

캐릭터 인형용 밀착커버 패턴개발 프로세스의 가이드라인

이희란[†]

충남대학교 의류학과

Guidelines of 2D Pattern Development Process for 3D Fitted Cover of Character Toys

Heeran Lee[†]

Dept. of Clothing and Textiles, Chungnam National University, Daejeon, Korea

Abstract : The industry of character toys is increasing and new characters are constantly being developed. However, the development of 2D cover patterns for toys is time-consuming due to frequent pattern modifications made through trial and error. Studies are now underway to obtain 2D clothing patterns from 3D body data, however, little research has been done on 2D pattern of character toys. This study suggests efficient guidelines to develop 2D cover patterns with a reasonable accuracy and processing time. Two 3D models of a dog and rabbit were used to develop 2D cover patterns. Independent variables of this study are set as 3 levels of triangle area (small, medium, and large) that influence the efficacy of 3D and 2D pattern development. The determination of the appropriate triangular area was based on the area and shape change of the 2D pattern. A medium or large triangle area was shown to be suitable for a character dog with a smooth curved surface. However, the appropriate triangle area was small if the characteristics of the curved surface are complicated as in the case of rabbit. The head of a dog (a double-curved surface) and the curved forepaw of a rabbit (a triangular area) should be small when the characteristics of the curved surface (such as the hind leg of a rabbit having a large convex surface and a small surface area) are complicated. Grouping by 3D surface characteristics could be a suitable guideline for the triangle area selection.

Key words : character toys (캐릭터 인형), 3D fitted cover (입체용 밀착커버), 2D pattern (2차원 패턴), appropriate triangle area (최적의 삼각조각면적)

1. 서 론

캐릭터는 기존 문화산업의 시장을 활성화시킬 뿐 아니라 이미 형성된 상품들의 커뮤니케이션 효과를 강화시켜 부가가치를 창출하는 특성을 가지고 있기 때문에(Kim & Chung, 2005), 여러 분야에서 새로운 캐릭터 개발이 계속적으로 이루어지고 있으며, 이를 다양한 방법으로 활용하고자 하는 시도가 이루어지고 있다(Han, 2017). 특히 각 지역의 지방자치단체에서는 지역 자체의 정체성(identity) 형성, 지역홍보와 지역 경제의 활성화를 위한 하나의 방안으로 지역 캐릭터를 제작하고 있으며, 소비자에게 좀 더 친근하게 다가가기 위해 캐릭터 인형 탈을 제작하여 기념사진을 찍을 수 있도록 하거나 봉제인형을 기념품으로 만들어 판매하고 있다(Kim & Chung, 2005; Lee, 2017).

이러한 시도는 공공기관뿐 아니라 산업체, 교육용으로도 다양하게 적용되고 있으며(Lee, 2014), 3차원 스캐너, 프로그램, 3D 프린팅 등의 급속한 발전과 함께 3D 피규어나 캐릭터 인형과 같은 다양한 캐릭터 상품의 제작 및 판매가 이루어지고 있다(Lee, 2015).

최근에는 애니메이션, 온라인 게임에 등장하는 캐릭터나 브랜드를 대표하는 캐릭터 등을 3D모델링을 이용하여 제작하고 있으며, 이러한 대표 캐릭터를 소비자가 좀 더 친근하게 느낄 수 있도록 봉제 인형이나 열쇠고리, 인형 탈 등으로 상품화하고 있다. 이를 위해서는 3차원 캐릭터 모델을 그대로 표현할 수 있는 인형 패턴이나, 캐릭터 모델을 밀착 커버할 수 있는 2차원 패턴이 필요하다. 그러나 이러한 제품들은 형태나 크기가 정해져 있지 않고 매번 새로운 형태의 캐릭터가 개발되기 때문에 기존 2차원 패턴에서 변형하여 사용하기가 어렵다. 또한, 기존 2차원 패턴을 이용하더라도 개발하고자 하는 캐릭터의 느낌을 잘 반영하기 위해서는 여러 번의 패턴수정과 샘플 작업과정이 이루어져야 한다. 특히 한번 사용된 패턴이 재사용되지 않을 확률이 높기 때문에 시간과 재료 등의 낭비가 심한 편이며, 대형 고급 인형일수록 제작을 위한 특수 기술이 필요하다(Kwon, 2017).

[†]Corresponding author; Lee, Heeran

Tel. +82-42-821-7804, Fax. +82-42-821-8887

E-mail: hrl1210@naver.com

© 2017 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

만약, 원하는 3차원 형태를 그대로 표현할 수 있는 2차원 패턴을 수정작업 없이 한 번에 개발할 수 있다면 얼마나 좋을 까? Anderson(2005)은 3D 인체데이터를 활용한 의복패턴제작의 가장 큰 장점은 적합성이 우수한 패턴을 개발할 수 있는 것이라고 하면서 아직 산업에 활용되기 위해서는 풀어야 할 것이 많다고 하였다. 최근 Lectra에서는 3차원 데이터를 가구 커버 제작에 사용하기도 하였으며, OptiTex, PAD system, i-designer, TC² 등에서는 인체 모델에 절개선을 넣고 이를 의류 패턴으로 전개할 수 있는 다양한 프로그램들을 개발하여 상용화하였다(Anderson, 2005). 그러나 아직까지 산업체에서 이를 활용한 3D의류패턴은 활발히 사용되고 있지 않으며 봉제 인형 등 캐릭터 상품의 밀착커버를 위한 연구사례는 찾아볼 수 없다.

현재까지 진행된 입체용 밀착패턴 연구는 대부분이 의류패턴에 관한 것으로, 3차원 인체데이터를 통해 상반신과 하반신의 2차원 평면패턴을 개발하는 연구가 많이 이루어져 왔다. 3차원 인체 단면형상으로부터 2차원 윤곽선을 유추하여 패턴을 개발하거나(Watanabe et al., 2000), 3차원 입체 계측을 통해 기존 2차원 패턴을 재구성하고 이때 직물의 물성까지 고려하여 패턴을 변화시키는 연구가 진행되기도 하였다(Kim & Kang, 1999). 또한, 3차원을 구성하는 삼각메쉬 개수를 simplification 방법으로 줄여 이를 2차원으로 평면화하여 2차원 패턴을 만들거나(Jeong et al., 2006; Kim et al., 2010), Auto CAD를 이용하여 3차원 데이터를 평면화시키는 연구도 진행되었다(Yoon et al., 2007). 최근에는 밀착 의복뿐 아니라 여유분이 들어간 아웃도어 바지나 정장용 바지 등 3차원 인체데이터를 활용한 다양한 복종의 3D 의류패턴이 연구되기도 하였다(Jeong, 2006; Jeong & Hong, 2010; Lee et al., 2017; Wu, & Hong, 2012).

3차원 인체데이터를 평면화한 후 전개된 삼각조각의 조합을 통해 3D 의류 패턴을 개발한 선행연구결과에서는 인체표면을 구획으로 나눈 뒤 각 구획화된 표면을 삼각면적 4.0cm²로 나누어 조합할 경우 정밀도가 높은 의복패턴(면적 변화의 허용한계: 5% 이내)을 설계할 수 있다고 보고하고 있다(Jeong et al., 2006; Kim et al., 2010; Lee & Hong, 2005). 곡면을 분할하는 삼각조각을 조합하여 2차원 커버 패턴을 개발할 경우, 해당 곡면을 분할하는 삼각조각의 개수가 많을수록 정밀도는 증가하지만 패턴 개발에 소요되는 시간 역시 함께 증가하게 되는 것은 사실이다. 이러한 상황을 고려하여 볼 때, 캐릭터 봉제인형의 경우 크기나 곡면의 특성이 인체와는 매우 다르기 때문에 인체와 같이 4.0cm²로 분할하는 것이 최적의 방법인지는 아직까지 검증되지 않았다. 또한, 캐릭터 인형은 많은 경우 압축 탄성이 좋은 충전재를 넣은 경우가 많고 외피도 다소 신축성 있는 소재를 사용한다는 점에서 인체에 밀착하는 패턴 제작과는 다른 점이 있다. 특히 캐릭터 인형제품의 경우 크기가 작으면서도 곡면 곡률의 크기가 다양하게 바뀌거나 곡률의 부호가 +로 많이 바뀌면 표면을 어떻게 블록으로 분할하는 것이 좋은지, 분할된 블록을 어떤 크기의 삼각조각으로 나누어 평면화

하는 것이 패턴의 정확성과 효율성에 좋은지는 아직 알려진 바가 없다.

이를 위해 본 연구에서는 다양한 3차원 입체에 잘 밀착되면서도 프로세스 효율이 좋은 2차원 커버 패턴을 개발하기 위하여 다음과 같은 구체적인 목적을 가지고 연구하였다. 첫째, 3차원 입체를 전개한 2차원 패턴 면적의 오차한계 5%로 설정하고 이런 조건을 만족하고 외곽선도 3차원 곡면의 특성을 잘 반영할 수 있으며 개발 시간도 합리적인 입체 표면 분할용 삼각조각의 최대면적을 선정하고자 하였다. 둘째, 캐릭터 완구의 크기와 형태가 변할 때 삼각조각의 최대 면적이 변화하는가를 알아보고자 하였다.

이러한 결과는 추후 다양한 캐릭터 봉제인형, 완구제품뿐 아니라 애완동물의 옷, 어깨와 무릎 보호대 커버, 유아용품 등 다양한 의류소품 및 생활용품에 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

2. 연구 방법

2.1. 실험 프로토콜

본 연구에서는 3차원 모델 데이터로부터 2차원 패턴을 개발하기 위해 Fig. 1의 순서도로 연구를 진행하였다. 첫 번째로 Geomagic Design X program(3D Systems, Inc., Korea)을 사용하여 곡률(Mean curvature)변화를 3D 모델에 표시한 후 이와 봉제디자인라인을 고려하여 3차원 모델을 구획화하였다. 또한 추후 평면화된 2D 패턴의 정확성을 면적으로 비교하기 위해 구획화된 3D 모델의 표면적을 측정하였다.

두 번째로, 3차원 곡면의 특성을 가능한 한 유지하면서 적은 개수의 삼각메쉬로 곡면을 재구성해야 한다(simplification). 이때의 삼각형 면적은 최적의 패턴 조합이 되도록 디자이너가 결정해야 한다. 삼각형화한 입체를 분리하고 이를 2차원으로 평면화하는 것은 2C-AN Program(Jeong et al., 2006; Kim et al., 2010)을 사용하였다. 3차원 표면을 평면화하기 위하여 일정 면적을 정하여 이를 기준으로 3차원 곡면을 삼각형으로 나누는데 이 때 삼각조각의 면적이 작을수록 삼각형의 개수가 많아지고 따라 2차원 패턴의 정밀도가 증가하게 된다. 이에, 본 연구에서는 구획화된 곡면별로 삼각조각의 개수를 바람직하게 결정하기 위하여 삼각조각의 면적을 소, 중, 대의 3단계로 설정하고 이를 독립변인으로 설정하였다.

세 번째로, 2C-AN Program에서 1차적으로 조합된 블록조각들을 Yuka CAD System(Youth Hitech co., Ltd, Korea)을 사용하여 추가 조합하여 2차원 패턴으로 완성하였다. 본 연구에 사용된 조합방법은 선행연구에서 검증된 방법을 사용하였다(Jeong & Hong, 2006; Lee & Hong, 2005; Wu & Hong, 2012).

독립변인에 따라 개발된 각각의 2차원 패턴들의 정확도를 검증하기 위하여 삼각조각의 개수에 따라 완성된 패턴의 면적변화와 평면화된 형태를 비교하였으며, 패턴개발에 걸린 총 시간을 측정하여 정확도와 시간을 고려한 효율적인 입체용 밀착

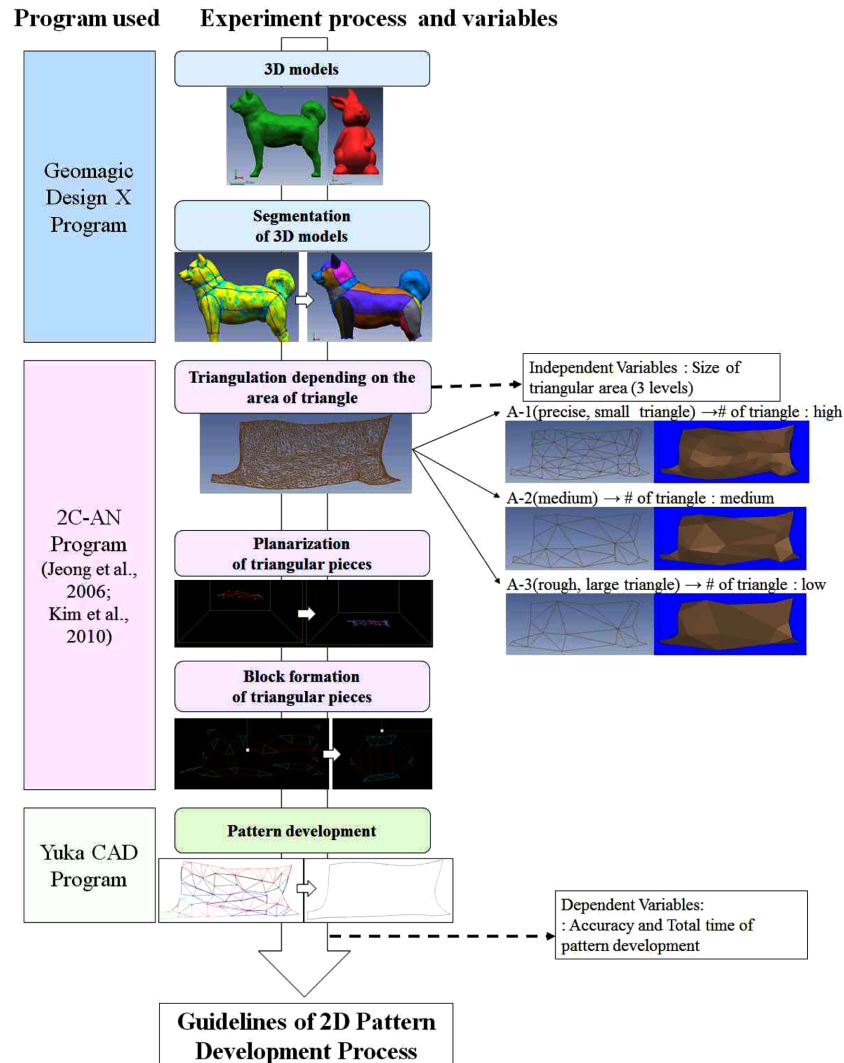


Fig. 1. Experimental process (ex. 3D dog model).

커버 패턴제작용 가이드라인을 제안하고자 하였다.

2.2. 연구에 사용된 3차원 모델과 변인

본 연구에서는 3차원 모델 총 면적에 따른 적절한 삼각조각 면적을 제안하고자, 전체면적이 다른 강아지 모델과 토끼 모델을 선정하였다. 정밀도가 높은 의복패턴 개발 시 3차원 인체모델에 대해 삼각조각면적을 약 4cm^2 로 하는 것이 좋다는 것이 선행 연구(Jeong, 2006; Lee et al., 2017)에서 검증되었으므로 이를 참고하기 위하여 30대 한국인 평균 여성 모델(6th Size Korea, 2010)과 완구 모형 두 종에 대한 전체 피부면적, 부피, 모델의 높이, 너비, 폭에 대한 정보를 Table 1에서와 같이 비교하였다.

선행연구에서는 피부면적이 약 1.5m^2 인체모델을 삼각조각면적 약 4cm^2 로 나누어 패턴을 전개하였는데 본 연구에서 사용

한 완구 모형의 피부 면적에 대비하여 비례적으로 삼각조각 면적을 계산하면 A-model은 0.44배인 1.8cm^2 , B-model은 0.02배인 0.1cm^2 이었다(Table 2). 그러나 이러한 삼각형 면적은 과도하게 작아서 패턴개발시간이 오래 걸리게 된다. 한편, 완구 외피 소재가 약간의 신축성이 있고 충전재도 압축 탄성이 있으므로 어느 정도의 오차허용이 가능함을 감안하여 완구 표면의 삼각형의 크기를 인체 크기 대비 2~3배 크게 설정함으로써 삼각조각의 개수를 줄여서 개발시간을 단축하는 것이 제품 개발 시간을 줄이는 데도 바람직하다는 판단으로 다음과 같이 삼각조각의 면적을 세 단계로 선정하고 그 적합성을 실험하였다. A-model의 삼각조각면적은 4.0cm^2 로 시작하여 그 단계를 8cm^2 씩 증가시켜 12.0cm^2 , 20.0cm^2 로 정하였으며, B-model은 삼각조각면적을 0.25cm^2 기준으로 0.5cm^2 씩 증가시켜, 0.75cm^2 , 1.25cm^2 로 정하였다(Table 2).

Table 1. The size of the 3D models used in the study and the size of the average Korean model

Size	Type	3D human body model (Average Korean female in their 30s)	3D model used in the study	
			A-model (dog)	B-model (rabbit)
Surface area		14996.07cm ²	6614.46cm ²	268.39cm ²
Volume		54401.31cm ³	23160.48cm ³	235.28cm ³
Height		160.03cm	60.63cm	13.71cm
Width		68.35cm	68.67cm	7.79cm
Depth		26.11cm	20.88cm	7.66cm

3D model



Image 1. 3D body model

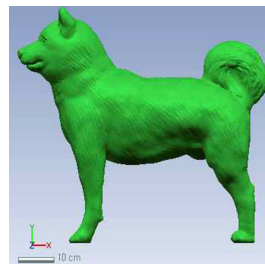


Image 2. 3D dog model



Image 3. 3D rabbit model

Table 2. Size of triangle for triangulation of a dog and a rabbit compared with that of average female

Size	Type	3D human body model (Average Korean female in their 30s)	3D model used in the study	
			A-model (dog)	B-model (rabbit)
Total surface area		14996.07cm ²	6614.46cm ²	268.39cm ²
Size ratio between 3D human body and animal models		1.00	0.44	0.02
Size of a triangle based on the previous studies		4.0cm ²	1.8cm ²	0.1cm ²
Triangle size used in this study	small	-	4.0cm ²	0.25cm ²
	medium	-	12.0cm ²	0.75cm ²
	large	-	20.0cm ²	1.25cm ²

3. 결과 및 논의

3.1. 면적변화율과 형태에 따른 커버 패턴의 정확도

3.1.1. A-model(dog)

3차원 A-model은 Geomagic Design X program으로 Fig. 2(a)와 같이 Mean curvature를 표시하였으며, 이와 디자인라인을 고려하여 Fig. 2(b)에서 보는 바와 같이 3차원 모델을 구획화하였다. 구획별로 절개된 3차원 조각들은 Fig. 2(c)에서 보는 바와 같이 크게 몸통부분(Back & Belly), 다리부분(Forepaw & Hind leg), 머리부분(Head & Neck), 입부분(Muzzle)으로 나누어 2차원 패턴을 전개하였다.

Table 3에는 A-model의 몸통과 다리부분의 분할된 구획별로 3차원 모델의 원래 면적을 먼저 제시(3D model area)하고 독립변인인 2차원 전개패턴 조각면적별로 3차원 표면을 나누었을 때 생성되는 삼각형의 개수(N)와 이를 2차원 패턴으로 조합했을 때 생성된 면적(area)과 원래 면적 대비 변화율(ΔR%)을

제시하였다. 또한 실제 세 가지 독립변인에 따른 패턴변화도 그림으로 나타내었다. Table 3에 면적변화율 5% 미만과 형태왜곡을 고려하여 허용할 수 있는 최대의 삼각조각면적을 선정하여 회색으로 표시하였다.

몸통부분에서의 면적 변화율을 살펴본 결과 등1(Back 1)에서는 가장 큰 삼각조각인 A-3까지 면적의 왜곡이 약 5% 미만으로 A-3까지 사용이 가능하였다. 등2(Back 2), 배1(Belly 1)과 배2(Belly 2)의 경우에도 면적 변화율을 살펴보면 A-3까지 사용이 가능하였으나, 패턴 형태변화를 보면 붉은 색 2점 쇄선인 A-3을 사용한 패턴의 왜곡이 심하였다. 특히 왜곡이 심한 부분은 배1, 등2가 만나는 부위와 같이 면적이 좁아지면서 곡률의 변화가 심한 부분이거나 배2 부분과 같이 복곡면이 반복적으로 나타나는 복잡한 표면이었다. 따라서 등2, 배1, 배2 부분에서 사용가능한 최대삼각면적은 12.0cm²인 변인 A-2임을 알 수 있었다.

다리부분에서의 면적 변화율을 살펴본 결과 5% 이상의 면

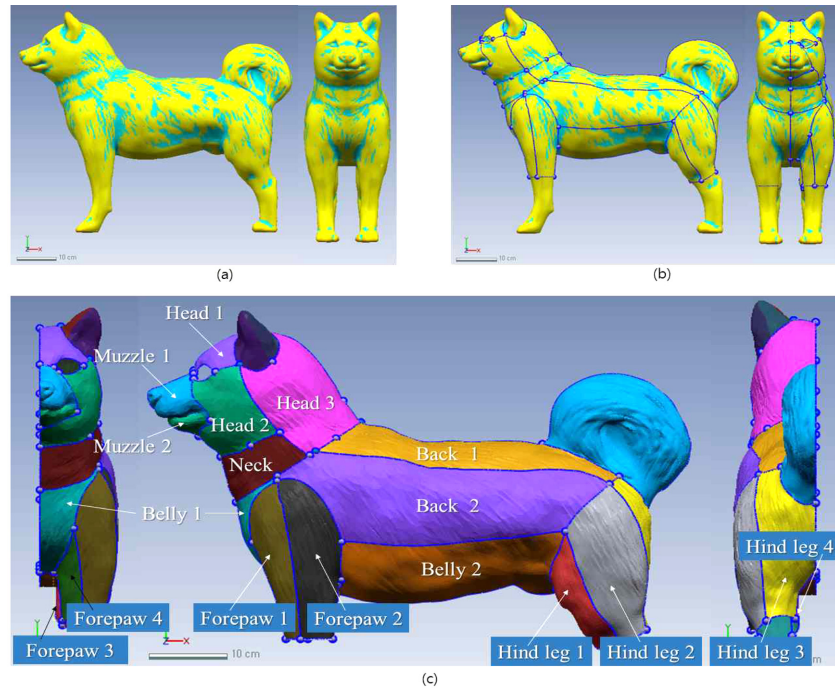


Fig. 2. The segmentation of 3D surface considering the mean curvature of model-A; (a) Mean curvature plot of model-A, (b) Segmentation of surface considering the curvature, (c) Naming of the separated pieces.

적 왜곡을 보인 부분을 제외하면, 앞다리1&2(Forepaw 1&2), 뒷다리2(Hind leg 2)에서는 A-3까지 사용이 가능하였으며, 앞다리 3&4, 뒷다리1에서는 A-2까지 사용이 가능하였다. 이때 뒷다리2의 경우에는 A-3을 사용할 경우 복곡면이 반복적으로 나타나는 복잡한 표면으로 패턴형태의 변화가 크기 때문에 A-2를 채택하였다. 뒷다리 3의 경우에는 면적변화율을 고려하여 A-1을 사용할 수 있으며, 뒷다리 4의 경우에는 면적변화율은 모두 5% 미만이었으나, 형태변화가 큰 것을 제외하면, A-1을 사용하는 것이 적절하였다.

이때, 채택된 최대삼각면적으로 분할된 조각들의 표면적을 나누었을 때 삼각형 개수는 전반적으로 4개 이상이었다. 분할된 조각면적이 작은 경우에도 최소 4개 이상의 삼각조각이 있어야 패턴의 외곽라인 변화가 적음을 알 수 있었다.

A-model의 머리와 입부분의 결과는 Table 4에 제시하였으며, 허용할 수 있는 최대 삼각조각면적을 선정하여 회색으로 표시하였다. 머리 부분에서의 면적 변화율을 살펴본 결과, 5% 이상 면적이 줄어들거나 늘어나는 경우를 제외하면 머리1(Head 1)은 A-1을 사용하는 것이, 머리2&3, 목(Neck)에서는 A-3을 사용하는 것이 적절하였다. 그러나 머리2&3의 경우에는 작은 면적에서 복곡면이 반복적으로 나타날 뿐 아니라 귀와 눈 주변으로 갈수록 면적이 좁아지면서 곡률의 변화가 큰 곡면으로 패턴의 형태의 변화가 큰 것을 알 수 있었다. 따라서 머리2&3의 경우에는 삼각면적이 12.0cm^2 인 A-2를 사용하는 것이 적절하였다.

입부분에서의 곡면은 복곡면이 반복적으로 나타날 뿐 아니

라 면적이 좁아지면서 곡률의 변화가 큰 부분이 양쪽방향으로 모두 발생한다. 따라서 5% 이상 면적이 줄어들거나 늘어나는 경우를 제외하면, 입2(Muzzle 2)에서는 A-1을 사용하는 것이 적절하였다. 반면, 입1에서는 A-1의 경우에도 5.5% 면적이 감소하였기 때문에 삼각면적을 4.0cm^2 보다 더 작게 하는 것이 좋으나 면적변화율이 5%에서 많이 벗어나지 않았기 때문에 A-1의 사용이 가능할 것으로 생각된다.

따라서 강아지 몸통과 곡률변화가 적은 앞다리의 경우에는 삼각면적이 큰 편에 속하는 $12.0\sim 20.0\text{cm}^2$ 를 사용하는 것이 좋으며, 뒷다리나 머리, 입부분과 같이 양쪽 방향의 곡률변화가 크고 복곡면이 반복적으로 나타나는 곡면의 경우, 삼각면적을 작게($4.0\sim 12.0\text{cm}^2$) 하는 것이 정확한 패턴개발을 위해 좋을 수 있었다.

3.1.2. B-model(rabbit)

3차원 B-model은 Fig. 3(a)와 같이 Mean curvature를 표시하였으며, 이를 활용하여 3차원 모델을 구획화하였다(Fig. 3(b)). 구획별로 3차원 조각들을 분리하였으며(Fig. 3(c)), 크게 몸통부분(Back & Belly), 다리부분(Forepaw & Hind leg)으로 나누어 2차원 패턴을 전개하였다.

B-model의 변인별 2차원 패턴의 면적, 면적의 변화를 및 그 패턴은 Table 5에 제시하였으며, 면적변화율과 형태왜곡을 고려하여 허용할 수 있는 최대의 삼각조각면적을 회색으로 표시하였다. 몸통부분인 배 오른쪽과 왼쪽(Belly-right & left), 등

Table 3. The area of the original 3D surface, number of triangle in each segment, 2D area and its change rate compared with that of 3D surface of an A-model depending on the area of triangulation, A-1, A-2, and A-3 (Body and leg of dog)

Name	Variable	3D model area	A-1(4.0cm ²)		A-2(12.0cm ²)		A-3(20.0cm ²)	
			N	Area (ΔR%)	N	Area (ΔR%)	N	Area (ΔR%)
Back 1		265.9	66	266.0 (0.0%)	22	262.9 (-1.1%)	11	263.1 (-1.1%)
Back 2		389.9	97	391.3 (0.4%)	32	402.9 (3.4%)	16	412.0 (5.7%)
Belly 1		68.5	17	69.1 (0.9%)	6	71.4 (4.1%)	3	69.9 (2.0%)
Belly 2		371.4	93	371.1 (-0.1%)	31	371.8 (0.1%)	15	372.1 (0.2%)

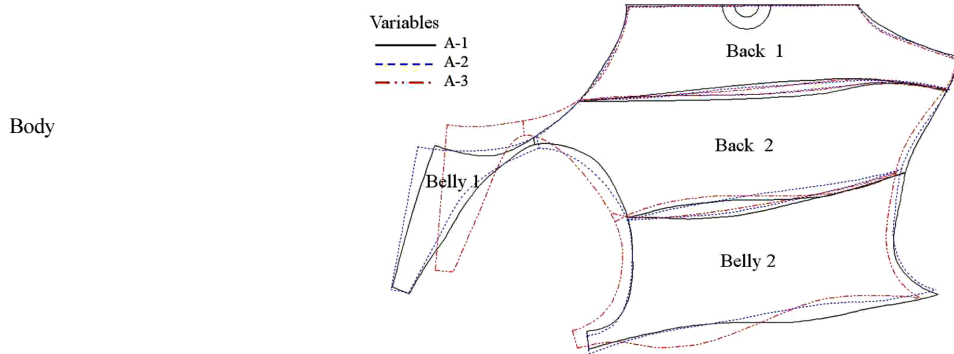


Image 4. Overlapped pattern of A-1, A-2 & A-3 in back and belly

Forepaw 1	125.3	31	124.9 (-0.3%)	10	125.0 (-0.2%)	5	123.6 (-1.4%)
Forepaw 2	140.2	35	140.5 (0.3%)	12	139.5 (-0.5%)	6	137.1 (-2.2%)
Forepaw 3	46.5	12	48.7 (4.6%)	4	48.5 (4.3%)	3	33.5 (-28.0%)
Forepaw 4	48.3	12	48.7 (1.0%)	4	49.5 (2.6%)	3	54.9 (13.8%)
Hind leg 1	176.8	44	173.7 (-1.8%)	15	172.1 (-2.7%)	7	166.2 (-6.0%)
Hind leg 2	142.1	36	139.9 (-1.6%)	12	146.3 (2.9%)	6	138.9 (-2.3%)
Hind leg 3	50.9	13	50.7 (-0.3%)	4	53.8 (5.7%)	3	54.2 (6.5%)
Hind leg 4	109.9	27	110.3 (0.3%)	9	112.8 (2.6%)	5	106.6 (-3.0%)

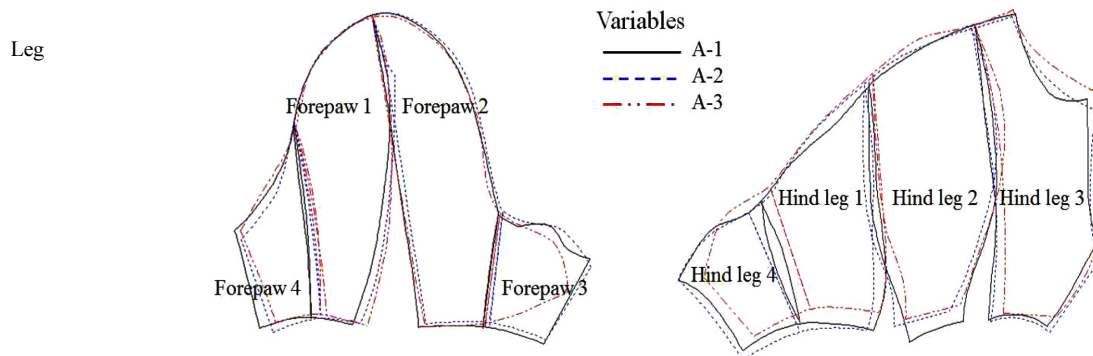


Image 5. Overlapped pattern of A-1, A-2 & A-3 in forepaw and hind leg

N: Number of triangular pieces

$$\Delta R\%(\text{area change rate}) = \frac{(\text{Area of variables} - 3D \text{ model area})}{3D \text{ model area}} \times 100$$

오른쪽과 왼쪽(Back-right & left)에서의 면적 변화율을 살펴본 결과 변인 B-1, B-2, B-3에서 2% 이상 면적이 줄어들거나 늘어나는 경우는 없었기 때문에 B-3까지 사용이 가능하였다. 그러나 패턴의 형태변화를 살펴보면 붉은 색 2점 채선인 B-3을

사용한 패턴의 왜곡이 심하였다. 특히 이러한 왜곡은 몸통부분이 앞다리와 뒷다리와 만나면서 면적이 좁아지고 곡률변화가 생기는 복잡한 표면부분에서 발생하였다. 따라서 몸통부분에서 사용가능한 최대삼각면적은 0.75cm²인 변인 B-2임을 알 수 있

Table 4. The area of the original 3D surface, number of triangle in each segment, 2D area and its change rate compared with that of 3D surface of an A-model depending on the area of triangulation, A-1, A-2, and A-3 (Head and muzzle of A-model)

Name	Variable	3D model area	A-1(4.0cm ²)		A-2(12.0cm ²)		A-3(20.0cm ²)	
			N	Area (ΔR%)	N	Area (ΔR%)	N	Area (ΔR%)
Head 1		52.3	13	54.9 (5.0%)	4	42.2 (-19.3%)	3	39.3 (-24.8%)
Head 2		108.8	27	107.1 (-1.6%)	9	110.6 (1.6%)	5	110.9 (1.9%)
Head 3		211.5	53	212.0 (0.2%)	18	210.5 (-0.5%)	11	207.5 (-1.9%)
Neck		81.2	20	81.4 (0.2%)	7	80.9 (-0.4%)	4	84.0 (3.5%)

Head

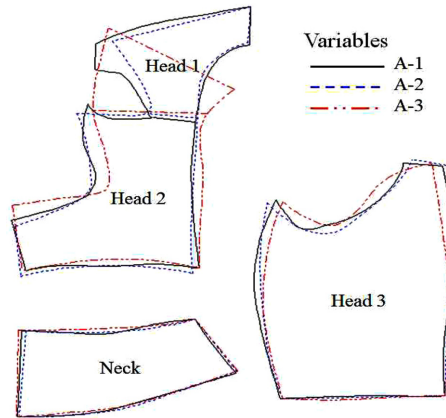


Image 6. Overlapped pattern of A-1, A-2 & A-3 in head and neck

Muzzle 1	52.6	13	49.7 (-5.5%)	4	33.6 (-36.0%)	3	27.7 (-47.3%)
Muzzle 2	23.0	6	22.1 (-4.0%)	3	20.5 (-11.1%)	2	18.0 (-21.7%)

Muzzle

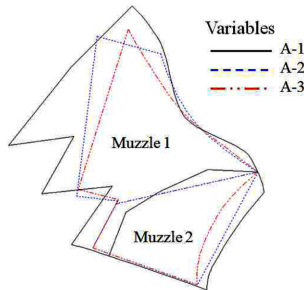


Image 7. Overlapped pattern of A-1, A-2 & A-3 in muzzle

N: Number of triangular pieces

$$\Delta R\%(\text{area change rate}) = \frac{(\text{Area of variables} - 3D \text{ model area})}{3D \text{ model area}} \times 100$$

었다.

앞다리부분에서의 면적 변화율을 살펴본 결과 5% 이상의 면적 왜곡을 보인 부분을 제외하면, 앞다리-오른쪽1(Forepaw-right 1), 앞다리-왼쪽2(Forepaw-left 2)에서는 B-1까지 사용이 가능하였으며, 앞다리-왼쪽1(Forepaw-left 1)에서는 B-2까지 사용이 가능하였다. 그러나 앞다리-왼쪽 1의 경우 곡면의 곡률이 클 뿐 아니라 곡면의 방향성이 바뀌면서 면적이 좁아지는 형태이기 때문에 패턴형태변화 결과 왜곡이 심하여 B-2보다는 B-1의 사용이 적절함을 알 수 있었다. 또한 앞다리-오른쪽2에서는 B-1

을 사용할 경우 면적변화율이 5.1% 감소하였는데, 이는 면적변화를 허용한계인 5.0%와 큰 차이가 없기 때문에 B-1의 사용이 가능함을 알 수 있었다. 따라서 B-model의 앞다리부분에서 사용가능한 최대삼각면적은 0.25cm²인 B-1임을 알 수 있었다.

뒷다리부분에서 5% 이상의 면적 왜곡을 보인 부분을 제외하면, 뒷다리-오른쪽1&2(Hind leg-right 1&2)에서는 B-2까지 사용이 가능하였으며, 뒷다리-왼쪽1은 B-3까지, 뒷다리-왼쪽2는 B-1까지 사용이 가능하였다. 그러나 뒷다리 곡면의 경우에도 양쪽방향의 곡률이 크거나 곡면의 방향성이 바뀌면서 면적이 좁

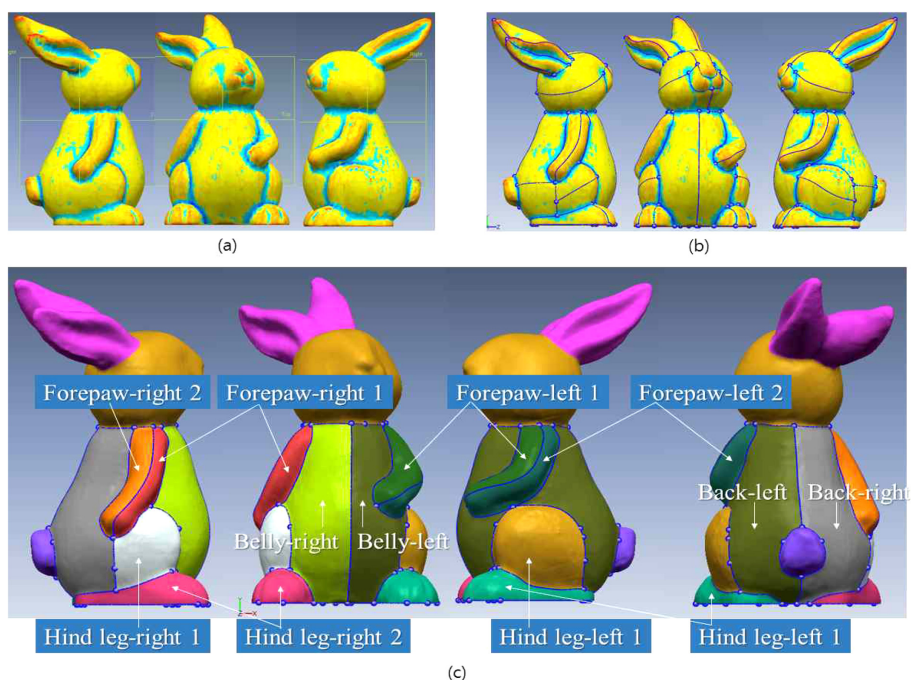


Fig. 3. The segmentation considering the mean curvature in model B; (a) Mean curvature of model-B, (b) Segmentation considering the curvature, (c) Naming of the separated pieces.

아지는 형태를 갖기 때문에 패턴의 형태변화를 고려하여 뒷다리-오른쪽2의 경우에는 B-1을 선택하였으며, 뒷다리-왼쪽1의 경우에는 B-2를 선택하였다. 즉, 양쪽방향의 곡률이 큰 뒷다리-오른쪽1&왼쪽1은 최대삼각면적은 0.75cm^2 인 B-2를 사용하는 것이 좋으며, 곡률이 크고, 곡면의 방향성이 바뀌면서 면적이 줄아지는 뒷다리-오른쪽2&왼쪽1은 최대삼각면적이 가장 작은 (0.25cm^2) B-1을 사용하는 것이 좋은 방법이었다.

3.2. 2차원 패턴개발 시간

3차원 모델로부터 2차원 패턴을 개발할 때 패턴의 정확도는 삼각조각의 면적이 작을수록 증가하지만, 패턴개발에 소요되는 시간은 증가하게 된다. 따라서 3차원 강아지 모델(A-model)과 토끼 모델(B-model)을 2차원 패턴으로 전개하기 위해 걸린 총 시간을 측정하였으며 Table 6에 제시하였다.

그 결과, A-model은 조각 면적을 4.0cm^2 (변인 A-1)로 나눈 경우 312분이 소요되었으며, 조각 면적을 12.0cm^2 (변인 A-2)로 나눈 경우에는 225분으로 87분이 단축되었다. 반면 조각 면적을 20.0cm^2 (변인 A-3)로 나눈 경우에는 201분이 소요되어 변인 A-2보다는 24분 단축되었으며, 처음 단축된 시간보다는 적게 단축되었다.

B-model의 경우에는 조각 면적을 0.25cm^2 (변인 B-1)로 나눈 경우 293분이 소요되었으며, 면적을 0.75cm^2 (변인 B-2)로 나눈 경우에는 197분으로 96분이 단축되었다. 반면 조각 면적을 1.25cm^2 (변인 B-3)로 나눈 경우에는 181분으로 변인 B-2보다는 16분 단축되었다.

본 연구 결과 하나의 3차원 캐릭터 패턴을 개발하는데 걸리는 시간은 약 3~5시간 정도로 이 시간은 기존 봉제인형 패턴 개발에서 수행되었던 여러 번의 패턴수정과 샘플작업 없이도 적합성이 우수한 패턴을 개발할 수 있는 시간이었다. 즉, 완성도 있는 패턴개발에 걸리는 전체적인 시간과 재료낭비 등의 효율성을 생각할 때 3차원을 이용한 패턴 개발이 좀 더 효과적인 방법으로 생각된다.

3.3. 최적의 2차원 패턴개발 프로세스를 위한 종합적 분석

앞에서는 3차원 입체의 고유한 특성을 최적의 2차원 패턴 형태로 전개할 수 있는 삼각조각의 최대면적을 선정하였는데 추후 응용가능성을 높이기 위하여 이와 같은 결과를 초래한 분할 표면 특성을 분석하였다. 채택한 3차원 조각의 곡면 특성은 블록 곡면의 여부, 복곡면 유무, 좁아지는 면적이 있는지, 곡면의 방향성이 바뀌는지의 여부였다. 각 특성의 해당여부에 따라 0점과 1점으로 점수화하였다. 곡률이 장·단축으로 모두 블록(+)한 경우에는 1점, 한방향의 곡률이 평평한(0에 근접) 경우에는 0점, 복곡면이 있는 경우는 1점, 복곡면이 없는 경우는 0점, 구획화로 인해 곡면이 좁아지는 부분이 있는 경우는 1점, 없는 경우에는 0점, 곡면 중심축의 방향이 바뀌는 경우에는 1점, 바뀌지 않는 경우에는 0점으로 정하였다. 이에 대한 각각의 점수는 Table 7에 제시하였으며, 총점(Total score: Ts)을 계산하여 Ts가 0점인 경우에는 Rough그룹, Ts가 1~2점인 경우에는 Medium그룹, Ts가 3~4점인 경우에는 Precise그룹으로 나누었다. Ts점수에 따른 소속그룹(Rough, Medium, Precise)과 최대

Table 5. The area of the original 3D surface, number of triangle in each segment, 2D area and its change rate compared with that of 3D surface of an B-model depending on the area of triangulation, B-1, B-2, and B-3 (Head and muzzle of B-model)

Name	Variable	3D model area	B-1(0.25cm ²)		B-2(0.75cm ²)		B-3(1.25cm ²)	
			N	Area (ΔR%)	N	Area (ΔR%)	N	Area (ΔR%)
Belly-right		19.3	77	19.2 (-0.4%)	26	19.4 (0.6%)	15	19.5 (1.1%)
Belly-left		15.1	60	15.0 (-1.1%)	20	15.3 (1.2%)	12	15.4 (1.6%)
Back-right		22.1	88	22.1 (0.0%)	29	21.9 (-0.8%)	18	21.8 (-1.2%)
Back-left		22.2	89	22.2 (-0.4%)	30	22.2 (-0.1%)	18	22.5 (1.0%)

Body

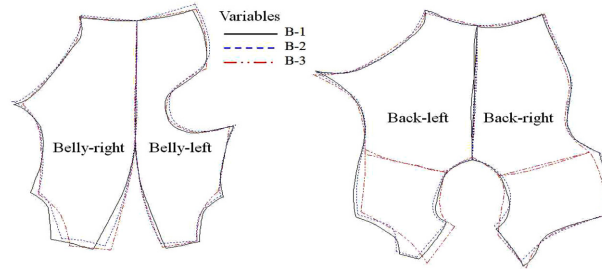


Image 8. Overlapped pattern of B-1, B-2 & B-3 in belly and back

Forepaw-right 1	5.6	22	5.7 (1.8%)	7	5.3 (-5.1%)	4	5.2 (-6.9%)
Forepaw-right 2	6.0	24	5.7 (-5.1%)	8	6.4 (6.5%)	5	6.8 (14.0%)
Forepaw-left 1	6.2	25	6.2 (-0.4%)	8	6.4 (3.5%)	5	6.6 (6.1%)
Forepaw-left 2	7.3	29	7.5 (2.3%)	10	7.9 (7.3%)	6	6.4 (-13.5%)
Hind leg-right 1	8.7	35	8.7 (-0.1%)	12	8.3 (-4.3%)	7	8.0 (-8.3%)
Hind leg-right 2	8.8	35	8.8 (-0.2%)	12	8.7 (-0.6%)	7	8.2 (-7.0%)
Hind leg-left 1	13.5	54	13.5 (0.2%)	18	13.5 (-0.2%)	11	13.1 (-2.9%)
Hind leg-left 2	8.5	34	8.4 (-0.6%)	11	7.8 (-7.6%)	7	7.4 (-12.8%)

Leg

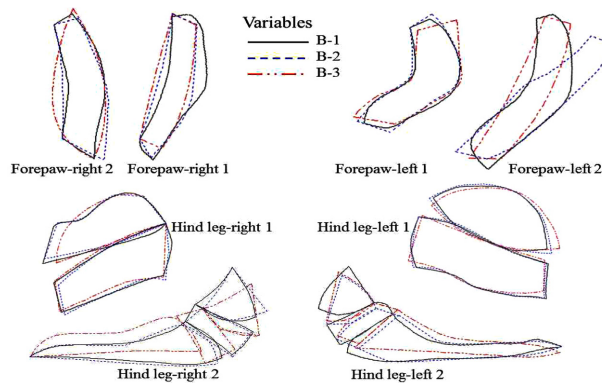


Image 9. Overlapped pattern of B-1, B-2 & B-3 in forepaw and hind leg

N: Number of triangular pieces

$$\Delta R\%(\text{area change rate}) = \frac{(\text{Area of variables} - 3D \text{ model area})}{3D \text{ model area}} \times 100$$

Table 6. Total time taken to develop 2D patterns for two character toys

Step of 2D pattern development	Variable by model	A-model (dog)			B-model (rabbit)		
		A-1 (4.0cm ²)	A-2 (12.0cm ²)	A-3 (20.0cm ²)	B-1 (0.25cm ²)	B-2 (0.75cm ²)	B-3 (1.25cm ²)
Total time		312min.	225min.	201min.	293min.	197min.	181min.

Table 7. Groupings of 3D surfaces and optimal triangle area depending on surface characteristics

Name of 3D piece	Shape of 3D piece	Degree of convexity	Double curvature	Tapered off surface	Change in main axis	Total score (Ts)	Optimal variable
A model (dog)	Back 1	0	0	0	0	0	A-3
	Back 2	0	0	1	0	1	A-2
	Belly 1	0	0	1	0	1	A-2
	Belly 2	0	1	1	0	2	A-2
	Forepaw 1	0	0	0	0	0	A-3
	Forepaw 2	0	0	0	0	0	A-3
	Forepaw 3	0	0	1	0	1	A-2
	Forepaw 4	0	0	1	0	1	A-2
	Hind leg 1	1	1	0	0	2	A-2
	Hind leg 2	1	1	0	0	2	A-2
	Hind leg 3	1	1	1	0	3	A-1
	Hind leg 4	1	1	1	0	3	A-1
	Head 1	1	1	1	0	3	A-1
	Head 2	0	1	1	0	2	A-2
	Head 3	1	0	1	0	2	A-2
	Neck	0	0	0	0	0	A-3
	Muzzle 1	1	1	1	0	3	A-1
	Muzzle 2	1	1	1	0	3	A-1
B model (rabbit)	Belly-right	0	0	1	0	1	B-2
	Belly-left	0	0	1	0	1	B-2
	Back-right	0	0	1	0	1	B-2
	Belly-left	0	0	1	0	1	B-2
	Forepaw-right 1	1	0	1	1	3	B-1
	Forepaw-right 2	1	0	1	1	3	B-1
	Forepaw-left 1	1	0	1	1	3	B-1
	Forepaw-left 2	1	0	1	1	3	B-1
	Hind leg-right 1	1	0	0	0	1	B-2
	Hind leg-right 2	1	1	1	1	4	B-1
	Hind leg-left 1	1	0	0	0	1	B-2
	Hind leg-left 2	1	1	1	1	4	B-1

0: Not applicable characteristics, 1: Applicable characteristics

Rough group: Ts=0, Medium group: Ts=1~2, Precise group: Ts=3~4

삼각면적 그룹은 일대일로 정확하게 대응이 되었다. 즉, Rough 그룹은 A-3나 B-3(큰 삼각형), Medium 그룹은 A-2나 B-2(중간 크기 삼각형), Precise 그룹은 A-1나 B-1(작은 삼각형)으로 평면화하는 것이 적합함을 알 수 있었으며, 이 결과는 추후에 캐릭터의 형태가 변하여도 적용 가능할 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 연구에서는 최근 인기가 급상승하고 있는 캐릭터 인형의 밀착 커버 패턴을 개발할 때 시행착오를 최소화하기 위한 프로세스 가이드라인을 연구하고자 하였다. 특히, 3차원 캐릭터 곡

면을 삼각조각으로 전개하여 밀착커버 패턴을 개발할 때, 삼각조각의 면적이 작을수록 패턴의 정밀도는 높아질 수 있으나 상대적으로 패턴개발에 걸리는 시간은 증가하게 된다. 따라서 패턴의 정밀도와 작업시간을 고려한 효율적인 삼각조각면적을 캐릭터의 크기와 곡면 형태와 관련하여 제안하고자 하였다.

이를 위해 크기가 중간정도인 강아지와 크기가 작은 토끼를 대상으로 Mean curvature와 디자인라인에 따라 3차원 모델을 구획화하였으며, 구획화된 조각들은 삼각조각면적(small, medium, large)을 달리하여 2차원 패턴을 설계하였다. 독립변인 별로 2차원 패턴의 면적변화율이 5% 이내이며 패턴외곽선의 형태변화가 적은 경우로 최적의 삼각조각면적을 제안하였다. 또

한 3차원 모델의 곡면특성을 4가지(볼록 곡면의 여부, 복곡면 유무, 좁아지는 면적이 있는지, 곡면의 방향성이 바뀌는지)로 구분하였으며 해당여부에 따라 점수화하였다.

그 결과, 중간 크기인 캐릭터 강아지 완구(A-model: 6,614cm²)에서는 4가지의 곡면특성에 모두 해당되지 않을 경우(Rough group: 0점) 삼각면적이 넓은 20.0cm²인 A-3을 최적의 방법으로 제안하였으며, Medium group(Ts: 1~2점)에서는 삼각면적이 12.0cm²인 변인 A-2를 최적의 방법으로 제안하였다. 3차원 표면 형태가 복잡하여 곡면특성점수가 높은 Precise group(Ts: 3~4점)에서는 좀 더 작은 삼각면적(4.0cm²)인 변인 A-1을 사용하는 것이 필요하다.

작은 크기의 캐릭터 토끼(B-model: 268cm²)는 곡면특성이 다양한 형태로 Rough group(Ts: 0점)에 해당되는 경우가 없었으며, 3차원 곡면특성 점수가 1점(Medium group)으로 곡물은 평평하지만 좁아지는 면적이 있는 몸판과 곡률이 양쪽방향으로 큰 뒷다리 위부분의 경우 삼각면적이 보통(0.75cm²)인 변인 B-2를 최적의 방법으로 제안하였다. 반면, 상대적으로 면적이 좁고 가는 앞다리와 뒤발의 경우에는 Precise group(Ts: 3~4점)에 포함되기 때문에 작은 삼각면적(0.25cm²)인 변인 B-1을 사용하는 것이 필요하였다.

최적의 삼각조각 면적을 결정하는 데에는 곡면특성이 영향을 미치고 있음을 알 수 있었으며, 이를 점수로 그룹화(Rough, Medium, Precise)하여 최대삼각면적을 예측하는 것이 가능함을 알 수 있었다.

본 연구는 강아지와 토끼 모델을 대상으로 조각형태를 구분하였으며, 이에 대한 곡면특성으로 최대삼각면적을 제안하였기 때문에 다른 형태까지 적용하기 위해서는 좀 더 다양한 형태와 크기의 패턴개발 연구가 추가로 필요할 것이다.

References

- Anderson, K. (2005). *Patternmaking: Past to present*. Retrieved August 10, 2017, http://scholar.google.co.kr/scholar?hl=ko&as_sdt=0%2C5&q=Patternmaking%3A+Past+to+Present&btnG=
- Han, S. H. (2017, August 25). *공주시, 캐릭터산업 활성화에 박차* [Gongju City Invests to Vitalization of Character Industry]. *Newstown*. Retrieved August 27, 2017, from <http://www.newstown.co.kr/news/articleView.html?idxno=296070>.
- Jeong, Y. H. (2006). 2D pattern development of tight-fitting bodysuit from 3D body scan data for comfortable pressure sensation. *Korean Journal of Human Ecology*, 15(3), 481-490.
- Jeong, Y. H., & Hong, K. H. (2006). Development of 2D Tight-fitting Pattern from 3D Scan Data. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 30(1), 157-166.
- Jeong, Y. H., & Hong, K. H. (2010). Development of 2D patterns for cycling pants using 3D data of human movement and stretch fabric. *Korean journal of human ecology*, 19(3), 555-563. doi:10.5934/KJHE.2010.19.3.555
- Jeong, Y. H., Hong, K. H., & Kim, S. J. (2006). 3D pattern construction and its application to tight-fitting garments for comfortable pressure sensation. *Fibers and Polymers*, 7(2), 195-202. doi:10.1007/BF02908267
- Kim, M. Y., & Chung, H. K. (2005). A study on improvement of the municipal character design by the analysis of current characters. *Journal of Korean Society of Design Science*, 18(3), 25-34.
- Kim, S. M., & Kang, T. J. (1999). Study on the automatic garment pattern generation for the development of three dimensional apparel CAD system. *Journal of the Korean Fiber Society*, 36(9), 489-500.
- Kim, S., Jeong, Y., Lee, Y., & Hong, K. (2010). 3D pattern development of tight-fitting dress for an asymmetrical female manikin. *Fibers and Polymers*, 11(1), 142-146. doi:10.1007/s12221-010-0142-5
- Kwon, Y. M. (2017, March 15). *형성그룹, 미국 FAO슈워츠와 46억 원 규모 공급 계약* [Hengsheng Group Contracts with US FAO Schwarz for 4.6 Billion Won Production]. *Acrofan*. Retrieved August 25, 2017, from <http://www.acrofan.com/ko-kr/detail.php?number=37281&thread=AA12>
- Lee, H. R., & Hong, K. H. (2005). Development of a fitted bodice pattern using a 3D Replica of women's upper body. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 29(7), 1008-1017.
- Lee, H., Hong, K., & Lee, Y. (2017). Development of 3D patterns for functional outdoor pants based on skin length deformation during movement. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 29(2), 148-165. doi:10.1108/IJCT-08-2016-0090
- Lee, J. H. (2015, June 3). *3D 프린팅, 대중화가 눈앞에* [Popularization of 3D printing is imminent]. *Upkorea*. Retrieved August 25, 2017, from <http://www.upkorea.net/news/articleView.html?idxno=46186>.
- Lee, J. H. (2017, August 27). *충남 지자체 너도나도 지역 캐릭터 제작* [Chungnam Local Governments are all creating local characters]. *Hankookilbo*. Retrieved August 29, 2017, from <http://www.hankookilbo.com/v/9ed4b359d4bc47fcaddef49b5ceb8a9>.
- Lee, S. J. (2014, October 26). *미국에 에볼라 경각심 일깨우기 위한 교육용 에볼라 봉제 인형 등장* [Educational Eblola Dolls to warn people of Ebola Virus made in US]. *Nesis*. Retrieved August 25, 2017, from http://www.newsis.com/ar_detail/view.html?ar_id=NISX20141024_0013253076&clID=10104&pID=10100.
- Size Korea. (2010). 3-D Human Body Shape of Korean Standard Body Shape. Retrieved June 03, 2017, from <http://sizekorea.kats.go.kr>
- Watanabe, K., Matsuyama, Y., & Furumatsu, Y. (2000). Three-dimensional analysis of upper torsos of elderly Japanese women for clothing design. *Journal of Home Economics of Japan*, 51(11), 1045-1055. doi:10.11428/jhej1987.51.1045
- Wu, Y., & Hong, K. H. (2012). Methods of merging a 3D replica and ease distribution for woman's pant patterns. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 36(4), 443-453. doi:10.5850/JKSCT.2012.36.4.443
- Yoon, M. K., Nam, Y. J., & Choi, K. M. (2007). 2D lower body flat pattern of the women in their twenties using 3D scan data. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 31(5), 692-704. doi:10.5850/JKSCT.2007.31.5.692

(Received 1 September 2017; 1st Revised 11 September 2017; 2nd Revised 12 September 2017; Accepted 15 September 2017)