

디지털 모델링을 이용한 인형 제작에 관한 연구  
(Parametric이 없는 polygon modeling을 중심으로)

A study on producing dolls utilizing digital modeling  
(Focused on polygon modeling without parametric models)

김승주 (토이캐릭터창작과)

Seung-Joo Kim (Dept. of Toy Character Creation)

Key Words : Polygon modeling, Parametric, 3D Printer, CAD, CAM.

Abstract : There are almost nothing left at the industrial design of modern society to be unchanged with aid of digital prowess. The whole process of model making has been swiftly transformed to using 3-D programming technique from one of existing mock-up style. These phenomena turn out to be increasingly active and widespread thanks to spread of rapidly enhancing 3-D printer. 3-D printer has big advantages enabling users to create a variety of RP printouts, quickly commercialize the individual model printouts as ingenious products, and build the correct images of prototype products. The initial use of 3D printer which started from testing prototype prior to development of engineering products has been enlarged to encompass diverse area of products comprising of extremely personal collection, sporting goods, and medical assistant products due to rapid progress of cultural contents. Before long, personal 3-D printer will be expected to get settled as the same as personal printer at home decades ago, representing fresh interests and idea in 3-D molds with bunch of news articles and data decorated on market of digital molding. One of the businesses of which big investment of product parts and time should be poured to the product design can be a toy market. It requires big burden of time and cost to get to new development, comprising of modelmaking, reverse engineering, CAD, CAM, molding of complicated and detailed processes, starting from 2-D design. This study suggests a digital production in more effective making dolls, which has not been used in character modeling of animations and games before because modeling data of accurate curvatures required in making dolls are not normally utilized as design data for products owing to its low accuracy coming through CAD and Reverse Engineering in production process of 3-D models. However, this study suggests a possibility that modeling data produced from computer graphic area can be transformed to create a product through CAD, focusing on its functionality.

This study presents subjects of research as follows.

1. Introduction and research objectives
2. Production process of dolls based on manual method
3. Production process of dolls based on digital method
4. Conclusion

## 1. 서론

### 1.1 연구목적 및 배경

현재 산업화의 디지털공정의 적용은 이제 산업전반의 필수요건으로 더 이상 수작업 공정으로 시제품 제작을 하는 산업현장은 거의 사라지고 있는 추세이다. 공업디자인, 산업디자인 등의 많은 제품을 개발하는 업계에서 이제는 개인의 취향과 다양성, 그리고 독특한 아이디어 상품을 고객의 취향에 맞게 개발하는 것이 현 시대의 하나의 트렌드(Trend)라고 볼 수 있다. 또한 빠르게 발전되어 가고 있는 3D Printer의 시장은 은 개인별 취향에 따른 소량 생산 및 특수 제품 제작에 빠른 응답이 가능케 하였고 대량생산을 위한 디지털 조형, 즉 제품 Parts원형 제작에도 빠른 수정 및 오류의 최소화를 이룰 수 있는 획기적인 기반을 마련하였다. 미국의 조사회사 홀러스 어소시에이츠(Wohlers Associates)에 따르면 3D프린터 시장의 성장세는 전년대비 약 29%증가한 22억 400만 달러였다. 항공기나 자동차, 의료분야를 중심으로 많은 기업들이 의욕적으로 도입한 것으로 보이며, 증가율은 3년 평균(27%)을 웃돌고 있다. 3D프린터를 사용하면 금형 없이도 제품을 만들 수 있어 제작 코스트(Cost)를 절감하고 개발기간을 단축할 수 있을 것으로 예상된다. 산업계를 중심으로 ‘제조업에 혁명적인 변화를 가져올 수 있다’ 라고 하며, 기업체를 중심으로 본격적인 보급이 시작되고 있다.<sup>1)</sup> 이러한 비약적인 하드웨어의 발전과 더불어 완구제품 및 캐릭터 상품개발에 향후 다양하고 기능적인 제품생산이 빠르게 발전할 것으로 예상된다. 디지털 원형을 통한 완구 및 인형은 실사와 가까운 조형을 양산의 방식으로, 움직임의 표현, 의상, Make up 등의 제품 확장성으로 구매자의 욕구를 보다 구체적으로 충족시켜 줄 수 있으며 이러한 제작의 효과는 현재 문화콘텐츠의 큰 시장성 즉, 애니메이션, 영화, 드라마 같은 인물의 스타마케팅에서도 쉽게 사업적 영역을 확장할 수 있는 가능성이 큰 영역이다. 그러나 이러한 하드웨어적 환경의 발전과 다르게 디지털 제작 방식은 아직도 고비용, 고 난이도의 운영이 요구된다. 특히 인형의 제작의 경우 정교한 곡면처리(surface)가 요구되는데 개발 프로그래밍 지식의 부재와 기술상의 이유로 제작의 많은 공정에서 산업제품설계의 기반으로 제작 되어 왔다.

본 연구에서 제시하는 파라메트릭(Parametric)<sup>2)</sup>이 없는 인형 제작방법은 보다 빠른 접근성과 수정의 Feed-Back에 있어 제작자에게는 시간적, 금전적인 부분에서 큰 매력으로 작용할 것이라 판단되며 기존의 완구, 인형 원형 제작방식을 RE(Reverse Engineering/역설계)를 거치지 않은 폴리곤(Polygon)방식의 파라메트릭(Parametric)이 없는 제작 방식을 제시하고자 한다.

## 1.2 연구방법 및 범위

본 연구에서는 디지털 조형방식을 이용한 완구제품 및 인형 상품개발을 위한 효과적인 방법론을 수작업에서의 인형제작 과정과 비교분석하여, 일반 산업제품의 설계공정 보다 효율적인 제작 설계공정을 제시하고자 하며 연구 순서는 다음과 같다.

제1장 서론에서는 현재 디지털환경에서의 제품설계의 변화와 향후 빠르게 변화 될 디지털 조형 환경에서의 효율적인 인형 제작의 필요성에 대하여 서술하였고, 제 2장에서는 상품설계 데이터화를 위한 수작업 원형제작 공정을 분석하여 디지털원형 제작과의 차이를 앞서 서술하였으며 제 3장에서는 디지털모델링으로 제작되는 인형을 기존 CAD에서 적용되는 파라메트릭(Parametric) 설계 방식과 다른 파라메트릭(Parametric)이 없는 폴리곤 모델링(Polygon Modeling)을 중심으로 제작 방식을 제시하였다. 제시되는 방식은 산업용품 및 공업용품 설계와

는 다른 여러 완구디자인에 적용 될 수 있는 제작 방식이며 제품설계의 한 부분인 역설계방식과 비교하여 단계적 제작방식을 제시하고자 한다. 제 4장 결론에서는 일반적인 제품 제작의 설계와 완구, 완구인형 제작에 있어서 제시되는 제작방식의 차이점에 대하여 그 필요성과 방법론의 제시를 기존의 파라메트릭(Parametric)이 존재하는 설계방식과의 용도에 대한 차이점과 필요성을 제시하였다.

## 2. 수작업 방식을 이용한 인형 제작 프로세스

인형 제품화하기 위해서는 첫 단계로 원형의 제작이 이루어져야 한다. 수작업으로써의 인형 제작은 원형제작, 즉 캐릭터의 기본적인 2D Concept으로부터 출발한다. 목적에 맞는 캐릭터의 스타일, 조형성, 시대성, 그리고 상품화의 개념까지 충분한 사전계획을 가지고 원화 작업에서 출발하게 된다. 수작업 원형제작은 통상적으로 페티, 스컬피(원형제작에 사용 되는 고 점도 재료) 등을 주재료로 원형으로 제작 한 후 복제하는 과정으로 이루어진다. 캐릭터 초안의 디자인이 완성된 후 원형(原形)제작의 단계로 들어간다. 원형은 페티, 스컬피와 같은 재료가 사용되며 원형 제작 후 스폰지와 사포, 종이 사포 등을 이용하여 2차표면 정리 작업을 통하여 보다 정교한 형상을 만들어야 한다. 이 과정은 디지털 모델링과 다르게 수조형의 숙련의 과정이 있어야 하며 한 번의 실수가 이미지 형상에 큰 오점을 남길 수 있는 단점이 있다. 수작업 조형기법이 디지털 원형 조형 방식에 비하여 상당히 고난이도의 공정이며 수정 및 보완에 큰 어려움을 겪는 요인이기도 하다.



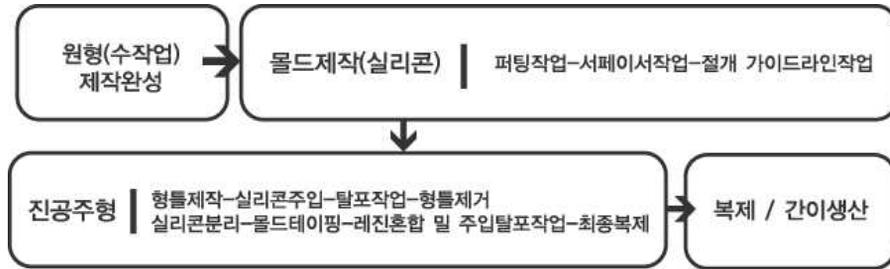
[Fig. 1] Manual labor dolls production process

또한 수작업 원형의 제작 공정은 표면정리, 간이복제, Surfacer(표면 흠집제거작업)공정, 실리콘 몰드 복제, 탈포(복제 시 몰드의 기포를 제거하는 공정) 공정 등의 여러 단계를 거치며 그 과정에 소요되는 시간적, 물질적 요소가 많은 단계에서 발생한다. 조형적인 감각이 뛰어난 작업자라면 오류의 가능성이 낮아지겠지만 그림에도 불구하고 완구, 완구인형제작을 위해서는 위와 같은 절차 이외에 관절 및 형태 부분에 대한 몇 번의 원형제작, 복제가 이루어 져야하며,

각 관절간의 연결 부분에 대해서도 많은 시행착오를 경험해야 한다.

수작업에 의한 완구인형 제작의 프로세스의 요약은 다음과 같다.

[Table 1] Summary of manual labor dolls production process



수작업으로 이루어지는 원형제작은 그 완성도에 따라 3D Scanning 후 데이터 변환 시 수정 및 보완에 많은 시간과 프로그래밍의 추가적 손실을 야기 한다. 이러한 완구, 인형의 제작에 있어 보다 효율적이고 빠른 Feed-Back에 대한 방법론을 디지털 모델링을 이용한 제작 프로세스를 통하여 제시하고자 한다.

### 3. 디지털 방식을 이용한 완구인형 제작 프로세스

#### 3.1 수작업을 통한 RE(Reverse Engineering/역설계) 제작공정 분석

역설계(Reverse Engineering)는 기존의 제품으로부터 3차원 측정을 얻는 후 신속하게 CAD 모델을 생성하는 것을 넘어 신제품 개발, 금형이나 제품의 검사 또는 복제 등에도 사용되며, 현재 모든 제조관련 분야에 걸쳐 널리 사용되고 있다.<sup>3)</sup> 대부분의 금형설계는 파라메트릭 (Parametric) 엔진이 있어 CAD로 설계된 수치와 명령을 저장하며 명령과 수치 변경으로 모델링 자체를 변경할 수 있는 CAD기능을 사용하고 있다. 이는 수치로 규격화된 제품 개발 분야인 산업디자인 및 기계설계 분야에 가장 중요한 요소라고 할 수 있다. 그런데 이러한 명령과 수치로 제어할 수 없는 제품을 개발하는데 있어 주로 많이 사용하는 방법이 RE(Reverse Engineering) 방식으로, Reverse Engineering은 원래의 설계문서가 없을 경우 제품의 구조를 분석하는 과정과 설계도면화, 디지털복원 및 분석 요약을 총칭한다. 이 과정은 3차원스캐너의 사용과 개체의 측정 후 3차원 CAD를 통해 형상 및 모델을 만들기 위해 3차원 데이터를 사용하는 것으로, 이러한 역설계 스캔 받은 데이터는 바로 CAD에서 사용되지 않고 Surface로 변환되어야 비로소 CAD 작업이 가능한 호환 데이터가 되는 것이다.

하지만 대부분의 CAD 패키지는( 예 : Auto CAD, 라이노 3D, 솔리드 워크스)이러한 유형의 역설계 데이터를 최적화하지는 못하여 3차원 데이터를 스캐닝 하여 처리할 수 있는 스캔데이터 전용 S/W (예 : Geomagic, Rapidform XOR and Polyworks, Leios)들이 있어야 포인트 클라우드를 캐드 또는 맥스나 마야 모델로 호환 가능하게 쓸 수 있게 만들 수 있는데 이러한 프로그램과 3D스캔 장비는 상당히 고가이기에 일반 업체가 쉽게 접근하기 어려운 단점과 자유형상 또는 수치(Figure)화 되어있는 피조물, 인체에 대한 곡면 값을 측정하기는 어려운 점이

있다. 이러한 공정의 고난이도와 고가의 장비 및 소프트웨어가 필요한 이유로 많은 제작자들이 상당한 부담을 가지고 있으며 이런 결과는 제품가격 상승 및 제품의 다양성을 저하시키는 요인이 된다. 따라서 본 연구에서 제시하는 완구 및 인형 제작에서의 파라메트릭(Parametric)이 없는 폴리곤모델링(Polygon Modeling)이 필요한 이유라고 할 수 있다.

[Table 2] Reverse Engineering process



### 3.2 완구인형 제작에서의 디지털모델링 제작 프로세스 분석

일반적으로 인형의 원형 제작은 퍼티나 스킵피 같은 점토 등을 이용하여 원형제작이 이루어지는 이유로 자연스러운 인체의 곡면을 만들 수 있으나 파라메트릭(Parametric)이 없는 관계로 3D 스캐너가 필요한 결정적인 이유가 된다. 하지만 아무리 정교한 스캔을 하더라도 최종 CAD에서 자연스러운 인체의 설계가 되지 않아 인체의 근육표현 등에서 자연스러움이 상쇄되어 제작자의 의도와 다른 결과가 나타나며 이러한 단점을 보완하기 위해 주물로 얼굴 두상이나 근육이 묘사된 인체의 금형제작 방법을 선택한다. 하지만 이 주물 역시 파라메트릭(Parametric)이 없는 관계로 완구인형과 같은 여러 파츠(Parts/부품)가 조립을 해야 하는 경우에는 금형제작이 쉽지 않다. 이러한 자유 형상에 대한 모델링은 기존 CAD방식으로는 한계가 있어 컴퓨터그래픽 분야에서는 크게 NURBS(Non-Uniform Rational B-Spline), Polygon, Sub-Division 모델링 방식으로 캐릭터나 완구 및 인형을 제작하며 이렇게 제작된 모델링이 CAD와 금형제작을 통해 제품화한다면 제작자가 의도한 원형을 그대로 제품화 할 수 있는 장점이 있다. 하지만 컴퓨터그래픽 분야에서는 완구 관련 인체모델링은 비교적 쉽게 할 수 있으나 CAD변환에 대한 다양한 시도가 없어 결국 기존 산업제품 제작방식으로 제품생산을 할 수밖에 없는 환경이다. 이에 보다 효율적이고 직관적인 완구 및 완구인형 제작을 위한 파라메트릭(Parametric)이 없는 폴리곤 모델링(Polygon Modeling)을 통한 CAD 및 금형제작에 관한 방안을 제시하고자 한다.

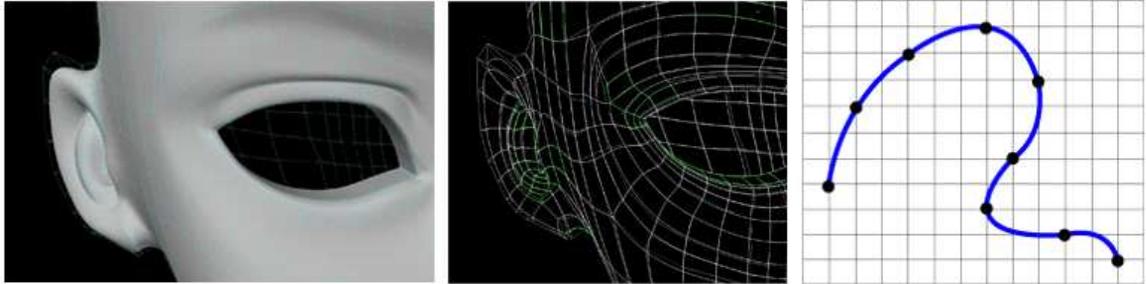
컴퓨터그래픽 분야에서 디지털모델링의 방법은 여러 가지 방식이 있으나, 각 소프트웨어마다 메뉴와 용어만 다를 뿐이며, 주로 사용하는 인형 디지털모델링 방식에는 크게 넘스 모델링(Nurbs Modeling)과 폴리곤 모델링(Polygon Modeling) 방식으로 분류할 수 있으며, 최근에는 직관적이며 편집 및 수정이 자유로운 Polygon Modeling 방식을 주로 사용한다. 또한 완구, 인형 개발의 디지털 조형 기법에 있어 표현방식, 즉 툴의 운용에 있어 Polygon 방식의 선호도가 점차 높아지고 있다.

컴퓨터그래픽에서 사용하는 모델링 방식은 크게 다음과 같이 분류된다.

#### ① NURBS(Non-Uniform Rational B-Spline) Modeling

3차원 Curve를 수학적으로 표현하는 가장 진보된 방식으로서, 비정형화된 Curve와 Surface(Conics/Sphere/Circle등)의 표현을 정확하게 수학적으로 정의내릴 수 있는 모델링 방식

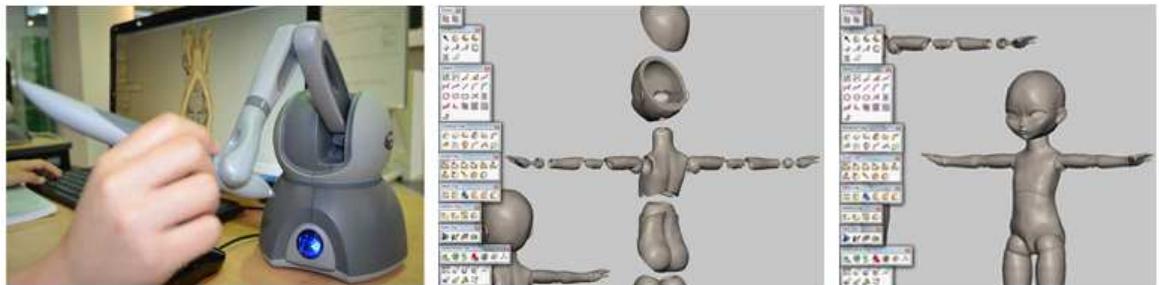
으로 처음부터 유기적인 제품 모델링을 위해 개발된 개념으로서, 현재도 제품 제작을 위한 모델링에는 표준으로 쓰인다. NURBS Data는 CAD와 호환이 가능하여 금형을 통한 제품 양산이 가능하다. 곡선을 기반으로 입체를 만들어 내는 방식이기 때문에 부드러운 형태를 자유롭게 표현할 수 있지만, 편집과 수정이 까다로운 단점이 있었다. 복잡한 형태를 한 덩어리의 입체로 표현하기 어려웠고 또한 여러 형태를 합치거나 떼어 내는 작업이 상당히 어려웠고, 그러기 위해서는 상당히 많은 작업시간을 필요로 했다. 때문에 현재로서는 제품 모델링을 제외하고는 폴리곤모델링(Polygon Modeling) 방식에 비해 효율적이지 못한 모델링 방식이다. Surface를 기본 도형으로 연산하며, 면(Face)이 존재하지 않는다.



[Fig. 2] NURBS modeling method, an example of modeling

### ② Clay Modeling

클레이 모델링(Clay Modeling)은 Z-Brush, Freeform의 제작 툴로 대표되며, 표면의 디테일한 질감을 표현하기 위해 Freeform은 펜 마우스 형태의 디지털 드로잉 장비를 이용하여 3차원의 공간감과 질감을 표현하는 방식이다. 또한 3D MAX, MAYA, RHINO 에서 호환 접근이 가능하다. 복잡한 피부표현이나 가공의 질감 표현 및 주물 금형에서의 적용도 가능하다. 클레이 모델링은 일반 3D 모델링의 깊은 지식이 없어도 운용 가능하다, 드로잉의 기법으로 디지털 조형을 완성할 수 있는 강한 장점을 가지고 있다. 클레이모델링의 STL 데이터는 Export 후 RP 출력으로 연동되며 완구, 인형뿐만 아니라 캐릭터 원형개발, 피규어 원형 개발 등에서 상품개발의 목적으로 가장 강력한 도구라고 할 수 있다.

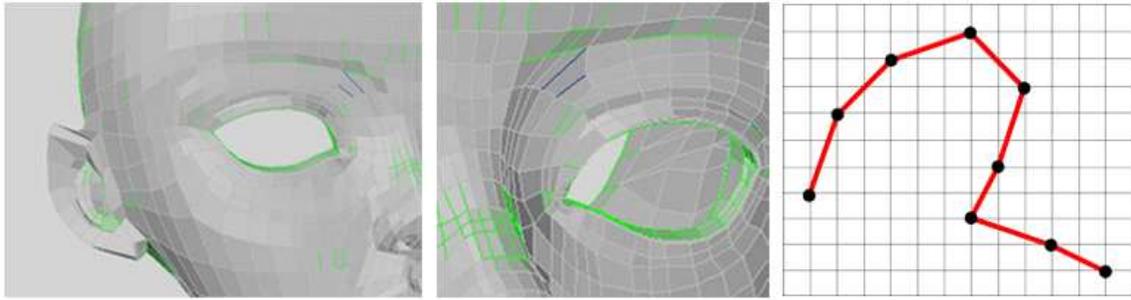


[Fig. 3] Clay modeling method, an example of modeling

### ③ Polygon Modeling

폴리곤모델링(Polygon Modeling)은 삼각형 이상의 면을 이용하여 모델링 하는 방법으로서 최초의 폴리곤 모델링은 삼각폴리곤만을 사용했으나 최근에는 사각폴리곤이 더 많이 쓰이며, 오각이상의 폴리곤도 사용된다. 하지만 금형제작을 위해서는 가능한 사각폴리곤으로 모델링해

야 한다. 3D MAX처럼 이미 많이 알려진 3D Tool에 적용된 방식이다.



[Fig. 4] Polygon modeling method, an example of modeling

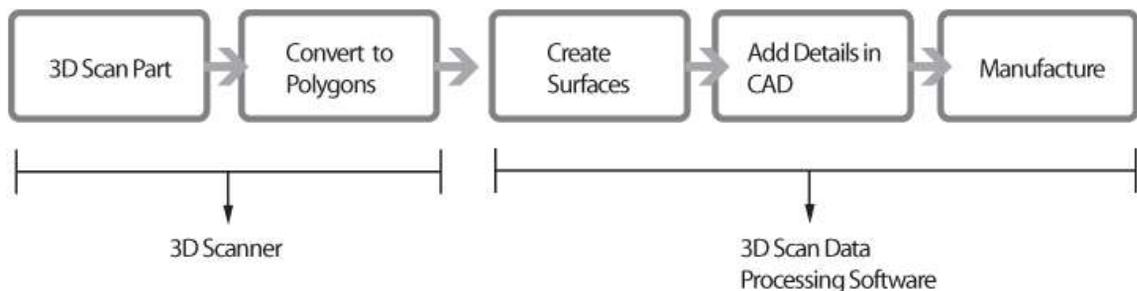
초기의 Polygon은 상당히 많은 점(Vertex)과 면(Polygon)을 조절해야만 형태를 만들어 낼 수 있었기 때문에 적은 조절점으로 곡면을 표현해내는 NURBS 방식에 비해 표현의 한계가 있었다. 그러나 Polygon에 Subdivision방식이 도입되면서 NURBS의 장점이었던 곡면처리가 수월해졌으며 NURBS의 변환이 가능하게 되어 금형설계 제작을 위한 데이터 변환이 가능하다. 특히 NURBS 모델링의 경우 직관적이지 못하여 인형 얼굴과 같은 정밀한 곡면 모델링은 오랜 경험이 필요하고 수정도 상당히 힘들기 때문에 요즘은 아주 고 퀄리티의 제품모델링 이외에는 거의 폴리곤 모델링을 사용한다. 하지만 폴리곤모델링(Polygon Modeling)은 직관적인 방법이라 인체 모델링이 쉬우나 통상 금형설계로 변환이 어려워 제품 양산을 위한 설계로 사용하지 않는 것이라는 인식이 있었으나 본 연구에서는 다수의 금형제작과정을 통하여 파라메트릭(Parametric)이 없는 완구관련 제품을 CAD로 변환하여 금형 가공이 가능하며 그 방법론을 다음과 같이 제시하고자 한다.

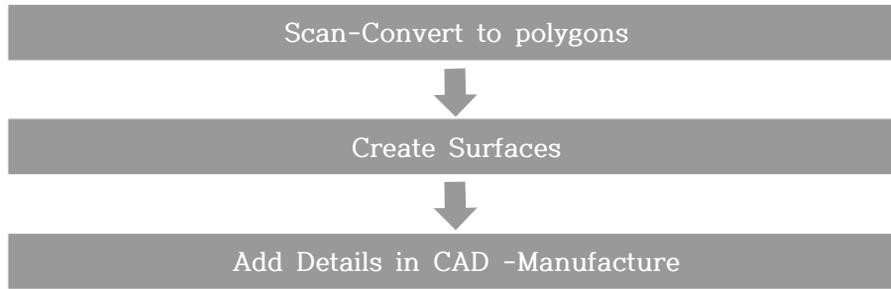
### 3.3 CAD Data를 위한 RE(Reverse Engineering) 방식과 컴퓨터그래픽에서의 Polygon방식 분석

수치가 없는 제품의 설계 방식에서 앞서 서술한 RE(Reverse Engineering/역설계) 방식과 Polygon방식의 설계 제작방법의 요약은 다음과 같다.

#### ① RE(Reverse Engineering / 역설계) 방식 프로세스 요약

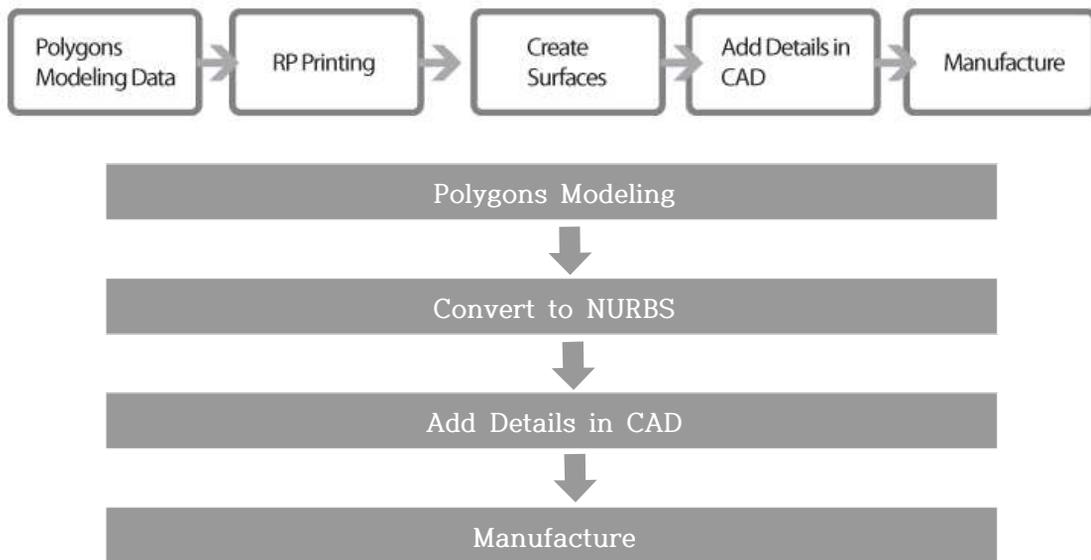
[Table 3] Summary of dolls shape reverse engineering process





② Polygon 방식 프로세스 요약

[Table 4] Summary of dolls shape polygon modeling process

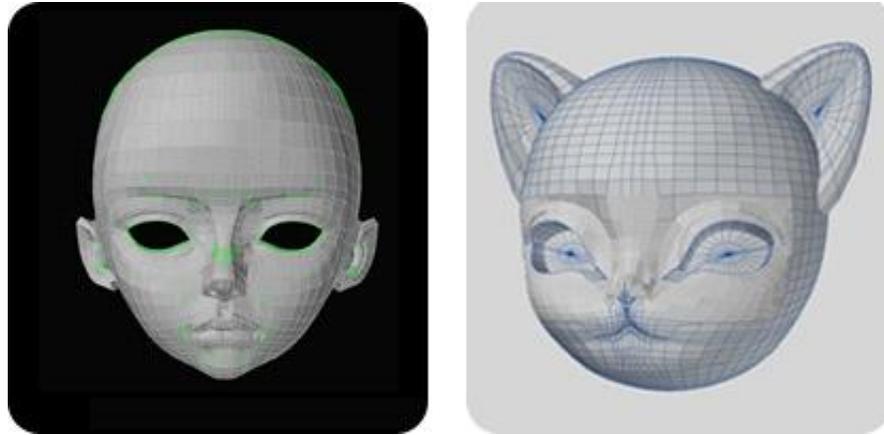


RE(Reverse Engineering)에서의 제작 방식과 Polygon에서의 제작 방식 비교 이유는 RE(Reverse Engineering)는 인형제작 시 수작업으로 원형을 만든 경우 금형제작을 위한 공정이나 작업자의 능력에 따라 원형이나 다른 형상으로의 변형이 있을 수 있으나 Polygon Modeling의 방법은 모델링한 데이터를 기준으로 설계 데이터로의 변환이 이루어져 원형에 대한 변형 없는 제품개발이 가능하다. Polygon Modeling을 통한 완구, 완구인형 제품 생산이 가능하며 세부 기술적 요인은 다음과 같다.

3.4 Polygon Modeling을 이용한 Parametric이 없는 인형 제작 공정

3.4.1 Polygons Modeling

폴리곤 모델링은 정교한 곡면이 많은 인형 얼굴과 손, 발 몸통 등 대부분의 정교한 곡면 부분을 우선 폴리곤 각면(角面) 모델링 방식으로 제작한다. 가능한 삼각형과 사각형으로 모델링 하되 NURBS를 위해 가능한 사각으로 모델링 하여야 하며 모델링은 특징을 살려 각면 구조를 최소화 한다.



[Fig. 5] Example. Polygon Modeling

### 3.4.2 쾌속조형(Rapid Prototyping) 시 출력

3D 디지털 모델링 작업(원형 Data)이 끝나면 쾌속조형(Rapid Prototyping system)이라는 방식을 사용해 원형을 출력해야 한다. 완구, 인형의 제작에서 RP출력은 원형의 수정 및 오류 확인을 위한 개념이며, 쾌속조형이란 3차원 영상을 여러 개의 2차원 단면으로 나눈 후 이를 순차적으로 적층(Building))함으로써 원하는 3차원 시제품을 만드는 공정이다. 쾌속조형 기술을 도입함으로써 기업은 생산 공정의 단축 및 이를 통한 비용 절감의 효과를 가져 올 수 있었고 나아가 동시공학 및 역 엔지니어링(Reverse Engineering)의 실현이 가능하게 되었다.<sup>4)</sup> 쾌속조형기, 또는 Rapid Prototyping System은 설계 단계에 있는 3차원 모델을 실용적이고 현실적인 모형이나 시제품(Prototype)으로 다른 중간 과정 없이 빠르게 생성하는 새로운 기술을 말하는 것이다.



[Fig. 6] Example. RP print output

쾌속조형(Rapid Prototyping system)을 활용한 분야는 크게 다음과 같이 분류할 수 있다. ① 단일 물품을 전제로 한 3차원 CAD의 출력장치로서의 삼차원 Printer 공업제품의 제조분야, ② 공업 분야(CAD / CAM / CAE 중심으로 한 설계 분야로부터 모형시작, 제품양산까지의 Concurrent Simultaneous Engineering) ③ 미세가공의 마이크로머신 분야 ④ 의료분야 등이 있다. 급속조형법의 적용은 광 조형으로부터 다이렉트 형 제작에 이르기까지 여러 가지로 시도

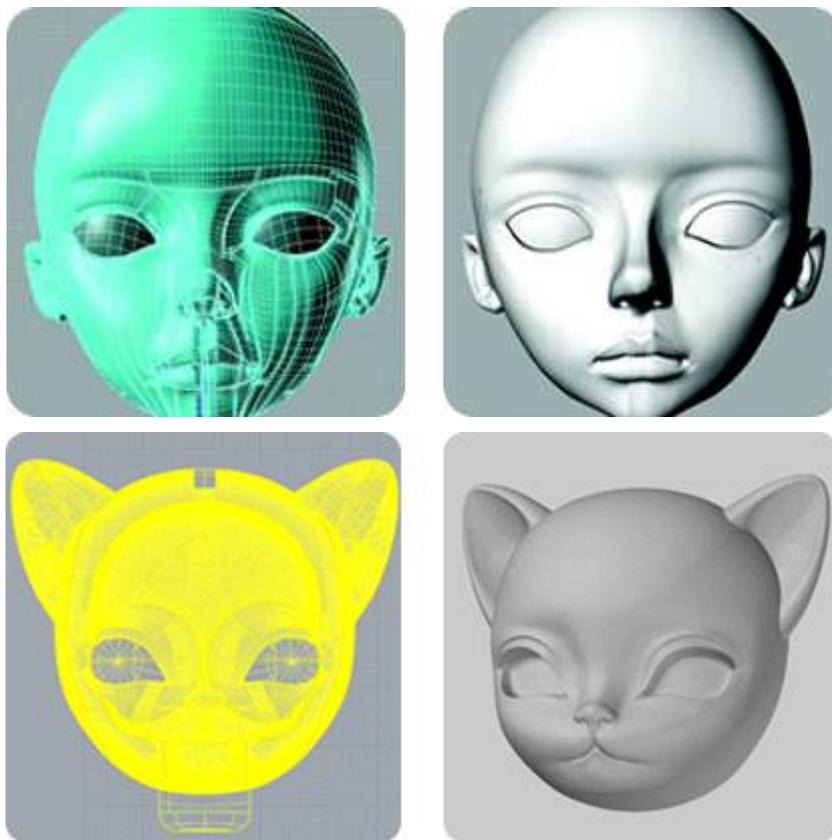
되고 있다. 또 급속 조형법의 개발의 목적도 소수의 시제품 제작인 쾌속제품제작으로부터 금형의 직접 제작인 쾌속 형(形) 생산, 상품의 직접 생산에 이르는 쾌속생산(Rapid Manufacturing)으로 점차 변화되어 가고 있다.<sup>5)</sup>

### 3.4.3 Convert to NURBS

폴리곤에서 NURBS로 변환하여야 CAD설계가 가능한 Surface가 되며 이 Surface Data는 IGES나 STEP등의 데이터로 변환하여 CAD로 보내지게 된다.

### 3.4.4 Add Details in CAD

NURBS 변환과정에서 일부 Surface면이 문제가 될 수 있어 CAD에서 설계 작업 시 수정이 필요하며 Parametric 생성으로 치수 등의 문제점이 없는지 확인한다.



[Fig. 7] Example. Import to CAD

### 3.4.5 Manufacture

금형조형에서는 CNC 가공의 정밀도가 무엇보다 중요하며, 표현방식에 따라 그 종류를 달리 할 수 있다. 인형 시제품 양산을 위한 금형방법에는 재질에 따라 인젝션 금형(ABS 재료)과 로테이션 금형(PVC 재료), 주물금형으로 나눌 수 있다.



[Fig. 8] Injection mold and rotation mold

이러한 디지털 원형작업과 금형공법으로 이어지는 설계는 앞으로 보다 다양한 완구 및 완구인형, 캐릭터 제품을 자유로이 창작, 생산 할 수 있으며 소비자의 요구에 빠르게 대처해 나갈 수 있는 장점을 지니고 있다. 그동안의 디지털 조형은 산업제품 및 기계설계, 등의 공학 중심의 접근이었으나 점점 더 문화콘텐츠 산업으로의 접근이 빠르게 진행 되리라 판단된다. 3D 조형 기법과 금형을 통한 제품 양산은 완구 및 인형제품 이외에 교육용 아트토이(모형), 팬시소품, 피규어디자인, 등으로의 확장성이 자유로우며 가장 접근성이 뛰어난 제작방식이라고 할 수 있다.



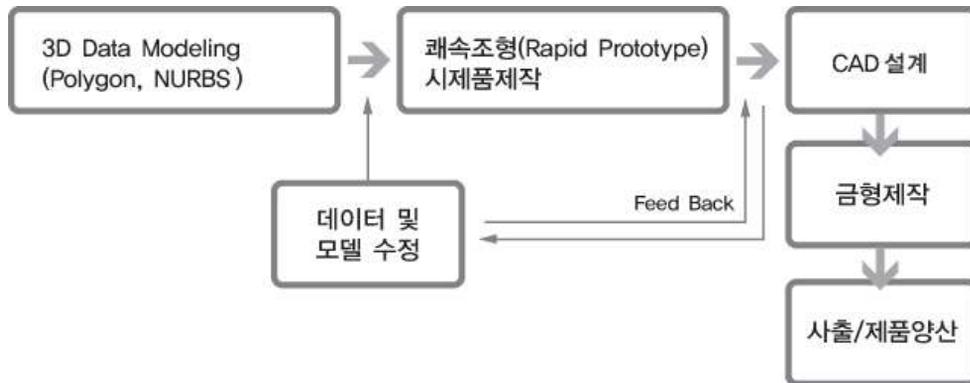
[Fig. 9] Example. The mold fabrication process to polygon data

금형설계가 끝나고 CNC 가공 과정을 통해 금형제작이 완료된 후 첫 시 사출을 생산 후 원형과 비교하여 수축과 변형 등을 검토한다. Parametric이 없는 Polygons Modeling을 통한 금형 제작 후 최종 완제품의 구성은 다음과 같다.



[Fig. 10] Example. The final result

[Table 5] Summary of polygon modeling process



#### 4. 결론

완구제작에 있어 인형은 얼굴, 손, 발 등과 같은 정교한 곡면 설계가 필요하나 설계가 까다로워 단순화한 설계로 인형을 제작하여 왔다. 하지만 소비자의 다양한 요구와 완구인형의 차별화로 한류 피규어 같은 정교한 얼굴이 필요하게 되고 이러한 금형제작은 설계가 아닌 주물형 금형제작으로 얼굴을 원형에 가깝게 제작하여 왔으나 이 또한 수작업 방식이고 Parametric이 없는 제조 방식이라 조립을 요구하는 완구제작에는 문제가 되었다. 한편 RE(Reverse Engineering/역설계) 방식이 발전하면서 인형 원형을 스캔 받아 CAD과정이 대안이었으나 CAD설계자의 경험과 전문 기술이 뛰어나지 않으면 원형과 다른 설계가 되어 최종 제품화할 때 문제가 될 소지가 크며 고가의 3D스캔장비 및 CAD 패키지와 같은 하드웨어, 소프트웨어의 구비 또한 제작의 어려운 점이라 할 수 있다.

일반 산업제품 영역에서는 앞서 제시한 방식 등이 일반화 되어 있으나 완구분야에서 정밀도 있는 완구 및 인형 제품 제작 시에는 가장 원작자의 원형을 똑같이 제품화 하는 요소에는 CAD용 설계가 아닌 MAX나 MAYA 등과 같은 컴퓨터그래픽 소프트웨어에서 제작한 캐릭터나 완구 및 완구인형 모델링도 바로 CAD과정을 거쳐 보다 직관적이고 명료한 제작 프로세스 구현하며 다양한 제품 개발과 개인의 취향을 충족시키는 완구, 인형제품 개발의 방법론의 제시가 본 논문의 초점이라 할 수 있다.

#### 참고문헌

- (1) Wohlers Report 2013 / wohlersassociates.com
- (2) Parametric : 여러 개의 독립적 변수를 사용한 공식에 의하여 정의되는 직선이나 곡선 또는 표면 등의 그래픽데이터를 처리하는 것으로서 컴퓨터 지원 설계(CAD) 시스템에 쓰이는 기법의 하나. <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=832152&cid=2959&categoryId=2959>
- (3) 전연찬\*, 한민식#, 김수용\*\*, 김태호\* 「진공주형몰드 제작에 대한 최적조건 설정에 관한 연구」, 한국기계공학회지, 제 6권 제 4호. 2007, p.67.
- (4) 김기대, 「시제품 제작을 위한 쾌속조형, 진공주형, 금속주조 기술」, 한국공작기계학회지, 제 15권, 제 2호, 2006, pp.17-18.,
- (5) 박문선, “금속 조형기술을 활용한 제품 및 형 제작에 관한 연구”, 부산대학교 대학원 기계공예과, 박사학위논문, (2005.6) p.12, pp.32-33.