

천연오염 평가에 대한 화상분석의 응용

이 일 심 · 차 옥 선

한양대학교 의류학과

Application of Image Analysis to the Evaluation of Natural Soils

Il Sim Lee · Ok Seon Cha

Dept. of Clothing and Textiles, Hanyang University

(1996. 10. 15 접수)

Abstract

The typical instrumental assessment of ununiform natural soils has been carried out by yellowing of the specimens instead of the surface reflectance or the calculated formula. However, the regular instrumental area of sample holder is necessary for the measure of yellowing. Therefore, this study attempted to apply image analysis which had full color image by scanning of one time without limitation of instrumental area. The test samples were analyzed pseudo and full color image. This paper evaluated soil with hue of yellowing and gradation of gray level with color image analysis. Then, it was studied propriety of image analysis with correlation of yellowing, hue and gray level. Ultimately, the proposed image analysis in this paper was advanced method against the typical instrumental assessment.

I. 서 론

천연오염 평가법으로는 관능 검사법, 분광학적인 방법, 화학분석방법 등이 쓰이고 있다. 관능 검사법은 육안으로 오염을 비교 판정하는 것으로 一對 비교법에 의한 평가, 세정력 지수에 의한 평가¹⁾, 세정력 평가 전용 gray scale에 의한 평가²⁾가 있으나 평가자들에 의한 오차가 생기기 쉽다.

분광학적 방법은 시료 표면에 빛이나 전자를 照射해서 분석하는 방법으로 분광 광도계법, 반사 적외 흡수 스펙트럼법, 형광 X선 분석법, 광전자 분광법등이 있다.

화학 분석법으로는 오염포의 지질 성분을 유기용매로 추출한 후 정량하는 방법, 오염포의 단백질 성분을 질

소 함량의 측정으로 세척물을 구하는 켈달(Kjeldahl) 법³⁾과 0.1N NaOH로 열 추출 후 銅-folin 시약으로 발색시켜 분광광도계로 정량하는 방법이 있다. 그의 플라즈마 크로마토그래피법, 방사능 트레이서(tracer)를 이용하는 방법 등이 있다.

천연오염 평가에 관한 다수의 연구 중에서 Murata 등⁴⁾은 착용과 세탁을 반복한 백색물을 유기 용매를 사용하여 잔류 축적된 피지 오구(汚垢)를 추출 정량하고, 잔류오구에 의해 영향을 받는 황변도를 색차계를 이용하여 b값을 측정하여 잔류 오구량과 황변도와의 관계를 평가하였다. Webb 등⁵⁾은 주사 전자 현미경(scanning electron microscope: SEM)을 사용하여 세계 종류별로 세탁한 시료들의 섬유 구조 내부에 축적된 천연 잔류오구의 분포량을 서로 비교하였다. Obendorf 등⁶⁾은

폴리에스테르, 먼 서츠를 착용하여 세탁한 것과 세탁하지 않은 것으로 나누어 옷깃에 부착되어 있는 천연오구 분포를 SEM으로 얻은 화상과 에너지 분산형 x-선 분광기(energy dispersive x-ray spectrometer: EDS)의 원소 분석 스펙트럼으로 오염포, 세정포의 오구 농도와 섬유 표면, 내부 구조의 세정성을 비교하였다. Bhat 등⁷⁾은 면섬유에서 땀이 오구과 같이 황변을 일으킨 정도를 전자현미경으로 받은 화상으로 분석하였으며 이러한 전자 현미경을 통한 화상분석은 섬유의 구조와 형태 변화를 연구하는데 중요한 기술이라고 하였다.

그러나 지금까지 천연오염 평가법으로 사용되는 정량 분석은 너무 많은 시간과 노력이 필요하며, SEM이나 EDS의 활용은 주사전자 화상과 x-ray 화상을 분석하는 것으로 특정한 오구 성분의 거동을 조사하는데 적합하다. 그래서 原田 등⁸⁾은 무색의 지질 오구의 제거 평가를 정량 분석하지 않고 간단하고 편리한 평가 방법이라고 할 수 있는 측색기를 이용한 계측 평가를 하기 위해서, 세탁 후 오구가 잔류된 폴리에스테르를 과망간산칼륨으로 산화시켜 지질 오구가 갈색으로 변한 것을 측색하여 색차로 평가하는 방법을 사용하였다. 그러나 시료의 지질 오구를 산화시켜 변색된 부분을 측색하는 평가법은 시료가 면일 경우는 면이 산화 변색되므로 사용할 수 없다. 또한 황변도는 일정한 계측 면적을 필요로 하는 분광광도계로 여러번 측정할 것을 평균하여 얻는 것이므로, 천연오염 평가법을 기기에 의한 객관적인 평가와 계측 면적의 제한 없이 조작이 간단하고 실용상 유효한 방법으로 측정하려면 어떤 새로운 방법이 필요하다. 이러한 새로운 방법으로 화상분석시스템(image analysis system: IAS)⁹⁾을 응용할 수 있다.

화상분석은 광학 현미경, 전자 현미경, CCD(charged coupled device) camera, 스캐너, x선 현미경과 같은 입력 매체를 통한 영상을 컴퓨터가 처리할 수 있는 디지털 값으로 변환¹⁰⁻¹³⁾, 그 값을 화상처리 기법을 통한 계산 과정을 거쳐서 원하는 새로운 화상으로 처리함으로써 관찰하고자 하는 목적물의 면적, 장반경, 둘레, 길이, 농도, 각도 등을 측정하여 수치적으로 도출한 결과를 통계적으로 처리하여 측정 화상의 특성을 분석하는 것이다¹⁴⁻¹⁹⁾. 최근에는 컴퓨터 관련 장비의 저가격화와 그 응용 분야의 확대에 따라 해상도가 높은 스캐너²⁰⁾를 사용하면 시료 크기 제한이나 흑백으로 화상 처리된 종래의 Image Analyzer²¹⁾의 단점을 극복할 수

있기 때문에 계측 면적의 제한없이 여러 곳을 동시에 측색하여, 實在색과 유사한 색상의 이미지로 시료를 분석할 수 있다.

Tagawa 등²²⁾은 분광 광도계나 색차계로는 측색정이 불가능한 매우 작거나 여러가지 색으로된 패턴의 염색 견뢰도 평가를 화상분석으로 할 수 있는 새로운 기법을 제시하였다. 이러한 연구는 화상분석의 타당성을 염색 물을 가지고 검증한 것이고 오구에 적용한 연구는 시도된 바 없다. 그러므로 황변된 시료의 화상을 이용하여 계측 면적 제한없이 측색하여 분석할 수 있는 화상분석을 오염 평가에 응용하고자 한다.

따라서 본 연구에서는 천연오염포로 일반 가정에서 착용과 세탁을 반복한 백색 드레스 셔츠의 칼라를 사용하였다. 시료의 사진을 스캐닝한 pseudo color 화상(이미지)과 시료 그대로를 스캐닝한 full color 화상을 분석하여 서로의 차이점을 비교하였고 오염분포 면적분율을 계산하였다. 그리고 황변의 색상, gray level의 등급화로 오염평가를 하였으며 황변도와 황변의 색상, gray level의 상관성을 살펴 화상분석의 응용 타당성을 고찰하였다.

II. 실험

1. 시 료

시판 드레스 셔츠 생산업체에 착용자의 사이즈별로 주문 제작한 형광증백 면 100% 남성용 백색 드레스셔츠 2枚와 세제를 20세대에 공급하였다. 20세대중 10세대는 농축 무효소세제를, 나머지 10세대에는 농축 효소세제를 사용하게 하였다. 농축 무효소세제는 LG 화학의 농축세제 base를 사용하였으며, 농축 효소세제는 농축 무효소 성분에 단백질 분해 효소인 Savinase(Novo社) 1.0%와 트리글리세리드 분해효소인 Lipolase(Novo社) 0.5%가 포함된 것이다.

1994년 11월5일부터 1995년 6월10일까지 약 6개월간 백색 드레스 셔츠를 자주 착용하는 성인남자가 있는 가정에서 착용과 세탁을 평소의 세탁습관에 따라 반복하게 한 다음 회수하였다. 마지막 세탁한 드레스 셔츠의 칼라 부분을 시료로 사용하였다. Fig. 1은 분석 대상 영역을 표시한 것이다. Fig. 1에서 보면 분석 대상 영역은 위칼라와 칼라 밴드를 잇는 봉제선을 기준으로 위, 아래 황변이 심한 부분이 포함되도록 설정하였다.

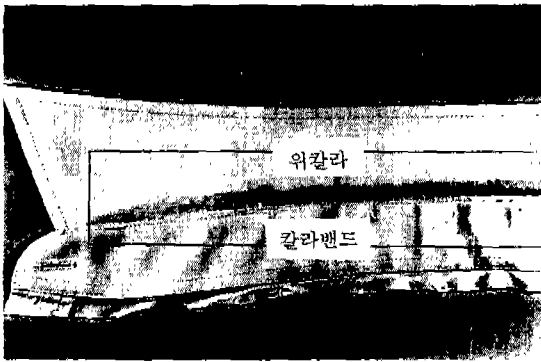


Fig. 1. The analyzed region region in a shirt collar.

2. 황변도 측정

Fig. 1의 분석대상영역내 위칼라와 칼라밴드의 황변된 부분을 분광광도계(spectrophotometer: coloreye, Macbath社 CE-3000-specular port include)로 CIE 표색치 b*값을 측정하고 황변도(Δb*)는 세탁한 시료의 b*값-비착용포 b*값으로 부터 산출하였다.

3. 가상 (pseudo) color에 의한 화상 분석

1) 흑백 화상 표현

시료를 화상분석에 필요한 흑백의 화상으로 표현하기 위하여 사진 촬영을 하였다. 시료는 무효소 세제를 사용하여 21회 착용과 세탁을 반복하고 회수시 세탁한 시료 가운데 하나를 택하여 사용하였다. 광원의 밝기, 각도, 거리, 노출 시간을 일정하게 하여 촬영한 후 D-76 Kodak 현상액, 현상 온도 24℃, 현상 시간 8분, 교반 25rpm, 정착 4분의 조건으로 현상하여 Tmax-RT 인화 현상액과 온도 22℃, 시간 40초로 인화한 사진을 준비하였다.

준비된 사진을 화상 스캐너(ScanJet IIcx, HP社)로 스캐닝한 다음 Image Analyzer(Quantimet 500+, Leica Cambridge社)로 화상분석하여 오염의 각 픽셀에 해당하는 gray level을 측정하였다.

2) 히스토그램

분석 대상 영역내 각 gray level에 대한 픽셀수를 히스토그램으로 나타내었다²³⁾.

3) 오염 분포 면적분을 계산

$$\text{오염 분포 면적분율(\%)} = (\text{오염 부분의 픽셀수} / \text{총 픽셀수}) \times 100$$

오염 부분의 픽셀수는 평균 gray level 이하의 픽셀수를 합한 것이다. 평균 gray level은 0-288 픽셀 (289개)에 해당되는 gray level 값을 합한 것을 289로 나누어 구하였다.

$$\text{총 픽셀수} = \sum_{i=0}^{255} \text{Pixels}(\text{gray level } i)$$

$$\text{오염 부분의 픽셀수} = \text{평균 gray level 이하의 pixels의 합}$$

$$\text{평균 gray level} = \frac{\sum_{i=0}^{255} \text{gray level}(\text{pixel } n)}{289}$$

4. full color에 의한 화상분석

1) 스캐닝 준비

스캐닝할 때 음영을 없애기 위하여 시료의 뒷면을 다림질하고, 검은 색지위에 비착용포와 시료를 올려 놓고 유리판으로 눌러 스캐닝 준비를 하였다. 스캐닝하는 시료는 무효소 세제와 효소세제를 사용하고 회수시 세탁한 시료 20매를 사용하였다.

2) color 화상읽기(scanning)

시료의 화상을 그대로 재현해서 정밀 분석하기 위하여 color 화상 및 사진 전용의 화상스캐너(ScanJet IIcx, HP社)를 사용하였다. 사용한 화상스캐너는 전하 결합소자(charged coupled device: CCD)와 2중 형광등(twin fluorescent lamp)이 있는 광원으로 이루어져 있으며, 광학 분해능(optical resolution)은 400 dpi(dot per inch)이다.

스캐닝할 때 시료의 정확한 화상 재현을 위해 비착용포를 황변도의 판단의 기준으로 삼고, 시료와 비착용포를 동시에 스캐닝한다. 스캐닝시의 명암(contrast: 1~250) 및 밝기(brightness: 1~250)는 입력되는 화상의 색에 변화를 주지않기 위해, default값인 125를 적용하였다.

3) photo-styler로 color 화상 저장 및 화상 분석 시스템 운용

화상 스캐너로 부터 입력되는 화상을 화상 처리용 소프트웨어인 photo-styler²⁴⁾를 사용하여 디지털 신호로 저장하였다. 본 연구에서는 화상의 폭과 길이에 대한 변화 및 찌그러짐을 방지하고 화상 데이터를 적절한 크기로 변환하기 위해 scaling을 76%(1.4 MByte)로 하여 화상을 저장하였으며, uniform option(default값 125)을 선택하였다.

화상분석 시스템 사용 환경은 MS-windows(ver. 3.1)와 GUI 환경(graphic user interface)이며, 사용한 칼라 모니터의 해상도(resolution)는 800×600 픽셀이고 칼라를 모니터에 표현하는 VGA(video graphic adaptor)는 1픽셀당 256 colors를 표현하는 것을 사용하였다. 그러나 시료의 화상을 분석할 때는 화상분석 전용의 소프트웨어(image analySIS 2.0: Soft Imaging Software GmbH)를 사용하여 photo-styler에 저장된 화상을 million color로 불러들여 24 비트의 분해능으로 16,777,216개의 색을 재현하여 분석하였다.

4) 분석 대상 영역의 설정

시료에서 분석하고자 하는 대상 영역의 설정은 마우스를 이용하여 자유롭게 설정할 수 있으나, 본 연구에서는 관심의 대상인 황변된 부분이 비교적 직선적으로 분포하는 시료의 특성과 각 시료마다 계측할 때의 오차를 배제하기 위하여 직사각형(rectangle) 프레임을 선택하여 프레임의 픽셀수를 133×553으로 일정하게 설정하였다. 프레임의 크기를 보정하기 위하여 계측용자를 사용하여 스캐닝 한다음 photo styler로 화상을 저장하고 화상분석 시스템으로 화상을 불러 들였을 때 1 cm 안에 39개의 픽셀이 들어 있으므로, 픽셀 1개의 크기는 0.2564 mm×0.2564 mm이며 프레임의 크기는 3.4 cm×14.2 cm이었다.

5) 오염된 부분의 hue측정

오염의 정도를 분석하기 위해 시료의 위칼라와 칼라 밴드에서 육안으로 오염 부분으로 판단이 되는 부분에서 임의의 8점을 random하게 선정하여 측색한 것을 각각 RGB로 분류하고, HSI 모델에서 해당되는 색상

(Hue)을 측정하여 이를 평균 값으로 통계 처리함으로써, 색상의 농도로 각 시료의 황색계의 착색과 오염 정도를 분석한다. 비교 분석의 기준이 되는 비착용포에 대해서도 동일하게, 임의의 8점을 random하게 선정하여 RGB 값으로 얻어진 색상을 측정하여 이를 평균값으로 통계처리하여, 각 시료의 황변도와 오염 정도를 분석하는 기준으로 사용한다.

스캐닝한 full color화상은 매트릭스나 텐서(tensor)와 유사한 수학적 구조를 가지며 화상의 색 표현은 색 입방체로 색의 위치를 나타내는 RGB color 모델과 3차원의 색 공간을 만드는 3면 구조로 된 피라미드 형태의 HSI color모델을 사용하여 RGB 및 HSI를 측정하여 표현한다²⁶⁾.

Fig. 2는 삼각형 구조로 된 HSI color model을 나타낸 것이다. RGB 모델은 단위 6면체로 표현할 수 있으나 HSI color 모델은 Fig. 2와 같은 피라미드 형태로 되어 있다. 각 점이 3개의 기본 color로 이루어지는 삼각형의 내부의 모든 color는 색도도(chromaticity diagram)로 표현된다.

hue는 red축에 대한 각도로 결정되며 color point p의 색상(H)는 red 축에서의 벡터(vector) 각도로 표현되며, 만일 H=0°이면 color는 red가 되고 H=60°이면 yellow가 된다. color point p점의 채도(S)는 white에 의해 희석되지 않은 각도를 의미하고, 삼각형의 중심에서 P점까지의 거리에 비례하게 된다. 즉 P점이 삼각형의 중심에서 멀리 떨어질수록 color의 채도는 더욱 큰 값을 갖는다. HSI 모델에서 강도(intensity: I)는 black으로 부터의 수직거리에 관계된다. 삼각형의 중

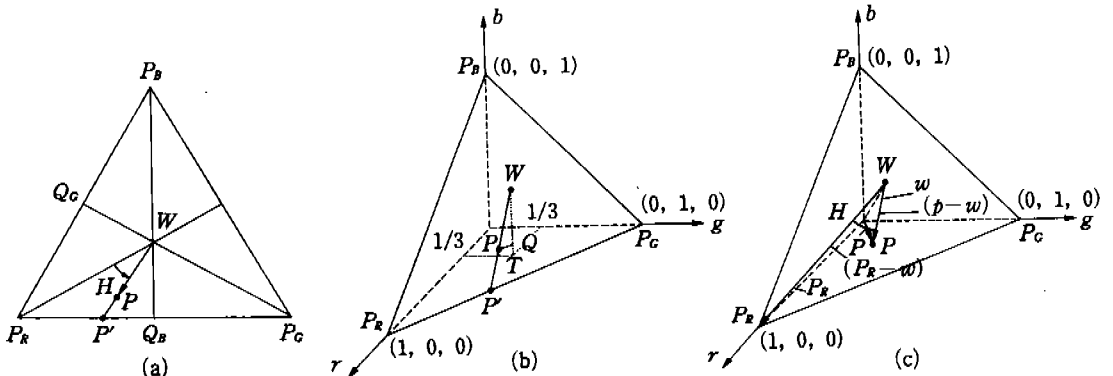


Fig. 2. Details of the HSI color triangle

Table 1. Gray level of soil distribution on a washed shirt collar

Pixel	Gray level	Pixel	Gray level	Pixel	Gray level	Pixel	Gray level	Pixel	Gray level	Pixel	Gray level	Pixel	Gray level
0	203	42	178	84	133	126	8	168	176	210	156	252	138
1	204	43	176	85	129	127	8	169	178	211	151	253	137
2	186	44	172	86	120	128	8	170	177	212	153	254	138
3	194	45	169	87	108	129	22	171	172	213	157	255	133
4	200	46	166	88	82	130	50	172	173	214	158	256	139
5	199	47	157	89	46	131	88	173	169	215	158	257	140
6	199	48	152	90	1	132	124	174	177	216	161	258	141
7	193	49	160	91	1	133	158	175	177	217	166	259	137
8	193	50	158	92	1	134	168	176	169	218	166	260	141
9	198	51	146	93	1	135	173	177	167	219	161	261	140
10	200	52	140	94	1	136	173	178	169	220	161	262	133
11	191	53	141	95	27	137	176	179	176	221	158	263	133
12	194	54	141	96	74	138	181	180	182	222	163	264	134
13	120	55	134	97	96	139	178	181	182	223	158	265	138
14	1	56	147	98	108	140	181	182	181	224	153	266	146
15	157	57	148	99	120	141	178	183	173	225	163	267	141
16	190	58	147	100	133	142	190	184	164	226	167	268	139
17	185	59	143	101	138	143	188	185	161	227	168	269	132
18	181	60	158	102	150	144	188	186	163	228	156	270	141
19	177	61	152	103	14	145	186	187	158	229	157	271	148
20	186	62	152	104	27	146	188	188	156	230	156	272	148
21	190	63	150	105	33	147	187	189	151	231	156	273	141
22	191	64	164	106	40	148	183	190	150	232	148	274	150
23	190	65	158	107	52	149	185	191	158	233	148	275	153
24	193	66	146	108	71	150	183	192	155	234	150	276	155
25	199	67	156	109	86	151	176	193	156	235	151	277	146
26	200	68	158	110	96	152	169	194	156	236	147	278	147
27	191	69	161	111	108	153	90	195	164	237	151	279	150
28	191	70	160	112	119	154	14	196	167	238	151	280	155
29	188	71	155	113	126	155	168	197	163	239	148	281	148
30	185	72	153	114	141	156	185	198	172	240	147	282	141
31	182	73	168	115	151	157	186	199	171	241	147	283	143
32	169	74	164	116	151	158	186	200	166	242	150	284	148
33	161	75	161	117	52	159	178	201	156	243	152	285	147
34	168	76	157	118	46	160	185	202	151	244	141	286	148
35	167	77	160	119	54	161	190	203	148	245	143	287	146
36	160	78	157	120	56	162	193	204	150	246	143	288	152
37	164	79	163	121	64	163	190	205	155	247	155		
38	158	80	95	122	63	164	191	206	155	248	146		
39	168	81	1	123	46	165	188	207	153	249	137		
40	171	82	40	124	30	166	185	208	150	250	141		
41	172	83	155	125	14	167	182	209	153	251	139		

심을 지나는 수직선을 따라가면 삼각형 이하의 점에서는 어두우며 black으로 되고, 역으로 삼각형 이상의 점에서는 밝고 최종 white로 된다. 즉 black으로부터 멀어질 거리가 클수록 color의 intensity도 커지게 된다.

6) 오염된 부분 검출 및 color화상의 gray level변환
시료내에 설정된 분석 대상 영역인 직사각형 프레임 내부의 황변된 부분의 검출은 황변되지 않은 부분을 기

준으로 RGB color 신호를 0~255까지의 256개의 gray level로 변환하여, 기준 이상의 황변된 부분의 gray level을 검출하여 이를 선택된 임의의 색으로 채색하여 display 해주며 채색된 부분의 pixel 수를 count 함으로써 오염 부분의 면적분율을 계산할 수 있다. color 화상을 gray level로 변환하는 것은, color 화상을 구성하는 RGB의 각 요소를 곱하면 최소 0에서

최대 2553(=16,581,375)으로 표현되므로, 이를 0~255의 256(=28)개의 gray level로 분할하여 나타낸다.

III. 결과 및 고찰

1. 흑백 화상분석

분석 대상 영역에서 2종류의 gray level을 구하였다. 첫째 황변이 된 부분을 길게 따라가면서 황변부분의 일부분인 289 픽셀의 gray level을 구하였고, 둘째 황변된 부분을 포함한 전체 분석 대상 영역의 gray level을 살펴보았다.

1) 오염 부분의 평균 gray level

Table 1은 분석에 사용한 시료의 분석 대상 영역에서 오염된 부위를 길게 따라가면서 분석한 289개 픽셀의 gray level을 나타내었다. 즉 오염 부위의 gray level을 알기 위하여 칼라의 수평 방향으로 0~288 픽셀을 지정하여 각 픽셀에 해당하는 gray level을 나타낸 것이다. 0~288 픽셀로 나누었을때 각 픽셀의 gray level 이 1~204등급까지 나타나 있다. 흑백의 이미지에서 gray level의 등급이 0에 가까울수록 오구가 많이 부착된 부분을 나타내고 255에 가까울수록 오염이 덜 된 부분을 나타낸다.

Fig. 3은 Table 1의 각 픽셀에 대한 오염 부위의 gray level의 분포를 profile로 나타내어 289개의 gray level의 변화를 알 수 있고, Fig. 4는 Fig. 3의 gray level의 변화를 나타내는 profile을 289군데 지정한 각 픽셀에 해당되는 gray level로 각각 표시한 것이다.

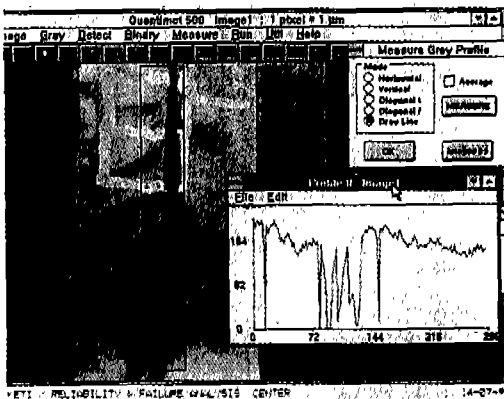
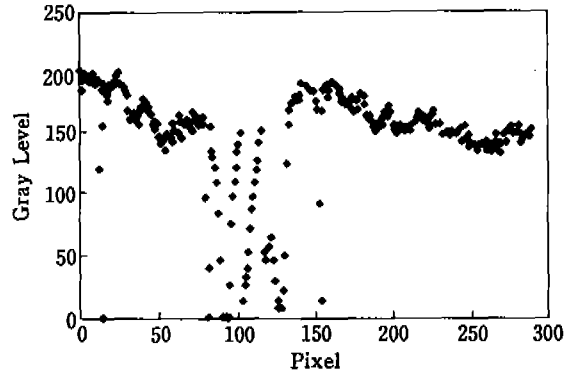


Fig. 3. Gray level profile of soil distribution on a washed shirt collar.

Fig. 4에서 gray level이 256등급 중에서 204까지 나타나는 것은 세탁한 시료의 오염 부분의 gray level이 205 이상의 값을 갖는 백색에 가까운 부분이 없다는 것이다. Table 1에서 평균 gray level은 총 gray level 합계 41869를 289(0~288 픽셀)로 나누면 144.9이다. Fig. 4에서 1~204까지 분포되어 있는 gray level 중에서 145이하를 오염에 나타나는 gray level로 본다.



◆: gray level of 288 pixel in the region of interest
Fig. 4. Gray level by 0~288 pixel of soil distribution on a washed shirt collar.

0~204 등급의 gray level중에는 오염이 거의 되지 않은 부분까지 포함된 것이므로 시료의 두께, 봉제선에 의해 영향을 받은 음영을 배제하고 오염의 기준을 나타내는 척도가 필요하다. 그래서 오염된 부분의 289개 픽셀의 gray level을 평균한 것을 기준하여 평균치 이하의 gray level을 오염 농도로 보는 것이다.

2) 분석대상영역의 등급과 면적분율

Fig. 5는 분석대상영역내의 gray level은 256 등급 중에서 237 등급까지 나타내며, 각 gray level에 대한 픽셀수를 히스토그램으로 나타낸 것이다. 많은 부분을 차지하는 gray level은 188~192 등급에서 픽셀수 1002를 차지하고 있다. 분석 대상 영역내 총 픽셀수에서 오염된 부분의 픽셀수가 어느 정도를 차지하는 것인가를 계산하면 황변이 음영으로 나타내어진 화상에서 오염된 부분이 분포되어 있는 면적분율을 구할 수 있다.

오염 분포 면적분율은 오염 부분의 픽셀수를 분석대상 영역내 gray level의 총 픽셀수로 나누어 구한다. 오염 부분의 픽셀수는 평균 gray level 144.9이하의 픽

셀수를 합하면 2695이고, 총 픽셀수는 12118이므로 오염된 부분이 분포되어 있는 면적분율은 $2695/12118 \times 100 = 22.2\%$ 이다.

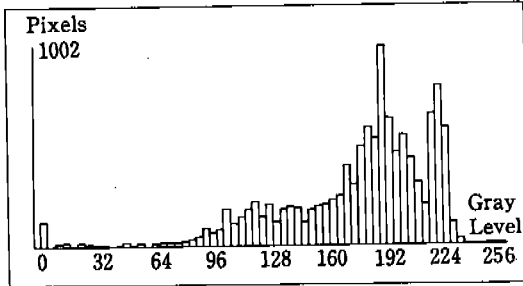


Fig. 5. Gray level histogram of a washed shirt collar.

2. color 화상 분석

지금까지 대부분의 color 화상분석에는 가상 (pseudo) color로 처리하여 분석하는 방법이 주로 사용되어 왔으나, color sensor의 급속한 확대에 따라 최근에는 full color 처리 방식이 일반적으로 사용된다.

시료를 흑백의 이미지로 받아들여 gray level로 분석하는 종래의 화상분석 시스템은 시료 크기가 1 cm×1 cm 이내로 제한되고 시료가 큰 것은 사진으로 표현해야 화상분석이 가능하였다.

그러나 시료의 특성과 사진 촬영의 여러가지 조건에 따라 황변된 시료의 표현이 달라질 수 있으므로 정확한 분석이 어렵다. 그래서 color의 화상을 그대로 스캐닝하여 full color 화상으로 표현해서 분석하는 것이 필요하며 full color 화상분석은 오염의 분포 면적의 황변된 색상까지 측정할 수 있다. 또한 많은 종류의 full color를 정리하여 간단한 gray level로 변환시킬 수 있다. 그러므로 본연구에서는 흑백 화상분석에서 사용한 동일한 시료를 full color로 화상분석하여 오염의 색상, gray level, 분포 면적을 고찰하여 오염 평가에 응용하고자 한다.

1) hue와 변환된 gray level

황변된 시료가 실물 그대로 full color로 표현되기 위해서는 분석 조건을 정확히 조절하는 것이 매우 중요하다. threshold를 84~205 범위로 하여 기준포인 비착용포가 시료에 비해 음영이 드러나지 않도록 조절한 다음 화상분석을 하였다²⁶⁾.

Fig. 6은 스캐닝한 시료에 위칼라와 칼라 밴드를 연결하는 봉제선을 중심으로 황변된 부분이 포함되도록 분석 대상 영역을 설정하고, 영역내 오염된 부분을 알아보기 쉽게 검출하여 분석에 사용된 8군데를 표시하였다. 지정한 8군데는 위칼라의 황변된 부분에서 일정한 간격으로 정하였고 칼라 밴드의 황변된 부분은 심지의 두께로 인해 굴곡이 있어 음영에 변화를 줄 수 있는 부분이므로 포함시키지 않았다. Fig. 6(a)는 비착용포의 분석 대상 영역이고 Fig. 6(b)는 시료의 분석 대상 영역내 오염된 부분을 도출한 것이다. 여기서 설정된 영역내 profile은 오염된 부분과 오염되지 않은 부분의 gray level의 차이를 한눈에 알아볼 수 있으며, 위칼라와 칼라밴드를 연결하는 봉제선과 수직 방향 즉 칼라의 종단면의 각 점(133개)의 gray level을 나타낸 것이다.

profile=133×553 pixel인 프레임에서 133개의 각 점(x=1, x=2, x=3 …… x=133)의 gray level 각 점의 gray level=1~553 픽셀의 gray level의 평균치(L_{g1}: 1 픽셀의 gray level)

$$\frac{L_{g1} + L_{g2} + \dots + L_{g553}}{553}$$

Fig. 6(b)의 profile에서 오염이 많은 부분의 gray level은 185정도이고 오염이 적은 부분은 거의 220이상을 나타냄으로써, 오염의 농도에 따라 gray level이 다르게 나타나는 것을 알수 있고 오염 농도가 높은 부분은 낮은 등급의 gray level을 나타낸다.



(a) unwearred (b) washed
Fig. 6. Soil detection and profile in the analyzed region.

흑백 화상에서는 hue를 알 수 없으나 full color로 화상분석하면 실물의 화상에서 hue를 측색하여 얻을 수 있다. Table 2는 비착용포인 기준포와 이미지 분석한 시료의 측색 결과를 나타낸 것이다. 여기서 hue는 full color 화상의 색을 표현하는데 사용되는 HSI color 모델에서 측정된다. hue는 red 축에 대한 각도로 결정되며 벡터 각으로 표현된다. $h=0^\circ$ 이면 색상은 red를 나타내고 $h=60^\circ$ 이면 yellow를 나타낸다. Table 2에서 기준포의 hue는 37.68° 이고 시료는 54.02° 를 나타내므로 색상의 각도로 봐서 기준포에 비해 시료가 황변되어 있음을 뜻한다.

full color로 표현되는 많은 색들을 서로 비교하는 것은 어려운 일이므로 인간이 구분할 수 있는 최대치이면서 오차도 줄일 수 있는 256등급으로 나눈 gray level로 변환하면 많은 색들이 gray로 정리되어 시료간 비교가 가능하게 된다. full color를 gray로 변환하여, 지정한 8군데의 gray level을 평균하여 얻은 평균치가 192.75이며 최저 183° 최고 205의 등급을 나타낸다.

2) 오염된 부분의 분포면적분율과 등급

Fig. 6에서 분석대상 영역의 gray level은 143~255 등급까지 나타내고 있으며 총 픽셀수는 73549이다. 지정한 8군데의 평균 gray level 192.75 이하의 픽셀수는

전체 픽셀수에서 10.9% $((8018/73549) \times 100)$ 를 차지한다.

시료를 사진으로 표현하여 흑백으로 화상분석했을 때의 시료의 gray level은 237까지 나타났으나, full color로 화상분석했을 때는 256 등급까지 gray level이 나와서로 등급이 차이가 나는 것은 두 분석간의 시료의 화상 재현 방법에 따른 명암의 차이라고 생각된다. 즉 실물을 full color로 표현했을 때 나타난 많은 색들을 gray로 변환하면 사진에는 표현되지 않는 256 등급 중의 밝은 gray도 나타나기 때문이다.

분석 대상 영역내의 오염된 부분이 어느 정도 분포되어 있는가를 알기 위하여 면적분율을 구할때는 오염된 부분의 여러군데를 지정하여 얻은 gray level을 평균하여, 평균 gray level 이하(오염 농도를 나타내는데 기준이 되는 gray level)를 오염된 부분으로 보아 그 면적분율을 계산하였다. 화상분석에 의한 섬유와 관련된 연구 중에서 Zhang²⁷⁾, Taylor²⁸⁾, Watanabe²⁹⁾, Xu³⁰⁾ 등이 사용한 화상분석도 흑백의 화상을 이용하여 gray level이 차지하는 면적을 계산하여 섬유의 특성을 분석하는 것이었다.

그러나 본연구에서 오염 평가에 오염분포 면적분율을 이용하여 각 시료를 비교 분석하는 것은 문제점이 있

Table 2. Hue with the analyzed region

	Statistical function	X coord.	Y coord.	Red	Green	Blue	Hue	Saturation	Intensity
	Base unit	Pixel	Pixel				(°)		
1	Count	8	8	8	8	8	8	8	8
2	Mean	490.50	592.00	245.88	230.38	204.50	37.68	42.63	245.88
3	Minimum	480	288	231	213	180	35.16	34	231
4	Maximum	532	824	254	237	214	39.38	56	254
5	Standard deviation	17.62	186.15	7.77	7.93	11.31	1.77	7.27	7.77

(a) unwared

	Statistical function	X coord.	Y coord.	Red	Green	Blue	Hue	Saturation	Intensity
	Base unit	Pixel	Pixel				(°)		
1	Count	8	8	8	8	8	8	8	8
2	Mean	167.00	546.00	224.50	220.50	207.13	54.02	19.75	225.25
3	Minimum	156	268	185	189	183	35.16	8	189
4	Maximum	184	804	251	249	231	99.84	29	251
5	Standard deviation	9.26	185.94	20.31	17.92	15.69	22.52	7.57	19.08

(b) washed

다고 본다. 그것은 오염 농도 이하(평균 gray level 이하)의 픽셀수로 면적분율이 계산되는데 오염이 덜 된 시료의 평균 gray level을 기준으로 면적분율을 계산하게 되면 오구가 많이 묻은 시료는 높은 gray level에 해당되는 픽셀이 없으므로, 도리어 오염이 덜 된 시료가 오염 분포 면적분율이 많아지는 경우가 생기기 때문이다. 반대로 오구가 많이 묻은 시료의 평균 gray level을 기준으로 하면 오염이 덜 된 시료는 해당되는 gray level의 픽셀수가 없어 오염이 분포되어 있음에도 불구하고 오염 분포 면적분율이 0%가 된다. 그래서 각 시료를 비교하여 오염을 평가하는 방법으로는 오염된 부분의 면적분율보다는 gray level을 이용하여, 등급화로 오염 평가를 하는 것이 타당하다고 생각한다.

3. gray level 에 의한 오염의 등급화

full color 화상분석을 하여 얻어진 24비트 16,777, 216개의 색을 gray level로 변환하면 gray를 충분히 나타내는 256 등급으로 나누어진다. 이러한 gray level을 이용하여 전체 시료를 등급화로 오염 평가를 하였다. Table 3은 전체 시료의 분석 대상 영역내 지정된 8군데의 평균 gray level들 중에서 최고, 최저치의 gray level을 나타낸 것이다. 163.25는 142~175 범위의 평균

Table 3. Gray level of shirt collars

	Statistical function	X coord.	Y coord.	Gray level
	Base unit	Pixel	Pixel	
1	Count	8	8	8
2	Mean	479.25	484.00	163.25
3	Minimum	474	292	142.00
4	Maximum	486	700	175.00
5	Standard deviation	4.27	142.54	11.13

(a) The test sample with the lowest average gray level

	Statistical function	X coord.	Y coord.	Gray level
	Base unit	Pixel	Pixel	
1	Count	8	8	8
2	Mean	171.25	491.00	217.50
3	Minimum	160	294	183.00
4	Maximum	182	706	248.00
5	Standard deviation	7.55	147.32	22.85

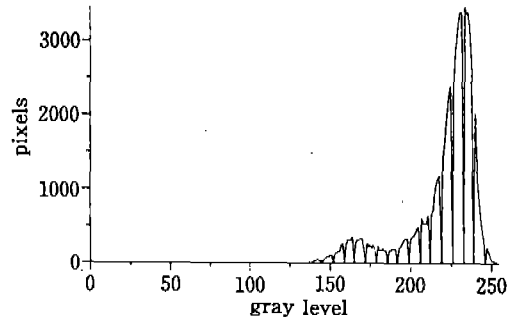
(b) The test sample with the highest average gray level

치이고 217.50은 183~248 범위의 평균치이다.

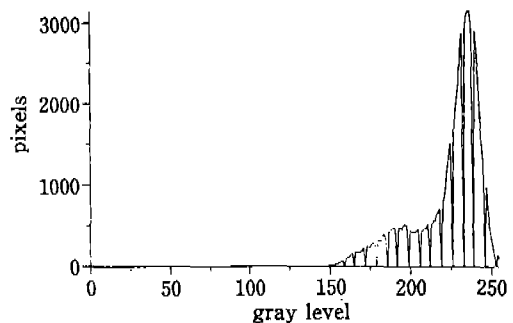
Fig. 7은 Table 4의 최고, 최저치의 평균치를 갖는 시료의 분석 대상 영역내 전체 gray level과 픽셀수를 히스토그램으로 나타낸 것이다. Fig. 7에서 전체 시료의 오염 부분에서 8군데를 지정하여 얻은 평균치중에서 최저치인 163.25는 gray level 142~175의 범위를 가지고, 최고치인 217.5는 183~248의 gray level이다. 그러므로 화상분석에 사용한 20매의 시료는 gray level 142~248의 범위를 가진다. 화상분석 시스템은 분석하고자 하는 곳의 측색도 자유로우며 오염 부위의 각 픽셀의 gray level도 알수 있다. 또한 gray level을 256 등급으로 세분화 할 수 있으므로 육안으로 판별하기 어려운 천연 잔류 오염을 등급화하여 평가할 수 있다.

4. 황변도와 color 화상분석과의 상관성

계측 평가에 대응하는 새로운 평가 방법으로 color 화상분석을 응용하여 황변의 색상, gray level의 등급



(a) The test sample with the lowest average gray level



(b) The test sample with the highest average gray level

Fig. 7. Histogram of gray level on shirt collars.

Table 4. Δb^* and hue, gray level after wear and wash

Cycle number of wear and wash	Detergent without enzyme			Cycle number of wear and wash	Detergent without enzyme		
	Δb^*	hue(°)	gray level		Δb^*	hue(°)	gray level
12	6.731	47.81	198.13	12	4.156	39.32	217.50
12	6.637	48.01	198.79	12	2.354	38.69	212.25
19	7.079	49.15	194.51	19	4.404	41.07	209.13
21	9.836	50.98	193.92	19	2.052	40.95	210.39
21	9.900	54.02	192.75	21	2.318	40.86	207.52
21	9.334	55.08	193.14	21	4.293	43.24	202.39
24	9.960	57.40	190.38	24	2.714	41.29	208.91
24	10.798	58.09	189.38	24	5.299	46.93	198.11
26	10.986	60.20	175.38	33	3.398	44.12	193.80
33	13.141	70.72	163.25	33	5.734	47.35	190.45

화로 오염 평가를 하였다. color 화상분석을 응용하는 타당성을 검토하기 위하여 전체 시료를 대상으로 황변도(Δb^*), hue 및 gray level의 상관성을 비교 고찰하였다.

CIE b^* 값은 CIE LAB식을 이용하여 Lab 색공간 좌표에서 yellow/blue의 b축에서 위치한 값을 나타낸 것이다. 오염된 부분의 hue는 화상분석 시스템의 HSI color 모델을 이용하여 색상축에 대한 각도를 나타낸 것이다. 전체 시료의 황변도(Δb^*)와 full color로 화상분석하여 얻은 황변된 오염의 색상, gray level과의 관계를 비교하기 위하여 회귀 산포도를 작성하였다.

Table 4는 회수한 시료의 세제별 반복 세탁 회수에 따른 Δb^* 와 hue 및 gray level을 나타낸 것이다. 드레스 셔츠가 구김이 많이 가서 실험기간 중간에 착용을 중단한 가정은 먼저 회수하였으므로 각 가정의 반복 세탁 횟수는 12~33회의 분포를 보였다. 시료들의 hue는 38.69°~70.72° 범위를 나타내고, 지정한 8군데의 평균 gray level 은 163.25~217.5의 범위를 나타낸다. 실험조건이 통제조건이 아니므로 정확한 차이를 비교분석할 수는 없지만 효소세제를 사용한 시료는 무효소세제를 사용한 시료에 비해 hue와 Δb^* 가 낮았으며 gray level은 높았다.

Fig. 8은 Δb^* 와 hue의 회귀 산포도를 나타낸 것이다. 본연구에서 세탁 조건이 통제된 실험 조건이 아니므로 한 변수의 변화 (Δb^*)로부터 다른 변수의 변화 (hue)를 예측할 수 없으므로 Δb^* 와 hue와의 관계를 회귀분석하지않고 단순 상관 분석하였다. 여기서 Δb^*

와 hue와의 관계는 상관계수 $r=0.95$ 로서 높은 상관을 나타내었다. 즉 황변도가 증가하면 hue의 각도도 커져서 yellow를 나타낸다.

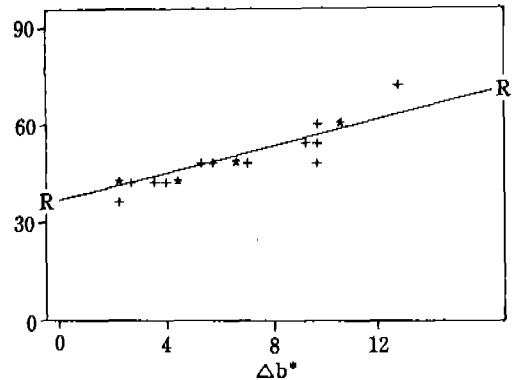


Fig. 8. The regression plot of Δb^* vs. hue.

Fig. 9는 Δb^* 와 gray level의 회귀 산포도를 나타낸 것이다. Δb^* 와 gray level과의 관계는 상관계수 $r=-0.85$ 로서 음의 방향으로 높은 상관을 나타내었다. 즉 황변도가 증가하면 gray level은 낮아진다.

황변도와 hue 및 gray level과의 회귀 산포도를 작성하여 Fig. 8, 9에 나타낸 결과처럼 황변도는 hue 및 gray level과 높은 상관을 보였다. 황변도가 높을수록 hue는 yellow에 가깝고 gray level은 낮은 등급을 나타내었다. 분광광도계로 측색한 황변도(Δb^*)와 화상분석으로 측색된 hue와 변환된 gray level과는 밀접한 관계에 있으므로 계속 평가에 대응되는 한방법으로 화

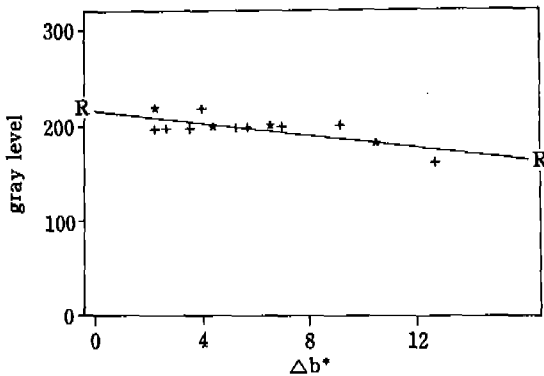


Fig. 9. The regression plot of Δb^* vs. gray level.

상분석을 응용하는 것이 타당하다고 생각한다.

IV. 결 론

시료의 사진을 스캐닝한 pseudo color 화상(이미지)과 시료 그대로를 스캐닝한 full color 화상을 분석하여 서로의 차이점을 비교하였고 오염분포면적분율을 계산하였다. 그리고 황변의 색상, gray level의 등급화로 오염평가를 하였으며 황변도와 황변의 색상, gray level의 상관성을 살펴 화상분석의 응용타당성을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 무효소 세제로 21회 착용과 세탁을 반복한 시료(회수시 세탁)의 흑백사진 화상(이미지)을 분석하면 분석대상 영역내의 gray level은 237 등급까지였으며, 시료 그대로의 full color 화상을 분석하면 256 등급까지 gray level이 다 나타났다. 이것은 실물을 full color로 표현했을 때 나타난 많은 색들을 gray로 변환하면 흑백사진에는 표현되지않는 237 등급 이상의 밝은 gray의 오염부위도 나타나기 때문이다. 그러므로 황변된 시료를 실물색 그대로 분석하려면 full color로 화상 분석하는 것이 필요하다.

2. 오염분포면적분율은 여러군데의 오염된 부분중에서 오염농도를 나타내는 기준이 되는 gray level을 구하여 기준 gray level 이하의 픽셀수를 계산하여 구하였다. 그러나 시료마다 기준이 되는 gray level이 다르므로 각 시료를 비교하여 오염을 평가하는 방법으로는 gray level을 이용하여 등급화로 오염평가를 하는 것이 타당하다.

3. color 화상분석으로 황변된 시료의 화상을 그대로 재현하여 황변의 색상, 각 픽셀의 gray level을 알 수 있었다. 세제 종류별로 세탁한 시료 20매의 hue는 $38.69^\circ \sim 70.72^\circ$ 이었다. 60° 가 yellow이므로 색상의 각도로 봐서 기준포에 비해 시료가 황변되었다. 황변된 부분의 gray level은 142~248이었고, 평균 gray level은 163.25~217.50이었다. 효소세제를 사용한 시료는 무효소세제를 사용한 시료에 비해 hue와 Δb^* 가 낮았으며 gray level은 높았다.

4. Δb^* 와 hue는 상관계수 $r=0.95$ 로서 높은 상관을 가져서 황변도가 증가하면 hue의 각도도 커져서 yellow를 나타낸다. Δb^* 와 gray level과의 관계는 상관계수 $r=-0.85$ 로서 음의 방향으로 높은 상관을 보였다. 즉 황변도가 증가하면 gray level은 낮아진다. 화상분석시스템을 이용해서 측색한 값과 분광광도계에 의해 얻은 값을 비교한 결과 서로 밀접한 상관관계가 있으므로 종래의 편치식 측색으로 곤란한 불균일한 천연 오염평가가 가능하였다. 기존의 방법에서 화상분석과 대응되는 방법은 분광광도계를 사용하는 계측평가이며, 계측평가에서는 불균일한 천연오염포의 b^* 값은 여러 부분을 계측하여 평균한 값이며 화상분석은 지정된 오염된 부분의 gray level을 정확히 알 수 있다. 또한 256 등급의 gray level을 염색견뢰도용 gray scale과 같이 등급을 묶어서 평가할 수도 있다. 그러므로 화상 분석은 계측평가를 대신해서 활용할 수 있으며 분석프로그램을 컴퓨터에 쉽게 장착하여 사용할 수 있는 장점이 있다. 화상분석시스템에 의한 화상분석응용을 천연 오염평가외에 염색물의 색채관리와 염색견뢰도 계측평가에 응용해도 가능할 것으로 기대되며 이와 관련된 연구가 필요하다고 본다.

참 고 문 헌

- 1) KS M 2709-1991, 합성세제시험방법.
- 2) Nakamura, T., Studies on the Evaluation Method of Detergency Part 3, *Jpn Res. Assn. Text. End-Uses.*, 29(10), 438(1988).
- 3) 신호선, 식품 분석(이론과 실험), 신광출판사, 77-79 (1992).
- 4) Murata, M., Importance of the Removal of Sebum Soil from Cotton Undershirts in Japanese Home Laundry, *J. Jpn. Oil Chem. Soc.*, 41(6), 472-479

- (1992).
- 5) Webb, Joan J., Detergency Study : Comparison of the Distribution of Natural Residual Soils After Laundering With a Variety of Detergent Products, *Textile Res. J.*, 57(11), 640-646(1987).
 - 6) Obendorf, S.K., Detergency study : Distribution of Natural Soils on Shirt Collars, *Textile Res. J.*, 57(10), 557-563(1987).
 - 7) Bhat, N.V., Effect of Perspiration on the Fine Structure of Cotton Fabrics, *Textile Res. J.*, 60(4), 240-244(1990).
 - 8) 原田 隆司, 脂質汚れの洗濯除去に関する一判定法, 織消誌, 27(3), 27-33(1986).
 - 9) Analy SIS 2.0 User's Guide, Soft-Imaging Software GmbH, 1994.
 - 10) 남궁 재찬 편저, 화상 공학의 기초, 기전 연구사, 24-41(1993).
 - 11) 김희승, 영상 인식, 생능출판사, 1993.
 - 12) グループ U, ビデオ 技術 ハンドブック, 月刊 Audio Video 編集部編, 25-37(1992).
 - 13) 장미진 편, 패턴 인식과 도형 처리, 기전연구사, 95-99(1993).
 - 14) Johnson, R.W., Examining fiber behavior in a nonwoven web through image analysis of tracer fibers, *Tappi J.*, 77-80(1988).
 - 15) 이양범, 화상처리 응용기술, 기문사, 1995.
 - 16) 森俊二, 画像認識入門, オーム社, 1990.
 - 17) Robson, D., Cuticular Scale Measurements Using Image Analysis Techniques, *Textile Res. J.*, 59(12), 713-716(1989).
 - 18) Gonzalez, R.C., Digital Image Processing, Addison Wesley, 226-231(1992).
 - 19) Watkins, C.D., Modern Image Processing, Academic Press, Inc., 9-12(1993).
 - 20) HP DeskScan II User's Guide, Hewlett Packard.
 - 21) 유수경, Image Analyzer, 월간 전자 장비, 9202, 39-55, 1995.
 - 22) Tagawa, Y., Application of the Image Analysis System to the Instrumental Assessment of the Color Fastness of Dyed Fabrics, *Jpn. Res. Assn. Text. Ind. -Uses.*, 30(8), 355-359(1989).
 - 23) Morrison M., The Magic of Image Processing, Sams Publishing, 1993.
 - 24) Aldus, Photo Styler, Pantone, 1993.
 - 25) AnalySis 2.1 Basic Application Training, True Color Processing, Soft-Imaging Software GmbH, 1994.
 - 26) AnalySIS 2.1 Basic Application Training, The Image Pulldown, Soft-Imaging Software GmbH, 1994.
 - 27) Zhang, Y.F., Fabric Detection and Classification Using Image Analysis, *Textile Res. J.*, 65(1), 1-9(1995).
 - 28) Taylor, R.A., Estimating the Size of Cotton Trash with Video Images, *Textile Res. J.*, 60(4), 185-193(1990).
 - 29) Watanabe, A., Analysis of Blend Irregularity in Yarns Using Image Processing Part II, *Textile Res. J.*, 62(12), 729-735(1992).
 - 30) Xu, B., Characterizing Fiber Crimp by Image Analysis, *Textile Res. J.*, 62(2), 73-80(1992).