

3차원 가상의류의 스티치 표현 분석

- CLO를 중심으로 -

김민경

한경국립대학교 의류산업학전공 강사

Analysis of Stitch Expression in 3D Virtual Clothing

- Focusing on CLO -

Min Kyoung Kim

Instructor, Major of Clothing Industry, Hankyong National University

(received date: 2025. 9. 19, revised date: 2025. 10. 9, accepted date: 2025. 10. 24)

ABSTRACT

As the apparel production system evolves to utilize virtual clothing, apparel companies—including vendors—are increasingly replacing the prototype sample production process with three-dimensional (3D) virtual clothing. However, in clothing manufacturing, stitches are not limited to simply finishing seams, but include various functional and decorative stitches that appear on the clothing surface, such as topstitching, reinforcement stitching, and overlock stitching. This study selected 19 types of stitches from six classes based on the stitch specifications according to the international standard ISO 4915, which conforms to KS K 0029:2021. A 3D explanation drawing of KS K 0029, a cross-sectional explanation drawing based on ISO 4915 standards, and photos of actual applied stitches were utilized to analyze the structure and appearance of the stitches, which were compared and analyzed with the digital stitch produced by *CLO*. The findings suggest that most front stitches were expressed very similarly, although it was confirmed that some back stitches were reproduced in an inverted state from side to side. Moreover, some stitch types had limitations in changing the properties of multiple threads. Furthermore, differences in the digital stitch representation—depending on the stitch representation method (OBJ) and the choice of texture—were observed in details recreated by sewing fabrics of different lengths, suggesting an area for improvement. Additionally, some stitch types had limitations in changing the properties of multiple threads. There were differences in the expression of the digital stitch according to the selection of the "OBJ" and "texture" stitch expression methods in the details reproduced by sewing fabrics with different lengths, suggesting that improvement is necessary. The accurate reproduction of digital stitches is expected to not only improve the reproducibility of virtual clothing, but also serve as basic data for improving technical design work capabilities.

Key words: 3D virtual clothing(3차원 가상의류), ISO 4915, KS K 0029:2021, stitch(스티치),
technical design(테크니컬 디자인)

I. 서론

의복은 평면으로 재단된 천들을 조합하여 연결하는 봉제 과정을 통해 입체적인 의복 형태로 제작된다. 의복 형태는 적합한 원단, 재봉 기계, 스티치, 프레스 등의 요소에 따라서 결정되며, 우수한 품질의 제품을 생산하기 위해서는 여러 요소의 특징을 반영한 적절한 스티치 선택이 중요하다.

의류산업은 최근 가상착의 소프트웨어를 활용한 의류 제작 시스템 변화로 디자인 개발 및 샘플 제작 과정에서 가상의상을 활용하는 벤더 등의 패션 업체들이 증가하고 있다(Park & Choi, 2022). 3차원 가상 의상의 제작 가능 범위를 확장하기 위해서는 2D 패턴, 원단 물성, 원단 그래픽, 아바타 및 포즈 변경 등의 기본적인 기능과 함께 실제 의상 디자인에 활용되는 여러 종류의 디테일 표현법에 대한 연구가 필요하다. 3차원 가상 착의를 활용한 연구를 살펴보면, 체형 특성을 반영한 패턴 개발(Kwon & Jang, 2023), 원단 물성 연구(Lee & Park, 2023), 실제와 가상 의류의 맞춤세 평가 연구(Park, 2022; Ryu, 2024; Won & Lee, 2021) 등이 주로 이루어지고 있다. 또한 셔링, 플라운스, 플리츠, 스모킹 등과 같은 디테일 표현(Hong & Jeong, 2024; Kwon & Kim, 2019)과 가방 디자인 연구(Kim, 2022) 등에 대한 연구도 진행되고 있다. 하지만 스티치에 대한 연구는 니트 의류 제품에 사용된 스티치 종류 조사 연구(Lee & Ha, 2019)가 유일하다. 의류를 제작할 때 적용되는 봉제에는 합봉과 장식 및 기능적인 스티치 등이 다양하게 있으므로 KS K 0029:2021를 바탕으로 한 가상 의류의 스티치 표현에 관한 연구가 필요하다. 3차원 가상 의류는 실물 의상과 달리 시접이 없는 형태로 제작되는 특징이 있으나 실물 의상을 제작할 경우, 완성된 봉제뿐만 아니라 누름상침, 강화 스티치, 오버록 등과 같이 의상 표면에 나타나는 스티치들이 다양하다. 따라서 가상 의상의 활용 분야가 증가하고 있는 시점에서 의상 제작과 장식적

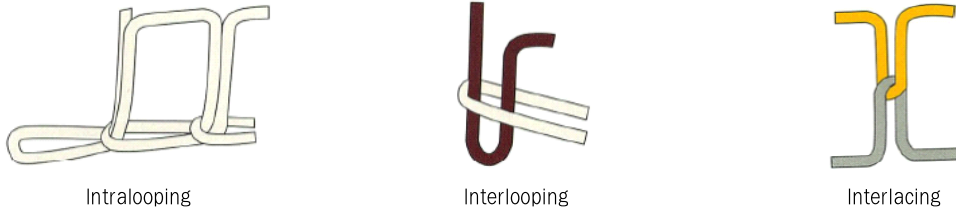
인 목적으로 반드시 필요한 스티치에 대한 디지털 표현 연구의 필요성이 시사된다. 또한 테크니컬 디자인을 위한 교과 교육을 시행하는 학교들이 증가하는 추세로 테크니컬 디자인 실습에서 가상착의 시스템을 활용할 수 있을 것이다. 의류 제작 작업지시서 작성 시 스티치는 중요한 부분이나 다양한 봉제 기계를 갖추고 실습하기에는 환경적인 어려움이 있다. 이때, 디지털 가상 의상 제작 소프트웨어의 스티치 메뉴를 활용함으로써 스티치 실무 감각 향상과 테크니컬 디자이너의 역량 경쟁력을 높일 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 CLO 소프트웨어에서 스티치 적용을 위한 툴로 제공하는 탑스티치(Topstitch)에 대한 기능 분석과 개선 방향을 제안함으로써 가상 의상의 재현성을 향상시키기 위한 기초 자료를 제공하고자 한다. 정확한 디지털 스티치의 재현은 가상 의상의 재현성을 개선할 뿐만 아니라 테크니컬 디자인 업무 역량 강화를 위한 기초 자료로도 활용될 것으로 기대된다.

II. 이론적 배경

1. 스티치 정의 및 종류

스티치(Stitch)는 한 올의 봉사가 매듭이나 고리를 형성하여 만들거나, 또는 두 올 이상의 봉사들이 복실이나 루퍼사와 함께 서로 얽혀 연결고리를 형성하는 것이다(Choi et al. 2007). 즉, 스티치는 윗실(top thread)과 밑실(bottom thread)이 서로 고리를 만들면서 봉제하는 본봉 재봉기(lockstitch machine)와 루퍼사(looper thread)라고 불리는 밑실을 사용하는 환봉 재봉기(chainstitch machine)로 분류될 수 있다(Lee & Steen, 2012). 이처럼 다양한 재봉기를 이용하여 스티치를 만들며, 스티치는 실 또는 루프가 자사 루핑(intralooing), 타사 루핑(interlooping), 타사 레이싱(interlacing)하여 생긴 형태로 심(Seam)을 만들 때 봉사로 형성되는 땀의 반복 단위를 의미한다(Fig. 1). 자사 루



<Fig. 1> Shape Features by Stitch Unit
(Choi et al., 2007, p. 68)

핑은 원단 위에서 실 1개의 루프가 같은 실의 다른 루프를 원단 아래에서 빠져나가는 것을 뜻하며, 타사 루핑은 1개의 실 루프가 다른 실 루프를 빠져나가는 것을 뜻한다. 타사 레이싱은 실이 다른 실 또는 다른 실의 루프와 교차하거나 빠져나가는 것을 의미한다(KS K0029:2021, 2021).

스티치는 의복을 연결하는데 필수적인 봉제로서, 의복의 전반적인 품질을 결정짓는 매우 중요한 요소이다. 국내에서의 스티치에 관한 규정이 KS K 0029:2021에 명시되어 있으며, 이 표준에 대응하는 국제표준으로는 ISO 4915:1991가 있다. KS K 0029:2021은 의복의 용도 및 소재의 특성에 따라 여섯 가지 범주로 분류하고, 각 등급별 스티치 종류를 <Table 1>과 같이 제시한다. 스티

치 등급 분류는 스티치의 복잡성, 구성 요소 및 요구되는 기계 유형에 따라 분류하였다. 제1자리 숫자는 스티치 형식의 유형을 나타내며, 제2자리와 제3자리 숫자는 이에 대한 상세한 분류를 의미한다.

KS K 0029:2021은 스티치 유형별 특징을 다음과 같이 정의하였다. 100등급은 단환봉(single thread chainstitches)으로, 봉사 1개의 침사(윗실, 바늘에 의해 원단 속에 들어가고 빠져나오는 실)로 스티치가 형성된다. 자사 루핑(intralooing)의 성격을 가진 스티치 유형으로 천을 통과한 1개의 루프사가 다음 루프를 통과한 이후 함께 자사 루핑으로 고정되는 원리로 형성된다. 수봉(hand stitches)인 200등급은 한 가닥 또는 여러 가닥의 실을 사용하여 바느질하며, 스티치가 서로 얽혀

<Table 1> Types of Stitches by Class(KS K 0029:2021)

Class	Types									
100	101	102	103	104	105	-	107	108	-	-
200	201	202	-	204	205	206	-	-	209	-
	211	-	213	214	215	-	217	-	219	220
300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310
	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
	321	322	323	324	325	326	327	328	329	351
400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410
	411	412	413	414	415	416	417	-	-	-
500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510
	511	512	513	514	521	522	-	-	-	-
600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	-

(KS K 0029:2021, 2021, p. 4)

나타나는 형태를 가진다. 200등급 스티치는 손으로 만든 것과 유사한 효과를 제공하며, 주로 장식적인 목적을 위해 제작된다. 기성복에서 가장 일반적으로 사용되는 300등급 스티치는 실이 다른 실과 교차되는 타사 레이싱(interlacing) 성격을 지닌 봉제 유형으로, 의상 제작에 있어 가장 보편적으로 활용되는 스티치 등급이다. 300등급은 튼튼하고 안정적이며 정교한 스티치를 생성하는 반면, 신축성이 부족하여 실이 과도하게 늘어날 경우 끊어질 위험이 있다. 400등급의 스티치는 다중 환봉(multi thread chainstitches)으로 루퍼사(looper thread, 루퍼에 의해 천의 표면 또는 천의 끝부분에서 또 하나의 루퍼, 타사 루핑, 자사 루핑하는 실)라고 불리는 밀실을 사용한다. 일반적으로 다중 환봉 방식은 두 개 또는 그 이상의 실로 구성된 타사 루핑(interlooping)을 통해 이루어지며, 천을 빠져나간 1개 그룹의 실 루프는 다른 그룹 실의 루프와 타사 레이싱 및 타사 루핑하여 스티치를 형성한다. 500등급은 가장 널리 사용되는 오버록 스티치(overlock stitches) 방식으로, 이는 시접 끝처리를 위한 기법이다. 501은 침사로만 형성되지만, 그 외의 스티치들은 침사와 루퍼사들로 구성된다. 1개 그룹 실의 루프는 천을 빠져나가고, 다음 루프가 이것을 빠져나가기 전에 자사 루핑하여 스티치를 구성한다. 또는 천을 빠져나간 그룹의 다음 루프가 빠져나가기 전에 이미 타사 루핑하고 있는 다른 그룹의 실루프와 타사 루핑하여 스티치 형식이 형성된다. 600등급은 편평봉(flat lock stitches)으로, 컷-앤드-쏜 저지(cut-and-sewn jersey)와 편물에서 가장 널리 활용되는 스티치이다. 편평봉은 일반적으로 2개 이상의 실 그룹으로 구성되며, 이 중 2개 그룹의 실이 원단의 앞면과 뒷면을 장식하는 역할을 한다. 예외적으로 601 스티치는 2개 그룹(침사와 루퍼사)의 실만을 사용하여, 제3그룹 실의 움직임은 제1그룹 실들 중의 하나에 의해 형성된다.

2. SPI

SPI는 'stitch per inch'의 약어로, 재봉 공정에 서 1인치 길이에 포함되는 땀의 수를 의미한다 (Lee & Steen, 2012). 의류 상품에 적합한 SPI의 선택은 스티치의 외관, 솔기의 강도, 생산 비용, 그리고 신축성 등 패션 상품의 품질을 결정하는데 필수적인 요소이다. 테크니컬 패키지의 작업지시서에는 반드시 SPI 정보가 포함되어야 하며, 이는 실의 무게에 따른 솔기의 품질을 좌우하는 중요한 요소로, 스티치의 종류와 함께 밀접하게 연계되어 조절된다.

3. 실 두께

재봉사의 굵기는 실의 길이와 무게의 관계를 나타내는 수치로 단위 길이당 무게를 기준으로 하는 항장식 변수와 단위 무게당 길이를 기준으로 하는 항중식 변수가 있다. 특히, 항장식 변수에는 텍스(tex)와 데니어(den) 등의 시스템이 있으며, 텍스는 국가표준화기구에서 모든 단위를 통일하기 위해 제정한 SI 단위이다(Eberle et al., 2000). 텍스는 1km 길이당 무게를 나타내는 것으로 실이 가늘수록 변수가 작아지며 단위는 g/km이다. 데니어는 견사 변수에서 사용되었으나 지금은 모든 필라멘트사 변수에 사용된다. 데니어는 실의 길이가 9km일 때의 무게(g)로 $[\text{den}=9*\text{tex}]$ 와 같이 환산되어 실이 가늘수록 변수도 작다. 항중식 시스템에는 1g의 실이 가진 길이를 미터로 나타낸 미터 변수(Nm)와 파운드당 840야드인 행크(hank) 수로 나타내는 면 변수(영국식, Ne_c) 등이 있다.

III. 연구방법

1. 스티치 연구 대상 선정 및 자료 분석

본 연구는 KS K 0029:2021에서 세분화 된 스티치 중 의류 제작에 널리 활용되는 스티치로

CLO의 라이브러리에서 제공하는 19종의 스티치를 연구 대상으로 선정하였다.

분석 방법으로는 각 스티치의 구조적 형태를 명확히 이해하기 위해 KS K 0029:2021에서 제시된 입체 설명화, 스티치 단면 형태 스케치(Beard, 2019), 스티치 사진(AMANN Group, 2015), CLO가 제공하는 스티치 미리보기 스케치와 가상 원단에 직접 적용된 스티치를 비교 분석하여 디지털로 표현된 스티치의 재현성을 평가하였다. KS K 0029:2021에서 제시된 스티치 그림은 입체적으로 표현되어 스티치의 적용 원리를 이해하는 데에 도움을 준다. KS K 0029:2021의 스티치 스케치는 오른쪽에서 왼쪽으로 진행되며, 스티치에 사용된 실의 위치를 명확히 하기 위해 침사는 <1, 2, 3...> 기호로 표기되었고, 보빈사 및 루퍼사에는 <a, b, c...>로 표기되었다. 장식사에는 <Z, Y, X...> 기호로 나타내어 스티치 형식을 구현하고 있다. 이때 침사는 사선 표시가 없으며, 다른 실에서는 사선을 그려 명확하게 전달한다. AMERICAN & EFIRD (n.d.)에서 제공하는 "ISO 4915 stitch types (English)" 자료에는 ISO 4915를 바탕으로 각 스티치 유형에 대한 상세한 설명과 용도를 포함하고 있으며, 본 연구에서는 이와 유사한 내용을 담고 있는 Beard(2019)의 그림 자료를 사용하였다. 스티치 유형별 단면 분석을 위해 ISO 4915 규정을 반영한 스케치 설명 그림(Beard, 2019)을 비교함으로써 원단의 겉면과 뒷면에서 나타나는 스티치의 정확한 외관 형태를 분석에 사용하였다. Beard(2019)의 그림은 스티치 방향이 왼쪽에서 오른쪽으로 진행되는 모습을 보여준다. 설정된 스티치의 원단을 왼쪽 또는 오른쪽으로 회전할 경우, 스티치의 외관이 다르게 나타날 수 있으므로 앞면과 뒷면의 스티치 분석 시 스티치의 진행 방향에 대한 세심한 주의가 필요하다. 또한 실물 스티치 이미지는 AMANN Group의 승인을 받아 "Stitch types & sewing thread requirement" 자료에 첨부된 스티치 이미지를 활용하였다. 디지털로 표현된

스티치는 CLO 2024.2.344((주)클로버추얼패션: CLO)의 라이브러리 <Topstitch>에서 제공되는 스티치를 적용하여 스냅샷으로 추출한 이미지를 분석에 사용하였다. 디지털로 표현된 스티치 형태를 스티치 스케치와 실물을 함께 비교함으로써 가상 원단에 적용된 디지털 스티치의 구조적 재현성을 분석하였다. 본 연구에서는 스티치 유형별 이름을 한국표준(KS)에서 제시한 표시 기호를 사용하여 작성하였다.

VI. 연구결과 및 논의

1. CLO 탑스티치의 툴 구성

CLO에서 스티치 적용은 물체창의 <Topstitch> 탭을 선택한 후, 속성창에서 세부 정보를 수정하여 적용할 수 있다. 기본 정보 입력란은 부자재 정보, 아이템 번호, 및 작업지시서 작성 기능을 포함하고 있다. 탑스티치 표현 방법은 OBJ와 텍스처 중에서 선택할 수 있도록 세분화된 옵션으로 제공되며, 기본값은 OBJ로 설정되어 있다. 스티치 간격은 스티치의 설정 위치를 조정하는 것으로, 원단 솔기 끝에서 첫 스티치가 적용되는 거리를 나타낸다. 탑스티치 개수는 한 위치에 설정할 수 있는 스티치 종류의 수를 선택하는 메뉴로, 최대 5종까지 설정이 가능하다. 이때 각 스티치의 규격과 재질을 다르게 적용할 수 있다. 스티치 규격은 SPI와 실의 두께를 설정하는 메뉴로 1인치당 적용할 스티치 수를 쉽게 선택할 수 있도록 구성되었다. 실의 두께는 솔기의 강도와 솔기의 외관에 영향을 미치는 요소 중 하나로, Tex, Ticket(Tkt), Metric count(Nm), Denier(Den), Millimeter, Centimeters, Inches 단위별로 입력할 수 있게 하였다. CLO는 국제적으로 표준화(SI단위)의 텍스(Tex)를 기본 단위로 설정하고 있다. <Table 2>와 같은 공식에 따라 각 단위의 값이 자동으로 변환되며, 이는 원단의 특성에 따라 실의 굵기를 용이하게 조정할 수 있도록 하였다.

<Table 2> Calculate Thread Thickness by Unit

Units	Tex	Metric count(Nm)	Denier(den)
Tex	1	1,000/Tex	Tex*9
Metric count(Nm)	1,000/Nm	1	9,000/Nm
Denier(den)	den*0.1111	9,000/den	1

실의 색상을 조절할 수 있는 베이스 컬러(base color) 메뉴와 실의 꼬임(S 꼬임 및 Z 꼬임)을 적용할 수 있는 베이스 컬러 맵(base color map)이 구성되어 있어, 다양한 실의 표현이 가능하다. 또한, 탑스티치가 설정될 면의 방향 조절, 설정한 규격에 따른 탑스티치 줄의 개수 설정, 그리고 3D 창에서 보다 사실적으로 표현하기 위한 3D 기능이 포함되어 있어, 디지털 스티치의 재현성을 높이는 데 기여하고 있다.

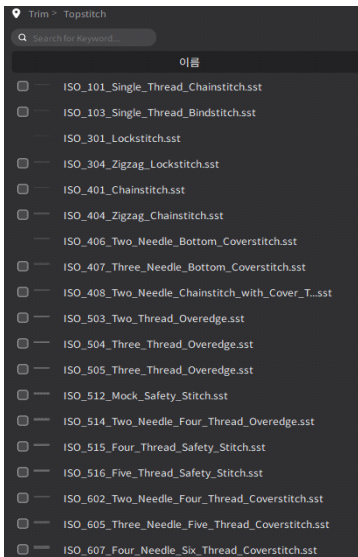
KS K 0029:2021은 총 92개의 스티치 종류를 세분화하였으나, CLO는 KS K 0029의 대응 국제 표준인 ISO 4915를 기준으로 의류 제작에 자주 사용되는 19종의 스티치를 중심으로 라이브러리를 구축하였다(Fig. 2). 구체적으로는 ISO의 여섯 등

급 중 101, 103, 301, 304, 401, 404, 406, 407, 408, 503, 504, 505, 512, 514, 515, 516, 602, 605, 607의 스티치를 제공하며, 그 외 추가로 Bartack, Buttonhole, Overlock, Pickstitches, Single, Zigzag 스티치를 선택할 수 있는 메뉴를 제공하여 다양한 스티치 표현이 가능하도록 하였다.

2. 스티치 등급별 디지털 표현성 비교 분석

1) 스티치 100등급

100등급은 루프를 형성한 실로 다음 루프를 연결하여 원단의 앞면과 뒷면의 각 위치에서 서로 다른 형태를 나타낸다. 이는 101(1올의 침사로 형성), 102(2올의 침사로 형성), 103(1올의 침사로



ISO_101_Single_Thread_Chainstitch
 ISO_103_Single_Thread_Bindstitch
 ISO_301_Lockstitch
 ISO_304_Zigzag_Lockstitch
 ISO_401_Chainstitch
 ISO_404_Zigzag_Chainstitch
 ISO_406_Two_Needle_Bottom_Coverstitch
 ISO_407_Three_Needle_Bottom_Coverstitch
 ISO_408_Two_Needle_Chainstitch_with_Cover_Thread
 ISO_503_Two_Thread_Overedge
 ISO_504_Three_Thread_Overedge
 ISO_505_Three_Thread_Overedge
 ISO_512_Mock_Safety_Stitch
 ISO_514_Two_Needle_Four_Thread_Overedge
 ISO_515_Four_Thread_Safety_Stitch
 ISO_516_Five_Thread_Safety_Stitch
 ISO_602_Two_Needle_Four_Thread_Coverstitch
 ISO_605_Three_Needle_Five_Thread_Coverstitch
 ISO_607_Four_Needle_Six_Thread_Coverstitch

<Fig. 2> Types of Stitches in CLO

형성), 104(1올의 침사로 형성), 105(1올의 침사로 형성), 107(1올의 침사로 형성, 101의 지그재그 구조), 108(1올의 침사로 형성)으로 세분화 된다. 이러한 스티치는 마지막 땀에서 시작 땀까지 거꾸로 쉽게 풀어낼 수 있어, 시침질과 같은 일시적인 바느질에 적합하다. CLO는 101과 103을 제공하고 있다. 101은 단사 환봉으로 시침질 고정용으로 널리 사용되며, 103은 공그르기 스티치로 원단의 밑단 처리에 주로 활용된다. 103은 두 겹의 겹침 분량 중 위쪽 원단은 완전히 통과하고 아래쪽 원단은 천의 일부분만 소량 떠서 반대편에서 보이지 않도록 하는 스티치 유형이다.

CLO에서 101은 <ISO_101_Single_Thread_Chainstitch>로 표기되고 있으며, 103은 <ISO_103_Single_Thread_Bindstitch>로 명시되어 있지만, 103은 Blindstitch를 뜻하므로 CLO의 표기명에 수정이 필요하다. <Table 3>은 101과 103 스티치의 입체적 도식화(KS K 0029:2021), ISO 규격에 따른 앞면과 뒷면의 단면 도식화(Beard, 2019), 실제 스티치 사진(AMANN Group, 2015), CLO에서 제공한 스티치 미리보기 이미지, CLO에서 적용한 탑스티치 외관을 비교한 표로 구성되어 있다. 입체 도식화에서 1은 침사를 나타내며, 스티

치는 오른쪽에서 왼쪽으로 진행된다. 101 스티치 설명 그림 중 KS K 0029:2021에서 제시된 방향과 Beard(2019)에서 설명된 그림의 뒷면 형태가 상이함을 확인할 수 있으며, ISO의 그림 설명은 왼쪽에서 오른쪽으로 진행되고 있음을 알 수 있다. CLO에서 제작한 101 스티치의 구조적 특징이 효과적으로 재현되고 있음을 알 수 있다. 103 스티치는 밑단 공그르기로 봉제한 의류 제품의 한쪽 면에서만 스티치가 보이는 특징을 지니며, 반대쪽 면에서는 스티치가 나타나지 않는다. ISO의 설명 그림, 실제 스티치, CLO에서 사용한 디지털 스티치는 스티치의 진행 방향이 왼쪽에서 오른쪽으로 향할 때의 외관을 나타내며, KS K 0029(2021)와 CLO의 스티치 미리보기 이미지는 오른쪽에서 왼쪽으로 진행되는 스티치를 표현하고 있다. <Fig. 3>에서 볼 수 있듯이, 103 스티치를 원단의 외관에 적용할 경우, 디지털 스티치는 왼쪽에서 오른쪽으로 진행되는 스티치의 외관으로 설정되었다. 103 스티치는 주로 섬세한 원단의 밑단을 접거나 눈에 띄는 스티치를 피하고자 할 때 유용하게 사용되며, 103 공그르기는 재봉틀 기계에 올려진 원단의 한쪽 면에만 적용된다. 일반적으로 원단 끝을 접어 올려 의상의 안쪽에서 작업하

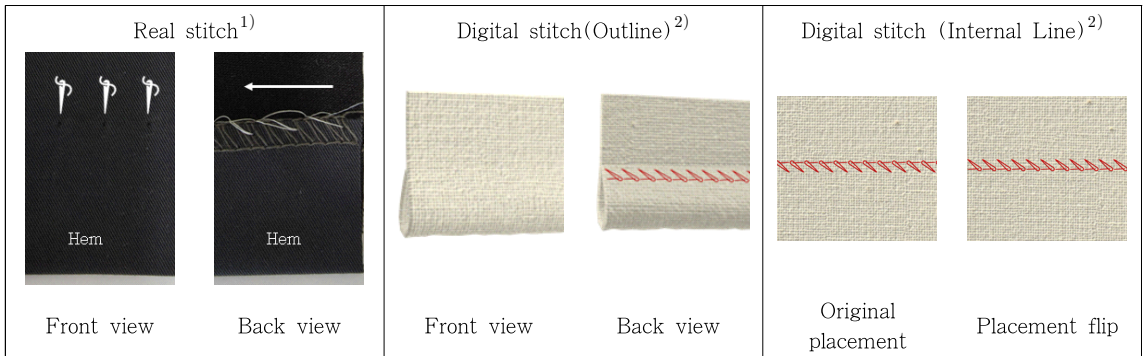
<Table 3> 100 Class Stitch Appearance Shape Comparison

Type	Shape ¹⁾	Sketch ²⁾ front/back	Real stitch ³⁾ front/back	Sketch in CLO ⁴⁾ front/back	Digital stitch ⁵⁾ front/back
101					
103					
		-		-	-

Shape¹⁾: Images from KS K 0029(2021), Sketch²⁾: Images from Beard(2019)

Real Stitch³⁾: Images from AMANN Group(2015), Sketch in CLO⁴⁾: Images from CLO

Digital Stitch⁵⁾: Images generated by the author in CLO



¹⁾ Real stitch images taken by the author

²⁾ Images generated by the author using CLO

〈Fig. 3〉 Comparing the Real and Digital Appearance of 103 Stitch

지만, CLO에서는 스티치의 진행 방향을 조정할 수 있는 옵션이 없어 실제 적용할 103 스티치의 방향 조절에 제한이 있었다. CLO에서는 스티치가 보이는 면의 방향을 겉면, 속면, 양면 중에서 선택할 수 있으나, 내부선에서 103 스티치를 설정할 경우에는 스티치의 진행 방향을 수동으로 조정할 수 있는 옵션이 있어 봉제 상황에 따른 자유로운 선택이 가능하였다. 따라서 103 스티치는 원단의 솔기 끝에 적용하는 103 스티치의 방향 옵션을 추가함으로써 정확한 방향으로 103 스티치를 구현할 수 있을 것으로 기대된다.

2) 스티치 200등급

200등급의 스티치는 손으로 바느질한 핸드 스티치의 형태를 표현하기 위한 스티치이다. 200등급의 스티치는 내구성 측면에서 낮은 내구성과 작업 시간의 효율성이 떨어져 기성복에서는 그 활용도가 낮다(Lee & Steen, 2012). 이러한 스티치는 디자인적인 효과를 강조하는 데 주로 사용되며, 202(back stitch), 204(catch stitch), 205(running stitch) 등이 포함된다. 현재 CLO의 라이브러리에서는 해당 스티치 등급이 제공되지 않지만, 원하는 스티치를 CLO에서 제작하여 등록함으로써 사용할 수 있는 방법이 있다. 그러나 이러한 과정은

CLO 툴에 능숙한 사용자에게만 가능하므로 200등급의 핸드 스티치 표현에는 일정한 제한이 있을 수 있다.

3) 스티치 300등급

300등급 스티치는 안정감이 있어 우븐 직물에서 주로 사용되는 스티치로, 두 가닥 이상의 서로 다른 실로 구성된 형태이다. 본 스티치는 천의 위쪽에선 침사를, 아래쪽에선 복실을 삼입하여 교차시키는 방식으로, 기성복에서 가장 흔하게 사용되는 301 스티치가 대표적이다. 이는 본봉(lockstitch)을 의미하며, 풀릴 위험이 적고 양면에서 동일한 형태를 띠는 특성을 지닌다. 봉제된 원단의 중간 부분에서 재봉사가 교차되어 형성되며, 301 스티치는 원단의 양면에서 보이는 스티치의 모양이 동일하여 윗면과 아랫면을 교환하여 사용할 수 있는 특성을 지닌다(Table 4).

300등급은 KS K 0029:2021에서 약 30종의 스티치에 대한 내용을 제공하나, 의류 제작에서 많이 사용되는 301과 304에 대해서만 CLO에서 스티치를 제공하고 있다. 301과 304의 구조적 형태 표현성은 비교적 유사하였으나, 실의 속성 설정에 한계가 있었다. CLO에서 구현한 301은 기본 설정 값으로 양면 노출이 가능하도록 설정되어 있으나,

<Table 4> 300 Class Stitch Appearance Shape Comparison

Type	Shape ¹⁾	Sketch ²⁾ front/back	Real stitch ³⁾ front/back	Sketch in CLO ⁴⁾ front/back	Digital stitch ⁵⁾ front/back
301					
304					

Shape¹⁾: Images from KS K 0029(2021), Sketch²⁾: Images from Beard(2019)

Real Stitch³⁾: Images from AMANN Group(2015), Sketch in CLO⁴⁾: Images from CLO

Digital Stitch⁵⁾: Images generated by the author in CLO

윗실과 밑실의 구분이 없어 색상의 다양성 표현에 문제가 있다. 304는 301의 변형으로 신축성이 있어 속옷, 스포츠 웨어, 유아복, 단춧구멍, 바택 작업 등에서 사용된다. 304는 기본 설정값에서 원단의 결면에만 스티치가 표현되도록 설정되어 있으며, <구성>의 <면의 방향>을 양면으로 변경해야 원단 앞뒤 양측에 스티치가 표현될 수 있다. 301과 마찬가지로 304도 실의 색상을 동일한 색상으로만 표현할 수 있는 한계가 있으며, 색상 변경 옵션을 추가함으로써 실 속성의 다양성을 확장할 수 있을 것이다. 304는 실이 상하로 이동하면서 봉제되는 형태적 특성을 가짐에 따라, CLO에서 설정한 위치값은 1.6mm로 반영되어 있다. 304의 간격 값을 1.5mm로 변경할 경우, 스티치의 외관이 손상되지 않으면서 솔기의 가장자리에 정밀하게 적용될 수 있었다. 이는 304의 스티치 너비값이 3mm로 설정되었기 때문이며, 304의 너비 사이즈를 조정할 경우, 간격 값도 함께 수정해야 지그재그 스티치가 잘리지 않고 명확하게 표현된다. 반면, 원단 내부에 스티치를 적용할 때 304 스티치가 적용될 위치를 내부선으로 미리 설정하였다면, 간격 값은 0으로 조정해야 정확한 위치에 표현될 수 있다.

4) 스티치 400등급

400 등급의 스티치는 침사와 루퍼사 간의 연결에 의해 형성된 체인 스티치로서, 가장 안정적인 특성을 지니고 있다. 이 스티치는 침사로 형성된 루프가 천을 빠져 나가 원단의 아래쪽에서 다른 루퍼사와 서로 연결되어 생성된다. 원단의 앞면과 뒷면은 각기 다른 형태로 구성된 스티치이다. 본 등급의 스티치는 뛰어난 신축성을 지니고 있어, 신축성이 요구되는 교차 솔기, 밑위 솔기, 니트 직물에서의 솔기, 및 옆 솔기와 같은 편평한 솔기에 주로 활용된다. 루프의 형태는 본봉에 비해 상대적으로 복잡하여, 더 많은 실이 사용되며, 원단의 뒷면에서 교차되는 실의 양이 많아 뒤쪽 스티치 표현이 복잡하다<Table 5>. 이 등급에서 일반적으로 사용되는 스티치 유형으로는 401, 406, 407이 있으며, CLO는 401, 404, 406, 407, 408의 스티치를 제공한다. 401 스티치는 101 체인 스티치보다 내구성이 우수하여 테넨 원단의 바지 밑단 등에 사용되며, 406과 407은 미가공 원단의 마무리 작업에 유용하게 활용된다. 특히, 406 스티치는 2올의 침사와 1올의 루퍼사가 아래쪽에서 교차된 상태로 절단된 원단의 안쪽 가장자리를 팽팽하게 당

겨 깔끔하게 정리하는 스티치로, 티셔츠와 같은 니트 직물의 밑단 및 벨트 고리를 편평하게 처리할 때 자주 사용된다.

401과 404는 두 개의 실로 구성되어 있으며, CLO에서는 앞면과 뒷면에 표현되는 스티치 실의 속성을 변경할 수 있도록 설계되었다. 406은 겉면에서 2올의 침사와 뒷면에서 1올의 루퍼사로 구성되며, 407은 겉면에서 3올의 침사와 뒷면에서 1올의 루퍼사로 이루어진다. 408은 겉면에서 2올의 침사와 1올의 장식사, 뒷면에서는 2올의 루퍼사로

구성된다. 그러나 CLO에서 406, 407, 408의 스티치 색상은 앞면과 뒷면의 전체 색상만 조정할 수 있도록 되어 있어 다양한 실 속성 적용에 한계가 존재한다. CLO는 탐스티치 종류를 최대 5가지까지 설정할 수 있도록 하였으며, 일반적으로 앞면 실의 속성을 1에, 뒷면의 실의 속성을 2에서 조절할 수 있도록 하였다. 그러나 408과 같이 일부 스티치는 한 면에 형성되는 실의 개수가 2개 이상인 경우가 있어, 앞면과 뒷면에 적용된 각 실의 속성을 변경할 수 있도록 프로그램 개선이 필요하다.

<Table 5> 400 Class Stitch Appearance Shape Comparison

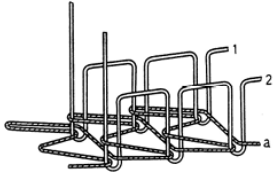
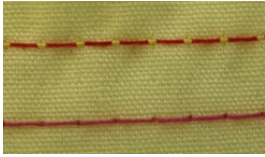
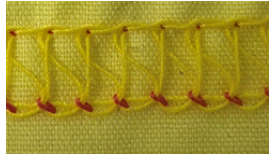
Type	Shape ¹⁾	Sketch ²⁾ front/back	Real stitch ³⁾ front/back	Sketch in CLO ⁴⁾ front/back	Digital stitch ⁵⁾ front/back
401					
404			-		
			-		
406					
407					
408			-		
			-		

Shape¹⁾: Images from KS K 0029(2021), Sketch²⁾: Images from Beard(2019)

Real Stitch³⁾: Images from AMANN Group(2015), Sketch in CLO⁴⁾: Images from CLO

Digital Stitch⁵⁾: Images generated by the author in CLO

<Table 6> The Real Stitches of 406

	KS K 0029	Real stitch front	Real stitch back
406			

Real stitch images taken by the author

<Table 6>은 406의 실제 스티치가 적용된 사진을 제시하며, <Table 5>에서 제작된 406 디지털 스티치와 비교할 때, 뒷면에서 나타나는 스티치 형태의 차이를 확인할 수 있다. CLO에서 생성된 디지털 스티치의 뒷면 형태는 CLO의 스티치 미리보기에서 제시된 방향과 일치해야 한다. 즉, 406과 407은 실제 적용된 디지털 스티치의 뒷면 형태를 수정함으로써 보다 정확한 스티치 재현을 가능하게 할 것으로 기대된다.

5) 스티치 500등급

500등급의 스티치는 우수한 신축성을 지닌 오버엣지(overedge) 스티치로, 일반적으로 오버록 스티치라고 알려진 주변감침봉이다. 이 스티치는 서저(serger)라는 특수 재봉틀에서 제작되며, 기계의 성능에 따라 2~5가지 실을 동시에 사용하여 구성된다<Table 7>. 루프는 원단을 통과하여 그 뒤쪽에 위치한 다른 실 또는 자사와 서로 연결되어 최소 하나 이상의 봉사체계가 원단의 가장자리를 감싸는 구조를 형성한다. 이러한 유형의 스티치는 직물이나 니트 소재의 가장자리를 자른 후, 울이 풀리는 것을 방지하고 가장자리를 깔끔하게 정리하는 데 효과적으로 활용된다.

503과 504는 외관상 유사한 형태를 지니고 있으나, 스티치를 구성하는 실의 개수에는 차이가 있다. 503 스티치는 1올의 침사와 1올의 루퍼사로 이루어져 있으며, 원단의 솔기 끝부분에서 인터루

핑(interlooping)하여 작은 매듭을 만들면서 형성한다. CLO는 원단의 앞면과 뒷면의 속성을 다르게 적용할 수 있도록 설계되어 있어, 2올 실의 규격을 자유롭게 변경할 수 있게 하고 있다. 그러나 503 스티치의 구조적인 특성을 분석해보면, 앞면에 실 1과 a의 실이 연결되어 적용되는 것을 확인할 수 있다. 따라서 CLO의 503 스티치는 앞면에 표현된 형태를 분리하여 실의 속성을 두 가지로 세분화해야 하며, 뒷면에서 적용된 실의 속성은 앞면에 설정된 1과 함께 수정할 수 있도록 스티치의 구조를 분리함으로써, 503 스티치의 재현성을 향상시킬 수 있을 것이다.

504는 3개의 바늘로 구성되어 1올의 침사와 2올의 루퍼사로 형성된다. 그러나 503과 504의 앞면 외관은 유사하나 뒷면의 형태는 상이하다. 505는 1올의 침사와 2올의 루퍼사로 제작되며, 503의 앞면과 뒷면에서 보이는 외관 형태는 동일한 반면, 505는 총 3올로 구성되는 스티치이다. 504와 505는 3올로 구성되지만, CLO에서는 앞면과 뒷면으로만 구분되어 각 실들의 규격에 대한 변경에 한계가 있었다. 504의 겉면에서는 실 속성을 2종류로 세분화하여 설정할 필요가 있다. 또한, 505는 503과 동일하게 개선되어야만 실의 속성을 정확히 반영할 수 있음을 알 수 있다.

512는 2올의 침사와 2올의 루퍼사로 형성되어 원단의 겉면에서 3종류의 실이 관찰되며, 뒷면에서는 1올이 주로 구성되어 있어 매듭으로 인해 침

사 2올과 루퍼사 1올이 조금씩 보이는 구조다. CLO의 512는 실을 세 가지 유형으로 나누었지만,

오른쪽 침사와 루퍼사의 실을 동일하게 설정하도록 되어 있어 추가적인 세분화가 요구된다. 514는

<Table 7> 500 Class Stitch Appearance Shape Comparison

Type	Shape ¹⁾	Sketch ²⁾ front/back	Real stitch ³⁾ front/back	Sketch in CLO ⁴⁾ front/back	Digital stitch ⁵⁾ front/back
503					
504					
505					
512					
514					
515	-		-		
			-		
516	-		-		
			-		

Shape¹⁾: Images from KS K 0029(2021), Sketch²⁾: Images from Beard(2019)

Real Stitch³⁾: Images from AMANN Group(2015), Sketch in CLO⁴⁾: Images from CLO

Digital Stitch⁵⁾: Images generated by the author in CLO

2올의 침사와 2올의 루퍼사로 제작되며, 512는 오른쪽 바늘만 루퍼사와 통과한 형태인 반면, 514는 왼쪽 바늘까지 루퍼사 a가 통과되어 두꺼운 원단에 적합하며 원단의 해짐을 방지하는 데 이상적이고 내구성이 뛰어나 데님의 다리 솔기 등을 포함한 다양한 위치에 자주 사용된다. 514는 총 4개의 올로 구성되어 있으며, CLO에서는 앞면과 뒷면 전체의 실 색상 및 규격을 변경할 수 있도록 설계되어 있다. 따라서 앞면에는 3종류의 실을, 뒷면에는 1종류의 실을 설정할 수 있는 메뉴로 개선할 필요성이 있다.

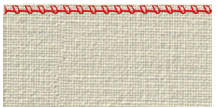

515는 단일 체인 스티치인 401과 2올의 오버엣지 스티치인 503을 함께 적용하는 스티치이며, 516은 401과 3올의 오버엣지 스티치인 504가 결합된 스티치이다. 515와 516은 CLO에서 총 4개로 적용할 수 있도록 세부 속성 메뉴를 세분화하였으나, 앞면 3종과 뒷면 2종으로 총 5종의 실 속성 메뉴가 제공되어야 할 필요성이 있다.

500등급의 스티치는 각 스티치의 구조적 특징을 유사하게 반영하여 디지털 스티치로 표현되고 있다. 그러나 뒷면에서 보이는 루프의 기울기가 실제와 일부 차이를 보이므로, 이에 대한 수정이 이루어진다면 디지털 스티치의 재현성 및 정확성 향상에 기여할 것으로 기대된다. 또한, 515와 516의 CLO 스티치 미리보기 이미지에는 오류가 존

재하므로 이에 대한 수정이 필요하다.

500등급의 스티치 적용 시 고려해야 할 요소 중 하나는 〈간격〉 메뉴이다. 500 등급의 스티치는 원단의 솔기 끝에 위치하지만 CLO에서는 간격값을 0으로 설정할 경우, 스티치가 부분적으로 잘리는 문제가 발생하였다<Table 8>. 이를 보완하기 위해서는 스티치선이 원단 안쪽에 배치하도록 간격값을 실제 값과 조금 다르게 설정해야 스티치의 절단을 방지할 수 있다. <Table 8>에서 확인할 수 있듯이, CLO는 각 스티치에 대해 설정된 기본 너비값을 기준으로 대략 1.6mm 떨어진 위치에 스티치가 설정되도록 간격값을 적용하였다. 514를 제외한 나머지 스티치는 1.4mm 정도로 수정될 때 스티치선이 잘리지 않으면서 가장 가까운 위치에 설정될 수 있었으며, 514 유형은 약 1.9mm 정도의 간격을 두고 설정될 때 실들이 잘리지 않게 표현되었다. 이 값은 500등급의 스티치 너비값의 약 1/2에 해당하며, 스티치의 너비값에 따라 간격값을 조정해야 디지털 스티치의 외관이 잘리지 않음을 확인할 수 있었다. 500등급의 스티치 기준 위치를 스티치의 한쪽 끝으로 변경할 경우, 사용자 편의성을 향상시키고 혼란을 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

<Table 8> Offset Values for Proper Stitch Settings at 500 Class

View	503 with offset value set to 0	Stitch types	Offset	
			CLO	Suggested value
Front		503	1.6mm	1.4mm
		504	1.6mm	1.4mm
		505	1.6mm	1.4mm
		512	1.6mm	1.4mm
Back		514	1.6mm	1.9mm
		515	1.6mm	1.4mm
		516	1.6mm	1.4mm

Images generated by the author using CLO

6) 스티치 600등급

600등급의 스티치는 일반적으로 3올 이상의 봉사로 구성되며, 장식사는 원단의 앞면에서 가장 바깥쪽 표면에 위치하여 윗부분을 덮는 실로 내구성을 강화시켜 400 등급의 커버 스티치보다 고급 기법이다. 루퍼사는 솔기 뒤쪽에서 봉사를 순서대로 교차시키며 교차된 봉사는 해당 위치에서 장식사를 고정한다. 이 스티치는 주로 신축성이 뛰어난 솔기에 사용되며, 니트 직물로 구성된 편평한 표현을 위한 스티치로 널리 활용된다. 특히, 니트, 레이스, 란제리와 같은 분야에서 흔히 발견되는 스티치 유형이다. 600등급의 스티치는 침사, 루퍼사, 장식사의 세 가지 실 그룹을 이용하여 제작되며, 2~4 올의 침사가 원단의 아래쪽에 위치한 루퍼사와 원단의 위쪽에 있는 장식사를 교차하면서 형성되는 구조이다. 602 스티치는 2올의 침사, 1올

의 루퍼사, 1올의 장식사를 사용하여 총 4올로 구성되며, 605 스티치는 3올의 침사, 1올의 루퍼사, 1올의 장식사를 사용하여 총 5올로 형성된다. 607 스티치는 4올의 침사, 1올의 루퍼사, 1올의 장식사로 구성되며, 총 6올의 실로 이루어져 평솔기로 활동복에 자주 사용된다. 이 등급의 스티치는 기능성과 동시에 장식성을 지닌 스티치 유형으로, 스포츠 의류 제작 시 다양한 컬러의 실 조합을 통해 장식 효과를 부여할 수 있다. 그러나 CLO의 600등급 스티치의 실 속성은 앞면과 뒷면으로만 변경할 수 있어, 스포츠 의류 봉제 시 다양한 컬러를 적용하는 데에는 한계가 있었다<Table 9>.

602, 605, 607의 앞면 스티치 외관은 실제와 매우 유사하게 표현되었으나, 뒷면에서 나타나는 스티치 형태는 실제의 경우와 다르게 적용되었다<Table 9>. 이에 따라 CLO의 600등급의 스티치

<Table 9> 600 Class Stitch Appearance Shape Comparison

Type	Shape ¹⁾	Sketch ²⁾ front/back	Real stitch ³⁾ front/back	Sketch in CLO ⁴⁾ front/back	Digital stitch ⁵⁾ front/back
602					
605					
607					

Shape¹⁾: Images from KS K 0029(2021), Sketch²⁾: Images from Beard(2019)

Real Stitch³⁾: Images from AMANN Group(2015), Sketch in CLO⁴⁾: Images from CLO

Digital Stitch⁵⁾: Images generated by the author in CLO

뒷면에 적용될 스티치 구조의 조정이 필요할 것으로 판단된다.

500 등급과 마찬가지로 600등급 스티치 형태를 정확히 표현하기 위해 CLO는 실제 적용 위치와 다르게 <Table 10>과 같이 솔기 끝에서 약 1.6mm와 3.2mm의 간격을 두도록 설정하였다. CLO에서 적용한 602의 스티치는 약 1mm 간격을 두었을 때 솔기와 가장 밀접하게 표현되었으며, 605는 1.9mm 위치에서 적용했을 때 스티치 외관이 뚜렷하게 나타났다. 607은 2.9mm 위치에 설정하였을 때 5올의 모든 실이 손실되지 않고 잘 표현되었다. 그러나 600등급의 스티치는 원단이 연결된 위치에서 적용되는 <재봉선 탐스티치> 메뉴를 활용하여 이루어지는 경우가 있으므로, 이 경우에는 간격 값이 적용되지 않고, 재봉선을 기준으로 좌우 절반씩 스티치 형태가 표현된다.

<Table 10> Offset Values for Proper Stitch Settings at 600 Class





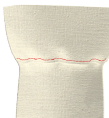
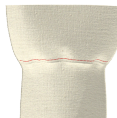
Stitch types	Offset	
	CLO	Suggested value
602	1.6mm	1mm
605	1.6mm	1.9mm
607	3.2mm	2.9mm

3. 의복 디테일의 구조적 특성에 따른 디지털 스티치의 표현성

의류 상품은 여러 겹의 원단을 봉제하여 입체적인 의상을 제작하는 방식으로 구성된다. 이 과정에서 합봉은 동일한 길이의 봉제 또는 서로 다른 길이의 재봉을 통해 의상의 입체감을 생성할 수 있다. 셔링과 개더와 같이 길이 차이가 있는 부위에 대한 스티치 적용 결과 분석에서 <Table 11>과 같은 문제가 발생하였다. 실제 원단에서는 원단의 수축 또는 신장 과정에서 봉제된 실 주변에서 퍼커링(puckering) 현상이 나타나지만, 실의 외관까지 울퉁불퉁하게 표현되는 경우는 드물다.

퍼커링은 봉제선 주변에서 기계적 요인, 바늘과 실, 원단의 밀도, 그리고 솔기의 구성 및 위치와 같은 여러 요소에 의해 발생한다. 이는 CLO의 <Puckering> 메뉴를 통해 적용할 수 있다. <Table 11>에서는 서로 다른 길이의 원단을 늘리거나 줄여 봉제한 경우와 원단 내에서 길이를 줄여주는 디테일을 비교였다. 이 분석 결과, OBJ로 표현된 스티치의 재현성이 저조하게 나타났다. CLO는 입체적인 스티치 표현을 위해 OBJ를 기본값으로 설정하고 있으나, 원단의 길이를 변경하는 봉제 위치에서는 스티치를 [텍스처]로 적용하여 스티치의 디지털 표현 문제를 최소화할 수 있을 것이다.

<Table 11> Stitch Expression according to Detail

	OBJ stitch	Texture stitch
Shrink1		
Shrink2		
Stretch		

Images generated by the author using CLO

V. 결론

본 연구는 패션산업의 의류 생산 환경 변화에 따라 도입되고 있는 3차원 가상착의 소프트웨어의 디지털 스티치 재현성을 분석하며, 디지털 스티치의 정확한 표현을 위한 문제점을 제시하고 개선 방향을 도출하고자 하였다. 이를 위해 국제 표준인 ISO 4915에 상응하는 KS K0029:2021을 기준으로 CLO에서 제공하는 19종의 스티치 외관 표

현상과 실 속성 설정에 대한 비교 분석이 진행되었다. CLO에서 표현된 디지털 스티치의 표현성을 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 100등급의 스티치인 101과 103 스티치의 형태적 유사성을 나타내었다. 내부선에 103 스티치를 설정할 경우, 진행 방향을 변형할 수 있는 <반대> 메뉴가 존재하지만, 원단의 솔기 끝에 적용된 103 스티치는 단일 방향으로만 설정되어 뒷면의 스티치 방향이 반전되어 표현될 위험이 있었다.

둘째, 300등급의 301과 304 스티치는 앞면과 뒷면이 동일한 형태로 매우 유사하게 표현되었으나, 실의 속성 변경이 윗실과 밑실에 개별적으로 적용되지 않는 제약이 있었다. 304 스티치를 적용할 경우, 설정 기준 간격이 원단의 외부선과 내부선에 따라 달라져 사용자에게 혼란을 초래할 수 있었다.

셋째, 대부분의 400등급 스티치의 형태적 재현성은 실제와 유사하게 구현되었으나, 406과 407의 뒷면 스티치 방향은 실제 적용된 것과 다르게 설정되어 있어, 이에 대한 보완이 필요할 것으로 판단된다. 401과 404는 2올로 제작되는 스티치로, 2올의 실에 대한 속성 변경이 자유롭게 가능하였으나, 406, 407, 408은 디지털 스티치의 실 속성값 조절을 위한 추가 메뉴가 필요하였다.

넷째, 500등급의 오버엣지 스티치는 앞면과 뒷면의 형태적 표현이 우수한 것으로 나타났으나, 복잡한 구조적 특징을 정확하게 표현하기 위해서는 스티치의 형상을 보다 세분화할 필요가 있었다. 503, 504, 505, 514의 스티치 실 속성은 앞면과 뒷면 전체에 적용되어 각 스티치의 구조적 특징에 따른 세분화가 요구되었다. 512는 총 4종의 실 속성 변경 메뉴가 필요하나, 3종으로 구성되어 있어 앞면 실 속성 변경에 제약이 발생하였다. 515와 516은 두 가지 유형의 스티치가 결합된 형태로, 구조적 특성을 반영하기 위해 앞면에 3종, 뒷면에 2종의 실 속성값 설정 메뉴가 추가되어야 한다. 또한 CLO의 미리보기 오류 수정이 필요하다. 500등급의 스티치는 원단의 솔기 끝에 적용되는 스티

치로서, CLO에서 솔기 끝 기준으로 간격을 <0mm>으로 설정할 경우 디지털 스티치의 1/2 이미지가 잘리는 현상이 발생한다. 따라서 각 스티치의 너비 사이즈의 1/2 값을 <간격>란에 반영해야 500등급의 스티치 외관이 정확하게 표현됨을 확인할 수 있었다.

다섯째, 3~9올로 구성된 600등급 스티치는 구조적인 특징 덕분에 솔기의 내구성을 향상시키며, 기능성뿐만 아니라 장식적인 목적에도 활용된다. 그러나 CLO의 600등급 스티치에 대한 실 속성 변경 메뉴는 앞면과 뒷면을 일괄적으로 수정할 수 있도록 제한되어 있어, 다양한 실을 활용한 장식적 효과 표현에 한계가 있을 수 있다. 또한 602, 605, 607의 뒷면 스티치 형태는 실제 스티치의 외관과 다른 방향으로 표현되어 수정이 필요할 것으로 판단된다.

여섯째, 동일한 길이의 봉제선 주변에서 스티치의 재현성은 우수하게 나타났으나, 당김과 수축이 발생하는 위치의 주변 스티치와 원단 내부의 셔링 위치에서는 스티치 오류 현상이 빈번히 발생하였다. 이에 따라 디지털 스티치 표현 종류를 <OBJ> 표현에서 <텍스처>로 변경함으로써 스티치 외관 문제를 최소화 할 수 있었다.

본 연구는 가상의류 제작을 활용한 의류 생산과 교육 영역의 확대에 따른 디지털 스티치 표현의 정확성을 분석하고 그 활용 가능성을 탐구한 연구이다. CLO 소프트웨어는 의류 제작 시 대다수의 스티치에 대한 디지털 표현이 가능하도록 기능을 갖추고 있다. 그러나 일부 스티치에서는 부정확한 스티치 방향 표현, 디테일에 따른 스티치 표현의 한계, 그리고 제한된 실 속성 변경으로 인해 디지털 스티치 표현에 제약점이 발생하여 개선이 요구된다. 정확한 스티치 표현을 기반으로 한 3차원 가상의류 제작은 가상의상의 재현성을 향상하는 데 기여할 뿐만 아니라, 스티치와 관련된 실무 교육에 유용한 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다. 이 연구는 조각 원단에 적용된 스티치의

디지털 표현 분석에 초점을 맞추고 있으며, 실제 의류 제작 과정에서의 스티치와 3차원 가상의류 제작에 적용된 스티치의 재현성 분석에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

References

- AMANN Group (2015). Stitch types & sewing thread requirement. AMANN Group, <https://www.amann.com/company/download-center/>
- AMERICAN & EFIRD (n.d.). *ISO 4915 stitch types (Stitch types matrix(English))*. Retrieved May 14, 2023, from <https://www.amefird.com>
- Beard, D. (2019). *The complete book of technical design for fashion and technical designers* [테크니컬 디자이너와 패션 디자이너를 위한 테크니컬 디자인]. (Nam, Y., Choim K., Kang, Y., Kim, D., Do, W., Park, S., ... Hong, S., Trans.). Gyomoonasa. (Original work published 2014)
- Choi, I., Bang, H., Jung, E., Ahn, H., Kim, W. (2007). *Fashion materials and sewing* [패션 소재와 봉제]. Gyomoonasa.
- Eberle, H., Hermeling, H., Hornberger, M., Menzer, D., & Ring, W. (2000). *Clothing science and fashion* [의류과학과 패션]. (Geum, K., Ryu, H., Choi, H., Trans.). Gyomoonasa. (Original work published 1999)
- Hong, E.-H. & Jeong, H.-Y. (2024). A Study on the digital expression techniques of folded details: by comparing the function utilization of CLO 3D virtual clothing production software. *Journal of the Korea Fashion & Costume Design Association*, 26(4), 27-42. <https://doi.org/10.30751/kfcda.2024.26.4.27>
- Kim, H. J. (2022). A study on fashion bag design using CLO 3D software program. *Journal of the Korean Society of Design Culture*, 28(4), 83-95. <http://dx.doi.org/10.18208/ksdc.2022.28.4.83>
- KS K 0029:2021 (2021). Stitch-types: Classification and terminology. Korean Standards Association(KSA). <https://www.kssn.net/search/stddetail.do?itemNo=K001010132911>
- Kwon, U.-J. & Jang, J.-A. (2023). Developing fitted torso patterns for men in their 20s utilizing virtual fitting: focused on the inverted triangle body type. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 47(1), 17-34. <https://doi.org/10.5850/JKSC.2023.47.1.17>
- Kwon, Y.-M. & Kim, S.-J. (2019). Research on the expression of pleats in digital fashion: using the digital fashion design software CLO. *Journal of Korean Traditional Costume*, 22(1), 69-85. <http://dx.doi.org/10.16885/jktrc.2019.03.22.1.69>
- Lee, J. & Steen, C. (2012). *Technical Sourcebook for Designers* [의류 디자이너를 위한 테크니컬 디자인 지침서]. Sigma press. (Lee, J., Cho, E., Trans.). (Original work published 2010)
- Lee, S., & Ha, H. J. (2019). A study on the usage of clothing stitches of cut and sewn knit garment fabrication. *Family and Environment Research*, 57(1), 91-107. <http://dx.doi.org/10.6115/fer.2019.007>
- Lee, S., & Park, J. (2023). A study on the improvement of fabric property for virtual sample using 3D virtual fashion CAD. *Journal of the Korean Society of Costume*, 73(1), 53-74. <https://doi.org/10.7233/jksc.2023.73.1.053>
- Park, G. A. (2022). The application of the 3D virtual clothing simulation for the development of women's tailored collar vest pattern. *Journal of the Korean Society of Costume*, 72(6), 104-123. <https://doi.org/10.7233/jksc.2022.72.6.104>
- Park, S. M. & Choi, Y. L. (2022). A study on the status of work and education of modelists. *The Korean Fashion and Textile Research Journal*, 24(2), 241-248. <https://doi.org/10.5805/SFTI.2022.24.2.241>
- Ryu, H. O. (2024). Study of evaluate 3D virtual versus actual fitting. *Journal of the Korea Fashion & Costume Design Association*, 26(2), 33-43. <https://doi.org/10.30751/kfcda.2024.26.2.33>
- Won, Y. & Lee, J. R. (2021). A Study on the comparison of fit similarity between the actual and virtual clothing according to the pants silhouette. *The Korean Fashion and Textile Research Journal*, 23(6), 826-835. <https://doi.org/10.30751/kfcda.2024.26.2.33>