사물인터넷융복합논문지 Vol. 9, No. 1, pp. 89-95, 2023 https://doi.org/10.20465/KIOTS.2023.9.1.089

전쟁 문화유산 디지털 재현을 위한 방독면 3D 가상 복원 및 융합 활용 연구

안형기[1], 오승준[2], 이호연[3], 이용규[4*]
[1]한국고고환경연구소 실장, [2]한서대학교 문화재보존과학연구센터 연구교수,
[3]국방부 유해발굴감식단 감식관, [4]목원대학교 웹툰애니메이션 게임학부 겸임교수

A Study on 3D Virtual Restoration and Convergence Utilization of Gas Masks for Digital Reproduction of War Cultural Heritage

Hyoung-Ki Ahn[1], Seung-Jun Oh[2], Ho-Yeon Lee[3], Young-Guy Lee[4*]
[1]Director of Digital Contents Department, Korean Institute for Archaeology and Environment
[2]Research Professor, The Research Center of Conservation Science for Cultural Heritage, Hanseo University
[3]Relics Manager, Research Center, Ministry of National Defense Remains Investigation Team
[4]Adjunct Professor, Department of Webtoon Animation and Game at Mokwon University

요 약 2007년 1월 국방부 유해발굴감식단이 창설되어 본격적인 유해발굴이 추진되었다. 현재 발굴 범위는 한국전쟁 당시 치열한 전투가 벌어진 비무장지대 내의 화살머리고지까지 확장되어 진행되고 있다. 백마고지에서는 많은 유해 및 유류품이 발굴되고 있다. 대부분 파손된 상태여서 정확한 형태를 복원하기는 어렵다. 이에 본 연구에서는 3D 스캔과 3D 모델링을 통해 발굴된 유류품의 원형을 복원하고자 한다. 이러한 디지털 복원 방식은 그동안 수작업 방식의 단점을 보완하는 원형 복원의 대안이 될 수 있다. 현재 문화유산 분야에서는 3D 기술을 사용한 각종 디지털 복원이 활발하다. 디지털 복원이 된 자료는 디지털 헤리티지의 기초자료로 활용될 수 있다. 이를 토대로 다양한 유해발굴 및 호국보훈 관련 콘텐츠의 개발이 이루어질 수 있을 것이다. 더 나아가 발굴된 유해에 대한 디지털 휴먼 복원이 이루어진다면 전사자들의 생전 모습을 재현할 수 있을 것이다.

주제어 : 3D 스캔, 디지털 복원, 디지털 원형 복원, 디지털 헤리티지, 디지털 휴먼

Abstract In January 2007, the Remains Excavation and Investigation Team of the Ministry of National Defense was established, and full-scale excavation of remains was promoted. Currently, the scope of the excavation is being expanded to Baekma Hill within the DMZ, where fierce battles were fought during the Korean War. Now, many remains and remains are being excavated in Baekma hill. Most are in damaged condition. Therefore, in this study, the original form of the excavated remains was restored using 3D scanning and 3D modeling. This digital restoration method can be an alternative to compensate for the disadvantages of the manual method. Currently, various digital restorations using 3D technology are active in the field of cultural heritage. Digitally restored materials can be used as basic data for digital heritage. Based on this, various contents related to excavation of remains and patriots and veterans can be developed. Furthermore, if digital human restoration is made based on the excavated remains, it will be possible to reproduce the appearance of the dead.

Key Words : 3D scan, digital restoration, digital archetype restoration, digital heritage, digital human

*교신저자 : 이용규(studioyg7@gmail.com)
접수일 2022년 11월 26일 수정일 2023년 1월 3일 심사완료일 2023년 1월 5일

1. 서론

한국전쟁은 우리나라 역사에서 가장 중요한 사건 중 하나이다. 자유를 지키기 위해 수없이 많은 전사자가 발생했으며 수습하지 못한 유해는 아직도 전국 각지에 흩어져 있다.

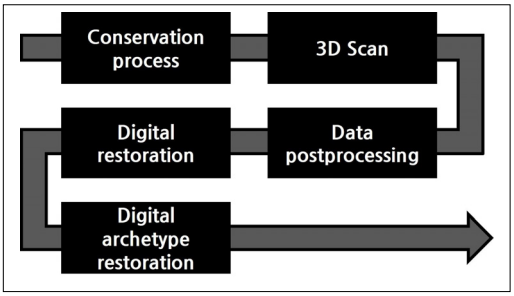
이와 같은 상황에서 순국선열을 위로하고 명예를 고양, 유가족들의 한을 해소, 국가와 국민 간의 신뢰를 구축하여 국민 통합 및 국가 정체성 확립을 기여하기 위해 2007년 1월 국방부 유해발굴감식단이 창설되어 본격적인 사업이 추진되었다[1]. 2021년까지 11,174구의 아군 유해, 29구의 UN군 유해 등 총 12,930구의 유해를 발굴하였으며 지속적으로 활동하고 있다[2].

현재 유해발굴감식단에 의해 조사가 진행되고 있는 곳 중 하나인 화살머리고지는 한국전쟁 당시 격전지 중 하나이다. 조사 결과 화살머리고지에서 출토된 여러 유품 중 하나인 방독면은 발견 당시 전체적으로 파손되어 부위 결손이 다수 관찰되었으며 그에 따라 여러 부분으로 떨어져 훼손된 상태였다. 따라서 화살머리고지 전투에서 사용됐던 방독면의 정확한 형태에 관해 특정하기 어려운 상황이었다.

방독면은 구조가 복잡해 복원 사례가 적고 출토되는 모습이 완형인 경우가 드물다. 그러나 최근 디지털 기술이 발달함에 따라 훼손된 유물에 대한 가상복원이 활발하게 시도되고 있다.

디지털 기술을 활용하여 원형을 복원한다는 것은 유품을 활용하여 전사자의 생전 모습을 재구성할 수 있다는 것을 의미한다. 더 나아가 전사자 유해를 기초로 디지털 휴먼 기술을 활용하여 복원할 수 있다면 전사자의 생전 모습을 시각적으로 재현할 수 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 3D 스캔과 모델링을 통해 분리되어 출토된 부품들을 조합해 하나의 방독면을 만들고 그 완형을 유추해보고자 한다. 전체적인 디지털 복원 과정은 [Fig. 1]과 같다.



[Fig. 1] Conservation and restoration process

이후 완성된 결과를 토대로 한국전쟁 당시 호국영령들의 유품을 복원하고 활용하는 방안에 대해 논의하고자 한다.

2. 연구 대상 및 방법

2.1 대상 유품

연구 대상 유품은 강원도 비무장지대 내 화살머리고지에서 출토된 방독면으로 상태가 양호한 부품을 선정해 세트로 구성하였으며, 안면마스크, 마스크렌즈, 흡기밸브, 분리기, 정화통연결 호스, 정화통으로 구성되었다 [Fig. 2-5].

[Fig. 2] Face mask

[Fig. 3] Mask lens

[Fig. 4] Intake valve and separator

[Fig. 5] Gas mask filter connect hose

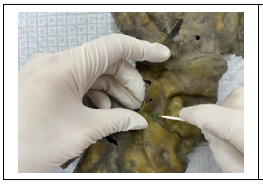
완형으로 출토되지는 않았지만 처리 전 상태조사 및 문헌조사 등을 통해 확인한 결과 동일한 방독면 부품으로서 원형 복원이 가능하다고 판단하였으며, 각각의 유품에 대한 제원은 〈Table 1〉과 같다.

〈Table 1〉 Specifications by object relics (cm)

List \ Size	width	length	thickness
Face mask	134	197	3
Mask lens	77	77	12
Intake valve	138	107	3
Separator	98	103	0.8
Gas mask filter connect hose	183	35	3
Gas mask filter	128	146	65

2.2 보존처리

유품의 이물질 제거는 1차적으로 소도구를 이용하여 건식세척을 진행한 후 2차적으로 증류수와 Ethyl Alcohol을 1 : 1 비율로 혼합하여 습식세척을 진행하였다. 정화통 마개 부분과 같이 금속(철) 재질로 이루어진 부분은 정밀 분사 가공기(Air-brasive)를 이용하여 부식 화합물을 제거한 후 Paraloid NAD-10 15%(in Naphtha) 용액을 붓으로 2~3회 도포하여 강화처리를 진행하였다.



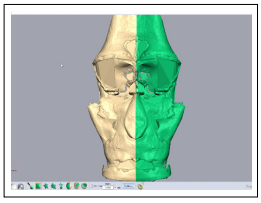
[Fig. 6] Splicing and Restoration

[Fig. 7] Coloring

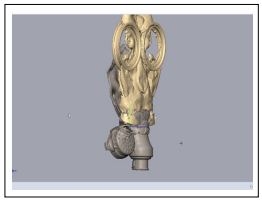
금속부 접합은 Cyanoacrylate계 접착제를 사용하였으며, 안면마스크와 연결호스 등과 같은 합성고무 재질은 실리콘 계 복원제를 사용하여 접합 및 복원을 진행하였다. 복원부를 원 유품 표면과 유사한 형태로 표현하고자 Motortool 및 사포(#120, #400)을 사용하여 성형한 후 Acrylic 물감을 이용해 고색처리 하였다[Fig. 6-7].

2.3 3D 스캔 및 후처리 과정

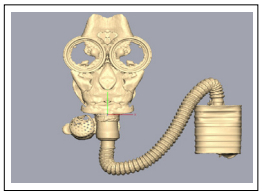
디지털 기록은 3D 스캐너(Shining 3D社, Ein Scan Pro+, China)를 이용하여 디지털 기록을 진행하였으며, 3D 모델링 프로그램(3D Systems社, Geomagic Freeform, USA)과 3차원 햅틱 디바이스 (3D Systems社, Touch, USA)를 사용해 스캔 데이터 정렬 후 중복 데이터에 대한 후처리를 진행하였다. 안면마스크는 형태가 많이 훼손되어 있어 양호한 면을 남기고 미러링(mirroring) 과정을 거쳐 디지털 복원을 진행하였다[Fig. 8-11].



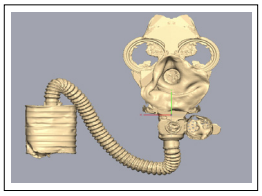
[Fig. 8] Symmetry modeling



[Fig. 9] Alignment modeling



[Fig. 10] Facade restoration



[Fig. 11] Rear restoration

2.4 디지털 원형 복원

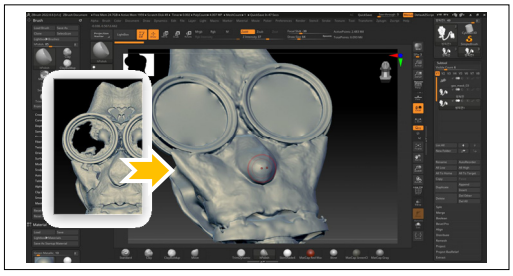
디지털 복원한 결과 전면부와 정화통 일부지만 방독면의 대략적인 형태를 확인할 수 있었으며, 이를 토대로 방독면 원형에 대해 추정하였다.

방독면 부품 조합 결과 전체적인 형태와 배기 밸브의 형식, 정화통 형태, 분리기의 존재 여부 등으로 미루어 보아 일본군의 Type 99계열의 방독면과 유사한 모습을 가지고 있었다[Fig. 12]. 2020년 강원도 비무장지대 내 화살머리고지에서 확인된 일본군(육군) 방독면과 동일한 유형이다[3].

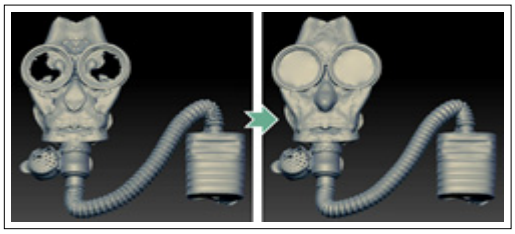
[Fig. 12] Type 99 Japanese Army Gas Mask Set

따라서 원본으로 추정되는 일본군 Type 99계열 방독면을 참고하여 디지털 기술을 활용한 원형 복원을 시도하였다.

복원 3D 디지털 모델링 과정은 먼저 스캔된 데이터를 깔끔하게 다듬는 공정부터 시작한다. 스캔에서 추출된 3D 메쉬 데이터(mesh data)를 Zbrush 프로그램으로 import를 한다. 훼손된 부분과 스캔하면서 소실된 부분들을 복원하면서 다음 단계인 마야(Maya) 프로그램에서 본 작업을 위한 더미 모델을 제작한다[Fig. 13-14].

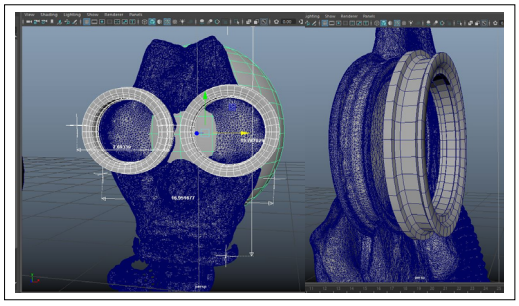


[Fig. 13] The process of restoring damaged parts with the Zbrush program



[Fig. 14] Comparison of original and restored 3D models

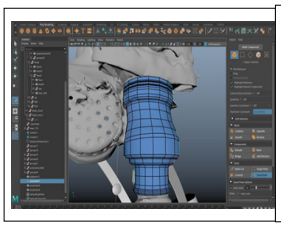
[Fig. 15]에서 보이는 폴리곤 데이터 부분이 Maya로 import한 스캔 데이터이다. 3D 디지털 복원을 하기 위한 방독면 크기의 기준선이다. Maya에서는 먼저 불러들인 데이터를 실물 크기대로 제작하기 위해 실측할 수 있는 기준선에 맞춰서 데이터의 크기를 재조정하는 단계를 거친다. 크기는 렌즈의 지름 7.7cm를 기준으로 모델링 작업을 진행하였다.



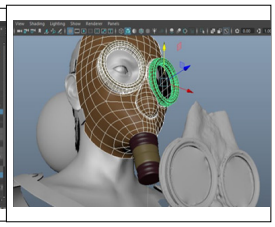
[Fig. 15] Modeling process with Maya

방독면의 나머지 부품에 대한 작업방식은 다음과 같다. 스캔이 있는 부분은 Maya의 토폴로지(Topology) 기법으로 부품들을 제작하였다[Fig. 16]. 소실된 부분은 남은 부분의 연장선을 고려하여 작업을 진행하였다.

유실된 부분에 대한 작업이 어느 정도 완료가 된 후 방독면 천 부품에 대한 작업을 시작하였다. 실제 인체 비례와 알맞는 캐릭터 두상을 따로 제작하여 마스크의 굴곡면들과 측면에서의 형태에 대한 틀을 잡으면서 제작하였다[Fig. 17].



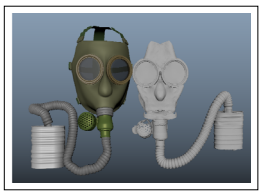
[Fig. 16] Topology model



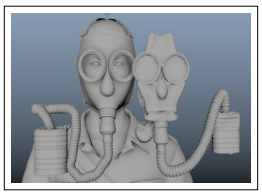
[Fig. 17] Gas mask digital modification process

전체적인 마스크의 실루엣은 발굴팀에서 제공한 '타입 99 일본육군방독면'의 사진 및 문헌 자료들을 기초로 전체 방독면 마스크 원형형태를 제작하였다. 3D 복원이 완료된 방독면과 후처리가 진행된 3D 스캔 결과물의 비교는 [Fig. 18]과 같다.

방독면이 완성된 후 실측을 위해 사용했던 캐릭터 두상 모델을 군인으로 모델링하는 작업을 진행하였다. 실제 6.25에 참전한 군인의 복장을 참고로 하여 제작하였다[Fig. 19]. 이후 완성된 모델에 색과 재질을 부여하기 위한 UV 작업을 진행했다. 3D 데이터에 쇠나 천, 고무의 재질을 표현하기 위한 쉐이딩(shading)을 위한 선작업이다.



[Fig. 18] 3D restoration and scan result comparison



[Fig. 19] Comparison of modeling data and scan data

모델링 작업이 완료된 결과물과 스캔 데이터를 비교하면서 놓친 부분이나 비례의 이상 여부를 재검토하였다.

마지막으로 헬멧을 제작하여 방독면을 착용한 군인 모델링을 최종 완성하였다[Fig. 20]. 모델링이 완료된 데이터에 매핑(Mapping)과 쉐이딩(Shading)을 표현하여 모든 작업을 마무리했다. [Fig. 21]은 모델링 비교를 위해 쉐이딩의 절반을 제거한 그림이다.

[Fig. 20] Front view of soldier character with gas mask

[Fig. 21] Side view of soldier character with gas mask

방독면은 얼핏 보기에는 단순한 장비처럼 보인다. 하지만 착용자의 얼굴 형태에 알맞은 모습을 보여주기 위해서는 세부적인 형태와 굴곡을 표현해야 한다. 이를 위해서는 유골을 기초로 한 복원 작업이 필요하다.

현재 우리나라 국군이 6.25 전쟁 중 수행한 군사작전 기록물은 전쟁 문화유산으로 문화재로 등록하거나 등록 예고, 또는 사적으로 지정 예고하고 있다[4]. 하지만 아직까지 전쟁과 관련된 유류품은 문화재로 지정되지 않고 있다. 아군, 적군을 막론하고 발굴된 군인들의 유류품은 당시의 시대 상황과 전쟁 당시의 보급 체계, 장구류를 파악하고 재현할 수 있는 귀중한 사료이다. 따라서 본고의 방독면과 같은 유류품도 전쟁 문화유산으로 발굴해야 할 필요성이 있다. 이를 위해서는 유해발굴에서 출토된 유골과 유류품에 대한 적극적인 보존 처리, 3D 스캔이 결합되어 전사자에 대한 디지털 복원이 시도되어야 할 것이다.

3. 활용방안

3.1 한국전쟁 전사자 유품의 디지털 원형 복원

현재 수많은 유해와 함께 대량의 유품이 출토되고 있다. 발굴된 유품은 전사자의 마지막 흔적이 남아있기 때문에 과학적 비파괴분석과 보존처리가 반드시 필요하다[5]. 그러나 워낙 대량으로 유품이 출토되고 있으며 오랜 기간 동안 훼손되어 그 원형을 확인하기 어려운 부분도 있다. 이에 대한 대안으로 연구진은 전사자 유품에 대한 디지털 원형 복원을 시도하였다.

디지털 복원은 현재 문화유산의 주요 관심 분야이다. 원천자료를 확보하고 디지털 데이터로 변환하는 과정을 거쳐 본래의 모습을 복원하는 디지털적 방법은 현재 문화유산 보존 및 복원 분야에 적극적으로 활용되고 있다[6].

디지털 기술을 활용하여 복원된 유품들은 온라인, 혹은 오프라인 공개를 통해 한국전쟁의 교훈을 대중들에게 널리 알릴 수 있는 기초 콘텐츠로 활용할 수 있을 것이다.

대표적인 사례로 미국 스미소니언 박물관의 스미소니언 X3D와 문화재청의 국가문화유산포털의 3D 문화유산을 들 수 있다. 이러한 온라인 플랫폼을 사용하면 시공간에 상관없이 데이터를 공유할 수 있다. 또한 3D 프린터를 이용하여 실물자료를 손쉽게 획득하고 교육이나 전시 목적으로도 활용이 가능하다[7-9].

3.2 인터랙티브 디지털 휴먼 재현

현재 디지털 휴먼 기술은 문화유산 분야에서도 적극적으로 활용되고 있다. 국내에서는 인골을 기초로 백제인을 재현한 사례가 있다[10]. 국외에서도 메타휴먼 기술을 활용하여 세르비아에서 발견된 1만 년 전 선사시대인의 얼굴을 인터랙티브 디지털 모델로 복원을 실시하였다[11].

현재 유해발굴에서 전사자 신원확인을 위해서는 단서 제한으로 DNA 검사에 의존하고 있다. 이를 보완하기 위한 방법으로 디지털 휴먼 기술을 이용하여 DNA 분석과 병행한다면 보다 가시적으로 전사자의 모습을 찾을 수 있을 것으로 판단된다.

더 나아가 완성된 디지털 휴먼을 이용하여 미국 홀로코스트 박물관의 생존자 증언이나 정신대 할머니 영상 콘텐츠와 유사한 한국전쟁 증언 콘텐츠를 제작한다면 대중들은 전사자의 생전 모습을 대면하게 되어 유해발굴의 중요성에 대해 좀 더 현실감 있게 알릴 수 있는 계기가 될 것이다[12-13]. 실제로 이와 같은 실감형 인터랙티브 콘텐츠는 관객들에게 실제적인 경험을 공유할 수 있어 훌륭한 기록 사료가 될 수 있다[14].

이와 같은 콘텐츠를 적극적으로 활용하기 위해서는 AI 기술을 활용하여 인터랙티브 형태의 '인공지능형 디지털 휴먼'을 개발하는 것이 효과적이다[15]. 이와 같은 디지털 휴먼은 오프라인 공간에서는 'XR', 온라인에서는 '메타버스' 형태로 각각 서비스 제공이 가능하다[16].

이러한 한국전쟁 전사자 인터랙티브 디지털 휴먼은 순국선열들에 대한 숭고한 존경심과 유해발굴에 대한 필요성을 전쟁을 경험하지 못했던 세대들이 가질 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 이와 같은 콘텐츠를 활용하기 위해서는 무엇보다도 전사자 유족들의 개인정보 공개에 대한 동의를 필수로 받아야 한다.

디지털 휴먼은 단순한 가상의 존재를 제작하는 것이 아니라 과거를 기억할 수 있는 역사의 증인으로도 활용할 수 있다. 따라서 한국전쟁 전사자에 대한 디지털 휴먼 복원은 전사자 신원확인에도 도움을 줄 수 있으며 유해발굴 사업에 대한 국민적인 이해와 관심을 불러일으킬

것이다.

현재 유골을 제외한 연구 자료만을 가지고는 디지털 휴먼 복원을 시도하기에는 한계가 있다. 하지만 유골, 사진 등 기초자료가 충분히 확보된다면 후속 연구를 통해 전사자 디지털 휴먼 복원은 가능할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 3D 스캔과 3D 모델링을 통해 한국전쟁에서 사용되었던 방독면의 원형을 가상으로 복원해 보았다. 이를 통해 수작업 복원에 한계가 있는 방독면도 3차원 디지털 기술을 이용해 원형을 전체적으로 유추할 수 있는 것을 확인할 수 있었다. 또한 3D로 복원된 방독면은 가상의 군인 모델링과 결합을 통해 실제로 착용한 형태를 재현할 수 있었다. 다만 전쟁 문화유산이라는 특수성 때문에 발굴된 다른 장구류에 대한 접근이 어려워 완벽한 디지털 복원을 하지는 못했다. 이는 추후 후속 연구를 통해 보완해야 할 것이다.

3D 기술을 사용한 복원이 활발해지는 만큼 본 연구 결과는 문화유산을 위한 기초자료로 활용될 수 있다. 앞으로 3차원 디지털 가상복원 뿐 아니라 유해 실측을 통한 전쟁 문화유산의 실질적인 복원과 이를 활용한 다양한 콘텐츠의 개발이 이루어질 수 있을 것이다.

REFERENCES

[1] MND Agency for KIA Recovery & Identification, "KIA Recovery & Identification Excavation Guidelines", 2013.

[2] https://www.withcountry.mil.kr

[3] MND Agency for KIA Recovery & Identification, "6.25 Collection of Relics of War Dead", Vol.3, 2020.

[4] https://www.cha.go.kr/newsBbz/selectNewsBbzView.do?newsItemId=155702098&sectionId=b_sec_1&pageIndex=1&pageUnit=10&strWhere=&strValue=&sdate=&edate=&category=&mn=NS_01_02

[5] Kongju National University, Department of Cultural Heritage Conservation Science, Inorganic Cultural Heritage Conservation Research Lab, “Research on Preservation Plans KIA recovery and for Excavated Relics of Korean War in the DMZ on the Korean Peninsula,” 2021.

[6] Jo Seongyeon, Kwon Yoonmi and Choi Bobae, "Conservation Treatment of the Seated Stone Bodhisattva Discovered in Pyeongchang and Restoration of the Statue Using 3D Digital Technologies," Conservation Science in Museum, Vol.20, pp.77-92, 2018.

[7] https://3d.si.edu/

[8] https://www.heritage.go.kr/heri/html/HtmlPage.do;jsessionid=LpdvwsJRiCWImNJQClHst1ZbwwhdsZl1MxHyP1QkYakJIFaAb7UVzonk74B0sl2J.cpawas2_servlet_engine1?pg=/threeD/3dInfomation.jsp&pageNo=6_1_1_1

[9] Ahn Hyoung-ki, "Utilizing Archaeological Dataset through the Application of 3D Printer,” The Journal of Korean Field Archaeology, No.30, pp.249-28, 2017.

[10] https://www.joongang.co.kr/article/9406871#home

[11] https://www.youtube.com/watch?v=4dnqdLFHc3c&list=PLDrZrymk0dVhwFN2QTloDmsRlXdELkVqH&index=9

[12] https://economist.co.kr/2017/11/12/etc/318843.html

[13] https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=5256232

[14] Sangyong Kim, "AI Based Realistic Interactive Content, 〈Eternal Testimony〉-A Study of ‘The present of testimony’ through the production of interactive documentary film of the testimonies of Japanese military sexual slavery victims" Journal of Digital Contents Society, Vol. 22, No. 11, pp. 1815-1823, 2021.

[15] Jin-ho Park, Sang-heon Kim, "Development of Artificial Intelligence Digital Human Contents: Jeongok Prehistory Museum Iceman AI Content Development and XR-Experience Hall Construction,” Global Cultural Contents, No.46, pp.163-179, 2021.

[16] Park Jin-ho, Lee Young-gyu, Lee Ji-sung and Ahn Hyoung-ki, "Seokguram Digital Contents Prospects for the Proposal of Artificial Intelligence Extended Reality ", Journal of Korean Society of Media & Arts, Vol.19 No.4, pp.47-62, 2021.

안 형 기(HyoungKi Ahn) [정회원]

- 2006년 2월 : 고려대학교 고고미술사학과 (문학사)
- 2010년 2월 : 고려대학교 문화유산융합학부(문학석사)
- 2017년 8월 : 고려대학교 고고미술사학과(문학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 한국고고환경연구소 디지털 콘텐츠실 실장
- 2019년 9월 ~ 현재 : 고려대학교 문화유산융합학부 겸임교수

〈관심분야〉

디지털 고고학, 디지털 헤리티지, 디지털 콘텐츠

오 승 준(SeungJun Oh) [정회원]

- 2010년 2월 : 한서대학교 문화재 보존학과(예술학석사)
- 2017년 8월 : 한서대학교 문화재 학과(이학박사)
- 2019년 2월 ~ 현재 : 한서대학교 문화재보존과학연구센터 연구교수

〈관심분야〉
예술품 보존·복원, 예술품 3D 디지털 보존·복원, 근·현대 문화유산 보존·복원

이 호 연(HoYeon Lee) [정회원]

- 2011년 8월 : 한서대학교 문화재 보존학과(예술학석사)
- 2017년 2월 : 한서대학교 문화재 학과(박사수료)
- 2016년 8월 ~ 현재 : 국방부 유해 발굴감식단 유품관리담당

〈관심분야〉
디지털 콘텐츠, 문화유산 디지털 복원, 문화재 디지털 촬영, 근현대문화유산 보존

이 용 규(YongGyu Lee) [정회원]

- 1996년 8월 : 목원대학교 미술교육과 (학사)
- 2010년 2월 : 홍익대학교 애니메이션과(석사)
- 2000년 8월 : ㈜나래디지털 슈퍼바이져
- 2012년 1월 : ㈜Ace Pictures 감독
- 2019년 9월 ~ 현재 : 목원대학교 웹툰 애니메이션 개임학부 겸임교수
- 2013년 12월 ~ 현재 : 스튜디오와이지 대표

〈관심분야〉
디지털 애니메이션, VR, AR, Metaverse, 디지털 헤리티지