

3D 디지털 애니메이션의 가상적 제작과정에 관한 연구: 디지털과 클레이 애니메이션의 비교를 중심으로

강준석*

- I. 서론
- II. 3D 디지털 애니메이션의 가상적 제작환경의 배경과 특징
- III. 3D 디지털 애니메이션과 클레이 애니메이션의 제작과정 비교
- IV. 3D 디지털 애니메이션의 표현가능성 및 한계
- V. 결론
- 참고문헌

I. 서론

3D 디지털 애니메이션 기법은 컴퓨터의 탄생과 함께 시작된 첨단 기술적 제작기법이다. 물론 애니메이션 제작의 전체 역사를 통틀어도 100여 년 남짓에 불과하지만¹⁾ 20세기의 과학, 문화적 발전과 변화의 속도에 견주어 상호 발전되어온 애니메이션은 시기적으로 오랜 역사를 가진 타 예술 장르와 비교해도 내용적으로는 결코 짧다고 말할 수 없다. 다른 예술분야와 마찬가지로 애니메이션도 초기에서부터 다양한 실험적 표현 기법들이 등장하였고 최근에 이르기까지 단편 애니메이션을 중심으로 활발히 진행되고 있다. 이러한 시도가 최근에 와서 애니메이션의 위상을 대중문화의 차원을 뛰어넘어 하나의 예술분야로 정착시켰다는 점에서 큰 의미를 부여할 수 있다.

주로 단편 작가들에 의해 시도되었던 표현기법들 중에는 최근에 상업적으로도 보편화 되었다고 할 수 있는 기법들이 등장하고 있는데 클레이 애니메이션이 그 대표적인 사례이다. 클

* 중앙대학교 첨단영상대학원 영상예술학과 박사과정.

1) 물론 기원전의 알타미라 동굴벽화부터 이야기하자면 역사는 기원전 1만 5,000년 전으로 거슬러 올라간다. 여기서는 애니메이션이 오늘날과 같은 시스템으로 제작된 시기부터를 말한다.

레이 애니메이션은 1908년 윈저 맥케이(Winsor McCay)의 <어느 조각가의 치즈토스트 꿈 (A Sculptor's Welsh Rarebit Dream)>으로부터, 1992년에서 95년까지 닉 파크(Nick Park)의 <월리스와 그로밋(Wallace & Gromit)> 시리즈 그리고 2000년 최초의 장편 클레이 애니메이션 <치킨런(Chicken Run)>에 이르기까지 꾸준히 실험되고 연구되어온 기법이다. 이러한 실험과 노력의 결과 최근에는 클레이 애니메이션을 이용한 텔레비전 광고나 홍보 영상 등이 제작되면서 많은 분야에 활용되고 있다. 3D 디지털 애니메이션도 80년대 초기에 발표된 많은 단편 작품들을 살펴보면 그 실험적 노력들을 확인할 수 있다. 하지만 3D 디지털 애니메이션은 다른 표현기법들과는 달리 근본적인 예술적 표현 가능성을 실험하기 보다는 곧바로 상업적 측면에서의 활용과 과학적 측면에서의 기술적 발전에 대한 지속적인 검증을 위한 측면이 더욱 컸다고 말할 수 있다.

초기의 3D 디지털 애니메이션은 뒤에 자세하게 다루겠지만 자연과학적, 또는 공업적 목적으로 개발되고 활용되어 오다 80년대 들어 영화의 특수효과 부분에 사용되기 시작하면서 영상산업에 본격적으로 도입되기 시작했다. 1995년 <토이스토리(Toy Story)>를 시작으로 완전한 3D 디지털 애니메이션이 만들어지면서 애니메이션의 제작기법으로 자리 잡았는데, 지금에 와서는 빠른 속도의 기술적 발전에 힘입어 애니메이션 분야 뿐 만 아니라 거의 모든 영상 멀티미디어 분야의 필수적인 제작도구로서 자리 잡았다고 할 수 있다.

사실 애니메이션분야 자체가 과학기술의 발전과 밀접하게 연결되어 있으며 최근에는 컴퓨터를 이용한 디지털 제작기술에 의해 더욱 영향을 받고 있다. 이러한 현상은 3D 디지털 애니메이션뿐만 아니라 실험적 단편 애니메이션에서부터 전통적인 2D 애니메이션에 이르기까지 전 분야에 걸쳐 일어나고 있는데 디지털 기술의 효율성과 생산성에 의해 앞으로도 더욱 깊숙이 자리 잡게 될 것이다. 이렇듯 애니메이션 제작과정에서 컴퓨터를 이용한 디지털 제작 방식의 도입은 기정사실화 되고 있으며 예술성을 추구하는 다양한 표현 기법의 단편 애니메이션들에도 점차 컴퓨터의 역할이 늘고 있는 추세이다. 하지만 현재까지는 3D 디지털 애니메이션을 제외한 다른 제작기법들은 주로 후반작업에만 디지털방식이 적용되고 있으며 3D 디지털 애니메이션만이 유일하게 제작 전 과정이 컴퓨터에 의한 디지털방식이다.

3D 디지털 애니메이션은 그 제작 진행과정이 클레이 애니메이션과 매우 유사하다. 다만 3D 디지털 애니메이션은 모든 과정이 컴퓨터에 의해 진행되고 있는 반면, 클레이 애니메이션은 전통적인 방식을 따른다는 점이 다르다. 물론 여러 가지 기술적 발전에 의해 제작방식이 서로 조금씩 변화 발전하고는 있지만 디지털과 아날로그 환경에서의 제작방식 비교라는 관점

에서 볼 때 크게 벗어나지는 않는 것이다. 이렇듯 대조적인 환경에서의 유사한 제작방식이 궁극적으로 표현하는 것에는 서로 많은 차이가 있다. 또한 디지털에 의한 표현이 절대적으로 아날로그보다 우수하다고는 말할 수는 없다. 이것은 현대사회가 많은 부분 디지털화되고 있는 과정에서 문화, 예술분야만큼은 아직도 아날로그의 영향이 크다는 점과 무관하지 않을 것이다.

하지만 컴퓨터를 위시한 디지털 테크놀로지는 빠른 속도로 매체의 전통적 표현양식이나 기법을 대체하는 것은 물론이고, 장르 자체를 새롭게 정의할 정도로 그 기능과 역할에 있어서의 강력한 변화를 주도해 내고 있는데 애니메이션 장르에 있어서는 그 영향이 더욱 크다.²⁾ 이러한 디지털 테크놀로지에 의한 3D 디지털 애니메이션은 현재 영상 애니메이션산업에서 그 영향력을 더욱 넓혀가고 있다. 영화산업은 물론이고 전통적 방식을 고수하던 셀 애니메이션에서 실험적 기법의 하나인 수묵애니메이션에 이르기까지 폭넓게 활용되는 3D 디지털 애니메이션은 점차 통합적 표현 제작 기법으로 발전하고 있는 것이다.

이에 본 연구는 먼저 3D 디지털 애니메이션의 개발사를 통해 제작 환경적 특수성의 발생 원인을 살펴보고, 제작과정과 환경적 특징에 대한 클레이 애니메이션과의 비교를 통해 오늘날 3D 디지털 애니메이션의 표현 가능성과 한계를 찾아내어 향후 연구개발의 방향을 제시하고자 한다.

II. 3D 디지털 애니메이션의 가상적 제작환경의 배경과 특징

3D 디지털 애니메이션은 그 제작 환경적 특징으로 인해 영상 애니메이션 전 분야에 걸친 제작시스템의 가상적 모방이 가능하다. 다시 말하면 아날로그 방식의 영상제작에 필요한 모든 도구들, 즉 카메라, 조명, 소품들을 포함한 무대 또는 배경 등이 3D 디지털 애니메이션에서도 그대로 적용될 수 있다는 것이다. 하지만 3D 디지털 애니메이션 제작에서는 이러한 도구들을 단순히 모방하는 차원을 뛰어넘어 이들의 능력을 극대화시킬 수 있다. 현실의 카메라는 크레인이나 달리 등의 장비를 이용하여 움직일 수 있지만 공간의 제약을 무시할 수 없다. 하지만 3D 디지털 애니메이션에서의 가상 카메라는 중력의 법칙이나 공간의 제약을 받지 않

2) 문재철, “3D 컴퓨터애니메이션의 디지털 이미지에 대한 연구 -테크놀로지의 미학적 효과를 중심으로”, 중앙대학교, 2003, p.123.

기 때문에 훨씬 자유로운 구현이 가능하다.³⁾

이러한 특징은 3D 디지털 애니메이션 제작이 컴퓨터에 의해 이루어지기 때문에 가능한 것인데 카메라나 필름 같은 전통적인 영상제작도구들은 처음부터 영상제작을 위하여 개발되었고 또 영상제작을 위해서만 사용되는 특징이 있는 반면 디지털 영상제작의 토대가 되는 컴퓨터는 처음부터 그와 같은 목적을 위해 개발된 것이 아닐뿐더러 현재도 다양한 목적으로 사용되고 있다.⁴⁾ 따라서 이와 같은 특징을 이해하기 위해서는 컴퓨터 기술의 발전과정과 이에 대한 3D 디지털 애니메이션 제작기술의 태생적 측면을 살펴볼 필요가 있다.⁵⁾

현재까지 컴퓨터 기술의 발전을 살펴보면 초기부터 1971년 이전까지의 컴퓨터와 디지털 영상은 주로 군사적 목적이나 소수의 산업적 목적에 의해 개발되어 왔다. 80년대 이후 마이

3) 강종진, “3D컴퓨터그래픽스 가상현실 애니메이션 카메라와 실제카메라의 비교 연구,” 한국만화애니메이션학회, 2002, p.211.

4) 김의준, <디지털 영상학 개론>, 집문당, p.19.

5) 현대적인 의미의 컴퓨터가 처음 등장한 것은 1944년으로 세계 최초의 자동 계산기 마크 I(Mark I)이 그 효시이다. 이 기계는 2차대전 기간동안 주로 무기설계와 탄도계산에 사용되었다. ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Calculator) 펜실베이니아 대학교 무어공대에서 제작된 최초의 전자 컴퓨터이며 1946년 폰 노이만(John von Neumann)의 EDVAC(Electronic Discrete Variable Automatic Computer)은 그의 주도로 진행된 미국의 비밀 군사 프로젝트의 산물로 군사용 목적을 위하여 개발되었다.

컴퓨터의 발전은 기술적인 특징에 따라 4단계로 나누어진다. UNIVAC으로 대표되는 1세대 컴퓨터 시기는 진공관의 사용과 어셈블리어(assembly language)의 개발 등이 이루어 졌고 정보처리의 결과를 영상으로 출력할 수 있는 초보적인 디지털 영상이 개발되었다. 1950년대 MIT 공대에서 제작된 윙윈드(WhirlWind)는 CRT(Cathode Ray Tube)를 사용한 최초의 컴퓨터 시스템이며 미 공군의 방공시스템에서도 사용하게 되지만 진공관 방식의 비효율성과 디스플레이 출력장치의 한계로 디지털 이미지의 생산과 전달은 본격적으로 이루어지지 못했던 기간이다.

1959년에서 1964년 사이에 2세대 컴퓨터의 특징으로는 트랜지스터의 사용과 고급 프로그래밍 언어, 그리고 최초의 운영체제(operating system) 사용, 보조기억장치 등을 들 수 있다. 이 시기에는 컴퓨터 그래픽스가 개발되기 시작하여 디지털 이미지 생산이 본격적으로 이루어졌다. 초기의 대표적 컴퓨터 그래픽 시스템으로 CADAM(Computer Aided Design And Manufacturing)과 CAT(Computer Aided Tomography), 비행 시뮬레이션 시스템 등을 들 수 있다. 이와 같은 시스템은 산업적 생산성을 증가시킬 용도로 제작되었다.

3세대(1965-1970년) 컴퓨터는 IC(Integrated Circuit, 집적회로)의 도입과 미니 컴퓨터의 등장, 소프트웨어 산업의 부상 등을 특징으로 들 수 있다. 디지털 영상부문에서도 혁신적인 발전이 이루어졌는데 3차원 상의 보이지 않는 은면(隱面)을 제거할 수 있는 알고리즘이 개발되었고 실시간으로 음영(陰影)이 들어간 컬러 애니메이션을 구현할 수 있게 되었다. 이때의 디지털 애니메이션은 주로 군사적인 목적이나 소수의 광고 프로젝트에 사용되었으며 하드웨어상의 한계와 그래픽 소프트웨어의 부족으로 시장을 형성하기에는 많은 어려움이 있었다.

1971년 이후 현재까지 마이크로프로세서(microprocessor)에 기반을 둔 4세대 컴퓨터는 성능과 크기, 가격이 있어서 새로운 전기를 마련하였다. 다양한 프로그램들이 등장하게 되었고 디지털 영상기술 역시 눈부신 성과를 이루게 되는데 렌더링(rendering) 기법과 더불어 3차원 그래픽 기술인 셰이딩(shading), 텍스처 매핑(texture mapping) 등이 개발되었다(김의준, 위의 책, p.19).

크로프로세서가 개발되고 컴퓨터의 성능과 크기가 획기적으로 개선되면서 컴퓨터와 디지털 영상기술의 발전은 더욱 가속화되었고 비로소 디지털 영상 예술이 본격적으로 소개되기 시작하였다. 불과 25년이 지난 오늘날에 와서는 컴퓨터에 의한 디지털 이펙트나 3D 디지털 애니메이션은 제작 중인 실사영화의 75% 이상에 포함되고 있으며 극장용 애니메이션이나 텔레비전 시리즈에도 상당부분 도움을 주고 있다.⁶⁾

이렇듯 3D 디지털 애니메이션은 역사적으로 컴퓨터의 발전과 더불어 군사프로젝트나 과학적, 산업적 목적으로 탄생된 제작기술이다. 예술적 표현을 목적으로 한 여타 애니메이션 제작기법들과는 차별적으로 다양한 용도로의 사용과 개발에 의해 진화된 3D 디지털 애니메이션이 오늘날과 같은 영화 애니메이션 장르에 광범위하게 활용될 수 있도록 특수한 제작환경을 갖게 된 것은 어쩌면 당연한 일인지도 모른다.

3D 디지털 애니메이션의 개발과 발전상은 오늘날의 기술발전 형태를 정의하는 유기체론으로 설명할 수 있다. 기술발전의 유기체론적 관점에 의한 오늘날의 현대 산업기술은 기계적인 목적과 수단인 단계를 넘어서 매우 다양한 목표들을 동시에 추구하기도 한다. 다시 말해서 하나의 단일한 목적을 수행하기 위해서 새로운 기술의 탐구가 이루어지기 보다는, 여러 다양한 목적들을 수행하기 위해서 연구된다. 즉 기술의 발전은 이미 기계론적인 모델이 아니라 유기체론적인 모델로 이행해 가고 있는 것이다.⁷⁾ 군사적, 산업적 용도에서부터 영상, 애니메이션 분야 전반에 확장되어 있는 3D 디지털 애니메이션의 현재 발전 상황은 이를 충실히 대변한다고 볼 수 있다. 이러한 기술의 발전은 이에 따른 문화의 소비적 차원에서의 변화를 유발하게 되는데, 대중들의 문화적 유산이나 정보에 대한 용이한 접근, TV나 영화, 비디오 등에 의한 문화적 평등을 실현시킨 반면, 문화의 과잉소비, 체험의 매개성이라는 문제도 야기하고 있다. 또한 문화의 한 본질적 차원을 구성하는 예술 역시 상품으로의 교환가치에 종속될 수밖에 없으며 문화상품이 대중매체에 의해서 매개될수록 일상인들은 진정한 문화적 체험으로부터 멀어진다.⁸⁾

기술의 발전적 측면에서 볼 때 컴퓨터는 오늘날 그 중추적인 역할을 한다고 볼 수 있다. 컴퓨터에 의한 기술의 발전에 대해 허버트 드레이퍼스는 컴퓨터를 인간에 대한 형이상학적 대립자로 간주하며 개발 중인 인공지능의 한계를 분명히 밝히고자 했다. 그는 하이데거의 기

6) 모린 퍼니스, <움직임의 미학: 애니메이션의 이론 역사 논쟁>, 한창완 외 역, 한울아카데미, 2001, p.265.

7) 임홍빈, <기술문명과 철학>, 문예출판사, 1996, p.65.

8) 임홍빈, 위의 책, p.311.

술비판을 끌어들여 인간의 정신을 정보처리기로 정의하는 연구방식의 한계점을 지적하며 언급술과 인공지능을 동일시하는 논문을 발표하기도 했다. 하지만 이러한 관점에도 불구하고 인공지능에 대한 연구는 꾸준히 진행되고 있다. 대립자로서의 컴퓨터와는 아주 다르게 구성요소로서의 컴퓨터로 보는 관점도 있는데 컴퓨터가 인간의 인식을 이끄는 하나의 요소로 보며 잠재적 라이벌과 대결하는 대신 공생의 관계를 모색하는 것이다. 주요 산업체에서의 연구나 개발조차 이제는 인공지능 연구를 떠나 인간과 컴퓨터의 공생에 관한 연구로 나아가고 있는데 전자는 컴퓨터가 인간과 별개로 떨어져서 기능한다는 입장인 반면, 후자에는 인간의 신체지각을 증가시키고 ‘가상현실’을 만들어내는 정보환경이 포함된다.⁹⁾

3D 디지털 애니메이션의 발전과 밀접한 관련이 있는 가상현실(Virtual Reality)은 ‘시물레이션, 상호작용, 인공성, 몰입, 원격현전, 온몸몰입, 망으로 연결된 커뮤니케이션’이라는 7가지의 개념과 ‘능동성과 수동성, 조작과 수용성, 격리된 현전감, 증가된 실재’라는 예술적 측면에서의 4가지 특징에 의해 전통적 예술과의 차이를 보인다. 마이클 하임에 의하면 위의 개념과 차이점이 가상현실의 본질이며 이러한 목표는 우리가 새로운 종류의 예술을 필요로 한다는 것을 의미하는 것이라고 말한다.¹⁰⁾ 현재에도 가상현실은 컴퓨터 테크놀로지와 3D 디지털 애니메이션에 의해 주도적으로 개발이 이루어지고 있다.

3D 디지털 애니메이션의 제작 환경적 특징은 그 작업공간이 가상이라는 점에서 미래의 기술이 목표로 하는 가상현실과 가장 근접한 분야라 할 수 있다. 가상공간에서 이루어지는 이러한 일련의 제작과정은 우리로 하여금 그 속의 사물들을 마치 우리가 직접 물리적 또는 자연적 실재를 다루고 있는 것처럼 느끼게 만든다.¹¹⁾ 애니메이터들은 이러한 가상공간을 자유로운 시점 변환에 의해 들여다보면서 가상의 카메라와 가상의 조명, 가상의 세트와 소품들을 배치하고 조정한다. 물론 가상의 캐릭터들도 포함된다. 이러한 모든 가상의 도구들은 실제 카메라와 조명과 같은 현실의 도구들을 그대로 복제한 것이지만 그것이 실제보다 하위에 있다는 의미는 아니다. 오히려 복제된 도구들은 실제보다 월등한 성능을 보여준다. 보드리야르(Jean Baudrillard)는 그의 저서 <시물라시옹>에서 시물라크르는 실제로는 존재하지 않는 대상을 존재하는 것처럼 만들어 놓은 인공물이라고 말했다. 시물라크르는 실제보다 더 실제적인 것이며, 시물라시옹에 의해 새로이 만들어진 실재인 파생실재(hyper-reality)는 현실보다

9) 마이클 하임, <가상현실의 철학적 의미>, 여명숙 역, 책세상, pp.105-110.

10) 자세한 내용은 마이클 하임, 위의 책, pp.179-206.

11) 마이클 하임, 위의 책, p.212.

더 실제적인 가상이라고 말했다.¹²⁾ 여기서 3D 디지털 애니메이션의 제작환경은 가상의 도구들로 구성되어 있는 가상의 공간, 즉 시뮬라크르들의 시뮬라시옹이며 결과적으로 만들어지는 3차원의 이미지는 실재하는 현실과는 전혀 상관이 없는 또 다른 현실인 파생실재를 만들어 내는 것이라 할 수 있다.

이와 같이 3D 디지털 애니메이션은 시뮬라시옹에 의해 파생실재가 만들어지듯 가상환경의 특징을 이용해 거의 모든 영상 애니메이션 기법들의 제작 구조와 도구들을 자신의 가상공간 안에 그대로 재현하고 이를 통해 새로운 이미지들을 만들어 낼 수 있는 것이다. 또한 3차원적 공간 표현뿐만 아니라 2차원적 표현으로의 전환도 가능한데 이는 3D 디지털 애니메이션 제작에서의 고유한 기능중 하나인 렌더링 기술의 지속적인 개발에 의해 실현되고 있다. 사실상 최근에 제작되고 있는 대부분의 2D 애니메이션의 경우에 이러한 기술을 수용하고 있으며 수묵 애니메이션 표현으로도 그 표현 영역이 확대되고 있다.

종합하면, 3D 애니메이션의 제작환경은 가상적이며 모방적이다. 또한 이와 같은 특징으로 인해 다른 애니메이션 기법보다 더욱 광범위한 활용을 가능하게 한다. 이는 컴퓨터의 발전 단계에서 디지털 애니메이션 제작 기술이 예술적인 영상 이미지를 생산하는 데 초점을 두기 보다는 산업기술발전의 다양한 용도로 개발되어 왔다는 점에서 오늘날과 같은 제작시스템으로 발전된 원인을 찾을 수 있을 것이다. 지금도 3D 디지털 애니메이션 제작기술은 사실감을 극대화 시키거나 전통적 회화기법의 표현 등 다양한 방향으로의 연구가 꾸준히 지속되고 있으며 디지털 기술의 발전과 더불어 그 성과가 조금씩 나타나고 있다.

이제 앞에서 개략적으로 언급한 3D 디지털 애니메이션의 제작과정상 특징은 어떤 것이 있는지 구체적으로 살펴보고자 한다. 이를 위해 아날로그 방식의 3D 애니메이션이라 할 수 있는 클레이 애니메이션 제작과정과의 비교를 통해 각 애니메이션의 특징과 한계를 알아본다.

III. 3D 디지털 애니메이션과 클레이 애니메이션의 제작과정 비교

3D 디지털 애니메이션의 기술적 제작 과정을 살펴보면 이전의 주류를 이루어 왔던 셀 애니메이션의 제작방식과는 다르게 컴퓨터에 의한 3차원의 가상공간 내에서 실사 영화나 모델

12) 장 보드리야르, <시뮬라시옹>, 하태환 역, 민음사, pp.9-13.

애니메이션의 제작방식과 유사하게 전개되는 것을 알 수 있다. 이러한 제작 환경적 특징은 3D 애니메이션이 오늘날 실사영화제작에 중요한 도구로 자리 잡을 수 있게 된 요인이라고 할 수 있다.

3D 디지털 애니메이션의 제작환경은 3차원적 공간에서의 애니메이션이란 점에서 전통적인 셀 애니메이션보다는 클레이 애니메이션과 같은 모델 애니메이션과 유사하다. 하지만 이러한 유사성과 함께 결정적인 차이가 있는데 가상의 디지털 제작공간과 실제적인 아날로그 제작공간이 그것이다. 이러한 차이로 인해 유사한 제작 방식에도 불구하고 기능적인 측면에서의 많은 차이를 보인다. 또한 이러한 차이가 작품의 표현 방식에도 결정적인 영향을 미치는 것은 현재의 기술적 상황에서는 주지할 수 없는 사실이다. 뒤에 다시 한번 언급하겠지만 앞으로의 기술적 발전에 의해 이러한 표현의 차이는 사라질 수도 있다. 하지만 이것은 3D 디지털 애니메이션의 발전단계에서의 필요성에 의문을 제기하기도 한다.

3D 디지털 애니메이션과 클레이 애니메이션의 제작과정 비교에서 본 논문은 프리프로덕션과 포스트 프로덕션단계는 제외하기로 한다. 엄밀히 말해서 두 제작기법의 기획과 후반작업은 프로덕션단계의 원활한 진행을 위해 근소한 차이를 보이는 것이 사실이지만 본 논문에서 중점을 두고 있는 아날로그와 디지털 제작과정상의 비교라는 관점에서 볼 때 논의 대상에서 제외 된다. 따라서 여기서는 프로덕션단계에서의 중요한 요소, 모델링, 카메라와 조명, 그리고 애니메이팅에 대해서만 언급하기로 한다.

모델링단계는 3차원적인 애니메이션을 제작할 때 진행되는 고유의 프로덕션과정으로 프리프로덕션 과정에서 완성된 캐릭터 디자인을 바탕으로 애니메이트하기 위한 모델을 만드는 작업이다. 상업적인 애니메이션 제작의 경우, 작품의 성공과 직결될 만큼 매우 중요한 작업이며 특히 3D 디지털 애니메이션의 경우에는 캐릭터의 모델링 수준에 따라 작품의 완성도를 가늠하기도 한다.

클레이 애니메이션의 모델링단계에서는 입체성, 움직임, 영상에 적합한 크기, 중력의 문제, 질감 등이 고려되어야 한다.¹³⁾ 입체성은 기존의 평면적인 애니메이션 캐릭터의 특징과는 다르게 전면성의 형태감을 갖추어야 한다는 것이다. 따라서 다 시각의 차원에서의 모델링이 이루어져야 하는데 클레이 애니메이션과는 다르게 컴퓨터의 화면상으로 모델링을 진행해야 하는 3D 디지털 애니메이션의 경우는 좀더 숙달된 기술과 집중력이 요구된다. 3D 디지털 애

13) 최돈일, “호형성을 바탕으로 한 애니메이션 입체 캐릭터 모델링 연구,” 한국만화애니메이션학회, 2002, pp.125-126.

니메이션은 일반적으로 소프트웨어에서 제공하는 여러 방향의 시점 변환을 통해 모델링 단계를 진행하게 된다.¹⁴⁾

3D 디지털 애니메이션은 클레이 애니메이션과 같이 실제적인 모델 제작이 아닌 컴퓨터의 가상공간에서 작업이 진행되기 때문에 기술적 능력에 따른 시간적 노력이 요구된다. 하지만 이와 같은 문제점은 3D 스캐너를 이용하여 해결할 수 있다. 3D 스캐너는 실제 사물의 차원들을 컴퓨터의 데이터로 전환시키는 장치로 3D 디지털 애니메이션 제작에서의 모델링작업을 더욱 정확하고 원활하게 할 수 있게 한다. 1988년 제작된 단편 <틴토이(Tin Toy)>에서는 장난감 인형을 디지털화하기 위해 폴헤머스 3차원 디지털변환기(Polhemus 3-Space Digitizer)를 사용하였다.

두 애니메이션의 움직임은 공통적으로 뼈대에 의해 만들어 진다.¹⁵⁾ 하지만 각 애니메이션 제작에서 사용되는 뼈대의 기능에 대해서는 중요한 차이를 보인다. 3D 디지털 애니메이션의 뼈대는 캐릭터에게 자연스러운 움직임을 부여하기 위해 사용되는 반면, 클레이 애니메이션의 뼈대는 캐릭터에게 정확히 고정된 포즈를 유지하도록 하기 위해 사용된다. 즉 클레이 애니메이션은 프레임 바이 프레임 방식의 촬영과 애니메이팅이 동시에 진행되기 때문에 프레임단위의 개별적인 자세에 대한 정확성과 고정성을 유지하는 것이 매우 중요하기 때문이다.

클레이 애니메이션은 캐릭터 모델의 크기를 결정하는데 있어 몇 가지 제약이 따른다. 먼저 세트의 공간과 규모, 그리고 카메라에서 보여 지는 크기도 고려해야 하며 애니메이터가 동

14) 클레이 애니메이션의 모델링과정에는 일반적으로 플라스틱신(plasticine)이라는 클레이를 사용하게 되는데 플라스틱신은 다양한 종류의 색과 기름성분이 함유되어 있어 보관이 용이하고 장시간 조명의 열에도 강하기 때문에 클레이 애니메이션 제작에 적합하다. 이를 이용해 캐릭터 디자이너는 형태를 제작하게 되며 그 제작 방법에는 플라스틱신을 조금씩 붙여가는 포지티브 모델링방식의 직조기법이 있고 다른 재료로 틀을 떠서 여러 개의 성형을 목적으로 하는 캐스팅(틀) 기법, 그리고 직조기법과는 반대로 조금씩 깎아나가는 조각기법등이 있으며 실제 모델링 단계에서는 이러한 기법들을 복합적으로 사용하기도 한다(최돈일, 위의 책, pp.129-130).

3D 디지털 애니메이션의 모델링은 일반적으로 구, 삼각형, 사각형, 원뿔, 원통형 등과 같은 기하학적 형태의 와이어 프레임 모델(wire-frame model)들을 이용하는데, 각 모델들의 점, 선, 또는 면의 크기, 회전, 위치(scale, rotation, position) 변형의 조합으로 형태를 완성하게 된다.

15) 클레이 애니메이션의 뼈대는 아마추어라고 부르며 코팅된 철이나 알루미늄으로 만들어지고 관절부위의 유연성을 높이기 위해 특수 제작된 볼 조인트(ball-and-socket joint)를 넣는다. 3D 디지털 애니메이션의 뼈대는 구조적으로 클레이 애니메이션과 같지만 관절을 중심으로 각 뼈대간의 계층적(hierarchy) 연결(link)을 필요로 한다. 일반적으로 인체 모델링의 경우에는 하복부를 중심으로 각 뼈대간의 연결이 이루어지게 된다. 경우에 따라서는 모델자체가 뼈대의 구실을 하기도 하는데 이는 모델의 관절들이 서로 떨어져 있을 때(seamed model), 즉 로봇 모델이나 무릎과 팔꿈치에 패드를 달고 있는 우주복과 같은 형태에서 가능하며 관절의 이음새가 없는(seamless) 모델의 경우는 별도의 뼈대를 이용한다.

작하기에 적당한 크기가 요구된다. 일반적으로 클레이 애니메이션 캐릭터의 크기는 10-20cm 정도의 크기가 적당하다. 3D 디지털 애니메이션의 경우에 모델의 크기는 제한되지 않지만 캐릭터와 세트, 배경간의 비례는 필요하다.

두 애니메이션 제작기법에서 중력의 문제는 대조적으로 작용한다. 3D 디지털 애니메이션에서의 중력의 문제는 적어도 모델링 단계에서는 제기되지 않는다. 3차원의 가상공간에서 이루어지는 작업에는 실제 공간과 같은 중력의 영향은 미치지 않기 때문이다. 이러한 특징은 카메라와 조명등의 도구들에 대한 자유로운 움직임을 완벽히 보장해 주지만 물리적 한계를 벗어난 도구들의 움직임은 관객의 시각적 거부감을 발생시킬 수 있으므로 신중히 고려해야 한다. 클레이 애니메이션에서 중력의 문제는 다른 양상으로 제기되는데 이는 캐릭터의 안정감과 균형을 위한 작업을 필요로 하게 된다. 예로 캐릭터의 발의 크기를 1.5배정도로 하거나 손의 크기를 실제보다 1.3배 정도로 모델링 하는 것은 시각적 안정감과 실질적인 균형을 주기 위함이다.

캐릭터의 질감을 표현하기 위해서 클레이 애니메이션은 다양한 종류와 색상의 클레이를 사용한다. 또한 모델링 시에는 클레이의 특성상 형태의 변형과 손자국 등이 남지 않도록 표면 처리에 신중함도 필요하다. 클레이는 빛의 흡수와 재료 자체의 특성 때문에 상대적으로 채도가 낮은 경향이 있고 단단한 표면일수록 훨씬 더 밝은 색으로 나타난다.¹⁶⁾ 하지만 클레이 애니메이션을 제작하는 기본적인 제작의도에 이러한 클레이 자체의 질감에 대한 선택이 이미 포함되기 때문에 3D 디지털 애니메이션과 같이 모델링 단계에서의 재질선택은 고려되지 않는다. 3D 디지털 애니메이션에서의 이러한 재질선택은 텍스처 맵핑(texture mapping)이란 특수한 과정을 거쳐 진행되는데, 이 과정에 의해 이론적으로는 모든 물질의 질감표현을 가능하게 한다. 3D 디지털 애니메이션의 고유한 특징인 텍스처 맵핑은 앞에서 언급한 디지털 환경의 가상성과 모방성을 가장 잘 나타내는 작업이라 할 수 있으며 이로 인한 3D 디지털 애니메이션의 통합적 제작기법으로서의 발전 가능성을 예측하게 한다. 하지만 현 단계의 기술적 제약으로 인해 사실적인 질감 표현은 부분적으로 한계가 있으며 인체의 피부와 같은 질감의 표현은 지금도 연구가 진행되고 있다. 이와 함께 최근의 3D 디지털 애니메이션의 플러그인으로서 개발된 NPR 툴들은 사실적인 표현보다는 이차원적인 다양한 선과 면을 수용할 수 있는 특징을 가지고 있기 때문에 만화적이거나 또는 회화적인 표현을 가능하게 한다. 다시 말해

16) 모린 퍼니스, 앞의 책, p.244.

자기가 직접 그린 외곽선의 느낌을 3D 데이터의 외곽선으로 활용할 수도 있고 외곽선을 추출하거나 안쪽에 텍스처를 입힌다든지, 투명효과 등도 가능하다. 또한 목탄 같은 재질로 애니메이션을 그릴 때 프레임마다 조금씩 외곽라인이나 텍스처가 흔들리게 하는 표현도 NPR 틀 안에서 간단하게 구현할 수 있어서 회화적인 표현이 가능하다.¹⁷⁾

카메라와 조명은 모든 영상 애니메이션 분야에서 거의 필수적으로 사용되는 요소이다. 클레이 애니메이션이나 3D 디지털 애니메이션의 카메라는 적어도 평면적인 2D 애니메이션과 비교한다면 실사영화와 상당히 비슷하다. 2D 애니메이션은 일반적으로 공중에 위치한 카메라에 의해 수직적으로 촬영되는 반면 대부분의 3D 디지털 애니메이션이나 클레이 애니메이션은 실사영화처럼 일종의 세트에서 수평적으로 촬영된다. 이러한 특징은 비교적 쉽게 액션의 많은 앵글을 가능하게 한다. 그러나 클레이 애니메이션의 경우는 세트의 규모에 따라 어떤 종류의 샷, 예를 들면 로샷(low shot)과 같은 촬영에 어려움을 주기도 하는데 이를 해결하기 위해 대체모델을 만들기도 한다. 예를 들어 클로즈 샷을 위해 주 세트에서 사용되는 것보다 훨씬 큰 복사본을 만든다.¹⁸⁾

3D 디지털 애니메이션의 카메라는 클레이 애니메이션의 실제 카메라보다 훨씬 자유롭고 다양하며 심지어 초자연적인 표현능력마저 지니고 있다. 단 비현실적인 가상 카메라이기 때문에 관객에게 여러 가지 시각적 거부감을 최소화하기 위해서는 자연계의 현상과 법칙, 과학적 이론과 실제 등을 심도 있게 고려할 필요가 있다. 3D 디지털 애니메이션의 카메라는 기본적으로 실제 카메라의 재현원리와 투시법에 기반을 두고 개발되었기 때문에 사용자가 렌즈나 촬영거리, 카메라 앵글, 방향 등의 값을 설정하는데 따라 자동적으로 투시장면이 구현된다. 하지만 클레이 애니메이션에서 사용되는 실제 카메라와는 다른 부가적인 기능을 갖고 있는데 그중 하나가 다양한 시점의 활용이다.

모델링 단계에서 주로 활용되는 이 기능은 소프트웨어가 기본적으로 제공하는 4가지 뷰 포인트(Top, Left, Front, Perspective)를 동시에 볼 수 있으며 2차원의 화면에서 3차원의 모델링과 움직임을 쉽게 제어할 수 있도록 다양한 시점에서의 전환이 가능하다. 이러한 특징은 클레이 애니메이션에서의 애니메이터, 감독, 촬영기사 등의 포지션을 자유롭게 넘나들면서 제작하는 것과 같은 능력을 부여한다.

또한 3D 디지털 애니메이션의 카메라는 자연현상에 기반한 광학적 원리 자체가 아니라 그

17) 이정민, “감출수록 손맛난다, NPR이 3D 애니메이션의 주류가 되기까지,” <씨네21>, 448호.

18) 모린 퍼니스, 앞의 책, p.241.

결과 값에 따른 물리학적 광학 수치를 디지털적 수치로 환원하여 적용한 프로그램이기 때문에 비현실적인 변형이나 인위적인 왜곡도 가능하다. 이는 렌즈 초점거리 값의 조건에 디지털 수치 값으로 적용한 소프트웨어 카메라의 피사체 심도 표현기능이 갖는 가능성이 실제 카메라의 자연 현상적 제약을 훨씬 확장시켜 놓은 것이다.

마지막으로 3D 디지털 애니메이션 카메라의 특징으로 자유로운 움직임 들 수 있다. 3D 디지털 애니메이션의 카메라는 중력의 영향을 받지 않기 때문에 실제 카메라와 같은 이동 범위의 제약을 받지 않는다. 또한 공간적 제약도 없기 때문에 실제 카메라를 통해서 구 현될 수 없는 초현실적 영상도 재현가능하다. 하지만 이러한 특징의 부자연스러움이 관객에 게 거부감을 주기도 하기 때문에 주의가 필요하다.¹⁹⁾

<표 1> 실제 카메라와 3D 디지털 애니메이션 카메라의 표현특성 비교

항목	같은 점	다른 점	
		실제카메라	3D 디지털 애니메이션 카메라
표 현	사실성	*피사체 필수불가결 *상상을 촬영할 수 없음	* 상상 제작 가능
	관점	*하나의 눈(렌즈)를 통해 촬영 *카메라가 움직이며 촬영	*Top, Side, Front View를 통해 제작 *Object가 움직이며 찍힘
	시선집중	*시각정보전달매체로 시선 집중효과가 큼	*비현실적, 초자연적 표현이 가능하여 시선집중효과가 상대적으로 높음
	관객반응	*사실성 인정에서 출발	*비현실을 이해
	배우의 감정	*시나리오에 의한 배우의 감정표현에 기초	*등장인물의 고유 감정이 없으며 제작자의 감정을 중개
	제작자	*영상제작자	*3D 애니메이터가 총감독의 역할 *모델링, 표정, 애니메이션전문 등으로 역할 분담

* 강중진 「앞의 책」, p.215.

조명은 클레이 애니메이션이나 3D 디지털 애니메이션의 제작 디자인에서 중요하게 고려 되어야 할 점이다. 3차원적인 사물을 표현하는데 있어 조명은 자연적인 그림자를 만들어 내며 화면전체의 분위기나 캐릭터의 상황, 내러티브적 요소를 이해하는데 지대한 영향을 미칠 수 있다. 클레이 애니메이션의 조명은 아주 큰 규모의 세트가 아닌 한, 보통 영화의 스튜디오 내에서 쓰이는 형태로써 소규모의 것을 사용한다. 일반적으로 클레이 애니메이션은 조명을 받는 상의 표면적이 적기 때문에 보통의 스포트라이트는 적당하지 않다. 그래서 경제적으로

19) 강중진, 앞의 책, pp.205-211.

도 유리한 베이비 스포트라이트를 사용하는데 이것의 실시원칙은 실사영화와 같은 방식으로 적용된다.²⁰⁾

3D 디지털 애니메이션의 조명도 기본적으로 실사영화와 같은 원칙에 따라 작업을 진행하게 되며 주변조명(ambient light), 직사조명(directional light), 점 조명(point light), 스포트 조명(spot light)과 같은 4가지 기본 조명으로 작업을 진행한다. 또한 각 조명의 색과 반사율, 투명도, 굴절률, 발광도 등을 설정할 수 있어 특정한 분위기를 만들 수도 있다. 3D 디지털 애니메이션의 조명작업은 가상환경 내에서 진행되기 때문에 그 특성상 무한적 설치가 가능하다. 이로 인해 전체적인 분위기와 입체적 사실감을 강조하기 위해 수백 개의 조명이 하나의 장면에 설치되기도 한다. 3D 디지털 애니메이션의 렌더링 과정은 조명의 효과를 극대화 시키는데 중요한 단계로 수학적인 알고리즘에 따라 래디오시티(radiosity), 레이트레이싱(raytracing), 스캔라인(scanline), 핑(phong)등과 같은 여러 가지 형식이 있으며 동일한 장면도 렌더링 방식에 따라 완성 이미지에 많은 차이가 나타난다.²¹⁾

애니메이팅 단계는 완성된 모델에 움직임을 주는 과정으로 전체 애니메이션 제작의 핵심을 이루는 과정이다. 클레이 애니메이션과 3D 디지털 애니메이션에서의 애니메이팅 단계는 모델링 과정에서 제작된 뼈대에 의해 진행되는데 움직임을 표현하는 방식에서 서로 많은 차이를 보인다.

먼저 클레이 애니메이션은 완성된 모델을 조금씩 움직여 가며 카메라 앞에서 프레임 바이 프레임 방식으로 촬영하게 된다. 이러한 방식은 오랜 시간 촬영과 애니메이팅이 동시에 진행되기 때문에 여러 가지 문제를 고려해야 한다. 우선 클레이의 특성상 뜨거운 조명 아래 장시간 작업이 진행되면 모델이 휘는 경향이 있으며 애니메이팅 과정에서 모양이 쉽게 망가지기도 한다. 또한 팔과 다리를 움직일 때 지문을 남기거나 다른 부위가 눌리기도 하며 샷과 샷 사이의 정확한 동작과 포즈를 유지해야 한다. 이러한 난제에 대해 <월리스 앤 그로밋(Wallace and Gromit)>의 감독 닉 파크는 “클레이 애니메이터들은 매 프레임마다 캐릭터의 움직이는 부분을 다시 만들어야 한다”라고 설명한다. 하지만 클레이는 부드럽고 퍼서 늘일 수 있어, 형태의 메타모포시스를 가능하게 한다. 때때로 이러한 유연한 성질은 스퀴시 앤 스

20) 존할라스, <애니메이션의 이론과 실제>, 이일범 역, 신아사, 2000, pp.324-325.

21) 래디오시티는 사진모사적 특성이 가장 강한 결과물을 만들어 내며, 레이트레이싱은 반사, 굴절, 투명 효과를 만들어 내는데 뛰어나기 때문에 물과 같은 굴절현상이 심한 모델을 렌더링 할 때 유용하다. 스캔라인 방식은 이미지의 선명도가 중요시 되는 애니메이션에 적합하며 핑 방식은 가장 실제에 가깝게 물체를 렌더링하는 방법으로 시간이 많이 소요되는 단점이 있다(김의준, 앞의 책, pp.123-129).

트래치 기법 혹은 다른 재료로는 만들 수 없는 변형된 모습을 가능하게 한다. 클레이 애니메이션은 또한 애니메이션을 하는 과정에서 균형감과 안정감이 중요하게 고려되어야 하기 때문에 자석이나 핀, 낚시줄과 같은 장치를 모델의 균형을 유지하기 위해 이용하기도 한다. 한번의 실수가 용납되지 않는 클레이 애니메이션의 애니메이션 과정은 스토리보드, 촬영시트에 대한 철저한 사전준비가 선행되지만 기본적으로 움직임에 대한 애니메이터의 직감에 의존하는 경우가 많다. 또한 각 캐릭터의 움직임을 일관되게 유지하기 위해 애니메이터의 수를 제한하는 것이 필요하다.

클레이 애니메이션의 애니메이션 과정을 효율적으로 진행할 수 있는 기법으로 변화연출(replacement 대체)기법이 있다. 이는 주로 캐릭터의 표정이나 대사 장면을 연출하기 위해 사용되는데 캐릭터의 부분을 미리 만들어 놓고 연속된 프레임에서 이를 대체한다.²²⁾ 한 예로 캐릭터의 입을 여러 가지 모양으로 미리 만들어 놓거나 때로는 얼굴전체를 표정 별로 만들어 사용하기도 한다. 이러한 방법은 애니메이션 단계에서 조작하기 어려운 미세한 표정변화나 대사 표현에서 발생할 수 있는 위험성을 줄여줄 수 있다. 또한 클레이 애니메이션에서 사용되는 비디오 어시스트 시스템(video assist system)은 프레임간의 캐릭터의 움직임을 정확히 조절할 수 있게 해준다. 대표적인 장치로 런치박스 시스템(lunch box system)이 있는데 이 장치의 원리는 촬영된 마지막 두 프레임을 보관하고 이를 현재의 프레임과 비교할 수 있도록 번갈아 보여주는 방식이다.

클레이 애니메이션의 애니메이션 과정은 오랜 작업 시간동안 상당한 주의와 집중력이 요구되는 작업이다. 반면에 3D 디지털 애니메이션 제작에서는 클레이 애니메이션의 애니메이션 과정에서 발생할 수 있는 위험부담이 상대적으로 적기 때문에 비교적 안정적으로 작업이 진행된다. 이러한 장점은 컴퓨터에 의한 가상적 제작환경의 특수성으로 인해 발생되며 또한 기존의 애니메이션 제작형태와는 다른 독특한 제작형태를 유발한다. 기존의 2D 셀 애니메이션 제작에서는 작품의 내러티브 진행에 필요 없는 장면이 그려지는 경우는 있을 수 없으며 정확한 프리프로덕션 과정을 통해 한 장의 셀도 낭비하지 않는다. 또한 모델 애니메이션의 경우도 애니메이션 단계에서의 한번의 실수가 곧바로 경제적 손실로 직결되기 때문에 사전의 철저한 준비를 통해 오류를 방지하고 애니메이션 과정에서의 새로운 시도는 좀처럼 용인되지 않는다. 하지만 3D 디지털 애니메이션은 이러한 제작과정의 경직성을 보다 유연하게 만들어

22) 모린 퍼니스, 앞의 책, pp.245-253.

준다. 가상환경에서의 애니메이팅은 아날로그 환경의 애니메이션 제작에서와 같이 직접적인 경제적 영향을 받지 않기 때문이다. 이러한 점은 애니메이터의 자율성을 최대한 보장해주는 반면 프리프로덕션단계를 부실하게 만들기도 한다. 특히 최근에 많은 단편 3D 디지털 애니메이션이 제작되면서 이와 같은 현상이 나타나기도 하는데 애니메이션 작품의 완성도를 위해 프리프로덕션단계의 정확한 수행은 반드시 이루어져야 한다.

애니메이팅 단계에서 3D 디지털 애니메이션이 클레이 애니메이션과 구별되는 가장 큰 차이점은 컴퓨터의 계산에 의한 인 비트윈 프레임(in-between frame)을 들 수 있다. 클레이 애니메이션은 애니메이팅 과정에서의 움직임을 순차적으로 하나씩 만들고 촬영하게 된다. 이렇게 되면 이론적으로 1분의 움직임을 만들기 위해 1440 프레임을 촬영해야 한다. 이에 반해 3D 디지털 애니메이션은 애니메이터가 움직임의 키 프레임(key frame)을 설정하게 되면 키 프레임 사이에 들어가는 인 비트윈 프레임(in-between frame)은 컴퓨터에 의해 만들어 진다. 이것은 애니메이터들에게는 엄청난 수고를 덜어주는 것이다. 하지만 컴퓨터에 의해 만들어진 인 비트윈 프레임의 움직임은 애니메이터들이 의도한 움직임을 정확히 표현하지 않기 때문에 키 수정 과정이 반드시 필요하다. 최근 3D 디지털 애니메이션에서 많이 사용되고 있는 모션 캡처(motion capture)는 사물의 움직임을 기록하는 센서를 이용하는 것으로 1970년대에 군사적 목적을 위해 만들어 졌으며 오랜 기간 영화제작에서 사용되어져 왔다. 주로 인간이나 동물들의 사실적인 움직임을 표현하기 위해 사용되는 모션 캡처는 시간과 비용 면에서 수동방식에 비해 효율적이기는 하지만 여전히 제작환경에 따라 편차가 있으며 문제점을 드러낸다. 따라서 애니메이터가 의도한 움직임을 정확히 표현하기 위해선 이 장치의 이용과 함께 꾸준한 수정작업이 요구된다. 물론 계속되는 기술의 발달과 진전들은 제작자들에게 모션 캡처가 비용적 측면과 미학적 측면 모두에서 매력적인 방식이 될 것임을 확신시키고 있다.²³⁾

종합하면 위의 두 제작기법은 디지털과 아날로그방식의 애니메이션 제작으로 대변될 수 있는데 전체적인 제작과정의 유사성과 함께 실질적인 차이점도 포함하고 있다. 이러한 차이점은 디지털의 가상환경과 아날로그 차원의 실제 환경 사이에서 발생하는 것으로 전반적인 비교를 통해 볼 때 디지털 환경에서의 제작 방식이 비교적 유리한 것으로 판단된다. 하지만 3D 디지털 애니메이션의 기술적 한계에 의해 부분적인 문제점 또한 가지고 있는 것이 사실이다. 물론 오늘날 디지털 기술의 발전 속도를 비추어 볼 때 3D 디지털 애니메이션 제작에서

23) 모린 퍼니스 앞의 책, pp.286-289.

의 문제점들은 머지않아 해결될 것으로 보인다. 그러나 이러한 기술의 발전이 3D 디지털 애니메이션들의 수고를 어느 정도 덜어 줄지는 몰라도 그들의 애니메이션에 대한 세밀한 감각과 정확한 판단은 여전히 중요한 요소로 작용하게 될 것이다.

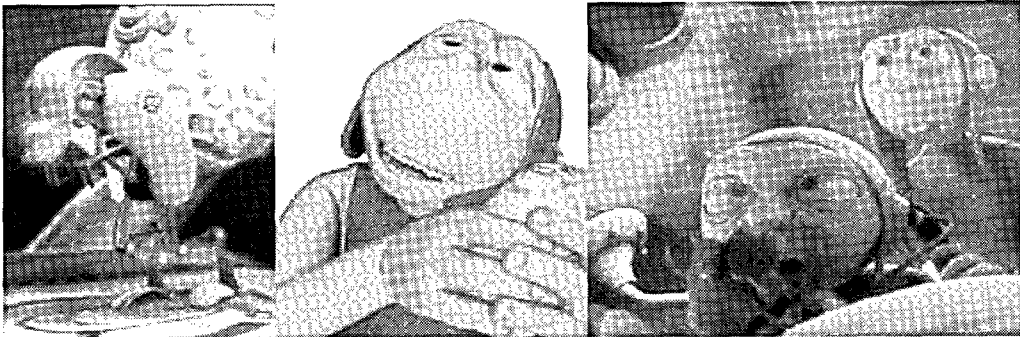
이렇듯 클레이 애니메이션과 3D 디지털 애니메이션의 제작과정상의 차이점은 최종적인 결과물에서도 각각 그 표현적 특징을 나타낸다. 클레이 애니메이션에 대해 아트 크로키(Arc Clokey)는 일반적인 애니메이션의 표현기법을 3차원 형식으로 확장시키고 실사적인 공간에서 제작되며 더욱 창의적인 자유와 통제 속에서 작업할 수 있기 때문에 실제적이라고 말하며 셀 애니메이션과의 차별성을 강조하였다.²⁴⁾ 이러한 클레이 애니메이션의 3차원적 특성과 함께 클레이의 유연성과 점성, 고유의 색과 표면의 질감 등에 의해 애니메이터의 상상력은 더욱 확대되고 자유롭게 표현된다. 예로 메타모포시스와 같은 변형이나 스쿼시 앤 스트레치 기법 등이 과장되게 사용되기도 한다. 클레이는 우리 주위에서 쉽게 찾을 수 있는 재료이기 때문에 클레이 애니메이션은 관객에게 친근함으로 다가온다. 이러한 속성을 잘 보여주는 작품이 닉 파크의 <월리스 앤 그로밋(Wallace and Gromit)>이다. 그는 작품 속에서 클레이와 금속성의 물체를 적절히 대비시켜 관객에게 캐릭터들의 성격과 내러티브의 흐름을 효과적으로 전달한다.

클레이 애니메이션의 친근함과 따뜻한 표현과는 대조적으로 3D 디지털 애니메이션의 표현은 일반적으로 화려함과 차가움에 있다. 이러한 속성은 일반인들이 디지털 기술에 대해 느끼는 전반적인 반응과 마찬가지로 디지털 특유의 정확성과 인위성에서 그 원인을 찾을 수 있다. 또한 3D 디지털 애니메이션의 사실적 표현 욕구에 현 단계의 기술이 뒷받침되지 못하는 기술부족 현상에 의해 나타나기도 한다. 하지만 제작과정상의 가상적 모방에 의한 표면처리 기술은 여러 기법의 애니메이션과 실사영상제작에까지도 넓게 활용될 수 있다는 면에서 앞으로의 전망을 밝게 하고 있다. 이와 함께 최근에 개발된 NPR(Non Photo-realistic Rendering) 기술도 3D 디지털 애니메이션의 새로운 발전방향을 제시하면서 오늘날 많은 애니메이션 제작에 활용되고 있다. 그러나 이러한 특징은 3D 디지털 애니메이션의 기술적 장점으로 볼 수 있는 반면, 한편으로는 고유의 표현 기법적 정체성을 모호하게 만드는 결과를 가져오기도 한다.

캐릭터의 움직임으로 나타나는 표현에 대해 클레이 애니메이션은 정적인 움직임인 반면

24) 폴 웰스, <애니마톨로지: 애니메이션 이론의 이해와 적용>, 한창완외 역, 한울아카데미, 2001, p.105.

3D 디지털 애니메이션은 동적인 움직임이라 할 수 있다. 프레임 바이 프레임으로 촬영되고 애니메이션되는 클레이 애니메이션은 프레임 단위의 정지된 포즈가 연속적으로 표현되기 때문에 실사영상에서와 같은 자연스러운 모션 블러(motion blur)가 결여되어 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 고-모션(Go-Motion)이라는 기술을 이용하기도 하지만 관객이 느끼는 클레이 애니메이션에 대한 환상, 즉 실체가 아니지만 실제로 받아들이고 작품에 몰입하게 되는 클레이 애니메이션의 환상성에 의해 기법 고유의 움직임으로 인식될 수 있다. 3D 디지털 애니메이션의 움직임은 매 프레임마다 컴퓨터의 계산에 의하여 매우 정확하고 자세하게 표현되는데 이로 인해 캐릭터의 움직임은 매우 자연스럽게 표현 된다. 하지만 이러한 특징으로 인해 캐릭터의 정지동작에서도 미세한 움직임이 필요하게 되며 그렇지 않으면 한순간의 정지화면에도 관객은 어색함을 느끼게 된다.



<그림 1> 3D 디지털 애니메이션 <에그콜라(Egg Cola)>

문화관광부와 한국문화콘텐츠진흥원의 스타프로젝트 사업에 선정된 인디펜던스사의 <에그콜라(Egg Cola)><그림 1>는 콜라전쟁의 소용돌이 속에서 어느 날 에그콜라 공장의 주인인 매직스톤이 도난당하게 되고 이 매직스톤을 찾기 위해 길을 떠나는 주인공들의 모험이야기를 그린 작품이다. 3D 디지털 애니메이션으로 제작되는 이 작품은 디지털 기술의 기계적 이미지가 주는 이질감을 최소화하기 위해 클레이 느낌의 재질감을 보여주고 있다. 이 같은 표현으로 <에그콜라(Egg Cola)>는 작품 전체의 분위기에 디지털이 주는 차갑고 선명한 느낌보다는 다소 색상처리의 미약함을 지적할 수 있을 정도로 단조로운 색상표현을 드러낸다. 하지만 기존의 3D 디지털 애니메이션과는 다르게 비교적 친숙한 느낌을 전달하고 클레이 애니메이션에서는 나타내기 힘든 풍부한 표정 표현으로 캐릭터의 생동감을 보여주고 있다. 표

현 기법적 측면에서 3D 디지털 애니메이션과 클레이 애니메이션의 장점을 고루 활용한 <에그콜라(Egg Cola)>는 디지털 이미지가 갖는 기술적 한계에 대한 새로운 모색으로 볼 수 있으며 시나리오와 함께 표현기법 면에서도 작품의 완성도를 평가할 수 있는 계기가 될 것으로 보인다.

클레이 애니메이션은 고유 재료의 특성에 의해 작품 표현에 있어 비교적 명확한 정의가 가능하다. 하지만 3D 디지털 애니메이션은 텍스처 맵핑에 의해 표면 질감이 선택되고 렌더링의 다양한 표출방식으로 인해 고유한 표현을 갖지 않는다. 이는 표면 질감과 움직임, 그리고 렌더링 방식에 의한 모방적 성격으로 인해 나타나는 결과라 할 수 있으며 3D 디지털 애니메이션의 기술적 한계에 의한 문제점과 함께 통합적 표현기법으로의 발전가능성을 동시에 보여주고 있다.

IV. 3D 디지털 애니메이션의 표현가능성 및 한계

3D 디지털 애니메이션은 가상성과 모방성이라는 제작 환경적 특수성에 의해 이론적으로 표현가능영역의 한계가 없다. 이러한 특징은 컴퓨터에 의한 디지털 환경이 부여하는 중요한 핵심요소로서 특히 3D 디지털 애니메이션 기술의 모방적 성격은 영상 애니메이션 전 분야에 걸친 활용의 가능성을 보여주고 있다. 근대 회화가 카메라의 개발을 계기로 모방의 기능을 사진에게 넘겨주고 자신은 새로운 방향을 모색하였듯이 3D 디지털 애니메이션 기술도 이러한 회화의 시대적 흐름을 오늘날의 기술사회에서 계승하였다고 볼 수 있다. 하지만 3D 디지털 애니메이션은 이러한 모방성의 차원에 디지털 환경의 가상성이 복합적으로 작용함으로써 회화는 다른 양상으로 진화하고 있다. 앞서서도 언급하였듯이 기술발전의 유기체론적 관점은 현재 3D 디지털 애니메이션의 발전방향과 목표를 잘 설명해주고 있다. 과학기술에 의해 개발되고 그 토대위에 이루어진 3D 디지털 애니메이션이 이러한 발전적 특징을 보여주는 것은 당연하다 하겠다.

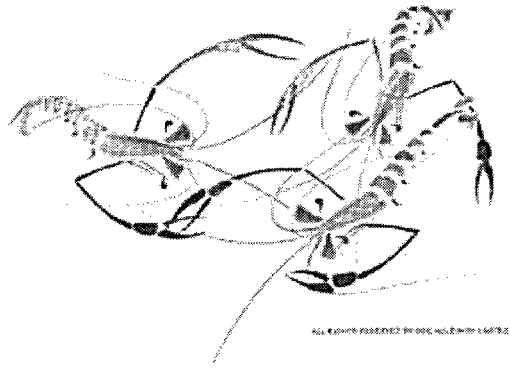
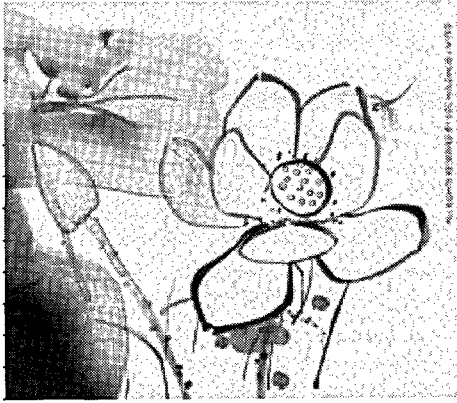
컴퓨터에 의해 구현되는 3D 디지털 애니메이션은 아날로그 방식의 영상제작과는 다른 고유한 특징을 가지고 있는데 양방향성(interactivity), 압축성(compression), 출력형식의 다양성(multiple output formats), 비선형 접근성(non-linear access), 내러티브형식의 유동성, 즉 정보의 데이터베이스화를 들 수 있으며, 풀 3D 디지털 애니메이션인 픽사의 <토이스토리(Toy

Story)>와 그 후속편 <토이스토리 2(Toy Story 2)>, 그리고 뒤이어 제작된 <몬스터주식회사(Monsters, INC.)>, <니모를 찾아서(Finding Nemo)> 등의 작품간의 연관성에서 그 예를 찾을 수 있다.²⁵⁾

현재 3D 디지털 애니메이션의 다양한 표현가능성에 대한 연구는 주로 렌더링 단계에서의 실험에 의해 진행되고 있다. 그 결과 3D 디지털 애니메이션 기법에 의한 다양한 표현에 대한 성과가 가시적으로 나타나고 있다. 현재 3D 디지털 애니메이션의 발전 방향은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데 그중 하나가 <파이널 환타지(Final Fantasy)>와 같이 사실적 표현을 목표로 하는 PR(Photo-realistic Rendering) 기술이다. PR기술은 이전부터 실사영화의 특수효과 부분을 도맡아 왔던 3D 디지털 애니메이션의 종속적 관계를 벗어났다는 평을 듣기도 했던 <토이스토리(Toy Story)> 이후 발전을 거듭해 <파이널 환타지(Final Fantasy)>와 같은 매우 사실적인 표현작품을 만들어 냈다. 하지만 애니메이션이 실사영화를 닮아가는 것에 회의감을 느낀 많은 애니메이터들이 또 다른 방향으로의 모색을 하고 있었는데 그것이 NPR(Non Photo-realistic Rendering) 기술이다(<그림 2> 참조).

1998년 발표된 <계산몽상도>는 NPR 기술을 이용한 최초의 3D 디지털 수목 애니메이션으로 이후 NPR 기술을 이용한 작품이 계속해서 발표되고 있다. 2002년에 개봉된 <센과 치히로의 행방불명>도 3D 디지털 애니메이션 기법을 부분적으로 사용하였으며 2004년 현재는 이 기술이 보편적으로 사용되면서 최근 개봉된 일본의 애니메이션 오시이 마모루의 <이노센스>와 오토모 가쓰히로의 <스팀보이> 역시 NPR을 기반으로 좀더 자연스러운 합성 결과물을 보여주고 있다. <공각기동대>의 원작자인 시로 마사무네의 대표적인 <애플시드>도 역시 NPR 기반의 3D 디지털 애니메이션을 만들고 있는데, 배경, 캐릭터를 모두 3D로 만들어 2차원 느낌으로 출력하는 방식을 택했다. 국내에서도 역시 NPR이 적극적으로 활

25) 양방향성(interactivity)은 인터페이스(interface)의 발달로 관객과 디지털 환경의 가상세계는 역동적인 관계를 형성하게 되고 전통적인 관객이 가상세계의 환경 속에 직접 영향을 주기 시작함으로써 유저로 바뀌게 된다는 것이고 두 번째, 압축성(compression)은 영상정보를 프레임 단위가 아닌 각 요소별 객체 단위로 저장하고 이를 렌더링에 의해 통합시킴으로써 정보저장 용량을 줄일 수 있다는 것이다. 셋째는 출력형식의 다양성(multiple output formats)이다. 3D 디지털 애니메이션은 렌더링에 의해 최종 출력이 이루어지기 때문에 텍스트나 오디오와 같이 다양한 형식에서의 출력형태를 변환할 수 있다. 넷째, 비선형 접근(non-linear access)이 가능하기 때문에 탐색성이 높다. 따라서 여러 가지 데이터들이 효과적으로 산출될 수 있다. 다섯째, 3D 디지털 애니메이션에 의해 구축되는 내러티브는 기본적으로 고정된 형식으로 존재하지 않기 때문에 새로운 내러티브 구축에 이용될 수 있다. 즉, 등장인물, 배경, 사건과 같이 비트의 형태로 저장된 정보는 데이터베이스로서의 의미를 지니기 때문에 이를 새롭게 연결시키면 또 다른 내러티브가 만들어 질 수 있는 것이다(김의준, 앞의 책, pp.188-189).



<그림 2> NPR 기술을 이용한 수묵 이미지(Ron Hui의 <Ode to Summer>)

용되고 있다. 이성강 감독의 차기작 <천년 여우, 여우비>나 유니코리아의 <바리공주>도 NPR적 표현기법을 사용하고 있으며 스톱모션 영역으로 표현 기법을 확장한 3D 디지털 애니메이션 작품인 OCON의 <이니스 쿨 섬(The Island of Inis Cool)>은 특히 유럽 등지에서 큰 호응을 얻고 있다.

3D 디지털 애니메이션은 컴퓨터 기술의 발전에 의해 제작 과정적 측면이나 표현적인 면에서도 많은 장점과 효용성을 갖고 있다. 하지만 이러한 장점 이면에 현재의 기술적 한계에 따른 형태나 동작의 부자연스러움이 단점으로 지적되기도 한다. 이 중에서 특히 형태적인, 질감에서의 부자연스러움을 극복하고 만화적이거나 또는 회화적인 처리를 통해서 3D 디지털 애니메이션이 갖고 있는 단점을 다른 차원으로 극복하려는 시도가 NPR 기술의 출발이라고 할 수 있다. <토이 스토리(Toy Story)>에서 <파이널 환타지(Final Fantasy)>까지 극사실을 추구하던 3D 디지털 애니메이션은 더욱 진보된 테크놀로지에 의해서 테크놀로지를 감추고, 마치 손으로 그린 것 같고 손으로 빚은 것 같은 캐릭터와 배경을 선보인다.²⁶⁾

이렇듯 3D 디지털 애니메이션은 기술적 발전 속도에 힘입어 영상, 애니메이션 분야에 실질적으로 활용되면서 각 분야에서의 내러티브적 한계와 표현의 영역을 무한히 넓혀주고 있다. 하지만 정작 3D 디지털 애니메이션 자신에 대해서는 기술적 한계에 의해 스스로 내러티브의 제한을 두고 있는 것도 사실이다. 풀 3D 디지털 애니메이션 제작의 증가는 이러한 문제를 단적으로 보여주고 있는데 등장 캐릭터의 대부분이 곤충이나 인형 등에 한정되고 있다는 점이

26) 이정민, 앞의 책.

다. 기술적 한계에 의해 캐릭터의 표정이나 표면질감 표현에 있어 비교적 부담이 적은 대상을 이용할 수밖에 없고 이같은 현상은 3D 디지털 애니메이션의 기술적 종속성을 단적으로 보여주고 있는 것이다.(표 2) 이에 대해 팬텀의 공동창립자인 조르주 라크로아는 “우리가 할 수 있는 것보다 많은 것을 컴퓨터에게 기대하지 않기로 결정했다”라고 말했으며 <토이 스토리(Toy Story)>의 제작자 라세스터는 “컴퓨터 애니메이션의 성패는 이 작업도구가 가장 잘 적용될 수 있는 대상을 선택하는 일”이라고 말했다.²⁷⁾

<표 2> 미국 극장판 풀 3D 디지털 애니메이션의 캐릭터 설정

작 품 명	제 작 사	제작 연도	캐릭터 설정
토이스토리 1, 2	픽사	1995, 1999	우디, 버즈(장난감)
개미	드림웍스	1998	z-1495, 워버(개미)
벅스라이프	픽사	1998	플릭(개미), 호퍼(메뚜기)
다이너소어	디즈니	2000	알라다(이구아노돈)
슈렉	드림웍스	2001	슈렉(괴물), 피오나(캐리커처적 인간)
몬스터 주식회사	픽사	2001	제임스, 마이크(괴물)
아이스 에이지	20세기폭스사	2002	디에고(검치호랑이), 시드(나무늘보), 맨프레드(맘모스)
니모를 찾아서	2003	말린, 니모, 도리(물고기)	

위에서 언급한 바와 같이 3D 디지털 애니메이션의 사실적 표현에 대한 기술적 한계를 감추기 위한 노력의 결과로 NPR 기술이 개발되었다고 말할 수 있지만 그 바탕에는 아직도 PR 기술에 대한 끊임없는 연구와 개발이 이루어지고 있다. 이러한 연구는 매 영화마다 단계적으로 실험되었는데 디지털 기술이 갖고 있는 데이터베이스적인 정보축적능력에 의해 그 발전성과가 최근에 개봉된 <몬스터주식회사(Monsters, INC.)>, <니모를 찾아서(Finding Nemo)> 등을 통해 나타나고 있다. 하지만 인간의 표정이나 피부표면질감의 표현은 아직도 만족할 만한 성과를 거두지는 못하고 있다. 라세스터는 이에 대해 “인간과 개가 다루기 가장 어려운 것이라는 데는 의심의 여지가 없다. 이것들을 어떤 스타일로 만들 것인가 하는 문제는 곧 이것들은 만들 수 있는가 하는 문제와 동일하다. 시간이 갈수록 머리카락, 옷, 피부에 대한 많은 연구들이 진행되고, 따라서 몇 년 안에는 보다 많은 그럴듯한 인간 캐릭터들을 볼 수 있을 것이다”라고 확신한다.

하지만 많은 애니메이터들 사이에는 이에 대한 회의적인 시각들도 찾아볼 수 있는데 아드

27) 모린 퍼니스, 앞의 책, pp.282-283.

리안 울레리는 3D 디지털 애니메이션이 사실적인, 특히 인간상을 포함하는 주제를 표현하는데 있어 불가능하지는 않겠지만 효과적이지 않기 때문에 동의할 수 없다고 말한다. 그는 인터뷰에서 ‘애니메이션은 환타지 혹은 캐리커처의 범주에서 폭이 있고 과장된 이용방법으로 성공하고, 또 효과를 가진 것이다. 애니메이션은 하나의 분리된 예술모체이며 사실적인 주제, 혹은 인간상을 다루는 보통영화의 효과를 증진하고 보충하기 위해 쓰이는 경우는 있어도, 애니메이션 쪽에서 그것을 흉내 내는 경우가 있어서는 안 된다’라고 말한다. 또한 스테판 보사토는 애니메이션의 사실적인 주제 표현에 있어 비용이 많이 들고 실사 카메라가 훨씬 그것을 잘해주는 데도 애니메이션이 그것을 따라 나서지 않으면 안 되는 이유를 찾을 수 없으며 애니메이션이 효과적으로 이용할 수 있는 것은 실사영화의 카메라가 표현할 수 없는 이미지의 세계에서 문제점이나 상을 강조하고 더욱 과장하는 데 도움이 되어야 한다고 강조한다. 위의 인터뷰에서 공통되는 논점은 애니메이션의 사실적 주제표현에 대한 필요성에 의문을 제기하고 있다는 것이다. 물론 앞으로 다가올 가상현실 시대를 위한 3D 디지털 애니메이션의 사실적 표현에 대한 연구는 반드시 필요할 것이다. 하지만 애니메이션의 본질적 차원에 대한 3D 디지털 애니메이션의 연구도 중요한 것이며 소홀히 해서는 안 될 과제이다. 존 하블레는 그의 인터뷰에서 사실적인 주제 표현에 대해 애니메이터가 묘화의 형태와 내용에 대한 기본적인 것을 잘 이해할 수 있고, 그것으로 신선하고 개성적인 캐릭터의 액션과 결합할 수 있다는 것을 조건으로 내세우며 이렇게 말한다. “애니메이션이 관객에게 흥미중심이 되는 것은 첫 번째로 액션의 정감내용이고, 그래서 애니메이터가 목표로 하는 것은 그것을 그래픽한 움직임으로 표명하는 것이다. 그것은 단순히 팔이나 발, 몸통을 공간에서 멋대로 움직이게 하는 것에만 머물러서는 안 된다. 이러한 점에 도달해서 비로소 애니메이션은 사실적인 주제를 다룰 수 있게 되고, 또 그것을 자극적이고 신용하기에 충분한 것으로 표현하는 힘을 얻게 된다.”²⁸⁾

V. 결론

현대의 기술사회는 하나의 진리를 추구하는 것이 아니라 각각의 방식으로 자신만의 해법을 찾아 나간다. 또한 각자의 목표는 유기적으로 연결되어 다양한 방향으로 표출된다. 3D 디

28) 존할라스, 위의 책, pp.374-375.

지털 애니메이션은 컴퓨터 기술문명의 시작과 함께 등장한 제작기법으로 그 태생적 측면에서부터 현대 기술의 유기체적 발전에 직접적인 영향을 받고 있다. 그 결과 3D 디지털 애니메이션은 오늘날 영상 애니메이션 분야 전반에 걸쳐 다양한 방식으로 수용되고 있으며 점차 그 영역을 넓혀가고 있다.

이러한 3D 디지털 애니메이션의 기술적 포용력은 컴퓨터에 의해 발현되는 가상성과 모방성에 그 기반을 두고 있으며 이것이 아날로그 방식의 애니메이션 기법과 차별화되는 핵심 요소이다. 특히 3D 디지털 애니메이션의 가상적 제작환경과 렌더링 방식은 사실적인 표현 뿐만 아니라 다양한 회화적 표현으로의 그 가능성을 확인시켜주고 있으며 현재 제작중인 많은 애니메이션에서도 이를 활용하여 작품의 표현력을 극대화시키고 있다. 하지만 정작 3D 디지털 애니메이션 스스로는 자신만의 고유한 표현능력을 확립하지 못하고 기술적 제약에 종속되어 한계지어지고 있다. 지금까지 풀 3D 디지털 애니메이션은 캐릭터의 표정변화나 인간의 머리카락, 털의 사실적인 움직임, 그리고 피부질감의 세밀한 묘사 등, 주로 실제와 같은 묘사를 위해 노력해 왔고 매번 발표된 작품들에 의해 누적된 기술들은 머지않은 미래에 실제와 가상이 구별되지 않는 이미지를 예고하고 있다. 하지만 많은 애니메이터들은 이러한 노력들이 과연 얼마나 애니메이션의 미래에 필요한 것인지 의문을 갖고 있는 것 또한 사실이다. 보드리야르는 그의 책 <시뮬라시옹>에서 이렇게 말한다. “영화가 연극 같은 것을 재생산하거나, 사진이 회화의 내용물을 다시 취해서 이득이 없는 것과 마찬가지로, 입체영상이 3차원적 영화를 생산하는 방향으로 나가서는 이득이 없다. 꿈이 실제 쪽으로 즉 세상 그 자체 그리고 주체 그 자체와 정확히 닮은 쪽으로 결코 넘어와서는 안 된다. 그렇게 되면 이미지는 사라진다. 결코 분신 쪽으로 넘어가서는 안 된다. 왜냐하면 그렇게 되면 이원적 관계가 사라지고 그와 함께 모든 매력이 사라진다.”²⁹⁾

결국 기술의존적인 3D 디지털 애니메이션의 가상성과 모방적 특징에 의해 우리가 추구하는 목표는 무엇인가라고 자문할 때 단순히 사실적이고 실제와 구별할 수 없는 표현을 추구하는 것이 어떤 의미가 있는지 생각해 보아야 할 것이다. 그렇다고 3D 디지털 애니메이션의 기술적 한계를 감추기 위한 노력 또한 긍정적인 미래 대안은 아닐 것이다. 가상현실을 목표로 한다거나, 통합적인 표현수단으로의 개발도 산업적 경제적 측면에서는 필요할 것이지만 한편으로는 3D 디지털 애니메이션만의 고유한 표현기법을 찾는 것도 매우 중요하다. 미래의 3D

29) 장 보드리야르, 위의 책, p.179.

디지털 애니메이션은 제작 과정적 측면이나 표현 가능성에서 지금보다 더욱 효율적으로 발전 될 것이고 이로 인한 영상 애니메이션 분야에서의 위치는 보다 더 중요하게 자리매김 될 것이다. 때문에 3D 디지털 애니메이션의 기술적 연구개발과 함께 예술적 측면에서의 본질적인 연구도 함께 병행되는 것이 애니메이션의 미래에 바람직한 방향으로 나아가는 길일 것이다.

참고문헌

- 김의준, <디지털 영상학 개론>(집문당, 1999).
- 마이클 하임, 여명숙 역, <가상현실의 철학적 의미>(책세상, 1997).
- 모린 퍼니스, 한창완 외 역, <움직임의 미학: 애니메이션의 이론 역사 논쟁>(한울, 2001).
- 임흥빈, <기술문명과 철학>(문예출판사, 1995).
- 세리 터클, 최유식 역, <스크린 위의 삶: 인터넷과 컴퓨터시대의 인간>(민음사, 2003).
- 장 보드리야르, 하태환 역, <시뮬라시옹>(민음사, 2001).
- 존 헬라스, 로저 맨벨, <애니메이션의 이론과 실제>(신아사, 2000).
- 파스칼 보니체, 홍지화 역, <영화와 회화>(동문선, 2003).
- 폴 웰스, 한창완 외 역, <애니마톨로지>(한울, 2001).
- 강종진, “3D 컴퓨터 그래픽스 가상현실 애니메이션 카메라와 실제 카메라의 비교연구,” <한국만화애니메이션학회>, 통권 6호, 2002.
- 문재철, “3D컴퓨터애니메이션의 디지털이미지에 대한 연구-테크놀로지의 미학적 효과를 중심으로,” <중앙대학교 애니메이션연구> 제1호, 2003.
- 이정민, “감출수록 손맛난다, NPR이 3D 애니메이션의 주류가 되기까지,” <씨네 21> 448호.