



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

김 경 희 교수 지도  
석사학위 청구논문

프로스테틱 제작을 위한  
특수분장에서의 3D프린터 활용 방안

2017

성신여자대학교 뷰티융합대학원  
뷰티융합학과 메이크업 · 특수분장전공  
신 연 선

프로스테틱 제작을 위한  
특수분장에서의 3D프린터 활용 방안

김정희 교수 지도

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2017년 5월

성신여자대학교 뷰티융합대학원  
뷰티융합학과 메이크업·특수분장전공  
신 연 선

# 인 준 서

신연선의 석사학위 논문으로 인준함

2017년 5월

심사위원장\_\_\_\_\_ (서명 또는 인)

심 사 위 원\_\_\_\_\_ (서명 또는 인)

심 사 위 원\_\_\_\_\_ (서명 또는 인)

성신여자대학교 뷰티융합대학원

## 논문 개요

3D프린팅 기술은 현재를 포함하여 가까운 미래의 생활 전반에 크고 작은 변화를 일으킬 잠재력을 지니고 있다. 3D프린팅 기술의 활용 분야는 제조업, 의료, 식품, 영상, 우주산업에 이르기까지 다양하다.

본 연구는 특수분장 작업에 있어서 기존의 수작업의 단점을 보완할 수 있는 3D프린터의 효율적인 활용 방안을 제시하고자 하였다.

본 연구는 피천득의 수필에 등장하는 아사코라는 캐릭터를 70대 노년의 모습으로 디자인하고 에코플렉스 실리콘을 재료로 사용하여 에이징 프로스테틱을 제작하였는데, 제작 과정을 6단계로 구분하여 각 단계별로 두 가지 제작법의 비용과 시간, 방법별 장·단점을 비교하였다. 제작 과정은 얼굴 복제 작업, 파지티브 몰드 작업, 에이징 모델링 작업, 텍스처 작업, 네거티브 몰드 작업, 실리콘 캐스팅 작업으로 나누어 진행하였다. 제작을 마친 실리콘 피스는 모델에게 부착하여 3인의 전문가에게 평가를 받아 최종적으로 과정별 효율적인 제작 방법을 결정하였다.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

얼굴 복제 작업은 3D스캐너를 이용하여 스캔하고 3D모델링 프로그램인 지브러시를 이용하여 스캔 데이터를 수정하였다.

파지티브 몰드 작업은 3D스캔과 3D프로그램을 통해 보정한 얼굴 데이터를 stl파일로 저장하여 FDM방식의 프린터를 사용하여 출력하였다.

에이징 모델링 작업은 3D스캔하여 보정한 얼굴 데이터를 지브러시에서 조형하는데, 이 과정에서 디테일한 작업은 제외하고 큰 양감 위주로 조형하였다. 조형을 마친 데이터는 지브러시에서 네거티브 몰드

작업을 하여 FDM방식의 프린터를 이용하여 출력하는데 몰드를 분할 출력하여 출력시간을 단축하였다. 출력한 네거티브 몰드는 파지티브 몰드와 합쳐 고정한 뒤 유토를 녹여 주입하였다. 유토가 굳으면 네거티브 몰드를 제거하고 파지티브에 붙은 유토를 수작업으로 정리하여 작은 덩어리와 잔주름을 만들었다.

텍스처 작업은 작은 주름까지 조형 작업을 한 유토에 비닐과 도구를 이용하여 미세주름과 모공을 표현하였다.

네거티브 몰드 작업은 기존의 수작업과 동일한 방법으로 석고를 이용하여 제작하였다.

실리콘 캐스팅 작업은 두 가지 방법 모두 동일하였다.

3D프린터의 활용은 특수분장 작업에 있어 편의성을 높여줄 수는 있으나 현재까지는 높은 비용과 디테일한 텍스처 출력이 어려운 점 등의 문제로 3D프린터와 3D장비만을 활용한 방법에는 한계가 있었다. 이에 반드시 수작업이 병행 되어야 할 것으로 사료되어지고 3D프린터를 활용할 경우, 프린터와 3D장비의 특징을 정확히 파악해야 효율적인 활용이 가능하다고 보여진다.

본 연구가 특수분장사들의 효율적인 작업을 위한 3D프린터 활용을 촉진시키고, 나아가 새로운 제작법 개발의 시발점이 되어 특수분장사의 역량을 높일 수 있는 다양한 형태의 3D프린터를 활용한 제작법이 제시되기를 기대한다.

# 목 차

## 논문 개요

I. 서론 .....	1
II. 이론적 배경 .....	3
1. 특수분장 .....	3
2. 프로스테틱 .....	8
3. 3D프린터 .....	13
4. 해외 특수분장팀의 3D프린터 활용 사례 .....	22
III. 연구방법 .....	29
1. 제작 의도 및 방법 .....	29
2. 제작 내용 .....	31
IV. 연구 결과 및 고찰 .....	35
1. 수작업과 3D장비를 통한 제작 과정 비교 .....	35
2. 특수분장에서 효율적인 3D프린터 활용 방안 .....	58
V. 결론 .....	70

## 참고문헌

## ABSTRACT

## 부록

## 표 목 차

<표 1> 프로스테틱 제작에 사용되는 재료의 종류와 특성 .....	11
<표 2> 3D프린터 방식별 특징 .....	20
<표 3> 캐릭터 이미지 .....	33
<표 4> 수작업과 3D장비 활용을 통한 얼굴 복제 방법 비교 .....	39
<표 5> 수작업과 3D장비 활용을 통한 파지티브몰드 제작 방법 비교 ...	43
<표 6> 수작업과 3D장비 활용을 통한 에이징모델링 작업 방법 비교 ...	47
<표 7> 수작업과 3D장비 활용을 통한 텍스처 작업 방법 비교 .....	50
<표 8> 수작업과 3D장비 활용을 통한 네거티브몰드 제작 방법 비교 ..	54
<표 9> 실리콘 캐스팅 및 후반 작업 비교 .....	57
<표 10> 수작업과 3D장비를 활용한 작업의 전문가 평가 결과 .....	62

## 그림 목 차

<그림 1> Le Voyage Dans La Lune, 1902 .....	7
<그림 2> The Phantom of the Opera, 1925 .....	7
<그림 3> Amadeus, 1984 .....	7
<그림 4> The Nutty Professor, 1996 .....	7
<그림 5> M/V 다이내믹 듀오 ‘출책’, 2007 .....	12
<그림 6> Mrs. Doubtfire, 1993 .....	12
<그림 7> Breaking Dawn - Part 1, 2011 .....	12
<그림 8> The Amazing Spider-Man, 2012 .....	12
<그림 9> SLA방식의 원리 .....	16
<그림 10> SLS방식의 원리 .....	17
<그림 11> DLP방식의 원리 .....	18
<그림 12> FDM방식의 원리 .....	19
<그림 13> SLA로 출력한 치아 모형 .....	21
<그림 14> SLS로 출력한 구두 .....	21
<그림 15> DLP로 출력한 액세서리 원형 .....	21
<그림 16> FDM으로 출력한 타이어 모형 .....	21
<그림 17> 영화 ‘로보캅’의 배우 스캔 데이터 활용 .....	23
<그림 18> 영화 ‘로보캅’의 3D프린터와 출력물 .....	23
<그림 19> 영화 ‘로보캅’의 3D프린터 출력물과 몰드 작업 .....	24
<그림 20> 영화 ‘로보캅’의 배우 캐스팅 작업 .....	24
<그림 21> 영화 ‘로보캅’의 바디수트 캐스팅 작업 .....	25
<그림 22> 영화 ‘로보캅’의 SLA를 활용한 로봇 .....	25
<그림 23> 영화 ‘쥬라기 월드’의 공룡 3D모델링과 출력물 .....	26

<그림 24> 영화 ‘쥬라기 월드’의 공룡 출력물의 피부 표현 .....	26
<그림 25> 영화 ‘쥬라기 월드’의 공룡을 스캔하여 재출력한 출력물 ..	27
<그림 26> 영화 영화 ‘쥬라기 월드’의 공룡 몰딩과 캐스팅 작업 ....	28
<그림 27> 수작업으로 제작한 실리콘 피스 부착 이미지 - 정면 ....	63
<그림 28> 수작업으로 제작한 실리콘 피스 부착 이미지 - 측면 ....	63
<그림 29> 3D장비를 활용하여 제작한 실리콘 피스 - 정면 .....	63
<그림 30> 3D장비를 활용하여 제작한 실리콘 피스 - 양쪽 측면 .....	63
<그림 31> 3D스캔 이미지 - 반측면 .....	64
<그림 32> 3D스캔 이미지 - 측면 .....	64
<그림 33> 3D프린터로 출력한 파지티브 몰드 .....	65
<그림 34> 프레임 작업을 한 파지티브 몰드 .....	65
<그림 35> 3D프린터로 분할 출력한 네거티브 몰드 .....	66
<그림 36> NSP를 녹여 주입한 후 조형 중인 유토 .....	66
<그림 37> 모공표현 작업 .....	67
<그림 38> 완성된 피부 텍스처 .....	67
<그림 39> 석고로 제작한 네거티브 몰드 .....	67
<그림 40> 네거티브 몰드에 표현된 텍스처 .....	67
<그림 41> 실리콘 피스 부착 이미지 - 정면 .....	68
<그림 42> 실리콘 피스 부착 이미지 - 측면 .....	68

# I. 서론

3D프린팅 기술은 현재를 포함하여 가까운 미래의 생활 전반에 크고 작은 변화를 일으킬 잠재력을 지니고 있다. 3D프린터는 이미 자동차, 항공, 건축, 패션, 엔터테인먼트 등 다양한 산업분야에서 시제품 제작 및 제품개발 전반에 걸쳐 활용되고 있다.

3D프린팅 기술은 각종 미디어를 통하여 미래에 우리 생활을 변화시킬 기술혁명의 하나로 소개되고 있으며, 이로 인하여 관련 분야 종사자뿐만 아니라 일반 대중들까지도 관심이 증대되어 산업적, 경제적으로도 기대치가 매우 높은 분야라 할 수 있다.<sup>1)</sup>

이와 같은 흐름은 영상산업의 비약적인 발전과 맞물려 영상 제작 과정에도 3D프린팅 기술이 활용되는 결과를 가져왔다. 그러나 현재까지는 3D프린터의 무한한 잠재력에 비해 활용도는 미비한 수준이며, 3D프린터의 장점만이 부각된 매체의 보도는 3D프린터에 대한 이해 부족에서 오는 한계라 할 수 있다.

3D프린팅 기술이 우리 생활에 많은 영향을 미치게 될 것이므로 실질적인 활용도에 관한 문제를 다각도로 검토하고 그에 대한 현실적인 방안이 필요한 시점이다.

3D프린터가 활용되는 분야 중 영상분야에 포함되는 특수분장은 국내와 해외 모두 3D프린터 활용에 대한 관심이 점차 늘어나고 있는 추세이다. 국내의 경우는 특수분장 종사자만이 아닌 이공계 종사자까지도 특수분장에 활용할 수 있는 3D프린팅 기술에 대한 연구와 프로그램 개발을 진행하고 있다. 이러한 연구는 3D프린팅 기술의 활용이 기존의 특수분장 제작 방식에 비해 시간과 비용면에서 효율성을 높

---

1) 성국주, 김석혜(2016). “3D프린터 활용 프로세스를 통한 교육과정 연구 - 디자인대학을 중심으로-”, *Journal of Digital Convergence* 14(6), pp.381~393.

여준다는 결과를 내놓고 있다. 그러나 연구 결과와 실제 활용 사례는 차이를 보이고 있으며, 3D프린팅과 특수분장, 두 분야를 아우르는 이해도를 바탕으로 진행되는 연구 사례가 적은 것이 원인이라 하겠다. 따라서, 이공계 연구진들은 특수분장에 대한 이해, 특수분장 종사자들은 3D프린터에 대한 이해가 요구되며, 실무의 효율성을 높여 줄 3D프린터 활용 방안이 도출될 수 있다.

본 연구에서는 특수분장 중에서도 에이징 프로스테틱 제작을 통해 수작업과 3D프린팅 기술을 활용한 방법의 단계별 장·단점을 비교하고 그 결과를 토대로 3D프린터를 가장 효율적으로 활용한 제작법을 제시하는데 목적을 두고 있다.

본 연구는 이러한 과정들을 자세히 비교하여 특수분장에 있어서 3D프린터가 단지 홍보용으로 ‘사용’ 자체에 의미를 두는 것이 아니라 미디어 현장의 갑작스러운 요구에도 빠르게 대처하여 특수분장사의 역량을 높일 수 있는 방안이 되기를 기대한다.

3D프린터와 그 주변 기기들의 빠른 발전은 향후 특수분장에서도 인력의 재배치와 새로운 직업군의 탄생이라는 결과를 가져올 것이다. 따라서, 이러한 결과들이 영상 산업의 다양한 변화를 초래할 것이며 이를 대비하기 위해 본 연구가 현재의 상황을 정확히 짚어보고 생각하는 계기를 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

## Ⅱ. 이론적 배경

### 1. 특수분장

#### 1) 특수분장의 개념

특수분장은 영어로 ‘Special Effect Make-up’이라 하며 ‘Effect’의 ‘ects’의 음성 발음이 알파벳 ‘X’로 들린다하여 ‘FX’로 표기한다.<sup>2)</sup> 따라서 특수분장의 영어 표기는 ‘FX Make-up’, ‘SFX Make-up’등으로 줄여 표기하기도 하며 우리말로 ‘특수효과 분장’이라 하겠으나 일반적으로는 ‘특수분장’이라는 말을 주로 사용하고 있다.<sup>3)</sup>

특수분장은 배우의 얼굴과 신체의 인위적인 변형 또는 보장을 통하여 배우의 외모를 급격하게 변화시키기 위한 분장을 말한다. 특수분장은 분장사의 기술과 예술적 감각이 요구되는 캐릭터 분장을 일컬을 뿐 아니라 기계 또는 컴퓨터 기술과의 합성을 통하여 현실과 모사가 융합된 창의적인 이미지의 화면을 제공하는 분장을 포괄하는 개념이다.<sup>4)</sup>

특수분장은 극중 인물의 특징을 더욱 강조하고, 일반 분장에서는 표현할 수 없는 부분을 보다 사실적으로 표현하는 방법이다. 따라서 특수분장사는 풍부한 창의력과 상상력이 요구되고 세심한 관찰을 통한 사실감 있는 표현력이 필수로 효과적인 표현을 위하여 특수분장에 사용되는 다양한 재료에 관한 지식이 요구된다.

2) 심주영(2011). “Fat Make-up 사례 및 비교분석을 통해 살펴본 특수분장 연구”, 중앙대학교 예술대학원 석사학위논문, p.4.

3) 윤지민(2011). “영화 특수분장 연구”, 중앙대학교 예술대학원 석사학위논문, p.9.

4) 장미숙(2004). “20세기 영화 특수 분장사와 캐릭터 특수분장 연구”, 숙명여자대학교 대학원 박사학위논문, pp.6~7.

특수분장은 인물의 얼굴과 전신에 맞는 보철물을 부착 및 착용하도록 제작하는 프로스테틱과 더미 제작이 있으며, 최근에는 기계장치에 프로스테틱 기술이 더해진 애니메트로닉스까지 표현 범위가 확장되고 있다.

## 2) 특수분장의 발전사

특수분장은 1900년대 초, 영화에 특수효과가 도입되고 카메라가 발전하면서 다양하고 섬세한 표현의 요구로 특수한 재료와 함께 발전하였다.

특수분장은 1902년 프랑스의 영화 감독 조르주 멜리에스(Georges Melies)의 영화 ‘달나라 여행’(Le Voyage Dans La Lune)에서 <그림 1>과 같이 사람 얼굴 위에 동그란 달의 형태를 표현하는데 부피감을 주기위해 슝과 라텍스(Latex), 콜로디온(Collodion)을 이용한 것이 시초로 알려져 있다.<sup>5)</sup>

이후 배우였던 론 체니(Ron Chaney)는 1923년 ‘노틀담의 꼽추’(The Hunchback of Notre Dame)와 1925년 ‘오페라의 유령’(Phantom of the Opera)(그림2)에서 자신의 얼굴에 왁스, 퍼티, 콜로디온, 라텍스 등의 다양한 재료로 분장함으로써 천의 얼굴을 한 배우로 명성을 얻으며 분장 기술의 발전을 이끌었다.<sup>6)</sup>(그림2)

본격적인 특수분장은 잭 피어스(Jack Pierce)에 의해 시작되었다고 할 수 있을 만큼 그를 특수분장 1세대로 꼽는 이들이 많다. 잭 피어스는 야구선수의 꿈을 포기하고 할리우드로 건너와 배우의 길을 걸었으나 분장에 남다른 재능을 발견하고 특수분장사가 되었다. 대표작

---

5) 윤지민(2011). op.cit., p.17.

6) Ibid, p.18.

은 1931년에 제작된 ‘프랑켄슈타인’(Frankenstein), 1932년 ‘미이라’(The Mummy), 1935년 ‘런던의 늑대인간’(Werewolf of London)등이 있다.<sup>7)</sup>

잭 피어스는 라텍스와 휴지, 솜, 꿀, 젤라틴을 이용해 입체적이고 거친 피부, 굵은 주름을 표현하기 위하여 얼굴에 재료들을 발라 사용하였다.<sup>8)</sup>

특수분장은 1900년대 초반까지 일반적으로 사용하던 라텍스, 왁스, 폴로디온, 파운데이션 등의 재료에서 발전하여 1940년대에 이르러서는 폼라텍스(Foam Latex)가 개발되면서<sup>9)</sup> 더욱 발전하게 되었다.

특수분장계의 마에스트로로 칭송되는 딕 스미스(Dick Smith)는 멀티 피스로 제작된 폼라텍스를 사용하여 이전보다 자연스러운 근육의 움직임 가능하게 하였으며, 자신의 분장 테크닉을 오픈하고 지식을 나누어 분장의 발전에 크게 기여하였다. 대표작은 1973년 영화 ‘엑소시스트’(The Exorcist), 아카데미 분장상을 수상한 1984년 ‘아마데우스’(Amadeus)(그림 3)등이 있는데 이러한 작품들을 통해 딕 스미스는 특수분장의 발전과 더불어 영화 발전에 지대한 영향을 미치게 되었다.<sup>10)</sup>

유인원의 황제로 불리는 릭 베이커(Rick Baker)는 1996년 ‘너티 프로페서’(The Nutty Professor)(그림4), 1997년 맨 인 블랙(Men In Black), 2000년 ‘그린치’(How the Grinch Stole Christmas)등 다양한 작품으로 총 7회의 아카데미 분장상을 수상한 특수분장사이다.

릭 베이커의 가장 큰 업적은 이제까지 공포영화에만 국한되었던

---

7) 장미숙(2004). op.cit., p.46.

8) 윤지민(2011). op.cit., p.21.

9) 황선희(2015). “프로스테틱 특수분장이 심리·생리적 특성에 미치는 영향”, 성신여자대학교대학원 박사학위논문, p.8.

10) 장미숙(2004). op.cit., pp.48~50.

특수분장 영역을 SF, 판타지, 코미디, 액션, 스릴러 영화까지 확장했다는 것이며, 이러한 상상력과 표현력으로 영화감독들이 꼽는 특수분장 1인자가 되었다. 11)

또한 실리콘의 도입은 1990년대 이후 특수분장의 또 다른 혁신으로, 실감나는 피부의 표현을 가능하게 하였으며 현재는 특수분장사들이 사용하는 일반적인 재료가 되었다.

---

11) Ibid., pp.54~55.



<그림 1>

Le Voyage Dans La Lune, 1902

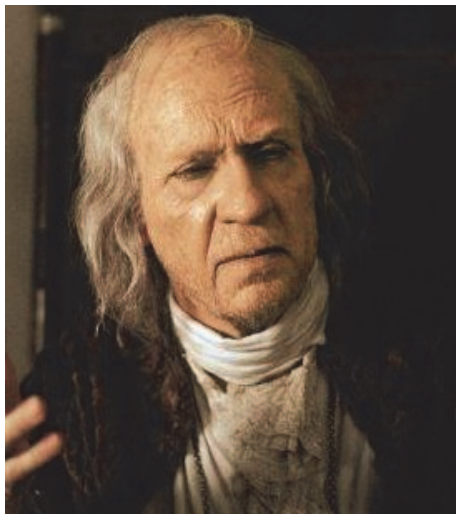
(출처:<http://staticmass.net/early-films-and-cinema/le-voyage-dans-la-lune-a-trip-to-the-moon-1902/>,  
검색일 2017.02.11.)



<그림 2>

The Phantom of the Opera, 1925

(출처:<http://the-black-glove.blogspot.kr/2012/03/tradition-of-terror-interview-with-ron.html>,  
검색일 2017.02.11.)



<그림 3> Amadeus, 1984

(출처:<http://morestarsthanintheheavens.wordpress.com/2015/02/22/2015-movie-challenge-amadeus/>,  
검색일 2017.02.12.)



<그림 4> The Nutty Professor, 1996

(출처:<http://imnohungryimaddicted.wordpress.com/2012/04/28/april-27-2012-a-taste-of-the-new-job/>,  
검색일 2017.02.12.)

## 2. 프로스테틱

### 1) 프로스테틱의 개념

프로스테틱(Prosthetic)의 사전적 의미는 의족, 의안, 의치 등을 제작해 끼우는 것을 의미하는데 흔히 우리말로 보철분장이라 한다.<sup>12)</sup> 즉, 프로스테틱은 인체에서 유실된 부분을 보완하는 의지 등과 기능적 결합을 보조하여 준다는 의학적인 의미를 가지고 있으며, 오늘날에는 의학 분야뿐만 아니라 분장의 영역에서도 활용되고 있다.<sup>13)</sup> 이처럼 분장의 영역에서 행해지는 프로스테틱은 특수분장의 한 영역으로 여겨지기도 한다.

의료분야에서의 프로스테틱은 신체 일부가 유실되거나 선천적으로 결손된 경우 특수한 재료를 이용, 재건하여 착용하는 보철물의 개념으로 피부와 유사한 질감과 촉감을 가진 소재가 개발되면서 점차 정교해지고 있다. 보철물의 제작은 전문 의료기기업체에서도 이루어지고 있지만 귀, 손가락 등 비교적 작고 섬세한 부분의 경우 특수분장사들이 제작하는 경우도 적지 않다.

공연·영상 분야에서의 프로스테틱은 극중 캐릭터를 표현하기 위하여 배우의 얼굴이나 신체의 외형을 크게 변화시키는 목적으로 사전에 제작되어진 보철물을 배우에게 적용하는 분장법을 뜻한다.

특수분장사에 의해 제작된 보철물은 배우의 몸에 부착하여 분장하는 것이므로 몸에 맞도록 제작하며 이를 위하여 신체의 일부분을 복사하고 변형하여 피부에 부착하는 것이 보철 분장의 방법이다.<sup>14)</sup>

---

12) 심주영(2011). op.cit., p.19.

13) 조효정(2004). “상처유형에 따른 특수분장 기법 적용에 관한 연구”, 숙명여자대학교 대학원 박사학위논문, p.16.

## 2) 프로스테틱의 재료

일반적으로 프로스테틱 제작에 사용되는 재료는 크게 다섯 가지로 폼라텍스, 우레탄폼, 젤라틴, 폼젤라틴, 실리콘으로 구분된다.<sup>15)</sup>

폼라텍스는 열을 가하여 굳히는 재료이므로 핫폼(Hot Foam)이라고도 불린다. 폼라텍스는 라텍스가 주 성분으로 라텍스에 계면 활성제를 섞어 발포시켜 만든 것이다. <sup>16)</sup>

폼라텍스의 장점은 가볍고 표면 질감 표현이 우수하다는 점으로 피부에 부착하는 프로스테틱 재료로 적합하지만 색상이 불투명하여 얼굴 피부로 사용하였을 경우 다소 부자연스러울 수 있고 물에 닿으면 수분을 흡수하므로 사용에 제약이 따른다. 또한 발포시키는 과정이 복잡하고 장시간 고온으로 구워야하는 점과 장비가 필요하다는 점 등이 최대 단점으로 꼽힌다. 폼라텍스로 만든 피스는 사용 후 떼어낼 때 가장자리 파손으로 재사용이 불가능하다.<sup>17)</sup>

폼라텍스 분장의 예는 <그림 5>, <그림 6>과 같다.

우레탄폼은 주제와 베이스를 일정 비율로 섞어주기만 하면 발포가 되고 상온에서 경화가 되므로 사용이 용이하며 굳는 시간도 빠르고 무게가 가볍다는 장점이 있다. 그러나 표면 질감이 떨어지는 단점 때문에 피부 표현이 어려워 프로스테틱의 겉 재료로는 사용하지 않는다.

젤라틴은 사전 제작 없이 현장에서 바로 사용하여 화상 등의 상처 분장이 가능할 정도로 굳는 시간이 빠르며 투명도가 좋은 장점이 있으

14) 김승현,윤은재(2008). “멀티피스를 이용한 보철분장 제작과정에 관한 연구”, *코리아 뷰티디자인학회지* 4(2), pp.137~145.

15) 김승현(2010). “특수분장에 활용할 수 있는 실리콘의 색상에 관한 연구”, 원광대학교대학원 석사학위논문, p.2.

16) 윤지민(2011). op.cit., p.24.

17) 안호명(2009). “特殊 扮裝 彫刻技法에 관한 연구- 핫 폼과 실리콘 기법을 中心으로”, 건국대학교 디자인대학원 석사학위논문, p.23.

나 수축이 심하고 무게가 무거우며 온도와 수분에 취약하여 일반적인 프로스테틱 제작에는 자주 사용하지 않는다.

폼 젤라틴은 이스트와 같은 첨가물을 사용하는데, 약간의 투명도를 가지고 있고 녹여서 재사용이 가능한 재료이므로 한 때 상처분장 등에 많이 사용되었다. 폼젤라틴은 젤라틴에 비해 가벼운 장점이 있으나 열과 땀에 약하기 때문에 피스의 재활용이 어렵다는 단점이 있어 요즘은 사용 빈도가 높지 않다.<sup>18)</sup>

실리콘은 사실적인 표현이 가능하여 굵지 않고 사용하므로 간편하다.<sup>19)</sup> 단점이라면 무겁다는 것과 채색이 쉽지 않다는 점 등을 들 수 있다.

실리콘은 특성상 채색재료가 안착이 되지 않아 코팅 작업이 필요한 등의 문제가 있어 제작에 상당한 시간이 소요된다<sup>20)</sup>

그러나 실리콘은 이러한 단점에도 불구하고 뛰어난 표면 질감 표현과 색상 표현, 투명도 때문에 프로스테틱 재료로 가장 널리 사용되고 있는 재료이다. 실리콘 분장의 예는 <그림 7>, <그림 8>과 같다.

위의 재료 중 현재 가장 많이 활용되고 있는 재료는 폼라텍스와 실리콘이며 두 재료를 포함한 나머지 재료들의 특성을 정리하면 <표 1>과 같다.

---

18) 김승현(2010). op.cit., p.2.

19) 김승현,이윤지,최은미,김기영(2009). “특수분장에 사용하는 Silicone의 특성에 관한 조사“, *코리아뷰티디자인학회지*, 5(3), pp.253~261.

20) 강미선(2004). “노역분장 표현방법에 따른 적용재료의 특성에 관한 연구”, 한성대학교 예술대학원 석사학위논문, p.33.

<표 1> 프로스텍틱 제작에 사용되는 재료의 종류와 특성

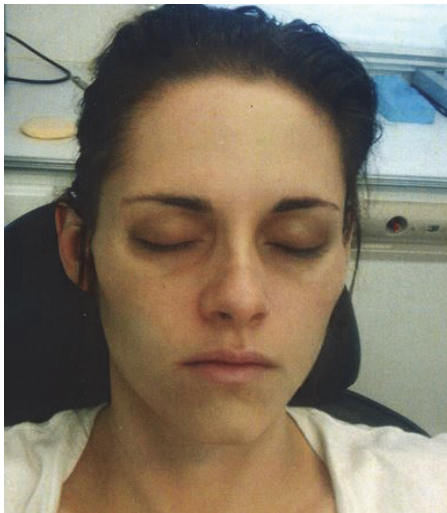
내용 종류	사용법	장점	단점
폼라텍스	재료를 순서대로 섞어 발포시킨 후 고열에서 구워 사용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 무게가 가벼움</li> <li>• 표면 질감 표현이 우수함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 색상이 불투명함</li> <li>• 물을 흡수하므로 사용에 제약이 있음</li> </ul>
우레탄폼	주제와 경화제를 일정 비율로 섞어서 사용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 무게가 매우 가벼움</li> <li>• 사용법이 간편함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 표면 질감 표현이 어려움</li> <li>• 피부 표현은 어려움</li> </ul>
젤라틴	물 또는 글리세린과 섞어 증탕하여 녹여서 사용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 굳는 시간이 빠름</li> <li>• 투명도가 좋음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수축이 심함</li> <li>• 무게가 무거움</li> <li>• 온도와 수분에 취약함</li> </ul>
폼젤라틴	젤라틴에 이스트 같은 첨가물을 사용하여 발포 시켜 사용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재사용이 가능함</li> <li>• 젤라틴에 비해 가벼움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물과 열에 약함</li> </ul>
실리콘	주제와 경화제, 기타 첨가제를 섞어서 사용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 표면 질감과 촉감이 우수함</li> <li>• 투명도가 매우 좋음</li> <li>• 조색이 용이함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 무게가 무거움</li> <li>• 채색이 어려움</li> </ul>



<그림 5>  
M/V 다이내믹 듀오 '출책', 2007



<그림 6>  
Mrs. Doubtfire, 1993  
(출처:<http://streetseen.tistory.com/177>, 2017.02.22. 검색)



<그림 7>  
Breaking Dawn - Part 1, 2011  
(출처:<http://www.legacyfx.com>,  
2017. 02.22. 검색)



<그림 8>  
The Amazing Spider-Man, 2012  
(출처:<http://www.legacyfx.com>,  
2017. 02.22. 검색)

### 3. 3D프린터

버락 오바마(Barack Obama) 전 미국 대통령은 국정 연설을 통해 “3D프린팅 기술은 기존 제조 방식에 혁명을 가져올 잠재력을 가지고 있으며, 침체에 빠진 미국의 제조업을 일으켜 세울 핵심 기술이다” 라고 언급하며 전 세계에 3D프린터에 대한 관심을 모았다.<sup>21)</sup>

3D프린팅 기술은 1984년 미국의 찰스 홀(Chales W. Hull)이 설립한 3D시스템즈에서 개발한 기술로 최근 특허가 풀리면서 전 세계 기업들이 경쟁적으로 산업용은 물론 일반 가정용에 이르기까지 3D프린터를 개발하고 있다.<sup>22)</sup>

3D프린터는 프린터에 잉크 대신 플라스틱, 고무, 금속, 석회 등의 재료가 들어 있어서 컴퓨터가 입력된 디자인에 따라 수많은 레이어를 한층 씩 쌓아 물건을 만들어내는 방식이다. 3D프린터는 설계도와 똑같은 물건을 만들기 위해 개발되었으며 재료와 제조에 비용이 많이 드는 완성품을 내놓기 전 시제품을 만들기 위해 이용되었다.<sup>23)</sup>

현재 3D프린팅 산업은 미국이 주도하고 있으며 장비, 소재, 활용도 면에서 전체 시장의 40%이상을 점유하고 있다. 한국은 2.3%의 시장 점유율을 보이며 초기단계에 머물러 있다.<sup>24)</sup>

우리나라는 3D프린팅의 잠재력을 인정하여 산업통상부, 미래창조과학부 등 관계부처 합동으로 2014년 4월에 3D프린팅 산업 발전전략을 발표하였고, 기술개발의 전략적 타깃을 설정하는 기술 로드맵을

---

21) 조종학(2015). “3D프린터가 영상 산업에 미치는 영향분석”, *한국디자인문화학회지* 21(2), pp.589~599.

22) Ibid.

23) 양진원(2013). “3D 디지털 프린팅을 활용한 패션디자인 연구”, *홍익대학교 산업미술 대학원 석사학위 논문*, pp.4~5.

24) 김성익(2015). “3D프린팅 기술을 활용한 디자인 비즈니스 모델 개발에 관한 연구”, *건국대학교 대학원 박사학위 논문*, p.1.

작성하였으며, R&D 지원 및 인프라 투자, 전문인력 양성을 확대하는 등 3D프린팅 산업 육성을 위하여 노력하고 있다.<sup>25)</sup>

### 1) 3D프린터의 활용 분야

3D프린터는 현재 산업분야 전반에 걸쳐 활용되고 있는데 일반적인 제조업 다음으로 의료 분야에서 수술 시뮬레이션 모형, 의료 교육용 모형, 맞춤형 보철 제작, 나아가 바이오 3D프린팅까지 그 활용도가 급격히 늘고 있다.

최근 NASA(미국항공우주국)는 화성 등의 소행성과 같은 세계의 탐험을 지원하는 차세대 로봇을 구축하는데 3D프린팅을 이용하여 우주개발에 드는 물류 비용과 발사 비용을 최소화하고자 하고 있다.<sup>26)</sup>

3D프린터의 활용은 이러한 첨단 분야 외에도 공연·영상 분야에서 활용이 늘고 있으며 디자인 분야에서는 대형 프린터를 이용하여 테이블이나 집을 건설하고 특수 재료를 이용하여 신발이나 의류를 제작하고 있다. 식품 분야에서는 재료에 음식을 넣고 사용자가 디자인한 위치에 재료를 출력하여 음식을 만드는데 활용된다. 식재료를 사용하는 3D프린터는 초콜릿을 데코레이션에 이용하거나 간단한 재료를 이용하는 피자나 햄버거 등의 음식을 만들 때 사용되고 있다.<sup>27)</sup>

최근 3D프린터 시장은 프린터로 출력이 가능한 소재를 확보하는데 주력하고 있다. 출력 재료는 이미 다양한 소재가 활용되고는 있으나 재료의 연결강도나 내구성, 색상 표현 등이 폭넓게 확보된다면 산업 전반에 걸쳐 큰 변화가 일어날 것이다.

25) 김현창(2015). “3D프린팅이 사회·경제에 미치는 영향에 관한 연구”, *Journal of Digital Convergence* 13(7), pp.23~31.

26) 양진원(2013). op.cit., p.29.

27) 안창현(2014). “3D프린터”, 서울:코드미디어, pp.22~23.

## 2) 3D프린터의 종류

3D프린팅은 만들고자 하는 형상을 컴퓨터 소프트웨어를 통해 3차원 모델링하고 이를 프린터로 전송하여 소재를 쌓으면서 3차원 물체를 만들어내는 기술이다. 프린팅 방식은 소재에 따라 액체, 분말, 고체로 구분되고 각 소재별로 프린팅 되는 메커니즘이 상이하다.<sup>28)</sup>

현재 일반적으로 쓰이는 방식은 SLA, SLS, DLP, FDM의 네 가지 방식이고, 그 중 SLA, SLS, FDM의 세가지 방식이 차지하는 비중이 압도적으로 높다. 특히 FDM방식은 전체 시장의 73.4%를 차지하고 있으며 다른 기술에 비하여 가공 정밀도, 표면 조도가 부족하지만 현재 보급형 프린터가 대부분 이 방식을 채택하고 있기 때문에 3D프린터 시장의 주류를 이루고 있다.<sup>29)</sup>

다음의 내용은 현재 가장 일반적으로 쓰이며 다수의 논문에서도 주로 다루는 기종인 SLA, SLS, DLP, FDM의 네가지 방식의 프린터의 원리 및 특징이다.

---

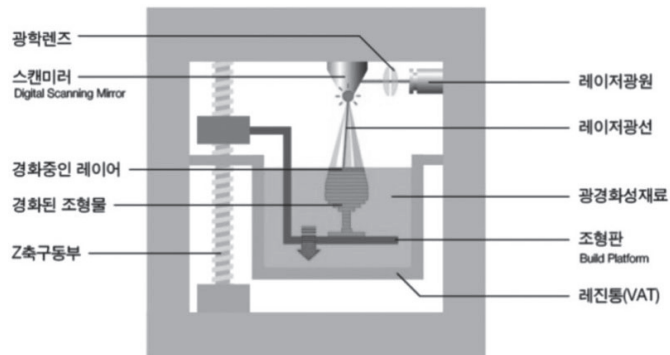
28) 김현창(2015). op.cit., p.24.

29) 이종석,이재정(2016). “3D스캐닝과 3D프린팅을 이용한 슈즈 디자인 연구”, 한국패션디자인학회지 16(2), pp.99~111.

### (1) SLA 방식

SLA 방식은 광경화 수지 조형 방식(Stereo Lithography Apparatus)을 뜻하며 빛에 반응하는 아크릴이나 에폭시 계열의 광경화성 수지(Photocurable resin)가 들어있는 수조에 레이저빔을 주사하여 원하는 모델을 조형한다.<sup>30)</sup> SLA는 광경화 수지가 들어있는 액체에 레이저를 투사하여 빛의 모양에 따라 액체가 굳어 얇은 막을 형성하는데<sup>31)</sup> 이러한 과정을 반복하여 형성된 레이어가 쌓여 제품이 제작되는 방식이다.

SLA 방식의 가장 큰 장점은 레이저를 특정 부분에 조사할 수 있기 때문에 출력물의 세부묘사가 우수하다는 점과 출력 속도가 빠르다는 점, 그리고 투명도가 있는 출력물을 조형할 수 있다는 점이며, 단점으로는 출력물의 강도가 상대적으로 약하다는 점과 재료인 광경화성 수지의 가격이 높다는 점이다.<sup>32)</sup>



<그림 9> SLA 방식의 원리

(출처: <http://naver.me/FT1OrFGm>, 2017. 02.24. 검색)

30) 최성권(2010). “산업 디자이너를 위한 신속조형기술 RP활용 가이드”, 서울:헤지윈, p.42.

31) 박봉서(2015). “효율적인 멀티 모듈형 3D프린터 디자인 개발에 관한 연구”, 홍익대학교 디자인콘텐츠대학원 석사학위논문, p.19.

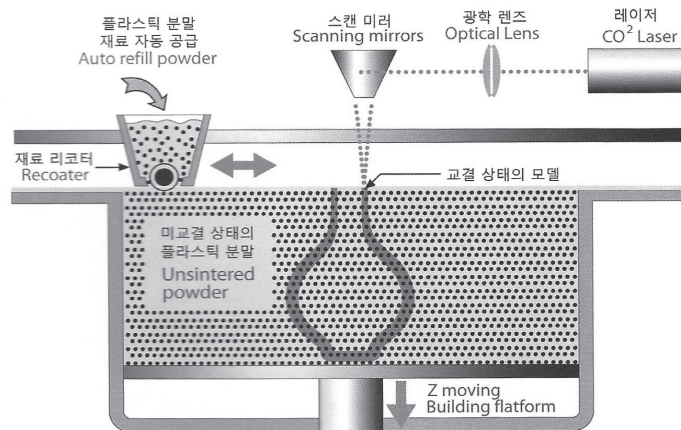
32) 성국주,김석례(2016). op.cit., p.384.

## (2) SLS방식

SLS방식은 선택적 레이저 소결 조형방식(Selective Laser Sintering)을 뜻하며 단층 마다 레이저로 원하는 XY 좌표 지점을 선택적으로 분말재료를 소결하여 적층하는 방식이다.<sup>33)</sup>

이 방식은 어떤 분말을 사용하였는가에 따라 플라스틱(P), 금속(M), 모래(S)와 같은 성질의 물성을 가지게 된다.<sup>34)</sup>

SLS방식은 SLA조형 방식과 유사하지만 여분의 분말로 조형체가 덮여 있기 때문에 서포터가 필요 없는 것이 장점이다. 또 다른 장점은 상업적으로 이용할 수 있는 원료도 다양하며 출력물의 디테일이 우수하다는 점이다. 하지만 SLS방식은 프린터와 사용되는 소재 자체가 고가이고 부피가 크며 사용을 위해 전문적인 교육이 필요하다는 단점이 있다.<sup>35)</sup>



<그림 10> SLS방식의 원리

(출처: 최성권, 2010, p.242.)

33) 강영석(2017). “플라스틱 선택적 레이저 소결방식 3D프린팅 시스템을 위한 장비 설계 및 개발”, 서울과학기술대학원 석사학위논문, p.4.

34) 최성권(2010). op.cit., p.202.

35) 김성익(2015). op.cit., p.12.

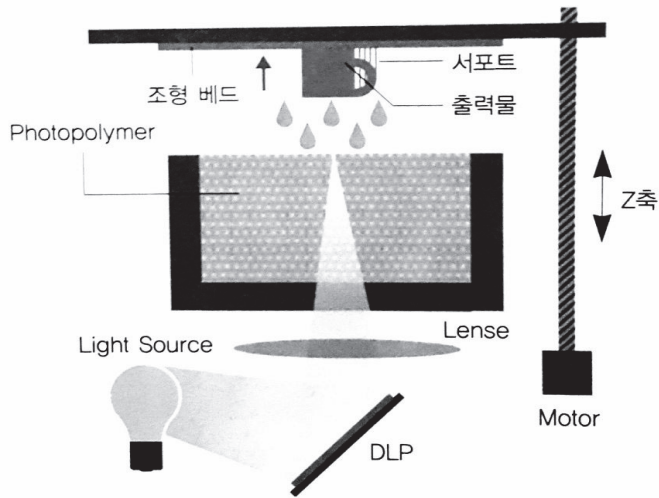
### (3) DLP방식

DLP방식은 디지털 광학 기술(Digital Light Processing)을 이용한 프린터이다.<sup>36)</sup>

DLP방식은 모델링 데이터의 단면을 프로젝트의 광원으로 빛에 반응하는 경화성 수지에 쬐어 고형화 시키고 레이어가 바뀔 때 경화 수지를 면에 바르고 쬐는 과정을 반복하여 출력하는 방식이다.<sup>37)</sup>

DLP방식은 구조가 복잡하고 정교한 모형을 제작하는데 적합하고 레이저를 사용하지 않는 것이 특징이며, 열팽창률이 낮고 잔여물이 남지 않아 주얼리나 의료용 정밀 조형물 제작에 활용된다.<sup>38)</sup>

단점은 출력물을 따로 경화시켜야하는 번거로움이 있다는 점이다.



<그림 11> DLP방식의 원리  
(출처: 이윤식, 이상민, 2016, p.28.)

36) 김영석(2014). “3D Printing Guide”, 서울:(주)비비미디어, p.21.

37) 안창현(2014). op.cit., p.26.

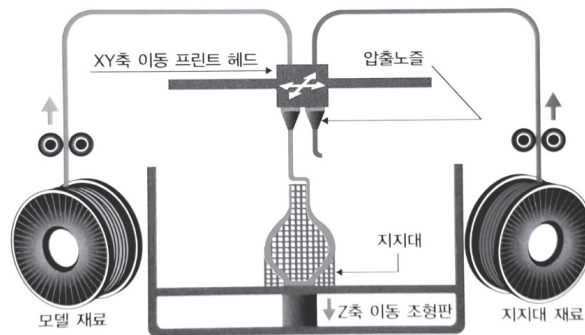
38) 오왕균(2014). “정형외과 수술환자의 맞춤형 골 모형 제작을 위한 3D프린터 시스템 개발”, 충북대학교 박사학위논문, p.14.

#### (4) FDM방식

FDM방식은 용융수지 압출 적층 조형방식(Fused Deposition Modeling)을 뜻한다. 이 방식은 일반적으로 필라멘트 형태의 고상의 열가소성 수지를 고온의 노즐헤드를 통해 액상으로 용융시킨 다음 주사하여 가공 테이블에 용착, 적층, 접합시키고 서포터를 형성하며 3차원 형태의 가공물을 만드는 방식이다.<sup>39)</sup>

필라멘트로 쓰이는 소재는 ABS, PLA와 같은 열가소성 수지의 플라스틱 재질을 사용하는데 PLA의 경우 인쇄하는 동안 냄새가 적고, 옥수수 추출물로 만들어져 자연분해가 가능한 친환경적인 재료이다.<sup>40)</sup>

이 방식은 저렴하고 유지비가 적게 들어 대중적으로 쓰이고 있으나 필라멘트의 적층결이 생겨 표면이 고르지 못하기 때문에 이를 보완하는 후가공 처리가 필요하다는 단점이 있다.<sup>41)</sup>



<그림 12> FDM방식의 원리  
(출처: 노수황, 이원모, 2016, p.19.)

- 39) 전재익, 서진호, 권광진, 권혁준, 정진서, 하만경(2002). "FDM에서 Build Orientation 이 쾌속조형물의 표면에 미치는 영향", 한국기계공학회 춘계학술대회 논문집, pp.591~592.
- 40) 오설영, 서동애, 김형규(2016). "3D 발스캐너와 3D 프린터를 이용한 남성화 라스트 설계", 한국콘텐츠학회논문지, 16(2), pp.186~199.
- 41) 방정호(2015). "3D프린터의 ABS소재 아세톤 혼중 최적시간 연구", 충남대학교 산업대학원 석사학위논문, p.2.

위에서 살펴본 네가지 방식의 프린터의 특징을 정리하면 <표 2>와 같다.

<표 2> 3D프린터 방식별 특징

종류	출력방식	장점	단점
SLA	광경화 수지에 레이저를 투사하여 굳히는 방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>세부묘사가 우수함</li> <li>출력 속도가 빠름</li> <li>투명도 있는 출력물이 가능함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>출력물의 강도가 약함</li> <li>재료의 단가가 높음</li> </ul>
SLS	레이저로 좌표 지점을 선택하여 분말재료를 소결하는 방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>서포터가 필요 없음</li> <li>원료가 다양함</li> <li>출력물의 디테일이 우수함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>프린터와 소재의 단가가 높음</li> <li>프린터의 부피가 큼</li> </ul>
DLP	경화 수지에 프로젝트 광원으로 모델링 단면을 찍어 고정화 시키는 방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>복잡하고 정교한 모양의 출력이 가능함</li> <li>열팽창률이 낮음</li> <li>출력 잔여물이 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>출력 후 별도의 경화 과정이 필요함</li> </ul>
FDM	열가소성 수지의 필라멘트를 녹여 적층시키는 방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>프린터의 가격이 저렴함</li> <li>유지비가 적음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>출력물 표면에 적층선이 뚜렷함</li> <li>표면 후가공 작업이 불가피함</li> </ul>



<그림 13> SLA로 출력한 치아 모형

(출처:<http://blog.naver.com/clsrndu0z/220426653677>,  
2017.02.25. 검색)



(그림 14) SLS로 출력한 구두

(출처:<http://blog.naver.com/mrfigure/220004141154>,  
2017.02.25. 검색)



(그림 15)

DLP로 출력한 액세서리 원형  
(출처:<http://cafe.naver.com/rhino3dworld/41303>.  
2017.02.28. 검색)



(그림 16)

FDM으로 출력한 타이어 모형  
(출처:<http://blog.naver.com/parachmake/220200793138>,  
2017.02.28. 검색)

#### 4. 해외 특수분장팀의 3D프린팅 활용 사례

레거시 이펙트(Legacy Effect)는 최고의 특수효과전문가인 스탠 윈스턴(Stan Winston)이 1972년 세운 스탠 윈스턴 스튜디오(Stan Winston Studio)출신의 베테랑 기술자와 디자이너들이 모여 2008년에 설립한 특수효과 전문 스튜디오이다. 레거시 이펙트의 아트팀은 산업디자이너, 캐릭터디자이너, 콘셉 디자이너, 모델러, 조각 디자이너 등이 일하고 있으며, 현재는 대부분의 작업이 3D를 기반으로 이루어지고 있다. 레거시 이펙트는 오토카드 패키지와 모도(Modo), 지브러시(Z-Brush), 머티리얼라이즈 매직스(Materialise Magics)등의 프로그램을 통해 디자인과 모델링을 하고 3D프린터로 출력하여 후가공, 추가 모델링, 몰딩, 캐스팅, 컬러링, 애니메이션 등의 과정으로 완성도 높게 특수효과 메이크업과 소품을 제작하고 있으며 현재 헐리웃 영화의 특수효과 대부분을 담당하고 있다.<sup>42)</sup>

레거시 이펙트는 70년대부터 축적해온 기술과 노하우를 바탕으로, 다양한 3D프린팅 시스템을 활용하여 작업한다. 레거시 이펙트의 최근작은 가디언즈오브 갤럭시 시리즈, 엑스맨 시리즈, 아이언맨 시리즈, 로보캡, 브레이킹던, 정글북, 스파이더맨 등 헐리웃에서 제작되는 대부분의 영화에 참여하고 있다고 할 수 있다.

본 연구는 레거시 이펙트에서 특수효과 작업을 맡은 2014년 영화 ‘로보캡’(RoboCop)과 2015년 ‘쥬라기 월드’(Jurassic World)의 작업을 통해 3D프린터가 활용된 해외 제작 사례를 <그림 17>에서 <그림 21>과 함께 살펴보고자 한다.

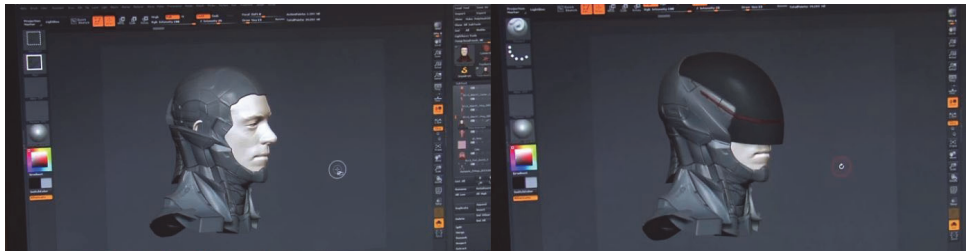
---

42) 월간디자인, 네이버 매거진캐스트,  
(출처:[http://navercast.naver.com/magazine\\_contents.nhn?rid=1499&contents\\_id=121811](http://navercast.naver.com/magazine_contents.nhn?rid=1499&contents_id=121811), 2017.03.05. 검색)

### 1) 영화 ‘로보캅’ 제작에 활용된 3D프린팅 기술

레거시 이펙트에서는 영화 ‘로보캅’의 주인공이 입는 바디 수트와 영화에 등장하는 로봇을 3D프린팅 기술과 기존의 수작업 기술을 활용하여 제작하였다.

3D 작업 과정은 <그림 17>과 같이 배우의 얼굴과 신체를 3D 스캐너를 이용하여 스캔하고, 스캔 데이터 위에 지브러시 등의 3D프로그램으로 배우가 착용하게 될 바디 수트를 몸에 꼭 맞도록 여러 파트로 나누어 모델링 한다.



<그림 17> 영화 ‘로보캅’의 배우 스캔 데이터 활용

(출처:<http://www.3dprinterworld.com/article/martin-whist-uses-3d-printing-take-robocop-2014>, 2017.03.06. 검색)

<그림 18>은 스트라타시스(Stratasys)사의 Objet Eden260V로 폴리젯 방식의 3D프린터이며, 모델링 한 데이터를 출력이 가능한 파일로 변환하여 출력중인 모습이다.



<그림 18> 영화 ‘로보캅’의 3D프린터와 출력물

(출처:Legacy Effect 홈페이지, <http://www.legacyfx.com>, 2017.03.08. 검색)

<그림 19>는 3D프린터를 통해 출력된 출력물과, 딱딱한 소재의 특성상 그대로는 사용이 불가능하여 착용이 가능한 연질 소재로 캐스팅 하기 위하여 수작업으로 몰드를 제작하는 과정이다.



<그림 19> 영화 '로보캅'의 3D프린터 출력물과 몰드 작업  
 (출처:<http://cgeverything.co.uk/2014/04/22/making-of-the-robocop-suit-legacy-effects/>, 2017.03.08. 검색)

<그림 20>은 헤드부분의 기계장치 안 쪽에 배우에게 딱 맞는 연질캡 제작을 위하여 수작업으로 캐스팅을 진행하는 모습이다. 캐스팅 작업은 볼드캡을 씌우고 머리와 상반신 일부에 인체 캐스팅용 실리콘을 도포하여 몰드를 제작하는 과정이다.



<그림 20> 영화 '로보캅'의 배우 캐스팅 작업  
 (출처:Legacy Effect 홈페이지, <http://www.legacyfx.com>, 2017.03.09. 검색)

<그림 21>은 3D프린터로 출력된 출력물과 수작업으로 캐스팅하여 진행된 조형물을 파트별로 나누어 몰드를 제작하고, 몰드에 착용이

가능한 소재로 캐스팅하여 제작한 바디수트의 모습이다.



<그림 21> 영화 '로보캅'의 바디수트 캐스팅 작업

(출처:<http://www.cgmeetup.net/home/making-of-robocop-suit/>, 2017.03.11. 검색)

아래의 로봇은 3D모델링 작업 후, 전신 100% SLA 출력을 통해 제작하고 후가공과 도색작업을 거쳐 완성되었다. <그림 22>는 모델링 작업과 SLA출력물, 출력물 파트를 조립하여 도색을 마친 로봇의 모습이다.



<그림 22> 영화 '로보캅'의 SLA를 활용한 로봇

(출처:[https://www.youtube.com/watch?v=rxVUT9N\\_LtQ](https://www.youtube.com/watch?v=rxVUT9N_LtQ), 2017.03.11. 검색)

## 2) 영화 ‘쥬라기 월드’ 제작에 활용된 3D프린팅 기술

레거시 이펙트에서는 영화 ‘쥬라기 월드’에 등장하는 공룡의 일부분을 3D프린팅 기술을 활용하여 제작하였다.

공룡 제작은 3D프로그램으로 공룡의 피부표현까지 모델링하고 3D프린터로 출력하여 제작하였다. <그림 23>은 3D모델링한 이미지와 출력을 마친 출력물의 모습으로 3D상에서 표현된 피부와 출력물의 피부와의 디테일의 차이를 볼 수 있다.



<그림 23> 영화 ‘쥬라기 월드’의 공룡 3D모델링과 출력물  
(출처:Legacy Effect 홈페이지, <http://www.legacyfx.com>, 2017.03.15. 검색)

3D프린터는 피부표현이 미흡하여 출력물의 표면에 유토를 얇게 펴 발라붙여 수작업으로 다시 텍스처 작업을 했다. <그림 24>는 이와 같은 작업의 과정과 결과물로 작은 주름까지 섬세하게 표현된 것을 볼 수 있는 것으로 3D프린터의 한계를 수작업을 통하여 보완한 예이다.



<그림 24> 영화 ‘쥬라기 월드’의 공룡 출력물의 피부 표현  
(출처:<https://www.youtube.com/watch?v=jfcqQf61S-k>, 2017.03.15. 검색)

영화 “쥬라기 월드”의 제작자인 스티븐 스피버그(Steven Spielberg)는 피부표현이 끝난 공룡을 보고 사이즈가 더 크기를 바랐고, 이에 제작한 공룡을 <그림 25>와 같이 다시 스캔하여 스케일 조정 후 재출력 하는 작업을 하였는데 이것은 3D장비 활용의 장점을 보여주는 전형적인 예이다.



<그림 25> 영화 ‘쥬라기 월드’의 공룡을 스캔하여 재출력한 출력물  
 (출처:<http://il.wp.com/www.cgmeetup.net/home/wp-content/uploads/2015/06/Making-of-Jurassic-World-Apatosaurus-10.jpg>, 2017.03.17. 검색)

모든 조형작업을 마친 공룡은 <그림 26>과 같이 에폭시로 몰드를 제작하는데 유리섬유를 이용하여 에폭시를 강화하여 작업하였으며 몰드에 폼라텍스를 주입하여 구워낸 뒤, 채색작업을 하고 기계장치 위에 덧씌워 공룡 애니메트로닉 작업을 완성하였다.



<그림 26> 영화 영화 '쥬라기 월드'의 공룡 몰딩과 캐스팅 작업  
(출처:Legacy Effect 홈페이지, <http://www.legacyfx.com>, 2017.03.17. 검색)

레거시 이펙트의 작업들은 3D프린팅 기술을 이용하여 특수효과 소품 등을 효과적으로 제작하고 있음을 알 수 있다. 그러나 3D프린팅 작업은 모든 결과물을 3D만으로 제작하는 것이 아니라 전체 제작과정의 효율을 높여주는 장치로 쓰이는 경우가 많다. 특히 피부 표현은 위의 과정에서도 알 수 있듯이 여전히 수작업을 통해 완성되는 것을 알 수 있다.

3D프린터 사용자는 자신의 분야에 3D프린터를 적용하였을 때 발생하는 효율과 한계에 대하여 명확히 이해하고 사용하여야 3D프린터의 장점을 충분히 활용할 수 있다.

### Ⅲ. 연구 방법

#### 1. 제작 의도 및 방법

프로스테틱을 위한 기존의 제작 방법은 알지네이트와 석고봉대를 이용하여 배우의 얼굴을 본떠서 석고로 양각 주물인 라이프 마스크를 만들고, 유토로 캐릭터 조소 작업을 한 후, 이것을 석고를 이용하여 네거티브 몰드를 제작하고 양각주물과 음각주물을 겹쳐서 캐스팅 재료를 넣어 제작하는 방식이다.<sup>43)</sup> 이 방법은 현재까지도 가장 일반적인 제작법으로 활용되고 있지만 최근에는 각종 3D프로그램과 3D프린터를 기반으로 한 제작을 통하여 수작업의 한계점을 보완한 제작법을 연구하는 추세이다. 수작업의 한계점은 수일간의 긴 작업 기간이 필요하며, 얼굴을 뜨는 것이 배우에게 매우 어렵고 불편한 과정이며 분장사에게도 어려운 과정<sup>44)</sup> 이라는 것이다. 따라서, 3D장비를 활용하여 제작하는 방식은 시간과 비용을 절감하며 배우와 특수분장사들의 불편을 덜어줄 것으로 기대하고 있으며 이를 증명하고자 몇몇 연구들이 진행되고 있다.

3D프린터를 비롯한 3D장비가 프로스테틱 제작에 편의를 제공할 수는 있으나 현재 출시되어 있는 장비들이 실제 활용되기에는 한계점이 있는 것이 사실이다. 제작된 피스가 프로스테틱의 특성상 배우에게 꼭 맞아야 하며 피부와의 이질감을 최소화 하기 위하여 정밀하고 섬세하게 제작되어야 하는 만큼 3D프린터를 통해 출력된 출력물

43) 김윤예(2007). “SF영화의 특수분장 디자인 프로세스 개발에 관한 연구”, 중앙대학교 예술대학원 석사학위논문, p.39.

44) 최예준 외 3인(2016). “3D프린팅을 이용한 얼굴 몰드 및 실리콘 마스크 제작”, 정보과학회논문지, 43(5), pp.516~523.

또한 매우 섬세해야 하며, 시간과 비용이 수작업과 비교하여 우수하거나 최소한 합리적이어야만 한다. 그러나 이러한 조건들이 구체적으로 평가되어진 사례가 없으며 이제껏 진행된 선행 연구에서 제시한 결과들은 추가적인 검증이 필요하다 판단된다.

정부 지원으로 한국전자통신연구원에서 진행한 연구(2014)<sup>45)</sup>는 특수분장용 마스크와 실리콘 상처 피스를 제작하기 위한 3D장비를 개발, 3D프린터로 출력하여 공연에 사용하는 등의 성과를 제시하였으나 해당 연구를 통해 제작한 마스크는 공연용 가면으로 특수분장의 영역으로 보기 어려우며, 실리콘 상처 피스의 경우는 피부에 부착하는 과정 없이 실리콘 피스 캐스팅에서 그쳤으므로 현장에서의 활용도는 검증되지 않았다.

최예준·신일규·최강현·최수미(2016)<sup>46)</sup>의 연구에서는 3D스캐닝과 3D프린팅 기술을 기반으로 한 실리콘 피스 제작법을 제시하고 이 방법이 기존의 수작업과 비교하여 보다 빠르고 쉽게 실리콘 피스를 제작할 수 있으며 특수분장에 사용 가능한 정도의 완성도를 나타낸다는 연구 결과를 제시하였다. 해당 연구에서는 석고로 제작하던 몰드를 3D프로그램과 3D프린터를 활용하였고, 이후 캐스팅 과정은 기존의 방법과 같이 출력된 몰드에 실리콘으로 캐스팅 하는 과정으로 제작하였다. 본 연구는 수작업과 비교를 위한 3D프린터 활용 제작에 이와 같은 방법을 활용하였다. 그러나 선행 연구는 3D프린터를 통해 제작한 실리콘 피스를 실제 얼굴이 아닌 출력물 얼굴에 얹어보는 것으로 연구 과정이 종료되었으므로 특수분장으로서의 실제 활용도는 역시 검증되지 않았다.

---

45) 김진서(2014). “3D어피어런스 매니플레이션 기반 영화/공연용 특수분장 마스크 제작기술개발”, 한국전자통신연구원 실적보고서, pp.23~29.

46) 최예준 외 3인(2016). op.cit.

따라서 본 연구는 수작업과 3D프린터를 활용한 프로스테틱 제작을 통하여 두 제작법의 단계별 장·단점을 알아보고 제작된 피스를 실제 피부에 부착하여 전문가에게 활용도를 검증 받은 후, 최종적으로 두 방법의 장점을 결합한 효과적인 3D프린터의 활용 방법을 제시하고자 한다.

## 2. 제작 내용

### 1) 제작 캐릭터

본 연구에서 제작할 노인 캐릭터는 1969년에 발표된 피천득의 수필 ‘인연’에 등장하는 아사코 라는 여인이다. 본 연구에서 제작할 아사코는 70대의 노인이 된 아사코이다. 피천득의 수필에는 노년의 아사코는 등장하지 않지만 독자로 하여금 수필 속 작가와의 마지막 만남 이후 아사코의 모습을 떠올려보게 만드는 작품이다.

아사코는 10대 소녀로 처음 등장하지만 ‘수십 년 전’, ‘그 후 십 년’, ‘그 후 또 십여 년’ 등 모호한 시간이 제시되며, 작가와 아사코의 추억은 시간이 흐르면서 계속 변화하는데 이는 두 사람의 만남과 그리움이 시간의 흐름에 따라 생성, 상실하는 모습을 나타낸다.<sup>47)</sup>

아사코는 수필에서 작가와 세 번 만난다. 작가는 아사코를 꽃에 비유하는데 세 번의 만남에 각각 세 송이의 꽃에 비유된다.

아사코의 인상은 ‘귀여운 스위트피’에서 ‘성숙한 목련’으로 다시 ‘시든 백합’으로 이동하면서 그리움이 점차 퇴색되어 수필의 마지막에는 ‘세 번째는 아니 만났어야 좋았을 것이다.’ 라고 말하고 있다.<sup>48)</sup>

47) 류현경(2009). “피천득의 ‘인연’ 연구”, 순천대학교 교육대학원 석사학위논문, pp.39~42.

노인 분장 표현에 영향을 주는 요소는 연령, 직업, 기질(성격), 건강, 환경 등으로 나눌 수 있는데<sup>49)</sup> 이 수필에는 그러한 내용이 자세히 묘사되어 있지 않다. 그러나 아사코에 대한 몇 가지 묘사는 대략의 성격을 유추해 볼 수 있게 해준다.

작가는 아사코가 나이 들고 시들었을지언정 줄곧 꽃으로 비유한다. 그것은 작가의 애뜻함이 시간이 흘러도 독자의 마음속에 지워지지 않는 강한 이미지의 정서를 담고 있는 캐릭터임을 보여준다.<sup>50)</sup>

환경은 노인 캐릭터를 표현하는 데 있어 가장 중요한 요소 중 하나이다. 환경 중에서도 지역적 구분을 일반적인 기준으로 하고 있다.<sup>51)</sup> 아사코는 미군 장교와 결혼하여 과거 아사코가 ‘이쁜 집’이라 표현했던 구조의 집에 살고 있었다. 아사코는 피부의 색상이나 상태가 적어도 농사 짓는 시골 노인처럼 어둡고 거칠지는 않을 것이다.

아사코는 작가와의 마지막 만남에서 가볍게 절만 하고 헤어진다. 이러한 행동은 일본인 기혼 여성의 정숙한 모습을 짐작하게 한다.

본 연구에서 제작할 노인은 캐릭터의 성격에 초점을 두는 것이 아니라 노인 캐릭터의 제작 방법에 중점을 두고 있으므로 제작자와 평가자 모두가 연구 내용에 집중할 수 있도록 수필에 실제 등장하지는 않는 만큼 정형화된 이미지가 없는 노년의 아사코를 제작 캐릭터로 선택하였다. 본 연구에서는 나이 들고 다소 지친 얼굴이지만 잘 가꾸어진 헤어와 연령에 비해 밝은 피부를 통해 중산층으로 살아온 보통 체격의 단아한 동양인 노년 여성으로 아사코를 표현하고자 한다. <표 3>은 간략한 캐릭터 정리와 디자인 이미지이다.


48) 문정희(2012). “피천득 수필문학 연구”, 성신여자대학교 대학원 석사학위논문, p.29.

49) 강미선(2004). op.cit., p.8.

50) 문정희(2012). op.cit., p.28.

51) 김영주(2014). “특수 노역분장에 관한 연구”, 중앙대학교 예술대학원 석사학위논문, p.29.

<표 3> 캐릭터 이미지

캐릭터 이미지	
작 품	캐릭터 디자인 이미지
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작품명 : 인연</li> <li>• 저 자 : 피천득</li> <li>• 출 간 : 1969년</li> </ul>	
헤어	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 볼륨을 주어 뒤로 넘겨 정돈한 스타일</li> <li>• 흰머리가 군데군데 있는 염색모</li> </ul>	
피부톤	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연령에 비해 밝은 피부</li> </ul>	
특이사항	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 70대 일본 여성</li> <li>• 젊은 시절 꽃에 비유되는 이미지의 외모를 가졌음</li> <li>• 장교와 결혼하여 중산층으로 살아 왔음</li> </ul>	

## 2) 제작 재료

노화현상은 피부조직이 이완되어 탄력성을 잃어 눈꺼풀이 처지고 양 볼이 처져 얼굴형이 변하게 되며 미세주름이 깊어져 굵은 주름이 생기고, 지방분이나 탄력을 유지 시켜줄 조직이 점점 쇠퇴하여 수축력이 감퇴하게 된다.<sup>52)</sup>

실리콘은 모델에 적용하였을 때, 실리콘의 반투명한 재질과 피부톤 조색의 용이함으로 인하여 피부 표면과 부착된 경계면도 자연스럽게 처리할 수 있으므로<sup>53)</sup> 피부 표현에 가장 적합하다. 이에 본 연구에서는 실리콘을 재료로 사용하여 에이징 프로스테틱을 제작하였다.

본 연구에서 사용할 실리콘은 미국 스무스온(Smooth-On. Inc.)의 에코플렉스(EcoFlex 0010)로 실리콘 중 가장 부드러우면서 매우 질긴 실리콘이다. 에코플렉스는 영화 소품이나 인체 조형에 적합하게 출시된 제품으로 주제와 경화제는 1:1로 배합하며 워킹타임 30분에 4시간 큐어, 반투명의 실리콘으로 경도가 10인 제품이므로<sup>54)</sup> 애니메트로닉 작업이나 각종 피부용으로 주로 사용되고 있다.

---

52) 강미선(2004). op.cit., p.7.

53) 김승현,이금희,김기영(2013). “실리콘 고무를 이용한 황인 여성의 안면 상처분장”, *대한미용학회지*, 9(1). pp.65~71.

54) 협신물산 홈페이지

<출처:<http://www.hyup-shin.co.kr/front/php/newpage.php?code=8>, 2017.04.05. 검색>

## IV. 연구 결과 및 고찰

### 1. 수작업과 3D 장비를 통한 제작 과정 비교

실리콘 피스 제작은 얼굴복제, 파지티브 몰드 제작, 노인 모델링, 텍스처 작업, 네거티브 몰드 제작, 실리콘 캐스팅 및 후반작업의 6가지 과정으로 분류하고 각 과정별로 작업 방법과 제작비용, 소요시간, 장·단점을 정리하여 수작업과 3D프린터 활용법의 두 가지 제작법을 과정 순서대로 비교, 제시하고자 한다.

각 단계 별 제작 과정과 결과는 수작업, 3D장비 활용법의 순서로 기술하였으며 단계 별 내용을 표로 작성하였고 두 과정을 비교하여 보기 쉽게 정리하였다.

#### 1) 파지티브 몰드 제작을 위한 얼굴 복제

##### (1) 수작업을 통한 얼굴 복제

수작업 파지티브 몰드<sup>55)</sup> 제작은 얼굴을 떼내기 전 준비 과정부터 시작한다. 모델의 모발은 볼드캡 또는 수영모, 랩핑 등의 방법으로 완전히 감싸 두상을 만들고 파지티브 몰드에 헤어라인이 배어나오도록 수성펜으로 표시한다. 밖으로 드러난 모발 부분은 알지네이트 제거 시 모델이 불편함을 느끼지 않도록 바셀린을 발라준다.

알지네이트는 해초 성분 파우더로, 물과 혼합되면 5~10분 안에 굳

---

55) 파지티브 몰드: 양각틀을 말하며 이 작업에서는 석고로 캐스팅한 얼굴몰드를 뜻한다.

으므로 신속하게 바르고 주름과 사이사이 골고루 들어가도록 작업해야 한다.<sup>56)</sup> 물의 온도는 27℃ 정도가 모델이 편안함을 느낄 수 있는 온도이다.<sup>57)</sup>

마더폴드로는 석고붕대를 이용하여 덮어 준다. 석고붕대가 굳으면 천천히 얼굴에서 분리하여 콧구멍을 막아 마무리 한다.

콧대부위는 석고붕대를 한 번 꼬아서 붙여주는데 이것은 코의 구조적 특성상 편안하게 만들기 위한 작업이다.<sup>58)</sup>

이 작업에 소요되는 시간은 모델에게 볼드캡을 씌우는 등의 모델 준비 과정이 약 30분, 알지네이트와 석고붕대를 이용하여 얼굴을 떠내는 과정이 약 30분으로 총 1시간 정도의 시간이 소요된다. 제작에 필요한 재료비는 소모품 위주로 산정하여 4만원정도이다.

수작업을 통한 얼굴 복제의 장점은 피부의 미세한 주름까지도 모두 복제된다는 점이다. 특수분장에서 모델의 미세주름은 캐릭터 표현을 위한 조형작업과 실리콘 피스 부착 후 피부와 부착물의 자연스러운 연결을 위한 정보가 될 수 있다. 수작업의 또 다른 장점은 모델의 얼굴을 직접 복제하기 때문에 오차가 없다는 점으로 모델이 얼굴을 떠냈을 당시로 부터 실리콘 피스를 부착하는 시점까지 얼굴의 외형적 변화가 생길 정도의 체중 변화나 외적인 변인만 없다면 실리콘 피스가 얼굴에 맞춤 제작된 상태이므로 피스가 들뜨는 현상 없이 자연스럽게 표현할 수 있다.

수작업의 단점은 얼굴 복제를 위한 별도의 준비작업이 필요하다는 점이다. 준비 작업은 모발 보호를 위한 재료 준비가 필요한데 볼드캡을 제작하여 착용할 경우 볼드캡 제작에만 한 시간 이상이 소요될

---

56) 장미숙(2004). op.cit., p.10.

57) Todd Debrenceni(2009). "Special makeup effects for stage and screen", Burlington: Focal Press, p.80.

58) 김승현,윤은재(2008). op.cit., pp.140~141.

수 있다. 또한 배우의 표정이 정확히 표현되기 어려우며 배우의 긴장, 표정, 작업자의 숙련도에 따라 얼굴 변형이 생길 가능성이 있다.

볼드캡은 레드헤드에 라텍스를 여러 겹 발라를 반복하여 만든다.<sup>59)</sup>

그 밖의 재료 준비, 모델 준비 작업이 완료되어야 복제 작업이 가능하다. 또한 폐소공포증이 있는 사람의 경우는 수작업을 통한 얼굴 복제 과정 자체가 불가능할 수 있으므로 모델의 심리적, 정신적 상태 확인 후 적합성 여부를 판단하여야 한다.

## (2) 3D장비를 통한 얼굴 복제

3D스캐너란 광학적으로 이미지를 스캔하는 과정을 말하는데 직접 접촉하지 않아도 3차원 형상 데이터를 획득할 수 있는 것을 말하며 레이저로 점 또는 선을 투사하여 데이터를 얻는 방식이다.<sup>60)</sup>

3D스캐너를 이용한 파지티브 몰드 제작은 별도의 사전 작업이 필요하지 않다. 다만 3D스캐너는 모발을 세밀하게 인식하지 못하므로 모델의 피부위로 모발이 드리워지지 않도록 주의한다. 3D스캐너는 기종별 조작법에 따라 사용한다. 스캔 데이터는 수정 가능한 3D프로그램을 이용하여 보정하는데, 본 연구에서는 지브러시(Z-Brush)를 사용하였다. 스캔 데이터 보정은 헤어 부분을 균일한 면으로 만들고 불필요한 요철면이나 구멍을 정리하여 작업한다. 마지막으로 데이터는 원하는 크기로 잘라내어 출력 가능한 stl파일<sup>61)</sup>로 저장하였다.

59) 김현수(2006). “무대공연을 위한 효과적인 분장 방법에 관한 연구”, 청운대학교 정보산업대학원 석사학위논문, p.21.

60) 주도(2015). “3D Printer를 활용한 인물 캐릭터 제작기법 연구”, 신라대학교 대학원 석사학위논문, p.30.

61) stl 파일 : stl 파일은 3차원 데이터를 표현하는 국제 표준 형식으로 입체 모형을 삼각형 면으로 구성하는 것이 특징이다. 곡면 표현에 다소의 한계는 있으나 조밀도를 높이면 원형에 가까운 결과를 얻을 수 있다.

<출처: 네이버 지식백과 <http://m.terms.naver.com/entry.nhn?docId=3546215&cid=42171&categoryId=58497>, 2017.04.11. 검색>

이 작업의 소요 시간은 스캐닝 작업 10분, 지브러시를 이용한 스캔 데이터 보정 약 1시간으로, 총 1시간 10분가량이 소요되어 수작업 소요시간과 큰 차이를 보이지 않았다. 다만 스캐너의 기종에 따라 데이터 보정이 거의 필요 없을 수도 있고 훨씬 장시간의 보정을 요하는 경우도 있으므로 작업 시간은 절대적이지 않다. 본 연구에서 사용한 스캐너는 Artec EVA<sup>62)</sup>를 사용하여 스캔하였다. 스캔 장비를 갖춘 경우, 스캔과 데이터 보정 비용은 발생하지 않는다. 장비를 갖추고 있지 않은 경우, 15만 원에서 30만 원가량의 제작비가 소요된다.

3D 장비를 통한 얼굴 복제의 장점은 작업 시간이 빠르다는 점이다. 데이터 보정작업은 수작업과 마찬가지로 작업자의 숙련도가 요구되지만 스캐닝 작업은 기계 사용법만 숙지하면 누구나 쉽게 사용할 수 있다는 점도 장점이다. 또한 장비를 갖추고 있다면 기타 소모품이 들지 않아 작업 비용이 발생하지 않기 때문에 실패하더라도 추가비용 없이 반복 작업이 가능하다는 점은 3D스캐닝의 최대 장점이다.

3D 장비를 통한 얼굴 복제의 단점은 3D스캐너의 높은 가격이다. 수십만 원대의 저가 장비도 있지만 실제 사용할 만한 수준의 스캐너는 수천만 원대의 고가이므로 장비 구비에 많은 비용이 소요된다. 또한 얼굴 스캐닝 작업은 방향별 수많은 프레임을 정합하여 하나의 얼굴 데이터를 형성하므로 정합 과정에서 오차가 발생할 수 있다.

스캐닝 오차의 경우, 레이저 스캐너의 정밀도, 몇 장의 사진을 이용하여 캡처하는가 등에 따라 달라지게 된다.<sup>63)</sup>


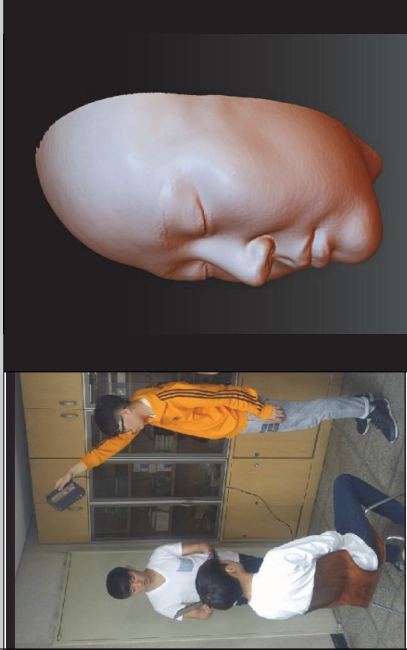
얼굴 복제의 두 가지 방법에 대한 이미지와 내용을 요약하면 <표 4>와 같다.

---

62) Artec EVA : Artec사에서 제조한 초당 20만 포인트를 생성하는 고속, 실시간 3D 스캐너

63) 최예준 외 3인(2016). op.cit., p.522.

<표 4> 수작업과 3D 장비 활용을 통한 얼굴 복제 방법 비교

	수작업	3D 장비 활용 작업
<p>작업과정 이미지</p>		
방법	<p>알지네이트와 석고봉대를 이용한 이종플드 방식</p>	<p>3D 스캐너를 이용한 스캐닝</p>
소요시간	<p>(모델 준비 작업:30분 + 얼굴 몰드 제작:30분) = 약 1시간</p>	<p>(3D 스캔:10분 + Z-Brush:1시간) = 약 1시간 10분</p>
비용	<p>약 4만원</p>	<p>장비를 구비한 경우: 0원 / 제작 의뢰하는 경우:30만원</p>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 피부 텍스처를 살려 파지티브 몰드를 제작할 수 있다.</li> <li>• 시간 안에 작업한다면 오차가 없다.</li> <li>• 사전 준비 시간 및 절차가 필요하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업 시간이 빠르다.</li> <li>• 장비를 구비한 경우 비용이 들지 않는다.</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐소공포증이 있는 사람은 캐스팅에 제한이 있다.</li> <li>• 배우의 표정이 정확히 표현되지 않는다.</li> <li>• 작업자의 숙련도에 따라 변형의 가능성이 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 장비 구비를 위해 수천만 원대의 비용이 소요된다.</li> <li>• 오차가 발생할 수 있다.</li> </ul>

## 2) 파지티브 몰드 제작

### (1) 수작업을 통한 파지티브 몰드 제작

파지티브 몰드는 알지네이트와 석고붕대를 사용하여 제작한 틀에 석고를 바르거나 부어 제작한다.<sup>64)</sup> 석고의 강도는 실리콘 피스를 제작할 목적의 몰드이므로 HC급 이상의 강도를 선택해서 사용하여야 하는데 본 연구에서는 HC급의 석고를 사용하여 3센티 가량의 두께로 제작하였다. 석고가 굳으면 알지네이트와 석고붕대를 제거하고 트립작업을 한 후 유도 작업이 용이하도록 캐스터 오일을 발라 건조시킨다.

이 작업에 소요되는 시간은 약 30분 정도이며 비용은 5천원 가량이다. 시간과 비용 모두 3D장비를 활용했을 때보다 효율적이었다. 그 밖의 장점은 피부의 잔주름이 90%이상 거의 완벽하게 표현된다는 점이다. 물론 석고의 특성상 표면의 텍스처는 쉽게 소실될 수 있으므로 주의가 필요한데 그만큼 후가공이 용이하다. 수작업의 단점은 알지네이트가 마르면 수축되어 얼굴의 형태가 변형되므로 수분이 마르기 전에 석고 캐스팅을 마쳐야 하는 시간의 제약이 있다<sup>65)</sup>는 것이다. 알지네이트 몰드는 적게는 1개에서 많게는 3개 까지 복제가 가능하지만 복제가 반복될수록 오차가 점점 크게 발생할 수 있다. 석고는 파손의 위험이 있으며 무겁다는 점이다.

이러한 단점은 석고라는 소재의 단점과 일치하므로 석고가 아닌 다른 소재를 사용할 경우 몇 가지는 해소될 수 있는 여지가 있다. 석고의 무게나 파손 위험을 보완할 수 있는 재질로는 몰드용으로 사용 가능한 에폭시나 우레탄 등이 있는데 두께는 얇으면서 강도가 우수

---

64) 김윤예(2007). op.cit., p.41.

65) Ibid.

해서 무게가 매우 가벼운 반면 약간의 탄성도 가지고 있어 파손의 위험도 크지 않다. 다만 수분이 경화불량의 원인이 되는 경우가 많아 알지네이트 몰드에서는 캐스팅이 어려워 실리콘 몰드를 제작해야만 가능한 경우가 일반적이거나 최근에는 수분에도 영향을 받지 않는 우레탄, 일반 우레탄이나 실리콘으로도 캐스팅이 가능한 알지네이트 등 소재의 단점을 보완한 제품이 개발되어 있다. 그러나 단가가 기존 재료에 비해 월등하게 높으므로 사용 빈도는 높지 않다. 따라서, 본 연구에서는 가장 일반적인 석고를 사용하여 작업 하였다.

## (2) 3D장비를 통한 파지티브 몰드 제작

보정한 스캔 데이터는 3D프린터를 이용하여 출력하도록 한다. 출력물은 3D프린터의 종류별로 퀄리티의 차이가 있으나 각각의 특징을 고려하여 프린터를 선택하도록 한다. 그러나 FDM방식을 제외한 나머지 프린터의 경우 출력물의 퀄리티는 FDM에 비해 높지만 출력 비용이 활용 가능한 범위를 초과하거나 한 번에 출력 가능한 사이즈가 얼굴 사이즈에 비해 너무 작아 실제 활용이 불가능했다. 출력 사이즈가 너무 작은 경우는 3D상에서 파팅 작업을 하여 따로 출력 후 후가공을 통해 각 파트를 접합해야 하는데 이 경우 접합하고 작업 하는데 시간이 걸리고 접합 부위 강도가 약해 활용도가 떨어질 수 있다. 피부 텍스처가 표현 될 정도의 정밀도를 가지고 있는 SLA나 DLP방식의 프린터는 한 번에 출력 가능한 사이즈가 큰 경우 장비가 수억 원에 이르고 재료비 또한 수십만 원에서 수백만 원까지 높아지는 등 비용면에서 비효율적이다. 다만 사이즈가 작고 정교한 피스를 제작할 경우에는 어느 정도의 비용을 감수한다면 활용이 가능하다. 이러한 문제로 본 연구에서는 실제 활용 가능한 범위의 FDM방식의

프린터를 사용하였고 강도가 다소 낮은 출력물의 특성상 프레임 작업을 하여 강도를 보완하였다.


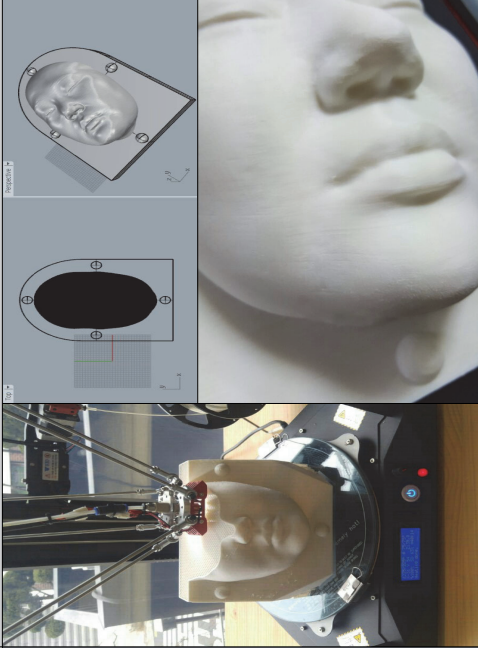
이 작업에 소요된 시간은 출력 시간만 72시간으로 얼굴을 한 번에 출력하는 만큼 긴 시간이 소요되었다. 몰드는 파팅을 하고 출력하면 시간은 반이하로 줄어들게 되므로 접합부위 강도를 보완하는 과정을 거친다면 어느 정도의 시간 단축은 가능할 것으로 보인다. 순수 재료비는 8천 원, 제작을 의뢰하는 경우는 최소 20만원의 비용이 소요된다.

3D 장비를 통한 파지티브 몰드 제작의 장점은 출력 중 어떠한 작업도 인력도 필요하지 않으므로 동시에 다른 작업이 가능하다는 것과 무게가 500g으로 매우 가볍다는 점이다.

3D 장비를 통한 파지티브 몰드 제작의 단점은 피부 텍스처는 전혀 표현되지 않는다는 점이다. 퀄리티가 높은 SLA나 DLP의 경우에도 스캔과 출력의 과정을 거치면 피부 텍스처를 수작업과 같은 90% 이상으로 표현해 내는 것은 불가능하다. 또한 출력물의 형태에 따라 서포터가 붙는 자리와 적층선이 뭉치는 자리가 생길 수 있고 이러한 경우 후가공이 불가피하며 수작업에 비해 공정이 더욱 복잡해지게 된다.

파지티브 몰드 제작의 두 가지 방법에 대한 이미지와 내용을 요약하면 <표 5>와 같다.

<표 5> 수작업과 3D 장비 활용을 통한 파지티브 몰드 제작 방법 비교

	수작업	3D 장비 활용 작업
<p>작업과정 이미지</p>		
방법	일괄 몰드에 석고를 부어 두께를 만드는 방식	3D 프린터를 이용하여 출력
소요시간	30분	72시간
비용	5천원	장비를 구비한 경우: 8천원 / 제작을 의뢰하는 경우: 20만원
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 피부 잔주름이 90% 이상 표현된다.</li> <li>• 후가공이 용이하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 출력 중 별도의 인력이 필요하지 않다.</li> <li>• 무게가 가볍다 (약 500g)</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 파손 위험이 있고 무겁다.</li> <li>• 시간의 제약(알지네이트가 마르기 전)이 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 피부 텍스처는 표현되지 않는다.</li> <li>• 경우에 따라 후가공이 단순하지 않을 수 있다.</li> </ul>

### 3) 에이징 모델링 작업

#### (1) 수작업을 통한 에이징 모델링 작업

모델링 작업은 파지티브 몰드 완성 후, 유토로 작업하는데 조각 도구를 사용하여 큰 형태를 잡아주고 점차 확실하게 형태를 잡아준다.<sup>66)</sup> 실리콘 피스를 부착하였을 때 얼굴의 움직임이 어색하지 않도록 모델의 근육과 골격을 고려하여 작업한다. 특히 실리콘 피스를 부착하였을 경우 실리콘과 피부의 경계면이 자연스럽게 연결되도록 하기 위하여 유토의 가장자리는 파지티브 몰드의 석고면과 경계가 느껴지지 않을 정도까지 블렌딩 시켜준다. 유토의 표면은 지문이 남거나 울퉁불퉁하게 보이지 않도록 도구나 용제를 이용하여 고르게 펴주었다.

99% 알콜은 유토를 녹이는 효과가 있으며 표면을 매끄럽게 정리해주는 역할을 한다.<sup>67)</sup>

이 작업에 소요된 시간은 1일 정도이며 재사용 가능한 유토를 사용하여 비용은 들지 않았다. 유토를 새로 구입한다 하더라도 약 만 오천 원 내외로 구입할 수 있다.

수작업을 통한 에이징 모델링 작업의 장점은 초보자도 쉽게 다룰 수 있는 재료라는 점이지만 기본적인 조형 능력에 따라 결과물의 퀄리티는 큰 차이를 보이게 된다. 유토를 이용한 조형 작업은 얼마든지 수정이 가능하며 부분별 두께를 수시로 확인하기 용이하다는 장점이 있다.

수작업의 단점은 좌우 대칭을 맞추기가 어렵다는 점이다. 사람의 얼굴이나 자연물의 경우 완벽한 대칭을 이루는 경우는 매우 드물지

---

66) 심주영(2011). op.cit., p.50.

67) Ibid, p.51.

만 조형작업에서 좌, 우 조형의 균형이 맞지 않을 경우 골격이 틀어져 보일 수 있으므로 기본적인 대칭은 맞춰 주는 것이 좋은데 오로지 작업자의 눈과 손에 의존하여야 하는 수작업의 경우 3D조형과 비교하면 좌·우 균형을 맞추는 작업이 매우 어렵다는 단점이 있다.

## (2) 3D장비를 통한 에이징 모델링 작업

3D모델링은 지브러시를 이용하여 보정 작업을 마친 스캔 데이터 위에 작업한다. 모델링 작업은 스캔 데이터에 브러시를 이용하여 덩어리를 만들어 주는 작업으로 원본 데이터가 파이지 않게 주의하고 특히 실리콘 피스가 덮이지 않는 눈꺼플과 입술 안쪽 등이 변형되지 않도록 마스킹(Masking)을 하고 작업 하였다. 시미트리(Symmetry) 기능은 기본적인 양감을 표현할 때까지 사용하고 세부 묘사를 할 때 부터는 사용하지 않는 것이 3D프로그램에서 좌우 대칭 기능을 최대한 활용하는 방법이다.

이 작업에 소요된 시간은 약 6시간 정도이며 컴퓨터 프로그램으로 진행되는 작업이므로 별도의 비용이 발생하지 않는다.

3D장비를 통한 에이징 모델링 작업의 장점은 좌우 대칭 작업이 가능하며 시미트리 기능을 활용하면 동시에 양쪽 조형이 가능하다는 점이다.

시미트리 기능은 버튼 하나 클릭만으로 대칭인 모델이나 비대칭인 모델의반쪽을 쉽게 얻을 수 있다.<sup>68)</sup> 이 점 때문에 조형 시간이 대폭 단축되며 조형능력이 다소 미흡하더라도 프로그램 기능을 이용하여 보다 쉽게 조형 작업을 할 수 있다. 이것이 3D프로그램을 이용한 조형의 가장 강력한 장점이라 하겠다. 물론 스캔 받은 인체 데이터 자

---


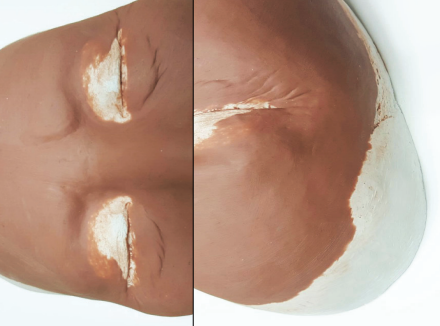
68) 문정은(2009). “컴퓨터 그래픽스를 활용한 디지털 분장 기법에 관한 연구”, 세종대학교대학원 박사학위논문, p.27.

체가 좌우 대칭을 이루고 있지는 않을 가능성이 높기 때문에 시미트리 기능만으로 완벽한 양쪽 조형이 가능하지는 않다. 그러나 조형 작업 전 스캔 데이터를 x,y,z축에 맞춰 정렬한 후 작업하면 어느 정도의 양쪽 조형 작업이 가능하다.

3D장비를 통한 에이징 모델링 작업의 단점은 3D프로그램을 다루는 숙련도가 필요하다는 점이다. 수작업과 달리 작업 중 부분별로 정확한 두께 측정이 어려우므로 능숙한 조작을 통해 확인해 보는 과정이 필요하다. 또한 아무리 능숙한 조작이 가능하다 하더라도 기능적으로 조형된 덩어리와 원본 얼굴 덩어리의 차집합을 통해 조형값을 얻어내야 하기 때문에 가장자리를 유토 작업만큼 얇게 블렌딩하기 어렵다.

에이징 모델링 작업의 두 가지 방법에 대한 이미지와 내용을 요약하면 <표 6>과 같다.

<표 6> 수작업과 3D 장비 활용을 통한 에이징 모델링 작업 방법 비교

	수작업	3D 장비 활용 작업
<p>작업과정 이미지</p>		
방법	<p>유토를 이용한 손조형</p>	<p>Z-Brush를 활용한 3D컴퓨터 작업</p>
소요시간	<p>1일</p>	<p>약 6시간</p>
비용	<p>유토 구입할 경우: 1만5천원 / 유토 재사용할 경우: 0원</p>	<p>0원 (별도의 재료비가 없다)</p>
장점	<p>재료에 대한 숙련도가 없는 초보자도 조형 작업이 가능하다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Symmetry기능을 이용하면 한쪽 작업만으로 양쪽 조형이 가능하므로 작업이 용이하다.</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 좌우 대칭을 맞추기가 어렵다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D 프로그램을 다루는 숙련도가 필요하다.</li> </ul>

#### 4) 텍스처 작업

##### (1) 수작업을 통한 텍스처 작업

피부 텍스처 작업은 표면이 정리된 유토의 표면에 비닐을 덮어 주름 표현 도구를 이용하여 잔주름을 그려준다. 피부 표현은 주름 도구 외에도 스틱플 스폰지나 애견용 브러시를 사용할 수도 있다.<sup>69)</sup>

조각도구를 사용하여 깊은 주름에서 잔주름을 표현할 수 있으며, 주름의 방향, 굵기, 길이 등을 다양하게 표현할 수 있다.<sup>70)</sup> 방향을 고려하여 표현한다. 연령대가 높은 캐릭터 이므로 모공을 강하게 표현하였다.

이 작업에 소요된 시간은 약 6시간으로 잔주름과 모공을 하나하나 표현해야 하므로 긴 시간과 집중력을 필요로 하고 별도의 비용은 들지 않는다. 수작업을 통한 텍스처 작업의 장점은 실제 피부 이상의 밀도와 디테일을 표현할 수 있으며 이미 조형된 양감에는 영향을 미치지 않고 작업할 수 있다.

수작업의 단점은 고도의 집중력과 작업자의 숙련도를 요하는 작업이라는 점이다. 피부 표현을 위해서 작업자는 피부 뿐 아니라 연령에 따른 골격과 근육에 대한 이해가 필요하며 이후의 몰드작업과 캐스팅 작업에 사용하는 재료에 대한 이해가 있어야만 최종적으로 나타내하고자 하는 느낌에 맞춰 텍스처의 깊이를 조절할 수 있다.

##### (2) 3D장비를 통한 텍스처 작업

지브러시는 3D프로그램 중 피부 표현을 하기 매우 적합한 프로그램

---

69) Joe Blasco and Vincent J-R Kehoe(2011). "The Professional Make-up Artist", California: Joe Blasco, p.155.

70) 심주영(2011). op.cit., p.51.

랩이다. 피부 표현은 몇 가지 알파(Alpha)기능을 이용하거나 스텐실(Stencil)을 이용하여 작업할 수 있는데 본 연구에서는 알파 기능을 이용하여 제작하였다.

알파 기능은 문양을 그리거나 브러시의 모양을 바꿔 텍스처 표현을 용이하게 해주는 기능으로 지브러시에서의 활용도가 매우 높다.<sup>71)</sup>

모공 표현은 브러시의 랩모드(wrapmode)의 수치를 변경하여 모공의 모양으로 만든 알파를 패턴화 시킬 수 있다.<sup>72)</sup>

이 작업에 소요된 시간은 1시간 이내이며 3D프로그램을 사용하므로 별도의 비용이 들지 않는다.

3D장비를 통한 텍스처 작업의 장점은 작업 시간이 짧고 수작업에 비해 작업자의 숙련도나 고도의 집중력을 필요로 하지는 않는다는 점이다.

3D장비를 통한 텍스처 작업의 단점은 수작업 만큼의 리얼하고 디테일한 표현은 불가능하다는 것이다. 알파를 이용하여 모공을 표현할 경우 지브러시에 기본적으로 저장되어 있는 패턴 외에 직접 제작한 패턴을 사용하여 완성도를 높일 수는 있지만 별도의 패턴 작업이 포토샵에서 이루어져야 하므로 추가 시간이 소요된다. 또한 알파 기능은 경우에 따라 기본 조형의 양감에 영향을 줄 수 있으므로 주의해야 한다. 3D상에서의 텍스처 작업은 작업자의 숙련도에 따라 디테일한 세부 표현이 이루어진다. 모공과 같은 표현은 출력이 어렵다는 단점이 있다.

텍스처 작업의 두 가지 방법에 대한 이미지와 내용을 요약하면 <표 7>과 같다.

---

71) 김승민(2011). “ZBrush와 3d Max를 이용한 3D 캐릭터 제작기법”, 경기: 성안당, p.59.

72) 김승민(2014). “ZBrush4 캐릭터 테크닉”, 경기: 비엘북스, p.42.

<표 7> 수작업과 3D 장비 활용을 통한 텍스처 작업 방법 비교

	수작업	3D 장비 활용 작업
<p>작업과정 이미지</p>		
<p>방법</p>	<p>조소 도구를 이용한 손조형</p>	<p>Z-Brush를 활용한 3D컴퓨터 작업</p>
<p>소요시간</p>	<p>약 6시간</p>	<p>1시간 이내</p>
<p>비용</p>	<p>0원</p>	<p>0원</p>
<p>장점</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실제 피부 이상의 디테일한 텍스처 표현이 가능하다.</li> <li>• 전체 양감에 영향을 주지 않는다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 짧은 시간 내에 작업이 가능하다.</li> <li>• 숙련도가 높지 않아도 비교적 쉽게 작업할 수 있다.</li> </ul>
<p>단점</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업자의 높은 숙련도가 요구된다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디테일한 표현에 한계가 있다.</li> </ul>

## 5) 네거티브 몰드 제작

### (1) 수작업을 통한 네거티브 몰드 제작

몰드의 강도는 최종 결과물이 실리콘인 경우 상당히 중요한 부분이다. 파지티브 몰드는 네거티브 몰드<sup>73)</sup>와 흔들림 없이 결합하기 위하여 키를 만들어 주고 유토 가장자리로부터 5mm 간격을 두고 점토를 이용하여 흠벽을 쌓아준다.

흠벽은 약 60° 각도로 잘라내며 유토와 흠벽 사이에 드러난 파지티브 몰드부분은 실리콘 피스의 가장자리를 잘라내는 역할을 하게 된다.<sup>74)</sup>

네거티브 몰드는 파지티브 몰드와 같은 HC급 석고를 사용하였는데, 텍스처의 결이 보다 예민하고 깊을 경우 밀도가 높은 울트라켈이나 치과용 석고를 사용하기도 한다.

울트라켈은 헐리웃 특수분장사들이 개발한 석고 시멘트로 강도가 상당히 높으며 치과용 석고 또한 울트라켈과 비슷한 강도를 보이는데 두 가지 모두 일반석고에 비해 고가이다.<sup>75)</sup>

석고는 실리콘 작업이 용이하도록 윗면에 수평면을 형성하여 발라준다. 네거티브 몰드의 두께는 3센티 가량으로 되도록 균일하게 제작한다.

이 작업에 소요된 시간은 약 40분이며 치과용 석고를 사용할 경우 더 길어질 수 있으며 비용은 1만원 이하로 제작이 가능하다.

수작업을 통한 네거티브 몰드 제작의 장점은 유토 작업으로 표현한 미세주름과 모공을 네거티브 몰드로 모두 살려낼 수 있다는 점이

---

73) 네거티브 몰드: 파지티브 몰드에 유토로 조형한 결과물을 떠낸 음각틀을 뜻한다.

74) Joe Blasco and Vincent J-R Kehoe(2011). op.cit., p.79.

75) 심주영(2011). op.cit., p.55.

다. 특수분장에서 인체의 피부 표현이나 동·식물의 표면 텍스처 표현이 상당히 중요한 부분임을 감안한다면 수작업을 통한 네거티브 몰드의 이와 같은 장점은 실리콘 피스를 제작하는 전 과정 중에 가장 중요한 부분이라 할 수 있으며 3D장비가 풀어야 할 과제이기도 하다. 수작업으로 제작하는 몰드의 또 다른 장점은 파지티브 몰드에 석고를 부어 만드는 맞춤 제작이므로 파지티브와 네거티브 몰드 사이에 틈이 생기지 않게 제작된다는 점이다. 특히 실리콘과 같이 밀도가 높은 재료를 사용할 경우 두 몰드의 정밀도가 중요하므로 이와 같은 맞춤 제작 방식이 권장될 수밖에 없다.

수작업의 단점은 석고를 사용함으로 인해서 네거티브와 파지티브 몰드의 무게가 상당하여 작업이 다소 불편할 수 있다는 점이다. 또한 두 몰드를 합하여 조이는 과정과 경화가 완료된 실리콘을 분리하는 과정에서 석고의 파손 우려가 있어 석고의 내구성에 관한 부분이 단점으로 뽑을 수 있는 점이다. 파지티브와 네거티브 몰드 모두 한 번 파손되면 작업을 완전히 다시 시작하지 않는 이상 바로 전 단계로 되돌려 작업하는 것이 불가능하다는 점이 3D장비를 활용한 제작 과정과 비교되는 부분이다.

## (2) 3D장비를 통한 네거티브 몰드 제작

3D장비를 이용하여 실리콘 마스크를 제작한 선행 연구의 경우, 네거티브 몰드는 파지티브 몰드와 마찬가지로 3D프린터를 통한 출력 방식으로 진행하였다. 본 연구는 수작업과의 확실한 비교를 위하여 활용 가능한 모든 과정에 프린터를 사용하는 것을 목적으로 하였다. 따라서, 이 과정에서 네거티브 몰드는 지프러시의 차집합 기능을 활용하여 3D프린터 출력물로 제작하였다.

이 작업에 소요된 시간은 3D프로그램으로 네거티브 몰드를 만드는데 약 2시간, 그리고 출력에 72시간으로 몰드를 파팅 없이 한번에 출력하였으므로 수작업에 비해 월등히 긴 시간이 소요되었다. 비용은 3D프로그램은 별도의 비용이 들지 않았으며 3D출력에 약 8천 원 가량의 재료비가 소요되었다.

3D장비를 통한 네거티브 몰드 제작의 장점은 흠벽을 쌓는 등의 추가 작업이 없이 모든 것이 3D프로그램 상에서 가능하다는 점이다. 3D조형이 끝나고 나면 3D프린팅을 통해 출력이 되므로 더 이상의 수작업은 필요하지 않다.

3D장비를 통한 네거티브 몰드 제작의 단점은 맞춤 제작인 수작업과 달리 출력하는 과정에서 오차가 발생할 수 있으므로 파지티브와 네거티브 몰드의 합이 100% 맞지 않을 수 있다는 점이다. 이러한 단점은 실리콘 캐스팅 작업 시 점토를 이용하여 두 몰드의 틈을 막아주는 작업을 보다 꼼꼼하게 해주면 보완할 수 있는 부분이다. 3D장비를 통한 제작법의 가장 큰 단점은 3D상에서 표현한 피부 텍스처가 네거티브 몰드에 출력되지 않는다는 점이다. 파지티브 몰드에서도 언급한 바와 같이 SLA나 DLP장비를 사용하지 않는 이상 FDM으로는 아무리 정밀도를 높여 출력하여도 피부의 디테일은 표현되지 않는다. 또한 네거티브 몰드 표면에 생기는 적층선을 없애는 후가공을 할 경우 조형상의 문제가 발생하므로 후가공이 불가능하며 실리콘 캐스팅 후에도 표면 트립 작업이 불가능하므로 이와 같은 단점은 특수분장사들이 3D프린터의 가장 큰 한계점으로 꼽는 부분이기도 하다.

네거티브 몰드 제작의 두 가지 방법에 대한 이미지와 내용을 요약하면 <표 8>과 같다.

<표 8> 수작업과 3D 장비 활용을 통한 네거티브 몰드 제작 방법 비교

작업과정 이미지	수작업	3D 장비 활용 작업
<b>방법</b>	석고를 이용하여 두께를 만드는 방식	3D 프린터를 이용하여 출력
<b>소요시간</b>	약 40분	(3D 조형:2시간 + 3D출력:70시간) =약 72시간
<b>비용</b>	1만원 이하	8천원
<b>장점</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유토작업으로 표현한 디테일이 몰드에 모두 표현된다.</li> <li>• 파지티브 몰드와 사이에 틈이 발생하지 않는다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업이 용이하다.</li> </ul>
<b>단점</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 무게가 무겁다.</li> <li>• 깨지기 쉽다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 오차가 발생하여 몰드 결합 시 틈이 발생하기 쉽다.</li> <li>• 피부 디테일이 표현되지 않으며 적층선이 발생한다.</li> </ul>

## 6) 실리콘 캐스팅 및 후반 작업

이 과정은 수작업과 3D장비를 활용한 작업 모두 같은 방법으로 제작한다. 유토를 제거한 파지티브 몰드는 유토의 가장 밀선이 되는 부분을 표시한 후 파지티브 몰드 뒷면에서 드릴을 이용하여 숨구멍과 주입구를 뚫어준다.

주입구는 실리콘이 흐르기 쉽게 조형이 가장 높은 곳의 파지티브 몰드에 뚫어주고 숨구멍은 주입구 보다 작은 사이즈로 뚫어준다<sup>76)</sup>

파지티브와 네거티브 몰드는 결합하여 강하게 조여 주고 점토를 이용하여 두 몰드의 틈을 모두 막아 밀폐시켜 준다.

몰드는 깨지지 않는 한도 내에서 강하게 조이되 주입구와 숨구멍을 막지 않도록 주의해야 한다.<sup>77)</sup>

실리콘은 주사기를 이용하여 가장 아래에 위치한 주입구에 주입하고 숨구멍을 차례로 막으며 실리콘 주입을 완료한다. 실리콘이 완전히 경화되면 두 몰드를 분리하고 완성된 실리콘 피스를 꺼내어 트림 작업과 채색작업을 거쳐 부착 전 단계까지 완료한다.

수작업과 3D장비를 활용한 두 가지 작업의 실리콘 캐스팅 방법은 같지만 몰드 제작 방법과 소재에 따른 각각의 차이점이 존재한다. 3D프린터로 출력한 몰드의 경우 석고몰드와 달리 오차가 발생하여 파지티브와 네거티브 몰드를 결합하는 과정에서 두 몰드 간의 틈이 발생할 확률이 높으므로 점토를 이용하여 틈을 막아주는 작업에 더 신경 써야 한다. 또 하나의 차이점은 석고몰드는 드릴로 구멍을 뚫어 기존의 방법대로 실리콘을 주입하면 되지만 3D프린팅을 통한 출력물의 경우는 출력물의 내부가 완벽히 채워진 형태가 아닌 격자 모양의

76) Joe Blasco and Vincent J-R Kehoe(2011). op.cit., p.230.

77) Ibid, p.234.

구성으로 되어있어 내부에 빈공간이 존재하게 된다. 따라서 3D프린터로 출력한 몰드는 드릴로 구멍을 뚫어 주입구와 숨구멍을 만든 후에 주입구 내부 표면의 구멍을 메워주거나 주입구 내부에 관을 삽입하여 실리콘이 주입과정에서 몰드 내부로 흘러 들어가는 것을 차단해 주어야한다. 다른 방법은 만약 부착할 피스의 조형 작업과정에서 주입구와 숨구멍의 위치를 완벽히 파악하여 3D프로그램 상에서 파지티브 몰드 데이터에 주입구와 숨구멍 작업을 한 후 출력을 하면 주입구가 깔끔하게 출력되므로 추가로 주입구 내부를 메워주는 과정은 생략할 수 있다. 본 연구에서는 주입구와 숨구멍 내부에 순간접착제를 발라 굳히는 방법으로 실리콘이 몰드에 흘러들어가는 것을 차단하여 작업하였다.

이 두 가지의 차이점 이외에는 같은 과정으로 캐스팅 작업을 통해 실리콘 피스를 완성하게 된다.

실리콘 캐스팅 및 후반 작업의 두 가지 방법에 대한 이미지와 내용을 요약하면 <표 9>와 같다.

<표 9> 실리콘 캐스팅 및 후반 작업 비교

	수작업	3D 장비 활용 작업
<p>작업과정 이미지</p>		
방법	주입구와 흡구멍을 만들어 실리콘을 주입하는 방식으로 동일함	
소요시간	약 2일	
비용	약 4만원	
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 틈이 심하게 발생하지 않는다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구멍을 만들어 주는 작업 시 드릴로 인한 볼드 손상이 거의 없다.</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구멍을 만들어 주는 작업 시 드릴로 인한 볼드 손상이 발생될 수 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 오차로 인한 틈이 발생할 수 있다.</li> <li>• 구멍 내부 볼드의 빈 공간을 처리해 주어야 한다.</li> </ul>

## 2. 특수분장에서의 효율적인 3D프린터 활용 방안

### 1) 수작업과 3D장비 활용 제작법에 관한 전문가 평가 결과

3인의 전문가 평가자는 경력 20년 이상의 현직 특수분장사 3인으로 구성되었으며 수작업과 3D장비 활용의 두 가지 제작 과정을 자료와 구두 설명을 통해 전달받고, 실리콘 피스 부착 과정과 결과를 참관하여 관찰한 뒤 설문지 작성과 인터뷰를 통하여 평가하였다. 제작과정별 평가 결과는 다음과 같다. 얼굴 복제 작업은 시간과 비용의 효율성, 특히 편의성에 있어서는 수작업에 비해 3D 장비 쪽이 우수하다는 의견의 일치를 보였다. 그 이유 중 한 가지는 3D 스캐닝의 경우 눈을 뜨고도 스캔이 가능하다는 점인데, 수작업에서는 불가능하여 뜯 눈을 작업하고자 할 경우, 눈을 감고 뜯 후 석고에서 다시 눈조형 작업을 해야 하기 때문이다. 그러나 본인 작업 시 어떤 방법을 선택할 지에 대해서는 3D 스캐너를 구입하거나 고비용에 의뢰해야 한다는 점 때문에 고민을 해보거나 수작업을 택하겠다는 의견이 있었다.

과지티브 몰드 작업은 시간과 비용의 효율성에서 의견이 나뉘었는데 수작업을 택한 경우는 3D프린터의 출력 시간과 장비구비, 출력 의뢰비 등의 문제를 이유로 들었으며, 3D장비를 선택한 경우는 출력 시간에 다른 작업이 가능하다는 것을 이유로 들었다. 반면 편의성은 3D프린터로 의견의 일치를 보였고 본인 작업 시, 3D프린터를 활용에 긍정적인 반응을 보였다.

에이징 모델링은 시간, 비용, 편의성 모두 3D작업이 우수하다는 의견이었다. 그러나 3D작업은 프로그램 숙지에 대한 부담감 때문에 자

신의 작업에 반영 여부는 의견이 나뉘었다. 이 작업에서 중점적으로 생각한 부분은 시간과 조소 능력이 대부분이었는데 수작업을 택한 평가자의 경우도 시미트리 기능에 의한 좌우 대칭 작업의 편의성에 대해서는 긍정적인 반응을 보였다.

텍스처 작업에 있어서는 시간, 비용, 편의성 모두 수작업이 우수하다는 의견이었다. 3D작업이 편의성은 우수할지 모르나 퀄리티가 수작업에 비해 떨어지거나, 비슷한 수준으로 작업하기 위해서는 수작업과 편의성이 그다지 차이나 보이지 않는다는 의견이 있었다. 그만큼 평가자 모두가 퀄리티를 가장 중요하게 생각했고, 본인 작업에도 수작업을 택하겠다는 데에 의견의 일치를 보였다.

네거티브 몰드 작업은 단순 비교를 떠나서 텍스처 표현의 문제만 해결된다면 3D프린터를 사용하겠다는 의견과 마찬가지로 텍스처 문제 때문에 수작업을 택하겠다는 의견으로 나뉘었다. 특수분장 작업은 텍스처가 그만큼 중요하다는 것을 의미한다 하겠다.

전문가 A의 전체적인 평가 내용은 다음과 같다.

“3D프린터 못지않게 3D스캐너의 장점이 정말 큰 것 같다. 특히 더미작업을 할 때에 뜬 눈을 묘사하기 위하여 거치는 공정이 상당히 복잡하고 눈 조형을 잘못하면 인상이 달라지는 문제가 있어 결코 쉽지 않은 작업인데 눈을 뜨고 스캔을 하면 정말 간단해질 것 같다. 어차피 스캐너는 소모품이 아니기 때문에 가격이 비싸도 투자 가치가 있다고 생각한다.....그에 비해서 3D프린터는 스킨 표현이 되지 않기 때문에 얼굴처럼 스킨이 중요한 작업에는 크게 효과적이라는 생각은 들지 않는다. 다만 덩어리가 큰 작업은 전체 양감을 3D에서 작업해서 바로 뽑을 수 있으니 쓸 만하다고 생각한다.....전체적으로 볼 때

적당히 분배해서 사용하면 확실히 빨라지는 부분은 있을 것 같다.....FDM방식의 프린터는 가격도 비싸지 않다고 하니 한 두 대 정도 구비하고 있는 것도 좋을 것 같다.”

전문가 B의 전체적인 평가 내용은 다음과 같다.

“스캐너가 좋은 건 알겠지만 가격이 수천만 원이면 수작업을 하는 얼굴을 도대체 몇 개나 떠야 그 비용이 되겠나 생각해보니 아무래도 가격이 너무 비싸다는 생각이 든다. 그렇다고 의뢰를 하자니 그것도 비싸고.....나는 그냥 손으로 작업하는 것이 스킨도 그대로 살고 좋은 것 같다.....조형이 아무나 잘 할 수 있는 게 아니기 때문에 3D프로그램을 사용하면 부족한 조형감을 보완할 수 있어서 좋을 것 같기는 하다. 다만 프로그램을 또 배워야 한다는 것이 부담이기는 하다.....3D장비만 이용해서 뽑은 실리콘 피스는 도저히 사용할 수가 없는 퀄리티이다. 무대라면 모를까 영상 작업에는 절대 불가능하다. 3D프린터가 모공까지 출력이 된다면 비싸도 3D프린터를 선택하는 것이 효율적인 면에서는 압도적일 것 같은데 그 부분이 아쉽다.”

전문가 C의 전체적인 평가 내용은 다음과 같다.

“3D스캐너가 정말 매력적이다. 3D프린터가 모공까지 표현되면 스캐너는 필수가 될 것이기 때문에 미리 구비하고 익숙하게 사용하는 것도 좋을 것 같다.....모공표현 때문에 조형작업이 3D와 수작업으로 나뉘는 것이 조금은 복잡해 보이지만 사실상 반만 작업해도 좌·우 대칭이 되는 점을 생각하면 시간이 그렇게 오래 걸리는 것도 아니다. 어차피 출력하는 시간에 다른 작업을 하면 되기 때문에 시간은 오히려 덜 걸릴 수 있을 것 같다.....피부표현은 아직 수작업을 못 따라온

다고 생각한다. 기계가 피부와의 이음새까지 생각하면서 출력하지는 못하지 않나.....3D프린터가 실리콘을 출력하면 영화에서 나오는 것처럼 마스크가 제작되게 생겼다. 그래도 여전히 채색의 문제는 남는다.....아직은 3D장비만으로 제작하기엔 무리가 있다. 하지만 열심히 배워서 잘 사용하면 작은 상처 슬랩 정도는 충분히 제작할 만 하겠다. 오히려 작고 디테일한 작업에서 유용하게 쓸 수도 있을 것 같다.”

마지막으로 완성된 슬랩에 대한 전체적인 평가는 3D장비로 출력하여 제작한 슬랩은 <그림 29>,<그림 30>과 같이 표면의 피부 텍스처가 전혀 나오지 않고, 오히려 적층선이 너무 뚜렷하고 가장자리가 부자연스러워 슬랩 사용 자체가 불가능하다는 의견을 보여 부착은 하지 못하였고, <그림 27>, <그림 28>과 같이 수작업 슬랩만을 부착하였다.

3D장비만으로 작업한 슬랩은 실제 활용이 불가능하며 3D프린터의 장점은 충분하나, 특히 프로스테틱 작업에 있어서는 일부 과정에만 선택적으로 활용하는 것이 바람직하겠다는 데에 의견의 일치를 보였다. 평가 내용을 정리하면 <표 10>과 같다.

<표 10> 수작업과 3D장비를 활용한 작업의 전문가 평가 결과

	수작업	3D장비	평가 내용
얼굴 복제 작업		선택	작업의 효율성이 높고 과 눈을 뜬 상태 복제가 가능하다는 점이 장점임
파지티브 몰드 작업		선택	장비가 구비되어있다면 매우 효율적인 방법임
에이징 모델링 작업	선택	선택	작업자의 조소실력이 무엇보다 중요한 부분이므로 두 가지 방법의 큰 차이는 느껴지지 않음
텍스처 작업	선택		텍스처는 결과물의 퀄리티와 연결되는데 수작업의 퀄리티를 3D가 대체하기는 아직 힘들다고 생각함
네거티브 몰드 작업	선택		3D작업은 텍스처가 표현되지 않기 때문에 절대적으로 수작업이 필요한 작업임
전체 평가 내용	3D장비를 활용하는 것이 효율적인 부분은 있으나 정교한 표현을 요하는 특수분장, 특히 프로스테틱 작업은 3D장비만으로 제작 하는 방식에는 한계가 있어 선택적인 활용이 요구됨		

따라서 본 연구에서 제시하고자 하는 특수분장에서의 3D프린터의 활용 제작방법은 <표 10>에서와 같이 얼굴복제 작업, 파지티브 몰드작업은 3D장비를 이용하여 제작하고, 에이징 모델링 작업은 수작업과 3D프린팅을 병용하여 진행하며, 텍스처 작업과 네거티브 몰드 작업은 수작업으로 제작하는 방식이다.

본 연구에서는 위와 같은 방법으로 실리콘 피스를 제작하여 효율적인 3D프린터의 활용 방법을 제시하고자 한다. 장비를 이용하여 제작하고, 에이징 모델링 작업은 수작업과 3D프린팅을 병용하여 진행하며, 텍스처 작업과 네거티브 몰드 작업은 수작업으로 제작하는 방식이다.

본 연구에서는 위와 같은 방법으로 실리콘 피스를 제작하여 효율적인 3D프린터의 활용 방법을 제시하고자 한다.



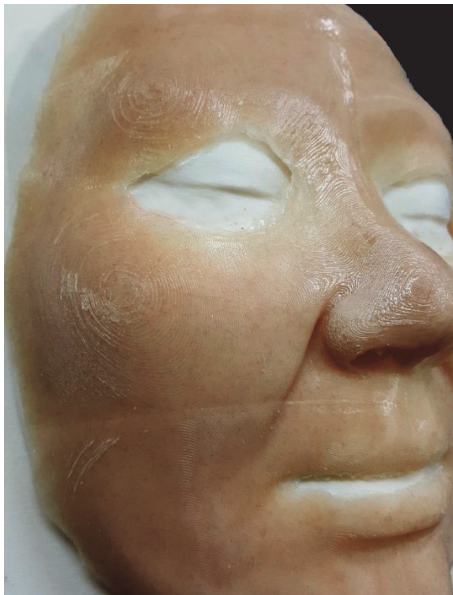
<그림 27>

수작업으로 제작한 실리콘 피스  
부착 이미지 - 정면



<그림 28>

수작업으로 제작한 실리콘 피스  
부착 이미지 - 측면



<그림 29>

3D장비를 활용하여 제작한 실리콘  
피스 - 정면



<그림 30>

3D장비를 활용하여 제작한 실리콘  
피스 - 양쪽 측면

## 2) 수작업과 3D프린터를 병용한 특수분장 제작방법

특수분장 작업은 디테일한 표현과 정교함을 요하는 작업인 만큼 하나의 결과물을 만들기까지 많은 시간과 노력을 필요로 한다. 3D프린터를 비롯한 3D장비의 활용은 시간과 편의성 등의 측면에서 수작업만을 통해 제작하던 기존의 방법에 비해 우수한 면을 가지고 있다. 그러나 앞서 살펴본 바와 같이, 3D장비만을 사용하여 제작하는 방법은 명확한 한계가 있다.

따라서 본 연구는 효율적인 제작법을 제시하고자 수작업과 3D장비 활용의 두 가지 방법 중, 위의 단계별 제작과정에서 확인된 장점을 최대한 반영하고 해외에서의 활용 사례를 참고하여 다음과 같은 방법으로 에이징 프로스테틱을 제작하였다.

먼저 얼굴 복제 작업은 모델의 모발을 정리한 후, 3D스캐너를 사용하여 모델의 얼굴을 스캔하는 방법으로 진행하였다. 스캔 받은 데이터의 이미지는 <그림 31>, <그림 32>과 같다.



<그림 31>

3D스캔 이미지 - 반측면



<그림 32>

3D스캔 이미지 - 측면

파지티브 몰드 작업은 3D스캐너를 통해 스캔 받은 데이터를 지브러시에서 트립하여 모발과 기타 불필요한 부분을 제거하였으며 작업의 편의를 위하여 뒷면에 프레임 작업을 하였다. 정리된 데이터는 출력이 가능한 stl파일로 저장하여 <그림 33>와 <그림 34>과 같이 FDM방식의 프린터로 출력하였다.



<그림 33>

3D프린터로 출력한 파지티브 몰드

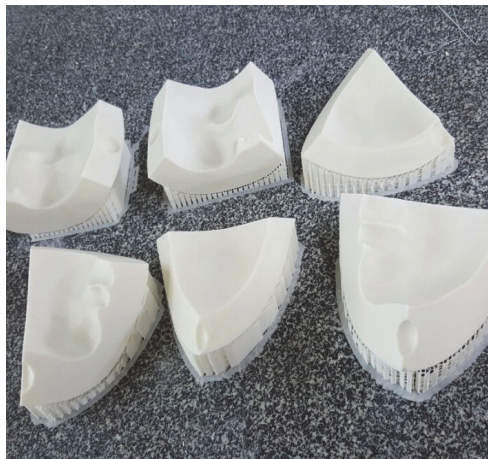


<그림 34>

프레임 작업을 한 파지티브 몰드

에이징 모델링 작업은 수작업과 3D장비 활용법의 두 가지 방법을 모두 사용하였다. 이 과정이 다소 복잡할 수 있지만 두 가지 작업 방식의 장점을 반영한 제작법의 핵심이 되는 단계라고 할 수 있다. 텍스처와 작은 주름 등의 디테일한 표현은 배제하고 기본적인 양감과 큰 주름의 표현은 지브러시에서 작업하였다. 스캔 데이터는 모델링 작업을 거치고 바로 네거티브 몰드 작업을 시행하여 3D프린터로 출력한다. 3D프린터로 출력하는 과정은 출력 시간 때문에 편의성에도 불구하고 선택을 꺼려하는 평가자가 있었던 바와 같이 시간의 문제를 해결하는 것이 중요한 포인트라고 여겨 이 과정에서는 몰드를 파

팅 하여 분할 출력하였다. 파지티브 몰드는 출력시간이 길더라도 프린터가 출력하는 동안에 모델링 작업 등의 다음 작업을 병행할 수 있어 분할 하지 않았지만, 이 과정은 몰드가 출력 되어야 다음 작업의 시행이 가능하므로 <그림 35>와 같이 몰드를 6개로 파팅 하여 출력 시간을 1/6로 줄여 출력하였다. 6개로 나눈 이유는 일반적인 개인용 3D프린터로 출력 가능한 사이즈를 고려하여 나눈 결과이다. 이렇게 분할 출력한 몰드는 서포터를 제거하고 이미 출력한 파지티브 몰드와 맞춰 보며 접착제를 사용하여 조립한다. 조립된 네거티브 몰드는 코에 주입구를 뚫어 틈새 없이 파지티브 몰드와 결합한다. 다음은 수작업 조형으로 넘어가는 과정으로 유토를 녹여 네거티브 몰드에 뚫은 주입구에 부어주고 유토가 식어 굳기를 기다린다. 본 연구에서는 열에 잘 녹는 NSP를 사용하였다. 이 때 네거티브 몰드는 내부에 바셀린 등의 이형제를 충분히 발라주어 유토가 네거티브 몰드에 붙어버리지 않도록 한다. <그림 36>과 같이 유토가 굳으면 네거티브 몰드를 제거하고 수작업으로 세부 조형을 하였다.



<그림 35>

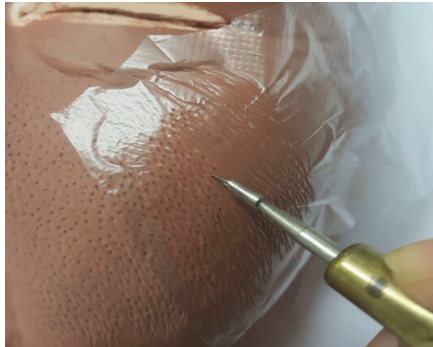
3D프린터로 분할 출력한  
네거티브 몰드



<그림 36>

NSP를 녹여 주입한 후  
조형 중인 유토

피부 텍스처 작업은 기존의 방법과 마찬가지로 유토에 비닐과 도구를 사용하여 수작업으로 진행하였다. 모공과 미세주름은 <그림 37>과 같이 비닐을 유토 표면에 덮은 후 조형 도구로 하나하나 짚어 표현하며 이러한 과정으로 완성한 피부 텍스처는 <그림 38>과 같다.



<그림 37>  
모공표현 작업



<그림 38>  
완성된 피부 텍스처

네거티브 몰드 작업은 <그림 39>과 같이 석고를 이용한 수작업으로 진행하였다. 이렇게 하면 <그림 40>와 같이 수작업으로 표현한 텍스처를 네거티브 몰드에 그대로 복제할 수 있어 퀄리티를 높일 수 있다.



<그림 39>  
석고로 제작한 네거티브 몰드



<그림 40>  
네거티브 몰드에 표현된 텍스처

이 후 실리콘 캐스팅 과정은 기존의 방법과 동일하다. 먼저 실리콘은 피부색에 맞게 실리콘 색소를 이용하여 조색한다. 조색작업은 실리콘 전용 색고 이외에 실리콘 베이스의 화운데이션 등도 가능하지만 본 연구에서 사용한 실리콘인 에코플렉스는 플레티넘 실리콘이므로 전용 색소가 아닌 경우 경화 거부가 일어날 수 있어 실리콘 전용 색소를 사용하였다. 피부톤으로 조색한 실리콘은 두 몰드를 합체하여 주입하는 방법으로 캐스팅 작업을 하였다. 몰드에서 분리한 실리콘 피스는 에어브러시를 이용하여 채색작업을 마친 후 모델의 피부에 부착하였으며 모델 착용 이미지는 <그림 41>, <그림 42>과 같다.



<그림 41>

실리콘 피스 부착 이미지 - 정면



<그림 42>

실리콘 피스 부착 이미지 - 측면

이와 같은 과정은, 파지티브 몰드는 출력물이고 네거티브 몰드는 석고이므로 파지티브 몰드의 표면에 적층선이 뚜렷하게 남아있을 경우 네거티브 몰드 제작 후 두 몰드를 분리해 낼 때에 파지티브 몰드

의 적층선에 네거티브 몰드의 석고가 끼어 두 몰드가 맞닿는 부분이 파손될 우려가 있으므로 파지티브 몰드 출력물 표면의 큰 결은 사포 등을 이용하여 다듬어 준 후 작업을 진행할 것을 추천한다.

또한 분할 출력은 FDM프린터의 특성상 프린팅 과정에서 약간의 변형이 생겨 조립하였을 때 파지티브 몰드와 맞지 않는 문제가 발생할 수 있으므로 주의가 필요하다. 따라서 3D프린터 출력 시 발생할 있는 오차와, 오차를 최소화 하는 방법에 관한 숙지가 필요하다.

수작업과 3D프린터를 병용하여 제작한 실리콘 피스는 기존의 수작업만으로 제작한 결과물과 퀄리티에서 별다른 차이를 보이지 않았으며 스캔과 출력을 통하여 시간과 인력을 효율적으로 분배하여 제작할 수 있었다. 이와 같이 수작업과 3D장비를 병용할 경우, 도구의 특성을 이해하고 적절히 배치한다면 보다 효과적인 작업이 가능하다.

또한 이러한 결과에 대하여 전문가들은 출력물이 실리콘인 프린터가 개발된다면 위의 모든 과정이 기계화 되어 획기적인 제작법이 등장할 것으로 예상하였다. 출력물의 소재개발은 특수분장 제작법에 많은 변화를 가져올 수 있으며 이러한 변화에 대비하여 새로 등장하는 기기들의 특성에 대한 이해 또한 특수분장사가 갖추어야 할 능력이라고 할 수 있다.

## IV. 결 론

3D프린터는 제조업을 비롯하여 의료산업, 항공·우주 산업, 식품과 영상 산업에 이르기까지 현대 사회의 여러 분야에서 활용되고 있으며 소재 개발을 통해서 향후 활용분야는 더욱 넓어질 것이다.

3D프린터는 영상 분야 중에서도 특수분장 제작에 이미 활용되고 있으며 해외에서는 물론 국내에서도 점차 활용도를 높이고 있다. 특수분장에서의 3D프린터의 활용은 특수분장사만이 아닌 이공계에서도 관심을 보이고 있어 몇 건의 선행 연구가 진행되었거나 현재 진행 중인데, 이러한 연구는 3D프린터를 활용하여 제작하는 방법이 작업 시간이나 작업의 효율성 면에서 기존의 수작업의 단점을 해결하는 방법이라는 결론을 내리고 있다. 그러나 선행 연구는 실제 얼굴에 부착하는 과정이 빠져있거나 특수분장의 영역으로 보기에 단순 소품에 가까운 형태를 지니는 등의 한계점이 있어 본 연구에서 특수분장에서의 실제 활용도를 고려하여 3D프린터를 이용할 수 있는 제작방법을 제시하고자 하였다.

본 연구는 특수분장에서의 3D프린터 활용도를 알아보하고자 기존의 제작방법인 수작업과 3D프린터를 비롯한 3D장비를 활용한 제작법의 두가지 방법을 프로스테틱 제작을 통해서 비교해보았다. 본 연구의 순서는 피천득의 수필에 등장하는 아사코라는 캐릭터를 70대 노년의 모습으로 디자인하고 에이징 프로스테틱에 적합한 에코플렉스 실리콘을 재료로 사용하였다.

전체 제작 과정은 6단계로 구분하여 각 단계별로 두 가지 제작법을 비교하였다. 제작 과정은 얼굴 복제 작업, 파지티브 몰드 작업, 에이징 모델링 작업, 텍스처 작업, 네거티브 몰드 작업, 실리콘 캐스팅

작업으로 나누어 진행하였고 각 과정별로 비용과 시간, 방법별 장·단점을 비교하였는데, 제작을 마친 실리콘 피스는 모델에게 부착하고 3인의 전문가에게 평가를 통하여 최종적으로 과정별 효율적인 제작 방법을 결정하였다.

그 결과 본 연구에서 제시하고자 하는 3D프린터를 활용한 효율적인 제작방법은 다음과 같다.

얼굴 복제 작업은 3D스캐너를 이용하여 스캔하고 지브러시 등의 3D모델링 프로그램을 통해 스캔 데이터를 수정한다.

파지티브 몰드 작업은 3D스캔과 3D프로그램을 통해 보정한 데이터를 출력 가능한 stl파일로 저장하여 FDM방식의 프린터를 사용하여 출력한다. 이 때 얼굴 파일은 여러개로 분할하여 출력하는 방법으로 출력 시간을 단축할 수 있다.

에이징 모델링 작업은 3D스캔하여 보정한 얼굴 데이터를 지브러시에서 조형하는데, 이 때 작은 주름과 피부 텍스처는 제외하고 큰 양감 위주로 조형한다. 조형을 마친 데이터는 다시 지브러시에서 네거티브 몰드 조형을 한 후에 FDM방식의 프린터를 이용하여 출력하고 주입구를 뚫어서 파지티브 몰드와 합친 뒤, 유토를 녹여 주입한다. 유토가 굳으면 네거티브 몰드를 제거하고 파지티브에 붙은 유토를 정리하고 수작업으로 잔주름을 만든다.

텍스처 작업은 미세주름까지 조형을 마친 유토에 비닐과 도구를 이용하여 미세주름과 모공을 만들어 마무리 한다.

네거티브 몰드 작업은 기존의 수작업과 마찬가지로 석고를 이용하여 제작한다.

실리콘 캐스팅 작업은 두 방법 모두 동일하다.

본 연구와 해외의 사례에서도 보았듯이, 2017년 현재, 3D프린터는

특수분장에 활용하기에는 디테일한 텍스처 표현의 한계로 인하여 수작업을 병행하여 사용하여야 한다. 물론 SLA나 DLP등의 프린터는 피부 텍스처의 표현이 어느 정도 가능하나, 고가의 비용이 소요되므로 현재로서는 적합하지 않다. 그러나 3D스캐너와 3D모델링 프로그램의 병용은 수작업만으로 진행하는 방식에 비해 월등히 효율적이다.

이와 같이 3D프린터는 한계가 있지만, 명확한 장점도 가지고 있으므로 사용자가 3D프린터의 방식별 특성을 정확히 알고 사용한다면 작업의 효율성 뿐만 아니라 특수분장사의 역량을 향상시킬 수 있는 좋은 도구가 될 것이다. 향후 특수분장에 활용도가 높은 소재들이 개발되고 보다 저렴한 가격에 프린터와 재료가 보급된다면 3D프린터와 3D장비를 활용하여 매우 효율적인 작업이 가능할 것이라 기대한다.

본 연구는 현재 사용 가능한 방식의 프린터를 활용하여 출력하고, 출력을 파팅하지 않고 출력하는 방법과 파팅하여 출력하는 등의 방법 제시를 위하여 한 번에 출력이 용이한 사이즈의 작업을 진행하였다. 그 결과 에이징 표현의 영역을 안면에만 국한하여 제작하였으며 디테일한 텍스처가 출력되는 고가의 프린터는 비용의 문제로 실제 활용이 불가능한 점을 감안하여 출력을 시행하지 않았다. 그러나 현재 고가의 장비에 버금가는 텍스처 표현이 가능한 저가의 장비 개발이 활발히 이루어지고 있으며 출력 재료 또한 다양화되고 있는 상황이므로 본 연구에서 한계로 지적한 비용의 문제를 해결한 프린터와 재료들이 계속해서 개발되고 출시되고 있는 상황이다.

따라서 앞으로 이루어질 후속 연구에서는 다양한 3D프린터를 사용하여 본 연구에서 밝힌 한계점들이 해결될 것이라 생각하며 더불어 출력 가능한 재료의 개발로 인해 3D프린터를 활용한 새로운 제작방법을 제시할 수 있을 것으로 기대한다.

## 참 고 문 헌

- 강미선(2004). “노역분장 표현방법에 따른 적용재료의 특성에 관한 연구”, 한성대학교 예술대학원 석사학위논문.
- 강영석(2017). “플라스틱 선택적 레이저 소결방식 3D프린팅 시스템을 위한 장비 설계 및 개발”, 서울과학기술대학원 석사학위논문.
- 김성익(2015). “3D프린팅 기술을 활용한 디자인 비즈니스 모델 개발에 관한 연구, 건국대학교 대학원 박사학위논문.
- 김승현(2010). “특수분장에 활용할 수 있는 실리콘의 색상에 관한 연구”, 원광대학교 대학원 박사학위논문.
- 김승현,이금희,김기영(2013). “실리콘 고무를 이용한 황인 여성의 안면 상처분장”, *대한미용학회지*, 9(1), pp.65~71.
- 김승현,이윤지,최은미,김기영(2009). “특수분장에 사용하는 Silicone의 특성에 관한 조사“, *코리아뷰티디자인학회지*, 5(3), pp.253~261.
- 김승민(2011). “ZBrush와 3d Max를 이용한 3D 캐릭터 제작기법”, 경기: 성안당.
- 김승민(2014). “ZBrush4 캐릭터 테크닉”, 경기: 비엘북스.
- 김승현,윤은재(2008). “멀티피스를 이용한 보철분장 제작과정에 관한 연구”, *코리아뷰티디자인학회지*, 4(2), pp.137~145.
- 김영석(2014). “3D Printing Guide”, 서울: (주)비비미디어.
- 김영주(2014). “특수 노역분장에 관한 연구”, 중앙대학교 예술대학원 석사학위논문.
- 김윤예(2007). “SF영화의 특수분장 디자인 프로세스 개발에 관한 연

- 구”, 중앙대학교 예술대학원 석사학위논문.
- 김진서(2014). “3D어피어런스 매니플레이션 기반 영화/공연용 특수분장 마스크 제작 기술 개발”, 전자통신연구원 실적 보고서, pp.1~50.
- 김현수(2006). “무대공연을 위한 효과적인 분장 방법에 관한 연구”, 청운대학교 정보산업대학원 석사학위논문.
- 김현창(2015). “3D프린팅이 사회·경제에 미치는 영향에 관한 연구”, *Journal of Digital Convergence* 13(7), pp.23~31.
- 노수황, 이원모(2016). “초보자를 위한 3D프린터 첫걸음”, 서울: 대광서림.
- 류현경(2009). “피천득의 ‘인연’ 연구”, 순천대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 문정은(2009). “컴퓨터 그래픽스를 활용한 디지털 분장 기법에 관한 연구”, 세종대학교 대학원 박사학위논문.
- 문정희(2012). “피천득 수필문학 연구”, 성신여자대학교 대학원 석사학위논문.
- 박봉서(2015). “효율적인 멀티 모듈형 3D프린터 디자인 개발에 관한 연구”, 홍익대학교 디자인콘텐츠대학원 석사학위논문.
- 방정호(2015). “3D프린터의 ABS소재 아세톤 훈증 최적시간 연구”, 충남대학교 산업대학원 석사학위논문.
- 성국주, 김석례(2016). “3D프린터 활용 프로세스를 통한 교육과정 연구 -디자인대학을 중심으로-”, *Journal of Digital Convergence* 14(6), pp.381~393.
- 심주영(2011). “Fat Make-up 사례 및 비교분석을 통해 살펴본 특수분장 연구”, 중앙대학교 예술대학원 석사학위논문.

- 안호명(2009). “特殊 扮裝 彫刻技法에 관한 연구- 핫 폼과 실리콘 기법을 中心으로”, 건국대학교 디자인대학원 석사학위 논문.
- 안창현(2014). “3D프린터”, 서울: 코드미디어.
- 양진원(2013). “3D 디지털 프린팅을 활용한 패션디자인 연구”, 홍익대학교 산업미술대학원 석사학위논문.
- 오설영,서동애,김형규(2016). “3D 발스캐너와 3D 프린터를 이용한 남성화 라스트 설계”, *한국콘텐츠학회논문지*, 16(2), pp.186~199.
- 오왕균(2014). “정형외과 수술환자의 맞춤형 골 모형 제작을 위한 3D프린터 시스템 개발“, 충북대학교 박사학위논문.
- 윤지민(2011). “영화 특수분장 연구”, 중앙대학교 예술대학원 석사학위 논문.
- 이윤식, 이상민(2016). “창의 인재 개발을 위한 무한 상상 3D프린팅 가이드북”, 서울: 메카피아.
- 이종석,이재정(2016). “3D스캐닝과 3D프린팅을 이용한 슈즈 디자인 연구”, *한국패션디자인학회지* 16(2), pp.99~111.
- 장미숙(2004). “20세기 영화 특수 분장사와 캐릭터 특수분장 연구”, 숙명여자대학교 대학원 박사학위논문.
- 전재익, 서진호,권광진, 권혁준, 정진서, 하만경(2002). “FDM에서 Build Orientation이 쾌속조형물의 표면에 미치는 영향”, *한국기계공학회 춘계학술대회 논문집*, pp.591~596.
- 조종학(2015). “3D프린터가 영상 산업에 미치는 영향분석”, *한국디자인문화학회지* 21(2), pp.589~599.
- 조효정(2004). “상처유형에 따른 특수분장 기법 적용에 관한 연구”,

숙명여자대학교 대학원 박사학위논문.

주도(2015). “3D Printer를 활용한 인물 캐릭터 제작기법 연구”, 신라대학교 대학원 석사학위논문.

최성권(2010). “산업 디자이너를 위한 신속조형기술 RP활용 가이드”, 서울: 혜지원.

최예준,신일규,최강현,최수미(2016). “3D프린팅을 이용한 얼굴 몰드 및 실리콘 마스크 제작”, *정보과학회논문지*, 43(5), pp.516~523.

황선희(2015). “프로스테틱 특수분장이 심리·생리적 특성에 미치는 영향”, 성신여자대학교 대학원 박사학위논문.

Joe Blasco and Vincent J-R Kehoe(2011). “The Professional Make-up Artist”, California: Joe Blasco.

Todd Debrececi(2009). “Special makeup effects for stage and screen”, Burlington: Focal Press.

월간디자인, 네이버 매거진캐스트,

(출처:[http://navercast.naver.com/magazine\\_contents.nhn?rid=1499&contents\\_id=121811](http://navercast.naver.com/magazine_contents.nhn?rid=1499&contents_id=121811), 2017.03.05. 검색)

Legacy Effect

(출처:<http://www.legacyfx.com>, 2017.03.06. 검색)

협신물산

(출처:<http://www.hyup-shin.co.kr/front/php/newpage.php?code=8>, 2017.04.05. 검색)

네이버 지식백과

(출처: <http://m.terms.naver.com/entry.nhn?docId=3546215&cid=42171&categoryId=58497>, 2017.04.11. 검색)

# ABSTRACT

## 3D Printer Applications for Prosthetic Production in Special Effect Make up.

Shin, YeonSun

Make-up · Special Effect Make-up Major

The Graduate School of

Sungsin Women's University

The 3D printing technology has potential to create big and small changes to our lives in the near future, including the present. The usage of the 3D printing technology varies from manufacturing business to health-care, food, movies, aerospace industry and more.

The study was to figure out the effective application plans for the 3D printers in SFX makeups, and to do so, the prosthetic production was divided to handwork and using the 3D equipments.

The study designed a character named Asako (appears in Pi Chun-deuk's essay) to her 70s old age appearance and made an aging prosthetic using Ecoflex silicone.

The two production methods were compared through six stages each: face duplication, positive molding, aging modeling, texturing,

negative molding, and silicone casting. The cost, time, pros and cons for each methods were compared per each stages. The finished silicone piece was attached to model, got evaluations from three professionals, and finally the effective production methods were decided for each stages.

The summary for the research result is as in the following

Face duplication: Use 3D scanner for the scan, use 3D modeling program-ZBrush- to edit the scan data.

Positive molding: Save the face data edited using the 3D scanning and the 3D program into stl file, and print out using the FDM printer.

Aging modeling: Use ZBrush to model the 3D scanned and edited face data. In this process, exclude the detail works and model mainly on sense of volume.

After the modeling, the data goes through the negative molding using ZBrush and gets printed out through FDM printer. Combine and fix the printed out negative mold and the positive mold, melt oil-based clay and inject. Remove negative mold when the oil-based clay hardens, organize the oil-based clay by hand, and make small piece and fine lines.

Texturing: Use vinyl and equipment to make fine wrinkles and pore on the oil-based clay with modeling works done including the fine lines.

Negative mold: Same as the method by hand, use plaster to make.

Silicone casting: Same for both methods.

The use of 3D printers in SFX makeups can increase convenience, but there are still some concerns and limitations regarding the cost and detail-expressions to the methods only using 3D printers and equipment. Therefore, the handwork must be combined. Also, when using the 3D printers, you must understand the features exactly to use them efficiently.

But in the future, by the development of the materials for the 3D printers, more efficient applications with the 3D printers are expected. Especially, if the print material which can be applied into SFX makeups right away can be developed, it is expected that the totally different production method for 3D printers until now will be presented.

**<부록> 수작업과 3D장비를 활용한 작업의 비교·평가  
(전문가평가단)**

수작업과 3D장비를 활용하여 제작한 프로스테틱 실리콘 슬랩을 제작한 과정과 슬랩 부착의 결과물에 대하여 전문가 여러분의 의견을 듣고자 합니다. 진심으로 감사드리며 다음 질문을 보시고 해당란에 체크해 주십시오.

1. **얼굴 복제**의 두 가지 방법 중 시간과 비용의 효율성은 어느 쪽이 우수하다고 생각하십니까?  
① 수작업이 우수하다    ② 두 방법의 차이가 없다    ③ 3D장비가 우수하다
2. **얼굴 복제**의 두 가지 방법 중 작업의 편의성은 어느 쪽이 우수하다고 생각하십니까?  
① 수작업이 우수하다    ② 두 방법의 차이가 없다    ③ 3D장비가 우수하다
3. 본인 작업 시 어떤 방법을 택하실 지와 그 이유를 간략하게 적어주십시오.
4. **파지티브 몰드 제작**의 두 가지 방법 중 시간과 비용의 효율성은 어느 쪽이 우수하다고 생각하십니까?  
① 수작업이 우수하다    ② 두 방법의 차이가 없다    ③ 3D장비가 우수하다
5. **파지티브 몰드 제작**의 두 가지 방법 중 작업의 편의성은 어느 쪽이 우수하다고 생각하십니까?  
① 수작업이 우수하다    ② 두 방법의 차이가 없다    ③ 3D장비가 우수하다
6. 본인 작업 시 어떤 방법을 택하실 지와 그 이유를 간략하게 적어주십시오.

7. **에이징 모델링**의 두 가지 방법 중 시간과 비용의 효율성은 어느 쪽이 우수하다고 생각하십니까?
- ① 수작업이 우수하다    ② 두 방법의 차이가 없다    ③ 3D장비가 우수하다
8. **에이징 모델링**의 두 가지 방법 중 작업의 편의성은 어느 쪽이 우수하다고 생각하십니까?
- ① 수작업이 우수하다    ② 두 방법의 차이가 없다    ③ 3D장비가 우수하다
9. **에이징 모델링**의 두 가지 방법 중 작업의 비교를 위하여 가장 중점적으로 생각한 것은 어떤 부분인지 간략하게 적어주십시오.
10. 본인 작업 시 어떤 방법을 택하실 지와 이유를 간략하게 적어주십시오.
11. **텍스처 작업**의 두 가지 방법 중 시간과 비용의 효율성은 어느 쪽이 우수하다고 생각하십니까?
- ① 수작업이 우수하다    ② 두 방법의 차이가 없다    ③ 3D장비가 우수하다
12. **텍스처 작업**의 두 가지 방법 중 작업의 편의성은 어느 쪽이 우수하다고 생각하십니까?
- ① 수작업이 우수하다    ② 두 방법의 차이가 없다    ③ 3D장비가 우수하다
13. **텍스처 작업**의 두 가지 방법 중 작업의 비교를 위하여 가장 중점적으로 생각한 것은 어떤 부분인지 간략하게 적어주십시오.
14. 본인 작업 시 어떤 방법을 택하실 지와 이유를 간략하게 적어주십시오.

15. 네거티브 몰드 제작의 두 가지 방법 중 시간과 비용의 효율성은 어느 쪽이 우수하다고 생각하십니까?

① 수작업이 우수하다    ② 두 방법의 차이가 없다    ③ 3D장비가 우수하다

16. 네거티브 몰드 제작의 두 가지 방법 중 작업의 편의성은 어느 쪽이 우수하다고 생각하십니까?

① 수작업이 우수하다    ② 두 방법의 차이가 없다    ③ 3D장비가 우수하다

17. 네거티브 몰드 제작의 두 가지 방법 중 작업의 비교를 위하여 가장 중점적으로 생각한 것은 어떤 부분인지 간략하게 적어주십시오.

18. 본인 작업 시 어떤 방법을 택하실 지와 이유를 간략하게 적어주십시오.

19. 실리콘 슬랩을 부착한 결과에 대해서 전체적인 평가 내용을 적어주십시오.

20. 마지막으로 3D장비를 활용한 작업에 대한 본인의 생각을 간략하게 적어 주십시오.

감사합니다.