

# 3면 프로젝션을 통한 고구려 벽화무덤의 가상체험 콘텐츠 제안에 관한 연구

## Researching Goguryo mural virtual reality experience content through 3 sides projection

김연희<sup>1</sup>, 김동조<sup>2\*</sup>

Yeun-Hee Kim<sup>1</sup>, Dong-Jo Kim<sup>2\*</sup>

### 요약

2019년 문화원형 복원에 대한 연구가 첨단 영상 기술을 기반으로 진행되고 있다. 특히 가상현실 기술은 실재감과 몰입감을 형성하게 하여 새로운 체험의 기회를 주고 있다. 본 연구에서는 고구려 고분 벽화의 아름답고 정교함을 가상현실 기술을 활용하여 사용자가 체험할 수 있는 콘텐츠 제안을 연구한다. 이를 위해 정밀한 고분 벽화의 묘사 및 역사적 가치와 의미를 되새기며 스토리 전개 방식을 기획하여 제안하고자 한다.

핵심어 : 고구려 고분, 가상현실, 콘텐츠 기획, 다중 프로젝터

### Abstract

In 2019, recovering cultural content to originality is in progress based on cutting edge media technology. Especially, VR technology provides new experience that forming of reality and immersion. In this research, it study contents suggestion that user can experience with conjugating VR technology to realize beauty and exquisiteness of Goguryo mural. For this purpose, I would like suggest story telling method that remembrance of detail of mural and historical value.

Keyword : Goguryo Mural, Virtual Reality, Contents Planning, Multi-Projector

1 Department Art & Museology, Kookmin University, Seoul, Korea [Professor]  
e-mail: tofree1@hanmail.net

2 Graduate School of Game Gachon University, Seongnam-Si, Gyeonggi-Do, Korea [Professor]  
e-mail: sojudj@gmail.com (Corresponding Author)

Received(July 16, 2019), Review Result(1st: July 30, 2019, 2nd: August 12, 2019), Accepted(September 09, 2019), Published(September 30, 2019)

## 1. 서론

가상현실 기술의 발전으로 활용분야가 확장되고 있으며, 박물관 전시형태의 관객체험 콘텐츠로 응용되고 있다. 가상현실 기술은 게임과 교육을 주축으로 발전하고 있어 제작된 콘텐츠 사례들을 통해 가상체험의 효과성이 검증되고 있다[1]. 박물관에서는 문화유산에 대한 이해와 교육과정을 위해 가상현실 기술을 활용한 콘텐츠를 제작하고 있으며 현재 시범적으로 국내 중앙박물관을 포함한 전국의 박물관들이 가상체험 콘텐츠를 관객에게 시연하고 있다[2]. 특히 고구려 고분벽화는 2004년 6월 유네스코 지정으로 세계문화유산에 등록되어 문화원형 발굴에 가치를 지니고 있다[3]. 고분 벽화는 회화의 제작 과정과 재료 제조술, 표현 기법 등 당시의 예술적 특징을 담아내고 있다. 문화적으로는 당시의 생활, 풍속, 종교, 사상 등을 내포하고 있으며 이는 현재 역사적 자료로서 가치가 매우 높다[4].

당시에는 무덤 속의 벽화를 그리는 여러 가지 방법들이 시도된다. 벽이나 천장 면에 직접 그리거나 회칠을 선행하는 방법이 있다. 회가 마르기 전에 그 위에 그림을 그리기도 하고 회가 마른 후 그 위에 그림을 그리는 것도 있다[5]. 안료를 짝어 눌러 그린 벽화는 선명도가 높고 회를 바르고 그림을 그리는 벽화는 그림의 선명도가 낮은 편이다. 벽화는 습기에 의해 안료가 탈색되는 경향이 있어 발굴된 고분 벽화의 보존에 어려움이 발생한다[6]. 물론 회가 마르기 전에 그림을 그리는 벽화는 훼손이 상대적으로 덜하고 색감이 유지가 잘 되는 편이기도 하다. 이러한 방식으로 그려진 고분 벽화는 현재 과학적인 고증분석을 통해 복구에 대한 연구가 진행 중이며 영상 기술이 활용되고 있다[7]. 고구려 고분 벽화는 석면 위에 직접 그림을 그리는 벽화로 일부의 경우에는 현재까지도 생생하게 보존되어 있기도 하다[8]. 고분 벽화는 장의 미술로서 무덤 내부의 색채가 화려하면서도 차분한 분위기를 연출한다[9]. 고구려 고분 벽화는 시대적, 문화적 배경에 대한 충분한 이해와 색감, 형태 등의 외형에 대한 표현이 중요하다. 본 논문은 관객이 고구려 벽화무덤의 가상 체험으로 실제 고분벽화를 사실적인 모습으로 보여주는 것을 넘어 고구려 시대의 문화적 배경에 대한 이해를 위해 스토리를 전개하는 방식으로 콘텐츠를 기획 및 제안하고자 한다.

## 2. 고구려 벽화무덤의 역사적 가치와 의의

고구려 고분 벽화는 제작 과정과 기법의 변화에 대한 전개를 살펴보면 세 시기로 나눌 수 있다. 제 1기는 3세기 말에서 5세기 초에 해당하는 되며, 고분에 생활 풍속을 주로 그렸다. 외방무덤은 일반적으로 사신이 그려진다. 무덤의 구조는 무덤 주인의 생전 저택 구조를 재현하고 벽화의 내용은 상징적 표현들이 그려지는 것이 대부분이다. 특히 생전 저택과 같이 모서리와 벽상부에 붉은색 안료로 목조 가옥의 골조를 그려낸다[10]. 제 1기 고분 벽화는 주제가 생활 풍속인 경우와 사신인

경우가 나누어진다[11][12].

생활 풍속은 무덤 주인이 생전의 생활 중에 풍요롭고 기념비적인 내용들을 벽화로 그려 내세워서도 유사한 생활의 재현을 기원한다. 생활 풍속을 주제로 한 고분 벽화를 살펴보면, 무덤 주인이 시종들의 시중을 받거나 대행렬을 걷는 장면, 사냥하는 장면, 연회를 즐기는 장면등이 그려진다[13]. 그리고 벽화 속의 인물들은 신분에 따라 그려지는 사람의 크기, 의복의 종류와 색채가 달라진다[14]. 대표적으로 발굴된 고분인 안악3호분과 덕흥리벽화고분을 보면 알 수 있다. 안악3호분은 황해남도 안악군 오국리에 위치해 있으며 고국원왕으로 표기된다[15]. 고구려에 해당하는 왕릉 중에서도 규모와 벽화의 내용이 풍부하여 당시의 시대상을 가장 잘 표현해주고 있다고 한다[16]. 벽화에 나오는 인물들마다 직명이나 상황에 대한 설명도 잘 작성되어 있다. 왕을 포함하여 250명 이상의 신하와 관리, 여인들이 즐비해 있고 고구려 고분벽화 중 최대인 대행렬도를 보면 거대한 행차를 진행하는 인물들이 잘 표현되어 있다[1].

덕흥리 벽화고분은 평안남도 남포시 강서 구역 덕흥동 무학산 옥녀봉 남단 구릉에 위치해 있다[17]. 408년에 만들어진 고분은 장군직과 유주자사를 지낸 ‘진’이라는 인물의 것으로 두 칸으로 되어 있다. 묘지명과 벽화의 장면마다 상황에 대한 설명이 자세하게 작성되어 있어 학술적 가치가 높다[18].

제 1기에 해당되는 고분으로서 대중적으로 잘 알려진 각저총과 무용총이 있다. 각저총은 씨름을 하고 있는 중앙아시아계 인물이 등장하는 것으로 잘 알려진 고분이다[19].

그리고 무용총은 무덤 주인 배웅하면서 노래하고 춤을 추는 14명의 가무도와 파상선 무늬로 단순화된 산악의 장면에 해당하는 벽화와 역동적인 사냥 장면의 벽화로 잘 알려진 고분이다[19].

무용총은 제1기에 해당되지만 집안 지역 벽화 고분 가운데 벽화에 사신이 처음으로 표현된 고분이다. 이 시기에 집안 고분 벽화의 인물들은 고구려 특유의 점무늬 옷을 입은 모습으로 그려져 있어, 평양 지역 고분 벽화 인물의 복장과 대조적이다[20].

제 2기는 5세기 중엽에서 6세기 초에 해당되며 외방 혹은 두방무덤에 생활 풍속과 사신이 함께 그려진다. 생활 풍속과 사신이 함께 그려지는 초기에는 사신이 무덤 천장부의 별자리가 그려진 부분에 등장한다. 이후 벽면의 상단과 하단으로 구분되어 사신과 생활 풍속 장면이 묘사되다가 시간이 흐를수록 전체 벽면에 사신으로 벽화가 그려지게 된다. 반면에 생활 풍속은 벽화에서 사신의 비중이 높아질수록 점차적으로 사라지게 된다. 그리고 사신 주제를 위주로 한 고분은 생활 풍속 벽화가 잠시 그려졌다가 사라지게 된다. 고구려 고분 벽화에서 사신의 형태는 초기에 다양한 동물들이 합성되었다가 이후에는 신비로운 상상의 동물 형태가 사실적으로 그려지게 된다. 이외에도 고구려에서 5세기에 불교의 부흥과 함께 연꽃무늬가 많이 등장하게 되어 무덤 주인의 극락왕생의 염원을 기원하고 있다[5].

제 3기는 6세기 중엽에서 7세기 전반에 해당하며 외방무덤에 사신 그림이 주로 그려진다. 이 시

기의 대표적인 고구려 고분은 진파리4호분, 오회분 4호묘, 강서대묘, 강서중묘가 있다. 이러한 고분들은 구릉 기슭에 남향으로 축조되었으며 산을 등지고 들이 내다보이는 곳에 위치하고 있다[19]. 이 시기의 고분 벽화는 사신이 벽면 전체를 차지하고 있으며 별자리가 형상화되어 무덤 주인의 사후 세계를 지켜 주는 우주적 수호신의 역할을 하고 있다[20].

### 3. 고구려 고분벽화 가상체험 콘텐츠 제안

고분 벽화의 등장인물과 사신들이 살아 움직이는 10분 내외의 가상체험 콘텐츠이며, 입체화된 영상을 기반으로 스토리가 전개된다. 고분벽화의 시대별 변화와 무덤구조의 재현을 통한 이해를 위해 3면 프로젝션 맵핑 콘텐츠로 제작하기 위한 기획이다.

#### 3.1. 콘텐츠 기획의도

고분벽화의 생활풍속도를 통해 고구려인들이 살았던 삶을 보여주고, 고구려 시대의 내세의 삶과 관련된 사신도를 등장시켜 고구려 시대의 문화적 가치를 보여준다.

#### 3.2. 시나리오 컨셉 요약

사방신의 수호를 받으며 내세의 삶을 이어가는 귀족이 등장하고 이들이 지내온 현세와 죽은 이후 내세에 대한 소망과 꿈을 고분벽화를 통해 표현한다. 죽은 자들을 위한 공간은 살아 움직이는 벽화와 함께 사신의 보호 속에서 새로운 우주 공간으로 지금도 지켜지고 있다는 것을 보여준다.

#### 3.3 스토리 내용 전개

스토리 내용 전개 방식은 기승전결로 각 주제를 설정하여 내용이 구성된다. [그림 1]은 각 파트별로 주제가 설정된 것을 볼 수 있다.



[그림 1] 스토리 라인

[Fig. 1] Story line

기는 관객이 고구려 고분벽화를 처음 진입하는 장면으로 실제 고분 벽화에서 느껴지는 웅장함과 신비로움을 강조하기 위한 내용이 구성된다. 승은 고분 벽화 중 고구려의 당시 시대상 문화를

알 수 있는 생활 풍속도에 해당하는 부분으로 자연스러운 애니메이션을 부여하여 관객에게 재미와 몰입감을 주는 효과를 내려고 한다. 전은 고분의 주인이 누렸던 현세와 고분에 묻힌 자의 내세 공간을 상징적으로 표현한다. 곁은 고분벽화의 천장에 있는 천문도를 활용하여 사방신과 광활한 우주공간을 표현하게 된다.

이와 같이 본 콘텐츠는 기승전결의 주제들을 기반으로 해당 장면의 연출 이미지와 영상의 전개 내용을 살펴보고 관객 중심의 가상체험 콘텐츠를 기획한다. 먼저, [그림 2]에서 관객은 고구려 벽화 무덤에 들어서고 웅장한 공간을 접하게 된다. 황금 빛 공간 안의 바닥, 좌, 우 벽면에서 자유롭고 온화한 혼을 가진 사신과 신물, 동물들이 평화롭게 날아다닌다. 이들의 모습은 자연스럽게 디졸브 되면서 귀족의 생활풍속도가 벽면에 등장한다.



[그림 2] '웅장한 고구려의 고분에 들어서다'의 연출 장면 이미지

[Fig. 2] Scene image of 'Entering the Grand Goguryeo's Tomb'

황금 빛 벽면에 빛이 스치듯 귀족의 풍속도가 하나하나 그려진다. 저 멀리 들려오는 행렬도의 소리와 함께 서서히 사각 벽면에 행렬이 이어진다. 말발굽 소리와 고구려인의 강인함과 전투력을 볼 수 있는 대규모 군사들이 지나간다. 뒤이어 군사들 사이에 등장하는 마차. 뜨거운 태양아래 부채질을 받고 있는 귀족은 편안하게 마차를 타고 있다. 부채질에 바람은 파티클로 변하고 아름다운 선율이 이어진다. [그림 3]과 같이 선율에 맞추어 무용수의 아름다운 군무가 오버랩되어 나타나고 무용수의 아름다운 손과 얼굴과 함께 군무가 만들어진다. 무용수 뒤 씨름하는 두 사나이, 말을 타고 사냥하는 모습이 역동적인 음악과 함께 나열된다. 5~6세기 풍속도가 벽면을 가득 메우면 생생하고 아름다운 세계관이 펼쳐진다.

풍속도에 빛이 스치고 리터칭되면서 비바람과 천둥 번개가 무섭게 내리친다. 천장이 무너져 내릴 듯 섬광이 번쩍거리는 가운데 저 멀리 빛과 함께 풍속도는 벽면속으로 사라진다. 좌우 벽면에서 북소리와 함께 서서히 [그림 4]의 사신들이 살아 움직이듯 나타난다. 배경음은 윤이상의 이마주

인 4중주 연주곡으로 플루트는 청룡, 오보에는 백호, 바이올린은 현무, 첼로는 주작을 표현한다. 동쪽 벽에서 비/구름이 내리고 그 속에서 신령하고 영험한 청색 용은 봄을 상징한다. 서쪽 벽에서 밝은 빛과 함께 흰색 빛이 나는 호랑이는 가을을 상징하며, 남쪽 벽에서 불이 나타나며 화려한 색의 새인 주작은 여름을 상징한다. 그리고 북쪽 벽은 흙속에서 거북이 몸과 뱀의 머리를 한 현무가 등장하여 겨울을 상징하고 있다. 이곳은 고분에 묻힌 자를 위한 내세 공간을 상징하며, 동시에 우주적 방위신들에게 의해 보호되는 독립적인 공간이다. 방위신인 네 명의 동물은 좌우 벽면을 활용하며 돌아다니고 건축의장의 중요요소인 기둥, 모주임 등이 무덤 구조를 설명할 수 있도록 표현된다.



[그림 3] '고구려 고분 속 생활 풍속도'의 연출 장면 이미지  
[Fig. 3] Scene image of 'The customs of living in Goguryeo tomb'



[그림 4] '고구려 고분 속 현세와 내세'의 연출 장면 이미지  
[Fig. 4] Scene image of 'This life and after-life in Goguryeo tomb'

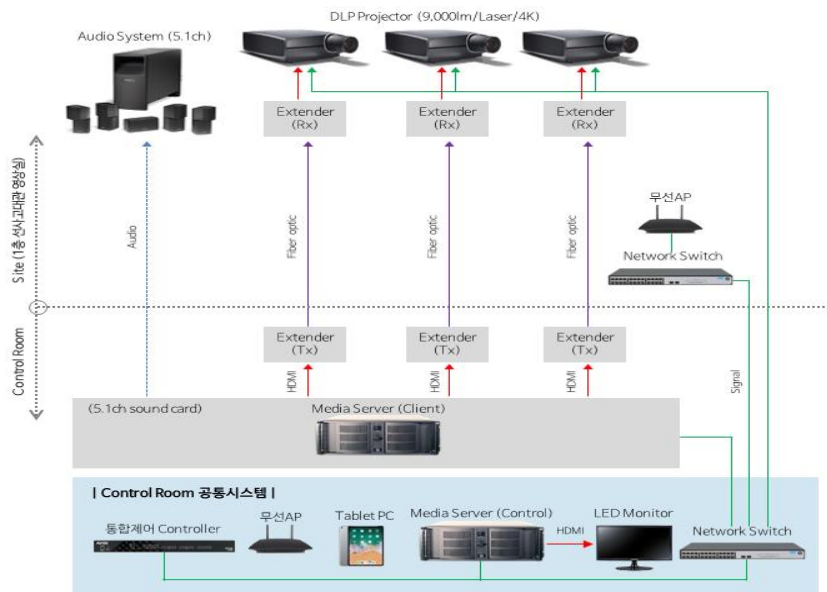
현세와 내세의 표현 이후 상상의 동물, 짐승, 선인과 옥녀들로 채워진다. 동시에 천장은 천체로

변한다. 고분벽화의 천문도를 사용하며 네 마리의 사신들이 다시 등장하고 주변은 광활한 우주공간으로 바뀐다. [그림 5]를 보면 사신들이 빛나는 별자리로 만들어지고 천장위로 올라가 천문도에 새겨지면서 공간은 휘몰아치며 솟구친다.



[그림 5] ‘사방신이 지키는 우주 공간’의 연출 장면 이미지  
 [Fig. 5] Scene image of 'This life and after-life in Goguryeo tomb'

### 3.4 하드웨어 구성



[그림 6] 시스템 구성도  
 [Fig. 6] System diagram

2명 이상의 관객이 동시에 관람하기 위한 조건을 충족시키려면 벽 3면을 활용하여 가상현실 체험이 가능한 공간을 형성해야 한다. 공간과 벽면의 면적 넓이에 따라 9,000 ANSI lm 이상의 프로젝터 3대를 중심으로 [그림 6]과 같이 시스템이 구성된다. 3대의 프로젝터는 1대의 미디어 서버에 연결되어 있으며 프로젝터에서 영사되는 스크린은 서로 약간의 투사 면적이 겹치게하여 엷지블렌딩 효과를 적용한다. 엷지블렌딩은 특정 소프트웨어에서도 지원이 가능하며 화면내의 왜곡이 생기지 않도록 매쉬를 세밀히 조정하는 것이 필요하다. [표 1]은 시스템 구성도에 해당하는 장비 품목에 대해 규격과 수량을 함께 작성된 내용이다.

[표 1] 시스템 구성품목

[Table 1] System component

번호	품 명	규 격	단위	수량
1	DLP Projector	9,000lm/Laser/4K 0.85~1.06:1 Lens	SET	3
2	Frame &Bracket	Ceiling, S/M	SET	3
3	Media Server (Client)	Client Server, Display SW	SET	1
4	HDMI Extender	Fiber optic	SET	3
5	Audio System	5.1Ch	SET	1
6	Network Switch	8Port, SFP	EA	1
7	무선 AP	Wi-Fi	EA	1
8	F.D.F	12Port	EA	1

하드웨어의 주요 구축전략으로 [그림 7]의 시스템 배치도를 살펴보면 레이저 광원 4K 프로젝터 9,000ansi를 천정 고정형 봉 타입으로 고정시키는 것을 알 수 있으며, 중앙, 좌측, 우측에 3대의 프로젝터를 벽면 스크린에 투사하고 있다. 스피커는 돌비 사운드 시스템으로 4개의 모서리와 정면 및 후면에 배치하여 5.1채널의 서라운드를 구축한다.



[그림 7] 시스템 배치도

[Fig. 7] System layout

엠비언트 사운드 위주의 울림을 중심으로 한 음향 재현 사운드 효과를 연출한다. 음원은 고구려 고분벽화의 시대적 변화를 이해할 수 있도록 음향 및 콘텐츠 환경 제공하게 된다.

### 3.5 콘텐츠 설치 조감도



[그림 8] 콘텐츠 설치 조감도

[Fig. 8] Aerial view of content installation

[그림 8]은 고구려 고분벽화의 가상현실 콘텐츠를 체험하는 공간을 보여주는 조감도이다. 관객들은 콘텐츠의 스토리 전개를 이해하기 위해 10여분의 감상 시간이 주어져야 하기에 의자에 앉아서 편안하게 콘텐츠에만 집중할 수 있는 공간이 필요하다. 그리고 관객들에게 웅장함을 주는 사운드와 동시에 몰입환경을 극대화시키기 위한 3면 공간의 활용을 보여주고 있다. 3면 프로젝션의 가상 공간을 통해 고구려 고분벽화가 시대적으로 함축된 생활상을 느낄 수 있는 문화 체험의 몰입감을 증대시키고자 한다. 본 연구에서 고구려 고분 벽화의 콘텐츠 기획은 고증작업의 일환으로 전문가의 의견을 토대로 하여 스토리가 전개되었으며 그 구성은 기승전결로 나누어진다. 고구려 고분벽화의 외부 형태를 디지털로 복원하면 차후에 문화재의 훼손이 발생하더라도 원형으로 복구하기 위한 자료로 활용이 가능하다. 물론 기존의 데이터가 존재하더라도 고도화된 영상 기술을 기반으로 조금 더 정밀하게 업데이트할 수 있다[21]. 일반적으로 문화유산 관련 가상체험 콘텐츠는 단순히 고분 벽화의 내부를 관람하는 정도의 콘텐츠가 대부분이다. 고려인의 당시 생활상을 체험하고 여러 벽화들이 지닌 역사적 의미를 스토리 전개 시에 활용하여 가상현실 콘텐츠가 제작된다면 향후 교육용 콘텐츠로 활용이 가능하다[22]. 학생들을 포함한 일반인에게 보다 이해하기 쉽고 고구려의 역사의 교육적 역할을 고려하여 제작된 고구려 고분 벽화 가상현실 콘텐츠는 기존의 멀티미디어

콘텐츠에 비해 높은 몰입으로 재미와 흥미를 이끌어낼 것이다[23][24].

#### 4. 결론

본 연구에서 제안한 고구려 고분벽화의 스토리 전개형 가상현실 체험 콘텐츠는 문화재의 훼손과 보존의 문제로 인하여 물리적인 접근이 어려운 상황에서 콘텐츠를 제작하여 전시된다. 고도화된 영상 기술을 사용하여 영상 데이터의 생성하여 문화재를 복원하는 목적도 동시에 갖추고 있다. 영상으로 복원된 문화재는 멀티미디어 콘텐츠로 제작되어 관객에게 문화재의 역사와 가치를 이해시키는데 기여한다. 단순한 설명과 이미지의 정보전달 기능보다는 문화재의 역사적인 내용의 스토리가 전개시킴으로서 관객이 가상현실 콘텐츠를 직접 체험하는 과정에서 역사적 배경지식을 습득하고 문화재를 이해하는 접근이 가능하다. 학계에서는 고구려 문화의 연구가 지속적으로 진행되고 있는데 이를 위한 기초자료로서도 활용이 가능하다. 추후에는 가상현실 기반으로 기획된 고구려 고분벽화 제안이 결과물로 제작되어 각종 전자 매체를 통해 확산될 수 있기를 기대한다. 그리고 해외는 물론 국내에서도 가상현실 기술을 적용한 디지털 박물관을 필두로 하여 박물관의 전시 환경에 있어 새로운 패러다임이 나타날 것으로 사료된다.

## References

- [1] Kim, Jung Yoon, and Won-Hyung Lee. "Walking Simulation for VR Game Character Using Remote Sensing Device Based on AHRS-Motion Recognition." *IEEE Access* 7 (2018): 19423-19434, [<http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2878237>].
- [2] Hae Yoon Kim, Yeun Hee Kim, Restoring Cultural Properties Utilizing Digital, *Journal of Digital Art Engineering & Multimedia*, (2019), Vol. 6, No. 1, pp. 21-32, [<http://dx.doi.org/10.29056/idaem.2019.06.02>].
- [3] So Yon Park, Designing Virtual Reality Reconstruction of the Koguryo Mural, *The Korea Contents Association Review*, (2010), Vol. 8, No. 1, pp. 38-44, [[https://doi.org/10.1007/11555223\\_21](https://doi.org/10.1007/11555223_21)].
- [4] Ho-tae Jeon, Koguryo mural paintings & East Asian culture of 4th~5th Century, *The Koguryo Balhae Yonku*, (2005), Vol.21, pp.583-610.
- [5] Jin Soon Kim, Buddhist Themes and Motifs in 5th-Century Goguryo Tomb Murals and Their Origins, *Korean Journal of Art History(Formerly Art and Archaeology)*, (2008), Vol. 258, No. 258, pp.37-74.
- [6] Ho Tae Jeon, Value and meaning of Koguryo tomb murals as cultural heritage, *The Korean Cultural Studies*, (2018), Vol. 34, pp. 123-149.
- [7] So Yon Park, The development of Goguryo mural contents experienced with five senses based on virtual reality, *Journal of Digital Design*, (2008), Vol. 8, No. 4, pp. 137-146.
- [8] Ho Tae Jeon, The history of Goguryeo tomb murals research, *The Koguryo Balhae Yonku*, (1997), Vol. 4, pp. 45-71.
- [9] Jeon Bok Lee, A Study on the Goguryeo Style of Social Life through the Goguryeo Mural Tomb, *The Koguryo Balhae Yonku*, (1997), Vol. 4, pp. 467-477.
- [10] Ho Sub Jung, An iconological interpretation of and An East Asian Introspection on Koguryeo Mural Painting, *The Journal of Korean History*, (2011), Vol. 154, pp. 299-328.
- [11] Ah Rim Park, Koguryo Tomb Murals and Northern Nomadic Culture, *The Koguryo Balhae Yonku*, (2014), Vol. 50, pp. 281-341.
- [12] Ho Tae Jeon, The cultural inheritance value of the mural painting from tomb wall of the Goguryeo Dynasty and meaning, *Korean cultural research*, (2018), Vol. 34, pp. 123-149.
- [13] Ho Tae Jeon, Enter the world of Goguryeo tomb murals, *Citizen's Lecture on Korean History*, (2009), Vol. 45, pp. 223-245.
- [14] Ah Rim Park, Pictorial Representation and Function of Embroidery Curtains in Koguryo Murals, *The Koguryo Balhae Yonku*, (2012), Vol. 43, pp. 57-77.
- [15] In Ho Han, A Study on the Architecture of Goguryeo through Goguryeo Mural Tombs, *The Koguryo Balhae Yonku*, (1997), Vol. 4, pp. 389-396.
- [16] June Geol Lee, A Study on the Development of Astronomy in Goguryeo through Goguryeo Mural Tombs, *The Koguryo Balhae Yonku*, (1997), Vol. 4, pp. 549-558.

- [17] Eun Seoung Choi, The study on fabric design for adapting of a lotus flower's design on the wall of the Kokuryo' tomb, The graduate school of design Ewha Womans University, Master's thesis, Republic of Korea, (2000), pp. 18-25.
- [18] Doo Bin Im, Aesthetic Analysis of Ancient Tomb Murals of the Goguryeo Dynasty -Focusing on the portraits and genre paintings of the murals in Anak Tomb No.3, Dokhungri Tomb, and Dance Tomb-, The Korean Journal of Art and Media, (2012), Vol. 11, No. 1, pp. 7-20.
- [19] Ho Tae Jeon, Koguryos Interaction with Central Asia in Koguryo Tomb Murals, The Journal of Korean Ancient History, (2012), Vol. 68, pp. 137-196.
- [20] Hyun Sook Kang, A critical review of Mural paintings of Koguryo tombs transcended time and space -Goguryeo Tomb Murals and Eurasian Cultureand Life and Culture of Koguryo-, The Koguryo Balhae Yonku, (2017), Vol. 59, pp. 275-296.
- [21] Kim, Jung-Yoon, and Yong-Sung Kim. "User experience of interactive virtual aquarium contents using head-mounted display (HMD)." ASIA LIFE SCIENCES (2015): 253-264.
- [22] Kim, Jung Yoon. "Investigative Analysis of Virtual Reality Technology through Case Study." Journal of Next-generation Convergence Information Services Technology Vol 3.2 (2014): 101-108.
- [23] Jung Woon Park, Seok Hee Oh, A study of usability evaluation factors for VR Contents based on the User-Experience , Journal of Digital Art Engineering & Multimedia, (2018), Vol. 5, No. 1, pp. 43-54, [<http://dx.doi.org/10.29056/jdaem.2018.06.04>].
- [24] Kim, Jung-Yoon, and Won Hyung Lee. "Design and Modelling Immersive Game Contents System for Virtual Reality Technology." technology 4.5 (2014): 6, [<http://dx.doi.org/10.14257/astl.2014.46.49>].