선이 도움이 될 수 있다는 점을 선행연구를 통해 알았으며, 본 연구에서는 두 개의 필기구 선후관계도 파악할 수 있음을 실험을 통해 입증하였다.

디지털사진 시대로 접어들면서 적외선사진은 더 이상 어려운 사진술이 아니다. 적외선 차단 필터를 제거하면 카메라의 라이브-뷰 기능을 활성화시켜 실시간으로 영상을 확인하면서 기록이 가능하다. 그렇기 때문에 사진에 대한 기초적인 지식만 있어도 문서작성 선후관계를 알아보는 실험이 가능하다. 그동안 국과수나 대검찰청과 같은 기관에서 보유하고 있는 도큐센터(docucenter) 같은 고가의 장비에 의존했던 적외선사진 문서감정이 디지털사진술에 의해 보편화될 수 있다. 따라서 이 연구를 시작으로 사실감정소 또는 소규모 대학 연구소에서도 문서감정과 관련된 응용연구가 더 활발히 진행되길 기대한다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 이영수, 최섭, 김동욱, 양후열, 진명수, 박찬문, “문서작성과 인영 날인의 선 후 관계에 관한 연구”, 한국법과학회 학술대회, Vol.2001, No.1, p.170, 2001.
- [2] S. Kasas, A. Khanmy-Vital and G. Dietler, “Examination of line crossing by atomic problem,” J. Forensic Science, Vol.119, pp.290-298, 2001.
- [3] G. Poulin, “Establishing the sequence of strokes: the state of art,” Int J Forensic Doc Examiners, Vol.2, pp.16-32, 1996.
- [4] L. J. Hart and B. B. Carney, “Typewriting versus writing instrument: a line intersection problem,” J Forensic Science, Vol.34, pp.1329-35, 1989.
- [5] Katherine Bjoko, Claude Roux, and Brian J. Reedy, “An Examination of the sequence of Intersecting Lines Using Attenuated Total Reflectance-Fourier Transform Infrared Spectral Imaging,” J. Forensic Science, Vol.53, No.6, pp.1458-67, 2008.
- [6] 나기현, 양후열, 최섭, 진명수, 이영수, 김준석, 박찬문, 김동욱, “적외선을 이용한 인영과 출력문자의 선후 관계에 대한 연구”, 한국법과학회 학술대회, Vol.2005, No.1, p.262, 2005.
- [7] <http://www.msp.rmit.edu.au/Article.html>
- [8] 문광오, “합성 적외선 영상 생성기법 연구”, 성균관대학교 과학기술대학원 석사학위논문, 2004.
- [9] 김유진, 하동환, “디지털 형광사진 촬영을 통한 범죄현장의 잠재증거 현출 연구”, 한국경찰연구학회, 제8권, 제1호, pp.153-160, 2009.
- [10] 김영수, 김동욱, 이중, 이용대, 손영호, 김유진, 임수식, “비가시광선을 이용한 범죄사진 연구”, 한국사진학회지, 제11권, pp.15-25, 2004.
- [11] 유연석, 최상석, “PMMA기판에 CeO<sub>2</sub>와 SiO<sub>2</sub>를 코팅하여 제작된 적외선 차단필터”, 한국광학회지, 제17권, 제5호, pp.480-486, 2006.
- [12] 홍정의, “디지털 카메라의 적외선 차단 필터에 관한 연구”, 한국사진학회지, 제14권, pp.120-131, 2006.
- [13] 이영규, 하동환, “디지털 자외선 사진을 위한 적정 디지털 카메라 시스템”, 한국콘텐츠학회논문지, 제10권, 제7호, pp.40-48, 2010.
- [14] 김유진, 하동환, “디지털 형광사진 촬영을 통한 범죄현장의 잠재증거 현출 연구”, 한국경찰연구학회, 제8권, 제1호, pp.153-160, 2009.
- [15] 윤성빈, 김유진, 조윤철, 하동환, “디지털 카메라를 이용한 적외선 반사 사진기술에 대한 연구”, 한국사진학회지, 제17권, pp.34-45, 2007.
- [16] 윤성빈, “디지털 적외선 촬영을 위한 통합 시스템 연구”, 중앙대학교 첨단영상대학원 석사학위논문, 2008.



[17] 지현경, “연필을 이용한 일러스트레이션 표현”, 이화여자대학교 산업미술대학원 석사학위논문. 1995.

[18] J. R. J. Van Asperen de Boer, “Slowly towards improved infrared reflectography,” University of Amsterdam. 2003.

[19] 황지용, “모세관 전기영동 장치를 이용한 불펜 잉크의 분석”, 숙명여자대학교 대학원 석사학위 논문, 2009.

[20] 이인희, “사진으로 표현된 산업용 광원으로써 PLS 광원의 특성 연구”, 한국사진학회지, 제18권, pp.29-41, 2008.

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 교육공학 (Ph.D)

▪ 1999년 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원 교수  
 <관심분야> : 과학사진, 특수영상

저 자 소 개

김 유 진(Yoo-Jin Kim)

정회원



- 2003년 8월 : 경일대학교 사진영상학과(미술학학사)
- 2005년 5월 : 중앙대학교 첨단영상대학원(영상예술학석사)
- 2008년 2월 : 중앙대학교 첨단영상대학원 박사과정 수료

▪ 2009년 3월 ~ 현재 : 경일대학교 사진영상학부 조교수

<관심분야> : 과학사진, 디지털사진, 범죄사진

윤 성 빈(Sung-Bin Youn)

준회원



- 2006년 2월 : 경일대학교 사진영상학과(미술학석사)
- 2008년 8월 : 중앙대학교 첨단영상대학원(영상예술학석사)
- 2009년 1월 ~ 11월 : 대검찰청 영상분석실

▪ 2009년 12월 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원디지털과학사진팀 연구원

<관심분야> : 과학사진, 디지털사진, 범죄사진